学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

交通运输地理学

BOOK

内部资料 非卖品

交通运输地理学

绪论——关于交通运输地理学

在地理学体系内，交通运输地理学是作为经济地理学的一个分支发展起来的，正在形成为一门独立的学科。经济地理学研究人类经济活动的地域组织，核心问题是生产力的地域组合；它为国家、区域、城镇和工业区的生产力布局提供理论和规划依据。生产力地域组合包括区内经济结构和区际经济联系两个方面，二者的实现都离不开交通运输这个环节。所以，交通运输的地理研究，历来是经济地理学必不可少的内容。除了独立的交通运输地理研究外，在理论经济地理学、农业地理学、工业地理学、城市地理学和区域经济地理的著述中，也含有大量交通运输地理学的素材和论述。

（一）学科的对象和内容

交通运输地理学的对象是：交通运输在生产力地域组合中的作用，客、货运输及其产生的客货流形成的经济地理基础，以及交通线网和枢纽的地域结构和类型。

交通运输地理学的主要内容可分为理论交通运输地理学、部门交通运输地理学、区域交通运输地理学和城市交通运输地理学四部分。理论交通运输地理包括：交通运输网的组成和各种交通类型在其中的地位，交通运输在生产力布局中的作用，客货流的地域动态分析，合理运输与货流规划的理论和方法，交通运输与产销区划的关系，吸引范围的理论与方法，交通线网和站场布局的类型和模式等。部门交通运输地理主要分铁路、水运、公路、航空和管道五种运输方式，从自然、技术、经济的联系中把握它们各自的特点。这方面的研究既是交通运输地理基本理论的具体化，又是交通运输区域研究的先导。区域交通运输地理可以从全世界、全国，也可按经济区域进行交通线网和客货流的分析。它不单是国家或区域交通运输情况的记载描述，还应通过这种研究，揭示区内经济结构的空间联系和区际物质联系的内在规律。城市交通运输地理则是城镇内部道路交通网、客货和交通流以及城市对外交通线和站、港空间组合的研究。这是极其复杂、综合的交通运输系统，因而对它的调查和分析可以直接为城市规划服务。

（二）学科的特性

同其它地理学科一样，交通运输地理学是地域性科学。其地域性表现在以下三个方面：（1）把交通运输现象，作为生产过程、特别是生产力地域组合中的一个环节来考虑，因而，特别注意地理环境（包括自然环境、经济环境和社会文化环境）的影响，以及其反馈作用；（2）大量采用空间地域的分析方法，如交通运输地域类型，区域交通运输结构，交通运输区划，交通点、线的区位，交通网络分析，交通运输系统模拟等；（3）按照国家和区域（行政区、经济区、吸引范围等）来对一定地域内的交通运输情况进行描述和预测。

经济地理学科的综合性，表现在从自然、技术、经济的联系中对其

研究对象的综合分析上，交通运输地理学亦不例外。

自然，是指地壳和自然环境，它们是研究交通运输地理的外在物质基础。例如：铁路的选线往往经由不同的地形部位，平原、丘陵和山地在线型、地基基础和工程量上有巨大差异；公路网的规划和建设，必须充分考虑土壤冻结、水热状况、地形单元和自然病害等综合自然条件；海岸和河口的水文、地貌条件，是海港选址的基本依据。

技术，是指各类交通运输方式的建设方法和生产工艺。交通运输技术的改进，诸如强力牵引动力的使用、高速线路的敷设、新型运载工具（如管道、集装箱）的出现，从时间上相对缩短了运输的空间距离，增大了各地联系的规模；它也从经济上改变了交通工具对自然环境的依赖关系，象桥梁基础和结构工程的改进使飞越天堑成为可能，新的隧道测量和凿进技术的应用打通了高山陆路的禁区。所以，技术成了联系自然和经济的纽带。

经济，是指交通运输的经济依据和管理方法。它包括进行交通运输地理研究必备的一系列指标体系：运量、运距、周转量、运输能力、成本、运价、投资、利润等方面，以及经营组织运输活动中采用的科学管理方法。为生产力合理布局服务的交通运输地理研究，总的要求是使运输合理化，使生产过程在流通中延续的耗费最小、居民用于交通上的支出最节约，从而提高社会劳动生产率。在同交通运输地域组合有关的方案中，追求一个自然条件有利（或至少是较好）、技术措施先进（或至少是可能）、经济效益显著（或至少是合理）的方案，是这个学科开展理论研究和解决实际问题的目标。为了对比方案的可行性，进行线网和站点的定位，又必须进行经济分析和定量计算。由此可见，经济是交通运输地理的核心。

（三）同相邻学科的关系

根据本学科的内容和特性，交通运输地理学同许多相邻学科有密不可分、相互补充的联系。

地理学科：交通运输地理学是地理学的一部分。分别研究地球表面自然和经济环境的自然地理学（也包括部分地质学）和经济地理学，都是这门学科形成和发展的前提。同时，交通运输地理学又从自然条件的交通评价和利用方面，丰富了自然地理学和自然区划的应用方向；其对工、农业布局的交通运输要素的研究以及地区内外运输联系的研究，均成为经济地理学和经济区划理论中的最重要组成部分。

交通运输学科：运输经济学和各种交通运输方式的技术和设计学科，如铁路建筑、港口工程、公路设计、城市道路交通等，都是交通运输地理的姐妹学科。近年来，一门从技术经济角度研究不同运输方式之间协调的学科即综合运输经济与组织，正在发展。它同交通运输地理学都为统一交通运输网的合理布局提供科学依据；只是前者较侧重于经济比较和计算，后者更注意地域组合结构的分析；异曲同工，相得益彰。在国外，伴随着公路和城市道路交通的现代化，出现了以治理交通为目的的交通工程学，它研究交通流和行车设施以及同周围环境的关系，从而成为交通运输地理学这门基础学科通向实际应用的又一桥梁。

数学学科：六十年代以来，“计量革命”使地理学科的方法精确化。交通运输地理学在应用现代数学方法和电子计算机方面，一马当先，它同数学建立了愈来愈密切的联系。目前，除了数学分析、数理统计、线性规划等数学分支已在本学科大量应用并被证明行之有效外，网络分析、动态规划、排队论等方法也已引入。数学模式已不仅用以解决具体交通线网和客货流、交通流问题，而巨逐渐使学科的基本理论定量化。用系统论的方法来解决更综合的交通运输地理问题，是当前学科发展的一个新动向。

（四）学科的历史和现状

近代地理学在西方兴起于十九世纪前半叶，但交通运输地理的专门研究，则出现甚晚。1930 年，苏联的地理—统计学者伯恩施坦-科冈（C.B.）写出了《交通运输地理学概论》，是早期的但不成熟的系统论述之一。三十年代末，哈恰图洛夫（T.C.）通过对国内外的交通运输考察，出版了《资本主义与社会主义的运输配置》巨著，是一本世界区域交通运输地理著作。四十年代，法国地理学家肖帕-雷伊（R.Capot－Rey）的《大陆交通地理学》出版，成为西方交通运输地理的权威性专著。还应该提到的是，著名德国地理学家赫特纳（A.Hettner）的遗著《运输地理学》，作为他的《人的地理学》的一卷，于 1952 年正式出版。他的著作反映了西欧近代地理学在交通运输方面的观点和方法。

第二次世界大战后，从五十年代起，由于实践的要求和地理学的分化，交通运输地理学逐渐形成为独立的地理学分支。苏联学者对于交通运输与生产力布局的关系、区际运输联系和合理运输方面，较有成就。哈努科夫（Е.Д.Хануков）的《运输与生产置配》、尼柯尔斯基（Й.В.Николъский）的《苏联运输地理》可作为代表。另外，也出现了交通工程学院和大学地理系的教科书。欧美学者则在港口和航空地理研究，城市与市郊交通系统、交通运输和市场区位等方面，具有特色。英国地理学家摩尔根（F.W.Morgan）在五十年代初写成的《港口与港湾》是一部结合地理条件的难得著作。七十年代以后，在采用计量方法的基础上，美国的交通运输地理著作显著增多，其中总结性的著作如：推夫（E.J.Taaffe）和高悉尔（H.L.Gauthier）的《交通运输地理学》，以及劳威（J.C.Lowe）和摩里亚达斯（S.Moryadas）的《移动的地理学》。

在我国，这门学科是五十年代中由苏联引入的。随着综合大学地理系和专门交通运输学院教学的需要和国家经济建设的要求，交通运输地理学得到了很大发展。五十年代末，出现了论述学科对象和任务的文章。六十年代初，北京铁道学院为《中华地理志》编写了《中国运输地理》，是我国第一本区域交通运输地理作品。之后，特别是七十年代中期以来，我国学者和实际工作者在联合运输、选线设计、运输区划、城市对外交通枢纽方面做了大量科研和实际工作，许多成果已被有关部门采用。

第一章　交通运输及其与经济地域组织的关系

对于国民经济体系而言，生产、流通、分配、消费诸环节是一个统一的整体。它既表现在各社会经济部门，也表现在各地区和城市之内和之间。如何才能实现这些复杂的联系呢？这就要通过交通运输这个纽带。如果把整体国民经济看作是人的躯体，交通运输就是它的循环系统。因此，根据马克思主义原理，弄清交通运输的性质和特点、它在生产力布局、地域经济联系方面的作用，以及其与人口分布和移动的关系，是系统研究理论、部门、区域和城市交通运输地理问题的起点和基础。

一、交通运输的性质和作用

（一）交通运输在经济上的二重性

在人类社会的经济活动中，交通运输是不可缺少的环节。根据马克思主义的社会发展理论和经济学说，交通运输在经济上具有二重性，即它一方面是社会生产和生活的必要条件，另一方面又是一个物质生产部门。

人类社会的交通运输活动是和生产活动同时开始的。生产工具、劳动产品以及劳动者本身的空间位置移动，是任何社会生产和再生产必须具备的条件。交通运输同其它社会生产和生活的必要条件的区别在于：

（1）它不是社会生产和生活的外部条件，而是内部条件，因而它对社会的影响要比自然条件和人口密度等更为密切和直接。

（2）在社会生产和生活的内部条件中，它是一个从属的条件；其性质和发展水平，是被社会生产的基础——农业和主导——工业所决定的；因而，它对社会的发展并不起决定作用。

随着机械动力在交通事业中的应用和资本主义经济基础的确立，交通运输开始自农业和手工业分化出来，形成为一个独立的生产部门。但是，交通运输作为一个生产部门，比其作为社会生产和生活的条件，范围要狭窄一些。为了说明二者的区别，必须对以下三组概念进行区分解释。

厂内运输和公用运输：这两种交通运输活动都是不可缺少的，而且是相互联系的。正如马克思所说的：“在产品从一个生产场所运到另一个生产场所以后，接着还有完成的产品从生产领域运到消费领域。产品只有完成这个运动，才是现成的消费品”[①]。在工业企业或农业生产单位内部，为了完成正常生产活动，必须有厂内或田间运输来服务。但这种运输活动只应看作企业生产的一个环节。而企业与企业、企业与销售部门、工业与农业之间的交通运输活动，便要以公用运输来实现。它不是一般的生产，而是生产活动在流通中的延续，是社会生产和再生产的纽带。交通运输作为社会生产和生活的必要条件，既包括企业内部技术分工为基础的厂内和田间运输，也包括以社会劳动地域分工为基础的公用运输。而其作为独立的生产部门，则只包括后者，不包括前者。

[①] 马克思：《资本论》，第 2 卷，第 168 页，人民出版社，1975 年。

私用运输和社会运输：指的是交通运输服务对象的属性。无论那种运输工具，都是社会生产和生活的条件。但为私人服务的运输工具，是一种消费资料，它不产生新的社会财富；只有为社会服务的运输工具才是生产资料，是增加社会财富的手段。正是由于这种区别，私用运输工具无论在资本主义或社会主义制度下，都是允许私有的。

旅客运输和货物运输：在为社会服务的公用运输中，又有运送旅客的客运和运送货物的货运之分。货物运输是运输部门的生产活动。但旅客运输则是服务性的，因它不能体现交通运输价值的转移，只是旅客对运输工具的直接消耗。这样，客运便只是一种社会生产和生活的条件。尽管如此，在我国旅客的地域移动大部是直接或间接同生产活动联系着的。所以，交通运输，包括货运和客运，是一个服务性的生产部门。货运的经济活动，是一种物质生产活动，它为社会创造价值；客运的经济活动，只是一种服务行为，但它作为社会生产和生活的条件比其它服务部门的生产性要强得多。

（二）交通运输与工、农业的比较

交通运输作为一个生产部门，其生产活动便是把工农业的产品运到它们的消费地点，不管是生产消费和非生产消费，这都是产品生产过程的继续。因为没有这个环节，产品不能被消费，也就是生产活动没有最后完成。交通运输也和工业、农业一样，在生产过程中具备三个要素：运输工人的劳动、作为劳动对象的货物（或旅客）和交通线路、运载工具等劳动资料。在不同社会制度下，交通运输体现了不同的生产关系。在资本主义下，交通线和交通工具为私人占有；在社会主义下，交通生产资料归全民或集体所有。相应的生产过程中人与人的关系与分配制度也截然相反。

但交通运输也有区别于工、农业的特征：

（1）它不能生产出任何新的物质产品。其它生产部门的生产多是通过物理、化学或生物过程，以改变产品质量或增加产品数量。交通运输的产品，只是货物（或旅客）空间位置的变更。正如马克思所指出的：“除了开采业、农业和加工制造业，还有第四个物质生产的部门，……这就是运输业。那或是运输人，或是运输商品。”[①]后一句的含义是：运输业的产品是旅客或货物的位移，只有位移是交通运输的产品，它是以吨公里（或人公里）为单位来计量的。以货物吨公里为单位计算的交通运输产品量，称为货运周转量，它是货运量（吨）和运送距离（公里）的乘积。由于运输工作中往往包括客运和货运两种指标，通常采用换算吨公里作为计量交通运输企业全部周转量的单位，如在铁路上是：1 换算吨公里=1 货运吨公里=1 客运人公里，在公路上是：1 换算吨公里=1 货运吨公里=10 客运人公里。

由于交通运输不能产生新的产品，故在其它条件相同的前提下，其所消耗的劳动愈小，产品的社会劳动生产率愈高，其在国民经济中比重愈小，社会总的财富就愈大。在工、农业生产部门中是力求增加产品，

[①] 马克思：《剩余价值学说史》，第 1 卷，第 466 页，人民出版社，1975 年。

但在交通运输中，则力求减少其产品至最低限度，即避免一切不合理运输。

（2）全部交通运输具有同一的产品。其它生产部门之间的区别，不仅表现在生产过程上，而且也表现在其原料和产品的性质上。交通运输企业中没有原料，而且不同的运输方式，其产品都是吨公里和人公里，或是更为划一的换算吨公里。工、农业各部门是分工生产不同的产品。交通运输中不同运输方式，则是用不同的生产工具生产同样的产品。故而，不同的运输方式进行协作和分工、加强交通运输的统一计划和组织，进行合理的综合交通网的规划布局，具有更重要的意义。

（3）交通运输的产品不能脱离生产过程而单独存在。工、农业的生产和消费表现为空间上和时间上分离的两种行为。对交通运输来说，位移必需在它被生产出来的同时被消费。其它部门的产品都可以建立储备，以便在消费增长时弥补不足，但交通运输由于产品不能储存和积累起来，只能储备其多余的生产能力、即运力，来满足运量增长的需要。

基于上述特点，为了适应其它经济部门的需要，交通运输必须成为一个“先行”部门。也就是说，新开发地区必须首先建成必要的交通线网；而且，无论在新旧地区，运力都应有一定储备，以适应运量变化和增长的要求。否则，交通运输就会成为其它部门发展的障碍。

也由于交通运输产品的生产和消费是同时的，不能象工、农业那样用调剂产品的办法来调节地区之间的供求，只能采取调配运力来解决这个问题。然而，交通运输企业只有一部分生产工具如铁路的机车、车辆和水运的船舶等可以调动，大量固定建筑如铁路线路和水运航道等是无法挪动的。故不仅整个交通运输的发展要适应整个国民经济的发展，还必须使运力的布局同工、农业生产的布局密切协调一致。

（三）交通运输与我国国民经济现代化

现代经济与现代交通运输是相辅相成的。考察一些经济发达的国家，在工业化初期，都有一个交通运输建设的高潮。资本主义国家在工业化过程中，逐渐形成了比较完善的交通运输系统，客观上为工、农业提供了方便而廉价的运力，有利于开发资源、加速货物运送和社会生产的流通过程，对资本主义的经济发展起了重要作用。正如马克思指出的那样，交通联络工具加速了资本主义生产的最终发展，从而加速了资本主义生产的彻底变革。[①]社会主义计划经济下，避免了资本主义社会各种运输方式盲目发展、残酷竞争，设备闲置、能力过剩的畸形现象，使交通运输真正成为经济现代化的保证和动力。列宁正确指出：“运输是我们整个经济的主要基础，也许是最主要的基础之一”。[①]建国三十多年来，我国用于交通运输的投资约占国民经济总投资的六分之一，初步建成了由现代运输方式组成的、初具规模的运输系统。当前，我国正处在社会主义四个现代化进程中，充分估计交通运输对国民经济现代化建设的作用，具有重要的理论和实践意义。

[①] 参阅《马克思恩格斯全集》，第 34 卷，第 347 页，人民出版社，1972 年。

[①] 《列宁全集》，第 33 卷，第 125 页，人民出版社，1957 年。

1.交通运输在现代工业中的作用

现代化机器大工业具有生产规模大、原料来源和产品去向多、专业和地域分工细等技术经济特点，没有一个能承担大宗、快速运输的现代化交通运输系统与之相适应，其发展是难以想象的。我国幅员广大、资源丰富、人口众多，但他们的地理分布很不平衡。矿产资源和森林资源主要分布在东北、华北和西南的山区，而人口集中的大城市和工业区则大多在东部沿海的平原地区。因此，采掘工业与加工工业之间的大宗原料、特别是能源运输，各类工业产品向居民集中区的运输，以及相应的生产性、非生产性人员往来，均给交通运输造成更大的压力。长期以来，我国国民经济中，煤、电、油、运是薄弱环节；前三者是能源，也要靠运输才能运出产品或运入原料。所以，交通运输成了“短线中的短线”。在我国四个现代化过程中，将能源和交通列为国民经济发展的两大支柱，是完全正确的。

能源作为工业的粮食和人民生活的必需品，它的开发和利用是一个急迫的国民经济问题。占全国煤炭储量五分之三的山西和内蒙古能源基地的建立，便要以解决煤炭输出的运输为先决条件。我国大西南和两广地区工业的进一步发展，也必须使黔西煤田能够具有通畅的外运交通线。我国主要石油基地已建立了原油外运的管道网，但成品油的长途运输和石油出口问题，尚需使铁路运力和港口通过能力进一步提高。

我国几个已建成的重工业基地，其发展也面临交通运输的配套问题。以辽中工业区为例，该区为我国最大的冶金和重型机械工业基地，近年来化学工业又有所发展，但能源短缺相应而生。想利用该区工业基础、协作条件和技术力量继续发展，就必须停止调煤入关，而且还要从山西等地运进一部分煤炭。这首先又面临的是交通问题。京沈铁路运力已饱和，解放后改建、新建的两条单线线路，或标准偏低，或位置偏北，均无法起较大分流作用。因此，从整体来看，辽中甚至东北今后工业应如何发展，特别是其耗能大的重工业如何发展，必须结合交通建设问题，予以慎重解决。

2.交通运输在现代农业中的作用

逐步实现我国农业现代化，有三个突出的问题要解决，它们都是同交通运输息息相关的。

（1）在全国农民人均耕地不足二亩、东南沿海人均耕地只有一亩的条件下，如何提高劳动生产率？我国大部分地区不能走苏、美、加、澳的大农业道路，只能走类似日本、丹麦的使农业进一步集约化的道路；同时，在广大农村实行农工结合，发展农工商联合企业。这样，就必须尽快建立起由公路、内河航运和铁路组成的深入广大农村的地方交通网。据1982年资料，全国38.86万个工业企业中，农村社办企业就有18.58万个，占企业总数近二分之一。苏南、浙北、珠江三角洲的交通方便的农村，近年来大搞社办工业，已成了解决农村人口过剩的主要出路，证实了交通运输是农村经济进一步发展的保证。

（2）按照扬长避短、因地制宜的原则，如何发展经济作物生产和建立稳定的农产品商品基地？农业现代化要求根据各地自然、技术和经济条件，实现在土地资源综合利用基础上的粮食、经济作物、林、牧、副、渔产品的专业化。近年来在中央直接关怀下，一些经济作物基地如鲁西

棉区已欣欣向荣，许多旧有的产粮区如四川和湖南也日益向稳定粮食基地发展。这一过程冲破了数千年沿袭下来的自给自足或半自给的农业经济，增加了农民的收入，刺激了农业新技术的采用。但接下来就是要解决各种商品农业产品的运销问题，使增产的势头能经久不衰。同时，经济作物区的粮食、能源的调入，粮食基地商品粮的调出，又必须占用相当一部分运力。这样，一个由工业区、大中城市通往农产品基地以及粮食和经济作物区之间的交通系统和联合运输网络的建立，已是迫在眉睫的事。

（3）我国的一些老苏区、老解放区，过去由于交通不便，成为建立农村革命根据地的有利条件；现在，交通不便已成为发展生产、改善当地人民生活的主要障碍。如何加速修建由老区通往外地的交通干线，并在当地形成现代化交通网，是改变老苏区、老解放区落后面貌的关键所在。

3.交通运输在现代城市建设中的作用

城市是社会劳动分工和商品经济发展的产物，古代的城市多在大道的交会点、内河和沿海航运的起讫点或水陆交通交接点上兴起，近代的大城市则无不同近代交通事业的发展共生。城市化带动交通运输网的形成与发展，交通设施的完善又促进了城市的扩大与繁荣，已成为一条共知的规律。许多城市则完全是因交通和转运的需要而产生的，被定性为交通枢纽城市。

现代化大城市是一种经济活动高度密集、同周围地区联系极为密切、科学文化居于领先地位的国家或区域经济、文化和政治中心。我国上海一市，其 1982 年工业产值占到全国工业总产值的 11.4%，北京和天津亦分别占 4.1%和 3.8%。特大城市的年货物进出量上亿吨，一般大城市也以千万吨计，包括运进能源、原材料、建材和居民日常消费品，运出产品和垃圾。这些城市的旅客始发和到达人数，每天往往达数万。因此，维持城市的正常运转，促进城市的发展，必须有一个运能大、速度快、布局合理的对外交通系统。

交通与住宅、环境并列为现代大城市的三大问题。从城市内部交通而言，如何健全城市道路网，选择市、郊区的道路断面，采用经济方便的交通工具，已成为保证城市生产、方便居民生活的前提条件。

为了避免伴随经济和人口增长使城市规模日益扩大，从而带来一系列的矛盾，1980 年全国城市规划工作会议提出“控制大城市规模，合理发展中等城市，积极发展小城市”的方针。很明显，在我国广大的农业地区、内陆地区和边疆地区建设起星罗棋布的中小城镇，对合理利用土地、资源、水源和就近吸收农业人口、繁荣各地经济有巨大意义。但是，大量城镇的出现，意味着劳动地域分工的进一步加深，不建立起联系区域、城市之间的交通干线和沟通城乡的地方交通网，中小城镇的发展便没有保证。大城市的控制，最有效的办法是在外围建设卫星城，起分散和截流的作用。国内外经验已证明，上述性质的卫星城必须是具有一定规模的综合性城市，它们距中心城市应有相当距离并位于二者的便捷交通线上。不这样，中心城市会把近郊区的小居民区和小工业点陆续吞并，形成滚雪球式的市区膨胀。当前，我国的特大和大城市规划和建设的迫切任务，便是完善对外辐射交通干线，在远郊区逐步建成一些相对独立、

又同中心城市联系方便的卫星城，从而形成集中与分散结合的城市体系。

另外，由于人民生活不断提高和国际交往日益扩大，我国的旅游事业正在蓬勃兴起。配备历史名城、风景区和疗养地的内、外交通线路、规划便捷的游览路线、组织快速和舒适的长短途客运，已成为旅游事业兴旺发达的必不可少的条件。

以上通过几个方面论述了交通运输同我国国民经济现代化的关系。我国交通运输事业，建国三十多年来取得很大成就，并正在我国四化建设中起积极作用。但是，与生产的发展和人民生活提高对交通运输的要求相比，它还是一个薄弱环节。必须在投资、建设、布局各方面予以充分重视，才能避免交通运输拖我国四个现代化建设的后腿。当前，我国交通运输作为经济建设的薄弱环节，主要表现在以下三个具体方面：(1) 以山西为主，包括河南、内蒙古、宁夏的煤炭外运能力严重不足。在开发山西能源基地进程中，首要的问题是解决晋煤出口问题。由于铁路担负近 40%的煤运，尽快改造与新建晋煤外运铁路线，解决北煤南运、晋煤出关、煤炭出口，已刻不容缓。（2）以沿海港口为枢纽的吞吐能力，很不适应外贸进出口和国内运输的需要。我国对外贸易 90%以上通过沿海港口，由于进出口货运量连年增长，港口泊位不足，压船严重，货物的集疏也不够通畅。极需扩建现有主要海港，并有步骤地开发腹地、交通、建港条件好的港湾。（3）随着城乡经济的发展和人民生活的改善，交通运输愈来愈不能满足客运增长的需要。我国人口和城市主要分布在沿海地区，东部各铁路干线旅客高度集中，又是煤炭和外贸运输最繁忙的线路，沿海和长江干流客轮不足，公路长途客车也十分紧张。以上三个突出问题相互影响，使矛盾更形尖锐。目前，国民经济中交通运输的投资比重已逐年增加，新技术和现代化管理方法正在推行，联合运输得到重视，这都是改变交通运输落后面貌的良好开端。

二、交通运输与生产力布局

（一）交通运输在生产力合理布局中的作用

生产力的合理布局是一项具有战略意义的国民经济问题。合理布局生产力，包括在不违背战备原则下，满足一定的经济要求。即每一单位产品在社会生产的全部过程中消耗的社会劳动最少，从而使劳动生产率提高。这一点，列宁早在 1918 年就在“科学技术工作计划草稿”中指出了，他说“合理地分布俄国工业，使工业接近原料产地，尽量减少原料加工、半成品加工一直到产出成品的各个阶段的劳动力的损耗。”[①]由于交通运输是生产过程的延续，是社会生产和再生产的条件，因而，核算生产力布局的经济效果，既要估计生产本身的耗费，又要估计其运输耗费。也就是说，从生产力布局的观点而言，不是要求个别企业或个别部门的产品劳动耗费或成本达到最低，而是要求产品的总劳动耗费或社会成本（完全成本）达到最低。可见，通过考虑交通运输这个环节，对生

[①] 《列宁全集》，第 27 卷，第 296 页，人民出版社，1958 年。

产力布局的合理化具有重要作用。马克思主义认为，劳动生产率取决于劳动的自然条件（如土地的肥沃程度，矿山的丰富程度）和劳动的社会力量日益改进（如大规模生产、劳动分工、采用机器和新发明、利用交通工具等）。马克思更具体地指出了交通运输对经济和社会效益的作用，他说："交通工具的增加和改良，自然会对劳动生产力发生影响：使生产同一商品所需要的劳动时间减少，并建立了精神与贸易的发展所必需的交往。"[②]

因此，在一定的社会经济前提下，交通运输的发展与变化，必然对生产力布局有相当的影响。交通工具的改进，会给生产力布局带来难以估计的后果，大型油船和远程输油管道的采用，使炼油和石油化学工业远离油田，便是一例。交通线的建设和交通网的完善，对工业基地的建立和农业商品基地的形成都起着重要作用，也会使线路上兴起新的城镇。另外，生产力布局状况可以通过交通网中货物的运输反映出来，故在社会主义计划经济下，还可以通过货物的流量、流向分析，发现生产力布局的一定问题。如根据原料和成品间的大量相向调运，可看出企业布点与原料地、消费区在地理上的脱节现象，从而制订其改善措施。

但是，尽管交通运输对生产力及其布局有巨大影响，前者的性质和规模还是由后者决定的。节约运输只是提高社会劳动生产率、进行合理布局生产力的手段，决不能把它看作是目的本身。在下述两个条件下，即使运输费用增加，生产力布局的方案也是合理的：（1）国家政治和国防的需要，如开发落后地区，在内地建立新的工业基地等；（2）由于其它自然、技术或经济条件有利，其所节约的社会劳动超过运输所增加的耗费，如在距消费区较远的地方开发条件较好的矿山，利用老工业基地的技术基础发展高、精、尖产品的生产等。

对于不同的生产部门、区域和城镇，交通运输对生产力布局的作用，又有不同的表现。

（二）交通运输与农业区域专门化

在劳动地域分工加深的基础上，农业合理布局的任务之一，是根据国民经济的需要和各地的自然、技术、经济条件，进行地域生产的专门化。专门化必须具备充分的粮食供应和有利的销售市场，二者都是要靠交通运输来实现的。

设大写字母 C 和 C′分别代表某地区和外地区每亩农田产品的生产成本，P 和 P′分别代表某地区和外地区每亩农田产品的销售价格（社会价值）；大写字母 T 和 L 分别代表每亩产品的运费率和运输距离；小写字母 e 和 g 分别代表生产或运输经济作物和粮食的下标。于是，在土地、劳力、资金固定的条件下，某地区实现经济作物专门化的必要条件是：

$$C_e < C'_e$$

$$P_e > P_g$$

而实现经济作物专门化的充分条件则是：

[②] 马克思：《机器。自然力和科学的应用》，第 220 页，人民出版社，1978 年。

$$P'_e - C_e - T_e L_e > P_g - C_g$$
$$P'_g + T_g L_g < P'_e - T_e L_e$$

相对来说，某地成为商品粮基地的条件较为单纯，只须满足下列二项：

$$C_g < C'_g$$
$$P_g + T_g L_g < P'_g$$

可见，土地、热量、水分等自然资源和劳力、技艺、装备等社会条件，只能为农业的区域专门化提供可能性，将其转变为现实性，关键的因素之一在于交通运输。发达的交通网和低廉的运价能促进农产品的商品化，降低其成本，扩大运销范围。我国松辽平原大豆、甜菜专业化生产地带的形成，长江及其支流上几大米市的兴起，珠江三角洲甘蔗种植的集中，都同铁路、水运交通的发达分不开。把我国几千年来沿袭下来的、自给自足的、品种齐全的农业单位，改造成为现代化的、商品性的、专门化的农业单位，就必须以现代运输工具武装农业，在广大农业地区修建稠密的公路网和内河航运网，并使其同铁路和水运干线联系起来。这是一个显而易见、已为国内外农业发展所证明了的问题。

（三）交通运输与采掘工业的布点和规模

采掘工业布局的基础是自然资源的分布。但是，在国家任务确定、资源探明的条件下，采掘工业布点的集中或分散、规模的大小，便在一定程度上取决于各个采掘基地产销区域的大小。对于那些从地理上来看，产品的生产具有较大局限性，产品的消费具有相对普遍性的采掘工业基地，如煤矿、金属矿山、大型森林工业区、大油田等，这方面尤为突出。

采掘基地产销区划主要决定于两个因素：

（1）各基地单位产品成本的差异；

（2）单位产品运输费用的高低。

所以，一个矿区能否有开发价值，开发的规模应该多大，并不完全受矿床的自然和经济类型的限制，同矿区的对外运销条件关系极为密切。交通运输条件好的采掘基地，必然得到优先开发；交通条件差的采掘基地，其发展必须以新建或加强交通线路为先导。

同理，在众多的同类采掘基地之间，它们在地理上的布点应该分散一些还是集中一些，这在一定程度上也同交通运输条件的变化有关。一般说来，在交通运输部门的劳动生产率提高快于采矿部门时，则由于运价的降低会使采矿工业的分布更加集中在一些开采条件有利的地区（如露天煤、铁矿，品位高的金属矿等），反之，又会引起布点分散的趋势。

另外，采掘工业与交通运输的关系密切，还在于这些部门的运量在整个交通运输网中所占比重很大。以我国煤炭工业为例，煤炭运量占煤矿产量的三分之二，占铁路运量的三分之一，占水运的四分之一；煤炭成本中运费平均占 15～20%，有些远距离运输的煤炭，运费往往超过其本身的出厂价格。由于我国煤炭开发基地分布比较集中，其同主要工业区分布又多不一致，因此，从交通运输对采掘工业的宏观影响出发，大力

开发各地区煤炭基地，实行大、中、小矿相结合，并进一步推行产、运、销的合理化，具有极大国民经济意义。另外，煤炭经过洗选，重量可减少三分之一至二分之一。因此，大力发展矿区洗选工业，对减少煤炭运输也有很大意义。在煤矿区建立坑口火电站，用输电代替运煤，也能节约大量煤炭运输。当然，这必须在水源问题有保证，其它建设和生活条件均能解决的原则下，才能进行。以上都从另一角度证明了交通运输对采掘工业布点的影响。

（四）交通运输与加工工业的选址

加工工业企业的厂址选择，无论从小布局和大布局的观点，都同交通运输关系密切。就厂区的平面布置而言，除用地、供水、供电、生活服务设施等方面的要求外，还必须具备一定的道路交通条件，如修筑厂内外道路、接通铁路专用线等。如果从工业布局的工厂定点来看，则加工工业位置的经济性，主要由原料、燃料产地和消费地来制约。这种关系综合地表现在总的运输消耗上。从理论上讲，加工工厂应位于原料产地、燃料产地和消费地中间的总运费最小的位置，这种看法一般说来是正确的，而且通过方案比较或数学上的规划论、图论等方法，最优的工厂位置也能够求出来。

图 1　加工工业在原料地布局的选择

现举一个用线性规划方法求解加工工业布局问题的实例（图 1）。[①]

设某种原料有三个产地（分别称为第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号地），要在产地对这种原料进行加工，制成成品。已知每 4 吨原料可制成 1 吨成品。Ⅰ号地年产原料 30 万吨，同时需要成品 7 万吨；Ⅱ号地年产原料 26 万吨，同时需要成品 13 万吨；Ⅲ号地年产原料 24 万吨，但不需要这种成品。Ⅰ、Ⅱ号地之间的距离为 150 公里；Ⅰ、Ⅲ号地之间的距离为 100 公里；Ⅱ、Ⅲ号地之间的距离为 200 公里。每万吨原料每公里的运费为 3 千元；每万吨成品每公里的运费为 2.5 千元。在Ⅰ号地设厂，每万吨加工费为 5.5 千元；在Ⅱ号地设厂，每万吨加工费为 4 千元；在Ⅲ号地设厂，每万吨加工费为 3 千元。如在Ⅱ号地设厂，因其它条件限制，规模不能超过年产成品 5 万吨，而Ⅰ、Ⅲ号地则没有这种限制。根据上述条件，应在何地设厂，规模多大，才能使成本(只考虑原料运费、成品运费和加工费三项，假设其它因素各地相同）最低？

把上述条件和要求，转化为数学形式：

设 X_{ij} 代表由 i 号地运到 j 号地的原料数量（单位万吨）。

（i，j=1，2，3；而 $i \neq j$）

Y_h 代表在 h 号地设厂年产成品的数量（单位万吨）。

（h=1，2，3）

Z_{lk} 代表由 k 号地运到 l 号地的成品数量（单位万吨）。

（k=1，2，3；l=1，2）

[①] 参阅中国科学院数学研究所运筹学研究室：《线性规划的理论及应用》，高等教育出版社，1959 年。

于是，约束条件可表述如下：

$$\begin{cases} 30+X_{21}+X_{31}-X_{12}-X_{13}=4Y_1 \\ Y_1=Z_{11}+Z_{12} \\ Z_{11}+Z_{21}+X_{31}=7 \\ 26+X_{12}+X_{32}-X_{21}-X_{23}=4Y_2 \\ Y_2=Z_{23}+Z_{21} \\ Z_{22}+Z_{12}+Z_{32}=13 \\ 24+X_{13}+X_{23}-X_{31}-X_{32}=4Y_3 \\ Y_3=Z_{31}+Z_{32} \\ Y_2\leq 5 \\ X_{ij}\geq 0 \\ Y_h\geq 0 \\ Z_{kl}\geq 0 \end{cases}$$

应使目标函数（成本）为：

$S=450X_{12}+450X_{21}+300X_{13}+300X_{31}+600X_{32}+600X_{23}$

$+380.5Z_{12}+379Z_{21}+253Z_{31}+503Z_{32}+5.5Z_{11}+4Z_{22}$=极小值

上述模式可以用线性规划的常用解法——单纯形法迭代求解。

如果我们把加工工业所需原、材、燃料的重量和其相应产品的重量之比称作“失重比”，那么据此可从运输重量的观点将加工工业分成三类。从节约运输的观点来看，它们的选址可有很大不同。

（1）原料和燃料较成品为重的工业

将这类工厂布置在原料、燃料产地附近，可以大大减少运费，降低成本。多数的初加工工业属于这一类。其中又可分为应接近原料产地和接近燃料产地两种。前者如水泥、制碱、制糖、榨油、造纸等工业；后者如炼铝、合成氨等工业。

钢铁工业必须接近原料或燃料产地（或进口原料港口），但趋向于二者中的哪一个，随技术进步，有了较大变化。一个世纪来，由于高炉焦比显著降低，炼一吨铁由需三吨煤降到只需一吨左右，而所用铁矿石仍视品位不同为二至三吨左右。这就使钢铁工厂的区位有由产煤区转移到铁矿区的趋势。另外，由于近代大工业的发展，在巨大的机器制造中心，由于冷加工要剩下约三分之一的废钢材，故又出现了处于城市或工业区的合金钢和高级钢工业。第二次世界大战后，由于澳大利亚、巴西近海富铁矿的大量开采和有廉价海运可资利用，某些缺乏铁矿资源的国家如日本建立起了沿海大型钢铁基地。这也说明了交通运输是钢铁工业区位变化的决定因素。

除了钢铁工业外，由于交通运输的影响，其它失重比大的工业的区位，也各有特点。加炼铝工业趋向于电力，制碱工业趋向于食盐和石灰石产地（海洋化工），制糖工业必需位于甜菜或甘蔗产区或十分邻近，有及时运输的交通线，以免损耗。

表 1 为失重比大的一些工业部门的原料和燃料消耗量指标，其中燃料均按燃料用原煤折算。

表 1 失重比大的部门每吨产品的原、材、燃料消耗量（吨）

工业性质	原料和主要材料	燃料
炼　　铁	1.8～2.0	0.8～1.2
炼　　铝	4～5	10～12
纯　　碱	3.5～3.7	0.3～0.5
合 成 氨	1.3～1.5	0.8～1.0
木浆造纸	2～2.5	0.5～1.5
制　　糖	甜菜 5～7	1～1.2
	甘蔗 6～12	

（2）原料和燃料较成品为轻的工业

这类工业数目不少，但规模较小。它们主要是生产中经过加水、发酵等过程，如硫酸、酿酒、面包等工厂。将它们设在较集中的消费区，才能在运输上合理。由于产品或运输不便，或易燃易爆，且产品的规格同消费者的爱好关系密切，故以在城市和工业区的外围设厂为宜。

失重比小的工业部门的原料和燃料消耗量指标，如表 2 所示。

表 2 失重比小的部门每吨产品的原、材、燃料消耗量（吨）

工业性质	原料和主要材料	燃料
硫　　酸	0.35～1.0	0.05～0.06
磷　　肥	0.92～0.96	0.006～0.08
面　　包	0.6～0.8	0.2～0.25
啤　　酒	0.15～0.16	0.1～0.2

（3）原料和燃料与成品相比较重量相近或稍大的工业

产品失重比接近于 1 的工业，由于原料和燃料在运输中的损耗，一般较成品为小，故宜接近消费区。有些产品失重比虽略大于 1，但有多处或多种原料和燃料来源的工业企业，如大部分的机器制造业、纺织工业、面粉工业、炼油工业等亦应归入此类。这类工业的选址，应该在总运费节约的原则下同时考虑电力、水源或协作等条件。

几种失重比近于或稍大于 1 的工业，其原料和燃料的消耗量指标，如表 3。

表 3 失重比近于 1 的部门每吨产品的原、材、燃料消耗量（吨）

工业性质	原料和主要材料	燃料
农业机械	1.2～1.5	0.22～0.25
玻　　璃	1.2～1.4	1.5～2.0
棉　　纺	1.1～1.4	1.0～1.2
面　　粉	1.1～1.3	0.22～0.25

交通运输对加工工业选址的影响，不仅应从失重比来考虑，还应估计到每一种原料、燃料和产品的具体运输条件和运输费用。这样，便出现一些特殊情况。如农业机械制造业其原料和产品的重量相差不大，但由于钢材和木材的运输要比农业机具的运输方便和经济，因而，它接近消费区看来就更合理。家具工业虽然失重比较高，但因成品不宜装运，且同使用者邻近便于征询意见、改进型式，故往往设在消费中心。

三、客货流的形成及其经济地理基础

（一）货运产品的基本指标

衡量交通运输业产品的多寡是客运或货运周转量，或称运输工作量，它是运量和运距的乘积。故客货运输产品的基本指标有三，即运量、运距（运程）和周转量（工作量）。以下就货运分别阐述其含义和影响因素。

1.货运量

在社会主义条件下，生产量的增长是货运量增长的基础。但不是任何产品都经由企业外的交通运输。（1）一部分产品被留在企业或生产单位内部，供其本身消费。如煤矿自己要消耗所生产煤的 10～20%；我国农业中，除少数经济作物地区外，大部产品也是自己消费的。我们通常把某一部门生产量中，非自给性或社会性产品的比率称为商品率。一般说来，工业产品比农业产品的商品率要高得多。必须说明，我们所说的商品产品是泛指为社会生产的产品，而不是说该产品一定是政治经济学意义的商品。（2）由于在生产布局中，许多企业相互集中靠近，因之，一部分工农业产品虽是商品产品，但可能不经过调运。如抚顺电厂所需之燃料用煤由当地煤矿取得，厂内运输即可解决。（3）各种产品的进口也增加了货运量，而这是同生产量无关的。由上述几点可见，运量既不等于生产量，也不等于商品量，但同后者比较接近。

一定期间内，全国或某一区域、城市，一种货物或多种货物总和的生产量中，必须经由公用运输才能用于生产消费或生活消费部分所占的比例，称作运输系数。如以 A（吨）表示货运量，P（吨）表示生产量，K_t 表示运输系数，则

$$A=PK_t \text{ 或 } \Sigma A=\Sigma PK_t$$

在确定运输系数时，必须消除货运量的重复计算，即同一批货物，不管更改多少种运输方式，或经过多少次运输，其重量只允许计算一次。

生产力布局的改善，特别是使加工工业同原料地与消费区在地理上结合，企业的成组布局，以及运输联系的合理化，都会使运输系数下降。但产品商品率提高，运输联系范围扩大，新交通网的开辟，又会促进运输系数增高。总的说来，在区域和城市布局规划中，根据已有的运输系数资料，再考虑到未来生产和消费的发展与布局，以及对外贸易等因素，便可根据远景的生产量来估计远景的货运量。

2.运距

货物的运输距离是被生产布局和运输的合理组织决定的。如以 A 表示每类货物中不同运距的运量，L 为相应的运距，则平均运距

$$L=\frac{\Sigma AL}{\Sigma A}$$

各类货物的平均运距亦可类似求得。

平均运距并不是决定于运量，而是每批货物的运距。故运输合理与否，对它有直接关系。生产力布局对平均运距有两方面影响：合理布局

生产力，特别是使生产接近原料产地和消费区，如在南方建立煤炭基地、扭转“北煤南运”，在北方扩大商品粮的生产、改变“南粮北调”，都导致运距的减少；但地区物资交流的扩大，边疆和内地的经济开发，又会使平均运距增加。在研究一种货物、某种运输方式或一个地区的运距变化时，应作具体的动态分析。

3.货运周转量

以Q代表每种货物的周转量，则

$$Q=AL=PK_tL$$

或

$$\Sigma Q=\Sigma AL=\Sigma PK_tL$$

可见，在生产量不变的条件下，亦会有两个因素促使周转量发生变化：（1）运输系数：如把炼油厂布置在油田当地或油田以外，会使石油运量减少或增大，从而使周转量发生变化；（2）平均运距：如把炼油厂布置就近油田或远离油田，又会使平均运距发生差别，从而引起周转量的减少或增加。以上是就生产力布局而言，从合理运输来看，亦有相应的影响。

因此，如果没有生产力布局和货物调运方面的不合理因素存在，周转量的增长，是工农业发展在交通运输上的反映。如果有上述不合理因素存在，则周转量的增长，便意味着一部分工农业产品花在运输过程中的费用人为增加了，这是一种不可容忍的浪费。实际生活中，生产量总是变化着的，故对周转量的分析研究，便更为复杂了。

（二）运输联系、货流及其表示方法

1.运输联系和经济联系

国家间、区域间、城镇间或市区内的原料、燃料、成品等物资（或旅客）的空间移动，称之为运输联系，故运输联系就是交通运输产品的定向移动。

运输联系的基础是地理分工，或称劳动地域分工。在社会主义下，运输联系体现了在统一计划下，各部门、各区域间的协作关系。决定运输联系的因素是：（1）生产单位的地理布局，特别是原料、加工部门、消费区的相对位置，最为重要。（2）企业的技术结构，指的是生产的方法、采用的原料及是否综合利用资料等。例如用苛化法和用电解法生产烧碱的两个企业，其对外的运输联系便不相同。前者主要是运出成品，后者则为运入原料。（3）销售和调运的计划工作。在生产力布局和企业技术结构不变的条件下，通过不同的供销方式，也会使地域运输联系发生变化。

在一般分析区域运输联系时，往往根据国民经济平衡表中的生产和消费地区平衡表。这种平衡表标有各种物资在一个地区或城市的生产量、消费量以及需要调入和调出的数量。这样，用经济地理的分析法便能看出各区间货运情况。生产和消费区域平衡表

表4 生产和消费区域平衡表单位：吨

产品	资源			留在当地数量			输出或输入				
	期初结存	生产量	总计	消费量	期末结存	总计	总计	其中			
								铁路	内河	海运	公路

的格式如表 4。

尽管运输联系同国民经济和生产力布局有密切关系，但运输联系同经济联系还是有区别的两种概念。运输联系只是地域间实物的定向移动，而经济联系还应包括非实物移动，如资金划拨、技术支援、经济信息传递等，故后者要比前者广泛些。另外，运输联系还包括一些非经济目的的物资调运，如军用品、邮件等，又不在经济联系的范围。国际上的经济联系往往是比较对等的，否则就会出现对外贸易的顺差或逆差；而国内经济联系则不具有这种特点。

2.运输联系的引力模式和位势模式

如何确定和估计地域间物资的定向移动，除了采用现状调查和运量预测外，还可以用相关参数的半推导、半经验的模式予以计算。这方面，对于寻求两个城镇间或一个地区或城市内两个地点间的运输联系，比较有效。

西方常用的运输联系的模式，是从物理学移植过来的零售引力模式，其形式如下：

$$I_{ij} = \frac{(\omega_i P_i)(\omega_j P_j)}{D_{ij}^b}$$

式中，I_{ij}——i，j 两地运输联系的相对值

P_i，P_j——i 和 j 的人口规模

ω_i，ω_j——i 和 j 的人口结构，经实际调查确定，包括性别、年龄、职业、收入、学龄等项

D_{ij}——i 和 j 的距离

b——度量距离摩擦性的指数，根据美国经验，其值在 0.5～3.0 之间，距离愈大，采用指数愈高

位势模式是另一种标示运输联系的方式，即求的是一地对外联系的潜力，其方程为：

$$\sum_{j=1}^{n} I_{ij} = \sum_{j=1}^{n} \frac{P_i P_j}{D_{ij}^b} + \frac{P_i P_j}{D_{ii}^b}$$

其中，D_{ii}——该地占有吸引范围的平均半径

将上式移项，得

$$\sum_{j=1}^{n} \frac{I_{ij}}{P_i} = \sum_{j=1}^{n} \frac{P_j}{D_{ij}^b} + \frac{P_i}{D_{ii}^b}$$

故左方所示的 i 地的运输联系的位势或潜力，即人均质量基础。

i 地的总的运输联系模数，被称为该地的位势 iV，于是上式成为：

$$iV = \sum_{j=1}^{n} \frac{P_j}{D_{ij}^b} + \frac{P_i}{D_{ii}^b}$$

引力模式和位势模式，均可以不以人口而以产值作为相关参数，这

对于标示与估计两个城市或工业区之间的联系，较为有效。我们采用的模式为：

$$I_{ij}=\frac{[(L_{\omega i}+K_{ti})V_{pi}][(L_{\omega j}+K_{tj})V_{pj}]}{D_{ij}^{b}}$$

式中，$L_{\omega i}$，$L_{\omega j}$——i 和 j 的平均产品失重比

K_{ti}，K_{tj}——i 和 j 的平均产品运输系数

V_{pi}，V_{pj}——i 和 j 的总产值

$$iV=\sum_{j=1}^{n}\frac{(L_{\omega j}+K_{tj})V_{pi}}{D_{ij}^{b}}+\frac{(L_{\omega i}+K_{ti})V_{pi}}{D_{ii}^{b}}$$

3.货流及其分类

运输联系在地域上的具体化便形成为货流。因此，谈到货流时，必须回答出三个问题，即：（1）货流的数量或规模，（2）货流的发点、收点以及它们的距离，（3）货流的方向，即地理走向。所以，货流要比运量、运距和周转量等指标更为综合化，它也就是货运指标的地理化。货流的单位是：吨公里方向。

交通线路上一定地点的货流量，称为货运密度。如果交通线上各区段货流不同，则可以计算全线的平均货运密度，它是各段货运量与相应运距乘积的总和同全线运距之比：

$$D=\frac{\Sigma AL}{\Sigma L}$$

货运密度的单位为吨公里/公里。

货流具体反映地域间货物运输联系，货运密度则具体反映交通线负担货运的程度。实际工作中，往往相辅为用。

按照不同的需要，货流有不同的分类方法：

（1）按照调运的方向，可以把每条交通线上的货流分作“往”、“返”两个方向。在我国铁路上称作上行和下行方向。凡由各地到北京的货流称为上行货流；由北京到各地的货流称作下行货流。内河水运常把顺水方向的货流称作下行货流，逆水方向货流称作上行货流。在公路中往往以实际方位来标示货流方向。两个方向中，货运密度较大的称为主要货流方向。

（2）按照货物的种类，可以把货流分作若干类。如我国铁路和水运干线上，过去把货流分作 12 类：煤炭、原油及其制品、金属矿石、钢铁及其制品、矿物性建筑材料、木材、棉花、粮食、盐、植物油、棉纱布、其它。目前，铁路的货运已扩大为 21 类。货流的货种分类，可以根据调查的目的，因地区、因交通线而有所不同。各个货种货流的总和称为集中即总和货流。

（3）按照运输枢纽工作性质，可以把货流分为始发货流——由当地发出的货流，到达货流——由当地收入的货流，中转货流——在当地改换交通工具的货流和通过货流——单纯在当地枢纽经过的货流。

（4）按照经由区域，可以把货流分为区内货流、区间（区际）货流和过境货流。区内货流的发点和收点均在同一区域；区间货流只有发点或收点在该区；过境货流则收、发点均不在本区，而只是由通过本区的

交通线经过，因而使不同区域经济发生直接联系。

（5）按照时间的先后，可以将货流分为历史货流、现状货流和规划货流（又包括近期货流和远景货流）。前二者是交通运输调查的结果，后者则是在区域或城市规划工作中，根据生产和交通运输发展和布局，推拟出的交通建设和运输工作的经济依据。

4.货物交流表和货流图

货物交流表和货流图是概括、明晰地表示货流的工具，它们具有很大的实用意义。

货物交流表用以表示各个货物发点和收点之间运输联系的数量方面。分品种的货物交流表多采用“棋盘表”的形式，以下根据作者的实地调查，列举新疆玛纳斯区某年的粮食交流表为例（表 5）。

表 5　玛纳斯区粮食交流表　　单位：吨

收点＼发点		区内					区外		发送合计
		石河子	三道河	乌苏	独山子	克拉玛依	塔城地区	伊犁地区	
区内	石河子		1，000		3，000	1，000			5，000
	三道河	2，500							2，500
	乌苏	500							500
	独山子								—
	克拉玛依								—
区外	塔城地区					3，200			3，200
	伊犁地区	11，000				1，000			12，000
到达合计		14，000	1，000	—	3，000	5，200	—	—	23，200

表示多种货物的交流表，则多用站港发送到达明细表。这种表的内容同棋盘表接近，但货流在收发点之间的移动规律无法明确示出。如新疆玛纳斯区某年的粮食、棉花和木材三种货物的综合发送到达明细表如表 6。

表 6　玛纳斯区货物发送到达明细表　单位：吨

站名 \ 数量 \ 货种		粮食	棉花	木材	合计
石河子	发送	5，000	—	2，000	7，000
	到达	14，000	4，000	—	18，000
三道河	发送	2，500	2，300	12，000	16，800
	到达	1，000	—	—	1，00
乌苏	发送	500	1，700	6，500	3，700
	到达	—	—	—	—
独山子	发送	—	—	—	—
	到达	3，000	—	13，000	16，000
克拉玛依	发送	—	—	—	—
	到达	5，200	—	7，000	12，200
塔城地区	发送	3，200	—	—	3，200
	到达	—	—	500	500
伊犁地区	发送	12，000	—	—	12，000
	到达	—	—	—	—
合计	发送	23，200	4，000	20，500	47，700
	到达	23，200	4，000	20，500	47，700

货物交流表的主要用途是汇总调查资料和编制货流图。同时，它们也是交通运输调查的成果。

将货流标在一定的地图上，则成为货流图。它象一面镜子一样反映出该区的生产布局和运输联系，因而在城市和区域的现状调查和规划设计中具有重要意义。货流图可以是一种品名的，也可以是多种品名的。按其表现方法，可分为三类：

（1）流向示意图：将主要货流的流向标在交通线之旁。如图 2，即某年新疆玛纳斯区主要货流示意图。

图 2　玛纳斯区货流示意图

流向示意图的优点是简单易作，且可与其它经济地图结合在一张图上，缺点是没有量的概念。

（2）货流图表：先作出交通网示意图，按逆时针方向将货流标在交通线的右侧。如某年玛纳斯区主要货流图表（图 3）。

图 3　玛纳斯区货流图表

货流图表的优点是制作方便，量的概念清楚，缺点则为不能一目了然，且无法看出货流的连续性。

货流图表可作为绘制正式货流图的过渡性表格。在进行货流规划时，亦多利用这类货流图。

（3）货运密度图或（正式）货流图：将货流不同的密度（强度），

以相应宽度标在地图上的交通线旁。不同的品名，以各种颜色或线条示之。如图 4 便是某年新疆玛纳斯区的主要货流图。

图 4　玛纳斯区货流图

货运密度图的优点是它全面、直观地反映了货流的特点，缺点为制作较麻烦。在实际工作中，往往作为成果图。

（三）货流的不均衡性

货流的不均衡性表现在方向上和时间上两个方面。

1.货流方向上的不均衡性

所谓方向上的不均衡性，即货流在相向方向之间的差异，以回运系数 K_v 示之。如以 $G_{轻}$ 表示轻载方向货流量，$G_{重}$ 表示重载方向货流量，则

$$K_v = \frac{G_{轻}}{G_{重}} \qquad K_v \leq 1$$

例如，AB、BC 间距为 100 及 50 公里，AC、CB、BA 之货运密度为 1，000 吨,1，000 吨，500 吨，于是得出各区段回运系数如下：

$$K_v（A-B）= \frac{500}{1000} = \frac{1}{2}$$

$$K_v（B-C）= \frac{1000}{1000} = 1$$

$$K_v（A-C）= \frac{1000 \times 50 + 500 \times 100}{1000 \times 150} = \frac{2}{3}$$

故回运系数必须分区段计算。

（1）货流方向不均衡的生产力布局因素：生产力布局是造成货流方向上不均衡性的主要原因。这首先表现在采掘工业和加工工业分布的地域差异上。一般说来，采掘工业生产的产品在重量上远远超过其消费掉的材料，例如煤矿运入的坑木，在重量上只是产煤量的八分之一至十分之一，这样，就使采掘工业所在地成为“出超”区。加工工业情况较复杂，其中有一些部门，原料和燃料失重性很大，如 2 吨铁矿石（含铁 50%）和 1.2～1.6 吨煤才能炼 1 吨铁。在制糖和榨油工业中，成品和原料的重量比为 1：6 左右。这样，有些加工工业集中地便成为“入超”区。另外在大中城市，因居民生活需要，造成对粮食、副食品、民用煤的大量消费，亦引起运入、运出的不均衡。由于许多大中城市同时就是大的加工工业中心，这一趋势更为严重。

（2）货流方向不均衡的经济后果：从运营上来看，方向不均衡造成了空车（船）的调拨。空车走行不完成货运吨公里数，但仍要消耗一定的费用（如铁路上空车吨公里成本约为重车吨公里成本的一半强）。这便使交通线总的运营费提高。

重车流和空车流产生重车公里 $\Sigma_{ns重}$ 和空车公里 $\Sigma_{ns空}$，后者与前者的比率称为空率 α，即

$$\alpha = \frac{\Sigma_{ns空}}{\Sigma_{ns重}}$$

如果前例中货流通过铁路上载重 50 吨的棚车运输，则

$$\alpha\ (A-C) = \frac{10\times100}{20\times150+10\times50+10\times150} = \frac{1}{6}$$

实际情况下，由于车船的专门化和不同物料对运输工具的特殊要求，如石油要求油罐车承运、鲜肉要求冷藏车承运，又使空率大为增加。上例中由C至B一半为石油货流，需用载重 50 吨的油罐车运送，此时

$$\alpha(A-C) = \frac{10\times150+10\times50}{20\times150+10\times150+10\times50} = \frac{2}{5}$$

可见，即若货流在方向上较均衡，亦不排除空车调拨的可能性。例如大庆的原油南运，设备、建材、日用品运入，并不能在车辆上利用回空，这也是敷设油管的一个条件。在海上运输，回空船只为了保持其稳定性，又往往需人为地增加载重量，形成更大的浪费。

货流方向上的不均衡性，造成了新修或改建交通线投资的增加，因为路线及枢纽均需以重车方向的货流为设计依据，从而大大减低线路的经济效果。

（3）货流方向不均衡的改善措施：想绝对消除方向上的不均衡性是不现实的。但是，通过一些技术经营措施和生产布局措施，可以使这种不平衡得到缓和。

技术经济措施是一些治标的办法。路线采用有利于重车方向的运营制度，如单线铁路使用不成对运行图，双轨铁路一线当作单线使用；车辆与船舶不过分狭隘专门化；设计陆路交通线时，将空车方向采用较陡的上坡；空车方向运价给以折扣等。

生产力布局措施是改善货流方向上不均衡的治本办法。这方面必须注意以下各点：尽量使采掘工业和原料、燃料失重性很大的加工工业在地域上结合，组织联合企业，如将采矿、焦化、钢铁冶炼工业结合在一起；在大城市、工业区附近建立粮食、副食品、燃料基地；布局工业时，考虑到货流方向上的均衡，如在交通线两端的煤炭和铁矿石基地各建钢铁企业并进行原料互换；适当选择分布广泛的原材料如砂石、粘土、石灰石等的产地和加工厂，使其能利用回空方向运输。

2.货流在时间上的不均衡性

这类不均衡性反映了货流在不同时间的差异，包括年度的和季度的。在资本主义下，由于周期性的经济危机，使货流的年度变化极为显著。而在社会主义条件下，由于生产和人民消费日益提高，货流也表现为逐年增长。尽管如此，按季、按月的货流分配，在社会主义经济中仍然是有波动的，且表现出一定的规律。

（1）货流季节不均衡性及其影响：这种不均衡性普通以季节不均衡系数 K_s 表示之。以 $G_{平均}$ 表示交通线网或枢纽全年平均货流量，以 $G_{最大}$ 表示其某一时期最大货流量，则

$$K_s = \frac{G_{最大}}{G_{平均}} \qquad K_s \geq 1$$

以上公式反映了最大货流量与平均货流量的关系，对于组织运输，准备后备运力有巨大意义。但要表示货流变动一般情况。可求均方差 σ。如以 G_i 表示每一时期的货流量，N 表示时期的总和数，则

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (G_i - G_{平均})^2}{N-1}}$$

根据均方差求变差系数

$$C = \frac{\sigma}{G_{平均}}$$

如两个码头的货物吞吐量季度分配分别为 2、3、4、3（万吨）和 1、3、4、4（万吨），二码头的$G_{平均}$均为 3（万吨），季度不均衡系数K_s均为 1.33，而变差系数分别为 0.24 和 0.41，即后一码头货流的波动要比前一码头大些。

货流季节不均衡对交通运输有着巨大影响。交通路线和站港不能根据平均货流量，而是要根据最紧张时期的货流量来确定，这样，平时的固定设备便搁置不用，影响资金的周转。日常的运输组织工作，也因为货流的季节波动而引起许多麻烦，如必须调配劳动力、调剂车船利用等。

（2）运输方式的季节性对货流季节性的影响及其改进措施：由于交通线路所在区域自然条件和线路技术装备水平的差异，往往使某种运输方式产生一定程度的季节性。在这方面首先是水路交通。高纬度地区的内河航道和海港，往往由于冬季封冻而被迫停航。我国北方河川封冻期一般有 1～3 个月，而东北河川则达 4～6 个月。另外，有些河川在洪枯水期也使运输工作难以进行。公路交通在一些地区则受到冬季积雪、春季翻浆和夏秋洪水的影响，特别是低级路面，所受影响更为严重。铁路交通因有一定的技术装备和措施，较少引起季节性运输停顿。故水路交通和公路交通往往是货流发生季节波动的原因。

各种运输方式的相互影响亦必须在实际工作中予以估计。一种交通因受季节性影响，必然涉及到另外一种，如水路的封冻会将大量货流转移到平行的铁路上。另外，如果支线或补给线路发生季节影响，则必然使干线货流也出现很大季节波动。如公路因春季翻浆而货流减少，则相应的铁路地方货流亦减少。

由运输方式引起的货流季节波动，可以通过技术措施予以避免或削弱。如提高交通线设计标准，冬季进行道路防雪措施等；水上交通在封冻期利用破冰船开辟航道，修建水库调剂洪枯水量等。当然，技术措施会引起投资的增加，应在经济合理的情况下进行。另外，在布局地区交通网时，应考虑各种运输方式的季节特点及其相互配合，以使这种季节性对货流的不均衡性和对地区经济的危害影响减弱。

（3）区域生产和消费的特点对货流季节不均衡的影响：由于货物生产或消费集中在全年的某一季节，再加上生产和消费在地域上的分离，便引起货流的季节性。有些货物的生产和消费在全年是均衡的，因之货流在全年分配是稳定的。大部分工业货流、特别是重工业货流如煤炭、石油、矿石、钢材等，基本上无季节变化。但有些货流则是不稳定的。

一些货物生产具有季节性，而消费在全年是均衡的，如粮食、棉花、糖等。我国粮食货流，在一年一作区和二年三作区集中在夏收和秋收之后，即 8～10 月；一年二作区则有夏收后和秋收后两个高峰。天津红桥码头 1962 年农副产品货流总量为 17，987 吨，8、9、10 三个月占去二分之一，按月季节不均衡系数达 2.88，货流的季节分配如图 5 所示。

图 5　红桥码头 1962 年货流季节分配

一些货物生产比较均衡，但消费具有季节性。如我国北方冬季对建筑材料需要显著减少，民用煤则显著增多。又如化肥根据不同的农时，货流量亦不相同。

一些货物生产与消费均具有季节性，如一些木材利用放筏，只有在河川开冻后才能被放出，而正好冬季建筑上需要木材不多，此为两种季节性相互结合的例子。又如北京大白菜生产在秋季，而主要消费季节在冬春之际，这又是两种季节性相矛盾的例子。不管如何，生产与消费均有季节性的货物，其货流的季节性更为显著。

在社会主义计划经济下，加强运输计划工作，特别是按季、按月组织均衡运输，调剂季节性货流的运输时间，对延缓交通线网的货流季节波动，缩小集中货流淡旺季差别有巨大意义。

（4）合理布局仓库对缓和货流季节波动的作用：由于运输方式以及各区生产和消费的季节特点，很多情况下需要先将货物进行储存保管，于是，合理的仓库或转运栈的区位，对调节季节性货流有着重要作用。

生产具有季节性，而消费则为均衡性的货物，应在生产地就近建仓库。如粮食和棉花在收获后，可先集中在附近的火车站或汽车站附近，然后在一年内均衡运出。这样，粮、棉货流的季节性便可消除。如将粮仓建在消费区大城市，其优点是可以集中修建较少的大型仓库，避免了在生产地建立分散小仓库的缺点，投资和管理均较经济，还可及时供应消费者需要。但如考虑到货流季节不均衡给国家带来的损失，以及对交通线网造成的巨大压力，则分散建库的多余支出，往往可由运输费用的节约补偿而有余。当然，建立仓库，特别是粮仓，还应着眼于“广积粮”的战备方面，所以，分散储备是更为合理的。

生产均衡、消费具有季节性的货物，如建筑材料、民用煤等，可在消费地扩大仓库规模和仓库网。比如我国北方，应将建筑材料预先运入工地，这虽积压了建筑部门的资金，但并不增加整个国民经济的支出。因这并不延长物资的储存期限，只是变更储存地点问题。这种变更能给运输带来巨大节约。

生产和消费皆均衡的货物，在运输方式具有季节性条件下，则又往往需使生产地和消费地均设置仓库进行调剂，以便在交通线运营期达到货流均衡，且不致造成生产或消费上的不便。

兹将生产、消费和运输的季节性和仓库合理布置的关系，列表如下（表 7）。表中+号表示季节性，-号表示均衡性。

表 7　季节性与仓库合理区位

生　　产	-	+	-	-
消　　费	-	-	+	-
运　　输	-	-	-	+
仓库地点	视其它条件而定	生产地	消费地	生产地和消费地

当然，生产、消费和运输三者中有两个以上都具有季节性时，用仓库位置来缓和货流的不平衡性，就更为复杂了。以下列举天津市内河航运货流与仓库布点的关系作例子（表 8）。

表 8　天津市内河航运货流与仓库布点

货　物	生产时间	消费时间	运输时间	仓库位置
粮　食	9～11 月	全　年	3～11 月	生产地和消费地
食　盐	4～10 月	全　年	同　上	消　费　地
建筑材料	全　年	4～11 月	同　上	生　产　地
民用煤	全　年	11～3 月	同　上	生产地和消费地
蔬　菜	3～11 月	全　年	同　上	消　费　地

（四）人口的分布和移动与客流

旅客的空间位移是交通运输的另一种产品，在我国，它约占全部运输工作量的四分之一左右。旅客运输的基本指标是客运量、运距，以及二者乘积的总和旅客周转量（客运工作量）。具有一定距离和方向的客运量称为客流，其单位为：人公里方向。交通线路上一定地点的客流量，则称为客运密度，单位为：人公里/公里。

探讨客流的经济地理特点，对于区域和城市布局规划有巨大实用价值，因为客流的调查、估计和推算，是决定铁路、公路和城市道路系统和线路以及交通工具装备的主要依据。

1.居民移动系数和乘车率

客运量与人口数量的比率，以居民移动系数 K_m 表示之，如以 M 表示一定时期区域或城市的居民移动量，S 表示其人口总数，则

$$K_m = \frac{M}{S}$$

居民移动系数决定于国家或地区的城市化程度，一般是同区域或城市的大小和人口的多少成正比。当然在实际工作中还要作具体分析。一般规律是：区域或城市的基本人口和服务人口比例高，被抚养人口比例低，则居民移动系数大，反之亦反；职工的带眷系数高，则居民移动系数小，反之亦反。工业区的居民移动系数远高于农业区。

对于城市内部来说，居民移动系数和乘车率并不是一回事，因为居民在市内的移动可以不利用公用交通，而采取步行或骑自行车等。以 A_m 代表区域或城市的居民乘车移动量，则乘车率

$$\varphi = \frac{A_m}{M}$$

故对于区域交通而言，$A_m \to M$，$\varphi \to 1$；而对于城市交通而言，$A_m < M$，$\varphi < 1$。

2.客流的产生和分布

客流的产生主要取决于人口分布和经济发展水平以及交通运输的方便程度，社会因素和地域开发政策对其也有很大影响。客流的产生在过去多由商业贸易和政治、文化要求等引起，因民族迁移、新大陆和人口稀少地域的开发而进行过的国际间和国内地区间的人口移动，也使许多地区之间产生了大宗客流；近代随着资源的广泛开发和工业布局的大规模展开，产生了有计划的移民；为解决人口过密与过疏，在落后地区采取诱导政策，致使产生了劳动力移动；由于劳动地域分工而带来的人员

在生产、经济、管理上的种种交流和联系日益频繁，以及随经济及文化生活水平的提高，旅游事业的大规模展开等等。以上各种因素导致远程和近程的客流不断增加。此外，随城镇化进程的加速，城镇地域不断扩大，工作地点与居住地点愈益分离，产生了大量的、每日往返于市区与郊区之间、甚至近距城市间的通勤客流。由于物质文化生活水平的不同，使不同国家和地区的客运量水平产生很大差异，对不同地区各类客流产生的人文地理因素进行分析，可为客流量的预测提供科学依据。

客流的分布视其种类不同而异。例如，随人口迁居使得新定居地域与原居住地域之间形成大宗客流，如中国东北区与山东省、河北省之间，新开发的工业基地与老工业基地之间等。在专业化分工相同的新老工业基地之间货流很少，而客流却很多。节假日客流，在中国多为职工返家探亲。市郊客流主要产生在大城市及工矿中心，如中国 1979 年市郊铁路客流集中于 37 个中心，苏联铁路市郊客流 1970 年集中于 86 个中心。市郊客流的方向，在居住地集中于市区而工作地位于郊区的城市，表现为早疏散晚聚集型；而工作地位于市区而居住地多在郊区的城市，呈现为早聚集晚疏散型。各种类型的客流分布在不同地区的交通网，其分布与变化规律是客流地理的重要研究内容。

客流在各种交通方式间的分配，首先与客流的地理分布密切相关。如中国东北与山东间的客流历来主要利用海运。其次与经济发展水平有更为密切的关系。发达国家各种现代交通工具发展较充分，长途旅客均广泛利用航空，数百公里者也多以高速公路或高速铁路为主；发展中国家却多以铁路、河运为主，少数甚至利用原始工具。如何在不同地区的多种交通方式中合理分配客流，也是客流地理应解答的课题之一。

3.客流的不均衡性

客流的不均衡，表现为交通线上客流密度的时间、方向和区段间的差异。主要有以下几方面：

（1）时间不均衡系数 $K_{时}$：指客流在一天 24 小时内的高峰小时客流量与平均小时客流量之比。一般一天有两个高峰小时，早高峰（7～8 时）和晚高峰（17～18 时或 18～19 时），而以早高峰客流最为集中。$K_{时}$一般在城市交通中不应超过 1.5。一天中高峰小时客运量占全天总客运量的百分比称为高峰小时系数，约在 6～15%左右。形成客流一天内时间不平衡的基本原因是劳动客流定时上下班，因此，除机关学校外，工厂和服务行业的上下班时间适当错开，对交通运输是有利的。

（2）日间不均衡系数 $K_{日}$：为最大日客流量与平均日客流量之比。星期日的客流量要比平日大，但高峰小时要低。节假日的客流量更大。将时间和日间一并考虑，则每周的最大高峰小时往往出现在星期一的早高峰，次为星期六的晚高峰。把一个城市各生产单位的周休日错开，对改善这种不均衡有巨大价值，同时对城市工业和民用电力供应的调剂也是有利的。

（3）季节不均衡系数 $K_{月}$：指的是最大季节或月的客流量与平均客流量之比。我国城市和区域的交通运输，最大客流均出现在第一季度，主要是二月份，这是春季探亲访友客流显著增多之故。一些游览城市，在一定的季节如杭州的春季、北戴河的夏季、北京西郊的秋季，客流显

著增加。

（4）方向不均衡系数 $K_{方向}$：即大单向客流与平均单向客流之比，一般其数值不大于 1.2，否则就应采取专门措施。必须指出，由于客流具有很大的时间上的不平衡性，故方向不均衡系数必须按一定时间范围计算才有意义。很显然，市际客流必须按月或季计算，而不能只按年计算；市内客流应按时计算，而不能只按天计算，因为旅客上下班或文娱出访基本上当天要返回，会掩盖了高峰小时客流的实际情况。

（5）路线不均衡系数 $K_{路线}$：即高峰区段的客流与平均区段的客流之比，平时不大于 1.4，如超过即应开辟区间车路线或用其它办法解决。

掌握了各种客流的不均衡系数，在新规划交通网的区域或城市，就可以根据客流计算得到的全年客运量和客运工作量，得出有关线路的高峰时间、大客流方向和集中区段的客流密度。它是交通布局和线路设计中有关客运工作的重要依据。

对市际交通线而言，客流密度的计算公式为

$$D_p = \frac{Q_p K_{月} K_{方向} K_{路线}}{24L}$$

式中，D_p：客运密度

Q_p：年客运周转量

L：交通线长度

对城市道路而言，客流密度的计算公式为

$$D_p = \frac{Q_p K_{时} K_{方向} K_{路线}}{730L}$$

第二章　交通运输布局和交通运输网

一、交通运输的类型及其技术经济特征

（一）交通运输类型的划分

交通流（客流、货流、车船流等）是在不同的交通运输类型上流动的旅客、货物和运输工具。在一切交通运输类型中，主要由两部分设备组成：一是路线（包括铁路线、公路线、水上航道、航空线、管线等）和站（包括车站、泵站等）、港（包括海港、河港、航空港等），它是运输工具流动的物质基础；二是运输工具，在其中乘坐旅客及装载货物在路线上移动。此外，还有运输的辅助设备。

表 9　交通运输的类型

地理媒介	线　　路	运输工具（牵引力）
陆地交通	大车路，公路	人力和畜力车
	公路，机耕路	拖拉机（柴油机）
	公路，城市道路	汽车（柴油机、内燃机）
	铁路，电车道，	机车（蒸汽、内燃、电力）
	地下铁道	车辆
水上交通	海上和内河航道	木帆船（人、水、风力） 轮船（蒸汽、内燃机）
空中交通	航空线	飞机（内燃、喷气、喷气涡轮）
特种交通	铁索道 管道	缆车（电力、内燃） 泵（电力、内燃）

运输工具的动力可以是人力、畜力、重力、风力、蒸汽机、内燃机、电动机和喷气发动机等。

交通运输根据不同的原则，可以有各种各样的分类，主要是以其线路和运输工具的技术设备来区别。在交通运输地理研究中，交通线路和工具同地理环境的关系，即其自然媒介的差异受到重视。这样，我们可以根据地理、工具和线路三种标准，将交通运输划分为若干类型（表 9）。

如果根据各种交通运输方式的技术设备特征，目前运营成熟的现代化交通运输方式有铁路、水路、公路、航空、管道等。在社会主义条件下，上述五种运输方式联结成为统一的交通运输系统，为满足整个社会的运输需要，进行有计划按比例地综合发展。

（二）各种运输方式的适用范围

国民经济对交通运输的要求是：载运量大、成本低、投资少、速度快、受季节和环境变化的影响小。不同的运输方式，对上述要求的满足程度是不同的，因而其适用范围各异。兹列表对比（表 10），表中数字代表其在某一方面的优劣次序。

表 10　不同运输方式的对比

运输方式	载运量大	运价低	速度快	时间连续性强	空间灵活性大
铁　　路	2	2	3	1	4
一般河运	3	3	5	6	5
江海运输	1	1	4	5	6
汽车公路	4	4	2	2	1
航　　空	5	6	1	3	3
大　车	6	5	6	4	2

从上述一般比较可以看出，不同运输方式的优缺点是相对的、互补的，因而它们在全国统一交通运输网中，各有其地位和作用，又各有其局限性。在社会主义条件下，对各种运输方式采取综合利用和全面发展的方针，促使各种运输方式协调合理地发展。

1.铁路

铁路具有载运量大、运价低（在中国，其运输成本仅高于海运，同长江运输不相上下）、受气候季节变化影响小等突出优点。运输过程中旅客列车的走行速度与技术速度相差不大，货物列车的区段走行速度较慢。但修建铁路工程造价高，受经济和地理条件限制，不能短期内修建延伸，这是它的缺点。在中国，铁路主要承担大宗货物和旅客的中长距离运输，在总货物周转量和旅客周转量中分别占 50%和 60%左右。它是中国运输系统的骨干。

2.水运

海洋和主要内河干线的轮船和拖驳船队载运量大，航道航线通过能力所受限制极小，运输成本低，它主要担负大宗、笨重货物的长途运输。由于水上航道的地理走向和水情变化难以全面控制，在运输的连续性和灵活性方面，难以和铁路、公路比拟。沿海航线是我国南北的主要运输干线之一，远洋航线是对外贸易的主要通道；长江干线航运是中国南方东西交通的大动脉。内河中小航道在中国分布较普遍，特别是南方一些地区，密如蛛网，担负着地方短途运输和城乡物资交流的任务。

3.公路汽车

它是最重要和普遍的短途运输方式。它虽然载运量小，运价较高，但对不同的自然条件适应性很强，一般公路基建投资又较小，因而空间活动的灵活性很大，技术速度与送达速度均较快。汽车交通广泛服务于地方和城乡的物资交流和旅客来往，为干线交通集散客货，并便于实现货物运输“门到门”。对于一些尚无铁路的中小城镇、广大农村、边疆地区，公路在其对外联系中的地位更为重要；有些区域，汽车交通起着干线作用。

4.航空

是速度最快的运输方式，但运费高、运量小。它担负着主要政治、经济、文化中心间以及国际交往的快速旅客运输和报刊邮件、急迫物资的运输。随着我国国民经济的发展和对外联系的增加，航空运输的重要性将会日益增长。

5.管道

适合于石油及其制品、天然气、煤气以及生产和民用水等单项流体

货物的专门运输。它具有大量不间断运送、管理方便、受自然条件影响小等技术经济优点，但无法承担多种货物运输，且敷设时需大量钢材。随着我国石油开采的增长和石油化学工业的兴起，在主要油田和石油加工企业、转运港口间，已陆续修建了输油管道。近年来随着固体物料液化技术的发展，管道已开始用于煤炭、矿石等固体物料的运输。

6.民间运输工具

主要是乡镇所有的畜力车和木帆船，具有灵活方便、无孔不入和同农业生产结合紧密的优点。它虽然运量小、速度慢，但当前还是一支不可忽视的运输力量。

（三）主要技术经济指标在不同运输方式中的反映

各种运输方式的技术经济特征，是通过各种技术经济指标来反映的。技术经济指标的优劣，反映出它们的技术经济效果的大小。衡量经济效果的总的标准是多、快、好、省。这个标准具体反映在运输中，是用各种技术经济指标来体现的。主要的技术经济指标有：货物送达速度，运输成本，运输质量，劳动生产率，基本建设投资额和主要物资（如钢材、燃料）的需要量，等等。

1.货物送达速度

采用和发展运输速度快的运输方式，有着重大的经济意义。运输速度快可以缩短商品的流通时间和再生产周期，使社会扩大再生产加速进行。同时，缩短商品在途时间，就能够使大批货物从在途运输的“积压”状态下解放出来，把它们投入生产消费或生活消费。这不仅可以大大节约流动资金，加速物资周转，从而减少物资积压，而且还可以大大提高运输设备的利用率，加速运输工具的周转，相应地减少运输设备和运输工具的需要量。资金的周转时间，除由生产时间决定外，还由流通时间决定，而流通时间又取决于商品的购买时间和销售时间，这两者又与运输时间紧紧地联系在一起。运输时间在商品流通总时间中占有相当比重。要缩短运输时间，就必须加快货物送达速度。因此，货物送达速度这个指标，是从流通领域的角度反映了运输业与工农业物质生产部门的关系，或者说流通与生产的关系，是评价各种运输方式经济效果的重要指标之一。

各种运输方式的货物送达速度，取决于它们的运输工具的技术速度和旅行速度。

技术速度是决定货物送达速度的基本条件。“交通运输工具的改良，会绝对缩短商品的移动期间”。[①]目前，在国外，无论陆上、水上或空中运输工具，由于采取了各种先进技术，其技术速度普遍有提高的趋势。货物送达速度还受到在沿途中间站停站时间、货物始发到达作业时间、车辆在港站等待装卸时间、途中作业时间，如果是水陆联运货物则还包括在换装地点的停留时间的影响。各种运输方式的技术速度、始发和到达作业时间以及途中作业时间不同，是决定它们的送达速度不同的主要因素。

[①] 马克思：《资本论》，第 2 卷，第 277 页，人民出版社，1975 年。

铁路列车的技术速度较高，但是在货物列车运行过程中，需要进行列车的编组、解体等技术作业，因而旅行速度比技术速度要低很多，使货物的送达速度降低。因此，缩短列车的技术作业时间，提高始发直达列车的比重，可以提高货物的送达速度。

水上运输船舶的技术速度一般比铁路低。它的旅行速度占技术速度的比重较铁路为高。这是由于船舶途中技术作业少，可以不间断地连续航行的缘故。但是，终因其技术速度不高，运输船舶，尤其是拖驳船队的旅行速度，均较铁路为低。

货物送达速度，还取决于始发和到达作业时间和货物在库场停留的时间。目前，铁路、水运的始发和到达作业时间在运输时间中所占比重较大；货车平均周转时间为三天，其中，货物作业停留时间约占 40%，技术站中转停留时间占 25%，在途行驶时间只占 35%；长江、沿海航运的货船航行率仅分别约为 30%和 40%，亦即分别有 70%以上和约 60%的时间在港口停留。这就影响了它们的送达速度的提高。因此，为了减少运输工具在港站的停留时间，提高货物送达速度，必须改善港站组织工作，加速装卸作业。汽车运输的装卸作业时间很短，途中又无编解作业，因此货物送达速度较高。航空运输的旅行速度和货物送达速度均最高。

上述情况表明，一般说来，运输工具的载重量大，每次货物发送批量大的运输方式，其始发、到达作业时间就较长，反之就较短。汽车运输在短途运输中的优越性就在于此。

各种运输方式运输或通航的经常性，对货物送达速度也有一定的影响。铁路运输的高度的经常性，是保证货物送达速度较高的重要条件之一。水运因通航期不同、水位季节的变化和气象因素的影响，经常性较差，这在一定程度上限制了水运货物送达速度的提高。

当两地间同时有水铁两种运输方式时，一般是水运距离较铁路为长；而且由于航道通航标准不一，又不成网，货物往往需要倒载中转，从而降低了货物送达速度。但是，随着水运建设的发展，运输组织工作的改善，以及各种运输方式联运的发展，货物全程运输时间将不断缩短，从而，将会提高货物的送达速度。

各种运输方式货物送达速度不同，对国民经济发展的影响也不同。由于货物不同，在不同条件下加速其送达速度所产生的经济效果有所差异；对于不同货物而言，并非在任何情况下提高货物的送达速度都是有利的；而是必须根据不同货物的生产和消费特点，货物的性质以及其经济意义等，给予综合的评价。在通常情况下，从整个国民经济的观点着眼，货物运输应当采取较高的送达速度运输。这里，在考虑加速货物运送的经济效果的同时，必须考虑到由此而引起的运输上社会劳动消耗的增加，应仔细比较其得失，从而决定取舍。

2.运输成本

它是运输业的综合经济指标。根据成本水平，就可以大体接近实际地反映出各种运输方式社会劳动耗费的水平。采用先进的技术设备、合理的组织管理工作、技术作业过程和劳动方法，就可以获得较高的劳动生产率和工具、设备利用率，节约燃料和材料，从而可以达到较低的运输成本。

在国民经济的费用支出中，运输费用占有很大比重，而运费在一些

货物的价格中所占比重很大。以铁路运输的几种主要货物为例，煤炭的运费约占煤炭出矿价格的 30%，铁矿石占出矿价格 56%，钢铁占出厂价格的 58%，原木占价格的 16.3%。可见，降低运费对降低这些货物的成本有很大作用，而降低运费，归根结蒂应落实到降低运输成本上。因此，从节约运输上社会劳动耗费的观点看，在许多情况下，能够保证货物运输中劳动耗费最少的运输方式，对于国民经济的发展具有重要的意义。目前中国各种运输方式的货物运输成本水平的相对情况是：沿海和长江下游运输成本低，次为铁路运输，地方内河运输成本较高，汽车运输成本较水运为高，输油管道的运输成本低于铁路和公路而高于海运，而以航空运输成本最高。

从表 11 看出，目前中国沿海和长江的成本并不比铁路低多少，主要是因为中国铁路利用率高，动力煤价较低；而水运由于多年来缺少投资，船舶和港口设备大都比较落后，经营管理不善等，影响了成本，从发展的观点看，水运的成本还是会降低的。

表 11　中国铁路、沿海、长航运输成本比较表

指　　标	铁　　路		沿　　海		长江干线航运	
	全国平均	平原地区的繁忙线路	平均	煤炭	平均	下游
成　　本（元/千吨公里）	9.41	5.0～6.0	4.4	3～4	10.25	5

各种运输方式的成本水平受着众多因素的影响。运输成本中各项费用构成的特点，与影响其水平的因素密切联系。货运密度对运输成本的水平有着重大影响。各种运输方式的运输成本中，与运行无关支出（固定费用）的比重各不相同，铁路最高，水运次之，公路最小。在一定条件下，货运密度虽然增加，而与运行无关支出并不增加，单位运输量所分摊的与运行无关支出减少，从而使单位运输成本水平降低。当货运密度增加时，运输成本中与运行无关支出比重大的运输方式，其运输成本的降低幅度就大，反之就小。对于铁路运输来说，运输成本的高低在相当程度上取决于货运密度的大小，至于其他运输方式，其影响程度较铁路为小。

货物运输距离对运输成本亦有重大影响。单位运输成本中始发和到达作业成本的比重，是随着运输距离的增减而成反比例变化的。这项比重，以水运为最高，铁路约比水运低一半，公路最小。由于各种运输方式中这一比重的不同，当运输距离延长时，比重较大的运输方式的成本降低幅度就要比比重较小的运输方式为大。一般地说，运输货物时，河运比之铁路，其优越性是随着运输距离的增加而不断提高的，运距愈长，利用河运的效果就愈显著；海运成本的降低，则在更大程度上取决于运输距离的延长。

运输工具的载重量对运输成本的影响亦十分显著，这在水运中尤为明显。在符合营运要求的条件下，一般地说，采用载重量大的运输工具比采用载重量小的运输工具有利，因为运输费用不因载重量的增加而成等比例增加，而是要小得多。水运航道条件的复杂性导致船舶载重量大小极其悬殊，而铁路车辆载重量的差异却很小。因此，水运的成本受船

舶载重量的影响要比铁路运输大得多。

此外，运输工具的类型及其利用程度，动力装置的类型，货物的种类及运输时间和运输方向的平衡程度，对运输成本也会发生一定的影响。

由此可见，各种运输方式运输成本的构成各有其特点，而且就一种运输方式内部而言，也存在着差异。因此，在比较各种运输方式的运输成本时，应该使它们具有可比性。

首先，必须考虑各种运输方式在成本构成和支出科目所包含的内容上存在着的某些差别。河运成本中不包括航道及其设备的维修费，海运成本中不包括灯塔、航标的维修支出，这些费用由国家按事业费开支。公路运输成本中不包括道路的折旧、维修费。这种养路费由国家或地方预算拨款解决。只有铁路运输成本中才包括线路、车站的折旧和维修费用。为了可比起见，应进行适当的修正。不过，对于航道的维修费如何合理地计入水运货运成本，即如何在利用航道的各个部门之间合理分摊，是需要研究的问题。

其次，由于各种运输方式所运货物种类、运输线路和运输方向不同，因而使得运输成本有很大的差别。因此，只有分别货种、运输线路和运输方向计算各种运输方式的运输成本，相互之间的比较才较为接近实际。水运成本的波动范围很大，海、河成本之间，长江干线与地方河运成本之间均相差几倍。同时，水运干线可与铁路、公路线相比；而支流小河可与汽车运输相比，在个别情况下亦可与铁路专用线相比。

第三，物资从生产地到消费地，因运输方式不同，其运输距离也不同。当货物经过几种运输方式联运时，还要进行中转换装作业，因此，只有比较全程运输成本（包括装卸作业成本和换装作业成本），才是合理的。在目前，计算运输成本都没有包括装卸成本，从货物的运输全过程看，不包括装卸成本在内的运输成本，是不完全的。

第四，旅客运输由于需要增设专用设备（如站舍、运送工具等），同时单位需要消耗的动力也大，使支出增加，单位运输成本较货物运输为高，但对各种运输方式的具体表现亦有差异。航空、铁路客运固定设备和运输工具的投资远较水运、公路汽车为高，故它们的客运成本也较高。此外就铁路运输本身来说，各种类型客车由于车厢载客人数不同，客车自重不同，使单位旅客周转量所摊的自重吨公里也不同，从而造成有关支出和运输成本的差异。

3.基本建设投资

确定各种运输方式综合利用和发展的另一重要指标，是各种运输方式基本建设投资的节约程度。大力发展建设费用省的运输方式，就可以为国家节约大量人力、物力和财力。

各种运输方式投资的大小，取决于它们的物质技术基础的构成和性质。各种运输方式物质技术基础的构成各有其特点，从而形成初期投资和后期投资的差异。一般地说，固定设施（线路和港、站建筑）比重大而活动设备（运输工具）比重小的运输方式，所需要的初期投资大，后期投资小；反之亦然。

铁路运输业由于固定设施的工程费和建筑材料、劳动力消耗

表 12　中国新建铁路干、支线平均造价表

单位：万元/公里

项　　目	五十年代	六十年代	七十年代
1.新建铁路干、支线	52.0	118.3	199.9
其中：平原地区	39.5	46.0	62.0
丘陵地区	37.9	61.6	117.6
山岳地区	76.8	151.3	253.6
2.新建铁路干线	53.3	160.6	217.5
其中：平原地区	40.5	53.2	84.4
丘陵地区	39.3	71.6	126.7
山岳地区	79.0	205.8	256.8
3.新建铁路支线	42.7	68.9	106.0
其中：平原地区	28.9	41.0	45.0
丘陵地区	33.3	48.3	84.7
山岳地区	62.8	83.1	210.3

大，因此，它的线路投资高。

水运是线路投资较省的一种运输方式。整治航道每公里投资大约只及公路的五分之一至十分之一；渠化航道只及铁路的二分之一至五分之一。这是由于天然河道为航道建设提供了基础条件，而且航道的开发有利于其他有关部门综合利用水利资源。船舶，尤其是海轮，就其单船造价看，是非常昂贵的，国产 3，000 吨、21，000 吨的沿海货轮，其造价分别为 520 万元和 2，200 万元左右。铁路机车车辆的单车造价要比船舶低得多，如中国造的东风四型大型内燃机车价格为 145 万元，蒸汽机车为 27 万元，货车为 20 多万元。

一般公路运输的线路投资介于铁路与水运之间。

比较各种运输方式的投资水平时，不能仅就线路单位长度或运输单位工具载重量的投资对比，而必须考虑到线路的货运密度和运输工具的利用情况，就是说，应该以完成一定的运输工作量（如千换算吨公里）的实际投资额作为比较的依据。

各种运输方式的线路所通过的货运密度不同，所以，完成一定的运输工作量所需要的线路投资，各种运输方式也存在着差异。

各种运输方式的运输工具单位载重量的投资，相互间差异很大。如果考虑到运输工具的利用情况，当完成一定的工作量时，所需运输工具的投资，铁路最少，水运次之，公路则相当高。

各种运输方式每万元固定资产平均完成的换算周转量，以沿海运输为最大，长江干线次之，铁路再次，公路、民航最小。水运航道通过能力大和海船、内河船队载重量大，而航道投资小，是水运投资效果高的主要原因。公路投资效果低，是由于其通过能力小和汽车载重量小所致。

应当指出，上面的各种分析比较，是在实际形成的不同的货运密度下进行的，如果将货运密度提高到同一水平时，各种运输方式的投资情况就会发生某些变化。

4.金属需要量

各种运输方式对金属的需要量各不相同。以线路而言，水运需要金属最少，铁路最多。建设一公里标准单线铁路需要钢材 120～140 吨，如

果用钢筋混凝土枕则总共需要钢材 165～200 吨，而开发天然河道则几乎不需要任何钢材，即使建设现代化航道，其金属需要量也比铁路少得多。石油管道每公里约需钢材 100 吨左右。

各种运输工具单位载重量的金属需要量取决于运输工具本身的载重量和自重系数，即运输工具自重与载重量之比。船舶的自重系数为 20～30%，铁路车辆达 40%左右，汽车则更高。因而运输工具单位载重量的金属需要量，船舶最小，汽车最大，铁路车辆居中。内河载重 1，000 吨和 2，000 吨煤驳分别约需钢材 240 吨和 340 吨，载重 16，000 吨的沿海煤船，需要钢材 7，000 吨；一辆货车需要钢材 13～25 吨；汽车的自重与载重量之比，工业发达国家为 0.6～0.7：1，中国为 1：1，即生产一辆四、五吨的汽车，需要钢材大体也是四、五吨。如果考虑到各种运输工具的运用效率，完成一定运输工作量的金属需要量，河运最小，海运与铁路次之，汽车最多。

5.能源消耗量

能源消耗量是又一个重要的实物指标。各种运输工具的运行速度、运行条件、发动机类型以及能源等不同，各种运输方式为完成同一运输工作量的能源消耗量（公斤/千吨公里）就有着重大的差别，如沿海柴油机货轮、长江柴油机拖轮、铁路内燃机车三者在运行中完成单位运输工作量的柴油消耗量（公斤/千吨公里），长江拖轮最少（4.45），沿海货轮次之（4.53），铁路机车最高（5.61）。然而，不同地区因地形不同，水铁两种运输工具的能源消耗量也不相同。据调查，山区河流拖轮的油耗高于山区铁路机车，丘陵地区的拖轮油耗略低于铁路机车，而在平原地区，拖轮油耗则低于机车较多。随着山区河流渠化，流速变缓，拖轮油耗也会相应减少。汽车的能源消耗量比轮船、机车都高，而飞机的能源消耗量最高；世界上几种比较先进的飞机，耗油量亦很大，如波音 747 每小时耗油 9.5 吨，波音 707 为 5.5 吨，三叉戟为 4.4 吨，子爵号为 1.6 吨。耗油量与发动机功率的大小成正比，如以单位马力的耗油量计算，则不同功率发动机为：匈牙利 NO_1 内燃机车 700 马力柴油机耗油 175 克/马力小时，法国 NO_4 内燃机车 4，000 马力柴油机耗油 155 克/马力小时。能源消耗量在不同运输方式之间有重大差别，即使以一种运输方式而论，其全国的平均水平和每一具体运输线路的实际数之间，各条线路的实际数之间，以及客货运输之间差别也很大，在水运中表现得尤其明显。

运输工具的能源消耗量与运行阻力有关，而阻力又取决于运行速度。运行速度越高，阻力越大，为完成单位运输工作量的能源消耗量也就越大。但是，陆上、水上和空中运输工具，因速度提高而产生的运行阻力增大的状况各有特点。在低速情况下，船舶的单位阻力比火车低得多，但是，由于船舶的运行阻力具有因速度的提高而急剧增大的特点，即阻力与速度的平方成正比，发动机功率则与速度的立方成正比，而发动机功率的增加又与能源的消耗量成正比。因此，当速度提高到某一水平时，船舶阻力的增加就显著地高于火车。汽车的运行阻力在很大程度上取决于道路的性质。此外，旅客运输速度远较货物为高，故能源消耗相对亦较高。发动机的类型、能源的种类不同，也影响着能源消耗量。

因此，在不同的条件下，特别是在不同速度下，比较各种运输方式的能源消耗量的结论会各不相同。由于各种运输方式采用完成单位运输

工作量的能源消耗量的计算方法不同，为了便于比较，应该进行必要的修正。如果考虑到各种运输工具的总重和载重的比例不同，以载重吨公里和旅客人公里的标准燃料消耗量计算较为适宜。

6.劳动生产率

劳动生产率的高低，表明各种运输方式单位运输产品活劳动消耗量的多少。各种运输方式的劳动生产率因其运输工具的载重量和运输能力不同而有显著的差异。水运干线的船舶或船队载重量大，通过能力在一般情况下几乎不受限制，与其他运输方式比较，它具有较高的劳动生产率。汽车运输的劳动生产率水平，因汽车载重量小，占用劳动力较多，因此比其他运输方式为低。我国目前大量生产四吨汽车，这种中吨位汽车约占总数的 90%左右，这不能不影响它的劳动生产率水平。而铁路运输的劳动生产率较水运为低，而显著地高于公路。

在分析各种运输方式的劳动生产率水平时，除了考虑具体线路的实际水平与该运输方式劳动生产率平均值之间的差异以外，还应考虑各种方式计算的方法不同。如铁路包括全部运营人员，而水运不包括港口和航道工作人员，汽车运输不包括养路维修人员，因此，在比较时需要进行修正，使之具有可比性。

除上述各项指标外，运输能力，运输经常性与灵活性等也必须予以考虑。水运和铁路都是具有通过能力大、能够负担大量运输任务的运输方式。铁路运输的经常性最强，汽车运输次之，水运较差。而灵活性以汽车为最好，铁路次之，水运受到自然河流分布的限制，就更差一些。但是，在洲际间大宗物资的长距离运输上，远洋船舶运输则具有其他各种运输方式所无法取代的突出优点。

综上所述，可以看出，各种运输方式各自都具有某些为它种运输方式所不具有或者不完全具有的优点，也就是说，各种运输方式都有其最有利的应用范围。而且，从各种运输方式的技术经济特征的某一方面看，这一运输方式较另一运输方式优越的情况是有的，但若是全面加以考察时，就会发现各种运输方式是互有优劣，各有其存在和发展的必要。例如，国民经济对运输业的重要要求是速度快、成本低。但是，任何一种运输方式几乎很难同时具有运输速度最快和运输成本最低的双重优点；而且降低运输成本和提高运输速度二者之间有时又是有矛盾的。当然，这并不否定各种运输方式在全国统一运输系统中的作用有大小的区别。从国民经济对运输的全面要求来看，那种能够较完全地满足这种要求的运输方式，就会比另一些运输方式起着更多一些的作用。应该指出，各种运输方式在国民经济中的作用大小，还受着其他许多重要因素的影响，诸如国家幅员的大小，自然地理条件的优劣，生产力的构成及其分布状况，生产与消费联系的特点，交通线路的布局及其与生产力布局的适应程度等等。

二、社会主义交通运输布局的原则

交通运输布局又称交通运输配置，它是指铁路、公路、水运、航空和管道等五种现代化运输方式的线路（包括铁路线、公路线、水运航道和航线、航空线及管道等）、站（包括车站、泵站）、港（包括河港、

海港、航空港等）的土工建筑物及相关技术设备和交通运输工具组成的交通运输网的地理分布。

交通运输布局是一项战略性、综合性的工作，它由交通运输地理、综合运输和运输经济学等多学科来承担。交通运输布局的原则，是决策者从事交通网建设和客货流计划的依据。社会主义交通运输布局原则，必须建立在以下的经济规律基础之上：(1)社会主义的基本经济规律。即社会主义生产的目的性是满足人民日益增长的物质和文化需要，交通运输的布局应直接或间接地同这种需要联系起来。(2)国民经济有计划按比例发展的规律。即国民经济各部门、各地区应达到综合平衡，以提高整个社会的劳动生产率。交通运输的发展，应同其它生产部门和经济环节保持一定的比例关系，并在各个地区之间协调一致。(3)交通运输本身合理的部门结构和地域结合的规律。即各种运输方式应根据其技术经济特点，因地制宜地协调发展，并组成各级部门和综合交通网；交通运输的各个环节亦应从系统整体出发有机结合，相互贯通。

从上述规律出发，我们认为交通运输布局的基本原则有以下八项：

第一，交通运输布局要促进国民经济和对外贸易的发展，并要与工农业布局和人口分布相适应。由于运输生产不改变劳动对象的属性，即不改变其物理状态和化学性质，它只改变运输对象（旅客、货物）的空间位置。运输业的产品不具有实物形态而表现为旅客和货物位移，而且运输业的产品（人公里、吨公里）将随着旅客和货物运输过程的实现同时被消费掉。所以，运输业的产品既不能储存，做到以丰补歉，也不能调拨，在地区间调剂余缺。这就决定了交通运输布局要满足社会的运输需要，首先表现在交通运输布局要同国民经济和对外贸易的发展相适应，要同工农业布局和人口分布相协调，根据国民经济发展和人民旅行需要来安排交通运输网的布局。其适应和协调表现在交通运输网布局在地区分布、运输能力、建设时间等诸方面。为此，进行交通运输网的布局不仅要做到交通运输系统和综合运输网的协调，更要适应工农业布局、外贸发展、旅客、货物在国家和地区间的流动等方面的要求，交通运输布局最终要符合国家建设与国民经济发展的要求。

第二，交通运输布局要以科学的客货运量预测为基础。交通线网、车站、港口、码头、枢纽等是交通运输生产的物质基础，它们担负的客货运量的多少是国民经济和人民生活对它们需求的数量尺度。因此，它们布局和改造的标准与规模直接取决于客货运量的大小。同时，由于交通运输的生产活动是在广大的空间内进行，交通网和枢纽一经建成，就不能作地域上的调剂。因此，要求交通网的运输能力布局，在地区上、运输方向上、能力规模和形成的时间上都要适应客货运输的需要。同时，考虑到运输产品的非储存性特点，交通运输的储备只能以其运输能力形式出现。因此，为保证运输的畅通和国民经济的发展，在布局交通运输能力时要有必要的能力储备，处理好需要和储备的关系，既要避免由于标准过高，运输能力储备过大、过早，造成运输能力的积压和浪费；也要防止由于标准过低，运输能力不能适应客货运量的需要，造成再改造的浪费。所以搞好近、远期客货运量的预测，是做好交通运输布局的基础。

第三，交通运输布局要因地制宜，充分考虑各地区的自然条件和特

点。交通运输网以及港、站、码头、枢纽等是文化景观的重要组成部分。建造在地表上的人工建筑物和构筑物，或经过人工整治、开挖的航道和运河，都不同程度地受到自然环境的影响。这种影响不仅表现在线路的走向、港站的选址，还表现在线路、航道的技术标准和施工条件等方面。所以，因地制宜地处理好交通运输布局与各地区自然条件的关系，是搞好交通运输布局的前提。因此，在交通运输布局中必须重视影响较大的地形、气候、水文、地质等自然条件的研究分析工作。

地质、地形因素对于陆上交通的线路和站、场、港的地基和周围地段的稳定性是一个重要因素，这就和构造、岩性、自然病害等有关。地震活动地段、断裂破碎带、软土沼泽地区等，不宜建设铁路和港口；对于滑坡、崩塌、泥石流、岩溶地段等也应尽可能避开，或采用必要的工程措施予以防范；冲积阶地、低平缓丘、平原地区是适宜的选线地段；其他中高山地区、黄土高原、沙漠冻土地区都需要从保证路基稳定和行车安全出发，进行合理选线和采取必要的措施。对于航道和港口来说，河流的发育阶段、河床摆动、河岸和海岸的稳定性和泥沙运动规律都有重要意义。

气候因素不仅对水运和航空影响直接，而且对陆路交通也关系密切和深远。地表的水分、热量状况及其相互关系的表征指标——潮湿系数，是确定公路修建、养护标准和投资的依据。河流结冰期直接影响航路的选择和开辟；大气环流的特点和气象、气候条件对于航空线路选择有直接的影响；风向对于机场位置、海港防波堤口布置有一定制约。

水文因素中的流量、水深及其季节变化直接影响到航运；河流的流向、水位不仅影响到陆路线路的位置、高度以及桥涵建筑物的设置，还影响到水运港址选择、码头位置、规模；海岸地段的地貌水文特点和岸流、波浪和潮汐对海港和码头选址起着很大作用；地下水的高度对于铁路、公路、管道的路基稳定性等都有一定的影响。

应该指出，自然因素对交通运输布局的影响随着现代科学技术的发展而逐步下降，但自然因素对交通运输布局的选线、港、站、场的选址、建设投资、运输能力、以及建成后的运输成本和运营费支出的影响仍然是不可忽视的，必须给予正确的估价，在弄清各种自然因素的基础上，采取相应的技术措施。对于我国来说，由于幅员辽阔，各地区自然条件差异较大，在交通运输布局中，就更要重视对自然因素的研究分析，充分利用各种有利条件，克服不利因素，因地制宜地进行交通运输网建设，促进交通运输的合理布局。

第四，交通运输布局要综合利用各种运输方式，加速综合运输网的形成。现代交通运输工具是由铁路、公路、内河、海运、航空和管道等组成。它们在基本建设投资、金属需要量、货物送达速度、运输成本、能源消耗以及劳动生产率等方面具有不同的技术经济特点，适应着不同的自然条件和各种运输要求。在综合运输网中各种运输方式都占有一定的地位和作用。此外，旅客从始发地到目的地，货物从产地到消费地，往往要由几种运输工具共同完成。因此，建成综合运输网既是交通运输生产的客观要求又是客货运输的实际需要。中国是一个幅员广大的社会主义国家，人口众多，海岸线长，河流较多，从我国各地资源分布和经济发展很不平衡以及我国交通运输的现有基础等特点出发，应逐步建立

起以铁路、江海运输为骨干，以加强现有铁路薄弱环节、增加港口能力为重点，充分利用水运，布局合理，水陆相通，客货并重，各种运输方式紧密配合、协调发展的综合运输网。

在综合运输网的基础上，综合利用各种运输工具，选择合理的运输线路，使生产、供应、运输、销售中的各个环节、各个工序的联系和配合更加密切，使物资从产地迅速、完整、简便、安全地运到需要的地方和消费者手中。

第五，交通运输布局要作到点（站、港、枢纽）、线（线路、航道）、面（交通网）的结合，形成综合运输能力。交通运输的特点是在交通运输网上组织生产和服务，它是通过运输工具（车、船、飞机）在交通运输网上完成旅客和货物的运输任务。而交通运输网的畅通，要求构成交通运输网的点（站、港、枢纽）、线（铁路线、公路线、水运航道航线、航空线）、面（铁路网、公路网、水运网、航空网）的合理结合，协调发展，最终才能形成综合运输能力。如果只铺路修线、浚河辟航而不建车站、港口，则形不成一条交通线的运输能力。同样，如果只修线而不连网，则运输亦不能畅通。结合中国实践表明特别要加强“点”的建设，尤其是运输枢纽的建设，它对于保证交通运输网的畅通，形成综合运输能力十分重要。

运输枢纽是几种运输方式相互连接的结合部，它是组成运输网的节点。各种运输方式的交通线只有通过运输枢纽才能形成一个整体；因此，一方面交通运输网上相邻的运输枢纽要有合理的分工与协作，另一方面在运输枢纽内部既有各种运输方式的客货到发、中转，也有不同运输方式间的中转作业；此外它还与城市内部运输密切联系。运输枢纽布局合理与否，对于交通运输网的合理布局和综合运输能力的形成等都有十分重要的意义。

要根据客货流的流量流向规划综合运输网，在规划综合运输网的基础上安排好运输枢纽的分布与建设。要把客货流规划、运输网规划与运输枢纽规划结合起来进行整体研究，注意避免相互脱节，影响综合运输网的建设与发展。

第六，交通运输布局要尽量少占土地，节约用地。土地资源是最重要的财富，特别在我国人多地少的条件下，更要注意土地资源的合理利用。交通线（网）、站、港、场是建筑在地面上的土工结构物（管道、航空线除外），需要占用大量土地。因此，在交通运输布局中就更要注意节约土地。例如充分利用我国丰富的水运资源（沿海和内河）就可节约大量农田。铁路、公路、港口、枢纽的不同布局方案占用土地数量亦不相同。应该在满足运输需要的前提下，尽量做到节约用地，少占农田，不占良田。

第七，交通运输布局要与城市建设规划相结合。交通运输是城市建设和发展的基本条件，交通运输条件的变化必然影响到城市的兴衰，而城市建设和发展又反过来促进了交通运输的发展。此外，交通运输布局与城市规划建设间也存在某些矛盾，如交通建设用地、噪音、环境污染等方面影响城市建设，而城市建设也常限制和影响交通运输布局方案的选择等。为此，必须处理好交通运输布局与城市规划、建设的关系。在安排线路的选线和车站、枢纽、港口、码头、机场的选址要与城市规划

建设相结合。在现有交通线和运输设备的改造中亦要照顾到城市的建设与发展。

第八，交通运输布局要适应巩固国防和加强战备的需要。交通运输布局对实现全国政治统一、巩固国防有着重要作用。无论是旧线改造或新线建设都要满足国家政治统一和国防安全的要求，处理好国防的需求同经济建设的关系。采取具体线路具体分析的方法进行合理的安排。如主要为经济建设服务的线路，应以满足经济要求为主，适当考虑国防建设的要求；对于主要为国防建设服务的线路，应以国防为主，亦要适当考虑经济建设的要求；对于平时、战时地位都很重要的线路，则应经济开发和战备需要同时兼顾，充分发挥其交通干线的作用。

三、交通运输网的一般理论

在社会主义条件下，通过有计划发展与合理组织，不同运输方式相互协作、彼此补充，组成为全国性的统一的综合运输网，它是一个紧密协调的整体，而由各种运输方式形成的部门运输网，则是这个整体的有机组成部分。各级运输枢纽，构成了这一网络的结合点。一个层次有序、干支分明、运转灵活的综合运输网，是社会主义制度下国民经济发展和人民生活提高的重要前提条件。

（一）全国运输网的国民经济特点和运输构成

早在中国社会主义建设初期，建立全国综合运输网的任务就提出了。当时认为，作为建设社会主义组成部分的技术革命，其主要任务之一是“在全国范围内建立一个以现代工具为主的四通八达的运输网和邮电网。”[①]

显然，这个运输网应具有以下三个国民经济特点：

(1)它必须是全国范围的。这是因为中国是一个社会主义国家，应以自力更生为主、争取外援为辅的精神，迅速地在全国建立一个完整、独立的经济体系，因而，就必须有一个全国范围的运输网和这个经济体系相适应，并成为其重要的环节。

（2）它必须以现代工具为主。这是因为中国是一个发展中的国家，且要在最短的时期内，改变过去“一穷二白”的面貌，成为一个具有现代农业、现代工业、现代国防的社会主义强国。这样，交通运输只有达到现代化，才能在国民经济各部门现代化生产中起纽带作用。事实上，国民经济的发展和铁路、公路、水运等现代运输事业的发展是相互制约的。工农业部门生产的发展和技术的改进，给交通运输提供了物质条件、资金和运输要求；交通工具的改进，又保证了国民经济的大量运输任务能安全、廉价、准确地实现。

（3）它必须是四通八达的。这是因为中国是一个大国，而且过去许多地区交通运输十分落后。要使国民经济各个部门和全国各地区相互联

[①] 刘少奇：《中国共产党中央委员会向第八届全国代表大会第二次会议的工作报告》，人民出版社，1958年。

通起来，就必须使运输线象血管遍布全身一样，纵横交错、网络皆备地遍布于全国。经过三十多年的建设，这个现代化的运输网正在形成中。从全国运输网的客货运输结构来看，中国既不同于日本、西欧一些经济发达但国土狭小、资源不足的国家，也同美国、苏联有别，前一类国家海运担负对外联系和国内沿海运输的繁重任务，陆路交通则主要由汽车公路承担。后一类国家铁路和河湖水运在货运方面仍居统治地位，但汽车和管道运输相当发达。客运方面，所有发达的西方国家皆已转向长距离靠空运，中短距离靠汽车。近年来发展起来的高速铁路，对中距离旅客运输有巨大竞争能力。我国领域广袤，但经济相对落后，矿产资源多蕴藏在内陆山区，大城市多分布在沿海和平原，主要河川同总的货流方向也不一致。客运方面，由于汽车公路和航空线的限制，仍集中于铁路。因此，如何充分利用水运，扩大汽车、航空旅客运输，仍是当前重要任务。

（二）组成全国运输网的线路功能类型

为了说明运输网同国民经济和生产力地域组合的关系，可将组成全国综合运输网的各种交通线路，分为以下几种功能类型：

（1）主干线路。这是全国运输网的骨干和大动脉。属于这一类型的铁路线如：东北铁路网的滨洲线和哈大线，关内京广、津沪、宝成等纵贯线和京包、包兰、陇海、浙赣、湘赣等横贯线，以及联系东北和关内的京沈线等。水运中的长江、珠江和松花江干线航道以及沿海航线也属这一类型。主干线路把全国的主要工矿区、大城市和主要粮食和商品农产基地联系起来，把各个大经济区，省（自治区）联成一个有机的整体。列宁指出：“联系工农业的物质基础是什么呢？就是铁路运输和水路运输。”主干线路最明显地体现着这种物质基础的作用。

（2）开发线路（或称先锋线路）。它是主干线路向边疆地区和新开发地区的延长。这种线路对开发资源、改变原来生产力分布的不平衡性有巨大意义。同时，它们在国民经济中起先行作用也最明显。中国解放后在沿海、边区、林区和矿产地区修建的许多铁路和公路，如黎湛、蓝烟、包白等铁路，昆洛、乌克等公路，以及在大小兴安岭建成的大量森林铁路，均属此类。许多通往边疆的主干线路在全线通车以前，也起着开发线路的作用，如兰新、兰青线和南疆铁路便是。

（3）给养线路。这是联系主干线路和工业、农业和矿业企业或地区的分支血管。这种线路一般运出农副产品和工矿产品，运入肥料、工矿设备、粮食和日用品等给养物资。给养线路可以是铁路、公路，也可能是大河的支流或人工运河（渠道）。它所以重要，是因为许多工农业地区并不分布在主干线路上，因而就必须用短距离的专用线路将其连结起来。象北京通往大台的铁路、天津通往北大港的水上航线和上海通往金山卫的公路都属此类。一般说来，工厂和矿山在开始建设以前，就要修建铁路或公路支线，或就近利用水运作为给养线。粮食和经济作物稳产、高产地区，也应优先考虑给养线的修建问题。

(4)腹地线路。它是分布在广大农村和工矿区内部的交通线，本身往往成网状分布，象毛细血管一样贯注全国各地区。腹地线路一般是简易

公路和小河流航线，在城市工矿区有时也采用铁路和高级公路。这种线路在农村伸入最小的货物集散点和村镇等小居民点，对于物资交流和农业技术改革有直接作用。城市、工矿区的腹地线路则直接联系着厂矿和管理部门，通过它可以直接将原料或产品送货上门；同时，对职工生活也有着密切的关系。

（5）企业线路。这是为工业企业和乡镇、国营农场内部生产环节服务的交通线，它本身也是企业生产过程的组成部分。农村的田间道路、通航渠道和厂矿内部的各种道路（包括专用线）、吊车线、管道网等，属于此种类型。它好象细胞间的淋巴管一样，和企业外部的运输系统连通起来。

以上五类线路是全国运输网的组成部分。实践中，这五类的划分也不是绝对的。有些线路往往同时起着几种线路的作用；有些线路在全国来看，可能只是给养线路或腹地线路，但从一定地区范围而言，又往往是主干线路；还有，随着线路在地区经济中作用的改变、里程的延长和装备的提高，其地位也会发生变化。

（三）综合运输网的层次和区划

全国综合运输网不仅是由全国的部门运输网组成的，也是由各个地区的综合运输网组成的。这样就出现了运输网的层次即分级问题，即在全国运输网下面，还有各级地方运输网。运输网的分级，相应就必须有分区或区划，也就是确定各级地方运输网的范围和界限。

综合运输网是生产地域综合体的一环。从运输为生产服务的观点出发，运输网的体系应该与国民经济的体系相一致。这就是说与全国独立完整的经济体系相适应的是全国以现代化工具为主的、四通八达的综合运输网。而与地方各级比较独立、情况不同的经济体系相适应的是具有不同水平和特色的地方运输网。

各级综合运输网的枢纽，基本上也同各级经济体系的中心相一致。

各级综合运输网的差别主要表现为其技术装备水平的高低。全国和大经济区级的运输网的骨干是现代化的运输工具，主要是铁路、水运干线、高级公路和航空线。省级的运输网除了现代化运输工具外，一般公路和地方航道也会占一定地位。而省内的地区综合运输网（地方交通网）则在一个相当长的时期内，简易公路和民间运输工具还是具有重要作用的。

同级综合运输网的差别，应主要表现在技术装备的特点上，这方面，是被地区自然和经济条件以及历史的传统所共同决定的。如淮河和长江流域一些地区，内河航运占地区运量的 70%以上，而在北方地区，水运的比重却是微不足道的。又如东北和华北地区，与其发达的工业、特别是重工业相适应的是稠密的、通过能力巨大的以铁道为主的运输网；南方各省区工业较分散，运输网的骨干则是由不太稠密的铁路和水运干线共同组成的；西北和西南等新开发地区，公路在运输网中还占有重要地位。

综合运输网的区划是一个具有重要意义的地理性问题。通过划分运输网的区域，对于因地制宜地进行交通建设、使地区运输网更好地为国民经济服务，以及对交通运输组织管理的改善都有帮助。

综合运输网区划的原则是：（1）由于综合运输网应直接为相应的经济体系（生产地域综合体）服务，因此，综合运网区的界线应同综合经济区的界线基本一致。（2）由于在综合运输网中，不同的运输方式应连结成为一个有机的整体，以便能发挥联合运输和合理分工的效能，因此，应充分考虑运输网本身的整体性。从这个观点来看，它的界线又往往不能同相应的综合经济区完全一致。

比如说，中国东北大经济区和华北大经济区各有其区内的综合运输网。运网区的界线基本上同两个大区的界线是一致的。但是，位于内蒙古东部的滨洲铁路西段，就应是东北综合运输网的一部分，而不能将其生硬地划入华北综合运输网中。又例如，按过去的经济协作区体制，华北的综合运输网自然应包括石德铁路和卫运河航道的全部，而石德线的东部一小段是在华东区的山东境内，卫运河上游航道则分别在中南区的河南和华东区的山东境内。

在进行省级、地方综合运网区划时，上述的区界不一致的情况就更为显明。

（四）部门运输网的层次和区划

部门运输网（铁道网、水上航道网、公路网、航空网、管道网等）是综合运输网的构成部分；同时，它们都具有各自的技术经济和布局特点。因此，在对部门运输网进行分级和区划时，既要考虑其在综合运输网中的地位，也要考虑其本身的特点。

不同的运输方式，由于在各级综合运输网中的地位不同，因而其层次亦各异。如铁路网在全国可分为三级：（1）全国铁路网；（2）地区铁路网（目前主要包括东北、关内和台湾三个铁路网）；（3）地方铁路网。水上航道网可分为四级：（1）全国水运网；（2）大河流域或沿海航区水运网；（3）地方航道网；（4）河网化航道网。公路网可分为三级：（1）地区公路网（如西北和西南的公路网）；（2）地方公路网；（3）农村道路网。航空网可分为二级：（1）全国航空网；（2）地方航空网。

除了各种部门的全国统一运输网外，其它各级均牵涉到区划的问题。划分部门运输网的原则是：（1）运输网与地区经济的统一性：即在空间结合上，必须使线网与生产力布局及其反映的货流与客流统一起来。如进行铁路区划时，应该考虑其主要运输物资、特别是占运量 40%的煤炭的流量和流向情况。进行地方交通线区划时，应充分考虑物资集散的特点。（2）运输网本身技术标准的划一性：只有划一部门运输网内部的技术标准，才能使相关运输工具，如铁道中的机车、车辆、航运中的船只，在同一运网上使用和相互调剂，才能组织各种货物在运网中的直达运输。（3）运输网区域内部自然条件的可能性：在一定的技术条件和经济条件下，充分考虑此点是必要的。特别是水上航道，更是如此。河川的走向、分布和海、湖的位置等对水运网的区划往往在一定时期内有决定性影响。地质、地形和气候等自然特点对陆路交通的影响也不可忽视。如多山地区允许铁路以更大的坡度、相应地施行电气化更为有利；在孤岛地区或地形崎岖地区采用窄轨距等等。

以中国为例，各种部门交通网的一级区划大体如下：

（1）铁路：分为东北铁路网、关内铁路网和台湾铁路网。未来的西北铁路网和西南铁路网在形成后，可能是相对独立的系统，但与关内铁路网有着密切联系。

（2）海运：分为北方沿海航区和华南航区。待台湾回归后，这种划分可能会改变。

（3）内河航运：分为长江航道网、珠江航道网和松花—黑龙江航道网。其它河川流域的水系目前只能列入地方航道网中。

（4）公路：分为西北公路网和西南公路网。随着我国西部地区铁路网的形成，这两个地区性公路网亦能转化为若干低一级的地方公路网。

每一个部门运网区，都有一个或几个区的中心，即大的交通枢纽。

（五）运输网的密度问题

运输网的密度，一般指的是每一定面积上分摊的交通线长度，如每百平方公里上的铁道公里数等。如以 L 代表线路长度（公里），S 代表领土面积（百平方公里或千平方公里），则运输网密度

$$D = \frac{L}{S}$$

运输网的密度问题，常在地理学的描述作品中被提出。如某某地区铁道或水上航道密集、某某地区稀少等等。

影响国家或地区运输网密度的因素非常多，其中主要的有：地区经济发展水平，生产地域专门化程度，一定的自然条件（如天然河道网、地质地形条件等），人口和城市的密度和集中程度，国土的大小等等。值得提出的是，正因为影响运输网密度的地理因素极为复杂，每一个单一的因素都不是决定性的。自然条件并不具有决定性是明显的。例如多山的瑞士，其铁路网的密度反而居世界的前列。经济的发展水平也是如此。如美国的铁路网密度低于比利时 8 倍，并不能得出美国经济水平低于比利时的结论；相反，美国却是世界上铁路最长的国家。这方面，两个国家面积的差异是一个必须估计的因素。同样，印度的铁路密度相当于中国 3 倍半，但我国的经济水平却已超过印度。这是因为在这一比较中，忽略了两个国家对铁路利用的程度、水运的比重以及国土面积大小等因素。

因此，线路网的密度，并不能完全反映交通运输对国家或地区的保证程度，更不能用交通线的密度来解释国家或地区经济的发展程度。另外，在社会主义的计划、规划工作中，运输网的密度也不是一个重要的指标。

但是，在社会制度相同、自然条件差别不大、领土面积也允许类比的条件下，国家和地区之间的运输网密度的对比还是反映一定问题的。比如，比较各资本主义国家的铁路网密度，在一定程度上可以说明其经济和交通运输的发展水平。

为了使运输网密度更较为反映实际情况，有的学者提出在计算运输网密度时，同时考虑一定人口数量与交通线长度的关系。如以 P 代表人口地区数量（千人或万人），于是运输网的密度

$$D=\sqrt{\frac{L}{S}\cdot\frac{L}{P}}=\frac{L}{\sqrt{SP}}$$

由于公式中的两项的单位不同，因此，在计算运输网密度时不采用算术平均值，而采用几何平均值。

也有人提出在计算运输网密度时，应考虑到线路的利用程度，即货运负担。如以 t 代表国家或地区的货运总量（吨数），于是

$$D=\sqrt[3]{\frac{L}{S}\cdot\frac{L}{P}\cdot\frac{L}{t}}=\frac{L}{\sqrt[3]{SPt}}$$

显然，后两个改良的计算运输网密度的公式，也都不是完善的。因为按人口或货运量分摊的交通线长度，本身也都不能绝对说明运输网的地域保证程度。另外，由于使两个或三个不同性质的密度在一起平均，本身也存在着问题。因而，后两种计算线网密度的方法目前更很少用到。在实践中运用上述诸交通网密度的公式时，必须辅以具体条件的分析。

四、交通运输系统的运输能力

所谓系统，一般是指由两个以上的相互作用和相互依赖的部件（或单元）结合成的并具有特定功能的有机整体。一般一个系统本身不是它所从属的一个更大系统的组成部分。对于任何一个系统都有四个特性，即：系统的集合性，系统的相关性，系统的复杂性，系统的目标性。

对于交通运输来说，从理论与实践上都表现为一个庞大而复杂的大系统。这个大系统是由以国民经济发展所提出的运输任务为总目标，由铁路、水运、公路、航空、管道等五种现代运输方式并联的分系统所构成。各个并联分系统都是根据运输大系统要求出发，在运输设备、布局和组织上做到干线与支线相协调，长途运输与短途运输相适应，各种运输方式都得到全面发展。也可以说，交通运输系统的形成是以交通运输网为基础，而交通运输网的发展又以全系统和各并联分系统所形成的运输能力为目标。

（一）通过能力、输送能力和综合运输能力

为了完成国家规定的运输任务，铁路、水运、公路汽车、航空和管道等运输方式必须具有相适应（包括必要的储备）的运输能力。各种运输方式的运输能力基本上概括为四种能力，即：（1）固定设备的通过能力：它是指在采用一定类型的运输工具（如机车车辆、船舶、汽车、飞机等）和运输组织方法的条件下，一个交通区段或一条交通线（包括航道、航线等）在一定时间内（如一昼夜或一年）所能通过的列车对数（或单方向的列数）、船舶、汽车和飞机的数量；（2）活动设备的输送能力：它是指在一定的固定设备和运输（车、船、飞机）组织方法的条件下，由一定类型的机车、车辆、船舶、汽车、飞机等所决定的，在单位时间内能实现的满载的列车、船舶、汽车、飞机数和货物吨数；（3）输送能力：它是指在一定的固定设备和活动设备的条件下，通过一定运输方法，一个区段（航道、线路、航线等）在单位时间内所能输送的最大货物吨

数，它通常是以一年内所能通过的百万吨数计算；（4）系统综合运输能力：它是指一条铁路线（公路线）、航道、航线的相关设备（包括固定设备与活动设备）的技术标准和能力规模相互协调，实现最优组合，并通过科学的运输组织方法，按照该系统所应具有的整体性，形成的一个最大的输送能力。只有形成各种运输方式的系统综合运输能力，才能发挥其最大的经济效益，因此，在做好交通运输布局的基础上，加速形成各种运输方式的系统综合运输能力是一项重要任务。

各种运输方式运输能力的主导环节或限制环节，往往是不同的。例如，港口码头岸线吞吐能力和港口后方集疏运输能力，常常成为水上运输的限制环节，而航道通过能力较少受限；对于铁路来说，线路区段的通过能力却常常影响整个铁路线路的运输能力；机车车辆、船舶、汽车、飞机的输送能力一般可以灵活调整，比较容易解决。

1.铁路的运输能力

（1）铁路固定设备的通过能力，其中包括：

区间通过能力。就是在保证行车安全的条件下，每昼夜可能通过区间的列车对数（或一个方向的列车数）。铁路的区间通过能力，一般以平行运行图（在同一区间内，同一方向列车的运行速度相同，因而运行线相互平行称为平行运行图）通过能力 N 表示。计算各种类型平行运行图的区间通过能力时，首先必须确定一昼夜（1，440 分钟）内在该区间可铺划多少个运行图周期，然后再乘以该类型运行图周期内所包含的列车对数或列数。用公式一般表示为：

$$N_{平行最大} = \frac{1440K_{周}}{T_{周}} (对或列)$$

式中：$N_{平行最大}$——平行运行图最大的区间通过能力；

$K_{周}$——一个运行图周期中所包含的列车对数或列数；

$T_{周}$——运行图周期，在非自动闭塞区间是由列车区间纯运行时分、起停车附加时分以及车站间隔时间所组成，在自动闭塞区段为追踪列车间隔时间。

车站通过能力。在一般情况下，车站通过能力是由到发线和咽喉道岔这两个因素决定的，两者不一致时，应按其中最受限制的能力来确定。

对办理客货运输业务的车站，应包括车站的客货运设备能力。对于旅客运输来说，主要有客车到发线、站台、客车库整备以及旅客候车室等设备能力；对于办理货物运输业务的车站，其货运设备能力主要包括货物线、仓库、货场、装卸机械等项设备的能力，其能力表示为每昼夜装卸车数。

机务段设备的通过能力。主要是机车检修台位和整备台位的通过能力，例如一定期间能够轮修（或洗修）多少台机车、架修多少台机车，整备多少台机车等等。

以上各项固定设备的通过能力，要求以区间通过能力为目标进行相互协调，才能充分发挥作用。因此必须经常注意加强薄弱环节，使之适应于国民经济的运输需要。

（2）铁路活动设备的输送能力，其中包括：

机车输送能力：是指每台机车在一昼夜内能够实现的列车对数。

车辆输送能力：是指一定数量的运用货车在一昼夜内能够实现的装车数。

（3）铁路的输送能力，是指在一条铁路（单线或复线）的一定的固定设备、活动设备条件下，通过一定的行车组织方法，一个铁路区段（或方向），在单位时间内所能通过的最大货物吨数。它通常是以一年内所能通过的百万吨计算。

（4）铁路系统综合运输能力，是指组成一条铁路的固定设备（包括线路与桥隧、车站与枢纽、机车车辆整备与检修设备、客货运输设备、通信联锁与闭塞设备、供电与给水设备等）、活动设备（主要为机车车辆、装卸机械等）相互协调，能力适应，实现最优组合，并通过科学的运输组织，形成的最大输送能力。

2.水运的运输能力

水运的通过能力一般是指港口的通过能力，就是港口在一定时期内（年、月、日）所能装卸船舶的最大货物吨数，其中包括：码头、锚泊地、浮筒和库场的通过能力。

根据港口的通过能力，船舶运输工具，通过特定的航班运输组织，在一定时期内（年、月、日）所能完成的最大货物输送量，则称为港口的输送能力。

港口的系统综合运输能力主要是指构成港口能力的各项设备，包括码头前沿、库场设备、装卸机械设备以及港口集疏运系统能力等相互协调、适应，并实现最优组合，通过科学的运输组织所形成的港口最大的吞吐能力。

3.公路汽车的运输能力

公路的通行能力就是指可以疏通道路上某一地点交通的能力，以单位时间通过交通量的汽车辆数表示。计算通行能力时，首先在毫不妨碍交通的理想的道路上，假定只有由相同性能、相同技术数据的客车组成理想交通流的行驶，从这时的最小车头间隔，算出作为基础的通行能力，这种理想状态的通行能力叫做基本通行能力；而实际的各种道路的通行能力，要从基本通行能力考虑该道路的条件与交通状态进行计算，叫做可能通行能力。基本通行能力是表示道路条件、交通条件均为理想状态时的最大交通量，而可能通行能力则表示在现实的交通条件、交通状态之下，每小时能通过道路某一地点的最大交通量。可能通行能力是表示道路、交通各个条件下的通行能力，所以在求可能通行能力时就必须先明确各个道路的条件与交通状态。

公路汽车根据道路的通行能力，即每小时能通过道路某一地点的最大的用车数表示的交通量，乘以每辆汽车的标记装载量，得出道路的每小时或月、年的输送能力，其单位为每小时或月、年的吨数。

公路汽车的系统综合运输能力，是指组成一条公路的相关设备，包括线路与桥隧、车站及客货运设备、车辆及其检修设备的规模适应，有机联系，能力协调，实现最优组合，通过科学的运输组织，按照作为系统所应具有的整体性，形成的具有特定规模的输送能力。

4.航空的运输能力

航空运输能力主要是指飞机场和航空港的规模，和每昼夜可能承担的起飞和着陆的飞机数。飞机场是指用于起落飞机和为飞机服务而专门

修筑的地面区域，它包括飞行场、接近地带和服务区域。而航空港是指位于航空线上并且为了保证航空运输和运输飞机的经常飞行而修筑的飞机场。航空运输的系统综合运输能力，就是指组成航空运输系统的运输工具（各种类型、大小的飞机）、航空港（包括飞机场）以及地面上的航空设备等其能力规模相互协调适应，通过科学的运输组织，按照作为系统所应具有的整体性而形成的具有特定规模的输送能力。

5.管道的运输能力

管道运输的输送能力是指一年中管道输送液体（或气体）的数量，其能力是由输油（气）管的直径大小、泵站能力以及管路的摩阻损失等特性来确定。其系统综合运输能力，是指组成管道运输系统的输油管线、输油站（泵站）等相关设备其能力规模相互协调适应，按照系统所应具有的整体性，形成的具有特定规模的输送能力。

在上述各种运输方式的交通线网形成各自的系统综合运输能力的基础上，通过各种运输方式的综合利用、全面发展和相互协调，按照运输大系统的整体性而形成运输大系统的最大的输送能力，即构成运输大系统的综合运输能力。只有在不断地提高各种运输方式系统综合运输能力的基础上，逐步形成一个国家或一个地区的运输大系统的综合运输能力，才能最大限度的提高交通运输布局的经济效益，促进交通运输布局的更加合理发展。

（二）交通运输大系统的综合运输能力

铁路、水运、公路、航空和管道等五种现代化交通运输方式共同组成我国的交通运输大系统，担负着国民经济发展的运输任务。交通运输系统要适应国民经济发展，不仅要在发展的规模、结构、速度以及在空间地域分布上相适应，同时，更要在系统综合运输能力上协调，形成适应国民经济发展和地区经济开发需要的系统综合运输能力。

我国交通运输大系统综合运输能力的形成包括两方面的要求：

1.干支线综合运输能力的形成

在交通运输系统中，各种运输方式都有其具体的技术经济特征，担负着不同的运输任务，其中包括：干线运输、支线运输、长途运输（跨区域）、短途运输。要使交通运输网畅通，担负起国家和地区的旅客、货物运输任务，则必须形成全系统的综合运输能力，既要有符合国家需要的担负干线和长途运输任务的铁路、沿海和内河水运干线的运输能力，同时还必须有相应的担负支线、短途运输任务的公路、内河航运的能力。否则，如果只有交通运输网的骨架——干线，而无联系中小城市、厂矿企业和广大农村的短途运输网，则必然造成枢纽、车站和港口的堵塞，客流、货流的中断，必然要影响国民经济的发展和人民的交往旅行。要形成一国或一个区域交通运输系统的综合运输能力应包括以下内容：

（1）要建成一个全国交通运输网的主干，这个运输网是以铁路、水运干线为主体的。它联接国家大中城市和主要海港、河港和工业基地，构成全国运输网的基础，形成相互协调的干线系统综合运输能力。

（2）要建成与全国交通运输网主干相衔接的、伸入到全国中小城市、地区工矿企业和广大农村的支线和短途运输网（包括地方铁路、公

路、内河航道等），并要形成与干线集散货物相适应的系统综合运输能力，保证短途运输的畅通。

（3）一个经济区或一个省区，为适应区域经济的发展，应在全国交通运输网构架的基础上，结合各经济区或省区的经济、自然条件，逐步地建立起本区地方交通运输网，形成符合地区经济发展所需要的、各种运输方式相结合的各具特点的地方交通网。它既要完成本区的运输任务，同时，它又是全国交通运输网的组成部分。

综上所述，一个国家或地区只有建立起完整的、干支相联、水陆相接、联系各地的四通八达的交通运输网，并形成全系统的综合运输能力，才能适应国民经济发展和人民旅行的需要，提高交通运输的经济效益。

2.各种运输方式综合运输能力的形成

组成全国交通运输系统的各种运输方式，都应该形成各自的综合运输能力，并在此基础上，进一步形成全国交通运输的系统综合运输能力。

以铁路运输为例，提高每一条铁路线系统综合运输能力，应包括以下内容：

（1）进行科学的客货运量预测，明确既有铁路线近期、中期、远期所需要的输送能力，确定其系统综合运输能力分阶段发展的规模。

（2）既有铁路线系统综合运输能力方案的确定，要通过系统分析，妥善处理好该线与地区运输大系统间的关系，安排好该线与路网上相关铁路线的合理分工与协调。

（3）根据计算期间既有铁路线系统综合运输能力的分阶段发展规模，通过调查研究，摸清其系统综合运输能力的现状，对组成系统综合运输能力的各项设备能力和运输组织工作，进行系统分析，找出各相关设备在该系统整体上存在的问题。

（4）根据既有铁路线相关设备整体上存在的问题，以及国家要求该线应具有的系统综合运输能力，编制技术设备改造方案。通过投资效益，措施期限，运输条件与服务水平等方面的技术经济论证，选定最优方案与分阶段过渡措施。根据系统综合运输能力的最终目标，对相关设备分期进行加强，保证各相关设备能力互相协调，同步发展，加速系统综合运输能力的形成。

在安排一条既有铁路系统综合运输能力的改造与加强时，还需要解决好以下四个问题：

第一，“点”系统能力。在改造既有线时，应根据计算期要求的运能，对“点”系统的能力进行协调，以便于该铁路线形成最佳的系统综合运输能力。“点”系统的能力，包括枢纽内个别设备、技术站、机务段、客运、货运、供电等项设备的能力。

“点”系统能力的协调是以计算期确定的运量为目标，对该“点”上各项设备的能力进行综合平衡，使其相互适应，同步建设。在协调时应使“点”上各项设备的能力保持一定的关系，不能一刀齐。对某些牵涉面广，对提高能力具有关键性的设备可一次建成，允许其能力留有富余，以利发展，对某些上马容易而改建时对运营影响不大的设备，其能力只要能满足当前运量的要求即可，以节省投资。

“点”系统能力的协调因地而异，在非铁路枢纽处的区段站，应以该区段站为中心，对该站范围内的各项设备进行协调，以得出该“点”

的系统综合运输能力。在铁路枢纽内，能力的协调可分两步走：第一步以编组站为中心，对编组站各子系统（解体、编组、出发）的能力进行综合，得出该站的综合能力。枢纽内有两个以上编组站时，在分别按站综合以后，还应按衔接方向将其办理的列车数进行汇总；第二步对枢纽内各有关设备的能力进行综合，得出该枢纽的最佳综合能力。

“点”上客运设备能力的协调，可按与客运作业有关的设备（如枢纽内客运站、机务设备、客车整备设备等）单独进行综合平衡。

“点”上货运设备能力的协调，可按与货运作业有关的设备（如场库货位、装卸搬运设备等）单独进行综合平衡，并以每昼夜发送和到达吨数来表示。

“点”系统综合运输能力，应按一昼夜接发该点衔接各方向的客货列车数来表示。

加强“点”系统综合运输能力的主要途径可以有下列几个方面：

（1）车站通过能力和改编能力方面：增铺到发线，采用新型电气集中、疏解咽喉进站线路，采用现代化设备装备驼峰，在峰尾修建子场或箭翎线，调车机车内燃化等。

（2）机务能力方面：采用长交路，轮乘制，实行专业化修理和集中修理方法，延长机车定检公里，制定合理的整备检修作业流程。

（3）客货运设备能力方面：增设客车到发线和整备线，扩大客车编组，实行客车车底套跑，货场专业化，发展专用机械化装卸设备，发展集装箱和托盘运输等。

（4）枢纽能力方面：修建环线和联络线，修建第三正线或线路所，修建直径线等。

（5）给水供电能力方面：根据蒸汽机车牵引需要安排好给水点的布局和能力，对电力牵引则应根据供电需要扩建和增建中间牵引变电所，增设串并联补偿设备等。

上述各种加强措施，应根据当地的现有设备、客货流性质、城市规划等情况，因地制宜予以选用。并应进行多方案比选，以节约投资。

第二，“线”系统能力。铁路“线”系统能力包括线路区间、牵引动力、大型桥梁、受控制地段的隧道等项设备的能力。“线”系统能力应以计算期运量为依据，以区间能力为中心，并应按区段和方向进行协调。“线”系统的能力应以每昼夜平行运行图开行的列车对数来表示。

铁路“线”系统能力的加强应当以路网规划的客、货运量为基础，充分考虑现有设备条件、自然条件、能源及改造前后对环境的影响、工程投资、改造后的运营条件、运营费用等因素，结合既有线在路网上和所在地区的地位与作用以及该线最终是否发展成为复线等，合理确定既有铁路线改造的技术标准、分阶段改造方案及分期施工计划。

确定改造方案时，除应满足对客货运量的基本要求，并使“线”系统能力与铁路其他各系统能力互相协调、同步发展之外，要考虑国防要求和对货主、旅客全面服务的要求。

在超限坡较集中的地段，可以采用补机、双机或多机牵引，也可以在全区段采用大型机车甚至改变牵引类型，以提高列车重量和速度。特别在地形地质条件复杂、限坡较陡、落坡困难的既有铁路线上，应优先考虑牵引动力的改造措施。采用这些措施时，要引起一系列的配套工程，

如交路和乘务制度改革；检修、整备、转向等设备的改建与扩建；必要时机务段设置地点也要重新安排；到发线等有效长度要相应延长；轴重和速度提高应相应改善桥涵及隧道等级；采用电力牵引时，要相应改造桥隧及其他建筑物，以满足建筑限界的要求。

信集闭设备是投资少、见效快的提高线系统通过能力，保证安全的重要技术措施。各种闭塞方式都有规定的通过能力，应当根据各运营阶段各区段线系统通过能力的要求，比较确定。

在边远地区职工生活条件较困难的单线区段，可采用调度集中；单线区段能力接近饱和并有继续增长趋势，而修建复线还为时过早，地方作业量不大的区段可采用双线插入段与调度集中相结合的方案。

对地方作业量较大，最终要发展成复线的既有铁路线，不应采用调度集中作为提高区间能力的过渡措施。

双线插入段可以在能力受限制的区间延长站线以缩短运行图周期，或者同时向车站两端延长站线以提高通过能力，也可以在全区段铺设均匀的双线插入段，以便组织不停车会车。当在个别区间铺设双线插入段后只余两、三公里的单线区间时，则可以在全区间拉通第二正线，即成为局部复线。

有少量陡于限制坡度的地段，可以采用削减超限坡的措施，有充分根据时也可修建绕线或长隧道等措施以达到落坡提高牵引重量的目的。既有线改造有充分根据时，也可采用动能闯坡，保留个别超限坡地段。

在一个牵引区段内各区段运转时分显著不平衡的旧线上，增设中间站和线路所，可以缓和限制区间能力的紧张状况。但设站过密会产生旅速下降、司机超劳、运营费增加等缺点。且设站并办理客货运业务后，即使将来既有线发展为复线，也不易撤销，所以应慎重考虑。

在采取技术措施提高线系统通过能力时，还应注意选择适当时机，不能等到能力利用达到饱和时才进行施工。应当按规定留存一定的储备能力。

第三，“点”、“线”系统能力协调。铁路运输过程的突出特点是“线长点多”，因此在既有线的技术改造中应特别注意点、线系统能力的协调问题，必须将“点”系统的能力和“线”系统的能力进行综合平衡，便二者保持一定的比例关系，互相适应，同步发展，既不使点系统的能力过小而限制了线系统能力的利用，也不致使点系统的能力过大而形成浪费，以充分发挥国家的投资效益。

“点”、“线”系统能力的协调，应以设计计算期内的运量为既定目标，认真分析客、货流的规律，摸清“点”、“线”上各项设备的现有能力，找出薄弱环节，制定出改造措施，使二者满足计算期运量的要求。

“点”、“线”系统能力的协调，关键在枢纽、编组站的能力与区间能力的协调。我国铁路建设中一直存在着重“线”能力轻“点”能力的弊病，使得许多营业线区间能力的发挥受枢纽、编组站能力的限制，因此，在既有线的改造中，应把增强枢纽、编组站的能力放在首位，并应使各设计计算期内枢纽、编组站特别是路网性编组站的能力稍大于区间的能力。以保证区间畅通无阻，并适应区间能力大幅度增长的要求。

为了满足运输不均衡性的要求，无论是“点”还是“线”的能力都

必须要有一定的贮备，不能满打满算。为了充分保证车站不间断车的可靠性，对区间起“蓄洪”调节作用，点能力的贮备应不少于线能力的贮备，以便不延误列车进站，使整个运输取得主动。

在“点”、“线”系统能力协调时，区间能力按一昼夜各区段平行运行图能铺画的最大列车对数，点上能力按一昼夜接发衔接区段平行运行图最大的列车对数进行综合平衡，但“点”、“线”系统都必须扣除规定的贮备能力。

第四，网系统能力协调。任何一条铁路都是全国交通运输大系统和全国铁路网的组成部分。为此，提高每一条铁路线的系统综合运输能力还要进行路网系统分析。通过全面研究安排好每条铁路线与其相联接和相关铁路线能力间的协调，从而形成全路网的系统综合运输能力。

每一条铁路都是路网的组成部分，从路网上看，每一条铁路的功能基本上为两方面：首先是完成路网上相关铁路线间的客货运输任务，保证路网上客流、货流和车流的畅通；其次要满足线路经由和服务地区的客货运输需要。为此，要通过路网系统分析，在保证路网上客流、货流、车流畅通的前提下，选定每一条铁路线的主要技术标准，即：线路最小曲线半径、限制坡道、车站股道有效长、牵引动力机车类型与牵引定数、通信信号等项设备的技术标准以及技术站在路网上的分布。

进行一条铁路线的路网系统分析，具体步骤首先是通过分析明确每条铁路线的路网上的功能和性质：主干线路、开发线路、给养线路、腹地线路或企业线路。

其次，从客流、货流、车流上分析该线与其相关的接头线、连接线以及近中期计划修建的相关新线间的关系，根据运输能力的协调要求，做好该线与路网相关铁路线间的技术标准上的协调，经济合理地确定该线的主要技术标准。

再次，对于联接大型海港、河港的担负疏港任务的铁路线的修建与改造，应该与其相关的港口的建设进行总体规划，把铁路线与港口的集疏运系统同步建设协调发展，形成铁路线与港口的综合运输能力。

最后，要把准备修建与改造的铁路线与地区其他运输方式发展结合起来，做到合理分工，协调发展。

就水运来看，要形成其系统的综合运输能力，同样要解决上面所谈到的铁路系统综合运输能力中的“点”、“线”、“点”“线”结合以及网络问题。结合水运的特点，则提高港口的系统综合运输能力尤其重要，主要包括以下几方面：

首先是港口的通过能力，它是港口最重要的营运性能指标之一，反映着港口在一定生产组织下，在一定时期内（年、季、月、日）利用其劳力、设备所能装卸货物的最大数量。港口一定时期的货物吞吐任务与通过能力相适应，则是完成货物吞吐量的前提。如果港口通过能力不足，则吞吐任务就难完成。港口吞吐能力是由担负各货种流向的泊位通过能力之和所构成的，而一个泊位或几个同类型的泊位的通过能力，是由岸线通过能力、库场通过能力、车辆装卸通过能力、后方机械通过能力以及装卸能力相互协调而形成的。其中一个环节（如岸线）通过能力不足，则其他环节的通过能力也不能充分发挥，也就限制了泊位通过能力。同样，如果库场通过能力不足，也将限制其他环节通过能力的发挥。所以，

各环节之间是互相制约、不可分割的一个系统。

泊位愈多，港口能同时进行装卸货物的船舶艘数也愈多，这是减少船舶停泊时间的前提。在新港口的建设上，应采取大、中、小相结合的原则。同时，新建泊位要有足够大的库场，要有多种集疏运渠道。在具体建设中要考虑优先安排专用泊位，以适应运输需要。同时还要在货源组织和集疏运安排统筹规划的基础上，大力增建集装箱泊位，以适应国内外集装箱运输的发展。要重视中、小泊位的建设，使码头、泊位适应水运发展的需要。

其次，加强港口集疏运系统，提高港口集疏运能力，以适应港口通过能力的要求。

港口货物主要通过铁路、水运、公路和原油管道进行集疏运输。港口的通过能力要有相应的集疏运能力才能形成港口系统的综合运输能力。加强港口集疏运系统的建设是提高港口综合运输能力的重要措施。

中国沿海港口分为两大类：一类是河口港，如上海、黄埔和天津等港；另一类是海湾港，如大连、秦皇岛、青岛、连云港，湛江等港。河口港可以充分利用运输能力大、成本低的内河水运集疏大宗物资，便于组织河海直达运输。对这类港口应该加强水运集疏能力的建设。对海湾港则主要靠铁路、公路进行集疏，其中铁路运输更是集疏的重要方式。

要形成港口系统的综合运输能力，就必须加强港口集疏运能力的建设，为此，要把港口通过能力的建设发展与该港的集疏运能力结合起来，统一考虑全面安排，避免在建设发展中相互脱节，互不适应，造成某些能力的积压和浪费。港口通过能力和该港集疏运能力的施工建设，要根据港口预期达到的系统综合运输能力的规模，进行协调安排，同步建设，达到港口建成就能形成其系统综合运输能力。

在港口通过能力与港口集疏运能力的平衡上，港口集疏运能力规模应稍大于港口通过能力。其原因主要由于港口集疏运系统的建设涉及的部门多，建设周期长，一经建成再行改建、扩建难度较大。

此外，还要充分合理地利用各种运输方式，提高集疏运能力，促进港口发展。为此要提高港口后方铁路的能力；提高公路的输运能力；充分利用水运，扩大水上过驳作业。

就公路、航空、管道来看，同样要注意形成各自系统的综合运输能力。公路系统综合运输能力要重点解决好道路网规模、标准，要与汽车运输相适应；航空运输系统综合运输能力要解决好航空港的建设、布局，要与航线的开辟、使用飞机的类型相互协调；管道运输要安排好管线建设与泵站系统的协调。

第三章　货流规划的理论和方法

前已述及，货流是一个有重量、距离和方向的向量。作为经济点间、沿交通线定向移动的货物，货流成为交通运输地理学的重要内容。货流的合理化即合理运输，是一个重大国民经济问题，一向为计划制订者、运输经济工作者和经济地理工作者所重视。但是，长时期来，对合理运输的研究只局限于定性的经济论述，无法在复杂的全局问题上得出定量结论。从五十年代末到六十年代初起，在数学工作者参与下，国内外经济和地理学界开始在这项研究中引入线性规划方法，初步解决了货流全局最优的问题。本章将先介绍合理运输的一般理论，再回顾货流规划的早期方法，然后重点对货流规划的线性规划方法进行较深入探讨。

一、合理运输基础

运输过程是生产过程在流通中的延续。因此，社会产品的价值，即由其生产价值和运输所追加的价值共同构成。马克思指出：“在其他条件不变的情况下，由运输追加到商品中去的绝对价值量，和运输业的生产力成反比，和运输的距离成正比。”[①]这样，在一定生产力水平下，运输过程追加的价值愈小，产品的劳动生产率（一定劳动创造的使用价值）就愈高。所以，提高社会劳动生产率，从交通运输而言，除了改进交通运输业本身的技术装备和经营方法外，实现产品的合理运输，即使运输联系或货流的地理布局合理化，从而使运费或运动减少到最低限度，具有重大意义。

在社会主义计划经济下，国民经济各部门和各环节是相互协调发展的，这就为运输的合理化打下了客观基础。然而，把这种可能性变为现实性，还要我们根据社会主义的经济规律和现实生活情况，进行货流的合理组织与规划。在这方面，首先就要消除一切形式的不合理运输。

合理运输的直接效果是节省运力、减少运费。周恩来同志早在 1954 年第一届全国人民代表大会第一次会议上的政府工作报告中指出：“合理发挥水运对陆运的配合作用，并逐步消灭过远、过短、对流和其他不合理的浪费的运输，不但可以节省整个运输力，而且可以大大减少运输费用。”除此之外，合理运输还可以促进生产部门和中转机构布局的进一步合理化，充分利用各种交通工具，大大节约货物的运输时间。

（一）不合理运输的类型及其特点

合理运输与不合理运输是同一货流布局问题的两个对立方面，合理运输是基于不合理运输的存在而提出的。

凡是增加运输工作量或运输费用而对国民经济无益甚至有害的运输，或者是完成同一任务，但有运输工作量更小，运输费用更低的运输可以代替的运输，都叫不合理运输。可见，有了不合理运输，就意味着使国民经济花在同一产量或消费量上的运输劳动消耗，比社会必要的消

[①] 马克思：《资本论》，第 2 卷，第 169 页。人民出版社，1975 年。

耗更多。

那么，不合理运输有哪些表现形式？它们的经济影响如何？怎样才能避免各种不合理运输的危害呢？

1.过远运输

从产生的根源来看，过远运输不外两类，一类是由于产销计划和运输计划不当，人为造成了物资调拨不合理，从而引起货物运行距离的加长。这种过远运输同生产力布局的现状无关。在国民经济中，通过计划与规划工作的改善，应当、也完全可以禁止这种过远运输。另一类过远运输是生产力布局所造成的，又有两种不同情况。一种是不宜作远距离调运的物资，如劣质煤、一般建筑材料、副食品等。因缺乏地方性基地，而由远地运来。在城市和工业区的地方工业和郊区农业发展起来后，问题就可解决。另一种是可以作较长距离运输的物资，但通过生产力布局的改善，可使运距大为缩短。如海南岛的富铁矿，相当一部分供应华北、东北钢铁企业，在北方铁矿大量发现、海南建成钢铁基地后，矿石运输距离可大为缩短。

在谈到过远运输时，必须同远程运输区别开来。远程运输系指运距较长的运输。在生产力和交通网布局合理的条件下，或自然资源分布局限的条件下，某些物资的较远，甚至极远的调运都是必须与合理的，不能笼统称之谓过远运输。反之，运距虽并不太长的运输，但属舍近求远的情况，也应算作过远运输。

过远运输的最大特点是增加运距，从而使运输工作量大为增加，如我国第一个五年计划中，铁路货运中为数 4%的过远运输，就占了全部周转量的 20%。从增加运距这点来看，其它的不合理运输实质上也可算作过远运输，但它们的产生原因和表现形式各有不同。

2.相向运输

相向运输也叫对流运输。指的是同种货物从不同的发送点同时或先后作面对面的运送，并且彼此重复对方旅程的全部或一部。两种使用价值相同，彼此可以代换的货物，如食用花生油和豆油，其相向运输在一般情况下也应该认为是不合理的。相向运输是最明显的不合理运输，是对运力的纯浪费。当相向运输存在时，货物在运输过程中多走行的吨公里，即国民经济对运输消耗的额外支出，为对流区段长度的 2 倍乘以较小一端的运量。

假设在一条交通线上，有 A、B 两个货物发点，C、D 两个货物收点，它们的位置、收发量以及相互距离如图 6 所示（图中发点以○表示，收点以×表示，箭头表示货流方向）。

图 6

从图上的货流来看，显然 BC 段存在着相向运输。在相向运输条件下，其周转量为：

A→D　　100×100=10，000 吨公里

B→C　　50×20=1，000 吨公里

合　计　　11，000 吨公里

而在合理运输条件下，周转量为：

A→C　　50×40=2，000 吨公里
A→D　　50×100=5，000 吨公里
B→D　　50×40=2，000 吨公里
合　计　9，000 吨公里
浪费运力为：11，000-9，000=2，000 吨公里
或：2×20×50=2，000 吨公里

由上例可见，规划货流时必需有全局观点，决不能以个别收发点的距离为转移，否则即易形成相向运输。这种个别收发点之间的联系在一定条件下舍近求远，而使局部货流符合总的货流方向的运输方式，在中国称之谓“接力运输”，它是消除相向运输的好办法。东北各煤炭基地调往华东的煤炭，1958 年实行了接力运输，曾使 60 万吨煤炭的平均运距由 684 公里降至 404 公里。[①]

在同一交通线上发生的相向运输称为明显的相向运输，它易于被识别出来。如果相向运输发生在走向大致平行、距离不远的线路上，则称为隐蔽的相向运输，在作城市和区域布局规划的客货流分析时，必须予以注意。

3.迂回运输

在货物发点与收点之间有两条以上的同类交通线可以采用时，未能利用最短径路的运输，称为迂回运输。

在交通网发达，特别是拥有环状交通线时，迂回运输最容易出现。在环状线路条件下，货物调运的重要原则是：收点和发点间的货物走行公里数，不应超过整个环状线路总长度的一半，即必须小于或等于环形圈长的二分之一。根据上述原则，在规划货流时，可以编出环状交通线最短径路图。图中可标明货物自某一站至各站的最短径路。

如图 7 规定了天津站至环状铁路线上各站的运输最短径路，按逆时针方向其界限为土贤庄站，按顺时针方向为良村站。在线网构成复杂的情况下，则须要用线性规划的方法来确定合理的货物调运。

图 7　环线最短径路示意图

4.重复运输

就是货物由发点运达收点之前，经过了不必要的中转站的装卸转运，使本可直达的货流经过不必要的周折。重复运输是供销环节安排欠妥引起的，往往货物在流转中，先由产地运到中转站的货栈，然后再分运至销地。在城市和区域布局规划中，调查与决定中转货栈的布局，对于避免重复运输有巨大意义。

如果货栈布局恰当，即位于发点与收点之间的必经交通线上重复运输并不引起多余的走行公里，只造成多余的装卸和保管环节，从而增加支出。此外，还可能延误运输时间和增加交通枢纽的工作量。如果中转货栈的布局欠妥，即不符合上述条件，则重复运输除造成多余的装卸、保管环节外，还引起货物在不同时期，在同一线路上的相向运输，或收发点之间的迂回运输。如图 8 所示：在新疆，百货品由口内调往阿勒泰及南疆地区，解放初期以乌鲁木齐为中转站，向北造成迂回运输，向南

[①] 目前东北南部煤炭，已有少量由华北供应，但区内煤炭的主要流向仍为自北而南。

造成相向运输。后来在哈密和吐鲁番分别设立中转站，解决了这一问题。

图 8　建国初期新疆百货流向示意图

5.能利用轻载方向，但却在重载方向办理的运输

充分利用车船的轻载或回空方向，可以大大降低运载成本，充分利用运力。反之，则其效果亦反。如图 9：

图 9

A→C 为重载方向，周转量为 200×200=40，000 吨公里

C→A 为轻载方向，周转量为 100×200=20，000 吨公里

此时，AC 段的回运系数

$$K_v = \frac{20,000}{40,000} = \frac{1}{2}$$

今如 B 点须物资 50 吨，该物资 A、C 二地均能生产，于是，有以下二种调运情况：

以 A 供 B：

$$K_v = \frac{100 \times 200}{200 \times 200 + 50 \times 100} = 4/9 < 1/2$$

以 C 供 B：

$$K_v = \frac{100 \times 200 + 50 \times 100}{200 \times 200} = 5/8 > 1/2$$

由于回运系数愈高，则对轻载方向车船利用愈充分，故前者是不合理运输，后者是合理运输。根据这个道理而进行的两个生产基地间原料和成品间的互换（如德、法的萨尔和洛林，苏联的磁山和卡拉干达等铁矿区和煤矿区均建立钢铁企业，而进行煤铁互换），称为“钟摆运输原则”。

6.未能合理使用交通工具的运输

不同的运输方式各有其优缺点，故在分配货流时，应根据使各种交通工具取长补短、相互协作、综合利用的原则，否则就会形成浪费。

在货物由发点运至收点，可以使用两种不同的交通工具时，如未能采用运费低廉的交通工具进行调运，就是不合理的。比如，过短的，在 50 公里以内的铁路运输，由于货物装卸和由收发点至车站的转运费用所占比重过大。往往运费甚昂。同理，我国目前在有铁路和水运可资利用时，用汽车远距离调运货物也是不合理的。还有，把时间性不强的大宗笨重货物由水运转移到其它运输方式上，也是一种浪费运力现象。

在货物由发点运至收点，可以选择不同的联运线路时，则具体的运费比较是十分重要的。比如武汉运大米至沈阳，运输路线有两条，如图 10 所示。一条是铁路运输，全程 2，030 公里，每吨运费为 31.61 元。另一条是由武汉江海联运至大连，再转火车至沈阳，全程 2，543 公里，其每吨运费为：

汉口经上海至大连	17.35 元
大连转口费	2.42 元
大连至沈阳	9.68 元

合　　计　　29.45 元

故大米的调运以经江海联运为合理。当然，由于不同运输方式对不同货物的运费率有不同的规定，因而在选择运输路线时，还必须考虑不同的货种。此外，有些货物还应考虑其在途时间的长短，以及运输中的损耗等，这又不是单纯比较运费所能解决的。

（二）运输合理化的经济地理因素

向一切不合理运输作斗争，是我国社会主义建设的一项重要国民经济任务。但要作到这点，必须有一定的经济地理前提，如生产力的布局、交通网的分布以及储运站的设置等，还应该具有相应的技术组织保证。

1.合理布局生产力

这是运输合理化的最基本的因素，特别对于避免过远运输和原料与成品间的相向运输，更为有效。社会主义生产力布局的核心要求，就是使生产与消费在地域上尽量结合起来，以达到由原料采掘，半制品加工，成品制成到产品消费所消耗的运输劳动最小。因此，合理布局生产力，本身就包含着合理运输的内容。

解放前，我国 40%以上的面粉加工能力和 50%以上的纺锭和布机集中在长江下游，造成了原料与成品的过远和相向运输，解放后，随着面粉和纺织工业在内地的原料产区和消费城镇大量兴建，上述现象已基本改变。建国以来，由于重视了北方商品粮基地的建设，“南粮北调”已开始扭转。这都是改善生产力布局促进运输合理化的明显例子。

煤炭是我国主要的大宗货流，约占铁路货运量的三分之一左右。从历史上看，东北和华北的煤田开发最早，由于生产和消费在地理上的不平衡，形成了“北煤南运”。解放后，我们在大力发展储量大、质量高、开采条件好的华北、特别是山西各煤田的同时，也探明并开发了南方的许多煤田，如两淮、平顶山、六盘水等，就近供应华东、中南和西南的需要。“北煤南运”的缓和，不仅消除了相当一部分煤炭的过远运输，而且减轻了京广、津沪、宝成等铁路及沿海航运的压力，对我国国民经济的长远发展和整体布局，以及形成大区经济体系均有战略价值。最近一个时期，在有条件的地方推广坑口燃煤电厂，对节约大宗煤炭运输意义重大。一个中型火电厂的耗煤量每年在 50 万吨以上，大型火电厂超过 200 万吨，而装机容量为 100 万千瓦以上的特大火电厂，年耗煤量要超过 500 万吨。电厂燃用劣质煤固然是方向，但相应的煤炭运量更要增加。坑口电厂采用高压输电线路往外送电，可大大减轻铁路的运输压力。两个 100 万千瓦的坑口电厂，可节约出一条干线铁路的运量，其经济价值是显而易见的。

工业布局的大分散和企业布置的小集中相结合，不仅能充分利用自然和劳动资源，而且对运输合理化有巨大意义。工业的适当分散，在农、矿原料和劳动力（包括技术力量）充裕的地区更多地建立企业，特别是中小企业，能有效地消除笨重原料、燃料和成品的长距离运输和重复运输。企业在一些城镇或工业区必要的集中和成组布置，既能保证企业在专业化基础上对资源综合利用，如在制盐基地发展海洋化工，在炼油基础上发展化学纤维、人造橡胶和化肥，机器制造业的铸件、锻压、机修

的紧凑布置等；又能使相邻企业协作化，相互利用成品或半成品作为原料，共同建设动力、零配件、机修、专用线甚至公用和生活福利设施。这样许多区际运输成为区内运输，厂外运输成为厂内运输，可以节约或消除大量不合理的运量。

2.不断改善交通网

交通线网是货流移动的渠道。因此，根据国民经济和生产力布局的要求，加强新交通线网建设，并使旧的交通网完善化（如修筑平行线、联络线、专用线等），可大大从方向上和运力上保证合理运输的实现。如太焦线和焦枝线修通后，使山西和中南增加了不绕行石家庄的联络线和京广北段的平行线，对山西煤炭大量运出，减少京广线压力均有巨大作用。此为区际交通网改善的例子。北京市修成三环路并准备开拓四环路，接通公路环以便于城市各区联系，减少市内运输压力，这又是完善城市道路系统的例子。再者，对我国来说，大力开辟内河航道，发展沿海航运，完善城乡交通网，组织各种联运路线，从而合理使用交通工具，发挥运输潜力和减少运输费用，都是具有现实意义的。但交通网的增加必需同生产力布局和运量分布相适应。解放后，我国有四分之三的新建铁路修筑在京广线以西的内地，但沿海地区的货运量仍占 85%，这是一个教训。

3.恰当布置储运站

如何布置储运站，对于运输的合理化具有非常大的影响。储运站的性质不外两类：一类是仓库型的，即所谓中心库，其目的在于调剂货物生产或消费的季节性，其性质前已述及。仓库型的储运站要与生产或消费单位结合，不能在地理上另起炉灶，以产生多余的运输。另一类是货栈型的，即所谓中转库，除储存外，还兼有、甚至主要是集散的性能。故而，它必须根据交通线的分布和货物流向，设置在铁路、公路、航运的衔接点和物资集散地，且其规模应同中转范围及其任务大小相适应。

旧城市遗留下的储运站有许多是不合理的，须逐步加以改造。有些仓库型的储运站与生产单位或消费单位脱节。货栈型的储运站问题更多，特别是大城市的储运站过于集中，中小城市储运站过于分散，它们与城市对内和对外交通联系不畅。例如：沈阳的粮食中转库过去集中设在距城 15 公里外的苏家屯，由东北或关内运来的粮食先放在苏家屯保管，加工或销售时又大部运回市区，故无论是作为仓库或是作为货栈，苏家屯的储运站都是不合理的。又如沧州的各类仓库和货栈分散在铁路的两侧，既形成了对整个城市功能区的干扰，又不利于铁路出线，在规划中已将储运站集中于铁路一侧，以解决这一矛盾。

城市储运站还必须按其大小和性质在城市中分别布置。为全市服务的大型仓库或货栈，其特点是货运量大，故应设在车站、码头等交通枢纽附近，为局部地区或工业企业服务的中型仓库和货栈，应根据需要分散设置于货流形成点或货运负荷中心。与城市无关的纯属中转性质的站库，应放在市外的对外交通线上。此外，为了满足特种货物的需要，如危险品仓库，应根据特殊要求处理。

4.合理规划运输路线

树立全局观点，加强产运销协作，推行物资调运合理化，是合理组织货流的关键，它牵涉到产、运、销各个部门以及不同的运输方式和环

节。

合理规划运输路线，包括在国民经济计划和区域规划基础上，规定主要物资的合理流向，制定基本流向图或标准货流图。我国解放后，有关部门已对煤炭、粮食、木材、水泥、食盐、石油等物资，编拟了基本流向图。这一工作不仅在区域规划中极为重要，而且对于城市规划的近期建设规划也是必需的。有了基本流向图，货物的运输只能依图上标明的方向来进行，而不能违背，从而一方面大大消除了各类不合理运输，一方面也使近期甚至远景的地区或城市交通建设有了科学依据。

必须指出，在合理规划运输路线时，有关的产、运、销部门应共同研究和制订有关计划和规划，以保证其实现。同时，各部门和环节都应尽量从全局出发，采取与合理运输有关的措施：如生产或消费部门设法使季节性物资均衡发送，改善轻泡物资打包办法，推行零担货运的集装箱化，运输部门大力组织接力运输和捎脚运输，根据合理流向原则，组织“货源搬家”、“货流改道”等。

按照经济区划来组织物资调运，是我国合理运输工作中的一个重要内容。在社会主义计划经济下，对工业、商业和交通运输业的领导管理是按行政区划进行的，这是必要的。然而，产、运、销部门在进行物资调拨时，如机械按行政区调拨，就会出现一系列不合理运输，因为货流本身并不同行政区的分布一致。这就要求我们既按行政区组织经济，又按经济区调运物资。

图 11 中三个行政中心均设有批发站，如按行政区组织运输，则图上运入 a 消费点的货物出现迂回运输，至 b 点的货物出现相向运输，只有 c 点才是合理的。如改划经济区（实质上是货流区），上述不合理运输皆可消除。

（三）区域规划中货物调运的合理组织

区域规划的范围是省、省内地区、县及其组合。在确定规划区域生产力布局，特别是大型建设项目布点和规模的基础上，必须对物资的调运作出合理组织。货运调运规划的要求是：根据生产和消费的地理分布，结合交通线的布局，力求以最少环节、最快时间、最短里程、最低费用把货物由产地运至销地。根据我国一些地方的经验，如以省区为例，货物调运合理组织规划的原则有以下几个方面：

（1）外省调入的大宗物资，如煤炭、石油、食盐、粮食等，实行跨地区供应，直线调拨，尽量做到不经过中转，一次发到销地。

（2）对集中生产的地方产品，如百货、纺织品、食糖等，越过中转、中间批发站等环节，由生产厂矿直接发到供应点。

（3）对省内分散生产的产品，如小化肥产品、农药、农业机具、火柴等，实行就地集中或收购，划片供应，不足或多余部分则通过全省平衡货源按合理流向就近调剂，防止远途运输。

（4）对全省储备的物资，如粮食、食糖、木材等，按合理流向尽可能在铁路、港口定点储存，方便日后直接中转。

（5）按照货物品种，分别拟出全省标准货流图，并划出相应的物资调运经济区域（货流区），从而使物资供销完全排除行政区域框框和传

统习惯的束缚。

二、货流规划的原则

根据货物的产销分布和它们的运输联系，用一定的科学办法，便可以作出货物运输的基本流向图或标准货流图。如果货流规划不仅包括流向和流量，而且还按其地域结合予以分区，这便是货流区划或称合理运输区划。在我国，把合理流向和货流区划结合在一起的货流图，称之谓“分区产销平衡合理运输流向图”。所以，货流区划就是货流规划结果的进一步综合化和地理化。

在进行货流规划时，下列三个原则是必须考虑的：

1.产销平衡

国民经济中生产与消费，农业、轻工业与重工业，地区与地区间有计划地平衡，是社会主义经济制度本质优越性的表现。合理运输和货流区划工作亦必须以此为出发点。在进行这一工作时，重要的是根据生产和消费地区平衡表，找出各物资的分地区或城市的调出量（发量）和调入量（收量），然后得出汇总的产销平衡表（或称运输经济平衡表）。在产销平衡表中，各个发点的发量，和各个收点的收量是已知的，且其总和是相等的。这样，我们就可以产销平衡为基础，来寻求合理的调运方案。

如果产销不平衡，还能否作合理运输规划呢？在社会主义计划经济下，这种情况总的来说是不大可能的。即若在个别情况下会有局部暂时不平衡，也可以用加大储存（产大于销时）或削弱部分供应（销大于产时）来调剂。所以，从全局和长远来看，也是平衡的。在后一情况下，合理运输的规划也还是依据了产销平衡的原则。

2.合理运输

货流规划和区划的重要依据之一是运输的合理化。因此，必须在规划货流图中，完全剔除相向、迂回、不合理使用运输工具等不合理运输。除此而外，还须注意两点：

（1）合理运输要以产销平衡为基础，即要从国家或地区的生产与消费以及生产力的布局现状出发。因而货流规划和区划中的合理运输是有条件的，不是绝对的。它比一般所谈的合理运输问题要窄一些。许多货流，从生产力布局要求看可能有待改善，特别是其中一些过远运输，以及因中转库一时建立不起来而造成的迂回运输，但对于一定产销条件下来说，仍是相对合理的。

（2）合理运输必须服从国民经济的整体利益，不能孤立地谈运输的合理。这方面，首先不应从个别地区或城市，即个别的发点与收点来规划货流，有时，也不能单以运费来衡量合理运输问题，还应同时考虑到运输能力、合理利用运输工具等等。当然，把合理运输只理解为消除相向运输，更是大错。因为相向运输只是最明显的不合理运输，而且在一定条件下，它还是允许存在的。

3.运费最小

在产销平衡和合理运输前提条件下，规划货流和进行区划，就必须符合于使总运费达到最小的原则。因为只有这样，才能符合于社会主义

下，使运输追加的社会劳动总消耗最少的客观规律。

在交通线分布和货物流向单纯的条件下，进行合理运输的分析，往往可以达到总运费最小的结果。但是，实际情况是，进行全国或较大地区货流规划时，由于收发点多，交通线网复杂，运输联系广泛，单用综合分析的办法很难达到预期效果。因而，要执行这一原则，就必须采用定量计算的方法。有利的是，现代数学方法的发展和计算手段的应用已给这个问题的解决提供了充分的可能性。

在运费率相等、中转费一致的条件下，总运费最小就表现为总的吨公里数最小；同理，如果收发的货物吨数也是固定的，那么，总运费最小也就是总运距最小。故有时这一原则亦称为总运距最短的原则。

三、货流规划的早期方法

这里先介绍三种进行货流规划的早期方法，即流向流量分析法、差数法和循环联系法。

1.流向流量分析法

此法内容是根据交通线和物资产销的分布，作出合理调运的分析，从而得出货流规划的合理方案。假设一个粮食的产销平衡

表 13

收点 / 发点	济南	兖州	张店	青岛	发量
德州					50
禹城					20
泰安					30
益都					70
收量	80	10	30	50	170

表如表 13（单位：吨），求合理货流规划方案。此处即找一个粮食调运的总吨公里数最小的方案。

如此，先给出交通图（图 12），图中以○表示发点，以×表示收点，并注明调入调出吨数。同时，将各点间之里程（公里）用括弧括起，标在图上。然后，据图作一个没有对流的货流图（图 13），将流向流量画在交通线的右侧。

相应于此图之调运方案如表 14。

表 14

收点 / 发点	济南	兖州	张店	青岛	发量
德州	50				50
禹城	20				20
泰安	10	10	10		30
益都			20	50	70
收量	80	10	30	50	170

按照此调运方案，粮食运输的总吨公里数是 50×118+20×52+10×

71+10×85+10×81+20×43+50×240=23，170 吨公里。

这个货流图的调运方案不是唯一的，比如，还有如下的方案（表 15）：

表 15

发点＼收点	济　南	兖　州	张　店	青　岛	发　量
德　州	45		5		50
禹　城	15		5		20
泰　安	20	10			30
益　都			20	50	70
收　量	80	10	30	50	170

按照此调运方案，粮食运输的总吨公里数是 45×118+15×52+20×71+10×85+5×228+5×162+20×43+50×240=23，170 吨公里。

所以，相同的货流图可以有不同的方案（即二图中每段的流量、流向均相等），因而，货流图相同的方案，其总吨公里数亦必等。

在交通线分布不成环状条件下，用流向流量分析法制定的没有对流的货流图和调运方案，便是最佳的货流规划方案。

2.差数法

这种方法或称距离差（或运费差）比较法。其内容是根据各收发点之间的距离或运费对比，找一组总吨公里或总运费最小的方案。这种方法在我国和苏联都曾得到过广泛应用。

假设一个粮食的产销平衡表如表 16。

表 16

发　点＼收　点	北　京	天　津	青　岛	商　丘	发　量
济　南					31
徐　州					59
郑　州					101
收　量	80	60	31	20	241

据此平衡表，找一总吨公里最小之粮食调运方案。

先给出一个交通图（图 14）。用流向流量分析法可以看出，以济南的 31 吨供应青岛的 31 吨显然是合理的。再看其它各点之粮食调运如何才合理。在解决这类问题时，由于收发点分布在一个环状交通网上，单单作流向流量分析就难作定论。在本例，可采用差数法来处理。

各粮食收点对粮食发点之距离差（单位：公里）如表 17。

表 17

收　点＼发　点	徐　州（L_1）	郑　州（L_2）	距离差（L_2-L_1）
天　津	675	803	+128
商　丘	146	203	+57
北　京	813	702	-111

表 17 列出的发点徐州供天津较合理，因其与郑州供天津相较是正差

128 公里，即徐州供天津比郑州供天津要近 128 公里。同理，徐州供商丘亦较郑州供应合理些。但徐州供北京因与郑州供北京相较是负差 111 公里，故北京应由郑州供粮较合算。

于是即可按表上距离差，结合各收发点余缺粮数字来规划合理流向。徐州的 59 吨供天津，不足数只好由郑州补充。郑州的 101 吨首先供北京 80 吨，次供商丘 20 吨，再供天津 1 吨，合理货流图如图 15 所示。

相应于此图之粮食调运方案如表 18。

差数法能在一定程度上解决环状交通线上的物资调运问题。但是，只有在发点或收点是两个时，才能进行距离或运费的比较，因而，它的应用仍是有限制的。

3.循环联系法

这种方法较为复杂，是差数法的一个推广，企图用以解决差数法所无法处理的、两个以上收点或发点的货流规划问题。

表 18

收点 / 发点	北京	天津	青岛	商丘	发量
济南			31		31
徐州		59			59
郑州	80	1		20	101
收量	80	60	31	20	291

表 19

收点 / 发点	石家庄	邯郸	郑州	德州	济南	泰安	徐州	开封	发量
许昌									45
宿县									60
衡水									65
兰封									35
收量	50	10	15	15	20	25	35	35	205

假设一个粮食产销平衡

表如表 19。

绘出交通图（图 16）。

在图中可以看出，发点同收点之间构成了循环联系。它们交错分布在环状交通网上，每个发点都有两个值得研究的发送方向，每个收点可以从不同的发点接受货物。因而，粮食货流的安排可以从任一点着手，但开始只能作初步固定。

如先从许昌开始，先研究许昌与衡水两个发点的粮食供应，中间有郑州、邯郸及石家庄三个收点。

先编制一个许昌衡水间的距离差表（表 20）。

表 20

发点 / 收点	许　昌	衡　水	距离差
郑　州	86	535	＋449
邯　郸	338	283	-55
石家庄	503	118	-385

据此，可初步选择许昌的粮食发送，即运郑州 15 吨、邯郸 10 吨、石家庄 20 吨。石家庄不足之数由衡水供应。

为了研究衡水的粮食发送，还要将衡水宿县间作出距离差表（表 21）。

表 21

发点 / 收点	衡　水	宿　县	距离差
德　州	62	510	＋448
济　南	180	392	＋212
泰　安	251	321	＋70

据此，可初步确定衡水粮食运石家庄 30 吨、德州 15 吨、济南 20 吨。

最后，将余下的收点合理固定于宿县和兰封。即宿县供徐州 35 吨、泰安 25 吨；兰封供开封 35 吨。

于是，便得出了一组调运方案，其发点的供应分界点为收点石家庄、济南、徐州、郑州。此外，我们还可以组成另外的一些调运方案，其分界点各不相同。在本例中，可能的组合方法一共有 3×4×1×2=24 种，兹举出三组予以比较探讨。

表 22　第一组：即上述之调运方案

分　点	分界点（收点）	距离差
许　昌		
衡　水	石家庄	-385
宿　县	济　南	+212
兰　封	徐　州	+ 159
许　昌	郑　州	-29

总距离差　　-43

表 23　第二组：另行假定分界点

分　点	分界点（收点）	距离差
许　昌		
衡　水	郑　州	+449
宿　县	泰　安	+70
兰　封	徐　州	+159
许　昌	开　封	+115

表 24　第三组：再另行假定分界点

分　点	分界点（收点）	距离差
许　昌 衡　水	邯　郸	-55
宿　县	德　州	+448
兰　封	徐　州	+159
许　昌	开　封	+115

按第一组分界点计算，总距离差为-43 公里，即按此方案调运粮食，整个运行中每吨要多走 43 公里，故此方案应尽量避免采用。第二组的总距离差为+793，在运行里程上显然处于有利地位。但按该方案之分界点调运，许昌有 30 吨粮发不出去，石家庄和邯郸分别有 20 吨和 10 吨无处供应。故虽少走里程，但不能做到合理分配，亦无法采用。只有第三组，既能使调运里程较少，又能产销在各点间达到平衡。

各组比较结果，只有上述第三组方案是既经济又可能的。根据第三组分界点合理分配货流得出如下的货流图（图 17）。

相应于此图之调运方案如表 25。

表 25

收点 / 发点	石家庄	邯郸	郑州	德州	济南	泰安	徐州	开封	发量
许　昌		10	15					20	45
宿　县					20	25	15		60
衡　水	50			15					65
兰　封							20	15	35
收　量	50	10	15	15	20	25	35	35	205

按这个方案，粮食调运的总吨公里数是 86×45＋252×10＋118×50＋62×15＋71×20＋246×45＋75×60＋23×20＋49×15＋66×20=36，945 吨公里。这个方案对于循环联系法来说，已经是最好的，但并不是绝对最好的。因为循环联系法本身只能是不同联系方案的机械对比，不能使各发点与收点之间在方向和数量上同时得到全面协调。因此，循环联系法虽然较流向流量分析和差数法解决的问题要广泛些。但仍不能精确地解决复杂的货流合理规划问题。

四、货流规划的线性规划方法

（一）物资调运图上作业法

这是一种借助于流向流量图而进行货流合理规划的简便线性规划方法，它能消除环状交通网上物资调运中的相向运输（包括隐蔽相向运输）和迂回运输，得出总吨公里最小的方案。这种方法由于对环状交通网上的货流规划行之有效，在苏联被称为圆周关系法。它虽在三十年代初已被人提出，但在中国得到广泛实际应用和数学证明，却是解放以后的事情。

我们仍用上节循环联系法的粮食产销平衡表，来介绍这一方法。分

以下步骤进行。

第一步：作交通图。交通图线形成一个圈，而从郑州和徐州又各分出两条支线。为了便于作业，我们把支线去掉，将郑州看成是 30 吨的发点，徐州看成是 25 吨的发点。于是，原平衡表略有更改。根据改正的平衡表（略去）得出一张交通图（图 18）。

第二步：作初始货流图。由于交通线是环形的，故在交通图上划流向流量可以从任何一点开始，先根据就近供应原则进行，但应避免对流。如先从郑州开始，得出初始货流图（图 19）。此图除略去支线货流外，与循环联系法所得出之最优货流图恰好相同。

第三步：检查。有两个标准：①没有对流，因有相向运输，总吨公里数一定不是最小；这一条件在初始货流图中往往已满足。②顺时针方向货流段里程总和（内圈长）和逆时针方向货流段里程总和（外圈长），均不超过环形交通线总里程（全圈长）的一半，即内（外）圈长$\leq \frac{1}{2}$全圈长。这是全面消除环形线迂回运输的必要条件。

上述初始货流图中，外圈长 735 公里，内圈长 363 公里，全圈长 1，381 公里，即外圈长大于全圈长的一半。故该货流图不是最好的。

第四步：调整。采取缩外圈增内圈，或缩内圈增外圈的方法。结合本例，其步骤为：

（1）找出外圈最小的流量，为 20 吨；

（2）外圈所有流量一律减去 20 吨；

（3）内圈所有流量一律加上 20 吨；

（4）空圈改为内圈，其流量为 20 吨。

第五步：反复检查、调整，直至最优。本例在一次调整后，外圈长 364 公里，内圈长 646 公里，已达最优。其货流图如图 20。如将支线的货流复原，则成图 21。

第六步：给出最合理的调运方案。相应于图 21 之调运方案如表 26。

表 26

收点 / 发点	石家庄	邯郸	郑州	德州	济南	泰安	徐州	开封	发量
许　昌	20	10	15						45
宿　县						25	35		60
衡　水	30			15	20				65
兰　封								35	35
收　量	50	10	15	15	20	25	35	35	205

相应的总吨公里数为 86×45＋252×30＋165×20＋118×30＋62×35＋118×20＋246×25＋75×60＋49×35=35，165 吨公里。较循环联系法之最好方案或该例初始方案之总吨公里数节约 36，945-35，165=1，780 吨公里。

值得注意的是，当交通网系由一个以上的环来组成时，必须对可能构成的每一个圈进行检查调整，均符合上述条件时，才是最优。如□□状的交通网须考察其 3 个圈，状的交通网有 13 个圈。

（二）物资调运表上作业法

这是一种借助于平衡表、运价表以及其它计算表格，来得到最优货流规划方案的线性规划方法。表上作业法可以求出总运费最小的方案，而运费是比吨公里更能全面反映运输能力的。因而在以下两种场合下，它比图上作业法的应用更为方便：（1）具体考虑各收发点之间装卸费用时；（2）交通网系由不同的运输方式组成时。故表上作业法不仅能控制对流和迂回，对重复、不合理分工等不合理运输也能予以消除。

表上作业法是一般的线性规划方法——单纯形法的一个特例。设有 m 个发点和 n 个收点，X_{ij} 为 X 吨货物由第 i 个发点运往第 j 个收点的运量，C_{ij} 为第 i 个发点至第 j 个收点间的每吨货物总运费，a_i 为第 i 个发点的发量，b_j 为第 j 个收点的收量。于是，表上作业法的数学提法可以概括为：在约束条件为

$$\begin{cases} X_{ij} \geq 0 (i=1，2，\cdots m；j=1，2，\cdots n) \\ \sum_{j=1}^{n} X_{ij} = a_i \\ \sum_{i=1}^{m} X_{ij} = b_j \\ \sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \end{cases}$$

应使目标函数 $\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} C_{ij} X_{ij} =$ 极小值。

兹举一实例来阐述表上作业法的工作过程。假设一个煤炭产销平衡表如表 27。

除此而外，把每个发点到每个收点每吨煤的运费（元）调查清楚，列一运价表如表 28。

第一步：作初始调运方案。一般采用最小元素法，即根据平衡

表 27

收点 / 发点	天津	德州	石家庄	保定	发量
大　同					7
古　冶					4
井　陉					9
收　量	3	6	5	6	20

表 28

发点＼收点	天　津	德　州	石家庄	保　定
大　同	3	11	3	10
古　冶	1	9	2	8
井　陉	7	4	10	5

表和运价表，把发点和收点间运费较小的货运，尽可能优先固定。这样，可使初始方案与最优方案比较接近。

初始方案还必须符合以下条件：（1）如有 m 个发点、n 个收点，则填入初始方案中的运量数应为 m＋n-1 个（不足此数，要补一个○，当作正数看待）；（2）填入的数，不能组成闭路。（在 m 行、n 列中，散布若干点，由一点出发向任一方向走，遇到顶点转换方向，最后仍返回该点，则称为组成闭路。）

我们得到的初始调运方案如表 29。

表 29

发点＼收点	天津	德州	石家庄	保定	发量
大　同			4	3	7
古　冶	3		1		4
井　陉		6		3	9
收　量	3	6	5	6	20

第二步：判断。判断方案是否最优，有闭路法、位势法、矩形法等方法，此处只介绍常用的位势法。

首先，将初始方案同运价表结合起来，造一个表，即将初始方案中有字的格中填上相应的运价表格中数字，并圈起来。如表 30：

表 30

		③	⑩
①	④	②	⑤

然后，将表 30 增加一行一列（表 31），均填上数字（位势），使上表中任一运价数字均等于相应行列上的位势和（习惯上先在任一个位势上给一个零）。

表 31

		③	⑩	2
①		②		1
	④		⑤	-3
0	7	1	8	

再使对应的行列位势相加，把空格填满，得出位势表（表 32）。

表 32

2	9	③	⑩	2
①	8	②	9	1
-3	④	-2	⑤	-3
0	7	1	8	

最后，将运价表减去位势表对应各格数字得出检验数表（圈中数字必为零，可不写入）：

表 33

1	2		
10	1	12	-1

判断准则：表中各检验数均≥0，则为最优；否则，未达最优。第三步：调整。表 33 中有一负数，需进行调整。先在初始方案中将出现负数方格的闭路划出（表 34）。

表 34

	天津	德州	石家庄	保定	发量
大　同			4	3	7
古　冶	3		1	3	4
井　陉		6			9
收　量	3	6	5	6	20

在闭路中各奇次转角中选一最小数，即 1，填入空格，将偶次转角点的数均加 1（空格亦可算作偶次转角点），奇次转角点数字均减 1，得出新调运方案（表 35）。

表 35

	天津	德州	石家庄	保定	发量
大　同			5	2	7
古　冶	3			1	4
井　陉		6		3	9
收　量	3	6	5	6	20

第四步：反复判断、调整，直至最优。上述调整后的方案总运费为 85 元，而初始方案则为 86 元。经检验、判断，已达到总运费最小。

如果原始资料中总的发量和总的收量不相等，则我们可仍将其先制成平衡表，再利用表上作业法来规划货流。如果总发量大于总收量，则假定一个虚的收点，以便从总运费最低的观点，决定应在何发点储存。如果总发量小于总收量，则假定一个虚的发点，以便从总运费最低的观点，决定应削减对何收点的供应。具体工作过程，不再阐述。

（三）考虑线路通过能力的货流规划方法

实际工作中，日益感到货流规划中考虑交通能力的必要性，因为只有这样，才能使规划方案具有更充分的现实意义。目前，对此问题已有探索，概略介绍二种如下。

1.有界变量的表上作业法

即在交通网通过能力有限的条件下，用表上作业法寻求一个最合理的调运方案。它在许多场合下还是切实可行的。工作程序也较简单。此时，考虑到第 i 个发点到第 j 个收点的线路最大通过能力 R_{ij}，因而变量 ij 便成为有界的。这一方法的数学提法成为：在约束条件为

$$\begin{cases} 0 \leq Xij \leq Rij(i=1，2，\cdots m；j=1，2\cdots n) \\ \sum_{j=1}^{n} X_{ij} = a_i \\ \sum_{i=1}^{m} X_{ij} = b_j \\ \sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \end{cases}$$

应使目标函数 $\sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} C_{ij} X_{ij} =$ 极小值

现举一例说明。设有一物资产销平衡表（表 36）：

表 36

发点 / 收点	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	发量
A_1						100
A_2						125
A_3						75
收量	100	60	40	75	25	300

各收发点之间的运价如表 37：

表 37

发点 / 收点	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	3	2	3	4	1
A_2	4	1	2	4	2
A_3	1	0	5	3	2

要求在 R_{ij}=40 的条件下，寻求一个总运费最小的方案。

第一步：作初始调运方案。初始方案的条件较一般表上作业法为多，尚须满足：（1）填入数值≤R_{ij}；（2）填数后表上有三种格子：数格、空格、框格；框格中的数一定要=R_{ij}；（3）数格共 m+n-1 个，且不组成闭路。

给定初始方案无系统方法，可能初始方案根本不存在。一般先按通

过能力无限来处理，用最小元素法给出一个方案。本例如下（表 38）：

表 38

75				25
10 15	 60	40	75	

由于该方案有些数值＞R_{ij}，可采用对顶角数值移换法逐步解决。上表可依次变为表 39、40、41 和表 42。

表 39

75				25
10	$\boxed{40}$	40	35	
15	20		$\boxed{40}$	

表 40

35			$\boxed{40}$	25
10	$\boxed{40}$	40	35	
55	20			

表 41

35			$\boxed{40}$	25
$\boxed{40}$	10	40	35	
25	20			

表 42

20	15		$\boxed{40}$	25
$\boxed{40}$	10	40	35	
$\boxed{40}$	35			

至此，已达到初始方案的要求。

第二步：判断方案是否最优，仍用位势法。

先将初始方案同运价表结合造表（表 43）。

表 43

③	②			①
	①	②	④	
	⓪			

作出位势表（表 44）：

表 44

③	②	3	5	①	2
2	①	②	④	0	1
1	⓪	1	3	-1	0
1	0	1	3	-1	

得到检验数表（表 45）：

表 45

0	0	0	-1	0
2 0	0 0	0 4	0 0	2 3

判断准则：数格=0，空格≥0，框格≤0。故方案未达最优。

第三步：调整。不符合标准的二行一列数为起点作闭路（表 46）：

表 46

20	15		$\boxed{40}$	25
$\boxed{40}$	10	40	35	
$\boxed{40}$	35			

使方案成为表 47：

表 47

35			$\boxed{40}$	25
25	25	40	35	
$\boxed{40}$	35			

第四步：反复判断、调整，直至最优。本例得出的一个最优调运方案为（表 48）：

表 48

发点 / 收点	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	发量
A_1	40			35	25	100
A_2	20	25	40	40		125
A_3	40	35				75
收量	100	60	40	75	25	300

此方案总运费为 670,而通过能力不限制条件下其最优方案总运费为 615。

2.单纯形法

即用单纯形法来解决通过能力有限的最优货流规划问题。此时，除设有 m 个发点，n 个收点外，开设 m 个发点和 n 个收点之间有 S 种运输方法。这种情况下，各种运输方法是指利用一种运输方式或几种不同运输方式的结合。这样，变数 X_{ijk} 便是由第 i 个发点至第 j 个收点、以第 k 种运输方法实现的运量（K=1，2，…S）。另外，$X_{ijk} \le R_{ijk}$。上述诸条件列成的数学模式组成的矩阵，便是总的约束条件，其目标函数则为使

$$\sum_{k=1}^{s}\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} C_{ijk}X_{ijk} = \text{极小值}$$

在电子计算机参与工作的条件下，可以求解在矩阵中记载达以万计元素的单纯形法问题。

五、货流区划的步骤和方法

货流区划的目的是为了达到物资的就近供应，分片平衡。因此，严

格地讲，只有存在精确的货流规划基础上，区划才能合理。但实际工作中，每一种物资的产地和销地甚多，中间又经过了许多中转环节，一下子用规划方法找出合理方案，殊不容易。在这种条件下，最好将区划与规划两种方法，分步交替使用，以得出可能好的方案。其过程是：

（1）先将区划物资的产销状况标在相应的交通图上，于是，可以从地图上一览全国或某一地区该种物资盈亏的地理分布，和各收发点间的交通联系。

（2）由于产销地（收发点）数目众多，且其收发量相差悬殊，故可先找出货流集中区。其方法为，找出发量或收量很大的地点（一般是大中城市或工矿区）当作“代表点”，作为区的中心，把邻近的发量或收量很小的地点的货流，暂时并入集中区的“代表点”。

（3）把为数不多的“代表点”（发点或收点）进行货流规划，一般是用表上作业法进行较合适，找出一个各“代表点”间的最优货流规划方案。

（4）按每一个货流集中区，进行调整复原，使进入“代表点”的货流，再分散到每个收点或发点去，这时，用图上作业法是较方便的。

（5）然后，根据调整后的规划方案，确定区界，划出合理货流区。

于是，便提出了问题，每种物资的货流区，在划分时，除根据产销平衡、合理运输、运费最小等一般原则外，还应注意哪些具体问题呢？兹指出下述各点，作为参考。

（1）合理货流区原则上不应受行政区划限制，否则即易形成不合理运输，此点在讲述合理运输时，已予指出。

（2）合理货流区的范围大小，应视区划物资生产布局、产销关系而定。一方面尽量达到区内平衡，另一方面也要照顾区际的调拨。一般说，区域过大（如将全国分为一或两个区）会失去分区的意义；区域过小（如一个区只包括几个点）则又使区划变成了规划的重复。

（3）合理货流区的划分，应注意货流集中点。如煤炭可以大煤炭基地为中心，以各消费地为区界。粮食则可以加工地或消费地为中心，以产地为区界。

（4）合理货流区的划分，应充分考虑到大消费中心的影响。有时把各区分界点放在大消费中心是合理的，因这样能使各区的物资都可调入。

由于综合经济区划是以劳动地理分工和地域生产专门化为基础，而对原料和产品的分配和交换可以通过货物的运输进行分析和研究，故而，货流区划是进行综合经济区划的一种重要手段。但是，不能单纯用大宗货流或综合货流的分析来完全解决经济区划问题。综合经济区的形成和划分，必须以国家近期和远景生产力布局任务为前提，综合运用产销区划、货流区划和吸引范围划分，以及系统论的方法，才能收到满意的效果。关于产销区划和吸引范围的划分理论和方法，我们将在后文阐述；至于综合经济区划问题，已超出我们所应探讨的范围。

第四章　交通运输与产销区划

产销区，或称产品消费区、产品销售地带，是产品生产基地的销售范围。社会主义生产的最终目的是满足国民经济和人民生活日益增长的需要；社会主义生产力布局的基本要求是使生产接近原料产地和消费区（在这里，“接近”应作为经济上最合理来解释）。

产销区划就是通过对某种产品的各个产地规定合理的销售地区，以确定这些产地经济上最优产量的方法。在具体工作过程中，可以用定量计算的方法，来寻求相邻产地、同一产品在相连交通线上的分界点或整个毗连地域上的分界线，以达到社会劳动总消耗最小，从而最大提高社会劳动生产率的目的。

产销区划涉及生产、流通、销售等经济领域和农业、工业、交通、商业等经济部门，因而是经济地理学许多分支共同关心的问题。西方经济和地理学界，从上世纪末开始，做了一些商圈、市场中心地方、产品销售等费用线的工作，但除了问题的研究是为资本主义竞争、划分市场范围服务外，也未能形成产销区划的完整理论体系。苏联四十年代、我国六十年代起，结合社会主义经济建设实际，开始系统研究这一课题，并收到了一定效果。[①]

从理论和实践上看，产销区划对流通领域的经济合理性最为注意，而产品的销售要通过运输才能完成。运输费用的核算，是在产品生产费用既定下，决定区域范围的主要手段；同时，产量限制问题、产品效益问题、大消费中心问题也都通过交通运输表现出来。故而，产销区划的研究，特别是在社会主义条件下，主要是由交通运输地理工作者来完成。

一、产销区划的作用和经济指标

（一）产销区划的特点和作用

产销区划工作有如下值得注意的特点：

（1）区划应按各类产品分别进行。严格说来，应是同一的或具有类似使用价值的可相互替代的产品。只有如此，才能在区划过程中，指标具有可比性。

（2）它不是“以产定销”的区划，而是“以销定产”的区划。实际上，当生产远远不能满足需要时，也谈不上经济合理的区划问题，而只是特定的分配方案问题。故对产销区划来说，各地合理的产量只是最终结果，而不是前提条件。另外，它也不是为取得产销平衡而作的近期货流规划，而是一种决定长远生产力合理布局的区划工作。

（3）它适用于产品的运费比重大，产地比较集中，而消费地却相对分散的大宗物资，例如煤炭、石油、木材、水泥和食盐等。对于产地分

[①] 参阅以下著作：Ю.И.郭勒多马索夫：《铁路运输计划原理》，人民铁道出版社，1954 年；E.Д.哈努科夫：《运输和生产配置》，黄良安等译，商务印书馆，1959 年；杨吾扬：“关于产销区划的一些原理、方法的介绍和体会”，《地理学报》，第 29 卷第 1 期，1963 年；陈锡康：“关于产销区划的一些原理和方法的进一步探讨”，《地理学报》，第 32 卷第 1 期，1966 年。

散、消费集中的产品，如城市或工矿区所需的粮食、蔬菜和一般建筑材料，则宜进行产品供应区划以确定其产品合理供应范围。上述两类区划在方法上实际是一回事。

产销区划是一种具有重大国民经济意义的战略性的、地域性的技术经济工作，其作用可概括为下述几方面：

（1）它的最直接目的，是根据区划确定的地域范围，推算出生产基地所应提供的社会产品数量，从而从生产力布局上根本地消除了不合理运输现象。在区域规划工作中对于重点建设项目的布点和规模确定，以及老生产基地未来发展的估计，都应考虑采用这种方法，以求从布局、生产和运输诸方面取得更大经济效果。

（2）与此相关，产销区划可以为各地区自然和劳动资源开发利用的程度和先后提出经济上的依据；也能为各地进一步的资源勘探提出经济上的一般要求。

（3）它是决定新建或加强交通线，特别是联系原料和加工地区交通线经济参数的基础之一。

（4）根据生产力布局和运输联系作出的大宗物资产销区界，无疑将成为各种经济区划（综合的或部门的）的重要区界标志。另外，合理产销区的确定是区域生产专门化和综合发展的重要依据。

总之，在计划经济下，产销区划是大有用场的。它是促使自然资源合理利用、生产力合理布局（包括规模大小和集中分散程度等）以及货流合理化的手段。苏联在第二次世界大战后初期，曾对顿巴斯、库兹巴斯和莫斯科近郊煤田等煤炭基地作过产销区划工作，收到较大经济效果。我国第一个五年计划以后，有关部门进行了煤炭、粮食、木材等货种的产销平衡、合理运输分区，其目的主要是对货流进行合理调整，产销区划只是其中考虑的因素。今后，应对我国主要大宗货物进行长远的产销区划，作为国土规划、区域规划、交通网规划、货流规划和经济区划的重要依据。

（二）主要经济指标及其地域差异分析

任何一种地理区划，都往往先找出主导因素。产销区划的主导因素应是一些有代表性的经济指标，它们能较正确地标示出产品的社会劳动（活劳动和物化劳动）消耗。根据马列主义经济学原理，任何社会产品总的劳动消耗，是由生产领域和流通领域的劳动消耗共同构成的，后一领域中的运输活动被看作是生产过程在流通中的延续。因此，能够绝对或相对反映产品劳动消耗的生产和运输指标，当然成为区划的主要经济指标。指标确定，才可将其作为主要参数放进区划的模式，抽象的公式才有了经济内容，具体的区划工作才能落实。

以下就生产和运输两方面来探讨一下主要经济指标的选用及其地域差异的表现。

从生产方面来看，企业的生产费有三种表现指标，即企业的社会生产费用（价值）、工厂成本和出厂价格。

产品的价值是企业劳动消耗最真切的表现形式，它包括了生产领域中产品的投资、消费和积累数量之和（C＋V＋M）。但是，它在计算的理

论和方法上还有许多问题没有解决，采用这一指标有着具体的困难。

工厂成本是企业生产相应产品的全部支出总额，它以货币的形式反映 C＋V，但不包括 M。工厂成本主要由下列部分构成：固定资产的折旧提成以及原料、材料、燃料和工资等流动资金，即 A_f+A_l。不同的生产部门，其生产成本各构成因素之间的比例有很大差别。使我们更感兴趣的是：同一产品的生产部门，在不同地区，其生产成本有着高低差异。决定这种差异的因子，除了工资的地区差额以及原材料的差价外，主要取决于各地企业的劳动生产率，即单位劳动支出创造的使用价值量。可以认为，劳动生产率的地域差异是由以下的经济地理因素影响造成的：

（1）自然和地质条件：如煤炭工业中的储量、煤层厚度、埋藏深度、煤层倾斜角度，耕作业中的土壤肥力、积温、降水（级差土地收入Ⅰ）等。自然和地质条件对于任何一个生产部门的成本地域差异都有影响，但对于那些以自然物为基本生产资料或主要劳动对象的部门，如采掘工业、农业、林业的大部分部门，作用更为显著。这些部门的不同地区的企业，由于劳动的自然条件不同，因而劳动生产率的差异很大，这就造成了它们成本之间的高低差异。这种部门在成本构成上的特点，是原材料的比重特别少，而工资所占比重甚高，如采煤工业的工资占成本的 60％上下。毫无疑问，对于受自然和地质条件影响最大的部门的产品，如煤炭、木材、食盐、一些农产品，其产销区划的必要性特大，用这种区划方法有助于寻求一个利用各地自然资源的合理途径。

（2）经济地理位置：这里指的是工厂或企业对其原料、燃料产地的距离和交通条件的关系，这一因素对不同生产部门地区成本差异影响的大小，取决于两个条件：一个是原料费用在成本中所占比重的大小；一个是原料的失重性。只有那些在成本中原料或燃料占有显著比重，而且原料的失重系数很大的产品，经济地理位置给它们所带来的劳动生产率地域差异才显著。这方面的具体代表是原料性的初步加工部门，例如冶金工业、电力工业和许多食品工业部门。铁的生产成本中，工资只占 1％，折旧费亦不过占 5％，其余都是原、燃、材料的费用。同时，由于其原料的巨大失重性，原材料费用中很大一部分是运费，这个数字大约占成本的五分之一至四分之一。与此相反，象机器制造业这样的再加工工业部门，尽管其原料在成本中占到一半以上，但由于其失重性极小，在成本中原、燃料运费所占比重不过百分之几，甚至千分之几。因而，冶金和食品等工业部门原、燃料的产销区划工作，就比机器制造业的区划工作要重要得多。

（3）技术装备的水平：它对产品成本的高低有着重要的影响。技术先进的企业，其劳动生产率要比技术落后的企业高，因而，创造同一产品的成本就要低。对于一些固定资产折旧在成本中占有比例甚高的部门（如石油工业），技术装备水平对工厂成本地域差异影响甚大。但是在社会主义条件下，它对成本地域差异的作用，比起前两个因素来，一般要小得多。

出厂价格是工厂或企业就地实现其制成品的批发价格。它由工厂成本和利润两部分构成（A_f+A_l+P），一般高于工厂成本。出厂价格总的来看，是比工厂成本更接近反映产品企业生产价值（C＋V＋M），但也不尽然。出厂价格中的利润是由国家规定的，包含有经济政策的因素，有

些消费品的价格则受到一定的市场影响。因而，有些部门或地区，产品的出厂价格甚至低于成本，有些部门它比产品的实际价值要高出甚多。国家借此实现积累的再分配并加速社会主义建设的总进程。

由上分析可见，无论采用生产成本（A_f+A_l）或是出厂价格（A_f+A_l+P），它们同产品的价值（C＋V＋M）都不是等价的。用工厂成本作为区划主要指标，其特点是它对同一部门、不同地区企业的经济地理条件差别，反映比较灵敏、确切。而用出厂价格作为区划主要指标，除了在一般情况下较成本更能接近反映产品价值外，其显著优点是在一定程度内体现了党和国家的生产力布局政策，如对新开发地区的企业规定较低的利润率，甚至允许一定程度的亏损等。

所以，究竟采用哪种生产指标作为区划主要经济指标，要视具体条件和要求而定，不能一概而论。

从运输方面看，产品在流通中的运输费也有三种表示指标：社会运输费用（即价值，由运输业的 C＋V＋M 构成）、运输成本（交通运输业的 A_f+A_l）和运价（交通运输业的 A_f+A_l+P）。

运输费与生产费的性质在许多地方都是雷同的。其较大区别是：运输业的劳动对象中没有原料，工资和折旧的比重就相应提高，在我国铁路上，二者共占总成本近三分之二。这样，经济地理位置因素（运输线路距燃料、材料产地的距离）对运输成本的影响便不大了；相反，自然条件和技术类型对运输成本或运价的地域差异影响则还是很大的。

（三）运输费用的地域差异分析

以下，我们进一步探索由于各种经济地理因素的影响，而导致产品运输成本（或运价）地域差异的体现形式。

（1）不同运输类型的运输费的差别，是造成产品运费地域差异的重要原因。我国汽车运输成本要高于铁道数倍，其决定因素是燃料费用在汽车运输成本中占去近三分之一，而在铁道运输成本中则不到 10%。水运与铁道相比，一般运费要低些，这主要是由于水运因单位走行阻力小而引起的燃料消耗节约，和水上航道的建设、维护费用低而造成的折旧费用节约。在区划时，把同种产品由不同基地运往消费区，因采用不同运输类型而造成的运费差异考虑进去，是必须的。

（2）同一运输类型，由于地区自然、技术经济条件的影响，其各区段以及相反方向（顺水与逆水、上坡与下坡）的运输成本也往往有别。这方面最突出的是内河航运，因为它的生产过程受到河流自然条件的直接影响。我国 1957 年长江上行每吨公里货物的运输成本为 1.688 分，而下行仅 0.78 分。另外，燃料的供应价格、采用交通工具种类的不同（如铁道上蒸汽牵引与电力牵引之别），无疑对同一运输类型的运费地域差异都有关系。

（3）由于生产和消费地理配置的关系，同一交通线相对方向的货流造成了不平衡，这就出现了车船的回空（即回运系数 $K_v<1$）。显然，两相对方向货物的实际运费就会不同。轻载方向的货运提高了车辆利用率，成本较低；重载方向增加了对线路和车辆的压力，增加空车行驶里

程，成本较高。在铁道运输方面，两个方向的运输成本近似比例，可以借助于以下经验公式求得：

$$\frac{t_{重}}{t_{空}}=\frac{R_{重}+R_{空}\times K_s}{R_{重}-R_{空}\times K_s}$$

式中：$t_{重}$、$t_{空}$分别代表重车和空车方向的运输成本；$R_{重}$，$R_{空}$分别代表重车和空车的平均总重；K_s代表空车列车运行每一总重吨公里的费用与重车列车运行同样费用的比例。

仅从以上三方面来看，便知进行产销区划时具体计算运输费用之重要。但运费的重要性对各类产品有所不同。只有那些质量大、价值低、运费在总生产耗费中所占比重很大的货种，如煤炭、原木、粮食、食盐、建筑材料等，运费在产销区划中作用才特别明显。所以，如果有一个煤田，其储量、质量和采掘条件都甚佳，但是距消费地区较远；而另一煤田，其上述条件比起上述煤田都要差些，但距消费地区较近。在这种情况下，如果我们用产销区划的方法，具体地把煤炭成品的运费估计进去，如果二者运费的差额又大于其生产费的差额，往往从经济上会得出后一煤田先行开发的结论。对于有些产品而言，由于其成品的质量小、价值高，因而运费在产品价格中所占比重很小，如钢材、机器仪表、纺织品、罐头食品等。这些货种的产销区划，则受运输因素影响不大。

那么，究竟应采用运输成本还是运价作为产销区划的主导因素呢？看来，采用运输成本更有利于各地区和各种运输形式产品运输支出的实际对比；而采用运价则有利于把国家通过运价政策而推行的经济措施，如生产力布局、合理运输、利用水运潜力等等考虑进去。

在进行产品产销区划时，要同时采用生产和运输方面的一组指标。究竟是用工厂生产成本和运输成本合理呢，还是工厂生产价格和运价合理呢？或者工厂生产成本和运价合理呢？从国民经济的全局观点来看，当然应当划一标准，即或者全用成本指标，或者全用价格指标，这可以避免抬高生产或运输因素在区划中的作用。但从企业生产的局部观点来看，则它们往往把成品运往消费者手中的运费也作为核算成本的工具，因而就更加倾向于用第三组指标。当然，这组指标的大缺点是往往过高估计了成品运费的作用，因为在我国条件下，运价一般是高于运输成本，是赢利的。据此，实践中对各组主导因素指标的采用，还需作进一步研究，且对于不同的货种，方式也可以不同。

二、确定区界的基本数学模式

根据两相邻生产基地同一产品的生产和运销条件，将其生产成本和运费作综合的对比，这样，就可以根据生产和消费的地域合理结合，即使社会劳动总耗费最小（即生产和运输总支出最小）的原则，把两个基地的产销区界求出。区界既保证了生产基地最接近消费区，也保证了消费单位最接近其所需的原料、燃料或成品的产地。很明显，区界一定就是消费两基地产品的等成本（或等价格）线。

于是，相邻两生产基地的产销分界点可以下列等式求出：

$$C_1+\int_A^Z tdl=C_2+\int_Z^B tdl \qquad (1)$$

式中：C_1，C_2——分别代表 A、B 两生产基地的生产成本（元/吨）；t 代表单位产品的运输费用即运费率（元/吨公里），故 t 是距离的变数，即 t=f（l），Z 为产销区界的合理位置。

这一平衡一旦失去，即产品不按等成本线的划分来调运，其结果就会使某些消费单位以高于其必须支付的费用来购入该种产品，使两个生产基地该种产品的销售量发生不合理的增多或减少。概言之，这一切都会导致社会劳动（包括生产领域和流通领域的）的实际消耗，比必要的消耗增加。

在实践中，任何交通线各区段的运费率是相等的和已知的。这样，我们就可以找出 n 个分界点（以 S_i 表示之，i=1，2，…n），把 AB 之间的交通线分为 n+1 段，每段上的运费率 t_i 是相同的。所求的分界点必在其中某一段上，设其在 S_{i0} 点到 S_{i0+1} 点之间段上。并以 l_i 代表各段的长度，以 x 代表所求分界点 Z 到 S_{i0} 的距离（图 22）。

图 22

于是，式（1）可写成

$$C_1+\sum_{i=v}^{i0-1}t_il_i+xt_{i0}=C_2+\sum_{i=i0+1}^{n}t_il_i+(l_{i0}-x)\ t_{i0} \qquad (2a)$$

或

$$C_1+\sum_{i=0}^{i0}t_il_i-(l_{i0}-x)\ t_{i0}=C_2+\sum_{i=i0+1}^{n}t_il_i+(l_{i0}-x)\ t_{i0} \qquad (2b)$$

且因 0≤x≤li0，所以以下两个不等式必成立：

$$C_1+\sum_{i=0}^{i0-1}t_il_i\le C_2+\sum_{i=i0}^{n}t_il_i$$

$$C_1+\sum_{i=0}^{i0}t_il_i\ge C_2+\sum_{i=i0+1}^{n}t_il_i$$

利用上述两个不等式，可确定出 i0，即定出分界点 Z 在哪一区段上。然后可根据式（2）求 X，如按式（2a）：

$$X=\frac{1}{2t_{io}}\ (C_2-C_1+\sum_{i=i0}^{n}t_il_i-\sum_{i=0}^{i0-1}t_il_i)$$

从而得出该交通线分界点 Z 到 A、B 两产地之距离 L_1 和 L_2：

$$\left.\begin{aligned}L_1&=l_0+l_1+\cdots+l_{i0-1}+x\\L_2&=l_{i0}+l_{i0+1}+\cdots+l_n-x\end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

将两个产地多通道交通线上的分界点一一求出后，即得出产销区界。

当我们进行单一交通网（铁路网、公路网或内河航运网）内的产销区划时，由于运费率相同，式（1）可简化为如下的形式：

$$C_1+tL_1=C_2+tL_2 \qquad (4)$$

设 A、B 二产地至合理分界点 Z 的距离分别为 L_1、L_2，$L_1+L_2=L$，则它们同 x 关系如图 23 所示。

图 23

根据上图，因

$$L_2 - L_1 = (\frac{L}{2} + x) - (\frac{L}{2} - x) = 2x$$

由式（4）

即：

$$C_1 - C_2 = t（L_2 - L_1）$$

$$L_2 - L_1 = \frac{C_1 - C_2}{t}$$

故由式（4） $$X = \frac{L_2 - L_1}{2} = \frac{C_1 - C_2}{2t}$$

得出

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= \frac{L}{2} - \frac{C1 - C2}{2t} \quad ① \\ L_2 &= \frac{L}{2} + \frac{C_1 - C_2}{2t} \quad ② \end{aligned}\right\} （5）$$

式（5）在应用上有很大方便。两个等式的 C_1-C_2 标示两产地产品成本差，$\frac{C_1 - C_2}{2t}$ 则标示两产地产品的运距差。在两个算式中，它是一个与两产地间距离无关的不变值。因而在区划时，将这部分一次计算出来，然后即是用连通两产地各条线路的 $\frac{L}{2}$ 予以加减，很快得出分界线上的各点。

由式（5）计算得出的产销分界线，是一条偏向于产品成本高的产地的弧线。为了说明起见，我们不妨假定 A、B 两产地的每吨产品工厂成本分别为 110 元与 100 元，运费率为每百吨公里 5 元，两地相距 400 公里。在不考虑两基地间联系线路走向的情况下，可以图 24 清晰表明分界线特点。

式（5）属于式（3）的一个特例，当不难理解。

前面的分析，是把基本建设投资以折旧的形式计入产品的生产和运费耗费内。

这对于已有生产基地间的产销区划而言，投资因素已经是恰当地考虑进去了。对于新建企业或规划企业而言，这样来计算与对比投资因素便不够了。由于自然和技术经济条件的差异，生产同种产品的不同地区的企业，其投资规模大小、偿还期长短可以有很大差别；产品流通过程中运输业的投资问题，也有同样情形。愈是新企业、新基地，其原始投资愈大。因此，单凭生产和运输费用确定产销区，往往会导致那些产品成本较低，但占用基本建设投资甚多的生产基地不适当地扩大。这在我国目前人、物、财力不足，基本建设资金有限的情况下，尤为不许。故而，在利用产销区划确定新企业生产规模时，如果基地间投资差别较大，有必要同时着重考虑资金因素。

以下介绍两种在产销区划中同时考虑基本建设投资的方法。

1.成本和投资额对等比较法

这个方法基本点就是，对于不同的生产部门而言，就国家统筹安排资金的一个时期（比如 5～7 年），从生产和基本建设的总费用支出最小的原则，来规划产销分界点或分界线。

我们先拟出单纯以基本建设投资确定分界点的数学模式：

$$I_{e1}+it_1L_1=I_{e2}+it_2L_2, \qquad (a)$$

式中：I_{e1}，I_{e2} 分别代表计算期中 A、B 两生产基地产量所分摊的基本建设费用（元/吨）；i_{t1}，i_{t2} 分别代表计算期中 A、B 两生产基地产品运输所分摊的交通线基本建设费用（元/吨公里）。

为了消除在生产费中基本建设投资的重复计算，将前已建立的式（4）写作如下的形式：

$$C_{n1}+t_{n1}L_1=C_{n2}+t_{n2}L_2, \qquad (b)$$

式中：C_{n1}，C_{n2} 分别代表计算期中 A、B 两生产基地不包括固定资产折旧的生产成本（元/吨）；t_{n1}，t_{n2} 分别代表计算期中 A、B 两生产基地产品运输不包括交通线固定资产折旧的运费率（元/吨公里）。

于是，两式具有了可比性，根据对等比较的原则将两式联立，（a）+（b）：

$$I_{e1}+C_{n1}+L_1(it_1+t_{n1})=I_{e2}+C_{n2}+L_2(it_2+t_{n2})$$

设两基地相连交通线上的运费率和运输工作量所分摊的交通线基本建设费用，在各区段均不相同，则上式成为：

$$I_{e1}+C_{n1}+\int_A^Z(it+t_n)\,dl=I_{e2}+C_{n2}+\int_Z^B(it+t_n)\,dl,$$

式中：Z 为合理分界点，it+tn=f（l）

因 $\int_A^Z(it+t_n)\,dl+\int_Z^B(it+t_n)\,dl=\int_A^B(it+t_n)\,dl,$

故 $I_{e1}+C_{n1}+\int_A^Z(it+t_n)\,dl=I_{e2}+C_{e2}$

$+\int_A^B(it+t_n)\,dl-\int_A^Z(it+t_n)\,dl;$

$2\int_A^Z(it+t_n)\,dl=-I_{e1}-C_{e1}+I_{e2}+C_{e2}+\int_A^B(it+t_n)\,dl,$

$$\left.\begin{aligned}&\text{故得出}\quad \int_A^Z(it+t_n)dl=\frac{1}{2}\int_A^B(it+t_n)dl-\frac{I_{e1}-I_{e2}}{2}-\frac{C_{n1}-C_{n2}}{2}; \qquad ①\\&\text{同理}\quad \int_Z^B(it+t_n)dl=\frac{1}{2}\int_A^B(it+t_n)dl+\frac{I_{e1}-I_{e2}}{2}+\frac{C_{n1}-C_{n2}}{2}; \qquad ②\end{aligned}\right\}(6)$$

如设两基地相连交通线上的运费率和运输工作量所分摊的交通线基建费用，各区段均相同（此时当然 $it_1=it_2=it$，$t_{n1}=t_{n2}=t_n$），则式（6）成为

$$(it+t_n)L_1=\frac{(it+t_n)L}{2}-\frac{I_{e1}-I_{e2}}{2}-\frac{C_{n1}-C_{n2}}{2}\text{；}\qquad ①$$

$$(it+t_n)L_2=\frac{(it+t_n)L}{2}+\frac{I_{e1}-I_{e2}}{2}+\frac{C_{n1}+C_{n2}}{2}\text{。}\qquad ②$$

即

$$\left.\begin{aligned}L_1&=\frac{L}{2}-\frac{I_{e1}-I_{e2}}{2(it+t_n)}-\frac{C_{n1}-C_{n2}}{2(it+t_n)}\text{；}\qquad ①\\ L_2&=\frac{L}{2}+\frac{I_{e1}-I_{e2}}{2(it+t_n)}+\frac{C_{n1}-C_{n2}}{2(it+t_n)}\qquad ②\end{aligned}\right\}(7)$$

式（7）与式（5）在技术经济内容方面，有许多相似互参之处。公式（7）中：$I_{e1}-I_{e2}$为投资差、$C_{n1}-C_{n2}$为成本差，$\frac{I_{e1}-I_{e2}}{2(it+t_n)}$与$\frac{C_{n1}-C_{n2}}{2(it+t_n)}$共同构成运距差。

2.成本和投资效果联合比较法

这个方法的基本点就是，合理利用有限的投资，来提高产品的社会劳动生产率。在社会主义条件下，新建项目布点的选择要通过多方案比较。在规定的计算偿还期条件下，要求方案

C+△·I=最小值

式中△代表投资效果系数，I 则为单位生产能力资金占用量（关于投资效果问题，可参阅第五章第三节）。

根据上述前提，产销区划的基本模式可以改写成

$$C_1+\triangle_1 I_1+\int_A^Z(t+\delta)\,dl=C_2+\triangle_2 I_2+\int_Z^B(t+\delta)\,dl\qquad(8)$$

式中$\triangle_1 I_1$、$\triangle_2 I_2$为二产地的单位生产能力占用资金的按年度补偿额。δ为交通线上单位货运周转量的资金的占用量。求分界点 Z 或 L_1、L_2的距离仍可沿用式（1）至式（3）的办法。

同前一种方法比较，这一种方法的优点是将成本、运费和基建投资进行了折算，可比性较强。但它亦具有缺陷。由于投资偿还期和投资效果系数仅用于新建和扩建企业选点的方案比较中，在新、老基地产销区划中，可比性成了问题。另外，投资效果系数大的产地，相对提高了其单位产品的资金占用量份额，使其在区划中处于不利境地。故在产销区划中如何考虑基本建设投资，尚值得进一步探讨。

三、考虑产品效用时的区界特点

截止目前为止，我们在确定产销分界点和分界线时没有把产品的质量考虑进去。但实际上，同种产品由于资源和技术条件的影响，其同一单位中包含的使用价值量可以差别很大。如同为动力用煤，其发热量有高有低；同为冶金用铁矿石，其含铁量有大有小。这种同质产品所含的有用量，我们称之为产品效用。效用高的产品自然要比效用低的同种产品要值得运得远些。如有两个煤矿，其煤的发热量为 3 与 1 之比，则高质量煤的运距应为低质量煤运距的 3 倍，因为 1 吨高质量煤可以顶替 3

吨低质量煤使用。

（1）根据以上确定的原则，为便于说明问题起见，先不考虑成本和运费因素，两产地产品的运距应与其效用成正比：

$$\frac{L_1}{L_2}=\frac{U_1}{U_2} \quad 或 \quad L_1U_2=L_2U_1 \qquad (9)$$

式中 U_1、U_2 分别代表两产地 A、B 单位产品的效用量。将式（9）演化，两端各加 L_1U_1：

$$L_1（U_1+U_2）=LU_1$$

$$\left.\begin{array}{ll} 故 & L_1=L\dfrac{U_1}{U_1+U_2} \quad ① \\ 同理 & L_2=L\dfrac{U_2}{U_1+U_2} \quad ② \end{array}\right\}(10)$$

由于相邻生产基地，其同种产品效用之差别，就使得它们之间的产销区界复杂化。

设有 A、B 两个煤矿，其间距为 100 公里，又知 A 矿煤的发热量系数为 0.9，B 矿煤为 0.3。现在我们根据这一效用差别来确定 A、B 两基地的分界点位置（图 25）。

图 25

先研究 AB 间之分界点 Z_1，根据公式（10）：

$$L'_1=L\frac{U_1}{U_1+U_2}=100\times\frac{0.9}{0.9+0.3}=75公里$$

$$L'_2=L\frac{U_2}{U_1+U_2}=100\times\frac{0.3}{0.9+0.3}=25公里。$$

这说明了由于 A 矿煤的效用为 B 矿煤的 3 倍，因而前者运距亦就为后者的 3 倍，合理产销分界点 Z_1 位于距 A 矿 75 公里，距 B 矿 25 公里之处。

问题的特殊性在于，在考虑产品效用的场合下，还必须进一步确定 B→I 段上的分界点。对于这一段上的分界点 Z_2 来说，A 矿煤仍是按原方向进行运输的，而 B 矿煤则是与向 Z_1 相反的方向 Z_2 运输的。如果我们把货流的方向看作是向量，则在求 B→I 段上分界点时，应把与 B 矿至 Z_2 点运距相应的效用 U_2 在公式（10）中改为负号，以该式另一表现形式求之：

$$L''_1=L\frac{U1}{U1-U2}=100\times\frac{0.9}{0.9-0.3}$$

$$=150公里（与A—Z_1同向）；$$

$$L''_1=L\frac{-U2}{U1-U2}=100\times\frac{-0.3}{0.9-0.3}$$

$$=-50公里（与B—Z_1反向）。$$

即 Z_2 位于距 A 矿 150 公里，距 B 矿 50 公里处。显然，这一运距之比也完全符合两基地产品效用之比。

在这种条件下，Z_1—B 段出现了产品的相向运输。我们知道，从合理

运输基本原理出发，相向运输是一种明显的不合理现象。但是，从以上分析可以得出这样的补充，即同种但效用不等的产品，其在一定条件下的对流，不仅可能在正常情况下发生，而且是绝对合理的。

从上例的分析，可以看出产品效用较小的生产基地（B 矿），其在一条线路上的销售范围仅限于 Z_1 与 Z_2 之间，以外的地段都落入产品效用较大的生产基地（A 矿）的销售地段内了。进而我们还会发现，在效用不等的条件下，低效用产品基地的产销区，应该处于高效用产品基地产区的包围中。

为了说明这一立论的正确，作者采用如下的几何证明（图 26）。已知

$$\frac{AP}{PB}=\frac{AZ_1}{Z_1B}=\frac{AZ_2}{BZ_2}=\frac{U_1}{U_2}=\text{定比}K,$$

$$U_1\neq U_2,\ \text{本例中}U_1>U_2,$$

求证 P 点的轨迹：

△APB 中：

PZ_1 是∠APB 的平分线（根据定理：三角形内角的平分线内分其对边成二线段与它两边成比例）；PZ_2 是∠APB 补角（180°-∠APB）的平分线（根据定理：三角形外角的平分线外分其对边成二线段，与它两边成比例）。

故 $PZ_1\perp PZ_2$（因：二直线是二补角的平分线）。

今 P 点是所求轨迹上的一点，并满足前所给定的条件。如将 AB 距离按给定的比例内分与外分，其分点为 Z_1 和 Z_2。

假如任意点P满足已定的条件，则 $\frac{AZ_1}{Z_1B}=\frac{AZ_2}{BZ_2}=\frac{AP}{PB}$。由此，根据以上引用定理，推知 PZ_1 和 PZ_2 将是△APB 的内角和外角平分线。

所以：二直线 PZ_1 与 PZ_2 互相垂直。

因为：$\angle Z_1PZ_2=90°$，故：P 点的轨迹在以 Z_1Z_2 为 2R 长的圆周上（因对已知线段视角是直角的点的轨迹，是以此线段为直径的圆周）。

通过证明，得知 A、B 两生产基地的合理产销区界是一个以两端分界点为直径的圆周。如果我们把实际上的交通线配置考虑进去，则结论是：产品效用小的基地的产销区，位于产品效用大的基地产销区包围之中，其区界是一个封闭的不规则图形。

这一特殊情况的分析，对我们从事实际工作有相当大的提示。它不仅告诉我们相向运输在特定条件下是必要的，而且更重要的是，它从运输的角度论证了充分利用劣质地方资源和发展中小企业的经济效果。

（2）除了不同产地产品效用的差别外，往往生产成本亦有较大差异。如把成本和效用因素同时考虑，则基本等式应是：

$$\frac{C_1+tL_1}{U_1}=\frac{C_2+tL_2}{U_2} \qquad (11)$$

将上式展开为实际工作中便于应用和计算的形式：

$$tL_1U_2=tL_2U_1=C_2U_1-C_1U_2$$

$$L_1U_2 = U_1(L - L_1) - \frac{C_1U_1}{t} + \frac{C_2U_1}{t}$$

$$L_1(U_1 + U_2) = LU_1 - \frac{C_1U_2}{t} + \frac{C_2U_1}{t}$$

$$= LU_1 - \frac{C_1U_1U_2}{tU_1} + \frac{C_2U_1U_2}{tU_2}$$

$$= U_1\left[L - \frac{C_1U_2}{tU_1} + \frac{C_2U_2}{tU_2}\right]$$

故 $L'_1 = \frac{U_1}{U_1 + U_2}\left[L - \frac{U_2}{t}\left(\frac{C_1}{U_1} - \frac{C_2}{U_2}\right)\right]$ ①

同理 $L'_2 = \frac{U_2}{U_1 + U_2}\left[L - \frac{U_1}{t}\left(\frac{C_2}{U_2} - \frac{C_1}{U_1}\right)\right]$ ② (12)

至于求另一端的分界点，则须将 U_2 和 C_2 一起变号（设 $U_1 > U_2$），于是式（12）成为：

$$L''_1 = \frac{U_1}{U_1 - U_2}\left[L + \frac{U_2}{t}\left(\frac{C_1}{U_1} - \frac{C_2}{U_2}\right)\right] \quad ①$$

$$L''_2 = \frac{-U_2}{U_1 - U_2}\left[L - \frac{U_1}{t}\left(\frac{C_2}{U_2} - \frac{C_1}{U_1}\right)\right] \quad ② \qquad (12')$$

式（12）和式（12'）具有重要的技术经济内容。其中 $\frac{U_1}{U_1 \pm U_2}$ 和 $\frac{\pm U_2}{U_1 \pm U_2}$ 为两产地产品的效用当量；$\frac{C_1}{U_1}$ 和 $\frac{C_2}{U_2}$ 为两产地产品一定效用的工厂成本，$\frac{U_1}{t}$ 和 $\frac{U_2}{t}$ 为两产地产品与运费相当的效用量。

由于上式中三组数值都是固定的，可以一次计算出来，因而在实践应用中非常方便。利用这些预先计算出的数值，能很快地确定两产地间各条联系线上的众多分界点，从而得出具体的产销区界。

（3）当两产地产品成本和运费均有差异时，则考虑产品效用的数学模式为：

$$\frac{C_1 + \int_A^Z t_{dl}}{U_1} = \frac{C_2 + \int_Z^B t_{dl}}{U_2} \qquad (13)$$

同式（2），式（13）可以导成：

$$U_2C_1 + U_2\sum_{i=0}^{i0-1} t_i l_i + (U_1 + U_2)\, t_{i0}\, x = U_1C_1 + U_1\sum_{i=i0}^{n} t_i l_i \qquad (14)$$

由于 $0 \le x \le l_{i0}$，因而以下两个不等式必成立：

$$U_2C_1 + U_2\sum_{i=0}^{i0-1} t_i l_i \le U_1C_2 + U_1\sum_{i=i0}^{n} t_i l_i$$

$$U_2C_1 + U_2\sum_{i=0}^{i0} t_i l_i \ge U_1C_2 + U_1\sum_{i=i0+1}^{n} t_i l_i$$

利用两个不等式确定 i0 后，可根据式（14）求 X_1：

$$x_1 = \frac{1}{(U_1 + U_2)t_{io}} \left(U_1C_2 - U_2C_1 + U_1\sum_{i=i0}^{n} t_i l_i - U_2\sum_{i=0}^{i0-1} t_i l_i\right)$$

有了 X_1 可计算出 L'_1 和 L'_2，得出合理分界点 Z_1。

当然，还必须求另一端的合理分界点 Z_2。其方法仍如前述，先求 X_2，再计算出 L''_1 和 L''_2。

四、产地产量有限制条件下的产销区划方法

以上的分析都是以各产地产量没有限制、能完全满足销售区需要为前提，即是一种充分的以销定产的区划。但是，有时却客观存在着某个产地产品的产量不能按需要任意增长的情况，这主要原因是：

（1）资源条件的限制，如矿产储量有限；动植物资源更新需一定的自然周期；土地资源不能任意扩大、肥力亦难以随投资而相应增加等。

（2）建设条件的限制，包括企业提高生产能力的设备、技术和管理条件，以及生产基地所在城市或工矿区的一般建设条件，如劳力、用地、住宅、供水、电力、交通。在一定期间内，上述各项往往成为企业扩大的限制因素。

（3）国家有计划开发各地资源，限制大城市发展以及平衡布局生产力的经济政策。

故而，拟订一个若干产地产量有限制条件下的产销区划模式，是具有实践意义的。

在两个生产基地中的一个（B 产地）产量有限的条件下，则作为基本模式的式（1）成为

$$C_1 + \int_A^Z t_{dl} = C_2 + \int_Z^B t_{dl} + R \qquad (15)$$

式中 R 为区划的限制参数。

显然，R 的数值就是要使 B 产地的限制产量 Q_B 及相应 A 产地的产量 Q_A，在总产量 $Q=Q_A+Q_B$ 必须保证的条件下，达到最为经济合理。我们可以看出：

当 R=0 时，式（15）与式（1）全等，此时不存在产量限制问题；

当 R 的数值增大时，比如说使其值为 K，2K，3K…（K 根据模式中参数而定），分界点距 B 产地就愈近，B 地的销售区就愈小；当 R 值增大到一定程度时，如 R=ik，B 地销售区的需要量就会同 Q_B 相当，合理的分界点就得出了。

当 R＞ik 时，B 产地销售区的需要量会小于 Q_B，此时式（12）虽仍成立，但不是产量限制下最优的（图 27）。

图 27

进而，我们可以证明，对上述合理区界的任何变动均属不利。如图 27 中 Z_1 点原由 A 地、现改由 B 地供应，则因 B 地产量受限制，必有一点 Z_2 改由 A 地供应，费用的变动为

$$S=(C_2+\int_{Z_1}^{B}t_{dl})-(C_1+\int_{A}^{Z_1}t_{dl})$$
$$+(C_1+\int_{A}^{Z_2}t_{dl})-(C_2+\int_{Z_2}^{B}t_{dl})$$

由于 Z_1 点在交通线分界点 A 地一侧，而 Z_2 点在交通线分界点 B 地一侧，故

$$C_1+\int_{A}^{Z_1}t_{dl}<C_2+\int_{Z_1}^{B}t_{dl}+ik$$
$$C_1+\int_{A}^{Z_2}t_{dl}>C_2+\int_{Z_2}^{B}t_{dl}+ik$$

因而 $$(C_2+\int_{Z_1}^{B}t_{dl})-(C_1+\int_{A}^{Z_1}t_{dl})>-ik$$
$$(C_1+\int_{A}^{Z_2}t_{dl})-(C_2+\int_{Z_2}^{B}t_{dl})>ik$$

所以 S＞-ik+ik=0 故证出任何变动总的费用都会增加。

五、大消费中心对区界的影响

前已述及，具体考虑各消费点的分布及其需要量并非产销区划的中心任务，但特别大的消费（销售）中心对产地间的区界有极大影响，因为一个大的工业区或大城市，往往需要同时由各生产基地供应某种物资才能满足。

为了便于从理论上分析问题，我们先确定：①大消费中心（地区、城市）同时消费（生产消费或生活消费）相邻生产基地的同种产品，而且是它们的主要消费者；②产品的各相邻生产基地，除了与该大消费中心的地域联系有区别外，假若其它条件都相同。

以下分析两种情况。

（1）设有二相邻产品产地，同时供应一个大消费中心，其地理分布与交通联系如图 28 所示。

图 28

在确定 A、B 之间各条联线上的分界点时，为了避免不合理运输（主要是相向运输），首先应根据两基地距大消费中心或货流汇合点的远近，来求出两处产品运输的差距。

差距 $P_{ab}=AZ_0-BZ_0=AW-BW$

根据和差定理，不难求出各条联线上的分界点的位置：

$$\left.\begin{aligned}L_{1i}(AZ_i)&=\frac{L_i+P_{ab}}{2} &①\\ L_{2i}(BZ_i)&=\frac{L_i-P_{ab}}{2} &②\end{aligned}\right\}(16)$$

在上图标示的情况下：

P_{ab}=（150+50+100）-200=100 公里

ACB 联线上：

$$l_{11}（AZ_1）=\frac{(150+50+140)+100}{2}=220$$公里；

$$l_{21}（BZ_1）=\frac{(150+50+140)-100}{2}=120$$公里。

ADB 联线上：

$$l_{12}（AZ_2）=\frac{(150+150)+100}{2}=200$$公里；

$$l_{22}（BZ_2）=\frac{(150+150)-100}{2}=100$$公里。

AB 联线上：

$$l_{13}（AZ_3）=\frac{260+100}{2}=180$$公里；

$$l_{23}（BZ_3）=\frac{260-100}{2}=80$$公里

将分界点 Z_1 联在一起，即得出 A、B 两基地该产品的产销区界。

（2）一个大消费中心同时吸收三个相邻生产基地 A、B、K 的同种产品，若已知两对产地间的区界差距，就可据此推出第三对产地间的区界差距，如图 29。

因 $P_{ab}=AW-BW$

$P_{ak}=AW-KW$，

$P_{ka}=KW-AW$，

故

$$P_{ab}-P_{ak}=（AW-BW）-（AW-KW）=KW-BW=P_{kb}$$

$$P_{ka}+P_{ab}=（KW-AW）+（AW-BW）=KW-BW=P_{kb}$$

由此得出

$$P_{kb}=P_{ab}-P_{ak}=P_{ka}+P_{ab} \qquad (17)$$

这种关系的导出，对我们在确定大消费中心周围各产品产地间的区界差距和合理产销分界线，有某种程度上的便利。

六、产销区划的线性规划模式

我们已经讨论过利用线性规划方法解决货流规划问题。以下介绍产销区划的线性规划模式。目标值可以用单纯形法解出。

1.当各产地产量不受限制时的模式

设有 m 个规划产地，n 个消费地，以 X_{ij} 表示第 i 个产地供应第 j 个消费地的产品数量。规划模式可概括为：在约束条件为

$$\begin{cases} X_{ij}\geq 0\ （i=1，2，\cdots，m；j=1，2，\cdots，n） \\ \sum_{i=1}^{m} X_{ij}=B_j\ （B_j\text{为第j个消费地需要量}） \end{cases}$$

使目标函数

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}（C_i+T_{ij}）X_{ij}=\text{极小值} \qquad (18)$$

式中 C_i 为第 i 个产地单位产品的成本，T_{ij} 为 i 产地单位产品运至 j 消费地的总运费。

当各产地产品效益不同时，以 U_i 表示各产地单位产品的效益量，U_0 表示有关部门所规定的该种产品每单位标准效益量，于是，约束条件的第二项应改为

$$\sum_{i=1}^{m}\frac{U_i}{U_0}X_{ij}=B_j,$$

目标函数不变。

如果区划只要求得出经济上最合理的销售区，并不知道各消费地的需要量或消费大致是均匀分布的，些时，可设 B_j 都等于 1。于是，式（18）约束条件的第二项成为

$$\sum_{i=1}^{m}X_{ij}=1(\text{或}\sum_{i=1}^{m}\frac{U_i}{U_0}X_{ij}=1),$$

而目标函数仍不变。在各产地销售区确定后，再根据销售区的需要量来推算各产地产量。

2.当各个产地产量受限制时的规划模式

在约束条件为

$$\begin{cases} X_{ij}\geq 0\ (i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n) \\ \sum_{i=1}^{m}X_{ij}=B_j\ (\text{或}\sum_{i=1}^{m}\frac{U_i}{U_0}X_{ij}=B_j) \\ \sum_{j=1}^{n}X_{ij}\leq R_i\ (R_i\text{为各产地最大可能产量}) \end{cases}$$

J=1 的情况下，使目标函数

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}(C_i+T_{ij})X_{ij}=\text{极小值} \qquad (19)$$

显然，也可以增加交通线通过能力限制下的约束条件。但这对产销区划意义不大。

3.进一步考虑消费地某些要求时的规划模式

对于某些产品来说，由于生产消费的技术经济要求和生活消费的传统习惯等原因，一定的消费地从若干产地得到的供应量，常常不能少于一定数值。例如：各煤炭基地所生产的动力用煤的成分是有差异的（不仅是发热量不同），而火力发电厂的某些既有设备（如锅炉）的效率取决于煤的成分。因此就要求进行产销区划时能考虑现有电厂的传统供应来源。铁矿石、水泥和同品种粮食、木材、石油等也有这种情形。这种问题可以在上述产地产量受限制条件下的规划模式基础上，增加一组约束条件来解决，即：

$$X_{ij}\geq G_{ij}$$

式中 G_{ij} 为第 i 个产地必须供应第 i 个消费地的最低数量，如 $G_{ij}=0$，则意味着没有提出这个要求。

总之，利用线性规划进行产销区划的主要优点，是能在较复杂的情

况下较具体地确定每个产地的最合理销售区及其产量，特别对于众多产地产量均受限制，众多消费地均对供应提出特殊要求时，更为理想。但是，产销区划主要是解决大宗物资集中产地的合理地域划分问题，由于上述物资的消费分散，并不要求每个消费点的位置和具体量都事先规定出来。而利用线性规划进行产销区划，必须以消费点的位置和数量资料，以及产品由产地到每个消费点的运费资料为前提。这也使产销区划成了远期的货流规划，既无必要，也缺乏可能。另外，在消费点众多的条件下，计算工作量也比较庞大。故作为长期的、规划性的产销区划工作，一般很少采用作为近期或年度的、计划性的货流规划的主要方法——线性规划方法。

第五章　吸引范围与交通线网形成的经济依据

线网是交通运输布局的骨干，客货流则是线网形成的基础。一定地区内的客货流，通过各种渠道在一定的车站、港口集疏，使整个交通网赖以生存并得到发展。所谓吸引范围（该术语为铁路、公路等部门采用）或腹地（该术语为水运部门采用），即交通线或站、港的服务地区，或称为以站、港为中心的经济区。交通点、线、网的地域结构，又有吸引范围这种面的地域结构予以充填，使得交通运输地理的研究更为全面化和地域化。

交通线网的形成，取决于一定的自然、技术和经济条件，但只有后者是决定性的。对于交通点、线、面的布局规划而言，必须先进行大量的交通运输地理调查，进行一定的经济分析、指标计算、方案对比，才能定夺。要想使上述过程准确化，必须对相应的吸引范围进行科学划分，因此吸引范围的理论和方法，已成为线网勘察设计和布局规划的最重要环节。

一、吸引范围的原理和划分

吸引范围与交通线或站港，二者存在着相互依赖的关系。交通线是其吸引范围内的经济单位和据点，是进行运输联系、旅客交往的工具，是吸引范围内经济活动的必要条件。吸引范围内的生产力布局及其地域结合情况，又通过货流和客流对交通线的现状与发展远景起决定作用。

我们仅就货物运输，对吸引范围进行讨论。

和许多它种类型的经济区一样，吸引范围也有现状和远景（设计）之分，二者的划定方法和实际作用显然不同。

现状吸引范围是现有交通线或其站、港已形成的吸引范围。它主要由经济地理勘察来确定。其程序为：对既有线、既有站、港过去和现在的货运量进行研究，进而调查货流空间动态，然后找出货流的起点与终点，最后把那些通过该线及其站、港发、收货物的经济据点从地理上联成一片，即吸引范围。现状吸引范围的主要作用是：通过它了解交通线和站、港同地区经济的联系，从而论证交通线和站、港的经济地理意义；发现吸引范围内存在的不合理运输，以及与货流分布有关的交通线、生产单位布局的缺陷，并由此提出改进措施。

设计吸引范围是新建及改建交通线和其站、港的未来吸引范围。其划定除了要进行经济地理勘察外，往往辅以经济分析和计算。其程序为：调查可能被设计线吸引地区的远景生产与交通布局情况，由此推测其可能产生的货流规模与方向，根据经济单位、交通线和货流的分布，找出合理的运输联系方案，最后把倾向于设计线或其站、港的经济据点，从地理上联成一片并确定其界线，即设计吸引范围。它的主要作用是：根据吸引范围内各经济单位远景生产的发展和交换的变化，估算线路及站、港建成或改建后的货运量，而货运量又是决定设计线通过能力和技术标准的主要依据。

无论是为了解地区交通运输情况或为进行线路的新建和改建，吸引范围的划定都是经济勘察中最重要的工作。特别是为线网规划设计服务

的远景吸引范围的划分，更具有重要的方法论和实际意义。

（一）吸引范围的分类

这里所指的是按运输联系的性质而进行的分类。目前，对这种分类的看法还不一致。我们觉得交通线全部的吸引范围是由直接（地方）吸引范围、联合吸引范围和间接（通过）吸引范围共同有机组成的。前二者同线路的地方运量相联系，后者则同线路的通过运量相联系。

（1）直接吸引范围：包括所有与该交通线有直接运输联系的经济单位（厂、矿、乡镇、中转机构等）所组成的完整地带。这些经济单位物资的全部或局部调入或调出，都经过该交通线的站、港。

如图 30 中 a 点的货物通过 AB 线运往 b 点。直接吸引范围内的运输联系，无论就运输和装卸而言，均不与其它相联的交通线发生关系。

（2）联合吸引范围：与该交通线相联系的其它同级交通线的直接吸引范围，其中的物资利用该交通线联运，并在该交通线的站、港装或卸。则其它交通线的直接吸引范围，称为该交通线的联合吸引范围。如图 30 中 AB 线范围的 a 点将货物运往 CD 线范围的 c 点。则 CD 线的 c 点成为 AB 线的联合吸引范围。该交通线联合吸引范围内的运输联系，只有部分运输距离和装卸环节之一经由该线，其它则由其它线完成。

（3）间接吸引范围：另外二同级交通线直接吸引范围的经济单位互有运输联系，虽由该交通线通过，但不在该线的站、港装卸，则其它二线的直接吸引范围，被称为该线的间接吸引范围。图 30 中 EF 线 d 点的货物需经 AB 线运往 CD 线的 c 点，则对 AB 线来说，d 点及 c 点均属其间接吸引范围。交通线间接吸引范围内的运输联系，只有部分运输距离经由该线，而物资的装卸则与该线无关。

附带指出，交通线各类吸引范围具有一定的等级序列。联合及间接吸引范围，都是对各条同级交通线而言的，至于干线在其支线上的联合或间接吸引范围，则仍是干线的直接吸引范围。

（二）直接吸引范围的划分

划分直接吸引范围的方法有几何法和分析法。前者是辅助的方法，后者是基本的方法。

（1）几何法：又分为平分角法和垂直线法。

用平分角法确定设计线的吸引范围时，只要将该交通线与相邻交通线之间的地域，用等分角的办法依次等距分开（同该线完全平行的相邻线，则取其间的等距线）。该交通线两侧所形成的闭塞多边形，即该线的直接吸引范围（图 31）。

图 31

垂直线法只是平分角法的改良形式，所不同的只是划分时照顾了站、港的位置。其作法是：作该交通线及其相邻交通线的站、港间的联接线，然后作出各联线的垂直等分线。这些等分线构成的封闭多边形内，即交通线的直接吸引范围（图 32）。

图 32

用几何法划分直接吸引范围，不仅没有考虑到地区自然条件，更重要的是完全忽略了具体的经济分布、货流方向和运输方式。虽然，在工作中可用不同经济条件来修正范围界限（如水陆交通线的范围大小按不同比例划定），但终难完全符合实际。目前，这种方法只在确定交通线经济勘察地区，以及对吸引范围作概略估计时，才作为辅助的方法采用。

（2）分析法：此法系分别将某一设计线的站、港，与毗邻的相关线的站、港间划分出吸引界限。将设计线各站、港的吸引范围合并，即该线的直接吸引范围。

经济据点应为哪条交通线所吸引，取决于三个条件：自然条件（山岭、河川的分布等）、经济联系和交通状况。显然，自然条件亦必通过交通运输条件起作用，如高山阻障交通，从而吸引范围缩小。故可根据每一经济单位的物资流向，结合具体交通线分布予以分析比较，确定其被何站、港所吸引。一般用总的运输支出（运费或运价）最小的原则来划定界限。当然，实践中有时还必须补充考虑运费以外的因素，如线路通过能力，综合利用运输工具等。

以图 33 为例，我们研究经济据点 K 应归何线的吸引范围。其步骤为：①找出 K 点的货流方向，假定其交往为 K 与 D 之间。②查明由 K 至设计线 AB 及相关线 CD 的站、港 P、Q 的支线距离 $l_{支1}$、$l_{支2}$（单位公里）、和支线运费率 $t_{支1}$、$t_{支2}$（单位元/公里），从而计算出两方面单位货物的全支线运费 $l_{支1}$、$t_{支1}$ 及 $l_{支2}$、$t_{支2}$。③根据 P、Q 二站至 D 之距离 $l_{干1}$、$l_{干2}$ 和运费率 $t_{干1}$、$t_{干2}$，计算出单位货物的全干线运费 $l_{干1}$、$t_{干1}$ 及 $l_{干2}$，$t_{干2}$；在干线上货流而交点 M 场合下，可以 M 代 D，因 M 至 D 运费，对二线均同。④将经由 AB 线及 CD 线的装卸费用 $t_{中1}$、$t_{中2}$ 估入。⑤比较货物经设计线 AB 及相关线 CD 的总运费 T_1、T_2，即：

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{l_{干1}t_{干1}+l_{支1}t_{支1}+t_{中1}}{l_{干2}t_{干2}+l_{支2}t_{支2}+t_{中2}} \qquad (1)$$

如 $\frac{T_1}{T_2}<1$，则该点属设计线吸引范围；

如 $\frac{T_1}{T_2}>1$，则该点属相关线吸引范围；

如 $\frac{T_1}{T_2}=1$，则该点位于二线之吸引范围界上。

如设图中：$l_{干1}$=40 公里、$l_{干2}$=55 公里，$l_{支1}$=35 公里、$l_{支2}$=28 公里，$t_{干1}$=0.1 元/吨公里、$t_{干2}$=0.08 元/吨公里，$t_{支1}$=0.2 元/吨公里，$t_{支2}$=0.25 元/吨公里，两方面装卸费各为 2 元/吨，另 K 至 Q 外加渡河费 1 元/吨，则：

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{40\times0.1+35\times0.2+2}{55\times0.08+28\times0.25+2+1}=\frac{13}{14.4}<1。$$

故 K 点属于设计线 AB 的直接吸引范围。

进一步我们可以根据整个地区的货流和交通情况，求出设计线站、港在各支线上的吸引分界点，显然，各点一定满足$\frac{T_1}{T_2}=1$，于是，式（1）成为：

$$l_{干1}t_{干1}+l_{支1}t_{支1}+t_{中1}=l_{干2}t_{干2}+l_{支2}t_{支2}+t_{中2}$$

将相邻二站、港（如 P 及 Q）间支线总距离设为 $l_{支}$，即 $l_{支}=l_{支1}+l_{支2}$，则

$$l_{干1}t_{干1}+l_{支1}t_{支1}+t_{中1}=l_{干2}t_{干2}+t_{支2}(l_{支}-l_{支1})+t_{中2}l_{支1}(t_{支1}+l_{支2})$$

$$=l_{支}t_{支2}+l_{干2}t_{干2}-l_{干1}t_{干1}+t_{中2}-t_{中1}$$

故

$$l_{支1}=\frac{1_{支}t_{支2}+l_{干2}t_{干2}-l_{干1}t_{干1}}{t_{支1}+t_{支2}}-\frac{t_{中1}-t_{中2}}{t_{支1}+t_{支2}} \qquad (2)$$

在各同类交通线运费率基本一致，装卸费用差别不大的条件下，可使 $t_{干1}=t_{干2}=t_{干}$，$t_{支1}=t_{支2}=t_{支}$，$t_{中1}=t_{中2}$，于是式（2）成为：

$$l_{支1}=\frac{l_{支}t_{支}+t_{干}(l_{干2}-l_{干1})}{2t_{支}} \qquad (3)$$

将前例运费率统一，设 $t_{干}$=0.1 元/吨公里，$t_{支}$=0.2 元/吨公里，则求得 P 站距分界点之距离为：

$$l_{支1}=\frac{0.2\times(35+28)+0.1\times(55-40)}{2\times0.2}=35.25\text{公里}$$

然后依此求出所有相邻站、港间的分界点，该站的吸引范围即可得出。

（三）单纯吸引范围和混合吸引范围

在货物种类不多、货流方向单一的情况下，站、港吸引范围的划分比较简单。然而，当地区经济和运输联系复杂的条件下，往往物资种类众多、流向也不一致。因而，站、港的直接吸引范围，就不能只按一个运输方向来划，而应按所有主要的运输方向来划。

如图 34：根据地区物资流向→D，可划出 P 站的吸引范围 abcdea，根据地区物资流向→C，则划出 P 站的吸引范围 acdfea，再根据地区物资流向→B，又可划出 P 站的吸引范围 bghfb。

如此，则 P 站总的吸引范围 bcdfb 以内，aghea 所包围的面积，无论该区内何种物资作何种流向，均需经过该站、港，我们称其为该站的单纯吸引范围；而 aghea 以外的吸引地区，则只有一部分物资按流向属于该站，其余则应归入相邻的站、港，这部分外围的地域是为该站、港同相邻站、港的混合吸引范围。

重要的海港可看作尽端线上的车站，只有直接和联合腹地；实际上一般所指仅为直接腹地。故而，运输联系复杂、货运方向众多的海港间，区分其单纯和混合腹地更形重要。例如：

设天津港与沿海各港运输联系的主要方向是大连港和上海港（图35）。天津距大连和上海的海上距离分别为370公里和1，340公里。邻港青岛距大连和上海的海上距离为508公里和750公里。天津、青岛之间陆上靠铁路联系间距750公里。又设沿海货物运费为0.03元/吨公里，铁路运费为0.04元/吨公里。求天津与青岛的陆上混合腹地。

先以大连为方向，求铁路线上的分界点，代入式（3），该点距天津为：

$$l_{支1'}=\frac{0.04\times750+0.03\times(508-370)}{2\times0.04}=426.75\text{公里}$$

即在济南以东69.75公里的胶济线上。

再以上海为方向，求铁路线上的分界点，代入式（3），该点距天津为：

$$l_{支1''}=\frac{0.04\times750+0.03\times(750-1340)}{2\times0.04}=153.75\text{公里}$$

即在德州以北85.25公里的津沪线上。

单从天津港的两个货运方向来看，它与青岛港的混合吸引范围便已相当辽阔，故对于经济条件复杂、联系方面多的站、港，特别是上海港来说，它们之间的直接腹地界限都不是绝对的，而是相互重叠。这在实践中甚为重要。

（四）间接吸引范围的划分

不是任何交通线都具有间接（通过）吸引范围。在不考虑不同运输方式联运条件下，孤立的交通线（如黄河中卫至喇嘛湾段的航线）只有直接吸引范围。尽端的交通线（如现在的兰青线）则只有直接和联合吸引范围。位于线网之中的交通线，因其有其它线路之间货运的经过，往往有间接吸引范围，其大小取决于两端线网吸引区的大小及本线通过物资的集中程度。特别是联系两个运网的“咽喉线”，其间接吸引范围往往甚大。京承铁路通车前，京沈线天津—锦州段铁路的间接吸引范围便几乎包揽全国。

因此，求设计线间接吸引范围，任务就是：找出相邻线网上的站、港，看看哪些货物运输应当通过该线，将这些站、港的直接或联合吸引范围联在一起，即设计线间接吸引范围。

目前划间接吸引范围多根据货物运输最短径路的原则，依此将合理货流分界线在相关各线上定出，从而把有货物通过和无货物通过该线的其他线路的区段分开。现据图36说明之。

先求AB线的间接吸引范围，其步骤为：以AB线的始终点A、B为顶点，按最短径路原则求其四个通过扇面。先求A站的东北扇面 BA_{p1}，即在多边形ABD中，找出一点a，使aBA=aDA，在多边形ABED中，找出一点b，使bBA=bEDA，在多边形ABFED中，找出一点c，使cEDA=cFBA。同理还可求出A站之东南扇面 BA_{p2}，以及B站之西北扇面ABp3，西南扇面ABp4。这四个扇面组合成的地域，除去AB线直接和联合吸引范围外，即该线间接吸引范围。

如果求的不是 AB 线，而是 AC 线的间接吸引范围，则线路就出现了两个区段，即 AB 及 BC。此时，不仅要划 AB 的吸引扇面，而且还要划 BC 及AC的吸引扇面。扇面组合的数目应是 $\frac{n(n+1)}{2}=\frac{2\times(2+1)}{2}=3$个（n代表区段数）。扇面的总数将是 3×4=12 个。除了已划出的 AB 段扇面组 BA_{p1}、BA_{p2}、AB_{p3}、AB_{p4}外，尚须划出 BC 段扇面组 CB_{g1}、CB_{g2}、BC_{g3}、BC_{g4} 及 AC 段扇面组 CA_{r1}、CA_{r2}、AC_{r3}、AC_{r4}。

由于货物运距最短，并不一定等于运费最小，故有时必须以径路运费最小的原则代替距离最短的原则来划分间接吸引范围。但即使考虑了运费，在实际划分中，也要根据以下因素对界线进行修正，即：利用空返方向、利用运输密度不大的线路、充分发挥联合运输的效益等。当然，必须是在精确计算通过扇面的基础上，才谈得上考虑这些问题。

（五）吸引范围与货运量的对应关系

对于现状吸引范围而言，要求我们根据货运量的地区动态的表 49 各类吸引范围和货运量的对应关系表分析来划定它。对于设计吸引范围而言，则要求我们参照它来估计远景货运量。关于历史及现状货运量的调查、远景货运量的正确推算，已超出本题范围。这里只着重谈一下各类吸引范围和各种货运量的对应关系。

表 49 中：A_i 代表设计线站点（i=1，2，3…m）。

B_j 代表相关线站点（j=1，2，3…n）。

X_{ii} 为设计线内各站间交流运量，即直接吸引范围内之运量。

Y_{ij} 为设计线运往相关线运量；

Z_{ji} 为相关线运往设计线运量；

以上二者为与直接及联合吸引范围相关之运量。

W_{jj} 为相关线间经过设计线的运量，即间接吸引范围内之运量。（X_{ii}、Y_{ij}、Z_{ji}、W_{jj} 均≥0）

由表中可得出决定交通线通过能力和技术标准的四类重要经济参数：

（1）站、港货运量（装卸量）：

$\Sigma X_{1i}+\Sigma Y_{1j}$，$\Sigma X_{2i}+\Sigma Y_{2j}$，$\Sigma X_{3i}+\Sigma Y_{3j}$，…，$\Sigma X_{mi}+\Sigma Y_{mj}$ 为设计线各站、港的装货量（发送量）；

$\Sigma X_{i1}+\Sigma Z_{j1}$，$\Sigma X_{i2}+\Sigma Z_{j2}$，$\Sigma X_{i3}+\Sigma Z_{j3}$，…，$\Sigma X_{im}+\Sigma Z_{jm}$ 为设计线各站、港的卸货量（到达量）；

各站、港装卸量（吞吐量）则为各自装货量与卸货量之和。

（2）地方货运量：

$\Sigma\Sigma X_{ii}$ 为设计线自我货物发送量或到达量（二者相等）；

$\Sigma\Sigma Y_{ij}$ 为设计线向相关线的货物发送量；

$\Sigma\Sigma Z_{ji}$ 为相关线向设计线的货物到达量；

$\Sigma\Sigma X_{ii}+\Sigma\Sigma Y_{ij}+\Sigma\Sigma Z_{ji}$ 为设计线地方货运总量。

其中$\Sigma\Sigma Y_{ij}+\Sigma\Sigma Z_{ji}$又称设计线的直通货运量。

（3）通过货运量：$\Sigma\Sigma W_{jj}$。

（4）全线货运总量：$\Sigma\Sigma X_{ii}+\Sigma\Sigma Y_{ij}+\Sigma\Sigma Z_{ji}+\Sigma\Sigma W_{jj}$。

上表实质为一详尽的棋盘表，其中：左上方反映了直接吸引范围内的运输联系，左下及右上方反映其联合吸引范围的运输联系，而右下方则反映了间接吸引范围的运输联系。根据具体货运方向分析，还可从表上一窥货流的全貌，并据此编制货流图。

（六）用标号法划分合理吸引范围

合理吸引范围的划分，是经济地理、交通运输地理和零售商业区位研究中的重大方法论问题，当前，正在引起国内外学者的密切关注。现代吸引范围的研究必须引进定量方法，自不待言。这里介绍一种图论中的标号法，来解决合理吸引范围的划分。

1.基本假设

设有经济点 u_i（u_i=1，2，…m），它们可以是货物的发点或收点，亦可既是发点又是收点。这些点是各经济单位同公用运输相连接的点，称为外接点。任何一个外接点均有其服务范围，即直接吸引范围。这样，一段货流就对应于两个直接吸引范围。又设每两个外接点之间至少有一条径路联通，且通过能力不限，并知其在一定期间内的作业量是$c_i=c_i^{(1)}+C_i^{(2)}$，$c_i^{(1)}$为到达量，$c_i^{(2)}$为发送量。

还应指出，许多经济点具有连接相邻两条线的作用，有些成为交通线的站港。货流在交通线上移动，要耗费运输费用，每个线段的单位货物运输费是不同的。另外，亦应把中途装卸的单位货物的装卸费考虑进去。如果图 37 中 u_2 点单位货物的装卸费为 A，则 u_1～u_2和u_2～u_3两个区段的相应装卸费各为$\frac{1}{2}A$。于是，各相应区段单位货物的总运费 r_i（i=1，2，…n）便可得出。如果一个点一部分货物发生装卸手续，另一部分货物不发生装卸手续，则可把该点分成几个靠得极近的点，分别只有一种可能性。

货流总是趋向于走总运费最低的、即经济距离最短的线路。即使有时达不到运费最低，但总会向最低费用的径路逼近。故而走运费最低的径路，是腹地合理划分的基本原则。我们把这种径路称之谓理想径路。按照这一原则，可以设想，如果把各种货流的理想径路找出来了，各线段、各站港的吸引范围也就清楚了。

2.理想径路的推求

货流的理想径路包括由始发点到终达点的全过程。如何找出多条径路中最佳、即总费用最低的一条，我们采用标号法按图逐步计算推求。如有一个图 38，设 u_1 为货流的始发点，u_4 为货流的终达点，各区段的总运费亦标于图上。

定义：任何两个外接点间无别的外接点的连线，称为这两个外接点间的边（区段）。点 u_j 的标号 b（j）代表货物从始发点（图 38 中为 u_1）

到 u_j 的费用。此时 u_j 成为已标号点。

计算开始时，先令 b（u_1）=0，u1 成为已标号点，可在 u_1 旁注记数字 0。此时，其余均是未标号点。以后每一轮的计算可以分成以下几个步骤：

（1）找出具有下述性质的边（u_i，u_j），一端 u_i 是已标号点，另一端 u_j 是未标号点。如这种边不存在，则计算结束。在图 38 中，b（u_1）=0，这种边有两条，即（u_1，u_2）和（u_1，u_5）。

（2）对第一步所得到的每条边（u_i，u_j），计算其数值 k（u_i，u_j）=b（u_i）+r（u_i，u_j）。亦即 k（u_i，u_j）等于边（u_i，u_j）的一端的标号加上这一区段上单位货物的运输费。将计算出的 k 值写在边的旁边，并在数值外加一方括号。在图 39 中：

图 39

$$k(u_1，u_2)=k(u_1)+r(u_1，u_2)=0+10=10$$

$$k(u_1，u_5)=k(u_1)+r(u_1，u_5)=0+7=7$$

使 k(u_i，u_j)最小的边是(u_1，u_5)，另一个边为(u_1，u_2)。

（3）至此，有两个点 u_1 和 u_5 变成了已标号点，通向终达点 u_4 的径路必须经过 u_7 才有可能运费最低。于是，其 k 值分别为：

$$k（u_5，u_7）=k（u_5）+r（u_5，u_7）=7+6=13$$

$$k（u_2，u_7）=k（u_2）+r（u_2，u_7）=10+2=12$$

得出径路（u_1，u_2，u_7）最优。

（4）由于 u_7 变成了已标号点，再计算 k（u_7，u_4）：

$$k（u_7，u_4）=k（u_4）+r（u_7，u_4）=12+15=27$$

此时已选择出费用最低的径路（u_1，u_2，u_7，u_4），整个推求结束。当然，图中其它可能的径路，亦可计算比较，但在实际工作中，因具有明显的劣势，可以从略。

数学上可以证明，用标号法一定可以求得经济上最短的径路。在交通网复杂的场合下，用电子计算机运算也很方便。

3.同各类吸引范围的对应

在一个网络（可理解为由交通网所联系的经济地域）内，每个外接点（经济点）都有其天然的直接吸引范围。通过各种货流在其各区段的理想状态下的移动，则各类合理吸引范围均可对应得出。

（1）如果某个经济点仅有一段线路与整个网络相连通，则此点称为单连通点。单连通点收发的货流，只能经由那段唯一的线路。因此，它的直接吸引范围一定是单纯吸引范围。一个网络内有几个单连通点，就有几块单纯吸引范围。

(2)如果某个经济点与网络的通道不只一个，则这个点称为多连通点。它收发货流的方向不只一个，故该点对应的直接吸引范围一般具有混合吸引范围的性质。

（3）单连通点和多连通点在寻求它们的联合吸引范围方面，没有区别。

（4）网络中的一些经济点和有关区段，如虽有货流通过，但并无装卸手续发生，则有关点、线对应的吸引范围必为间接吸引范围。

必须指出，上述对应关系的建立，应以交通网络具有明确的层次为前提。上一级交通线的吸引范围，应是各条下一级交通线吸引范围的总和，再加上交汇点本身的吸引范围。因此，进行图论作业划分合理吸引范围时，必须对复杂网络的径路进行清晰的级别划分。

二、交通运输地理调查和线网经济勘察设计

（一）交通运输地理调查的种类和任务

在社会主义计划经济下，交通运输的布局是有计划形成的，它通过建立在科学根据上的规划、设计工作而实现，而正确的规划、设计工作，又必须有详尽的调查研究作为先导。因而，调查工作和规划设计工作，是实现交通运输合理布局的条件和依据。

交通运输地理的调查工作是多种多样的。在实际工作中，它们往往不是孤立的，而是与其它有关的调查或勘测工作结合进行的，并同一定的规划或设计任务相联系。按照上述特点，我们可以把交通运输地理的调查工作分作以下三类：

（1）综合考察中的交通运输地理工作：综合考察的目的是全面地了解与研究有关地区的自然条件和经济情况，以便为地区的资源开发利用和生产的发展、布局提供资料和论据。在综合考察中，交通运输地理的考察工作往往是整个工作的必要环节，其任务主要是：①对资源开发和生产布局中的交通运输条件进行专门的考察、分析和论证；②根据地区生产和交通运输现状以及国民经济的长远要求，结合地区自然、经济条件，进行运输线网的设想或规划；③配合经济联系、经济区划等项目的调查与研究，提出当前及未来产销联系和货流的合理方案。

（2）运输经济调查中的交通运输地理工作：运输经济调查是为了弄清楚一定线路或地区的客货运输发展和分布的规律，以便用以指导运输企业的经济活动，改进企业管理，同时，它也是各种运输计划工作的基础。一般的运输经济调查工作主要是分析、研究经济关系、发展速度和比例关系。似乎同交通运输地理工作关系不大。而且，这种调查中的野外工作也非常少。但是，运输经济调查和运输计划工作只有建立在地区综合条件的详细了解和自然、技术、经济的充分论证基础上，才更为切实可靠。这样，运输地理工作就成了运输经济工作的物质基础之一。在运输经济调查中，交通运输地理工作者可以通过运输联系的调查和货流的规划，来为运输部门的货源组织和生产计划服务，通过地区运输生产力及其自然、经济条件的调查研究，来为运输部门的基本建设计划服务。

（3）线网勘测设计中的交通运输地理工作：交通线网的勘测工作是直接为运输网的规划和交通线的设计服务的。在交通线网设计的实践中，勘测工作可分为经济勘察（或调查）和技术勘测（或测量）二种。但这种区分并不是绝对的。因为经济勘察与技术勘测之间的联系非常紧密，而且经济勘察所得的资料不仅在进行技术勘测时要用，而且还往往在技术勘测前根据这些资料来概括地解决某些技术问题。

依据调查的范围，经济勘察又可分为网性（综合）经济勘察和线性（个别）经济勘察二种。前者是对已有的或拟进行规划设计的交通网进行全面经济勘察；后者是为了计划新建或改建个别交通线而进行的勘察工作，或称为经济选线，一般多会同线路技术勘察队一起进行。线网技术经济勘测设计中，各个设计阶段所需勘测工作的种类及性质，如表 50 所示。

不言而喻，无论网性或线性经济勘察工作，都具有非常强的综合性和地域性，都是比较典型的交通运输地理工作。实际生活中，地理工作者参加生产实际，也以此种工作居多。故而，尽管线网经济勘察工作只是运输地理调查的项目之一，但一般人却常把二者

表 50　交通线网勘察程序表

设计阶段	勘测工作种类	经济勘察工作性质
1.线网布局规划	网性经济勘察	综合性地区经济调查
2.初步设计	（1）线性经济勘察	个别线路的地区经济调查
	（2）线路踏勘测量	按个体工程项目进行经济
3.技术设计	（1）详细技术测量	论证
	（2）补充经济勘察	
4.施工详图	施工前测量和补充测量	

等同起来。我们所讲述的交通运输地理调查与规划设计，也将以线网的经济勘察和设计为主。

（二）交通运输地理调查的程序和方法

不仅不同种类的运输地理调查，其内容与作法各不相同，而且，同类的运输地理调查，对于不同的运输方式，其表现亦各有差异。本书只概括地介绍一般的调查程序和方法。

1.交通运输地理调查的阶段

无论何种性质的交通运输地理调查工作，均可将整个过程大致分作三个阶段：（1）准备工作时期：一般在政治中心（它一般也是交通和其它经济管理部门所在地）进行。主要是搜集有关地区与交通运输有关的自然、技术、经济全面资料。同时研究与体会相应的技术经济政策，征询各级领导意见。此外，还要拟订调查提纲，准备空白地图，并编制填列各种有关的图表。这一阶段时间不宜过长，一般占整个调查时期的五分之一至四分之一左右。（2）野外工作时期：包括在调查地区内及其各基层组织中的工作。根据地区实际情况，将在准备工作时期所得的资料，加以实地印证、核实、补充，并搜集有关具体的地区交通运输技术经济资料，以及一般自然和经济资料。这一时期工作的方式包括野外踏勘、基层访问、交通观测以及补充资料搜集等多种，将工作结果初步编写成有关图表和说明。本期是运输地理调查中的最重要阶段，一般要占整个调查时间的二分之一至五分之三左右。（3）室内总结时期：对调查情况和资料全面分析、整理，遗漏之处作补充调查，然后进行研究与决定，编制各种总结和图表，并向主管部门领导作口头和书面汇报。这个时期时间的安排可与第一阶段相同，大体在五分之一至四分之一左右。

2.交通运输地理调查的基本项目

任何性质的交通运输地理调查，都应包括自然条件、居民、农业、矿业、工业、商业和交通运输等部分。当然，由于调查目的不同，可以在上述各项目中有所侧重。

（1）自然条件调查：在运输地理调查中，自然条件的调查系结合交通运输的评价而进行。自然条件的了解对于确定线路走向、技术等级、工程量和造价有着极重要作用，决不能予以忽视。这种资料一般是从以下各种资料取得：科学文献、大比例尺地形、地质、水文地质地图，以及地方气象站、实验和科学研究机关的观测和汇报等。在没有现成资料可资利用时，则有必要作实际野外工作予以补充。

（2）人口或居民调查：一般文献中往往认为结合交通运输进行人口调查，只是为了推算客运量，这种认识是片面的。人口调查的更重要目的是根据人口数量和消费定额，来规定未来对许多物资的需求，从而推算货运量。人口数量、变化和各种构成的资料可通过民政或公安部门取得。关于居民消费习惯及其变化等的资料，则应从相应经济机构中访问取得。

（3）农业调查：农业调查的目的是弄清各种农、林、牧、副、渔产品的产销数量和情况，从而为推算未来各种农产品运量和货流打下基础。农业调查牵涉面广，单位分散，地域差异性强，因之不能单靠搜集资料解决问题，必须把野外踏勘和实地访问印证放在重要地位。

（4）矿业调查：矿产品具有运量大、变动多、销售广的特点，在运输地理调查中往往处于举足轻重的地位。因此，矿业调查必须与资源开发可能性结合一起，并作得深入细致。这类调查可以在采矿单位进行，也可在有关物资供应单位进行。

（5）工业调查：工业调查的特点是企业众多，产品纷纭，调运复杂，因而，在运输地理调查中，必须根据其产品和原料的运量和运距大小，分清主次，重点进行。一般说来，重点企业必须深入厂内专题调查访问，分散小厂则可在主管部门一并进行。

（6）商业调查：主要是调查有关物资的购入和销售及其地理移动规律。因而，尽管许多物资在农业、矿业和工业中已作了调查，商业方面的调查仍不可少，其原因：一是这种调查可起核实作用，二是这种调查可以更清楚地回答物资在生产和消费之间，即流通领域的地区移动情况。商业调查的对象是物资供销、分配部门。

（7）交通运输调查：这是交通运输地理调查中最具有“专业性”的部分，其它各项调查也都是为它服务的。无论何种运输地理调查，都要涉及有关地区的所有运输方式，因而运输调查本身也具有综合性质。另外，交通运输调查中不仅要调查有关的运输经济资料，还要对有关运输方式的技术状态和指标等作出调查。交通运输调查应涉及到：地区内不同运输方式的线路长度、分布和通过能力及其规划远景；各条交通线的货运品种、运量流向和一般腹地状况；主要站、港货场和运输枢纽的分布、通过能力和货运量及其远景发展的可能性；各种运输方式联合运输情况；有关的城市和企业运输情况；现有交通线的主要技术标准；对燃料、材料、用水的需要量，取给地点等方面。

进行运输地理野外调查和资料搜集过程中，以下几组概念应该区分

清楚：①生产量与消费量：同是一种物资，如煤，它在煤矿是生产量（产品），而到炼焦厂就成了消费量（原料）。在调查时，生产量和消费量均应调查，但在计算、汇总、分析时要分开。②生产量与销售量：物资的生产量并不一定等于销售量，这里面因库存量的调节而有不同，一般说来，一定时期的销售量等于一定时期的生产量加本期期初库存量再减本期期末库存量。③需要量与消费量：消费量一般指在一定时期内的物资实际消耗量，而需要量中，除包括物资消费量这一基本构成部分外，还包括一定的流转量和储备量。④需要量与购入量：这两个概念亦有较大区别，在工业企业中，购入量等于本期需要量（商业部门为销售量）加本期期初库存量再减本期期末库存量。⑤消费量与销售量：物资的消费量，表现在商业上为销售量，这方面也要注意计算的重复。如煤建公司供应某工厂煤炭，两方面都将这宗煤炭算作消费量，这时，应只计入一方的数字。上述若干经济概念并非我们学科的内容，所以附带提出，是为了避免工作中发生资料混淆和计算重复的错误。

3.交通运输地理调查中的经济指标计算方法

这些方法采用的主要目的是：①对搜集的各种相互联系的资料进行检查、核对；②有些资料不能直接取得，需进行一定换算后才能得出结果；③根据历史和现状资料推算远景数字，或根据工农业的规划数字推算交通运输的远景数字。所以不能把采用计算方法和推算远景货运量完全等同起来。

主要的计算方法有以下几种：

（1）比例关系法：国民经济各部门之间存在着一定的比例关系，利用这一关系，便可以根据一些部门的发展速度来确定另一些部门的发展速度，如根据钢的产量、工业产值或国民收入与货运量之间的历年比例关系，来推算远景的货运量等。这种方法看来根据充分，但实际中的许多具体因素难以估计，因此，一般只有参考价值。

（2）运输系数法：主要是将历年的工农业生产量和运输量的关系予以确定，然后便可以根据生产量的发展来定运输量。这种方法比比例关系法具体些，但亦只适用于分品种进行运量推算较为可靠。另外，把过去的运输系数用以规划未来运量，有时必须考虑更多的因素，予以更正。采用运输系数法可以表格方式进行（表 51）。

表 51　运输系数计算表

项目＼年度	计算顺号及程序	××年	××年	××年	××年	××……××年平均
生产量	1=2÷3					
运输量	2=1×3					
运输系数	3=2÷1					

（3）消耗定额法：按照物资在生产过程中所需原料、燃料、材料的单位消耗量，来计算相应的需要量，并以此来推算运量。如以 P 代表产品重量，R代表所须原料重量，于是，原料消耗定额$e = \frac{R}{P}$。如每炼一吨生铁所需一定成分的铁矿石数量、每炼一吨钢所需的铁量等都是。利用消耗定额，根据生产量来推算原料、燃料、材料消耗量或运输量时，

应该充分估计技术进步对消耗定额的影响。

（4）发展速度法：对于人口的推算或一些零星货物的推算，往往可以按同一的发展速度，累年进行。以人口计算为例，以 M_c 代表普查年度的人口数量，i‰代表每年人口自然增长率，t 代表经过年限，则计算年度的人口数量 $M_i=M_c$（1＋i‰）t。以上仅考虑了自然增殖。如果同时考虑人口的机械增减，以 M 代表平均每年移入或移出的人口数量，

则上式可近似地成为 $M_i \approx (M_c \pm \frac{\overline{M} \cdot t}{2})$ （1＋i‰）$t \pm \frac{\overline{M} \cdot t}{2}$。有了远景人口数量，当然就可根据居民乘车率来推算出客运量。

（5）消费定额法：这种方法比较适用于一些和居民消费有直接关系的、弹性不大的物资，如民用煤、口粮、食盐等。利用这种方法，先要确定居民对某种物资的消费定额，然后求出这一地区未来时期的居民数量，这两个数字相乘，便是计算远景运量的依据。这一方法必须在慎重与科学地规定消费定额和计算确切的人口数量的基础上，才能运用。在核对调查资料的准确性时，这一方法也具有很大参考价值。

（6）单纯比重法：这种方法是根据一定的政治经济任务和技术经济依据，来制定各个生产或交通运输部门间的产品比重，一般多用于水陆运量的远景分配方面。如将木材的运量，按 1：2 的比重，在大致平行的铁路和水路中分配等。在利用这种方法时，应多找综合依据，且忌主观任意从事。

上述每种方法，都有一定的适用范围和不足之处。因而在实际调查中，如何根据已有资料和情况，灵活运用上述方法来解决问题，是极其重要的。特别是进行远景资料（生产量和运输量）的推算，更不能简单从事，而是必须把综合分析和计算方法紧密结合起来，把情况和数据结合起来，把一般和特殊结合起来。

（三）交通线网的经济勘察和设计方法

为了使读者能对交通线网勘测设计中的交通运输地理工作作进一步具体了解，我们再以铁路经济勘察为例，着重说明其任务、程序及其同设计工作的关系。关于综合考察和运输经济调查中的交通运输地理的具体工作，一方面，有些前已作了阐述，另一方面，它们的工作步骤和作法还不够定型，因而不再专门讨论。

1.经济勘察的任务

交通线网的经济勘察，其直接目的，是为了搞清与线网设计有关地区交通运输与自然条件之间、交通运输与工农业发展和布局之间、各种交通运输方式之间的经济和技术联系，从而提出对线路规划设计的各项要求。

前已指出，经济勘察可分为网性经济勘察和线性经济勘察两种，它们分别为线网布局规划和初步设计服务。实际上，在技术设计阶段所进行的补充经济勘察，虽是线性经济勘察的延续，但由于其主要是为个体工程项目服务，因而也可以算作点性的经济勘察。

网性经济勘察是根据国家政治经济的要求，为加强地区间交通运输

能力而找出各种合理的解决方案，并提出一定的具体措施。它着重研究全国或地区某种运输网的自然、经济条件和货流动态，规定增建新线和加强旧线的数量、类型和方向，并确定各线的起迄点和修建顺序，以及该种交通运输与其它运输方式配合问题。

例如，为了加强我国西南和西北地区的运输联系，适应未来两地区经济发展的要求，可以有许多铁路规划线方案：①加强陇海线宝兰段、宝成及成渝全线；②新建略阳经天水至洛门段、陇西经临洮至兰州两段铁路，加强洛门至陇西段、宝成南段及成渝全线；③新建兰州经保轮院至重庆的兰渝线；④其它。究竟应采取哪一方案，就应进行网性经济勘察，并予以比较论证，才能确定（图 40）。

网性经济勘察进行后，便可以进行交通网的规划。据此，上级便可向设计部门下达设计任务书。在铁路的设计任务书中，一般规定了设计线的方向、起迄点、经过的主要城市、牵引种类、施工期限等。于是就由线网规划阶段进入了初步设计阶段。

初步设计阶段需要进行线性经济勘察，即一般所谓的经济选线。这时，铁路经济选线的主要任务是：①进一步明确线路在路网中的地位及政治经济意义；②对线路经过地区的自然条件，进行全面的技术经济评价；③确定设计线所经过的经济据点；④确定线路近期和远景货运量；⑤从自然、技术、经济结合的观点出发，找出线路的若干可能方向，即比较线；⑥对设计线的商务作业站的分布提出初步意见。

到了技术设计阶段，线路的基本方向已定，主要任务是最后解决铁路及其各项个体工程的设计。因而，此时的线性经济勘察除了要进一步核定初步设计阶段的经济资料是否正确外，并需根据个体工程设计（如车站站线、装卸场、仓库等的设计）来分析利用和增加补充有关技术经济资料，因此，这时运量往往以车站为单位进行调查研究，而使勘察工作具有点的性质。

2.经济选线的程序

在各种交通运输经济勘察工作中，以线性勘察工作量最大，步骤最复杂，野外工作地位最重要。铁路经济选线的大致程序是：

（1）根据调查地区自然和经济条件，先初步确定一个或几个线路走向，及各比较线上的商务作业站的分布。绘出调查地区交通运输分布图。

（2）对设计线进行吸引范围的划分。铁路选线只要求地方（包括直接和联合）吸引范围和通过（间接）吸引范围两种。根据吸引范围，调查并汇总现有地方和通过货运量，绘出线路吸引范围和运输联系图，或现状货流图。

（3）根据已有资料，用各种方法推算近期和远景分类货运量（三年、五年、十年、十五年等），并将货运量汇总，确定其地域动态，绘出近期和远景货流图。

（4）按照居民的分布和变化及平均乘车次数，找出现状及近期、远景客流量，绘出各种客流图。

（5）根据客货流和方向、季节不平衡系数，以及车辆的净载重，

表 52　经济选线的指标和技术意义

指标名称	具体内容	对铁路设计的用途
1.全线和区段货运量	站间、运入、运出和通过	选定路级、牵引种类、机
2.全线和区段货物周转量	运量之和站间、运入、运出	车类型、限制坡度和线路
	和通过周转量之和平均每	方向；确定全线和区段通
3.全线和区段货运密度	公里的货物周转量	过能力和机车周转组织。
4.方向不平衡系数	上下行货流比例	决定是否采用均衡坡度。
5.分货种的货运量	按主要品种和其它分列	确定车辆类型、制定空
		车周转方案。
6.运入量和运出量	联合腹地内的运量	考虑与旧有线路协调及
		联轨站设计。
7.站间货运量	直接腹地内的运量	计算区段列车对数。
8.通过货运量	间接腹地内的运量	决定直通列车方案，在
		机车类型和限坡等
		邻线协调。
9.运输通过性系数	通过货运量在总货运量中比重	决定线路实际长度。
10.货物平均运距	周转量同货运量的比例	确定机车车辆数量。
11.车站或枢纽货运量	按货种和方向计算	确定车站设备和枢纽类型。
12.客运量	通过、地方和近郊客运	决定旅客机车及车辆需
	量分列	要量，考虑服务设备数量。
13.季节不平衡系数	最大月份同全年平均客	决定线路通过能力、货
	货运量比例	场设备及旅客站房容积。

折算近期和远景车流，绘出车流分布图。

（6）对各种方案进行全面技术经济评价、对比，确定线路走向及其初步技术标准。

3.交通线设计工作中主要经济指标的技术意义

经济选线调查所得之指标，是直接为设计工作服务的，而设计工作必须最后落实在技术措施上。铁路设计中主要的经济指标及其技术意义，从表 52 中可以有所了解。

三、交通线网规划设计中的方案比较

在交通线网的规划或设计工作中，往往为了解决同一技术经济问题，可以提出若干不同方案。从经济合理的观点对这些方案进行比较、选择，以便使规划和设计工作中能采用对国民经济最有利的一个，这便是我们要谈的方案比较法的任务。这种方法目前在实际工作中被广泛应用着，被认为是估算交通规划设计经济效益的最重要方式之一。

1.方案的类型

按照各比较方案之间的性质和关系，可将常见的方案组，分成三种基本类型：

（1）国民经济影响不同的方案。这种方案又叫作国民经济方案，其中每个方案的经济意义都不相同，但都是在解决同一国家任务。比如，

为了开发地区经济而采用水运或是铁路的方案，铁路或公路方向和经由地区不同的方案，铁路铺设第二线或建设新线、采用蒸汽机车或电力机车的方案，选择海港位置的方案等均是。这一类方案的比较和确定，一般在交通网规划阶段进行。

（2）国民经济服务指标彼此相同，但基本技术要素和运营条件各不相同的方案。这种方案又叫作基本方案。比如，铁路或公路限坡不同的方案，桥型和桥位方案，航道尺寸和过船建筑采用与否的方案，港口设备能力的不同方案，码头类型的方案等等。这一类方案的比较和确定，一般在初步设计阶段进行。

（3）国民经济意义、基本技术要素和运营方法均同，但工程数量和运营成本有所区别的方案。这种方案又叫局部方案。比如，铁路和公路较短距离的定线方案，小桥涵管的设计方案，航道和码头水工建筑物型式的选择方案，港口机械设备方案等。这一类方案的比较和确定，一般在技术设计和施工设计阶段进行。

2.方案比较的方法和偿还期的基本概念

在交通线网规划设计中进行方案比较，可以采用不同的指标，包括：方案的政治经济意义，方案对生产力布局的影响，施工条件和工期、劳动力需要量、金属和木材消耗量、燃料消耗量、通过能力的储备量，基建投资、运营支出等。其中有些指标是不能用数量概念予以标示的，有些指标虽然能有量的概念，但作为方案比较的依据不够全面。比较能够综合反映方案经济方面数量消耗的，是基建投资和运营支出两项。前者包括基本建设的人力、物力和财力全部支出，后者则包括运营过程中的工资、材料、燃料以及固定资产折旧等全部消耗。因而，谈到方案比较的方法，就是既有定性的分析方法，也有定量的计算方法，二者相辅相成，缺一不可。主要的定量比较方法，就是偿还期的计算。

偿还期的计算一般利用基建投资和运营支出的价值指标。一般说来，投资较多而装备较强的方案，会相应降低运营费用。但是，一次投资过多，又意味着增加国家经济负担、减少其它项目投资和积压有用的资金。于是，一次投资费用和经常运营费用之间便出现了矛盾。这一矛盾是目前利益和长远利益矛盾的反映，同时，也涉及到本部门利益和其它部门利益的矛盾。解决这一矛盾的办法就是计算比较方案的偿还期，分析这个偿还期是否合理。

假如两个方案，其投资假定为 I_1 及 I_2，其中 $I_1 > I_2$；年运营费假定为 E_1 及 E_2，其中 $E_1 < E_2$；在 t 年中运营费节余，可以偿还工程的额外投资，则偿还期

$$t = \frac{I_1 - I_2}{E_2 - E_1}$$

与投资少的方案相比，投资多的方案的投资效果系数

$$\triangle = \frac{E_2 - E_1}{I_1 - I_2} = \frac{1}{t}$$

例如，某内河航道的比较方案如表 53。

表 53

指　　标	河道疏浚及修一船闸	单纯河道疏浚
投资（万元）	100	40
运营费（万元/年）	50	80

偿还期　　$t = \frac{100-40}{80-50} = \frac{60}{30} = 2$年

河道疏浚及修一船闸的投资效果系数

$$\triangle = \frac{1}{2}$$

由计算大体可以确定，该河道修建一个过船船闸是经济合理的，因为额外的投资只须两年即可收回。当然，完全确定是否建筑船闸，还须要结合其它方面的情况和资料，如劳动力、金属消耗、工期长短等等。

3.根据计算偿还期进行方案比较

在存在多方案条件下，就须要对方案两两进行循环比较。这样，一来较麻烦，二来结果甚多，对确定最合理方案往往无所适从。如有甲乙丙三个方案，甲乙比较，乙的投资偿还期为 3 年，甲丙比较，丙的投资偿还期为 5 年，乙丙比较，丙的投资偿还期为 8 年。这样，单纯用总投资收回快的观点，认为乙方案应被采用，并不一定是合宜的，因为甲丙比较，丙的偿还期也不长。

鉴于上述缺点，实际中如遇到多方案比较，往往根据计算偿还期进行。如果事先规定一个最大的偿还期 t_p，或最小的投资效果系数 Δ_p，则投资较多的方案 A_1 只有在符合下列条件下，才是经济的，即

$$\frac{I_1 - I_2}{E_2 - E_1} < t_p$$

将不等式移项而得：

$$\frac{I_1 - I_2}{t_p} < E_2 - E_1$$

即　　$\frac{I_1}{t_p} + E_1 < \frac{I_2}{t_p} + E_2$

总的说来，如比较方案众多，则符合于下列条件的方案 Ai，才是最经济合理的：

$$\frac{I_i}{t_p} + E_i = \text{最小值}$$

或　　$I_i \Delta_p + E_i =$最小值

显然，计算偿还期不同，则上式的总值亦不同。因而，采用不同的 t_p 值，则最优的比较方案也会变化。

合理的计算偿还期的确定，要视具体交通工程的规模、技术装备的水平、设备更新的难易而异。如对运河工程、地下铁路、人工海港等，一般采用 15 年左右的偿还期；对铁路新线建设和旧线改造、一般港口工程等，则采用 10 年左右的偿还期；而公路建筑和小河航道整治等，则不应超过 5 年。当然，由于具体时期、地区的政治经济形势不同，同类工程的偿还期的规定，也应因时因地而异。

例如：某铁路的比较方案如表 54，求在计算偿还期为 8 年、10 年、15 年的最优方案。

根据上述公式计算如表 55，故 t_p=8，最优方案为 II，t_p=10，最优方案中 II 与 III 等价，t_p=15，最优方案为 III。

表 54

方　　案	投资（百万元）	运营费（百万元/年）
I 现有路网的加强	250	120
II 建设新线，蒸汽机车	390	85
III 建设新线，电力机车	520	72

表 55

T_p / 方　案	8 年	10 年	15 年
I	250/8 ＋ 120=151.2	250/10 ＋ 120=145.0	250/15 ＋ 120=136.6
II	390/8 ＋ 85=133.7	390/10 ＋ 85=124.0	390/15 ＋ 85=111.0
III	520/8 ＋ 72=137.0	520/10 ＋ 72=124.0	520/15 ＋ 72=106.6

第六章　交通点、线、网的模式

交通点、线、网布局中采用数学（分析的、几何的、概率的等等）模式和一定的图形，是一个饶有兴味的课题，五十年代末和六十年代初以来，广泛地被国内外交通运输地理工作者所探论。近年来，此种研究一方面愈益深入，在理论和实践方面颇多建树；另一方面，随着数学方法大量引入，形式主义和繁琐推导亦有所滋长。

必须指出，在经济地理和交通运输地理中应用数学方法时，应符合以下原则：①制定数学模式时，必须对生产和运输地理分布的实质和规律有深刻而具体的了解；②为了便于经济地理现象的数学模拟，应在制定数学模式时，暂时舍去对生产力分布和计算结果起作用不大的次要因素；③根据数学公式得出的布局结论，原封不动地作为规划定论是不对的。因为量的计算只能与质的分析相辅相成，对于交通运输地理而言，也是如此。

总之，在野外调查、资料搜集和规划实践的基础上，按科学方法，抓住主要矛盾来制定数学模式，求解这一模式得出初步布局结论，然后再根据实地自然、经济条件进一步修正它，最后付诸实践。这才是在地理学科中应用数学方法的要领。

一、站点的服务距离和服务面问题

1.问题的提出

一个集中点（站场），应有一个合理的服务距离（由点到周边的最远距离）和相应合理的服务面（即吸引范围或腹地），这是地理学中的普遍问题在交通上的表现。在假定地域上经济单位的分布是平均的和连续的这一前提下，为使这个集中点的位置达到经济上最优，应满足：

（1）此点应位于服务面的几何中心；

（2）服务距离达到最长或服务周边达到最短时，服务面积能达到最大；

（3）如果此点只是整个地域中的一个，则此点与相邻各点之间，它们的服务面毗邻处，应不留空白区，也就是地域弥合的原则。

2.圆形服务面

站点位于圆心，其最大可能服务距离为半径 R。对于圆来说，充分保证了周边最短而面积最大。

设某地区拟设一铁路货运站，为四周农村服务。如区内的公路运费率为 a 元/吨公里，货物的装卸、保管和车站管理固定费用为 b 元/吨；又设 r_i 公里为服务面上任何一点至货站距离，R 公里为服务面半径。

于是，每吨货物由面上任何一点至货站所耗费用，与经过距离成正比例，与圆面积大小（点子多少）成反比例。即总费用

$$S_i = ar + \frac{b}{\pi R^2} \qquad (1)$$

货物平均运送距离为

$$\bar{r}=\frac{\int_O^R 2\pi r dr}{\int_O^R 2\pi r dr}=\frac{\int_O^R r\cdot r dr}{\int_O^R r dr}=\frac{\frac{2}{3}\pi R^3}{\pi R^2}=\frac{2}{3}R \qquad (2)$$

从而每吨货物的平均费用为

$$S=\frac{2a}{3}R+\frac{b}{\pi R^2} \qquad (3)$$

其最优服务面半径必需满足

$$\frac{dS}{dR}=\frac{2a}{3}-\frac{2b}{\pi R^3}=0$$

解之得

$$R=\sqrt[3]{\frac{3b}{\pi a}}=0.985\sqrt[3]{\frac{b}{a}} \qquad (4)$$

3.各种服务面的比较

圆形服务面虽能达到周边最短而面积最大，但它的弥合性很差，这就使得许多地理学家在考虑多个服务面毗连时的可接受服务面图形问题。首先要从圆的内接正多边形中挑选，因为非正多边形显然比相应的正多边形为劣。我们列出几种图形及其内接正多边形，以半径或中心点至顶点的距离为 1 单位距离，得出表 56 所列的数字。

表 56　圆及其内接正多边形的面积和边长

	面　　积	边　　长	面积：边长
圆	3.14	6.28	0.50
正八边	2.83	6.12	0.46
正六边	2.30	6.00	0.38
正方	2.00	5.66	0.35
等边三角	1.30	4.20	0.31

故如同时考虑地域弥合原则，则正六边形的可接受性最强，因而西方区位论者和地理学家，从三十年代就对正六边形展开研究，特别是在区位理论和资料搜集范围方面，作了不少工作。但是，对中国来说，其适用性并非万能，只是在具体工程项目上如打井、树电线杆等以及商业服务网区位中可以应用。另外，结合中国国情，无论在规划城市道路网格局和小区布置上，正方形均属首选，其它非正多边形（特别是矩形），在一定场合下也不是全然无用。

二、交通网的网络分析

1.三个经济点之间联线的讨论

两个经济点之间，只有一条交通线便可满足联系的要求（当然指同样的交通类型，如公路），故不存在形成交通网的问题。如有三个经济点，就复杂一些。这时，我们要求自第 i 点至第 j 点的间距 d_{ij} 的总和 D 为最小，即

$$\min D = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} d_{ij} \qquad (1)$$

如果三点构成的三角形有一个角≥120°，则三点之间的联线已是最优；如果该三角形无一角≥120°，则应在三角形内找出一点，其至三点之联线构成各为 120°角，始为最优（图 41）。

附带指出，如果把三点的运量 q_j 也考虑进去，则要求总周转量 T_g 最小，即

$$\min T_g = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} q_j d_{ij} \qquad (2)$$

2.n 个经济点组成交通网的讨论

如果交通线网的亚网络数目为 G，线网中的节点数为 N 个，链线数为 V 个，假定存在着一些较简单的图形（图 42）。

图 42 显示了七个节点、两种亚网络的配置。据此，根据归纳逻辑思维，可以推导出四类衡量交通网的量度指标[①]：

（1）β指数：它是交通网内根据每一个节点连线的平均数目，得出的连结性简单量度，可以下式表示：

这一指数的范围由 0 至 3。数值为 0，表示无网络存在；线网的繁复性增加，则数值增高。一种最低限度的连结，被定义为没有孤立的节点存在的网络，具有

$$\sum_{G=1}^{n} N - G\text{个联线}$$

于是，β指数的特殊情况

$$\frac{\sum_{G=1}^{n} V}{\sum_{G=1}^{n} N - G}$$

将给出其值为 1 的最小连结网络；高值β指数是由增加了网络的繁复和连结造成的。

（2）回路数：除非联线连结两个亚网络，回路就可能存在。回路是一种闭合径路，其中始发节点同时为终结节点。网络内的回路如存在，联线的数目必须超过

$$\sum_{G=1}^{n} N - G$$

因为这个数目定义着一个最低限度的连结网络。回路数可由从实际联线数中减去上述最低限度的数目而计算：

$$\text{回路数} = \sum_{G=1}^{n} V - (\sum_{G=1}^{n} N - G) = \sum_{G=1}^{n} V - \sum_{G=1}^{n} N + G$$

在任何节点超过 2 个的规划交通网中，增添一个额外节点，增加的最多联线数为 3。因而，链线的最大数目可表述为：

---

① 关于交通网量度指标，各家提出过类似但又不同的公式。本书所采用的见解，见 B.W.Hodder and R.Lee：《Economic Geography》，St.Martin’s Press，1974.

$$3(\sum_{G=1}^{n} N - 2G)$$

网络内最大的回路数，可由上式减去最低限度网络中的联线数求得：

$$3(\sum_{G=1}^{n} N - 2G) - (\sum_{G=1}^{n} N - G) = 2\sum_{G=1}^{n} N - 5G$$

（3）α指数：它是回路观察数和网络内可能存在的回路最大数之间的比率：

$$\alpha = \frac{\sum_{G=1}^{n} V - \sum_{G=1}^{n} N + G}{2\sum_{G=1}^{n} N - 5G}$$

α指数是量度网络回路性的指标，其数值变化于由 0 至 1 之间，故亦可用百分率表示之。指数为 0 时，意味着没有回路；指数为 1 时，说明已达到最大限度的回路数目。

（4）γ指数：它是量度任何网络内联线的观察数和联线的最大限度数目比率的指标：

$$\gamma = \frac{\sum_{G=1}^{n} V}{3(\sum_{G=1}^{n} N - 2G)}$$

γ指数的变化范围亦为自 0 至 1。0 表示网络内无联线；1 则显示网络内每一个节点都同其它所有节点有联线，但不包括形成交叉口的径路。

兹将图 42 各种图形连结性指标的计算值列表如下（表 57）。

表 57

指　　标	A			B		
	（1）	（2）	（3）	（1）	（2）	（3）
β指数	0.57	0.71	0.86	0.86	1.29	2.14
回路数	-1	0	1	0	3	9
α指数	＜0	0	0.25	0	0.33	1
γ指数	0.44	0.55	0.66	0.40	0.60	1

3.交通网中经济点的联通性

以上讨论了整体交通网的连结性问题。但应指出，每一个经济点在网络中均具有不同的地位。一个节点同网络中其它节点的联系，不仅有直接的，也有间接的，即通过第三个甚至更多的节点才能实现。节点间联系的难易程度指标，称为联通性，它能对现实交通网的完善程度，给予有价值的量度和评价。

这种量度可由所谓连结性矩阵导出，比如，有一个如图 43 形的交通网：

相应可作出一个方阵并计算出相应的指标（表 58）。

上述方阵反映了网络内节点间的联系。数值 1 指明存在着一条节点间的联线，数值 0 指明缺乏这种联线。一对节点间的距离用沿最短径路

所介入的联线数来表明。任一节点的行总数是根据距离量度而得出的其通达性量度，而其合计提供了根据网络中联线总数而得出的其规模的量度。这种量度被理解为图的离散值。网络中的平均径路长度是由行内正值节点数除以行总数得出的。

表 58

至 / 自	A	B	C	D	E	行总数	平均径路长
A	0	1	1	2	3	7	1.75
B	1	0	1	2	3	7	1.75
C	1	1	0	1	2	5	1.25
D	2	2	1	0	1	6	1.50
E	3	3	2	1	0	9	2.25
合			计			34	1.70

上表揭示了：C 是联通性最好的节点，而 E 是联通性最差的节点。

用图论描述和量度交通网的网络结构是最新的研究交通网的方法，最常用的程序是采用加权的连结性矩阵，区分节点间的直接或间接联系，来计算通达指数。首先，求加权矩阵

$$T = sC + s^2C^2 + \cdots + s^nC^n = \sum_{i=1}^{n} s^iC^i \qquad (1)$$

式中，C——连结性矩阵

n——网络直径

s（0＜s＜1）——标量权数

然后，用以下公式计算相对联通性：

$$R_i = \frac{A_i - A'}{A^* - A'} \qquad (2)$$

式中，R_i（$0 \le R_i \le 100$）：节点 i 的相对联通性

A_i——节点 i 的绝对联通性，为加权矩阵中的行总数

A^*——网络中的最大值

A′——网络中的最小值

在计算中，有两点必须引起注意：

（1）关于标量权数，其值的确定较复杂，一般 s 取高数值愈高，但在 0.6 以上，趋于稳定。戛里逊（W.Garrison）在其美国州际公路系统的名著中，采用一个“任意值”作标量权数，为 0.3。[①]另外，有人在美国航空线网研究中，采用一个“适中值”为 0.5，作为标量权数。

（2）关于相对联通性，确定 R_i 应有足够的根据，以反映某一节点的经济实力，如人口规模、行政上的地位、城市性质、工业结构、交通枢纽的作用以及经济发展趋势等。

美籍学者汉海姆（RobertQ.Hanham）和张（Hong-YihChang）二人于

---

① 见 W.L.Garrison：“Connectivity of the Interstate Highway System”，载《Papers and Proceedings of Regional Science Association》，VI，1960.

1979 年对我国 1970 年的铁路网的相对联通性进行了研究。[②]他们采用了 s=0.4，算出了 39 个城市的相对通达度。

三、交通线的布局模式

1.干线道路走向的确定

为了阐述这一问题，以地方道路为例。其干线的走向应根据主要经济据点的分布而定。一般说来，主要的货流收发点是：火车站、码头、地方行政经济中心、大市镇等。如果干线的主要任务是联络两个大经济据点（比如是火车站和乡镇所在地），那么，线路的基本走向便可很快确定。剩下的问题是，这个干线如何为中间的各个经济据点服务。设 A 为车站，B 为县城，C、D 为中间的乡镇。于是，线路由 A 至 B 中间的走向可以有三种方案，即：a.绕经中间据点；b.照顾中间据点，以较短支线联络之；c.线路取直，以较长支线联络中间据点。究竟采用哪个方案，取决于 AB 之间规划中的通过货运量 $Q_{通}$在总货运量 $Q_{总}$中的比重，即通过性系数 $K_{通}=Q_{通}/Q_{总}$。如果 $K_{通}$的值较小，则可以考虑采用 a 或 b 方案，如果 K 通的值近于 1，则应照 c 方案将线路取直（图 44）。

如果规划地区只有一个最大的货流收发点（比如乡镇所在地就位于车站上），那么，干线的基本走向便无法一下子确定。这时，我们可以采用求合力的图解法来解决问题（图 45）。

把所有与同一最大货流点（火车站）A 有货运关系的各点 B、C、D、E…当作一群构成的力，其作用点即为各该点。于是，问题就归结为决定这些力的合力方向。力的大小以作为力向量的吨公里数表示之。这样，就既考虑了各经济据点的位置和规划货运量大小，也考虑了它们同最大货流点之间的距离。显然，根据力多边形的原理，求出的合力方向即为干线的合理走向。作法为：以力的大小为 A 点同 B、C、D、E 各点的规划货物周转量吨公里数，先在图上绘出（注意：这时 A 与 B、C、D、E 之距离是按吨公里数截出，而不是其实际距离）；然后，进行力向量相加，第二个力按其方向和大小按在第一个力的尾端，顺序一个个划出，直到划完所有各点的力，即图中的 A→C→D′→E′→B′。作力多边形的闭合线 A→B′，即得出了规划线的合理走向。这种方法，除了在各点的力最后自动闭合这一极为罕见的条件下，对于线路规划来说都是切实可行的。而上述特殊条件亦说明了该线路难以用经济合理的方法得出。

2.支线道路布局的一般模式

在干线走向已定条件下，对于其支线的布局规划来说，可以根据货流资料，用非线性函数极值的方法来解决。

如图 46，公路干线 AB 已定。今有离开干线之经济据点 C 需利用此干线。已知 CA 间之规划运量为 Q_1吨，CB 间之规划运量为 Q_2吨（此处设 $Q_1>Q_2$）。又知干线和支线之规划运费率分别为 e_1元/吨公里和 e_2元/吨公里（因干线和支线的技术标准一定不同，从而其运费亦必异，且 $e_1<e_2$）。

[②] 见“Scalar Variation and Nodal Accessiblity in the Chinese RailroadNetwork”，载《Professional Geographer》，Vol.31，No.4，1979.

于是，我们就可根据总运费最低的原则，规划出该支线的走向 CZ。

图 46

其方法为：先找出干线上距 C 点最近一点 D，并令 AD、DB、CD 之距离分别为 a，b，c（公里）。设 Z 点为干支线最合理的交点，ZD 之距离为 x 公里。于是，货物在 CA、CB 间之总运费

$$E = e_2(Q_1 + Q_2)\sqrt{c^2 + x^2} + e_1Q_1(a - x) + e_1Q_2(b + x) \qquad (1)$$

求 E 对 x 的微商并令其等于零：

$$\frac{dE}{dx} = e_2(Q_1 + Q_2)\frac{x}{\sqrt{e^2 + x^2}} - e_1Q_1 + e_1Q_2 = 0$$

移项得：

$$\frac{x}{\sqrt{c^2 + x^2}} = \frac{e_1(Q_1 - Q_2)}{e_2(Q_1 + Q_2)}$$

因为 $\frac{x}{\sqrt{c^2 + x^2}} = \sin\angle ZCD = \cos\angle CZD$

故而

$$\left.\begin{aligned} \angle ZCD &= \arcsin\frac{e_1}{e_2} \cdot \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 + Q_2} \\ \angle CZD &= \arccos\frac{e_1}{e_2} \cdot \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 + Q_2} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

当然，支线的走向可以根据两个角的大小来确定。

与上述道路干线和货运点分布的相同条件下，如规划道路时，要求的不是运费最低，而是速度最快（总的行车时间最短），亦可用类似方法来解决。在这里，先给定干线的行车速度 V_1 公里/时和支线的行车速度 V_2 公里/时，以及 CA 间的行车密度 N_1 辆/年和 CB 间的行车密度 N_2 辆/年。于是，总的行车时间

$$T = (N_1 + N_2)\frac{\sqrt{c^2 + x^2}}{V_2} + N_1\frac{a - x}{V_1} + N_2\frac{b + x}{V_1} \qquad (3)$$

$$\frac{dT}{dx} = \frac{N_1 + N_2}{V_2}\frac{x}{\sqrt{c^2 + x^2}} - \frac{N_1}{V_1} + \frac{N_2}{V_2} = 0$$

$$\frac{x}{\sqrt{c^2 + x^2}} = \frac{(N_1 - N_2)V_2}{(N_1 + N_2)V_1}$$

故得

$$\left.\begin{aligned} \angle ZCD &= \arcsin\frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} \\ \angle CZD &= \arccos\frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

3.两类交通线合理衔接的最优转换点

仍用非线性极值方法，以海陆交通衔接为例。如图 47，A 地位于陆地上，B 地位于海岛边。二地之间有货运任务，为此，需建一海港实现陆

海交接，求其最适宜地点。

先找出 A、B 距海岸最近之距离，以 AC 为 a，BD 为 b（公里）；并将已知之 CD 距离定为 C 公里。设合理港址位于 Z 点，并设 CZ 为 x 公里。

这里只求使运输速度最快（走行时间最短）的港址，而将其求总运费最低港址的方法略去。已知陆、海交通工具的速度为 V_1 公里/时，V_2 公里/时。于是，AB 间的走行总时间

$$T=\frac{\sqrt{a^2+x^2}}{V_1}+\frac{\sqrt{b^2+(c-x)^2}}{V_2} \qquad (1)$$

$$\frac{dT}{dx}=\frac{x}{V_1\sqrt{a^2+x^2}}-\frac{c-x}{V_2\sqrt{b^2+(c-x)^2}}=0$$

故

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{V_1}{V_2} \qquad (2)$$

即二地至海港方向角之正弦与交通工具速度成正比例。

显然，这类问题就是物理学上光的折射定律在交通规划中的运用。

再谈一个合理运用水运的例子（图 48）。假定有经济据点 A、B，位于一段通航河川的两端异侧（或同侧），两地之间有货物运输。A、B 至河由于采用的交通工具不同，单位货物的陆运运费分别为 K_1 元/公里，K_2 元/公里，河川水运运费为 m 元/公里（k＞m）。那么，应走如何的联运路线（或两端码头设于何处），才能使总的运费最低？

从图 48 可知，A 距河上 C 点最近，B 距河上 D 点最近。如联运采用 A—C—D—B 的路线，能最大限度利用水运。但由于在运输方向上有绕行现象，并不是最经济合理的。如我们在 C－D 之间找出两个合适点 Z_1、Z_2 作为转运码头，则虽利用水运较短，但由于距离的节约可使总运费达到最小。

我们已知 AC、BD、CD 之距离分别为 a、b、c（公里）。假设 CZ_1、Z_2D 之距离为 x、y（公里）。于是，由 A 至 B 单位货物的总运费

$$E=K_1\sqrt{a^2+x^2}+m\ (c-x-y)\ +K_2\sqrt{b^2+y^2} \qquad (3)$$

求 E 对 x、y 的微商，分别令其等于零：

$$\left.\begin{aligned}\frac{\varphi E}{\varphi x}&=k_1\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}-m=0\\ \frac{\varphi E}{\varphi y}&=k_2\frac{y}{\sqrt{b^2+y^2}}-m=0\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

化简（4）式

$$\left.\begin{aligned}\sin\alpha&=\frac{m}{k_1}\\ \sin\beta&=\frac{m}{k_2}\end{aligned}\right\}$$

或

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{k_2}{k_1} \qquad (5)$$

这一结论是根据河川是直向的假设推出的，如果河川稍有弯曲，我们还是可以近似把它当作直线而利用上述数学模式。如果河川的弯曲系数较大，在下列两组条件下，它还是能够应用的。其一，河川虽弯曲，但河段两端相对趋直，这时，可以把要求的 x、y 的长度看作是在直线上的距离。其二，河段全部弯曲，但与水运相较，陆运的距离很短，这样，我们也可以把 x、y 代表的很短的河段近似地看作是直向，而不影响上述数学模式的利用（图 49）。

以上推论在数学上只是近似的，但它对于交通布局规划工作却是有价值的。

例如：已知水陆运费为 1：2，二地距河为 10 及 20 公里，两地对应河段长 100 公里，求合理利用水运距离。

解：因$\sin\alpha=\sin\beta=\frac{1}{2}$，故$\alpha=\beta=30°$

x=tg30°×10=5.8 公里

y=tg30°×20=11.5 公里

合理利用水运距离为 100-5.8-11.5=82.7 公里

4.为众多小经济据点服务的线路走向

适用于多经济点作条带分布的交通选线。以矿区干道为例。矿床呈带状分布，其上分布若干矿井，今欲沿此矿带修一直向公路为各矿井服务，问其作何走向，才能使各矿井距该路总的距离最短（图 50）。

将矿井 i（i=1，2…n）的位置划在平面坐标上（x_i，y_i），又假定规划路线的合理走向为 $y=a_0+a_1x$。

由于每个矿井位置与未来公路有一定距离，设此距离垂直于 y 轴之长为 ε_i，于是 $a_0+a_1x_i-y_i=\varepsilon_i$。

今各矿井至规划公路之最短距离为 r_i，而 $r_i=\varepsilon_i\cos\theta$，且 $r_i\leq\varepsilon_i$。故欲求$\sum_{i=1}^{n}r_i$最小，只要求$\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i$最小即可满足。

由于 ε_i 有正负之别，为免其相互抵消，我们取其平方和的最小值，此时

$$R=\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2=\sum_{i=1}^{n}(a_0+a_1x_1-y_i)^2 \qquad (1)$$

为使 R 有最小值，必须求其对 a_0 及 a_1 的微分，并令其等于零：

$$\left.\begin{aligned}\frac{jR}{ja_0}&=2\sum_{i=1}^{n}(a_0+a_1x_i-y_i)=0\\ \frac{jR}{ja_1}&=2\sum_{i=1}^{n}(a_0+a_1x_i-y_i)x_i=0\end{aligned}\right\}$$

方程组（1）中，二式以 2 除之并展开：

$$\left.\begin{aligned}\sum_{i=1}^{n} a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_1 x_i - \sum_{i=1}^{n} y_i = 0 \\ \sum_{i=1}^{n} a_0 x_i + \sum_{i=1}^{n} a_1 x_i^2 - \sum_{i=1}^{n} x_i y_i = 0\end{aligned}\right\}$$

即

$$\left.\begin{aligned}a_0 n + \sum_{i=1}^{n} a_1 x_i = \sum_{i=1}^{n} y_i \\ \sum_{i=1}^{n} a_0 x_i + \sum_{i=1}^{n} x_i^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i y_i\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

式（2）即最小二乘方直线标准方程组的最后形式。

例如：五个工厂沿河一岸分布，其坐标位置：厂$_1$（-2，0.5），厂$_2$（0，1），厂$_3$（1，1.5），厂$_4$（2，2），厂$_5$（4，3）。今欲敷一为各厂服务的煤气管干线，问作何走向，才能使未来煤气管支线总长最短？

解：将计算结果列成表 59。

表 59

厂$_i$	厂$_1$	厂$_2$	厂$_3$	厂$_4$	厂$_5$	$\sum_{i=1}^{5}$
x_i	-2	0	1	2	4	5
y_i	0.5	1	1.5	2	3	8
x_i^2	4	0	1	4	16	25
x_iy_i	-1	0	1.5	4	12	16.5

解方程组　　$5a_0+5a_1=8$

$5a_0+25a_1=16.5$

得　　$a_0=1.175$　$a_1=0.425$

故煤气管干线之走向为 $y=1.175+0.425x$

四、交通站点的区位选择

（一）最优位置的一般理论

这类问题的一般提法，是在分散经济点已知的条件下，定出集中经济点的最优位置。作为纯理论探讨，可以先不考虑已有通道的分布和地物的阻障。在经济点众多的情况下，往往采用非线性极值法配合电子计算机解决具体问题，效果最好。

设某油田有 P_1，P_2，…P_n 个居民村，今欲规划一个行政服务中心，为各居民村服务。各村人口数分别为 q_1，q_2，…q_n。问该中心区于何处，能使未来的联系最为方便，即总的人公里数最小？

我们设 Z 点（图 51）为理想中心的位置，并设 r_1，r_2…r_n（公里）为各居民村到达该中心的距离。于是，总的人公里数

$$S=\sum_{i=1}^{n} q_i r_i \qquad (1)$$

再以（X_i，Y_i）表示居民村 P_i 的坐标，以（X，Y）表示 Z 点的坐标。则各村到达中心之欧几里德距离

$$r_i=\sqrt{(X-X_i)^2+(Y-Y_i)^2} \qquad (2)$$

于是

$$S=\sum_{i=1}^{n} q_i\sqrt{(X-X_i)^2+(Y-Y_i)^2} \qquad (3)$$

求其最小值，必须满足

$$\left.\begin{aligned}\frac{jS}{jX}&=\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}(X-X_i)=0\\ \frac{jS}{jY}&=\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}(Y-y_i)=0\end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

方程组（4）的精确解，我们无法求出，但可用

$$X^{(k+1)}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i r_i}{r_i^{(k)}}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i^{(k)}}}，\quad Y(k+1)=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i Y_i}{r_i^{(k)}}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}} \qquad (5)$$

累次逼近求其近似解，借助于计算机亦不难得出。

我们也可借用静力类比法确定 Z 点在平面上的位置（图 52）。

以标有各居民村位置的地图贴于水平模拟板上，每个 P_i 钻一小孔，各用等长均匀的线穿过，其下各系以与该村人口相对应的砝码。板面上一端的线头共同联成小结。在板面或各小孔的各线的摩擦阻力相等，而且可以忽略不计条件下，将各线自由释放后，小结就标出了 Z 点的位置。

结果的正确性不难用力学证明。作用于小结的每一个力 $\overrightarrow{F}=\frac{q_i}{r_i}\overrightarrow{ZP_i}$，再根据静力学平衡方程，当整个力系处于平衡时

$$\sum_{i=1}^{n}\overrightarrow{F}=\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}\overrightarrow{ZP_i}=0$$

于是沿 X 轴及 Y 轴方向的分力亦必为零，即

$$\left.\begin{aligned}\overrightarrow{F_x}&=\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}(x-x_i)=0\\ \overrightarrow{F_y}&=\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r_i}(y-y_i)=0\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

由于方程组（6）与方程组（4）是相同的，故证明了模拟板上小结的位置，就是规划中心的最优位置。

上述中心站布局问题的数字模式和模拟解法，在我国五十年代末大搞数学结合实际时曾有人提出应用。如青海师范学院数学系就曾根据某地油井的分布和产量，用此法选定储油罐的合理位置。[①]在国外，波兰科

[①] 青海师范学院数学系运筹组：“场站布局的一个数学问题”，《数学通报》，1962 年，12 期。

学院数学研究所曾以此种方法根据电话分局来选定电话总局的最佳局址。[②]美国某咨询公司根据医院分布确定最优血库位置等。[③]此外，我们可以根据煤井的分布选定集煤站或洗选场，考虑建筑群和人口的分布来规划公园或百货商场的位置，以田块分布确定打谷场或根据打谷场的位置和容量选定粮食仓库的地址等。

（二）棋盘道路系统中的站点布局问题

上面介绍的一般的站点布局问题中，是把分散点至集中点的距离考虑为最短直线距离，如果在规划站点时，道路系统已经形成或确定了，而且是棋盘（方格）式的，则这类布局的数学问题可根据毕德哥拉定义平面上的距离。这时，各分散点至集中点总的客运人公里数

$$S=\sum_{i=1}^{n}\left[q_i|X-X_i|+q_i|Y-Y_i|\right]$$

$$=\sum_{i=1}^{n}q_i|X-X_i|+\sum_{i=1}^{n}q_i|Y-Y_i| \qquad (1)$$

再令 $S=S_x+S_y$，其中

$$S_x=\sum_{i=1}^{n}q_i|X-X_i|$$

$$S_y=\sum_{i=1}^{n}q_i|Y-Y_i|$$

为使 S 极小，可分别求 S_x 及 S_y 之极小。

先对 S_x 讨论。将上式的 Xi 看作离散分布的随机变数，qi 看作概率分布函数。再将 X_i 排成序列，使 $X_1\leq X_2\cdots X_k\leq X_{k+1}\cdots X_{n-1}\leq X_n$。再设 $X_k\leq X\leq X_{k+1}$，于是

$$S_x=\sum_{i=1}^{k}q_i(X-X_i)+\sum_{i=k+1}^{n}q_i(X_i-X)$$

求 S_{xi} 极小，应使

$$\sum_{i=1}^{k}q_i\approx\sum_{i=k+1}^{n}q_i\approx\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}q_i$$

所以，x 应是带权 q_i 的 x_i 数列的中位数，即

$$x=x_m$$

同理 $$Y=Y_m$$

举例：在一棋盘街道系统城中，已设三个水果销售店，其坐标位置为（1，7），（3，2），（6，3），各自年需水果数 300、100、200（吨）。水果按 2：1 由火车和轮船运入，车站位置为（2，1），码头位置为（5，4），今拟建一果品栈供应之，求其最适宜地点。

解：将销售店、车站、码头均看作货运单位。并令 X_i，Y_i 按其数值

---

② J.Lukaszewicz：“波兰应用数学中若干结果的概述”，《数学进展》，6 卷 1 期，1963 年。

③ Wayne C.Turner：Introduction to Industrial and Systems Engineering，Oklahoma State University，1979.

大小和权数 q_i 排成新的数列 X_j，Y_j（j=1，2，…N），于是

$$\sum_{i=1}^{n} q_i = N$$

本例中，如运量单位为百吨，则 N=（3＋1＋2）×2=12

表 60

X_i	1	2	3	5	6	Y_i	1	2	3	4	7
q_i	3	4	1	2	2	q_i	4	1	2	2	3
$\sum_{j=1}^{N} X_j$	3	7	8	10	12	$\sum_{j=1}^{N} Y_j$	4	5	7	9	12

由表 60 可知 N=12，为偶数，故得

$$X_m = \frac{1}{2}(X_{\frac{N}{2}} + X_{\frac{N+2}{2}}) = \frac{1}{2}(2+2) = 2$$

$$Y_m = \frac{1}{2}(Y_{\frac{N}{2}} + Y_{\frac{N+2}{2}}) = \frac{1}{2}(3+3) = 3$$

故得果品栈最优座标位置为 Z（2，3）。

由于中国目前的城市街道系统大多是棋盘式的，农村的田间道路亦基本上是方格形的，可以认为，棋盘方格式线网的车站布局问题虽是用分散经济点求集中经济点一般模式的一个特例，但从应用而言，却是一个有价值的推广。

（三）固定线路上的站场最优位置

上述方法只适用于分散的经济点已知条件下，按距离或吨么里最小确定集中经济点的最佳位置，这个位置可能落在平面任意点上。然而，在有些场合下，集中点必须分布在一定的线路上。例如，在铁路线已成或已定条件下，选择线上的客货运站；在公路线上，根据人流量分布选择汽车站；在通航河川上选择码头等等例子，均属固定线路上的最佳站址问题。

1.当线路为曲线时的一般模式

在一般的固定线路上（河段、铁路线段…）选择货运车站（或码头等），其位置应根据货运单位的分布、运量、运费和运输方向等因素来确定。下面我们根据总运费最低的原则来建立该问题的数学模式。

将规划地区的地图标上平面坐标系，如图 53。设一条铁路走向是宽曲的，并使其通过零点，从零点至 C 点是规划路段的曲线轨迹，以 X 的函数表之。即 ρ=Φ（X）。在曲线上 A_i 与 B_i 间的最佳站址为其曲线上的 Z 点。Z 站腹地的货运单位为 P_i（i=1，2，…，n），其坐标为（X_i，Y_i），其运量为 Qi，而 $Qi=q_ia+q_ib$，其中 q_ia 为运往 A_i 方向的货运吨数，q_ib 为运往 B_i 方向的货运吨数。而车站 A_i 与 B_i 分别在零点和 C 点之外。零点至 A_i、B_i 的实际距离分别为 a_i、b_i。又知汽车与铁路的运费率为 E、e（其中 E＞e）。

于是，总运费

$$S=\sum_{i=1}^{n} EQ\sqrt{(x-x_i)^2+\left[\Phi(x)-y_i\right]^2}$$

$$+\sum_{i=1}^{n} eq_i a\left[\int_0^x \sqrt{1+\Phi'(x)^2}dx+ai\right]$$

$$+\sum_{i=1}^{n} eq_i b\left[b_i-\int_0^x \sqrt{1+\Phi'(x)^2}dx\right] \qquad (1)$$

取 S 之极小，即对 X 微商并令之等于零：

$$\frac{ds}{dx}=\sum_{i=1}^{n} EQ_i \frac{(x-x_i)+\left[\Phi(x)-y_i\right]\Phi'(x)}{\sqrt{(x-x_i)^2+\left[\Phi(x)-y_i\right]^2}}$$

$$+\sum_{i=1}^{n} eq_i a\sqrt{1+\Phi'(x)^2}-\sum_{i=1}^{n} eq_i b\sqrt{1+\Phi'(x)^2}=0$$

显然，$|\sum_{i=1}^{n} q_i a-\sum_{i=1}^{n} q_i b|$为已知常数，令其值为K（$0\leq K\leq\sum_{i=1}^{n} Q_i$），

于是上式可写成：

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i \frac{(x-x_i)+\left[\Phi(x)-y_i\right]\Phi'(x)}{\sqrt{(x-x_i)^2+\left[\Phi(x)-y_i\right]^2}}=\frac{e}{E}K\sqrt{1+\Phi'(x)^2} \qquad (2)$$

解微分方程式（2），可得出合理的车站（或码头）位置横坐标 X，再将 X 代入 ρ=Φ（x），则得车站（或码头）的纵坐标。

无论 ρ=Φ（x）的具体内容如何，式（2）都可能只有逼近解。因而，在具体运用该式时，规划设计部门应请数学工作者帮助。

上式应用不便，但根据特殊情况的逐次讨论，（1）式被逐步简化而便于应用。

2.当路段为直线时的特殊模式

如果现状或规划线路（铁路、河段）是直的或弯曲不大，以致能近似以直线表示（小区域站港布局中多数符合此条件）。这时，我们把地图上的河流与横坐标轴 X 重合。根据以上前提 ρ=Φ（x）≈0。相应函数的微商Φ′（x）≈0，Φ′（x）^{2}≈0，于是，将式（1）微分方程化简成

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i \frac{x-x_i}{\sqrt{(x-x_i)^2+y_i^2}}=\frac{e}{E}K \qquad (3)$$

解出此方程的 X，即得到车站（或码头）的最佳位置（Y=0）。

3.当线路为直线，又只考虑短途运输的简化模式

这里对$\frac{e}{E}$K的值进行讨论。前已假设$K=\sum_{i=1}^{n}|q_i a-\sum_{i=1}^{n} q_i b|$，并在$0\leq K\leq\sum_{i=1}^{n} Q_i$的范围内变化。即说明上述（1）、（2）两模式均将短途运输（汽车）和长途运输（铁路、水运）的方向与运输一并考虑在内。如果规划车站（或码头）为一始点（或终点站），就与车站（或码头）

一方有货运往来，则$K=\sum_{i=1}^{n} Q_i$。另外如果规划车站（或码头）位于路段中任一点，两方货运量相等，则$K=\sum_{i=1}^{n} q_i a-\sum_{i=1}^{n} q_i b=0$。在实际交通分布中车站（或码头）货运特点如上述两种情况的均不多见。最多的是处于上述二情况之间，使接近于 K=0。用数学语言表述：如果 K→0，$\frac{e}{E}<1$，必然$\frac{e}{E}K\to 0$更为充分了。此情况类似于前述规划一个城市分散货运点的布局问题，则对外运输的两个方向便失去意义，亦即假定两方货运量接近相等。用经济地理术语来说，上述条件就是进行车站（或码头）选址时，只考虑规划区内各货运单位的小布局，不考虑整个线路各车站（或码头）的大布局，只考虑车站（或码头）直接腹地，不考虑联合腹地。总之，是在$\lim_{k\to 0}\frac{e}{E}K=0$时，上式（2）就可写成为

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i \frac{x-x_i}{\sqrt{(x-x_i)^2+y_i^{\,2}}}=0 \qquad (4)$$

（4）式基本上可成为在小地区内根据与车站发生直接关系的货运单位的布局，来选定车站（或码头）位置的模式，此式与（1）、（2）式比较，除其形更简化外，式（3）减少了一个参数，并且运费率亦不起作用了。式中体现了总吨公里数最小来代替总运费最小。

下面提出一个（4）式的模拟解法。

准备一块矩形平板（图 54），将标有各货运单位位置的地图贴在板上，最好使线路段与 X 轴重合，横放在中央，然后再用透明纸描一张已贴在板上的地图。制成后，绕 X 轴旋转 180°，这样，我们便同时能看到原图的货运单位坐标（黑点）和翻转的对应货运单位坐标（白点）。显然，黑点与白点对应于 X 轴是对称分布的。然后，把每个点（黑点与白点）钻一小孔，用等长的线穿过之，其下系以各货运单位运量相适应的砝码，其上共挽一小结。放手小结静止后，小结 Z 便标出了车站（或码头）的合理位置。

根据力学概念即可证明上述结果的正确性。

作用于小结 Z 的 2n 个力，当系统处于平衡时，则

$$\xrightarrow[F]{} = \sum_{i=1}^{2n} \frac{Q_i}{r_i} \xrightarrow[P_i]{} Z = 0 \qquad (5)$$

$$(r_i=\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2})$$

于是沿 X 轴方向和 Y 轴方向的分力亦必为零，即

$$\left.\begin{aligned} \vec{F}_x &= \sum_{i=1}^{2n} \frac{Q_i}{r_i}(x-x_i)=0 \qquad (a) \\ \vec{F}_y &= \sum_{i=1}^{2n} \frac{Q_i}{r_i}(y-y_i)=0 \qquad (b) \end{aligned}\right\}(4)$$

由于制作模型已使 $Q_i=Q_{n+i}$，$r_i=r_{n+i}$，$y_i=y_{n+i}$ 且（4）b 可写成

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{Q_i}{r_i}(y-y_i)+\sum_{i=n+1}^{2n}\frac{Q_{n+i}}{r_{n+i}}(y-y_{n+i})=0$$

故 $$\sum_{i=1}^{n}\frac{Q_i}{r_i}(y-y_i)=-\sum_{i=1}^{n}\frac{Q_i}{r_i}(y+y_i)$$

因得 Y=0，代入（4）a 得

$$\sum_{i=1}^{2n}Q_i\frac{x-x_i}{\sqrt{(x-x_i)^2+y_i^{\ 2}}}=0$$

再由于 $X_i=X_{n+i}$，故得

$$\vec{F}_x=\sum_{i=1}^{n}Q_i\frac{x-x_i}{\sqrt{(x-x_i)^2+y_i^{\ 2}}}=0 \qquad (6)$$

由于式（6）与式（4）相同，故证明了小结 Z 所标的坐标即为最佳车站（或码头）地址。

4.棋盘道路系统内的内河码头选址问题

这里只考虑在Φ（x）≈0及 $\lim_{k\to 0}\frac{e}{E}=0$的情况下，即大致适应于在小地区，根据直接腹地规划码头的情况。

此时，总的吨公里数

$$S=\sum_{i=1}^{n}Q_i|X-X_i|+\sum_{i=1}^{n}Q_i|y_i|$$

S之极小，等式右两项分别之极小和$\sum_{i=1}^{n}Q_i|y_i|$为一常数项，对X取一次微商为0。当X为带权Q_i的X_i的中值X_{me}时，$\sum_{i=1}^{n}Q_i|X-X_i|$的值极小，故合理码头之横坐标 $X=X_{me}$。

第七章　铁路的地理研究

铁路是近代机械动力应用于交通运输最早的部门之一，也是现代综合交通运输系统中重要的运输方式。在许多国家，如苏联、印度等大国，铁路成为交通运输的主导部门。在我国，全国主要城市、工业区之间的物资交流和旅客交往，其主要承担者也是铁路。故而在部门交通运输地理研究中，铁路居于当然的首位。

铁路运输的主要生产资料是：①铁路线路和沿线的各种车站；②铁路机车车辆及其维修与整备设施，如机务段、车辆段等；③铁路信号、集中、闭塞及通讯设备等。上述技术设备的有机结合，在一定的行车组织方法下，通过铁路员工的劳动，形成铁路的运输能力，它一般以通过能力或输送能力来表示。

铁路的地理研究，应着重于线路、机车和站场同自然和经济环境的关系，以及它们空间组合的社会经济基础和技术经济要求。为此，应首先介绍一下世界和中国铁路网发展和分布的概貌。

一、铁路网的发展和分布

（一）世界铁路网的发展过程

铁路交通不仅是大陆上最强力的运输方式，而且是各国经济发展的重要标志。由于蒸汽机车的发明，早在十九世纪二十年代，铁路已正式出现于世界交通事业中。上世纪中叶以后，由于资本主义的高度发展，铁路网大量扩展。之后，随着资本主义向帝国主义过渡，铁路网的增长变得缓慢下来。第一次世界大战后，资本主义进入总危机的第一阶段，这种趋势就更为明显。

列宁曾尖锐地指出：“铁路网的分布，这种分布的不平衡，铁路网发展的不平衡，就是全世界现代资本主义即垄断资本主义的总结。”[①]在帝国主义时期以前，铁路基本上集中于各资本主义国家；殖民地、半殖民地国家基本上没有铁路。但到了帝国主义时代，与发达资本主义国家铁路建设停滞的同时，殖民地、半殖民地铁路网在继续增长。这是因为大量的资本输出和商品输出，要求铁路作为其投资对象和掠夺工具。列宁对此点曾有精辟分析，他说：“在亚洲和美洲殖民地及其他国家建筑20万公里的新铁路，就等于在特别有利的条件下，在收入有特别的保证、铸钢厂可以获得厚利定货等等的条件下，新投入四百多亿马克的资本。”[②]值得注意的是，第一次世界大战后，殖民地、半殖民地铁路的增长，也因资本主义总危机和经济危机的加重而降低下来。如果除去新兴的社会主义国家，则自1913年到1950年，资本主义世界平均每年铁路长度只增长三千公里。

第二次世界大战以后的年代，由于民族独立运动的高涨和民族经济的发展，发展中国家的铁路网有所增长，再加上苏联和东欧铁路交通的

[①] 列宁：《帝国主义是资本主义的最高阶段》，第6页，人民出版社，1974年。

[②] 列宁：《帝国主义是资本主义的最高阶段》，第88页，人民出版社，1974年。

加强，全世界的铁路网达到了今天的约 130 万公里。但是，发达的资本主义国家自三十年代以来，铁路的长度不仅没有增加，而且是逐年减少。大量拆除铁路的国家有美、英、法、联邦德国、意大利、比利时等国。如美国六十年间铁路的营业里程减少 9 万多公里，其它国家也分别减少了 2～3 千公里。铁路减少的主要原因是：①社会生产发展缓慢，铁路设备利用不足；②有些线路是自由竞争下盲目修筑的、运量小而无存在价值；③在其它运输方式、特别是汽车和航空的竞争下，处于被动地位；④原吸引范围资源枯竭或工业区转移。

全世界铁路网在不同阶段的长度，其概略数字如表 61 所示：

表 61　世界铁路网的变化

时　　期	里程（万公里）
十九世纪末	60
二十世纪一十年代	103
二十世纪三十年代	122
二十世纪五十年代	117
二十世纪七十年代	130

（二）世界铁路网的地理分布

铁路在世界各地的分布，是不同社会制度国家在历史上形成的。必须指出，决定铁路网发展和分布的主要因素是各国各地区经济发展的水平和生产力的地域组合状况。自然条件和技术进步只能促进或阻碍其发展的进程和分布的形成。

从世界范围来看，铁路网主要集中于北美和欧洲。三个最大的铁路系统是：①北美系统，包括美国和加拿大南部地区，其铁路网的长度占全世界铁路总里程近三分之一；②西欧系统，包括西欧、北欧和西南欧各国，路网联系密切，英国和北欧国家亦可与整个系统跨海轮渡连接，线路长度占世界近六分之一；③苏联东欧系统，包括苏联和东欧各国，形成半封闭体系包揽欧亚大陆腹地，线路长度占世界近六分之一。世界上绝大部份经济发达的国家，均处于上述三大系统内。

其它三分之一强的铁路网，则分散在世界其它各地，其中最重要的是：①日本列岛的铁路网；②中国大陆东部铁路网；③南亚（印度、巴基斯坦、孟加拉国）铁路网；④澳大利亚东南部铁路网；⑤非洲南部铁路网；⑥阿根廷经济重心地区奔巴斯铁路网；⑦巴西东南部以里约热内卢和圣保罗为核心的铁路网。世界上其它广大的地区，则现代化的铁路网或者根本没有，或者只是在形成的初级阶段。

从线网的地域分布类型来看，世界上不同类型的国家也各有不同。苏、美两个大国，不仅经济实力雄厚，而且国土广大，地区差异大，因而铁路网中全国性超级干线地位突出，线网的框架明显。苏联以莫斯科为中心，通往白俄罗斯、乌克兰、外高加索、列宁格勒、欧俄北部和乌拉尔的干线以及西伯利亚铁路、土西铁路等，美国横贯东西的八条以铁路为主的运输走廊、以及纵贯南北的三条运输走廊，均属于铁路网的框架超级干线。经济较发达各国，大多国土狭小、人口密度高，全国工商业普遍发达。故而干支线分异不明显，铁路网稠密，第二线、平行线、

联络线发育，中小枢纽众多。单依领土而论，世界上铁路密度最大的国家，皆是一些经济较高发展的小国，如比利时、瑞士、民主德国。广大发展中国家，除极少数如南斯拉夫、阿根廷和乌拉圭外，还未能形成完整的全国铁路网。发展中国家由于历史上属于帝国主义者的殖民地、半殖民地，铁路网的形成可划分为三个阶段，各有其典型的地域分布类型。第一阶段为孤立的港口——腹地线或沿海联络线。这是帝国主义者通过海口，向殖民地或保护国运入商品、运出原料的孔道。目前非洲的大部分新兴国家，还依然保存下来这种类型的铁路。第二阶段形成简单的树枝状线网。这是为了扩大线路腹地的必然步骤，因而能吸引外国人的投资。目前的巴西、泰国、埃及等，还基本上维持了这种类型的路网。第三阶段形成全国性相互连通的线网。铁路开始摆脱单纯为进出口服务，而成为民族经济的动脉。只有靠本国自己的力量，才能最终实现。中国、印度、墨西哥正处在这一过程中，但均须作出更大努力才能使线网进一步完善。

研究各国铁路网的地理分布，线网密度是一个被广泛引用的指标。如在第二章所指出的，由于各国面积大小、人口多少和运量规模的巨大差异，单纯的面积或人口平均铁路长度指标并不能充分说明问题，综合的铁路密度指标也只有相对意义。这首先是因为，许多国家、特别是幅员广袤的大国，其各地区铁路密度差别很大。如美国的东北部城市化和工业集中区平均每百平方公里有铁路 9 公里以上，而西部山区仅 2.3 公里。因此，不能简单地得出美国的铁路网密度远低于欧洲一些国家的结论。

表 62 为按面积、人口、面积和人口三种指标，计算出的一些国家的铁路网密度。表内 L 代表铁路网长度（公里），S 代表领土面积（百平方公里），P 代表全国人口数（万人）。

表 62　主要铁路国家 1978 年铁路网密度

国　　名	LS	LP	$L/\sqrt{SP}$
美国	3.33	14.30	45.29
苏联	0.63	5.40	7.63
联邦德国	11.50	4.65	39.05
英国	7.35	3.21	36.91
法国	6.24	6.41	54.04
日本	5.72	1.85	6.56
南斯拉夫*	3.90	4.64	23.69
印度	1.85	0.96	4.63

*1975 年资料

苏、美两个大国，按面积计算，其铁路密度不高；但按人口平均，美国铁路密度已超过比利时，仅逊于加拿大、澳大利亚等地旷人稀的国家；按人口平均的铁路密度，苏联也居于较高水平。一些经济较发达国家，三种密度指标均具有较高水平。发展中国家南斯拉夫和印度，属于该类国家中铁路密度最高的少数国家之列。但比起前两类国家，还是大为逊色。大多数新近独立的国家，其按面积或人口计算的铁路密度，多在 1 以下。所以，铁路网在世界范围内分布的不平衡，是短期内无法改

变的事实，它在一定程度上反映了当前世界上东西方、特别是南北方的经济差异和矛盾。

二、铁路分级与线路形成的自然和技术经济条件

（一）铁路的分级

为了建设和经营的方便，世界各主要铁路国家均将其路网内的铁路线分为若干级别。如美国一级铁路（占铁路总运量 99%）分为 A 类干线、潜在 A 类干线（能力过剩的干线）、B 类干线、A 类支线、B 类支线、重要军事线六级；日本国铁分为四个等级，另有设备最现代化的高速线路——新干线。总之，铁路分级的主要标准为：货运密度、客车对数和列车速度。根据上述要求，规定相应的线路、站场、牵引动力和运输指标。

我国参照苏联的分级方法，按铁路在国家经济中的性质和一般分级标准，分为三个级别：

Ⅰ级铁路为国家干线，在全国铁路网中起骨干作用，货运密度每年超过 600～800 万吨公里/公里，旅客列车高速运行的技术速度可达 100～160 公里/时，每昼夜通过大于 7 对（包括长途和区间列车）。

Ⅱ级铁路为区域铁路网干线，货运密度不小于 300 万吨公里/公里，旅客列车每昼夜通过 3 对以上。

Ⅲ级铁路为地方性铁路线，货运密度小于 300 万吨公里/公里。

（二）线路平面和纵断面及其与地形的关系

建筑一条铁路，首先必须选定适宜的路线，称为铁路选线。路线就是在路基顶肩的平面上所作的铁路中心线。它决定着线路在平面上和纵断面上的位置。

1.线路平面

铁路设计首先要求在平面上走向趋直，以节约投资，降低运费。但由于地形、水系、自然灾害（如地震、滑坡、塌方等）、土质和地物条件的限制，不可能全是直线，所以铁路线的平面总是由直线和曲线共同组成。

在平面上有了曲线后便产生了新的问题。当机车车辆在曲线上运行时，趋向于切线方向，车轮轮缘紧靠外轨的内侧行驶，给机车车辆的运行造成了一种附加的阻力，称为曲线阻力。曲线半径愈小，曲线阻力愈大。为了保证列车运行速度和行车平稳，各国对铁路最小曲线半径，均有规定，如我国对铁路最小平曲线半径规定为（米）：

铁路等级	一般地段	困难地段
Ⅰ	1，000	400
Ⅱ	800	400
Ⅲ	600	350

在准备行驶 140～160 公里/时的高速旅客列车的铁路上，平曲线半径不应小于 1，000～1，500 米。从有利于行车速度和平稳而言，平曲线半径愈大愈好，一般是在 1，000 米以上，但最大为 4，000 米，超过则

不宜再设曲线。

直线与圆曲线间一般不是直接相连，而是设一段半径由无穷大逐渐变化到与圆曲线半径相等的缓和曲线。缓和曲线对保证列车平稳、避免轮轨撞击、改进运营条件有重要作用。

用一定的比例尺把路线的直线和曲线、公里桩号、分界点位置、铁路线两侧的地面情况等表示出来的图纸，称为铁路线平面图（图 55）。

2.线路纵断面

由于地形的关系，线路不可能完全水平，坡道与平道组成了铁路线的纵断面。沿已定的路线把大地铅直剖开并展平，绘出地面起伏情况，并把路线在铅直面上的位置表示出来的图纸，称为铁路线纵断面图（图 56）。

铁路线的坡度以千分率（‰）表示。如铁路线段两点水平距离 l 为 2，000 米，高度差 h 为 8 米，则坡度 i 为：

$$i=\frac{h}{l}=\frac{8}{2，000}=4‰$$

如列车重量以吨计，则每吨坡道阻力 W_i 为：

$$W_i=\frac{4}{1，000}\times 1，000=4\text{公斤}$$

可知，千分率的坡度数即等于一吨重量爬上这个坡度的坡道阻力的公斤数。

在某一区段中，限制一台某一类型机车所能牵引的最大列车重量的坡度，称为限制坡度。它影响着一个区段以致全铁路线的运输能力。一般应从满足通过能力的要求和节约土方工程费用两方面来确定限坡。

我国在平原区一般采用 4‰至 6‰的纵坡，丘陵和山地则较高。按我国规定，蒸汽和内燃牵引的限坡为 12‰，电力牵引为 15‰，超过限坡，可采用双机车牵引。我国铁路的最大限制坡度为（‰）：

铁路等级	一般地段	困难地段
I	6	12
II		12
III		15

坡道同坡道或平道之间的交点称为变坡点。为使列车运行平稳安全，当两坡道代数差为 3‰及以上时，则两坡道以竖曲线来联结。

3.地形与铁路选线

对于铁路选线而言，地形是自然条件中的主导因素，因为它对线路的坡度、弯度以及相应的工程量，影响巨大。

按照行经地形的部位，铁路线段可以分为：

河谷线：线路沿河而行，经由河流阶地上，在个别情况下经由河漫滩或老河床以及河岸陡坎上。

分水岭线：线路沿分水岭选定。

山坡线：在河谷线和分水岭线之间确定线路走向。

越岭线：线路越过分水岭，一般将垭口作控制点，然后确定两侧下坡的引道。

在不同的地形单元，可采用各种手法，来确定出线路的方案，以求在自然条件上有利、技术上可能、经济上合理。

（1）平原区：地势平坦，一般限制坡度大于地面天然坡度。故平原区选线最重要任务是尽量取直线路，以缩短总长，降低运费和造价。为了绕过湖泊、沼泽和村镇等，需进行展线，但一般是简单的展线。展线时应使线段同基本方向的夹角，即偏角最小，才能使线路延长最短。平原区的河谷线和分水岭线均属有利。前者一般阶地宽广、排水良好，后者经由地区坡度不大，同支流相交桥涵少而孔径小。但土基强度是平原区线路应共同注意的问题。

（2）丘陵区：地面起伏较大，一般限制坡度与天然坡度接近。在丘陵区往往用下述两种方式之一进行选线：①采用展线或套线（偏角较大的连续展线）来避开高程较大地段：②以土石方工程克服局部高程障碍。由于丘陵区分水岭起伏大，且常有低垭口穿插其间，故分水岭线的优点大为减少，而河谷线一般是有利的，但考虑到少占农田，山坡线亦值得考虑。平原区河谷线在陡岸有利，丘陵区则在缓岸往往有利。

（3）山地区：地势崎岖，峰峦纵横，选线时限坡要小于或大大小于地面常出现的自然坡度。山区修筑铁路必须将展线（或套线）和大量土石方工程结合起来，即将敷置各种弯道和修筑路堤、路堑、桥隧等巧妙结合起来，才能满足经济和国防对线路的要求。多山地区，分水岭线已属不可能。河谷线一般说是通过纵坡最小地区，可以减少所克服的高差之和，缺点是河谷过分弯曲和谷底宽度不足，但此点可用增辟隧道和桥梁来解决之，如丰沙线桥隧占全线总长的三分之一，成昆线的一些区段（达五分之二）。山区的山坡线是河谷线的补充。一般在山坡平缓、少横向河谷、山峡的切割、有稳定的基岩（避免塌方、滑坡等）下采用；同时，应尽量利用天然的台口。山地的越岭线工程最为困难，因之在选线时首先要确定越岭垭口，然后两侧采用展线、套线办法使其在垭口相接。有时必须与展线同时，作双机或电力牵引的设计，甚至开挖深路堑或长隧道，才能通过。

在地形困难的丘陵区、特别是山区，往往限坡增大，工程费减少，而运营费增加，故找出换算工程和运营费最小的经济限坡，极为重要。同理，困难地形条件下，曲线半径减小往往可减低工程造价，但却导致运营费增加，也存在着换算工程和运营费为最小的经济最小曲线半径。根据对某山区 3，000 余公里干支线进行的分析研究，得出蒸汽牵引经济最小曲线半径如表 63。

表 63　经济最小曲线半径

地　形 运量（万吨）	丘陵地区	一般地区	困难山地
300	300～250	300～250	250～200
600	350～300	300～250	250～200
800	350～300	300～250	250
1，000	400～350	300	250

（三）路基和桥址

1.路基横断面

路基是敷设上部建筑的基础，它应坚固而稳定，以保证列车按规定

荷重高速运行。软土、粉沙路基，经由各种自然灾害地段的路基，须作专门的工程处理。

路基分为：高于地面、由填方而成的路堤；低于地面、由挖方而成的路堑；以及与地面等高、无须填挖的零点断面（图 57）。

在山地，因地势关系，路基有时形成一个填方边坡的半路堤；有一个挖方边坡的半路堑；或一部分为路堤而另一部分为路堑的半路堤半路堑。

用垂直于路基纵向中心线的平面，将路基截成的横断面，称为路基的横断面。在路基横断面上，连结路基两侧顶肩的直线与轨道中心点所作垂线的交点，即为路基横断面上的路线点。路线就是各个路基横断面上路线点的轨迹。

当路基为路堤时，其横断面的主要组成部分有路基顶面、边坡、护道、取土坑或纵向排水沟。路堑的横断面则有路基顶面、侧沟、边坡、隔带（包括挡水埝及外沟）、弃土堆及截水沟。

为有利于排水，单线路基的顶面应做成梯形，高 0.15 米，下底则为路基顶面的宽度。双线路基的顶部，应做成高 0.2 米的等腰三角形。道床与路基顶面相接之处到路基顶面边缘的部分称为路肩，其宽度不应小于 0.4 米。路基顶面宽度视土质类别而异，一般Ⅰ、Ⅱ级单线为 5.6 米，复线为 9.8 米，在曲线部分按规定在外侧加宽。

路基边坡的陡度，由边坡的高度与坡底（边坡在水平面上的投影）长度之比来确定。最常用的是 1：1.5 的边坡。

2.桥梁种类

为使铁路通过河流、峡谷和其它道路，需要架桥梁、设涵洞，在城市中还有铁路和城市道路的立体交叉。铁路在山区经常采用隧道通过，以代替深路堑和漫长的迂回线路，但在城市中少见。

铁路与江河水流相交处通常修建桥梁，铁路与公路或其它铁路在不同平面上相交时建的桥梁，称为跨线桥。铁路在通过城市居民区的街道时，用以代替路堤的桥梁称为栈桥。在大河浅滩处的桥头用以代替路堤的桥梁，称为引桥。

桥梁由墩台和桥跨两个基本部分组成。墩台分为两端靠河岸的桥台和中间的桥墩。墩台将桥梁分隔成若干桥孔。各个桥孔在洪水位处量得的空间距离之和，是为整个桥梁的孔径，每个桥跨在墩台上两支点之间的距离，称为跨度。整个桥梁、包括墩台在内的总长，是为桥梁全长。

按桥梁的全长，则可将桥梁分为：全长在 20 米以内的小桥；20 米至 100 米的中桥；100 米至 500 米的大桥；500 米以上的特大桥。

墩台上面的桥梁结构物称为桥跨，由金属、钢筋混凝土或石料、木料构成。桥跨将列车通过时的作用力传给墩台。

按照桥跨压力传达于墩台的方式，可将桥梁分为三种：

（1）梁桥：墩台间的空间是用板梁跨越，或在金属桥上用互相铆焊的梁组成的格形桁架跨越，主要是一种垂直压力系。在铁路上，这种桥应用最广，特别适于平原河流和大河的通过。

（2）拱桥：主要承压构件是弧形拱梁，它的末端支撑在墩台上，是一种水平推力系。拱桥是我国传统造桥形式，在石料丰富、跨度不大的桥梁可以采用。近年来，钢筋混凝土双曲拱桥已在我国大力推广。

（3）悬桥：主要承压构件是柔性钢缆或链索，架在桥台柱上，末端固定在岩土内，在荷载作用下形成拉力系。在河流湍急、两岸基岩稳定条件下，可以采用。

3.桥址选择

桥址的选择，应注意一系列自然条件：桥的走向尽量垂直于河道，避免斜桥，使总长最短；为避免冲毁，还应尽可能垂直于主流方向，故最好是选择在主流线同河床方向一致的河段；不宜在河漫滩过宽、分流河中有沙洲的河段设桥；墩台的地基要稳定，避开断层，注意滑塌、喀斯特、流沙等不良地质现象。

对于跨越江河的特大铁路桥梁，其桥位的确定，除对有关水文和地质条件要求更为详尽、严格外，一般更重视其在交通联系方面的意义和区位。而且，应同时满足干线交通和沿江河城市经济发展的双重要求。于是，用多方案比较来从经济上确定桥址，就成为首要的了。

（四）轨道的技术经济特点和布局

线路上部建筑由道床、轨枕、钢轨、联结零件、防爬设备及道岔组成，其强度决定于钢轨类型、轨枕的种类和数量、道床的种类及厚度等因素。

钢轨是线路上部建筑中的重要组成部分，其功用是直接承受车轮压力，传给轨枕，再由轨枕传给道床，并引导车轮运行的方向。钢轨用碳素钢轧成，具有足够的坚硬性和耐磨性，能承受机车车辆的巨大荷重。钢轨的横断面形如工字梁，上部呈圆头形的叫轨头，中部为轨腰，下部为轨底。我国钢轨的标准长度为 12.5 米和 15 米，目前正推行焊接长钢轨。国外已开始采用无缝长钢轨。

轨道的技术经济，应注意以下几方面：

1.轨重

指钢轨每米的重量。根据材料力学试验，增加钢轨尺寸，则重量（面积）与其平方成正比，强度（体积）与其立方成正比，韧度与其四次方成正比。

轨重的选择直接决定于线路的通过列车总重量和列车须要的运行速度。不同的轨重，又要求其它上部建筑如轨枕和道床作相应改变。我国铁路设计中，它们之间的关系可见表 64。

可见，重轨的运输能力远超过轻轨，但其消耗钢材也大得多。我国解放后大力撤换轻轨，并采用 50 公斤/米以上的重轨，不仅提高了铁路通过能力，而且使行车速度大为加快。

2.轨距

指钢轨直线部分两轨头内侧之距离。各国、各地区采用的轨距，互有不同，种类繁多，归纳起来，不外三组：①标准轨铁路，轨距为 1.435 米（或4英尺$8\frac{1}{2}$英寸），占全世界铁路总长四分之三以

表 64　轨重选择的技术经济参数

条件	项目	单位	重型	次重型	中型	轻型
运营条件	线路每年通过往复总运量	百万吨公里/公里	＞30	30～18	18～8	＜8
线路上部建筑	最高运行速度	公里/时	160	140	100	70
	钢轨类型	公斤/米	≥60	50	43	38
	直线上轨枕数量	根/公里	1，840	1，840～1，760	1，760～1，600	1，600
	道碴种类	—	碎石	碎石	碎石，卵石	各种材料

注：较重钢轨须用高级防腐木枕或顶应力钢筋混凝土枕，较轻钢轨则用低级防腐木枕或普通钢筋混凝土枕。

上，我国和世界上大多数国家，均以采用标准轨为主。②宽轨铁路，轨距大于 1.435 米者，苏联、西班牙、葡萄牙、阿根廷、智利等少数国家采用之。③窄轨铁路，轨距小于 1.435 米者，日本和有些亚非拉国家采用之；以标准轨和宽轨为主要轨距的国家，也有一部分窄轨铁路；我国尚有云南 1.000 米、海南岛和台湾 1.067 米的窄轨铁路，林区线为 0.762 米，工业企业还有 0.900 米的轨距，地方铁路亦多采用窄轨。

在铁路布局规划中，轨距的选用要依区域的自然和经济条件而定。以标准轨和窄轨铁路作经济比较，他们的情况是：

（1）建筑费方面：标准轨铁路的路基宽度为 5～6 米，窄轨可缩至 3.2 米，窄轨的曲线半径、站场的长和宽亦可大为减小，故窄轨铁路不仅节约大量用地，土石方工程亦要比标准轨铁路少 40～60%。另外，上部结构物和一般建筑物亦可大为节约。由于窄轨主要是在土石方方面节省，故愈是地形困难地区，窄轨愈是经济，其建筑费较标准轨可缩减的百分比，平原为 20～25，丘陵为 40，山地达 50。

（2）运营费方面：窄轨铁路机车牵引力比标准轨铁路机车要小得多，一般前者只及后者的四分之一至五分之一左右。但窄轨铁路的设备及人员不能相应减少，故运营费相应增大，平均比标准轨高出 25～30%，运量大时可差两倍。

（3）运网结合方面：从统一运网观点而言，如果全国相互联通的运网中是采用标准轨，那么，窄轨铁路要与之连接，货物运输不能通过，倒装费用加大。故只有在窄轨不同标准轨路网联通，或运量不大、线路较长的条件下，部分采用窄轨才是合理的。根据计算，窄轨线路长 100 公里、远景年运量不超过 50～60 万吨，则修筑线网中的窄轨线才合算，如线路短至 50 公里，则年运量在 30～40 万吨即不经济。

由上述分析可得出结论：在运量大的条件下，采用标准轨较窄轨经济；在地形平坦的条件下，采用标准轨较窄轨经济；在大陆运网的条件下，采用标准轨较窄轨经济。只有在运量小、地形崎岖或孤岛式的系统中，采用窄轨才是合理的。当然，运量不大的多山孤岛系统，窄轨铁路具有相当大的优越性。

3.轨数

即一条铁路线所拥有的正线轨道数目。一般有单线、复线（双线）和多线（三线、四线等）之分。以单线和复线的技术经济作一比较，他们的情况是：

（1）通过能力：复线的通过能力，较单线不仅高一倍，这是由于许多因素造成的。首先，单线上运行速度愈高，对向行车亦愈多，会让、越行的次数及所耗时间亦愈增加。故在单线上增加行车密度将使运营速度大为降低。复线上列车没有会让，只有越行，提高列车运行密度对运营速度没有影响或影响不大。其次，客运列车对货运列车的干扰，复线不象单线那样大。因为在复线上只有客车越行货车的问题，而在单线上，则既有越行，又有会让问题。还有，单线在采用现代化设备条件下，每昼夜的列车通过能力约为 20～34 对，但复线在装备半自动闭塞信号、特别是自动闭塞信号后，可使通过列车的对数增加数倍。因为有了自动闭塞，复线上约每 10 分钟即可发出一对列车，如各列车运行速度相同（采用平行运行图，实际上这种情况不多），则每日理论上的通过能力可达 144 对列车。最后，在铁路线上下行货流不均衡条件下，复线可将其中一线当作单线使用，从而大大提高单向的通过能力。

（2）工程投资：在旧有铁路上修第二线的基建工程投资，要较另修一条单线铁路少得多，前者只是后者的 50～70%。因为复线设备的规模（如路基、桥墩、站线和车站建筑、管理机构等）并不是单线的二倍。

（3）吸引范围：即铁路运输的服务区。敷设第二线，基本上不增加铁路线的吸引范围及改变原有线网面貌。而如修筑相应的平行线、联络线或分支线，则可引起吸引范围的扩大或交通联系的改变。

因而当一个国家或地区的铁路网尚未形成，或虽路网具有一定雏形、但尚不能对各地经济发展起良好保证作用时，应多修筑平行线或联络线，少敷设第二线；当铁路网密度较高、对地区经济已起普遍作用时，则应多敷设第二线，减少平行线的修筑。这也是西欧各国拥有大量复线和多线铁路，而美、苏、加拿大等国则以单线铁路为主的原因之一。从国防观点而言，边防和沿海区域，应强调多条通道的建立。

具体的自然和经济条件是：

（1）地形、地质情况：地形平坦、地质简单的区域，修第二线经济上较节约；而地形崎岖、地质复杂的区域，则往往建筑平行线、同向线和甲乙线（个别区段的分流线）更为现实。

（2）运量构成情况：如果铁路沿线地方性运量大，即铁路主要为地区经济服务，则设平行线往往更为合理，可减少短途运输的距离，使更多经济据点同铁路直接联系起来。如果铁路主要为两端通过货流服务，地方意义不大，则加筑第二线较为经济。

（3）运量发展情况：只有在初期运量极大的线路，一开始就进行复线工程是合理的。对于新设计的单线铁路，如果当前运量不大，而远景运量很大时，则可考虑两种措施：一为在设计时留有未来加敷第二线的余地，一为不考虑第二线问题，待将来再决定是修复线或平行线。显然，第一种情况往往积压资金，第二种情况则在改建时增加投资。具体如何处理，须作方案比较来确定。

（五）线路用地规模

线路用地对于确定铁路布局和布置，处理线路同相邻建筑物、构筑物在平面、立面上的关系，非常重要。我国人多地少，此方面尤其不能忽视。

1.正线用地

正线用地包括路基顶面宽度、两侧护道宽度和边坡、边沟宽度等。路基宽度视铁路等级、轨道类型和土质条件而定（表 65）。

平地上的正线用地宽度，单线约为 12 米，其中路基顶面 6 米，两侧护道 3 米，路基边坡和侧沟顶端至中心线投影共 3 米。复线用地宽度约为 16 米，两条轨道中心线间距为 4 米。以此最低水准之用地规模计，则修一公里铁路正线，单线占地 18 亩，复线占地 24 亩。

路堤和路堑用地规模远较零点断面为大。路堤用地包括路基顶面、边坡、护道、侧沟之和，路堑用地包括除路基顶面、边坡、护道、侧沟，外加路堑大边坡、断带及截水沟等。前者宽度单线约 16～18 米左右，后者单线约 24～28 米左右，视填挖方工程而定。

在规划布局工作中，对正线用地一方面要留有余地，一方面要

表 65 标准轨铁路路基面宽度（米）

<table>
<tr><th rowspan="3">铁路等级</th><th rowspan="3">轨道类型</th><th colspan="4">单线路基面宽度</th><th colspan="4">复线路基面宽度</th></tr>
<tr><th colspan="2">非渗水土</th><th colspan="2">岩石、渗水土</th><th colspan="2">非渗水土</th><th colspan="2">岩石、渗水土</th></tr>
<tr><th>路堤</th><th>路堑</th><th>路堤</th><th>路堑</th><th>路堤</th><th>路堑</th><th>路堤</th><th>路堑</th></tr>
<tr><td>I</td><td>次重型</td><td>6.7</td><td>6.4</td><td>5.8</td><td>5.4</td><td>10.8</td><td>10.4</td><td>9.8</td><td>9.4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">II</td><td rowspan="2">中型</td><td>6.7</td><td>6.4</td><td>5.8</td><td>5.4</td><td>10.8</td><td>10.4</td><td>9.8</td><td>9.4</td></tr>
<tr><td>6.5</td><td>6.2</td><td>5.6</td><td>5.2</td><td>10.6</td><td>10.2</td><td>9.6</td><td>9.2</td></tr>
<tr><td rowspan="3">III</td><td rowspan="2">中型</td><td colspan="2">6.4</td><td colspan="2">5.4</td><td colspan="2" rowspan="2">—</td><td colspan="2" rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td colspan="2">6.2</td><td colspan="2">5.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">轻型</td><td colspan="2">5.7</td><td colspan="4" rowspan="2">4.9</td><td colspan="2" rowspan="2">—</td><td colspan="2" rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td colspan="2">5.6</td></tr>
</table>

精打细算。这样就既保证了城市和工矿区交通用地的规模，又符合了节约地皮、紧凑布局的原则。铁路经过郊区和农村，则应力求少占农田、不占良田。

2.线间距

指两条铁路中心线之间的距离，用以布置某些线路设备（如信号、照明等），保证行车与工作人员进行工作的便利与安全。线间距视不同线路性质而定。

表 66　相邻线路的中心线距离（米）

线路名称	标准距离	最小距离
复线区间	4.6	4.0
三线及四线区间的第二线至第三线	6.0	5.3
站内正线、到发线与相邻线	5.3	5.0
次要站线	4.6	4.3
牵出线与相邻线	6.5	5.0

总之，站内线间距要求较大，区间线间距要求较小。在进行初步规划时，一般先按 5 米计算。

3.限界

为了列车行车和城乡生活的安全，规定了铁路线的限界，以保证邻近线路的设备和建筑与机车、车辆间保持一定距离。

机车车辆限界指能通过机车车辆的、垂直于线路中心线的平面上横向最大轮廓。机车、车辆无论空重状态，均不得通过该界限范围。

建筑接近限界指供机车车辆通过的、垂直于线路中心线的平面上横向极限轮廓线。一切建筑物、设备，在任何情况下均不得侵入该界限范围。

必须指出，上述限界是保证安全最起码的要求。在城市规划中，为了防止污染、美化环境和组织城市生活的要求，应该在超出限界基础上确定合理的距离。

三、牵引动力的技术经济特点和布局

（一）机车牵引动力的分类和特点

在铁路出现于世的 160 年中，大部时间是以蒸汽机车为牵引动力。本世纪初，开始出现电气化铁路。1924 年，在列宁倡议下，修筑了世界第一条内燃牵引的铁路——塔什干铁路。但是，电力和内燃牵引的广泛采用，还只是近二十多年来的事。我国在 1958 年开始生产电力机车，1965 年成批生产内燃机车，开始改变铁路牵引动力的构成。

1.蒸汽机车

是以煤炭为能源，加热水成为蒸汽，转变为机械功而进行工作的。蒸汽机车的牵引力决定于汽机的功率。一般机车有两套汽机，分别装于机车的两侧。

2.电力机车

是利用从沿铁路线的接触电线网获得的电流，通过牵引电动机把它变成机械功而进行工作的。电力机车根据电制的不同，可分为直流电力机车和交流电力机车两大类。电力机车的牵引力与功率，主要由牵引电动机决定。目前广泛采用的是工业频率单相交流制，它不仅使变电所数目减少二分之一至三分之二，节约铜耗，且有利于铁路沿线工农业电气化。

3.内燃机车

是把燃料的热能用内燃机变为机械能，以牵引机车。目前一般说的

内燃机车是采用活塞式的柴油机作为原动机的机车。按照内燃机主轴把转矩传到动轮轴上的方式，目前的内燃机车主要有电力传动和液力传动二种。现在普遍采用的是电传动内燃机车，液传动内燃机车也很有前途。

除以上三者外，燃气轮机机车和原子能机车正在实验和试制阶段。这两种机车具有各自的优点，但仍有不少问题，如材料、自重、防护等有待解决。

（二）各种牵引动力的技术经济比较

蒸汽、电力、内燃三种机车牵引动力，可以从以下四个方面进行技术经济比较。

1.燃料利用

从总的热效率（即燃料热能转变为动能与位能的程度）来看，蒸汽机车最低，只有 5～7%，利用火电的电力机车为其 2 倍，内燃机车为其 3～4 倍，利用水电的电力机车为其 8～9 倍。另外，电力机车在下坡时，可将列车位能部分复员为电能，从而节约耗电量 18～20%；内燃和电力机车在停车时，无须消耗燃料。故而，在总的燃料消耗来说，电力牵引和内燃牵引都比蒸汽牵引经济。据估算，修 1 千公里的电气化铁路，用火力发电每年即可节约煤碳 30～40 万吨；同样的机车重量走行公里，内燃机车所消耗的标准燃料只及蒸汽机车的四分之一弱。蒸汽机车需用质量较高的动力用煤，形成对燃料资源的浪费；内燃机车以柴油为燃料，与石油的综合利用矛盾并不大；电力牵引则可利用劣质煤（火电厂供电），或利用天然水力（水电站供电），最为合算。

2.机车制造和线路敷设

内燃机车和电力机车构造复杂，制造技术水平较高，故其制造费用约当于蒸汽机车 2 倍以上。线路建设费用内燃牵引比蒸汽牵引低 10%左右。因前者不需燃料库、加水站、转盘等辅助设备，供油一次，可行驶 800 公里，加油站投资是微乎其微的。电气化铁路的机车整备设施虽亦较简单，但它须外加发电、输电、变电等特殊设备，故其一次投资要比前二类牵引类型高得多。特别是其输配电系统要耗费大量的铜，即若采用交流制，每公里线路电力设备所需铜仍达 3，000 公斤左右。故铝合金导线或导轨的研究和应用已成为现实问题。

3.运用和管理

电力机车和内燃机车每次修理费用较蒸汽机车略高，但它们的机车修理间走行公里大，修理次数相应减少。故总的维修费，电力机车和内燃机车分别比蒸汽机车节约二分之一和五分之一至四分之一。电力机车运行时无须上水，而内燃机车耗水量只及蒸汽机车的三百五十分之一至四百分之一，从而使给水费用降低了 90%。还应指出，内燃牵引、特别是电力牵引在清洁卫生和环境保护方面比蒸汽牵引有明显优越性。

4.运输能力

三种机车功率不同，因其起动牵引力和技术速度有较大差别。

表 67　各种机车牵引动力的技术经济比较

技术经济指标	蒸汽机车	内燃机车		电力
		电力传动	液力传动	
总效率	5～7％	24～28％	24～26％	水电 火电 1
一般技术速度（公里时）	80～120	100～160	100～160	100
万吨公里燃料消耗	煤 300～450 公斤	柴油 35～45 公斤	柴油 35～45 公斤	电 140～ 火电折煤 7
每马力制造费（%）	100	250～300	220～260	200
每马力金属消耗（公斤）	50～75	45～65	35～40	18
每马力铜消耗（公斤）（不包括线路用铜）	＜1.0	4～5	0.75～1.0	2
万吨公里修理费	100	70～75	60～70	40
万吨公里运营费（%）	100	40±	35±	4
每次大修走行里程（万公里）	50～100	40～70	40～70	80～
一次上水行驶里程（公里）	50～100	几千	几千	几
一次上燃料行驶里程（公里）	150～300	800～1，000	800～1，000	
使用寿命（年）	40	30	30	
对两侧环境的影响	大	较小	较小	

蒸汽机车的牵引力一般为 1～2.5 万公斤，内燃机车稍高于蒸汽机车，而电力机车达 2.5～3.5 万公斤。愈是地形复杂、限坡值大的地段，电力机车优越性愈突出。内燃牵引和电力牵引的技术速度高于蒸汽机车 20～30%。采用先进的内燃或电力机车，已可使旅客列车的时速达到 170～210 公里，使货物列车的时速达 100～120 公里。从区段速度而言，电力牵引和内燃牵引的速度较蒸汽牵引高出半倍（前者为 35～45 公里/时，后者为 20～30 公里/时）。另外，电力和内燃机车不用煤作燃料，也相对增加了线路通过能力。

由上述比较，可见内燃机车与电力机车各有长短，但它们比之蒸汽机车均具有显著优越性。因此，我国和大多数国家已停止蒸汽机车的生产，分别采用内燃机车或电力机车逐步代之。

兹将三种机车主要技术经济指标列表比较（表 67）。

（三）牵引动力布局的条件和方向

铁路牵引动力在世界各地的布局，基本上取决于以下三个条件：①动能资源的开发、供应，特别是其结构；②铁路网的运输负荷，特别是其货运密度；③自然条件的特点，特别是地面崎岖程度。蒸汽机车被淘汰后，一些石油依赖进口的多山国家，如瑞士、瑞典、挪威等，铁路电气化更进一步发展，成为主要牵引动力。日本、联邦德国、法国，石油缺乏，电力机车亦占相当比重。只有美国，由于线路运力过剩，再加上汽车和水运的竞争，长期保持了清一色的内燃牵引。苏联为解决干线货运问题，也发展了相当比例（30%左右）的电气化铁路。

在区域规划中考虑铁路线网，在城市规划中确定对外交通的类型和布置，都必须正确解决牵引动力的选择和变化问题。

在我国社会主义条件下，影响各种牵引动力布局的地理条件有以下诸项：

（1）地形条件，特别是地面的相对高差和切割深度；

（2）水源供应条件，包括水量和水质两个方面；

（3）燃料资源的种类、质量和距铁路线的远近；

（4）运量的大小及其增长情况；

（5）铁路经由区域的生产布局状况，如炼油区、林区、电力网分布等；

（6）大城市的分布和客运要求，以及铁路对城市噪声干扰和空气污染的排除；

（7）线路的国防意义及其距边境的远近；

（8）原有线网的牵引动力基础。

根据自然条件有利，技术上先进、经济上合理的原则，为适应我国国民经济的发展，各种牵引动力的规划布局应作如下考虑：

1.蒸汽牵引的布局

目前我国仍以蒸汽牵引为基础，已形成了一个蒸汽机车行驶的铁路网。故而在一个较长的过渡阶段内，我国蒸汽牵引仍将占较大比重。我国适宜于蒸汽机车耗用的动力煤基地分布广，尤以华北最为集中，也是维持蒸汽机车的有利条件。另外，建国以来，我国沿海和东部平原区域主要铁路干线，许多已进行了复线工程和其它技术改造，这些线路中相当一部分短期内并无电气化必要，只须在蒸汽和内燃牵引中予以选择。所以，从合理利用现有设备、使投资发挥应有效果出发，我国平原区域的一些线路，不应过早改制。至于新建线路，凡属在现有运网中填平补齐的、运量不太大的、而又处于平原区的，则亦可作蒸汽牵引的规划设计，或在设计线路时，为改造成内燃牵引作一定准备。至于地方铁路，则一般仍宜采用蒸汽牵引，它可以大量容纳被取代的蒸汽机车和其它线路设备。

2.电力牵引的布局

电力牵引是一种强力牵引类型，故铁路电气化将是我国未来牵引动力布局的长远方针。

从我国地理条件而言，采用电力牵引也是极为有利的：

（1）我国有三分之二是山地，新建铁路又多居于西部地形复杂区域，自然坡度大，越岭线须经由长隧道或多隧道，还有高海拔、缺水区，采用电气化可在投资少的条件下，提高通过能力，保证正常运营。

（2）从动力资源来看，我国煤炭储量丰富，居世界前列；水力资源储量居世界第一。大煤矿华北、东北、华东、中南都有，水力分布普遍，又特别集中在大西南。许多区域已开始形成火水结合的区域性电网。上述动力资源的广泛分布和相互补充，给我国铁路电气化提供了巨大可能性。

（3）我国正面临农村电气化任务，正好同铁路电气化结合进行。

但是，就当前或近期而言，电气化铁路尚不能广泛铺开。因为电力牵引同已有的蒸汽牵引线网结合不方便；在原有运网中部分区段电气化，必须有一定的连续长度才是经济的；有些线路运量不太大，又须远距输电，电气化并不合算；还有，具有战备意义的国防前哨线路，不宜

电气化，以防破坏。

3.内燃牵引的布局

内燃牵引同蒸汽牵引相比，具有运输能力大、速度快、热效率高等优点；同电力牵引相比，具有投资省、与现有运网结合简单、受战争破坏可能性较小等优点。内燃机车耗用大量液体燃料问题，由于我国石油资源较丰，石油产品逐年增长，也得到了保证。从长远来看，它亦可在我国铁路网中与电力牵引分工配合，起重要作用。

根据我国情况，以下的区域和线段采用内燃牵引是合理的：

（1）沿海和大平原区域，由于运量增长，蒸汽牵引不能适应的线路；

（2）丘陵和山区新建或旧有的运量较大的线路，或由蒸汽牵引向电力牵引过渡的线路。上述线路如一时无条件全部内燃化，可暂时先在其陡坡、多隧区段使用；

（3）西北、内蒙古干燥区的铁路干支线；

（4）东北众多的森林铁路；

（5）主要城市间的快速旅客列车的牵引；

（6）大城市站场的站内调车；

（7）边境国防线路。

总之，我国现有的蒸汽牵引为主的线网，随着国民经济的发展和科学技术的进步，改制已成定局且正在进行。电气化和内燃化是实现铁路技术改造的主要方向。我国在当前和近期应着重采用内燃机车，长远来看，则主要干线铁路分期分批实现电气化，似为必不可少之举。

四、铁路车站的类型和布置

车站是铁路的分界点，是办理客货运输、机车车辆作业、进行列车运行组织的基本生产单位，是客流和货流的起点和终点。

（一）车站的分类

为了保证列车运行，铁路线分为区间和闭塞分区（无自动信号铁路只有区间）两种。列车从一个区间或一个闭塞分区进入另一个区间或闭塞分区的地点，或调整列车通过这些地段的地点，都称为分界点。在单线铁路上，保证列车会让和越行的分界点，叫会让站；在复线铁路上，供列车越行的分界点，叫越行站。如果分界点没有配线，不能称为车站，仅进行调整列车运行的作业。

根据作业性质，车站可以分为：

（1）客运站：仅办理客运；

（2）货运站：仅办理货运；

（3）混合站：同时办理客货运。

按技术特征，较大的车站可分为：

（1）中间站：办理列车的会让和越行、旅客的乘降、货物和行李的装卸以及蒸汽机车的上水。若干中间站，还进行通过列车的技术检查。中间站一般设在小城镇或县城。

（2）区段站：办理通过列车的机车更换、货物装卸、旅客乘降以及

少量的列车编组和解体。区段站一般设在中等城市或地区行政中心。

（3）编组站：办理大量货运列车的解体，根据指定地点，进行车辆编组，并根据编组站服务的路线，进行列车的组合，故有列车工厂之称。编组站一般设在大城市或有两个方向以上铁路交会的城镇。

有多个方向铁路线接入，设有一个联合车站和若干专业车站以及相应设备的有机整体，称为铁路枢纽。它一般位于大城市、大工矿区和重要港口的内部或附近。

（二）会让站和越行站的布置

会让站设于单线铁路上，供列车交会和越行之用；越行站则设于复线或多线铁路上专供快车超越慢车之用。它们一般也都办理少量客货运作业。这两种车站一般除正线外，只设置 1～2 股到发线，布置形式也较简单，分横列式、纵列式和混合式（半纵列式）三种（图 58）。

选用布置形式应以横列式为主，其主要优点是站坪长度短而工程省，占地少、运营费用节约，缺点是站上值班员同司机联系不便。纵列式会让站的优点是有利于组织列车不停车会让，并可办理超长列车交会，站车联系也方便。由于复线铁路不考虑不停车会让，因而纵列式的优点在越行站不甚显著，更少采用。混合式系因站坪长度不够布置纵列式，将到发线错移的距离适当缩减而成。运量不大的山区铁路线，地形特别困难时，还可布置成尽头式会让站。此种情况下到发线为尽头岔线，分设在正线两侧或同侧，以减少填挖方，且允许设在 6‰以下坡道上。

会让站和越行站在线路上分布间隔，主要根据通过能力而定，同客货业务关系反而不大。要求线路通过能力提高，必须使车站或分界点的间距减小，以便使闭塞区间变短而行车对数增加，但这

样又会增加基建和运营费用，减低列车区段速度。采用半自动或自动信号可以在不增加车站密度情况下，提高通过能力。合理的站间距离，对于干线铁路来说，蒸汽牵引时 8～12 公里，电力牵引时 12～14 公里。

（三）中间站和区段站的布置

中间站和区段站是综合性的车站，它们既为列车运行从事技术作业，又担负较大的客货运输业务。

1.中间站

除办理列车交会、越行和少量调车作业外，尚须办理客、货运作业以及货运车辆的装卸和曳挂。另外，某些中间站还要办理机车加水及部分检修作业。中间站的布置较会让站、越行站复杂，按到发线的配置分为横列式和纵列式两种基本类型，按客货运设备的相对位置又可再分为客货站场同侧或异侧两种辅助类型。图 59 即为中间站的基本布置形式。

横列式占地少、走行距离短、管理方便，且到发线利用、调车作业使用灵活。纵列式除具有与会让站相同长处外，还由于两方向列车机车停靠地点相距很近，便于集中供水。但其缺点显著：建筑费较大，运营费也多，调车作业走行距离长。因此，选择布置类型时仍以横列式为主。货场位置首先应根据货源方向，尽量减少短途运输，并配合地形条件进

行选择。如符合上述要求时，为便利管理，客、货设备放在同侧有利。如货运作业量大、复杂，为避免干扰和发展中相互限制，亦可放在对侧。

与会让站和越行站不同，中间站的设置必须考虑到地区经济和客货运输的要求。另外，货运蒸汽机车取水一次约可行驶 50～90 公里，故给水站基本可与中间站结合。在山区则因机车耗水多，有时须设辅助给水站（如京包线给水站间隔仅 18 公里）。有给水设施的中间站分布还应考虑到水源问题。

2.区段站

除办理中间站的作业外，还要进行机车、乘务组的调换以及列车的集结、检查和修理。故区段站亦可说是设有机务段、编组场的中间站。它的站场布置复杂，一般可分为四个用途不同的部分，即：客运区、货场、机务段和编组场、到发场，其构成示意如图 60。

横列式区段站是将上下行客货列车到发线群及调车线群平行布置，其优点是站坪长度短，占地少，设备集中，车站定员较少。故单线铁路的区段站一般均采用横列式。纵列式区段站是将上下行两个货运列车到发场纵列布置。在双线铁路运量较大时，客货列车交叉严重或站房同侧有货运量较大的支线或专用线接轨时，可采用这种布置。

区段站通常在下列场合设置：

（1）有较多货物集散和旅客乘降的地点，一般在我国是中等城市，如保定、常州。

（2）两条以上铁路相会处，而线路转运量和客货运量不大、不足以设枢纽站的地点，如怀柔、向塘。

（3）在一条线路上，两区段间线路坡度变更较大的地点，如南口和康庄、都匀。

（四）车站的自然条件和用地规模

1.车站布局的自然条件

站址的选择不仅取决于技术和经济条件，还必须考虑到当地的自然条件。车站布局的一般自然条件是：

（1）车站应尽量设在直线上，以减少列车运行阻力，提高行车速度，便利了望信号，并有利于今后的发展。在地形、地物有困难的条件下，才允许设在同向曲线上，其曲线半径：Ⅰ、Ⅱ级铁路不得小于 1，000 米，Ⅲ级铁路不得小于 600 米。在特殊困难条件下，可采用较小半径，但不得小于 600 米，山岳地区可减少为 500 米。

（2）根据土质、地形和水文地质条件，力求保证路基的稳定性；合理确定站坪标高，最经济地调剂填挖方数量，土方量尽量就地平衡，以达基建工程费用最省；还要考虑最通畅地排除地表水和地下水的问题。为了排除积水，车站路基横断面应按站场宽度、土质性质及排水条件，把路基横断面设计为单坡式或双坡式。车站范围内应设置纵向和横向排水系统。

（3）从纵断面来看，车站最好是布置在平坦地段的平道上。如地形有限制，可设在凸地上。因这样两端进站线路都是上坡，容易减速；列车出站又都是下坡，容易加速。其缺点为站内列车易滑行、站外停车起

动不便等。凹地对建设车站最不理想，不仅列车停发不便，排水、了望亦均困难。车站线路坡度不应超过 2.5‰，在地形特别困难地区的小车站，亦不能超过 6‰，且站内变坡点不得超过两处，每个坡段不得小于 200 米。

2.车站的长度

车站用地的长度主要根据站线的有效长度决定。可参阅表 68。

表 68　Ⅰ、Ⅱ级铁路车站站坪长度表（米）

车站种类	布置形式	按远期采用的到发线有效长度							
		1，250		1，050		850		750	
		单线	双线	单线	双线	单线	双线	单线	双线
会让站或越行站	纵列式	2，700		2，300		1，900		1，700	
	半纵列式	1，900		1，700		1，500		1，400	
	横列式	1，500	1，650	1，300	1，450	1，100	1，250	1，000	1，150
中间站	纵列式	3，050		2，650		2，250		2，050	
	半纵列式	2，050		1，850		1，650		1，550	
	横列式	1，700	1，800	1，500	1，600	1，300	1，400	1，200	1，300
区段站	纵列式	3，400	3，800	3，000	3，400	2，600	3，000	2，400	2，800
	半纵列式	2，550	2，850	2，350	2，650	2，150	2，450	2，050	2，350
	横列式	2，050	2，350	1，850	2，150	1，650	1，950	1，550	1，850

注：表内数字均按旅客列车通过侧线采用 12 号道岔计算，如采用 18 号、24 号道岔时，站坪长度应增加。

3.车站的宽度

车站的宽度根据站线的数量以及其它设备的多少来确定。如

表 69　到发线数量表（正线除外的最少数）

车站类别	平行运行图通过能力				
	单线				双线
	12 对以下	13～18 对	19～24 对	24 对以上	
会让站	1	1	1～2	2	—
越行站	—	—	—	—	1～2
中间站	1	2	2	2～3	2～3

表 70　区段站货物列车到发线数量表

货物列车的换算对数	对方向到发线数量 （正线及机车走行线除外）
12 对及以下	3
13 ～ 18 对	4
19 ～ 24 对	5
25 ～ 36 对	6
37 ～ 48 对	6 ～ 8
49 ～ 72 对	8 ～ 10
73 ～ 96 对	10 ～ 12
96 对以上	12 ～ 14

到发线数量可参阅表 69、70。

旅客列车到发线一般是同部分到发线客货混用，但在计算时必须将旅客列车行车量一并列入。

其它各类站场的配线数量与有效长度，均按运量、布置方式、使用性质、作业过程等因素具体设计、计算确定。在区域规划和城市规划中，对各类站场的用地规模，应与铁路有关部门共同研究，合理确定。

五、铁路枢纽

在铁路网上，几条铁路干线相互衔接或相互交叉的地方，需要修建一个联合车站或几个专业车站，以及连接这些车站的联络线、进站线路和线路疏解等设备。由一系列站场和设备有机联系构成的整体，称为铁路枢纽。仅有一个联合车站的铁路枢纽称为枢纽站。在路网上某些铁路干线的终端地点，虽然引入枢纽的铁路干线仅有一个或两个方向，但由于客货业务繁忙，也需修建几个专业车站以及相应的设备，这也可形成铁路枢纽。

铁路枢纽内，可以有各种车站，以便进行货运列车的解体和编组、货物的装卸、旅客的乘降，并作为以本枢纽为运行终点的旅客列车车列的整备、编组和停留之用。此外，还设有联络线、进站线路及其它设备，以保证客货列车在枢纽内能便捷地通行。

在大枢纽内，按不同作业的需要，可分设几个专门化的车站，其中最主要的是：编组站、客运站和货运站。

（一）编组站的配置

1.编组站的特点和分类

编组站是办理大量货物列车的编组、解体作业并设有特殊调车设备（驼峰、土驼峰、特种断面牵出线等）的车站。编组站往往是由区段站的编组场发展而来的。在编组站上，也具有区段站上应有的那些设备；但调车设备是它的主要设备。编组站的另一特点是在大枢纽内，客货业务设备一般不设在编组站上。但我国旧有的编组站，由于铁路枢纽设备布局不合理，一般还设有客运和货运业务设备。

编组站在铁路网上的分布，应以为国民经济和国防建设服务为前提，并根据生产力的分布和区域规划的要求，在制定全路网规划基础上，按最有利的车流组织方案来确定。

按解体和编组的调车方法不同，编组站分为：

（1）非驼峰编组站：调车作业在牵出线上进行；

（2）驼峰编组站：调车作业在专门设置的调车驼峰上进行。

按站内调车系统的套数不同，编组站分为：

（1）单向编组站：在站内只有一套为上下行方向共用的调车设备；

（2）双向编组站：有两套调车设备，分别按上下行方向固定使用。

按车场相互配列位置不同，编组站分为：

（1）横列式编组站：所有车场都平行排列；

（2）纵列式编组站：同一调车场系统内的到达场、调车场、出发场是纵向排列的；

（3）混合式编组站：如系单向编组站，在同一调车系统内，有的车场与其它车场是横列的，也有的是纵列的；在双向编组站，同一个调车系统内的车场是纵列的，而另一调车系统内的车场是混合的或横列的。

编组站内车场横向排列称为级（组），车场（到达场、编组场、始发场）构成场数，外加机务段和车辆段。

2.编组站配置图

配置图种类很多，视地形、用地和技术作业要求而定。由于编组站作业对铁路正线干扰大，故正线通过编组站宜采用外包的形式，即正线在车场外围通过。例如：

（1）单向一级三场横列式：有两个到发场，分别为上、下行用，在共同的调车场两端共设有四条牵出线，到发场与调车场的联系用四条联络线。在解体牵出线上可设驼峰进行重力溜放，但因改编车辆有折返运行，不能充分发挥驼峰作业能力。

在场地困难、改编量小以及采用平面牵出线时，选择这种配置图较为合适。

（2）双向三级六场纵列式：上下行系统各有纵列的到达、调车、出发三种车场，两个系统成横列布置，在两个系统之间设有机务段和机车走行线。

双向纵列式编组站可以保证上下行改编车辆作业流水性和互不干扰，使改编车辆在站内走行距离短、交叉作业少。但如有折角车流（到达车辆折返），则发生重复解体作业。必须在不同系统的到达场和调车场之间设置联络线，以便直接转场。

这种配置图往往由单向纵列式发展而来，适宜于改编任务大、上下行改编量接近平衡的情况。但占地多，线路复杂，投资和运营费用高。所以，可采用二级四场双向纵列式以代替或过渡，即取消两个出发场。

（3）单向二级四场混合式：重车方向到达场与调车场纵列，可以缩短自到达场向驼峰推送车列的调车时间，并增加调车驼峰的改编能力；出发场与调车场横列，使车站自编列车转场时，需迂回运行。轻车方向如利用驼峰解编则不方便。

单向混合式配置图，适用于采用单向纵列式受场地限制，或重车方向到达的改编车流大部系地方作业的情况。

3.编组站配置图选择的条件

决定于该站在路网上或枢纽内的作用，近远期改编车辆数、车流性质、调车方法、地形、水文、工程地质、城市规划、工业布局、用地规模以及站场和枢纽的历史条件。工作过程中应作出方案的技术经济比较，由铁路运输和城市规划两方面的人员共同商定。具体内容有以下几个大的方面：

（1）单向或双向调车系统问题：上下行改编车流有显著区别，折角车流比重大以及一个单向机械化驼峰的改编能力能适应车站的改编量时，应考虑选择单向编组站；若上下行改编车流大，且接近平衡，采用单向驼峰其能力不能胜任时，则可考虑双向编组站。

（2）同一调车系统中车场的配列问题：主要依据是调车设备和地形条件。若改编作业少，采用平面牵出线，地形或用地条件又特别困难时，同一系统中的车场可全为横列布置；如作业量大，采用驼峰调车，地形或用地条件又较为困难时，同一系统中的车场，到达场与调车场可布置为纵列，调车场与出发场可布置为横列；倘作业量大，采用驼峰调车，地形良好或用地宽敞，则将到达、调车、出发各场全布置为纵列。

（3）调车方向的选择问题：选择的主要依据是：重车流方向，地面标高和盛行风向三个因素。调车方向（即驼峰放溜方向）与重车方向一致，可以减少列车、车辆在站内、站外的走行公里数。调车方向顺着地

面由高到低的方向，可减省土石方数量的工程造价。调车方向尽量同盛行风向一致，可减少车辆自峰顶溜放时的各种阻力，从而减低了峰高和制动设备的数量。

（4）站内正线位置问题：正线有分设在编组站二侧的、一侧的和从站中间穿过的三种。正线从站中穿过的情况，只存在于我国旧有的一些编组站上。它的主要缺点是上下行车场间的转移作业必同正线行车有干扰，列车的机车出库入库亦同正线有干扰。为解决这个矛盾，就要设跨线桥。两条正线位于编组站一侧，上下行正线和编组站进出线各有一处交叉，形成干扰，以致必须在两端各建一个立体交叉的进站线、设立两个线路段。鉴于上述缺陷，故我国新建编组站选择站内正线位置，无特殊依据时，上述二种布置方式均不采用。采用外包式，正线分设在编组站二侧通过有突出优点：正线行车与站内调车作业无交叉干扰；客货运转分开，相对运动方向无相互干扰，无须立交；向专用线取送车，只有一条正线交叉。它的缺点是：如有客运设备时，需分设正线两侧，还须设很长天桥进行联系；上下行正线需单独路基，造价增加。但由于新型编组站客运业务不是主要的，故正线外包设计已成为常规。

（二）货运站的配置

1.货运站的分类

货运站是专门担负接发货物列车、装卸货物以及编组选配列车等作业的车站。按其服务对象，货运站可分为：

（1）公用货运站：办理民生日用品的装卸作业，为城市居民、企业、仓库、机关单位服务；

（2）工业站：为工业生产服务的专门化车站，如工厂站、石油站等；

（3）港湾站：办理铁路与水运间货物联运；

（4）换装站：办理不同轨距铁路间的货物装卸作业。

2.公用货运站的组成和布置

货运站的组成主要有货场与车场两部分，其相互位置可有横列式和纵列式两种基本类型。车场主要进行列车接发与解体编组；货场则按货运组织又可分为整车货物、零担货场和混合货场三类。其布置形式基本上可分为通过式和尽头式（图 64）。

从行车组织观点来看，通过式有一定优点。它可以在车场两端作业、互不干扰；装卸线上一端送入、一端牵出；不折返走行，又能发挥机械设备使用效率；还能保证作业流水性，减少车辆停留时间。但具有占地大、投资多，短途运输进出装卸场垮越线路，调车作业同城市交通干扰大等缺点。

从城市用地和交通而论，采用尽头式较好。这是因为它占地少、铺轨短、工程量小；场内道路与装卸线交叉少；零星车取送方便；货场扩建方便，便于市内交通工具直接驶进站台装卸转运；与城市道路交叉较少等。

3.货运站的分布

公用货运站一般设于大中城市与工业区。大的铁路枢纽中经常设有几个公用货运站，并设有为几个企业服务的工业站和一系列专业货运

站，如煤炭、建材、石油站等。货运站的设置要与货主和城市交通密切配合。货运站应尽量设在编组站及其它车站附近，使其最有效地利用调车工具，并使联络线的数目达到最少。为城市居民服务的日用品货运站应设于市内或近郊；办理危险品、易腐品的货运站，按安全防火卫生要求设在与城市隔离的地点；建材、燃料场库等基地，应靠近公用货运站，以便节省接往编组站的联络线。城市功能分区时，应将工业区、仓库区同货运站用地一起考虑。

（三）客运站的配置

1.客运站的组成和分布

在大量的旅客到发地点，需设立专门的客运站，它是铁路枢纽的重要组成部分。

客运站的主要作业可分为：为旅客服务的作业、商务作业和技术作业。相应要有必要的设备，包括：配线（到发线和走行线等），站舍及其它技术办公房舍、站台及横跨设备、行李和邮件设备、站前广场以及技术站等。

客运站在枢纽内的分布，应保证枢纽内各客运站间作业的相互配合，铁路与其他交通的密切联系以及与城市的改建和扩建规划相结合；还必须为旅客创造更方便的旅行条件。

2.客运站的类型

按照正线及到发线的布置形式不同，客运站可分为通过式、尽头式和混合式三种。

（1）通过式：正线和到发线是通过式的，站舍和站台在线路的一侧，如图 65。

通过式客运站的优点为：车站有两个咽喉区，通过能力大，站线的使用机动灵活，特别对通过列车的接发车作业更为方便。故新建的客运站一般应采用通过式布置。缺点是一般不易使其伸入到城市中心区域，同市区道路常有交叉。在大城市，为解决这一矛盾，可以使进站正线由地下通过，虽耗资巨大，但对城市交通面貌改善有长远价值。

（2）尽头式：到发线是尽头式的，站舍和站台在线路一端或一侧，如图 66。

尽头式客运站的优点为：与城市道路交叉干扰较少；车站易于伸入市区，便利旅客减轻城市交通负担；占地少、工程小。缺点为：全部到发、接送客车及机车出入等作业均集中于一个咽喉区，车站通过能力不到通过式的一半，且调车困难；列车接入尽头线，速度减低；旅客自尽头进入站台，走行距离长。

在客运量不大的尽头式车站，可将站舍站台布置在到发线一端，节约天桥、地道工程。但客运量很大的尽头式车站，则宜将站舍站台布置在到发线一侧，辅以天桥、地道；最好能建筑高架候车式车站，使进站系统的标高高于站台，出站系统的标高低于站台。北京旧的前门站符合前一种情况；新车站属于后一种情况的高架候车式车站。

（3）混合式：又称尽端通过式，其特点是一部分线路为通过式，供接发长途列车用；另一部分线路为尽头式，供接发市郊列车用。它适用

于同时有通过的长途列车和始发站终到的短途列车的客运站。

3.客运技术作业站

简称客技站，终到列车的客运站一般都设置之，以供车辆的洗刷、清扫、消毒、技术检查、修理、蓄电池充电、列车改编及转向、餐车供应、备用车停留等用。它同客运站的相互配列位置一般有两种形式：纵列配置和横列配置。横列配置时，接送列车与正线的行车线交叉，并有折返行程。因此，对于客运量较大或正线行车量较大的客运站，应尽量不采用这种布置。纵列式配置中，客技站布置在两正线之间比布置在两正线一侧好，因可避免进站交叉。

由于城市交通与铁路运输的不断增长以及客技站用地较大等原因，在大城市使客运站和客技站邻近布置的方式已感困难。因此，可将其单独设在近郊区，但距离客站不宜超过 5 公里，否则取送列车走行距离过长。在中等城市，由于城市交通发展，原区段站中编组场和机务段须要迁出，则可利用上述设备作为客技站的站址，而做到客运站同客技站合一的布置。

（四）铁路枢纽的布局类型

枢纽的布局同线路的走向和布置、城市功能分区和规模、运量的大小和方向，以及地质地形条件均有关系。按枢纽中站场、进站线路和联络线的地域结合情况，可分为许多类型。

1.一站枢纽

枢纽内只设有一个联合车站，即枢纽站，其作业和通过能力均小。一般设于客货量和编组量都不大的铁路交汇点，如宝鸡和皖赣线通车前的鹰潭。

2.十字形枢纽

由一站枢纽演变而成。它由两条相互交叉的铁路干线、车站和联络线组成（图 67）。

在两条交叉干线上各有大量直通车流，且交换车流很少时，才适于采用这种类型，如石家庄、徐州和柳州。郑州早先是十字形枢纽，随着运输量和作业量的增加，已变为复式枢纽。

3.三角形枢纽

常为一个方向的铁路干线与另一条铁路干线衔接而成的一站枢纽的发展。一般有三个铁路方向引入枢纽，并在主要车流方向上设有客货联合车站（或编组站与客运站），其余二方向设有其它车站或分界点。

三角形枢纽（图 68）可在衔接枢纽的铁路有三个方向（包括两条或多条铁路合并为一个方向接入的）、且各方向都有大量车流交换时予以采用。如通县小枢纽便属于这种情况：主要客站为通县南站；东站为货运站，并有支线联系张辛庄工业区；西站为客货站，为西南郊工厂和京承线旅客服务；编组站设在承德方向的双桥。我国有代表性的三角形枢纽如贵阳、株洲等。

4.伸长式枢纽

此种枢纽的特点是几条铁路干线分别衔接在枢纽的两端，引入后在沿着穿过城市的干线上顺序配置各类专业车站。旅客站位置应为城市范

围内最便利旅客的地点，编组站设在共同使用的直径线外端。伸长式枢纽由于直径线负担重，必须修第三或第四条正线或绕行市区的迂回线而加强其通过能力。只有在地形局限、用地狭长（如沿河靠山地带）的情况下，采用伸长式枢纽布置才最为合理。我国兰州便是这种类型的枢纽。

5.终端式枢纽

设在路网的终端，且衔接铁路方向仅一个或两个，一般设在沿海的工业、港口城市或地形起伏的山地矿区。它的特点是大部分办理地方性作业，同时也是枢纽内铁路同其它交通工具联运的所在地。我国的青岛、大连便是港湾铁路枢纽。

6.环形枢纽

在大城市内，铁路衔接方向多，如只衔接在几个车站上，各方向间转向车流势必造成不便。为此，环形枢纽的特点是在大城市外围修建铁路环线，各方向引入枢纽的铁路干线再利用联络线衔接在环上。

环形枢纽内的直径线，是为穿过城市的铁路干线。它可以在枢纽成环后，以原有的铁路干线作为直径线，也可在形成环形枢纽时，以新建的地下铁路干线作为直径线。

直径线主要承担客运列车的运转，环线则承担货运列车运转。这不仅将客货运转分开，且二者之间起着调剂和疏解的作用，从而大为增强了枢纽的机动性和通过能力。

枢纽内专业车站的分布，直通式客运站设在直径线上；尽头式客运站设在深入线的终端，编组站设在环外衔接方向的进站正线上，公用货运站设在联络线的终端；其它分界点如中间站等设在环线上。

大城市内如有四条以上的铁路干线衔接，并要求有很大的机动性时，应考虑采用环形枢纽图型。我国典型环形枢纽为数不多，哈尔滨、长沙和北京枢纽可作例子。

解放初的北京枢纽是一个形式上的环形枢纽。线路由四个方向引入：京山、京汉、京通（包括京承）和京包，外加京门支线。主要车站分类如下：主客运站为前门车站、辅助客运站为永定门车站；前门西站为货运站；西直门车站为小型枢纽站，办理客货和一部分编组；丰台为主要编组站，长辛店为辅助编组站。各方向铁路自丰台和西直门二站进入市区，在旧城墙外成环形伸延。北京旧枢纽不仅内部车站和设备配置不合理，通过能力不大，而且对城市交通形成严重干扰。

弧形枢纽又称半环形枢纽，它可能是环形枢纽的过渡形式，也可能是由小环过渡到大环的过渡形式。由于弧形枢纽既能使枢纽内各类车站沟通，又易于接近城市各功能区，还易于给城市预留一面发展余地，所以，解放后我国新建、改建的铁路枢纽，许多属此型，如成都、上海、南京、长沙等皆是。北京枢纽在改造过程中，亦曾经属此类型。

目前北京枢纽系由自石景山经丰西站、东郊站、沙河站的大环线所联系的各车站组成。北京站为尽头式主客运站，永定门站为通过式辅助客运站，建外设客运技术作业站；广安门站为主货运站，清华园站等为辅助货运站，东郊站、石景山站、大红门站为工业站；西直门站为客货混合站；丰西站为配备有现代化驼峰的编组站，丰台站为辅助编组站和客运站，双桥站为枢纽东部编组站。

7.复式枢纽

是由两种或几种类型枢纽结合而成，又称混合枢纽。

复式枢纽主要是由铁路网的发展、城市改建以及通过能力种种原因而逐渐形成的。各枢纽的历史条件不同、技术经济状况不同，因而它的结构是多样而复杂的。天津、沈阳、武汉、郑州均属此型。

北京已成为京沈、京广、京包、丰沙、通古、京承、沙通、京原等多条线路汇集的枢纽，还有一些新线在勘测设计中。未来北京将成为一个以环形为主的复式枢纽，其范围扩大到东至通县、北至怀柔、西至三家店、南至黄村，在各方向铁路引入大环处增加编组能力，并具有北京站、北京西站和西直门站三个主要客站。这样，既便于枢纽内列车运转，又能大大提高通过能力。

六、城市建设中的铁路布局

城市是铁路客货流的起点和终点，是铁路运输组织和设备整修的基地；铁路是城市对外交通和市内大宗货物运输的重要组成部分。在社会主义计划经济下，二者在发展和布局上是密切配合、互相促进的。但城市和铁路交通又各有其自己的特点和要求，因此，发展过程中，在规划设计、相互布置、用地规模等方面都可能出现一定的矛盾。正确处理与解决城市和铁路交通的矛盾，是城市规划中铁路布局的重要课题。这方面应由城市规划和铁路部门共同商定、协同办理。

（一）铁路设备的分类和布局原则

从城市建设的角度，铁路的各种设备可分为三大类：

（1）直接与城市工业生产和居民生活有密切联系的铁路设备：如客运站、货运站（零担货站），为市郊服务的铁路，工厂企业的专用线，建筑施工基地的专用线，市内供应站或仓库的专用线等；

（2）与城市工业生产和居民生活没有直接联系，而是第一类所不可缺少的设备：如正线和客站、货站的站线，站间连络线，正线、支线、进站线等相交处的交叉布置等；

（3）与城市设施没有联系的铁路技术设备：如编组站，机车车辆修理厂，机务段，车辆段，客运技术作业站，供直通列车通过的迂回线，环形线，以及其它铁路设备、线路、仓库等。

在城市规划中考虑铁路布局时，第一类铁路设备与建筑可以按其性质设在市区城市中心区的边缘；第二类必要时亦可放在市区；第三类技术设备在满足铁路技术要求的前提下，应尽可能不放在市区范围内，有些（如编组站）并希望能离开城市相当距离。

（二）铁路线路在城市中的布置

1.铁路与城市在布置上的关系

对用地范围大、客货运量大的大城市和某些中等城市来说，无论从运输经济上或使用便利上，均应将铁路适当引入城市。而对用地范围不大，客货运量少的中小城镇，由于市中心距城市边缘距离很近，故将铁

路布置在城市边缘通过比较恰当。

铁路和城市相互布置不当，就会出现铁路分割、包围城市或铁路远离城市等两种偏向。

铁路分割、包围城市，在我国相当多见。一些旧的大城市如北京、沈阳、哈尔滨、天津等都存在这种情况。有些（如北京）已彻底改造了，许多还是利用原有基础适当改善利用。新兴的城市则往往因用地扩大或规划不当而引起。如郑州解放后城市用地规模增加了十倍，市区成为被铁路干线所分的四大块。石家庄解放初主要市区在京广线西、石太线南，现铁路东占地已超过铁路西，石太、德石线以北又兴建了工厂企业，石德、京广联络线又将西部市区紧紧箍住。邯郸、保定也有类似情形。

铁路远离城市是照搬外国经验、规划设计贪大求洋的恶果。典型如包头：由于新市区分散远离旧城市，包兰线又千方百计给城建让路，致使不得不在原有客站之西 12 公里再设一客站，但它距两个分散新工业区距离均达 5 公里以上。成都弧形枢纽由于怕干扰城市发展，正线绕行达 15 公里之遥，亦似无必要。

2.如何解决铁路对城市的干扰

无论铁路布置接近市中心或在城市边缘通过，都或多或少产生些不良影响，如噪声、烟尘和阻隔城市交通等，特别以后者最为明显。

消除铁路对城市的干扰，可从铁路技术和城市规划两方面来解决。

在改进铁路技术方面，更换蒸汽机车是主要方向。目前我国一些大城市已采用内燃机车作调车，可以减少大量烟尘，但仍有废气污染存在。比较彻底的办法是使用电气机车，但现实性不大。另外，采用焊接长钢轨亦可减少噪声。

在城市规划方面，为合理布置铁路线路、减少对城市干扰，一般有下列几点要求：

（1）铁路在城市中的布置，应有利于城市的功能分区，把铁路分置在各地区的边缘，不妨碍其内部活动。当铁路将城市分割成几部分时，可在各部分内部设置独立的生活、文化和福利设施，以减少分割地区之间的频繁市内交通。

（2）通过城市的铁路线，最好布置在绿带中。这样既可减少铁路对城市噪声干扰与废气污染，还可借助绿带改善城市小气候和美化市容。铁路两旁的树林，不宜成为密林，更不宜于太靠近钢轨，最好同路轨的距离能在 10 米以上，以保证司机和旅客能有开朗的视线。铁路与居住区的防护带宽度最好能在 50 米以上。

（3）尽量减少铁路与城市道路的交叉点，这在为创造迅速、安全的交通条件和经济性有重要作用。在进行城市具体规划时要综合考虑城市道路网和铁路的布置，使其密切配合。

3.城市铁路线的改建问题

由于城市沿铁路干线发展，形成城市用地包围铁路、铁路将城市分割成小块。故在枢纽总布置图中，应配合城市规划要求，可将某些铁路干线移至市区边缘。

如北京在枢纽改造前，铁路进入前门客站经由崇文门外，致使

该平交道口每日有三分之一时间关闭，严重影响城市交通。新车站建成后，解决了这个矛盾。又如过去京门支线对西直门、二里沟等道口

干扰较大，特别是西直门车站的调车作业占用道口，既不方便、又欠安全。现将这一支线市内段拆除，虽使西直门与门头沟联系迂回，但从城市建设和市内交通来看是必要的。

我国北方某海港城市，结合城市规划进行铁路改建是一个成功的例子。该市铁路由市区经过，设一区段站于城市中心，形成干扰。由于市区南港口水陆联运繁忙，支线众多，运输压力大。现结合城市总体规划，决定将铁路干线外迁至市区北，分设客站、货站和编组站，组成枢纽。原区段站改为港湾站，市内干线调整为支线和专用线。这样，既解决了铁路对城市的干扰，又可利用原有设备提高运输能力。

4.城市中支线和专用线的连结

工业企业的发展及其用地选择，与铁路布置有密切关系，因为工业企业的大量兴建，要求铁路修建更多的专用线和工业站为其服务。故城市总图中，不能使工厂布局过于分散，而应采取相对集中，分成几片的布置手法，这不仅便于集中利用铁路设备，而且对节约用地、减少内外交通干扰、改善居住区环境都有重要意义。

年运量超过五万吨的企业和单位，可以敷设铁路专用线。

为着不影响正线上的通过能力和保证行车安全，铁路专用线应由车站上接出。当城市设有各专业站时，其专用线和支线应根据它本身的性质，确定连至哪个专业站，如货运站、工业站或编组站等。由区段站上接出的专用线或支线，根据具体情况可以有如下的连接方式：

（1）支线连结在货运到发线上：这种连结适用于由支线（或专用线）上来的货车已经编组好，不需经过改编即可发出的情况。

（2）支线连结在客运到发线上：只有当支线上有客运列车时，才允许这样做。

（3）支线连结在货场的停车线上：只有当支线或专用线上的车流很少时，才允许采用这种连结。

（4）支线连结在编组线上：适于当支线或专用线上列车需要进行改编时采用。

（5）支线连结在牵出线、装卸线上。

在支线或专用线必须同正线相接，但连接地段无车站或距车站甚远时，则只能在区间的正线上进行连结，但必须在连接点设置连轨分站。

如果连轨站的运输任务和工业区内各企业的运量都不大，且企业又邻近连轨站时，则每个企业的专用线可直接同连轨站连接。如工业区各企业范围甚大，离连轨站又远，则往往在工业区附近建立工业编组站。我国城市工业区凡属运量较大，往往采用这种形式。

规划城市铁路支线和专用线，必须根据用地和地形条件，尽量使支线、专用线同干线的交叉最少，路线长度最短，同城市道路干扰不大，以及共同使用线路等等。

（三）铁路与城市道路的交叉布置

1.交叉形式的选择

铁路与城市道路的交叉布置形式，分为平面交叉和立体交叉两种。从便利交通和保证安全而言，当然以立体交叉为好，但立交建造费用很

高。因此，当铁路与城市道路交叉不可避免时，应合理选择交叉形式。

在以下情况下应采取立体交叉：

（1）铁路干线与公路主要干线的交叉；有修立交条件的支线与一般公路交叉。

（2）铁路干线与公共汽车交通繁忙的城市道路交叉。

（3）城市道路在编组站、区段站及其它大站范围内的交叉。

（4）各级道路与双线铁路正线与行驶高速旅客列车的单线铁路正线的交叉。

（5）有地形条件利用，采用立交比平交更为经济合理。

（6）行人密度高的道路与行车次数较多或有大量调车作业的铁路线交叉时，应作行人天桥或地道。

立交的交角一般采用 90°，不宜小于 60°。

2.立体交叉的形式

基本上有四种：

（1）铁路布置在路堑内：这对城市来说是有利的，因为这种布置能大大减轻对城市的干扰，如大连的进站线便是这样引入的，但是它对铁路工程和运输管理是不利的。所以，只有在地形有利、工程地质和水文地质条件不出问题的情况下才会采用。我国采用的较少。

（2）铁路布置在路堤上：这种布置对铁路交通运营管理有利，是铁路布置的常见形式。但在城市中此种布置增加对城市骚扰、恶化市容。故除非有天然地形可用、或起着改良城市用地（如防洪）的作用时，不予以采用，但最好是布置在城市边缘或郊区。

（3）建造城市道路跨线桥：这种交叉由于净空高度的要求和引桥坡度的限制，常使引桥加长。如当采用 4%引桥纵坡时，其每侧引桥长达 200 米以上，致使造价很高，交通不便。特别是非机动车通过跨线桥困难，如北京至大兴公路同铁路南环线相交，引桥坡大而长，不得不维持跨线桥旁的平交，供一般车辆通过。

（4）建造地道使城市道路从铁路下面通过：这种形式由于汽车净空要求低于火车，因此引坡可以缩短。而且还可以采用不同的纵坡、变化的横断面来解决机动车与非机动车的矛盾。其净空高度可分别采用 3.0～3.5 米（马车、自行车）、4.5～5.0 米（汽车）、5.7 米（一般超高车辆）等不同标准。如地下水位不高、土质较好地区，工程费用也较省，也不影响铁路行车视线以及城市观瞻。故这种立交各城市采用甚多。北京主要干道与铁路交叉以及对外公路穿过铁路干线或环线，多采用这种布置，收到了比较满意的效果。

3.铁路与道路立体交叉的最小净空要求

（1）道路在铁路之上时：

蒸汽机车或内燃机车牵引时为 5.5 米；电力机车牵引时为 6.55 米，困难条件下可为 6～6.2 米。

（2）道路在铁路之下时：

行驶汽车时为 4.5 米，行驶电车或其他特殊车辆时为 5.5 米；供行人、大车及牲畜通行时为 2.5 米。

（四）城市内主要车站的区位

作为铁路枢纽的城市，特别是大城市，各个专业车站的区位极为重要。

1.客运站

是城市的大门，其在市内分布，除满足铁路运营要求外，必须与城市总体规划一并考虑。首先应该方便群众，使客站同城市中心及居住区有城市干道直接联系，并便利旅客与公路、水运联运。在旧城客运站改建时，应充分利用原有的铁路设备、公共设施、节约用地，不要轻易转移城市交通中心。大城市客运站应设在市中心区边缘，距市中心点不超过 2～3 公里，以保证旅客到站的平均行程接近最小距离。中小城市客运站应分布在市区边缘，但靠近中心的地段。

2.货运站

其位置一般应结合城市要求和工业分区进行。在大中城市应适当分散设置。为城市居民和一般单位服务的公用（零担）货运站，应与市区有便捷的交通或接近、伸入市区。其余货站应根据其专业性质分别靠近仓库、工业区、港口或有关企业单位地点。

3.编组站

这种车站不是直接为城市服务的，而且占地很大（一般长 3～6 公里，宽 200～600 米），且有噪声干扰和烟尘污染，故应设于城市外围的下风地带，同城市有绿带隔离为宜。由于编组站的员工很多，在编组站附近往往建立工人村，或必须考虑员工上下班同城市交通联系问题。铁路的服务面广，带有区域性，在考虑编组站的位置时还必须从区域的情况出发，不能孤立地从一个城市看问题。

编组站的性质如为干线服务，则应设于干线附近，如为地方线服务则应设于干线与地方线相接的口上。其走向则同货流方向有密切关系，一般应顺主要货流方向布置，以避免迂回重复，增加运输成本。

为了说明车站在城市中的位置，兹举京广线上一城市的枢纽改造为例。该城市原为一中等城市，设区段站，在老市区之西侧。十多年来，由于工业发展，新市区相应扩大，形成被铁路和区段站隔开的两大块。今向西之新建铁路干线建成通车，形成枢纽；向东根据规划，又有两条铁路干线在勘测设计中。对于枢纽站场布置，有以下几个方案（图 71）。

第一方案：市中心方案。特点为就地改建，原编组站有两个编组场，上行场在客站到发线之西侧。其旁有机务段，下行场在客站之北，其东为零担货站。今拟维持客站和货站不动，将原上行场作业线改造为客技站；以原下行场为基础，向北向西大扩展，形成二组四场双向纵列式编组站，机务段不动；向西铁路线入市区之外侧，建一前方编组站，铁路西之现有工业站不动，钢铁厂（主要货主）仍由客站之牵出线联接，铁路东南之仓库区仍由正线出线；向东各线自编组站北端接入，在市东北设辅助客站。

第二方案：市北方案。将编组站迁至距原车站 9 公里之市北某站，客、货站不动。为便于向西铁路线之联系，需自该线上之前方编组站至市北编组站修一联络线。其它与第一方案相同。

第三方案，市南方案。将原编组场废除，上行场改造为客技站，下行场拆除。在客站南 5 公里处新建二级三场单向混合式编组站，并适当

为站场扩大留有余地。据此，向西干线可直接接入编组站，扩大现有工业站，使钢铁厂专用线连接工业站，仓库区支线则通过立交直入编组站内。货站暂时不动，将来迁至距主要工业区和编组站均属近便之适宜地点。机务段暂不动，待改为内燃牵引后在编组站内新建。

三个方案技术经济比较如下：

（1）土石方量：总的以市北方案为最大，次为市中心方案，市南方案最小。市北方案编组站位于洼地边缘，正线呈高路堤，新建站场不能降低标高，填方量大。市中心方案亦以大量填方为主，市南方案因地势较高，正线接近零点断面，地势亦单调，土方大部就近平衡。

（2）铁路设备：市中心方案利用了原有站线和编组场，以及机务段、货场等设备，改建费用相应减少。市北、市南方案编组站完全重起炉灶，费用增加。市北方案必须修筑联络线十几公里，且由编组站至客站尚须增敷轨道以对付正线干扰。市南方案需将向西正线直接接入编组站，且增中桥一座，钢铁厂仓库区亦须改线。

（3）枢纽工作：第二方案位于市北，与本市始发、到达货流方向不符，因主要货主在南，货车编解要倒行 9 公里，徒增运输支出，市中心方案这方面较市北方案为佳，但钢铁厂专用线和仓库支线的出线仍属别扭。第三方案因接近货主，位于干线交叉的主要车流编解方向，故最理想，但在利用旧机务段时期，机车往返入库对正线有一定干扰。

（4）占地性质：三个方案占地规模差不多，但性质大不相同。市中心方案占去大面积果园菜地，东侧废去原有通过市内的干线公路一条，还要拆除不少城市房屋。特别是规划站场附近有几处小山和池塘，均属著名历史文物，最值商榷。市北、市南两方案占地均为农田，基本上无村落拆迁，前者土地较后者质量稍佳。

（5）城市生活：铁路已将城市分为两半，按市中心方案，将编组站放在其中，势必形成纵贯南北的大墙。当时东西市内交通主要靠两个立交、一个平交，因标准过低，甚感紧张，且不安全。未来编组站建成，则至少要增加一个 150 米、一个 300 多米的立交。编组站在市内，噪声和烟尘干扰也不可忽视。而两个市外方案不但无此麻烦，且因编组设备迁出，城市两边联系更形方便。如从铁路线职工上下班及铁路统一管理角度来看，当然市外方案也有不便之处。

经具体对比后，有关部门一致认为第二方案可以舍弃。第一方案和第三方案，从长期观点而言，市南方案优越性显著，但考虑到分期投资，市中心方案也有其可取之处。在这种情况下，由铁路和城建部门共同对两个方案拿出技术经济论证，然后由主管部门会同协商决定，采用第三方案。

第八章　水上航道和港口的地理研究

水上交通的生产资料主要由以下各部分组成：船舶、航道（航线）、港口码头、附属的修造船企业等。船舶和航道是水上交通的基础，港口是水运的中心环节。

一、船舶和水上航道地理概述

（一）船舶和航道的分类

1.船舶的技术经济类型

船舶种类繁多，可以依不同的标准予以区分。

按照用途，可将船舶分为：①运输船舶：客轮、货轮、客货轮、拖轮和驳船。“国际海上人命安全公约”规定，凡乘客在 12 人以上的船舶，即属客货船或客船。除一般的运输船舶外，尚有专用的运输船舶，如散货船、滚装船、油轮、油囊、双体船（运输木材和外形尺度较大的货物）。②技术船舶：挖泥船、起重船、给养船等。③工业船舶：捕鱼船、捕鲸船等。④特种船舶：破冰船、救火船等。另外，军用船舶包括舰艇和军用运输船。

按照动力，可将船舶分为机动船、非机动船；机动船的动力主要依靠蒸汽、内燃、原子能等；非机动船主要依靠风力和人力，包括帆船、木帆船和木船。

按照船体的规模，船舶又可分为不同的级别，其技术标准一般采用以下几项：①排水量：船舶自由浮于静水面时所排开水的重

量，等于当时的船舶重量。可分为空船排水量和满载排水量。②载重量：船舶所允许装载的重量。使船舶达到允许最大吃水所能装载的各种重量的总和，称为总载重量；从总载重量中减去非载货和搭客重量，称为净载重量。③总吨位和净吨位：根据船舶丈量得到的总容积，以吨位来表示（按 2.83 立方米为 1 吨），称为总吨位。从总吨位中减去不适于搭客载货的吨位表示的容积，可得到净吨位。④吃水：船体在水面以下的深度。船舶处于满载排水量状态时的吃水，称为满载吃水，是船舶正常航行情况下能允许的最大吃水。在保证船舶安全航行情况下，所允许的船体在水面以下的最大深度，称为最大吃水，并以载重线在船舶两舷侧标示之。在不同地带和地区、不同季节，上述吃水指标有所不同。

如以 D_0 为空船排水量，D_8 为满载排水量，D_w 为载重量吨位，则

$$D_w=D_8-D_0$$

一般海轮还符合以下公式：

$$D_{\omega}=\frac{1}{2}D_0+\frac{2}{3}D_s$$

习惯上对货船一般用载重量表示其吨位，而对客船则用排水量表示之。如将二者一并计算，则用总吨位和净吨位最为合理。

根据英国劳氏船级社统计，截至 1978 年 7 月 1 日为止，全世界 100 总吨以上的商船共有 69，020 艘，计 40，600 万总吨（67，041 万载重吨）；其中油轮占 43.1%，矿砂和散货船占 26.2%，杂货船占 19.2%。从国别

来看，日本、苏联、美国、英国、挪威、希腊、法国、联邦德国、荷兰等拥有最大的商船队。

2.水上航道的分类

根据水上航道的技术经济状态和我国具体国情，可把水上航道分为五类：

（1）小河流航道：以民间运输工具木帆船为主。运量小、机动灵活，密切结合田间生产和农村经济需要，属短途运输性质。航道多为自然河流或引水渠道，一般不设固定码头、水运构筑物和通讯设备。

（2）中等河湖航道：民间运输工具和现代化运输工具均占重要地位，拖驳运输发达。在较广阔水系内，用天然河湖和人工运河联成地方性水运网。它把省内或地区内中小城市、工矿区联系起来，沟通城乡、工农业。目前大部分亦属自然河道，港口、码头可重点设置，并配备一定的水工建筑物如护岸、过船闸等。

（3）大江河航道：以长江中下游干流航道为主，也包括珠江、松花江下游干流航道。航道跨越若干省区，或联络港口同大城市、全国性农业专门化地带，经济联系规模大而多样化。长途运输（包括江海、河海联运和江海直达）占首要地位，运量大、运输集中。现代运输工具如机轮、拖轮为主，需要有固定的、现代化的港口码头、装卸设备、航标和通信设施，以保证定期或不定期船班和船队行驶。对航道条件和过船建筑物如船闸、桥梁净空等，要求严格。

（4）沿海航线：以上海港为中心，联系我国南北沿海各港口，为我国南北交通的动脉之一。主要是稳定的长途大宗货物运输，其中以“北煤南运”最为重要，其它件、散货、石油运输和旅客航班亦占一定地位。运输工具是现代化的，以 3，000～10，000 吨级的货轮和客货轮为主。对港口建筑物和构筑物，如防波堤、码头线、起重设备、灯塔、仓库、集疏交通线均有高度要求。

（5）国际远洋航线：为我国对外贸易的孔道，联系五大洲三大洋。以上海、大连、秦皇岛、天津新港、青岛为起、迄点港口，主要分作三条海洋航线：东行线联系日本、美国、加拿大和拉美诸港；南行线联系东南亚和澳大利亚诸港；西行线联系南亚、西南亚、东非、地中海沿岸和西欧诸港。各航线航行 2～5 万吨级的货轮，港口设施

要求齐全而现代化。在有关港口，多设有专供远洋轮使用的深水泊位和重型起重机械。

3.内河航道的分级

为了开发水运资源，进行河网化规划和拟订内河航道的技术经济标准，需进行内河航道的分级。分级的标准不外以下几项：①通行船舶吨位或尺度；②航道尺度（深、宽、半径）；③船闸尺度和桥梁净空。

苏联根据航道水深、航道宽度、弯曲半径三种指标，将全国内河航道分为七级，即：超级干线、Ⅰ级干线、Ⅱ级干线、Ⅰ级地方水道、Ⅱ级地方水道，外加小河水道二级。欧洲有关国家，共同制订了共同的航道标准，根据船舶吨位、船舶尺寸、吃水、净空等指标，划分为六个内河航道等级。

我国内河航道分级的控制标准比较严格。根据《全国天然、渠化河流及人工运河通航试行标准》，航道分级的标准有五大项，即①通航驳

船吨数与船型尺度（型长、型宽和满载吃水）；②船队尺度（长×宽×吃水）；③枯水期最小航道尺度（天然及渠化河流、人工运河的水深、底宽和曲度半径）；④船闸闸室有效尺度（长、宽、门槛水深）；⑤桥梁净空尺度（净跨和净高）。按上述标准，将全国航道分为六级，分别通行满载吃水为 3.2、2.5、1.8、1.5、1.2、1.0 米的船舶。故一、二级是全国性内河干道，三、四级是区域性内河干道，五、六级是地方性航道。

（二）大洋航线的地理问题

1.海洋交通的地理—气候条件和季节区域

海洋交通的气候条件有风、热带气旋、雾、水温等，正确估计它们的影响，对评价海洋交通资源、开辟与规划远洋和近海航线有重要意义。

对于海上航线来说，必须考虑地球上盛行风带的分布和季风的方向。同赤道低压带相对应的是赤道无风带，同副热带高压带相对应的是静风或轻风地带，风向不定。此二带是过去帆船航行最困难的地方，但对目前航行已无影响。副热带高压带两侧是信风带和西风带。特别应指出的是，盛行西风随纬度而增强，到纬度 60°附近，是副极地低压带，往往有风暴产生，对航行带来不利。地球上季风最明显的地区，为包括我国的东南亚及南亚地区，风向的冬夏交替和对应，对船舶航行和海港口门及水工建筑物布置均有一定影响。

热带气旋在我国一般称为台风，其特点是产生狂风暴雨，对船舶航行和港口水面干扰严重。热带气旋产生的地理条件是：海水温度较高，在 26～28℃左右；纬度 5～20°之间的海面；大气稳定度很差。地球上热带气旋的分布区和盛行时间为：①西经 70°以东的加勒比海、墨西哥湾，六至十月份；②中美洲西岸的北太平洋，六至十月份；③西部北太平洋，包括我国南方海域，六至十一月份；④孟加拉湾和阿拉伯海，五、六月份及十、十一月份；⑤西经 140°以西的南太平洋，十二月至四月份；⑥澳大利亚西北和东经 90°以西的南印度洋，十一月至五月份。

雾同能见度有直接关系，对海洋船舶航行影响较大。世界海面上的雾主要是平流雾，故寒暖流汇合的海区出现频率高。象纽芬兰沿海，白令海峡和鄂霍茨克海，挪威沿海、秘鲁和智利沿海等海面。我国山东半岛、舟山群岛和福建沿海岛屿的外海，年雾日也达 100 天以上。

一般海水在-2℃时结冰，严重影响船舶航行和港口作业。但暖海流经过地区，可使不冻的航线和港口的纬度显著增高。大陆东岸纬度 40°的浅海在冬季封冻，而大陆西岸则一般到纬度 60°以上尚无冰冻之虞。我国的内海渤海，水浅而淡，北部十二月到二月常见结冰。

世界上不同海域范围内，具有不同的地理上气候条件。它们各有不同的季节变换，而在不同季节中，各地又有不同的情况和特点。全世界海上航线之间，根据长期气象记录和航行经验，由国际载重线国家，会同制定了“世界海上航线季节区域图”，详细划分共同遵守的区界和季节改换期，作为各条航线、各个季节在安全航行保证下，最大载重标准的依据。

世界海上航线的季节区域大致划分如下：

（1）热带：北纬 10～13°至南纬 10～23.5°之间，全年无季节变换；

（2）季节热带：为热带以南或以北的部分海面，如阿拉伯海、孟加拉湾、南海、加勒比海，以及北大西洋和北太平洋北纬 10～20°部分海区，南太平洋南纬 10～20°小部海区，由热带和夏期两个季节组成；

（3）夏期带：北纬 10～35°、南纬 10～34°间的大部海洋中间海面，常年为夏区，无季节变换，我国除南海外均属此区；

（4）季节冬期带：北太平洋北纬 35°以北，北大西洋北纬 36°以北，南太平洋南纬 33～35°以南，南大西洋南纬 34°以南，以及黑海、地中海和北冰洋边缘海面，此带由夏期和冬期交互变换；

（5）冬期带：在季节冬期带以南或以北，包括北冰洋大部和南极地区。

2.主要大洋航线的分布

世界上的大洋航线，除北冰洋季节性航线外，均集中于太平洋、印度洋和大西洋三大海域。它们是世界经济联系和国际贸易的主要孔道。

（1）太平洋诸航线：太平洋大洋航线联结着亚洲、美洲大陆和大洋洲，西部通过马六甲海峡同印度洋各国相接，东部通过巴拿马运河或麦哲伦海峡同大西洋沟通。太平洋沿岸国家和地区聚居着世界上约半数的人口，是全世界农、矿原料的主要供应者，并有美、苏、日本三个经济大国毗邻或位于此海域，沿岸地区已逐渐成为世界经济的重心。因此，太平洋航线的地位日益重要，目前，其经济联系和货物运输的规模已超过大西洋航线。太平洋的主要航线有：①北太平洋航线：自北美经夏威夷到日本、中国和东南亚；②南太平洋航线：自北美经新西兰、澳大利亚到印度尼西亚；③亚洲东部近海航线：自苏联远东、经朝鲜、中国，南下中印半岛至印尼或新加坡；④美洲西岸近海航线；⑤澳大利亚、日本航线。

（2）印度洋诸航线：印度洋是亚洲南部、非洲东部和澳大利亚西部海上联系的通道，也是西南亚石油输出的主要径路。我国通往南亚、西南亚、非洲和欧洲的航线，也必经印度洋。印度洋的主要航线是：①横断印度洋航线：由澳大利亚、东南亚、南亚、红海过苏伊士运河至欧洲和北美；②波斯湾的对外航线：东去日本，西绕好望角达欧美各国，是目前世界上运输最繁忙的航线；③南亚各国对外航线。

（3）大西洋诸航线：大西洋东西两岸分布着世界上主要的工业化资本主义国家，其它大洋的航线也多同大西洋航线有联系，故过去一向有世界海上航线枢纽之称。大西洋的主要航线有：①欧洲同北美各国间的北大西洋航线，这是第二次世界大战前船舶周转量最大的航线，现已相对衰落；②西欧经非洲西岸几内亚湾或南美东岸的航线；③北美通往加勒比海和南美各国的航线；④地中海航线：西欧、南欧各国通往中近东的航线，中经直布罗陀海峡、苏伊士运河和亚丁湾，同印度洋航线相接，是过去所谓“大英帝国的生命线”。

3.大洋航线的货流

世界上国际贸易总量的 90%经由大洋航线。在总的货运量中，六类大宗货物：石油、煤炭、铁矿石、铝土矿、磷灰石和谷物占了绝对优势。

（1）石油货流：是远洋货运中最大的一宗，原油及其产品，已占世

界出口货运总量的 60%。主要的石油输出国是西亚，北部和中部非洲以及南美北部的发展中国家，主要的石油输入国是西欧、日本等发达国家。而美、苏两大国，油产皆丰；唯前者消耗大，尚有一部分进口；后者则可出口少部分。主要的石油大洋航线有三条：①阿拉伯湾沿岸各产油国家的石油自印度洋南下，绕非洲好望角由大西洋北上，中间又会合北非和几内亚湾的石油，然后主要运往西欧各国，部分到达北美和南欧。②阿拉伯湾沿岸各产油国家的石油东经印度洋，过马六甲海峡，然后北上日本。③南美北岸石油，经大西洋北上到达美国。

（2）铁矿石货流：是仅次于石油的远洋货运，占干货海运总量的 46%。铁矿石的主要出口国是澳大利亚、巴西、加拿大、委内瑞拉、印度、瑞典和利比里亚；主要进口国是日本、联邦德国、美国、英国、比利时、法国。最大的货流方向是：澳大利亚～日本，巴西～日本，印度～日本，委内瑞拉～美国，巴西～联邦德国。其中输往日本的铁矿石，占铁矿石海运总量的三分之一以上。

（3）煤炭货流：其在海洋货运构成中，为仅次于铁矿石和谷物的干货。煤炭的主要出口国是美国、澳大利亚、波兰、加拿大和苏联；主要进口国是日本、意大利、法国、北欧各国、荷、比、卢、联邦德国和英国。最大的货流方向是：北美、澳大利亚、东欧和我国至日本，东欧、北美和澳大利亚至日本。

（4）谷物运输：以小麦、玉米、大麦、燕麦、黑麦、大豆、高粱为主，大米和其它粮食则很少。谷物货流主要由大商品粮基地运往主要缺粮国家，其主要路线为美国和加拿大～远东（主要是日本），美国和加拿大～欧洲，美国～南亚和西亚，澳大利亚～远东，阿根廷～欧洲。

（5）铝土矿、磷灰石货流：世界上铝土矿主要分布在四个地区：西非几内亚湾沿岸，其中几内亚居世界首位；拉丁美洲的巴西、牙买加、苏里南和圭亚那；澳大利亚；印度和印度尼西亚。澳大利亚是主要的出口国，次为牙买加几内亚和苏里南。美、日、苏、联邦德国为进口国。磷灰石的三大生产国是美国、摩洛哥和苏联，其中摩洛哥是最大的磷酸盐出口国。磷灰石和磷酸盐的主要货流方向是由摩、美至欧洲各国。

（三）内河航道的地理问题

1.内河航道的特点和河道整治

内河航道以下述诸点与海上航道相区别：①河床走向和尺度对航道的限制；②较明显的水位季节变化，引起航行或大或小的季节性；③河水自上游至下游的定向流动，一般只有在流速为每小时 9 公里以内，船舶上溯才是可能或经济的。

河床在天然状态下，很少有直线，绝大部分是弯曲的，平面上是一个接一个的反向弯道，这是水同河床相互作用的结果。河流的流水作用，在上游以侵蚀为主，中游以搬运为主，下游以堆积为主。河床的深槽永远处于凹岸一方，浅滩则处于凸岸一方。主流线的转移，造成了顺主流线的航道，其弯曲程度又较河床为大。河流航道的最浅水深一般以两个深槽之间的沙脊上的水深来确定。因此，为使天然航道能在不同河段、不同年份和季节，通行一定吃水的船舶，往往需要进行人工整治。

天然内河航道一般的河床整治方法有：①挖泥疏浚，即用人工或机械除去航道的污积物；②浅槽冲深，即用丁坝、顺坝等水工建筑物减少河流过水断面，以便以水攻沙，加深河槽；③裁弯取直，即将过分迂回的河道，以新挖河槽连通，缩短总距，并加大水流冲刷能力，多用于河流中、下游；④塞支强干，即在分叉河段，用堵塞支汊的办法，使水流集中，加大冲刷能力并提高航道深度，此法多在河口三角洲使用。

有时，为了根本解决航行的要求，需要修筑人工航道，包括闸化河流、水库及通航运河。

2.河流闸化的航运价值

用筑坝实现河流的闸化可以保证河川的航行要求，因为：①闸化后水位上升，增加了航行限额深度，避免了浅滩；②上游造成回水，其向上游扩张愈远，则河流水面的倾斜坡度愈小，流速愈小；如果水坝之间相隔的距离等于下游水回水长度，则河流变为被水坝划分成的若干河段的阶梯式渠化河流。

闸化对航行也有不利之处，如延长封冻期，减少通过能力，但这都可用船舶载重量增加来弥补。

河流为通航目的闸化时，坝高不宜太大（一般应使水头不超过 5 米），以免两岸受到大的淹没，特别是平原地区更是如此。这种坝叫通航坝，它是活动的，在低水位时将坝撑起，形成上下游水位差，高水位时将其打开，便于水流宣泄。

我国许多地区处于季风带，且河流的补给多属雨水式的，河川径流的季度分配有很大的不平衡性。因而，从通航的观点而言，河流闸化具有重要意义。

如果筑坝是为了发电或者是综合目的，则往往是较高的坝，水头达几十米以上。高坝闸化河流在通航上的优点是：得到了很稳定的水位，水速减小，水深大为增加，因而能通过大船或大船队，提高了航速。但筑高坝往往造成很大的淹没损失，且回水区成为人造海，波浪很大，提高了对船舶结构的要求。

为使船舶能在闸化河流上通行，需建造专门的过船建筑物——船闸或升船机。

公元 900 年，唐宝历初李渤在广西灵渠设斗门十八以利航运，故河流闸化是我国首创。时至近代，船闸设备已大为完善，但其道理仍一如既往。每个船闸在上游和下游各设一闸门，中间被闸墙围起的部分称为闸室，设输水洞。船舶由上而下，先通过输水洞向闸室充水，再启上闸门，船入闸室后，再闭上闸门，泄水，启下闸门，从而完成船舶过闸。船舶过闸时间，当水头不大（8～12 米）时，通常是半小时左右。

3.径流调节的航运效益

水利事业是一个综合性的、长远性的事业，在社会主义计划经济下，能使河川流域为多部门服务，收综合开发之效。水上运输是国民经济和水利事业的组成部分，其发展与布局，必然会牵涉到其它国民经济事业，如水力发电、灌溉、防洪、排涝等等。综合性的流域开发规划，可以给水运带来不同的效果。如原来通航的河流，因修建水利枢纽，而使船舶通过复杂化；相反，有些河流自然状态下通航条件差，但通过综合治理可以改善水运条件等。这方面特别应该注意到整体利益和水运利益的结

合，目前利益与将来利益的结合，决不能以水运的效益代替整体水利开发的效益。

我国河流综合开发利用中，与航运有关的项目主要有：①阶梯开发。主要是发电、灌溉和航运的结合。我国黄河阶梯开发的第一期工程已经完毕；长江在葛洲坝建成后，全面的阶梯开发即将展开。阶梯开发的河流，配合水库、拦河坝的兴建，增设过船建筑物，保证了航道水深的稳定和通船里程的增加。阶梯开发对河流中上游的水利资源综合利用，最为有效。②河网化与灌渠通航。这是灌溉和航运在河流中下游的有机结合。大量的灌渠和排渠组合成网，能在满足农田灌溉、雨季排水的基础上，建立地方航运网。河流的渠化，其断面更能符合行船的要求，节约用水和用地。③远程调水。在我国主要是南水北调，是沟通不同大经济区、大流域的巨型水利工程。结合引水渠道的修筑，增设码头、船闸等水工建筑物，可使我国出现新的、异纬度的运河，连结江、淮、黄海等大河流域。

所谓河流径流调节，系指利用水库等人工方法，在不同时期中，增加或减少天然日常流量，在时间上根据人工干涉，重新分配河流的流量。径流调节可以增补枯水时期流量，加大航行水深。

但一般说来，除非很大的水库，泄放水流的距离不会很远，所增补的航深亦不会很大。这是因为：①流量增补的限制，如河槽比降不变，河槽断面属于抛物线形的条件下，水深 h 与流量 Q 的平方根成正比，即 $h = K\sqrt{Q}$（其中K为常数），流量增4倍，水深才能增2倍。②紧靠水库下面，不可能大量猛然泄放，激增的水位与流速对航行反而不利。

日调节可使输水量减少，降低引水和抽水建筑物造价，但对水运没有意义。周调节适用于休假日企业停工所造成的用水不均的调节，对航运用途不大。短期的非周期性的调节，主要是以航运或流送木筏为目的。季调节应用最广，适用于所有水利部门。多年调节的航运意义也不大，且需很大水库。但在一个大水库中往往起综合调节作用。

不同的用水部门，可能提出不同的甚至相互矛盾的径流调节要求。如为水能利用着想，最好将全年径流化为固定不变的常年流量；为了灌溉，最好在作物需水期泄水供应；而对于航运，则要求枯水期泄放以增加航道水深。

调节时流量分配原则，应根据国民经济需要，在特定地区确定主要用水部门，并适当满足其它用水部门要求。在近代经济发展和国防要求下，河运的效益决不能仅仅用若干年的货运量来权衡，与其它部门作对比时，尤应如此。

4.世界内河航道的分布

世界上江河干流长度超过 3，000 公里的大河有 15 条，流域面积在百万平方公里以上的有 14 条，还有许多大型内陆湖泊，给发展内河航运事业创造了有利的条件。通过河道整治、河流闸化和修建运河，以及采取径流调节等水利措施，更可以发挥内河航道的潜力。然而，遗憾的是，除了少数流经干旱区的河川因水量不足，流经寒温带和寒带的河川因封冻期长难以航行外，广大内河航运资源多未能充分开发利用。目前，全世界内河航道长度为 50 万公里，只当公路的四十分之一，不到铁路的五分之二。同其它运输方式相比，河运具有投资少、运量大、通过能力高

的优点，具有显著的经济或社会效益，但它的建设和管理，往往需动员国家或社会的力量，才能最终实现。目前，比较健全的河运系统，还主要集中在经济发达的国家；发展中国家的内河航道建设，一般只是处于起步阶段。

从内河航道的通航长度来看，主要是以下几个国家：苏联，14 万余公里；中国，近 11 万公里；美国，近 5 万公里；法国，近 9 千公里；联邦德国，近 6 千公里；荷兰，近 6 千公里；波兰，近 4 千公里。

按照内河航道系统的地域类型而言，其发展一般经由三个阶段，分别具有一种类别：

（1）个别河段的航道化：这是航道建设的肇始阶段，一般是河流主河道的中下游通航，如我国的珠江，非洲的扎伊尔河（刚果河）。

（2）流域干支流的航道系统化：这是前一阶段的必然发展，我国的长江和巴西的亚马孙河正处于这一阶段。其特点是干支流主要水系均可以航行沟通，从而使内河航道系统为整个流域服务。

（3）跨水系的航道网络化：这是航道发展的最后阶段，一般是不同流域的河、湖，用人工运河联通，从而在不同水系分布的国内广大地区、整个国家、甚至数国范围，构成航道网络，且对流经地区的影响更加全面、深入。苏联通过白海、波罗的海、里海、亚速海和黑海的水系连接起来，形成的“五海通航”；美国和加拿大将密西西比河、五大湖和圣劳伦斯河沟通后的内陆水道网，以及西欧莱因、马斯、些耳德、塞纳等水系通过运河组成的国际内河航道网均为典型。我国的黄浦江水系、珠江三角洲河汊亦均构成水网，只是范围较小，尚不能算作跨水系的航道网络。

（四）通航运河的自然条件和经济地理意义

天然河川被分成若干流域，河流下游、特别是河口泥沙淤积，无好的出口；有些河流方向与货物运输方向不一致；大海大洋隔以地峡无法沟通。所有上述情况都要求人工开挖运河来解决通航问题。

通航运河包括沟通各河系的运河与联系大海大洋的通海运河，前者如我国的大运河（京杭运河）、兴安运河、设想中的松辽运河以及外国的一些运河等；后者在世界上主要有三条：红海地中海间的苏伊士运河（161 公里），加勒比海与太平洋间的巴拿马运河（81.6 公里）和波罗的海与北海间的基尔运河（98.7 公里）。通海运河实际上是人工的海峡，有巨大的经济和政治意义。

世界上内河水系中，运河的主要分布地区是：①中国：以近 1，800 公里的京杭大运河为主干，是世界上最古老的运河系统；②西欧：主要集中在荷兰、法国、联邦德国等国，总长达 12，000 多公里，占西欧水上航道里程近二分之一；③苏联欧洲部分：包括莫斯科运河、白海—波罗的海运河、伏尔加—顿运河等系统，将苏欧洲水系联结起来；④北美：以连通内河、大湖和大西洋的各运河最为重要，美国运河总里程约 7，000 公里，占水上航道总里程近 15%。

开挖运河必须具备两个自然条件上的前提。其一为地形可能，分水岭不高、两水系河源接近是沟通的最好条件；其二为水源有保证，因而

在径流充沛的地区运河系统易于发达，长的运河必须分段解决水源问题。

如果运河水面不分阶梯，中间无船闸，称为开敞运河。这种运河只有在分水岭不高、二水系水面标高相差不大的条件下，才属可能。我国的江南运河、西欧和美国的一些运河，以及苏伊士运河，均属此类。如果运河被水闸分成若干阶梯，则称为闸化运河，多因分水岭过高，或两端水位差异较大，如我国大运河江淮段、兴安运河、巴拿马运河等。巴拿马运河设 6 座船闸，伏尔加—顿运河有 13 座船闸。基尔运河较特殊，它是一平底运河，但进出口各设一闸，调剂因风力和潮汐引起的水位变化。

通航运河具有巨大的经济地理意义：

（1）运河把互不通的水系或海洋联结起来，扩大了内河水道网或海上航线网。我国大运河沟通江、淮、黄、海四大水系，不仅在古代我国南北经济联系中起过极重要作用，而且在当前也不失其价值。结合南水北调，大运河的全面整治正在有计划、分步骤地开展。苏伊士运河和巴拿马运河开通后，对于大洋间航程的缩短，其运输和经济意义更是难以估量的。

由于沟通不同流域，可以使船舶互相利用。如我国松花江船只每年在冬卧地 150～170 天，利用率只 40%，如果开通松辽运河，则冬季可将松花江和黑龙江的船只调往南方运用。

（2）两个不同流域或海洋，特别是异纬度的流域，经济特点是不同的，修了运河，可用廉价水道运输，特别是以直达水路代替陆运及换装，效益更大。在两个流域有直通陆路交通时，也可以进行水陆分工。

（3）以综合利用为目的的运河，除航运外，还可用作灌溉干渠、排水渠、水电站引水道等。我国原有和新建的水网地区的水道，都具有综合利用的性质。修建运河，是将工业、农业、城市用水与航运结合起来的重要手段。

二、港口的分类和布局分析

（一）港口的概念和分类

西方港口一词，来自法语，原意为“门”，即水陆联系的门户。我国港口二字的含义较欧美各国为深。“港”是一种可供船舶航行、碇泊的水面，“口”即门户。所以，港口就是船舶进出的水陆交接口岸。

从字面上只能得知原始港口的面貌，而现代港口则具有更丰富的内容：①港口是各种交通，包括海运、河运、铁路、公路、航空甚至管道汇集的枢纽。这方面，只有少数的中途港和军港才是例外。②它是构成港口的各种建筑物、构筑物和设备如航道、外堤、港池、码头、起重机械、仓库、交通线路等的复杂综合体。③港口是港口城市的重要组成部分，前者对后者的物质外貌和经济职能的形成起着重要作用，故有些场合下，港口是港市的同义语。

按照港口的职能，即其本身的用途，可将港口分为商港、军港、避风港和渔港四类。

（1）商港：主要为国内各地区经济联系以及对外贸易服务。它是海上和内河航线货物和旅客的起迄点或中转地。往往因而形成为水陆交通枢纽、附近工农业产品的集散地和加工工业中心。大部分港口均属此类。

商港的经济地理特点是：拥有较大的经济发达、人口众多的腹地，给港口提供一定的客货运量即吞吐量；位于连接水陆交通的重要口岸，同国内外有关港口联系方便；有铁路、公路和内河沿海航道同内陆腹地联结。商港的技术装备特点是，设有专供货物装卸的起重等运输设备，仓库和供旅客上下的客运码头等。

按货运工作的性质，又可将商港分为普通港和专业港。普通港是综合性的，为多种货物的装卸、中转以及客运服务，如上海、大连、天津、汉口、重庆等。专业港则专门或主要为某种货物服务，如八所港为铁矿石运出港，燕尾港为食盐运出港，它往往在大的生产基地附近的水运线路上形成。随着腹地的经济不断发展，有些专业港可以转化为普通港，如秦皇岛过去是为开滦煤矿服务的煤港，现已成为以运出煤炭为主的多种货物吞吐的华北重要普通港了。

（2）军港；是为国家国防军事目的而建立的。军港要求的特殊地理条件是：形势险要、港湾隐蔽，以保证舰队调度和停泊的安全；入港条件好，港湾不受潮位及海流的限制，使军舰可以在任何时间自由驶入；有广阔的停泊区和港池，供众多舰艇停靠、补给与修理之用；港区最好是深入内地，以免受敌人威胁。军港具有一些特殊的设备，如兵营、火药库、炮台等。

（3）避风港：或称中途港。位于主要海洋航线上，专供沿海或远洋长途航行的海船躲避暴风、海浪，并补给燃料和淡水之用。因此，避风港的港区应不受风浪的影响，且应有一定的港面和水深，以容纳较大船只的停泊。避风港一般位于航线经过的凸出海岸或岛上，这样可与航线接近，便于船的迅速驶入。

（4）渔港：是海洋或河湖的渔业基地。它往往位于渔产区并接近广大消费区，且有较方便的交通。渔港要求有风平浪静的水面和开阔众多的出港水道，只有这样才能保证大小机动和木帆渔船的停泊安全和进出方便。我国沿海岛屿分布地区，如舟山群岛和庙岛群岛就是主要海洋渔业基地所在。渔港在岸上一般设有初步加工厂、冷藏库、收购转运站等。

（二）港口的平面布置

港口由水域（水上部分）和陆域（陆上部分）共同组成。

1.水域

港口水域包括入港航道、停泊区和港池。入港航道或者是天然的，或者是人工的，它是船舶出入的孔道。停泊区又称外港，是供入港船舶抛锚碇泊用的广大水面。在大多数情况下，内河港的停泊区都利用天然的河道。海港的停泊区则被天然凸出的海岸、海岛或人工建筑的堤坝所围护。

将停泊区同海面隔开的外堤有三种：①防波堤：同岸线不相连接。②突堤：是一端与岸连接的外堤，在我国有时亦称其为防波堤。它除了防浪防沙以外，有时兼供船舶停靠。③导堤：常用于河口，主要作用是

束水导流，维持航道和口门的水深。

港口外部防护物的布置形式，根据不同的自然条件和航行要求来确定。

海港停泊区虽然能防御风浪，但因其本身范围较大，同外海有一定的直接联系，海浪不免在缓和状态下进入，故船只停泊并不十分平稳，装卸更为困难。这里主要是供待装卸船舶停泊。进行编解船队作业和装卸完毕待航船只停泊的水域。有时，吃水较大的轮船无法驶入较浅的港池作业。也在此停留，进行倒驳。

船舶在停泊区碇泊采用两种方式，抛锚系泊和浮筒系泊。系泊的锚地距码头应近，以利运行作业。但要避开航道，以免影响生产调度。一般认为 2～3 海里较好。

2.港池和码头

港池是水域的一部分，而码头为陆域的一部分，它们是构成港口的核心部分。

港口水域内，对风浪有充分防护、形状有一定规则的较狭窄水面，称为港池或内港。港池直接同码头连接，其水深应保证在低水位时容许的最大船舶进出无阻。港池专为船舶装卸货物之用，其周围有驳岸，形成港口的泊岸线或码头线。

港池方向应尽量避免和当地盛行风向正交，以免船舶进港不便和靠岸时船舷碰撞岸壁。一般港池轴线与盛行风向的夹角应小于 30°。在江河中，港池轴线方向一般应向下游，这样布置对于船舶出入港池比较便利，港内淤积也可减少。

港池形状一般为长方形或平行四边形。港池不宜过长，一般不应超过 1～1.5 公里，但亦不应短于一个船位长度。港池宽度通常应具有 1.5 倍设计船舶的总长度。

码头是与港池毗连的陆域部分，小的港口则实际上就是码头。在码头上设有装卸机械，进行货物的装卸作业；旅客则在客运码头上下。

港池和码头的布置型式是多种多样的。一般说来，码头线的布置有以下三类（图 74），但在一些大港中是结合布局的。

（1）顺岸式：码头沿河道或顺海岸平行布置，形式简单，船只停靠方便，工程量也小。一般常用于河港和狭长海湾中的海港。在我国，这种类型较多。其缺点是码头伸展过长，经营管理不便，过多占用沿岸地段，以及水陆联运中铁路调车频繁等。

（2）突堤式：码头自岸边伸入水中，利用两码头之间的水面形成港池。其优点是占用岸线少，港口布局紧凑，便于水陆联运，在海岸港中常被采用，如大连、青岛。这种型式的主要问题是码头泊位上仓库面积不足。世界上的突堤式码头布置有两种类型：欧洲式，较稀疏，不规则的宽突堤，如伦敦、汉堡、奥德萨等港；美国式，较密集，规则的窄突堤，如纽约、旧金山。前者占地多，但仓库货场条件较好；后者布置紧凑，联运方便，但岸上过于狭窄拥挤。

（3）挖入式：即由人工挖填形成的港池，工程量最大，占用土地较多。但具有一些优点：可在岸线较短条件下获得码头线足够长度，庇护条件好，布置紧凑，同城市干扰小等。因此，在地质地形条件有利、同城市工业布局又结合时，采用此种类型效果较好。国外有些大港如鹿特

丹、安特卫普和伦敦的梯里别利等。

按货物运输的要求，码头趋向于专业化。最主要的专业化码头是以下四类：①散货码头：即装卸煤、矿石、谷物等的码头，采用皮带机和其它自动化专用机械系统。目前仍以顺岸式码头和突堤式码头为主。②件杂货码头：采用 10～25 吨的起重机装卸，多为从原有综合码头发展而成。③集装箱码头：配备有 30～40 吨大型集装箱起重机，为接运方便，要求码头后方纵深长，堆场大。④油码头：要求深水和广水域，对泊稳条件要求不严，故多在远岸深水区。系泊有两种方式，一为岛式码头，一为单点系泊或多点系泊。石油通过海底油管及漂浮软管，同油轮装卸设备进行衔接。

3.陆域

港口陆域包括港内所有陆上用地面积，分作业区和港口后方两部分。

在港口作业区内布置各种港口设备：装卸机械、前方仓库或堆场、对外交通线路、后方仓库及铁路、道路等。所有港内货物的装卸和运输都在作业区内进行。

小型港口只有一个作业区，大型港口则包括较多作业区，如大连港有 5 个作业区，上海港由 9 个作业区和 3 个装卸站组成。

港口的各种辅助设备，如机修车间、车库、消防站、行政办公及生活服务设施等，通常设置在港口作业区的后方，以免同作业区干扰。

（三）港口选址的自然和经济地理条件

港口的天然生产资料是供船舶出入碇泊的港湾。原始的和天然状态的港口，本身就是港湾。现代的港口已不是纯自然的，甚至港湾本身也经过人工改造，有些还是人工筑成的。这样，筑港的其它条件，如岸上陆地情况也很重要。影响港口选址的地理条件，主要是四大方面，即：航行条件，停泊条件，筑港条件和腹地条件。其中又以腹地最为重要，它是港口兴衰的基础。

1.航行条件

指的是一定规格的船舶，能够不分季节、昼夜、安全迅速地进出港湾。它包括几个具体方面：

（1）口门方向

航道口门应有明显的位置和恰当的方向。根据海港的使用经验，当口门轴线同强风浪方向的夹角为 45～60°是比较合适的。口门方向和岸线的交角最好也不要小于 45°，以免当船侧受到风力时，船舶被推到岸滩上。

我国海岸线位于大陆东南缘，而季风气候特点是冬季盛行风为强风出现季节，风向为西北或北，个别地区为东北，故在入港航道方向处理上，比较容易。一般均为自东或东南进入口门。

（2）航道尺度

航道条件中最重要的是入港航道的尺度。入港航道要求短、直、宽、深，且少淤积，这方面对海港特别重要。海港的口门应保证船只驶入，宽度不能小于驶入最大船只的长度，一般不小于 130～150 米，通行大船

应在 200 米以上，但亦不宜超过 300～400 米，以免影响港内水面平静。我国一些海港的口门宽度，海岸港：大连大港（东西区）360 米，青岛大港 260 米，厦门港 720 米，河口港：天津新港 1300 米，上海长江南航道 500 米、黄浦江航道 50 米，福州闽江航道 120 米。

内河港口单线航道宽度应不小于最大船宽的 1.5 倍，双线应不小于 2.6 倍。港内航道要有足够的曲率半径，以利调度运行。转头水域应自船位与码头线成 30～40°交角向外扩展，长度不小于船长的 2.5～4 倍，宽度不小于 1.5 倍。此外，沿河码头或趸船的布置，不能影响主航道的宽度。国外为了保证河流通航，有“突堤码头端线”的规定。

航道的深度是根据进港最大船舶的吃水深度、航行富裕深度以及技术富裕深度而确定的。

$$H=T+hH+hT$$

式中 H——航道最小深度

T——船舶最大吃水深度

hH——航行富裕深度

$$hH=h_1+h_2+h_3$$

式中 h_1——船舶龙骨下富裕深度，由水下底质决定，一般为 0.1～0.6 米

h_2——超额吃水，与航速有关，一般为 0.033 航速

h_3——波浪影响富裕深度，与波高有关

h_3=h 波高-h_1

hT——技术富裕深度，与航道淤积有关，一般为 0.6～1.0 米

船舶的吃水深度同船舶的吨位成正比例。船舶愈大，吃水愈深。近年来由于船体结构的改进和新技术的应用，同样吨位的船舶有吃水深度减少的趋势。船舶自重一般以总吨位表示，满载重则以排水吨位表示。二者之比在客货轮约为 1：1.5～2，在货轮为 1：2～3。

古代，木帆船载重小、尺寸短、吃水浅，故几乎天然港湾均可泊入。我国所谓港、浦、湾、澳，都是指船舶的天然出入之所。目前世界上万吨以上海轮已普遍，要求海港的航道和水域深达 9 米以上。国外大港，近年新建散货码头水深一般为 12～15 米，油码头水深则为 20～35 米。我国沿海航行船舶一般为 3 千至 1 万吨，远洋轮船则为 1～2.5 万吨，故我国大海港吃水应在 9 米以上，中等海港亦应在 7 米左右。其中大连港和青岛港，吃水达 12 米，5 万吨级海轮可乘潮进出；秦皇岛港、天津新港和湛江港，吃水 10 米以上的 2 万吨级海轮可乘潮进出；上海长江航道、黄埔港和八所港，吃水 9 米的万吨级海轮可乘潮进出。我国新建的大连新油港，

表 71　船舶吨位与吃水深度之间的关系

船舶类型	总吨位（吨）	平均吃水（米）
一般海轮	500	3.5
	1，000	4.8
	3，300	6.9
	5，000	7.7
	8，000	8.5
	10，000	9.0
	15，000	9.5
	20，000	10.0
	30，000	10.2
	50，000	11.0
	80，000	11.2
大型油轮	50，000～60，000	12.2
	60，000～80，000	12.9
	80，000～100，000	14.0
	100，000～150，000	15.7
	150，000～200，000	17.4
	200，000 以上	19.8
内河客货轮	货 1，200 吨，客 800 人	4.0
	货 800 吨，客 1，200 人	3.8
	货 500 吨，客 1，000 人	3.5
内河货驳	1，200	3.33
	540～700	2.32
	80	1.5
	50	1.2
内河客轮	500 人	1.5
	300 人	1.2
	60 人	1.0

其码头距岸边 1 千米的天然水深为 15～16 米，距岸边 2 千米的天然水深达 20 米。故稍加疏浚，即可满足当前 10 万吨油轮和远景 25 万吨油轮的吃水要求。

（3）风力、海流和波浪的作用

这是影响船舶进出港湾码头的一些重要因素。风对轮船进出航道有一定影响，停靠码头作业时，风力过大亦产生不利。作用于海轮上的风力，可参照下式估算：

$$R_a = \frac{1}{2} P_a C_{Ra} V_a^2 (A_{正} \cos^2 \theta + A_{侧} \sin^2 \theta)$$

式中：R_a——风压力（公斤）；

P_a——空气密度 0.125（公斤·秒^2/米^4）；

C_{Ra}——风压系数；

V_a——相对风速（米/秒），对应船舶纵轴而言；

θ——相对风向（度），对应船舶纵轴而言；

$A_{正}$——水面上船体正面投影面积（米^2）；

$A_{侧}$——水面上船体侧面投影面积（米^2）。

海流是海水的流动。港口面临的海流往往是综合原因形成的，包括：因温度或盐分不平衡引起的经常海流v_1，因潮汐和风的季节变化引起的周期海流v_2，因风力短暂变化或其它偶然因素引起的临时海流v_3。因而，区域海流v就是上述三种海流的向量和，即

$$v = \overline{v}_1 + \overline{v}_2 + \overline{v}_3。$$

在风速作用下，海流到一定的深度显著衰减，这就是摩擦深度。如海的深度H小于摩擦深度F，称为浅海，否则为深海。摩擦深度由以下经验公式确定：

$$F = \frac{7.6w}{\sqrt{\sin j}} \quad 或 F = 600\,v_3$$

式中W——风速（米/秒）

j ——当地的纬度

v_3——风力海流的速度（米/秒）

在浅海中，表面海流方向与引起海流风的方向之间的偏角（北半球右偏、南半球反之），决定于海的深度和摩擦深度的比值，即：

H/F	0.25	0.50	0.75	1.00
偏角a°	21.5	45	45.5	45

海流作用于轮船上的流压力可参照下式估算：

$$R_w = \frac{1}{2} P_w C_{Rw} V_W^2 LT$$

式中R_W——流压力（公斤）；

P_W——海水密度104.5（公斤·秒^2/米^4）；

V_W——相对流速（米/秒）；

L——船长（米）；

T——平均吃水（米）

C_{RW}——流压系数。

根据实验和计算得知，当船舶空载（压载）时，风力的影响超过流压力，而当船舶满载时，则流压力的影响超过风力。因而，二者是必须同时考虑的因素。

波浪是海洋由于受风力、地震或船行而引起的，而以风力为主。在深海和远洋中，即水深大于波长的一半时，水质点的运动轨道呈圆形，并作圆周运动。但波浪到达海岸浅水地段后，由于波浪与海底发生摩擦，水质点运动变为扁圆形，甚至作平行于海底的进退摆动；这时，便形成了拍岸浪。浅水波的传播速度与波长无关，而决定于水深（即$C = \sqrt{gH}$，C为波速，H为水深）。拍岸浪具有很大的破坏力，它的冲击力量是每平方米4吨，压力是每平方米30吨。因此，为保证港区船舶航行和碇泊作业而建造的水工建筑物如防波堤、码头护岸和其它设施，必须具有相应的结构稳定性。这也是在封闭海湾建港较在开敞海岸建港具有极大经济合理性的根本原因。

（4）潮汐变化

潮汐是在日、月对地球的引力共同作用下，使地球水面发生周期升降的一种现象。一个太阴日，发生两次高潮和两次低潮，称为半日潮型，又有规则的（周潮）和不规则的之分；一个太阴日只发生一次高潮和一次低潮，称为一日潮型，在我国不多见。大潮出现在阴历朔、望（潮），小潮则出现在上下弦（汐）。

潮汐涨落形成潮差，它给码头港池建设和装卸设备的运用均带来一定影响，但它却大大有利于船舶的进出。许多港口如上海、天津新港和黄埔，航道水深不足，均需依靠涨潮，使大轮乘潮入港。潮差大小，同港口海陆位置和海岸地貌关系巨大。狭长深入的海湾和喇叭状河口易于增潮，而面临广阔洋面的海岸则潮差很

表 72　中国部分港口的潮型和潮差

港　　湾	潮　　型	大潮差（米）	小潮差（米）
厦门	半日潮	6.2	5.2
福州	半日潮	5.5	4.0
连云港	半日周潮	5.2	4.3
海盐（钱塘江口）	半日潮	5.2	3.0
青岛	半日周潮	4.2	3.3
上海吴淞口	半日潮	4.0	2.6
湛江	不规则半日潮	3.7	2.9
天津新港	不规则半日潮	3.2	2.6
大连	半日潮、不规则半日潮	2.8	2.3
黄埔	不规则半日潮	2.7	2.9
烟台	半日周潮	2.6	2.1
秦皇岛	一日潮	1.1～1.5	0.7～1.1
高雄	不规则半日潮	0.4	0.2

三角港河口由于形状呈漏斗形，再加上愈往上游深度愈小以及潮差较大，就会形成“涌潮”，我国著名的“钱塘大潮”就是一个典型。它可被用来在河口或湾口建筑水闸，形成闭合式港池，既利用大轮泊入，又可用海水发电。

港口航行条件的其它自然因素还有冰冻、雾日和能见度、泥沙回淤等。其中高纬度港口受冰冻条件影响最大。有些港口冬季要用破冰船维持航行，如天津港；有些港口则冬季被迫封闭，如营口港。

自然条件对内河港口船舶进出航行的限制，比海港要小。但沿河码头或趸船的布置，与航道宽度有巨大关系。

2.停泊条件

所谓停泊条件，即是否具有供船舶安全抛锚、系泊以及装卸、倒驳的足够隐蔽水面。这方面首先是水域能得到掩护，使船只碇泊和装卸时不受风浪、潮流的影响。故海港中有岛屿和岩角沙洲围护，口门小而狭的，最合乎要求，平直海岸条件最差。青岛港是水面隐蔽良好的典型例子。胶州湾口岩角对峙，形势天然，湾内水域广阔，航道通畅。主要港区大港借湾内几个岩礁，人工连成半环突堤，港池风平浪静，码头前沿水深 5～9 米，可同时停靠万吨级海轮 8 艘（图 76）。

为了保证轮船的碇泊安全，在选择港址时要对海岸地貌及其对风浪、海流的掩护情况作具体分析。如大连新油港（图 77），当地冬季盛行北风，夏季为南或东南风，而所在鲇鱼湾仅东南向开口通向大海，湾北为浅水区，湾南有岬角，岩礁露出水面，犹如天然外堤，对南和西南向风浪起挡浪消波作用。将码头设在湾内西侧距岸 700～1，000 米处的深 15 米的深水区，但需考虑最大海流方向（N150°～N180°之间），使码头前端呈 SSE 走向，以便尽量顺风、顺流和顺浪，减少轮船所受的压力并利于作业。图中 G 处为施工船队停泊区和施工码头所在地。

为了保证大量船舶的抛锚和水上作业。须有广阔的水域和深水岸线。海港的水面系天然或由人工防护物组合而成。河港的停泊区则多利用天然河道。大的港口水域面积，一般在数百万平方米以上。

港湾底质同锚地有关。泥底最利于下锚，次为沙底，卵石或岩石底质则因不易被船锚所“抓住”而使碇泊遭到困难。水深过大，如超过数十米，则锚链常不及。以上仅就锚泊而言，对于油轮系泊，底质要求就不那么严格了。

当地风浪与潮流亦影响港口停泊。如基隆港虽西、南、东三面环山，但冬季强烈东北风正对口门，风浪甚大，且有强海流冲击，故外港不宜停泊。

3.筑港条件

狭义的筑港条件，指对港口设备、建筑以及港口城市进行合理平面布置的可能性。港口陆域的地形和工程地质条件最为重要。三角洲和平原地区有大块平坦地面，可供港口陆域和港口附近之市街用。山地和丘陵则陆域受到限制，这些地区海蚀或河川阶地多可利用，悬崖峭壁的河海岸边最难处理。一般 1 米码头线，约需要 150～200 平方米的陆上用地，且其坡度最好不超过 5%，但亦不宜小于 0.5%，以免影响排水。地面与海底土质情况亦甚重要，这方面岩岸港口比沙岸港口要有利得多。连云港西防波堤建于强度差的海积淤泥上，前面塌陷数次，便是一例。港口的水工建筑物必须根据当地地震烈度进行防震设计，充分估计到现代构造运动的影响。在有潮汐影响的海港中，陆域应高出高潮水位 1～1.5 米，无潮汐海港中应高出海面 2～2.5 米。河港与海港不同，它允许一部分码头在洪水期淹没，岸地可作阶梯状。

广义的筑港条件，还应包括周围自然条件对港口同其腹地联系是否有利。与海岸或江河平行的山岭，在一定程度上限制了港口的对外联系，并给建设由港口通往腹地的交通线带来困难。通航河口的海港，江河下游或水网地区的河港，则腹地联系条件最佳。我国东南沿海一些自然条件很好的港湾未能成为大商港，与其腹地联系不便是有关系的。而象连云港、湛江港的兴起，也得助于其与广大腹地联系的方便。

4.腹地条件

港口和腹地是相辅相成的。港口是其腹地的门扉，腹地是其港口的内庭。把港口比作口，腹地比作腹，也是这个意思。对于大海港而言，其陆地上的直接吸引范围就是它们的腹地；对于沿海小港和内河港口而言，则其腹地仍包括水上航道网系统内的直接联合和间接吸引范围。

（1）世界主要港口的腹地

全世界年吞吐量在 1～5 千万吨的大港有 80 多个，5 千万吨以上的有

20 多个，超过 1 亿吨的不到 10 个。可以看出，所有世界上的河海大港，无不拥有地域辽阔或经济实力雄厚的腹地。例如荷兰的鹿特丹，位于莱因河和马斯河的通海口，腹地包括联邦德国中、南部，法国东北部。境内有鲁尔工矿区，科隆、斯图加特、慕尼黑等制造业中心，法国洛林工矿区，荷、比东部和卢森堡。腹地内河运由运河贯通成网，铁路和公路稠密。

我国的上海位于长江入海口支流黄浦江上。通过长江上、中、下游干支流联系，其腹地包括川、鄂、湘、赣、皖、苏、沪等省市，再经由铁路和沿海交通联系，浙、闽的部分地区也在其内。长江流域是我国主要的工业和农业基地，工农业总产值均占全国 40%以上。从自然条件和人、物力资源来看，上海港的腹地还存在着巨大潜力，这是世界上其它大港所无法比拟的。

另外，由于世界海上贸易的发展，少数近陆岛港，如新加坡和香港，由于处于大洋航线要冲，又不受保护关税的束缚，得到了空前繁荣。它们主要是靠货物转运、集散兴起的，然后又发展起了一定的初加工和再加工工业。他们兴旺的基础，还是因为具有东南亚和中国大陆的广大腹地。

（2）腹地与港口的发展公式

腹地的情况对港口的兴起与发展起着决定性作用。腹地状况包括三个方面：腹地的大小；腹地与港口间的交通条件，腹地的生产专门化程度。这三个因素之间又是彼此相互关联的。港口形成与发展后，反过来又会促进腹地范围的扩大、交通线网的完善和腹地内专门化的进一步发展。港口发展的过程一般是：腹地经济的开发与对外联系的产生——腹地与港口间交通线路的形成——港口腹地范围的初步确定——港口的兴起——腹地交通网的进一步完善——腹地的扩张和生产的进一步发展——腹地对外联系规模的不断增长——港口规模的扩大……。总之，这是一个辩证的发展过程，而不是一个单纯的循环过程。

从这个观点而言，我国许多港口目前处在发展的萌芽阶段，例如浙闽沿海的一些港口；另外一些则进入了发展的初期阶段，例如连云港、湛江、重庆等；还有一些已属发展的高级阶段，如上海、大连、天津、广州、武汉等。

（3）港口的单纯和混合腹地

相邻港口之间，其腹地情况往往错综复杂。除了固定于相应港口的单纯腹地以外，还往往出现两个以上港口共同吸引的混合腹地。在资本主义制度下，便出现了港口之间的腹地之争，例如西欧相邻各港之间，美国大西洋港口同墨西哥湾港口之间，都存在着尖锐的斗争。解放前我国的大连和营口，天津和青岛之间，也存在着腹地之争。竞争的结果是甲港的兴旺建筑在乙港的衰落之上，这是资本主义经济规律的一个表现方面。社会主义计划经济下，这种情况已经一去不复返了。港口之间的混合腹地，可以根据其货物和流向确定合理的分货线。同时，港口的建设也是依据合理腹地划分而定的。我国湛江港的建设就是一个例子。广州同湛江虽然相距不远，但前者的腹地主要是我国华南地区，而后者未来的腹地主要是西南地区。同样，秦皇岛、新港和青岛之间，它们的分货线也可给以有计划地确定，使各港的发展各得其所。

（4）腹地港口类型

可以根据腹地的特点来区分港口的类型。

按照腹地生产的地域类型，可将港口分为：①采掘基地型：以输出价廉、量大的矿产原料如煤、石油、金属矿石、建筑材料为主的港口；②加工区域型：输入多种原料、输出多种成品的港口；③商品农业地带型：输出粮食、技术作物，输入日用品和农业用器械和肥料；④客运型：港口主要为腹地的客运服务；⑤混合型：以上各种类型兼而有之，从而使港口的输出输入具有综合的性质。

按照港口与腹地交通联系的种类，可将港口划分为：①以内河航道（包括大湖航道）为主的港口；②以铁路为主的港口；③以管道为主的港口；④以公路和其它交通线为主的港口。

上述两种分类是相关的，因而就出现了以腹地划分港口的综合类型，如表 73。

表 73　腹地港口综合类型

腹地同港口的交通联系 / 腹地的生产地域类型	内河航道为主	铁路为主	管道为主	公路和其它交通线为主
采掘基地	I_A	I_B	I_C	I_D
加工区域	II_A	II_B	II_C	II_D
商品农业地带	III_A	III_B	—	III_D
客　运	IV_A	IV_B	—	IV_D
混合型	V_A	V_B	—	V_D

每一种综合类型又可以根据港口腹地的大小和吞吐量，分成若干等级。

三、港口的地域类型

港口的地域类型，即根据港口的地理位置、港湾的自然和经济环境以及港市建设的具体条件，所进行的海岸和河段的地理类型划分。它是对港口进行地理研究的核心部分，是其它学科如港口工程、城市对外交通、水运经济等难以涉及的内容，也是国家港口开发、海岸带利用和沿海生产力布局任务的基础工作。因此，对于港口地域类型的系统研究，具有很大的理论和实践意义。

我们首先将港口按其地理位置，分作海岸港、岛港、河口港、内河港等大类；然后每一种按其地貌和水文特点细分为若干小类；最后再评述其建设条件及与腹地的联系。

（一）海岸港

有很大一部分海港修筑在海岸上，故海岸的自然环境对港口的布局和规划有显著影响。海岸主要可分作海蚀海岸、沉积海岸和其它海岸（如冰海岸、珊瑚岸等）三大类。前二类以外的类型在我国并不多见，因此，只给予海蚀海岸和沉积海岸以建港和航运的评价。

1.海蚀海岸的港口

海蚀海岸通常称为岩岸，一般向海洋的倾斜角度很大，岸壁较高，岸下就是深水区，所以对船只的航泊有利，且绝少泥沙淤积之患。但也要分别平直海岸和海湾海岸两种情况。

海蚀平直海岸面向大海，直接受着波浪、潮流和风的影响，特别是拍岸浪对碇泊的影响最大。这就要求港口有充分的防护。但在天然岩岸上挖掘港池、开辟水域是困难的，因基岩较硬且岸脚海蚀阶地很窄。所以一般采用在海上筑外堤来进行防御，有时用两条会合式突堤，有时用几条突堤和防波堤形成人工水域。

海蚀平直海岸的外堤应尽量迁就岛屿、岩角、浅滩或暗礁，以减少工作量，并力求用回填的办法来建筑码头线和陆区。如秦皇岛就是利用岩角修筑突堤码头的。

平直岩岸上的港口建筑费用高，但航道和水域不易淤浅，疏浚费用较小。世界上完全靠人工在平直岩岸上修建的大港不多，印度的马德拉斯是一个例子。

海蚀海岸上的海湾具有许多建港的优点。首先，湾口有或多或少的天然屏障，减弱了波浪、潮流和强风的影响；其次，湾内水面较阔，水深不大，岛礁较多，即若修建防护构筑物，费用亦省。

但海湾内是否能形成港口，还要取决于一系列具体条件。在自然地理方面，海湾必须有宽阔的水面和足够的水深，以利于同时停泊较多的船舶和容许吃水较深的大轮驶入；岸上地应面积较大、地势较平坦，使陆域和交通线的布置无大困难。在经济地理方面，海湾应有较大的腹地。交通比较方便，位置与国内和对外经济联系的方向相符合等。

海蚀海岸上的港湾可大体分为以下三类：

（1）外拱型：由少数岩角和岛屿屏障其外，形成港湾。其优点是岸前水位较深，出海多通道，可结合岛屿配置港区和市区，沿海地段长且

灵活多样；缺点为往往防御不充分，需加筑外堤，作为军港更不够隐蔽。我国此型港湾如龙口——在岩角外屏形成之龙口湾内；威海——有刘公岛屏障其外；烟台——临海北有芝罘陆连岛，东有崆峒岛拱峙，为使港内风平浪静，加筑了东、西二道防波堤。

（2）内凹型：海湾凹入陆地，形成天然港湾。其湾口有天然屏障，航道水深，水域广阔，岸上平坦等，具备有建设良好军港和商港之条件。内凹型港湾按照构造和地貌条件，又分为多种形式，其在我国主要的有三种。

①里亚式：地形构造线与海岸近似垂直，海水淹没峡谷而构成狭窄筒状或漏斗状海湾。这就既保证了入港航道的深度和一定的水域，也便于同腹地取得交通联系。里亚式海湾是布置港口最有利的地段。法国的布列斯特、澳大利亚的悉尼，均具有明显的里亚式港湾特征。我国典型的里亚式港湾有象山港、汕头湾等；大连港、旅顺湾也属此类。

②达尔马式：山脉走向大体与海岸平行。因而尽管口门小而水域大，但陆域受地形限制，特别是同腹地联系不便。美国的旧金山和南斯拉夫的斯普利特均称典型。我国较典型的达尔马海湾如福建的罗源湾、广东的水东港、广西的钦州湾、山东的丁字港等。

③交叉构造式：系由里亚和达尔马二式叠加交错而成。根据地质学家李四光的大地构造理论，我国东部沿海以新华夏北北东走向的构造线占主导地位，另有东西走向山岭穿插其间。因而我国沿海，凡属岩岸，大多受此二种构造线影响，交叉构造式港湾较多。闽、浙沿海的一些著名军港或渔港如三门湾、三都澳和湄州湾，均属此式；胶州湾也比较典型，从其湾口而言，属达尔马式，湾内沿岸，则呈里亚式景象，因其具备了二种形式的优点，故能得天独厚。

（3）海湾岛礁型：众多的岛礁分布在不太封闭及深入陆地的海湾之上，岛屿、礁石、暗滩甚至沙洲将湾面包围、分割。故此型为外拱和内凹的中间类型。海湾岛礁型港湾一般岸边风平浪静，通往外海方便，是天然的渔港。屏障好、水道深的，成为天然商港，如厦门港；有些湾内形势隐蔽，有充分岛礁防护，经炸除礁滩，开辟航道，可建成大海港，如湛江港；还有的岛礁防御不足，要适当配置人工水工建筑物，如基隆港利用岛礁加筑内外堤，以阻挡北向强风。

内凹型海蚀港湾除以上各类外，还有一种峡湾式，它是由于海水淹没冰川溺谷形成的。在北欧（特别是挪威）和北美，有许多峡湾港口，如奥斯陆、西雅图等，均因水道深阔，深入内陆而著名。但在我国并无典型峡湾式港湾。

2.沉积海岸的港口：

沉积海岸通常称为沙岸，其特点是沿岸地势低平，深水区距岸很远，在泥沙移动和波浪作用下，不断有新的河海沉积物在岸边淤积，使水深逐渐变浅，岸线日趋单调平直。由于沉积海岸的航道和水域经常受到泥沙沉积和回淤的危害，需经常疏浚以维持通航。

平坦的岸上地是沉积海岸建设港口陆域的有利条件。由于岸边水浅，常需在岸上挖出人工港池，这在沙岸条件下，工程也不艰巨。如果用海底挖出的泥沙来填充岸边的陆域，并使二者体积大致相等，可以大为节约建港费用。结合港口土方，还可以起到填海造陆、节约港区和城

市用地的作用。上海的小城镇金山卫，不仅港区、而且一部分城镇用地也是通过填海形成的。

沉积海岸的防护堤坝除了防御波浪外，还有阻挡泥沙的重要作用。因此，外堤配置的平面图，值得认真研究。

两条平行式突堤的配置方法是上一世纪西方一些海港采用的。其原意主要是防止沿岸泥沙进入港内，还可利用港口附近入海河川的出口紧缩，以水攻沙。但结果适得其反：①平行突堤阻挡了沿岸泥沙移动，使其移向堤头，造成航道拦门沙；②随着船舶增大，吃水加深，河水急流冲刷作用，显得微不足道；③由于二堤之间水面很窄，使风浪进港波幅增大。故目前只有少数河口港和强潮型海港采用，以便增大水深。

这方面会合式突堤比较优越。它使泥沙运动方向的角度减小，拦门沙不易形成；波浪经由堤口进入停泊区时水面逐渐放宽，波幅逐渐减少；同时，堤内人工水域可容纳更多船只。我国的连云港便是一例。天津新港的平行突堤口门处也采用了收缩式。

但会合式突堤在有些情况下并不是理想的配置图，其一，沿岸有大量泥沙回淤，可导致口门淤浅，甚至海岸也因而变迁；其二，强风方向如与岸垂直，港内仍不平静。根据筑港经验，遇到上述情况，可采取一系列配置外堤的变通办法。

例如海口港。海口市位于海南岛南渡河三角洲上，岸前淤积水浅，将海港建在市西 7 公里秀英镇之北。为防御冬季东北向强风和拦阻东来泥沙，加筑北北西向东突堤一道，深入大海，港北侧筑与岸基本平行之防波堤，港西又加筑短突堤一道，入港航道口门西开，躲避风浪。

又如八所港。该港为海南铁矿运出港，位于沙岸上，西有岩角屏障。盛行风向东北和西南，间有台风侵袭。潮流方向东北、西南。为此，修北突堤一道，西防波堤一道，呈会合式，突堤根部以若干桩台构成，使涨潮时流向东北之潮流能携带泥沙出港。目前，吃水 9 米的海轮，皆可乘潮进出，进港船舶最大吨位达 1 万 7 千多吨。

沉积海岸个别情况下也能形成天然港湾，又泻湖湾最为典型。泻湖湾是在海岸下沉，河流和岸流将岸前刷深，形成航道和水域，而使沙洲屏障其外形成的。欧洲的北海和波罗的海沿岸，这种港湾最为发育。我国利用泻湖形成港口的有北海港，该港的内港为一天然泻湖，而外港停泊区则设在北海湾内。

（二）岛港

岛港位于岛上，岛本身主要作为港口据点，并因港而出名。岛港可分为近陆岛港和海洋岛港两种。

1.近陆岛港

同大陆仅一水之隔，它在经济上和大陆是一体的，在交通上以桥梁、堤坝、轮渡甚至隧道与大陆联系。一般是由于建港自然条件的要求才把港设在岛上。海蚀海岸旁的岛港一般把港口停泊区设在岛与大陆岩角、或岛与岛之间的天然水面上，水域深阔，两端有出口，利于船只停泊和进出。厦门港和香港便是典型例子。有些港

口为保证大船停靠的水深，在主港附近再建辅助岛港，如青岛港为

满足巨型油轮作业，在胶州湾内西岸旁黄岛上新建油码头，岛与岸筑海堤联系，敷以油管直达码头，以便胜利油田的石油外运。沉积海岸旁的天然岛屿很少能建为天然港湾，但有些港因岸前回淤严重，在海面利用自然岛或建筑人工岛反而有利。

2.海洋岛港

同大陆没有密切经济联系，腹地很小，故多远洋或沿海航线的中途港、避风港和具有战略意义的军港。太平洋的关岛，火奴鲁鲁，大西洋的百慕大，地中海的马耳他都是例子。这方面，大洋中的火山岛和珊瑚礁有重要意义。我国的南海诸岛，不乏珊瑚岛礁，可作良好避风港。如东沙岛就是一个环礁，中间水面平静，有缺口通向外海，当地称作“月牙岛”。

新加坡港既拥有东南亚陆上腹地，又居于太平洋通印度洋的航运要冲，兼有近陆岛港和海洋岛港的优点，故能成长为亚洲最大港口。

（三）河口港

河口港是位于河流入海的感潮河段上、本身兼作海港与河港的港口。在河道通航条件较好的江河上，河口港往往是在距海口较远、距内陆经济中心较近的河旁兴起，例如天津港距大沽口 60 公里，广州港距珠江口 145 公里。

河口的海港具有许多海岸港无法比拟的优越性：①它的庇护条件良好，一般不用修造人工防护物，而把港区设在河道沿岸或支流上；而且，由于河口或江河下游地势平坦开阔，陆域的设置比较方便。②河口港依靠河川干支流深入内陆，在一般情况下可进行海河转运，充分利用廉价的水上航道；对于航运条件特佳的大河，如我国的长江，则更可以组织江海直达运输，大大提高海港的通过能力和航线的运输量。③靠江河联系着的整个流域，往往形成为河口港天然的广大腹地。由于以上的原因，世界上的大商港中，河口港占了多数，如莱因河的鹿特丹、密西西比河的新奥尔良、长江的上海、恒河的加尔各答等。

但是，大多数河口由于水流速度减缓、潮汐的顶托和波浪的作用，水深不大，航道易徙。当前世界上从事海上运输的轮船，一般在 5 千至 2 万吨甚至以上，吃水达 7～12 米，河口的天然水道往往不能适应船舶日益增大的要求。解决这一矛盾的普遍方法是浚深河道、疏挖泥沙和开辟运河。在上述措施达不到目的或经济上不合理时，就往往会形成河口处的外港或河口外海岸上的前港。外港或前港成为主港的辅助港，有些逐渐代替了主港的工作，例如天津的新港、广州的黄埔港、丹东的东沟港都是典型例子。有些较高纬度的海港由于河口淡水量大而封冻，主港的冬季工作转移到河口外的海岸港上，象过去的秦皇岛港冬季便担负了一部分天津港的工作。

从地质构造上可以把河口分作两种类型，三角江和三角洲。

1.三角江上的港口

三角江由于海岸的下降运动而泥沙无法淤积在河口，口门多呈喇叭形，航道较宽，水位较深。这种河口一般潮差较大，船舶便于乘潮；河口以上河道感潮河段较长，便于航运。我国闽浙沿海不乏三角江上港口，

其典型者如临海港、温州港和泉州港。但三角江口的港口水域往往不能保证充分平静。西欧一些强潮三角江上往往建成为具有闭合港池的潮差港，在涨潮时启开闸门，使船舶出入。这样既保证了内港的平静，又提高了水位；同时，还可以利用潮汐波来发电。计算证明，在潮差 4～5 米以上的岸边，建设潮差港是经济的。

2.三角洲上的港口

由于构造上升、泥沙堆积，三角洲地区坡降极缓，河流干槽往往分支出去河叉致使河道流量分散，水位低浅。由于淤塞严重，泥沙象瓶塞一样堵住了河道通海之路。故在三角洲上建港必须首先解决航道问题。

对于河叉特别发育的典型三角洲来说，一般在分叉以下，干槽由于挟带泥沙量最大，不宜再作主航道，而是由旁叉中选一条水深和宽度比较合适的，弯曲不大的分支作为通海航道。故而，许多三角洲上的河口港并不在主流上。印度的加尔各答港、埃及的亚历山大港、我国的黄埔港、汕头港都是这样。

有些三角洲虽泥沙淤积严重，但因海岸地段构造下沉，往往不形成典型河叉，如海河口的下湿地型三角洲，长江口的海湾型三角洲等。这样，在河口建港，还必须以主流为出海航道。

根据三角洲具体地理情况，可以用集中水流、提高流速的水工措施来改善通航河道的条件，如塞支强干，裁弯取直，修筑丁坝和顺坝等。十九世纪初，天津港和上海港的航道，均因采取了一些水工措施而得到一定程度的改善。但终因船舶吃水日大和航道在新的条件下淤浅，而无法彻底解决。天津港初将大轮改泊塘沽港，解放后被新港几乎完全取代。上海港黄浦江的航道维持在 8 米以上，长江口南航道因口门有神滩拦门沙，只能供吃水 6 米以下船舶进出，万吨级大轮必须待潮。

为了维持航道足够水深，采用挖泥船进行经常作业已是河口港的重要措施。象天津港、营口港、上海港、淡水港，都离不开挖泥作业维持航道。比较彻底解决回淤的办法，是开挖人工的通海运河，以绕过三角洲的淤积和隆起部分；有时，为了克服三角洲外的水道淤浅，还要开辟海底运河。天津新港的出海航道，便是一条长 15 公里、宽 60 米、深 7.5～10 米的海底运河。

上海港和天津港的航道改善，可由图 84、85 窥知。

（四）内河港

这是修建在通航河道或人工运河上的港口。我国绝大部分河港都是沿河布置码头线，以深水岸壁、阶梯岸壁等水工结构物或趸船浮码头为靠船设备，将停泊区置于河道的同侧或对岸。故内河港的选址，必须首先考虑河道的水文和地貌条件。

在江河上游或河床纵坡较大的河流中，河流流速快，对河床的垂直侵蚀占主要地位，搬运作用也强，堆积作用不显著。此种情况下表现为河床相对趋直，随经由地段地形和岩性而定；主流线大致居中；无沙洲或有沙洲但对深槽航道影响不大。在这种江河上选港，岸前水深较易处理。但必须使码头和停泊区的流速不能过大，否则船舶碇泊不稳，流速超过 9 公里/时，船舶溯引且有困难。另外，上游江河上的港口，必须岸

壁较低，岸上地较开阔。如重庆港，主要码头位于临江门至朝天门的嘉陵江汇入长江的河段南岸，此处较长江沿岸水流平稳，且为岩性凹岸，水域条件良好。唯岸壁过高，装卸不便，解放后大力整修，已有改善。

江河中下游或河床纵坡较小的弯曲江河中，河流的沉积作用逐渐占主要地位，水流搬运的冲积物因流速渐减而分选下沉，流水的侧向侵蚀增大，形成侵蚀作用为主的凹岸与堆积作用为主的凸岸相间分布状态。由于水流在弯曲河道中受惯性力作用，产生了横向环流，呈螺旋状前进，这种环流可分解为两个紧密相连而方向不同的横向环流，上部是水面上从凸岸流向凹岸主流线的表现，下部是由主流线沿河底从凹岸流向凸岸的底流。长此下去，凹岸侵蚀，凸岸堆积，河床弯曲不断发展，形成曲流甚至牛轭湖。

下水船可沿主流线下放，借以增加航速。主流由一个凹岸向下一个凹岸转移，要经过浅滩，这种转移地点称为“过河航道”，它是航行的主要障碍。浅滩由平缓的迎水坡（前坡）、沙脊（最高部分）和陡峭的背水坡（后坡）组成。过河航道的最浅水深以沙脊上的水深来确定，它是天然江河航行的最重要控制尺度。如果浅滩和一岸相接，称为岸滩；河流中间同两岸有深水分开的大型沙洲称为江心洲，由于江心洲出现，便形成了分叉河段。

主流不是贴岸而下。因水流受到岸边的阻碍成为缓流，同主流形成显明界限。交界上是上水行船的好航道，俗称“二流水”，这里也正是内河码头线的前沿地带。

在弯曲河道上选港，首先应考虑近靠凹岸的顺直河段，因该处水流良好、河床稳定。在岸滩型河段，港址应位于深槽稍下方，以保证水深，并防止岸滩的侵袭，必要时可在临码头上方之凹岸做护岸工程，使深槽和上方岸滩相对稳定。在分叉型河段，港址应选在侵蚀作用占优势的深水叉流岸边；河叉口门前的单一河床上宜于建港，但应注意岸滩下移及叉道变迁的影响；还要同时进行护岸和疏浚。

布置在黄浦江两岸的上海港，其主要港区均分布在河道凹岸，先形成的港区（如一、二、三、六、九区）明显居于深槽之下方；后增的港区（如四、五、七、八区），则在深槽之上方。此例说明河道自然规律对港口码头影响之深刻（图 87）。

四、城市建设中的港口布置

港口是滨海、沿河城市的一个重要组成部分。合理配置港口及其辅属设施，妥善解决港口同城市其它组成部分的关系，是城市建设规划工作中必须事先考虑的综合性问题。

（一）港口与城市的相对位置

港口同所在城市在地域上如何摆布，对港口和城市职能的发挥和未来的发展有关键性影响。从二者总的相对位置而言，情况是多种多样的，但可将其归纳为三种基本类型，即：①港口在市区之内；②港口在市区之外；③混合式，即港区一部分在市区内，一部分在市区外（图 88）。

无论是在海岸、河口或内河发展起来的旧有城市，大多属于第一种类型。或者是港区原来就渗入城市，或者是城市包围了港区。上海、天津、汉口、重庆都是例子。在这种情况下，港口和城市矛盾很大。城市街坊的发展逼得港区狭窄分散、管理不便；许多港区无法接入铁路线。而港口用地又占据了城市滨海沿河地段，既妨碍了布置临水风景线，又造成噪声干扰和水、气污染。因此，旧城港口的改建往往是在市外重建港区，使业务重心逐渐转移到市外，而原来的港区则只作为城市中的码头。如上海港改建规划，就是如此。新建的九区位于黄浦江下游张华浜，为大轮主要碇泊之所。

在规划布局新港口时，常采用第二或第三种形式。或者将港口设在邻近市区、最好同铁路枢纽结合在一起的地段；或将港口客运码头布置在市内，而将其余部分设在市外。从发展观点，亦可先将港区布置在市区内，将来再根据港内分工，把相应部分移至市外。

（二）港口布置与城市用地组织

在港口城市，港区用地占城市用地的很大一部分。在自然条件有利、技术上可能、经济上合理的情况下，根据城市建设的政治经济要求，正确规划港口城市的用地组织，避免港区和市区在用地上的矛盾，是一个重要任务。

1.合理分配岸线

岸线为港口布置码头的场所，又是滨水城市的风景游览地段。因此，岸线分配不当，就会顾此失彼。有些城市临水线长，问题不大。如青岛市区，两面临海，临胶州湾一边，布置大、中、小港；临外海一边，布置沿海街道、临海公园、海滨浴场和疗养区。但多数城市并非如此，一来天然岸线不够，二来交通和市政设施、生活福利设施有些已有基础，港口或城建部门不愿轻易挪动。如大连为一滨海城市，但市区并无临海的大道或公园，其海滨浴场和疗养区，均远离市区，在大连半岛的南部。又如秦皇岛，沿海地段全被码头线、作业区及港口辅属设施所占领，城市与海隔绝。只有在城市改建过程中，废弃一部分港口占用的岸线，增辟临海公园一处，以资补救。上海市和天津市在城市改建中，对岸线处理得较好。上海市坚持将苏州河至十六铺间的黄浦江岸前深槽河段，不作码头用地，使外滩成为上海的风景点；天津市解放后将解放桥至胜利桥间北岸临河地段，拆除码头房屋，辟为中心广场，为天津市景增色不少。总之，在分配岸线时，必须依据“有利生产，方便生活”的原则，并尽量考虑其它条件来具体布置，如：深水深用，浅水浅用；生活用水（城市供水、游览水面）占上游，生产用水（工业用水、港口水域）占下游。

2.正确配置港口陆域和城市用地

港口须要陆域的大小与其码头线长度和吞吐量成正比例。港口陆域理想的平面图是在地域上作如下紧凑排列：码头线——港口作业区——港口后方——其它城市用地。新设计的港口、特别是在新建城市规划港区时，只要自然条件允许，这方面比较容易做到。但旧城改建中，往往出现因码头泊位增加而岸上地不敷应用的情况。港口扩展往往受到城市

道路、建筑物和工业企业的阻挡。在港区扩建已定、现有用地无法挪用的情况下，应先考虑将港口后方的各种辅助设备移至别处，但不宜距作业区过远。用地仍有困难时，作业区内的后方仓库亦可迁至邻近地点。无论如何，码头线上必须保证有宽 100～200 米的岸上地带，以保证货物装卸工作的进行、运输工作的组织和货物的堆放（前方仓库）。如上海的四区，天津的红桥码头和直沽码头，均因后有城市重要街道和建筑物限制，陆域面积过窄。这样，一方面有碍于港区的合理发展，一方面由于货物装卸需要另觅仓库堆场，势必由此而增加不必要的市内运输，相应地也对港后城市道路形成干扰。

3.妥善组织水陆交通运输

港口是水陆联运的枢纽，大量旅客集散、车船换装或过驳作业咸集于此。在规划设计中，必须考虑到妥善组织交通运输的问题，其中包括：铁路线接入港口作业区，港口同城市有关企业和仓库有方便的道路交通，划分出专门的水陆联运或水上转运码头等。但应注意为港口服务的铁路支线、专用线的出线和港湾站、港区调车场的位置问题，防止造成对市区的分割和市内交通的过多干扰。

港区内外有关铁路与道路的规划要有全局观点。铁路专用线应尽量从一方接入，减少两端出线，港外线不宜过密，以集中于一二条正线为好。港外线按厂外线标准设计，港内线包括港区调车场、码头线、库场线、联络线及其它作业线，按厂内线标准设计。港区主要道路平面布置应尽量避免同运输繁忙的铁路交叉。设计时道路平曲线最小半径 15 米，最大纵坡 5%，行驶电瓶车 4%，行驶非机动车 2%。

4.注意同水上、水下构筑物协调

这一点对沿河城市最为重要，因为河流本身不仅是码头和航道分布地，而且还有大量交通和市政设施穿插其间。桥梁的位置一般应在码头的上游，以使从下游来的较大船只不必通过桥下。天津内河海轮码头位于解放桥南之直沽沿岸，最近下水建了永久性桥梁，对直沽码头影响极大。有船舶往来之河道，其上之道路桥梁必须按通行最大船舶来设计桥孔宽度，并按洪水水位和船舶高度来设计净空。闸化河流，应在过船闸上设港，以保证水深和控制水位。沿河码头不宜同轮渡码头相距过近，更不宜混在一处，以防渡船和人流干扰港区作业。其它如过河隧道，水下线缆，城市给排水系统等，其布局亦均宜和港区密切配合，在规划设计中不容忽视。

（三）港口作业区的配置

小型港口多集中布置，港区具有综合性；大型海、河港口则根据生产和运输的需要，按码头的分布划分作业区，各港区具有不同程度的专业化性质。同类货物集中在特定作业区，既便于装卸、贮存和转运，也便于充分利用各个港区自然条件，发挥机械化装卸设备的效率。只有在社会主义计划经济下，港口才有可能划分为合理的、相互配合的专业港区。

港口作业区应考虑到港口水文地貌条件，根据工业布局和城市功能分区进行布置。可以按照货物的特性和来货、去货单位的分布，结合航

道岸线来确定不同作业区的位置。沿河大工厂应有自己的码头船位，以节约运输费用。但装卸地点过于分散会使管理费用增加和城市规划用地组织受到干扰。故一定规模的城市，港区集中分散问题，需根据港口和城市的建设任务，进行技术经济比较，然后确定。

港口不同作业区配置的具体原则是：

（1）客运码头应尽量靠近城市中心地区，能同市中心和铁路客运站联系近便最好。这方面广州、大连位置较好，武汉、上海距市中方便，但同铁路客运站较远。客运码头应放在货运作业区以外，以免相互影响。

（2）为城市服务的货运区应布置在居住区的外围，接近城市仓库区并同生产、消费地点保持较短的运输距离，以免增加不必要的往返运输和装卸作业。

（3）转运码头最好配置在城市生活居住区之外，并同铁路、公路相衔接。如将天津内河港的煤炭和木材转运码头设在市外杨柳青便是合宜的。

（4）煤炭、水泥、矿石粉等易于扬尘或有气味的货运作业区，不应在港口盛行风的上风地区；在我国东半壁季风地带，一年中往往有两个风频相当、风向对应的盛行风向，这些作业区应按新的风象理论，布置在两对应盛行风的两侧、具有最小风频的上风位置另外，有粉尘污染的作业区和堆场，应远离城市生活居住区；与生活区距离较近，最好隔以绿带。

（5）装卸闪点为 45°C以下的石油作业区或石油码头，应建在城市、港区、锚地、重要桥梁等的下游，其最小距离为 150 米。当河宽小于 150 米时，应考虑对岸主要建筑物的安全问题。其它危险品码头更宜远离市区，专门处理。

（6）木材码头或作业区同其它易燃品港区应有一定间隔距离，以防火灾。木材作业区要求有较广阔水域，以便编解木筏，故其位置不应在船只往来频繁的地段。

（7）商港兼为渔港，应将二者分开，以免相互干扰，最好是渔船作业有单独的碇泊地和航道，如天津新港附近之海河口另设渔港。大型港口，可单辟专为渔船和小轮、木帆船用的港池或码头，如青岛之中港和小港。

（8）作为港口组成部分的修造船企业，应尽量安排在货运区以外的邻近海岸或河段，以便能使船只能方便入坞修理。同时，不要使企业和作业区相互干扰。

（四）港口和港外仓库

1.仓库的分类和职能

仓库是港区和港口城市的重要组成部分，按照仓库同港口的关系，可把仓库分为三类：①一线仓库，即港口前方仓库；②二线仓库，即港口后方仓库和港外转运仓库；③三线仓库，即物资贮存时间较长的仓库。

我国港市布局中，一般是一线仓库严重不足，河港、海港都普遍存在这种情况，海港尤其突出。由于资金、材料、使用等种种原因，这一矛盾还不能很快解决，以至近年来港外二线仓库很快发展，主要是物资、

外贸、粮食、商业、供销等单位建立起来的转运仓库。这类仓库的建立对目前港口物资的疏运虽起了很大的作用，但二线仓库终不能代替一线仓库，还远不能满足船泊装卸高速化、港区运输组织现代化的要求。同时，还须看到很多西方国家的港口，由于运输和通讯条件的改善，物资周转加速，二线仓库已逐渐衰落，而我们则二线仓库大量发展。这在港市仓库规划中，应引起我们的注意。

2.仓库用地规模

一线仓库属港口用地。在建设规划中主要是确定港口总用地面积。然而，仓库、堆场面积占了港口总用地面积相当大的比重。因此确定仓库和堆场的面积是十分重要的。

港口仓库堆场面积与码头岸线长度应当适应，但两者合理比例究应如何，尚难一概而论。秦皇岛市按照每一米码头线合 150～170 平方米库场面积进行规划，方法比较简单。但由于各港影响因素不同，实际情况相差悬殊。有的港口是按照港口年吞吐量、入仓系数及库场的周转次数来计算库容量。这种方法，则较为繁杂，计算不太方便。因而，也有用同类港口，按码头的仓库、堆场面积进行类比的方法。这几种方法各有优缺点，似应根据各港的具体情况而定。

目前，在港市规划中，为了解决一线仓库突出的矛盾，应按照港口的规模，满足港口用地要求，特别要解决港口的陆域纵深。没有一定的陆域纵深，就难以布置足够的仓库、堆场，以及满足今后集装箱运输的需要，从而给实现大量高速化带来困难。

在布局工作中，拟定仓库用地规模，主要是指各独立仓库的用地。远景仓库用地规模，一般可根据各单位物资贮存量进行估算。对于港市，同时还可参考港口吞吐量及铁路装卸作业量，根据目前的比例关系提出今后仓库通过量的规模。确定用地规模时，也应参照同类城市的单位用地面积的年通过量指标，平均单位面积堆存指标和年平均周转次数等。

3.库场用地面积的计算

计算库场用地有各种方法[①]。以下介绍一种比较简单的统计表计算法（表 74），即根据仓库年通过量和其它指标，来推算仓库建筑面积。

表 74　仓库面积计算表

货物名称	年通过量（吨）	贮存周期（月）	贮存量（吨）	堆存指标（吨/方米）	有效面积（平方米）	面积系数	建筑面积（平方米）	备注
生铁	3，150	3	780	3.5	220	0.5	440	堆场
型钢	360	4.5	135	1.5	90	0.75	120	仓库
食盐	660	3	150	1.0	150	0.75	220	仓库
木材	250	3	62	0.2	310	0.5	620	堆场
稻草	20	6	10	0.15	66	0.25	264	堆场

仓库建筑面积或堆场实际用地面积，一般称为建筑面积，再加上辅助面积就等于库场总用地面积。辅助面积包括平台，机械设备用地，办

[①] 参阅南京大学经济地理教研室编：《交通运输布局与港站设置》（油印讲义）。

公辅助用房，晒场，运输通道，消防间距等。

仓库年通过量，指全年贮存货物总量。从物资的贮存角度来计算进出物资，只计一次数量，与港口吞吐量、铁路装卸作业量的概念不同。

贮存周期，是指货物存放的期限，在没有固定期限时，可取其平均数。周转次数是指货物在一定时间内进出次数。与贮存周期之间的关系是：

$$\text{年周转次数} = \frac{12}{\text{平均贮存期限(月)}}$$

贮存量是指同一时间内仓库里存放的货物量。若以贮存量为仓库建筑的依据，则贮存量就等于仓库库容量。

$$\text{仓库容量（吨）} = \frac{\text{年通过量(吨)}}{\text{年周转次数}}$$

仓库年通过量（年通过能力，吨）=设计库容量×年周转次数。单位面积堆存指标是指每平方米仓库面积上能堆存货物的重量，各类仓库以及露天堆场由于其地面承载荷重不同，堆存指标就不同。在同一仓库里，各种货物的堆存指标也不同。若不要求十分准确的计算，可采用其平均指标或综合指标。

$$\frac{\text{贮存量(吨)}}{\text{堆存指标(吨 / 平方米)}} = \text{有效面积（平方米）}$$

库场有效面积是指库场内直接堆放货物的实际面积，一个仓库的建筑面积或堆场的实际用地面积除了有效面积外，还要加上额外面积，额外面积一般为有效面积的 30～50%，主要作通路和布置移动设备与固定设备，安排库场内货物分批分码场地，以及库场内办公及更衣等用房。额外面积一般用有效面积系数（又称面积系数）来表示。它们之间的关系是：

$$\text{建筑面积=有效面积+额外面积}$$

$$\text{有效面积系数} = \frac{\text{有效面积}}{\text{建筑面积}}$$

有效面积系数是一个经济定额，要在实际工作中认真注意收集积累。有了上面几个数字，仓库或堆场的面积就可以计算出来。然而，若其中一个数字不确实，搞得偏大或偏小，就直接影响了建筑面积的大小。因而，除实地调查外，还需利用各项指标之间的关系进行校核，收集同类仓库堆场同类物资指标进行比较参考。

在实际工作中，有了贮存量（或仓库容量）和堆存指标，面积系数就可以直接算出仓库的建筑面积：

$$\text{仓库建筑面积（平方米）} = \frac{\text{贮存量(或需要仓库容量)}}{\text{单位面积堆存量×有效面积利用系数}}$$

第九章　公路的地理研究

公路是具有一定线型、宽度和强度，供各种无轨机动、非机动车辆和人、畜驶行的人工陆上道路。它的重要特点是线路的公用性，即承担混合的交通流（车流和人流）；再加上它易于在地域上广泛修筑、无孔不入的优点，使其成为最灵活的运输方式。

汽车是公路运输的主要交通工具。汽车按用途可分为载货汽车（载重量 4～6 吨为中型，以下为小型，以上为大型），载客汽车（又分为公共汽车和小汽车）和特种汽车（如消防、工程、洒水等车辆）。按使用燃料，汽车又主要分为汽油车和柴油车两种。汽车运输的发展取决于一定的生产力水平和社会制度的差异。西方国家汽车保有量中，小汽车占绝对优势，而我国则以载重汽车为主，这反映了社会主义制度下，交通工具更多是直接为生产服务的。

近些年来，出现了专供快速车辆行驶的高速公路，开始削弱了公路的公用性，但促进了这种运输方式的现代化。

一、公路分布的一般技术经济依据

（一）公路的发展与分布

在原始公社的末期，已经出现了最初的道路。到了奴隶社会的后期，由于地区间商品交换的发展和政治军事的需要，出现了纵横全国的大道。罗马帝国全盛时期，其道路网的长度已达 7.8 万公里，有 29 条大道把罗马同全国连结起来。中国秦始皇命令劳动人民修筑的驰道，不仅由秦都咸阳沟通全国，而且建筑水平是当时世界最高的。其布局和给构为“东穷燕齐，南极吴楚，江湖之上，濒海之观毕至。道广五十步，三丈而树，厚筑其外，隐以金椎，树以青松。”[1]到了明末清初，更确立了国家的道路系统，称为“官马大道”，由首都北京直达各省的主要城市。

工业革命以后，机械动力开始用于交通工具。二十世纪初，以内燃机为动力的陆路无轨车辆——汽车开始迅速普及，一直到公路成为主要行驶汽车的道路。汽车的行驶对道路提出了很高的要求，原先行驶畜力车和人力车的沙土、碎石道路由于强度不足，被有结构层的路基和沥青、水泥路面所代换。这样，道路不仅能行驶汽车，而且还能更好地行驶其它非机动车辆。公路，也就是公共道路的意思。

第二次世界大战后，由于汽车产量的增长和行车速度的加快，在一些发达国家，公路成为汽车道路的代称。与此同时，出现了高速公路、快速公路、能供超重车辆行驶的公路等。在原有公路上，畜力车、自行车已形成对公路交通的干扰。公路本身也在车道、信号、交叉等方面作了现代化的改进。目前，全世界已有约 2，000 万公里的公路，客、货汽车的保有量达 3.5 亿辆。公路已成为许多国家和地区客货运输的重要力量，在客运和短途货运中地位尤其重要。

全世界的公路网，主要分布在以下三大地区：①美国和加拿大南部；

---

[1] 见《汉书·贾山传》。

②西欧、包括南欧和北欧各国；③南亚、包括印度、巴基斯坦、孟加拉国和斯里兰卡。其它公路较密集的地区还有：苏联和东欧，中国东部，澳大利亚东南部，巴西东南沿海和阿根廷奔巴斯平原。

新中国成立后，随着国民经济的发展，公路事业正日新月异地变化，通车里程已由 1949 年的 8.08 万公里，增至 1982 年的 90.7 万公里。但是，我国公路的发展和布局中，还存在着一些问题：①现有公路网与国土面积和人口数量不相适应。按国土计算，我国

表 75　世界主要公路国家的公路密度（七十年代末）

国　名	公路网密度（公里百平方公里）
法　国	146.0
英　国	142.0
美　国	67.0
印　度	38.7
中　国	7.2
苏　联	2.5

每百平方公里的公路长度不足 10 公里，按人口计算，我国每万人的公路长度也不到 10 公里，都还低于印度和巴西等发展中国家。②在现有路网中，公路的标准低、路况差，一、二级公路只占 1.4%，三、四级公路占 56.5%，不够等级的路占 42.1%，且其中有 26%是没有铺路面的土路。③大部分保有车辆是载重四、五吨的汽油车，车型老、耗能大、效率低。客货车比例不当，全国客车平均每 2.5 万人才有一辆，不能满足日益增长的客运需要。④山区、边远地区公路偏少，影响工农、城乡物资交流；通往大中城市、港口、车站的线路不足，标准不够，造成堵塞和压货；国家干线公路上，尚有 3，000 公里断头路未接通，不能形成完善的干线公路网。

（二）公路的分类

按照公路在国民经济以及政治、国防中的作用，以及其在国家公路网中的地位，可将公路划分为不同类别。在我国现有条件下，公路可分为以下三类：

1.国道

由首都通向各省、市、自治区政治、经济中心和 30 万人口以上城市的干线公路，或通向各大港口、铁路枢纽、重要工农业生产基地的干线公路；以及大中城市通向重要对外口岸、开放城市、历史名城、主要风景游览区的干线公路；还有具有重要意义的国防干线。这些公路线组成国家干线公路网的框架。

2.省道

是联系省、自治区内首府和重要城市的干道，以及大城市联系郊区城镇、工矿区、疗养地的道路。这类公路是区域公路网的骨干。

3.县道

以县城为中心，通往县内集镇，组成地方公路网。它直接服务于城乡物资交流和地方客运，同广大人民的生产、生活联系密切。

（三）公路的分级

公路根据其使用任务、性质和交通量分为若干等级。以我国为例，分为四级：

1.一级公路

具有特别重要的政治、经济、国防意义，专供汽车分道快速行驶的高级公路。一般能适应的年平均昼夜交通量为 5，000 辆以上。

2.二级公路

联结重要政治、经济中心或大工矿区的主要干线公路，或运输任务繁重的城郊公路。一般能适应的年平均昼夜交通量（按各种车辆折合成载重汽车：大卡车、重型汽车、胶轮拖拉机的车辆折算系数为 1，带挂车的载重汽车、包括公共汽车为 1.5，小汽车、包括吉普车、摩托车为 0.5）为 2，000～5，000 辆。

3.三级公路

沟通县以上城市，运输任务较大的一般干线公路。一般能适应的年平均昼夜交通量（按各种车辆折合成载重汽车）为 2，000 辆以下。

4.四级公路

沟通县、乡镇、队，直接为农业运输服务的支线公路。一般能适应的年平均昼夜交通量为 200 辆以下。

选用公路等级要从全局出发，适当考虑远景发展。

（四）公路的主要技术标准

计算行车速度是用以设计各级公路受限制部分的主要指标。

所谓计算行车速度，即指公路在上述限制下最低的行车速度。不同的地形条件，对公路的技术指标影响显著，因而，必须作出相应的变通规定，才能达到技术经济上的合理。

公路设计中主要的控制指标，在线型方面主要是平曲线半径、竖曲线半径、纵坡等，在路基、路面方面主要是其宽度。另外，视距是公路上安全行车的保证，亦应引起注意。兹将我国现行的上述指标列表（表 76），以示梗概。

表 76　各级公路主要技术指标

项目 \ 等级 \ 地形	一	二		三		四	
		平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘	平原微丘	山岭重丘
计算行车速度（公里/时）	120	80	40	60	30	40	20
不设超高的平曲线半径（米）	2，000	1，000	250	500	150	250	100
最小平曲线半径（米）	600	250	50	125	25	50	15
最小竖曲线凸形	10，000	4，000	1，000	2，500	500	1，000	500
半径（米）凹形	2，500	1，000	500	750	500	500	500
最大纵坡（%）	4	5	7	6	8	8	
路基宽度（米）	≥23	10或12	8.5	8.5	7.5	4.5～6.5	
路面宽度（米）	2×7.5	7或9	7	7	6	3.5	
停车视距（米）	150	100	50	75	30	50	20
会车视距（米）	—	200	100	150	60	100	40

（五）路基、路面的技术经济要求及其与自然条件的关系

在公路布局与选线中，除线型与地形关系密切外，路基的高度和边坡、路面的结构和分类，不仅技术经济上要求严格，而且同综合自然条件关系直接。

1.路基高度和边坡

公路路基应根据使用要求，结合当地自然条件进行设计，使其有足够的强度和稳定性。路基的设计标高指的是路基边缘高度。

路堤填土最小高度应参照公路自然区划，根据当地气候、地质、水文、土质和路基结构等情况而定。如在不冻区，要使路面稳定，路基填土高度超过路基土毛细上升高度即可；而在翻浆地区，则还必须考虑冻深，至少要考虑上部冻结层厚度50～60厘米。沿河及受水浸淹的路基高度，一般应高出表77所规定的洪水频率计算的水位0.5米以上。

表77　洪水频率表

公路等级	一	二	三	四
路基设计洪水频率	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{25}$	按具体情况决定

路基边坡应参照公路自然区划，根据当地气候条件、岩土种类及其结构、边坡高度和施工方法等，并参考已成公路的经验确定。

路堤边坡的坡度，一般采用1：1.5。当边坡高度超过下列数值：粉性土和粘性土——6米，沙性土——8米，砾、碎石土——12米时，其底部边坡一般采用1：1.75。当采取其它措施，如逐层加强压实、铺砌护坡等，可根据具体情况而定。

路堤受水浸淹部分的边坡应采用 1：2，并视水流等情况采取加固措施。

路堑边坡的坡度，当公路通过水文地质情况良好或岩石层理有利时，路堑边坡坡度可按表 78 规定范围内采用。如当地水文地质情况不良或边坡高度超过该表规定，边坡坡度可参照当地经验结合计算确定。

表 78　各种土质路堑边坡高度及坡度表

岩土种类	边坡最大高度（米）	路堑边坡坡度
一般土	18	1：0.5～1：1.5
黄土及类黄土	18	1：0.1～1：1.25
砾、碎石土	18	1：0.5～1：1.5
风化岩石	18	1：0.5～1：1.5
一般岩石	—	1：0.1～1：0.5
坚石	—	1：0.1～直立

2.路面结构层

路面是由各种不同材料分一层和数层，按一定厚度铺设在车行道上的结构物。多层结构的路面组成如下：

（1）面层：由磨耗层和承重层组成。磨耗层是路面的表面部分，用以抵抗由车轮水平力和吸附作用引起的磨损，以及大气、温度、湿度变化等自然因素的破坏作用。因此，要求它具有足够的坚实性和稳定性。通常多用坚硬不脆、耐磨、抗冻的石料、级配材料或掺入结合料来铺筑，并随行车引起的磨损而定期予以恢复。承重层是保证路面强度的主要部分，用来承受车辆的荷载作用，并将车轮的压力传播到下面的底层和基层。承重层一般由质地较坚硬的矿料掺加某种结合料分一层或两层铺筑而成。

（2）底层：也起承重作用，它同面层的区别，在于可采用强度稍低于面层的材料铺筑。例如介于黑色路面与块石基层中的水结碎石层。

（3）基层：作用是承受、传递经由面层、底层分布下来的车轮压力给路基，大多用砂、石和各种工业废渣来铺筑。在特殊自然条件下，可增设补充基层（垫层）。如潮湿土基上设砂砾排水层，翻浆地段设炉渣隔温层。

路面结构层的划分只有相对性。当分期修建，逐步加强时，原路面的面层就会成为新建路面的底层或基层；当路基坚强，气候、水文条件良好时，路面的补充基层可与基层合并，甚至无需设置底层和基层，如西北的一些次要公路，往往在坚强土基上，直接加铺磨耗层即开放交通。

3.路面分类和选用

公路路面应根据其使用任务、性质、交通量及其组成情况，当地材料和自然条件，结合路基进行综合设计。一级公路采用高级路面，二级公路采用高级或次高级路面，三级公路采用次高级或中级路面，四级公路采用中级或低级路面。各级路面的面层如表 79。

按路面在荷载作用下的工作特征，又可将路面分作三种类型：

（1）柔性路面：是由具有粘性、弹塑性的混合材料，在一定工艺条件下压实成型的路面。它的特点是抗弯拉强度小，在行车荷载作用下的抗力主要依靠材料内部的抗剪强度。柔性路面包括铺筑在非刚性基础上

的各种黑色路面，碎、砾石路面以及用有机结合料加固土路面等。

（2）刚性路面：特点是在行车荷载作用下具有路面结构版体作用、较大的抗弯强度，因而能更好的传播、扩散车轮压力于路基。

表 79　路面等级和种类

路面等级	面　层　种　类
高级路面	1.水泥混凝土路面 2.沥青混凝土路面 3.厂拌黑色碎石路面 4.整齐石块或条石路面
次高级路面	1.沥青贯入式碎、砾石路面 2.路拌沥青级配砾石路面 3.沥青表而处治路面 4.半整齐石块路面
中级路面	1.碎石或砾石路面（包括泥结、水结与级配） 2.碎砖、石路面 3.石灰、沥青、水泥加固土路面 4.石灰多合土（包括石灰炉渣土）路面 5.不整齐石块路面 6.其它粒料路面
低级路面	1.粒料加固土路面 2.以各种当地材料加固或改善土路面

一般说来，这种路面系在弹性变形范围内工作，而区别于柔性路面的处在弹塑性变形阶段工作。水泥混凝土路面、装配式路面等属于此类。

（3）半刚性路面：指具有一定刚性、版体作用，但抗弯强度远较水泥混凝土路面为低的一种路面，一般包括铺设在水泥混凝土基层上的黑色路面以及石灰多合土、石灰炉渣土等路面。

选用路面种类应根据下列原则在技术经济上进行比较才能决定：

（1）使用任务：根据公路的使用性质、交通量及车辆类型、汽车行驶速度要求等综合考虑。

（2）就地取材：尽量利用当地材料，一条路线上可根据产料和施工条件分段采用不同结构的路面，但面层应划一。

（3）经济条件：根据工程投资、劳力供应、材料来源、养护费用等来决定路面等级和类型。

（4）自然条件：选择路面时，应对公路经由地段的综合自然条件、特别是气候、水文、土质情况充分估计，使路面不因其影响而受破坏。

二、公路自然区划

由于公路在国民经济和人民生活中的地位日益重要，公路网的建设在地域上全面铺开，自然环境对公路影响的广泛、深入逐渐为各国的工程人员和地理工作者所认识。第二次世界大战后，许多国家先后开展了公路自然区划工作。受各国所处的地理带和技术经济基础不同的影响，这种区划的侧重方面有所不同。如苏联重视气候条件，美国重视土质条

件，东欧一些国家则从综合自然条件出发。我国建国初期学习苏联经验，交通部门 1959 年和 1964 年两次制订了全国公路气候分区。1972～1976 年，在我国公路建设经验和自然地理研究的基础上，由交通部公路规划院和北京大学地理系，共同拟定出一个全国公路自然区划新方案，已由交通部颁发列入有关路面规范。[①]

（一）区划的目的

公路自然区划主要为路基、路面的设计、施工和养护服务，在可能条件下兼顾到勘测选线、规划设计的要求。

公路直接暴露于大自然中，是一个穿过不同地理区域的土工结构物。公路建成后，便成为一种新的人工地貌，是周围自然环境的一部分，并不断遭受各种环境或景观因素的影响。自然条件的差异对于确定公路的技术标准和投资有密切关系。公路自然区划的任务是为了区分不同区域的筑路差异性，以便为各分区选择路面的合理结构类型、规定路基路面的不同设计参数和有关材料规格要求。

区划共分三级：一级区主要为全国性的公路总体规划、设计服务；二级区的目的是为因地制宜、就地取材地为各地公路的路基路面设计、施工、养护提供较全面的地理—气候依据和有关工程参数，如土基含水量、路面强度（弹性模量值）、路基边坡比、最小填土高度、压实度等；三级区便于各省、市、自治区按照不同的具体地理—气候条件，在筑路工程和选线中运用。

一级区和二级区都是地理上连片的区域，三级区则是可重复出现的地域类型。

（二）一级区划

公路一级自然区划主要根据在全国大范围内对公路建设具有控制性的地理—气候因素来拟订。鉴于我国独具的、复杂的自然条件特点，对于纬向的、特别是东部地区的界线，基本上采用气候指标；而对于非纬向的、特别是西部地区的界线，基本上采用大地构造—地貌作为指标，个别地段采用了土质作为标志。

表征公路土基一般状态的气候指标是：热量（气温和地温）、水分（降水、大气和土的湿度）以及热水平衡状况（潮湿系数 K 值）。我国国土从赤道带直至寒温带，存在着多年冻土、季节冻土和全年不冻三个地带，因而，从公路冻胀、翻浆的防治这个重要工程问题考虑，应把土基的冻与不冻、永冻与季冻区别开来。由于缺乏系统的地温资料，冻深资料既不完整、又有显著的地方性，故以下列两条气温线作为一级区划主要标志：

（1）全年平均气温-2℃等值线：一般情况下，地面大气温度达到-2℃时，土壤开始冻结。所以，它大体上是区分多年冻土和季节冻土的界线。这条线同我国东北多年平均最大冻深 2.5 米线相吻合。

[①] 参见耿大定、陈传康、杨吾扬、江美球：“论中国公路自然区划”，《地理学报》33 卷 1 期，1978 年。

（2）一月平均气温 0℃等值线：它大体上是区分季节冻土和全年不冻的界线。所以不用-2℃而用 0℃，是因此线经过地区、特别是东部平原，冬季常有寒潮间歇侵袭。即使采用 0℃等值线，东部约相当于多年平均最大冻深 0.10～0.15 米，西部相当于 0.20 米，但这已小于一般筑路的填土高度或接近路面的厚度。

一月 0℃等温线与年雨量 850 毫米等值线基本符合，构成了地理上划分我国南北方的秦（岭）淮（北）线。而按彭曼公式计算蒸发率得出的年值 K=1 线，同该线不谋而合。所以，一月平均气温 0℃的秦淮线，不仅是我国不冻区和季冻区的分界，而且也是我国潮湿程度最重要的分界，即湿区（降水量大于蒸发量，K＞1）和干区（降水量小于蒸发量，K＜1）的分界线。

由于冻土的形成不仅同负温有关，也同土的水分有关。在 K＜0.5 的干旱区，只有在地下水位高的地区才会引起土的冻融现象。故以年等雨线 400 毫米、亦即 K=0.5 等值线作为能使土壤冰冻并具有危害性的西缘。

中国地势的三大阶梯对于划分一级公路自然区也有重大价值，故将区分三级阶梯的两条等高线，即 1，000 米等高线和 3，000 米等高线（具体采用系其山前线）作为一级区划的标志。三个阶梯不仅在海拔高度和地形单元组合上有巨大差异，而且也反映了新构造运动的变化。我国东部为以沉降为主的地区，西南部为继续隆起的地区。中间为升降交替相间的地区。现代构造运动仍极强烈的青藏高原，特别是其边缘，以及其它沉降和隆起地区的接触带，是我国地震以及相应的滑坡、崩坍及泥石流等灾害的主要分布

表 80　中华人民共和国公路自然区划一级区说明表

代号	一级区名	平均气温（℃）	平均最大冻深（厘米）	潮湿系数（K）	地势阶梯	新构造特征	土质带	公路工程的自然
I	北部多年冻土区	全年＜0	＞200	0.50～1.00	东部 1，000 米等高线两侧	大面积中等或微弱上升，差异运动不大	棕粘性土	纬度高，气温但一的水平多年冻冻土层夏季上部法下渗的层上水强度。秋季层上
II	东部温润季节冻土区	1 月＜0	10～200	0.50～1.00	东部 1，000 米等高线以东	大面积下降，差异运动强弱不一	棕粘性土、黑粘性土、冲积土、软土	是我国主要的季区，冻结程度及度影响自北至南小。除黑粘性土
III	黄土高原干湿过渡区	1 月＜0	20～140	0.25～1.00	东部 1，000 米等高线以西，西南 3，000 米等高线以东	大面积上升，幅度不大，夹有长条形中等沉降	黄土	为东部温润季冻干旱区和西南潮干旱区的过渡区布黄土和黄土状特点。地下水位度较好，边坡直

代号	一级区名	平均气温（℃）	平均最大冻深（厘米）	潮湿系数（K）	地势阶梯	新构造特　征	土 质 带	公
IV	东南湿热区	1 月＞ 0， 全年 14 ～ 26	＜ 10	1.00 ～ 2.25	东部 1， 000 米等高线以东	大部分地区上升，局部地区下降，差异运动微弱	下蜀土，黄棕粘性土，红粘性土、砖红粘性土，软土	是我 夏季 雨形 季节 多有 较小 青藏 翘曲 原发
V	西南潮暖区	1 月＞ 0， 全年 14 ～ 22	＜ 20	1.00 ～ 2.00	东部 1， 000 米等高线以西，西南 3， 000 米等高线以东	大面积中等上升，差异运动强弱不一	紫粘性土，红色石灰土，砖红粘性土	为亚 区的 时强 雨量 蒸发 潮湿 季节 高。 布区 烈， 害发

代号	一级区名	平均气温（℃）	平均最大冻深（厘米）	潮湿系数（K）	地势阶梯	新构造特　征	土质带	公路工程
VI	西北干旱区	全年＜10，山区垂直分布	东部100～250，西部40～100	东部0.25～0.5，西部＜0.25	东部1，000米等高线以西，西南3，000米等高线以北	大面积或长条形上升与盆地下降相间	栗粘性土、砂砾土、碎石土	由于气候干和道路水文砂石材料较散，扬尘为有风雪流危有冻胀翻浆各垂直自然均较复杂。
VII	青藏高寒区	全年＜10，1月＜0	除南端外，40～250	0.25～1.50	西南3，000米等高线以西以南	大面积强烈上升，差异运动显著	砂砾土、软土	全区为海拔高寒高原，特殊问题。冻土、泥石冰川。东南动活跃和地烈，公路自塌，泥石流路通过条件4，000米甚。

区。

地势阶梯的存在，也通过地貌的高度和阻隔，使其气候有不同特色。第一阶梯地区全面处于东亚季风影响下，纬度地带性较明显，K值自东南向西北逐渐减低。第二阶梯比较复杂，南部是东南季风和西南季风交会消长的地区，中部是具有特殊色彩的黄土高原，西北则为干旱区。青藏高原因地势特高，破坏了行星风系和纬度地带性，形成了特有的气候特点。

上述各条气候和构造—地貌界线相互交错和迭合，便可将我国分为七大道路自然区（一级区）名称如下：

I 北部多年冻土区

II 东部温润季节冻土区

III 黄土高原干湿过渡区

IV 东南湿热区

V 西南潮暖区

VI 西北干旱区

VII 青藏高寒区

每个大区都具有对道路工程有显著影响的地理—气候特色：I 区为永冻，IV 区为湿热，VI 区为干旱，VII 区为高寒；II 区为 I 区向 IV 区的过渡（温润季冻），V 区为 IV 区向 VII 区的过渡（潮暖）；III 区的过渡性更为明显，它既是 II 区向 VI 区、也是 V 区向 VI 区的干湿过渡，而且还具有土质方面的独特性（黄土集中分布）。各大区的自然条件和公

路工程特点可参阅表 80 和图 90。

（三）二级区划

二级区划仍把气候和地形作为主导因素予以考虑，但具体的标志与一级区有显著差异。各大区共有的标志：气候因素是潮湿系数 K 值，地形因素是独立的地形区域。但对公路建设而言，七大区各有其地理—气候特点。故区划时可因区而异将上述标志具体化或予以补充，如采用不利季节、即潮湿程度最大月份的 K 值，考虑多年平均最大冻深、土质分类等。故二级区划的标志，是以 K 值为主的一个标志体系。

在七大道路自然区之下，分为 33 个二级区，加上二级区的副区 19 个，共 52 个；每个二级区又可再分为若干三级区。这里仅以第 II 区、即东部温润季节冻土区的二级区划分，作一交代。

第 II 区为我国主要的、也是典型的温带润干季节性冻土区。公路的主要问题是冻胀翻浆，路基、路面结构组合要求应能保证冻融稳定性。为此，采用多年平均最大冻深和全年 K 值为纬向和经向划分二级区的主要标志，并适当参照地形和土质情况修正。这样，在第 II 区中便有了 5 个二级区和 5 个副区，它们是：

II_1 东北东部山地湿冻区，1a 三江平原副区；

II_2 东北中部山前平原重冻区，2a 辽河平原冻融交替区；

II_3 东北西部干冻区；

II_4 海滦中冻区，4a 冀热山地副区，4b 旅大丘陵副区；

II_5 鲁豫轻冻区，5a 山东丘陵副区。

三、城镇建设与公路布局

公路同铁路、水上航道一样，是城镇的对外交通线。而且，城镇无拘大小，必有公路始发、到达或通过。由于公路运输在货运中，是装卸时间短、换装环节少的从门到门的直达运输；在客运中，是机动灵活、方便及时的一线多点的运输，故在城镇建设布局中，注意安排公路同城市的联结，正确处理郊区公路线网的格局以及合理布置市区的站场，具有重要的意义。

（一）公路同城镇的联结

公路同城镇居民点的联结一般有三种类型：①公路穿越城镇；②公路以支线或入城道路同城镇连接；③修建环形公路或郊区城市环状道路疏解对外交通。三种类型反映了城镇由小到大的扩展和相应的市路联结方式的改变。

在公路网发展的初期，线路往往利用原有城镇的主街穿越市区。另外，许多小城镇也沿公路干线两侧和交叉口迅速发展起来。在上述两种情况下，均造成道路功能不清，它既服务于城镇的过境交通，又为城市居民服务，两侧工、商、服务业林立，街道行人密集，各类车辆来往频

繁，形成典型混合交通。在过境道路愈来愈难以展宽的条件下，许多城镇成了公路线的“盲肠”路段。

鉴于上述趋势，在公路选线中，应尽量使过境公路在中小城镇的外缘通过，修建联结公路干线和市区的入城大道作为公路和城市道路的过渡。有些城镇已形成了公路通过市区、且难以拉出市区，就应在城市改建过程中采取如下措施：①公路两旁的居民住宅和商业服务设施，分期分批迁移至其它地段。②保留和迁入公路运输的主要货主单位，如仓库、中转站、修理厂，建立集中的司机服务楼和公共停车场。③将通过市区的公路路面展宽、降低标高、设立人行道和装置街灯。总之，必须将该段公路的横断面改造成城市道路型，以利于城市排水系统的衔接和交通管理。④对于交通量特大的过境道路来说，它同城市干道的交叉口可考虑设置立交或人行天桥。

对于大中城市而言，城市对外联系方向多、客货运量大、集散点多，为避开公路对城市生活的干扰，宜在城市郊区修建环形或半环形公路，使过境车流不进入市区。这种以环形或半环形公路疏解过境和郊区城镇交通流的措施，在国内外均已证明行之有效。

（二）大城市郊区的公路网布局

大城市和特大城市对外联系方向众多，郊区一般布置有工矿区、建材基地、仓库区、铁路站场、货运码头和机场，以及不同规模的卫星城镇，它们之间的客货运联系频繁，故在城市布局规划中，城郊的公路交通系统布局应一并考虑。

市郊公路交通的性质，可以分为三类：

（1）以城市为目的地的始终点交通。这类交通要求线路直通市区，同城市干道直接衔接。

（2）同城市关系不大的过境交通。这类交通或者是通过城市但可不进入市区，或者是上下少量客货作暂时停留或过夜。这类交通的线路应尽量由城市边缘通过，不进入市区，但必须为其安排好短暂停留的交通、生活设施。

（3）市郊各区联系的交通。一般多采用环城干道来解决。根据城市大小、过境和市郊交通要求，设立一个或多个环道。

从交通要求出发，大城市、特大城市的外围地区，道路系统以环形辐射为宜。国内外城市建设的经验均已证明了这一规律的存在。

以北京市的市郊道路布局为例。目前，作为市区各边缘部分和近郊区间相联系的干道和过境车辆绕行的主要道路，是位于市区和近郊区边缘的城市道路三环。在近郊区外围，安排了公路内环。公路二环则为郊区距城区较近的县镇之间的通道。未来的公路三环，则将成为联系平原和山区远郊县镇、工业区的道路。北京市有十条通往外省市和全国公路网相衔接的国道公路，还有通往远郊县镇的公路，呈放射状同各公路环相交。上述各辐射公路的交通车辆，其起、迄点均位于城市道路的二环和三环之间，既深入了市区，又避开了对城市中心的干扰。

（三）城镇内公路车站的布置

1.公路车站的分类和分布

汽车站按其职能可分为客运站、货运站、客货混合站和技术站，按车站在线路上所处的位置，可分为起（终）点站和中间站。车站规模的大小，决定于三个因素，即客货运量的多寡、组织运输工具的多寡和过往车辆的多寡。

车站在公路网中的分布，应以下述各点为依据：

（1）从车站为车辆运行服务的角度来说，它应该设在沿线客、货集散地点，以便于承揽客货业务。在客货甚少的集散点可设招呼站。

（2）车站的布点应与车辆的日车行程相结合，既不能因站距太长，影响旅客和驾驶员的食宿以及车辆的技术保养，又不能因站距太短影响车辆行程。

（3）车站设置地点应尽量邻近公路，以便于控制过往车辆，减少车辆进出站的绕行里程。

（4）为了适应进行地区运输组织工作的需要，车站设置应尽量和行政中心相结合。目前，除在边疆地区长距离线路上，可以纯粹按线路需要设站外，一般车站设立均应照顾行政经济中心。县以上的政治、经济、文化中心，均应设站。

2.中小城镇公路车站的设置

中小城镇可集中设立一个公路车站，或称汽车总站，集中处理客、货运、技术作业和联合运输业务。亦可将各类专业站分头设置，但每类设一处已可满足需要。

西方中小城镇，公路汽车站、特别是客运站多深入城市中心，靠入城高速公路同公路干线联结。一方面是可广招徕，一方面是有利于同铁路竞争。在地下铁路和公共汽车换乘的地点，便是公路客运站的最佳站址。我国在建国初期，仍保留了这样的公路车站，但由于长途车辆进出形成对城镇交通的干扰，很少能够保存下来。

为了既满足旅客的方便，又减少对城市的干扰，在我国中小城市改建过程中，公路汽车客运站的位置往往随对外交通线路的迁移，搬到城镇边缘公路同城市道路交汇的地方。

有些中小城镇为了限制过境交通车辆进入市区，同时为旅客和司机创造良好的生活供应条件，在公路同入城干道交汇的地方或在市区的边缘，设置一系列与长途汽车站配套的公共服务设施，如加油站、修配场、停车场，市区公共交通汇总站、旅馆、餐厅、邮局和百货商店等。如果公路车站同铁路车站靠近，则对公铁联运更为有利。在上述情况下，往往形成市区边缘的另一个商业中心。

3.大城市各类公路站场的区位

大城市和特大城市的客、货、技术站以及保养场分设，在所必然。

（1）客运站。大城市客运站的最佳区位，可分两种情况。一是客站集中设置，位于市区中心，同城市交通线紧密衔接。这就要求长途汽车通过快速城市道路进出，最好是末端经由地道，在地下设站。西方国家的大城市多采用这种手法，如纽约的长途站设在市中心第四十二街港务局大厦的地下部分，邻近全市最大的地铁换乘站和多路市区公共汽车线。二是按不同客流方向，将客站分设在市中心区的边缘，车辆从公路

转入城市交通性干道进出。如果分散的客站能同火车站、轮船客运码头结合，会收到更好的效果。北京的公路客运站原集中在马圈，后增加了永定门火车站、东直门外、北郊市场等客站，既方便了不同方向的旅客，又减少了长途汽车绕行市、郊区。南京的公路客站设在中央门和中华门，距铁路客站南京站和中华门站近便，但同下关站、轮船码头的联系不够理想。

（2）货运站。大城市的公路货运站应同货主单位结合，同时应考虑到货物的性质。布局的基本依据是：中转货物货站，应布置在城市近郊区，同市郊仓库、中转货栈设在一起，尽量接近铁路货站和码头，以减少迂回运输并利于开展各种形式的联运；与城市居民日常生活有密切联系的副食品、日用百货杂品、五金交电等货站，应设在市中心区的边缘，邻近相应的批发仓库，以利分配货源，但粮食和鲜肉蛋品则应考虑到粮库和大冷藏库的分布，在上述单位附近设停车场和其它服务设施；为工矿区原、燃料运入和产品运出服务的货站，则应设在工业区的进出口处，同铁路货运站邻近布置。

（3）技术站。主要进行汽车的清洗，检修和其它整备工作，亦可附设修理工场。它本身用地较大，且对居民生活有一定干扰，一般单独设置在市区外围靠近对外公路线附近，同客货站有方便联系，且同居住区有一定距离。

（4）公路段和检查站。一般设在公路干线入城与城市道路衔接的市郊区，担负组织公路养护、过往车辆检查、征收养路费等任务。

四、高速公路的技术经济特点和布局

（一）高速公路的基本特点

高速公路（Expressway 或 Freeway）是一种专供汽车快速行驶的道路。它是在汽车数量增多、车行速度加快、汽车中长途运输在国民经济中日益重要的综合要求下形成和发展的。最早的高速公路出现在本世纪三十年代末和四十年代初的德国，是希特勒法西斯政权为军事侵略目的在全国修筑的。第二次世界大战后，各国高速公路迅速发展。一些西方国家已形成全国性高速公路网，如美国的州际高速公路网长达 56，000 公里，联邦德国、英、意、法、日等国亦各有数千公里的国家高速公路干线。另外，这些国家大城市内都有大量的快速路（Parkway）干线，同高速公路亦有相类似的技术经济特点。

高速公路是一种具有分隔带、多车道（双向 4～8 车道）、出入口受控制、立体交叉的汽车专用道。在这种道路上行驶的汽车速度每小时都在 60～80 公里以上，中途不允许停车，不许其他机动车、人、畜进入公路，因而高速公路设置技术要求较严，设备和管理较高。根据功能，可以区分为以联系其他城市之间的高速公路（或叫远程高速公路）和城市内部的快速路（或叫城市高速公路）。前者距离长，行车速度高；后者为引导远程交通，疏散城市交通密集地区的交通。联系城市内各地区和中心地区的高速便捷的道路。

（二）高速公路的结构型式

结合自然地理条件，经济效果与技术等因素设置有不同结构型式的高速公路。

（1）在地平面上的高速公路：此种是高速公路中最经济的，但占地较多，易分割用地，与其他道路必须设立一系列立体交叉。此种多用于人口密度不高的地区。

（2）路堤上的高速公路：因路堤边坡处理占地很宽，分割用地，高速汽车干扰沿线环境也很大，所以一般多用作高架道路和通向桥上的起坡，或作通过低洼地段与沼泽地段的线路。

（3）高架高速公路：在地平面上，可以一层或多层，占地可节省，高架道路下面的空间可以作其他使用，如停车场，仓库等。但高架道路对两侧房屋干扰大，汽车的噪声，废气和灰尘影响着沿线的环境，高架结构遮去沿线房屋的窗前视线与采光，冰雪与暴风影响行车安全。故高架路一段多用于接近城市中心的地区，需立体交叉部位或跨越其他道路与低层厂房的工业区。

（4）路堑中的高速公路：低于地平面的路堑中，汽车的污染干扰较少，与其它道路连接比较方便，然而造价高于高架公路。

（5）隧道中高速公路：没有噪声，不须拆去许多房屋，不占地皮。但是隧道技术设备、安全措施费用都很高，因而是高速公路中造价最高的。所以建筑在不能或不易回避的环境时穿地而建。

一个高速公路网在选线上不可能只采用一种型式。上述的五种各有优缺点，应根据自然地理条件，技术经济的可能与效果决定选用何种形式适宜。

（三）高速公路的布局

西方资本主义国家的高速公路，主要是作为国家公路网、区域公路网和城市道路网的骨干而设置的。对于我国来说，随着四个现代化建设的逐步实现，高速公路必然也会有所发展。但在当前一段时期，它还不是交通建设的主要方向。这是因为：①我国汽车的设计车速尚低，一般货车为 60～80 公里/时，旅行速度尚难进入高速阶段；②我国公路运输，只占总客运周转量的三分之一，占总货运周转量不到 5%，故保证大通过能力的高速路建设，似可稍缓；③最重要的是，高速公路造价昂贵，如在多山地丘陵的日本，修筑 1 公里高速公路，约耗资 1，000 万元人民币，联邦德国、法国等平原国家亦分别高达 423.5 万和 215.6 万，我国是一个发展中的国家，当前难以分出大量资金修建高速公路网。

尽管如此，在车流密集（如每天通过 50，000 辆车次以上）或具有重要国民经济和对外联系功能的线路，仍应根据条件考虑修筑高速公路以满足需要。这样的路段目前主要是：

（1）联系主要经济区内特大城市间的干线；

（2）联系进出口大海港与腹地大城市间的集疏道路；

（3）特大城市同远郊重要工业区间的干线；

（4）沿海经济中心通往经济特区的主要连通公路；

（5）特大城市和风景游览城市同市郊机场的联络线；

（6）特大城市内道路网中的主要入城干道和环线，应先建成快速路。

第十章　航空交通和管道的地理研究

一、航空线和航空港

（一）航空交通发展概述

航空交通是一种较铁路、水运、公路汽车运输年轻的现代化运输方式。它的发展是随着社会要求不断提高运输速度和世界科学技术、特别是发动机和空气动力学的进展而发展起来的。它的发展历史较短，到现在还不到一百年。1900 年美国人赖特兄弟发明了第一架装有 16 匹马力四气缸发动机的双翼飞机。1909 年法国人白来欧（Boeriot）驾驶 11 号单翼机首次飞越英法海峡，世界上开始了航空交通的时代。

世界航空运输发展史上，以法国人创办商业民航最早（1909 年），其次为德国（1910 年），再次为英国及美国。唯法、德、英三国初办的商业民航所用之航空器为轻于空气的飞艇，各在其国内作短途不定班期之客运业务。

1920 年至 1921 年，德国已有航空公司 40 余家，故在第二次世界大战创闪击战术，大队机群袭击英、法，全因其平时在航空方面已有准备。

英国由于本国狭小，交通极便，故航空成就很小。第二次世界大战至 1955 年，在国内美国航空业务及航空线长度大于英国，在国外英、美两国无分轩轾，飞机英国胜于美国。

美国航空起步较迟，1918 年始于邮运，1929 年纷纷设立航空公司，计有 48 家，以后有 16 家倒闭。至 1948 年又增至 38 家，飞机近千架。

飞机制造专供民航使用，始于 1920 年，当时波音 247 型机完成，系低单翼全金属，双发动机，时速 150 英里，载客 8 人。以后道格拉斯（DC－1）型机完成，较波音 247 型机外型大，载客 21 人，时速 180 英里，落地架可伸缩。

民航喷气机的制造应用，英国着手最早，海外航空公司于 1952 年首先用彗星一型喷气客机开航南非线。后来美国急起直追，彗星四型时速 530 英里，由伦敦西飞纽约，只需十小时半。超音民航喷气客机，英法合作制造的，时速为音速的两倍，即 1，459 英里；美国制造的时速为音速的二倍半。

目前飞机最大载重量一般为 40～70 吨，唯美国洛克希德飞机公司所造 C5A 型超级运输机，一次可运全部装备士兵 700 人，载重 25 万磅，较一般喷气客机约大十倍，为只供军用的运输机。另命名为胖子的波音 747 喷气机，可载客 500 名，使用于世界各航空公司。

旧中国民用航空事业发展的既晚且慢。1930 年与美国泛美公司合资设立中国航空公司于上海；同年与德国汉沙航空公司合资组设欧亚航空公司。1940 年与苏联成立中苏航空公司。苏德战争爆发后，该公司空运即行停止。1942 年又与美国政府签订合约组织中印空运，1943 年又将欧亚航空公司改组为中央航空公司。抗日战争胜利后，中国、中央两者的总公司都迁回上海。全国解放前夕，两个航空公司先后由上海迁到了香港。1949 年 11 月 9 日两公司在香港的部分爱国员工，在中国共产党领导的全国革命胜利和中华人民共和国宣布成立的鼓舞下，毅然驾驶十二架

飞机，自香港起义飞回北京，使旧中国受帝国主义和官僚资本控制的民用航空事业回到了人民手里。不久，中央军委民航局成立，并于 1950 年 8 月 1 日起正式开航，从此人民的航空事业得到了迅速的发展，在中国的民用航空史上揭开了新的一页。

（二）航空线

航空线是指在一定方向上沿着规定的地球表面飞行，连接两个或几个城市，进行运输业务的航空交通线。飞机在空中飞行要受空中管制，按照航线安排航班，组织运行。航班飞行一般分为班期飞行、加班飞行及包机或专机飞行，专机飞行又分为一等专机飞行和二等专机飞行。

航空线按其性质和作用可分为国际航线、国内航空干线和地方航线三种。各种航线的开辟和布局的要求如下：

（1）国际航线：主要根据国家和地区政治、经济和友好往来，通过建立双方的民航协定建立。它是由两个或两个以上的国家共同开辟，主要担负国际间旅客、邮件和货物的运送，为国家对外政治、经济、文化联系和旅游服务。

（2）国内航空干线：它的布局首先要为国家的政治、经济、文化事业服务；其次是根据各种运输方式的合理分工，承担长途和边远地区的旅客和贵重物品的运输任务。在上述原则下建立国内航空干线网；第三要考虑自然条件（主要是风象等气候条件）的影响，选定合理的航线。最后，社会主义国家的航空中心一般是在首都，航空线一般是由首都向四处辐射。

在国家航空干线中又有一般航线和直达航线的区别。后者更能体现航空运输快速的优点。

（3）国内地方航运线：一般是为省内政治、经济联系服务，主要在一些省区面积大而区内交通不发达的地区和边疆地区。目前中国省区的地方航线已有 42 条。这些地方航空线的开辟和国内干线相衔接，进一步加强了首都和省会、省会和某些专区或工业城市之间的联系，促进了这些地方政治、经济、文化的发展。

（三）航空港

1.航空港的类型和组成

航空港是航空线的枢纽，它具有执行客货运业务和保养维修飞机、起飞、降落或临时使用。但一般习惯上把航空港统称为机场。

航空港按照其下垫面的性质，分为陆上航空港和水上航空港。前者比较普遍，后者仅供水上飞机使用。

按照设备情况可分为基本航空港和中途航空港。前者配备有为货运及其所属机群服务的各种设备，后者专供飞机作短时间逗留，上下旅客及装卸货物。

以飞行站距离可分为：国际航空港、国内航空港及短距离机场。航线上各航空港间的距离取决于沿线城镇的大小及其重要性、航空线的用途（短途或长途运输）、飞机类型、飞机的飞行速度和高度、航线的地

形和气象特点等。

按使用性质可分为：军用机场、民用机场、体育用机场、农业用机场。

中国的航空站分级是以每昼夜起飞次数而定（表 81）。

表 81　航空站分级表

航空站等级	每昼夜起飞次数
特　　级	101 次以上
一　　级	51 ～ 100 次
二　　级	21 ～ 50 次
三　　级	11 ～ 20 次
四　　级	10 次以下

飞机场包括飞行区、客货运输服务区和机务维护区。飞行区布置有跑道、滑行道、跑道起迄点的小场地和停机坪等；客货运输服务区设有保证航行业务与旅客、货物运输服务的建筑与设备，如客机坪、跑道、候机楼、停车场、进出口系统等；机务维护区包括机坪、修理机坪等。

2.航空港布局的自然和技术条件

（1）机场用地：航空港的机场用地面积很大，一些最大的世界性航空港占地往往达 1，000～4，000 公顷，一般国际航空港为 700～900 公顷，国内航空港为 200～500 公顷。具体要求比较严格。航空港用地应很平坦，不允许有较大的起伏和小丘或凹地等，并要求一定的坡度保证排水。场地中央至四周最适宜的坡度为 0.5～2%，最大容许坡度为 2～3%。

应注意风向、风速及雾日能见度的影响，以保证飞机的自由降落。因此场地与周围地区相比，应高一些或高程相同。位于盆地或低地是不宜的。

水文地质和工程地质条件要好，避免位于矿藏、滑坡和水淹地区上，地基应保证稳定。

机场四周不应存在高层建筑物和其它障碍物，一般在机场旁应辟出 3～4 公里的临降地区。

考虑到航空港扩大的可能性，要留有足够的用地。但应尽量不占或少占良田。

（2）跑道布置：一般机场用地的规模，主要用飞行跑道的长度来决定。而跑道的长短，又决定于机场等级、飞机类型和一定的自然条件（如高程、温度、雾等）的影响。一般跑道长度直接取决于起飞长度（飞机开始滑动至凌空离地一定高度时的距离）和降落长度（飞机降落至离地一定高度时至完全静止时的距离）。

跑道布局的形式决定于机场的吞吐量和风象。因为飞机要求逆风起飞和着陆，这样，起飞和着陆的跑道要沿盛行风向修建。当风向多变，就往往需要几条不同方向的跑道。侧向风大时，如风速

表 82　世界几个国际机场用地及跑道情况

机场名称 / 项目	纽约肯尼迪	旧金山	华盛顿-杜勒斯	阿姆斯特丹	伦敦希思洛	巴黎奥利
面积（公顷）	2，050	900	4，000	1，700	1，100	1，600
跑道长×宽（米）	4，440×45 3，460×45 3，400×45 2，560×45	3，230×60 2，960×60 2，900×60 2，130×60	3，500×45 3，050×45	3，450×60 3，300×60 3，210×60 3，300×45	3，460×90 2，840×90 2，360×90 2，300×90 1，900×75	1，600×60 3，320×60 2，400×60 2，120×60

大于 6.6 米/秒，就需要筑第二条跑道。

跑道平面布局和风向及吞吐量的关系为：

当盛行风向单一，同时机场的吞吐量不太大时，采用单向跑道。这是一般机场常用的形式。

与风向和地形相配合，有些机场可以平行、相交等形式、采用双向跑道。

三方向跑道在风向不稳定或吞吐量较大时采用。

多方向跑道除以上因素外，在国际巨型机场中亦往往采用。多方向跑道又可分为切线式的和交叉式的。

图 91　机场跑道布置图

（3）净空限制：这是保证飞机安全升降的重要措施。机场净空地区一般是一个长方形，顺飞行方向延伸，此长方形的纵向中线和飞行带的中线相符合。在净空地区，地面障碍物的高度有一定的限制（图 92）

两端净空一、二级机场每端总长为 20 公里，三级机场为 14 公里，四级机场为 4 公里，宽度为 2 公里。净空带内障碍物高度有一定限制。两侧净空，每侧从飞行地带边缘算起，1.5 公里内坡度不得超过一百八十分之一，高度不得超过 8 米；5 公里内坡度不得超过三十五分之一，高度不得超过 200 米。

（4）水上航空港的条件：水上航空港的要求与陆上航空港类似，但也有自己的特点。由于水面阻力大，须有广阔的水面供飞机起飞域，水深应在 3 米以上，流速不得超过 2.0～2.5 米/秒。飞机入水滑行道和码头附近的流速不得大于 1.0 米/秒。升降时不仅要迎风，并应同波浪呈垂直方向。

图 94　水陆两用航空港简图

3.航空港布局与城市的关系

航空港与城市的关系包括两个方面：一为航空港与城市的相互位置，一为航空港与城市间的距离。

如果没有其它特殊的条件限制，航空港应位于城市盛行风的两侧，这样，在飞机起飞和降落时可以不穿过城市上空。

从技术经济条件而言，航空港式机场有距离城市愈来愈远的趋势。这是因为：

（1）喷气式飞机机场用地一般大于 6 平方公里，普通机场用地亦必在 1 平方公里以上。机场用地既大，且要求有很大的净空地带，这在城市邻近地区难以解决。

（2）飞机的骚扰性很大，特别是喷气飞机更为严重。一般认为噪声在 60～70 分贝的程度人们尚可忍受，达 100 分贝，人就有头痛的感觉，而飞机的噪音可达 120 分贝以上，因此机场布局应注意此点。但亦不能离开城市太远，而应与城市保持一定的距离。

（3）从防空观点而言，机场应与城市保持一定距离，以达到人防的要求。

从以上分析可以看出，机场应离城市较远为宜。但是，如果二者间距太远，且无高速度的交通联系，便会降低空运的作用，也给旅客带来很大的不便。机场与城市联系的时间最好在 30 分钟左右，不宜超过 1 小时，而且应由高速公路或地铁联接。国外也有采用直升飞机联系城市和大机场的。

因此，机场与城市的距离取决于城市用地、交通联系、环境、人防要求以及机场跑道朝向等综合因素。从国内外当前情况看，距城市 10～20 公里者较多。但随着高速大型客机的增加，在距城市更远的地方新建航空港的趋势日益明显，机场往往远离大城市数十公里。

二、管道线网

（一）管道在交通运输系统中的地位和特点

管道作为一种运输手段而得到较快的发展，成为交通运输系统中的一个重要组成部分，是因为它具有独特的优点：

第一，管道能够进行不间断的输送，运输连续性强，运输量大，不产生空驶。如管径 529 毫米的管道，年输送能力 1，000 万吨；管径 630 毫米的管道，年输送能力 1，500 万吨；管径 720 毫米的管道，年输送能力 2，000 万吨；比一条单线铁路的运输能力还大。而用车、船运送油品，一般回程放空不能利用，浪费运力。

第二，管道可以实现密封输送，同时，管道运输可以消除途中装卸、倒装和转运作业，把输送物资从产地直接送到消费地，因此，可使油类在运送途中的损耗，减少到最低限度。

第三，管道是埋在地下的，占用土地少，输送石油及其制品安全可靠。同时管道运输适应性强，基本不受自然条件的限制；如不受气候影响，可全天全年运行；管道建设可以穿越高山峡谷，河流沼泽，几乎不受地形影响。

第四，管道基建投资少，燃料消耗少，经营管理简便，劳动生产率高，运输成本低，从而大大节省运输费用，运输效益大。

第五，在同一条管道中可以输送多种油品，比较易于实现运输自动化管理，占用劳动力少。

尽管管道运输具有上述许多优点，但应指出管道是一种专用运输方式，不象铁路、水运、公路那样，既可运送多种货物，又可输送旅客。而且管道运输弹性小，起运量与最高运输量间的幅度小，因此油田开发

初期，难以采用管道输送，往往还要以铁路、公路或水运作为过渡。同时，只要管道在某一地方出了事故，就会影响全管路输油工作。当然，随着经营管理工作的加强和改善，技术的进一步发展，这个缺点将会得到克服。

由于管道的优点很多，特别是输送石油及其制品更是适宜。在交通运输系统中，随着石油生产的发展，管道将有新的发展。同时，随着管道运送技术的发展，目前，管道不仅被用作石油及其制品的运输，并已开始用于矿石、煤炭、硫磺、化工产品、建材、粮食谷物等物资的运输。它在交通运输系统中，是干线运输的特殊组成部分。

管道运输业至今已有一百多年的历史。从第二次世界大战以来，随着石油、天然气生产和消费的迅速增长，特别是 1943 年美国建成直径分别为 610 毫米、500 毫米两条全长 2，000 多公里的大型原油和成品油管道以来，有关气体和液体的石油管道输送，已被证明在技术上是可行的，在经济上是具有吸引力的。今天在美国和其他一些国家，为了输送天然气、原油和石油炼制产品，已经建起了庞大的管道系统。到 1978 年止，全世界的管道干线建设已达 180 多万公里，其中：天然气管道占 50%，原油和成品油管道占 40%，化工及其他管道占 10%，超过了世界已建成的铁路总里程，成为能源运输的主要方式。

管道系统的技术成就，对用以输送各种不同产品的管道系统，打下了坚实的基础。象煤、铜矿石和铁矿石等类固体产品，当将其掺入到某种液体载体中时，即可用管道输送。这类浆液管道的首站设有加工装置，以便把固体颗粒加工到规定的尺寸，并将其与液体载体混合。终点的加工装置则将固体同液体分离，以取得合格的固体产品。1957 年美国建成了第一条直径为 254 毫米，全长 173 公里的长距离输煤管道，取得了技术上的成功。近十几年内，世界上输送煤炭的管道总长已有 900 多公里，现在美国正在进行在一定场合下发展木片浆管道运输，并已证明在技术上可行，在经济上合理。加入足够的热可使固体物料液化，从而使管道输送成为可能。对高粘度、高含蜡原油加热输送的方法，已被采用多年了。硫磺也可以加热液化。预计，从石油炼制和天然气加工中生产的硫将会迅速增长，这将导致新的多来源的硫磺产区的出现，从而要求有一种将其输往所需市场上去的输硫管网。总之，随着固体物料液化技术的发展，管道运输方式必将有更大的发展。

（二）输油管道设备的组成和要求

大型输油管道是由输油管线和输油站两大部分组成的。

1.输油站（加压泵站）

输油站是管道运输的重要组成设备和环节，在管道运输过程中，通过输油站对被输送物资进行加压，克服运行过程中的摩擦阻力，使原油或其制品能通过管道由始发地运到目的地。输油站按其所在位置可以分为：

（1）首输油站：多靠近矿场或工厂，收集沿输油管输送的原油及其制品，进行石油产品的接站、分类、计量和向下一站输油。要配有较多油罐和油泵。如果是热油输送还要配有加热设备。

（2）中间输油站：负担把前一站输来的油，转往下站的任务。如果是热油输送，则通过中间输油站加热，使油温大于环温，带有加热功能的叫热泵站。

（3）终点基地：收受、计量、储藏由输油管输来的油，并分配到各消费单位，或转交其他运输工具。需要有大量油罐和输转设备。

输油站设有一系列复杂的构筑物，其中直接有关的主要设备有：

泵房：它的作用在于造成一定的压力，以便克服管道输送时所产生的阻力，把石油输往下一站。应根据压力大小，在每一定间隔距离的线路上设置一个泵站。

油池：在矿场、炼油厂和各个输油站设有收油和发油的专用油池。利用管道从发油企业收油，或从油池往外发油。

阀房：其中设有闸阀，用以控制输油过程。

此外，还有与输油过程不直接发生联系的辅助设施如变电所、冷却设备、锅炉房、机修车间、水塔、净化设备以及阴极防护设施，各站还设有清管装置。

2.输油管线

管道的交通工具主要是输油管线。

输油管线包括以下几部分设备。

（1）钢管：一般用焊接方式联接的无缝钢管，每根长 12.5 米。

建设时首先是散管，然后进行焊接成 2 公里左右长、分段试压、缠上防腐层（沥青、玻璃皮等），再将管条连接起来，进行整体试压（试压压力为工作压力的 1.2 倍），然后下沟，最后进行埋管。

（2）穿（跨）越工程。

（3）截断阀：在各站，穿（跨）越工程两端、及管道沿线每隔一定距离都要设截断阀。

（4）通讯系统：用来指挥生产。

（5）简易公路：便于检修等工作。

输油管线按其作用分为三种：

（1）内部输油管式辅助输油管：系指炼油厂、石油基地中的各种线路系统，是输送加工原油和灌注油罐车、内河及港内驳船、远洋油轮及油桶用的。

（2）局部性输油管：是指把石油从矿场输往石油基地与大型输油管首站去的短距矿场管路。

（3）大型输油管或干线输油管：这种输油管自成系统，形成独立的企业单位。其线路可长达数百公里至数千公里。除必要的检修工作外，能全年经常不断地输送石油。

输油管线的布局为石油或石油制品的起运地和到达地所决定。大多数大型输油管线是把原油或石油制品送到全国各地去的运输干线。因此它的建设应首先确定开采和炼油地区现有原油及石油产品的资源，计算从矿场到炼油厂及各消费地的近期和远期货流量。其次输油管线的建设，必须与其他运输方式通过投资费用、运营费用、金属消耗等项进行技术经济比较确定。最后，输油管的管径大小，决定于输油任务，既考虑近期任务，又考虑远期任务，从而确定在远期是保持原有管道增加第二管道，还是废弃旧管道，改用大管道。

管道输送原油及其制品的方式一般有三种。

（1）常温输送：原油或成品在大气温度下输送，多用于单一的成品油，如汽油、柴油、煤油或低粘度原油。在输送过程中只有压能的消耗。设备、工艺简单、各站只要加压即可。只解决压能的平衡。

（2）加热输送：主要用于一些凝固点高、粘度大、含蜡高的原油。这种油的输送要测定粘度与温度的关系。在输送过程中，既要解决压能平衡，同时还要解决热能平衡，因而要设置泵站与加热站，组成热泵站。

（3）易燃原油的不加热输送。其中又有以下几种方式：

热处理输送：把油先加到一定温度，按要求的冷却速度冷却，改变蜡的结晶，从而改变与降低凝固点。

乳化输送：即在被输送油中加一些表面活性剂水溶液，在一定温度条件下，搅拌后形成一种水包油型乳状液，从而达到降低油的凝固点。这种输送方式既要保证输送过程中具有稳定性，同时又要输送到目的地后脱乳易，成本低。

水悬浮输送：利用水凝固点较高的特点，使油颗粒状混合输送，液体中含油量占 60%，这种输送要解决水源、脱水和水处理问题。

内螺旋管输送：水、油混合输送，因离心力作用使水近壁而油在中心进行输送。

轻油稀释输送：用稀油与重粘度的油混合输送。

（4）成品油的输送：在一条管道中按顺序输送二种或二种以上的油，也称为交替输送。对原油要求严格的地段，原油也可顺序输送。在两种油之间有一段混油——混油段，可输送到达地后再分溜，也可降格使用。为减少混油段，在两种油混合段加一个或几个隔离球，隔离球中可加入示踪元素如钴 60。分溜时要增加再生装置，这种方式要求工艺自动化程度高。

3.管道与泵站的联系

管道与泵站的联系根据其联系方式有：

（1）通过式联系：即管线与泵站大泵全部串联。

（2）旁通油罐式：即每一泵站接入一个油罐。

上述两种方式的联系都要在中间站安设一个油罐，它们的差异，仅是油罐安放的位置不同，各个泵站各自成为一个独立水力系统，罐为缓冲装置。

（3）密闭式联系：这种联系在中间泵站不设油罐，仅设有事故处理罐，平常处于封闭状态。此种联系方式则把全线形成一个统一的水力系统，各部分的参数变化都将影响整体。因此，这种联系方式其可靠性要高，通讯、自动化水平要高。

（三）管道布局的原则

由于管道是一种专用的运输方式，目前主要用于输送石油和天然气，它在交通运输系统中占有一定的地位。根据管道的特点及其在运输系统中的地位，对于管道布局，除应遵循交通运输布局一般原则外，还应作以下的具体考虑：

第一，管道的发展和布局，要适应石油、石油化工工业、天然气生

产的发展和布局、炼油厂布局、换装港站布局以及石油消费地区分布，做到管道的铺设及其能力规模与输送物资要求相协调。

第二，要根据石油的基本流向图，遵守合理运输的原则，根据原油长途运输，炼油厂分散布局、产品就近供应的原则安排管道运输的布局，促使管道线网的合理化。

第三，要处理好管道与铁路、水路、公路的关系，各种运输方式进行合理分工，协调发展，在管道运输经济合理的范围内发挥其优势。

第四，管道设备能力和技术标准的选定，要通过可行性研究和技术经济比较，提高管道运输的经济效益。

第十一章　城市道路交通的地理研究

一、城市道路交通概述

城市道路，是指城镇中联系市内各功能区以及沟通市、郊区的供各种车辆行驶和行人走行的径路，所以，它包括市内道路与郊区公路两部分。城市道路的走向、技术标准要服从于城市总体规划，并受两侧建筑用地所允许的边线，即红线的控制。一般市内道路横断面复杂：包括车行道、人行道、绿带和分车岛等；车行道两侧有高出路面 12～20 厘米的缘石（道牙）；道路的标高和坡度，必须同两旁建筑物以及地上、地下管线相适应，也就是道路设计应同竖向规划和管线综合配合一致。

某一道路断面单位时间内通过的车流和人流的总量称为交通量。根据车辆、行人在道路上的状态分为流动状态的动态交通与停驻状态的静态交通。城市道路的建设与其设施必须满足此两种交通状态的需要，方能使道路达到安全、便捷、流畅与经济。

一个城市作为区域中的经济实体，常借助铁路、公路、水运、航空、管道等五种运输方式中某些种与外界发生联系，这就是城市的对外交通。五种运输方式在城市内的衔接与配置的有关站点与技术设施以及注意事项，在前各章已分述，本章仅局限于城市内部道路交通的地理研究。

（一）城市道路交通的特点

城市道路交通是城市内部交通的主体，也是城镇联系的通道，是对外交通枢纽的组成部分。它具有以下几方面特点：

（1）车流交通和人流交通分散在城市各区，集中在主要交通道路上，联系着大量的客、货集散点。所以，城市交通是点、线、面结合的复杂交通系统。

（2）大部分交通的规模、路线和时间经常在变化。行人和车辆的流动方向和数量、逐月、逐日以及在一日内各小时之间均不相同，只有公共车辆具有一定程度的固定性质。但从全市范围和较长时间来看，根据工业、对外交通、居住区、商业服务业、机关学校和娱乐场地的配置，这种交通又具有明显的统计规律性。

（3）交通工具种类繁多，其容量、尺寸、速度大相悬殊。在中小城镇和大城市郊区，除机动车、自行车外，还有大量非机动车行驶，形成典型的混合交通，特别是人流和车流汇集于交叉口，形成人与车、车与车的交叉。因此，行车速度和交通安全问题对于城市来说格外重要。

（4）为了保证错综复杂的城市道路交通能安全、便捷、流畅、高效率，还布置了过街天桥或过街隧道、停车场、加油站、公共交通系统的停靠站，以及多种交通管理标志、信号灯、交通岗亭等等复杂的城市道路设施与管理设施。因此，城市道路不仅为城市服务，而且也占用大量的城市面积和空间，是城市的一个有机组成部分。

（二）城市客运工具的选择

城市和郊区行驶的机动车辆，主要是汽车、无轨电车、有轨电车、地铁和郊区铁路以及山城缆车道。此外发展中国家自行车、摩托车和兽力车亦占相当大比重。

对于城市本身而言，由于客运是交通的主体，发展大型化、耗油省、污染小的客运公共交通工具具有重要意义。在城市交通规划中必须正确选择客运工具的种类和型号。

1.公共汽车

公共汽车是大中城市的主要客运工具之一，按其所服务的交通线路又分为市区公共汽车、郊区公共汽车和长途公共汽车。

汽车的发动机按其燃料分为：汽油发动机、柴油发动机、燃气轮机及其他能源发动机。目前主要采用前两者。

公共汽车比其它城市交通工具有显著优点：行车机动性大，调度灵活，对道路条件适应性强；但它也有缺点：一个是车厢平面外廓投影面积（S_0）与车厢内部载客面积（S_1）之比值（即$\phi = \frac{S_1}{S_0}$），较有轨电车甚至无轨电车为低；还有废气引起污染等。因而，研究容量大、排污小、耗能省、功率大的车种，特别是其发动机是今后的方向。

2.有轨电车

是城市交通工具较老的类型。有轨电车采用直流电动机进行牵引，它的优点是运输能力大，每小时单向疏导旅客可达二万人（表 83）。有轨电车运输成本亦较公共汽车和无轨电车为低，但它具有严重缺陷：噪声大、车道专用性强、常妨碍街道其它车辆的通行，在市内严重堵塞交叉路口的交通，行驶速度慢、旅客上下要到街中心甚为不便，路轨的弹性振动破坏路面结构等。然而国外利用新技术、自动装置，大大克服了许多技术上与运营上的缺陷。作

表 83　公共交通工具与客流量的关系

公共交通工具	单向每小时运送能力（人次/小时）	保持正常运行时的单向最小客流量（人次小时）	运送速度（公里/小时）
城市高速铁道、地下铁道	25，000～45，000	4，000	35～40
快速有轨电车	15，000～25，000	600	25～35
公共汽车	6，000～8，000	300	12～20

为市郊联系的快速交通工具有了新的发展。许多欧洲国家如联邦德国、捷克斯洛伐克、苏联等国家尚发展使用有轨电车。

3.无轨电车

是介乎公共汽车和有轨电车之间的公共车辆。无轨电车装备有一台功率较大的电动机，其操纵比有轨电车简单，但因没有地面轨道作为回电的导线，所以比有轨电车多一根架空导线。除动力、制动装置外，无轨电车的设备都与公共汽车相同。无轨电车主要优点是起动快、行驶速度高、不用液体燃料、无废气污染等。但它虽然比有轨电车灵活，毕竟要受到导线限制。对于狭窄街道，它与其它车辆会让不便；对于宽敞马

路，它在停站时接近人行道又较勉强。此外，易于造成串车堵塞，干扰整个街道交通，还有敷设费用较高，且要耗费大量的铜。由于环境保护与能源问题，促使无轨电车技术革新，采用电子控制和双源动力装置，能使车辆离开线网行驶，改善了无轨电车的机动性。

4.地下铁道

是大城市，尤其是特大城市的一种城市电气化交通类型。它在市中心闹区全部通过地下隧道或者部分高架空中运行，但在市郊又可行驶在地面上，是一种三度空间交通。地下铁道的运量大，每小时可以发送四到五万旅客，它又解决了城市道路堵塞拥挤的问题。它适宜于作为中心区与郊区公共交通的联络线路，或作为穿过整个市区的直通线路，城市的环行线路。地下铁道耗资巨大，工期较长，技术上也较复杂，只宜于在百万人口以上的大城市中建设。

（三）城市交通伴生的环境污染

城市交通污染是现代交通的产物。已查明的城市交通污染源有以下几项：铁路的列车与有轨电车行走的噪声、振动声，机车的废气污染，以及其他各种车辆的喇叭声、发动机噪声；汽车和无轨电车轮胎与沥青路面摩擦（特别是刹车时）而放出芳香族杂环化合物，能有致癌作用；油气排放的铅和一氧化碳污染；光化学烟雾等。在美国，大气污染的一半来自汽车废气。

1.汽车的废气污染

（1）一氧化碳：它是各种以汽油和柴油为燃料的机动车排放的最大有害物质。很多城市在交通频繁的街道上测出 CO 浓度在 10～20ppm，最高可达 100ppm。城市居民由于呼吸大气中 CO，能增高血液中碳氧血红蛋白、减少血液的输养作用。长期反复作用，会使红细胞增多、血液粘稠和凝固性提高，故 CO 浓度增高，是心血管病发病率和死亡率增高的主要原因之一。各国一致重视在交通要道测定 CO，一般要使八小时浓度限制在 20ppm 以内，一天平均浓度限制在 10ppm 以内。

（2）铅：铅污染仅限于使用汽油为燃料的交通车辆。因为汽车所用汽油主要是辛烷，并杂有其它烷烃。为了保证安全，要在汽油内加进四乙基铅作为抗爆剂，这就使大部分汽油中的铅随废气排入街道附近大气。铅可引起红血球损害等慢性中毒症状，且在人体内有积蓄作用，使机体衰退，对幼儿神经破坏最大。微量浓度的铅(日平均 0.0007 毫克/升），即会造成危害。

（3）光化学氧化物：这是资本主义国家盲目发展小汽车、滥用石油制品作燃料引起的，即所谓氧化型大气污染，以区别于过去煤烟造成的还原型大气污染。它的机制至今尚未完全明了。总的说来是汽车废气中的烃类化合物和氧氮化合物在太阳紫外线照射下，发生光化学反应，产生 O_3、PAN（过氧乙基硝酸酯）、乙醛等有毒氧化物，其中以 O_3 为主。其主要危害是刺激眼膜，形成污染性红眼病，刺激咽喉，危害呼吸器官，腐蚀材料，影响植物生长，降低能见度。光化学烟雾主要发生在夏秋季气温较高（23～32℃）的白天。

2.铁路的污染

铁路由蒸汽机车和内燃机车燃烧燃料排出废气的污染与列车的噪声干扰。铁路机车排放出 CO、CO_2、氧氮化合物、碳氢化合物、硫化物等，其危害以还原型大气污染为主。

铁路噪声源有三种：机车开动的噪声、轨道振动的噪声和鸣笛的噪声。前二者与行车速度有关，后者无关。蒸汽机车行驶速度 50～60 公里/小时，距离 20～30 公尺处的噪声为 90 分贝左右，速度增加或减少一倍时，增减 7.5 分贝。内燃机车在同样车速、同样距离可高达 100 分贝以上，若消声装置好，可降至 90 分贝。列车的噪声主要是与轨道的摩擦及两车箱连接处撞击声，约在 60～65 分贝，干扰较小。当列车通过桥梁、隧道、车站与会车时，由于共振、声反射和瞬时摩擦撞击，噪声级有明显增加。

在车站和车场，噪声主要来源于机车、汽笛和高音喇叭。汽笛在 20～30 米处约为 100 分贝，高音喇叭距 20～30 米处 90 分贝以上，汽笛和喇叭频率增多，并不增加分贝，只加大附近居民的厌烦感。

编组站的噪声远较一般车站为大，其中最强烈的是机车排气，在 100 分贝以上，此外驼峰调车撞击声，汽笛噪声，进出列车噪声以及大量采用高音喇叭进行编解作业声，也都相当严重。因此，住宅区距编组站至少 500～750 米，并宜进行绿化措施。

3.改善交通环境的措施

交通环境与人类的社会活动是不能分离的，但交通产生的公害与人类要求空气新鲜、环境安静相矛盾。因此，应该从技术措施和布局规划两个方面，来减少和消除城市交通的污染。

（1）城市的合理规划：基于城市各种用地都是交通的策源地，因此工业、仓库区、政府机关、居民区、商业网点和娱乐场地等等布局的合理性与客、货运交通量的大小有着极密切的相关性。尽量调整就近上班，是减少远距离经常性出行人数的办法。因而合理规划是综合改善交通环境的措施。

功能分明、联系便捷、布局合理的城市道路网，为各类车辆行人各行其道提供安全、经济、舒适和迅速的交通环境。

对于铁路线，特别是干线铁路尽量避免穿过居民集中区。为了减少市内火车站的噪音干扰，站点不宜紧靠大居民区，有条件可使车站周围墙加高，或在车站两侧修筑非住宅用的高大建筑物，起挡声墙作用。编组站噪声远较一般车站为大，且连续性强、不能放在市内。

市区铁路调车内燃化或电气化，控制机车鸣笛，站场调车作业使用自动信号，限制使用高音喇叭。

（2）广种树木花草：广泛植树造林，是改善交通环境的措施。树木花草不仅美化环境，而且树木草地还起净化环境的作用，即具有放氧、吸毒、除尘、杀菌、减噪、防风沙、调节小气候的作用，有些植物种类还能起环境指示监测作用。此外，道路上的绿化带还是划分机动车道、非机动车道，以及人行道的良好交通隔离带。绿化而美好的交通环境还可以提高驾驶员的情绪，减少交通事故发生。

通过市区的铁路线，两侧亦应进行绿化，因树木减噪作用显著。据测定，40 米宽的林带，可减低噪声 10～15 分贝。

（3）改进动力系统：目前世界各先进国家都在研究节能、不污染、

安全的运输工具。我国也应根据国情与国力的许可，研制各种节能、不污染和安全的车辆。城市在发展大容量的公共车的同时，宜研制卫生能源与动力系统，改进或淘汰落后的车辆。

铁路亦应改蒸汽机车为内燃机车或电力机车。

提高道路路面的质量，铁路用长轨敷设，是降低噪声和振动的重要技术措施。

（四）城市道路交通和城市用地

城市的功能分区和用地布局，反映了工业企业、仓库、车站码头、各项公共建筑和居住区等城市物质要素，它们之间的人和货物有着千丝万缕的联系，需要进行不断的流动，以便保证城市生产和居民生活正常进行。体现城市内和城镇间各物质要素中人和货物移动的是人流和车流，其动态的轨迹构成了城市交通网。而交通是需要依赖一定的线路来进行的，其中最重要的组成部分便是沟通城市各功能区间、城乡间和城市各物质要素间的道路（图 95）。

图 95　城市干道网与交通吸引点联系示意图

因此，城市的道路交通规划必须服从于城市的总体规划。一个不合理的总体规划，必然带来不合理的道路交通布局。为保证道路交通规划具有合理的总体规划，必须符合以下要求：

（1）城市布局应尽量紧凑，占地过大，布点分散，都会使市内交通线路拉得过长。

（2）工厂区污染范围以外与大量机关集中区就近必须有生活居住区，以免在上下班时间形成车流和人流的拥塞。

（3）商业服务业、文娱场所、绿地公园不宜过分集中。单为管理方便、装璜门面而采用的单纯集中布局的作法，会给城镇交通带来长远的困难。

（4）道路交通系统稀密适度，干支分明，运输、排水、管线敷设等功能明确，通讯、日照、市容要求得到满足，以便疏通线路、排除干扰。市内道路同市郊公路要衔接，过境道路不得同城市交通混杂一起。

城市道路又反过来对城市交通和城市规划以很大影响。道路系统是城市用地规划的骨架；各项用地的布置有赖道路来连结和区分；城市平面图中的市中心、车站、港口以及郊区小城镇均在一定程度上由道路的配置来体现。城市道路是集散城市人流和车流的渠道，道路和公路的经济性能和技术标准是城市交通组织的重要物质条件。没有完善和通达的道路，人流和车流便无法在城市及其郊区通畅运行。

道路、交通和城市用地三者的关系，归纳起来就是：城市交通是组织城市道路系统的主要依据，城市道路系统是城市规划的重要组成部分，城市交通又来源于城市及其郊区各项物质要素的布局。它们三者是一个相互制约的统一体。

二、城市道路网布局的基本原理

城市道路由各种不同功能的干道、支路、广场纵横交织成网，它是城市布局的骨架，其布置的合理性会影响城市建设、生产、生活诸方面。功能分明、联系便捷、布局合理的城市道路网，不仅有机地联系城市各种用地，并为车辆、行人提供安全、便捷、经济、舒适的交通联系；同时也反映了现代城市的建设面貌、环境质量与物质、精神文明的水平。

1.城市道路的发展

城市道路与道路网的形成，是在一定的社会历史条件与自然环境下，为适应当时政治、经济、文化发展，解决生产、生活交通的需要由简单到复杂的逐步演变过程，大致分为三个阶段：

(1）古代的城市道路：城市的交通工具是靠人力和骡马、兽力车、轿子，城市的规模不大，对外交通还不多。这时，城市道路上是人、畜、车、轿混在一起流动的，因为行驶速度差不多，不会发生多大危险。除少数特殊道路为砖石铺砌外，一般没有路面，也没有地上地下复杂的市政工程管线。当时的大街既是繁荣的市场（市），又是交通要道（街），再有里、巷、胡同联系着其它各项用地。

（2）近代的城市道路：机动车辆在城市道路上出现之后，由于车辆速度高，人车混杂，就出现了新的交通问题：或是机动车辆无法发挥应有效能，或是易于发生事故。因此，用划分人行道和车行道的办法，来减少人流和车流之间的矛盾和保证安全。另外，随着城市的公用事业集中化和社会化，地上、地下复杂的管线系统和附属设施要避开建筑沿街敷设，这就使道路功能多样化，并出现了作为城市道路两旁建筑物相距的边线，即红线的规定。

（3）现代的城市道路：随着生产力的发展，交通量不断上升，交通工具品种增多，机动车辆在数量上相应增大。在这种情况下，仅靠一个断面上简单的人车分道，难于解决复杂的交通问题。因此，在平面上采取划分快慢车道、单设有轨车道、自行车道、人行道，在立面上修建立体交叉、高架道路、地下铁道等。与此相适应，道路的分工问题日益重要，不仅干支道路要明确区分，商业大街和过境道路、一般道路和高速道路、主要担负运输的道路和具有风景游览意义的道路等，都要进行严格区别。同时，城市车辆剧增，停车场的数量与合理配置也是现代城市交通的课题。与此相适应，市政管线、绿化和道路的关系日益复杂。总之，现代化的城市，特别是大城市，道路布局规划工作更具有综合性质。

城市道路网系由城市干道为纲、各种中小街巷为目，共同组成。每条道路功能不同，其建筑性质、技术标准各异。为合理组织城市交通，进行道路建设，在道路网规划中应明确每条道路的作用。根据城市的不同情况，还可以考虑自行车专用道、有轨电车专用道、步行林荫道、步行商业街、风景游览道等。

2.城市道路布局的基本要求

在城市道路网中，不同功能的道路组成不同等级的道路系统。主要道路系统由城市干道中交通性的道路所组成，解决城市各部分之间的交通联系和对外交通枢纽之间的联系。这个系统是组成城市用地的骨架，必须在城市总体规划中结合城市的功能结构予以解决。辅助道路系统基本上是次要的交通性及城市生活性的道路系统，主要担负城市分区的生产组织和生活组织安排。这些问题要在总体用地规划的基础上进一步详

细研究。对于小城镇来说由于用地规模小，功能结构简单，道路交通也不复杂，可不提主辅，统一考虑。

城市道路布局的基本要求是：

（1）满足城市交通运输的需要：城市道路主要是为交通运输服务的。规划城市道路时，首先要使之服从交通运输安全、方便、迅速、经济的基本要求。

在城市道路上流动的有行人、客流和货流。行人步行里程短，一般距离约在 1.5～2 公里，一次走行时间约为 20～30 分钟，对城市道路的路线、走向，影响不大，所以主要是客货车流问题。

客流的活动是由工作、学习和生活的需要，由居住地点向工作地点、集会场地、文化娱乐场所、商业中心和车站码头往返。发展中国家在居住建筑集中地段同这些吸引点之间，应有较多便捷的交通路线，使其交通通畅、乘车时间不长，能及时集散人流。大量使用小汽车的国家要能及时疏散车流。我国大中城市旅客乘车的平均距离约为 1～5 公里，大城市比中小城市长，郊区比城区长。我国城市中自行车客流约占总客流量的四分之一至二分之一，北方比南方大，平原比山区大；自行车的合理骑行距离约为 1～4 公里。在大中城市道路网规划中，首先应着眼于城市生产和居民工作的需要，居住区和工业区之间要有距离短、路面宽、坡度小、结构好、干扰少的道路，同时要注意自行车道的设置。对于中小城市大部分吸引点都可以步行到达，使交通组织简化。但大城市邻近的小城镇，在我国因生产发展迅速，居住区尚未配套，应特别注意其与城区的道路联系和交通组织。对于城市中心繁华的商业街（区），实行步行街（区）或单向行驶车流以改善交通环境。

城市中的货运主要由工业物资、居民生活物资和城市建材构成。各点之间要有便捷运输线；并能保证在运输组织方面，能作到各种主要货物运行的吨公里数最小，以及合理利用回空车辆等。

道路网规划还应该为交通的组织和管理创造条件，如：道路系统应整齐醒目，便于行人和车辆识别方向，合理配置和简化交叉口等。

（2）节约用地，充分利用现状：节约用地是城市建设和规划的重要原则。国外市中心交通用地，占市中心用地面积的 30～40%，约占郊区面积的 20%。我国一般城市用地中，道路用地比重约占 15～20%左右。

衡量与控制道路用地的经济合理性，常以每个城市居民占用道路用地面积的平均指标（平方米/人），或道路占城市总用地的百分比来表示。由于城市性质、自然地形等不同，每个城市不可能都用同一指标来衡量；而要根据各城市的具体条件，在首先满足城市交通运输的要求下，多种方案比较，选择其中最经济合理的城市道路网方案；然后以此方案的用地指标作为控制用地，目前我国道路广场用地指标：近期定为 6～10 平方米/人，远期 11～14 平方米/人。

节约城市道路用地，降低道路用地的比重，主要是通过合理的道路系统结构，合理地确定道路红线宽度和道路网密度来实现的。道路网密度是指单位城市用地面积中拥有道路的长度（公里/平方公里）。城市干道网的密度应考虑居民使用公共车辆方便，不发生阻滞和不浪费建设费用。干道网密度低，居民使用不便，过高则占地多，且增加投资和养护费用。一般大中城市，干道间距宜为 800～1，200 米，干道网密度大致

为 1.7～2.8 公里/平方公里。小城镇主要道路间距 500 米左右。

（3）结合地形和水文条件：地形和水文条件对道路网规划有多方面影响。

①地形与道路规划：道路规划在满足城市交通前提下，要因势利导，结合地形，以减少土石方、节约造价，在丘陵山区，尤应如此。片面强调平直，不但工程和经济上不合理，而且还会使道路陷于路堑内或筑在路堤上，影响与其它道路相交以及路旁其它用地连接。

还要注意到，道路修建费中，路面常高于路基，占总修建费用 60～80%。过分迁就地形，导致坡大弯多、路线加长，对养护和运营也不利，还延长了地下管线。故必须作综合技术经济比较，才能收到良好布局效果。

在规划道路线路时，应全面考虑道路在纵断面、横断面上合理结合自然地形的可能性。一般平行于等高线的线路最平坦，路线沿标高几乎相等的天然地面延伸，运量大，交通繁忙的主要道路应尽量选择这种走向；道路线路如垂直于等高线，则道路随坡度直上直下，采用最为不利；如所定路线同等高线斜交，则可收利用较缓坡度之效（图 96）。

②道路与地面排水：如果地面趋于水平，或道路定线全顺等高线而行，则由于道路纵坡等于零，反不利于地面水的排除。如遇上述场合，则可将道路纵断面作成锯齿形，或使地下排水系统维持一定坡度，以保证排水。一般在天然纵坡度达到 0.4～0.5%时，便要予以注意。

另外，道路两侧街坊的地面标高应高于道路中心线的标高，以免形成雨季流水倒灌。旧城市街坊由于年久扫土，路面加厚，往往有这种情况，改建时应将街坊地面垫高或将路面标高削低。郊区县镇有时沿路堤式公路两旁发展新市区，致使道路两侧首当排水之冲，此为布局规划不当所致，应予以注意。

还有，道路红线的坡度，应尽量同道路坡度保持一致，不宜大于 1～2%，以利于街坊排水。

③水文地质对道路的影响：路面应与地下水面保持一定的距离，以免道路翻浆和路面结构层的破坏。路面距地下水位的距离，根据各区域气候、地理条件、结合土质类型来确定，自 0.8～2.1 米不等，一般粘性土在 0.8～1.0 米左右。根据自然地面的水文地质特点，可以把道路土类地基（土基）分为三个水文地带类型。

第Ⅰ地带：干燥型，能保证地面排水，地下水处于不起作用的深度，上部土层干燥；

第Ⅱ地带：季节性潮湿型，不利季节时地面积水，地下水处于不起作用的深度，但上部土层因地面积水而潮湿。

第Ⅲ地带：经常潮湿型，地下水很浅，距地面的距离小于所要求路面距地下水位的最小高度，或地面经常积水，上部土层受地下水位或同时受地面积水的作用经常潮湿。

在规划道路网时，应尽量避开第Ⅲ水文地带，以减少路基填土高度，保证路面安全。同时，道路选线最好绕过粉土、软土和杂填土地段，粉土毛细水上升高度大，易引起翻浆；软土天然含水量大于液限，孔隙比大于 1，强度太低；杂填土无结构、不均匀性大，需经换填或处理才能作为土基。

（4）照顾城市环境和卫生：道路和道路网的布置可以从城市气候和环境保护的许多方面进行长远考虑，以有助于人民生活安适。

①利用风象：道路走向应有利于城市的通风，也要防止风暴的袭击。在夏长而炎热的南方城市，大部分道路、特别是市中心高层建筑地区的主要道路，应顺夏季盛行风向布置；冬长而严寒的北方城市，要使城市道路的方向与冬季盛行风向有一定偏斜角度，最好与大风沙和大风雪的方向呈直角。沿海城市可充分利用海陆风，不仅使市区空气清新，还可以达到调剂城市气温目的。连续的沿海大道高大建筑虽然壮观，但往往起到挡风墙的作用，可使这类道路靠水一侧敞开，并配置一系列同岸线垂直的道路，以利通风。山地城镇的道路格局可使山谷风通畅；对于位在盆地的城镇尤为重要，否则地形逆温更易形成。

②保证日照：城市道路的走向应使两侧建筑有良好的阳光照射，特别是居民密集地段的主要道路两侧，应均能得到一定时间的日照，以利于居民健康，并在雨雪后保证道路干燥。为满足街道两侧建筑物的日照要求，应根据城市所在纬度的太阳方位角和高度角来确定街道的宽度。在北半球冬至日太阳高度角最小，故可规定该日的最小日照时数予以计算，其公式为：

$$L = \frac{\sin(\delta - 90°)}{\mathrm{ta}\,\alpha} H$$

$$L' = \frac{\sin(180° - \delta)}{\mathrm{tg}\,\alpha} H$$

式中：L——东西走向街道的宽度；

L'——南北走向街道的宽度；

δ——太阳方位角；

α——太阳高度角；

H——建筑物的高度。

以位于北纬 40°附近的北京为例。如采用最低六小时日照时间（冬至日上午九时至下午三时），则根据上式计算，得出东西大街的宽度应为建筑物高度的三倍，西北向大街的宽度应为建筑物高度的 2.68 倍；若采用四小时日照时间（冬至日上午十时至下午二时），则东西向和南北向大街的宽度分别为建筑物的 2.6 和 2 倍。故一定纬度的城市，其邻街建筑物高度必须同街道宽度相适应，表 84 为北京建筑物层高与街道相应宽度理论值表。为简便起见，可取南北向道路宽度为建筑物的 2～2.5 倍，东西向道路宽度为建筑物的 2.5～3 倍。辅助道路和里巷旁有高层建筑时，可退入红线以内，仍保持日照要求的道路宽度。

表 84　建筑物层高与街道宽

建筑层数	房屋高度（米）	东西向街宽（L=3H）	南北向街宽（L'=2.68H）
1	4.2	—	—
2	8.0	24.0	21.5
3	11.5	34.5	30.8
4	15.0	45.0	40.2
5	18.5	55.5	49.6
6	22.0	66.0	59.0
7	25.5	76.5	68.5
8	29.0	87.0	77.8

③防止车辆喧闹：街道上车辆行驶时的喧闹声，对居民工作、生活和健康都有影响。一般街道的噪声已达 70～80 分贝，汽车喇叭声为 80～90 分贝，经常接触，一些人会引起神经衰弱、消化不良等方面症状。拖拉机运行时噪声达 100～110 分贝，已远远超过听力保护起点的 90 分贝。防止车辆喧闹在道路规划方面可采取的措施有：在线路网中考虑过境交通不穿越市区，控制货运车辆和有轨车辆穿行居住区，禁止拖拉机开进市区；居住区内部道路采用丁字交叉，使不必要进入居住区的车辆行驶感到不便而免以穿越；在道路宽度上考虑必要的绿带用地，使噪声通过林木的吸引和反射而减弱。

（5）方便管线工程布置：城市中各种市政管线工程，一般都沿道路敷设，因此，所谓红线，实质上就是建筑用地和市政用地的分界线。各种管线的用途不同，性能和要求不一。如：电讯管道，本身占地不大，但要有较大的检修孔；排水管道埋设较深，施工开槽占地较多；煤气管道要防爆，需距建筑物较远。当几种管线平行敷设时，它们相互之间要求有一定的水平距离，以便在施工养护时不致影响相邻管线的工作和安全。因此，规划道路时，应有足够的用地宽度以满足市政管线的要求。

规划道路走向时，也要注意管线，特别是排水管道的走向和布置。因排水管道一般都埋设在地形较低的道路下面，如果道路标高反而高于两侧用地，就会增加排水工程的复杂性。

规划道路纵断面和标高时，起伏过大过多，不但对行车不利，对重力自流管道也有很大影响。重力自流管道常有一定坡度要求，例如 200 毫米管径的排水管道，最小坡度为 0.5%；1，000 毫米管径管道最小坡度为 0.05%。在平原地区的城市道路常遇到道路坡度过小与管道最小坡度有矛盾。规划道路纵坡小于管道要求最小坡度，管道的埋深将随管道长度而加深，过深必然增加施工困难。这就需要隔一定距离设一泵房，以升高管道内的流体，从而增加了排水系统的经营费用。在改建道路时，应保证埋在道路下的现状管道覆土有一定深度，尽量避免改建现状管道。

当道路的纵坡过大时，由于管道受其本身最大坡度限制，常需增设跌水设置。道路坡度越大，需增设愈多。管道埋设在纵坡变化较多的道路下时，局部地段可引起反坡，也增加了埋管的挖土深度和土方。

在规划道路纵断面和标高时，对于给水、煤气等有压力的管道影响不大，因它们可随道路纵坡的变化而起伏，仅增加管道长度。

（6）利于创造社会主义城市面貌：城市道路主要功能是交通，但在

一定程度上是体现城市面貌的一种手段。在社会主义下，它也是一种创立精神文明的工具。如北京天安门广场和东西长安街，不仅体现了祖国独特的建筑艺术风格和社会主义新中国的雄伟气魄，还标志着我国在党的领导下获得的巨大成就，激发起全国各族人民的自豪感，以及国际友人的向往感。在一般城市中，清晰的道路网、便捷的交通运输，会给居民以心情舒畅的感觉，也给外来客人创造了市内旅行的方便。城市道路和道路网的配置，如能结合城市的具体情况，把既有的自然景观（如沿海、临湖、山丘、起伏峰峦等）、应保护的文物（如革命遗迹、古建筑、桥梁、宝塔等）和主要的现代建筑（如电视塔、展览馆、车站、纪念碑等），在不妨碍道路主要功能的前提下，恰当地同城市道路结合起来，或衬托街景，或方便旅游，或更加突出城市物质和精神面貌，均能收到良好而长远的效果。

三、城市道路网的格局

城市道路网的格局是在一定的自然条件、社会条件、现状条件和当地建设条件下，为满足城市交通及其它各种要求而形成的。因此，没有什么统一的格局，实际工作中更不能机械套用某一种形式，而必须根据各地的具体条件，按道路网规划的基本要求进行合理组织。按已形成的城市道路网格局，可分为以下几种基本类型：

（1）方格式：又称棋盘式。其优点是设计简单，房屋朝向易于处理，并在一定程度上避免城市交通拥挤。我国大部分旧城市和相当一部分新城市均为棋盘式。美国除首都华盛顿外，其它大中城市亦多呈方格式。国外新建的中小城市及居住区，为了建筑物布局之利，多以方格网状道路布置。如英国伦敦市西北 80 公里的新城密尔顿凯内斯市（图 97）。方格道路网的缺点是城市两个对角端点间的距离加长。衡量街道系统的定量指标是两个对角端点的非直线系数。在棋盘系统中，如 a、b 是两点相邻二边长度，则非直线系数

$$\rho = \frac{a+b}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

当为正方形街道时，a=b，ρ=1.41，即实际路程比最短距离增加 40%。

苏州城不仅道路呈方格网状布置，河网也是网格配置的（图 98）。

（2）放射式：其特点是城市有明显的市中心或广场，各条街道均通向这里。单纯的放射式只有在小城镇才能适用，因为从城市的任一点到另一点，都要绕经中心。这时，两点间的非直线系数

$$\rho = \frac{a+b}{\sqrt{a^2+b^2-2ab\cos\alpha}}$$

当 α=b，角 α=45°时，ρ=2.6，显然是造成了路程的过度迂回。

（3）环形放射式：即保持放射街道，但加上与市中心成同心圆的环状街道，以避免单纯放射式的缺点。这种类型多在欧洲一些城市采用，如伦敦、巴黎、莫斯科（图 99），但效果并不完全理想。因为实际上还是人为造成了大的市中心交通拥挤区。另外，由于房屋朝向不好排列和环形街道弯曲，在我国不太适用。某些受地形限制或职能较单纯的城市，

才可考虑采用。成都市是由八条放射路及两条环路组成的放射环状道路网（图 100），环形放射式的非直线系数在 1.1～1.2 之间，这方面是有利的。

（4）方格—环形—放射混合式：为使方格式格局的非直线系数降低，早就提出了在方格系统中加入对角线街道的办法，但又出现了破坏市内街坊整体性和使中心交通过于集中的缺点。我国东北伪满时期改建的一些城市如长春，部分采用了这种形式。

在我国大中城市规划实践中，总结出了一种内方格外放射式的道路网格局。其特点是城市主体地区采用方格式布局，以外设方形或多边形环路，加放射对角线式直通道路。这既避免了将大量车流、人流引入中心区，又缩短了各端点的走行距离，还有利于同对外公路以及小城镇、郊区县镇联系。北京、杭州、合肥等城市道路规划，即按此格局进行，已收到良好效果。

北京为了适应城市的扩大，交通量的增加及现代化交通工具的需要，城区将建设横贯东西向的六条干道、改善纵贯南北的三条干道，同时还将开辟和改建一些次干道与支路，修建立交、过街隧道或天桥，以逐步改造城区原有的方格棋盘式道路系统。同时建立四个环道，九条主要放射路和十四条次要放射路，疏导城区客货流，连络远近郊城镇，沟通其它地区（图 101）。这样，便形成了一个格局明朗，四通八达，市区、郊区联系方便的城市道路网。

芝加哥市是美国较古老的特大城市，市区道路是方格状，并有六条放射状高速路集中到市中心，并与半环路横切。还有七条地铁汇集在闹市区的高架环形铁路上（图 102）。

（5）自由式：没有一定格式。是位于地形复杂区域的城镇，考虑了道路功能，又结合自然条件，因地制宜地加以组织而成的道路网形式。其缺点为占地多，城市内任何两点之间道路的非直线系数都较大，我国的青岛（图 103）、重庆为其典型。英国坎巴诺德新城利用山丘谷地，做到车行路与步行道路分别自成系统互不相交，保证汽车由高速公路驶入市区不遇红灯相阻直到目的地（图 104）。

四、城市道路横断面型式的布置

城市道路是供车辆和行人行驶的城市内部公共道路。其道路横断面的选择布置，是由道路所在城市的地理位置、城市总体规划规定的红线宽度、道路性质（交通性、生活性）、车流量和人流量所控制，并配合管线、路灯与绿化的要求，考虑日照、通风和建筑艺术等因素，结合自然条件，因地制宜而确定的。

城市道路横断面的三种基本型式是：单块板车道式、两块板车道式、三块板车道式。

1.单块板车道式

这是一种快慢车混合双向行驶的道路横断面，它可适应不同地形条件，在城市中广为采用。在车流量不大，双向交通量不均匀的出入口较多的道路宜于应用。城市中次要道路、商业繁华的大街以及游行、战备等特殊要求的道路亦采用此种型式断面为好。这种断面特点是车行道两

侧就是人行道（图 105），人行道以外就是建筑物，人车以道牙分离开。其优点是节约用地、投资省和行人穿越道路方便，因此，市中心道路多用此断面型式。但交通工具增多，行驶速度相差很大的情况下，就难适应。目前为了解决机动车辆和非机动车辆在行驶上的矛盾，用油漆白线将二者分开，在比较宽的车行道可用分隔桩分隔。此种断面街景显得单调，因此在新布置此种断面时，应保证车行道和人行道宽度条件下，行道树宜增为双行，以增添景色。

2.两块板车道式

这是一种快慢车混合单向行驶的道路横断面。它利用分隔带分隔对向车流，把车行道路一分为二，称为两块板车道式（图 106）。此种断面每侧仅供一个方向车辆行驶，快慢车道在一起，两个车行道间的分隔带可为草地、花坛或树木。在这种情况下，车行道的宽度每一个行车方向应不小于 7 米。绿化带宽度应不小于 2 米，草地应比车行道高 10～15 厘米。这种断面好处是车辆上下分行，街道中间可供休息。适于机动车辆多、交通量大、车速要求高的市中心与远郊区联系的入城干道，或城市道路横向高差较大迁就地形而采用。当双向交通量不均匀系数大时，车道利用率不高；道路宽度不够时，往往因超车造成事故；尤其我国非机动车比例较高、交通量大的市区交通干道就不宜选用此种断面。为此，我国一些城市先后拆去两块板车道式断面，改为一块或三块板断面。

3.三块板车道式

这是一种快慢车分道、快车双向、慢车单向行驶的道路横断面。它用两条分隔带把机动车道、非机动车道、人行道分开，避免了机动车、非机动车、人行的相互干扰（图 107）。

机动车与非机动车间的分隔带可以作为公共交通的候车站，且可栽花种树，配合周围建筑进行绿化，人行道同建筑物之间亦可栽种树木。因此，无论从交通、照明和街景而言，三块板断面优越性显著。但占地过多，在中小城市除个别主要道路外，不宜多用。由于路幅宽度大、行人横越不便，商业性街道亦不宜建此种路面。此路面多布置在市中心边缘，为车流量大，人流量相对少的交通干道。

五、交叉口、停车场和广场的布置

（一）道路交叉口

1.干道交叉口对城市交通的干扰

不同方向的城市道路相交部位，就构成城市道路的交叉口。所以，交叉口是城市道路网的枢纽，也是街道交通发生矛盾的集中点。交通事故经常发生在交叉口及其附近。同时干道的通行能力

表 85　交叉口影响道路通行能力的折减值

折减值 \ 车行速度		30 公里/小时	40 公里/小时	50 公里/小时	60 公里/小时
交叉口间距	300 米	0.63	0.52	0.47	0.41
	500 米	0.74	0.64	0.60	0.54
	800 米	0.82	0.74	0.70	0.65

注：折减值以无交叉口为 1。

亦受到交叉口通行能力的很大限制。一般说来，干道通行能力因交叉口的干扰约降低 40～50%。表 85 为交叉口影响街道通行能力减低后的比值。

上表说明：交叉口间距愈小，对街道通行能力干扰愈大；车行速度愈快，这种干扰益形突出。因此，近代城市道路网规划设计，一致呼吁应将城市干道间距放长。但不能过分加长干道间距，主要交叉口减少了，干线和交叉口的负荷就增大了，而且会出现“车多路少”的现象，助长行车迂回和交叉口堵塞。

交叉口是不同方向行车转换流向的地方，车辆与车辆产生不同形式的交会。当行车方向互相交叉，其交角≥90°，车辆易发生碰撞的地点，称“冲突点”（或叫交叉点）；当车辆从不同方向驶向同一方向成锐角交汇的地点，车辆易于发生挤撞，称该点为“交织点”；直行车辆右转尾部会受后继车辆挤撞之点，称为“分岔点”。其中以冲突点危害最大。

道路交叉口交通特别拥挤的原因是：①在交叉口行驶的车辆多；②车辆在交叉口转弯时所需要的面积比直驶车辆为大；③车辆在交叉口转弯时，车行速度比直驶车辆大为降低；④在交叉口车辆行驶的路线有的是互相冲突的，为了避免冲突，车辆行驶的速度更低；⑤在交叉路上来往的车辆，到交叉口时因受民警指挥或讯号限制而有周期性停驶；⑥交叉口有较多行人横过街道。

2.平面交叉口的类型

交叉口设计的主要依据资料是交通量（现状的和远景的）和设计行车速度，在此基础上选定交叉口类型。设计断面和坡度，要满足视距和拐弯半径，同时，应结合地形和街景衬托布置。

交叉口主要分为平面交叉和立体交叉两大类，前者又可按其形式再分为十字交叉、丁字交叉和环形交叉三种。

（1）十字交叉：平面十字交叉即十字口，交通组织和道口建筑布置较方便，是城市中最常见而且较简单的交叉口。十字口右转弯车辆，不同其它车辆（直行的和左转弯的）发生冲突。但同行人过街有干扰。为了使右转弯车辆能自直向行驶的车道中分出，使不阻滞直行车辆，可在交叉口设右转弯车道，即做成喇叭形交叉口。喇叭形车道加宽部分的长度，右侧采用 50～70 米，左侧为右侧长度之半。在喇叭形车道旁，不应设置公共交通站台。

十字交叉口的冲突点是由不同方向与直行车辆之间，以及左转弯车辆与直行车辆之间相遇引起的，其中关键问题是如何组织左转弯交通。

（2）丁字交叉：丁字口又称 T 形和 Y 形交叉，适用于城市次干道同主干道联系，如住宅区街道联接于区域性干道；区域性街道联接于全市性干道等。两条干道之间不宜用丁字交叉，更不能采用两个丁字口错开

的相交办法，以避免交通拥挤，甚至混乱。

这种交叉口的特点是转弯车流在交叉口总的交通量中占有很大比重，而十字口则以直行车流为主。

丁字交叉口为了更好地提高直向主干道的通行能力与交通安全，应注意：扩大横向的进入次干道的入口，限制次干道进入主干道的出口；在交叉口设置中心岛，不但车辆可以通行无阻，而且可以在无交通警指挥时，便于车辆安全行驶。

（3）环形交叉：环形交叉口又称转盘道，中间设有中央回车岛。车辆沿着回车岛不断环行，勿需停车，交叉口处不设信号，左转与直行车辆行驶时不产生冲突点，只有交织。中央回车岛可以是圆形、椭圆形、矩形和多边形等（图 108）。采用哪一种，视车辆大小、交通密度、车流方向和行车速度而定。

这类交叉口一般适用于交叉口道路数较多，车辆种类较统一，交通流量各方向相近和交通密度较平均的情况。在这样条件下，环形交叉的效能比用交通灯管理的交叉口高。在车辆种类复杂或某一方向交通量特大的交叉口，不宜采用环形交叉。同一条道路上，环形交叉不宜过多。

矩形中央回车岛对车身长的车辆不适合，因其拐弯半径大，占据相邻车道，影响其它车辆通行，为此，就要相应展宽回车道。使用椭圆形交通岛不但能提高主干道的通行能力，且因延长了交叉口交织距离，对交通安全起着很大作用。椭圆交叉口布置时，其长轴必须平行交通量大的主干道，短轴平行于交通量少的次要干道，反之，既影响行车，又造成浪费。

认为环形广场能解决一切交通问题的看法是不对的。经理论计算，环形交叉口最大通过能力如表 86，与一些交通部门统计观测的车流通过量相近。另外，环形交叉还有用地面积大，车辆绕行距离长和行人过往不便等缺点。因而我国有些城市将原有的环岛拆去，改为交通讯号管理的十字交叉口。

3.立体交叉

表 86　环形道理论计算最大通过能力表[①]

环形道路口数	计算车道数（包括右转车道）	最大通过能力	环形道对每个路口的贡献	最大通过车辆数
四路交汇环形道	2	1.75N（V）	0.44N（V）	1，900～2，200
	3	2.4N（V）	0.60N（V）	2，600～3，000
五路交汇环形道	4	3.07N（V）	0.61N（V）	3，300～3，800
六路交汇环形道	5	3.70N（V）	0.61N（V）	4，000～4，600

表中：V 为车速，按 35 公里/时计；N（V）为车道通过能力。

交叉口用隧道或跨路桥的方法，使相交路线在不同水平面上通过，称为立体交叉。立体交叉对提高道路通过能力和保证交通安全有巨大意义，但由于占地多、造价高昂，只有在下列条件下才考虑采用：

[①] 参阅朱德威、王富年：“环形交叉口通过能力的计算”，《北京大学地理学论文集》，1981 年。

（1）高速道路或铁路干线与其它道路相交，而使用平面交叉对组织交通和通行能力有影响；

（2）干道与铁路相交，干道交通量超过 2，000 辆/小时，或铁路行车密度昼夜超过 20 对；

（3）干道相交，交通量超过 5，000 辆/小时；

（4）地形对布置立体交叉有利；

（5）街道因宽度不足，影响行车速度和通过能力，故将平交改为立交。

立交上下的车道数应与在立交外一致，单车道宽度不小于 3.5 公尺，主要交通方向的车道纵坡不大于 3%，特殊情况下最大为 5%。

城市道路本身的交叉可有两种立交方式：简单立交和匝道立交。

（1）简单立体交叉：在建成区一般采用，因占地和拆迁均少。简单立交的主要工程为修筑隧道或高架桥。采用哪一种，视地形、水文和工程地质，交叉口视距、街景要求等条件而选定。

从交通方便和建筑艺术来看，高架桥比较适用。可将高架桥作为城市干道的继续部分，它对街道纵断面影响不大。但两侧起坡过早过大，在旧城区往往使有些街段沿街房屋处境低下。

建隧道不破坏原有街道的街景，不必在现有交叉口范围进行地面工程。但排水问题，出入口建筑处理等问题比较复杂，特别是对交叉口地下管网带来很大困难。

隧道仅能在宽度不小于 45 米的宽阔街道上修建，其行车部分最小宽度 12 米（每方向为 6 米的双向交通），隧道内辅助人行道宽度为 1 米，坡度最大纵坡为 4%。

隧道或高架桥的净空高度，视不同交通工具而异，其最小净空为：小汽车和卡车 4.5 米，无轨电车 4.8 米。

（2）有匝道（带耳朵）的立体交叉：这是解决交叉口交通干扰的彻底办法，它可以在无须信号灯管理条件下，使车辆无冲突点地直行和左行。但这种交叉占地多、造价高、工期长。只有在干道交通量特别大的场合下，才予以考虑。从北京的经验来看，今后要求立交占地小、造价少、工期快，而且要解决好自行车过口问题。目前我国面临市内建成区一些平交改立交，看来不一定都搞四向左转完全立交（图 110），可以采用简交或不完全立交代之，以减少拆迁。北京市在交通量大的立交口设计为三层，中间为自行车和行人的环形平交，这当然增大了立交高度，但解决了国外立交未遇到的自行车过口问题。

（二）停车场和广场

停车场是城市道路的组成部分，也是城市交通的重要内容之一，尤其在私人拥有小汽车的国家更显严重；如同我国自行车一样，到处停放，占据行车道或人行道，影响道路通过能力和污染市容。愈是市中心活动频繁的闹区，愈要求有容量大的停车场地。故建筑市内现代停车构筑物，如建筑物底层停车库、屋顶停车平台、或修建停车楼（多层车库）、或地下停车场等是解决大量停车的可行办法。

1.停车场的配置

（1）停车场的配置应符合城市规划与道路交通组织的要求。汽车停车场应大小车分设（不要混存），出入口分离，并远离交叉口。

（2）在人流较为集中的吸引点，如大型娱乐场所的公园、体育场（馆）、电影院和大型服务设施的商场、百货大楼等处的停车场，车辆较多，停放时间较集中，停车场多配置在门前或附近。

在车站、港口码头、航空港以及城镇出入口的对外交通枢纽处，其停车场的大小，常受班次、密度的影响，虽然停车时间不长，但车辆进出频繁，出入口要分离。

（3）对外地来的或过境的车辆停放，可考虑在城区的边缘设置停车场，附设食宿的旅馆，国外称为汽车公寓（Motel），甚至设置商场以减少过境车辆进入市内。

2.汽车停车场地在城市道路上的配置

（1）沿侧石线停车：通常设置在与主要干道相交的次要道路上或就在主要干道上，沿人行道边辟出一定用地。

（2）港湾式的路边停车：在道路一侧或两侧足够宽度的边缘带内，作成港湾式的停车道。

（3）利用分隔带停车：当机动车道与非机动车道之间有较宽的分隔带时，可利用其地盘布置停车道。

（4）道路外的港湾式停车场：如有空地建立地面停车场最为经济，出入方便，但占地较大。布置型式要视地面大小与所处交通干线的关系因地而定。道路转角处停车场，应把出口布置在次级道路上，如图 114a。如果场地进深大，就采用图 114b。场地长大于宽就采用图 114c 布置型式。

3.自行车停车场

小汽车拥有量不多的发展中国家或地区，自行车较多作为客运工具。我国是世界上自行车拥有量最多的国家。自行车停车场应作为旧城改造与城镇建设的配套设施内容之一。

在人流大量集聚的公园、体育场、影剧院、车站、码头，商业较集中的市中心区等处，都应设置大片的自行车停车场地。自行车停车场地的形状、大小较灵活。在用地紧张之处，可利用较宽人行道上、街坊小路边或胡同里暂作为临时性停车场以解燃眉之急。

办公大楼、居民楼房区都应配置自行车停车棚，否则楼梯、走廊为存车所占，有碍行走，也不安全。

4.广场

城市广场是城市道路系统中具有多种功能的空间，而不仅是车辆和行人交通的枢纽点，故它的分布与城市道路网有密切关系。由于纪念性、象征性的建筑又多集中于此，表现了城市面貌特征，所以广场也常是城市政治、文化活动的场所。

城市广场根据其特征及在城市道路系统中所处的位置可分为以下几类：

（1）中心广场（或称公共活动广场、集会广场）：住在城市中心地区，在有政治、历史、革命等意义的建筑前庭开辟出广场，并配有纪念建筑物。此种广场供游行、集会、节日联欢之用，平日为城市交通服务。因此，道路布置要方便，疏散人、车流要顺当。此种广场多呈矩形，其

长宽比例为 4：3，3：2 和 2：1，可产生较好艺术效果。广场宽度与四周建筑物高度比较为 3～6 倍。在中小城市的广场面积约为 1.5～2.5 公顷，在大城市面积在 3.5～5 公顷内。

（2）交通广场：是数条道路交叉的较大型的交叉口广场，目的是供疏通入广场各道路车流之用。此类与环形交叉口相似。布置时确定车辆和行人在广场上通行的方向和路线，指定专用的停车地点，公共交通路线不要过分集中。为减少人流穿越，车站宜布置在广场同一侧。

桥头广场是城市桥梁两端的道路与滨河路相交所形成的交通广场。

（3）站前广场：在火车站、长途汽车站、航空港等站前专辟空地供到站和离站的汽车和行人交通之用。要求到、离站的车流分隔开。在火车站使行人到火车站台和公共汽车站台均有便捷的路径，并设有自行车停车场地，其大小需因地制宜。

六、城市交通量的调查和分析

车流交通量通常指单位时间内通过道路断面的车辆数量。

城市交通量在时、日、季、年等时间变化较大，前两者反应敏感，易为一般人察觉；后两者通过多年统计观察对比，变化趋势亦较明确。

交通量、交通组成及交通工具速度等方面的资料是观测的主要内容。速度的调查，往往采取随车观测或在 200 米长路段中专门进行测量。

影响城市车流交通量的因素主要是：①国民经济发展水平：技术先进国家小汽车拥有量较多，发展中国家摩托车、自行车量较大。②城市性质、人口规模以及城市工业化发展水平。③城市运输合理组织的程度。④城市用地布局的合理性。⑤城市对车辆的管理水平。

进行城市交通观测主要是：

（1）路线观测：对某条路线或者其上的交叉口进行重点观测。此法须经常进行。

（2）线网观测：对城市干道网及其交叉口进行交通量调查。虽然资料搜集较全，但动员观测人数众多、耗费较大，只宜未作过调查的城市进行，以后每隔五年或十年进行一次，或只进行抽样调查。

（3）起迄点（O.D.）调查。人、货物与其运输工具，从某一地点向另一点位移，称出行。调查其出行的起点（Origin）和迄点（Destination），简称 O.D.调查。调查目的是了解车（或人）移动的任务、方向、路径、距离、起点、迄点等，从面上掌握地区内交通情况。但是调查较繁、样本数量较大，资料整理分析工作量大。

在进行调查前，先赴城建机关和交通主管部门了解有关资料，再按派出所、居民小区、地物、河流、道路等等标志在调查图上将大面积的调查范围划分成若干调查小区，然后用统一调查表格进行家访、电话询问、邮寄表格征答、或路旁直接询问等。如此进行，样本数太大，可以用统计方法抽样，缩减统计数量。据国外的经验可参考表 87。

城市交通量观测的方式主要有：

（1）人工直接观测：在选定的线路段或交叉口，用简单记数器直接统计。观测人员 1～2 人在路段两侧进行单向观测，或 2～4

表 87　O.D.调查抽查百分数

人口规模	样本大小（%）
50，000 以下	20
50，000～150，000	12.5
150，000～300，000	10
300，000～500，000	6.7
500，000～1，000，000	5
1，000，000 以上	4

人分成两组在交叉口对角处进行单向观测。如果要统计非机动车数时，观测人员每组可增加人数。

（2）仪器自动记录：人员长期观测，用人多、耗资大，而且不便长期连续观测。使用交通量自动记录仪器就可连续自动记录过往车辆数据。

通常使用的仪器有气压式计数仪、磁场式计数仪、光电式、红外线式、超声波式测试仪器等类型。

经过交通量观测后，应对资料进行分类整理，综合分析。通常能获得：年平均日交通量、高峰小时交通量、车辆组成数、交叉口处各方向不同辆数。

（1）年平均日交通量：为交通路段或路口一年间交通量用 365 天除，所得平均数，说明了交通线或交叉口的负荷。

（2）高峰小时交通量：以一天为周期的路段或交叉口处高峰时间时的交通量，它是度量道路交通负荷的一个重要指标。高峰小时双向交通量为分析路段是否饱和状态，为拓宽改建路段或交叉口型式的重要依据之一。

（3）交叉口处不同方向的车辆数：交叉口处的车辆运行数可用图形描述。它作为路口改建和交通组织形式的依据。

（4）车辆组成、密度、速度等资料：为道路容量、车流分配、交通法规等提供了依据。

上述资料能在以下几方面应用：

（1）从全市或全区交通网流量分布图的分析，就掌握了城市干道网（或全区道路网）的交通状况、路网合理程度，为未来线网规划提供根据。

（2）从路段上交通量的大小，能分析道路行车饱和状况，作为道路拓宽的依据。

（3）从路段与交叉口的交通量与密度的统计，为交通线网车流分配、道路的建设、交通管制提供了证据。

（4）从交叉口的流量流向图出发，为改建交叉口的型式与交通管制提供了数据。

（5）从历年交通量图表的分析，寻得交通量增长的规律性，进而预测近、远期交通量。配合数学工具建立交通流分配模式、交通流理论和数学模式以及交通需要与土地利用的基本关系模式。

第十二章　交通枢纽的地理研究

交通运输网是由众多的线段和节点组成的，其中在各种运输方式或同种运输方式交通干线的交叉、衔接与分岔之处，会形成交通运输枢纽，通常可简称作交通枢纽。交通枢纽是国家综合交通运输体系的重要组成部分。地理环境对交通枢纽的形成和发展有着重大影响，对交通枢纽进行专门研究也是交通地理学的重要篇章。

一、交通枢纽的作用与分类

随着国民经济和交通运输业的发展，交通枢纽无论在数量和分布上、还是在结构与类型等方面都变得日益复杂，它在整个交通体系中的地位更为重要，对交通枢纽的认识与研究也不断深化。

（一）交通枢纽的定义

交通枢纽的定义应该准确地说明其功能与组成。较早期的定义有如：“交通枢纽是各种不同运输方式的线路交叉及分岔的地点”。[①]这个定义是不够严密的，因为它并未完整地反映出交通枢纽的全部实质。根据这一定义似乎大量的有公路衔接的铁路中间站以及规模不大的水陆联运点也都是交通枢纽。实际上，并不是任何一个交通运输网的节点都是交通枢纽，而只有联结各条干线的交通运输网的中枢节点才能成为交通枢纽。

随着交通运输事业的发展与对交通枢纽研究的深化，到五十年代末期至六十年代初期，一些著作有了更为详细的定义。如“运输枢纽是指在几种（不少于两种）运输形式的衔接地区，共同为办理长途、短途、城市及企业内部客货运输所需的各种运输设备（包括铁路、水道、公路和航空运输以及城市与工业运输）的统一体”。[①]①又如：“各种运输方式或一种运输方式交通线路的交叉、衔接与分岔之处称为交通枢纽”。[②]

我们认为，交通枢纽是一种或多种运输方式交通干线的交叉与衔接之处，共同为办理旅客与货物的中转、发送、到达所需的多种运输设施的综合体（或统一体）。由同种运输方式二条以上干线组成的枢纽为单一交通枢纽，二种以上运输方式的干线组成复式交通枢纽。

“统一体”的含义适宜于单一交通枢纽，如铁路枢纽、水运枢纽等有着统一的调度指挥。而由不同运输方式组成的复式交通枢纽，因各种方式自成相对独立的系统，一般无统一调度指挥，而是通过布局上相互结合，协调技术作业过程、开展联合运输等而形成有机的系统，因而宜用“综合体”。本章主要论述复式交通枢纽。

（二）交通枢纽的作用

[①] 引自 B.H.奥布拉兹错夫：《车站与枢纽》，1954 年。

[①] 引自北京铁道学院货运教研室：《运输地理》讲义，1961 年。

[②] 引自И.B.Hиколькский《Гeorpa■ия трансдорта СССР》，1960 年。

交通枢纽在国家整个交通运输系统中集中了综合交通网的各种类型。各种运输方式错综复杂的关系，集中反映在交通枢纽上。因此它的发展与布局对综合运输系统的形成与发展有重大影响。

交通枢纽是发展综合运输的关键，它是各种运输方式干线的汇集点，是大宗客、货中转、换乘、换装与集散之地。交通枢纽的布局决定了不同运输方式间联运换装地点的分布，因而对于大宗客流、货流的运输径路、运输效率、物资转运速度有决定性影响。

交通枢纽也是同一种运输方式各条干线相互衔接，进行旅客、货物中转或对运营的车辆、船舶、飞机等进行技术作业和调节的重要基地。它的布局地点和能力适应程度，对于提高整个交通运输业的效能有着重大影响。例如：我国铁路货车周转时间中，有三分之二是在各种车站停留作业时间，其中十分之四是在交通枢纽为主的技术站作业时间。美国铁路货车周转时间的 49%消耗于车站作业[①]。又如船舶的周转时间中，也有一半以上是在港口的作业与停泊时间。

由多种运输方式组成的交通运输业要形成为综合的、有机的、高效能的运输系统，除了各种运输方式在任务上合理分工与能力的调节使用外，还必须紧密的衔接，减少环节，搞好运输接力和联合运输。交通枢纽作为衔接和联运的主要基地，其内部各种设备和建筑物在布局上的紧密结合是完成所承担任务的主要保证。

交通枢纽多与大城市相共生，它对城市的形成和发展有着很大作用。它承担着城市的内外联系，是城市整体的一部分。城市交通的各种设备和建筑也是构成交通枢纽的有机组成部分。

具体说来，交通枢纽的作业包括有：

（1）为本地区旅客的到发以及过境旅客改变旅行方向或换乘另一种交通运输方式服务；

（2）为各种运输方式之间换装货物服务；

（3）通过干线直接将货物送达货运站、码头，通过专用线将货物直接送达工矿企业、仓库，或者相反方向的运出；

（4）将货物由外部干线运输转入城市内部运输线路，或者相反方向的接运；

（5）对各种运输方式运营（接运、发送、编组），车、船等运输工具的周转与检修提供各种技术服务；

（6）枢纽内部运输作业，包括城市各区之间及其与郊区的客货运输。

（三）交通枢纽的组成与分类

1.组成交通枢纽的设备

交通枢纽由下列七种设备和建筑组成：

（1）铁路设备与建筑：包括共同为完成客、货运作业的正线、车站和其它设备，以及专用线、联络线。作业量大时，还分别形成为客运服

[①] 美国铁路货车周转时间另有 11%为运行途中时分，40%消耗于货主支配。

务的通路与设施，如客运正线、客运站、客运技术作业站等；为货运服务的通路与设施，如货运正线、专用线、编组站、货运站、地区站、工业站等，并通过各种联络线将它们联为整体。在具有这些复杂设施时，就形成为铁路枢纽。铁路枢纽是许多大型综合交通枢纽的核心设施之一。

（2）水运设施（河运、海运）：包括水上部分——水域与航道，一般多为客运与货运船舶公用。以岸线为核心的陆域，一般都区分为设置有旅客站舍的客运码头，设有堆场、仓库、专用线和装卸设备的货运码头，货运码头又可分为通用码头、专用码头和工商企业用货主码头等。

（3）公路设施：包括对外公路线路、立体交叉桥、客运站、货场、停车场、保养基地等。

（4）航空设施：包括航空港的客运站、货运站和导航设备等。

（5）管道设施：包括专用管道、泵站、储油（气）库等。

（6）工业运输设施：包括工矿企业专用线路和有关车站等。

（7）城市交通运输设施：包括担负市区内与市郊客、货运的道路网、水道网、各种公共客运交通设施和专业货运设施等。

在交通枢纽的组成成分中，包含有两组性质不同的交通运输系统，属于第一组的是沟通国内与国外、国内各地区和各城市之间联系的外部交通运输系统，即上述（1）至（5）各类；属于第二组的是实现城市联系的内部交通运输系统，即上述（6）、（7）两类。每个交通枢纽都包含这两组交通系统，但并非都具备上述各套设施。规模大的枢纽多较复杂，规模小的一般都较简单。

由于枢纽在交通网中所处位置不同，联结的运输方式及承担客、货运量的多少不等，同时所在地点的自然条件也有差异，城市规模与性质存在区别等，交通枢纽的组成有着很大差别。为了使交通枢纽的规划与建设建立在深入研究的基础上，必须对枢纽进行分类，根据其各自的特点和要求，研究各类枢纽的不同发展规律。

2.交通枢纽分类

交通枢纽分类可有五种方法：

（1）按地理位置分为：①陆路交通枢纽：如我国的北京、郑州、西安，苏联的明斯克、哈尔科夫，美国的华盛顿，联邦德国的慕尼黑等。我国综合枢纽中 42%为陆路枢纽，共有 36 个。苏联约有四分之一的枢纽为陆路枢纽[①]。②滨海交通枢纽：如我国的上海、大连、湛江，外国的列宁格勒、东京、纽约等。中国滨海交通枢纽共有 18 个，苏联有 31 个。③通航江河岸边交通枢纽：我国交通枢纽中共有 40 条通航水运干线，长江干流从宜宾至上海共有 13 个枢纽。苏联伏尔加河干支流共有 26 个交通枢纽。

（2）按承担的客、货运业务分为：①以直线或中转换装（乘）作业为主的交通枢纽，其地方运量甚少或比重小。我国交通枢纽中，通过运量在 80%以上的有如郑州、鹰潭、衡阳、宝鸡等。浙江宁波北仑港是为上海宝山钢铁公司转运进口铁矿石而修建，这将使宁波成为转运量很大的枢纽。斯维尔德洛夫斯克和车里雅宾斯克是联接苏联欧、亚两部分的重

[①] 根据 Hиroлbckий，И.B.《Гeorpa■ия трaнсдop тa CCCP》（1978 年）一书分析得出。

要转运枢纽。另如新加坡是地处国际航线上的交通转运枢纽。②具有大量地方作业，而同时办理相当数量直通客货运作业的枢纽，一般这两种作业比重相差不多。我国的枢纽中，通过运量占 50～60%的有如兰州、昆明、成都、北京等。③以办理地方作业为主、中转运量较少的枢纽，它们主要分布在路网的边缘处，或大型工业中心与矿区。如广州、本溪等枢纽的地方作业量占三分之二左右。苏联的下塔吉尔、卡拉干达、摩尔曼斯克等枢纽和联邦德国莱因-鲁尔区的多特蒙德也属此类。

（3）按所在地区经济特征和城市规模，交通枢纽可分为：①设置于采掘工业地区的枢纽，它们是大宗货流的发生地。如我国的大同、海南岛八所，苏联的克拉斯诺雅尔斯克、顿涅茨克，美国的丢卢斯，联邦德国的萨尔布吕肯，澳大利亚的黑德兰等枢纽。②设置于具有大型加工工业企业地区的枢纽，是大宗货流的纳集地。如我国的包头、兰州等枢纽。③设于国内转运基地和对外贸易口岸城市或国际性中转、贸易中心的枢纽，如秦皇岛、连云港、青岛以及香港等。④设于综合性工业城市和经济中心城市的枢纽，一般均为特大城市。如我国的上海、天津、沈阳等枢纽。国外的如伦敦、巴黎、东京、纽约、芝加哥等枢纽。分析枢纽所在城市的规模，一般在其发展初期不仅经济较为单一，规模也不大；而复杂的枢纽也必为大型城市。对中国枢纽城市的规模进行分析，中国枢纽城市在各类城市中所占的比例为：特大城市占 90%，大城市占 71%，中等城市占 41%，小城市占 14%[①]。可见城市规模越大，成为交通枢纽的比率也越高。

（4）按干线运输方式的组成区分枢纽：在较长的时期中，铁路和水路（包括海上、内河与湖泊等航道）是构成枢纽的主要方式，中国目前也仍是这种状况。随着公路的发展，现在交通枢纽均有公路沟通，但在中国它一般只承担短距离集散，只有在不通铁路或铁路很少的地区才起到长途干线运输作用。而一些先进国家随着高速公路和大型汽车的迅速发展，公路也开始成为中等距离的运输主力之一。如日本东京都运出运入货物总量中汽车已占 63.4%。航空运输在越来越多的枢纽中发展起来，我国已有 47%的枢纽开辟了航空线，但一般还未达到分担大批运量的程度。欧美一些国家航空运输在枢纽对外长途客运中成了主要方式。管道运输只有部分枢纽具备，在中国有五分之一的枢纽已有管道运输对外联系。管道运输的重要性不断增加，尽管它只能承担一些液体、气体和个别固体货物的运输，但因其能力大，可使其它运输方式解放出来去承担其它货种。可以说，枢纽兴建航空和管道二种运输方式，是形成综合交通枢纽的重要标志之一。

枢纽按运输方式组合可以分为以下四种：

（1）铁路—公路枢纽：这种由陆路干线组成的枢纽分布于内陆地区。中国的枢纽中约有 43%属此类型。国家为了改善土地辽阔而人口较稀的西北、西南地区的交通布局，大力发展航空，这两个大区目前已有 70%的枢纽建立了对外空运联系。苏联主要交通枢纽中有四分之一为铁路—公路枢纽。

（2）水路—公路枢纽：由河运或海运与公路等运输方式组成的枢

[①] 按 1982 年 12 月 31 日城乡建设环境保护部的统计。

纽，一般水运起主要作用，公路为其集散客、货，如温州、汕头、梧州等。

（3）水路—铁路—公路枢纽：此类枢纽因水路有海、河之分，又可包括三种情况：海运—河运—铁路—公路枢纽（位于通航干线河流入海口处）；海运—铁路—公路枢纽；河运—铁路—公路枢纽。前二种多以海运起主要作用，并有庞大的水陆联运设施，如中国的上海、荷兰的鹿特丹、美国的新奥尔良、苏联的列宁格勒都是有名的河口港。中国的大连、青岛，苏联的符拉迪沃斯托克（海参崴），法国的布勒斯特等是海运—铁路枢纽的典型。由河运—铁路—公路组成的枢纽，有些以铁路运量为大宗，有些水运比重较大，如中国的南京、武汉、哈尔滨，苏联的伏尔加格勒、彼尔姆，美国的圣路易斯等都是重要的水陆枢纽。

（4）综合交通枢纽：是交通枢纽发展的高级阶段。其组成方式有：建立了所有五种运输方式的枢纽；具有铁路、公路、海运（或河运）、航空（或管道）等多条干线的枢纽；虽无水运但具有其它四种运输方式（铁路、公路、管道与航空）多条干线的大型枢纽。我国的上海、北京、沈阳、天津、武汉等，已形成具有不同运输方式组合的综合交通枢纽。

（5）按主要交通干线与站场空间分布形态分类：在各种交通设施的空间结合上，由于水运航线位于江河湖海之中，只有港口码头的陆上设施具有固定形态，因此分析枢纽的空间分布形态，实际上是以陆上的站场、码头等的相对位置及其与干线的结合为准来加以区分，有如下四种：

①终端式枢纽：分布于陆上干线的尽端或陆地边缘处。如乌鲁木齐（铁路干线终端）、九江、青岛（图 116）、克拉斯诺伏斯克、奥兰（阿尔及利亚，图 117）、苏范德（美国阿拉斯加）。

②伸长式枢纽：干线从两端引入呈延长式布局的枢纽，如兰州（图 118）、伏尔加格勒、梯比利斯、亚历山大（图 119）。

③辐射形枢纽：是各种交通干线可以从各个方向引入的枢纽，许多枢纽属此类型。它的发展条件一般都比较好，如郑州（图 120）、徐州、雅罗斯拉夫（苏联）、德累斯顿（联邦德国，图 121）、里昂（法国）、休斯顿（美国）。有的辐射形枢纽构成极为复杂，如波士顿（美国）、曼彻斯特（英国）。

④辐射环形枢纽：由多条放射干线和将其联接的环形线构成。如北京、维也纳、巴黎、伦敦、布鲁塞尔、柏林（图 122）等。

⑤辐射半环形枢纽：分布于海、湖、河流岸边。如列宁格勒、芝加哥、布宜诺斯艾利斯（图 123）、里斯木、波尔多（法国，图 124）。

对于枢纽的上述五种分类，有助于从多种角度对枢纽加以分析和认识，以便于更好地确定枢纽布局和发展方向。

二、交通枢纽的形成

交通枢纽的形成与发展是多种条件与因素长期作用的结果；随着其形成条件与因素的变化以及交互作用，枢纽也会发生变化。分析这些条件与因素是地理研究的重要角度，也是研究枢纽布局的主要手段。

（一）形成交通枢纽的条件与因素

1.自然条件

交通枢纽作为交通运输网的中枢点，是由许多极为复杂的设备与建筑物所组成，占地大而又必须相互衔接，因此都要形成和发展于一定有利条件的地点，自然条件是其重要的基础。一定地点的有利条件，当枢纽发展到一定阶段和规模时可能转变为不利条件；而随着技术的进步，一定地点的不利条件也可以得到克服。对枢纽影响最大的自然条件是地理位置、地形和水文。

（1）陆路交通枢纽或者以陆运为主的交通枢纽，一般形成于以下地点：

①平原、高原、盆地的中心部位。枢纽并不一定产生于其几何中心处，而是与人类主要聚集地域的政治、经济中心相共生，必在有利于交通干线汇集与客货流集散的地点形成。如沈阳枢纽形成于东北大平原南部中心处；西安枢纽位于关中平原中心；成都枢纽在四川盆地西部成都小平原中发展起来。平原往往分布有便于通航的江河湖泊，枢纽不仅在陆路干线汇聚，而且会在水陆衔接的中心部位形成。如哈尔滨枢纽在东北平原北部的松花江滨；莫斯科枢纽位于苏联东欧平原中心的莫斯科河畔；芝加哥枢纽位于美国中部平原偏北处，不仅是全国铁路中心之一，而且濒临五大湖之一的密执安湖畔，建有大型港口，成为美国东部与中西部联系的大门。

②走廊地带的中心。在联接相邻区域的走廊地带，因多条干线交汇而成为枢纽。如兰州枢纽形成于黄河冲击而成的河谷地带，是内地通往河西地区、新疆与青海的必经之地和干线的分岔点；宝鸡枢纽位于关中平原的西端，地处宽仅 2～4 公里的狭长河谷地带，是西北区通向西南区以及西北腹地的干线分岔地点。

③联接山脉两侧广大地域的重要垭口山前平原处、并有利于交通干线汇聚的地点。如包头枢纽位于河套平原，是通向阴山北侧内蒙古高原广大牧区的必经地点之一，同时又是跨黄河通向鄂尔多斯高原的要津渡口。乌鲁木齐位于天山中段达坂城垭口之北，扼南北疆交通之咽喉。石家庄和邯郸两枢纽位处华北平原，面对通向山西的二处太行山垭口，是山西对外交通干线与南北交通大干线——京广铁路的衔接点。斯维尔德洛夫斯克和车里雅宾斯克两个枢纽靠近乌拉尔山口，是联接苏联欧亚两部分地区的交通干线汇集点。美国的丹佛，处于中西部通往西海岸的山前口位置。

（2）水陆枢纽：一般都形成于通航主干江河或沿海有利于建港、又便于与陆上交通干线相衔接的地点。

①自近代交通方式出现以前，即为陆上交通干道通过江河的要津渡口和水陆交通衔接的枢纽，并发展成为现代的水陆交通枢纽。如南京、武汉、吉林、伦敦、热那亚。

②重要的通航支流汇入干流的地点，又沟通了强大的陆上交通干线而形成水陆交通枢纽，实际多是由水运为主枢纽发展而成。我国长江干流上有许多这种类型的枢纽，如中游的宜宾、重庆，下游的九江、芜湖。

③由单一水运枢纽发展而成，如宜昌即为此种特殊情况，它不是在支流汇入干流处，而是因进出险要的三峡航道而发展起来的船舶停靠与

中转地，随近年铁路的通达与葛洲坝水利枢纽的建设（包括船闸）而成为重要的水陆枢纽。

④通航江河入海口附近的早期海港沟通铁路或多条公路干线后而成为水陆枢纽。通达铁路者会成为大型枢纽（如上海、广州、列宁格勒、鹿特丹、新奥尔良等），而仅通公路的枢纽规模则不大（如汕头、温州）。

⑤在有良好水域条件（深水位、波浪小、不结冻等）和陆域条件（地形开阔、工程地质条件好、有通向腹地的筑路条件）的沿海地点建设现代港口和强大的铁路线、管道、公路，是现代许多大型水陆枢纽的主要兴起地点。如我国的大连、青岛、连云港、湛江，美国的旧金山、洛杉矶，印度的孟买等。

水文是自然条件中变动性大而对枢纽产生巨大影响的一个。由于河流淤积或径流减少，使得一些水陆枢纽地位下降。如辽河的淤积是营口港衰落的一个重要原因。位于五河汇聚之地的天津枢纽，有过方便的内河运输，随着六十年代各河上游大量兴建水库，致使水源枯竭，内河断航，仅剩市区至海河口 70 公里尚有通航条件。

2.技术因素

自然条件对枢纽形成固然有着重大影响，但随着技术的进步，就为克服不利条件，利用有利条件创造了可能性。这些在水陆交通枢纽的布局演变和发展方面表现最为突出。为大的江河分割的枢纽，利用轮渡可将运行车辆（包括承载的旅客与货物）分批运过江河，减少了换乘倒装环节，但恶劣气象条件（大雾、风浪过猛）下仍要断航。跨江河建设大型桥梁和水下隧道则比轮渡又有了更大的进步，车辆无须待渡，可直接驶过江河，运行时间大大缩短，能力则有成倍的提高；而且把江河两岸原来相对独立的枢纽设备联成一体，更好地实行专业化分工，提高运输效率。如武汉枢纽长江大桥和汉水桥的建设，使铁路过渡时间压缩为原来利用轮渡时的三分之一（图 125）。

技术进步对海陆联运枢纽的布局影响更大。近代海港为了利用具有深水岸线的地点，往往要选择岩岸地段或伸入海中的半岛上，而其陆上运输干线的建设条件有时并不好，但利用先进的工程技术可以修建强大的铁路、管道，以至高速公路。如大连和青岛两个海陆枢纽都是本世纪初从原渔村而迅速发展成为大型港口，既与筑港技术进步有关，也与陆路交通的技术进步有直接关系。

五十年代以来公路运输的发展十分迅速，公路干线以及高速公路的大力兴建、汽车大型化和运载集装箱等，不断改变着水陆枢纽主要依靠铁路与水运对外联系的局面，而成为枢纽的重要干线运输方式。

从现代技术角度看，几乎各种不利的自然条件都是有办法克服的，但是往往引起高昂的工程费，甚至加大通行通航后的运营费。因此不能不注意经济效果，既要考虑一个枢纽建设本身的效果，也应考虑宏观的经济效果。

3.经济因素

枢纽的形成与发展主要取决于经济联系的方向与规模的大小。

（1）在国家和区际主要联系方向上会形成强大的客流与货流，这些客、货流的汇集与分流是枢纽形成与发展的最直接因素和决定枢纽布局的主要条件。中国的货流特点是以由北向南为主流、由西向东稍次，这

两个大的货流方向构成了客货运的主流，它们经由的主要通道是五条南北向交通干线（即：哈大、京沈、京广与津沪四条铁路和南北沿海航线），三条东西向交通干线（即，陇海与浙赣两条铁路及长江干流航线），我国主要交通枢纽均分布于这八条干线上，位处于大宗客流和货流汇聚、分流、转换交通方向的地点。如上述干线中的六大铁路干线，其长度仅占铁路网的 13%，却承担了 50%以上的铁路运量，沿线分布有 30 个交通枢纽。

（2）枢纽是地域客流与货流集散的中心，而且又是地域之间交流的转运中心，因此枢纽不仅形成于有利于集散的中心部位，而且还会靠向主要对外联系的方向处。或者说在一个地域一系列的枢纽中，必是位处这种地点的枢纽才能成为该地域交通网的中心。例如作为东北交通网中心的沈阳枢纽，其位置偏于中南部，这是由于东北地域的主要经济联系方向为关内，因此在既便于全地域汇集、又利于对外交通的地点，也即：纵穿东北区的哈大铁路干线与联系关内、关外的沈山线交汇处，发展起了东北区的中心枢纽。再以四川盆地的交通枢纽形成加以分析，过去四川利用长江对外交流，因此在既便于四川物资集散、又利于四川对外联系的盆地东南部形成了重庆枢纽。新中国成立后修建了成渝和宝成铁路等新的交通干线，使得四川省与中国北方联系有了能力强大的出入通道，在盆地西北部既便于省内集散又便于对外联系的成都，迅速形成了另一新的大型枢纽。

海运为主的水陆枢纽，其兴衰发展更易于受到国家对外经济联系演变的决定性影响，我国海岸线位于东、南两侧，这种影响不甚明显；而岛国则最为突出。如日本九州的交通枢纽，曾由于对中国和朝鲜是主要联系方向而占有重要地位。五十年代以来，由于日本外贸以美国、东南亚、西欧为主要方向，因此太平洋沿岸交通枢纽的发展大大超过了日本海一侧的枢纽。

（3）新的经济联系方向的开阔和原有经济联系方向货流的猛增，会促使新枢纽的出现和既有枢纽的迅速发展。上海宝山钢铁联合企业的建设拟以国外进口矿石为主，需要量很大，为此在浙江宁波沿海兴建了北矿石转运码头，构成宁波交通枢纽的有机组成部分。随着山西煤炭基地的大力开发，外运煤炭成倍增长，在其各条外运通道上的大同、石家庄、焦作等陆上枢纽和秦皇岛、连云港等水陆枢纽，正在不断改善布局，扩大规模。

4.交通网的既有基础与发展条件

枢纽的多少及其分布直接取决于交通网的发展程度。旧中国仅有三十多个交通枢纽，而且规模不大，设备陈旧，分布也不合理。新中国成立三十多年来，随着交通网的不断发展，枢纽已达八十多个，并已全面铺开。在枢纽的形成与发展方面有两个特点：一是枢纽数量的增加慢于交通线的发展，交通网的发展主要导致枢纽布局和结构越来越复杂；二是主要枢纽大多集中于早期修建的主干线路上。这是因为每个地域早期修建的许多干线，都是处于重要的区际联系方向上，并且成为工业和人口聚集的地带。枢纽分布与交通网既有基础关系十分密切。

既有枢纽的设备条件往往成为吸引新交通干线的主要依据，利用既有设备比新建枢纽，无论在时间上还是投资上都有较大的节省，因此使

得许多枢纽规模不断扩大，结构发生变化。许多大型枢纽都是这样逐步发展起来的，有些枢纽甚至具有二、三十年对外联系的水陆交通干线。

新的长大交通干线的修建，使得它与原有干线的交汇点形成一系列枢纽。纵贯我国南北的新干线——焦枝与枝柳铁路沿线形成了多处新交通枢纽，与太焦线衔接形成焦作枢纽，与陇海铁路交叉形成洛阳枢纽，与汉丹铁路、汉江交会形成襄樊枢纽，在长江畔形成宜昌枢纽，与湘黔铁路交叉形成怀化枢纽，最后接入柳州枢纽。

交通网布局的变化，有时会使一个地域的主要交通中心发生转移，新枢纽发展超过了老枢纽。如泸州为四川省南部的交通中心，曾是通向贵州、云南的陆路起点，在抗日战争时期发展成为水路、公路、航空枢纽，发挥过很大作用。解放后内（江）宜（宾）铁路建成后，使得位处岷江与长江汇合口的宜宾代之成为川南交通中心，加上滇、黔二省相继为铁路沟通，泸州枢纽在省际公路运输上的地位有所下降，宜宾枢纽的运输量也超过了泸州枢纽。

有时枢纽本身布局虽无变化，但由于交通网的延伸发展，会使一些枢纽的地位上升，联系范围扩大。如莫斯科枢纽，原通过伏尔加河通达里海，由于伏尔加河—顿河运河的兴建，又与黑海直接相联。另如南斯拉夫随着贝尔格莱德—巴尔干铁路的建成以及莱因河—美因河—多瑙河运河的即将竣工，贝尔格莱德将成为沟通北海与黑海、北欧和东欧各国与地中海的交通枢纽[①]。

5.枢纽所在城市的发展条件

交通枢纽与城市相共生，并在相互促进中不断发展。但是当达到一定规模时，又会在相互间产生限制性影响。当然，不同条件的枢纽城市有着不同的表现。

随着城市的发展，特别是城市建立了大型工业企业和构成复杂的工业综合体时，会使枢纽所在地点的运输需求猛增，从而需要对原有干线进行改造，增加运输能力，或是要求建设新干线，从而促进枢纽进一步发展。如北京随着钢铁工业的发展，在 1975 年建成了通向冀东迁安铁矿石基地的通（县）坨（子头）铁路；由于东方红炼油厂和燕山石油化工厂的建立，兴建了京秦（皇岛）输油管线，使得北京枢纽增加了两条交通干线。

城市由于种种条件的制约当达到一定规模时，会发生如用地、用水等尖锐矛盾。这不仅影响城市规模的扩大，也会波及枢纽，限制其发展。有些枢纽具备许多有利于扩建的条件，如建设深水泊位的良好岸线等，往往由于城市方面的限制性影响，枢纽的扩建也受到控制。另如铁路干线引入过多的枢纽，必然造成对市区切割和干扰的加剧，尽管对此可以采取种种方法加以解决，但必然要付出较多的投资。

从城市方面考虑，新的交通干线在联接既有干线时，应注意尽量避开既有的特大城市，或由于种种条件（地形狭窄等）而不宜再扩大的城市，或宜引向中小城市去联接，这对改善枢纽布局和控制大城市的发展规模都是有利的。

[①] ＜苏＞B.B.波沃洛任科：《各种运输方式的协作和综合发展》，国家经委综合运输研究所译，1982 年。

（二）交通枢纽布局的基本要求

不断改善交通运输条件，充分满足国民经济和人民生活不断增长的运输要求，是交通运输业的根本任务。交通枢纽的布局必须从这一总的要求出发，既应满足区际运输联系的要求，又要充分考虑地区运输的特点，保证中转客流、货流不间断地通过，保证客、货的发送与到达及枢纽内部运输有良好的作业条件。还必须与城市规划、工业布局、国防要求等密切配合；此外，也需要考虑旧有设备的充分利用和当地地形和工程地质等条件。交通枢纽的合理布局必须从全局观点出发，统筹安排，遵循下列各项基本要求：

第一，必须从国家综合交通运输系统的形成与发展来考虑交通枢纽的布局。交通枢纽的布局应服从于综合交通网的总体规划，处理好交通枢纽在交通运输网中的布局。应从以下四个角度考虑：

（1）交通枢纽的布局规划与全国性的客流、货流规划以及交通网规划是统一的整体，随各经济协作区间经济联系的发展，客、货交流不断增加，经路也会发生一定变化，这些都直接影响着各个枢纽的地位和作业量，关系着枢纽的分工、运输特点和发展规模。应首先大力加强综合交通枢纽的建设，为各种运输方式的协调发展、紧密衔接创造良好条件，应保证在大宗客流、货流的通道上建立地点适宜、能力充裕的交通枢纽。

（2）不能孤立地研究单个交通枢纽的规划布局，而必须搞好相邻枢纽之间的分工与协作。这既应从一条干线上加以研究，也应从一个地域加以分析，使枢纽在布局上有主有从。在交通线网的主要结点处配备能力强大的路网性枢纽，充分满足通过运输与中转、换装、换乘等作业的要求。在路网性枢纽附近，再配备能力较小的辅助性枢纽和地方性枢纽，使各个枢纽均有一定的专业化发展方向。这样既能使各枢纽分工明确，又能使货流于大型枢纽内集中作业，充分发挥大型枢纽现代化设备的能力。最大限度地节省基建投资，提高运输效率，减少运营支出。

（3）应使交通枢纽与干线在建设上和能力上相适应，做到枢纽与相衔接的各条干线同步建设，同时进行技术改造，同时投入使用，确保线路畅通，各环节的运输能力都可得到合理利用，并能互相调剂与补充。

（4）为了全国或一个地区交通网布局的合理展开，在新干线衔接点的选择中，既要注意利用原有交通枢纽，又应尽量避免接在规模已经很大的枢纽处。建设新的交通枢纽对改善交通网的总体布局有很大的作用，尤其对交通网尚不够发达，枢纽也少的地区，是改善其交通布局的重要措施之一。

第二，交通枢纽布局应与城市建设和工业发展密切配合。交通枢纽与城市相互影响，关系密切，在发展上相互促进，当达到一定规模时又会相互制约，枢纽应充分满足城市发展的运输需求。交通枢纽的各项设备在所在城市中均占有重要位置，是城市总体的有机组成部分。各种交通运输方式的设备布置对城市结构的形成与发展有着重大影响，应在空间上紧密地与城市其它设施有机结合。主要包括：

（1）为城市服务的枢纽客运、货运设备应与城市功能区紧密结合。客运设备靠近或适当深入生活居住区，货运设备靠近和深入城市工业区、仓库区。

（2）由于交通枢纽是由许多建筑与设备组成，并通过交通线联结为整体，很易对城市市区产生切割，阻碍城市的内部交通联系。因此枢纽各种设施的总体布置，既应保证运营上的便捷，又不干扰城市市内交通，切忌分散布置，尽量集中于城市的一侧或城市总图的一个象限内。对于既有枢纽切割城市的状况也应在发展中逐步加以改善。

（3）在枢纽内各种设备的布置上充分注意保护城市环境。危险品货物装卸站点应设于市区之外；粉末易扬货物不能设在盛行风向的上侧或最小风频的下侧位置；交通建筑物特别是陆上线路和大型站场应选择适宜地形修建，不应妨碍城市排水和郊区农业灌溉。采取积极措施防止和减轻交通噪声对居民聚居地段的干扰。

第三，交通枢纽内各种设备的布局应服从交通网的规划，充分保证各种运输方式之间的相互协调。枢纽内各种设备的布局首先应在考虑与相邻枢纽合理分工的前提下进行，不使设备重复或因设备不足而影响运输通畅。并应保证主要客流、货流在枢纽内经路顺直、便捷。综合交通枢纽作为各种交通运输方式的主要衔接点，必须充分保证各种交通方式的相互协调，协调的条件有三：[①]

（1）运输过程的连续性。可用下列符号表示：

$$R \wedge W \wedge H \cdots \rightarrow$$

式中：R、W、H——枢纽衔接的各种交通方式；

$\wedge$——结合号；

$\cdots\rightarrow$——保证运输过程连续的符号。

（2）与运输过程相衔接的各种设备通过能力（或输送能力）相适应。或以货物吨数、旅客人数表示，或以单元运输工具（车辆数、船舶数、飞机架次）数表示。

在直接换装的条件下，

$$N_a \leftrightarrow N_0$$

在经由库场换装时为：

$$N_a \leftrightarrow N_b \leftrightarrow N_0$$

式中：N_a、N_0——两种邻接运输方式的通过能力；

N_b——衔接二种运输方式的中间设备的能力；

$\leftrightarrow$通过能力相适应的符号。

（3）各环节的作业时间相互协调，以不能中断的前沿作业（如装卸船舶或车辆）作为主要环节，在其前面的各项作业时间应小于或等于后项作业时间：[①]

$$T_f \leq T_n \leq T_e$$

式中：T_f——前一项作业的时间；

T_n——后续作业的时间；

T_e——结尾作业（基本环节）时间。

[①] 参见刘统畏译：《城市交通枢纽的发展》（上册），1982 年。

[①] 以港口水陆运衔接为例：为保证码头装卸作业的连续，设其为 Te，车辆在港湾站的集结时间（Tf）、向码头前沿取送车及在港区车场调车时间（Tn）均应小于或等于 Te。否则，将会由于车辆不能及时送到而使装卸作业中断，船舶产生非生产性停留。

为了实现各种运输方式的相互协调，在枢纽规划和建设中应采取多种技术措施和组织措施，而各种设备的合理布局则是最为重要的措施。铁路与公路的配合或水运与公路的配合，因公路运输容易适应多种不同条件，所需专门设备不多，它们的配合较为简单。铁路与水运的配合承担了庞大的运输任务，最为复杂。现代化大型水陆交通枢纽内各种运输方式间的配合应是研究与规划的重点。

三、交通枢纽总体规划方法

作为交通运输网规划重要组成部分的枢纽规划，最终要提出最优运输系统有关的设置方案；在区域规划与一些城市的规划中，也需对交通枢纽总的布局提出轮廓性规划方案。一般应按下列程序进行：第一步，根据国民经济远景规划所引起的运输联系的需求和综合交通运输系统发展设想，确定本枢纽在全国和所在区域交通网中的地位和作用；第二步，确定本枢纽的总布置图；第三步，确定枢纽内各种设备和建筑物的具体布局方案。

交通枢纽布局方案一般应有几个，然后通过比较选出最优方案。在比较中除了优、缺点的详细分析外，还应考虑进行费用比较。不仅要比较各种运输方式的建设投资和运营费用，还需考虑工业、农业收发货单位所需支付的费用。另一方面各种运营的质量指标对方案取舍也有很大影响。

简单枢纽可以全面比较整个枢纽各项设备和建筑物的综合最优方案。而复杂的综合枢纽，由于规模大、布局复杂，所有设备和建筑物都进行综合研究是不现实的，因此要先找出各分系统的最优方案，然后确定综合最优方案。在必要时还可采用数学规划方法。

（一）枢纽在交通网中的布局

从满足国民经济远景发展的需要出发，并根据交通网发展的各种要求，确定交通枢纽新建或扩建的地点、枢纽之间的协作与分工，这不仅是规划一个地域枢纽布局的重要出发点，也是研究某些具体枢纽布局时的着眼点。

根据经济发展的设想，编制大宗物资产销平衡表，考虑人民生活水平的提高，分析旅行方面的需求，对全国或区域客流、货流进行预测。与此同时还要对大宗客流、货流的合理径路和中转、换乘、换装地点进行分析、调整。这些就为有关枢纽任务的确定和应达到的规模提供了准确依据。如在大型工矿基地附近扩建既有枢纽或开设新枢纽，在中转、联运地点建设以通过为主的枢纽，而在大宗货物通道上的一些枢纽的改造、加强也不可忽视。

应指出的是，在枢纽布局地点的选择上，不能简单地以运程远近为主要依据，而应综合考虑多种条件。如山西煤炭基地北部的煤炭运到渤海滨转海运，可有两个水陆联运枢纽——天津和秦皇岛。以陆上铁路运距计，从大同至天津的距离比大同至秦皇岛的距离近 118 公里。天津市也多次提出要求国家在天津港建设煤炭码头。但通过有关部门多次调查

和研究，综合比较多方面的条件，认为大同煤的水陆联运基地宜选秦皇岛枢纽。主要理由是：第一，天津港由于所处位置和条件，航道回淤严重（现每年淤积 800～1，000 万立方米），挖泥量很大，仅能维持 3 万吨级海轮进港，如要驶入大型运煤船（船型愈大愈经济），必然引起较大投资，运营后的航道疏浚费用也很高。第二，如要在天津外运大同煤，会加重京津间的铁路负担，而该线目前任务繁重，能力已经饱和，改造旧线或开设新线、扩建天津枢纽的铁路设施均有较大困难。第三，秦皇岛不但自然条件有利，而且自开港就是以外运煤炭为主，有着雄厚的基础。从而决定将秦皇岛枢纽发展成为规模更大的煤炭水陆联运基地。远期规模将达三千万吨，并分两步进行建设。天津枢纽在海运方面也是要发展的，应以件杂货和集装箱等为主，是一般商品对外贸易的基地。

（二）枢纽的客流与货流

通过上述的分析，明确了各有关枢纽的地位、分工和发展规模，可进入研究具体枢纽的阶段。编制作为枢纽建设依据的枢纽货物交流表和旅客交流表。

枢纽承担的客、货流分为三类：到发——在枢纽内形成的或在枢纽内消失的；内部——在枢纽地区内部形成和消失的；通过——在枢纽范围以外形成和消失。

掌握和分析枢纽所在城市的发展远景，尤其是工业发展的规划布局，今后居民消费品供应的情况，居民收入增长及外出旅行的增长趋势等，是确定地方运出、运入及内部远景客、货流量和流向的依据。通过运量的计算，应以区域间远期物资交流情况和旅客交流情况为依据。为了能更正确地预计枢纽地区与其它地区之间的经济联系和运输联系的发展趋势，估计出区际之间联系的发展变化，就不仅要了解附近地区生产力的发展和布局状况，而且要了解更大区域的发展和工农业布局，有些甚至要在了解全国性发展规划的前提下，才能为每个枢纽收集到可靠的原始资料。这些都是枢纽总体规划最重要的依据。

（三）枢纽的地方条件和特点

查明枢纽所在的城市及附近地区的自然条件是重要的基础工作，包括地形、地质、河流分布、水深及河岸冲淤变动、海岸、等深线分布、回淤规律、波浪、潮汐、风向等，应根据枢纽类型对不同因素做大量观测，选取重要数据。

对枢纽所在城市的性质与发展方向，宜利用区域规划和城市总体规划的资料，或者与这些规划结合一同进行。重点结合以下方面：城市工业发展的主导部门及其在区域分工中的地位，城市物资和商品供应的来源，本城市产品供销范围，城市功能区的布置与发展，用地扩展的主要方向，卫星城镇的建设安排及其与主城的关系，海岸带利用与河流岸线利用的状况与规划，等等。

根据上述各种条件和规划安排，确定其对枢纽总体规划的影响，准确掌握枢纽发展的特点，通过具体分析，为枢纽的发展与规划提供充分

可靠的依据，并应对既有枢纽与城市其它方面的矛盾作出分析，以便提出改造措施。

（四）对主要环节进行平衡与协调

在上述分析研究的基础上，就可着手确定枢纽总布置图的编制和确定各种设备的具体布局方案。应编制多个方案进行比较，并应以上节中指出的三项基本要求为准，选出最优方案，使之能充分满足区际运输联系和当地的运输需求。

简单的枢纽，设施较少，可以对各种运输方式的设施一起研究比较。但大型枢纽布局复杂，对所有设施都进行综合研究是不现实的。这是因为：一方面各分系统作业过程具有一定的独立性；另一方面，枢纽的许多设施已形成固定格局，与城市内部运输系统具有复杂的联系，它的作业常常要单独考虑。因此复杂枢纽应先找出分系统最优方案，然后抓住主要的环节进行分析，确定最优方案。

对于由多种运输方式干线衔接所形成的复式枢纽，以及复式枢纽的高级阶段——综合枢纽，主要应对其作业上紧密相联的一些环节进行研究，这些环节是：

1.与枢纽相衔接的各条干线之间相互协调的主要环节

（1）铁路枢纽编组站—港湾站—水运码头，或接轨站—专用线—水运码头：由铁路与水运共同承担的水陆联合运输是枢纽中最重要的作业。在港口组成复杂、作业量巨大时，要设置港湾站（也称港前编组站）专门承担各码头作业区的车辆集结、编组，一般都设在有海港的枢纽中。港口多按货物性质分设专业化作业区，多是将外贸货物、经本枢纽转运的国内货物等作业设在城市市区之外，通过港湾站与枢纽铁路编组站联结，应作到有顺直而近便的联系，减少建筑费用和运营费用，并注意铁路联络线或专用线不穿切市区，不妨碍城市市区用地的扩展。兼为通过货物和本市发到货物服务的公用港区应设在市区边缘。从港湾站至枢纽编组站应尽量开设二条联络线（或规划预留一条联络线），以利于运营上的机动，如图 126 所示。

对于规划方案应以前节中所述的协调条件（3）进行计算和比较。确保车辆在港湾站的集结时间（T_f）小于或等于列车编组后以小运转列车送入码头前沿（有时还要经分区车场）的时间（T_n），上述两个作业时间均不能超过码头前沿的装卸作业时间（T_e）。即应满足：

$$T_f \leq T_n \leq T_e$$

图　126 枢纽编组站、港湾站与水运码头布置示意图

如果上述条件不能满足，就会产生船舶因装卸停顿而带来非生产性停留时间。产生这种情况的原因，可能是：①港湾站股道数量不足，车辆集结时间过长；②联络线能力不足，取送车时间过长。通过分析找到修改方案的具体措施。

许多枢纽在发展初期以至相当长的时期内港湾站与枢纽编组站是合一的，随枢纽运量的增加，当需要扩建现有站场时，因受用地限制，又

需解决铁路运营干扰城市的问题，因此将枢纽编组作业移走，在规划的市区范围外开设新编组站，原有站改为主要为港口服务的编组站。如我国大连枢纽在北郊南关岭建设枢纽编组站，将大连北站改为主要为港口服务的车站，这是合理的解决办法。

（2）输油管道—油库—油品码头：在布局上油库和油品码头都应遵守有关的防火要求，不仅要与城市居民区、工业区有一定的防火间距，而且应与港口客运码头、其它货物作业区分开布局，设在盛行风向的下侧或最小风频的上侧，在河流上还应设在其它港区的江河桥渡的下游处。在能力的协调上，油库的储存能力应能保证油码头装卸船只的能力。还应注意留有扩建的余地。我国的青岛枢纽黄岛油码头、大连枢纽鲇鱼湾油码头、南京枢纽油码头等都是布局规划合理的事例。

（3）铁路客运站—水运旅客码头、铁路客运站—公路长途客运站：在旅客中转、换乘运输方式的大型客流集散中心，应尽量将有关客运设施设置在一起，沈阳、合肥、本溪等枢纽都按此要求设置了相互靠近的客运站。这个要求在布局规划上并非复杂的问题，但却经常被忽视，有时则由于铁路客运站迁移，而新址无法与原有客运码头配合（如芜湖枢纽），或由于用地紧张而无法安排。

2.干线运输与市内运输相互协调的主要环节

（1）干线运输与工业运输的联接包括：接轨站—专用线—工业运输、企业专用码头—传送带、公路或铁路专用线—工业运输。必须首先按照协调的第一个条件，即运输过程的连续性来安排布局，使之环节尽量减少，最好将接轨站或工业码头设于厂区附近或大型工业区的边缘，在企业无自营运输工具（自备铁路机车）时，干线运输将货物直接送到企业装卸点和场库，并将外运货物取走，在有厂内自营运输的情况下，干线只将货物送到交接点。必使运输的节奏性（分批到达或取走货物）充分保证企业生产的连续性。在审核规划方案时可应用下述方法[①]予以检查：

当铁路运输为企业服务时，取送车的间隔时间应满足：

$$T_{间} = \frac{D \cdot P_{车} T_{工}}{Q_{日}}$$

式中：$T_{间}$——各次送车间隔时间；

D——一次送车车辆数；

$P_{车}$——一辆车平均载重吨数；

$T_{工}$——企业每日工作时数；

$Q_{日}$——每昼夜工作时间内装（或卸）车货物吨数。

当汽车运输为企业服务时，汽车到达的最小间隔时间应等于汽车开入、装（卸）车和开出的时间。

$$I_{间} = \frac{T_{工} \cdot P_{车}}{Q_{日}} \geq t_{作业}^{汽}$$

式中：$I_{间}$——汽车到达最小间隔时间；

[①] 引自刘统畏译：《城市运输枢纽发展》，第 33～34 页，1982 年。

$t^{汽}_{作业}$——汽车开入、装（或卸）车与开出时间。

在水运为企业服务时，船舶按最小的间隔时间依次到达码头，一条船的平均作业时间为：

$$I^{水}_{间} = \frac{T_{工} \cdot P_{船}}{Q_{日}} \geq t^{水}_{作业}$$

式中：$P_{船}$——每条船平均载重吨数；

$t^{水}_{作业}$——每条船平均作业时间。

（2）客运站—站前广场—市内运输：客运站的规划一定要与市内运输有十分便捷的联系。在只有一、二个客运站时应选址在市区边或适当深入市区，大城市的主要客运站还应尽量设于中心区的边缘处。客运站应靠近城市公共交通中心和商业中心，但又需注意不使向客运站集散的客流与城市主要交通流发生干扰。站前广场的布置应最大限度地方便于旅客换乘市内公共交通工具。客运站的现代化发展方向是将干线运输与市内运输布置在一座综合性站舍内，可将长途客运和市郊客运的列车与城市地下铁道、公共汽车等的停车站立体布置在其地面与地下。在干线与市内运输的协调上应满足协调条件（1），即：在列车密集到达时，各种城市运输应保证在短时间内将旅客进行分送。所需的城市运输工具数按下式计算：

$$N_{市} = \frac{K(\frac{T_{密}}{I} - 1)P_{干} \cdot \alpha_1 \alpha_2}{P_{市}}$$

式中：K——接入车站旅客列车数；

$T_{密}$——列车密集到达时分；

I——列车到达平均间隔时间（分）；

$P_{干}$——一个列车平均的乘坐人数；

$P_{市}$——一个城市运输工具的平均乘车人数；

α_1——某种城市运输（地下铁道、电车、汽车、出租汽车）完成的运量比重；

α_2——使用城市运输工具的旅客比重。

（3）客运码头—市内运输及长途公路客运站—市内运输：在水运与城市内部运输衔接和公路客运与市内运输衔接时，城市运输工具的需要量取决于密集期内船舶到达的最大数量和长途汽车到达数量，用下式计算并加以检验：

$$N_{市} = \frac{K_{水(公)} P_{水(公)} \alpha_1 \alpha_2}{P_{市}}$$

式中：$K_{水（公）}$——密集期内船舶（公路）到达数；

$P_{水（公）}$——每条船（或每辆汽车）乘坐旅客数；

α_1、α_2、$P_{市}$同前述。

（4）航空客运站—市内运输：为了安全与消除飞机噪声对城市居民的影响，现代航空客运站必须设在距市区二、三十公里之外，这是与其它干线运输客运站布局的最大区别，因此也特别需要有能力大、速度快

的市内运输相衔接，其所需城市运输工具数计算公式与上述（3）之公式相同。

通过上述计算分析，就可对复杂枢纽的重要环节是否协调发展、布局合理与否作出判断，对总体规划方案的比选提供较为准确的依据。

（五）枢纽既有设备的利用与改造

交通枢纽规划应尽量考虑利用原有运输设备，从布局现状出发，并根据生产需要进行改造。在改造时应与城市总体规划相结合。同时在统一规划下做到全面安排，结合生产发展的要求，分期施工，逐步投入生产。

既有设施中有些对城市发展不能适应或产生干扰，改造后的设施则应更好地满足城市要求，为此要对设施进行分类来选取布局地点或对其进行调整。第一，直接为城市服务的设施，应设在市区内或市区边缘，并应与有关的城市功能区布局密切配合，如铁路、公路的客运站和水运客运码头与居住区靠近，货运站和码头与工业区、仓库区靠近等。第二，不直接为城市服务、但又是前项设施所必须的辅助设施，如客站、货站的进站线路，铁路和水运的客运技术作业场所（客车船舶停放、清洗、整备的场坞）等应尽量不设在市区内，但也不能远离市区；或尽量减少其对市区的干扰。第三，与城市无关的设施应设在规划市区之外。如铁路编组站、货物中转站与码头、集装箱转运基地等应尽量远离市区，并应便于运营。第四，危险品货物应设在郊区安全地点，即使是为本市所需的，也应迁至市区之外。

交通枢纽的总体改造，主要有如下几方面：

1.铁路站场改造

铁路站场改造主要包括各种设施功能的调整与其分布位置的更动，以便加强各种设施相互之间的联结和分工，改善枢纽设施与其服务对象之间的联系。客运站的改造方式主要有以下四种：①原址扩建。许多位于市区的客运站与城市道路网，和站前一系列商业服务设施形成密切关系，往往以就地改建、扩建为宜。②在不改动线路布局的前提下，客运站选址另建。如广州主要客运站原为广州东站（尽端式站），新建的客运站改为通过式，建在市区北部京广线上，与市中心相距仅 3 公里，原主客站改为辅助客站。③迁址建站，拆除部分干扰严重的线路。如北京站和太原客站的改建都是成功之例。④客运站连同线路一同外迁新建。当穿切城市特别严重又可能外迁时也可外迁，如长沙客站的迁建。

货运站在以下情况时予以改建：车站货场在货源方向的对侧，引起城市交通流跨过铁路；货站与编组站的相对位置与车流方向相反，造成大量折角车流；货站设在居民稠密的市区，距工业区、仓库区过远，等等。可将既有货站改建为其它站，如拟将上海东站（零担货为主）改建为主客站，或如北京广安门站改建为零担货公用站。改建铁路货站应注意按专业化分工建设高度机械化作业的作业区，并与城市工业区等密切配合，如将大型卸煤作业区与城市热电站紧密结合，建筑材料到达站与城市大型构件厂、机械搅拌站部署在一起。

各种车站之间的联络线，应保证运行便捷，但又应尽量不穿过市区；

不得不伸入市区时则应力避与主干道路相交叉。

2.铁路专用线改造

许多枢纽都具有大量铁路专用线，由于其必伸向工厂企业或仓库，对城市道路最易产生切割和干扰。我国许多枢纽取得了改造专用线的经验，大体可归纳如下：①变专用线为公用线。对于运量不多，利用率低的专用线组织共用，就近为无专用线的企业服务。各种管理制度和运营组织方式相应改革，充分发挥现有设备潜力。②改造专用线的主要措施是：“移”——对线路间距过窄或线路与建筑物过近影响行车安全者，不能实行两面卸货的线路，进行迁移。“改”——改造布置不合理的专用线，如产生迂回运输和折角车流及走行距离过长的线，技术标准过低不符合运行要求的线等。“并”——将运量不大的线与邻近线合并，提高利用率。“延”——将原来短的专用线延伸。“联”——将原尽头线接为活头线。“环”——线路环网化，在大型企业或工业区建设环形线，取送车方便灵活，可实现取送车与装卸的流水作业。

3.港口码头的改造

港口码头是水陆联运的连接点，其改造既要便于改善陆上与水上运输的作业，还要调整其与城市的关系。港口码头的改造包括许多内容，在客运与货运码头的调整方面，与铁路作法相同，按其与城市关系进行统一规划，与所在城市有关的设施设在市区一岸，无关的设施设于非市区的对岸或郊区。在用地部署上应增加陆域作业场地，就近建设港口后方设施；扩展水域，并按“深水深用”原则作好远近期安排。特别应注意为居民靠近水面留有足够岸线，不允许全被交通部门占用的现象出现和存在下去。必要时可将原有设施加以拆除，或对规划设计加以修改，留出必要面积建设滨海（河）公共绿地，修建公共设施。为提高港口综合通过能力，对各作业系统进行调整改造。包括：改造航行作业系统；改造货物装卸系统；改造贮存系统；改造疏运系统；改造和增加辅助生产设备。

4.加强城市内部运输能力

市内运输能力是保证枢纽内各种交通方式相互衔接与集散当地客、货流的重要环节。为加强市内运输能力，除增加机动车辆外，还须合理安排市内街道网，有时也包括市内水道。在城市规划中，必须为车站、港口、飞机场等客、货流集中的地区布置城市交通干道，应避免直接位于环城干道旁，但又不能距环路过远。

在枢纽新建大桥时，必须考虑建桥后对枢纽既有设备的重大影响。如大桥建成后可能引起桥下游沿岸河道冲淤规律变化，从而会导致岸线条件变化；桥上游航行船舶也会受桥梁净空的限制，因而使航道等级降低，如天津市区过去可以通达三千吨级海轮，但由于建设了四新桥，只能通过三百吨级的船只；铁路线路、站场、对外公路走向都会随桥梁建设而变化，城市一些干道的功能与道路网结构也将发生变化。这些都会引起枢纽总体布局的大改组。因而，在确定大桥位置时，除进行桥位地质施工条件、工程投资的比较和考虑城市对桥位选定的要求外，还必须考虑建桥后枢纽运输组织、现有枢纽设备的充分利用与分期改造，使其向新枢纽过渡时，既能保证运输的不间断，又达到收效快、投资省的要求。

5.装载工具与换装设备的标准化

提高运输枢纽的效率很重要的一条是货物运输的集装单元化、装载工具的标准化及换装、搬运设备配套化。尤其综合枢纽是多种运输方式汇集的地方，要做到各种运输方式间的紧密衔接、快速换装、提高整个枢纽的功能，必须逐步改造原有的运输设备，使之相互间按统一标准、系列发展。如此，枢纽才能真正成为整个运输过程的纽带。

第十三章　区域工业布局中的交通运输地理研究

交通运输对区域资源开发、区域工业体系的形成与发展具有重要作用，对区域内工业的聚集和城市的分布也有很大影响。因此，对重要工业发展区域的交通运输布局进行研究具有重要的现实意义。在社会主义条件下，区域发展和工业基地建设中除了各个部门按系统进行规划和建设外，还必须在地区范围内从多方面加以综合平衡，交通运输是其中重要的一环。

一、交通运输必须先行发展

国内外的经验都证明，交通运输是国家实现工业化和现代化的先驱。在国民经济发展中，交通先行是一条应遵循的客观规律。我国社会主义建设正反经验都证明，无论就全国来说，还是就地区的开发和工业基地的建设来说，都应认识这个规律，按交通先行这个客观规律安排建设程序，使交通运输超前发展。只有这样，才能保证经济迅速发展，并促进生产布局更加均衡地展开。

（一）交通先行发展的具体要求

区域大规模工业建设要做到交通运输先行发展，主要包括以下两方面内容：

1.交通布局的展开要走在区域开发之前

在资本主义前期发展阶段，出现过铁路建设的高潮，由此促进并带动了工业化高潮的到来。这种交通先行多是自发的。到了现代，为了国土的合理开发，引导私人投资到落后地区发展工业，国家大力开展交通建设和其它基础设施的建设。在区域整治中，不仅对原有交通设施进行技术改造，而且开展了高速公路、高速铁路、大型港湾的建设和河流航道整治。如日本战后的三次国土综合开发计划，都是将交通的整备作为地域开发的主要手段之一而予以先行发展。

我国在社会主义计划经济体制之下，有了更好地按照这个规律安排建设的可能，使得广大地区的交通建设为工业发展创造了必要的条件。每个区域在大规模开发及其以后不断扩大生产规模时，都应按照经济发展的需要和前景，首先开展交通建设，使交通布局先行展开。不按照这种客观要求去安排建设，尽管有时是为了加快工业发展，结果必然适得其反，会造成国家投资的浪费。

辽宁是我国最早形成的工业基地，其发展较快的一个原因就是交通运输超前发展起了很大的促进作用。这里曾是帝国主义激烈争夺的地带，它们为了掠夺当地丰富的资源，首先大力兴建铁路，加之中国地方政府为了抗争，也有所修建，从 1903 年第一条铁路通车，至 1937 年，仅用了三十四年时间全省就建成了铁路网。与此同时，自 1921 年至 1944 年，长（春）大（连）全线，沈（阳）山（海关）线大部分区段（除沟邦子至新民区段外）和沈安线（今沈阳至丹东线）全部建成双线，沈阳至苏家屯间还建了第三线，并建设了如辽（阳）（本）溪线等重要的内

部联络干线。二十年间铁路网得到了充实加强。辽宁全省铁路 1944 年达 2，800 余公里，成为我国铁路密度最高的地区，当时铁路网密度已达 1.9 公里/百平方公里。日本侵占东北后，迅速将辽宁由原料和燃料供应地变为立足于当地资源的初加工工业区。这一转变所以能很快实现，正是由于交通先行给工业发展以充分的运输保障。当年这个地区的交通布局主要是帝国主义为了掠夺我国东北资源而建，是以对日本的运输为主要联系方向，以通向海港为特点的。解放后迅速恢复了受到战争严重破坏的铁路，并根据我国社会主义建设的需要，对原有线路进行了大规模的技术改造，在关内外这一主要联系方向上，交通干线得到了大力加强。辽宁省成为建国后首批重点建设的工业基地，有了方便的运输保证。

但是在一些工业基地建设中，由于缺乏区域性综合平衡，出现了许多不按基建规律办事的事例，特别是违反了交通先行的规律，结果工业建设欲速不达。如两淮煤炭基地的淮南煤田是距华东区燃料消耗中心地带最近的一个大煤田，急需扩大开采。1973 年起在不通铁路的情况下，在淮河北岸开始了潘集矿区的建设。据统计，该矿区建设，每 1 万元投资需运入 87 吨物资，1977 年运入 40 万吨建设物资，由于只能卸在淮河南岸，还需用汽车通过淮河渡口运到工地，因此平均每吨运费达 11.28 元，一年运费即达 450 万元，占了当年投资的十分之一。如果铁路先期建成，不仅运费可降低，矿井建设也可加速。

2.交通线路的运输能力要留有余地，要有足够的储备

工业基地的交通运输设施，无论是线路、车站和港口的新建与改造，一定要留有余地，运营后应保留一定的能力储备。这就需要对经济发展作出详细的调查和足够的估计。交通干线的能力要能适应十年以上的运输需要，支线也应适应七年以上。当然，为了节省初期建设资金，有些建设可以分期实现，但是应为下一步发展留有余地。如辽宁工业基地与关内联系的锦承线和京承线处于进出关第二条重要通道位置，其中京承线在解放初期重新修建时，由于对需要估计不足，建设标准过低，又未考虑修建复线的问题。随着生产发展，当需要分担较大运量，以缓和京沈线运输压力时，该线却发挥不了很大的作用。类似现象也出现在西南的一些新建干线上。这除了预计不足外，还与地方对交通运输业不能储备产品而只能储备运输能力这一特点缺乏了解有关。由于工农业生产和物资流通在时间上是难以均衡进行的，为了适应运量的波动，交通线路及其车站、港口等各个环节的运输能力利用也不宜达到饱和状态。否则交通运输上的紧张区段一经出现，就会影响生产的正常进行。少则影响一、二个地区，多则波及全国。尽管生产本身十分正常，但由于产品运向消费区的途中出现了卡口区段，而不得不“以运定产”。

（二）区域交通投资的恰当比例

每个工业基地都面临着这样一种选择：是多投资一些于交通运输，使之先行发展，留有一定的储备能力，以保证已有的工业企业充分发挥效益；还是多投资兴建工厂而使交通运输经常处于饱和状态，工厂企业不得不“以运定产”、开工不足？应该选择的是前者，而不是后者。

为此，就应该使区域交通运输业保持恰当的投资比例，使之均衡发

展。这当然要根据各工业基地原有基础，发展的需要及建设的难易来具体分析。

从我国三十年来交通运输业发展的情况看，第一个五年计划时期是同国民经济发展相适应的。交通运输业的投资占了国家全部基建投资的17.3%，因此，到 1957 年各种交通运输方式的主要环节都保持有 20%以上的储备能力。但自 1958 年后交通运输业投资比例下降，从 1958～1979 年仅占 15.3%，交通运输越来越不能适应国民经济发展的需要，成了突出的薄弱环节，拖了国民经济发展的后腿。

在国家的交通建设上，特别是铁路的建设主要集中于内地。在交通运输业的投资中内地占了十分之七。加强内地交通建设是十分必要的，这对于内地资源的开发和工业布局的均衡展开，起到了重要的促进作用。以解放前交通上极其闭塞的四川省为例，解放后尚在恢复时期就建设了第一条铁路——成渝线，并于 1953 年建成通车，成为省内横贯东西的交通干线。其后每一个五年计划期间建设一条铁路干线，又相继完成了宝成、川黔、成昆、襄渝四条对外铁路干线。从而使四川形成了对外有五条交通干线（包括长江），对内有成渝铁路这条干线，交通面貌完全改观。其 1950～1978 年交通运输业投资在全部基建投资中的比例相当于全国平均水平，达到 15%。在四川的国民经济发展中基本作到了交通运输超前发展。

由于国家交通运输投资多年来不能满足其先行发展的需要，而交通建设又主要集中在我国内地、故交通运输的薄弱环节大多集中在沿海地区，其 1953～1979 年间交通运输方面的投资仅占该地区基建投资的11.6%，同期内地的比例为 17.8%，全国平均为 15.3%。

京津唐工业基地虽也位处沿海，由于其特殊的政治地位，随着以北京为中心的交通干线网的建设，京津二市及河北省 1953～1979 年的交通运输投资在其总基建投资中的比例，不仅远高于沿海地区的平均水平，而且也超过了全国水平，达 15.5%。该地区交通运输得到了很大发展，铁路营业里程三十年来增加了 70%，港口也有较大的发展。这些就为其工业的发展和布局的展开创造了条件，使它成为我国三大工业聚集地带之一。

位处沿海的沪宁工业地带和属于内地的山西煤炭基地，均在全国占有举足轻重的地位。它们 1953～1979 年交通运输业的投资却是不足的，分别占当地同期基建投资之 12.3%和 12.4%。前者交通运输投资中有 73%用于水运和公路，尤其水运得到了较大发展，后者交通运输投资中 80%用于铁路建设。它们的交通运输虽有了较大发展，但与国家对它们的迫切要求及其经济优势的发挥很不适应。尚有一些重要交通环节能力饱和，更未超前发展。

有着丰富煤炭等资源的安徽省，在沿海地区中，原来就是交通最为落后的一个省，而交通运输投资也很不足，1953～1979 年交通运输投资仅占其基建投资的 7.8%，只相当于全国平均水平之半，交通运输的落后状态，对两淮煤炭基地的建设影响很大。

辽宁 1949～1978 年交通运输投资也很低，仅占其全部基建投资的7%。因为辽宁原有较为发达的交通网，在建国初期，甚至稍长时期内，交通运输投资少一些是适宜的，其五十年代及六十年代交通投资均只占

6.9%。但是到了近年仍未增大交通投资比例，七十年代仅为 7.1%，致使交通网中的一些重要环节相继出现紧张饱和状态。如重要的路网性编组站未能开工，一些铁路干线区间通过能力饱和，急需的港口尚未开工，公路运输远远不能满足需要等。

要在工业基地的建设中作到交通运输与生产在发展上相互协调，仅靠各部门的规划是不行的。必须通过区域规划加以综合平衡解决。至于交通运输的发展超前多长，方可取得最大的经济效益，则需针对不同工业基地进行具体研究。欧美各国工业化初期，建设铁路比发展煤炭和钢铁工业超前二、三十年不等。我国交通建设不可能超前这样长的时间，但可借鉴国内外的经验教训加以分析确定。

必须指出，交通运输先行发展，并不一定要建铁路，应根据各工业基地的条件综合发展多种交通运输方式。

二、区域的运输联系类型

重要的工业发展地区，其交通运输的发展应根据当地开发的前景和国民经济发展的需要进行，交通线路布局应按区域运输联系特点来展开。

（一）区域的交通线路

为了便于将交通线路与运输联系相对照，试按交通运输与工农业的关系将线路分为区际主干交通线路、区内交通干线、集散线路三类。

（1）区际主要交通线路：是联结各大经济区及各工业基地的交通干线。一般为铁路干线和强大的水运干线，如京广、津沪、哈大等纵向铁路干线，长江中下游干流航线、陇海与滨洲铁路等横向干线，京沈与京通等进出关干线以及沿海南北方航线等。这些干线的作用很大。第一，它们是各大经济区之间联系的纽带；第二，通过这些主干线路将各工业基地与其周围的一些工业中心相连，并为工业基地输送原料和燃料；第三，对于一个工业基地而言乃是其对外联系的干线。区际主干线路的布局不仅应有强大的能力保证，而且应该尽量保证大宗货物流向的径路顺直，在必要时还应照顾沿线运输需要，兼起基地内干线的作用。

（2）工业基地内交通干线：这类线路距离虽不太长，但对工业基地内部联系和资源开发极为重要，一般也为铁路和水运干线，如同蒲、辽溪、通坨、成渝等铁路，京杭大运河的江苏段等。其作用为：第一，联结工业基地内的各个工业中心；第二，对全国交通网，多为一种开发线路或联络线；第三，初期为工业基地内干线，未来可能发展成区际干线。

（3）集散线路：是从干线通向工厂、矿区、港口和农村集散中心的短距交通线，在布局上既要选择和建设好与干线衔接的车站，又要与工矿企业的生产和总图布置有机配合。

（二）区域运输联系类型与特点

各个区域的工业发展由于具体条件不同，有着不同的专业化方向和

综合发展类型，其内外联系型式和运输特点也不同。

1.具有区际意义的原料、燃料基地

其主导部门为采掘工业。由于输出大量原料和燃料，运入量较少，因此其特点是发送量大于到达量，运出大于运入，其发送货物大部分运往区外以至国外。这类基地与外部联系非常密切，在交通网布局上就要求有多条强大的干线与外部沟通，在内部也应便于大宗货物的汇集外运。如山西为具有全国意义的燃料基地，煤炭占其铁路货物发送量的80%；其运出量比运入量多三倍以上。到目前为止已建成六条对外交通干线，但有的能力仍呈紧张状态，不能保证煤炭的及时外运，现正在采取电气化等措施进行大规模技术改造。

国外也有许多这种类型的区域，都是在矿产资源非常丰富的地区，发展成为以采掘工业为主、并大部分外运的经济类型。如加拿大西南部和西部四省采矿业在战后迅速发展，其产值占全国矿业的三分之二，大部分产品运往国外。以这些地区为主，使得加拿大在世界市场上矿产品出口居于首位，主要运往美国和西欧。又如巴西的米纳斯吉拉斯州以伊塔比拉为中心的铁四角地带，是世界著名的铁矿富集地带。自六十年代迅速成为世界铁矿石商品基地，大量出口国外，为此建设了兹巴伦、塞波依巴等可停靠 15～26 万吨级巨型矿石船的深水港口。为联接矿区与港口，除了对铁路进行改造外，还修建了长 402 公里的矿浆输送管道。另外，澳大利亚的西澳大利亚州也是典型的矿产品出口地区，其矿产品外运通过铁路送到海港，不仅出口国外利用海运，还通过 3，000 余海里运至本国南方的新南威尔士州，供应给位于卡斯尔市的本国最大的钢铁企业。

2.依靠运入大量原料、燃料的大型工业地域（或地带）

一些地域由于具有极便利的交通位置，历史上开发早，具有雄厚的技术人材和工业基础，加工工业十分发达。而当地缺乏所需的矿产资源，大量原料和燃料需靠区外供应，并有大量成品和半成品外运。因此运输上运入量大于运出量，发送量小于到达量；无论发送和到达也均以对外联系为主。这类基地也以对外交通干线最为重要，其内部联系取决于工业门类和结构，专业化发展程度越高，则越需发达的交通网相适应。沪宁工业地带即属这个类型，在原有轻工业基础上，重工业发展十分迅速，而其大部分原料、燃料均需运入。特别是上海这一工业中心，无论运入与运出之比，还是到达与发送之比，均高近 1 倍。它在交通运输上较充分地利用了水运条件。

国外也有许多这种类型的工业地域（或地带），不仅工业发达国家有，发展中国家近年也有所发展。有一些地区虽缺乏矿产资源，但有着市场区位有利、技术基础雄厚、情报信息丰富而及时等优越条件，再加上运输技术的发展和运输费用的降低，这种地区的工业得到了迅速发展。其工业聚集程度不断提高，形成了以一个或几个大城市为中心、工业高度发展的地域或地带。它们依靠运入大量原料和燃料，产品运出比例也甚高，有的甚至成为专门的出口加工工业基地。日本有许多个这类工业地域或地带，其发展之快也为全世界所瞩目。就全国而言，日本是一个资源贫乏的国家，许多重要矿产品和其它工业原料依靠国外进口。如全部依靠从国外进口的有石油、铁矿石、铝矾土、棉花等，大部分依

靠进口的有煤炭、木材、铜、铅、锌等。日本列于首位的三大工业地带——京滨工业地带、阪神工业地带、中京工业地带，都位于日本列岛的太平洋沿岸，充分利用了发达的海上运输。

3.立足于本地资源之上的综合工业基地

这类基地内外运输联系均很密切，不仅区内运输量很大，运出和运入量也大。因此不仅要求有强大的对外联系交通干线，而且要求内部有发达的交通网。辽宁是我国发展最早的重工业基地，工业的发展首先是从开发当地丰富的铁矿和煤炭等资源开始，加工工业得到大规模的发展。因此不仅地区内货物交流量大（达 1 亿吨以上），调出量也多（3，000 余万吨），辽宁的铁路货运量占全国 13%。随着工业规模的不断扩大，调入量逐年增多，它与原料、燃料工业基地不同的是发送和到达货物均以本区为主,运出大于运入的趋势从过去的 1.4 逐步降至 1978 年的 1.2，到 1980 年已变为运入大于运出。

联邦德国莱因—鲁尔区是一个以采煤工业为基础发展起来的历史悠久的综合工业区。现在成为联邦德国工业的心脏，欧洲重要的工业中心，这里煤炭资源丰富（硬煤储量占联邦德国的 90%），工业用水充足，水陆交通极为便利，还可就近得到洛林的铁矿石，工业发展条件十分优越。在这样的基础上该区逐渐发展成为联邦德国的采煤、炼焦、钢铁、电力和化学工业的中心。工业产值占全国 40%，硬煤产量占 82%，钢产量占 68%，采矿设备制造占 70%。

4.以内部联系为主的工业基地

一些地域由于特殊的地理位置，而当地资源尚有较好的搭配，从而在一定时期内形成一个以内部联系为主、对外联系较少的工业基地。如四川，由于其位处高山环绕的盆地，当地有着多种丰富的自然资源和较好的农业基础，因此与外部联系相对较少。经铁路发送与到达的运量中，80～90%均为省内交流，因此要求内部有发达的交通网。但是，随着工业基地的发展和专业化程度的提高，对外联系将会越来越密切。四川解放前仅有长江一条干线，解放后已兴建了四条对外铁路干线。

（三）区域运输类型的变化

有些区域的运输类型随着经济的发展和工业结构的改变而变化。主要发生在当地有多种丰富资源和其它有利的工业发展条件的地方。其工业发展和运输类型变化经历三个阶段。第一阶段为工业发展初期，以采掘工业为主，输出大量原料和燃料，运出量远远大于运入量。第二阶段，一些采掘工业为主的地区由于资源丰富，搭配良好，加上其它有利条件，加工工业不断发展，输出货物变为各种工业产品和半成品。运出量相对减少；由于需从外地输入一些当地缺乏或不足的原料和燃料，运入量不断增加。第三阶段，一些地方经长期发展，成为国家的重要工业基地，具有雄厚的技术基础和工业基础，工业规模不断扩大，门类逐渐增多，形成了完整的工业生产体系。由于所需资源数量与品种不断增加，而当地资源不能适应，有些资源甚至产量下降或枯竭，从而输入量大大增加。而输出工业品的加工精度日益提高。输入量大于输出量变得更为明显。由于种种条件和原因，有的地区可能停顿在某个阶段上，有的则发展到

第三阶段。

例如辽宁，1931 年“九一八”事变前，日本帝国主义已通过南满铁路控制了许多矿山和企业，大量攫取当地丰富的资源运往日本本土。据 1929 年《满洲经济概要》记载，当时长（春）大（连）铁路货流南行占 73%，北行仅占 27%。货流中煤占 47%，大豆 13%。大连港的吞吐比，1927 年为 1 比 6.1。这是大量输出原料和燃料的时期。

1931 年日本侵占东北后，一改其原有的经济政策，开始在当地大力发展初加工工业。从而运出和运入的状况迅速改变，到三十年代中期，进出量已相近，同时由于扩大在中国的侵略，许多物资在当地消耗或运往山海关内，运出入量接近平衡。大连港吞吐比 1938 年后即达 1：1 左右。这是立足本地资源发展初加工工业的阶段。

解放后国家一直把辽宁作为重点建设的工业基地之一，不仅大量工业品向外输出，而且由于冶金、机械、石油加工等有了很大发展，所需资源超出了本地可提供的数量，因此要从外地运入大量原料燃料。特别是煤炭方面，不仅需调入更多的炼焦配煤，而且对于动力用煤的需要量也大为增加。除了原来从黑龙江、吉林二省大量调入煤炭外，从关内调入煤炭数量近年迅速增加，如果要将辽宁发电所烧的油全部改为煤，则需从关内调入更多的煤炭，关内外的运输能力必须大力加强，方能适应。这一时期为加工工业进一步发展需调入大量原料燃料的阶段。

（四）区域内部的运输联系

每个区域内都有货流发生地、货流纳集地、集散中转地，在这些地点分别形成不同规模的城镇，而其中也会形成一个或几个工业中心城市。区域内部运输联系即主要取决于它们的数量、规模和分布。

向外提供大量原料、燃料的工业区域内，分布有多处大宗货流发生地。如何便于将货物汇集外运，是此类地区交通布局的主要任务。初期会在内部线路交汇处和通向外运的适宜地点形成货流汇聚中心，随着采掘工业布局的展开以及对外运输通道的增加，汇聚中心也会增加。同时在这些中心也会发展加工工业，成为地区重要工业城市。如山西煤炭基地原以太原为中心，现又形成了大同和长治两处中心。大兴安岭森林工业基地原以牙克石为中心，近年又兴起加格达奇另一中心，它们不仅是林区木材汇流外运中心，木材加工及林产化工等也有迅速发展。

主要靠区外供应原料、燃料的综合工业基地内，分布有许多货流纳集地，一般都会在内外联系的集散中心附近发展起大型工业中心城市。随着工业的扩散和专业化的发展，形成以其为中心的许多中小工业城市和集镇。如长江三角洲的上海及周围的众多工业城镇。

以区内资源为主的工业基地，内部联系密切，形成了更为复杂的内部交流，主要是在区内工矿城镇与本区加工工业城市间形成大宗货流。如京津唐地区三大城市间的货物交流占了全区铁路货运量的 30%。

区内的经济联系也会随生产发展和工业部门结构的改变而变化。主要有：

（1）在采掘工业基础上发展起来的城市逐渐向加工工业中心转变。如辽宁省抚顺市因采煤工业在本世纪初兴起，1934 年后发展了利用与煤

共生的油母页岩炼油工业，又随坑口电站的发展建立起了电解铝工业。解放后，新建扩建三座炼油厂，并改以原油加工为主，需输入大量原油。而抚顺的主导工业部门煤炭采掘，由于资源所限，现开采的高峰期已过，产量将会逐渐下降。抚顺市的货运状况发生了很大变化，1957 年其发到比为 3：1，到 1978 年通过铁路和管道运入量与通过铁路运出量相比，发到量已近于平衡。到本世纪末煤炭采掘将接近尾声，运输上还将变为入大于出。

（2）基地内的工业中心与原料、燃料地相互配置不同，对运输的影响和要求也不同，以产生大宗运量的几个钢铁工业基地为例。本钢靠近煤铁产地，资源搭配良好，但铁矿山较分散，均要依靠铁路干线运输。鞍钢靠近铁矿，矿石大部由企业自运，而煤炭全由外部运入。按每生产 1 吨生铁平均所需的运量计，鞍钢、本钢为 4 吨，而既不靠近煤、又不靠近铁矿产地的首钢，每生产 1 吨生铁所需的运量达 6 吨。

（3）加工工业中心原料、燃料来源的改变引起运输方向的变化。首钢的矿石原靠龙烟铁矿等处供应，主要经京包线运入。1958 年后在冀东开发迁安铁矿，作为其矿石基地，改由京山线运入。由于京山线运输紧张，1975 年建成通（县）坨（子头）线，不仅分担了运量，而且首钢矿石的输送经路更为顺直。这说明内部运输联系的改变，需要交通网能及时配合，以较好地满足需要。

三、区域交通布局的线网化

为了区域工业的发展，尤其在重要的工业基地，应根据其内外运输联系的需要，建设发达的干支线交通网。这不仅可提高运输上的保证程度，而且有利于工业合理布局和城市的均衡分布。

（一）交通布局线网化的标准

所谓线网化，一般是指一个区域内交通运输干线形成网状，每个主要运输方向均有二条以上通路，相互间有迂回线和联络线相通。目前我国各个大区中，只有东北区基本达到线网化，关内各大区仅形成了交通运输网的骨架。建设重要的工业基地尤应首先建成方便的干线交通网。根据对我国一些区域或工业基地交通干线网距的分析，干线网距一般达到 120 公里以内，才能形成较方便的交通运输网。前述分析的工业基地中，辽宁和京、津、唐两工业基地已达到线网化的要求，四川和山西虽然解放后进行了大规模的铁路建设，但内部都仅有一条联系干线，尚未达到这一要求。

（二）实现线网化以提高运输保证程度

在区域内及早建成交通干线网，使各主要运输联系方向有两条以上的通路。这样，运输能力保证程度高，而且有利于消除不合表 88　我国部分区域或工业基地交通网密度及干线网距（1979 年）

区域或工业基地	铁路网密度（公里/百平方公里）	交通干线网密度②（公里/百平方公里）	铁路网网距（公里）	交通干线网网距①（公里）
辽宁③	2.42	2.42	84	84
其中：辽宁中部工业地带	5.0	40	40	
河北及北京、天津	1.67	1.67	119	119
其中：京津唐工业基地	3.78	3.78	53	53
山西	1.31	1.31	153	153
江苏及上海	0.90	1.30	221	152
四川	0.49	0.65	404	340
其中：四川工业基地④	0.92	1.21	217	165
安徽	0.83	1.10	240	179
全　国	0.51		393	

①交通干线网网距计算公式为：

$$D(\text{交通干线网网距}) = \frac{2 \cdot S(\text{地区面积})}{L(\text{地区内干线长度})}$$

②安徽、江苏及上海、四川的交通干线中计入了长江干流航道里程。

③辽宁数字不包括昭乌达盟。

④四川工业基地数中为全省扣除甘孜、阿坝二州及雅安地区数。

理运输；当发生特殊情况一条线路发生堵塞时，可有另一条通路加以利用。京津唐这一区域虽自十九世纪八十年代就开始修建铁路，但京、津、唐三大工业中心长期以来仅靠京山铁路这一干线相连，未能形成干线网。解放后三十年间，这个地区新建铁路八百多公里，特别是 1975 年建成的通（县）坨（子头）铁路，改善了三足鼎立的工业中心仅靠一线相联的局面。加上在此之前建设的（天）津蓟（县）线、唐仙）遵（化）线等，才形成了与这个工业基地运输联系相适应的交通干线网。通坨线不仅成为工业基地内的交通干线，使北京与冀东及东北区联系缩短了 95 公里，而且还成为晋煤外运新干线——京秦（皇岛）铁路的一段。尤其在 1976 年唐山发生地震时，京山铁路的一段线路曾遭严重破坏，中断行车，通坨线发挥了很大作用，这更加证明了线网化的必要。

（三）交通干线线网化可促进区域资源合理开发与工业均衡布局

必要的交通条件是区域开发和生产发展的前提。在干线较稠密的地区，由于网距小，对各种资源的开发是非常有利的，一般只需建设较短的铁路支线或专用线即可通达矿区。而在交通线少的地区为要开发资源往往要建相当长的支线或专用线，甚至一些重要资源由于交通不便而不能及时得到开发利用。辽宁的铁路网密度比全国平均值高 3.7 倍，网距仅 84 公里，因此几乎所有新发现和拟将开采的矿山交通均较便利。安徽

省铁路较少，干线网距达 240 公里，为了开发距华东能耗中心最近的两淮煤田，已建濉（溪）阜（阳）铁路 145 公里，在淮北煤田旁通过。沟通淮南煤田的淮南至阜阳间铁路 121 公里，在矿井开工建设五年后才动工兴建，十年后的 1982 年才建成。交通未能先行，拖了煤炭基地建设的后腿。

在区域内建成交通干线网，就为工业的均衡布局创造了先行条件。以辽宁为例，由于其铁路在三十年代末即已成网，其工业布局原以大连最为集中，自三十年代后迅速向内地展开。据 1942 年《满洲经济概要》记载，1936 年东北各城市工业产值的顺序依次为：大连、鞍山、奉天（今沈阳）、抚顺等，当时整个东北区超过 1 千万元产值的 9 个城市，就有 8 个在辽宁。到目前，辽宁已形成中部、南部和西部三个工业聚集地带，正是由于铁路网形成较早，为工业的均衡分布创造了条件。四川解放前无铁路干线，原来主要靠长江水运，又有三峡险阻。新中国成立后国家在此开展了大规模的铁路建设，从而形成了包括铁路、水运为骨干的运输系统。随着交通条件的不断改善，四川工业发展十分迅速，已成为我国内地的主要工业基地。其工业固定资产现已跃居全国第二位；工业产值居全国第六位，三十年间增长 44 倍。工业布局发生了巨大变化，从解放前集中于长江沿岸、又偏集中于重庆的状况，逐步由东向西、由南向北、由盆地内向外延山区展开。

此外，我国不少地带至今仅有一、二条交通干线，造成工业过分集中。如津沪铁路为我国东部沿海地区唯一的南北向陆上交通干线，自济南以南两侧有八大煤田的支线与专用线与之相连，而别无纵向干线可以沟通。从而也造成津沪铁路煤炭货流过分集中，又别无其它线路可以分流。煤炭在该线下行总货流中的比重由北向南逐渐从五分之一加大到三分之二，致使总的货流密度也由北向南增加一倍。

四、工业区域各种运输方式的有机结合

要使工业区域的交通运输迅速发展，应当根据各地的自然条件，充分利用多种交通方式；还必须搞好各种交通方式的分工和衔接。

（一）因地制宜，充分利用多种运输方式

发展工业区域的交通运输，不能只局限于铁路。由于修建铁路占地多、投资大、工期长，在有着发展水运条件的地区，应充分发展水运。沪宁工业地带自二十年代后一直未建新铁路干线，但至今仍为我国工业最为发达的区域，该区水运得到了充分利用。该区域只在本世纪初建设了沪宁、沪杭、津浦三条铁路干线，其铁路网密度目前仍仅为 0.9 公里/百平方公里。但是因有着方便的海运和内河水网，解放后加强了水运建设，在江苏和上海的三十年交通投资中，用于水运的占了一半以上，形成了发达的水陆交通网。其长江干流航道 414 公里可通行万吨级轮船，水运网密度达 20 公里/百平方公里，可以联络各工业城市以及广大乡村集镇，该区工业布局的一个特点是：许多工厂沿河布局。如苏州，全市 178 个码头，绝大部分为企业专用，全市未设一条铁路专用线。1977 年

苏州车站到达 141 万吨货物，82%经水运疏散。但我国却有许多具水运条件的工业区域和城市，不仅水运利用不够充分，还产生了弃水走陆现象，造成铁路压力过重。

管道与铁路、水运的分工也是一个重要问题。我国自六十年代中开始铺设原油管道，发展较快。目前原油产量一半以上经由管道输送。特别是从大庆至大连、秦皇岛二条干线及铁岭至抚顺支线，均承担了大宗的运量，对于缓和长大线和京沈线二条铁路运输紧张起了很大作用。但是在发展管道运输的时候，也出现了如何通盘规划的问题。为开发大庆油田和解决原油外运，先建了让（湖路）通（辽）铁路，而后又修建了输油管道，于是这条铁路因缺乏其它货源而能力得不到充分利用。又如鲁宁石油管线的建设就更说明地区建设中缺乏综合平衡的严重状况了。由于鲁宁管线的建设，使我国沿海油船的一部分运输力量闲置了起来，管道的运输成本反而比海运高五倍多。这种各行其是的结果给国家造成了非常大的损失。今后应注意发展成品油管道运输和利用管道输送精煤浆或精矿粉浆。

在许多工业地区都面临着进一步发挥公路运输作用的问题。公路不仅适宜承担短途运输，而且其经济运距不断增加，国外先进国家已达 100～200 公里以上，有的超过 400 公里。我国公路的经济运距，据研究：100～150 公里以内的零担货物和 50 公里以内的矿物性建筑材料交由公路承运是经济合理的。而目前许多区域和城市的铁路还承担着大宗短途运输，辽宁、京津唐等工业区域铁路运距 50 公里以内的货物分别占了 18.2%和 21.3%；甚至一些大城市内，厂矿企业之间还经铁路倒运货物。这些都是不合理的，反映了有些地区公路运输的发展还很落后。辽宁就是公路运输发展不够的突出一例。在其货运量中公路的比重，解放以来不但没有上升，反而从五十年代的 34～35%下降到目前的 21.6%。铁路的比重从五十年代的 63～65%，六十年代曾上升至 80%左右，由于管道运输的发展，铁路负担才有所下降，但现仍占 68.7%。辽宁公路运输发展缓慢与其公路网发展不足有很大关系。尽管解放后开展了公路建设，但未赶上生产发展的需要。与其它省市对照就可看出，不仅其数量不足，而且质量也不高，干线公路密度仅为 4.04 公里/百平方公里。而沈、抚、鞍、本、辽城市带的干线公路网密度仅为京、津、沪等的六分之一至三分之一。

表 89　公路网密度比较表（公里/百平方公里）

区域或城市	公路网密度	干线公路密度	晴雨通车公路密度
辽　　宁	21.1	4.0	10.6
沈抚鞍本辽地带	23.5	4.7	12.2
北　　京	37.6	29.5	26.8
天　　津	30.5	19.5	19.5
上　　海	31.8	15.6	31.8
江　　苏	16.8	5.4	14.2
山　　西	20.2	3.9	6.9
四　　川	13.4	1.9	10.6
全　　国	8.86	2.45	5.8

注：辽宁为 1978 年数，并扣除昭盟；其余为 1977 年数。

（二）各个交通运输环节间的紧密衔接

交通运输是由多种环节形成的有机整体，要加强每一条通路的能力，必须使每个环节都相应得到加强和提高，否则就会发生投资效果极差、综合能力提不高的局面。我国当前车、船周转时间都有三分之二以上消耗在站、港停留和作业上。可见各个线路衔接点和不同交通方式的衔接点布局合理与否，能力是否有保证，是非常重要的。因此各种交通方式必须根据经济联系的发展变化和客货运输的要求，及时加强有关运输环节。

（1）在每条铁路建设和旧线改造的同时，必须进行编组站的建设与加强，才能真正达到最终增加通过能力的目的。过去许多新线建设都是按此进行的，因此交通运输投资能迅速发挥效益。但是近十几年来在铁路编组站的建设与布局上出现了许多问题，并因此妨碍了工业基地的内外运输。一种是新线建设时未配套建设相应的编组站，如通坨线已建成六年，与之相结合的北京东郊编组站至今还未建成。另一种是应建的工程被迫下马。如沈阳枢纽，是东北铁路网中心，原仅有南部的苏家屯编组站。为编解进出关方向和本地部分车流，1960 年在西郊裕国建设大型编组站，土方工程及一些立交桥都已完成，1962 年停建后一直未动，只能将大量编解作业交由枢纽内皇姑屯和大成二站去承担。这两个站规模不大，也不是编组站，难以适应，又不得不把一部分编解作业分至相邻枢纽去进行，这又引起它们的扩建。更为不合理的是，在既不产生车流又非线路交汇点的山海关建了编组站，而且再三扩建。

（2）在各工业中心为大型企业服务的工业编组站应与所服务之企业一同规划和修建。在第一个五年计划期间和以后的一些重点建设项目中，通过统筹规划，通盘考虑，企业建设与厂外运输同时配套建设。如为鞍钢服务的交接站——长大线灵山站，在第一个五年计划鞍钢改建扩建的同时，1957 年由路厂双方共同建成了三级五场编组站，建成后由双方共同使用，充分保证了鞍钢多年来的生产发展。1978 年本钢扩建已完工，而与其相配合的本溪编组站改造工程，1982 年尚未完成。再如位于沈阳与鞍山间的红阳煤田，靠近长大线，交通方便，又是炼焦煤，但建矿已十年，还未出煤，其矿区铁路的接轨点问题还在争论。

在这种工业与交通运输部门间的配合上，交通运输并非仅是简单地满足企业的要求，而通过区域规划还可以发现和解决企业总图中不合理的布置，加以改正。最生动的事例是包钢总体布置与为其服务的工业编组站的相互配合问题。包钢系由五十年代国外设计，原来所选之交接口仅一个宋家壕站，（图 127 甲）。通过区域规划，将企业内总图布置、矿石来源与钢铁产品外运方向统一考虑后，修改为两个出口——一交一接，不但衔接外部铁路更为合理，也使企业总图布置更为顺直（图 127 乙）。