

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中国古代著名水利工程



编者献辞

中国是世界文明古国之一。古代世界曾经辉煌灿烂的文明国家，多数没有能够继续维持下去，有的中断了，有的随着文化重心的转移而转移到另外的地区。唯有中国这个国家，既古老又年轻。从原始社会到形成国家，有文字可考的历史有五千年以上。中国和中国文化屹立于世界之林，一脉相承，历久而弥新。

中国文化是个发展的、历史的范畴，具有包容性与持久性：除了时代差异外，尚有着地域与民族的差异性。它是在连绵几千年中，以华夏民族为主体的中华民族各地域文化（包括中原文化、齐鲁文化、荆楚文化、巴蜀文化、吴越文化、岭南文化、闽台文化等）和各民族文化（包括壮、满、蒙、回、藏等中国 56 个民族的文化）长期地、不断地交流、渗透、竞争和融合的结果。从这个意义上说，中国文化的发展是具体的、历史的，又是多地域、多民族、多层次的立体网络。中国文化是起源于上古贯穿到现在，在黄河、长江及其周围地域形成并延续至今的中华民族共同的文化、共同的社会心理与习俗的结晶。

继承中国文化遗产，并不是对中国古代文化毫无选择地一概接受，而是要继承其优良传统，摒弃其封建糟粕。

今天中国正处在向现代化迈进的新时期。了解过去的优秀文化，正是为创造未来的新文化。这对于提高民族自尊心，增强民族凝聚力，有着极为重要的意义。青少年是国家的未来，民族的希望，对他们进行传统文化的教育，既是当务之急，又是长远的目标。要让中学生和具有中等文化程度的读者掌握中国文化史的基本知识，了解中国文化辉煌的历史，继承、发扬优良传统，为建设具有中国特色的社会主义新文化打下基础，这是一件宏伟的事业，也是我们编辑这部丛书的宗旨。

对文化层次较高的成年读者以至专家来说，个人的专业知识总归有限，本丛书对于成年人也不失为一种高品位的、可信赖的文化知识读物。

本丛书的前身有 110 个专题，涉及历史文化的各个方面，由商务印书馆、中共中央党校出版社、天津教育出版社、山东教育出版社联合出版。现由编委会对类目重新加以调整，确定了考古、史地、思想、文化、教育、科技、军事、经济、文艺、体育十个门类，共 100 个专题，由商务印书馆独家出版。每个专题也由原先的五万多字扩大为八万字左右，内容更为丰富，叙述较前详备。希望这套丛书能多角度、多层次地反映中国文化的主流与特点，读者能够从中认识中国文化的基本面貌、了解中华民族的精神所系，这就是编者的最大愿望。

对于本丛书的批评及建议，我们将十分欢迎，力求使之趋于完善。

中国文化史知识丛书编辑委员会
一九九六年四月

中国古代著名水利工程

引言

我国水利建设，自古以来，一直受到各族人民的重视。人们经过几千年百折不挠的努力，取得了辉煌的成就，陆续修建起千千万万的水利设施。

本书选择其中比较重要的 10 项工程，介绍给读者。一至三项为运河工程，四至八项为农田排灌工程，九至十项为堤塘工程。每一工程的内容都包括：修建的目的、过程、历史演变（以古代为重点，联系到近现代）、工程特点、社会效益和经验教训等。希望能向读者提供这些工程的较为系统的知识。

书中，有许多地方涉及历代的尺、里、亩、斗、斤等计量单位。为了便于读者换算，又于书后附有历代度量衡换算简表。

一 周、秦、两汉运河

我国地势西高东低，黄河、淮水、长江、珠江等主要大河，都是西东流向，东西水上交通比较便利。但南北水运困难，这就要求人们穿凿一些南北走向的运河。

上述主要江河的干流，虽然都是西东走向，不过它们也有不少南北流向的支流。而且不同大河的支流往往相距不远，如黄河支流与淮水支流，淮水支流与长江支流，长江支流与珠江支流等。再加上这些大河流的中下游，土地平坦，湖泊众多，稍作改造和连缀，便可形成人工河道。因而我国的运河多以南北走向为主，并且很早便已出现。

1 沟通江淮的邗[hán 含]沟

相传早在商朝末年，我国即已凿成一条规模可观的运河，它的名字叫泰伯渎，是周太王的长子泰伯将王位继承权让给其弟季历、避地到荆吴（太湖流域）后穿凿的。它位于今无锡市东南。

春秋时期，开凿的运河渐多，有的为陈、蔡两国所开，在今淮水上游；有的为楚国所开，在湖北、安徽境内；有些为吴国所开，在太湖流域和长江、淮河、黄河之间。吴国凿的这批运河，无论对当时及后代，都有深远的影响。

吴国首建于商末周初的泰伯，长期默默无闻。到春秋末年，阖闾、夫差父子相继为王，由于当时的太湖流域有了初步开发，又有伍子胥、孙武等人的襄助，国力逐渐强大。它首先对南方地区的两个邻国越国、楚国发动战争。为了在战争中便于运兵和运粮，公元前6世纪末至公元前5世纪初，在太湖流域，利用自然河道的基础，陆续凿成三条运河。一条叫胥浦，北起太湖东面，南到杭州湾。这是一条从对越战争的需要出发而穿凿的运河。另一条叫胥溪，位于太湖西面，是沟通太湖、长江间的运河，便于吴船向西进入楚地。还有一条由吴（江苏省苏州市）北上，到今江阴西部与长江会合，便于吴船经此骚扰长江下游的楚地。吴在大军代楚以前，对楚采用声东击西的“疲楚”战术，这一战术就是利用后两条运河，或向西扰楚，或向北扰楚，使楚军防不胜防，疲于奔命。“疲于奔命”的典故即源于此。这些运河的穿凿，不仅促进了区域性的统一，而且还为后来的江南运河奠定了初步基础。

周敬王十四年（公元前506年），吴军大败楚师于柏举（湖北麻城县东北）。12年后，即周敬王二十六年（公元前494年），它又败越师于夫椒（太湖西洞庭山）。经此两战后，楚国一蹶不振，越国也臣服于吴。吴王夫差认为自己在长江流域的霸主地位已确立，决定用兵北方，以便强迫晋、齐、鲁、宋等黄河流域的诸侯俯首听命。筑邗城、穿邗沟，都从用兵北方的需要出发而兴建的工程。

周敬王三十四年（公元前486年），“秋，吴城邗，沟通江淮。”（《左

传·哀公九年》)邗,就是古扬州,在今扬州市西北郊蜀冈一带,遗址周长约九公里。这是扬州建城的开始。吴国筑邗城,目的是在长江北岸建立进军北方的基地。凿邗沟旨在便于运送军队和粮秣。据《水经注·淮水注》载,这条邗沟从邗城西南引进江水,经过城东,再向北流,从陆阳、广武两湖(两湖分别位于今高邮县东部和西部)中间穿过,北注樊梁湖(今高邮县北境),又折向东北,连续穿过博芝、射阳两湖(两湖位于兴化、宝应间),再折向西北,到末口(今淮安市东北)入淮。邗沟的线路比较曲折,所以如此,目的在于利用当地的众多湖泊,以便减轻施工的负担。这是我国、也是世界有确切穿凿纪年的第一条大型运河,长约 150 公里。

凿邗沟后的第二年,即公元前 484 年,吴师与齐师大战于艾陵(今山东泰安南)。齐师几乎全军覆灭,主将国书及其以下五大夫,或者战死,或者被俘,损失革车 800 乘¹。打败齐师后,吴准备再开一条运河,以便进军中原,以军事力量为后盾,迫使当时北方诸侯首领晋国就范。这条运河就是菏水。

黄、淮之间的东部,有两条较大的自然河道,一条是济水,是黄河的汉道,首起茌阳,向东流经荷泽(今山东定陶东北,已淤)、大野泽(又名巨野泽,今巨野县北,已淤),折向东北,注于渤海。一条是泗水,发源于鲁中山地,西南流入淮水。泗、济两水相距不远,只要在它们中间开一条不长的运河,吴国的军队便可以从淮水北溯泗水,再通过运河,循济水直达中原腹地。周敬王三十八年(公元前 482 年),夫差在泗、济之间凿出一条运河,它东起湖陵(今山东鱼台县北),西到与济水相连的荷泽。因其水来自荷泽,故称菏水。

当年夏天,夫差率领吴国大军到达黄池一带(今河南封丘县西南),召集北方诸侯举行历史上著名的黄池盟会。晋国自晋文公以后 100 多年中,一直是北方诸侯的首领,不肯轻易放弃这一特殊地位。因此,在这次盟会上,谁当盟主,执牛耳以盟诸侯,吴、晋双方各不相让。正当两军剑拔弩张时,吴王接到空虚的吴都被越军攻破的消息,只好向晋让步,匆忙带兵南归。

邗沟和菏水都是夫差从政治、军事需要出发而穿凿的,工程比较粗糙,邗沟的河道也较曲折,航运受到一定影响。但它们毕竟沟通了江、淮、泗、济诸水,对加强长江、淮河、黄河三大流域的经济、政治、文化联系,都有重要作用。

2 中原水运枢纽鸿沟

从公元前 475 年到公元前 221 年,是我国历史上的战国时期。战国初,

¹ 春秋时期兵制,一车四马为一乘,有披甲之士 10 人,步卒 15 人。

春秋时期,诸侯会盟,置牛耳于盘,由主盟者执盘分赏诸侯为誓,以示信守。争执牛耳,就是争当诸侯首领。

魏国最早进行变法，魏文侯在位时（公元前 445—前 396 年）在李悝[ku 亏]、吴起、西门豹等人协助下，对经济和政治进行改革，军事力量曾盛极一时。战国中期，魏惠王仍然雄心勃勃，力图称霸中原。为了达到这个目的，先在魏惠王九年（公元前 361 年），将都城由安邑（今山西夏县西北）东迁大梁（今河南开封市）。继而又以大梁为中心，在黄、淮之间，大兴水利，形成了历史上著名的鸿沟水运枢纽。

鸿沟是沟通黄、淮两大水系的水运枢纽。这一工程经过两次大规模施工，才告完成。它开工于公元前 360 年，即迁都大梁的第二年。当时主要的工程是从黄河的汜道济水引黄河水南下，注于大梁西面的圃田泽（已淤），再从圃田泽引水到大梁。当时圃田泽是一个很大的湖泊，周围 300 里，它既可作为计划中鸿沟航道的水柜，以调剂鸿沟的水量；又可使水中的大量泥沙沉淀于此，以减轻下游运道的淤塞。

又过了 20 多年，即魏惠王三十一年（公元前 339 年），魏国对它又作大规模的扩展，将原来的大沟向东延伸，经大梁北郭到城东，再折而南下，至今河南沈丘东北，与淮水重要支流颍水会合。这条人工河道，史称鸿沟。鸿沟从大梁南下时，一路上又沟通了淮河的另一批支流，如丹水（汴河上游）、睢水（已淤）、[huò 豁]水（今浍水）等。

魏国境内，本来可通航的河道较少，黄河多沙，只有部分河段可以行舟，丹水、睢水、水、颍水等，流短水少，也很少舟楫之利，内河航运并不发达。鸿沟凿成后，引来了丰富的黄河水，不仅鸿沟本身成为航运枢纽，而且丹水、睢水、水、颍水等也因为补充了水量，航道比较畅通了，内河航运有很大的发展。魏襄王七年（公元前 312 年），越国对魏国表示友好，赠送一批魏国需要的物资，其中除 500 万支箭杆外，还有 300 艘船只。赠箭、赠船，分别反映当时魏国在战争和航运两方面，对这些物资的需要都在增加。鸿沟水系不仅改善了魏国的水上交通，由于这些水道还可灌溉农田，因而它也促进了魏国农业的发展。史念海先生在其所著《河山集》中，认为鸿沟和丹水、睢水、水、颍水等流域，是战国后期我国最主要的产粮区之一。

自春秋以来，由于邗沟和菏水两条运河的穿凿，江、淮与河、济之间，已有水道可通，南北水上交通有所改善。但是对于经济、政治、文化比较发达的中原来说，这条水道的位置，毕竟有些偏东，与南方各地交往，未免过于绕远。而且因为它是当时南北之间的唯一水道，也不能满足通航需要。鸿沟凿成后，中原地区可以通过鸿沟本身及丹、睢、水、颍等水径直入淮，与南方吴、楚等地的水上交通，远比以前方便了。鸿沟的穿凿，中原地区对其他各地的水上交通也有所改进。它可以循济、丹等水，东通卫、宋和齐、鲁；还可利用黄河，北通赵、燕，西连韩、秦。

穿凿鸿沟以前，黄河中下游和淮水流域，已经形成一批城市。它们中的大部分是政治性的都城，如洛邑（东周都城，今河南洛阳）、大梁（魏都）、阳翟（韩都，今河南禹县）、帝丘（卫都，今河南濮阳西南）等。商业性城

市较少，宋国的陶（今山东定陶西北）因为地处荷水、济水交点，交通方便，才发展成为“天下之会”的商业中心。鸿沟水利系统形成后，由于河、淮之间航运和农业的发展，使上述这些都城的商业迅速繁荣起来。如帝丘繁荣到可与“天下之会”的陶相比，并称“卫陶”。洛阳和阳翟也成为战国后期非常活跃的商业城市，当时著名的大商人白圭和吕不韦，便分别为上述两地人。因有鸿沟可资利用，洛阳商人还“东贾齐鲁，南贾梁楚。”此外，在鸿沟运河网中，还兴起了一批新的城市，如丹水和泗水会合处的彭城（今江苏省徐州市），睢水边上的睢阳，颍水入淮处的寿春等。

鸿沟到汉朝时称狼荡渠，魏、晋时的蔡河，也是鸿沟的一部分，它在历史上长期发挥重要的作用。

3 连接湘漓的灵渠

春秋战国时，我国运河工程首先兴起于长江中下游及黄、淮之间。到秦汉时期范围扩大了，南到五岭，西至关中，北及幽燕，都凿有运河。灵渠便是其中之一。

在古代，我国南方有一个人数很多的越族，他们活跃在江、浙、闽、赣、粤、桂等广阔的土地上，其中分布在粤、桂等地的越人叫南越。战国时期，南越与楚国已有一定关系，吴起在楚变法时，即将湘南、粤北、桂东北的苍梧并入楚国的领土。秦灭楚后，进一步向南发展，进军南越腹地。当时由于五岭的阻隔，交通不便，粮秣运输困难，于是，秦始皇二十八年（公元前219年），命监御史禄负责穿凿运河，以解决军队的给养问题。

五岭山脉中的越城岭和都庞岭之间，有一个谷地，谷地中有两条自然河道，一条是湘江上游的海洋河，另一条为粤江水系中的始安水。如果在两水之间凿一条运河，就可沟通长江和粤江，便可解决秦军的粮运问题。不过，在此穿凿运河，在工程上说，既有有利的一面，也有不利的一面。有利的是海洋河和始安水的距离很近，最近处只有1.5公里。不利的是海洋河和始安水间横亘着高约20—30米、宽约300—500米的小山阜；而且整个谷地地势的坡度也较大。监御史禄等决定克服困难，兴建这条运河。经过几年的努力，到秦始皇三十三年（公元前214年），工程基本建成。这条运河的最早名称已经难以考查，后来人们相继称它为秦凿渠、零渠、灵渠、兴安运河等。

灵渠由分水工程、南渠、北渠三部分组成。分水工程建在水量比较丰富的海洋河上，其具体位置在今兴安县东南二公里处的分水村。这里不是离始安水最近的地方，所以舍近取远，选址于此，是因为此地的河床较高，大抵

古南越人在历史上经过长期的演变，其中一部分与汉族融合，另一部分发展成后来的壮族、黎族等。

五岭在湘、赣与桂、粤等省的交界处，是越城、都庞、萌渚、骑田、大庾五岭的总称。一说有揭阳岭而无都庞岭。

与始安水相当的缘故。分水工程呈“J”形，似木工的曲尺，角尖对着海洋河的上游。平时，它拦截海洋河水，阻止河水流入原来的河道，将其一分为二，七分进北渠，三分入南渠。这座曲尺形的分水工程，后人称为人字堤，就是今天大、小天平的前身。大、小天平属滚水坝性质的工程，洪水时，水可从坝上漫出，流入故道，以减轻天平本身及南、北渠道的压力。后来，在大、小天平的顶端前面，又建铎嘴，以提高分水功能和保护天平。据考证，铎嘴是唐朝增建的。

南渠可分上下两段，上段自小天平向西北走向，到兴安县北，接始安水，长约4.5公里。这一段系凿岩成渠，全部由人工开成，宽度虽较小，约7—14米，但工程比较艰巨。下段沿始安水、零水向西，至今溶江镇附近，接漓江，长约30公里，是在始安水和零水的基础上拓展而成，宽约10—60米。南渠全长30多公里，落差29米，河床比降很大，渠道上不设辅助工程，不便舟楫上下。后人推测，为了便于通航，当年可能已在沿渠建有原始陡门。陡门现称船闸，平时关闭，随着舟楫的前进而顺序打开，从而可以减少航行的困难。我国的正式陡门，至迟形成于唐朝，其雏形有人认为可以上溯到修建灵渠时代。灵渠是世界上最早的有闸运河。

北渠从大天平向北，到今洲子上村附近回到湘江故道，长约3.5公里。北渠经过的地带，是个山间小平原，这里的地面虽然较少沟壑，但坡度偏大，采用直线渠道，与南渠一样，也会流水过急，不便航行。为了减少这段渠道的比降，建设者们采用曲线渠道，形如蛇行。巧妙地用伸长渠的长度，以达到减少比降、利于通舟的目的。

灵渠工程处处闪烁着建设者的聪明睿智。

灵渠全长虽然不到40公里，是一条小型运河，但因为它沟通了长江、粤江两大水系，其地位却十分重要。它不仅在秦朝，而且在以后2000多年中，都是内地和岭南的主要交通孔道，对促进两地经济文化的交流，对加快岭南的开发，意义都非常重大。

对灵渠构造上的巧夺天工，航运上的舟行便捷，宋人范成大深有感触，曾作诗加以歌颂：

狂澜既奔倾，中流遇铎嘴。
分为两造开，南漓北湘水。
至今舟楫利，楚粤径万里。
人谋夺天造，史禄所经始。

（《石湖居士诗集》卷十五）

1936年和1941年，粤汉铁路和湘桂铁路相继建成，灵渠才让位于现代化交通工具。它在1956年最后停运，改作农田灌溉和城市供水工程，并成为桂林地区重要的名胜古迹，供人观赏。

4 长安、洛阳的漕河

西汉建都长安，到汉武帝时期，由于京都人口不断增加，官僚机构迅速膨胀，又要用兵匈奴和经营西域，中央政府的粮食支出非常浩繁，压力很大。为了解决这个问题，西汉政府一方面在关中大修水利，以便发展当地农业，就近取粮。另一方面是改善水运条件，以便从当时主要产粮区的东部地方，调运更多的粮食进京。

西汉从函谷关以东运粮入京，本来取道渭水西运。但渭水多沙，水道浅涩曲折，运输功能很差。从长安东到黄河，陆路只有 300 多里，而曲折的渭河水道，却长达 900 多里。又由于封冻和水量不足等原因，一年中，它只有六个月可以勉强通航。因此，渭河年运输量很少，西运入京的粮食，只有几十万石。汉武帝时，须从东方调入粮食几百万石，急需另觅途径解决运粮问题。因此，当大司农（主管全国农业的长官）郑当时建议在渭南凿一条径直的运粮渠道时，汉武帝立即采纳了。历史上把这条渠道称为漕渠。

漕渠工程动工于汉武帝元光六年（公元前 129 年），由齐人水工徐伯负责勘查、测量、定线，由几万军工负责施工。渠首位于长安城西北，引渭水为水源，经长安城南向东，与渭水平行，沿途接纳沔[juè 决]水（皂河）、浐[ch n 产]水、霸水，以增加漕渠的水量。这些水道都发源于南山，含沙量很少。漕渠穿过霸陵（治所在今西安市东北）、新丰（治所在今临潼县东北）、郑县（治所在今华县）、华阳（治所在今华阳县东南）等县，到渭水口附近与黄河会合，全长 300 多里，历时三年完工。汉武帝元狩三年（公元前 120 年），又在长安西南凿昆明池，周长 40 多里，将泂水、滹[hào 号]水拦蓄池内。凿昆明池除了用来操练水兵外，还可以调济漕渠水量和供应京师的生活用水。

漕渠的通航能力很高，它一直是西汉中后期东粮西运的主要渠道，一般年代，年运输量在 400 万石左右，最高年份达到 600 万石，约为渭水运量的 10 倍。除航运外，它还有灌溉农田之利，溉田面积约 10000 顷上下，比白渠多一倍以上，约与当时的成国渠相当。西汉亡国后，东粮西运的工作不再继续，漕渠因失修而逐渐湮废。

东汉定都洛阳，漕运工程的重点随着东移，既凿了一条名叫阳渠的新水道，又比较彻底地治理了汴渠。

洛阳虽有洛水可通黄河，但洛水大部分河段河床很浅，不便航运。为了使粮船可以直达京师，光武帝建武五年（公元 29 年），在河南尹王梁主持下，着手兴建运河。他组织力量，“穿渠引谷水（洛水支流）注洛阳城下，

这里陆、水行程的单位都是汉里。汉里比今里短，其换算方法，参见书尾所附的换算表。

张骞首次通西域（今新疆及新疆以西），见西域有蜀地特产细布等，听说由商人取道西南，经身[ju n 捐]毒（印度半岛上古国）运往。骞回国上奏此事，遂有汉武帝遣使通西南之举。后因使臣被昆明夷（在云南）所阻，又闻那里多江湖，汉于是在长安蓄水筑湖，训练水师，准备讨伐。

东写（泻）巩川。”由于谷水水量不足和渠线安排不当，渠虽凿成了，但不通水。19年后，即建武二十四年（公元48年），大司空张纯再度在京师附近修建运河。他汲取王梁失败的教训，一方面增加运河水源，除仍引谷水外，又引来了洛水干流；另一方面重新安排渠道线路，西起宜阳东部，向东经过洛阳城的西面、南面和东面，再向东到鄆师附近回注洛水。这条运河名叫阳渠。第二次工程很成功，东汉从此以后，来自南方、东方、北方等地的粮船，经邗沟、汴河、黄河等航道，再循洛水、阳渠，可在洛阳城下傍岸了。阳渠的穿凿，不仅便于政府通漕，而且也使“百姓得其利”。

不过，东汉最大的运河工程，当数汴河的治理。从西汉后期到王莽统治时期，鸿沟水运体系，由于黄河的一再决口，已经支离破碎，有些运道完全断航，由丹水演变而来的汴河，航道也经常受阻。汴河是京师洛阳的主要粮道，在全国入京的租赋中，来自豫、兖、徐、扬、荆等州所占比重很大，多循此河入京。因此，对汴河的治理，东汉朝廷非常重视，其中最重要的一次，是永平十二年（公元69年）由王景、王吴主持的治河、治汴工程。黄河泛滥是汴河堵塞的根源，治汴必须治河（治河工程详见本书《九、历代治河工程》）。治汴工程主要有改造渠口和筑堤、浚渠等。

汴河以黄河水为水源，而黄河主溜在河床中摆动无常，单一引水口不能稳定地引入河水，为了解决这个问题，王景、王吴除修复旧闸外，又建新闻，实行多口引水。同时，将引水闸由原来的木结构改成石结构，以便更好地控制进水。黄河洪水流量很大，即便汴口设闸控制，仍然会有过量的洪水进入汴河，汴河仍然会决堤成灾。为了增加汴河的安全系数，二人又在其上游，即浚仪渠，用“堦流法”将涌入的过量的水，有控制地排出堤外。从荥阳到泗水，汴河全长800里，他们还全面地建筑河堤，深挖河床。经过这次治理，汴河的漕粮能力大大提高。

5 连缀河北诸水的五渠

河北平原位于黄河下游北面，太行山之东，燕山以南，东临渤海。这里河流纵横，水道众多。南部多黄河故道，由西南流向东北；中部之水多为西东流向，源出太行山；北部诸河为北南流向，发源燕山。它们都流入渤海，流短水少，不便航运。不过，如能在各河之间凿渠沟通，将它们连缀起来，水源得到调剂和集中，航运效益便会大大提高。东汉末年，曹操从政治军事的需要出发，为改进这里的水上交通，做了许多工作，先后凿成白沟、平虏、泉州、新河、利漕等五条水道。

东汉建安五年（公元200年），官渡之战曹操虽打败了袁绍，但绍子袁

浚仪即开封。浚仪渠当指开封附近的汴渠。堦同堰。“堦流法”实际上在这次大修前，他们就在浚仪渠上使用了。

尚仍盘据邺城（今河北磁县东南），负隅顽抗。建安九年（公元 204 年），曹操亲领大军渡河北征。从军运需要出发，他在河北首先建成了一条名为白沟的运河。白沟的主要工程之一，是筑堰逼淇水北流。古淇水即今淇河，发源于太行山，东南流向，分两道注入黄河。因此筑有大小二堰。小堰用石材建成，人称石堰，主要目的是堵塞小河，将全部淇水集中于正流。大堰叫枋堰，建于淇水正流入河处不远，这是一条木、铁、石参用，以大枋木为主的拦河大坝。淇水水量欠丰，不能像灵渠在海洋河上那样建分水工程，只能堵住全部淇水，使其北流。因此，河船入沟，沟船入河，都必须盘坝，将货物从船上卸下，拉空船沿坝的斜坡过坝，再将货物装船，继续航行。另一工程是在枋堰北面穿渠，引淇水进入另一自然河道白沟。白沟下接黄河故道古清河，清河北到今天津境，与沱河（滹[h 乎]沱河）会合。这样，白沟工程虽有盘坝之劳，但毕竟改善了黄河南北的水运。

袁尚被曹操击败后，投奔辽西乌桓首领蹋顿，图谋卷土重来。为了根除后患，建安十一年（公元 206 年），曹操北伐乌桓。在进军过程中，他命令董昭负责组织力量施工，相继凿成平虏、泉州、新河三条运粮渠道，开辟了通向辽西的水路。平虏渠在今天津市静海县境内，南起沱水，北到泲[g 孤]水。泲水下游，大体上就是后来大清的入海河段。泉州渠是沟通泲水下游与鲍丘水（潮白河）的渠道，由于它位于泉州县（治所在今武清县西南）境内而得名。新河西起鲍丘水，经过今唐山境内，东接濡[rú 如]水。濡水就是今天的滦河。这三条渠道，特别是后两条，大概由于军马倥偬，而冀东又多沼泽，施工困难，工程粗糙，实际上并未发挥作用。

如果说上述四渠的穿凿，主要是由于军事上需要的话，开利漕渠则不同，主要是从政治需要出发的。邺城北控河北平原，南联中原腹地，地位重要，本是袁绍、袁尚父子的大本营。曹操消灭袁氏势力后，将自己的政治中心由许都（今河南许昌市）北迁于此。因此，他很重视对邺城的建设。发展这里的水路交通，兴建利漕渠，便是其中一个方面。它凿于建安十八年（公元 213 年），以漳水为水源，经邺城，向东到馆陶县西南，与白沟衔接。白沟是当时河北地区重要的水上交通线，利漕渠凿成后，邺城因有白沟之利，对幽燕中北部的控制，和对黄河以南的联系，都大大加强。由于漳水水量比较丰富，还因为增加了水源，使白沟的航道更为通畅。除以上五渠外，曹魏时又开白马渠，沟通沱水和漳水。

经过千百年的努力，到两汉时，我国的运河工程已经取得很大成就，它东起沿海地区，西到关中，南起湘桂，北到幽燕，都有运道可通。它对促进各地区、各民族之间经济、文化的交流，边疆地区的开发，统一的、多民族国家的形成和巩固，都有重大作用。

乌桓为古代东胡族一支，因乌桓山（今大兴安岭东南端）是其较早的根据地而得名。汉武帝时，它内迁到辽西一带，受汉管辖。

二 隋、唐、宋大运河

周、秦、两汉时期是我国运河史的早期阶段，当时虽在全国各地凿成许多运河，但还没有形成以骨干运河为主的、全国性的运河网络，同时，对自然河道改造的程度也不深，水道比较浅涩弯曲，通航能力较差。隋、唐、宋的运河不同，凿成了一批以都城为中心，通向全国一些主要经济区的又长又深的大运河。

1 东连黄河的广通渠

在我国历史的早期，帝王们选择自己的都城时，往往要把目光投向长安。因为它位于八百里秦川中心，土地肥沃；平原四周又有大山环抱，退可以守，进可以攻。就是因为这些原因，当隋文帝杨坚结束魏晋南北朝的分裂局面后，也以长安作为这个统一王朝的都城。

魏晋南北朝时期，政局动荡，关中经济情况难以与盛极一时的西汉相比。西汉仅郑白渠即可灌溉农田四万多顷。魏晋南北朝时，这里有许多灌溉工程因无暇维修而湮废。因此，隋定都长安后，仰仗东粮西运的程度，远远超过西汉。这就决定了隋在立国不久，便着手穿凿长安——黄河间的运粮渠道。

西汉时，因渭水运量很少，曾在长安黄河间凿过一条名叫漕渠的运河。后来，因东汉定都洛阳，粮食西运任务大减，漕渠由于失修，不久报废。隋朝只好重开新渠。隋开皇元年（公元581年），隋文帝命大将郭衍为开漕渠大监，负责这一工程。他“部率水工，凿渠引渭水，经大兴城（长安城）北，东至于潼关，漕运四百余里，关内赖之，名之曰富民渠”。（《隋书·郭衍传》）富民渠虽发挥重要作用，但因仓促成渠，渠道浅窄，航运能力有限，难以满足日益增加的东粮西运的需要。隋开皇四年（公元584年），只好再次动工，加以改建。

这次改建，要求凿得深宽顺直，可通“方舟巨舫”。舫是一种两舟相并的船，体积大，容量多。《战国策·楚策》说：“舫船载卒，一舫载五十人，与三月之粮。”要通航这样大型重载的舫，渠道必须又深又宽。改建工程由杰出的工程专家、大兴城的设计者宇文恺主持。动工之前，他先派“工匠巡历渠道，观地形之宜”（《隋书·食货志》），以便在实地调查的基础上，将渠道布置得更为合理。在上下共同努力下，工程进展顺利，当年即竣工。新渠仍以引渭水为主要水源，自大兴城至潼关，长300余里，命名为广通渠。广通渠的运量大大超过旧渠，对缓和关中粮食的紧张情况，有重要作用。隋开皇五年（公元585年），关中大旱，但是无灾。当时所以旱而无饥荒之灾，与发放300多万石广通仓的粮食有关。广通仓在广通渠旁的华州（今华县），这里的粮食，就是沿广通渠从东方运来的（图1）。

从潼关以东运粮入关，广通渠以下一段水路是黄河。黄河有三门砥柱之险，砥柱为两个石岛，兀立河心，堵塞航道，形成神门、鬼门、人门三条险道，神、鬼二门无法通舟，人门虽可勉强航行，但风险很大，经常船沉人亡。三门砥柱是当时东粮西运的“瓶颈”。于是，又有隋开皇十五年（公元 595 年），下令“凿砥柱”。不过，在当时的技术条件下，“凿砥柱”的工程很少进展，只好

半途而废。

2 沟通河淮的通济渠

隋初定都长安。公元 604 年，杨广杀其父隋文帝夺取皇位，他便是历史上以骄奢著称的隋炀帝。他认为关中与山东、江南、河北等地，道路遥远，“兵不赴急”，应将都城东迁，于是立即下诏营建东都洛阳。接着，又陆续发令穿凿以东都为中心、通向江淮、河北等地的大运河，以加强对这些主要经济区的联系和控制。

最先穿凿的是通济渠，凿于隋炀帝大业元年（公元 605 年）。通济渠可分西、中、东三段。西段以东都洛阳为起点，以洛水及其支流谷水为水源，在旧有渠道阳渠和自然水道洛水的基础上扩展而成，到洛口与黄河会合。由于古阳渠又称通济渠，人们就把这一名称由西段扩大到了中段和东段。中段以黄河边上的板渚（河南荥阳西部）为起点，引黄河水作水源，向东到浚仪（河南开封市）。这一段原是汴渠上游，隋朝加以浚深和拓宽。浚仪以下，与汴渠分流，东南走向，经宋城（今河南商丘县南）、永城、夏丘（今安徽泗县）等地，到睢眈注入淮水。这是东段，多由自然水道拓展而成。

当时，浚仪以下所以不再利用汴河旧道而另开新渠，与如下一些因素有关。汴河东段的位置偏北偏东，隋炀帝南巡江都，南粮北运进京，都过于绕远。况且从汴河入淮，必须取道泗水，而泗水航道曲折，又有徐州洪、吕梁洪之险，二洪“悬水三十仞，流沫九十里”（《水经注·泗水注》），经常翻舟，航行很不安全。这是一方面。另一方面，浚仪到睢眈，地势比较平缓，河床比降适度；同时，经此而接邗沟，与经汴相比，航程也缩短许多。再加上当时河淮之间经济比较发达，是全国户口最密集的地区之一，为加强东都与这里的联系，也需凿渠穿行这里。

通济渠三段全长近 2000 里。它不仅渠道长，而且因为要航行皇帝的龙舟，龙舟长 200 尺，上建四层重殿，高 45 尺，所以必须凿得又宽又深。深度多少，不见记载，宽度规定为 40 步。隋朝一步六尺，即渠宽为 240 尺，

隋朝共有 190 郡，每郡管辖若干个县。其中只有 44 郡的辖县县平均户口在万户以上，而河、淮之间即占有九郡（河南、荥阳、梁郡、谯郡、彭城、颍川、淮阳、汝南、汝阴等），可见这里户口的密集程度。

宛如一条大河。此外，通济渠还有一批附属工程，如夹渠修筑平整的御道，以便数十万纤夫和军队行走；沿途修建数十座离宫，以便皇帝和后妃休息。整个工程由尚书右丞皇甫议负责，“发河南、淮北诸郡男女百余万”（《资治通鉴·隋纪四》）服役。大业元年（公元605年）三月动工，到八月便交付使用。当时隋炀帝立刻从洛口登上龙舟，带着后妃、王公、百官，乘坐几千艘舳舻[zhú lú 逐卢]，浩浩荡荡，南巡江都（图2）。

通济渠工程浩大，施工时间仅用半年，可以说是古今中外运河史上的奇迹，它反映了我们

祖先无与伦比的创造力。当然，他们付出的代价也是非常惊人的，由于凿渠和造船劳累过度，据《隋书·炀帝纪》载，“役丁死者十四五”！即约有40—50万人人为此献出了宝贵的生命。

通济渠凿成后，它与邗沟便成为黄河、淮河、长江三大流域的交通大动脉，南来北往的舟楫多走这一水道。特别是它对南粮北运，意义更为重大。隋炀帝在洛阳周围建有许多大型粮仓，如洛口仓（又名兴洛仓）、回洛仓、河阳仓、含嘉仓等，这些仓城都储有大量粮食，其中洛口、回洛两仓，即多达2600多万石，它们中的绝大部分，便是经通济渠从江淮一带运来的。

3 山阳渎和江南河

山阳渎即古邗沟，它南起邗城，北到山阳县（今江苏淮安）。邗沟初凿于春秋末年吴国，当时出于战争的临时需要，工程因陋就简，水道曲折浅涩，只通小舟，不通大船。后来，人们对它进行多次改造。其中比较重要的一次，是东汉末广陵（治所在今扬州市）太守陈登的改道，由樊梁湖往北，直至淮安入淮，改变过去绕道博芝、射阳两湖的曲折线路。这一改变奠定了后来邗沟的基本格局。隋文帝从伐陈的需要出发，又对部分渠道作了调整，将入淮水口由淤浅了的末口改到山阳。不过当时由于军事行动立即开始，来不及改造全渠。

隋炀帝为了提高山阳渎的航运能力，与通济渠配套，对这条古运河作了较为彻底的治理。在凿通济渠的同时，即大业元年（公元605年），他又征调淮南10余万人投入这一工程。当时除了按照通济渠的标准，浚深加宽渠道，修筑道路、离宫外，又穿凿了新的入江渠口。由于长江沙洲的淤涨，原来山阳渎的入江渠口堵塞严重。这次扩建，便将南段折而向西，开了几十里的新渠，使其从扬子（江苏仪征东南）入江。这就是隋唐时期著名长江渡口扬子津。山阳渎经过这次改造后，全线畅通无阻，像龙舟那样的庞然大物，也可进退自如了。

在建成通济渠和山阳渎后的第六年，隋炀帝又下令拓展江南河。

春秋末年，太湖流域已有运河。秦始皇建立了统一国家以后，为了加强

对吴中地区的控制，也为了东巡会稽（治所在今江苏苏州市，辖地有今苏南及浙江中北部）的需要，在春秋古运河的基础上加以扩建，沟通了北起丹徒（治所在今江苏省镇江市东南丹徒镇），中经会稽郡治，南到钱塘（浙江杭州市）的水道。这应是后来江南河的雏形。据说丹徒的得名，就是因为当时有 3000 赭衣囚徒在此参加治河的缘故。丹徒、曲阿（治所在今江苏丹阳市）位于太湖流域西北部，这里的地势比附近其他地方稍高，因而从此经过的这段运道，河床偏高，河水不足，行船不畅。为了解决这些问题，三国、东晋时期，曾一再在此施工，如吴国疏浚丹徒——曲阿间的河床，以改善这里的航道；东晋于京口（镇江市）筑丁卯埭[dài 带]，以控制河水泄入长江等。

在上述基础上，隋炀帝扩建了江南河。《资治通鉴·隋纪四》载：“大业六年冬十二月，敕穿江南河，自京口到余杭（今浙江杭州市），八百余里，广十余丈，使可通龙舟，并置驿宫、草顿，欲东巡会稽。”这里的会稽，当指今浙江省绍兴市境内的会稽山，相传大禹曾会诸侯于此，千古一帝的秦始皇也曾登此山“望于南海”（实指今东海），好大喜功的隋炀帝，大概也要效法大禹、秦皇的故事。不过隋炀帝登会稽的目的并未达到，因为下令穿凿不久，就被高丽战争和农民起义所困，再也无暇南渡长江了。但江南河的拓展，大大地推进了太湖流域航运的发展，也加强了与江、淮等地的联系。江南河至今仍是太湖流域的黄金水道。

4 北通涿郡的永济渠

在隋朝，今河南省东北部、山西省东南部和河北省大部，是又一个经济发达、人口众多的地区，这个区域当时有户 200 多万，在全国 900 多万户中，几乎占了 1/4。隋朝推行租庸调制，按户、丁征收粟帛，征发劳力，户多丁多，上调的粟帛等也多。这就需要有一条粮帛南运进京的水道。隋炀帝着意开拓边疆，积极准备用兵辽东，他以涿郡（今北京市）作为征辽基地，要将大量的军用物资和军事人员北运，也需要有一条从东都到涿郡的军需供应线。自东汉末年，曹操穿凿河北五渠后，那里虽然形成一条纵贯南北的水道，但它以自然河道为主，深浅不一，航路不畅，难以适应隋朝经济、政治、军事的需要。于是，隋炀帝在完成通济渠和山阳渎之后，决定在黄河以北，在曹氏旧有水道的基础上，拓展一条航运能力较大的运河，这就是穿永济渠。

大业四年（公元 608 年），“诏发河北诸郡男女百余万，开永济渠，引沁水南达于河，北通涿郡。”（《隋书·炀帝纪上》）当初曹操发展河北水运时，白沟的渠首工程是“遏淇水入白沟”。隋炀帝的新渠与曹操旧渠相比，

埭是横截河渠上的建筑，用以防止河水流失，调整水面比降，提高航道水深等。三国始有关于埭的记载。大业六年十二月，已是公元 611 年初春。因此，江南河的穿凿应系于公元 611 年，而不能系于公元 610 年。

有两个重大改进。一是沁水源远流长，淇水无法与之相比，因此，新渠的水源远比旧渠丰沛。这是新渠航道远比旧渠通畅的基本因素。二是旧渠在白沟、黄河之间筑有枋堰，由沟入河或由河入沟，舟船都必须盘坝或换船，这就大大降低了通航能力。新渠“引沁水南达于河，北通涿郡”，表明渠口建有分水工程，舟楫可以直接出入河渠，无须换船或盘坝，这就大大提高了通航能力。

永济渠也可分成三段。南段起于沁水入河处，北到卫县（治所在今河南浚县西）。这是当时新凿的渠道。卫县以下经馆陶、东光等地，至今天津市境与沽河会合。这是中段，它以曹操时的故道为基础，扩展成为大渠。由今天津市到古涿郡（今北京市）为北段，系改造两条自然河道而成。一条是古潞河下游，它位于今天津市和武清县间。另一条是桑干水（今永定河）下游，当时它位于今武清县到古涿郡南郊。南、中、北三段运河共长 1900 里左右，大体说与通济渠相当。这也是一条历时很短、不到一年便完工的运河。它的宽度虽然不及通济渠，但运输能力很强，并且也可航行庞大的龙舟。大业七年（公元 611 年），隋炀帝伐辽东，当时他就是乘龙舟到达涿郡的。伐辽东出动军队 100 多万人，后勤供输极大，主要就是沿这条水道北运。

广通渠、通济渠、山阳渎、江南河、永济渠，虽然是五条运河，但由于它们的规格大体一致，组成了一个由长安—洛阳两都为中轴、成扇形、东南通余杭、东北到涿郡的完整的运河网，实为一条运河的五个组成部分。这个运河网把我国当时经济、政治、文化最发达的区域紧密地联在一起，对统一国家的巩固和繁荣，都有难以估量的作用。正是因为如此，隋炀帝兴建这些工程，虽然多从他本人需要出发，并给当时广大群众造成严重灾难，但后人还是给予很高的评价。唐末著名诗人皮日休便是这样认为的，在《汴河怀古》中说：

“尽道隋亡为此河，至今千里赖通波。
若无龙舟水殿事，与禹论功不较多。”

5 唐朝的运河工程

唐朝的运河建设，主要是维修、完善隋朝建立的这一大型运河体系。同时，为了更好地发挥运河的作用，对旧有的漕运制度，还作了重要改革。

隋文帝时穿凿的广通渠，原是长安的主要粮道。当隋炀帝将政治中心由长安东移洛阳后，广通渠失修，逐渐淤废。唐朝定都长安，起初因为国用比较节省，东粮西运的数量不大，年约几十万石，渭水尚可勉强承担运粮任务。后来，京师用粮不断增加，严重到了因为供不应求，皇帝只好率领百官、军队东到洛阳就食的地步。特别是武则天在位期间，几乎全在洛阳处理政务。于是，有天宝元年（公元 742 年）重开广通渠的工程。新水道名叫漕渠，由韦坚主持。当时在咸阳附近的渭水河床上修建兴成堰，引渭水为新渠的主要

水源。同时，又将源自南山的泔水、浚水也拦入渠中，作为补充水源。漕渠东到潼关西面的永丰仓与渭水会合，长 300 多里。漕渠的航运能力较大，渠成当年（开元二年），即“漕山东（崤山以东）粟四百万石”。

将山东粟米漕运入关，还须改善另一水道的航运条件，即解决黄河运道中三门砥柱对粮船的威胁问题。这段河道水势湍急，溯河西进，一船粮食往往要数百人拉纤；而且暗礁四伏，过往船只，触礁失事几近一半。为了避开这段艰险的航道，差不多与重开长安、渭口间的漕渠同时，陕郡（治所在今三门峡市西旧陕县）太守李齐物组织力量，在三门山北侧的岩石上施工，准备凿出一条新的航道，以取代旧航道。经过一年左右的努力，虽然凿出了一条名叫开元新河的水道，但因当地石质坚硬，河床的深度没有凿够，只能在黄河大水时可以通航，平时不起作用。三门险道问题远未解决。

通济渠和永济渠是隋朝兴建的两条最重要的航道。为了发挥这两条运河的作用，唐朝对它们也作了一些改造和扩充。隋朝的通济渠，唐朝称汴河。唐在汴州（今开封市）东面凿了一条水道，名叫湛渠，接通了另一水道白马沟，而白马沟下通济水，这样，便将济水纳入汴河系统，使齐、鲁一带大部分郡县的租、调，也可循汴水西运。唐对永济渠的改造，主要有以下两个工程。一是扩展运输量较大的南段，将渠道加宽到 17 丈，浚深到 24 尺，使航道更为通畅。二是在永济渠两侧凿了一批新支渠，如清河郡的张甲河，沧州的无棣河等，以深入粮区，充分发挥永济渠的作用。

对唐朝政府来说，大运河的主要作用是运输各地粮帛进京。为了发挥这一功能，唐后期对漕运制度作了一次重大改革。唐前期，南方租调由当地富户负责，沿江水、沿运河直送洛口，然后政府再由洛口转输入京。这种漕运制度，由于富户多方设法逃避，沿途无必要的保护，再加上每一舟船很难适应江、汴（泛指运河）河的不同水情，因此问题很多。如运期长，从扬州到洛口，历时长达九个月。又如事故多、损耗大，每年有大批舟船沉没，粮食损失高达 20% 左右，等等。安史之乱后，这些问题更为突出。于是，广德元年（公元 763 年）开始，刘晏对漕运制度进行改革，用分段运输代替直运。规定：江船不入汴，江船之运积扬州；汴船不入河，汴船之运积河阴（郑州市西北）；河船不入渭，河船之运积渭口；渭船之运入太仓。承运工作也雇专人承担，并组织起来，10 船为一纲，沿途派兵护送等。分段运送，效率大大提高，自扬州至长安 40 天可达，损耗也大幅度下降。

除漕运租、调外，大运河还大大促进了沿线许多商业城市的繁荣。如扬楚运河（即隋朝的山阳渎）南端的扬州和北端的楚州（治所在山阳县，今为淮安市），汴河上的汴州（今开封市）和宋州（今商丘市），永济渠上的涿郡等。扬州因为位于扬楚运河与长江的会合处，公私舟船，南来北往，都要经过这里，是南北商人的集中地，南北百货的集散处。它“十里长街井市连”，在全国州一级的城市中，位列第一，超过成都和广州，人称“扬一益二”。汴州位于汴河北段，经过济水，东通齐鲁；经永济渠，北联幽冀；经黄河，

可达秦晋，迅速发展成为黄河中下游的大都会。后来，梁、晋、汉、周、北宋五代都建都于此，其主要原因，就是因为它是一个水运方便的繁华城

6 宋朝运河新体系

梁、晋、汉、周、北宋都定都汴州，称汴京。北宋历时较长，为进一步密切京师与全国各地经济、政治联系，修建了一批向四方辐射的运河，形成新的运河体系。它以汴河为骨干，包括广济河、金水河、惠民河，合称汴京四渠。并通过四渠，向南沟通了淮水、扬楚运河、长江、江南河等，向北沟通了济水、黄河、卫河（其前身为永济渠，但南端已东移至卫州境内）。

五代时，北方政局动荡，频繁更换朝代，在短短的 53 年中，历经后梁、后唐、后晋、后汉、后周五个朝代，对农业生产影响很大。而南方政局比较稳定，农业生产持续发展。北宋时，政府对南粮的依赖程度进一步提高。汴河是北宋南粮北运的最主要水道。汴京每年调入的粮食高达 600 万石左右，其中大部分是取道汴河的南粮。因此，北宋政府特别重视这条水道的维修和治理。例如淳化二年（公元 991 年）汴河决口，宋太宗强调说：“东京（宋以汴京为东京，洛阳为西京）养甲兵数十万，居民百万家，天下转漕，仰给在此一渠水，朕安得不顾！”他率领百官，一起参加堵口。

不过，为了这条运道的畅通，北宋付出的代价也是十分巨大的。汴河以黄河水为水源，而河水多沙，自隋经唐到宋，经几百年的沉积，河床已经高出地面，汴河极易溃堤成灾。北宋政府深知汴水无情，治汴工程丝毫不敢放松。它组建了一支维修专业队，负责平时汴河的维修和养护。汴河大汛，则立即出动禁军防汛。大修时，发动沿河百姓参加。为了巩固堤防和利用汴水冲刷河中积沙，它在汴河两岸下了 600 里木柱排桩，将汴河束窄到可以冲沙的地步，开了后来“束水攻沙”的先河。

惠民河是经北宋初年多次动工修建的一条运河，分为上下两段。上段以蔡河（已湮）支流泃[yì 异]水（浍河）为水源，开渠将它引向京师。下段自汴京南下，改造蔡河干流而成。惠民河的重要性仅次于汴河，淮水流域的大部分税粮，可从此河调入京师。广济河因河宽五丈左右，又称五丈河。其前身是唐朝开的湛渠，下接白马沟和济水，可通齐鲁之运，也可分泄汴河的洪水。北宋对它进行多次治理，在漕运中也占有重要地位。金水河是北宋初年新凿的一条河道，它以郑州、荥阳间的几条小水，如京水、索水、须水等为

太平兴国六年（公元 981 年），经四渠调入汴京的粮食共 550 万石，其中 400 万石取道汴河，约占 72%。治平二年（公元 1065 年），调入汴京粮食共 676 万石，其中 575 万石取道汴河，约占 82%。汴河南接扬楚运河，粮食多从南方转运而来。

原文见李焘《续资治通鉴长编》卷二六九。此处转引自武汉水利电力学院《中国水利史稿》中册，218—2119 页，水利电力出版社 1987 年版。

水源，凿渠向东到汴京。它除了给广济河补充水源外（从汴渠上架槽通过），还为京师提供较为清澈的生活用水。

除汴京四渠外，为了改善漕运，北宋又分别在江淮和江汉间，也进行运河建设。

扬楚运河是“汴渠之首”，它南接江南运河。这三条运河构成了北宋政府的主要粮道，即江南运河将主要产粮区太湖流域的税粮运出，然后经扬楚运河、汴渠入京。江南运河的航道基本上良好，无须大修。但扬楚运河及扬楚运河与汴渠之间的航道，都需要作较大的改进。原来汴渠与扬楚运河并不直接相通，由扬入汴，舟船还要走一段较长的淮河河道，而这段河道滩多水急，常常损坏漕舟。为了改变这种情况，北宋前期，先后进行三次施工，傍这段淮河的南岸，从楚州北面的末口，到盱眙东北的龟山镇，凿了长约 150 里的运河，避开了这段险滩。扬楚运河的突出问题是水枯河浅，不便大船通航。水道西部的洪水威胁也很严重，经常冲断航道。为了解决这些问题，宋在高邮湖北筑了一条比较坚固的、长达 200 里的石堤，以保护航道，并在堤上设置 10 座石闸，进行有控制的排水。在真州（治所在今江苏仪征县）、扬州等地，利用当地自然湖泊，改造成为运河的水柜，以接济运河用水。

除太湖流域是北宋的主要产粮区外，四川和两湖的农业生产，也占有一定地位。如何调运这些地区的税粮入京，也是北宋统治者需要解决的问题。绕道扬、汴，路程太远；从襄樊陆运，效果太差。经过酝酿，北宋统治者决定穿凿第二条江淮运河。按照计划，这条水道西起江陵，凿渠向东，经潜江境与汉水会合。下一段是利用汉水及其支流白河两条自然水道。白河与淮水支流澧[礼]水很近，如果在这两水间再凿一条运河，江船便可循淮水另一支流蔡河直达汴京城下了。这一工程只完成了一部分，即江陵——汉水之间的渠道凿通了，使江、汉之间的水运“大为利便”。但白、澧之间因为地势稍高，经过两次施工，只能做到通水，而不能通船，功亏一篑。今天，人们掌握了建造高坝技术，可以将白河的水位提得很高，这里便不再成为通水通航的障碍了。计划中南水北调的中线工程，其中有一段就取道于此。

三 元、明、清京杭大运河

京杭大运河始建于元，完善于明，到清代，仍然是南北交通最重要的干线。它北起全国政治中心大都（今北京市），南到太湖流域的杭州。太湖流域是元、明、清三代全国经济、文化最发达的地区。这条运河将全国政治中心和经济文化最发达的地区结合在一起，沟通了海河、黄河、淮河、长江、钱塘江五大水系，对促进南北经济文化的繁荣，加强国家的统一，都有巨大的作用。

1 凿济州河和会通河

自宋朝起，太湖流域便成为我国最重要的产粮区，有“苏湖熟，天下足”的说法。元朝以大都为都。都城官兵、百姓众多，粮食的消耗量极大，每年需要调入外粮 200 多万石。太湖流域成了大都用粮的主要供应地。

起初，南粮北运，元政府采用双管齐下的办法进行。一条管道是海运。粮船从江苏太仓刘家港起锚，出长江口沿海岸北上，绕过山东半岛，驶入渤海湾，傍岸到直沽（今天津市），然后再循白河（今北运河）达通州（今北京市通县）。海运有优点，如运量大，节省人力和费用，但海难较多，常有船舶漂失，不及河运安全。

另一条渠道是河运。将江南粮食装船，沿江南运河、淮扬运河（扬楚运河）、黄河、御河（卫河，相当于永济渠中段）、白河抵通州。这条运道问题较多。黄河为西东走向，北上粮船须向西绕到河南封丘，航程很大；从封丘到御河，还有 200 多里，无水道可以利用，必须改成车运，道路泥泞，车行困难。

元朝统治者迫切需要有一条径直而安全的水道，从大都直达江南。为实现这一愿望，关键问题是山东地区能否穿凿运河，只要在这里凿出一条渠道，南北直运问题便可迎刃而解。忽必烈派杰出的水利名家郭守敬深入当地调查，得出肯定的答案后，便在于至元十九年（公元 1282 年），委派兵部尚书奥鲁赤组织人力，在济州（今济宁市）境内施工。第二年完成，这便是济州河。它南起济州鲁桥，北到须城（治所在今东平县）安山，长 150 里左右。这里地处鲁中山地西缘，与其南北相比，地势稍高。建设这条运河，解决水源问题和比降问题，都是工程的重点和难点。

汶水和泗水是运河附近两条稍大一点的河道，都发源于鲁中山地。前者向西向北流，是大清河的上源。后者向西向南流，是淮水的支流。两者之间，还有一条小水叫洸[gu ng 光]水（一说洸水为汶水支流），其流域地势又比汶、泗略高。于是，建设者们分别在汶、泗上游各建一座拦河坝，将汶、泗两水集中于洸水，沿洸水河道至任城（在今济宁市境）进入新开的济州河。济州河一部分水南流，回到泗水故道，下通淮水；一部分水北流，回到汶水

故道，汶水下通大清河。济州河的穿凿，沟通了淮水和大清河。汶、泗两水，雨季、旱季水量的差异较大，为了以丰补歉，保证济州河常年都有一定的水量，建设者们又于河旁修筑一些水柜，进行调剂。

由于济州河位于鲁中山地西缘，比南面的泗水河道和北面的汶水河道都高，因此，南北河床的纵比降都偏大。比降偏大，不仅航行困难，而且河水也容易流失。济州河本来水源不足，过多的河水流失，便会导至断航。为了解决这个问题，建设者在比降较大的河段上，修建了一批闸门，无船时，闭闸保水，来船时，开闸通航。

大清河原是古济水的下游，它下注渤海。这样，南来漕船便可循泗水、济州河、大清河、渤海、白河，直达通州了。不过，大清河也不是一条理想的水道，除其本身水量不足外，又有潮水顶托和河口多沙等问题，漕船常常受阻。人们认为，南北之间内河航运还有进一步改进的必要，于是，又有会通河工程的兴起。

首先建议穿凿这条运河的是寿张（治所在今山东梁山县西北）县尹韩仲晖和太史院史边源。经朝廷派人深入现场调查，确认切实可行后，命江淮行省断事官忙速儿、礼部尚书张孔孙、兵部郎中李处选负责施工，征丁夫三万人服役。至正二十六年（公元 1289 年）开工，南起须城安山，接济州河，北到临清，与卫河会合，长约 250 里。行船的渠道工程，当年凿成，解决比降、保水等问题的坝闸，则在以后陆续完工。这段新凿的运道，初名安山渠，后来，因为它是条“古所未有”的“通江淮之运”的水道，南粮可以直达京郊，忽必烈十分高兴，正式赐名为“会通河”。

鲁西一带，地势高于南面的江苏和北面的河北，是南北大运河的河脊，水源又比较短缺，工程十分复杂，但人们还是千方百计地建成济州、会通两河，使南北水运联成一线，在我国运河史上具有划时代的意义。当时两河虽然因为技术上的原因，还不能通航较大的船舶，因而也没有取代海运，成为南北漕运的主要渠道，但它却为明代完成这一任务奠定了基础。

2 浚坝河、通惠河

大都一带的对外水上交通，古已有之。隋朝有永济渠。不过，永济渠的北段主要由桑干水改造而成。桑干水的河道摆动频繁，历史上又有无定河之名，清朝康熙帝期望它不再改道，才命名为永定河。唐朝的某个时候（史文没有记下具体年代），由于桑干水的改道，永济渠已经通不到涿郡了。金朝，中都（今北京市）有一条名叫“闸河”的人工河道，由都城东到潞河，可以漕粮。金后期，迫于蒙古汗国的威胁，迁都洛阳，闸河逐渐淤塞。

元朝初年，为了解决大都——通州间的粮运问题，在至元十六年（公元 1279 年），采纳郭守敬的建议，在旧水道的基础上，拓建成一条重要的运粮渠道，叫阜通河。阜通河以玉泉水为主要水源，向东引入大都，注于积水潭。

再从潭的北侧导出，向东从光熙门南面出城，接通州境内的温榆河。温榆河下通白河（北运河）。玉泉水的水量太少，必须严防泄水。运河河道比降太大，沿河必须设闸调整。为了上述两个目的，郭守敬于 40 多里长的运河沿线，修建了七座水坝，人称“阜通七坝”。阜通七坝闻名大都，民间则称这条运河为坝河。坝河的年运输能力约为 100 万石上下，在元朝，它与稍后修建的通惠河，共同承担由通州运粮进京的任务。

元朝初年，在大都除凿坝河外，还凿了一条名叫金口河的运道。金口河初开于金，后来堵塞。元朝在郭守敬主持下，于至元三年（公元 1266 年）重开。它以桑干水为水源，从麻峪村（在今石景山区）附近引水东流，经大都城南面，到通州东南的李二村与潞河会合。这是一条从营建大都的需要出发，以输送西山木石等建筑材料为主的水道。由于金口河的比降更大，流水湍急，河岸常被冲塌；又由于桑干水泛滥时有可能循金口河东下，危及大都的安全，后来郭守敬又将它堵塞。

起初，元朝南粮运输入都，虽然实行海运、河运并举，由于海运属初创，船小道远，运量不算太大；而河运又有黄河、御河间一段陆运的限制，运量很少。两路运到通州的粮食总计才 100 多万石，由通州转运入京的任务，坝河基本上可以承担。但后来，因为海运不断改进，采用可装万石的巨舶运粮，也摸索出比较径直的海道，再加上济州、会通两河的穿凿，漕粮的数量又逐步增加。这样，大都、通州之间，仅靠坝河转运，就比较困难了，于是有第二条水运粮道通惠河的穿凿。

至元二十九年（公元 1292 年），新河工程正式开工，以都水监郭守敬主其事。开拓水源是兴建这条运河的关键。郭守敬通过实地勘察，知道大都西北山麓，山溪泉水很多，只要将它们汇集起来，新河的水源问题，便可基本解决。于是，他从昌平县的白浮村起，沿山麓、按地势向南穿渠。它大致说与今天的京密水渠并行，沿途拦截神山泉（白浮泉）、双塔河、榆河、一亩泉、玉泉等，汇集于瓮山泊（昆明湖）。瓮山泊以下，利用玉河（南长河）河道，从和义门（今西直门）北面入城，注于积水潭。以上这两段水道是新河的集水和引水渠道。瓮山泊和积水潭是新河的水柜。集水渠和水柜为新河提供了比较稳定的水量。

积水潭以下为航道，它的径行路线为，从潭东曲折斜行到皇城东北角，再折而南下，沿皇城根径直出南城，沿金代的闸河故道向东，到高丽庄（通县张家湾西北）附近，与白河会合。从大都到通县一段，为了克服河床比降太大和防止河水流失，修建了 11 组复闸，有坝闸 24 座，并且派遣闸夫、军户管理。这些坝闸，起初为非永久性工程，用木料制作，后来改成永久性的

据彭德清《中国航海史》的统计，由海路北运到京的南粮，至元二十年（公元 1283 年）为四万多石，至元二十三年（公元 1286 年）为 43 万多石，至元二十七年（公元 1290 年）为 153 万多石，增加速度很快。河运也由十几万石增加到几十万石。

砖石结构。

由引水段和航运段组成的这条新河共长 160 多里。经过一年多的施工，主体工程建成。它被忽必烈命名为通惠河。通惠河的建成，大都的粮运问题基本解决。积水潭成为重要的港口，“舳舻蔽水”，盛况空前。

3 会通河的治理

起初，会通河的范围较小，仅指临清——须城（东平）间的一段运道。后来，范围扩大，明朝将临清会通镇以南到徐州茶城（或夏镇）以北的一段运河，都称会通河。会通河是南北大运河的关键河段。明洪武二十四年（公元 1391 年），黄河在原武（河南原阳西北）决口，洪水挟泥沙滚滚北上，会通河 1/3 的河段被毁。大运河中断，从运河漕粮北上被阻。

永乐元年（公元 1403 年），定北平为北京，准备将都城北迁。永乐帝鉴于海运安全没有保证，为解决迁都后的北京用粮问题，决定重开会通河。永乐九年（公元 1411 年），他命工部尚书宋礼负责施工，征发山东、徐州、应天（南京）、镇江等地 30 万民夫服役。主要工程为改进分水枢纽、疏浚运道、整顿坝闸、增建水柜等。其中有些工程在当年即告完成。

改进分水枢纽。元朝的济州河，以汶、泗为水源，先将两水引到任城，然后进行南北分流。由于任城不是济州河的最高点，真正的最高点在其北面的南旺，因此，任城分水，南流偏多，北流偏少。结果，济州河的北段，河道浅涩，只通小舟，不通大船。分水枢纽选址失当，是元朝南北大运河没有发挥更大作用的主要原因。宋礼这次治运河，对它作了初步改进。他除维持原来的分水工程外，又采纳熟悉当地地形的汶上老人白英的建议，在戴村附近的汶水河床上，筑了一条新坝，将汶水余水拦引到南旺，注入济州河。济州河北段随着水量的增多，通航能力也就大幅度地提高了。

几十年后，人们对这一分水工程又作了比较彻底的改进，即完全放弃元朝的分水设施，将较为丰富的汶水，全部引到南旺分流，并在这里的河床上建南北两坝闸，以便更有效地控制水量。大体上说为三七开，南流三分，南会泗水，北流七分，注入御河。人们戏称：“七分朝天子，三分下江南。”

疏浚河道。可分两个部分。一是将被黄河洪水冲毁的一段运道，改地重新开凿出来。旧道由安山湖西面北注卫河，新道改从安山湖东面北注卫河。改道到湖东，黄河泛滥时，有湖泊容纳洪水，可以提高这段水道的安全程度。又因为这里的地势西高东低，运道建于湖东，便于引湖水补充运河水量。二是展宽浚深会通河的其他河道。一般说，要将它挖深到 13 尺，拓宽到 32 尺。这样，即便是载重量稍大的粮船，也可顺利通过。

整顿坝闸。南旺湖北至临清 300 里，地降 90 尺。南至镇口（徐州对岸）

290里，地降116尺。会通河南北的比降都很大。为了克服河道比降过大给航运造成的困难，元朝曾在河道上建成31座坝闸。这次明朝除修复元朝的旧坝闸外，又建成七座新坝闸，使坝闸的配置更为完善，进一步改进了通航条件。由于会通河上坝闸林立，因此，明人又称这段运粮河为“闸漕”。

除上述工程外，为了更好地调剂会通河的水量，宋礼等人“又于汶上、东平、济宁、沛县并湖地”，设置了新的水柜。

经过明朝初年的大力治理，会通河的通航能力大大提高，漕船载粮的限额，每船由元朝的150料，提高到明朝的400料；年平均运粮至京的数量，由以前的几十万石，猛增到几百万石。明初成功地重开会通河，加强了永乐帝迁都北京的决心，并宣布停止取道海上运输南粮。

4 穿淮北新河

自南宋初年，杜充决黄河阻金兵南下起，黄河下游南迁，循泗、淮水道入海。元、明两代的南北大运河，从徐州茶城到淮安一段，便利用河淮水道作为运道，人称“河运合槽”或“河淮运合槽”。它长约500里。黄、淮水量丰富，在一般情况下，运道无缺水之患。但黄河多沙，汛期又多洪灾，也严重威胁航运。人们认为黄河对于运河，既有大利，也有大害，有“利运道者莫大于黄河，害运道者亦莫大于黄河”的说法。但自元、明以来，黄河下游由于南迁日久，河床泥沙淤积与日俱增，决口频仍，对于运河，发展到了害大于利的地步。于是，从明朝中后期到清初，人们竭力设法变“河运合槽”为“河运分立”，在淮北地区，陆续穿凿了一批运河新道，甚至将会通河南段的部分运道，也予以放弃。

最早在淮北开的一条新河叫夏镇新河。嘉靖五年（公元1526年），黄河在鲁西曹县、单县等地决口，冲毁了昭阳湖以西一段运河。南北漕运被阻，明朝遂决定穿凿新河。嘉靖七年（公元1528年），以盛应期为总河都御史，征集近10万夫役穿凿。工程过半，由于盛氏督工太急，怨声四起，又值大旱成灾，为防止爆发变乱，中途停工，只好草率修复旧道，勉强通航。嘉靖四十四年（公元1565年），黄河又在江苏丰县、沛县决口，昭阳湖以西一段运道堵塞更甚。第二年，遂再度兴工，穿凿新河，由工部尚书朱衡主持，嘉靖四十六年（公元1567年）完工。这段新河，北起南阳湖南面的南阳镇，经夏镇（今微山县治所）到留城（已陷入微山湖中），长140里，史称夏镇新河或南阳新河。旧河在昭阳湖西，原属会通河南段，易受黄河泛滥冲击。

上述数据录自《明史·河渠书》。关于会通河的南北落差，据近代测量，济宁旧船闸底高微山湖南端的蔺家坝底不到二米，高临清旧闸底不到八米。新数据似乎还须重新核实。这样长的河道，如果落差仅有几米，历史上就没有必要建立这么多的坝闸了。

料为古代计量单位。或以一石粮食为一料；或以两端截面方一尺、长七尺的木材为一料。

新河在湖东，有湖泊可容纳黄河来水，比较安全（图 3）。

继夏镇新河之后开的另一条新河叫泇[ji]

加]河运河。隆庆三年（公元 1569 年），黄河决沛县，徐州以北运道被堵，粮船 2000 多艘阻于邳州（治所在今睢宁西北）。开泇河的建议遂提出，但未被朝廷采纳。几十年后，黄河在山东西南和江苏西北一带再度决口、泛滥加剧，徐州洪、吕梁洪等河段屡屡断水，情况非常严重。于是，在主管工程的官员杨一魁、刘东星、李化龙等人相继主持下，除治理黄河外，又于微山湖的东面和东南面，穿凿新河，经过多年断断续续施工，到万历三十二年（公元 1604 年），全部完工。它北起夏镇，接夏镇新河，沿途纳彭河、东西泇河等水，南到直河口（江苏宿迁西北）入黄河，长 260 里。它比旧河顺直，又无徐州、吕梁二洪之险，再加上位于微山湖东南，黄河洪水的威胁较小，所以它的穿凿，进一步改善了南北水运。由于它以东、西两泇河为主要补充水源，故名泇河运河。

最后，在明末清初，又穿通济新河和中河。泇河运河竣工后，从直河口到清江浦（今清江市）一段运道约 180 里，仍然河运合槽，运河并未彻底摆脱黄河洪水和泥沙的威胁。因而河运分离的工程继续进行，又相继穿凿通济新河和中河。前者凿于明朝天启三年（公元 1623 年），西北起直河口附近接泇河运河，东南至宿迁，长 57 里。后者是在清朝初年著名治河专家靳辅、陈潢[biàn]划下修建的。康熙二十五年（公元 1686 年）动工，两年后基本凿成，后来又作了一些补苴[jū]。它上接通济新河，下到杨庄（在清江市境）。杨庄与南河北口隔河相望，舟船穿过黄河，便可进入南河。至此，河运分离工程全部告成。

河运分离工程是明朝后期到清朝前期治理运河的主要工程之一，它的完工，使淮北地区的运河基本上摆脱了黄河的干扰，保证了运河的正常航行。

5 南河的改造

从春秋末年起，江、淮之间一直有运河沟通。这条运河南起今日扬州市，北到今日清江市。它在历史上曾相继被称为邗沟、中渚水、山阳渚、扬楚运河、淮扬运河、淮南河等，明朝称南河。由于它也是南粮北运的必经孔道，而又存在着许多问题，所以也是明清时期治理的主要对象之一。

自元朝到明初，这段运河都在淮安城北与河淮合槽连接。平时运河水位高，黄河水位低，运河水量容易流失。黄河汛期，水位黄河高运河低，黄河的洪水和泥沙，又容易冲积运河河道。明朝初年，当陈瑄继宋礼负责治理河运时，在河运交接处，并排修建以仁、义、礼、智、信命名的五坝，以防止运河水量流失和黄河洪沙涌入。当时所以建坝五座，旨在便于舟船分散盘坝，以减少等候时间。以后，又因盘坝毕竟费工、费时，陈瑄又在当地故老

指点下，重开宋朝沙河故道，并在道上每隔 10 里左右修一闸门，共修五闸。舟楫进出河运，改走此道，舟来开闸，船去立即关闭，既便捷，又无运河水量流失、黄河洪沙内灌的问题。

在较好地解决河运连接问题的同时，陈瑄也比较妥善地处理了江运间的通航问题。本来运河只有一口入江，后来，由于长江北岸泥沙的堆积，旧口渐淤，只好又开新口。到明朝，实际上形成了多个通江运口，如仪真（今仪征）运口、瓜洲运口、白塔河口、北新河口等。江运间多口相通，虽有维修工作繁重、容易泄水等缺陷，但优点也不少。一是当时运河已颇繁忙，过往舟船很多，多口出入可以避免拥挤。二是各地来船可以就近入运，既缩短运道，又减少江上风险。如从长江中上游来船，可进最西面的仪真运口；从太湖流域取道镇江北上的漕船，可入瓜洲运口，来自太湖流域取道孟渎或德胜新河的粮船，渡江便可进入白塔河和北新河。陈瑄等对于这些运口，基本上都加以治理，如疏浚航道，建筑水坝和闸门等。在运口修建闸门，工程比较复杂，但它便于舟船进出；在长江水位下降时，可以关闸防止运河水量流失；在长江涌潮水位提高时，可以开闸引水。

除南北两端外，明朝对南河的河道，也进行大规模的整治，主要的工程是建湖堤、穿月河等，逐步使湖运分离。

南河有很长的航道属河湖不分，即以自然湖泊为航道，漕船穿湖航行。但是，湖大、风急、浪高，常有舟船覆没。为防止湖浪翻船，起初，明朝在宝应老人柏丛桂的建议下，决定修建护船湖堤，另穿航道。较早的一次工程实施于洪武九年（公元 1376 年），当时发淮扬丁夫五万，“筑高邮湖堤二十余里，开宝应倚湖直渠四十里，筑堤护之。”（《明史·河渠志三》）既在高邮湖中筑堤防浪，保护粮船从堤旁通航；又在宝应湖旁开渠，并在湖渠之间筑堤护渠。宣德年间（公元 1426—1435 年），陈瑄主持河运工程时，又把这项工程扩展到白马、汜光等湖（图 4）。

这种护运湖堤为砖土结构，抗御风浪的性能较差，虽有保护漕船的作用，但其本身极易被风浪摧毁，维修任务十分繁重。为了改变这种情况，于是弘治年间（公元 1488—1505 年），在户部侍郎白昂主持下，复河（月河或越河）工程开始修建。他主持穿凿的这条复河叫康济河，长 40 里，西距高邮湖数里，在旧渠之东，引湖水为水源。由于离湖较远，风浪不及，比较安全。继白昂之后，万历十三年（公元 1585 年），采纳总漕都御史李世达建议，又在宝应湖东穿弘济月河，长 1700 余丈。接着刘东星也在万历二十八年（公元 1600 年），在邵伯、界首两湖的东面，分别凿成邵伯月河和界首月河。前者长 18 里，宽 18 丈多，后者长 12 里多。经过这一系列工程，南河航道，基本上摆脱了湖浪的威胁。

6 其他运道的浚治

太湖流域是明朝的主要产粮区，“国税”约占全国 1/6 以上，外运任务繁重。由于水量丰富，这里航道的情况基本良好。但为了进一步提高运输能力，明朝也一再动工建设这里的航运工程。除了治理地势略高的镇江——常州一段江南河的水道外，主要的是改造孟渎。孟渎在江苏常州市西北，西南通江南运河，东北通长江，为唐人孟简改造旧水道而成，用于溉田和排泄太湖流域的洪水。明永乐时，征集民夫 10 万加以扩建，使之也成为重要的北通长江的运粮渠道。此外，宣德六年（公元 1431 年），又在孟渎之东穿德胜新河，给江南运河开辟了又一条入江支线。

大运河中，临清——天津间的一段航道，由卫河改造而成。卫河本身水量不足，主要由漳水补充。但漳水水量变化很大，河道也常有变迁。为了不至因漳水改道而卫河缺水，也为了不致因漳水发水而卫河溃决，明代在卫河上也修建了不少工程。除引漳工程外，还凿了一批减水河，如山东恩县（并入平原县）四女寺减河，河北沧州捷地减河，青县兴济减河等。这些减河可使卫河中过多的水，有控制地东排入海，以保证运河不被洪水冲毁。清朝也很重视对这些减河的维修。

京杭大运河，由于明、清两代人们的不懈努力，与元代初建时相比，有很大的发展。其中只有通惠河（明、清叫大通河）是另一种情况，它萎缩了。在元朝，通惠河主要以西山诸泉为水源，虽不充裕，但总还能维持大都到通州的航运。明朝以后，由于白浮泉等日益干涸，以及皇家园苑耗水剧增等原因，运河水量严重不足。其间，虽然经过人们一再整治，如明朝多次修理沿河坝闸，尽量减少水量流失；清乾隆时开辟昆明湖，以增加蓄水量，但都没有明显好转。运河粮船只能到达通州，只有小船经盘坝后，勉强可以通到大通桥。

京杭大运河长 1790 多公里，是古今中外最长的运河。沿线自然条件复杂，地势高低不一，水源丰枯不等，洪沙灾害频仍。人们用开拓水源、设置水柜、建立坝闸、分离河运、穿凿减河等工程和方法加以克服，使这条最长的运河经久不衰，历时长达六个世纪。这是千千万万人民聪明睿智、顽强拼搏的结晶，是民族和国家的骄傲。

元、明、清三代，国家的统一不断加强，与大运河促进南北政治、经济、文化的联系有密切的关系。大运河推动了经济、文化的发展，明、清时期，我国农、工、商业都很繁荣，特别是运河地区。当时全国兴起了 30 多座城市，绝大部分分布在运河沿线。我国资本主义的萌芽，也在这里诞生。

到 19 世纪末期，由于黄河北迁，大运河遭到严重破坏；又由于火车、海轮等现代交通工具的兴起，铁路、海运等南北新的交通干线的形成，大运河才逐步退出历史舞台。不过，随着南水北调东线工程的进展，大运河将再度焕发青春。

四 四川都江堰

都江堰水利系统，位于岷江中游成都平原。它以灌溉为主，兼有防洪、航运等作用。在古代，由于玉垒山、灌县、岷江曾分别称为湔[ji n煎]山、都安县、都江，所以在南宋称都江堰以前，它又有湔棚[p ng朋]、湔堰、都安大堰等称谓。这一工程既古老又年轻，在历史上，无论在工程配置方面，还是经济效益方面，都有重大贡献，被誉为中外水利史上的明珠。

1 开明平治岷江洪水

岷江发源于四川省松潘县岷山南麓，海拔 4000 多米，至宜宾汇入长江，全长约 735 公里。自源头到灌县为上游，穿行于坡度很陡的崇山深谷中，340 公里的水程，竟下降 3000 多米，水流湍急。从灌县到乐山，从乐山到宜宾，分别为岷江中下游，它蜿蜒于坡度很小的成都平原，流水缓慢。

川西一带是我国著名的多雨区，人们称为“西蜀漏天”。所以岷江的水量非常丰富，年均径流量为 868 亿立方米，居长江各大支流之首。又由于这里的降雨比较集中，全年近 50% 的雨量集中在六、七、八三个月，因而这一期间，岷江经常出现洪峰。在灌县，洪峰有时高达 7000/秒立方米，约为中等水量年秒平均流量的 15 倍。

因为岷江洪峰的流量很大，又因为当它流到灌县时开始进入平原，流速骤然由快变慢，所以洪水极易在此泛滥成灾，使成都平原的许多地方沦为泽国。因此，川西人民平治岷江洪水的历史是非常悠久的。据文献记载，最早的、规模较大的一次治岷工程，是穿凿一条泄洪水道，即《尚书·禹贡》中所说的“东别为沱”。它由灌县分岷江洪水向东，流入沱江。古代称这条泄洪道为江沱。《禹贡》成书于战国，因此，战国时已有这条分洪道，应无问题。但《禹贡》把它说成是大禹的业绩，未免有托古之嫌，不一定可信。汉人扬雄的《蜀王本纪》和晋人常璩[qú瞿]的《华阳国志》，都将这一工程记作“决玉垒山以除水害”，认为它是在蜀相开明主持下完成的。成书于北朝的《水经注》也说，“江（岷江）水又东别为沱，开明之所凿也”。开明为春秋后期人，他主持决玉垒山，使岷江东别为沱，比较接近事实。

玉垒山古代称湔山，位于岷江东面，灌县西部。所谓决玉垒山，就是将玉垒山打开一个缺口，成为分岷江水东入泄洪道的进水口。它就是后来的宝

汉水是长江最长的支流，1500 多公里。流量最多的为岷江。在古代，岷江长期被误认为长江的正源，研究者认为，岷江水量特别丰沛，是最主要的原因。

扬雄，成都人，常璩江原（治所在今崇州市东南）人，两人所书开明治水事迹，系当地人记当地事，人们认为基本可信。本文采用此说。但学术界对此还有不同意见，认为四川以玉垒山命名的山很多，开明所凿的玉垒山不是灌县的玉垒山，灌县的玉垒山为李冰所开。

瓶口，为都江堰水利的三大渠首工程之一。今日宝瓶口宽 20 米，高 40 米，长 80 米。这样大型的工程，当然不是开明一蹴而成的，而是经过历代加工和长期水沙磨蚀的结果。但许多人认为，其雏形当是开明所奠定。从另一方面说，宝瓶口又是控水口，由于两岸都是石壁，非常坚固，多大的洪水也不能把它冲毁，控水的性能良好。根据当代实测，灌县岷江洪峰，即使高达每秒 5000 多立方米，而宝瓶口的进水量，仍然在每秒 500 立方米上下，不会酿成成都平原的洪灾。从宝瓶口到金堂的这条泄洪道，长约 100 公里，大体说，其上游相当于今天的柏条河，下游为毗[皮]河。由于金堂比灌县海拔约低 300 米，所以江沱的比降较大，行洪流畅，分洪效果良好。

开明本是蜀王望帝（杜宇）之相，因治水有功，使蜀国“民得陆处”，免为鱼鳖，不久，他接替杜宇为王，称丛帝。公元前 316 年，开明十二世在位，蜀国被秦将张仪、司马错等所灭。

2 李冰兴建都江堰水利

开明治水的主要目的是解除岷江的水害。李冰治水的主要目的，是开发岷江的水利，即利用岷江水来发展成都平原的农业和航运。

成都平原地处四山之中，东为龙泉山，南为峨眉山，西为邛崃[qióng lái]山，北为岷山。北西—南东的宽度约 40—70 公里，北东—南西长度约 180 公里，面积 8000 多平方公里。由岷江、沱江等冲积而成，冲积层很厚，有丰富的有机质和矿物质。地势西北高东南低，坡降约为 3‰到 6‰。这里气候温暖，雨量丰沛，年均温度为 15—17.5℃，无霜期长达 270—340 天，年均降雨 1000 毫米左右。这些情况，十分有利于农业的发展。但成都平原也存在着不利因素，特别是降雨的季节分布与农作物的生长并不协调。春雨偏少，影响春播；夏雨来迟，不利农作物发育；盛夏多暴雨，常有洪涝灾害。此外，除岷江外，大部分自然水道短促，不便航运。

上述许多数据，都是当代用科学方法测出的，当年李冰当然不可能掌握得那样具体。但他熟知天文、地理、水脉，对成都平原自然条件的优点和缺陷，还是非常了解的。因此，他在担任蜀郡郡守的六年间，即秦昭王五十一年—五十六年（公元前 256—前 251 年），组织当地各族人民，大力兴建都江堰水利，以发挥这里的有利条件，克服不利条件。当时的主要工程项目有：壅[yōng]江作棚，穿郫[pí]江、检江，凿离堆、烧兵栏等。

蜀人称堰为棚。壅江作棚，就是在岷江上建立大堰，以便将一部分岷江水拦到湔山（玉垒山）以东，发展成都平原的灌溉和航运。应当说，当年大堰的结构比较简单，但很巧妙。它充分地利用了岷江江心的沙洲，一方面把沙洲顶部改造成鱼嘴形，便于分水；另一方面在大沙洲尾部与离堆之间，构筑堰体，以便将一部分岷江水拦入宝瓶口。这样，岷江便被分成内江和外江，鱼嘴和沙洲东面的一股为内江，西面的一股为外江。

《水经注·江水注》说，李冰不仅兴建了都江堰，还总结出作堰的宝贵经验——“深淘潭[dàn 旦]，浅包 [yàn 燕]”。这就是后来所说的“深淘滩，低作堰”。深淘滩，指的是把内江淘得深一些。因为春季和初夏，成都平原比较干旱，同时也是岷江的枯水期，只有将内江淘深一些，才能使更多的岷江水流入成都平原。盛夏成都平原多雨，也是岷江的洪水期，只有低作堰，才能使涌入内江的过量洪水，漫堰排入外江，以免成都平原发生洪涝灾害（图5）。

《华阳国志·蜀志》说，李冰建堰时，又在白

沙邮（白沙河口附近）的三江（岷江、外江、内江）中，各立一石人，上刻“水竭不至足，盛不没肩”九字。江中立石人，李冰的用意在于镇水。所刻九字，也是对江神提出的要求，要求他行水时，既不能太多，漫过石人双肩；也不能太少，低于石人两脚。以石人镇水，向江神要水，未免迷信。但九字也向人们表明，处于石人肩足之间的水位，是岷江的安全水位，否则，就应作防洪或防旱的准备。学者们认为，这是我国见于记载的最早水尺。1974—1975年，人们在外江相继挖出两尊石人，其中一尊身高290厘米，肩宽96厘米。它虽非李冰原作，为东汉水官所造，但李冰的石人，大体上说，也应和它一样。

李冰所穿的郫江和检江，是内江灌区两条重要的干渠。它们都是以岷江为水源，在灌县东面，从江沱引水南下。由于原始文献对二江的记载非常简略，又由于后人一再调整二江水道，因此，当年的郫、检经行路线，学术界中众说纷纭。综合稍后的文献资料，大体上说，郫江上游相当于今天的柏条河，下游为府河；检江上游相当于今天的走马河，下游为锦江。两江在成都南面会合，继续南流，至彭山县回注岷江。除凿二江外，李冰还在岷江西面开了一条灌溉渠道羊摩江，它是后来羊马河的前身。

二江的穿凿，极大地改善了成都平原的航运条件和灌溉条件。自此以后，产自岷山的竹木，每年以百万计，循着岷江、内江、郫、检二江漂流而下，进入成都平原，为沿江城镇提供丰富廉价的建筑材料。客货船只，也有如穿梭，来往于平原各地。二江流域，有田万顷，自此以后，这里可以做到“水旱从人”了，“旱则引水浸润，雨则杜塞水门”。这就为当地农业的发展，提供了必要的保证。都江堰水利工程的兴建，使成都平原成为“天府之国”。

凿离堆和烧兵栏，目的是要改善岷江的航道。《史记·河渠书》载：“蜀守冰凿离碓（堆），避沫水之害”。古沫水就是今天的大渡河，因此，《史记》的离碓，当在大渡河与岷江的会合处，即今乐山市的大佛岩，《华阳国

潭，水中之沙。 ，堰的古写。据考证，这六字《水经注·江水注》中本有著录。今日行世《水经注》系从明《永乐大典》析出，不见六字。

志》称为溷[hùn 混]崖。兵栏就是今天宜宾市北面的赤岩山，面临岷江。因为岩石坚硬难凿，所以用水火相激、热胀冷缩的方法，使之崩裂。离堆和兵栏都因岩体临江兀立，形成急流和漩涡，威胁船舶安全，所以李冰要加以铲除。

3 汉、唐、宋都江堰水利

自李冰修建都江堰水利后，由于它经济效益显著，一直受到后人的重视，2000多年来，不仅注意维修，而且多有扩建和创新。

两汉是都江堰水利初步发展时期。西汉景帝（公元前156年—前141年）末年，当时著名的地方官吏、蜀郡郡守文翁组织人力，在灌口山（今灌县西北）下的湔江上开口凿渠，分湔江水向东北流，灌溉繁县（治所在今彭县西北）一带1700顷农田。这条新开的灌渠，便是后来的蒲阳河，是后来都江堰灌区主要干渠之一。这一工程把都江堰灌区扩大到成都平原的北部。东汉时期，在广都县（大体相当今之双流县）凿了一条20多里的渠道，从郫江下游引水，溉望川源一带农田，又使都江堰灌区向成都西南方向扩展。

唐宋时，都江堰水利系统进一步发展，渠首工程渐臻完备，渠系增加，灌区扩大。

唐高宗龙朔年间（公元661—663年），筑成侍郎堰和百丈堤。百丈堤位于内江左侧，建造目的是要保护左侧堤岸，便于漂木顺堤南入宝瓶口。侍郎堰位于虎头岩对岸下方，因它具有特殊的泄洪排沙作用，将进入内江的过量洪水和水中的泥沙，翻堰排到外江，后人便改称为飞沙堰。它与宝瓶口、大鱼嘴合称为都江堰水利三大渠首工程。据当代实测，岷江发水、内江的流量每秒超过1000立方米时，便有40%的洪水和98%泥沙，从飞沙堰排出。当年的侍郎—飞沙堰，由于技术的限制、泄洪、排沙的效果，可能比不上现代，但也不会相差太远。侍郎—飞沙堰所以泄洪、排沙的效果好，除了它遵循李冰“低作堰”这一重要原则外，便是选位恰当的缘故。它既位于虎头岩对岸的下方，而虎头岩是一座突出的岩体，可以将内江洪水和水中泥沙导至飞沙堰，排到外江。它又离宝瓶口不远，宝瓶口有很好的控水作用，即便内江的流量每秒高达3000立方米，宝瓶口的进水量也在700立方米左右。这样，洪水就在宝瓶口外形成洄流，使大量的水、沙翻过侍郎堰，排往外江。

李冰兴建都江堰水利时，已在三江中建有石人水尺，并提出了“深淘滩、

蜀地有许多以离堆命名的岩体，如沫水离堆、灌县离堆等。今人对沫水有两种不同解释。一释为大渡河或青衣江的古称。据此，《史记》中的离堆，应在乐山。一释为洪水。据此，《史记》中的离堆，应在灌县。也有人认为乐山的离堆是乌尤山，众说纷纭。

湔江又称湔水。古蜀人把今天岷江支流白沙河，“东别为沱”的江沱，以及今天的清白江和沱江，都叫湔江或湔水。此处湔江指湔江中流江沱。

低作堰”的原则。关于深淘滩，相传当年李冰曾在凤栖窝下的河床中埋石马作标记。低作堰的标准没有规定，到宋朝，经过长期实践后，这两者都有重大的改进。当时已在宝瓶口的石壁上刻有 10 划的水尺，每划一尺。水到六划，便可满足灌溉需要，如有多余，则从侍郎堰排泄外江。为了配合宝瓶口六划的进水量，所以对侍郎堰的高度，又作了这样的规定：“岁修侍郎堰，必以竹为绳，自北引而南，准水则第四为高下之度。”

与改进渠首工程的同时，在灌区，除维修旧渠外，又凿了许多新渠。

在唐朝，比较重要的有，武则天统治期间（公元 684 年—704 年），长史刘易从在唐昌（郫县西北）、九陇（彭县）境内凿渠，也从江沱引水，灌溉两县的农田，使西汉文翁所开辟的灌区进一步扩大。这一灌渠便是今天人民渠的上段。唐朝穿凿的更重要的工程是远济（亦称通济）堰。远济堰在开元二十八年（公元 740 年）由益州地方官吏章仇兼琼主持穿凿。它从新津邛江（南河）口引渠南下，长 120 里，至眉州（治所在今眉山县）入岷江，溉田 16 万亩。到唐末，远济渠更名为通济渠，眉州刺史张琳加以整修和扩建，溉田面积大幅度增加，史载达 15000 顷。由于两人在水利建设方面的贡献很大，所以后来有这样一首诗讴歌他们：

前有章仇后张公，疏决水利粳稻丰。

南阳杜诗不可同，何不用之伐天工。

两宋对都江堰的维修和扩建也十分重视。它订有岁修制度，岁修时，并且要求对施工情况，如河道的高低、宽窄、深浅，灌田面积的大小，使用材料的名称和数量，施工的人数和主持官员的姓名等，都必须详记于册，以便年终考核。并修建了许多工程。比较重要的，在内江灌区，穿凿了分为九支的石渠水系。它就是后来内江灌区四大渠系之一——江安河的前身。在外江灌区，在四川安抚制置使李璆[qiú 求]主持下，修复了通济渠。修复后的通济渠，可灌“眉田百万顷”。经过两宋的维修和扩建，都江堰灌区发展到了 12 个州县。

4 元、明、清都江堰水利

自李冰创建都江堰水利工程起，经两汉到唐宋，主要的建筑材料，一直是“破竹为笼，以石实中”的竹石笼。竹石可以就地取材，施工简便，质地较软，适于多变的岷江河床。但它的缺点也很突出，不坚固，易遭洪水冲毁，

这个数字疑有夸大。

杜诗，东汉初年人，任南阳太守时，曾创水排冶铁铸器，又广修水利溉田，深受百姓爱戴，历史上有“召父杜母”之誉。召父指召信臣，于杜诗之前已对南阳水利作出重大贡献。

“灌眉四百万顷”，原文见《宋史·李璆传》。百万顷的数字太大，当时整个眉州也没有这样多的耕地，疑为“百万亩”之误。

不耐腐，必须经常更换。为了改变这些缺陷，从元朝起，人们提出了用铸铁和条石等材料来代替竹笼卵石的设想。四川肃政廉访使吉当普（蒙古族）和灌州判官张宏即用此法修堰，他们经过小范围的试验，证明切实可行后，在后至元元年到二年（公元1335—1336年），推行于整个大修工程中。当时主要的水工建筑，多用石灰浆砌条石结构，条石之间铸铁锭联结，并用桐油拌石灰和麻丝填塞缝隙。其中关键工程——内外江的分水鱼嘴，甚至采用全铁结构，他们用16000斤生铁，铸成一个大铁龟，作为分水鱼嘴。这是都江堰水利工程中建筑材料的一次重大改革，是一次用永久性建筑来取代临时性建筑的尝试。它确实很有成就，使都江堰水利工程出现了以前不曾有的、几十年无大修的局面（图6）。

用全铁浇铸鱼嘴，到明朝时有所发展。元朝的铁龟鱼嘴虽然很坚固，但岷江河床的沙砾层很厚，当年安装铁龟鱼嘴时，虽然对基础也作了一些处理，但因挖得深度不够，几十年后，当基础被洪水淘空时，铁龟也就不起作用了。因此，当明朝后期再铸铁质鱼嘴时，除增加鱼嘴的用铁外，也很重视基础处理。工程进行于嘉靖二十九年（公元1550年），由按察使佘事施千祥、崇宁知县刘守德等主持。先淘基坑，于基坑内密植300余根柏木桩，用沙砾填实后，再在上面砌筑厚石板 and 浇铸厚铁板。在这个基础上，再铸成两个“首合尾分”的大铁牛。这一工程共用铁

72500斤。当时在牛身上铸有如下铸文“问堰口，准牛首；问堰底，寻牛趾；堰堤广狭顺牛尾。水没角端诸堰丰，须称高低修减水”。这一工程仍然因为基础不够深厚，几十年后被毁。

除渠首工程外，明朝中后期也比较重视渠系工程的建设。据统计，正德年间（公元1506—1521年），全灌区有堰471座，100多年后，到天启年间（公元1621年—1627年），堰数增加到了608座。都江堰水利工程的特点之一是以堰分水，每增一堰，便增一渠。堰的增加，表明了渠系的发展和溉田面积的扩大。

明末清初，战争连绵，都江堰工程遭到严重的破坏。从康熙后期起，四川政局比较稳定，都江堰水利工程又得到了恢复和发展。在清朝，阿尔泰和丁宝楨等对都江堰水利的建设，都作出了很大的贡献。

阿尔泰，满洲正黄旗人。巡抚山东七年，兴修水利，颇有政绩。擢四川总督后，重视都江堰水利工程的修建。从乾隆二十八年到三十一年间（公元1763年—1766年），对加固大鱼嘴和在岷江上游蓄水，都作了重要尝试。他鉴于

元朝有两位皇帝的年号都叫“至元”。一位是元世祖忽必烈，另一位是元顺帝妥懽贴睦尔。为了区分，后人称元顺帝的至元为后至元。

为了防止洪沙涌入宝瓶口，酿成成都平原的洪沙灾害，明朝时在鱼嘴以下的大堰上建有三处减水工程。虎头岩对岸为上减水，鲤鱼沱为中减水，人字堤为下减水。

以往鱼嘴被毁，与基础工程不固有密切关系，于是，修建鱼嘴时，要求改进基础工程，下令淘挖沙石，必须比过去加深三尺。他为了保证四川平原春耕用水，下令在岷江上游的山区筑堰蓄水。这一措施不仅可以保证春耕用水，而且在夏秋时还有拦洪和拦沙作用。

清朝治理都江堰的工程中，光绪三年底到四年初（公元 1878 年 1—4 月），四川总督丁宝楨主持的大修，应该说非常出色。丁氏的工程大而彻底，一些重要建筑，他都加以改造，用浆砌条石、固以“铁锭”来代替卵石竹笼。其中都江堰鱼嘴砌筑成底深一丈、高二丈、长 16 丈的庞然大物，十分坚固。又深挖河床、砌高堤岸。河床挖深到 1.2 丈到 1.4 丈，淘挖土石达 40 多万市方（长宽各一丈、厚一尺为一市方）。堤岸增高 1.6 丈以上，内外江共砌堤岸超过 12000 丈。由于工程质量较好，因此，虽在当年遇到一次特大洪水，除略有损失外，未酿成大灾。

经过 2000 多年的努力，都江堰灌区达到了历史上最好的水平。道光年间（公元 1821—1850 年），灌区发展到了成都、华阳（治所在今成都市）、汉州（治所在今广汉）、金堂、双流、新津、眉州（治所在今眉山县）、新都、新繁、温江、郫县、崇宁（郫县西北）、彭县、灌县、崇庆等 15 州县，溉田面积近 300 万亩。

中华民国时期，因为战争和政局不稳的影响，它的溉田面积略有缩小，1949 年为 288.39 万亩。

在古代，都江堰水利建设虽然取得了巨大的成就，但是由于历史的局限，那时，对这一工程的建设，既不可能有全局的规划，也不可能先进的工水技术。因此，就必然产生这样的情况和问题：即一方面丰富的岷江水只能利用一小部分，绝大部分仍然白白地流失。另一方面，辽阔的川西地区，只有小部分农田得到岷江水的灌溉，大部分耕地仍然是望天田，农业生产没有保证。

新中国成立后，充分发挥现代科学技术的作用，从全局出发，重新布置都江堰灌溉系统，建成了大型的钢质节制闸、输水隧洞和调节水库等，使绝大部分的岷江水都得到了利用。到 80 年代中期，都江堰水利的溉田面积，迅猛增加到 1100 万亩。此外，它还还为现代城市提供了工业用水和生活用水。

宋朝，宝瓶口石壁上刻有 10 划水尺，后因溉田面积扩大，水尺的划数也随之增加。清朝有不成文规定，凡洪水超过水尺 16 划，即使酿成灾害，也不追究工程负责人的责任。认为这是天灾，人力无法抗拒。这次水灾超过了 16 划，损失也不大，但由于清政府腐败，偏信诬告，对治水有功的丁氏，竟作降级、赔款处分。

据当代测定，岷江在灌县境内年均流量为 155 亿立方米，它用于旧都江堰区的水量约为 30 亿立方米。因此，在历史上绝大部分的岷江水，没有得到更好的利用。

五 太湖流域农田水利史

1 低洼多雨的太湖流域

太湖流域以太湖为中心，包括江苏省南部，浙江省北部，和上海市大部分地区。它西起茅山和天目山，东临东海，北滨长江，南濒杭州湾。面积 36500 平方公里。流域的西部为山区和丘陵区，约 8000 平方公里，占整个流域面积的 22%。山区的高度除天目山主峰外，一般为 200—500 米。中部和东部为水域（湖泊、河流）、洼地与平原。水域占地 6000 多平方公里，约占整个流域面积的 16%。湖泊以太湖为最大，2400 多平方公里。洼地和平原的面积约 22000 平方公里，占全流域的 62%。太湖流域形如浅碟，除西部山区、丘陵较高外，东部、南部、北部的高度，也在四—八米之间，中间为洼地，高度多在三米上下。

太湖流域雨量丰沛，年均降水量为 1100 毫升。属亚热带季风气候区，每年春夏之交，北上的暖气流和南下的冷气流相遇于此，两者势均力敌，相持时间一个月，甚至五六十天，形成连绵不断的梅雨。梅雨对水稻生长有利，但如果时间过长，或雨量过大，都会导致水灾，特别是对油菜和小麦有危害。又由于太湖流域地处东南沿海，每年七—九月，常有台风在此登陆。台风雨来势凶猛，日降雨量往往高达几百毫米。如果排水设施不好，特别是中部和东部，便会酿成严重的洪涝灾害。一年中，太湖流域也有雨量偏少的季节，这时，如果没有灌溉设备，地势较高的地方，特别是太湖流域的上游，也会出现旱灾。

在我国历史的早期，太湖流域被认为是全国最差之地。成书于战国时期（公元前 475—前 221 年）、我国最早的地理学文献之一——《禹贡》，将全国分为九州，定出每州的等级，最好的是“上上”，最差的为“下下”，共九等。当时太湖流域属九州中的扬州，扬州被列为最差的“下下”等。到宋元明清时期，以苏（州）杭（州）为代表的太湖流域，地位急剧上升，被认为是全国最好的地方，是人间的“天堂”。在历史的长河中，为什么太湖流域的地位变化如此巨大，这当与这里的农业发展较快有关。农业是我国古代经济结构的主体，农业生产水平的高低，是标定土地等级的主要依据。我国历史早期，太湖流域的农业产量极低，许多地方还是不毛之地，人们自然要把它列为“下下”等。从南宋起，这里的农业极为发达，成为全国的粮仓，有“苏（州）湖（州）熟，天下（南宋）足”的说法，人们理所当然地认为它是人间的“天堂”。

土地是原来的土地，气候古今也没有太大的差异，为什么太湖流域的农业生产，从水平很低飞跃上升到全国第一，虽然其中原因非常复杂，但是很重要的一条，当与水利建设有密切的关系。在早期，这里水利工程寥寥无几，几天干旱，高乡农业就会成灾；雨水略多，低地农田便成泽国，所以农业生

产水平很低。到后来，水利发展了，高乡陂塘如星，低地河浦成网，抗御水旱的能力增强，因此，农业的生产水平迅速提高。

大体上说，太湖流域的水利建设，秦汉以前属于初建阶段，三国两晋南北朝时有了初步发展，隋唐两宋时期建成大批河浦和圩[wéi 围]田，元明清三代大力疏浚河浦。

2 周、秦、汉农田水利的兴起

太湖流域的农田水利建设，始于东周秦汉时期。由于文献记载过于简略，今天已经很难知其全貌。但仍然可以发现，从农业生产的需要出发，当时已着手在这里兴建排灌工程。

《越绝书·吴地传》有这样一条与农田水利有关的记载：“无锡湖者，春申君治以为陂。凿语昭渚以东到大田。田名胥卑。凿胥卑下以南注大湖，以泻西野。”无锡湖位于无锡、常州两市间，今日已湮，春秋战国时是一片很大的沼泽地，面积约为 15000 顷。春申君名黄歇，是战国后期楚国的大臣，封于江东，以吴（今苏州市）为都。春申君在其都城西部，进行了规模较大的水利建设，他将无锡湖的大片沼泽地，改造成为蓄水的陂塘；并开渠引水灌溉胥卑的农田；还凿渠将尾水排往大湖。大湖就是太湖。《越绝书》为东汉人袁康所著，书中的这条有关农田水利的资料，应该说基本可信。

光绪《高淳县志》也收录了这样一条有关农田水利的传说：“春秋时，吴筑固城为濼渚邑，因筑圩附于城，为吴之沃土。”固城今为高淳县境内一个小镇，在固城湖东北。光绪《高淳县志》成书于清朝末年，所谓“筑圩附于城”又是来自传说，当然不能算是一条可靠的资料。不过，春秋后期吴国一度十分强大，是春秋五霸之一，向西打败了地广兵众的楚国，向南征服了浙江境内的越国，向北又与齐、晋两强争雄，它必然会兴建水利以发展农业，作为争霸的经济基础。高淳一带，又是吴国对楚用兵的重要基地，它的水军常常经过这里，沿胥溪西进击楚，使楚军“疲于奔命”。因此，在这里兴建水利以发展农业，便于军队就地取粮，不是没有可能。如果这一传说确有一定的真实性，那么，太湖流域的农田水利建设，可以上推到春秋晚期。

两汉时期，随着太湖流域的初步开发，农田水利建设有所扩大。在浙江长兴境内有皋塘，据说是西汉元始二年（公元 2 年），由吴人皋伯通倡议兴建。皋塘是一条捍水保田的堤防工程。东汉熹平二年（公元 173 年），余杭（治所在今浙江省余杭县余杭镇南）县令陈浑在县南兴建大型蓄水工程，名叫南湖，以拦蓄苕溪溪水。余杭多丘陵，常受干旱威胁。流经境内的苕溪是太湖上游最主要水道，雨季流量较大，是太湖平原发生涝灾的重要因素之

作为水利工程，“塘”有多种含义。一指池塘，用来蓄水；一指堤塘，用来捍水；一指河塘，用来排灌。此处为捍水塘，文末塘浦的塘，都是排灌塘。

一。筑南湖蓄苕水是一项重要工程，“涝，资以分杀盛涨，旱，备以溉农田”，是杭州、嘉兴、湖州三地的屏障，可溉余杭一带农田 1000 多顷。

两汉时期，除上面所说的在太湖流域的西部和南部开始兴建农田水利外，还着手在东部兴建不少排灌工程。据《新唐书·地理志》记载，在今浙江省海盐县境内，还有一些古老的水利设施，唐人认为它们建于汉朝，因此，名之为“汉塘”，是一条西起今嘉兴东通杭州湾的排灌水道。

此外，东周、秦汉时期在太湖流域穿凿的一批以航运为主要目的水道，在客观上也有利于当地农田的排灌。

3 六朝的湖塘泾浦

公元 220 年，三国时期开始。公元 589 年，南朝结束。在这 370 年中，由于以下两个原因，太湖流域的农田水利建设，有了较大的发展，建成了一大批湖塘泾浦。

一个原因是由于北人南迁。自东汉末年起，黄河流域政局长期动荡不安，东汉末有黄巾起义和军阀混战，西晋有八王之乱，十六国时期，在汉、匈奴、羯、氐、羌各族之间，一再爆发战争。战乱迫使原居黄河流域的大批汉人持续南迁，形成了我国历史上著名的人口大迁移。太湖流域是接纳南迁北人的主要地区。人口的大幅度增加，使在这一地区扩建水利以发展农业，既十分必要，又完全可能了。另一个原因是由于六朝统治者的重视。从三国的吴开始，历东晋，至南朝的宋、齐、梁、陈六朝，都以建业——建康（江苏南京市）为都。六朝都城与太湖流域紧密相连，太湖流域成为京畿重地。它既是都城的后方，又是都城粮食的主要供应地。因此，六朝的统治者特别重视这里的农田水利建设。这样，在近四个世纪中，便相继在太湖流域建成了一大批农田排灌工程。

三国时，吴国组织兴建的农田水利工程，比较重要的当推在今江苏省句容县境内的赤山湖。它建于吴赤乌二年（公元 239 年），是一座蓄水防旱的灌溉工程。后来经过多次扩建，到唐朝时称为绛岩湖，发展成为江南非常著名的农田水利设施。另一工程为浦里塘，永安三年（公元 260 年）开工，位于今溧水县南 20 余里。由于施工太急，军民多有劳累而死的，没有全面完工。差不多同时，吴国又在吴兴、长兴间的太湖边上筑青塘，长数十里，以隔绝太湖水势，捍卫沿堤农田。此外，吴国还在句容至云阳（今江苏丹阳）

从公元 304 年到 439 年，汉、匈奴、羯、鲜卑、氐、羌各族统治者，纷纷在北方建立割据政权。历史上将其中的 15 国加上巴蜀的成汉，合称十六国。15 国为：前赵、前凉、后赵、前燕、前秦、后秦、后燕、西秦、后凉、南梁、南燕、西凉、夏、北燕、北凉。

赤山湖位于茅山山脉西麓，在秦淮河上游，太湖流域之西，不属太湖流域范围。但这一地区与太湖流域关系密切，因而我们也在这里作了介绍。

间凿了一条称破冈渎的水道，虽然这是一条运粮渠道，但也有灌溉之利。由于吴国在这里兴建了许多水利工程，使这里形成“田池布千里”的景象。

两晋时继续在此兴建水利。光熙元年（公元 306 年），陈敏于曲阿（今江苏丹阳）城西，拦蓄溪水成湖，周长 120 里，史称练湖或练塘。练湖本以灌溉为主的水利设施，到唐朝后期，因江南河西段地势略高，水量不足，需要不断补充，所以又将它作为运河的水柜，以济运为主，有“湖水放一寸，河水长一尺”的作用。继开练湖之后，东晋大兴四年（公元 321 年），张闾 [k i 凯] 又在曲阿建新丰塘，用“二十一万一千四百二十功（工作日）”，可灌农田 800 顷。丹阳属太湖流域西部丘陵区，地势稍高，所以两晋一再在此兴建蓄水工程，以资溉田。东晋还在今浙江吴兴境内建成“溉田千顷”的荻塘（又名荻港）。

南朝时，在吴兴和长兴两地，也相继建成了两座规模较大的水利设施。一座叫吴兴塘，由刘宋吴兴太守沈攸之主持修建，它可溉田 2000 多顷。另一座叫西湖，它东北距长兴城 15 里，溉田面积更大一些，约 3000 顷。南朝另一重要水利设施，是排水工程的兴建。由于太湖下游地洼水多，洪涝的威胁十分严重，因此，引起吴兴人姚峤的注意。他经过 20 多年的调查研究，拟订了一个由苕 [zhù 住] 溪向东南排水入杭州湾的方案。这一方案在刘宋时曾付诸实施，但因工程量太大，没有完成。几十年后，到梁大通二年（公元 530 年），继续施工，才取得了明显的效果，使“吴兴一境，无复水灾”。这是太湖流域以排水为主要目的而兴建的最早最大工程。

据《新唐书·地理志》记载，今浙江海盐境内，有“古泾三百条”。这些唐人心目中的“古泾”，当然，有许多是六朝时修建的。江苏省常熟县原名海虞，南朝萧梁大同六年（公元 540 年）才改成常熟。改名原因即与农田水利建设有关。清人修的《常昭合志稿》解释说，因为这里“高乡濒江有二十四浦通潮汐，资灌溉，而旱无忧；低乡田皆筑圩，足以御水，而涝亦不为患，以故常熟，而县以名焉”。可见，太湖东北，南朝时，也已有较好的水利设施了。

太湖流域因为六朝时建有众多的湖、塘、泾、浦等水利工程，可灌可排，水利条件大大改善，农业生产有了较大的发展。因此，这里当时不仅摘掉了“天下”田的帽子，而且还可以与“富甲全国”的关中媲美。

4 唐、宋的河网化和圩田化

由于太湖流域的农业也需人工灌溉，特别是占流域面积 22% 的山地和丘陵区的农业，因此，隋唐两宋时期，修建陂塘等蓄水工程，仍然是这里水利建设的一个重要方面。以唐朝为例，据《新唐书·地理志》和《元和郡县志》等书的记载，扩建旧的、创造新的大型蓄水设施，就多达十几处。其中最重要的有绛岩塘、钱塘湖等。绛岩塘由三国时期吴国兴建的赤山湖扩展而成，

唐朝时可溉农田 10000 顷，是太湖周围溉田最多的蓄水工程。钱塘湖即“山水甲天下”的西子湖，由唐穆宗时（公元 821—824 年）白居易主持兴建，以江南河为灌溉干渠，灌溉钱塘（今杭州市）、盐官（今海宁县）一带农田 4000 多顷。

在太湖流域修建以排洪为主要目的的塘、渎、泾、浦，更受到隋唐两宋时期人们的重视。太湖流域自古以来虽然有许多自然河道可资排洪，如上起太湖下注东海的松江，上起太湖下注长江的娄江（浏河）等；虽然从隋朝起又因为凿成江南大运河，在客观上这条大运河也成为排洪的重要干道。但是，由于太湖流域的大部分（62%）地区为平原和洼地，而台风雨的来势又十分骤猛，洪水仍然无法及时排出，洪涝之害大大超过旱灾。这就有必要修建更多的以排洪为主的工程。更何况这些工程还有灌溉、航运之利。

隋唐两宋时期，在太湖流域修建的、对排洪有重要意义的水道，数量很大。其中大型的除隋朝的江南大运河外，有唐朝的元和塘、孟渎、泰伯渎、汉塘和宋朝的至和塘等。元和塘又名常熟塘，唐元和八年（公元 813 年）穿凿，南起今苏州市，北抵常熟县，长 90 里。下接白茆[áo 毛]河以通长江。孟渎又名孟河，位于今常州市西北境，沟通江南河和长江，长 40 里。泰伯渎在今无锡市东南，下注阳澄湖，长约 80 里。孟渎和泰伯渎都在唐元和八年前后，在刺史孟简主持下，由故道疏凿而成。唐大和七年（公元 833 年），还修复了古老的汉塘。汉塘西起今浙江嘉兴市，东到杭州湾。至和塘又名昆山塘，凿于宋至和二年（公元 1055 年），上起今江苏苏州市，下至昆山注入长江，主要由自然河道娄江改造而成。娄江在宋元时期是太湖下游第二大河，仅次于吴淞江。

除上述这些主要水道外，隋唐两宋时期还以这些主要水道为骨干，建成为数众多的泾浦，使太湖流域水道密如蛛网。据宋朝著名的水利专家单锷的记载，地处太湖上游的宜兴等地，即有“百渎之利”，其中宜兴为 74 渎，武进为 26 渎。太湖下游的塘浦更多，宋朝另一水利名家郑亶[ji d n 夹胆]说，苏州境内的塘浦多达 265 条。唐宋时期，这一带的河网化已经发展到了“五里一纵浦，七里一横塘”的地步。

与河网化水利建设同步，在农田建设方面，又逐步走向圩田化，人们纷纷将纵浦横塘之间的方块土地，建成圩田。由于这里地势低平，许多地方是：水涨，成沼泽；水退，为农田。圩田化就是把这些土地改造成为基本上旱涝保收的良田。圩田化建设的最主要工程，是：在濒临塘浦的圩田四周，筑造坚固的堤防。堤的高矮宽窄，视圩的大小、地势和周围水情而定，一般高五尺到二丈，宽数丈。堤上有路，以利通行；堤外植柳，以护堤脚。圩周有闸门，以便旱时开闸，引堤外塘浦之水灌田，涝时闭闸，防外水内侵。圩内穿

唐朝钱塘湖的溉田面积，有两种不同说法，一说为 4000 多顷，另一说为 1000 多顷，两者差别很大。

松江即吴淞江，古人认为它是太湖之水排入大海的尾闾。

凿纵横排水渠道，形如棋盘；涝则排田水入渠，旱则庠[hù户]渠水灌田。圩内地势最低处，则改造成为池塘以集水。一圩方数里到数十里不等。圩田虽不能抗御大旱大涝，但对一般水旱有自卫能力，其经济效益远远高于普通农田。它是水乡人民伟大的创造。南宋时太湖流域圩田分布已经很广，在平江境内，即今苏州、吴江、常熟、嘉定等县市，便有 1500 多圩（图 7）。

河网化和圩田化建设，促进了太湖流域农业生产的发展。“苏湖熟，天下足”的民谚，反映了从南宋起以苏州和湖州为代表的太湖流域，已经成为南宋“天下”的粮食主要供应地。

5 元、明、清的疏浚河道

太湖流域下游，地势平缓，向东注入东海，向东北注入长江，向东南注入杭州湾的水道，都因比降很小和潮水顶托，行洪缓慢。又因为圩田的经济效益很好，一些达官贵人又往往倚仗权势，强行在湖区和河道上修圩，使湖泊蓄水能力下降，水道行洪更为困难，结果是洪涝灾害急剧上升。近人缪启愉先生根据历史资料统计，唐宋元明清各代，太湖流域发生水灾的频率是：唐朝

20 年一次，北宋六七年一次，南宋四至九年一次，元朝三至五年一次，明朝三至七年一次，清朝四年一次。因此，元、明、清三代都把疏浚太湖流域下游的水道，作为这里农田水利工作的重点。

据史载，元朝 90 多年中，疏浚太湖下游的河道不下百次，平均约一年一次。在古代，吴淞江是太湖流域排洪的最重要孔道，对太湖水利深有研究的宋人郑侨说，吴淞江“故道深广，可敌千浦”。因此，元朝疏浚的主要对象便是这条水道。其中有两次的治理，效果较好。一次是在元大德元年（公元 1297 年），由江浙行省平章彻里（蒙古族）主持。从事这一工程的有数万军工，他们清除了沉积在吴淞江口的大量由潮汐搬来的泥沙，从而恢复了吴淞江的排洪作用。另一次是元大德八年（公元 1305 年），由当时著名的水利行家、都水监丞任仁发主持，治水的规模也很大，用工（工作日）共 165 万，疏浚了吴淞江中堵塞比较严重的 38 里江道。

明朝，太湖流域的经济继续发展。它每年上交国家的夏秋两税，仅北部苏州、松江、常州、镇江四府，便高达 500 万石左右，约为当时山东、湖广（湖北、湖南）两个纳税大省的总和，占全国两税总额 2900 万石的 1/6 强。

详见缪启愉《太湖塘浦圩田史研究》，农业出版社 1985 年版。

关于明朝两税的数额，详见梁方仲先生《中国历代户口、田地、田赋统计》一书的 344—345 页，上海人民出版社 1985 年版。这里采用该书明洪武二十六年（公元 1393 年）的数字。由于太湖南部的杭、嘉、湖等府没有单独的两税记录，它们的两税纳入浙江行省的总额中。因而这里只能以北部四府为代表，进行比

太湖流域是明朝的经济命脉，而当时水旱灾害又十分严重，特别是水灾，所以明朝政府不得不用更大的力量，治理这里的水道。明朝历时 276 年，以浚河排水为主，在太湖流域施工 1000 多次。

在明朝频繁的疏导太湖流域河道的工程中，最重要的是永乐元年（公元 1403 年）户部尚书夏原吉主持的一次。他认为太湖流域治水的关键是疏浚下游河道，使洪水畅流入海。又认为吴淞江的下游淤塞严重，重新疏浚工费太大。于是，他率领 10 万多河工，既重点开夏驾浦，引吴淞江上游之水，取道刘家河入长江；又重点凿范家浜，使之与黄浦江相接，将太湖东部河湖之水，特别是浙西来水，循黄浦江排入长江。这次治水，不仅改善了太湖下游的泄水状况；而且改变了泄水格局，由从前以吴淞江为主泄道，逐步变成以黄浦江为主泄道，这种情况，一直延续到今天。

继夏原吉之后，周忱、徐贯、李充嗣、林应训、吕光洵、海瑞等，都曾对太湖水道作过较大规模的治理，对排洪都起过一定作用，而以林应训的成就更为显著。林应训是在万历五年到八年（公元 1577—1580 年），在大学士张居正大力支持下，主持治理太湖水道的。他认为太湖下游虽有黄浦江、刘家河等可以泄水，而仍多水灾，与历史上的主要泄水道吴淞江淤塞有关。因此，他的治水以浚吴淞江为施工重点，兼疏黄浦江、白茆港等其他一批水道。先后疏浚吴淞江 140 里，黄浦江 90 多里，白茆港 45 里，以及其他港浦数十处。这是一次对太湖水道较为全面的治理，工程质量也较好，排洪作用得到了改进。

由于太湖流域的特殊经济地位，清朝也在这里进行频繁的水利建设，据统计，在它立国 267 年中，以疏河为主的施工在 2000 次以上。它对太湖流域的一些主要泄水道，如吴淞江、黄浦江、浏河、白茆河、孟渎等，都一再加以治理，尤其是吴淞江和浏河，先后疏浚一二十次之多。有些工程规模也很大，如康熙十年（公元 1671 年）、嘉庆二十三年（公元 1818 年）、道光七年（公元 1827 年）三次疏浚吴淞江河道，长度都在 10000 丈（150 丈为一里）以上。清朝的这些治水工程，对于减轻太湖流域的水旱灾害，都有积极意义。

修建河浦湖陂等工程（包括改造自然河湖和穿凿人工河湖两个方面），对防御干旱和一般洪水，成效都比较显著，它促进了太湖流域农业的发展。但是，太湖流域常遭台风雨的袭击，其中强台风雨，日降雨量可达几百毫米。它会形成特大洪水，而在特大洪水面前，这些工程就显得软弱无力了。就河浦来说，它受太湖流域碟状地形的制约，比降极小，无法将特大洪水迅速排往江海。就湖陂来说，它不像后来的大型水库周围筑有坚固而高大的堤坝，无力容纳大量的洪水。洪水水量大，排蓄能力弱，酿成洪涝灾害是不可避免的。古人在太湖流域修建农田水利很勤，而洪涝灾害仍然频频发生，应该说

这就是主要原因。

现代，人对自然斗争的能力大大增强，已经有可能较为彻底地征服太湖流域的水旱灾害了。为了将可能变成现实，中华人民共和国建立以后，便着手在太湖流域推行这样一个综合性的水利建设计划。其主要内容为，在上游兴建七座大型水库，以便有效地拦蓄上游洪水，它既可灌溉当地农田，又能减轻中下游的洪水压力；在中游，于太湖周围修建坚固的混凝土大堤，一方面可以大大增加太湖的蓄水量，另一方面又能防止太湖洪水溃堤泛滥；在下游，除疏浚旧有排水道外，还要穿凿 10 多条新的泄洪干道，以提高排洪能力；在江（长江、钱塘江）边，建造八座大功率的电力抽水站，以便涝时迅速抽洪水入江，旱时抽江水内灌。这些计划中的工程，一部分已经建成，全部完工后，便可基本上解除太湖流域的水旱灾害。从最难解决的洪涝灾害来说，可由目前的三五年一遇，提高到 50 年一遇。这一计划完成后，又能解决区域内的工业用水和城市人民生活用水。它还可满足扩建后江南运河增水的需要。到那时，太湖流域才是真正的人间天堂。

六 历代关中农田水利

关中平原西起宝鸡，东到潼关，北抵北山，南达秦岭，面积约 34000 多平方公里。由于黄河最大支流渭水自西向东流经全境，所以又称渭河平原。它由黄土沉积而成，土层深厚，肥沃疏松，无霜期较长，180—200 天，这些都有利于农业的发展。但降雨量较少，多年平均在 500—700 毫米间，又多集中在七、八、九三个月，不能满足农作物生长的需要，特别是春播的需要。为了发展关中农业，必须发展水利，在历史的长河中，人们相继在这里凿成郑国渠、白渠、成国渠等一批重要的灌溉工程。

1 秦人兴建郑国渠

最早在关中建设大型水利工程的，是战国末年秦国穿凿的郑国渠。当时所以要兴建这一工程，除上面所说的自然条件因素外，另一个因素是政治军事的需要。

战国时，我国历史朝着建立统一国家的方向发展，一些强大的诸侯国，都想以自己为中心，统一全国。兼并战争十分剧烈。关中是秦国的基地，它为了增强自己的经济力量，以便在兼并战争中立于不败之地，很需要发展关中的农田水利，以提高秦国的粮食产量。

韩国是秦国的东邻。战国末期，在秦、齐、楚、燕、赵、魏、韩七国中，当秦国国力蒸蒸日上，虎视眈眈，欲有事于东方时，首当其冲的韩国，却孱弱到不堪一击的地步，随时都有可能被秦并吞。公元前 246 年，韩桓王在走投无路的情况下，采取了一个非常拙劣的所谓“疲秦”的策略。他以著名的水利工程人员郑国为间谍，派其入秦，游说秦国在泾水和洛水（北洛水，渭水支流）间，穿凿一条大型灌溉渠道。表面上说是可以发展秦国农业，真实目的是要耗竭秦国实力。

这一年是秦王嬴政元年。本来就想发展水利的秦国，很快地采纳这一诱人的建议。并立即征集大量的人力和物力，任命郑国主持，兴建这一工程。在施工过程中，韩国“疲秦”的阴谋败露，秦王大怒，要杀郑国。郑国说：“始臣为间，然渠成亦秦之利也。臣为韩延数岁之命，而为秦建万世之功。”《汉书·沟洫志》嬴政是位很有远见卓识的政治家，认为郑国说得很有道理，同时，秦国的水工技术还比较落后，在技术上也需要郑国，所以一如既往，仍然加以重用。经过十多年的努力，全渠完工，人称郑国渠。

郑国渠是以泾水为水源，灌溉渭水北面农田的水利工程。《史记·河渠书》、《汉书·沟洫志》都说，它的渠首工程，东起中山，西到瓠[hù 胡]口。中山、瓠口后来分别称为仲山、谷口，都在泾县西北，隔着泾水，东西向望。它是一座有坝引水工程，1985 年到 1986 年，考古工作者秦建明等，对郑国渠渠首工程进行实地调查，经勘测和钻探，发现了当年拦截泾水的大

坝残余。它东起距泾水东岸 1800 米名叫尖嘴的高坡，西迄泾水西岸 100 多米王里湾村南边的山头，全长 2300 多米。其中河床上的 350 米，早被洪水冲毁，已经无迹可寻，而其他残存部分，历历可见。经测定，这些残部，底宽尚有 100 多米，顶宽 1—20 米不等，残高六米。可以想见，当年这一工程是非常宏伟的。

关于郑国渠的渠道，《史记》、《汉书》都记得十分简略，《水经注·沮水注》比较详细一些。根据古书记载和今人实地考察，大体说，它位于北山南麓，在泾阳、三原、富平、蒲城、白水等县二级阶地的最高位置上，由西向东，比降为 0.64/100，沿线与冶峪、清峪、浊峪、沮漆（今石川河）等水相交。将干渠布置在平原北缘较高的位置上，便于穿凿支渠南下，灌溉南面的大片农田。可见当时的设计是比较合理的，测量的水平也已很高了。不过泾水是著名的多沙河流，古代有“泾水一石，其泥数斗”的说法，当代实测，为 171 公斤/立方米，郑国渠以多沙的泾水为水源，这样的比降又嫌偏小。比降小，流速慢，泥沙容易沉积，渠道易被堵塞。

渠建成后，经济、政治效益显著，《史记》、《汉书》都说：“渠就，用注填阡（淤）之水，溉陂[xì 戏]鹵之地四万余顷，收皆亩一钟，于是关中为沃野，无凶年，秦以富强，卒并诸侯，因名曰郑国渠。”一钟为六石四斗，比当时黄河中游一般亩产一石半，要高许多倍。

战国末年，秦国的 40000 余顷，约合今天的 28000 余顷。有些学者认为这个数字不实。他们从今天泾水年均流量约 50 多立方米/秒，而每个流量只能溉田 200 顷出发，说郑国渠最多只能溉田万顷上下，所谓 40000 顷，当是郑国虚报。郑国因为欺骗，已经得罪秦国一次，看来他不会再有胆量进行第二次欺骗。郑渠溉田面积较大，疑与以下两种情况有关。一是历史上的雨量多有起伏，不能以今律古。据著名气象学家竺可桢《中国五千年气候变迁的初步研究》一文载，东周秦汉为我国气候的偏暖期，南方温湿气流北移，北方雨量增多。《史记·货殖列传》有“渭川千亩竹”的记载，竹性喜温湿，也证明了秦汉时关中平原雨量比今为多。二是古今作物不同。古代关中主要作物为耗水量少、耐干旱的粟和黍，而唐以后以耗水量较多的小麦棉花等为主。秦汉时，以较多的水量来灌省水的作物，溉田面积当然会大大超过今天。

2 西汉三大渠系的建立

西汉定都长安，关中是京师官吏、军队、百姓等以粮食为主的生活必需品的供给地。西汉重视开拓西北边疆，关中又是拓边的基地，肩负着提供粮秣的重任。因此，西汉一代，特别是汉武帝在位期间（公元前 140—前

详见《竺可桢文集》，第 475—498 页，科学出版社 1979 年版。

87年），为了满足各方面对粮秣等的需求，除凿漕渠，从东方运粮入关外，更主要的是在关中增建灌溉工程，以扩大水浇地面积，增加当地的粮食产量。这就在关中形成了一个史无前例的兴建水利的高潮，在短短的几十年中，穿凿了龙首渠、六辅渠、白渠、成国渠等大批农田水利工程。

西汉关中灌渠的穿凿，以龙首渠为较早，约在汉武帝元狩到元鼎年间（公元前122—前111年）。当时有一位名叫庄熊羆的人，向皇帝上书，反映临晋（今大荔一带）人民的要求，希望开一条渠道，引洛水灌溉重泉（今蒲城东南）以东10000多顷盐碱地。武帝采纳这一意见，发兵卒万余人担任凿渠任务。他们自征县（治所在今澄城县西南）向南开渠，到商颜山（今铁镰山）麓，由于土质疏松，穿凿的明渠渠岸极易崩塌，改用井渠结构。井渠由地下渠道和竖井两部分组成。前者为行水路线，后者便于挖渠时人员上下、出土和采光。最深的竖井达40多丈。由于凿渠时挖出许多骨骼化石，当作龙骨，所以称为龙首渠。渠道挖通后，由于解决不了塌方问题，溉田效果并不显著。但却创造了先进的井渠技术。

六辅渠是武帝元鼎六年（公元前111年）由左内史倪宽主持兴建。规模不大，为六条辅助性渠道的总称。后人认为它是引冶峪、清峪、浊峪等小水，灌溉郑国渠上游北面的农田。这些农田地势较高，郑国渠灌溉不到。六辅渠建成后，为了更好地发挥这一工程的作用，据《汉书·倪宽传》载，他又规定了“水令”。这是见于记载的我国最早的用水制度。

六辅渠建成后第16年，即武帝太始二年（公元前95年），动工穿凿白渠。这一工程由赵中大夫白公建议和主持。渠首也在谷口，渠道在郑国渠南面，向东南流，经池阳（治所在今泾阳县西北）、高陵、栎阳（治所在今临潼县东北），注入渭水。长200里，灌溉郑国渠所不及的4500余顷农田。白渠建成以后，谷口、池阳等县因为有郑、白两渠的灌溉，便成为不知旱涝的高产区。当时当地，曾流行着这样一首民歌，歌颂两渠的作用：

田于何所，池阳谷口。

郑国在前，白渠起后。

举蚤为云，决渠为雨。

泾水一石，其泥数斗。

且溉且粪，长我禾粟。

衣食京师，亿万之口。（《汉书·沟洫志》）

白渠的溉田面积虽然远比郑国渠小，但是由于它的比降较大，远比郑国渠合理，因而不像郑国渠那样易被泥沙堵塞，在历史上白渠长期发挥作用，并在唐、宋时还有所发展，而郑渠的下游很快就报废了。“泾水一石，其泥数斗。”含泥量高，可以压碱肥田，在短期内确实效果显著。但不能只见优

漕渠西起长安，东到黄河，主要职能为漕运东方粮食入京，但亦可溉田万余顷。详见本书第一部分“周、秦、两汉运河”。

点不见缺点，从长远看，年长月久后，容易淤高渠道和农田，导至田高于渠，渠高于泾，势必破坏整个灌溉系统。

西汉时新建的关中地区另一重要农田水利工程是成国渠。它建于何年，何人主持这一工程，史书没有明文记载，只说建于武帝在位期间。这是一条以渭水为水源的大型灌渠，位于渭水北面，渠首在郿县境内，傍渭水向东，经 [lí 离]（治所在今扶风县东南）、槐里（治所在今兴平县东南）等县，渠尾接上林苑的蒙茏渠。成国渠的长度略小于白渠，溉田面积约万顷左右，是白渠的一倍以上。后来还一度发展成关中最主要的灌溉渠道。上林苑在咸阳西面，周 300 里，跨渭水南北，是秦汉时帝王射猎游乐之所。蒙茏渠属皇家园林中水道，供浇园、荡舟等用途。

在漫长的历史长河中，关中水利一直由三大渠系组成，即以泾水为水源的引泾渠系，以渭水为水源的引渭渠系，以洛水为水源的引洛渠系。可以说西汉时期这三大渠系已经基本形成了。

除上面所举一批著名的灌溉工程外，武帝时，还在渭水南面建成一批小型的灌渠，如灵轶[zh 纸]渠、 [wéi 违]渠等。它们以发源于南山的山溪水为水源，灌溉渭南的农田。

3 唐朝关中灌区的扩展

从东汉末到三国两晋南北朝，由于政局动荡不安，关中农田水利，或无暇维修，或遭战争破坏，总的说处于衰敝状态。其中因为曹魏和西魏的经营，只有成国渠继续得到发展。

关中是曹魏对蜀战争的基地，在这里驻有重兵，它从军粮和漕运的需要出发，对成国渠进行了两次扩建。第一次在魏明帝太和二年（公元 228 年），魏臻首先将成国渠由郿县向西伸展到宝鸡，伸长渠道 100 多里。这一段新渠以渭水上游主要支流汧水（干水）为水源。第二次在魏明帝青龙元年（公元 233 年），在司马懿主持下，又将成国渠向东伸展 100 多里，到泾水入渭附近。西魏立国关中，帝祚虽然很短，只有 22 年（公元 535—556 年），但为了保证必要的粮食生产，在文帝大统十三年（公元 547 年），在武功西面筑六门堰，汇集渭河以北一些小水，以补充成国渠的水量。经过两魏时期的施工，成国渠的溉田面积虽然仍未超过郑白渠，但它已成为关中最长的灌渠了。

到隋唐，特别是唐朝，经济、政治力量空前强大，政局稳定的时间也较长，为关中水利的复兴和扩建创造了条件。同时，由于唐都长安人口急剧增

据《汉书·沟洫志·如淳注》，渠在渭南；据《水经注·渭水注》，渠在渭北。

郑白渠是郑国渠和白渠的合称。因为两渠都以泾水为水源，由同一取水口取水，渠道的联系也很密切，后来人们遂合称之为郑白渠。

加，大大超过了汉都长安，唐长安的缺粮问题也比汉朝严重。唐高宗、武则天和唐玄宗在位期间，因为京师缺粮，都不止一次地带着大批官吏、军队，就食东都洛阳。因此，对唐政府来说，迫切地期望增加关中粮食的产量。在唐政府的推动下，唐时的关中与西汉一样，形成了又一次修建水利的高潮。

经两魏时期的努力，已有一定基础的成国渠，仍是唐朝施工的重点工程之一，一再进行治理。比较重要的有：唐太宗贞观年间（公元 627—649 年），征调九州夫匠，修治成国渠的渠道；武则天圣历年间（公元 698—700 年），引武安水以增加成国渠的水源；唐代宗大历六年（公元 771 年）和唐懿宗咸通十三年（公元 872 年），两次大修六门堰，增引韦川、莫谷、香谷等水，进一步丰富了成国渠的水量。成国渠经过这样一系列的改造，可溉武功、兴平、咸阳、高陵等县农田 20000 余顷，溉田面积大大超过了郑白渠。唐后期，成国渠更名为渭白渠。

郑国渠和白渠都是秦汉时期关中地区最重要的农田水利工程。郑国渠由于工程上存在一些问题，其下游在汉朝时，大多已经报废。后来，它的上游除一部分与白渠联网外，也陆续湮塞。唐朝的郑白渠，实际上是以白渠为主的渠系。郑白渠当时形成三大支流，最北面的为太白渠；由太白渠引出，在太白渠南面的一支叫中白渠；由中白渠引出，最南面的一支叫南白渠。唐以后郑白渠往往又称三白渠。郑白渠溉云阳（治所在今泾阳县北）、三原、下邽[gu 龟]（治所在今渭南县北）、高陵、栌阳、泾阳等县农田（图 8）。

郑白渠也是关中平原上重要的灌渠，对它的维修和治理，唐朝也非常重视。与对成国渠一样，在这里也设有专门的水利机构，进行管理。在工程上，建成很坚固的名为将军翼[shà 霰]引水坝，它的长宽各 100 步（每步五尺），用块石砌筑，块石间铸铁锭连接。还曾一再整理渠道，以保证流水畅通。但是仍因泾水含沙太多，特别是权贵们在渠上肆意建造水碓、水磨等，造成渠水大量流失，因此，虽然维修较勤，郑白渠的溉田面积仍然逐步缩小，由 10000 多顷下降到几千顷。

水碓、水磨是利用水力碾米、磨麦的设施，

达官贵人既可用它加工自己的粮食，又可向外出租，竞相修建，严重影响溉田。为此，管理渠道的官吏不得不再下令制止，但很少见效。最后皇帝只好亲自出面干预，如唐代宗，他不仅下诏拆除，还劝说其女昇平公主和驸马都尉郭暧（郭子仪之子）率先执行，在达官贵人中起带头作用。据《旧唐书·郭暧传》载，“由是，势门碾碓八十余所，皆毁之”。但不久，他们又纷纷修建。

除上述引渭、引泾等灌渠外，唐朝关中修建的较为重要的农田水利，在黄河、洛水之间，先则有唐高祖武德七年（公元 624 年），自龙门引黄河水灌韩城一带农田 6000 余顷。继而到唐玄宗开元七年（公元 719 年），同州（治所在今陕西大荔县）知府姜师度，又引洛水、黄河水灌朝邑县（今大荔

东南)稻田 2000 余顷。在长安西面,还建有贺兰渠,引泔水(一作丰水或水)灌渭南农田 10000 余顷。此外,隋唐时在渭南还有广通渠,兼有漕运和灌溉之利。

4 宋、元、明、清关中水利

宋、元、明、清四代,在我国东部建都,关中的政治地位下降,政府不像汉、唐两代那样大力建设这里的水利,再加上泥沙的淤积越来越严重,因而总的说,关中水浇地的面积在逐渐缩小。

在宋朝,虽然不像汉唐那样大力经营关中水利,但由于这里是宋对西夏战争的军事基地,驻有重兵,军用粮秣很多,又不能不分出一些力量来建设当地的水利。宋朝在此集中建设三白渠。它改建了三白渠的渠首。因为泾水不断刷深河床和泥沙不断淤高渠底,原来三白渠的渠口已经引不上水,于是宋在原渠口的上方,开了一段新渠,接下方旧渠。这段新渠的工程比较完善,为了防冲,采用石材构筑;为了减少泥沙进入下游,设置了澄池;为了防止洪水冲入灌区,修建了泄水闸。在渠系上,唐以中白渠为重点,宋将太白渠改造成最重要的渠道。太白渠位于中白渠之北,地势稍高,控制面积较大,可以灌溉更多的农田。经过宋朝的努力,三白渠的溉田面积大幅度增加,据《蔡溥修渠题名记》所载,到北宋末年,可溉农田 35000 多顷,超过了西汉溉田面积。因此,三白渠更名为丰利渠。不过因为其他灌渠无力大修,溉田作用下降,所以整个关中的水利,仍呈滑坡趋势。

元、明两代,由于泾水继续刷深河床和泥沙继续淤高渠底,引水渠口只好继续一再上移。宋朝的丰利渠,在元、明两代分别称为王御史渠和广惠渠。据元、明时有关资料记载,唐郑白渠口南距秦汉郑白渠口 2700 余步(五尺为一步);宋丰利渠口南距唐郑白渠口和元王御史渠口南距宋丰利渠口,都是 56 步;广惠渠口南距王御史渠口 384 步。元末时,这些渠口都已高出泾水水面很多,当时实测,它们高于水面的数字是,秦汉郑白渠口 50 多尺,唐朝郑白渠口 13 余尺,丰利渠口七尺,王御史渠口三尺。

王御史渠和广惠渠的引水口都是岩石结构的山洞,凿洞工程十分艰巨,前者断断续续地凿了 26 年,后者也长达 17 年。渠首工程除凿洞外,又都筑有拦水堰。不过宋、元、明三代堰的结构,都不如唐代将军翼坚固,它们是一种石囤[q n 群阴平]堰,用装满石块的竹木容器垒成,属临时性工程,需要经常维修。

无论王御史渠还是广惠渠,溉田面积都不大,最多时约 8000—9000 顷上下。

宋以 $240 \times (5 \times 31.2 \text{ 厘米})^2$ 为一亩,汉以 $240 \times (6 \times 23.1 \text{ 厘米})^2$ 为一亩。一宋亩约为 1.3 汉亩,宋 35000 顷约为汉 45500 顷。不过《题名记》的 35000 顷疑有夸大。

在明代，除引泾工程外，也多少注意到引渭工程的修建，特别是明宪宗成化年间（公元 1465——1487 年）所开的通济渠。这条灌渠西自宝鸡，东至武功，长 210 里，还有南北走向的四条支渠，溉田 1600 多顷。实际上通济渠是对汉、唐时成国渠的部分修复。

到清朝，关中水利发生了重大的变化。由于泾水、渭水、洛水等都含沙量很高，以这些河流作为水源的灌区，沙害越积越重。又由于这些水道的河床不断下切，灌渠引水的难度也与日俱增。上述问题，古代的水工技术很难解决。清朝时，人们只好逐步放弃引泾、引渭、引洛等大型水利工程，而致力于开辟新水源的工作。在渭北，他们开发出大批泉水；在渭南，也凿引一批山溪溉田。不过泉水、溪水的流量都较少，所以以它们作为水源的灌溉工程，规模往往很小。因此，尽管数量多如牛毛，而溉田面积仍然十分有限。不仅如此，中、小型水利抗御水旱的能力也很薄弱，容易成灾。

5 关中“三大惠渠”

关中农田水利的状况急需改善。到近代，由于人们能够建造坚固的混凝土拦河大坝，可以安全地将河水水位提得很高，从泾、渭、洛等河引水入渠，不再成为问题。又由于处理沙害的水平也大大提高，掌握了一整套沉沙、排沙技术。于是从本世纪 30 年代开始，在著名的水利专家李仪祉先生主持下，在关中首先兴建中国最早的新式农田灌溉工程泾惠、洛惠、渭惠三渠。

泾惠渠以泾水为水源。1930 年开工，主要工程有三：一是在泾阳县张家山建混凝土滚水坝一座，以便将一部分泾水拦入引水渠。坝高九米多，基宽 17 米，顶宽四米，长 68 米。二是凿引水渠 11230 米。内有三隧洞，最长的为 359 米。引水渠前段 1800 多米为石渠，用石材砌成，有很强的抗冲刷作用。后段为土渠。引水渠末端建有淀沙池、退水冲沙闸和进水闸。三者的功能分别为：沉淀渠水中的泥沙，排放渠中过多的水和沉淀下来的泥沙，放清水入灌渠。三是在灌区修建灌溉渠道，以改造旧有的渠道为主，将其拓宽和浚深。共修灌溉干渠、支渠 370 公里。整个工程分两期进行，第一期 1932 年完工，开始发挥经济效益。第二期 1935 年完工，实灌泾阳、高陵、临潼等县农田 59 万亩。

洛惠渠以洛水为水源。它是在西汉龙首渠基础上修建的新渠系。施工时，还发现当年龙首渠的一部分竖井遗迹。它开工于 1934 年，渠首在澄城县老 [zhuàng 状] 头村洛水北岸。主要工程有：拦河大坝一座，长 150 米，高 16 米多，底宽 22.5 米，顶宽五米，为混凝土浆砌块石结构。为了加强其抗洪能力，砌成弓面向上的弧形。凿引水隧洞五条，其中铁镰山隧洞长 3070 米，为了克服坍塌，洞内加以衬砌。引水渠全长 20000 多米，渠上也建有淀沙池、退水冲沙闸和进水闸。此外，还要在大荔、朝邑（1958 年并入大荔）两县整治灌溉渠道。由于洛惠渠的工程特别艰巨，再加上经费困难的影响，

直到 1938 年李仪祉积劳成疾逝世，仍未完工。这一工程计划溉田 50 万亩。

在三大“惠渠”中，规模最大的是渭惠渠。这条渠道与历史上的成国渠一样，以渭水为水源，建于渭水中游的北面，1935 年动工。它也是有坝取水工程，拦河坝建在眉县西面的魏家堡。为了加固坝身，除采用混凝土结构外，又在坝脚打钢板桩二道，桩深四米。坝顶长 500 米，高三米多，基宽八米。在北岸开渠引水，建有六孔引水闸，每孔宽 1.75 米，高二米。进水闸下游一公里处设有淀沙池、排洪冲沙闸和进水闸。渭惠渠计划灌溉渭北的眉县、扶风、武功、兴平、咸阳五县 70 万亩农田，需要修建的渠道很长。而且因为渭北北南流向的渭水支流很多，在渠道工程中还必须建造一大批渡槽。其中以横漆水河的渡槽规模最大，长 72 米。渭惠渠建筑物以钢筋混凝土为主，其质量是当时农田水利建设中最好的。1937 年，第一、二两期工程完成，溉田 17 万亩，接着因经费无着，工程长期停顿。

由于财力的限制，李仪祉主持“三惠”工程时，只好采用低标准的建筑方案，如低筑拦河坝，少建蓄水库等。这样，即使工程全部完成了，关中仍然会有大量水资源流失，大片农田得不到灌溉。中华人民共和国成立之后，除完成李氏

未竟之功外，接着又按较高的标准改建三大惠渠。改建后的三大惠渠已经可灌农田 500 万亩，远远超过历史上的最高水平（图 9）。

差不多与建三大惠渠同时，在关中和汉中，李仪祉还修了一批较小的冠以“惠”字的灌渠，如眉县的梅惠渠，周至的黑惠渠，户县的涝惠渠，长安的泔惠渠，沔县的汉惠渠等，加上三大惠渠，合称陕西八惠。

七 宁夏古灌区

宁夏平原的自然条件并不优越，但它却被誉为“塞上江南”和“西北粮仓”，这与当地各族人民不懈地进行水利建设有密切关系。

1 雨水少，河水多

宁夏平原位于宁夏回族自治区的北部，东经 105° — 107° ，北纬 $37^{\circ}30'$ — $39^{\circ}30'$ 。它是一个狭长的平原，西南—东北走向，长 320 公里，宽 10—40 公里，面积 1.7 万平方公里，约占整个自治区的 $1/4$ 。它又可以以青铜峡为界，区分为两个小平原，东北部为银川平原，稍大；西南部为卫宁平原，略小。整个平原由黄河冲积和贺兰山洪积而成，海拔 1100—1200 米，土层深厚，土壤肥沃，土质黏重。

由于这里属于中纬度，而海拔又不算太高，因而比较温暖，以平原中心银川为例，月平均温度一月份较冷，可降到零下 10° 。但到三月份，即升至零度以上。到七月份，月平均高达 24° 。十一月以后，又降到零度以下。从温度看，这一地区适宜于农作物的生长。

不过这里离海洋很远，又处在高地和沙漠的包围中，东面有毛乌素沙地，西面为贺兰山和腾格里沙漠，南面是黄土高原，北面为乌兰布和沙漠，所以空气干燥，降雨量极少。银川有六个月的雨量在 10 毫米以下，其他六个月虽在 10 毫米以上，但所增不多，即使是最高的七月份，多年平均也只有 31 毫米。多年年均降雨量不到 200 毫升。这一点雨量，离农作物生长的需要，有很大的距离。

宁夏平原虽然雨量稀少，不利于农业的发展，但这一不利因素为另一有利的因素所弥补，那就是水量丰富的黄河恰好流经平原的全境，它从平原的西南端流入，到平原的东北端流出。经当代实测，黄河甘肃以上一段，因为支流很多，蒸发量又少，流量极大，在进入宁夏境内时，年径流量为 350 亿立方米，占全河的 75% 左右。因此，只要因地制宜，在平原上兴建水利工程，引黄河水灌溉，宁夏平原的大部分土地，便可垦为农田。

2 秦渠、汉渠

在宁夏平原上，凿渠引水，灌溉农田，可以追溯到秦汉时期。

秦自战国后期起，国力日渐强大。它除重视经营东方和南方外，也很注意开拓西方和北方。它先后打败了西戎义渠和游牧民族匈奴，将领土扩大到

黄河入海口的年均流量为 485 亿立方米，只比它进入宁夏时多 135 亿立方米。中下游所以流量增幅不大，是因为支流较少，特别是下游，蒸发量又很大的缘故。

河套及其西南的广大地区。它为了巩固对这些地方的统治，除派驻重兵、营建西北长城等外，又在当地设立郡县，进行治理。其中北地郡的郡址虽然设在义渠（甘肃庆阳境），但其管辖范围已远及宁夏平原。郡的辖县之一富平县，治所便在今宁夏吴忠县西南，该县的主要管区，就是宁夏平原。秦既在这里筑长城，驻戍兵，派官吏，治百姓，为解决官兵的粮食问题，自然有必要兴建水利，以开发当地的农业生产。

在较早的文献中，找不到秦朝曾在这里兴建水利的记载。不过秦人曾在此凿渠的传说，却广为流传。相传宁夏平原黄河以东的秦渠，就是因为它凿于秦而得名。秦渠又名北地东渠，据说这个名称也与它位于北地郡的黄河以东有关。历史上北地郡的建制，虽然一直延续到唐，但其辖地达到宁夏平原的，只有秦、汉时期的北地郡。秦渠凿于秦朝，还是可能的。除河东秦渠外，据说秦还在河西穿凿渠道，后人称为北地西渠。

到汉朝，宁夏平原的地位比秦朝更为重要。为对付强大的匈奴，汉武帝在西北边陲实行大规模的军屯和移民实边政策。仅移民实边，先后将 100 多万内地居民，迁徙到五原、朔方（两郡都在河套一带）、酒泉、张掖（两郡都在河西走廊一带）北地等西北边郡。北地郡的宁夏平原，由于百姓、军队大幅度增加，一时建起了许多民政、军政机构。秦朝时，这里只设了一个富平

县，到西汉，除富平外，又增设灵武（治所在今银川市北）、廉县（治所在今银川市西）、朔[shùn 顺]卷（治所在今中宁县东北）等县。此外还有浑怀都尉、上河典农都尉等军事性质的机构。由于这里的地位日渐重要，东汉时将北地郡的郡治也移到了富平县。

与这些变化相适应，两汉时宁夏平原上的灌溉工程也增多和扩大了。在河东，相传汉武帝时开了一条新渠，即后人称呼的汉渠或汉伯渠。这条渠道的引水口在秦渠渠首上方，它绕过秦渠的南面和东面，到富平北面回注黄河。《水经注》引《地理志》说：“河水别出为河沟，东至富平，北入河。”这条河沟指的应是汉渠。汉渠的溉田面积要比秦渠大一些。在河西，东汉时凿了两条很长的灌渠，一条叫汉延渠，东汉顺帝永建四年（公元 129 年），由郭璜主持穿凿。相传它是在原来北地西渠的基础上延展而成。另一条由徐自为主持穿凿，它在汉延渠西面，与汉延渠并行向北延伸。因为徐自为官居光禄勋，所以人们又称这条新渠为光禄渠。

可以说，后来银川平原的水利布局，汉朝就已经基本确立了（图 10）。

3 艾山渠、御史渠

关于秦渠，还有另一种说法，认为它是秦家渠的简称，它凿于元朝。

魏晋时，活跃在我国北部和西部的匈奴、鲜卑、羯、氐、羌等，入居黄河流域。起初，他们以放牧为主，黄河中上游的许多农田被改成牧场。畜牧业对水利的要求远比不上农业，许多水利工程，或者因为战争破坏，或者因为长期失修，残破不堪，宁夏平原的古渠，也不例外。到鲜卑族的北魏统一黄河流域后，情况有所变化，农业又受到较大的重视。他们从发展农业经济出发，无论在关中平原或宁夏平原重新注意修建农田水利。

北魏在宁夏平原修建的最重要工程是艾山渠。它由薄骨律镇（治所在今灵武县西南）镇将刁雍主持，修建于太平真君五年（公元444年）。渠首位于富平县西南的汉朝旧渠口下方八里处。当时之所以没有利用旧的渠口，是因为这里河水湍急，河床下切，旧渠口已经引不到河水。而新渠口具有比较优越的引水条件，这里的河心有一个狭长的沙洲，将河道分成东西两股，只要从西岸到沙洲下端建一条不太长的拦河坝，便可将西面那股河水拦入新渠。拦河坝长270步（一步为六尺），宽10步，高四步。所开的渠道，宽15步，深五尺，长40里；以下与旧渠相接，共长120里。这一段旧渠应是汉延渠中的一段。《魏书·刁雍传》艾山渠可灌“官私田四万余顷”。这个数字虽有夸大之嫌，但此渠凿成后，薄骨律镇便有大量粮食外调却是事实，从太平真君七年（公元446年）起，每年向沃野镇（治所在今内蒙古临河县西南）循黄河船运军粮数十万斛。

唐朝，宁夏平原的地位也很重要。它是西北边防重地，长期驻兵、屯田，先则以对付强大的突厥，继而又要防备吐蕃和回纥。安史之乱时（公元755—763年），它还是政治中心，唐朝重建之君唐肃宗便在灵武（治所在今宁夏灵武县西南）即位，唐朝中兴名臣郭子仪便以这里为大本营。从政治、军事的需要出发，唐在这里修建了许多水利设施。见于史籍记载的有光禄渠、御史渠、薄骨律渠、特进渠、尚书渠、汉渠、胡渠、百家渠、七级渠、千金陂等。不过古籍记得十分简单，而且有些地方的说法还不一致，影响我们确切了解当时的渠道情况。

在上述众多的渠道中，以御史渠的溉田面积为最大，宋王应麟《玉海》卷二二三—《郭子仪家传》说，它由郭子仪所开，溉田2000顷。水利史研究工作者认为，开渠时间当在唐肃宗在位期间（公元756年—762年），当时郭子仪与唐肃宗正以宁夏平原为基地，积极部署讨伐安禄山、史思明，以重建唐王朝。研究者还认为御史渠的前身应是始凿于东汉时期的光禄渠，到郭子仪时因光禄渠淤废，所以他才重新加以穿凿。不过，不久这条御史渠就遭严重破坏，《旧唐书·吐蕃传》说，大历十三年（公元778年），吐蕃攻灵武，填塞汉渠、御史渠、尚书渠等水口，以破坏唐军屯田。几十年后，李昕又将它恢复起来。《旧唐书·李昕传》载，在他担任灵州（治所在今灵武

据《元和郡县志》卷四所载，御史渠则是一条溉田面积较小的灌渠，说它与汉渠、百家渠等八条渠道，共溉田500余顷。

县境)大都督府长史时,当地须从外地调入大量粮食,而运输非常困难,他为了用屯田“以代转输”,便在元和十五年(公元820年),修复“废塞岁久”的光禄渠。修复光禄渠就是修复御史渠。

唐朝除光禄—御史渠外,另一条溉田面积稍大的渠道当数薄骨律渠,它位于回乐县(治所在今灵武县西南)南60里,可溉农田1000多顷。另外,特进渠的溉田面积也不小,600多顷。其他一些渠道,溉田面积略小一些。

4 李王渠、唐来渠

从11世纪起,活跃在我国西北的少数民族党项族迅速强大起来。他们的首领李元昊在公元1038年,建立大夏国(宋人称它为西夏),控制着包括今宁夏全部、陕西、甘肃、内蒙古等一部分的大片土地,与北宋和辽形成三国鼎立之势。宁夏平原是夏国的立国基地,它的都城兴庆(今银川市)就在这里,它的50万大军的军粮,主要的也仰仗于此。从立国的需要出发,西夏必须重视这里农田水利的建设。

根据有关资料,大夏国曾在西夏平原上修建许多灌溉工程,其中以李王渠的工程最为有名。李王渠又名昊王渠,是西夏开国之君李元昊在位时(公元1038—1048年)亲自主持修建的。渠长300里。黄河水含沙量大,以黄河水为水源的渠道,容易被泥沙淤塞,必须经常维修。研究者认为,李王渠实际上是将因长期失修而淤塞了的艾山—汉延渠重新穿凿出来。所以在有些书中仍然称它为汉延渠,《宋史》便是这样称呼的,写作汉源渠。源、延声音相近。

除李王渠外,西夏时期宁夏平原上还有一条名叫唐来渠的重要灌渠,它比李王渠更长,约400里。唐来渠有的文献记为唐徕渠或唐凉渠,“来”、“徕”、“凉”,字虽不同,而音相同或相似。西夏的唐来渠,是汉唐以来光禄渠的发展。大概光禄渠在唐朝曾经过两次重建,一次由郭子仪主持,一次由李昕主持,又比较完整地保持到西夏,所以当时人称它为唐来渠。唐来渠和李王渠对西夏农业生产,具有重要作用,《宋史·夏国传》就是这样说的:“其(西夏)地饶五谷,尤宜稻麦。甘(州治今张掖)凉(州治今武威)之间则以诸河为溉,兴(州治在今银川)灵(州治在今灵武境)则有古渠曰唐凉、曰汉源……岁无旱涝之虞。”

1227年,西夏国并入蒙古汗国。原来西夏在宁夏平原上的农田水利,在战争中遭到严重的破坏。在蒙古汗国拥有黄河流域的初期,许多上层人物对农业的重要意义,认识不足,有些大臣甚至向铁木真建议,要求将黄河流域变成牧地。因此,在蒙古汗国时期,不会重视修复宁夏平原的水利。及忽

详见《元史·耶律楚材传》。改农田为牧地的建议,由于耶律楚材反对,铁木真才算没有采纳。当时蒙古军已经占领黄河流域的大部分地方。建议虽然仅指变汉人的农田为牧地,但反映了许多蒙古贵族轻视农

必烈即位，情况发生重大变化，将发展农业提到很高的地位，他在至元元年（公元 1264 年），即正式改国号为元朝的七年前，便派擅长水利的中书左丞张文谦主持西北工作，杰出的水利名家郭守敬随行。

张、郭二人在西北历时三年，大力修复今西北各地被战争破坏的农田水利。据《元史·郭守敬传》载，被他们修复的水利工程，在中兴府路（治所在今银川市）境内的有唐来、汉延等渠，分别长 400 里和 250 里；在西北其他各地的，还有 10 条长度都在 200 里的正渠，和 68 条大小支渠。这些修复的渠道，总共可溉农田“九万余顷”。

除唐来、汉延两渠外，元朝在宁夏平原上修建的灌溉工程还有秦家渠、蜘蛛渠等。秦家渠就是秦渠，在宁夏平原黄河之东。蜘蛛渠在宁夏平原中的卫宁平原上。

5 三大区、十大渠

明、清两代，宁夏平原的农田水利，又有新的发展。

明代，宁夏也是边防要地。当时东起辽东，西到陇西，在明长城沿线，驻守大军，设立九个军事重镇。宁夏一地占了两个，即宁夏镇和固原镇，前者的治所在今银川市，后者的治所在今固原县。明朝又推行军屯制度，边镇驻兵，四成戍卫，六成屯田。为了屯田需要，他们在宁夏平原大兴农田水利。

银川平原，面积大，农田多，所以这里仍是明朝农田水利建设的重点。它曾多次组织力量，既维修旧渠，又开凿新渠。有时工程的规模较大，如弘治七年（公元 1494 年）的一次，凿唐来渠以西的渠道 300 多里。因此，银川平原的灌溉田亩较多，据统计，嘉靖年间（公元 1522—1567 年），仅河西灌区的汉延和唐来以及河东灌区的秦渠和汉渠，灌田即达 13000 多顷。

开辟新灌区，这是明朝建设宁夏水利的特点。明以前，各代对宁夏平原的水利建设，主要的集中在面积较大、耕地较多的银川平原，在这里建起了两个灌区，那就是以秦渠和汉渠为主要灌渠的河东灌区，和以汉延、唐来为主要灌渠的河西灌区。在卫宁平原虽然也有兴建，但规模较小。明朝除注意河东、河西两灌区的建设外，又在较小的卫宁平原上建起了一批具有一定规模的灌溉系统，这样，便开辟了一个新的灌区，即卫宁灌区。在明朝，见于记载的这个灌区的灌溉渠道有蜘蛛、柳青、胜水、石空、七星等 12 条渠道。其中除元朝已有蜘蛛等渠外，其他多是明朝新建。大的渠道，每条可溉田三四百顷，小的百顷左右，总溉田面积为 2000 多顷。

业的态度。

明朝各个时期、各个边镇卫戍和屯田名额的比例，常有变迁，视具体情况而定，或屯、戍各半，或四六开，或三七开等。

清朝，宁夏平原的水利建设，也有不少成绩，特别是康熙、雍正、乾隆三代，相继穿凿了大清、惠农、昌润等一批重要的渠道。大清渠凿于康熙四十七年（公元 1708 年），渠口上离唐来渠渠口 25 里，下距汉延渠渠口五里，渠长 75 里，渠道位于唐来、汉延两渠间，溉两渠间高地 1200 余顷，尾水注入唐来渠。惠农渠凿于雍正四年（公元 1726 年），渠口在汉延渠渠口下方，渠长 370 里，为当时宁夏灌区第一长渠，溉田 2800 余顷。昌润渠也开于雍正四年，乾隆时期又作了两次修理，位于惠农渠下游东面，长 136 里，溉田 1700 顷。

由于清朝除修旧渠外，又凿成一批新渠，因此，当时平原上新旧渠道多达 30 多条，再加上支渠，形如蛛网。其中有 10 条较为重要，号称“宁夏十大渠”。这十大渠有三条在河东灌区，即秦渠、汉渠和天水渠。五条在河西灌区，即汉延渠、唐来渠、大清渠、惠农渠和昌润渠。两条在卫宁灌区，即由蜘蛛渠演变而来的美利渠和七星渠。民国时期，宁夏水利也略有兴建，开了一条规模较大的云亭渠，渠长 100 多里，可溉农田 2000 多顷。十大渠中的天水渠实际上较小，远远不如云亭渠（图 11）。

明清两代和民国时，宁夏灌区的溉田面积，大体上说，都在 20000 顷上下。

如上所述，经过持续不断的水利建设，2000 多年来，使这里一直是我国西北地区重要的粮食产地，被誉为“塞上江南”。不过，在古代，还不可能在像黄河那样大型的河道上，修建拦河大坝，把水位提得很高，而只能无坝取水，用简单的、分劈河面约 1/4 的垒石斜坝导水入渠。结果，因为抬高水位不多，难以将渠道安排在较高的位置上，控灌面积受到严重的限制，溉田长期徘徊在一二万顷上下，无法有较大的突破。同

时，历史上的宁夏水利，也缺乏必要的排水设施。土地盐碱化不断加深。例如银川地名的由来，便反映了这种情况，它不是富产白银的平川，而是到处盐碱，地表色白如银的缘故。中华人民共和国成立后，情况开始好转。青铜峡高坝的修建和渠道位置的调整，使溉田面积很快地增加到 40000 顷以上；排水网的建设，使土地盐碱化的程度也得到减轻。

三渠的长度和溉田面积，各书记载颇有出入，这里仅采用其中较流行的说法。

八 新疆农田水利史

1 新疆的自然环境

新疆位于我国西北边疆，面积 160 多万平方公里，是全国最大的省级行政区。在历史上，它一直是我国多民族聚居的地方。

这里分布着许多高耸的山脉和两个巨大的盆地。中间是西东走向的天山山脉，最高峰约 7000 米，一般在海拔 3000—5000 米。它把全区分为南疆和北疆两大部分。山南为塔里木盆地，平均海拔约 1000 米，面积 50 多万平方公里，是我国最大的盆地。其西面和南面，自西向东，为帕米尔高原、昆仑山、阿尔金山，最高峰 8000 多米，一般为 5000—6000 米。天山以北是准噶尔盆地，平均海拔约 500 米，面积 20 多万平方公里。盆地的北缘为阿尔泰山，最高峰 4000 多米，一般为 2000—3000 米。西缘有阿拉套山、塔尔巴哈台山等。

雨量稀少是新疆地区最严重的问题。由于这里地处亚欧大陆的中心，离太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋都很远，周围又有高山阻隔，海洋暖湿气流很难进入本区内部。虽然，大西洋的暖湿气流，可以沿着北疆西部的一些断谷，进入准噶尔盆地，但是已成强弩之末，十分微弱。因此，天山南北两盆地的雨量都很少。准噶尔盆地稍多一些，年均降雨量也不过 150—300 毫米，塔里木盆地更少，一般只有 30—50 毫米。由于雨量稀少，大片土地变成不毛之地的沙漠。

不过，新疆南北的高山降水量较多，年达 600—800 毫米，山上覆盖着深厚的冰雪。冰雪融化后，或汇成河流，或渗入地下。为了发展农业，历代新疆各族人民，非常重视水利建设，或修建明渠，引河水灌溉农田；或穿凿坎儿井，引地下水滋润庄稼。

2 西域古代的明渠

新疆古称西域。汉武帝派张骞通西域以前，南疆的且末、于阗（都城在今和田境）等国，都已开始栽培谷物，可能有简单的水利工程，引附近的河水灌田。不过南疆大型水利工程的兴建，当从汉武帝时屯田西域开始。西汉后期，随着屯田区的扩大，地面灌渠的建设，便进一步发展起来。

《史记》和《汉书》都记载，汉武帝时，在天山南麓的轮台，“有溉田五千顷以上”。灌溉这样多的土地，水利设施的规模当然不会太小。当代考古学家黄文弼曾深入新疆实地考察，发现阿克苏地区沙雅县境内的地表，仍然可以见到汉代的古渠，长约 200 里。他说，当地人称它为“黑太也拉克”，意为汉人渠。旁有古城遗址，当地人称为“黑太沁”，意即汉人城。1965 年，新疆生产建设兵团的工作人员，在今若羌县东面，发现了一个相当完整的汉朝灌溉网，总干渠从米兰河引水，下分七条支渠。干渠和支渠上建有总闸和

分闸。渠道怀抱米兰古城。据说，这一渠系只要稍加清理，仍可使用。文献的记载，遗迹的发现，表明汉朝时，南疆的地面灌渠建设，已经很有成就。

历三国两晋南北朝到隋唐，西域这种灌渠建设进一步扩大了，特别是唐朝。从很不完备的文献中，我们仍然可以知道，无论在高昌还是巨丽城，都修建起一定规模的灌溉渠道。

高昌位于吐鲁番东南，是唐朝西州的治所，还一度为安西都护府驻地。唐朝很重视这里的水利建设。据吐鲁番出土文书记载，唐在此设有专门水官，负责统筹这里的水利建设和管理；参加水利建设的，不仅有汉人，还有突厥等少数民族。文书还说，在高昌城南有一条渠道，在 20 里内，有 16 处堤堰，每一堤堰都有一条支渠，可见渠道密布的情况。

巨丽城位于塔刺斯河边。玄奘《大唐西域记》中称为坦罗斯城（今哈萨克斯坦江布尔城）。唐朝时，它隶属于安西都护府，有许多唐人在此居住。据载，巨丽城外有一条重要的灌溉渠道，它是安西节度使所属参谋官、太原人王济之领导当地唐人修建的。这一工程质量很好，到蒙古汗国的军队西征到这里时，它还继续发挥作用。蒙古汗国有一位重要大臣耶律楚材，在他西往中亚参见铁木真时，曾亲眼见到这条灌渠，并把它记在《西游录》中。

到清朝，在天山南北所修建的灌渠更多。图伯特、松筠、林则徐、左宗棠等，在这方面都作出了重大的贡献。

乾隆二十年（公元 1755 年—1759 年），清军相继平定阿睦尔撒纳和布拉尼敦、霍集占（即大小和卓）的叛乱。为了加强回疆（当时清对新疆的称呼）的军事力量，乾隆二十九年（公元 1764 年），清政府从东北地区，即盛京（辽宁省沈阳市）将军的管区，调一支军队到伊犁。这支军队由锡伯人组成，包括家属，共 3000 人。他们在伊犁一带，一边驻防，一边屯垦。从屯垦的需要出发，他们以伊犁河为水源，修建了一条长约 180 里的干渠，称察布查尔。察布查尔，锡伯语意为“粮仓”。嘉庆七年（公元 1802 年），锡伯营总管图伯特，又率领本族军民，用八年的时间，在旧渠北面凿了一条新渠。新渠长 200 多里，宽 10 尺。两渠共可溉田 10 多万亩，至今仍在发挥作用。

与图伯特凿察布查尔新渠的同时，回疆最高军政首领、伊犁将军松筠（蒙古族正兰旗人），也在伊犁河北面，进行规模很大的水利建设，既修理旧渠，又穿凿新渠。在一系列的渠系建设中，最重要是引伊犁河支流喀什河（喀什河）为水源的渠道的拓展，修了 170 多里新支渠。后来，它被皇帝命名为通惠渠。《新疆图志》记载，喀什有一条皇渠，溉田 43.7 万亩。有人认为这条皇渠可能就是通惠渠。

道光二十二年（公元 1842 年），清政府将禁烟有功的林则徐谪戍伊犁，“效力赎罪”。林则徐在伊犁深得伊犁将军布彦泰的器重，1844 年授命他与

渠道长度，各书说法不一。另一说旧渠长 150 里，新渠长 100 里。

全庆共同兴办南疆水利。两人组织各族人民，在南疆的和尔罕（今若羌北）、叶尔羌（今莎车）、喀喇沙尔（今焉耆）、伊拉里克（今托克逊西）、库车、乌什、和阗、喀什噶尔等地，经过约一年的努力，修建成数量很多的水利工程，垦地近 70 万亩，成绩斐然。

同治三年（公元 1864 年），中亚浩罕国在英国支持下，派阿古柏率兵侵入我国南疆。接着，俄国也以护侨为借口，强占我国伊犁地区。南北疆许多水利设施湮废。后来，左宗棠统兵入疆，曾纪泽赴俄交涉，在军事和外交双重努力下，大部分失地收复。光绪十二年（公元 1884 年），新疆建省。建省前后，左宗棠和刘锦棠先后在新疆担任军政要职时，都把恢复和发展南北疆的农田水利，作为善后工作的重要内容之一，他们组织士兵和各族人民，在各地修建成许多渠道，开垦出大量的农田。据后来编写的《新疆图志·沟洫志》统计，全区已有干渠 900 多条，灌田面积 1100 多万亩。

3 天山南麓的坎儿井

在新疆，农田水利的设施中，除上述明渠外，还有一类是坎儿井。它是以下水为水源的自流灌溉工程，是雪山前沿、气候特别干燥的斜坡地上最理想的水利设施。

南疆吐鲁番和哈密两盆地，便是最理想的修建坎儿井的地区。它们都位于天山南麓，地下蕴藏着丰富的雪水。盆地有一定的坡度，凿渠将盆地北缘地下的雪水开发出来，便可进行自流灌溉。这里雨量极为稀少，全年只有几十毫米，而气候干燥，年蒸发量高达几千毫米，蒸发量是降雨量的 100 多倍，采用明渠灌溉，渠水多被蒸发，而蒸发对坎儿井的威胁极小。

坎儿井又称井渠，由竖井、暗渠、明渠等几部分组成，每条坎儿井的长度，由一二里到一二十里不等。暗渠是地下渠道，其作用为拦截地下水，并将它引出地面。暗渠每隔一二十米，便在其上立一竖井，井深从几米到几十米，视含水层深浅而定。每条暗渠的竖井，少则几眼，多则一二百眼。它是穿凿、修理暗渠时掏挖人员的上下通道，又有出土、通风、采光等作用，还依靠它来确定暗渠的坡度和方向。明渠将从暗渠中引出的地下水，导入农田，灌溉庄稼（图 12）。

西域何时开始兴建坎儿井？多数学者认为可以上溯到西汉。理由是，自汉武帝起，西汉大力经营西域，并在轮台、渠犂（今库尔勒境）、车师（今吐鲁番境）等地驻兵屯田。这一带雨量稀少，空气干燥，屯田时必须兴修水利，特别是很少蒸发威胁的坎儿井。他们认为，穿凿坎儿井技术，在屯田西域之前，在兴建龙首渠时即已掌握，而车师等地地下水的资源又很丰富，驾轻就熟，完全可以在西域发展井渠灌溉。

据多年实测，吐鲁番年均降雨量为 20 毫米，蒸发量为 3000 毫米，蒸发量是降雨量的 150 倍。

学者们还认为，西汉时井渠技术西传，在史籍中也隐约可见。《汉书·西域传》载，宣帝元康

二年（公元前 64 年），“遣破羌将军辛武贤将兵万五千人至敦煌，遣使者案行表（行军地图），穿卑鞬[d 低]侯井以西，欲通渠转谷……”三国时人孟康对卑鞬侯井加以注释，说：卑鞬侯井，“大井六，通渠也，下泉流涌出。在白龙堆东土山下。”根据这些记载和解释，学者们说，卑鞬侯井就是井渠，白龙堆位于罗布泊东，当时既能用修建井渠来增加漕渠的水量，当然也会在西域兴建井渠灌田。

上述的理由和依据，值得重视。但推论较多，依据也嫌单薄。西汉时，西域是否已用井渠溉田，当有待于地下遗物、遗迹的发现。

与西汉不同，从魏晋到隋唐，有关西域井渠的资料逐渐增多，有文字记载，也有遗迹出土。

新疆水利厅厅长维吾尔·米努甫和新疆人大常委会副主任王鹤亭，各在自己的论文中指出，中华人民共和国成立以来，在新疆一些地方修建水库时，曾发现了一批十分古老的井渠遗迹。米努甫在文中所举的古老井渠遗迹在吐鲁番金胜口水库区。这条古井渠长约 100 米，已经干涸；有七个竖井，每个竖井相隔约 10 米；暗渠出口处，有一段已坍塌成明渠。与古渠遗迹同出的还有古陶和古城等。经鉴定，属于魏晋时文物。这条古老井渠，当有一千五六百年的历史。

王鹤亭所论述的古老井渠，位于高昌故国东面，鄯[shàn 善]善县鲁克沁西北。这里发现的不只在一层面上的三条废弃的井渠，而且在三条古井渠下面，还有许多废弃井渠。这批古井渠竟毁灭了一个新水库。王鹤亭说，中华人民共和国成立后，在这里建了一座名叫“海洋”的水库。蓄水不久，即由漏水溃决。“经检查，是由于水库下面埋有三道废弃的老坎儿井。经过很大的工程回填后，再次蓄水，又发生了决口，原因是深处还有很多废弃的老坎儿井，修不胜修。”新水库只好报废。文章认为，修建这批坎儿井的时间，约在 1000 年以上，相当唐朝前后。

唐朝，吐鲁番已有井渠，不仅见之于遗迹，还见之于第一手文献资料——《吐鲁番出土文书》。如高昌县阿斯塔那唐墓出土的有关田产的文字，就不止一次地提到井渠、胡麻井渠等名称。其中“胡麻井渠”的规模似乎不小，可灌高昌城北和城西的农田（图 13）。

高昌国建于公元 460 年，公元 640 年为唐所灭。都城在今吐鲁番东南。

米氏和王氏的论文，分别题为《新疆坎儿井研究》和《新疆坎儿井的研究》，收录在《吐鲁番坎儿井》一书中，新疆大学出版社 1993 年版。

“胡麻井渠”，目前有两种读法。一是“胡麻”连读。两字连读，这一名称可释为“井渠”。一是“胡麻井”连续。三字连读，这一名称可释为普通的明渠。何是何非，有待考古工作者深入现场核实。

宋、元、明三代，有关新疆井渠的资料，目前掌握较少，特别是宋、元两代。至于明代，80年代普查时，已发现了一批。以新疆坎儿井最多的吐鲁番市为例，在445条新旧坎儿井中，历史在350—500年的，有10多条。应该说，它们都是明朝修建的。

清朝新疆的水利建设很有成就，无论是普通灌渠，还是坎儿井。特别是清朝后期，由于林则徐、左宗棠等人的努力，发展很快。

有如前述，林则徐在远谪回疆期间，曾受伊犁将军布彦泰之命，与喀喇沙尔办事大臣全庆共同建设南疆水利。他们除在那里修建许多明渠外，又大力扩展坎儿井工程，由吐鲁番扩大到托克逊、伊拉里克等地。后来，林则徐虽被清政府调回内地，但他开始的这一扩展坎儿井工作，仍然得到新任的伊犁将军萨迎阿的重视和支持，终于使吐鲁番盆地的官坎，由原来的30多条，增加到100多条，并使托克逊与吐鲁番一样，成为坎儿井比较密集的地区。在修建官坎的推动下，民间也纷纷修建这种工程。到19世纪60年代前期，吐鲁番、托克逊的官坎、民坎多至800余条，鄯善也有300多条。

回疆坎儿井第二次大发展在1878年左宗棠粉碎阿古柏入侵之后。由于左氏把恢复、发展回疆水利，作为善后工作的重要内容之一，所以在短短的三年中，当1881年，他调离回疆时，便已取得了显著的成绩，除修复吐鲁番的官坎外，又在其他一些地方，如连木沁（吐鲁番盆地东部）、鄯善等地，新建官坎185条。当时百姓重建民坎的积极性也很高。10年以后，连木沁以西的吐鲁番盆地上，建成的“坎儿以千百计”。

清朝新疆坎儿井的发展，虽然与林则徐、左宗棠等一批官吏的推动有关，但是更主要的是当地维吾尔族、汉族、回族等人民辛勤劳动的结果。其中维吾尔族人的贡献尤大，可以说大部分的坎儿井，都是他们穿凿的。

不仅如此，研究者认为，坎儿井工程的重要结构之一——涝坝，也是维吾尔族人民创造的。古代的井渠，主要由暗渠、竖井、明渠三部分组成。维吾尔族发展了坎儿井的结构，又增加了“涝坝”。涝坝是维吾尔语，其含义与汉语中的蓄水池相当。涝坝具有重要的作用。一是蓄水。它位于暗渠的出口处，可将冬季从暗渠中流出的水储存于此。新疆冬季气温太低，农业生产停顿，而坎儿井却在继续出水。涝坝便可将冬水储存起来，可供来春使用。二是晒水。这里的地下水，主要来源是融雪，水温很低，如从暗渠引出，立即循明渠灌溉农田，低温便会严重影响庄稼发育。引出的水，只有先储存在涝坝中，经过晾晒后，再灌溉农田，才利于作物生长。三是便于统一调配农田用水。涝坝的创建，使坎儿井工程更臻完备。

目前，吐鲁番和哈密两盆地的坎儿井共约1000多条，暗渠的总长度约

80年代，吐鲁番、鄯善、托克逊等县市，都普查了各自境内的坎儿井。其中建井年代，以吐鲁番市的普查实录最为清楚。三地普查实录，见《吐鲁番坎儿井》一书的附录。

5000 公里，可与历史上的万里长城和京杭大运河媲美。

九 古代治“河”工程

黄河中下游，辽阔坦荡，属冲积平原。土地肥沃，“厥土惟黄壤，厥田唯上上”。气候属温带亚湿润区。它是中国古文明的摇篮，史前的西侯度文化、“蓝田人”文化、“丁村人”文化、仰韶文化、龙山文化，历史时期的夏商周文明、秦汉文明、隋唐宋文明等，都在这里或以这里为中心发展起来。但是，黄河下游的河道又以“善淤、善决、善迁”著称于世，所以治河又始终是中华民族历史上的大事之一。

1 史前治河的传说

在古代，“河”是黄河的专称。我国史前，有许多有关治水的传说，如共工治水、鲧[g n 滚]、禹治水等，这些，主要的都是对黄河下游的治理。

共工氏既是人名，又是氏族部落名，相传是神农氏的后裔，在共地（今河南辉县境）从事农业生产。黄河东出孟津后，流到共地折向东北，注入河北南部的大陆泽，然后再分成多股，汇入渤海。由于共地位于黄河拐弯处，除黄河外，附近还有共水、淇水等，所以水灾较多，须经常治理。《国语·周语》说，共工氏治水的方法是，“壅防百川，堕高堙庳”，即在许多河流上修建堤防，用高处的土将低处垫高。古人认为，共工氏在治水和治土两方面都很出色。据说，后来被祀奉为土地神的句龙，就是共工之子；协助大禹治平洪水的四岳，也是共工的后人。

传说继共工之后与洪水作斗争的代表人物是鲧和禹。远在距今约 5000 年的炎帝、黄帝时代，散布在黄河流域的许多部落，已经结成联盟。这便是后人所称的“炎黄部落联盟”。结盟后，对大自然斗争的能力，大大增强了。几百年后，当尧、舜相继担任这个联盟的首领时，黄河中下游洪水泛滥，“怀山襄陵，浩浩滔天，下民其咨”。（《尚书·尧典》）这次洪水，淹没了平地，包围了山陵，百姓叫苦不迭。于是，尧命令居于崇（河南嵩山）的部落首领鲧负责治水。崇离黄河不远，鲧部落也很熟悉水性。但是，鲧的治水方法比较片面，只用修堤筑围办法堵水，没有更多地采用疏导手段，所以尽管他治水也很努力，但毕竟洪水大猛，堤围溃决，以失败告终。

接着，由鲧的儿子禹领导治水工作。禹的治水事迹，古籍中留下许多传说，归纳起来，有这样一些主要内容。一是他联合各方面的人与自己一起治水。据载，与禹一起治水的有以益为首的东方部落，后来的商族就是由这个部落发展起来的。还有以稷为首的西方部落，他们是后来周族的祖先。此外，又有对治水经验十分丰富的共工氏后裔四岳。后人认为联合各部落一起治

又名巨鹿泽、广阿泽。在今河北隆尧、巨鹿、任县三县间。它汇聚太行山区之水，下流泄入漳水。古黄河也注于此，再分多股入海。古为“十薮”之一，今已淤为平地。

水，是禹取得成效的主要原因。二是禹本人的身体力行和以身作则。《韩非子·五蠹[dù 妒]》说，禹“身执耒耜，以为民先，股无胈[bá 拔]，胫不生毛”。就是说他身先百姓，投入艰苦的劳动，腿上的汗毛都被磨掉了。还记载说，他公而忘私，在治水的过程中，三次经过自己的家门，听到儿子的哭声，也没有进去探望。三是治水方法比较科学合理。据说他发明了测量工具“准绳”、“规矩”，以测定地势高低，作为施工的依据。他从实际情况出发，吸取前人的经验教训，采用以疏导为主，辅之以拦蓄的综合治理的方法。所谓疏导，就是“疏川导滞”，疏通河道，导泄积水。所谓拦蓄，就是“陂障九泽”，拓建湖泊，便于将水汇于低地。他们经过 13 年（一说八年）的共同努力，终于将洪水治平了。

在古代，不仅中国，还有许多国家都有治水的传说。由于那时人们的力量有限，在洪水面前显得软弱无力，所以其他各国的治水传说，多以失败告终。或者说他们的人民全被洪水吞没了；或者说，只有少数人幸存下来。中国则不同，虽然也遭到一些挫折，但以胜利结束，并通过治水，使自己进入文明时代。

人们认为，这一治水传说，反映了原始社会末期这样的一些情况：当时农业已有初步发展，聚落增加，先民们逐渐由高地移居平原和河边；从农业灌溉的要求出发，从聚落的安全出发，都需要治水，即修建排灌工程和堤围工程等。

2 下游大堤的形成

春秋中期，在黄河下游的今河北省冀中，曾发生了一个颇为滑稽的故事，强大的齐国将自己在这一带与燕国接壤的一片土地，割让给弱小的燕国。割地的来龙去脉大致这样：周惠王十三年（公元前 664 年），散居在今燕山等地的山戎族南下骚扰燕国。齐桓公答应燕国国君庄公的请求，率领齐军打败山戎。庄公非常感激，在桓公凯旋归国时，躬身远送，不知不觉送出燕国国境，进入齐国领土。桓公便将燕君到达的那片齐地，让给燕国。

齐桓公为什么把自己的这片土地割让给燕国，这当然与他当时正在大力推行挟天子以令诸侯的“尊王”政策有关。周天子规定，诸侯迎送天子，必须出国门；诸侯之间迎送，不得出国门。桓公知道，要证明自己真正“尊王”，必须遵守这条规定，决不能以天子自居让燕君送出国门，否则，诸侯们便会认为自己的“尊王”号召是一个骗局。但是，当时的事实是，燕君已经送他出了国门，进入齐国境内。在这种情况下，为了表明齐、燕两君并未越轨，桓公只好将燕君进入的这片齐地，割给燕国。庄公远送桓公，是一次很隆重的行动，为什么会发生错误，超越国界，这当然不是齐、燕两君有意违反国王的规定，是因为齐燕两国在冀中一带以黄河为界，而当时黄河下游河道十分混乱，分成多股（《禹贡》称为“九河”）入海，其主要河道又常常南北

摆动的缘故。那时，黄河下游河道所以很不稳定，主要原因是因为两岸的堤防尚未建成。

从春秋起，铁器的使用日渐普及，社会生产力明显提高，进一步开发土地，扩大耕田面积，已经成为可能。同时，因为人口也在不断增加，人们也需要增加耕地。黄河下游的近河地带，土壤疏松肥沃，很适宜于农作物的生长，于是人们纷纷来此建立家园，垦辟农田。与安家立业同时，人们也在这里的黄河两岸，因地制宜，由西向东，由小到大，由局部到整体，逐步修建黄河大堤。

根据有限的资料，黄河下游的河堤工程，在春秋时已着手兴建了，特别是在下游偏西一带，即相当于今天的豫东、鲁西、冀南等地。而且还发生一些纠纷。因此，在当时一些诸侯的盟会上，对这一地区修建河堤，不得不作一些有关筑堤的规定。如公元前 651 年，在齐桓公主持下，由齐、宋、鲁、卫、郑、许、曹等国诸侯参加的葵丘（宋地，今河南兰考东）盟会上，就制订一条“无曲防”的盟约，要求与会各诸侯国遵守。这就是说，各国诸侯在本国黄河两岸筑堤时，必须顺应黄河的自然流向，不能用筑堤把黄河曲引到邻国，以邻为壑。在诸侯的国际会议上，对修建黄河河堤作了这样的规定，反映了这一带的诸侯们正在纷纷建造河堤，并利用河堤作“以邻为壑”的勾当。

到战国中期，七雄中的齐、魏、赵三国，有一段国界以黄河为界。齐在东南，地势较低，为了防备河水灌齐，在沿离河道不远处，建起了黄河长堤。魏、赵两国虽然地势比齐略高，但由于齐国筑起了长堤，黄河泛滥，洪水势必漫入自己国境，因此，两国继齐之后，也各在自己的境内，在离黄河沿岸不远处，建造了长堤。这样，黄河下游的南北大堤，在春秋战国时陆续建成了。

由于这一南北大堤的兴建，黄河下游的干流正式形成，河床比较稳定。大致说，这段干流，西起河南的荥阳，向东北行，穿过今浚县、濮阳、内黄等县境内，进入今河北省的大名和馆陶，山东省的临清、高唐和德州，以及河北省的沧州和黄骅，注入渤海。堤防的修建，河床的稳定，洪水泛滥得到控制，到这一带安家立业的人更多，因此，本来较少人烟村落的冀中平原，面貌逐渐改变，到战国后期，便涌现出了如安平（今县）、饶（今饶阳东北）、高阳（今高阳东部）、武遂（今徐水县西北）、武垣（今肃宁县东南）、平原（今平原南部）麦丘（今商河西北）、饶安（今盐山县西北）等近 20 个城邑。堤防的兴建，为这一地区的开发创造了条件。

3 王景、王昊治河

黄河流经黄土高原，黄土疏松，即使植被良好，也会有一部分泥沙随水带到黄河下游，抬高河床。秦汉时期，开拓西北边疆，原属游牧区的黄河中

游许多地方，被垦为农田。这些土地的垦辟，虽然提高了农业生产，但也加剧了水土流失，使黄河下游河床淤高的速度加快。到西汉时，一再发生决口，特别是王莽始建国三年（公元 11 年）的一次大决，导致今豫东、冀南、鲁西北大片土地被淹。河道紊乱，除循汴渠、济水等水道东流外，还有一股到千乘（山东高青县东南）入海（图 14）。

对于这次黄河决口、河道南摆，要否治理，东汉初年的地方官吏态度截然不同。改道后黄河所经地区的官吏，主张迅速堵塞决口，使黄河回归旧道。而黄河旧道一带的地方官吏竭力反对，认为应顺其自然，主张维持现状。东汉朝廷不知所从，治河工程遂被拖延下来。后来，灾区人民十分不满，纷纷指责朝廷。群众的压力很大，永平十二年（公元 69 年），东汉明帝才派王景、王吴治河。王景“广窥众书，又好天文术数之事，沈深多技艺”。（《后汉书·王景传》）他特别“能理水”，曾与王吴合作，用“堦流法”治理浚仪渠很有成效。因此，东汉朝廷便授命他们两人治河治汴。治汴工程已见本书第一部分“周、秦、两汉运河”。治河工程据《后汉书·王景传》载，主要有疏浚河道、修建堤防和建立水门等。

这次王景、王吴治河，所确定的以后黄河下游水道，上起荥阳，下到千乘海口，共长千余里。他们所以确定这一水道作为黄河干道，当与这条水道沿线地势较低和水道本身又较径直有关。但是它的绝大部分河段毕竟是决口后漫流形成的，有些段落，河道难免浅窄和弯曲，只有经过改造，才能减少决口和泛滥。因此，必须进行“凿山阜”、“破砥绩”、“疏决壅积”等。山阜当指阻挡河流的高地。因有高地阻挡，河道或者被约束得很窄，或者只能绕弯而行，变得比较弯窄。砥绩和壅积指的是堆积在河道中的岩石和泥沙，河道中存在着这些东西，行水当然不畅。要将千余里的黄河下游河道，改造得比较宽深通直，工程量很大。

筑千里长堤的工程同样艰巨。黄河携沙量大，河道因泥沙沉积容易南北摆动。黄河年水量变率很大，汛期水量往往是平时的几十倍，四处漫溢。在这种情况下必须修建河堤，否则，对沿岸人民生命财产的为害极大。因此，建筑自荥阳至海口的千里黄河长堤，便是他们这次治河的又一重点工程。看来，无论在南岸或北岸，都建成重堤，即有如明代潘季驯的缕堤和遥堤。因为史料告诉我们，当时他们筑堤时是“十里立一水门，令更相洄注，无复溃漏之患”的。“十里立一水门，令更相洄注”，只有在双重堤防的条件下，才能实现，才可将河水从内堤的上游水门流出，又可因外堤的阻挡，流出的

“（永平十二年），夏，遂发卒数十万，遣景与王吴修渠。筑堤自荥阳东至千乘海口千余里。景乃商度地势，凿山阜，破砥绩，直截沟洄，防遏冲要，疏决壅积。十里立一水门，令更相洄注，无复溃漏之患。景虽简省役费，然犹以百亿计。”（《后汉书·王景传》）这是今天能够见到的关于他们治汴治河最详细的记录。

水，从下游的水门回注河中。修建重堤，工程更是巨大。但它却有利于将洪水中的泥沙沉积于内外堤之间，既加固了堤防，又延缓了河床的淤高。

王景、王吴治河的工程虽然非常浩大，但进展比较顺利，从永平十二年（公元 69 年）四月开工，到第二年四月，便全面完工，历时仅仅一年。由于工程浩大，经费支出当然十分可观，王景记载，“景虽减省役费，然犹以百亿计”。

经王景、王吴的治理，这段河道在以后很长的历史时期中，决口的次数大大减少了，安流了 800 年左右，河道没有大迁，到北宋初年，它才北迁到天津境内入海。对于以“善淤、善决、善迁”的黄河来说，安流得这么久，可以说是历史奇迹。人们认为，创造这个奇迹，有许多原因，其中最重要的一条，便是王景、王吴所确定的这条河道，地势较低，流路较直，和工程质量较高的缘故。

4 贾鲁挽河南流

经过长期的泥沙淤积，王景、王吴治理的这条原来地势较低、河床较深的河道，又被逐渐抬高了。到唐朝，决口泛滥开始增多。到北宋庆历八年（公元 1048 年），河决濮阳东面的商胡埽[sào 扫]，终于导致一次重大的改道，向北流经馆陶、临清、武城、武邑、青县等地方，至今天津市境入海。南宋建炎二年（公元 1128 年），金兵南下，东京留守杜充妄图用河水拦挡，决开黄河南堤。军事目的并未达到，却酿成豫东、鲁西、苏北的大灾，黄河下游河道再一次大迁徙，夺泗水、淮水河道，与泗、淮合槽入海。

这条由人工决口形成的黄河下游新道，问题很多。从决口到泗水一段，系在泛滥中形成，河床很浅，极易漫溢成灾；泗水以下一段，河道狭窄，又有徐州洪、吕梁洪之险，很难容纳黄河汛期洪水。因此，从金代起，它频繁决口和泛滥。元至正四年（公元 1344 年），黄河在山东白茅堤的决口特别严重，水灾遍及豫东、鲁西南、冀南等地，不仅危及人民生命财产，而且冲毁了会通河，切断了南粮北运的运河航道。元朝政府遂下决心治河。

河决白茅堤后，贾鲁是主张彻底治河的大臣之一。在如何治河的问题上，他主张堵塞白茅堤决口，挽河南流，回到泗水、淮水旧道，东入黄海。挽河南流，工程量很大，但对保运有利，符合元朝政府的要求。于是，元顺帝于至正十一年（公元 1351 年），命他为工部尚书，率领汴梁、大名等路民夫 15 万，庐州等地戍兵二万，开往工地。工程于当年四月正式开始。

大体上说，贾鲁这次治河的施工顺序，先治理白茅堤决口以下的黄河旧

著名的历史地理学家谭其骧教授认为，王景治河以后，黄河安流的时间较长，还有另一重要因素，即三国两晋南北朝时期，黄土高原上的植被保存较好，黄河携沙量大大减少。参见《长水集》下，1—32 页，人民出版社 1987 年版。

道，再堵塞白茅堤决口。这是由于治理旧道的工程量很大，要浚深展宽河床，要截弯取直，要修建堤防等，只有在堵口之前，在河床干涸的情况下，最便于施工。但是，将堵口工程安排在后期，又会遇上七—九月间的黄河汛期，而汛期堵口，非常艰难，是治河大忌。由于贾氏事先对堵口工程制订了详细的方案，作了周密的准备和部署，因此，堵口工程和疏浚工程一样，都进行得比较顺利。当年十一月，全部工程竣工。先后疏浚黄河故道 280 余里，修筑堤防 700 多里，堵塞治理大小决口 107 处。工程量如此巨大，耗时仅为八个月，很不容易。治理后的河道流路，大致说，经今封丘、曹县、商丘、砀山等县市境内，徐州以下，循泗水、淮水河道，注入黄海。

贾鲁是一位勇于负责、敢于创新的水利官员，当时白茅堤决口宽 400 步，中流深三丈余，波涛汹涌，极难堵塞。他采用一系列的创造性措施，加以解决。第一步是在决口上方穿一直河，以代替原来比较弯曲，其主溜直冲决口的一段河道。这就大大地降低了堵口的难度。第二步是在决口上方的直河上，修建了刺水堤和石船斜堤，尽量把河水导向对面。这就进一步降低了堵口的困难。最后，终于顺利地完成堵口，实现了挽河南流的任务。这些新技术，在堵口工程上，具有很大的意义（图 15）。

贾鲁勇于负责，敢于创新，并在治河上的成就，人们基本上都予以肯定。但是，由于他施工过急，“不恤民力”，强制人们夜以继日的劳作，使这次治河成为元末农民大起义的导火线，也受到了人们的非议。贾鲁治河，虽然存在着一些缺陷，但成绩还是主要的。下面一诗，便反映了后人对他的基本看法。

贾鲁治黄河，恩多怨亦多。
百年千载后，恩在怨消磨。

5 潘季驯束水攻沙

元亡明兴。由于新旧朝代的交替，黄河一度失修。明初河患又严重起来，豫东、鲁西、冀南、苏北等许多地方被淹，会通河一再被毁。漕运对京师用粮和政局稳定具有重要意义，保运便成为明朝治河的一条基本准则。

从保运出发，明朝前期，治河实行北堵南分的方针。北堵，就是在黄河下游的北岸，修建一条力求坚固的长堤，防止黄河北决和北迁。因为北决北迁，都会破坏会通河的航道，切断南北漕运。而南决和南迁，黄河可以循泗

石船斜堤由 27 艘装满石块的船构成，它们排成三行，与白茅口成斜线，沉于白茅口上方。它将直河的河水挑离白茅口，从而使堵口工作得以顺利进行。

原诗见蒋仲舒《尧山堂外记》，此处转引自武汉水利电力学院《中国水利史稿》中册，第 307 页，水利电力出版社 1987 年版。

水、淮水入海，对漕运威胁较少。南分，就是让黄河分道南下，沿贾鲁旧道以及涡水、颍水等，循淮河东入黄海。他们认为河合势大，渲泄不畅，便会溃堤泛滥。河分势弱，流水通畅，不易溃决。明朝前期，主持治河的主要官吏徐有贞、白昂、刘大夏等，都执行这一方针。徐有贞还做了这样一个实验，比较一孔壶和五孔壶泄水的速度，用后者快于前者的事实，来证明分流排洪比独流排洪效果更好。并因此而取得了皇帝对这一治河方针的支持。

从短期看，北筑堤，南分流，确实有利于保漕和排洪，并也取得了一定的成效。但是黄河的问题不仅是水患问题，水患是个表象；由于河水多沙，泥沙堵塞河道是个根本问题。而分流必然流速缓慢，泥沙容易沉淀；从长远看，抬高河床的速度一定加快，必然导致更为严重的洪灾。明朝后期，这个问题充分暴露出来，黄河下游决口非常频繁，洪灾沙害空前严重。在这种情况下，于是有潘季驯等人另辟蹊径的新的治河方法。

这种治河新法，后人称为束水攻沙法。它最早由虞城（山西平陆县东）一位不知名的秀才提出，总理河道的万恭首先加以试用，潘季驯使之进一步完善，并广泛推行。他们认为，偌大一条黄河，水中含沙量很高，而且源源不断地随水东下，人力有限，排不胜排。而水力无穷，将它集中起来攻沙，有如“以汤沃雪”，便可迎刃而解。潘季驯主持治理黄河的时间很长，他以束水攻沙为核心，在工程上采取了一系列的措施，主要的有以下几个方面。

（1）“塞旁决以挽正流”。虞城秀才认为，“水合则势猛，势猛则沙刷，沙刷则河深”。潘季驯完全同意这种看法。因此，他在治河时，虽然继续推行北堵的方针，但反对听凭河水分流南下，而代之以“塞旁决以挽正流”的方针。“塞旁决以挽正流”，就是将从决口旁出的河水堵住，使河水集中到干流中来。潘季驯曾先后四次主持治河工作，历时 20 年，他相继堵塞了数以百计的黄河决口，终于结束了长期以来黄河下游多股分流和洪水横溢的局面，使河水集中到贾鲁故道。这一工程不仅便于集水攻沙，更主要的是它立竿见影地使黄泛区人民从水灾的困扰中解脱出来。

（2）筑近堤以束水攻沙，筑遥堤防洪水泛滥。他们认为“筑堤束水，以水攻沙，水不奔溢于两旁，则必直刷乎河底”。因此，除堵决口外，以主要力量在黄河下游的河道两岸，紧逼水滨，建筑坚固的堤防。这两道南北大堤被称为近堤或缕堤，是束水攻沙的最主要工程。不过由于南北两堤逼水太近，即使建得非常坚固，如遇特大洪水，黄河也会溃堤泛滥，酿成洪灾。为了防范，他们又在南北缕堤之外，再各筑一道远堤，又称遥堤。这种近、远双重的河堤，普遍修建于黄河下游（接近海口的河段除外），其中的某些险要河段，于近、远堤外，又建有月堤加固。后来，为了使漫出缕堤的洪水，不致沿着遥缕两堤奔流，左右破坏两堤堤防；为了让泥沙沉积于两堤之间，以加固堤防，并使清水回到大河之中，以加强攻沙力量，又于两堤之间修建了挡水的格堤。此外，还在长堤上建有溢流坝，以便进行有控制的排洪。潘氏的堤防工程比较完备，在攻沙、防洪等方面起了一定的作用（图 16）。

(3) 蓄清刷浑。黄河、淮河会于清口(今江苏省清江市西南),以下黄河与淮河合槽。淮河含沙量较少,水清,为了加强冲沙力量,潘氏又加高、加厚高家堰大堤,将淮水拦蓄于洪泽湖,提高洪泽湖水位,使清水可以顺利入河,借清水之力,冲刷浑浊的黄水。认为,这样清口以下的河道,便会更为通畅。这一工程效果不大,因为淮河水少,不敌黄河,清水很难顺利入河,而高家堰大堤过高,淹地太多,也会给淮南地区造成严重的威胁。

以束水攻沙为核心的潘氏治河,总的来说,成绩还是不少的,他治理了明前期以来的黄河下游水患,使黄河泥沙淤积的速度放慢,黄河决口和泛滥的频率减少。但黄河的情况非常复杂,不能只靠束水攻沙,治河必须从全局出发,因地制宜,采用多种方法,效果才能更为显著。更何况黄河水量变率极大,涨落悬殊,建立宽窄恰到好处,既可束水攻沙,又不泛滥成灾的大堤,几乎是不可能的。随着时间的推移,黄河下游后来还是成为地上河。

6 靳辅、陈潢治河

所有的水利设施,都必须勤于维修。黄河多沙,这里的水利设施更是如此。明清之际,因为改朝换代,黄河堤防失修,洪沙灾害,又非常严重。据统计,从顺治元年(公元1644年)清朝建立,到康熙十五年(公元1676年),33年中,发生严重决口的竟有23年;豫东、鲁西、冀南、苏北等地洪水横流,南北漕运一再中断。康熙十六年,当时尽管吴三桂等“三藩之乱”尚未最后平定,清政府还是任命靳辅为治河总督,主持治理黄河和运河。

陈潢是靳辅的幕僚,平时重视调查研究,知识渊博。在治河方面,他虽与前人一样,主张“必以堤防为先务”,强调筑堤的作用,但他又力主治河方法多样化,认为必须因地制宜,并说“或疏、或蓄、或束、或泄、或分、或合,而俱得自然之宜”。后来,他甚至提出,阻止泥沙下行,是治河之本。萌发了后代保持水土的思想。这一思想虽然一时未被当时人们所重视,但他的其他治河主张,却被靳辅在治河实践中采用了。

靳辅、陈潢治河,主要措施与潘季驯基本相同,即筑堤束水,以水攻沙。但筑堤范围要比潘氏广泛,除修复潘氏旧堤外,又在潘氏不曾修建的河段加以修建。如河南境内,他们认为“河南在上游,河南有失,则江南(原文为南字,当为北字之误)河道淤淀不旋踵”。因此,在河南中部和东部的荥阳、仪封、考城(仪、考都已并入兰考)等地,都修建了缕、遥二堤。又如在苏北云梯关(今滨海县县治)以东,潘氏认为这里地近黄海,不屑修建河堤。而靳、陈认为“治河者必先从下流治起,下流疏通,则上流自不饱涨”。因而也修建了18000丈束水攻沙的河堤。

但靳、陈治河除上面所说的与潘氏有异同外,还在许多方面超过了潘氏。潘氏只强调筑堤束水,以水攻沙,而靳、陈除了也很强调束水攻沙外,

又十分重视人力的疏导作用。他认为三年以内的新淤，比较疏松，河水容易冲刷，而五年以上的旧淤，已经板结，非靠人力浚挖不可。他们不仅注意人力浚挖，还总结出一套“川”字形的挖土法。其法，在堵塞决口以前，在旧河床上的水道两侧三丈处，各开一条宽八丈深沟，加上水道，成为“川”字形。堵决口、挽正流后，三条水道很快便可将中间未挖的泥沙冲掉。“川”字形挖土法，可减轻挖土的工作量，挖出来的泥沙，又可用于加固堤防。在疏浚河口时，他们还创造了带水作业的刷沙机械，系铁扫帚于船尾，当船来回行驶时，可以翻起河底的泥沙，再利用流水的冲力，将泥沙送到深海中。这是我国利用机械治河的滥觞。

靳、陈等经过 10 年不懈的努力，堵决口，疏河道，筑堤防，成绩超过前人。以筑堤为例，累计筑了 1000 多里。这样，不仅确保了南北运河的畅通，也为豫东、鲁西、冀南、苏北的复苏，创造了条件（图 17）。

靳辅、陈潢等虽然在治河工作中取得了重大的成就，但不久，却遭到坏人陷害，受到不公平的待遇。当他们基本上治平河患后，黄河下游一些因洪水泛滥而无法耕种的土地可以耕种了。一些有政治后台的豪强们，利用权势，纷纷霸占这些土地。靳、陈加以制止，并用这些土地募民屯垦。认为这样做，一可以安置流民，二可以增加治河经费。结果，遭到了豪强们的诬告，诬以“攘夺民田，妄称屯垦”。结果，靳辅被罢官，陈潢被下狱。

为了开发黄河下游，为了这一地区人民生命财产的安全，元、明、清三代还为了保运，千百年来，人们与黄河的水沙灾害，进行着顽强的斗争。他们取得了许多成就，为这一地区经济、政治、文化的繁荣，提供最必要的保证。但黄河下游水沙灾害的根源不在下游本身，而是在中上游，特别是中游。然而古人对这个问题缺乏认识，或认识不深，将全部力量放在下游。只知筑堤、浚河等，不知治本、治理中游的水土流失，所以受到很大的局限。只有统筹安排，综合治理，

以中游为主，兼及上游和下游；以保持水土为主，兼及建水库、筑堤防、浚河道，才能取得更好的效果。

十 苏、沪、浙海塘史

1 苏、沪、浙沿海的潮灾

我国江苏、上海、浙江三省市沿海都有潮灾。特别是从浙北到苏北，因为地势低平，大部分地区潮水汹涌，潮灾更多更重。

苏北和浙北，都属冲积平原。12世纪，苏北海岸线尚在今盐城县治到东台县治附近，后来，由于黄河和淮水泥沙的沉积，到19世纪，仅700年，便把大片海域变为平原，海岸线东移了50到60公里。在苏南，公元4世纪，海岸线约在今嘉定县治到奉贤县治一线附近，以东便是汪洋大海。由于长江和钱塘江的泥沙堆积，到12世纪，海洋后退了，海岸线东推到川沙、南汇一带。那就是说，今日沪东大部分土地，都在这七八百年中淤积而成。浙江绍兴萧山以北一带的情况也是如此。由于钱塘江泥沙的沉积和潮水对泥沙的搬运，海岸线也在北推，平原也在扩大。这些冲积平原的海拔很低，一般只有几米，有些地方甚至低到二米上下。

冲积平原的土壤松软，含有丰富的有机质和矿物质，非常有利于农业的发展。所以当它成陆不久，人们就较快地将它开发成高产农田。宋、元、明、清以来，松江、嘉兴等府，成为我国重要的产粮区，即与此有密切的关系。又由于它濒临大海，具有优越的生产海盐的条件，所以苏北长期以来，都是我国海盐最重要的生产基地之一。钱塘江南北也是如此。

但是，从浙北到苏北一带的沿海，都有较大的涌潮，它往往又会淹没新淤成的土地。特别是杭州湾和长江口的涌潮。钱塘江口和古代长江口（崇明岛没有形成以前）都很宽大，从南端到北端，分别各在200公里上下，口内则急剧缩小，形如喇叭，江底还有沙坝隆起。这样的河口结构，在后浪推前浪时，前浪因为流路太窄，必然迅速抬高，形成高潮。所以，古代长江口上的广陵潮和钱塘江上的钱塘潮，都如万马奔腾，非常壮观，闻名于世。西汉枚乘《七发·观涛》，写的便是广陵潮。钱塘潮和广陵潮都可涌高数米。江、浙一带常有台风登陆。涌潮凭借风势，可以涌高到八九米。当代测得的钱塘潮最高潮差为8.93米。

涌潮，在现代的技术条件下，可以利用它来发电。但在古代，除可供人欣赏其壮观外，应该说很少有什么好处了。它为害甚大，轻则破坏农业生产和盐业基地，重则危及人民的生命，更严重的，甚至还吞没大片大片的陆地，变陆地为海洋。杭州湾北岸，在历史上便因为严重的涌潮冲击，海岸线不断内迁。例如王盘山，它在东晋时还和大陆联在一起，为东晋重要的屯兵之地。经涌潮不断冲击后，附近的平地，全部沦为海洋，王盘山虽然没有沉没，但它距陆地已有几十公里之远，孤立于杭州湾之中。

为了防止潮汐灾害，苏、沪、浙沿海人民修建起了伟大的防潮工程——海塘。它在苏北，被称为海堤；在苏、松和两浙，被称为海塘。这些工程，

开始修建于秦、汉，后来不断发展，由短塘扩展为长塘，由土塘进步到石塘，终于形成一座海岸长城，它北起江苏连云港，南到浙江上虞。

2 古代海塘的兴起

秦始皇三十七年（公元前 210 年），设钱唐县，治所在今杭州灵隐山脚。“唐，堤也。”古代唐塘通用。以钱唐作县名，可能当时已有海塘。传说也认为，秦朝为征服涌潮，在钱塘江边修建海塘。

《水经注·浙江水》转引《钱塘记》中的这样一段传说，大意是：钱唐县东一里左右，有一条“防海大塘”，名叫钱塘。钱塘名称的由来与曹华信用钱诱人筑塘有关。曹是汉魏时人，宣称：“有能致一斛土者，即与钱一千。”旬月之间，来者云集。后来，因为华信无信，诈称等到海塘竣工以后，再给大家付钱。众人盛怒之下，弃土江边而去。结果堆成一段海塘，名为钱塘。这个故事反映了作《钱塘记》时，钱塘江上已有海塘。

有关苏北的海堤记载，最早见于 6 世纪中叶。当时有一位名叫杜弼的北齐官吏，他在任职海州（治所在今江苏连云港市西南）时，“于州东带海而起长堰，外遏咸潮，内引淡水”。（《北齐书·杜弼传》）这里的遏潮长堰就是防潮长堤。如果说前面提到的钱塘江边秦、汉时的海塘，因以地名和传说为据，还不能确凿可信的话，那末，海州的海堤是无可怀疑的。这是我国关于海堤建筑最早最明确的记载。

有人认为，东晋咸和年间（公元 326—334 年），吴内史虞潭在长江三角洲前沿建沪渎垒，是我国最早最确切的有关海塘建筑的记载。著名的历史地理学家谭其骧教授在其所著《长水集》中，提出不同意见，认为《晋书·虞潭传》所载虞潭“修沪渎垒，以防海抄”的沪渎垒，不是海塘，而是城堡，这一工程不是防“海沙”，而是防海抄。海抄就是海盗。谭氏的意见是正确的。

到隋唐时期，随着苏、沪、浙沿海的逐步开发，这里的人口和耕地面积都有所增加，涌潮所造成的损失也日见严重。于是，防潮工程的修建，越来越引起人们的重视。在钱塘江北岸到长江南岸，《新唐书·地理志五》载，建成了一条长 124 里的捍海塘。它南起盐官（今浙江海宁），经平湖、金山、华亭（今上海市松江县）、奉贤、南汇，北至吴淞江口。这是一条见于记载的较早较长的海塘，它捍卫着沪、浙间易受涌潮之害的城镇和农田。

在苏北，唐代宗大历年间（公元 766—779 年），淮南黜陟使李承也筑了一条比较重要的捍海堤。它南起通州（治所在今南通市），北至盐城，长 142 里，以“遮护民田，屏蔽盐灶”，名常丰堰。此外，为了抗御海潮，在海州也筑了一条永安堤，长七里。

自秦汉到隋唐，是我国海塘初建阶段。这一阶段，基本上都是土塘，或者在海岸附近夯筑泥土为塘；或者像筑墙一样，用版筑法建造。这种土塘，

修建起来比较容易，可以就地取土，还省工省力，技术也比较简单。但经不起大潮冲击，平时也必需经常维修。

3 宋、元海塘的初步发展

从五代、两宋到元朝，苏、沪、浙的海塘，有了初步发展。

天宝三年（公元 910 年），吴越王钱镠 [liú 流] 在杭州候潮门外和通江门外，用“石围木桩法”构筑海塘。这种方法，编竹为笼，将石块装在竹笼内，码于海滨，堆成海塘，再在塘前塘后打上粗大的木桩加固，还在上面铺上大石。这种新塘，不像土塘那样经不起潮水冲刷，比较坚固，防潮汐的性能较好。但是，石围塘的竹木容易腐朽，必须经常维修；同时，散装石块缺乏整体性能，无力抵御大潮。人们摸索着加以改进，于是有正式石塘的兴建。

较早修建正式石塘的是杭州府知府余献卿。他于北宋景祐三年（公元 1036 年），在杭州江岸，建了一条几十里的石塘。正式石塘的建立，在塘工技术上是一个重大的进步。余塘是壁立式石塘，向海面用条石砌成，整体性较好，远比土塘、石围塘坚固。但因为向海面壁立，直上直下，受到涌潮冲击时不能分散潮力，所以仍然易被冲毁。

几年后，即北宋庆历四年（公元 1044 年），转运使田瑜、杭州府知府杨偕在余塘的基础上，作较大的改革，在杭州东面的钱塘江岸，建成 2000 多丈新石塘。它用条石垒砌，高宽各四丈，迎潮面砌石逐层内收，形成底宽顶窄的塘型。塘脚以竹笼装石保护，防止涌潮损坏塘基。背海面衬筑土堤，用以加固石塘和防止咸潮渗漏。可以说，它的结构已经相当进步。

余献卿、田瑜等在杭州附近修建石塘不久，任鄞县（治所在今宁波市）县令的王安石也在钱塘江南岸的部分地区修建石塘。他的石塘名叫坡陀塘，用碎石砌筑，向海面砌成斜坡，其上再覆以斜立长条石。这种石塘虽有消减水势的作用，但因结构不严，经不起大潮冲击。

北宋时期，在苏北沿海，还修建了著名的“范公堤”。当时，唐李承修的通州—盐城旧堤已经坍毁。天圣元年（公元 1023 年），范仲淹任泰州西溪盐官，建议修复、扩建唐堤，得到转运副使张纶的支持。在范、张两人相继主持下，工程顺利完工，人称“范公堤”。它南起通州，中经东台、盐城，北至大丰县，全长 180 里。稍后，北宋至和年间（公元 1054—1056 年），海门知县沈起，又将范公堤向南伸展 70 里，人称“沈公堤”。两堤对捍卫苏北农田及盐灶有重要作用，受到后来历代的重视。

南宋和元朝，在海塘的建设方面，也取得了许多成就。南宋嘉定十五年（公元 1222 年），浙西提举刘厚 [hòu 厚] 又在当地创立土备塘和备塘河。它是在石塘内侧不远，再挖一条河道，叫备塘河；将挖出的土，在河的内侧又筑一条土塘叫土备塘。备塘河和土备塘的作用，平时可使农田与咸潮隔开，防止土地盐碱化；一旦外面的石塘被潮冲坏，备塘河可以消纳潮水，并

使之排回海中，而土备塘便成为防潮的第二道防线，可以拦截成为强弩之末的海潮。

在杭州湾两岸，元朝都进行了规模较大的石塘修建。在北岸，修一条长达 150 里的石塘，南起海盐，北到松江。在南岸的余姚、上虞一带，地方官吏叶恒、王永等人，也修建了 4000 多丈的石塘。他们在修建这些石塘时，在技术上还有许多创新。一是对塘基作了处理，用直径一尺、长八尺的木桩打入土中，使塘基更为坚固，不易被潮汐淘空。二是在用条石砌筑塘身时，采用纵横交错的方法，层层垒砌，使石塘的整体结构更好。三是在石塘的背海面，附筑碎石和泥土各一层，加强了石塘的抗潮性能。这种石塘结构已经比较完备，是后来明清石塘的前身。

元朝还在苏北对“范公堤”、“沈公堤”都作了维修和扩展，使两堤的长度延伸到 300 多里。

4 明海塘的进一步发展

钱塘江口水面广阔，从南岸到北岸达几百里。由于中间屹立着一些岛屿，形成三条水道，叫作南大门、中小门和北大门。坎山—赭山间为南大门，赭山—河庄山间为中小门，河庄山到北岸为北大门。13 世纪以前，无论是钱塘江水还是海潮，主溜基本上走南大门。后来，由于钱塘口沙嘴变化等原因，“海失故道”，主溜逐渐移到北大门。

钱塘江口涌潮主溜走南大门，因为南岸有许多小山，涌潮不致造成严重灾害。而钱塘江下游的北面，是一望无际的、地势低平的太湖流域，涌潮主溜走北大门，便会酿成无法估计的损失。以破坏生命田产为例，万历三年（公元 1575 年）的一次主溜走北大门的涌潮，毁农田 80000 多亩，死人 3000 有余。再以吞没陆地为例。当主溜走南大门时，海宁旧城（盐官）南面有大片陆地，它离杭州湾 40 余里。主溜走北大门后，不断地有大片大片陆地被涌潮冲坍，江岸步步向北后撤，旧海宁便成为一座面对大海的危城，县治只好北迁（图 18）。

杭州湾北岸是当时全国经济最发达的太湖流域的前沿。针对涌潮对这一地区的严重威胁，明政府频繁地组织人力、物力，修建当地的海

塘。明朝历时 276 年，见于历史记载的，在这里修建海塘就多达 20 多次，其中下述几次都比较重要。一是洪武三年（公元 1370 年）的工程，这次筑成石塘 2370 丈。二是永乐年间的两次大修。一次在永乐九年（公元 1411 年），筑土石塘共 11185 丈；另一次在永乐十一年到十三年，这次调集军民十余万人，担任劳务，“修筑三年，费财十万”。三是成化十三年（公元 1477 年）和万历五年（公元 1577 年）的两次工程，这两次工程都分别修建石塘 2370 多丈。

在频繁修建浙西海塘的进程中，人们不断总结经验，改进塘工结构，以提高抗潮性能。其中最重要的是浙江水利金事黄光升创造的五纵五横鱼鳞石塘。他总结以往的经验教训，认为过去的旧塘，有两个严重的缺点，一是“塘根浮浅”，二是“外疏中空”。前者指塘基不结实，后者指塘身不严密。因此，他主持建塘时，在这两方面，都作了重大改进。在基础方面，必须清除其表面的浮沙，直到见到实土，然后，再在前半部的实土中，打桩夯实。认为这样的塘基，不仅承受力大，而且也不易被潮水淘空。在塘身方面，用大小一致（长、宽、厚分别为六尺、二尺、二尺）的条石纵横交错构筑，共 18 层，高三丈六尺；底宽四丈，五纵五横，以上层层收缩，呈鱼鳞状，顶宽一丈。石塘背后，加培土塘。认为这种纵横交错、底宽顶窄、状如鱼鳞的石塘，整体性能最好。黄塘确实比较坚固。但它造价很高，每丈需用白银 300 两。因此，当他改造到全部塘工的 1/10—2/10 时，筹集的经费便告罄了。其他的只好仍用旧塘。

由于钱塘江潮水的主溜北移，涌潮对南岸的威胁减轻。因此，在明朝，钱塘江南岸海塘的建设，一般说规模较小。

除浙西海塘外，为防止长江口的涌潮危及南岸产粮区，明朝对嘉定、松江等地海塘的修建，也比较重视。主要工程有：洪武年间（公元 1368—1399 年），修建了嘉定到太仓刘家港间的土塘长 1870 丈，底宽三丈，顶宽一丈。成化八年（公元 1472 年），松江知府白行中，修建华亭、上海、嘉定三县间的土塘，累计长 52500 多丈，底宽四丈，顶宽二丈，高 1.7 丈。其中平湖、宝山等地受海潮威胁较大的地段，在土塘后面，又加筑一条土塘，称里护塘。后来，由于在土塘外面，又淤出大片新地，因此，万历十二年（公元 1584 年），上海知县颜洪范，又在新地上再建成 9200 丈新土塘，出现了三重海塘。

由于黄河和淮水所携带的泥沙的堆积，苏北沿海淤成了大片新地，范公堤逐渐失去作用。人们又于堤外建新堤。先后建成土塘 800 多里。

5 清朝的新鱼鳞石塘

清代大部分时间，钱塘江涌潮的主溜，仍然对着海宁、海盐、平湖等浙西沿海，所以这一带仍是海塘工程的重点。清前期，先后用了半个多世纪的时间，耗费 700—800 万两纹银，将这里的大多数海塘，都改建成朱轼创造的最坚固的新鱼鳞石塘。

康熙、雍正、乾隆三代，朱轼曾先后担任浙江巡抚、吏部尚书等重要职务。在他任职期间，多次主持修建苏、沪、浙等地的海塘。康熙五十九年（公元 1720 年），他综合过去各方面的治塘先进技术，在海宁老盐仓，修建了 500 丈新式鱼鳞石塘。雍正二年（公元 1724 年）七月，由于台风和大潮同时在钱塘江口南北一带出现，酿成一次特大潮灾。当时，除朱轼在老盐仓所建

的新鱼鳞石塘外，杭州湾南北绝大部分的海塘都遭到严重的破坏，生命、财产的损失十分惨重。起初，朱轼的新鱼鳞石塘，由于造价高昂，每丈需银 300 两，没有推广，只造了 500 丈。经这次大潮考验后，被公认为海塘工程的“样塘”。为了浙西的安全，清政府遂不惜花费重金，决定将钱塘江北岸、受涌潮威胁最大的地区，一律改建成新式鱼鳞石塘。

新式鱼鳞石塘，具有以下一些特点：第一，基础打得更为扎实。明朝黄光升的鱼鳞大石塘，清淤后只在塘基的前半部下桩加固，后半部未加处理。而新鱼鳞石塘的塘基工程，除清淤和在前半部下桩外，在后半部也下了桩，使前后两部分具有同样的承压性能，并在其上还用三合土夯实。第二，塘身的结构也更为严密。条石规格一致，规定长五尺、宽二尺、厚一尺，用丁顺相间砌筑，以桐油、江米汁拌石灰浆砌，上半部条石之间，用铁镬、铁锭连接。塘底宽 12 尺，一般砌 18 层、高 18 尺，每层向内收缩，顶宽四尺半。它与黄光升石塘相比，虽然小许多，但整体性能优于它。第三，护塘工程也更讲究，一方面，在石塘的背海面，培砌碎石和泥土，以加强塘身的御潮性能和防止潮水渗入。另一方面，在石塘的向海面修建坦水，用石块从塘脚向外斜砌。坦水宽度从 12 尺到 48 尺不等，以保护塘脚，消减潮波能量(图 19)。

由于康熙五十九年(公元 1720 年)和雍正二年(公元 1724 年)的大潮，受害面很广，除浙西海塘受到严重破坏外，钱塘江口南面和长江口南面的海塘，也多遭破坏。所以清朝除重建浙西海塘外，也在钱塘江近海以南和长江近海以南，修建规模较大的海塘工程。如在浙江的绍兴、上虞、余姚等地，重建 7000 多丈的海塘；又

如将苏、沪的华亭、松江、上海、南汇、宝山等地的残破土塘，陆续改建成为石塘等。上述这些地区涌潮的破坏比浙西小，因此，这些地区的石塘多是轻型石塘，造价较低，每丈约为 50 两纹银。

此外，在崇明岛，清朝也着手兴建海塘工程。崇明岛是今天我国第三大岛，面积 1000 多平方公里。唐朝时，它还是一个小沙洲，面积只有十几平方公里，由于江水和潮水中的泥沙沉积，到明、清时，逐步发展成为大岛。从明末起，为了围垦这块新地，人们开始在岛上修建简单的海堤。乾隆时，筑了一条具有一定规模的土堤，长 100 多里。光绪时，两江总督刘坤一又在其上修建石堤。

清朝在防止涌潮灾害方面，还作了一些新的探索。一是设法使钱塘江大潮的主溜走中小门。由于涌潮的主溜走北大门和南大门，都易酿成严重的潮灾，特别是走北大门，灾害更为严重，只有走中小门，潮灾才较小。因此，乾隆时曾组织力量，疏浚中小门水道，引涌潮主溜由此通过，并取得了一定的效果。这是很有意义的探索。二是清末修建海塘时，尝试着在工程中使用了新式建筑材料水泥。这一试验当时虽因地基沉陷而失败，但却为人们提供

了经验教训。民国时期，以水泥作为塘工的材料，逐渐增多，并取得了一些成就（图 20）。

千百年来，苏、沪、浙海塘工程的发展，反映了当地人民与潮灾斗争的坚强毅力和聪明才智。海塘的修建，对广大人民的人身安全，对当地的工农业生产，都是有力的保证。

