

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

二十世紀

重大科技謀略



二十世纪重大科技谋略

希尔伯特善提问数学王国领风骚

1900年，第二届国际数学家大会在巴黎召开，德国数学家希尔伯特受邀在大会上发言。这是个崇高的荣誉，它在一定程度上确认了希尔伯特在数学界的领导地位。发什么言好呢？他曾经想到作一个为纯粹数学辩护的演讲，以冲淡由于第一届大会上法国数学家庞加莱过份强调应用数学而造成的某种不协调气氛，但他更强烈地感到，在世纪之初，“最有意义的题材莫过于展望未来，提出新世纪里数学所需解决的问题。”于是，他把演讲主题改为对新世纪数学发展方向的探讨。为了准备讲稿，希尔伯特足足花了半年多的时间。8月8日，这位38岁的演讲者以十分高昂的姿态作了数学史上著名的《数学问题》的报告。在报告中，他共提出了23个数学问题，后来统称为希尔伯特问题，它指出了未来数学的发展方向。围绕着这些问题的解决形成了许多新的数学分支，对20世纪的数学研究产生了极其重大而深远的影响。

1 希尔伯特在学术生涯中迈出的第一步是彻底解决了数学上的果尔丹问题。

果尔丹问题的一般叙述为：是否存在一组基（即一组个数有限的不变量），使得其他所有的不变量（尽管它们的个数有无穷多）都能够用这组基的有理整式表示出来？一个更简捷的叙述是：任何给定次数的 n 元型的基（或有限完备系）的存在性。

1868年，果尔丹曾经解决了二元型不变式有限基的存在性。当时他为此获得了一个“不变量之王”的雅称。在嗣后的20年间，果尔丹的结果虽得到各种推广，但要彻底解决问题还有很大的距离。

从撰写博士论文起，希尔伯特对不变量理论就已经熟悉，其中的果尔丹问题引起了他的极大兴趣。1888年夏，在听了果尔丹本人的讲述后，他似乎体验到了一种前所未有的新境界。果尔丹问题唤起了他那丰富的想象力。他决定向果尔丹问题发起进攻。这是值得的，因为它具备一个重大而富有意义的数学问题应有的全部特点：清晰、易懂、困难、有意义。就在他告别果尔丹，途经哥廷根返回哥尼斯堡的时候，经过一个短时期的努力，他已经把果尔丹对二元型情况的证明大大地作了改进。虽只是一个前哨战，但已使人们惊叹不已。果尔丹用了大半生努力证明的问题，竟被希尔伯特在一两个月的时间里，用四页纸的另一个证明所代替，这怎能不令人振奋呢？就是希尔伯特自己也很欢欣鼓舞，他看到了攻克一般果尔丹问题的曙光。

1888年9月6日，希尔伯特给哥廷根科学会会刊寄出一份不长的论文摘要，宣布任意元代数形式（型）的果尔丹问题已经彻底解决。这简直令人难以置信。前几天还使人不敢问津的世界难题，怎么一下子就解决了呢？但事实确实如此。就像玩“哥伦布鸡蛋”那样，希尔伯特改变了解决问题的思路，他不去循那条由果尔丹开辟的老路，一个一个地去构造有限基，而是证明有限基的存在，因为问题也只需要证明它存在就可以了。这样，希尔伯特证明的意义就不仅在于解决了问题，而且使人从昏睡的迷茫中惊醒——看到了一条证明存在性定理的崭新之路。

也有不少人反对希尔伯特的做法。果尔丹不用说，就连希尔伯特博士论文的导师林德曼也觉得他的证明方法“古怪”得“有害”。在寥寥无几的最早支持者中，克莱因宣称这个方法“非常简单，在逻辑上是不可抗拒的”。但两年后的情况就不同了，一些人慢慢地意识到数学之路毕竟不是唯一的，

完全没有必要如此保守。果尔丹还特意写信给希尔伯特，向他表示敬意，称赞他的证明“完全正确”，并说如果不是这样，果尔丹问题也许根本就不可能解决。有意思的是，就在果尔丹承认存在性证明的时候，希尔伯特却一头扎进了构造性证明的思考之中。

比起存在性证明来，数学家的天性似乎更喜欢构造，因为它能给人以看得见摸得着的具体形象，而不是从矛盾中产生信念（如反证法）。1890年以后，希尔伯特一直试图寻找一个构造性的方法来证明不变系基的有限性。1892年，希尔伯特终于在由克罗内克所发展的导致构造的习用的标准方程式中，找到了解决问题的关键，拿出了一组完全整基。这样，通过发展新概念和引入新方法，不仅由不变式生成的函数域理论的最主要目的已经达到，而且把克罗内克和戴德金所开创的代数学提高到了一个新的水平。

1893年，在美国芝加哥大学校庆之际，举行了“国际数学大会”。希尔伯特又向大会提交了一篇关于不变量理论的总结性论文。这个带有宣判性的总结，表明不变量理论由于希尔伯特的工作已经基本完成，作为一个单独的理论已经枯萎。尽管这个结论是冷色调的，但仍然鼓舞人心。文章同时表明希尔伯特已经开始向新的领域挺进。

代数数域论是希尔伯特挺进的第二个数学领地。这个领域是40多年前由狄里克雷对单元群的分析以及库曼、戴德金和克罗内克引入理想、除子等概念而打下基础的。希尔伯特在与胡尔维茨一起散步时，曾经讨论过代数数域问题，当时他们都感到库曼、戴德金等人的工作虽富有创造性，但论证方法太烦。所以在慕尼黑数学会年会之前，他先对由戴德金和克罗内克用不同方法证明过的代数数论基本定理——每一个理想可以唯一分解为素理想，给出了崭新的证明。文章一出笼，便受到高度评价。在慕尼黑会议上，数学家们一致认为，虽然希尔伯特在代数数域论方面还是新手，但他的能力表明，不久他将成为这个领域的开路先锋。会议公推希尔伯特和闵可夫斯基在两年内提交一篇关于数论的报告，透彻而又简明、清晰地介绍近半个世纪来数论的发展状况。

1895年，希尔伯特带着尚未完成的数论报告赴哥廷根任教。为了做好这项工作，一年多来希尔伯特详细地阅读了自高斯以来所有的数论著作。对一切已有的定理证明，都仔细地进行思考以分辨优劣，给予必要的修补、扩充和整理。1896年初，希尔伯特所承担的那部分——代数数论已接近尾声，但闵可夫斯基的那部分——有理数论还差得很远，经两人商量，决定希尔伯特的那部分先发表。

两年的功夫没有白费。希尔伯特又向数学界献上一份开创性的成果。在报告中，希尔伯特用统一的观点和一种新的形式，把以往的代数数论知识加以整理，归纳成一个体系，为仍在修建中的类域论大厦奠定了基础。报告以《代数数域理论》为题目在德国数学会1896年年刊上发表后，受到很高评价，被誉为是“一篇令人振奋的艺术佳作”，“数学文献宝库中一件真正的珍品”。有人甚至断言，在清晰性和推理的细致方面，没有一篇数学综述性论文能与之相媲美。报告还提出了许多重要的猜想，特别对类域论具有重大意义，在以后的二三十年间成为不少人集中研究的对象。如冯特万格勒、高木贞治、哈塞、阿廷、薛瓦莱等的许多成就都是围绕着证明这些猜想而取得的。

除了数论报告以外，希尔伯特在数论上取得的重大成就还有：1893年给

出 与 超越性的一个非常简捷的证明和 1909 年解决华林猜想。后一篇论文是希尔伯特最富有创造性的论文之一，它大大促进了数论在英国的发展。

在数论报告完成后的一段日子里，希尔伯特进行了对古典互反律的研究。他应用在准备数论报告时所积累的“既精湛又全面”的知识，以一种简明、优美的形式将高斯的二次互反律从复整数域推广到了代数数域，1898 年发表的《相对阿贝尔域理论》是他在这方面工作的顶点。

像 1893 年希尔伯特突然结束不变量理论的研究转向代数数域论一样，1898 年他再一次突然结束在代数数域论里的工作，把研究的方向转到了几何基础上。这是希尔伯特科学活动中有别于他人的一大特点。他认为既然在这个领域里他的主要工作已经结束，该贡献的已经贡献，留下的细节那就应该由后人去完成了，只有这样，才能把精力投注于更重大的战役，作出新的开创性贡献。

尽管学生们对三年多来只谈数域的希尔伯特突然转向感到有些吃惊，但就他自己来说这种转变还是有思想基础的。早在 1891 年，希尔伯特在听了赫尔曼·维纳关于几何基础的讲演后，对改造欧几里得几何体系的设想就产生了兴趣。后来一个偶然的机，听人介绍了德国数学家弗列德里希·舒尔的几何基础方面的工作，尤其是舒尔碰到的无法克服的困难，引起了他的注意。不久，他就开始了对几何基础的研究。

数学界在几何基础方面的工作是从对欧几里得几何定义和公理的批判开始的。从古希腊亚历山大时期的帕普斯、普罗克拉斯起就不断有人提到欧几里得《原理》中，诸如定义含糊其辞，随便使用重合法证明；偷偷地使用假定以及证明中的错误等等。然而，在 19 世纪 70 年代之前，所有的这类批判都没有引起重视，流传也不广。

19 世纪下半叶出现的非欧几何运动，使人们的几何观发生了根本变革。人们认识到几何是人为的结构，它虽与物理空间有关，但未必就是它的确切的理想化。非欧几何创始者们处理平行公理的方法，也促使了数学中相容性或无矛盾性概念的萌发。这就为消除欧氏几何逻辑缺陷，进行几何基础大改造奠定了思想基础。

第一个改革者是德国数学家莫里茨·巴士，他在 1882 年出版的《新几何学讲义》中，将几何学归结为纯粹的逻辑关系，以此来避免对那些以直觉为基础的假设的不自觉依赖。对于公理，巴士认为公理决不是不证自明的真理，而只是几何定理的一些假定；他还揭示出次序公理，为射影几何方法上的明晰性构造了演绎系统。此后，意大利的一批数学家对射影几何基础做了大量重要工作。皮亚诺、皮埃里、伏隆耐斯分别在严格的公理基础上讨论了射影几何学原理，还给出了欧几里得几何的公理集。

然而，在欧几里得的所有公理系统中，希尔伯特的概念最准确，陈述最简练，方法最接近于欧几里得，他给出的公理集最受人们欢迎。

1899 年，希尔伯特又一部经典著作《几何基础》完成。希尔伯特指出：“这是一部批判性地探究几何原理的著作……其中，对几何学的探究试图回答这样的问题：什么样的公理、假定或手段在证明初等几何真理时是必需的。”《几何基础》为人们展示了一个证明公理系统的无矛盾性和独立性的方法，同时也教给人们如何去公理化以及用公理系统去做什么。

与意大利人采取的在形式上完全偏离欧几里得的那种纯粹抽象的符号化倾向不同，希尔伯特力图保持欧几里得几何的形式和内容：三类无定义元素

——点、线、面以及它们之间的关联关系、顺序关系、线段和角的合同关系。然后给这些形式和内容赋予新的意义。就如希尔伯特所说，几何中点、线、面的定义，在数学上其实并不重要。它们成为讨论的中心，仅仅是由于它们同所选择的诸公理的关系。换句话说，不论是称它们为点、线、面，还是桌子、椅子、啤酒杯，它们都能成为这样一种对象：对它们而言，公理所表述的关系都成立。在这一含义下，公理当然不是不证自明的真理，而仅仅是人为的一种选择。由公理推得的定理的意义也完全取决于人为的解释。在《几何基础》里，希尔伯特提出了一个由五组公理（关联公理、顺序公理、叠合公理、平行公理、连续公理）所组成的既完备又相容的公理集。运用这个公理集，他很容易地就证明了欧几里得几何中的全部定理。

希尔伯特详细地讨论了公理之间的关系，公理的相容性、完备性和公理组之间的无关性。他采用建立代数模型方法证明了公理的相容性。由于希尔伯特选择的公理组互相独立，所以即使是按照自然方式划分公理系统而成的公理组，依然能够组成几何学，并可发现其究竟能展开到何种程度。例如，仅采用希尔伯特的前四个公理组，即放弃连续公理（或称阿基米德公理），便可以得出所谓非阿基米德几何。这种几何具有许多奇妙的性质，如存在这样两条线段，其中一条的任何整数倍都不超过另外一条线段。如果放弃平行公理，用罗巴切夫斯基——波耶公理代替，而其余公理保持不变，那么就可以得到双曲型非欧几何。同样，经过适当的调整也可以建立单重的或双重的椭圆几何。这个事实清楚地表明欧氏几何与非欧几何在真理面前的平等性，对于确立非欧几何的坚实的地位具有不容忽视的影响。

《几何基础》一出版，就成了最畅销的数学书，它重新激起人们对几何基础研究的热潮。许多人采用不同的不定义元素集或公理的各种变种建立起相应的几何体系。这不仅有力地推动了几何学的发展，而且促进了20世纪数学公理化运动的形成。希尔伯特自己则成了数学基础中现代公理化方法的奠基人。

1900年以后的三四十年间，希尔伯特连续不断地在数学基础方面进行着积极的工作，其中主要包括：直到1930年的7个版本的《几何基础》；1904年在海德堡国际数学家大会上的讲演——《论逻辑及算术的基础》；1928年在意大利波洛那国际数学家大会上的讲演——《数学基础问题》；1934年、1939年出版的《数学基础》以及在此之前的许多这方面的论文。这些都体现了希尔伯特的形式主义主张和为坚持这个主张所作的顽强努力。希尔伯特认为，无论是数学的公理系统还是逻辑的公理系统，其中基本概念都是没有意义的，其公理也只是一行行的符号，无所谓真假，只要能够证明该公理是相容的，互不矛盾，该公理系统便获得承认，它便代表一种真理。

希尔伯特几乎是马不停蹄地从一个领域转向另一个领域。1899年夏，就在《几何基础》出版不久，他又把思想航标转向了狄里克雷原理。

这是半个多世纪以前的老问题了。当时，高斯、狄里克雷、黎曼等老哥廷根数学家曾注意到这样一个事实：拉普拉斯方程的边值问题总存在着一个解。高斯甚至发现这个解就是使得某个二重积分达到极小的函数。直观上的可信性，使黎曼相信这个函数一定存在。1851年，黎曼在他的博士论文中明确地提出了这个思想。由于黎曼的思想来自于他老师狄里克雷的启发，所以黎曼把它冠以狄里克雷的名字。后来，黎曼在复变函数论中利用狄里克雷原理导出许多重要结果。然而，结论的广泛应用性，并不能代替它在数学上的

正确性。数学上的正确性需要逻辑保证，需经证明来确立。就在人们寻求狄里克雷原理的逻辑保证的时候，1870年外尔斯特拉斯却通过反例宣判了狄里克雷原理的死刑。这是数学史上最令人扫兴的事例之一。当希尔伯特开始注意狄里克雷原理时，数学家们已开始对它心灰意冷。希尔伯特却丝毫不悲观，他从原理的广泛可应用性和诱人的简明性中看到了内在真实性，他相信狄里克雷原理是可以挽救的。希尔伯特向德国数学会提交了“狄里克雷原理复活的尝试”的论文。他在文章中指出，只要对曲线和边界值的性质加以某些限制，就可以消除外尔斯特拉斯的质疑，使黎曼的理论恢复它原有的简明和优美。1904年，希尔伯特再次给出了一个证明。

希尔伯特的妙手回春使人惊讶不已，人们看到了一位站在新世纪起跑线上的带头人。毫无疑问，数学需要这样的无畏探索者，数学界需要这样挺进不止的领袖。

在召开巴黎数学家大会的那年冬天，希尔伯特又迷上了积分方程。他清楚地意识到，积分方程对于定积分理论、任意函数的级数展开、线性微分方程论、位势理论和变分法都具有重要意义。在此之前，希尔伯特已着手对变分法研究。他感到积分方程的工作比他在变分法方面的工作更接近于他所追求的目标——从方法论的角度达到处理分析数学问题的统一途径，因此他毫不犹豫地放弃了原来的计划，以更大的热情投入到积分方程之中。

从1904年到1910年，希尔伯特先后在《哥廷根自然科学皇家学会报告》发表了6篇积分方程的论文。1912年，他出版《线性积分方程一般理论的原理》一书。这些成果给整个分析数学带来了可观的变化：泛函分析随着希尔伯特空间的建立而诞生；希尔伯特的算子谱理论创立。由于希尔伯特在研究积分方程中取得的成就，使得围绕着他的年轻数学家形成了一个颇有影响的学术派别；积分方程也成了当时最时髦的数学分支，以致在相当长的一段时间内，亦形成世界性的研究热潮。

德国《自然》杂志在评价希尔伯特时，曾这样说，在20世纪难得有一位数学家的工作不是以某种途径源于希尔伯特的。这种评价是有一定道理的。希尔伯特是本世纪上半叶德国乃至全世界最伟大的数学家，是现代数学的主要开拓者。他的着眼点不在于固守某一领域取得的成就，或充实、完善自己建立的理论，而在于不断开辟新的领域，作出创造性的贡献。因此，在他横跨两个世纪的60年研究生涯中，几乎遍及了现代数学所有的前沿阵地，从而把他的思想深深地渗透进整个现代数学之中。

1910年前后，希尔伯特甚至对物理学产生了浓厚的兴趣。他认为仅仅由物理学家来搞物理是太困难了、而数学家要在这一领域作出贡献也必须有物理学家的指点。于是，他找来了老朋友、物理学家索末菲给他介绍物理学新成果，又请索末菲的学生当他的助手。他先后在气体分子运动论、辐射体公理化以及相对论方面取得了成就。他甚至还比爱因斯坦早五天提出“广义相对论”，然而在他与爱因斯坦之间并没有难堪的优先权争议。希尔伯特认为广义相对论的思想应属于爱因斯坦。因为后者的表达形式比他合理和令人信服。在1915年颁发第三次波耶奖时他还主动推荐了爱因斯坦，“因为在他的一切成就中体现了高度的数学精神”。

希尔伯特能够在众多领域作出成绩，关键的一点是他重视并且善于提出问题，不断寻找解决问题的方法和途径。他说过：“问题对于一般数学进展的深远意义以及它们在研究者个人工作中所起的重要作用是不可否认的。只

要一门科学分支中存在大量问题，它就充满生命力，而缺少问题则意味着独立发展的衰亡或终止。”所以在他看来，问题是数学发展的内在因素，数学家就是在解决问题中推动数学发展的。他在 1900 年世纪之交举行的国际数学会会议上提出 23 个数学问题。虽然他本人没有解决这些问题，但是这些问题却强烈地吸引着后人去探索和研究，推动着本世纪数学的进步。

敢破敢立卢瑟福慧眼巧识原子核

1906年英国曼彻斯特大学物理学教授舒斯特请卢瑟福作为他的接班人。曼彻斯特大学具有设备先进的物理实验室，并许诺为卢瑟福提供优越的科研条件。而且，在英国可以同欧洲的科学界保持密切接触。从曼彻斯特出发，只需几小时就可以到达英国各个著名的学术中心。此外，他还能出席伦敦皇家学会的各种会议，在牛津或剑桥大学讲课。上述种种条件足以弥补这座北方工业城市的污浊空气和漫天尘埃所造成的缺陷。卢瑟福决心重返英国。1907年5月他离开加拿大麦克吉尔，来到曼彻斯特，踏上了新的人生旅程。

卢瑟福在加拿大麦克吉尔大学9年间所获得的科学成果是重大的，许多成果带有突破性。他第一次揭示出放射性元素是自发转变的，原子不再是不可分、不可变的，而且原子内部有复杂结构，蕴藏着巨大的能量并且能够通过放射线释放出来，利用这种能量有可能进一步揭示原子的内部结构。这完全突破了古原子论和道尔顿原子论的观点，为现代原子科学的诞生打下了重要基础。

对放射性的研究，使卢瑟福成了这个领域的权威，并于1908年获得了诺贝尔化学奖。各国有志于研究原子奥秘的优秀青年纷纷云集曼彻斯特大学，在他的指导下向原子物理学的高峰发起新的冲击。

在曼彻斯特大学，卢瑟福最重要的成就是提出大角空散射实验与原子核结构学说。

1906年，卢瑟福不但发现了射线小角度散射现象，求出粒子能够打入原子的最低临界速度，而且认识到粒子通过靶原子的偏斜度是探索原子内部电场的重要方法。

1907—1908年间英国物理学家布拉格发现了射线的反常现象。即以粒子轰击原子时，出现了“径迹急转弯”的现象。而且，马斯登也曾偶然观察到了粒子有时并非沿直线或近似直线前进，而是被物质偏转，并且偏转角度相当大。这些现象已经将原子内部结构的某些信息泄露了出来。敏感的卢瑟福决定抓住这个契机，深入研究。

要进行粒子的大角度散射实验，必须有能观测到大角度散射的实验仪器。盖勒和马斯登立即在原来的计数器上作了改进，设计制造出粒子大角度散射实验的装置。该装置的特点是安装了一个可旋转360°的带荧光屏的显微镜，这就可以观察到任意大角度的散射情况。实验的结果使卢瑟福大为惊讶，以铂箔作为反射物时，约有 $\frac{1}{8000}$ 的入射粒子被反射，平均反射角为

90°，这犹如一颗炮弹射到一张纸上，由于某种原因，弹头竟能完全弹回来。

盖勒和马斯登对这一实验结果感到不可思议，而要进行深入的研究又力不从心，于是只好放弃，回过头去做小角度实验。卢瑟福却不然，他以深邃洞察力和科学直觉，敏锐观察到这种“异常”背后定会大有文章，可能是一个重要的突破口！他立即用粒子大角度散射的行径和当时占统治地位的汤姆逊著名的“葡萄干·布丁”原子模型进行了比较研究。发现与汤姆逊的理论相互矛盾，假若粒子与汤姆逊模型上比它小几千倍的电子碰撞，无论如何都不可能产生这种漫反射现象。

汤姆逊为了拯救他的原子模型，顺利解释大角度散射现象，又提出了所

谓“小角度倍加散射”的解释，并让他的学生克劳塞做实验予以证明。克劳塞居然拼凑出了与老师理论相符的实验，一时名声大振，一些人甚至称之为汤姆逊原子模型的“判决性实验”。但卢瑟福坚持从实验事实及基本理论出发，指出克劳塞的实验部分是编造出来的，是一种科学想象。同时，他谨慎地批判了老师的原子模型。卢瑟福这种不迷信权威、实事求是的科学态度，使他敢于创新，提出崭新的原子模型。

1910年底，卢瑟福根据粒子的碰撞理论和引力理论。计算出原子中心应有一个强电场的作用，并假设这个中心带负电。1911年5月，他纠正了这一假说，认为原子中心是一个带正电的核。这样就使原子的中心电荷与外围电子的数量取得平衡，说明了原子的电中性。1912年他又进一步指出这一中心应称为“原子核”。原子有核结构模型揭开了原子科学新的一页。

卢瑟福原子有核理论的建立并非一帆风顺。一方面，它缺乏强有力的多种实验验证；另一方面，它与经典电磁理论相背离。它不能解释电子在既定轨道上连续旋转必然要不断放射出能量而最终会陨落到核上，而事实上原子是十分稳定的矛盾。

1912年前后，盖勒和马斯登对卢瑟福原子有核模型又作了大量的实验验证，其中包括散射随角度，材料厚度，不同原子量的材料以及入射速度的不同的变化，通过既定角度的粒子的绝对数量等，从各方面证实原子核的存在。原子不稳定问题则由玻尔于1913年发表的“三步曲”即《论原子和分子的组成》，合理地给予解释。

在这段时期及以后，卢瑟福还领导莫斯莱、拉塞尔、法詹斯、郝维希、玻尔等，对原子序数、同位素和位移定律、原子和原子核的大小做了大量深入细致的研究工作，使原子有核结构的理论在许多方面获得了更加充分的说明。

俄国化学家门捷列夫于1869年制成的化学元素周期表指出，化学元素的性质随原子量的增加呈周期性变化。它反映了一定的逻辑顺序，从科学史看是一个伟大的发现。然而这只是一种表象的排列。它既不能说明这种规律性的内在机制，也说明不了这种排列的充分合理性。

1913年，在卢瑟福指导下；莫斯莱做了非常巧妙的实验，发现周期表中的各种元素的X射线的频率，按原子序数（即原子中心正电核上的电荷）而定量增加，揭示了周期律和原子序数的内在联系，说明了元素的物理和化学性质不再是表面上所依赖的原子量，而是取决于核的电荷，或取决于核外的电子系统。这对于人们从更深层次上认识元素的物理和化学性质是有帮助的。

至于同位素，卢瑟福与索迪在加拿大时早已做过大量工作，并对同位素下过定义，认为同位素是指在周期表中占同一位置的、化学性质相同、原子量接近但却有差异的元素。

在研究放射性元素的过程中，他们发现了一个有趣的现象，即当放射性元素放射 α 粒子和 β 粒子时，它在周期表中的位置分别提前二位和倒退一位。这很快由郝维希和拉塞尔用化学实验进一步予以证实。

发现原子的有核结构以后，卢瑟福试图计算原子及其核的大小。为了力学上的计算方便，他曾把原子核的大小视为集中在一个点上的中心电荷，后来进一步作了修改。他估算的结果，认为重元素的中心核占有 $1 \sim 1.5 \times 10^{-12}$ 厘米，原子半径则为 10^{-8} 厘米。虽然由于原子的不同，原子核及原子尺

寸大小有所差异，但总的数量至今仍然是正确的。当时进行这项工作难度极大，然而卢瑟福却得到了如此精确的数据，这是十分不易的。从此原子不再是虚无缥缈的概念，它作为一个实体，进入了科学家的操作领域。

正当卢瑟福在研究原子核及原子有核结构方面不断取得重要成果，新的科学发现有如“雪崩”式地涌现时，第一次世界大战爆发了。以海军立国的英国不断遭到德国的袭击，损失惨重。卢瑟福主动接受了发明和研究局的任务，研制一种可监视德国潜艇方位和深度的仪器，以便海军能随时将其击沉。卢瑟福的弟子各自返回保卫他们的祖国去了。他的实验室空空荡荡，昔日的繁忙已经见不到了。卢瑟福一方面要教课，另一面要完成科研任务，忙得不可开交。

虽然卢瑟福要探索的是他完全不熟悉的军事科学领域，但他以雄厚的科学基础，聪颖的智慧，使研制潜艇监测仪器的科研课题很快取得了突破性进展。经过分析，他认识了作为捕获对象的潜艇有四大特征：产生声音、发出热量、在地球磁场中引起电磁扰动和类似光所产生的可见性。他提出、潜艇发出的这些信息，如果能捕捉到并转化为人能识别的信号，击沉德军潜艇就并非难事了。卢瑟福决定采用声测法。研制潜艇监测仪器。他还想出屏蔽水听器的一面，以准确测定潜艇的运动方向。后来他又作了进一步的改进，研制出主动回声监测仪器，即后来的声纳，克服了原来被动接受声音方法的缺陷。

虽然卢瑟福发明的压电石英潜艇探索器对战争的胜利起了重要作用，但英国将这项发明作为军事机密，长期秘而不宣，世人并不知道卢瑟福的贡献。法国科学家郎之万也独立发明了类似的仪器，所以一般人只知道郎之万发明了声纳而不知道卢瑟福的贡献。战后一些人曾建议卢瑟福公开宣布他就是代号为 ASDIC 的发明人时，卢瑟福回答说：“如果郎之万说他首先发明了它，对公众来说就够好了，让郎之万具有这个荣誉吧！”这表现了卢瑟福在荣誉面前一贯的谦逊。

在此期间，卢瑟福放慢了研究原子结构的速度，但是他总是见缝插针地进行有核原子结构的研究，使它不致中断。特别使卢瑟福念念不忘的是马斯登在 1914 年初曾用速度很高的 α 粒子轰击氢气，得到了某种速度更快、穿透力更强的“新物质”。马斯登当时由于要去新西兰作教授，来不及深究，只能匆忙写成论文报告了这一现象。卢瑟福分析这种新的带电荷的氢原子可能就是“氢的原子核”，即后来由他命名的“质子”。在战争结束时，他又投身于原子结构研究，主要是围绕着马斯登实验中出现的异常情况而进行的。1917 年 11 月，卢瑟福用核蜕变装置观察到氮的分裂，即氮原子被 α 粒子轰击后分裂出氢核，这是科学史上的一次重大突破，是世界上第一次用人工的方法分裂出的一个原子，分裂出氢核后的氮变成了另一种元素。1919 年 6 月他发表了 4 篇重要论文，说明氢到氮都可以经 α 粒子轰击而打出氢核，而且从元素演化论的观点预言了当时人们根本不知道的原子量为 2 或 3 的元素存在，即后来被发现的氦和氖。

卢瑟福坚持实事求是的科学态度，从不迷信权威，在科学研究中具有惊人的洞察力。正是因为如此，他能从 α 粒子大角度散射实验入手，提出著名的原子有核结构学说。

在其学说提出之前，人们已发现，用 α 粒子轰击原子时会出现径迹急转弯现象。根据当时占统治地位的汤姆逊“葡萄干·布丁”原子结构模型理论，

人们认为 α 粒子轰击原子时应沿直线或近似直线前进，不应出现大角度散射现象。只有卢瑟福抓住了这一意外发现，并进行深入研究。当实验以铂箔作为靶，以 α 粒子轰击时发现只有 $\frac{1}{8000}$ 的入射 α 粒子被反射，平均反射角为 90° 的实验结果。这与汤氏模型相矛盾，许多科学家对此不可理解，然而卢瑟福却大胆地提出了原子有核结构理论。在汤氏模型下，比 α 粒子小几千倍的电子（原子中的葡萄干）无论如何都不可能使其径迹反射偏转，而只有认为原子中有一核心存在，它的质量比 α 粒子大得多，才能圆满解释大角度散射现象。这便构成了卢瑟福原子有核结构学说。

卢瑟福在曼彻斯特大学前后工作了 12 年，这是他一生中成就最大的时期。从 1907 年至 1919 年，他先后发表了论文 166 篇，最多时一年发表 15 ~ 16 篇，科研成果皆属世界科学前沿。其中，主要发现有： α 散射实验中原子有核结构，原子和原子核的大小，原子序数，同位素和位移定律。人工打破原子核和实现元素嬗变。这些重要发现构成了 20 世纪初期原子科学的丰碑。更重要的是卢瑟福在这一阶段形成了独具特色的科学思想、研究方法和组织领导科研集体的领导艺术。对整个 20 世纪的科研组织和方法发生了重要影响。

拼合大陆之板块猜想海陆的起源

1910年初，德国气象学家魏格纳因病住院，一连躺了好几天，觉得有些无聊，于是就抬头看对面墙壁上挂着的一幅世界地图，看着看着，他的头脑中突然产生了一个奇妙的问题：为什么大西洋两岸大陆的弯曲形状竟如此相似呢？沿着北美洲的东海岸到特立尼达和多巴哥的凹形地带，恰好能镶嵌欧洲西海岸到非洲西海岸的凸形大陆，巴西的亚马逊河口大陆突出的部分刚好可以填入非洲西海岸的几内亚湾。细看一下，巴西海岸每有一个海湾，非洲就有一个相应的突出部分。难道世界的各大洲原来是一整块的原始大陆，以后由于种种原因，才破裂了，经过长期的漂移而形成今天的样子？不，不可能，这或许是一种巧合。魏格纳随即丢开了在他当时看来“并不认为有什么重大意义”的念头。1911年秋，一个偶然的机，魏格纳在一本论文集中读到这样一句话：根据古生物的证据，巴西与非洲间曾经有过陆地相连接。这段文字记载促使魏格纳去证实自己最初的“直觉的闪光”，从大地测量与古生物学的范围研究地壳构造和运动，进而提出大陆漂移的假说，引发了一场被誉为“对地质学的影响可以和达尔文在一个世纪前对生物学产生的影响相比拟”的地球科学革命。

在魏格纳之前和与他同时代的许多学者，也曾同样由于看地图或其他原因产生过类似的想法。例如，17世纪培根和普莱赛特论述过新大陆和旧大陆曾经连接的可能性；18世纪布丰根据大西洋两岸生物的亲缘关系，认为两岸的大陆原来是拼合在一起的；19世纪佩利格里尼、考斯渥则、南森、贝汉诺夫、洪堡和修斯都提出过大陆漂移、地壳大规模水平运动的想法。

尽管如此，却没有任何一个人把它作为科学问题进行系统的研究和论证。当魏格纳怀着激动的心情把这一大胆的想法告诉自己的恩师柯彭教授时，却被教授打断：“你对地质学是没有发言权的，还是把精力放在自己的本行气象学研究上吧！”作为汉堡大学的著名气象学家，柯彭教授对与气象学关系较为密切的地质学也颇有研究。他很清楚，在地质学领域中，历来占统治地位的是海陆固定学说。按照这种学说，地壳分为两个基本构造单元，活动性强的地带叫地槽，比较稳定的叫地台。地壳运动以垂直升降为主。各地段虽然可以上升为陆或下降为海，但它的位置基本上固定不变，没有大规模的水平运动。由活动性强的地槽转化为比较稳定的地台，是地壳运动的普遍规律。一百多年来，这种固定的地球观垄断着地球科学领域，成为束缚人们思想的强大的传统势力。

柯彭教授本想以此打消魏格纳的猜想，没想到却使他更受激励，因为他的性格就是一旦认准目标，便勇往直前，即使要冒离经叛道的风险，也决不回头。从1911年秋冬开始，魏格纳在继续从事气象学研究的同时，又以极大的热忱投身到还很陌生的地学领域的研究。他穷搜博览，从各大洲之间以及全球范围的联系中进行考察和追索，在浩繁的地学资料整理和对比中寻找大陆漂移的重要证据。在这个过程中，柯彭教授虽然仍批评他“不务正业”，但却不断地为他搜集资料提供方便。

1912年1月6日，在法兰克福举行的地质学会上，魏格纳作了题为“从地球物理学的基础上论地壳轮廓（大陆与海洋）的生成”的讲演，提出了大陆漂移的假说。4天以后，他又应邀在马尔堡科学协会作了题为“大陆的水平位移”的讲演，进一步阐明了这种新的活动的地球观念：在古生代地球表

面只有一个统一的大陆，叫泛大陆。在它的周围是广阔的海洋，叫泛大洋。自 2.25 亿年前的中生代以来，由于太阳与月亮的引力和地球自转产生的离心力的作用，原始的泛大陆分裂成几块，并作水平漂移，逐渐形成现在的海陆面貌。

魏格纳的讲演犹如平静的湖面激起了一阵狂澜，立即引起了德国地质学界的震动。在那段时期，几乎所有的地质学者都在议论这一假说，有人振奋，有人惶恐，有人赞同，有人责难。为了给大陆漂移说寻找更有力的证据，魏格纳于 1912 年至 1913 年第二次作横跨格陵兰岛探险，并苦苦思索许多理论问题。

从格陵兰回来不久，第一次世界大战爆发了。魏格纳应征入伍，他的研究计划也被迫中断。也许是命运之神的安排，魏格纳在作战中受了重伤，回到后方疗养，大陆漂移这项伟大的研究又回到了他的身边。1915 年，世界大战的炮声尚未停息，震惊全球的不朽之作《海陆的起源》问世了。

在书中，魏格纳从不同学科的角度，综合了地貌学、地质学、地球物理学、古生物学、古气候学等方面的知识和事实，系统地论述了关于大陆漂移的观点和论据，形成了较完整的理论体系。

魏格纳引用地球物理学重力测定的结果和地震波传播速度在大陆与洋底的明显差别，指出洋底下面的岩石要比陆地下面的岩石要重得多，进而得出大陆与洋底具有不同性质的结论。

大西洋边缘的正相吻合是魏格纳提出大陆漂移说的出发点。为了解释这种吻合，魏格纳曾经打了一个比方，就好像把一张报纸撕成两半，然后再把参差不齐的边缘拼台起来一样，如果在撕破边缘印刷的文字行列也能吻合，成为通顺的句子，而且意思上也能讲得通，那么，撕开的两半报纸原来是一张就毫无疑问了。对于大陆来说，地质构造就相当于印刷文字的行列。如果大西洋两岸边缘以往真的是曾经连接在一起的，那么其地质结构就必然是相连接的，这些“印刷”在大陆上的“文字行列”也应当是吻合的。为了证明这种吻合，魏格纳对大西洋两岸的地质结构进行了仔细的比较，发现其岩石地层和褶皱结构确实是一脉相承的。而且在印度、马达加斯加、非洲之间，以及澳大利亚与南极洲之间地层构造中也找到了相似的对应关系。在魏格纳描绘的一幅大陆漂移模式图中，有一块“联合古陆”，它恰好把今天的南北美洲、欧洲、亚洲、非洲、南极洲和澳洲加上印度古陆，统一在一个整体之中。由于这些大陆在分裂时发生的大规模玄武岩浆喷射，形成了不少独具特色的金属成矿带。例如，今天非洲的安哥拉和南美巴西的成矿带，要把它们拼起来，那就都在一个个条带上。总之，这种地质构造的一致性不是局部的、偶然的存在，而是全球性的，普遍的存在。

最有说服力的证据，则是古气候的资料。20 世纪初，无论是在澳洲、印度，还是在南非洲和南美洲，都发现了大约 3 亿年前古冰川的遗迹，就连南极洲也发现了类似的古冰川泥砾。假如把这些今天看来分散在四面八方的古冰川遗迹放在这张“联合古陆”的拼图上，就会发现它们竟然会集中在一个不大的地区。原来，当时这个地区就是寒冷的极区，而那时的欧洲气候却比较温暖。古代气候和今日气候相比是如此不同，这只有从大陆漂移的假说中才能找到合理的答案。

以前大陆之间的直接连接在生物学方面的证据极多，大陆漂移说最初就是从古生物学的事实中受到启发的。一切生物都生活在它所适应的特定环境

中，因此，可以通过古生物化石来了解过去存在过的地理环境条件。例如，从古珊瑚礁的分布情况可以知道在 3.5 亿年以前，在北美洲东部和欧洲西部曾经存在过完全相同的具体环境。令人惊奇的是，这两个大陆的珊瑚礁中，不但含有完全相同的珊瑚种，而且所含有的其他海洋生物和江河生物的种类也完全相同。这一事实说明这两个浅海区在过去是直接相连的。早在 19 世纪末，博物学家们就已经发现各洲大量具有相同的化石种属的实例，并据此作出结论，认为在美洲、非洲、印度、大洋洲和南极洲之间，在很长的地质时期中存在过非常广泛的陆地联系。

作为新地球观的经典之作，《海陆的起源》一出版就轰动了德国和欧美地区。它以惊世骇俗的观点，从根本上改变了 100 多年来人类对地球表面海陆分布与起源的认识。短短的几年间，这本书便被翻译成英、俄、日等多种文字，传遍了全世界。十多年中，几乎所有的地学会议、报章、杂志，都在传播、议论这一学说。一些明智的学者已经敏锐地洞察到它的伟大意义，认为“这一理论一经证实，它在思想上引起的革命堪与哥白尼时代天文学的革命相媲美”。

然而正如英国著名地质学家赖尔所说的那样，地质学研究每向正确的理论前进一步，都要和强有力的先人偏见作斗争。魏格纳的大陆漂移说刚问世，自然就立即遭到持海陆固定说的权威们的猛烈攻击。他们利用各种场合，贬低魏格纳的学说，把它斥为“玩弄儿童七巧板的游戏”，是一种“说得有声有色的最轻率的狂想曲”。他们危言耸听地宣称：“这是大地构造学中形式主义和形而上学倾向的进一步深化。”

也应当指出，人们不肯接受这个学说的一个重要原因是它自身还不完善，还存在着严重的缺陷。它当时还不能令人信服地解释大陆漂移的机制和动力。人们根据已有的知识和经验，认为大陆漂移是不可想象的，因为大陆和洋底毕竟是由极其坚硬的岩石构成的。即使最小的一块大陆（如大洋洲的重量可能有 5×10^{18} 公斤，通过洋底移动到现在的位置所需要的力也是非常巨大的。魏格纳曾经用地球自转的离心力而产生的离极力来解释大陆向赤道的漂移。但是一些科学家经过计算，认为离极力是非常小的，要使大陆移动必须要有大于离极力 100 万倍以上的力。假如离极力能够移动大陆，但对于形成褶皱山来说还显得太小。魏格纳用潮汐力来解释大陆块的向西漂移，但是一位英国地球物理学家从理论上证明这是不可能的。大陆漂移的机制和动力问题成了严重的障碍，大多数地球物理学家都抛弃了魏格纳的学说。

1928 年在纽约由美国地质协会主持举行了一次重要会议，讨论大陆漂移说。在会议上发言的 14 位地质学家中，有 5 位积极支持大陆漂移说，2 人有保留地支持，7 人反对。反对的理由除漂移的动力之外，还有地壳和地幔的刚性问题。有人指出，根据魏格纳的观点，地幔是固体，但在重力长期作用下，地壳能够部分沉入其中，并可在其中航行，这样说来地壳比地幔硬。但是，魏格纳又说漂移的大陆块体遇到地幔的阻力会褶皱成山脉，这样说来，似乎地幔又比地壳硬。那么地壳和地幔到底谁更坚硬？会议主席对讨论做了比较全面的总结，认为解释古生物分布之谜，大陆漂移说比陆桥说好；虽然漂移的机制还未找到，将来也许会找到。纽约会议进一步推动了对大陆漂移动力的探讨。

为了从大地测量学角度寻找大陆漂移的新证据，魏格纳于 1930 年第三次踏上格陵兰岛作横跨探险。9 月 21 日，他冒着强大暴风雪的袭击，在零下 65

的严寒中，由海岸基地向中部的爱斯密特基地进发，经过 100 英里的艰难跋涉，许多追随者在险恶环境下纷纷退缩掉队。10 月 30 日，他在顶风冒雪奔赴海岸基地的途中，终因过度劳累，导致心力衰竭倒在雪地里，为捍卫和证实大陆漂移学说，为探求科学真理贡献出了宝贵的生命，而此时他还正值 50 岁的盛年之际。

魏格纳的早逝，使大陆漂移说失去了最有力的倡导者，致使该学说在 30 年代开始逐渐消沉，甚至在大学的讲义中也很少提到。但是，自然界的客观真理不会永远被历史的尘埃掩埋。大陆漂移说在经受了公正的时间考验之后，终于显示出强大的生命力。50 年代后期以来，随着科学技术的发展，特别是地质、地震、地磁、地热、海洋钻探、古生物、地球物理和地球化学等学科的综合研究，给大陆漂移说提供了新的更具说服力的证据。例如，1962 年英国地球物理学家布拉德用电子计算机对大西洋两岸做了几乎完全的拼合；美国国家航空和航天局在 1984 年 5 月 21 日宣布，利用卫星首次测出大陆漂移；英国科学家利用地球物理卫星，成功地测到地球上的大陆随板块缓慢地漂移的速度和方向：夏威夷与南北美洲每年以 5.1 厘米的速度靠近，澳大利亚与北美洲每年以 1 厘米的速度分离，大西洋每年约以 1.5 厘米的速度扩张。科学研究所取得的一系列进展，使得已经沉寂了 20 年的大陆漂移说获得了新生，并发展形成为当代最盛行的大陆构造理论——板块构造学说。

迄今为止，地球仍然是人类赖以生存的唯一场所，它给人类提供了生存和发展所必需的物质条件。然而人类对它却知之甚少。20 世纪初，魏格纳冲破重重阻力，创立大陆漂移说，由此引发的现代地学革命，揭开了地球科学的新篇章。旧的固定的地球观逐渐被新的活动的地球观所取代，不仅加深了人类对地球历史变迁的认识，而且有助于对地球未来命运的把握，也有利于人类对于地球资源的开发利用。值得注意的是，许多人都曾看到大西洋两岸能很好地拼合的现象，产生过大陆漂移的猜想，但是未能把这种想法转变为科学问题。魏格纳这样做了。这正是他科学创造能力——想象力、洞察力、判断力和预见性的集中表现。在论证自己提出的假说时，他善于综合一系列相关学科研究成果，把理论建立在大量事实的基础上，进行了出色的论证，充分体现了科学思维，特别是注意事物普遍联系和相互作用的整体思维的特征。而他敢于冲破传统，选择新的学术方向，百折不挠，不惜牺牲生命，表明了他志向远大、追求执著和献身科学的崇高精神。今天，魏格纳的气象著作已被人们遗忘，但是，他提出的大陆漂移学说，他的《海陆的起源》著作，却永远为世人敬重。

卡文迪许实验室人才辈出结硕果

1919年卢瑟福48岁了。正当他踌躇满志地想把曼彻斯特物理实验室发展成为世界核物理的研究中心时，忽然接到老师汤姆逊先后四封热情洋溢的邀请信，请他出任第四任卡文迪许实验室主任。卢瑟福又一次处在人生的重要转折点。

卡文迪许实验室是英国第一个公立的近代物理实验室。它是为振兴英国19世纪后的物理学，为纪念剑桥第七代德文郡公爵卡文迪许而创办的。经过三任主任：麦克斯韦、瑞利勋爵和汤姆逊的苦心经营，成了当时世界上实验室设备精良，人才济济的第一流物理实验室。

1894年，卢瑟福在新西兰坎特伯雷学院获得了数学、物理两个学科的第一名（这在该学院历史上是空前的），并获得了文学硕士学位。并且经过自己一年的潜心努力，又获得了该学院理学学士学位。学习期间，他在毕克顿教授指导下，从事交变磁场下铁的磁化及制造高效检波器的研究。赫兹于1887年证实了电磁波的存在，并发现了电磁波的反射、折射、衍射和偏振，这个发现引起了国际上的轰动。由于发射电波的仪器制作比较容易，而接收电波的检波器制作却相对困难，因此制作高效检波器就成了当时物理学界必须攻克的难关。毕克顿指导他从事这项研究是极具眼光的。然而，要做这样的实验，他们既没有豪华先进的实验大楼，更没有充足完备的仪器设施。到哪里去做这样的实验呢？面对困难，富于创造力的卢瑟福并没有气馁。他多方寻觅，终于找到了一间阴暗狭小、霉气潮湿的地下室。由于有毕克顿教授的精心指导，以及从祖父和父亲那里继承下来的精湛的手工艺，加上他超人的智慧和力量。他终于用铜丝绕成线圈，做成一个比传统金属检波器更灵敏的优质检波器。他用自制的发射器和检波器能隔墙在60英尺范围内收发电报，这成为新西兰的第一份无线电报。1894年11月卢瑟福宣读了他的第一篇论文“高频放电使铁磁化”，论文后来发表在新西兰研究所会报上。而马可尼的无线电信号通讯和波波夫的600码无线电发送，都在卢瑟福发明无线电通讯后的一年即1895年才完成。卢瑟福很快成为世界瞩目的青年科学家之一。

1895年4月卢瑟福由于创造性的实验，获1851英国大博览会奖学金赴英深造。这项奖学金设立于1851年，专门奖掖那些有创造才智的大学生，继续他们的研究。卢瑟福到英国后，进入剑桥大学卡文迪许实验室，在汤姆逊教授指导下工作。进入这样新型的实验室使卢瑟福如鱼得水，聪明才智得以充分发挥。汤姆逊很重视他，让他报告研究工作并为他申请了奖学金。仅仅几个星期，汤姆逊就看出了卢瑟福在选题和实验技巧方面的卓越才能，他写道：“关于在实验室承担的研究课题种类，他不像大多数研究生那样需要任何建议。他带着自己的问题，……这就是检测无线电的一种仪器。”“在我开始相信他是一个出色的、有能力的和个性强的物理学家时，他来实验室才几个星期。”

在卡文迪许实验室期间，卢瑟福在新西兰研究工作的基础上，制造了更灵敏的检波器，接收距离达半公里以上，创当时的世界纪录。卢瑟福继而又想到假若能将这项发明扩展到距离16公里以上都能接收到信号，就可使灯塔和船上的信号灯在任何时间与条件下都可与岸上联系，从而解决航海的通讯难题，这对经常雾雨濛濛的英国具有更大的意义。于是卢瑟福制作了长度1

厘米、直径 0.07 毫米的细钢针，放入检波器中，结果使用效果非常好。汤姆逊立即让他写成论文“电磁波检波器及其某些应用”，送《皇家学会报》发表。1896 年 6 月 18 日，卢瑟福以卡文迪许实验室第一批试点的博士生（当时共 4 名）资格，首次登上皇家学会讲坛，宣读了他的论文，并当场作了示范表演，赢得了与会者的交口称赞。他的研究至此获得了巨大的成功。之后许多大学纷纷效法，很快推广了博士研究生制度。

自从发现 射线及镭的放射现象后，对神秘莫测的放射性的研究一下子吸引了当时一大批优秀科学家。卢瑟福在汤姆逊指导下从此开始了对放射性的毕生的研究。

卢瑟福在剑桥期间从事的上述关于检波器和放射性的研究工作，取得了开创性的巨大成就，成为早于马可尼发明无线电的先驱者之一，并与法国科学家维拉德共同发现 射线，从而在科学前沿崭露头角。1898 年卢瑟福以突出的贡献取得了博士学位。汤姆逊给他写了一封推荐信，信中是这样写的：“在独创性的科学中，我从未见过有比卢瑟福先生更加热情和干练有为的学生。……我认为不论哪个大学请到卢瑟福先生去担任物理学教授，都将是十分幸运的。”凭着这封推荐信，28 岁的卢瑟福被聘为加拿大麦克吉尔大学教授。

一方面恩师的盛情难却；另一方面继物理大师麦克斯韦、瑞利勋爵和汤姆逊之后，担任世界上最卓越的物理实验室主任是给予他的崇高荣誉。卢瑟福考虑再三后应允了。但是事情并不那么简单，卡文迪许实验室经过汤姆逊 30 年的苦心经营和大刀阔斧的改革，成了世界一流水平的实验室。虽然汤姆逊担任剑桥大学三一学院院长后，不再负责实验室，但他的势力还在，并不情愿全部交出权力。卢瑟福对这点是一清二楚的。不事先挑明，保留一个“超级领导”，既妨碍独立工作，将来出现种种矛盾又势必影响师生情谊。他坦率陈言：“我感到如果没有关于实验室和研究安排的相互之间的明确了解，就没有一个有利的地位能补偿对我们长期持续友谊的任何干扰，或补偿不论公开或潜在发生的任何摩擦。”汤姆逊体谅他的一番苦心，慨然允诺，保证卢瑟福在管理上拥有绝对自主权。但汤姆逊并不甘心退出实验室的舞台，他要保留自己的房间、实验室、助手，掌握部分经费和研究生。卢瑟福则态度鲜明、毫不妥协。双方经过认真谈判，反复磋商，最后卢瑟福取得了实验室完全独立的领导，当然对老师也作了一些照顾。卢瑟福坚持原则，保证对卡文迪许实验室的独立领导至关重要，否则，不可能迎来卡文迪许实验室更加美好的第四个春天，也不能保持两位科学家长期的友谊。

卢瑟福到卡文迪许实验室后，这里成了他人生旅途的最后归宿，在这里，他完成了自己科学研究的最后冲刺。

在此期间，卢瑟福除了继续在科学上取得巨大成就外，还成功地领导了科学研究集体，培养了大批科学人才。他深深懂得，科学的发展，取决于科学家们共同的创造和努力。他认为“科学家并非依赖于单个人的思想，而是取决于综合数以千计的人们的智慧，所有的人想一个问题，并且每一个人做其中部分的工作，添增到正在建造的知识大厦中去。”所以，他很注意将自己的科学才能和思想与他所领导的科研人员的集体智慧很好地结合起来，不断地向科学高峰挺进；同时，他还重视发挥青年科学家的才能和作用，倡导学术民主，营造良好的科学研究环境，促使全心全意投入工作，多出成果，快出成果。

卢瑟福一方面以自己的科研才能、品德威望和组织管理能力赢得大家的尊敬和爱戴；另一方面又注意向学生学习新的思路、新的成果，从每个点滴中，寻找灵感。卢瑟福的一些重大成果来源于学生的意外发现，不少思想火花也启迪于助手间的自由漫谈和讨论，许多新的发现是通过助手和学生使之条理化、理论化或实验验证的。他和他领导的研究集体相得益彰，互补互利，既创造了大量世界一流的科研成果，又培养了大批优秀人才。

他还倡导了每天午后喝茶交流科研思想的办法，以活跃气氛、放松思想、相互启迪、激发创造力。他自己经常带头贡献新思想和新方法，甚至将发现的细节全盘托出，边喝茶边演示。常常有这种情况，某人的思想刚好被另一个人的研究用上，另一个人的实验恰恰又补充、印证、发展了某人的发明创造。正是这种智慧火花的碰撞和卢瑟福的关心指导，使这个研究集体永远在科学前沿阵地拼搏。取长补短、共同奋进成了卢瑟福领导下的研究集体的学风。这里充满了欢声笑语，富有创造性的劳动，没有“地下的隆隆声”和背后的窃窃私语。

卢瑟福深知，只有鼓励开创性研究，使实验室永远处于科学发展的前沿，不断开拓重大的新领域，才能保持队伍的高昂斗志和不断吸引优秀人才。他领导和管理科研集体的成功经验之一是出好科研题目，使学生能得到有科学意义、有重大前景并且能丰产的题目，保证他们在1—2年内作出成绩，鼓励助手和学生千方百计地进行创造性研究，出新思想、新方法，绝不让他们从事没有价值的研究。

为了让自己在这个科学领域的领导地位名符其实，卢瑟福十分注意不断更新知识和观念，跟上世界科学的潮流，不断进行科学研究的转移，纵横驰骋，指导自如。他研究了放射性、同位素、位移定律， α 、 β 、 γ 射线的性质，原子核结构，打碎原子实现人工嬗变，预言中子、质子，创造加速器，进而研究大气电现象、强磁场及低温物理。

更可贵的是，他不拘泥于自己擅长的领域，而竭尽全力鼓励青年科学家的自由创造。他认为这是科学研究取得重大成果的前提，是不断开辟科学研究新领域的根本保证。卡文迪许实验室是以研究核物理为中心的，但他却鼓励有才能的卡皮查去研究强电磁场、低温物理，让初露头角的阿普顿去研究大气电现象。正是由于他善于引导和发挥青年科学家的创造性，开辟新领域，抢占制高点，尽快实现科学转移，因而保证了科研集体的勃勃生机和活力。因此，20世纪初许多重要的物理发现都诞生于卡文迪许实验室就不足为怪了。

卢瑟福认为，学术带头人不仅要经过严格的科学理论和方法的训练，有卓越的能力，带头在科研前沿拼搏，不断出优秀成果，还应善于组织和激励研究人员沿着易于取得科研成果的路线前进。管理者要了解科研人员特殊的研究方法、思想感情和工作条件，不仅对研究成果的取得给予承认和鼓励，而且对研究工作存在的问题给予妥善解决；不仅提供装备良好的实验室，还要为具体的研究工作准备条件，甚至包括薪金待遇。只有这样，“我们才能指望得到思维敏捷和有进取心的人们的集体服务，而且有可能和有希望进一步使专业知识深化。”

他特别重视对学生创造能力的培养，反对学生跟着他的思想亦步亦趋。一旦发现了学生某方面的才华，他就尽力帮助，使学生的才华充分显露出来，成为一流科学家。平时他既要求学生准确地进行实验，更要求他们勤于思考、

善于思考，在“巧”字上狠下功夫，以最小的代价取得最大的成果。他要求研究集体的每个成员必须有自己的新思想、新发现、新见解。在这点上，他绝不含糊，若没有新意，他就拒绝和你讨论下去。这样，久而久之，就推动了研究集体的成员人人注意新发现，以新的观点审视过去的一切，培养了他们的独创能力。他还以其独有的乐观、善良、勤奋、高效和献身科学的精神感染学生。“在他周围逐渐形成了一种气氛，学生们不仅向他学习原理和方法，而且还学习他那作为科学家最需要的毅力和坚定性。他们逐渐发展成为一个最大和最成功的研究集体。”由他直接培养的科学家获诺贝尔奖的多达11人，他们是索迪（1921）、哈恩（1944）、玻尔（1922）、赫维希（1943）、查德威克（1935）、阿普顿（1947）、鲍威尔（1950）、考克饶夫和沃尔顿（1950）、布莱克特（1948）和卡皮查（1978）。此外还有大批活跃在原子能、核物理、宇宙学、大气物理、超导、量子物理等方面的一流专家，这在科学史上也是绝无仅有的。

卢瑟福来自英国的殖民地国家新西兰，因而他对殖民地来的学生特别关注，悉心培养，使他们的才能充分发挥，即使是来自敌国的学生也不嫌弃，只要是人才他都精心培养。第一次大战期间，他的学生盖革返回德国后不得不服兵役上前线。战后，盖革以一个老学生的身份给卢瑟福写信，重温旧日师生情谊。卢瑟福对这个曾在战场上与英军作战的老学生不计前嫌，仍热情欢迎。

他对苏联优秀科学家卡皮查的关怀和负责到底的精神更是感人至深。1921年卡皮查随团赴英购买科学仪器设备而滞留英伦，后经苏联政府同意作了卢瑟福的研究生。卡皮查才华出众，勤奋好学，富有创造性，深得卢瑟福赏识。他冲破英国传统势力的反对、很快提拔卡皮查任实验室的副主任，成了自己得力的左右手。他还筹措了1.5万英镑，为卡皮查修建新实验室。1929年经卢瑟福鼎力推荐，卡皮查当选为皇家学会会员。卡皮查在剑桥创立了强磁场理论和低温物理，在卡文迪许实验室大放异彩。1934年卡皮查回国被扣，不得返英，卢瑟福大力相助，自动充当秘密外交家，为争取卡皮查重返卡文迪许实验室尽力交涉。当得知卡皮查返英无望后，为了不使这位天才被埋没，能继续从事科学研究，他将全部卡皮查的强磁场和低温设备运往苏联作价处理，并派优秀科学家考克饶夫亲自负责安装。卡皮查由于妻儿全在国外，国内人事关系不好，研究所建立后无事可作达三年之久，心情忧郁。卢瑟福坚持每月写信安慰他，鼓起他的勇气和信心。后来，卡皮查在苏联对液氦环境下的超导性、等离子物理方面作出重大贡献，获得诺贝尔奖。世人不知，这里面凝结了卢瑟福多少的关心和爱护！从卡皮查身上，明显地体现出卢瑟福在培养人才上打破社会制度、民族界限和信仰的民主学风和优良品德。卢瑟福热爱科学、珍视人才的精神是他能造就那么多优秀人才的重要原因之一。

卢瑟福是一位伟大的科学家、教师和杰出的科研工作组织者和领导者，开辟原子时代的旗手，为现代科学的发展奠定了重要的基础。他一生从事放射性实验和理论、原子物理和核物理的研究，是原子有核结构、原子核、原子能、放射性衰变理论和规律、人工核嬗变和元素的人工转变、质子、势垒、聚变和氦的发现者，氘、氚、氮³、中子和正电子的预言者。

在现代科学史上，卢瑟福培养人才和组织科学研究方面取得的成就和经验，与他在科学发现上的贡献有同样重要的意义。他适应现代科学日益精深、

实验设备精密而复杂和学科相互渗透的特点，继承了从麦克斯韦时起形成的卡文迪许实验室的传统和学风，以准确的实验和严谨的治学为基础，重视集体智慧的发挥，民主讨论，尊重人的志趣和特长及提倡各学科合作。他把纯朴、忠诚、正直和善良，贯穿在人际关系中。每到一处，在自己周围形成一个和谐的科研集体，齐心协力进行科学研究。在他领导培育下，一大批诺贝尔奖获得者和优秀科学家成长起来，这批人后来散居世界各地，成为本世纪科学前沿的开路先锋。

卢瑟福伟大的人格还体现在第二次世界大战前夕希特勒迫害德国的犹太科学家时，他毅然站出来，于 1933 年组织学术教授委员会并任主席，积极筹集 100 万英镑来援助逃亡的德国知识分子。他认为在这种特殊情况下，必须有效地挽救和保存这批具有学术水平和熟练经验的人，否则将给世界造成巨大损失。他四处奔走呼号，前后救援了 1100 余人，占被德国驱逐教授和学者 1600 人的 3/4 左右，其中包括著名科学家爱因斯坦和玻恩等。他的这种拯救科学和科学家的行动在世界上产生了重要影响，后来丹麦的玻尔以他为榜样建立了救援委员会，救助从德国逃亡出来的科学家。这批德国科学家不少在二次世界大战及战后的科学、经济发展中都曾作出过重要贡献。

诺贝尔奖获得者、苏联优秀科学家、卢瑟福的弟子卡皮查说得好：“卢瑟福不仅是一位伟大的科学家，而且也是一位伟大的导师。……科学史告诉我们，一位杰出的科学家不一定是一位伟人，而一位伟大的导师则必须是伟人。”

建原子模型创量子力学

19 世纪末到 20 世纪初，以牛顿力学为代表的经典物理学面临乌云密布的危机，这些危机终于酿成了一场空前的物理大革命，而相对论和量子理论就是这场物理革命的最主要成果。创立相对论的历史重任落在爱因斯坦的身上。而玻尔则肩负起了创建量子理论的使命。“如果没有他的贡献，要建立起令人赞叹的现代量子物理学大厦，该是不可思议的”。由于他创立的量子理论以及后来发展成为的量子力学，人类揭开了微观世界的秘密，开辟了物理学的新纪元，改变了世界科学史的进程。

自从 19 世纪末期发现电子以后，人们已经不再按其原义（不可分割之物）来理解“原子”一词了。但是，无论如何必须承认，自然界中的原子是非常牢固的，是十分难以分割的。例如，在气体中，原子（分子）之间不断地进行着激烈的碰撞，但是原子被碰碎或被碰得“变了形”的情况即使存在也是很少见的，不然的话，人们思想中就根本不会有“原子”这个概念了。然而，当时没有任何一种原子模型能够反映这样的稳定性。

在卢瑟福发现了原子核以后，人们开始把原子设想成或多或少和太阳系相似的微观结构。但是事实上这种体系至少在两个方面和太阳系有着本质的不同。

第一，如果太阳系受到一个外来天体的碰撞，系内各行星的运动就必然发生显著的变化，而且当外来天体已经离去以后，太阳系也不会完全不走样地回返到碰撞以前的状态。换句话说，服从经典力学规律的行星系并不具备实在原子所表现出来的那种力学稳定性。

第二，在太阳系中起主导作用的是万有引力，而在原子中起主导作用的是电磁力。按照当时唯一已知的经典电动力学，加速运动着的带电体必然不断地发射电磁波，而原子中的电子也不应该例外，那么通过电磁辐射，原子的能量就将不断地减少，而原子中的电子也将逐渐坠落到原子核上去。当时有人估计过，假如电子确实是按照经典动力学的规律而运动的，则上述这种原子“坍缩”将在若干分之一秒的时间内完成。而事实却是，自然界中的原子已经存在了许多亿年了。也就是说，当时所有的原子模型都无法解释物质原子的这种电磁稳定性。

当玻尔在历史舞台上出场时，电子早已被发现了，而且他的硕士论文和博士论文恰好就是考察金属中的电子运动。通过考察，他已经完全明确地意识到经典理论在阐明微观现象方面的严重缺陷，甚至他在博士论文中也赞赏了普朗克和爱因斯坦“在电磁理论中引入根本变动的那些努力”。在他着手研究原子结构问题时，他就创造性地把普朗克的量子假说和卢瑟福的原子核概念结合起来。

1912 年 3 月，玻尔来到曼彻斯特，被卢瑟福的原子模型所吸引。他发现卢瑟福的原子有核模型不仅能很好地解释 α 粒子大角度散射实验，而且预示着说明原子光谱和放射现象的可能。他猜想原子的放射现象可能来自原子核。这种思想已经暗含着同位素和放射位移的概念。但是，卢瑟福模型基本上是一个定性的模型。它面临的最大困难在于不能说明原子的稳定性。

汤姆逊模型中电子的环状排列能满足经典力学所要求的稳定条件，而且这种排列还可以说明元素的某些物理性质和化学性质。玻尔从汤姆逊模型中得到启发，认为卢瑟福模型中的电子可能是按一定规律在不同的轨道上运行

的，而元素的化学性质则可能与外层电子的数目和排列有关，这个数目应当与元素周期表上的位置相对应。这就为当时物理学和化学中最大最难的问题，即元素为什么各自具有不同的性质，提供了一种解释。

那么，如何既尊重实验结果，维护卢瑟福的有核模型，又保持核外电子在环形轨道上运行的稳定性呢？在经典理论范围内是找不到解决办法的，必须另辟蹊径。

1912年7月，玻尔在离开英国以前，向卢瑟福呈交了一份论文提纲，即所谓“卢瑟福备忘录”。在这份提纲中，他主要讨论了关于运动着的粒子减速问题，说明了原子的静力学性能和动力学性能。在这篇文章中玻尔为了解释原子的稳定性，不得已第一次大胆地把量子理论引入卢瑟福的原子有核模型，而且第一次引入了“定态”的概念，以挽救卢瑟福原子的迅速坍缩，解释原子和分子的稳定性问题。这一假说可以解释一些实验事实和规律，例如原子体积随原子序数的周期变化等。这一研究充分显示了玻尔的思想方法：第一，作为理论的物理学家他更关心物理理论的一般意义。这样，玻尔就从更广阔的角度、更深的层次、更一般的意义上来认识原子模型，他必然比卢瑟福就原子模型研究原子模型取得更大的进展。第二，他从已知推测未知。当不可能有完备的理论可供利用时，他利用经典力学和另外的量子条件就把非常脆弱的卢瑟福原子模型从危机中“解救”出来，这种不是解释的“解释”，居然为现代物理学奠定了重要基石，可见玻尔的想象力有多么丰富！这时的玻尔还只是以“定态”来拯救卢瑟福的原子模型，还谈不到光谱问题，更谈不到电子怎样从一个定态“跃迁”或“过渡”到另一个定态。因此，1912年7月交给卢瑟福的备忘录是玻尔理论的序曲，但这是一个伟大的开端。

1912年7月底，玻尔回到哥本哈根继续进行原子结构的研究，但是在氢原子之类的问题上却遇到了严重的困难。这主要是由于他的理论还没有发育完全，还缺少一些最基本的要素。1913年2月，他的一位同事，光谱专家汉森向他指出，研究原子结构，应该很好地联系和利用当时已有的丰富而精确的光谱学资料，这一建议大大开阔了玻尔的思路，使他的眼光开始从原子的正常态扩大到了原子的激发态。从此他的理论思维走上了迅速发展的道路，他的定态概念获得了辩证的特征，而定态间的跃迁这一概念也因此而呼之欲出了。这一事态的发展，后来被称为玻尔的“二月转变”。

正是由于引入光谱学的规律，给玻尔的思维和理论带来

了巨大的飞跃。1913年他完成了“论原子构造和分子构造”，并说服了讲求简练文体的卢瑟福把这篇绝非简练的论著推荐给英国期刊《哲学杂志》。论著分三部分在该刊第26卷第7、9和11期上发表，这就是在原子物理学中起了划时代作用的所谓“伟大的三部曲”。

文章在范围和深度上都远远超过了“卢瑟福备忘录”，为以后几十年的微观物理学的发展制订了纲领。在这篇著作中，玻尔所提供的绝不仅仅是什么氢原子理论或某种特定的、范围很小的细节理论；展现在人们面前的，是一个出人意料的、一望无垠的新世界的大致轮廓。

他从一开始就把全体的各种各样的原子当成了研究对象，并且提出了所谓组建原理来作为考虑问题的入门。为了把实验光谱学的数据、规律和有关的原子模型联系起来，玻尔在他的论著第一部分中提出两条重要假设：体系在定态中的动力学平衡，可以借助于普通力学（经典力学）来加以讨论，而体系在不同定态之间的过渡则不能在这样的基础上进行处理；后一种过

程是由单频辐射的发射来完成的，其频率和发射能量之间的关系只能由普朗克理论来解决。

伟大的科学理论建立时，人们对它的评价往往是毁誉参半。玻尔的量子理论也毫不例外。爱因斯坦一向以治学谨严而著称，常常很严厉地批评别人的学术观点，但是他对玻尔的原子结构理论却自始至终地作了很高的评价，称它是“一个巨大的成就”。而劳厄则把玻尔的理论说成“这完全是胡扯”，声称：“麦克斯韦方程在任何情况下都是成立的”。

1913年9月7日在英国伯明翰召开了不列颠科学促进会，几乎所有著名科学家都出席了，瑞利勋爵、居里夫人、卢瑟福，汤姆逊、洛伦兹、金斯。玻尔也应邀参加。会上讨论了辐射问题，玻尔的理论受到严峻的考验。金斯积极支持玻尔，他说玻尔的理论是“谱线系的一种最巧妙和最发人深思的解释，而且我想还应该说是一种令人信服的解释”。其他物理学家则多持保留或怀疑态度。瑞利感到自己没有能力对此作出判断，只能含糊其辞地说：“人在六十岁后就不应该在现代观点中随便插手，尽管我今天并不怎么相信这个观点，但我还是决定超然于这场讨论之外。”洛伦兹提出疑问：“玻尔的这一原子结构及电子运动的观点，从力学上该如何解释呢？”汤姆逊的怀疑更甚，他根本不相信玻尔的理论会有什么实在意义，只是草草议论了几分钟，便武断地否定了玻尔的理论。

结果是不言而喻的，这场讨论以玻尔的失败告终。然而新生的有生命力的科学理论，它必然会冲破阻力，为科学事实所验证，被科学家们所逐步接受。

也许是民族的共鸣，也许是科学的敏感。在丹麦，玻尔的同胞大多深信他的量子理论对于物理学的重大意义。哥本哈根大学全体教员几乎一致同意聘请玻尔担任理论物理学的教授。

但是不久，玻尔又放弃了在哥本哈根大学的机会，应卢瑟福的邀请，去曼彻斯特实验室担任讲师工作。那是1914年的秋天，第一次世界大战刚爆发。由于很多人去服兵役，太需要玻尔去帮助工作了。而玻尔也迫切希望通过精细的实验，进一步为自己的理论寻找事实根据。

在曼彻斯特工作的物理学家穆斯莱和数学家达尔文，都是玻尔的支持者。他俩决定通过测定一系列元素产生的X射线的波长，来验证玻尔的设想。经过努力，X射线的底片显示出令人震惊而兴奋的结果，它们构成了阶梯式的变化，证明各元素的排列序数就等于其原子核内的正电荷数，这正是玻尔曾假设过的，氢原子核外有一个电子绕着它转动，氢原子后面一个元素有两个电子，第三号元素则有三十电子，……直到已知最重的九十二号元素有九十二个电子。X射线的测定强有力地证实了玻尔的原子结构理论。

紧接着，德国物理学家费兰克和赫兹，证明了原子中能量呈阶梯式分布，也即量子式的分布——这正是玻尔理论的核心内容。

在以后的岁月里，玻尔的理论获得了更加广泛的实验事实的支持，越来越多的人接受了这一理论，一个伟大的新时代终于开始了。1922年瑞典科学院宣布：由于玻尔“在研究原子结构和在研究原子所发射的辐射方面的贡献”，决定授予他诺贝尔物理奖。并同时补授爱因斯坦1921年的诺贝尔物理奖，理由是“由于他在数理物理学方面的成就，特别是由于他的关于光电效应定律的发现”。这绝不能看作是历史的偶然巧合，而是对20世纪作为科学主导的物理学两位登峰造极的巨人的公正评判。

许多年以后，狄拉克曾经回忆道：“我记得我在第一次听到玻尔理论时感到大为惊奇，因为在此之前，整个原子世界是被一种神秘的气氛笼罩着的……当时这一理论打开了我的眼界，使我看到了一个新的世界，一个非常奇妙的世界。”在这里，以沉默寡言著称的大物理学家狄拉克叙述了他自己的感受。可以设想，这也很可能就是几代物理学家的共同感受！在玻尔原子模型以前，也有人提出过一些各有特色的原子模型，但是它们都很快成了历史的陈迹，现在很少有人再记得它们了。相反地，玻尔模型却至今还有它的生命力，它的图案现在仍大量地出现在书刊装帧、电视屏幕之类的地方，简直成了自然科学本身的象征。

要进一步解决原子结构问题，首先就必须对已有的原子模型进行认真的分析，对这些模型解释有关实验结果的优劣进行比较，然后才有可能取各家之所长，在综合的基础上有所创新，这是玻尔工作的起点。

当玻尔于1912年由剑桥来到曼彻斯特大学，通过向卢瑟福学习，开始接触到原子结构问题时，人们已经对这一问题进行了多年的探索，设想了各式各样的原子模型，其中包括洛伦兹的弹性束缚电子模型、勒纳的动力子概念、长冈半太郎的土星系模型、里茨的磁原子模型、汤姆逊“葡萄干·布丁”模型和卢瑟福的行星系模型等。通过对已有各种原子模型进行分析和比较，玻尔以卢瑟福原子模型为基础，吸收了汤姆逊模型的一些优点，并引入量子概念，构筑了一个新的原子模型，解决了经典理论所不能解决的原子的稳定性问题。

在正确理论思想指导下，采用适当的模型，并熟练运用数学方法不断改进和完善这一模型，使之能说明更多的现象，是玻尔能超过其他人迅速取得成功的重要因素。

普朗克和爱因斯坦的理论虽然对玻尔的工作起着直接的指导和启发作用，但如何把他们的理论应用于具体的原子模型，还必须进一步提出新的假说。玻尔在系统总结上述工作的基础上，提出了两条假说。他的两条量子假说，不是简单地照搬普朗克和爱因斯坦的概念，而是结合原子模型具体情况对这些概念创造性地应用和发展。正是由于建立了假说，才使玻尔的原子模型上升为原子结构理论。

此外，在玻尔的发现过程中，某些社会因素是不能忽视的。玻尔的工作始终得到卢瑟福和他的科学共同体的支持鼓励，并且随着研究的进展，玻尔逐渐形成了自己的科学共同体，这是玻尔的研究工作得以迅速取得成功的重要因素之一。

开创 X射线晶体学布拉格父子登金榜

在科学史上，诺贝尔奖自 1901 年开始颁奖以来，已经确立了它的至高无上的地位，正如日本科学史学家汤浅光朝所说：“诺贝尔奖的历史形成了 20 世纪科学史的主流。”迄今为止，已有数百位科学家荣获诺贝尔科学奖（包括物理学、化学和生理学或医学），毋庸置疑，他们成为 20 世纪科学史中的主角，他们的业绩是值得大书特书的。其中，1915 年度的物理学奖获得者之一——布拉格，不仅是 X 射线晶体学的主要开创者，而且为它的发展贡献了毕生的精力。他首创 X 射线晶体结构分析时年仅 22 岁，因此而荣获诺贝尔奖时只 25 岁，至今仍保持着最年轻的诺贝尔奖获得者的称号。1911 年，布拉格在英国剑桥大学以优等的成绩通过了自然科学荣誉学位考试。随后，他便转到卡文迪许实验室，开始在物理学的“伟大长者”汤姆逊的指导下，从事科学研究工作。这是布拉格科学生涯的开端，然而正是由于他在这个时期的工作，诞生了一门新的学科——X 射线晶体学。

汤姆逊交给布拉格的研究课题是测量离子在各种气体中的迁移率。那时的卡文迪许实验室除了布拉格以外，还有大约 40 名研究生在汤姆逊的指导下从事研究。在这种情况下，实验室的仪器设备就显得有点跟不上研究的需要了。相比之下，他父亲在利兹大学的实验室条件要好得多，所以，他常常利用假期去父亲的实验室工作。

1912 年暑假，布拉格来到父亲的实验室。当时他父亲刚刚得知劳厄关于 X 射线晶体衍射现象的报告，并试图用 X 射线的粒子理论来解释劳厄的这一发现，于是父子俩便讨论起来。

按照劳厄的解释，晶体由空间点阵组成，相当于一个三维光栅，而 X 射线的晶体衍射现象则正好说明了 X 射线是像光一样的波动。劳厄还提出了一个三维点阵衍射的数学理论，并试图以此来对闪锌矿（ZnS）晶体的衍射照片进行定量分析。为了与实验结果相符合，他作了两个假定：一、闪锌矿晶体为简单立方晶体；二、入射 X 射线仅包含 5 种特定的波长。但即便是这样，他的定量分析仍然不够圆满，因为这种波长可能形成的衍射斑点有的在照片上并未出现。

与劳厄的观点相反，父亲布拉格根据自己此前对 α 射线、 β 射线和 X 射线等的研究，认为 X 射线应该是一种中性粒子流或带异号电荷的偶极子流，总之是微粒而不是波动。儿子受父亲的影响，当然也是微粒论的支持者。所以，父子俩想方设法用微粒理论来对劳厄衍射图作出解释。当假期临近结束时，布拉格还设计了一个实验以验证劳厄衍射图上的斑点是不是由沿着晶体中原子间的空隙或“通道”射出来的 X 射线微粒造成的。但他的实验没有得出任何肯定的结果。尽管如此，父子俩的这些探讨使布拉格真正进入了科学研究的前沿，是他创立 X 射线晶体学的开始。

暑假结束，布拉格回到剑桥，但他还在思考劳厄的 X 射线晶体衍射照片。经过反复研究，后来他确信劳厄把衍射图的产生归结为一种波的衍射效应的推断是正确的。不过他同时发现劳厄在分析闪锌矿晶体的衍射图时所作的两个假定是值得怀疑的。问题是从一个实验事实引出来的，即当照相底片从靠近晶体的位置远移时，照片上的衍射斑点将由圆形变为椭圆形。如果按劳厄的假定，入射 X 射线的波长一定，那么根据光学原理只有在某个确定的角度才产生衍射，也就是说衍射线应该是平行的。显然，这是难以解释照相底片

远移时衍射斑变扁的实验事实的。由此看来，劳厄的假定是错误的。如何才能圆满地解释闪锌矿晶体的衍射现象呢？这时几位大师的理论给了布拉格很大的启示。

启示之一来自威尔逊的光谱理论。那时威尔逊常在卡文迪许实验室开设物理光学的讲座，在讲座中他指出：我们可以把一束白光看作是各种单色光的复合，这些单色光通过一个衍射光栅就分解成一个光谱；同时我们也可以把它看作是一系列不规则的脉冲，当它通过光栅时就产生一系列不同波长的波，从而形成光谱。布拉格听过威尔逊的讲座，对他这几句话印象特别深刻。

启示之二来自斯托克斯关于 X 射线的理论。斯托克斯早在 1896 年伦琴发现 X 射线不久，就提出 X 射线是一些波长很短的电磁辐射脉冲。那时法国的利埃纳和德国的维谢尔也提出过类似的理论。而布拉格是在汤姆逊的讲座中听到斯托克斯这个理论的。

启示之三来自巴洛和波普关于晶体结构的理论。他们曾提出像闪锌矿那样的立方晶体中的原子是密排的，即我们现在所说的立方密排——除了在立方体的 8 个角上占有原子外，在其 6 个面上也有原子。他们的这个理论很少为当时物理学家所知。布拉格回忆说：“碰巧我知道，……那时我参加了一个小型科学社团，那里的一个成员给了我一份有关该理论的论文。所以我知道原子在空间点阵中是排列成面的。”

在这些思想的启发下，布拉格抛弃了劳厄的入射 X 射线波长一定的假定，而把它看成是一系列不同波长的电磁辐射脉冲。同时，他还发现，如果将点阵看成是排列成面的，那么当一束波投射到这些面上时，由平面阵点散射而来的子波就形成一个反射波，这跟光学中的惠更斯原理是类似的。于是他大胆引入了“镜面反射”的概念，便轻易地解释了前述的实验结果。在那个实验中，X 射线可看作是被晶体中的原子面所反射，反射线沿垂直方向有汇聚的趋势，所以照相底片成得愈远，其上面的衍射斑就显得愈扁。最后，他进一步尝试把闪锌矿晶体看作是面心立方晶体，用这种原子排列果然圆满地解释了劳厄衍射现象。

1912 年 11 月 11 日，布拉格向剑桥哲学学会提交了著名的“晶体对短波长电磁波的衍射”论文，报告他几个月来的研究成果。这篇论文在三个方面取得了重大进展：（1）把劳厄衍射斑解释为入射线在晶体内部原子面上的反射；（2）假定入射线为连续谱，而反射平面对波长适合面间距的入射线具有选择作用；（3）证明了闪锌矿为面心立方晶体，而非简单立方晶体。此外，在该论文中，布拉格首次提出了一个著名的公式，即后来所称的布拉格定律。在论文宣读完毕后的讨论中，威尔逊提出了这样一个问题：既然晶体内的原子面能够反射 X 射线，那么晶表面上的原子是否也能反射 X 射线呢？在威尔逊的建议下，布拉格用一片约 1 毫米厚的具有光滑解理面的云母片做了实验，结果证明其解理面也能反射 X 射线。这样，镜面反射的思想便得到了进一步的证实。

布拉格的研究表明，X 射线晶体衍射可以用来分析晶体结构。正如他所说：“我们俩处理 X 射线晶体衍射问题的最大差别是，劳厄是通过假定入射线中存在某些特定的波长来解释衍射束的强度，而我则是用衍射束的强度来揭示晶体中原子的排列。”布拉格的这篇论文不仅给予了 X 射线晶体衍射现象简明、正确的解释，而且奠定了 X 射线晶体结构分析的理论基础，标志着 X 射线晶体学的诞生。

布拉格的这些研究成果引起了剑桥大学化学系主任波普教授的很大兴趣，因为这些结果似乎可以用来证实他和巴洛提出的晶体结构理论。他给了布拉格一些氯化钾和氯化钠的样品，认为这些晶体的结构可能更加简单。布拉格立即拍摄了它们的衍射照片，结果表明，这些照片确实比闪锌矿的衍射照片简单。根据照片上衍射斑点的分布和强度变化，布拉格很快获得了这两种晶体的结构，从而完成了第一个完整的晶体结构分析。因为急于继续用劳厄照相的方法测定金刚石的结构，所以上述两种晶体结构的研究结果并未马上发表，直到1913年6月布拉格才向皇家学会报告这些结果。

然而，当布拉格用同样的方法测定金刚石结构时却遇到了困难。这是因为照片上的衍射斑强度不仅与晶体结构有关，而且还与入射线中不同波长的波的强度有关，所以晶体结构稍微复杂一点，测定就会变得十分困难。1913年的暑假，布拉格带着这个问题再次来到父亲在利兹大学的实验室，他发现利用父亲得到的特征X射线照射晶体，并用X射线分光计测量其反射强度，就能克服上述困难。于是，父子俩立即将这种方法用于金刚石结构的测定，结果很快得出了正确的结构。此后，布拉格还利用X射线分光计测定了萤石、黄铁矿和方解石的结构。1914年，布拉格与父亲合作，写了《X射线与晶体结构》一书，这本书总结了他们在调射线晶体结构分析开创阶段所做的工作。

1914年，由于第一次世界大战爆发，布拉格被迫中断晶体结构的研究。这年8月他参加了皇家骑炮兵，次年被派往法国从事声波测距的研究。1915年冬，正当布拉格在比利时前线建立他们的第一个声波测距站时，传来了布拉格父子双双荣获该年度诺贝尔物理学奖的喜讯。尽管由于战争的原因，布拉格父子均未能出席授奖仪式，但是他们俩的获奖却在诺贝尔奖颁奖史上创下了两项纪录，即父子分享诺贝尔奖的纪录和布拉格的获奖年龄最小（25岁）的纪录，从而传为佳话。

在科学史上曾经有一个臭名昭著的责问科学有何用处的问题，对此法拉第反诘道：“新生的婴儿又有什么用处呢？”而布拉格在碰到诸如此类的问题时则总是以一种心平气和的态度回答道：“50年后回过头来，那时也许有人会告诉你的。”的确，当我们回顾布拉格一生的工作时，便可以发现他开创的X射线晶体学已在物理学、化学、矿物学、冶金学乃至生物学中产生了深刻的影响，他所建立的X射线分析方法仍然是在原子水平上分析大分子结构的唯一有效的方法。

布拉格刚开始科学生涯，便摘取了科学的桂冠，成为科学家行列中的佼佼者，这在自然科学史上是罕见的。他为什么能这样快就步入辉煌时期呢？著名物理学家李政道说过的一句富有哲理的话，或许可以回答这一问题。他说：“随便做什么事情，都要跳到最前线去作战，问题不是怎样赶上，而是怎样超过。要看准人家站在什么地方，有些什么问题没有解决。不能老是跟，那就永远跑下到最前面去。”的确，布拉格初出茅庐，便抓住了劳厄关于X射线衍射现象的报告中存在的问题，并作为他的科研选题，一开始就进入科学研究的前沿。在具体的研究过程中，他不囿于成见，博采百家之长，为我所用，从分析比较中得出正确的结论。他起初试图用他父亲的X射线粒子理论来解释劳厄的衍射照片，在经过一番思考后改变了初衷，欣然接受了劳厄的主要观点，在指出劳厄两个假定的错误的同时，提出自己的“镜面反射”新概念，从而对实验结果给予了正确的解释，并由此建立了新的理论——X射线晶体学。

居里夫人百折不挠两次荣获诺贝尔奖

1920年春，一位美国女记者在巴黎镭研究所采访玛丽·居里。这位记者问道：“如果把世界上所有的东西任你选择，你最愿意要什么？”“我需要一克镭，以便继续我的研究，可是它太昂贵了，我买不起。”记者觉得奇怪：“你是镭的母亲，你提炼出来的镭到哪里去了？”居里夫人平静地说：“我把镭送给治癌研究室了，只要能减轻病人的痛苦，我就高兴了。”这位记者深受感动，回国后发起倡议，成立了一个募捐委员会——“居里夫人镭基金会”，不到一年，就凑足了一克镭所需的钱款。1921年5月，居里夫人在美国人民的热情邀请下抵达纽约。5月20日，美国总统哈定在华盛顿向居里夫人正式转交了这一克镭。

1896年，法国物理学家贝克勒尔发现一种铀盐能自动地放射出一种性质不明的射线。这一发现引起居里夫妇的极大兴趣，他们认为这是一个很有发展前途的研究领域，于是玛丽决定着手研究铀的放射性。在一间原来用作贮藏室的闭塞潮湿的房子里，玛丽利用极其简单的装置，开始向这个新领域进军。

仅仅几个星期，玛丽便取得了可喜的成果。她证明铀盐的这种惊人的放射强度与化合物中所含的铀量成正比，而下受化合物状况或外界环境（光线、温度）的影响。她还认为，这种不可知的放射性是一种元素的特征。难道只有铀元素才有这种特征？遵循这一思路，她决定检查所有已知的化学物质。

通过繁重而又艰巨的普查，她发现了另一种元素钋的化合物也能自动地发出与铀射线相似的射线，由此她深信具有放射现象决不只是铀的特性，而是一种自然现象。对此她提议把这种现象称为放射性，把铀、钋等具有这种特性的物质叫做放射性物质。

玛丽的调查很快从盐和氧化物扩展到一切矿物。她毫不厌倦地用同一种方法去研究大量材料，终于有了新的发现：有些矿物的放射性强度比其单纯由所含铀或钋所产生的放射性强度要大得多。开始她还不敢确信这一测定，但是经过一二十次重复测量，不得不承认这是事实。这事实表明这些矿物中含有放射性比铀、钋强得多的某种未知元素。

1898年4月12日，玛丽在写给法国科学院的一封信里，提出在沥青铀矿里可能存在一种放射性很强的新元素。这是一个十分重要而吸引人的推断。尽管一些同行劝她谨慎些，但她还是深信自己的试验没有错，并下决心把这一新元素找出来。

玛丽大胆而新颖的观点以及极富创造性的研究工作，深深地影响了他的丈夫、物理学家皮埃尔·居里。他决定暂时停止在晶体方面的研究，协助妻子共同寻找这一未知元素。皮埃尔的参加，对于玛丽来说无疑是一个极大的鼓励和支持。从此，在那间潮湿简陋的实验室里，有两个头脑、四只手在忙碌。这种默契合作，持续了8年，直到一次意外事故夺去了皮埃尔的生命。

居里夫妇决定从检验沥青铀矿着手，因为这种铀矿石比提纯后的铀氧化物有更强的放射性。他们预想这种新元素量一定很微小，估计含量至多为1%。然而后来数百次的实验证明，这种新元素在沥青铀矿石中的含量只不过百万分之一，大大出乎他们的预料。

他们首先运用化学分析的方法，用酸和硫化氢分离了沥青铀矿石中的所有元素，接着精确地测定了每种元素的放射性。这样通过认真的剔除，他们

逐渐得知放射性只存在于该矿石中某些元素较多的部分。他们进一步观察发现，那种制造反常的放射性的未知元素隐藏在矿石的两个化学部分里，一种含铋，一种含钋。据此，他们推断存在两种新的元素。

经过不懈努力，1898年7月，他们从其中一个部分寻找到一种新元素，它的化学性质与铋相似；放射性比铀强400倍。皮埃尔请玛丽给这一新元素命名，她安静地想了一会儿，回答说：“我们就把它命名为钋吧！”玛丽以此纪念她念念不忘的祖国，那个在世界地图上已被俄、德、奥瓜分掉的国家——波兰。为了表示对祖国的热爱，玛丽在把论文交给理科博士学院的同时，将论文原稿寄回祖国，所以她的论文差不多在巴黎和华沙同时发表。她的科学成就为祖国争得了骄傲和光荣。

发现钋元素之后，居里夫妇以孜孜不倦的精神，继续对放射性比纯铀强900倍的含钋部分进行分析。经过浓缩，分部结晶，终于在同年12月得到少量的不很纯净的白色粉末。这种白色粉末在黑暗中闪烁着白光，据此居里夫妇把它命名为镭，它的拉丁语原意是“放射”。

钋和镭的发现，给科学界带来极大的不安。一些物理学家保持谨慎态度，要等研究得到进一步成果，才愿表示意见。一些化学家则明确地表示：测不出原子量，就无法表明镭存在的真实性，只有看到镭，我们才相信它的存在。

然而，要从铀矿中提炼出纯镭或钋，并把它们的原子量测出来，这比从铀矿中发现这两种元素要困难得多。这对于居里夫妇来说更难以办到，因为他们当时的实验设备相当简陋，又缺乏购买沥青铀矿石的资金和实验费用。为了克服这一困难，他们四处奔波，争取有关部门的支持和帮助，终于在理化学院借到一间堆放杂物的破漏棚屋，开始了更为艰辛的工作。这间棚屋，夏天燥热得像烤炉，冬天却冷得可以结冰，不通风的环境迫使他们把许多炼制操作成在院子里露天下进行。没有一个工人愿意在这种条件下工作，居里夫妇却在这一环境中奋斗了4年。

棚屋虽然十分简陋，但总算有了继续进行实验的场所。接下来的问题是，到哪儿去弄足够数量的沥青铀矿？那东西实在太贵，他们买不起。恰巧这时他们打听到奥地利政府有数以吨计的提炼完铀后据认为已无用的铀矿废渣。由于他们寻找的是铀以外的未知元素，因此这些沥青铀矿“垃圾”正合他们的心意。他们只付了运输费，便得到了奥地利政府惠赠的1吨矿渣。

一车又一车看上去像普通泥土一样黑乎乎的沥青铀矿废渣运到了理化学院的棚屋里。第一步先要提纯。居里夫妇把这泥土般的东西铲进一口大锅，加上化学药品，用一个旧的铸铁炉子加热，然后用一根木棒接连几小时不停地在锅里搅拌。一股股其臭无比的黑烟令人窒息，玛丽的眼睛被熏得通红。当沥青铀矿煮到一定时间，他们便小心翼翼进行过滤。最后剩下的只是几滴宝贵的液体。他们将液体装进玻璃试管密封起来。

4年中，不论寒冬还是酷暑，繁重的劳动，毒烟的熏烤，他们从不叫苦。对科学事业的执着追求使艰辛的工作变成了生活的真正乐趣，百折不挠的毅力使他们终于在1902年，即发现镭后的第45个月，从数吨沥青铀矿的炼渣中提炼出0.1克纯净的氯化镭，并测得镭的原子量为225。居里夫妇以令人信服的事实，使那些持怀疑态度的科学家相信了镭的存在。而为了提炼这么一点点镭盐，测得这一简单的数字，居里夫妇付出了不知多少辛勤劳动的心血！夜晚，当他们来到棚屋，在黑暗中欣赏那闪烁着荧光的氯化镭时，他们完全忘却了研究的艰辛，沉醉在幸福而又美妙的幻境中。每当居里夫人回忆起这

段日子，都认为这是他们夫妇一生中“最幸福美好的岁月”。

后来玛丽又从几吨沥青铀矿石中分离出几毫克钋，但无法得到纯钋。经实验证明，镭的放射性是铀 100 万倍以上，而钋是镭的一种衰变产品。玛丽为这一不稳定的元素不如镭重要而感到遗憾。

虽然居里夫妇在 1898 年就已经发现镭的存在，但实际取得几粒镭盐却花了他们 4 年时间，他们为此装卸、熔炼和过滤了 8 吨沥青矿！

居里夫妇发现接触镭是很危险的。这些在黑暗中发出亮光的细小白色晶体，即使装在金属容器里，也会的伤皮肤，引起大面积溃疡。他们在短间接接触镭之后，手指上都满是疮痍，疼痛难忍。

镭对人体组织有杀伤力，这一点成为极重要的发现。医生和医学科学家们很快发现，镭可以消除肿瘤和癌症中发生的组织增生。镭可以让病人起死回生。因此，居里夫妇比以往更急于提炼出纯镭。

1903 年，居里夫妇与贝克勒尔一起获得诺贝尔物理学奖。他们用这笔奖金付清了多年来精炼沥青矿欠下的债务，并捐助了几个科学团体。

1899 年—1904 年间，居里夫妇共发表了 32 篇学术论文，集中反映了他们在开拓放射学这个新的科学领域的贡献。当他们以加倍的热情继续前进时，一件不幸的事情发生了：1906 年，皮埃尔在参加了一次科学家聚会后，步行回家横穿马路时，被一辆奔驰的载货马车撞倒，夺去了宝贵的生命。

这一沉重的打击，一度几乎使居里夫人变成一个毫无生气、孤独可怜的妇人。但是对科学事业的热爱，使他从绝望中奋起。居里生前曾说过，“无论发生什么事，即使一个人成了没有灵魂的躯壳，他都应该照常工作。”这一嘱咐激励着她。她勇敢地接替了居里生前的教职，成为法国巴黎大学的第一个女教授。当她作为物理学教授第一次讲演时，听课的人们挤满了梯形教室，塞满了理学院的走廊，甚至因挤不进理学院而站到了索尔本的广场上。这些听众除学生外，还有许多与玛丽素不相识的社会活动家、记者、艺术家及家庭妇女。他们赶来听课，最主要是为了向这位伟大的女性表示敬意。

居里去世后，玛丽不仅在生活上要养老托幼，更重要的是要继承居里的事业，把放射学这门课教得更好；要建设镭实验室，使更多的青年科学家在这里成长、共同发展科学事业。为此，她接过了居里的所有担子，继续贡献她的全部才智和心血。

1908 年，皮埃尔的遗作由玛丽整理修订后出版。1910 年，玛丽自己的学术著作《放射性专论》问世。在助手们的帮助下，玛丽经过深入细致的研究，成功地制备和分析了金属镭，再一次精确地测定了镭元素的原子量。她还精确地测定了氡的半衰期，由此确定了镭、铀镭系以及铀钍系中许多元素的放射性半衰期，研究了钍的放射化学性质。在这些研究基础上，玛丽又按照门捷列夫周期律整理了这些放射性元素的蜕变转化关系。

1910 年 9 月，在比利时布鲁塞尔举行的国际放射学会议上，为了寻求一个国际通用的放射性强度单位和镭的标准，组织了包括玛丽在内的 10 人委员会。委员会建议以 1 克纯镭的放射强度作为放射性强度单位，并以居里来命名。1912 年该委员会又在巴黎开会，选择了玛丽亲手制备的镭管作为镭的国际标准。直到现在它还放置在巴黎的国际衡度局内，作为世界上镭的第一个标样。由于玛丽在分离金属镭和研究它的性质上所作的杰出贡献，1911 年她又荣获了诺贝尔化学奖。

长期的劳累，特别是放射性物质对她身体的损害，使她身体日渐虚弱。

科学的事业心支撑着她，使她藐视疾病对她的侵扰。她对病情有所了解后，更加狂热地投身于工作。只要身体还可以动，她就要到实验室去。当她体力不支时，就在家写书，抓紧生命的最后一刻作出最后的奉献。

1934年7月4日，长期积蓄在体内的放射性物质所造成的恶性贫血即白血病，终于夺去了居里夫人宝贵的生命。她虽然离开了人世，但她为人类所作的贡献以及她的崇高品行将永远铭记在人们心里。

玛丽·居里是第一个荣获诺贝尔奖的女科学家，也是第一个两次荣获诺贝尔奖的科学家。她的成功来自于对科学事业的献身精神和崇高的思想品质。

在提炼镭元素的过程中，居里夫妇所遇到的困难是难以想象的。“我们没有钱，没有实验室，没有外界的帮助，但正是在这可怜的棚屋里我们度过了完全献身于工作的最幸福最美好的岁月”。这是他们辛勤劳动的真实写照。正是凭着对科学事业的执着追求和百折不挠的坚强毅力，她战胜了各种艰难困苦，把艰辛的工作变成了生活的真正乐趣，终于攀登上了科学的高峰。

然而法国政府对待居里夫妇的工作所给予的待遇是不公平的，对于他们的科研成果反应是迟钝的。首先承认他们的才干并提议给他们安排相应职务的是瑞士政府。1900年，瑞士日内瓦大学以年薪1万法郎和教授的待遇聘请居里开设物理学讲座。但是为了提炼出纯净的镭，居里夫妇拒绝了。他们的第一枚奖章是英国赠与的。1903年英国皇家学会邀请他们夫妇到伦敦讲学，并授予皇家学会最高的荣誉——戴维奖章。随着他们荣获诺贝尔奖，各种聘书、荣誉接踵而来，他们成了新闻人物。频繁的社交活动和记者采访，使他们感到烦恼和不安，他们需要的是安静和继续工作，而不是干扰。为此，他们不得不像逃难者一样，化了装，躲到偏僻的乡村去。当一个美国记者机警地找到他们后，玛丽很坦率地告诉他：“在科学上，我们应该注意事，不应该注意人。”当一些要在美国创立制镭业的技师建议居里夫妇申请这项发明的专利时，他们却作出决定：“我们不想由于这一发现而获得物质上的利益，因此我们不去领取专利执照，并且将毫无保留地发表我们的研究成果，包括制取镭的技术。若有人对镭感兴趣而向我们请求指导，我们将详细介绍。这样做，对于制镭业的发展将有很大好处，它可以在法国和其他国家自由地发展，并以其产品供给需要镭的学者和医生应用。”如此声明可见居里夫妇所具有的无私、宽阔的胸怀，他们把自己的科研成果看作全人类的共同财富。

自从居里夫妇发现和提炼出放射性元素镭之后，在将近一个世纪里，称颂玛丽的文章，书籍从未间断。她所建立的勋业和她所具有的品质深深地留在后人的记忆中，成为科学家和广大青少年学习的楷模。

海上霸主今属谁唯我独尊是航母

1918年9月，法国大发明家克雷曼·阿德的梦想实现了，世界上第一艘真正的航母——“百眼巨人”号完工，随后正式加入英国海军。它已经具备了现代航空母舰所具有的最基本的特征和形态。“百眼巨人”号航空母舰的诞生，标志着世界海上力量发生了从制海到制空和制海相结合的一次革命性变化，敲响了一直在各国海军中占统治地位的“巨舰大炮”理论的丧钟，并逐步使世界各主要国家的海军作战原则发生了本质性的变化，同时也为现代航母的产生奠定了坚实的物质基础。

1903年莱特兄弟驾驶着一架既不像鸟，又不像气球的一个怪物——飞机，第一次飞上天空，实现了人类翱翔蓝天的理想。很快，人类便开始做起了既能升天又能劈海的航母梦。这个梦却又起源于飞机在军事上的运用。最先披露飞机可以用于军事目的是英国报界。1909年7月25日，法国的布莱里奥驾机飞过了英吉利海峡，并获得了《伦敦每日新闻》颁发的飞越海峡奖。英国报界对这件事非常敏感，马上报道说英国丧失了过去在战略上和地理上的优越地位，单凭海上防御已经行不通了。这件事不仅对英国公众影响很大，而且使历来以海上霸主自居的英国军事当局大为震动，并开始对飞机的军事运用予以注意。

由于飞机跨海飞行的成功，飞机的重要性日益受到人们的重视，所以各国的飞行爱好者们和一些有识之士，开始向统治了世界军事领域几十年的马汉的“制海权”思想提出了挑战。1909年，意大利杜黑就宣称，今天人们都强调制海权的重要，但不久制空权将变得同等重要。这是对飞机在军事上的作用的一次充分肯定。

那么究竟飞机能不能用于海上作战呢？围绕着这一问题，人们开始探求飞机与军舰结合的可能性，于是也就出现了研制航母的梦想。1909年法国发明家阿德发表了《军事飞行》一书，第一次提出了航母的基本概念和关于航母的设想。从此，世界各大国开始了研制既能制海又能制空的航母的尝试。

阿德在书中对航母的概念和设想作了全面的阐述，不仅谈到了飞机在舰上的起飞和降落，而且对航母的特殊舰型也作了设想。他设想航母要有一个宽敞平坦的飞行起降甲板和贮藏飞机的机库，飞行甲板与机库之间要有升降机相连，母舰本身还要能高速航行。实际上，阿德已为现代航母勾画出了最基本的设计蓝图。

令人遗憾的是阿德的设想没有引起法国人的重视，他们当时感兴趣的是水上飞机的研制，还没有把心思放在阿德所设想的航空母舰上。然而，阿德的设想却为精明的美国人和英国人实现航母梦带来了希望之光。1910年5月，美国人格伦·柯蒂斯参加了从奥尔巴到纽约的有奖飞行后，发表了著名的预言：“未来战斗将在空中进行，由于战列舰受炮塔和舰桅的限制，战斗机不能从舰上起飞，而战列舰离开战斗机的保护将被击沉。”柯蒂斯分明就是在呼唤一种新型战舰——航母的诞生！

阿德的航母设想和柯蒂斯大声呼唤极大地启发了世界上热衷于把飞机用于海战的人们。为了使飞机能够用于海战，人们提出了两种设想：一种是将大型舰船经过改装，设置飞行甲板，供陆地飞机在军舰上起降，这种设想的代表人物是美国人柯蒂斯；另一种是改变飞机的构造，使之能在水面上起飞和降落，这种设想主要以英国和法国为代表。与此同时，英、美、法等国相

继开始了各种试验。

最先试验成功飞机在舰上起飞和降落的是美国海军。美国人捷足先登，主要是格伦·柯蒂斯功劳。柯蒂斯是美国著名的柯蒂斯公司的创始人。柯蒂斯公司主要从事的是制造和销售飞机的生意，当时著名的柯蒂斯式飞机就是他的公司制造的。柯蒂斯非常赞赏阿德的航母设想，他一方面为了销售他的柯蒂斯飞机，另一方面也是为了实现他“未来的战斗将在空中进行”的预言，遂开始游说尚无一架飞机的美国海军。美国海军终于为其所动，同意在军舰上进行飞机起降的试验。

1910年11月11日，美国海军停泊在弗吉尼亚州汉普敦水道的一艘轻巡洋舰“伯明翰”号的舰艏甲板上，铺设了一条约26米长的木制飞行跑道。驾驶员尤金伊利驾驶民用柯蒂斯式双翼飞机在该舰起飞。由于滑跑的距离太短，速度不够，升力不足，飞机越飞越低，就在飞机将要掉进海里的一瞬间，飞行员伊利沉着地操纵飞机尾水平舵，将飞机拉了起来，飞行了3公里后，在海湾旁边的一个广场上着陆了。这次试飞成功，令美国海军欣喜不已，于两个月后，又进行了一次飞机在军舰上降落的试验。1911年1月18日，停泊于旧金山湾内的另一艘美国装甲巡洋舰“宾夕法尼亚”号的后主甲板上，铺设了一条36米长的木制跑道。在跑道上每隔1米，横方向装了一根绳索，共22根，绳的两端系着沙袋。飞机仍由伊利驾驶，并从附近的机场驾机起飞。当飞机飞到军舰附近时，伊利操纵飞机对准跑道，朝跑道俯冲下来。飞机着舰后，机身下装的一个钩子钩住了一道绳索，拖着沙袋向前滑跑。因飞机被绳索和沙袋拖住。阻力很大，滑不多远，很快就停了下来。约一个多小时后，飞机又起飞离舰，在塞尔弗里奇机场降落。飞机在军舰上降落的试验也成功了！

美国人的试验证明了飞机是可以从军舰特制的跑道上安全地起飞和降落的。这实际上也证明了阿德的航母设想是完全能够实现的。此时，英国正埋头于水上飞机的研制，惊闻美国人的飞机在军舰上起降成功的消息后，也进行了同样的试验。1912年，萨姆森中尉驾驶一架肖特27水陆两用飞机成功地从停泊在希尔内斯湾的“非洲”号战列舰上起飞，并在附近的海岸着陆。接着，为了炫耀大英帝国海军高超的飞行技术，于同年5月9日，由格雷戈里中尉驾驶肖特27式飞机从正以每小时10.5节的航速在韦茅斯湾内航行的“爱尔兰”号战列舰上起飞，为此，肖特27飞机成了第一架在航行的军舰上起飞的飞机。

当航母的雏型正要破壳而出之时，最有希望研制出航母的美国海军却罢手不干了。由于美军高级将领对飞机在军事上的作用认识比较模糊，分歧较大，且久拖不决，所以未能及时利用试验的成果，制造出航母。而英国海军也未走“在舰上起降飞机”的航母研制道路，这主要是因为，“巨舰大炮”思想在英国海军界占据着主导地位。虽然人们这时已经认识到了飞机在军事上的一些潜在作用，但是却认为飞机在军舰上起降，就必须拆除军舰上的主炮，装上可供飞机起降的飞行甲板，这样就会降低军舰的战斗力和火力，不划算。

英国虽没有继续去研制和发展阿德所设想的那种可在军舰上起降飞机的航母，但它却拥有世界领先地位。所以，它选择了另一条发展航母的道路，即研制水上飞机和水上飞机母舰。

水上飞机诞生于1910年，它是由法国人费勃研制成功的。这种可以在水

面起飞和降落的飞机，没有陆基飞机着陆用的机轮，而是在机身下挂了两个巨大的浮筒，以增加飞机浮力，使飞机能够在水面上起飞和降落。水上飞机一出现，法国海军于当年就装备了这种飞机，用于海上侦察。法国海军是世界上最早使用飞机的海军，但又是最不重视飞机在海战中运用的国家。

英国则不同，它研制的水上飞机，实际上是一种水陆两用飞机，既有机轮又有浮筒，比法国的水上飞机更为方便。萨姆森中尉驾驶的肖特 27 式飞机就是这种水陆两用飞机。有了水上飞机，英国人就开始琢磨怎样才能把水上飞机用于海上作战的问题。

1912 年，英国海军把一艘老巡洋舰“竞技神”号改装成了世界上第一艘水上飞机母舰（英国人称其为“飞机搭载舰”）。然而，这并不是阿德所梦想的那种航母，也不是现代意义上的航母的雏型，因为舰上所载的水上飞机还不能在舰上直接起降。为了改建“竞技神”号，英国人拆除了这艘舰上的一些火炮和设备，在舰艏铺设了一个平台用于停放水上飞机，另外还在舰上加装了一个大吊杆，用于将飞机吊放到水面上起飞和将降落在水面上的飞机吊收回舰上。“竞技神”号水上飞机母舰上装备有 3 架水上飞机，这些飞机都是从水上起飞和水上降落的，最后都要从水里提升到舰上。

继第一艘水上飞机母舰改建成功之后，英国海军又成功地改建了几艘水上飞机母舰。1914 年 7 月，英国“皇家方舟”号战列巡洋舰试载海军索普威斯 807 式水上侦察机成功。不久，英国海军又将其改建成了水上飞机搭载舰，1915 年底它作为英国海军的第一艘正式的水上飞机母舰开始服役。后来这艘水上飞机母舰改名为“柏伽索斯”号，也就是有些史料上所说的世界上的第一艘航空母舰。实际上，“柏伽索斯”号只能称其为能够在舰上起飞飞机的第一艘水上飞机母舰，因为它只不过是在舰艏的停机平台上加装了一个能够使飞机起飞的“平台拖车”而已。这就使“柏伽索斯”号除了能在海面上吊放水飞机之外，还能使水上飞机通过平台拖车的办法弹射起飞，但水上飞机却不能在舰上降落。虽然“柏伽索斯”号还不是一艘真正的航空母舰，但英国人离实现航母的梦想已经不远了，事实上也只差飞机能否在舰上降落这一步了！

第一次世界大战爆发后，英国皇家海军把更多的舰船改装成了水上飞机母舰，其中有“恩加丹”号，“女皇”号和“里维埃拉”号水上飞机母舰，以及 1915 年 5 月 1 日正式服役的、由一艘老式邮船改装的、当时最大的一艘水上飞机母舰“坎帕尼亚”号。该舰排水量 20000 吨，航速 21 节，停机甲板长 36.6 米，可搭载 12 架水上飞机。1916 年，英国又选择了三艘吨位较大而速度又快的战列巡洋舰进行了改装，它们是“勇敢”号、“光辉”号和“暴怒”号。到第一次世界大战结束，英国总共改建了 15 艘水上飞机母舰。英国造出如此众多的水上飞机母舰，其目的主要是用来对付德国的飞艇部队。

德国在当时虽然已具有了研制和建造水上飞机母舰的条件和能力，但德国却没有那样做，因为德国拥有当时世界一流的飞艇设计家，能设计制造出航程远、并能投放重磅炸弹的飞艇，如著名的齐伯林飞艇就是德国人设计制造的。尽管德国当时对母舰也较重视，但却发挥所长组建了飞艇部队用于战争，给英、法等国家海军舰船造成了一定的威胁。英国水上飞机母舰是皇家海军战列舰的一个组成部分，但却与其它所有军舰一样都是战列舰的附属物，都是为了支援战列舰而部署的。所以，这也就决定了水上飞机母舰在战争中发挥不了多大作用。

水上飞机母舰最早被用于海战，是在第一次世界大战初期。1914年12月25日，以“恩加丹”号、“女皇”号和“里维埃拉”号三艘水上飞机母舰及巡洋舰和驱逐舰组成一支英国特混舰队，授命去袭击在库克斯港的德军飞艇基地，因雾大飞行员未找到飞艇基地，遂改袭停泊在港内的舰队，但却无功而返。世界海战史上第一次飞机对军舰的袭击失败了，然而，这次攻击作战的真正价值即在于，它向人们展示了用以母舰为主的特混编队、从空中攻击地舰的全新的海战设想。正如负责制定这次作战计划的塞西尔·莱斯克兰奇海军少校所说：“12月25日发生的事件，是海军作战原则发生变化的明显证据。可以想象，如果我们的飞机，携带的是鱼雷而不是小型炸弹，那么，德国的军舰就有可能被击沉。”遗憾的是，英国海军根本就没有把这样一个小人物的话当回事，还在做着“巨舰大炮”决胜的美梦呢。

时隔不久，在达达尼尔海峡海战中，水上飞机母舰上的飞机意外地立了一功，证明了莱斯克兰奇少校见解的正确性。1915年8月12日，英军驾驶员埃德蒙斯驾驶从水上飞机母舰上起飞的一架肖特184式水上飞机，成功地用一枚367公斤重的鱼雷击沉了一艘5000吨的土耳其运输舰。但埃德蒙斯的成功，却未能引起英国海军将领们的重视，特别是英国海军司令杰里科上将，他在思想上根本就没有意识到这一点。在1916年5月的日德兰大海战中，杰里科手中虽掌握着“坎帕尼亚”号（飞行甲板已加长到61米，飞机可从舰上弹射起飞）和“恩加丹”号两艘水上飞机母舰，但是由于他不知道如何使用母舰上的飞机进行作战，也未曾想到用母舰上的飞机去侦察德军舰队的动向，结果遭到了不应有的惨重损失。

英国的水上飞机母舰，在第一次大战中得到了应用，也取得了一些战果，但是由于水上飞机自身的局限性，在海战中也暴露出它致命的弱点：一是飞机吊放、回收不便，受风浪影响很大；二是速度慢，航程短，载弹量小，炸不透重型装甲舰，而陆基起降飞机在战争中却得到了巨大的发展，特别是鱼雷机，它携弹量大、速度快、航程远，在战争中得到了广泛的应用。所以，水上飞机在作战中根本就无法与陆地起降的飞机相抗衡。

针对这一情况，英国人及时总结战争的经验教训，为适应战争需要，又重新回到了研制可在舰上起降飞机的航母的道路上，并提出了把陆基飞机带到海上去的新设想。只不过，他们还在等待着有利时机的到来。

机会终于来了。由于1916年改装“暴怒”号巡洋舰时，只在该舰没有安装前主炮的前甲板上设置了起飞甲板，而没有在后甲板安装飞机降落甲板，故舰载飞机只能在上面起飞，却不能在上面降落。为了试验飞机在军舰上的降落，英国皇家海军航空队的飞行中队长邓宁中校曾经在该舰甲板上作了一次成功的起降尝试（该舰当时是逆风航行的），但是当他进行第二次尝试时，飞机掉进了大海。

由于邓宁中校在“暴怒”号上驾机降落时不幸身亡，致使“飞机在母舰上降落”的问题引起了英国海军界的高度重视，遂加快了研制航母的步伐。英国人做的第一件事是改善舰载机的性能，即用陆基起降的飞机去替代他们一直难以割舍的水上飞机；第二件事是在母舰上铺设了飞机降落用的甲板。

“暴怒”号的悲剧发生后不久，英国海军就把该舰上原先装后主炮的地方改成了后飞行甲板，这样在“暴怒”号上前后都装上了桥梁结构的飞行甲板，飞机也换成了陆基起降的飞机，并可在舰上起飞和降落。该舰改装成功后，可以装载20架飞机。1918年7月，从“暴怒”号上起飞的飞机轰炸了

德军的一个飞机基地，并获得了成功。世界上第一艘可以直接起降飞机的航母就这样诞生了。但是，问题接着也就来了。处在该舰前后甲板中间的上层建筑，仍然是飞行的障碍，飞机要在舰上降落很不安全，并且经常失败。究竟是什么造成的呢？原来，由于排烟、热气以及上层建筑的综合作用，在着舰甲板的上空形成了一个“不定常的涡流”，影响了飞机安全着舰。原因找到了以后，英国人通过不断改进，终于在世界上首先推出了第一艘全通平甲板的真正航母——“百眼巨人”号。

该舰原名“卡吉士”号，是为意大利造的一艘客轮，开工不久，即被英国海军买下，准备改建成航母。改建开始于1917年，完工于1918年9月，随后正式加入了英国海军。在改建的过程中，遇到的最大问题，就是如何解决上面所提到的影响飞机着舰的问题。虽然找到了形成涡流的原因，但对于任何一艘水面舰艇的设计来说，都要求提供舰桥、桅杆，通常还有烟囱，或者至少是供主机排除废气的出口位置。怎样设计才能处理好这几者的关系，而又不影响飞行员着舰呢？这的确成了建造“百眼巨人”号的一大难题。正当英国造船专家们百思不得其解时，一名海军军官却想出了一个解决方法，即把舰桥、桅杆和烟囱合并到上层建筑上去，而上层建筑的位置从飞行甲板的中间线移到右舷。这一方法名曰“岛”型设计。它后来也就成为了航母的标准设计。

改建后的“卡吉士”号被英国海军命名为“百眼巨人”号，舰上的飞机起飞和降落甲板相连在一起，飞行跑道很长，飞机的起飞降落也很方便。在飞行甲板的前端还设有一道栏栅，可以升起，也可以降下，目的是为了防止正在着舰的飞机，碰到停在甲板上的飞机，以及防止飞行员连同其飞机一起栽到海里去。另外还采用了岛型舰桥且可以收缩，机库则在飞行甲板下层的舱内。舰上所载的飞机是一种“杜鹃”式攻击机，有折叠式机翼，能携带450公斤重、457毫米的鱼雷。这种飞机在当时是一种优秀的舰载攻击机，但由于建造的速度很慢，未能赶在第一次世界大战中参战。

航空母舰是目前世界上最大的战舰，它以其强大的制海、制空能力，续航能力和其在战争中辉煌的战绩著称于世，并一直横行于大洋之上。在第二次世界大战中，美国建造了120艘航空母舰，使海战变成了空战。现代航空母舰不仅具有强大的装备和现代化的作战指挥系统，而且分明就是一座“海上浮动城”，几十万匹马力的核动力推进系统，使其不用添加燃料就能在大洋上航行作战十几年。如今，舰载飞机时重量可达35吨，蒸汽弹射器在几秒钟内可将飞机加速到每小时300公里。世界两艘最大的航空母舰是美国的“企业”号和“尼米兹”号，都长330米，30万马力，排水量8.5万吨，航速每小时65公里，可携带100多架飞机，舰上人员达4600名之多。

然而，当20世纪的曙光刚刚从地球的海平面上升起的时候，绝大多数的人都未曾想到过有朝一日会建造出在辽阔的海洋上唯我独尊的航空母舰。法国的克雷曼·阿德想到了。莱特兄弟飞机的问世，特别是布莱里奥驾机飞越英吉利海峡的成功，给了他重要启示。他从中洞悉到了飞机在军事上的作用，尤其是在海战中的价值。他大胆探索飞机与军舰结合的可能性，提出了建造航空母舰的设想，并勾画出现代航母的设计蓝图。

阿德大胆而成功的科学想象，至今尤使人啧啧赞叹，并且从一个侧面印证了爱因斯坦说过的一句话：“想象比知识更重要，因为知识是有限的，而想象力概括着世界的一切，推动着进步，并且是知识进化的源泉。严格地说，

想象力是科学研究中的实在因素。”

相对论震惊世界爱因斯坦创伟业

在科学发展日新月异、科技成果层出不穷的 20 世纪，能够保持光辉而又经久不衰的科学明星越来越罕见了。20 世纪物理学界泰斗玻尔提出的原子理论，曾被誉为“思想领域中最高的音乐神韵”，但仅仅只有 12 年，即被海森堡和薛定谔的新理论所代替；而物理学一代骄子海森堡的矩阵力学与薛定谔的波动力学也在短短几年之内为狄拉克等人的量子场论概括无遗；盖尔曼的夸克理论名噪一时，却很快为实验物理学家的新发现所冲破。在这一批又一批新星升起、群星璀璨的物理学领域，却有一颗明亮的星不断放射出光芒，这颗明星就是爱因斯坦。虽然他的狭义相对论和光量子理论已成为科学史上的里程碑，但是他提出的广义相对论的光芒仍耀眼夺目。它逻辑结构之完美、实验预言之精确和理论容量之深广，以致 80 年来没有任何引力理论可以与之相匹敌。当代卫星、射电、激光等各

项新技术的发展正越来越显示出它的强大生命力。此外，由爱因斯坦开创和倡导的对称性原理、简单性原理、物理学几何化思想、以及统一场论的研究方向，也正在物理学领域显示越来越强大的威力。在科学研究的深刻性与科学成果的持久性上，牛顿以后还无人可与爱因斯坦匹敌。

狭义相对论起源于爱因斯坦 16 岁（1895 年）在瑞士阿劳州立中学上学时无意中想到的一个悖论：如果我以真空中的光速追随一条光线运动，那将看到这条光线像一个在空间里振荡着而停滞不前的电磁场。可是无论是依据经验，还是按照麦克斯韦方程，看来都不会发生这样的事情。从一开始，爱因斯坦在直觉上就很清楚，从这样一个观察者的观点来判断，一切都应当像一个相对于地球是静止的观察者所看到的那样，按照同样的一些规律进行。此后，这个悖论一直萦回在爱因斯坦的脑际，并为此沉思了 10 年。实际上，这个悖论已经包含着狭义相对论的萌芽。他说，追光的思想实验“是同狭义相对论有关的第一个朴素的思想实验”。

第二年，爱因斯坦进入苏黎世工业大学。学习期间，他迷恋于麦克斯韦的电磁场理论，并广泛阅读各种物理学和哲学著作，逐渐明确了追光悖论实际上是间断的质点力学（牛顿力学）和连续的电磁场理论（麦克斯韦理论）不统一（矛盾）的表现。他进一步认识到这种矛盾集中地反映在牛顿力学所依据的伽利略相对性原理和麦克斯韦理论所得出的真空中光速不变上。从伽利略变换中，必定导出绝对静止的坐标系，要求有绝对空间和绝对时间，并且不存在极限速度。然而，光速不变意味着光速是不可超越的极限速度。

这种矛盾和不统一深深地困扰着爱因斯坦，即使在失业、贫病交加的逆境之中，他也没有放弃对科学统一的执着追求。伽利略的相对性原理和光速不变原理都有实验事实依据，两者为什么会产生矛盾？两者的矛盾是真实的还是虚假的？它们能否统一？如何统一？爱因斯坦苦苦思考着这些问题，并试图解决它们。1900 年前后，大约有一年左右的时间，他曾尝试在传统观念的框架内（承认以太存在）解决这种矛盾。

当时，爱因斯坦还是一个纯粹的经验主义者，热衷于用观察和实验来研究物理学的主要问题。但却毫无结果。“渐渐地我对那种根据已知事实用构造性的努力去发现真实定律的可能性感到绝望了。我所作的努力愈久，就愈加绝望，也就愈加确信，只有发现一个普遍的形式原理，才能使我们得到可靠的结果。”

怎样才能发现普遍的形式原理呢？爱因斯坦开始另辟蹊径，把哲学作为强有力的思想武器，重视理论思维。他广泛涉猎各派哲学，博采众长，为我所用。在哲学上，他主要接受来自两方面的影响，一方面，是渗透在赫尔姆霍兹、玻尔兹曼等人著作中和某些通俗科学读物中的自然科学唯物主义，以及斯宾诺莎的唯物论。唯物论的熏陶，使他坚信客观世界的存在。另一方面，是笛卡尔、斯宾诺莎、莱布尼兹的理性主义，以及休谟、马赫的怀疑、批判精神。

马赫在人们还普遍对牛顿力学顶礼膜拜的时候，就系统地批判牛顿力学，表现了他的远见卓识，给科学界，也给爱因斯坦留下了深刻印象。尽管马赫的批判并非无懈可击，但确实抓住了牛顿力学的某些弱点。特别是他对牛顿绝对时空观的批判，给爱因斯坦以重要的启示。他用怀疑和批判的眼光去看待物理学的传统观念，大胆地冲破经典时空的束缚，并采用探索性演绎方法，即从一般到个别，从普遍到特殊的探求未知的方法，研究困扰已久的理论问题。

1905年是爱因斯坦的幸运年。他终于找到了新理论的突破口，领悟到同时性的相对性这一关键，这使他茅塞顿开：把狭义相对性原理（物理规律对一切惯性系等效）和光速不变原理作为公设。仅仅用了五、六个月的时间，就一气呵成了科学史上的不朽篇章——“论动体的电动力学”，并于1905年9月在德国《物理学杂志》上发表，宣告了狭义相对论的诞生。它像“光彩夺目的火箭，在黑暗的夜空突然划出一道短促的但又十分强烈的光辉，照亮了广阔的未知领域”。这是德布罗意对狭义相对论的评价。英费尔德认为这篇文献的“标题是很朴素的，但在读它时我们立刻注意到。这篇文章和同类文章大不相同。它既没有文献的引证，也没有援引权威著作，而下多的几个注脚也只是说明性的。文章是用简明朴素的语言写成的，即使对内容没有深刻的理解，也能看懂其中的一大部分”。

论文一开始，爱因斯坦就开门见山地提出了两条基本原理：相对性原理，即物理规律在所有惯性系中都是相同的；光速不变原理，即在所有惯性系中，真空中光的速度都是相同的。从这两条基本原理出发，爱因斯坦对物质的质量、运动、时间、空间，得出了不同于经典物理学的重要结论。

在时空观上，狭义相对论与经典物理学的不同点主要表现在以下几个方面。

第一，牛顿的绝对时空观，把时间和空间看作是没有物质内容的、独立的本体，都具有绝对的意义。因此，物体的长度、两事件之间的时间间隔以及两事件的同时性都与参照系的选择无关，是绝对的。

狭义相对论表明时间、空间同物质运动有密切联系。指出时间间隔和空间间隔的量度并不具有下变性，而是随着物质运动状态的变化而变化，与参照系的选择有关。为了说明同时性的相对性，他设计了“爱因斯坦列车”的思想实验：在一列匀速直线运行的列车中点燃一束光，与列车平行的地面上的观察者看到光线先后到达车头和车尾，而列车上的观察者却看到光线同时到达车头和车尾。从而形象地表明时空关系是具体的、相对的，脱离物质及其运动去考虑时空的特性是无意义的。

第二，经典物理学认为时间和空间是互不相干的，时间本身是一独立的连续体，空间也可以脱离时间而存在。

狭义相对论揭示了时间和空间存在着内在的不可分割的联系。时间和空

间既不能与物质运动相脱离，它们二者也不能相互割裂。自然界中根本不存在孤立的时间和孤立的空间；客观世界每一真实的物理过程，都总是在四维时空连续区中存在着。它们的运动状态必须用时间坐标和空间坐标一起来作全面的描述。

第三，经典物理学认为一切物体无论是在运动中还是静止时，它的长度总是一样的；时钟在运动和静止状态都将保持同样的时间。

狭义相对论认为这种假定是不合理的。它认为空间和时间是随着物体的运动而变化的。经典物理学的时空观在物体低速运动时才能适用。当物体高速运动时，运动物体上的时钟变慢，尺子变短。这就是狭义相对论中的“钟慢效应”和“尺缩效应”。

“钟慢尺缩”现象与钟的制法和尺子的构造无关，它是时间随物质运动而变化的结果。爱因斯坦曾指出，人的心脏也是一种钟表，如果一个人以接近于光速的速度旅行，他的心脏跳动会和他的呼吸以及一切生理作用一同缓慢下来，而其本人将觉察不到，因为他的钟表也同样地缓慢了。因此，许多科学幻想作品用它做题材，描写一个人坐光子火箭游太空，回来以后发现自己很年轻，而他的孙子已经白发苍苍在质能观上，狭义相对论也不同于经典物理学。

经典物理学有一条原理，叫做质量守恒原理，即任何物体的质量是一定不变的，不管该物体是处于静止还是运动状态。例如，一列火车不管它是停在路轨上，或以每小时 60 公里的速度在地面上行驶，还是以每小时 60 万公里在空中飞驰，其质量都一样，永远不变。

狭义相对论则认为，物体的质量随运动而变化。同一物体在不同速度下有不同的质量。过去人们未曾发现这个事实，仅是因为人类的感官及当时的仪器不够精度，无法觉察这种无限小的质量上的变化。例如，速度达到每秒 30 公里的物体，质量只增加一亿分之一。若物体的速度为 $0.87c$ (c 为光速，每秒 30 万公里) 时，物体的质量就增加一倍，而当速度达 $0.994c$ 时，物体的质量就加大十倍。

在狭义相对论建立以前，科学家想象宇宙是一个器皿装着两种截然不同的东西，即质和能。前者有惰性，是可捉摸的；后者是活泼的，不可见的。

爱因斯坦在狭义相对论中证明，质与能是同等的东西，质是能的集中。换言之，质就是能，能就是质，它们的区别只在于临时的状态。质量和能量又是相互转化的。因为运动物体的质量随着运动速度增加，又因为运动即是能量的一种形式，那么，运动物体质量的增加即由能量的增加得来。

爱因斯坦于同年 9 月在论文“物体的惯性同它所含的能量有关吗？”中推导出了著名的质能关系式： $E = mc^2$ 。其中， m 是物质的质量， E 为它所含有的能量， c 是光速。

这个公式只说明质量为 m 的物质所蕴藏的全部能量是 $E=mc^2$ ，并不等于这些能量都可以释放出来。按照这个公式，1 千克物质所含的能量竟等于燃烧 250 万吨优质煤所释放出的热能。它说明了放射性物质何以能释放巨大的能量。说明了太阳及一切恒星何以能发射光与热至亿万载之久。狭义相对论使质量守恒原理失去了独立性，它和能量守恒原理融合在一起了。今天，这个质能转化与守恒原理成了利用原子能的理论基础。

狭义相对论成功地揭示出时间与空间、物质与运动、能量和质量、动量和能量的统一性，把经典力学和经典电动力学统一起来了，它是人类理性思

维的杰作。

刚刚诞生的相对论在当时确是“阳春白雪”，自然也就“和者益寡”了，但毕竟还是陆续遇到了知音人。法国著名物理学家普朗克是相对论的最早庇护人。他在回答奥地利教育部长问话时说：“如果爱因斯坦的理论被证明是正确的——这个我想没有问题——爱因斯坦将被认为是 20 世纪的哥白尼。”1905 年底在柏林大学的讨论会上，普朗克作了评论相对论的演讲，给他的助手劳厄以极为深刻的印象，以致劳厄利用假期到瑞士的伯尔尼专门拜访爱因斯坦。后来，劳厄在 1911 年写了第一部宣传狭义相对论的著作《相对性原理》，加速了人们对爱因斯坦学说的理解。

第一个意识到爱因斯坦新时空观的是他在苏黎世上学时的老师闵可夫斯基。由于这位学生在校时不注重正规课程的学习。而喜欢独立思考；没有给老师留下好印象，以致闵可夫斯基在对相对论表示惊讶之余，不无感慨他说：“唉，爱因斯坦！这就是那个经常下去听课的学生，我简直不相信他呀！”

闵可夫斯基以优美的数学形式，揭示出三维欧几里得几何同物理时空连续区之间的形式关系，富有极大的启发性，对于促进人们充分认识狭义相对论的意义和推动狭义相对论的传播，起到了应有的作用，它后来还成为通向广义相对论的一个必不可少的步骤。

可是，当时大多数物理学家都持怀疑态度，洛伦兹虽然对爱因斯坦的工作表示赞赏和尊重，但他自己却一直坚持以太、绝对时间和绝对空间的概念。迈克尔逊曾对爱因斯坦说，他感到懊丧，想不到自己的工作竟引出相对论这个“怪物”。在英国，对否定以太存在的这个新理论的抵制，持续了五、六年之久。

在绝大多数物理学家还根本不能接受这个新理论时，爱因斯坦就已积极地把这一理论继续向前推进。1907 年，他就把研究的兴趣从狭义相对论转向它的推广。这是因为狭义相对论的应用范围仅局限于匀速直线运动体系，还不能解释加速运动体系和万有引力问题。牛顿的万有引力是建立在绝对时空基础上的，是一种经典引力理论。要使经典引力理论发展成为一种更广泛更普遍的新理论，必须把经典引力理论改造成为相对论的引力理论。

爱因斯坦早就想到另一个有趣的问题：如果有人凑巧在一个自由下落的升降机里，那会发生什么现象呢？1912 年。爱因斯坦回到母校苏黎世工业大学任教后，在他的老同学、该校的数学教授格罗斯曼的协助下，找到了“黎曼几何”，为广义相对论的创立提供了强有力的数学工具。

1915 年是爱因斯坦富有成果的一年。他先发表了一篇“用广义相对论解释水星近日点运动”的论文，不用任何特殊假设就成功地解释了水星在轨道上的长期旋转：每一百年大约转 45"。他还纠正了 1911 年计算光线经过太阳附近弯曲的错误数值，新结果比原来的值大一倍。

这年 11 月，爱因斯坦终于完成了他的广义相对论的集大成论文——“广义相对论的基础”。11 月 28 日，他在写给索末菲的信中叙述道：“上个月是我一生中最高兴、最紧张的时期之一，当然也是收获最大的时期之一。”“在对以前的理论结果和方法失掉一切信心之后，我清楚地看到，只有同一般的协变原理，即黎曼协变理论联系起来，才能得到令人满意的解决。”我感到高兴的是，不仅牛顿的理论作第一近似值得出了，而且水星近日点运动作为第二近似值也得出了。关于太阳附近光的偏折，得到的总量是以前的两倍。”

“广义相对论的基础”发表于 1916 年，它是广义相对论的“标准版本”。

在这里，爱因斯坦的思想已达到炉火纯青的地步，其行文如行云流水，看不到一点斧凿的痕迹。玻恩在 1955 年的一篇报告中说得好：“对于广义相对论的提出。我过去和现在都认为是人类认识大自然的最伟大的成果，它把哲学的深奥、物理学的直观和数学的技艺令人惊叹地结合在一起。”爱因斯坦在黑暗中探索的年代里，怀着热烈的向往，时而充满自信，时而精疲力竭，而最后终于看到了光明。相对论（狭义相对论和广义相对论）的大厦全部建成 1919 年爱恩斯但在介绍相对论时说：“相对论有点像两层的建筑，这两层就是狭义相对论和广义相对论。狭义相对论适用于除了引力以外的一切物理现象；广义相对论提供了引力定律以及它同自然界别种力的关系。”

广义相对论，又叫普遍相对论，它的基本原理也是两条：等效性原理，即某一加速运动的参照系中的惯性力与在一个小体积范围内的万有引力是等效的；广义相对论性原理，即物理规律在一切参照系中都是相同的。

广义相对论运用了大量的黎曼几何、张量计算、绝对微分等艰深的数学知识，充满了深邃的哲学思辨，包含着崭新的物理内容，就是高级研究人员要弄懂它也非花大力气不可，一般人自不待言，更不用说哥廷根街上的学童了。对于爱恩斯但同时代的人来说，具有这些知识的人寥寥无几。但是，由于广义相对论的预言不久得到了实验验证，所以还是引起了相当大的轰动。

广义相对论的实验证据当时有三个。其一是行星轨道的椭圆绕太阳的旋转，爱恩斯但在 1915 年和 1916 年的论文中已圆满地解释了水星近日点的运动，解开了这个长期使人困惑不解的疑团。

其二是由于引力作用，大质量的星球射到我们这里的光线，它的谱线移向光谱红端，即所谓光的引力频移。1924 年，亚当斯通过对天狼星伴星的观察，证实了这一预言，自 1958 年穆斯保尔效应发现以后，才开始在实验中利用 射线共振吸收来进行红向位移的实例。

其三是引力场使光线弯曲，这一实验检验颇有戏剧性。

为了证实爱因斯坦在 1911 年论文中的引力场中光线弯曲的预言，德国天文学家组成了一支考察队，于 1914 年前往俄国克里木半岛，打算在日全食时观察。不幸第一次世界大战爆发，考察队人员全被俄国人当作战俘扣留了。“塞翁失马，焉知非福”，这一不幸对广义相对论的验证倒是一件幸事。假使这次观察成功的话，很可能会比爱恩斯但的预言值大一倍，因为他当时的计算有错误。

大战期间，交战国之间邮路中断，通过中立国荷兰天文学家的介绍，爱恩斯但 1915 年的论文传到英国。引起英国天文学家爱丁顿的极大关注和浓厚兴趣。他在 1918 年发表文章指出，广义相对论引起了物理学、天文学和哲学的重大变革，这是一场影响深远的革命。

1919 年大战刚刚结束，英国皇家天文学会立即派出了两支考察队，一支前往巴西北部的索布拉尔，另一支由爱丁顿率领，前往西非几内亚湾的普林西比岛，在日全食时观察星光经过太阳的偏离。在普林西比观察所得的位移是“ $1.61 \pm 0.30''$ ”，索布拉尔观察的位移是“ $1.98 \pm 0.12''$ ”，两者在误差允许的范围都与爱恩斯但预言的“ $1.74''$ ”相当符合。

11 月 6 日，这些观察结果被提交英国皇家学会与英国皇家天文学会联席会议。与会者怀着浓厚的兴趣听取了观察报告。汤姆逊说，这是自牛顿以来，万有引力论的一项最重要成就，它不是发现一个外围岛屿，而是发现整个科学新思想的大陆。

11月28日，英国的权威报刊《泰晤士报》以“科学的革命，宇宙引力的新理论”为题做了报道，立即震撼了欧洲乃至世界，引起了一股“相对论热”。爱因斯坦也随之名声大震，身价倍增，他的照片刊登在画报的封面，他的名字出现在报头标题，人们异口同声地称他为“20世纪的牛顿”。爱因斯坦的声誉反倒招来了纳粹分子和排犹分子的忌恨，他们于1920年8月24日在柏林音乐厅召开了批判相对论的大会，极尽攻击谩骂之能事。爱因斯坦于27日在《柏林日报》发表声明，对“反相对论公司”作了公开答复。他一针见血地指出，这个“杂七杂八的团体”的“动机并不是追求真理的愿望”。

爱因斯坦也厌恶为相对论大叫大嚷，他表示：“夸张的言词使我感到肉麻。”劳厄1921年在他的介绍广义相对论的著作中说得好：“许多人赞扬，也有许多人反对。值得注意的是，无论在这一方或另一方，那些叫得最响的人几乎一点也不理解它。”

的确，广义相对论被人们接受和理解是一个缓慢而艰难的过程，即使是相对论的最早信徒和倡导者劳厄也如此，他说：“广义相对论对我同许多其他人一样，比狭义相对论要伤脑筋得多，实际上我在1950年前后才真正掌握了广义相对论。”劳厄的经历很能说明问题。因此，有人说相对论创立之后的头几年，“全世界只有12个人懂相对论”，甚至有人说“全世界只有两个半人懂相对论”。

爱因斯坦逝世以后，特别是60年代以来，不仅广义相对论的实验验证如雨后春笋，而且这一理论也成为相对论天体物理学、高能天体物理学和宇宙学的理论基础，展现出引人瞩目的前景。类星体、脉冲星、致密X射线源、3K宇宙微波背景辐射、黑洞、引力波等等的发现和探测，大爆炸理论和各种宇宙模型的提出就是很好的例证。

“物理学的当前困难，迫使物理学家比其前辈更深入地去掌握哲学问题。”在这句话中，爱因斯坦深刻地道出了科学需要哲学是本质性的。事实上也是如此，从爱因斯坦创立相对论的过程来看，理论思维始终起着主导作用。可以说，运用哲学这个思想武器，是爱因斯坦做出重大成就的关键。

在创立相对论过程中，科学与哲学相互作用、相互渗透、相互结合的一个重要表现形式是思想实验。科学实验的兴起和发展，使古代的经验科学成为近代的实验科学，是近代科学发展的一个重要条件和标志。思想实验比实际实验更进一步，它在思想中进行，可以超越时间和空间的局限，不需要任何物质技术装备。而设想在理想条件下或纯粹形态中可能出现的种种情况，是揭露矛盾、深入本质的一条有效途径。思想实验又是科学实验的一种特殊形式，它也要“分解”自然过程，使其理想化、纯粹化，其目的是探索用实际实验所难以或无法进行的科学问题。爱因斯坦是无与伦比的思想实验大师。在创建相对论过程中，他娴熟地运用思想实验的方法，天才地设计了著名的“以光追光”、“爱因斯坦火车”和“升降机”等思想实验，生动地体现了科学和哲学的统一，成为科学艺术的杰作。

总之，爱因斯坦相对论的创立，说明了理论思维的极端重要性。尤其是现代科学，离经验的直观越来越远，抽象程度、综合分析程度都越来越高。在这种情况下，他关于科学与哲学需要相结合的思想，特别是他把哲学思想成功地应用于解决科学问题的实践，对科学界和哲学界产生了巨大影响。爱因斯坦在科学上的成功，印证了恩格斯的一句至理名言：“一个民族想要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论思维。”

摩尔根首倡基因论遗传学获得大突破

美国哥伦比亚大学一间简陋的实验室。这里只能放下 8 张桌子和一张实验台，四处散发着腐臭气味，满地老鼠蟑螂，冬天滴水成冰，夏日闷热潮湿。看到这种情形，谁也不会想到这就是举世闻名的蝇室（FlyRoom）。在这里，20 世纪上半叶最有权威的遗传学家摩尔根跟蛆、果蝇打了整整 19 年交道，繁殖了近 1.6 万代果蝇。也是在这里，他一手缔造和领导了一个朝气蓬勃。创造不息的科学群体，“蝇室”就是这个科学群体的代名词。还是在这里，他创立了基日理论，取得了生物学上最优秀的成果，并且因此获得了 1933 年诺贝尔生理学及医学奖，此外还培养出 7 名诺贝尔奖获得者，把遗传学推向了一个新的高峰。

20 世纪初，孟德尔学说的再发现给生物学界带来了冲击，人们纷纷去探索遗传学的规律。摩尔根也不例外。他开始时是相信孟德尔定律的。1903 年摩尔根写道：“从近年的研究结果来看，孟德尔的结果是重大的，并且实用范围广泛，这一点是清楚的，……孟德尔从实验结果作出理论研究是非常容易理解的，所以对解释的正确性几乎没有疑问的余地。”然而，当他用孟德尔定律去进行动物遗传实验时，情况出现了较大的差异。例如，他曾将腹部白色、侧腹黄色的小鼠和野生型的小鼠交配，其后代出现了不定的情况，显性和隐性性状双方都反映出来了，出现了前半身是黑色，后半身是巧克力色的老鼠。当黑色和粉红色眼睛的小鼠支配后，出现了一只眼睛是黑色，一只眼睛是粉红色的小鼠。

孟德尔学说的魅力在摩尔根的眼里逐渐丧失了，特别是他对孟德尔关于遗传因子在遗传过程中独立分离和自由组合这两个法则深表怀疑，对遗传因子的真实存在更是不相信，认为这些只是孟德尔抽象思维的产物，是为了解释实验结果虚构的符号而非真实的物质实体。在参观了荷兰植物学家德弗里斯的植物园后，他更加相信突变才是自然界生物进化的光芒，而孟德尔学说却不能很好回答突变问题。此外，摩尔根从他自己的性别研究中认为，孟德尔学说解答不了雌雄性别的 1:1 问题，它既不能说明性别是怎样由基因决定的，也不能说明雌雄中究竟哪一方是显性。因此，摩尔根变成了孟德尔学说的怀疑者甚至反对者。

1903 年摩尔根接受了著名细胞学家威尔逊的邀请，赴纽约哥伦比亚大学任实验动物学教授。这是他一生事业和生活的转折点。一方面，他有条件做深入的研究工作，能充分发挥自己的才能；另一方面他和布尔马林学院的生物学硕士研究生丽莲·桑普森结了婚，丽莲既是他贤惠的妻子，又是他学术上的助手，为他的果蝇研究作出了很大贡献。摩尔根是在 1908 年前后开始养殖果蝇的。他试图探索果蝇的突变性和退化性，说明遗传并不完全按孟德尔法则进行。

在摩尔根以前已有人采用果蝇作遗传实验。虽然如此，摩尔根采用果蝇作实验仍然是十分英明的。果蝇作为遗传学研究的材料有一系列的优越性。一是果蝇个体小 6 每只果蝇只有 2—3 毫米，50 多万个果蝇的重量只有一磅，容易在实验室中饲养，这对哥伦比亚大学内狭小的实验室实在是大重要了。二是果蝇繁殖快，效率高。果蝇从出生到性成熟期，一代只需 10 天左右，较一般动物提高效率 80—100 倍，在较短时间即可掌握它的遗传变异规律。三是饲养费用低。饲养果蝇只需一些发酵后的香蕉就可以，每天只花费 10 美

分。四是果蝇所含染色体少。每只果蝇的生殖细胞只有 4 个染色体，易于观察染色体行为与遗传变异的相关性。曾有人说，“摩尔根之成为摩尔根，果蝇建立了巨大功勋”。这话虽有夸大之嫌，但从某一个角度看，确实说明选择果蝇作为实验材料，对摩尔根学术上的成功有极重要的意义。

然而，选择了果蝇作实验材料并不意味着实验就能一帆风顺。摩尔根曾让他的一位研究生佩恩整整做了两年果蝇实验而毫无结果。佩恩曾以不同的温度、盐水的含盐量。糖、酸、碱、镭的照射量来刺激果蝇，也曾把果蝇放在黑屋中培养，希望获得退化型或突变型的果蝇，结果做了 69 代果蝇实验，仍然是竹篮打水一场空。摩尔根自己也承认，这段时期他做了三类实验，“它们是愚蠢的，非常愚蠢的和最愚蠢的”。由此可见，即使是一个伟大的科学家，也有出错的时候，在那些光辉耀眼的成功背后，也堆满了失败和错误。科学的征途充满着荆棘，决非笔直坦途。只有那些不畏险阻的人才能达到光辉的顶点。

哥伦比亚大学威尔逊教授在细胞学方面造诣极高。他在研究中发现，生殖细胞减数分裂时，同源染色体的分离行为，与孟德尔假设的遗传因子分离定律十分相似。由此，威尔逊大胆地提出，染色体可能就是孟德尔遗传因子的物质载体。这就使原来毫不相干的细胞学和遗传学联系起来。

然而，遗传因子就在染色体上的假说仍缺乏强有力的实验事实支持，靠类比方法进行外推，终究不能说明二者之间的必然联系。威尔逊的实验室就在摩尔根实验室的隔壁，两人情同手足，随时交换看法，这就不断激发摩尔根去探索遗传因子与染色体，遗传学与细胞学的联系。

一次偶然的机，摩尔根获得了一只突变型的白眼雄果蝇。出于好奇心，他用它与天然型红眼雌果蝇交配。结果，子一代全部出现了红眼果蝇，子二代则出现了红眼果蝇与白眼果蝇，显性与隐性的比例为 3:1，完全符合孟德尔的分离定律。大量的实验，特别是从眼睛、翅膀等等相对性状的遗传结果，使他相信孟德尔学说的可检验性。但是这些实验仍来回答他头脑中存在的遗传因子与染色体的相互关系问题。

有一次，他纯属偶然地发现了一个奇特的现象，在子二代中雄蝇有半数红眼睛，半数是白眼睛，而雌蝇则全部是红眼睛，没有白眼睛。这是什么原因呢？为什么白眼睛这个隐性遗传基因总是和雄性的遗传基因连在一起呢？他又做了第二组回交实验，即以子代的红眼杂种雌蝇同仅有的一只白眼雄蝇亲本交配，得到了大致 1:1:1:1 的结果。这正是孟德尔一对因子回文结果的预期值。这一试验证明白眼性状不仅在雄果蝇中出现，而且也在雌果蝇中出现。最后，他做了第 3 组试验，将白眼雌蝇同另外一些野生型的红眼雄蝇交配。结果，出现了“交叉遗传现象”，即雌性都像父亲，全是红眼；雄性都像母亲，全是白眼。这些子一代红眼雌蝇与白眼雄蝇相互交配，结果是红雌、白雌、红雄、白雄皆以 1:1:1:1 的数目出现。

通过几年大量的实验，摩尔根从反面证实了孟德尔染色体理论的正确性。他放弃了原来的怀疑观点，接受了染色体是重要的遗传结构的理论。而且他进一步认为，控制红、白眼性状的基因就在果蝇的性染色体上，而 Y 染色体上没有白眼的等位基因，所以子一代雄性的隐性性状一定是在 X 染色体上，即由母亲传过来的。如果母亲没有这种性状的话，那么它传递给儿子的那条 X 染色体就必然来自它的父亲。这些基因在 X 染色体上的现象称为“性连锁”或“伴性遗传”。摩尔根再次提出了基因连锁的猜想。

摩尔根由伴性遗传提出了连锁群的概念，并进而研究了连锁群与染色体数目的并行关系。他用4种隐性的雄果蝇（即黑身、紫眼、残翅、翅基有斑）同4种显性雄果蝇（即灰身、红眼、长翅、翅基无斑）交配，子一代全部表现为显性性状；再将子一代中的雄果蝇与具有4种隐性性状的雌果蝇交配，按孟德尔的自由组合律应出现16种完全不同的组合，但事实上只出现2种与祖父、祖母型性状相同的组合。对于这种几个性状相杂交仍联结在一起的连锁现象，摩尔根认为只有假定4个性状的基因都位于同一染色体上组成“连锁群”。这样就决定了不同染色体上可以自由组合，而同一染色体上的基因则被紧紧锁在一起，无法自由组合了。

在进一步的杂交实验中，摩尔根运用统计方法，发现果蝇中有400多种突变性状，但只能组成4个连锁群，而细胞学的观察表明果蝇确实只有4对染色体，连锁群的数目与染色体数目一一对应。由此，他推断性状的连锁群实质上是连锁在同一染色体上基因的表现。染色体是由一个个连锁在一起的基因组成的，基因实质上就是染色体上粒子状的遗传物质。

值得一提的是，英国著名植物学家贝特森早在摩尔根之前就发现了连锁现象。但他没能站在遗传学与细胞学相结合的高度来审度这一发现的意义，固执地认为，基因在细胞结构中具有物质基础的看法没有直接根据。因此，他和机遇失之交臂了。

摩尔根在遗传基因上的第二个重大发现是基因交换。科学发现已成为定论的成果，在深入研究中往往会出现例外。摩尔根在果蝇连锁实验中就发现了例外，即出现了不完全连锁现象。例如，小型翅和白眼都是伴性（限性）遗传，应该紧紧与雄性连在一起，可是有时这两个性状又常常独立地进行重组。即从同一条染色体上具有白眼和小型翅的雌蝇，除了产生具有白眼和小型翅的雄蝇之外，还产生具有白眼和正常翅的雄蝇或具有正常眼和小型翅的雄蝇。怎样解释这种奇特的现象呢？经过大量的研究，摩尔根认为染色体不仅是连锁遗传，基因在染色体间还发生了交换。他进一步根据基因独立分离的程度，猜测两个基因在X染色体上的距离，认为在染色体上离开越远的部分之间就越容易发生交换，而距离越近两个基因越难以发生交换，连锁现象也并非绝对的。

1909年细胞学家詹森斯曾提出过“染色体的交叉型”假说，它启发了摩尔根。摩尔根的学生用有“标帜”染色体的果蝇作实验材料，发现两条同源染色体在它们的交叉处曾发生断裂和重新愈合的情况，相互交换了相应部分，从而造成了基因间的交换。它进一步说明基因交换的客观物质性。

摩尔根的第三个重要发现是根据基因交换频率，提出基因在染色体上呈线性分布，制订了基因图。他在大量果蝇杂交实验中发现，相对连锁群内基因的交换率总是一个常数。例如，眼色（白眼、红眼），翅型（长翅、小翅）基因之间的交换率为30%，眼色和毛型（叉毛、直毛）基因之间的交换率为40%，而且基因距离着丝点愈远，基因之间的交换率愈大，分离机会就愈多，距离着丝点愈近，交换的机率愈小。也就是说基因连锁的强度随基因间的距离不同而变化。

摩尔根不是以获得经验材料和实验证据为满足的“忠实观察者和记录者”，而是善于运用理性思维方法剖析经验材料，力图发现事物内在本质的科学家。他必然要去寻求基因、染色体间更深层次的联系。1912年摩尔根等已在X染色体上发现了18个基因，而且X染色体上连锁基因的交换值是稳定

的。那么，它们之间的交换关系是怎样的呢？摩尔根等创造了一种巧妙的“三点测交法”来确定基因之间的相对位置关系。这个方法主要是由他的学生斯特蒂文特提出的。既然染色体是一种念珠状的线条，那么这是一条直线、还是曲线？或者是一团乱麻？他根据几何学上两点间直线距离最短的结论，认为著作直线分布则交换频率应成相加（或减）的关系。经测定白眼与黄色翅两个基因之间的交换值为 1.4%，白眼与翅脉异常力 5.4%，因此，如果黄色体、翅脉异常，白眼的基因排列为直线，那么黄色体与翅脉异常的基因交换值应为 6.8%（1.4% + 5.4%）或 4%（5.4% - 1.4%）。事实上所得到的基因交换值为 6.8%，说明翅脉异常的基因应排列在白眼的下端。正如他自己所述：“那天晚上我未做系里布置的作业，而费了大半夜时间，绘成了第一条染色体图，在这个图中包括着 y（黄体），w（白眼），v（朱色眼），m（小型翅），r（退化翅）等伴性基因，并且它们就按这样的顺序排列。它们之间的相对距离与登载在现在的染色体标准图中的相对距离大体上是一样。”

1913 年摩尔根和斯特蒂文特绘制出了世界上第一张基因位置图。虽然当时只搞清了果蝇染色体上 8 个基因的相对位置关系，但它标志着人类向着最终揭示生物遗传奥秘的目标又迈出了可喜的一步！

1913 年，摩尔根出版了《性和遗传》一书。1915 年，他和斯特蒂文特、布里奇斯、穆勒等学生合著了《孟德尔遗传的机制》，总结了果蝇实验的全部内容，比较系统地阐述了他们的研究成果——基因理论，成为 20 世纪最著名的生物著作之一。

摩尔根基因论对遗传学发展的最大贡献，就是把世纪之交人们重新发现的孟德尔学说中假设的作为抽象遗传单位的“因子”即基因，同细胞染色体这种遗传物质联系起来，证实了基因是染色体粒子，确定了基因在染色体上的排列结构和基因在遗传过程中组合变化的机制。如果说孟德尔遗传学说和达尔文进化论是上世纪生物学两项意义深远的科学成就，分子生物学和现代达尔文主义进化论是本世纪生物学两项影响重大的科学成果，那么，摩尔根的基因论则是前者向后者逻辑发展的历史环节。

19 世纪与 20 世纪之交，是生物学研究战略发生转变的时期。年轻一代生物学者纷纷背离以形态学力代表的旧研究战略，转向以生理学力代表的新研究战略。前者以探索系统发育为总目标，以形态描述和推测为基本方法；后者则以探索生命活动机制为总目标，以定量的受控的实验为基本方法。摩尔根的科学发现就是这种研究战略转变的产物。摩尔根受荷兰植物学家德弗里斯“突变论”的影响，走出了胚胎学研究圈子，在动物身上验证突变论，进行了生物学史上著名的果蝇遗传学实验，结果导致了基因论这样的科学发现。

当摩尔根刚接受生理学研究传统时，曾发生过轻视推理、假设等理性思维方法的狭隘经验主义偏向，因而对含有假说成分的孟德尔学说持怀疑态度，认为所谓遗传因子是孟德尔为解释其实验结果而虚构的符号，是思维的产物。但是，摩尔根在研究突变性状及其在遗传过程中的效应问题时，觉察到仅仅用直观的经验证明方法，无法探索遗传的奥秘，于是他成功地运用了间接发现方法。这种方祛的基本内涵就是逻辑推理、数学统计和计量、假设和实验验证方法的综合运用，它的基本精神就是以理性思维的方法分析、处理经验事实，透过纷繁多变的现象，洞见事物的本质。

群体阶作是 20 世纪科学研究的时代特征，这在摩尔根创立基因理论过程中得到充分体现。他不是单枪匹马地在科学前沿阵地上作战，而是富有成效地领导指挥了一个科学共同体——蝇室的成员协同作战。这里充满了真诚、谦逊、无私的协作精神，对学术问题可以展开坦率、认真、激烈的论争的气氛。斯特蒂文特作过这样的描述：“这个小组作为一个单位进行工作。每个人做自己的实验，但每个人确切地知道其他人正在做什么，而且对每个新结果都进行畅所欲言的讨论。他们很少关注科学发现的优先权或新思想、新解释的来源，要紧的是工作取得进展。这里有许多事需要去做，有许多新的思想需要进行验证，还有许多新的实验技术需要加以发展。在这具有如此令人鼓舞和如此持续热心研究的气氛的科学实验室里，几乎不可能出现空闲的时间和状态。”正是在一种群体意识的支配下，既保持了整体的协调统一，又充分发挥个人创造才能，蝇室收获了累累硕果，摩尔根则更是在这样的氛围里取得了一生中最大的科学成就。

海水颜色有奥秘拉曼效应被发现

“在科学史上我们常常发现，对某些自然现象的研究成了一个新知识领域发展的起始点。天空的颜色就是一个例子。……更令人惊叹不已的是海水的颜色，尽管不是人人都熟悉它。1921年夏，我到欧洲的航行使我有机会第一次看到地中海的美丽的蓝色乳光，这种现象似乎很像是由于阳光被水分子散射引起的。为了检验这种解释，最好是找到光在液体中漫射所遵循的规律。1921年9月我返回加尔各答后，立即开始了这个课题的实验。并且很快就了解到，这个课题的意义远远超出了我的工作的特定目的，对它的研究打开了非常广阔的领域。的确，研究光的散射看来可以把人们带到深奥的物理化学问题中去。正是这个信念使这个课题成了我们后来在加尔各答活动的主题”。——摘自印度物理学家拉曼在诺贝尔奖颁奖仪式上的演讲。

英国物理学家瑞利曾用大气分子对太阳的散射成功地解释过天空的颜色。他认为散射后的蓝色光比红色光要多，或者说红色光大部分被吸收，蓝色光大部分被散射，所以天空一般成蓝色。瑞利在进一步研究海水颜色的机理时，认为水分子比较密集，因而入射光较少产生散射。他还认为海水本身没有什么颜色，其看上去之所以呈蓝色，是因为它反射了天空的颜色，或者可能是水对光线的吸收作用所致。他写道：“如果某种液体不是绝对透明，而是含有悬浮于其中的微小颗粒的话，它将散射出蓝色的光线。”

拉曼认为，瑞利的解释很难令人信服。他先后在《自然》杂志和《皇家学会会报》发表数篇文章，用实验和理论分析证明：海水呈蓝色是因为水分子对太阳光的散射，它与大气分子对太阳光的散射使天空呈现蓝色一样，都是由于透明媒质密度涨落引起的效应，可以用爱因斯坦—斯莫卢霍夫斯基涨落理论解释，因此，“光的分子散射是一个很普遍的现象，这种现象不仅可以在气体和蒸汽中研究、还可以在液体、晶体和非晶体中研究”。在实验方面，他通过观察光线穿过纯净水、冰块等材料时的散射情况获得了大量证据，最后不但证明自己的观点是正确的，而且还通过与他人合作，推广了爱因斯坦—斯莫卢霍夫斯基理论本身。这是拉曼进行可见光研究所取得的第一项成果，即于1921—1922年发展起来的用以解释海水颜色的分子散射理论及相关的实验方法。

1922年9月，拉曼的《光的分子衍射》一书由加尔各答大学出版社出版。该书集中介绍了这一时期的研究成果，最后提到，如果散射过程能被看作是光量子与散射分子之间

的碰使，它将有与经典电磁理论所预期的不同的结果。这一想法的提出，比康普顿效应的发现（1923年）早了一年。正如拉曼自己所说，“这个课题的意义远远超出了我的工作的特定目的，它为研究打开了非常广阔的领域。”

随后，拉曼和他的助手于1923年发现了一种荧光效应。当时他们用太阳光作光源，观察它穿过蒸馏水的散射线。他们发现，若在入射线的光路中放置一个紫色滤色镜，则射出的散射线退极化现象明显增加。然后他们进一步观察可见光被多种物质、特别是一些液体散射的情况，结果观察到一种较通常的散射线波长有微弱变化的第二次射线。他们当时将此种微弱射线归结为某种“荧光”现象。

在此期间，康普顿发现X射线散射新效应的论文发表了。拉曼在于当年游学美国时，有机会与康普顿当面切磋了他的新发现。这对拉曼拓宽思路，

引发某种联想是有帮助的。

拉曼与他的助手对“荧光”现象不敢轻易下什么结论。这是因为这种二次射线太微弱了，要对它进行任何深入的研究，首先得把它提纯或分离出来。经过长时间的努力，他们逐渐找到了把这种“荧光”效应分离出来的实验手段。他们用实验室屋顶上的定日镜把太阳光送进实验室，经汇聚后入射到实验样品（液体或固体材料）上，在入射和出射光路中分别放置一对互补滤色镜（他们常用的是一对蓝—紫和绿色滤色镜）。结果发现，穿过样品的蓝色散射光，经过绿色滤色镜后并未完全消失，还能观察到一点相当暗淡的光线。按照实验设置的特性，可以认定这种射线的波长应不同于入射的蓝光，但可以把它解释力由于样品中含有某些杂质，从而激发出的荧光。

这种解释后来经过大量实验被否定了。因为：（1）该现象在 80 多种不同的、经过精心提纯的液体样品中无一例外地都存在着，这些样品下会都含有杂质；（2）特别是在丙三醇（甘油）样品的实验中，不但这种现象较明显，而且最后的出射线已被极化，成了完全不同于自然光的偏振光。这就说明原来以为是荧光的射线实际上是一种特殊的二次辐射。并且这种效应是一种普遍的效应。拉曼和助手们将此现象与克拉姆斯——海森堡的射散理论相联系，并将它命名为“分子散射”。经过 5 年多时间的探索研究，在 1928 年 2 月取得了突破性进展。而且只用了几天，应了那句水到渠成的老话。1928 年 2 月 16 日，拉曼用电报向《自然》杂志发出了第一个报告，简要地描述了这项新发现及其实验和理论解释。此后的两篇论文都是用电报的形式发往《自然》杂志的。后来的事实证明他的这番苦心不无道理。

拉曼和他的助手一起抓紧改进实验装置，最后用大孔径聚光器、汞弧灯及滤光片获得了较强的单色光。1928 年 2 月 28 日下午，当他们用改进了的装置观测液体散射光的光谱时，清楚地观察到了汞弧光中没有的若干谱线，在拍摄的光谱照片上还证实了散射光不仅有红移，而且还有紫移。经过长期深入的研究，拉曼效应最终被发现了。

拉曼效应简单他讲是这样一种现象：假设有一束频率为 ν 的光线入射到某种介质（可以是固体、液体或气体）中，除一部分被吸收外，其余的光线将被该介质的分子散射，散射线有两种情况：其一是散射后频率保持不变，仍为 ν ，因而光线的颜色也保持不变，这种过程通常称为瑞利散射；其二是散射线的频率变化为 ν' ，颜色也有一定的改变，这就是所谓的拉曼散射。

为什么在拉曼之前没人能发现这个现象？这是因为拉曼散射是一种相当微弱的效应，要观察到它的确非常困难。现在通常使用较强的激光光源，用带有高倍聚光镜的分光计，还有精密的检波器才能进行拉曼光谱的研究。目前，一套拉曼光谱学的实验设备至少要价值上万美元。令人惊叹不已的是，拉曼只利用了一些十分简陋的仪器，便作出了重大的科学发现。例如他的光源是自然光源（太阳光），当然后来也用过简单的水银灯加聚光透镜作光源，小型老式分光计、滤色镜（或称为滤波器），没有专门的检波器，只能用人眼的肉眼作检波器，这些全部加起来价值不过几十美元。这一次，拉曼甚至将这个发现的消息通知了加尔各答的一家报社，该报社立刻以新闻方式将此消息公布于众。

此后，拉曼又利用具有较高分辨率的石英棱镜摄谱仪把散色光谱拍摄下来，由这些照片可以清楚地看到散射线频率（或波长）的变化（包括频率的减小和增大两种情况），并可以测量这种微弱的谱线位移，测量表明：这些

位移符合分子的振动频率。拉曼又认识到，在发生此效应的过程中，有时入射光子的部分能量被用于激发分子振动能向高能态跃迁，结果使得散色光子的能量比入射时有所减少；有时又会发生相反的情况，分子从高能态向低能态跃迁，把能量传给入射光，使散色线能量有所增加。这便是效应发生的简单机理。

1928年3月16日，在班加罗尔举行的南印度科学协会成立大会上，拉曼作了题为“一种新的辐射”的演讲，详细地报告了他的发现及其理论解释。报告中，他除了描述新辐射的主要特点之外，也采用量子理论给予这个效应以恰当的解释。他指出，克拉姆斯——海森堡色散理论可以解释这种现象，入射光量子的一部分被散射物质的分子吸收了，其余部分则被散射，散射可以分为正常和反常两部分，正常散射是瑞利散射，反常散射即是新发现的辐射之一，其机理与康普顿效应相似；新辐射中能量增大的部分，是因为一开始散射物质被吸收的那些能量有时又会再传给入射的光量子，使其在散射后能量增加，从而频率增大（波长变短）。

这个报告的全文于当月底发表在（印度物理学杂志）1928年第2卷上，并公布了液体苯的散射光谱照片。由于该刊物当时创办伊始，发行量很小，影响不大，所以拉曼将此文打印了2000份，分发给世界各地的领衔物理学家和若干重要研究机构。

拉曼的新发现很快传遍了全世界，引起了国际科学界的广泛关注和高度评价。英国皇家学会将它称为“20年代实验物理学中最卓越的三、四个发现之一。”美国光谱学权威伍德写道：“拉曼教授辉煌而惊人的发现，为分子结构研究开辟了一个全新的领域。……显然，这个非常美妙的发现是拉曼长期研究光散射的结果，它是光量子理论最有力的证据之一”。

众所周知，20世纪初，随着普朗克光量子假设的出现和爱因斯坦对此概念的进一步阐述，200多年前牛顿关于光的粒子性学说又开始复活，1924年康普顿效应发现后，海森堡曾于1925年预言，在可见光中可能也会有如此类似的效应存在。而拉曼在这个预言之先就已开始光散射的研究，并最终得到确凿的结论。

拉曼本人一开始只简单地把这个发现称为：“一种新辐射”，此后英国物理学家普林塞姆写了一篇介绍文章，提议将这个发现称为“拉曼效应”，而把效应产生的谱线叫作“拉曼光谱”，这一命名很快被各国科学家所接受。

拉曼效应为光量子理论提供了新的证据。它在研究分子结构和化学成分方面的重大作用也很快被人们认识到了。在效应发现之前，分子振动能谱和转动能谱的测量，是采用红外区的吸收来进行的，这种测量相当困难，当时全世界只有几个装备精良的实验室能开展此类研究。大多数光谱学家亟需一种更便利的方法来开展这一领域的工作，拉曼效应的发现正好满足了这个需要。利用拉曼光谱，可以把红外区的分子能谱移到可见光区进行观测，从而使一般实验室都能问津分子能谱的研究。

据统计，1928年，即拉曼公布其发现的当年，就有58篇与拉曼效应有关的论文发表；第二年，这个数目增加到了175篇。在效应发现后的头十年中，有关此课题的论文总数超过了2000篇，所研究的各种化合物多达2500余种。1962年，由于激光技术的问世，拉曼效应的研究获得了革命性极好、方向性强和功率很大的理想光源。从此拉曼光谱学更成为一门用途广泛的权威性技术。例如：有人统计，在1977—1982的五年当中，《化学文摘》上

标题中有“拉曼”一词的论文共计 10384 篇，拉曼光谱研究的重要性和广泛性由此可见一斑。

由于这项发现，拉曼于 1930 年被授予诺贝尔物理学奖。获奖的消息是加尔各答一家新闻机构用电话通知拉曼的，当时，拉曼正在实验室工作。他的一名学生接了电话后，激动地冲进实验室向他报告了这一消息。拉曼的反应相当平静，他只问道：“是我独享，还是必须与陌生人分享？”当然，拉曼是唯一获奖人。值得一提的是，拉曼也是亚洲国家第一位获得这一荣誉的科学家。

拉曼是亚洲人民值得自豪的科学家，他在 20 年代还很落后的环境中为科学的发展作出了杰出的贡献。这首先是源于他对科学的挚爱和踏实的科学态度。他说过：“在寻求你所没有的之前，充分利用你所有的”。“科学的精华是依靠思索和勤勉，而不是设备”。他用自己的一生证明了那种“胜利的精神、在阳光下把我们带到正确地方的精神，以及作为一个文明古国的后裔，必须而且必然在这个行星上找到我们正确位置的精神。”

作为实验物理学家，拉曼更趋向古典和自然，他经常向人表示：大自然就是他的实验室，发现拉曼效应就始于对大海颜色的探索。水天一色、蔚蓝苍茫的大海深深地震动了他的心灵，在这看似平淡无奇的大自然面前，他突然对海水为什么是蓝色这个问题产生了强烈的兴趣，他甚至等不到回国，就开始在轮船上着手探索起这个奥秘来，这是他进行可见光散射问题研究的开始，也可以说是日后发现拉曼效应的契机。拉曼在科学上的其他研究对象，如乐器、宝石和鲜花等，无下与大自然密切相关。这一点是他与印度的另一位物理学大师萨哈十分不同的地方。

在处理研究成果的方式上，更表现出拉曼超凡的洞察力和良苦用心。拉曼关于这一问题的头三篇论文都是用电报寄给《自然》杂志发表的，这既表明他清楚地意识到这项发现的重大意义，更证明他对发现的优先权问题也相当重视。这确实不是杞人忧天。事实上，早在 1923 年，斯麦克尔就曾预言过通过观察散射光来检测分子振动迁移的可能性。几乎与拉曼同时，巴黎的物理学家罗卡甚至已经进行过有关散射的理论研究，并在某种程度上预言了拉曼效应的存在，只是因为缺乏实验证据，才推迟了论文的发表。罗卡的同事卡班斯曾试图观察这一效应，但没能成功，原因是他选择了气体当实验品，而气体分子太稀疏了，散射作用十分微弱，用肉眼根本看不到。后来，当拉曼的前两篇论文发表后，罗卡和卡班斯轻车熟路，立即就得到了预期的效果。此外，苏联物理学家曼德斯塔姆和兰兹伯也于同时期独立地观察到拉曼效应，但他们没有意识到这种效应的重要性和普遍性，而且他们的论文发表日期也晚于拉曼的文章。所以最后的优先权归于印度人拉曼。

“十大理论”留英名“科学怪杰”数朗道

有一次，爱因斯坦演讲，当主持者请听众对演讲者提问时，一个年轻人从座位上站起来说道：“爱因斯坦教授告诉我们的东西并不是那么愚蠢，但是第二个方程不能从第一个方程严格推出。它需要一个未经证明的假设，而且它也不是按照应有的方式为不变的……”在大家都惊讶地回过头未注视这位似乎不知天高地厚的年轻人时，爱因斯坦对着黑板思索之后，却说到，“后面的那位年轻人说得完全正确，诸位可以把我今天讲的完全忘掉。”这位敢于提出爱因斯坦错误的年轻人就是苏联物理学家朗道。

从幼年起，朗道就表现出与众不同的天才。13岁已学完了中学课程。当时他很想上大学去学习数学，但父母认为他年龄太小，特别是父亲希望他选一个更为“实用”些的专业，结果朗道被送进了一所经济专科学校。由于缺乏兴趣，在那里呆了一年后，朗道终于在1922年转入巴库大学，同时在数理系和化学系学习，这时他才14岁，但他最终没有修完化学专业。1924年，在巴库大学毕业后，朗道来到了圣彼得堡，此时正值列宁去逝，圣彼得堡被易名为列宁格勒，而朗道就进入了同时易名的列宁格勒大学。在20年代，列宁格勒大学可以说是苏联科学，特别是物理学研究的中心，当时苏联一些很有名望的物理学家如约飞、福克、弗伦开耳等人都在此授课，并讲授当时正在发展中的量子理论。在这里，朗道开始接触到了物理学的前沿领域，并投身于研究中。

1908年出生的朗道，比量子力学的奠基者们，例如梅森堡、狄拉克、约尔丹等人小了七、八岁，比德布罗意、薛定谔等人小得更多。当他在列宁格勒大学毕业时，新量子力学的数学表述和物理诠释都已经基本上形成了。因此他曾经感叹许多最重要的基本原理问题已被别人抢先解决，大有“余生也晚”之憾。然而，量子力学的具体应用当时还方兴未艾。天赋非凡的朗道在理论物理学的许多领域中都作出了重大贡献。

早在大学期间，1927年他就发表了第一篇学术论文，处理了双原子分子的光谱问题。同一年，他在用波动力学来处理韧致辐射的论文中，首次使用了后来被称为密度矩阵的概念，在后来的量子力学和量子统计物理学中起了重要的作用。在19岁生日的前两天，朗道从列宁格勒大学毕业，成为苏联科学院列宁格勒技术物理研究所的研究生。

经过数次申请，1929年10月，朗道被批准出国。在不到两年的时间中，朗道先后在德国、瑞士、荷兰、英国、比利时和丹麦进修访问。他曾回忆说，在这段时间里，除了费米之外，他见到了几乎所有的量子物理学家。在与这些著名科学家的交往中，朗道充分地展示了他的才能和个性。

在丹麦的哥本哈根，朗道深受“哥本哈根精神”的感染，并成为玻尔研究班上的活跃分子。后来玻尔在谈到朗道时说：“他一来就给了我们深刻的印象。他对物理课题的洞察力，以及对人类生活的强烈见解，使许多次讨论会的水平上升了。”虽然朗道一生中接触过不计其数的物理学家，而他在玻尔那里只呆了四个月左右的时间，但他却对玻尔十分敬仰，终生只承认自己是玻尔的学生。

在欧洲的进修访问期间，朗道在金属理论方面做了重要的工作。在1930年发表的《金属的抗磁性》这篇论文中，朗道应用量子力学来处理金属中的简并理想电子气，提出理想电子气具有抗磁性的磁化率。这一性质现在被称

为朗道抗磁性。据说在瑞士苏黎世的一次讨论会上，当朗道作完了有关抗磁性的报告后，他的好友佩尔斯评论说：“朋友们，让我们面对现实吧，现在咱们只能靠朗道吃剩的面包皮维持生活了。”与此同时，朗道还和佩尔斯研究了将量子理论应用于电磁场的可能性，提出了在量子理论中电磁场量的可观测性问题。他们二人曾经专程赶到哥本哈根，就此问题和玻尔进行了马拉松式的激烈讨论，结果导致玻尔和罗森菲耳德撰写了关于这个问题的著名论文。

1931年春天，朗道准备启程回国，虽然有人曾暗示他不要回去，但朗道自有主见，临行前，他对罗森菲耳德说：“我必须为我的国家工作。这是一次长久的离别。也许是永久的离别，除非你来访问我们。”后来，只在1933年和1934年，朗道再度短期访问过哥本哈根。回国后，最初朗道仍在列宁格勒物理研究所工作。朗道在内心深处是赞成革命的，并按自己的理解而相信马克思主义。但他反对中世纪式的思想专制和愚昧残忍，于是与当权者有了矛盾。另外由于他在学术问题上与研究所的领导约飞有分歧，虽然朗道是正确的，但却冒犯了这位权威。在一次朗道作了学术报告后，约飞宣称朗道所讲的内容不得要领，而朗道则毫不客气地当众回敬道：“理论物理学是一门复杂的科学，不是任何人都能理解的”。由于这样一些原因，朗道最后不得不离开了列宁格勒。

从1932年起，朗道在哈尔科夫的乌克兰科学院物理——技术研究所工作，并担任了理论物理部的主任。1934年，在没有经过论文答辩的情况下，朗道获得了博士学位，1935年任哈尔科夫大学的教授，在哈尔科夫时，朗道开始计划写一部理论物理学的巨著。这部主要由朗道来构思，由朗道和他的学生里弗席兹合作完成的多卷本《理论物理学教程》从1938年开始陆续出版。这部几乎包罗万象的物理学名著，有近十种文字的译本，并于1962年获得列宁奖。在哈尔科夫，朗道还创立了著名的理论物理学须知，后来也被称为“朗道位垒”，这个考试纲目除了数学内容之外，几乎囊括了理论物理学所有的重要分支。在朗道逝世前，仅有43人冲过了这个“位垒”，其中许多人后来成为博士、教授和苏联科学院的院士。在朗道周围，也开始形成了一个独具特色的“朗道学派”。成为“朗道的学生”，则是苏联青年物理学家们既向往而又很有些望而生畏的目标。

在哈尔科夫期间，朗道的科学研究工作继续深入。他发展了普遍的二级相变理论，不但说明了许多当时认为很奇特的现象，而且为此后各种新型相变的研究开辟了道路。他就铁磁畴结构。铁磁共振理论和反铁磁态理论发表了一系列的重要文章。此外，他还对原子碰撞理论、原子核物理学、天体物理学、量子电动力学、气体分子运动论、化学反应理论和有关库仑相互作用下的运动方程等方面作了研究。

1937年，又是在一次与理工学院的院长发生口角后，朗道断然离开了哈尔科夫，随后到了卡皮查所领导的莫斯科物理问题研究所工作。他在哈尔科夫的一些最有才能的学生同事，也随他而去。1938年冬，在当时的“清洗”中，朗道突然以“德国间谍”的罪名被捕，并被判处十年徒刑，送到莫斯科最严厉的监狱。由于卡皮查等人的竭力营救，一年后，已经奄奄一息的朗道终于获释。

朗道从1937年开始的对于低温物理学中液氦超流动性问题的研究，使他在1962年获得诺贝尔物理学奖。朗道提出了与理论不同的二流体模型，尤其

是对液氦这种量子液体能谱的分析，显示了他深刻的物理洞察力。他提出了“旋子”的概念，根据这一理论，可以很好的解释液氦的超流动性，并进而预言了超流氦中“第二声”（一种温度波）的存在。这一预见于1944年得到了实验验证。

朗道在物质凝聚态的研究方面进行过许多继往开来的基本工作，甚至有人说，从固体物理学到凝聚态物理学的过渡，可以认为是从朗道的工作开始的。他本人对超流性的工作特别满意，当有人问他“您一生中最得意的工作是什么”时，他回答：“当然是超流性理论，因为至今还没有人能够真正懂得它”。

在莫斯科，朗道还研究了电子簇射的级联理论和超导体的混合态等问题。这时基本粒子物理学和核相互作用理论开始在他的工作中占了更大的比重。他发展了关于燃烧和爆炸的理论（1944—1945），探索了质子—质子散射和高速粒子在媒质中的电离损失等问题。1946年，他提出了等离子体的振动理论。

在1947—1953年间，朗道考虑了电动力学中的各种问题，研究了氦的粘滞性理论，发展了关于超导性的新的维象理论和粒子在高速碰撞中的多重起源理论。前者在低温物理学中起了推动作用，后者对宇宙射线物理学相当重要。

1954年，朗道研究了与量子场论的原理有关的一些问题，论证了量子电动力学和量子场论中所用的微扰方法在有些事例中并不是自洽的。从1956年到1958年，朗道创立了所谓费米液体的普遍理论，力图概括氦和金属中的电子。1957年，当宇称守恒定律已经显得不能普遍适用时，朗道提出了现代物理学中一条新的重要定律来代替它，即 C_p 守恒定律。1959年，朗道又在基本粒子理论的结构方面提出了一些新的看法。他在一篇论文中提出了一种方法，来确定粒子的所谓相互作用振幅的基本性质。

综上所述，朗道的学术工作领域是相当广阔的，而且成果丰硕。1958年，为了庆贺朗道的50寿辰，苏联原子能研究所曾经送给他一件很有意思的礼物。那是一块大理石平板，板上刻了朗道生平工作中的十项最重要的科学成果，人们借用了宗教上的名号，把这些成果称为“朗道十诫”。这十项成果是：

1. 量子力学中的密度矩阵和统计物理学（1927）；
2. 自由电子抗磁性的理论（1930）；
3. 二级相变的研究（1936—1937）；
4. 铁磁性的磁畴理论和反铁磁性的理论解释（1935）；
5. 超导体的混合态理论（1934）；
6. 原子核的几率理论（1937）；
7. 氦超流性的量子理论（1940—1941）；
8. 基本粒子的电荷约束理论（1954）；
9. 费米液体的量子理论（1956）；
10. 弱相互作用的 CP 不变性（1957）。

很显然，一个人的一生能够在科学上作出如此之多的重要贡献，是足以令他人所敬仰的。然而，朗道的贡献并不仅限于此。例如，除了纯学术性工作以外，朗道还力苏联陆军的工程委员会研究过远离爆炸源处的冲激波之类的问题。人们相信，在苏联的核武器发展方面，朗道也起了很重要的作用。

唐代著名文学家和思想家韩愈在《进学解》中说：“贪多务得、细大不捐。”捐：舍弃。意思是做学问要尽量多地获取知识，并做到不论大小都兼收并蓄。这样才能灵活运用知识，有所创新，在学问上取得成就。这句话用来说明朗道在科学研究所采取的谋略是合适的。

的确，朗道就像有人曾评价的是“典型的浪漫派科学家”。对多种科学领域都有百科全书式的知识，特别对边缘科学表现出强烈的兴趣，使他观察事物敏锐，分析问题深刻、全面，富于创见。朗道认为，费米是一位不可多得的“全能物理学家”，在费米逝世以后，他感叹他说：“现在我就是最后一位全能物理学家了……”。应该承认，他的这种看法并非自夸自赞，而是有着不容怀疑的真实根据的。

朗道对自己和学生们要求很高。他要求自己的论文每篇都有基本的重要性，从来不理睬那些无关宏旨的烦琐题目。他鄙视那些为了世俗的名利而“作学问”的庸人，把那种人叫做“科学的吞食者”，即“靠科学吃饭的人”。他也看不起那种华而不实的学术“论文”，说那只是“废话”和“空气中的振动”。他重视思想交流（包括国际交流），把那些夜郎自大、固步自封的人物叫做“病态物理学家”。他热爱自己的工作，真正做到了锲而不舍。甚至在监狱中，当生命和荣誉都受到无比严重的威胁时，他还经常沉浸在学术思维中而达到废寝忘食的地步。在学术讨论中，他常常一针见血地指出别人的错误和缺点。他的思想的敏锐性和严密性甚至对某些人构成了“严重的威胁”。在这方面，人们常常把他和泡利相提并论，而且在态度的不留情面和语言的尖锐坦率方面，朗道甚至比泡利有过之而无不及。

朗道杰出的科学贡献得到了社会的广泛承认。1962年，他由于对液氦理论的研究而获得了诺贝尔物理学奖。朗道当时由于身体原因，不能前往国外领奖。结果诺贝尔奖基金会打破了惯例，在历史上第一次不是在瑞典首都由国王授奖，而是由瑞典大使在莫斯科授与了朗道这一物理学研究的最高荣誉。

朗道临终的一句话是：“我这辈子没有白活，总是事事成功”。

量子力学新成就勇于创新海森堡

1922年6月，在德国哥廷根“玻尔节”上，量子理论创始人玻尔作了7次著名演讲，简明地阐明了原子结构理论。在听众中，有一位专程从慕尼黑赶来的二年级大学生，他就是海森堡。在演讲后的问题讨论中，海森堡对玻尔的一些观点提出了异议。这位大学生的发言，引起了玻尔的关注。当讨论结束时，玻尔邀请他一道出去散步，并仔细地交谈了量子理论的有关问题。他们在哥廷根郊外谈论了好几个小时，仍各持己见。尽管如此，玻尔诚恳待人的作风深深地打动了海森堡的心。而海森堡的聪明才智也给玻尔留下了深刻的印象，他向海森堡发出了去哥本哈根作学术访问的邀请。海森堡后来回忆说，这是他所能记起的“关于近代原子理论的物理问题和哲学问题的第一次全面彻底的讨论，而且它对我后来的事业肯定起了决定性的作用”。

海森堡一生在理论物理学上作出了重要成就，而他最大的贡献无疑是创建矩阵力学。在这之前，他在关于流体力学、反常塞曼效应、分子模型以及色散理论等方面做了大量研究工作。这些工作为他创立矩阵力学作了准备。尤其是与玻恩的合作，使他感受到建立新量子理论的迫切性。

玻恩原来是研究晶体点阵动力学的，1921年到哥廷根大学任理论物理学教授后开始原子理论的研究工作。他让他的学生学点量子物理并想同索末菲展开竞争。哥廷根的著名数学家希尔伯特主张数学家和物理学家结合起来研究物理学，他和玻恩联合组织了“物质结构”讨论班。此外，在玻恩周围还有各种讨论班，如“初学者讨论班”、“晚上讨论班”、“原子力学编写组”等，学术空气非常浓。为了繁荣科学，玻恩还常邀请各国著名学者来访问讲学。这大大开阔了学生们的眼界。玻恩对学生亲切不拘小节。在课余，他常和学生一起散步、野餐、演奏乐曲。玻恩在他主持的讨论班上鼓励提问和批评。因此，在玻恩周围常聚集着一大批有才能的学生，海森堡就是其中一个。

如果说海森堡在索末菲那里受到关于玻尔理论的严格训练，那么他在玻恩那里更多的是学到对玻尔理论的怀疑。当玻恩学派对玻尔理论的正确性表示怀疑时，索末菲学派还相信只要附加上普朗克。玻尔和索末菲提出的量子条件，牛顿力学还可以解决原子领域的问题。海森堡认为玻恩比玻尔更加坚信要有一套完整的数学上统一的量子理论，而不是在牛顿力学、量子条件和光量子假设之间的徘徊与调和。

1922年，玻恩和他当时的助手泡利一起深入讨论了把微扰论应用于原子理论的问题，发展了微扰论能量表示的一般方法。1923年，玻恩和海森堡合作把微扰论用于氦原子。虽然理论结果在定性方面与实验一致，但定量方面差距很大。这使他们坚信，物理学的基础必须进行根本的变革。

1924年，在哥廷根讨论班上玻恩曾强调，把量子论的困难单单归诸辐射与力学体系之间的相互作用是不正确的。他认为力学必须加以改造，必须用某种量子力学来代替才能提供理解原子现象的基础。玻恩甚至在1924年的一篇论文中首次把期待中的新理论称作“量子力学”。这时玻恩对他自己所期望的新理论已有了一些模糊的领悟。而海森堡则找到了描述这种理论的数学方法。

海森堡在哥廷根虽然只是一个有奖学金的研究人员，但实际是玻恩的助教。他与玻恩密切合作，力图从符号意义上的力学模型出发，建立一种新的

力学。一年后他以一篇题为《关于量子论的形式规律在反常塞曼效应问题上的更改》的论文取得大学授课资格，成为无薪讲师。同年9月，海森堡作为领取“洛克菲勒奖学金”的研究人员来到丹麦的哥本哈根，而他的矩阵力学之类的创造性工作，事实上也是在哥本哈根生根发芽的。

海森堡在哥本哈根主要与荷兰物理学家克拉姆斯一起工作。克拉姆斯从1916年起担任玻尔的助手，在发展量子理论方面帮助玻尔做了不少工作。他多才多艺，不仅会5种外语，而且还会拉大提琴，在工作之余常在海森堡的钢琴伴奏下演奏。而他在学习上又对学生要求得极为严格。1924年初，主要根据当时到哥本哈根来工作的美国物理学家斯莱特提出的思想，玻尔、克拉姆斯和斯莱特一起发表了一种对后来影响较大的理论，亦称BKs理论。这个理论的中心思想是：给每个原子引进一组能产生虚拟辐射场的虚振子，而每一个这种虚振子具有一个跃迁频率（即原子的跃迁频率）。这就把不连续的原子过程与连续的辐射场联系起来，从而可以利用对应原理，采取类似于经典理论的方法来处理量子论的色散问题。克拉姆斯利用这种思想导出了他的色散公式。

如果说克拉姆斯的色散理论实际上摧毁了电子轨道概念的基础，那么可以说海森堡更倾向于放弃电子轨道模型，用正确的数学公式来表示玻尔的对应原理。他和克拉姆斯一起用玻恩的方法研究色散问题，并合作写了一篇论文《关于原子对辐射的散射》。

1925年4月海森堡回到哥廷根。他想进一步在上述工作的基础上解决氢原子谱线强度问题，但在数学上遇到了很大困难。于是，他转而想从根本上解决问题，即找出一个与经典运动方程对应的，在逻辑上内在一致的电子在氢原子中的运动方程。但根据经典力学，这个方程应当描述电子在原子中运动的轨迹，可是原子太小了，电子轨道既看不见，也摸不着，也就是说是不可观察的。那么，如何从实验上来检验所得方程的正确性呢？

正当海森堡百思不得其解的时候，他得了枯草热病。这是由于某种有毒花粉引起的一种过敏症，需要到海边去治疗。当他在北海的赫尔兰岛上休养时，突然从爱因斯坦创立相对论的过程中得到启发。爱因斯坦认为物体的绝对速度和两个不同地点所发生事件的绝对同时性等概念是没有意义的，因为这些概念在实际上是不可观察的。于是海森堡认为，既然玻尔原子中具有确定半径和转动周期的电子轨道是不可观察的，同样也没有意义。人们在实验中能观察到的只是光谱线的频率和强度。

于是，海森堡从玻尔对应原理出发，“设法建立起一个理论的量子力学，它与经典力学相类似，而在这种量子力学中，只有可观察量之间的关系出现。”他在玻尔的频率条件和克拉姆斯的色散理论中看到了可以这样做的迹象。根据玻尔的频率条件，可以用电子的特征振幅来表示原子中各电子间的相互作用。运用克拉姆斯的量子色散理论，从经典运动方程出发，可以得出一个仅仅以可观测为基础的量子力学运动方程。这个方程的解在理论上应当能给出原子系统完全确定的频率和能量值，并且也能给出完全确定的量子论的跃迁几率。

经过几天紧张的计算，他用得出的方程处理了一个较简单的非谐振子的量子力学系统和绕核作圆周运动的电子的情况，都获得了成功。

当他最后算完的时候，已是凌晨三点多钟了。此时他十分兴奋，睡意全无，奔出室外，攀上一座海边的岩塔，一直等到旭日东升。他后来回忆当时

的心情时说：“最初，我深为惊奇，我感到，通过原子现象的表面，我正在窥测着一个奇妙的内部世界，而对自然界如此慷慨地展现在我面前的丰富的数学结构，使我感到眼花缭乱。”

海森堡在赫尔兰岛上住了一个多星期，终于写成了《关于运动学和动力学的量子论重新解释》一文。他发现量子力学量与经典力学量的不同之处在于：量子力学不遵守一般乘法的交换律，它们是不可对易的，即 $AB \neq BA$ 。从他所得出的方程出发，可以自然地得出符合量子条件的解，而不必像玻尔那样附加几条假说。他知道，“这个十分明显但又错综复杂的物理学问题，只能通过对数学方法的更透彻的研究来解决”。而他的理论在数学处理上只是处于开始阶段，仅能应用于一些简单的例子。所以，他对自己的论文并没十分的把握，犹豫着不敢立即送去发表。

经过反复思考，海森堡于7月9日把写完的那篇论文寄给他最严格的评论家泡利，并说：“我冒昧地直接把我的论文手稿寄给您，因为我相信，至少在批判的即否定的方面，它包含了一些真正的物理学。同时我很抱歉，因为我必须要求您在二至三天内把稿寄还我。我必须要么在我留在这里的最后几天内完成它，要么把它付之一炬。”

泡利热情支持海森堡理论，并表示，“我向海森堡的勇敢假定致敬”。正是由于泡利的鼓励和支持，这才使海森堡下定决心，将论文送给他的老师玻恩审阅。

玻恩看到海森堡的论文后，很快就深刻地认识到他的学生这一工作的重大意义。这时由于海森堡又到哥本哈根去了，他就一方面将海森堡具有划时代意义的论文推荐到《物理学记事》杂志发表，另一方面又与学生约尔丹合作、试图在数学上进一步把海森堡的思想发展成一门系统的量子力学理论。

玻恩经过一个星期的苦苦思索，突然想到，如果将玻尔每个定态的能级横写一次，再竖写一次，就会得出一个矩阵。其中，对角位置对应于状态，非对角位置则对应于跃迁。于是，海森堡的那些可观察量就可以用这些列阵来表示，而这些列阵不就是矩阵吗！这种矩阵的运算方法正好与海森堡所得出的运算法则一致。真是“踏破铁鞋无觅处，得来全不费功夫”，数学家早就为物理学准备好了数学工具。只看哪一位物理学家能捷足先登了。由长期在数学之都哥廷根工作，对数学深感兴趣的玻恩来摘取胜利之果，倒也合情合理。并非偶然。

玻恩为这个发现而激动，他立即和约尔丹投入紧张的计算，只用了几天时间，就写出了一篇论文《关于量子力学》。在这篇论文中，他们阐明了矩阵运算法则，应用对应原理，从经典的哈密顿正则方程出发，把矩阵形式应用到海森堡的理论中，得到了一个相当于海森堡量子条件的矩阵方程。根据这个方程，可以进一步导出能量守恒定律和玻尔的频率定则，并成功地应用到了谐振子和非谐振子的量子力学系统。

次年2月，他们又与海森堡合作，以三人名义共同发表了著名的《关于量子力学》一文，把按海森堡途径发展的量子力学推广到任意多个自由度的体系上，完成了对非简单体系及一大类简单体系的微扰理论，导出了动量和角动量守恒定律、选择定则和强度公式。最后，还把该理论用到黑体空腔的本征振动的统计问题上。

这篇论文在矩阵形式下大大发挥了海森堡的最初想法，终于使矩阵形式的量子力学形成了一个完整的体系。它是以微观客体的粒子图象为基础而建

立起来的新力学体系，由于它运用了矩阵数学形式，所以又称为矩阵力学。

不久，泡利首先将这种新力学应用于氢原子光谱，算出了氢原子的定态能值，结果与玻尔的结论完全相符，从而证实了新理论的正确性。接着，物理学家们又用量子力学处理过去许多使人感到困惑的原子问题，也都获得了成功。于是，哥廷根的这个胜利成果很快就在物理学界传播开了。爱

因斯坦风趣地称，海森堡生了一个大量子蛋。剑桥、柏林、哥本哈根都纷纷邀请海森堡去讲他的新量子力学。

在以后的岁月里，海森堡继续在量子力学的道路上探索。取得了累累硕果。他建立的“测不准关系”成为量子力学的重要原理之一，并因此于1932年荣获诺贝尔物理奖。

由于海森堡的上述重大贡献，他被公认为量子力学的创始人之一。

矩阵力学被看作是用定量的关系来代替定性的对应原理的一个成功尝试。在创立这一理论的过程中，海森堡借助了一条重要的方法论原则，即可观察性原则。这个原则要求。在理论上应该抛弃那些实际上不可观测的量，而直接采用可观测的量。

海森堡有幸师从索末菲、玻恩、玻尔这样一些当代第一流的物理学家。他后来回忆说，他从索末菲那里学了物理学，从玻恩那里学了数学。从玻尔那里学了哲学。但他决不言从，他敢于怀疑，敢于批判，常常向老师提出尖锐的问题，与他们展开深刻的讨论。他的名言是：“科学扎根于讨论。”在解决新的物理学问题时，他敢于创新。他创立矩阵力学，作出科学上的伟大贡献，正是源于这种科学探索精神。他曾说：“在每一个崭新的认识阶段。我们永远应该以哥伦布为榜样，他勇于离开他已熟悉的世界，怀着近于狂热的希望到大洋彼岸找到了新大陆。”

科学史上世纪辩论玻尔巧斗爱因斯坦

从 20 年代后期开始，量子力学的物理诠释以及相与俱来的科学哲学问题，引起了一场史无前例的学术大论战。这场思想上的“世界大战”，已经持续了 70 年，至今仍毫无平息的迹象。这场深刻的科学和哲学问题争论，是科学发展史上的重大事件，而本世纪两位最伟大的科学巨人——爱因斯坦和玻尔之间的激烈交锋，则是其中最主要的和最有代表性的部分。

1927 年 10 月在布鲁塞尔召开了第五届索尔威会议。会议的议题是“电子与光子”，企图解决“经典理论与量子理论之间的矛盾”。包括爱因斯坦、玻尔、薛定谔、玻恩、德布罗意、海森堡、洛伦兹、康普顿等在内的世界最著名的科学家出席了这次会议。

在会上，玻尔首先作了发言，阐述互补原理和对量子力学的诠释。由于爱因斯坦一直对量子力学的统计解释感到不满，他曾在半年多以前（1926 年 12 月 4 日）写信给玻恩道：“量子力学固然是堂皇的。可是有一种内在的声音告诉我，它还不是那真实的东西。这理论说得很多，但是一点也没有真正使我们更接近这个‘恶魔’的秘密。我无论如何深信上帝不是在掷骰子。”所以人们都急切地期待着爱因斯坦对玻尔观点的反应。本世纪两位最伟大的科学巨人之间一场达几十年之久的争论即将拉开序幕。

第五届索尔威会议开得异常热烈，在德布罗意、薛定谔发言后，玻恩和海森堡认为量子力学是一个完备的理论；它的基本的物理和数学假设是不容许加以进一步修改的。这无疑是对不同的观点提出挑战。后来，会议主席洛伦兹要求玻尔发言，谈谈他的看法。玻尔重复了互补原理和对量子力学的诠释。会议开始讨论玻尔的观点。由于爱因斯坦仍保持沉默，玻恩急切想听到爱因斯坦的意见，就站了起来，点名请爱因斯坦发表看法。直到这时，爱因斯坦才起来发言，表示赞同量子力学的系统几率解释，而下赞成把量子力学看成是单个过程的完备理论的观点。在当时的与会者大多数都赞成量子力学的几率解释的情况下，爱因斯坦的发言无异是向水中抛下了一块巨石，立即掀起了层层波浪。整个会场沸腾了，十多位科学家一边用好几种语言叫嚷着要求发言，一边迫不及待地 and 周围的科学家交换意见。会场一片嘈杂，尽管会议主席洛伦兹用手拍着桌子叫大家安静下来，但无济于事。于是埃伦菲斯特跑到讲台前，在黑板上写下了圣经上的一句名言：“上帝真的使人们的语言混杂起来了！”这句话指的是混杂的语言妨碍了建筑巴比伦塔的典故。正在混战的物理学家们望了望黑板，突然意识到了这个典故是指他们时，不禁哄堂大笑。洛伦兹于是宣布，会议从晚间起改成小组讨论。

无论是玻尔还是爱因斯坦，在会前就预感到他们之间必然会发生一场争论。双方都作了充分的准备。在会上，虽然两人都非常尊重自己的对手，尽量采用一些客气的语句和彬彬有礼的态度，但是，两人一正面交锋，就火药味十足，充分暴露出问题的尖锐性。

在讨论中，玻尔极力想把爱因斯坦争取过来。他尽量提醒爱因斯坦：难道不正是你第一个自觉地突破了经典物理学的框架，提出了相对论和光量子理论吗？难道不正是你在 1905 年第一次提出了光的波粒二象性思想吗？难道不正是你把几率概念引进了对辐射问题的解释之中吗？难道不正是你……？最后，难道在现代物理学中奠定了这样基础的人不应当在这种基础上接受更新的量子力学观点，把理论更向前推进一步吗？

但是爱因斯坦根本不听这一套，他坚信“有一个离开知觉主体而独立的外在世界，是一切自然科学的基础。”因此，他对测不准关系和量子力学的几率解释极为不满，认为这是由于量子力学主要的描述方式不完备所造成的，从而限制了我们对客观世界的完备认识，因此只能得出不确定的结果。他采取的策略是试用一个思想实验来驳倒测不准关系，从而揭示出量子力学统计解释内在逻辑上的矛盾。因为他知道互补原理的哲学味太浓，一下难以否定，但与它等价的测不准关系是一数学表达式，既然海森堡是用思想实验来说明这个关系式的，何不也用一个思想实验来反驳呢？

首先，他设计了一个让电子通过单狭缝衍射的实验，认为这个实验有可能提供一个精确的时空标示，同时又能提供对此过程中能量和动量交换平衡的详细说明。但是，玻尔很快指出，他不能避免在测量时仪器对电子不可控制的相互作用，即电子与狭缝边缘的相互作用，并认为必须考虑仪器自身的不确定性，这对于分析思想实验问题是十分重要的。后来，玻尔和罗森菲尔德把这一方法应用到分析场的可测性问题，从而确定了量子场论的无矛盾条件。

爱因斯坦看单狭缝不能难倒玻尔，第二天又想出了一个类似当年托马斯·扬所做的双狭缝干涉实验。玻尔面对爱因斯坦的难题，毫不退缩，经过仔细思考，就势画了一个可操作的思想实验示意图，通过计算表明，爱因斯坦用来反驳互补原理的思想实验反而变成了用互补原理说明波粒二象性的标准范例。

据海森堡后来回忆，这样的讨论往往从早上开始，爱因斯坦在吃早饭时告诉玻尔等人他夜里想出来的新思想实验。并根据他的解释来否定测不准关系。玻尔等人就立即开始分析，在前往会议室的路上，就对这个问题作出了初步的说明，到会上再详细讨论。结果总是在吃晚饭的时候，玻尔就能给爱因斯坦证明，他的实验是驳不倒测不准关系的。爱因斯坦很不安，第二天又提出一个新的思想实验，比前一个更复杂。当然，结果还是以爱因斯坦的失败告终，如此数日。这样，甚至使得过去一些对哥本哈根解释持怀疑态度的科学家，比如德布罗意也改变了自己的观点，转到玻尔的立场上来了。

玻尔认为他已经成功地证实了自己的观点，但爱因斯坦并不因为自己接二连三的失败而改变看法。因为几率概念起源于人们对赌博掷骰子的研究，所以他开玩笑地对玻尔等人说：难道你们真的相信上帝也会掷骰子来行使他的权利吗？玻尔也客气地回敬道：当你用普遍的言语来描述神的旨意时，你难道不认为应当小心一点吗？这句话暗示了根据传统的哲学观点和日常的习惯语言是无法确切描述量子现象的。

尽管如此，玻尔还是十分尊重爱因斯坦的这些挑战。他认为，“爱因斯坦的关怀和批评是很有价值的，促使我们大家再度检验和描述原子现象有关的各种理论。对于我来说，这是一种很受欢迎的刺激，迫使我进一步澄清测量仪器所起的作用。”在会议期间，玻尔等人后来差不多花了整整一夜时间，试图自己设想出一种能充分驳倒测不准关系的思想实验。玻尔个人就设想了二三种这样的实验。但无论设想出什么实验装置；只要一进行深入分析，就会发现它最终依然要服从测不准关系。

第五届索尔威会议结束了。在本世纪两位科学巨人论战的第一个回合中，玻尔成功地守住了自己的阵地，但爱因斯坦并没有服输，他在1928年5月31日致薛定谔的信中说：“玻尔、海森堡的绥靖哲学——或绥靖宗教——

是如此精心策划的，使它得以向那些信徒暂时提供了一个舒适的软枕。那种人不是那么容易从这个软枕上惊醒的，那就让他们躺着吧。”

1929年，在《自然科学》周刊献给普朗克的专号上，玻尔写了一篇题为“作用量子 and 自然的描述”的文章，从三个不同的方面，把他的方法与爱因斯坦的相对论作了比较，希望以此来改变爱因斯坦的观点。他认为普朗克发现作用量子，使我们面临着一种与发现光速的有限性的一样的形势。正如在宏观力学中，由于速度小，使我们能把时间概念和空间概念截然分开一样，普朗克作用量子很小这一事实，也使我们在通常的宏观现象中，能对时空和因果关系同时作出描述。但在微观现象中，如同在高速情况下必须考虑观察的相对性一样，也不能忽略测量结果的互补性。测不准关系的限制保证了量子力学逻辑无矛盾性，也如同信号不能超越光速传递来保证相对论的逻辑无矛盾性一样。他像海森堡一样认为，由于爱因斯坦否定牛顿的绝对时间是因为没有任何关于绝对同时性的实验操作，所以，量子力学的共轭变量之间的测不准关系，也基于在任意的精确度上不可能对这些变量进行同时的测量。

有人在这篇文章发表后去访问爱因斯坦，并向他指出，海森堡和玻尔所用的方法就是爱因斯坦1905年发明的。这时，爱因斯坦风趣地回答道：一个好的笑话是不宜重复太多的。但是玻尔的文章启发了爱因斯坦，使他想到，为什么不拿出自己的看家本领，用相对论来反驳玻尔呢？于是他作了充分的准备。

1930年秋天，第六届索尔威会议开幕了。会议由郎之万任主席。这次会议的主题是“物质的磁性”。但是从物理学史和人类思想史的观点来看，关于量子力学基础问题的讨论显然在这次会议上形成了“喧宾夺主”之势。各国的科学家怀着激动的心情，期待着两位巨人之间新一轮论战。

这次，爱因斯坦经过三年的深思熟虑，秣马厉兵，显得胸有成竹，一开始便先发制人。他提出了著名的“光子箱”（又称“爱因斯坦光盒”）思想实验。他提出用相对论的方法，来实现对单个电子同时进行时间和能量的准确测量。如果这个方法可行，那么，即可宣告测不准关系破产，玻尔的工作和量子论的诠释将被推翻。

爱因斯坦沉着地在黑板上画了一个“光子箱”思想实验的草图，在一小盒子——光子箱中装有一定数量的放射性物质，下面放一只钟作为计时控制器，它能在某一时刻将盒子右上方的小洞打开，放出一个粒子（光子或电子），这样光子或电子跑出来的时间就能从计时钟上准确获知。少了一个粒子，小盒的重量差则可由小盒左方的计量尺和下面的砝码准确地反映出来，根据爱因斯坦质能公式 $E = mc^2$ ，重量（质量）的减少可以折合成能量的减少。因此，放出一个粒子准确的时间和能量都能准确测得。这与海森堡的不确定性原理完全相左，准确性和因果性再次获得了完整的表达。爱因斯坦最后还着重表示，这一次实验根本不涉及观测仪器的问题，没有什么外来光线的碰撞可以改变粒子的运动。一轮新的论战就这样开始了。

这一回，玻尔遇到了严重挑战。他刚一听到这个实验时，面色苍白，呆若木鸡，感到十分震惊，不能马上找出这个问题的答案。当时他着实慌了手脚，在会场上从一个人走向另一个人，一边喃喃地说，如果爱因斯坦正确，那么物理学就完了。据罗森菲尔德回忆，当这两个对手离开会场时，爱因斯坦那天显得格外庄严高大，而玻尔则紧靠在他的旁边快步走着，非常激动，并徒劳地试图说明爱因斯坦的实验装置是不可能的。

当天夜里，玻尔和他的同事们一夜没合眼。玻尔坚信爱因斯坦是错的，但关键是要找出爱因斯坦的破绽所在。他们检查了爱因斯坦实验的每一个细节，奋战了一个通宵，终于找出了反驳爱因斯坦的办法。

第二天上午，会议继续进行，玻尔喜气洋洋地走向黑板，也画了一幅“光子箱”思想实验的草图。与爱因斯坦不同的是，玻尔具体给出了称量小盒子重量的方法。他把小盒用弹簧吊起来，在小盒的一侧，他画了一根指针，指针可以沿固定在支架上的标尺上下移动。这样，就可以方便地读出小盒在粒子跑出前后的重量了。然后，玻尔请大家回忆爱因斯坦创立的广义相对论。从广义相对论的等效原理可以推出，时钟在引力场中发生位移时，它的快慢要发生变化。因此，当粒子跑出盒子而导致盒子重量发生变化时，盒子将在重力场中移动一段距离，这样所读出的时间也会有所改变。这种时间的改变，又会导出测不准关系。可见，如果用这套装置来精确测定粒子的能量，就不能准确控制粒子跑出的时间。玻尔随之给出了运用广义相对论原理的数学证明。

这下，爱因斯坦不得不又一次承认，玻尔的论证和计算都是无可指责的。他自己居然在设计这个理想实验时，只考虑了狭义相对论而没有考虑广义相对论，出了一个大疏忽，实在太遗憾了。他意识到在量子力学的形式体系范围内是驳不倒测不准关系的，在口头上承认了哥本哈根观点的自洽性。这时，与爱因斯坦和玻尔都是好朋友的埃伦菲斯特，以开玩笑的口气对爱因斯坦说，你不要再试图制造“永动机”了。爱因斯坦表示欣然接受。

玻尔的胜利赢得了越来越多物理学家对他观点的赞同。量子力学的哥本哈根解释已被绝大多数物理学家奉为正统解释。但玻尔并没有满足在会议上所取得的胜利，他回去后又仔细研究了“爱因斯坦光盒”的每一个细节，并且让他的学生、物理学家伽莫夫制作了一个实体模型。至今这个模型仍保存在哥本哈根的玻尔理论物理研究所中。

在爱因斯坦和玻尔论战的两个回合中，玻尔以其人之道反治其人之身，巧妙地利用爱因斯坦设计的思想实验和他创立的相对论，驳倒了爱因斯坦本人，取得了论战的胜利。虽然爱因斯坦在具体物理问题上失败了，但他对物理世界的基本观点丝毫未变，仍坚持“上帝不会掷骰子”，在量子力学的诠释背后一定有着更根本的规律，它们才能正确、全面解释量子现象。

1935年，爱因斯坦、波道尔斯基和罗森三人联名发表了EPR文章，把攻击的矛头从量子理论内部逻辑自洽性，转到了量子理论的完备性上来。玻尔对此著文予以答辩。双方争辩的中心是对“物理实在”的理解，实际上是对微观世界特殊规律的认识问题。这表明两位科学巨人已把论战提到了一个新的高度，其意义也更加广泛和深远。

在爱因斯坦和玻尔分别于1955年和1962年逝世后，作为他们个人之间的学术争论，当然结束了。但是这场涉及物理学及科学哲学的大论战，目前仍在继续，它的不断深入，甚至可能会酿成一场震撼现代物理学两大支柱——相对论和量子力学的巨大风暴。

倡哥本哈根精神承苏格拉底遗风

1926年9月，玻尔邀请薛定谔到哥本哈根理论物理研究所进行学术交流，结果引起一场“激战”。七八个人一起“围攻”薛定谔，黑板、粉笔成为“交战”的武器，玻尔“像一个几乎神智不清的狂想家那样”向薛定谔展开了疲劳轰炸。连续几昼夜持续不断的争辩，有人累得躺在长椅上发言，而有人竟病倒在床。尽管谁都未能征服对手，但双方都从这场学术争论中获益匪浅。这只是哥本哈根在几十年中发生的一幕短剧，这里的人们对此已习以为常。

1911年9月，玻尔得到了卡尔斯伯基金会的资助，到举世闻名的学术中心英国剑桥进修一年，他充满幻想和希望来到这个人才辈出的学府、满腔热忱地以为剑桥大学卡文迪许实验室主任汤姆逊一定会很好地帮助他，给他指引前进的道路。当时玻尔的英语发音和会话都较差，他用结结巴巴的英语向汤姆逊解释他的论文，并把批评汤姆逊的地方指给汤姆逊看，大概他认为这是学生最好的见面礼，汤姆逊一定会高兴地采纳。哪里想到，这一切恰恰冒犯了这位英国绅士。汤姆逊把他的论文一压就是半年，根本不予理睬。经费不足，人地生疏、汤姆逊又不予指导，在卡文迪许实验室作实验也困难重重，玻尔被晾了起来。

正当玻尔的希望开始破灭，陷于苦闷彷徨中时，卢瑟福出现在他的面前。10月，卢瑟福来到卡文迪许实验室作长篇演讲，叙述他发现原子核的重大成果。玻尔第一次见到卢瑟福，即被他那种爽朗的性格，广阔的胸怀强烈地吸引，他就像在足球场上一样，迅速定位，果断决定改换地方，和这位能深入原子核心的伟人一道工作，而卢瑟福也发现了玻尔的才华，欣然同意玻尔到曼彻斯特大学自己的实验室工作。

1912年3月，玻尔来到曼彻斯特，于7月底回国。这短短的4个月，完成了他一生中最重要的转折。自1907年卢瑟福到曼彻斯特大学任教以来，这里已逐渐形成了放射性研究的学术中心，聚集了一批最有才华的青年物理学家，如盖革、伊万斯、马斯登、莫斯莱、马考威尔、达尔文的孙子C·G·达尔文、查德威克和福勒等。在这里，玻尔受到极友好的接待，结交了那么多终生的好友，并和卢瑟福建立了父子般的亲密关系；而在剑桥所交的朋友则寥寥无几。他在剑桥基本上没有作出任何学术成绩，而在曼彻斯特不但写出了论文，而且酝酿了惊天动地的原子结构理论。

英国之行影响了玻尔以后的立身处世之道，他后来静心忍性，成了一个极其平和，有崇高声望的伟人，这与他在剑桥碰钉子的教训和在曼彻斯特受到的爱心呵护是有很大关系的。特别是他学到了对待青年人的正确态度。他一生都非常注意这个问题，和他们相处得十分融洽。不论泡利的严刻，伽莫夫的诙谐，弗里什的机敏，普拉才克的散漫无羁，朗道的狂傲不逊，他都能处之泰然，大而化之，他善于激发他们的热情，容忍他们的弱点，尊重他们的意见和感情。像泡利和朗道那样的才华横溢、目无余子、一生不知接触了多少位科学界伟人的大人物，却一直以玻尔的学生自居，对玻尔充满亲切依恋，当1961年玻尔平生最后一次访问苏联时。朗道问他有什么秘诀把那么多有才华的青年人团结在自己周围，玻尔回答说：“没有什么秘诀，我只是不怕在他们面前显露我的愚蠢而已。”正是这种以诚待人的态度赢得了青年人的心。事实上，几乎每一个和玻尔有过密切接触的人，都受到了他的性格的感召，

心中留下了最可珍视的印象。他们每个人心中都珍藏有关于玻尔的动人故事。

1914年，玻尔又回到卢瑟福那儿去工作。

由于第一次世界大战爆发，不少人上了前线，玻尔在曼彻斯特担负了繁重的教学和科研工作。在这里，玻尔学到了对他后半生起决定影响的东西。他认识到了科学中心对发展科学的重要性；领略了大规模科学研究的意义；明白了作为一个优秀科学领导者应有的思想、风度，如精湛的科学思想，雷厉风行的工作作风，诚恳待人的民主态度，启迪创造思维的学术环境和对科学真理的献身精神；体会到了精良的实验设备对科学发现的重要性以及对吸引人才的意义；也看到了大规模国际合作，集英才于一处对推动科学发展的重要作用。

1916年9月，玻尔回国任哥本哈根大学理论物理学教授。随着研究工作的开展，他深感建立实验室的迫切需要。1917年他提出建设研究所的建议，马上得到学校和有关当局的支持。1919年开始破土动工，1921年3月3日举行落成典礼。在落成典礼上玻尔发表了演说，提出了办所的指导思想。他指出，由于科学事业本身的探索性，前途既可能洒满阳光，也可能阴云密布，只有新的科学思想、科学概念和科学方法才能帮助人们闯过急流险滩，走向光明，所以，科学研究不能只靠少数有限的研究者，也要靠青年，只有他们才可能从新的侧面提出问题，作出重大贡献。研究所不仅要进行科学研究，还要培养未来的物理学家。

正是玻尔在办所之初就制定了正确的方针，因此在短短几年，哥本哈根的理论物理研究所经过初创阶段，就达到了盛世，成为世界著名的量子理论中心。

研究所建成后，他一直注意培育英才的问题，1922年在德国哥廷根“诱拐”泡利和海森堡的努力便是最突出的例。泡利和海森堡都是索末菲的学生，当时，22岁的泡利已获博士学位，21岁的海森堡还是大学二年级的学生，专程从慕尼黑赶来听玻尔的学术演讲。在此期间发生的一切颇具戏剧性，并使玻尔与泡利、海森堡结下了不解之缘。

在演讲过程中，有人建议玻尔将演讲印成德文论文集出版。玻尔的德文不好，很想找一个青年人帮忙。他相中了泡利，并邀请泡利到哥本哈根工作一段时间，泡利满不在乎地答应了。但到了哥本哈根后，泡利完全被那里的一切吸引住了，于是决定长期在哥本哈根工作。

与海森堡相遇，则是由于海森堡在演讲会上不断提出问题，不同意玻尔的一些看法。讨论结束后，玻尔邀请海森堡出去散步。他们在哥廷根郊外谈论了好几个钟头，虽然各自坚持己见，但玻尔平易近人的平等作风，给海森堡以极深刻的印象，玻尔也发现了海森堡的杰出才华，遂邀请海森堡去哥本哈根作学术访问。

这两位青年后来在哥本哈根成了玻尔的得力助手，为量子力学的创立和发展作出了重要贡献。

在玻尔的爱护和启发下，许多青年人的才华得到充分的发挥；而新量子力学的出现则是和这种氛围休戚相关的。特别是在新量子力学的诞生阶段，玻尔的研究所简直成了众望所归的“大本营”。事实上，海森堡的矩阵力学可以看成玻尔那种发展了的原子理论的嫡传后裔。在这方面，也许玻尔比任何人都体会得更加深刻。因此，当海森堡的理论刚刚问世时，尽管当时那么

多的理论物理学家都觉得这种理论过于“怪异”，但是玻尔却伸出双臂欢迎了它。他在1925年8月间的一次演讲中说：“简单地说，量子力学的整个工具，可以看成包含在对应原理中的那些倾向的一种精确表述。”在这样的“先得我心”的感受下，玻尔的研究所在那激动人心的岁月中也显得比别的时候更加活跃了。

由于玻尔在物理学界的崇高声望，吸引了大批物理学家从世界各地来到哥本哈根工作。在20年代，到玻尔研究所工作一个月以上的学者共63人，来自17个国家，其中10人先后获得诺贝尔奖。他们之中很多人都能操几种国家的语言。他们还了解许多民族的传统文化和艺术，空闲的时候就一起演奏各种乐器或郊游，组成了一个愉快的学术团体。海森堡到哥本哈根后，很快就成为这个集体中的一员。当时已经39岁的玻尔曾邀请还不到23岁的海森堡作了几天徒步横贯丹麦斯也里昂岛的旅行。他们两人背着旅行袋，晚上住小客栈，沿途一边欣赏丹麦优美的风景，一边大发议论，从丹麦的地理、德国的政治形势一直到当前的物理学和哲学，无所不谈。玻尔喜欢和人合作，往往在和别人的讨论和交谈中发展自己的学术观点；而海森堡则从这种毫无拘束的交谈中，获取到不少知识和灵感。

在玻尔的研究所中，经常举行各种科学问题的讨论会。人们在会上畅所欲言，激烈争论，“完全不尊重作息时间”，而且常常搞些无伤大雅的玩笑。当有人指出玩笑开得太多时，玻尔却说：“有些东西是那样地严肃，以致你必须开开它的玩笑。”当一位来访者抱怨说“在您的研究所中，似乎什么东西都不会被看得很认真”时，玻尔回答说：“是呀，这种态度也适合于你这句话。”一位来访者在作了一个学术报告后，显得有点灰溜溜。别人问他怎么了，他说：“玻尔说我的演讲‘很有趣’。”据说，“很有趣”就是玻尔对别人的最严厉的批评。有一次听学术演讲，大家都认为演讲很糟糕，玻尔也认为“那完全是瞎扯！”但他却很热情地安慰那位演讲者说：“我们同意你的观点的程度，也许比你所想象的还要大！”当他对别人的工作提出不同的看法时，他常常预先声明：“这不是为了批评，而是为了学习。”这句话成了玻尔的口头禅。为了庆祝玻尔的50、60和70岁寿辰，他的同事们编印了几期《诙谐物理学期刊》，里边印的是一些幽默诗文，其中一期的封面上就印了玻尔的这句名言。

许多著名的物理学家都表示，自己刚到哥本哈根时就感到那里的气氛和别处不同。弗里什谈到，他刚到时就感到那里有许多“怪人”，例如衣衫不整、胡子邋遢的普拉才克，他白天睡觉，夜里工作，但他那头脑里却充满了那么多聪明过人的思考。弗里什还看到，朗道仰面朝天躺在长椅上，玻尔俯身向着他，和他进行着“认真的争辩”，“他们二人谁也不觉得这种态度不自然。”

那时，每当物理学中出现了什么新问题、新倾向或新思想，人们多半就会在玻尔的邀请或别人的倡议下聚集到哥本哈根来交流看法，分析形势，开展争论，听取玻尔的启示和泡利的批评。他们往往激烈地争辩，在郑重的论述中夹杂着幽默的谈笑，会场上不时迸发出哄堂大笑。正是通过这许多亦庄亦谐的辩论，人们的思想得到了开拓和澄清，理论的形势得到了清理和领会。因此人们说，尽管玻尔在1925年前后没有发表多少惊人的论著，但是他在问题讨论中所起的组织作用和引导作用却是不可磨灭的。在对理论内容和理论形势的理解方面，他肯定不亚于任何别人。甚至有人说，玻尔本来早就有了关于新量子力学的概念，只是由于他那种无休止地修改文稿的方法，才使他

延误了时间，落到别人的后面。他的哲学传入、被泡利称为“教皇（指玻尔）的唱诗童”的罗森菲耳德写道：“玻尔观点的充分影响一直停留在他的为数很少但却很有才华的一群弟子中间，这些弟子们在通过及时地发表自己的结果而使自己更广泛地为人所知方面确实比他们的老师干得好。”这句颇具“微言大义”的话是值得我们很好玩味的。

美国物理学家韦斯科夫对哥本哈根的集体合作的工作方法深有感触，他后来评论道：“玻尔找到了一种很有特色的工作方法，他不是一个人孤独地工作。把世界上最活跃的、最有天赋和最有远见的物理学家聚集在他周围是他最大力量所在。”科学史家罗泊森也认为：“事实上，能表征玻尔研究所初期特色的不是一张给人深刻印象的庞大物理学家名单，而是存在于这个集体中的不寻常的合作精神。不断的讨论和自由交换思想，给每个物理学家带来了最美好的东西，常常提供了一个能引起决定性突破的灵感或源泉。海森堡曾经写道：‘科学扎根于讨论之中’。常有这样的情况，即很难说清谁对问题的解决贡献最大。这是一种集体的天才，或者说是工作中的集体创造性，是某种超乎每个物理学家个人才能之上的东西。”这种集体合作的工作作风、轻松自由的学术空气、亲切融洽的师生关系在哥本哈根一直延续到现在，被人们称之为“哥本哈根精神”。

由于卢瑟福继汤姆逊之后成为剑桥卡文迪许实验室主任，于是，在剑桥和哥本哈根之间架起了一座桥梁：剑桥人接连不断地来这里工作一两年；玻尔和研究所的人也经常去英国作回访。这两个中心迅速地克服了民族的、语言的一切障碍，把全世界几乎所有的优秀物理学家结合成一个团体。物理学真正成为了一门国际性的科学。

哥本哈根大学理论物理研究所是玻尔一手筹划和创建的。那些到过研究所并有幸和玻尔发生过个人接触的人们，几乎无例外地对研究所中的工作和生活留下了十分亲切而持久的印象。有人说：“在几十年的时间内，在全世界的物理学家们眼中，哥本哈根就是他们的麦加圣地。”又有人说：“这个研究所，后来成了柏拉图学院以后唯一最负盛名的研究中心。”还有人说：“一种‘欢天喜地的精神’弥漫在他的研究所中，而玻尔本人也是以他那种足球场上驰骋角逐的热情来探索科学问题的。”

玻尔领导这个研究所达40年之，培养了大约600名外国物理学家，短期来访者不计在内。通过他的多方培育和身体力行，研究所很快就养成了一种开拓奋进、乐观向上、亲切活泼、无拘无束的治学风气。这个研究所不但以其一批批的出色科学成就而为人所知，更以其无与伦比的“哥本哈根精神”，在20世纪物理学史上留下了许多脍炙人口的佳话。在最近几代的量子物理学家中，大概找不到一个人是不曾直接或间接地受到来自哥本哈根感召的。这本身就是玻尔对科学作出的难以估价的宝贵贡献。

玻尔不仅具有崇高的思想境界，卓越的科学成就，而且培育了一大批杰出的科学家，这些使他赢得“夏活的苏格拉底”的美誉，被尊为“哥本哈根精神领袖”，人们赞美玻尔的人格甚至超过了钦佩他的学术成就。

罗斯福总统毅然决策曼哈顿计划大获全胜

1945年7月16日清晨，美国西南部新墨西哥州的沙漠上空，太阳还没有升起。突然，令人目眩的白光一闪，一个比太阳还亮许多倍的火球在地平线上闪现。顷刻间，这个直径约一英里的火球，猛烈翻腾上升，并迅速改变着颜色：雪白、桔黄、粉红、深紫，火球膨胀、烈焰腾空，人类历史上第一次出现的巨大蘑菇云一直上升到4万英尺的高空。凝结在天际。忽然，一声天崩地裂的巨响，在200英里以外都可以隐隐听到。

这就是世界上第一颗原子弹爆炸时的情景，它宣告了原子时代的诞生。第二次世界大战期间，美国为了抢在希特勒德国之前造出原子弹，制订了著名的“曼哈顿”计划。它动员了成千上万的科学家、技术人员、管理人员和间谍，耗费了22亿美元的巨款，经过近6年时间的苦战，在世界上第一个造出了原子弹。由于美国政府严加保密，原子弹

制造内幕——“曼哈顿”计划直到1959年，才渐渐从不同渠道揭示出来。

爱因斯坦在20世纪初提出的质能转换公式 $E = mc^2$ ，到了1939年已不再是一个物理界的纯理论问题了。欧美各国的政界和科学界越来越密切地注视着来自各国第一流物理实验室里的报告。

1938年，德国物理学家哈恩和施特劳斯曼成功地进行了用中子轰击铀原子核的实验，终于出现了物理界期待已久的裂变效应。从原子核裂变中获得巨大能量的实验已突破。哪一国能够首先把它转为实用，造出第一颗原子弹，那伴随而来的就不仅仅是科技应用的巨大成功，而且也将对处于战争前夕虎视眈眈的双方在实力对比上产生深刻的影响。

在铀核裂变和链式反应的发现所引起的巨大冲动的同时，一些科学家已看到利用核裂变制造威力巨大无比的杀人武器的可能性。特别是移居美国的匈牙利青年物理学家西拉德等人清醒地意识到将会展开一场核武器竞争，于是便积极活动，促使在美国和欧洲的科学家们共同约定不公开发表自己的科研成果，保守原子秘密。但西拉德等的建议却遭到科学家们的反对。这之后，他们非常担心纳粹德国会制造核武器用来奴役拿世界。西拉德遂同几位年轻同行设法提醒美国政府和军方了解原子能研究的重大意义。为此西拉德访问了费米，同他讨论了这个问题。

费米因妻子是犹太血统，为逃避法西斯的迫害，借1938年11月到瑞典接受诺贝尔奖金的机会携全家到美国定居，在哥伦比亚大学任教。1939年3月17日，费米带着哥伦比亚大学系主任乔治·彼格拉姆的介绍信去拜会了美国海军军械部长胡伯上将，同他讨论了制造原子弹的可能性，但没有产生多大影响。当西拉德等人风闻纳粹德国已开始研制原子弹的计划时，急切地希望美国政府加强这方面的工作。他们找到了爱因斯坦和一位能够进出白宫的罗斯福总统的朋友和顾问亚历山大·萨克斯，讨论了这一问题，决定由西拉德和萨克斯起草一封信呈交美国总统，要求赶快研制原子弹。爱因斯坦在这封信上签上了他的名字。

1939年10月11日，美国总统罗斯福在白宫椭圆形办公室里默默地听着他的科学顾问萨克斯宣读一封爱因斯坦的来信。在信中爱因斯坦针对当时德国在原子实验方面遥遥领先的局面，表示了他的忧虑心情，他迫切要求美国抢在纳粹德国之前赶制出第一颗原子弹。

据传罗斯福听后说，这倒是有趣的事，不过政府在现阶段就干预此事，

还为时过早。罗斯福举棋不定，尽管他手中握有很大权力，然而，动员整个美国科学——工业界与德国来一场制造原子弹的竞赛，这是件非同小可的事。人手、经费、保密问题如何解决？这种谁也没见过的原子弹是否能造得出来？假如制造当中不慎爆炸又怎么办？一连串的问号摆在罗斯福总统面前。

等待罗斯福作出决断的萨克斯焦灼不安，一夜未眠，苦苦思索怎样说服罗斯福，最后他终于想出了办法。他想起了 130 年前拿破仑的教训。1807 年富尔顿向拿破仑提出了制造蒸汽轮船的建议，认为建立这样的舰队就可以打败英国的海军。拿破仑不相信富尔顿的设计能够实现，拒绝了他的建议。八年后，拿破仑在滑铁卢战役中战败彼俘，被装到一艘英国帆船中押送到圣赫勒那岛，途中正巧与富尔顿制成的蒸汽轮船相遇。此时拿破仑百感交集，他痛心地说：“这就是我没有眼力的代价，我赶跑了富尔顿也就葬送了我的王冠！”

在一次到白宫和罗斯福共进早餐时，萨克斯向总统讲述了这段故事。他对罗斯福说：“在拿破仑战争时代，一个年轻的美国发明家富尔顿来到了这位法国皇帝面前，建议建立一支由蒸汽机舰艇组成的舰队。他说这样的舰队，无论在什么天气下都能在英国登陆。军舰没有帆能航行吗？这对于那个伟大的科西嘉人来说简直是不可思议的，因此他竟把富尔顿赶了出去。根据英国历史学家阿克顿爵士的意见，这是由于敌人缺乏见识而使英国得到幸免的一个例子。如果当时拿破仑稍稍动一下脑筋，再慎重考虑一下，那么，19 世纪的历史进程也许完全是另外一个样子。”

这个故事深深地打动了罗斯福总统。希特勒德国疯狂扩军备战的现实，像一把日益逼近喉头的利剑，迫使罗斯福苦苦地思索着：在这场胜败未卜的竞赛中，只有美国堪与德国匹敌；而德国一旦得逞，美国势必处于岌岌可危的境地。因此美国必须不惜一切代价投入这场竞赛。1939 年 10 月 19 日，罗斯福总统果断地作出决策。他按了一下电钮，指着一大堆各种说明资料，对应声而入的军事助手平静地说道：“这件事必须处理一下。”

按照罗斯福总统的指令，迅即组成了一个以“s—11”为代号的特别委员会。主要成员有陆军部长史汀生，科学研究发展局长布什博士，还有哈佛大学校长科南特博士。

美国政府一开始只提供经费以进行核试验，因此头两年 s—11 委员会的注意力主要集中在如何分离浓缩铀和如何产生裂变连锁反应的实验性课题上。加利福尼亚大学伯克利实验室的劳伦斯教授发明了电磁分离法；哥伦比亚大学的尤里博士研究成功了气体扩散法，后来美国著名的卡内基学院阿贝耳桑又提出了一种新的热扩散法。为了扩大材料来源，芝加哥大学的康普顿和西博格还设立了一个“冶金”实验室，同时研究用铀来产生裂变的可能性。

s—11 委员会制定的 16 个初步计划，分散在海军、各大学和各实验室里互不相关地各自进行着。尽管初步的研究进展神速，但布什和科南特还是认识到，要在战争期间将原子弹迅速付诸实用，研制工作必须统一起来，从实验室阶段走向工程生产阶段。1941 年末太平洋战争爆发，这使原子弹研制进入工业阶段的迫切性进一步加强。

1942 年 8 月 11 日，美国陆军工程兵团建筑部副主任格罗夫斯将军以陆军部长史汀生和马歇尔将军的全权代表名义主持了 s—11 委员会的科学家、高级行政管理人员会议，制订了命名为“曼哈顿”的新计划，研制工作的所

有指挥权统由新计划的领导机构“曼哈顿”工程区接管。统一后的“曼哈顿”计划直属总统，任何人不得干预；这种辖属关系甚至严格到对当时副总统杜鲁门的询问都加以拒绝。为了便于管理，决定把分散在各处的力量都集中在一个地点。格罗夫斯在新墨西哥州的荒原上选择了一个外界包括间谍在内的人都不可能涉足的偏僻地区，这就是洛斯阿拉莫斯。

格罗夫斯将军虽然不是重要的科学研究专家，却是出色的科学管理行家。他曾在马萨诸塞理工学院学习过两年，在陆军工程兵学院毕业，本是一位工程师，对科学问题也是相当内行的。他上任后立刻着手建立精悍的领导核心。他极力反对陆军部长关于建立七人委员会的意见，主张建立三人委员会。在他的坚持下，最后成立了包括他在内的三人委员会，由总统科学顾问布希担任主席。格罗夫斯得到了和他职责相应的权力；在重大问题方面，他可以通过布希向总统汇报，取得最高领导的指示和支持。他上任初期只负责施工等事项，无权领导有关的大学实验室工作。他发现这种局面对计划进展不利。在布希的支持下，他很快建立了统一领导。在工作中，他碰到了人员、经费、厂址、材料、施工单位等各种各样问题，好像一堆堆乱麻团，但他都能迅速理出头绪。他的一个秘诀，就是始终抓住完成“曼哈顿计划”的核心问题——制造原子弹的裂变材料及其生产问题不放。在突出重点的基础上，他运用系统分析的方法，去综合解决电力、水源、交通、气候、安全、施工等一系列问题。为了知己知彼，他还组织专门情报小组，收集全世界铀矿资源材料及德国著名物理学家的实验室情况，来判断敌国原子弹生产的动向。作为一位组织者，他还非常重视并妥善处理军方行政人员与科学家之间的关系。他尊重科学家，并给他们创造适宜的科学环境和气氛。

遵照美国政府为“曼哈顿”计划确立的两个原则：一、造出原子弹供给军队，二、在德国人之前造出原子弹，“曼哈顿”计划必须从速进行。于是格罗夫斯即采用多管齐下的方针，例如将分离铀的三种成功方法一齐上马，把三种类型的工厂集中在田纳西州的橡树岭先后动工。后来华盛顿州的汉福德又另外建立了一座分离铀的工厂。这些工厂的最终任务，是在1945年夏天，必须准备好50公斤裂变材料。

“曼哈顿计划”大致有三个方面内容：生产钚，生产浓缩铀²³⁵，研制炸弹。在格罗夫斯的主持下，这三方面的工作划由四个方面军来完成。

第一方面军由著名物理学家康普顿领导的芝加哥大学冶金实验室（化名）和杜邦公司组成，主要任务是生产足够数量的钚。实验的成功为杜邦公司承担生产钚提供了依据，钚厂很快建成并投产了。第一颗用做试验的原子弹和轰炸长崎的原子弹，都是用钚制成的。

第二方面军由实验物理学家劳伦斯领导的加利福尼亚实验室和几家公司组成，其任务是用电磁分离浓缩铀²³⁵。

第三方面军由著名化学家尤里领导的哥伦比亚大学的代用合金实验室（化名）和几家公司组成，其任务是用扩散方法生产浓缩铀²³⁵。

第四方面军是奥本海默领导的洛斯阿拉莫斯实验室，其任务是在得到足够的裂变材料后，立刻制成实战用的原子弹。

“曼哈顿计划”下达后，1942年春，费米和他的小组奉命由哥伦比亚大学转移到芝加哥大学的“冶金实验室”。在费米的领导下，在芝加哥大学建立了世界上第一座原子反应堆，装料是天然铀和石墨。

1942年12月2日，核反应堆成功运转。这是人类第一次实现自持链式

原子反应，它标志着人类进入原子能时代。过去仅仅只能使原子产生裂变，但从这一天起，人类可以随意控制裂变，既能使它产生，也能让它中止。这时，科学家们的头脑中已经在设想怎样让这样的链式反应在一颗原子弹中再现。这是实验证明了的理论原则，当时的问题就是立即投入工业级生产。所以，今天核工业领域的人们把 1942 年 12 月 2 日作为一个划时代的、历史性的日子来纪念。

随着费米亲自指挥建造的原子反应堆的实验成功，美国的原子弹研制进入了关键时期。奥本海默接受任务后，立即选择研制原子弹的实验室和制造厂的地址。奥本海默的家在新墨西哥州有一片牧场，他对这一带的情况了如指掌。就在这附近有一所很不起眼的小学，奥本海默认为这所小学和它的周围非常适合作为实验室和制造厂。于是，军方在 1942 年正式买下了这所校舍。随即学校迁走，周围地区被围上了铁丝网，由工程兵特遣部队快速施工。很快，一排排厂房拔地而起，房子的表面全部涂上了绿色的伪装。而在公开出版的美国地图上，这块地方却神秘地消失了。

奥本海默就是整个计划的灵魂，他对理论、实验和技术都了如指掌，他把组织工作安排得井井有条，无懈可击。他把来自不同国度、属于不同种族、操各种不同语言的科学家很好地协调起来，使一支庞大的科学队伍就像一台精密地组装起来的机器一样，配合默契，有条不紊，这大大加快了工程进度。

1944 年 6 月 6 日开辟第二战场的盟军在法国诺曼底登陆。一小批肩上架着标有红色闪电和白色希腊字母“a”徽章的年轻人与先头部队一起活跃在战场上。8 月 26 日，戴高乐将军手下的“自由法国”坦克部队打进了巴黎。在第一辆坦克后紧跟着的吉普车里，这批年轻人已在行进中与大洋彼岸的美国“曼哈顿”计划总部联系。他们是执行“阿尔索斯”行动的谍报人员。为了抢在德国人之前制造出原子弹。他们在欧洲战场展开了大搜捕。美军第六军团的前锋刚刚冲进斯特拉斯堡。“阿尔索斯”人员已经冒着冷枪，在当地的大学里查阅德国隐匿于此的制造原子弹的档案——U 计划。他们接到指令，要不惜一切代价找到德国科学家。在第三帝国崩溃的时刻，美国认为，得到一个第一流的科学家比俘获十个师的德军要更有价值得多。按照雅尔塔协定，已划分了英、美、苏、法占领德国的区域。美国陆军部接到了“曼哈顿”总部转来的“阿尔索斯”行动小组电报：在法国占领区内的小镇黑兴根，有一个德国 U 计划的基地。参谋长马歇尔将军和几个高级将领最后趴在地板上才在大地图前找到这个小镇。他们当即又趴在地板上作出一个决定：绝不能让法国人得到这个基地。美军立即组成一个突击兵团袭击黑兴根，全部破坏得不留一点痕迹后，立即撤回。“阿尔索斯”行动的成功，彻底消除了罗斯福对美国以外的国家也同时制造出原子弹的忧虑。

“曼哈顿”计划在紧张而神速地进行。格罗夫斯坐镇华盛顿总部，而洛斯阿拉莫斯原子实验室主任罗伯特·奥本海默则每天与他进行数次通话。到了 1944 年圣诞节晚上，格罗夫斯向华盛顿他的主要同事宣称，可望于 1945 年 8 月制造出一颗原子弹。

1945 年 7 月 16 日，美国终于试爆成功第一颗原子弹。8 月 6 日，一颗代号“小男孩”的原子弹（相当于 1.25 万吨 TNT）投在日本的广岛，8 月 9 日另一颗代号“胖子”的原子弹（相当于 3 万吨 TNT）投在日本的长崎。它显示了巨大的威力，顷刻间使数十万生灵涂炭。尽管如此，在第二次世界大战期间，美国的这两颗原子弹毕竟震慑住战争狂人，加速了大战的结束。

罗斯福在第二次世界大战风云迫在眉睫的形势下，从美国政府的政治立场出发，考虑到世界和平的根本利益，吸取历史教训，及时采纳爱因斯坦等科学家的建议，果断地作出了研制原子弹的战略决策，批准“曼哈顿”计划。这充分体现出他作为政治家的杰出的领导能力和决策能力。为了尽快研制出原子弹，美国政府共调集了 50 多万人（其中科技人员有 15 万），将美国、英国、加拿大等所有研究原子能的科学家都召集在这里；还占用了全国 1/3 的电力。正如格罗夫斯后来回忆时说的：“曼哈顿”计划像是在充满了不定因素的半空中走钢丝。任何人都无法估算制造这样一种谁也没见过的炸弹到底要多少经费？一颗炸弹又要多少裂变材料？单单铀的浓度选择范围就可以从 0.7% 一直排到 100%。大部分的工作只能靠估算来安排。从美国政府对研制原子弹的拨款一再追加，也可看见以罗斯福为首的美国政府的宏大魄力：直到“曼哈顿”计划完成，共为原子弹的试制耗费 22 亿美元。因此，“曼哈顿”是 20 世纪领导与组织大规模的现代科研活动的成功范例。它为系统工程的创立提供了经验，奠定了基础。

冯·诺伊曼把良机苦心改进计算机

1944年夏天的一个傍晚，冯·诺伊曼来到阿伯丁车站等候去费城的火车。在候车室里，身旁的一位青年很快就认出他就是闻名世界的大数学家冯·诺伊曼，便怀着年轻人会见大人物时那种局促不安的心情走了过去。这位名叫格尔斯坦的青年涨红着脸向数学家自我介绍，说他在费城宾夕法尼亚大学的莫尔学院工作。冯·诺伊曼热情地招呼他坐下，关心地询问他的工作状况。大科学家毫无架子，和蔼谦虚的态度很使格尔斯坦感动，他向冯·诺伊曼请教了一些数学疑难问题。最后，他还告诉数学家说，他正在莫尔学院参加试制每秒钟能计算333次乘法的电子计算机的工作。

原来，格尔斯坦所在的莫尔学院正是受阿伯丁弹道实验所的委托，于一年多以前开始世界上第一台电子计算机的试制工作的。这件事恰巧同冯·诺伊曼当时正在日日夜夜思索的问题不谋而合。格尔

斯坦的介绍，引起了冯·诺伊曼的极大兴趣。他拉住年轻人，向他详细了解了这方面的工作，从中领悟到了头等重要的意义。

20世纪30年代，由于电子学的发展和在研制穿孔卡片式统计分析机的过程中积累的经验，为创立电子计算机提供了主要的技术前提。

二次大战中，宾夕法尼亚大学莫尔学院电子系和阿伯丁弹道研究实验室共同负责为陆军每天提供6张火力表。这项任务非常困难和紧迫。因为每张表都要计算几百条弹道，而一个熟练的计算员用台式计算机计算一条飞行时间60秒的弹道要花20小时。尽管他们改进了微分分析仪，聘用了200多名计算员，一张火力表仍要算二三个月，问题相当严重。

当时，负责该项工作的军方代表是年轻的格尔斯坦中尉，他原是一位数学家。他的朋友莫希莱这时正好在莫尔学院电子系任职。1942年8月，莫希莱写了一份《高速电子管计算机装置的使用》的备忘录，即ENIAC的初始方案。思想敏捷的格尔斯坦意识到这一方案的巨大价值，立即向他的上司汇报，获得支持，成立了研制小组。这个小组的成员是：负责电子计算机总设计方案的是物理学家莫希莱；芬兰人艾克特担任总工程师，负责解决制造中一系列困难复杂的工程技术问题；年轻的格尔斯坦中尉不仅在数学上能提出有用的建议，而且是精干的科研管理人才；另外还有年轻的逻辑学家勃克斯参加。

正当研制工作停滞不前，研制者大伤脑筋时，冯·诺伊曼投身到新型计算机设计者的行列中来了。

冯·诺伊曼是本世纪上半叶世界最伟大的数学家之一，具有纯数学家和应用数学家典型的双重性格。他追求纯粹数学的严密和美感，又注重数学的应用以及与物理学等其他学科的联系。这使他不仅在集论、算子谱理论、实函数论和测度论（遍历定理）等纯数学领域，而且在博弈论、数理经济学、计算机理论和计算数学等应用数学部门都作出了重大贡献，成为这些数学分支的主要开创者。

第二次世界大战期间，冯·诺伊曼参与了许多军事方面的研究，1940年，他被阿伯丁弹道实验研究所聘为科学顾问；1941年受聘任海军军械局顾问；1943年成为洛斯阿拉莫斯实验室顾问。无论是作为主角还是配角，他都以其出色的才能解决了一个个重大的课题。这些课题涉及到流体力学、空气动力学、气象计算等许多方面，显示出冯·诺伊曼熟练的分析技巧和严谨的逻辑推理本领。

洛斯阿拉莫斯实验室是原子弹研制机构，这里聚集着一批像奥本海默、维格纳、费米、特勒那样的高水平的物理学家和工程技术人员，但缺少既懂得物理学家们的要求，又能很快从数学上拿出解决方案的数学家。奥本海默认定冯·诺伊曼就是这样的人。他热情地邀请了冯·诺伊曼到洛斯阿拉莫斯实验室帮助工作。冯·诺伊曼不负众望，凭借他熟练的分析技巧和特有的数学计算才能，为洛斯阿拉莫斯实验室解决了好些关键问题。他对原子弹的引爆提出的建议被实验所证实；对提高原子弹爆炸效果以及有效地配置原料进行估计，也卓有成效。在洛斯阿拉莫斯，冯·诺伊曼碰到了许多必须依靠大量的计算才能解决的问题，如受控热核反应过

程，它涉及数 10 亿次的初等算术运算和初等逻辑指令。这不是靠人力和一般的计算机所能解决的。怎样才能获得超高速计算呢？冯·诺伊曼当时尚不清楚，但问题既然提出，一旦有机会总是要解决的。

同格尔斯坦分手后，冯·诺伊曼急不可耐地写信告诉宾夕法尼亚大学的莫尔学院，希望马上访问那儿，看看这台尚未出世的机器。莫尔学院计算机设计组的领导者艾克特和莫希莱听说后十分高兴。他们非常渴望能得到这位大科学家的指导和帮助。艾克特还说：“冯·诺伊曼是否真正的天才，从他来以后提的第一个问题就可判断出来。”这年 8 月初，冯·诺伊曼来到莫尔学院，参观了尚未竣工的被称为 ENIAC 的电子计算机，他第一个问题就问起机器的逻辑结构。艾克特心中暗暗佩服：“不愧是位天才的科学家，一下就点到问题的要害！”这以后，冯·诺伊曼就成为莫尔学院的实际顾问者，他同 ENIAC 的首批研制者们讨论了提高电计算机性能的各种措施，对 ENIAC 的优缺点作出判断，并提出相应的改进建议。正是因为冯·诺伊曼所起的决定性作用，才使 ENIAC 在这一年里得以试制成功。

ENIAC 是一个庞然大物，体积大约 90 立方米，占地 170 平方米，总重量达到 30 吨。它拥有电子管 18000 个，继电器 1500 个，耗电 150 千瓦，每秒运算 5000 次，比机械计算机快几百倍到一千倍，比人运算快一千倍到几千倍，而且计算过程是按照编好的程序自动进行的。

ENIAC 在计算机发展史上的重要性是毋庸置疑的。它是世界上第一台真正能够运转的大型电子计算机。它的成功开辟了提高计算速度的极为广阔的前景。但它毕竟是新生事物，尚不完善。例如，它的储存容量大小；程序是“外插型”的，不便使用，为了几分钟的计算，而准备工作却要数小时。连研制者本人也感到它的弱点，有待改进。

1945 年 6 月，冯·诺伊曼起草了一个全新的存贮程序通用电子计算机方案—EDVAC (ElectrOnicDiscretVariableAutOmaticComputer)，对 ENIAC 进行了改造。这项更完美的设计为现代电子计算机的结构奠定了基础。

一年后，又一份关于电子计算机装置逻辑结构的更详细报告发表，它是又一个新的电子计算机 (LAS 机) 方案，而且包括有关结构选择的论证。在这份报告的指导下，一个广泛的电子计算机的研究工作在美国以至世界许多地方展开。

冯·诺伊曼在报告中提出的主要建议的实质有四个方面：(1) 将十进位改为二进位；(2) 建立多级存储结构，由它容纳并指令程序；(3) 机器要处理的程序和数据，均由二进制数码表示；(4) 采用并行计算原理，即对一个数的各位同时进行处理。

虽然二进制在计算机中使用的合理性以及关于存储器的设想，在冯·诺

伊曼之前就有人提出，但是，冯·诺伊曼的功绩在于他不仅提出并论证了这些新思想、新概念，而且还研究了实现它们的方法，即提出了 EDVAC 和 IAS 机方案。1951 年，IAS 机以比 ENIAC 快几百倍的事实以及后来的研制计算机的经验证明了冯·诺伊曼全部结论的正确性。冯·诺伊曼的报告是对通用电子计算机线路结构方面的巨大贡献。人们确认，计算机工程的发展应大大归功于冯·诺伊曼，因为无论是计算机的逻辑图式，还是现代计算机中存储、速度、基本指令的选取以及线路之间相互作用的设计，都深深地受到冯·诺伊曼思想的影响。

EDVAC 方案明确规定新机器有五个构成部分： 计算器； 逻辑控制装置； 存贮器； 输入； 输出，并描述了这五部分的职能和相互关系。EDVAC 方案有两个非常重大的改进：一是采用二进制，二是完成了存贮程序，可以自动地从一个程序指令进到下一个程序指令，其作业可以通过指令自动完成。“指令”包括数据和程序，把它们用码的形式输入到机器的记忆装置中，即用记忆数据的同一记忆装置存贮执行运算的命令，这就是所谓存贮程序的新概念。这个概念被誉为计算机史上的一个里程碑。为这个方案作出贡献的冯·诺伊曼被誉为“计算机之父”。

长达 101 页的 EDVAC 方案是计算机发展史上的一个划时代的文献。它向世界宣告：电子计算机时代开始了。

谁知，新机器 EDVAC 还没来得及问世，研制人员却为争夺 ENIAC 的优先权问题进行了争吵。1945 年底，莫尔学院的计算机研制小组分裂了，艾克特和莫希莱自己开了家公司，从事计算机研制及大规模的生产。冯·诺伊曼则带着格尔斯坦回到了普林斯顿高等研究院，准备为电子计算机的进一步完善继续奋斗。

很快，普林斯顿高等研究院由于冯·诺伊曼的归来掀起了一个真正的“计算机热”。在他的带领下，原来从事理论研究的，显得冷冷清清的研究院，开展了从计算机的研制到计算机应用的广泛研究。不多久，这里便成为美国电子计算机的中心，吸引了大批工程师和专业人员。在各方面的合作下，冯·诺伊曼等人终于研制成全自动的通用电子计算机 EDVAC。这是现代电子计算机的原型，后人也称它为“冯·诺伊曼机”。

第一代电子计算机的研究与发展，不只是美国领先，英国也作出了很大的贡献。此后各国竞相开展研制。日本的第一台电子计算机完成于 1956 年，叫做“FUJIC”机。1958 年 8 月，我国完成了第一台电子计算机“103 机”。到 50 年代中期，全世界已经制造了大约 1000 台电子计算机。人们利用这些电子计算机，把人造卫星送上了天，还发展了一批核武器。到 50 年代末，全世界电子计算机已经达到 5000 台左右，每秒平均运算五六万次。

第一代电子计算机，硬件主要采用电子管。虽有了质的飞跃，具有许多特点，但这些计算机造价高、体积大、功耗多、速度低、可靠性差、维修复杂，程序设计以使用机器语言和汇编语言为主，繁冗、易错、不直观，需要进一步改进。

1955 年，第一批由晶体管构成的基本电路的电子计算机诞生了，称之为第二代计算机。它主要被用于军事上，作为机载（装在飞机上）计算机。1958 年 11 月，美国制造的第一批批量生产的大型晶体管通用计算机投入运行。

第二代电子计算机比之第一代，体积、重量、耗电量都大大减小了。它有两个衣柜那么大。同时，由于它的造价降低，不仅在军事上，连商业上、

工业上、农业上、国民经济的各个部门都有可能使用。它的运算速度是每秒几万到几十万次，1964年还研制成每秒二三百万次的大型晶体管计算机，并且成批生产。它的可靠性也比第一代提高许多倍。

1962年，美国制成了第一台集成电路电子计算机。它标志着电子计算机由第二代向第三代的过渡。第三代电子计算机，硬件主要采用集成电路，体积进一步缩小，功耗进一步降低，运算速度每秒几十万次到一千万次。可靠性也比晶体管计算机提高了十几倍。软件也有了很大的发展，用于程序设计的各种高级语言已达数百种之多，并且出现了具有分时、多道功能的操作系统。

随着集成电路工艺的发展，集成电路不断提高。1959年，一块商用的硅片只包含一个电路，到1964年增加到十个电路，1970年又增加到大约一千个电路。习惯上把由一百个以上具有一个系统或一个分系统功能的电路集成的硅片，叫做大规模集成电路，这就使电子计算机又迈入新的一代。第四代电子计算机的硬件主要采用大规模集成电路，使计算机体积缩小，稳定性提高，成本降低，运算速度达到新的高度，有的大型计算机每秒可运算1.5亿次。计算机操作系统，编译程序系统软件更趋完善。

70年代以后，电子计算机向微型化、巨型化、网络化和智能化方向发展，并成为下一次技术革命的主干技术。

当前，电子计算机发展已形成以精简指令系统计算机 RISC (Reduced Instruction Set Computer)、并行处理技术、多媒体技术为主，计算机软件和网络相应发展的主潮流。

在电子计算机飞速发展的同时，光学计算机也取得了突破性进展。1991年美国贝尔实验室公布了数字光学处理机的成果。据研制组的领导人艾伦·董（董廷珏）说：“一个通用的光学计算机将在2000年前后制造出来。”他预计光学计算机的运算速度可能比今天的超级计算机快1000至10000倍。光在长距离内传输要比电子信号快约100倍，光器件的耗能非常低。所以光计算机有广阔的发展前途。

而比电子计算机和光学计算机更具优异性能的生物计算机（又称分子计算机）正在研制之中。可以乐观地预言，由电子计算机引发的新技术革命，将促进人类社会走向辉煌的未来。

电子计算机是20世纪科学技术的重要标志。自从18世纪瓦特发明蒸汽机以来，再没有什么比电子计算机的发明更加激动人心的了。自它问世以来，就以惊人的速度发展着，它的广泛应用，推动了现代科学和生产技术的迅速发展，并对社会生活的各个方面产生了深刻影响。冯·诺伊曼作为电子计算机的重要研制者和组织者，为现代科学的进步作出了不可磨灭的贡献。

值得注意的是，一个偶然的时机，把冯·诺伊曼引向20世纪后半期最重要的科学技术——计算机技术。仅从这一点，就可看出他具有的科学胆识和创造才能——善于捕捉机遇。他凭着敏锐的识别能力，抓住有意义的线索，毅然投身到计算机研究领域。他在这一领域中发挥了卓越的独创精神，使自己成为电子计算机、计算机科学与技术、数值分析的重要开创者。

奥本海默坚韧不拔核弹实验终建奇功

1941年，英国政府面对德国飞机狂轰滥炸的严酷现实，放弃了制造原子弹的念头。7月，英国派遣科学家代表团访美，敦促美国加紧原子武器的制造，团长奥利芬特请劳伦斯帮助说服美国政府，说明用铀235作为原子弹材料，以及利用加速器提炼铀235的现实可行性。劳伦斯立即想到奥本海默。奥本海默曾指导学生帮助他搞电磁分离铀的实验，效果极佳，使成本下降了50%—70%，给他留下了深刻印象。

这是奥本海默第一次参与核武器的发展计划。凭借敏锐的洞察力，他立即看出了快中子对释放原子能、制造原子弹的重要性。他出席了一系列最高级会议，参加讨论与编制发展这种武器的战略计划。10月21日，在斯克内克塔迪通用汽车公司的实验室里召开了一次重要会议，讨论生产原子弹的重要问题。在会上奥本海默提出了制造一枚原子弹

所需铀235数量的计算结果。根据他提供的数据整理的会议报告，成了原子弹设计的一个蓝图。

1942年1月，国防委员会（NDRC）铀组主席康普顿正式聘请奥本海默参加原子弹“快速裂变”的研制工作，4个月后，他成了原子弹关键项目的负责人。历史把制造原子弹的科学技术问题委任给了奥本海默。1941年底爆发了珍珠港事件，美国正式对日本宣战。奥本海默认为赢得战争胜利已成为当时第一位的问题，他必须全力以赴投入原子弹的研制工作。

1942年夏天，奥本海默邀请了一批美国物理学界的精英在伯克利行政办公大楼开会，研究原子弹的基本形状、结构、尺寸和实现核裂变的手段，压拢与引爆的时间，制造原子弹的关键工艺与估算爆破威力等。组织工作有条不紊，几周内取得了重大进展。奥本海默初步展示了他科学组织家的才华，深受科学家们的赞赏。他们都把成功归于奥本海默非凡的才能、敏捷的思路和善于综合他人新思想的才干。

然而就在这次讨论会上，特勒提出了利用轻元素的核聚变而不用重元素的核裂变来制造氢弹的构想。费米进一步指出，原子核裂变后引起的高温可能会引发核聚变，使氦放出更大的能量，氦核聚变放出的能量约为铀235裂变时放出能量的5倍，而氦的制取要较铀235便宜得多、方便得多。这本是科学思想的正常讨论，但特勒多次在会上坚持要先制造氢弹。当时不论从技术上、战略思想上、准备条件上、或从任务进度上都不可能马上安排试制氢弹，只能把试制原子弹作为首要的战略目标。从此，在奥本海默和特勒之间埋下了不和的种子，影响了各自后半生的命运。

由于原子弹试制任务日益扩大，与军方的关系更加密切，1942年9月，军方派格罗夫斯准将来主持“曼哈顿特区”，即原子弹的试制工作。他和奥本海默的出身、经历、情趣、学识、科学素养、甚至外形都大相径庭；但他很快发现奥本海默学识渊博，具有正确评价各种技术方案和立即将关键的科学技术问题阐述清晰的卓越才能。在他和奥本海默就曼哈顿工程首次全面交换意见时，奥本海默根据原子弹工程的研制保密性强，而又急需展开学术思想自由交流的矛盾，提出建立综合大型实验室的主张，即把分散在高等学校的理论物理学家、实验物理学家、数学家、化学专家、军事专家、冶金和爆破专家集中于一处——该处须远离交通枢纽及居民密集区，对外完全隔绝，保密工作可万无一失，而内部则可自由交流学术思想。格罗夫斯将军采纳了

他的意见，并任命他为综合实验室主任（即后来的洛斯阿拉莫斯实验室主任）。谁知这个任命遭到了联邦调查局的坚决反对，认为奥本海默左翼活动的历史根本不适宜于担任机密性如此强的科研领导工作。

格罗夫斯将军亲自审阅了奥本海默的档案材料，坚持认为奥本海默的非凡才能和工作热忱完全可以抵消其历史问题。他大权在握，顶住了联邦调查局的种种压力。联邦调查局不发给奥本海默保安许可证，格罗夫斯照用他不误，带他去选择综合大型实验室的地址，参加最机密的会议。1943年7月格罗夫斯向当局发出一份保荐奥本海默的报告：“希望立刻允许朱利叶·罗伯特·奥本海默参加工作，不受你们那些情报的限制，设计工作绝对不能缺少奥本海默。”他终于为奥本海默争取到了保安许可证。

奥本海默费了相当时日，历尽艰辛，选择了他少年时骑马旅游过的新墨西哥州山区洛斯阿拉莫斯，作为发展原子弹的综合实验室基地，这里既能满足保密要求，又能较快地为百余名科学家提供生活和工作场所。对此，格罗夫斯一下子就拍板决定了。1943年3月，奥本海默完成了各种筹建组织工作后，前往洛斯阿拉莫斯主持工作。

实验室正式投入运行后，科学家们立即就原子弹制造的两个“拦路虎”展开了热烈的讨论。这两个“拦路虎”是：（1）能使原子弹的两个弹芯在瞬间压到一块的机构和方法；（2）是用铀 235 还是用钚 239 才能更快地制成原子弹。奥本海默的学生泽尔贝尔对原子弹制造的机理作了全面系统的发言，供科学家们讨论。他还介绍了一种“枪式”结构，说明其能把两块亚临界钚压到一块，迅速引起核爆炸。

国家标准局来的一位青年物理学家内德迈尔则提出了“内爆法”的构想，即将可裂变物质制成空心球，周围包以炸药：当炸药点燃后，利用外部周围产生的压力使空心球向内挤压，形成一个超过临界质量的实心球，从而迅速引起核爆炸。这个思想新颖奇特，但工艺细节他一时还说不清，因而遭到科学家们的围攻和非议。然而，奥本海默却独具慧眼，积极支持内德迈尔进行实验和计算，形成“枪式结构”与“内爆法”两种工艺方案齐头并进的局面。后来“内爆法”在制造原子弹中屡建奇功，大大推进了原子弹的研制进程。

当时，没有任何工厂能提供足够的铀 235 或钚 239 作为原子弹的实验材料，这样，就谈不上制造原子弹了。格罗夫斯便下令立即建立橡树岭气体分离、电磁分离铀 235 的两个巨型工厂，并在汉福特建立生产钚的巨大反应堆。为了与德国争时间、抢速度，这三个大工厂都是采取边实验、边建设、边开工的办法投产的。当时问题之多、矛盾之大、担子之重都是难以想象的。

为了适应战时科研的特殊需要，使科研工作有条不紊地高效运转，奥本海默把综合实验室分为四个部，由有名望、有真才实学的科学家分别领导：贝特负责理论部，肯尼迪负责化学冶金部，巴彻尔负责实验物理部，伯森斯海军上校负责军械部及工程。后来随着工程的进展和扩大，又增设了一些部，或做了些调整。奥本海默本人负责总的科学技术规划、协调和进度平衡。

由于把钚的提纯及其他研制工作交给了洛斯阿拉莫斯实验室，生产、建筑人员猛增，人口一下突破了 3500 人，增加了几十倍。原来只为 100 多名科学家提供的科研及后勤设置远远不敷需要，饮水不足，伙食较差，住房拥挤，交通堵塞，问题成堆，怨声载道。

在极端困难的情况下，奥本海默没有退缩，没有抱怨，而是重新学习。他像 12 年前刚刚到加州大学伯克利分校授课讲得一塌糊涂，旋即迅速改正一

样，很快扭转了洛斯阿拉莫斯工作的被动局面。他编出了一份详细的实验室人员表，职责分明，按计划要求完成进度，使组织领导重新纳入正轨，完成了从一个纯理论物理学家到巨型科技组织领导者的转变。他以身作则，从早到晚投入工作，戒掉了自由散漫的毛病，以满腔的热情、精确的计划、在行的评估去进行领导，学会了说服、鼓励、规劝、协调。他不仅熟悉所有的科学家，而且叫得出工地上大多数工人的姓名和昵称，了解他们的工作和需要，与他们同甘共苦，很快赢得了广泛的信任和爱戴。有人说：“在工地上，只要有需要，几乎所有的人都愿为奥比（奥本海默昵称——作者注）赴汤蹈火。”在科学讨论会上更是充满了热情洋溢的气氛。奥本海默长于启发大家各抒己见，又善于抓住关键引导人们深入思考。只要有他在场的讨论会，科学家都心情舒畅，满载而归。虽然他不是诺贝尔奖获得者，却赢得了绝大多数科学家的爱戴和赞誉。一些诺贝尔奖获得者自愿接受他的领导，年青的科学家甚至把他当作学习的楷模。

然而仍有两件事使这位洛斯阿拉莫斯的总指挥忧心忡忡，情绪压抑。一是特勒给他带来的烦恼。特勒与奥本海默曾同是美国理论物理学界两颗耀眼的新星，一颗在西，一颗在东，遥相辉映。特勒来洛斯阿拉莫斯稍晚，他本以为会让他从事氢弹的研究，没想到来了以后不仅没让他搞氢弹，反让他在贝特领导下的理论部里搞计算工作。他自认为是一流科学家，却扮演着三流角色，受到了不公正的待遇，因此心怀不满、处处把气撒在奥本海默身上，在各种会议上与奥本海默作对。两人之间原存的友谊经过几次碰撞，荡然无存，成了势不两立的对立面。二是奥本海默一直受到保安机关的纠缠。虽然他是国家最高军事机密研究计划的技术负责人，但长期以来一直是联邦调查局的侦察对象。从1942年至1944年他的一系列言行，使曼哈顿工程的保安官员对他愈来愈不放心，要把他作为“苏联间谍”对待，进而打报告要“解聘他”。

奥本海默招揽了一大批他的学生赴洛斯阿拉莫斯，这些青年科学家年轻有为，思想活跃，富有创造力，是从事原子弹研制开发的中坚骨干。但是他们当中有不少人也同奥本海默早年一样，曾与左翼有过接触或联系。他们有的在30年代甚至不满美国现实，为了探索美国社会的前途而同情共产党或参加共产党。这就触犯了保安人员的神经中枢。他们打报告给华盛顿称：“在苏联窃取对美国生死攸关的最高国防机密的间谍活动中，奥本海默占有重要地位”，“他是极其狡猾的敌人与不忠诚的分子”。奥本海默为了完成科研工作，招聘人才却招致了窃取国家机密情报的罪名，这是奥本海默做梦也未曾想到的。

一次偶然的时机，奥本海默在加州大学时的密友薛瓦利埃教授在厨房中和他谈起，旧金山壳牌石油发展公司的英国工程师爱尔坦顿能把保密资料送往苏联领事馆。两人纯属闲聊，并无更深层的意思，事后双方已忘得一干二净。1943年8月底，奥本海默也可能出自爱国心，也可能为了摆脱保安机关的纠缠，主动向伯克利分校的保安官员谈起了爱尔坦顿的事。保安官员追问来龙去脉时，奥本海默极力回避谈事情的来源。保安机关紧追不舍，或采取严肃提审，或采取轻松的谈话方式，千方百计要从奥本海默口中追出那个提供线索的中介人，都被奥本海默机智地挡了回去。12月12日，保安机关通过他的上司格罗夫斯将军下令让他交待，不得已他只好供出了薛瓦利埃。从此保安机关加紧了对他的全面监视和跟踪：他的司机是情报人员，他的信件

和电话受到全面的监听和检查……一般人很难想象奥本海默为了研制原子弹所背的精神十字架有多么沉重！由于铀 235 提纯的速度缓慢，总也积聚不到能制造原子弹的份量，因此有人想用钚 239 作为裂变材料，但又碰到技术上的“拦路虎”。钚 239 产生的本底中子较多，使用“枪法”速度嫌慢，形不成有效的爆炸，只有借助“内爆法”才能奏效，然而“内爆法”从理论到实践还有很长的路要走。如果“内爆法”不能投入操作，那么到 1945 年 7 月只能制成唯一的一颗铀 235 原子弹，无论从实战或威慑的角度，都不可能实现迫使日本尽快投降的战略目标。整个洛斯阿拉莫斯都为解决“内爆法”，制造第二颗原子弹而揪心。

这时，各路优秀科学家云集洛斯阿拉莫斯，为解决“内爆法”生产钚 239 原子弹献计献策。费米第一次推算出钚弹的临界质量只需 5 公斤，大大低于人们原来的预计值，使钚弹的生产露出了第一道曙光。炸药专家斯基泰科夫斯基负责内爆法的全面技术工作，这个组迅速扩展到了 600 人，几种方法同时全速并进。青年科学家阿尔瓦雷斯完成了新颖的起爆装置，达到百万分之一秒内同时点火的指标。英国爆破专家塔克过去曾在穿甲弹的设计中采用透镜式炸药，使爆炸时不同速度产生的冲击波按照光学原理，像透镜聚光的现象而积聚在一起，形成强有力的爆炸效应。他将这个崭新的技术引入原子弹的起爆，解决了由于多点点火引起爆破波不均衡产生干扰，以致根本形不成球面波，出现非对称性，严重影响起爆的问题，终于使钚 239 的芯块能按计划压实到临界质量，产生出最佳爆破效应。数学家冯·诺伊曼还利用刚出世世的电子计算机，进行了浩繁的计算分析，把不对称度爆破控制在 5% 以内，终于解决了制造原子弹的关键难题。

在这期间，奥本海默还要领导下属解决检验、仪表制造、安全防护等技术以及 7000 余人的生活后勤问题，而每项技术问题的解决都是绝无仅有的开创性工作；仪器需要测量微秒级的时间间隔，检测方法需要全新的构思和技巧，原子弹制造过程中钚的提纯、裂变体的截面加工，保险的引信，放射物的防护……等等，环环相扣，任何一个环节出了纰漏，都将人命关天。科研工作的节奏，科研人员的协作，生产工序的调整，计划的安排，千头万绪都要他填密筹措，苦心规划。

1945 年 3 月，鉴于关于原子弹的主要物理研究都已接近完成，奥本海默宣布实施“三一计划”（即原子弹试验。以原子弹实验场命名，取自约翰·唐恩十行诗，以纪念圣父、圣子、圣灵三位一体的圣体），7 月 4 日进行原子弹爆炸试验，8 月 1 日完成装配第一颗原子弹。

在这最后关头、许多事情却仍未尽如人意：“内爆法”全尺寸透镜体模子交货因故延期，炸药雷管性能达不到可靠性的指标，裂变材料供应跟不上进度，而 7 月中旬风雨交加的恶劣气候，也不适合进行试验。然而，杜鲁门为了在 7 月 15 日美、英、苏最高首脑会议上，以手中的原子弹作为砝码，就战后格局压苏联就范，要求原子弹无论如何要在 7 月 14 日前试验成功。奥本海默夹在大自然和政治风暴中受尽煎熬。为了赶进度，他不时冒风险，在极度焦虑和兴奋中度过了整个春季，体重整整掉了 28 磅。原来就很瘦弱的奥本海默，几乎完全垮了。

7 月 16 日早上 5 点半，一颗安装在铁塔上的试验原子弹终于抢在暴风雨的间隙爆炸了。一团巨大的火球陡然升起，然后是蘑菇云，震耳的轰鸣，耀眼的光芒，浓烟迷雾，风暴怒吼，大地颤抖，真是天崩地裂，有如世界末日

之来临。所有在场的科学家的心灵都受到前所未有的巨大震撼！试验成功了。

奥本海默在回忆当时的情景时写道，“有几个人笑了，有几个人却哭了，大多数人惊呆了，一声不响。我心中浮上了古印度圣诗《勃哈加瓦基达》里，克里希那试图说服王子执行他使命的一句诗：‘我是死神，世界的毁灭者！’”

奥本海默在第二次世界大战中成功地领导了世界上第一颗原子弹的研制工作。他不仅进行了具体的研究工作，更重要的是作为一项空前的科技工程领导者，他能排除一切干扰，艰难而顽强地向着既定目标挺进，充分展示出他的坚韧不拔的品质和高超的决策水平与组织才能。他利用世界一流科学家云集洛斯阿拉莫斯的有利条件，对他们提出的各种技术方案，进行正确评价和选择。最具意义的是，他十分重视具有创造性的思想火花，并能迅速抓住它，及时推动它付诸实施。这就使奥本海默完成了从纯物理学家到科技领导者的转变。他尊重科学家，与工人们同甘共苦，以出色的工作和高尚的人格去赢得人们的信任和爱戴，推动了工作的顺利开展；在关键时刻，大家甚至愿意为他“赴汤蹈火”。

由于奥本海默对原子弹研制工作的杰出贡献，他在1945年后成为世界头号新闻英雄人物，被誉为“原子弹之父”。1946年杜鲁门总统授予他美国功勋奖章，表彰他“伟大的科学经验和能力，他无穷无尽的精力，作为一个组织者和实行者的稀有才能，他的首创性和机智，以及他对责任的坚定不移的献身...”。战后，他担任美国原子能委员会总顾问委员会主席，为美国核武器的战略决策发挥了重要作用，同时成为当时世界上最权威的少数科学家之一。

维纳等触类旁通控制论粗机破土

1969年的一天，在美国斯坦福大学的实验室里，科学家们正进行一项著名的实验，看表演者“赛克”是否有办法从地板爬到屋子中间的平台，把那里的一只箱子推下去。实验开始，赛克走向平台。只见他绕着平台足足转了20分钟，还是爬不上去。赛克显得很窘，他环顾四周，突然发现墙角处有一块斜面板。他呆呆地沉思片刻，慢慢地把斜面板搁在平台上。然后，他沿着斜面板走上了平台，并把平台上的箱子推了下来。顿时，实验室里响起了一阵热烈的掌声。赛克是一个装有电脑的机器人，科学家们用控制论的功能模拟方法孕育了他，使他降生到了人间。这是现代控制论的成果之一。本世纪40年代美国科学家维纳在医学、生物和工程技术界一些专家协作下，通过电及电子系统和生物体内发生的各种过程之间的模拟研究，创立了这门崭新的学科。维纳从小就对数学、物理等许多学科有兴趣。在研究随机物理现象——布朗运动时，他逐步确立了统计理论思想。控制论研究对象的特点恰恰在于根据随机性的环境来决定和调整自己的行动。他在研究电滤波器的噪声与信息问题时，又形成了信息量的概念，这也是控制论的重要思想。在哲学思想上，维纳深受罗素和莱布尼兹的影响。在他的《控制论》中曾说：“假如我必须为控制论从科学史上挑选一位守护神，那就挑选莱布尼兹。莱布尼兹的哲学集中表现在两个密切联系着的概念上——普通符号论的概念和演示的概念。今日的数学记号和符号逻辑即来源于此。”他认为，“从莱布尼兹以后，似乎再没有一个人能够充分地掌握当代的全部知识活动了。从那时候起，科学日益成为专门在愈来愈狭窄领域内进行着的事业。”这种认识启发他去开拓各门学科之间“被忽视的无人区”，促使他逐渐产生了控制论的思想。

30年代末期，维纳成为哈佛医学院神经生理学家罗森勃吕特博士主持的科学方法讨论会上的常客。与会者来自各个学科，是一批思想异常活跃，常能发表各种各样独特见解的学者。在这些讨论中，他意识到，科学发展中最有前途的领域是学科的边缘和交叉之处，他称之为“科学处女地”。这就成为维纳取得科学成果的战略思想。

1939年9月、第二次世界大战爆发，美国开始动员它的科学家为战争出力。维纳接受了设计火炮自动控制器的任务。由于飞机时速的提高和威力的增大，这项工作变得十分重要而又困难。整体设计既要考虑怎样使控制器作出正确的判断，还要考虑如何将控制器的判决转变成火炮的具体行动。这个问题促使维纳建立预报理论，进而又将他引导到控制论的创立。

由于维纳具有30年代纯粹数学研究的基础，因此对解决数学预报问题并不感到十分吃力。他在问题中引进统计因素，使用了自相关及互相关函数，还将广义调和函数用于处理飞机轨迹的时间序列，这都被证明是极力得当的。维纳创立的一套获得最优预测的方法，后来被称之为“维纳滤波”。在设计自动装置中起了很大指导作用。

当维纳着手考虑火炮控制器设计的时候，发现人和机器的惊人相似。他产生了一个很有意思的联想，把让控制器作出正确判决和将控制器的判决转变成火炮行动的过程，与人和动物执行目的性活动的方法联系起来。他把问题表达为两个新的形式：（1）追踪飞机的观察者如何能够盯牢飞机；（2）在实验的条件下研究如何能够模仿这位观察者的活动。这表明，维纳已经在工程技术的行为控制问题中渗透进了人的神经生理学因素。40年代初，维纳

开始了研究通讯工程方面存在着的人的作用问题，发现在工程控制中十分重要的反馈与稳定性概念对于神经生理学也同样重要。

当时，维纳的想法是：在控制器中，使活动趋于稳定的方法之一，是把活动结果所决定的一个量作为信息的新调节部分反馈回控制仪器中。既然这个反馈的任何超越都是由一个相反的校正活动来补偿，所以后者可以叫做负反馈。像汽车驾驶员就是通过负反馈调节，当发现汽车大靠左了，就向右边作出一个校正；当发现它太靠右时，则向左作出一个校正。因此，完全可以相信，负反馈在人的控制机构中起着一定的作用，特别是在我们用眼睛跟踪一架飞机这样的机构中起着作用。维纳还认识到，负反馈的校正作用必须适当，负反馈过度会引起振荡，搞不好或把仪器损坏，或至少远远超出了控制的范围。那么，神经系统有没有负反馈不足或负反馈过度的情况呢？维纳吃不准，他找到了老朋友生理学家罗森勃吕特。

罗森勃吕特对问题作了肯定的回答。他举例说，一个小脑震颤病急者，当他伸手去拿钢笔时他的手会在钢笔附近不可控制地来回摆，可就是抓不住钢笔。这个事实说明：目的性活动可以用反馈来替代，而小脑震颤只不过是过载反馈崩溃这个一般过程的一个例子而已。其实，神经系统和自动控制机的相似之处还不仅在此，它们还都是通过从外界获取信息以及由传出消息引起的动作和外界有效地联系起来的，它们处理的对象都是信息。

这样，行为控制问题与信息论又发生了联系，从而引起人们注意到一个亟待开发的领域：控制和通讯。这是一个综合性领域，与他相关的现代学科至少应有通讯工程、神经生理学、心理学、计算机科学、数学、物理学等等。只有靠这些学科的通力合作才能开拓这个新领域。当 1942 年底，在纽约神经中枢讨论会上，维纳把他和罗森勃吕特等人的发现及设想向与会者作介绍时，立即引起了有关专家的注意和反响。神经生理学家麦考洛奇和数理逻辑学家匹茨用反馈机制造出了一个神经元模型；第一代电子计算机设计制造师艾肯、冯·诺伊曼等人也对此很感兴趣，不时与维纳交换意见；香农更成了维纳事业的热心人，他在 1940 年获得麻省理工学院数学博士学位后，就开始考虑通信工程的信息量问题，这方面维纳给过他很多帮助；现在当维纳考虑建立控制论的时候，香农提供了信息论中的材料和成就。

热心于控制和通讯的人更多了。在这一形势下，1943 年冬，由维纳等人张罗，在普林斯顿召开了由各方科学人士参加的信息问题讨论会，会议强调把控制原理引进生理学的必要性。从此一批志同道合的物理学家、数学家、工程技术人员和生理学家开始建立经常性联系并进行必要的实验。这年，他和罗森勃吕特（神经生理学家）、别格罗（工程师）合作，在美国《科学的哲学》杂志上，发表了题为《行为、目的和目的论》的文章，第一次把“行为”和“目的”概念引入机器。他们给“行为”所下的定义是：“行为就是一个实体相对于它的环境做出任何变化。”他们还把负反馈的目的性联系起来，提出：“一切有目的的行为都可以看作需要负反馈的行为”，并说：“若干机器是内在地有目的的，带有自寻目标的机构的水雷就是一例。”维纳赋予机器人的某些属性。他把通讯和控制的各种复杂系统和有机件，特别是人的某些控制机制进行类比，从而得出了控制论的基本思想。接着 1946 年，又在纽约举办了反馈问题讨论班，一些新的概念和方法就在这种讨论中产生。

各学科专家的横向联系，为维纳系统地建立控制理论创造了良好的条件。作为综合地处理动物与机器中的通讯及控制机能的科学领域——控制

论，也就由维纳首先确立了起来。

1948年，《控制论》出版了，维纳一下子成了举世闻名的人物。在书中，维纳介绍了用电子元件或机械元件组成的控制系统；使用统计方法研究信息的传递和加工；指出如何

用控制论方法研究大脑和神经生理活动，等等。特别是给出控制论的数学表述，它包括：处理对于不可控变量的时间序列给出数学表述的问题；设计一个将输入函数变换为输出函数的算子；在算子设计中建立起确定最优性意义的判据。由于维纳方法在本质上是属于统计学的，因此很自然地引进无偏性、最小方差以及对输入和输出函数的自相关函数和相关分析等概念。从而，维纳又创立并发展了广义调和函数，还借助于遍历定理，将它应用于每个个别的样本函数以取得所需要的信息。书中还提出了一系列科学哲学和社会学方面的重要问题，例如，信息的本质是什么？它在哲学中的地位如何？机器是否能思维：会不会最终控制人？等等，好些问题至今仍是科学家以及哲学家们争论的热点。

1950年，维纳应美国读者的要求发表了一本关于控制论的通俗读物《人有人的用处》。这本书使他的名声从科学界扩大到了民众。后来，他又发表了《控制论与社会》（1958年）、《控制论新章》（1963年）等著作。

控制论的基本观点是系统观点、信息观点、反馈观点和调控观点。

系统观点。控制论要从整体上研究事物，把事物（对象）看成是一个由若干部分（系统或要素）构成的系统。对这个系统，要研究其各部分功能上的联系。控制论把研究的事物（系统）与其他事物的联系概括为“输入”（外界对系统的影响）和“输出”（系统对外界的影响），例如，我们把一个工厂作为一个系统来进行控制和管理时，每个车间可以看成整修工厂系统的一个子系统；同样，我们把整修车间作为一个系统来进行控制和管理时，每部机器就是它的一个系

统。整修车间系统的生产和人力、物力分配就是系统的输入。而车间所生产出来的产品及它对环境的影响就是系统的输出。

信息的观点。控制论要解决的是对系统的控制问题。

而对各系统的控制要以一定的信息为依据。没有信息则无法进行控制，所以要正确研究系统的信息流通与信息的交换。

信息论着眼于对信息的认识（描述和度量）。控制论则着眼于信息的利用《处理和利用》。在某种意义上可以认为，控制论是建筑在信息论的基础上。这个信息的变换过程，可以简化为信息 输入 存贮 处理 输出 信息。在这个过程中存在着反馈信息。

反馈的观点。反馈的概念是控制论中广泛应用的一种原理和方法。几乎一切控制都带有反馈。系统输送出的信息（又称给定信息）作用于被控制对象后产生的结果（真实信息）再输送回来，并对信息的再输出发生影响。人们常把这种过程叫反馈。反馈又称“回输”。

反馈有正反馈与负反馈两种。凡是反馈（回输）信息与原输入信息起相同作用，使总输出增大，叫正反馈，凡是反馈（回输）信息与原输入信息起相反作用，使总输出减少，叫负反馈。反馈原理就是原因和结果不断的相互作用，以完成一个共同功能目的。这是控制论的核心思想。

调控的观点。控制论的最终目的是要对系统实行最优控制，根据反馈原理，调整各部分的功能，以达到系统的最佳状态、最佳效果。

控制论于 40 年代末诞生至今，大致经历了三个发展时期：经典控制论时期（40 年代末—50 年代），主要应用

于军事与工业生产领域的各种自动调节系统；现代控制论时间（60 年代），控制范围从单变量控制向多变量控制发展，广泛应用于军事与工业生产和科研领域，如导弹系统、人造卫星、航天系统等；大系统理论时期（70 年代至今），控制论已经从工程控制领域深入发展到生物领域、经济领域、社会领域和思维领域，形成了工程控制论、生产控制论、社会控制论、人工智能控制论等分支学科。

控制论是自动控制、电子技术、无线电通讯、电子计算机技术、神经生理学、心理学、数理逻辑、统计力学、综合学等多种学科相互渗透的产物，体现了现代科学技术整体化的发展趋势。从维纳创立控制论的历史回顾中不难发现，无论就其科学研究的战略思想，还是具体的研究方法，都有许多重要的方法论启示。

维纳等人之所以能创立这门新学科，正是由于他在战略思想上有独到之处，高屋建瓴，统观全局，从而能由此及彼，触类旁通，及时抓住当代科学技术发展的特点，认识到各门学科之间的相互渗透已成为科学发展的一种潮流，最终导致“控制论”破土而立，因此开辟出一个崭新的研究领域。

维纳把控制论又称力“关于在动物和机器中控制和通讯的科学”。这就明确地指出，他所创立的这门新学科，既突破了动物和机器的界限，又突破了控制工程与通讯工程的学科界限。他把动物的目的性行为赋予机器，将动物和机器某些机制加以类比，从而抓住一切通讯和控制系统中所共有的特征。站在一个更概括的理论高度加以综合，形成一门具有更普遍意义的新理论。他把寻找学科之间共同联系的纽带作为创立控制论的目的，把既是机器又是动物中的控制和通讯理论的整修领域叫控制论。

维纳在控制论研究工作中，还突破了传统方法的束缚，为现代科学技术研究提供了新方法。他根据自动控制系统随周围环境的某些变化来决定和调整自己运动的特点，摒弃了牛顿和拉普拉斯的机械决定论，把控制论建立在新的统计理论的基础上。他撇开对象的物质和能量的具体形态，着重从信息方面来研究系统的功能。他不是研究系统此时此地的行为，而是着重研究所有可能的行为方式和状态及其变动趋势。他把功能模拟法、系统方法、反馈方法、信息方法作为科学方法自觉地运用于控制和通讯系统的研究中。这些方法有力地促使科学理论向整体化、系统化、综合化方向发展。具有普遍的方法论意义，已广泛地运用于生物学、神经生理学、心理学、医学、工程技术以至经济管理和 社会管理等许多领域，并取得了显著成就。同时，控制论对现代经济与社会管理也产生了极为深远的影响。

李约瑟仰慕中华五十年潜心著迹

英国著名学者李约瑟博士曾提出一道著名的难题：“中国古代有杰出之科学成就，何以近代科学崛起于西方而不是中国？”为解开这一历史之谜，他进行了长达半个世纪的研究工作。尽管李约瑟博士的巨著《中国科学技术史》尚未杀青，他本人关于这一难题的最终解答也还未面世，但国内外学术界却已是众说纷纭。早在1982年，中国大陆就专门召开了有关李氏难题的学术讨论会，会后结集出版了《科学传统与文化——中国近代科学落后的原因》的论文集。在历届国际中国科学史的学术会议上，李氏难题也常常是议题之一。中国的《自然杂志》甚至别具一格地以“李约瑟难题征答”的活动。作为对他90华诞的献礼；博士本人也应约寄上了他的一篇“征答”……李氏难题影响之巨大，由此可见一斑。由于李约瑟博士几十年不坠青云之志的精神感召，更由于他所提出的这道著名难题的

引人入胜的思辨魅力，在“中国科学史”这面旗帜之下，美国、日本、英国、德国、澳大利亚、中国等国家和地区的一大批科学家们都在为最终解决李约瑟难题而上下求索。几十年过去了，李约瑟的诘问，至今尚未得到令人满意的答案。

1937年是李约瑟一生的转折点。他曾幽默他说：“中国人所谓的‘苍天’对我另有安排”，“我不相信人可以与命抗争”，“命运使我从一种特殊的方式皈依到中国文化价值和文明这方面来”。这年36岁的李约瑟作为世界著名的生物化学家欢迎三位年轻的中国生物化学研究生进入剑桥大学，他们都是来攻读博士学位的，这三位学士是王应睐、沈诗章和鲁桂珍。李约瑟和中国学生们在一起工作，他对学生研究科学的方法发生了兴趣。“他们探究科学事物，想法和我完全一样。”他回忆道：“这使我不禁想到一个问题，我开始疑问，为什么现代科学不是源于中国，而是源于欧洲。”在一次午餐中，李约瑟未假思索地问鲁桂珍，为什么中国在现代科学发现方面成就如此之少？鲁桂珍是一位来自南京的姑娘，娇小可爱。她对李约瑟提出的问题大为光火，说中国在科学发展的许多方面曾领先于西方，并成功地传播了这样的信念：中国科学对世界科学的发展产生过巨大影响。鲁桂珍的话启发了李约瑟，他没有想到这次谈话改变了他一生的学术道路：从研究20世纪最新的一门自然科学转向研究中国古代的传统科学技术史。

1937年，快入不惑之年的李约瑟决定自修汉语，以便阅读中文原著。

从那时直到第二次世界大战开始，李约瑟一直都在学习中国的汉字和思想，并且得到从伦敦来到剑桥大学的著名汉学家哈隆的指导。哈隆自1938年以来便一直主持剑桥大学的中文讲座。在规定的几个下午，李约瑟总是骑车在细雨中去哈隆那里请教。当时接触到中国的原著是《管子》，在同古希腊的作品对比之后，他认为《管子》中有不少令人吃惊的精彩思想。日积月累，他对中国古代科学文化的了解日益深入。学习之中，他虽感中国古代典籍之艰深，然若要求其系统，溯其源流，则非学好汉语不可。李约瑟被这古老的异国文明所吸引，故常有“我爱上了中国，爱上了整个中华文明”的赞叹。

二战期间，通向中国之路的机会意外地展现在李约瑟的面前——再也没有比去中国做一次实地考察更能使他高兴的了。1942年英国政府派遣他前往中国，肩负援华使命，且他因精通汉语，被选为英国的中国科学考察团团长，

在这之前不久，李约瑟已有了撰写《中国科技史》的总体构想。

李约瑟在中国战时陪都重庆建立起“中英科学合作馆”。他坚持这个机构的名称应“中”在“英”前，因为他不愿地主身份的中国人以为“我们是来教导他们或是指使他们的。事实上我是来学习的。”他解释说，他的使命是在这被战火摧残的国家里奔波，访问中国的科学家和技术人员，帮助他们取得所需的科学设备——无论是实验用的白鼠或是矿冶显微镜。他和他的中英职员不畏战争的艰难险阻，行万里路，访问了无数的大学、医院、实验室和工厂，对中国的科学研究进行了实地考察。

在华逗留的四年，使他有机会广泛深入了解中国以及中华民族灿烂的文化。他的足迹遍布中国大部，搜集了中国古代的大量文献。中国现代科学史料。毋庸置疑，他所持有的资料，亦是中国科学史上的一份十分宝贵的财富。

在中国期间，各地大学的主要教授，研究院所的主要人员，他多半见过，并能记住。他习惯用卡片记录遇到的每一位科技人员的姓名、别号、简历、现职、课题、兴趣等项目。仅这套卡片就可以编写一部“中国科技人名辞典”。在这些科学家中，钱临照对《墨经》中物理学原理所作的阐释使他惊叹不已。华罗庚向他介绍了中国数学。他得到郭沫若在考古学和历史学方面的指导，并有机会聆听中国科学家关于艰深而重要的道教阐释以及历史学家侯外庐对中国古籍的新见解。

此时，李约瑟还得到中国学者最慷慨的赠书。特别是竺可桢，在李约瑟即将离开中国之际，劝说许多朋友四处寻找各种古籍版本来馈赠他。这些古籍中，包括一部《古今图书集成》（1726年版）。它们成为他日后撰写《中国科学技术史》不可缺少的参考文献。

这一时期，李约瑟对中国科学界的研究活动，给予了高度评价。他在1945年出版的《中国的科学》摄影集中写道：“我们西方人常以为中国只有农业和艺术方面的文化，这是很错误的。中华民族对于世界科学知识有过极大的贡献。他们是最先发明磁针、火药、种痘、造纸和印刷术的，又可能是翻砂铸铁技术的创造者。”在他发往英国的报告中常常提到：人们往往以为援助都是西方国家对东方国家的单向行为，但他实地考察之后，认为实际情况并非如此，即使是近代科学和工业技术，也并不是由西方“单方面输入”。例如，1937年南京金陵大学选出的一种“王氏大麦”被分种美国，使美国获得的利益远远超过了美国政府派遣技术专家来华所花的费用；当时北平研究院研制的水晶，资源委员会制造的整套无线电导航设备，正在供给盟国军队使用；昆明防疫所制成的疫苗比西方的血清好，并正在为在东方的英国军队及中国军队所使用。又如，“两年来，经我们转递到欧吴杂志上发表的论文，就有一百多篇”。

1946年，李约瑟离开中国后，在巴黎联合国教科文组织担任第一任科学部主任。1948年他返回剑桥，开始了七卷34分册《中国科学技术史》这一宏篇巨著的创作。

写作这样一部巨著需要什么样的“资格”呢？李约瑟本人曾归纳出以下六条：

1. 科学修养。
2. 科学研究的经验。
3. 熟谙欧洲历史。
4. 对中国平民百姓生活的体验。

5. 通晓中文，特别是古汉语。

6. 对中国、中国人民、中国科学的热爱。

最初，李约瑟仅计划写一卷有关中国科学技术史的书，可收集的资料实在太丰富了。于是他修改了写作计划，决定把一卷扩展为七卷，以便将资料尽量纳入书中，并得以畅所欲言。在撰写过程中，书的容量增加。1968年剑桥大学出版社认为他的书愈出愈厚，建议多出几分册，所以第五卷分为六分册。

关于此书基本设想，李约瑟指出：“它的对象是一切有一定文化程度的人们。不管他们是不是科学家，只要从全人类文明史的角度对科学史、科学思想史、技术发展史，特别是对欧亚两洲发展的对比情况感兴趣就行了。因而本书的意图是使内容广泛到不遗漏重大史实的程度。可又并不像学术杂志上的论文那样详尽无遗，对最细微的情节都详加考证……”。根据这一基本设想，全书在内容上包括四大部分：第一部分，导论。介绍中国的地理、历史、语言以及科学文化传播、交流的概况。第二部分，科学思想史。从哲学的角度概述各家传统对科学发展所起到的作用。第三部分，各门科学史。按数、理、化、生的顺序依次介绍科学和技术的发展及成就。第四部分，结论。集中探讨中国科学技术发展的社会、文化背景。可见，《中国科学技术史》实际上是一部专门系统介绍中国古代科学文化的百科全书。这种广而不泛、精而不繁的风格正好能够达到他把科学史当作文明史来加以阐述的目的。

李约瑟从大量被儒家学者视为“异端”或“杂著”的文献中，甚至于从人们完全意想不到的地方（比如民谣、诗歌、绘画、雕像等），发现并收集了大量有价值的资料。古代一张防狗的通告，成为最早印刷品的证据；一个瓷瓶上的彩画，发现了中外交流的线索；北京北海公园的九龙壁，与天文历法有关系；大渡河上的铁索桥，成为古代中国钢铁工业的标志；沈括的《梦溪笔谈》到了李约瑟手里，就成了中国科学史上的坐标……李约瑟按照现代科学的分类，将《梦溪笔谈》的内容作了一个统计说明，发现其中属于科学技术方面的共有207条。这使人们对该书的重要性有了一目了然的认识。

1956年河北兴隆发现了战国时的铁范。当时，多数人认为，这是用来铸造青铜工具的。李约瑟则根据他对中国钢铁技术的系统研究以及现代科学知识，考证兴隆铁范是用来铸造铁生产工具的。这个研究，使我国进入铁器时代的时间大大提前。

李约瑟认为，上述资料足以表明，中国人在许多方面都“走在那些创造出著名的‘希腊奇迹’的传奇式人物的前面，……并在公元三世纪到十二世纪之间保持了一个西方所望尘莫及的科学知识水平。”

英国记者但普尔利用李约瑟收集到的资料，并在其指导下写成通俗读物《中国——发现与文明的摇篮》。其中列举出中国古代科技的“100个世界第一”，让世人能在《中国科学技术史》尚未完成时，便得以先睹为快地领略其中的点点滴滴。其实“100”，只不过是一个有份量而引人注目的数字。作者的结论是：“在现代世界赖以存在的重大发明创造中，有一半来自中国。”

李约瑟从事这项工作所用的中文材料大部分由自己译成英文，在已有西方文字译文的情况下，他也要对照原文，进行校核。即令是英文初稿，他也要经过多次修改，才最后定稿。因此在他的书中，纠正了过去西方汉学家们的许多错误。在吸收前人的研究成果时，他从不盲从，而是经过自己的一番钻研。他不轻易把自己的结论强加于人，而是服从实践的检验。关于船尾的

方向舵，李约瑟早已从中国和欧洲文献记录的对比中，认为是中国发明最早。对此，学术界长期有着争论。直到1958年人们在广州博物馆里看到汉墓中出土的明器陶船上有个小小的舵楼之后，李约瑟的认识才成为定论。

《中国科学技术史》第一卷1954年出版后，没有产生争议。第二卷的情况就不同了，因为书中论及儒、释、道、阴阳、五行方面有关的中国科学思想问题，李约瑟那独特的个人观点使得西方不少汉学家和科学史家深为不满。美国普林斯顿大学科学史系的吉利斯皮说，他自己虽然一点也不知道有关中国的事情，但是他认为，以马克思主义的观点来撰写科学发展史的作者是靠不住的。他说，李约瑟是一个马克思主义者，他从马克思的观点出发讨论中国科学史，所以他的结论也是靠不住的。而那鲁大学历史学教授芮沃寿则引用爱因斯但的言论，声称近代科学是西方科学的独一无二的产品，西方科学是希腊的逻辑和文艺复兴时代的实验科学所组合而成的；中国缺乏逻辑和实验科学因素，所以从中国文化中寻找科学思想是错误的。

当时，《中国科学技术史》只出版了第一、二卷，这两卷尚未正式谈及科学；待第三卷出版以后，其间记载的中国科学无可辩驳的古代成就，使得反对者无言以答。那时写书评的学者们不是表现自己对李约瑟的广博知识和他对中国科技成就的发现感到惊奇，就是认为这部书是本世纪中的一部巨著。

中国当代科学家李国豪、张孟闻、曹天钦等曾撰文：“我们作为中国文化教育科学界的从事者，不但有愧于此才情，无此硕学恒心来编写这么一部著作，而成为徒拥主藏而求馈于益友，也深诚感幸有这么一位李约瑟博士对于我国、我国人民、我国科学恒火挚爱的热情。”英国思想家汤因比评论说：“这是一部打动人心的多卷本综合性著作……，作者用西方术语翻译了中国人的思想，而他或者是唯一一位在世的有各种资格胜任这项极其困难的工作的学者。李约瑟博士著作的实际重要性和他的知识的力量一样巨大。这是比外交承认还要高出一筹的西方人的承认举动。”印度历史学家认为：“这是一部包罗无遗，而又极其详尽地论述中国科学思想的有益的著作，……是欧洲入学术研究的最高成就。”法国科学史家华德认为：“这部书可说是划时代之作，……这是一部任何有教养的人都必读之书。”

迄今为止，《中国科学技术史》一书已译为中、法、日、德等十几种文字，甚至在非洲、拉丁美洲都有译本或简译本出版。

有人曾问李约瑟，《中国科学技术史》的最后一卷从剑桥大学出版社发行的时候，他是否还能亲自目睹其盛。“啊，我在校阅最后一页之前是否会一命呜呼，我并不担心”，他回答道：“我根本是个相信天命的人”。

其实，李约瑟早就意识到此项工程的巨大，有生之年日短。早在1968年，他就陷入进退两难的困境，是尽他的余生自己编写这本书，能写到哪里就写到哪里，还是约请一些合作者，争取在有生之年早些完成它呢？李约瑟决定采取后一种办法。这也是《中国科学技术史》这项工作的转折点。1968年底，第五卷第一分册“纸和印刷”就请到关于这一课题的世界著名学者钱存训教授来完成。1986年李约瑟研究所成立，它是由海外华人的慷慨捐赠而得以实现的，其前身是“东亚科学史图书馆”。

《中国科学技术史》多卷本的写作，始于1948年李约瑟从中国和联合国教科文组织任满回到剑桥。当时的合作者是王玲。他协助李约瑟的工作一直到1956年。这时，鲁桂珍在巴黎的联合国教科文组织任职，在李约瑟的劝说

下，鲁桂珍毅然提早退休，于 1957 年回到剑桥，并作为医史家和生物学史家同李约瑟一道工作。她是李约瑟《中国科学技术史》的第二个合作者，从那时候起的 36 年中，她就和李约瑟一直在一起。1989 年李约瑟夫人李大斐去世，尔后鲁桂珍与李约瑟结为伉俪。东西姻缘，珠联璧合。1990 年 8 月中国科学院向鲁桂珍博士颁发了荣誉教授的聘书。李约瑟夫妇壮心不已，孤灯深夜，扶病奋斗，继续为《中国科学技术史》的撰写喝尽绵薄之力。1991 年，鲁桂珍因肺炎溘然逝世。91 岁高龄的李约瑟三年内二次丧偶，使他潸然泪下。时间催促他提前拟写《中国科学技术史》第七卷的总结篇。他认为，将来全部书稿完成时，所得的结论也不会跟他所写的观点距离太远。

50 年前，李约瑟以为仅写一册有关中国科技史的专著，付梓之后，就可以回到他所从事的生物化学研究的实验室去。然而，他一旦涉足其中，便深深地被中华民族灿烂而悠久的古代文化所吸引，并为这部宏篇巨著贡献出了全部精力。他无限感慨他说：“希望能在世上活三次，一次研究中国科技史，一次研究生物化学，一次做一个外交家当英国驻华大使。”

《中国科学技术史》最后一卷预期于 2000 年出版。

“明窗数编在，长与物华新”。1992 年 11 月 10 日，江泽民题词，录陆游诗句贺李约瑟博士在研究中国科技史方面的卓越贡献，表达了中国人民对李约瑟真挚的感情和由衷的敬意。

30 年代，李约瑟从三位其天赋和科学见解“完全不下于西方人”的中国留学生那里了解到灿烂的中华文明和科技成就，发现这是一座“令人眼花缭乱的”“绝对的金矿”，于是产生了信仰上的“皈依”——“我深思熟虑地用了这个词，因为颇有点像圣保罗在去大马士革的路上发生的皈依那样”，李约瑟如是说。圣保罗原名扫罗，本来是虔诚的犹太教徒，他在前往大马士革搜捕基督教徒的途中，突然被强光照射，耶稣在圣光中向他施教，从而使他改宗，易名为保罗，转而信奉耶稣基督。李约瑟以此来比喻他的研究从生物化学领域一改而转为中国古代科学技术史领域。用“皈依”来表达自己作为一个此前并未对中国有任何关系的西方人对东方中华文明的信奉和敬仰。这不能不令我们每一个炎黄子孙为之动容。正是这样一种精神力量的驱使，他才六十年如一日地载笔耕耘，深深地陶醉于中国古代的科学文明之中。

李约瑟难题被认为是“文化与文明史中一个最大的问题”。在这一难题的研究方面，最引人注目的、乃是李约瑟及其所领导的由近十个国家的学者组成的国际性研究集体所做的工作。李约瑟多次声称：一部卷帙浩繁的《中国科学技术史》就是致力于解释和回答为什么近代科学首先在西方兴起。与此有关的是，为什么在中世纪西方处于黑暗时期时，中国却发出灿烂的科技之光，而后来中国又为什么没有自发地出现近代科学。

李约瑟站在世界科技史的高度来研究中国科技史，用对比方法考察了中西科技交流及相互影响。在《中国科学技术史》一书中，他不只讲中国文明，还涉及希腊、罗马、拜占庭、阿拉伯和印度等其他文明，他在这些文明之间架起了桥梁。李约瑟认为：如果没有中国等其他文化中的科学的注入，西方近代科学及工业革命也无从兴起。他纠正了西方过去对中国科学文化的各种错误看法、误解和严重低估，捍卫了中国人对一些重大发明与发现的优先权，把中国科学文明置于世界史中应有的地位，从而扭转了西方人以前的中国观。

回答上述难题，李约瑟不是立足于一两个学科，而是显微阐幽、通观全

局地研究中西科技史，理清其发展脉络，找出各自的优缺点和异同点。同时他从科学社会学角度综合分析中西社会体制、经济结构、历史传统、思想体系等诸因素的影响，考察中西商人、科学家和工程师的社会地位。在内史与外史结合研究时，他既注重科学发展的内因，又强调社会、经济因素的外在影响。

李约瑟对中国科学发展的社会环境和内在因素进行了大量深入和独辟蹊径的探索。他提出的许多观点是新人耳目和富有开创性的。例如，他提出，中国的阴阳五行理论尽管曾一度促进中国早期的科学发展，但由于其本质上是经验性和思辨性的，所以后来便成为阻碍实验科学在中国产生的重要因素。他又指出，中国传统文化中的重农轻商观念阻碍了科学革命在中国发生，而中国未充分发展资本主义则是实验科学没有在中国产生的最基本的社会原因。

或许李约瑟的真正功绩不在于给出一个最终的答案，恰恰在于提出了这个问题。半个世纪以来，它一直吸引着人们不断加入讨论的行列。尽管问题的表述及本身的合理性引起了一些疑议，但即使是批评者也承认：“李氏难题实际上已成为中国科学史这门学科的一面号召性的旗帜”。它日益成为联系多学科学者进行中西科学史比较研究的纽带和桥梁，并“成为促进东西方两大文化体系之间真正了解与沟通的一个文化生长点”。它构成一把锋利的“双刃剑”：一面横扫“欧洲中心论”；另一面直砍“中体西用说”。其结果不仅使西方人，而且使中国人都大开眼界，进一步认识了对方，也反省了自己。这一功绩是不可磨灭的。

“中国古代有杰出之科学成就，何以近代科学崛起于西方而不是中国？”这一问题曾在全世界范围内引起众多专家学者极为广泛的兴趣。无论是提出这个难题的李约瑟本人，还是关注和探索这个难题的海内外学者，都希望振兴中国科学技术，使具有五千年悠久文明历史的中国重新崛起，并屹立于世界强国之林。在新世纪即将来临之际，人们已看到了中国科技振兴、经济发展和社会进步的曙光。

走模型捷径揭遗传奥秘

50年代世界上有3个小组正在进行有关脱氧核糖核酸(DNA)生物大分子的分析,他们分属不同学派,互相展开激烈的竞争。结构学派主要以伦敦皇家学院的威尔金斯和富兰克林为代表,生物化学学派则以美国加州理工学院的鲍林为代表,而信息学派则以剑桥大学的沃森、克里克为代表。结构学派主要是通过X—衍射弄清DNA的分子结构;生化学派刚研究DNA大分子在细胞代谢和遗传中如何相互影响及其化学结构;信息学派则研究信息如何在机体世代间传递及该信息如何被翻译成特定的生物分子。无论威尔金斯、富兰克林,还是鲍林,当时都已是经验丰富、学有所成的学者了。沃森、克里克绝不占任何优势,然而他们后来居上,在18个月时间内创造了DNA大分子的双螺旋模型,完成了本世纪生物学中最伟大的发现。

1869年,瑞士生物化学家米歇尔在实验中发现,用胃蛋白酶分解细胞蛋白质的时候,细胞核缩小了一点,可是仍旧保持完整。这种酶不能分解细胞核。经过化学分析,他发现细胞核不是由蛋白质组成,而主要由一种含磷的物质组成,有酸性,所以称做“核酸”。

1911年,俄国出生的美国化学家莱文在实验中发现有两群不同的核酸:一种核酸中含有和普通糖成分不同的核糖,称做“核糖核酸”(RNA);另一种核酸中的核糖少了一个氧原子,故称做“脱氧核糖核酸”。1934年,莱文进一步发现核酸的成份是由四种核苷酸组成。每一种核苷酸都是由碱基、磷酸和核糖三部分构成,莱文虽然发现了核酸的化学组成,但是没确定四种核苷酸按什么样的结构形成核酸分沃森16岁时就取得了芝加哥大学动物理学学士学位。当他年仅22岁取得印第安那州大学博士学位后,于1951年被派往英国剑桥大学卡文迪许实验室深造。在这里,沃森遇到了克里克。克里克在伦敦大学分院取得物理学学士后开始攻读博士。第二次世界大战爆发后,克里克被迫中断求学生涯,到英国海军部从事有关水雷等武器研制工作长达8年之久。战后,他又来到伦敦,以一个物理学家的身份开始从事生物科学研究,这是他一生中最重大的转折。克里克和沃森两人性格完全相左,克里克性格开朗,大声说笑,谈论科学问题时滔滔不绝;沃森则孤独文静,腼腆内向,遇事不轻易开口。但是克里克富于独立思考,敢于向权威挑战的精神一下子就吸引了沃森,再加上两人都曾读过奥地利著名物理学家、量子力学创始人薛定谔于1945年发表的《生命是什么》的通俗小册子,并深受影响,对探索生命的本质有浓厚的兴趣,向往探索遗传信息的秘密,都认为DNA的分子结构与功能可能是揭示这个秘密的关键,克里克称沃森是他所“遇到的以同我一样的方式思考生物学问题的第一个人”。沃森则说克里克“无疑是我曾与之合作过的人中最生机勃勃的一个,而且极接近我曾经见过的鲍林,事实上他看上去很像鲍林。他从未停止过谈论或思考”。共同的理想,共同的思路把这两个国籍不同、背景有别、年龄悬殊、性格各异、专业径庭的人紧紧联系在一起,开始了现代生物史上最有效,最激动人心的合作,携手向20世纪生物学的高峰发动冲击。

1944年,艾弗里等发表了一篇非常重要而谨慎的所谓“转化因素”的文章,指出了DNA可能是遗传信息的载体,是“转化因子的基本单位”,但他谨慎地回避了“DNA是基因,基因只不过是DNA”的结论。因此,人们当时对遗传信息的载体到底是DNA还是蛋白质仍争论不休。

沃森、克里克认为 DNA 可能是遗传信息的载体，力图以弄清 DNA 的化学结构来说明其遗传功能。这充分说明他们的远见卓识以及学科交叉的好处。沃森是生物学家，是在著名的噬菌体小组成长起来的，深受德布吕克和导师卢里亚的影响。卢里亚凭经验和直觉顶感 DNA 是遗传信息的载体，而且他还进一步指出“要知道基因如何发挥作用、必须知道基因是什么以及它是如何组成的”。加之沃森对生物化学、量子化学有过研究，听过核酸和蛋白质的讲座，有着广阔的视野和背景知识。克里克则是位多年从事物理学研究的科学家，对生物学有浓厚兴趣，从 1949 年起就在卡文迪许实验室从事蛋白质的 X—衍射研究，处于结晶分析的前沿。两者的结合，使他们能从多方位、广角度来审度科学进展中的关键问题，他们“选择了一个正确的问题并坚持它”。同时认为“分子生物学的中心问题是基因的化学结构”。这使他们在战略上高人一筹，所向披靡。他们在吸收和借鉴各学派的研究成果的基础上，决定立即利用已有的材料和事实构筑一个 DNA 的分子模型，用以解释 DNA 自我复制和指导蛋白质合成的双重功能。

模型方法是现代物理学广泛采用的方法。由于现代科学研究已深入到分子、原子、粒子等微观客体，这类现象已无法直接靠人的感官来把握，而需借助复杂的仪器对事物的某些特性、状态、行为进行观察、探索，然后经过思维加工处理，甚至以猜测的方式形成对事物的抽象认识，形成数学关系和空间的结构模型。它从若干侧面反映了对对象的本质和关系，具有简明扼要、单刀直入、易于沉其本质的优点。建立模型有赖于材料和数据，但是一旦建立了模型，它往往能够加深人们对实验数据的理解、取舍和判断，并对实验提出新的更深入的课题。

沃森、克里克建立 DNA 分子模型时，并非单纯考虑其结构，而是始终联系它的功能和信息。他们开始设计就注意到 DNA 是一个不仅会与 X 射线资料一致，而且将顾及自催化（指 DNA 本身的遗传自我复制）和异催化（指 DNA 如何指示蛋白质的合成）双重功能的分子模型。他们这种以分子模型结构及其活动来描述生物的遗传行为——“自我复制”的思想是绝无仅有的、破天荒的大胆创造。

正是在这种思想指导下，他们解决了碱基序列的随意性和结构规律的矛盾，即碱基互补与螺旋双链的反行走向，从而在极短时间内取得了重大突破，把本来走在他们前面的鲍林、威尔金斯、富兰克林远远抛在后面。

鲍林是世界结构化学的权威，虽然他就化学上 DNA 分子结构的多链、氢链提出了有创见的思想，但由于他没有生物学的知识，无法解决碱基互补问题而卡了壳，长期徘徊。

富兰克林是结晶结构学家，已非常接近完成结晶结构 DNA 分子模型。由于囿于自己狭窄的学科范围，认为“建立 DNA 结构模型的唯一办法是结晶学手段”，因此她虽然制作了最好的实验样品，拍出了当时世界上最好的 DNA X—衍射照片，但她缺乏用生物学的观点来建立 DNA 模型的思想。这使她失去了摘取科学桂冠的良机。

威尔金斯在 DNA 结晶学方面处于世界领先地位，“他主要的目的是研究分子本身的结构，他从未打算在他的结构理论中考虑通过任何实际途径去说明生物遗传的功能”。

沃森和克里克先后建立了三个 DNA 空间结构模型，前两个都失败了。1951 年他们很快地就建立了第一个模型。这是一个三链模型，糖——磷酸骨架在

结构内侧，碱基在外侧，呈螺旋状，三链分子内部之间的结合是靠金属粒子镁或钠等。这个模型建立后，他们自以为螺旋结构的主要参数都符合 DNAX—衍射材料所反映的事实，于是就以乐观的心情向皇家学院 X 射线衍射小组通报了 DNA 模型的建立。第二天威尔金斯一行来到剑桥，立即发现他们对实验数据理解错了，结构中的镁离子会被水包围，从而不可能与磷酸基团桥联形成“稳定的中心立柱”。他们对富兰克林本人标本中的水含量也理解错了。富兰克林向他们指出：“正确的 DNA 模型中至少含有比他们的模型要多十倍以上的水”。这个三链结构被否定了。

在第一个模型被否定之后，沃森去研究烟草花叶病毒。克里克去研究蛋白质，同时他们仍然保持着对 DNA 结构的兴趣，频繁地与有关人士保持多方面的接触，密切注视与此有关的情况和信息。后来他们从同一办公室的小鲍林那里知道鲍林建立下一个 DNA 分子模型与他们一年前建立的模型相似。他们感到第一个模型虽然失败了，但工作还是领先的，于是便以更大的热情重新建立 DNA 空间结构模型。

第二个模型首先要确定的是链数问题。在第一个模型被否定后，他们懂得决定 DNA 分子链数的唯一依据是 X 射线衍射材料。当时取得第一流 X 射线衍射照片的威尔金斯小组的主要人物认为，X 射线资料倾向于排除双链结构。但是他们当时不准备发表实验结果。

沃森于 1953 年初参观了皇家学院的实验室，在那里看到富兰克林拍下的非常出色的 DNA 结构 X 射线衍射照片。沃森认为，照片没有排除双链模型。根据照片提供的信息，他认为可能是双链。他之所以做出双链的估计是因为他对照片图像作出了正确的鉴别和分析，另外生物体中普遍存在的对称性对他也是一个启发。

沃森回到剑桥后，便立即决定建立双链结构。关于骨架在分子中的位置问题，也是在访问皇家学院之后解决的。在访问前，沃森倾向于骨架在内的方案，克里克、富兰克林、威尔金斯都认为骨架在外。当沃森访问皇家学院后得到了富兰克林 1952 年底向室内汇报工作的副本，看到骨架在外的观点已被实验证实，立即把骨架位置确定下来。

至于两链间的结合力问题，金属离子键已被否定了，剩下的可能是碱基堆积力或是氢键结合力。沃森和克里克知道鲍林已经建立了氢键连接的三链结构。1952 年 6 月他们先后与美国分析化学家查哥夫和剑桥青年数学家洛里费思会过面，从查哥夫那里知道嘌呤与嘧啶的碱基比是 1:1，从后者的计算结果得知碱基间的结合力是腺嘌呤 (A) 吸引胸腺嘧啶 (T)。可是在半年多的时间里，他们没有采用这个结果。因为有人对查哥夫的结果持不同意见，同时他们对格里费思的计算结果又不敢轻易相信。特别是克里克，当时他头脑中已有的错误假定排除了氢键连接。后来沃森已认识到是氢键连接，而克里克仍然坚持自己的错误想法。沃森决定按新的认识来建立由氢键连接的模型。

他们所面临的最后的难关是碱基配对规则问题。4 种碱基有 16 种可能的配对，由于已有了查哥夫的碱基比和格里费思的计算，加上当时的 X 射线衍射材料，应该说正确的配对规则已不难解决。克里克根据这些情况深信碱基是互补的，可是由于他在氢键问题上陷入困境，未能立即着手建立双链互补模型。沃森则坚决不肯考虑互补配对。他偏爱相同的碱基配对，其原因有两个，一是他受遗传学权威缪勒的影响，缪勒也因偏爱对称性而赞成同配；二

是沃森把达维森的《核酸的生物化学》一书中关于碱基异构体的错误构型做力正确的结构加以接受。

第二个模型就是沿着这个思路产生的。这个模型是双螺旋，糖——磷酸骨架在外侧，碱基在结构的中间，碱基按同配原则配对，中间由两个氢键连接。这是一个对称链而不是互补链结构，从而破坏了 DNA 结构的规则性。

1953 年 2 月 19 日，当沃森正对他的同配对称链的建成而兴高采烈时，结晶学家乡诺休指出了他们模型中的错误，并同沃森发生了争论。由于克里克对同配模型也持否定态度，沃森只好放弃。这样第二个模型只存在 24 小时便寿终止寝了。

多诺休的正确意见使沃森和克里克茅塞顿开，豁然开朗。三人同时想到应当把碱基放在一起形成氢键。由于采用酮型，克里克证明同配是不可能的，于是沃森开始考虑其他可能的配对方式。

同多诺休争论后的第二天，沃森来到办公室又摆弄起他的模型。当他放弃同配方案，以其他各种碱基配对的可能性来回移动碱基时，终于发现了 DNA 双螺旋碱基互补的分子结构。当天中午，克里克跑到小餐厅，激动地向众人宣布：“我们已发现生命的秘密了！”

又经过三周的反复核对和完善，沃森和克里克于 3 月 18 日终于成功地建立了 DNA 分子双螺旋结构型，并于 4 月 25 日在英国《自然》杂志上刊出。

这个 DNA 双螺旋结构的整个模型后像一个向右螺旋上升的楼梯，“梯子”两边的“扶手”是用磷酸和脱氧核糖相间连接而成。中间的“踏脚”是分别垂直于糖分子上的两个碱基。碱基间由弱化学键——氢键相联。

由于这是世界创举，他们写得比较谦逊：“据我们所知，这个模型跟实验数据是大体上符合的，但在未作更精确的结果检验之前，必须把它看作是没有被证明的。”

从碱基互补原则，克里克立即联想到了遗传物质可能有的复制机制，即 DNA 两条链都含有一套遗传信息，只要决定了一条单链的碱基排列顺序，另一条按照碱基互补规律就可“复制”出来，而且任意一条单链所带的碱基排列信息经复制后都是相同的。因此他主张在文章中加上 DNA 的特定配对原则，以表明遗传物质可能具有的复制机制。但沃森担心，这样做会弄巧成拙，同出笑话。克里克则据理力争，坚持要加上这个意思，认为他们不这样做，其他人也会这样做的。

结果，在这篇不到 2000 字的论文结尾，加上了这样一段话：“我们未曾忽视，我们提出来的碱基特异性配对的原则，展示出遗传物质可能有的复制机制。”著名生物学家斯但特称之为“科学文献中最伍泥的陈述之一”。但正是这段文字，使他们不仅发现了 DNA 的分子结构，而且从结构与功能的角度来解释 DNA，从而把分子生物学的研究推向新的高峰。

在《自然》杂志同期上还发表了威尔金斯、富兰克林和戈斯林署名的来信。他们分别出示证据，支持沃森、克里克提出的 DNA 双螺旋模型。特别是富兰克林热情洋溢地写了支持文章，她哪里知道沃森、克里克的成果不少来自她那被悄悄泄露的研究报告。沃森受她这封信的启示，数星期后又有《自然》杂志上发表了关于 DNA 复制的假说，即半保留复制机制。他们写道：“这就必然意味着长链分子中，可能存在着许多种不同的置换方式”，“并且由此可以看出在这种结构中，碱基的精确顺序似乎是携带遗传信息的密码”。它为进一步揭示遗传信息的奥秘描绘了前景。

沃森、克里克 DNA 模型公布后，立即引起世界各国科学家的强烈震惊。鲍林写道：“我相信 DNA 双螺旋的这个发现及这个发现将要取得的进展，必将成为一百多年来生命科学以及所有我们对生命认识的最大进步”。德布吕克则在给他们二人的信中写道：“我有一种感觉，如果你们的模型是正确的，如果所建议的有关复制的本质有一点正确的话，那么地狱之门就会打开，理论生物学就将进入一个最为激动人心的时期。”1953 年在美国冷泉港召开的定量生物学会会议上，大会主席德布吕克邀请年仅 25 岁的沃森在后排就坐，这个殊荣反映了科学家们对沃森、克里克科学贡献的高度赞扬和重视。1962 年沃森、克里克和威尔金斯一起获得了诺贝尔生物、医学奖。

沃森和克里克这两个生物学界的无名小辈，在他们合作的短短 18 个月里，就建立了 DNA 的双螺旋结构模型。这是 20 世纪最重大的发现之一，它宣布了 20 世纪一门崭新学科——分子生物学的诞生，从此开始了从分子角度来研究生命的历程。我国著名生物学家谈家桢指出，DNA 分子的发现“不仅是生物科学的重大突破，也是整个自然科学的辉煌成就，其意义足以同迄今已有的任何一次科学发现相媲美。”40 年来，生物学研究的每一项重大发展，可以说都与这一发现直接或间接相联系。

沃森、克里克之所以较迅速地完成了一项重要发现，原因之一是“选择了一个正确的问题并坚持它。”他们都具有广阔的视野，能审度科学进展中的关键问题与趋势，从而作出正确的选择。他们认为，分子生物学的中心问题是基因的化学结构，并以此作为主攻目标。

如果说发现重大问题还不大难的话（一些出色的学者都能做到），那么判断如何以有限的时间使科学研究迅速取得成果，就不那么容易了。在当时研究 DNA 结构的 3 个小组

中，胜利者是沃森和克里克，而不是其他两个小组，其中的关键就在于他们看出问题的解决可能有个“捷径”。克里克谈到：“吉姆（沃森）与我观察到的东西是这个（问题）的答案可能有捷径，事情可能不完全像看起来那么复杂”。所谓捷径，实质就是迅速取得成果的方法。

他们自己没有做实验，也不打算形成假说之后，安排实验检验假说。直接进行遗传学实验，卢里亚等人仍在做，但不能解决 DNA 的结构问题。用 X - 射线衍射对 DNA 进行直接观察，威尔金斯小组在做。仿照威尔金斯的做法，只能跟在别人后面走，在他们看来，这也不是最快取得成果的方法。这时鲍林成功地建立了蛋白质的 α 螺旋模型。他的方法主要是根据量子化学的最新成就，去探索蛋白质结构中的原子相互位置及维持结构稳定性，然后根据化学规律，建立起分子模型。沃森写道：“鲍林不用纸和笔，他的主要工具是与学龄儿童玩具类似的一组分子模型”。沃森、克里克由此受到了启发，把采用模型方法作为建立 DNA 分子结构的捷径，终于揭开了生物遗传信息传递的秘密，摘取了“分子生物学”的桂冠，成为科学殿堂中的佼佼者。

吴女士积健为雄始推翻宇称定律

1957年，美籍物理学家李政道和杨振宁，由于发现了弱相互作用中宇称不守恒定律而荣获诺贝尔物理学奖。另一位华裔物理学家吴健雄当之无愧地也把自己的名字刻在这块科学丰碑上了。当有人为吴健雄未能分享诺贝尔奖而感到遗憾时，吴健雄对此却淡然处之，对朋友说：“李政道、杨振宁大胆地提出了推翻宇称定律的新理论，他们荣获最高科学奖金是当之无愧的，我为他们感到欣慰下已。”在谈到自己的工作时，她谦虚他说：“我只是在一旁帮了他俩一下点儿小忙而已。”她的信条是：“我是一个学人，从未想及任何荣誉。”曾任美国驻意大利大使的卢斯夫人这样评价道：“当吴健雄博士将“宇称原理”（通俗他说，即左右对称原理）推翻时，她也就建立了男女之间的‘宇称原理’。再也不能说妇女不能站在科学成就的顶峰之上了。”

苏州太仓，人杰地灵。与崇明岛隔江相望的洲河镇，更是素享“大国码头”之誉。清朝末年，出身书画世家的吴仲裔创办女子初小，闻名遐迩。

1912年5月31日，吴仲裔喜得一女，依长子健英之序，起名为“健雄”。后来。又得一子，取名力“健豪”。他给自己二子一女顺次取名为“英”“雄”“豪”三字，寄托了对后辈的殷切期望。

健雄自幼聪慧过人，11岁毕业于浏河乡女子初小。尔后一人来到苏州第二女子师范学校。父母看她年龄尚小，劝她再读一年小学。但志存高远的健雄还是毅然告别了双亲。只身来到苏州。

1927年，年仅15岁的吴健雄师范毕业，担任一所小学的教师。

吴健雄从小就对理科很感兴趣，但当时学校开不出理科的课程。她把这些想法告诉了父亲，父亲当日下午就去上海买回几何、代数、三角等书籍，这是吴健雄最早对理科发生兴趣。从此便一发不可收。

1930年，吴健雄被学校保送推荐上中央大学，开始了她的求学之路，先是学数学，但她更感兴趣的是物理，尤其是那些奇妙的物理实验听揭示的美妙世界，对她具有莫大的吸引力。在她的一再要求下，一年后转到物理系，从此奠定了她一生事业的专业基础。

1934年，22岁的吴健雄大学毕业，获学士学位。毕业后，她先是受聘于浙江大学物理系任助教，后又转到中央研究院从事物理研究。

1936年，刚刚24岁的吴健雄，怀着攀登人类科学之巅的雄心壮志，离开灾难深重的旧中国，自费赴美国深造，当时的《大仓明报》刊登了她的告别辞：“学成归来，将不知国家如何？……”

上岸是旧金山，从此踏上了一片新的土地。来不及更多的“望洋兴叹”，她就到了加利福尼亚大学伯克利分校，攻读研究生。

她曾这样谈她当时的求学动机：“本来，我是打算到康奈尔念书的，可是到加州大学参观后就不想去了，后来进到物理系。直到今天，我仍然认为那是一个顶重要的选择。也就是从那个时候开始，加州大学物理系在理论和实验方面，一步一步往前走，成为世界核物理的领袖。另一个想法就是，我当时英文底子不够好，加州大学正好没有中国留学生，这样可以鞭策自己锻炼英文。”吴健雄是幸运的，从一开始，她就得到名师指点，诺贝尔奖得主赛格雷、奥本海默教授都教过她的课。由于学习成绩优异，她获得了奖学金。

吴健雄学习非常刻苦，特别是对实验物理有很浓厚兴趣。当时只要一听说哪个同学的实验坏了，做不好了，就赶快去看。因为平时只能看到人家做

实验，但无法知道是怎么回事，只有在仪器坏的时候，东西都拆开了，你帮助他修理，就什么东西也看到了。究竟是一股什么力量促使她那么刻苦进取？吴健雄回忆道：“我在伯克利的时候，就想到将来回到中国怎么办；再过三四年，我要回来，到一个学校任教，如果要当教授，就什么都落到你肩上，那时，你若不能胜任工作，该怎么办呢？我特别忘记不了我的老师胡适先生对我的关心。有一次，胡先生在美国给我写了一封很长的信，至今有一段后仍记忆犹新，‘吴女士，我知道你到美国求学的雄心和抱负，希望你在美国读书期间，不要念书念得大杂。利用你在美国的条件，注意美国文化各方面的内容，使学识阅历更广泛些。’”

赛格雷对吴健雄更是称赞备至，他说：“吴健雄是我在伯克利的第一个学生，当时她从故乡苏州到达们克利，她的毅力和对工作的献身精神使人想起了玛丽·居里，但她更乐于与人交往、更典雅、更机智……”她的博士论文导师就是发明回旋加速器的诺贝尔奖得主劳伦斯教授。他看到吴健雄是位年轻的中国姑娘，劝她不要攻读原子物理学，他认为太艰深，怕吴健雄吃不消。可是吴健雄不改初衷，毫不动摇，在劳伦斯的指导下，于1940年获物理学博士学位。继而在马萨诸塞州罗森普顿史密斯学院和普林斯顿大学执教。

1944年吴健雄开始在哥伦比亚大学任职，参加了著名的“曼哈顿计划”，该计划是美国在第二次世界大战期间原子弹研究工作的代号。曼哈顿计划遇到了困难，特别在最初的汉佛原子炉制造中，其连锁反应在几小时之内莫名其妙地消失了。当时，所有专家都对此束手无策，后来，在赛格雷教授建议下，求教于吴健雄才得到解决。原来，吴健雄早在其毕业论文中就对原子核分裂时产生的“稀有气体”进行了详细研究，并指出是这种“稀有气体”毒杀了连锁反应。尔后，研制组制成了解毒剂。在汉佛原子炉实验的基础上，第一颗原子弹终于在美国研制成功。1946年，吴健雄因成绩卓著被接纳为哥伦比亚大学的编内一员。1952年提升为副教授，1958年升为正教授，同年被选入美国科学院院士。

守恒定律是物理学的基础，这已是公认的了。然而，这些定律不过是我们简单的时空对称概念的结论。从各种对称性的假定，可以构成不变性原理，而应用不变性原理，就导致守恒定律。例如，经典物理学最重要的守恒定律是能量与动量的守恒，它阐明了时间与空间是均匀的和各向同性的。就是说，假如今天在亚洲进行了一项实验，明天在欧洲演示了这项实验，后天在美洲又重复了同样的实验，这些实验的结果不因时间与地点的不同而有所改变。宇称守恒的观念最早是从分析复杂原子的光谱中总结出来的，后来才证明它是电磁相互作用在空间反射变换下不变的结果。自匈牙利物理学家威格纳于1927年提出，并建立起宇称守恒的观念以后，它被推广到一切相互作用，确定了以原子分子和原子核的量子态以及各种粒子的宇称，并在解释反应过程中的选择定则上取得了巨大的成功。

从提出宇称守恒并建立起它的空间反射对称性的联系后，物理学家对宇称守恒有高度的信心。有一种先验的看法，认为物质运动的规律既不依赖于时空原点和坐标轴方向的选取，它为什么要依赖于坐标轴的取向呢？空间反映既然是空间的对称性，它就应当具有所有在时空中运动的体系都要遵守的普适性。

50年代初期，人们陆续发现了许多奇异粒子，从实验观察中发现有衰变方式不同而质量和寿命相同的两种粒子，一是衰变为两个介子的粒子，

另一个是衰变为3个介子的粒子。由于介子的内禀宇称为-1，由宇称守恒出发分析，粒子和粒子的内禀宇称相反，因而不可能是同一种粒子。但如果它们不相同，为什么它们的质量和寿命在实验误差范围内又是相同的呢？这就是著名的“ θ - τ ”之谜。当时，“ θ - τ ”，谜成为粒子物理的中心研究课题，提出过各种可能的解谜方案。由于宇称守恒在当时是一个已有实验证明的定律，绝大多数物理学家又对以时空对称为基础的守恒律深信不疑，因此很少有人愿意认真地想一想在某些新条件下宇称不守恒的可能性。

衰变是弱相互作用中最早被人发现和研究的最详细的现象。费米第一个提出 β 衰变理论。但是，费米理论在刚提出时并未很快为人们所接受。1933年，英国《自然》杂志以大抽象、没有实用价值为理由拒绝发表费米的论文，后来他只好把这篇论文送到意大利的一家科学杂志和德国的《物理杂志》，才被接受并发表。

费米理论早期的不幸遭遇主要在于没有及时得到实验验证。原因是当时人工放射性原子核还应用得很少，核 β 衰变的能谱实验还很缺乏。1939年劳森和科克才基本上从实验上验证了费米理论。第二次世界大战后，吴健雄和阿尔伯特仔细地研究了 ^{35}S 和 ^{64}Cu 的能谱，发现他们的实验结果与费米的理论预言符合得很好，才完全地确证了费米理论在研究原子核 β 衰变现象中的地位。

为了解决1954—1956年以来的令人困惑不解的“ θ - τ ”之谜，1956年夏天，李政道、杨振宁在罗彻斯特大学召开的两年一度的国际高能物理会议上提出了弱作用中宇称不守恒的假设，他们从大量的实验数据分析中，得到了下述结论：虽然在强作用和电磁作用中宇称守恒已为实验所证实，但是在弱作用中宇称守恒仅仅是一个推广的“假设”，所有以前做过的有关弱作用的实验仍是这样一类实验，它们对于这种作用是否导致宇称守恒是不敏感的，并没有牢靠的实验基础。自从1927年提出宇称概念以后，在原子与分子光谱学中，宇称守恒定律被证明是十分有用的，在50年代中期，已经把它的位置看作同经典守恒定律一样近乎神圣不可侵犯。这就是说，还在关于弱作用的理论有任何进展之前，宇称守恒定律就已经如此牢固地建立了。在1956年下半年《物理评价》的一篇论文中，李政道、杨振宁提出“可以把现在的‘ θ - τ ’之谜看作弱作用中宇称不守恒的一个表现”。

李、杨还建议，为了从实验上验证在弱作用中宇称不守恒，应该测量那些由在空间反射下改变符号的赝标量所组成的物理量。李、杨讨论的一种类型实验便是做原子核的 β 衰变实验。

科学需要异想天开和大胆假设，科学更需要严格的实验验证，不然理论就会成为无源之水，理论就只能是美妙的幻想。要想验证李、杨的假说，相当困难，这不仅需要深厚的理论知识，同时需要丰富的实践经验和超人的实验技巧。

1966年早春的一天，李政道教授到吴健雄教授的普平实验室，商量对宇称守恒定律的实验证明，重新唤起了吴教授对 β 衰变的兴趣，因为在1946—1952年，吴健雄曾全身心地进行 β 衰变的研究。在李政道教授离开时，吴健雄对他提供的有人建议用核反应产生的极化原子核或用来自反应堆的极化慢中子束两种方法都很怀疑。她认为最好用磁方法处理 ^{60}Co 源的问题。后来的实践证明，那是一个至关重要的幸运的决定。

科学使炎黄子孙走到一起来了，他们在从事着一件为华人争光的事业。

李政道教授走后，吴健雄从头到尾考虑这件事，对于一个衰变物理学家来说，完成这样一个决定性的实验实在是一个极为珍贵的机会，怎样来完成？即使回过来说，如果衰变中宇称守恒是正确的，实验结果至少给出违反宇称守恒的上限，从而终止宇称守恒不被违反的进一步猜测。吴健雄面对两件事的挑战，这两件事都是她以前从未遇到过而且都是难事。一是将一个电子探测器置入处于液氦温度的低温容器之中并要使之工作，另一件事是将一个源置入一个薄的表层内并使它在足够长的时间间隔中极化，以获得足够的统计精度。

也就是在那年春天，吴健雄和她的丈夫袁家骝，本来计划参加在日内瓦举行的高能物理国际会议。随后再去远东作旅行讲演。他们从1936年离开祖国，已经有20年，思乡之情与日俱增。所以，他们老早就在伊丽莎白皇后号上预订了座位。但是，吴健雄突然意识到她必须立即进行实验，在物理学界的同仁认识到这项实验的重要性之前，第一个来做实验。虽然她觉得宇称守恒定律的不正确的可能性是极小的，可她还是决定要做出个水落石出的检验。因此，她向丈夫袁家骝提出，自己留下来做实验，由家骝一人独自前往。多年的夫妻合作，家骝深知健雄的个性，她是除非不干，一千就非得一鼓作气做好。他理解妻子，一人独自踏上了伊丽莎白皇后号。

吴健雄有一个虽小但很精干的低温研究组，一切都在期待中进展着。

大凡一个多少年以来一直为人们沿用的金科玉律。总有它存在的道理，不然的活，为什么那么多人都相信呢？

吴健雄最担心的事终于发生了：表面薄层的极化不足以持久到能进行表面观测。吴健雄到处求教，遗憾的是生长大尺寸的晶体特别困难。刚巧，他们在图书馆找到了一本在半个世纪前由德国出版的一本书，这本巨著已经在图书馆柜顶上蓄积了几十年的灰尘，其中一部分资料给她的工作带来新的生机和希望。正像许多重要发现存在于偶然一得一样。一天傍晚，她的一位女学生带了一个小玻璃杯和一些硝酸铈镁化合物回家，在烹调晚餐时，将盛有一些硝酸铈镁的烧杯也留在炉子上，当溶液被加热后，更多的硝酸铈镁溶解其中。她再加入更多的硝酸铈镁，直至溶液过饱和。

第二天早晨，她将一块尺寸约1厘米的透明硝酸铈镁晶体带到了实验室，当吴健雄见到它时简直都不敢相信自己的眼睛！她立即想到应该尝试用类似的方法来大量生产硝酸铈镁晶体，后来终于提炼了大量的具有商品质量的硝酸铈镁，随后使用了大量玻璃烧杯，在其中盛了过饱和的硝酸铈镁溶液。这些烧杯被置入罩内，而罩内的温度由一组加热灯来控制，通过平缓地降低温度，3个星期后又得到了大约10块硝酸铈镁完美的大单晶。30年后，吴健雄回忆当时她带着这些宝贵的晶体返回华盛顿时的心情时，她感到自己是“世界上最快乐和自豪的人”。

在那段时间里，吴健雄一方面要到华盛顿美国国家标准局，利用那里的低温条件做实验，另一方面她还要在哥伦比亚大学从事教学和其他研究。当时，她经常跋涉于纽约与华盛顿之间，来回1000多公里。适逢她爱人袁家骝出国，家中还有一个9岁的孩子。就这样来去匆匆用了半年时间，到1956年12月中旬，她终于看到了与射线各向异性效应标准相符的真正的非对称效应。

事情往往是这样，越是出入预料的惊喜，有时反越会有点不相信自己的眼睛。她告诫自己，在把结果向外发布之前，必须进行更为严格的实验校核。

吴健雄告诉李政道，不对称效应是大的和可重复的、但必须把它看成是初步的结果，因为尚未完成系统的实验校核。

尔后几周，吴健雄对其实验结果进行严格的实验校核。圣诞之夜，大雪飞舞，机场关闭，当人们与家人一起庆祝这传统节日时，吴健雄却乘火车又来到了纽约，告诉李政道，非对称参数 A 作快速的粗略估计约为 -1 时，李政道教授马上声言这是很好的结果。

被喜悦激荡着的李政道，来不及考虑那么多，就把这一爆炸性的新闻传出去了。吴健雄感到惶惑不安，十几天没有睡好觉，因为对这一新的结果她尚无把握，万一站不住脚，岂不贻笑大方。她反复考虑并设计出多种方案来否定这一结果，只是当所有企图都失败后，她才放心地发表她的结果。

1957年1月9日早晨2时，这是一个永远值得纪念的日子。往日繁忙和紧张的实验室，今天特别安静和松懈。吴健雄低温小组的同仁们终于聚集在一起庆祝这个伟大的事件，他们打开了一瓶1949年由法国葡萄种植园酿造的葡萄酒，举杯庆祝推翻宇称定律。

1月15日下午，哥伦比亚大学物理系召集紧急会议。向公众宣告戏剧性地推翻了物理学的一个基本定律，即被称为宇称守恒的定律。次日，纽约各报刊出头版标题《物理学中的基本概念宇称守恒在试验中被推翻》。这个新闻闯入了公众视野，并很快传遍世界，如同那时剑桥大学弗里施教授在一次讲演中所描述的那样：“冷僻的语句‘宇称不守恒’如同新的福音环绕着地球。”像通常那样，在一个重要发现以后，他们被邀请去讲演、交谈和出席会议。1月底，美国物理学会在纽约举行年会。在会上他们作了宇称不守恒的讲演。后来达罗用他生动诙谐的笔在美国物理学会公报2(1956-57)上记下了这件事：

“此外，在星期六下午，规定我们自由使用的最大讲演，厅中塞满了如此之多的人，他们中的一些除了没有将自己挂在灯架上以外，什么都做了。”

宇称定律的被推翻，在整个物理界引起震惊。诺贝尔奖获得者、著名理论物理学家泡利在听到李、杨的工作时曾写信给韦斯可夫教授。他在信中写到：“我不相信上帝是一个无能的左撇子，我愿意出大价和人打赌，实验的电子角分布将是左右对称的。我看不出有任何逻辑上的理由说明镜像对称会和相互作用的强弱有关系。”

在听到吴健雄等的实验结果后，泡利又写了一封信，信中说：“现在我应当怎么办呢？幸亏只在口头上和信上提起。而没有形诸文字，也没有认真打赌，这是一件好事，不然输那么多钱，我哪里负担得起呢？不过别人现在是有权来笑我了。”“使我震惊的还不是上帝是左撇子这一事实，而是他为何在强表现时仍是左右对称的呢？”

9月，国际核物理大会在意大利召开，一同取道开会的泡利利用去意大利途中的时间与吴健雄教授讨论宇称结果。他在写给他妹妹的信中描写了激动的心情，“物理学与来自美国的中国移民一道成了我的护航士，吴女士对物理学是如此着迷，正如我年轻的时候一样。我疑惑她是否注意过外边满月的光华——这也对我印象深刻。她给我的解释是如此的彻底与准确……”

10年后，吴健雄在她的“衰变研究和宇称不守恒的历史”一文中写下了这样一段后：

“这个被我们看成物理世界基本定律的突然被推翻，其势如万马奔腾，沿这个方向的工作以空前的速度前进。首先，宇称不守恒在 $\pm \mu \pm$

\pm 的衰变中和其他不属于核衰变的弱相作用中也被发现。这样，宇称不守恒就成了弱相互作用的基本特性了，随即普适费米 CVC 也被证实，弱相互作用自被确认为自然界四种基本相互作用之一以后，现在它被看成弱—电相互作用，我们非常有幸能有机会参加这样伟大的壮举，那是令人精神振奋和狂喜的时刻。看一看这惊奇绝妙的事件就足以报答你毕生的努力。正是这些令人激动和崇高的感情使我们科学家永远向前迈进。”

吴健雄除了为李、杨验证了宇称不守恒的假说而使李、杨获诺贝尔奖外，1963年，吴健雄教授又与哥伦比亚大学其他两位物理学家合作，以实验确定了1958年由美国物理学家费曼和盖尔曼提出的在核理论进展中有许多重要影响的核衰变矢量流守恒理论。费曼与盖尔曼以后分别获得1969年和1965年的诺贝尔物理学奖。

在吴健雄的科学生涯中，她获得许多“第一”的荣誉和不朽的光环：

1958年，当选为美国科学院院士。

1958年，成为科学研究基金会第一位女性获奖者。

1958年，成为普林斯顿建校100周年第一位女教授，第一位女荣誉博士。

1964年，美国国家科学院第一位5年一度的康斯托克奖女性获得者。1975年，任美国物理学会第一位女会长。

1975年，获美国总统福特颁发的国家科学勋章。1978年，获美国物理学最高奖沃尔夫奖。

1981年，意大利总统授予她“年度杰出妇女奖”。1990年，中国科学院紫金山天文台将第2752号小行星命名为吴健雄星。

1991年，获普平纪念奖章。

她先后获得50几个荣誉奖章。

一位美国诗人、费米国家实验室主任的夫人写了一首赞美吴健雄的诗。

你上“大都会”去观赏中国艺术。

力精致、美妙和想象葱茏而着迷，或远离市中心去拜会衣冠楚楚的女主人——中国赠于吾邦的厚礼。

我们讴歌的女士比“秦朝”年轻，若要在古董中寻找她的同类：

她比坚韧的青铜还富光彩。

她比宋代的瓷器更为珍贵。

啊！新生的凤与工作的龙浑然化为一体，龙凤呈祥。

缔造她当之无愧的声誉。让我们同声欢呼，吴健雄，科学的女皇！

自然界是惯于捉弄人的。人们常把吴健雄等人的实验与迈克尔逊——莫雷实验相比较，一方面是因为两者都为奠定新的科学观念迈出了决定性的一步，另一方面则是惊叹大自然的莫测高深。当所有的人都期待迈克尔逊——莫雷实验给出以太存在的例证时，实验的结果却以极高的精确度打破了这种主观愿望：而绝大多数物理学家都安心地等待着宇称必守恒的实验结果时，却出现了宇称不守恒。泡利的几封信反映了当时物理学家的普遍心态，他们从不相信转为受到震惊，被迫接受宇称在弱相互作用中不守恒的事实。从这里也可以看到在当时提出弱相互作用宇称不守恒，不仅要有高度的智慧和透彻的分析，还要有超群勇气。

宇称定律的推翻再一次使得这样的思想深入人心：科学不是静止的，从来就是向前发展着的，它涉及的不仅仅是新知识的积累，还有老知识的不断修正，从地平说到地球说，从经典的牛顿力学到量子力学，有很多例证。怀

疑那些久已被人所相信的东西是一种胆识，不断探索以求验证将推动科学车轮前进。

李政道教授曾说过，“吴健雄在研究领域，是独一无二的，她在测定中，从没有犯过错误。”在一些科学讨论会上，往往会对实验测定提出疑问，但人们常常听到这样的说法：“当然，如果这些测定是吴健雄教授做的，那就毋庸置疑了。”她的测定被人们称为信得过的测定，这个荣誉，是吴健雄教授通过成千上万次精细的操作，熬过无数个不眠之夜，化了心血后才得来的。的确，作为一位实验物理学家，吴健雄作风严谨、一丝不苟、这正是她积健为雄，实至名归之道。

为国争光锲而不舍爆炸两弹死而无憾

1958年8月的一天，担任二机部副部长、原子能研究所所长职务的物理学家钱三强把邓稼先找去谈话。钱三强故意不直接点破地问道：“稼先同志，国家要放一个大炮仗，调你去做这项工作，怎样？”“大炮仗？”邓稼先马上明白这是原子弹。他来不及细想，便半是自言自语地说：“我能行吗？”邓稼先清楚，搞原子弹研制工作，就意味着从此隐姓埋名，不能发表学术论文，不能出国……但他服从了组织上的调动。这天晚上，邓稼先回到家中告诉妻子：“我的生命就献给未来的工作了。做好了这件事，我一生就过得很有意义，就是为它死了也值得。”

二机部九局是中国的核武器研究院，后来改称九院。它开始时设在北京郊外，不久即迁到青海省大草原上，以后又迁往大西南崇山峻岭中。

1958年8月，九局在北京城外北郊划了一大块高粱地作为院址，叫做三号院，我国最尖端的国防科研单位就要在这一片土地上兴建。

“白手起家”，几乎可以说是1958年大跃进的时代精神。这种精神曾因过度膨胀而带来了违背客观规律的失误，但在另一方面却也激发出人们巨大的创造性和工作热情；包括核武器研制工作这样的成就，在很大程度上也是得益于它的鼓舞。

邓稼先是被选来这里工作的第一位高级研究人员。他和不久后从全国各名牌大学调来的几十个优秀毕业生一道，砍高粱、挑土、平地、修路、砌墙、抹灰、愉快地做着建筑工地上的杂工工作。

1959年6月，中苏关系破裂，苏联政府单方面撕毁了一切合同，不再向中国提供原子弹模型和生产原子弹的技术资料。这种背信弃义的行为激怒了中国人。中共中央马上在1959年7月作出决定：自己动手，从头摸起，准备用8年时间把原子弹造出来。为了记住1959年6月发生的这段“国耻”事，中国领导人特意将研制自己的原子弹的工程定名为“596工程”。原子弹是近代各种科学技术的高度结晶，几乎牵涉到国民经济所有的生产部门和技术领域。因此，需要数以千计的科研、生产单位通力协作。但是，因为原子弹又是世界上的尖端武器，拥有核武器的国家都采取最严格的保密措施。美国科学家卢森堡夫妇因为泄露了一点秘密，受电刑处死，这早已是人所共知的事情了。以中国当时的科技、生产水平，面对这样一个高难度的复杂的科技问题，攻关究竟从哪里下手呢？

苏联专家在撤走时，曾断言：“中国二十年也搞不成原子弹。”他们在走之前烧毁机密材料的忙乱之中，不留神掉下了一些碎片。二机部领导要求邓稼先来整理碎纸片上那些像眉毛形状的一条弧线和数字。这当然下只是心细手巧的技术性工作，而是需要很高的科学造诣和高水平的分析判断能力的科研工作。邓稼先从中一点点地拼凑。分析，合成了一些可能有用也可能没用的材料。他把分析结果写成了一个报告交给领导。这便是苏联专家为中国原子弹设计留下的唯一材料。但是，后来知道这一点点东西距离真正的原子弹设计尚有十万八千里。

曾经担任二机部副部长和第一颗原子弹塔爆试验副总指挥的刘西尧在多年之后的一篇回忆文章中，介绍了当时领导作的一个形象的比喻，叫做“抓龙头的三次方”，即核武器的龙头在二机部、二机部的龙头又在核武器研究设计院，研究设计院的龙头又在理论部；而领导理论部的就是邓稼先。自从

1958年8月调到二机部九院以来，他就担任理论部的主任。

的确，要制造原子弹，必须首先拿出理论设计方案来，也就是要拿出制造原子弹的总体方案来。

为了加快工作的进度，邓稼先很快选择了攻关方向，选定了中子物理、流体力学和高温高压下的物质性质这三个方面作为主攻方向，并且按照这三十方向把理论部的同志分别编到三个组中去。后来的事实证明，以这三个方面作为主攻方向的抉择是正确的。它甩开了苏联专家指点的念几十本参考书的错误方向，成为以后研制工作顺利进展的极为重要的保证，成为我国原子弹理论设计工作中的一个里程碑。找准

了正确方向，是邓稼先在原子弹研制工作中最重要的贡献。

邓稼先全面掌握着三十组，并亲自领导高温高压下物质性质组。核爆炸就是高温高压状态，这种状态与常温常压下有极大的不同。但是，要想知道它们的不同点在哪里，真是太困难了。因为就我国当时所有的手段和条件，无法去模拟出一个像原子弹爆炸那个瞬间的高温高压状态。在没有任何实验条件下，推算出高温高压下的状态方程，是邓稼先在原子弹攻关过程中科研上的重大贡献之一。

对于常温常压下的状态方程式，是教科书上就可以找到的。而造原子弹的核材料，如铀 235、钚 239 等元素在极高的温度和极高的压力下可以形成核爆炸时的状态方程式，虽然那几个有了核武器的国家已经知道，但却是绝对保密的方程式，从任何途径都弄不到。摆在邓稼先他们面前的只有一条路，就是自己搞出这个方程式来。为此。他和四个年轻人苦干了半年。

邓稼先指导科研人员从已经发表的其他金属材料的状态方程中，推出了低压区铀的状态方程。仅此还是不够的，他继续探索新途径。在学海茫茫的大千世界中，终于有一颗星星从邓稼先的眼前闪过，这就是天体物理中的托马斯-费米理论。此理论过去是用于中子星球的。天上有一种全部由中子组成的星球，比如白矮星，因为都是中子，没有电荷的排斥力，所以密度很大，相聚得很紧，同时也有极高的温度。拿原子弹和中子星相比，温度大致相差不多，但密度却没有那样高。所以必须修正托马斯-费米理论来推导出原子弹所需的高温高压下的状态方程。在这件十分困难的工作中，邓稼先等创造性地运用外推法，求出了极高温高压下的核材料的状态方程，并且巧妙地与低压状态方程连接，得出了相当大区域之内完整的状态方程，满足了理论设计的要求。

从 1960 年开始，邓稼先领导三个研究组，做了大量的计算工作。除此之外，他自己还要搞一些粗估。粗估是在当时条件下搞科研的一种重要方法，它并不拘泥于具体的精确的数字，而是把各种条件综合起来，从理论上估计出一个数量的幅度，要求物理概念特别清楚。

邓稼先和他领导的理论部所从事的工作是艰苦而繁忙的，一方面要推公式、搞粗估，求近似值，然后再深入一步；另一方面要搞精确的计算。推公式是困难的，需要理论水平。深刻的洞察力和做学问的灵气，精确计算是枯燥而要求又极为严格的，同样需要在各方面有很高的水平。他们的计算量是常入难以想象的，算完的纸带和计算机的穿孔带一扎扎一捆捆地放入麻包中，从地板堆到天花板，堆了满满一屋子。这就是邓稼先和他的同事们日夜三班倒下停地计算的记录。而且他们当时的工具也大落后了，一般用的是手摇计算机，大小和西瓜差不多，算乘法正着摇，要是算除法。就往后倒着摇。

此外，他们还常常靠拉计算尺。最高级的一台计算机是每秒一万次的104机，要在分配给他们的那一段时间里到计算所去用。当时我国的计算机实在是太少了。尽管如此，他们还是用简陋的机器完成了需要的运算。著名数学家华罗庚教授曾把他们所计算的问题称作是“集世界数学难题之大成”。

邓稼先领导的理论部，在原子弹研制的攻关上节节进展，其他方面也都有了新成绩，尤其是铀235的提炼工作进展顺利。我国独立自主、自行设计、自己制造原子弹的宏伟设想正在逐步变为现实。

1961年7月16日中共中央作出了《关于加强原子能工业建设若干问题的决定》，要求二机部“加倍努力，加强协作，战胜困难，完成原子能工业建设的任务”。接着，1962年9月，二机部正式向中央写了报告，提出争取1964年，最迟在1965年上半年爆炸我国第一颗原子弹的“两年规划”。人们不禁要问，二机部为什么敢于向中央立军令状呢？原来，作为“龙头三次方”的理论部，已经拿出了可行的原子弹总体设计方案。

1962年11月3日，毛泽东在二机部争取在两年后制成原子弹的报告上批示：“很好，照办。要大力协同做好这件工作。”随即，在中共中央直接领导下，成立了一个以周恩来为主任，有7位副主任和7位部长级干部组成的15人中央专门委员会。从此，核工业建设和核武器研制进入了一个新阶段，原子弹研制的步伐大大加快了。

1964年10月16日下午，中国新疆罗布泊这块沉寂了1600年的楼兰古国旧址，静静地矗立着一座120米高的铁塔。离开铁塔远远近近有许多带着不同任务的人们在观察它，观察着它的顶端上托着的那个代号596的球体——中国的第一颗原子弹。在数千里之外的首都北京，中华人民共和国的总理周恩来和聂荣臻元帅一起，手执电话筒聚精会神地听着来自罗布泊试验基地的报告以及开始倒数十、九、八、七数字的声音。猛然间，伴随一声巨大的轰鸣声，铁塔顶端的烟云腾空而起，伟大的时刻到来了。一时间所有在场的人都惊呆了。许多人张着嘴，直到烟云形成蘑菇状大火球的时候，才突然从愣神中醒过来，欢呼雀跃。邓稼先克制着、努力地克制着激动，终于，他的理智敌不过情感的冲力，滚烫的眼泪夺眶而出。

几千里之外，北京的周恩来总理在话筒里等待着试验结果的报告。基地总指挥张爱萍将军兴奋地大声汇报说：“原子弹爆炸试验成功了！”周总理在电话中也兴奋地说，“我代表党中央、毛主席向你们致以热烈的祝贺。我立刻到人民大会堂去！”“原子弹爆炸非同一般，现在我们已经成功，究竟还有没有问题，要再检查核实一下。”这是毛主席的指示，也是细心的周总理的一贯的工作作风。周总理又亲自通过电话了解取样分析结果，以最终准确无误地确定原子弹爆炸成功。张爱萍将军向周总理再次报告：“根据多方面的取样分析，证实确实是核爆炸，很理想，很成功！”这时人民大会堂正在演出大型歌舞《东方红》。周总理赶到大会堂去，他在那里将这一震惊世界的消息公布于众。所有在场的人先是一阵惊愕，接着便是长时间的狂热欢呼，使劲地跺地板。号外是当日夜间八时发出的，举国欢腾。中华民族的精神大振，港澳同胞及海外同胞扬眉吐气。

应该说，在邓稼先的一生中仅此一项贡献就堪称中国人民特大功臣，即使不再做什么，也完全能够问心无愧地过上一辈子了。但是，1964年10月只是邓稼先今后几十次组织核弹试验的开端。他在取得巨大成就和极度疲劳的情况下，继续前行。在一个接一个的新任务的压力下，邓稼先不仅忘了自

己的待遇，还忘了自己的家庭，在工作最紧张的时刻，他最终忘了自己的一切，全身心地投入到祖国的核工业建设事实上，早在1963年9月，邓稼先和同事们就已奉命转向更高的目标了。若从1959年7月“自己动手，从头摸起”到1962年9月在罗瑞卿副总理主持下二机部向中央打报告，提出争取在1964年或1965年爆炸第一颗原子弹，立下两年规划的军令状算起，原子弹的理论总体设计工作实际不到四年就已经全部完成。从开始探索到拿出方案，他们攻关之神速，使懂得其中奥秘的人膛目结舌。以如此飞快的速度马不停蹄地驰行在重重难关的尖端科学之路上，几乎可以称为人类历史上的一个奇迹。在科学发达的美国也没有这种连续作战，他们的原子弹、氢弹、直到后来的中子弹都是不同的科学家在那里搞研究；而在我们国家却是同一批人在连续攻关。

1963年9月，聂荣臻元帅下令让邓稼先领导的九院理论部中研制原子弹的全班人马，转去承担中国第一颗氢弹的理论设计任务。因此我国第一颗氢弹的代号就叫做639。以后，在1965年，又从原子能所调进了于敏等一批科研骨干力量到九院理论部来工作。

氢弹不是常人所想象的那样，在制造原子弹的基础上提高一步就行了。从最基本的科学原理来看，原子弹是依靠原子核的一连串裂变而释放出巨大的能量，叫做核裂变。而氢弹刚刚相反，它是把两个原子核聚合成一个原子核，在聚合的同时放出巨大的能量，叫做核聚变。一个是裂变，一个是聚变，也就是说一个是打碎而一个是合并，所以制造原子弹和制造氢弹是根本不同的。从基本化学公式来看，氢原子核只有一个质子，带正电；核外只有一个电子，带负电。氘是氢的同位素，不同点是其原子核内有一个质子和一个中子，因此比氢重一倍。氚也是氢的同位素，原子核里有一个质子和两个中子，因此比氢重两倍。氘和氚在一定条件下可以产生核聚变，形成另一个元素氦，同时放出一个中子和巨大的能量来。这个一定的条件是什么呢？人们抬头就见到天上的太阳，太阳为什么那样热、那样亮？就是因为核聚变反应的结果。可是在我们居住的地球上，怎样才能有像太阳那般高温的大火球来使氘核、氚核聚变成一个核呢？有，就是原子弹。在原子弹爆炸的一瞬间所产生的高温，足以达到这个条件。打个通俗的比方，点燃香烟要用火柴，点燃氢弹要用原子弹。这就是为什么必须先有原子弹然后才可能造出氢弹的缘故。

在1964年5月和1965年1月，毛泽东主席在谈到核武器发展的问题时，明确指出：原子弹要有，氢弹也要快。

邓稼先领导理论部的科学家又是夜以继日地工作着，摸索氢弹理论设计方案。他们分兵几路，分头上计算机去实际运算研制氢弹的可能途径。其中有一路队伍由理论部副主任于敏率领，在1965年9月去上海，利用那里的高性能计算机进行计算和探索。在于敏的指导下，几个青年科技工作者终于找到了一条可能通向研制氢弹的捷径。正在青海全面掌握各路进程的邓稼先，得到这一消息，立即带领一班人马飞往上海。一下飞机，邓稼先和于敏便带着助手们在计算所开始了紧张的连轴转的工作。晚上，他们多是在机房地板上和衣而卧，有时是通宵不眠。邓稼先组织大家分摊难点寻找解决问题的突破口，终于形成了一个有充分论证根据的方案，这就是后来被外国人称之为研制氢弹的邓一于理论方案。

邓稼先和于敏把这个方案向二机部领导报告了，刘西尧副部长支持他们立即做冷试验，不久后进行的几次冷试验证明了邓一于方案的正确。于是结

束分兵探索，集中全部力量按照邓一干方案进行研制。周恩来总理领导的中央专委决定进行两次热试验。第一次是在 1966 年 5 月 9 日我国第三次核试验，用轰 - 6 中程轰炸机空投一枚核弹，验证解决制造氢弹的热核和料铀 - 锂，取得成功。第二次是 1966 年 12 月 28 日在罗布泊进行的我国第五次核试验，检验了热核爆炸的基本原理，又获成功，这两次热核爆炸试验证明了邓一干理论方案是正确的。因此，15 人的中央专门委员会决定直接进行多级热核弹的试验。

1967 年 6 月 17 日，我国第一颗氢弹的火球升腾在罗布泊的上空。这颗高挂在天空的全红色大火球使离爆心点 400 米处的钢板溶化，水泥构件的表面变为玻璃体，14 公里外的砖房被吹散。这个大火球跃入了站在很远很远处的维吾尔族百姓的眼帘里，一位维族老人说，“不得了！新疆出了两个太阳！”

1959 年 7 月，周恩来总理向二机部长宋任穷传达中央决策：“自己动手，从头摸起，准备用八年时间搞出原子弹。”从此，中国开始了独立研制原子弹的工作。但这并不是咬紧牙关就能撑过去的那种困难，也不是单靠废寝忘食的拼命苦干就能取得成功的工作，在中国原子弹爆炸成功七年之后，驰誉全球的物理学家杨振宁，在上海参加宴会时，当看到邓稼先在信中告诉他，中国的原子弹研制全部是由中国人自己干出来的时候，竟抑制不住内心的激动，不得不起身离座去盥洗室擦拭眼泪。因为他深知其中的艰难。

邓稼先和他的同事们在攻坚战中遇到的第一个难题，是验证苏联专家提出的一个关键数字：原子弹爆炸时其中心压力将达到几百万个大气压。他们一周工作 7 天，每天三班制，运用手摇计算机和算盘这样的古老计算工具，进行最现代化的理论计算。每算一次要花费 1 个月，而他们总共计算了 9 次！最后，邓稼先等否定了苏联专家的这个数据，又经过刚刚回国的周光召的验算，证明他们的计算是严谨周密、无懈可击的。否定了错误的不等于找到了正确的，邓稼先马不停蹄，又率领一批青年人继续寻找这个神秘的数据。经过艰苦卓绝的繁复计算，他们用百分之九十九的血汗加百分之一的灵感，终于在一天深夜找到了这个关系到中国第一颗原子弹成败的关键数据！

第一颗原子弹爆炸成功后，邓稼先一方面组织人力研究原子弹的小型化，另一方面率领理论部主力探索氢弹原理，终于形成一套经过充分论证的工作方案，为领导正确决策提供了坚实的基础。1967 年，中国第一颗氢弹空爆成功。这个时候，距离我国第一颗原子弹爆炸成功仅仅两年零八个月，比世界上其他大国从制成原子弹到制成氢弹所花的时间要短得多。

随后，邓稼先领导理论部科研人员致力于核武器的实战化，提高发展核武器性能，突破武器小型化原理及关键技术。其中，许多关键技术和设计都是在他亲自参与下提出和解决的。1972 年以后，他先后担任九院副院长、院长，全面领导核武器的改进和发展工作，从理论设计、加工改装、实验测试到定型生产总是尽力深入第一线考察了解情况，遇到重大问题，无不亲临现场指挥、处理。在研究院院长这一重要岗位上，他显示了高超的组织领导艺术，准确地把握科学方向的能力和科学的预见性。他多次正确作出了重大的指挥决策。80 年代，我国核武器有几次新原理的突破，都渗透着他的智慧和心血。

在 1986 年前国家进行的 32 次核试验中，邓稼先亲自在现场主持过 15 次。这一次又一次的试验都获得了圆满的成功。1984 年底，他指挥了我国第六个五年计划期间的最后一次核试验，这也是他一生中最后组织指挥的一次

核试验。他以取得核试验的重大突破，带着第二代核武器伸手可及的喜悦，与罗布泊永别了。

邓稼先是我国核武器理论研究工作的奠基者和开拓者之一，从原子弹、氢弹原理的突破和试验成功及其武器化，到第二代新的核武器的重大原理突破和研制试验，他都做出了重大贡献。因此，他曾四次获得国家级科技进步特等奖，被誉为中国的两弹元勋。

邓稼先的临终遗言：死而无憾。

毛泽东决策搞卫星中国人走出地球村

1970年4月24日晚。北京。中南海。毛泽东和周恩来正分别守在各自的电话机旁，焦急地等待着发射场随时传来的消息。这个晚上一直陪伴着周恩来守在电话机旁的还有邓颖超。

10点正，周恩来的电话响了。当周恩来迫不及待地拿起电话时，话筒里立即传来罗舜初将军的声音：

“总理，运载火箭一、二、三级工作正常，卫星与火箭分离正常，卫星入轨了！而且现在已接收到了卫星播放的《东方红》乐曲声！”

周恩来高兴得一下站起来，连连说：“好！很好！我马上向毛主席报告！”

说完，周恩来抓起直通毛泽东的电话：“主席！卫星发射成功啦！”

毛泽东听到这个消息后，一下扔掉手中的烟头，高兴地说：“好，太好了！总理，准备庆贺！”1958年5月16日夜，丰泽园内宁静温和，不冷不热，但毛泽东却感到浑身燥热。他翻了个身，然后坐起，动手揭掉一层褥子。

毛泽东失眠了。

八届二中全会已经开幕10天了。这次会议开得很好，与1956年的第一次会议气氛完全不同。毛泽东在会上几乎完全摆脱了顾虑和羁绊，比任何时候都显得更为年轻、自信而又更富有活力。

在会议开幕的第一天下午，刘少奇作了关于党中央委员会的工作报告。这个报告很鼓舞人，有的内容他至今记忆犹新：

“在国际方面，大家都知道毛泽东同志的这个著名论断：世界形势的发展最近达到了一个新的转折点，……1957年10月和11月，苏联发射了两颗人造卫星，因而使全世界不能不承认，苏联在科学技术方面也超过了最发达的资本主义国家——美国。……所有这一切都说明了，东风已经压倒了西风，而且将继续压倒西风。”

一想到卫星，毛泽东再也不能继续躺下去了。他轻叹一声，灭掉手中的烟头，放下书，然后披衣下床，款步向门外走去。

第二天，八届二中全会继续进行。

在上午的会议上，有代表在发言中，再一次提到中国的人造卫星问题。但由于会议议程安排很满，卫星问题未来得及讨论。

下午5点30分，有代表在发言中又提出了中国的人造卫星问题，并强调说，苏联老大哥的卫星都上天了，中国是火箭的故乡，又是社会主义国家，无论如何，也应该搞出我们自己的卫星。

周恩来、聂荣臻等对此作了简短的插话，并向代表们表态说，中央正在考虑之中。

毛泽东一边吸着烟，一边认真听着代表们的发言。从昨晚到今天，卫星问题一直在他脑海中萦绕。此刻，当听到代表们又一次谈到中国的卫星问题时，他有些坐不住了。周恩来一直期待着毛泽东的发言，他见毛泽东大口大口地吸着烟，便知道毛泽东要讲话了。于是忙站起来，向会场摆了摆手，然后提示性地说：

“同志们！关于卫星问题，现在请毛主席讲几句！”会场顿时响起一片掌声。

毛泽东扫视了一眼会场，又不慌不忙地猛吸了几口香烟，这才用浓重的

湖南乡音说道：

“同志们！近一段时间来，人造卫星问题一直是大家都很关心的问题。我的心情当然也和大家一样。苏联在去年就把卫星抛上了天，美国在几个月前也把卫星抛上了天。那么，我们怎么办？”

毛泽东突然停顿下来，狠狠灭掉手中的烟头，然后将开天辟地的大手一挥，大声说道：

“我们，也要搞人造卫星！”

会场掌声雷动，一片沸腾。毛泽东伸手抓起桌上的金鱼式烟灰缸，重重地往旁边一放，然后端起一杯热茶，咕咚咕咚灌下几口，又风趣地说道：

“当然，卫星应该从小的搞起，但是像美国鸡蛋那么大的，我们不放！要放我们就放它个两万公斤的！”

毛泽东话音刚落，与会者便呼啦一下全站了起来，掌声长达好几分钟。

其实，还在苏联卫星上天之前，中国的航天事业；便已开始悄然起步了。

新中国的诞生，为中国科学技术的振兴，提供了基本的前提。经过3年经济恢复时期和第一个五年计划时期的建设，中国的科技事业有了一定的发展，并初具规模。

由于航天技术人才的严重短缺，出任航空工业委员会主任的聂荣臻，便将一批具有高水平的科学家集中起来，开始对航天技术进行探索与研究，并积极筹建中国第一个航天研究机构。

1956年10月，经中央批准，国防部第五研究院正式成立，聂荣臻在给中央的报告中明确提出，中国尖端科学技术事业的发展应坚持“自力更生为主，力争外援为辅，充分利用资本主义国家的技术成果。”

在苏联卫星发射的前夕，中国科学院曾收到苏联科学院天文委员会的一封航空挂号信。信中说，希望中国能建立人造卫星目视观测网，以配合观测苏联卫星。并说苏方愿意派有关专家前来中国帮助指导。

这对刚刚起步的中国来说，自然是一次学习和实习的好机会。因此，中国科学院允诺，先在北京、南京、上海和昆明建站。苏联卫星刚一上天，中国科学院便立即组织有关人员进行观测。

与此同时，著名学者钱学森、赵九章、钱三强、陈芳允、蔡翘等，则在报上纷纷发表文章，大谈人造地球卫星的意义和用途。钱学森、赵九章等还积极建议，开展中国的人造卫星研究工作。中国科学院还多次召开专家座谈会，讨论人造卫星发射对未来科学发展的影响，中国如何开展空间科学技术研究问题。

毛泽东作出“我们也要搞人造卫星”的战略决策后，全国很快便掀起了一股“卫星热”。北京提出要搞高能发动机；上海提出要搞高能火箭；甚至还有人宣称，要在1958年10月前，放一颗几百吨重的卫星，向国庆献礼！

中国科学院于6月3日至5日举行了“跃进大会”，提出“苦战20天，向党代会献礼”的号召。在7月1日中国科学院举行的第二次党代会上，就有43个单位向大会献礼972项，其中有102项声称已经达到或者超过了国际先进水平。卫星上天和核能的开发利用被作为头等大事提出。

全中国都在“放卫星”，且越放越大，越放越高，越放越远。但真正的卫星——中国的第一颗人造卫星怎么放？

为了使中国的人造卫星尽快有个眉目，聂荣臻特地邀请张爱萍和罗瑞卿等人，在国务院办公厅召开专门会议，研究中国的卫星如何起步问题。并责

成中国科学院和国防部五院负责人张劲夫、钱学森和王诤，组织有关专家拟定人造卫星发展规划草案。

1958年8月，国务院科学规划委员会在一份报告中提出，人造卫星的发射，是国家科学技术水平的集中表现，是科学技术研究工作向高层空间发展不可少的工具。围绕人造卫星的研制，将会把一系列工作带动起来，比如高能燃料。耐高温合金、无线电电子学，电子计算机和应用数学等。

接着，中国科学院组织钱学森、赵九章、陆元九等专家负责制订人造卫星研制规划草案，提出了三个步骤的设想，即发射探空火箭；发射一、二百公斤重的卫星；再发射几千公斤重的卫星。

于是，中国科学院将研制人造卫星列为1958年首要任务，成立了“中国科学院581小组”，由钱学森任组长，赵九章和卫一清任副组长。很快筹建起三个设计院。

刚刚组建起来的第一设计院，总共才一百来人，既没有正式的办公地方，也缺少必要的图纸和资料，仅包租了北京西苑旅社一栋楼，就开始研究方案、设计和计算。那时大家的干劲都很大，只用了几十天的时间。就初步设计出一个运载火箭结构总图，制作了一个地球物理火箭箭头模型。尽管这些图纸和模型都很粗糙，但它是中国人自己设计出来的，代表了亿万中国人民向空间尖端科学技术领域进军的意志和决心。

1958年10月1日，中国科学院自然科学跃进成果展览会在北京中关村生物所开幕。赶制出来的一套运载火箭设计图、地面雷达照片以及卫星、火箭模型，都送到了这个展览会上参加展出。

展出的卫星模型图，一个放着科学探测仪器，另一个则放了一条金黄色的小狗——因为苏联第二颗卫星上天时，在卫星上放了一条小狗来做实验。每当参观的人群来到卫星模型前时，这条金黄色的小狗便会不时发出两声“汪汪”的叫声，而火箭进行“飞行”表演时，除了可用电动控制操作时，则是让人躲在模型的背后，用手拉着一根橡皮绳来操作表演。

10月25日上午，毛泽东在张劲夫、钱学森、赵九章的陪同下，兴致勃勃来到展览厅，一边观看着各种成果展览。一边听陆元九的讲解，脸上露出满意的微笑。展览的最后一个项目是火箭“飞行”表演。当他发现火箭模型的背后竟有人躲在那里用手拉橡皮绳时，忍不住一下笑了；

“好，就这么搞！不要怕土，土八路能打败洋鬼子嘛！”

毫无疑问，在中国航天科学刚刚起步的1958年，科技工作者们的艰苦奋斗精神是十分难能可贵的。然而，在那个特殊年代，中国的科学界同样在“放卫星”，一些方案和某些作法，难免会出现“低烧”甚至“高烧”的现象。

比如，有的一说造卫星，就提出要造大卫星，并且要选用世界上刚刚才起步的液氢、液氟为运载火箭的推进剂。尽管大家的热情一个比一个高，各个单位的干劲一个比一个大。但到底造什么样的卫星？用什么运载工具来发射卫星？在什么地方发射卫星？靠什么手段去跟踪控制卫星？一系列必须解决而在当时又难以解决或根本无法解决的问题，很少有人去认真考虑。

于是，便出现了这样一种情况，有的规划草案一搞完。便急着往上报，上面一点头，便集中人员，似乎这样什么问题便都可以解决了；有的则是靠一种极大的热情，一种对工作无可挑剔的忠诚，一种在神圣使命感的驱使下，关起门来昼夜加班，用一种可以牺牲自己生命的大无畏精神去埋头搞设计。这样带来的结果，自然是事与愿违。

到了 1958 年底，中央一些领导同志开始觉察到了这些问题、及时地提出了纠正的措施。

1959 年，中国科学院党组书记、副院长张劲夫，在一次千人大会上用铅笔头敲着桌面，郑重地传达了党中央总书记邓小平的指示：“明年卫星不放，与国力不相称。”这一指示尽管只有简短的两句话，却显得极有胆识与分量。它看起来虽然与当时的政治气候并不完全适宜，却一语道破了中国的真情。

张劲夫传达了邓小平“明年卫星下放”的指示后，中国科学院党组及时召开了有关会议，调整下发展人造卫星的方针，提出了“大腿变小腿，卫星变探空”、“任务不是下马，而是着重打基础”的研制原则。并决定立即停止大型运载火箭和人造卫星的研究，把力量先转移到探空火箭上去。

1963 年，中国科学院成立了“星际航行委员会”，由竺可桢、裴丽生、钱学森、赵九章等专家组成，负责星际航行领域的组织与规划工作。它的成立力日后人造卫星方案的诞生，创造了必要子件。

1964 年 6 月 29 日，我国自行研制的第一枚弹道式导弹发射成功。1964 年 10 月 16 日，我国第一颗原子弹爆炸成功。导弹、原子弹的成功，为发射人造卫星奠定了基础，提供了条件。

1964 年底，第三届全国人民代表大会在北京召开。赵九章作为科学家代表，出席了这次会议。那天，当他听完周恩来总理的政府工作报告后，激动难抑，决心把多年的愿望变为现实，便连夜起草了一份关于尽快全面规划中国人造卫星问题的建议书，第二天便当面交到了周恩来总理的手上。

这份建议不过寥寥几千字，却是中国空间技术史上一份极力珍贵的文献。赵九章在建议书中开门见山，直抒胸臆，除了对发射第一颗人造卫星的意义作了简明的阐述外，还对发射人造卫星的技术途径以及现已具备的条件进行了详尽的分析。周恩来总理接到这份建议后，十分高兴，利用开会的间隙，与赵九章作了简短的交谈，并希望赵九章回去后尽快拿出个成熟的意见。

会议一结束，赵九章以地球物理所所长的名义与自动化所所长吕强一起，于 1965 年 1 月 6 日联名向中国科学院党组递交了一份更为详细的报告，建议尽快加速发展人造卫星的步伐。

党组书记张劲夫和副院长裴丽生见此报告后，很是激动，当天便批转给了星际航行委员会主任竺可桢，请其尽快审阅处理。竺可桢看完报告，批下四个大字：“刻不容缓！”这个报告很快呈达到中国的最高决策层。

与此同时，钱学森在分析了我国研制人造卫星的有利形势后，也写出了一份制定人造卫星研究计划的建议，指出：“自苏联 1957 年 10 月 4 日发射第一颗人造卫星以来，中国科学院和国防部第五研究院对这些技术都有过一些考虑，但未作为一项研制任务。现在看来，弹道导弹已有一定基础，如进一步发展，即能发射携带仪器的卫星，计划中的洲际导弹也有发射人造卫星的能力。工作是艰苦复杂的，必须及早开展有关研究，才能到时拿出东西。因此，建议早日主持制定研究计划，列入国家计划，促其发展。

聂荣臻看完钱学森的建议后，作了如下批示：“我国导弹必须有步骤地向远程、洲际和人造卫星发展，这点我一直很明确。人造卫星早就有过考虑，但过去由于弹道式导弹还未搞出来，技术力量安排上有困难，所以一直未正式提出这个问题。钱学森这个建议，请张爱萍总长邀请钱学森、张劲夫等有关同志及部门座谈一下，只要力量有可能，就要积极去搞。”

1965 年 3 月，在张爱萍的主持下，国防科工委召开了座谈会。4 月 29

日，国防科上委将发展我国人造卫星的报告正式上报党中央。

5月，中共中央专门委员会第12次会议同意该报告，并责成国防科委具体组织协调。7月，中国科学院又向中央呈报了《关于发展我国人造卫星工作规划方案的建议》的报告。8月2日，此报告在中共中央专门委员会第十三次会议上原则上得到批准。

同年10月，中国科学院受国防科委的委托，在北京友谊宾馆召开中国第一颗人造卫星方案论证会，即“651”会议。会议经42天的论证，初步确定了第一颗人造卫星的总体方案。总的要求概括为4句话12个字：“上得去，跟得上，看得见，听得到。”

至此，中国的空间技术，从1958年毛泽东主席号召“我们也要搞人造卫星”开始，经历了创建时期和技术准备时期，进入了全面规划和正式开始研制时期。

1966年，正当中国第一颗人造卫星进入技术攻关阶段，卫星本体、运载火箭和地面观测三大系统的研制工作取得可喜进展时，史无前例的文化大革命开始了。

第一颗人造卫星的研制已走过了近10年的历史，飞天的梦想不但没有实现，反而遭到文化大革命的严重干扰破坏。为了减少政治斗争对这项工程的冲击，主管科技工作的聂荣臻无帅正式提出把国防科技力量调整改组为18个研究院的方案，并将此方案呈报毛泽东。毛泽东很快对此作了批示：“很好，照办。”

于是，国防科工委很快成立了中国空间技术研究院筹备处。最后决定，以中国科学院所属的“651”卫星设计院、自动化研究所等单位为基础力量，再从七机部抽调部分技术骨干，共同组成中国空间技术研究院。

至此，中国科学院将10年来研制卫星的数十项成果、第一颗人造卫星的初样、基本的地面观测网和5000余名科研人员以及各种仪器、设备、资料、厂房等，全部移交给了国防科工委。

1968年2月，经中央批准，中国空间技术研究院正式成立。钱学森任院长、常勇任政委，而出任卫星总体设计部负责人的，是年仅37岁的孙家栋。

孙家栋很快便开始着手进行人造卫星总体设计的准备工作。其中，最令他感到棘手的事情是挑选人才。在那样的年代里，抽调人才是相当困难的。但孙家栋毕竟有股子敢作敢为的愣劲，他跑了两个多月的时间，认真详细考察了各个部门具有特长的技术骨干，最后从中挑选出了18名干将。这就是后来被人们称作的“航天十八勇士”。

“航天十八勇士”的加入，使卫星总体设计工作很快运转起来。但是，新问题又出现了，原来搞的卫星方案已不适应需要，必须加以修改。1967年10月底，国防科工委组织召开了第一颗人造卫星的方案修改论证会，对原方案又进行了简化，并把发射卫星的任务明确为4句话：上得去，跟得上，看得见，听得到。

这4句话既有技术上的要求，又体现了那个时代的特征。因为这是中国首次发射的第一颗人造卫星，如何向全世界展示是一个十分重大而严肃的问题。

因此，会议紧紧围绕这个问题，进行了多次反复的讨论。才华横溢的科学家们为此大伤脑筋，一筹莫展。后来，有人终于想出一个主意：把《东方红》乐曲安置在卫星上，让上天的卫星面向全球高唱“东方红，太阳升，……”

与会者对此无不拍案叫绝，大加赞赏。于是，会议决定，把第一颗人造卫星命名为“东方红一号”，并且在方案中，增补了一项播放《东方红》乐曲的内容。至此，经简化、修补过的最后的卫星研制方案终于完成。

“东方红一号”卫星要想“上得去”，离不开火箭。1960年10月，中国依靠自己的力量，终于完成了对苏式导弹的仿制任务。发射前夕，聂荣臻元帅亲赴西北酒泉发射场，为“1059”导弹首发飞行试验剪彩。11月5日，中国的第一枚火箭发射成功。

从仿制别人，到自己独立研制，是世界上多数国家共同走过的道路。但仿制毕竟只是手段，真正的目的是要学会独立研制。于是，在此基础上，中国决定自己设计研制一枚中近程火箭。

1964年6月29日，我国第一枚自行研制的火箭终于发射成功。这不仅是中国火箭研制工作的一个转折点，而且也掀开了中国航天发展史上新的一页。

但是要把人造卫星送入预定的轨道，必须要有强大的推动力，才能克服地球的引力，从而达到相应的宇宙速度。这就是说，靠单级火箭不行，必须研制具有强大推力的多级火箭。因此，1965年6月，中央专门委员会决定，研制三级火箭。这就是后来称为“长征一号”的运载火箭。

1970年3月26日，载有一枚“长征一号”运载火箭和两颗“东方红一号”卫星的专门列车，从北京出发，直抵位于中国西部巴丹吉林大漠之中的酒泉卫星发射中心。

4月23日，发射阵地的火箭、卫星测试检查工作全部结束。发射指挥部根据气象部门的预报，认为可以实施发射，并将发射时间定为4月24日晚9点30分。

于是，钱学森和幸福泽在发射任务书上郑重地签上了自己的名字，同时上报中央军委和毛泽东主席批准。

1970年4月24日上午，毛泽东在做些什么，我们难以猜测。然而有一点却肯定无疑，那就是这一天的毛泽东也绝对不会轻松。因为，由周恩来亲自呈送给他的关于今晚9点30分准备发射“东方红一号”卫星的报告，正放在他的桌上。而这份报告对于他来说，绝不是一个轻松的问题。

周恩来这天起得很早。准确他讲，他一夜未睡，只是在沙发上靠了一会儿。卫星发射在即，国内外都在拭目以待，千头万绪，很多事情都要他周密考虑，妥善处理。22天前，即本月2日，他还组织中央专委会会议，在会上提出要求，要把各种可能出现的问题都想到，都研究透，确保发射的一次成功。为了确保通信联络的畅通，他还让总参谋部责成有关军区，组织广大民兵昼夜守护通信线路和电线杆。同时将也门、乌干达、赞比亚、毛里坦尼亚等国的首都，增添到了卫星经过的国外大城市预报方案里，以便让第三世界人民都能看见飞翔于太空的中国卫星，都能听到响彻云霄的《东方红》乐曲。两天前，他又对发射场提出要求：试验要做到安全可靠，万无一失，准确入轨，及时预报。

坐镇北京指挥所的国防科工委副主任罗舜初将军，此刻也正坐在电话机旁。按事先的约定，今天罗舜初将军与周恩来保持直接的单线联系。即是说，中央方面一旦有指示，周恩来将亲自传达给他；而有关发射方面的问题，信息、动态、结果等情况，也直接由他向周恩来请示报告。

下午3点50分，罗舜初将军身旁的电话响了。当罗舜初拿起话筒时，手

竟有些发抖。电话里传来周总理的声音：“舜初同志，毛主席已批准了今晚的发射！请转告参加发射卫星的全体同志，希望大家鼓足干劲，做好工作，要一次成功，为祖国争光！”

罗舜初两行热泪夺眶而出。这位老将军一生戎马倥偬，不知接到过多少命令，却从未像今天这样令他如此激动、振奋。他握着话筒的手一个劲地抖动着，却一句话也说不出来。他立即拨通了通往发射中心的专用电话。

当毛主席批准发射卫星的喜讯和周恩来的指示通过罗舜初传到发射中心后，李福泽司令员立即召集指挥部会议进行传达。平静的发射场顿时沸腾起来了！从指挥员到操作手，个个热血沸腾，深受鼓舞！在地下控制室椭圆形大厅里，充满了一种决战的气氛。那段悬挂在大厅上方的毛主席语录：“中国人民有志气，有能力，一定要在不久的将来，赶上和超过世界先进水平！”使整个大厅庄严肃穆。

晚8时正，指挥员下达了“一小时准备”的命令。但这时发射场的上空，却满无乌云。有云就有可能有电，有电火箭发射时就有危险，而且因为有云能见度就差，直接影响到光学仪器的跟踪与测量。于是，发射场上空的那片云能否散去，便成为人们普遍关注的焦点。

9点零5分，指挥员下达了“30分钟准备”的命令。接着，高音喇叭里响起了“全体人员撤离现场”的命令。此刻的发射场，浓重的夜色已经降临。随着人员的全部撤走，整个发射场陡然间便变得清冷、沉重起来，唯有发射架下悬挂着的那块巨幅木牌上，周恩来提出的“安全可靠，万无一失，准确入轨，及时预报”16个火红色的大字，在灯光映照下耀眼夺目。

就在这时，奇迹出现了。发射场上空的三层，突然神话般地裂开了一道长廊，并向着火箭即将飞行的东南方向渐渐延伸出去；“长廊”的四周，星儿闪烁，清光明亮，简直像是上帝精心设计出来的一条通向太空的轨道！

望着这神话般的情景，人们欢呼雀跃。接着，又传来了周恩来总理于9点15分向发射场全体工作人员发出的亲切问候与指示：“请转告今晚战斗在发射场上的同志们，大家辛苦了！下一步关键是工作要准确，不要慌张，不要性急，要沉着，要谨慎，一定要把工作做好，要争取一次成功！”

很快，“0”号发射指挥员杨桓通过后筒，向各个岗位的参试人员传达了周总理的这一问候和指示。于是，整个发射场和每个点上的高音喇叭里，都在响彻着周总理的指示：“不要慌张，不要性急，要沉着，要谨慎……”这声音在茫茫的夜空中回荡，让人心里暖洋洋的。

9点34分、站在潜望镜前的“0”号发射指挥员杨桓庄严地下达了命令：“一分钟准备！”

各种地面记录设备开始启动。

当倒计时计数器上闪现出“0”字时，随着一声“点火”的命令，说时迟，那时快，一级火箭的4个发动机顿时喷出桔红色的火焰，巨大的气流将发射架底部导流槽中的冰块冲出四五百米远。9点35分，载着“东方红一号”卫星的火箭在隆隆的轰鸣声中徐徐上升。18秒后，火箭开始拐弯，朝着东南方向越飞越快，转瞬便消失在茫茫夜空之中。

地下控制室的人一见火箭起飞，不管是老专家，还是年轻技术员，都争先恐后，拔腿就往外跑，因为谁都想早点跑出去看看火箭上天后的真实情景。可地下室的通道又窄又长，年轻的同志虽然跑得快，却被几位老专家挡在了后面，很想往外冲，又不好意思叫老专家让道，只好跟在老专家后面干着急。

15 分钟后，指挥所的高音喇叭里传出“特大喜讯”：“星箭分离！卫星入轨！”

9 点 50 分，国家广播事业局报告，由“东方红一号”卫星播送的《东方红》乐曲已经收到，且声音清晰洪亮。

我国第一颗卫星发射成功了！

人类的活动范围经历了从陆地到海洋，从海洋到大气层，再从大气层到外层空间的逐步扩展过程。人类活动范围的每一次飞跃，都大大增强了认识和改造自然的能力，促进了生产力的发展和社会进步。

航天技术的发展，使人类进入太空的愿望得以实现，而人造卫星的上天则是 20 世纪第一个航天里程碑。1957 年 10 月 4 日，苏联首次成功发射“卫星 1 号”人造卫星，标志了航天科技的诞生，毛泽东从这一事件中敏锐地洞悉出航天技术对扩展人类活动的新领域和对一个国家政治、经济、军事、科技等重大而深远的意义。

毛泽东在他 82 岁的生命历程中，只参加过一次国际性的会议，那就是 1957 年深秋在莫斯科举行的世界共产党高级首脑会议。毛泽东去莫斯科时，正值苏联卫星上天不久，全球都还沉浸在狂欢之中。一下飞机，他便在莫斯科机场发表了热情洋溢的讲话：“苏联第一颗人造卫星上天，是一项伟大的成就，它标志着人类进一步征服大自然的新纪元的开始。让我代表中国共产党和中国人民，向苏维埃共和国和苏联人民，表示热烈的祝贺。”

苏联第二颗卫星上天时，毛泽东正和赫鲁晓夫沿着幽静的后花园散步。毛泽东听到这一消息后很高兴，对赫鲁晓夫说：“好，你们又一颗卫星上了天，真了不起！美国吹得神乎其神，为什么连一个山药蛋都没抛上去呢？这个意义很大，说明了社会主义制度的优越性。”

可见，人类第一颗人造卫星上天后，毛泽东看问题已超越了地球，思维的触角开始从陆地伸向了太空。经过他深思熟虑，在航天时代刚刚到来的 50 年代后期就作出了“我们也要搞人造卫星”的重大决策。从而向全世界庄严宣告，中国人民不仅站起来了，而且还要豪迈地从地球村走向空间站，从灿烂的远古走向辉煌的未来。

1970 年 4 月 24 日，我国用长征 1 号火箭成功发射了第一颗人造地球卫星——东方红 1 号，使我国成为世界第五个能独立发射人造卫星的国家。截止到 1992 年底，我国已成功地发射了 33 颗不同类型的人造卫星，取得了举世瞩目的成就，标志着我国航天技术已跻身于世界先进行列，在促进经济发展，带动科技进步，增强国防实力，提高我国的国际地位等方面，正发挥愈来愈大的作用。

袁隆平敢于怀疑杂交稻贡献人类

1979年4月，来自世界20多个国家的200多名科学家出席了在菲律宾首都马尼拉国际水稻研究所召开的水稻科研会议。会上宣读了中国专家组袁隆平的《中国杂交水稻育种》论文。有专家提问：“中国杂交稻制种的产量高，是采取什么措施提高异交率的？”袁隆平准确、简要地用英语作出如下回答：“第一，割叶，扫除传播花粉的障碍，使母本雌蕊的柱头有更多的机遇接受父本的花粉；第二，采取赶花粉的办法，及时进行人工辅助授粉。”袁隆平的论文和即席答辩，折服了所有与会者，大家一致公认，中国杂交水稻研究和推广应用，居世界领先地位。会议结束时，发生了激动人心的场面，幻灯机下寻常地、反复地映出“杂交水稻之父袁隆平”的字幕和他的头像。与会的专家学者全体起立，向袁隆平鼓掌致意！菲律宾报刊当即以显要位置，报道了这次会议的消息。从此，袁隆平的名

字，不断出现在国内外各种传播媒介上。国际上公认，水稻高秆变矮秆，是第一次绿色革命；杂交水稻，是第二次绿色革命。一些著名的国际水稻研究单位，都纷纷邀请袁隆平前去讲学，传授技术和进行合作研究。袁隆平和他的杂交水稻开始远涉重洋，从中国走向世界。

50年代初期，当袁隆平大学毕业分配到湖南安江农校教书时，米丘林、李森科遗传学说在中国盛行，袁隆平曾经是这一学说的虔诚信徒。他按照米丘林、李森科学说进行教学和科学试验。

开始。他选择红薯进行无性杂交，把月光花嫁接在红薯上，以期得到一个新的无性杂种：上面结籽，可以进行种子繁殖，以节省大量种薯；地下结红薯，以提高产量。功夫不负有心人。袁隆平嫁接的月光红薯“无性杂种”茁壮成长，地下果然长出了红薯王，最大的一墩重达27斤；地上也结了种子。袁隆平寄希望于这批“无性杂种”的种子能传宗接代，能世世代代下结红薯王，上结种子，以达到预期的目的。第二年，他将种子适时播种。可是长出来的依然是月光花，地下也不再出现红薯王的奇迹来了。这些年，袁隆平还同时搞了其他多种作物的无性杂交，他想到米丘林、李森科关于无性杂交、嫁接培养、环境影响等理论指导下，产生一批有价值的农作物新品种。诸如把西瓜嫁接在南瓜上，长出了西瓜不像西瓜，南瓜不像南瓜的东西；把西红柿嫁接在马铃薯上，地上结了西红柿，地下也长了马铃薯。

人们对袁隆平的这些实验成果，大加赞赏，记者也争相报道，60年代初还邀请袁隆平出席全国农民育种家现场会议。

正当别人赞扬他的时候，袁隆平对自己的“无性杂种”研究提出了疑问，他冷静地思考自己所从事的这些研究课题，方向到底正确不正确？搞了多年的试验，尽管也结出一些奇花异果，但从遗传学角度考察，却没有丝毫意义。因为这些变异，不能遗传给后代。这样的试验和众多的农民育种家一样，始终没有跳出无性杂交、嫁接培养、环境影响的狭小圈子。

通过多年的科学实践，袁隆平对李森科遗传学说中的某些观点产生了怀疑，毅然抛弃了从事多年的“无性杂交”试验，大胆去探索新的路子。他带着“遗传性状的物质基础到底是什么”、带着自己多年从事的“无性杂交”所产生的“无性杂种”为什么不能遗传等现实问题，开始从理论到实践的结合上，深入研究各种遗传学说，既研究米丘林、李森科，又研究孟德尔、摩尔根，也研究达尔文、魏斯迈，从比较中求真理，用实践去检验，决心闯自

己的路。在推行向苏联“一边倒”，把孟德尔、摩尔根学说斥为异端邪说，李森科主义盛行的 50 年代，袁隆平这种追求真理的信仰、尊重科学的态度是十分难能可贵的。这是袁隆平科学生涯的重大转折。他认识到，孟德尔、摩尔根的遗传学，完全不像苏联生物界批判的那样，是什么形而上学的理论。美国遗传学家摩尔根着力研究的、由基因组成的染色体，已被生产实践和科学实验证明，是生物遗传性状传递的物质基础。染色体的变化规律，对作物育种有着非常重要的意义。这些遗传学中的重大理论和实践问题，是米丘林、李森科遗传学说中没有解决的疑难问题，却被孟德尔、摩尔根遗传学说圆满地解决如果说，在 50 年代，袁隆平作为米丘林、李森科学说的虔诚信徒，在课堂上还只敢偷偷摸摸地向学生们传授点孟德尔、摩尔根遗传学的基本概念的话，那么，到了 60 年代，他已完全转变成为孟德尔、摩尔根遗传学说的自觉实践者 1960 年 7 月的一天，袁隆平在早稻常规育种实践中，发现了一莨“鹤立鸡群”的水稻植株，性状优异，穗大粒多而饱满，每穗一百六七十粒。经他对这棵稻子的精心观察与培育，认识到这棵“鹤立鸡群”的稻子就是天然杂交水稻所表现出来的优势。他如获至宝地精心照管着这莨禾，收获季节，收回了一把金灿灿的种子。

第二年春天，他将这些种子播到试验田里，满以为它们会成为有希望的一代。因为系统选育（即从一个群体品种中选择优良的变异单株），是一种主要的育种方法，当时许多优良的稻麦品种，如胜利籼、万利籼、老来青、南大 2419 等都是通过这种方法选育出来的。

但事与愿违，秧苗长得参差不齐，禾苗怀胎、抽穗、扬花、灌浆很不一致，迟的迟，早的早，而且没有哪一莨的性状超过了它们的前代。从遗传学的分离律观点看，纯种水稻品种，它的第二代是不会有分离的，只有杂交种第二代才会出现分离现象。由此，袁隆平断定去年发现的“鹤立鸡群”稻株，是一株“天然杂交稻！”

袁隆平兴奋不已！这不正是梦寐以求、为之奋斗的东西嘛！既然去年那株“天然杂交稻”的杂种第一代长势那么好，就充分证明水稻也存在明显的杂种优势现象；既然自然界客观存在“天然杂交稻”，那么，只要探索出其中的规律，就一定能够培育出人工杂交稻来，也就一定能将这种优势应用到生产上，从而大幅度提高水稻的产量。

他由此预见，搞杂交水稻研究，具有光明的前景！这就是在饥荒年代那株“天然杂交稻”给袁隆平的启示。从此，袁隆平政弃自己多年来从事无性杂交的研究项目，把精力转移到培育人工杂交稻这一崭新课题上来。

水稻的杂种优势利用，只有两条路可走。一条是进行人工去雄。而用人工去雄杂交，生产杂交第一代种子，用于大田生产，这条路是不可能走通的。因为水稻是雌雄同花的作物，同一朵花上有雌蕊和雄蕊，雌蕊柱头授精后，一朵花只结一粒种子。如果用人工去雄杂交，就得一朵花一朵花地进行。产生的种子数量极为有限，不可能在生产上推广应用。另一条是培育出一个雄花不育的“母稻”，即雄性不育系。然后用其他品种的花粉去给它授粉杂交，产生出用于生产的杂文种子。这种方法，在国内外都没有先例，也是很难办到的。

早在 1926 年，美国人琼斯就发现水稻雄性不育现象。日本、美国、菲律宾等国相继自 50 年代开始，正式开展研究工作。尽管他们实验手段先进，但都因技术难度大，至今仍未应用于生产。因此，杂交水稻研究，是世界公认

的难题。当时有专家认为，像水稻这样一朵花只结一粒种子的“单颖果作物”，利用杂种优势，制种相当困难，根本无法应用于生产。并且断言：“杂交水稻此路不通！”

袁隆平查阅了大量的有关文献和资料，结合自身的教学、科学实践和实验观察，展开了想象的翅膀，构想着一个又一个新的实验方案。最后，在高粱与玉米杂种优势利用的启示下，袁隆平精心设计了一个“三系配套”实验方案，即利用水稻雄性不育性，进而培养出不育系、保持系和恢复系，代替人工去雄杂交，来产生大量的杂种第一代种子。

为了实现“三系”配套的制种方案，他又进一步制定了分三步走的具体行动步骤：

第一步：寻找天然的“雄性不育植株”。杂交高粱的研究，是从天然的雄性不育株开始的。由此推断，水稻也可能存在天然的雄性不育株。

第二步：筛选和培育保持系。寻找和培育出一种和雄性不育系杂交，使它们的后代能永远保持雄性不育的性状，以解决雄性不育系传宗接代的遗传问题。

第三步：筛选和培育恢复系。寻找和培育出一种和雄性不育系杂交，使它们的杂种第一代恢复雄性可育的能力，能自交结实，只要它们的优势强，就可以将它们利用于大田生产。这就是所指的“三系法”杂交水稻。

寻找和培育出了台符生产要求的“三系”以后，利用“三系”进行循环杂交，就能完成不育系繁殖、杂交稻制种和大田生产应用这样一整套“三系”杂交水稻生产的程序。为了培育出不育系，袁隆平吃苦耐劳，显示出惊人的毅力。1964年6月，骄阳似火，正是南方水稻的扬花季节，他每天上午11时至下午3时，头顶烈日，脚踩烂泥，手持放大镜，忙碌在茫茫的稻田里，一垅垅、一行行、一株株地观察，寻找水稻雄性不育株。经过10多天细心的逐穗检查，终于在栽培稻种中找到了雄蕊退化不育株，并对它们进行了杂交试验和观察研究。

经过两个春秋的试验，袁隆平对水稻雄性不育材料有了较多的感性认识。他把获得的科学数据，进行分析整理，撰写了“水稻的雄性不孕性”论文，发表在《科学通报》1966年第4期上。这篇论文，不仅第一次详尽论述了水稻具有雄性不育性，并且区分出无花粉型、花粉败育型、部分雄性不育等三种不同的类型。同时，还进一步预言，利用杂交水稻第一代优势，将会给农业生产带来大面积、大幅度的增产。他的这一发现受到党和国家的重视。1967年，这一研究被正式列入湖南省重点科研项目。

然而，1966年的“文化大革命”，给袁隆平的科研带来了严重干扰。安江农校一些受蒙蔽的群众，把袁隆平当作“白专道路”的典型、“资产阶级技术骗子”，列为批判斗争对象。但袁隆平并没有被困难所吓倒，试验钵被砸烂，他就把没有被打烂的试验钵藏到偏僻的苹果树下继续进行研究。特别是有人将他历经千辛万苦培养出来的雄性不育实验秧苗全部拨除又丢入井中，袁隆平不顾自己胃痛，毫不犹豫地脱掉上衣潜入两丈深的井中寻找。由于井水太深，他只得用一台抽水机，花了3天时间才把井水抽干，抢救出5株不育秧苗，使他的实验得以继续进行。

为了加速杂交水稻种子繁殖传代，袁隆平和他的助手从1969年起，每年10月中旬，当秋高气爽，凉风逐渐南下时，他们就到广东、广西、云南搞繁殖育种。在那些岁月里，几乎每年春节，他都是在外地的实验地里度过的。

年复一年，他们先后用 1000 多个品种，做了 3000 多个组合，进行了多方面的艰苦探索，袁隆平明白了：“亲缘关系越近，不育系越难以保持；亲缘关系越远，杂交优势越大。”他设想用一种远缘的野生稻与栽培稻进行杂交，杂交优势就会更强。一个新的认识带来了一个新的决定：寻找野生稻。

1970 年，袁隆平和他的助手李必湖、尹华奇，风尘仆仆来到海南岛，寻找野生稻。他们深入农村，四处调查，终于在一片沼泽地里发现了一株奇异的稻子，茎秆匍伏，花蕊瘪小，花粉败育。原来这就是他们梦寐以求的雄花败育的普通野生稻，被命名为“野败”。他们如获至宝，精心培育，连续几天蹲在田里，给“野败”授粉，终于获得了少量珍贵的种子。“野败不育株”的发现，为三系选育成功地打开了一个突破口。

“野败不言株”的发现，固然是一个重要转折，但袁隆平深知，要把野生稻的自然“不育株”变成“不育系”，进而实现“三系配套”，直到应用于大田生产。还有一个相当艰苦的过程，是自己单独搞下去，还是把自己的成果奉献给成百上千的科技人员共同攻关，使杂交水稻早日问世？发明家的胸怀是宽阔的，袁隆平选择了后者。

袁隆平这一美好的心愿引起了热烈反响。在很短的时间内，来自全国几十个科研单位的逾百名科研人员，使用上千个品种，与“野败”进行了上万个回交转育，大大加快了杂交水稻的研究进程。经过一年多的协作攻关，到 1972 年就已选育出了一批不育系和保持系。

1972 年 3 月，杂交稻被列为全国重点科研项目。随后，由中国农科院与湖南省农科院牵头，成立了全国性的科研协作组。同年 9 月，在湖南长沙召开了第一次全国杂交水稻科研协作会，形成了全国范围的攻关协作网。许多农业科研机关、大专院校的专业力量，分担了杂交稻的基础理论研究，他们同育种工作者密切配合，对水稻“三系”和杂交组合，进行细胞学、遗传学、生理生态学等方面的研究，紧密配合了协作攻关。

1973 年，在突破了“不育系”和“保持系”的基础上，广大科技人员广泛选用长江流域、华南、东南亚、非洲、美洲、欧洲等地 1000 多个品种，进行测交筛选，找到了 100 多个具有恢复能力的品种。袁隆平、张先程等率先在东南亚品种中，找到了一批优势强、花药发达、花粉量大、恢复度在 90% 以上的“恢复系”，正式宣告我国籼型杂交水稻“三系”配套成功！它预示着我国应用水稻杂种优势的时刻即将到来。

“自化授粉的水稻，有没有杂种优势？”这个问题，自袁隆平提出水稻的雄性不育性研究课题之日起，一直是理论界争论的焦点。也是关系到杂交水稻这项研究有没有前途的一个关键问题。

1972 年秋，湖南省杂交稻研究协作组袁隆平的另一个助手罗孝和，在省农科院搞了一丘四分田的称之为“三超条种”（产量要超过父本、母本和对照品种）的杂种优势试验，因为生长特别旺盛，引起了人们的极大兴趣，寄予了很大希望。可是收获时，稻谷产量与对照品种的矮早 4 号持平，而稻草却增加一倍。袁隆平冷静地分析了这次试验，他满怀信心地对助手们说：“这次试验，表面上看是失败了，但实质上却孕育着极大的成功。有无优势是杂交稻研究有没有前途的关键，稻草的成倍增长，充分显示了杂交优势在水稻这个自花授粉作物上的客观存在。至于优势朝着哪个方向发展，朝稻草还是朝稻谷发展，则是属于技术上的和第二位的问题。这次稻草增产了，我们可以吸取教训，改进组合，下次优势不就朝着稻谷上面发展了吗？”

为了使杂交稻尽快应用于生产，1973年春，袁隆平在海南岛亲自配制了20多斤杂交稻种，分给他的助手们试种。这年秋季，在湖南省农科院1.2亩试验田里，种下了袁隆平配制的种子，虽然只中耕追肥各一次，可收获时，亩产量高达1010斤。

杂交稻的优势，就这样初露锋芒了。第二年，袁隆平扩大了试验，各点都取得了显著效果。以湖南的一些试验田为例，在同等条件下，一般每亩增产稻谷一二百斤。比当地优良品种增产20%左右。常规良种的草谷比为一比一，杂交稻则为一比一点四，杂交优势很大程度发挥到稻谷上来了。

1974年，袁隆平育成了中国第一个强优势组合，“南优2号”，在安江农校试种，中稻亩产1256斤，作双季晚稻示范栽培，二十多亩，亩产1022斤。随后，袁隆平闯过了杂交稻配组的优势关。

现在“三系”已经配套，又过了高产优势关。但袁隆平最初制种试验田的产量很低，每亩只有11斤。提高制种产量又成为一道难关。日本研究杂交稻比中国早，但至今未能用于生产。究其原因，除育性不稳定、优势不强外，就是繁殖制种产量没有过关。此关不破，杂交稻仍无法大面积推广。袁隆平认为，水稻是开颖授粉，花粉轻小而光滑，裂药时几乎全部散出，借助风力可传到一定距离（据测定可达40米）。这些保留下来的风媒传粉的特征特性，正是攻克制种低产这一难关的前提。另外，就单个花药和稻穗来看，水稻的花粉数量确实比玉米和高粱少，但水稻的总颖花多，就单位面积上可分布的花粉量来看，差异并不大。据调查测定，“南优2号”的父本，平均每个花药有六百粒左右的花粉，按制种田亩产父本300斤估算，每亩花粉粒约有300亿，以10天散粉时间计，在散粉均匀的条件下，则每天每平方寸面积上的花粉密度可达五千粒左右，完全可以满足母本授精的要求。因此，影响制种产量的关键因素并非花器和开花习性，而是父母本花期能否相遇，花粉能否均匀散落在母本柱头上。

从1973年冬开始，袁隆平就在海南岛种制种试验田，探索制种高产经验，亲自观察父母本开花习性，寻找叶龄与花期的相互关系，推算播种期；采取父母本分期播种、调节花期、割叶、剥包、喷射“920”、人工辅助授粉等等行之有效的综合性措施，提高了结实率。1975年春，湖南省协作组的27亩制种田、亩产上升到58斤，其中高产丘过了百斤。袁隆平系统地总结了这期间制种攻关的实践经验，写出了“杂交水稻制种与高产的关键技术”的论文，有力地指导了全国的杂交水稻制种。1975年冬，湖南出现了千军万马下海南的热闹场面，共制种3.3万余亩，袁隆平担任技术总顾问，由于措施得力，第一次大面积制种获得成功。这次战役，不仅为1976年在全国大面积推广杂交稻生产了大量种子，更重要的是创造和积累了调整父母本花期，提高母本结实率的有效办法和经验，初步探索出一套较完整的制种技术，攻破了我国大面积推广杂交稻的又一道难关。

杂交稻成功之后，为了尽快地将科研成果运用到生产中去，袁隆平从两个方面抓紧进行工作。一方面认真进行理论概括，用理论指导实践；另一方面，搞好丰产示范，通过丰产样板的作用，来加速杂交稻的推广。

1977年他发表了“杂交水稻培育的实践和理论”一文，认真总结了十多年来杂交水稻育种的丰富实践经验，从实践和理论的结合上，深刻阐述了杂交水稻育种中几个重大的实践和理论问题，同时，再一次预见杂交水稻“具有广阔的发展前途，蕴藏着巨大的增产潜力”。这篇论文的发表，扩大了“三

系杂交稻”的成果、对于杂交水稻的进一步发展，起着巨大的推动作用。

在丰产示范方面，早在“三系”即将配套的1973年春，袁隆平就在海南岛亲自配制了第一批杂交稻种，尽管数量只有20斤，但这首批珍贵种子在湖南、广西完行试种，就初露了增产锋芒！

1974年，袁隆平一方面组织进行优势鉴定，同时抓紧配制一批又一批杂交种子，为全国多点示范提供了种源。湖南省委、省政府非常重视杂交稻的推广工作，组织干部群众参观了当年在省农科院的104亩杂交稻丰产示范样板田，震动很大。省委、省政府当即拍板，一次拿出资金100万元、粮食300万斤，组织8000多名干部和技术人员、赴海南制种3万多亩，获得成功，为次年大面积推广作好了种子准备。1975年冬，国务院作出了迅速扩大试种和大量推广的决定，国家投入了大量人力、物力、财力，一年三代易地，进行繁殖、制种，以最快的速度推广杂交水稻。

从1976年推广杂交稻种植，到1994年的19年中，全国累计种植杂交稻24亿多亩，累计增产2000多亿斤，相当于1992年全国粮食总产量的一半。湖南有位农民说得好：我们解决吃饭问题靠“两平”，一靠邓小平（责任制），二靠袁隆平（杂交稻）。这是一靠政策、二靠科学的形象说法。这位普通农民的朴实语言，说出了中国亿万农民的心里话！联合国粮农组织1990年统计，当年全世界水稻种植面积为22.5亿亩，其中杂交稻2.2亿多亩，面积只占10%，但杂交稻的产量却占了当年世界水稻总产量的20%，联合国粮农组织的一位官员预言，如果现在的常规稻全部被杂交稻代替，水稻的总产量可翻一番，可多养活100亿人口。

1981年6月6日，袁隆平荣获国家颁发的第一个特等发明奖；1985年获得联合国知识产权组织授予的全质奖；1987年获得联合国教科文组织1986—1987年度科学奖，同年又获得英国著名的伦克基金会奖。他还被评为“全国劳动模范”，被授予“国家级有突出贡献的中青年专家”的称号。

近年来，现已任全国政协常委、湖南省政协副主席的袁隆平没有满足已取得的成就，又率科技攻关小组研究两系亚种间杂交稻，对其经济性状、组合与生态环境的相关性进行观察分析，对栽培制度、管理技术进行探索，其优势将比三系法品种间杂交稻再增产10%左右，比常规稻增产20—30%，这将是我国水稻育种方法上的一次重大革命。目前，袁隆平领导的两手法杂交稻实验在国际上居领先地位。

水稻是我国主要粮食作物二一，在国民经济中占有特殊的地位。探索水稻增产新途径是摆在农业科技人员面前的一项重要任务。袁隆平在经历那个由罕见的天灾人祸带来的严重粮食饥荒的年代时，受到一株“天然杂交稻”的启示，而确定进行杂交水稻研究，其本身就足以说明他具有远大的战略眼光。泱泱大国，人口众多，自有文字记载以来，饥饿就成为历代社会动荡的一个重要因素，进入20世纪后，吃饭问题仍然是困扰中国政府的一大难题。“先天下之忧而忧，后天下之乐而乐”，袁隆平少了超凡者的洒脱，却多了几分入世者的烦恼，始终把眼光放在与国计民生密切相关的粮食问题上，以国家和社会需要为己任，积极进取，为解决中国和世界粮食问题作出了杰出贡献。

袁隆平研究杂交水稻不仅源于强烈的社会责任感，还因为他具有科学家的性格，崇尚真理、尊重科学。当李科森主义在中国盛行时，他却敢于持怀疑态度，深入研究各种遗传学说，完成了学术思想的重大转变，为研究杂交

水稻奠定了坚实的理论基础。当回顾这一段经历时，他曾不无感慨他说：“幸亏我猛醒得早，如果老把自己栓死在一棵树上，也许至今还一事无成呢！”在几十年的长期研究中，他敢于批判各种因循守旧的传统学说，不迷信权威，善于在实践中不断总结经验，进行理论概括，尤其难能可贵的是，在困难和挫折面前，袁隆平表现出了百折不挠的献身科学的精神。

美国的巴耐伯格在 1988 年出版的《走向丰衣足食的世界》一书中，是这样评价袁隆平的：“袁隆平为中国赢得了宝贵的时间，他增产的粮食实质上使人口增长率下降了。他在农业科学上的成就击败了饥饿的威胁，领导着人们走向丰衣足食的世界。同时，他给那些保守者上了一堂很有价值的课，这就是怎样在农业科学事业上去创造功绩。他把西方国家抛到了后面，成为世界上第一个成功地利用水稻杂交优势的伟大科学家。”

王选发明汉字激光照排印刷业告别铅与火时代

1981年7月,中国第一台计算机——激光汉字编排版系统原理性样机(即华光 型机)在教育部和国家电子计算机工业总局的主持下、通过了部级鉴定。

鉴定会肯定华光 型机在汉字信息压缩技术方面居于世界领先地位;激光照排机的输出精度和排版软件的某些功能达到了国际先进水平。的确,华光 型系统在很多方面都优于当代最先进的英国蒙纳公司的系统。凡看过底片和样书或参观过华光机的美、英、日等国的技术专家都给予了高度评价。但是,在王选看来,一项科研成果,不管它获得多少的荣誉,再高的评价,只要它没有走出实验室,没有取得经济效益和社会效益,都不过是迷人的海市蜃楼罢了。“华光系统在成为实用商品之前,我们的成果只能算作零!”这是王选对自己提出的挑战。他没有退缩,而是作出了从零起步的战略决策。

1980年夏天,北大的汉字激光照排系统,软件的核心部分全部调通,其性能更加完善,已基本具备出版条件。很快,激光汉字编辑排版系统成功地排出了样书——《伍豪之剑》。

全书只有26页,字形优美清晰,封面古朴典雅。从封面到正文,都是由点阵组成。这本书从文稿输入、编辑排版、校对修改、加添页码等一系列工序都是在计算机控制下自动运行的。它没有动用一根铅字,也没有经历铅排所必不可少的捡字、拼版、打纸型、浇铅版等一系列繁琐的工序,更没有熔铅、铸铅这类有毒作业。它是中国印刷史上完全甩开铅作业,用激光照排系统印成的第一本汉字图书。

当这本书送到分管科技工作的方毅副总理手中时,他抑制不住喜悦的心情,挥笔批示:“这是可喜的成就,印刷术从火与铅的时代过渡到了计算机与激光的时代。”他爱不释手地翻看了样书之后,又把《伍豪之剑》带到中央政治局,分赠给每位政治局委员。

这些貌似平凡的绿色小册子,向中国最高领导层传递了一则重要的信息:北京大学有一位名不见经传的年轻专家,已经在首都引发了一场划时代的汉字印刷术革命!

日理万机的邓小平也没有忽略这一信息。它当即写下了“应加支持”的批示。

1980年10月,方毅带着批示来到北大,向王选及全体研制人员表示了衷心的感谢。

王选是幸运的,几年的顽强拼搏换来了华光 型的具体成果,受到党和国家领导人的充分肯定。而在他之前起步的五家,现在怎么样了昵?

上海的两家,一家下马,一家改变了研制方向。

北京的两家中,有一家1979年就已经停顿下来,照排机没出实验室就夭折了。另一家负责光学和精密机械设计的同志,在看到《光明日报》以通栏标题报导了华光 型机主体工程已获重大突破的消息之后,立即长叹一声说:“我们的方案就要被淘汰了!”不久,这家也半途夭折了。

位于南京的一家二代机协作单位,也是见报后派人坐飞机到北京了解情况,不久就停止了二代机的研制工作。

王选丝毫没有幸灾乐祸的想法。他知道这几家科研骨干和技术负责人都

是很有才华、在某一方面有特长的专家。他们的专业水平、他们所设计出的高难度机械动作都达到了国内极高的层次。但仅仅因为没有选好方案，致使十年之功，付诸东流，数百万元的科研经费也泡了汤，这实在是每位科技人员都不应忘记的惨痛教训！

只剩下云南一家了。王选曾对他们过时的模拟式三代机技术方案提出过忠告，但终因骑虎难下，未能下决心改变方案，到了1982年才下马。

王选的获胜，使他一时成了新闻人物。然而他始终保持着清醒的头脑。不错，华光 型系统已经通过了部级鉴定：核心技术已经登记了欧洲专利，但华光系统离目标还远着呢！它现在只不过是一台原理性样机。它采用的是小规模集成电路，是落后的磁芯存储器。这些国产部件仅能达到70年代初的水平，可靠性也存在着不少问题，更重要的是，它仅仅是样品而不是商品！

正当王选和研究室内外的科技人员齐心协力，埋头苦干，为华光系统的商品化而奋斗的时候，社会上掀起了出国热、理论进修热、辅导孩子热等冲击波，搅扰了研究室的正常秩序。出国、职称、调资、住房、子女升学等问题，王选一概没有能力解决，他只能怀着惋惜和内疚的心情，为调出人员送行。研究室搞硬件的原来有9人，后来剩下两人，王选还算其中一人。在80年代初，普遍存在的心态是，把学术研究与商品生产截然对立开来，把科学与技术分力上下两等。“北大是全国著名的高等学府，怎么也搞起商品来了？”“大学是搞科学研究的，不应该做具体的技术工作。”还有朋友好心相劝：“王选，你已经在学术上取得了突破性成果，功成名就。剩下的工作让别人干去吧！何必还这么辛苦？”这些打上了计划经济时代烙印的思想观念和知识分子根深蒂固的清高态度，曾困扰着王选，形成了不小的精神压力。王选认真统计了一下国外在计算机方面做出过突出贡献的人，即荣获过计算机最高荣誉奖——图灵奖的人。结果惊奇地发现：他们都是两位一体的人——既是提出新思想的人，又是亲自实现的人。

由此看来，科学家介入生产实践活动，使自己的研究成果迅速变为商品，不仅是一件无可指责的事情，相反，这倒是科学家的必由之路，是一个国家、一个民族兴旺发达的一个吉兆。

“干！不搞出商品型华光系统，死不瞑目！”王选作出了研制汉字计算机激光照排系统以来的第二个具有战略意义的决策。他领导的北大研究集体的骨干力量，一个个都铁了心要干到底。

就在王选费尽心机安定研究所人心的时候，外地协作单位也频频告急。潍坊计算机厂的部分领导人对华光系统的前途产生怀疑，下令冻结了几十万元的研制经费，强迫研制华光系统的技术人员立即下马。后来，计算机工业管理局长亲自出面做厂领导工作，才渡过了这场危机。

又恰是在王选于逆境中奋力拼搏的时候，他工作上最得力的助手，生活上最亲密的伴侣爱人陈 患了癌症！王选险些被这一晴天霹雳所击垮！他深感内疚，但又无可奈何。他没有忘记病弱的妻子，但他必须为华光事业全力拼搏、否则就会跟历史的机遇失之交臂。

王选带领研究室的全体成员，夜以继日地投入到华光系统的换代工作中。他负责新一代产品——华光 型的逻辑设计和微程序的编制。原系统小规模集成电路被中、大规模集成电路及微处理机取而代之，研制工作进展顺利。

1983年夏天，华光 型系统研制成功。随即，大样机在普通纸上打出了

清样！要知道，当时国外最先进的照排系统也只能在价格昂贵的照相纸上打出清样。直到1984年初才在普通纸上打出了清样。

1984年初，华光型系统在展览会上刚一亮相，就被新华社大胆采用了。这是华光系统第一次进入试用状态，既是一次难得的机遇，也是一次严峻的考验。华光型系统每天要处理14万多字的新闻稿。新闻稿不同于普通文稿，时间性极强。邮车每天清晨都准时来取稿，不能有丝毫延误。华光型系统能经受住这样严峻的考验吗？王选心里又兴奋又紧张。

国内的电脑市场上，从微机到大、中型计算机，几乎全是进口货。数十种国产计算机产品静静地躺在仓库里无人问津。外国计算机设备仍然像潮水般地涌向中国海关，大有一举冲垮中国电脑工业的势头。

有人断言：进口是阻止不住的。深圳、广东等地的厂商与外商结合，引进先进设备之后，华光系统肯定得完蛋！有人讲得更具体、更吓人：1984年10月，是华光系统正式垮台的日子。他们的断言并不都是无稽之谈。这年10月将在北京举办国际印刷设备展览会。很多国家的先进设备都将来华参展。不少人认为，到了那时，华光系统将无立锥之地，只能彻底瓦解。

更令人感到担心的是，王选在《人民日报》专家论证会上的失败。《人民日报》自1983年就考虑引进激光照排设备，以实现编辑排版现代化。1984年召集专家论证会。专家们争论的焦点是要不要引进国外激光照排设备。主张引进的意见，在论证会一开始就占了优势。他们认为，《人民日报》是党中央的喉舌，是中国影响最大、发行量最高的综合性报纸。照排系统的任何差错都会引起严重后果。而国产照排系统至今不过是样机和展品，能否达到真正实用的水平，现在还很难预料。即便研制出来也必然是落后的，无法与先进的英美电脑公司所生产的照排系统相匹敌。

王选在发言中力排众议，极力主张选用华光系统。他引用一系列数据表明华光系统的优越性，但仍未能扭转论证会的倾向。有人认为王选不过是在进行“王婆卖瓜”式的自我吹嘘。

“华光”照排系统在《人民日报》的论证会上遭到失败之后，华光系统的处境更趋恶化。因此，王选深知新华社能否用华光型照排系统顺利排出日刊，已成为决定华光系统成败的关键一仗。王选决心背水一战。在电子工业部主持召开的制定“七·五”规划会议上，他郑重宣布：明年2月1日，如果华光型系统还不能在新华社排出日刊，我们自动放弃“七·五”攻关的经费，“统统不要，分文不取！”

北大汉字信息研究室及协作厂的科技人员，都怀着强烈的危机感，全力以赴地参加了大决战。

1985年2月1日，新华社用华光型计算机——激光汉字编辑排版系统连续运行排印出《新华社新闻稿》日刊和《前进报》旬报。型系统经受住了实践的检验。

5月，中国计算机界，新闻界和出版界一百多名专家，出席了国家经委主持的鉴定会。专家们对华光型计算机——激光汉字编辑排版系统进行了严格的测试和审查之后，郑重宣布：华光型编排系统是我国研制成功的一项具有国际先进水平的重大科研项目。它开创了我国印刷技术发展史上的新纪元。

我国各大报刊都报道了这一重大新闻，并宣布华光型系统即将正式投入批量生产。

那些耸人听闻、喧嚣一时的凶险预言一一破产了。华光系统不但没有垮台，而且在中华大地上站稳了脚跟。

接着又传来一个喜讯：华光 I 型系统被评为 1985 年中国十大科技成就之一。

在一片赞美声中，王选却以十分苛刻的目光对华光 I 型系统横加挑剔：体积大，外观不秀丽；主机硬盘对机房的要求过高；软件要进一步改进提高，它还应付不了对开大报及版面复杂的科技版；滚筒式激光照排机也不过硬，有时还出毛病；用户也太少了，全国只有五家。

王选冷静地宣布：如果把华光 I 型系统的样机视为零的话，那么华光 I 型系统只不过是开了一朵小花，结了一个小果子！

于是，他和伙伴们又马不停蹄地发起新的攻坚战——发展小型化的华光 I 型系统，进一步提高系统的稳定性和可靠性，提高排版软件的功能。

他以身作则，分秒必争。平时没有节假日自不必说，春节期间，大家都休息，干扰最少，这段时间成了王选工作效率最高的工作日。华光系统中很多技术难关都是在这时突破的，一些难度最大的设计方案，也都是在这时完成的。

1986 年春节，王选因在山东潍坊计算机厂劳累过度，患肺炎，高烧 39℃，在病床上打点滴度过了春节。

1987 年春节，王选在完成 I 型机微程序设计的同时，又巧妙地构思了空心、旋转、勾边等一系列美观新颖的字体设计方案。

在华光 I 型系统的攻坚战中，北大汉字信息研究室的年轻一代科研人员在实践中崭露头角。他们在研制数学版、化学版的软件过程中，都做出了引人注目的贡献。对此，王选特别高兴。他说：“我们研究室里年轻一代的崛起，比华光系统本身的成果更令人欣慰！”

1985 年 11 月，华光 I 型系统通过鉴定不过才半年的时间，潍坊计算机公司在北大的支持下，向用户提供了第一套华光 I 型系统。

跟华光 I 型系统相比，II 型系统不仅体积小，外观小巧漂亮，而且在技术指标和功能方面都有了明显的提高。它不但能排大小报刊和辞典，还能排那些带有复杂数学公式、化学方程式以及各种表格的科技书刊。价格也大幅度下降，朝小型化、实用化和商品化方向迈进了一大步。

王选认为华光系统的技术条件已经成熟，可以实现输出对开的日报。但这需要有一个实践的机会，以便进一步开发和完善华光系统编排大报的功能。

大报纸跟一般书刊可不一样。它的日发行量高达几十万甚至数百万份，万一卡了壳——哪怕只延误一天，也会引起读者的骚动。况且，用激光照排系统输出整页中文报纸，在世界上还没有先例。日本及欧美各国当时都在加紧研制，但没有一家获得成功。谁敢担当如此巨大的风险，轻易上华光系统？

“我们第一个上‘华光’！”首都报业中，第一个站出来装备华光系统的是《经济日报》印刷厂。1987 年初，《经济日报》印刷厂购进的两套华光 I 型照排系统先后安装调试完毕。为以防万一，工厂仍然保留了全套铅排工艺。

1987 年 5 月 22 日，在共和国的首都，在《经济日报》印刷厂的激光照排车间里诞生了世界上第一张整页输出的中文报纸！

一时间，《经济日报》的版面成了全国最漂亮，最富于变化的版面。它的标题字字体之多，居全国之冠，丰富多采，赏心悦目。

《经济日报》的时效更是惊人。1987年10月，中国共产党第十三次代表大会的工作报告，全文达34,000多字。各大报社在收到新华社电讯稿之后，即使立即召集一批最熟练的印刷工人，也得苦战三四个小时才能完成排版任务。只有《经济日报》，借助华光系统的威力，在收到电讯稿之后，仅仅用20分钟就在照排车间完成了全部排版任务！

厂房占地面积也大大缩小。过去拥挤不堪的厂房，现在绰绰有余。劳动生产率更是今非昔比。原来铅排作业的夜班需要35人，现在照排车间只需1人排字，1人拼版。两套班子才4个人，再加1名领班，总共5个人就够了。

印刷厂的经济效益也显著提高。1988年，每天输出成品50万字，清样200万字。与此同时还承担着33种报纸、11种期刊的编排任务。与同等任务的铅作业相比，可减少厂房面积68%，用人减少60%，耗电量减少68.7%，成本下降27%，年利润达200万元。1989年的日排字量达80万字。年产值达700万元，年利润250万元，人均利润突破了万元大关。

1988年7月，《经济日报》印刷厂又爆出一条轰动全国的新闻：经济日报印刷厂卖掉了铅字，全部废除了铅排作业，成为中国第一个甩掉铅字的印刷厂。人们欢呼着告别了铅与火的时代，欢笑着跃入电与光的时代。

从1981年王选发明激光汉字编排版系统原理性样机（即华光Ⅰ型机），通过国家鉴定后，到1991年又相继推出了华光Ⅱ、Ⅲ型和新一代方正91电子出版系统。

王选成功的关键在于，在强烈的科技创新意识，发展机遇意识和市场竞争意识的驱动下所作出的一系列决策。当华光Ⅰ型机问世时，他已谋划着要实现研究成果向商品的转化；而当华光Ⅰ型机被一片赞誉声环绕，有人主张停下来喘口气时，王选却洞悉到：停顿就意味着失去市场，意味着失去发展的机遇。他没有松劲，从而也就在不断开拓进取中获得了令人瞩目的发展。

1988年投放市场的华光Ⅱ型采用超大规模集成电路，字形复原速度高达710字/秒，（对于100×100点阵），是国产照排系统走向成熟的标志。方正91系统则采用集成度更高的专用芯片，体积更小、速度更快。1993年推出的方正93系统是北大方正十多年最重要的技术突破，采用了国际标准页面插述语言PostScript 2，并研制了0.7微米线宽的手用协处理器芯片，其复杂度为方正91芯片10倍以上。这一系统能在8—10分钟内出四开一版分色片，在中文彩色出版物的输出速度方面世界领先，引起了海外中文报业和印刷业的强烈兴趣，并很快进入了海外市场。1990年6月，采用华光Ⅱ的香港新晚报成为港澳地区第一家全部版面都用电脑编排的报纸；1992年1月，采用方正91彩色照排系统的澳门日报成为世界上第一家彩色照片与文字合一处理的中文日报。

值得一提的是，在如何把科技成果转化为现实生产力的问题上，王选也是深谋远虑的。他选择一条科工贸一体化的道路，把科技人员、生产厂家和用户紧密联系在一起，这样在开发——生产——商贸不断良性循环过程中，他始终站在了科技的前沿，掌握着商战的主动权，推动各项事业取得新的、更大的成就。

斯佩里独辟蹊径脑半球揭开秘密

1981年10月9日凌晨3时，美国加利福尼亚州理工学院校长在睡梦中被电话铃声惊醒。新闻记者向他道喜说：“刚刚由瑞典传来消息，您校斯佩里教授被评选为今年诺贝尔生理学及医学奖的获得者！”该校以往曾多次得到类似的佳音，这次却有点不同。许多熟悉斯佩里的人，初听到他获奖消息时的反应都是：“太好了！但是为了什么呢？”同行们公认，他有两项深远影响的贡献都值得获奖。问“为什么”并非意味着“凭什么”，而是为了弄清楚为了“哪一项贡献”而获奖。

消息传来的当天，加州理工学院校刊发了号外，上面登了各方面表示的祝贺。校长的贺词是：“斯佩里，谨向阁下大脑的左右两半球一并致贺！”这样的贺词或许是绝无仅有的，也多少有些让人感到莫名其妙。然而，一旦人们弄清楚了其中的缘由，又无不钦佩校长的诙谐和中肯。原来，根据诺斯佩里独辟蹊径脑半球揭开秘密 1981年10月9日凌晨3时，美国加利福尼亚州理工学院校长在睡梦中被电话铃声惊醒。新闻记者向他道喜说：“刚刚由瑞典传来消息，您校斯佩里教授被评选为今年诺贝尔生理学及医学奖的获得者！”该校以往曾多次得到类似的佳音，这次却有点不同。许多熟悉斯佩里的人，初听到他获奖消息时的反应都是，“太好了！但是为了什么呢？”同行们公认，他有两项深远影响的贡献都值得获奖。问“为什么”并非意味着“凭什么”，而是为了弄清楚为了“哪一项贡献”而获奖。

消息传来的当天，加州理工学院校刊发了号外，上面登了各方面表示的祝贺。校长的贺词是：“斯佩里，谨向阁下大脑的左右两半球一并致贺！”这样的贺词或许是绝无仅有的，也多少有些让人感到莫名其妙。然而，一旦人们弄清楚了其中的缘由，又无不钦佩校长的诙谐和中肯。原来，根据诺

生物胚胎的分化发育，总是从一个细胞开始的。人们公认：在高等动物中，哪些细胞会组成骨骼，哪些会变成血液，都是遗传决定的。斯佩里的贡献，是把先天的影响从“组织”的分化推进到个别神经细胞的分化上去。同时表明：神经系统由先天已决定的结构，对行为具有莫大的影响，不是完全能由环境和经验来左右的。这并不是说环境和学习不重要。假如李白生长在英国、自然不会用英文写出“床前明月光”的诗句。反之，换一个人，即使有和李白同样经历和文化水平，可能连一首“打油诗”也诌不出来。

斯佩里强调，人们在神经系统结构细节上所呈现的差异，比人们在面孔、指纹上的差异更大。各人的才智、性格生来有别，因而教育的方式和重点也应该多元化。因材施教不但事半功倍，也会使人类的文明多姿多采。

40年代，斯佩里从事神经元的功能特异性研究，他发现中枢神经联结的生长不但具有高度特异的选择性，而且精确地按照预定程序进行。这个发现导致他深入研究胼胝体的功能问题。胼胝体是脑的最大的纤维系统，由约2亿根神经纤维组成。曾有医生试着用切断胼胝体的方法来治疗严重的癫痫症，手术后病人发病次数和严重程度果然减少了。更可喜的是，看不出手术有什么副作用。于是人们不免发生疑问：“经过亿万年进化还存在的胼胝体，难道仅是为了恶化少数癫痫病人的病情吗？”斯佩里一方面分析研究了前人积累的科学证据，如19世纪末戴杰雷因发现，损伤两半球间即从右半球视觉皮层到左半球的语言中枢的视觉路线，则会产生完全的失语症；20世纪初，李普曼报告了损伤胼胝体前部将会引起失语症结果的真实证据等，从而对胼

胼体同大脑两半球功能毫不相干的观点持怀疑态度；另一方面斯佩里在早期研究新发现的基础上，先后用猫和猴作分离脑实验研究，以此探讨在大脑两半球功能中究竟有无作用问题。

斯佩里及其同事不仅将猫的大脑而且将它的视交叉、视神经的横过部分分割开，使左眼来的视觉信息仅传送到左半球，而右眼来的信息只传到右半球。当用一只眼解决问题时，动物能正常反应，而且学会完成一个任务。当盖住这只眼把同一问题给另一只眼呈现时，动物表现出对问题没有再认，而且必须用这个脑半球对问题再从头上学起。把这种方法用于“分离脑”的猴子身上，也发现有时候猴的这一侧脑占优势，采取这一种行为；有时猴的那一侧脑占优势，采取另一种行为。

斯佩里由这一发现联想到脑机制的一系列问题：“在完整的脑中胼体担负两大半球活动的整合吗？它的用途是向每个大脑半球不断报告关于另一边正在做什么吗？当两半球被分开时，它们实际上独立到什么程度？它们能分开思想甚至有分开的情绪吗？这样，斯佩里就从发现问题转入研究问题，从神经胚胎学研究转向动物和人的“分离脑”研究，时间从50年代初开始。可以说这个转向是他揭开大脑功能之谜的第一步。

1950年，斯佩里及其同事从鱼脑的一侧到另一侧的学习迁移的显微外科研究中得到启示，并于1952年用同样的方法作猫的“分离脑”实验研究。这类实验可简述如下：（1）切断动物的视交叉，将一只眼睛盖住，由另一只眼睛学习视觉辨别；（2）在辨别训练之后，将盖住的眼睛打开，将“受过训练的眼睛”盖住；（3）动物表现出通过“未训练的眼睛”很快地完成辨认的学习。但是，当实验重复进行到第二阶段时，动物反应表现为好像它从未见过以前学习过的问题。即胼体的分离阻止了记忆和从一侧半球到另一侧半球的学习的传递。动物需要长时间地用第二只眼去学习辨别，像它原先用第一只眼时一样。当用一只眼解决问题时，动物能正常反应，并且学会完成一个任务。当盖住这只眼把同一问题给另一只眼呈现时，动物表现出对问题没有认识，而且必须用这个半球对问题再从头上学起。

这一发现表明：“当割断大脑两半球之间的联接，每个半球就像一个完整的脑一样独立地起作用。”斯佩里通过一系列实验还表明：“每一个半球都具有知觉、学习及认识系统。”

60年代初，美国加州医学院的沃格尔和博根从斯佩里施行过分离脑外科手术的猴子能够迅速复原的发现中得到启示，对一些屡发性重症癫痫病人试行切除大脑连合部手术，以期将疾病控制于一侧脑半球。手术取得了意想不到的成功，它既使癫痫限于一侧半球，又使患者减轻发病时的剧痛，而病人的语言表达能力、计算能力、语言的逻辑性、言语、记忆，性格及保持令人惊异的完整程度。由于“分离脑”病人的视觉传入信号并不相混，每个半球的功能又保持完整无损，这就为大脑两半球的功能研究提供了前提和条件。

斯佩里由“分离脑”手术成功联想到：能否用隔离信息处理的方法来研究人脑两半球的功能呢？于是，斯佩里就利用“分离脑”病人这一特殊的实验对象进行一系列的心理测试，从而揭示了大脑两半球具有高度特化的功能。

动物的脑和人的脑，动物的心理和人的心理既有必然的联系又有本质的区别。通过对动物脑和人脑，动物心理和人的心理的比较研究，可以科学地揭示两者之间的联系和区别。例如，巴甫洛夫及其助手们利用狗做了大量的

生理心理实验，为探索人的心理规律开辟了道路，提供了依据。同样，斯佩里先将猫的视交叉、胼胝体作外科手术分离，然后分别使左、右眼解决问题。他发现猫的每个半球像一个完整的脑一样，可以进行相当独立的感知觉、学习和记忆。斯佩里用猴子来作类似的实验，同样发现，猴子有时这一侧半球占优势，采取这一种行为，有时那一侧脑半球占优势，采取另一种行为，它两种不同人格合为一体一样。因此，“每个半球可以产生不同的记忆模式，都能够表演不同的辨别任务。”斯佩里总结动物分离脑研究结果时指出，“大脑各半球似乎是一个独立的智能区域，他们是在完全不管——的确是完全没有意识到另一半球中发生什么情况下工作的。这种分离大脑的动物在实验情况下表现出来的行为仿佛它有两个完全独立的脑子似的。”他在动物分离脑的研究中所得到的科学发现是引导他揭开人脑之谜的关键性一步。

从60年代初开始，斯佩里将动物分离脑的基本方法应用到“分离脑”病人身上。例如，让“分离脑”人用左眼注视一个美元符号（\$），而用右眼注视一个问号（？）。当要求他用左手画出他所看到的东西时，他很快地画出了美元符号，但当问他看到什么东西时，他却立即回答说：“是一个问号。”让“分离脑”人右手握某一物时，他能叫出物体名称并描述它。而当同一物体握在左手时，却不能用言语来表述它，但能够在非语言的测验中确认它，如将它与各物品组合中的同样物体配对。

实验证明，正像斯佩里于50年代在动物分离脑的研究中发现的那样：“每个被分离的半球都似乎有它自己的、独立的、具有自身的感知觉、学习与记忆经验的认识领域。”就这样，斯佩里通过比较实验将分离脑动物和分离脑人在脑功能方面的相同之处揭示了出来。

斯佩里还精心设计，对人脑的左半球和右半球作了大量的比较实验，令人叹服地揭示了左右半球在功能上的差异性和互补性，从而使人们对大脑这个微妙世界有了更新、更深入的了解。

斯佩里通过大量的比较实验所取得的科学发现，解决了长期悬而未决的科学之谜，突破了许多传统的理论，科学地解释了大脑功能的高度专门化。斯佩里的科学发现的重大意义体现在以下几方面。

一是确立胼胝体的传递功能，证伪“胼胝体无作用说”。胼胝体是连接大脑两半球的神经束，对于他在脑功能活动中有无作用问题，在一个相当长的时期内一直悬而未决。斯佩里通过比较实验揭示，分离的两半球各有独立的知觉、学习与记忆经验的认知领域，胼胝体并不是像传统观点认为的那样，“只是脑的支持物”，而是起着两半球之间传递信息的决定性作用。这样，胼胝体在完整大脑中的作用终于由斯佩里弄清楚了。

二是发现了右半球优势功能，匡正右半球劣势观点。斯佩里及其同事对“分离脑”病人进行的一系列单侧性试验，表明大脑左半球长于语言和计算。大脑右半球虽不擅说写，但对语言和字义仍有相当的理解；它对空间的识别，对音乐、艺术、情绪的感知，则优于大脑左半球。大脑左半球习惯做逐步分析，右半球偏向于整体直观。这两种不同的感受和思维功能分工合作，相辅相成，令人不禁感到造化之妙。总之，斯佩里关于许多较高级的功能集中在右半球的新发现，有力地匡正了盛行一百多年的左半球是优势半球的传统观念。

三是辩证地提出意识的分离和统一，反对右半球无意识的观点。斯佩里从分离脑病人的研究中，发现分离的两半球各自具有较高的认识能力，似乎

每一侧分离大脑半球都有它自己的精神状态，每一侧半球与另一侧的意识经验明显地断离着。例如，让分离脑病人同时看两幅图片，一是雪景，一是鸡爪，分别投射到右左半球，另给八幅卡片，要求分离脑病人根据每个半球所获得的信息用手指指出最好的选择。实验结果，雪景投射到右半球，病人用左手手指铁铲的图片；鸡爪投射到左半球，病人用右手手指鸡的图片。当要求病人对每一种选择叙述理由时，他以说话的方式解释一把铁铲和一只鸡的选择，“鸡爪长在鸡身上，铁铲去清扫雪。”在这种评论性试验中，即使受试者不能非言语性地确认左视野，也很少作出一种刺激的回答，这主要是右视野——左半球阻挡了来自另一半球的反应。

科学研究的目的是要达到对研究对象的本质的、规律性的认识，而这种认识最终要以理论的形态体现出来。美国芝加哥大学的维姆萨特曾在一篇论文中指出：“斯佩里的学说（指心——脑相互作用论）是与他的经验性研究紧密结合，并且是用这些研究来说明的，其中尤其是‘分离脑’的研究，……导致了他的实现理论。”

斯佩里一方面立足于 20 多年分离脑研究中的科学新发现，以此作为建立新学说的科学依据；另一方面试用系统理论来解释意识的起源和发展、脑和精神的因果关系。脑以及神经原的组织结构和特性功能等问题，提出了心理——脑相互作用理论。

斯佩里认为，意识是脑过程的突现特性，“只有在大脑高层次活动中突现出来的某些动力的整体特性才是意识现象。”精神事件是因果性的，而不只是相关性的。高层次的精神下向控制低层次的神经生理。在他看来，脑犹如一个巨大的突现新现象的发生器，它所突现出来的新现象对低层次的活动施行着由上至下（即向下性）的控制。同时，脑与精神是同一个连续层次中的不可分割的部分。脑的次原子元素向上经过分子、细胞、神经回路直至具有意识特性的脑过程等，是一个由下向上的因果性和决定性，反之，高层次的意识现象又对低层次的神经生理以至神经细胞等施行下向性控制，这就是心——脑相互作用。

斯佩里还认为，在正常情况下，胼胝体将两侧半球的意识功能联结成为一个单一的统一过程。因此，胼胝体的活动成了意识事件的一部分。大脑两半球被分离时，意识经验也随之被分离，结果形成了两个独立意识领域。大脑两半球各有自己专门化的高级功能，右半球在音乐鉴别、空间辨别、图象识别以及情感表达等方面优势于左半球。大脑两半球在功能方面既有独立性又有互补性。在正常状态下，大脑两半球紧密地结合得如同一个单位而进行工作，而不是一个开放着一个闲置着。两半球的意识活动时时刻处于相互影响、相互作用之中。两侧半球的意识可作为更高的突现实体，因为“它不仅超过左脑和右脑的意识之和，而且对于思想和行动具有直接的超越的力”。

斯佩里在脑——意识研究方面的发现和论证，对行为主义者的假说作了有力的驳斥，对机械的还原论的学说也作了抨击，对二元论的观点也作了批判，使得 70 年代对精神和脑关系问题从原先的非因果关系的、心身二无论的观点转变为一种新的因果关系的、相互作用的解释。这是一个重要的转折，用斯佩里的话来说：“发生了心理学的革命。”因而，斯佩里的“心理——脑相互作用论”在 70 年代受到了哲学家、心理学家及教育学家的推崇。

斯佩里在大脑高级功能方面的新发现经历了一个长期的、艰苦的探索过程，它始于本世纪 40 年代的神经胚胎学研究，基于 50 年代的动物“分离脑”

研究，成于 60 年代的人“分离脑”研究。他以令人信服的科学事实，揭示了人脑两半球功能的高度特化，修正了流行 100 多年的“左半球优势于右半球”的传统观念，并提出了心——脑相互作用假说。

斯佩里之所以能够在研究大脑两半球功能分工上作出如此重大的科学发现，关键在于他着力把握实质性问题，善于选择突破口，巧妙设计实验方案，精心进行实验，既有研究总方向，又有阶段性目标，是一个连续探索、不断发现的过程。他的科学发现模式可概括为：问题——实验——证伪——假说，即从知识背景中善于找出问题，然后精心设计实验步骤，再依据实验所得之科学事实，证伪传统的理论，提出新的假说。

为了研究大脑两半球的具体的高级功能，斯佩里独辟蹊径，采用了与传统的研究方法迥然不同的“隔离法”，即利用切断大脑两半球之间的通路（胼胝体）的特殊解剖情况，在确保左、右脑半球功能完好无损的状况下，使左、右脑半球各自处理输入的信息互不交往，以此来确定大脑两半球的具体的高级功能。这是他能够成功地揭开大脑两半球之谜的关键性一步。

科学研究是一个不断探索未知的过程，科学的发现是历史的和逻辑的发展的必然产物。具有丰富的科学知识和敏锐的洞察力的科学家往往可以从一个问题开始，寻根溯源，不断深入，由此导致接二连三的新发现，甚至引起科学上的革命，斯佩里的科学发现过程正是如此！

邓小平高瞻远瞩高科技大展鸿图

1988年10月24日，举世瞩目的北京正负电子对撞机建成并调试对撞成功。邓小平同党和国家其他领导人一起兴致勃勃地视察了对撞机工程全部设施，和建设者一起欢庆胜利。邓小平对周围的同志们说道：“说起我们这个对撞机工程，我先讲个故事。有位欧洲朋友，是位科学家，向我提出一个问题：你们目前经济并不发达，为什么要搞这个东西？我就回答他，这是从长远发展利益着眼，不能只看到眼前。”“现在，我们有些方面落后，但不是一切都落后，这个工程本身也证明了这点。”“这个工程不完全是照搬过来的，中间也还有我们自己的东西、有自己的技术，有自己的创造。”

为什么邓小平如此重视和关心对撞机的建设呢？这是因为他深知、对撞机是高科技的象征，“现在世界的发展，特别是高科技领域的发展，一日千里。中国不能安于落后，必须一开始就参与这个领域的发展。

如果你想知道核桃里是什么东西，你必须把核桃打碎。同样，你想知道物质是由什么组成的，你也必须想办法把它打碎。打碎的办法有两种。一种是让加速器所产生的高速运动的粒子去打静止的靶粒子。在这种情况下，只有很少一部分能量变成有效作用能量。第二种方法是让高速运动的粒子，以相反方向运动，对头相互碰撞，不难想象，这样对撞的结果，粒子会撞得更碎，就像两辆开着的汽车相撞比一辆开着的汽车撞到墙上其结果更严重一样。这就是正负电子对撞机的原理。

本世纪初，人们开始对物质结构进行实验物理研究。迄今为止，有一点已经是清楚的，即核子是由更为基本的粒子夸克组成的。但是夸克有多少种呢？夸克之间又是如何相互作用而紧密联系的？为什么至今没有发现“自由”的夸克呢？这一系列问题的提出不仅是为了满足人类单纯的求知欲，而且对这些问题的正确解答将为人类打开更深一层的未知世界的大门。除此之外，人类还有一个更宏伟的理想。大家知道，自然界存在四种基本的相互作用：即引力相互作用、电磁相互作用、弱相互作用和强相互作用。电与磁，开始时是作为两种不同的相互作用而被认识的。可是，精确得让人目瞪口呆的电磁相互作用的统一的理论竟然如此完善，真可以说是人类认识史上的一个奇迹。也正是它，为人类今后的文明奠定了重要的基础。既然电与磁是统一的，那么电磁作用与其它几种相互作用是否也能统一起来呢？如果可以的话，它又会给人类带来些什么呢？科学需要幻想，但要把幻想变成现实，又谈何容易。20世纪最伟大的物理学家爱因斯坦一生创建了许多伟大的不朽理论，并把他的后半生几乎全部贡献给了“统一场论”的研究，但是直到他去世也未取得重要的进展。近几十年来，弱相互作用与电磁相互作用统一的理论，简称为弱电统一理论，获得巨大进展，并且得到许多实验事实的支持，这个理论的主要奠基人温伯格·萨拉姆·格拉肖因此获得诺贝尔奖金。这个理论的被证实极大地鼓舞了人类的自信心。但是，这个理论预言必定存在的中间玻色子（ W 与 Z ），至今尚未找到。所以建造一个高能量的正负电子对撞机，已经成为高能物理学家们的迫切愿望。

我国的科学家很早就从事粒子物理研究，并取得了重大成果。但是，他们只能在外国的高速器上进行实验研究。他们一直梦想，祖国能有自己的高能加速器。

新中国成立后，党和国家十分了解粒子物理研究的重要性和科学家们的意愿，早在1956年制订的科学发展12年规划中就确定要建造20亿电子伏特的加速器，但由于各种原因，未能付诸实施。为了支持我国粒子物理研究事业，国家不得不拿出1亿元资金，投资到当时的社会主义国家的联合核子研究所。我国的核物理学家王淦昌、张文裕等只得出国到这个研究所去从事实验研究。但是，60年代中，由于国际政治风云变化，我们的科学家被迫回国。张文裕等18位高能物理学家再也不能忍受无用武之地的痛苦了。他们上书党中央、国务院，希望国家能尽快考虑建造自己的高能加速器。1972年周恩来总理亲自复信指出，建造高能加速器“这件事不能再延迟了”，并责成中国科学院筹划建造高能加速器事宜。但是，“文化大革命”的干扰使这项工作难于开

展。直到1975年，病情已经十分严重的周恩来和邓小平同志一起批准了我国高能加速器预制研究基地的建设计划。这个计划一直拖到粉碎“四人帮”以后的1976年冬天才得以实施，一个在北京建设一个400亿电子伏特高能加速器的计划逐步推开。但是，当时百废待兴，国家有限的财力难于支撑这个过于庞大的建设计划，1980年下半年，刚刚准备动工的这个加速器建设工程被迫下马。

邓小平同志十分关心高能加速器的建设问题，1981年初，他指示当时主持国家科技工作的方毅同志，就建造高能加速器问题广泛听取国内外有关专家的意见，重新论证。

方毅邀请国内外专家就我国建造高能加速器问题进行了反复论证，认为，目前世界上建造高能加速器的趋势虽然是能量越来越高，规模越来越大，但每台加速器只能进行特定能区的物理研究。纵观高能物理研究现状，在2x20亿左右电子伏特的正负电子对撞机能区仍有不少很有价值的研究课题和物理实验工作，同时，电子与正电子高速运转弯曲处放射出的同步辐射光，亮度比通常光源强千倍以上，这种同步辐射光在物理、化学、材料学、生物、天文、医学、微电子等领域有广阔应用前景，而建造这种对撞机我国在财力、工业技术能力上都是能够承担的。根据专家们的论证，中国科学院向党中央和国务院提出了在北京建造正负电子对撞机的方案。邓小平同志仔细研究了专家们的论证意见后批示：“我赞成加以批准，不再犹豫。”他还亲自力工程建设点将。1983年4月，国务院正式批准了这个方案。同年12月，党中央、国务院将建造正负电子对撞机，列为国家重点工程，要求在5年左右建成。

以加速器专家谢家麟为总设计师的一批专家忘我地投入了对撞机设计。他们按照中央确定的“既能进行高能物理研究，又能实现同步辐射光应用”的“一机两用”方针，充分吸收了国外对撞机设计经验，经过几十月的日夜奋战，终于完成了北京正负电子对撞机工程的设计。

1984年10月7日，中国第一台正负电子对撞机工程建设在北京西郊破土动工。工地四同彩旗招展，邓小平同志亲自题写的奠基石在红绸护饰下矗立在工地中央。

邓小平同志及党和国家其他领导人来到工地参加奠基仪式。他看到了老物理学家张文裕便同他紧紧握手。张文裕激动地拉着邓小平同志的手说，“我多年的心愿今天实现了！”邓小平同志还和为这项工程做了许多工作的著名物理学家李政道教授握手，感谢他对祖国的科学和教育事业，特别是高能物

理方面的帮助，希望他继续帮助建造北京正负电子对撞机，李政道教授兴奋地说，他相信在邓小平的领导下，中国必定能建设成功对撞机，并表示今后将继续尽力帮助北京正负电子对撞机的建造和高能物理研究、人力培养等事业。

邓小平同志在热烈的掌声中，挥锹铲土奠基，并对周围的人说，“我相信这件事不会错！”再一次表示了对发展我国高科技事业的积极支持和坚定信念。

北京正负电子对撞机是由近万台集中了多种高技术的设备组成的复杂巨大系统工程，全部工程和设备需要中央十几个部委所属的数百个科研单位、高等院校和工厂进行设计施工，制造设备和安装调试，其复杂性和面临的技术难关丝毫不亚于当年原子弹、氢弹和导弹的研制。

工程一开始，在如何建造上就出现了两种不同意见。有的认为，对撞机设备制造难度大，我国的设备制造技术还难于适应，还是从国外全面引进为好，但是，多数国内外专家认为，中国制造正负电子对撞机，目的不仅仅是为了有一个进行高能物理实验研究的设备，也希望通过自己的设计、制造、安装、调试，提高我国高能加速器的综合能力，造就一支高能加速器的设计研制队伍。工程领导小组遵照邓小平“独立自主、自力更生，无论过去，现在和将来都是我们的立足点”和“吸收国际的经验”的思想决定，除计算机、快电子学零部件等少数我国目前无力研制的设备，以及用量很少下值得花人力、物力去研制的设备、材料、部件外，都由我国在充分吸收消化外国先进技术基础上，主要依靠我国自己的力量设计研制。邓小平同志和党中央、国务院领导批准了这个意见。实践证明，这个建造方针是完全正确的。

邓小平同志十分关心对撞机工程的进展，对每一期工程简报都认真过目，帮助解决工程进展中的难题。他在一期工程简报上，亲笔批示：“我们的加速器必须保证如期甚至提前完成。”并嘱咐国务院有关领导同志认真加以检查督促。

邓小平同志的批示极大地鼓舞了对撞机的建设者。工程领导小组以改革的精神，大胆实行科学管理。首先，从工程领导小组、国务院重大技术装备领导小组、各有关部委到主要设计和建设单位中国科学院高能物理研究所及各设备研制和土建施工单位，层层实行严格的责任制，各自明确任务目标和责任。与此同时，对工程实行关键路线法的先进管理，根据工程进度，层层编制总体和分系统设备的研制和建筑的建设进度的关键路线网络计划，层层分解落实到实施单位和负责人，及时检查、调度、修正、平衡、确保各项任务按时按质完成。所有工程研制、建设参加者，为了对撞机的建设团结协作，奋力拼搏，涌现了许许多多可歌可泣的事迹。

邓小平同志多次强调“最重要的是质量问题”。对撞机是复杂的高科技系统工程，任何局部的质量都会影响全局。工程领导小组始终坚持把质量放在首位，一开始就对各部件、设备制造的每一步的质量都提出十分严格的要求，每一道工序都严格按规范检验。不合格的，不准进入下一道工序，更不准出厂，同时派科研和设计人员驻厂和工厂的技术人员一起解决影响质量的问题，进行质量监督，从而确保了对撞机的质量，创造了我国第一台高能加速器调试一次成功的奇迹。

按照邓小平改革开放的思想，工程领导小组在对撞机建造过程中十分注意对外开放，积极开发利用外国智力。李政道教授为中美两国高能物理领域

的合作和北京正负电子对撞机工程做了大量工作，经他建议，工程领导小组聘请美国著名的高能物理学家、对加速器有丰富经验的潘诺夫斯基教授为科学顾问。李政道教授还帮助中国的数百人次的专家到美国进行考察和学习。根据中美在高能物理领域合作的协定，美国五个高能物理研究国家实验室对北京正负电子对撞机建设给了很大帮助。海外的炎黄子孙、杰出的物理学家杨振宁、丁肇中、吴健雄、袁家骝和邓昌黎教授也以很大的热忱关注北京正负电子对撞机工程，并给予许多支持和帮助，对北京正负电子对撞机工程如期建成起了重要作用。

经过数万建设者一千五百多个日日夜夜的顽强拼搏，中国科学家们梦寐以求的北京正负电子对撞机终于在北京建成了！它的建造质量是国际一流的，对撞机和谱仪的主要指标和性能参数均达到或超过了设计指标，跨入了国际先进行列；对撞机在实现对撞后仅半年左右就达到了设计指标，谱仪整机调试也只用了五个月，这在国际同类加速器中也是罕见的；它的建设投资是最省的，只有国外同类加速器投资的几分之一。

国际高能物理学界对北京正负电子对撞机的建成给予极高评价，认为“这是中国科学发展的伟大进步，是中国高能物理发展的里程碑”。

北京正负电子对撞机是中国拥有高科技的重要象征。它以世界一流的高能物理研究设施吸引着中外高能物理学家。已成为国际高能物理学界的重要实验基地。实践证明，建造北京正负电子对撞机是邓小平极富远见的正确决策。邓小平的这一决策，体现了他一贯重视科学技术思想。1978年全国科学大会后，特别是科技体制改革以来，邓小平对科学技术的关键作用，讲的次数越来越多，份量越来越重。1988年9月12日，邓小平在一次听取汇报的会议上说：“马克思讲过科学技术是生产力，这是非常正确的，现在看来这样说可能不够，恐怕是第一生产力。”这一论断，体现了一代伟人邓小平非凡的洞察力，他及时准确地把握住了时代的脉搏。

本世纪以来，现代科学技术已呈明显的超前发展趋势。成为世界经济发展中最主要的驱动力。特别是80年代以来，发展高科技及其产业已经成为一股世界性潮流。参加到高科技及其产业竞争行列的国家愈来愈多，不仅发达国家，甚至许多发展中国家都十分重视高科技及其产业的发展。高科技的作用，从经济发展来讲是生产力，从军事角度来看是威慑力，从政治上来说是影响力，从社会发展而论是推动力。因此，邓小平在视察北京正负电子对撞机时反复强调：“过去也好，今后也好，将来也好，中国必须发展自己的高科技，在世界高科技领域占有一席之地。如果60年代以来中国没有原子弹、氢弹、没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国际地位。这些东西反映一个民族的能力，也是一个民族、一个国家兴旺发达的标志。”

邓小平的高瞻远瞩、深切关怀，使北京正负电子对撞机建设取得了令人瞩目的成就。而它的建成，不仅为我国高能物理学家提供了施展才干的舞台，也使我国能够跻身国际拥有高能加速器的粒子物理研究行列，在世界高科技领域占有了一席之地。

里根鼓吹星球大战战略部署一箭三雕

1983年3月23日，美国总统里根宣布实施“战略防御计划”（Strategic Defense Initiative，简称SDI）。这个计划后来被称为“星球大战”计划。

这是一个以防御面貌出现的进攻性计划，是冷战时期美苏两个超级大国军备竞赛从核力量到非核力量、从地球圈内到外层空间的延伸，是美国试图利用其先进的科学技术和雄厚的经济实力，谋求对苏联的战略优势所采取的一个重大战略步骤。整个“星球大战”计划预计历时20余年，耗费达10000亿美元，仅激光武器一项就需3000亿美元。技术也相当复杂，要在距地球35800公里以外的不同层次的太空轨道上部署数百个监测卫星、作战站和反射镜，将成千上万种核武器从前苏联上空一直“铺”到美国上空，并保证把对方数以万计的核导弹在落地前击毁99%。这是近乎奇迹的效果。

1980年，美国共和党全国代表大会通过的共和党纲领中提出：“美国的外交政策必须反映‘以实力求和平’的国家战略”。这一战略的总则和目标是：“在军事上和技术上要全面地保持对苏联的优势”。“为了防御核战争，要建立战略性的防御体制和民防体制，使美国人民受到比苏联人民更好的保护”。纲领中提出：“积极研制一种有效的反弹道导弹系统，如苏联已拥有的那种系统和更现代化的反弹道导弹技术”。

里根上台后向专家征询了关于建立战略防御系统的意见。著名物理学家，被称为“氢弹之父”的特勒认为，将来可以使用X射线激光阻击苏联远程导弹。特勒曾回访里根，力陈善策。1981年，特勒主张的支持者、核物理学家基沃斯出任里根的科学顾问。同年，一批科学家、军界要员、企业家和航天事务官员在华府传统基金会举行会议，讨论战略防御问题。出席会议的人后来分裂为两大派。前陆军部长本德森、特勒和里根的“厨房内阁”等为一派，主张先作长期研究，以未来的先进技术建立战略防御系统。本德森、特勒与里根会晤数次，当面游说。里根倾向这一派。前国防部情报局局长格雷厄姆等人（后被称为“高边疆”派）刚强调运用现有技术从速部署，并于1982年2月公开发表长达百余页的“高边疆”报告，以动员舆论影响里根决策。其实，这两派的基本目标是一致的，即抢先争夺太空优势，以大大增强美国的军事力量。

1983年3月23日，里根宣布：他打算让美国从事一项同1972年反弹道导弹条约一致的研究计划，该计划将研究用反弹道导弹的防御措施保卫和平的可行性，“如果自由世界的人民在知道他们的安全不是建立在美国能以瞬息报复的威胁，来遏制苏联的进攻的基础之上，而是我们可以在敌方的战略弹道导弹到达我国或我们盟国领土之前，就将它们阻截并摧毁的情况下过上安全的生活，那情况会是怎么样呢？”“我要求我国的科学界、要求那些为美国制造了核武器的人们，现在把他们的聪明才智用到人类和世界和平的事业上来，为我们提供使这些核武器变得不起作用和过时的手段……我现在指示作出全面的、全力以赴的努力，来制订一项长期的研究和发展计划，以便实现我们的最终目标即消灭由于战略核导弹造成的威胁。”

4月，里根下令成立霍夫曼委员会和费莱彻委员会，分头研究有关战略防御计划的政策和技术问题。

10月，根据里根总统命令而进行的三次研究的调查结果和建议发表了。

以防御的技术可行性为重点的防御技术研究报告提出了确定未来反弹道导弹防御系统的技术可行性的5年计划，并提议为该计划拨款260亿美元。

由两个研究小组写成的未来安全战略研究报告探讨了战略防御对战略和政策的影响。报告的结论是，美国有效的防御系统“在减少对大规模破坏的威胁的依赖方面可起到十分重要的作用。大规模破坏的威胁变得越来越空洞，从道义方面来说越来越不能接受。一种增加对防御系统的依赖的战略可以为处理我们同苏联的长期关系奠定新的基础。”

1984年1月，成立了战略防御计划组织，以便实施“一项发展同反弹道导弹防御概念有联系的关键技术的全面计划”。

SDI的研制和部署共分四个阶段进行，第一阶段到80年代末，为试验阶段。

1984年2月，战略防御计划的第一次预算和计划呈交国会。

3月，国防部小册子《关于总统战略防御计划的情况和指导方针》明确表示，战略防御计划的“根本目标”是“减少核破坏的危险，为今后几十年防止核战争提供一种较安全、威胁性较小的途径”。

4月15日，詹姆斯·亚伯拉罕森中将担任战略防御计划组织主任。

6月10日，自动寻的层迭实验成功地阻截并摧毁一枚正在飞行途中的模拟弹道导弹弹头。由陆军弹道导弹防御系统指样部负责进行的自动寻的层迭实验代表了10年来数据处理及光学技术的研究水平及发展状况。这次实验为重返大气层装置外层空间阻截分系统（这是战略防御计划正在研究之中的一项技术）奠定了基础。

1985年1月，政府发表《总统的战略防御计划》解释了战略防御计划的含义和目的：

——战略防御计划是一项深入细致地研究先进的防御技术的计划，其目的在于最终消除各种射程的弹道导弹和武器造成的威胁。战略防御计划同美国签订的一切条约，其中包括1972年美苏反弹道导弹条约所规定的义务是一致的。——战略防御计划的目的是“加强威慑力量和稳定；形成有利于美国及其盟国以及苏联的安全利益的环境；降低核武器水平。

——任何有效的战略防御系统必须是生存能力强、成本效率高的。

——对弹道导弹的有效防御，再加上空中防御力量，将大大降低发生核战争的可能性。这些防御系统还将提供保护，以防止这种武器被意外发射，或者丧失理性的领导人故意发动袭击。

——如果事实证明研制出一种高性能的对付弹道导弹的防御力量是可能的，美国将设想美苏两国同时加以部署，其结果将加强共同的安全和国际稳定。

——与当前的核报复威慑主义不同，更多的依靠防御系统将不威胁任何人。

——制订战略防御计划的研究计划也是对苏联在传统和先进的弹道导弹防御技术方面的活动作出的审慎反应。苏联的活动包括：建立了世界上唯一可使用的反弹道导弹系统；从事违反或者可能违反反弹道导弹条约的活动；这些活动合在一起还说明苏联也许正在准备建立保卫其本国领土的反弹道导弹防御系统；积极地研究和发发展防御弹道导弹的先进技术，诸如激光器和中子束。

——苏联单方面部署的先进的防御弹道导弹系统，加上苏联庞大的进攻

力量以及给人以深刻印象的防空力量和消极防御力量，将摧毁威慑政策所依赖的基础。

2月20日，里根的特别顾问保罗·尼采概述并分析了美国政府判断战略防御计划是否可行的标准（具有最大限度的生存能力和成本效率）。

6月，根据里根总统的一项重要政策指示，国务院发表了一份有关战略防御计划的特别报告，概述了该计划一些主要特征。

——战略防御计划的目的是不是谋求取得优势，而是实现战略均衡，以此确保稳定的威慑。实施战略防御计划并不表明，美国改变了它所承担的防止战争和加强稳定的义务。

——实施战略防御计划的目的是不仅是为了加强美国的安全，也是为了加强盟国的安全。美国将继续同盟国紧密合作，确保在研制过程中盟国的观点得到审慎的考虑。

——研制工作将持续数年。……

9月6日，在白沙导弹发射场利用先进中红外线化学激光装置进行了一次试验。目标是一个模拟新装置推进器的大力神推进器，它被激光成功地摧毁了。这是在战略防御计划中首次使用激光摧毁弹道导弹推进器的试验。它证明，液体推进的弹道导弹易于受到激光的攻击。

9月27日，战略防御计划组织在因大气干扰对光束进行调整以后，首次成功地显示了使用一种低功率陆基激光跟踪太空探测火箭的能力。这枚探测火箭是在夏威夷岛毛伊空军光学基地由激光束指导仪器利用低功率激光进行跟踪的。把因大气干扰而进行调整的激光束从地面发射到太空，这还是第一次。

1986年4—6月，进行了一系列灵活的轻型机动制导实验。这些动能实验展示了为拦截一枚处于地球大气层内外的弹头所必要的制导技术。

7月，战略防御计划的第一次粒子束实验，是用一种高强度的质子束来照射一枚微型重返大气层运载火箭。实验结果表明，装在重返大气层运载火箭中的爆炸物很容易被粒子束所破坏。

9月5日，“德尔塔180”试验获得了火箭助推阶段说明羽状烟雾的特征的数据，研究了火箭在太空截击中接近目标时的特征，并且验证了运载工具在太空实际加速时的制导规律。试验结果为研制小型空基截击武器提供了关键数据。这次试验使用了一颗携带跟踪雷达的战略防御计划卫星和一枚经过改装可携带的先进的红外传感器（首次用于太空的激光雷达的火箭、一个“小牛”式空对地导弹红外成像系统和两架照相机）。

1987年5月22日，陆军战略防御司令部司令约翰·沃尔中将宣布：21日在位于新墨西哥州的白沙导弹发射场发射了一枚“长矛”式导弹，被称为“弗莱奇”（Flage）的拦截火箭，在不到7秒钟的时间里就跟踪，撞毁了“长矛”式导弹。

沃尔说，“弗莱奇”火箭和“长矛”式导弹相撞时的高度大致是12000英尺，当时“弗莱奇”火箭的速度大约是每小时2200英里（合3540公里）。这位将军不肯透露“长矛”式导弹的精确速度，但以前的报道说，这种导弹的时速约为2000英里（合3200公里）。

沃尔说，“长矛”式导弹是一种超音速短程战场导弹，它既可携带核弹头，也可携带常规弹头，在许多方面类似于苏联的SS—21核导弹。

9月18日，国防部长温伯格支持防御系统委员会的下述建议：将战略防

御计划中的某些概念和技术纳入防御系统工作过程的示范和验证阶段。

1988年2月8日，在成功的“德尔塔181”试验中，一枚携带着传感器和试验目标的“三角翼”火箭从卡纳维拉尔角发射升空。传感器舱部署了14个试验目标，并使用各种主动的和被动的传感器，以便为各种太空环境中的目标确定特性。传感器还观测了由太平洋导弹发射场发射的研究火箭。这次复杂的、遥控的轨道空间试验所获得的数据将有助于用在战略防御系统中的传感器的设计上。

3月14日，里根总统表示：美国将“继续进行战略防御计划的研究、研制和试验工作，一旦准备就绪，我们就将部署它。”3月23日，美国庆祝里根总统关于战略防御计划的讲话发表5周年。战略防御计划全国试验设施正式破土动工。全国试验实施将作为协调点和中心，用电子手段把相距遥远的各类设施连接起来。这些试验和模拟设施组成全国试验基地。全国试验基地计划将为各种关于分层防御及其有关的作战管理和指挥、控制及通讯的建筑方案提供进行比较、估价和试验的能力。全国试验基地将为战略防御计划提供主要的模拟活动，并将在国际协议规定的范围之内做到尽量逼真。

而在美国国内，围绕“战略防御计划”一直进行着激烈的争论。

首先，耗资巨大，拨款前景不佳。

SDI的研制和部署，要长达二三十年或许更长，耗资可能多达10000亿美元。国防部前副部长德劳尔认为，SDI的难度相当于实施八个“曼哈顿计划”。

里根上台以来在“重新武装美国”的口号下，把扩军放在其国内政策的优先地位，连年大规模的增加军费。

所谓“重新武装美国”。就是要扭转军费开支大幅度下降的局面。在联邦政府的开支中，国防开支的比重在1945年曾达到85.7%的最高峰，1960年仍保持40%的高水平上。此后逐年下降，1980年降到23.6%的低水平。80年代初以来，军费开支又急剧增加，1985年度军费开支从1980年的1359亿美元增加到2515亿美元，占联邦政府财政开支的26.8%。

军费开支急剧增加导致联邦政府财政赤字逐年扩大，遭到在野党民主党的强烈指责和攻击。要再以巨额投资实施战略防御计划更显得力不从心。政府原定5年内研究费用增至260亿美元，但很多官员和科学家要求削减“战略防御计划”的拨款。里根要求1987年财政年度为实施“战略防御计划”拨款54亿美元，众议院和参议院分别只批准38亿美元和40亿美元。48名参议员发表一封联名信，要求国会削减“战略防御计划”的拨款。100多个政府和私人公司实验室的1600多名科学家联名呼吁国会削减开支，3700多名科学家、教授、高级研究员保证不接受“战略防御计划”的研究经费。

其次，政府内部的意见也不一致。

国防部长温伯格等人被认为是对苏强硬派，他们认为，对苏必须继续推行强硬政策，这样既可以恢复美国对苏的优势，又可以取得同苏谈判的实力。这一派主张提前部署SDI。

国务卿舒尔茨等人被称为务实派，认为在同苏可能达成某些协议的形势下，下宜急于部署和实施战略防御计划，否则势将影响谈判的进程。

第三，关键技术虽有进展，却一直难有重大突破。

尽管存在种种困难，可在苏联解体之前，美国政府却一直在实施和部署SDI，这是因为：

第一，美国一直认为前苏联是它在世界争霸的长期竞争对手。

1987年，即将离职的国防部长温伯格在《苏联在太空的挑战》一书的序言中写道：“由于美国和其他西方民主国家把太空研究的很大一部分力量和技术用于其他目标，苏联已经‘接近于’实现其在太空的军事目标，而且接近到（对西方来说）‘危险的地步’。

——苏联人拥有的运载火箭的类别比美国的多一倍以上，平常发射的次数为美国的5倍；

——苏联是唯一保持着一个载人太空站的国家，该站人员可以在太空站进行军事实验；

——苏联人正在研制一种能携带10万公斤以上有效载荷的重型运载火箭；

——苏联是保持着一个可使用的、能摧毁近地轨道卫星的反卫星系统的唯一国家。”

该书的结论说，“我们今天面临着这样一种局势：苏联人可以使美国许多关键的太空设施失去效用，而他们的支持其进攻性军事行动的太空系统却可以在太空安然运行。这种局势无助于实现稳定的威慑。”因此，“我们操纵的太空系统无论在平时、危机时期，还是战争时期，对美国来说，都是绝对至关重要的。我们必须采取必要的步骤以确保这些太空系统能得到很好的保护。”

美新闻署1988年3月22日公布了白宫记述1983年以来关于战略防御计划的重大事件年表：“直到不久前，苏联人还否认苏联实际存在的战略防御计划。苏联在过去4年内在其战略防御计划上已花了大约2000亿美元，而美国在实行战略防御计划的5年内所用经费还不到130亿美元。”

“年表”说：“里根总统和英国首相玛格丽特·撒切尔1984年12月22日在戴维营会谈中就以下四点达成了一致意见：（1）美国和西方的目的不是要取得优势，而是在考虑苏联发展的情况下保持优势；（2）鉴于条约所规定的义务，同战略防御计划有关的部署问题是必须谈判的一个问题；（3）总的目的是要加强，而不是要损害威慑力量；（4）东西方谈判的目的在于降低双方进攻性武器系统的水平，从而获得安全。”

第二，实施战略防御计划将使大批高技术获得突破。

战略防御计划所涉及的技术项目，都是主要发达国家正在研究的高技术，其中包括信息技术、光传感器技术、通讯技术、雷达技术、激光技术、新材料技术、火箭推进系统技术。美国在这些领域虽然还属领先地位，但受到来自日本和西欧国家的严峻挑战。如果美国实施和部署SDI，有利于继续保持在高技术领域的优势。

第三，将有力地推动美国经济的发展。

实施SDI标志着美国在开拓太空边疆、实现太空工业化方面迈出的重要一步。首先提出开拓“高边疆”战略的美国前国防部情报局长丹尼尔·格雷厄姆指出：“从长远来说，开拓太空边疆的计划最重要的战略成果，事实上将是非军事领域内。”

第四，美国的主要盟国出于自身利益，将有条件地参加SDI。

1984年3月美国国防部长温伯格在土耳其切什梅核计划小组部长级会议上向北约的国防部长们介绍了SDI的情况。

1985年3月18日温伯格邀请18个盟国的政府参加SDI，通过利用同盟

国在与战略防御计划有关的研究领域里的优势，可以使战略防御计划和西方的安全都得到加强。

12月6日美国和英国就英国参加SDI的研究签署谅解备忘录。这是美国国防部长温伯格1985年3月18日发出邀请后美国同其盟国就参加SDI的研究签署的第一项协议。

1986年3月27日美国和联邦德国就联邦德国参加SDI的研究条件签署了谅解备忘录。

5月6日美国和以色列政府就以色列参加SDI研究的条件签署谅解备忘录。

5月19日美国和意大利签署了意大利参加SDI研究的条件的谅解备忘录。

1987年7月21日美国和日本就日本参加SDI研究的条件签署谅解备忘录。

SDI被称为耗资空前的“上亿万美元的世纪大工程”，但当时的美国总统里根却扬言美国定将实施战略防御计划。里根认为，他鼓吹的SDI不仅能为美国带来巨大的战略利益，而且将为美国带来巨大经济效益。他认为，通过实施战略防御计划，将推动高技术的发展，提高美国的综合国力，从而使美国恢复和提高在世界经济和高技术领域的竞争能力。与此同时，还会使苏联的核投资“过时”，把苏联拖入力不从心的太空武器竞赛，使苏联无法实现其振兴经济的“加速发展战略”，从而迫使苏联在政治谈判桌上作出让步。里根总统的“星球大战”计划可谓“一箭三雕”的战略部署。不过，由于这项计划最先是因“防御”苏联而起，且劳民伤财，因此苏联解体后，便渐至虎头蛇尾，终至不提了。

密特朗倡技术复兴尤里卡促欧洲联合

法国爱丽舍宫金碧辉煌的大厅。欧洲 17 国部长和共同体委员会主席正聚集在这里举行一次重要会议。大厅正面的墙上，临时多了三行大字：

1985 年 7 月 17 日尤里卡技术欧洲会议法国总统密特朗主持了这个有历史意义的会议的开幕式。他说：“尤里卡”是保证在未来的极其重要的领域里欧洲技术独立问题。当天深夜，法国对外关系部长罗朗·迪马在巴黎国际会议中心宣布：“尤里卡”计划诞生了！

“尤里卡”（EUREKA）的古希腊文原意是“好啊，有办法了”。传说古希腊学者阿基米德洗澡时突然想起了怎样计算浮力问题，惊喜地叫了一声“尤里卡”。密特朗总统借用“尤里卡”来命名法国提出的“技术欧洲”计划，赋予它以科学含义。还有一个解释是，1985 年 4 月迪马外长给共同体国家和西班牙、葡萄牙外长的一封信中提出成立一个“欧洲研究协调局”，它的英文译名是：European Research Coordination Agency。“尤里卡”（Eureca）就是它的缩写。这也许是出于偶合。

短短几个月，“尤里卡”一同在欧洲不胫而走；在法国更是家喻户晓了。在此后举行的几次重要的欧洲会议上，都讨论了“尤里卡”问题。

“尤里卡”这个名同的出现可能带些偶然性，但是“尤里卡”计划却有它的历史背景与时代意义。

法国把“尤里卡”叫做“欧洲技术复兴”计划。欧洲要求“技术复兴”正是着眼于消除当时欧洲经济在某些方面的落后状态。70 年代以来，日本的电子工业产品几乎占领了欧洲市场，日本的汽车工业有力地冲击着欧洲产品；西欧的技术出口急剧下降。欧洲共同市场与日本的贸易逆差 1984 年达到 120 亿美元。而在大洋彼岸的美国，那里有强大的贸易保护主义与先进的技术力量，它特别在光电子学、人工智能、大型电子计算机、航天工业、新材料等方面处于领先地位。

面临这种情势，欧洲出路何在？唯有走技术复兴的道路。法国率先提出这个具有远见的“尤里卡”计划。西欧国家从切身利益出发，认识到不把人才、资金、技术力量联合起来，突破当代尖端技术，西欧就无法消除同美国和日本越来越大的差距。

80 年代以来，法国政府十分重视科研与技术发展。它一方面调整工业结构，发展科技教育，提出“现代化”的口号；一方面同其他一些西欧国家在某些重要的科技与工业领域内进行有效的合作。因为法国认识到，欧洲科技的发展与进步不是一个国家的力量所能承担的。1983 年 3 月，密特朗总统曾建议在欧洲共同体内建立专门的科研机构，协调西欧科研的发展。在凡尔赛召开的共同体首脑会议上，法国主张成立一个负责“技术、经济增长与就业”的欧洲机构。1983 年秋天，法国又提出“工业欧洲”的备忘录。1985 年 1 月，法国总理法比尤斯在布鲁塞尔呼吁西欧在工艺技术方面采取联合行动。他说：“如果我们欧洲在敏感的工艺技术研究方面四分五裂，我们在欧洲以外的伙伴面前将成为弱者，我们就将面临一个（成为）附属加工厂的未来”。“这就将抑制我们的经济增长，（使我们）陷入欧洲僵化之中”。

经过与联邦德国领导人的商量，密特朗总统于 1985 年 4 月 17 日在法国内阁会议上宣布，已向欧洲有关国家正式提出“尤里卡”计划，迪马外长就此作了说明。

“尤里卡”计划的主要目的是推动西欧国家在高速微电子学、光电子学、大型电子计算机、高功率激光和粒子束、新材料和人工智能、生物技术等科技领域开展研究和技术开发合作，从而建立工艺技术的欧洲，以迎接新技术的挑战和缩小在尖端技术方面与美国、日本的差距。

法国向欧洲国家提出的“尤里卡”计划的白皮书，其内容包括当今尖端科技领域的五大类，即“欧洲计算机计划”（信息）、“欧洲通讯交流计划”、“欧洲生物技术计划”、“欧洲材料计划”、“欧洲自动化装置计划”、五大类中又包括24项具体目标。可以想象，这些计划一旦实现，欧洲将成为一个先进的信息化社会。大型电子计算机、自动化装置的发展，将使欧洲的航天、航空工业和气象科学突飞猛进。人们不难预见到设计、经济管理和生产一体化的自动化工厂的出现：在核基地、核设施的某些部门，在消防现场，具有危险性的工作将由机器人承担；人工种子将会出现，程序编制的拖拉机将要出现，遗传工程与无性繁殖将得到发展，这意味着一场新的农业革命的到来。“尤里卡”计划无疑将使欧洲在本世纪末和下世纪初加入第三次技术革命的浪潮。

如何使这些计划得以实现？根据法国的建议，“尤里卡”计划中的每个项目应由一个在工业上对计划完全负责并有资格与能力承担的机构来加以完成。

“尤里卡”计划的提出是有它一定的现实基础的。这些年来，西欧一些国家在工业生产和科技方面进行了有效的合作，已取得了初步的成就。例如，西欧已经联合制成“协和”式超音速飞机、“阿丽亚娜”火箭、“空中客车”客机、“阿尔法”战斗机、“欧洲联合环”（核聚变），在核能工艺、人造卫星、浓缩铀等生产与工艺方面，西欧都进入了世界先进技术的行列。法国与西欧国家准备以550亿法郎的巨额投资推动“赫尔梅斯”太空穿梭飞机与空间站计划，这个计划将在本世纪末实现。

西欧工业和科技合作是有其基础，并有其发展潜力的。首先，欧洲共同市场工业劳动人口有4100万，而美国和日本分别有3000万与2000万，相差无几；欧洲用于技术发展与研究的预算不亚于美国和日本。更重要的是，西欧已拥有一些世界先进的设施，如航天工业、航空工业、核电站、电信等。欧洲国家如果进一步联合起来，其潜力会得到进一步发挥。

这个计划一提出，立即在西欧引进了强烈的反响，各国政治家进行广泛接触，协调彼此对美国“星球大战”的立场，探讨西欧加强尖端技术合作的途径。原来表示不参与“星球大战”计划的挪威等国均对“尤里卡”表现得“很热心”。那时本来对“星球大战”计划表示热心的西德和英国，虽仍表示对“星球大战”计划有兴趣，但同时也表示支持和参加“尤里卡”计划。

在此期间，法国进行了繁忙的外交活动，法国领导人与联邦德国、意大利、英国等国领导人的会谈，大大推动了“尤里卡”计划。6月初，共同体研究部长在卢森堡开会，对“尤里卡”表示普遍赞同。6月底米兰首脑会议一致同意7月中旬在巴黎召开专门会议讨论“尤里卡”计划。

经过短短三个月的酝酿，欧洲共同体10国、西班牙、葡萄牙、瑞士、奥地利、挪威、瑞典和芬兰的外交部长和主管科研的部长以及欧洲共同体委员会的代表于1985年7月17日至18日在巴黎举行欧洲工艺会议，正式接受了这一计划，并宣布：“尤里卡”自7月18日起正式诞生。又经过将近四个月的准备，11月5日至6日，上述会议的与会者及土耳其的外交部长和科技部

长在联邦德国的汉诺成就“尤里卡”计划举行了第二次部长会议。会议经过“分外和谐和建设性的”讨论，通过了一项原则声明，对“尤里卡”计划的目标、任务、协调机构和实施方法作了原则规定，并就激光研究、欧洲空气污染调查、微电子计算机标准、纺织工业用机器人等八个研究项目达成了一致意见。这样，“尤里卡”计划便从法国的一纸倡议变成了推动西欧在尖端技术领域进行有效合作的一个比较实际的计划。

在如此短暂的时间里，西欧众多的国家连续两次举行会议，专门讨论欧洲范围内的科技合作问题，这在欧洲建设史上是没有先例的。这表明，“尤里卡”计划比较集中地反映了西欧急切希望在尖端技术领域赶超美国和日本，以增强其经济实力和竞争能力的强烈要求。

西欧许多有识之士日益清醒地意识到，要振兴西欧经济和提高竞争能力必须走振兴科技的道路。当时的西德总理科尔在这些部长会议的开幕式上说：现在决定经济竞争能力的，已不再是钢和铁，而是微处理机和信息技术。但是，在经济实力和竞争能力中起决定作用的尖端技术方面，目前摆在西欧面前的形势是相当严峻的，它与美国和日本的差距在日益增大。据统计，1972年至1982年，欧洲共同体在世界高级技术出口市场上所占的份额下降了17%，而美国和日本却分别增加了36%和28%。1985年，西欧信息技术产品仅占世界市场的10%，美国和日本则分别占50%和40%。在信息技术产品贸易中，1975年共同体尚有5亿美元盈余，1984年却出现了200亿美元逆差。其实，就科研人员和用于科研的经费而言，西欧与美国和日本并无太多差距，有的还超过它们。据欧洲共同体公布的数字，1985年共同体有35万科研人员，如不包括防备项目，比美国少27%；科研经费约占世界1/5，超过美国、比日本多一倍。因此，西欧许多国家领导人认为，西欧在尖端技术领域落后于美国和日本的主要原因是力量分散，如果能将人力、物力、智力和财力统一集中起来使用，就可以发挥潜在的优势，实现振兴西欧科技，进而振兴经济，增强经济实力和竞争能力的目标。

西欧国家担心，如果它们仍不在尖端技术领域加强合作，而是各自去参加美国的“星球大战”计划，西欧就不仅不能在科技方面赶上美国和日本，而且科研人员和资金还会被美国挖去，西欧就有可能沦为美国的“附属加工厂”或“小承包商”。

不仅如此，“尤里卡”计划还有它的重要政治意义。西欧当时的许多政治家都意识到，如果在技术和经济上附属于美国，西欧就不可能在未来的世界事务中，发挥独立自主、举足轻重的作用。正如科尔在第二次部长会议上指出的，西欧国家只有在尖端技术领域里进行坚决的、目标明确的合作，才能在同美国和日本的关系中，成功地保持自己的地位。

基于上述认识，西欧主要国家都表示支持“尤里卡”计划，并表示要积极参加该计划的研究项目。许多实力雄厚的企业还就参加“尤里卡”计划的研究项目签订协议。如西欧的四大电子公司——荷兰的飞利浦公司、英国的通用电器公司、西德的西门子公司和法国的汤姆逊公司在7月欧洲工艺技术会议前就已签订协议，决定在电子领域进行合作。它们在一项联合声明中强调：“尤里卡”计划会成为使欧洲迎接工艺技术挑战的一个基本因素。法国的宇宙航空工业公司、意大利的飞机公司、英国的宇航公司、西德的梅塞施米特——伯尔科——布洛姆公司和西班牙的卡萨公司也于10月15日签订协定，同意就“尤里卡”计划在电子技术、机器人、激光和光电子学等领域进

行合作。

西欧国家认为从 1985 年到 2000 年的 15 年，是“尤里卡”计划具有决定意义的阶段。为此，欧洲将把财力、物力、人力努力集中于计算机、通信、机器人、新材料和生物技术等五个关键领域。与此同时，西欧各国对经济结构、产业结构、科技体制和教育体制进行积极的调整，使它们适应新的科技革命的发展。例如，英国一贯重视基础科学的研究，在科学上也取得过重大的成果。相比之下，对技术开发就有些忽略。为了改变这种状况，英国政府制定了一系列发展信息技术的措施。法国决定着重抓电子信息、生物工程、新能源以及能源的合理使用，自动化、空间、海洋、环境保护和改善劳动条件等尖端技术。用于科学技术研究和发展的经费，每年将增加 17.8%，科研人员每年将增加 4.5%。联邦德国由研究技术部负责研究长期规划工作，致力于对本国和世界的社会结构与资源作出分析，提出科技政策的可行方案。

总之，“尤里卡”计划反映了西欧国家在尖端技术领域加强合作的强烈愿望，标志着西欧科技合作发展到了一个新阶段。

欧洲国家对人类近代科学技术的发展曾作出过卓越的贡献。但是在新技术革命浪潮中，美、日在经济和科技的许多领域已经日益领先。很多人发出“欧洲衰落了”的哀叹。“欧洲悲观主义”一度笼罩在欧洲上空。事实上，欧洲各国的科技实力相当雄厚，每年在科研方面的投资也相当可观，问题的症结就在于研究工作的分散与重复，造成资金和人力浪费。所以联合起来是重振欧洲的必由之路。

1983 年美国提出“星球大战”计划，像警钟震憾了欧洲人，使他们更加感到面临的危险：一是欧洲可能成为美国的产品加工区；二是欧洲的人才、资金和技术将大量流到大洋彼岸。正是为了回答一严峻的挑战，法国总统密特朗提出了旨在促进西欧国家在尖端技术领域加强合作的“尤里卡”计划。

“尤里卡”计划能比较顺利地西欧 18 个国家接受，联邦德国的支持是一个重要因素。密特朗总统清醒地认识到，由于联邦德国在欧洲具有广泛影响力，如果没有联邦德国的支持，推进“尤里卡”计划是难以想象的。有鉴于此，法国在正式提出“尤里卡”计划前，曾与联邦德国进行过反复磋商。起初，联邦德国对该计划并不十分积极，在波恩七国首脑会议上，它曾公开支持美国的“星球计划”计划，使法国大为不快。后来密特朗与科尔在康斯坦茨会晤，弥合了分歧。在米兰共同体首脑会议上，联邦德国进一步表示支持“尤里卡”计划。巴黎会议前，联邦德国领导人和舆论积极宣扬“尤里卡”计划是法、德两国的主张。西德外长根舍在巴黎会议上明确表示：“有没有美国的战略防御计划，‘尤里卡’都是必要的，它既不从属于美国的战略防御计划，也不是它的代替品。”

贝聿铭执著追求建筑术融贯东西

1989年春，罗浮宫以崭新面貌呈现献于世人面前，获得了来自全球赞叹不绝的掌声！法国人与4年前相反，立即有过半数人在民意调查中表示了支持。艺术家、建筑家和历史学家们几乎一致认为，罗浮宫的玻璃金字塔让贝聿铭所钟爱的几何设计原理得到最完美的发挥；而现代建筑的精确、严谨，更使古代的建筑获得了时代的生机；地下空间的运用，也使这座世界性的艺术博物馆更有效地运作起来。随着这一切，贝聿铭的毕生事业也就登上了世界顶峰。

贝聿铭祖籍苏州，1917年生于广州。1919年父亲贝祖貽到香港创办中国银行香港分行。他在香港度过了童年，进入圣保罗小学念书。1927年他到上海读中学，并在老家苏州度过许多难忘的时光。很显然，苏州庭园的长廊曲径，假山水榭的格局，尤其建筑屋宇与自然景观的相辅相成，以及光影美学构思的运用，在他日后大量的建筑艺术中，每每都有迹可寻。

在中国遭受帝国主义入侵的同时，中国民族资产阶级也日渐形成，上海那时也开始兴建了大量现代建筑物。贝聿铭当时常常去看电影的一家戏院旁边，便正兴建着上海第一幢22层高的旅馆工程，使他深深着了迷。当然，他那时并未真正地解建筑行业之复杂，也不知建筑学理论之深奥。富裕的家景，使他有条件在上海圣约翰大学就读了半年，便于1935年到美国留学。他对父辈的金融事业无多大兴趣，因而违背了父亲要他到英国留学的意愿，进入美国宾夕法尼亚州立大学攻读建筑系。他对宾大以图画讲解古典建筑理论的教学大失所望，甚至放弃了当建筑师的念头，于是便转到马萨诸塞州的麻省理工学院攻读工程学。该校建筑学院院长慧眼识英雄，在第一学期便知道他对建筑很有天份，要他进入建筑系主修设计和工程。虽然那些古典建筑学的课程使他头痛，但他仍于1939年以优异成绩毕业，还得了美国建筑师协会奖。

这时，中国的抗日战争已经进行了两年，接着第二次世界大战也爆发了。这位抱有赤子之心的海外留学生只好滞留下来。虽然，这期间也曾在纽约、波士顿和洛杉矶等地接过几件建筑工程，但他仍然认为，作为中美同盟的侨民，参战服役也是义不容辞的。

因此，他到美国空军做了3年科研及发展工作。1944年退役之后，便又立即进入美国一流名校哈佛大学攻读硕士学位，1945年学成便留校受聘为设计研究所助理教授。40年代的美国，种族歧视十分盛行，很少有华裔建筑工程师能够走进建筑界的上层，发达更谈何容易！加上大战刚刚结束，大量军人开始复员，更是人浮于事。也许是运气吧，1948年纽约市头号房地产开发巨贾威廉·柴根道夫正在到处寻找还未成名却富有潜能的建筑设计师。有人推荐了他。柴根道夫非常赏识这位初出茅庐的年轻人，打破了美国建筑行业的惯例，首次聘用中国人为建筑师。自此，他与柴根道夫合作了长达12年之久，奠定了贝聿铭走上成功之途的基础。在与柴根道夫合作中，他学到了在资本主义社会中最丰富，也是最宝贵的商业运作经验和知识；而柴根道夫也在尽量利用他才华的同时，更给予他广阔的发挥建筑创意的空间，连柴根道夫的儿子也都称道贝聿铭是他父亲的“梦想家”。愉快的合作，使他们都闯出了名堂，互蒙其利。

贝聿铭期待不断开拓自己的事业。然而，纯商业性的柴根道夫房地产公

司，毕竟限制了他在建筑艺术上的梦寐追求。“住屋建筑师”的背景，更使他被排拒于美国建筑师协会门外，甚至使他失去了参与设计纽约市林肯艺术中心这样富有创新机会的工程。1960年他终于离开柴根道夫，成立了自己的建筑公司。

贝聿铭不仅是建筑科学家，更是极其理想化的建筑艺术家。对于建筑艺术的追求，也许更胜于他在建筑科学上的造诣。贝聿铭首先以关切平民利益，提供大量都市重建或改建计划而深孚众望。他在纽约、费城、克利夫兰和芝加哥等地都设计了许多既有建筑美感，更具有经济实惠价值的大众化的中级公寓。他为费城设计了3层社会公寓大厦，就是从工薪阶级的小市民经济能力出发，并适应他们的生活方式着眼的，他运用突出的凸出的窗框作支架，既节省了空间，又能遮阳光、避风雨；既实用，又美观，革新了美国早期城市住宅建筑群千篇一律的“鸽子笼”般的呆板形式。1963年费城莱斯大学颁赠他“人民建筑师”的光荣称号。

同年，美国建筑学会又颁发他纽约荣誉奖章了《华盛顿邮报》则盛赞他的建筑设计是真正为民服务的都市计划。当然，在这一类建筑工程设计中，他也遇到了许多艰苦的挑战。例如，他在纽约最丑陋的贫民窟布鲁克林区的改建计划中所必须面对的拥挤与紊乱，还必须在新的布局中划出公园、学校、图书馆和托儿所等等。

当他的建筑公司业务蒸蒸日上之后，工程设计的主力便从都市改建和重建计划转移至公共建筑物的巨型设计，使他一步步地迈向建筑艺术的高峰。

贝聿铭认为，1961—1967年设计建于科罗拉多州6000英尺高山岩石的美国大气研究中心，才是他真正从事建筑设计的开始，也是迈向成功的得意之作。

真正使贝聿铭扬名世界，并跻身于顶尖建筑师之列的是在肯尼迪图书馆的设计和建造上取得的圆满成功。1964年在肯尼迪家族一大群应选的一流建筑师之中，贝聿铭只不过是“初生之犊”，并无多大名气。但是，在他生动地描述了针对建筑场地的设计，材料的选用，以及应当如何赋予建筑物以崇高的目的和意义之后，获得了总统遗孀杰奎琳的赞赏。她断言：“贝聿铭的唯美世界无人可与之相此。我用尽了理性的考虑选择了他！”

1979年，在美国波士顿港口，一座雄伟、别致的建筑物拔地而起。它以新颖的设计，大胆的造型和高超的技术，吸引着成千上万的美国人，轰动了美国建筑界。这座被称为美国总统肯尼迪永久性纪念碑的建筑——肯尼迪图书馆，被认为是美国建筑史上最佳杰作之一。美国建筑界称这一年为“贝聿铭年”，并授给他该年度的美国建筑学院金质奖，以肯定其在建筑学上所作出的重大贡献。

在这前一年，即1978年的华盛顿国家美术馆东馆的设计建造成功，更应说是奠定了贝聿铭作为世界级建筑大师的地位。卡特总统在开幕剪彩仪式中，称赞它不单是首都华盛顿和谐而周全的一部分，更是公众生活与艺术情趣之间日益增强联系象征。开幕后人群如潮水般涌向新馆，仅在50天内就吸引了超过百万计的观众。人们称它力艺术的奇迹，《时代》杂志也赞扬它是“现代艺术与建筑充满创意的结”。1982年交付使用的北京香山饭店，和1989年完成的香港中国银行大厦，可以说是贝聿铭回报祖国的两件风格迥异的杰作。前者，一反贝聿铭惯用的雕塑造型和几何原理的现代建筑风格，而把讲究天人合一，不为物役的中国建筑艺术理念融入他自己的设计构想之中，形

成了一个富有中国传统景观和韵味的、仿佛就是营造在北方林木茂密的山丘上的一座现代苏州庭院。矗立于香岛上 70 层高的中国银行大厦，则是另一种格局取向和另一种艺术理念的构想了。

在这个号称东方明珠的国际金融商业的繁华都市里，一座具有代表“中国人站起来了”的建筑物，贝聿铭认为必须是耀眼的、宏伟的、奇特的。为此，他采取了极为大胆的锐角切割造型的手法，以许多难度极高的施工而追求美的极致，堪称世界现代建筑艺术中的一绝！

美国国家美术馆的设计更是独特，贝聿铭大胆地以不同的角度，不同形状的平台、楼梯、斜坡和廊柱交错相连，给人以变换无穷的空间美感；而屋顶，则从不同的角度和透过不同图案的玻璃天窗射进灿烂的阳光，使参观者目丁暇接地始终保持兴致勃勃的情趣。尤其，他让入口处故意压低，使游客骤然进入明亮广阔的大厅，立刻就被天花板上垂吊的各色活动旋转的艺术饰物与水晶宫般的阳光吸引，因而产生强烈的光影幻觉，令人啧啧称奇！

梅尔森交响乐中心，也是一座善于利用各种交错的几何图形和光学原理构成的充满空间美感的成功之作。它的多元化的几何图形，使得音乐厅在灯光辉煌的夜里，产生强烈的动感。这座交响音乐宫就仿佛以达拉斯市区为背景在不停旋转；白天赋予这座音乐宫的几何图形，也会在阳光中与闪亮的户外大理石地板相互交映而散发出如入迷宫的幻觉。正是贝聿铭这种重视建筑物空间的构想，以及与不同环境空间条件的配合，使得他的设计获得了口碑最高的艺术品格的评价。

具有 800 年的罗浮宫古迹，早被视为法国人神圣的文化精神象征。当贝聿铭要承担这项扩建工作设计的时候，面对着一场难以估量的挑战。

罗浮宫原是一个中世纪城堡，16 世纪后经法国历朝国王陆续改建扩建，到 18 世纪形成现有的规模，1793 年辟为博物馆。历史上，在罗浮宫的历次改建中，也曾有外国人想来主持设计，但都未能成力现实。300 多年前，法国国王路易十四就曾邀请过当时意大利的著名建筑家贝尔尼尼为扩建罗浮宫提出一套设计方案。这位建筑家受到国王的隆重礼遇。但他呈交的设计却充满了巴洛克式的怪异曲线、栏杆和长廊，完全败坏了法国贵族们的胃口而引起激烈的反对，使得这位声名卓著的建筑师尴尬地自行引隐退了。自此，罗浮宫的工程几乎成了外国建筑设计师的“禁区”。

贝尔尼尼事件显然在法国总统密特朗的心头留有深刻的印象，他亲自选择贝聿铭从事罗浮宫的改建工作时，可能由于意识到改建工作会招致法国公民们的反对，密特朗对贝聿铭说：“发生在贝尔尼尼身上的事不会在你身上重演。”

法国有一个传统，即国家元首，不管他是国王还是总统，有权决定一、两项宏大的建筑工程。密特朗继承了这一传统，而且也信守了他许给贝聿铭的诺言。但是，贝聿铭并没有完全能避过他的意大利前辈的命运。甚至在该工程计划正式公布之前，便袭来一股暴风骤雨般的批评。

罗浮宫是 3 幢凹形的古典建筑的组合。它的扩建，主要是因为经过数百年来艺术珍品的积汇，使得这个重要的艺术宝库已经越来越容纳不下了，来自世界各国的参观游客也日益增多。所以，扩建的工程实际上主要还不是文化观点上的需求，更迫切的是作为公共艺术博物馆运作上的功能需要。因此，贝聿铭的设计构想，便理所当然地先从扩建工程的实用功能入手，但也必须谋求与建筑物的文化观点相配合。他的整套工程设计，包括了一系列的地下

工程。这就是在“拿破仑通道”（即罗浮宫中心院落）之下，另辟一条连接罗浮宫三个主要侧翼楼的通道，并附设各个地下室，以便提供原来罗浮宫所缺乏的各项服务，如：会议室、商店、询问中心、自助餐厅、饭店、停车库、储物库等等。这将改变罗浮宫的主要入口，并大大缩短往返各个博物馆之间的距离。而与贝尔尼尼的巴洛克式设计更大异其趣的是，他将在地下通道的入口地面上建成一座高达 70.5 英尺的、以 666 个玻璃窗组成的透明金字塔，激烈的争辩就从这儿引发了。

尽管一开始贝聿铭就向国家古迹委员会提出解释：金字塔是建筑上最稳固的形式，玻璃金字塔更是透明的，它不会遮挡罗浮宫的外观，四周还有喷泉的水映照出天空，它将使这里历史悠久的博物馆完全不受触动；而且，这宽敞明亮的空间，更使游客一望而知：“啊，这就是入口！”但委员们仍一个接一个地站起来大加谴责。有的说，贝聿铭的想法“超出了我们的精神空间”；有的则称之为“巨大而有破坏性的新玩意儿……”。几天之内，各种敌意的攻击铺天盖地而来。报纸将这场争论称之为“金字塔之战”，连美国本土的几家著名报刊也加入了。争论不仅来自艺术家、历史学家，还有各种政治背景的人物参与。

有人说：它是“死亡的宫殿”，“来自埃及的不适时宜的怪物”，“令人目瞪口呆的中国金字塔”，“至善至美古迹的污点”，“密闭形式的金字塔，硬要开扇门，显然不符美学观念”等等；也有人说贝聿铭想把罗浮宫变成迪斯尼乐园的分馆，“不够法国化”，他们为“堂堂法国找不出一位著名建筑师来维护法兰西文明而感到失尽面子”；更有人批评它是“密特朗妄自尊大的愚行，是法国总统的文化专制所造成的另一怪物……。”批评已经超越了功能与文化之争，也超出了现代与保守之辩，它还牵涉到了法国政治舞台上左右两派在文化领域中的较量。

贝聿铭一本初衷，坚定不移地相信这项设计最后将会获得法国人的共识和首肯。他的设计构想，也不仅首先得到了法国总统的最大支持，而且还获得了罗浮宫各馆领导人的赏识和法国十大得奖建筑学院的赞同；法国好些先进报业和文化界人士更认为罗浮宫的玻璃金字塔，将会像巴黎艾菲尔铁塔一样成为一座值得永久瞻仰的现代建筑。1985 年 4 月底，贝聿铭亲自到法国举办一次设计模型的公开展览，与广大市民进行直接的沟通与交流，大大地增进了共识。1988 年密特朗总统的当选连任，也加速了扩建工程的稳定进行。随着工程的进展，时间的推移和认识的加深，昔日的批评和质疑，也逐渐变为欣赏和惊奇了。

1989 年，罗浮宫前的玻璃金字塔和与之相连的地下扩建工程竣工，美国《浮华世界》杂志为此对他作了一次详尽的专访和介绍，并称誉他为“世界建筑的华裔皇帝”。

作为成功的标志，贝聿铭获奖荣誉的总数逾 50 项以上。如：1983 年他获得了至高荣誉的、被称为建筑界的诺贝尔奖的国际普茨克奖。1984 年由于香山饭店的设计而夺得当年美国建筑师学会颁给的荣誉奖；1988 年罗浮宫玻璃金字塔落成，法国总统在开幕典礼中颁给他“光荣勋章”；同年，在美国建筑学会上，他设计的贾维茨会议中心也被选为 15 项全美最杰出设计工程之一；同时，他还获得里根总统亲自颁发的第四届国家艺术奖章。1989 年罗浮宫地下扩建工程竣工，由于它和玻璃金字塔的杰出成就而被鹰选入全美群英厅；1990 年，他和儿子贝礼中因合作设计洛杉矶贝弗利山庄办公大厦而获得

“洛杉矶美化奖”；1991年获新罕布什尔州达特茅斯学院颁赠的荣誉博士学位。

有人曾经问贝聿铭，是否相信命运，他回答道：“运气是不会自己来的，你必须自己出去抓住它，用你自己的双手把握住。”这确实是贝聿铭成功的要诀。当然，第二次世界大战之后逾近半个世纪的和平环境所促成的全球性经济起飞、繁荣，无疑也为他在建筑行业大显身手、施展才华带来了机会。但是，只望侥幸的人，永远也不会碰上“运气”之神。

天赋的才能和本领只是贝聿铭事业成功的基础，而拼搏上进的精神才是他攀登事业巅峰的基本动力。不论是贝聿铭的事业合伙者，或者曾经与贝聿铭相处过的人，都赞扬他平易近人，和气可亲；他对属下的员工，既不苛刻、也不过誉。即使在遭受挫折的时候，也从不抱怨别人。他对每项重大工程设计辛力亲为，勘察现场，过滤细节，沉着应战。1961年当他接受科罗拉多的高山上的大气研究中心设计工程时，就不辞劳苦一次又一次地亲临现场勘察，甚至带着睡袋在湿冷荒凉的山顶上过夜；设计的全部过程和重要决策，他都亲自参与过问。

对建筑艺术完美的执著追求，也是贝聿铭成功的要素。几乎每一项大型建筑的设计，到了一定阶段他都必须请教专业艺术家。既坚持自己的原则，又采纳某些见解。

贝聿铭认为，一个建筑师最重要的便是在艺术上的刻意求变和创新。当然，任何时代的建筑物，都必须首先强调“实用价值”，即使是纪念碑或宗教性的一类建筑。贝聿铭曾经说过。“若不实用，如何美都没有用。最要紧的是实用，然后才是讲究美观。”他的建筑哲学观念是：在注重几何原理和现代工艺运用的同时，也十分注重建筑的效率和人性化，是理智和感情、唯美与实用的完美结合，属于后现代主义建筑的范畴。

尽管贝聿铭是一位现代建筑艺术家，但他“不以为切断与过去的关系会有所进步。”他甚至认为，现代派的国际风格不应成为中国建筑的主流，不应“光是抄袭别人的东西。”因此，他在香山饭店的设计中，便在探索一条中国古典建筑与现代化建筑巧妙结合之路。

与此相反，尽管他决心要将香港中国银行的设计基点，作为“中国的象征”，但他的构思完全不同于香山饭店。这座以罕见的锐角切削几何原理造型的三角状玻璃大厦，直至顶端采用两根巨形桅杆天线收尾，给人以最现代化的视觉效果。贝聿铭说，他的设计虽然是现代派，但基本造型却自然是从中国的传统理念出发的。他采用的是中国人最喜欢的竹子形象，以应对着中国人祈望“节节高升”的隐喻心理；它的韵律，犹如一首歌颂中国人的史诗！这正是贝聿铭追求的中西融会贯通的完美的艺术境界，是他承担的大型工程中的得意之作。

修筑信息高速公路捷足先登新世纪

1993年，美国总统克林顿正式宣布“国家信息基础设施计划”，即全美信息高速公路计划。这项计划预计在10—20年内，建起一个能够给用户大量信息，由通讯网、计算机、数据库以及各种日用电子设备组成的完备网络。这一巨大网络即信息高速公路，用光缆将通讯网、计算机网和有线电视网连接、延伸和扩展，使之遍及全国；同时运用数字化技术和光纤通讯技术，成千上万倍地提高信息传输能力，通过集电话、传真、电脑、电视、录像等为一身的信息处理、传输和显示的多媒体，将文字、声音、图形和影像等高密度信息，以高速度、大容量和高精度传达到每一个家庭、办公室、实验室、教室、图书馆和医院，为人们提供声音、数据、文字、图形和影像的交互式、多媒体服务。1994年4月25日，克林顿在《国情咨文》中再次提出，这项计划的执行“将提高生产率，有助于教

育我们的孩子，提供更好的医疗护理，并创造就业机会”，重申要争取在2000年以前，把“全国的每一个教室、每一个诊疗所、每一个图书馆、每一所医院都联系在一起，形成一个全国范围的信息高速公路”。

“信息高速公路”实际上是一个交互式多媒体网络，它把电视、广播、报纸、电脑、传真和电话等一般通讯工具所能提供的视像、数据、声音转换成数码信息，通过光缆传递到网络联结的用户终端，然后通过转换器还原成声音、图像或文字信息。“信息高速公路”提供的服务包括新闻、可视电话、影视声娱乐（包括500个电视频道、最新电影、足以乱真的电子游戏和许多歌星的唱片）等多种类型及办公、教学、图书馆、购物、天气交通旅游、金融股票及物价信息、医疗诊断等咨询。

早在1964年，美国兰德公司的研究员巴兰就设计出一种设有通讯中心、包括中央转换和控制系统在内的交互式电脑网络。与先前中枢式传统信息系统相比，由于它绕开了中间控制和转换环节，联网用户可以随时各取所需，使信息传播更快捷方便，而且可以避免遭受全面破坏之虞。

近几年来，这种交互式电脑网络不断发展。80年代中期美国国家科学基金会建立了高速远距离数据传输线路，形成了美国交互式网络框架。目前加入这一网络的用户（电脑终端数目）已经超过了200万家。

美国电视通讯公司（TCI）总裁马隆认为，“信息高速公路”将大大提高工作效率，在下个世纪给美国人的工作、学习和娱乐方式带来一场革命。

“信息高速公路”计划是克林顿政府为振兴美国经济而制订的高科技计划的重要组成部分；也是在冷战结束后，美国政府的科技发展战略从军事转为民用的重大转折。

应该说，美国是当今世界上科技力量最雄厚的国家。不过长期以来，美国政府的科技开发重点一直是军事技术，民用技术主要由各大企业去开发，政府一般不加干预。80年代中，里根政府在开发“星球大战”（SDI）时，联邦政府的科研经费中75%都用于军事。鉴于这种情形，克林顿上台伊始，就强调政府要积极指导并参与民用技术的开发。1993年财政年度，联邦政府的科研经费中民用部分已占41%，但克林顿仍不满足，他要求1998年财政年度的科研经费，民用部分须提高到一半以上。联邦政府所属的726个实验室（年度经费有256亿美元），过去民用技术开发只占经费的5%，也被要求提高到20%。克林顿明确地说：“当前推动先进技术的动力来自民用工业，

而不是军事工业。只有加强我国的民用技术基础，我们才能一箭双雕地解决国家安全和经济竞争力问题。”而在整个民用技术的发展中，“信息高速公路”被列入“最优先的地位”。

事实上，“信息高速公路”是在原来美国国防部的电脑“交互式网络”（Internet）基础上延伸和发展起来的。五角大楼这个网络是在1969年开始筹建的，原来只是连接国防部与各有关大学、实验室和军事基地的，以后逐步开放，也为企业和专家提供信息服务。现在通过卫星和电缆连接102个国家900多个网络中心。

为了加强对这项高科技工作的领导，克林顿派副总统戈尔负责，并由当时的商务部长罗恩、总统经济顾问委员会主席泰森等一批经济技术专家组成“特别小组”具体组织信息高速公路的实施。从1993年9月起，他们在正式提出了《NII：一项行动的日程》报告以后，每周都在白宫开会。《纽约时报》说，戈尔“除了发展信息高速公路以外，几乎没有别的事情了”。

据估计，整个工程将耗时20年，总投资达4000亿美元，主要是靠民间投资、政府远期投资总额大约300亿美元（相当于已对SDI的投入）。根据戈尔在1993年12月21日讲话，美国政府的政策是：一、鼓励私人企业增加投资；二、促进并保护私人企业间的竞争；三、公众都有机会获得信息高速公路的服务，包括合理的价格；四、避免在信息拥有方面出现“贫富不均”现象；五、维护技术设计上的灵活性。

在具体步骤上，1994年对1934年制订的《通讯法案》进行了修订，通过立法手段，放宽政府对电讯事业的管制，以推动信息高速公路的建立。同时还在一些地区进行试验，目标是100万家庭；1995—1996年，大规模的网络建设工程正式铺开。政府计划在2000年以前，把学校、医院、图书馆等公共事业都连成网络，并逐步普及到各家各户。

建立信息高速公路的关键是发展多媒体技术。

多媒体技术是集声音、视频、静止图像、动画等各种信息媒体于一体的信息处理技术，它可以接收外部图像、声音、录像以及各种媒体信息，经计算机加工处理后以图片、文字、声音、动画多种方式输出，实现输入输出方式的多元化，改变了计算机只能输入输出文字、数据的局限，计算机开始能会说会唱起来。

一台标准多媒体计算机包括主机、带音频视频功能显示器、声像输入输出装置、通信与控制端口、只读光盘驱动器、多媒体操作系统及应用软件。

多媒体计算机与现代通信技术的结合构成了多媒体通信。

1984年苹果公司推出第一台多媒体计算机时，人们还不在意；但今天在世界各地举行的大大小小的计算机展览会上，多媒体却成了最受宠的“公主”。90年代初盛行的多媒体技术，已成为世界高技术竞争的焦点，多媒体、互联网络、信息高速公路是信息浪潮中出现最多的三个名词，多媒体与信息高速公路构成了第三次信息革命的核心。专家们称，80年代是个人计算机时代，90年代是多媒体时代。

多媒体技术是一门综合性技术，它融半导体技术、电子技术、视频技术、通信技术、软件技术等高技术于一体，保持了其以电子技术为基础，应用又涉及其他多项高技术的特点。它将涉及众多的产业，从军工、科研、教育、信息咨询业到传播娱乐业等几乎所有产业，人们称多媒体产业为“大众产业”。因而，无论对美国和日本任何一家大企业来说，都不能“包打天下”，

而需要各有关企业优势互补，通力合作，来共同开发和公平竞争。

由于美国法律规定，同一地区的电话公司不能兼营有线电视业务，1993年美国出现了一阵电讯业与电视业跨地区兼并的“旋风”，先后发生了7起大的跨地区兼并事件，总金额达500亿美元。

最令人瞩目的是在10月份，以费城为基地的大西洋贝尔公司（承担美国东海岸几乎全部电话业务）宣布以330亿美元收购位于中西部的科罗拉多州丹佛市的美国全国最大的有线电视系统——电讯通讯公司，这家公司在49个州拥有1000万用户，控制全美1/4的有线电视市场。

在这前后，西方电话公司以25亿美元买下美国第二大有线电视公司——时代华纳公司的主要股份；南方贝尔公司买下得克萨斯州有线电视的主要股份；西南贝尔公司买下华盛顿附近的赫斯有线电视系统……。著名的派拉蒙影片公司的股份现在也成为电话公司争相收购的对象。这不是一般的兼并，而是意味着一个新的行业，即电话——电视业（甚至包括电影和出版）正在出现。因而近年来电讯业的股票价格节节上升，前景看好。

在电子工业方面，也出现了合作开发的势头，美国最大的软件公司（微软公司）与最大的芯片制造商（英特尔公司）宣告结盟，开发多媒体的新产品。IBM与苹果两家电脑公司，也相互联姻，成立多媒体技术开发公司。AT&T也与世嘉公司联合开发多媒体的游戏项目。

值得注意的是，在多媒体的技术开发和销售中，各大企业还积极开展国际合作。早在1991年5月，美国微软公司、AT&T和日本电气、东芝、富士通、荷兰飞利浦等全球12家大电子公司成立了“多媒体电脑市场委员会（MPCMC）”。1992年5月，美国的IBM、苹果电脑邀请松下、日本电气、日立、夏普和飞利浦、汤姆逊（法国）等大公同一起讨论建立统一的多媒体技术标准。

至于跨国的技术合作就更多了，苹果与夏普合作开发个人信息机器；摩托罗拉与索尼成立合资新公司；日本任天堂与飞利浦开发对话型光盘；美国时代——沃纳公司（拥有许多新闻杂志、电视新闻制作）与英国韦斯特公司结成联盟。据报道，为了开发多媒体的软件和硬件，这种联盟公司已几十家之多。

这反映了这些大公司对多媒体市场确实看好，大家都在抢占阵地，准备投入大量财力物力来开发创新；同时这些大规模合作的态势也将促进信息高速公路的建成。

从目前实际来看，确已取得了一定成效，一批新产品已经上市，有的已成批生产，价格开始下跌。

美国电视已经普及，电话普及率达93%，家庭拥有电脑（PC机）也已达31%。对拥有电脑、电视、电话设备的家庭来说，日要装一个Set-top（香港译为“百宝盒”）或称UpgradeKits（台湾译为“升级箱”），就可具备多媒体的功能。多媒体的个人电脑也已大量上市，1993年美国的销售达71.8万台，比1992年27.9万台激增两倍半，价格也从1992年每台2500美元跌到只有1500—1800美元，与普通PC电脑价格差别已不大了。行销商估计今后一两年内销量还会急剧增加。

克林顿代表美国政府宣布的“国家信息基础设施计划”就是在这种背景下得以构想成熟的。克林顿认为，这个计划实施的成功，当是美国在未来世界的经济竞争中取得胜利的关键。他还把这个计划同60年代美苏空间竞赛相

比，作为美国在全球技术竞争中领先的象征。

无疑，这一耗资巨大的计划将会带动许多工业部门的发展，“高速公路”本身需要更高级的光导纤维电缆来传送数据，不但是光纤产业而且各种新材料工业将会有更大发展。几千万个家庭和企业需要数以千万计的各种性能的多媒体电脑，这又会将电脑业的生产推向一个新的高潮。在建设信息高速公路中起关键作用的不仅是这些硬件，更需要的是软件。在这方面，克林顿政府清醒地看到美国比日本拥有更大的优势。因此，克林顿将它视作美国通过信息高速公路的建立新一轮的全球经济技术竞赛中，可以而且有把握压倒日本和欧洲的一张王牌。随着科技的进一步发展，多媒体功能将越来越多，软件市场的潜力将更为可观——这也是克林顿政府胸有成竹的。克林顿政府还看到，伴随着上述计划的实施，超级电脑、大型数据库以及卫星通讯等会得到进一步开发利用；金融、贸易、电子报刊、电子图书、遥控门诊、讲课等等几十个有关的服务行业也将得到新的发展。据报道，在多媒体的带动下，家用电器产品也会有新的升级换代。美国现在的家用电器产品基本上是日本货的天下，美国一些企业现在正在加紧开发新产品，力争要收回一部分甚至大部分“失地”。

再说多媒体的商业前景也相当诱人。据苹果电脑公司前总裁约翰·斯卡利估计，今后10年内，多媒体的市场销量将达3.5万亿美元。克林顿认识到，这将对美国经济的振兴带来巨大的推动作用。

1994年1月，美国政界人士、电子专家、通信和娱乐界领袖1600多人汇集在加州大学展望人类未来的生活方式。他们认为，信息高速公路在当年就能把100万户家庭联结起来，5年内将把美国的大部分家庭联为一体。戈尔副总统在会上兴奋地表示，到2000年，信息高速公路会把美国的每一间教室、每一家医院和诊所、每一个图书馆”联结起来。更重要的是，“人们获得信息的方式方法会发生根本性变化”，人们可以更快更多地获得各种信息，从而对经济科技的发展起无可估量的作用。人们的生活质量也将有极大的提高。1992年使用电脑在家里上班的政府和商业雇员为十几万人（不包括在家经营商业和下班后把办公室工作带回家的人），而信息高速公路全面建成后，这种在家上班的人将会成数倍、数十倍地增加；人们不必风尘仆仆地往来于家庭和办公室之间……这样便使得城市交通拥挤、环境污染等得到较大的改变。更深一层说，传统经济将逐步向智能型转化，如同未来学家们所说，信息社会真的来到了，而且比人们预期的还要来得快。

美国在20世纪末出台的“信息高速公路”计划，是执行克林顿总统新科技战略的重大举措。随着苏联解体、冷战结束，军事对峙让位给经济“热战”。面对新的国际和国内形势，克林顿入主白宫后，立即出台了一个经济振兴的一揽子计划。紧锣密鼓地加紧部署大规模的“信息高速公路”建设。它被称为美国企业和产业在世界市场中能否具有竞争力的关键，并由此拉开了争夺21世纪高新技术发展优势的帷幕。

美国的信息高速公路计划一出台，即在全球引起巨大反响。首先是欧共体和西欧各国、日本、加拿大等发达国家，对美国的高速宽带多媒体网络的发展前景“纷纷感到不安”，加紧制订自己的计划，奋起直追。日本国家科学信息系统中心的官员认为，日本的网络系统大约比美国落后十年。为改变这种状况，日本已计划在2015年建成一个全国光纤信息网络，目前的主要行动是一项耗资9500万美元的“省际研究信息网络”计划。英国《金融时报》

信息服务社总经理认为，欧洲在联网服务方面比美国落后 3—5 年。1993 年底欧洲联盟首脑会议批准的、由德洛尔提出的白皮书建议，在今后十年中投资 1500 万欧元用于信息基础设施建设。克林顿政府的信息高速公路计划，也使许多发展中国家和地区更加感到与发达国家的差距，感到一种危机感。新加坡国家电脑局当即宣布投资 20 亿新元（约合 12.5 亿美元）推行“国家信息基础设施”总计划；目前已经铺设了 16000 公里的光纤电缆。新加坡政府的目标是到本世纪末最终把新加坡变成一个“智慧岛”。我国也不甘落后，有关部门正在加紧制订规划。目前，中国公用数字数据网已经正式开通，1995 年已覆盖全国 300 多个城市。这个数据网和一年前开通的中国公用分组交换数据网，将与各部门的电脑网络和信息系统互联，构成包括人机通讯和计算机通讯在内的公用信息网络，为我国信息高速公路的主干道建设奠定基础。

面临全球奋起迎战的高科技发展趋势，1994 年下半年，美国副总统戈尔发表题为《全球信息系统将促进发展》一文，进一步提出，把各国的信息基础设施网连接起来，以构成全球信息高速公路。美国政府随之把戈尔方案提出的设想和原则，提交给包括在印尼举行的亚太经济合作组织会议在内的一系列国际会议讨论。按照这一设想，全球信息高速公路将成为整个世界的巨大神经中枢，圆形的地球将如同一个具有智慧的大脑。它将使全球的每一个角落都能通过分布式智慧网络的联牵分享信息，实现相互瞬间交流和沟通。

从美国的信息高速公路，到各国后又到全球信息高速公路设想的提出与实施，只经历了短短一年时间。由于各国政府、有关国际组织的极力推进，各大企业的积极响应以及新闻媒介的大量宣传，这一被称之为“第二次信息革命”的浪潮正以不可抗拒之势席卷全球。

参考文献

- 《中国现代科学家传记》，科学家传记大辞典编写组编辑，科学出版社，1991。
- 《世界著名科学家传记，物理学家》，钱临照、许良英主编，科学出版社，1990。
- 《化学家传》，周嘉华、王德胜、乔世德编著，湖南教育出版社，1989。
- 《成功之路——科学发现的模式》，邱仁宗主编，人民出版社，1987。
- 《伟大的探索者——爱因斯坦》，朱亚宗著，人民出版社，1985。
- 《两弹元勋邓稼先》，葛康同、邓仲先、邓携先、许鹿希著，新华出版社，1992。
- China Bu is the Bomb, John Wilson Lewis and Xue Litai, Stanor University Press, 1988.
- 《世界著名数学家评传》，袁小明著，江苏教育出版社，1990。
- 《探幽入微之路》，殷正坤著，人民出版社，1987。
- 《新学科之父》，李安瑜、杨泰俊著，江苏人民出版社，1986。
- 《世界著名科学家与科技革命》，江泓编著，南开大学出版社，1992。
- 《获诺贝尔奖的女性》，奥尔加·奥普费尔著，高继海编译，河南教育出版社，1992。
- 《二十世纪世界重大发明》，于湘、吴铭编译，黑龙江人民出版社，1992。
- 《里根传》，叶进、李长久著，浙江人民出版社。
- 《中华之光——王选传》，广西科学技术出版社，1990。
- 《杂交水稻之父——袁隆平传》，广西科学技术出版社，1990。
- 《尼耳斯·玻尔——他的生平、学术和思想》，戈草著，上海人民出版社，1985。
- 《伟大的足迹》，曾晓主编，清华大学出版社。
- 《自然辩证法通讯》。
- 《军事史林》。
- 《人物》。
- 《历史学习》。
- 《环球》。
- 《外国史知识》。
- 《光明日报》。
- 《四川日报》。
- 《参考消息》。
- 《党史文汇》。

