二十世纪大发明

程倩春　崔伟奇　主编

北京出版社

二十世纪大发明

程倩春　崔伟奇　主编

*

北京出版社出版
(北京北三环中路6号)
邮政编码：100011
北京出版社总发行
新华书店经销
印刷

*

850×1168毫米　32开本　　印张　　字
1997年10月第1版　　1997年10月第1次印刷
印数

ISBN 7-200-03196-8
K·329 定价：　　元

“世纪回眸”丛书编委会

策　划：赵永清　孟　捷
主　编：赵永清　孔寒冰
副主编：王福春　赵育正
编　委：（以姓氏笔划为序）
方向勤　艾四林　许　刚　吴学永
吴晓东　钱国平　崔伟奇　彭华璋

二十世纪大发明

主　编：程倩春　崔伟奇
编写者：王永辉　孙卫民

内 容 提 要

20 世纪是科学昌明的世纪，正是一项项伟大的科技发明促进了美好的 20 世纪的发展。本书以生动的文笔介绍了飞机、青霉素、电视、电脑等发明是怎样地改变了人类的生活，向读者展示了 100 年来人类走过的辉煌的科学历程。

目　　录

人类的翅膀
——飞机 …… (1)
传染病的克星
——青霉素 …… (15)
神奇的屏幕
——电视 …… (27)
毁灭性的杀人武器
——原子弹 …… (42)
无所不能的机器
——电子计算机 …… (62)
电子技术发展的里程碑
——晶体管 …… (81)
划时代的材料
——高分子化合物 …… (93)
人类步入太空的阶梯
——火箭 …… (110)
现代科学的宠儿
——激光器 …… (127)
冲向宇宙深处的工具
——人造卫星、宇宙飞船和航天飞机 …… (140)

人类的翅膀

——飞机

漫长而艰难的探索

人类始终梦想着飞行。早在远古时代，勇敢的人们就曾进行过一次又一次的飞行尝试。相传两千多年前在我国西汉时期，曾有人全身粘上羽毛，试验像鸟儿一样展翅飞翔。1742 年，一个叫巴魁威尔的法国人也在臂上和腿上装上翅膀，拼命扇动着，从一所高房子的屋顶上跳了下来。然而，令人遗憾的是，当时的飞行尝试均以失败而告终。人类欲展翅高飞似乎是太难了。

直到历史的指针静静而缓慢地滑到 1783 年，人类的航空探索才出现了较大突破。这一年的 11 月 21 日，两位勇敢的航空先驱者、年轻的化学家罗泽尔和德尔朗，乘坐聪明的蒙格尔费兄弟发明的热气球，在滚滚浓烟和热气中，徐徐升空，飞向法国首都巴黎上空，安全降落于 9 公里以外的地方。这是人类历史上第一次气球载人的自由飞行。这次飞行预示着，经过执着的追求和艰辛的努力，人类自古以来的飞行幻想，在无数殉难者的鲜血浇灌下，终于开出了希望之花。

此后，乘热气球升空盛极一时。到 18 世纪末期，气球飞行已达数百次之多，并被广泛应用于国际飞行、运送航空邮件、进行空中考察、研究高空大气层等活动。然而，气球飞行对人体有诸多危害。乘坐气球进行高空探索时，坐在气球敞开式吊篮中，人们会受到酷寒和缺氧造成的高空病的严重折磨。一般来说，上

升到 6000 米高空，人们往往会感到呼吸困难、眼球剧痛、甚至呕吐不止。达到 9000 米时，还会出现浑身无力、上气不接下气的情况，严重时会失去知觉和死亡。在不太长的气球飞行史中，已有许多无畏的探险者，在征服 9000 米以上高空时，献出了宝贵的生命。沉痛的教训促使人们去进行新的探索，发明能自由控制飞行高度和速度的新型密闭式飞行器。

很快，人称“空中飞鸟”的飞艇问世了。这是一种靠填充氢气、氦气、热空气等产生动力，以蒸汽机、电动机、内燃机等动力装置为辅助动力的新型飞行器。1852 年，法国人季裴德成功地制造出世界上第一艘载人飞艇。这艘飞艇长 44 米，直径 12 米，一台 3 马力的蒸汽机带动螺旋桨，推动充满氢气的气囊破风前进。圆滚滚的飞艇，飞起来非常好看。自此以后，人们相继造出许多飞艇，为早期的国际航空运输做出了重大贡献。特别是人们利用飞艇首次开通了气侯恶劣的北极航线，这一史无前例的壮举，使得飞艇作为一种长途交通工具，声名大振。在战争中，飞艇也是一种有效的空中武器。由于飞艇成本低、噪音小、平稳、省燃料，直到今天，在空中运输、地质勘探和森林防护等方面也时时用到飞艇。

但是，由于充氢飞艇易着火爆炸，充氦飞艇体积庞大、臃肿笨重、结构不牢固，容易被飓风吹折尾翼而坠落，所以从根本上无法满足航空事业发展的需要。于是，几次大的空难之后，人们更为迫切地希望发明一种可由人自由驾驶的，既牢固又实用，飞得更高更快的理想的飞行器。

航空史上的新纪元

1903 年 12 月 17 日清晨，美国北卡罗莱纳的基蒂霍克村还在沉睡。来自大西洋和阿尔贝玛尔海湾的强有力的海风在这个不

为人知的小渔村中肆意回旋，不时发出阵阵尖厉的叫声。就在这奇寒的早晨，离村外不远，空旷的沙滩上静静地停放着一件又高又长，带着巨大双翼的怪家伙。远远望去，仿佛是一只展翅欲飞的巨鸟，昂首屹立于凛冽的寒风中。这就是人类历史上第一架飞机。它的发明者是美国的威尔伯·莱特和奥维尔·莱特兄弟。这架飞机有一个动听的名字——“飞人号”。

揭开蒙在弯曲双翼上的薄薄的平纹细布，可以发现，它的机身骨架和机翼全部是用又轻又结实的枞木和桉木制成的，并配有枞木制的螺旋桨。这架长 6.5 米，翼展 12.3 米的飞机被安装在一辆特制的双轨滑车上，车上伸出一根横杆，机翼底下的两个滑撬就停放在横杆的两端。

9 点多钟，精力充沛的莱特兄弟来到试飞场地，细心地做着准备工作。经过紧张而谨慎的调整之后，10 点半钟，引擎开动了，两个木制螺旋桨转动起来。32 岁的弟弟奥维尔·莱特充满信心地登上了“飞人号”。只见他俯卧在下翼的一副摇篮型的操纵装置上，这样，除了可以用手操纵发动机的截流活门和升降舵操纵杆，控制机头和机尾的升降运动外，他还可以利用身体的移动来操纵机翼和尾舵。5 分钟后，奥维尔解开了制动缆绳，“飞人号”开始缓慢地一摇一晃地向前移动，很快就加快了速度。突然，奥维尔有力地拉动了升降舵的操纵杆，在螺旋桨产生的强大推动的作用下，“飞人号”立刻飞了起来。虽然飞得很不平稳，甚至有点跌跌撞撞，但是“飞人号”仍然在空中飞行了 36 米。12 秒后，才落在沙滩上。奥维尔跳下飞机，同奔跑过来的威尔伯紧紧地拥抱在一起，为飞行的成功激动不已。接着，他们又轮换着进行了三次飞行。在当天的最后一次飞行中，威尔伯在 30 公里的风速下，用 59 秒飞行了 260 多米。

“飞人号”的飞行是人类航空史上的一个重要的里程碑。虽然，在“飞人号”产生以前，笨重的飞艇和任意飘游的气球已把

人们送上了天空，但是，这些依赖空气浮力的航空器，摆脱不了自然力尤其是风力的影响。只有莱特兄弟的飞机，不仅依赖空气浮力，而是靠螺旋桨旋转产生的举力，是航空史上第一个主要依靠动力飞行的航空器。特别有意义的是“飞人号”能绕三个轴线改变航向，按照人们的意志驾驶，实现了真正的自由飞行。因此，在基蒂霍克海滩上，人类悄悄地迎来航空史上的黎明。

飞机之父

然而，这一历史性的成功来之不易。这一划时代的飞行不仅是人们多少世纪以来的梦想、希望和奋斗的结晶，也饱含着发明家本人的心血和汗水。威尔伯·莱特生于 1867 年，比奥维尔·莱特大 4 岁。兄弟俩从小就对机械十分感兴趣。他们的父亲是基督教兄弟联合会的一位主教。一天，和蔼的父亲送给他们一支竹蜻蜓，只要拧紧上面的橡皮筋，竹蜻蜓就会垂直地飞起来。莱特主教当时也许并没意识到，正是这小小的竹蜻蜓，激起了小哥俩的强烈好奇心，把飞行的种子播撒在两颗幼小的心灵里。从此，莱特兄弟开始研究使物体悬浮在空中的问题。

最初，他们仿制了几支竹蜻蜓。当新的竹蜻蜓在空中飞起来时，他们高兴极了。可是，在制造尺寸大得多的飞行玩具时，却怎么也飞不起来。这是莱特兄弟飞行研究中所遇到的第一次挫折。然而，他们并没有退缩。相反，他们明白了，飞行不是一件简单的事，而是一个复杂的需要以大量知识为基础才可能解决的难题。然而，飞上蓝天的梦想以及对飞行事业的好奇和无限热爱，促使莱特兄弟下决心去啃发明飞机这块硬骨头。

为了发明一种理想的飞行器，19 世纪末，已有很多人进行过艰难的探索和深入的研究，作了大量的实验，耗费了大量财富。可是，包括电话发明者贝尔和发明大王爱迪生等人的努力都

失败了。以至于许多科学家都悲观地认为，不可能制造出一架能够载人的飞行器。人们的飞天梦似乎破灭了。然而，年轻气盛的莱特兄弟却对发明飞机始终充满着火一样的热情和无比坚定的信念。

他们开始广泛阅读有关飞行的书籍和鸟类飞行原理的论著。当时，有关载人飞行的资料还十分贫乏。于是，威尔伯·莱特写信向权威的斯密森学会求教。该学会的副理事长腊斯本有感于他们执著的热情，亲自回信，并寄给他们一大批航空书籍。他们还认真学习数学，勤奋钻研空气动力学等方面的科学知识。从 19 世纪 80 年代末开始，他们曾进行了无数次的计算。莱特兄弟不仅努力掌握前人的研究成果、丰富系统的航空理论知识，而且十分注意直接向活生生的飞行物——鸟类学习。凭着百折不挠的毅力，他们常常仰面朝天躺在地上，一连几个小时仔细观察鹰在空中的飞行，研究和思索它们起飞、升降和盘旋的情况。

经过不断的刻苦自修，即使在开设了自行车修理铺之后，莱特兄弟始终没有中断发明飞机研制工作。虽然莱特兄弟没有受过高等教育，却已经掌握了丰富的航空知识。当年孩子气的飞行兴趣，已转化为坚定的发明信念。被雄厚的知识武装起来的莱特兄弟更加坚信飞机的发明是可能的。

特别值得指出的是，在发明飞机的过程中，莱特兄弟的配合也是完美无缺的。哥哥威尔伯勤勤恳恳，扎扎实实，拥有工程师的细致和谨慎；弟弟奥维尔则富有艺术家的丰富想象力，敢于不断地创新。两颗如此智慧的大脑相互补充，密切配合，正如威尔伯所说：“奥维尔和我一起生活，……共同工作，而且简直是共同思维，就和一个人一样。”还有什么人间奇迹创造不出来呢？

在 19 世纪的最后几年，莱特兄弟认为制造飞机的条件已经成熟，于是开始自己动手制造飞行器。作为普通的自行车修理工人，他们制造飞机是无法得到别人资助的。然而，已经把全部精

力都投入到这一项伟大事业中的莱特兄弟并没有因此而放弃他们的目标。他们决定用做自行车生意赚来的钱来进行飞机的制造工作。这是怎样的一种对事业的投入和执著啊！

认真总结了前人的经验和教训之后，莱特兄弟决定从滑翔飞行实验入手。1897 年，他们首次制造了一架精巧的双翼飞机。在观察飞机在空气中改变方向的情况过程中，他们发现，只要用与拉线相连的小棍加以调节，使翼梢保持不同的迎风角度，就能控制飞机的航向。这是一个非常重要的发现，它对莱特兄弟日后的成功影响极大。

从 1900 年到 1902 年，他们先后制造了 3 架滑翔机，在多风而人烟稀少的基蒂霍克反复进行了大约上千次飞行。他们有时从山坡向下滑翔，有时临风升入空中。每次都详细记录下飞机在各种情况下的升力、阻力、速度等数据，并且根据飞行情况，不断改进横向和纵向操纵装置。在这期间，他们的滑翔机多次飞行过 1000 米以上的距离。这在当时是十分难得的。

莱特兄弟还十分注意采用科学的研究方法。1901 年，他们在家乡岱敦市的自行车修理铺内建造了一个小型风洞，对几千种机翼模型进行了动力和拉力试验。同时，还自行设计和制造出测量升力和阻力的仪器。就在这千百次的平淡而枯燥的重复实验中，莱特兄弟的飞行器得到了不断改进，飞行性能越来越优良。

在制造试飞滑翔机的过程中，莱特兄弟也多次虚心地向奥塔维·沙努力提请教。这位年近古稀的滑翔机权威一直热情地支持这两个飞机研制活动的后行晚辈。不仅提出过许多有益的建议，而且多次亲自看望和鼓励他们，使莱特兄弟受益非浅。

正是靠着这种一丝不苟、严谨求实、不断钻研的刻苦精神，莱特兄弟不仅迅速掌握了当时的飞行器制造技术，而且在许多方面都作出了重大突破。到 1903 年夏季，莱特兄弟开始着手制造那架著名的“飞人号”双翼机，准备进行人类航空史上第一次动

力飞行实验。本来，他们曾写信求助于当时最有名的汽车制造商，希望能得到一台 8 马力的发动机。但是当时一般人认为用发动机控制飞行器的飞行是不可能的，因此，没有一家公司愿意冒险制造航空发动机。倔强的莱特兄弟并没有就此罢手，他们自己动手制造了一台 12 马力的活塞式发动机。这种发动机远比当时的蒸汽发动机更为先进。飞机的另一关键部件——螺旋桨的制造也十分困难。当时没有现成的理论模式，莱特兄弟也是从头摸索，以其杰出的才能和高超的技艺，成功地制造出一台当时最好的木制螺旋桨，与发动机一起安装在飞人号飞机上。

当年 9 月，“飞人号”的部件被运到基蒂霍克，经过就地组装，在 12 月 17 日试飞成功，开辟了人类航空史上的新时代。从此，人类真正插上了翅膀，飞上广袤的天空，可与浮云为伴，与百鸟竞飞。第一架能够由人驾驶的飞机发明以后，莱特兄弟并没有陶醉于这一巨大的成功，而是不断进取，致力于飞机的进一步探索和改进。到了 1908 年，他们的新飞机已经能够以每小时 40 英里的速度飞行 100 英里了。

不和谐的插曲

然而，令人遗憾的是，人们梦寐以求的新型飞行器——动力飞机的发明，并没有立即引起应得的承认与重视。飞人号飞机试飞成功的当天傍晚，莱特兄弟便给父亲发电报，并请他转告新闻记者。但人们的反应出乎意料地冷漠，只有少数几家报纸及时报道，报道的内容却不尽真实，甚至歪曲。可见，人们起初并不重视莱特兄弟的成就。事实上不少人认为所谓基蒂霍克的飞行只是精心安排的骗局。如此重大的技术发明竟遭此冷遇，真是发明史上的一大悲剧。直到 1908 年的夏秋两季，莱特兄弟分别在法国和美国进行了一系列成功的飞行表演，公众才第一次认识到世界

上确有一种可以由人自由驾驶的飞行机器。飞机的发明才开始受到人们的注意。

一个具有重大历史意义的发明经过五年之久才得到普遍认可，这本来已十分可悲。然而，更可悲的是，围绕飞机的发明权问题，发明家受到了不公正的待遇和恶意的诽谤。一些科学界的权威人士囿于对自行车工人的偏见，对莱特兄弟的成果不以为然，认为发明飞机的崇高荣誉应该属于科学界的代表人物兰利博士。

兰利博士曾任美国权威的科学组织斯密森学会的主席。很早就开始研究飞机，在航空理论上造诣极为高深。早在 1896 年，他制造的蒸汽动力模型飞机成功地飞越了 1200 米的距离。这是用马达驱动的飞机模型第一次成功飞行。后来，在美国国会的资助下，他于 1901 年制造了一架相当于原型飞机四分之一的动力模型，也试飞成功。于是，1903 年他制造了一架原型飞机，在 12 月 8 日试飞。与 9 天后试飞成功的莱特飞机不同，兰利的飞机需要利用弹射机构起飞。他们把飞机抬到华盛顿附近的波托马克河上的一艘游艇的顶部，然后，在人们期待的目光中，兰利和其助手曼莱登上飞机，由曼莱驾驶。可惜弹射机构出了问题，飞机从船上弹出去后，一下就栽入冰冷的河水里。人们寄予厚望的这次飞行失败了。由于受到失败的打击和外界的嘲笑，失去军方信任的兰利博士三年后郁闷而死。

毫无疑问，兰利的飞机是动力飞行的第一次尝试。作为航空事业的先驱者，兰利是当之无愧的。然而，兰利飞机的缺陷也是致命的。莱特兄弟曾对兰利飞机的外型和结构进行过详细的研究，其结论是它绝对不能飞行。因此，绝不能说兰利发明了飞机。然而，美国的另一名飞机和发动机的设计家柯蒂斯，试图复活兰利飞机，以证明飞机不是莱特兄弟的发明。柯蒂斯之所以这样煞费苦心，是因为他与莱特兄弟有另外一项发明权的纠纷。他

的想法正中斯密森学会的下怀。在斯密森学会的资助下，经过柯蒂斯的各方改造，兰利的飞机果然在 1914 年于古卡湖上飞了起来。据此，兴奋的斯密森学会立刻声明：“这次试验证明，兰利的飞机才是世界上第一架能飞行的飞机。”

得知此事后，为维护自己的发明权，奥维尔·莱特立即向斯密森学会提出抗议。他明确指出，他们的调查数据表明，柯蒂斯试验的这架飞机，虽然与兰利飞机外型一样，但是在许多关键部位都做了重要改动。严格说来，这架飞机不是兰利飞机，是一架新型飞机。这次试验根本不能证明兰利飞机是人类进行动力飞行的第一架飞机。尽管奥维尔的论据十分有力，然而，蛮横、偏执的斯密森学会当时的主席却置之不理，不仅没有收回错误的声明，反而把兰利飞机送进航空博物馆，并标明“这是能够载人的世界上第一架飞机”，广为宣传。在科学与偏见的争论中，偏见常常占据上风。可是，这种现象必竟是暂时的。科学最终必将战胜偏见。

1942 年，经过重新调查，斯密森学会正式撤消了 28 年前的错误声明，公开向莱特兄弟道歉，郑重宣布莱特兄弟是飞机的发明人。此时，作为发明人之一的威尔伯·莱特，已经带着遗憾离开了人世。今天，当人们漫步在美国华盛顿国家航空和宇航博物馆时，面对莱特兄弟发明的那架古老的飞机，人们心中升起的又何止是无限的敬意？

迅速而惊人的发展

飞机发明以后，军方首先意识到了它的巨大威力。1908 年夏天，莱特兄弟改良后的双翼飞机试验成功，立刻受到美国陆军的高度重视。美国陆军出 2 万 5 千美元购买了他们的一架飞机。接着，许多国家的政府也都争先恐后地拨款资助空气动力学的研

究和飞机的制造。不到三年时间，仅美国已拥有 750 架飞机。

在 20 世纪的两次世界大战中，飞机不仅被迅速投入战争之中，而且，从一种辅助性武器，很快发展成为三军的重要武器。在空中侦察和空战中大显身手。空中轰炸更是飞机的拿手好戏。在 1911～1912 年的意土战争中，一次土耳其的骑兵正气势汹汹地向意大利部队逼进，突然，意大利的飞机呼啸着飞到了土耳其人上空。接着，一个黑糊糊的东西从天上落了下来，只听轰隆隆一声巨响，火光冲天，土耳其部队人仰马翻，吓得掉头就跑。这就是航空史上第一次轰炸。有意思的是，这枚 6 公斤重的炸弹是意大利飞行员用手投下来的。飞行轰炸的巨大威力使得它很快成为空战的主要方式。交战双方都大量使用飞机疯狂轰炸城市、军火库、火车站和铁路枢纽，以破坏对方的运输供应和造成心理上的压力。在第二次世界大战中，立体化的空军行动更是战争的主角。法西斯德国之所以能取得战争第一阶段的优势，就在于他们充分发挥了飞机的威力，将突然袭击、夺取制空权、支援地面部队进攻的一整套空中行动联系起来。德国对波兰的闪电般的占领，就是以大规模的军事轰炸为序幕的。1939 年 9 月 1 日，德国突然出动 2500 架飞机轮番轰炸波兰的重要军事目标和工业城市，给波兰以毁灭性打击。在著名的“ 不列颠之战 ”中，德军也集中了 2600 多架飞机对英国东南部的政治经济中心、港口和空军基地进行猛烈的轰炸。战争后期，为争取制空权和摧毁对方的后方工业经济基地，双方出动飞机之多，空战规模之浩大，空战残酷程度之惨烈，更是难以想象。仅 1944 年 2 月 19 日至 24 日，美英对德国本土的战略轰炸，就曾出动 6100 多架轰炸机和 3600 多架护航战斗机。在第二次世界大战期间，在硝烟弥漫的欧洲上空，经常可以看到遮天蔽日的机群，在隆隆的轰鸣声中，投下阵阵雨点般的炸弹。

飞机不仅在战争中大显身手，而且经过战争的催化，飞机本

身也得到了迅速的发展。战争中，交战各国都充分认识到，只有拥有更多、更为先进的飞机才能取得战争的主动权，为最后胜利打开通道。于是，各国政府竞相出资加强飞机的生产研制和改进。作为飞机主要生产国的美国，仅在二战中就制造战斗机、轰炸机 10 万架以上。其中被称为超级空中保垒的“ B—29 ”型轰炸机的载弹量为 10 吨，时速可达 500 公里，航程为 5000 公里。“比 1000 个太阳还亮”的第一枚原子弹就是用这种飞机运送到广岛上空的。德国也生产了大批飞机。其中，性能优越的“ BF—109”战斗机，在 1939 年创造过时速 755 公里的世界纪录，并且在许多年中这种飞机一直是世界上飞得最快的。英、日、苏联等国也不甘示弱，生产了许多各种型号的飞机。据统计，第二次世界大战中共生产飞机 70 多万架。

同战前相比，飞机不仅在数量上剧增，而且性能也有显著改进。战斗机时速 由 100 多公里里提高为 700 多公里，轰炸机时速也由 100 多公里提高为 480 多公里。战前最远只能飞行 1000 公里的轰炸机战后达到了 5000 多公里。载弹量也由 800 公斤提高到 12 吨。特别值得指出的是，最初的空战中飞行员相互以手枪射击。后来的战斗机装备了机关炮、机枪，直至装备上火箭和雷达。轰炸机上也安装了无线电罗盘、雷达瞄准具，自动投弹设备等。

进入 20 世纪下半叶，飞机的迅速发展更加令人惊叹。还在二战期间，已经出现了一种大有前途的飞机——喷气式飞机。这种飞机要求先把空气抽入引擎里压缩，然后把燃料注入压缩空气内点燃，再把已形成的热空气加以压缩，最后，通过飞机尾部的一个喷管喷射出去。喷气所产生的反作用就是成为推动飞机前进的动力。这种强大的动力，可以推动飞机高速飞行。1947 年 10 月 14 日，勇敢的美国空军上尉耶格尔正是驾驶贝尔 X—1 号喷气式飞机，突破了人们谈之色变的音障，实现了人类又一伟大目标

——超音速飞行。人类飞行史上的“喷气时代”从此开始了。各种各样的直升飞机的出现，是飞机发明以来的又一个引人注目的成就。虽然直升飞机飞得较慢，但是它可以垂直降落，也能停在空中并在空中盘旋，甚至还能倒退飞行和实现原地360度转弯。因此，它在空中就像鸟儿一样灵活。

时至今日，人们制造了千百万架各种型号的飞机。到目前为止，飞得最高的飞机是1973年7月生产的“米格25型”战斗机。它曾飞达36240米高空。飞得最快的当推美国的SR—71黑鸟侦察机，其最高时速可达3523公里。起飞总重量最大的客机为“波音747”，它可装载348～447人。最大的喷气式飞机是“C—5银河系”飞机，它的总重量是340吨，最大航程为10000多公里。“C—130大力士”运输机则是世界上最大的螺旋桨式运输机，它的货舱就足有1100多立方米。世界上最小的飞机可能是“空中婴儿”。它只有2.9米长，但时速也能达到300多公里。变化多端的飞机造型是人类聪明才智淋漓尽致发挥的结晶。人类无尽的智慧必将为飞机未来的发展提供更为广阔的前景。

巨大而深远的影响

自从飞机发明以后，飞机日益成为现代文明不可缺少的运载工具。它深刻地改变和影响着人们的生活。

由于发明了飞机，人类环球旅行的时间大大缩短了。世界上第一次环球旅行是16世纪完成的。当时，葡萄牙人麦哲伦率领一支船队从西班牙出发，足足用了3年时间，才穿越大西洋、太平洋，环绕地球一周，回到西班牙。19世纪末，一个法国人乘火车环球旅行一周，也花费了43天的时间。飞机发明以后，人们在1949年又进行了一次环球旅行。一架B—50型轰炸机，经过4次漂亮的空中加油，仅仅用了94个小时，便绕地球一周，

飞行 37700 公里。强中更有强中手。超音速飞机问世以后，人们飞得更高更快。1979 年，英国人普斯贝特只用 14 个小时零 6 分钟，就飞行 36900 公里，环绕地球一周。在不到一天的时间里，就可以飞到地球的各个角落，这对于生活在 20 世纪以前的人类来说，难道不是一个人间奇迹吗？

错综复杂的空中航线把世界各国连接起来，为人们提供了既方便又迅速的客运。早在本世纪 20 年代，航空运输就开设了定期航班，运送旅客和邮件。如今，空中航线更是四通八达，人们随时都会看见银色的飞机，如同一只大鸟，在蔚蓝的天空中一掠而过。对于现代人来说，早晨还在北京，下午已毫无倦意地出现在千里之外的另一座城市，这已经是十分平常的事了。而在 20 世纪以前则是不可思议的。从此，险峻的高山、一望无际的大洋再不会让人望而生畏。一只只银燕把不同地区的不同种族，不同肤色的人们紧密地联系起来。通过不断地交流，人们播种友谊，传达信息，达到相互沟通、相互理解和相互促进，共同推进人类的文明。

飞机的发明也使航空运输业得到了空前发展，许多为工业发展所需的种种原料拥有了新的来源和渠道，大大减轻了人们对当地自然资源的依赖程度。特别是超音速飞机诞生以后，空中运输更加兴旺发达。那些不宜长时间运输的牲畜和难以长期保存的美味食品，也可以乘坐飞机而跨越五湖四海，给世界各地的人们共赏共享。当年连贵妃娘娘都不易品尝的岭南荔枝，如今也出现在寻常百姓的家中了。

在人类向地球深处进军时，飞机也被广泛应用于地质勘探。人们使用装备了照相机或者一种称为肖兰系统的电子设备的飞机，可以迅速而准确地对广大地区，包括险峻而难以到达的地方进行测绘。把空中拍摄的照片一张张拼接起来，就可以绘制极好的地形图。这比古老的测绘方式要简便易行得多。就连冰天雪

地、人迹罕至，一度只是探险人员涉足的北极和南极，现在乘坐飞机也可以毫不困难地到达。

当然，飞机在现代战争中的作用更为惊人。不仅可以用于侦察、轰炸，而且在预警、反潜、扫雷等方面也极为出色。在20世纪90年代初爆发的海湾战争中，飞机的巨大威力有目共睹。当然，飞机在军事上的应用会对人类文明产生毁灭性破坏，但是和平利用飞机，才是人类发明飞机的初衷。

传染病的克星

——青霉素

很多人对青霉素并不陌生。在现代医院里，青霉素是一种非常普通而常用的药物。然而，有谁知道，就在三、四十年前青霉素还是价值千金的名贵药品。那时流行着许多传染病，如猩红热、白喉、脑膜炎、淋病、梅毒等，这些疾病严重地威胁着人们的生命。由于没有有效的治疗方法，人们只能眼睁睁地看着一个个病人悲惨地死去。但是，青霉素的发现，给那些在种种传染病折磨下的人们带来了生机，也带来了希望。可以毫不夸张地说，青霉素的发现开辟了全世界现代医疗革命的新阶段。

偶然的发现

青霉素——这一医药学上的重大发现完全是一个偶然的机遇促成的。

第一次世界大战结束后不久，在英国伦敦圣玛丽医院的一间小小的实验室里，一个叫亚历山大·弗莱明的苏格兰人正在忙碌。他是一位细菌学家，很长一段时间以来，他一直致力于抗菌物质的研究，试图发现白血球是怎样抗击入侵的病菌的，以及白血球是怎样在伤口愈合时帮助新的组织生长的。为此，他在实验室中放置了许多玻璃器皿，里面培养着各种菌种。弗莱明的实验室摆设得像旧货店一样杂乱无章。这位苏格兰细菌学家有个奇怪

的习惯，他在初步研究过自己培养的细菌后，往往顺手把那些玻璃器皿随便地放置起来。过一个星期以后再打开来看看发生了变化没有。可是就在这间充满灰尘的房子里，甚至就在有意无意之间，苏格兰人弗莱明做出了医学史上的一个伟大的发明。

1928 年 9 月的下午，弗莱明和往常一样来到了实验室。他培养了一些葡萄球菌。这是一种引起传染性皮肤病和脓肿的常见细菌。弗莱明一边察看着菌种的生长情况，一边和一位同事闲谈。忽然，他的视线被什么东西吸引了，感到情况有点不对头。话没说完，他就凑上前去观察其中的一个培养皿。这个培养皿中原本生长着金黄色的葡萄球菌，却变成了青色的霉菌。由于实验过程中需要多次开启培养皿，因此，弗莱明心中暗想，一定是葡萄球菌受到了污染。但是令人奇怪的是，凡是培养物与青色霉菌接触的地方，黄色的葡萄球菌正在变得半透明，最后完全裂解了，培养皿中显现出干干净净的一圈。毫无疑问，青色霉菌消灭了它接触到的葡萄球菌。对于这一现象，一般的细菌学家可能不会觉得有什么了不起，因为当时已经知道有些细菌会阻碍其它细菌的生长。可是这种不知名的青霉菌居然对葡萄球菌有如此强烈的抑制和裂解作用，要知道葡萄球菌是极其重要的人类致病细菌。因此，这一发现就非同寻常了。

良好的科学研究素质促使弗莱明立刻意识到可能出现了某种了不起的东西。他要知道这种神秘的具有如此效力的霉菌究竟是什么。他迅速地从培养皿中刮出一点霉菌，小心地放在显微镜下。透过厚厚的镜片，他终于发现那种能使葡萄球菌逐渐溶解死亡的菌种是青霉菌。随后，他把剩下的霉菌放在一个装满培养基的罐子里继续观察。几天后，这种特异青霉菌长成了菌落，培养汤呈淡黄色。他又惊讶地发现，不仅这种青霉菌具有强烈的杀菌作用，而且就连黄色的培养汤也有较好的杀菌能力。于是他推论，真正的杀菌物质一定是青霉菌生长过程的代谢物，他称之为

青霉素。此后，在长达四年的时间里，弗莱明对这种特异青霉菌进行了全面的专门研究。结果表明：青霉菌是单株真菌，与面包或奶酪里的霉菌没有什么不同。但是青霉素却对许多能引起严重疾病的传染病菌有显著的抑制和破坏作用，而且杀菌作用极强，即使稀释一千倍，也能保持原来的杀菌力。它的另一个优点就是对人和动物的毒害极小。

青霉素是第一种有效实用的抗生素，它在治疗传染病方面的神奇效力，给那些正与各种传染病进行殊死搏斗的人们带去了福音。表面看来，这一重大的医学成就的取得是多么偶然，多么不可思议，甚至在弗莱明自己的报告中也称之为一个偶然的机遇。其实，早在 1911 年，里查特·威斯特林在斯德哥尔摩大学答辩的博士论文中记载过特异青霉，经鉴定证明那就是弗莱明发现的青霉产生菌。遗憾的是，威斯特林并没有进行更深入的研究，从而没有发现它的抗菌作用。如果人们知道这些，就不能不承认，这一偶然发现之中其实也包含着某些必然的因素——弗莱明的个人的性格和研究活动特色。

并非上帝的宠儿

亚历山大·弗莱明，1881 年 8 月 6 日出生于苏格兰艾尔郡洛奇菲尔德。他是苏格兰低地农民的后裔，家境贫寒。他 7 岁时，辛勤操劳的父亲去世了，家里越发拮据，他的童年生活也更加艰苦。他由于生活在乡间，日日呼吸着清新的空气，在碧绿的田野上，在清澈的小溪畔，追寻美妙的自然风光，使得幼小的弗莱明已经学会了细致地观察自然，陶治他自然纯朴的感情。

长大后，他来到了伦敦。一小笔意外的遗产，帮助他实现了多年的夙愿——学医。他考上了帕丁顿的圣玛丽医学院。由于他刻苦勤奋，成绩优异，1909 年毕业后即留在了圣玛丽医院，并

且幸运地参加了预防接种科。这是由免疫学界先驱——阿尔姆罗斯·赖特博士直接领导的。无疑，弗莱明是一位极有才华的医生，如果不是有了什么意外的话，他一定会在免疫学方面做出成就。

第一次世界大战爆发了。战争几乎改变了每个人的生活轨道。弗莱明以中尉军阶参加了皇家军医部队。在赖特上校的领导下，到法国的布洛涅建立了一个战地研究实验室，参与研究并协助治疗协约国伤员所患的传染病。在血与火的战场上，人的血肉之躯是挡不住那无情的炮火的，伤员越来越多。尽管伤员们被以最快的速度送到布洛涅，可是由于战场上卫生条件极差，当伤员抵达时，伤口常常已经感染，而且一旦感染到血液，再高明的医生也无能为力了。站在那些受了感染的伤员中间，站在那些痛苦不堪和濒临死亡的人们中间，作为一个医生，不仅不能帮助伤员解除痛苦，而且还得眼睁睁地看着那些渴望生活的伤员一个个不情愿地被迫投入死神的怀抱，弗莱明真是心如刀绞。渐渐地有一个念头在弗莱明的心里越来越坚定了，那就是一定要发现一种能够杀死那些病菌的药物。正是医生的责任感促使弗莱明在 1919 年退伍后，又回到了圣玛丽医院研究抗菌物质。

弗莱明是一个非常有创造性和想象力的人。他在工作中从不墨守陈规。相反，常常做出一些在别人看来会觉得十分古怪的行为。就在这貌似随意的研究过程中，他的试验不断取得有价值的突破。发现青霉素的重要前提——溶菌酶的发现就是一个明显的例证。

那是 1922 年的一天，还是在那间乱七八糟的实验室里，弗莱明正在观察着培养皿中的菌种。他患着感冒，鼻塞得很不舒服。忽然，他灵机一动，取了一点自己的粘液加到一个培养皿中。奇怪的事情发生了：粘液周围的微生物几乎立刻就被溶解了。显然，粘液中有什么东西对某些细菌有致命的作用。深入研

究发现，这种活跃的物质是人体抵抗由空气传播的病菌的天然防御物的一部分。因为它像酶，能够消灭和溶解细菌。弗莱明便把它命名为溶菌酶。后来，在Ｖ·Ｄ·阿里森的合作下，弗莱明等人不仅在人的血清、眼泪、唾液和牛奶中找到了溶菌酶，而且在白血球、蛋白和萝卜汁等完全不同的物质中也找到了溶菌酶。虽然溶菌酶在抵抗更危险的病菌方面并不那么有效，但是，它证明了抗菌物质是如何起作用的。因此，不能否认溶菌酶的发现是抗菌类药物研究的一个重大突破。它的发现为弗莱明的深入探索指明了方向，鼓舞他去发现作用更大的抗菌物质。

人们不难发现，溶菌酶的发现出于一个偶然的想法，而青霉素的发现开始于一个机遇性的观察，难道这些事情的发生纯属巧合吗？青霉素发现以后，弗莱明曾应邀参观美国的一所实验室，那座现代化的实验室中窗明几净，各种仪器摆放整齐有序。当时弗莱明曾幽默地说：“如果我的实验室也这样现代化，我可能永远也发现不了青霉素。”这话非常耐人寻味。从事科学研究的人们也许会有所感触。

1929 年 2 月 13 日，弗莱明向伦敦医学院俱乐部提交了一份关于青霉素的论文。在这篇文章中，他阐明了青霉素的强大抑菌作用、安全性和应用前景。但是，由于弗莱明不懂生化技术，无法把青霉素提取出来。只要纯品青霉素不能从青霉菌的培养液中提取出来，就无法在实际中应用。而在当时的技术条件下，即使对于专门的生化学家来说，提取青霉素也是一个重大的难题。也许正是由于当时提取的青霉素杂质较多，性质不稳定，疗效不太显著。人们才没有给青霉素以足够的重视。弗莱明并没有失掉信心，他坚信青霉素的发现是有价值的，总有一天人们将不可避免地要用它的力量去拯救生命。因此，他没有轻易丢掉所培养的青霉菌，反而耐心地把它在培养基上定期传代。

先驱者的足迹

为什么弗莱明以抗菌物质研究为己任？为什么在他之前和之后的许多医学界的先驱和后继者都致力于抗菌物质的研究呢？原来，在19世纪下半叶，鼠疫、霍乱、肺结核等传染病十分猖獗。大批大批的人们死于各种传染病，人们生活在极度的恐惧和绝望之中。广大医学工作者全力以赴进行传染病研究，终于发现有些传染病是由微生物引起的，诸如肺炎球菌、霍乱弧菌和结核杆菌等，它们侵入人体，吞噬人体细胞。才华横溢的法国人帕斯特还发现了一个有趣的现象：有些细菌虽然能置人或动物于死地，却很容易被别的细菌所抑制或消灭。这种现象就是生物学和医学上通常说的“拮抗作用”。于是人们自然地想到，如果能将对人体无害而对病源菌有拮抗作用的细菌引入体内，不就可以防治病菌感染了吗？

帕斯特等人对细菌、霉菌和其它小的有机体的研究已经为免疫学和细菌学这两门相关的科学奠定了基础。还在弗莱明的学生时代，科学家们在这两个领域的研究已经取得了重大进展。人们已经知道了大多数的疾病是由哪些细菌引起的，也研制出了预防天花、霍乱、白喉以及其它一些疾病的疫菌。但是，在医学上还没有找到有效的治疗办法。

1909年，法国的保罗·艾利希发现某些化学物质在抵抗引起梅毒的病菌方面有特殊的疗效，他首创化学疗法，即研制一些化学物质，使其能攻击并消灭病菌却不伤害人体其它细胞，从而使病人恢复健康。他明确指出：抗毒素和抗菌剂是一些魔弹，它们专打那些需要它们去消灭的细菌。

艾利希的结论给人们以极大的启发，人们继续寻找新的抗菌物质。20世纪20年代，德国研究人员发现了一种重要的杀菌药

物——磺胺类药物。这种药物对于化脓性咽喉炎、脊膜炎、淋病等都很有效，甚至用于某些由病毒引起的疾病也有许多治愈的例子。磺胺药的巨大成功，使人们更有信心解决传染病的治疗问题了。然而，随着时间的推移，人们逐渐发现，磺胺类药物只对少数几种疾病有较好的效果，对其它的疾病和传染病效果并不明显，而且，对于许多病人还会产生严重的副作用，甚至发生过因服用磺胺类药物而死亡的例子。

直到弗莱明发现了毒霉素之后很长一段时间，各种传染病照样肆意地威胁着人们的生命，人类的悲惨境遇呼唤着科学家的良知和责任。人类在期待着有效而无害的杀菌剂的问世。

青霉素的再发现

20 世纪 30 年代，澳大利亚出生的病理学教授霍华德·弗洛里博士组织了一大批人专门研究了溶菌酶的效能。在这些人中，有著名的有机化学家、生物化学家、药理学家，也有细菌学家和临床工作者。1935 年，29 岁的生物化学家厄思斯特·钱恩博士的加盟使这个研究小组的科研力量立刻强大了起来。对溶菌酶的专门研究，使他们再次发现了细菌的抗菌作用。这个问题引起了他们的强烈兴趣，从而决定重点研究抗菌物质。为了开展这项工作，他们估计需要 250 英镑添置一些器材和试剂。由于人们普遍不信任他们，区区小笔费用在本国竟无人愿意赞助。此时，独具慧眼的美国洛克菲勒基金会提供了这项资助。到 1937 年，这笔钱用完了，弗洛里又在银行透支了 500 英镑，他们再次向本国的医学科研委员会（即 MRC）申请资助，不料再次遭到拒绝。又是美国洛克菲勒基金会伸出了援助之手，不仅答应了他们的全部要求，而且给予他们连续五年的资助，金额达 5000 美元。由于这个项目的研究后来引起了青霉素的再发现。因此，后来在洛克

菲勒基金会的正式出版物中还特意记载了他们的资助。为了迅速了解抗菌物质研究的全部情况，1939 年钱恩等人专程去各大图书馆查找以往的文献，在一本积满灰尘的医学杂志上，他们意外地发现了弗莱明 10 年前发表的关于青霉素的文章。

弗莱明关于毒霉素具有良好的抗菌作用的阐述极大地鼓舞了弗洛里和钱恩。他们当机立断，立刻把全部工作转到对青霉素的专门研究上来。同年，钱恩和弗洛里在牛津发现了一株青霉葡萄球菌氧化酶培养物，这一菌种同弗莱明首次发现的特异青霉一模一样。然后他们一鼓作气，开始了试验和分离青霉素的工作。不知经过多少个不眠之夜，到了年底，钱恩终于成功地分离出像玉米淀粉似的黄色青霉素粉末，并把它提纯为药剂。各种各样的实验结果证明，这些黄色粉剂稀释三千万倍仍然有效。它的抗菌作用比最厉害的磺胺类药物还大 9 倍，比弗莱明当初提纯的青霉素粉末的有效率还高一千倍，而且没有明显的毒性。1940 年春天，他们又进行多次动物感染实验，结果都非常令人满意。于是同年 8 月，钱恩和弗洛里等人把对青霉素的重新研究的全部成果都刊登在著名的《柳叶刀》杂志上。

这篇文章极大地震动了一个人，那就是青霉素的发现者弗莱明。他这 10 年来始终密切注视着抗菌物质的研究动态。他看到了钱恩和弗洛里的报告，心中十分欣慰，因为他们最终证实了他心中长期存在的疑虑。他立刻动身赶到牛津会见这两个人。这次会见是历史性的。当钱恩等人得知弗莱明还活着时，惊喜之情溢于言表。后来，弗莱明毫不犹豫地把自己培养了多年的青霉素产生菌送给了弗洛里。利用这些产生菌，钱恩等人培养出效力更大的青霉素菌株。经过一年多的辛勤努力，七、八十种病菌的试管实验和动物试验，都证明青霉素对引起多种疾病的病菌都有较大的杀伤作用。他们还提纯出一点结晶状态下的青霉素。

初 显 神 威

1941 年 2 月，一位警察刮脸时划破了脸，因伤口感染而患了败血症。他很快被送进了牛津的一家医院。当时病人全身脓肿，体温高达华氏 105 度，十分虚弱。医生想尽各种办法，使用了当时最好的磺胺类药物，也无法阻止感染的进一步发展。面对垂危的病人，医生都认为他活不了几天了。在这种情况下，一直在寻找机会用他们的新药——青霉素的弗洛里和钱恩向院方要求试一试。反正医生已经放弃了希望，就同意了他们的请求。于是弗洛里和钱恩带着他们所有的青霉素来到了这个警察的病床前。他们每隔 3 个小时为病人注射一次青霉素。结果 24 小时后，不可思议的事情发生了。病人的情况稳定了。两天后，病人的体温下降，脓肿开始消退，病人自己也感觉好多了，并开始吃东西，生命力似乎又回到了病人体内。然而，钱恩等人总共只有一茶匙青霉素，青霉素在不断减少。开始，医生还能够从病人的小便中回收一点，但是最后连这一点都用完了。五天后，眼看病人就要复原了，可是药没有了，病情也随之恶化，结果这位警察还是死了。

他们为没能挽救那位警察的生命而感到不安。但是这毕竟是一个激动人心的开端。它表明，只要有青霉素，就能有效地制止感染，而且也不会对病人产生有害的副作用。这类副作用是一般磺胺类药物常常会引起的。几个星期后，他们诊治了一个严重感染伴毒血症的病人，在其它药物治疗无效的情况下，注射青霉素后竟化险为夷。后来，他们又在非洲战场上小规模地试用了青霉素。结果再次表明，青霉素能防治多种严重感染性疾病，控制伤口的继发性细菌感染，局部应用还可使伤口早期缝合加快愈合。经过多次实验，钱恩等人对青霉素的特性、用法和提取都积累了

宝贵的经验。问题是青霉素的供应量太少了，单靠实验室提取，只能满足少数病人的需要，还常常要从患者的尿液中回收再用。这种情况怎能满足所有病人的需要呢？为了把人类从各种疾病和传染病的威胁中彻底解救出来，必须在工业上大规模生产青霉素。弗洛里等人很快认识到了这一点，开始为青霉素的工业化生产而奔忙。然而等待他们的会是什么呢？

青霉素的曲折命运

青霉素再次发现之后，它的命运仍十分坎坷。MRC 和牛津大学不仅拒绝为钱恩申请青霉素的专利保护，而且又拒绝了钱恩组建试验工厂以进一步探索工业化生产青霉素条件的要求。弗洛里等人四处奔波，希望英国的药厂能大量投产这一大有前途的新药，遗憾的是多数药厂都借口战时困难而置之不理。最后，他们带着满身的疲惫和残存的希望，远涉重洋，来到了美国。在这片美洲大陆上，他们惊喜地发现，早在他们研究青霉素结构的同时，美国已经大规模地开展了该项研究。参加该项计划的有大约 200 多名化学家，他们有的来自研究机构，也有的来自工厂企业。在牛津的工作者处境则极为困难，他们手中只有 2 克青霉素，其中 1. 5 克纯度只有 50%。而在美国的一个研究小组——Merck 小组就拥有几百克的结晶青霉素。在美国，弗洛里等人终于得到了自己需要的帮助。1941 年 12 月美国军方宣布青霉素为优先制造的军需品。农业部和私人工业也在全力以赴地寻找成批生产这种新药的方法。

青霉素应用之初，不仅一般人对它表示怀疑，就连多数医务工作者也不相信它的药效。当问及人们在传染病发生时是选择青霉素，还是选用磺胺药时，多数人往往回答：我们任何时候都欢迎磺胺药。直到 1944 年，英美联军在诺曼底登陆，开辟了第 2

战场，开始大规模地同德国法西斯作战，受伤的士兵越来越多，对抗菌药物的需要也越来越迫切。在这次战争中，磺胺药虽然发挥了很大作用，但在医治重伤员方面效果却不够理想。而为数不多的青霉素却填补了磺胺药的空白，在医治重伤员时显示了较大的威力。活生生的事实，使得医护人员不能不对青霉素刮目相看。更重要的是，青霉素在治疗战伤方面的奇妙作用，引起了军事指挥人员的关注。就在诺曼底战役中，一位陆军少将由衷地称赞道，青霉素是治疗战伤的一座里程碑。

在军方的大力支持下，青霉素开始走上了工业化生产的道路。伊利诺斯州皮奥里亚的一家工厂生产了第一批青霉素。但产量少得可怜。因为青霉素的生产工艺十分复杂。为保证青霉的良好生长，必须向培养青霉的营养液中输入灭过菌的空气。否则，辛辛苦苦生长起来的青霉和它的青霉素就会报废。要使一个玻璃瓶中的营养液获得源源不断的无菌空气已是大费周折了，而工厂中一个装了上吨营养液的发酵罐如何获得纯净空气的供应将是更困难的事情。

直到 1942 年，青霉素的大规模生产才有可能。因为：第一，人们发现了一种来源广泛又非常便宜的营养液。第二，人们在皮奥里亚的一家杂货店里腐烂的罗马甜瓜中，找到了一种叫作金菌青霉素的霉菌。这种霉菌生产速度很快，产量也比青霉葡萄球菌氧化酶高上百倍。利用这个菌种，科学家们又培养出一种产量更高的霉菌突变种。第三，人们找到了一种更为有效的培养方法——发明了一种有两层楼高的巨大的容罐，里面装上 2 万 5 千加仑营养汤，用像飞机的螺旋桨一样大的搅棒在罐中不停地搅拌，使纯净的空气源源不断地通过容器内的营养汤。这样，霉菌就不仅仅生长在营养汤的表面，而且也可以在全部营养汤内部生长。有了这三个方面的突破，青霉素的产量一下子提高了。到 1942 年末，有二十余家美国公司开始大量生产青霉素。待战争结束

时，产量已能满足一年治疗七百万病人的需要。

青霉素大量应用以后，许多曾经严重危害人类的疾病，诸如曾是不治之症的猩红热、化脓性咽喉炎、白喉、梅毒、淋病、以及各种结核病、败血病、肺炎、伤寒等，都受到了有效的抑制。那些染上严重疾病的人们心中又有了希望，眉间又有了笑意，生命又有了依托。

青霉素奇迹般的疗效，迷住了几乎所有的人，促使人们在世界各地到处寻找新的抗菌物质。一时间，许许多多医药工作者纷纷来到污水沟旁、垃圾堆上、田野之中，采集样本，筛选菌种。终于在 1943 年，俄国出生的生化学家瓦克斯曼博士发现另一种有效的抗菌素——链霉素。这是一种生长在土壤之中的微生物所产生的物质。这种新药可以有效地治疗包括肺结核在内的一些疾病。不过它的毒性却大于青霉素。此后，在短短二十余年内，人们又陆续地发现了氯霉素、金霉素等数十种各有功效的抗菌素。

抗菌素的广泛应用，不仅充分地展示了它的神奇的功效，同时，也尖锐地暴露出它的问题。在全世界服用青霉数总数超过亿剂后，青霉素引起了第一例死亡。后来，人们发现，多达 10％的人对青霉素有过敏反应，而且某些细菌逐渐对青霉素产生了耐药性。

尽管如此，青霉素的偶然发现仍然是人类取得的一个了不起的成就。为表彰弗莱明等人对人类作出的杰出贡献，1945 年的诺贝尔医学奖授予了弗莱明、弗洛里和钱恩三人。从印度到南北美洲的各国政府和学术机构纷纷公开授予弗莱明各种荣誉称号。然而，弗莱明始终是个谦虚的人。1955 年 3 月他死于心脏病前不久曾说过：“我所到过的每一个地方，人们都热切地对我表示感谢，说我挽救了他们的生命。我实在不懂得为什么他们要这样做。大自然创造了青霉素，我只不过是发觉了它的存在。”这是多么感人的朴实精神啊！

神 奇 的 屏 幕

——电视

在现代社会里，没有电视的生活已不可想象了。各种型号、各种功能的黑白和彩色电视从一条条流水线上源源不断地流入世界各地的工厂、学校、医院和家庭，正在奇迹般地迅速改变着人们的生活。形形色色的电视，把人们带进了一个五光十色的奇妙世界。然而，你知道电视是怎样发明的？电视究竟给人们带来了什么？

尼普可夫圆盘

1883 年圣诞节前夕，天气出奇的冷。在柏林一间陈设简单的学生宿舍里，未来的俄裔德国科学家保尔·尼普可夫站在一棵小小的圣诞树前沉思着。同学们都回家过节去了，他独自一人感到好寂寞。他一边慢慢地点燃圣诞树上的蜡烛，一边情不自禁地想起了远在家乡的父母和亲友。此时此刻，要是能看到他们，那该有多好啊。“这就不由自主地产生了我对电视的总体设想。”他后来这样写道。

只见他突然拿起纸和笔，一会做好了一个圆盘。想了一会儿，他又在纸盘上打上一圈螺旋线的小孔。当纸盘飞快地旋转起来时，他有点不敢相信自己的眼睛了。在旋转着的圆盘上，他居然看到了整个圣诞树。原来，通过小孔扫描，圣诞树的整个画面

被重现了出来。看着烛光闪闪的圣诞树，他似乎看到了远方的亲人。

还在中学时代，尼普可夫就对电器非常感兴趣。当时正是有线电技术迅猛发展时期。电灯和有轨电车取代了古老的油灯、蜡烛和马车，电话已出现并得到了普及，海底电缆连通了欧洲和美洲，这一切给人们的日常生活带来了极大的方便。后来他来到柏林大学学习物理学。他开始设想能否用电把图像传送到远方呢？他开始了前所未有的探索。经过艰苦的努力，他发现，如果把影像分成单个像点，就极有可能把人或景物的影像传送到远方。不久，一台叫作“电视望远镜”的仪器问世了。这是一种光电机械扫描圆盘，它看上去笨头笨脑的，但极富独创性。1884 年 11 月 6 日，尼普可夫把他的这项发明申报给柏林皇家专利局。在他的专利申请书的第一页这样写道:“这里所述的仪器能使处于 A 地的物体，在任何一个 B 地被看到。”一年后，专利被批准了。

这是世界电视史上的第一个专利。专利中描述了电视工作的三个基本要素：1. 把图像分解成像素，逐个传输。2. 像素的传输逐行进行。3. 用画面传送运动过程时，许多画面快速逐一出现，在眼中这个过程融合为一。这是以后所有电视技术发展的基础原理，甚至今天的电视仍然是按照这些基本原则工作的。

1900 年,在巴黎举行的世界博览会上第一次使用了电视这个词。可是最简单最原始的机械电视,是在许多年以后才出现的。

贝尔德和机械电视

1888 年，约翰·贝尔德出生于苏格兰的一位牧师家中。他从小体质瘦弱，疾病缠身，而且又有一个过于严厉的父亲。这使他的童年几乎感受不到什么温暖。然而，他很小的时候便显露出发明的才能。他曾自制一架小小的滑翔机。在这点点滴滴的发明

创作中，小贝尔德感受到无比的乐趣。

年岁稍大一些，贝尔德去格拉斯哥学习电机。不久他担任了一家公司的助理工程师。可是他的身体实在太弱了，连一些基本的电气修理工作都胜任不了。不得已他辞职了。

一个偶然的机会，贝尔德看到了关于尼普可夫圆盘的资料。尼普可夫的天才设想引起了他的极大兴趣。他立刻意识到，他今后要做的就是发明电视这件事。于是，他立刻动手干了起来。贝尔德的生活实在太窘迫了，他没有一间像样的工作室，只好在简陋杂乱的卧室里工作。他没有钱买各种零部件，就用马粪纸、空罐头盒以及从垃圾堆里捡来的旧电机来代替。正是对发明电视的执著追求和极大热情，支持着贝尔德拖着病弱的身躯，在极端困难的情况下，夜以继日，百折不挠地工作，1924 年，一台凝聚着贝尔德的心血和汗水的电视机终于问世了。这台电视利用尼普可夫原理，采用两个尼普可夫圆盘，首次在相距 4 英尺远的地方传送了一个十字剪影画。

贝尔德的勤奋与努力感动了伦敦赛尔弗里森百货店的老板。为了招揽生意，从 1925 年 4 月起，这位很有商业头脑的老板允许贝尔德在商店的收音机柜台上，向人们介绍这个机器。

贝尔德每天表演 3 次。由于他的机器部件质量太差，图像非常模糊。尽管如此，每天仍然有很多好奇的人津津有味地观看。贝尔德每人每次收 25 个便士。一星期以后，他得到了一笔不小的收入。富有同情心的百货店老板不仅分文未取，反而把这笔钱都用在了贝尔德以后的研究工作中。

经过不断地改进设备提高技术，贝尔德的电视效果越来越好，他的名声也越来越大。第二年，英国皇家学会请他为新闻界做一次表演。这一次，他演出了一个关于办公室勤杂工的活动影像，引起了极大的轰动。后来“贝尔德电视发展公司”成立了。随着技术和设备的不断改进，贝尔德电视的传送距离有了较大的

改进，电视屏幕上也首次出现了色彩。贝尔德本人则被后来的英国人尊称为电视之父。

几乎就在同时，德国科学家卡罗鲁斯也在电视研制方面做出了令人瞩目的成就。1942 年，卡罗鲁斯小组（包括两名科学家，一名机械师和一名木工，造出一台设备。这台设备用两个直径为 1 米的尼普可夫圆盘作为发射和接收信号的两端，每个圆盘上有 48 个 1.5 毫米的小孔，能够扫描 48 行，用一个同步马达把两个圆盘连接起来，每秒钟同步转动 10 幅画面，图像投射到另一台接收机上。他们称这台机器为大电视。这台大电视的效果比贝尔德的电视要清晰许多。但是，他们从未进行过公开表演，因而他们的发明鲜为人知。不同国度的科学家几乎同时做出了类似发明，这充分说明了机械电视的发明是不依人的意志为转移的，它是人类在自然界面前拥有创造力的一个见证。

1928 年，“第五届德国广播博览会”在柏林隆重开幕了。在这盛况空前的展示会中，最引人注目的新发明——电视机第一次作为公开产品展出了。从此，人们的生活进入了一个神奇的世界。然而，不能否认，有线的机械电视传播的距离和范围非常有限，图像也相当粗糙，简直无法再现精细的的画面。因为只有几分之一的光线能透过尼普可夫圆盘的孔洞，为得到理想的光线，就必须增大孔洞，那样，画面将十分粗糙。要想提高图像细部的清晰度，必须增加孔洞数目，但是，孔洞变小，能透过来的光线也微乎其微，图像也必将模糊不清。机械电视的这一致命弱点困扰着人们。人们试图寻找一种能同时提高电视的灵敏度和清晰度的新方法。于是电子电视应运而生。

电 子 电 视

1897 年，德国的物理学家布劳恩发明了一种带荧光屏的阴

极射线管。当电子束撞击时，荧光屏上会发出亮光。当时布劳恩的助手曾提出用这种管子做电视的接收管，固执的布劳恩却认为这是不可能的。

1906 年，布劳恩的两位执著的助手真的用这种阴极射线管制造了一台画面接收机，进行图像重现。不过，他们的这种装置重现的是静止画面，应该算是传真系统而不是电视系统。1907 年，俄国著名的发明家罗辛也曾尝试把布劳恩管应用在电视中。他提出一种用尼普可夫圆盘进行远距离扫描，用阴极射线管进行接收的远距离电视系统。特别值得指出的是，英国电气工程师坎贝尔·温斯顿，在 1911 年就任伦琴学会主席的就职演说中，曾提出一种令人不可思议的设想，他提出了一种现在所谓的摄像管的改进装置。在他的讲演中几乎完美无缺地描述了今天的电视技术。可是在当时，由于缺乏放大器，以及存在其它一些技术限制，这个完美的设想没有实现。温斯顿本人也深有感触地说:“我不曾想到，如果不经过大量的试验，可能还要几经反复，才能使之成功。”

那么，究竟是谁开辟了电子电视的时代呢？他就是俄裔美国科学家佐尔金。佐尔金曾经是罗辛的学生，俄国圣彼德堡技术研究所的电气工程师。早在 1912 年，他就开始研究电子摄像技术。1919 年佐尔金迁居美国，进入威斯汀豪森电气公司工作。他仍然不懈地进行电子电视的研究。1924 年，在公司的一次董事会上出现了一个机器模型，这就是佐尔金的研究成果——电子电视模型。佐尔金称模型的关键部位为光电摄像管，即电视摄像机。遗憾的是，由于图像暗淡，几乎同阴影差不多，因此，没有打动董事们的心。1929 年矢志不渝的佐尔金又推出一个经过改进的模型，结果仍然不很理想。然而，这次的模型却给一个重要的人物留下了深刻的印象。这个对今后电视发展具有举足轻重的影响的人就是美国无线电公司（ARC）的富于幻想的戴维·萨尔诺

夫。

萨尔诺夫是一位终生致力于电视工业的企业家。他曾因与马可尼同时发明无线电报而荣获 1909 年的诺贝尔物理奖。1912 年 4 月 14 日，他收到了世界第一艘豪华远洋客轮“泰坦尼克”遇难时发出的电码，并立即向世界报告了这一惊人惨剧。因此，他成为闻名一时的英雄。他最初只是个每星期挣 5.5 美元的无线电修理工，完全凭借自己的努力，他最终跻身于美国无线电公司总经理之位。

出于职业的敏感，萨尔诺夫很早就相信电视将在商业上大有前途。1923 年，他曾对 ARC 公司的董事会成员说：“将来，每台家用收音机都将安上一个电视附加装置……从而使人们在家中就可以听到并看见电台里发生的一切。”

当萨尔诺夫第一次见到佐尔金时，这位豪爽的汉子直截了当地问，研制成功电视系统要花多少钱。佐尔金也毫不客 气地回答：“大约 10 万美元。”美国的 ARC 公司最终投资了 5 千万美元。后来每谈到此事，萨尔诺夫的自豪感油然而生。1933 年，佐尔金终于制造出了令人比较满意的摄像机显像管。同年，进行了一项对一个完整的光电摄像管系统的实地试验。在这次实验中，一个由 240 条扫描线组成的图像被传送给 4 英里以外的一架电视机，再用镜子把 9 英寸显像管的图像反射到电视机前，完成了使电视摄象与显像完全电子化的过程。

进入公众生活

随着电子技术在电视上的应用，电视开始走出实验室，进入公众生活之中，成为真正的信息传播媒介。

1928 年 5 月 1 日，匈牙利工程师米哈里进行了一次电视发射，有大约 50 人观看了这一节目。在米哈里的电视中出现了一

个小表店的照片和一位女影星跳舞的倩影。不久，在纽约附近的施纳克塔得，通用电气公司的 WGY 电台用电视播出了戏剧。当然，这时的电视剧与今天有很大差别。它是把一段戏拆成一个个不同景别的照片播出去。这在今天的电视观众看来是十分可笑的。那么，电视史上第一部电视剧又是什么呢？人们普遍认为这一殊荣当属英国 BBC 公司 1930 年播出的多幕电视剧《嘴里叼花的人》。在这出剧中，演员在屏幕上活动和对话，音像俱全。

此后，英、德、美等国陆续播放了一些电视节目，电视逐渐引起了人们的注意。1936 年电视业获得了重大发展。这一年的 11 月 2 日，英国广播公司在伦敦郊外的亚历山大宫，播出了一场颇具规模的歌舞节目。这台完全用电子电视系统播放的节目，场面壮观，气势宏大，给人们留下了深刻的印象。对同年在柏林举行的奥林匹克运动会的报道，更是年轻的电视事业的一次大亮相。当时一共使用了 4 台摄像机拍摄比赛情况。其中最引人注目的要算佐尔金发明的全电子摄像机。这台机器体积庞大，它的一个 1. 6 米焦距的镜头就重 45 公斤，长 2. 2 米，被人们戏称为电视大炮。这 4 台摄像机的图像信号通过电缆传送到帝国邮政中心的演播室，在那里图像信号经过混合后，通过电视塔被发射出去。柏林奥运会期间，每天用电视播出长达 8 小时的比赛实况，共有 16 万多人通过电视观看了奥运会的比赛。那许多人挤在小小的电视屏幕前，兴奋地观看一场场激动人心的比赛的动人情景，使人们更加确信：电视业是一项大有前途的事业，电视正在成为人们生活中的一员。

到了 1939 年，英国大约有 2 万个家庭拥有电视机，美国无线电公司的电视也在纽约世界博览会上首次露面，开始了第一次固定的电视节目演播，吸引了成千上万的好奇的观众。二战的爆发使得刚刚发展起来的电视事业几乎停滞了 10 年。战争结束以后，电视工业又蓬勃发展起来，电视也迅速流行起来。1946 年，

英国广播公司恢复了固定电视节目，美国政府也解除了禁止制造新电视的禁令。一时间，电视工业犹如插上了翅膀，飞速发展起来。在美国，从 1949 年到 1951 年，短短三年来，不仅电视节目已在全国普遍播出，电视机的数目也从 1 百万台跃升为 1 千多万台，成立了数百家电视台。一些幽默剧、轻歌舞、卡通片、娱乐节目和好莱坞电影常常在电视中播出。千变万化的电视节目的出现，在公众中引起了强烈反响。在不长的时间里，公众就抛弃了其它的娱乐方式，闭门不出，如醉如痴地坐在起居室的电视机前，同小小的荧屏中展示的一切同悲共喜。电视愈来愈成为人们生活中必不可少的了。

电视大众化的关键——电视制式

电视业从一开始就具有明显的商业色彩。黑白电视进入社会之后，各大生产公司为了占领电视市场，竟相推出自己的电视制式，先后出现过采用数十种不同制式的电视。所谓电视制式，通俗地说就是电视标准。如果标准不同，购买一家公司的电视机的用户就不能接收另一家公司的节目。可想而知，如果数十种不同制式的电视机投放市场，将会出现一种怎样的灾难啊！久而久之，必将影响人们的购买欲，为刚刚兴起的电视工业的发展设置障碍。为保护用户的利益，更为了各大电视生产公司的长远发展，协调各公司的关系，制定统一的电视制式势在必行。经过多方协商，1940 年 7 月，在美国通用电气公司总经理贝克博士主持下，美国第一届电视标准委员会成立了。经过一年多的分析比较，这个委员会制定了一套统一的电视标准，从 1941 年 7 月 1 日起在全美实行。这就是黑白电视的 NTSC 制。

1946 年，美国哥伦比亚广播公司开始研制具有实用价值的电子彩色电视。经过 5 年的努力，CSB 彩色系统在纽约正式开播

了。采用这一制式的彩色电视图像清晰色彩鲜明。然而它的最大缺陷是不能与当时已有的 1 千万台黑白电视兼容。也就是说，实行这一制式后，这些黑白电视机就成为摆设了。这引起了广大用户的强烈反对。因而，这一制式也极大地损害了拥有广大黑白电视机市场的 ARC 公司的商业利益。ARC 公司也强烈要求禁止执行 CSB 制式。ARC 公司是一个实力雄厚的电视机生产公司，他们在 1949 年发明的三枪式和单枪式的荫罩显像管，奠定了现代彩色电视的基础。在这场彩色电视制式的竞争中，他们先后投资 1 亿多美元，组织大量的人力、物力加速研制新的兼容式彩色电视系统。为了广大用户的利益，美国终于在 1954 年通过了以 ARC 公司的兼容彩色电视为基础的 NTSC 制式。

由于 NTSC 制式设计上的某些缺陷，彩色电视的色彩极不稳定。一次电视中正在播出一幅香蕉的画面时，香蕉莫名其妙地变成了蓝色。因此，人们把那时的彩色电视讽刺为“ 蓝色香蕉 ”。

为了避免 NTSC 制式的缺点，法国人弗朗斯在 1957 年发明了另一种标准——SECAM 制式。使用这一彩电系统，能够自动校正色彩错误，不会再在屏幕上出现蓝色香蕉，清晰度也比较高。遗憾的是，它们不能消除电视播放时出现的色彩位移。

1963 年 1 月 3 日，德国科学家布鲁赫提出一种新的制式——PAL 制。这种彩电系统采用隔行扫描，使每两行间产生相反作用，使色差相互抵消，从而消除了色彩的位移。

随着电视技术的不断突破，电视在人们生活中地位越来越重要，电视行业的商业化倾向也日益严重。各种发明与既得利益越来越多地联系在一起。人们都在寻求扩大自己的市场与提高自己的利润。现代知识的积累和技术的开放，使得人们无法垄断一项技术或发明。同时，不同地区的学者也在试图用不同的方法寻找推进技术发展的可能。因此，电视制式的多样化是必然的。

可是，电视制式的多样化，使得不同国家的人们采用不同的

彩电标准，这不仅极大地影响了电视观众的利益，也妨碍了各大彩色电视制造公司的进一步发展。因此，人们迫切希望建立一个国际统一的电视标准。

1965 年的一天，奥地利的维也纳聚集了一批世界著名的电视专家。在这举世闻名的音乐之都，人们没有心思欣赏优美的音乐，品味迷人的风景。他们整天坐于谈判桌前，不断争论、探讨、甚至讨价还价。然而，直到人人精疲力尽地离开这座美丽的城市时，仍然没有达成协议，建立一个国际统一的电视制式。作为一种妥协，一种不同彩色电视系统三家分立的格局形成了：美国、日本及北美、太平洋沿岸部分国家使用 NTSC 制——全国电视标准委员会制。法国、前苏联、东欧各国及部分非洲国家使用 SECAM 制——顺序传送彩色与存储制。德国、西欧各国、中国及亚洲大部分国家使用 PAL 制——逐行倒相制。直到现在，电视制式的格局仍然大体如此。

电视家族的主要成员

自从全电子电视出现以来，电视家族迅速兴旺发达起来。电视机的数量急剧增长，电视机的形状变得五花八门，电视机的功能也越来越全面。可以毫不夸张地说，令人目眩的新型电视机正以铺天盖地之势源源不断地涌向人们的生活中。在这电视机的洪流中，电子录像、卫星传播，以及各种新媒体更是倍受人们的青睐。

电子录像——金斯伯格和安德逊 1956 年设计制作的 Modoll VRllo 录像机的问世，使电视技术向前迈进了一大步。

以前，人们制作电视节目一般采用两种方式。一种是用电视胶片把节目拍摄下来，冲印后，再通过电子扫描播出。采用这种方法的一个最大的缺陷，是无法进行电视节目的实况转播。另外

一种是用摄像机直接把信号播出去。这虽然满足了那些希望目睹现场情景的观众的需要，但是它不能记录和重放，失去了作为资料的历史价值。可见，以往的制作方法都有一种无法克服的缺憾。录像机的出现完全改变了这种状况。有了录像机，人们可以丝毫不受时间和空间的限制，把在纽约制作的节目带到世界各地播放，让人们同享欢乐。

1972 年，日本索尼公司推出一种 3/ 4 英寸的盒式磁带，从根本上改变了电视节目的制作方法。这种盒带看起来普普通通，非常小巧，它却是世界上第一个专业彩色录像放映系统。它带来了一种全新的电视节目制作方式——EIVG 方式 (电子新闻录像)。使用这种便携式录像机，人们摆脱了演播室的束缚，可以浪迹天涯，信步世界任何一个角落采集节目，并能大量复制重放。如果想到就在 36 年前人们使用的还是电视大炮，这不能不令人感慨技术的飞速进步和电视的发展之快。

时至今日，录像技术如雨后春笋般发展起来。黑白、彩色、提式、盒式、各种型号和功能的录像机争奇斗艳，画面、声音、清晰度也越来越好。

同电子电视一样，千姿百态的录像系统也面临一个统一标准问题。相互不能兼容的录像机与各种制式的电视机交织在一起，使局面更为复杂。1980 年欧共体国家和日本的电视业制造商们云集日本东京，召开了一次有关会议。一场激烈的争吵过后，与会者一致同意，在今后发展录像机的新系统时，一律使用 8 毫米的磁带，这也是这次会议的唯一成就。可见，真正实现统一的录像系统的标准的道路还很漫长。

卫星传播——1960 年 8 月 12 日，在熊熊的烈焰中，又一枚火箭腾空而起，将一颗用于通信的卫星送入了广袤的太空。尽管这颗卫星只是一个巨大的金属球，只能用于反射无线电信号，但是，它开创了卫星通讯的先河。随着“ 信使者 ”及“ 电星 ”1 号

卫星成功升入太空，进入地球轨道，卫星通讯进入实用阶段。早期的通信卫星离地球很近，只有当它出现在地平线上，通信双方都能看到时，才能把天线对准卫星进行通信，因而，通信时间很有限。

1964 年，一种新的通信卫星——同步通信卫星发射成功了，才真正实现了全球通信。那么，什么是同步通信卫星呢？这种卫星定点在距地球 3. 58 万公里的赤道上空绕地球飞行，每秒运行 30 千米。它的运动行角度正好与地球自转的角度相同。从地球上看去，同步卫星犹如一颗明珠，一动不动地悬挂在天幕上。一颗同步卫星可以覆盖着地球 1/ 3 的面积，最大限度为 1. 8 万公里。只要在地球赤道上空每隔经度 120 度角配置一颗同步卫星，就能实现全球通信。

于是，1969 年 7 月 20 日，全世界同时看到了一个奇迹。在这辉煌的一天，至少有 6 亿人坐在小小电视屏幕前，凝神观看美国 CBS 公司的新闻特别报道——“ 阿波罗 ”11 号飞船史诗般的登月旅行。

在位于世界各地的大大小小的电视荧屏上，兴奋而紧张的人们看到：安装在一个有 36 层楼高的火箭顶部的“ 阿波罗 ”11 号宇宙飞船正在向遥远的月亮飞去。

不久充满了神奇的传说和美丽的幻想的月球出现了。三名美国宇航员——阿姆斯特朗、阿尔德林、考林斯（他们的名字已因这次伟大的飞行而被载入史册）在紧张地做着登陆准备。过了一会，两名宇航员登上登月舱向月球表面飞去，另一位在飞船上等待他们返回。在三个巨大的降落伞的探测下，登月舱慢慢地停在月球上。穿着笨重的宇航服的阿姆斯特朗跳出登月舱，顺着舷梯一步步地向下走去。就在他的左脚触到月球表面的尘土时，一个伟大的时刻来到了。这是人类首次登上茫茫宇宙中的另一个星球。在这动人心弦的一刻，激动万分的人们听到脚踏月球的阿姆

斯特朗说了一句话:“对一个人来说，这只是一小步，但对人类来说，这却是伟大的一步。”的确，这看似平常的一步凝结了多少代人的智慧和心血啊！澳大利亚墨尔本电视台从 7 月 15 日到 26 日，一共播放了 163 个小时零 18 分的“阿波罗”登月节目，创下了至今仍是世界上播放时间最长的电视节目的记录。正是通过卫星传播，利用空间技术为电视服务，才使人们及时目睹了一个又一个人间奇迹。

随着通信卫星的出现，电视的传播速度更快了。通过实况转播，各种世界性的体育盛会和重大科技信息，转眼之间传遍整个世界，电视传播的范围更广了。1982 年有 140 多个国家的百余亿人次在电视中看到了世界杯足球赛的比赛实况，观看人数之多是前所未有的，电视传播的地域界限缩小了。从 1965 年到 1980 年，国际通信卫星组织共发射了 5 颗国际通信卫星，完全实现了全球通信。可以毫不夸张地说，通信卫星加强了人们的社会交往和相互了解。在高悬于太空中的通信卫星的照耀下，地球仿佛变小了,“全球村”时代来临了。

新媒介——家庭录像、电缆电视、卫星直播电视、多功能电视等新媒介的出现，带来了电视发展的一个新的潮流——由公共媒介向家庭媒介转变。

自从 1/ 2 带宽的家用录像机于 1975 年首批投放市场以后，家用录像事业以不可阻挡之势发展起来。有了录像机，人们可以更自由地随时随地观看自己喜欢的电视节目，而不再受制于电视台的时间表。人们有事外出而看不到想看的节目时，可以利用录像机的定时装置把它录下来供人们欣赏。录像机也可用来存贮资料和指导学习。当人们有兴趣时，还可以用家用摄象机拍下自己外出旅游、生日宴会和家庭节日聚会的情景，留作未来的回忆。

人们总希望能在电视中轻易地看到自己所喜爱的节目，有选择地收看某些节目。迎合这种心理，有线电视应运而生。有线电

视一反过去电视节目大众化的作法，实行窄播传递，提供专门的娱乐节目频道、儿童节目频道、体育和新闻节目频道等满足部分观众的需要。

最早的有线电视是美国的一位商人无意中发现的。1949 年的一天，经营无线电器具商约翰·威尔斯在山顶上安装了一个电视接收天线。他把线从山顶上引到家里，意外地发现，原本模糊的图像立刻清晰无比。后来买他的电视的人都从他的天线上接一根线下去，结果电视的效果都非常好，他的生意也越来越兴隆。

目前世界上最负盛名的有线电视公司要数 1980 年 6 月开办的美国“电缆电视新闻网”(CNN)，它每天 24 小时专门提供新闻节目，利用卫星传到世界各地，再通过电缆把节目分送到每个用户家中。CNN 除 8 点到 10 点推出有深度的新闻纵横外，余下时间不断播出来自世界各地的突发新闻、特别报道和新闻特写。收看 CNN，国内外一切大事一览无遗。真正做到了秀才不出门，便知天下事。

今天，电缆电视十分发达。到 1980 年，美国已有近 1 万个电缆电视系统，电缆电视用户近 5 百万户，占家庭总数的 52%。有线电视正在进入人们的日常生活之中，成为无线电视的强大竞争对手。

卫星直播电视——1983 年 11 月 5 日，美国 USCI 公司首次开始卫星直播。以前的卫星传播，要经过地面的接收，再把信号通过无线电或电缆传送出去。卫星直播电视与此不同，只要在用户家中装备一个直径 1 米左右的小型抛物面天线和一个调谐器(用来对信号进行解码)，就可以直接接收卫星的下行信号。这对偏远地区有很大的实用价值。

多功能电视——自从 1949 年第 1 台荫罩式彩电问世以来，短短几十年，电视获得了惊人的发展。从电子管电视、晶体管电视迅速发展到集成电路电视。目前，伴随着微电子和计算机技术

的突飞猛进，电视正在向智能化、多功能和多用途化迈进。

如今的电视不仅用于收看电视节目，同时又可以是家用计算机、电子游戏机并可以预制录像带。人们不仅利用电视消遣，而且可以通过卫星和电视进行遥感式诊病，使用家用电视控制家用电器，进行电视报警、购物、记录、学习等等。此外，立体声电视、超大屏幕电视、高清晰度电视、激光视盘、家庭数据库等也不断地发展起来。也就是说，现代电视已经从一种公共媒介的收看工具，变成了包含众多信息系统的家庭视频系统中心。

毁灭性的杀人武器

——原子弹

死神降临广岛

1945 年 8 月 6 日凌晨，日本广岛风和日丽，晴空万里，树叶在阳光的照射下熠熠发光。虽然处于战争期间，人们仍然如往常一样，在这亮丽的夏日早晨，纷纷走出家门，汇入上班的人流。距相生桥不远的福良百货大楼前面已是车水马龙。T 型桥西侧的两个游行广场上几千名赤膊的士兵正在操练。

此前，日本的许多城市都已遭到美国飞机的狂轰滥炸，广岛一直幸免于难。然而，广岛市民并未存侥幸心理，他们疏散了人口，城里只住着 24 万 5 千人。现在市中心就有约 8 千多名女中学生在作值日劳动，帮助拆除房屋，开辟防火线，以防止燃烧弹的攻击。

7 点，广岛上空响起了尖锐的空袭警报。在日本南部上空一架孤独的美国 B - 29 轰炸机正向广岛逼近。当时出现这种飞机是常事，大多数人都不屑于躲避。果然，这架飞机很快就悄无声息地飞走了。半个小时后，警报解除了。8 点过后，又有三架 B - 29 飞机飞向广岛。防空监视哨错误地认为这些飞机似乎只是在执行侦察任务，因此，他们没有再发空袭警报，只是在无线电中宣布有敌机到来。于是，在人们几乎没有躲避的情况下，灾难突如其来地降临了，悲剧不可挽回地发生了。

8 点 16 分 2 秒，一颗炸弹从高空中的一架飞机中弹出。一

道耀眼的闪光之后，整个城市立刻被可怕的烟云笼罩了。烟云不断地向上翻滚，迅速形成可怕的蘑菇状，直冲云霄，令人毛骨悚然。在灰紫色烟雾的内部，有个通红的内核，里面烈焰腾腾。这个巨大的火球的火势之猛，使广岛市中心一带成千上万的人化为灰烬。随后出现的冲击波，也几乎将距爆炸中心 1500 英尺范围内的一切夷为平地。

顷刻间，广岛变成了人间地狱。在迅疾的热浪伴随着白光扑来的一刹那，许多人被烧成一团团冒烟的焦炭，他们的内脏器官则沸腾不止。数千具烤干缩小的黑色尸体遍布广岛的街道和桥梁。半空中的鸟类也着了火，蚊子、苍蝇、松鼠和家养动物都在噼啪作响，不复生存。木块、碎砖、瓦片和玻璃满天横飞，很快堆积为几百英尺厚的瓦砾堆。成千上万个正在烧饭的炭火炉子被掀翻了，引起了火灾，汇入爆炸产生的熊熊大火。大地在摇晃，在震耳欲聋的爆炸声中，房屋像被刈割一样坍塌下去。一切东西都化为乌有，一条条街道都变成了废墟。

幸存下来的人们，绝大部分人的脸都烧黑了，头发也烧没了，有的连眼睛都看不见了。这些为大火所烧灼的人，不论死活，个个都是人模鬼样，无法辨认。这些遍体焦黑，全身肿胀，脸上和身上都有卷起的肉皮在风中飘拂的人们，就向一群群幽灵一样，挤在满是瓦砾的大街上，缓慢而沉默地蹒跚而行，时不时地呕吐出胃液。他们在躲避大火，躲避城市。可是，哪里又有一方净土呢？他们所到之处，到处是极度的恐怖、痛苦和惊惧。

据统计，在这次爆炸中心半径两公里的方圆内，所有的生命和财产都随风飘去，城市面目全非。炸弹炸毁并焚烧了医院、学校、市政大厦、警察局等几乎所有的公共设施。在广岛的 7 万 6 千座建筑物中有 7 万座倒塌或毁坏，其中 4 万座片瓦无存。市内 90％的医务人员非死即伤。几乎所有的政府官员都已死亡。在这座不到 30 万人口的小城里，当场死亡 7 万多人，而到 1945 年

底，死亡人数高达 14 万人，死亡率为 54%。几分钟前还是那么充满生机和活力的一座美丽的城市，在一枚炸弹的攻击下，转眼间就无影无踪了，留下来的只有烟云、烈火、瓦砾和幸存者痛苦的呻吟。这是何等惊心动魄又令人惨不忍睹的事实啊！究竟是什么炸弹具有如此巨大的威力呢？几天后，又一颗类似的炸弹在日本的另一座城市长崎上空爆炸，深受其害的日本人这时才知道这是一种前所未有的新式炸弹——原子弹。那么原子弹是怎么造出来的呢？

揭开原子的秘密

人们知道，原子是组成万事万物的微小粒子。自从古希腊哲学家德谟克利特提出这个想法以来，人们一直认为原子本身不会发生变化，不可能被分割成更小的粒子。原子即“不可分”的意思。

19 世纪末，原子不可再分的观点遇到了严重挑战。法国物理学家亨利·贝克勒耳在一次实验中偶然发现，当一种会发磷光的钠盐发光时，它不仅仅发出光，而且还发出一种叫做辐射的能量。即使在黑暗中放置很长时间，它也同样能够发出穿透性辐射。在多次严谨的实验之后，他终于断定铀是一种能发出射线的元素。

其后不久，年轻的居里夫人在丈夫的全力支持下，耐心地一个个地检验了所有已知的元素。她最终又发现了钋和镭两种放射性元素。于是，科学家们知道了放射性物质在自然界中的分布是很普遍的。

这是物理学上的一个重要发现。人们在高兴之余不禁想到，辐射是怎样产生的？它是由什么构成的？它从哪里来？发生辐射的物质是否发生了什么变化？对于这些问题，科学家们感到很困

惑。

来自新西兰的年青科学家卢瑟福在研究中发现，这种辐射是由几种射线组成的。人们后来称之为α射线、β射线和γ射线。科学家们一致认为这些射线只能来自原子内部，不可能来自任何别的地方。

这个发现太令人振奋了。因为，如果原子可以放出射线，就必然会得出两个结论：①原子不可再分的想法是错误的。②原子内部必然会有巨大的能量。科学家们设想，如果能把原子内部潜藏着的巨大能量释放出来，加以控制，不就可以更好地为人类造福了吗？

可是，怎样才能打开原子结构，使之释放出能量呢？聪明的卢瑟福发明了一个新方法：利用α粒子做炮弹轰击原子。正是用α粒子不断地轰击原子，人们不仅相继发现了原子内部的质子和中子，清晰地把握了原子的内部结构，而且还发现了人工放射性，即有些没有放射性的元素，被α粒子击中后，能够转变为能放出辐射的原子。

人工放射性的发现引起了物理学家们的极大兴趣。年轻的意大利物理学家恩里科·费米决定试一试产生人工放射性。他的实验做了重大改进——用中子代替α粒子做炮弹。事实证明，这是一种更有威力的炮弹。在中子大炮的轰击下，费米小组发现，一种物理学家说不清楚的未知元素产生了。

这一发现在科学界引起了轰动。德国化学家奥托·哈恩和奥地利物理学家丽丝·梅特理重复了费米实验。结果不仅支持了费米的发现，而且，他们还发现了更多的未知物质。

就在这时，希特勒统治了德国，他开始疯狂地排斥和迫害犹太人。1938 年，具有犹太血统的丽丝·梅特涅被迫离开德国，中断了与哈恩长达 30 年的合作。

继续工作的哈恩在实验中得到一个令人不解的发现：即在轰

击铀原子所得到的产物中发现了钡元素。这个发现违反了已知的物理定律。于是，哈恩写信将这个惊人的消息通知给梅特涅。经过反复思考，头脑清醒的梅特涅一下子发现了这件事的本质——有些铀原子分裂为大致相等的两半。她称这种变化为“裂变”。她推测当铀原子被分裂成大致相等的两部分时，一定会释放出极其巨大的能量，使之以极高的速度分开。

梅特涅猜到了裂变可能是把原子内部的能量释放出来的一把钥匙。这个发现太重大了。怎么对待这一发现呢？梅特涅最终决定把这一惊人的发现通知给玻尔——当代最伟大的原子物理学家。

当时玻尔正要动身去美国访问。美国科学家从来没有听说过裂变。玻尔的来访，使裂变的消息立刻传遍了美国物理学界。费米知道这件事后，他立刻明白了，他的小组用中子轰击铀时发生的正是裂变。

物理学家们进一步推想，当铀原子裂成两半时，它们是否能释放出一些中子？如果一个铀原子裂变时能释放出两个中子，这两个中子击中另外两个铀原子，使它们分裂，并同时各发射出两个中子。这样，我们就会得到 4 个中子，它们再去分裂另外 4 个铀原子，使铀的裂变自发地持续下去。这种方式叫作“链式反应”。

如果存在“链式反应”，就会用大量铀原子在瞬间发生分裂。由于每一个原子分裂时，都会释放出巨大的能量，那么在链式反应中，大量原子发生分裂，释放出的总能量就难以想象了。经过计算，科学家们断言，即使不到人的小拇指尖大小的一块铀，如果发生裂变，它所释放的能量也足够两万盏电灯点上 12 天。这是多么神奇的力量啊！因此，科学家们急于知道，铀原子分裂时是否会放出中子？是否会进行链式反应。

不久，费米等一些物理学家都发现：当铀原子发生裂变时，

确实释放出一些中子。这就表明，在理论上是可能进行链式反应的。从此，原子的秘密被揭开了，二十世纪最激动人心的时代——原子时代即将来临了。

一位可敬的“预言家”

1933 年 9 月 12 日，一个灰暗的大萧条时期的早晨，伦敦南安普敦街的一个十字路口上，35 岁的匈牙利理论物理学家利奥·西拉德正在神色焦躁地等待红灯熄灭。就在绿灯闪亮，他信步走过路口的一刹那，在他的头脑中突然萌发了一个念头：如果能找到一种元素，当它被中子击破时，吸收一个中子，然后放出两个中子。当这种元素大量聚集在一起时，就能维持链式反应。这个想法同后来费米等人对铀原子的裂变研究所得出的结果不谋而合，只是，它要早好几年。

那么，西拉德怎么会想到链式反应呢？西拉德是个富于理想和正义感的人。他一直以如何拯救多灾多难的人类世界为自己的神圣使命。他非常喜欢看小说家威尔斯的科学幻想小说。在《获得自由的世界》(1913) 一书中，作者预见到原子裂变的过程中释放出无限的能量，引起全球核大战。最后，200 个城市被原子弹通红的冲天大火，烧成一片废墟。也许是威尔斯的丰富的想象力给西拉德以很大的启发。早在 20 年代，他就设想过利用原子能的超级武器。

1933 年，西拉德专门拜访了原子核的发现者卢瑟福勋爵，热情地向他阐述了自己关于链式反应的想法。这个想法在当时是如此的令人难以置信。西拉德受到了卢瑟福的嘲笑。但是他并不气馁，关于链式反应的宏伟梦想使他极为兴奋，欲罢不能。他决定一个人搞这项在别人看来异想天开的研究。于是，他带着足够花一年的钱来到斯特兰特宫旅馆，每天一大早他就躺在大厅下面

的浴缸里沉思默想。一直泡到中午，然后出来记下思考的问题。1934 年春，容光焕发的西拉德从他的浴室里走了出来，开始探求他那最理想的事业：释放原子能，拯救全人类。经过深思熟虑，西拉德深刻地认识到原子能不仅能用于工业生产，而且，在战争威胁日益严重的情况下很可能用于制造战争武器。也就是说，科学家的发现已向人类提供了足以摧毁现代文明的武器，如果人们不能有效地制止不断升级的战争，后果将不堪设想。

西拉德认识到发明原子弹的可能，在 1934 年春夏，分别向有关部门提交了关于原子能和关于原子弹的专利申请。然而，由于缺乏必要的实验设备和资助，加上西拉德本人缺乏实验科学家专心致力于一项工作的毅力，直到去美国以前，西拉德并没有对令人不寒而栗的原子弹进行认真的研究。

科学家在大声疾呼

1939 年，第二次世界大战爆发了。欧洲大地战火纷起。战争风云不仅搅乱了每个人的生活，也给科学家们的研究工作笼罩上阴影。在希特勒疯狂地排斥犹太人的浪潮中，大批犹太籍科学家被迫从德国以及意大利、波兰、匈牙利等被纳粹控制与威胁的国家逃往美国和英国。

来自欧洲的物理学家忧心忡忡，因为裂变是在德国发现的。也许战争狂人希特勒已经命令所有的德国科学家继续研究原子裂变、链式反应及其在战争中的应用了。1939 年 4 月 24 日，汉堡的一位名叫保罗·哈代克的物理化学家写信给希特勒的陆军部，提请军方注意核物理学领域的最新进展，他们认为可以生产出一个巨大的爆炸装置。为此，德国专门召开了一次部长级会议，下令禁止铀的出口。6 月份，哈恩的一位助手发表了一篇文章，描述了如何产生链式反应和制造“铀机器”的一条似乎可行的途

径。这一切似乎表明，可能德国人已经在计划制造原子弹。

如果德国人真的在制造原子弹的话，我们该怎么办？西拉德等流亡科学家陷入了沉思。一个共同的信念越来越明朗了，那就是我们应该尽快制造出一颗原子弹。然而，制造原子弹是一项庞大的工程，没有政府的资助是根本不能完成的。于是西拉德等人迫切地感到，当务之急是尽快使美国政府认识到原子爆炸的危险和裂变在战争中所起的作用。

可是，怎样才能把科学家的意见传递给美国政府呢？另一位匈牙利物理学家尤金·威格纳坚信爱因斯坦是最合适的人选。因为这位温文尔雅、上了年纪的德国流亡者是美国最著名的科学家，他在老百姓的心目中简直就是科学的化身，政府肯定会接受他的主张。

1939 年 7 月的一个清晨，在长岛的一幢幽静的别墅里，西拉德和威格纳见到了慕名已久的爱因斯坦。不久，一封给美国总统罗斯福的信签上爱因斯坦的名字发出了。在这封信中写道：由于可能在大量铀中产生链式反应，从而产生极大的动力。因此，铀元素在不远的将来可能变成一种新的重要能源，甚至可用以制造出一种威力极大的新型炸弹。并且警告说：德国人正在最好的实验室里研究裂变，他们在试验方面获得的进展已经对世界和平构成了严重的威胁。

两个多月以后，罗斯福总统从西拉德的一位朋友那里得到了这封信。由于第二次世界大战已于不久前在欧洲开始了，富有远见的罗斯福立即意识到了这封信的重要性。他当即下令成立一个“铀顾问委员会”，负责总统和科学家之间的联系。遗憾的是，在对原子核科学一无所知的官僚机构中，原子弹并没有引起人们的重视，它成了新成立的“铀顾问委员会”的弃儿。

不久，在“铀顾问委员会”召开的一次会议上，西拉德代表科学家提出要求购买石墨，建立一个能产生链式反应的系统。尽

管人们争得不可开交，结果只赢得区区 6000 美元的拨款。可见，在美国的科学家们虽然积极推动原子弹的研究工作，试图用它来尽快结束战争，但是政府主持的原子弹研究工作仍然进展缓慢。

几乎与此同时，英国科学家对原子弹的研究取得了较大的进展。他们已经清楚地认识到原子弹是一种大规模破坏性武器。他们甚至计算出制造一个炮弹只需要 5 到 10 公斤纯铀，而它的威力是不可抗拒的。他们认为对付这种武器，除了同对方一样拥有它之外，别无选择。这一成果引起了英国政府的高度重视，而大力支持这项研究工作。

1940 年 5 月 10 日，纳粹德国不宣而战，大举入侵比利时、荷兰等国家。日益逼近的战争阴影加重了美国科学家的忧虑。他们一致认为这场战争将愈演愈烈，美国人一定会以这种或那种方式，或迟或早卷入战争中去。这是一场以双方高科技较量为主的战争，对于尽快结束这场殃及全球的战争，科学家负有不可推卸的责任。

科学家们再次呼吁成立一个全国性机构，承担科学家与政府间的联系，更好地协调工作。于是，在麻省理工学院副院长布什的努力下，一个叫“国家防卫委员会”的组织成立了。这个机构把低效率的“铀顾问委员会”合并了过来。可是，这个委员会同样没有给予原子弹的研究工作以足够的重视，使得美国的核研究计划一度几乎夭折。

直到 1941 年 8 月，出生在澳大利亚的英国科学家马克·奥利芬特访问美国时，才帮助美国的核发展计划越过了障碍。利奥·西拉德高度评价了奥利芬特所起的作用。他说是这些外国科学家使美国国会搞清楚了整个原子能规划的发展历史事实。哈佛大学校长科南特在 1943 年编写的一份绝密材料中也承认，美国核发展计划在 1941 年改变方向的最重要原因是“在铀研究问题上，积极赞成者越来越畅所欲言和信心十足”。造成这一局面的原因

之一就是奥利芬特等人不断推动这一研究的发展。

那么，奥利芬特是怎么做的呢？在访美期间，奥利芬特首先见到了老朋友——大科学家恩斯特·劳伦斯，他带来的情况使劳伦斯相信制造一枚原子弹是可能的。如果能赶在纳粹之前制造出来的话，将有可能决定战争的结局。特别是劳伦斯也同大多数美国科学家一样，对德国人的研究无比忧虑。他认为一旦德国人抢先造出原子弹，他们便会统治这个世界。

为防止恶梦成真，劳伦斯积极鼓动另一位大科学家科南特·康普顿等人支持和参加到核研究工作中。在这种情况下，美国科学研究与发展局局长万尼瓦尔·布什再次代表科学界晋见罗斯福总统，敦清政府继续进行这项至关重要的实验。终于，在 1941 年 12 月 6 日——日本人袭击珍珠港的前一天，布什得到总统的批准，全力以赴地进行原子弹研究，财政开支则动用一笔总统特别基金。至此，经过两年的努力，两年的呼吁，两年的奔波，科学家的声音终于被社会接受了。可是前途仍然举步维艰，播下的是龙种，收获的又该是什么呢？

曼哈顿工程（一）

到 1941 年 10 月，美国虽尚未全力以赴研制原子弹，但是已经开始彻底调查和研究原子弹制造的可行性问题。康普顿受命以美国科学院的名义考察核裂变研究的进展。在随后不久召开的铀委员会的一次会议上，康普顿详细地介绍了有关情况。由于研制原子弹这件事在太重大了，尽管桌上摆着丰富的材料，参加会议的工程设计专家仍然拒绝提出对建造一枚原子弹所需时间和整项规划的投资建议。结果，还是康普顿这位理论物理学家提议：这项研制计划的实施需用 3 到 5 年时间，全部经费达数亿美元。

11 月 1 日以前，康普顿将他起草的国家科学院的第三次报

告交给了布什。这份报告明确指出“一枚裂变炸弹所具有的巨大破坏能力来自其内部装有的一定数量的裂变材料——铀 235 被迅速聚合。”这种炸弹的放射作用对生命的破坏力可能与爆炸本身的破坏力相等。报告强调指出，几年之内，凡是首先使用本文所描绘的这种炸弹，或其他类似铀裂变武器的国家将获得军事上的优势。

这份报告不仅为美国总统先前做出的决定奠定了科学的理论基础，同时它还独立地核实了英国人的发现，表明了美国物理学界所承担的重大历史使命。美国终于走上了研制原子弹的轨道。

12 月初，布什和科南特又一次召集铀委员会的成员开会。就在这次华盛顿会议上，重新调整和明确了各成员的分工。会上指定康普顿从事炸弹设计，劳伦斯进行铀的生产。显然，美国科学家们准备大干一场了。

就在第二天，即 12 月 7 日，一件震惊世界的事件突然爆发了。这天夏威夷时间早晨 7 点 55 分，从日本航空母舰上起飞的轰炸机偷袭了珍珠港，摧毁了美国太平洋舰队的大部分军舰。受创惨重的美国愤而向日本、德国和意大利正式宣战。远在大洋彼岸的美国也被拖进了这场旷日持久的战争，人们愈发担心德国可能制造出原子弹了，科学家们在抓紧时间，争取赶在纳粹之前研制成功。

在战争中首先拥有原子武器的一方一定会比对方有利得多，所以，从 1942 年夏天起，美国军方开始介入核计划。他们专门建立了一个特殊部门来指导铀的研究。为保密起见，他们为这项研究制定了一个专门的代号——曼哈顿工程。

核物理学家们已经懂得，使用足够数量的铀 235 和人造元素钚——铀的两种衍生物，就能产生迅速的裂变或链式反应。此时，劳伦斯博士已经使用回旋加速器，也叫做“核粒子加速器”解决了生产裂变物质这一基本问题。但是要想成功地制造一枚原

子弹，科学家们的面前仍然有三个关键问题尚待解决：怎样控制链式反应？怎样生产足够数量的裂变物质？怎样生产出一颗可以使用的炸弹？

第一个问题是由费米小组解决的。几年来，费米等人一直在哥伦比亚大学进行着链式反应实验。战争开始后，康普顿等人认为原子弹的研究工作集中在一个大学里比分散在几个大学进展更快些。因此，他要求美国各地的科学家都集中到他所在的芝加哥大学。这样费米等人把石墨块、铀块、中子源、盖革计数器等实验用品装箱运到了芝加哥。

到芝加哥后，他们到处寻找一间大房子，以用来建造进行链式反应的反应堆。最后，他们勉强找到了一个 30 英尺宽，60 英尺长，26 英尺高的室内网球场。凭着坚定的科学信念，费米等人不畏艰难，在简陋的条件下加紧实验。当时，他们所拥有的铀和石墨还不够建造一座大的反应堆。于是，他们先建了一些小堆。从小堆的运转中，他们惊喜地发现，链式反应确实有可能实现。只要铀和石墨相当纯，铀块在石墨块中分布得也很合适，大堆就一定会发生链式反应。

在紧张的实验中，1942 年 12 月 2 日悄悄来临了。这一天的早晨，大约有 20 人聚集在静寂的网球场上，等待观看链式反应的最后试验。康普顿神色严肃地站在球场的看台上，远远观望着反应堆。同他在一起的是西拉德、威格纳和一些高级科学家。3 个年轻人紧张地站在反应堆上面的平台上。他们是敢死队队员，要密切注视着链式反应的进程。一旦反应失去控制，他们就把整桶的镉盐溶液泼在反应堆上，从而制止链式反应。

年轻的物理学家乔治·韦尔独自站在地面。他担负着最重要也是最危险的工作：他将缓慢地抽出最后一根控制芯棒，以便使人们能测定反应情况。

费米神色自若地站在平台上指挥这次实验。上午 10 点 37

分，费米宣布“乔治，动手吧！”实验开始了，反应像人们计算的那样进行着。不知不觉中费米说：“大家去吃午饭吧。”人们这才发现中午到了。下午，扣人心弦的场面出现了。3 点 20 分，费米突然说：“现在反应堆将开始进行链式反应。”空气立刻紧张起来，每个人心里都像揣了个小兔，咚咚直跳。然而什么事也没有发生。就在这令人窒息的气氛中，链式反应成功地实现了，而且完全处于控制之下。反应堆大约持续生产了半个小时的原子能，然后被停止了。就在这一天，原子弹工程越过了从实验阶段到生产阶段的分水岭。

不知什么时候，威格纳拎着一瓶酒走上看台。人们如梦方醒。每个人都用纸杯呷了几小口，但谁也没致祝酒辞。就在一片沉默之中，人类历史翻开了新的一页。芝加哥的核反应堆的成功运转是一项伟大的科学成就，它表明人类不仅能够使原子释放出能量，而且还能自主地控制这种能量。从此，人类社会真正迈进了原子时代。然而，就在这同一时刻，在这座反应堆前，链式反应的发明人西拉德紧紧握着费米的手说：“这一天将作为不利于人类的黑暗标志载入史册。”许多科学家的心中都将受到这种矛盾心情的困扰。每当他们打破一道大自然的屏障时，他们的心中总会自问：他们的成功会不会意味着是地球上其它人的悲剧？

曼哈顿工程（二）

关于怎样生产足够的裂变物质和装载这些裂变物质的炸弹的问题，则要由工程兵准将格拉夫斯负责了。其实，早在格拉夫斯登场以前，在康普顿的领导下，科学家们已经反复探讨过制造原子弹的具体方案以及工厂试验的一系列工程技术问题。

1942 年初夏，就在许多科学家挥汗如雨地从事钚 239 的提取和分离工作的同时，一个由优秀的理论物理学家组成的智囊班

子，正在绞尽脑汁，力图使原子弹的设计更加明朗化。虽然这些令人尊敬的科学家从未设计过武器，更不用说试着干了，而且可利用的资料又少得可怜，但是，在这些科学界精英的共同努力下，人们不仅系统整理了已有的研究成果，而且弄清楚了最后制成原子弹的步骤。

其间曾发生了一个小小的插曲。年轻的科学家泰勒的计算表明：原子弹的爆炸有可能点燃地球上的海洋和大气层，烧毁整个世界。康普顿被这个耸人听闻的消息吓坏了。他说：“在纳粹的铁蹄下，当奴隶也比为人类历史拉下终场大幕强得多。”后来发现，这纯粹是一场虚惊。由此可见，即使是大科学家，面临这样重大的任务时，也不免有些紧张。

随着研究工作的日益深入，政府高级顾问科南特和布什越来越清楚地认识到，他们所主持的研究工作规模太大了，远远超出了他们的能力和经验。另外，美国参战后，施行的一套战时官僚体制使得办事更复杂了。因此，他们请求美国陆军参加原子弹的研制工作。于是，后来被称做“原子将军”的格拉夫斯准将登上了历史舞台。

1942 年 9 月 17 日的早晨，46 岁的莱利斯·格罗夫斯准将在国会大厦的走廊上碰到了他的顶头上司布里恩·萨默维尔中将，中将对他说：“国防部长挑选你去作一件非常重要的工作。”“那天，当我得知我将要领导一个最终会生产出原子弹的项目时，我可能是美国军队中最愤怒的军官了。”格罗夫斯后来这样写道。

作为美军工程营建的副总指挥，格罗夫斯深知原子弹计划所宣称的那种决定性的效果尚在不得而知之中。再说，曼哈顿计划的预算开支总额不过 1 亿美元，这对于负责大工程的他来说简直是一种耻辱。

作为职业军人，格罗夫斯别无选择。这个蓝眼睛、宽下颚、有着一头栗色卷发和稀疏胡子的大胖子立即风风火火地工作起

来。他首先调查了有关核研究方面的工作现状。当他得知至关重要的核原料供应来源至今尚无着落，已经确定的厂址又被搁置起来，生产设备还设有最后落实时，他感到非常恐慌。

于是，这位雷厉风行的将军上任第一天就命令部下尼科尔斯中校搞清铀的供应来源。说来也巧，第二天尼科尔斯偶然得知了一个非常重要的消息：一个比利时公司早在 3 年前就把一批价值 200 多万美元的富铀矿石运到了美国。带着格罗夫斯的指令，尼科尔斯当即赶往纽约把它买了下来。这样，上任不到 24 小时，格罗夫斯将军就打开了原子计划若干僵局中这个首当其冲的环节。

就在同一天，极有魄力的格罗夫斯批准了一项庞大的计划：购买田纳西州东部的橡树岭的一片面积为 5. 2 万英亩的土地，建造分离铀 235 的工厂。这项计划由于人们的犹豫不决已被耽搁了数月之久。

自 1942 年 9 月 23 日起，格罗夫斯巡视了所有的实验室。结果他大失所望。他认为人们的研究仍然处于实验室阶段。如此下去，什么时候才能造出原子弹呢？怀着沉重的心情，他于 10 月 8 日来到了伯克坚，见到了曼哈顿工程的另一个关键人物——被称为美国原子弹之父的奥本海默。

罗伯特·奥本海默 1904 年 4 月 22 日出生于美国纽约的一个富裕优雅的中产阶级家庭。他在童年时就显示了出众的才华。11 岁当选为纽约矿物俱乐部的成员，能讲流利的希腊语。他彬彬有礼，勤奋好学，同时也骄傲自大。18 岁进入哈佛大学化学系，毕业后先在剑桥卡文迪许实验室工作了一段时间，后来转到哥廷根大学从事理论物理研究。奥本海默是个富有教养又博学多才的风雅之士。他不能容忍任何形式的愚蠢言行。因而，很难处好与他人的关系。

由于缺乏必要的耐心，奥本海默不愿意集中精力去钻研具体

问题，因而自己很少发表独创性的见解。但是，他最擅长评论别人的成果，理解别人创造性思维的实质并加以发挥。

奥本海默第一次参与核武器发展计划是在 1940 年 9 月。当时劳伦斯请他从理论上分析与评价英国关于原子弹的研究成果。随后，他出席了一系列高级会议。在 10 月 21 日的一次会议上，涉足这一领域时间不长的奥本海默就提出了制造一枚原子弹所需铀 235 的数量的计算结果。这次会议的总结报告也成了原子弹设计的一份蓝图。奥本海默的出色才华引起了人们的注意，康普顿于 1942 年 1 月聘请他全力投入原子弹计划，参与负责研究原子弹的原理。

初次见面，奥本海默的正确评价各项技术方案的杰出才能，给格罗夫斯留下了深刻的印象。在会见中，奥本海默尖锐地指出：这项计划要求高度保密，对研究工作产生了极为不利的影响。应该把所有的研究人员集中到一个实验室来，在里面人们可以完全自由地讨论问题，而这个实验室可以对外界绝对保密。格罗夫斯被完全说服了，他决定采纳奥本海默的建议。

很快，格罗夫斯决定在新墨西哥州的洛斯阿拉莫斯建立新的实验室。这里环境优美，山川秀丽，与世隔绝，交通又很便利。在物色实验室的领导人时，格罗夫斯却大费周折。最后，格罗夫斯力排众议，选择了奥本海默。这个决定太出乎人们的预料了。因为奥本海默既缺乏行政管理经验，又不是诺贝尔奖获得者，在科学家中不具有原子弹研制任务领导人所应有的威信。但是，格罗夫斯相信奥本海墨有能力将性格完全不同的一批人组织起来成为一个很有效的工作集体。因为他是第一流的理论物理学家，他有非凡的感染和说服别人的本领。

事实证明，格罗夫斯的选择是十分正确的。组建实验室的首要任务是招收一大批优秀的科学家，这是一项非常棘手的任务。当时，所有优秀的科学家几乎都参加到别的军事科研如火箭、雷

达研究中去了。现在要把这些人吸收过来，而且招聘时还不能透露到底要他们来做什么。参加工作的人员、必须离开家庭，与外界断绝一切联系，只有结了婚的人才允许带上家属。附加上如此苛刻的条件，可想而知，完成这项任务的难度该有多大啊！

然而，所有困难都被奥本海默巧妙地解决了。他不仅招聘了一大批最有名望的科学家，其中包括诺贝尔奖获得者，而且他还聘请了一批极为聪明的科技管理人员来到与世隔绝的洛斯阿拉莫斯。

1943 年 4 月 15 日，洛斯阿拉莫斯实验室正式落成了。在落成仪式上，科学家罗伯特·瑟伯尔做了关于原子弹研究情况的介绍，第一次明确宣布曼哈顿工程的目的是要研制世界上第一颗原子弹。听了这个讲座，那些带着某种神秘感来到这里的化学家和实验物理学家大为吃惊。迷雾被驱散了，面纱被揭开了，差不多所有的人都兴奋起来。他们深深地认识到这是一项了不起的事业，如果此举迅速成功的话，这场战争的结局将走向更加光明的前途。对于那些科学家而言，这也是一个千载难逢的机会，他们可以利用自己的知识和技能直接服务于国家的安全和人类的和平。想到这些，科学家们的热情顿时高涨起来，他们立刻全力以赴地投入到研制工作中。

在格罗夫斯和奥本海默密切配合下，原子弹的设计和制造工作迅速开展起来。洛斯阿拉莫斯小组的科学家紧张地设计一颗能够安装在新式的 B - 29 远程轰炸机上使用的炸弹。为了生产足够的裂变物质，在橡树岭建立了一座耗资 5 亿美元的气体扩散工厂，用来尽快大量生产铀 235。与此同时，在华盛顿州的汉福德荒原，平地崛起了一座生产钚的城市。花费了不知多少心血，经历了不知多少挫折，在艰难困苦中，在焦急祈盼中，人们迎来了 1945 年。

黑暗过去了，黎明来临了。好消息一个接着一个传来。费米

推算出内爆式原子弹的临界质量；路易斯完成了起爆装置发展计划；奥托·弗里施领导的临界装置试验小组，用实验方法直接取得了铀弹临界质量的精确数值。各项工作准备就绪。

1945 年 7 月 16 日清晨 5 点 30 分，在新墨西哥州阿拉墨戈多空军基地偏僻的一角——一个被称为死亡地带的试验场，第一颗钚原子弹试爆了。远远站在试验场外的人们发现天空突然无声无息地燃烧起来，一个远比太阳明亮、温度超过阳光 1 千倍的桔黄色的火球，突然蹿出 8 英里高，它烤红了在场的每个人的脸，1 百多英里内的黑夜顿成白昼。几分钟后，传来一声巨响，接着是一阵隆隆的轰鸣。

奥本海默回忆到：面对如此壮观的景象，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中的一句话：“我成了死神，世界的毁灭者”。

在场的莫里斯·布拉德伯里后来也说：“经历可以帮助人们理解人生的大多数现象，但是任何一个见多识广的人都想象不出原子弹爆炸时的情景。”

大科学家拉比则平静地回想着：“自然，我们对试验结果感到万分欣喜……最初几分钟里，我们相互祝贺，不久后，一股寒意便涌上心头。这不是早晨的寒冷，而是随着人们开始思索而产生的一丝凄凉和惆怅。”

后来测定，这次试验的爆炸当量为 1.86 万吨。从表面看，除了毁坏沙土，杀死仙人掌，污染大气以外，原子弹在沙漠中的爆炸并未招来其它更严重的恶果。5 天后，经过专门计算，科学家们得出结论：这一武器将会使一个 30 或 40 万人的城市陷于瘫痪，完全成为一个需要救灾、绷带和医院的地狱。

实验过后，一些科学家立即起程，前往太平洋上关岛附近的美国空军基地——提尼安岛，把已经运去的两枚原子弹——代号叫“小男孩”的铀弹和代号叫“胖子”的钚弹的部件最后安装

好。此时，奉命投掷原子弹的空军特遣队——由美军最好的飞行员小蒂贝茨中校指挥的第 509 混合大队及其飞行核心第 393 中队，正在岛上待命。一年来，第 509 混合大队一直都在积极进行晴天目测轰炸的秘密训练。

为了能够精确地了解原子弹的威力，人们一致认为轰炸目标应该选在以前未遭到过空袭的地区，而且目标的规格应该适中。就这样，日本广岛被判了死刑。

原子弹带来了什么

劳伦斯曾经真诚地认为：原子弹是一种可怕的利剑，它可以结束这场战争并成功地结束一切战争。不错，1945 年 8 月 6 日，第一枚原子弹在广岛上空爆炸以后，9 月 2 日，日本这个曾发誓要战斗到底的国家终于投降了。这一天，日本人在停泊在东京湾的美国战舰“密苏里”号上正式签署了投降书。

然而，在为战争的结束而欢呼的同时，人们也不能不看到：原子弹是一种大规模的屠杀武器。使用原子弹时，接近目标的生命都荡然无存。原子受害者的悲惨遭遇更发人深省。原子弹爆炸的直接杀伤只是一个开端，几年以后，核幅射的无形污染，使得可怕的疾病——白血病、癌症等接踵而至，在受过原子辐射的幸存者中大肆流行。幸存者的内心世界不断地被“死亡记忆”所缠绕，极易产生一种心理隔绝，甚至发生心理麻痹的精神总崩溃。

看到这些，难道人们不该思考这样一个问题——原子弹对于世界究竟意味着什么？

其实，就在人们全力以赴原子弹建造的时候，以西拉德为首的一些有识之士已经在思考这一问题了。1944 年末，芝加哥冶金实验室的 22 位最高级科学家曾联名要求政府向美国公众发表声明，公开宣布曼哈顿计划的内容和新武器的威力，以及对未来

国际关系的必然影响。1945 年 7 月，西拉德又组织了一些原子科学家向美国总统请愿，呼吁不要在战争中使用原子弹。科学家们明确指出:“原子能的发展将为美利坚民族提供新的摧毁工具。我们掌握了原子弹只是表明朝着这个方向迈进了第一步。照此发展下去，可以获得的摧毁力几乎是没有止境的。这样，率先使用这些新解放出来的自然力的民族或许有着不可推卸的责任，因为这个民族开创了难以想象的大规模毁灭的新纪元。”

如今原子武器的制造技术更加成熟，原子弹的威力也更加巨大。每一个标准炸弹可以夷平 1200 个广岛。毫不夸张地说，当今世界已变成了一座由数以万计的核火柴堆积而成的干草堆，核火柴的数量已经超过毁灭人类文明所需的几百倍。

怎样才能摆脱这个噩梦，使人类世世代代生活在鲜花与欢笑中，生活在和平与安宁中？全世界各国人民应该团结起来，改善国与国之间的关系，而且，还应避免原子弹成为战争贩子手中的工具。为此，人们还应该做出更大的努力。

无所不能的机器

——电子计算机

先驱者的足迹

电子计算机是现代科技创造的一项奇迹。然而，它更是几千年人类文明发展的产物。追根溯源，电子计算机是由原始的计算工具发展而来的。自从人类社会形成以来，人们在劳动生产和社会生活中，产生了计算的需要。远古时代穴居的先民们需要计算的大概只是牲畜的头数和群体的人数，对于这类简单的计数，人们自然地想到了用手指来计数。经过漫长的开发与劳作，人们积蓄的财物越来越多，人类本身也不断地繁衍起来，需要计算的数目也越来越大。于是，一个也许是一些聪明而机灵的先人发明了用成堆的木杆或石头记数的方法。这对刚刚从混沌状态走出来的先民来说，是一个了不起的发明。然而，在日益聪明起来的后人看来，这种计数法仍然是非常原始的。

计算工具发展史上第一次重大的改革，是珠算盘的发明。珠算盘结构简单，体积很小，由于彻底采用了十进制，在基本的数字运算方面有着神奇的功用。时至今日，轻巧灵活、携带方便的珠算盘，在我国以及一些亚洲国家人民的日常生活中仍然是不可缺少的。但是，由于珠算盘必须通过手工操作进行计算，它的计算速度受到限制；加上它只适合于进行基本的数字运算，它的计算功能也是有限的。

随着人类社会生产的不断发展和社会生活的日益丰富，在人

们的实践活动中所产生的信息量与日俱增，信息表达形式日趋多样化与复杂化。为了更加迅速、准确、有效地处理大量的信息，使人类从繁重和繁琐的计算工作中解放出来，数百年来，人们一直梦寐以求发明出一种机器、一种能自动进行计算、存贮和进行数据处理的机器。为了实现这一美好的愿望，许许多多的先驱者义无反顾地踏上了发明机械计算工具的艰难征途，在计算工具发展史上留下了他们深深的足迹。

一个年轻的法国人率先迈出了改革计算工具的重要一步。他就是后来成为著名的数学家的巴斯卡。1642 年，19 岁的巴斯卡成功地制造了一台能做加法和减法的计算器。这是计算工具发展史上的一个辉煌的成就。虽然巴斯卡的加法器并不比现代塑料“加法机”先进多少，但是巴斯卡的工作是开创性的。就在制造这台加法器的过程中，他提出了一个极为有意义的设想，即利用纯粹机械的装置来代替人们的思考和记忆。这是人类发明机械计算工具的第一次尝试。正是在巴斯卡思想的启发下，著名的数学家莱布尼茨又制成了一台更为先进的计算机。这台机器能在瞬间完成很大数字的乘除运算而不必连续加减。这是当时最先进的一台机器了，遗憾的是它仍然不能满足人们多方面的需要。

直到十九世纪中叶以后，计算器同纺织技术的重大革新——程序自动控制思想结合起来，一些功能较全面的计算机器才纷纷登上了历史舞台。奇异的天才、英国数学家巴贝奇于 1822 年设计完成的“差分机”就是其中一个佼佼者。这是一种顺应计算机自动化、半自动化程序控制潮流的通用数字计算机。获得这次成功以后，巴贝奇又设计了更为理想的计算机——分析机。就在关于分析机的设计过程中，巴贝奇显示了惊人的才智。他几乎设想出了现代数字计算机的所有重要特点：即运算单元、存储单元、输入和输出电路。他甚至还提出了最有创造性的概念，即自动制定指令序列的概念，计算机借此可以从上一步自动运行到下一

步。这一系列的设想都是在现代电子计算机诞生百余年前做出的，如果看到了这一点，人们便不能不赞叹人类智慧。可惜的是，由于十九世纪初期金属加工业的水平还很低，不能制造出巴贝奇零件图中巧妙绘制的精密齿轮和联动装置，加之当时社会对这类机器尚无迫切的需要，因此，巴贝奇的天才的思想没有为同时代人所理解，他的研究工作也得不到政府的财政资助。尽管他是那样地富有创造性，尽管他投入了全部的个人财富全身心地从事新型计算机的制造，巴贝奇还是不能跨越工业发展尚未到来的那个世纪。他的设计思想在十九世纪末叶逐渐失去了活力。一个划时代的科学思想的光芒就这样渐渐暗淡了，难道是历史老人搞错了什么？

在巴贝奇制造分析机的尝试失败以后，一些矢志不移的物理学家开始了新的探索——进行模拟机的研制。1900 年，采集海绵的潜水员在希腊安蒂基西拉岛外的地中海海底发现了一个青铜盒子。盒子外面有指针和刻度以及用希腊文刻的使用说明，里面则有排列复杂的精密青铜齿轮。这个机器制于公元前 1 世纪，它显然是一个模拟计算机。它能够通过齿轮的运动来模拟太阳、行星和恒星的运动。这个古老的模拟机的发现是模拟机研制史上的一个里程碑。它坚定了人们的下列信念：即一切模拟机都是模拟自然的，并且比起所模拟的那部分自然界，它能以较快的速度操作，所以它能预示未来。正是在这个信念支配下，科学家们在 1910 年研制成功一台名为“大黄铜脑”的模拟机。在长达半个世纪的时间里，美国海岸和大地勘测局一直使用这个“大黄铜脑”来预报潮汐。

重要的早期模拟装置还有积分仪和微分仪。1930 年，美国工程师布什制造了一台微分分析仪，它就是现代模拟计算机的前身。虽然在原则上，对于任何一种自然现象和数字计算都可以设计出相应的模拟装置，但是在实际研制过程中人们却可能遇到许

多严重困难，而且模拟装置本身在通用性、精确度以及运算速度等方面也有很大局限。因此，此后不久，人们设计制造模拟计算机的兴趣渐渐冷却了。

在计算工具的发展史上，除了大量的数学家和物理学家投入工作以外，许许多多的统计人员也加入了研制计算机的行列。19世纪末期，伴随人口普查的需要，使得统计分析机应运而生。这台计算机的制造者是出身德国侨民家庭的豪列利特。从哥伦比亚大学附属专科学校毕业后，他来到美国人口调查局工作。当时，美国每10年进行一次人口调查。随着人口的繁衍和移民的增加，统计工作变得越来越困难。人口统计机关迫切需要能加快统计速度的技术发明。为适应社会的迫切需要，聪明的豪列利特经过反复的研究，把当时相当成熟的穿孔卡和弱电流技术巧妙地结合起来，制成了一台制表机。由于全部采用了豪列利特系统，1890年的美国人口普查的统计制表工作，在所有资料汇总到华盛顿前的短短一个月内，就准确地完成了。这一结果令美国人大吃一惊，豪列利特获得了巨大成功。统计分析机适用于进行数量庞大而又要多次使用的数据统计工作。在西欧许多国家乃至加拿大、俄国都相继广泛使用了这种机器。但是这类机器结构庞大，操作速度无法进一步提高。因此，当电子器械发明以后，它们便逐渐退出历史舞台了。

总的来说，随着社会生活内容的日益丰富，随着人们生活水平的不断提高，人们所面临的计算工作也越来越复杂。为了把人们从大量繁重的计算工作中解放出来，使人们有更多的闲暇品味生活的甘美，有更充沛的精力创造美好的新生活，人们一直期待着能代替人类计算的自动机器的发明。从远古一直到20世纪前半叶，无数现代计算机的先驱者在各自熟悉的领域里，孜孜不倦地探索着。终于，在20世纪40年代，奇迹出现了。一批杰出的科技工作者沿着先驱者的足迹，长驱直入计算机发展的新时代，

计算机革命的步伐加快了。

从机电计算机到电子计算机

自从人们把电器元件应用于计算机上的那一刻起，现代计算机的发展序幕已经拉开了。第一个进行这种尝试的是德国工程师朱斯。朱斯是学土木工程的，奇怪的是他却对研制计算机拥有近乎本能的兴趣。他不惜花费个人的财力进行工作。在最困难的时候，他甚至毫不吝啬地拆下自己家用的器件做计算机的配件。就是凭着这么一种百折不挠的毅力和对计算机制造业的无限迷恋，肯于钻研的朱斯终于设计出一台机电计算机。这时是 1938 年，正值二战前夕，他的成功引起了政府的注意。于是，在政府的资助下，朱斯于 1941 年又制造出来一台计算机 2——3。这是世界上第一台真正的通用程序控制的计算机。2——3 全部采用继电器，同时采用浮点计数法、二进制运算、带数字存储地址的指令形式等。这是当时最为先进的一台计算机。遗憾的是，由于当时正值二次大战期间，朱斯的研制工作几乎不为德国以外的人知道。他对计算机技术的突出贡献被埋没了。

美国最早从事机电计算机研究的是哈佛大学的艾肯。人们一直认为艾肯制造的 MARK—1 是世界上第一台通用程序控制计算机。由此可见，艾肯在计算机发展史上的地位举足轻重。MARK—1 部分采用了继电器，它主要用于科学计算。提到 MARK—1 不能不提到 IBM 公司，即鼎鼎大名的国际商业机器公司。当年艾肯提出他的计算机设计方案时还只是美国哈佛大学物理系的一名研究生。富有远见的 IBM 公司并没有因其年轻而轻视他的成果，反而派出了 4 名有经验的工程技术人员帮助他完成了这一有意义的设想。同朱斯相比，艾肯实在是太幸运了。

机电计算机的研究一度方兴未艾。然而不幸的是，它在计算

机发展史上仅仅昙花一现，它刚问世不久就过时了。因为它的运算速度很慢，而且也不能进一步提高。著名的 MARK—1 乘两个 23 位数需要 4 秒钟，同运算速度极快的电子计算机相比，这个速度实在太慢了。因此，机电计算机一诞生就注定要很快地被电子计算机所取代。这很残酷，但却是事实。那么，是否机电计算机的制造毫无意义呢？绝对不是。它是计算机发展史上极为重要的科学尝试，为早期电子计算机的设计制造积累了许多有益的经验，为现代高速电子计算机的研制开辟了道路。正是机电计算机的制造者们以非凡的才智和极大的毅力揭开了现代计算机发展史的新篇章。

几乎是在制造机电计算机的同时，人们开始了制造电子计算机的努力。1906 年，贫困潦倒的青年发明家德福雷斯特发明了世界上第一只三极管。这支小管看着很不起眼，人们一度称之为“没有价值的玻璃管。”可它的栅级控制电流开关的速度比继电器快了 1 万倍。这个速度太惊人了。如果把它用在计算机上，运算速度的提高不就轻而易举了吗？正是由于看到了这一诱人的前景，在 30 年代后期，许多目光敏锐的学者纷纷跻身于制造电子管计算机这一大有可为的领域。其中最著名的是美国衣阿华州工学院的数学物理教授阿塔纳索夫。早在 1937 年，阿塔纳索夫就曾考虑将电子技术引入计算机。他曾计划与同事贝利合作试制一台能求解包含 30 个未知数的线性代数方程组的电子计算机。为此，他们制定了周密的计划和严谨的设想。不可思议的是他们只得到了 600 美元的经费，这笔开支只够制成计算机的一个部件。于是，他们的研究工作刚刚起步就夭折了。与此同时，德国的许莱尔与朱斯合作，试图制造一台有 1500 个电子管、每秒钟能运算 1 万次的通用计算机。可是当时的德国政府根本不理解这项工作的意义而拒绝资助。完美的计划又付之东流了。

毫无疑问，在本世纪 30 年代，制造电子计算机的技术已经

成熟。然而，却没有人把它制造出来，其原因何在？从根本上说，电子计算机是一项巨大而又复杂的发明，单纯依靠科学家个人的努力和有限的财力是无法完成这一浩大而艰巨的工作的。它需要科学家们的通力合作、更需要巨大的投资。正是由于缺乏政府的资助和公众的理解，制造电子计算机的美好设想才迟迟不能变成现实。可是，电子计算机的前景如此美妙，电子技术已经成熟，终究会有一天，电子计算机——这一人类智慧的杰作会真切地展现在世人的面前。

“埃尼阿克”的诞生

1946 年 2 月 15 日是计算机发展史上值得纪念的一个日子。这一天美国宾夕法尼亚大学的莫尔学院喜气洋洋。许多人心情激动地来到莫尔学院，参加一个可载入史册的典礼，即人类历史上第一台现代电子计算机的揭幕典礼。

这台机器名为“电子数值积分和计算机”(简称埃尼阿克)。它看上去完全是一个庞然大物，占地面积达 170 平方米，重量达 30 吨，耗电量也很惊人，功率为 150 千瓦，共使用了近两万个电子管，在工作时这些管子看上去活像两万只点着的灯泡。

埃尼阿克主要用来进行弹道计算的数值分析，用 10 进制进行计算。它在 1 秒内能进行数百次的加法运算，这在当时已是划时代的高速计算机了。用它计算炮弹着弹位置所需要的时间，比炮弹离开炮口到达目标所需要的时间还要短。一度被誉为“比炮弹还要快的计算机”。经过多次改进，后来的埃尼阿克成为一台能进行各种科学计算的通用计算机。它的最大特点是采用了电子线路来执行算术运算、逻辑运算和储存信息。同以往的计算机相比，它的速度极快，比两年前艾肯研制的机电式自动控制计算机要快 1 千倍。这使得它能胜任相当广泛的现代科学计算。

埃尼阿克是人类计算工具发展史上一座不朽的丰碑。它是世界上第一台真正能运转的大型电子计算机。正是它同几年后制成的冯·诺伊曼机一起，奠定了现代计算机原型。埃尼阿克连同它的设计者的名字已被永久地载入了史册。

同以往的许多重大发明一样，现代电子计算机的诞生也是同军事上的迫切需要紧密相联的。还在二次大战期间，莫尔学院电工系同阿伯丁弹道研究室共同负责为陆军每天提供 6 张火力表。这项任务十分紧迫而艰巨。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为 60 秒的弹道要花 20 小时，用大型的微分分析仪也要用 15 分钟。从战争一开始，阿伯丁实验室就不断从技术上改进布什的微分分析仪，同时聘用了 200 多名计算员。即便如此，也要花上两三个月才能算完一张火力表，这怎能满足军事上的需要呢？

就在这段令人忧心如焚的日子里，在莫尔学院电工系任职的莫克利博士写了一篇题为《高速电子管计算装置的使用》的备忘录。也许莫克利本人都没有料到这份备忘录会产生重大的影响——它是第一台电子计算机埃尼阿克（ENIAC）的初始方案。不过，莫克利一定多次向戈尔斯坦讲述过他关于电子计算机的设想。戈尔斯坦是莫克利的好朋友，他也是负责阿伯丁实验室同莫尔电工系小组间联系的军方代表。思想敏锐的戈尔斯坦立刻想到这一设想也许有助于解决制造火力表的问题。于是他向上司汇报了这一情况。正为造火力表问题搞得一筹莫展的美国陆军军械部得知这一消息，立即要求莫尔学院拟定一份为阿伯丁弹道实验室制造一台电子数字计算机的发展计划。勃雷纳德教授的计划表明，制造一台电子计算机需要采用大约 1.8 万只电子管，7 万只电阻，1 万只电容，预算经费为 15 万美元。使用如此大量的部件，花费如此庞大的经费制造一台从未有过的机器，无疑要冒很大的风险。正如教授本人所写的：“这是一个发展计划，并且不

能担保会达到预定的效果。然而，这是一个合适的时机。”

1943 年 4 月 9 日，在莫克利及莫尔学院的研究生埃克特的陪同下，勃雷纳德驱车前往阿伯丁。在阿伯丁的一间会议室里，他们见到了弹道实验室的负责人西蒙上校和他们的主要科学顾问、著名数学家维伯伦博士。听取了戈尔斯坦的简要说明以后，只见维伯伦支起坐椅后腿沉思片刻，然后“砰”地一声放下椅子，站起来说：“西蒙，给戈尔斯坦这笔经费。”随后，径直走出了办公室。这在这次富有戏剧性的会见中，一件足以影响后世的大事就这样决定了。经过紧张的协商，6 月 5 日，莫尔学院和美国陆军军械部正式签定了合同。从此，制造第一台电子计算机的工作正式开始了。

美国陆军军械部的这一决定无疑是历史性的。当时工程和应用数学界的许多专家都怀疑电子计算机的研制。从美国国防研究委员会保存的档案中可以看出，有人认为“电子设备在能够有把握地应用于计算目的之前，还需要大大改进其可靠性”。也有人认为“没有理由设想继电器装置 RDAFB 的范围不如 ENIAC 宽广”。在这种情况下，美国军方仍然决定投入巨大的资金支持计算机的研制。这固然与维伯伦博士的远见卓识和当机立断有关，其根本原因还在于人们看到了电子计算机在满足军事需要上拥有巨大的潜力。那些影响人类生活的重大设想只有在同军事上的应用联系在一起时，才可能以最快的速度变成现实并得到进一步完善，这或许是人类难以解开的一个困惑吧？

有了大批经费，承担 ENIAC 的研制任务的莫尔小组紧张地工作起来。这个小组是由一群充满生气的年轻人组成的朝气蓬勃的团体。提出电子计算机的总设想的莫克利不过 30 多岁。总工程师埃克特当时只有 24 岁，数学家兼组织者戈尔斯坦及逻辑学家勃克斯也都十分年轻。在一股神圣的使命感和创造热情支配下，他们从不墨守陈规，而是敢想敢干，又互相配合。正是在这

些有才有识、刻苦勤奋的年轻科技工作者的共同努力下，两年以后，即 1945 年，第一台电子计算机宣告峻工了。这是有史以来人类创造的一个最伟大的奇迹。在从蒙昧时代到文明社会的艰难进化过程中，人类发明了轮子、杠杆、热机、机床、电话、电视等。这些人类智慧的果实已经延长了人类的感官的功能，从而促进人类社会不断发展。而电子计算机的发明更是史无前例，对人类生活的影响将是不可估量的，因为它延长了人最神秘也最宝贵的部分——脑的功能。

埃尼阿克的问世也充分表明，一项重大发明只有为社会发展所迫切需要，才能脱颖而出。反之，如果社会没有这方面的需求，多么美妙的设想也逃脱不掉为历史所淘汰的命运。电子计算机制造技术在本世纪 30 年代已经成熟，而在 40 年代才开花结果，也许正是这个原因。在冷酷无情的历史面前，个人的力量太渺小了。是莫克利而非阿塔纳索夫发明了电子计算机，这不是个人的力量所能决定的，这是历史的选择。

现代计算机发展史上的两位奇才

虽然埃尼阿克的运算速度已经相当快了，但是，它仍然没有最大限度地发挥采用电子技术所提供的巨大潜力。初生的电子计算机存在着明显的缺陷：①它的存储容量太小。②它的程序是用线路连接的方式实现的，不便于使用。为了进行几分钟或几小时的数字计算，要花费几小时甚至 1～2 天的时间做准备。而且，由于它耗电量大，工作起来常常会因烧坏电子管而被迫停机检修。还在 1944 年，即 ENIAC 尚未竣工时，人们已经意识到了这些问题。美国军方要求莫尔学院在建造 ENIAC 的同时，立即设计效率更高的计算机。就在这一关键时刻，计算机发展史上又一重要人物——冯·诺伊曼教授登场了。

1903 年，冯·诺伊出生于匈牙利的布达佩斯。他从小就显示出多方面的天才。不到 18 岁，就和辅导老师合写了一篇数学论文。他精通 7 门语言，为其从事科学研究奠定了深厚的基础。几乎在获得布达佩斯大学数学博士学位的同时，兴趣广泛的冯·诺伊曼又通过了苏黎世高等技术学院化学方面的学士学位考试。博学多才的冯·诺伊曼在理论科学和技术科学方面都有较高的造诣。他的早期工作主要涉及纯数学领域。但他并不仅仅关心纯数学的进展。他坚信在现代文明中对基础学科的评价会降低，技术永不停息的发展对人类社会的推动作用会大大加强。因此，他特别关注物理科学和技术科学的状况，努力发掘使用现代数学方法的潜在威力。

1944 年的夏天，一个偶然的机会，冯·诺伊曼得知莫尔小组正在研制电子计算机。当时，他正参加第一颗原子弹的研制工作，面对着原子核裂变反应过程中的大量计算困难。这些问题涉及数十亿初等算术运算和初等逻辑指令。它们虽不需要非常精确的最终数据，但所有中间的和细节的运算都必须相当精确。为此，曾有成百名女计算员一天到晚用台式计算机演算，结果还是不能令人满意。作为弹道研究所和洛斯·阿拉莫斯科学研究所的顾问，冯·诺伊曼一直在寻找解决计算问题的新方法。因此，当听到制造电子计算机的消息后，他大为惊喜，随即专程到莫尔学院参观了还未竣工的 ENIAC。科学家的洞察力以及深厚的科学素养，使他立刻觉察到了电子计算机应用的广阔前景。这位饮誉世界的著名数学家毫不犹豫地投入到成败未卜的新型计算机的设计工作中，并迅速成为这一领域的带头人。

正是在冯·诺伊曼的带领下，从 1944 年 8 月到 1945 年 6 月短短 10 个月的时间内，计算机的设计工作获得了巨大的进展。人们定期在莫尔学院举行学术会议，提出各种报告。许多富有创见的思想接二连三地涌现出来。经过严肃的争论和激烈的交锋，

形成全新的科学思想。前所未有的存储程序通用电子计算机方案——EDVAC 方案就这样问世了。这份浸透了科学家们的智慧和心血的报告草案共 101 页。它明确规定新型计算机有 5 个组成部分：①计算器 CA；②逻辑控制装置 CC；③存储器 M；④输入 I；⑤输出 O；并详细描述了这 5 个部分的职能和相互关系。同 ENIAC 相比，EDVAC 方案有两个重大改进：①为充分发挥电子元件的高速度而采用了二进制；②提出了“存储程序”，可以自动地从一个程序指令进到下一个程序指令，其作业顺序可以通过一种称为条件转移的指令而自动完成。

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。在这个方案中首次提出了存储程序的概念，解决了第一台电子计算机 ENIAC 的重大缺陷。也正是在这一方案中，提出了现代计算机发展的基本体系结构，从而奠定了现代计算机的发展基础。由于冯·诺伊曼的巨大的声望和荣誉，他的参与使得计算机的研制工作受到社会上的广泛重视，从而为计算机的迅猛发展开辟了道路。

存储程序的概念是计算机发展史上的又一座丰碑。长期以来，人们一直认为这一重要概念是冯·诺伊曼和 ENIAC 小组最先提出来的。然而，冯·诺伊曼从来没有说过存储程序型计算机的概念是他最先提出的。相反，他不止一次地指出，图灵是现代计算机设计思想的提出者。那么，图灵是怎样一个人呢？

图灵是英国著名的数学家和科学家。他的深刻的思维能力和非凡的创造力使人们不能不承认他是一个天才。在他短暂的 42 年的人生旅途中，他获得了来自各个方面的崇高荣誉和极大声望。人们确信如果不是正当壮年却意外死亡，他一定会为科学史的长卷写出更美的篇章。

图灵生于 1912 年。1931 年进入剑桥大学学数学，毕业后留校任教。1936 年，年仅 24 岁的图灵便提出了理想计算机——图

灵机的理论。图灵机由三部分组成，包括一条带子、一个读写头和一个控制装置。他证明存在一种图灵机，它能模拟任何给定的图灵机，这就是通用图灵机。通用图灵机把程序和数据都以数码的形式存贮在纸带上，是“存储程序”型的，这种程序能把高级语言写的程序译成机器语言写的程序。通用图灵机实际上是现代通用数字计算机的数学模型。这个理论是在第一台电子计算机问世的 10 年前提出的，这就不能不让人感叹图灵思想的深刻与超前。

特别值得指出的是，图灵提出理想计算机的理论，其目的并不是为了研制某种具体的计算机，而是为了解决线性数学的一个基础理论问题。也就是说，图灵关于计算机的种种设想都是在抽象的纯粹的理论思维领域进行的。他涉及的是现代计算机工作的基本理论问题，而不仅是实际制造和操作。正是因为图灵研究的是计算机技术的深层理论问题，他才比其同代人更早地发现计算机理论研究的新情况、新问题。

图灵在 1950 年发表的《计算机能思考吗》一文又在西方世界引起了巨大反响，并掀起了关于机器能否思维这样一场激烈争论。就在这篇论文中，图灵设计了一个闻名于世的“图灵测验”，即一个人在不接触对象的情况下，同对象进行一系列的问答。如果他根据这些回答无法判断对象是人还是机器，那么就可以认为这个计算机具有与人相当的智力。目前，还没有一台计算机能通过图灵测验。但是，图灵认为在理论上有可能存在这样的机器，它们能做某些非常接近于思维的事情。图灵预言本世纪末将会制造出与人脑的活动方式极为相似的机器 。作为计算机理论的先驱，图灵的思想已远远走在了时代的前面。

然而，图灵本人也并没有远离计算机的研制工作。在第二次世界大战中，图灵曾在英国外交部所属的一个绝密机构服役。这个机构的主要任务是破译德军的密码。现在发现的资料表明，在

1943 年这个机构曾制造出一台有 1500 个电子管的破译密码的专用电子计算机。这台机器采用了图灵机的某些概念，破译了德国的很多密码，在战争中发挥了重大作用。从英国政府 70 年代透露出来的一些文件来看，很可能世界上第一台电子计算机不是 ENIAC，而是与图灵有关的。只是这种计算机的许多资料至今仍然是保密的，因此，就给人们留下了一个未解的谜。

图灵退役以后，来到英国国家物理研究所工作。在那里，他积极参与了自动计算机 ACE 的研制工作。1945 年，图灵提供一份长达 50 页打字纸的 ACE 设计说明书。在这份报告中提出了仿真系统的思想。而带有仿真系统的计算机直至 70 年代才被制造出来。两年以后，在一份关于人工智能的内部报告中，图灵又提出了不少令人感兴趣的概念。其中，关于自动程序设计的思想是 20 年后发展起来的人工智能研究的重要课题。一般认为，现代计算机的基本概念源于图灵。也正是为了纪念图灵对计算机理论与研究的卓越贡献，美国计算机学会设立的一年一度的计算机大奖，才以图灵的名字来命名。

现代计算机的演变

从第一台计算机问世以来的短短 50 余年间，电子计算机已发展到第 4 代产品。人们正在为研制第 5 代智能计算机而努力。这么快的发展速度是任何人在事先都难以想象的。

从埃尼阿克诞生时起直至 50 年代末，是第一代计算机的发展时期。1951 年 6 月 14 日，由莫克利和埃克特设计的世界上第一台通用自动计算机 UNIVACI 正式交付使用。这是一台串行运算同步控制的计算机，它不仅能做科学计算，而且能做数据处理，从而为计算机研制进入更广阔的领域开辟了道路。在 1952 年的美国总统选举中，使用了 UNIVACI 处理选举资料。在选举

结束 45 分钟后，计算机就成功地预报了艾森豪威尔当选总统的消息，令美国朝野大为震惊。

从那时开始，计算机的功能得到了引人注目的发展。计算机本身从实验室的单机试制转向工业化的批量生产。到 50 年代中期，美国年产计算机已达几百台，计算机工业初具规模。随着生产规模的进一步扩大，至 50 年代末期，已年产计算机上千台。计算机被广泛应用于天气预报、核武器研制以及航空航天技术中，推动着现代科技革命的进步。但是，不可否认，这一代计算机以电子管为逻辑元件，存储技术很不成熟。

1959 年，美国的菲尔克公司研制成功第一台大型通用晶体管计算机，表明计算机技术进入了一个新台阶。同电子管相比，晶体管体积小，重量轻，寿命长，耗电小。采用晶体管做逻辑元件，并使用了快速磁芯存储器，使计算机的运算速度一下子从每秒几千次提高到几十万次，主存储器容量从几千字提高到十万字。体积成倍缩小，售价也成倍降低。这立即在计算机发展史上引发了一次革命。

在 60 年代初期，美国突然出现了计算机的“爆炸性发展”的局面。从 1951 年到 1959 年，美国装机总数为 3 千多台。而从 1960 到 1962 年，短短 3 年即安装了 7.5 千台计算机。到 1965 年，美国共有 2.3 万台计算机。计算机数量增长之快难道还不够惊人吗？这期间，为适应计算机工业生产和用户的大量需要，一些计算机厂家开始开发计算机族，即系列产品。例如，久负盛名的计算机公司——IBM 公司相继推出了以科学计算为主的大型计算机族、大型数据处理机族和中小型通用计算机族。计算机的应用领域更加扩展了。

1964 年 4 月 7 日，IBM 公司宣布研制成功 360 型系列计算机，以此为标志，计算机迈进了第三代。第三代计算机的最大特点是以集成电路取代了晶体管。集成电路的可靠性更高，功耗更

少，体积也更为微小，使得计算机的造价大幅度降低，计算机的性能有了极大的飞跃。

IBM360 型计算机是迄今为止历史上获得最大成功的一个通用计算机系列。它具有通用化、系列化、标准化的特点。它可以代替第二代各种类型的大多数小型计算机。正是从第三代计算机时代起，计算机进入普及阶段，广泛应用于商业管理、过程控制、教育、实验室数据处理等各个方面。

在 70 年代初期，随着大规模和超大规模集成电路的应用，电子计算机迅速发展到第四代。1971 年，美国英特尔公司最新推出了名为 4004 的大规模集成电路片。以这类微处理机为核心的电子计算机就是微型计算机。微机的出现，形成了计算技术发展史上的又一次革命。它使计算机进入了几乎所有的行业，甚至渗透进办公室和家庭，并用于游戏和娱乐。

巨型机的诞生也是第四代计算机的一个引人注目的成就。巨型机的运算速度可达每秒数千万次至数十亿次。这类处理速度极快、存储容量极大的计算机系统，在现代化的大规模工程建设、军事防御系统、国民经济宏观管理以及社会发展中的大范围统计、复杂的科学计算和数据处理等方面大有用武之地。

目前人们正在试图研制第五代计算机。这种机器是以人工智能为基础的。它将有处理人的自然语言的能力，能够实现人机对话；而且有高度的智能，其功能将大大超过现有的各种计算机。不仅可以在生产现场进行各种作业，而且能在办公室和商业服务等行业从事多种智力型劳动或服务工作。

随着计算机的广泛应用和数字通讯技术的不断成熟，从 60 年代后期开始，人们不断地将分散在各地的计算机通过通信线路连接成远程计算机网络。通过这样互相连接的网络，计算机能方便地交换信息和数据，实现所谓的“ 资源共享 ”。

计算机技术的广泛应用

现代计算机是本世纪、也是人类历史上最伟大的发明之一。虽然，它只是作为进行数值计算的超级计算机被发明出来的，但是，计算机自从问世以来，已经对人类社会的经济、政治、法律、教育、哲学、心理等方面都产生了巨大影响。随着计算机科学的不断进步和计算机应用范围的不断扩展，计算机对人类社会的作用将日益深广而巨大。人们完全有理由预言，未来的计算机将是人类的好帮手，人们的生活将离不开计算机。

目前，电子计算机已经广泛地应用于人们的社会生活之中了。

第一，政府的行政管理方面。许多国家每 10 年都要对全国男女老少等人口状况进行一次全面的调查。因为，不仅许多重要的国家政策要依人口普查的结果而定，就连机场、公路、下水道的修建等规划也要取决于人口的状况。因此，人口普查必须是迅速而准确的。然而，对于人们来说，尤其是对于中国这样有 10 多亿人口的大国而言，人口普查的任务是十分艰巨的。如果不使用电子计算机，即便投入成千上万的人力，花费 10 年的时间也难以准确地完成那些数量庞大的收集统样、统计答案、计算结果等工作。一旦使用了计算机，在不到一年的时间内，这些工作就可以准确地完成了。

另外，为了维持正常的社会秩序，国家有必要保存社会各方面的信息。为此，许多国家政府常常利用计算机建立一些数据库。例如，到 70 年代末期，美国政府已设有 858 个数据库。其中的全国刑事信息中心的数据库中保存有 1. 9 亿人的指纹和 2 千万人的刑事记录。这些记录为迅速侦破各种刑事案件、维护社会治安立下了汗马功劳。

第二，教育方面。在计算机比较普及的国家里，用电子计算机辅助教学正在成为一种重要的教学形式。从小学到大学毕业，计算机一直伴随着孩子们的成长过程。一般情况下，一个小学生每天要在计算机终端（带有键盘和显示屏幕的终端）前面度过大约 10 分钟。这段时间里，计算机往往给出 30 来个问题或练习让孩子们回答。根据答题情况，计算机再做出下一步的指示。由于计算机提出的问题各式各样、丰富多彩，因此，每个孩子在电子计算机前度过的时光都充满了乐趣。在中学里，计算机可以教学生做许多事。从教授法语到讲解怎样驾驶飞机，几乎无所不能。大学里也广泛使用计算机来辅助教学。在使用美国加里福尼亚州斯坦福大学的一套计算机辅助教学教程时，如果学生按提示(Hint) 键，计算机就会给出解答某个问题的线索。如果按新闻(News) 键，计算机会告诉你关于这门课程的最新进展和变化。如果按动挑剔（Gripe) 键，学生可以加入自己对这套教程的意见。由于计算机能非常直观地多方面地提供学习经验，这可以使一个年轻人在大约几个月的时间内达到用传统教学方式几年才可达到的水平。除此之外，即将毕业的大学生，在面临职业选择时，也常常通过计算机来确定自己的就业方向和规划。

第三，医疗方面。在许多国家，病人和医生见面之前，一般要先用计算机把病史记录下来。这既可以节省医生的时间，也可以让病人在不感到紧张的情况下思考答案。谈话结束后，电子计算机会迅速地把病人的答案要点打印出来。医生可根据记录进一步向病人提问，再把病人的各种病症输入到计算机中。由于计算机中一般存贮了大量病名及其病症，因此，计算机可以迅速地在自己的存贮器中查出一种或几种具有上述症状的病名，并给出自己的判断。

至于在收集、分析、贮存和检索健康部门所需资料方面，计算机的作用就更为重要了。可以这样说：计算机给医学领域的各

个环节带来了革命性的变化。

第四，生活娱乐方面。现在很多国家的商店里都有电子计算机化的游艺机和玩具。在美国，许多成人和儿童都愿意玩一种叫“巨型炸弹”的游艺。这种游艺要在微型电视机上玩。只要把不同的磁带插入微型电视机的壳体内，就可以玩棒球、滚木球以及海战等游戏。更有意思的是在 1979 年 10 月，美国底特律市举行了一场别开生面的国际象棋比赛。参加者不是人而是 12 台计算机。取胜的象棋 4.9 号程序随后又在它的程序员斯雷特的协助下，同国际象棋大师维得·莱维进行了一场史无前例的比赛。在这场人机大赛中，尽管维得·莱维在第 50 步上击败了象棋 4.9 号——斯雷特，但人们一致认为这台计算机是一个出色的棋手。

目前，以每年 10 万台的速度增长的家用电子计算机正在不断地进入每个家庭。这类计算机不仅可以控制房间的供热、冷却、照明，而且可以帮助人们选择电视节目，提出购货单，保存财务记录，帮助人们学习，甚至还可以做诸如准备早餐、放洗澡水等事情。有了计算机，人们的生活正在变得更加舒适和方便。

使用了电子计算机的各种商场，不仅可以自动付款、称重、验收支票、扣除配给券和食品券，而且可以迅速地了解到各种商品的销售和需求情况。而许多银行的自动出纳机可以昼夜 24 小时为顾客办理诸如储蓄、取款、转账、开有效支票等业务。

早在 70 年代初期，就曾有人对计算机的各种应用做了一个统计，列出了 6 千多种应用类别。今天恐怕已经没有人能说清现代计算机到底有多少种应用了。现在，计算机正在日益深入人们的社会生活之中，计算机科学的发展必将带给人们更多惊人的成果，它的作用也必将越来越奇妙。因此，了解这一伟大发明的过程，熟悉这种神奇的机器，对每个现代人来说都是非常重要的。

电子技术发展的里程碑

——晶体管

谈到晶体管，也许很多人会感到很陌生。然而，就是小小的晶体管的发明给电子学带来了一场革命。这场革命发展之迅速、波及范围之广泛，完全超出了人们的想象。现在晶体管和微型电路几乎无所不能，无处不在。小到人们日常生活中的助听器、收音机、录音机和电视机，大到实验室仪器、工业生产及国防设备、计算机、机器人、宇宙飞船等，都离不开晶体管。可以毫不夸张地说，晶体管奠定了现代电子技术的基础。

可是，晶体管究竟是什么样的？它又是怎样发明出来的？

必不可少的一步——电子管的问世

1883 年，闻名世界的大发明家爱迪生发明了第一只白炽照明灯。电灯的发明，给一直生活在黑暗之中的人们送去了光明和温暖。就在这个过程中，爱迪生还发现了一个奇特的现象：一块烧红的铁会散发出电子云。后人称之为爱迪生效应。1884 年的一天，一位叫弗莱明的英国发明家，远涉重洋，风尘仆仆地来到美国，拜会了他慕名已久的爱迪生。就在这两位大发明家的会见中，爱迪生再次展示了爱迪生效应。遗憾的是，由于当时技术条件的限制，不论是爱迪生，还是弗莱明，都对这一效应百思不得其解，不知道利用这一效应能做些什么。

20 世纪初，有线电报问世了。这一发明给人们带来了很多便利。有线电报发出的信号是高频无线电波，收信台必须进行整流，才能从听筒中听出声音来。当时的整流器结构复杂，功效又差，急待改进。正在研究高频整流器的弗莱明灵机一动，他想，如果把爱迪生效应应用在检波器上，结果会怎样呢？就这样，引出了一个新的发明。

1904 年弗莱明在真空中加热的电丝（灯丝）前加了一块板极，从而发明了第一只电子管。他把这种装有两个极的电子管称为二极管。利用新发明的电子管，可以给电流整流，使电话受话器或其它记录装置工作起来。如今，打开一架普通的电子管收音机，我们很容易看到灯丝烧得红红的电子管。它是电子设备工作的心脏，是电子工业发展的起点。

弗莱明的二极管是一项崭新的发明。它在实验室中工作得非常好。可是，不知为什么，它在实际用于检波器上却很不成功，还不如同时发明的矿石检波器可靠。因此，对当时无线电的发展没有产生什么冲击。

此后不久，贫困潦倒的美国发明家德福雷斯特，在二极管的灯丝和板极之间巧妙地加了一个栅板，从而发明了第一只真空三极管。这一小小的改动，竟带来了意想不到的结果。它不仅反应更为灵敏、能够发出音乐或声音的振动，而且，集检波、放大和振荡三种功能于一体。因此，许多人都将三极管的发明看做电子工业真正的诞生起点。德福雷斯特自己也非常惊喜，认为“我发现了一个看不见的空中帝国”。

电子管的问世，推动了无线电电子学的蓬勃发展。到 1960 年前后，西方国家的无线电工业年产 10 亿只无线电电子管。电子管除应用于电话放大器、海上和空中通讯外，也广泛渗透到家庭娱乐领域，将新闻、教育节目、文艺和音乐播送到千家万户。就连飞机、雷达、火箭的发明和进一步发展，也有电子管的一臂

之力。

三条腿的魔术师

电子管在电子学研究中曾是得心应手的工具。电子管器件历时 40 余年一直在电子技术领域里占据统治地位。但是，不可否认，电子管十分笨重，能耗大、寿命短、噪声大，制造工艺也十分复杂。因此，电子管问世不久，人们就在努力寻找新的电子器件。

第二次世界大战中，电子管的缺点更加暴露无遗。在雷达工作频段上使用的普通的电子管，效果极不稳定。移动式的军用器械和设备上使用的电子管更加笨拙，易出故障。因此，电子管本身固有的弱点和迫切的战时需要，都促使许多科研单位和广大科学家，集中精力，迅速研制成功能取代电子管的固体元器件。

早在 30 年代，人们已经尝试着制造固体电子元件。但是，当时人们多数是直接用模仿制造真空三极管的方法来制造固体三极管。因此这些尝试毫无例外都失败了。

1948 年 6 月的一天，在美国贝尔实验室的一个房间里，一架样式很普通的收音机正在播放着轻柔的音乐，许多参观者在它面前驻足不前。为什么大家都对这台收音机情有独钟呢？原来这是第一架不用电子管，而代之以一种新的固体元件——晶体管的收音机。虽然人们对这架收音机显露出浓厚的兴趣，然而，他们对晶体管本身却不以为然。美国《纽约先驱论坛报》的记者在报道中写道:“这一器件还在实验室阶段，工程师们都认为它在电子工业中的革新是有限的。”事实上，晶体管发明以后，在不长的时间内，它的深远影响便很快地显示出来。它在电子学领域完成了一场真正的革命。

什么是晶体管呢？通俗地说，晶体管是半导体做的固体电子

元件。像金银铜铁等金属，它们导电性能好，叫做导体。木材、玻璃、陶瓷、云母等不易导电，叫做绝缘体。导电性能介乎于导体和绝缘体之间的物质，就叫半导体。晶体管就是用半导体材料制成的。这类材料最常见的便是锗和硅两种。

半导体是 19 世纪末才发现的一种材料。当时人们并没有发现半导体的价值，也就没有注重半导体的研究。直到二次大战中，由于雷达技术的发展，半导体器件——微波矿石检波器的应用日趋成熟，在军事上发挥了重要作用，这才引起了人们对半导体的兴趣。许多科学家都投入到半导体的深入研究中。经过紧张的研究工作，美国物理学家肖克利、巴丁和布拉顿三人捷足先登，合作发明了晶体管——一种三个支点的半导体固体元件。晶体管被人们称为“三条腿的魔术师”。它的发明是电子技术史中具有划时代意义的伟大事件，它开创了一个崭新的时代——固体电子技术时代。他们三人也因研究半导体及发现晶体管效应而共同获得 1956 年最高科学奖——诺贝尔物理奖。

肖克利小组与晶体管

美国人威廉·肖克利，1910 年 2 月 13 日生于伦敦，曾在美国麻省理工学院学习量子物理，1936 年得到该校博士学位后，进入久负盛名的贝尔实验室工作。贝尔实验室是电话发明人贝尔创立的。在电子、特别在通讯领域是最有名气的研究所，号称“研究王国”。早在 1936 年，当时的研究部主任，后来的贝尔实验室总裁默文·凯利就对肖克利说过，为了适应通讯不断增长的需要，将来一定会用电子交换取代电话系统的机械转换。这段话给肖克利留下了不可磨灭的印象，激起他满腔热情，把毕生精力投入到推进电子技术进步的事业中。沃尔特·布拉顿也是美国人，1902 年 2 月 10 日出生在中国南方美丽的城市厦门，当时他

父亲受聘在中国任教。布拉顿是实验专家，1929 年获得明尼苏达大学的博士学位后，进入贝尔研究所从事真空管研究工作。

温文儒雅的美国人巴丁是一个大学教授的儿子，1908 年在美国威斯康星州的麦迪逊出生，相继于 1928 年和 1929 年在威斯康星大学获得两个学位。后来又转入普林斯顿大学攻读固体物理，1936 年获得博士学位。1945 年来到贝尔实验室工作。

默文·凯利是一位颇有远见的科技管理人员。他从 30 年代起，就注意寻找和采用新材料及依据新原理工作的电子放大器件。在第二次世界大战前后，敏锐的科研洞察力促使他果断地决定加强半导体的基础研究，以开拓电子技术的新领域。于是，1945 年夏天，贝尔实验室正式决定以固体物理为主要研究方向，并为此制定了一个庞大的研究计划。发明晶体管就是这个计划的一个重要组成部分。

1946 年 1 月，贝尔实验室的固体物理研究小组正式成立了。这个小组以肖克利为首，下辖若干小组，其中之一包括布拉顿、巴丁在内的半导体小组。在这个小组中，活跃着理论物理学家、实验专家、物理化学家、线路专家、冶金专家、工程师等多学科多方面的人才。他们通力合作，既善于汲取前人的有益经验，又注意借鉴同时代人的研究成果，博采众家之长。小组内部广泛开展有益的学术探讨。“有新想法，新问题，就召集全组讨论，这是习惯”。在这样良好的学术环境中，大家都充满热情，完全沉醉在理论物理领域的研究与探索中。

开始，布拉顿和巴丁在研究晶体管时，采用的是肖克利提出的场效应概念。场效应设想是人们提出的第一个固体放大器的具体方案。根据这一方案，他们仿照真空三极管的原理，试图用外电场控制半导体内的电子运动。但是事与愿违，实验屡屡失败。人们得到的效应比预期的要小得多。人们困惑了，为什么理论与实际总是矛盾的呢？问题究竟出在那里呢？经过多少个不眠之夜

的苦苦思索，巴丁又提出了一种新的理论——表面态理论。这一理论认为表面现象可以引起信号放大效应。表面态概念的引入，使人们对半导体的结构和性质的认识前进了一大步。布拉顿等人乘胜追击，认真细致地进行了一系列实验。结果，他们意外地发现，当把样品和参考电极放在电解液里时，半导体表面内部的电荷层和电势力发生了改变，这不正是肖克利曾经预言过的场效应吗？

这个发现使大家十分振奋。在极度兴奋中，他们加快了研究步伐，利用场效应又反复进行了实验。谁知，继续实验中突然发生了与以前截然不同的效应。这接踵而至的新情况大大出乎实验者的预料。人们的思路被打断了，制作实用器件的原计划不能不改变了，渐趋明朗的形势又变得扑朔迷离了。

然而肖克利小组并没有知难而退。他们紧紧循着茫茫迷雾中的一丝光亮，改变思路，继续探索。经过多次地分析、计算、实验，1947 年 12 月 23 日，人们终于得到了盼望已久的“宝贝”。这一天，巴丁和布拉顿把两根触丝放在锗半导体晶片的表面上，当两根触丝十分靠近时，放大作用发生了。世界第一只固体放大器——晶体管也随之诞生了。在这值得庆祝的时刻，布拉顿按捺住内心的激动，仍然一丝不苟地在实验笔记中写道：“电压增益 100，功率增益 40，电流损失 1/ 2 . 5……亲眼目睹并亲耳听闻音频的人有吉布尼、摩尔、巴丁、皮尔逊、肖克利、弗莱彻和包文。”在布拉顿的笔记上，皮尔逊、摩尔和肖克利等人分别签上了日期和他们的名字表示认同。

巴丁和布拉顿实验成功的这种晶体管，是金属触丝和半导体的某一点接触，故称点接触晶体管。这种晶体管对电流、电压都有放大作用。

晶体管发明之后

基于严谨的科学态度，贝尔实验室并没有立即发表肖克利小组的研究成果。他们认为，还需要时间弄清晶体管的效应，以便编写论文和申请专利。此后一段时间里，肖克利等人在极度紧张的状态中忙碌地工作着。他们心中隐藏着一丝忧虑。如果别人也发明了晶体管并率先公布了，他们的心血就付之东流了。他们的担心绝非多虑，当时许多科学家都在潜心于这一课题的研究。

1948 年初，在美国物理学会的一次会议上，柏杜大学的布雷和本泽报告了他们在锗的点接触方面所进行的实验及其发现。当时贝尔实验室发明晶体管的秘密尚未公开，它的发明人之一——布拉顿此刻就端坐在听众席上。布拉顿清楚地意识到布雷等人的实验距离晶体管的发明就差一小步了。因此，会后布雷与布拉顿聊天时谈到他们的实验时，布拉顿立刻紧张起来。他不敢多开口，只让对方讲话，生怕泄密给对方，吱唔几句就匆匆忙忙地走开了。后来，布雷曾惋惜地说过:“如果把我的电极靠近本泽的电极，我们就会得到晶体管的作用，这是十分明白的。”由此可见，当时科学界的竞争是多么的激烈！实力雄厚的贝尔实验室在这场智慧与技能的角逐中，也不过略胜一筹。

晶体管发明半年以后，在 1948 年 6 月 30 日，贝尔实验室首次在纽约向公众展示了晶体管。这个伟大的发明使许多专家不胜惊讶。然而，对于它的实用价值，人们大都表示怀疑。当年 7 月 1 日的《纽约时报》只以 8 个句子、201 个文字的短讯形式报道了本该震惊世界的这条新闻。在公众的心目中，晶体管不过是实验室的珍品而已。估计只能做助听器之类的小东西，不可能派上什么大用场。

的确，当时的点接触晶体管同矿石检波器一样，利用触须接

点，很不稳定，噪声大，频率低，放大功率小，性能还赶不上电子管，制作又很困难。难怪人们对它无动于衷。然而，物理学家肖克利等人却坚信晶体管大有前途，它的巨大潜力还没有被人们所认识。于是，在点接触式晶体管发明以后，他们仍然不遗余力，继续研究。又经过一个多月的反复思索，肖克利瘦了，眼中也布满了血丝。一个念头却在心中越来越明晰了，那就是以往的研究之所以失败，根本原因在于人们不顾一切地盲目模仿真空三极管。这实际上走入了研究的误区。晶体管同电子管产生于完全不同的物理现象，这就暗示晶体管效应有其独特之处。明白了这一点，肖克利当即决定暂时放弃原来追求的场效应晶体管，集中精力实现另一个设想——晶体管的放大作用。

正确的思想终于开出了最美的花朵。1948 年 11 月，肖克利构思出一种新型晶体管，其结构像“ 三明治 ”夹心面包那样，把 N 型半导体夹在两层 P 型半导体之间。这是一个多么富有想象力的设计啊！可惜的是，由于当时技术条件的限制，研究和实验都十分困难。直到 1950 年，人们才成功地制造出第一个 PN 结型晶体管。

电子技术发展史上一座里程碑

晶体管的出现，是电子技术之树上绽开的一朵绚丽多彩的奇葩。同电子管相比，晶体管具有诸多优越性：①晶体管的构件是没有消耗的。无论多么优良的电子管，都将因阴极原子的变化和慢性漏气而逐渐劣化。由于技术上的原因，晶体管制作之初也存在同样的问题。随着材料制作上的进步以及多方面的改善，晶体管的寿命一般比电子管长 100 到 1000 倍，称得起永久性器件的美名。②晶体管消耗电子极少，仅为电子管的十分之一或几十分之一。它不像电子管那样需要加热灯丝以产生自由电子。一台晶

体管收音机只要几节干电池就可以半年一年地听下去，这对电子管收音机来说，是难以做到的。③晶体管不需预热，一开机就工作。例如，晶体管收音机一开就响，晶体管电视机一开就很快出现画面。电子管设备就做不到这一点。开机后，非得等一会儿才听得到声音，看得到画面。显然，在军事、测量、记录等方面，晶体管是非常有优势的。④晶体管结实可靠，比电子管可靠 100 倍，耐冲击、耐振动，这都是电子管所无法比拟的。另外，晶体管的体积只有电子管的十分之一到百分之一，放热很少，可用于设计小型、复杂、可靠的电路。晶体管的制造工艺虽然精密，但工序简便，有利于提高元器件的安装密度。正因为晶体管的性能如此优越，晶体管诞生之后，便被广泛地应用于工农业生产、国防建设以及人们日常生活中。1953 年，首批电池式的晶体管收音机一投放市场，就受到人们的热烈欢迎，人们争相购买这种收音机。接着，各厂家之间又展开了制造短波晶体管的竞赛。此后不久，不需要交流电源的袖珍“晶体管收音机”开始在世界各地出售，又引起了一个新的消费热潮。

由于硅晶体管适合高温工作，可以抵抗大气影响，在电子工业领域是最受欢迎的产品之一。从 1967 年以来，电子测量装置或者电视摄像机如果不是“晶体管化”的，那么就别想卖出去一件。轻便收发机，甚至车载的大型发射机也都晶体管化了。

另外，晶体管还特别适合用作开关。它也是第二代计算机的基本元件。人们还常常用硅晶体管制造红外探测器。就连可将太阳能转变为电能的电池——太阳能电池也都能用晶体管制造。这种电池是遨游于太空的人造卫星的必不可少的电源。晶体管这种小型简便的半导体元件还为缝纫机、电钻和荧光灯开拓了电子控制的途径。

从 1950 年到 1960 年的十年间，世界主要工业国家投入了巨额资金，用于研究、开发与生产晶体管和半导体器件。例如，纯

净的锗或硅半导体，导电性能很差，但加入少量其它元素（称为杂质）后，导电性能会提高许多。但是要想把定量杂质正确地熔入锗或硅中，必须在一定的温度下，通过加热等方法才能实现。而一旦温度高于摄氏 75 度，晶体管就开始失效。为了攻克这一技术难关，美国政府在工业界投资数百万美元，以开展这项新技术的研制工作。在这样雄厚的财政资助下，没过多久，人们便掌握了这种高熔点材料的提纯、熔炼和扩散的技术。特别是晶体管在军事计划和宇宙航行中的威力日益显露出来以后，为争夺电子领域的优势地位，世界各国展开了激烈的竞争。为实现电子设备的小型化，人们不惜成本，纷纷给电子工业以巨大的财政资助。

自从 1904 年弗莱明发明真空二极管，1906 年德福雷斯特发明真空三极管以来，电子学作为一门新兴学科迅速发展起来。但是电子学真正突飞猛进的进步，还应该是从晶体管发明以后开始的。尤其是 PN 结型晶体管的出现，开辟了电子器件的新纪元，引起了一场电子技术的革命。在短短十余年的时间里，新兴的晶体管工业以不可战胜的雄心和年轻人那样无所顾忌的气势，迅速取代了电子管工业通过多年奋斗才取得的地位，一跃成为电子技术领域的排头兵。

现代电子技术的基础

诚然，电子管的发明使电子设备发生了革命性变化。但是电子管体大易碎，费电又不可靠。因此，晶体管的问世被誉为本世纪最伟大的发明之一，它解决了电子管存在的大部分问题。可是单个晶体管的出现，仍然不能满足电子技术飞速发展的需要。

随着电子技术应用的不断推广和电子产品发展的日趋复杂，电子设备中应用的电子器件越来越多。比如二次世界大战末出现的 B29 轰炸机上装有 1 千个电子管和 1 万多个无线电元件。电子

计算机就更不用说了。1960 年上市的通用型号计算机有 10 万个二极管和 2．5 万个晶体管。一个晶体管只能取代一个电子管，极为复杂的电子设备中就可能要用上百万个晶体管。一个晶体管有 3 条腿，复杂一些的设备就可能有数百万个焊接点，稍一不慎，就极有可能出现故障。为确保设备的可靠性，缩小其重量和体积，人们迫切需要在电子技术领域来一次新的突破。1957 年苏联成功地发射了第一颗人造卫星。这一震惊世界的消息引起了美国朝野的极大震动，它严重挫伤了美国人的自尊心和优越感，发达的空间技术是建立在先进的电子技术基础上的。为夺得空间科技的领先地位，美国政府于 1958 年成立了国家航空和宇航局，负责军事和宇航研究，为实现电子设备的小型化和轻量化，投入了天文数字的经费。

就是在这种激烈的军备竞赛的刺激下，在已有的晶体管技术的基础上，一种新兴技术诞生了，那就是今天大放异彩的集成电路。有了集成电路，计算机、电视机等与人类社会生活密切相关的设备不仅体积小了，功能也越来越齐全了，给现代人的工作、学习和娱乐带来了极大便利。那么，什么是集成电路呢？集成电路是在一块几平方毫米的极其微小的半导体晶片上，将成千上万的晶体管、电阻、电容、包括连接线做在一起。真正是立锥之地布千军。它是材料、元件、晶体管三位一体的有机结合。

集成电路的问世是离不开晶体管技术的，没有晶体管就不会有集成电路。本质上，集成电路是最先进的晶体管——外延平面晶体制造工艺的延续。集成电路设想的提出，同晶体管密切相关。1952 年，英国皇家雷达研究所的一位著名科学家达默，在一次会议上曾指出:“随着晶体管的出现和对半导体的全面研究，现在似乎可以想象，未来电子设备是一种没有连接线的固体组件。”虽然达默的设想并未付诸实施，但是他为人们的深入研究指明了方向。

后来，一个叫基尔比的美国人步达默的后尘，走上了研究固体组件这条崎岖的小路。基尔比毕业于伊利诺斯大学电机工程系。1952 年一个偶然机会，基尔比参加了贝尔实验室的晶体管讲座。富于创造性的基尔比一下子就被晶体管这个小东西迷住了。当时，他在一家公司负责一项助听器研究计划。心系晶体管的基尔比不由自主地想把晶体管用在助听器上，他果然获得了成功。他研究出一种简便的方法，将晶体管直接安装在塑料片上，并用陶瓷密封。初步的成功使他对晶体管的兴趣与日俱增。为寻求更大的发展，基尔比于 1958 年 5 月进入得克萨斯仪器公司。当时，公司正参与美国通信部队的一项微型组件计划。基尔比非常希望能在这一计划中一显身手。强烈的自尊促使他决心凭自己的智慧和努力进入这一计划。于是，他常常一个人埋头在工厂，思考采用半导体制造整个电路的途径。记不清多少次苦苦思索，多少回实验，多少次挫折，经过长时间的孤军奋战，到 1959 年，一块集成电路板终于在基尔比的手中诞生了。同年 3 月，这一产品被拿到无线电工程师协会上展出。得克萨斯公司当时的副总裁谢泼德自豪地宣布，这是“ 硅晶体管后得克萨斯仪器公司最重要的开发成果 ”。

在晶体管技术基础上迅速发展起来的集成电路，带来了微电子技术的突飞猛进。微电子技术的不断进步，极大降低了晶体管的成本，在 1960 年，生产 1 只晶体管要花 10 美元，而今天，1 只嵌入集成电路里的晶体管的成本还不到 1 美分。这使晶体管的应用更为广泛了。

不仅如此，微电子技术通过微型化、自动化、计算机化和机器人化，将从根本上改变人类的生活。它正在冲击着人类生活的许多方面：劳动生产、家庭、政治、科学、战争与和平。

划时代的材料

——高分子化合物

乍一听“高分子”一词，许多人一定会感到陌生、遥远。其实，高分子就在我们每一个人的身边。人们的衣食住行都离不开高分子，甚至人们自身的肌体也是由大量的高分子组成的。

也许，你不太相信。那么，请看你穿的衣服，不外是棉麻、丝毛、尼龙、的确良等纤维构成；吃的食物，如米、面、豆、肉、蛋中都含有大量淀粉、蛋白质；建房子用的木料，屋内摆设的木质家具是植物纤维构成；而有些灯具等是塑料制品；交通工具使用的轮胎、穿的球鞋、雨衣是橡胶制品……，而所有这些都是高分子物质。足可见高分子物质在我们日常生活中的重要地位。

虽然高分子物质的应用如此广泛，但人工合成高分子化合物，还是 20 世纪的事。历史表明，新型材料的每一次出现都促进了人类文明的巨大飞跃。如从石器时代到青铜时代再到铁器时代，都是以新型材料的出现和使用为标志的。在科学技术突飞猛进的当代，人工合成纤维、合成橡胶和塑料等种种新型材料的问世，对人们的社会生产和日常生活产生了更加重大而深远的影响。

什么是高分子

从古希腊开始，人们就对物质的本性探求不止。把水分一半仍是水，把木棍切一半仍是木棍，那么，如果这样分割下去，有无止境呢？把水分割无论多少次得到的还会是水吗？

古希腊博学的哲学家德谟克利特给出了否定的结论。他认为，物质是由大量的不可再分割的微小粒子聚集而成的。这些微小粒子就是原子。原子一词在希腊文里就是不可再分的意思。原子是实心的球体，但原子和原子之间有相当大的空隙。这种学说被称为原子论。现代科技告诉我们，原子不是不可再分的。但是原子是保持物质化学性质的最小微粒。同种或不同种的原子组成的分子则是保持物质的物理性质，即颜色、形状、气味等性质的最小微粒。人们现在发现的原子数目只有百余种，但组成的分子化合物却是五彩缤纷、难以计数的。

每个原子有固定的原子量。分子的分子量是组成分子的所有原子的原子量总和。那么什么是高分子化合物呢？高分子化合物就是那些分子量特别大的物质。常见的化合物一般由几个或几十个原子组成，分子量也在几十到几百之间。如水分子的分子量为18、二氧化硫的分子量是44。高分子则不同，它的分子量至少要大于1万。高分子化合物的分子一般由几千、几万甚至几十万个原子组成，它的分子量也就是几万、几十万、甚至以亿来计算。高分子的“高”就是指它的分子量高。

这么多的原子是怎样聚合在一起的呢？高分子物质有个共同的结构特性，即都是由简单的结构单元以重复的方式连接而成的。这种结构单元被称为链节。一个高分子中链节的数目被称为聚合度。链节间连接的方式不同，所形成的高分子化合物也不同，其性质会有很大差别。如线型高分子是由许多链节组成的长

链，其连接方式就像许多铁圈一个接一个地套起来形成一条长形链一样。在这种结构中，不仅有分子中的化学键力的作用，还由于长链很长，分子间接触点很多，因此，分子间的范德华力也起明显的作用。这正是高分子化合物有其特殊性能的原因。一般的小分子化合物，如我们吃的食盐、庶糖等，几乎没有强度。但高分子化合物具有相当大的机械强度，有些甚至超过钢铁的强度。生活中常常会见到这样的事情：一根很细的尼龙鱼线能吊起几斤重的大鱼，而手指般粗细的尼龙绳可以吊起满载货物的大卡车。

此外，还有支链型高分子和网形高分子。线型高分子的分子链上长出了许多枝杈就形成支链型高分子。塑料就是这种类型的高分子。其特点是在受热时能变软，没有确定的熔点，易于塑造成各种形状，冷却后又可变为固定形状，再加热还能熔化。这种性质叫热塑性。

在线型高分子链上，有些能起反应的基因跟别的单体或物质起化学反应后，分子链间的化学链会把他们联接起来，形成的结构像渔网，被称为网状高分子；又因其结构不只是一张网，网与网之间又相互交联，形成立体结构，所以又叫立体型高分子。这种高分子性质奇特，它不溶于溶剂，而且一经热加工或成型后，再受热不能再熔化。硫化橡胶就属于这一类高分子。

高分子化合物都具有很好的电绝缘性。这是因为其化学键为共价键，不能发生电离，没有传递电子的能力。而且，热和声也不易引起高分子的振动。因此，可用作隔热保温或隔音材料。宇宙飞船的外层就涂有一层高分子物质。飞船在回到大气层时，虽然其表面温度可达 5 千多度，这远远超过了任何物质的熔点，但由于高分子传热性极差，这也只能使外层高分子物质燃烧脱落。飞船本体没有受到高温的威胁，因而能安全返回地面。

高分子的独特而优良的性能，决定了它在工业生产和人民生活中的巨大作用。下面将具体讨论几种类型的高分子化合物，说

明其结构特性和应用价值。

人造橡胶

哥伦布在发现新大陆的航行中发现，南美洲土著人玩的一种球是用硬化了的植物汁液做成的。哥伦布和后来的探险家们无不对这种有弹性的球惊讶不已。一些样品被视为珍品带回欧洲。后来人们发现这种弹性球能够擦掉铅笔的痕迹，因此给它起了一个普通的名字“擦子”。这仍是现在这种物质的英文名字。这种物质就是橡胶。

1823 年，一个叫麦金托什的苏格兰人在两层布之间夹上一层橡胶，做成长袍以供雨天使用。他还为此申请了专利。现在仍然有人以他的名字称呼雨衣。

但这种雨衣毛病太多。天热的时候它变得像胶一样粘；天冷的时候它又像皮革一样硬。因此，如何处理天然橡胶，使它去掉上述缺点，就引起了大家的兴趣。对化学几乎一无所知的美国人古德伊尔，全身心地投入到此项研究中。一次次的失败并没有使他泄气。终于在 1839 年的某一天，在实验中，有些橡胶和硫黄的混合物无意中撒落在火热的炉子上。他赶忙将这种混合物从炉子上刮下来。结果惊奇地发现，这种混合物虽然仍很热，却很干燥。他又将混合物再加热和冷却，发现它既不因加热而变粘，也不会遇冷而变硬，倒是始终柔软而富有弹性。魔术般的实验使他发明了硫化橡胶。

那么，为什么橡胶会有弹性呢？让我们分析一下橡胶的分子结构。天然橡胶分子的链节单体为异戊二烯。我们知道高分子中链与链之间的分子间力决定了其物理性质。在橡胶中，分子间的作用力很弱，这是因为链节异戊二烯不易于再与其他链节相互作用。好比两个朋友想握手，但每个人手上都拿着很多东西，因此

握手就很困难了。橡胶分子之间的作用力状况决定了橡胶的柔软性。橡胶的分子比较易于转动，也拥有充裕的运动空间，分子的排列呈现出一种不规则的随意的自然状态。在受到弯曲、拉长等外界影响时，分子被迫显出一定的规则性。当外界强制作用消除时，橡胶分子就又回原来的不规则状态了。这就是橡胶有弹性的原因。

由于分子间作用力弱，分子可以自由转动，分子链间缺乏足够的联结力，因此，分子之间会发生相互滑动，弹性也就表现不出来了。这种滑动会因分子间相互缠绕而减弱。可是，分子间的缠绕是不稳定的，随着温度的升高或时间的推移缠绕会逐渐松开，因此有必要使分子链间建立较强固的联接。这就是古德伊尔发明的硫化方法。硫化过程一般在摄氏 140——150 度的温度下进行。当时古德伊尔的小火炉正好起了加热的作用。硫化的主要作用，简单地说，就是在分子链与分子链之间形成交联，从而使分子链间作用力量增强。

橡胶用作车轮的历史不过一百余年，但人类对于橡胶的需要却日益增长。1845 年汤姆森发明了充气橡胶管套在车子上，并以此获得了专利。以前的车子都是木轮的，或在外部加金属轮箍，但人们发现柔软的橡胶比木头和金属更加耐磨，而且减震性好，使人们乘坐车时感到很舒适。1890 年轮胎用于自行车，1895 年汽车也装上了轮胎。如此广泛的应用使天然橡胶供不应求，整个军需品生产受到很大威胁。

面对橡胶生产的严峻形势，各国竞相研制合成橡胶。德国首先从异戊二烯中合成了橡胶。当时的德皇威廉二世还用该橡胶制成了轮胎装在皇家汽车上，以此炫耀德国在科技上的成就。这种合成方法有明显缺点：一是由于异戊二烯本身需从天然橡胶中提取，自身很难合成。二是由于聚合时没有规律，制成的橡胶用不了多久就会变粘。看来它也只能用于国事活动的皇家汽车了。只

要加入合适的催化剂如稀土元素，就可以制成甚至比天然橡胶还好的“稀土异戊橡胶”。

一战时期的德国，在天然橡胶供应被切断后，曾制成一种叫甲基橡胶的合成橡胶，但质量低劣，战后便被淘汰了。二战后，各种合成橡胶应运而生。如合成了用钠作催化剂聚合丁二烯制得的丁钠橡胶、用丁二烯和苯乙烯聚合制得的丁苯橡胶、用氯丁二烯聚合制得的氯丁橡胶等等。

二次大战中，日本攻占了橡胶产量最大的马来西亚（虽然马来半岛并非橡胶的原产地，但从巴西运来的种子在马来生长茂盛，而在它的原产地产量却逐年下降），对美国的橡胶工业构成严重危胁。可是美国早有准备，在战后大力研究合成橡胶。1955年利用齐格勒在聚合乙烯时使用的催化剂（也称齐格勒——纳塔催化剂）聚合异戊二烯。首次用人工方法合成了结构与天然橡胶基本一样的合成天然橡胶。不久用乙烯、丙烯这两种最简单的单体制造的乙丙橡胶也获成功。此外还出现了各种具有特殊性能的橡胶。至此，合成橡胶的舞台上已经变得丰富多彩了。

合成橡胶的关键是聚合反应。如何将一个个单体聚合成橡胶分子呢？其中的奥秘是游离基。什么是游离基呢？例如：乙烷分子（C_2H_6）是稳定的。但在某些条件下，如受热、光或某些化学剂作用时，乙烷分子一分为二：生成的两个甲基（CH_3）都带有一个不成对的电子（也称孤电子）。带有孤电子的原子团就称为游离基，常用 R 表示。游离基性质十分活泼，极易跟别的游离基或者另外的化合物起反应。只要有一个游离基出现，便会跟周围物质立刻发生聚合反应。通过加热不稳定的化合物如过氧化氢（H_2O_2）、过硫酸钾等可以获得游离基。

聚合反应一般可分为三步。第一步是链引发。先由过氧化物产生游离基 R，然后 R 使被合成单体的共价键打开，形成活性单体。第二步是链增长。活性单体通过反复地、迅速地与原单体加

合，使游离基的碳链迅速增长。第三步是链终止，即在一定的条件下，当碳链聚合到一定程度时，游离基的孤电子变为成对电子。这时游离基特性消失，链就不能再增长了。

注意，上述过程虽有 3 个步骤，但除了引发游离基较慢之外，后两步都是在一瞬间完成的。可以说游离基一旦形成，成百成千成万个单位的双键立刻打开，相继连接成很多个大分子。因此这也称为连锁反应。

人工合成的橡胶在许多地方优于天然橡胶，人工仿照自然，从自然中发现规律，最后超越自然，这正是科学技术的发展规律。

纤维素和合成纤维

淀粉是人们熟悉的东西。你知道它的分子式吗？它是一种高分子化合物。纤维素和淀粉的分子式是一样的，性质可就大不相同了。植物的枝干主要是由纤维素组成的，它们只能用来烧火，人是吃不下去的。这是什么原因呢？我们知道，淀粉和纤维素的分子都是由许多葡萄糖单位联接而成的，但联接方式都不同。葡萄糖分子可以正着看（以 u 表示），也可以倒着看（以 n 表示），淀粉分子可以由葡萄糖分子按“……uuuuuu…”的图式缩合而成，而纤维分子则按“…ununun…”的方式缩合而成。这种结构上的差异决定了两者性质上的巨大差异。人类的消化液中含有能使淀粉的“uu”键分解的消化酶，因此能够从淀粉中获得葡萄糖；但同样的酶对纤维素的“un”键却无能为力。实际上没有一种高等生物能够消化纤维素，倒是有些微生物，如寄生在反刍动物和白蚁肠道中的微生物却能做到这一点。也多亏了这些不起眼的助手，使让我们受益非浅的牛能吃草而生存，使让我们狼狈不堪的白蚁能靠啃木头而活命。

纤维素虽不能吃，用途却很大。棉麻纤维素可以用来织布做衣。但它的光泽没有蚕丝织品好。这是因为蚕丝是蛋白质，棉麻是纤维素。影响色泽的主要因素还在其结构形状。蚕丝的形状是圆筒状的，而棉纤维则呈扁平卷曲状。因此用一定的工业方法处理棉纱，就可使它有了丝的光泽。这种方法一般称为丝光处理。经丝光处理过后的棉纱就称为丝光棉。但是这种布料下水洗上几次就变了，光泽也就失去了。

人们在偶然之中发现纤维素也可以做炸药。1839 年，德国出生的瑞士化学家舍恩拜因在他家的厨房里做实验（他夫人严禁如此，一定是他趁其不在而偷偷地进行的），洒了一瓶硫酸和硝酸的混合物。他立刻抓起夫人的棉布围裙去擦，然后把围裙放在火炉上方烘烤。结果，“轰”地一声，围裙着了起来，片刻之间消失得无影无踪。舍恩拜因意识到发明了一种新的炸药。他给这种炸药取名为“火药棉”。由于火药棉威力巨大，而且爆炸时没有烟，这比以前的有烟火药好得多。于是舍恩拜因开始在各国游说他的火药棉秘方，而战火连绵的欧洲对此也十分感兴趣。结果一批批的工厂建起来，但不久，这些工厂就全被炸光了。火药棉太容易爆炸了，稍微受热或碰撞都能引起灾难性的后果。直到 1889 年，杜瓦和阿贝尔把火药棉和硝酸甘油混合，再掺入凡士林并压成线绳状，才是无烟火药的真正问世。在火药棉中，将一个硝酸根与葡萄糖中的一个氢氧根（羟根）连接，这是改造纤维素的一种方法。在这种方法中，所有可被取代的羟基全被硝化了。如果只将其部分羟基硝化会如何呢？是不是就不太容易爆炸了呢？试验结果表明它根本就不会爆炸，却很容易燃烧。这种物质被称为焦木素。焦木素溶于乙醇和乙醚的混合物，蒸发后得到一种坚韧的透明薄膜，称为胶棉。胶棉也很容易燃烧，但无爆炸性。

在焦木素溶于乙醇和乙醚的混合物中，帕克斯加入一种樟脑

一类的物质，然后蒸发，得到坚硬固状物。其加热后会变得柔软而富有韧性，可以模塑成各种需要的形状，冷却和变硬之后仍保持这种形状，乒乓球和画图用的三角板等都是这样制得的。

可见，纤维素既可以制成棉纱等纤维，也可以做成塑料状的东西，如三角板等。因此，某种物类能否被称为纤维，并不决定于它是由什么东西构成的，只是决定于它的形态。一般地说，人们把细而长的东西称为纤维。一般纤维的直径纵使眼力再好的人也不可能用尺子测出来。像棉花、羊毛、麻之类的天然纤维的长度约为其直径的 1 千倍到 3 千倍。只要直径之小难以用肉眼测量，而其长度约为直径的 1 千倍以上的物质，就是我们所认为的纤维。实际上，对蚕丝和化学纤维而言，长度和直径的比值可能延绵到无穷大。

人类很早就开始养蚕取丝了。这项了不起的成就归属于中华民族。有资料证明五千年前中国人就开始养蚕。蚕是蛾的幼虫，只靠桑叶为食，其饲养过程精细而复杂。养蚕对于西方一直是神秘的，直到公元 550 年，有人偷偷地将蚕种带到君士坦丁堡，欧洲才开始生产蚕丝。蚕丝织成的布虽然华丽，但价格昂贵，人们一直试图图寻找合适的替代品。1889 年，席尔顿用硝酸纤维素制得了第一种人造丝。这种丝同蚕丝相比，虽然光泽相似，但却不如蚕丝纤细、柔韧。蚕丝的主要成份是蛋白质，蛋白质也是一种高分子化合物。

人们不仅利用天然高分子制作对人们有用的新的高分子，而且一直试图运用随处可取的无机材料合成高分子。早在本世纪 30 年代，美国杜邦化学公司的卡罗瑟斯就开始了这一研究。他希望通过一定的方法，使含氨基和羧基的分子缩合成大环结构分子，以便广泛运用于香料制造业。但事与愿违，最后缩合而成的是一种长链分子。然而，明智的卡罗瑟斯并未忽略这一结果。相反，对此进行了深入研究，终于制成了纤维。最初的纤维质量很

不好，强度太差。卡罗瑟斯认为这是由缩合过程中生成的水所引起的。水的存在产生了一个相反作用——水解反应，使聚合不能持续很久。如果缩合在低压下进行，反应生成的水很快就被蒸发，然后被清除掉。1938 年，尼龙研制成功，但它的的奠基人却没有看到这一天。卡罗瑟斯于 1937 年卒于费城。

尼龙的强度很高，直径 1 毫米的细丝就可以吊起一百公斤的东西。尼龙耐污、耐腐蚀的性能也很好。因此，尼龙一问世就受到了全世界的瞩目。二战期间美国陆军收购了全部尼龙产品，用以制造降落伞和百余种军事装备。而 1940 年尼龙长筒女袜刚一投放市场就轰动了世界，4 天之内四百万双袜子一抢而空。

尼龙是真正投入大规模生产的第一种合成纤维。至此，人类希望用煤、空气和水来制造纤维高分子的愿望完满地实现了。从那以后，各种新型纤维一个接一个地被创造出来。如烯类纤维中的维纶和维尼纶，还有永久防皱的的绦纶制品等等。在我国尼龙也被称为锦纶，因为这是在锦州化工厂首次工业化生产的。

那么，合成纤维是如何制造的？以尼龙为例，我们可以看到，尼龙的学名是聚酰胺纤维，由己二酸和己胺缩合而成。一般来说，两个或多个有机化合物分子放出水、氨、氯化氢等简单分子而生成较大分子的反应，叫做缩合聚合。尼龙是由几个己二胺和几个己二酸失掉 n - 1 个水分子缩合成聚酰胺纤维，我们称之为尼龙——66，其中一个 6 表示己二胺分子的 6 个碳原子，另一个 6 代表己二酸的 6 个碳原子。

纤维为什么会有这样奇特的性质呢？这取决于它的内部结构。虽然目前对纤维内部结构的研究仍处于猜测阶段，但是可以肯定的是，纤维是由高分子组成的，它的内部结构极其复杂。

人们首先提出了缨状微束结构理论。这一理论认为，由于分子间的强大压力，纤维分子有规则整齐的排列的部分被称为结晶部分（晶区）；分子链间其他弯曲的运动比较自由的部分称为非

晶部分（非晶区），这部分没有规则排列。从整体上看，晶区湮没于非晶区的海洋中。然而，1957 年人们发现聚乙烯分子可以有完全规则的排列，能够形成 100% 的结晶，使这个理论受到严重挑战。因此，人们又相继提出樱状原纤维结构理论和多相结构理论。

仅依据第一种理论，我们已可以解释纤维的许多特性。制造纤维的一个重要条件是在制造过程中，高分子能够取向并形成结晶。如果不能结晶，就可能成为橡胶或普通塑料之类的东西。在结晶部分中，分子间的相互作用力很大，使得晶块刚硬、难弯曲且强度高。非结晶部分恰好相反。因此，纤维中结晶部分与非结晶部分的比例（称为结晶度）愈高，纤维也就越硬，愈难弯曲。合成纤维中的尼龙的强度比天然纤维中的棉纱高，原因就在于其结晶度较高。合成纤维的结晶度，也极大影响其共吸湿性。人们知道，羊毛的保暖性很好，其原因在于羊毛纤维卷曲而蓬松，能容纳大量空气。同时，羊毛纤维易于吸水，它在吸附水分时能产生所谓吸附热。因此，突然从室内走到寒冷的户外，羊毛纤维在吸附水分的同时放出热量，使人不觉寒冷。而腈纶纤维由于结晶度高，水分子不易进入结晶内部，因而吸湿性很差，它的导热性也极差，也有较好的保暖性。

然而，合成纤维制品也有许多不尽人意之处。例如，尼龙衣服穿在身上不能吸收皮肤蒸发出来的水分，会使人觉得很不舒服。可见，合成纤维的性能有待于进一步提高。

塑　　料

也许是因为塑料制品在日常生活中太普遍了，大家对塑料一词熟悉得不能再熟悉了。从字面上理解，塑料指所有可以塑造的材料。但我们所说的塑料，单指人造塑料，也就是用人工方法合

成的高分子物质。其实，正是因为有了这种物质，才有了塑料一词。

大家知道，在纤维素中的部分羟根（氢氧根）被硝化后会得到焦木素。焦木素溶于乙醇和乙醚的混合物，再加入樟脑等蒸发后会得到一种物质，它受热后变软，冷却后变硬，这种物质被称为“赛璐璐”。它就是于1865年问世的首批人造塑料。

使塑料从化学实验室中的珍品一跃而成为公众关注的对象，是塑料被引入台球室这一戏剧性事件引发的。以前的台球是用象牙做的，象牙只能来源于死了的大象，数量自然非常有限。19世纪60年代初，有人悬赏1万美元征求台球的最好代用品。1869年，美国的海厄特利用“赛璐璐”制出了廉价台球，从而赢得了这笔奖金。从此，赛璐璐被用来制造各种物品，从儿童玩具到衬衫领子中都有赛璐璐。它还用来做胶状银化合物的片基，这就是第一张实用照相底片。但是由于赛璐璐中含硝酸根，极易着火，而引起火灾。

赛璐璐是由纤维素制成的。因此，它仍然属于高分子化合物。到1909年，人们已能用小分子合成塑料。美国的贝克兰把苯酚和甲醛放在一起加热得到的酚醛树酯，被称为贝克兰塑料。酚醛树酯也是通过缩合反应制备的。其制备过程共分两步：第一步先做成线型聚合度较低的化合物；第二步用高温处理，转变为体型聚合度很高的高分子化合物。第一步得到的物质研磨成粉，再和其它物质如陶土混合加热，熔融后凝固的高分子物质很稳定，再加热的时候不再变软。当然，对塑料加热可以使其损坏。

到了20世纪30年代，人们发现乙烯在高温高压下能形成很长的链。这是因为乙烯中两个碳原子间的双键在高温下有一个键会打开并与相邻分子连接，这样多次重复，就形成了聚乙烯。聚乙烯是一种石腊状物质，像石腊一样，呈暗白色，有滑腻感，对电绝缘而且防水，但比石腊更坚固柔软。遗憾的是，用高温高压

方法制造的聚乙烯有一重大缺陷，它的熔点太低，大约等同水的沸点。只要接近熔点温度，它便开始变软而无法工作。其原因是碳链上含有分支，不能形成结晶点阵。

1953 年，德国化学家齐格勒发现用烷基铝和四氯化钛作催化剂，可以生成无支链的聚乙烯。而且这一过程可以在室温和常压下进行。齐格勒的工作引起了纳塔的极大兴趣。纳塔在丙烯的的聚合反应中用于类似的催化剂，也取得了极大的成功。他们发现，在这种催化剂（后来称为齐格勒——纳塔催化剂）的作用下，乙烯（或丙烯）能够按一定的方向聚合，而改变某些条件时，又可聚合成其它结构不同的物质。

从前，聚合物链的形成是听其自然的，化学家们无法左右最终产物的结构。现在，运用齐格勒——纳塔催化剂，完全可以按照需要者的要求来设计大分子的结构。由于这项了不起的贡献，齐格勒和纳塔获得了 1963 年的诺贝尔化学奖。

塑料的种类很多。除了酚醛树脂和聚乙烯外，还有聚氯乙烯、聚苯乙烯等。我们常见的有机玻璃，其实也是塑料的一种。它的透明度比普通玻璃还高，有韧性，不易破碎，枪弹打上去也只能穿一个洞。因此，它是制作飞机舷窗的绝好材料。

塑料有许多众所周知的特性。第一，它比较轻。这是相对于金属和有机玻璃而言的。它轻的原因不是因为它是高分子化合物，而是因为它们是有机化合物，即由碳、氢、氧、氮等较轻的元素组成的。第二，塑料不会腐烂也不会生锈。原因也很简单。腐烂是仅见于有机物的现象。腐烂需要水，而塑料根本不吸水；腐烂需要微生物的帮助，而现在还没有发现哪一种微生物是要吃塑料的。同时，既然水不能浸润塑料，塑料上便不会有电流通过发生反应；空气中的氧也很难与塑料发生反应。因此，生锈也是不可能的。但是，这一性质也给人类带来一个严重的问题：由于塑料不易腐烂，大量的塑料废弃无法被自然界吸收、分解，从而

造成一定程度的环境污染。可见，如果能造出在一定条件下易于腐烂的塑料，将是有益而有价值的。

日常见到的塑料制品都是很漂亮的。原因在于它们的透明、鲜艳的颜色和表面极好的手感。由于塑料表面光滑，没有漫反射，内部结构上也没有很大的不均匀，从而光线折射率几乎没有差异，几乎全部透过塑料，表现出塑料的透明性。当然聚苯乙烯是不透明的，因为在聚苯乙烯中存在着很多的小空隙，正如含有很多小气泡的冰是混浊的一样。塑料能够染上特别的颜色也得益于它的透明。总之，塑料美观的原因与玻璃大致相同，只是由于没有玻璃硬，塑料在使用的过程中由于擦伤，表面会逐渐变得模糊起来。

塑料不导电，可以用作绝缘材料。也因为它不导电，它积贮的电荷却能吸附灰尘，所以有时也很惹人讨厌。

塑料不仅具有上述特性，而且由于它是一种高分子化合物，因而还有一些特殊的性质，如可加工性和高强度。

塑料之所以得名，就在于它的易加工性。在塑料中，既有类似橡胶的弹性体成份，也有对分子间力起主要作用的粘性体成份。正是由于同时具有这两种成份，塑料才具有可塑性，即在加热或加压后变形，在降温或压力消失后维持原形不变。

塑料有不同的强度。一般来说，塑料的分子量越高，其变形就愈困难。也就是说它的强度越高。这是因为决定高分子物质强度的主要是分子间力。分子链越长，分子间作用点越多，链与链之间就易发生滑动或断裂，这种物质就不易被拉断。

由于具有如此众多的优良性能，因而塑料这一新型材料的发展十分迅速。特别是石油化学工业的发展，为塑料生产开辟了更广阔的原料来源，其发展速度更快了。从 1947 年到 1967 年的 20 年间，美国的塑料产量从 60 多万吨增至 600 多万吨。目前，其产量已远远超过有色金属，几乎和钢铁产量持平。钢铁生产已有

两千多年的历史，而塑料问世不过百余年，足可见塑料工业发展速度之惊人。

高分子家族的后来者——功能高分子

现在的高分子工业发展更为广阔。功能高分子的巨大应用充分展示了这一点。功能高分子在高分子的主链或支链上加上一种具有某些特殊性质的基因，使它能在光、电、磁、催化和耐高低温、抗氧化等性能方面有特殊性质。常见的功能高分子有离子交换树脂、医用高分子材料、高分子医药和分子催化剂等。

离子交换树脂的重要用途之一是提纯物质。水是人类生活和生产上十分重要的物质。但自然界的水中含有多种无机盐、酸和碱等。如井水及河水内含有钙、镁等酸式碳酸盐、硫酸盐等。含有这些盐的水叫做硬水。海水中含有大量食盐。锅炉若用天然水，由于水在变成蒸汽的过程中，水中溶解的盐越积越多，沉积在锅炉内壁形成水垢。水垢传热性很差，不仅浪费燃料，还会引起锅炉爆炸。去掉水中盐分的一般方法是在水中加药剂，或把水加热蒸馏来除去钙、镁杂质。这些方法或者容易引起产生另外的杂质，或者太费燃料。总之，不让人满意。现在改用离子交换树脂处理工业用水，效果就好得多。

离子交换树脂由两部分组成，一部分是树脂构成的骨架，另一部分是和骨架相联的活性交换基团。骨架是网状高分子结构，因此不溶于任何溶剂。活性交换基团是使离子交换树脂具有特性的关键部分。在处理的过程中，水中的金属阳离子被阳离子交换树脂留下，阴离子被阴离子交换树脂留下，剩余的 H^+ 和 OH^- 离子中和掉后，水呈中性，这样就得到了纯水，有时称为去离子水或高纯水。

离子交换技术还可以用于海水淡化，并且应用于医学研究领

域。如果人体内胃酸过多，就会引起胃炎、胃溃疡和十二脂溃疡等疾病。若在食物中加些离子交换树脂，胃酸就可以减少。在1955年以前人们还无法贮存一定的备用血液以供急需，因为血液里含有微量钙盐，离开人体后很快就会凝固。用离子交换树脂处理过的血液清除了钙盐，从而可以长期保存。

由于各种因素的影响，人体内部器官常会发生病变而机能衰退，甚至损坏。近年来，人们先后研制成功一些合成高分子材料，用来修复或替代某些器官，起到很好的效果。这一类高分子称为医用功能高分子。

医用功能高分子必须具有与所修复或代替的人体器官相应的功能。如作为人工肾脏的材料，要求所用的高分子膜对物质有选择透过性；人工肺用膜要求对氧气和二氧化碳有很好的透过性，而用来做人工神经的材料，就必须有导电性。还有其他总的要求，如不能被人体内酸、碱、酶所腐蚀，也不会在体内导致任何炎症等。

这方面的成就令人眼花缭乱。人工肺、人工血管、人工肾、人工肝脏，甚至人工心脏起搏器都可以安放在人体内或人体外，用来代替脏器组织的功能。从天灵盖到脚趾骨，从内脏到皮肤，从血液到五官都已有了人工代用品。虽然有的并不完善，但随着科学技术的进一步发展，一定会有更多更好的医用功能高分子问世。

现在的药物不论是天然的还是人工合成的，几乎都是小分子化合物。如今，科研人员从药物的“分子设计”出发，已经合成了具有药效的高分子化合物。这些药物毒性小，疗效较高，进入体内能有效地到达患病部位，释放药物缓慢，具有长期疗效。

目前合成的高分子药物有两种类型。一类以高分子作载体，将小分子药物通过化学键接到高分子链上去。如青霉素与阴离子交换树脂的接合，可以克服原药的药效过于快和易引起过敏反应

的缺点。另一类高分子本身就有药物作用。这类高分子现正用于抗癌治疗。一旦此举成功，对人类将是莫大的福音。

功能高分子的性能是奇特的，它必将在人们的生活中发挥越来越大的作用。

人体细胞中的脱氧核糖核酸，即 DNA 又是什么呢？它是一种高分子，是由脱氧核糖分子联接而成的双链结构。现代生物学已经找到某些方法来控制和改变某些生物体中 DNA 的合成。也许在将来的某一天，人类将会成功地造成各种各样的“人”。但这也许不是件值得庆贺的事，它带来的灾祸可能会远远大于其科学价值。

高分子化学这一学科，目前正处在蓬勃发展之中。相信在未来的岁月里，人类会从其中得到更大的收益。目前，高分子化学所展示的辉煌成就，相比于以后的巨大成果，也许只是沧海一粟。它召唤更多的有志者投身于这一伟大的事业中去。

人类步入太空的阶梯

——火箭

从古到今，不知有多少人仰望着天空的闪烁繁星，向往着到天上去看一看，渴望了解这宇宙的奥秘。现在，人造地球卫星在天空中与群星争艳，宇宙飞船也已将人送上了月球，过去的梦想已经成为辉煌的现实。但是你们可知道，是靠着什么力量才能将他们送入太空呢？这就是太空航行的唯一工具——火箭。

所谓火箭，精确地说，是依据牛顿力学第三定律，利用自身向后高速喷出的气流而获得高速度前进的运载工具。中华民族祖先远在古代就发明了火箭的原始雏形。

根据南宋诗人杨万里在《海鳅赋后序》中的记载，中国至少在十二世纪中叶就已掌握了火箭技术，那时它的名称叫火箭炮，是一种威力巨大的军事武器。据《金史》记载，蒙古和金国之间的开封府战役（1223 年）大量使用了飞龙枪，这是被广泛承认的火箭始祖。更有大量的文献记载，蒙古军队西征时亦大量使用了火箭武器，使西方人无可抵挡。西方人虽然战败，但从此学会了火药、火箭技术，从此进入新的文明时期。

宋代以后，中国的火箭断断续续地发展，如明代戚继光素重火器之用，明末《武备志》一书更是集火箭技术之大成。但是火箭的制造原理和技术并无太多进步，对火药的原理也同样不清晰，仍局限于用阴阳五行说来解释爆炸原理。相反，在西方火药和火箭却得到迅速的研究和发展，促进了科学的进步，从而能制

造出更强有力的火箭。十九世纪初英国的康格雷夫设计了多种杀伤力极强的火箭用于战争，使各国纷纷重视火箭的研究和使用。一时间火箭与大炮并重，后来由于大炮运用来福线后精度大为提高，致使火箭作为武器备受冷落而停止发展。

但新的科技思想在慢慢形成。运用火箭作为宇宙航行基本运载工具的想法在先驱者脑中酝酿。先后有三位科学家详细探索了火箭作为空间运载工具的可能性。这三位勇敢的人是俄国的齐奥尔科夫斯基、美国的罗伯特·戈达德和罗马尼亚的赫尔曼·奥伯特。

伟大的先驱者

齐奥尔科夫斯基生于 1857 年 9 月 17 日。他的家乡在离莫斯科不远的卢加卡小镇。他的父亲是一个守林人，家境贫寒，他在 2 岁的时候就因猩红热而两耳失聪。虽然他不能进一般的学校，但他的母亲玛丽亚·伊凡诺娃，在他 7 岁时就教他读书。少年的齐奥尔科夫斯基博览群书，又对数学和物理最感兴趣，有一段时间他热衷于飞行试验。在他的自传中他写道：“我对热气球十分感兴趣，我甚至收集相当多的数据来计算由金属框架制成的热气球的必要容量，以便能载人在空中飞行。从那时起我一直沉迷于金属热气球中。”那时他才 14 岁。

1873 年他的父亲送他去莫斯科著名的技术学院注册。虽然他没能通过入学考试，但他留在莫斯科勤奋自学。三年多的时间里他频繁光顾公共图书馆，学习他所能获得的所有数学、物理知识。1876 年应父亲的要求，他回到了家乡，以做家庭教师为生，但这个时候他已经钻研牛顿的运动定律了。

闲暇之时，齐奥尔科夫斯基制造各种各样的机械，甚至在他的家里开设了一个作坊。这期间他写了两本理论著作，并因此被

选入圣彼得堡物理化学学会。在《空虚空间》一书中，他再次回到年轻时让他着迷的飞行问题。1903 年在《用反作用装置探索宇宙空间》一书中，他第一次阐述了火箭理论和液体燃料发动机的构想，并展望了宇宙航行的前景。

齐奥尔科夫斯基是第一个提出使用液体燃料作火箭推进剂的人。他设想把液氢和液氧分别贮存在两个舱中，作为燃料在燃烧室中产生反应，使生成的高热气体通过导管从尾端高速喷出。宇航员将在舱中生活工作。火箭还设有喷气摩擦栓以调整火箭的运行方向。

齐奥尔科夫斯基的设想具有切实的实用性。美国发射阿波罗飞船的火箭“土星Ⅴ”就是用的液氢、液氧推进剂。其实，他还提出了多种可供选择的燃料，如汽油、煤油、酒精等。他提出了利用推进剂混合阀门来控制进入燃烧室的推进剂流量的设想，也指出了可以用液体推进剂流过燃烧室和喷管的双重壳体来使其冷却的方法。在他的笔记和著作中，还有许许多多奇异的设想，后来的研究者们总能从中得到许多启发。

他考虑了宇航员的生命保障问题，如二氧化碳的吸收问题。他还认真对待火箭离开地面时巨大的加速度对宇航员的影响。为了抵御太空的高温和严寒，他提出飞船的壳体应采用双层结构，并且可以防止陨石的袭击。

作为宇宙航行的先驱者，他试图用火箭作为航行工具。为此他计算了将一个物体送入地球轨道的最小速度（第一宇宙速度）和使其脱离地球的最小速度（第二宇宙速度）。他正确指出，要达到这种高速度，唯一切实可行的办法是使用多级火箭，也就是他所称的“火箭列车”。

齐奥尔科夫斯基是认识到环绕地球轨道飞行的地球卫星和空间站可能实现的第一人。在 1911 年一封给朋友的信中他写道：“人类不会永远呆在地球上，通过探索光和空间，我们将会——

起初可能有些小心翼翼，但终究会冲出大气层的界限而征服整个太阳系。”这句话后来铭刻在他的墓碑上。

齐奥尔科夫斯基死于 1935 年 9 月 19 日，终年 78 岁。他成就巨大，留下的著作给后来者以充分启发，可以说现代火箭的产生奠基于他的构想之上。因此，他是当之无愧的现代火箭之父。他的一生大部分时间却处于困境之中。他的天才构想被同时代的人视为胡思乱想，或者是荒诞的科幻小说，得不到沙皇政府的资助来从事实验研究。但是齐奥尔科夫斯基却能够忍受这一切，忍受身体的折磨，忍受他人的讥刺与冷漠，以一颗不倦求知的伟大心灵，顽强地走自己的路。十月革命以后，苏联政府承认了齐奥尔科夫斯基的伟大工作，并于 1932 年授予他劳动红旗勋章。在他的家乡，他曾经居住的小木屋正成为一座博物馆。前苏联科学院还以他的名字颁布一种奖章，用来奖励那些在星际航行领域中做出突出贡献的人。

在齐奥尔科夫斯基之后，美国人戈达德在他 17 岁的时候就向往火星之旅了。十年以后戈达德认识到，唯一能达到这个目的的运载工具就是火箭。从那时起，他就决定将自己献身于火箭事业。

但他的一生却是孤独而不被人理解的。在当时的美国，飞机刚刚开始被人接受，设想火箭这一更为深远的产物就难免要遭到人们嗤之以鼻了。勇敢的戈达德毫不气馁，在理论和实践上做了很多工作，向怀疑他的设想的人们表明未来的整个航天事业都将建基于火箭技术之上。他也因此而当之无愧地被称为“现代火箭之父”。

童年的时候，戈达德就显示出对科学幻想和机械的特殊兴趣和能力。那时候他常迷恋于威尔士的科幻小说，如《星球大战》等，也醉心于阅读凡尔纳的《从地球到月球》等作品。在他的自传中，他承认这些小说大大激发了他的热情和想象。他认为，这

些小说“完全抓住了我的想象力。威尔士的奇妙的真实的心理描写使事情变得十分生动，而其所提出的面对奇迹的可能途径总是让我想个不停”。

戈达德生于1882年10月5日，24岁从渥切斯特技术学院毕业后进入克拉克大学攻读博士学位。这两所院校都在他的家乡马萨诸塞州。1911年他取得博士学位后留校任教。在此期间，他认识到液氢和液氧是理想的火箭推进剂，在随后的几年里，他进一步确信用他的方法一定会把人送入太空。

戈达德的研究极端缺少经费，而且挑剔的舆论界也不放过这位严谨的教授。《纽约时报》的记者们嘲笑他甚至连高中的基本物理常识都不懂，而整天幻想着去月球旅行。他们称戈达德为“月亮人”。为新闻界左右的公众也对这位科学家的工作表示怀疑和不理解，但这都不能撼动顽强的戈达德。最好的办法是走自己的路，继续自己的研究，而对公众的反应保持沉默，因为他很清楚这种讥讽是不会持久的。这时他的研究也取得了重大进展。1926年3月16日，在马萨诸塞州的奥本，冰雪覆盖的草原上，戈达德发射了人类历史上第一枚液体火箭。火箭长约3．4米，发射时重量为4．6公斤，空重为2．6公斤。飞行延续了约2．5秒，最大高度为12．5米，飞行距离为56米。这是一次了不起的成功，它的意义正如戈达德所说：“昨日的梦的确是今天的希望，也将是明天的现实。”

报界的注意力再次集中到他身上，至少这次有些赞扬的话语了。意想不到的是报界的报导引起了美国航空界先驱人物之一林白的注意。在亲自考察了戈达德的试验和计划之后，他立即设法从格根海姆基金会为戈达德筹得五万美元。这对于极端缺少资金而又迫切需要进行实验设计的戈达德真是雪中送炭。这时马萨诸塞州对于戈达德的计划就显得太拥挤了，于是在1930年他的全家和四个助手迁到新墨西哥州的罗斯威尔建立他的发射场。到

1941 年，除了短暂的中断之外，他在这里从事了在科技史上最令人瞩目的个人研究计划。

戈达德的研究终于受到政府的重视。在他于 1941 年 8 月 10 日死后，他获得的荣誉达到了顶峰。他被追授了第一枚刘易斯·希尔航天勋章，而国家宇航总局的一个主要基地以他的名字命名为戈达德航天中心。在 1960 年，美国政府授与格根海姆基金会和戈达德夫人 1 百万美元，以酬付政府所利用的 2 百多项戈达德的专利。

戈达德的一生是坎坷而英勇的一生。他所留下的报告、文章和大量笔记是一笔巨大的财富。对于他的工作，冯·布劳恩曾这样评价过:“在火箭发展史上，戈达德博士是无所匹敌的，在液体火箭的设计、建造和发射上，他走在了每一个人的前面，而正是液体火箭铺平了探索空间的道路。当戈达德在完成他那些最伟大的工作的时候，我们这些火箭和空间事业上的后来者，才仅仅开始蹒跚学步。”

晚于戈达德 12 年的赫尔曼·奥伯特于 1894 年 6 月 25 日出生于特兰西瓦亚，该地当时属奥匈帝国，现在位于罗马尼亚境内。在他 12 岁的时候，就因凡尔纳的《从地球到月球》的影响而迷上了星际旅行。1913 年他到慕尼黑学医学，但第一次世界大战中断了他的学业。

从 1919 年开始，奥伯特认真钻研物理，他阅读了所有他能找到的关于火箭和宇宙航行的著作，其中包括齐奥尔科夫斯基的著作。1922 年他向海德堡大学提交了题为《飞往宇宙空间的火箭》的论文。虽然有粗糙的科学数据来显示其可能性，但论文被断定是不切实际的。

从 1924 年到 1938 年，奥伯特在特兰西瓦亚的一所中学里教数学和物理。但他对火箭的兴趣没有丝毫减退。当时有一部电影《月宫女郎》需要一架火箭，为此导演找到奥伯特，希望他能制

作一个。虽然这个计划最终没有完成，但它却激发起了一批天才人物的想象力。1927 年，一批热情的支持者成立了宇航协会。

协会在布雷斯劳的一家啤酒店里召开了具有历史意义的第一次会议。会议的宗旨是要开展震惊世界的火箭研制工作，而协会本身则成了培养打开宇宙大门的人才的基地。协会人才济济，第一任会长是谦虚诚恳的温克勒，还有克里斯·里迪尔。年轻的天才冯·布劳恩在其 18 岁的时候也加入了该协会。

宇航协会的成员们在设备十分简陋的情况下开始了他们的火箭研究工作。早期的试验很粗糙，也带有一定的危险性。冯·布劳恩曾对他们早期的一次发射有所描述：“里迪尔担当了这个颇有危险的任务，即把泡在水桶中的小喷管点燃。在火箭的冲力达不到的地方设置了一个挡板，里迪尔需要把一块浸过汽油点燃后的布片扔到喷着气体的锥形喷管上去。接着在发动机发出震耳的怒吼声前，就迅速隐蔽在挡板之后。这需要相当的敏捷，但是对于里迪尔这样一位超过 196 磅的大个子来说，他当时表现出的敏捷简直是奇迹。”

火箭发射成功也是一个奇迹。1930 年 8 月，奥伯特成功地运转了他的锥形喷管发动机。此后，协会致力于建造一枚最小型火箭，它被称为“米拉克”。米拉克并没让人满意，协会会员于是设计了一系列“推力器式”火箭。1931 年 5 月，推力器式火箭试飞成功。火箭升高 61 米，飞行距离为 610 米。

尽管获得这些成功，宇航协会的火箭飞行场却面临被关闭的危险。当时的德国陷入经济萧条，协会成员的境遇也一落千丈。能使火箭研究得以继续的唯一出路就是依靠军方的雄厚资本和独到条件，而陆军当局出于战争上的考虑对火箭表现出相当的兴趣。从此，火箭研究逐步转于陆军控制之下，而宇航协会也就逐渐瓦解了。

奥伯特的工作并没有结束。虽然他没有直接参与发展后来的

A—4 火箭发动机，也就是著名的 V—2 火箭，但 A—4 火箭却完全是以他的理论框架为基础的。战后，奥伯特留在德国，并回到他的家乡住了一段时间。1951 年，他离开德国到美国与布劳恩合作，共同为美国空间规划努力。这期间他写了两本书，一本是对十年内火箭发展的可能性作出展望，另一本谈到了人类登月往返的可能性。1960 年奥伯特退休后回到德国，大部分时间用来思考哲学问题，这也许是许多德国科学家的习惯。奥伯特于 1989 年 12 月去世，享年 95 岁。

奥伯特的主要贡献是理论上的。他建立了下列条件之间的理论关系：燃料消耗、燃气消耗速度、火箭速度、发射阶段重力作用、飞行延续时间和飞行距离等。这些关系对于火箭的设计是最基本的因素。

上面讲到 A—4 火箭发动机主要是奥伯特的构想，其中 95％以上的发明和技术构造都出自他的想法。A—4 是第一个现代意义上的、可操作的火箭，对后来所发展的大型运载火箭有直接的影响。冯·布劳恩评价道：“（奥伯特）从星际飞行的可能性想法出发，得出他的简单规则，并能将研究课题和抽象概念转化为数学计算。”

更多地作为一个理论家，而不是一个实验家，奥伯特影响了整整一代工程师。作为航天事业的奠基人之一，他受到的称赞是当之无愧的。

现代火箭的迅速发展

现代火箭发展的开端源于德国。宇航协会解体后，在德国陆军协会资助下，冯·布劳恩潜心于火箭研究。一开始他只有一名技师做助手，实验室也很简陋，但随着他的研究成果的增多，条件亦逐渐改善。

布劳恩研制的一系列火箭中的第一种是 A—1。它采用再生冷却式火箭发动机，用酒精和液氧作推进剂，但在一系列试验中因点火延迟导致发动机爆炸而失败。布劳恩全面修改了 A—1 方案，拿出新的 A—2 方案。两枚改进后的 A—2 火箭于 1934 年 12 月从北海中的博尔库姆岛上发射，飞行高度达 2．4 公里。

A—2 的成功导致了 A—3 的问世。新的火箭第一次配备了陀螺控制的排气舵和气动稳定舵等，这些改进使火箭发射不必再利用发射平台，而可以依靠尾翼竖立发射。

布劳恩的研究小组迅速扩大，原宇航协会的一批老成员也加入了他的研究计划。陆军当局要求制造能用于实战的火箭，布劳恩小组便着手研制 A—5。他们不用 A—4 的称号，因为他们正酝酿着一个宏伟的计划。不带制导系统的 A—5 火箭于 1938 年夏首次发射，第一枚全陀螺制导的 A—5 火箭于 1939 年秋发射成功。这时正值第二次世界大战爆发，在不安定的世界又引起了一次强烈反响。

A—5 的杰出成就开辟了研究火炮火箭——A—4 的道路，这也是陆军所要求的。其最初技术指标是火箭能飞行 275 公里，携带一吨重的弹头。但火箭的大小必须限制在能通过欧洲的标准隧道这一要求之内，这实际上成了决定火箭性能的主要因素。当时并没有用这种火箭作为进攻伦敦的武器的计划，只是由于希特勒的狂妄才使它派上如此用场。

A—4 发动机采用液氧——酒精推动剂，推力高达 25 吨。A—4 的前两次试飞都以发动机爆炸而告终，但于 1942 年 10 月 3 日进行的第三次试飞却获得惊人的成功。火箭升高至 85 公里，射程为 190 公里。在现场的军方负责人多恩贝格将军兴奋地对布劳恩说：“你知道我们今天完成的工作有什么意义吗？今天，宇宙飞船诞生了。”

多恩贝格是个有眼光的将军，这在当时的德国军界是难得

的。他的论断是正确的，A—4 奠基了现代火箭的模型。也正是这样的火箭将人造卫星和宇宙飞船送上太空。

在 V—2 飞弹，也就是 A—4 火箭大规模袭击伦敦的时候，布劳恩的小组仍在继续向前走。他们提出的 A—9/ A—10 计划，是利用 A—10 火箭作助推器，来使具有飞机机翼的 A—9 火箭在高空大气层中飞行 5000 公里。这可以使导弹从法国西部的发射场直接攻击美国大西洋沿岸的目标。但是让设计者们感兴趣的是用这种火箭作为探索外层空间的工具。布劳恩说：“只要稍微改进一下质量比，使用更好的推进剂，我们就有可能轻易地把 A—9 火箭的驾驶员射入一条绕地球运行的永久卫星轨道上去。”

但这一切在当时的德国是不可能实现的，甚至连这样的建议也是不允许的。战争剥夺了自由发展的权利，虽然有时战争也会加速某些项目的开发，但首要的是为军事目的，是为了人类之间的互相残杀而发展的。

德国战败后，美苏两国分享了德国的火箭技术。在美军到达火箭发射场之前，美国特工人员就已经同布劳恩取得联系，达成了协议，让这批专家平安地到达美国。这样，美国得到了一百多名第一流的德国专家和全部的 A—4 资料和少量 V—2 零件；而由于苏军的迅速进攻，也使苏联得到了大量的 V—2 飞弹及其零件，以及一部分二流专家。出于政治和军事上的需要，两国都迅速在 A—4 的基础上将火箭技术继续向前推进。

苏联很早就开始了火箭的研制工作。在苏联，太空活动是同科罗廖夫这个光辉的名字紧紧联系在一起的。每项重大事件的背后，都有着科罗廖夫的心血。如第一次成功发射人造地球卫星“旅行者 1 号”、月球背面的第一张照片、第一次载人飞行、第一次太空漫步，甚至第一名女宇航员上天等等，这些人类历史上杰出的成就这么紧密地和他联系在一起，他是多么了不起啊！

科罗廖夫生于 1907 年 1 月 12 日。少年时代迷恋于飞行和空

中格斗，但在 1930 年他离开了飞行学校，而将全部身心献给了火箭。从 1932 年始，科罗廖夫领导着莫斯科的火箭推动原理研究小组，从事火箭研制工作。1933 年 8 月 17 日，他们成功地发射了 GIRD—09 火箭，推动剂为液氧和胶状汽油。第一枚全液体火箭 GIRD—X 于 1933 年 11 月 25 日发射成功，飞行高度约为 80 米，飞行 150 米。这些早期的试验奠定了苏联火箭发展的道路。

二战期间，科罗廖夫主要的工作是改进战斗机性能。他将火箭发动机装在飞机上，也就是现在的喷气式战斗机，这样大大提高了飞机的速度和适应性。

战后，他受命研制远程战略导弹。1948 年进行了第一次试验，但一直到 1957 年，第一枚两级式洲际导弹才试验成功。这在军事上的直接意义就是核弹头现在可以在 20 分钟内打到美国的任何一个地方。只是在两年之后美国才拥有了这种能力。

洲际导弹的成功带来了另一个更加深远的影响。实际上，在研制洲际导弹的同时，计划向地球轨道发射卫星的工作也在进行着。如此，苏联才能很快于 1957 年 10 月 4 日发射了第一颗人造地球卫星。

洲际导弹的核心部分是 RD—107 和 RD—108 火箭发动机。他们使用液氧和煤油作为推进剂，每个发动机有四个燃烧室。发射卫星的火箭是由一个 RD—108 主发动机和四个 RD—107 助推器组成的。

当然，科罗廖夫的梦想并不仅仅是一颗卫星，他要实现载人飞行。在尤里·加加林升空的前一天晚上，总设计师科罗廖夫和加加林并肩站着，望着宁静的太空默默无语。最后，科罗廖夫紧紧握住加加林的手说：“你真幸运，你将从那么高的地方观察美丽的地球。”

1961 年 4 月 29 日，加加林成为第一个飞入太空的人。随后

不久，季托夫又乘坐“东方二号”飞船在太空中逗留了 25 个小时。人类终于毫无疑问地踏入了太空。

科罗廖夫的梦还在继续。向月球发射探测器，在月球软着陆，向其它行星发射探测器都一一实现了，但他却没有能看到人类在月球上首次旅行。他于 1966 年 1 月去世。他的骨灰盒被置入红场，他的住宅成为纪念馆。

美国人在这场太空竞赛中，一开始是失败者，其原因是多方面的。对于发射人造卫星有两个方案，一个是先锋火箭设计，这个方案由于屡次的失败而最终遭废弃。但也由于优先发展了这个计划，结果“先锋号”卫星发射失败更加造成了苏联在空间科技上优于美国的感觉。另一个是由布劳恩领导设计的“红石”中程导弹方案，这是在 A—4 基础上稍作改进而产生的。布劳恩很早就指出，利用改进了的“红石”导弹将有可能将卫星送入地球轨道。1957 年 5 月 31 日“宇宙神—C”试验成功，这时已具备了发射人造卫星的可能，但由于其它原因被搁置了。只是在先锋计划失败后，迫于公众的强大压力，国防部命令布劳恩小组必须在 1958 年 5 月前准备好发射。但布劳恩他们认为并不需要这么多时间。结果在 1958 年 1 月 31 日，“探索者 1 号”顺利升空。发射所用的火箭是“朱诺—1 号”，它是在原有的“宇宙神—C”火箭上再加一级，即第四级固体火箭推动器。发射的时候，布劳恩并不在现场，他只能在五角大楼里焦急地等待。因为一旦发射成功，布劳恩就要对公众发表讲演。只是当收到从卫星上传来的无线电讯号时，所有的人才都松了一口气。

布劳恩也是一个对太空怀有特殊感情的人，他于 1912 年 3 月 23 日生于德国的一个上层家庭。早年就表露出在科学和音乐上的才能。他得到了母亲的文化熏陶，而不是他父亲的商业、财政和政治上的爱好和才能。早在 18 岁时，他就加入了宇航协会从事火箭研究，而终生再没有放弃过。在人造地球卫星发射成功

后，他着手设计推力更大的火箭，以便能将人送往宇宙空间，但他的方案并没有受到应有的重视。只是到了肯尼迪时期，情况才根本改变。此时的航天事业以登月为核心，而建造能把庞大的阿波罗飞船送往月球的大型火箭就是不可缺少的。“土星—5”应时而生。“土星—5”的研制是非常困难的，以至于布劳恩在 1967 年 11 月 9 日火箭试验成功后说：“我从没有相信过它能实现。”但事实证明“土星—5”是完美的设计，极好地完成了阿波罗计划。

关于月球之旅，一开始有两种观点。一种是采用月球轨道分离方式，另一种是采用地球轨道分离方式。前者是由奥伯特提出的，也是后来实际采用的。后者是布劳恩一开始坚持的。他设想用一枚“土星—5”将飞船送往地球轨道，然后再用另一枚火箭以供给飞船充分的能源来进行月球旅行。但当仔细分析表明了前一方案的优越性后，布劳恩愉快地放弃了自己的想法并专心于火箭研制。布劳恩是个心胸开阔的人，这也是伟大的科学家应当具备的品格。

在 1972 年 12 月阿波罗 17 号结束飞行后，阿波罗计划就宣告结束了。布劳恩转到空间站的研究上去。布劳恩也试图在其它方面有所突破，但他的健康情况却逐渐恶化，导致他于 1976 年 12 月退休，于 1977 年 1 月 16 日死于弗吉尼亚。

火箭事业的巨大成就

火箭在太空事业中的地位是独一无二的。利用一代比一代威力更大的火箭，人们能够完成越来越困难的任务。

早在 1951 年 10 月 4 日，苏联主要的火箭设计师吉洪拉沃夫就曾断言：他的国家在科技水平上与美国不相上下，完全有能力发射一颗人造地球卫星。1956 年 9 月，在布鲁塞尔召开的国际

地球物理年会特别会议上，一位苏联代表宣布，他的国家将在未来的一年里，发射一枚人造地球卫星。

但没有任何人倾听苏联人的声音。至少在美国，没有人认真研究过苏联人的想法。

1957 年 10 月 4 日，苏联将第一颗人造地球卫星“旅行者 1 号”送入地球轨道。发射卫星的火箭是改进的 SS—6 洲际导弹，也即 R—7 火箭。“旅行者 1 号”测量了高层大气的密度和湿度，还带有仪器测量电离层的电子浓度。但最重要的是，从它上面的无线电仪器上传来的“扑扑”声向人们宣告了太空时代的来临。

在发射“旅行者 1 号”的第二天，苏联人在宣传这项成就的同时强调，他们准备了两颗供发射的卫星，“旅行者 1 号”只是其中较简单的一枚。果然在 11 月 3 日，“旅行者 2 号”带着小狗“莱卡”升空并安全回收。虽然莱卡不久后死去，但这次飞行取得了大量数据，也充分说明了在太空时代的早期，苏联就迫不及待地渴望着将人送入太空。

美国试图在 1957 年 12 月 6 日用先锋火箭（TV—3）来将先锋 1 号卫星发射入环地轨道，但火箭仅在上升 2 秒钟后即因推力下降而坠落，卫星被摔落在地。先锋火箭可靠性较差，在从 1957 年到 1959 年进行的 11 次发射中仅有 3 次成功。

美国的第一颗人造卫星是用改进的宇宙神火箭，即朱诺—Ⅰ号发射上去的。这枚称为“探索者 1 号”的卫星于 1958 年 1 月 31 日升空，比苏联人晚了 3 个多月。朱诺—Ⅰ和朱诺—Ⅱ号火箭承担了以后探索者系列卫星的发射计划。朱诺系列火箭实际上只是权宜之计，它最上面一级为固体火箭发动机，它由较小的自旋稳定火箭组成，不能够把巨大的卫星载荷准确地送到预定轨道上。

当时有两种发展方案。一种是从雷神中程导弹着手改进。雷神—德尔塔火箭于 1962 年 7 月 10 日将西方第一颗商业通讯卫星

发射入轨，以后又多次将辛康系列卫星和其它设备发射入地球轨道。另一种方案是在宇宙神洲际导弹上建立起来的。宇宙神—阿金纳火箭在 1961 年到 1972 年的这段时间内承担了大量对大型天文望远镜、大型地球资源探测卫星的发射任务。

由于苏联在洲际导弹上的领先地位，也使苏联火箭的推动力较美国火箭为优。因此在早期的空间探索中，苏联占着优势是完全可以理解的。

苏联很早就开始了对月球的探测。1959 年 1 月 2 日，苏联第一个发射了一枚脱离地球引力的月球探测器材。它有一条特殊的轨道，在飞近月球做了观测之后就又飞离了。最后成为太阳系的一个流浪者。不久苏联发射了月球 1 号（也称梦想 1 号），它所使用的火箭是在原 SS—6 导弹上再加上一级火箭。探测器有效载荷为 400 公斤，原计划击中月球，但在飞至月球 5955 公里处后飞离月球，进入太阳系。这枚探测器取得了大量关于太阳辐射、宇宙辐射、行星际磁场和太空中稀薄气体含量的一系列资料。同时期美国也进行了月球挥测的尝试，但却大多以失败而告终。不是发动机爆炸，就是发动机熄火，无法到达月球。其中最成功的一次是 1959 年 3 月 3 日用朱诺—Ⅱ号火箭发射的先驱者 4 号，这也是美国在该年即国际地球物理年中的最后一次尝试。

光荣是属于苏联人的。苏联在 1959 年 9 月 12 日将月球 2 号（梦想 2 号）送上月球。值得苏联领导人赫鲁晓夫夸口的是在这上面载有一个防碰撞的金属圆球，当月球 2 号最后与月球相撞之后，这个圆球就留在月球上面，将成为第一个到达月球的人类文明的产物，上面刻有苏联国徽。

于 10 月 4 日发射的月球—3 号取得了更大的成功，它飞到了月球背面，拍摄下月球的背部照片，然后在飞回正面时将信息传送回地球。人类第一次看到了月亮的另一面，它和正面迥然不同。月球—3 号拍摄了月球背面的约 70％。

随着阿波罗计划的开展，美国土星系列运载火箭的研制也在紧张进行。研究者们是以布劳恩为首的德国专家们，其主要理论基础就是原来的 A—4 火箭。在已有的红石中程导弹和宇宙神州导弹基础上，他们设计出推力更加强大的土星系列火箭。土星 1 号于 1961 年 10 月 27 日试制成功，其第一级推力达 580，000 公斤。到了可以执行阿波罗计划的土星—5 号，其第一级火箭推力已达 7，500，000 公斤。六十年代的实验技术带来低温技术的繁荣，而使液氢的贮存和传输成为可能，从而使液氢、液氧发动机的使用成为现实。土星—5 号的第二级发动机组是 5 台 J—2 型氢氧发动机，而第三级为一台 J—2 发动机。

1967 年 11 月 9 日，土星—5 火箭试飞成功。发射时发出的巨大声音像是一座火山爆发，而远在 1 千公里之外的观测站竟测到了其产生的压力波。这么大声音也只有这么一次，因为在以后的发射中采用了消声装置。土星—5 号火箭是技术的巨大成功，它为美国在航天事业中占据优先地位立下了汗马功劳。

用土星—5 火箭执行了阿波罗计划，尤其是阿波罗 11 号的第一次登月更是让人激动的一次旅行。土星—5 的可靠性极好，在所有的发射中从来没有失败过。大推力的火箭使人们对太阳系其它星系探索甚至冲出太阳系成为可能，实际上人们很早就开始了对金星的探测。苏联利用 A—2—e 号火箭向金星发射了系列探测器，其中金星 7 号和 9 号于 1970 年安全抵达金星表面。金星的表面温度高达 475℃，表面大气压高达 90±15 个大气压。这也是造成开始的几个金属探测器失败的主要原因。美国也曾利用宇宙神—阿金纳火箭将水手号送往金星，得到了关于金星的第一批资料。后又陆续将探测器送行火星、水星。有趣的是，在早期的这些探测中美国和苏联的探测器常常是结伴而行的。

1972 年，美国发射了第一个驶向木星的探测器先驱者 10 号。由于在距太阳那么遥远的地方飞行，探测器上的太阳能电池

将无法获得足够的电流，只好装上了热核发动机，利用原子能来提供电源并尽量减少能源消耗。先驱者 10 号和 1973 年发射的先驱者 11 号也是人类第一批离开太阳系的飞行器，因此在其上面携带了人类的问候和地外文明可以理解的信息，其中有人类的形状、地球在太阳系中的位置以及太阳系在宇宙中的位置。先驱者号将在茫茫太空中漫游，寻找着其他星球的文明。

1977 年 8 月和 9 月，相继发射的旅行者二号和旅行者一号对木星和土星进行了更为详细的探测。旅行者一号探测了土星卫星的详细资料，如土卫六的大气中最丰富的成分是氮，和地球大气一样。旅行者号将继续访问天王星和海王星，最后也将离开太阳系在星际中飘荡。

火箭从产生到今日的发展，其间经历了漫长的过程。但从现代火箭的酝酿到它的辉煌应用，使人类征服太空的渴望变成现实，而且为人类展现出壮丽的前景。

现代科学的宠儿

——激光器

大家对于激光这个词并不陌生。激光唱机、激光视盘所提供的听觉享受，全息照片给与我们的三维视觉效果，以及“死光”武器、星球大战计划都是人们津津乐道的话题。但激光到底是什么东西？它是怎样产生的？它又有什么样的性质？这恐怕就没有多少人了解了。

光的本性

很久以来，人们对光就进行了各种各样的研究。光到底是什么东西呢？这个问题困扰了许多有才智之士。古希腊哲学家们认为光是高速运动的粒子流。凡是发光的物体，例如太阳，都能发出这样的粒子流。当这些微小的粒子流接触到眼睛上时，就引起了人们对光的感觉。

对于光的研究在以后很长的年代里没有进展，直到伟大的科学家牛顿，才开创了一个光学研究的新世纪。牛顿在他的工作室里，用三棱镜把白光分解为从红到紫的七种色光。这是人类第一次看到光的奥妙。白光并不是单一的，而是几种不同色光的复合。进一步的研究使牛顿提出著名的光微粒说：光是由极小的高速运动微粒组成的；不同色光有不同的微粒，其中紫光微粒的质量最大，红光微粒的质量最小。利用这种学说牛顿解释了光的折

射、反射和上面描述的色散现象。

微粒说合乎人们的日常直观心理要求。由于光是直线行进的，人们很容易相信光是粒子流。而且由于牛顿的巨大声望，微粒说一时独领风骚。但在牛顿的同时代人中亦有人大力批驳微粒说，荷兰人惠更斯 (1629 - 1695) 于 1678 年提出波动理论来解释光的本性。他认为光的微粒理论无法解释光线可以相互交叉通过而互不影响，但这却是波的基本性质。利用光的波动理论也很容易解释光的反射与折射现象。那么，到底光是波还是粒子呢？

到十九世纪世纪初期，发现了光的干涉、绕射和偏振现象，这些行为只适合于光的波动理论解释。同时，若根据微粒理论，光在水中的传播速度要大于光在空气中的传播速度，而根据波动理论计算的结果则正好相反。在牛顿和惠更斯时期，人们还无法精确测量光速，因此无法用实验判定两理论的正误。但到了十九世纪，科技水平和实验技巧都大大发展，因此在 1862 年福科测得了光在水中的传播速度，证实了其小于光在空气中的传播速度。这时光的微粒说基本上是彻底被放弃了。到 1863 年麦克斯韦发表著名的电磁理论，揭示了光波其实是电磁波的一种，这时波动理论的最后的一个难题——传播媒质问题也被解决了。按照传统的机械波理论，光振动是在弹性媒质中的一种机械振动。由于光速极大，人们不得不臆造一种弹性极大但密度极小的媒质“以太”，作为光传播的媒质而散布在宇宙空间。可是，任何实验都测不到以太的存在，而假定它的存在却引起了许多麻烦。从而，“以太”成了波动理论之一大难题，是欲弃之而不能的“鸡肋”。但麦克斯韦的理论告诉我们，电磁波的传播不需要媒质。变化的电场产生变化的磁场，变化的磁场产生变化的电场。这样，变化电磁场的交替产生就构成了电磁波由近及远的传播。因此，如果我们把光视为一种电磁波，则“以太”难题就迎刃而解了，因为根本就不需要它，丢掉这块“鸡肋”一切就解决了。

麦克斯韦理论完美地解释了当时已知的所有光学现象。但从十九世纪末起，却发现了一系列令人困惑的新的实验结果。这些结果共同的特点是，他们无法用麦克斯韦理论来解释。其中最典型的是光电效应实验。

如图 (1) 所示。电路中接一抽为真空的玻璃小球，内表面上涂有感光层 (阴极 K)。阳极 A 可做成直线状或圆环形。当用光照射阴极 K 时，电路中有电流通过。这就说明，在光照射下，有电子从阴极逸出，而在电场力作用下由阴极 K 移向阳极 A 形成电流。感光层一般由银、锌等金属制成。像这种金属受到光的照射而放出电子的现象就称为光电效应。

图 (1) 用光照射阴极 K (G 为灵敏电流仪)

光电效应实验使传统的光学理论受到严竣考验。伟大的爱因斯坦于 1905 年提出光量子说来解释该实验。想法是革命性的，即认为光是一束束以光速运动的粒子流，每一个光粒子都携带着一份能量。光量子说受到普朗克量子说的很大影响。普朗克在解释黑体辐射问题时认为光在发射和吸收过程中具有粒子性。爱因斯坦则进一步认为光在传播过程中也具有粒子性。

光一方面具有波动的性质，如干涉、偏振等；另一方面又具有粒子的性质，如光电效应等。这两方面的综合说明光不是单纯的波，也不是单纯的粒子，而是具有波粒二象性的物质。这是认识上的不断加深而得到的结论。应该注意这也还不是最后的答案。对于光的本性，虽然经过这么多年的探索，我们所知道的也的确是太少了。光到底是什么？是在某一时刻表现为粒子，而在另一时刻表现为波？还是完全不同于我们现在所知的某种物质？这些问题也是当今的科学家们在苦苦思索的问题。

激光的理论基础

直到二十世纪初，人们才在实验的基础上揭开了原子结构的奥秘。原子结构像是一个小小的太阳系，中间是原子核，电子围绕原子核不停地旋转，同时也不停地自转。原子核集中了原子的绝大部分质量，但却只占有很小的空间。原子核带正电，电子带负电，一般原子核与电子所携带的正负电荷数量相等，因此对外呈中性。电子绕核旋转具有一定的动能，同时负电荷的电子与正电荷的原子核之间存在着一定的位能。所有电子的动能与位能之和就是整个原子的能量，称为原子的内能。

这种原子模型是 1911 年由英国科学家卢瑟福提出的。紧接着，1913 年，丹麦物理学家玻尔提出了原子只能处于由不连续能级表征的一系列状态——定态上，这与宏观世界中的情况大不相同。人造卫星绕地球旋转时，可以位于任意的轨道上，也就是说可具有任意的连续变化的能量。而电子在绕核运动时，却只能处于某些特定的轨道上。从而原子的内能不能连续的改变，而是一级一级分开的，这样的级就称为原子的能级。

不同的原子具有不同的能级结构。一个原子中最低的能级称为基态，其余的称为高能态，或激发态。原子从高能态 E_2 过渡到低能态 E_1 时，会向外发射某个频率为 v 的辐射，满足普朗克公式:

$$h\nu = E_2 - E_1$$

式中 h 为普朗克常数。反之，该原子吸收频率为 v 的辐射时，就会从低能态 E_1 过渡到高能态 E_2 。

爱因斯坦在玻尔工作的基础上于 1916 年发表《关于辐射的量子理论》。该文提出了受激光辐射理论。而这正是激光理论的核心基础。因此爱因斯坦被认为是激光的理论之父。在这篇论文

中，爱因斯坦区分了三种过程：受激吸收、自发辐射、受激辐射。前两个概念是已为人所知的。受激吸收就是处于低能态的原子吸收外界辐射而跃迁到高能态；自发辐射是指高能态的原子自发地辐射出光子并迁移至低能态。这种辐射的特点是每一个原子的跃迁是自发的、独立进行的，其过程全无外界的影响，彼此之间也没有关系。因此它们发出的光子的状态是各不相同的。这样的光相干性差，方向散乱，而受激辐射则相反。它是指处于高能级的原子在光子的“刺激”或者“感应”下，跃迁到低能级，并辐射出一个和入射光子同样频率的光子。这好比清晨公鸡打鸣，一个公鸡叫起来，其他的公鸡受到“刺激”也会发出同样的声音。受激辐射的最大特点是由受激辐射产生的光子与引起受激辐射的原来的光子具有完全相同的状态。它们具有相同的频率，相同的方向，完全无法区分出两者的差异。这样，通过一次受激辐射，一个光子变为两个相同的光子。这意味着光被加强了，或者说光被放大了。这正是产生激光的基本过程。

爱因斯坦的理论在当初只是为了解决黑体辐射问题而提出的假设。但是几十年后却成了打开激光宝库的金钥匙。

那么，激光是怎样产生的？在一个原子体系中，总有些原子处于高能级，有些处于低能级。而自发辐射产生的光子既可以去刺激高能级的原子使它产生受激辐射，也可能被低能级的原子吸收而造成受激吸收。因此，在光和原子体系的相互作用中，自发辐射、受激辐射和受激吸收总是同时存在的。

如果想获得越来越强的光，也就是说产生越来越多的光子，就必须要使受激辐射产生的光子多于受激吸收所吸收的光子。怎样才能做到这一点呢？我们知道，光子对于高低能级的光子是一视同仁的。在光子作用下，高能级原子产生受激辐射的机会和低能级的原子产生受激吸收的机会是相同的。这样，是否能得到光的放大就取决于高、低能级的原子数量之比。若位于高能级的原

子远远多于位于低能级的原子，我们就得到被高度放大的光。但是，在通常热平衡的原子体系中，原子数目按能级的分布服从玻尔兹曼分布律。因此，位于高能级的原子数总是少于低能级的原子数。在这种情况下，为了得到光的放大，必须到非热平衡的体系中去寻找。

所谓非热平衡体系，是指热运动并没有达到平衡、整个体系不存在一个恒定温度的原子体系。这种体系的原子数目按能级的分布不服从玻尔兹曼分布律，位于高能级上的原子数目有可能大于位于低能级上的原子数目。这种状态称为“粒子数反转”。

如何才能达到粒子数反转状态呢？这需要利用激活媒质。所谓激活媒质（也称为放大媒质或放大介质），就是可以使某两个能级间呈现粒子数反转的物质。它可以是气体，也可以是固体或液体。用二能级的系统来做激活媒质实现粒子数反转是不可能的。要想获得粒子数反转，必须使用多能级系统。

在现代的激光器中，第一台激光器红宝石激光器是三能级系统，也有一些激光器采用了四能级系统，如钕玻璃激光器。

激光的巨大应用

1960 年 7 月，西奥多·梅曼在加利福尼亚的休斯空军试验室第一次制得了人造激光。这束仅持续了 3 亿分之一秒的红色激光标志着人类文明史上一个新时刻的来临。

梅曼的激光器使用的激活媒质是一个 4 厘米长的圆柱形红宝石棒。在红宝石棒上缠有闪光玻璃管以便让晶体受光线照耀。这种红宝石的主要成份是混有铬离子的氧化铝。当铬离子被强烈的普通光激发时，就产生了离子数反转。这样在谐振腔的作用下就获得了第一束人造激光。

激光器的发明过程并不是一帆风顺的。虽然汤斯和费罗早在

1957 年就提出了激光器的基本理论，但是在实际建造中还有许多困难，对激光的性质和作用都还没有清楚的认识。在梅曼开始建造他的红宝石激光器之前，有人断言红宝石绝不是制造激光的好材料，而费罗也支持这种观点。这使得很多人中止了用红宝石来制造激光的尝试，但梅曼却怀疑这个说法。为此，他花了一年的时间专门测量和研究红宝石的性质，终于发现上述论断所依据的基础是错误的，而红宝石确是制造激光器的好材料。从此他着手建造那个世界上第一台激光器。他的准备工作十分地详细完备，在第一次试验时，当按钮按下时，第一束人造激光就产生了。在梅曼成功之后不久，氦氖激光器也试验成功。这一系列的成功使实力雄厚的贝尔实验室也投入到激光器的研究之中，而其资金和人力资源又迅速推动着研究工作的进展。

自从 1960 年以来，激光家族有着迅猛的增长。现在有各种不同形状不同大小的各种各样的激光器，可以产生出不同功率、不同波长的激光。这些激光的范围包含从红外到紫外以至 X 射线的所有区域。

可以有两种方法对激光器进行分类。一种是从激活媒质的物质状态面分类。这样可分为气体、液体、固体和半导体激光器。各类激光器各有特色。气体激光器的单色性强，如氦—氖激光器的单色性比普通光源要高 1 亿倍。而且气体激光器工作物质种类繁多，因此可产生许多不同频率的激光。但是，由于气体密度低，激光输出功率相应较小。固体激光器则正好相反，能量高，输出功率大，但工作物质种类较少，而且单色性差。液体激光器的最大特点是激光的波长可以在一定范围内连续变换。这种激光器特别适合于对激光波长有着严格要求的场合。半导体激光器的特点则是体积小，重量轻，结构简单。但输出的功率较小，单色性也较差。

另一种分类方式是按激活媒质的粒子结构来分类，可以分为

原子、离子、分子和自由电子激光器。氦——氖激光器产生的激光是由氖原子发射的，红宝石激光器产生的激光则是由铬离子发射的。另外还有二氧化碳分子激光器，它的频率可以连续变化，而且可以覆盖很宽的频率范围。

各种激光器中激活媒质的方法也不尽相同。一般来说可分为三种方法：使用高强度的光，从带电源来的电子，以及较少用的第三种方法——核辐射。

激光刚刚诞生不久就被人们称为“解决问题的工具”。科学家们一开始就意识到激光这种奇特的东西，将会像电力一样注定要成为这个时代最重要的技术因素。迄今为止，仅仅二十多年的初步应用，激光已经对我们的生活方式产生了重大影响。激光通信使我们在地球的每一个角落里都能准确迅速地进行信息交流；激光唱盘可以使我们渴望亲耳聆听世界名曲的现场演奏几近成真。总之，激光正实现着几年前还令人难以置信的技术奇迹。从工业生产到医学，从电讯通信到战争机器，科学和技术正运用激光来解决一个又一个的难题。

激光广泛应用的基础在于它的特性。激光单色性好，又可在一个狭小的方向内有集中的高能量，因此利用聚焦后的激光束可以对各种材料进行打孔。这是令人惊奇的。从红宝石激光器中输出脉冲的总能量煮不熟一个鸡蛋，但却能在 3 毫米的钢板上钻出一个孔。为什么激光这么神奇呢？关键不是光的能量，而在于其功率。激光的功率是很高的，这也是它多方面被应用的基础。

在激光出现之前，只能用硬度较大的物质在硬度较小的物质上打孔。这样要在硬度最大的金钢石上打孔，就成了极其困难的事。激光出现后，这一类的操作既快又安全。用激光来切割钢板也是又快又省事。现代的激光成了人们所幻想追求的“削铁如泥”的“宝剑”。激光还可用于焊接，用比切割金属时功率较小的激光束，使材料熔化而不使其气化，在冷却后成为一块连续的

固体结构。激光在工业领域中的应用是有局限和缺点的。用激光来切割食物和胶合板并不成功。食物被切开的同时也被灼烧了，而切割胶合板在经济上还远不合算。另外，激光钻出的孔是圆锥形的，而不是机械钻孔的圆柱形，这在有些地方是很不方便的。

激光在电子工业中也得到广泛应用。可以用它来进行微型仪器的精密加工，可以对脆弱易碎的半导体材料进行精细的划片，也可以用来调整微型电阻的阻值。随着激光器性能的改善和新型激光器的出现，激光在超大规模集成电路方面的应用已经成为许多其他工艺所无法取代的关键性技艺，为超大规模集成电路的发展展现出令人鼓舞的前景。

激光的出现引发了印刷工业中的一场革命。现代社会中，信息的作用越来越重要。谁掌握的信息越迅速、越准确、越丰富，谁也就更加掌握了主动权，也就有更多成功的机会。因此在信息传播中，加快印刷速度，缩短出版周期也就有了相当重要的意义。现在已经得到广泛应用的激光照排技术就是一项重大的革命。激光照排是将文字通过计算机分解为点阵，然后控制激光在感光底片上扫描，用曝光点的点阵组成文字和图像。现在我国已广泛应用的汉字排版技术就采用了激光照排，它比古老的铅字排版工效至少提高 5 倍。

一般照相机照出的照片都是平面的，没有立体感。用物理术语来说，得到的仅是二维图像，很多信息都失去了。当激光出现后，人类才第一次得到了全息照片。所谓全息照片就是记录了景物的全部信息的照片。全息照相不用一般的照相机，而要用一台激光器。激光束用分光镜一分为二，其中一束照到被拍摄的景物上，称为物光束；另一束直接照到感光胶片即全息干板上，称为参考光束。物光束被物体反射后，其反射光束也照射在胶片上，就完成了全息照相的摄制过程。全息照片和普通照片截然不同。用肉眼去看，全息照片上只是些乱七八糟的条纹。可是若用一束

激光去照射该照片，眼前就会出现逼真的立体景物。更奇妙的是，从不同的角度去观察，就可以看到原来物体的不同侧面。而且，如果不小心把全息照片弄碎了，那也没有关系。随意拿起其中的一小块碎片，用同样的方法观察，原来的被摄物体仍然能完整无缺地显示出来。全息照相的原理是利用光的干涉原理，利用两束光的干涉来记录被摄物体的信息。这个理论很早就有人提出过，但只有激光才能达到它所要求的高度单色性。因此，只有在激光器诞生以后人们才实现了这一梦想。

激光大显身手的另一领域是医学。在外科手术中它不仅可以作为激光刀使用，而且在眼科、牙科、皮肤科与整容各方面都有独到的应用。激光刀的妙处在于它切割的同时也进行了灼烧，这恰好封闭血管防止其出血，也减少了感染的危险。用激光对牙齿进行无痛钻孔和去牙蛀，使人们对以前望之生畏的牙科手术大感轻松。相比以前的机械打孔，激光钻孔不仅不会产生大量的摩擦热，而且其所蒸发掉的只是被腐蚀处的黑色牙区，不会对健康的牙组织产生影响，从而疼痛感会大大减轻。激光在眼科上的应用是最令人叹为观止的。激光可以焊接脱开的视网膜，封闭破漏的血管，彻底摧毁飘浮在眼中冻胶状液体中的微小的沙粒（使其气化)。激光手术的优点是不需要切开眼睛就能完成手术，而且手术的疼痛感大为缓和。

对于目前的不治之症——癌症，激光也提供了有效的武器。一方面，激光可以用作激光刀来切除肿瘤；另一方面，在癌症的早期诊断方面也卓有成效。癌症的早期诊断对于其治疗有着决定性意义。借助于激光能准确地确定肿瘤细胞和正常细胞，同时也提供了一个新的治疗途径。借助于一些特殊的化学物质，采用激光化疗法，能使这些特殊物质在激光作用下杀死肿瘤细胞，从而达到治疗癌症的目的。

通讯设施是人类社会生活，尤其是现代社会生活必不可少

的。激光的发明使通讯进入一个新天地。原来的电磁通讯技术容量小，保密性差，越来越不能满足社会发展的要求。电话之父贝尔早在 1880 年就有过光电话的设想，但由于普通光受云、雨、雾所阻碍，实验失败了。激光发明后，结合另一发明光导纤维，光通讯重获新生并得到迅速应用。

光导纤维的概念可以回溯到 1870 年。英国科学家约翰·廷德尔使用有反射表面的管子，让光以曲折的“之”字形方式输送。如果用玻璃管，那么从一端射入的光将会从另一端射出，即使玻璃管弯曲多次结果仍然不变。其中奥妙在于光的全反射现象：当光在玻璃管内以某种角度射向玻璃和空气的界面时会全部反射回玻璃内。因此在光的传送过程中没有能量的损失，现代光导纤维应用了同样原理。柔软的高纯度的玻璃纤维比头发丝还细，但却比同直径的钢丝强度还高。光在光导纤维内沿之字形传播，因此光导纤维弯曲后也不影响其传播。

激光通讯与无线电通讯相比，激光通讯保密性好，在军事通讯中应用十分广泛。另外，在空间通讯领域，选取不被大气吸收的波长的激光可以克服无线电通讯的一些局限。可是由于激光光束在大气层里传播时会受到大气中微粒的吸收或散射，从而使激光通讯的距离受到限制。这使得目前的激光通讯只能作为无线电通讯的一个有效补充，但还不能够取而代之。

很久以前，有人幻想一种“死光武器”的出现。在古希腊，阿基米德利用巨大的反光聚焦镜摧毁了入侵者的兵舰，但那时的船还是由木头做的。现代的激光让人们有可能实现古代的梦想，制造出可以摧毁一切的激光武器。美国现在全力研制的“星球大战”防卫体系，其所依赖的重要一环就是用激光束来击毁入侵的导弹。可以设想，一枚载着核弹头的导弹在强激光的照射下会迅速化为一阵烟雾消散在空中，这该是多么奇妙的事。

用激光作为“死光”武器，不能像在激光加工中那样借助于

透镜聚焦，而必须大大提高激光器的输出功率。目前的激光武器有两种，一种是战术武器，也就是像常规武器那样直接杀伤敌方人员、击毁坦克、飞机等。这种武器的主要代表有激光枪和激光炮，它们能够发出很强的激光束来打击敌人。另一种是战略武器，用于对付敌方的远程导弹、军事卫星等空间武器。研究战略武器的关键是制造大功率高能量的激光器，其能量和功率足以摧毁导弹和卫星。目前，已经进行了这类实验并获得成功，但其成果是保密的。

激光测距仪是激光在军事上应用的起点。60 年代的越南战争和中东战争首先将其应用到火炮系统，大大提高了火炮射击精度。雷达是二战中的产物，而激光雷达又给雷达发展指示新方向。相比于无线电雷达，由于激光发散角小，方向性好，因此其测量精度大幅度提高。由于同样的原因，激光雷达不存在“盲区”，因此尤其适宜于对导弹初始阶段的跟踪测量。但由于大气的影响，激光雷达并不适宜在大范围内搜索，还只能作为无线电雷达的有力补足。

此外，还有精确的激光制导导弹，以及模拟战场上使用的激光武器技术运用。在激光实战演习的战场上，酷似实际战争场面。那里，炮声隆隆，硝烟弥漫，演习的双方互相射击，不时有伤员退出战场。为什么会这样呢？原因并不复杂。像一支激光步枪，每发射一次就射出一束激光。而演习双方战士的身上都有光电接收器和发声装置。如果某束光射中一名士兵，则通过其随身的计算机分析会得出“死亡”、“受伤”和“丧失战斗能力”等结论，并同时发出声音和烟雾。激光模拟实战演习大大节约了演习费用，而又逼真地表现了战争气氛，确保人员生命安全，因此广为各国军队欢迎。

激光技术是高科技的产物，其产生又推动了科学研究的深入发展，并开拓出许多新的学科领域，如非线性光学、激光光谱

学、激光化学、激光生物学等。激光被用来研究与生命密切相关的光合作用、血红蛋白、DNA 等的机制。激光还将成为时间和长度的新标准，以后任何高精度的钟表和米尺都可以用某一特定波长的激光束来标定。

激光在核能应用上也将大显身手。乐观的专家们估计，到 2020 年强大的激光会产生安全经济的热核聚变，这类似恒星内部的核反应过程。如果实现，热核聚变将带来巨大无比的社会和经济效益，能源危机亦将不复存在。到那时，一桶水中的氢聚变后所产生的电力足够一个城市使用。

激光从诞生到目前只有短短的一段历史。由爱因斯坦受激辐射理论的提出，到战后科学技术水平的迅速提高，使得技术条件日趋成熟，从而在 1954 年由美国物理学家汤斯首先制造出第一台氨微波激射器。同时，提出激光理论的还有苏联的巴索夫和普罗霍洛夫。这三人共同分享了 1964 年的诺贝尔物理学奖。

目前，激光技术已经融入我们的日常生活之中了。在未来的岁月中，激光会带给我们更多的奇迹。

冲向宇宙深处的工具

——人造卫星、宇宙飞船和航天飞机

人类自产生之日起就开始寻找自身所居住的家园以外地域。美洲大陆的发现是历史上激动人心的一页，但相比于人们目前所做的，它只是大海中渺小的一滴水。在二十世纪后半叶短短的几十年内，发生了许多振奋人心的大事，书写了历史上光辉的一页。人们第一次将人造卫星送入地球轨道，第一次冲出大气层的包围在太空中自由行走，第一次登上多少代人梦想飞临的月亮。在不远的将来，人类将有可能向宇宙更深处进军，为人类选择新的居住点。昨昔的梦想今天已成为现实，而今天的人们甚至不能够完全描绘出明天的辉煌。为了更好地理解人类自身的能力，让我们重温历史的这一段进程吧。

人造地球卫星

人们早就知道，月亮不过是围绕地球旋转的一颗卫星，地球也只有这一颗卫星。但自从 1957 年 10 月 4 日苏联成功发射了第一颗人造地球卫星之后，情况就大不相同了。至今为止，已有数千个不同用途形状各异的人造卫星绕地球旋转，以至于轨道空间都显得有些拥挤了。

这些卫星主要是由美苏两国发射的。中国于 1970 年 4 月 24 日首次发射了一枚“东方红”号人造地球卫星，显示了我国在航

天事业的雄厚实力。在 1975 年 11 月 26 日我国成功回收了一枚自己发射的卫星，从而使中国成为继美苏之后第三个掌握卫星回收技术的国家。

人们是怎样把卫星送上天的呢？我们知道，由于地球引力的影响，空中飞行的物体总要落回地面。向远处扔一块石头，经过一段距离后它就会坠落在地面；大炮的力量要大得多，因此炮弹就能飞得很远。若能有一种特大号的大炮，使炮弹达到一定的速度，这样能不能使其脱离地面而绕地飞行成为地球的一颗卫星呢？实际上伟大的牛顿正是这样想的。根据他所创立的万有引力定律和力学定律，我们能够计算出物体脱离地面绕地飞行的最小速度。这个值是 7.9 千米/ 秒，这被称为第一宇宙速度。计算还可以告诉我们，当速度达到 11.2 千米/ 秒时，物体就会摆脱地球的引力而“ 离地而去 ”，成为太阳系的一颗行星，这个速度称为第二宇宙速度；若速度增大至 16.7 千米/ 秒，这时若利用地球 30 千米/ 秒的自转速度，就可以使物体远离太阳系而进入茫茫太空中遨游了，这个速度称为第三宇宙速度。

但是用大炮是无法达到这样的高速的，最快的炮弹也不过 2 千米/ 秒，离我们的要求还差得远；飞机也不行，因为一般的飞机要依赖于空气的举力，因此不能越出大气层。现代运载火箭是完美的工具。火箭的飞行是依据牛顿第三定律，依靠自己高速喷出气体而前进，因此丝毫不受大气层的限制。现代火箭经过一代又一代人精心的研究具有极高的精确度和可靠性，从而担负了将人造地球卫星送上天的艰巨任务。当然，火箭的功用远不仅此。实际上，火箭是航天事业的支柱，一切物体最终都是依靠火箭运送上天的。

在目前技术条件下，火箭能达到的最大速度为 4.5 千米/ 秒。因此利用单级火箭仍然达不到第一宇宙速度。多级火箭的设想应时而生。早期的火箭先驱者也都已认识到这一点。多级火箭是由

几个单级火箭组成的火箭。一级火箭使用完毕后与整体脱离，再启动二级火箭，在原有速度上继续将火箭加速。发射卫星一般只需二至三级火箭。

发射卫星时火箭从地面起飞到最后入轨可分为三个阶段，分别为加速飞行段、滑行段（惯性飞行段）和最后加速段。加速飞行段指运载火箭由地面垂直起飞，在发动机巨大推力下，火箭飞出了稠密大气层，达到预定速度后熄火。火箭熄火后推力为 0，这时就靠惯性在地球引力作用下滑行。在飞到与卫星预定轨道相切的位置时，卫星上的火箭发动机点火，调整速度和方向，使卫星最后进入轨道。

人造地球卫星以什么样的轨道环绕地球运行呢？首先，卫星遵从开普勒运动三定律。第一，人造卫星的轨道是一个椭圆形。地球位于椭圆的一个焦点上。卫星在运行过程中离地面的距离也在不停变化。其离地最近的一点叫做近地点，最远的一点则叫远地点。第二，卫星的向径（地心与卫星之间的连线）在相等的时间内扫过相等的面积。这导致卫星在近地点附近速度较快，在远地点附近速度较慢。第三，卫星环绕地球一周所需的时间，即其周期，与其椭圆轨道的半长轴的二分之三次方成正比。在一般的物理教科书上会找到更精确详细的论证。

卫星运行轨道可以用六个轨道参数来表示，其中最重要的是轨道倾角。轨道倾角是卫星运行轨道所在的平面与赤道平面所成的角，一般用 i 表示。若 $i = 90°$，称该轨道为极地轨道，因为它飞越南北两极；若 $0° \leq i < 90°$ 时，卫星顺着地球自转方向飞行，因此称这样的轨道为顺行轨道。在 $90° < i < 180°$ 时，卫星逆地球自转运行，这时称它为为逆行轨道。发射顺行轨道的卫星可以利用地球自转速度（在赤道上约为 0.47 公里/ 秒），这样可减少能量消耗；逆行轨道则正好相反，会增加能量消耗。卫星的轨道与其使用目的密切相关。如倾角大的卫星观察范围较宽，因此，侦

察卫星和地球资源卫星多采用此种轨道。

同步静止轨道卫星是很有趣的现象。卫星与地球自转有相同的方向和周期，因此从地球上观察，卫星好像静止在天上一动不动。这种卫星的轨道是确定的，约在距地 35860 公里处的赤道上空。发射同步卫星是一件很复杂的工作，对它的掌握说明了一个国家的航天技术发展水平。发射时先要让卫星进入高度约在 200 千米的初始轨道；卫星在运行过程中经过赤道时，火箭再次点火，达到远地点为 35860 公里的极扁的椭圆转移轨道，这时卫星与火箭分离；当卫星再次到达远地点时，启动卫星上的火箭发动机，调整速度进入赤道平面上的静止轨道。

现在所发射的卫星多为应用卫星。应用卫星可分为许多类，如侦察卫星、通讯卫星、气象卫星和地球资源考察卫星等。

在所有的人造地球卫星中（大多为苏美发射）用于军事用途的约占 70%，而侦察卫星又约占其中的 70%。侦察卫星，顾名思义就是用于侦察对方的秘密军事设施和军事活动的卫星。侦察卫星发展极为迅速。早在 1971 年，美国的“大鸟”卫星其分辨率已达 0. 3 米，从 160 公里高度拍摄的照片上甚至可以分清车辆的型号。除了这种照相侦察卫星以外，还有侦测对方雷达和电台信号的电子侦察卫星。还有监控对方海军活动的海洋监视卫星和侦察敌方核导弹发射状况的预警卫星。在目前的水平下，各类侦察卫星除了地下核爆破和深海核潜艇等少量活动外，基本上能完全探测另一个国家的军事秘密。

今天，通讯卫星的使用已渗透到生活的各个角落之中了。人们看国际比赛的现场直播，打卫星传送的国际越洋电话，似乎都是习以为常、不以为怪的事。但在 30 年前，普通公众对发射一种同步通信卫星的可能性和实用性的价值还大表怀疑。美国在 1958 年 12 月 18 日发射了第一颗实验性通信卫星“斯科尔”，其工作寿命仅为 13 天。到了 1964 年东京奥运会时，通讯卫星才引

起了人们的巨大兴趣。直到奥运会开幕前一刻，即 1964 年 8 月 19 日，“辛康—3”号卫星才发射成功。这虽然仍是一颗试验性同步静止轨道卫星，可是人类利用它，第一次实现了大型体育比赛的现场实况电视转播。当几百万美国人不顾时差的影响，深夜守候在电视机前欣赏精彩的体育节目时，又有谁不为新科技的巨大力量而欢欣鼓舞呢？欧洲也为之振奋，世界也为之惊奇。认识到通讯卫星巨大的商业价值，美国迅速成立了美国通讯卫星公司 (COMSAT) 并于 1964 年与其他 14 个国家组成了国际卫星通讯组织 (INTELSAT)，一年之后成员国就扩为 43 个，足见卫星通讯之价值。

通讯卫星立刻发挥出它的巨大作用。1965 年 4 月 6 日，美国发射的“晨鸟”卫星是通讯卫星从试验阶段转向实用的标志。1965 年 5 月 2 日，大西洋两岸约有 3 亿人收看了卫星传送的节目。电视节目就和当地电台播出的一样清晰。有意思的是节目中有皇家加拿大骑警队播出的刑事卷宗，而在几天后美国佛罗里达州的观众就认出了其中一名被缉捕的罪犯。

苏联及其东欧盟国也有自己的卫星通讯体系。它的第一颗实用通讯卫星“闪电”号，并不是同步静止卫星，而是奇特的高椭圆形轨道卫星。其远地点在北半球上空约 40000 千米处，近地点却在南半球上空 480 千米，轨道倾角为 65 度。不要认为苏联没有发射同步卫星的能力，而是苏联的特殊地形决定了这种卫星轨道。苏联的大部分地区处于高纬度，用同步卫星并非最佳选择。而用上述的那种轨道，卫星覆盖苏联境内时间最长。由于距地球越远，卫星速度就越慢。因此这种周期为 12 小时的卫星倒有 8 个小时在苏联上空运行。

现在的同步卫星轨道上已挤满了太多的卫星。为了防止相互间电波的干扰，必须保持一定的距离。因此在同步轨道上只可容纳约 120 颗卫星，但到 1982 年止已经有 128 颗卫星在轨道上了。

解决问题的出路在于建立大型空间同步通讯站，它比卫星的通讯容量大得多，成本也低。其安全可靠程度也将提高。

用卫星来导航也是引人入胜的。以前最好的导航系统是惯性制导系统（陀螺仪），但它并不太精确，而且对于在海底活动的潜艇无能为力。美国海军研制发射的“子午仪”系列导航卫星完美地解决了这个问题。它适用于各种飞机舰只，精度可达±90米以内。

天气一直是最让人难以捉摸的事情。正如俗话所说：天有不测风云。由于影响天气的因素众多，相互关系混乱复杂，因此天气预报是很困难的事。用卫星帮助预测天气变化，一开始被认为是十分荒谬和狂妄的事，但事实慢慢证明了它的价值。从分析云图入手，气象学家对天气的了解也越来越丰富。早在1962年，美国就用云层分析代替了无线电编码天气广播。这在中国还是近几年的事。具体的事例让公众更能理解气象卫星的益处。1969年8月，“艾萨”气象卫星发来的卫星云图上显示出一种破坏性极大的飓风在形成，它被命令为“卡米尔”。卫星的报告被地面观测所证实。于是飓风袭击地的居民接到警报迅速离开，结果造成了当时最大的一次人口迁移，共七万五千人离家而去。“卡米尔”在前进的路上无可抵挡，房子像火柴盒般倒塌，密西西比河决堤，财产损失计15亿美元，但人员伤亡仅260人左右，这必须感谢卫星提早发来的预报。气象卫星可以较早地识别飓风的形成，这对减弱其强度甚至消灭它有重要意义。因为在目前的条件下，用化学方法处理飓风只在其早期有效，在其形成以后则无能为力。也许将来有一天，我们终将能握住风神的口袋。但这也不见得是完全有益的。谁也不知道消除了飓风这种能量交换的方式，会对整个大陆气候有什么影响。

对幅员辽阔的国家来说，绘制地图是件十分复杂的工作，易出错且不易纠正。飞机的出现带来了航空摄影技术，但其局限性

仍然很大。一方面由于经济上的考虑，航空摄影拍摄照片太多，成本太高；另一方面是技术上的原因，航空照片的边缘部分变形严重。卫星在这方面又有得天独厚的优势。拍摄中国全境约需航空照片150万张，费时10年；而用卫星只需约400张照片，7天之内完成。用卫星来考察地球资源也是价值非浅。卫星还能预报森林火灾、虫灾，估记农业收成，监视水利资源合理利用等等，这在实际生活中已带来了巨大经济效益。而卫星探矿、卫星找油等更是方兴未艾，这对发展中的国家是十分重要的。如今，我国利用自己的资源卫星，对国家的经济建设做出了重大贡献。卫星与遥感技术的结合更给这一领域增添异彩。在这方面，中国也是走在世界前列的。

1957年10月4日，苏联发射了第一颗人造地球卫星“旅行者”号，那是一个能发出简单的“滴答”声的电子球体。从那时起到现在出现了各种各样功能齐全的应用卫星，这中间也只有几十年的历程，人类不能不再次惊叹自身的力量。人造卫星已成为现代生活的一部分，但人类却不会就此止步。

辉煌的瞬间

晴朗的夜空，高挂着一轮明月。面对着清晰而又缥缈的“她”，人们不禁浮想联翩。

梦想变成了现实。1969年7月16日，美国宇航员阿姆斯特朗和同伴奥尔德林代表着人类第一次来到月球。虽然，在此之前，人们早已知道月球不是人们想象的仙宫，里面既没有嫦娥也没有玉兔，甚至连苍蝇都没有一个。当时，几亿人注视着阿姆斯特朗迈出他踏上月球的第一步——也是整个人类踏上月球迈出的第一步，聆听着他的清晰的语声：“这对一个人来说只不过是小小的一步，可是对人类而言，却是一次巨大的飞跃。”人们再次

为人类自身的行动而自豪，为人类终于实现了千百年的梦想而喜悦欢乐。这真是人类历史上最激动人心的一刻。

这一辉煌时刻的来临，是许多人世世代代努力奋斗的结果。正如奥尔德林在登月成功后返回途中所说的：“这次旅行不仅仅是我们三个人的力量，也不是美国政府和产业界的力量，也不是国家的力量，是探索未知世界的人们的无尽的探求使我们这样做的。我们把定为阿波罗 11 号标记的鹰衔着和平的象征——橄榄枝的徽章，当做我们三个人的共同心愿，精心地放到月面上。”阿姆斯特朗也说：“致使我们这次飞行成功的是迄今为止在人类漫长的历史中探明宇宙真理的许许多多的科学家，从事阿波罗计划的所有人员，美国人民、政府和议会，以及产业界所有人士。”

让我们从头看看人类征服月球的进程吧。首先我们不能忘记那些巨人们的名字，如托勒密、哥白尼、开普勒、牛顿，还有航天先驱者俄国的齐奥尔科夫斯基，美国的戈达德等等；但真正加速空间开发的却是美苏两国的太空科技竞赛。由于外层空间在军事上的重要意义，在这方面的领先也将意味着在军事上的优势。当 1957 年 10 月 4 日苏联发射了第一颗人造地球卫星“旅行者”号以后，整个美国上下为之震惊。尤其是美国同年 12 月 6 日试图将“先锋号”卫星送入轨道却惨遭失败后，美国公众的普遍反应是：苏联在空间技术方面已领先于以美国为首的西方国家，这也意味着俄国人在科技水平上的领先。同时，美国在原子弹和氢弹上的垄断相继被打破，而俄国人用来发射人造卫星的火箭足以把核弹头打到美国的任何角落，这足以引起美国及世界的充分注意与强烈反应。

面对这种挑战，美国报之以迅速的行动。1958 年 7 月，美国总统艾森豪威尔签署法令成立国家宇航总局（NASA），将原来分散的空间开发研究集中起来统一管理，给与充分的权力并投入大量资金。这大大推动了美国航天事业的发展。

但同苏联的差距依然存在。1961 年 4 月 12 日苏联宇航员尤里·加加林 (Yuri Gagarin) 成为第一个进入太空的人。在这次历史性的航行中，加加林乘着 5 吨重的“东方 1 号”(VOST - OK1) 宇宙飞船，在离地面 330 公里的高空中飞行了 1 小时 48 分。加加林后来写道:“我受命进行的历史上第一次宇宙空间飞行，表明人类宇宙航行已经成为现实，……宇宙航行不是某个人或某一群人的事，这是人类在其发展中合乎规律的历史进程。”

美国上下又是一阵沸腾。看来必须有一明确的行动目标了。1961 年 5 月 25 日，美国总统约翰·F·肯尼迪正式向国会提出他的特别咨文。里面写道:“我坚信，我们的人民将全力以赴，在 10 年的时间内将一个人送往月球并使他安全返回。在此期间，没有哪一项空间计划比此更动人心扉、更令人难忘，或对长期的空间开发显得更为重要；也没有哪一项工程在完成起来时显得如此困难，如此昂贵，……但是，从非常现实的意义上来讲，这项计划将不只是一个人登上月球的事情——我们可以断言——它代表的是我们的整个国家，所以，我们的全体公民，一定要竭尽全力，不达目的誓不罢休。”最后，他坚定地说:“我坚信我们必将登上月球。”

与肯尼迪总统的呼吁相应的是美国空间开发的阿波罗计划。阿波罗计划的主要目标就是载人登月飞行。实际上在阿波罗计划之前已经开始了水星计划。水星计划始于 1958 年 10 月，主要目的是将一个人送入环绕地球飞行的轨道之中，观察他在太空轨道中精神与身体各方面的适应情况，然后让他安全返回地球。1962 年 2 月 20 日“友谊 7 号”宇宙飞船载着美国宇航员格林成功地绕地球环绕了 3 周，格林成为第一个进入太空的美国人。水星计划证实了人进入太空的可能性，为未来的空间计划提供了大量工程、科学、太空医学和管理等各方面的有价值的资料。在进行阿波罗计划的同时，美国还开展了双子星座计划作为补充，其主要

目的是培训并挑选阿波罗计划的宇航员。双子星座计划还探索了太空舱在空间中的对接，这对登月航行是极为关键的。双子星座计划共进行了 12 次发射，将 16 名宇航员送入轨道。其中 1965 年 6 月 4 日双子星座 4 号的宇航员爱德华·怀特第一次走出飞行器，步入外层空间。(在此之前的 1965 年 3 月 18 日苏联宇航员列奥诺夫等第一次在太空中漫步。)

阿波罗计划的实行一开始较为顺利。但在 1967 年 1 月 27 日，阿波罗 AS - 204 空间飞行器在试验时突然着火，3 名宇航员全部遇难。这次事故的原因是电火花引起的火灾。为了避免再次出现类似情况，更换了飞行器内的电线，并在电线的所有暴露部分装上金属电缆管道。以防其损坏。这些措施使飞船增重约 630 公斤。

阿波罗计划共进行了 17 次飞行。第一次载人飞行于 1968 年 10 月 11 日由阿波罗七号进行，共绕地球 163 圈，时间为 260 小时。在空间飞行器上进行了一些有趣的电视转播。这在美国的空间计划中还是第一次。一个有趣的现象是，与苏联将空间计划极度秘密化截然相反，美国不但公开发射时间、地点，邀请新闻界参观，甚至想方设法让公众更多地了解正在进行的空间计划，并认为这种自由公开的方式正是太空时代的标志。

1968 年 12 月 21 日阿波罗 8 号进行了第一次绕月飞行。这次飞行和后续的两次飞行是为了在月球登陆之前做好准备工作，如检查登月场地，模拟登月飞行途径等等。到了 1969 年 7 月 16 日 9 时 32 分，历史性的时刻终于来临，阿波罗 11 号在此刻开始了它的登月之旅。

阿波罗飞船由三部分组成——指令舱，载 3 名宇航员往返月球；服务舱，装载有飞行所需要的各种动力系统、推进系统和服务系统；登月舱，完成将两名宇航员送上月球并返回的任务。阿波罗 11 号的指令舱代号是“哥伦比亚”，驾驶员为麦克尔·柯林

斯。他是西点军校毕业的空军军官。登月舱代号为“鹰”，指挥官为爱德文·奥尔德林，他是麻省理工学院的宇宙工程学博士，也是有经验的空军驾驶员；整个阿波罗 11 号飞船的指令长为尼尔·阿姆斯特朗，他是从童年起就梦想着在天空中飞行、久经考验的冷静机智的宇航老手，也是三人当中唯一来自民间的宇航员。尼尔年少时家境贫寒，但又酷爱飞行，将由打工一点点积攒起来的钱全部交给了飞行学校。高中毕业后他得到奖学金，能够在大学里进一步深造，这对他的未来有关键的影响。在美国航空总局第一次在民间招收宇航员时他就报名应试，被顺利录取。由于他在双子星座计划和地面训练中表现出的超常的冷静和判断力，他被选为第一次登月的指令长。实际上，这次登月的三个人都是经过计算机严格挑选出来的，综合考察了各人的各种情况，甚至包括了与人交往相处关系等等心理因素。

阿波罗 11 号在发射后先绕地球旋转一周，这是为了调整飞船的轨道以利于向月球进发。飞船在发射 2 小时 44 分后第 3 级火箭再次点火，推动飞船向月球直奔而去。

漫长的地月旅程延续了 73 个小时。在修正轨道后飞船顺利进入绕月轨道，成为月球的一颗卫星。在此之前，阿姆斯特朗和奥尔德林已经进入登月舱并作好登月准备。从此，登月舱中的两位宇航员用登月舱内的无线电与设在休斯敦的控制中心通话，并且不再用“阿波罗”的名字，而用“我是鹰”来呼叫。同样，母船的呼叫改为:“我是哥伦比亚”。

7 月 20 日凌晨 2 时 40 分，哥伦比亚在绕月轨道上与鹰分离。这时两者的距离仍然很近，处于随时可以对接的位置上。然后，“鹰”徐徐下降，缓缓地落向月球。在下降过程中曾有一场虚惊。在 900 米高度上，主计算机突然示警，但却没有指示故障原因。天上地下人人心情极度紧张。主计算机生产厂家的技术人员更是心惊肉跳，控制中心内已有不少人在祈祷上帝。休斯敦的指挥官

们迅速判定这是计算机过载所致。飞船上的计算机不仅在处理登月数据，还同时进行着与“哥伦比亚”的联络和对接操作计算，结果计算量过大，导致机器示警。立即关闭了其中部分操作系统，危机就顺利解除了。

“鹰”安全地在月球上着陆了。这时是20日晨5时17分40秒。“鹰”的呼叫改为“沉静的基地”。

登月舱里的两位宇航员显然对来到这块神奇的地方感到很兴奋。征得控制中心同意后，他们取消了原定的睡眠，决定提前到月球上去体验感觉。但从登月舱走出来并不是件容易的事。这费去了他们6个多小时。准备工作包括月面宇宙服是否正常？维持生命系统是否能输送氧气和冷却水？二氧化碳吸收装置是否良好？等等。无论哪一项发生故障，都会造成无可挽回的悲剧。

激动人心的时刻终于到了。20日上午11时56分(美国东部标准时间)，阿姆斯特朗——作为第一个人类文明的使者，迈出了他在月球上的第一步。亿万双眼睛注视着他那因沉重的宇航服而显得有些笨拙的步伐，看着他在那个离我们最近的星球上试探着前进。有趣的是，离他们最近的柯林斯却看不到这些。他只能呆在“哥伦比亚”上一圈一圈地绕月飞行，用无线电听着他们的声音，分享着他们的喜悦。

奥尔德林也从舱中出来了。这两个平时沉默寡言的人此时兴奋异常，对着荒凉而美丽的月球景色呼喊惊叹:“多么美丽的景色！多么壮丽的荒原！”他们在月球上轻轻地慢慢地走。奥尔德林试着跳了一下，并欢呼:“能这样轻松地跳起来！”当然，月球的引力只有地球的1/6。

他们在月球上的工作进展很顺利，采集岩石标本，做了一些科学试验，如对太阳风的测量。他们把一面金属做的美国国旗插在月球上。由于月球上没有空气，也就不会有风，一般的旗是无法展开的。

月球的景色让他们着迷，谁都想再多看一眼，尤其是从月球上看我们的家园——地球，是那么的美丽。但返舱的时间已经到了，离开月球的时间也将到了。“鹰”把起飞时的下降发动机作为发射架而点火独自飞离月面。这时是7月21日1时55分。宇航员们缓缓告别了月球，但人类文明已经在月球上留下自己的印痕。

“鹰”在环月轨道上与“哥伦比亚”顺利对接，重新成为阿波罗11号。激动的柯林斯迫不及待地越过舱门与战友们紧紧拥抱。成功的喜悦流淌在每个人的心里，成功的业绩也属于参与努力的每一个人。回归是顺利而愉快的，阿波罗11号于7月24日12点40分溅落在夏威夷西南的太平洋中。

人类文明第一次接触了月球，这是多少代人的心愿。但也只是人类征服太空的第一步。正如遗留在月球上的下降发动机的铭牌上所铭刻的：

来自地球这个行星上的人们
在这里向月球踏上了第一步
公元1969年7月
我们为了全人类的和平来到这里。

太空运输机——航天飞机

每发射一次卫星，就要消耗一枚造价十分昂贵的运载火箭，这样在经济上太不合算了。就如同一架飞机，用了一次之后就报废了。这将令人难以忍受。何况运载火箭的造价比飞机要昂贵得多。

在这种情况下，研究一种可重复使用的“运载火箭”——航天飞机，就成了迫切的需要了。航天飞机的设想早在二次大战期间就有人提出过，以后陆续有些发展，但到了70年代初期，航

天飞机的研制才受到政府的高度重视和大力资助。1972 年 1 月 5 日，美国总统尼克松宣布：“美国应当立即着手发展一种全新型号的太空运载系统。该系统的设计目的是有助于 70 年代的空间科技进入一般的普遍领域，力图在 80 年代和 90 年代成为方便易得的工具……这一系统将彻底改革运输工具，使之能够作为日常运输进入地球附近的太空……它将去掉宇宙航行中的巨大开销……”

不久，几十种航天飞机的设计方案陆续出台。它们各有自己的优缺点。性能指标好的，往往牵涉较多未解决的技术难题，需要的研究时间较长，需要的研究经费自然也较大。美国航天总局经过数年的时间对包括科学、工程、安全、经济等各个方面的综合平衡考虑，最终选定了一种由三部分组成的设计方案。该方案又经过数次修改，至 1976 年 2 月才最后确定，这就是现在的“哥伦比亚”号航天飞机方案。

这种航天飞机有 1 个 1 次性消耗的外贮箱，2 个可部分重复使用的固体火箭助推器，再有 1 个可重复使用的轨道器，共由这 3 部分组成。轨道器的外型像一架中型的喷气飞机，是航天飞机的核心部分。宇航员和科学工作者都是在轨道器里生活与工作的。需要送入空间的有效载荷也装在轨道器的货舱内。

1976 年 9 月美国生产了第一架实验用轨道器 101 号。长度为 37.2 米，三角形后掠机翼的翼展为 23.79 米，净重达 68 吨。轨道器从里到外有 3 层，即为骨架桁条结构、蒙皮舱壁结构和高温防热结构。前二者大都使用铝和铝合金作材料。轨道器按结构可分为前中后 3 部分。前部为乘员舱和头锥，中部为大型货舱，尾端的主要作用是支撑动力结构，含有 3 个主发动机和 2 个轨道器机动发动机，舱机及与外贮箱相联的管道等也在尾部。

外贮箱是一个庞大的尖头圆柱体。其中贮存着航天飞机的推进剂——液氢和液氧。外贮箱是一次性使用的。这就要求外贮箱

本体结构尽可能简便、轻巧、便宜，但又能足够稳固来承担 70 多万公斤重的推进剂。一般的外贮箱全长约 46 米，直径约 8 米，净重达 30 多吨。外贮箱的上部装液氧，下部装液氢，中间有中间箱将其隔开。

由于航天飞机在起飞时的重量太重，仅靠轨道器的 3 个发动机是无法提供这么强大的推力的。因此，在没有改进主推动系统性能之前，只有借助于另外的推进装置来提供辅助推力。这就是固体火箭助推器的设想。航天飞机中的固体火箭推动器有 2 个，平行地装在外贮箱的两侧。两个助推器结构完全相同，每个长 45 米左右，直径 3. 7 米左右。固体火箭助推器使用的推进剂是固体状态的。它把燃烧剂和氧化剂完全结合在一起，可以直接装在燃烧室中。这样就不需要液体火箭那套复杂的液氢、液氧贮存箱和输送管道，从而结构大为简化，制造也容易得多。但固体推进剂缺点也很明显，即推力的大小和方向难以控制，且爆炸危险性亦增大。在人类航天史上，航天飞机是第一个使用固体燃料的载人飞行器。

第一架航天飞机“ 哥伦比亚 ”号于 1981 年 4 月 12 日进入太空，机上载有两名宇航员——杨格和克里平。航天飞机是有史以来建造的飞行器中最复杂的一种。它起飞时像只火箭，绕地球飞行时像只宇宙飞船，着陆时却像一架滑翔机。

航天飞机的发射过程是怎样进行的呢？首先在飞船安装大楼里组装航天飞机。先将轨道器准备好，将其提到垂直位置，再从下面把外贮箱紧固上去，两个助推火箭器已经预先连接在外贮箱上面。最后由 4 台巨型履带式拖拉机以每小时 1 英里的速度将发射平台拉到数英里外的发射场。

点火以后，固体火箭助推器燃烧起来，约 2 分钟后，一个小型爆炸装置使其与外贮箱分离。助推器下降过程中将自动打开降落伞，最后垂直飘落在大西洋中。依靠从助推器上发出的无线电

讯号，打捞人员很容易找到它们。随后将空气泵入火箭腔体内，把火箭水平地拖向岸边。经过彻底的清洗、检查和修整后，火箭可以重新装填燃料以供下次发射使用。

再来看上升中的航天飞机。飞机中的计算机控制着燃料消耗的速度，通过转动引擎来调节推力角度。升空约 8 分钟后，抛掉用空了的外贮箱。与固体火箭助推器不同，外贮箱在重返大气层时要爆炸解体，余下的碎片都将掉入偏僻的海洋之中。

与外贮箱分离后，航天飞机沿着惯性滑行一会后，点燃两个较小的发动机，其燃料由飞船自带的内舱提供。小作调整后飞船就可进入它的正常飞行轨道，完成它的预定操作了。

航天飞行能完成多种多样的空间操作。用航天飞机可以把高能天文观察站、生物研究舱、大型天文望远镜等大型物体送入太空中的预定位置。用航天飞机来发射和回收卫星是十分方便的事。这些工作可以通过宇航员的机外操作完成。背上小型推动器可以使宇航员在太空中的活动如同在地面上散步一样轻松自如。

截止至 1989 年 3 月，航天飞行总共进行了 28 次成功的飞行。在这些飞行中进行了大量的科学实验，也发射和回收了一系列卫星。航天飞机的主要任务有三。首先可以作为太空试验室来使用，停留在环地轨道上的 7 到 10 天时间可进行大量的实验。其次，航天飞机是极好的太空运输机，可以发射卫星，也可以运送建造太空站的部件。再次，航天飞机可以对轨道上的飞行器进行检查、维修和回收，也可对太空站补给养料。美国航天总局共建造了 4 架航天飞机。他们分别是“ 哥伦比亚号 ”、“ 挑战者号 ”、“ 发现者号 ”、“ 亚特兰蒂斯号 ”。

航天飞机的发展并不是一帆风顺的。相反，几乎每一次飞行都出现小小的挫折，如卫星发射时出现故障、设备运转失灵、隔热瓷砖脱落等。最令人痛心的时刻是在 1986 年 1 月 28 日，美国“ 挑战者号 ”航天飞机升空时灾难性地爆炸。机上乘员 7 人（其

中包括 1 名女教师，这是第一位乘坐航天飞机的平民）全部遇难。航天飞机是在升空 73 秒后突然起火爆炸的，发射现场和电视机前欢呼的人群只能眼看着空中的航天飞机变成一团火球坠落。事故的原因是在右侧火箭助推器上出现了一条不该有的裂缝。

“挑战者号”的悲剧不仅仅是 10 多亿美元的损失和航天计划的推迟，也是一个对人类的永久性暗示：无论以后我们多么小心谨慎，像太空探索这样的大胆计划永远会伴随着危险。虽然承受了如此重大的挫折，人们仍然无怨无悔，奋力前行。从古到今，去探索未知的新大陆、去那神秘而美丽的宇宙空间遨游，一直是人类永恒不变的理想。总会有那么一天，也许就在不远的将来，我们会乘着航天飞机，在地球以外的太空中生活。这需要的不仅仅是金钱，而是决心、勇气和聪明的头脑，是一代又一代的努力拼搏。

未来的家园——太空站

太阳总有一天会熄灭，而在这之前，地球有可能已经遭到毁灭性打击。任何对人类的未来怀有良好愿望的人，都不能不考虑人类未来的去向。向遥远的太空进军，寻找建立人类新的家园，这是最为浪漫也是最合乎实际的一种选择。

科学的发展是如此迅速，人们竟无法预测几十年后的世界将会是什么样子。本世纪的一些重大发现和发明已经彻底改变了人们的生活方式，也深刻影响了人们的精神生活。但不管以后还会有什么样的变化，有一点不会变：人类的无限好奇心不会变，人类的进取精神会永存。

使空间站像一个有人居住的小岛一样围绕地球运转，这是本世纪最后一项伟大的尝试，也是通向下一个世纪更雄伟的空间工

程——向月球和其他行星移民的阶梯。

早在 1973 年 5 月，美国就把第一个太空实验室用土星——5 号运载火箭送入天空。该实验室的目的是为了更好地从事太空科学研究，也为了探索人长期居住在太空中的生理反应。三批宇航员在轨道上共度过了 171 天，进行了 41 小时 40 分的舱外活动。太空实验室进行了百余项实验，取得了大量数据，为以后的太空岛和太空移民计划打下基础。该实验室于 1979 年 7 月 12 日坠毁，虽然在此之前它早已被废弃了。

新的空间站将由几个部分组建而成。它们在地球上预制好后，由航天飞机送入轨道，再由宇航员将其组装。建造一个太空站约需航天飞机运送 8 次，耗资近 80 亿美元。空间站的规模可以逐渐扩大，工作人员也可从 8 人增到 20 多人。现在的空间站还无法做到自给能养，只能由航天飞机补充。

对于未来的空间站和空间生活有多种多样的描述和预测。为了提高经济效益，空间站应尽可能做到自给自足。这需要研究将废料再生为有用物质的方法。还需设计一种小型火箭，其连续工作以保证空间站不会慢慢落到地面上去，可用人们呼出的二氧化碳做火箭的燃料，在圆柱形容器中生成的植物也会消耗掉二氧化碳并为工作人员提供食物。

反对空间站设想的亦大有人在。花费这么巨大的人力物力是否明智？所期望的收益可能还不一定抵得上投资。具有讽刺意味的是，在早期的卫星发射时期也有类似的议论。但事实证明，人造地球卫星是航天计划中收益最高的部门。同样，阿波罗计划也不仅仅是将人送往了月球，其所带来的科技、管理等方面的巨大革新也是一笔大财富。我们同样可以预测太空站的经济效益。太空站可以利用其真空和无重力条件在制造某些特殊物质上大显身手，完全有可能在太空中建立一个个太空工厂。

对于任何科学规划来说，金钱的得失既不是它的动机，也不

是衡量其成功与否的标准。为了忠实于真正的科研精神，太空站将要装配成一个科学界有史以来最强有力的、研究范围最广的实验室，这将带来新的科学革命。

太空站将是我们建立永久性移民点的一个阶梯。在现在已被广泛讨论的太空移民问题中，人们对月球有明显的偏爱。月球是离我们最近的天体，其土壤成份和地球相近，而引力较小且没有空气摩擦力的阻碍。这样发射飞行器的成本就小得多。人们希望在月球上建造一个采矿业和工业生产基地，然后进行长期开发，最终希望建成一个大规模永远自给自足的移民地。

建立月球基地将带来巨大的益处。可以从月球上发射飞船，也可以从月球上提供建设另一个天体之家所需要的原材料。这些方案在月球基地建成后，不但是可行的，而且是在经济上较实惠的。

如果我们把太空看作是一块巨大无边的大陆的话，那么我们到月球旅行只不过是刚刚踏上这块大陆的岸边。到了科技高度发达的未来，向太空移民，不再是科学幻想，必将成为一个振奋人心的事实。探索宇宙的好奇心将人类带上这块大陆，也必将促使人类走得更远，向着宇宙的纵深处继续前进。