

科技情报工作
学术讲座之二

当代科学技术发展的特点

孙学琛

-12

科学技术文献出版社

当代科学技术发展的特点

编辑者: 中国科学技术情报研究所
出版者: 科学技术文献出版社
印刷者: 北京印刷三厂
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{32}$ 1 印张 23 千字

科技新书目127—17

统一书号: 17176 · 159 **定价:** 0.12元

印数70300册

1979年7月出版



当代科学技术发展的特点

现代自然科学萌芽于十五世纪末叶欧洲文艺复兴时期。然而，它真正独立地向前发展，则是进入十六世纪以后。正如革命导师恩格斯所指出的，哥白尼的《日心说》这本不朽著作的出版，标志着自然科学开始冲破神学的束缚而宣布其独立。从此以后，它就科学的、系统的、全面的向前发展了。

在那个时期，自然科学的发展，主要是天文学、数学、力学的发展。例如：哥白尼提出了日心说，笛卡儿创立了解析几何，莱布尼茨、牛顿建立了微积分，开普勒发现了行星运动规律，等等。尤其是，到了十七世纪，牛顿总结了前人的工作，建立起了经典力学理论体系，为经典物理学的发展奠定了基础。

但是，一直到十九世纪中叶，科学实验活动的规模依然是很小的，基本上是科学家个人从事的一种自由研究活动。科学实验的手段也是很有限的，大多数研究工作还是建立在观测自然现象的基础之上。科学研究工作一般仅仅是科学家们感兴趣的事情，并不为广大的人民群众所了解和关注。科学研究成果也不能很快地应用到生产中去。科学实验活动同生产斗争之间的关系，远不能同现在相比拟。在这种情况下，科学实验活动从社会生产活动中所得到的推动力，也还是比较小的。因此，这个时期基本上是一种科学家个人自由研究时期。

到了十九世纪末叶，自由资本主义开始向垄断资本主义

发展，生产规模扩大了，科学技术日益成为提高生产力的重要因素，因而科学技术在生产上的应用也日益广泛，从而大大推动了生产的发展。到了这个时候，生产上的需要愈来愈成为推动科学技术飞速发展的强大动力。与此同时，科学技术也有了巨大的发展，愈来愈多的科学技术问题靠以前那种科学家个人自由研究的方式，已经不能解决了。于是，出现了一种为了一定目的而把科学研究人员组织起来进行科学研究工作的集体研究组织。

1871年，英国剑桥大学校长卡文迪什，捐款八千四百五十英镑建立一个实验室，并以他的名字命名，叫做卡文迪什实验室。这个实验室是基础科学领域中的第一个集体研究组织。实际上，就是这个小小的实验室，对于奠定英国实验物理学的基础，甚至对于英国工业的发展，都起了相当重要的作用。该实验室的历任教授，都是物理学发展历史上卓有建树的知名科学家，如提出电磁波理论的麦克斯韦，发现电子的汤姆逊，发现原子结构的卢瑟福，固体物理学研究的先驱摩特等人，都曾担任该实验室的主要研究负责人。与此同时，一些资本主义垄断企业，为了解决它们的生产上的一些科学技术问题，也开始组织建立集体研究组织。例如，美国发明家爱迪生投资二万美元，建立了一个有上百名研究人员的研究机构。这个研究机构就是目前拥有数千名研究人员的美国通用电气公司的大型研究中心的前身。此外，另一个名叫贝尔的美国人，在1876年发明电话以后也发现，如果不专门建立一个科学研究机构，就不能顺利地解决这种新的通讯系统所带来的一系列问题。现在世界上颇有点名气的贝尔电话实验室，也就是在那个时期建立起来的集体研究组织。

二十世纪的开始，对于现代科学技术的发展来说，是一个很重要的时期。国外有人称这个时期是现代科学技术发展史上的“黄金时代”。这是因为，从1900年以来的二、三十年里，自然科学各个领域，特别是物理学，取得了一系列的重大成就。例如：1900年普朗克提出量子理论，1905年爱因斯坦发表狭义相对论，1911年卢瑟福提出原子结构，1913年玻尔提出了量子轨道和氢光谱的解释，1916年爱因斯坦发表广义相对论，1924到1926年期间德布洛意、海森堡、薛定谔等建立了量子力学，1927年发现电子自旋，1928年狄拉克发表相对论性量子力学，等等。当然，进展并非到此为止了，而是在这里不必再一一列举。上述的这一系列成就，构成了现代科学技术的坚实的理论基础，使人类对客观物质世界的认识，无论是在宏观方面，或者是在微观方面，都大大地向前发展了。也正是因为有了这个基础，才会有四十年代以来电子技术、半导体、自动化、电子计算机、原子能、激光、空间技术等一系列新兴技术的出现。与此同时，科学实验活动的规模以及组织形式，也发生了巨大的变化。这种变化，特别集中地表现在一些尖端科学技术课题上，例如原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星、宇宙飞船、核潜艇、高能物理研究等。这一类课题，都是一些具有高度综合性的科学技术问题，必须投入大量的人力物力，建立庞大的研究试验基地，实行多学科大协作，才能得到解决。从这个时候开始，科学技术的发展，进入了由国家统一规划和组织协调的时期。

这种国家规模的科学实验活动，首先是在法西斯德国开始的。希特勒从1937年开始，花费了三亿马克，建立V-2火箭研究试验基地，发展火箭武器。1942年，美国搞了一个“曼

哈顿计划”，研制原子弹武器，动员了数十万人力，投入了二十亿美元。六十年代以来，美国实施的阿波罗登月计划，投入了四十多万人力，花费了二百多亿美元。显而易见，这一类的大型研究研制计划，不由国家来统一协调组织，不动员国家的科学技术力量，是无法搞起来的。

我们回顾现代科学技术发展的历史，科学实验活动经历了科学家个人自由研究、有组织的集体研究，发展到由国家统一规划和组织协调的阶段，科学技术的发展和影响达到了前所未有的广度和深度。因此，当代科学技术的发展，必然会形成一些与过去所不同的特点。当然，这些特点是在科学技术发展的进程中逐步形成的，逐步发展的。尤其是到了本世纪三十年代以后，科学技术的发展进入到国家规模，达到了前所未有的深度和广度，它的这些特点也就更加突出，因而不能不引起人们的高度重视。因此，深入地研究当代科学技术发展的特点，掌握科学技术发展的客观规律性，对于我们更快地把科学技术搞上去，就是十分必要的了。

概括起来，当代科学技术的发展具有以下一些特点：

一、科学技术的加速度发展

从历史上来看，科学技术一直是以加速度在发展。也就是说，其发展速度愈来愈快。特别是本世纪开始以来，这一特点更为突出。因此，近几十年来，人们经常用“一日千里”之类的词句来形容科学技术发展之快。可以认为，这样说是一点儿也不过份的。

科学技术的发展速度愈来愈快，主要从以下三个方面表现出来：

第一，科学技术新成果的迅速增长

根据粗略的估计，十九世纪自然科学领域所取得的研究成果，比十八世纪要多许多倍；而二十世纪的前五十年所取得的研究成果，又远远超过了十九世纪。国外有人认为，六十年代以来，科学技术上的新发现、新发明，比过去两千年的总和还要多。仅仅在宇宙空间技术领域，就出现了一万二千多种过去不曾有过的新产品与新工艺。这些情况表明，科学技术的发展速度的确是愈来愈快。因此，有人认为，科学技术知识量的增长速度，是同时间的指数函数成正比的。

第二，从科学发现、发明到应用的周期愈来愈短

在这一方面，只要列举一些数字来就可以说明了。

蒸汽机	八十年
电动机	六十五年
电 话	五十年
真空管	三十三年
飞 机	二十年
原子弹	六年
晶体管	三年
激光器	一年

第三，新技术、新产品过时的速度愈来愈快

据统计，最近十多年以来发展起来的工业新技术，到今天已有百分之三十已经过时；而在电子技术领域中，这一比率却达到百分之五十。

我们以晶体管作为例子，来进一步说明这一点。1947年，研制成功晶体管；六十年代初，在电子技术领域中开始推广应用晶体管，实现所谓电子设备的晶体管化；1966年，

美国生产的晶体管中，大约有百分之七十是用于在导弹、计算机和通讯设备方面；1969年，美国的弹载计算机已不再使用晶体管，改用体积更小、性能更好的集成电路；七十年代初，晶体管在导弹、计算机、通讯技术等领域已经显得陈旧过时了。

这种产品更新速度愈来愈快的现象，在电子技术领域中是相当普遍的。例如，集成电路的发展也是一个很突出的例子。集成电路的集成度，大约是每年翻一番。这个速度是非常惊人的。如果说，在五十年代，一块面积为零点一平方英寸的硅片上只能做出一个电子元件的话，那么，目前在同样大小的一块硅片上所能集成的电子元件数目已经达到三万个之多。这一进展清楚地表明，在短短的时间内，集成电路的发展，已从一般的集成电路达到了大规模集成电路的阶段，并且即将迎来超大规模集成电路的新时期。

其它工业部门的产品与技术的更新速度也是非常迅速的。国外一家大型化学公司，1960年的产品中，有百分之九十是1945年以前所没有的。

为什么科学技术的发展速度愈来愈快呢？主要是以下一些原因：

生产力的髙速度发展

恩格斯指出：“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”。工农业生产的高速度发展，就要求科学技术的发展必须与之相适应。现代的工农业生产，提高劳动生产率、改进产品质量、发挥设备潜力、加强生产管理、消除环境污染等等问题，离开了采用新的科学技术是不可能获得解决的。工农业生产的高速度发展，极大地推动了科学技术的发展。

另一方面，工业技术水平的提高，又可以为科学实验活动提供强大的技术手段。例如：光学天文望远镜口径已经达到六米，射电望远镜的抛物面天线直径已经达到一百米，可以观测到距离地球八十到一百亿光年的天体现象；五千亿电子伏的高能质子加速器已经投入运行；电子计算机的运算速度已经达到每秒钟一亿五千万次，目前正在设计研制每秒钟运算一百亿次的电子计算机；电子显微镜已经使人类能观察到原子世界；等等。十分显然，科学实验手段的发展，为科学研究工作提供了极为有利的物质条件，从而加速了科学技术发展的进程。

科学知识的不断积累

科学知识是人类通过生产斗争和科学实验去认识自然和改造自然，从而对自然界物质运动变化规律取得深刻了解的结晶。本世纪以来，生产斗争和科学实验的迅速发展，大大地加快了科学知识积累的过程。以科学技术杂志的增长情况来看，1665年世界上出版了第一本科学技术杂志，1865年科学技术杂志的数量仅增加到一千种，而1965年科学技术杂志的数量却突破了十万种。显然，科学技术的发展速度，是同人类积累的知识量成正比的。

继承性是科学技术发展的重要规律之一。新一代的科学家，不仅要继承老一代的科学家掌握的科学知识，而且还要通过自己的科学实践活动加以发展和提高，进而有新的发现。因此，新一代的科学家所掌握的科学知识，无论是在广度上或者是在深度上，都应该超过老一代的科学家。很显然，新一代的科学家也应该更有可能认识新的自然规律，而每认识一种新的规律，就必然进一步扩大了认识其它的新的规律的

可能性。这样，也就大大加快了科学技术的发展。

科学研究领域日益广泛

当前，人类正在一条极其宽广的战线上向着自然界全面进军。在微观方面，科学探索活动已经深入到比原子核还要深一个层次的基本粒子的内部；在宏观方面，人类的视野已经扩展到距离地球八十到一百亿光年的宇宙空间。即使是极其复杂的生命现象，现在也能通过对生物体的主要物质基础，特别是蛋白质、酶和核酸等生物大分子的结构和运动规律的研究，来探索生命现象的本质。科学探索活动，正在向更大的深度和广度发展。显而易见，科学研究领域愈来愈广泛，愈来愈深入，必然大大地增加了人类认识新的自然规律的可能性，加快着科学技术发展的进程。

科学研究的人力和经费不断增加

据估计，1910年时，全世界从事科学研究的科学技术人员只有一万五千多人。根据目前的不完全统计，全世界从事科学研究工作的科学技术人员已达三百多万人。一些工业化国家每年投入科学研究的经费；其数量也是很可观的。美国1977年度的科研经费已达四百多亿美元。苏联1976年官方公布的科研经费数字是一百七十七亿卢布。

以上这些因素，从各个方面促进和加速科学技术的发展。现阶段，在发展科学技术问题上，争时间、抢速度具有非常突出的意义。科学技术在迅猛地发展，一些重大的科学技术问题，各个国家都投入相当多的人力、物力在研究，力争抢先突破。如果我们不去深入了解和分析当前科学技术发展的动向，不能预见未来科学技术上可能出现的重大进展，在一些重要科学技术课题上不能及时作出正确的决策，或者组

织管理工作不得力，都会影响科学技术的顺利发展，造成被动和落后的局面。

二、科学技术的广泛渗透性

在现代化的社会中，科学技术的影响可以说已经渗透到一切方面，因而是无所不在的。工业化的程度愈高，科学技术的影响则愈广泛愈深刻。

现代工业的发展，离开了科学技术是不可想象的。正如革命导师马克思在《资本论》中曾经指出：“劳动生产力是随着科学和技术的不断进步而不断发展的。”他还指出，随着大工业的发展，“整个生产过程不是直接依靠劳动者的技巧，而是科学在技术上的应用”。

根据国外报刊的粗略统计，在本世纪初，工业劳动生产率的提高，只有百分之五到百分之二十是依靠采用新的科学技术取得的，而在最近的十多年以来，工业劳动生产率的提高，百分之六十到百分之八十要依靠采用新的科学技术才能达到，有些工业部门，甚至百分之百地要依靠采用新的科学技术，才能提高劳动生产率。

以钢铁工业的情况为例：二次世界大战结束以后的几年中，日本兴建的年产量五百万吨粗钢的钢铁厂，大约需要一万五千名职工；七十年代初，日本兴建的鹿岛钢铁厂，年产粗钢七百四十万吨，却只需要四千三百名职工。这座新的钢铁厂，有高炉二座、转炉三座，还有初轧机、连轧机、钢管轧机，生产过程完全自动化，采用了三十四台计算机来代替人进行生产过程的控制。采用计算机控制生产过程，取得了以下的效果：减少了职工，节省了原材料，提高了产量；保

证了产品质量，缩短了生产周期，提高了设备利用率，有效地实现了科学管理。

在其它国家，也可以举出这样的事例来。苏联有一座年产量为四百万吨的无缝钢管厂，采用计算机控制以后，使钢管的厚度变化减少了百分之二十到百分之二十五，仅这一项节省下来的钢材，每年可以多生产七万到九万米钢管。英国钢铁公司的南威尔士轧钢厂，采用人工控制生产过程时，厚度超过规定公差的产品占百分之二点二，宽度超过规定公差的产品占百分之一点四，采用计算机控制以后，上述两项指标分别下降到百分之零点三和百分之一点一，从而使这家工厂每年可以节约近一百万英镑。国外还有一家年产量二百万吨的带钢热轧车间，采用计算机控制以后，减少了设备停歇时间，每年可以增加轧制时间三百多小时，大大提高了设备利用率。所有这些都表明了钢铁工业采用新的科学技术以后，带来的巨大效果。

近些年来，由于广泛采用新的科学技术，钢铁工业的劳动生产率有了很大提高。美国钢铁工业的平均劳动生产率是每人每年三百五十一吨钢。日本的大分厂是世界上劳动生产率最高的，达每人每年七百五十吨钢。

在产品的设计方面，新的科学技术同样也在发挥巨大的作用。例如，美国波音飞机公司的727型喷气客机是1959年开始设计研制的，比英国的三叉戟喷气客机的设计研制工作晚开始两年，但是波音公司采用了计算机辅助设计，缩短了设计研制时间，结果使727型飞机与三叉戟飞机同时于1964年投入生产。这个例子说明，由于在飞机设计工作中采用新技术，就可以加快设计工作的进度，使产品提早投入生产。同

样，在工厂设计方面，新的科学技术也可以发挥巨大的作用。例如，现在设计一座石油化工厂，只需要有极少量的原油样品，经过实验室试验取得各种馏分的数据资料以后，再利用数学方法和计算机的计算，根据计算结果，就可以设计工厂，从而取消了传统的中间扩大试验的阶段，缩短了设计工作的周期。

科学技术在农业领域的广泛渗透，正在迅速地改变着农业的面貌，大大地提高了农业的劳动生产率。以美国为例，在第二次世界大战期间，一个农业劳动力一年生产的农产品和畜产品，只能满足十一个人的需要，而现在则已经提高到能满足五十七个人的需要。这种巨大的变化，就是由于在农业生产上广泛采用新的科学技术，实现了农业现代化的结果。美国目前从事农业生产的劳动力，只有四百多万人，约占全国总人口的百分之二。

农业现代化的中心环节，当然是农业机械化。不实现农业机械化，就不可能大幅度地提高农业劳动生产率，就不可能把大量的劳动力从繁重的农业生产劳动中解脱出来。但是，实现农业机械化是一个很复杂的过程，决不是有了一定数量的拖拉机和农业机械，就可以实现农业机械化了。也就是说，在农业生产的各个方面，科学技术工作都必须密切配合上去，如改良品种、改良土壤、合理施肥、合理灌溉、防治病虫害等等，都必须适应机械化耕作与收获的要求，才能充分发挥农业机械的作用，真正实现农业机械化。举个例子来说，国外为了解决西红柿的机械化收获问题，就对西红柿进行了品种改良：使西红柿的皮肉长得比较厚实，不容易被机械损伤；又使西红柿的开花、结实和成熟期比较一致，而且西红柿成

熟以后,还能在秧上停留较长时间,以减少收获前的损失;还要使西红柿的大小和形状比较一致。实现了这些要求之后,收获西红柿就完全可以采取同收获谷物一样的方式进行了。由此可见,新的科学技术在农业生产上,同样也是大有用武之地的。

现代化的畜牧业,科学技术在其中发挥了巨大的作用。美国的养牛场,由于采用了科学的饲养与管理方法,使一头小牛从开始饲养达到五百公斤体重的屠宰标准的时间,由三十年代的两年半缩短到现在的五个月。一头小猪只要饲养四个月,体重就可以达到九十公斤。广泛采用新技术的结果,提高了畜牧业的机械化、自动化水平,以及工人的劳动生产率。一个饲养一万多头肉用牛的养牛场,只不过需要十几名工人管理。饲养一、二百万只鸡的大型现代化养鸡场,也只不过需要几十名工人就够了。十分明显,不采用新的科学技术,要使畜牧业达到上述的水平是不可想象的。

科学技术在现代化社会的其它各个方面的重要作用和影响,也是尽人皆知的。离开了科学技术,人类社会的发展和进步是完全不可能的。因此,国外有人认为,现代化社会就是建立在以科学为基础的技术之上的社会。

以电子计算机为其主要标志的电子技术的发展,对于人类社会所产生的巨大影响,就是一个突出的例子。大家都知道,电子计算机不仅是一种高速的计算装置,而且还是一种通用的信息处理装置。目前,电子计算机虽然已经成为工业、国防、科学、教育、交通、商业、计划管理部门的必不可少的工具,但是,它的更为广泛的功能还远远没有充分发挥出来。电子计算机的进一步发展和应用,不仅能以完全自动控

制的高生产率的生产过程，把人们从大量的繁重而简单的劳动中解放出来，而且还可以模拟人的感觉和思维，完成对社会生产与生活的科学组织管理。因此，有人认为，正如蒸汽机、电力的应用，引起了技术上的两次革命性变化一样，以电子计算机为其主要标志的电子技术的广泛应用，也必将对人类社会的生产与生活的各个方面产生革命性的变化。当然，现阶段我们还不可能充分估计到这种巨大的变化，因为目前电子计算机的主要用途还只达到二千六百多种，而根据国外一些专家们的估计，至少还有二万多种使用电子计算机的办法有待去发现。但是，我们仅仅列举一下目前已经实现的电子计算机的少数几项应用，就可以充分说明其影响之深远。这些应用包括：

体积小、价格便宜的微型计算机的大量生产，已经使工业生产过程向全盘自动化发展成为现实；

大型计算机的运算速度已经达到每秒钟一亿五千万次，从而使极其复杂的计算工作能在很短时间内得出结果；

由于计算机的出现，在科学实验中已经发展了一种高速自动测量和分析方法，即把记录事例、扫描测量、数字运算，直到得出实验结果，完全连成一条线，并与计算机联机操作，从而能在几天以至几小时内完成过去要几年才能完成的工作量；

计算机网络、信息库的建立，使人们在千里之外也能通过终端设备与通讯线路来检索储存在这里的各种信息；

在医院里，病人向计算机诉说病情，计算机把病情记录下来提供给医生，医生检查病人以后，检查报告连同化验结果立即储存在计算机里以备查阅，计算机还可以指示药房处

方配药，以及向护士提示用药量和用药时间；

在超级市场里，记账员、收款员的工作完全由计算机来承担；

银行业务已经有很大一部分由计算机承担起来了，存户到银行里存取款也是通过计算机来办理，并且只要一分钟左右就可以完成；

电子计算机已经是教学工作中不可缺少的工具，学生可以通过计算机学到各种知识，据估计，在今后两年之内，美国的家庭中将会有五百万台私人的电子计算机供学生学习之用；

微型电子计算机已经进入小轿车里，驾驶人只要按一下电钮，就可以知道油箱里的存油量，以及按当时的车速还可以行驶多少里程，遇到意外的情况，计算机采取紧急措施（如自动刹车或发出警报）以防止发生事故；

由于电子计算机和通讯技术的发展，电话机已经小到可以装在手提包里，人们完全可以一边散步一边与世界各地通话。

从以上所列举的事例可以看出，科学技术的迅速发展，正在使世界发生巨大的变化。然而，目前已经取得的科学研究成果中，还有很多尚未得到实际应用，因此，科学技术还拥有巨大的潜力有待于人们去进一步发掘。可以预见，科学技术向各个领域的渗透，必将以愈来愈快的速度向更大的广度和深度发展。

三、科学与技术的紧密结合和相互促进

人类在长期的生产劳动中，通过不断总结生产经验，逐步形成各种专业生产技术。为了提高生产效率，人们又不断

地对生产技术加以提高，逐渐产生理论上的飞跃，于是形成了科学理论。反过来，科学理论又指导着技术的进一步改进和提高，并且在一定的条件下形成一些新的技术。

但是，在古代，由于生产力水平的限制，而且科学实验还没有发展形成一项独立的社会实践，因此，上述的技术上升为科学、科学转化为技术的过程是十分缓慢的。甚至到了十九世纪下半叶，社会生产已经发展到了资本主义阶段，生产力水平有了很大的提高，实验科学也有了一定的基础，科学与技术的发展上却依然是严重脱节的。在当时，科学研究工作是科学家个人自发地在实验室里自由进行的一种科学实验活动，它同生产实践往往没有什么联系，而且科学研究的内容仅仅是科学家本人感兴趣的事，并不引起社会的关注。所以，科学上的发现或突破，不可避免地具有相当程度的偶然性和盲目性，科学发现转化为技术应用的周期也非常长。例如，十九世纪末叶，英国一些物理学家研究了电与磁的现象，总结出了电学和磁学的定律，并且可以用数学公式表达出来，然而很长时间里，英国却还没有出现任何应用电力的装置。此外，麦克斯韦已经预言了电磁波的存在，随后又被赫兹的实验所证实，但也还是过了二十多年之后，才有科学家来研究利用无线电波传送电报的可能性。在这种条件下还会出现另一种情况是，技术上由于生产发展的需要，已经出现了一些重大的革新，但却不能及时地组织科学研究力量来加以总结和提高，把它上升到科学理论高度，并反过来指导技术的发展。例如，蒸汽机已经应用了很长时期，热力学定律却还没有总结出来。又如，飞机已经飞上天空，但有关空气动力学的研究工作并没有及时跟上来，以致飞机的升力是