

第一章 知识经济与科技革命

20 世纪是人类历史上最辉煌的科学技术世纪。20 世纪全球变革的最深刻的原因，是科学技术引起的社会生产力的巨大飞跃。科学技术作为变量因素对生产力诸要素的辐射与渗透，使生产力系统的结构和功能发生了根本性的变化，影响了人类历史发展的一般进程，也促进了传统工业经济向知识经济的转变，使世界经济飞速地跨进了 21 世纪的知识经济时代。

面对这样的新形势，各国特别是大国都在抓紧制定面向 21 世纪的发展战略，抢占科技和产业的制高点。我们国家也在适时地把握机遇，顺应潮流，急起直追，迎接扑面而来的 21 世纪知识经济时代的挑战。本章着重阐述了科技革命的主要内容、特点、产生的原因以及对知识经济产生的深刻影响。

第一节 科技革命的主要内容和特点

当二次世界大战的烟云刚刚被人民的正义力量驱散后，科技革命的浪潮便在战争的废墟上汹涌而起，激荡着五湖四海：电子技术、信息技术、激光技术、能源技术、生物技术……组成了一个巍然壮观的新兴科技群，并逐步渗透到社会生产和社会生活的各个领域，极大地促进了各国，尤其是西方发达国家的经济发展。

那么，科技革命的主要内容是什么？又有哪些新的特点呢？这便是本节所要阐述的问题。

一、科技革命的主要内容

自从人类社会从封建专制下走进资产阶级用血与火编就的资本主义社会后，曾发生过三次重大的科学技术革命，极大地促进了人类社会的进程。

第一次科技革命发生于 18 世纪 60 年代资本主义的产业革命时代。这次科技革命是以牛顿经典力学的出现作为科学基础，以纺织机和蒸汽机的发明和机械工具的广泛使用为标志。其结果是建立了资本主义的大机器工业，为世界经济的形式奠定了物质基础。

第二次科技革命发生于 19 世纪 70 年代。这次科技革命是以电磁学说作为科学基础，以电力、电力机械、内燃机、钢铁冶炼技术和电力的广泛应用为标志。其结果是使生产和资本加速集中，推动了资本主义从自由竞争向垄断资本主义的发展，以及金融资本的全球扩张，扩大了世界市场，形成了资本主义国际化的世界经济。

第三次科技革命发生于第二次世界大战后。这次科技革命是以量子力学、基因论和相对论的创立为科学基础，以原子能、电子计算机和空间技术的发明和应用为标志。这次科学技术革命是在 40 年代末 50 年代初从美国开始，当时社会主义的前苏联也部分地参与了这一进程。后来逐步扩大到日本、西欧和其它国家。60 年代达到高潮。进入 70 年代后，由于发达资本主义经济陷入“滞胀”，特别是其间两次严重的世界经济危机，暂时地阻碍了第三次科技革命的进展，一度出现了“低潮”。到了 80 年代初直至今，西方国家摆脱了经济危机后，科技革命又进一步向广度和深度发展。它促使着国家垄断资本主义获得了广泛而迅速地发展。

（一）信息技术是战后科技革命中最活跃的领域。自从 1946 年世界上出现第一台电子计算机后，电子技术的发展迅猛异常。1947 年制成的半导体晶体管和 1959 年问世的集成电路，改变了电子器件的面貌，为整个信息技术的突破性进展开辟了道路。1957 年人

造地球卫星上天，1960年新的光源——激光的产生，1971年微处理机的制成，90年代网络技术的普及应用、信息技术数字化，使信息技术逐步成为战后科技革命最活跃的领域，也是知识经济领域的支柱产业。

1. 微电子技术、包括微小型电子元器件、集成电路的生产技术迅速发展。集成电路是当今世界最富有活力、最引人注目的一个新兴领域。从50年代末集成电路的诞生到60年代中大规模集成电路的发展，都体现了战后科技革命的最新成就。现在，一个国家开发集成电路的速度和水平，反映了这个国家的科学技术的水平和工业经营管理的能力。目前，集成电路已经由小规模、中规模、大规模发展到超大规模阶段，每个芯片含有10万个元件以上。集成电路，特别是大规模的集成电路，是各种信息设备、电子计算机和各类电子产品中不可缺少的重要器件。因此，世界各国对集成电路的研究和应用方兴未艾，以集成电路为核心的微电子技术也在迅速发展。

2. 电子计算机的发展使人工智能获得连续性的突破。近年来，人工智能的开发，使电子计算机成为新的生产力的代表。在当代，电子计算机可分为五类：巨型、大型、中型、小型和微型，各有其一定的使用范围。目前的发展重点是巨型和微型两极。在美国，1980年生产微型机40万台，1981年80万台；在日本，1981年生产微型机28万台，1982年生产76万台。在最近10年内，微型机相继出现了4位机、8位机、12位机、32位机，其体积越来越小，价格越来越便宜，运算速度越来越快，容量越来越大。微型机的出现和发展，对促进信息技术起了划时代的作用。

3. 光纤通信加速了信息技术的发展。所谓光纤通信就是用光导纤维制成光缆，代替传统的金属制的电缆；用程序控制的数字交换代替传统的机电交换，用数字通信代替模拟通信。它信息容量大，交换快，传输质量高，抗干扰能力强，能够节省能源和金属。因

此，它受到各国普遍的重视，被当作理想的有线通信手段。它使计算机技术和通信技术相结合，产生了能够处理和传送电报、电话、图像、数据的新的通信系统。1990年美国研制出新一代激光计算机便是一例。该机利用激光光束而非电波进行数据计算和资料处理，其速度比当今最先进的超级电子计算机要快1000倍。激光计算机的处理机（计算机的心脏），是用激光产生的光波代替电波进行电脑基本语言0和1的转换。光波处理机由若干激光开关等一套激光装置组成。光波开关的转换速度远远超过电开关的转换速度，每秒钟可高达10亿次以上。目前，英国、日本等8个国家已经宣布新建的通信系统不再采用电缆电路，改用光纤通信线路。在容量相同的情况下，光缆直径只有电缆的1%到0.1%。其可靠性极高，一年停机时间只有30秒，而且价格便宜。日本用光缆比用普通电缆降低造价30%，美国的贝尔公司可降低50%。现在，世界最长的，从美国新泽西州塔克顿到英国魏德矛斯和法国彭马奇的总长为6000多公里的海底光缆，正在铺设之中。日本宫崎至冲绳的790公里海底光缆线路已运行。比利时开始建立一个世界第一流的光纤通信系统，长50公里，传输速率2.6吉比/秒，比常用的同类线路高16倍。日本富士通公司研制出光纤化的（ATV有线电视）系统。

（二）空间技术。它主要包括空间运输技术、控制和制导技术、遥感技术、空间通信技术等。自从1957年10月4日前苏联发射第一颗人造卫星以来，世界上一些发达国家为发展空间技术投入了大量的人力物力。据前几年的统计，各国用于空间活动的开支已超过2000亿美元，从事空间技术的科学家和工程技术人员约有150万人之多。目前，宇宙探索的规模越来越大，美国和前苏联建立了轨道科学考察站，美国发射了载人宇宙飞船，实现了登月，并进行了多次航天飞机的飞行，探索的范围已不限于近地空间，已经向太阳系的其他行星发射飞行器或宇宙探测器，收集到大量的资料。美

国空间计划的新目标是建立一个永久性的载人空间站。这个空间站重 40 吨,可居住 6~8 人。每次飞行时间 6 个月。空间站上比较宽敞的生活区,有科学与工业试验室、卫星修理车间、观察太空的天文望远镜和观察地球的遥感设备。空间站还有一个面积达到 2000 平方米的太阳能电池翼,可提供 75 千瓦电力。这是美国航天局继航天飞机计划之后提出的又一个大胆的设想。前苏联实现了空间站多舱对接。他们从发射“进步 27”号无人货运飞船与“和平”号空间站对接成功后,又连续发射了“联盟 TM—2 号”载人飞船同“和平”号空间站实现对接;“进步 28”号货运飞船与“和平”号空间站完成对接;“量子”号天体物理实验飞船在空间与“和平”号空间站对接;与“联盟 TM—1 号”载人飞船成功地实现对接。至此,前苏联在近地空间首先实现用依次组合的方式,由多个航天器组成的复杂联合体,朝着在近地轨道建立永久性载人空间站的目标迈进了一大步。据预计,到 2020 年,宇宙空间站将进入青年期。这时候,宇宙空间站将扩大到每次可接纳 16 名宇航员,建成能够生产现在地球上不能生产的药品、珍贵金属和各种电子元器件的工厂。同时,4 名宇航员将从“哥伦布宇宙空间站”上乘坐宇宙飞船去火星,作围绕火星的历史性飞行,为在 20 年内去火星建立起居民点进行侦察飞行。

现在,空间技术已达到实用的阶段,除了应用于军事目的外,还广泛地应用于科学研究、通信、天气预报、导航等等,对社会经济生活发生着越来越大的影响,并将给科学和经济带来无可估量的利益。据科学预测,到 2035 年,人类将从地球上出发移居火星,3 年后将到达火星,开始建设火星居民点。向宇宙移民的时代正式到来。

目前,中国的航天技术发展也突飞猛进。不仅有能力把“长征”系列运载火箭投入国际市场,而且有能力向国外客商提供卫星服务市场,使返回式卫星商业化,并多次为法国、瑞典等国的 10 多

家公司提供微重力装置搭载试验的服务。

(三) 生物技术。这是以生命科学最新成就为基础的综合性的技术。它直接或间接地利用生物体以及生物体的某些成份或特殊机能生产服务, 为人类造福。生物技术大体包括基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程(即微生物工程)四个方面。70年代以来, 随着基因工程技术(重组 DNA) 接连不断地产生突破, 细胞和原生质体融合技术、植物组织培养技术、酶(或细胞)的固定化技术、动植物细胞大规模培养技术和现代生物反应器技术的迅速发展, 致使生物工程技术进入了一个全新的发展阶段。在医学方面, 生物工程进展最快。在巴甫洛夫的高级神经活动的黑盒子打开后, 发现了许多生理心理的活动, 如记忆、情绪、欲望, 都是受多肽激素和蛋白水解酶的调控的。这样人们就有希望找到治疗神经紧张、失眠以及增加记忆能力和更好地计划生育的手段。对于不治之症的癌和艾滋病的研究和治疗也进入了一个新水平。对前者, 美国科学家已发现了人的癌基因, 还发现正常人体的细胞内也有癌基因, 但平时处于静止状态。一旦受外因激活, 即大量扩散, 使正常细胞转化为恶性细胞。科学家还从不同的癌细胞株中分离出转化基因。癌细胞的转化可能是通过酪氨酸羟基磷酸化等微妙的失调等机制。这样, 将来便可以利用一切调控手段, 使癌细胞不能增殖, 或将癌细胞诱导到正确分化的方面上去, 使之正常化。对后者, 国外已有 1000 多个组织增设了对艾滋病的研究。据估计, 仅 1986 年一年有关艾滋病诊断、防疫、治疗的产品市场可达 31 亿美元。在不久的将来, 可望攻克这一人类的顽疾。

在农业、工业和蛋白质工程方面, 世界各国也非常重视并取得突出的成就。日本 1986 年生物工程开发的总预算为 12.2 亿日元, 仅蛋白质工程研究在 10 年间将耗资达 300 亿日元。中国在 1984~1986 年由国家财政投资组建、扩建 30 个国家科学实验室, 直接间接为生物科学服务的有 11 个, 占 37%, 占投资总额的

35%。正由于此，继 1986 年日、法、中等国相继在水稻原生质体再生植株研究上取得重大突破后，中国科学院植物所又获得了世界上第一批玉米原生质体再生植株，这为利用细胞融合、基因转移及人工诱变等生物工程技术改造现有玉米品种打开了突破口。随着对生物技术研究深入，必将会在各方面开辟出更为广阔的新天地。

（四）材料工程技术。材料一直是人类进化的重要里程碑。战后科技革命的兴起可以说是以新材料作为支柱的。新材料是指那些新近发展或正在发展中的、具有优异性能的材料。大致可分为信息材料、能源材料以及特殊条件下使用的结构材料的功能材料三大类。对这些新材料，早在 70 年代，美国人便将其比做现代化工业的骨肉，能源则是血液；日本人把能源、材料和信息誉为现代化文明的三大支柱，可见新材料地位的重要，它是科技革命进步的关键所在。原因很简单，没有半导体材料的工业化生产，便不能有计算机技术；没有现代的高温、高强度结构材料，便没有宇航工业；没有低损耗的光导纤维，便不会出现光信息的长距离传输，也就没有目前正在发展着的光通信。相反，有很多新技术，因为材料不过关，便很难实现。如太阳能是取之不尽、用之不竭的一种能源，每秒送到地面的能量相当于全世界发电量的十几万倍。从能量密度看，大约是每平方米相当于 0.2 到 1 千瓦，最高每小时每平方米可有一度的电能，如果能充分利用，将会出现一个惊天动地的局面。但可惜目前还没有价廉、寿命长、光电转换效率很高的材料把光能变成电能，因而太阳能无法成为世界上的主要能源。类似这样的例子不胜枚举。

面对上述情况，世界各国加快了对新材料的研制、开发工作，并使新材料跨出了走向大规模实际应用的重要一步。据 1976 年的统计，全世界经过注册的材料有 25 万种，而且每年以 5% 的速度增加。照此计算，目前已超过 40 万种了。日本通产省工业技术院

1982 年曾做过一个尖端产业基础材料技术的调查报告。他们在今后必须开发的 356 种材料中选出了 133 种，其中电子材料 64 种，机械材料 27 种，大型结构材料 25 种，功能高分子材料 12 种，催化剂 5 种。日本科学技术厅 1983 年对未来 30 年的技术进行了预测，材料技术也是 15 个预测领域之一。此外，美国、法国和欧洲共同体对今后新材料技术的发展也都做过类似的预测。到本世纪末，第一批太空工厂将进入轨道，在失重条件下生产药品和新型合金，如在地球上无法得到的铝和钨的合金等。根据专家们估计，从现在起到 2000 年，人类将在失重条件下生产出价值至少 20 亿美元的新材料。

（五）海洋工程技术。由于海洋中的物质资源极其丰富，取之不尽，用之不竭。因此，它作为一个巨大的宝库正引起人们越来越大的关注。据估计，全世界的水中总共储藏着 2100 万吨镁、137 亿吨铁和钼、41 亿吨锡和铜、40 亿吨铀、27 亿吨镍和锰、7 亿吨钴、4 亿吨银和 500 万吨黄金以及大量的钾、溴、碘等。从 60 年代起，世界各国就在运用现代科学理论寻找提取上述元素的方法。并进而采用各种先进科学技术手段，进行海洋调查监测和海洋开发利用。有材料称，世界海洋经济总产值 1969 年为 130 多亿美元，1980 年增长到 2500~2800 亿美元，在短短的 10 多年间增长了 22 倍。

随着科技的进步，人类吹响了向海洋索取空间的进军号。荷兰的人造三角洲和日本神户人工岛的建成，使人类在征服海洋空间方面迈出了第一步，同时也极大地震动了世界各国。美、英两国急起直追，计划在 2000 年前建成海上城市，向海洋移民；西德、法国也不甘示弱，准备建设海上原子能电站和海上机场。日本的胃口更大，提出了一个建设“日本列岛环状线”的方案，打算在离岸 50 公里的海面上，建筑一条围绕日本列岛的“钢铁大堤”，高出海面 100 米，宽 150 米，总长 8000 公里。估计这一工程要耗钢 30 亿吨，需 100 年的时间。与此同时，日本正在执行区域性海洋综合利用技术

开发计划（1986～1990 年），将在岩手县、富山湾等海域建立试验性海洋牧场，发展海洋养殖。计划包括在海下建造人工海底、设置构筑物促进上升流活动，以及利用光导纤维和导光管把太阳光传送到海底等方法，形成适宜鱼类生长的海洋环境。这一切，无疑是对海洋空间开发利用的成功范例。

（六）新能源技术。新能源的开发和利用是新技术革命的工业支柱之一。太阳能、生物能、原子能、海洋能等，既具有再生性，可以解决能源紧缺问题，又可以保护环境，保护资源，为人类创造更美好的未来。

太阳能发展前景光明。美国准备在加利福尼亚沙漠地区建立 20 万千瓦的太阳热力电站。前苏联、日本也都在研究建设太阳光和太阳热混合的大型发电装置。对太阳能的利用主要包括太阳光发电、太阳热能发电、以及直接利用太阳能供热和制冷等方面的应用。中国在这方面有很大发展。不但在太阳能供热和制冷方面作了许多有益的尝试和推广工作，而且近年来引进了许多条太阳能电池生产线。不久，中国将成为仅次于美日两国的世界第 3 个太阳能电池生产大国。

生物能开发方兴未艾。据报道，欧洲共同体在 1990 年建成一个生物能源工厂，每年可加工 40 万吨生物质生产液体燃料作为汽油添加剂。日本等国都制定了生物能源开发计划。许多国家采用生物能技术处理城市垃圾、城市污染等，不但提供了能源，而且对于环境卫生、环境保护也有重要意义。日本东京的一个垃圾厂，日处理垃圾 1200 吨，发电量 12000 瓦。英、美都正在兴建日处理 3000 吨垃圾的处理工厂。

原子能发展“稳打稳扎”。自 1945 年美国的“曼哈顿工程”制成世界上第一颗原子弹至今，原子能在稳步发展中被广泛地应用于生产、生活。到目前，世界上已有 26 个国家拥有不同类型的核反应堆，有 200 多座核电站。中国在 80 年代建立了第一座核电站。以

法国超凤凰快堆（120 万千瓦电功率）为代表，一些国家正在建造一批大中型快堆电站，法国、日本、前苏联等国在快堆技术方面走在世界的前列。据日本原子能产业会议 1987 年 9 月发表调查结果，截止 1987 年 6 月，全世界运行的核电站装机容量达到 2.9067 亿千瓦，在建的还有 146 座。到 1987 年底世界核电装机容量就达到了 3 亿千瓦。核原子能除作为电源外，还用作其它能源与医疗等事业，预计在不久的将来，会进入更大规模地利用核能的时代。这无疑是人类能源发展史上的一个新的里程碑。

海洋能发展后浪推前浪。汹涌澎湃的海洋蕴藏着巨大的能量，开发海洋能有波力发电、潮汐发电、海水温差发电等项技术。

日本在山形县酒田港，挪威在大西洋海岸，进行了波力发电试验。加拿大在纽芬兰岛南部海岸建成了一台世界上最大的波力发电装置，发电能力为 1 兆瓦。

法国朗斯电站，加拿大的安纳波利斯电站，以及中国浙江的江厦电站是一些有代表性的大型潮汐电站，为进一步开发潮汐能积累了宝贵的经验。

海洋温差发电是利用海洋表层和深层水之间存在着 20°C 左右的温差来发电。日本在热带岛屿瑙鲁和本国德之岛建立温差发电试验电站，美国在夏威夷岛也建成一座 50 千瓦的海洋温差发电站。中国首台海洋热能发电模拟实验装置已在广州通过鉴定。

邓小平同志指出：“现代科学技术正在经历着一场伟大的革命。近 30 年来，现代科学技术不只是在个别的科学理论上、个别的生产技术上获得了发展，也不只是有了一般意义上的进步和改革，而是几乎各门科学技术领域都发生了深刻变化，出现了新的飞跃，产生了并且正在继续产生一系列新兴科学技术。”^① 这说明了战后科技革命的发展突飞猛进，尤其是近 30 年来，许多新的科学技术

如雨后春笋，层出不穷，像遥感技术、超导技术等等。逐步形成了迄今规模最大、范围最广、影响最深的科技革命，并呈现出越来越多的新的特点。

那么，这次科技革命和历史上几次科技革命相比较，究竟有什么新特点呢？这就是下面所要阐述的第二个问题。

二、科技革命的新特点

随着战后科技革命的深入而广泛的展开，其特点越来越突出地凸现出来。从现有材料来看，战后科技革命与历史上前几次科技革命相比，有这样几个主要特点。

（一）组织形式与合作方式趋于国际化。从组织形式看，战后科技革命的发展，政府的干预和支持还是主要形式，而且将不断强化。因为科技革命发展计划投资很大，同时新的科技计划不断问世，因此，需要政府从国家的角度进行选择 and 干预。在这方面做得富有成效的是美国和日本。美国早在二战结束前夕，作为当时总统科学顾问的布什便写了一份系统阐述战后科技政策的报告，名为《科学——无疆界的领域》。在这份报告中，布什提出了成立一个与国防部没有直接关系的国家科学基金会建议，并很快得到政府批准。从此，国家成为科技研究的主要组织者和经费提供者。从下表中可看出：

年 份	美国全国研究与研制 开支额(单位:亿)	联邦政府用于研究与 研制的拨款	联邦科研拨款占全国 研究与研制开支的百 分数(%)
1946	38	9.2	24.2
1950	25	11	44.6
1955	62	35	56.5

1960	135	87	64.4
1965	200	130	65.0
1970	259	147	58.8
1975	353	182	51.5
1980	604	294	48.7
1981	698	399	47.2
1982	773	361	46.7

注：资料来源《美国统计摘要》，1980年，第624页，258页；1982~1983年，第592页

从上表的美国政府科研开支情况可看出，为了占居科技的世界领先地位，联邦政府每年约以 14% 的速度增加科研经费。到 1965 年，国家科技研究经费已达 130 多亿美元，占全国公私科研经费总额的 65%。国家既是科技研究的组织者，也是科技研究经费的主要提供者。在这方面，日本做得也富有成效。日本政府的高科技计划现有 10 多个，如人类新领域科学计划、超导多核心研究计划、宇宙开发计划、海洋开发计划等等。在欧洲，政府间的横向联合趋势更为明显，如欧洲信息技术研究的战略计划、欧洲亚微硅片联合计划等。

在国际合作的方式上，也出现了一些前所未有的情况。从国家间的合作来说，欧洲和日本政府间的合作已渐渐超越了美日之间的双边合作模式。一些跨国家的科技联合项目不断增加，如美国在 1987 年 4 月 12 日发射成功的航天飞机“哥伦比亚”号就是由 25 国提供部件和地面站的工程，被称为“空前的国际合作成果”。在宇航方面，法国的宇航员还搭上了前苏联的“联盟”号飞船，这在以前是不可想象的。

另外，一些非政府间的合作已超越了政府间的合作。“尤里

卡”计划最明显,有人概括为“企业先联合,政府后跟上”。再如西德的西门子公司与日本的东芝、富士的合作,美国的通用电器与日本的日立、美国的西屋与日本的三菱的合作,都是非政府间的合作。这种跨越国界、超越政府间的合作,是战后科技革命的一大特色。

(二) 科技革命以信息技术、生物技术和新材料“三大技术”为主体,形成了一个新科技群,并带动其它一些新科技蓬勃兴起。前两次科技革命只是涉及到自然科学的某个领域和某些工业部门的变革。如 18 世纪,世界上先出现纺织机,以后又逐渐出现蒸汽机、电力、核能。这些新科技,虽然也带动了其它领域的发展,但它们出现时,多是单一的。现代科技革命则是采取群体的形式出现,几乎包括了自然科学的各个领域和国民经济的各个部门。具体说,这些科技群有:空间技术群体,包括宇航飞行、空间探测、空间军事等;新能源技术群体,如核能、太阳能、生物能等;海洋技术群体,包括海底开采、海水养殖、海水提铀等。这些新科技群的兴起,推动了许多新兴科技出现竞争的局面。如,在信息产业部门有光纤通信与卫星通信争高下,电子计算机和光计算机“抢饭碗”;在电子计算机产业部门又有硅器计算机、砷化镓器件计算机、超导器件计算机等“群雄并存”。这些竞争必将促使一批与之相适应的新兴产业迅速发展壮大起来,并不断波及到其它领域。

(三) 科技革命发展的速度越来越快,新发现、新发明层出不穷。恩格斯指出:科学的发展同前一代人遗留下来的知识量成比例,因此在最普通的情况下,科学也是按几何级数发展的(即加速度)。战后科技革命在这一点上尤为突出,主要表现在下述几个方面:

1. 科技革命的新成果迅速增长。据有关资料介绍,16 世纪自然科学领域的各种新发现、新发明的总数不超过 26 项;17 世纪已有 106 项;18 世纪为 756 项;19 世纪达 546 项;20 世纪前 50 年已达 961 项。从 60 年代以来,科学技术上的新发现、新发明比过去

2000 年的总和还要多。仅空间技术就出现了 1.2 万多种过去不曾有过的新产品、新工艺、新技术、新材料。为便于直接看清这个问题，我们选列出本世纪以来各个年代产生的 60 个科技成果，并设计成下表：

1901~1910	1911~1920	1921~1930	1931~1940	1941~1950
自动电话站(德) 电力飞机(美) 电力机车(德) 人造毛(德) 传真电报(德) 拖拉机(德)	电气铁路(德) 全金属飞机(德) 航空邮政(美) 载波机(德) 无线电广播(美) 甲基橡胶(德)	合成甲醇(德) 汽缸加工流水线(英) 铁路无线电通信(德) “莱卡”照像机(德) 汽轮机(苏) 飞艇环球飞行(德)	氧气顶吹炼钢(苏) 用户电报通信(德) 地下铁道(苏) 聚苯乙烯(德) 回旋加速器(苏) 联合采煤机(苏)	晶体管(美) 电子计算机(美) 雷达(英) 火箭(德) 盘尼西林(英) 侯氏制碱(中)
1951~1960	1961~1970	1971~1980	1981~	
隧道二极管(日) 数控机床(美) 人造卫星(苏) 喷气式客机(英) 核电站(苏) 人造金刚石(美)	激光(美) 集成电路(美) 太阳能电池(英) 卫星通信(美) 高速列车(日) 碘岛素合成(中)	微处理机(美) 基因重组(美) CT 扫描装置(英) 光通信(美) 工业机器人(美) 快堆核电站(苏)	航天飞机(美) 基因医药制品(美) 超大规模 IC(美) 陶瓷发动机(日) 智能计算机(日) 高温超导(美)	空间轨道站(苏) 高速磁悬浮列车 (西德) 综合数字服务网 (法) 砷化镓器件(美) 超塑性合金(美) 文字处理机(美)

从上表中可以看出：信息技术成果在本世纪特别是 40 年代以来，取得了令人瞩目的广泛的发展；能源技术和材料技术作为信息技术的能量和物质基础，保持了大体同步的发展；生物技术正在综合应用信息、能源、材料技术的最新成果，在精细的分子水平上开始了创造新的生物组分、功能以及生物体的探索；空间技术从航空技术的丰富积累中，跃上了星际飞行的太空利用的航天活动新阶段。可以预测，照此发展下去，在未来的 10~20 年中，人类拥有的科技成果将比目前翻两番。

2. 科技成果的应用周期越来越短。由于科技革命的迅速发展和经济竞争的促进，科学研究从成果的取得到应用的过程大为缩短了，科学技术越来越快地转变为直接的生产力。这一点从下表中

可直接看出来。

一些科技从研制到制成产品和应用所经历的时间表：

产 品	掌握时间(年)	研制副产品制成及应用
蒸汽机	100	1680~1780 年
半导体(晶体管)	66	1885~1951 年
汽化内燃机	38	1845~1883 年
柴油机	19	1878~1897 年
喷气发动机	14	1929~1943 年
电视机	12	1922~1934 年
涡轮喷气发动机	10	1934~1944 年
平面型晶体管	5	1955~1960 年
集成电路	3	1958~1961 年
激光器	1	1959~1960 年

从表中不难看出，由于科技革命的迅速发展，使研制和掌握应用新科技的周期越来越短。据科学家估计，自 50 年代以来 大约每隔 5 年就会有一种到几种新科技成果发展成熟和被推广应用。例：1955 年，雷达电视机；1960 年，原子能；1965 年，计算机、彩色电视机；1970 年，波音 747 飞机；1975 年，卫星通信、空间试验室；1980 年，大规模集成电路；1997 年，“瞬间记忆”芯片的开发利用等等。

3. 技术和产品的更新速度越来越快。科技革命发展日新月异，新技术、新材料、新工艺等的广泛应用，不断地促进着新产品的生产，使技术产品的更新率加快。据统计，最近十几年来发展起来的工业技术已经陈旧的约占 30%。在电子技术领域里，技术、设备和产品陈旧率达 50%。以晶体管为例，在 1966 年美国的电子计算

机等系统全部以晶体管代替,可 3 年后,即 1969 年,晶体管在这些设备上便被全部淘汰,由集成电路代替了。以此类推,在技术、产品、工艺、设备上,每 3 年更新换代一次,才能克服陈旧率高的问题。这样,更新越快,科技发展也就越快,相互促进,加速发展。

4. 科学知识更新加速。有资料统计,18 世纪时,知识更新周期为 80~90 年;19 世纪到 20 世纪初缩短到 30~40 年。但在二战后,这个周期又缩短到 15 年了,个别前沿学科只有 5~10 年。到现在的 80~90 年代,知识老化周期已缩短到 3~5 年,甚至更短。这样,大学生在学校里学到的知识,真正属于经典自然科学的只占 10%,20 世纪以来的科学技术要占 90%。即便如此,在发达国家 1976 年毕业的大学生,到 1980 年,他所掌握的知识已有 50%陈旧、老化,到 1986 年将完全陈旧过时。因此,有许多国家都采取了“继续教育”的措施,以解决知识老化的问题。

(四) 科学技术在分化综合中日趋一体化。战后科技革命促使现代科学在继续分化的同时,朝着高度综合的方向发展。现在不仅没有孤立封闭的科学领域,而且科学、技术、生产等领域日趋一体化。有人对 4027 门学科的研究对象和研究方法进行分析后发现:19 世纪以前,新学科的建立主要是由于学科的高度分化;19 世纪以后,由分化和综合产生的新学科数目几乎相等;而进入 20 世纪以来,新学科主要是高度综合的产物(当然不否认分化也在继续进行)。这使战后科技不仅在体系结构上表现出它的整体性,而且在发展规律和发展形式上,也表现出它的整体性。所谓的科技一体化,就是指科学技术的多样性和统一性的互斥互补。各个学科既相互渗透,又相互独立,既有分化,又有综合,在分化过程的基础上统一成为一个有机整体。这种整体性表现在下述几个方面:

1. 自然科学技术的综合化趋势越来越明显。在生产力十分低下古代,人们笼统地把自然界当作一个整体,力求从总的方面来把握自然界的发展变化,描绘出自然界的总画面。与这种认识相适

应，产生了力图囊括自然一切事物的知识的自然科学，各种科学都包含在统一的自然哲学之中。这是一种原始的综合。而今天新的综合是，许多重大的科技课题，必须运用多门学科的成就和通过多学科人员的协作才能解决。这种科技的综合发展趋势，不仅导致了如生物物理、生物化学等一系列边缘学科的产生；同时也促使空间科学、海洋科学、材料科学等综合性学科的迅速形成和发展，并由此而产生出信息论、控制论、系统论等横断学科。

2. 自然科学与社会科学日趋综合化。长期以来，人们一直以为自然科学和社会科学是两大截然不同的科学知识体系。然而，现代社会提出的一系列高度综合的课题，客观上需要自然科学与社会科学共同来解答。这样，就打破了两门科学的严格界限，把自然科学和社会科学变为一门科学。如，要解决环境保护问题，不仅涉及生态学、生化学、生物学等自然科学方面的知识，也涉及到社会学、法律学等社会科学方面的知识。自然科学中常用的数学方法、模拟方法和计算机应用等，已经渗透到社会科学的各个研究领域；同样，社会科学中的一些概念，如“模糊集合”、“系统分析”等，也被自然科学家所吸取。这种社会科学与自然科学的相互联系、相互接近、相互渗透、相互转化、相互作用和相互交流，使社会科学与自然科学日趋综合化。

当然，我们在分析科学技术高度综合的同时，也应看到科技也在继续分化，从而导致分支学科的不断衍生。如海洋学，原来一直是地学的一个分支学科。而今在这门学科下面又衍生出 139 门分支学科。又如经济学，近 30 年来就派生出技术经济学、信息经济学、知识经济学等新的分支学科达 100 门之多。据统计，在自然科学方面，仅是物理学派生出来的新学科就有 555 门，在社会科学方面衍生出来的分支学科计有 300 门之多；由自然科学和社会科学交叉而产生的新学科在 1982 年就已有 50 多门。这些分支学科各自确立了自己的研究领域和范围，有的分化已达到相当精细的程