

科技管理干部进修试用教材

科学技术发展史

下

中国科学学与科技政策研究会
中国科协现代管理知识讲师团

科学技术发展史

杨沛霆

下

目 录

第十六章	科学革命与技术革命的时代	(1)
第一节	十九世纪末到二十世纪初的社会	(1)
第二节	第二次科学革命的发展	(7)
第三节	生物学的巨大变革	(9)
第四节	物理科学的危机	(18)
第五节	进入数学新时代	(36)
第六节	相对论和望远镜	(39)
第七节	技术革命和“三大文明”	(43)
第八节	管理科学诞生	(57)
第十七章	第一次世界大战前后	(66)
第一节	战争对技术和社会的影响	(66)
第二节	三十年代的经济和社会	(70)
第三节	三十年代的科学	(74)
第四节	三十年代的技术	(98)
第十八章	第二次世界大战和科学技术	(112)
第一节	战前科技形势	(112)
第二节	第二次世界大战的技术	(113)
第十九章	战后十年	(127)
第一节	战后新形势	(127)
第二节	科学新时代	(135)
第三节	跃进的生物学和医学	(147)

第二十章 科学技术革命 ·····	(155)
第一节 第三次技术革命·····	(155)
第二节 科技革命和经济起飞·····	(164)
第三节 原子能与核武器·····	(168)
第四节 人造卫星与“新珍珠港事件”·····	(172)
第二十一章 六十年代的科学技术与社会 ·····	(180)
第一节 六十年代的社会·····	(180)
第二节 六十年代的科学·····	(184)
第三节 地球科学与天文学·····	(190)
第四节 物理学和电子学·····	(200)
第五节 高分子化学和石油·····	(218)
第六节 分子生物学时代·····	(225)
第七节 外科、仿生、人机系统·····	(230)
第八节 空间科学的时代·····	(234)
第二十二章 战后农业科学技术 ·····	(248)
第一节 美国的农业革命·····	(248)
第二节 农业现代化和环境·····	(256)
第二十三章 七十年代经济、社会和科学技术 ·····	(263)
第一节 人口危机和粮食·····	(263)
第二节 环境危机和生命·····	(265)
第三节 能源危机和经济·····	(268)
第四节 情报危机和知识·····	(271)
第五节 生产技术和管埋·····	(278)
第六节 科学技术与社会·····	(291)
第七节 科学技术与未来·····	(298)
第二十四章 新技术革命时代 ·····	(301)

第一节	三次科学革命与三次技术革命·····	(301)
第二节	什么是科学技术革命·····	(302)
第三节	新时代在认识上的一场革命·····	(304)
附:	1. 主要参考书目·····	(312)
	2. 人名索引·····	(314)

第十六章 科学革命与技术革命的时代

第一节 十九世纪末二十世纪初的社会

(1870—1920)

垄断资本形成 十九世纪五十——六十年代，欧洲、北美和日本的资产阶级为了取得更多利润不断谋求新的出路。一方面广泛利用最新科学技术成就，一方面热衷发展大型企业，并通过这两个手段来扩大经济收益。

扩大企业的规模和广泛应用最新技术，是互相影响和互相促进的两种手段。如钢铁工业采用大高炉技术以后，生产成本大幅度降低，质量也均匀可靠。又如化学工业采用综合利用新技术，就要求更多的产品企业组织起来，实现各种付产品的有效利用，也就适应了化工产品的品种多的特点。这样，一方面利用了新技术，另一方面，也扩大了企业的规模。这种作法，不只是提高了产品生产效率，还缩短了产品与原料的运输距离，减少了中间转手的机会，所有这些因素都加剧了垄断企业的发展。

在大企业经济能力愈来愈大的情况下，中小企业无力和大企业竞争，纷纷倒闭，同时也就形成企业以大吞小，出现规模愈来愈大，资本愈来愈集中的现象。十九世纪七十年

代，首先在重工业部门出现垄断组织。到十九世纪末，垄断组织先后控制了各个工业部门，从此垄断成为资本主义经济生活的基础。美国的摩尔根和洛克菲勒两大财团成为美国政治、经济的实际统治者。

垄断资本占统治地位的国家，一方面严格控制殖民地发展科学技术，扩大了经济实力的差距；另一方面，把“剩余”资本大量输出到经济不发达国家和殖民地。1900年，英国海外投资（二十亿英镑）占全部总投资的一半。1910年，法国在国外投资是国内投资的四倍。于是在“商品输出”同时，也出现了“资本输出”。

随着资本输出的不断增加，国际垄断资本集团争夺世界市场的斗争加剧了。垄断资本为了战胜竞争对手，愈加重视最新科学技术成果在生产上的应用，努力发展科学技术事业。各大垄断企业发展科学技术的具体手段是把高水平的科技人员和高效能研究机构掌握在自己手里，通过把最新技术引进到生产当中来加强垄断企业与对手企业的竞争能力。也正因为如此，垄断资本为了垄断技术又有扼杀技术发展的一面。

从总体情况看，在十九世纪最后三十年，资本主义国家利用科学技术和企业管理方法使工农业生产有了显著的发展。1870—1900年，世界钢产量增长54倍，即由52万吨增加到2830万吨；铁路网长度增加了近三倍，由21万公里增加到79万公里，从这一时期开始，重工业在工业中开始占主导地位。

从1860年到1900年这40年当中，在科学技术推动下，资本主义经济得到发展，在资本主义国家之间经济发展产生很大的不平衡。从工业经济规模的顺序来说，1860年为英、法、美、

德；到1870年，相对地位变换为英、美、法、德；到1880年变换为英、美、德、法；最后，1900年成为美、德、英、法。美国在这一时期之初占第三位，到这一时期末超越了英、法而成第一位。原处于第四位的德国，先后也超过法、英而列居资本主义国家的第二位。新兴的资本主义国家美国和德国的工业超过了英法，其重要因素之一是靠电技术和化工技术的最新成就取得的经济优势。

德国工业技术 在技术与工业的大变革时期，德国和美国发展了本国工业，在经济上取得实力地位，它们的物质生产后盾是钢铁和化工。

1860年以后，以提倡“铁血主义”著名的俾斯麦（1815—1898）上台，发动三次战争（丹麦战争、普奥战争和普法战争），建立了德意志帝国。当时德国政府为了垄断资本家的利益，采取了保护农业，发展工商业的政策，集中力量建立全国铁路系统，并通过建立一系列法制，和发展科学技术促进了德国经济发展。德国人霍夫曼和凯库勒就是在这一时期对焦油进行系统分析，建立了化学工业，取得极大经济效益。德国在这一时期比较重视学习外国，曾多次组织德国工程师研究英国的炼钢技术，加以改进，而后推广，从而使德国的钢产量从十九世纪七十年代开始有很大增长。

1873年，德国为了与工业先进国家英国对抗，建立了关税保护政策。同时利用当时的世界性经济危机和英国经济不振的机会，首创了最早的联合企业形式辛迪加。在1893年建立了煤炭辛迪加，控制了鲁尔地区产煤量的87%。1896年，又在鲁尔建立了钢铁辛迪加。1903年该企业控制了德国钢铁产量的73%。在电机工业方面，1897年，西门子公司（1847

年创立，1897年改组）成为德国最大的电器公司。在化学工业方面，在1868年合成茜素染料，1897年合成靛蓝的同时形成德国八大化学公司。1904年也出于共同利益的需要联合起来了，完全垄断了世界染料市场的目标。这些最大企业开始重视科学研究，如1913年，巴登苯胺和苏打公司（简称BASF）研究成功氨的合成法。战后的1925年，该公司为中心成为世界上最大的化学公司，即法本染料公司（IG）。

由于德国是最早发展联合企业的国家，他们注意到联合企业有利于获得更高利润，经济上是合理的，所以他们进一步把钢铁、煤炭、化工三个行业有机地组织到一个企业里来，形成最早的联合企业，世界上最大的工厂企业在德国先出现了。十九世纪八十年代，德国工业发展速度超过英国。九十年代，德国工业产品产量超过英国。1870年到1900年，煤的开采量由3400万吨增加到一亿吨，铁由140万吨增加到850万吨。

从十九世纪七十年代开始，德国开创了国立科学研究所的科研体制，先后建立了各种专业的国立研究所，并由国家预算中正式拨款作研究费用。同时，整顿教育体制，加强技术教育。这一系列措施，使德国在七十年代取得世界科学技术中心的地位，科学水平超过了英国。1895年，德国的经济实力超过英国。德国用了40年（1860—1900年）时间完成了英国100年所走的资本主义工业现代化的道路。

英国建立垄断企业还是跟德国学的。英国直到1926年为了与德国对抗才把六个化学公司合并起来成立了英国化工公司（即ICI）。1929年，建立了钢铁托拉斯。一度先进的英国在企业经济管理上也开始落后于德国。（参见十五章第三节）。

美国工业技术 就在德国发展工业的时候，美国也开始起步了，但在这以前，美国科学文化没有很大发展。十八世纪七年战争（1756—1763年）结束了欧洲人争夺美洲大陆的斗争。在英国实现手工业向机器工业转换时，大批失业工人来到美国寻求出路。1848年，欧洲革命失败之后，大批德国人、法国人、奥地利人移居美国，后来又有意大利和俄罗斯人，这些人构成美国最初的技术工人队伍，他们成为南北战争中南方的封建奴隶制度开火的主要突击力量。

南北战争（1865年以后）的胜利扫除了阻碍工业发展的南方封建奴隶体制，美国的工业才得到真正的发展，工业技术受到人们重视。1869年完成了横贯大陆的铁道，这就使西部丰富资源与东部工业结合起来，促进了美国工业的发展。接着，在大西洋铺设海底电缆，把欧美两个大陆连接起来，这对欧美之间的情报传播和贸易来往，以及市场的统一起着十分重要的作用。不久，美国发现石油（1859年），石油产量占世界总产量的60%，很多地方相继发现新油田。1859年为2,000桶，10年以后的1869年急增到4,215,000桶。石油的运输促进了铁路事业的发展，也使石油资本进入铁路形成更大规模的垄断企业。生产的需要与利润的需要，要求资本的累积与集中。资本主义竞争的需要，使工业资本与金融资本结合起来。所以说金融资本的基本特征是工业资本和银行资本的融合、渗透。

实际上，美国的工业化是在资本主义自由竞争起支配作用的年代里得到发展的，到垄断资本主义时期达到高潮。它在初始时期吸取了英国、德国的某些作法，首先发展了纺织工业和铁路运输与电讯事业，同时注意发展农业，这使美国

工业产值在1860年—1890年这30年当中增长了五倍。

这一时期，美国为了发展工业采取了比德国还要大得多的托拉斯经营管理方式。特别是1873年和1900—1903年的两次经济危机大大加剧了企业垄断化的势头。1882年，洛克菲勒财团成立了标准石油托拉斯，包办了全国95%的石油生产与加工工业，成为最早的托拉斯企业。1892年，在摩尔干财团的支持下又建立了世界最大的电器公司——爱迪生体系的通用电器公司。1901年，摩尔干财团与美国九大钢铁公司联合起来建立了世界上最大的钢铁公司——美国钢铁公司。当时这一公司就相当英国钢铁业全部的规模。洛克菲勒与摩尔干财团很快又建立了很多大托拉斯。到二十世纪初，汽车、食品、炼铝等工业也相继被各大财团所控制。随着垄断财阀的发展美国也就成为对外侵略扩张的帝国主义国家。

重工业、化学工业崛起 在十九世纪末二十世纪初，资本主义的经济在极大程度上依赖科学技术的发展。在第十章中提到十九世纪三十年代电磁学有了很大发展。在法拉第发现电机原理以后不久，以焦油化学分析为起点的有机化学得到发展。由于物理学和化学的理论与实践的突破，使十九世纪七十年代，电力工业和化学工业有了更大发展。

在钢铁工业技术方面，十九世纪五十年代英国贝塞玛（1813—1898）在大规模生产优质钢的技术方面取得突破，而后很多学者跟上去研究这个问题，到十九世纪末，大量生产优质钢的技术完全成熟。

实际上，十九世纪末，钢铁、电力、化工三大行业的发展和接近，逐步形成以钢、电、化为中心的重工业和化学工业。尤其是，1880年爱迪生（1847—1931）发明了电灯、诺

贝尔(1832—1896)发明火药以后,大大加快了重工业化学工业的发展速度。

在重工业化学工业加快发展的时候,1890年,高效率的内燃机进入实用阶段,推动了汽车工业的发展,繁荣了机械工业。在二十世纪前夕,内燃机、火药、机械工业的进步刺激了特种钢的发明。

二十世纪初,染料化学工业技术进入大推广阶段,从此重工业与化学工业的发展告一段落。

最早的企业科学家 为了实现经济垄断,必须实现技术垄断。1900年,美国通用电器公司招聘了从德国归来电学家、交流理论首创者斯特恩梅兹(Steinmets, C P 1865—1923)到该公司工作,为该公司筹建科学实验室,着手电灯和真空管的基础理论研究,这可以说是私人企业重视基础研究的开始。1909年,该实验室又聘请了44岁科学家兰米尔(1881—1957)到该公司作研究工作,他在公司的40年研究实验的生涯当中,完成化工、电器等多方面200多篇论文、63项技术发明的专利。他以其卓越贡献成为世界上第一个获得诺贝尔奖金的企业科学工作者。与此同时,贝尔电话公司也建立了科学实验室,它们开辟了生产企业从事基础研究的新时代。

第二节 第二次科学革命的发展

十九世纪末到二十世纪初,同时完成两大转换:一个是完成了科学—→技术—→工业—→经济—→政治的转换;另一个是自然科学的革命性变革。前一个转换在本章第一节中已经讨论,下面介绍科学革命的展开。

十九世纪末到二十世纪初，最引人注目的是物理学的革命和生物学、医学的革命。

在物理学方面，由于技术的进步，不断有物理学的新发现。特别是量子理论和相对论这两大理论的出现不只是直接冲击着经典物理学和哲学，而且对化学、生物学等许多学科也有很大影响（详见本章第四节）。

一方面，1870年到1920年期间，由于观测技术的进步，有可能判明恒星和银河系的基本情况，同时由于相对论问世，对宇宙结构也有了初步认识（详见本章第六节）。

除此以外，1900年前后，在物理化学、地球物理、地震学等方面的新学科先后诞生了，数学、化学、地质学等等也进入了新阶段。

1870年以后，在生物学、医学方面极为广阔的领域有许多重要突破。1880年以后，不断发现新的病菌，传染病开始能够预防了，使传染病受到控制。二十世纪初，治疗传染病的新药不断出现。这一时期，物理学为医学提供了X线、放射线等新技术，化学特别是有机化学给医学提供了药品，又加上政治、经济与工业发展的需要，1900年前后在生物学、医学等很多领域不断出现新的学问。如1860年以后微生物学、生理学、生态学、进化论等都取得很大进展，在1900年以后，遗传学、生物化学、实验发生学、神经医学等等也都作为一个新兴学科出现了。不久又发现了维生素和激素。遗传学与生物化学愈来愈受到人们的重视，它对工农业生产也产生很大影响（详见本章第七节）。

总之，从科学技术发展的本身来看，1870年到1930年，这是一个科学革命的时代。所以1930年成为物理学、化学、

天文学、医学、生物学发展的分水岭，在这以前和以后有很大的不同，在这之前是大发展时期，在这之后是新芽萌发时期。如果分得再细些，物理学的转折时期可以认为是1928年，生物科学可以认为是1925年，当然很精细准确地确定时间界限是不可能的，也不必要。划分阶段的目的是便于形成不同时期的特性概念，和认识到量变到质变的过程。

第三节 生物学的巨大变革

生物学研究特性 生物科学有它自己的特点。它虽然与物理学一样是在强调实验的思想支配下得到发展的，但由于生物具有更为复杂的结构和机能，所以实验方法是有局限性的。物理学的实验结果一般是明确的，比较容易为人所接受，但是生物学的实验结果由于多因素影响，不容易很快被人接受。物理科学的定律有可能用数学公式表示，相对来说，生物科学可能性较小，目前可以表达的范围也很窄，有时候勉强用数学公式表示反而失真。例如生物学的重大成就是进化论，但它具有历史科学的性质，是一门极为概括的科学。因此，在生物学界出现了一些比别的科学要明显得多的观点对立的学派。每个学派又是多因素的综合，从整体看可能是对的，但局部不一定对。有时只抓住局部的错误而否定整体，不是综合地历史地去分析生物学的问题往往会犯很大错误。物理学领域学派之争有些是唯心论与唯物论之争，而生物科学的学派之争还有机械论与活性论、实验方法与历史方法的争论，矛盾表现得更加复杂。

对达尔文的支持和反对 达尔文的《物种起源》一发表，

就在生物界，甚至整个科学界和思想界都产生极大反响，于是每个生物学家都面临拥护与反对的抉择。当时的赫胥黎、海克尔（1834—1919）、埃撒·古瑞等人不只在自然科学界，在社会各阶层中也广泛宣传达尔文的学说，其规模和影响是科学史上没有先例的。

赫胥黎在《物种起源》出版的第二年（1860年），就对人类进化问题作了详细的阐述。他明确提出，人是由猿变来的主张，宣称人的祖先是猿猴。1863年发表了《自然界人的地位》，其中从解剖学论证了人与猿是属于一类中的两个分支。在1860年召开的大英科学协会上展开了辩论，会上赫胥黎的发言取得胜利。

德国生物学家海克尔早年学医，后来研究解剖学和动物学。通过多年研究，总结古生物学、比较解剖学、胚胎学的知识，创立了生物进化系统图，建立了种系发生学。他与弥勒共同提出生物发生率，亦称重演率。他在著作中确立了“生体发生的基本法则”，指出：“个体发生是重复着种属的进化过程”，即个体发生与系统发生是平行的，个体发生是系统发生的缩影，这种短暂的历史演化和重复称之为“重演论”，又叫生物发生律。他的学说为达尔文的生物进化论提供了有力证据，是赫胥黎的学说使达尔文学说通俗化了，从而迅速得到普及。海克尔的学术思想的发表进一步发展与提高了达尔文的进化论学说的社会地位，当时达尔文学说成为很多自然科学家讨论哲学问题的重要主题。他提出的“适应和遗传之间交互作用”引起“趋异”“分化”，促使生物进化，这是达尔文学说的重要发展。

在他以前，德国的机械唯物论者认为物质和能量是永恒

不变的，但是海克尔认为物质本身是不断演变发展的，就这个意义说，海克尔是唯物论者。他创办了“一元论协会”，同宗教与哲学的蒙昧主义进行斗争，但他同时主张把达尔文学说搬到社会领域，又使他陷入社会达尔文主义，和种族主义，他的社会历史观是唯心的。

除去支持和拥护者以外，也有人坚决反对达尔文学说，他们不只是来自教会势力和传统保守思想，还有很多生物学家也反对达尔文学说。反对达尔文学说的生物学家们的共同特点，都是利用生物学特别是进化论学说体系不能反证这一点来批评达尔文。

遗传学诞生与孟德尔 从学说理论的延续性来看，“现代实验遗传学”，是在魏斯曼学说基础上建立和展开的。但是从历史事实看，遗传学的首创者不是魏斯曼，而是奥地利人孟德尔（1822—1884）。

孟德尔是布隆（Brunn现在捷克的布尔诺市）修道院的修道士，1860年，他在四面高高围墙的小院子里开始了豌豆的遗传试验。当然，与世隔绝的布隆小镇和没有科学朋友来往的修道院究竟受多少社会影响是很难说的。但是，就是在这样偏僻穷乡小镇的修道院小道士在几年如一日的潜心研究工作中居然为遗传学奠定了基础，甚至冲击到达尔文伟大学说的根基，这是个很有意思的事情。

孟德尔进行了高豌豆与矮豌豆杂交实验，他的实验方法是只留心研究其中的一种单一因素，如根据植株的高、矮，豌豆的颜色，豆表皮的光皱等作选择依据进行试验，他终于发现第三代发生令人惊异的结果。于是他再用红花豌豆和白花豌豆作试验，又用黄豆和白豆作试验，圆豆和凹凸不圆

的豆作试验，得出同样的结果。为了验证无误，他连续试验八年之久，发现他的第三代变异的结果象演数学题一样准确。他发现，遗传形质都有成对的因子，而这每一对因子构成显性和隐性的遗传结果。而后他又提出成对因子在遗传过程中可以互相分离，也可以彼此独立，从而他进一步提出了遗传学上的分离定律和独立分配定律，形成孟德尔遗传学派的基本观点。1865年在布隆博物学会上发表了他的实验报告。他的实验很大胆而慎重，但他发表时不够大胆慎重，送到《布隆博物学会会报》上发表了，由于地方小，刊物发行面很窄，又加上当时生物界全力从事进化论的讨论，所以没有引起任何人的注意。他只写过这么一篇论文，因此也没有人知道他后来又做了些什么工作。1900年，人们仍在研究生物遗传学，其中著名的学者如荷兰人德弗里斯（1848—1935）、德国人柯伦斯（1864—1933）和奥地利人丘歇马克（1871—1963）都热衷于研究生物杂交的秘密。他们从实验结果中得出和孟德尔一样的结论，使埋没了35年的遗传学说得到新生，孟德尔的遗传定律在生物学领域放出异彩。

从此，孟德尔遗传学在遗传学史上一直占有极为牢固的地位，成为细胞学、胚胎学、遗传学、遗传化学等许多学科研究的内容。孟德尔学说中的“显性定律”、“分离定律”和遗传因子“独立分配定律”构成现代遗传学的基本内容。

孟德尔以后的生物遗传试验，大体上是根据孟德尔提出的遗传定律，在种种动物植物中进行的。细胞学的发展使人们重视细胞与遗传的关系，在研究生殖细胞的结构时，人们开始发现细胞的染色体是遗传物质的基础。它的单位称为基因，并以此来解释各种遗传现象。但时至今日，基因的性质、