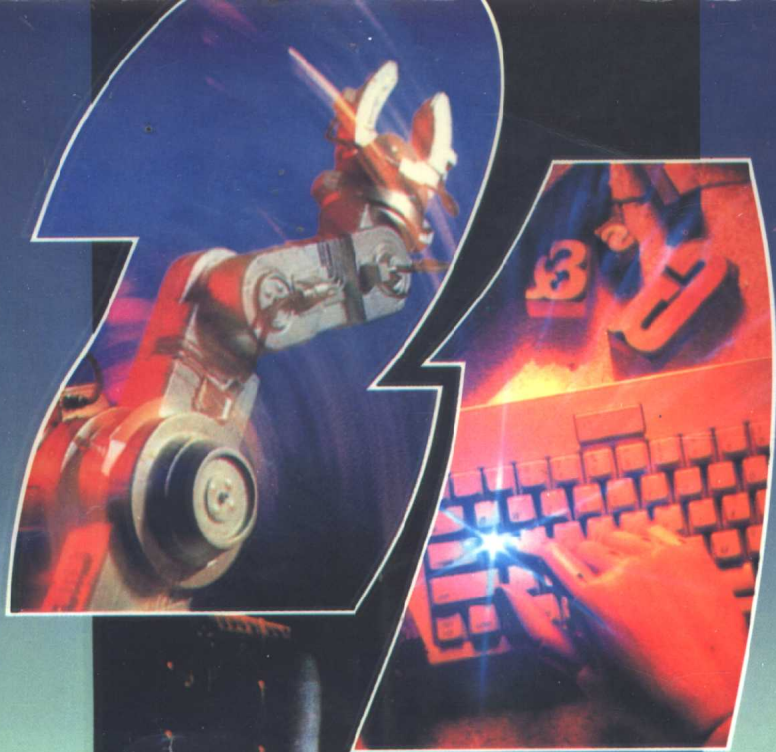




杨福家 主编 汤钊猷 郭伯农 张景云 副主编

现代科技与上海

上海科学普及出版社

现代科技与上海

杨福家 主 编

汤钊猷

郭伯农 副主编

张景云

上海科学普及出版社

(沪)新登字第 305 号

内 容 简 介

本书从世界经济和科学发展的史实出发,深入阐述了“科学技术是第一生产力”的思想,以及现代科学对人类精神文明建设的影响。全书着重对信息技术、生物技术、空间科学技术、新材料等当代高技术的重要前沿领域,以及能源与交通、环境与防灾等人类社会共同面临的重大问题,还有科学管理和科学决策的基本知识等,作了深入浅出的论述;对世界,尤其是上海的高新技术及其产业发展的现状与趋势,特别是对迈向 21 世纪的上海科技发展的战略和政策作了重点介绍。

本书可作为广大干部、管理人员、科技人员、大学生、文科研究生等学习现代科学技术基础知识的辅导读物。

责任编辑: 李立皮 黄家礼

现代科技与上海

汤福家 编

刁钊猷

邵伯衣 副主编

傅景云

学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 常熟文化印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 12.5 字数 332000

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—30000

ISBN 7-5427-1123-7/G·309 定价:16.00 元

编委会名单

主任：罗世谦

副主任：黄耀文 尹继佐 朱寄萍

主编：杨福家

副主编：汤钊猷 郭伯农 张景云

编委：马在田 吴建屏 郭景坤 席裕庚 陈念貽

张吉锋 张煦 邓伟志 李健民 姚诗煌

王顺义 吴晓江

撰稿人名单

(按姓氏笔画为序)

王顺义	王统正	石水荣	朱成名	朱恒顺	朱新轩
任兆瑞	严隽琪	汪军	吴晓江	宋后燕	张沁源
陈仁彪	陈云弟	陈谊	陈敬全	陈蓉霞	陈锦淞
陈德鑫	罗祖德	周林桃	赵锡芳	施鹏飞	席裕庚
柴建华	徐长乐	徐泉兴	徐毅毅	徐慰慈	盛根玉
章振华	楼允东	潘重光	薛京伦	薛德馨	瞿国凯

审稿人名单

(按姓氏笔画为序)

乔宽元	沈铭贤	李必光	李健民	何正华	张吉锋
张煦	张景云	陈念貽	林起章	郭伯农	郭景坤
姚诗煌	顾文兴	陶家祥	潘名山		

一项重要而紧迫的学习任务

——《现代科技与上海》序

徐匡迪

当代蓬勃兴起的新科技革命,是迄今人类历史上规模最大、发展最快、影响最深的一次科技革命。在这场革命中,现代自然科学基础理论的重大突破,迅速导致了以信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术、空间技术、海洋开发技术为主角的高技术群的兴起,进而推动了高技术产业的蓬勃发展,以及高技术向其他产业领域的广泛渗透。科技进步带来了经济结构和生产方式的变革,为生产力的发展开辟了广阔的途径,促进了社会生产率的大幅度提高,也引起了人们生活方式和世界面貌的巨大变化,加速了人类文明的历史进程。

在当今愈演愈烈的国际竞争中,许多国家清楚地认识到,如果不能持续地以科技实力赢得优势,就无法在国际社会激烈竞争中占有一席之地。因此,他们都根据新技术革命的发展态势,调整科技与经济发展战略,抢占发展高科技的制高点。

新技术革命给我们提出了严峻挑战,同时也给我们提供了跳跃式发展的新机遇。近20年来,世界经济增长重心正向亚太地区转移。未来20年,亚太地区仍将是世界经济增长重心。改革开放的中国正在成为世界经济格局中新的增长极。地处中国东南沿海和长江流域两大经济发展带交汇点的上海,要抓住机遇,迎接挑战,充分发挥带动长江流域经济腾飞的龙头作用,逐步发展成为国际经济、金融、贸易中心之一。

为实现这一宏伟目标,必须优先发展科技。为此,市委、市政府制定了“科教兴市”的战略。这一战略的实施,将使上海成为国家高技术产业基地、研究开发基地、人才培养基地,上海的科技生产力将获得新的解放和大的发展,上海经济增长方式将实现从粗放型到集约型的转变。

为了适应这种大发展、大转变的新形势,全市各级干部都要以极大的紧迫感和责任感积极学习现代科技知识,开阔视野,增长见识。全市各级干部都要以邓小平同志关于“科学技术是第一生产力”的科学论断为指针,从总体上把握科技发展的趋向及其对经济、文化、政治、军事和社会发展产生的巨大影响,提高决策水平和领导能力,卓有成效地肩负起建设有中国特色社会主义的历史重任。

江泽民总书记指出:“现代科学技术的发展日新月异,新发明、新理论层出不穷,知识更新异常迅速。”“我们的干部,无论是学社会科学的还是学自然科学的,无论是毕业早一点的还是近几年走出校门的,都有重新学习的必要。”为了更好地帮助本市各级干部认识当今世界科技发展的现状与趋势,熟悉现代科学技术知识,领会现代科

学精神、科学思想和科学方法,掌握科学管理和科学决策的基本知识,了解上海科技发展的战略目标,了解高技术及其产业化对上海经济腾飞产生的巨大影响和给社会各个领域带来的广泛变化,市委组织部、市委宣传部、市科技党委、市科委和市人事局,在市科学技术协会的协助下,组织本市科研院所、高等院校有关专家学者编写了这本多侧面反映世界、中国和上海科技进步与社会发展的干部科普教材,作为学习国家科委组织编写的《现代科学技术基础知识(干部选读)》的辅导读物,并委托上海电视大学等单位配合这本教材的学习,摄制《干部学科技》系列电视片。

我们期望各级干部能紧密结合实际,认真学习这些科普教材,推进“科教兴国”和“科教兴市”战略的实施,为振兴中华、振兴上海,奉献出更多的智慧和力量。

1996年4月

目 录

一项重要而紧迫的学习任务

——《现代科技与上海》序 徐匡迪

第一章 科学技术是第一生产力..... (1)

第一节 世界经济发展中的奇迹..... (1)

第二节 科技进步促进经济增长 (16)

第三节 科技进步促进产业结构的优化 (23)

第四节 科技进步与国际经济竞争 (28)

第二章 科学的发展及其文化功能 (40)

第一节 人类认识能力的飞跃 (40)

第二节 人类自然观的变革 (48)

第三节 现代科学的文化精神 (58)

第四节 人类思维方式的改变 (68)

第三章 计算机与自动化技术 (81)

第一节 计算机技术基础 (81)

第二节 计算机技术应用 (89)

第三节 计算机技术展望..... (110)

第四章 信息时代的通信技术..... (120)

第一节 信息传递和通信技术..... (120)

第二节 通信技术的近期进展..... (125)

第三节 信息高速公路..... (136)

第四节 现状与展望..... (143)

第五章 空间科学技术..... (152)

第一节 发展简史..... (152)

第二节 空间飞行器的发展..... (155)

第三节 近地轨道航天站的建设..... (164)

第四节	空间科学技术的进展与应用	(170)
第六章	新材料技术	(184)
第一节	材料技术的地位和作用	(184)
第二节	新材料的研究与发展	(190)
第三节	新材料领域的发展战略	(211)
第七章	生物工程与医学、农业新技术	(217)
第一节	基因工程概述	(217)
第二节	基因工程在医学上的应用	(220)
第三节	基因工程在农业上的应用	(241)
第四节	农业增产新技术	(250)
第八章	能源和交通	(270)
第一节	能源与经济、社会 and 人民生活	(270)
第二节	新能源的开发利用	(278)
第三节	现代科技与城市交通	(293)
第九章	环境科学与防灾科学	(308)
第一节	环境科学与可持续发展战略	(308)
第二节	城市生态环境的改善	(323)
第十章	科学管理和科学决策	(341)
第一节	管理的基本概念和基本职能	(341)
第二节	管理的基本原理	(346)
第三节	科学决策	(354)
第十一章	迈向 21 世纪的上海科学技术	(366)
第一节	挑战与机遇	(366)
第二节	目标与任务	(370)
第三节	措施与政策	(374)
后 记		(389)

第一章 科学技术是第一生产力

学习“科学技术是第一生产力”的科学论断,是加强干部科技意识的重要一环。宋健同志主编《现代科学技术基础知识》一书中的第一章和第六章就这方面的内容作了全面系统的论述。“科学技术是第一生产力”这个论题,表述了一个历史和现实的事实,表述了自近代以来,特别是自 20 世纪 50 年代以来若干发达国家经济发展的事实。就这个论题本身而言,它不仅涉及历史唯物主义领域,而且更重要的是涉及经济学和社会学的领域。因此,对这个论题的学习,需要结合世界经济的历史事实,结合经济学理论,特别是技术经济学理论,结合当前国际经济竞争的现实,才能取得较为深入的理解。在本章,我们仅就其中几个重要的问题作进一步的阐述。

第一节 世界经济发展中的奇迹

一、若干发达工业国经济发展的科学技术背景

自 18 世纪下半叶以来,世界经济发展曾两度出现奇迹。第一次经济奇迹发生在 18 世纪下半叶至 19 世纪末,英国、法国和德国等众多的欧洲国家先后进入了经济高速增长的时代。在这个期间,这些国家的人口平均增长 3 倍,而人均国民生产总值却增长了 5 倍多,因此国民生产总值至少增长了 15 倍,个别国家甚至增长了 30~50 倍。但在公元 1000~1750 年这 7 个半世纪中,欧洲人口是按 17% 的比例累进增长的,人均产值每世纪的增长倍数在 1.25~1.5 范围内波动,亦即仅相当于 19 世纪增长倍数的 5%~25%。1865 年美国在南北战争结束后致力于发展经济,到 19 世纪末后来居上成为世界第一工业大国。

世界经济发展的第二次奇迹发生在 20 世纪中叶之后,原来与美国比较起来尚属第二流的国家如日本、德国、意大利、法国和其他西欧国家,其生产和生活水平奇迹般地持续上升。在这些国家中,人口在不断增长,但其速度远远慢于资本数量的增长,从而造成“资本深化”;实际工资率具有强烈的上升趋势;长时期内,工资和薪金相对于财产总收入的份额基本上保持不变;没有出现利息或利润率的下降;没有出现由于资本深化而引起收益递减规律发生作用而造成的资本—产量之比的稳步上升,即该比值大致不变;国民产品一般每年按大致不变的比例增长。我们知道,人均国民生产总值是度量一个国家经济发展状况的重要指标。上述工业发达国家 1992 年的人均国民生产总值如表 1-1 所示,它们是位于世界前列的。

表 1-1 若干国家 1992 年人均国民生产总值

国 别	美 国	德 国	法 国	意大利	日 本
人均国民生产总值 (美元)	23465	21210	20600	19892	27582

从历史的角度看,造成英国、德国、美国和日本等工业发达国家在世界经济上崛起的原因是多方面的,但其中一个共同的重要原因,是这些国家的经济发展都有一个科学技术背景。

英国 其经济的高速发展起源于 18 世纪下半叶的“工业革命”,而工业革命又导源于英国当时在三个领域内发生的“技术革命”,即纺织技术、蒸汽机技术和冶金技术的革命。1733 年技师 J·凯发明了飞梭织布机,J·怀亚特和 L·保尔发明了纺纱机和梳棉机,1767 年 T·海斯发明了机械纺纱机,实现了纺织技术上的革命。1771 年企业家 R·阿克赖特在上述技术革命的基础上成功地在诺丁汉市用水力作动力开办了机械化纺纱厂,并在短短的几年内发展为具有几千个纱锭和拥有三百多工人规模的新兴纺织企业。与此同时,技师 J·瓦特先后在企业家 J·罗巴克和 M·博尔顿的资助下,根据科学的理论和方法于 1769 年在蒸汽机技术发明

上取得重大突破,使蒸汽机技术走出实验室进入实用阶段,实现了人类在动力技术上的一次革命。蒸汽机被广泛地用在纺织、采矿、冶金和面粉加工业等需要动力的地方,它使大工厂代替了小工场。1709年A·达比发明焦炭炼铁技术,1750年B·亨茨曼发明坩埚炼钢技术,1784年H·科特发明搅拌炼钢技术,开创了大规模冶金生产时代。上述三项技术革命被产业化之后,便导致英国纺织工业和钢铁工业的兴起。到19世纪中叶,英国全国机械化纺织厂星罗棋布,从业人数达110余万人,占英国总人口的5%,成为当时英国的主导产业部门。英国全国钢铁厂林立,生铁年产量从1720年的1.7万吨增至1855年的125万吨。这两大新兴的产业部门的发展带动了其他产业部门如机器制造业、造船业和采矿业的发展,从而导致英国经济的起飞。

英国18世纪的技术革命,又是以科学革命为其基础和背景的。除了纺织新技术是工匠技师们在职业经验基础上摸索的结果外,新冶金技术的提出在一定程度上是以化学知识为基础,蒸汽机技术的突破在一定程度上则是以物理学理论为基础。它们既包含着技师们的经验,又是用科学知识和方法解决技术难题的结果。如果飞梭技术因为其技术原理完全是由人的经验所组成,可被看作是“经验技术”的话,那么我们就可以把蒸汽机技术和冶金新技术看作是“科学的技术”,因为其技术原理中有一部分是由科学理论所组成,它是人们用科学理论解决技术难题的结果,是科学知识向技术原理渗透的结果。

科学向技术的渗透,在近代英国有其深刻的文化背景。事实上,早在发生工业革命之前一百多年,英国的科学事业已非常繁荣,成为当时世界科学的中心。早在16世纪,由于英国具备得天独厚的人文条件,民族精英在选择职业时已开始向科学方面转移,于是在英国出现了一大批科学家,其中杰出的代表有牛顿、波义耳、哈维和哈雷等。1661年英国皇家学会即国家科学院成立,使科学在英国成为一种有组织的社会活动,国家科学院成为科学家进行科学研究活动的特定的社会圈子,科学在英国初步实现了社会体

制化。科学事业的繁荣,又促使科学理论在英国得到空前的发展,16~17 世纪力学、化学、天文学和生理学上的重大革命成果,都是在英国科学家手上最后完成的。科学理论上的突破,带来了技术上的进步。科学家不仅进行基础理论研究,还进行应用研究,用科学理论去解决采矿冶金、海上运输、纺织和军事中所遇到的技术问题。据统计,17 世纪下半叶英国皇家学会的科学家研究的课题中有 50% 以上属于应用研究性质。在这种背景下,技术开始被科学化,种种“科学的技术”在英国如雨后春笋,层出不穷。当然,技术的发展反过来又推动了科学的发展。

可见,16~17 世纪英国科学事业的繁荣,促进了英国技术的科学化,促成了 18 世纪下半叶三项技术革命的出现,为英国工业革命的发生奠定了基础,由此导致英国经济在 19 世纪初的腾飞。

德国 发生于 19 世纪中下叶的德国经济高速发展,是与该国政府注重科学技术和教育的政策分不开的。从 19 世纪初开始,德国政府就十分重视发展普通教育、职业教育和高等教育。到 1850 年,全国已普及初等教育,全民的识字率很高;综合技术学校和高等技术学校也已具有相当的规模,它们为政府和企业培养了大批具有中等科学技术水平的技术员和工程师。

德国重视普通教育和职业技术教育这一举措,对 19 世纪上半叶德国从农业为主过渡到以工业为主的经济发展具有重要作用。在 19 世纪的最初 30 年,德国发展工业主要是依靠引进国外如英国和法国的技术和人才。但由于德国工人技术素质较高,并拥有大批工程师,许多企业具有较强的吸收消化国外先进技术的能力,一些工业部门仅用 10~15 年便摆脱了对外国的依赖,实现了对许多先进技术产品的进口替代。例如,1843 年在德国铁路上运行的机车 90% 以上是英国制造的,铁轨 89% 是英国或比利时制造的,但是到 1853 年全国 70% 的机车已由德国自己制造,德国自己生产的铁轨已开始出口了。在钢铁工业等部门也有类似的情况。

德国国家科学院早在 1700 年就成立了。19 世纪德国高等教育的大发展,使德国科学事业在世界范围内登上了一个新台阶。德

国大学最早是于 14 世纪建立的,比意大利、法国和英国大学的发展要晚一些,当时各国的大学教师一般只从事教学,很少兼作科学研究。到 19 世纪,德国在高等教育领域内实行了重大改革,在上率先形成了大学教师除教学外还必须进行科学研究的一整套制度,这样就使德国从事科学研究的人数翻了好几番,科学研究进入了大学,大学成为科学家进行研究活动的第二个特定的社会圈子。研究生培养制度也是首先在 19 世纪的德国出现的,这为高级科研人才的培养找到了一条有效途径。由于科学研究在大学里的发展,德国在 19 世纪科学人才辈出,研究成果累累,一些新兴学科如有机化学、实验生理学、实验心理学等等都是在德国率先发展起来的。德国化学家李比希、生理学家路德维希、心理学家冯特、数学家高斯、物理学家欧姆等人都是当时世界科学界的巨擘。

德国 19 世纪科学事业大发展的第二个重大事件是,科学研究进入工业企业,企业纷纷建立了自己的“工业研究实验室”,聘请科学家和受过良好训练的科研人员在其中进行研究工作,以不断地为企业开发新产品和新工艺。第一个工业研究实验室早在 1826 年就在德国出现。19 世纪 60 年代,德国的染料工业、医药工业、化肥工业、光学工业和电气工业中的企业纷纷建立了自己的工业研究实验室。在其中从事研究的科学家人数日趋增加,在个别工业部门甚至超过了大学中科学家的增长数。例如,德国的 BASF 化学公司,1865 年在其工业研究实验室工作的化学家只有 1 人,到 1898 年已达 116 人,到 20 世纪 70 年代则增至 2500 人。1865 年德国全国只有 3 名化学家在工业研究实验室工作,而在大学工作的则有 72 名。到 1910 年,在全国工业研究实验室工作的化学家达 651 名,而在大学工作的只有 360 名。由于科学研究进入了企业,工业研究实验室就成为科学家进行研究活动的第三个特定的社会圈子。

工业研究实验室为德国技术进步作出了巨大的贡献。工业研究实验室是科学大规模地介入技术活动的重要途径和有效形式。科学家根据基础研究的成果,在实验室内进行应用研究和技术开

发,从现代科学理论派生出技术原理,从而导致新技术的发明。19世纪下半叶,德国绝大多数重大的技术进步都是由工业研究实验室的“研究开发”或企业与大学合作研究开发工作取得的。特别是19世纪的化工技术革命,就是德国大学实验室和工业研究实验室的科学家们互相合作,从化学基础研究进而进行应用研究与技术开发的结果。在此之前,若干世纪以来,化学制品大都是从自然物质中提炼取得的,例如从植物灰中提炼碱,从茜草属植物中提炼染料等。到19世纪下半叶,越来越多的化学物质已提炼自煤的副产品、氮和磷酸盐。肥皂和玻璃工业中需要的纯碱,是从煤的副产品氨中提炼的,纺织工业中用的合成苯胺染料,是从煤焦油中提炼的,从而实现了化工技术革命。由于这些化工技术的产业化,德国就出现了一个新兴的煤化学工业产业部门。1871年德国煤化学工业技术已处于世界领先地位,1873年德国染料化工工业的产量和质量都超过了英国,并开始在世界贸易中占有愈来愈多的份额。1913年德国生产的染料已占世界染料产量的80%。在德国,合成染料工业带动了纺织工业、制药工业、油漆工业和合成橡胶工业,迅速形成几十亿马克产值的煤化学工业,并进一步带动了酸碱工业、造纸工业等部门的发展。

除化学工业外,德国的新兴电气工程工业也由于科学技术进步而得到迅速发展。它是19世纪下半叶电力技术革命产业化的结果。而电力技术革命则是科学家和工程师们进行基础研究、应用研究和技术开发的结果,尤其要归功于丹麦科学家H·奥斯特、英国科学家G·法拉第、德国科学家E·西门子、美国科学家T·爱迪生等人的努力。集科学家、工程师和企业家于一身的西门子在发电机技术发明上作出了突破性的贡献。德国两大电气公司即西门子公司和通用电气公司,在其创立的早期阶段就聘请了专业数学家、物理学家和工程师,建立了工业研究实验室,不断地进行电力新技术的研究与开发。到19世纪末,德国的电能力技术处于世界先进水平,电气工程工业迅速发展并成为一个新兴的产业部门。类似的情况也发生在德国的金属加工和机器制造业。19世纪下半叶这些

行业的新产品和新工艺层出不穷,技术发明专利数甚至比化学和电气工业的还要多,特别是蒸汽机、车辆和船舶制造业在技术进步的驱动下,得到了迅速的发展。

19世纪30年代德国科学事业开始空前繁荣。1875年德国成为当时世界科学技术中心。1880年德国工业发展速度超过英国。1895年德国各行各业产品的产量超过英国,成为世界经济强国。这就是德国依托科学技术发展经济的轨迹。

美国 其经济的高速发展起始于19世纪中叶,到19世纪末后来居上一跃成为世界第一经济强国。1865年南北战争结束后,美国在大力发展农业、轻纺工业和木材加工工业的同时,模仿英国和德国工业化的经验发动了产业革命。它及时地把英国和德国的先进技术转移到美国本土上来,并加以产业化,在美国形成了钢铁、电力和机器制造三大支柱产业。1889年美国年产钢铁400余万吨,居世界第一位。到19世纪末,美国生产的各种机床、火车头、枪支、农机在世界市场上已享有较高的声誉。1886年美国实现了电力技术的产业化,并迅速形成了新兴的电力产业部门和电气工程产业部门。1860~1890年美国通过工业技术革命,产值上升9倍,到1880年它已是西方第二经济大国。1890年,美国经济发展水平跃居世界第一,许多工业品产量都居世界第一位,其黄金储量占世界一半。1900年人均收入超过欧洲。1913年美国黄金储量占世界储量的70%,成为世界经济的一霸^①。稍后,美国又建立和发展了石油化工、汽车、飞机和无线电等高新技术密集型产业。

美国工业化进程和经济高速发展也以其技术进步为动因,主要有两个方面。一是土地、劳力和资金生产要素投入量的增长,因而导致经济总量的增长。美国经济的历史特点是人口和劳力随移民的涌入而大规模地增长,资本的积累率高,可利用的自然资源不断扩大,特别是由于人口和交通运输网向西部推进,为经济开拓增

^① 宋健主编:《现代科学技术基础知识》,科学出版社、中共中央党校出版社,1994年版,第32页。

加了大量新的土地和矿产资源。但值得注意的是,美国总产量的增长率一向大大超过上述生产要素投入量供给的增长率。这个超出的增长部分就是技术进步的结果。所以,技术进步是美国经济增长的第二方面的动因。伴随着经济发展,美国先后在不同产业内相继出现过重大技术发明的浪潮。1793年E·惠特尼发明轧棉机,用机械化代替了手工消除棉籽的劳动,使效率提高1000倍,并因此消除了植棉业向西部人少地区推进的重大障碍,这是纺织业曾在1860年左右迅速发展为美国第一大工业的重要原因。19世纪40年代前后,美国在木材加工业中不断进行了技术改造,发明或改进了锯、刨、制榫、成形、镗孔等全套加工机器,这是木材加工业迅速发展为美国当时第二大工业的重要原因。19世纪上半叶,美国在一些机器制造和金属加工工业中实行了专业化、单一产品化和标准化的大规模生产方式,这种生产方式使用高度专门化的机械工艺生产标准精确的元件,然后只需对它们进行装配而不需要再加工就能形成成品,从而大幅度地提高了企业的生产效率。19世纪70年代,爱迪生、贝尔等人在电气工程方面的重要发明促进了电气工程工业在美国的形成。1903年莱特兄弟研制的飞机试飞成功,揭开了美国航空工业的序幕。1906年L·德福雷斯特发明了无线电的关键部件电子管,导致了电讯工业的形成。1934年W·卡罗瑟斯发明了尼龙,促成了石油化纤工业的诞生。1948年J·巴丁发明半导体晶体管,促进了半导体工业和尔后的微电子工业的形成。1960年T·梅曼发明激光器,导致了激光技术产业化。

19世纪70年代之后美国的技术进步有其深厚的科学研究基础,科学是新技术发明的源泉。美国的工业研究实验室在19世纪末也开始发展。最著名的工业研究实验室是由发明家爱迪生在1876年建立的。90年代,美国电话电报公司(原贝尔电话公司)建立了实验室。稍后通用电器公司也建立了实验室。在第一次世界大战期间,杜邦公司、柯达公司以及其他主要石油及橡胶公司等都相继建立了自己的实验室。这类工业研究实验室在规模和水平上不断发展。譬如,美国电话电报公司实验室在1912年聘请的科学