

KEXUE JISHULUN
Y A N J I U

科学技术论 研究

● 杨德荣



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

科学技术论研究

杨 德 荣

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书是作者有关科学技术论研究论著的汇编。主要内容有：科学技术史论，是对 19、20 世纪科学技术发展的评介；科学技术史札记，就科学技术史中的一些事件，阐发其对人们的启示；技术论，把技术作为独立的研究对象，着重探讨它的应用理论及科技体制改革的实践，还对日本技术论做了评介；科技体制改革，主要对科技体制改革的一些问题进行了探讨；科学技术方法论，讨论了一些自然科学与工程技术领域的方法论及软科学研究方法；科学道德，对历史上著名科学家的高尚道德风范做了介绍；软科学教育，就软科学教育谈了一些教学设想。

图书在版编目 (C I P) 数据

科学技术论研究 / 杨德荣. — 成都：西南交通大学出版社，2004.11
ISBN 7-81057-866-9

I. 科... II. 杨... III. 科学技术学 IV. G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 045954 号

科学技术论研究

杨德荣

*

责任编辑 刘永淑

封面设计 何东琳设计工作室

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码：610031 发行部电话：87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

成都蜀通印务有限责任公司印刷

*

开本：787mm × 1092mm 1/16 印张：36.75

字数：912 千字

2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-866-9/G · 069

定价：88.00 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话：(028) 87600562

前 言

做学术研究，我是半路出家，略识之无。

1952年，我考大学的时候，时逢国家即将实施第一个五年计划，强调重工业建设，我也“与时俱进”，填报了矿业类专业志愿，结果被东北工学院矿区开采专业（采煤专门化）录取。毕业后留校，任职于采煤教研室。说来也荒唐，正是在一心一意深入煤矿生产实践时，一些事情竟然促使我“背叛”了采煤专业。

事情要从40多年前说起。1958—1960年期间，举国上下掀起了轰轰烈烈的“大跃进”、“双革四化”运动高潮。我和同学们一起多次下矿，参加技术革新。为当时热火朝天的群众运动所感动，一种记述、总结群众发明创造，探讨、研究煤炭技术发展路线的强烈愿望油然而生，于是我提笔写下了《对采煤方法技术路线的几点浅见》一文。尽管也在学校的大会上做了发言，博得了掌声，但毕竟实践本身是错误的，文章也就难逃荒谬的结果。我的处女作就此夭折。

初试虽然失败，但却引起了我对学术研究的浓厚兴趣。接着，学习恩格斯的《自然辩证法》，学习科学技术史，尝试着探讨采矿科学技术中的理论与实践的关系以及科学研究的方法论。研究正在兴头上，“文化大革命”爆发。从此，十年迷惘、愤懑、郁闷、彷徨，无所事事，虚度年华。

打倒“四人帮”，重新得“解放”，我总算找到了自己的归宿。1978—1979年，我做的第一件事情，就是编写、讲授19世纪和20世纪上半叶的科学技术史；同时，为了适应刚复苏的科普宣传的需要，我向报社投送了一组科技史札记短文；也恢复了早已中断了的方法论研究，几篇有关研究方法方面的文章就是在这个时候写成的。

1982年，四川省文教办公室领导、组织省内14所高等院校编写《德育丛书》，其中有一部《科学家与科学道德》，确定由我主编。这样，在科技史研究的基础上，我用了一年的时间，整理、编写了一组有关科学家的科学道德的文章，其中有的篇目被四川人民广播电台选用。

20世纪70、80年代之交，以科学整体为对象、探讨科学发展一般规律的学科——科学学，风靡一时。这引起了我们学工科的人的思考：为什么不开展以技术整体为对象、探讨技术发展一般规律的学科——技术论（也有人称为技术哲学、技术学）的研究呢？从1982年起，整个80年代，我涉足了技术论领域。除了引进日本技术论的研究成果，也做了一些结合我国实际的研究，并试图着手建立技术论学科理论框架。

1985年,在原国家教委科技司的倡导、支持下,全国高等学校科研管理研究会成立。我参加了研究会的工作,于是,自然而然地把技术论的理论研究延伸到科技管理特别是科技体制改革的实践、研究之中。工作一直延续到90年代。90年代后期,我的精力主要转向西南地区开发研究。

为了记录几十年笔墨生涯的历史,我萌生了把这些散乱文字整理、汇集成册的想法。这对自己来说,既是一种人生慰藉,也是焕发余热对社会尽一份责任。幸得四川大学管理学研究所的鼓励和支持,夙愿终于得偿。在此,向关心、爱护、支持和帮助过我的同志们,谨致衷心的感谢。

本书文章选自本人独著或主撰的、曾经发生过社会影响的论著(报刊、会议公开发表的文章或长期讲课使用过的讲义),按文章内容设置栏目,栏目之下按写作时间排序。编辑中,除对个别字句做过修订外,均保持原貌。

出身旁门,无师自通,自必功底薄弱,学识浅陋,兼之疏于勤奋,心拙力劣,这本册子粗细不分,文野杂陈,瑜不掩瑕。诚望读者拨冗指正,不吝赐教。

杨德荣

2004.3

目 录

科学技术史论

19 世纪科学技术的发展与科学技术政策	1
蒸汽时代技术革命的发展及其历史意义	6
19 世纪科学实验的特点	11
自然科学宏观领域的理论综合	16
19 世纪自然观的伟大转折	21
垄断条件下科学技术发展的两种趋势	25
电力技术革命的崛起	30
世纪之交的物理学革命	34
科学成为生产技术的前导	39
物理学的“危机”和自然科学的唯物主义	43
高技术发展态势	47
现代科学技术的体系和结构	74
关于自然科学发展规律性的几个问题	82
中国古代科学技术的形态	91
中日近代技术发展比较	101
四川科学技术发展概述	109

科学技术史札记

19 世纪的法国工学院	127
科学“大厦”何时竣工	128
纸牌官司和专利制度	130
巴斯德实验的功勋	132
光谱分析与天体物理学	134
理论思维的光辉	136
科研贵“韧”	138
从拉姆赛“歪打正着”中得到的启示	140
在地狱入口处	142
自然科学唯物主义能够通向辩证唯物主义吗?	143
基辛格·软科学·智囊团	146
日本技术后来居上的奥秘	147

技 术 论

试论我国的技术选择	148
略论技术发展规律	156
日本技术论与技术战略研究	159
日本技术论的形成与发展	286
技术论的学科领域、体系和意义	290
技术进步	296
技术转移	309
技术政策与战略	318
技术评估	332
技术设计	341
科学技术为什么是第一生产力	349
软科学与第一生产力	353
技术哲学简介	355
中国技术哲学研究	385

科技体制改革

高等学校科研体制改革的新途径	391
中心城市与“科技特区”	396
中国的科研生产联合体	399
科技特区建设与高等学校科学研究	402
教育、科研、生产一体化组织的新形式：工程研究中心	406
新时期科技工作的发展	411
联邦德国的技术政策	416
依靠科技振兴经济战略方针的形成	421
成果转化运行分析	426
科技成果转化运行支持分析	433
防“左”：深化科技改革的方向	440
科技体制改革的战略转折	442
科技体制改革运行分析	447

科学技术方法论

采煤学和辩证法	453
论采矿假说	459
在竖井注浆实践中学习辩证法	466

谈谈断裂力学的辩证发展	471
对地壳运动认识的发展	
——学习李四光同志创立地质力学的辩证思想	476
一把打开科学宝库的钥匙	481
地壳是怎样运动的?	
——兼谈假说发展的形式	483
相对论中的理想化方法	485
关于岩石分级的研究方法	487
板块学说的方法论探索	494
提高软科学研究水平, 发挥软科学决策作用	509
战略决策方法	513
发展战略研究的模式与程序	522
把握当代科学综合研究的时代脉搏	
——读《天地人巨系统观》	529

科学道德

什么是人的社会价值?	
——爱因斯坦光辉一生的回答	535
哥白尼: 打响近代自然科学革命第一枪	539
踏着科学殉难者的足迹前进	
——纪念为坚持科学真理献身的先驱布鲁诺	541
饥寒交迫的“天空立法者”	
——开普勒行星运行三定律的诞生	542
“地球仍然在转动着!”	
——伽利略坚贞不屈的一生	544
站在巨人们的肩上	
——牛顿与万有引力定律	546
一个被遗忘的人	
——拉马克的不幸遭遇	548
“把我的一生献给了科学”	
——达尔文使用生命的最好道路	550
“我准备接受火刑”	
——赫胥黎捍卫进化论的斗争	552
“唯一不为荣誉所颠倒的人”	
——居里夫人	554
洒满鲜血的道路	
——化学元素氟的发现过程	556

独排众议, 大胆创新	
——沈括与宋历改革	557
落第举子的科学勋业	
——宋应星和他的《天工开物》	559
“只问是非, 不计利害”	
——竺可桢的科学精神	561
一片丹心归故里	
——钱学森和《工程控制论》归来记	563
关于科学道德	565
为科学事业献身	
——谈科技工作者的道德修养	568

软科学教育

从《科学史》教学中想到的	571
漫话研究生的软科学教育	573
自然辩证法公共课教学改革的一种设想	575

科学技术史论

19 世纪科学技术的发展与科学技术政策

19 世纪在科学技术史上是一个硕果累累的时代。这一时期,以蒸汽机的应用为中心,触发了冶金、机械、交通运输等一系列工业部门的技术革命,社会生产从手工业工场跃进到大机器工厂阶段,是“生产中的真正的狂飙时期”。自然科学突破 200 多年牛顿力学一统天下的局面,从单纯研究机械运动形态的狭窄范围扩展到全面研究各种物质运动形态的广阔领域,并且基本上完成了宏观领域的理论综合,宏观物质世界的客观规律差不多都弄清楚了。这一时期,英国的工业生产一直遥遥领先,到 19 世纪末,才让位于美国和德国。科学方面,先是法国占据首位,而后德国、英国和美国追了上来。为什么这一时期的科学技术出现了蓬勃发展的繁荣景象?为什么各国的科学地位发生了顺序的转移?为什么科学中心和工业中心并不完全一致?研究并回答这些问题,对于我们了解科学技术发展的规律,吸取历史的经验教训,做好当前的科学技术工作,是有益处的,对于我国尽快实现四个现代化具有现实的意义。

19 世纪的科学技术发展的动因是多方面的,这里仅就当时科学技术的发展与科学技术政策的关系作一些初步的历史考察。

科学技术对于资产阶级革命起过双重的作用。在反封建、反宗教、反传统势力的斗争中,它是资产阶级手中解放思想的精神武器;在创造新生产力的斗争中,它又是增殖原有资本的物质手段。“资产阶级为了发展它的工业生产,需要有探索自然物体的物理特性和自然力的活动方式的科学。”^① 19 世纪,在劳动资料取得了机器这种物质存在的方式之后,机器在生产中的作用远远超过人的劳动技巧,经验让位于知识;社会生产力的发展,越来越倚重于科学技术的进步。同时,在资本主义的自由竞争阶段,科学技术更成为资产阶级用以进行厮杀搏斗的工具。谁占有科学技术,谁就拥有力量,就能打倒对方,就能在相互鲸吞的恶流中自由游泳。谁不掌握科学技术,谁就丧失力量,就被动挨打,以至垮台!“社会的生产无政府状态的推动力,使大工业中的机器无限改进的可能性变成一种迫使每个工业资本家在遭受毁灭的威胁下不断改进自己的机器的强制性法令。”^② 资本主义经济的必然性要求资产阶级利用科学技术,发展科学技术,实施并强化科学技术管理。

资产阶级及其政治代表发展和管理科学技术,开始并不自觉,经过曲折的过程,才吸取了经验教训,从而根据科学技术发展的特点和本阶级的需要,制定出相应的科学技术政策和管理措施。

1793 年,进行资产阶级革命的法国,遭到国内外反革命势力的颠覆和围剿,革命处在

①、②《马克思恩格斯选集》第 3 卷,第 390 页,第 314 页。

危急关头。代表资产阶级民主派的雅各宾党推翻了代表大工商业资产阶级的吉仑特派的统治,实行革命民主专政。如何对待科学技术,曾是当时革命面临的一个尖锐问题。在革命高潮中,革命政府对科学技术采取了严厉的政策,封闭巴黎科学院,解散科学团体,停办技术学校,禁止科学活动,甚至逮捕和处死了一批曾与吉仑特派或旧政权有联系的科学家。如税务官、化学家拉瓦锡和巴黎市长、天文学家巴伊等被送上断头台,巴黎科学院秘书孔多塞在被拘捕之前自杀。审判拉瓦锡的法院副院长柯芬荷尔宣称:“共和国不需要科学家”。法官迈兰说:法国的“学者已经太多了”。法国革命中的这种思潮波及到了英国,一些支持法国革命的人也对英国的科学家采取了行动。例如,他们捣毁了化学家普利斯特列的家,毁掉了他的科学仪器和藏书,迫使他移居美国。有普利斯特列参加的、曾起过英国中部工业革命参谋总部作用的“太阴学会”也被迫解散。但是,排斥科学的做法,立即遭遇巨大的困难。法国革命和战争向科学技术提出了种种要求,前线迫切需要在科学家、工程师的参与下制造的火药、枪炮和钢材,在这种情况下革命政府不得不迅速改变政策,重新起用一批科学家担任政府机关的领导职务,如数学家孟治被任命为海军部长,数学家拉·卡诺任陆军部长,化学家富克鲁阿任火药局长、教育部长,等等。同时重新开放和改组了巴黎科学院,奖励技术发明,资助科学活动,尤其是大力兴办科学技术教育,对法国振兴科学技术起了重要作用。

在17、18世纪,西欧各国的高等教育主要培养神职人员和律师。进入19世纪,科学技术发达起来,生产和战争需要大批有文化有技术的工人、士兵、管理人员和指挥官,科学技术教育成为各国资产阶级在经济上相互竞争、军事上相互对抗的重要手段。1794年,在孟治等科学家的建议下,法国革命政府恢复了被封闭的技术学校,创办法国理工学院。这所学校和旧学校不同,它废除了贵族特权,打破了门第界限,实行严格考试的办法,选拔优秀人才;聘请当时最著名的科学家,如拉卜拉斯、拉格朗日、傅立叶、孟治等担任教员;对学员进行理工两个方面的教育,尤其强调加强基础理论的教育,学生头两年学习数学、物理学等基础课程,然后才学习专业课程。这所学校培养了一大批优秀科学家,如柯西、泊松、盖·吕萨克、阿拉戈和纳维埃等,他们在科学研究中做了许多奠基性、开拓性的工作。法国理工学院成为当时法国科学教育和科学研究的中心,为法国科学在19世纪初期居于世界领先地位做出了重要贡献。法国理工学院的成就引起了其他各国的强烈反响,奥地利、瑞士、俄国和美国等都相继兴办了类似的理工学院。德国进一步总结了法国理工学院的经验,把工程技术教育和基础理论教育结合得更加紧密,从主要培养政府官员转向培养企业技术人才,废除学校军事化体制,实行教授治校和学生自治。采取这些措施后,德国科学技术教育的质量有很大的提高,从而促进德国的科学技术后来居上,很快进入世界前列。英国不同,它的科学技术教育主要依靠技工学校,没有像法国理工学院那样高水平的学校,结果教育质量低下,影响了科学技术的进步。一个国家的科学技术的发展,在很大程度上取决于这个国家的教育发展的程度和规模,制定妥善的教育政策是一件十分重要的事情。

19世纪初期,英国着重于实验研究,忽视理论探讨,科学并不发达。例如,当时英国的数学界就因袭17世纪牛顿时代的微分符号(在 x 上加一点),而不用经过改进的符号(dx),以致科学家巴伯奇在念大学时成立了一个“为反对‘点主义’拥护‘d主义’而奋斗”的学会。当时在英国能阅读拉卜拉斯的《天体力学》的人不超过一打,力学知识浅薄,几何学知识远远赶不上欧洲大陆的水平。这种落后的状态,激起了许多科学家的强烈不满,纷纷进行抨击。《爱丁堡科学杂志》展开了热烈的讨论,科学家们指出:问题的症结在于,英国的科

学研究基本上还只是科学家个人的业余活动,既没有成为一种专门职业,更没有得到国家的资助。在科学家们的努力下,科学技术界进一步组织起来,地方性的和专业性的科学社团普遍建立,在这个基础上,1831年成立了全国的科学促进会。到19世纪末,科学社团组织遍及全国每一个主要城市。这些科学社团,交流学术,资助科学研究,评论科学动向,促进政府关注科学技术事业,对英国的科学中兴起了显著作用,在一定程度上挽救了科学落后的危局。科学社团活动,不仅在英国,也在整个欧洲以多种方式广泛开展起来。地区性科学组织,由科学家、工程师和企业家组成,经常讨论本地区的科学技术、工程实际问题。自然科学专业学会和全国性综合科学协会,分别研究本学科和全国的科学发展现状、方向和条件。19世纪中叶,在德国还出现了企业中的科学组织——工业实验室,直接从事新技术的创造发明。这种科学组织形式得到普遍推广,后来发展为独立的科学研究机构。和英国科学社团活动主要来自民间不同,美国一开始就由官方过问。总统直接参与科学技术活动,如杰弗逊在1797—1815年间亲任美国哲学学会(即科学协会)会长,泰勒在1844年亲自主持召开了美国第一次全国科学大会。国会多次通过法令资助科学技术事业。政府逐步设立了科学研究组织和科学技术管理机构。这些强有力的措施,促使原来比较落后的美国的科学技术得到了迅速的发展。

为了适应竞争的需要,19世纪资本主义各国又陆续改革、实行了专利制度。专利制度的起源可以追溯到中世纪。14世纪,英王谋求发展,授予外国技工在英国营业的特许。后来,渐失原意,王室或以专卖权赏赐宠臣,或乱发专利证,搜刮特许费。1624年,新兴的资产阶级推翻了封建剥削的特许制度,公布了第一个资本主义的专卖条例,提出:思想属于人权,发明也是私有财产,应当得到法律的保护和社会报酬。但它所规定的呈请手续繁杂,费用巨大,一般出身寒微的发明家负担不起,专利制度并未产生多大实际效果。如18世纪发明焦炭炼铁的达比、柯特,发明纺织机的哈格里夫、阿克莱特、克隆普敦等都没有得到应有的报酬。改进蒸汽机的萨弗里、纽可门、瓦特、特列维蒂克、伍尔夫等人,只有瓦特取得了专利权。19世纪,工业革命兴起,旧的专利制度限制了新的发明创造,不适应工业日益发展的形势。同时,在自由竞争之中,资产阶级急需利用科学技术,需要协调利用新技术发明中的关系,因此,资产阶级政府改革了旧专利制度。新专利法规定:凡属发明创造,申请专利之后,必须在一定期限内付诸实施,否则政府将采取措施强迫实施,或取消发明人的专利权。资产阶级用法律强令科学技术为资本服务,迫使发明创造尽快地转化为原有资本的生产力。这样,“由于自然科学被资本用作致富手段,从而科学本身也成为那些发展科学的人的致富手段,所以,搞科学的人为了探索科学的实际应用而互相竞争”^①。在技术与资本的结合中,在技术发明的竞争中,产生了新型的科学家。他们以其技术发明申请专利,开办工厂,成了资本家,如莫尔斯、西门子、爱迪生、诺贝尔、贝尔等,都是工厂企业主,就连发明小小安全剃刀的吉利也成了百万富翁。这些人融科学家、工程师、资本家为一体,具有理论思维的头脑、实际动手的本领、商业竞争的能力,和法国理工学院培养的人才相比,更能新的竞争舞台上叱咤风云。专利制度调动了资本主义社会科学技术发明的积极性,发掘出科学技术发明的内在潜力。据统计,美国政府注册发明创造的件数,在实施专利法之前的1790—1800年为276件,实施专利法后的1890—1900年为221 500件,100年内增加了800倍。

^① 马克思:《机器、自然力和科学的应用》,第208页。

专利制度是科学技术发明的催化剂。

技术引进是资本主义国家在实践中形成的发展科学技术的又一项重要措施。18世纪,欧洲大陆战争不断,西班牙镇压尼德兰革命,大批工匠流入英国,而英国当时的专利制度允许外国人申请专利,因而国外发明得以源源不断地输入。英国的纺织技术,开始就是引进意大利、西班牙和荷兰等国的手工艺,结果对于英国实现工业革命起了积极作用。18世纪末,英国为了垄断纺织技术,禁止技工、图纸、模型和机器产品出口,美国则采取抄袭、偷窃、引诱等种种办法破坏英国的禁令。塞·斯雷特本为英国技工,美国用奖金把他引诱出国,在美国建立了一座工厂,成为美国机器生产的开始。1806年,拿破仑为与英国争夺霸权,宣布实行封锁政策,严禁欧洲大陆各国与英国有技术经济往来,以图扼杀英国工业,但却自食其果,法国许多工业部门因技术落后、原料缺乏而陷入困境,不得不在1825年取消禁令。此后,法国从英国输入了珍妮机、水力机,用高工资、免税等优惠办法从瑞典、意大利、希腊等国招聘矿工、铸造工、丝绸工,同时制止本国技工外流,促进了法国工业的发展。19世纪70年代德国实现统一时,正是英法等国工业技术大改进的时期,德国立即输入最新技术武装自己。英国和法国的工业革命分别经历了七八十年和六七十年,而德国只用了40多年,其中技术引进使德国走了不少捷径。如英国发明的碱性转炉炼钢法,英国还未广泛应用,德国即已引进,利用它很快建成洛林钢铁基地,对德国工业的发展起了很大的作用。日本在明治维新时代,即从1868年起,就把技术引进作为一项重要的科学技术政策,从英国、法国、意大利引进成套设备,建立了日本自己的纺织、矿冶和军工等工业。技术引进使一些后起国家迎头赶上,迅速跨进世界先进行列。

现在我们回到开头提出的问题:一个时代、一个国家的科学技术的兴衰,受什么因素影响呢?上述历史事实说明,这和当时执行的科学技术政策有关。这种科学技术政策切合了当时社会和科学技术的实际情况,适应了社会和科学技术的发展规律,就促进科学技术兴旺发达,否则,就起阻碍作用。不同的科学技术政策,有截然不同的实际效果。

在17、18世纪的手工业生产时期,科学技术研究仅仅是个别工匠和科学家的业余活动,基本上是分散、单独进行的。19世纪建立了大机器工厂,生产体系日益庞大复杂,生产社会化有了巨大发展,这时候从事科学技术研究,把科学转化为直接生产力,都不是科学家以至工厂主个人能力所及的事情,这就需把科学技术活动从科学家个人的狭小实验室里解放出来,进到广阔的社会里去,成为社会集体甚至国家的事业。科学技术的发展,越来越依赖于社会的生产能力、科学能力和教育能力。科学技术也社会化了。同时,19世纪中叶以后,冶金、机械、化工等重工业生产大规模发展起来,进一步扩大了生产的社会化,加快了生产和资本的积累和集中,激化了企业之间、国家之间的排挤和争夺,使科学技术也带上了自由竞争的色彩。另外,在19世纪,工业革命、机器生产的发展,还给科学提出了一系列急需解决的课题,开辟了日益广阔的研究领域,创造了科学实验的物质手段,积累了数量空前庞大的实际材料,因此自然科学便从搜集材料进到整理材料阶段,从经验自然科学进到理论自然科学领域,自然科学本身的发展出现了理论化的倾向。19世纪资产阶级所采取的科学技术的政策性措施,如发挥科学家的作用,发展科学技术教育和科学社团活动,实行专利制度和技术引进,等等,是符合于当时的社会和科学技术的特点的,因而有效地推动了科学技术的进步。

从上述19世纪资产阶级发展科学技术的历史材料中,我们得到一些启示:

第一, 科学技术发展是一种社会历史过程, 在这个过程中, 科学技术与生产关系的关系、与上层建筑的关系越来越密切。科学技术强烈要求不断调整生产关系, 改革上层建筑, 以适应它的发展。19 世纪的资产阶级正是自觉不自觉地做到了这一点。这也是它能在 100 年的统治中间创造出比过去一切世代还要丰富多彩的科学技术成果的原因之一。

16 世纪, 资产阶级曾把科学技术从封建神学的统治下解放出来, 但是, 科学技术真正全面系统的发展, 是在资本主义生产高度发展以及资产阶级调整了它的生产关系, 改革了它的上层建筑之后, 即 19 世纪的事情。可见, 一种新社会制度的建立只是为科学技术的发展开辟了道路, 要使科学技术在这条大道上迅跑起来, 还必须创造必要的条件。这些条件, 就包括制定科学技术政策和采取科学技术组织管理措施。

第二, 科学技术是一种特殊的社会现象, 它的发展既受到生产斗争、科学实验的制约, 也受到社会阶级的影响。生产斗争、阶级斗争、科学实验这三项实践都是推动科学技术前进的动力。在调整生产关系、改革上层建筑以适应科学技术发展的时候, 要注意到这个特点。应当在社会发展规律和科学技术本身发展规律前进路线的交叉点上, 来确定科学技术政策和组织管理措施。

第三, 科学技术政策和组织管理措施是社会发展规律、科学技术发展规律的反映, 人们对于社会发展规律和科学技术发展规律认识、利用到什么程度, 就有什么样的科学技术政策和组织管理措施。科学技术政策和组织管理措施是科学技术发展的历史产物, 是在历史中形成和发展的东西, 既具有间断性的方面, 也具有继承性的方面。资产阶级长期以来积累的发展科学技术的经验教训, 对我们来说, 也是可以和应当借鉴的。例如, 19 世纪资产阶级摸索出来的上述科学技术政策和组织管理措施, 把它的服务对象从资产阶级改为无产阶级后, 是否也可以为我所用呢? 专利制度造就资本家固然不可取, 但它使技术发展以最快速度转化为直接生产力的经验, 是否也值得我们很好地研究呢? 根据我国的具体情况, 对历史上的资产阶级的经验, 批判继承, 制定出完整的科学技术政策和组织管理措施, 是当前我国促进科学技术事业发展所面临的一项紧要工作。

1978.5 初稿, 1979.4 定稿

原载《科学·技术·管理》(科学学全国第二次学术讨论会论文集), 世界科学杂志社, 1980

蒸汽时代技术革命的发展及其历史意义

18 世纪初,第一部实用蒸汽机的发明并没有立即导致蒸汽时代的到来。在 18 世纪的欧美各国,包括当时最发达的英国在内,动力主要还是水力和人力。这时的纽可门蒸汽机只能作直线运动,用于拖动水泵,而且耗煤量大(每马力约 25 公斤),热效率不到 1%。18 世纪 80 年代,瓦特发明了双动作蒸汽机,大大减小了耗煤量(每马力约 4.3 公斤),热效率提高到 3%,而且由于能作圆周运动,可供一切工业部门用作动力机。马克思指出:“瓦特的伟大天才表现在 1784 年 4 月他所取得的专利说明书中,他没有把自己的蒸汽机说成是一种用于特殊目的发明,而把它说成是大工业普遍应用的发动机。”^①

蒸汽力是第一个完全受人控制、不受地方限制、可以普遍应用的强大动力。瓦特的蒸汽机首先在英国得到应用。1775—1800 年,由瓦特和商人博尔顿合办的一个工厂就制造了蒸汽机 173 台,其中用于纺织业的 93 台、采矿业 52 台,在炼铁厂、面粉厂、啤酒厂中也开始使用蒸汽动力。19 世纪初,英国人伍尔夫把瓦特蒸汽机改制成双缸复胀式蒸汽机,效率提高 2 倍以上。在蒸汽机开始应用的时候曾经出现过一些事故(例如锅炉爆炸),许多人对蒸汽动力是否安全可靠议论纷纷,有的人甚至主张不用蒸汽机。但是,当人们正在这样评头品足的时候,一场由蒸汽机触发的工业革命风暴已经铺天盖地而来了。在 1800 年,英国各行业使用的蒸汽机总共不过 321 台,共 5 210 马力,到 1825 年就猛增到 15 000 台,共 375 000 马力,增加了 70 倍。在 19 世纪,英、美、法、俄等国的一些发明家先后研制成功了高压蒸汽动力装置,制造了过热蒸汽机等新设备,进一步提高了蒸汽机的效率。19 世纪下半叶,蒸汽机的单机功率达到了几千马力。19 世纪欧美各国以蒸汽机作动力的工厂大批建立。蒸汽机带动着纺织机、磨粉机、鼓风机,迅速显示出它对提高生产率的效能,创造出人们以前无法想像的奇迹。1836—1837 年,用大型蒸汽机带动 11 台水泵抽干了荷兰哈勒姆湖约 10 亿吨湖水。在 19 世纪的所有工厂中,几乎都有蒸汽机的庞大肢体,它的魔力在各种工作机的疯狂转动中迸发出来。恩格斯指出:“蒸汽和新的工具机把工场手工业变成了现代的大工业,从而把资产阶级社会的整个基础革命化了。工场手工业时代的迟缓的发展进程变成了生产中的真正的狂飙时期。”^②

大量制造蒸汽机,制造用蒸汽机作动力的工具机(这种机器已不能主要用木头制作了)以及制造武器,推动了机械加工技术的进步和机器制造业的发展。手艺熟练的工匠制造了 18 世纪的蒸汽机,但生产效率不高,不能保证统一的规格和加工精度。那时的一些蒸汽机气缸壁与活塞之间的间隙竟能插进去小指头,为了避免漏气,只好在间隙处塞些破布或软木。机器和武器的批量生产,要求能高效率地加工各种形状的零部件,这些零部件要十分精密,并可互换,这就不能只靠灵巧的双手,而必须要用机械化的加工设备和工艺。18 世纪末,威

①《马克思恩格斯全集》第 23 卷,第 415 页。

②《马克思恩格斯选集》第 3 卷,第 301 页。

尔金森设计了制造大炮的精密炮筒镗床, 瓦特蒸汽机的制造利用了这一发明, 保证了汽缸的准确造型。1794—1810 年, 英国人莫兹利把旧式车床全部改为铁制的, 增加了车床工作的稳定性, 并且发明了活动刀架, 使车床能够按指定尺寸自动加工圆柱体或螺丝。莫兹利这项简单改造技术是机械加工技术发展史中的重要创造。19 世纪英国出版的《全国的工业》一书中认为, 活动刀架“对机器使用的改良和推广所产生的影响, 不下于瓦特对蒸汽机的改良所产生的影响。采用这种附件的结果是, 各种机器很快就完善和便宜了, 而且推动了新的发明和改良”。19 世纪上半叶, 能用于精密加工的刨床、铣床、插床等也纷纷制造出来。1830—1850 年间, 英国工程师惠特沃斯倡导机器零件螺纹标准化, 设计制造了多种精密机床, 他制造的标准螺旋规可以测量出百万分之一英寸的误差。这个时期机器制造业的另一个特点是工具机械的大型化, 出现了由蒸汽机推动的庞大钻床和重型蒸汽锤。机械加工技术的这些发明创造, 从根本上改变了工场手工业的生产方式。过去靠最熟练的工匠和个人力量办不到的事情, 现在变得轻而易举了。

纺织、印染、冶金等各个工业部门的发展, 棉花及其他原料需求的增多, 国内市场和海外贸易的扩大, 使旧有的马车、帆船等落后运输手段极不适应于形势要求。正如马克思所指出: “工农业生产方式的革命, 尤其使社会生产过程的一般条件即交通运输工具的革命成为必要。……工场手工业时期遗留下来的交通运输工具, 很快又成为具有狂热的生产速度和巨大的生产规模、经常把大量资本和工人由一个生产领域投入另一个生产领域并具有新建立的世界市场联系的大工业所不能忍受的桎梏。”^①

18 世纪末, 菲奇、拉姆齐、斯坦厄普、赛明顿和布兰克等人就试图把瓦特蒸汽机用于推进船舶制造。开始制造的轮船, 或是只能空船行驶, 或是载货后走得比帆船还慢, 都失败了。1803 年, 美国人富尔顿开始了制造汽船的试验, 经过多次挫折, 在 1807 年取得首次试航成功。1819 年, 一艘带着风帆的汽船用 26 天时间横渡了大西洋, 而当年哥伦布用木帆船行走这一航程则历时 70 天。轮船一经发明就迅速发展起来, 由开始的明轮汽船到 30 年代末就用了螺旋推进器; 到 1860 年, 出现了 27 000 吨、8 300 马力的巨轮。

在汽船加入到水上交通工具的行列里来的时候, 陆上交通工具还主要靠马车, 有所改进的是在有些地方铺设了铁轨, 出现了铁路马车。19 世纪初, 邱诺、特列维蒂克、赫得里等人曾试图把蒸汽机装在四轮车上, 但开始的蒸汽车能运的货物很少, 每小时只能走七八里, 还经常出轨或损坏铁路, 不比马车好多少, 因而遭到许多人的反对。1814 年, 英国人斯蒂芬逊试制了一台蒸汽机车, 它能拖 30 多吨货物, 并解决了脱轨问题, 但这台机车走起来震动得厉害, 速度也不快。在斯蒂芬逊对蒸汽机做了许多改进之后, 19 世纪 30 年代初, 英国要建筑从斯多克敦至达林敦之间全长 56 公里的铁路, 对于这条铁路上的列车是用马牵引还是用机车牵引曾发生激烈的争论。1825 年, 由斯蒂芬逊设计和指导制成的客货列车在这条铁路上试车成功, 开辟了陆上运输的新纪元。这时, 用传统观念看待“蒸汽怪物”的人仍然反对采用火车, 结果采取折中方案——在这条铁路上的列车马力牵引与机车牵引并用。1829 年, 曾进行了不同类型的火车功率比赛, 斯蒂芬逊驾驶的机车以比马车快 2 倍多的速度安全行驶了 100 多公里, 马力派与机车派的争论才算告终。以后, 英国出现了铁路建筑狂潮, 到 19 世纪 40 年代, 主要铁路干线大都建成。美、法、德、俄等国也着手兴建铁路, 到第一次

^① 《马克思恩格斯全集》第 23 卷, 第 21 页。

世界大战前,用于铁路的投资已占世界工业总投资的1/4。轮船、火车延伸到世界各地,缩短了地球上的距离。

轮船、火车的发明和创造,更进一步促进了蒸汽机的生产和机械加工业的发展,使大工业生产真正建立起用机器生产机器的庞大体系。19世纪的轮船、火车和工厂中的隆隆声,呼唤着蒸汽时代的到来。用蒸汽机为动力去生产又多又大的蒸汽动力机和各种其他的机器则是大工业形成的标志。马克思指出:“大工业必须掌握它特有的生产资料,即机器本身,必须用机器来生产机器。这样,大工业才建立起与自己相适应的技术基础,才得以自立。随着19世纪最初几十年机器生产的发展,机器实际上逐渐掌握了工具机的制造。但只是到了最近几十年,由于大规模的铁路建设和远洋航运事业的发展,用来制造原动机的庞大机器才产生出来。”^①

19世纪30年代以后,铺设铁路,制造机车、车辆、轮船和各种机床,以及近代武器的生产,迫切需要大量的钢铁,这就推动了新炼钢法的产生。18世纪中叶的蒸汽机1分钟只有20个冲程,对做机器部件的金属材料要求不很高。到19世纪下半叶,蒸汽机已达到1分钟250个冲程,做这种高速运动的机器部件不能用太软的熟铁,也不宜用过硬的生铁,必须用既有适当强度又有韧性的钢。英国工程师贝塞默发明了来复线结构,可以使大炮的发射更准确,炮弹射程更远,但是,用铸铁制造的炮筒不能适应他的发明。为此,对冶金完全外行的贝塞默就转而从事冶炼方法的研究。1856年,他首创了转炉炼钢的技术,只用不到10分钟时间就可炼出10~15吨钢。在那时,这些钢如果用搅炼法炼要花几天时间,用木炭去炼则需要几个月。贝塞默炼钢法的特点是它只能用于处理含磷很少的铁矿石。1864年,德国的西门子和法国的马丁发明了平炉炼钢法,使钢铁生产能够大规模进行。1878年,英国人托马斯用碱性耐火材料做炉衬,改进了贝塞默转炉,创造了托马斯炼钢法。这种方法可以用于处理含磷铁矿石。由于新的炼钢技术的推广应用,在1865—1870年间,世界的钢产量增加了70%。1868年以后,由于发明了炼制高碳钨锰钢、钨铬钢、高速钢,引起了机械加工中的刀具改革,使切削效率大大提高。

19世纪工业技术的发展也敲开了化学工业的大门。化学工业的兴起与纺织业和农业有密切的联系。旧时的纺织品漂白是用酸牛奶和草木灰来作酸碱处理,工艺过程需要几周。蒸汽纺织机的应用要求大大加快这个过程,这就必须要有新的制酸和制碱工艺技术。1831年,英国的菲利浦斯创造了用铂做催化剂的接触法制酸。1861年,比利时化学家索尔维发明制造纯碱的氨碱法。电解法制碱则到1892年由英国的哈格里佛实现。酸碱制造业的发展带动了无机化学工业的发展。1856年,英国的年轻化学家珀金本想从煤焦油中提取奎宁,结果却获得了第一个人造染料——苯胺紫;之后,他又从煤焦油中得到了香豆素这种人工合成香料。19世纪中叶,德国化学家拜尔等人还用人工合成的方法制取了茜素和靛蓝。染料的制造是有机化学工业的重要内容。珀金的老师、德国著名化学家霍夫曼以及柏林大学的一些学者集中研究了煤焦油染料化工技术问题,先后合成了多种染料、香料、杀菌剂、解毒剂等,促成了德国的煤化学工业迅速扩大。19世纪化工技术的另一个重大成就是化学肥料的制造。工业革命的发展使农业劳动力大量投入城市工业,而对农业的需求却不断增加,提高农业生产技术,增加单位面积产量成为迫切的任务。1837年,德国化学家李比希分析了土壤的化

^①《马克思恩格斯全集》第23卷,第421~422页。