

*History of Science
and Technology*

姜振寰 著



科学技术史

山东教育出版社

*History of Science
and Technology*

姜振寰 著



科学技术史

山东教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学技术史/姜振寰著. — 济南: 山东教育出版社,
2010

ISBN 978-7-5328-6762-2

I. ①科… II. ①姜… III. ①自然科学史—世界
IV. ①N091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 229289 号

科学技术史

姜振寰 著

主 管: 山东出版集团

出 版 者: 山东教育出版社

(济南市纬一路 321 号 邮编: 250001)

电 话: (0531)82092663 传真: (0531)82092661

网 址: <http://www.sjs.com.cn>

发 行 者: 山东教育出版社

印 刷: 山东人民印刷厂莱芜厂

版 次: 2010 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

规 格: 787mm×1092mm 16 开

印 张: 20.25 印张

字 数: 376 千字

书 号: ISBN 978-7-5328-6762-2

定 价: 38.00 元

(如印装质量有问题,请与印刷厂联系调换)

前 言

科学技术史是人类认识自然、改造自然的历史。

人类在漫长的历史进程中,通过科学活动提高自己认识自然的能力,通过技术活动创造并构建适合人类生存与进化的环境。一般认为,生产活动是人类最基本的实践活动,因为通过生产活动才能解决人类生存所需要的一切物质条件。但略加分析就会发现,人类之所以能从原始的生产方式发展到今天这种建之于现代科学和高技术基础之上的先进生产方式,人类之所以能从蒙昧时代发展到今天的高度文明时代,科学技术起到了基础性、关键性、开创性的作用。因为任何生产方式的变化和进步,都是以人类对自然新的认识及由此产生的一系列技术发明为先导的。

在科学技术的社会功能十分显著的今天,科学技术的历史已成为当代人特别是青年人必备的知识,学习科学技术史已成为青年大学生丰富自身知识结构、提高文化素养的可靠途径。

我所在的哈尔滨工业大学(哈工大),有较为悠久的注重科学技术史教学与研究的传统。50年前,李昌^①任校长期间(1953—1964)亲自组织教师研究自然辩证法和科学技术史,关士续教授自30年前即系统开展科学技术史的教学与研究工作,编写出国内较早的科学技术史著作。^②

进入新世纪后,大学中的科学技术史教育有了新的进展,许多大学都将它设定为大学生文化素质课,纳入正规教学体系中。我在多年的科学技术史教学与研究中,深感缺乏一部简明的、适合大学教学与学生自学的科学技术史著作。在哈工大副校长周玉院士、副校长丁雪梅教授建议与支持下,本书于2005年着手编写,历时4年余始得完成。

本书是一部简明的科学技术史读本,是为大专院校师生编写的,当然它也适合对科学技术史有兴趣的任何人阅读。本书在编排上注重科学史与技术史并重,注重科学技术史与社会史、文化史的结合。然而,任何历史都是编撰者根据史实及其逻辑关系,以及一定的历史背景线索,通过“虚构”、“想象”等手法,编纂出类“故事”情节,进行历史的、艺术的再创造,以完成历史撰写的。^③这里常看到的是采取抓一条或几条主线以统率全局的做法,这种做法的弊病在于经常导致简单的因果决定论,由此构成人为选择的历史线索

^① 李昌,1914—2010,原名雷骏随。在清华大学物理系学习期间参加“一二·九”运动,解放后任团中央书记,1953年毛泽东亲自任命其为哈工大校长,1975年任中科院副院长、主席团执行主席,1982年任中共中央纪律检查委员会书记,1985年任中共中央顾问委员会委员。

^② 1979年,为招收的首批硕士研究生讲授科学技术史,关士续即编写了科学技术史讲义,后整理于1984年由黑龙江科学技术出版社出版,书名为《科学技术史简编》,是国内继清华大学高达声的《科学技术史讲义》之后的第二部科学技术史著作。

^③ [英]A. J. 汤恩比:《历史研究》,刘北成、郭小凌译,上海人民出版社,1986年,第54—58页。

与丰富多彩的历史史实间的矛盾。^①这也是编写“简史”最容易出现而又很难克服的问题,显然,本书也不会例外。

本书受到“哈工大文科建设基金”的资助,得到中国科学院自然科学史研究所所长张柏春研究员、中国科学院传统工艺与文物科技研究中心主任苏荣誉研究员的支持和帮助。哈工大科学技术史与发展战略研究中心王洛印博士核对了人名索引。值此书出版之际,谨致谢意。

本书写作中参阅了大量相关的文献资料,因篇幅有限,书后仅列出所参考的主要著作。受作者学术水平和知识所限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

姜振寰

^① 姜振寰:《哲学与社会视野中的技术》,中国社会科学出版社,2005年,第199页。

目 录

绪 论

- 一、关于科学与技术的概念 /1
- 二、科学革命与技术革命 /4
- 三、产业革命与产业结构的变革 /5
- 四、科学史、技术史与科学技术史 /6
- 五、学习科学技术史的意义 /8

第一章 人类的诞生与古代文明的起源

第一节 地球的自然史与人类的起源 /9

- 一、地球的演化与生物的进化 /9
- 二、人类的起源与进化 /10

第二节 人类早期的技术发展 /13

- 一、石器时代 /13
- 二、人工取火与火的利用 /14
- 三、制陶技术 /16

第三节 从采集渔猎到农耕畜牧 /17

- 一、采集渔猎技术 /17
- 二、农耕畜牧的起源 /18

第四节 从青铜时代到铁器时代 /20

- 一、青铜时代 /20
- 二、铁器的出现与普及 /21

第五节 古代文明古国和地区 /21

- 一、美索不达米亚和古埃及 /22
- 二、中华文明 /25
- 三、印度文明 /26
- 四、古代中华文明与其他文明的比较 /27

第二章 古希腊罗马的科学技术

第一节 古希腊的自然哲学 /28

- 一、古希腊概述 /28

- 二、古希腊“自然哲学”的特点 /29

- 三、伊奥尼亚的学术传统 /30

- 四、毕达哥拉斯的“数”论 /31

- 五、恩培多克勒的“四元素说”与德谟克里特的“原子论” /32

- 六、亚里士多德的动物学 /33

- 七、希波克拉底的医学 /34

第二节 希腊化时期的科学技术 /35

- 一、希腊化时期概述 /35

- 二、数学 /35

- 三、力学 /36

- 四、天文学 /37

- 五、医学 /39

- 六、技术 /39

第三节 罗马的科学与技术 /42

- 一、罗马概述 /42

- 二、罗马的科学 /43

- 三、罗马的技术 /45

第三章 中国古代的科学技术

第一节 从殷商到春秋战国 /48

- 一、概述 /48

- 二、文化与科学 /49

第二节 从秦汉到南北朝 /53

- 一、概述 /54

- 二、科学成就 /55

- 三、技术成就 /58

第三节 从隋唐到宋元 /59

- 一、概述 /59

- 二、科学成就 /61

- 三、技术成就 /63

第四节 明清时代(1840年前) /66

- 一、概述 /66

- 二、《本草纲目》与《农政全书》 /68
- 三、郑和下西洋 /69
- 四、宋应星与《天工开物》 /70
- 五、西方科学文化的早期传入 /70
- 六、《四库全书》的编纂与儒学的复兴 /71

第四章 欧洲中世纪与东西方文化交流

第一节 欧洲中世纪的科学技术 /74

- 一、基督教神学与欧洲中世纪 /74
- 二、经院哲学与大学教育的兴起 /76
- 三、欧洲中世纪的技术 /79

第二节 阿拉伯世界的科学技术 /82

- 一、伊斯兰教与阿拉伯世界 /82
- 二、阿拉伯的科学 /83
- 三、阿拉伯的技术 /87

第三节 东西方文化交流 /88

- 一、“丝绸之路”的开辟 /88
- 二、中国“四大发明”的西传 /89

第四节 印第安与新大陆 /94

- 一、印第安文明 /94
- 二、印第安对人类的贡献 /97

第五章 文艺复兴与近代科学革命

第一节 欧洲的文艺复兴 /100

- 一、十字军东征 /100
- 二、大航海及欧洲的殖民扩张 /101
- 三、文艺复兴与人本主义 /103
- 四、列奥纳多·达·芬奇 /104
- 五、罗吉尔·培根的影响 /105

第二节 工场手工业技术的进步 /106

- 一、工场手工业生产方式的确立 /106
- 二、阿格里柯拉的《矿山学》和毕林格其奥的《火工术》 /108
- 三、古腾堡的活字印刷术 /109
- 四、高炉冶铁技术的出现 /110

第三节 近代科学革命的兴起 /111

- 一、哥白尼的日心说与维萨留斯的《人

体结构》 /111

二、F.培根与实验方法的确立 /114

三、哈维的血液循环论 /115

四、伽利略的开创性工作 /116

五、英国皇家学会的创立 /117

六、笛卡尔的解析几何与机械论 /118

七、牛顿力学的形成 /119

第四节 机械唯物论自然观与科学观

/121

一、机械唯物论形成的科学文化背景

/121

二、机械唯物论在科学认识上的历史功

绩与局限 /121

第六章 英国产业革命与工业社会的形成

第一节 英国产业革命 /123

一、英国产业革命的历史前提 /123

二、纺织业的机械化 /125

第二节 蒸汽动力技术革命 /127

一、蒸汽机的发明与改进 /127

二、高炉的出现和焦炭炼铁 /129

三、机械加工体系的形成 /130

第三节 无机化学工业的形成 /131

一、纺织物的漂白与染色 /131

二、硫酸与碱 /132

三、硅酸盐化工 /133

第四节 近代交通技术的兴起 /133

一、机车与铁路 /133

二、蒸汽船的发明 /137

第五节 欧洲大陆与美国的产业革命

/138

一、比利时与瑞士的产业革命 /138

二、法国的产业革命 /139

三、德国的产业革命 /140

四、美国的产业革命 /142

第六节 日本与俄国的产业革命 /143

一、日本的产业革命 /143

- 二、俄国的产业革命 /144
- 第七章 近代自然科学的形成**
- 第一节 法国启蒙运动与百科全书的编纂 /147
- 第二节 数学的符号化,解析几何与微积分 /148
- 一、数学的符号化 /148
- 二、对数、微积分与解析几何 /149
- 三、力学的解析化 /152
- 第三节 天文学与地学 /153
- 一、关于太阳系起源的星云假说 /153
- 二、关于岩石成因的水成论与火成论 /155
- 三、关于化石成因的灾变论与渐变论 /155
- 第四节 经典物理学理论的形成 /156
- 一、热力学与统计物理学 /156
- 二、电磁学 /159
- 三、光的粒子说与波动说 /163
- 第五节 无机化学与有机化学 /165
- 一、从“燃素说”到“原子论” /165
- 二、有机化学的兴起 /168
- 三、化学元素周期律 /169
- 第六节 细胞学说、进化论、遗传学与微生物学 /170
- 一、细胞学说 /170
- 二、生物进化论 /171
- 三、遗传学说 /172
- 四、微生物学及其医学应用 /173
- 第七节 经典自然科学的局限 /174
- 第八章 近代技术的全面发展**
- 第一节 电力技术革命的兴起 /176
- 一、电力技术革命产生的背景 /176
- 二、电机的发明 /177
- 三、水力发电与火力发电 /178
- 四、电站 /179
- 五、远距离输变电 /180
- 六、交流理论的完成 /181
- 七、电报与电话 /182
- 第二节 冶金与化工 /185
- 一、炼钢技术的进步 /185
- 二、化学工业的新进展 /186
- 三、农药与化肥 /189
- 第三节 热机的发明与应用 /191
- 一、内燃机的发明 /191
- 二、汽车与公路运输 /193
- 三、自行车与摩托车 /196
- 第四节 近代军事技术的进展 /197
- 一、火药、炸药、军用毒剂 /197
- 二、兵器技术的进步 /199
- 第五节 大量生产方式的确立 /201
- 一、零部件互换式生产 /201
- 二、塞勒螺纹 /203
- 第九章 20 世纪的科学**
- 第一节 经典物理学的危机 /204
- 一、以太问题 /204
- 二、阴极射线、X 射线与电子的发现 /205
- 三、放射性的发现 /206
- 四、黑体辐射 /207
- 五、物理学危机的实质 /208
- 第二节 相对论、量子力学、原子结构的创立 /208
- 一、狭义相对论与广义相对论 /208
- 二、量子论与量子力学 /210
- 三、原子结构与核结构 /211
- 第三节 核物理学、基本粒子、现代宇宙论 /213
- 一、核物理学 /213
- 二、基本粒子 /214
- 三、现代宇宙论 /215
- 第四节 地球科学与生命科学 /218
- 一、地球科学 /218
- 二、生命科学 /219

第五节 科学分类的历史沿革与现代科学体系的形成 /221

- 一、科学分类的历史沿革 /221
- 二、现代科学体系的形成 /225

第十章 20 世纪的技术

第一节 科学管理与生产的自动化 /227

- 一、现代科学管理理论的产生与发展 /227

- 二、自动化生产方式的确立 /228

第二节 航空工业的兴起 /230

- 一、气球、飞艇与滑翔机 /230
- 二、莱特兄弟首次载人动力飞行 /231
- 三、从螺旋桨到喷气式 /232

第三节 电子与无线电技术 /234

- 一、马可尼与波波夫 /234
- 二、电子管、晶体管与集成电路 /235
- 三、无线电广播 /236
- 四、音像技术 /237

第四节 第二次世界大战中的科学技术 /240

- 一、战争与科学技术 /240
- 二、原子弹的研制 /241
- 三、电子计算机的发明 /242

第五节 信息技术革命与高新技术产业的兴起 /243

- 一、冷战与科学技术 /243
- 二、电子计算机与微电子技术 /244
- 三、航天技术 /246
- 四、原子能发电技术 /248
- 五、新材料技术 /250
- 六、生物工程 /252

第六节 现代医学科学与技术 /254

- 一、医疗诊断新技术 /254

- 二、生物药物与化学合成药物 /255

- 三、器官移植术与人造器官 /257

第十一章 中国近现代科学技术的发展

第一节 洋务运动与中西文化冲突 /260

- 一、洋务运动 /260
- 二、中西文化的冲突与交融 /263

第二节 西方科学技术在中国的移植 /265

- 一、西方科学技术在中国的早期发展 /265
- 二、日本侵华战争时期 /268

第三节 新中国工业化基础的确立 /269

- 一、经济恢复与苏联援华 /269
- 二、科学成为建制 /271
- 三、从“大跃进”到“文革” /273

第四节 改革开放与科学技术的全面发展 /277

- 一、改革开放与全国科学大会 /277
- 二、科学技术的全面发展 /278
- 三、科教兴国与可持续发展战略的实施 /279

第十二章 科学技术与人类未来

第一节 传统发展模式的困境 /283

第二节 走可持续发展之路 /286

- 一、技术乐观主义与技术悲观主义 /286
- 二、可持续发展战略思想的提出与实践 /288

人名索引 /291

主要参考文献(著作) /317

绪 论

科学技术的历史是，一部人类认识自然、改造自然的历史。人类正是凭借科学技术的不断进步，创造出更为丰富的生活。科学技术的历史揭示的是，在人类历史上各类发现和发明的过程及其对社会各方面的影响，同时也要分析一些重大发现与发明产生的社会条件。

学习研究科学技术史，几个概念及其逻辑关系是首先要搞清楚的。

一、关于科学与技术的概念

科学与技术是两个抽象的概念，因为无论说科学还是技术，既有所指又不具体指什么，它们都是人类某种活动甚至包括活动结果的通称。但是，如果说“科学研究”、“科学发现”、“科学书籍”，或者“技术设计”、“技术开发”，在理解上就会具体一些，当然这些概念也有其相对的抽象性。

1. 科学

科学是人类有意识地认识自然、探索未知世界的活动的总称（或是总和）。这种有意识的认知、探索活动只有当人类社会达到一定阶段，生产力有了相当的提高——人的劳动价值除供养自身和自己的无劳动能力的成员外还有剩余时；而这些剩余的劳动价值又被一种社会规则集中在少数人手里，使他们可以不劳而获地生活时；其中极个别的人开始思考自然现象的成因或企图以非神灵思维解释自然时——科学开始萌芽。而这就是众所周知的古希腊科学的起源。在此之前，科学是否就已经出现了呢？例如公元前4000年左右，古埃及的太阳历以及后来的建筑方位的确定，是否可以说公元前4000年左右古埃及就开始了天文学、数学、力学研究了？由于缺乏文字记载，结果是不得而知的，正因为如此，一般都将科学的起源追溯至古希腊（公元前7世纪）。

在很长的时期内，并不存在“科学”这一概念，这类对自然的认识活动及其成果都归之于“哲学”或是“自然哲学”，其成果也多用“知识”来表述。随着近代科学革命的出现，拉丁语“Scietia”（知识）开始演变出“Science”（科学）一词。但很长时期内，科学仍包含在“自然哲学”范畴

内，牛顿的名著就是以《自然哲学的数学原理》（1786）命名的。19世纪前，欧洲将与自然相关的学问称作“Natural philosophy”，今天直译为“自然哲学”，但当时“Philosophy”指的是“学问”、“XX学”，译为“自然科学”、“自然学”是合适的。日本人在幕府末年将之译为“理学”，一直流传至今。“Science”一词在欧洲是19世纪才流行起来的，但直到今天，一些具有悠久历史的欧洲大学还将一些科学博士获得者授予“哲学博士”学位。

我们使用的“科学”一词，是1870年日本的西周著《百学连环》，探讨西方术语的日译名时，用日语汉字“科”和“学”创造了“科学”一词与“Science”对译而成的，是19世纪末20世纪初康有为、梁启超等人将日文书籍大量译成汉文，与“革命”、“经济”、“社会”、“物理学”、“哲学”等一并引入的，是个典型的外来语。中国古代有两个词似有科学研究的意思，“穷理”（追求事物的终极原理）和“格物致知”（分析事物达到对事物的了解）。

在现代，科学有广义与狭义之分。广义的科学指人类认识自然、社会、思维的活动和由此形成的知识的总和。包括自然科学、社会科学和思维科学。狭义的科学指人类认识自然的活动与知识的获得，即人在好奇心、怀疑心的驱使下，对未知事物提出假说，通过验证而认识事物、形成知识的过程。

2. 技术

技术一词，中国古已有之，最早见诸《汉书·艺文志》：“汉兴有仓公，今其技术晦昧。”《史记·货殖传》：“医方诸食技术之人，焦神极能，为重糈也。”主要指医术、方术。这个词在唐朝时传入日本，后来中国用医术、方术取代了“技术”一词。1870年，日本的西周在翻译西方书籍时，将“Technology”用从中国引进的“技术”一词对译。19世纪末20世纪初，康有为、梁启超翻译日文书籍时，又引回中国。

在现代，技术也有广义和狭义之分。广义的技术指人类活动的手段与方法的总和，包括生产性技术和非生产性技术。狭义技术通常指人类改造自然、创造人工自然的方法、手段和活动的总和，是在人类历史过程中发展着的劳动技能、技巧、经验和知识，是人类认识和利用自然力及其规律的手段，是构成社会生产力的重要部分。技术属于社会财富和创造物质财富的实践领域，是劳动技能、生产经验和科学知识的物化形态，包括人类技术活动中的硬件和软件。

人类从事技术活动的根本目的在于对自然界的控制和利用，首要解决“做什么、怎么做”的实际问题，其价值标准在于是否实用和带来经济效益。人工环境是人类能动活动的产物和结果。人类不仅借助技术手段去利用自然、支配自然、改造自然、控制自然，同时还通过技术活动去顺应自然，与自然协调，减小或避免对自然界的破坏。技术活动涉及作为技术主体的人，以及作为客体的自然与社会，技术本身则作为人类在生产活动、文化活动及社会活动中主客体的中介而存在。

技术本身是个历史性概念，若以英国工业革命为分界，其前后的技术已有本质的不同。在英国工业革命之前，技术更多地表现为人类从事生产活动中世代相传的技艺、技巧和技能，有很强的经验性成分，英国工业革命后特别是19世纪后的技术，则更多地表现为科学的应用。前者可称之为“经验性技术”，后者可称之为“科学性技术”。经验性技术也有一定的不自觉的科学原理的应用，科学性技术也有在科学原理指导下的技能、技艺和技巧。

本书中所谈的科学和技术是狭义的，几乎所有的科学技术史，所研究的都是狭义的科学和技术。

3. 科学与技术的关系

科学与技术的关系可以从以下四个方面去理解：

其一，科学与技术的历史起源不同，而且是按各自的道路发展的。技术的起源可以说几乎与人类起源一样久远，当类人猿用木杆挖掘食物、用石块打制石器时，技术就产生了。而科学正如前所述，有文字记载的不足3000年，即使认为古埃及人就开始了科学活动，也仅6000余年，与300多万年的类人猿起源相比，科学的历史很短。

其二，人类从事科学活动和技术活动的目的不同。人类从事科学活动的主要目的是认识自然，揭示未知领域，经常是在好奇心、对未知事物的探究心理作用下进行的；而从事技术活动则是在要改造自然，创造更适合人类生存的环境、器物的目的下进行的，因而有很强的功利主义成分。

其三，科学与技术活动的特点不同。科学是一种精神性劳动，因而它与人们某一时期的思想状况、哲学素养有关。欧洲中世纪宗教神学统治一切、中国“文化大革命”时期极“左”的政治思想统治一切的情况下，人的思想被束缚，正确思想受到压抑，科学几乎停滞甚至倒退。但技术更注重实践性和生产性，受社会意识的影响相对要少些。

其四，二者的最高成果的表达方式不同。科学研究的最高成果称作“发现”（discover），而技术活动的最高成果称作“发明”（invention）。这是两个截然不同的概念。“发现”指自然界原本存在之物，被人类首次认识的过程。例如，万有引力定律是自然界始终存在的一个普适规律，当被牛顿发现并加以总结出来后，人们说：牛顿“发现”了万有引力定律。“发明”则指自然界原本不存在之物，被人类首次创造出来的过程。例如，自然界原本不存在纸，105年蔡伦首次规范了造纸工艺，制造出纸，人们说：蔡伦“发明”了造纸术。

近代以来科学与技术的关系又十分密切。一项科学发现经常很快成为技术原理的基础而导致技术发明。1831年法拉第发现了电磁感应定律，1832年法国工程师皮克希随即发明了手摇永磁式直流发电机，尔后的他激式、自激式乃至交流电机无不是以电磁感应定律为基础的。同时，由于科学研究向更深的微观层次和更广的宇观方向的发展，以及极限实验条件（超高温、超低温、超高压、超低压、高真空）的要求，凭借人的器官和传统的实验手段已成为不可能，科学研究需要借助更新的技术发明、技术手段才能完成。

但是，二者毕竟是人类不同的活动领域，把这两个词并列使用，在很多场合是不确切的。例如，“科技工作者”所指并不清楚，在田间劳作的农民，在进行工件切削的工人，或是正在设计新零件的工程师是不是全是“科技工作者”呢？“科技规划”往往是对技术的规划，因为规划是有限限的，我们不能规划在某个五年计划内要发现多少个超新星，在某项科学领域有某一具体发现等等，或者说科学发现经常带有偶然性，是不能人为设置其时间的。近年来出现的“高科技”概念也是一个错误概念。高技术（High Technology）是日本人创用的，后传至欧美流行起来，主要指与传统技术不同的新的技术门类，如微电子、计算机、激光、生物工程、新能源、航天等，而高科技从字面上理解应当包括高科学加上高技术或是高端科学技术。科学是没有高低之分的，只有基础科学学科（物理学、化学、天文学、地学、生物学）及应用科学学科（工学、农学、医学）。只有“高技术”，没有“高科学”，更没有“高科技”（高科学技术）。

由上述分析可知，科学和技术是人类两个不同的活动领域，人类从事科学活动的目的是认识自然，揭示未知，而人类从事技术活动的目的是为了自身的生存与发展去改造自然。有人认为正是由于人类对自然的改造，才造成了今天的环境问题和生态问题，然而自然界不加改造人类就无法生存，不开荒就不能种田，不建居所就无处安身。改造是技术活动的永恒主题，在人与自然的关系上，人永远是个“人类中心主义者”，当然这里有个理性与非理性的问题。

二、科学革命与技术革命

科学与技术的发展如同一切事物发展那样，都经历了一个由简单到复杂的过程，科学知识和技术知识也是由浅入深，由表及里，由少及多。在这一过程中，当量的积累达到一定程度时会发生质的变革，使科学和技术达到一个新的水平。因此，在对科学技术历史的研究中，有人采用了“革命”一词来描述科学技术的质变过程。

1. 科学革命

“科学革命”最早是美国物理学家库恩（T. S. Kuhn）于1962年提出来的。他用“科学革命”一词描述20世纪初相对论、量子力学和原子结构的产生使经典自然科学向现代自然科学过渡，他将科学的发展表述为：

前科学→常规科学→反常（科学危机）→科学革命→新的常规科学
这样一个过程。

他将古代的科学称为前科学，近代科学（经典自然科学）称为常规科学。他认为，19世纪末的“物理学危机”^①导致了“科学革命”，即突破经典物理学思维观念的相对论、量子力学和原子结构学说的创立。在新的

^① 指19世纪末，物理学界对传播光的介质探讨的失败，电子的发现、放射性的发现与经典物理学认为原子是物质的终极粒子的矛盾，以及热辐射的量子现象与经典物理学认为辐射应当是一种连续现象的矛盾等。

科学思维观念下，经典物理学的适用范围得到限定，许多自然现象得到新解释。他将由此产生的 20 世纪的科学称之为“新的常规科学”。

在他的“科学革命”思想的启发下，20 世纪 80 年代，中国科学技术史和科学技术哲学学界提出如下的科学发展模式：

古代科学→近代科学革命→近代科学（经典科学）→科学危机→现代科学革命→现代科学

这一科学发展模式似乎可以更好地说明科学的发展过程。与库恩不同的是，认为从古代到近代经历了由哥白尼、维萨留斯、伽利略所开辟的“近代科学革命”。在近代科学革命基础上发展起来的科学，称作“近代科学”或“经典科学”（经典自然科学）。

2. 技术革命

在技术发展中，人类对技术不断地进行改进的过程，是一个渐进缓慢的过程，这个过程对社会生产有十分重要的作用，经济的发展主要取决于对技术的经常性的改进。然而当某项关键性技术如何改进也无法满足社会需求时，一些发明家会用新的技术原理创造新的技术手段，使技术进入革命性的发展阶段，由此引起整个社会技术体系的变革，这一过程称之为“技术革命”。“技术革命”这一术语在 20 世纪 50 年代毛泽东曾作为一个政治口号使用过，如“大搞技术革新与技术革命”。

由于技术历史悠久，对古代的技术哪些过程可以算作革命很难分析，学界一般仅研究近代技术兴起后的重大发明，所引起整个技术基础的变革过程，即近代以来的技术革命。

近代以来，由于一项占有主导地位的技术变革而引起整个技术体系变革的情况有三次，即蒸汽动力技术革命、电力技术革命和信息控制技术革命。第一次技术革命引起了社会生产的机械化，即用机器生产取代传统手工业以工具为主的生产，由此出现了工厂制，发生在 18 世纪中叶，是伴随英国工业革命而发生的；电力技术革命发生于 19 世纪后半叶，以电力的广泛应用为特征，引起了社会生产和社会生活的电气化；信息控制技术革命发生于 20 世纪中叶，随着微电子技术、计算机技术的进步，电子控制成为这一时期技术发展的核心问题，由此导致了社会生产、社会生活和管理的自动化。^①

三、产业革命与产业结构的变革

产业也有广义与狭义之分，广义的产业指人类活动的一切部门，狭义的主要指与社会生产相关的部门。

人类历史大体经历了采集渔猎、游牧，农耕畜牧，工业和信息时代。采集渔猎及游牧时代十分漫长，人类还处于原始野蛮社会中，因此史学界多从农业社会后作为重点研究对象，这一时期各民族生活稳定，社会形态逐渐完整，且有了文字。

在与社会生产相关的产业中，总会有一大类产业居于主导地位，其他

^① 姜振寰：《近代技术革命》，科学普及出版社，1985 年。

产业无不以它为基础而存在，如在农业社会中的农业，工业社会中的工业（制造加工业）。当社会发展到一定程度这一主导产业发生更迭时，则发生了产业革命。或者说，产业革命指的是社会生产的产业结构中的主导产业的更迭过程。

从农业社会向工业社会的过渡发生于18世纪的英国，史称“英国产业革命”，由于这次产业革命是人类社会从农业社会向工业社会的过渡，也称“工业革命”。工业革命在英国发生后，很快向欧洲、美洲、亚洲各国推广，这一过程称作“工业化”。产业革命的技术基础是技术革命，因此工业化经历了机械化、电气化和自动化三个阶段。

20世纪70年代后，一批新兴的产业兴起，以计算机、微电子技术为代表的新兴技术使社会生产、社会生活及管理正经历着深刻的变化，这一变化学术界称作信息革命。这是一次新的产业革命，是信息产业在社会产业结构中逐渐取代工业占据主导地位的过程。

在产业结构的演变中，英国经济学家克拉克（C. G. Clark）于1940年将产业划分为第一产业、第二产业和第三产业。第一产业指人类从自然界直接获取物资的产业，包括采矿、农牧渔业；第二产业指人类将采自自然界的物资进行加工、制造的产业，也称制造加工业，即工业；第三产业指为第一、二产业服务的其他产业，包括科研、教育、卫生、通讯、金融、医疗、商业、公用事业、个人服务等。他对产业结构的演变研究后发现：“在这一领域里，有一个简单的但范围和影响深远的趋势，即随着时间的推移，作为朝更为经济的方向进步的结果是，在农业中就业人数相对于制造业中的就业人数趋于下降，接着制造业中相对于服务业的就业人数也趋于下降。”这就是经济学界有名的“克拉克定律”。这个定律说明了三次产业在产业结构中的主导地位的逐次更迭趋势，一些发达国家的情况可以很好地说明这一问题。

美日英三次产业就业结构（%）变化

| | 第一产业 | | 第二产业 | | 第三产业 | |
|----|------|------|------|------|------|------|
| | 1960 | 1975 | 1960 | 1975 | 1960 | 1975 |
| 美国 | 8.2 | 3.3 | 39.5 | 28.3 | 52.3 | 68.4 |
| 日本 | 32.5 | 12.7 | 27.7 | 35.3 | 39.8 | 52.0 |
| 英国 | 2.7 | 1.8 | 49.2 | 40.4 | 48.1 | 57.8 |

资料来源：《世界经济统计简编》，三联书店，1978年。

四、科学史、技术史与科学技术史

简单说来，科学史就是关于人类认识自然的历史，技术史则是人类改造自然、塑建适合人类生存环境（人工自然）的历史。这两类历史又可分为：专业史，即将科学或技术某分支的发展过程加以综合描述的历史，如化学史、机械史；断代史，如19世纪的物理学史，中国古代天文学史；国别史，按所研究的国家分类的历史，如苏联技术史、中国古代力学史。此外，还有对科学家、发明家专题研究的人物传记，以及科学或技术的思想史、社会史等，可谓门类纷纭，涉及的知识领域十分广泛。

科学史特别是专业史的研究起步较早，古希腊柏拉图学派欧德莫斯(Eudēmos)曾写有《几何学史》，而将各科学门类加以综合的科学史则是1830年由法国哲学家孔德(A. I. Comte)于1830年所倡导，英国科学史学家休厄尔(W. Whewell)完成的《归纳科学史》(*History of the Inductive Sciences* 1837)和《科学思想史》(1858)。

进入20世纪后，由于科学、技术的社会功能日益显著，学术界开始对科学、技术进行广泛而深入的研究，出现了大部头的科学史和技术史，如英国辛格(Ch. J. Singer)等人用了近30年时间编写的《技术史》7卷本(*A History of Technology* 1954—1978)，译成中文(汉语)后达800余万字。研究科学技术与社会、文化的所谓“外史”专著，如苏联赫森(B. Hessen)的《牛顿“自然哲学的数学原理”的社会经济基础》(1931)、英国贝尔纳(J. D. Bernal)的《科学的社会功能》(*The Social Function of Science* 1938)以及库恩《科学革命的结构》(*The Structure of Scientific Revolution* 1962)等。

更由于科学与技术的关系愈来愈密切，将科学与技术的历史加以综合研究的著作开始出现。1963年，Penguin Books England出版了荷兰科学史学家福布斯(R. J. Forbes)和狄克斯特霍斯(J. E. Dijksterhuis)合著的《科学技术史》(*A History of Science and Technology*)，其扉页引用培根的一句名言：“要征服自然就要服从自然。”日本欧姆社(オーム社)于1978年出版了由17所大学从事科技史教学和研究的山崎俊雄等17名教授联合编写的《科学技术史概论》，该书作为大学教科书在日本教育界和文化界产生了很好的影响。

中国对科学技术史的研究开始亦较早，如汉朝有人对《考工记》的整理以及后来不少人对《考工记》的研究，对《神农本草》、《伤寒论》等一批科技书目的研究，这类研究多是以训诂注释的方式进行的。作为今天意义上的科技史研究起源于20世纪30年代，出现了一些技术专业史的研究成果，1957年，中国科学院成立了自然科学史研究所，一批在专业上卓有成绩的科技史界名家进入该所工作。改革开放后，出版了原中国科学院院长卢嘉锡主编的多卷本《中国科学技术史》(科学出版社，1996)，吴熙敬、汪广仁、吴坤仪主编的《中国近现代技术史》(科学出版社，2000)，李佩珊、许良英牵头编纂的《20世纪科学技术简史》(科学出版社，1985)，董光璧主编的《中国近现代科学技术史》(湖南教育出版社，1995)以及国外的许多科技史著作，如梅森(S. F. Mason)的《自然科学史》(上海译文出版社，1980)，丹皮尔(S. C. Dampier)的《科学史及其与哲学和宗教的关系》(商务印书馆，1979)，辛格等人的《技术史》(7卷本，上海科技教育出版社，2004)，李约瑟(J. Needham)的《中国科学技术史》(多卷本，科学出版社)。此外，还有一些专科史、人物传记、科学思想史等被大量翻译出版，极大地丰富了我国科学技术史的研究。

在中国自20世纪80年代后，一些从事自然辩证法教学和研究的人员开始编写《科学技术史》，如清华大学高达声的《科学技术史讲义》(清华

大学出版社, 1982)、哈尔滨工业大学关士续编写的《科学技术史简编》(黑龙江科学技术出版社, 1984), 以满足科技史教学的需要。

五、学习科学技术史的意义

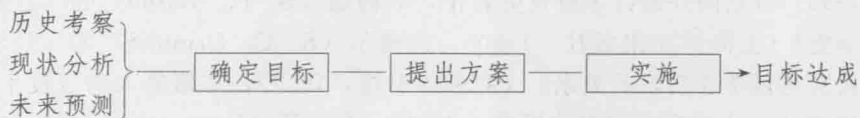
首先, 学习科学技术史可以扩展学习者的知识面。当代的大学教育更注重的是专业知识的学习, 学理工专业的缺乏人文社科方面的知识, 学习人文社科专业的缺乏科学技术方面的知识, 而且无论理工还是人文社科, 都有进一步的学科划分, 相互之间“隔行如隔山”, 所体现的多是“单科独进”, 而不是在广泛的知识背景下的专业突进。这样培养的学生知识单一而贫乏, 很难适应当代学科既分化又综合这一发展趋势的需要, 而且没有相关学科的辅助, 也不容易在本学科领域有创新性成果。

其次, 历史上的科学发现与技术发明, 是我们先人智慧的结晶, 其中有许多值得研究和探讨的经验教训。为什么看到苹果从树上落下, 会引发牛顿研究并发现万有引力定律; 为什么一个年仅 26 岁的瑞士伯尔尼专利局小职员会跳出经典物理学观念的羁绊而发现了相对论效应……在科学技术的历史中, 有许多对我们、对后人颇具启发性的问题值得我们去研究, 去探讨。

第三, 科学技术发展中所蕴含的科学思想、技术思想、哲学思想会提高学习者自身的文化素质和哲学素质。文化素质、哲学素质的提高, 正是当代社会对人特别是对知识分子的基本要求。历史知识是现代人应具备的基本知识, 传统的历史主要指社会史、政治史、军事史, 事实上科学技术史是一切历史的基础, 没有相应科学技术的进步, 人类不能从远古走到今天, 或者说远古人的蒙昧状态会一直延续至今。没有科学技术的进步, 社会不可能发展到今天的发达状态。不知历史就很难理解现实和把握未来, 历史知识教人聪明而避免愚昧。

第四, 科学技术史本身即是一部文化史。一切文学艺术都是在一定的政治、社会背景下出现的, 其中科学技术的作用是十分重要, 甚至是基础性的, 因为许多科学概念与技术成果都是艺术作品的核心内容, 而且没有相应技术的发展, 没有广播电台、扩音机、摄影机、电光源、放映机、计算机的发明, 现代的电影、多媒体等就不可能出现。因此, 学习科技史有助于我们对历史及现代的各种文化现象的理解与把握。

第五, 科技史的学习同学习其他历史知识一样, 可以起到以史为鉴的作用, 这个“鉴”就是汲取古人经验与教训。在当代, 任何一件较为复杂的事件的决策过程一般为:



在这一过程中, 历史知识是必不可少的。在一般情况下, 历史知识会潜移默化地指导我们的行动和行为。

在科学技术已成为社会存在与发展基础的今天, 掌握科学技术史理应为当代人必备的基本素质。