

科学技术史讲义

清华大学自然辩证法教研组编

清华大学出版社



科学技术史讲义

清华大学自然辩证法教研组编

清华大学出版社

1982

内 容 提 要

本书是一本科学技术发展简史。在古代科学技术史部分，主要介绍了古希腊和中国古代的科学技术成就及其影响；在近、现代科学技术史部分，是以主要的基础科学和三次技术革命为线索，展示了近、现代科学技术的重大突破和发展的大致轮廓。

本书采用史论结合的方式，通过科学技术史的回顾，阐明了人类自然观的历史发展和科学技术发展的某些规律性问题，并介绍了一些著名科学家在科学思想、科学方法上的特点。

本书可作研究生、大学生学习科学技术史和自然辩证法的教学参考书，也可供科技人员和科技管理干部阅读参考。

科 学 技 术 史 讲 义

清华大学自然辩证法教研组编



清华大学出版社出版

北京 清华园

清华大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售



开本：850×1168 1/32 印张：10 1/4 字数 260 (千字)

1982 年 8 月第一版 1982 年 10 月第一次刷印

印数 1~40000

统一书号：15235·51 定价：1.30元

目 录

绪论	1
第一章 古代科学技术	6
第一节 古希腊的科学技术	6
一、古希腊的科学技术成就	6
二、古希腊科学技术的影响	12
第二节 中世纪欧洲教会统治下的科学技术	13
第三节 中国古代的科学技术	16
一、中国古代的主要科学技术成就	17
二、古代的中外科技交流	25
三、有关我国古代科学技术发展的一个问题	27
第二章 近代自然科学的产生和发展	30
第一节 资产阶级革命和近代自然科学的诞生	30
一、近代自然科学产生的历史背景	30
二、近代自然科学在普遍的革命中诞生	33
第二节 十六——十八世纪经典力学的完成	36
一、伽利略、开普勒对经典力学的贡献	36
二、牛顿完成了经典力学体系	40
第三节 十六——十八世纪的物理、生物学与化学的发展	48
一、处在襁褓时期的物理学与生物学	48
二、化学从“炼金术”中解放出来以及“化学革命”	54
第四节 十六——十八世纪数学的成就	62
一、坐标几何的产生	62
二、推动微积分产生的条件	65

三、牛顿和莱布尼茨在微积分方面的工作·····	68
四、十八世纪的微积分·····	73
第五节 十六——十八世纪的科学思想与方法论·····	76
一、弗兰西斯·培根的科学思想与方法论 ·····	76
二、笛卡尔的哲学与方法论·····	79
三、伽利略的科学研究方法·····	82
第六节 机械唯物主义自然观的形成及其局限性·····	84
一、机械唯物主义自然观产生的历史条件·····	84
二、机械唯物主义自然观的中心思想·····	86
三、机械唯物主义自然观的统治及其消极作用·····	87
第三章 产业革命和近代自然科学理论的综合·····	89
第一节 产业革命与近代以来的第一次技术革命·····	89
一、产业革命的历史背景·····	89
二、蒸汽机的发明和不断改进·····	93
三、蒸汽时代的技术革命·····	99
四、蒸汽技术革命的历史意义·····	104
第二节 十八世纪下半叶到十九世纪中叶的自然科学·····	107
一、产业革命推动了自然科学的发展·····	107
二、自然科学的发展和对形而上学自然观的冲击·····	108
三、自然科学进入理论综合的领域，辩证唯物主义 自然观的形成·····	129
第四章 电磁学理论的产生与第二次技术革命·····	132
第一节 电磁学理论的发展·····	132
一、静电学和静磁学基本规律的建立·····	132
二、恒稳电流的产生及其基本规律·····	134
三、电磁感应现象的发现和电磁理论的完成·····	137
第二节 电机的产生和电能的应用·····	144
一、直流电机的发展·····	145

二、交流电机的发展·····	148
三、发电厂和电力传输的发展·····	150
四、电力的应用是继蒸汽机之后的第二次技术革命·····	153
第三节 通讯技术的产生和发展·····	155
一、近现代通讯技术产生和发展的社会条件·····	155
二、电报·····	157
三、电话·····	161
四、无线电通讯·····	163
第四节 内燃机的发明和改进·····	167
一、近代内燃机诞生的历史条件·····	167
二、活塞式内燃机的演化·····	170
三、转动式内燃机的演化·····	173
四、内燃机的广泛应用及其前景·····	175
第五节 第二次技术革命的启示·····	178
第五章 十九世纪末二十世纪初的物理学革命·····	182
第一节 物理学革命的序幕·····	182
一、古典物理学的顶峰与物理学危机·····	182
二、X 射线、放射性和电子的发现 ·····	183
三、物理学的新发现与哲学上两条路线的斗争·····	188
第二节 相对论的创立·····	191
一、从牛顿绝对时空观到狭义相对论的建立·····	191
二、广义相对论及其验证·····	202
第三节 量子理论的建立·····	208
一、普朗克量子假说的提出·····	208
二、爱因斯坦的光量子理论·····	211
三、卢瑟福的原子结构模型·····	213
四、玻尔的原子结构理论·····	215
五、德布罗意的物质波·····	218

六、量子力学的建立.....	219
七、量子力学与哥本哈根学派.....	223
第六章 现代科学革命和技术革命.....	231
第一节 第三次技术革命.....	231
一、第三次技术革命的准备和条件.....	231
二、原子能的开发和利用.....	234
三、电子计算机的诞生和发展.....	238
四、空间技术的成就.....	244
五、蓬勃兴起的合成材料与激光技术.....	249
第二节 分子生物学的创立与发展.....	255
一、十九世纪末、二十世纪初生物学的重要进展.....	255
二、核酸、蛋白质的结构研究为分子生物学的 诞生创造了条件.....	260
三、分子生物学从诞生到形成为一门系统的新兴科学	263
四、遗传工程的诞生及其应用.....	275
五、从分子生物学的创立和发展看现代科学技术 的渗透与综合.....	278
第三节 系统论、信息论、控制论的产生、发展和趋势....	281
一、系统论、信息论、控制论产生发展的背景.....	281
二、现代系统论的产生与发展.....	284
三、信息论的产生与发展.....	297
四、控制论的产生与发展.....	305
五、“三论”的发展趋势.....	310
第四节 现代科学革命和技术革命的影响及几个问题.....	213
参考文献.....	317

绪 论

科学技术史是关于科学技术的产生、发展及其规律的科学。科学技术史是人类认识自然和改造自然的历史，是人类文明史的重要组成部分。

人类在长期的生产实践中，不断地积累着生产经验和劳动技能，又不断地用这些经验和技能改进劳动工具和其他劳动资料，这种生产经验和劳动技能的积累过程、生产工具和劳动资料的不断改进和创新过程，就是技术发展的过程；而人类在实践中积累的对自然规律的认识（包括生产经验和劳动技能）在理论上的不断总结和概括，就是自然科学的发展过程。所以科学技术发展的历史，就是人类在实践中认识和掌握自然规律以征服自然和改造自然的历史。

科学技术史要在充分占有材料的基础上，运用马克思主义作指导，对科学技术发展的历史沿革、事件、人物进行科学的整理、分析和总结。它既要展现科学技术发展的历史进程，同时要努力探索有关科学技术发展的理论性、规律性问题。例如：科学和技术是怎样在生产的推动下，在社会的经济、政治、文化的影响下产生和发展，又是怎样反作用于生产并影响着社会生活的各个方面的；不同民族、不同国家的科学技术是怎样繁荣昌盛，又是怎样停滞衰落的；科学技术的发现、发明、概念、原理是怎样提出、演化、继承和革新的，而科学技术的不同学科、门类又是怎样形成、完备、渗透和分化的；不同的学术观点、不同的学派乃至科学与迷信、科学与伪科学是怎样比较、论争以相互促进和鉴别取舍的；科学家、发明家的思想、品格和科学方法是怎样影响着他们在科学工作中的成败得失的；等等。限于我们的研究水平，在本讲义中，只就其中的

某些问题，进行了初步的探讨。

学习和研究科学技术史，有助于树立辩证唯物主义的自然观和科学观，增进科技工作者的才识，提高科技工作的水平，对科技队伍的建设有重要意义。

科学技术有很强的继承性。恩格斯说：科学的发展是“同前一代人遗留下来的知识量成正比”的。^① 积累、继承和借鉴前人的科学技术成果，是科学技术进一步发展的重要前提。这既包括直接汲取前人科学遗产的精华，也包括从前人某些思想中获得启示，从而产生新的设想、新的观念。许多科学家、发明家就是从对本学科的历史研究开始自己的创造活动的。温故知新，熟悉过去有助于认识现在、展望未来。了解一门学科、一项技术产生发展的脉络及历史演变，分析历次科学革命和技术革命的背景、内容和影响，就可以比较准确地把握新的科学技术的生长点、突破口，预测科学技术的发展方向 and 趋势。这必将有助于扩展科学工作者的眼界胆识，也可以为他们选择科研方向、确定主攻目标提供科学依据。

学习和研究科学技术史，也包括学习和研究科学实验史、科学思想史和科学方法史。了解人类理论思维形式和科学方法是怎样随着科学技术的进步而发展变化的，了解不同时代、不同的自然科学水平上所产生的科学思想和科学方法的积极作用和历史局限性，就能提高我们树立辩证唯物主义的自然观和科学观的自觉性，增强识别和抵制错误的理论思维形式的能力。了解以往科学家、发明家的生平和思想，了解他们走过的道路，就可以学习和借鉴他们的治学态度、指导思想和研究方法，从他们成功的因素中获得启示，从他们失误的原因中吸取教益，从而激励科技工作者的献身精神，提高理论思维的水平 and 科学研究的艺术。科学技术发展的历史表明，许多重大的发现发明和重要的原理学说，它的提出和建立往往需要许

① 《马克思恩格斯全集》第1卷，第621页。

多代人的长期努力和集体合作，没有前人的工作，没有对前人的思想、方法的借鉴，任何天才也不能作出自己的创造。牛顿就曾经说过：“假若我能比别人了望的略为远些，那是因为我站在巨人的肩膀上。”因此，在科学技术教育中，把熟悉科技史，特别是本学科的发展史，作为对学生的一项基本要求，是十分必要的。

学习和研究科学技术史，总结各国各民族发展科学技术的历史经验，掌握科学技术的发展规律，也有助于探索适合我国情况的发展科学技术实现四个现代化的道路。

在科学技术发展的历史上，有许多值得认真探讨和思考的问题，例如：为什么古希腊的科学技术能够有那样的高度繁荣？为什么中世纪的欧洲出现了科学文化的漫长黑夜？为什么我国古代科学技术曾居于世界前列，而近代自然科学却没有在中国孕育和发展？为什么十七、十八世纪英国法国的科学技术领域会人才辈出、群星灿烂？为什么本世纪美国日本会后来居上，科学技术有如此巨大的飞跃？……。对这一系列问题的分析研究，不仅可以把握科学技术的内在矛盾运动，而且也可以看到科学技术的发展与各种社会因素的相互关系，可以看到一个国家的科学政策、科学管理体制对于科学技术发展所起的作用，这样就能从中总结出合乎规律的东西；而认清科学技术发展的规律和趋向，又有助于预测科学技术的发展对社会经济和社会生活的各方面所带来的影响，有助于预测科学革命和技术革命引起的社会后果。这一切都可以为国家制定现代化建设的方针政策、规划建设的蓝图提供科学的依据，也可以为当前的建设工作提供合理化的建议。对于广大科技工作者、科技干部，则可以提高执行有关方针政策的自觉性，提高科技工作的组织管理水平。任何一个国家的建设，总要从本国的国情出发，从当时的具体条件出发。但是，总结别国的历史和现实的经验教训，就可以为自己要走的道路提供有益的借鉴。

世界有不少国家都十分重视科技史的研究和普及，现在全世界

已有几十所研究科技史的专业机构，出版各种科技史学术刊物在一百种以上。国际科学史学会常设机构在巴黎，从 1929 年到 1981 年已经召开过十六次国际科学史大会。1968 年又成立了国际技术史合作委员会。北美、西欧、苏联、日本、澳大利亚一些国家的许多大学中，都设有科学史系或科技史专业，开设有科技通史或专史课程。在科技史出版物和专著中，出现了不少有影响的重要成果。美国的乔治·萨顿（George Sarton）创办的科学史季刊《爱雪斯》（Isis），从 1913 年出刊起到现在从未间断，它提供了极其丰富的科学史料；五十年代英国的约翰·德斯蒙德·贝尔纳（J. D. Bernal）出版了《历史上的科学》一书，是一部世界科学通史；英国、法国还陆续出版了多卷本的《科学史》或《技术史》专著；七十年代，美国学术联合会组织世界各国科学家，共同编写了《科学家传记辞典》十六卷，系统介绍了全世界各门学科领域迄今已经逝世的重要科学家的生平和成就，为研究科学史与科学思想史提供了丰富的资料。在科学史的理论研究方面，1962 年美国的托马斯·库恩（Thomas S. Kuhn）发表了《科学革命的结构》一书，探讨了科学发展的规律性问题，在西方科学界和哲学界产生了广泛的影响。对中国古代科学技术史的研究，也引起了国际上的重视。英国、日本、新加坡、美国都形成了中国科技史的研究中心；英国学者李约瑟（Joseph Needham）编写的《中国科学技术史》，到 1978 年已出版了前四卷和第五卷的三个分册，是国外关于中国科技史的重要著作。

在我国，科技史的研究工作在解放后有了一定发展。1954 年成立了“中国自然科学史研究委员会”，1957 年成立了“中国自然科学史研究室”（即现在的中国科学院自然科学史研究所的前身）。从五十年代后期至六十年代前期，国内编写了近二十部科技专史著作，一些老科学家在这方面特别是在中国古代科技史的研究上作出了很大贡献。十年动乱期间我国科技史研究工作也受到严重破坏，粉碎“四人帮”后，才逐步得到恢复。自然科学史的研究已

被列为全国科技发展规划的重点项目之一，不仅中国科技史的研究继续加强，过去在我国一直比较薄弱的世界科技史特别是世界近现代科技史的研究和介绍也得到了重视。1980 年 10 月，成立了中国科学技术史学会。我国科技史研究领域开始出现了新的发展的局面。可以预期，随着科技史研究工作的开展，随着科技史宣传教育的普及，它将在我国的四化建设中越来越发挥出积极的作用。

第一章 古代科学技术

早在人类的原始社会，就有了科学技术的萌芽，到奴隶社会以后，生产水平和科学技术水平都有了很大提高。大约在公元前 4000 年到公元前 2000 年，在尼罗河流域的埃及、两河流域（幼发拉底河、底格里斯河）的巴比伦、印度河流域的印度和黄河、长江流域的中国，先后出现了最早的奴隶制国家，他们在人类文明史上都作出了重大贡献。古埃及和巴比伦的文明对奴隶社会科学技术发展的高峰——古希腊的科学技术有直接的影响。进入了封建社会后，科学技术在欧洲相对停滞和衰落，但在阿拉伯国家、印度、中国却有了较大的发展，尤其是我国的科学技术曾长期走在了世界的前列。本章只简要介绍古希腊、欧洲中世纪和中国古代科学技术的发展概况。

第一节 古希腊的科学技术

一、古希腊的科学技术成就

公元前八至六世纪，希腊各地兴起了许多奴隶制的城邦国家，这是以城市为中心，包括附近村落所组成的小国，全希腊共有 200 多个。其中最先进的有米利都、爱弗斯、卡尔息斯、雅典和斯巴达、科林斯等。由于铁矿的开采为农业手工业提供了许多高效生产工具，使社会生产力有了很大的发展。公元前五世纪。雅典在各城邦中取得了盟主地位，奴隶制经济空前繁荣，冶金、造船、武器、陶器、皮革、建筑都十分发达。手工业不仅行业之间而且行业内部都有了相当精细的分工，产品的数量质量都有了极大的提高。爱琴

海、黑海、地中海各地，到处都有雅典出口的陶器；造船技术达到了很高的水平，已经可以建造三层桨座的远航船，每条船使用水手达 200 人以上。当时的自然科学也取得了很大的成就。

公元前 337 年，马其顿乘雅典和斯巴达在泊罗奔尼撒战争中遭到削弱，取得了希腊各城邦的领导地位。公元前 334 年，马其顿国王亚历山大率领大军东侵，先后占领了叙利亚、埃及、摧毁了波斯帝国。建立了地跨欧、亚、非三洲的大帝国。亚历山大东侵开拓了比以前更为广阔的东西方贸易通道，促进了东西方的文化交流。亚历山大死后，帝国很快发生了分裂。他的一位将军以亚历山大里亚为首府，在埃及建立了托勒密王朝。索忒尔·托勒密一世继承了亚历山大重视科学文化的传统，提供优越的物质条件赞助学术活动，举办研究机构，网罗科学人才，搜集古代典籍，积累和整理新的经验材料；最著名的是他建立了历史上最早的一个规模宏大的学术中心——缪司学院，据说其附属图书馆藏书达 50 万卷之多，学院还附设有动物园、植物园和天文观测所等，开展了范围广泛的学术研究活动。这样，希腊科学文化中心很快就由雅典转移到了亚历山大里亚。古希腊长期积累和逐渐成长起来的自然科学，在这里结出了丰硕的果实。

公元前二世纪中期，希腊被罗马所吞并。此后不久出现了两位著名科学家，就是天文学家克罗狄乌斯·托勒密和医学家盖仑。他们出现的时间虽然晚些，但实际上仍是亚历山大里亚时期科学传统的继续。

下面从几个方面介绍古希腊的科学成就：

1. 元素论和原子论

古希腊的一些学者认为世界万物是由某种元素或“原子”组成的，这是一种朴素的自然观，是对宇宙本源的看法；也是一种科学思想，是古希腊人对物质组成和构造的直观的天才的猜想。当时自然科学还没有从哲学中分化出来，许多哲学家同时也是自然科学家。

米利都学派的奠基人泰勒斯（约公元前 624—547 年）和他的后继者阿那克西曼德（约公元前 610—546 年）、阿那克西米尼（约公元前 588—525 年）分别认为万物的始源是水、“无限者”、气。爱弗斯的赫拉克利特（约公元前 540—480 年）认为火是生成万物的元素，火产生了一切，一切都复归于火；他还提出了事物永恒运动变化以及对立面统一和斗争的思想。他说：“一切皆流，物无常住”，“人不能两次踏进同一条河流”，“我们既存在又不存在”，“互相排斥的东西结合在一起，不同的音调造成最美的和谐；一切都是斗争所产生的。”^① 列宁称他是“辩证法的奠基人之一”。^② 还有一些学者是用几种元素来说明万物的组成。如恩培多克勒（约公元前 490—430 年）认为世界万物是由火、水、土、气四种元素按不同比例组合而成；亚里士多德（公元前 384—322 年）吸取了这一思想并加以改造，认为冷、热、干、湿这四种性质才是最基本的，它们两两结合形成火、水、土、气四种元素，这四种元素再组成一切实物。他还认为存在着第五种“最纯洁”的元素“以太”，天体就是由这种元素构成的。

有的学者更进一步试图探索物质的构造，寻找更根本的东西。雅典的阿那克萨哥拉（约公元前 500—428 年）认为物质可以分割成许多无限小的“同类的部分”或“种子”，万物的产生和消灭就是这些“种子”的结合或分离。被马克思恩格斯誉为“经验的自然科学家和希腊人中第一个百科全书式的学者”^③ 的德谟克利特（约公元前 460—370 年），继承和发展了前人的思想成果，认为“原子”是组成一切物质的基本单位，是最后的不可再分的物质微粒，它没有性质上的不同，只有形状、次序和位置的不同；“空虚”是原子运动的场所和必要条件，原子在空虚中急剧而零乱地运动，互

① 《古希腊罗马哲学》，三联书店 1957 年版，第 17、27、19 页。

② 《列宁全集》第 38 卷，第 390 页。

③ 《马克思恩格斯全集》第 3 卷，第 146 页。

相碰撞、互相结合而形成世界万物。后来，伊壁鸠鲁（公元前 341—270 年）又进一步发展了原子论，认为原子还有重量的不同，原子不仅由于重量而直线下落，而且由于内部原因会离开直线轨道作偏斜运动，因而才有可能相互碰撞结合而生成万物。恩格斯认为：伊壁鸠鲁“已经按照自己的方式知道原子量和原子体积了”。^①

2. 宇宙论和天文学

公元前六至五世纪，古希腊出现了一个以毕达哥拉斯（约公元前 580—500 年）为代表的学派。他们非常重视数学，甚至企图用数来说明一切。他们认为，在各种形体中园形和球形是最完美的，因此地球与其他天体也必然应当是球形，并沿着神圣的园周而运动；在数目中，十是最完整的，所以天体也应当是十个，但当时人们只看到了水、金、火、木、土、日、月、地、恒星等九个天体，因此他们提出必定存在一个第十天体叫做“对地”。他们还认为宇宙的中心不是地球而是中心火，日、月、地球、对地和其他行星都围绕中心火作园周运动。

亚历山大里亚时期，天文学有了很大发展。阿里斯塔恰斯（约公元前 310—230 年）曾经提出：恒星与太阳是不动的，地球沿着一个园周的周边绕太阳运动，太阳则在轨道的中心。这个思想在当时是非常难能可贵的。但当时一些著名学者，包括亚里士多德都主张地球中心说。晚期希腊的著名天文学家喜帕恰斯（约公元前 190—125 年），曾创制和改良了许多观测仪器，进行了大量细致的天文观测，在西方第一个编制了包括 850 颗恒星的巨大星表；他发现了岁差，定为每年 45 秒，并算出了朔望月的天数；他测算出月地距离为地球直径的 $30\frac{1}{6}$ 倍，月亮的直径是地球直径的 $\frac{1}{3}$ ；他吸收并发展了天体运行的本轮和均轮体系，认为地球是各天体的中心，行星在“本轮”上运动，“本轮”的中心又在“均轮”上运动，“均

^① 恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社 1971 年版，第 28—29 页。

轮”是以地球附近的一点为中心的大圆，太阳是在一个固定的偏心圆轨道上运动，而月亮则在一个移动的偏心圆轨道上运动。他的这个体系为后来著名天文学家克罗狄乌斯·托勒密（约公元 90—168 年）所继承和发展。为了更好地与观测事实相符合，托勒密不得不在本轮上再加本轮，虽然使体系更加复杂化，但却能较好地说明当时观测到的天体运动。他的主要著作《天文学大成》被称为是天文学的百科全书。在哥白尼日心说确立以前，托勒密体系在欧洲天文学中一直居于统治地位。

3. 生物学、医学

亚里士多德是古希腊最伟大的最博学的思想家，他在自然科学上的成就主要是在生物学特别是动物学方面。他很重视解剖和深入地观察，曾详细地记述了约 500 种动物，其中 50 种还根据解剖知识绘有插图；他提出应当以动物初生体的成熟程度作为分类的重要标准，并尽可能地考查足以进行区别的特性，他用这种方法对生物进行了初步分类，从植物到动物到人，依次分为若干等级，愈往上其完善程度愈高，这种分类是比较先进的；他坚持在对生物的器官的功能形成见解之前先要了解其解剖构造，他综述了许多动物的构造，并注意到某些动物的身体构造之间存在的一定联系；他还认识到动物之所以要呼吸是为了使空气与血液接触，但却错误的以为这是要使血液冷却。

在医学方面，公元前五至四世纪的以希波克拉底（约公元前 460—377 年）为代表的学派达到了这个时期的高峰，西方科学史称他为“医学之父”。在这个学派的著作中可以看到初步的解剖学和生理学知识；他们很注意进行细致的观察，对许多疾病进行了描述并提出了适当的治疗方法；他们还注意到环境与健康的关系，注意到地区、气候对人体的影响。希波克拉底还提出人有四种体液：血液、粘液、黑胆汁和黄胆汁，身体是否健康就是由于体液是否调和所致。罗马时代的名医盖仑（约公元 129—199 年）把古希腊的