

# 科技革命与经济体制

石俊田 徐佳 著



東北大學出版社  
Northeastern University Press

东北大学“985”工程哲学与社会科学创新基地资助出版项目

# 科技革命与经济体制

石俊田 徐 佳 著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

©石俊田 徐 佳 2008

图书在版编目 (CIP) 数据

科技革命与经济体制 / 石俊田, 徐佳著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2008.2

ISBN 978-7-81102-482-1

I. 科… II. ①石… ②徐… III. ①技术革命—研究②经济体制改革—研究 IV. F062.4 F20

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 193334 号

---

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neupress@neupress.com

http: //www.neupress.com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 170mm×228mm

印 张: 12.25

字 数: 212 千字

出版时间: 2008 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2008 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘振军

责任校对: 刘乃义

封面设计: 肖 畅

责任出版: 杨华宁

---

ISBN 978-7-81102-482-1

定 价: 25.00 元

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第一章 科技革命与经济体制概述.....      | 1  |
| 第一节 科学革命概述.....           | 1  |
| 一、科学革命.....               | 1  |
| 二、第一次科学革命概述.....          | 3  |
| 三、第二次科学革命概述.....          | 7  |
| 四、第三次科学革命概述.....          | 13 |
| 第二节 技术革命概述.....           | 18 |
| 一、技术革命.....               | 18 |
| 二、第一次技术革命概述.....          | 19 |
| 三、第二次技术革命概述.....          | 25 |
| 四、第三次技术革命概述.....          | 31 |
| 第三节 产业革命概述.....           | 41 |
| 一、产业革命.....               | 41 |
| 二、第一次产业革命概述.....          | 42 |
| 三、第二次产业革命概述.....          | 42 |
| 四、第三次产业革命概述.....          | 43 |
| 第四节 经济体制.....             | 48 |
| 一、国内外学者对经济体制的界定.....      | 48 |
| 二、从生产关系两重性角度对经济体制的界定..... | 49 |
| 三、经济体制与产业革命的关系.....       | 51 |
| 第二章 第一次科技革命与经济体制.....     | 54 |
| 第一节 第一次科技革命的特点.....       | 54 |
| 一、学科、技术领域单一.....          | 54 |
| 二、技术生命周期长.....            | 54 |
| 第二节 第一次科技革命背景下生产力的特点..... | 54 |
| 一、生产机械化.....              | 54 |
| 二、社会化大生产的产生.....          | 55 |
| 三、信息生产力低下.....            | 58 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第三节 第一次科技革命与资本主义国家的自由市场经济体制 | 58 |
| 一、资本主义国家自由市场经济体制的形成         | 58 |
| 二、生产社会化与私有制的矛盾开始激化          | 59 |
| 第三章 第二次科技革命与经济体制            | 61 |
| 第一节 第二次科技革命的特点              | 61 |
| 一、学科、技术领域仍比较单一              | 61 |
| 二、技术生命周期较长                  | 61 |
| 三、科技自身的发展变化大                | 62 |
| 第二节 第二次科技革命背景下生产力的特点        | 63 |
| 一、生产电气化                     | 63 |
| 二、生产社会化程度空前提高               | 64 |
| 三、社会信息能力增强, 政府计划调节起主要作用     | 65 |
| 第三节 第二次科技革命与资本主义国家向垄断阶段过渡   | 65 |
| 一、资本生产迅速集中                  | 65 |
| 二、帝国主义时代的开始                 | 69 |
| 三、帝国主义的基本特征及其与科技革命的内在联系     | 70 |
| 第四节 第二次科技革命与社会主义国家计划经济体制的确立 | 72 |
| 一、计划经济理论                    | 72 |
| 二、计划经济体制与第二次科技革命的一致性        | 74 |
| 三、苏联计划经济体制的确立               | 74 |
| 第四章 第三次科技革命与经济体制            | 77 |
| 第一节 第三次科技革命的特点              | 77 |
| 一、科技发展加速化与多元化               | 77 |
| 二、科技经济一体化                   | 78 |
| 三、科技发展的全球化                  | 79 |
| 第二节 第三次科技革命与生产力实体性要素的新发展    | 80 |
| 一、科技使劳动者知识与素质提高             | 80 |
| 二、促进劳动资料的变革                 | 81 |
| 三、促进劳动对象的变革                 | 82 |
| 四、科技促进了生产组织与管理的变革           | 83 |
| 第三节 第三次科技革命背景下生产力的特点        | 84 |
| 一、新产品、新产业不断涌现               | 84 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 二、生产社会化进一步发展 .....              | 84  |
| 三、信息爆炸与政府信息处理能力的不对称 .....       | 85  |
| 第四节 第三次科技革命对经济体制的新要求 .....      | 86  |
| 一、信息爆炸与政府处理信息能力不足要求要有市场机制 ..... | 86  |
| 二、生产社会化要求要有计划机制 .....           | 86  |
| 第五章 科技革命与美国经济体制的历史演进 .....      | 89  |
| 第一节 美国经济体制演变过程概况 .....          | 89  |
| 第二节 建国初期自由放任的市场经济 .....         | 91  |
| 一、自由放任市场经济的诞生与弊病 .....          | 91  |
| 二、改革思潮 .....                    | 101 |
| 三、1929 年的大萧条——自由放任的危机 .....     | 102 |
| 第三节 自由竞争向垄断过渡与走向全面的国家干预 .....   | 106 |
| 一、对改革的共识 .....                  | 106 |
| 二、罗斯福新政 .....                   | 110 |
| 三、罗斯福新政的根本作用与历史地位 .....         | 112 |
| 第四节 滞胀的出现与批判国家干预的新自由主义 .....    | 117 |
| 第五节 当代美国混合经济的实质 .....           | 122 |
| 一、克林顿上台与混合经济的实际运行 .....         | 122 |
| 二、混合经济的实质 .....                 | 124 |
| 第六章 科技革命与苏联经济体制的历史演进 .....      | 126 |
| 第一节 苏联计划经济体制的建立 .....           | 126 |
| 一、苏联建立计划经济体制的内在逻辑 .....         | 126 |
| 二、苏联计划经济模式的总体框架和基本特征 .....      | 128 |
| 三、苏联计划经济模式的实践效果 .....           | 135 |
| 第二节 苏联计划经济前期成功与后期失败的原因 .....    | 137 |
| 第三节 俄罗斯经济体制的转换 .....            | 138 |
| 一、经济体制转换的具体措施 .....             | 138 |
| 二、经济体制改革后的经济状况 .....            | 142 |
| 三、俄罗斯经济体制转换失败的理论分析 .....        | 144 |
| 第四节 普京时代的“可控制的市场经济” .....       | 147 |

---

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>第七章 科技革命与中国经济体制改革</b>      | <b>153</b> |
| 第一节 中国计划经济体制的建立               | 153        |
| 一、计划经济体制在中国确立的原因              | 153        |
| 二、建立在前两次科技革命基础之上的计划经济取得一定成就   | 154        |
| 第二节 计划经济体制向有计划的市场经济体制过渡       | 155        |
| 一、中国内省式经济体制改革的动因              | 155        |
| 二、与第三次科技革命相适应, 社会主义市场经济取得巨大成就 | 158        |
| <b>第八章 科技革命与经济体制演变的一般规律</b>   | <b>162</b> |
| 第一节 科技革命引发生产力革命               | 162        |
| 一、科学革命决定技术革命                  | 162        |
| 二、技术革命引发生产力革命                 | 163        |
| 第二节 生产力革命决定经济体制变革             | 165        |
| 一、生产力的变化决定生产关系的变化             | 165        |
| 二、生产关系的变化决定经济体制改革             | 167        |
| 第三节 经济体制模式选择的客观依据             | 175        |
| 一、经济体制模式选择理论的历史争论             | 175        |
| 二、经济体制改革的规律探索                 | 183        |
| <b>参考文献</b>                   | <b>188</b> |

## 第一章 科技革命与经济体制概述

科学革命和技术革命密不可分。科学革命是技术革命的理论基础,技术革命是科学革命的必然延伸;科学革命是技术革命的先导,技术革命又为科学革命提出问题,并提供手段、创造条件。科学技术革命必然导致生产力和生产关系发生革命性变化,进而引起整个经济领域、社会领域的重大变革,即通常所说的产业革命。

### 第一节 科学革命概述

#### 一、科学革命

革命是一种正在成长中的新传统取代一种旧传统的活动或过程。这里所谓的取代不是全盘否定,而是扬弃,即用一种新模式取代一种旧模式,但在新模式中包含着旧模式中被实践证实了的有效因素,同时又包含着旧模式中并没有的创新内容。所谓传统,是指思想、观念、制度、体制、规范、标准、方式和方法的集合。

科学发展在时间和空间上是不平衡、不对称的。科学发展有漫长的量的积累,同时也有在某一时间范围内质的突破。科学发展发生根本的质变就意味着科学革命。科学革命是指对客观世界规律性的认识发生了具有划时代意义的飞跃,包括科学事实、科学理论、科学观念、科学方法和科学组织几个系统的变革<sup>①</sup>。

由于科学是由知识体系、产生知识的活动、科学方法、科学的社会建制、科学精神等按照一定层次、一定方式所构成的一个动态系统,所以科学革命可以严格定义为:正在成长的新科学传统(科学的基本思想与观念、科学的社会建制、科学活动的方式及方法、科学的规范及标准)取代旧科学传统的活动或过程。这种传统的变换意味着人类认识的飞跃。

<sup>①</sup> 王滨. 科技革命与社会发展 [M]. 上海: 同济大学出版社, 2003: 41.



科学革命的概念最早是由剑桥大学的巴特菲尔德在《近代科学的起源》中提出的。他认为,科学革命是比文艺复兴与宗教改革更为重要的、决定近代特征的划时代事件。美国学者库恩在《科学革命的结构》一书中,将科学发展划分为以下几个阶段:前科学—常规科学—反常—危机—科学革命。

库恩认为,在大多数学科发展的早期阶段,各种观点林立,众说纷纭,没有统一的观点和方法可以作为解题的范例与模型,也就是说没有形成统一的范式。这时,科学仍处于前科学时期。当一个领域的一些科学家有了共同的可接受的观点和方法,并按照它进行工作时,就是有了共同的范式,因而就形成科学共同体。在常规科学时期,科学共同体的成员在统一的范式指导下进行工作,如同解难题,主要是使范式更加精确和完善,用以解释更多的事实,因而使科学知识稳步地增长。

库恩在论述科学革命理论时,非常巧妙地引进了一个概念——范式<sup>①</sup>。库恩所说的范式有多种含义,主要是指科学活动的模式、模型和范例。有了范式才有常规科学。常规科学就是在一个共同的范式指导下积累知识,如猜谜一样,总会有答案,但猜测的途径多种多样。

当遇到常规的理论方法或范式不能解决的难题时,就出现了反常。起初,科学共同体的成员总是尽力用原有范式解决这些新出现的反常问题,而当反常越来越多,并且不能排除化解、不能同化时,科学共同体就出现了危机。危机可能使科学共同体分化、解体。当科学共同体成员采取办法修改范式以消除危机时,会出现不同的意见。当新提出的观点、方法足以代替旧的范式的位置并被广泛接受时,旧的科学共同体就转化为新范式指导下的新的科学共同体。原有的范式指导下的科学共同体就解体了,可能只有少数人仍然坚持原来的范式。新范式代替旧有的范式就是科学革命,所以说科学危机终究要导致科学革命。科学革命是范式的更替,以新的范式战胜旧的范式为特征。当然也有这种情况,就是在相当长的时间内,同一个领域内同时有几种观点并存,因而就有几个科学共同体同时存在,那就是不同的学派。

由于对科学革命概念的理解角度不同,所以,历史上共有多少次科学革命,并没有统一的说法。一般认为历史上共有三次大的科学革命。第一次发生在16—17世纪,从哥白尼开始到牛顿力学体系的建立;第二次从19世纪30年代开始,一组带头学科出现理论综合;第三次从

<sup>①</sup> 托马斯·库恩. 科学革命的结构 [M]. 北京:北京大学出版社, 2003: 85.

20 世纪初开始,以相对论、量子力学的创立为标志,20 世纪 50 年代后,科学革命发展到一个新的阶段,以一组带头学科和技术科学、综合科学的出现为标志。

## 二、第一次科学革命概述

### 1. 背景与条件

欧洲 5—15 世纪为封建时期,在后期,资本主义萌芽开始出现并成长,新兴资产阶级为维护和发展其经济利益并从政治上逐渐取代封建统治,需要制造舆论,建立自己的精神武器。因此,14—16 世纪,以复兴古典文化的名义展开的一场反对宗教神学的思想解放运动,从意大利开始逐渐扩展到整个欧洲。除文艺复兴运动外,新兴资产阶级还发动了宗教改革运动。新教更重视人的个性及现世生活,放松了对人们思想的禁锢。11 世纪起教会开始创办大学,巴黎大学(1231 年)、牛津大学(1168 年)、剑桥大学(1209 年)相继出现,15 世纪时欧洲已有 80 多所大学。文艺复兴与宗教改革,从解放思想、培养人才方面,为科学革命创造了条件。封建生产关系也随着工场手工业的兴起和各种技术的进步而最先在西欧瓦解,在封建社会内部产生了资本主义萌芽。

马克思说:“较多的工人在同一时间、同一空间(或同一劳动场所),为了生产同种商品,在同一资本家的指挥下工作,在历史上和逻辑上都是资本主义生产的起点。”<sup>①</sup>马克思还认为:“火药、指南针、印刷术,这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎,指南针打开了世界市场并建立了殖民地,而印刷术变成新教的工具。总的来说变成科学复兴的手段,变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”<sup>②</sup>

从 16 世纪开始,以哥白尼的《天体运行论》的出版为标志,天文学思想的变革不仅导致了科学思想的革命,也革了宗教的命,科学逐步摆脱神学的束缚而独立发展。到 17 世纪的 1686 年,以牛顿的《自然哲

<sup>①</sup> 马克思在《资本论》第一卷第十一章“协作”中写道:资本主义商品生产是在小商品生产的基础上发展起来的。当商品生产者占有较多的生产资料,雇佣较多的工人,扩大了生产规模,生产出大量的商品,当他能够完全脱离直接生产过程的劳动时,他就成了资本家。由此可见,“较多的工人在同一时间、同一空间(或者说同一劳动场所),为了生产同种商品,在同一资本家指挥下工作,这在历史上和逻辑上都是资本主义生产的起点。”

<sup>②</sup> 马克思,恩格斯. 马克思恩格斯全集:第 47 卷 [M]. 北京:人民出版社,1979: 427.

学的数学原理》的发表为标志，完成了近代力学体系的创立。

## 2. 天文学革命

15世纪前，统治天文学的学说是以亚里士多德（公元前335年）和托勒密（公元151年）为代表的“地心说”。该学说认为地球不动，地球是宇宙的中心，其他星球围绕地球旋转。后来，为了符合观测数据，“地心说”在理论上又补充了“本轮与均轮说”，使体系复杂化。再后来，教会把亚里士多德学说与基督教思想结合而开辟了基督教神学发展的新道路，亚里士多德-托勒密“地心说”就纳入了基督教的思想。在基督教看来，人是上帝根据自己形象创造的，而日月星辰又是上帝为了人而创造的。因此，人居住的地方理应在宇宙的中心。“地心说”与基督教思想相结合，反对“地心说”，也就是反对基督教教义。

哥白尼出生于波兰托伦城的一个虔诚的基督教家庭，从小就形成了深沉的宗教信仰。1496年，哥白尼去意大利求学，受到方兴未艾的文艺复兴运动的深刻影响。在波罗尼亚，哥白尼结识了一些天文学家，由于他们对天象的测量与托勒密给出的不符，从而导致对托勒密体系的怀疑。1503年，哥白尼回到波兰，继续天文学的观测与研究。经多年努力，在1543年出版了《天体运行论》一书。在该书中，哥白尼建立了不同于托勒密的新宇宙模型。在这个宇宙模型中，太阳处于宇宙的中心，它驾驭着周围的行星，地球一方面自转，一方面与其他行星一道绕太阳运动。根据这个模型，哥白尼解释了太阳东升西落以及其他一些天文现象。哥白尼的“日心说”推翻了被基督教会长期奉为经典的托勒密学说，直接违反了《圣经》中关于“地球不动、太阳在动”的说教。其历史意义，正如恩格斯所指出的：“自然科学借以宣布其独立的革命行动，便是哥白尼那本不朽著作的出版。他用这本书来向教会权威挑战，从此自然科学便从神学中解放了出来。”<sup>①</sup>

哥白尼学说是向神学发出的挑战书，是自然科学的独立宣言。从科学的角度讲，哥白尼的体系有其缺陷，但基本思想是正确的。在他的著作中不仅有理论，还有证实理论的观测和计算，可以说他完成了天文学学科的一场革命。更重要的是，哥白尼断言宇宙是统一的，“天”和“地”受同一规律支配。他用天文观测资料去说明太阳系结构，向宗教神学挑战。这种精神解除了人们的思想禁锢，推动了科学的发展，被称

<sup>①</sup> 马克思，恩格斯．马克思恩格斯选集：第4卷[M]．2版．北京：人民出版社，1995：263．

为“哥白尼革命”。

除哥白尼外，促进天文学革命的还有许多科学家。意大利天文学家布鲁诺在哥白尼“日心说”的基础上，提出了无限宇宙论，彻底否定了基督教的地球中心论。1600年，他被罗马教廷在罗马百花广场活活烧死，成了为真理献身的英雄。德国天文学家开普勒对“日心说”作了补充和修改，提出了行星运动定律。其内容是：行星绕以太阳为一个焦点的椭圆运动；运动向径单位时间扫过的面积是一个固定值； $R^3/T^2 = K$ （ $R$ 为运动半径， $T$ 为周期， $K$ 为常数），见表1-1。最后，伽利略和牛顿等人又从力学角度研究了天体运动的规律（如牛顿的万有引力定律等）。

表 1-1 开普勒的计算结果

| 行星 | $T$    | $R$   | $T^2$ | $R^3$ |
|----|--------|-------|-------|-------|
| 水星 | 0.241  | 0.387 | 0.058 | 0.058 |
| 金星 | 0.651  | 0.723 | 0.424 | 0.378 |
| 地球 | 1.000  | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 火星 | 1.881  | 1.524 | 3.54  | 3.54  |
| 木星 | 11.862 | 5.203 | 140.7 | 140.9 |
| 土星 | 29.457 | 9.539 | 867.7 | 868   |

### 3. 牛顿力学理论的建立

天文学革命之后，近代自然科学迅速发展起来，在伽利略、牛顿等一大批科学家的不懈努力下，经典力学终于确立了。经典力学是物理学史上的第一次大综合，它不仅带动了当时和以后的自然科学的发展，而且还促使近代机械自然观的产生。16世纪以前，亚里士多德的力学理论是至高无上的权威。他的某些错误观念，如“物体愈重，落得愈快”“推一个物体的力不再推这个物体时，物体便归于静止”，成为力学发展的障碍。伽利略用实验事实和严密的逻辑论证推翻了这些传统的错误观念，为力学的发展作出了重要贡献。

伽利略是“日心说”的热心宣传者和忠实捍卫者。1609年，他亲自制作了一架望远镜，仰视天空，结果发现了大量新事实：月亮和地球一样有山有谷，木星有4个小卫星，土星有环，金星也有月亮那样的盈亏圆缺，这就证明它们确实运行在地球和太阳之间。他还发现了太阳黑子，这些黑子逐渐地移动到太阳的边沿而后消失，从中推断出太阳有自转。伽利略的这些发现无疑是说天体没有贵贱之分，这同教会坚持的天地不平等观点相冲突。1610—1613年，伽利略将观测材料公布于众，

引起了学术界的轰动，为此他受到罗马教廷的警告。1632年，他的重要著作《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》出版，明确支持哥白尼学说，因此，1633年他被判处终生监禁。350年之后，即1983年，罗马教廷在重新审理伽利略的“案件”后不得不宣布这位杰出的科学家无罪。像开普勒证明天上物体的运动服从力学规律并可以用数学公式表达一样，伽利略则证明了地上物体的运动也服从力学规律，也可以用数学公式表达。这为牛顿经典力学的产生奠定了基础。

牛顿科学创造的顶峰是《自然哲学的数学原理》。他首先对力学的一些基本概念，如质量、动量、惯性、外力、向心力等给出定义，然后又阐述了时间和空间的概念，接着便揭示了运动三大定律。牛顿对科学的最大贡献是发现了万有引力定律。这一定律把地上和天上的物体的运动规律统一起来，形成了一个完整的力学体系。

尽管牛顿力学把世界看成符合某种规律运动的世界，但由于机械决定论的限制，他把世界看成一部巨大的机器，只有量变没有质变，看不到事物间的联系和内在的矛盾性，最后，又不得不将“上帝”的概念引入科学，使科学并没有完全摆脱宗教的影响。

#### 4. 血液循环论的提出

近代的旧医学体系以古罗马时代的医生盖仑（公元168年）为代表，他认为人的血液不存在循环，只是单向流动。这种观点也被宗教神学所利用。在15世纪、16世纪，“上帝厌恶流血”的宗教观仍很盛行，人体解剖在许多国家是被禁止的。1543年，近代解剖学奠基人、比利时医生维萨留斯发表了《人体的构造》一书。维萨留斯精通医书，但不拘泥于书本。他打破学者不执刀解剖的因循守旧的风气，亲自执刀解剖，讲解人体的构造。他在校译盖仑的著作时，指出盖仑书中有200多处错误。例如，他纠正了盖仑关于左右心室相通的说法；通过解剖，他发现男人和女人的肋骨一样多，否定了上帝用男人肋骨创造女人的说法；等等。但维萨留斯并没有找到血液从右心室流向左心室的途径。

发现这条血液通道的是西班牙医生塞尔维特。1553年，他匿名出版了《基督教的复兴》一书，提出了血液循环学说。塞尔维特正确地解释了肺循环，把盖仑的两个独立的血流系统（动脉系统和静脉系统）统一了起来，这就为发现全身的血液循环铺平了道路。就在他的著作刚刚发表不久，塞尔维特就被教会逮捕，并于当年被处以火刑。近代解剖学和生理学就是在这种与宗教神学的殊死斗争中奠定基础 and 继续前进的。英国生理学家哈维于1628年出版了《心血循环运动论》，提出了血液大

循环的观点，这标志着人体血液循环理论的建立。

### 5. 科学方法的革命——实证科学方法论传统的确立

这次科学革命，开始是自然科学为争取生存权利而反对宗教的斗争，而后在天文学、力学、数学、解剖学、生理学等学科领域，以力学为带头学科，实现了第一次科学革命。同时，近代实验科学方法形成，从而标志着以实验为基础的近代科学的真正诞生。

古代的自然科学是以自然哲学形态出现的，而近代科学各个学科均从自然哲学中分离出来，并建立起实证科学方法论的传统。其特点在于：其一，强调感性材料不是直观的经验而是来自实验事实，这种实验事实主要是利用一定的物质手段将研究对象置于严格的控制条件下取得的；其二，吸取了古希腊科学重视逻辑的传统，并且在许多成熟的学科把形式逻辑推理提高到严格的数学推导水平；其三，强调最终的结论必须经受严格的实验检验，要求理论的预测必须全部与实验结果相符。牛顿力学就是这一传统的典范。

## 三、第二次科学革命概述

机器大工业的发展必然要求自觉地利用科学，并为探索自然规律提供大量的、精密的和强有力的实验手段和仪器，使得新实验如雨后春笋、新学说层出不穷的局面得以出现。自然科学的各个主要部门都在19世纪里进入大发展阶段，并由积累材料过渡到以整理材料为主的理论综合水平。于是，出现了第二次科学革命。19世纪被称为“科学的世纪”。这场革命接二连三地打开了形而上学的缺口，从根本上改变了人们对自然界的看法。辩证唯物主义的产生是人类思想史上的伟大革命，是第二次科学革命的必然结果。

### 1. 热力学、能量守恒定律

18世纪，蒸汽机、钢铁技术的出现都与火有关，都利用了火与热的化学过程和物理过程。所以，燃烧与热成为当时科学的主要研究领域之一。对什么是燃烧、什么是热的问题，科学家们长期争论不休。这次科学革命的结果，在化学上，科学家们推翻了长期统治人们思想的错误的燃烧理论——施塔尔的“燃素说”。“燃素说”认为，一切可燃物都含有细小的、活泼的燃素，在燃烧时燃素就分解而游离出来，大量游离的燃素的集中就形成明显的火焰。尽管“燃素说”能解释一些燃烧现象，但逐渐暴露出它的困难和不合理性。以英国化学家普列斯特利和法国化学家拉瓦锡为代表的科学家，发现了氧并建立起燃烧的氧化说。在物理

学上，科学家推翻了长期统治人们的对热的错误认识——“热质说”，建立起热的唯动说。“热质说”认为，热本身就是一种没有质量、没有体积、具有广泛渗透性的物质，并用热质去解释当时已知的热现象。19世纪的科学家在研究摩擦生热、机械能与热的关系时，推翻了“热质说”，认为热质是不存在的，热现象的直接原因是运动。“热质说”的崩溃和能量守恒与转化定律产生的条件日趋成熟。

对能量守恒与转化规律的认识是对自然界规律认识的一次大综合，这与法国科学家卡诺关于热机效率的研究有关。卡诺用抽象的方法，构想了一台“理想蒸汽机”，阐述了热能与机械能（功）之间的变换关系，说明热能转化为机械能是守恒的，已经接近热力学第一（能量守恒）和第二定律，但由于他相信“热质说”，并没有明确地提出这两个定律。

物质和运动守恒的思想在近代自然科学中出现较早，但当时科学家们只是认为机械能守恒，还没有物质及其运动形态相互转化的认识。既然机械运动的能量是既不能增加又不能减少的，那么就自然地得到这样的观点：以纯力学的方法制造永动机是不可能的，自然界可能存在着一条普遍的规律，它决定着，无论通过什么样的办法，都不可能无能量供给而永不休止地运动，现实自然界的物质运动是不可能无中生有地创造出来的，它只能从一种形式转变为另一种形式。19世纪40年代，不同领域的科学家从各自的研究中都得出了能量守恒的科学理论。主要代表是：德国医生迈尔（1841年）、英国物理学家焦耳（1849年）、德国科学家赫尔姆霍茨（1848年）、英国物理学家汤姆生（1853年）。汤姆生对能量守恒与转化定律这一重要的科学思想作了完整的表述：从量上，宇宙的物质运动能量的变化是按照一定的数量关系有规律地进行的，一种形式的能量变化必然产生另一种运动形式的能量，总量不变；从质上，物质能量有自己转化的能力。

1850年，德国的克劳修斯给出了热力学第一定律的表达式： $\Delta Q = \Delta A + \Delta U$ （热的力学基本原理）。他又与汤姆生同时提出了热力学第二定律。克劳修斯对热力学第二定律的表述为：热可以从高温物体自动传到低温物体，不能反过来传递，不带来其他变化。1865年，克劳修斯引入了“熵”的概念，表示状态可能出现的程度。他认为，一个相对独立的系统，会沿熵的最大方向运动。他把这一孤立系统的规律推广到开放系统的宇宙中，得出了“热寂说”，认为宇宙总有一天会达到能量分布均匀，从而死亡，这一观点后来受到许多学者的批驳。

汤姆生对热力学第二定律的表述是：功可以完全转化为热，但任何

热机不能全部地、连续不断地把所受的热全部转化为功。

## 2. 电磁理论的发展

在古代,人们就有对电与磁现象的认识和解释,但多数都是错误的;而且将电与磁分别看待,没有人看到它们之间的联系。17—18 世纪的研究主要在静电方面,如发明了收集电的莱顿瓶,可以将静电储存在一个瓶子里。富兰克林认为,电是看不见的稀薄液体——电流体;物体有多余的电物质,就带正电,反之带负电。

对动电的研究是电学的一个转折点。电流是意大利医生伽伐尼在 1786 年解剖青蛙时偶然发现的。意大利物理学家伏特在读到伽伐尼的论文后,对伽伐尼发现的现象进行了大量实验研究,在 1800 年发明了电池。这是物理学上的一个创举。由此,电可以源源不断地获得,电流成为科学研究的重要对象,电流的化学效应和热效应也随之被发现。1820 年,丹麦物理学家奥斯特在经过 20 年的探索。发现了电流的磁效应。电流的磁效应促使法拉第和亨利在 1821 年分别建立了电动机模型,电报的发明也与这个科学发现有关。1822 年,法国物理学家安培进而发现了电流产生磁力的基本定律,奠定了电动力学的基础。

电磁感应现象的发现者和近代电磁理论的创始人是法拉第。法拉第确信自然界的各种力是紧密联系着的,当奥斯特的发现公布后,他就有了把磁转化成电的设想。1831 年,法拉第意外地发现,原线圈在接通或断开电流的瞬间,次线圈中就有电流产生。他又反复进行了实验,得出了磁场强度变化产生电流的结论。经过定量计算,他提出了电磁感应定律。1831 年,法拉第建立了发电机模型,为实用发电机的出现奠定了基础。

经典电磁学说的理论总结是由英国物理学家麦克斯韦完成的。1864 年,他发表了一篇在电磁理论上具有划时代意义的论文,用一组偏微分方程来概括全部电磁现象。麦克斯韦方程组不仅预言了电磁波的存在,进而又预言了电磁波的传播速度恰好等于光速,而光不过是波长在一定范围内的特殊的电磁波。麦克斯韦方程组以非常简洁完美的形式把光学、电学和磁学融成一体,成为反映自然界电磁现象一般规律的普遍理论。

麦克斯韦关于电磁波的预言,在 1888 年被德国物理学家赫兹利用莱顿瓶的间隙放电所证实。电磁波的发现为后来无线电通讯技术的发展开辟了道路,引起 1895 年波波夫、马可尼无线电通信技术的发明。从电磁感应到发电机,从电磁理论、电磁波实验到无线电技术的发展,这两段历史有力地说明了科学对生产的巨大推动作用。



### 3. 化学理论

19 世纪, 化学革命最重要的成就之一, 就是科学的原子-分子论的提出和确立。英国化学家道尔顿于 1803 年提出了原子论。道尔顿的原子论在当时有一定的局限性, 它只承认原子的不可分性, 没有注意到原子和分子的区别, 由此在原子量测量方面引起了混乱。1811 年, 阿伏伽德罗提出了分子论, 1860 年, 原子-分子论确立。

随着化学实验的发展, 新元素不断地被发现, 对各种元素性质的比较和分类逐渐成为一个重要课题。俄国化学家门捷列夫对发现化学元素周期律作出了决定性的贡献。1869 年, 他排出了第一张化学元素周期表。元素周期律揭示了各种元素之间的联系, 实现了无机化学由经验到理论的飞跃, 为元素的研究、新元素的寻找提供了一个可遵循的规律。此外, 有机化学理论也是在 19 世纪这场科学革命中建立起来的。

### 4. 天文学、地质学、生物学革命

19 世纪产生了一个重要的科学概念, 即演化或进化的概念。当这个概念被引入到天文学、地质学、生物学中之后, 这几个学科都有了理论上的突破。在天文学上, 产生了康德-拉普拉斯的“星云假说”。牛顿的万有引力定律解释了行星按椭圆轨道绕日运动的事实, 但对为什么这样运动以及太阳系是如何形成的等问题无法作出回答。1755 年, 康德在《自然通史和天体论》一书中详细论证了他的“星云假说”。按照这一假说, 在太阳系形成之前, 宇宙空间就存在着一种弥漫的原始物质微粒, 它本身具有引力和斥力。引力的作用导致原始星云中分散的物质微粒的聚集, 斥力的作用则导致原始星云的横向偏离和旋涡运动。引力与斥力的综合作用使原始星云形成圆盘状结构, 其中心部分凝集成太阳, 外围部分逐渐分离, 结合为绕日运行的行星, 于是形成了具有行星公转运动同向性、同面性和近圆性的整个太阳系。

拉普拉斯在 1796 年出版的《宇宙体系说》一书中, 也独立地提出了关于太阳系起源的“星云假说”。拉普拉斯是一位数学家, 他更多地利用数学方法对其假说作出科学的论证。正由于这点及拉普拉斯本人在学术上的声望, “星云假说”在科学界引起了巨大反响, 并很快得到承认。康德-拉普拉斯的“星云假说”尽管还有很多缺陷, 对很多现象还无法作出令人满意的解释, 但它第一次把自然界理解为一种运动和发展、变化的过程, 这是对 18 世纪形成的形而上学的自然观的一种重大突破。

工业革命以来, 地质勘探、矿山采掘、运河开凿等生产的发展, 揭