

科学仪器的前沿技术、自主创新和应用

Scientific Instruments Frontier of Technology, Self Innovation and Application

朱良漪

(中国仪器仪表学会分析仪器学会)

【编者按】朱良漪教授“科学仪器的前沿技术、自主创新和应用”文章，约两万八千字，分两次刊登，本刊第四期刊登了第一部分，本期刊登下部。

朱老博学多才，遇事有独特的见解。这篇文章虽然没有直接写出当前的科学仪器前沿技术是什么，怎样自主创新。但是他另辟蹊径，从世界科学技术发展史的角度，介绍和评述科学、技术发展的动力，前沿技术产生的条件，当时的代表性的科学技术专家成功的经验，总结了可以借鉴的有益规律。中央提出建设“创新型国家”是我国科学技术发展的强大推动力。近年来科技界一部分人浮躁心理是影响科技发展的不利因素。我们向读者推荐此文，以史为鉴，一定大有收获。

2.3.3 19世纪后的“科学世纪”

18世纪是以英国工业革命(1764-1840)、美国独立(1776)和法国大革命(1789-1792)这三大历史事件而载入史册。这三次革命是人类历史上最彻底的反对封建专制和思想运动，从而开创了人类文明史的新纪元，同时也提出了自由、平等、人权、民主、法治、科学、文化、解放生产力与社会进步等各方面的新概念和新思潮。

从18世纪到19世纪，“革命”一词除了在政治、宗教领域盛行外，甚至还成为时尚的代名词。人们把发生在18世纪30年代，至18世纪末，以纺织机械(其中飞梭发明在1733年，珍妮纺织机发明在1764年)的改革为起点，以蒸汽机的发明与使用为标志的工业革命(也包括其后到1876年德国工程师奥托(Otto Rodulf 1869-1937)发明了内燃机式的动力机械)，统称为“第一次技术革命”。这次工业革命是生产技术上划时代的变革，它极大地提高了社会生产力，并直接导致了工厂企业形式的出现。与此同时社会上还出现了掮客、货栈、运输与票据交换、金融等等一大批新兴行业，于是人们又将它统称之为“产业革命”。

显然，这一段历史完全可以说明，一项具有划时代意义的技术创新，曾经带动了生产力的飞速发展，在相应的时期内解决并改善了人的生存与生活状态。“科学技术是生产力”已是毋庸置疑的原则。但是，当我们阅读人类的发展史时会发现，人类的技术创新到产业化这一段历史，往往被史学家们一带而过。我认为，这段历史也应该是我们讨论社会进步主要推动力的重要组成部分。人类历史的进程也印证了这个观点。19世纪后科学技术领域中的几次革命(Revolution)与创新(Innovation)为20世纪人类发展与进步奠定了坚实的基础。具体说，在短短的150年内从英国—德国—美国就相继发生了三次大规模技术革命。

(一)自18世纪60年代开始的“第一次技术革命”，是从英国轻纺织工业的机械化开始，并带动了所有工业部门的机械化。随着大机器的运转，需要超人力的驱动力，于是出现了蒸汽机，这个英国工匠瓦特(James.Watt 1736-1819)对人类做出的伟大贡献。瓦特17岁时便由于家里贫困而到钟表店当学徒，后在英国格拉斯哥大学承担纽可门蒸汽机的修理工作时发现它严重浪费蒸汽。经过多次设法改进，并受到当时该大学物理教授布莱格(1728-1799)在“潜热”方面研究的现象启发，经过三年多的反复验证改进，在机身外加一个凝汽器，结果大大降低了蒸汽消耗量。1769年他取得了“降低火机的蒸汽和燃料量的新方法”专利。然后继续在多方企业家的资助下继续改进。直到1781年终于发明了新型蒸汽机的原型机，又经过几年才正式定型；新机型的生产主要需要解决气缸与活塞的精密加工工艺与材料的难题(漏气)和把往复运动变成旋转运动的曲轴、飞轮的结构设计与加工等问题，又经过了十年才真正实现工业化生产。(注：有资料表明英国从1755-1800年只生产了各种形式的蒸气机318台到1825年英国已拥有1.5万台，又过了25年到1856年仅英国的棉纺织业中就拥有约30万台的蒸汽机作为动力源)

瓦特的一生都是执着的研究改进提高蒸汽机的生产效率和扩大其使用领域。

1782年他实现双作用蒸汽机，使活塞沿双向运动都产生动力。1788年他又发明了离心调速器，用以自动调节进气量，这就实现了最早的自动控制。1790年发明气缸指示表，使瓦特蒸汽机配套齐全并在世界范围广泛使用。由于需求大增，瓦特也由此致富。成功之后，许多桂冠加在他的头上，1785年便已成为英国皇家学会会员和法国科学院院士。但是他并没有因此止步，而是继续投入到提高蒸汽机效率的研究中。1786年，他系统地试验并分析蒸汽机中蒸汽的压力和体积的关系，绘制

出压力与体积的PV图，为热力学的发展奠定了理论基础，同时也给后来发明内燃机的人们以重要的启示。

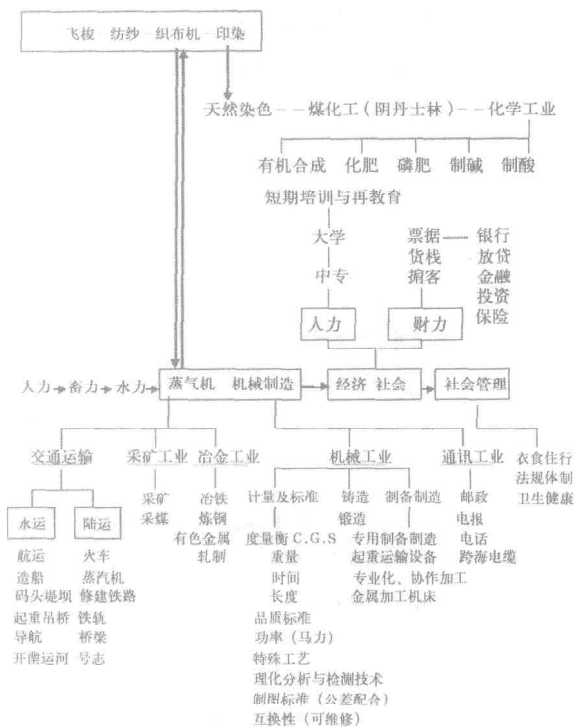


图1 第一次技术革命带来的“辐射性链式反应效果”

瓦特发明蒸汽机的伟大之处不仅在于纺织机械加上强大的蒸汽机后给纺织工业带来成百倍的效益，更重要的是把动力应用拓展到诸多新的领域。如火车、轮船等运输装备制造，甚至还带动了英国的内陆运河航运系统的发展。还有大量采煤、燃煤的结果又发现物质(煤炭)转化为能量的多种方式和煤化概念的形成。还有促进冶金工业(主要是冶铁和炼钢)和采矿(主要是采煤)工业，以及火车轮船交通运输装备的需求使得机械制造业的大发展。它所产生的“辐射性的链式反应效果”(参阅图1)很值得我们思考,综合起来可以说以发明新型蒸汽机为主的第一次工业技术革命使当代社会生产力空前高涨,使人类从农业和手工业进入以(大机器+动力蒸汽机)强大生产力为特征的工业化时代。

(二)“第二次技术革命”发生在德国,也可以称之为化工技术革命。当时的欧洲形势是:英国由于第一次技术革命带来国力的无比强盛,正处于高潮时期(1830-1870)。而那时的德国还是个落后的农业国,依靠出口农产品,进口英国工业品渡日。民族自尊心和不甘落后的思潮引发了一批具有先进哲学思想的人们的思考。如以发展的观点讨论宇宙进化的康德(Immanuel Kant 1724-1804),提出辩证法的黑格尔(G.W.F. Hegel 1770-1831),创立辩证唯物主义与历史唯物主义的革命导师马克思(1818-1883)和恩格斯(1820-1895)……连续举起思想革命大旗给德国的科技革命开辟了道路。首先是一大批

青年人出国到英国、法国、比利时等国学习,经过一段时间学习后便纷纷回到祖国。从法国学成回国的李比希(Justus Von Liebig 1803-1873),1822-1824在巴黎受教于研究气体的先驱者,提出气态物质的物理性质和化学反应的定律,并准确测定 H_2 与 O_2 化学合成水的比例关系的盖-吕萨克(Gay-Lussac 1778-1850)。三年的严格细致的定量试验和系统培训使他达到了能进行独立研究的水平。也给李比希在吉森大学建立德意志境内最好的化学科技试验室,打下良好的基础。其风范不仅在全德产生重大的影响,而且吸引了欧洲的甚至从美国来的学生,从1824到1851年从他实验室毕业的学生遍及全德。他们都以李比希为榜样,或在德国各大学也建立新型的试验室进行教学和科学研究工作;或在工厂直接参与生产工作,同时也成立实验室。他们的努力对19世纪后半期德国化学和化学工业在世界上逐渐居于领先地位起了很大作用。李比希在农业化学(肥料技术)、有机化学和煤化学的研究并形成工业化上都有卓越的成就。人们常说的德国工业家具有“科学头脑”即源于李比希。还有的文献指出说这是“纯科学的理论研究和试验必须进入工业实践考核,扩大成为社会生产力时,遇到问题反复改进再提升,再反回到进一步的科学研究”所形成的良性循环。

表1 工业技术革命年代英、美、法、德四国的生产参考数据

项目	年份	国别	英国	美国	法国	德国
		工业技术革命年代	开始年代	1768	1807	1795
完成年代	1840	1860	1870	1880		
工业产值年	1861-1873	3.3(1851-1873)	5.1	/	3.8	
增长率(%)	1874-1890	1.7	5.2	2.1	3.5	
	1891-1900	1.5	3.5	2.6	4.8	
	1901-1914	1.4	4.8	3.3	1.8	
	工业产值在	1820	5	10	15-20	/
全世界所占的比重(%)	1840	45	11	/	12	
	1870	32	23	10	13	
	1900	18	31	7	16	
	1913	14	36	6	16	
	煤产量(百万吨)	1770	5.0	/	/	/
1800		13.0	0.1	0.8(1802)	/	
1820		14.0	0.3	1.1	1.2	
1850		/	/	/	6.7	
1861		57.0	/	/	/	
1870		112.2	36.7	13.3	34.0	
1900		228.8	244.7	33.4	149.8	
生铁产量(万吨)	1770	6.0	/	/	/	
	1800	13	4	/	/	
	1820	37	2	11(1819)	4(1823)	
	1850	/	/	/	21	
	1861	380	/	/	/	
	1870	597	169	118	139	
	1900	910	1401	424	852	
钢产量(万吨)	1860	15	1	3	5	
	1870	22	7	8	17	
	1900	498	1035	157	665	

资料来源: 樊亢等主编《主要资本主义国家经济简史》, 人民出版社, 1975年(346-345页) Stavriancs; The World Since 1500

第二位突出人物是霍夫曼(A·W·Hofmann 1818-1892)他也是李比希的学生,1845年起任英国皇家化学学院教授达20年。当时他的助手英国人培尔金(William Henry Perkin 1838-1907),为了寻求奎宁的代用品,无意间从煤焦油(原是煤焦和煤气工厂很难处理的废弃物)中制得一种紫色染料——苯胺紫,从此煤焦油便成为有机化合物(主要是芳香族化合物)取之不尽的宝库。但是培尔金的发现,并未引起当时热衷于工业革命大潮的英国企业家们的重视,因为他们拥有从殖民地大量获得的廉价植物染料。反之却被霍夫曼于1863年予以利用,他抱着在德国建立人工合成染料工业的宏愿,在柏林大学建立了规模较大的有机化学试验室,并充分利用了英国已有成就,进行染料、香料、医药合成的广泛研究,这使德国在化工技术研究开发的规模和速度上超过了英国,并带来了巨大的效益。1865年德国化工厂已达到几千人的规模,1871年德国煤化学工业技术已是世界首位。由于德国化工业的兴旺发达,带动了酸碱工业、造纸工业、合成纤维、制药工业和合成橡胶工业等行业的进步与发展,从而使人类进入“化学合成时代”。

结合本文我想还应该介绍第三位人物蔡司(Zeiss, Carl 1818-1888)世界著名的精密光学仪器制造商,1846年在耶拿开设工场制造显微镜及其他光学仪器。他了解光学仪器的改进依赖光学理论的提高,就聘请耶拿大学(1558年创办1841年马克思曾在此获得博士学位)物理与数学教师阿贝(Abbe, Ernst 1840-1905)为研究主任,1966年成为合股人。由于阿贝对光学理论和技术的创新,和对放大限度更清楚的理解,由此致使显微镜的设计获得重大改进,并创立了光学公式“阿贝正弦条件”。其后他还把蔡司光学工厂组为合作机构,使管理人员,工人和大学共享利润这也是一项创举。之后,这个厂又聘任了化学家O·肖特,他试制出约100种新的光学玻璃和许多种耐热玻璃,这对20世纪科学仪器的发展都是极其重要的基石。

不妨在这里提一下饶有趣味的史实:近代分析化学的奠基人是英国的玻意耳(Boyle Robert 1627-1691);发现氧气(1774) NO₂(1772) 氨(1773) SO₂(1774)是英国的普里斯特里(Joseph Priestley 1733-1804);还有更重要的是英国人道尔顿(John Dalton 1766-1844)提出的原子学说;推翻燃素说的是法国人拉瓦锡(A·L·Lavoisier 1743-1794),而化学技术革命却发生在当时生产很落后的德国。

1875年,世界科技中心由英国转向德国,1888年德国工业发展速度超过英国。从1870年到1900年德国煤产量增加两倍,钢铁产量增加5倍,在科技中心转移到德国之后20年(1895年)世界经济中心也呈现由英国转移到德国的大趋势。(参见附表一)

(三)第三次技术革命大家都称之为“电力技术革命”。它起源于欧洲,却完成在美国。从表面上看似乎是一场以电力代替蒸汽机动力的技术革命,其实不然,这次技术革命是以大量物理学家从试验、推理、发现原始的“电”规律再经过统计、归纳出来的电学与磁学的理论与实验而发展出来的。

* 1731年英国人格雷(Stephen Gray 1670-1726)发现物体有导体与不导体的区别,1759年德国人爱皮努斯(F·U·T·Aepinus 1724-1802)进一步确定了导体和绝缘体之间存在着过渡。

* 1724年 法国人Charles·F·C·Du Fay(1698-1779)他把玻璃棒与绸缎摩擦所带的电称正电,把松香与毛皮摩擦所带的电称负电,并且发现同号电相斥,异号电相吸引的现象。

* 1745年荷兰物理学家马什布洛克发明了莱顿瓶(Leyden jar)作为存储静电和放电的仪器,这也是电容器的原型(在电科学研究上起了很大作用),1752年美国科学家富兰克林(Benjamin Franklin 1706-1790)所作的著名的引天空闪电的风筝实验便是用莱顿瓶充的电。

* 1780年意大利波隆那大学解剖学者迦伐尼(L·Galvani 1737-1798)在解剖青蛙时偶然发现“动物电”,只要青蛙腿同时接触两种不同的金属片,便有痉挛发生。这一现象引发了Pavia大学的物理学教授伏打(Alessandro Volta 1745-1827)的极大兴趣,经过多次试验论证发现蛙腿只不过起了导体和验电器的作用,而后用两种金属放在盛有盐水或稀酸的杯子里,中间用一段导线相联便有电流的产生,这就是伏打电池。

* 有了稳定的电源(包括伏打电堆)电流便成为科学研究的主要对象,电流的化学效应和热效应也随之被发现了

* 1820年,丹麦物理学家奥斯特(H·C·Oersted 1777-1851)在经过20年的探索后,发现了电流的磁效应。1822年法国物理学家安培(A·M·Ampere 1775-1836)进而发现了电流产生的磁力的基本定律,奠定了电动力学的基础。

* 对电磁学的发展贡献最大是英国人法拉第(M·Faraday 1791-1867),无论是在试验室工作上还是科学思想和作风上,他都可以说是19世纪最伟大的实验物理学家,同时又是化学家和物理化学家。1831年他发现磁铁同导线相对运动时导线上出现电流即法拉第电磁感应现象,并确定了电磁感应的基本定律,这成为现代电学的基础。1833年他又从试验中发现电解定律,突出化学力和电力的关系,不仅为电镀工业、电冶金工业打下基础,也为我们电化学分析仪器如:PH计、滴定仪、离子电泳等开阔了思路。1845年他还发现光偏振面在磁场中的旋转现象(即磁致旋转效应),许多固体、液体和气体

体都存在着和这一法拉第效应有关的特性。这一发现也导出了磁和光的相关性。他曾利用铜盘在永久磁铁中旋转的原理而制造出世界上第一台能产生电流的发电机雏型。他还提出“力”和“场”的概念,认为空间是布满了磁力线的场。这是牛顿以后物理概念上最重要的发现。

但是应该指出,由于法拉第是从学徒和助工身份进入英国化学教授H·戴维的实验室,所以他的数学基础较弱,未能对他发现的现象进行系统的整理和归纳。其后的英国物理学家J·C·麦克斯韦(J·C·Maxwell 1831-1879)在法拉第工作基础上,总结了19世纪中叶以来对电磁现象的研究成果,经过数学推导与理论概括,分别于1855年发表《论法拉第的力线》;1862年发表《论物理的力线》同时对法拉第的思想有了重大引伸,提出位移电流的概念和电磁的存在;1863年合作发表《各种电学量的基本关系》;1865年发表了《电磁场动力学理论》;1868年发表《光的电磁理论》;又同时出版了《论电和磁》等多篇论文。可惜他只活了48岁,但是他的研究成果却代表了19世纪物理学的最高成就。

1872年剑桥大学聘请Maxwell任试验物理学教授,并开始建立了世界上最有影响的卡文迪许(Cavendish)实验室,并任主任。任职期间,由他倡导并树立的严谨创新求是的工作作风对后人有着深远的影响。他的继任者是发现电子的J·J·汤姆森(J·J·Thomson 1856-1940)和后来的卢瑟福(E·Rutherford 1871-1937)。他建立的原子物理和核物理学中心(1888)为世界科技发展史写出了最辉煌的篇章。

不过在当时,Maxwell的电磁波理论发表后支持者甚少,直到24年后德国的青年理论物理与试验物理学家赫兹(H·R·Hertz 1857-1894)于1886年开始直接从事于证明电磁波存在的研究,并经过两年的努力终于在1888年用实验方式证实了电磁波的存在。那就是在一个电路发生震荡放电时,邻近的电路也出现火花。他还分别观测到电磁波的两个组成部分——电波和磁波,并且进一步观察到电磁波的反射、折射、干涉和衍射现象,因而全面证实了麦克斯韦的理论。

从1731年雷格开始到DuFay认识到有“电”的存在。再经过半个世纪到伏打电池,说明人类能通过物质的化学反应创造出有限的“电”来。又经过了半个世纪才由法拉第发现的电磁感应现象和定律,Maxwell的理论提升和赫兹的试验努力,为电力和无线电通讯开辟了更为宽阔的道路。这也是历史上第一次说明了科学技术对生产力的先导作用。即理论在先,技术在后。

不过问题并不止于此,如果当时没有反封建后出现的强大汹涌的商品经济社会,极大规模和层出不穷的多

样化市场需求,人们不会感到蒸汽机在动力分配调节与管理环节上的局限性。尽管电力发电、电动机以及电讯、电报的雏型都已在欧洲实验室中形成,但是由于缺乏对科技潜力有战略眼光的领导人,在旧大陆上没有人想到电力会形成规模,并将引发人类科技发展史上影响与带动力更大和更为深远的第三次技术革命。而且是发生在刚刚才摆脱英帝国统治的美国(注:美国1776年才宣布成立,便打了13年的独立战争,后又五六十年时间扩大疆界并和墨西哥干了一仗。直到1861-1865年南北战争后才算是真正统一,可以致力于建设,并以电力技术革命带头到19世纪末它的工农生产都已跃居世界首位。)

这个问题非常值得我们探讨:为什么第一次(蒸汽动力+机械化)的技术革命发生在英国,随之便出现了殖民主义的“日不落”式的向世界扩张?第二次却出现在以化工技术革命为本的德国,使它迅速上升为世界工业第二位强国(普鲁士帝国)。而第三次“电力”技术革命发生在一切都是从头开始的新大陆美国,而不是有着深厚科学基础的欧洲,为什么?

能否说北美洲当时就是一块洁净而富饶的土地,吸引了来自欧洲(多数是没有思想束缚的自由思想、知识分子与失过业但有技术的勤劳工作者)、亚州(3-4万的勤劳负重的华工是以苦力身份出现),和非洲(当时是以受骗的奴隶身份出现的)的人们,组成了高度的多样化的民族,其中不少人是在欧洲因竞争激烈而怀才不遇的学者。当然,也有不少骗子和习惯以势凌人的大地主与没落贵族。但是大家都抱着要创出比欧洲更好的“生活”的梦想而来。于是便产生了如何能把他们从欧洲大陆所掌握的科学生产技术,集合起来少走弯路,“去粗取精”与“去伪存真”,变成实用有效的生产力。他们学会了站在巨人的肩膀上求发展,结合优势自然条件来实现创新。除了前面已提到的有关“电学”与“磁学”的科学理论与实验外,他们还实现了大量核心技术、配套技术和相适应的社会关系与整合力量的集聚。即或是在欧洲已成熟的纺织、机械加工装备、蒸汽机、内燃机、造船、冶金、电讯和发电机等都可以从择优使用开始,再进一步进行技术改造与创新提高。如需举例说明,人们很自然会联想到为什么电力技术革命不是发生在欧洲的德国,尤其是德国的西门子家族?沃纳·西门子(Ernst, Werner Von Siemens 1816-1892)先生是德国西门子家族中第一位创始人的长子,他是电工学家与企业家,于1842年提出金、银电镀法。1848年与工程师哈尔斯克(Halske)合伙受政府指令建立柏林—法兰克福的电报系统成功后,1858年便承担起铺设多佛至加来的第一条海底电报电缆(技术特点是发现古塔波胶的特殊

绝缘性能)。1874年更负责起跨越大西洋海底电缆的铺设。他的另一最大成就就是改革平炉炼钢法。1866年他又发明了自激直流发电机,但是还不清楚为什么没有成为气候的干下去。

可是一提到美国人爱迪生(Edison, Thomas 1847-1931)时就不能不联想到这位美国大发明家传奇的一生(从未接受过正式的教育,当过小报童和报务员的确无法与西门子相比),和对人类技术进步所作出的伟大的贡献。他在1879年成功的发明了电灯来代替不安全的煤气灯。为了实现集中供电,用了14个月做了大量的实验工作后,提出并采用直流三线系统制成当时容量最大的发电机,并于1882年利用该机建成当时世界上最大的发电厂(有900马力能同时点亮7200盏电灯!)虽然爱迪生发明的电灯、留声机、发报机、电话等能给企业带来了巨大的利益,但最终这些成果却都转入了如贝尔(A·G·Bell 1847-1922)、通用(G·E)等大公司。而爱迪生自己则在1876年便放弃工厂,着手创办了工业实验室;把实验室办成“发明工厂”的做法打破了过去科学家单独从事研究的习惯。实验室组织一批专门人才,由他组织分配热点任务致力于同一项发明。1883年在灯泡抽真空测试实验时意外发现冷热电极之间有电流,通过研究证实了这种后来被称为“爱迪生效应”的热电子发射现象,为以后无线电用电子管的发明及电子工业发展奠定了基础。后来他又发明了电影放映机、碱性蓄电池等,一生共有1093种发明专利。在美国历史上被誉为“发明大王”和“公众英雄”。美国提倡创新,包括新产品、新工业、新材料、新概念、新理论……往往就是以爱迪生的精神来激励后人的。

对美国电力技术有贡献的人还要提到威斯汀豪斯(George Westinghouse, 1846-1914)他是美国用交流电传输电力的主要倡导者。1885年他从欧洲进口一套由法国L·高拉德和英国的J·吉布斯联合设计的变压器和西门子公司生产的交流发电机在匹茨堡建立了电网作实验工程。实验工程经过改善研制出恒压交流发电机,3年后他又购买了N·特斯拉(Tesla Nikola 1856-1943又是一位了不起的电学方面的发明家和企业家)的多相交流发电机、变压器和电动机专利,并请特斯拉改进了电动机,用以应用于爱迪生设计的电网系统。这一系列的工作为美国电力、变电以及电网输电的战略决策起到决定性作用。

总之,从1870年开始美国的国力便已开始超过英国和德国,后来居上成为世界第一。表二显示了英、德、法、美,19世纪下半叶的生产发展速度与总量从中可以看出点端倪。

表2 英、德、法、美19世纪下半叶的生产发展速度与总量 (N代表增长倍数)

项目	年代	英	德	法	美
煤(百万吨)	1850	50	5.2	4.4	6.4
	1900	229 4.58N	109 21N	33.4 7.58N	245 38.3N
生铁(百万吨)	1850	2.2	0.22	0.41	0.57
	1900	9.4 4.14N	8.50 38.6N	2.7 6.59N	14.0 24.6
钢(万吨)	1860	15	5	3	1
	1900	498 33.2N	665 133N	157 52.3N	1305 1035N
棉花消费量(万吨)	1850	26.7	1.78	6.0	11.9
	1900	78.8 2.98N	30.8 17.3N	15.9 2.65N	84.3 7.08N
人口(百万)	1850	27.4	29.9	35.8	23.3
	1900	37.7 37.5%	55.5 85.6%	38.7 0.8%	76.1 227%

注:资料来源:仓孝和《自然科学史简编》1988年北京出版社。

不过如果单纯地把第三次电力技术革命就说成是奠定美国科技发展的唯一原因,是不够正确与全面的。目前,限于资料和时间不能说得很确切,但是可以综合出一些事务发展中出现的“环”与“链”的关系供参考:

(一)美国国力的高速增长是主要受益于大工程建设任务的带动:包括铁路(1870年底第一条横贯大陆铁路筑成)、运河、大港口、大城市、海运、电力、通讯等,都是通过引进了欧洲先进的技术并加以提高而实现的,与此同时建立并锻炼出一大批有“科学工程头脑”的人才和团队,他们分布在各个新建高等院校和企业内的科学技术研究室。

(二)同样,随着上述庞大建设任务对能源需求的增加带动对能源开发的进一步发展,即对煤炭、石油(1859年8月打出第一口油井)的开采和加工,从而又形成一批新的重点工业。

(三)大工程建设的同时也带动了材料工业的建立。即所谓之黑色、有色、电冶、合金、水泥以及轧制、线材、电线,电缆等工业的产生与发展。

(四)炸药、酸碱、化肥和印染、造纸、玻璃的需求促成先进的有机合成化学工业和轻重化工工业的兴起。

(五)传统的农、林、牧、渔生产的扩大,要求生产装备的机械化;自动化与智能化。深度加工与综合技术现代化又带动了农药、水利、面粉、精纺、皮革、服饰、食品、饮料等新型工业的发展。

(六)机械、电器、化工、冶金、纺织、通讯、交通、国防和土木工程等所带来的对现代化装备制造的需求早已超出(机械+电力)的简单组合。必须结合不断发展的信息通讯技术和系统规划的管理科学(包括大量生产社会化和质量管理标准化)。

(七)社会环境与市场操作从无序(跑马圈地、抢占资源、弄虚作假、结党营私等等)到有序(保安、司法、公共秩序、法规、票据、社会保险、信贷与人权保障等)是个通过“trial and error”的教育与社会体制完

善的过程,也包括美国家庭、社团(教会、协会、学会等等)与普及教育等社会体制改革的重大作用。

(八)保护资源、保障国民健康、树立社会新风尚(参与支持公益事业、改善学校制度、慈善捐赠以及人类只有一个地球等)等概念的初步形成与完善。

以上所有的一切目标都是为提高全民生活水平,从“用”出发形成强大的(包括国际市场)拉动力量;但是更在于人对科学与技术应用能力的增长和集体团队力量的发挥;特别是吸引人才,发挥“人”的主观能动性上有诸多的发展问题,当时在美国,科学技术的带头人往往是集发明家、创业者、科学家、工程师、教师、企业家、社会活动家、政治参与者于一身,其特点在于他们根据发展的需求不断寻求新知,也就是在于不断地受“教育”(家庭、学校与社会)而且是永无止境。我们可以引用这个时期美国建立大学的统计资料说明他们是如何培养高级人才的。最著名的美国哈佛大学建立于17世纪的1631年,到18世纪时美国已有23座大学,19世纪前50年美国新建大学91座,后50年又成立了188座大学,截止到19世纪末,全美已有大学超过300座!顺便指出我国第一座工科大学是天津北洋西学堂,建立于1895年,1903年改名为北洋大学,仅在建校时间上已比美国晚了1个多世纪!!更不要说“教与学”水平和作风上的差距了。特别是理论与实验技术,交叉学科的综合与尖端创新水平等方面。

近代科学进入19世纪后半叶时,除了电学和磁学产生的决定性影响外,还有对人类科学进步产生重大影响的学科:

*物理学上因为受到第三次技术革命大浪潮的影响,除了已大量描述的磁、电、以及一部分的光学外,还有热力学的建立和能量守恒原理的发现。

*化学上除了有机合成外,最重要的成就是英国化学家道尔顿的原子——分子论的提出和确立。

*生物科学方面也出现了对其后发展具有重大潜在影响的伏笔如:

(1)达尔文(Darwin Charles 1809-1882)英国博物学家进化论的奠基人,1859年11月出版了他的《物种起源》,提出以自然选择为基础的进化学说,不仅说明了物种是可变的,同时对生物的适应性也作出了正确的解释,因而终结了各种唯心的神造论。对哲学、社会科学也产生了深远的影响。

(2)继英国物理学家R·胡克(Hooke 1635-1703)在1665年用自制的显微镜观察软木,发现有许多由壁包围的小室,称之为细胞以来,此后近200年进展很少。直到1828-1839年内,才由德国植物学家施莱登(M·J·Schleiden, 1804-1881)和动物学家施旺(T·Schwann, 1810-1882),先后明确地提出细胞理论和细胞学

(cytology)。1892年德国解剖学家赫德维希(O·Hertwig 1843-1922)出版了《细胞与组织》一书。试图从细胞的结构与功能的角度来阐述生物现象。1896年美国细胞学者威尔逊(E·B·Wilson 1886-1939)出版了《细胞》一书,进一步阐明细胞在发育和遗传方面的意义(有关染色体活动的研究导致细胞遗传学的创立)。

19世纪30年代,随着消色差显微镜的问世,使人们能够直接观察到有机细胞的详细情况,发现了动物和植物的细胞核。

(3)孟德尔(G·Mendel, 1822-1884)原是奥地利天主教神父。他用了8年时间,通过对5000多株的豌豆进行的杂交,定量分析实验。提出“遗传因子”的概念。在他去世后16年才被公认为孟德尔遗传定律。这也是一项具有划时代意义的科学发现。

正是基上述的科学研究成果,人类在到20世纪,揭开了生命科学的新纪元。

此外,19世纪的科学成果还包括:

*“地球科学”的研究产生“地图学”、“自然地理学”、“地质学”、“大陆构造学”。

*天文学的研究产生的“天体物理学”使人类可以利用三种物理方法(光谱学、光度学和1839年照相术)初步实现了对天体内部结构、化学组成和演化规律的研究。包括1859年德国物理学家基尔霍夫(G·R·Kirchhoff 1824-1887)从研究火焰光谱和电弧中的蒸汽光谱联想到把太阳发出的连续光谱与之对比,证实了地球与太阳有许多共同的元素。从而为20世纪恒星起源和演化的研究开辟了道路。

*在数学领域,自从17世纪末微积分出现以后,数学分析方法与天文学、力学、几何学等学科相结合,从而获得蓬勃的发展。形成了微分方程、变分法、微分几何、解析力学等新分支。同时还出现了拓扑学、概率论、函数、导数、微分几何等,呈现出一种分析算术化的趋势。

综上所述,19世纪是人类科学技术进入全面飞速发展的时期,许多学科都完成了从经验描述上升到理论概括的飞跃,逐渐形成自己的统一整体。新的学科纷纷出现(如:热力学、物理学、细胞学、胚胎学等)而且其特点是学科之间互相交叉与渗透。科学思想、科学精神和科学方法深入人心,科学教育学术团体,研究中心、科学出版界之间的联系更加广泛,科学成为生产技术的前导的思想也被认可,从而形成了一个“科学世纪”。

在科学史上的这种空前的发展与集聚,使我们已经隐约之间感到:从古代的金字塔式或其后条块式以及葡萄串式与本阶段出现的“环”与“链”的形式,究竟是哪一股力量更能带动整个世界的进步,还是有待研究。但是人们不能忘记世界进步发展的主宰仍然是人,

也可以说是“众人”，如何为“众人”服务，仍然是我们研究的主题和一切发展的原始动力。

2.3.4 21世纪科学构成系统并形成体系的现代科学

在进入新题之前，我们似乎应该回顾一下上阶段对“科学”的发展史认识上的一些新的理念：

* 三次技术革命都是源起于反封建、反愚昧的思想解放运动，人类要求解放生产力以促进社会进步，从而发生了产业革命以至于社会体制的改革。

* 通过认识自然，开始向自然索取，陆续发展了天文学、农学、医学、力学、数学，以及其后的化学、物理学和生物学。但不能忘记引导我们前进的往往是哲学与教育（从唯神——唯心——唯物再加逻辑与辩证和文学、语言、方法……），也就是说除了有自然科学外同时还存在着社会科学。

* 技术革命之后从土木工程开始便出现了一连串的机械、纺织、采矿、冶金、化工、电力、交通、电讯……等行业。虽然开始都称之为“技术”，但到19世纪后半叶“工程”的概念便已明确产生。工业革命的巨大推动力虽然源自“科学”，但形成产业后便能极大的反哺资助自然科学的发展，并带动知识的深化与普及。而它的本身也逐渐发展成为一种科学体系，也就是说到19世纪末“工程技术科学”也走向成熟。

* 19世纪的物理学、化学、生物学的理论、定律、现象都得力于实验仪器的发明与实验方法的验证。同样在工程技术上、机械、电力、化工和土木结构上也出现实验工程的做法。

* 从法拉第——麦克斯韦——赫茨——西门子——爱迪生——到威斯汀豪斯，说明：科学——技术——工程是有个从点——线——环——链——网的发展关系。

* 早在远古的混沌时期，天文观测与建筑力学上早已用了数学。德国天文学家开普勒（J. Kepler 1571-1630）用代数方程总结出行星运动的三大定律（1609-1619），被荣誉为世界第一位数学物理学家。统计物理学与概率数学的内在联系，逐渐使得相变数学理论成为统计物理学的核心基础。实验物理学的数学化已成为19世纪的特征。

纵观20世纪，是全球经济空前高涨、科学与技术迅猛发展的时期。但与此同时，人类社会却出现了大动荡、大分化。人们从竞争走向战争，分分合合成为这个时期的特点。在科学技术上也存在着从19世纪后的辉煌平静后出现失落、无为的局面，进而发展成为革命与创新的新局面，其具体表现是：

（一）现代物理学的革命

（ ）打开原子大门的三大发现即：X射线：德国物理学家伦琴（W. L. Rontgen 1845-1923）发现了X

射线（1895年）并能从照相底片上看见他夫人的手骨像。其后他又作了大量的验证工作。因此获得1901年第一届诺贝尔物理学奖。放射性法国物理学家贝克勒耳（H. A. Becquerel 1852-1901）于1896年发现铀盐的天然放射性现象。后经波兰出生的物理学家居里夫人（Marie S. Curie 1867-1924）和居里先生的刻苦钻研于1898年发现了“钋”和“镭”等的新放射性元素。并于1902年从几吨的矿石中提炼出0.1克的浓缩镭化合物，并首次测得镭的原子量为225（1908年她进一步提纯氯化镭精确测定镭的原子量为226.45），破除了当时一些的化学家与物理学家的疑问。电子：英国物理学家J. J. 汤姆森在气体放电方面做了大量研究。1897年通过对阴极射线在磁场和电场中发生偏转的现象进行的研究，测定了电子的质荷比（ m/e 质量的电荷）。用实验上的方法证明了电子（带电粒子）的存在。

基于这三大发现，使得人们有能力开始对原子内部奥秘进行探索，其后，在卡文迪许实验室主持工作的卢瑟福与汤姆森和作为他们的助手德国物理学家盖革（H. Geiger, 1882-1945），于1908年发明的气体放电管技术，证实了（电子流）和射线的存在与区别。由于粒子带有巨大的能量和动量，因而成为卢瑟福用来打开原子大门、为研究原子内部结构提供了有力工具。并促进的其后的原子可变性即元素嬗变理论和同位素的发现。在这里我们应该提到J. J. 汤姆森的学生英国物理学家阿斯顿（F. W. Aston 1877-1945）。他于1919年发明了质谱仪（mass spectrometry）并用它先后在71种元素中发现了202种同位素，以后又测出它们的原子量及其丰度（相对含量）。经过不断改进，现已成为现代科学仪器中最重要的装备之一。

（ ）爱因斯坦（A. Einstein 1879-1955生于德国后入美国籍）的五篇论文（1905）拉开了现代物理学革命的序幕。

五篇论文是：

（1）提出“光子”概念并解释光电效应的《关于光的产生和转化的一个推测性观点》，把普朗克（Maxk. E. L. Plank 1858-1947）的量子概念扩充到光在空间的传播。

（2）推导出计算分子扩散速度的数学公式《分子大小的新测定》。

（3）提供了原子确实存在证明的《关于热的分子运动论所要求的静止液体中悬浮小粒子的运动》。

（4）提出时空关系新理论的《论动体的电动力学》也就是狭义的相对论。

（5）《物理的惯性是否决定其内能》以及根据狭义相对论提出质量与能量可互换思想的关系式，即著名的 $E=MC^2$ （能量等于质量乘光速平方），这不仅是核物理学

与粒子物理学的理论基础,也是利用原子能和制造原子弹的依据。

1907年他发表了《关于相对性原理和由此得出的结论》。1916年写成《广义相对论的基础》。物理学界经过近10年的争论与验证,终于认可了爱因斯坦的理论。他们抛弃了经典物理学中的“以太”假说和绝对时间、绝对空间的概念。物理学界也完成了从不变的牛顿时代向发展的爱因斯坦时代的转变。

20世纪物理学的魅力还在于,它从理论认识中衍生出“技术”,即核能技术、超导技术、激光技术与半导体技术,特别是超强的仪器分析与实验技术,超大的(战争与和平的特需)工程应用技术的产生,大大提高了人的观察能力、智力综合能力,并对社会进步起到了不可估量的作用。

()生物学的划时代突破与生命科学的兴起

当物理与化学界的科学家们热衷于打开原子的大门,破译物质结构的秘密时,生物学家也并没有仅仅徘徊于遗传论与进化论之中。细胞理论和细胞学进一步发展成为细胞生物学便是一大突破。另外,从生物化学发展起来的分子生物学,主要研究在各个生命过程中,生物大分子结构及其与功能之间的关系。所谓生物大分子是指细胞成分中高分子聚合物,即蛋白质、核酸、糖类、脂类和它们相结合的产物。它们在分子水平上体现着各种重要的生命功能:如遗传、新陈代谢、光合作用、细胞增殖和分化、发育、免疫等。

我和吴树恩先生在本刊2001年5月在宁波主办的“现代科学仪器与生命科学”论坛上发表的《“生命科学”时代的挑战与对策》中提出过一系列史实和论点,尽管是初探其秘,但5年来科学技术的发展以及对社会进步所作出的贡献,早已大大地超出我们当年的设想。现代的生命科学打开的是生物活体,从细菌到植物和动物,特别是人的生存、生命(疾病与遗传)与智力的起源和进化等的奥秘。从发展势头来看,在本世纪内促进人类进步的最大生产力可能就是它了,它所涉及的科学内容有:

DNA(脱氧核糖核酸)是遗传信息的载体;从DNA双螺旋结构模型的建立,发现核酸的分子结构及其在生命物质中传递信息的重要意义。他们的发明人是美国沃森(J. Watson 1928-)英国的克里克(F. H. Crick 1916-)和威尔金斯(M. H. F. Wilkins 1916-)。因此发现而共同获得了1962年的生理学诺贝尔奖。

蛋白质和核酸的测序与人工合成对人类攻克各种疑难杂症病大有帮助。

干细胞的研究:可能参与组织的再生与修复。

克隆研究:已经在克隆动物上有成果。

光合作用:从叶绿素与二氧化碳,植物的光呼

吸开始,光合研究可能为解决当今世界面临的食物、能源、资源、环境等重大问题作出贡献,显示出非常良好的应用前景。

免疫:40年代借助电子显微镜的观察和化学分析,认识到病毒是由核酸和构成外壳的蛋白质组成。其后又用电泳分析法和色层分析法做实验形成免疫学的发展。

基因工程

.....

但是当今世界人类发展过程中仍然面临的许多难题,诸如人口膨胀、粮食短缺、资源枯竭、环境污染、危害人类健康的癌症、心脏病以及SARS、禽流感等传染病等,把生命科学技术尽早引向具有再生生物、少污染的产业很可能是一条阳光大道,我们仅以基因工程、发酵工程、酶工程、蛋白质工程和细胞工程之间的相互关系(参见图2)便可以联想到生命科学的影响,更不用说生物芯片在信息、大脑智力开发、仿生学上可能起的作用了。

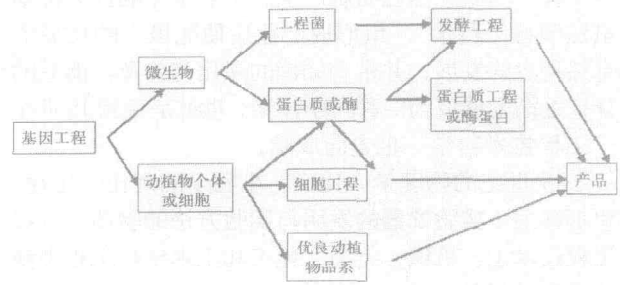


图2 基因工程、发酵工程、酶工程、蛋白质工程和细胞工程之间的相互关系

()宇宙与地球的探索与开发

人口增多了、交通发达了、生活水平提高了、相对来说资源、能源(水、空气、阳光)人均占有量是越来越紧张了。考虑到世界上发生的天灾(地震、台风、海啸、水灾、虫灾.....)人祸(战争、污染、浪费、过渡的消耗.....)人类需要开源、节流、适度发展以求得平衡,谈何容易。研究开发:宇宙与地球、大陆、海洋的关系以及两极变化对气象,海洋暖流的影响的科学议题已提到议程,许多工作已在进行中。

从大陆漂移、板块结构学说地震研究

自然地理:生物圈与生态系统、土壤系统、地貌系统、气象系统的综合普查与研究。

空间科学数值气象预报,人工影响局部小气候、太阳黑子、空调机的使用对大气影响等。

空间技术:人造卫星、航天飞机与空间实验室、宇宙飞船、登月、木星、火星(注:美国“海盗”号于1976年登上火星,重点就是为了送上三台分析仪器作采集信息,它们分别是:(1)红外热辐射谱仪(2)穆斯

堡尔能谱仪(3) 粒子X射线谱仪)太阳系天体的观测。

研究地球的新科学:地球物理、地球化学在兴起。

()“战争”与“和平”,身不由己的抉择与前沿技术的出现

人类20世纪的历史从另一个角度来看是个战争从未间断的世界历史,除了两次世界大战外有形的和局部的陆、海、空大战从未停止,而无形的冷战和商战也是愈演愈烈。归根结底战争的核心已从体能对抗发展到智能对抗。因此,现今要想在军事上取得主动很大程度上要依靠先进的“前沿”技术。同样,这也是我们科学仪器的前沿与应用范畴。具体归纳可以有以下十三项前沿技术:

(一) 计算技术与装备的发明与发展。

(二) 电子与光电子技术:半导体——集成电路。

(三) 激光技术:应用于农业、畜牧、医疗、加工、测距、科研、武器等,特别是高灵敏度分析激光光谱仪。

(四) 检测、分析、控制与自动化技术(包括传感器与机器人等)。

(五) 信息化与网络化技术(通讯、定位、无线传输)。

(六) 空间技术(飞行器、航天、卫星、太空飞船以及气象人造卫星……)。

(七) 生物、生化、化学、化工技术(包括毒物、抑制收获药剂……)。

(八) 新材料的开发。

(九) 现代设计与制造技术(标准化、系列化、数字化、模块化、抗干扰、环保全性、网络化)。

(十) 核能技术。

(十一) 环境(水、空气……)保护与卫生。

(十二) 资源与能源的开发与控制技术。

(十三) 心理、经济、社会、管理、教育、宣传、以及技术专利、标准的垄断等等。

以上所提到的一切都有正反两方面的效应,无论是用于和平建设或是用于战争和掠夺,都会产生巨大的影响。正像著名的爱因斯坦提出的能量与质量的关系式,它既可以产生有用核能又可以制造出瞬时可以炸死几十万人的原子弹。

3 我们应该得到哪些“求同存异”的结论

1、科学——技术——工程是辩证统一的有机体,他们之间既有从量变到质变的演变关系,(即经过多次实际测试和多方面的观察到的规律概括与提升理论),又能从上到下的推导演化从而产生新的事物。

2、科学仪器和实验技术是科学技术和生产应用的基本手段。它既是前导信息的获取手段,又是帮助、保护并指导重现的工具。如正是因为显微镜的发明,导致发现细胞的存在,因而引发了生物学的飞跃。质谱仪的发明与使用,为元素及其同位素的定性定量分析提供了精确的数据。它的广泛应用更是医学、采矿、核能研究以及工业应用都已产生巨大的影响。

3、无数的历史事实都已说明科学、工程技术与社会之间虽然曾存在着谁带动谁的争论,但其发展的根本原因还是来自社会需求的拉动。基础研究、工程化试典、产业化的广泛应用,应该是个良性循环的一个环链,而且不同时期有不同投入与产出要求。当前国家急需的是资源、能源的开发与节约,安全生产与环境保护、国土普查与出口达标以及技术更新。

4、中国的落后除了基础薄弱,长期封建、保守与坐井观天、夜郎自大外,同时不能不看到,我们近年来科技界的浮躁,避重就轻和崇洋图快,一切突出个人,不深入实际的风气,也起到了推波助澜的作用。从我国的科学技术发展史上看跨学科、跨行业的组成团队的确也很少。即或有,完成任务后也就散了伙。

5、我们的国营企业过去习惯于垄断和部门保护。摊子较大、技术力量老化,更受迁厂影响伤了元气,新起的民营企业,往往是从母体分裂后的重新组合,走到一定规模后,技术开发力量与资金积累上困难很大。特别是科学仪器行业,技术含量高而交叉学科多。幸好这两个五年计划中政府政策稍有倾斜。国内的中小使用单位和在偏远地区新建的企业还有发展需要。最重要的还是政府的政策支持和科学院校、用户和行业之间的合作。最近我们有些厂的产品已被国外认可,并能批量出口,具有特色的新品也已开始出现。愿在新的一年里,大家团结起来再接再厉,避免低水平重复,放宽视野,加强规划、倡导专业化协作,相信我们一定会取得新的胜利。

参考文献

- [1] 《2006年科学发展报告》. 中国科学院编 科学出版社 2006, 3
- [2] 宋健 惠永正. 现代科学技术基础知识. 科学出版社, 1994
- [3] 林成滔. 科学简史. 中国友谊出版公司 2004
- [4] 仓孝和. 自然科学史简编. 北京出版社, 1988
- [5] 朱良漪 吴树恩. “生命科学”时代的挑战和对策. 现代科学仪器, 2001, 2
- [6] 李佩珊 许良英. 20世纪科学技术简史. 科学出版社, 1999