

创新的启示

关于百年科技创新的若干思考

路甬祥
著

INSPIRATION FOR INNOVATION

制造技术的进展与未来

规律与启示

百年物理学的启示

技术的进化与展望

纪念达尔文

从仰望星空到走向太空

化学的启示

大师的启示

从图灵到乔布斯带来的启示

魏格纳等给我们的启示



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

创新的启示

关于百年科技创新的若干思考

路甬祥 著

中国科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

创新的启示：关于百年科技创新的若干思考 / 路甬祥著.
—北京：中国科学技术出版社，2013.7
ISBN 978-7-5046-6340-5

I. ①创… II. ①路… III. ①技术革新—研究 IV.
① F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 091121 号

出版人 苏 青
选题策划 苏 青 杨虚杰
特邀编辑 刘益东
责任编辑 杨虚杰 郝 爽
装帧设计 中文天地
责任校对 孟华英
责任印制 王 沛



出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm × 1092mm 1/16
字 数 210千字
印 张 10.5
版 次 2013年8月第1版
印 次 2013年8月第1次印刷
印 刷 北京科信印刷有限公司
书 号 ISBN 978-7-5046-6340-5/F · 760
定 价 39.00元

(凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换)

自序

路甬祥

加强科学普及，提高全民族的科学素养，是提升自主创新能力，实现创新驱动，建设创新型国家的基础。科学普及与科技创新同等重要，都应该受到全社会更多的关注和支持，这对于近现代科学传承历史不太充分，科技创新文化积淀并不深厚的我国尤为重要。这也是每一位科技工作者应该承担的社会责任。青少年时代，我从《十万个为什么》、《知识就是力量》等科普读物中汲取科学知识，领略科学大师、工程技术巨匠们的创新思想和精神，激励和培育了我对科学技术的兴趣和爱好，使我选择和走上了终生从事科学技术的人生道路。在科技教育、科学研究、技术创新和科技管理的实践中，我自然要学习科学技术发展史，研究思考创新人才成长和科技创新的规律，展望科学技术前沿和未来发展，认知科技创新必须遵循的行为准则和需要为之创造的社会环境……自然也与科普工作结下了不解之缘。

在中国科学院任职期间，我的科普文章多结合工作实际和科技史上值得纪念的日子有感而发、即兴而作。在卸任科学院院长后，我便将科学普及、科技展望与咨询建议作为一名老科技工作者应该而且能够承担的一份责任和工作来安排，每年从世界著名科学大家、工程技术巨匠的纪念日、科学技术推动人类文明进步的重大

事件中寻找线索，结合社会的关注热点选择主题，撰写几篇科普文章，也借此机会阐发自己的感悟、展望和思考，并提出一些建议，尽管不可能完全正确和全面，却是我的科技观和对于今天和未来的真实思考的反映。这些文章的内容多已在中国科学院“科学与中国”、“科学与人文”等论坛讲座中报告过，有些也曾在中国科学院大学（原为中国科学院研究生院）、浙江大学、香港大学等大学讲演并与师生们进行过交流，多数文字稿分别在《科学与社会》、《科技导报》、《化学通报》、《文汇报》等刊物、报纸上发表过。听众和读者们的兴趣和热情关注使我备受鼓舞，也增添了我年复一年把这项工作坚持下去的信心和动力。

感谢中国科协陈希等领导同志的关注和建议，并促使这些文章能够在中国科学技术出版社结集出版。普及科学知识、倡导科学方法、传播科学思想、弘扬科学精神，是科普事业的主要任务，也是实施科教兴国和可持续发展战略，全面落实科学发展观，全面建成小康社会，实现中华民族伟大复兴的基本要求和基础性工程。我衷心希望科技界、传媒界以及全社会有更多的部门和单位、更多的同志积极参与进来，共同为之做出不懈的努力。

在本书的编辑出版过程中，中国科学技术出版社社长苏青、副总编辑杨虚杰等同志，中国科学院自然科学史研究所所长张柏春同志给予了支持和帮助，中国科学院科学研究传播中心主任田洺同志对部分选题提出过建议，自然科学史研究所刘益东研究员对文稿做了细致的校订，全国人大常委会办公厅韩林宏同志也帮助做了联络和文字校核工作，中国科学院战略规划局的蔡长塔同志为其中的一些文章选配了精美的插图。在此一并表示衷心感谢。

目录



自序 / 路甬祥

1 制造技术的进展与未来 / 1

毋庸置疑, 21 世纪的制造技术将吸纳全世界自然科学、技术科学、管理科学和数学的最新成就, 并吸收现代人文、社会科学乃至文学艺术的营养, 在全球化知识经济时代, 继续成为创造人类新的物质文明的支柱, 也仍然是人类精神文明和国家竞争力的基础。

2 规律与启示 / 17

——从诺贝尔自然科学奖与20世纪重大科学成就看科技原始创新的规律

自然科学的重大理论突破, 需要善于发现已有理论与实际的矛盾, 需要勇于挑战传统理论的自信与勇气; 重大理论的创建和形成, 往往经历长时间的争论以至非难, 在得到反复验证后才被公认。

3 百年物理学的启示 / 39

物理学的魅力不仅体现在其物化成果可以极大地改变人类的生活, 尤其需要指出的是, 物理学、特别是现代物理学, 彰显出科学给人类带来的智力上的升华。物理学从纷杂的事物中抽象出物质的统一特性, 更正了我们凭借常识得出的浅见, 透过表象为我们揭示出物质本质上的奇妙特征, 并且借助数学和逻辑, 做出了最为理性而简洁的宇宙表述。物理学在为我们解释周边物质世界的同时, 为我们营造出内容丰富、思维缜密、富有想象、妙趣无穷的理论、方法与实验体系。

4 技术的进化与展望 / 55

未来的技术进化, 将向延伸拓展人类智能的方向发展, 将告别单纯向自然索取的发展策略, 将更加关注社会公平, 更加注重可持续发展, 将呈现出技术群体突破协同进化的态势, 技术进化和转移、传播的速度将继续加快, 与经济、社会、教育、科学、文化的关系日益紧密, 国际科技交流与合作将更加广泛。

5 纪念达尔文 / 67

达尔文不仅是生物学史上划时代的人物, 是科学史上的巨匠, 而且也是人类思想史上的一位伟人。他富有创造的思想, 跨越了生物学领域, 跨越了他所生活的时代和国家, 至今仍对世界生物学的发展, 对其他自然科学和人文社会科学的发展, 对人类的世界观、价值观, 产生着深刻而深远的影响。

6 从仰望星空到走向太空 / 77

——纪念伽利略用天文望远镜进行天文观测400周年

2009年是伽利略首次使用望远镜观测天体400周年，因此被联合国确定为国际天文年，以纪念这位人类历史上第一个把望远镜对准茫茫太空的人。伽利略是近代科学的开创者之一，是科学史上的伟人。他把理论与实验相结合，形成了一套基于实验观察、数学分析、严谨实证的科学研究方法，从此人类有了现代意义上的科学。

7 化学的启示 / 91

——为国际化学年而作

为纪念化学对人类文明和社会进步所做出的巨大贡献，2008年12月，联合国第63届大会通过决议，将2011年确定为以“我们的生活，我们的未来”为主题的联合国“国际化学年”，以彰显化学对于知识进步、环境保护和经济社会发展的重要贡献。

8 大师的启示 / 107

麦克斯韦、卢瑟福、海森伯和居里夫人都是近现代科学史上当之无愧的科学大师。回顾他们的业绩和走向成功之路，对激励启示当代青年献身科学，领悟科学人生的真谛，提升科学原创的自信和能力，建设创新型国家，服务国家，造福人民，奉献人类知识文明时代，无疑都很有意义。

9 从图灵到乔布斯带来的启示 / 125

——关于信息科技的思考与展望

2012年是信息科学奇才图灵100周年诞辰年，也是信息技术奇才乔布斯逝世1周年。借此机会，我们纪念信息科技领域杰出人物的贡献，回顾思考百年信息科技发展的轨迹，认知信息科技的本质、特征与价值，科学基础与核心技术，发展进化的动力与环境，展望信息科技的前沿和未来。对于推进我国信息科技的发展和信息社会的建设，无疑很有意义。

10 魏格纳等给我们的启示 / 141

——纪念大陆漂移学说发表一百周年

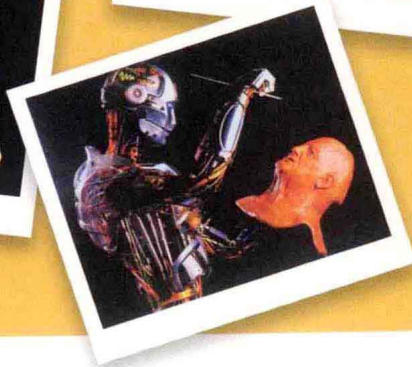
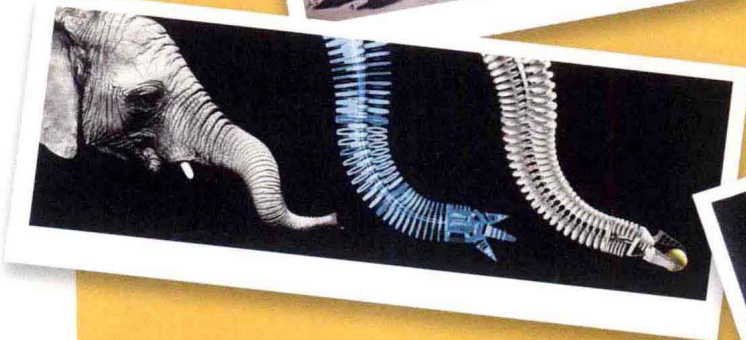
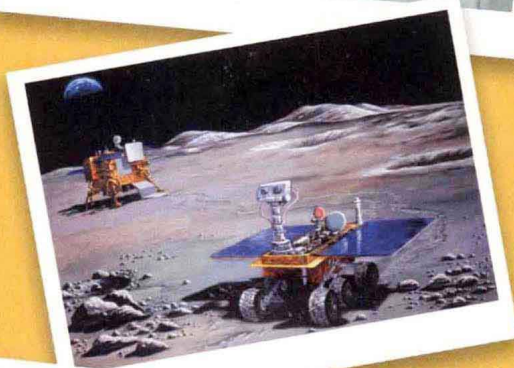
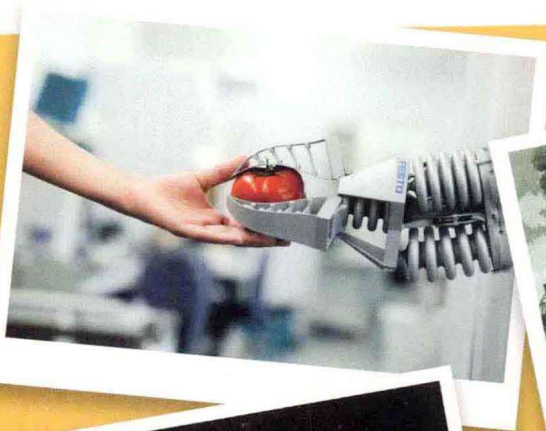
由魏格纳创立并经过后人完善的近代地球科学理论取得的革命性进展，改变了整个地球科学的面貌，给地质构造学、地球动力学、地磁学、矿床学、地震学、海洋地质学等，以及几乎地球科学的各个领域都带来了深刻变革，也对地球演化、生命演化和科学哲学产生了巨大的影响。

参考文献 / 153 人名索引 / 160

后记 / 苏青 166



制造技术的进展与未来



制造技术的进展与未来

毋庸置疑，21 世纪的制造技术将吸纳全世界自然科学、技术科学、管理科学和数学的最新成就，并吸收现代人文、社会科学乃至文学艺术的营养，在全球化知识经济时代，继续成为创造人类新的物质文明的支柱，也仍然是人类精神文明和国家竞争力的基础。

制造技术不仅是人类物质文明的支柱、精神文明的基础，也是国家竞争能力的基础。在人类已跨入信息时代的新世纪，在迎接以知识为基础的经济全球化挑战的今天，回顾与展望制造技术的发展具有特殊的意义。

制造技术的历史回顾

大约在 200 万年以前，人类的祖先已经开始选择和利用树枝、石料和兽骨等制作工具。这不仅使人类的原始生产能力得以提高，人类的祖先在严酷的自然环境中得以生存与繁衍，而且促进了自身脑和智力的发展，加速人类祖先区别于其他动物的进化过程（图 1-1）。

人工取火工具与方法的掌握使早期智人获得了比类人猿具有更广阔的活动空间与自由；学会制作镶嵌和复合工具如弓箭、石刀、石槌、石斧、石锄等，提高了古人类狩猎和原始农耕的效率，使人类大约在 1 万年前从旧石器时代发展进入了新石器时代，开始创造出新的生产方式——原始农业和畜牧业。与采撷和渔猎相比，这正是一场因制作新的工具（由单纯的砍砸、刮削到研磨加工）而引发的原始时代的产业革命。使得人类由单纯依靠自然界的赐予进化到通

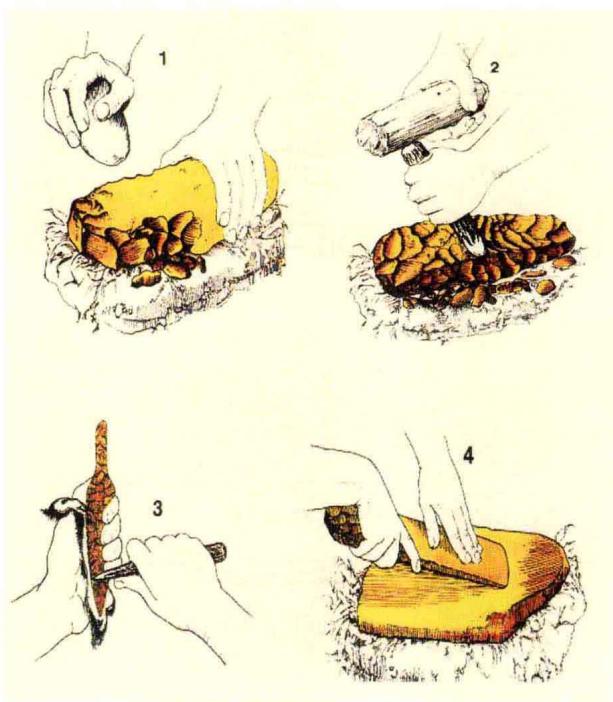


图 1-1

制作工具促进了人类祖先智力的发展和
区别于其它动物进化的过程

过从事被驯化的农作物和畜类进行生产。

在延绵近万年的农业经济发展进程中，生产与生活的需求引发了制造技术的创新与进步；制造技术的创新与进步，又始终成为农业生产力发展和文明进步的重要支柱和推动力。

原始农牧业，使人类有了比较稳定的生存条件。制造业开始从家庭制作分离发展为独立的社会产业——手工业。主要从事纺织、渔农牧具、建筑与有关日常生活器物的制作、农牧产品的加工以及车辆、舟船、兵器和礼器的制造等。纺织、制陶、冶金、造纸、印刷等相继得到发展。

制造技术的进展和工具的革命往往导致生产技术的革命和社会形态的变革，同时也深化了人类对自然界的认识——科学知识的发展以及人类自身的文明进化。事实上，在工业革命以前制造技术始终走在科学的前面，成为推动科学和社会进步的先导和原动力。

制陶工艺和冶金工艺不仅为人类提供了生产工具、生活器皿，而且使人类积累了化学知识（图 1-2）（图 1-3）；

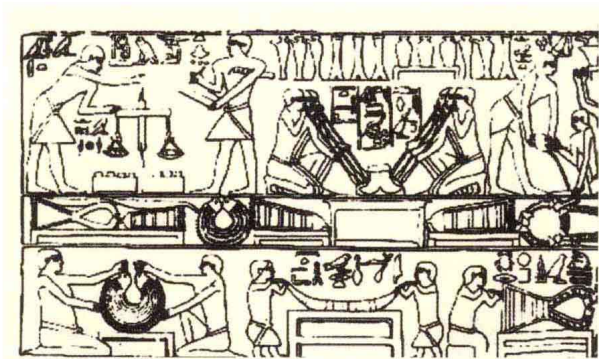


图 1-2

约公元前 2300 年埃及的金器和制陶手工作坊



图 1-3

中国新石器时代的舞蹈纹彩陶盆
（公元前 3300 年—前 2050 年）

青铜器及铁器制造工艺不仅引起了工具的革命，而且成为冷兵器的基础，使得国家的巩固和疆域拓展成为可能（图 1-4）；

水利工程和建筑业的发展促进了几何学、材料学与工程技术的进步，使农业提高了抵御水旱灾的能力，改善了人的居住条件，并使城镇得以发展（图 1-5）；造纸与印刷术的发明使人类科技知识和文化得以广泛传播与继承（图 1-6）；

造船和指南针为环球航行提供了可能，开创了全球范围贸易活动与文化交流的先河；



图 1-4

中国商代后期制作的青铜器
（公元前 1400 年—前 1100 年）

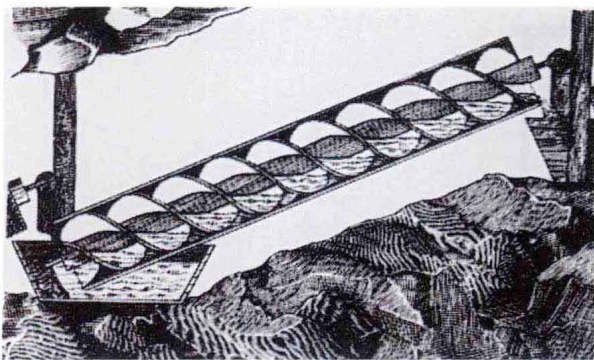


图 1-5

源于古希腊的阿基米德螺旋泵
（公元前 287—前 212）

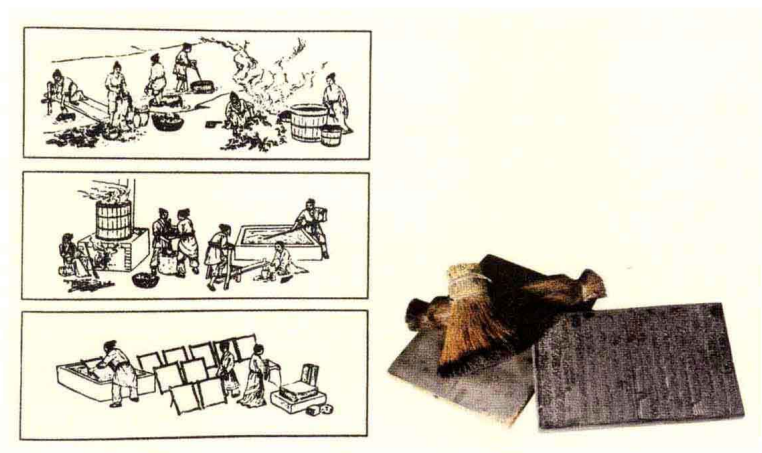


图 1-6

中国人发明的造纸术和印刷术

天文仪器和医疗器械的发明与制造，开拓了人类认识宇宙和自身的视野，并为医疗保健提供了新的可能；

纺织业为人类蔽体、御寒和美化生活提供了保证（图 1-7）。

正是由于各种制造技术的进步，推动了农业经济时代生产力的发展、人类社会的需求和生产活动的多样性和复杂性，从而促进了人类语言、文字和认知能力的发展，使人类不但发展进化了形象和直觉思维为主的右脑，而且发展进化了左脑的语言逻辑和抽象思维的能力。

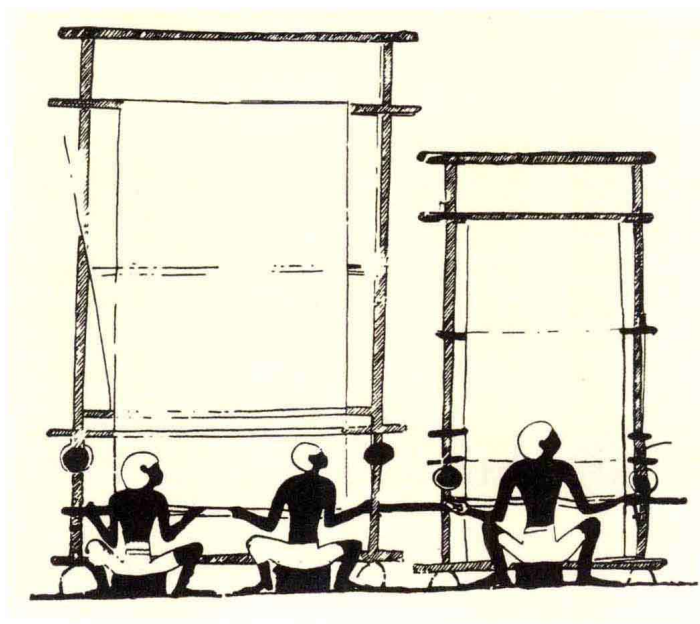


图 1-7

古埃及人的纺织作坊
（约公元前 1450 年）

工业革命以来的近现代史更进一步地显示了制造技术对于人类现代文明的巨大推动和不可替代的作用。

制造技术不但已成为科学发现和技术发明转化为现实规模生产力的关键环节，而且已成为人类提供更良好的人居环境、充分的能源供给、便捷的交通和信息设施、丰富多彩的印刷出版、广播、影视和网络媒体，更优良的医疗保健服务，可靠的国家和社区安全以及抵抗自然灾害的能力的基础（图 1-8）。

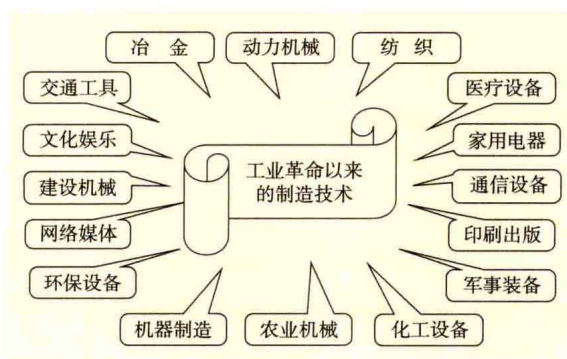


图 1-8
工业革命以来制造技术的社会功能

现代制造技术不断地从物质科学、信息科学、管理科学乃至生命科学以及环境与生态科学汲取营养，不断更新设计理念和办法，引入以微电子、光电子集成系统以及计算机软件为基础的智能单元……经历了机械化、精密化、自动化、智能化和环境友善化的发展进程。

从工业革命时代的珍妮纺纱机（1764 年）到锭子转速高达每分钟 12000 转的环锭纺纱机（1828 年）以及转速高达每分钟 60000 转的高速转子纺纱机，从飞梭（1733 年）和卡特赖特（Edmund Cartwright, 1743—1823）发明的自动织机（1785 年）到现代喷水或喷气无梭织机，实现了纺织业的机械化和自动化，而且成千万倍地提高了效率，降低了成本，提升了品质（图 1-9）；由于计算机程序控制和实时监控技术的应用，提高了纺织机械的智能化程度，并提高了小批量多品种生产，适应市场多样化需求能力。与所有制造业一样，纺织机械制造的技术水平成为纺织产业竞争力的基础和关键因素之一。

市场对产品需求的飞速增长，刺激了制造业的发展，制造业的发展又带动了机器制造技

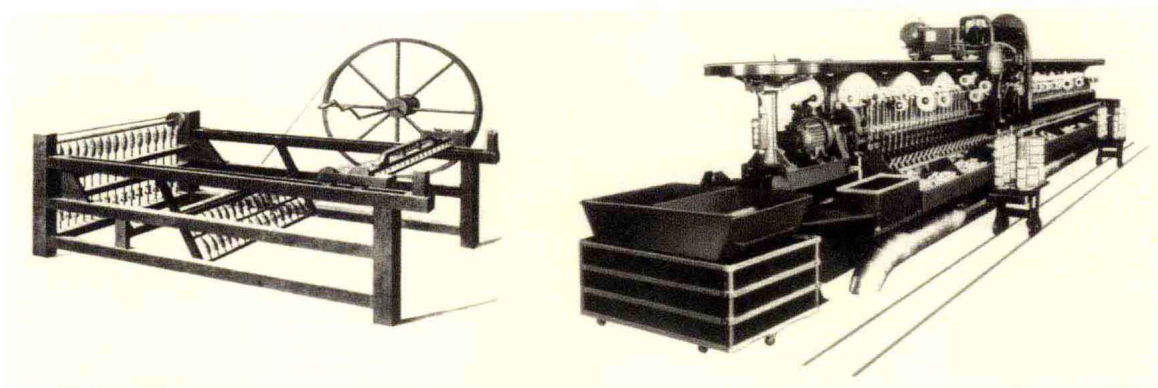


图 1-9

珍妮纺纱机（左图）与现代纺纱机

术的进步。

从 1797 年莫兹利（Henry Maudslay, 1771—1831）发明现代车床至今，机器制造过程经历了从手工—机械—自动化—数控（NC）—计算机数控（CNC）—柔性制造系统（FMS）—计算机集成制造系统（CIMS）的发展阶段（图 1-10）；实现了从设计、制造到行销、服务，以计算机和数据通信为核心的信息、物流、工艺与管理的综合集成；创造了精益生产、敏捷制造、全球化虚拟制造等新概念；制造精度实现了从 $1/10$ — $1/1000$ — $1/10^6$ 毫米精确度的跨越；产品结构实现了从单纯机械结构—机械电子一体化—模块化硬件结构+基于现场总线的计算机智能集成系统的转变（图 1-11）。

制造材料的选择从木材、石料、金属材料发展到工程高分子材料，陶瓷以及复合材料。加工工艺从传统的铸、锻、焊、切削加工到不断引入新的物理学、化学乃至生物学方法，发展了诸如各类精密快速成型、电脉冲、电化学加工技术，利用激光束、分子束、离子束进行刻蚀、外延、焊接和表面镀膜、3D 打印、化学、微波、超声、激光等表面处理技术，利用几何光学、现代光学、X 射线学乃至电子显微镜、电子扫描显微镜、原子力显微镜进行表面形貌及微细结构的检测（图 1-12），利用各类无接触传感、无损检测手段进行在线实时检测和监控等。正是制造技术造就了功率强大的蒸汽机、水轮机、汽轮机、燃气轮机、发电机、电动机、内燃机、航空与航天发动机，为工业、农业、交通和日常生活提供动力和能源。

正是借助制造技术所提供的工程与建设机械，现代水利、能源、交通、环保等基础设施建设才得以不断完善。

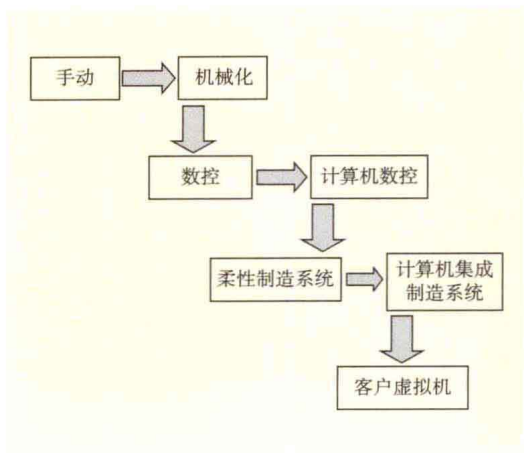


图 1-10

现代制造技术的发展阶段

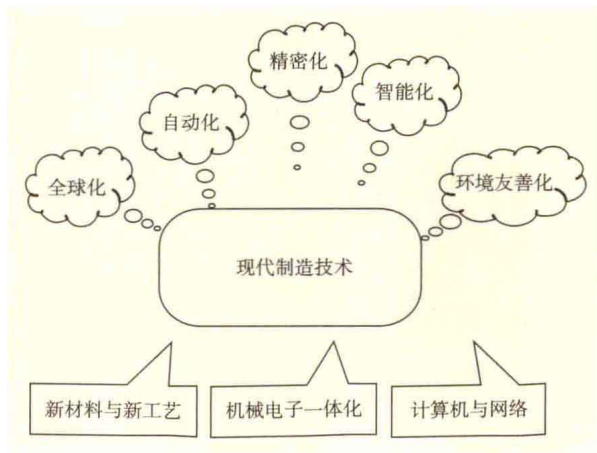


图 1-11

现代制造技术的特征

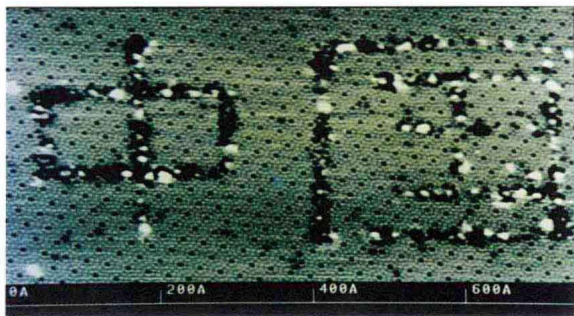
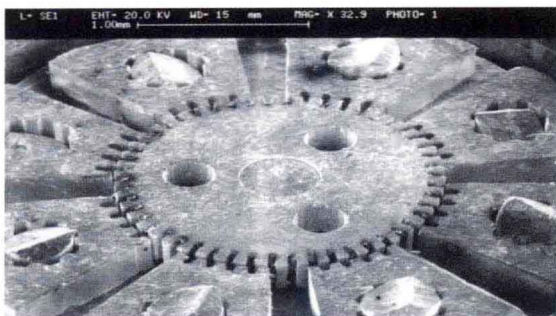


图 1-12

原子力显微镜下的步进电机及操纵硅原子组成的“中国”字形

正是制造技术在科学发现与技术发明的基础上制造并普及了电报、电话、收音机、电视机、摄像机、雷达、微波通信设备、蜂窝式移动电话、通信卫星（图 1-13）、光缆和网络设备，制造和提供了个人电脑、服务器、超级计算机以及因特网等，为信息社会提供了基础设施。

正是制造技术提供的现代交通工具、家用电器设备、办公和商务电子设备以及现代医疗保健设备使得人类可以享受现代生活方式和医疗保障（图 1-14）。

因此，即使在人类已跨入信息时代的今天，制造技术仍然是人类物质文明的支柱，也是人类精神文明和国家竞争力的基础。



图 1-13

中巴合作研制发射的资源卫星

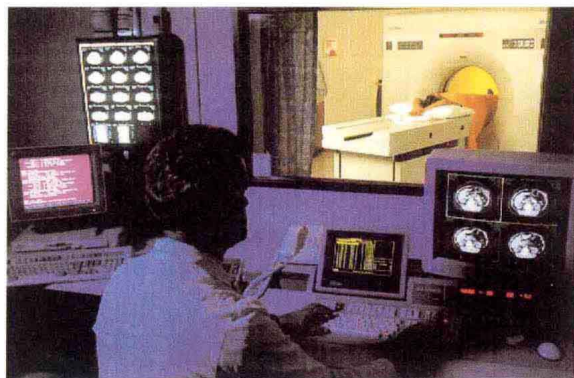


图 1-14

现代核磁共振 CT 设备

制造技术的未来

展望新的千年，世界经济、科学技术和人类社会的发展将呈现出新的特点：

经济的全球化，贸易的自由化以及以知识为基础以创新为动力的新经济现象的出现；

在航空、汽车制造、能源、信息等领域跨国公司进行兼并和战略重组的同时，依托科技创新与体制创新的中小企业以前所未有的速度迅速崛起；

随着经济全球化进程，国际经济分工和产业结构调整正在加速进行，随着关税壁垒的消失，“全球制造”更成为合理地选择；

市场需求将愈加呈现个性化、多样性，人们将从追求物质功能转向功能艺术化消费，商品竞争力要素将从价格、质量发展到多样性、交货期和售后服务；科学技术将继续以前所未有的速度突飞猛进，特别是信息、生命、材料以及脑与认知科学领域将取得新的突破，并对经济和社会发展带来革命性的影响。

集成电路将继续遵循摩尔定律以每 18 个月集成度提高一倍、价格降低一半的速度发展（图 1-15）；

光纤技术也将以每 21 个月推出一代新光缆的速度发展，太字节（Terabyte）级的超级宽带网以及新的通信制式将进一步改变网络通讯的现有格局；