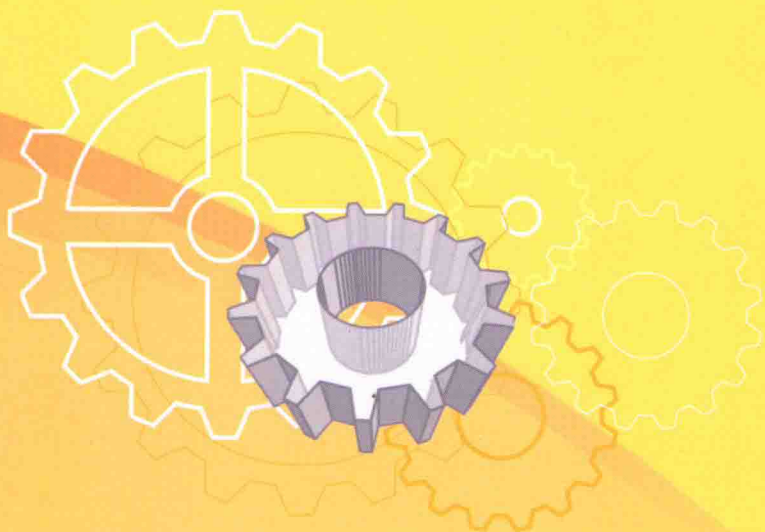




25 精工造物

丛书主编 李建中

丛书副主编 谈朗玉 李大东 张令朝

本卷主编 李济顺

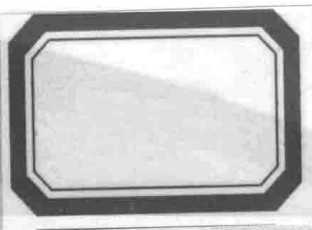


KEPU TONGJIAN
JINGGONG ZAOWU



编辑短信 8080 发送至 10086
中国移动手机阅读 同步发行

 中国科学技术出版社
 河南科学技术出版社

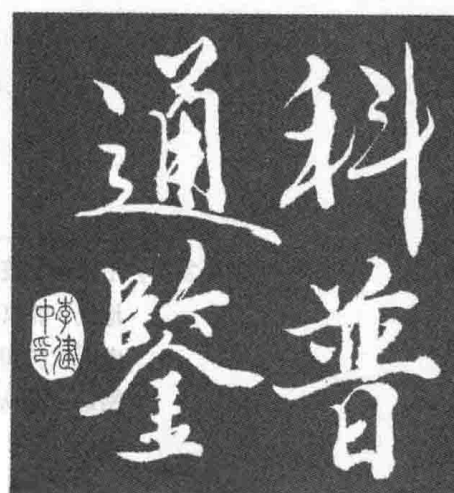


25 精工造物

丛书主编 李建中

丛书副主编 谈朗玉 李大东 张令朝

本卷主编 李济顺



KEPU TONGJIAN
JINGGONG ZAOWU

 中国科学技术出版社

 河南科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

精工造物 / 李济顺主编. — 郑州: 河南科学技术出版社, 2013. 10
(科普通鉴/李建中主编)
ISBN 978 - 7 - 5349 - 6585 - 2

I. ①精… II. ①李… III. ①机械制造工艺 - 普及读物 IV. ①TH16 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 229528 号

出版发行: 中国科学技术出版社

地址: 北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮编: 100081

电话: (010) 62106522

网址: www.cspbooks.com.cn

河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 李喜婷 冯 英

统筹编辑: 尚伟民 蒋云鹏 徐 涛

责任编辑: 张 恒

责任校对: 柯 姣

封面设计: 赵 钧

版式设计: 赵玉霞

责任印制: 朱 飞

印 刷: 郑州金秋彩色印务有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12.25 字数: 199 千字

版 次: 2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系并调换。

《科普通鉴》丛书

主 编 李建中

副主编 谈朗玉 李大东 张令朝

《科普通鉴·精工造物》编委会

主 编 李济顺

副主编 任小中 马 伟 贾现召

委 员 （按姓氏音序排列）

贾现召 李济顺 马 伟 任小中

武家欣 张世兵

序

科技是人类智慧的伟大结晶，创新是文明进步的不竭动力。

回首文明历程，是科技之光涤荡了人类历史上蒙昧的阴霾，是科技之火点燃了人类心灵里求知的火焰，是科技之灯照亮了人类发展中光辉的前程。科学技术的每一次重大突破，每一项发明创造的诞生，都使人类对客观世界的认识发生质的飞跃，都使人类改造世界的能力得到革命性的提升。18 世纪后的几百年，是科学技术突飞猛进的历史时期。数学、物理、化学、天文学、地学和生物学等各个领域的研究均取得了空前成就，并引发了一次又一次重大理论革命，其中，最具划时代意义的莫过于牛顿力学、相对论和量子力学的创立。与此同时，深刻改变人类生存状态和生产、生活方式的发明创造也纷纷问世。在不计其数的发明、发现中，蒸汽机、电话、火车、汽车、医用 X 光片、青霉素、DNA 双螺旋结构、火箭、阿波罗 10 号太空舱、计算机等无疑是改变世界的重大发明、发现与创造。

放眼新的世纪，科技已经成为推动经济社会快速发展的主导力量和创造社会财富的主要源泉，成为国家间、区域间竞争的核心和推动未来发展的决定性力量。为了在竞争中取得优势地位，各国、各地区，特别是发达国家及地区都高度重视科技创新和发展。在此背景下，全球创新浪潮此起彼伏，科技发展日新月异，创新成果大量涌现。人类

基因组序列图完成、细胞重新编程技术、人类最早祖先确定、宇宙存在暗物质的猜想被证实、干细胞研究的新进展、纳米技术研究的新突破、欧洲强子对撞机启动、人类探测器创最远纪录和七大数学难题之一——庞加莱猜想被证明等被认为是近十年来取得的最具科学价值，并可能对人类生存与发展产生重大影响的重大科技成就。

在人类文明的历史长河中，科学技术虽然得到了空前发展，取得了辉煌成就，但在前进的道路上依然有无数难题等待我们去破解，众多未知世界等待我们去认识。随着人口数量的急剧增加，自然资源的逐渐枯竭和生态环境的日益恶化，人类正面临前所未有的生存挑战和危机。毫无疑问，应对挑战、解决危机，只有依靠科技的不断创新与发展。在可以预见的未来，为了拓展生存空间，提高生存质量，必将掀起一场以信息科技革命为先导、新材料科技为基础、生命科技为核心、新能源科技为动力、海洋科技和航天科技为内拓和外延的新的科技创新浪潮。伴随新一轮科技创新浪潮的到来，新的发明创造也必将与日俱增。有科学家预言，未来百年，人体器官克隆再造、灭绝动物复活、战胜癌症、建造星际飞船和太空电梯等梦想可能变为现实。

当前，亿万中华儿女正在为实现中华民族伟大复兴的“中国梦”而努力奋斗。实现这一百年梦想，关键在于弘扬创新精神，增强创新能力，加快创新步伐，让科技之花在创新中萌芽，在创新中成长，在创新中绽放。

发达国家的经验昭示我们，加快科技创新，提高科技水平，既要依靠科技精英们的刻苦攻关，发明创造，也有赖于公民科学素质的普遍提高。有调查显示，我国公民的科学素质水平较发达国家差距甚大，与走中国特色的自主创新之路、建设创新型国家的要求相去甚远。为尽快提升我国公民的科学素质水平，从2006年起我国启动了旨在推动公民科学素质建设的全民科学素质行动计划，希望到2020年，公民科学素质

在整体上有大幅度提高，达到世界主要发达国家 21 世纪初的水平。

科普图书是展示科学技术的重要窗口，是普及科技知识的重要载体，也是传播科技文明的重要途径。国内外都十分重视科普图书的创作出版。在琳琅满目的科普图书作品中，不乏影响深远的精品力作。这些作品为传播科技文明、普及科学知识做出了历史性贡献。时代在进步，科技在发展。紧跟时代步伐，把握科技动态，繁荣科普创作，不断创作出版符合时代特点、反映当代科技发展水平的科普图书精品，不仅是加强公民科学素质建设，提升公民科学素质的迫切要求，也是科技界有识之士的共同心声。

科学技术协会是新中国科普事业的主要开创者和推动者。在开展公民科学素质建设，提高公民科学素质水平的历史进程中，肩负着重要责任和神圣使命。我们组织编写的这部《科普通鉴》丛书既是履行“责任”和“使命”，也是对科技界有识之士呼声的积极响应。

20 世纪中叶以来，科学技术进入了多科交叉、互为渗透、综合发展的历史时期，形成了学科林立、知识纷繁的新格局。面对浩如烟海的科学世界，如何确定这部书的编写原则和选题范围是应当首先解决的问题。经与有关专家学者反复研究论证，我们确定了“通览科技文明，鉴取创新精粹”的编写原则，并确定从理、工、农、医和高新科技五大领域中选取 26 个公众关注度较高的热点选题，按 26 卷组织编写这部丛书。

面向具有中等以上文化程度的青少年、农民、城镇劳动者、城市社区居民、领导干部和公务员等重点人群，弘扬科学精神，传播科学思想，倡导科学方法，普及科学知识是编写本书的出发点和根本目的。考虑到读者对象年龄、职业、身份的多样性和对知识需求的差异性，本书着重介绍具有基础性、通用性、新颖性和前瞻性的知识，读者可以根据自己的需求或兴趣进行阅读；在阐述方法上尽可能做到重点突

出，脉络清晰，尽可能融入人文精神，体现人文情怀，避免科技知识的简单介绍和罗列；在语言风格上力求文笔流畅，深入浅出，生动活泼，雅俗共赏，以达引人入胜的效果。

选择高水平的主编是编好这部丛书的关键。为此，我们发挥科学技术协会学会众多，学科齐全，人才荟萃，联系广泛的优势，面向省内外征集各卷主编候选人。最后经全面比较，优中选优，确定了各卷主编人选，为本书的编写出版奠定了坚实基础。在此我们谨向为本书主编遴选、编写、出版给予大力支持的河南省医学会、气象学会、农学会、地理学会、地震学会、地质学会、机械工程学会、反邪教协会和省气象局、郑州大学、河南大学、河南农业大学、河南工业大学、河南科技大学、河南中医学院、河南科技学院、河南轻工业学院、《太空探索》杂志社、河南科技报社、河南科技活动中心、中国科学技术出版社、河南科学技术出版社等学（协）会和单位表示诚挚的感谢！

作为一部多达 26 卷的大型科普丛书，其涉及领域广，学科多。在内容上为了尽可能避免交叉重复或矛盾冲突，在体例和语言风格上为了尽可能保持相对统一，我们制订了较为详细的编写方案，对各卷的内容范围和全书的体例风格做了必要界定和规范。但是，由于我们学识水平有限，统筹协调不够，编写时间仓促，加之一些担任主编的同志是首次承担科普类作品的编写任务，缺乏相应经验，所以，虽然付出了大量心血，个别卷仍然存在内容取舍不够得当，语言风格不够生动活泼等问题。这些缺憾，我们将在再版重印时加以修订改进。诚恳希望广大读者对本丛书的修订改进提出宝贵意见和建议，以便再版时提高质量。

河南省科学技术协会主席、党组书记 李建中

2013 年 6 月

目 录

引言 / 001

1 制造技术的影响 / 003

1.1 发展简史 / 003

1.2 制造王国 / 009

1.3 揭开先进制造技术的神秘面纱 / 011

1.4 先进制造技术的特点及发展趋势 / 013

1.5 方兴未艾的我国高端装备制造业 / 017

2 制造技术的灵魂——现代设计技术 / 020

2.1 企业生存和发展的核心 / 020

2.2 层出不穷的先进设计技术 / 027

3 先进制造的基础——制造工艺技术 / 040

3.1 近净成型工艺技术 / 041

3.2 超精密加工 / 045

3.3 微细/纳米加工技术 / 056

3.4 高速加工技术 / 063

3.5 现代特种加工技术 / 067

3.6 数字化增材制造技术 / 075

3.7 生物制造技术 / 085

4 制造自动化技术 / 094

4.1 概述 / 094

4.2 机床数控技术 / 102

4.3 工业机器人 / 124

4.4 柔性制造系统 / 134

5 现代管理技术与制造模式 / 140

5.1 制造资源计划 / 141

5.2 企业资源计划 / 150

5.3 客户关系管理 / 160

5.4 先进制造模式 / 174

结语 / 180

参考文献 / 183

后记 / 186

引言

纵观历史，人类经过了原始社会、农业社会、工业社会等社会阶段，正在步入信息社会。三百多年来，全球机械工业也走过了四个阶段：蒸汽机技术使机械工业由人力制作时代进入机械化时代，电气技术使机械工业由机械化时代进入电气化时代，数控技术正在使机械工业由电气化时代跃升为数字化时代，在不久的将来机械工业将由数字化时代进入智能化时代。每个阶段都有该阶段的中心科学技术。科学家预测，当前信息科学技术是中心科学技术，目前是其发展的高峰期。从 21 世纪 30 年代开始，中心科学技术将逐渐转移到生物科学技术（特别是生命科学技术），而到 21 世纪 70 年代以后，将有可能以认知科学技术为中心，把信息科学技术、生命科学技术和系统科学技术等高新科学技术结合起来，形成智能（认知）科学技术群。随着认知科学的深入研究，人们将逐渐了解人类智能的机制，在此基础上，智能科学技术将会得到充分发展。而制造技术是任何高技术的使能技术和实现技术，只有通过制造技术，科学技术才能从潜在的生产力变成现实的生产力。

21 世纪是新经济的科技时代，将对现代制造与技术的发展产生广泛而深远的影响。曾经是产业革命的先锋和主体的机械科学与技术，必将吸收信息科技、生物科技、智能科技等的最新成果，在交叉、渗透和融合中继续成为推动人类发展进步的主体科学技术。

先进制造技术是由制造技术、电子技术、信息技术、自动化技术、能源技术、材料技术以及现代管理技术等众多技术交叉、融合和渗透而发展起来的，涉

及制造业中的产品设计、加工装配、检测试验、经营管理、市场营销、售后服务、回收处理等产品生命周期全过程，以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活生产，提高对动态多变的细分市场的适应能力和竞争能力为目的的一项综合性技术。

了解制造，认识制造，掌握制造科学的基础知识，进而系统了解先进制造技术的体系结构，包括现代设计技术、先进制造工艺技术、制造自动化技术，以及先进制造模式和现代生产管理技术；了解制造科技“绿色、智能、超常、融合、服务”的发展趋势，可以使我们自觉坚持以信息化带动工业化，以工业化促进信息化，走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少和人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子，为全面建成资源节约型、环境友好型社会而共同努力。

1 制造技术的影响

中国、古埃及、美索不达米亚和古印度等四大文明古国，都是从制造简单的器具开始，使人类从野蛮逐步走向了文明。纵观世界文明史，可以说，没有“制造”就没有人类。恩格斯在《自然辩证法》中讲到：“直立和劳动创造了人类，而劳动是从制造工具开始的。”可以形象地讲，人类的历程是从制造第一把石刀开始的。仅仅几千年的历程，人类的制造能力就发生了翻天覆地的变化。那么，什么是制造？什么是制造技术？什么是制造业？什么是先进制造技术？先进制造技术有哪些特点，它又将向何处发展？本章将揭开先进制造技术的神秘面纱，把大家带入庞大的制造王国。

1.1 发展简史

“神舟八号”飞船与“天宫一号”空间实验站成功交会对接（图1-1），“蛟龙”号载人潜水器（图1-2）突破了7千米的深潜世界纪录，实现了中国人

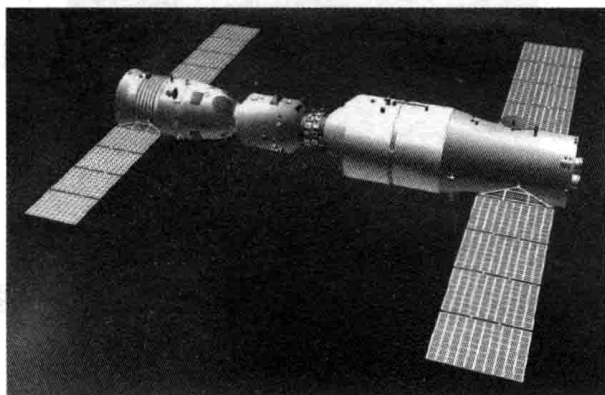


图1-1 “神舟八号”与“天宫一号”交会对接

“可上九天揽月，可下五洋捉鳖”的梦想。这些奇迹的创造依赖于先进制造技术的发展。

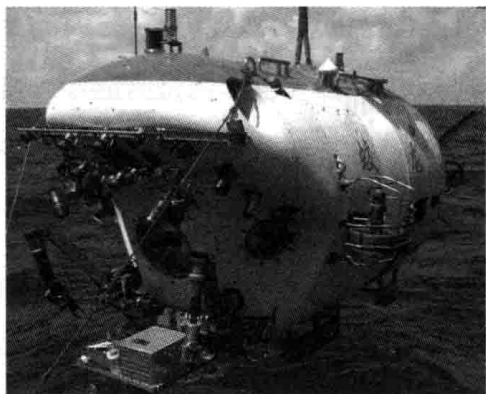


图 1-2 “蛟龙”号载人潜水器

上古时期，中国最重要的制造技术是冶炼术和纺织技术。1939 年在河南安阳武官村出土的商代司母戊青铜鼎（图 1-3），高 133 厘米、长 110 厘米、宽 78 厘米、重 875 千克，是当时世界冶炼技术水平的代表。

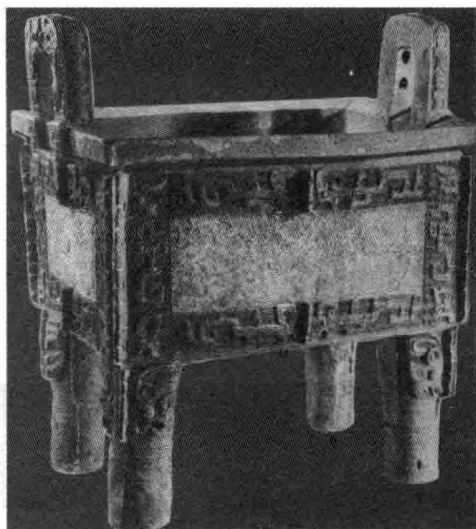


图 1-3 司母戊青铜鼎

中国古代的四大发明（图 1-4）——造纸术、印刷术、指南针和火药，在人类文明的历史长河中起着无与伦比的推动作用。根据不断发现的资料，我国古代在科技方面的成就，已经远远不限于此。

英国科技史学家李约瑟在其巨著《中国科学技术史》的序言中曾这样写道，

中国古代在农业、手工业生产技术中的发明、创造，往往远远超过同时代的欧洲，特别是在 15 世纪之前更是如此。关于这一点，可以毫不费力地加以证明：

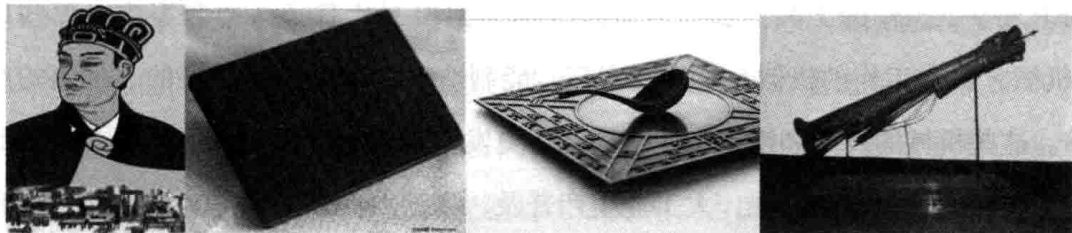


图 1-4 中国古代的四大发明

“虽然亚历山大里亚城的理论家们在机器的分类和描写方面走在别人的前面，但是，古代地中海流域的欧洲人除了发明轮转手磨外，他们贡献出的唯一有价值的机械技术是高转筒车，即后来阿拉伯各地普遍使用的“萨吉雅”。可是，中国人的发明就多了，这些发明在 1~18 世纪期间先后传到了欧洲和其他地区。这里包括：a. 龙骨车；b. 石碾和水力在石碾上的应用；c. 水排；d. 风扇车和簸扬机；e. 活塞风箱；f. 平放织机（它可能也是印度的发明）和提花机；g. 缫丝、纺丝和纽丝机；h. 独轮车，i. 加帆手推车；j. 磨车；k. 拖重牲口用的两种高效马具，即胸带和套包子；l. 弓弩；m. 风筝；n. 竹蜻蜓和走马灯；o. 深钻技术；p. 铸铁的使用；q. 游动常平悬吊器；r. 弧形拱桥；s. 铁索吊桥；t. 河渠闸门；u. 造船和航运方面的无数发明，包括防水隔舱、高效率空气动力帆和前后索具；v. 船尾的方向舵；w. 火药以及和它有关的一些技术；x. 罗盘针，先用于看风水，后来又用于航海；y. 纸、印刷术和活字印刷术；z. 瓷器。我写到这里用了句点，因为 26 个字母都已经用完了，可是还有许多例子，甚至还有重要的例子可以列举。”

我们从以上引文中不难发现，我国古代人民在机械制造方面有很多走在世界前列的发明创造。上面所述的若干成就只不过是其中的一小部分而已，足见中华民族的聪明才智和丰功伟绩。我们应当了解和珍惜这些科学遗产，并使它们发扬光大，永放光彩。

然而，我们必须承认，尽管中国制造业领先于世界十几个世纪，但由于封建制度的束缚，到了近代，中国的制造技术确实落伍了。

(1) 机器代替手工工业革命

18 世纪,从英国开始连续不断地发明了很多神奇的机器,代替了世代使用的个人手工操作的工具。那些力量强大的动力机器代替了人力和畜力;那些以“机械方式”工作的机器,生产效率高,能制造出大批的、质量好的、价廉的产品。这些机械的发展和推广,使人类文明史发生了一次令人惊奇的、令人鼓舞的大变革。大工厂不断涌现,大工业生产普及,生产力大幅度提高,人类的生产和生活方式都发生了翻天覆地的变化。这次变革被称为工业革命或产业革命。

18 世纪,机器(包括汽车)的生产方式是作坊式的单件生产。它产生于英国,涌现了“蒸汽机之父”瓦特、“镗床之父”维尔金森、“标准螺纹之父”惠特沃思、“机床之父”莫兹利等。这些制造技术在 19 世纪先后传到法国、德国和美国,并在美国率先形成了小型机械工厂,使这些国家的经济得到发展,国力大大增强。20 世纪初,各种金属切削加工方法陆续形成,近代制造技术已成体系。

(2) 单件生产方式到大量生产方式的转化

推动这种根本变革的是两位美国人:泰勒和福特。泰勒首先提出了以劳动分工和计件工资制为基础的科学管理,成为制造工程科学的奠基人。福特首先推行所有零件都按照一定的公差要求来加工(零件互换技术),1913 年建立了具有划时代意义的汽车装配生产线,实现了以刚性自动化为特征的大量生产方式,这对社会结构、劳动分工、教育制度和经济发展,都产生了重大的作用。20 世纪 50 年代发展到了顶峰,产生了工业技术的革命和创新,传统制造业及其大工业体系随之建立和逐渐成熟,近代传统制造工业技术体系形成,其特点是以机械-电力技术为核心的各类技术相互联结和依存的制造工业技术体系。

(3) 柔性化、集成化、智能化和网络化的现代制造技术

20 世纪 80 年代以来所产生的现代制造技术沿着四个方向发展:传统制造技术的革新拓展;精密工程;非传统加工方法;制造系统的柔性化、集成化、智能化和网络化。

(4) 以绿色、智能、超常、融合和服务为特征的先进制造技术

进入 21 世纪,全球进入空前的创新密集和产业变革时代,新技术革命的步伐加快,科技创新日新月异,信息化、知识化、现代化、全球化发展势不可挡。