



教育部高职高专规划教材

工程材料 及其成型

(机械类及近机械类各专业适用)

曾宗福 主编



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

工程材料及其成型

(机械类及近机械类各专业适用)

曾宗福 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工程材料及其成型/曾宗福主编. —北京:化学工业出版社, 2004. 6

教育部高职高专规划教材(机械类及近机械类各专业适用)

ISBN 7-5025-5739-3

I. 工… II. 曾… III. 工程材料-成型-高等学校: 技术学院-教材 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 059539 号

教育部高职高专规划教材

工程材料及其成型

(机械类及近机械类各专业适用)

曾宗福 主编

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 颜克俭

责任校对: 李 林

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 25 1/2 字数 629 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5739-3/G · 1509

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分,改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

高等职业技术教育在我国兴起于20世纪80年代初,现已如雨后春笋正在全国各地蓬勃发展。高等职业技术教育是我国高等教育改革和发展的必然产物,是我国高等教育不可缺少的重要组成部分。为了适应21世纪高等职业技术教育的发展需要,特别是适应我国加入WTO后的新形势,更好地满足当前高职高专教学工作的需要,我们组织了部分职业技术学院的教师编写了这本高职高专机械类及近机械类专业的《工程材料及其成型》教材。

本教材适用于高职高专教育机械类、近机械类各专业,如机械设计及制造、机械制造及自动化、机电一体化、机电技术应用、模具设计及制造、汽车拖拉机制造、精密机械设计及制造等专业及其他近机械类专业。本教材也可作为职工大学、夜大学、函授大学等专科层次的机械类及近机械类各专业的教学用书。

高等职业技术教育是与经济建设和社会发展关系最为密切的高等教育,也是与传统的学科型的高等教育不同的另一种类型的新型高等教育。高等职业技术教育是“培养拥护党的基本路线,适应生产、建设、管理、服务第一线需要的,德、智、体、美等方面全面发展的高等技术应用性专门人才”。因此,本教材内容的编写,本着理论上以应用为目的,以“必须”、“够用”为度,不求系统性;力求体现高等职业技术教育的特色,注意与生产实践相结合;同时要适当扩大学生的知识面,注意与人文素质教育相结合,并为学生的继续教育和终身教育打下一定的基础。此外,为了便于学生熟悉专业英语词汇,书中第一次出现专有名词时,注出了相应的英文词汇。

参加本书编写工作的人员及分工如下:绪论、第一章、第六章、第八章、第九章、第十二章由曾宗福副教授、高级工程师编写;第二章、第四章、第七章由叶明生副教授、高级工程师编写;第三章由刘金秀讲师编写;第五章、第十三章、第十五章由邹茜茜讲师编写;第十章、第十一章、第十四章由李世伟副教授编写。全书由曾宗福担任主编,叶明生、邹茜茜担任副主编。

本书上篇由于宗保副教授担任主审,参加审稿工作的有张金庆副教授;下篇由孙成通副教授担任主审,参加审稿工作的有陆文灿副教授。他们认真、仔细地审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵的意见和好的建议,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,诚恳希望专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2004年4月于南京

目 录

绪论	1
第一节 引言	1
第二节 《工程材料及其成型》课程学习的目的、内容和方法	3
第三节 材料和机械制造业发展简史	5

上篇 工程材料

第一章 工程材料的性能	10
第一节 工程材料的力学性能	10
第二节 工程材料的物理性能	19
第三节 工程材料的化学性能	22
第四节 工程材料的加工工艺性能	24
本章小结	25
思考题	26
习题	26
第二章 材料的组织结构及铁-碳合金相图	27
第一节 金属的组织结构	27
第二节 合金的相结构	33
第三节 铁-碳合金相图分析	35
第四节 铁-碳合金成分对组织和性能的影响	43
第五节 高分子材料的结构	46
第六节 陶瓷材料的结构	49
本章小结	51
思考题	52
习题	52
第三章 钢的热处理	53
第一节 钢在热处理时的组织转变	53
第二节 钢的整体热处理	60
第三节 钢的表面热处理	66

第四节 热处理零件的结构工艺性与工序	69
第五节 钢的热处理新工艺	74
第六节 材料的表面处理	75
本章小结	79
思考题	80
习题	80
第四章 工业用钢	81
第一节 合金元素对钢性能的影响	81
第二节 钢中常存杂质元素对其性能的影响	87
第三节 钢的冶金质量缺陷	88
第四节 钢的分类与牌号	91
第五节 结构钢	94
第六节 工具钢	103
第七节 特殊性能钢	110
本章小结	115
思考题	116
习题	116
第五章 铸铁	117
第一节 铸铁的石墨化	118
第二节 普通灰铸铁	120
第三节 球墨铸铁	123
第四节 其他铸铁	125
第五节 铸铁的热处理	128
本章小结	131
思考题	131
习题	131
第六章 非铁金属	132
第一节 铜及铜合金	133
第二节 铝及铝合金	140
第三节 钛及钛合金	146
第四节 镍及镍合金	151
第五节 轴承合金	153
本章小结	155
思考题	156
习题	156
第七章 非金属材料	157
第一节 高分子化合物的基本概念	157

第二节	高分子材料的性能	159
第三节	常用工程塑料	164
第四节	橡胶材料	167
第五节	其他高分子材料	172
第六节	工业陶瓷	178
第七节	粉末冶金材料	182
第八节	复合材料	184
本章小结		189
思考题		190
习题		190
第八章	新型工程材料	191
第一节	新型结构材料	191
第二节	功能材料	196
第三节	纳米材料	208
本章小结		213
思考题		213
习题		213
第九章	工程材料的选用	214
第一节	机械零件的失效	214
第二节	机械零件材料的选择	216
第三节	典型机械零件的选材	218
第四节	材料的选用与可持续发展	223
本章小结		227
思考题		227
习题		227

下篇 工程材料成型

第十章	金属材料的铸造成型	230
第一节	概述	230
第二节	金属材料的铸造性能	231
第三节	砂型铸件的结构工艺性	237
第四节	铸造工艺图设计	239
第五节	特种铸造	245
本章小结		250
思考题		251
习题		251

第十一章 金属材料的锻压成型	252
第一节 概述	252
第二节 自由锻造	256
第三节 模型锻造	263
第四节 板料冲压	266
本章小结	270
思考题	271
习题	271
第十二章 工程材料的焊接和胶接	272
第一节 概述	272
第二节 电弧焊	274
第三节 其他熔化焊工艺简介	280
第四节 压力焊和钎焊	285
第五节 常用金属材料的焊接	289
第六节 焊接件的结构工艺性	296
第七节 胶接	303
本章小结	307
思考题	308
习题	308
第十三章 金属材料的切削成型	310
第一节 金属材料切削成型基础	310
第二节 金属材料切削成型的工艺特点	320
第三节 金属切削机床简介	328
第四节 车床及车削加工	332
第五节 铣削加工与磨削加工	335
第六节 钻削加工与镗削加工	340
第七节 刨削加工、插削加工与拉削加工	343
第八节 金属零件特殊面加工	346
第九节 特种加工	352
本章小结	354
思考题	355
习题	355
第十四章 机械零件的切削加工工艺	356
第一节 机械零件切削加工工艺过程	356
第二节 机械零件的结构工艺性	367
本章小结	372

思考题.....	372
习题.....	372
第十五章 非金属材料的成型	374
第一节 塑料的成型.....	374
第二节 橡胶材料的成型.....	380
第三节 陶瓷材料和粉末冶金材料的制备工艺.....	382
本章小结.....	387
思考题.....	387
习题.....	387
附录	388
附录 1 各种硬度值对照表.....	388
附录 2 常用材料的密度.....	388
附录 3 国内外常用钢号对照表.....	389
附录 4 常用钢的临界点.....	391
参考文献	393

绪 论

第一节 引言

人类的周围到处都是材料，它们不仅存在于人类的现实生活之中，而且还扎根于人类的文化和思想领域。从人类历史的进程来看，人类由石器时代进入青铜器时代，生产力产生了一次飞跃；进入铁器时代，生产力又得到了迅猛发展。制造业则是将原材料转化为物质产品的行业。今天，在一个国家的企业生产力构成中，制造业的生产总值占国内生产总值的20%~55%，已经成为现代国民经济和综合国力的基础和重要支柱。

一、工程材料及机械制造与社会主义现代化建设

马克思主义认为，物质资料的生产，是人类赖以生存和发展的基础。在古代，人类通过长期的生产实践活动，创造了各种劳动工具和机械，增强了同大自然斗争的本领，发展了生产，推动了社会的发展和进步。自18世纪60年代英国工业革命以来，世界各国都先后大量采用机器生产，生产力得到了迅速发展。现代化的机器生产，是生产力高度发展的重要标志。机械工程的含义极为广泛，它包括材料、设计和制造三个方面；而现代化的机械制造业，则是现代工业、现代农业、现代国防和现代科学技术的基础，也是人类文明的基础。

新中国成立后建立起了完整的科研体系和现代工业体系。材料工业和机械制造业有了很大发展。党的十一届三中全会以来，“把全党工作的着重点和全国人民的注意力转移到社会主义现代化建设上来”，提出了实现社会主义现代化建设分三步走的战略目标。实现四个现代化，就是大量采用先进技术，广泛使用技术先进的高效能的现代化机器进行生产，实现生产过程的机械化和自动化，大大地提高劳动生产率和产品质量，大大地促进国民经济的飞速发展。广泛使用机器生产，并对生产进行严格的分工与科学管理，有利于实现产品的标准化、系列化和通用化；有利于国民经济持续、高速、稳步地发展和繁荣；有利于增强综合国力；也有利于逐步消灭脑力劳动和体力劳动之间的差别、城市和乡村之间的差别。到2000年我国已经实现了社会主义现代化建设的前两个战略目标，人民生活总体达到小康水平。2003年我国国内生产总值（GDP）达到116694万亿元，人均突破1000美元^①，跨上了一个新的台阶。我国已经基本能提供满足国民经济各行各业及科学研究所需要的各种性能的材料和制造各种用途的机械设备。

现代化生产和科学技术的日益发展，对于材料和机器，在产品的品种上、数量上和质量上都提出了更新更高的要求，同时也为材料工业和机械制造业的发展开辟了更广阔的途径。现代社会物质文明的高度发展，首先要归功于制造业的进步。只有机械制造业

① 国家统计局，2003年国民经济和社会发展统计公报（2004年2月26日），www.stats.gov.cn/tigb。

才能够为国民经济各部门、为国防和科学研究提供技术装备；机械制造业在为社会创造大量物质财富的同时，也创造了巨大的经济利益，在国民经济中起着举足轻重的作用。因此，从某种意义上讲，机械制造业是促进国民经济发展、全面建设小康社会以及实现工业、农业、国防和科学技术现代化的基础和保证。机械制造业将为我国的社会主义现代化建设做出重要贡献。

二、材料在社会发展中的地位和作用

材料在人类历史发展进程中的地位人所共知，材料是人类生产和生活以及社会发展进步所必须的物质基础，材料的使用情况是衡量人类社会文明发展水平的主要标志。因此，历史学家把人类的历史按人类所使用的材料种类划分为石器时代、青铜器时代和铁器时代等。材料的使用和发展情况，构成了人类文明历史的里程碑。

材料的发展从低级到高级、从简单到复杂、从天然到合成，表明了材料的发展历程。由图 0-1 可以看出，20 世纪中期是金属材料的黄金时代。目前，人类仍处在金属材料时代，虽然高分子材料、无机非金属材料的使用量与日俱增，但在可以预见的时期内，不会改变这种状况。今后的发展趋势是人工合成材料将得到大发展，21 世纪将成为以金属材料为主体，金属材料与非金属材料、复合材料、纳米材料共存的时代。

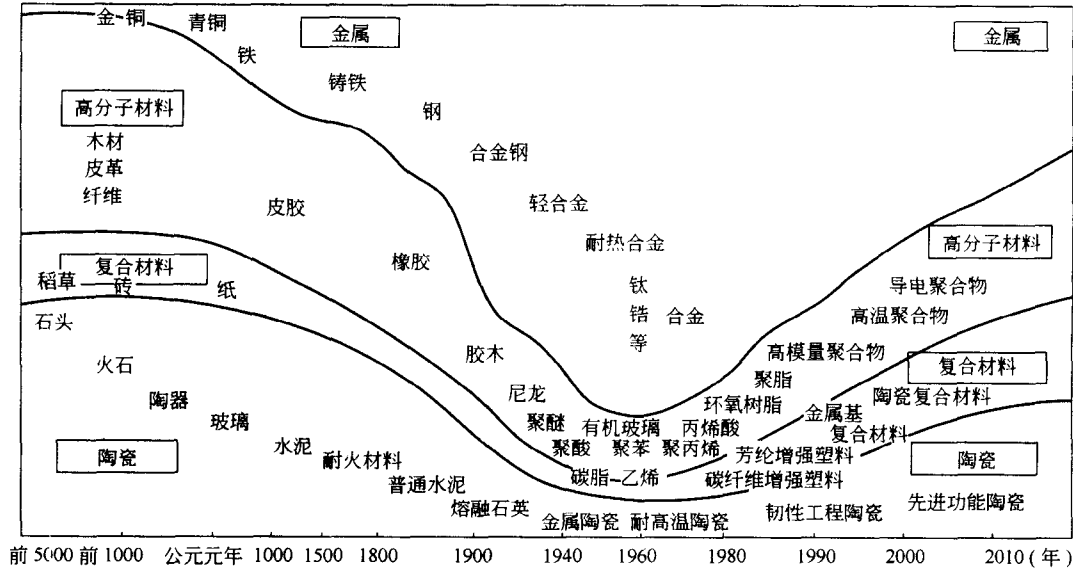


图 0-1 各类材料发展的历程
(这是相对重要性的示意图，时间坐标为非线型)

在今天，从日常生活用品、家用电器到高新技术产品，从简单的手工工具到技术复杂的人造卫星、宇宙飞船、机器人，都是用不同品种、不同性能的材料制造零件（元件），再组合（装配）而成的。优质的机械产品是优良的设计、合理的材料和正确的制造这三者的最佳整体配合，设计是前提，材料是基础，制造是手段。材料为各种产品提供必要的基本功能，是产品质量的重要保证。不难想像，没有钢铁材料，就不会有疾驰的火车和远航的巨轮；没有铝等轻金属材料，飞机就难以飞上蓝天；没有金、银、铜、铝等良导体材料，就难以制造出大规模集成电路和计算机，就不会有输电线路和发电设备，我们也就不能享受利用电能的

现代文明生活。20 世纪后期,材料、能源和信息已经成为现代科学和现代文明的三大支柱,而在这三者之间,材料又是最重要的基础。材料不仅对人们的日常生活,而且对国家的繁荣昌盛和安全都起着举足轻重的作用,并成为衡量一个国家科学技术与经济发展水平及综合国力的重要标志之一。据 1972 年美国国家科学院的白皮书报告,全美国科技人员中,有 25% 从事材料问题的研究,另外还有 25% 则以某种形式参与材料的研究;1986 年《科学美国人》杂志在专期讨论关于材料研究的文章中指出:“材料科学的进展决定了经济关键部门增长率的极限范围”;1990 年,美国总统科学顾问更加明确地指出:“材料科学在美国是最重要的科学。”美国的许多技术问题是通过开发新材料来解决的,最突出的例子就是高性能飞机。在全球范围内,新材料技术是高科技发展的关键,常被视为高新技术发展的突破口。

总之,材料是现代工业、现代工程建设的基础,特别是机械、电子、电气、化工、船舶、交通、建筑、国防、原子能、航空航天等工业的发展,更迫切地要求发展材料科学、发展新材料和新的加工工艺技术。

三、机械制造技术在社会发展中的地位 and 作用

制造业通过系统的制造活动,将原材料变成各种产品提供给社会。产品制造全过程中所存在的物流(主要是由原材料到产品的有形物质的流动)、信息流(主要是产品设计等)及能量流,构成了整个制造系统。制造业是促进国民经济发展和实现四个现代化的基础产业,而制造技术则是现代制造业发展的基础、核心和强大后盾。没有先进的制造技术的支持,就没有发达的制造业。这就是说,仅仅只有优良的设计和性能良好的材料,而没有先进的机械制造技术,同样不会有疾驰的火车和远航的巨轮、遨游太空的人造卫星和飞船、大规模集成电路和计算机,我们也同样谈不上享受利用电能的现代文明生活。先进的制造技术可以使一个国家的制造业乃至国民经济具有强大的竞争力,而忽视制造技术的发展,将会导致制造业的萎缩和国民经济的衰退。1997 年爆发于东南亚的亚洲金融危机,究其深层原因,还是这些国家缺少先进的制造技术,制造业不发达,国民经济基础不坚实。

随着科学技术的进步,机械制造技术也在不断地发展,并受到诸多因素的挑战。例如,蒸汽机和电力的革命,形成了基于大批量生产的制造技术;同样,现代电子技术、计算机技术、信息技术也使传统的制造技术有了飞跃的发展和革命性的变化。信息技术向制造技术的注入和融合,促进着设计技术的现代化、加工制造的精密化和快速化、自动化技术的柔性化和智能化、制造过程的网络化和全球化,促进着制造技术不断发展。现代制造技术正向着高精度、自动化和集成化的方向发展。微米技术、亚微米技术已在航空航天领域、微电子产品加工领域得到广泛应用。计算机辅助设计与制造、数控加工技术、柔性制造系统、计算机集成制造系统等一系列制造技术加速了新产品开发,并适应了多品种并批量生产的模式。

第二节 《工程材料及其成型》课程学习的目的、内容和方法

《工程材料及其成型》是机械类专业和近机械类专业的一门重要的专业基础课。它以已经学习过的《大学物理》、《普通化学》、《机械制图》、《工程力学》等课程及《金工实习》课为基础。特别是《机械制图》课,使读者具有相应的读图能力和绘制简单机械图样的能力;《金工实习》课使读者对机械工程材料及机械零件制造过程及相关设备有了必要的感性认识。

一、学习《工程材料及其成型》课程的目的和要求

机械工程技术人员，特别是处于机械产品的生产（含维修）、管理第一线的人员，掌握必要的机械工程材料方面和机械制造方面的基本知识，是非常必要的。学习《工程材料及其成型》课程有两个方面的目的。

一是为学习后续课程和专业课奠定基础，为从事专业工作创造必要的条件。

二是学习《工程材料及其成型》课程，有助于提高学生分析问题和解决问题的能力，也就是提高学生的综合素质。

通过《工程材料及其成型》课程的学习，使学生对机械产品的材料和制造活动有一个总体的了解，了解各种常用材料的性能和各种机械加工方法的基本知识，达到以下基本要求。

- ① 了解工程材料的种类、成分、组织、性能、改性等基本知识。
- ② 初步具备合理选择和使用工程材料的能力。
- ③ 了解工程材料成型的基本原理、工艺特点和应用，正确选择机械零件的成型方法。
- ④ 了解机械零件设计中的结构工艺性问题。

二、《工程材料及其成型》课程学习的内容

前已述及，机械工程包括设计、材料和制造三个方面。《工程材料及其成型》课程学习的内容包括工程材料和材料成型（即机械制造）两部分，而机械设计的问题将在《机械设计基础》中研究。

工程材料是指在工程（结构、零件、工具等）上使用的固体领域中的材料。在工程材料部分，将介绍工程材料的组织结构和各种性能等基础理论知识，常用的钢铁材料、非铁金属材料和非金属材料的基本知识、性能和应用以及工程材料的选用等。

在工程材料成型加工部分，也就是机械制造部分，主要介绍机械产品常用的机械加工方法，也适当介绍金属切削过程及其基本规律，机床、刀具的基本知识，机械产品的切削生产过程和生产活动的组织等。

三、《工程材料及其成型》课程的学习方法

本课程内容的特点是实践性很强，在学习过程中要采用与之相适应的学习方法。

首先，要重视实践性教学环节。《工程材料及其成型》是一门实践性很强的课程，没有足够的实践基础，对材料性能和机械制造工艺知识很难有准确的理解并真正掌握。所以，在学习本课程之前，必须先参加金工实习，具有一定的感性认识；在学习本课程中，要注意理论联系实际，认真做好材料性能实验，加深对课程内容的理解，在学习本课程后，还应参加相关的操作技能实际训练，切实掌握好有关的理论知识和实践知识。

其次，要注意运用辩证唯物主义的观点和方法。鉴于本课程的特点，在学习本课程时，要注意运用辩证唯物主义的观点和方法，认真理解基本概念，并通过教师所举实例、思考题和习题予以巩固，提高分析问题和解决问题的能力，切忌死记硬背、生搬硬套地被动学习。

第三，认真做好课程的复习工作。在学习过程中，在学习本课程的后面内容的同时，要适时复习本课程已学过的相关内容；在学习本课程的同时，要适时复习先修课程的相关内容。只有这样，才能使整个学习内容前后融会贯通。

最后,要善于做好学习内容的阶段总结。对学习内容总结的过程,就是将厚书变成薄书的过程,更是复习、归纳、提高的过程,并且也有助于对知识的记忆。

我们相信,只要有认真的学习态度,注意不断改进学习方法,尽快适应《工程材料及其成型》课程的特点,就一定能有一定的收获。

第三节 材料和机械制造业发展简史



马克思主义认为,“社会发展史首先便是生产发展史,数千百年来新陈代谢的生产方式发展史,生产力和人们生产关系的发展史”。^①科学技术的发展推动了生产的发展,而材料和机械制造技术的产生和发展,与社会生产力和社会文明的发展有着密切联系。

一、材料和机械制造的起源与我国古代科学家的贡献

从古猿到原始人类,石器一直是主要的工具,利用石片作为切割刀具。据考古发现,有着五千多年悠久历史的中华民族,在新石器时代晚期就开始使用天然金属。约公元前 3000 年甘肃东乡马家窑文化的青铜刀,是我国迄今为止发现的最早的青铜器。4000 多年前我们的祖先就已经开始使用天然存在的纯铜,殷商时代青铜冶炼与铸造技术已有较高的水平,用青铜制作各种工具、器皿、兵器和装饰品,并创造出了灿烂的青铜文化。1939 年在河南安阳武官村出土的祭器司母戊大方鼎,是商代的大型青铜铸件之一,其体积庞大,鼎的质量为 875kg,花纹精巧,造型精美。战国时期的制剑技术已相当高明,越王勾践的宝剑至今还十分锋利。春秋(前 770—前 476)战国(前 475—前 221)时期,我国人民还总结了青铜的成分与性能和用途之间的关系,并在《周礼·考工记》中有科学论述,这是世界上最早的关于金属材料合金化工艺的总结。而在公元前 2800 年,美索不达米亚才出现锡青铜。

铁器时代是人类极为重要的时代。约从公元前 7 世纪(春秋时期)开始,我国就大量使用铸铁制造农具,促进了农业的发展,同时还大量用于制造军事装备,比欧洲要早 1800 多年。春秋末期炼生铁的技术日臻完善,并发明了生铁经退火制造韧性铸铁,后来又发展了钢的生产技术。从西汉(前 206—公元 23)到明朝(1368—1644),我国的钢铁生产技术、热处理技术,都达到了相当高的水平。西汉司马迁(前 145—?)的《史记·天官书》、东汉班固(32—92)的《汉书·王褒传》等科学史书中都有这方面的详细记载与论述。在新石器时代的仰韶文化和龙山文化时期,我们的祖先最早使用了火烧制陶器,但烧成温度较低,制品的强度较差,在殷周时期发明了彩陶。到东汉时期(25—220)又出现了瓷器,并在公元 9 世纪开始向世界传播,瓷器的发展对人类文明产生了极大的影响,已成为中国古代文化的象征。6000 年前的西安半坡人在建筑住屋时就在泥土中加入麦草,这也是世界上使用最早的复合材料。在距今 4000 多年的夏朝(约前 21 世纪—约前 16 世纪),开始出现了漆器,战国时的著作《韩非子》中记述,舜和禹最先发明了漆器。漆器是以丝、麻等天然纤维作为增强材料,用大漆即天然树脂作为胶黏剂制成的复合材料。

考古发现,西安秦(前 221—前 207)陵出土的青铜马车,零件多达 3000 多个,并已有变截面的辐条、车轴和加强筋等结构,说明当时对零件的受力、结构及制造工艺等问题的研究已达到相当的水平。最早关于齿轮的记载是公元前 152 年,20 世纪 50 年代还出土了秦代

^① 斯大林:《辩证唯物主义与历史唯物主义》,载《列宁主义问题》,人民出版社,1953 年版,第 802 页。

的金属铸造的人字齿轮。在湖南衡阳出土的东汉时期的人字齿轮，已经制造得相当精致。而西方知道采用人字齿轮，还是近百余年的事。北宋（960—1127）科学家沈括（1031—1095）所著《梦溪笔谈》，记载有“自动木人抓老鼠”的故事。故事“人物”木刻钟馗，能左手扼鼠，右手持铁简毙之，身高3尺，动作灵巧。这实为我国古代对机器人的研究。在青铜器时代，已经出现了金属切削加工的萌芽，明代我国已经具有多种简易的切削加工设备，1668年我国曾经应用直径近2丈的嵌齿铣刀，由牲畜带动旋转，用以加工天文仪器上的铜环。元代（1206—1368）大科学家郭守敬（1231—1316），在天文及机械等方面都有卓越的成就，为了编制历书，创造了简仪、候极仪等13种当时较精密的天象观测仪器。明代的机械科学家王征著的《诸器图说》和《远西奇器图说》是我国机械科学最早的专著；宋应星（1587—1661）的《天工开物》一书，是总结我国农业和手工业制造技术的重要科学文献，其中有钢铁及非铁金属的生产技术和热处理技术，如冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、淬火等各种工艺技术及方法，它是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一。

总之，进入漫长的封建社会后直到明朝，生产力发达的程度处于世界的领先地位，我国的材料科学和机械制造技术已有相当大的成就，在材料的生产和使用、机械制造技术方面，直到17世纪，我国还一直处于领先地位，并造就了许多杰出的科学家。

二、工程材料和机械制造业的发展时期

欧洲从15世纪文艺复兴之后，商业资本开始发达，手工业、航海业和军事工业都得到了空前的发展。自英国发明家瓦特（James Watt, 1736—1819）发明蒸汽机以来，促使欧洲发生了产业革命，大大推动了材料科学和机械制造技术的发展。

1863年第一台光学显微镜问世，使人们步入材料的微观世界；1912年出现了X射线及其衍射技术，并开始被应用于晶体微观结构的研究；1932年电子显微镜的发明及其分析技术的出现以及后来出现的各种先进分析工具，使人们的认识能力进入了微观世界的更深层次，大大推动了金属材料的研究与发展。

自19世纪中叶的转炉炼钢和平炉炼钢开始，19世纪末的电弧炉炼钢和20世纪中叶的氧气顶吹转炉炼钢及炉外精炼技术，使钢铁工业实现了现代化，目前钢铁材料的生产技术已经非常完备。19世纪80年代发电机的发明，实现了电解法提纯铜，并用熔盐电解法得到廉价的铝，使铝成为仅次于铁的第二大金属；此外，金、银、钛、镁、钼、钨等其他非铁金属也陆续实现工业化生产。19世纪末出现了新型的高速工具钢、高锰钢、镍钢和铬不锈钢，并在20世纪后半半个世纪发展为门类众多的合金钢体系；与此同时，铝合金、镁合金、铜合金、钛合金和难熔金属及其合金等，也先后实现了工业生产。

20世纪以来，高分子材料的发展很快。1907年第一座小型酚醛树脂厂建立，1927年前后热塑性聚乙烯塑料产品出现并逐步商品化。德国物理化学家斯陶丁格经过近10年的研究发现，人们早已使用的树木、皮毛、丝、棉和麻等材料，同实验室中合成的高分子物质的结构相同。在1928年的一次学术会议上斯陶丁格宣布他的研究结果时，却遭到多数同行的反对。又经过两年的实验，得到更为令人信服的实验结果。1953年斯陶丁格被授予诺贝尔化学奖。现在已经有上千种塑料、合成橡胶、合成纤维被广泛地应用在我们的衣、食、住、行中。复合材料中应用比较早的是玻璃纤维增强的树脂材料。1946年美国海军开始拥有一艘玻璃纤维聚酯增强塑料的扫雷艇，可以不受磁性水雷的威胁。在发展高性能金属材料的同时，还发展和应用了高性能的非金属材料 and 复合材料，并正在研

究和发展纳米材料。

瓦特蒸汽机经过一系列改进,1785年在棉纺织业、食品加工业、木器加工业等行业应用,并带动了钢铁工业、机械制造业的发展。1806年,美国发明家富尔顿在纽约建造了第一艘蒸汽轮船“克勒蒙特号”。1814年,英国建造了世界上第一台可实用的蒸汽机车。1829年,世界上出现了第一台渐开线齿轮插齿机,解决了大批量生产齿轮的问题,促进了各行各业的发展。1908年3月19日,亨利·福特公司推出了首批T型车,并使大多数的机床实现了自动化。1961年世界上第一台工业机器人的诞生,显示了它强盛的生命力。进入21世纪以来,随着电子、信息等高新技术的不断发展,现代制造技术信息化、设计技术现代化、精密制造、成型制造和绿色制造是制造技术的发展方向。

三、我国近代的材料工业和机械制造技术发展概况

19世纪后期,西方各国由于经济、军事、科技的飞速发展,殖民主义势力日益猖獗。由于我国长期处于封建社会,尤其是清政府的闭关锁国政策,束缚了生产力的发展和科学技术的进步。自1840年鸦片战争以来,清政府腐败无能,于1842年8月29日同英国政府签订了丧权辱国的《中英江宁(南京)条约》。从此,各帝国主义列强接踵而来入侵,使我国逐渐沦为半殖民地半封建社会。此时的中国,内忧外患,根本谈不上发展自己的科学技术,更没有自己独立的材料工业和机械制造业,直至20世纪上半世纪。

新中国成立半个多世纪以来,我国的科学技术事业和国民经济建设都进入了一个崭新的历史时期,建立起了门类齐全的现代工业体系,材料工业和机械制造业得到了空前的发展,现代化建设成就日新月异。2003年,我国钢铁产量超过2.22亿吨^①,已稳居世界首位,产品的品种和规格与发达国家的差距,正逐步缩小;非铁金属的产量也达到1205万吨^②;我国一直把材料的研究和开发放在重要的位置,我国的材料科学研究已跻身于世界前列;我国的玻璃纤维及其复合材料的研究从20世纪50年代开始,很快应用在造船、电子、航天等事业上。进入20世纪90年代以后,在八五“国家科技攻关计划”、高新技术发展的“863计划”、“973计划”及基础研究中,都对材料研究高度重视。在全球性的纳米“世纪之战”中,我国抓住了机遇,纳米材料和纳米技术的部分领域处于世界领先水平。

我国已经能制造工业、农业、国防和科学研究所需要的各种装备,国产的汽车和火车奔驰在祖国大地,国产的飞机翱翔在祖国的蓝天,国产的巨轮正驶往世界各地,国产的舰艇巡逻在祖国的海疆,几十座大桥横跨长江黄河将“天堑变通途”,爆炸了原子弹和氢弹,发射了几十颗人造卫星,载人宇宙飞船成功遨游太空并返回地面,自行设计建造的原子能电站正在源源不断地输送电力,世界瞩目的长江三峡水电站已经开始输送电力。

我国材料科学和机械制造技术的飞速发展,为国民经济的高速、持续、稳步发展提供了可靠的保证。我国的综合国力进一步增强,国际地位进一步提高,1997年7月1日和1999年12月20日先后顺利完成了香港和澳门回归祖国的伟大事业。

历史和现实告诉我们:没有高度人文素质的民族,将丧失民族精神,必然亡国;没有高度科学技术的民族,是愚昧的民族,必然落后挨打。我们正在全面建设小康社会,共同创造我们的幸福生活和美好未来。我们坚信,在党的十六大精神的鼓舞下,在党中央的领导下,我们一定能把伟大的祖国建设成为富强、民主、文明的社会主义现代化国家。

^{①②}国家统计局,2003年国民经济和社会发展统计公报(2004年2月26日),www.stats.gov.cn/tigb。