

高等院校机电类 工程教育 系列规划教材

机械制造装备设计

■ 主 编 马宏伟

■ 副主编 于 洋

→ **机械制造装备设计**：为了适应工程应用型人才培养的要求，本书在编写过程中紧密结合“机械设计制造及其自动化”专业教学指导委员会推荐的指导性教学大纲和教学计划，充分吸收国内外最新成果，融基础理论、工程实例、经验总结于一体，力求做到实用性、系统性和先进性。详细内容请见目录>>>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等院校机电类工程教育系列规划教材

机械制造装备设计

主 编 马宏伟

副主编 于 洋

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

为了适应工程应用型人才培养的要求,本书在编写过程中紧密结合“机械设计制造及其自动化”专业教学指导委员会推荐的指导性教学大纲和教学计划,充分吸收国内外最新成果,融基础理论、工程实例、经验总结于一体,力求做到实用性、系统性和先进性。其主要介绍了机械制造装备技术的历史现状和基本知识、金属切削机床设计、机床夹具设计、工业机器人设计、物流系统、金属切削刀具等内容。同时,将免费为采用本书作为教材的教师提供配套的电子课件。

本书可作为普通高等院校(非研究型大学)机械设计制造及其自动化、机械电子工程专业及相关专业主干技术基础课程“机械制造装备设计”的教科书,也可供从事机械制造装备设计和研究的工程技术人员和研究生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有·侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械制造装备设计/马宏伟主编. — 北京:电子工业出版社,2011.11

高等院校机电类工程教育系列规划教材

ISBN 978-7-121-15092-0

I. ①机… II. ①马… III. ①机械制造—工艺装备—设计—高等学校—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第234389号

策划编辑:余 义

责任编辑:余 义

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:397千字

印 次:2011年11月第1次印刷

印 数:3000册 定价:33.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zits@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

2008年7月间,电子工业出版社邀请全国20多所高校几十位机电领域的老师,研讨符合“工程教育”要求的教材的编写方案。大家认为,这适应了目前我国高等院校工科教育发展的趋势,特别是对工科本科生实践能力的提高和创新精神的培养,都会起到积极的推动作用。

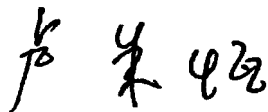
教育部于2007年1月22日颁布了教高(2007)1号文件《教育部财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》。同年2月17日,紧接着又颁布了教高(2007)2号文件《教育部关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》。由这两份文件,可以看到国家教育部已经决定并将逐步实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称质量工程),而质量工程的核心思想就在于培养学生的实践能力和创新精神,提高教师队伍整体素质,以及进一步转变人才培养模式、教学内容和方法。

教学改革和教材建设从来都是相辅相成的。经过近两年的教改实践,不少老师都积累了一定的教学经验,借此机会,编写、出版符合“工程教育”要求的教材,不仅能够满足许多学校对此类教材的需求,而且将进一步促进质量工程的深化。

近一年来,电子工业出版社选派了骨干人员与参加编写的各位教授、专家和老师们进行了深入的交流和研究。不仅在教学内容上进行了优化,而且根据不同课程的需要开辟了许多实践性、经验性和工程性较强的栏目,如“经验总结”、“应用点评”、“一般步骤”、“工程实例”、“经典案例”、“工程背景”、“设计者思维”、“学习方法”等,从而将工程中注重的理念与理论教学更有机地结合起来。此外,部分教材还融入了实验指导书和课程设计方案,这样一方面可以满足某些课程对实践教学的需要,另一方面也为教师更深入地开展实践教学提供丰富的素材。

随着我国经济建设的发展,普通高等教育也将随之发展,并培养出适合经济建设需要的人才。“高等院校机电类工程教育系列规划教材”就站在这个发展过程的源头,将最新的教改成果推而广之,并与之共进,协调发展。希望这套教材对更多学校的教学有所裨益,对学生的理论与实践的结合发挥一定的作用。

最后,预祝“高等院校机电类工程教育系列规划教材”项目取得成功。同时,也恳请读者对教材中的不当、不贴切、不足之处提出意见与建议,以便重印和再版时更正。



中国工程院院士、西安交通大学教授

教材编写委员会

主任委员 赵升吨(西安交通大学)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

芮延年(苏州大学)

胡大超(上海应用技术学院)

钱瑞明(东南大学)

袁清珂(广东工业大学)

参编院校

(按拼音排序)

※ 安徽工业大学

※ 沈阳工业大学

※ 长安大学

※ 苏州大学

※ 东南大学

※ 苏州科技学院

※ 广东工业大学

※ 同济大学

※ 华南理工大学

※ 五邑大学

※ 华南农业大学

※ 武汉科技学院

※ 淮海工学院

※ 西安电子科技大学

※ 吉林师范大学

※ 西安工程大学

※ 南通大学

※ 西安工业大学

※ 山东建筑大学

※ 西安交通大学

※ 陕西科技大学

※ 西安科技大学

※ 上海应用技术学院

※ 西安理工大学

※ 深圳大学

※ 西安文理学院

前 言

制造业是国民经济的重要支柱产业，机械制造业是制造业的核心，机械制造装备是机械制造业的重要基础，是一个国家综合制造能力的集中体现，尤其是高端、重大机械制造装备的研制能力，更是衡量一个国家现代化水平和综合实力的重要标志。机械制造装备设计技术的创新和发展对于不断提升现代制造业的技术进步和促进经济持续增长均具有十分重要而深远的意义。

当今世界，制造业的发展日新月异，需求不断提升，竞争日趋激烈，要想立于不败之地，关键在技术，核心靠人才。因此，培养和造就一大批掌握机械制造装备设计和制造技术，具有创新能力和实践精神的工程应用型人才迫在眉睫。

为了适应工程应用型人才培养的要求，本书在编写过程中紧密结合“机械设计制造及其自动化”专业教学指导委员会推荐的指导性教学大纲和教学计划，充分吸收国内外最新成果，融基础理论、工程实例、经验总结于一体，力求做到实用性、系统性和先进性。其主要介绍了机械制造装备技术的历史现状和基本知识、金属切削机床设计、机床夹具设计、工业机器人设计、物流系统、金属切削刀具等内容。

本书可作为普通高等院校（非研究型大学）机械设计制造及其自动化、机械电子工程专业及相关专业主干技术基础课程“机械制造装备设计”的教科书，也可供从事机械制造装备设计和研究的工程技术人员和研究生参考。

本书由西安科技大学马宏伟担任主编，于洋担任副主编。第1章由马宏伟编写；第2章由于洋编写；第3章由陈永当编写；第4章由张旭辉编写；第5章由张传伟编写；第6章由方秀荣编写。

本书编写过程中参阅了有关院校、企业、科研院所的一些教材、资料和文献，并得到了许多同行和专家的支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中疏漏和错误之处在所难免，敬请批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	2
1.1.1 基本概念	2
1.1.2 机械制造业的地位及发展状况	2
1.1.3 机械制造业的发展趋势	4
1.2 机械制造装备的功能	6
1.3 机械制造装备的分类	9
1.3.1 加工装备	9
1.3.2 工艺装备	12
1.3.3 仓储输送装备	13
1.3.4 辅助装备	13
1.4 机械制造装备设计类型及内容	14
1.4.1 设计类型	14
1.4.2 设计内容及步骤	15
1.4.3 设计评审	17
1.5 习题与思考题	17
第 2 章 金属切削机床设计	19
2.1 概述	20
2.1.1 机床设计的基本要求	20
2.1.2 机床设计方法	24
2.1.3 机床设计步骤	25
2.2 机床设计基本理论	26
2.3 机床主要技术参数的确定	35
2.4 机床主传动系设计	43
2.4.1 主传动系功用及设计要求	43
2.4.2 主传动系布局方式和分类	44
2.4.3 分级变速主传动系设计	46
2.4.4 无级变速主传动系设计	59
2.4.5 数控机床主传动系设计特点	60
2.5 进给传动系设计	61
2.5.1 进给传动系类型及设计要求	61
2.5.2 无级变速进给系统	64
2.6 主轴组件设计	68
2.6.1 主轴组件应满足的基本要求	68

2.6.2	主轴传动件	70
2.6.3	主轴结构设计	72
2.6.4	主轴滚动轴承	76
2.6.5	主轴滑动轴承	82
2.7	支承件设计	84
2.7.1	支承件应满足的基本要求	84
2.7.2	支承件的受力分析	85
2.7.3	支承件的结构设计	87
2.7.4	支承件的材料	93
2.8	导轨设计	94
2.8.1	导轨的功用和满足的基本要求	94
2.8.2	滑动导轨	97
2.8.3	滚动导轨	102
2.9	习题与思考题	104
第3章	机床夹具设计	107
3.1	概述	108
3.1.1	机床夹具的功能和要求	108
3.1.2	夹具的类型和组成	109
3.1.3	夹具设计步骤	110
3.1.4	各类机床夹具及其设计特点	112
3.2	夹具定位机构设计	123
3.2.1	概述	123
3.2.2	常用定位机构的设计	126
3.3	夹具加紧机构设计	133
3.3.1	概述	133
3.3.2	夹紧力的确定	134
3.3.3	典型加紧机构	137
3.4	通用夹具设计	142
3.4.1	概述	142
3.4.2	成组夹具	143
3.4.3	组合夹具	146
3.4.4	数控机床夹具	149
3.5	典型专用夹具设计	152
3.5.1	概述	152
3.5.2	铣床夹具设计	152
3.5.3	镗床夹具设计	153
3.6	习题与思考题	155
第4章	工业机器人设计	157
4.1	概述	158
4.1.1	工业机器人发展史	158

4.1.2	工业机器人的基本概念	158
4.1.3	工业机器人的组成	161
4.1.4	工业机器人分类	162
4.2	工业机器人的设计步骤	164
4.2.1	系统分析	165
4.2.2	技术设计	165
4.3	工业机器人机械系统设计	167
4.3.1	主体结构设计	167
4.3.2	驱动方式设计	167
4.3.3	传动机构设计	168
4.3.4	臂部设计	169
4.3.5	腕部设计	171
4.3.6	手部设计	173
4.3.7	行走机构设计	177
4.4	工业机器人控制系统设计	180
4.5	工业机器人在机械制造中的应用	182
4.5.1	焊接机器人	182
4.5.2	柔性制造系统与工业机器人	183
4.6	习题与思考题	184
第 5 章	物流系统	187
5.1	物流系统概述	188
5.1.1	物流系统设计的意义	188
5.1.2	物流系统的特点和功能	188
5.1.3	物流系统的设计要求	189
5.2	物流系统的总体设计	189
5.2.1	物流系统的基本构成	189
5.2.2	物流系统的设计步骤	190
5.3	机床上下料装置	192
5.3.1	料仓式上料装置	192
5.3.2	料斗式上料装置	194
5.3.3	上下料机械手	195
5.4	物料运输装置	196
5.4.1	输送机	196
5.4.2	自动运输小车	198
5.5	自动化立体仓库设计	201
5.5.1	自动化立体仓库分类	201
5.5.2	自动化立体仓库的构成	202
5.5.3	自动化立体仓库的工作过程	203
5.5.4	自动化立体仓库计算机控制	204
5.6	物流系统在机械制造中的应用	204

5.6.1	柔性制造系统	205
5.6.2	FMS 组成	205
5.6.3	FMS 实例	206
5.7	习题与思考题	208
第 6 章	金属切削刀具	209
6.1	概述	210
6.1.1	金属切削刀具的分类	210
6.1.2	金属切削刀具材料	210
6.2	常用金属切削刀具	211
6.2.1	车刀	211
6.2.2	孔加工刀具	211
6.2.3	铣刀	213
6.2.4	螺纹刀具	214
6.2.5	齿轮刀具	215
6.2.6	磨具	216
6.3	成形车刀	216
6.4	拉刀	218
6.5	组合刀具的类型	220
6.6	数控机床刀具	221
6.6.1	自动线对刀具的要求	221
6.6.2	数控机床刀具	222
6.7	习题与思考题	223
参考文献	224

工程背景

制造业是国民经济的支柱产业，无论在工业经济时代还是在信息技术时代，都是国民经济各部门赖以发展的基础，而机械制造业又是制造业的核心所在，它的生产能力和发展水平是衡量一个国家工业水平的重要指标，因此，机械制造业在国民经济中占据着重要地位。机械制造装备直接为机械制造业提供生产用装备，间接为非机械制造业提供生产用机械设备，所以机械制造装备是机械制造业乃至整个制造业发展的基础，机械制造业的生产能力和水平主要取决于机械制造装备的先进程度，已成为衡量一个国家工业化程度和技术水平的重要标志。不断提高机械制造装备水平，对机械制造业的持续发展具有非常重要的意义。

内容提要

本章主要讲述与机械制造装备相关的基本概念、分类、功能、设计方法、设计类型及发展趋势，使学生了解机械制造装备设计的基础知识和整体概况，为后续章节的学习打下良好的基础。

学习方法

本课程是机械设计制造及其自动化专业的一门重要的专业课，又是综合多门先修课程知识应用到研究的归结性课程，学习方法强调理论联系实际。首先，要通读全章，重点理解机械制造装备设计的基本概念和分类；其次，结合本章习题，进一步加深对本章知识要点的掌握；最后，通过阅读相关文章、上网收集有关机械制造装备的图片及知识内容，强化对本章内容的理解。

1.1 概述

1.1.1 基本概念

1. 制造及制造技术

所谓的制造就是人们按照市场需要,运用一定的知识和技能,借助于手工或工具或装备,采用有效的方法和必要的能源,将原材料转化为半成品或成品并投放市场的全过程。实际上,制造的概念有广义和狭义之分。

狭义的制造,是指生产车间内与物流有关的加工和装配过程。

广义的制造,是涉及市场分析、产品设计、工艺设计、生产计划、加工和装配、质量保证、生产过程管理、市场营销、售前售后服务,以及报废后的回收处理等整个产品生命周期内一系列相互联系的生产活动和工作。

制造技术是指在制造过程中采取的一系列技术,是研究产品设计、生产、加工制造、装配检验、销售使用、维修服务乃至回收再生的整个过程的工程学科,是以提高产品质量、效益、竞争力为目标,包含物质流、信息流和能量流的完整的系统工程。

2. 制造系统

制造系统是指制造过程及其所涉及的硬件、软件和人员组成的一个将制造资源转变为产品或半成品的输入和输出系统,它涉及产品生命周期的全过程或部分环节。其中,硬件包括厂房、生产设备、工具、刀具、计算机及网络等;软件包括制造理论、制造工艺和方法、管理方法、制造信息及其有关的软件系统等。制造资源包括狭义制造资源和广义制造资源:狭义制造资源主要指物能资源,包括原材料、坯件、半成品、能源等;广义制造资源还包括硬件、软件、人员等。

3. 制造业

制造业是指将制造资源,包括物料、设备、工具、资金、技术、信息和人力等,通过制造技术和过程转化为可供人们使用和消费的产品行业的行业。制造业是所有与制造有关的企业群体的总称。制造业涉及国民经济的许多部门,包括一般机械、食品工业、化工、建材、冶金、纺织、电子电器、航天航空、运输机械等。目前,作为我国国民经济的支柱产业,制造业是我国经济增长的主导部门和经济转型的基础;作为经济社会发展的重要依托,制造业是我国城镇就业的主要渠道和国际竞争力的集中体现。

1.1.2 机械制造业的地位及发展状况

制造业是一个国家国民经济发展的主要支柱,是国民经济的主要来源。据统计,美国有68%的社会财富来源于制造业,日本1990年国民经济总产值的49%是由制造业提供的。可以说,制造业的发展水平是衡量一个国家或地区经济实力、科技水平和综合国力的重要标志之一。

机械制造业是制造业的核心,是向其他各部门提供工具、仪器及各种先进制造装备的部门。机械制造业的生产能力和发展水平是衡量一个国家工业水平的标志之一,因此,机械制造业在国民经济中占据着重要地位。而机械制造业的生产能力和水平主要取决于机械制造装备的先进程度。

制造业的历史与人类的历史一样悠久。物质财富的制造是人类认识自然、改造自然的最基本的实践活动，必将随着人类的生存发展而持续下去。社会、经济和科学技术等诸多因素一直在影响着制造业的生产方式。制造业生产方式是指制造业的劳务、资源（包括能源、物料、装备、技术、信息与知识）、资本金、营销、组织与生产管理等要素的存在状态及其动态运作方式。制造业生产方式主要经历了以下几个阶段。

1. 单件生产方式（Craft Production）

出现在19世纪及其以前，制造业主要采用的是单件生产方式。这是一种完全基于客户订单的、一次制造一件的生产方式。它主要是采用通用的设备和依靠熟练工人进行手工业生产，是人类最初工业化时期的产物。其特点是灵活性大，生产品种多，但批量太小，制造成本很高。另外，其质量难以保证，维修很不方便。

2. 大量生产方式（Mass Production）

第一次世界大战之后，美国福特汽车公司的亨利·福特和通用汽车公司的阿尔弗莱德·斯隆开创了世界制造业生产方式的新纪元，把欧洲领先了若干世纪的单件生产方式转变为大量生产方式。它主要是通过规模来降低成本，且通过重复性和互换性来保证质量和良好的维修性。这种生产方式致命的弱点是生产品种单一，产品更新换代困难（生产的刚性强）。但这种生产方式产生了巨大的影响，是人类在工业化成熟时期采用机械化、电气化等技术取得的巨大成就。这种生产方式也是我国目前主要的生产方式。制造资源规划源于此种生产方式。

3. 精良生产方式（Lean Production）

第二次世界大战之后，日本丰田汽车公司在总结了美国大量生产方式和日本市场的特点后，首创了“精良生产”（也称“精益生产”）方式。精良生产方式涉及的范围广泛，它的最终目标是在一个企业里，同时获得极高的生产率、极佳的产品质量和很大的生产柔性。概括地讲，其特征主要是：以用户为“上帝”，以“人”为中心，以“精简”为手段，以“零缺陷”为最终目标。它的核心思想为：

- (1) 去除生产过程中的一切多余的环节；
- (2) 在设计和制造过程中采用成组技术和并行工程，以最快的速度 and 适宜的价格提供优良的适销产品去占领市场；
- (3) 采用现有的和可靠的先进技术；
- (4) 以“人”为中心，推行授权自治小组化群体，即团队工作方式；
- (5) 精良生产方式所追求的目标不是“尽可能好些”，而是零缺陷、零库存、最低的成本、最好的质量、无废品和次品、产品的多样化。

4. 计算机集成制造（Computer Integrated Manufacturing, CIM）

20世纪70年代以来，随着社会和科技的进步，既刺激了人们个性需求的期望值，又为企业满足个性需求提供了可能性。此时，制造业必须对市场具有快速反应的能力，应能及时向市场提供多品种、高质量、低成本的产品，因而制造业的柔性成为市场的迫切需要。

计算机集成制造的概念是由美国人约瑟夫·哈林顿博士首次提出的。他的概念包括了两个主要论点：①企业的各个环节是不可分割的，需要统一考虑；②整个制造生产过程实质上是对信息的采集、传递和加工过程。它的内涵是借助于计算机，将企业中各种与制造有关的技术系统集成起来，进而提高企业的市场竞争能力。

随着近几年智能技术的发展,计算机集成制造系统将向计算机智能化集成制造系统(CIMS)发展。计算机集成制造系统(CIMS)是以 CIM 为基础发展起来的。其定义为:在计算机系统基础上,通过信息、制造和现代化生产管理技术,将制造企业全部生产经营活动所需的各种分散的、孤立的自动化系统,以及有关的人、技术、经营管理三要素有机集成并优化协调,通过物流、信息流和决策流的有效控制和调配,达到全局动态最优,以适应新的竞争环境下市场对制造业提出的高质量、高柔性和低成本要求的一种制造系统。

5. 批量客户化生产 (Mass Customization, MC)

随着市场竞争的日益激烈,顾客越来越需要既能满足其个性化的需求,同时价格又相对低廉的产品。在此情况下,基于顾客需求个性与共性的统一,人们于 20 世纪 80 年代初提出了一种新的生产方式——批量客户化生产,它既具有大量生产方式下的高效率、低成本,又能像单件生产方式那样满足单个顾客需求的生产模式。

目前,主要做法有两种:推迟制造(Postponed Manufacturing),它是指只有到最接近顾客需求的时间和地点才进行某一环节的生产;虚拟现实(Virtual Reality),它是由计算机、软件及各种传感器构成的三维信息的人工环境,是可实现的和不可实现的物理上的、功能上的事物和环境,顾客投入这种环境中,就可与之交互作用。此外,还有产品模块化设计与组合、模块化可插接的生产线及集成化的供应链管理(Integrated Supply Chain Management, ISCM)等。

6. 敏捷制造 (Agile Manufacturing, AM)

敏捷制造是 1988 年美国通用汽车公司和里海大学共同研究提出的一种全新的制造业生产方式。其基本设想是通过将高素质的员工、动态灵活的组织机构、企业内及企业间的灵活管理及柔性的先进制造技术进行全面集成,使企业能对持续变化、不可预测的市场需求做出快速反应,由此而获得长期的经济效益。这种集成实际上是把企业内部的集成扩展到企业之间的集成,进而实现社会级的深层次的集成。其内涵是:

- (1) 敏捷制造的出发点是多样化、个性化的市场需求和瞬息万变的经营机遇,是一种“订单式”的制造方式;
- (2) 敏捷性反映的是制造企业驾驭变化、把握机遇和发动创新的能力;
- (3) 敏捷制造重视充分调动人的积极因素,充分弘扬人机系统中人的主观能动性;
- (4) 敏捷制造不采用以职能部门为基础的静态结构,而是推行面向企业流程的团队工作方式,企业间由机遇驱动而形成动态联盟(Virtual Organization, VO),也称为虚拟公司(Virtual Corporation, VC)。

敏捷制造的特点是:为了实现同一战略,把全球范围内的企业通过共同的基础重组起来,并将过去你死我活的竞争转变成友好合作的竞争,从而对瞬息万变的市场做出快速敏捷的响应。

虚拟制造是敏捷制造的一种实现手段。虚拟公司是在全球经济一体化和网络技术高度发达的时代实现批量客户化生产的最高形式。

1.1.3 机械制造业的发展趋势

随着人类进入了 21 世纪,制造业的发展将会越来越快,我们可以用“六化”来概括 21 世纪制造业的发展趋势,即制造全球化、制造敏捷化、制造网络化、制造虚拟化、制造智能化和制造绿色化。

1. 制造全球化

制造全球化的概念源于美日欧等发达国家,近年来由于 Internet/Intranet 技术和交通手段的飞速发展,使制造全球化的研究和应用得以迅速发展。其前沿内容主要有:

- (1) 市场的国际化,产品销售的全球网络;
- (2) 产品设计和开发的国际合作;
- (3) 制造企业在世界范围内的重组与集成,如动态联盟;
- (4) 制造资源的跨地区、跨国家的协调、共享和优化利用;
- (5) 制造全球化的体系结构。

2. 制造敏捷化

制造敏捷化是制造环境和制造过程面向 21 世纪制造活动的必然趋势,其研究内容主要有:

- (1) 柔性:包括机器、流程、人/组织的运行柔性和扩展柔性等;
- (2) 重组能力:能实现快速重组重构,增强对市场、新产品开发的快速响应能力;
- (3) 快速化的集成设计和制造技术:如 RPM、集成设计法。

3. 制造网络化

基于网络的制造,主要研究内容包括以下几个方面:

- (1) 企业内部的网络化,以实现制造过程的集成;
- (2) 企业与制造环境的网络化,实现制造环境与企业中工程设计、管理信息系统等各子系统的集成;
- (3) 企业与企业间的网络化,实现企业间的资源共享、组合与优化利用;
- (4) 通过网络,实现异地制造。

4. 制造虚拟化

制造虚拟化主要是指虚拟制造,又称为拟实制造,实际上就是实现产品制造的数字化。它是以制造技术和计算机技术支持的系统建模技术和仿真技术为基础,集现代制造工艺、计算机图形学、并行工程、人工智能、人工现实技术和多媒体技术等多种高新技术于一体,由多学科知识形成的一种综合系统技术。它将现实制造环境和制造过程通过建立系统模型映射到计算机及其相关技术所支撑的虚拟环境中,在虚拟环境下模拟现实制造环境和制造过程,并对产品制造及制造系统的行为进行预测和评价。

5. 制造智能化

智能制造是未来制造业发展的重要方向。进入 20 世纪 90 年代,日欧美等工业发达国家发起了智能制造系统的开发计划,主要研究工作集中在设计智能化、制造过程智能化及系统管理智能化等方面。所谓智能制造系统是一种由智能机器人类专家共同组成的人机一体化智能系统,它在制造过程中能进行智能活动,诸如分析、推理、判断、构思和决策等。智能制造技术旨在使人与智能机器合作共事,从而扩大、延伸和部分地取代人类专家在制造过程中的脑力劳动,以实现制造过程的优化。

专家预言下一世纪的制造业将由“I2”来标志,即 Integration(集成)和 Intelligence(智能)。

6. 制造绿色化

绿色制造是环境影响和资源效率的现代制造模式,其目的是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的产品全生命周期中,对环境的影响最小,资源利用率最高。

制造业一方面是创造人类财富，但同时又是环境污染的主要源头。制造业导致环境污染的根本原因是资源消耗和废弃物的产生。制造业的发展必须考虑到自然生态环境的长期承载能力，使环境和资源既能满足当代经济发展的需要，又能满足人类长远生存发展的需求，即制造业的发展必须以实现人与自然的和谐发展为基础前提，实现制造业的可持续发展。制造业不仅要解决生产过程的污染和资源浪费问题，更重要的是，要为社会提供在全寿命周期内没有污染、节约资源的各类产品。

绿色制造所涉及的方面非常广泛，包括产品的全生命周期和多生命周期，主要有“五绿”，即绿色设计、绿色材料、绿色工艺、绿色包装和绿色处理。绿色制造是未来制造业企业通向21世纪国际市场的通行证，是目前和将来制造业应该予以充分考虑和重视的一个重大问题。

1.2 机械制造装备的功能

机械制造装备设计的好坏，会直接影响其质量、成本、研发周期及市场的竞争力。随着科学技术的不断发展，人们对机械制造装备提出了更多和更高的要求。在机械制造装备应具备的功能中，除了设备的基本功能外，还应提出精密化、自动化、机电一体化、柔性化、符合工业工程和绿色工程的要求。

1. 基本功能要求

机械制造装备应满足的基本功能要求包括以下几点。

1) 加工精度方面的要求

加工精度是指加工后零件的几何参数与理想状态相符合的程度，一般包括尺寸精度、表面形状精度、相互位置精度和表面粗糙度等。加工精度是机械制造装备必须满足的最基本要求。

影响机械制造装备加工精度的因素很多，与机械制造装备本身有关的因素有其几何精度、传动精度、运动精度、定位精度和低速运动平稳性等。

2) 强度、刚度和抗振性方面的要求

一般情况下，机械制造装备的刚性越大，则动态精密程度越高，而其振动越小，加工精度、工件表面质量和刀具耐用度就越高。因此，机械制造装备应具有足够的强度、刚度和抗振性。提高刚度和抗振性不能只简单地加大制造装备零部件的尺寸和重量，应充分利用新技术、新工艺、新结构和新材料，对制造装备的整体结构和主要零部件进行改进设计，在不增加或少增加尺寸和重量的前提下，使制造装备的强度、刚度和抗振性满足技术要求。

3) 加工稳定性方面的要求

机械制造装备在使用过程中，受到外部热源（如阳光、环境温度的变化）和内部热源（如电动机、齿轮箱、轴承、液压和切削热等）的影响，使各部分温度发生变化，导致产生热变形，破坏了制造装备的原始几何精度，加快运动部件的磨损。特别是对于精密和自动化程度较高的机械制造装备，热变形对加工稳定性的影响尤其不能忽视。提高加工稳定性的措施有减小发热量、散热、分离热源、隔热、控制温升、改善装备结构等。

4) 耐用度要求

机械制造装备经过长期使用，因零件磨损、间隙增大，原始工作精度将逐渐丧失。对于加工精度要求很高的机械制造装备，耐用度方面的要求尤为重要。提高耐用度应从设计、工艺、材料、热处理和使用等多方面综合考虑。从设计角度，提高耐用度的主要措施包括减小磨损、均匀磨损、磨损补偿等。

5) 经济性要求

降低成本是加速国民经济发展、积累资金的重要途径。投入机械制造装备上的费用将分摊到产品成本中去。若产品产量很大,分摊到每个产品的费用较少;反之,产品的产量较少,甚至是单件,过大地在机械制造装备上投资,将大幅度地提高产品的成本,削弱产品的市场竞争力。因此,不应盲目地追求机械制造装备的技术先进程度和无计划地加大投入,而应该进行仔细的技术经济分析,确定机械制造装备设计和选购方面的指导方针。

2. 精密化

由于市场竞争越来越激烈,对产品制造精度的要求越来越高,为不断提高零部件的加工精度,越来越多的企业不断地压缩零件制造的公差带,机械制造装备的精密化成为普遍发展的趋势,从微米级发展到亚微米级,乃至纳米级。在这种情况下,采用传统的措施,一味提高机械制造装备自身的精度已无法奏效,需要采用误差补偿技术。误差补偿技术可以是机械式的,如为提高丝杠或分度蜗轮的精度采用的校正尺或校正凸轮等。较先进的是采用数字化技术,仔细分析各种引起加工误差的因素,建立误差的数学模型 $\xi=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 。式中, ξ 是由众多因素 x_i ($i=1, 2, \dots, n$)引起的综合误差。引起误差的因素有机械制造装备的热变形、几何误差、传动误差、运动误差、定位误差和工艺系统的弹性变形等。将误差的数学模型存入计算机,在加工时,由传感器不断地将引起误差的因素测出,输入计算机,算出将产生的综合误差,然后由误差补偿装置按算出的综合误差进行补偿。

3. 自动化

机械制造装备自动化是指用机电装备取代或放大人的体力,甚至取代和延伸人的部分智力,从而自动完成特定的工作,如物料的存储、运输、安装、加工、装配和检验等各生产环节的自动化,目的在于减轻劳动强度,提高生产效率,节省能源及降低生产成本。实现自动化后,除了提高加工效率和劳动生产率外,还可以减少人为因素影响,提高产品质量的稳定性,改善劳动条件等。自动化分为全自动和半自动。全自动是指机械制造装备在调整好无须人工参与便能自动完成预定的全部工作;若能自动完成预定的全部工作,但上下料(装卸工件)仍需要人工进行,则称为半自动。实现自动化的方法一般有凸轮控制、程序控制、数字控制和适应控制等。

4. 机电一体化

机电一体化系统是将机械技术、微电子技术、信息处理技术、传感检测技术、自动化控制技术、电力电子技术和接口技术等,按系统工程和整体优化的方法,有机组合而成的最佳技术系统。机电一体化是机械工业技术和产品的发展方向,随着高新技术向产业的转移,传统的机械制造装备和生产管理系统将被大规模地改造和更新为机电一体化生产系统。机电一体化产品或系统应包括以下基本部分:机械本体、动力部分、检测传感部分、执行机构、驱动部分、控制及信息处理单元及接口。故设计机电一体化系统或产品时,要充分考虑机械、液压气动、电力电子、检测、计算机软硬件的特点,进行合理的功能搭配,通过接口使各部分和子系统组成一个有机的整体,使各功能环节有目的、协调一致地运动。机电一体化系统或产品应具有功能强、性能高、精度高、可靠性强、故障率低、节能节材、机械结构简化、灵活性(柔性)好等特点。

5. 柔性化

随着社会和科技的进步,既刺激了人们个性需求的期望值,又为企业满足个性需求提供了可能性。此时,制造业必须对市场具有快速反应的能力,能及时地向市场提供多品种、高质量、