



高等职业教育“十二五”规划教材

先进制造技术

XIANJIN ZHIZAO JISHU

主编 贾鸿莉 王秋雪 高莉莉



 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材

先进制造技术

主 编 贾鸿莉 王秋雪 高莉莉

副主编 孙丽芳 郭宇光 李文敏 王义平

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

内 容 提 要

本书结合我国机械制造行业所面临的形势、任务和挑战,系统地介绍了先进制造技术的理论、工艺、方法以及生产管理等内容。本书内容新颖实用,理论联系实际,突出了高职高专实用性和教育性的特点。针对高职高专机电类的培养目标,着重介绍了一些适用、先进、相对成熟的制造技术,努力做到“通俗易懂、简单实用”。本书共分七章,包括绪论、现代设计技术、先进制造工艺技术(一、二)、制造自动化技术、现代生产管理技术和先进制造模式。

本书可作为高职高专院校机电类及其相关专业教材,也可供从事制造业及其相关行业的工程技术人员和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

先进制造技术 / 贾鸿莉, 王秋雪, 高莉莉主编. --
镇江 : 江苏大学出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-81130-684-2

I. ①先… II. ①贾… ②王… ③高… III. ①机械制
造工艺—高等职业教育—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 022731 号

先进制造技术

主 编 / 贾鸿莉 王秋雪 高莉莉
责任编辑 / 汪再非
出版发行 / 江苏大学出版社
地 址 / 江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)
电 话 / 0511-84446464(传真)
网 址 / <http://press.ujs.edu.cn>
排 版 / 北京金企鹅文化发展中心
印 刷 / 北京忠信印刷有限责任公司
经 销 / 江苏省新华书店
开 本 / 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 / 17
字 数 / 393 千字
版 次 / 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
书 号 / ISBN 978-7-81130-684-2
定 价 / 35.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话: 0511-84440882)



先进制造技术是一门在传统机械制造技术基础上发展起来的学科，它融合计算机、信息、自动控制、材料、能源、环保、管理科学等学科的最新研究成果，并伴随着新技术、新理论的出现而不断更新、充实和发展。先进制造技术已成为使制造企业在激烈市场竞争中立于不败之地并谋求迅速发展的关键因素，是世界经济发展和满足人类日益增长需求的重要支撑，是一个国家持续发展的助推器。

为了反映当前制造业的最新科技成果和现状，让学生掌握制造技术的最新发展，培养复合型人才，我们编写了《先进制造技术》这本书。

本书具有以下特点：

1. 本书介绍了目前科技产业中的一些高新技术的原理、特点、现状、应用及发展前景，内容全面、新颖。
2. 本书作为机电类及其相关专业的教材，注重内容的前沿性、综合性和交叉性，力求深入浅出，图文并茂，尽可能避免与先导专业课程重复。
3. 本书注重工程应用，力求在保持先进制造技术系统性和完整性的前提下，着重介绍相对先进、成熟的技术。

由于《先进制造技术》这门课所涉及的内容非常广泛、学科跨度大，加之编者的水平和视野有限，书中不足和考虑不周之处在所难免，期望得到广大专家、同行和读者的批评指正，以使本书在教学实践中不断完善。

本书由贾鸿莉、王秋雪和高莉莉担任主编，孙丽芳、郭宇光、李文敏和王义平担任副主编，左晋荣、吴福中、曹观峰、邓耀全、郝欣丽和孙源参编。

本书在编写过程中借鉴了大量与先进制造技术相关的资料和教材，在此，对这些资料的作者和编者表示衷心的感谢。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅文化发展中心的网站（www.bjjqe.com）下载。

编者
2014年1月



目 录

第1章 绪 论	1
1.1 先进制造技术及其主要特点	1
1.1.1 制造与制造业	1
1.1.2 先进制造技术的定义	3
1.1.3 先进制造技术的特点	4
1.2 先进制造技术的体系结构及分类	5
1.2.1 先进制造技术的体系结构	5
1.2.2 先进制造技术的分类	8
1.2.3 先进制造技术的关键技术	10
1.3 先进制造技术的应用及发展趋势	11
1.3.1 先进制造技术在机械制造中的应用	11
1.3.2 各国先进制造技术的发展概况	12
1.3.3 先进制造技术的发展趋势	15
本章小结	17
思考与练习	18
第2章 现代设计技术	20
2.1 现代设计技术的内涵与体系结构	20
2.1.1 机械设计发展的基本历程	20
2.1.2 现代设计技术的内涵和特点	21
2.1.3 现代设计技术的体系结构	22
2.2 计算机辅助设计 (CAD) 技术	23
2.2.1 计算机辅助设计的基本概念	23
2.2.2 计算机辅助设计的产生背景	24
2.2.3 计算机辅助设计的关键技术	25
2.2.4 计算机辅助设计的主要特点	27
2.2.5 计算机辅助设计的研究热点	28
2.2.6 计算机辅助设计的软件及应用	30
2.3 有限元分析	32



2.3.1 有限元法的基本概念和特点	32
2.3.2 有限元分析的过程	33
2.3.3 有限元分析的发展趋势	34
2.4 现代设计方法	36
2.4.1 并行设计	36
2.4.2 反求工程	37
2.4.3 模块化设计	39
2.4.4 绿色产品设计	40
2.4.5 优化设计	43
2.4.6 可靠性设计	44
2.4.7 价值工程	46
本章小结	50
思考与练习	52
第3章 先进制造工艺技术（一）	54
3.1 先进制造工艺概况	54
3.1.1 机械制造工艺的基本特征	54
3.1.2 先进制造工艺的产生背景	55
3.1.3 先进制造工艺技术的特点及分类	56
3.2 精密成型技术	56
3.2.1 粉末冶金	57
3.2.2 精密铸造	60
3.2.3 精密锻造	63
3.2.4 精密冲裁	64
3.2.5 精密焊接	67
3.2.6 快速原型制造技术	68
3.3 超精密加工技术	77
3.3.1 超精密加工技术概述	77
3.3.2 超精密加工材料	78
3.3.3 超精密加工设备及环境	78
3.3.4 超精密切削加工	79
3.3.5 精密与超精密磨削加工	80
3.3.6 超精密研磨和抛光	83
3.3.7 超精密加工的在线检测及误差补偿	88
3.3.8 超精密加工的发展趋势	90



3.4 超高速加工技术	91
3.4.1 超高速加工的概念和特征	91
3.4.2 超高速切削加工的关键技术	92
3.4.3 超高速磨削加工的关键技术	97
3.4.4 超高速加工技术的应用	99
本章小结	100
思考与练习	102
第4章 先进制造工艺技术（二）	104
4.1 微细加工技术	104
4.1.1 微型机械及其特征	104
4.1.2 微细加工技术的加工工艺	105
4.1.3 微型机械的应用和微细加工技术的发展趋势	110
4.2 表面工程技术	111
4.2.1 表面改性技术	111
4.2.2 表面覆层技术	114
4.2.3 复合表面处理技术	117
4.3 现代特种加工技术	120
4.3.1 特种加工技术概述	120
4.3.2 激光加工	122
4.3.3 超声波加工	125
4.3.4 水射流切割加工	129
4.3.5 电火花加工	132
4.3.6 电解加工	136
4.3.7 电子束加工	140
4.3.8 离子束加工	143
本章小结	146
思考与练习	148
第5章 制造自动化技术	150
5.1 制造自动化技术概述	150
5.1.1 制造自动化技术的基本概念	150
5.1.2 制造自动化技术的兴起和现状	151
5.1.3 制造自动化技术的发展趋势	153
5.2 机床数控技术	154
5.2.1 机床数控系统概述	154



5.2.2 数控加工编程技术	157
5.2.3 数控加工技术的发展趋势	163
5.3 工业机器人	165
5.3.1 工业机器人概述	165
5.3.2 工业机器人控制技术	169
5.3.3 工业机器人编程技术	172
5.3.4 工业机器人的发展历程及发展趋势	175
5.4 柔性制造系统	178
5.4.1 柔性制造系统概述	178
5.4.2 柔性制造系统的组成	180
5.4.3 柔性制造系统的信息数据流	189
5.4.4 柔性制造系统的发展前景	192
本章小结	194
思考与练习	194
第 6 章 现代生产管理技术	197
6.1 现代生产管理技术概述	197
6.1.1 制造业生产方式的演变	198
6.1.2 生产管理技术的发展	199
6.1.3 现代生产管理技术的定义及特点	200
6.2 现代生产管理信息系统	201
6.2.1 物料需求计划 (MRP)	201
6.2.2 制造资源计划 (MRP II)	203
6.2.3 企业资源计划 (ERP)	205
6.3 企业供应链管理 (SCM)	209
6.3.1 供应链概述	209
6.3.2 供应链管理的概念和内容	211
6.4 产品数据管理技术 (PDM)	212
6.4.1 PDM 概述	212
6.4.2 PDM 的体系结构	213
6.4.3 PDM 的主要功能	215
6.4.4 PDM 和 ERP 之间的区别和联系	216
6.5 准时生产 (JIT)	218
6.5.1 JIT 概述	218
6.5.2 JIT 的基本思想	219



6.5.3 JIT 的看板管理	220
6.5.4 JIT 的优点和不足	223
6.6 现代质量保证技术	224
6.6.1 现代企业质量管理概述	224
6.6.2 全面质量管理 TQM	226
6.6.3 ISO 9000 质量管理和质量保证系列标准	229
本章小结	231
思考与练习	233
第 7 章 先进制造模式	235
7.1 计算机集成制造系统 (CIMS)	236
7.1.1 CIMS 的基本概念	236
7.1.2 CIMS 的组成结构	236
7.1.3 CIMS 的实现技术	238
7.1.4 CIMS 的技术优势	239
7.2 虚拟制造 (VM)	239
7.2.1 虚拟制造概述	239
7.2.2 虚拟制造的分类	240
7.2.3 虚拟制造的关键技术	241
7.3 绿色制造 (GM)	242
7.3.1 绿色制造的基本概念	242
7.3.2 绿色制造的体系结构	243
7.3.3 清洁化生产	244
7.3.4 绿色再制造工程	245
7.4 精益生产 (LP)	246
7.4.1 精益生产的产生背景	246
7.4.2 精益生产的内涵及特点	247
7.4.3 精益生产的体系结构	248
7.5 敏捷制造 (AM)	250
7.5.1 敏捷制造提出的背景	250
7.5.2 敏捷制造的内涵	250
7.5.3 敏捷制造的生产特点	251
7.5.4 敏捷制造的使能技术	252
7.5.5 敏捷制造对制造业的影响	254
7.6 智能制造 (IM)	255



7.6.1 智能制造概述	255
7.6.2 智能制造系统的特点	256
7.6.3 智能制造系统的关键技术	257
本章小结	258
思考与练习	259
参考文献	261

第 1 章 绪 论

【引 子】

先进制造技术是制造技术的最新发展阶段，是由传统的制造技术发展起来的。它既保持了传统制造技术中的有效要素，又不断吸收各种高新技术成果，并渗透到产品生产的所有领域及全部过程。

现代制造技术的发展主要表现在两个方面：一是精密工程技术，以超精密加工、微细加工、纳米技术为代表；二是机械制造的高度自动化，以计算机集成制造和敏捷制造等技术的进一步发展为代表。

【本章内容提要】

- ◆ 简要了解制造业的定义和分类
- ◆ 了解先进制造技术的内涵和特点
- ◆ 熟悉先进制造技术的体系结构和分类
- ◆ 初步了解先进制造技术的关键技术
- ◆ 了解先进制造技术的发展趋势

1.1 先进制造技术及其主要特点

1.1.1 制造与制造业

制造是指利用制造资源（设计方法、工艺、设备和人力等）将材料“转变”为最终物品的过程，是涉及制造工业中产品设计、物料选择、生产计划、生产过程、质量保证、经营管理、市场销售和服务等一系列相关活动和工作的总称。按其是否连续，制造可分为连续制造（如化工产品的制造）和离散制造（如家电产品的制造）；按行业不同，制造可分为机械制造、食品制造、化工制造、IT 产品制造等。

制造业是指将可用资源（包括能源）通过制造过程，转化为可供人们使用和利用的工业品或生活消费品的产业。它涉及国民经济的许多行业，如机械、电子、化工、食品、军

工等。我国制造业大致可分为三块：第一块是轻工业、纺织工业和日用品制造；第二块主要是资源加工，包括石油化工，橡胶，非金属、金属加工等；第三块是机械、电子类制造业。这三块在整个制造业增加值中差不多各占三分之一的比重。

根据国际通行的产业分类原则和我国的具体国情，2011 年中国国家统计局公布的《国民经济行业分类》将我国制造业划分为 31 个行业，如表 1-1 所示。这只是大的行业分类，制造业小的行业类别有 300 多个，如果再细分的话，制造业包括的细小行业超过 1000 个。

表 1-1 我国制造业分类

编号	行业名称	编号	行业名称	编号	行业名称
01	农副食品加工业	12	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	23	专用设备制造业
02	食品制造业	13	石油加工、炼焦和核燃料加工业	24	汽车制造业
03	酒、饮料和精制茶制造业	14	化学原料和化学制品制造业	25	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业
04	烟草制品业	15	医药制造业	26	电气机械和器材制造业
05	纺织业	16	化学纤维制造业	27	计算机、通信和其他电子设备制造业
06	纺织服装、服饰业	17	橡胶和塑料制品业	28	仪器仪表制造业
07	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	18	非金属矿物制品业	29	其他制造业
08	木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业	19	黑色金属冶炼和压延加工业	30	废弃资源综合利用业
09	家具制造业	20	有色金属冶炼和压延加工业	31	金属制品、机械和设备修理业
10	造纸和纸制品业	21	金属制品业		
11	印刷和记录媒介复制业	22	通用设备制造业		

按生产驱动方式不同，制造业可大致分为 MTS (Make to Stock, 面向库存生产), MTO (Make to Order, 面向订单生产), ATO (Assemble to Order, 面向订单装配), ETO (Engineer to Order, 根据订单设计)。按生产批量不同，制造业可分为单品种小批量生产和大量重复生产。按生产形态不同，制造业可分为离散生产和连续生产。

中国经济于 20 世纪 70 年代末开始起飞，一直以建立强大的并且能够给为数众多的农业人口提供就业的工业部门为主要经济发展战略。目前，中国的 GDP 排名已经上升到世界第二，其中制造业贡献过半。

图 1-1 所示为过去 46 年 (1966~2011) 制造业增加值的年增长率变化图。该图显示，中国制造业增加值的年增长率自改革开放至今，从未出现过负增长，波动性也较过去明显



减弱。2000年后表现更加稳定，年增长率始终稳定在8.6%到16.6%的狭窄区间内。2010年和2011年，中国制造业增加值的年增长率都在9%左右。

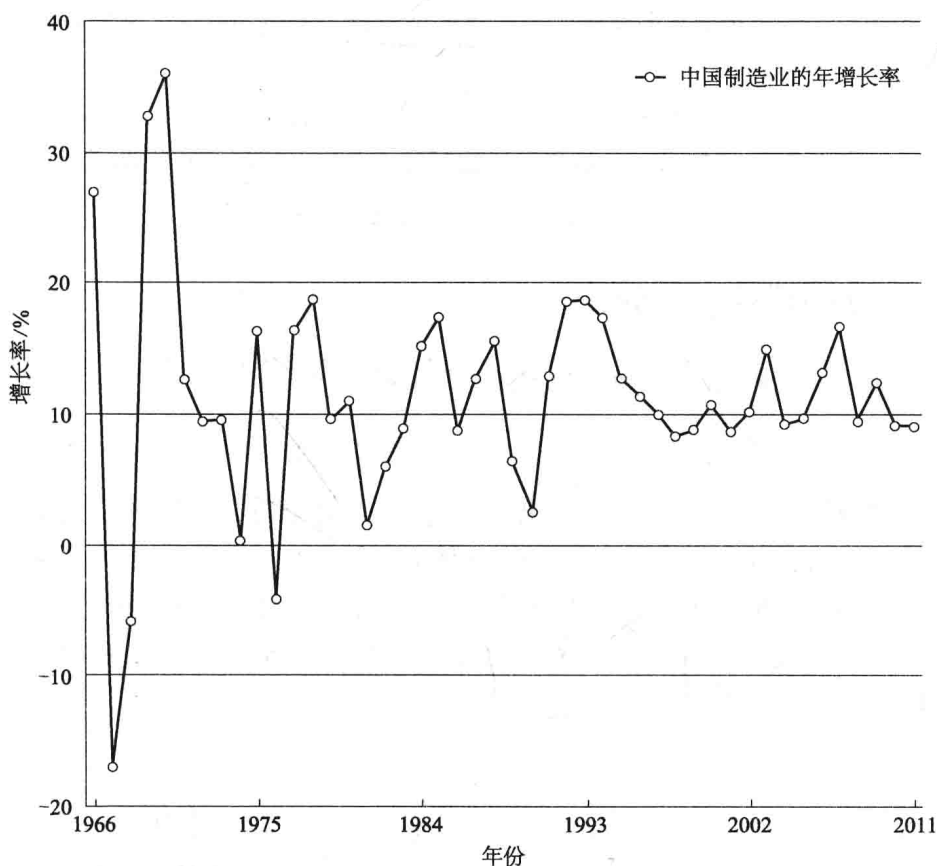


图 1-1 中国过去 46 年（1966~2011）制造业增加值的年增长率

目前，虽然中国在制造业贸易中占有一定的优势地位，但是中国制造业占全球制造业的份额仅为 5% 左右，并且以劳动密集型的加工、组装为主，在产业结构与市场集中度、核心技术与国际竞争力、占全球的比重与地位等方面，与先进的工业国家相比差距很大，发展道路还很漫长。

1.1.2 先进制造技术的定义

20 世纪 80 年代，美国政府为扭转其国际竞争中逐渐处于劣势的局面，批准了由联邦科学、工程和技术协调委员会主持实施的先进制造技术（Advanced Manufacturing Technology，简称 AMT）计划。随后，日本和欧洲各国纷纷制定发展计划，支持发展先进制造技术。

先进制造技术是在传统制造技术的基础上不断吸收机械、电子、信息（计算机与通信、



控制理论、人工智能等)、能源及现代管理等方面的成果,并将其综合应用于产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务乃至回收的全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产,提高对动态多变的产品市场的适应能力和竞争能力,并取得理想经济效果的技术总称。

具体地说,先进制造技术就是集机械工程技术、电子技术、自动化技术、信息技术等多种技术为一体所产生的技术、设备和系统的总称,主要包括计算机辅助设计、计算机辅助制造、集成制造系统等。

1.1.3 先进制造技术的特点

与传统制造技术相比,先进制造技术有以下特点。

1. 系统性

传统制造技术一般只能驾驭生产过程中的物质流和能量流;而先进制造技术由于引入了计算机技术、信息技术、传感技术、自动化技术和先进管理技术等,并与传统制造技术相结合,已成为了一个能够驾驭生产过程中的物质流、信息流和能量流的系统工程技术。例如,柔性制造系统(FMS)和准时生产(JIT)就是先进制造技术全过程控制物质流、信息流和能量流的应用典型。

2. 集成性

传统制造技术的学科专业单一、独立、界限分明;而先进制造技术由于各专业、学科间不断交叉、渗透、融合,其界限逐渐淡化甚至消失,技术趋于系统化、集成化,已经发展成为集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体的新兴交叉学科——制造系统工程。

3. 广泛性

传统制造技术一般单指加工制造过程的工艺方法;而先进制造技术则贯穿了从产品设计、加工制造到产品销售及用户服务的整个过程,成为“市场—产品设计开发—加工制造—市场”的大系统。

4. 高精度

现代制造对产品、零件的要求越来越高,例如,在飞机、潜艇等军事设施中使用的精密陀螺仪、大型的天文望远镜及大规模集成电路的硅片等高新技术产品都需要超精密加工技术的支持。这些需求促使激光加工、电子束加工、离子束加工、纳米制造、微机械制造等新方法迅速发展。



5. 实用性

先进制造技术是针对某一具体的工业应用需求而发展起来的先进、实用技术，有着明确的需求导向。先进制造技术不以追求技术的高新度为目的，而注重产生最好的实践效果，从而促进国家经济的快速增长和企业综合竞争力的提高。

1.2 先进制造技术的体系结构及分类

1.2.1 先进制造技术的体系结构

先进制造技术是一个多学科的体系，其自身具有复杂的体系结构，因此，对先进制造技术体系结构的认识也不统一。目前，对于先进制造技术的体系结构的认识主要有以下两种观点。

1. AMST 多层次先进制造技术体系

美国机械科学研究院（AMST）提出，先进制造技术是一个多层次的技术群，如图 1-2 所示，从内层向外层依次为基础制造技术、新型单元技术、集成技术，下面将分别论述。

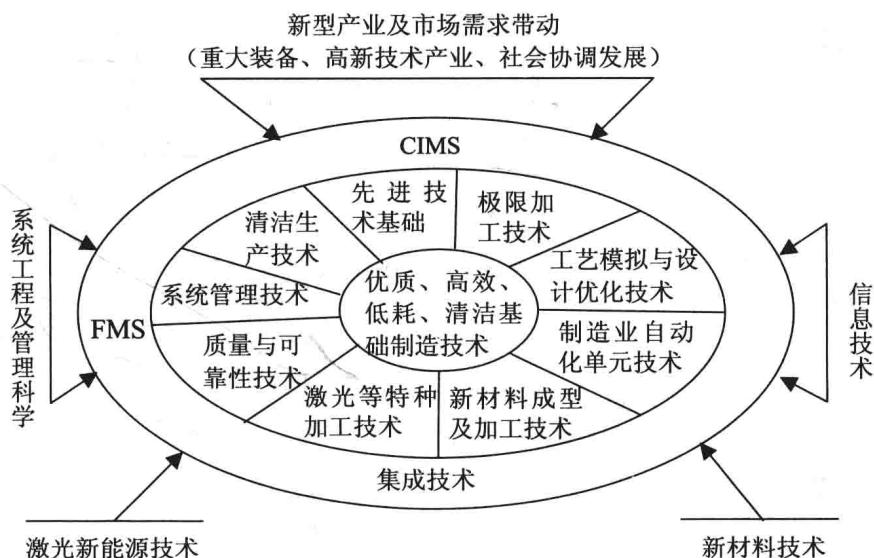


图 1-2 AMST 多层次先进制造技术体系

(1) 基础制造技术

第一层次是优质、高效、低耗、清洁的基础制造技术。铸造、锻压、焊接、热处理、

表面保护、机械加工等基础工艺至今仍是生产中大量采用、经济适用的技术，这些基础工艺经过优化而形成的基础制造技术是先进制造技术的核心及重要组成部分。基础制造技术主要包括精密下料、精密成型、精密加工、精密测量、毛坯强韧化、无氧化热处理、气体保护焊、埋弧焊及功能性防护涂层等。

(2) 新型单元技术

第二个层次是新型的先进制造单元技术。它是在市场需求及新兴产业的带动下，制造技术与电子、信息、新材料、新能源、环境科学、系统工程、现代管理等高新技术结合而形成的崭新的制造技术，如先进技术基础、极限加工技术、工艺模拟与设计优化技术、制造业自动化单元技术、新材料成型与加工技术、激光等特种加工技术、质量与可靠性技术、系统管理技术、清洁生产技术等。

(3) 集成技术

第三个层次是先进制造集成技术。它是应用信息、计算机和系统管理技术对上述两个层次的技术或系统集成而形成的先进制造技术的高级阶段，如 FMS，CIMS（计算机集成制造系统），IMS（集成制造系统）等。

2. FCCSET 先进制造技术体系

美国联邦科学、工程和技术协调委员会将先进制造技术分为三个技术群，即主体技术群、支撑技术群和管理技术群，如图 1-3 所示。

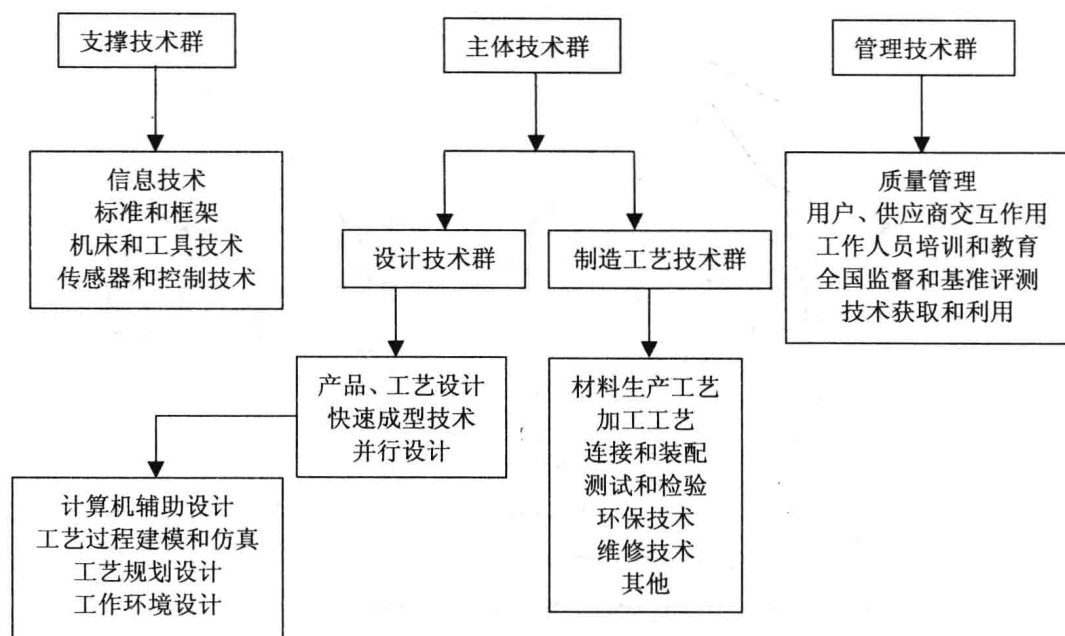


图 1-3 FCCSET 先进制造技术体系结构



国内学者在此基础上进行了改进和充实,将其分为三大主体技术群和一个支撑技术群,如图1-4所示。

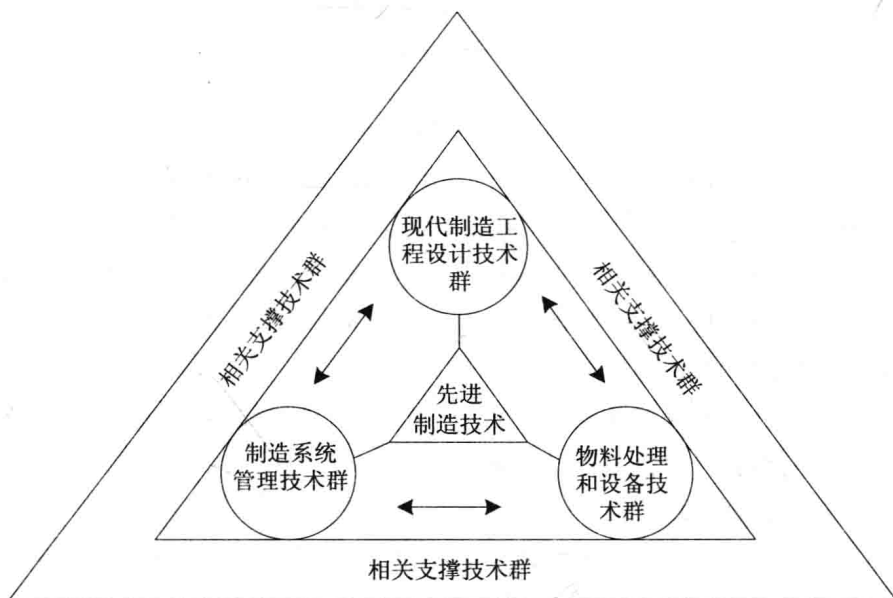


图1-4 先进制造技术体系结构

(1) 现代制造工程设计技术群

现代制造工程设计技术群包括所有与产品和工艺设计有关的技术,如CAX技术、DFX技术、可靠性设计、动态设计、疲劳设计、智能优化设计、反求工程、系统建模与仿真、系统集成、并行设计、快速原型制造等。

(2) 制造系统管理技术群

制造系统管理技术群包括与企业管理有关的各种技术,强调信息集成,企业生产模式的创新,人、技术和管理的集成等,如成组技术、全面质量管理、制造资源计划、准时生产、计算机集成制造、并行工程、精益生产、敏捷制造等。

(3) 物料处理和设备技术群

物料处理和设备技术群是研究物料处理过程和与物流直接相关的各项技术,如材料生产工艺及设备、加工工艺及设备、少无切削加工、精密工程技术、超高速加工技术、特种加工技术、加工设备及其监控、质量控制技术等。

(4) 支撑技术群

支撑技术群是制造工程科学的理论基础,是三大主体技术群赖以生存并不断取得进步的相关技术,包括计算机技术、微电子技术、信息技术、自动化技术、系统工程、管理科学、材料科学等。