

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



GONGCHENG SHIJIAN

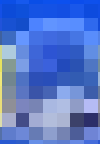
工程实践

巫世晶 主 编
宋凤莲 潘卫平 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

中国工程教育学会工程实践教学研究会



工程实践

（第1期）

中国工程教育学会
CHINA ASSOCIATION OF ENGINEERING EDUCATION

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI

GONGCHENG SHIJIAN
工程实践

主 编 巫世晶
副主编 宋凤莲 潘卫平
编 写 王晓笋 马晓杰
霍国良 王爱华
主 审 胡建钢



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。

本书主要论述制造工程基本方法、工艺过程及现代工程技术和方法。全书分为4篇17章。第1篇工程实践概述,主要介绍工业生产的背景,生产质量要求,生产安全与环境保护等内容;第2篇工程材料及其成型技术,主要介绍金属材料及其他工程材料的性能与应用,基本材料的铸造、锻造、焊接等液态成形、塑性成形和连接成形技术等;第3篇切削加工技术,主要介绍切削加工的基础知识、车削加工、铣削加工、磨削加工、精密加工、钳工及装配等;第4篇现代加工设备、方法及其技术训练,主要介绍数控机床、特种加工、气压液压传动、机电一体化技术、计算机辅助设计与制造技术等。

本书可作为高等工科院校机械类及相关专业教材,也可供高等院校实践性教学环节及工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程实践/巫世晶主编. —北京:中国电力出版社, 2007. 3

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-5175-9

I. 工... II. 巫... III. 机械制造工艺—高等学校—教材
IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 004563 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007年3月第一版 2007年3月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16.5印张 395千字

印数 0001—3000册 定价 26.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

本书是根据教育部新颁布的“工程实践教学基本要求”,结合近年来我校和各兄弟院校教学改革经验和成果,组织我校长期在“工程实践”教学第一线的教师编写的。

为使學生掌握机械制造的综合知识,帮助学生理解和掌握机械加工综合的工艺方法,并初步掌握机械制造的操作技能,在介绍传统机械制造工艺与方法的基础上,还着重编写了在我国机械工业生产中应用较多的新材料、新技术、新工艺、新设备等方面的知识,特别是有关数控机床和 CAD/CAM 技术的基础知识,使学生获得更多更新的知识。

本书在第 4~17 章后面都配备了一定数量的复习思考题,以培养学生分析问题和解决问题的独立思考能力。书中的重要术语都附有英语注释,以方便双语教学。

为使學生通过“工程实践”的理论和实际操作学习,较好地掌握机械制造工艺原理和方法,本书各章都明确了基本要求、具体教学时间安排、实习报告要求。

本书由武汉大学巫世晶教授担任主编,宋凤莲高级工程师、潘卫平副教授担任副主编,其他编写人员有王晓笋、马晓杰、霍国良、王爱华等同志。

本书由武汉大学胡建钢教授担任主审。陈小圻副教授对本书的编写提出了许多宝贵的意见,彭潇参与了书稿的校对工作,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者指正。

编者

2006 年 10 月

目 录

前言

绪论	1
0.1 “工程实践”课程的性质、地位和作用	1
0.2 “工程实践”课程的内涵	1
0.3 “工程实践”课程的主要任务	2
0.4 “工程实践”课程的学习方法	2

第1篇 工程实践概述

第1章 工业生产背景知识	4
1.1 工业生产常用术语	4
1.2 工业生产基本模式	4
1.3 生产类型的划分	11
第2章 全面质量管理和 ISO9000 族标准	13
2.1 全面质量管理 (TQC) 的基本思想	13
2.2 ISO9000 族标准	14
2.3 ISO9000 族标准的核心理论	15
第3章 安全生产与环境保护	17
3.1 危害人身安全的主要因素	17
3.2 安全生产与劳动保护的主要措施	17
3.3 影响环境污染的主要因素	18
3.4 环境污染的防治	19
3.5 ISO14000 系列环境管理国际标准	19
3.6 OHSMS18000 职业健康安全管理体系	20

第2篇 工程材料及其成形技术

第4章 工程材料	21
4.1 金属材料的性能	21
4.2 常用金属材料的分类及表示方法	22
4.3 钢铁材料的现场鉴别	26
4.4 钢的常用热处理及其设备	28
4.5 其他工程材料	31
工程材料、热处理实习报告	34
复习思考题	35

第5章 铸造	36
5.1 概述	36
5.2 砂型铸造	36
5.3 浇注系统、冒口和冷铁	41
5.4 熔炼、浇注、落砂和清理	42
5.5 铸造工艺图	43
5.6 铸件质量分析	44
5.7 特种铸造	47
5.8 各类铸造方法的比较	50
铸造实习报告	51
复习思考题	51
第6章 塑性成形	52
6.1 概述	52
6.2 锻造生产过程及加热缺陷	53
6.3 自由锻	55
6.4 模锻	57
6.5 板料冲压	57
6.6 塑性成形新技术	59
塑性成形实习报告	59
复习思考题	59
第7章 焊接成形	61
7.1 常用焊接方法	61
7.2 手工电弧焊	62
7.3 气焊与切割	66
7.4 其他焊接方法	69
7.5 常见的焊接缺陷及其质量检验方法	73
焊接成形实习报告	74
复习思考题	75

第3篇 切削加工技术

第8章 切削加工基础知识	76
8.1 切削运动和切削用量	77
8.2 常用刀具材料	78
8.3 金属切削机床的分类与编号	79
8.4 精度及表面粗糙度简介	82
8.5 常用量具及其使用	84
切削加工基础知识实习报告	88

复习思考题	89
第9章 车削加工	90
9.1 车削加工范围及工艺特点	90
9.2 卧式车床	92
9.3 车削加工基本方法	95
9.4 其他车床简介	98
车削加工实习报告	99
复习思考题	100
第10章 铣削加工	101
10.1 铣削加工范围及工艺特点	101
10.2 铣床	102
10.3 铣削加工基本方法	105
铣削加工实习报告	107
复习思考题	108
第11章 磨削与精密加工	109
11.1 磨削加工范围及工艺特点	109
11.2 磨削加工基本方法	115
11.3 精整和光整加工	118
磨削加工实习报告	119
复习思考题	120
第12章 钳工	121
12.1 概述	121
12.2 划线	122
12.3 锯削和锉削	123
12.4 钻削	124
12.5 攻丝与套丝	126
12.6 减速器装配	128
钳工实习报告	133
复习思考题	134

第4篇 现代加工设备、方法及其技术训练

第13章 数控机床	136
13.1 数控机床的工作原理	136
13.2 数控机床的组成	136
13.3 数控机床的分类	137
13.4 常用数控系统的种类	137
13.5 数控加工程序的编制	138

13.6 FANUC 系统数控车床操作	145
数控加工实习报告	150
复习思考题	150
第 14 章 特种加工	152
14.1 电火花加工概述	152
14.2 实现电火花加工的条件	152
14.3 电火花加工原理	153
14.4 电火花加工特点和用途	153
14.5 电火花加工机床	154
14.6 线切割加工数控编程及操作方法	155
14.7 激光加工	163
14.8 超声加工	164
特种加工实习报告	165
复习思考题	166
第 15 章 气压传动及液压传动	167
15.1 概述	167
15.2 气压传动的基础知识	168
15.3 气压传动系统的组成	168
15.4 气动控制元件	171
15.5 气动基本回路	175
气压传动与液压传动实习报告	182
复习思考题	183
第 16 章 机电一体化技术	184
16.1 概述	184
16.2 机电一体化系统(产品)的组成要素	185
16.3 机械装置	185
16.4 执行元件	187
16.5 传感器	190
16.6 控制装置	192
16.7 机电一体化系统介绍	196
16.8 机电一体化技术的发展前景	198
机电一体化技术实习创新思维报告	198
复习思考题	199
第 17 章 现代计算机辅助设计与制造技术	200
17.1 CAD/CAM 技术的基础知识	200
17.2 SolidWorks 计算机辅助设计实例	208
17.3 数控加工自动编程简介	219

17.4 CAXA 计算机辅助制造实例	227
CAD/CAM 技术实习报告	242
复习思考题	242
附录 A 工程训练实习安全技术要求	243
1. 铸造实习安全技术要求	243
2. 锻造实习安全技术要求	243
3. 焊接实习安全技术要求	243
4. 热处理实习安全技术要求	244
5. 钳工实习操作的安全技术要求	244
6. 车工实习安全技术要求	244
7. 铣工实习操作的安全技术要求	245
8. 磨工实习操作的安全技术要求	245
附录 B 重要术语中英文对照表	246
参考文献	252

绪 论

0.1 “工程实践”课程的性质、地位和作用

“工程实践”是一门具有很强实践性质的专业技术基础课,它主要介绍工业生产中所用到的工程材料,材料成型的基本工艺方法,机械加工的主要形式,数控加工,数控加工编程及特种加工等各方面与工业生产相关的专业知识。课程通过理论和实践教学,将理论知识与工程实际紧密结合,从而指导学生理论联系实际,充分吸收和掌握相关专业知识。

“工程实践”课程是工科专业本科生在未系统接受专业知识培训之前对工业生产的内容、形式等所进行的先修课程,从而为后续的“机械制造工艺学”、“金属材料及热处理”与“机械设计”等专业课程的学习奠定专业基础。

“工程实践”课程从最基本的工业生产概念出发,由浅入深,结合实际,将理论与工业生产紧密联系,从而为学生掌握和了解当今工业生产中的关键技术、工艺方法、设计手段等打下良好的基础。

0.2 “工程实践”课程的内涵

制造是从手工开始,以后逐渐用机械代替手工,以达到提高产品的质量和生产率的目的。现代制造技术是将机械、电子、信息、材料、能源、管理等不同学科有机地融合和交叉并集成在一起,综合应用于产品全生命周期的制造全过程,即从市场需求分析开始,到产品设计、工艺设计、加工装配、检测、销售、使用、维修和报废等。

制造业既占有基础地位,又处于前沿关键地位;既古老,又年轻。它是工业的主体,是国民经济持续发展的基础。制造业是现代国民经济和综合国力的重要支柱,其生产总值一般占整个国家国内生产总值的20%~55%。在一个国家的企业生产力构成中,制造技术的作用一般占60%左右。20世纪是制造业发展的辉煌时期,社会财富的80%来自制造业。一般认为,世界上各个国家经济的竞争,主要是制造技术的竞争。如果没有制造业,信息技术、材料技术、生物工程技术以及空间技术等新技术群的发展将会受到很大的制约。中国经济于20世纪70年代末开始起飞,一直实行以建立强大的、能够给为数众多的农业人口提供就业的工业部门为主的经济发展战略。改革开放以来,我国制造业的发展取得了令人瞩目的成就。从20世纪80年代到21世纪初,在改革开放引领各新兴产业迅速发展的背景下,我国制造业增加值的年均增长率高达12.65%,比同期GDP增长率高出2.7个百分点,是世界上发展速度最快的国家。但从我国的综合国力、制造业的素质和竞争能力,特别是拥有自主核心技术上看,还远远比不上19世纪的英国,也不如19世纪以后的美国和日本在世界的地位。与先进工业国相比,我国还称不上是制造强国。为此,加大对制造业,特别是基础技术的研究和投入,对于国家和国民经济的发展具有战略意义。我国只有加大科研的投入和创新人才的培养,才能摆脱“世界工厂”的帽子,逐步掌握制造业的“核心技术”,从而走上科技强国、富国之路。

0.3 “工程实践”课程的主要任务

“工程实践”课程的主要任务：

(1) 掌握现代工业生产中的一些基本概念，了解和掌握生产系统的基本组成和主要类型，初步掌握工业生产制造中使用的工程材料和材料成形工艺的基本知识，并了解新工艺、新材料、新技术在工业生产中的应用。

(2) 掌握零件加工方法和基本的零件加工工艺，能够完成简单零件的主要工种方面的加工制造。结合“工程实践”课程，通过参与制造工艺实习培养学生的动手能力，同时通过参与实践生产加工，掌握车削、铣削、磨削与精密加工等加工方法。

(3) 培养学生的安全生产意识，使学生具备较强的自我保护意识；培养学生具有关于生产质量管理和绿色制造的基本概念。

(4) 以现代计算机辅助设计、辅助制造为对象，培养学生掌握现代设计制造方法的理论和实践知识，同时对于数控加工有较深刻的理解。

0.4 “工程实践”课程的学习方法

通过现场教学、专题讲座、电化教学、实际操作、参观实习、综合训练、实验、课堂讨论、完成实习报告或作业等手段和方式，丰富教学内容，完成实践任务。可以通过以下几个方面开展“工程实践”课程的教学工作：

(1) 以实践为主，通过理论结合实际的方法向学生传授工业生产基础知识。“工程实践”是一门实践性非常强的专业基础课程，其中所涉及的知识点都是存在于现代工业生产的每一个环节中，无论是工程材料还是材料的加工成形工艺，都可以通过展示实物和具体操作过程来体现。为此，本书在相应的章节后面都配备了实习报告的表格，学生经过书本知识学习并得到了相应指导老师的认可之后，可以进行具体操作实践，并将实习的记录填写到相应的表格之中。只有通过认真参与实习，才能够完成实习报告表格的填写，并最终通过指导教师的考核。这对于学生深刻掌握书本知识能起到很好的促进作用。

(2) 注意本教材与相关教学内容的分工与合作。本教材与“金工实习”、“机械设计”、“机械制造工艺学”、“机械 CAD”、“数控加工”等课程紧密相关，在部分章节或知识点存在着一致性。但本课程更强调以实践为中心的指导思想，可以结合学生所学知识的特点，有重点地对未曾涉及的知识点进行补充，而已经学习的知识则通过实践实习环节予以强化。

(3) 教学安排。本教材的理论教学内容按照 18 学时时间来安排，其中第一篇大约需要 2 个学时；第二篇需要 4 个学时；第三篇需要 6 个学时；第四篇需要 6 个学时左右。此外需要安排学生 18 天左右的实习时间。现场教学由专业任课教师或者具有工程师职称的实习指导人员负责，操作实习部分由实习指导教师负责。

(4) 本教材的内容与特点。本教材本着“工程实践”课程的特点，遵循由浅入深、循序渐进的原则，系统、生动而具体地向学生展示现代工业生产中的相关背景知识、工程材料、加工方法与制造工艺、机电液一体化知识。结合计算机辅助工程技术，介绍如何通过数字化设计软件实现数控加工的过程。书中插入大量生动而翔实的图形、表格，使学生在理论学习

知识的同时能获得感性认识。本教材在各章节后面附有相应的实习报告和复习思考题，以强化学生所学知识，促进专业知识的理解与吸收。

(5) 本教材各章节后复习思考题的使用。每章后面的复习思考题主要是为了培养学生的分析问题、解决问题的能力，激发学生的学习兴趣。为完成相应的实习报告和复习思考题，学生必须在掌握书本知识的基础上，通过查阅相关资料并亲自参与实习、总结实习才能完成。实习过程中，不同学校或不同专业也可以结合学校自身特点或专业特点，编写相应的实习报告表格和复习思考题。

第1篇 工程实践概述

第1章 工业生产背景知识

1.1 工业生产常用术语

(1) 生产过程 (Production Process): 一般指从劳动对象进入生产领域到制成产品的全部过程。

(2) 生产物料 (Production Materials): 生产需要的原料、材料、燃料、辅料和半成品。

(3) 剩余物料 (Waste Materials): 生产过程中的余料和生产过程产生的废品、废料, 包括气态、液态和固态物质。

(4) 生产装置 (Production Equipments): 生产需要的设备、设施、工机具、仪器仪表等各种劳动资料。

(5) 自动机床 (Automatic Machine): 凡是开启停止机床、装卸工件、刀具趋向工件、切削加工、退刀全部实现自动化并能连续重复进行加工的机床, 称为自动机床。

(6) 半自动机床 (Semi-Automatic Machine): 能够自动完成刀具趋向工件、切削加工、退刀的动作, 但装卸工件需要工人参与的机床称为半自动机床。

(7) 组合机床 (Combination Machine): 以通用的系列化功能部件为基础, 配以少量专用部件组成的机床为组合机床。组合机床可以对工件按照特定的工序进行高效率多工序加工, 常用于大批量生产复杂零件 (如箱体类零件)。

(8) 数控机床 (Numeric Control Machine): 它是一种装有程序控制系统 (数控系统) 的高效自动化机床。它综合了计算机、自动控制、精密测量、机床的机构设计与制造等方面的最新成果, 具有高速、高效、多功能、智能化、高精度、高可靠性、柔性化的特点。

1.2 工业生产基本模式

1.2.1 传统自动化生产模式

传统自动化生产是指采用传统的自动机床、专用机床、组合机床等设备, 按照流水作业方式进行的生 产。其特点是单一品种生产效率高, 但生产任务发生改变时需要耗时耗资进行设备更新。

传统自动化生产技术主要有两种形式: 单机自动化和自动生产线。

单机自动化采用自动机床和半自动机床, 常见的自动机床有纵切自动车床、转塔自动车床、多轴自动车床等。

自动生产线是按工艺顺序排列的若干台自动机床、专用机床或组合机床用一套传送装置和控制系统联系起来形成的自动作业线。在这样的系统中, 毛坯和工件不需要工人直接操作, 就能自动地按顺序经过各个加工工位, 转变为成品。

1.2.2 先进生产模式

先进生产模式是在传统生产模式基础上不断吸收现代管理、电子、信息、计算机控制、新材料等方面的最新技术,将其综合应用于生产的全过程,以实现优质、高效、低消耗、清洁无污染的生产。

与传统生产模式相比,它具有如下特点:

(1) 先进生产技术贯穿了产品设计、加工制造、产品销售及售前售后服务的全过程,作为能驾驭生产过程中的物质流、信息流和资金流的系统技术。

(2) 以优质、高效、低成本、可持续发展作为生产追求的重要目标。

(3) 重视技术与管理相结合,重视生产过程的组织和管理体制的精简及合理化。

目前机械制造领域先进的生产系统包括计算机集成制造系统(CIMS)、柔性制造系统(FMS)、智能制造系统(IMS)等。

一、计算机集成制造系统

计算机集成制造系统(CIMS)概念最早由美国学者哈林顿博士于1974年提出,在信息技术、自动化技术及制造技术的基础上,通过计算机网络和数据库技术,将企业的全部生产活动——设计、制造及经营管理等与整个生产过程有关的物料流与信息流实现计算机高度统一的综合化管理,把各种分散的自动化系统有机地集成起来,构成一个优化的完整的生产系统,即计算机集成制造系统(CIMS)。

这个概念强调的是信息处理,其基本出发点是:

(1) 企业的各种生产经营活动是不可分割的,要统一考虑。

(2) 整个生产制造过程实质上是信息的采集、传递和加工处理的过程。

经过几十年的发展,CIMS的概念已从典型的离散型机械制造业扩展到化工、冶金等连续或半连续制造业。这种理论已经具有了新的含义,即现代集成制造系统(Contemporary Integrated Manufacturing System):将信息技术、现代管理技术和制造技术相结合,并应用于企业全生命周期各个阶段,通过信息集成、过程优化及资源优化,实现物料流、信息流、价值流的集成和优化运行,达到人(组织及管理)、经营和技术三要素的集成,以加强企业新产品开发的效益,从而提高企业的市场应变能力和竞争力。

CIMS的理论基础是系统科学。建模与优化是系统科学的核心,贯穿于CIMS的各个方面。

飞速发展的信息技术是CIMS的主要技术特征,这也决定了CIMS的生命力,其中主要包括:

(1) 集成化。它有三个方面:技术的集成、管理的集成、技术与管理的集成。归根结底,集成的本质就是知识的集成。集成包括现代技术的集成,如机电一体化;加工技术的集成,如特种加工技术;企业集成,即管理的集成。

(2) 网络化。局域网+广域网(Internet/intranet/extranet)。一是利用网络,在产品的设计、制造、生产管理乃至企业整个业务流程中充分享用有关的资源,即快速调集、有机整合、高效利用有关资源;与此同时,这必然导致制造过程与组织的分散化、网络化,企业要抛弃传统的“小而全”与“大而全”生产模式,而集中力量在自己最有竞争力的核心业务上。如美国波音公司便将客机零部件生产分散在全球各地。

(3) 数字化。它包括零件的数字化模型,部件、产品的全数字化模型,数字化制造是指

制造领域的数字化。它是制造技术、计算机技术、网络技术和管理科学的交叉、融和、发展与应用的结果，也是制造企业、制造系统与生产过程、生产系统不断实现数字化的必然趋势。

(4) 虚拟化。是一种由三维计算机图形技术与计算机硬件技术发展而实现的高级人机交互技术，让用户通过视觉、听觉、触觉、甚至嗅觉和味觉等多种知觉方式实时地与计算机所建造的仿真环境发生相互作用。例如，进入“虚拟厂房”，操纵“虚拟机床”，抓取“虚拟零件”，组装“虚拟设备”等。

它包括基于仿真的 VM（虚拟制造）、基于 VR（虚拟现实）的 VM。虚拟制造主要就是利用计算机技术和装备产生一个虚拟环境，应用人类知识、技术和感知能力，与虚拟对象进行交互作用，对产品设计、制造进行全面的建模和仿真。

虚拟现实系统就是要利用各种先进的硬件技术及软件工具，设计出合理的硬软件及交互手段，使参与者能交互式地观察和操纵系统生成的虚拟世界。它具有“3I”特性，即沉浸（Immersion）、交互（Interaction）、想象（Imagination）。

(5) 智能化。制造技术的智能化是制造技术发展的前景，智能制造系统具有以下特点：人机一体化、自律能力、自组织与超柔性、学习能力与自我维护能力、在未来具有更高级的类人思维的能力。由此出发，可以说智能制造作为一种模式，是集自动化、集成化和智能化于一身的，并且具有不断向纵深发展的高技术含量和高技术水平的先进制造系统。

CIMS 的组成 制造企业的 CIMS 包含经营管理、工程设计、产品制造、质量保证和物资保障等 5 个功能系统，另外还要有一个能有效连接这些功能系统的支撑环境，即计算机网络和数据库系统，从而构成企业的信息集成系统。如图 1-1 所示为制造业 CIMS 的示意图。

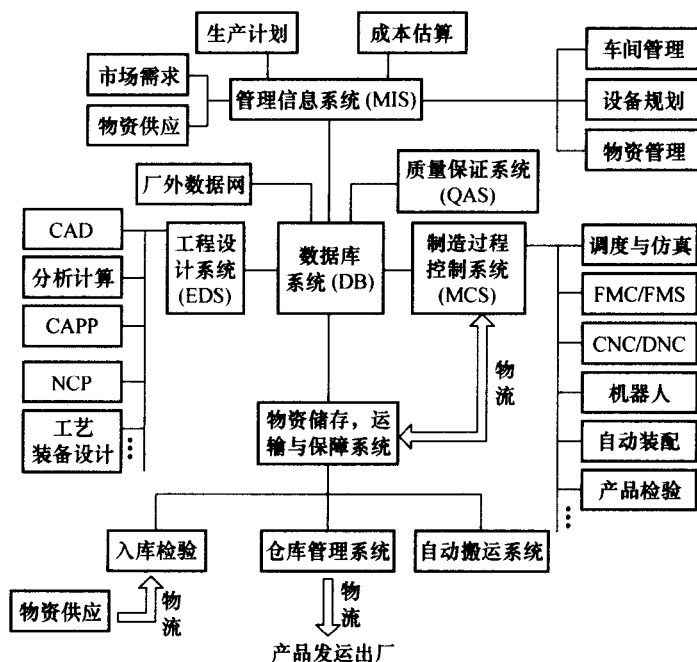


图 1-1 CIMS 系统的基本组成

