



21世纪高职高专规划教材·机械系列



铣工技术

张国峰 主 编
史 毅 李 娜 副主编
刘金环 主 审

国防科技大学出版社

21 世纪高职高专规划教材

机械系列

铣工技术

	张国峰	主 编
史 毅	李 娜	副主编
	刘金环	主 审

国防科技大学出版社

【内容简介】本书是为高职高专机械类专业编写的教材。

本书介绍了铣削原理、铣削基础知识、铣床夹具,重点介绍了平面、连接面及斜面的铣削,台阶、直角沟槽和键槽的铣削及切断,特形沟槽的铣削,花键和牙嵌式离合器的铣削以及孔加工,并简要介绍了万能分度头的分度方法和铣床的调整与精度检验等内容。本书采用最新国家标准,内容系统完整,讲解深入浅出,通过相应模块的练习,使学生很好地掌握所学知识。

本书适合高职高专教学使用,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铣工技术/张国峰主编. —长沙:国防科技大学出版社,
2010.2

ISBN 978-7-81099-736-2

I. 铣… II. 张… III. 铣削—基本知识 IV. TG51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 013153 号

出版发行:国防科技大学出版社

网 址: <http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:唐卫葳 特约编辑:张丹丹

印 刷 者:北京振兴源印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.5

字 数:387千字

版 次:2010年2月第1版

印 次:2010年2月第1次印刷

定 价:24.00元

21 世纪高职高专规划教材·机械系列

编审委员会

主 任 李文珍 清华大学机械工程系
中国铸造学会学术工作委员会委员

副 主 任 冯国明 西安交通大学机械工程学院
中国工程图学会全国理事
霍忠义 长安大学理学院

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 艳	尹 楠	吕 勇	朱 磊	刘良瑞
刘品潇	吴志强	苏 辉	杨一平	李河水
李爱敏	连晓峰	辛会珍	陈建刚	苟向锋
苟维杰	赵晓东	贾 敏	浦艳敏	陶春生
常建啟	鲁昌国	穆亚辉		

课程审定 周 岩 哈尔滨工业大学机电工程学院
王 娜 兰州交通大学机电工程学院

内容审定 汪 净 兰州交通大学机电工程学院
陈智刚 江西现代职业技术学院机械学院
宗 琳 沈阳化工学院机械工程学院

出版说明

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术、技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的支持下,我国的高职高专教育取得了不小的成就,但随着我国经济的腾飞,高技能人才的缺乏越来越成为影响我国经济进一步快速健康发展的瓶颈。这一现状对于我国高职高专教育的改革和发展而言,既是挑战,更是机遇。

要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高职高专教材作为体现高职高专教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高职高专教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为促进高职高专教育的发展,加强教材建设,教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中,提出了“重点建设好3 000种左右国家规划教材”的建议和要求,并对高职高专教材的修订提出了一定的标准。为了顺应当前我国高职高专教育的发展潮流,推动高职高专教材的建设,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的人员成立了21世纪高职高专规划教材编审委员会。

编审委员会依据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,调研了百余所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解高职高专的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构,同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。

本套教材的编写遵循以下原则:

(1) 成立教材编审委员会,由编审委员会进行教材的规划与评审。

(2) 按照人才培养方案以及教学大纲的需要,严格遵循高职高专院校各学科的专业规范,同时最大程度地体现高职高专教育的特点及时代发展的要求。因此,本套教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化了对学生实际操作能力的培养。

(3) 教材的定位更加强调“以就业为导向”,因此也更为科学。教育部对我国的高职高专教育提出了“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。根据这一原则,本套教材在编写过程中,力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本,以学生为中心”的风格,从而使本套教材更具实用性和前瞻性,与就业市场结合也更为紧密。

(4) 采用“以案例导入教学”的编写模式。本套教材力图突破陈旧的教育理念,在讲解的过程中,援引大量鲜明实用的案例进行分析,紧密结合实际,以达到编写实训教材的

目标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本套教材涵盖了公共基础课系列、财经管理系列、物流管理系列、电子商务系列、计算机系列、电子信息系列、机械系列、汽车系列和化学化工系列的主要课程。目前已经规划的教材系列名称如下:

财经管理系列

- 财经管理基础课
- 工商管理类
- 财务会计类
- 经济贸易类
- 财政金融类
- 市场营销类

机械系列

- 机械基础课
- 机械设计与制造类
- 数控技术类
- 模具设计与制造类
- 机电一体化类

计算机系列

- 公共基础课
- 计算机专业基础课
- 计算机网络技术类
- 计算机软件技术类
- 计算机应用技术类

公共基础课系列

物流管理系列

电子商务系列

电子信息系列

化学化工系列

汽车系列

对于教材出版及使用过程中遇到的各种问题,欢迎您通过电子邮件及时与我们取得联系(联系方式详见“教师服务登记表”)。同时,我们希望有更多经验丰富的教师加入到我们的行列当中,编写出更多符合高职高专教学需要的高质量教材,为我国的高职高专教育做出积极的贡献。

21 世纪高职高专规划教材编审委员会

序

21 世纪是科技和经济高速发展的重要时期,随着我国经济持续快速健康的发展,各行各业对高技能专业型人才的需求量迅速增加,对人才素质的要求也越来越高。高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,在加快培养高技能专业型人才方面发挥着重要的作用。

与国外相比,我国高职高专教育起步时间短,这种状况与我国经济发展对人才大量需求的现状是很不协调的。因此,必须加快高职高专教育的发展步伐,提高应用型人才的培养水平。

高职高专教育水平的提高,离不开课程体系的完善。相关领域人才的培养需要一批兼具前瞻性和实践性的优秀教材。教育部高教司针对高职高专教育人才培养模式提出了“以就业为导向”的指导思想,这也正是本套高职高专教材的编写宗旨和依据。

如何使高职高专教材既突出行业的需求特点,又突出职业的核心能力?这是教材在编写过程中必须首先解决的问题。本系列教材编委会深入研究了高职高专教育的课程和专业设置,并对以往的教材进行了详细分析和认真考察,力图在不破坏教材系统性的前提下,加强教材的创新和实践性内容,从而确保学生在学习专业知识的同时多动手,增强自己的实践能力,以加强“知”与“行”的结合。

本系列教材根据高职高专教育的要求,注重学生能力的培养,使学生在理论学习的同时更主要的是理论结合实践。本系列教材设置了“本章小结”和“习题”模块,方便学生学习并掌握所学知识点;而且根据科目的不同配有实践环节和实验环节等。通过这些栏目的设计,使本系列教材的内容更加丰富、条理更为清晰,为老师的讲授和学生的学习都提供了很大的便利。

经过辛勤努力,本系列教材终于顺利出版了。我们相信本系列教材一定能够很好地适应现代高职高专教育的教学需求,也一定能够在高职高专教育机械课程的改革中发挥积极的推动作用,为社会培养更多优秀的应用型人才。

清华大学机械工程系材料加工技术研究所副所长
中国铸造学会学术工作委员会委员



前 言

随着科学技术和工业生产的发展,制造业也发生了革命性的变化。高职高专教育的专业技术人才的培养,不仅要求有一定的理论知识,还要注重实践操作的培养。本书是参照目前高职高专院校专业教学基本要求和专业培养目标,适应新世纪对高职高专院校人才专业知识的要求,在总结近几年的教学实践经验的基础上编写而成的。本书的主要特点如下:

1. 在现代铣床制造加工技术的大背景下阐述铣工技术。各章内容渗透了新知识、新技术及在铣床加工方面采用的新方法。

2. 本书把传授铣工技术理论与技能训练相结合,以国家职业标准为依据,为满足企业的需要而培养高、中等技术型人才。内容包括:铣削原理,铣削基础知识,常用铣床夹具的结构和原理,平面、连接面及斜面的铣削,台阶、直角沟槽和键槽的铣削以及工件的切断,特形沟槽的铣削,分度方法,花键、牙嵌式离合器的铣削,在铣床上钻孔、铰孔、镗孔,铣床的调整与精度检验等。

3. 本书以“学生就业”为导向,以“企业用人标准”为依据。在专业知识的安排上,紧密联系培养目标,坚持够用、实用的原则。大部分章节设有实训课题,进一步加强技能训练的力度,特别是加强基本技能与核心技能的训练。在结构安排和表达方式上,强调由浅入深,循序渐进。

4. 采用最新国家标准和法定计量单位。

5. 各章后均附有习题,有利于对相关理论知识进行理解和掌握。

本书由黑龙江省广播电视大学富拉尔基分校张国峰任主编,江西现代职业技术学院史毅、黑龙江省广播电视大学富拉尔基分校李娜任副主编。全书共10章,第1章、第2章、第10章由史毅编写,第3章、第4章、第7章由张国峰编写,第5章、第6章由梁斯仁编写,第8章、第9章由李娜编写。

本书的编写得到了江西现代职业技术学院彭实名,中国第一重型机械集团公司高级技师王海军、杨树学,中国一重技师学院高级工程师崔彦佳的热情支持和指导,同时,也受到了有关院校教授的大力支持和帮助,谨此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请同行和读者不吝指正。

编 者

目 录

第 1 章 铣削原理	1
1.1 铣刀简介	1
1.1.1 铣刀的种类	1
1.1.2 铣刀的标记	4
1.1.3 铣刀的主要参数	4
1.1.4 铣刀的材料及选用	5
1.2 铣削过程的基础知识	7
1.2.1 铣削过程中的变形	7
1.2.2 积屑瘤	8
1.2.3 切削热与切削温度	10
1.2.4 刀具磨损	11
1.2.5 铣刀耐用度	12
1.2.6 加工硬化	13
1.3 铣刀几何参数的合理选择	14
1.3.1 铣刀直径和齿数的选择	14
1.3.2 前角的选择	15
1.3.3 后角的选择	15
1.3.4 主偏角的选择	15
1.3.5 副偏角的选择	16
1.3.6 刃倾角和螺旋角的选择	16
1.4 铣削用量的选择	17
1.4.1 铣削用量的选择原则	17
1.4.2 背吃刀量的选择	17
1.4.3 进给量的选择	17
1.4.4 铣削速度的选择	18
1.5 难铣削材料的铣削	18
1.6 技能训练	18
课题 1 安全操作规程	18
课题 2 文明实习要求	19
课题 3 设备维护保养常识	19
本章小结	20
习题 1	20

第 2 章 铣削的基础知识	21
2.1 铣床概述	22
2.1.1 铣床的型号	22
2.1.2 典型铣床	25
2.2 常用装夹工具	29
2.2.1 机用虎钳	29
2.2.2 压板	32
2.3 一般量具及其使用	33
2.3.1 游标量具	33
2.3.2 千分尺	36
2.3.3 百分表	39
2.3.4 游标万能角度尺	40
2.3.5 正弦规	42
2.3.6 量块	43
2.3.7 90°角尺、塞尺、刀口形直尺	45
2.3.8 极限量规	47
2.4 切削液	48
2.4.1 切削液的作用	48
2.4.2 切削液的种类及选用	49
2.5 铣削运动和铣削用量	50
2.5.1 铣削的基本运动	50
2.5.2 铣削用量及其选择	50
2.6 技能训练	54
课题 1 游标量具测量练习	54
课题 2 千分尺的应用	54
课题 3 百分表的应用	55
课题 4 正弦规的应用	56
课题 5 量块的应用	56
本章小结	56
习题 2	57
第 3 章 铣床夹具	58
3.1 铣床夹具的组成和作用	58
3.1.1 铣床夹具的组成	58
3.1.2 铣床夹具的作用	59
3.2 工件在铣床夹具中的定位	60
3.2.1 六点定位原理	60
3.2.2 常用定位方式及定位元件	61
3.2.3 工件定位的几种现象	65

3.3	工件夹紧	67
3.3.1	夹紧装置应具备的基本要求	67
3.3.2	夹紧力三要素的合理确定	67
3.3.3	常用的夹紧机构	69
3.4	定位与夹紧的关系	73
3.5	铣床夹具介绍	73
3.5.1	铣床夹具特点	73
3.5.2	铣床典型夹具	74
3.6	组合夹具	75
3.6.1	组合夹具特点及其应用场合	75
3.6.2	组合夹具基本元件	76
3.6.3	组合夹具组装步骤	76
3.6.4	组合夹具组装实例	77
3.7	技能训练	80
课题1	常用定位方式的应用	80
课题2	工件夹紧的应用	82
本章小结		83
习题3		83
第4章	平面、连接面及斜面的铣削	85
4.1	铣平面	85
4.1.1	平面的铣削方法	85
4.1.2	顺铣与逆铣	87
4.1.3	铣平面的加工步骤	90
4.1.4	平面的铣削质量分析	91
4.2	铣连接面	92
4.2.1	周铣加工垂直面和平行面	92
4.2.2	端铣加工垂直面和平行面	94
4.2.3	保证垂直面和平行面加工质量的注意事项	95
4.3	铣斜面	95
4.3.1	斜面及其在图样上的表示方法	95
4.3.2	斜面的铣削方法	96
4.3.3	保证斜面加工质量的注意事项	99
4.4	技能训练	99
课题1	铣削平面	99
课题2	铣削六面体	101
课题3	铣削斜面	103
本章小结		105
习题4		105

第 5 章 台阶、直角沟槽和键槽铣削以及工件切断	106
5.1 台阶和直角沟槽的铣削	106
5.1.1 台阶、直角沟槽的技术要求	106
5.1.2 台阶的铣削	106
5.1.3 直角沟槽的铣削	108
5.2 轴上键槽的铣削	110
5.2.1 轴上键槽的技术要求	110
5.2.2 轴上键槽的铣削工艺	110
5.2.3 轴上键槽的检测和铣削质量分析	116
5.3 工件的切断	117
5.3.1 锯片铣刀的选择	117
5.3.2 锯片铣刀的安装	118
5.3.3 工件装夹	119
5.3.4 工件切断时的几种情况	119
5.4 技能训练	122
课题 1 铣直角沟槽	122
课题 2 铣轴上键槽	123
本章小结	125
习题 5	125
 第 6 章 特形沟槽的铣削	 127
6.1 铣 V 形槽	127
6.1.1 V 形槽	127
6.1.2 V 形槽的铣削方法	127
6.1.3 V 形槽的检测	131
6.2 铣 T 形槽	132
6.2.1 T 形槽	132
6.2.2 T 形槽的铣削方法	133
6.2.3 T 形槽的检测	135
6.3 铣燕尾槽	135
6.3.1 燕尾槽	135
6.3.2 燕尾槽的铣削方法	136
6.3.3 燕尾槽的检测	137
6.4 铣半圆键槽	139
6.4.1 半圆键槽	139
6.4.2 半圆键槽的铣削方法	139
6.4.3 半圆键槽的检测	141
6.5 技能训练	142
课题 1 铣 V 形槽	142

课题 2 铣 T 形槽	143
课题 3 铣燕尾槽	145
课题 4 铣轴上半圆键槽	147
本章小结	149
习题 6	149
第 7 章 分度方法	150
7.1 万能分度头	150
7.1.1 万能分度头概述	150
7.1.2 万能分度头的结构	150
7.1.3 万能分度头的附件	152
7.1.4 万能分度头的正确使用和维护	155
7.2 万能分度头的分度方法	156
7.2.1 直接分度法	156
7.2.2 简单分度法	156
7.2.3 差动分度法	159
7.3 回转工作台分度法	161
7.3.1 回转工作台的结构	161
7.3.2 圆周工作分度原理	162
7.4 技能训练	162
课题 1 万能分度头分度	162
课题 2 回转工作台分度	163
本章小结	165
习题 7	165
第 8 章 花键、牙嵌式离合器的铣削	166
8.1 铣外花键	166
8.1.1 花键连接简介	166
8.1.2 用单刀铣削矩形齿外花键	168
8.1.3 用组合铣刀铣削矩形齿外花键	171
8.1.4 用铣刀盘铣外花键	172
8.1.5 外花键的检测与质量分析	172
8.2 铣牙嵌式离合器	173
8.2.1 牙嵌式离合器的技术要求	174
8.2.2 矩形齿离合器的铣削	175
8.2.3 尖齿形离合器的铣削	178
8.2.4 锯齿形离合器的铣削	179
8.2.5 梯形齿离合器的铣削	180
8.2.6 牙嵌式离合器的检测和铣削质量分析	181
8.3 技能训练	183

课题 1 铣矩形齿外花键离合器	183
课题 2 铣矩形齿牙嵌式离合器	184
本章小结	186
习题 8	186
第 9 章 钻孔、铰孔、镗孔	187
9.1 钻孔	187
9.1.1 钻孔方法	187
9.1.2 钻孔的质量分析	191
9.2 铰孔	192
9.2.1 铰刀	192
9.2.2 铰孔方法	193
9.2.3 铰孔的质量分析	194
9.3 镗孔	195
9.3.1 镗刀、镗刀柄和镗刀盘	195
9.3.2 镗孔方法	199
9.3.3 镗孔的质量分析	204
9.4 技能训练	206
课题 1 钻孔	206
课题 2 铰孔	207
课题 3 镗孔	209
本章小结	211
习题 9	211
第 10 章 铣床的调整与精度检验	212
10.1 铣床的调整	212
10.1.1 主轴轴承间隙的调整	212
10.1.2 工作台传动丝杠间隙的调整	213
10.1.3 工作台导轨间隙的调整	214
10.2 铣床的精度检验	215
10.2.1 常用铣床的几何精度检验	215
10.2.2 常用铣床的工作精度检验	219
10.2.3 常用铣床的故障及排除	220
本章小结	221
习题 10	221
附录	222
FW250 型分度头按分度小数选用摇柄转数表	222
参考文献	230

第 1 章 铣 削 原 理

在机床上,由于具有适当几何参数和一定铣削性能的铣削刀具与工件之间的相对运动,使刀具从工件上切除多余的金属,从而使工件的尺寸、形位公差以及表面粗糙度符合技术要求。所谓铣削,就是在铣床上以铣刀旋转做主运动,工件做进给运动的切削加工方法。刀具材料铣削性能的优劣和铣刀角度的合理选择将直接影响切削加工的生产率和加工表面的质量。

1.1 铣 刀 简 介

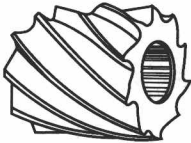
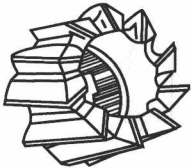
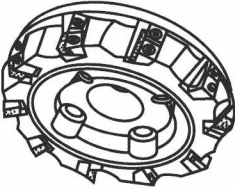
在铣削加工中,应根据铣床的情况和加工需要合理地选择和使用铣刀。

1.1.1 铣刀的种类

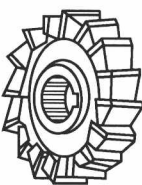
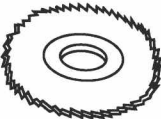
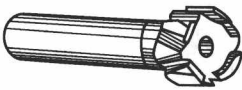
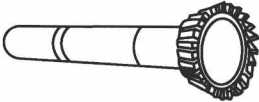
1. 按用途分类

按用途的不同,可将铣刀分为铣削平面用铣刀、铣削直角沟槽用铣刀、铣削特种沟槽用铣刀和铣削特形面用铣刀等,具体内容见表 1-1。

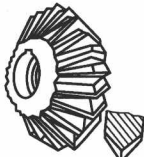
表 1-1 按用途分类的铣刀

类 别		简 图	说 明
铣 削 平 面 用 铣 刀	圆柱铣刀		圆柱铣刀分为粗齿和细齿两种
	套式端铣刀		套式端铣刀包括整体式和镶齿式两种,主要用于铣加工平面、大尺寸沟槽及台阶等
	可转位硬质合金面铣刀		面铣刀有整体式、机械夹固式和可转位式三种,主要用于粗、精铣各种加工平面,可转位硬质合金面铣刀主要用于高速铣削平面

续表

类 别		简 图	说 明
铣削直角沟槽用铣刀	立铣刀		立铣刀可用于铣削沟槽、螺旋槽、孔、台阶、凸轮和内外曲面等
	键槽铣刀		键槽铣刀主要用于铣削键槽
	三面刃铣刀		三面刃铣刀有直齿、错齿和可转位式三种,用于铣削各种槽、台阶及工件的侧平面等
	锯片铣刀		锯片铣刀用于铣削各种窄槽和切断工件
铣削特种沟槽用铣刀	T形槽铣刀		T形槽铣刀用于铣削T形槽
	燕尾槽铣刀		燕尾槽铣刀用于铣削燕尾槽和燕尾块

续表

类 别			简 图	说 明
铣削特 种 沟槽用 铣刀	角 度 铣 刀	单角铣刀		角度铣刀分为单角铣刀、不对称双角铣刀和对称双角铣刀三种,用于铣削斜面、V形槽和尖齿(或锯齿)离合器等
		不对称双角铣刀		
		对称双角铣刀		
铣削特 形 面用 铣刀	凸半圆铣刀			凸半圆铣刀用于铣削半圆槽和凹半圆成形面
	凹半圆铣刀			凹半圆铣刀用于铣削半圆和凸半圆成形面
	正齿轮铣刀			正齿轮铣刀和球头铣刀用于铣削渐开线齿轮的齿形
	球头铣刀			

2. 按刀齿构造分类

按刀齿构造的不同,可将铣刀分为尖齿铣刀和铲齿铣刀两种类型,具体内容见表 1-2。