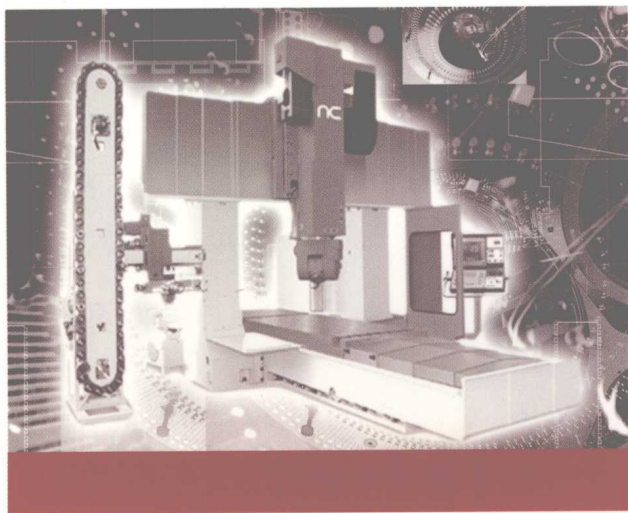


高等职业技能操作与实训教材

加工中心

徐长寿 陈祥林 编



Chemical Industry Press

212
D00322721



化学工业出版社
教材出版中心

高等职业技能操作与实训教材

加工中心

徐长寿 陈祥林 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

加工中心/徐长寿, 陈祥林编. —北京: 化学工业出版社, 2005.7

(高等职业技能操作与实训教材)

ISBN 7-5025-7502-2

I. 加… II. ①徐…②陈… III. 加工中心-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 086737 号

高等职业技能操作与实训教材 加工中心

徐长寿 陈祥林 编

责任编辑: 高钰 陈丽

文字编辑: 宋薇

责任校对: 王素芹

封面设计: 潘峰

*

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)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京红光印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 5½ 字数 147 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7502-2

定 价: 12.00 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

前 言

数控技术是综合应用计算机、自动控制，自动检测及精密机械等高新技术的产物。它的出现及所带来的巨大社会效益和经济效益已引起了各国科技与工业界的普遍重视。专家们预言：21世纪机械制造业竞争的实质是数控技术的竞争。目前，随着国内数控机床的应用范围日益扩大，急需培养一大批熟悉数控加工工艺，熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型高级技术人才。为了适应我国高等职业技术教育发展及应用型技术人才培养的需要，我们总结了大量的实践经验，编写了本实训教程。

加工中心实训教程中系统介绍了加工中心的结构和性能，数控铣削、钻削、扩削、镗削、攻丝等的工艺知识、刀具性能，手工编程的方法和自动编程技术。本书还编入了很多实际例题，读者可以按照例题所给的工艺路线、工艺参数、装夹方案、刀具类型和规格，输入例题中的程序，加工出相应的零件。对学生全面了解和掌握加工中心切削加工的工艺理论和操作技能有极大的帮助。

本书通俗易懂，内容丰富，实用性强；理论问题论述条理清晰，便于掌握；实例分析典型全面，完全接近生产实际，具有示范性，有利于培养学生的应用能力。本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院加工中心、加工工艺及设备方面的实训教材，也可以作为从事数控加工的技术人员和操作人员的培训教材，还可以供其他有关技术人员参考。

全书由徐长寿、陈祥林编，由居奇审稿。本书在编写过程中得到众多专家、高级技师的关心和大力支持，并提出许多宝贵意见，朱学超老师为本书出版做了许多具体工作，在此一并致谢。

由于编者的水平有限，加上数控加工技术发展迅速，书中难免存在有待改进之处，望读者和各位同仁提出宝贵意见。

编 者

2005年6月

内 容 提 要

本书系统介绍了加工中心的结构和性能，数控铣削、钻削、扩削、镗削、镗削、攻丝等的工艺知识、刀具性能，手工编程的方法和自动编程技术。本书还编入了很多实际例题，读者可以按照例题所给的工艺路线、工艺参数、装夹方案、刀具类型和规格，输入例题中的程序，加工出相应的零件。结合加工中心操作工职业标准，给出了加工中心中级工，高级工应知应会试题库及参考答案等。对学生全面了解和掌握加工中心切削加工的工艺理论和操作技能有极大的帮助。

本书可作为高职、高专、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院加工中心加工工艺及设备方面的实训教材，也可以作为从事数控加工的技术人员和操作人员的培训教材，还可以供其他有关技术人员参考。

目 录

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第一章 加工中心设备及工艺 | 1 |
| 第一节 加工中心概述 | 1 |
| 一、加工中心组成 | 1 |
| 二、加工中心分类及主要技术参数 | 2 |
| 三、加工中心主要加工对象 | 4 |
| 第二节 加工中心加工工艺基础 | 7 |
| 一、加工中心工艺特点 | 7 |
| 二、刀具及其工艺特点 | 8 |
| 三、加工工艺分析 | 12 |
| 第二章 加工中心编程与操作 | 18 |
| 第一节 加工中心编程 | 18 |
| 一、加工中心编程基础知识 | 18 |
| 二、加工中心常用指令编程方法 | 27 |
| 第二节 加工中心使用技术 | 52 |
| 一、操作面板的组成 | 52 |
| 二、按键功能介绍 | 53 |
| 三、基本操作 | 56 |
| 第三节 安全生产与维护保养 | 60 |
| 一、加工中心的操作规程及安全生产 | 61 |
| 二、加工中心维护保养 | 62 |
| 第三章 加工中心加工典型零件的工艺分析及实例 | 66 |
| 第一节 加工中心加工盖板零件的工艺 | 72 |
| 第二节 加工中心加工支套类零件的工艺 | 78 |
| 第三节 加工中心加工异形支架零件的工艺 | 83 |
| 第四节 实例介绍 | 88 |
| 第四章 加工中心操作工国家职业标准 | 99 |
| 第一节 职业概况 | 99 |
| 一、职业名称 | 99 |

| | |
|---|------------|
| 二、职业定义 | 99 |
| 三、职业等级 | 99 |
| 四、职业环境 | 99 |
| 五、职业能力特征 | 99 |
| 六、基本文化程度 | 99 |
| 七、培训要求 | 99 |
| 八、鉴定要求 | 100 |
| 第二节 基本要求 | 101 |
| 一、职业道德 | 101 |
| 二、基础知识 | 102 |
| 第三节 工作要求 | 102 |
| 一、中级 | 102 |
| 二、高级 | 105 |
| 三、技师 | 107 |
| 四、加工中心高级技师 | 108 |
| 第四节 比重表 | 109 |
| 一、理论知识 | 109 |
| 二、技能操作 | 109 |
| 第五章 加工中心实训试题库 | 110 |
| 第一节 加工中心中级工应知试题库 | 110 |
| 一、判断题（每小题 1 分，共 40 分） | 110 |
| 二、单项选择题（每小题 1 分，共 40 分） | 112 |
| 三、多项选择题（每小题 1 分，共 5 分） | 115 |
| 四、填空题（每小题 2 分，共 74 分） | 115 |
| 五、名词解释题 | 117 |
| 六、问答题 | 118 |
| 七、综合题 | 119 |
| 第二节 加工中心中级工应会试题库 | 121 |
| 第三节 加工中心高级工应知试题库 | 131 |
| 一、填空题（请将正确答案填在横线空白处） | 131 |
| 二、判断题（下列判断正确的请打“√”，错误的打“×”） | 135 |
| 三、单项选择题（下列每题有四个选项，其中只有一个是正确的， 把正确答案填写在横线空白处） | 137 |
| 四、名词解释题 | 142 |
| 五、简答题 | 142 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 第四节 加工中心高级工应会试题库 | 144 |
| 附录 1 加工中心中级工应知试题库参考答案 | 154 |
| 一、判断题 | 154 |
| 二、单项选择题 | 154 |
| 三、多项选择题 | 154 |
| 四、填空题 | 154 |
| 五、名词解释题 | 155 |
| 六、问答题 | 156 |
| 七、综合题 | 159 |
| 附录 2 加工中心高级工应知试题库参考答案 | 160 |
| 一、填空题 | 160 |
| 二、判断题 | 161 |
| 三、单项选择题 | 162 |
| 四、名词解释题 | 162 |
| 五、简答题 | 162 |
| 附录 3 加工中心中级工应会试题库评分表 | 167 |
| 附录 4 加工中心高级工应会试题库评分表 | 168 |
| 参考文献 | 169 |

第一章 加工中心设备及工艺

第一节 加工中心概述

加工中心 (machining center, 简称 MC) 是指配有刀库和自动换刀装置, 在一次装夹工件后可实现多工序 (甚至全部工序) 加工的数控机床。加工中心是在数控铣床的基础上发展起来的, 它和数控铣床有很多相似之处, 但主要区别在于增加了刀库和自动换刀装置。通过在刀库上安装不同用途的刀具, 加工中心可在一次装夹中实现零件的铣削、钻削、镗削、铰削、攻螺纹等多工序加工。加工中心是典型的集高新技术于一体的机械加工设备, 它的发展代表了一个国家设计和制造业的水平, 在国内外企业界中都受到高度重视。

一、加工中心组成

加工中心是由控制系统、伺服系统和机床主体三个基本部分组成的。

控制系统是加工中心的核⼼, 主要作用是对输入的零件加工程序进行数字运算和逻辑运算, 然后向伺服系统发出控制信号。控制系统是一种专用的计算机, 它由硬件和软件组成。有些加工中心的控制系统就是将 PC 机配以控制系统软件而构成的。

伺服系统的主要作用是根据数控系统发出的控制信号驱动执行元件运动。伺服系统由驱动装置和执行元件组成。常用的执行元件有步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机三种。

机床主体是加工运动的实际部件, 包括主运动部件、进给运动部件 (如工作台、主轴) 和支撑部件 (如床身、立柱) 等。加工中心本体结构与传统机床相比, 发生了很大变化, 普遍采用了滚珠丝杠、滚动导轨, 传动效率更高; 由于减少了齿轮的使用数量, 使传

动系统更为简单，还配备了特殊的部件，如刀库、自动换刀装置和托盘自动交换装置等。

加工中心还具有位置检测装置，用于检测实际的位移量（伺服系统中的位移比较环节对控制位移量与实际位移量进行比较，根据比较的差值，调整控制信号，适时控制机床的运动位置）。

二、加工中心分类及主要技术参数

（一）加工中心分类

1. 立式加工中心

指主轴轴心线为垂直状态设置的加工中心，图 1-1 所示为立式加工中心外形图。其结构形式多为固定立柱式，工作台为长方形，无分度回转功能，主要适合加工板材类、壳体类工件，也可用于模具加工。一般具有三个直线运动坐标，如果在工作台上安装一个水平轴的数控回转台，还可加工螺旋线类零件。

立式加工中心装夹方便，便于操作，易于观察加工情况，调试程序容易，应用广泛。但受立柱高度及换刀装置（ATC）的限制，不能加工太高的工件。在加工型腔或下凹的型面时切屑不易排除，严重时损坏刀具，破坏已加工表面，影响加工的顺利进行。立式加工中心的结构简单、占地面积小、价格相对较低。

2. 卧式加工中心

指主轴轴心线为水平状态设置的加工中心，图 1-2 所示为卧式加工中心外形图。通常都带有可进行分度回转运动的正方形工作台，卧式加工中心一般具有 3~5 个运动坐标，常见的是 3 个直线运动坐标加一个回转运动坐标，它能够使工件在一次装夹后完成除



图 1-1 立式加工中心外形图



图 1-2 卧式加工中心外形图

安装面和顶面以外的其余四面的加工，最适合加工箱体类零件及小型模具型腔。卧式加工中心是加工中心中种类最多、规格最全、应用范围最广的一种。其缺点是调试程序及试切时不易观察，生产时不易监视，零件装夹和测量不方便，若没有内冷却钻孔装置，加工深孔时切削液不易到位。卧式加工中心的加工准备时间比立式长，但加工件数越多，其多工位加工、主轴转速高、机床精度高等优势就越明显，因此适用于批量生产。加工时排屑容易，对加工有利。与立式加工中心比较，卧式加工中心结构复杂、占地面积大、价格较高。

3. 龙门式加工中心

龙门式加工中心形状与龙门铣床相似，图 1-3 所示为龙门式加工中心外形图。主轴多为垂直设置，除带有自动换刀装置以外，还带有可更换的主轴头附件，数控装置的软件功能比较齐全，能够一机多用，尤其适用于加工大型或形状复杂的工件（如航天工业中飞机的梁、框板及大型汽轮机上的某些零件）。

4. 复合加工中心（五面加工中心）

这类加工中心具有立式加工中心和卧式加工中心的功能，工件一次安装后能完成除安装面外的所有侧面和顶面五个面的加工，其外形如图 1-4 所示。常见的复合加工中心有两种方式，一种是主轴可以旋转 90° ，可以进行立式和卧式加工模式的切换；另一种是主轴不改变方向，而由工作台带着工件旋转 90° ，完成对工件五个表面的加工，适于加工复杂箱体类零件和具有复杂曲线的工件，如螺旋桨叶片及各种复杂模具。

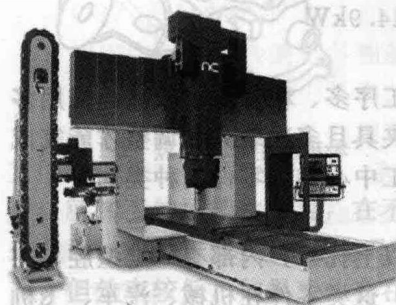


图 1-3 龙门式加工中心外形图



图 1-4 复合加工中心外形图

这种加工方式可以使工件的形位误差降到最低，省去了二次装夹的工装，从而提高生产效率和加工精度，降低了加工成本。但是由于复合加工中心存在结构复杂、造价高、占地面积大等缺点，所以它的使用和生产远不如其他类型的加工中心广泛。

(二) 加工中心主要技术参数

加工中心有各种类型，其操作面板和外形结构各不相同，但基本操作方法与原理相同。本节参考机床选用 HAAS VF-0 立式加工中心，控制系统为 FANUC。

| | |
|-----------------|--------------------|
| 工作台行程 (X, Y, Z) | 508mm×406mm×508mm |
| 工作台尺寸 | 660mm×356mm |
| 最大承重 | 1361kg |
| T形槽 | 14mm(宽) 125mm(中心距) |
| 主轴端到工作台面距离 | 102~610mm |
| 刀柄锥度 | BT40 |
| 主轴最高转速 | 7500r/min |
| 快速进给 | 18m/min |
| 最大切割进给 | 7.6m/min |
| 刀库刀具数 | 20把 |
| 换刀平均时间 | 4.0s |
| 定位精度 | ±0.005mm |
| 重复定位精度 | ±0.0025mm |
| 机床质量 | 3175kg |
| 压缩空气 | 113L/min |
| 主轴电机最大功率 | 14.9kW |

三、加工中心主要加工对象

加工中心适于加工形状复杂、工序多、精度要求较高、需用多种类型的普通机床和众多的刀具、夹具且多次装夹和调整才能完成加工的零件。下面介绍一下适合加工中心加工零件的种类。

(一) 箱体类零件

箱体类零件一般是指具有一个以上孔系，内部有一定型腔，在长、宽、高方向有一定比例的零件。这类零件在机械、汽车、飞机等行业较多，如汽车的发动机缸体、变速箱体，机床的床头箱、主

轴箱，柴油机缸体，齿轮泵壳体等。图 1-5 所示为热电机车主轴箱体。

箱体类零件一般都需要进行多工位孔系及平面加工，加工精度要求较高，尤其是形位公差要求特别严格，通常要经过钻削、扩削、铰削、镗削、攻丝、铣削等工序，需要的刀具、工装较多。在普通机床上需要多次装夹、找正，手工测量次数多，导致工艺复杂，加工周期长，成本高，更重要的是精度难以保证。这类零件在加工中心上加工，一次装夹可完成普通机床 60%~95% 的工序内容，零件各项精度一致性好，质量稳定，同时可缩短生产周期，降低生产成本。

当加工工位较多，工作台需多次旋转角度才能完成的零件，一般选用卧式加工中心；当加工的工位较少且跨距不大时，可选立式加工中心进行加工。

(二) 带复杂曲面的零件

在航空航天、汽车、船舶、国防等领域的产品中，复杂曲面类占有较大的比例。如叶轮、螺旋桨、各种曲面成型模具等，复杂曲面采用普通机械加工方法是难以胜任甚至是无法完成的，此类零件适宜用加工中心加工。图 1-6 所示为轴向压缩机涡轮，它的叶面是一个典型的三维空间曲面，加工这样的型面，可采用四轴以上联动的加工中心。

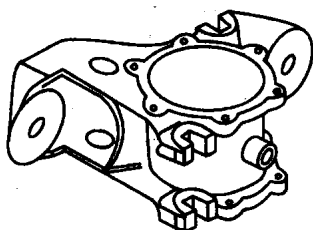


图 1-5 热电机车主轴箱体

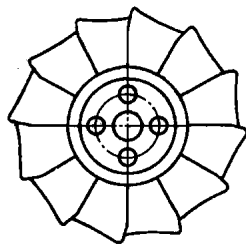


图 1-6 轴向压缩机涡轮

就加工的可能性而言，在不出现加工干涉区或加工盲区时，复杂曲面一般可以采用球头铣刀进行三坐标联动加工。加工精度较高，但效率较低。如果工件存在加工干涉区或加工盲区，就必须考虑采用四坐标或五坐标联动的机床。

仅仅加工复杂曲面并不能发挥加工中心自动换刀的优势，因为复杂曲面的加工一般经过粗铣、（半）精铣、精铣等步骤，所用的刀具较少，特别是像模具这样的单件加工。

（三）异形件

异形件是外形不规则的零件，大多需要点、线、面等多工位混合加工，如支架、基座、样板、靠模等。异形件的刚性一般较差，夹压及切削变形难以控制，加工精度也难以保证。这时可充分发挥加工中心工序集中的特点，采用合理的工艺措施，一次或两次装夹，完成多道工序或全部的加工内容。实践证明，加工异形件时，形状越复杂，精度要求越高，使用加工中心越能显示其优越性。图 1-7 所示为异形件。

（四）盘、套、板类零件

带有键槽或径向孔，或端面有分布的孔系、曲面的盘套或轴类零件，例如带法兰的轴套，带有键槽或方头的轴类零件等；具有较多孔加工的板类零件，如各种电机盖等；端面有分布孔系、曲面的盘、套、板类零件宜选用立式加工中心，有径向孔的可选用卧式加工中心。图 1-8 所示为盘、套、板类零件，它们适宜采用加工中心加工。

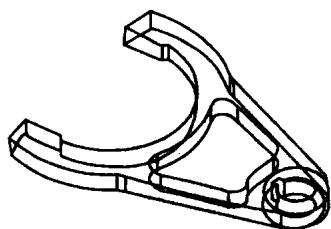


图 1-7 异形件

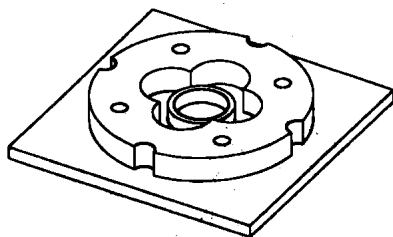


图 1-8 盘、套、板类零件

（五）特殊加工

在熟练掌握了加工中心的功能后，配合一定的工装和专用工具，利用加工中心可完成一些特殊的工艺内容，例如在金属表面上刻字、刻线、刻图案。在加工中心的主轴上装上高频电火花电源，可对金属表面进行线扫描表面淬火；在加工中心装上高速磨头，可进行各种曲线、曲面的磨削等。

第二节 加工中心加工工艺基础

一、加工中心工艺特点

加工中心是一种功能较全的数控机床，它集铣削、钻削、铰削、镗削、攻螺纹和切螺纹于一体，具有多种工艺手段，与普通机床加工相比，加工中心具有许多显著的工艺特点。

(一) 加工精度高

在加工中心上加工时工序高度集中，一次装夹即可加工出零件上大部分甚至全部表面，避免了工件多次装夹所产生的装夹误差，因此，加工表面之间能够获得较高的相互位置精度，同时，加工中心多采用半闭环，甚至全闭环的位置补偿功能，有较高的定位精度和重复定位精度，在加工过程中产生的尺寸误差能及时得到补偿，与普通机床相比，能获得较高的尺寸精度。

(二) 精度稳定

整个加工过程由程序自动控制，不受操作者人为因素的影响，同时，没有凸轮、靠模等硬件，省去了制造和使用中磨损等所造成的误差，加工中心的位置补偿功能和较高的定位精度和重复定位精度，加工出的零件尺寸一致性好。

(三) 效率高

一次装夹能完成较多表面的加工，减少了多次装夹工件所需的辅助时间。同时，减少了工件在机床与机床之间，车间与车间之间的周转次数和运输工作量。

(四) 表面质量好

加工中心主轴转速和各轴进给量均是无级调速，有的甚至具有自适应控制功能，能随刀具和工件材质及刀具参数的变化，把切削参数调整到最佳数值，从而提高了各加工表面的质量。

(五) 软件适应性大

零件每个工序的加工内容、切削用量、工艺参数都可以编入程序，可以随时修改，这给新产品试制，实行新的工艺流程和试验提供了方便。

加工中心加工零件的这些特点也带来一些需要考虑的新问题，

例如，因为连续进行零件的粗加工和精加工，刀具应具有更高的强度、硬度和耐磨性；悬臂切削孔时，无辅助支承，刀具还应具备良好的刚性；多工序的集中加工，易造成切屑堆积，会缠绕在工件或刀具上，影响加工顺利进行，需要采取断屑措施并及时清理切屑；在将毛坯加工成成品的过程中，零件无时效工序，内应力难以消除；技术复杂，对使用、维修、管理要求较高，对使用环境有一定要求，需要配置一定的外围设备，加工中心的操作者要具有一定的文化技术水平；加工中心机床价格高，一次性投资大，机床的加工台时费用高，零件的加工成本高。

二、刀具及其工艺特点

决定零件加工质量的重要因素是刀具的正确选择使用，对成本昂贵的加工中心更着重强调选用高效刀具，充分发挥机床的效率，降低加工成本，提高加工精度。加工中心使用的刀具主要有铣削用刀具和孔加工刀具两大类。

(一) 铣刀的种类和工艺特点

1. 面铣刀

面铣刀主要用于面积较大的平面铣削和较平坦的立体轮廓的多坐标加工。硬质合金面铣刀与高速钢铣刀相比，铣削速度较高、加工效率高、加工表面质量比较好，并可加工带有硬皮和淬硬层的工件，故得到广泛应用。硬质合金面铣刀按刀片和刀齿安装方式不同，可分为整体焊接式、机夹-焊接式和可转位式三种。图 1-9 所示为常用的硬质合金面铣刀。

可转位式面铣刀是将可转位刀片通过夹紧元件夹固在刀体上，当刀片的一个切削刃用钝后，可直接在机床上将刀片转位或更换刀片。因此，这种铣刀在提高产品质量及加工效率、降低成本、操作使用方便性等方面都具有明显的优越性，并逐步取代了整体焊接式和机夹-焊接式铣刀，得到了广泛的应用。

可转位式铣刀要求刀片定位精度高、夹紧可靠、排屑容易、更换刀片迅速等，同时各定位、夹紧元件通用性要好，制造要方便，并且应经久耐用。

2. 立铣刀

立铣刀是加工中心上用得最多的一种铣刀，其结构如图 1-10

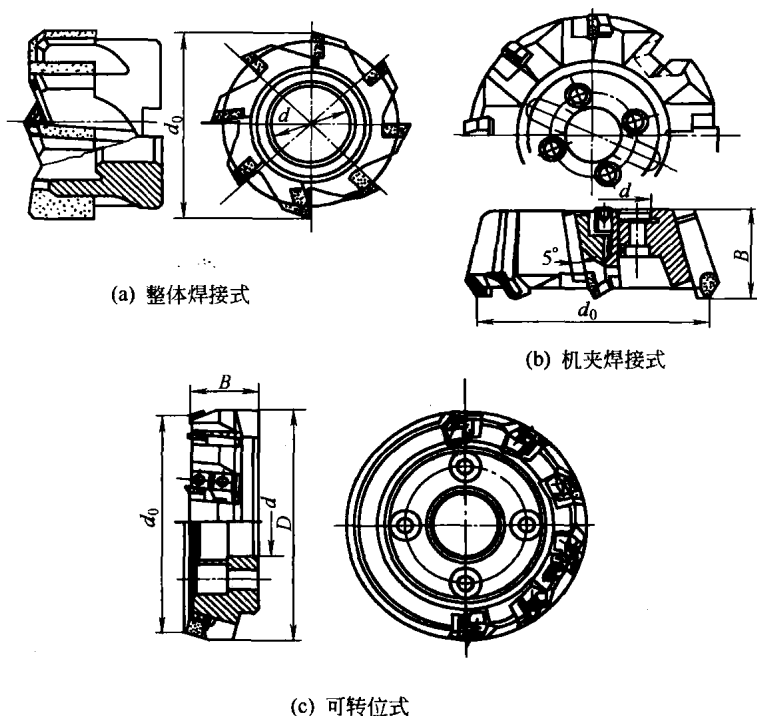


图 1-9 常用的硬质合金面铣刀

所示，立铣刀的圆柱表面和端面上都有切削刃，它们可同时进行切削，也可单独进行切削。立铣刀圆柱表面的切削刃为主切削刃，端面上的切削刃为副切削刃。主切削刃一般为螺旋齿，这样可增加切削平稳性，提高加工精度；按端部切削刃的不同可以分为过中心刃和不过中心刃两种，过中心刃立铣刀可直接轴向进刀，端面刃主要用来加工底平面。

3. 模具铣刀

模具铣刀由立铣刀发展而成，它是加工金属模具型面的铣刀的通称。可分为圆锥形立铣刀、圆柱形球头立铣刀和圆锥形球头立铣刀三种，其柄部有直柄、削平形直柄、莫氏锥柄三种。它的结构特点是球头或端面上布满切削刃，圆周刃与球头刃圆弧连接，可以作径向和轴向进给。铣刀工作部分用高速钢或硬质合金制造。国家标准规定直径 $d=4\sim 63\text{mm}$ 。图 1-11 所示为高速钢模具铣刀，图 1-12