



全国高职高专教育“十一五”规划教材

数控技术及应用专业系列

数控铣削与加工中心技术

周保牛 主编



高等教育出版社

全国高职高专教育“十一五”规划教材

数控铣削与加工中心技术

主 编 周保牛

副主编 周 岳

高等教育出版社

内容提要

本书为全国高职高专教育“十一五”规划教材。主要内容有：数控铣削平面类凸廓零件、数控铣削平面型腔类零件、数控镗铣盘类零件、数控镗铣箱体类零件四个项目，数控铣床、加工中心维护保养和数控铣工、加工中心操作工国家职业标准三个附录。每个项目中设数控铣削/加工中心加工工艺、编制程序、典型零件加工和思考与练习题四个模块。

本教材可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院数控技术、机电一体化技术、机械制造与自动化等专业的教材，也可用于成人教育以及数控技术培训、进修的教学用书，并可作为从事数控技术工程的技术人员、工人和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削与加工中心技术 / 周保牛主编. —北京：高等教育出版社，2007.7

ISBN 978-7-04-021880-0

I. 数... II. 周... III. ①数控机床：铣床②数控机床加工中心 IV. TG547 TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 066968 号

策划编辑	徐 进	责任编辑	李京平	封面设计	于 涛	责任绘图	朱 静
版式设计	王艳红	责任校对	金 辉	责任印制	陈伟光		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宝旺印务有限公司

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 24.25
字 数 590 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 7 月第 1 版
印 次 2007 年 7 月第 1 次印刷
定 价 30.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 21880-00

前 言

2003 年以来,为了培养适合社会需要的高等技术应用性人才,我们以数控技术专业为试点,依托常州机电职业技术学院郝超主持的江苏省教育科学“十五”规划重点课题,开展了高职课程模式改革系列工程的研究。经过 4 年的努力,在华东师范大学课程专家徐国庆博士的指导下,我们从岗位工作任务分析着手,通过课程分析、知识和能力分析,打破了传统的高职学科性课程模式,构建了“以工作任务为中心,以项目课程为主体”的高职数控技术专业课程体系,编写了机械制图、机械制造基础、数控机床故障诊断与维修、CAD/CAM 应用、数控车削技术、数控铣削与加工中心技术 6 门课程教材。本系列教材的主要特点是:在结构设计上,都由若干项目组成,项目按照典型零件为逻辑主线来设计,项目内设模块,项目和模块按照由易到难的顺序递进;在内容选择上以岗位(群)需求和职业能力为依据,以工作任务为中心,以技术实践知识为焦点,以技术理论知识为背景,以拓展知识为延伸,充分体现了高职教材的“职业性”和“高等性”的统一。

数控铣削与加工中心技术课程教材由数控铣削平面类凸廓零件、数控铣削平面型腔类零件、数控镗铣盘类零件、数控镗铣箱体类零件四个项目,数控铣床、加工中心维护保养和数控铣床国家职业标准二个附录组成。每个项目中有数控铣削/加工中心加工工艺、编程、典型零件加工和思考与练习题四个模块,前三个模块提出了明确的学习目标、工作任务、相关实践知识、相关理论知识和拓展知识,内容涵盖了数控铣床、加工中心、铣刀及孔加工刀具等的选用,工件的装夹定位,工艺卡片、刀具卡片、工序质量控制书的制定,数控铣削/加工中心编程、操作加工等,系统地介绍了数控铣削/加工中心加工工艺编制、程序设计、操作加工的方法和手段。编程以 FANUC-0i 数控系统为主,操作加上以 FANUC-0MD 系统数控铣床/加工中心为主,数控仿真为辅,突出解决实际问题的方法、能力,充分体现“能力本位、知行合一”的教学理念,形成了富有新意、别具一格的教材内容体系(详见“项目内容设计流程图”)。

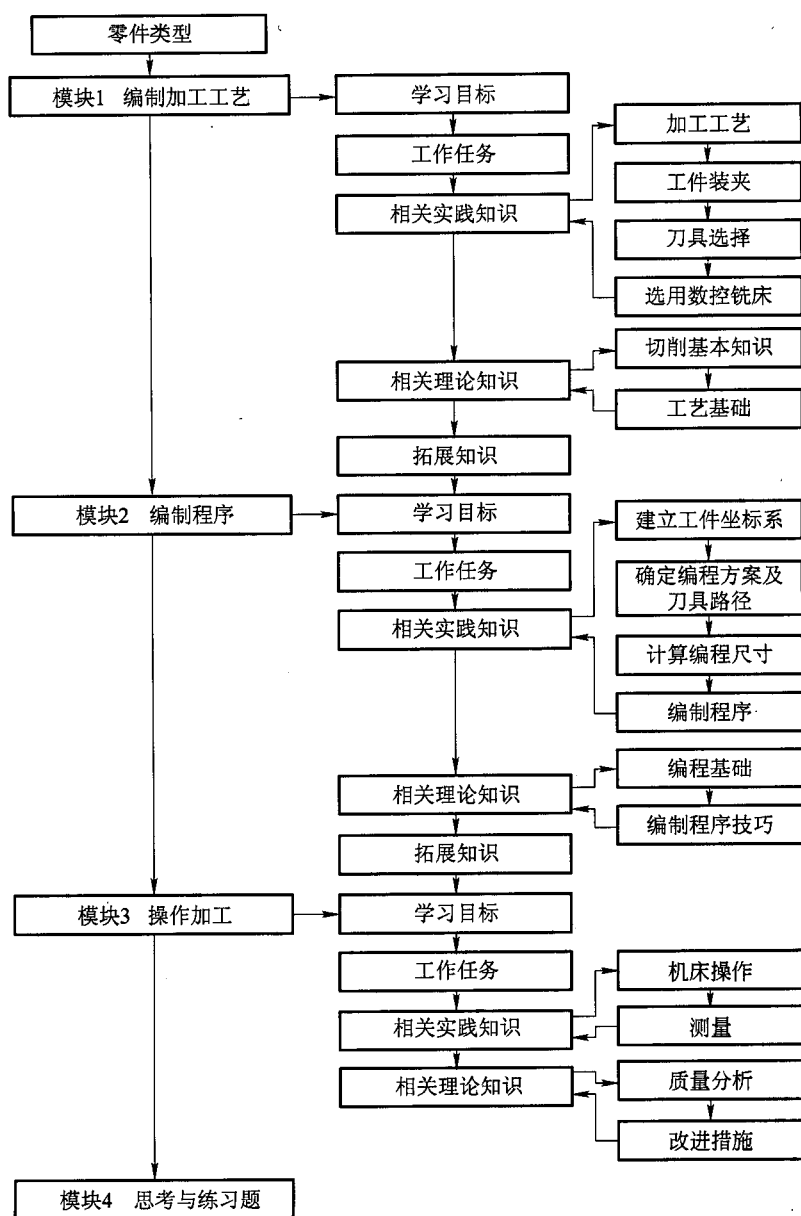
本教材由周保牛主编,参加编写的有周保牛(项目一中的模块 2、模块 3,项目二、三中的模块 2,项目四中的模块 1、模块 2,各个项目的模块 4 共 10 个模块)、牛理瀚(项目二、三、四中的模块 3 共 3 个模块)、周岳(项目一中的模块 1)、叶穗(项目二中的模块 1)、陈叶娣(项目三中的模块 1)、刘娟芳(附录)。

在课题研究和教材编写的过程中,得到了课题组其他成员蒋庆斌、柴建国、张秋玲等同志,以及华东师范大学石伟平教授的大力支持和帮助,也听取了江汉大学范超毅教授等的宝贵建议,在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 4 月



项目内容设计流程图

目 录

项目一 数控铣削平面类凸廓

零件 1

一、学习目标 1

二、工作任务 1

(一) 零件图纸 1

(二) 生产纲领 2

模块1 编制平面类凸廓零件数控

加工工艺 2

一、学习目标 2

二、工作任务 2

三、相关实践知识 2

(一) 编制凸模零件的数控加工工艺 ... 2

(二) 工件装夹 6

(三) 端铣刀 10

(四) 选用数控铣床 20

四、相关理论知识 27

(一) 切削基本知识 27

(二) 机械加工工艺基础 34

五、拓展知识 43

模块2 编制数控铣削平面类凸廓

零件的程序 45

一、学习目标 45

二、工作任务 46

三、相关实践知识 46

(一) 建立工件坐标系 46

(二) 确定编程方案及刀具路径 46

(三) 计算编程尺寸 47

(四) 编制程序 47

四、相关理论知识 48

(一) 数控铣床坐标系 48

(二) 编程基础 51

五、拓展知识 68

模块3 数控铣削加工平面类凸廓零件 ... 72

一、学习目标 72

二、工作任务 72

三、相关实践知识 72

(一) 操作 TK7640 型数控立式

铣镗床 72

(二) 游标量具 90

模块4 思考与练习 93

项目二 数控铣削平面型腔类

零件 101

一、学习目标 101

二、工作任务 102

(一) 零件图纸 102

(二) 生产纲领 102

模块1 编制平面型腔类零件数控

铣削工艺 102

一、学习目标 102

二、工作任务 102

三、相关实践知识 102

(一) 编制平面型腔类零件数控

铣削工艺 102

(二) 常用的定位元件及定位方式 ... 105

(三) 工艺附图及夹具中夹紧

零件的画法 120

(四) 立铣刀 122

(五) 键槽铣刀 123

(六) 模具铣刀 123

(七) 成形铣刀 124

(八) 鼓形铣刀 125

(九) 高速钢 125

(十) 铣刀的选择 126

四、相关理论知识 127

(一) 平面型腔类零件的数控		二、工作任务	183
铣削工艺	127	(一) 零件图纸	183
(二) 定位基准选择	136	(二) 生产纲领	183
五、拓展知识	139	模块 1 编制盘类零件数控镗铣工艺	183
(一) 获得机械加工精度的方法	139	一、学习目标	183
(二) 加工误差	141	二、工作任务	183
(三) 影响加工精度的因素及提高		三、相关实践知识	183
精度的主要措施	141	(一) 编制凸块零件数控镗铣工艺 ...	183
模块 2 编制平面型腔类零件数控		(二) 定位误差分析	189
铣削程序	145	(三) 孔加工刀具	192
一、学习目标	145	(四) 工具系统	204
二、工作任务	145	(五) 立式加工中心的选用	207
三、相关实践知识	145	四、相关理论知识	211
(一) 建立工件坐标系	145	(一) 孔加工	211
(二) 确定编程方案及刀具路径	145	(二) 加工中心工艺分析	216
(三) 计算编程尺寸	145	(三) 数控镗铣工序划分	217
(四) 编制程序	147	(四) 工序顺序的安排	218
四、相关理论知识	147	(五) 孔加工进给路线的确定	218
(一) 子程序	147	(六) 加工余量的选择	221
(二) 偏置法加工	151	五、拓展知识	224
(三) 极坐标编程	153	(一) 精细镗孔	224
(四) 坐标系旋转	154	(二) 浮动铰孔	224
(五) 编程尺寸的确定	156	(三) 珩磨孔	225
(六) 基点、节点坐标计算	159	模块 2 编制盘类零件数控镗铣程序	226
五、拓展知识	165	一、学习目标	226
模块 3 操作加工平面型腔类零件	167	二、工作任务	226
一、学习目标	167	三、相关实践知识	226
二、工作任务	167	(一) 建立工件坐标系	226
三、相关实践知识	167	(二) 确定编程方案	227
(一) 操作加工凹模	167	(三) 编制程序	228
(二) RS-232 传输程序	168	四、相关理论知识	231
(三) 用专用对刀器对刀	171	(一) 刀具长度补偿	231
四、相关理论知识	174	(二) 孔加工固定循环	233
(一) 超程与欠程	174	五、拓展知识	244
(二) 圆弧铣削精度	176	(一) 用户宏程序概述	244
模块 4 思考与练习题	176	(二) 变量	245
项目三 数控镗铣盘类零件	182	(三) 用户宏程序 A	246
一、学习目标	182	模块 3 操作加工盘类零件	254

一、学习目标	254	五、拓展知识	304
二、工作任务	254	(一) 卧式镗床的工艺范围	304
三、相关实践知识	254	(二) 提高箱体类零件精度的 主要措施	304
(一) 操作加工凸块零件	254	模块 2 编制箱体类零件数控镗铣程序	306
(二) 两种特殊操作	255	一、学习目标	306
(三) 以孔对刀	255	二、工作任务	306
(四) 刀具长度补偿值的测量	256	三、相关实践知识	306
(五) 修磨刀具	257	(一) 建立工件坐标系	306
(六) 测微螺旋量具	258	(二) 确定编程方案	306
四、相关理论知识	261	(三) 编制程序	306
(一) 机械加工表面质量的内容	261	四、相关理论知识	313
(二) 表面质量对零件使用性能 的影响	262	(一) 掉头镗坐标计算	313
(三) 影响表面粗糙度的工艺因素 及改善措施	262	(二) 工作台分度坐标计算	315
(四) 表面粗糙度的检验	263	(三) 选刀、换刀方式与编程技巧	317
模块 4 思考与练习题	263	(四) 进给速度控制功能指令编程	318
项目四 数控镗铣箱体类零件	272	(五) 参考点编程	320
一、学习目标	272	五、拓展知识	321
二、工作任务	272	(一) 用户宏程序 B 的概述	321
(一) 零件图纸	272	(二) 宏程序 B 调用指令	321
(二) 加工要求	272	(三) 宏程序 B 本体	323
(三) 生产纲领	272	(四) 宏程序 B 应用	324
模块 1 编制箱体类零件数控镗铣工艺	276	模块 3 操作加工箱体类零件	326
一、学习目标	276	一、学习目标	326
二、工作任务	276	二、工作任务	326
三、相关实践知识	276	三、相关实践知识	326
(一) 编制箱体类零件数控镗铣 工艺	276	(一) 操作卧式加工中心加工箱体 零件	326
(二) 组合夹具	278	(二) 机外刀具测量	328
(三) 一面两孔定位	289	(三) 找工作台回转中心	329
(四) 刀具长度的确定	295	(四) 数控铣床/加工中心部分 切削精度	329
(五) 刀具预调仪(对刀仪)的选择	298	(五) 机械式量仪	330
(六) 选用卧式加工中心	298	四、相关理论知识	334
四、相关理论知识	299	(一) 箱体类零件的主要检验项目	334
(一) 工序尺寸及公差的确定	299	(二) 箱体类零件孔系相互位置精度 及孔距精度的检验	334
(二) 箱体类零件的数控镗铣加工 工艺原则	303	模块 4 思考与练习题	336

附录 A 数控铣床、加工中心

维护保养 343

一、TK7640 数控立式铣镗床的简单

报警处理 343

(一) 常出现的报警 343

(二) P/S 程序错误报警查询 343

二、数控机床生产规程 345

(一) 数控机床文明生产规程 345

(二) 数控机床安全生产规程 346

三、数控机床操作规程 346

(一) 数控机床一般操作规程 346

(二) 数控铣床、加工中心操作规程 ... 348

四、数控机床的保养与维护 349

(一) 数控机床的保养 349

(二) 数控铣床、加工中心的日常

维护保养 350

附录 B 数控铣工国家

职业标准 352

一、职业概况 352

(一) 职业名称 352

(二) 职业定义 352

(三) 职业等级 352

(四) 职业环境 352

(五) 职业能力特征 352

(六) 基本文化程度 352

(七) 培训要求 352

(八) 鉴定要求 352

二、基本要求 354

(一) 职业道德 354

(二) 基础知识 354

三、工作要求 355

(一) 中级 355

(二) 高级 357

(三) 技师 359

(四) 高级技师 362

四、比重表 363

(一) 理论知识 363

(二) 技能操作 364

附录 C 加工中心操作工国家

职业标准 365

一、职业概况 365

(一) 职业名称 365

(二) 职业定义 365

(三) 职业等级 365

(四) 职业环境 365

(五) 职业能力特征 365

(六) 基本文化程度 365

(七) 培训要求 365

(八) 鉴定要求 365

二、基本要求 367

(一) 职业道德 367

(二) 基础知识 367

三、工作要求 368

(一) 中级 368

(二) 高级 370

(三) 技师 373

(四) 高级技师 375

四、比重表 376

(一) 理论知识 376

(二) 技能操作 377

参考文献 378

项目一

数控铣削平面类凸廓零件

一、学习目标

- 终极目标:会数控铣削平面类凸廓零件。
- 促成目标:
 - (1) 会制定平面类凸廓零件的数控加工工艺。
 - (2) 会正确使用平口虎钳装夹工件。
 - (3) 会合理选用常用的端铣刀。
 - (4) 会用 FANUC - 0i 数控系统的 G54 ~ G59/G53/G92、G00/G01、G02/G03、G20/G21、G94/G95、G90/G91、S、F、M、D 等指令来编程。
 - (5) 会操作 FANUC - 0MD 系统的数控铣镗床加工出合格的平面类凸廓零件。

二、工作任务

(一) 零件图纸

零件图纸见图 1-1。

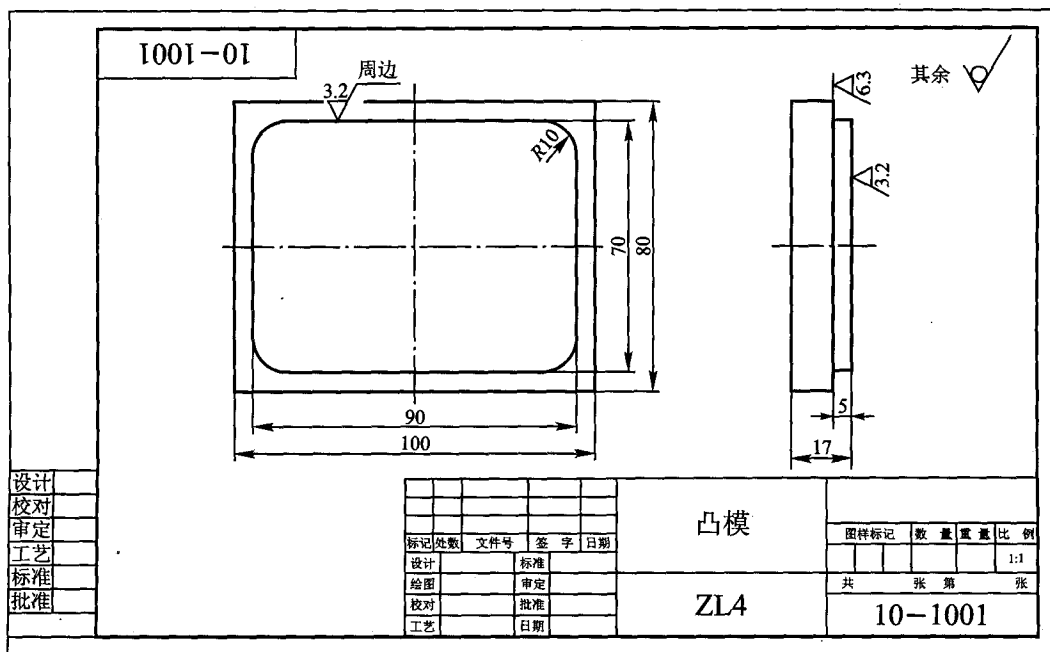


图 1-1 凸模零件图

(二) 生产纲领

加工 5 件。

模块 1 编制平面类凸廓零件数控加工工艺

一、学习目标

- 终极目标:会编制平面类凸廓零件数控加工工艺
- 促成目标:
 - (1) 会分析零件工艺性能,正确选定数控加工内容。
 - (2) 会选用零件毛坯,确定加工方案。
 - (3) 会制定用虎钳装夹零件的装夹方案。
 - (4) 会合理选用端铣刀。
 - (5) 会确定加工顺序及进给路线。
 - (6) 会确定切削用量。
 - (7) 会制定平面类凸廓零件数控加工工艺。

二、工作任务

编制平面类凸廓零件数控铣削加工工艺。

三、相关实践知识

(一) 编制凸模零件的数控加工工艺

1. 分析零件工艺性能

该零件外形尺寸长 $\times$ 宽 $\times$ 高 $=100\times 80\times 17$,是形状规整的长方体 ZL4 铸铝小零件。

加工内容:尺寸 5 上平面,下台阶面,90 $\times$ 70 凸台轮廓为加工面,凸台轮廓的 4 个角均为 R10 圆弧过渡,光滑连接,其余表面不加工。

加工精度:尺寸精度、形位公差均为自由公差,尺寸 5 上平面、90 $\times$ 70 凸台轮廓、4 个 R10 圆弧的表面粗糙度均为 Ra3.2,尺寸 5 下台阶面表面粗糙度为 Ra6.3。

2. 选用毛坯或明确来料状况

车间现有 100 $\times$ 80 $\times$ 20 锻铝板料,性能优于零件材料 ZL4 铸铝,价钱也高于锻铝,考虑到加工数量比较少(5 件),决定用锻铝板代替,不再提供铝铸件。锻铝板 6 个面的形状精度和位置精度都比较高,且下表面已加工至 Ra3.2。

3. 选用数控机床

加工由“直线+圆弧”构成的平面类凸廓零件,凸廓要光滑过渡,需由两轴联动数控铣床插补成形,加工所需刀具不多,选用车间现有三轴联动 TK7640 数控立式铣床完全能达到加工要求。

4. 确定装夹方案

定位基准的选择:从来料情况知道,锻铝板的形状精度比较高,也就是说尺寸 100 的两长侧

面平行且与上下表面垂直、上下表面平行且下表面在上道工序已加工就绪,因此定位基准选下表面+1长侧面+1短侧面。要对下表面限制三个自由度、1长侧面简化为一条线要求限制二个自由度,1短侧面简化为一点要求限制一个自由度,工件处于完全定位状态。

夹具的选择:生产批量不多(5件),零件小、外形规整,盘形凸廓到毛坯边缘没有精度要求。选用通用夹具——机用平口虎钳装夹工件。垫平工件底面、工件上表面高出钳口5mm以上,防止刀具与虎钳干涉,也便于对刀测量。下表面限制一个平移和两个回转共三个自由度,虎钳钳口夹尺寸100两长侧面、固定侧1长侧面简化为一条线限制一个平移和一个回转自由度,1短侧面用一块挡板与虎钳侧面挡平齐,简化为一点限制一个自由度,共限制六个自由度,工件处于完全定位状态,合理可行。

5. 确定加工方案及加工顺序

根据零件形状及加工精度要求,一次装夹完成所有加工内容。尺寸5上平面要求度为 $Ra3.2$,铣削一次能达到加工要求;凸台轮廓要求表面粗糙度为 $Ra3.2$,分粗、精加工两次完成;尺寸5下台阶面要求表面粗糙度为 $Ra6.3$,加工凸台轮廓时分粗、精加工两次完成。

先用端铣刀加工工件上表面,然后用立铣刀加工工件的凸廓。

6. 选择刀具

铣尺寸5上平面选用标准8齿 $\phi 100$ 刀片可转位端铣刀,如图1-2所示。铣刀覆盖整个工件加工表面,不留接刀痕迹。由于加工铝件,选用YG6硬质合金刀片。

粗、精铣凸廓时,由于是加工外轮廓,应尽量选用大直径刀,以提高加工效率。考虑现有条件,选用3齿 $\phi 16$ 高速钢立铣刀,如图1-3所示。

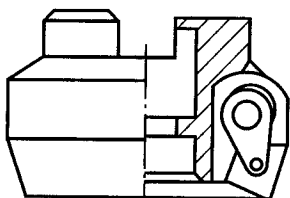


图1-2 标准8齿 $\phi 100$ 端铣刀

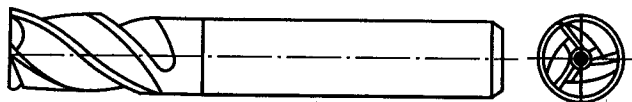


图1-3 3齿 $\phi 16$ 立铣刀

7. 确定切削用量

铣铝件,为了防止铝屑粘刀应加冷却液。

(1) 铣削顶面

8齿 $\phi 100$ 端铣刀铣削顶面,侧吃刀量 a_e 等于零件宽度80,即 $a_e=80$ 。加工余量=毛坯尺寸(20)-工序尺寸(17)=3,即背吃刀量 $a_p=3$,查表取切削速度 $v_c=120$ m/min,则主轴转速 n (编程时主轴转速用 S 表示)

$$n=1000v_c/(\pi D)=1000\times 120/(3.14\times 100)\text{ r/min}\approx 380\text{ r/min}$$

式中: v_c ——表示切削速度;

D ——表示刀具直径。

查表取每齿进给量 $f_z=0.08$ mm/r,则进给速度 v_f (编程时用 F 表示,下同)

$$v_f=0.08\times 8\times 380\text{ mm/min}\approx 240\text{ mm/min}$$

(2) 铣削轮廓

3 齿 $\phi 16$ 立铣刀,材料为高速钢。铁削凸台轮廓和台阶面时分粗、精铣削。

粗铣:背吃刀量 4.8,留 0.2 精铣余量,侧吃刀量的范围为 4.8~11.01,四角处最大 11.01,也留 0.2 的精铣余量。

精铣:侧吃刀量 0.2,背吃刀量 0.2。

① 粗铣取 $v_c=30 \text{ m/min}$,则主轴转速 n

$$n=1000v_c/(\pi D)=1000 \times 30/(3.14 \times 16) \text{ r/min} \approx 600 \text{ r/min}$$

取每齿进给量 $f_z=0.1 \text{ mm/r}$,则进给速度 v_f

$$v_f=0.1 \times 3 \times 600 \text{ mm/min}=180 \text{ mm/min}$$

② 精铣取 $v_c=40 \text{ m/min}$,则主轴转速 n

$$n=1000v_c/(\pi D)=1000 \times 40/(3.14 \times 16) \text{ r/min} \approx 800 \text{ r/min}$$

取每齿进给量 $f_z=0.05 \text{ mm/r}$,则进给速度 v_f

$$v_f=0.05 \times 3 \times 800 \text{ mm/min}=120 \text{ mm/min}$$

8. 填写工艺文件

(1) 数控加工刀具卡片

数控加工刀具卡片如表 1-1 所示。

表 1-1 数控加工刀具卡片

(单位)		数控加工刀具卡片		产品名称或代号		零件名称	材料	零件图号	
				平面类凸廓零件		凸模	铸铝 ZL4	10 - 1001	
工序号		程序编号	夹具名称	夹具编号		使用设备		车间	
		O1/O11	平口虎钳			TK7640 数控立式铣镗床		数控实训中心	
序号	刀具号	刀具名称	型号	刀 杆			备注		
				名称	型号	规格			
01	T1	φ100 可转位端铣刀	FM45 - 100SD12	套式立铣刀刀柄	BT40 - XM32 - 75	XM32			
02	T2	φ16 普通立铣刀	φ16	强力铣夹头刀柄	BT40 - C32 - 105	C32			
编制			审核		批准		共 页	第 页	

(2) 数控加工工序卡片

数控加工工序卡片见表 1-2。

(3) 数控加工工序质量控制书

数控加工工序质量控制书见表 1-3。

(4) 数控加工工艺附图卡片

数控加工工艺附图卡片表 1-4。

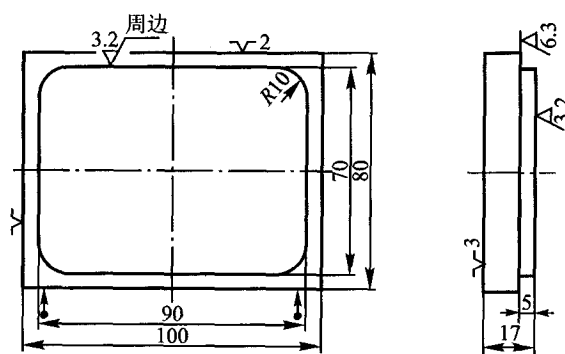
表 1-2 数控加工工序卡片

(单位)		数控加工工序卡片		产品名称或代号	零件名称	材料	零件图号		
				平面类凸廓零件	凸模	铸铝 ZL4	10-1001		
工序号	程序编号	夹具名称	夹具编号	使用设备		车间			
	O1/O11	平口虎钳		TK7640 数控立式铣镗床		数控实训中心			
工步号	工步内容		刀具号	刀具规格 /mm	主轴转速 /(r·min ⁻¹)	进给量 /(mm·r ⁻¹)	背吃刀量 /mm	量具	备注
1	铣顶面达 Ra3.2, 厚 17		T01	φ100	380	240	3	游标卡尺	
2	粗铣轮廓, 留精加工余量 0.2		T02	φ16	600	180	a _p 4.8 a _e 4.8~11.01		
3	精铣轮廓达图纸要求		T02	φ16	800	120	a _p 0.2 a _e 0.2		
4	清理、入库								
编制		审核		批准		共 页		第 页	

表 1-3 数控加工工序质量控制书

(单位)		工序质量控制书		产品名称或代号	零件名称	材料	零件图号
				平面类凸廓零件	凸模	铸铝 ZL4	10 - 1001
工序号		程序编号	夹具名称	夹具编号	使用设备		车间
		O1/O11	平口虎钳		TK7640 数控立式铣镗床		数控实训中心
序号	检测项目		技术要求	控制要求			
				检测频次	检测期		
1	高度		总高 17	全数检测	游标卡尺		
			轮廓高 5				
2	轮廓尺寸		长 90	全数检测	游标卡尺,深度尺		
			宽 70		游标卡尺,深度尺		
			圆角 R10		目测		
编制			审核		批准		共 页 第 页

表 1-4 数控加工工艺附图卡片

(单位)		数控加工工艺附图卡片		产品名称或代号	零件名称	材料	零件图号
				平面类凸廓零件	凸模	铸铝ZL4	10-1001
工序号	程序编号	夹具名称	夹具编号	使用设备		车 间	
	O1/O11	平口虎钳		TK7640数控立式铣镗床		数控实训中心	
							
编 制		审 核		批 准		共 页	第 页

(二) 工件装夹

1. 工件定位与夹紧

(1) 工件定位

定位使工件处于正确位置,而一个尚未定位的工件,其位置是不确定的。长方体工件放在空间直角坐标系中,可沿 X 、 Y 、 Z 轴移动,也可以绕 X 、 Y 、 Z 轴转动,这就是一个未定位的工件有 6 个自由度,平移和转动自由度分别用 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 、 $\bar{Z}$ 、 $\hat{X}$ 、 $\hat{Y}$ 、 $\hat{Z}$ 表示(如图 1-4 所示)。

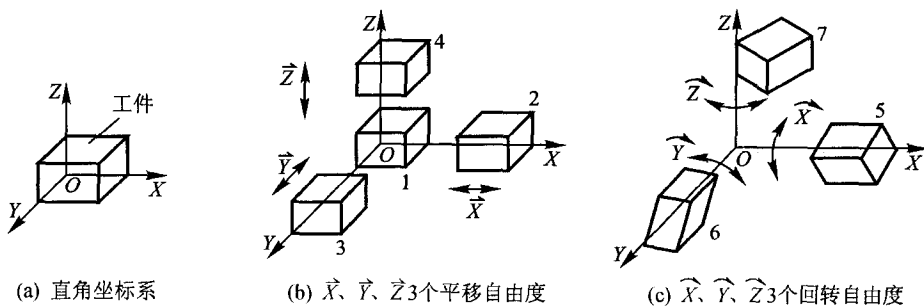


图 1-4 工件的 6 个自由度

若在 XOY 平面设一个固定点,使长方体的底面与固定点保持接触,那么,我们就认为该工件沿 Z 轴方向的平移自由度被限制了。限制工件自由度的固定点称为定位支承点,如图 1-5 所示。一个平面提供 3 个支承点,一条直线提供 2 个支承点,一点就是 1 个支承点,定位的实质就是用支承点消除工件的自由度。

(2) 工件夹紧

夹紧可保持工件的正确位置。在机械加工过程中,工件将受到切削力、惯性力及重力等外力

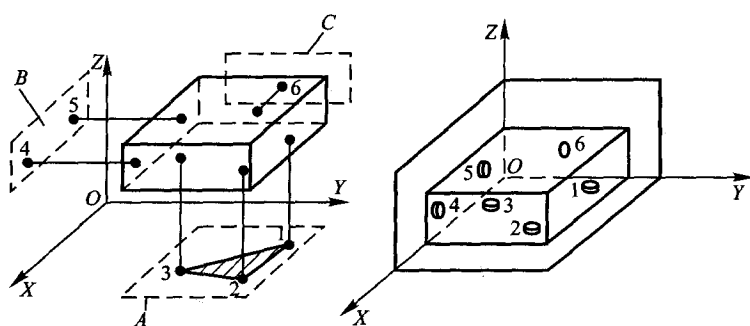


图 1-5 6 个定位支承点

的作用。为了保证在这些外力的作用下工件仍能在夹具中保持正确的加工位置而不致发生振动或位移,一般在夹具结构中必须设计一定的夹紧装置,将工件可靠地夹紧。

(3) 六点定位原则

用夹具的 6 个支承点(如图 1-6 所示)限制工件的 6 个自由度的原则称工件的六点定位原则。工件的六点定位原则对任何形状工件的定位都是适用的,如果违背这个原则,工件在夹具中的位置就不能完全确定。然而,用工件六点定位原则进行定位时,必须根据具体加工要求灵活运用,工件形状不同,定位表面不同,定位点的布置情况会各不相同,宗旨是使用最简单的定位方法,使工件在夹具中获得正确的位置。

① 完全定位

采用一定结构形式的定位元件限制工件在空间的 6 个自由度的定位方法,称完全定位,也称六点定位。如图 1-6 所示的环形件,要在其上钻孔。工件表面紧贴支承点 1、2、3 限制了 $\vec{Y}$ 、 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 3 个自由度;工件内孔紧靠支承点 4、5,限制 $\vec{X}$ 、 $\vec{Z}$ 两个自由度;键槽侧面靠在支承点 6 上限制了 $\vec{Y}$ 一个自由度。工件的六个自由度全部被限制,是完全定位。

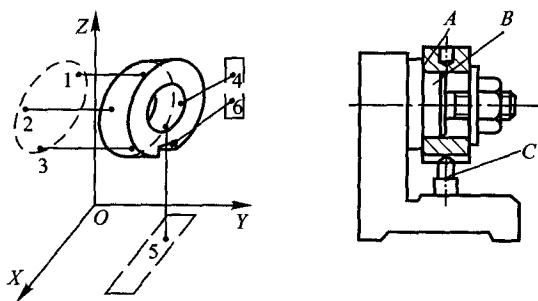


图 1-6 工件的完全定位

② 不完全定位

限制工件空间自由度的数目少于 6 个,且又能满足加工要求的定位方法,称不完全定位。不完全定位是实际加工中常用的定位方式。如图 1-7 所示, X 轴向铣削通槽,只要完全铣通,刀具多走一点距离不会影响加工质量,所以 X 轴方向不必定位,只要限制其余 5 个自由度即可,属不完全定位。

③ 欠定位

按加工要求应该限制的自由度却没有布置适当的支承点加以限制,称为欠定位。欠定位现象是不允许的。在图 1-7 中,如果 Z 轴直线方向没有限制, $60_{-0.2}^0$ mm 就无法保证;如果绕 X 轴或绕 Y 轴旋转方向没有限制,槽底与 A 面的平行度不能保证,槽侧对 B 面的平行度也不能保证。

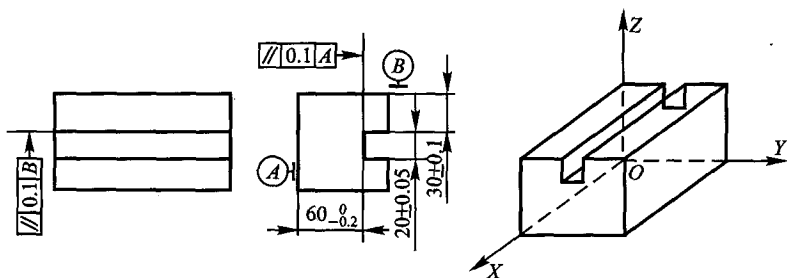


图 1-7 工件的不完全定位

④ 过定位

在定位方案的设计过程中,出现定位元件重复限制工件的同一个或几个自由度的现象,称过定位。过定位将造成工件定位不稳,从而降低加工精度,使工件或定位元件产生变形,甚至无法安装和加工。如图 1-8a 所示的连杆定位方案,长销限制了 X 、 Y 轴直线方向和绕 X 、 Y 轴旋转的 4 个自由度,支承板限制了绕 X 、 Y 轴旋转和 Z 轴直线方向平移 3 个自由度,其中绕 X 、 Y 轴旋转被两个定位元件重复限制,这就产生了过定位。当工件小头孔与端面有较大垂直度误差时,夹紧力 F_j 将使连杆变形或使长销弯曲(图 1-8b),造成连杆加工误差。若采用图 1-8c 所示方案,即将长销改为短销,就不会产生过定位。

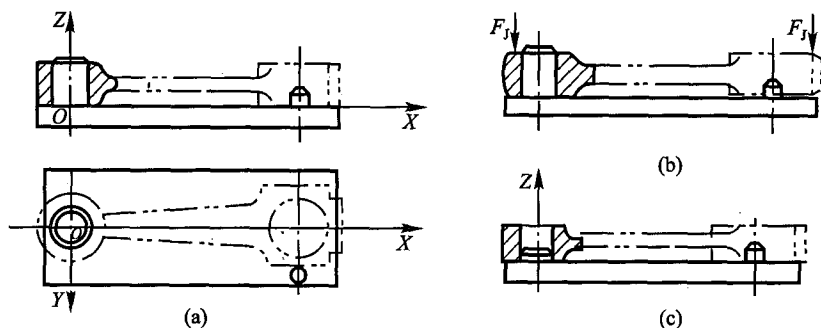


图 1-8 连杆定位方案

当过定位导致工件或定位元件变形而影响加工精度时,应严禁采用,但当过定位不影响工件的正确定位,对提高加工精度有利时,也可以采用。过定位是否采用,要具体情况具体分析。

2. 通用夹具

通用夹具作为机床附件已标准化、系列化,适合于工件形状比较规则的单一、小批量零件的装夹,例如机用平口虎钳、三爪自定心卡盘等(专用夹具和组合夹具在后续介绍)。

3. 平口虎钳

(1) 平口虎钳的结构

常用平口虎钳有回转式和非回转式两种。图 1-9 所示为回转式平口钳,主要由固定钳口、