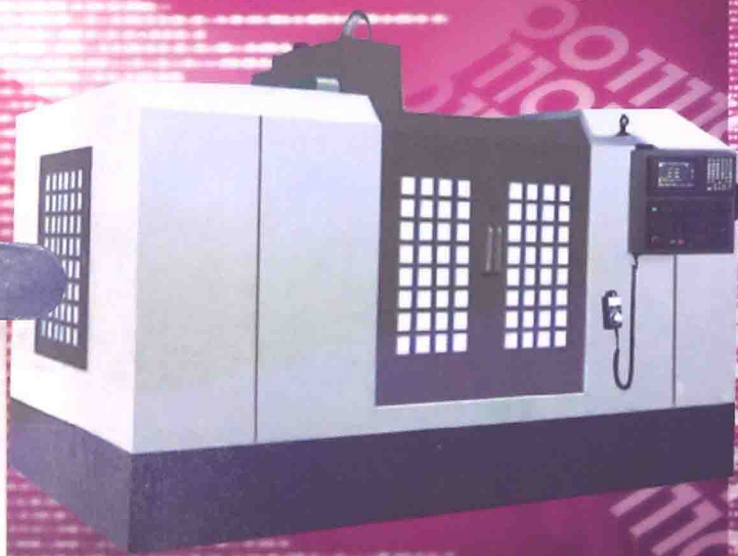


模具数控 编程 50 例 (精华版)

吕斌杰 李万全 马震宇 等编



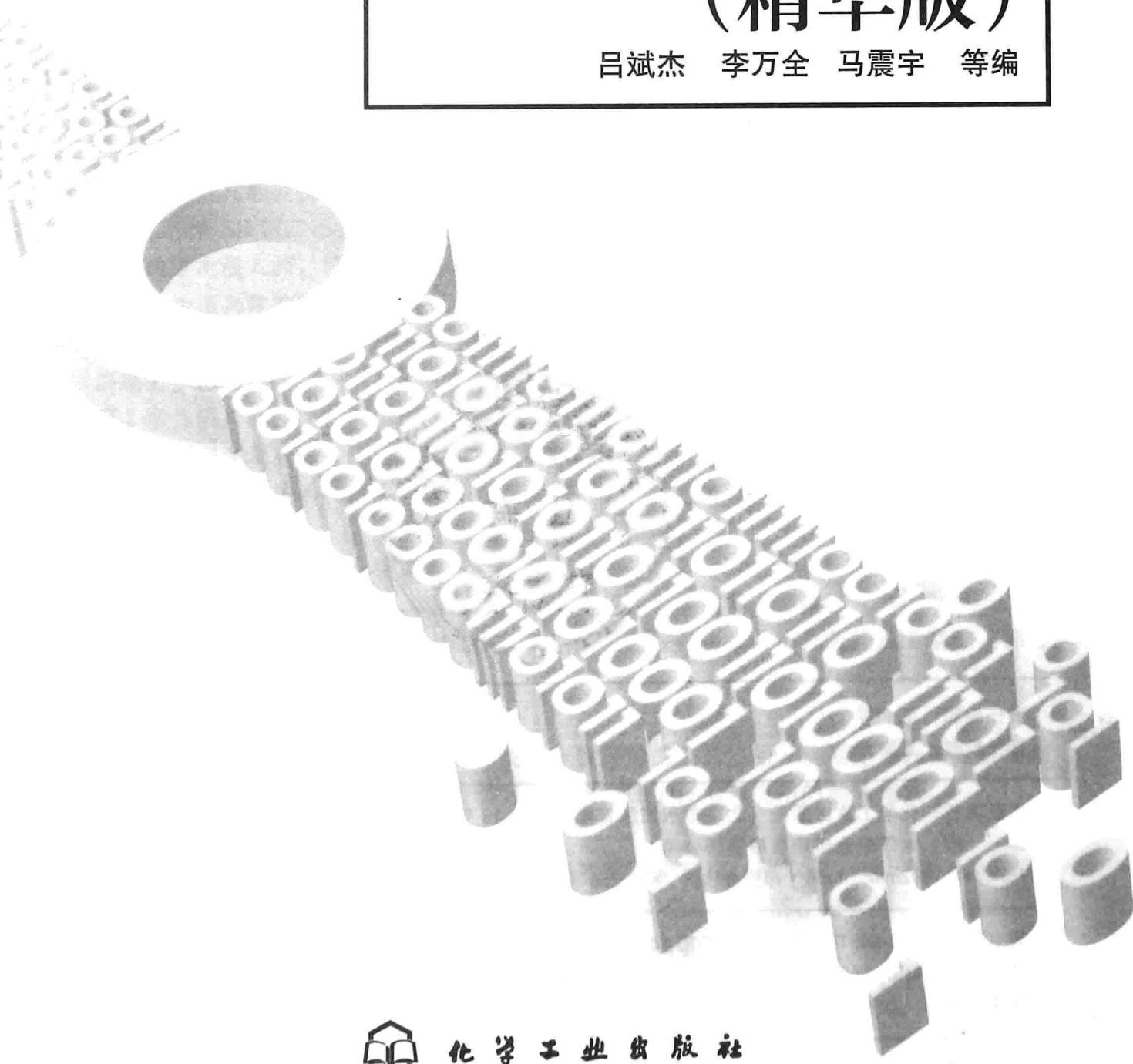
化学工业出版社

模具数控

编程 50 例

(精华版)

吕斌杰 李万全 马震宇 等编



化学工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模具数控编程 50 例 (精华版)/吕斌杰, 李万全, 马震宇等编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-122-20414-1

I. ①模… II. ①吕…②李…③马… III. ①模具-数控机床-程序设计 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 076219 号

责任编辑: 王 烨

责任校对: 王素芹

装帧设计: 尹琳琳



出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 11¼ 字数 266 千字 2014 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

本书创作背景

模具数控加工是数控加工领域的重要技术，所需技能比较高，初学者上手难度较大。而目前市场上有关同类书中，讲解工艺、操作和指令用法的内容较多，而对编程应用实例（手工、自动）涉及的较少，远远满足不了读者实际需求。为了弥补这种不足，本书围绕实际工程背景，以 FANUC、SIEMENS、华中三大数控系统为写作平台，全面深入地介绍了模具数控加工的编程方法、技巧与应用。

本书内容导读

全书内容共分为 3 章，具体内容如下：

第 1 章为模具数控铣与加工中心编程实例，依次介绍了 6 个 FANUC 数控铣与加工中心编程实例，5 个 SIEMENS 数控铣与加工中心编程实例和 3 个华中数控铣与加工中心编程实例，实例难度由浅入深，符合读者的学习过程。

第 2 章为模具数控车编程实例，分别介绍了 5 个 FANUC 数控车编程实例，5 个 SIEMENS 数控车编程实例和 3 个华中数控车编程实例。书中实例选择非常典型，读者学习后可以快速上手练习。

第 3 章为模具数控线切割编程实例，分别介绍了 12 个快走丝和 11 个慢走丝线切割编程实例。实例类型涉及五金、注塑、冲压等，比较全面。读者学习后举一反三，将可以掌握各类模具的线切割加工技术和流程。

本书特色

归纳起来，本书主要特点有：

- (1) 内容安排：全实例讲解，应用为纲，集专业性和实用性于一体。
- (2) 讲解方式：循序渐进、深入浅出，无论读者之前是否具有模具数控加工基础，都可以轻松入门与提高，最终学以致用。

本书读者对象

本书面向数控行业的初、中级用户，既适合数控加工人员使用，也可作为大中专院校机械及相关专业学生的理想教材，是读者学习模具数控加工技术与应用的参考指南。

本书作者队伍

本书主要由吕斌杰、李万全、马震宇、巴宝莲编写，赵汶、黎双玉、黄云林、孙智俊、涂志标、涂志涛、刘红霞、刘铁军、何文斌、邓力、王乐、杨学围、张秋冬、闫延超、董延、郭志强、毕晓勤、贺红霞、史丽萍、袁丽娟等也参加了编写。

由于时间有限，书中难免会有不足之处，欢迎广大的读者及业内人士予以批评指正。

第 1 章 模具数控铣与加工中心编程实例

1.1 FANUC 数控铣与加工中心编程实例	1
1.1.1 模板孔数控加工编程实例	1
1.1.2 凸凹模板数控加工编程实例	4
1.1.3 注塑模板数控加工编程实例	6
1.1.4 半球凸模数控加工编程实例	10
1.1.5 斜面凸模数控加工编程实例	13
1.1.6 盖板数控加工编程实例	18
1.2 SIEMENS 数控铣与加工中心编程实例	24
1.2.1 冲压模板数控加工编程实例	24
1.2.2 腰型腔数控加工编程实例	27
1.2.3 沉头盖板数控加工编程实例	29
1.2.4 椭圆凸模数控加工编程实例	33
1.2.5 连接器箱体数控加工编程实例	38
1.3 华中数控铣与加工中心编程实例	44
1.3.1 限位板孔数控加工编程实例	44
1.3.2 十字凹模数控加工编程实例	47
1.3.3 连杆凸模数控加工编程实例	50

第 2 章 模具数控车编程实例

2.1 FANUC 数控车编程实例	55
2.1.1 复合轴数控车削加工编程	55
2.1.2 法兰盘数控车削加工编程	59
2.1.3 螺纹轴数控车削加工编程	64
2.1.4 连接轴数控车削加工编程	68
2.1.5 配合轴数控车削加工编程	73
2.2 SIEMENS 数控车编程实例	82
2.2.1 蜗轮轴数控车削加工编程	82
2.2.2 螺纹轴数控车削加工编程	86
2.2.3 轴套配合件数控车削加工编程	89
2.2.4 异形轮廓轴数控车削加工编程	93
2.2.5 复合轴数控车削加工编程	97

2.3 华中数控车编程实例.....	101
2.3.1 减速机轴数控车削加工编程.....	101
2.3.2 锥轴数控车削加工编程.....	105
2.3.3 槽轴数控车削加工编程.....	107

第 3 章 模具数控线切割编程实例

3.1 快走丝线切割编程实例.....	111
3.1.1 太阳花线切割.....	111
3.1.2 TLE 文字凹模线切割.....	113
3.1.3 隔栅板线切割.....	115
3.1.4 调头标识模具线切割.....	117
3.1.5 桃子凹模线切割.....	118
3.1.6 手形凸模线切割.....	119
3.1.7 冲板零件模具线切割.....	121
3.1.8 猴子零件线切割.....	123
3.1.9 手表零件线切割.....	125
3.1.10 内齿模具线切割.....	126
3.1.11 铝型材模具线切割.....	129
3.1.12 汽车标志零件线切割.....	131
3.2 慢走丝线切割编程实例.....	134
3.2.1 鸭梨型腔线切割.....	134
3.2.2 兔子凸模线切割.....	136
3.2.3 马桶盖模具线切割.....	140
3.2.4 棘轮零件线切割.....	143
3.2.5 米奇凹模线切割.....	148
3.2.6 冲压模线切割.....	150
3.2.7 ST 文字模具线切割.....	152
3.2.8 喇叭模具线切割.....	155
3.2.9 S 板模具线切割.....	159
3.2.10 翻斗车模具线切割.....	162
3.2.11 窗格零件线切割.....	165

第 1 章

模具数控铣与加工中心编程实例

数控铣是目前应用最为广泛的数控机床，它通过旋转圆柱形刀头和多个出屑槽的铣刀可实现狭长沟槽、外轮廓等加工。加工中心是从数控铣床发展而来的，与数控铣床的最大区别在于加工中心具有自动交换加工刀具的能力，通过在刀库上安装不同用途的刀具，可在一次装夹中通过自动换刀装置改变主轴上的加工刀具，实现多种加工功能。本章结合典型实例来讲解模具数控铣与加工中心的编程技术和流程。

1.1 FANUC 数控铣与加工中心编程实例

FANUC 公司创建于 1956 年，1976 年 FANUC 公司研制成功数控系统 5，随后又与 SIEMENS 公司联合研制了具有先进水平的数控系统 7，从此 FANUC 公司逐步发展成为世界上最大的专业数控系统生产厂家。下面以 FANUC 0i 数控系统为版本来介绍 FANUC 铣与加工中心编程方法。

1.1.1 模板孔数控加工编程实例

铣削加工如图 1-1 所示的零件限位板螺纹孔，实体图如图 1-2 所示。

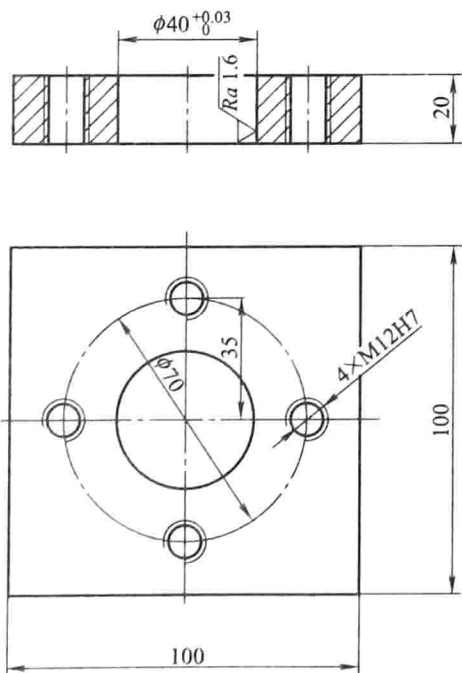


图 1-1 零件图

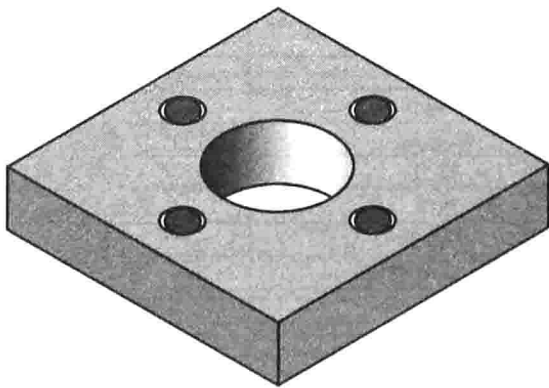


图 1-2 实体图

(1) 工艺分析与加工方案

① 分析零件工艺性能 如图 1-1 所示，该零件外形尺寸为 $100 \times 100 \times 20$ ，属于小零件。

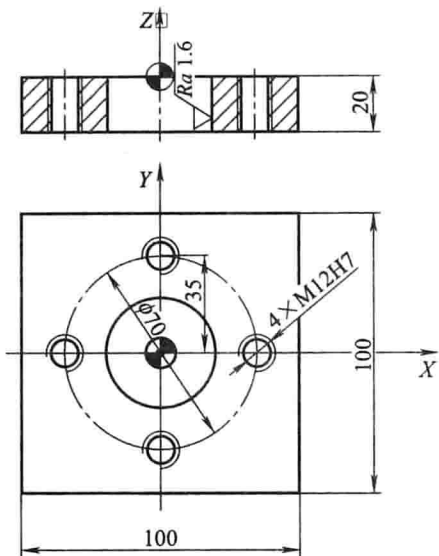


图 1-3 零件装夹定位和工件坐标系

要加工的是上部的 4 个螺纹孔和中心孔，加工精度较高。选用毛坯为长方体，100×100×20，六面全部初步加工。

② 确定装夹方案 选用平口虎钳装夹工件，这样可限制 5 个自由度，工件处于不完全定位状态。

③ 建立工件坐标系 为了加工孔定位方便，将坐标原点 O 定位为零件上表面左下角，建立工件坐标系，如图 1-3 所示。

④ 选择加工刀具 本例子加工中采用钻→攻螺纹加工，加工刀具及切削参数如表 1-1 所示。

⑤ 确定加工路线 对该平板孔加工采用钻→攻螺纹，钻孔前用 A2 中心钻钻削定位孔。

钻定位孔采用 G81 钻孔循环；钻孔采用 G73 高速深孔往复排屑钻循环，Z 轴方向的间隙进给有利于深孔加工过程中断屑与排屑。设置加工 R 点为 5mm，每次进给深度为 3mm，最后钻孔深度为 -30mm。因为图中工件厚度为 20mm，必须保证将孔钻透而增加了 5mm（1/3 的钻头直径，对于钻头顶角为 118°时）的钻深超越量；攻螺纹采用 G84 循环，设置 R 点为 5mm，螺距为 2mm，最后攻螺纹深度为 -25mm。

表 1-1 刀具及切削参数表

工步号	工步内容	刀具号	刀具类型	切削用量			备注
				主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)	背吃刀量 /mm	
1	定位孔	T1	A2 中心钻	1800	120	—	
2	钻孔	T2	φ10.3 麻花钻	800	80	—	
3	攻螺纹	T3	M12 丝锥	300	30	—	
4	钻孔	T4	φ35 麻花钻	300	30	—	
5	镗孔	T5	镗刀	300	20	—	

(2) 工、量、刀具清单 (表 1-2)

表 1-2 工、量、刀具清单

名 称	规 格	精 度	数 量
中心钻	A2		1
麻花钻	φ30 钻头		1
麻花钻	φ10.3 钻头		1
镗刀	可调 φ40		1
丝锥	M12		1
半径规	R5~R30		各 1
偏心式寻边器	φ10	0.02mm	1
Z 轴设定器	50	0.01	1
平口虎钳	QH160		1
塞尺	0.02~1		1 副
游标卡尺	0~150 0~150(带表)	0.02mm	各 1
千分尺	0~25, 25~50, 50~75	0.01mm	各 1
深度游标卡尺	0~200	0.02mm	1 把
垫块, 拉杆, 压板, 螺钉	M16		若干
扳手, 锉刀	12", 10"		各 1 把
刀柄, 夹头	刀具相关刀柄, 钻夹头, 弹簧夹		若干
其他	常用加工中心机床辅具		若干

(3) 参考程序与注释

程 序		注 释
%1111		程序号
N0010	G90 G54 G21 G17 G49 G40 G94 G80	程序初始化 设置工件坐标系,取消刀长和刀径补偿 设置每分钟进给 米制单位
N0020	G91 G28 X0 Y0 Z0	返回参考点
N0030	M06 T01	换 1 号刀,中心钻 A2(钻中心孔)
N0040	M03 S1800	主轴正转,转速 1800r/min
N0050	G90 G00 X0 Y0	移动到下刀点
N0060	G43 Z30 H01	建立刀具长度补偿,并移动到安全平面
N0070	G99 G81 X0 Y0 Z-2 R5 F120	用固定循环钻中心孔,返回 R 平面
N0080	X35 Y0	钻孔,返回 R 平面
N0090	X0 Y35	钻孔,返回 R 平面
N0100	X-35 Y0	钻孔,返回 R 平面
N0110	G98 X0 Y-35	钻孔,返回初始平面
N0120	G80	取消钻孔循环
N0130	G00 Z30	提刀至安全平面
N0140	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿,返回参考点
N0150	M05	主轴停转
N0160	M00	程序暂停
N0170	M06 T02	换 2 号刀,φ10.3 麻花钻
N0180	M03 S800	主轴正转,转速 800r/min
N0190	G90 G00 X0 Y0	快速定位到原点
N0200	G43 Z30 H02	建立刀具长度补偿
N0210	G99 G81 X35 Y0 Z-25 R5 F80	用固定循环钻 1#孔,返回 R 平面
N0220	X0 Y35	钻 2#孔,返回 R 平面
N0230	X-35 Y0	钻 3#孔,返回 R 平面
N0240	G98 X0 Y-35	钻 4#孔,返回初始平面
N0250	G80	取消钻孔循环
N0260	G00 Z30	提刀至安全平面
N0270	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿,返回参考点
N0280	M05	主轴停转
N0290	M00	程序暂停
N0300	M06 T03	换 3 号刀,M12 丝锥
N0310	M03 S300	主轴正转,转速 300r/min
N0320	G90 G54 G00 X0 Y0	快速定位到原点
N0330	G43 Z30 H03	建立刀具长度补偿
N0340	G99 G84 X35 Y0 Z-25 R5 F30	攻螺纹
N0350	X0 Y35	攻螺纹
N0360	X-35 Y0	攻螺纹
N0370	G98 X0 Y-35	攻螺纹
N0380	G80	取消攻螺纹循环
N0390	G00 Z30	提刀至安全平面
N0400	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿,返回参考点
N0410	M05	主轴停转
N0420	M00	程序暂停
N0430	M06 T04	换 4 号刀,φ35 麻花钻
N0440	M03 S300	主轴正转,转速 300r/min
N0450	G90 G54 G00 X0 Y0	快速定位到原点

续表

程 序		注 释
%1111		程序号
N0460	G43 Z30 H03	建立刀具长度补偿
N0470	G98 G73 X0 Y0 Z-25 Q5 R5 F30	固定钻孔循环 $\phi 35$ 孔
N0480	G80	取消钻孔循环
N0490	G00 Z30	提刀至安全平面
N0500	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿,返回参考点
N0510	M05	主轴停转
N0520	M00	程序暂停
N0530	M06 T05	换 5 号刀, $\phi 40$ 镗刀
N0540	G90 G54 X0 Y0	快速定位于原点
N0550	M03 S300	主轴正转,转速 300r/min
N0560	G43 Z30 H04	建立刀具长度补偿
N0570	G98 G85 X0 Y0 Z-25 R5 F20	固定镗孔循环 $\phi 40$ 孔
N0580	G80	取消镗孔循环
N0590	G00 Z30	提刀至安全平面
N0600	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿,返回参考点
N0610	M05	主轴停转
N0620	M30	程序结束,返回

1.1.2 凸凹模板数控加工编程实例

铣削加工如图 1-4 所示的零件，实体图如图 1-5 所示。

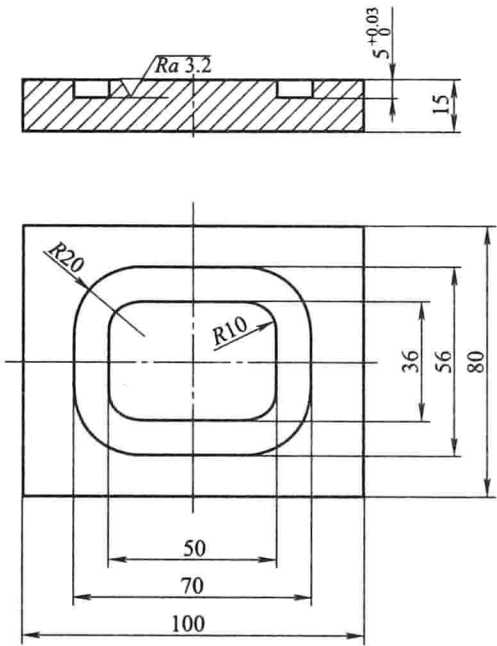


图 1-4 零件图

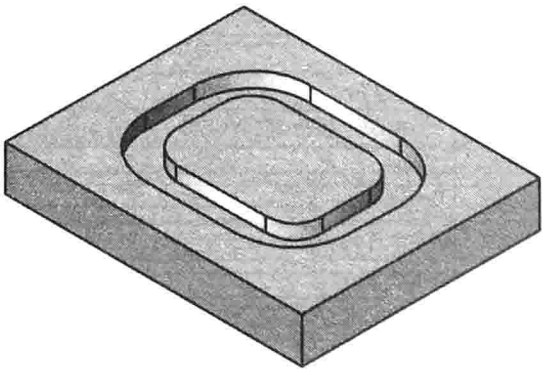


图 1-5 实体图

(1) 工艺分析与加工方案

- ① 分析零件工艺性能 如图 1-4 所示，该零件外形尺寸为 100×80×15，属于小零件。要加工的是上部的凹槽，加工精度较高，选用毛坯为长方体。
- ② 确定装夹方案 选用平口虎钳装夹工件，这样可限制 5 个自由度，工件处于不完全定位状态。
- ③ 建立工件坐标系 为了加工孔定位方便，将坐标原点 O 定位为零件上表面左下角，

建立工件坐标系，如图 1-6 所示。

④ 选择加工刀具 本例子加工中采用铣削加工凸台，加工刀具所用的切削参数如表 1-3 所示。

表 1-3 刀具及切削参数表

工步号	工步内容	刀具号	刀具类型	切削用量			备注
				主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)	背吃刀量 /mm	
1	轮廓铣削	T01	φ8 立铣刀	1000	300	—	

⑤ 确定加工路线 轮廓铣削的进给路线如图 1-7 所示。刀具首先加工内大轮廓，然后直线进刀到内小轮廓，进行内轮廓加工。

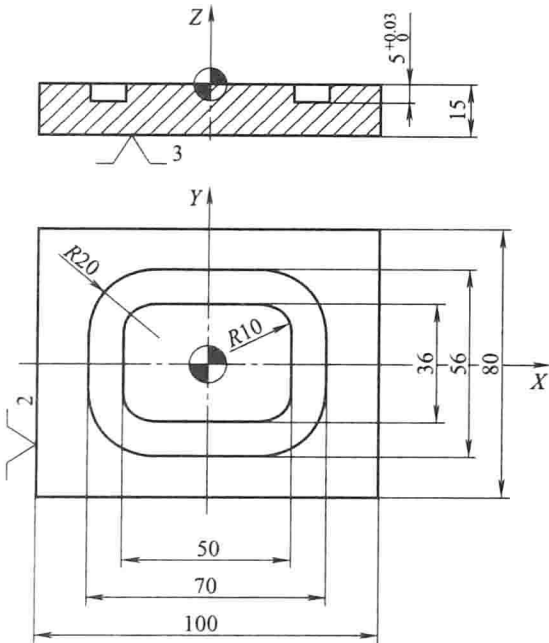


图 1-6 零件装夹定位和工件坐标系

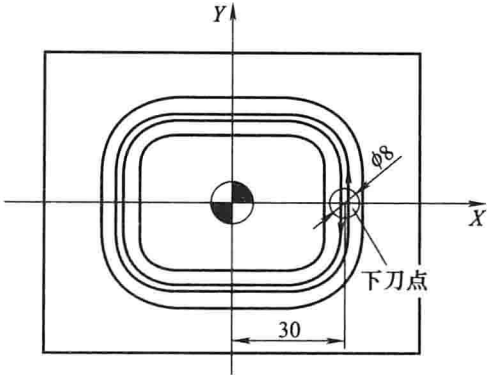


图 1-7 走刀路线

(2) 工、量、刀具清单 (表 1-4)

表 1-4 工、量、刀具清单

名 称	规 格	精 度	数 量
立铣刀	φ8 立铣刀		1
半径规	R5~R30		各 1
偏心式寻边器	φ10	0.02mm	1
Z 轴设定器	50	0.01	1
平口虎钳	QH160		1
塞尺	0.02~1		1 副
游标卡尺	0~150 0~150(带表)	0.02mm	各 1
千分尺	0~25,25~50,50~75	0.01mm	各 1
深度游标卡尺	0~200	0.02mm	1 把
垫块,拉杆,压板,螺钉	M16		若干
扳手,锉刀	12",10"		各 1 把
刀柄,夹头	刀具相关刀柄,钻夹头,弹簧夹		若干
其他	常用加工中心机床辅具		若干

(3) 参考程序与注释

程 序		注 释
O1121		程序号
N0010	G90 G54 G21 G17 G49 G40 G94 G80	程序初始化 设置工件坐标系,取消刀长和刀径补偿 设置每分钟进给 米制单位
N0020	G91 G28 X0 Y0 Z0	返回参考点
N0030	T01 M06	选择 1 号刀,φ8 平底刀
N0040	S1000 M03	主轴正转,转速 1000r/min
N0050	G90 G00 X30 Y0	移动到下刀点
N0060	G43 Z30 H01	建立刀具长度补偿,并移动到安全平面
N0070	M08	开启冷却液
N0080	G00 Z3	快速下刀至切入点 Z3
N0090	G01 Z-5 F200	Z 向下刀,进入切削起始位置
N0100	G41 G01 X35 Y0 F300 D01	建立刀具圆弧半径左补偿
N0110	G01 X35 Y8	直线插补
N0120	G03 X15 Y28 R20	圆弧插补
N0130	G01 X-15 Y28	直线插补
N0140	G03 X-35 Y8	圆弧插补
N0150	G01 X-35 Y-8	直线插补
N0160	G03 X-15 Y-28 R20	圆弧插补
N0170	G01 X15 Y-28	直线插补
N0180	G03 X35 Y0 R20	圆弧插补
N0190	G01 Y25	直线插补进刀
N0200	G01 X25 Y-8	直线插补
N0210	G02 X15 Y-18 R10	圆弧插补
N0220	G01 X-15 Y-18	直线插补
N0230	G02 X-25 Y-8 R10	圆弧插补
N0240	G01 X-25 Y8	直线插补
N0250	G02 X-15 Y18 R10	圆弧插补
N0260	G01 X15 Y18	直线插补
N0270	G02 X25 Y8 R10	圆弧插补
N0280	G01 X25 Y0	直线插补
N0290	G40 G01 X30 Y0	轮廓退刀,并取消刀补
N0300	G00 Z30	提刀至安全平面
N0310	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿,返回参考点
N0320	M05	主轴停转
N0330	M30	程序结束

1.1.3 注塑模板数控加工编程实例

铣削加工如图 1-8 所示的零件,实体图如图 1-9 所示。

(1) 工艺分析与加工方案

- ① 分析零件工艺性能
- 如图 1-8 所示,该零件外形尺寸为 45×40×15,属于小零件。要加工的是上部的凸台和孔,加工精度较高。选用毛坯为长方体,45×40×15,六面全部初步加工。
- ② 确定装夹方案
- 选用平口虎钳装夹工件,这样可限制 5 个自由度,工件处于不完全定位状态。
- ③ 建立工件坐标系
- 为了加工孔定位方便,将坐标原点 O 定位为零件上表面左下角,建立工件坐标系,如图 1-10 所示。

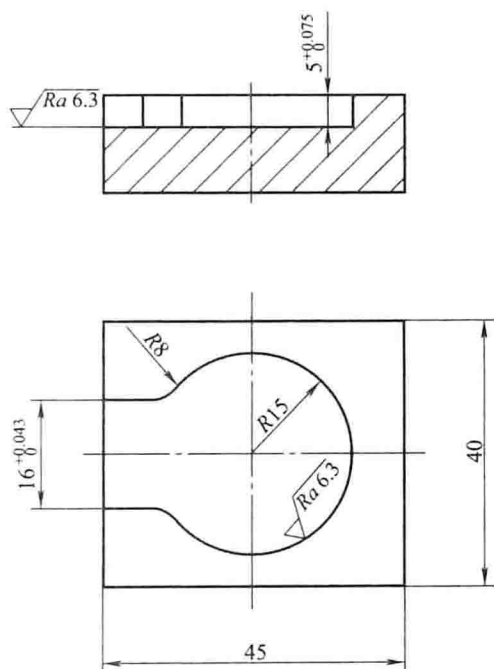


图 1-8 零件图

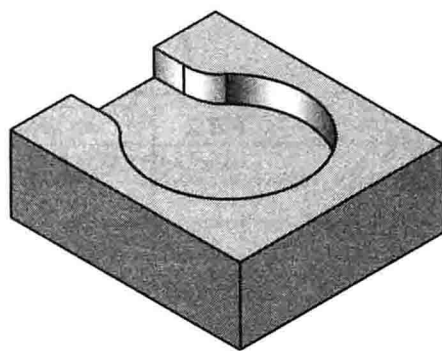


图 1-9 实体图

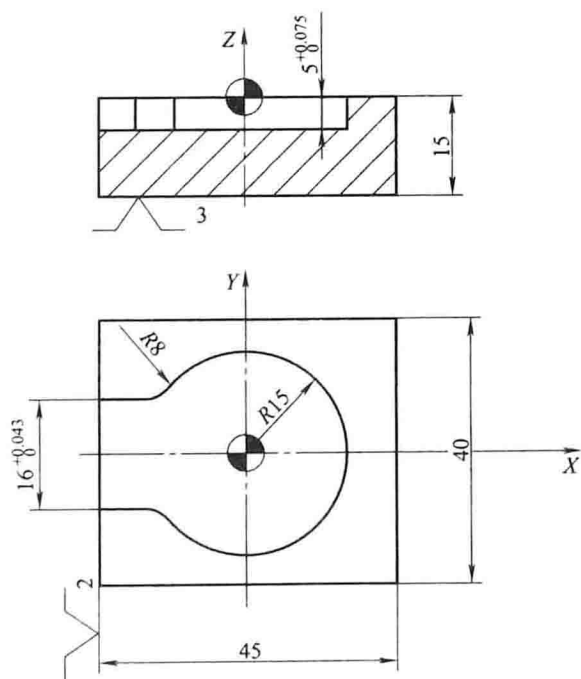


图 1-10 零件装夹定位和工件坐标系

④ 选择加工刀具 本例中加工刀具所用的切削参数如表 1-5 所示。

表 1-5 刀具及切削参数表

工步号	工步内容	刀具号	刀具类型	切削用量			备注
				主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)	背吃刀量 /mm	
1	粗加工表面	T01	φ40 面铣刀	600	120	—	
2	精加工表面			800	160	—	
3	粗加工凹腔	T02	φ14 立铣刀	600	150	—	
4	精加工凹腔			600	300	—	

⑤ 确定加工路线 凹腔轮廓余量通过偏置刀具的方式进行加工，刀具路径如图 1-11 所示。

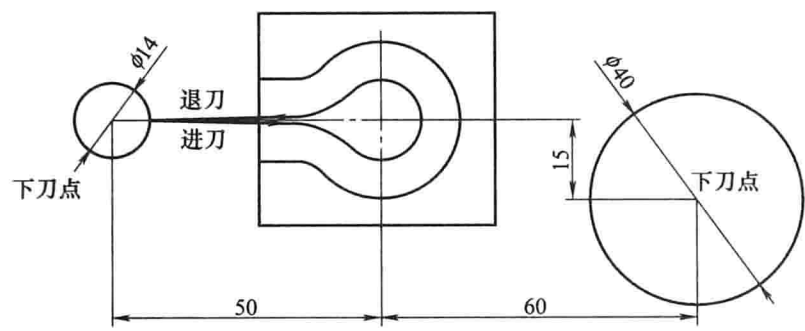


图 1-11 走刀路线

(2) 工、量、刀具清单 (表 1-6)

表 1-6 工、量、刀具清单

名 称	规 格	精 度	数 量
铣刀	φ14		1
铣刀	φ40		1
半径规	R5~R30		各 1
偏心式寻边器	φ10	0.02mm	1
Z 轴设定器	50	0.01	1
平口虎钳	QH160		1
塞尺	0.02~1		1 副
游标卡尺	0~150 0~150(带表)	0.02mm	各 1
千分尺	0~25,25~50,50~75	0.01mm	各 1
深度游标卡尺	0~200	0.02mm	1 把
垫块,拉杆,压板,螺钉	M16		若干
扳手,锉刀	12",10"		各 1 把
刀柄,夹头	刀具相关刀柄,钻夹头,弹簧夹		若干
其他	常用加工中心机床辅具		若干

(3) 参考程序与注释

程 序		注 释
%1141		程序号
N0010	G90 G54 G21 G17 G49 G40 G94 G80	程序初始化 设置工件坐标系,取消刀长和刀径补偿 设置每分钟进给 米制单位
N0020	G91 G28 X0 Y0 Z0	返回参考点
N0030	M06 T01	选择 1 号刀,φ40 面铣刀(铣上表面)
N0040	M03 S600	主轴正转,转速 600r/min
N0050	G90 G00 X60 Y-15	移动到下刀点
N0060	G43 Z30 H01	建立刀具长度补偿,并移动到安全平面
N0070	M08	开启冷却液
N0080	G00 Z0.2	快速下刀至切入点 Z0.2(粗铣)
N0090	G01 X-60 Y-15 F120	直线插补铣平面,进给速度 120mm/min
N0100	G00 Y15	快速移刀至切削位置

续表

程 序		注 释
%1141		程序号
N0110	G01 X60	直线插补铣平面
N0120	G00 Z5	抬刀
N0130	G00 X60 Y-15	快速移刀至切削位置
N0140	G00 Z0	快速下刀至切入点 Z0 (精铣)
N0150	M03 S800	主轴正转, 转速 800r/min
N0160	G01 X-60 Y-15 F160	直线插补铣平面, 进给速度 160m/min
N0170	G00 Y15	快速移刀至切削位置
N0180	G01 X60 Y15	直线插补铣平面
N0190	G00 Z30	提刀到安全平面
N0200	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿, 返回参考点
N0210	M09	关闭冷却液
N0220	M05	主轴停转
N0230	M00	程序暂停
N0240	M06 T02	换 2 号刀, $\phi 14$ 立铣刀
N0250	M03 S600	主轴正转, 转速 600r/min
N0260	G90 G54 G00 X-50 Y0	快速定位切削起始位置
N0270	G43 Z30 H02	建立刀具长度补偿
N0280	Z5	刀具快速定位 Z5
N0290	M08	开启冷却液
N0300	G01 Z-5 F150	Z 向下刀-5, 进给速度 150mm/min
N0310	G41 G00 X-25 Y-8 D03	建立刀具半径补偿, D03=7.3mm
N0320	G01 X-22.5 Y-8	直线插补
N0330	G01 X-16.52 Y-8	直线插补
N0340	G02 X-10.78 Y-10.43 R8	圆弧插补
N0350	G03 X-10.78 Y10.43 R-15	圆弧插补
N0360	G02 X-16.52 Y8	圆弧插补
N0370	G01 X-22.5 Y8	直线插补
N0380	G01 X-25	直线插补退刀
N0390	G00 Z30	提刀到安全平面
N0400	G40 G00 X-25 Y0	取消刀具半径补偿
N0410	Z5	刀具快速定位 Z5
N0420	G01 Z-5 F300	Z 向下刀-10, 进给速度 300mm/min
N0430	G41 G00 X-25 Y-8 D04	建立刀具半径补偿, D04=7mm
N0440	G01 X-22.5 Y-8	直线插补
N0450	G01 X-16.52 Y-8	直线插补
N0460	G02 X-10.78 Y-10.43 R8	圆弧插补
N0470	G03 X-10.78 Y10.43 R-15	圆弧插补
N0480	G02 X-16.52 Y8	圆弧插补
N0490	G01 X-22.5 Y8	直线插补
N0500	G01 X-25	直线插补退刀
N0510	G00 Z30	提刀到安全平面
N0520	G40 G00 X-25 Y0	取消刀具半径补偿
N0530	G49 G91 G28 X0 Y0 Z0	取消刀具长度补偿, 返回参考点
N0540	M09	关闭冷却液
N0550	M05	主轴停转
N0560	M30	程序结束, 返回

1.1.4 半球凸模数控加工编程实例

铣削加工如图 1-12 所示的零件，实体图如图 1-13 所示。

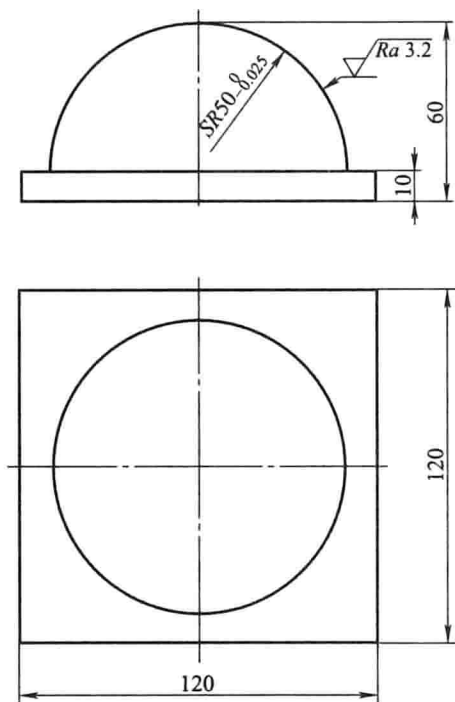


图 1-12 零件图

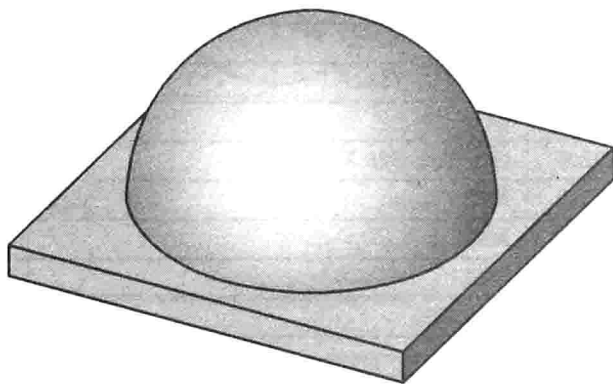


图 1-13 实体图

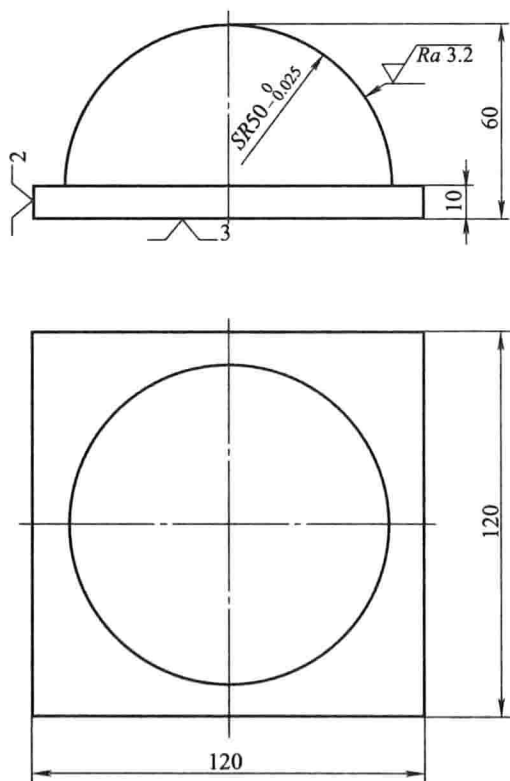


图 1-14 装夹定位和工件坐标系

(1) 工艺分析与加工方案

① 分析零件工艺性能 该零件外形尺寸为 $120 \times 120 \times 60$ ，属于小零件。要加工的是球面，其余表面不加工，加工精度为 $Ra3.2$ 。该零件以轮廓加工为主，加工难点为倒球面，加工尺寸精度要求不高。选用毛坯为长方体，外形尺寸为 $120 \times 120 \times 60$ ，六面全部初步加工。

② 确定装夹方案 选用平口虎钳装夹工件，垫铁支承底面并敲平，这样可限制 5 个自由度，工件处于不完全定位状态。

③ 建立工件坐标系 由于零件图形对称性，故以零件上表面中心为编程原点 O ，建立工件坐标系，如图 1-14 所示。

④ 选择加工刀具 加工刀具所用的切削参数如表 1-7 所示。

⑤ 确定加工路线 球面加工采用刀具补偿，加工中为了简化编程，采用 R 参数子程序编程方式，走刀采用环切，刀具每次在 Z 轴上递减 0.1mm ， X

轴方向上坐标根据 $X = \sqrt{R^2 - Z^2}$ 计算得到，如图 1-15 所示。

表 1-7 刀具及切削参数表

工步号	工步内容	刀具号	刀具类型	切削用量			备注
				主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)	背吃刀量 /mm	
1	铣轮廓	T1	φ16 铣刀	600	150		
2	铣球面	T2	φ6 球刀	1000	100	0.1	

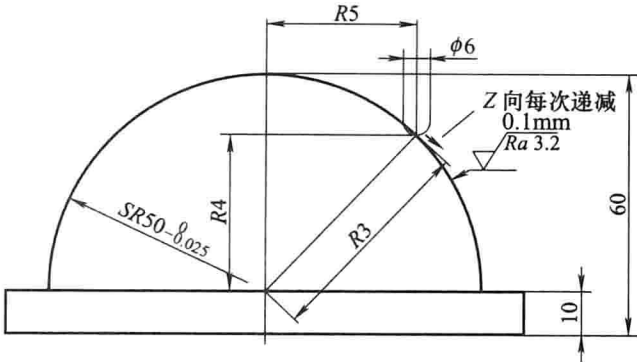


图 1-15 铣球面进给路线

(2) 工、量、刀具清单 (表 1-8)

表 1-8 工、量、刀具清单

名 称	规 格	精 度	数 量
立铣刀	φ16 铣刀		1
球刀	φ6 球刀		1
半径规	R5~R30		各 1
偏心式寻边器	φ10	0.02mm	1
Z 轴设定器	50	0.01	1
平口虎钳	QH160		1
塞尺	0.02~1		1 副
游标卡尺	0~150 0~150(带表)	0.02mm	各 1
千分尺	0~25, 25~50, 50~75	0.01mm	各 1
深度游标卡尺	0~200	0.02mm	1 把
垫块, 拉杆, 压板, 螺钉	M16		若干
扳手, 锉刀	12", 10"		各 1 把
刀柄, 夹头	刀具相关刀柄, 钻夹头, 弹簧夹		若干
其他	常用加工中心机床辅具		若干

(3) 参考程序与注释

程 序		注 释
%1151		程序号
N0010	G90 G54 G21 G17 G49 G40 G94 G80	程序初始化 设置工件坐标系, 取消刀长和刀径补偿 设置每分钟进给 米制单位
N0020	G91 G28 X0 Y0 Z0	返回参考点
N0030	M06 T01	选择 1 号刀 φ16 铣刀(铣轮廓)
N0040	S600 M03	主轴正转, 转速 600r/min
N0050	G90 G0 X-50 Y-100 Z30	快速定位切削起始位置
N0060	Z3	刀具快速定位 Z3