

数控专业技能型人才培养用书



加工中心技术 与技能训练

(提高篇)

周晓宏 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

数控专业技能型人才培养用书

加工中心技术 与技能训练

(提高篇)

周晓宏 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书根据加工中心操作工岗位的技术和技能要求,介绍了比较复杂的加工中心技术和技能。本书按“项目”编写,精选了十四个“项目”,在“项目”下又分解为几个“任务”,是理论和实操一体化的教材。本书按照学生的学习规律,从易到难,在“任务”引领下介绍完成该任务(加工工件、操作机床等)所需理论知识和实操技能。项目内容包括:复杂零件的加工中心加工工艺分析、槽轮加工、对称零件铣削、加工双面零件、加工配合件、复杂二维零件加工、简单三维零件铣削加工、宏指令编程及加工、加工中心综合加工训练、西门子系统加工中心的操作、西门子系统加工中心编程、运用西门子系统加工中心加工零件、应用UG软件进行自动编程、加工中心高级操作工考核。

本书所介绍的数控系统和加工中心在生产实际中应用很广,书中举例丰富,图文并茂,通俗易懂,实用性强,适用面广,各章都附有思考与练习。

本书可作为学习加工中心编程、加工技术与技能的教材,也可供高等职业技术学院、技校、中职的数控技术应用专业、模具专业、数控维修专业、机电一体化专业学生阅读,还可供相关工种的社会化培训学员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

加工中心技术与技能训练. 提高篇/周晓宏主编. —北京:中国电力出版社, 2013.3

数控专业技能型人才培养用书

ISBN 978-7-5123-4160-9

I. ①加… II. ①周… III. ①数控机床加工中心-操作-技术培训-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第043443号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2013年7月第一版 2013年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 21印张 510千字

印数0001—3000册 定价45.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言



数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础；数控技术的应用是提高制造业的产品质量和劳动生产率必不可少的重要手段；数控机床是工业现代化的重要装备，是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要标志。因此可预见 21 世纪机械制造业的竞争，其实质是数控技术的竞争。当前，中国正在逐步变成“世界制造中心”，为了增强竞争能力，制造业开始广泛使用先进的数控技术，数控机床在企业的使用数量正在大幅度增加，企业正急需大批数控编程与加工方面的技能型人才。然而，目前国内掌握数控编程与加工的技能型人才严重短缺，这使得数控技术应用技能型人才的培养显得十分迫切。为适应培养数控技术应用技能型人才的需要，我们总结了自己在生产一线和教学岗位上多年的心得体会，同时结合学校教学的要求和企业要求，组织编写了这套教材。

本套教材根据数控机床的种类和工种分为：数控车削技术与技能训练、数控铣削技术与技能训练、加工中心技术与技能训练、电火花加工技术与技能训练，每一类机床和工种又分为“基础篇”和“提高篇”，共计 8 本。

本套教材按“项目”来编写，“项目”下又分解为多个“任务”，是一种理论和实操一体化的教材。每本教材都按照学生的学习规律，从易到难，精选了多个“项目”，在“任务”引领下介绍完成该任务（加工工件、操作机床等）所需的理论知识和实操技能，符合目前我国职业教育界正大力提倡的“任务引领型”教学思路。“基础篇”介绍比较简单的数控加工的技术和技能；“提高篇”介绍比较复杂的数控加工的技术和技能。

本套教材的可操作性很强，读者按照该套教材的思路，通过书中项目的学习和训练，可很快掌握各种数控加工技术和技能。该套教材可大大提高学生学习数控加工技术和技能的兴趣和针对性，学习效率高。在编写过程中，突出体现“知识新、技术新、技能新”的编写思想，介绍知识和技能以“实用、可操作性强”为基本原则，不追求理论知识的系统性和完整性。本套教材是在作者多年来从事数控加工、编程方面的教学、科研、生产工作经验的基础上编写的，书中举例丰富，各章都附有思考与练习题，

供读者参考。

本套书适合作为学习数控编程、加工技术与技能的教材，也可供高等职业技术学院、技校、中职的数控技术应用专业、模具专业、数控维修专业、机电一体化专业学生阅读，还可供相关工种的社会化培训学员阅读。

本套教材由深圳技师学院周晓宏副教授、高级技师主编，李瑞、肖清、刘向阳参加编写。

由于编者水平有限，书中难免存在一些疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者



目 录



前言

➤ 项目一 复杂零件的加工中心加工工艺分析	1
任务一 盖板零件的加工中心加工工艺分析	1
任务二 模具零件的加工中心加工工艺分析	5
任务三 箱体类零件的加工中心加工工艺分析	7
任务四 异形件的加工中心加工工艺分析	10
任务五 复杂零件加工中心加工工艺实训	13
思考与练习	14
➤ 项目二 槽轮加工	17
任务一 学习坐标系旋转指令	17
任务二 槽轮加工技能训练	18
任务三 利用坐标系旋转指令加工零件实训	20
思考与练习	22
➤ 项目三 对称零件铣削	24
任务一 学习可编程镜像指令	24
任务二 对称零件铣削技能训练	25
任务三 对称零件铣削实训	27
思考与练习	28
➤ 项目四 加工双面零件	30
任务一 笔筒盖 A 面的加工	31
任务二 翻面对刀方法	34
任务三 笔筒盖 B 面的加工	35
任务四 知识拓展:加工中心的换刀程序	36

任务五 双面零件加工实训·····	37
思考与练习·····	38
项目五 加工配合件 ·····	41
任务一 学习配合件的加工方法·····	42
任务二 凸模铣削加工·····	43
任务三 凹模铣削加工·····	45
任务四 配合件加工实训·····	47
思考与练习·····	48
项目六 复杂二维零件加工 ·····	51
任务一 复杂二维零件一加工·····	51
任务二 复杂二维零件二加工·····	54
任务三 复杂二维零件三加工·····	57
任务四 复杂二维零件加工实训·····	61
思考与练习·····	62
项目七 简单三维零件铣削加工 ·····	64
任务一 型芯铣削·····	64
任务二 曲面凹槽加工·····	66
任务三 球面环槽加工·····	68
任务四 凹模加工实训·····	69
思考与练习·····	71
项目八 宏指令编程及加工 ·····	73
任务一 学习宏指令编程方法·····	73
任务二 凹模型腔加工·····	79
任务三 球面台与凹球面铣削·····	87
任务四 加工椭圆锥台·····	89
任务五 上圆下方凸台铣削·····	91
任务六 半内球体加工实训·····	93
思考与练习·····	94
项目九 加工中心综合加工训练 ·····	97
任务一 综合加工训练一·····	97
任务二 综合加工训练二·····	103

任务三 综合加工训练三	110
任务四 综合加工训练四	113
任务五 加工中心综合加工实训	122
思考与练习	123

项目十 西门子系统加工中心的操作 125

任务一 XH714B 加工中心(SINUMERIK 802S/C 系统)的操作	125
任务二 TK7650 加工中心(SINUMERIK 810D/840D 系统) 的操作	138
任务三 学习加工中心操作技巧	147
思考与练习	151

项目十一 西门子系统加工中心编程 153

任务一 了解编程指令及程序格式	153
任务二 学习编程方法	156
任务三 铣削循环	175
任务四 孔加工固定循环	186
任务五 钻孔样式循环指令	202
思考与练习	206

项目十二 运用西门子系统加工中心加工零件 208

任务一 孔系加工	208
任务二 心形凸轮加工	210
任务三 凹模加工	217
任务四 西门子系统加工中心实训	219
思考与练习	221

项目十三 应用 UG 软件进行自动编程 223

任务一 初步认识 UG 软件	223
任务二 学习 CAD 模块	226
任务三 学习 CAM 模块	246
任务四 UG NX 应用综合实训	269
思考与练习	283

任务一 加工中心高级操作工实操考核一	286
任务二 加工中心高级操作工实操考核二	296
任务三 加工中心高级操作工实操考核三	300
任务四 加工中心高级操作工实操考核四	305
任务五 加工中心高级操作工实操考核五	313
任务六 加工中心高级操作工理论考核试题	314
思考与练习	320

思考与练习客观题参考答案	322
--------------------	-----

参考文献	325
------------	-----

项目一

复杂零件的加工中心加工工艺分析

知识目标：加工中心加工工艺制订的基础知识、加工中心加工工艺的制订方法。

技能目标：能对复杂铣削零件进行数控加工工艺分析并制订工艺。

任务一 盖板零件的加工中心加工工艺分析

在加工中心上加工如图 1-1 所示盖板零件，材料为 HT200，要求编写其加工工艺。

一、分析图样，选择加工内容

该盖板的材料为铸铁，故毛坯为铸件。由图 1-1 可知，盖板的四个侧面为不加工表面，全部加工表面都集中在 A、B 面上。最高精度为 IT7 级。从工序集中和便于定位两个方面考虑，选择 B 面及位于 B 面上的全部孔在加工中心上加工，将 A 面作为主要定位基准，并在前道工序中先加工好。

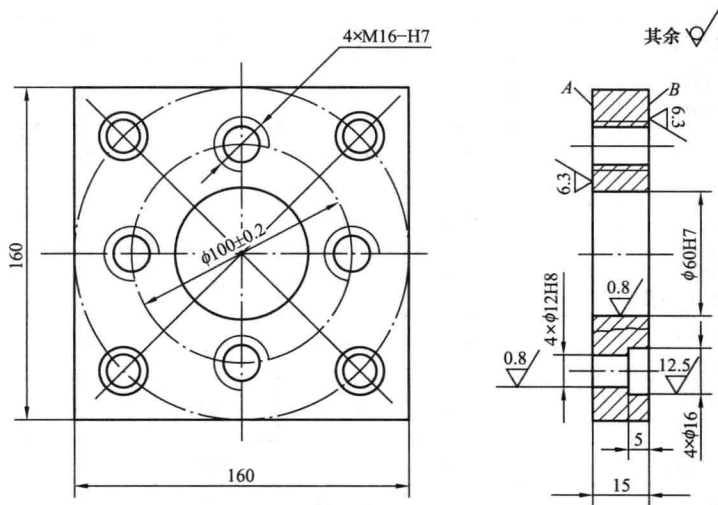


图 1-1 盖板零件简图

二、选择加工中心

由于 B 面及位于 B 面上的全部孔只需单工位加工即可完成，故选择立式加工中心。加工表面不多，只有粗铣、精铣、粗镗、半精镗、精镗、钻、扩、铰、铰及攻螺纹等工步，所需刀具不超过 20 把。选用国产 XH714 型立式加工中心即可满足上述要求。该机床工作台尺寸为 400mm×800mm，X 轴行程为 600mm，Y 轴行程为 400mm，Z 轴行程为 400mm，主轴端面至



工作台台面距离为 125~525mm，定位精度和重复定位精度分别为 0.02mm 和 0.01mm，刀库容量为 18 把，工件一次装夹后可自动完成铣、钻、镗、铰及攻螺纹等工步的加工。

三、设计工艺

(1) 选择加工方法。*B* 平面用铣削方法加工，因其表面粗糙度 R_a 为 $6.3\mu\text{m}$ ，故采用粗铣—精铣方案； $\phi 60\text{H}7$ 孔为已铸出毛坯孔，为达到 1T7 级精度和 $\phi 0.8\mu\text{m}$ 的表面粗糙度，需经三次镗削，即采用粗镗—半精镗—精镗方案；对 $\phi 12\text{H}8$ 孔，为防止钻偏和达到 IT8 级精度，按钻中心孔—钻孔—扩孔—铰孔方案进行； $\phi 16\text{mm}$ 孔在 $\phi 12\text{mm}$ 孔基础上铰至尺寸即可；M16mm 螺纹孔采用先钻底孔后攻螺纹的加工方法，即按钻中心孔—钻底孔—倒角—攻螺纹方案加工。

(2) 确定加工顺序。按照先面后孔、先粗后精的原则确定。具体加工顺序为粗、精铣 *B* 面—粗、半精、精镗 $\phi 60\text{H}7$ 孔—钻各光孔和螺纹孔的中心孔—钻、扩、铰 $\phi 12\text{H}8$ 及 $\phi 16\text{mm}$ 孔—M16mm 螺孔钻底孔、倒角和攻螺纹，见表 1-1。

表 1-1 数控加工工序卡片

单位名称			数控加工工序卡片		产品名称及代号		零件名称		材料		零件图号	
							盖板		HT200			
序号		程序编号	夹具名称	夹具编号		使用设备				车间		
			台钳			XH714						
序号	工步内容			加工面	刀具型号	刀具直径 (mm)	主轴转速 (r/mim)	进给速度 (mm/mim)	背吃刀量 (mm)	备注		
1	粗铣 <i>B</i> 平面留 余量 0.5mm				T01	φ100	300	70	3.5			
2	精铣 <i>B</i> 平面至尺寸				T13	φ100	350	50	0.5			
3	粗镗 φ60H7 孔至 φ58mm				T02	φ58	400	60				
4	半精镗 φ60H7 孔至 φ59.95mm				T03	φ59.95	450	50				
5	精镗 φ60H7 孔至尺寸				T04	φ60H7	500	40				
6	钻 4×φ12H8 及 4×M16mm 的中心孔				T05	φ3	1000	50				
7	钻 4×φ12H8 至 φ10mm				T06	φ10	600	60				
8	扩 4×φ12H8 至 φ1 一、85mm				T07	φ11.85	300	40				
9	铰 4×φ16mm 至尺寸				T08	φ16	150	30				
10	铰 4×φ12H8 至尺寸				T09	φ12H8	100	40				
11	钻 4×M16mm 底孔 至 φ14mm				T10	φ14	450	60				
12	倒 4×M16mm 底孔端角				T11	φ18	300	40				
13	攻 4×M16mm 螺纹孔成				T12	M16	100	200				
编制			审核			批准			共 1 页		第 1 页	

(3) 确定装夹方案和选择夹具。该盖板零件形状简单，四个侧面较光整，加工面与不加
工面之间的位置精度要求不高，故可选用通用台钳，以盖板底面 A 和两个侧面定位，用台
钳钳口从侧面夹紧。

(4) 选择刀具。所需刀具有面铣刀、镗刀、中心钻、麻花钻、铰刀、立铣刀（镗 $\phi 16\text{mm}$
孔）及丝锥等，其规格根据加工尺寸选择。B 面粗铣铣刀直径应选小一些，以减小切削力
矩，但也不能太小，以免影响加工效率；B 面精铣铣刀直径应选大一些，以减少接刀痕迹，
但要考虑到刀库允许装刀直径也不能太大。刀柄柄部根据主轴锥孔和拉紧机构选择。
XH714 型加工中心主轴锥孔为 ISO40，适用刀柄为 BT40（日本标准 JISB6339），故刀柄柄
部应选择 BT40 型式。具体所选刀具及刀柄见表 1-2。

表 1-2

刀 具 及 刀 柄

产品名称 及代号		零件名称		零件图号	程序编号		
序号	刀具号	刀具名称	刀柄型号	刀具		补偿值 (mm)	备注
				直径 (mm)	长度 (mm)		
1	T01	面铣刀	BT40-XM32-75	$\phi 100$			
2	T13	面铣刀	BT40-XM32-75	$\phi 100$			
3	T02	镗刀	BT40-TQC50-180	$\phi 58$			
4	T03	镗刀	BT40-TQC50-180	$\phi 59.95$			
5	T04	镗刀	BT40-TW50-140	$\phi 60\text{H}7$			
6	T05	中心钻	BT40-Z10-45	$\phi 3$			
7	T06	麻花钻	BT40-M1-45	$\phi 10$			
8	T07	扩孔钻	BT40-M1-45	$\phi 11.85$			
9	T08	阶梯铣刀	BT40-MW2-55	$\phi 16$			
10	T09	铰刀	BT40-M1-45	$\phi 12\text{H}8$			
11	T10	麻花钻	BT40-M1-45	$\phi 14$			
12	T11	麻花钻	BT40-M2-50	$\phi 18$			
13	T12	机用丝锥	BT40-G12-130	$\phi 16$			
编制		审核		批准		共 1 页	第 1 页

(5) 确定进给路线。B 面的粗、精铣削加工进给路线根据铣刀直径确定，因所选铣刀直
径为 $\phi 100\text{mm}$ ，故安排沿 X 方向两次进给（见图 1-2）。所有孔加工进给路线均按最短路线
确定，因为孔的位置精度要求不高，机床的定位精度完全能保证，如图 1-3~图 1-7 所示
的即为各孔加工工步的进给路线。

(6) 选择切削用量。查表确定切削速度和进给量，然后计算出机床主轴转速和机床进给
速度，详见表 1-1。

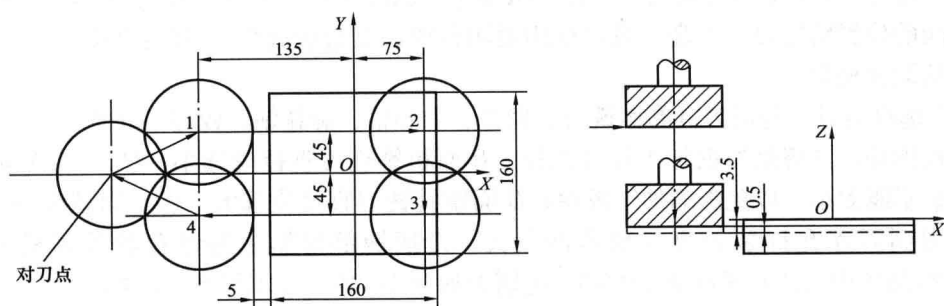


图 1-2 铣削 B 面进给路线

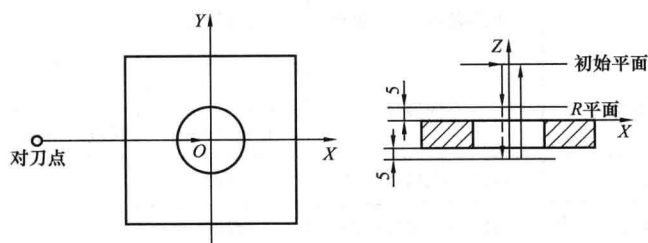
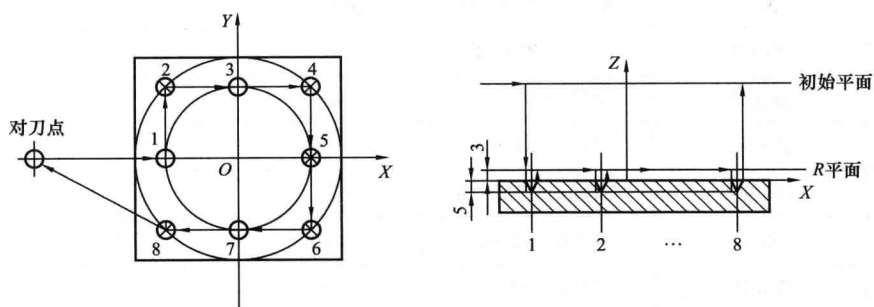
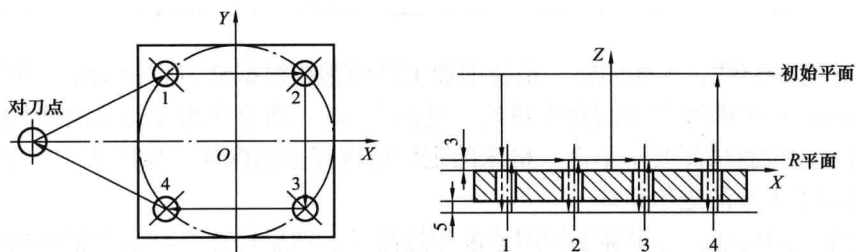
图 1-3 镗 $\phi 60H7$ 孔进给路线

图 1-4 钻中心孔进给路线

图 1-5 钻、扩、铰 $\phi 12H8$ 孔进给路线

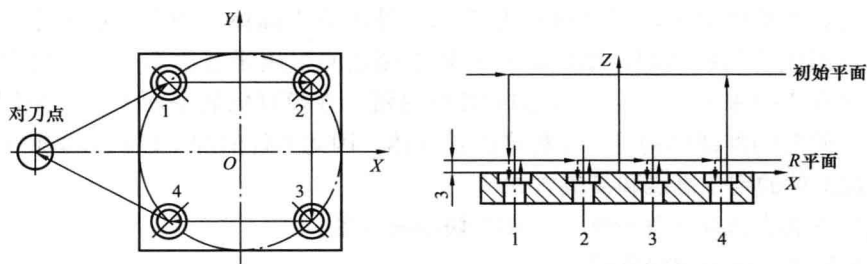
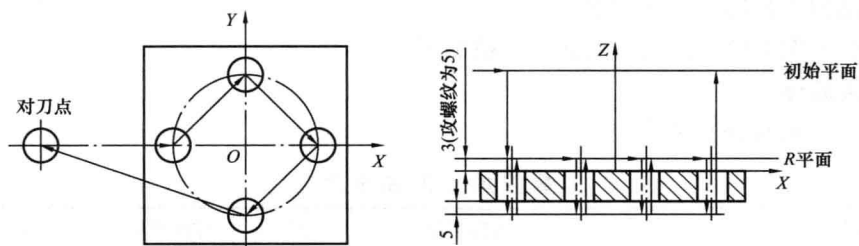
图 1-6 镗 $\phi 16$ mm 孔进给路线

图 1-7 钻螺纹底孔、攻螺纹进给路线

任务二 模具零件的加工中心加工工艺分析

图 1-8 为盒形模具的凹模工件图, 该盒形模具为单件生产, 工件材料为 T8A, 分析其数控加工工艺。

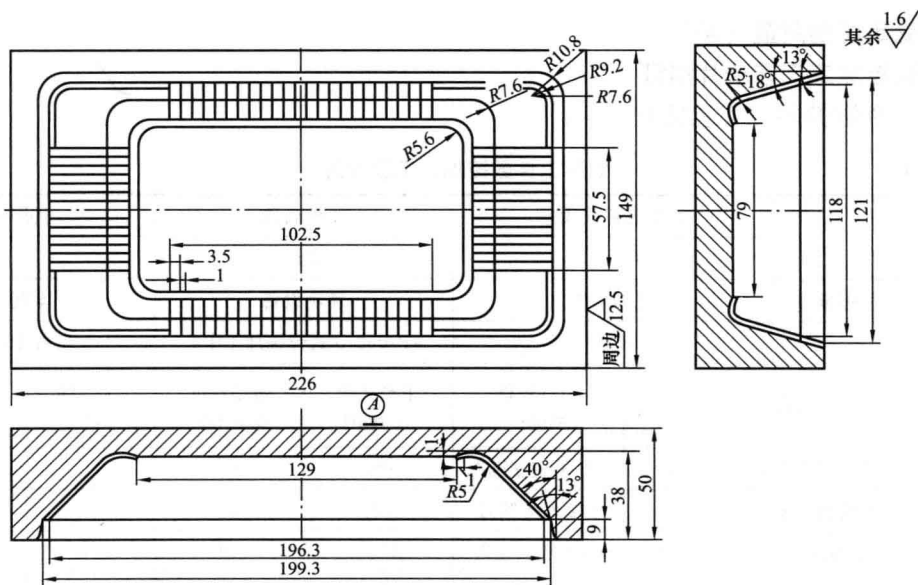


图 1-8 盒形模具



一、零件图工艺性分析

该盒形模具为单件生产，工件材料为 T8A，外形为六面体，内腔型面复杂。主要结构是由多个曲面组成的凹形型腔，型腔四周的斜平面之间采用半径为 7.6mm 的圆弧面过渡，斜平面与底平面之间采用半径为 5mm 的圆弧面过渡，在模具的底平面上有一个四周也为斜平面的锥台。模具的外部结构是一个标准的长方体。因此零件的加工以凹形型腔为重点。

二、确定工件的定位基准和装夹方式

工件直接安装在机床工作台上，用两块压板压紧。

三、确定加工顺序及进给路线

- (1) 粗加工整个型腔，去除大部分加工余量。
- (2) 半精加工和精加工上型腔。
- (3) 半精加工和精加工下型腔。
- (4) 对底平面上的锥台四周表面进行精加工。

四、刀具选择

数控加工刀具选择见表 1-3。

表 1-3 数控加工刀具卡片

产品名称或代号		零件名称		盒形	零件图号		
序号	刀具号	刀具规格及名称	数量	加工表面		刀长 (mm)	备注
1	T01	φ20 平底立铣刀	1	粗铣整个型腔		实测	
2	T02	φ12 球头铣刀	1	半精铣上、下型腔		实测	
3	T03	φ6 平底立铣刀	1	精铣上型腔、精铣底平面上锥台四周表面		实测	
4	T04	φ6 球头铣刀	1	精铣下型腔		实测	建议以球心对刀
编制		审核		批准		共 页	第 页

五、确定切削用量（略）

六、数控加工工艺卡片拟订

盒形工件数控加工工艺见表 1-4。

表 1-4 盒形工件数控加工工艺卡片

单位名称		产品名称或代号		工件名称		工件图号	
				盒形			
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
		压板		VP1050 立式镗铣加工中心		数控中心	
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (r/min)	进给速度 (mm/min)	背吃刀量 (mm)	备注
1	粗铣整个型腔	T01	φ20 平底立铣刀	600	60		
2	半精铣上型腔	T02	φ12 球头铣刀	700	40		
3	精铣上型腔	T03	φ6 平底立铣刀	1000	30		
4	半精铣下型腔	T02	φ12 球头铣刀	700	40		

续表

单位名称		产品名称或代号		工件名称		工件图号	
				盒形			
工序号	程序编号	夹具名称		使用设备		车间	
		压板		VP1050 立式镗铣加工中心		数控中心	
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 (mm)	主轴转速 (r/min)	进给速度 (mm/min)	背吃刀量 (mm)	备注
5	精铣下型腔	T04	φ6 球头铣刀	1000	30		
6	精铣底平面上 锥台四周表面	T03	φ6 平底立铣刀	1000	30		
编制		审核		批准	年 月 日	共 页	第 页

任务三 箱体类零件的加工中心加工工艺分析

图 1-9 所示为一座盒零件，零件材料为 YL12，毛坯尺寸（长×宽×高）为 240mm×110mm×35mm，采用 TH5660A 立式加工中心加工，单件生产，其加工工艺分析如下。

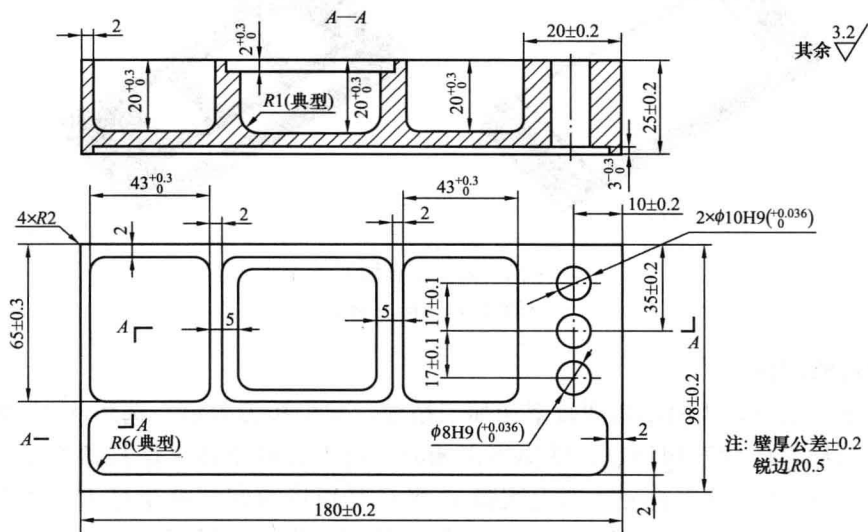


图 1-9 座盒零件图

一、零件图工艺分析

该零件主要由平面、型腔以及孔系组成。零件尺寸较小，正面有 4 处大小不同的矩形槽，深度均为 20mm，在右侧有 2 个 φ10，1 个 φ8 的通孔，反面是 1 个 176mm×94mm，深度为 3mm 的矩形槽。该零件形状结构并不复杂，尺寸精度要求也不是很高，但有多处转接圆角，使用的刀具较多，要求保证壁厚均匀，中小批量加工零件的一致性高。零件材料为 YL12，切削加工性较好，可以采用高速钢刀具。该零件比较适合采用加工中心加工。



主要的加工内容有平面、四周外形、正面四个矩形槽、反面一个矩形槽以及三个通孔。该零件壁厚只有 2mm, 加工时除了保证形状和尺寸要求外, 主要是要控制加工中的变形, 因此外形和矩形槽要采用依次分层铣削的方法, 并控制每次的切削深度。孔加工采用钻、铰即可达到要求。

二、确定装夹方案

由于零件的长宽外形上有四处 R2 的圆角, 最好一次连续铣削出来, 同时为方便在正反面加工时零件的定位装夹, 并保证正反面加工内容的位置关系, 在毛坯的长度方向两侧设置 30mm 左右的工艺凸台和 2 个 $\phi 8$ 工艺孔, 如图 1-10 所示。

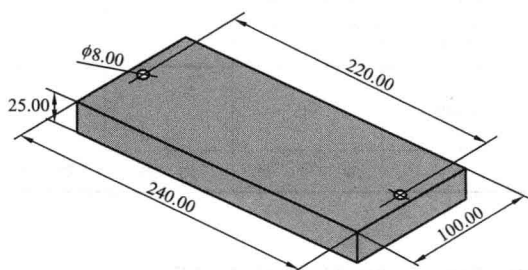


图 1-10 工艺凸台及工艺孔

三、确定加工顺序及进给路线

根据先面后孔的原则, 安排加工顺序为: 铣上下表面→打工艺孔→铣反面矩形槽→钻、铰 $\phi 8$ 、 $\phi 10$ 孔→依次分层铣正面矩形槽和外形→钳工去工艺凸台。由于是单件

生产, 铣削正、反面矩形槽(型腔)时, 可采用环形进给路线(见图 1-11)。

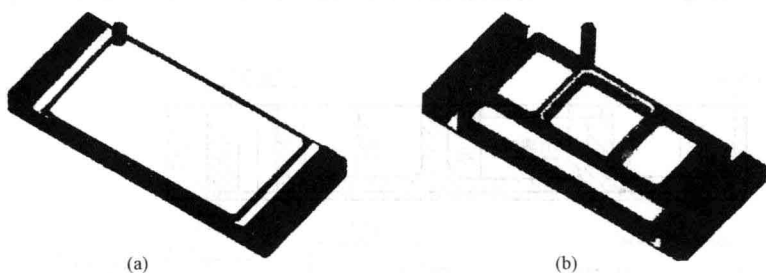


图 1-11 座盒加工
(a) 反面加工; (b) 正面加工

四、刀具的选择

铣削上下平面时, 为提高切削效率和加工精度, 减少接刀刀痕, 选用 $\phi 125$ 硬质合金可转位铣刀。根据零件的结构特点, 铣削矩形槽时, 铣刀直径受矩形槽拐角圆弧半径 R6 限制, 选择 $\phi 10$ mm 高速钢立铣刀, 刀尖圆弧 r_c 半径受矩形槽底圆弧半径 R1 限制, 取 $r_c = 1$ mm。加工 $\phi 8$ 、 $\phi 10$ 孔时, 先用 $\phi 7.8$ 、 $\phi 9.8$ 钻头钻削底孔, 然后用 $\phi 8$ 、 $\phi 10$ 铰刀铰孔。所选刀具及其加工表面见表 1-5 座盒零件数控加工刀具卡片。

五、切削用量的选择

精铣上下表面时留 0.1mm 铣削余量, 铰 $\phi 8$ 、 $\phi 10$ 两个孔时留 0.1mm 铰削余量。选择主轴转速与进给速度时, 先查切削用量手册, 确定切削速度 v_c 与每齿进给量 f_z (或进给量 f), 然后计算主轴转速与进给速度(计算过程从略)。注意: 铣削外形时, 应使工件与工艺凸台之间留有 1mm 左右的材料连接, 最后钳工去工艺凸台。

六、填写数控加工工序卡片

将各工步的加工内容、所用刀具和切削用量填入表 1-6 座盒零件数控加工工序卡片。