



- 国家级职业教育培训规划教材
- 人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐

G

GUOJIAJI ZHIYE JIAOYU PEIXUN GUIHUA JIAOCAI

JINLAN

金蓝领技师教育培训教材

JISHI JIAOYU
PEIXUN JIAOCAI

数 控 技 术

数控铣工技师技能训练

人力资源和社会保障部教材办公室组织编写

RENLI ZIYUAN HE SHEHUI BAOZHANGBU

JIAOCAI BANGONGSHI

ZUZHI BIANXIE

JISHI JIAOYU



中国劳动社会保障出版社



- 国家级职业教育培训规划教材
- 人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐

GUOJIAJI ZHIYE JIAOYU PEIXUN GUIHUA JIAOCAI

金蓝领技师教育培训教材

JISHI JIAOYU 数控技术
PEIXUN JIAOCAI

数控铣工技师技能训练

主编 徐国权 主审 沈建峰

RENLI ZIYUAN HESHEBUJI BAOZHANGOU
JIADCAI BANGONGSHI

ZUZHI BIANXIE



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控铣工技师技能训练/徐国权主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2010

金蓝领技师教育培训教材

ISBN 978-7-5045-8255-3

I. 数… II. 徐… III. 数控机床:铣床-技术培训-教材 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 068360 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 352 千字

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

定价: 27.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

数控铣工技师技能训练

前言

为贯彻落实《中共中央办公厅国务院办公厅关于进一步加强高技能人才工作的意见》（中办发〔2006〕15号）和《高技能人才培养体系建设“十一五”规划纲要（2006—2010年）》（劳社部发〔2007〕10号），满足技师学院的教学要求，劳动和社会保障部教材办公室组织一批学术水平高，教学经验丰富、实践能力强的双师型教师与行业、企业一线专家，在充分调研的基础上，共同研究、开发技师学院数控技术、模具设计与制造、电气自动化专业课程，并编写了23门主干课程的教材。

在教材的编写过程中，我们努力做到以下几点：

1. 从企业生产实际中选取针对性强的课题，在对课题进行统筹安排的前提下，采用任务驱动编写思路组织课题训练内容与相关知识，模拟展现企业的生产过程。
2. 分别参照国家职业标准数控车工（技师）、数控铣工（技师）、加工中心操作工（技师）、维修电工（技师）、二级模具设计师的要求，确定相关教材内容的广度和深度，便于鉴定考核工作的顺利开展。
3. 根据企业、行业发展需要，较多编入新技术、新工艺、新设备、新材料的内容，以适应现代行业、企业发展的需要，保证教材的先进性。
4. 采用以图代文的表现形式，精彩展现教材内容，降低学生的学习难度，激发学习兴趣。

在上述教材的编写过程中，得到有关省市教育部门、劳动和社会保障部门、技师学院、高职院校以及相关行业、企业的大力支持，教材的诸位主编、参编、主审等做了大量的工作，在此我们表示衷心的感谢！同时，恳切希望广大读者对教材提出宝贵的意见和建议，以便修订时加以完善。

劳动和社会保障部教材办公室

2007年6月

数控铣工技师技能训练

内容简介

本书为国家级职业教育培训规划教材，由人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐。

本书根据人力资源和社会保障部颁发的金蓝领技师教育培训教学计划和教学大纲，由人力资源和社会保障部教材办公室组织编写。主要内容包括典型零件加工、典型模具加工、高速铣削加工、多轴加工以及三坐标自动测量。

本书为金蓝领技师教育培训数控技术专业教材，也可作为企业技师培训教材和自学用书。

本书由徐国权主编，范为军、陈业岗、张中海、王军、何国旺、孙浩参编，由沈建峰主审。

数控铣工技师技能训练

目 录

1 模块一 典型零件加工 / 1

- 任务 1 凸轮零件加工 / 1
- 任务 2 扇形配合零件加工 / 17
- 任务 3 环形槽配合零件加工 / 45
- 任务 4 典型箱体零件的加工 / 75

2 模块二 典型模具加工 / 93

- 任务 1 烟灰缸注塑模具设计 / 93
- 任务 2 烟灰缸凹模 CAD/CAM 加工 / 109
- 任务 3 烟灰缸凸模 CAD/CAM 加工 / 142

3 模块三 高速铣削加工 / 163

- 任务 1 薄壁零件高速铣削 / 163

4 模块四 多轴加工 / 185

- 任务 1 柱面零件的加工 / 185
- 任务 2 小型箱体的多轴加工 / 202

5 模块五 三坐标自动测量 / 226

- 任务 1 锁紧盖零件测量 / 226

任务1 凸轮零件加工

能力目标

- ♪ 掌握刀具补偿的应用，通过补偿能保证零件的尺寸精度；
- ♪ 合理选择刀具的切削参数。

知识准备

- ♪ 典型零件的加工技巧，根据图样编制合理的加工工艺；
- ♪ 保证凸轮零件加工精度的知识。

任务引入

如图 1—1—1 所示为凸轮零件三维实体图，毛坯材料为 45 钢，大小为 $120\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ ；图 1—1—2 所示为凸轮零件加工图——A 面，如图 1—1—3 所示为凸轮零件加工图——B 面，试采用手工编程方法编制该零件的加工程序，并对其进行加工。

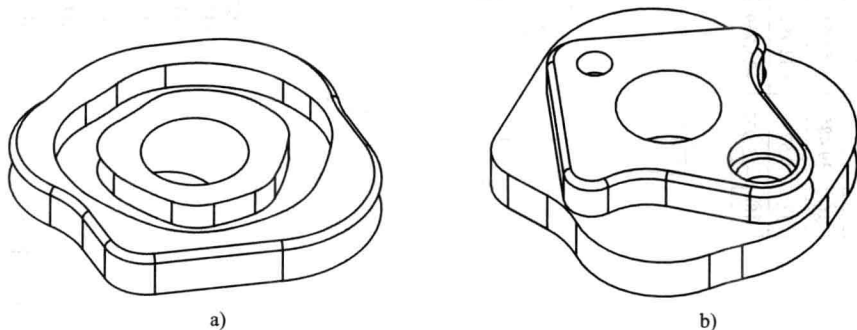
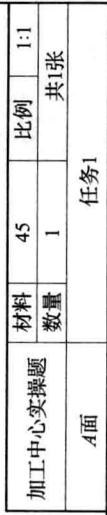


图 1—1—1 凸轮零件三维实体图

a) A 面 b) B 面



- 1.锐角倒钝约0.2mm;
- 2.表面不得磕碰划伤;
- 3.未注公差按IT14标准

第 几 点	X坐标	Y坐标	第 几 点	X坐标	Y坐标	第 几 点	X坐标	Y坐标
A1	24.590	13.000	c	21.724	27.619	⑤	46.699	-30.499
A2	-6.000	15.000	d	34.792	-14.228	⑥	34.179	-40.000
A3	-5.000	0.000	e	2.53	-28.191	⑦	19.859	-40.000
A4	-6.800	-20.500	f	-13.996	-21.168	⑧	6.430	-43.576
A5	9.853	10.759	①	2.422	46.907	⑨	-31.450	-30.497
A6	12.019	-5.864	②	9.414	46.000	⑩	-36.239	-21.636
a	-15.961	20.22	③	24.590	46.000	⑪	-41.598	10.227
b	0.026	29.5	④	56.372	4.119	⑫	-37.782	23.881

图 1-1-2 凸轮零件加工图——A 面

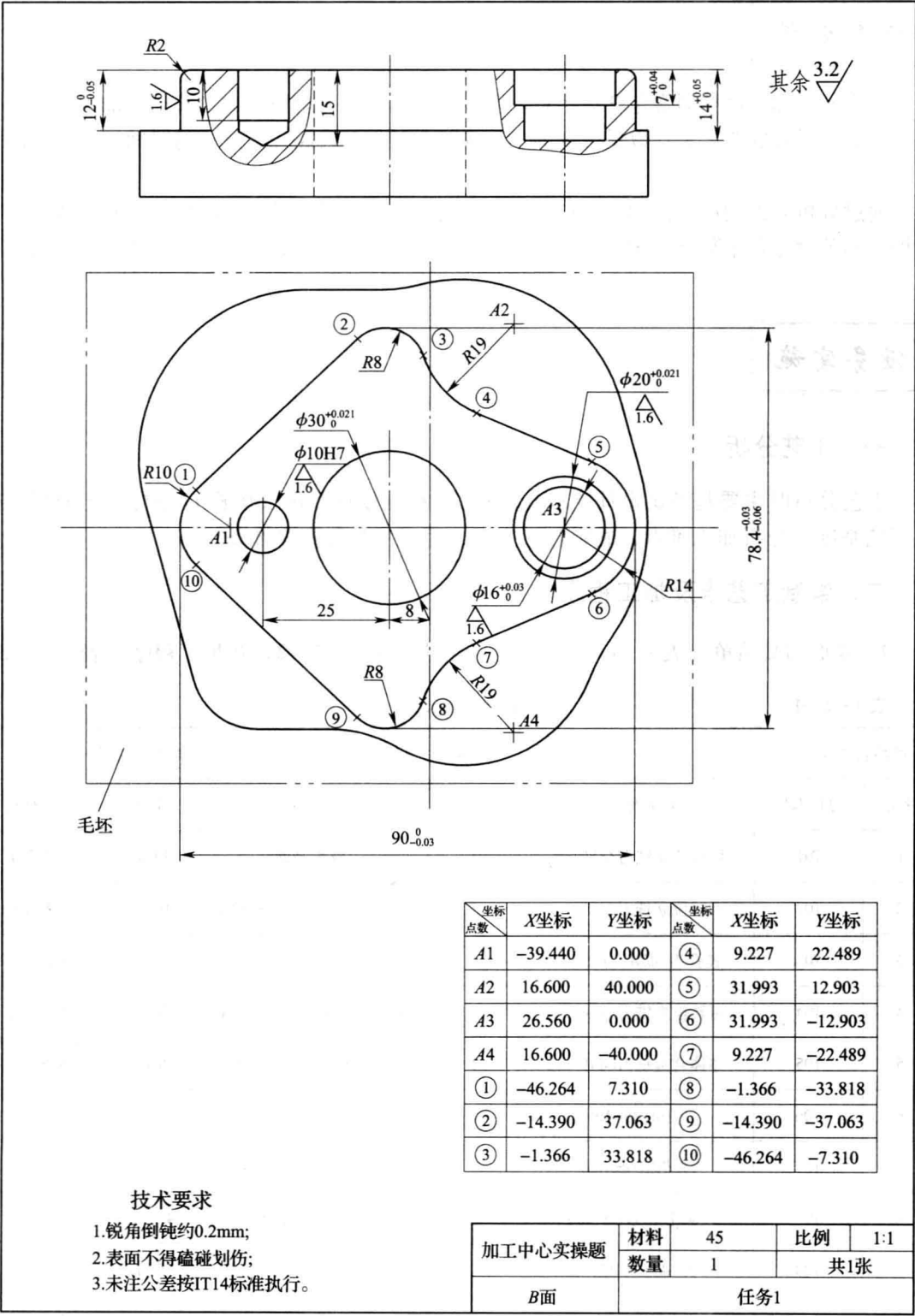


图 1—1—3 凸轮零件加工图——B 面

任务分析

本零件的加工过程通常包含三个重要阶段：即加工准备阶段、加工阶段、加工精度验证阶段。加工时总的要求是：以最合理的加工顺序，最佳刀具路径，最短的时间完成零件的加工。

通过分析后得到该零件加工部位由不完全对称的凸轮槽、外形、圆角及盲孔组成。该零件加工的关键点在于装夹与定位。加工时须先加工 B 面，再利用一面两销的方式定位加工 A 面。

任务实施

一、工艺分析

工艺分析时主要是满足设计要求（图样），根据设计要求（图样）进行工艺分析，确定工艺基准，分析加工难点，确定加工方案，完成工具和程序准备。

二、编制工艺卡及加工程序

1. B 面刀具清单（表 1—1—1）、加工工艺卡（表 1—1—2）及加工程序（表 1—1—3）

表 1—1—1 B 面刀具清单

产品名称及代号		零件名称	凸轮	零件图号	1—1—3	
序号	刀具编号	刀具名称/规格	数量	加工内容	刀具半径	刀具材料
1	T01	可转位立铣刀/φ80 mm	1	铣大平面	40 mm	硬质合金
2	T02	可转位立铣刀/φ20 mm	1	铣 φ30 mm 的孔、外轮廓	10 mm	硬质合金
3	T03	镗孔刀/φ28 ~ φ35 mm	1	镗 φ30 mm 的孔		硬质合金
4	T04	可转位立铣刀/φ14 mm	1	粗铣 φ20 和 φ16 mm 的孔	7 mm	硬质合金
5	T05	整体合金铣刀/φ10 mm	1	精铣 φ20 和 φ16 mm 的孔	5 mm	硬质合金
6	T06	中心钻/A3	1	孔定心		
7	T07	麻花钻/φ6 mm	1	钻 φ6 mm 孔	3 mm	
8	T08	麻花钻/φ9.8 mm	1	扩 φ9.8 mm 孔	4.9 mm	
9	T09	铰刀/φ（10H7）mm	1	铰 φ10 mm 孔	5 mm	
10	T10	球头铣刀/φ6 mm	1	倒圆角	3 mm	硬质合金

表 1—1—2

B 面加工工艺卡

数控加工工艺卡片					零件代号	零件名称	
					1—1	凸轮	
材料名称	45 钢	材料状态	调质	毛坯尺寸	120×100×30	备注	
工序	工序内容				刀具	程序名称	
1	检验	1. 检查零件毛坯					
		2. 安装并校正平口钳					
		3. 准备加工用刀具与量具					
		4. 对刀并设定工件坐标系原点					
2	铣底面	保证：厚度 25.5 mm， $R_a3.2\ \mu\text{m}$			T01	手动	
3	粗铣 $\phi30\ \text{mm}$ 的孔	保证：0.2 mm 的余量			T02	O1001	
4	粗铣“鱼形”轮廓	保证：留 0.2 mm 的余量			T02	O1002	
5	粗铣 $\phi20\ \text{mm}$ 的孔	保证：留 0.2 mm 的余量			T04	O1003	
6	粗铣 $\phi16\ \text{mm}$ 的孔	保证：留 0.2 mm 的余量			T04	O1004	
7	铣残留部分	用手动方式去除局部残料			T04	手动	
8	镗 $\phi30\ \text{mm}$ 的孔	保证： $\phi30^{+0.021}_0\ \text{mm}$			T03	O1005	
9	精铣“鱼形”轮廓	保证： $90^{+0.03}_{-0.03}\ \text{mm}$ ， $78.4^{+0.03}_{-0.06}\ \text{mm}$			T05	O1002	
10	精铣 $\phi20\ \text{mm}$ 的孔	保证： $\phi20^{+0.021}_0\ \text{mm}$			T05	O1003	
11	精铣 $\phi16\ \text{mm}$ 的孔	保证： $\phi16^{+0.03}_0\ \text{mm}$			T05	O1004	
12	钻中心孔	保证： $27\pm0.02\ \text{mm}$			T06	O1006	
13	钻孔	保证： $27\pm0.02\ \text{mm}$			T07	O1007	
14	扩孔	保证： $27\pm0.02\ \text{mm}$			T08	O1007	
15	铰孔	保证： $\phi10\ \text{mmH7}$ ， $27\pm0.02\ \text{mm}$			T09	O1008	
16	铣倒圆角 R2	保证：R2 mm			T10	O1009	
17	去毛刺	去毛刺，倒棱锐边为 R0.2 mm，擦净工件					

表 1—1—3

B 面加工程序（华中系统）

程 序	说 明
程序名称：O1001 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T02 M03 S1200	用 $\phi20\ \text{mm}$ 的刀具粗加工 $\phi30\ \text{mm}$ 的孔 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 2 号刀 主轴正转，转速 1 200 r/min

续表

程 序	说 明
G00 X-8 Y0 Z100 Z10 G01 Z0 F30 G64 G41 D01 G01 X7 Y0 F100 G03 I-15 F450 G40 G01 X-8 Y0 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 建立刀具半径补偿 可以根据实际情况调整倍率控制进给速度 取消刀补 刀具退回安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束
程序名称: O1002 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T02 M03 S1200 G00 X-80 Y20 Z100 Z10 G01 Z0 F30 G64 G41 D01 G01 X-46.264 Y7.31 F100 X-14.39 Y37.063 F450 G02 X-1.366 Y33.818 R8 G03 X9.227 Y22.489 R19 G01 X31.993 Y12.903 G02 Y-12.903 R14 G01 X9.227 Y-22.489 G03 X-1.366 Y-33.818 R19 G02 X-14.39 Y-37.063 R8 G01 X-46.264 Y-7.31 G02 Y7.31 R10 G40 G01 X-80 Y20 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	用 $\phi 20$ mm、 $\phi 10$ mm 的刀具粗、精铣“鱼形”轮廓 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 2 号刀 主轴正转, 转速 1 200 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 建立刀具半径补偿 可以根据实际情况调整倍率控制进给速度 取消刀补 刀具退回安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束

续表

程 序	说 明
程序名称: O1003 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T04 M03 S1600 G00 X26.56 Y0 Z100 Z10 G01 Z0 F30 G64 G41 D01 G01 X36.56 Y0 F100 G03 I-10 F450 G40 G01 X26.56 Y0 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	用 $\phi 14$ mm、 $\phi 10$ mm 的刀具粗、精铣 $\phi 20$ mm 的孔 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 4 号刀 主轴正转, 转速 1 600 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 建立刀具半径补偿 可以根据实际情况调整倍率控制进给速度 取消刀补 刀具退回安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束
程序名称: O1004 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T04 M03 S1600 G00 X26.56 Y0 Z100 Z10 G01 Z0 F30 G64 G41 D01 G01 X34.56 Y0 F100 G03 I-8 F450 G40 G01 X26.56 Y0 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	用 $\phi 14$ mm、 $\phi 10$ mm 的刀具粗、精铣 $\phi 16$ mm 的孔 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 4 号刀 主轴正转, 转速 1 600 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 建立刀具半径补偿 可以根据实际情况调整倍率控制进给速度 取消刀补 刀具退回安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束
程序名称: O1005 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08	用镗刀加工 $\phi 30$ mm 的孔 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液

续表

程 序	说 明
M06 T03 M03 S1500 G00 X -8 Y0 Z100 Z5 G01 Z -30 F50 Z5 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	换 3 号刀 主轴正转，转速 1 500 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具定位至安全高度 可以根据实际情况调整倍率控制进给速度 刀具退回至安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束
程序名称：O1006 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T06 M03 S2500 G00 X0 Y0 Z100 Z10 G98 G81 X -33 Y0 R3 Z -5 F30 G80 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	用 A3 中心钻钻中心孔 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 6 号刀 主轴正转，转速 2 500 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 利用循环指令钻中心孔 取消孔加工循环 刀具退回至安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束
程序名称：O1007 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T07 M03 S700 G00 X0 Y0 Z100 Z10 G98 G83 X -33 Y0 Z -15 R3 Q -3 K2 F45 G80 G00 Z100	用 $\phi 6$ mm、 $\phi 9.8$ mm 的麻花钻孔和扩孔 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 7 号刀 主轴正转，转速 700 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 利用循环指令进行钻孔 取消孔加工循环 刀具退回至安全高度

续表

程 序	说 明
Y100 M09 M05 M30 %	关闭切削液、主轴停转 程序结束
程序名称: O1008 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T09 M03 S120 G00 X0 Y0 Z100 Z10 G98 G89 X-33 Y0 Z-13 R3 P2 F45 G80 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	用 $\phi 10$ mm 的铰刀铰孔 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 9 号刀 主轴正转, 转速 120 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 利用循环指令进行铰孔 取消孔加工循环 刀具退回至安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束
程序名称: O1009 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T05 M03 S3600 G00 X-80 Y20 Z100 Z5 #1=90*PI/180 WHILE [#1GE0] DO 1 #2=5*COS[#1] #3=5*SIN[#1] #4=#2-2 #101=#4	用 $\phi 6$ mm 的球头铣刀加工 R2 mm 圆角 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 5 号刀 主轴正转, 转速 3 600 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 设置#1 为圆角的角度累加器

续表

程 序	说 明
G01 Z [#3-2] F300 G64 G41 D101 G01 X-46.264 Y7.31 F1500 X-14.39 Y37.063 F450 G02 X-1.366 Y33.818 R8 G03 X9.227 Y22.489 R19 G01 X31.993 Y12.903 G02 Y-12.903 R14 G01 X9.227 Y-22.489 G03 X-1.366 Y-33.818 R19 G02 X-14.39 Y-37.063 R8 G01 X-46.264 Y-7.31 G02 Y7.31 R10 G40 G01 X-80 Y20 #1=#1-5*PL/180 ENDW 1 G01 Z2 G00 Z100 Y100 M09 M05 M30 %	取消刀补 角度以 5 度递减 循环 1 结束句 刀具退回至安全高度 关闭切削液、主轴停转 程序结束

2. A 面刀具清单（表 1—1—4）、加工工艺卡（表 1—1—5）及加工程序（表 1—1—6）

表 1—1—4 A 面刀具清单

产品名称及代号		零件名称	凸轮	零件图号	1—1—2
序号	刀具编号	刀具名称/规格	数量	加工内容	刀具半径 刀具材料
1	T01	可转位立铣刀/φ80 mm	1	铣大平面	40 mm 硬质合金刀片
2	T02	可转位立铣刀/φ20 mm	1	粗加工外轮廓	10 mm 硬质合金刀片
3	T03	整体合金铣刀/φ10 mm	1	精加工外轮廓	5 mm 硬质合金
4	T04	整体合金铣刀/φ8 mm	2	粗、精加工凸轮槽	4 mm 硬质合金
5	T05	球头铣刀/φ6 mm	1	倒圆角	3 mm 硬质合金

表 1—1—5 A 面加工工艺卡

数控加工工艺卡片					零件代号	零件名称	
					1—1	凸轮	
材料名称	45 钢	材料状态	调质	毛坯尺寸	120×100×30	备注	
工序	工种	工序内容			刀具	程序名称	
1	检验	1. 检查零件毛坯					
		2. 安装并校正平口钳					

续表

数控加工工艺卡片			零件代号	零件名称
			1—1	凸轮
1	检验	3. 准备加工用刀具与量具		
		4. 对刀并设定工件坐标原点		
2	铣面	保证：厚度 $25 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.10 \end{smallmatrix}$ mm, $R_a 3.2 \mu\text{m}$	T01	手动
3	粗铣外轮廓	保证：留 0.2 mm 的余量	T02	O2001
4	铣残留部分	用手动方式去除局部残料	T02	手动
5	精铣外轮廓	保证： $96 \begin{smallmatrix} -0.04 \\ -0.08 \end{smallmatrix}$ mm, $86 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.04 \end{smallmatrix}$ mm	T03	O2001
6	粗铣凸轮槽	保证：留 0.2 mm 的余量	T04	O2002
7	精铣凸轮槽	保证： $10 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ -0.01 \end{smallmatrix}$ mm, $8 \begin{smallmatrix} +0.05 \\ 0 \end{smallmatrix}$ mm	T04	O2002
8	铣倒圆角 R2	保证：R2 mm	T05	O2003
9	去毛刺	去毛刺，倒棱锐边为 R0.2 mm，擦净工件		

加工程序如下：

表 1—1—6 A 面加工程序（华中系统）

程 序	说 明
程序名称：O2001 %1 G17 G40 G49 G54 G80 G90 M08 M06 T02 M03 S1200 G00 X15 Y60 Z100 Z10 G01 Z0 F30 G64 G41 D01 G01 X2.422 Y46.907 F100 G03 X9.414 Y46 R27.4 F450 G01 X24.59 G02 X56.372 Y4.119 R33 G01 X46.699 Y-30.499 G02 X34.179 Y-40 R13 G01 X19.859 G03 X6.43 Y-43.576 R27 G02 X-31.45 Y-30.497 R26.6	用 $\phi 20$ mm、 $\phi 10$ mm 的刀具粗、精铣外轮廓 使机床状态恢复到初始状态 打开切削液 换 2 号刀 主轴正转，转速 1 200 r/min 刀具在 XY 平面内定位 刀具 Z 向定位至安全高度 建立刀具半径补偿 可以根据实际情况调整倍率控制进给速度