



数控高技能人才一体化课程实训教材

数控加工中心 典型零件加工

SHUKONG JIAGONG
ZHONGXIN DIANXING
LINGJIAN JIAGONG

主编 谭积明 主审 张永丹



国防工业出版社

National Defense Industry Press

数控高技能人才一体化课程实训教材

数控加工中心典型零件加工

主 编	谭积明			
副主编	周玉山			
参 编	袁国强	何 平	崔立军	
	王力强	贾 玮		
主 审	张永丹			

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共7个模块,主要包括异形轮廓、半圆柱面的加工,腔槽、薄壁零件的加工,凸轮槽零件的加工,复合零件的加工,配合零件的加工,四轴零件的加工,竞赛实操试题的加工,还介绍了加工中涉及的相关知识。

本书可作为技师学院、技校和中等职业学校数控机床加工专业加工中心操作工技师实训教学的通用教材,可作为高级技术人员的培训用书,也可作为从事数控机床工作的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工中心典型零件加工/谭积明主编. —北京:国防工业出版社,2012.8

数控高技能人才一体化课程实训教材

ISBN 978-7-118-07905-0

I. ①数... II. ①谭... III. ①数控机床加工中心—零部件—加工—教材 IV. ①TC659

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第132469号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

三河市鑫马印刷厂

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张18½ 字数428千字

2012年8月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价38.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

随着我国经济持续的高增长,使得以高新技术为先导的制造业,对生产一线岗位上熟练掌握专门知识与技术,具备精湛的操作技能,能够解决生产工艺难题的人才的需求量急剧放大。这种需求对职业教育提出了更高的要求,各职业院校探讨以培养预备技师为目标,构建以职业能力为核心,将技术理论知识和技术实践知识有机地融合的一体化课程体系,以培养高技能应用型人才,满足社会发展的需要。

所谓一体化课程,是理论知识教学与实践能力教学的融会贯通,是学校教育与企业实践的协作互补,是在工作中学习如何做好工作。一体化课程不要求理论知识的系统性与完整性,它追求的是知识的实用性和能力的培养,实现知识与能力、过程与结果、态度与方法的统一。一体化课程也不忽视理论知识的重要性,它是在适当的时机,以适当的方式向学生传授。一体化课程以国家职业标准为依据,以职业能力培养为目标,以典型工作任务为主线,以工作过程和步骤为顺序,在工作情境下,发挥学生的主观能动性,学习工作技能和方法。使学生获得专业技能的同时,还得到学习能力、创新意识、团结协作的锻炼等。

本书是数控高技能人才一体化课程的配套教材,以数控加工典型零件为工作任务,从接受加工图样与技术要求开始,进行图纸分析、工艺规程设计、程序编制、加工前准备、实际零件加工、零件精度检测、加工误差分析及后续处理等全过程训练。一体化课程的教材与学历教育、学科理论课程教材不同,其中的一些技能、技巧、经验、诀窍等,包含大量隐性知识,难以用语言文字描述。本书遵循“从实践到理论,再从理论到实践”的认知规律,突出与生产实践相结合,充分体现“学以致用,能力为本”原则,力求使读者阅读后,能很快的应用在实际工作中,达到花最少的时间,学到最实用的技术技能的目的。

本书由谭积明主编,周玉山副主编,张永丹主审。模块一、模块五由谭积明编写;模块二由袁国强编写;模块三、模块四由周玉山编写;模块六由何平编写;模块七由谭积明、袁国强编写;相关知识由崔立军、贾玮和王力强编写。

本书得到了国家人力资源与社会保障部的资助。本书在编写中参阅了大量相关手册、教材、图册、技术资料,得到了许多专家和同行的支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中难免存在疏漏,敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 1 月

目 录

模块一 异形轮廓、半圆柱面的加工	1
1.1 图样与技术要求	2
1.2 图纸分析	3
1.3 工艺规程设计	7
1.4 程序编制	14
1.5 加工前准备	27
1.6 实际零件加工	27
1.7 零件精度检测	29
1.8 加工误差分析及后续处理	30
1.9 综合评价	31
1.10 思考题	33
1.11 练习题	33
模块二 腔槽、薄壁零件的加工	37
2.1 图样与技术要求	38
2.2 图纸分析	39
2.3 工艺规程设计	42
2.4 程序编制	48
2.5 加工前准备	56
2.6 实际零件加工	57
2.7 零件精度检测	58
2.8 加工误差分析及后续处理	59
2.9 综合评价	60
2.10 思考题	62
2.11 练习题	62
模块三 凸轮槽零件的加工	71
3.1 图样与技术要求	72

3.2	图纸分析	74
3.3	工艺规程设计	77
3.4	程序编制	82
3.5	加工前准备	85
3.6	实际零件加工	86
3.7	零件精度检测	86
3.8	加工误差分析及后续处理	87
3.9	综合评价	88
3.10	思考题	90
3.11	练习题	90
模块四	复合零件的加工	92
4.1	图样与技术要求	93
4.2	图纸分析	94
4.3	工艺规程设计	97
4.4	加工程序编制	103
4.5	加工前准备	111
4.6	实际零件加工	111
4.7	零件精度检测	113
4.8	加工误差分析及后续处理	114
4.9	综合评价	115
4.10	思考题	117
4.11	练习题	117
模块五	配合零件加工	122
5.1	图样与技术要求	123
5.2	图纸分析	127
5.3	工艺规程设计	131
5.4	加工程序编制	141
5.5	加工前准备	158
5.6	实际零件加工	158
5.7	零件精度检测	162
5.8	加工误差分析及后续处理	163
5.9	综合评价	164
5.10	思考题	166

5.11 练习题	166
模块六 四轴零件的加工	173
6.1 图样与技术要求	174
6.2 图纸分析	176
6.3 工艺规程设计	179
6.4 加工程序编制	186
6.5 加工前准备	199
6.6 实际零件加工	200
6.7 零件精度检测	202
6.8 加工误差分析及后续处理	203
6.9 综合评价	204
6.10 思考题	206
6.11 练习题	206
模块七 竞赛实操试题的加工	208
7.1 竞赛实操试题图及评分表	209
7.2 实操试题分析	216
7.3 图纸分析	217
7.4 参考程序	228
7.5 加工前准备	244
7.6 实际零件加工	244
7.7 零件关键尺寸测量	247
7.8 加工误差分析及后续处理	248
7.9 综合评价	249
7.10 思考题	251
7.11 练习题	251
附录 相关知识	256
参考文献	287

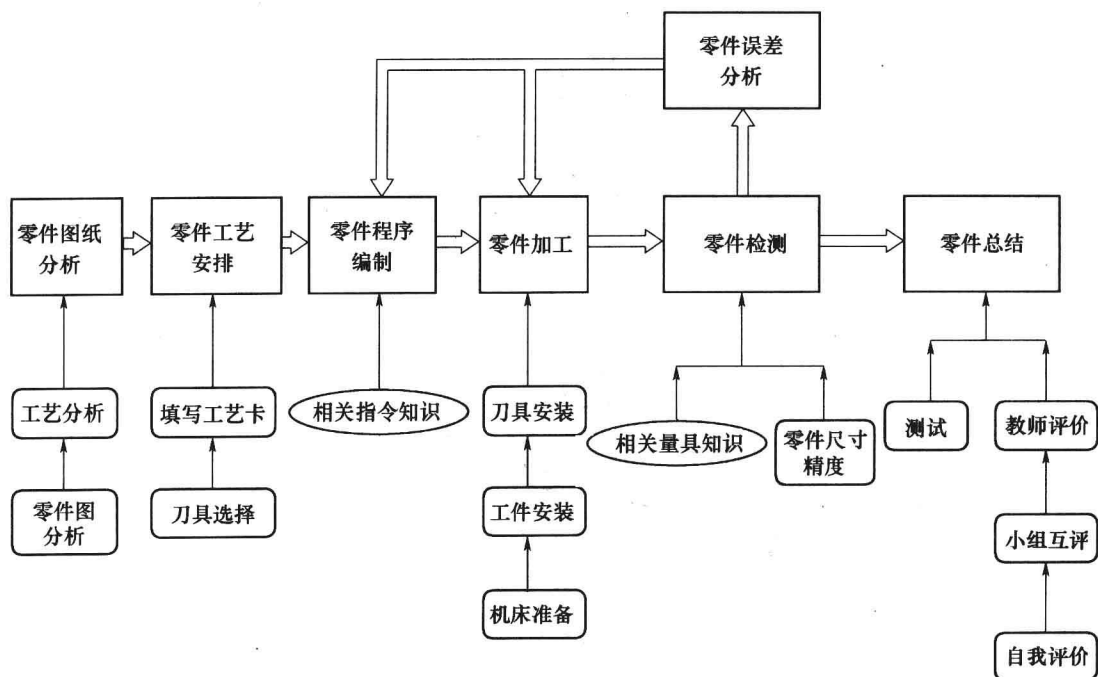
模块一 异形轮廓、半圆柱面的加工

学习目的

通过本模块的学习与训练，读者能够：

1. 对零件进行工艺分析，合理安排加工工艺。
2. 掌握用极坐标、直角坐标交叉使用的编程方法。
3. 能够合理选择刀具及切削用量。
4. 掌握零件的加工方法和技巧。
5. 能够对零件加工误差进行分析。
6. 掌握零件加工过程中的注意事项。

学习过程描述：



1.2 图纸分析

1.2.1 学生自主分析

1. 零件图分析

2. 配合分析

3. 工艺分析

(1) 毛坯选择

(2) 整体加工工艺分析

(3) 结构分析

(4) 精度分析

(5) 定位及装夹分析

1.2.2 参考分析

1. 零件图分析

如图1-2所示, 零件较复杂, 材料去除率不大, 但零件层次比较多, 层次感分明。该零件考核工艺能力、强调精度加工, 并涵盖了多项新工艺方法。

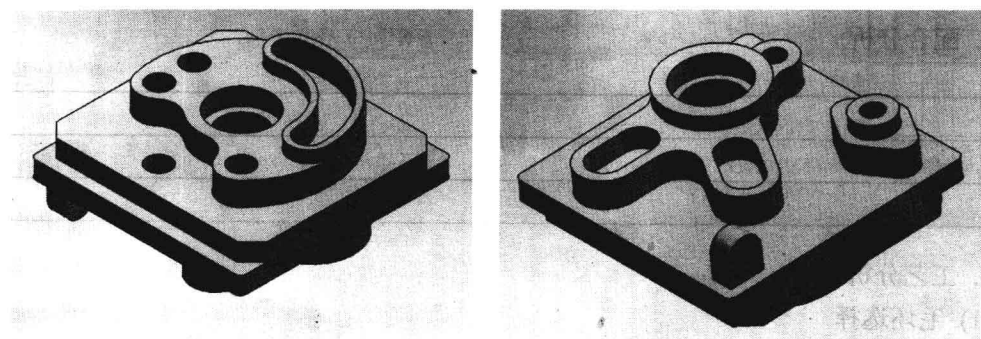


图 1-2 零件立体图

如图 1-1 所示零件, 该零件由正反面形状各异的轮廓、槽组成。前视图面由 $72_{-0.046}^0\text{mm} \times 72_{-0.046}^0\text{mm}$ 圆角为 $R2\text{mm}$ 的方, $72_{-0.046}^0\text{mm} \times 64_{-0.046}^0\text{mm}$ 高 6mm 凸台, $\phi 60_{-0.04}^0\text{mm}$ 、多个 $R7\text{mm}$ 及 $R14\text{mm}$ 圆弧组成的高 $8_{+0.05}^0\text{mm}$ 凸台, 由多个圆弧组成的宽 $13_{-0.04}^0\text{mm}$ 高 $4_{+0.05}^0\text{mm}$ 月牙形凸台, 由多个圆弧组成的宽 $9_{+0.04}^0\text{mm}$ 深 $8_{+0.05}^0\text{mm}$ 月牙形凹槽, 四个分布在 $\phi 46$ 圆上的 $\phi 8$ 孔深 20mm , 位于中心的 $\phi 20_{+0.03}^0\text{mm}$ 深 6mm 及 $\phi 15_{+0.03}^0\text{mm}$ 深 18mm 的台阶孔组成。后视图面由 4 部分组成: ①由 $\phi 20_{+0.03}^0\text{mm}$ 深 6mm 及 $\phi 16_{+0.03}^0\text{mm}$ 深 14mm 的台阶孔, 圆弧与直线构成的异形轮廓凸台, 两个宽 $10_{+0.03}^0\text{mm}$ 深 $6_{+0.05}^0\text{mm}$ 槽; ②由菱形凸台及 $\phi 20_{+0.03}^0\text{mm}$ 圆柱组成; ③由 $10_{-0.03}^0\text{mm} \times 6_{-0.03}^0\text{mm}$ 及 $R5\text{mm}$ 的半圆柱面组成; ④两个 M6 螺纹。零件形状较复杂精度较高, 在加工中要保证其加工精度。

2. 零件部分尺寸处理

确定编程零点, 即 G54 坐标系零点, 根据零件图, 用于加工编程的各节点坐标根据标注尺寸可用直角坐标表示, 也可用极坐标表示, 节点用数学计算方法求出, 对于计算较困难的节点坐标, 考虑采用计算机辅助设计(CAD)画出零件图, 提取各节点坐标值, 作为编程数据。前视图节点的坐标, 如图 1-3 所示, 后视图节点的坐标, 如图 1-4 所示。

3. 工艺分析

(1) 毛坯选择: 依据图纸, 材料选择硬铝, 尺寸规格 $75\text{mm} \times 75\text{mm} \times 38\text{mm}$ 一块, 如图 1-5 所示。

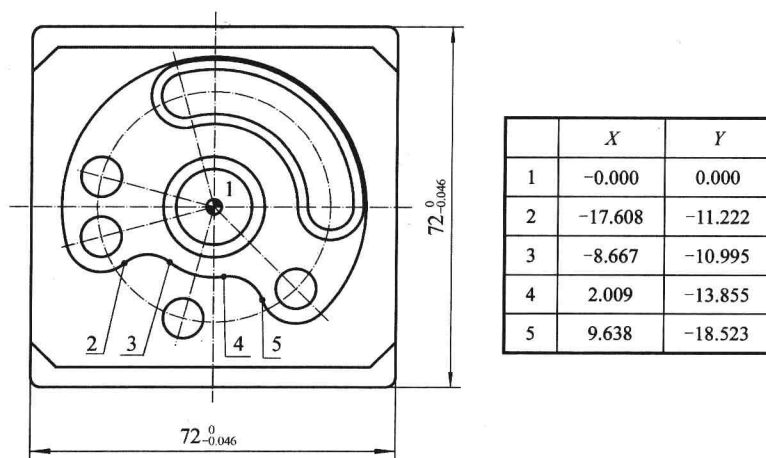


图 1-3 前视图节点坐标图

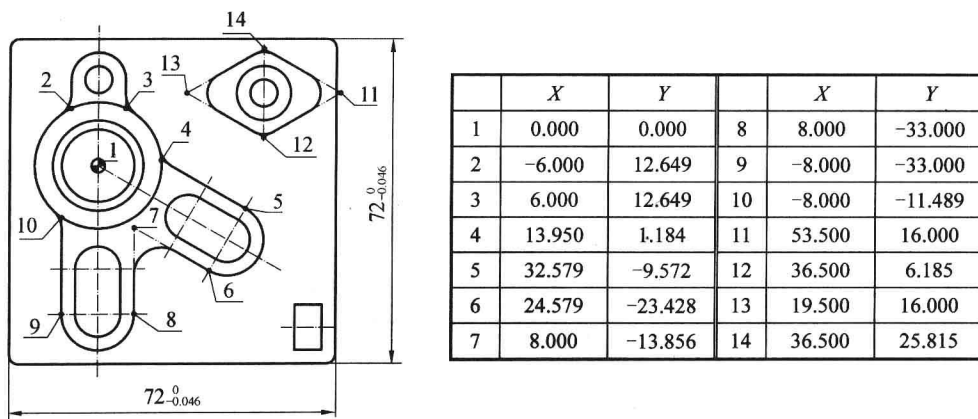


图 1-4 后视图节点坐标图

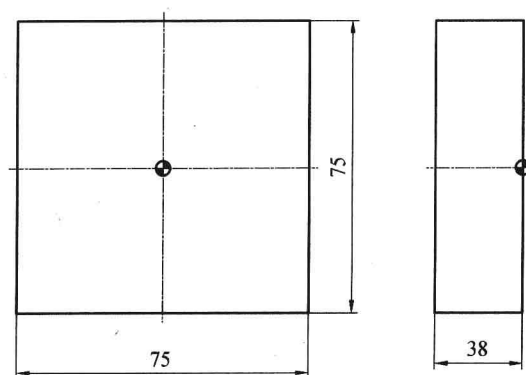


图 1-5 毛坯图

(2) 整体加工工艺分析：经过以上分析，考虑到零件结构，零件加工时总体安排顺序是，先在加工零件前视图面的外形轮廓、槽及孔，调头加工后视图面的外形轮廓、槽、孔及螺纹。

(3) 结构分析：在零件上存在外形、腔槽、螺纹、孔等结构，因此在加工时应重点考虑工艺、编程指令、刀具及切削用量等问题。

(4) 精度分析：在零件前视图面上存在 $72_{-0.046}^0 \times 72_{-0.046}^0$ 、 $64_{-0.046}^0$ 、 $\phi 60_{-0.04}^0$ 、 $\phi 20_{+0.03}^0$ 、 $\phi 15_{+0.03}^0$ 、 $13_{-0.04}^0$ 、 $9_{-0.04}^0$ 及深度 $_{+0.05}^0$ 等精度要求；在零件后视图面上存在 $\phi 20_{+0.03}^0$ 、 $\phi 16_{+0.03}^0$ 、 $\phi 28_{-0.03}^0$ 、 $\phi 12_{-0.03}^0$ 、 $16_{-0.03}^0$ 两处、 $17_{-0.03}^0$ 两处、 $12_{-0.03}^0$ 、 $16_{+0.03}^0$ 、 $10_{+0.03}^0$ 两处、 $10_{-0.03}^0$ 、 $6_{-0.03}^0$ 、 $R5$ 半圆柱面、两个 M6 螺纹等精度要求。在加工时应重点考虑工件的加工刚性、加工工艺、刀具选择等问题。

(5) 装夹及定位分析：

装夹 工件的装夹方法直接影响零件的加工精度和加工效率，必须根据图纸认真考虑。该零件可采用精密平口钳和垫铁配合使用来完成零件装夹，见图 1-6，工件装夹高度由垫铁调整，轻夹工件，用木锤轻敲工件上表面，检查工件和垫铁接触状态，然后夹紧工件，工件装夹完成。

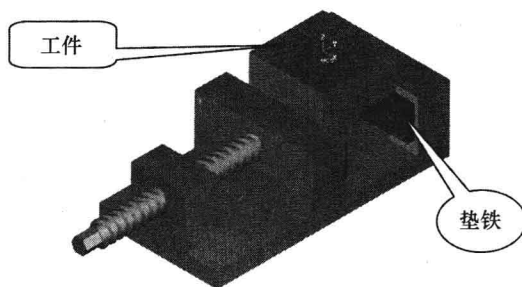


图 1-6 工件装夹

该零件加工采用基准重合原则，工件装夹时的夹紧力要适中，既要防止工件的变形和夹伤，又要防止工件在加工时的松动，特别是调头装夹时夹紧力要适中，要防止工件的变形和夹伤。

定位 在加工中心机床上加工零件时，首先要建立一个工作坐标系，确定坐标系的零点，整个过程是工件的定位过程。第一次装夹加工时可采用试切法建立一个工作坐标系，工作坐标系原点设置在零件上表面的中心。第二次装夹加工时定位需采用光电式寻边器、机械式寻边器或定位心轴，以已加工面为基准利用机床坐标显示功能，确定零点，零点的位置要与编程零点位置一致，与设计基准重合，工作坐标系原点 X 、 Y 设置在如图 1-7 所示位置， Z 设置在零件的上表面。

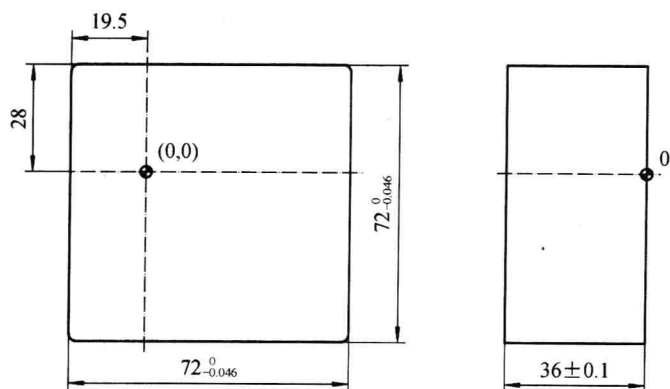


图 1 -7 后视图面工作坐标系原点

1.3 工艺规程设计

1.3.1 学生自主设计

1. 刀具选择

刀具名称	刀具规格	材料	数量	刀 具 用 途	备 注

2. 切削参数选择

刀 具	切削速度 $v/(mm/min)$	每刃进给量 $f/(mm/刀)$	主轴转速 $S/(r/min)$	进给速度 $F/(mm/min)$	备 注

3. 工艺规程安排

(1) 整体加工工艺安排

(2) 零件加工路线单

零件加工工艺卡

单 位		产品名称及型号		零件名称		零 件 图 号			
程序编号		夹具名称		使用设备		工件材料			
工 序 号	工 步 号	工 步 内 容	刀 具 号	刀具 规格 /mm	长度补 长号 H	半径补 偿号 D	切削用量		备 注
							主轴转速 $S/(r/min)$	进给速度 $F/(mm/min)$	

1.3.2 参考分析

1. 刀具选择

目前切削加工中所用的刀具材料主要有高速钢、硬质合金、陶瓷和人造金刚石、立方氮化硼等材料，刀具材料的选择及合理应用是十分重要的。根据加工材料，选择切削加工生产率、加工质量高的刀具。本例工件材料为硬铝，刀具选择刃口锋利、直线度好、精度高的高速钢整体立铣刀。

刀具使用时，考虑粗精加工刀具分开原则，防止精加工刀具过早的磨损。

根据图纸，考虑切削加工生产率，该零件加工选用刀具，如表 1-1 所列。

表 1-1 选用刀具

刀具名称	刀具规格	材料	数量	刀 具 用 途	备 注
立铣刀	$\phi 12mm$	高速钢	2	用于平面粗加工，轮廓粗加工，孔粗加工	
				用于平面精加工，轮廓精加工，孔精加工	
立铣刀	$\phi 8mm$	高速钢	2	用于槽粗加工，形腔轮廓精加工	
				用于形腔轮廓精加工，孔精加工，沟槽精加工	

(续)

刀具名称	刀具规格	材料	数量	刀 具 用 途	备 注
球头铣刀	$\phi 8R4mm$	高速钢	1	用于圆柱面加工	
中心钻	$\phi 3mm$	高速钢	1	钻中心孔	
麻花钻	$\phi 8mm$	高速钢	1	钻 $\phi 8$ 孔	
麻花钻	$\phi 5.1mm$	高速钢	1	钻 M6 螺纹底孔	
丝锥	M6mm	高速钢	1	攻螺纹	机用

2. 切削参数选择

选择合理的刀具加工参数, 对于金属切削加工能取到事半功倍的效果。根据加工对象的材质, 刀具的材质和规格, 从金属切削参数书籍中查找刀具线速度、单刃切削量, 确定选用刀具的转速、进给速度, 参考切削参数如表 1-2 所列。

表 1-2 刀具切削参数

刀 具	切削速度 v (mm/min)	每刃进给量 f (mm/刃)	主轴转速 S (r/min)	进给速度 F (mm/min)	备 注
$\phi 12mm$ 立铣刀	40	0.06	1000	240	粗加工
	60	0.03	1600	200	精加工
$\phi 8mm$ 立铣刀	30	0.05	1200	240	粗加工
	60	0.05	2400	300	精加工
$\phi 8R4mm$ 球头铣刀	80	0.08	3000	500	
$\phi 3mm$ 中心钻	30	0.03	3200	200	
$\phi 8mm$ 钻头	25	0.05	1000	100	
$\phi 5.1mm$ 钻头	25	0.05	1500	150	
M6mm 丝锥	20		500	500	

3. 切削深度 a_p

切削深度在粗加工时主要受机床和刀具刚度的限制, 一般情况下, 径向切削量较大时切削深度取 $(0.6 \sim 0.8)D_{刀}$, 否则切削深度可较大一些。本例加工按深度要求分粗、精加工即可。

4. 工艺规程安排如下(工艺路线)

从图纸分析, 零件加工需二次装夹完成加工。夹持 75mm 的外形加工 $72_{-0.046}^0 \times 72_{-0.046}^0$ 、 $64_{-0.046}^0$ 、 $\phi 60_{-0.04}^0$ 、 $\phi 20_{-0.03}^{+0.03}$ 、 $\phi 15_{-0.04}^{+0.03}$ 、 $13_{-0.04}^0$ 、 $9_{-0.04}^0$ 及各深度等尺寸。然后翻过来装夹, 加工 $\phi 20_{-0.03}^{+0.03}$ 、 $\phi 16_{-0.03}^{+0.03}$ 、 $\phi 28_{-0.03}^0$ 、 $\phi 12_{-0.03}^0$ 、 $16_{-0.03}^0$ 两处、 $17_{-0.03}^0$ 两处、 $12_{-0.03}^0$ 、 $16_{-0.03}^{+0.03}$ 、 $10_{-0.03}^{+0.03}$ 两处、 $10_{-0.03}^0$ 、 $6_{-0.03}^0$ 、R5 半圆柱面、两个 M6 螺纹等尺寸。

(1) 整体加工工艺安排:

如表 1-3 所列。