



职业教育“十三五”改革创新规划教材

中等职业学校数控技术应用、机械加工技术、机械制造技术专业

数控车削编程 与加工技能训练

龙卫平 主编



清华大学出版社



职业教育“十三五”改革创新规划教材

数控车削编程 与加工技能训练

龙卫平 主 编

郑如祥 赵荣欢 副主编

常州大学图书馆
藏书章

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书依据教育部 2014 年颁布的《中等职业学校数控技术应用专业教学标准》并参照相关的国家职业技能标准编写而成。

本书主要内容包括较复杂零件的毛坯装夹与定位,刀具选择与安装,坐标计算,走刀路线确定,精度控制等工艺,G04、G32、G72、G73、G75、G92、G94、G97 等基本指令的含义,并综合运用这些基本指令进行编程加工出内外圆柱面、内外圆锥面、内外圆弧面、内外螺纹表面、内外沟槽表面等较复杂零件。经过本书的学习后,学生能够达到中级工技能水平。

本书可作为中等职业学校机械类专业教材,也可作为数控车床操作技术人员的岗位培训用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控车削编程与加工技能训练/龙卫平主编. —北京:清华大学出版社,2017

(职业教育“十三五”改革创新规划教材)

ISBN 978-7-302-45363-5

I. ①数… II. ①龙… III. ①数控机床—车床—车削—程序设计—中等专业学校—教材
②数控机床—车床—车削—加工—中等专业学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 260830 号

责任编辑:刘士平

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁芳

责任印制:沈露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62770175-4278

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:13

字 数:296 千字

版 次:2017 年 5 月第 1 版

印 次:2017 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:27.80 元

产品编号:072563-01

FOREWORD

前言

本书依据教育部 2014 年颁布的《中等职业学校数控技术应用专业教学标准》并参照相关的国家职业技能标准编写而成。通过本书的学习,可以使达到数控车床加工中级技能水平。本书在编写过程中,本着科学严谨、务实创新的原则,在吸取企业技术师傅和技能竞赛优秀指导教师经验基础上,紧密结合专业技能学习规律和职业学校学生心理特点,以行动为导向,工作任务为载体,理论学习与技能训练相结合、技能训练与职业资格考证相衔接、技能训练与游戏挑战相融合的编写思路。

本书在编写模式上进行了大胆创新,采用“专业技能课游戏闯关法”编写,反映当前职业学校教学改革的新成果、新理念。既关注了技能训练内容的合理性和实用性,又关注了学生技能训练的主动性和积极性,主要特点如下。

1. 遵循专业技能课的学习规律

专业技能课的特点在于其实践性、应用性、操作性、探究性。

(1) 本书遵循专业技能课“工学结合,知行合一”的教学理念,摆脱了繁重的理论知识学习,直接进行操作训练,凸显了“做中学,做中教,教、学、做一体,理论与实践一体”的特点。“知行合一”是本书特色之一。

(2) 本书遵循专业技能课“项目教学”的先进教学理念,采用以行动为导向,以项目为载体,以特定工作任务为引领的教学思路进行编写,并融入“游戏闯关”的竞争机制,实施了游戏闯关项目教学法。在遵循“资讯→计划→决策→实施→检查→评估”等一般项目教学基础上,增加了“闯关”环节。每个任务学习包括任务描述、任务目标、任务分析、知识加油站、任务实施、任务评价、任务总结、闯关考试等环节,通过任务学习和闯关磨炼使学生掌握知识和技能,并构建自己的实践经验、知识体系和职业能力。“闯关考试”是本书特色之一。

(3) 本书遵循专业技能课学习规律,在知识和技能必备及够用的原则下,按照课程教学目标和实际岗位要求设置内容,删除一些不必要繁杂的知识点,紧密对接职业标准,对接生产过程,由浅入深,由简到繁,由易到难,环环相扣,层层递进,做一点学一点,学一点

会一点。同时,在编写过程中特别考虑节约、品质和趣味。“毛坯重复利用”是本书特色之一。

(4) 本书改变传统的“先理论后实操”模式,采用“先做后学和边做边学”模式,学生在操作过程中遇到不会“做”的问题,进入“知识加油站”寻找解决问题的办法,体现了技能学习自我探究、自我构建的先进理念。“自我探究”是本书特色之一。

2. 关注职业学校学生的心理特点

职业学校学生正处于青春年少的阶段,他们大多数具有好奇、好斗、好胜、好表现的心理特点,他们有一种初生牛犊不怕虎,凡事要分胜负、拼高低的心理特征。

(1) 本书采用游戏闯关项目教学法,很好地利用了学生这个心理特点。游戏闯关项目教学法是一种以学生为主体、以行动导向为理念、学习与趣味融为一体的创新有趣的项目教学法。通过游戏中的项目、项目中的游戏来激发学生的学习兴趣,调动学生的学习积极性和主动性,提高学生的专业技能。游戏闯关项目教学的特点:①设置进步的“级别”。游戏闯关教学的每一个项目(任务)就是一个挑战关卡,每一个关卡就有一个相对应游戏“级别”。②关注学生体验与感受。游戏闯关项目教学能让学生经常体验到闯关成功的喜悦,感受到学习的乐趣,得到教师更多的认可和表扬。③改变学生学习状态。游戏闯关项目教学实际上是一种充满刺激、充满挑战的“学习型升级游戏”,是一种“玩中学,学中玩”的快乐学习。这种学习少了苦闷,多了快乐,变苦学为乐学,就像叶澜教授所说那样,“我们应该让孩子们投入学习,在学习中感到快乐,找到自己希望的东西”,这就是教育所追求的最高境界——享受学习。④提升学生学习动力。游戏闯关项目教学的每个项目结束后,对闯关成功的学生来说因升“级”而感到无比自豪,这种自豪成为其再次闯关的动力;对闯关不成功的学生来说因“落后”而感到无形压力,这种压力成为其继续挑战的动力。

(2) 本书体现“学生本位”的教学理念。游戏闯关项目教学是一种以行动为导向、以游戏难关为引领、以学生为中心的教学方法,它更多地尊重学生主体,鼓励学生主动参与与挑战,使他们从“被动完成任务”向“主动地创造性完成任务”。学生从原来知识的接受者转变为学习活动的主人,成为知识的主动探求者。教师从原来传统教学中的知识传授者转变为知识传递过程的组织者、引导者、促进者、评判者与协调者。

(3) 本书符合职业学校学生的认知规律。本书根据中职学生理论基础差、不爱学理论的特点编写,把有关知识和技能按由浅入深螺旋式上升的原则巧妙地设置成不同级别的“工作任务”。在充分考虑学生接受能力的基础上,尽可能地设计出丰富多彩的趣味性强、学生能接受的难关,它既符合中职学生认知规律,又符合“实践出真知”原则,让学生在高度兴奋中积极主动地完成教学项目或工作学习任务,从而获得技术操作能力。

本书是中等职业学校机械类专业技能核心课程教材。数控车床编程与加工闯关项目教程分为初级和中级两本,共11关,第一本书有学徒入门关、正式学徒关、初级学徒关、中级学徒关、高级学徒关等5关,后面有4个附录。第二本书有员工入门关、蓝领员工关、灰领员工关、粉领员工关、白领员工关、金领员工关6关,后面有4个附录。每关有1~3个任务,只有任务都完成并合格,才能进入下一关的学习。这些关卡包括数控车床加工的基本操作、基本编程、机床保养、工艺安排、典型零件加工等内容。学完两册教材,最终

达到国家职业资格数控车床加工中级工技能水平。

本书建议学时为 140 学时,具体学时分配见下表。

项 目	项 目 名 称	学时数
项目 1	槽类零件的加工(员工入门关)	26
项目 2	盘盖类零件的加工(蓝领员工关)	14
项目 3	螺纹类零件的加工(灰领员工关)	18
项目 4	孔类零件的加工(粉领员工关)	20
项目 5	复杂型面零件的加工(白领员工关)	22
项目 6	中级工综合训练题(金领员工关)	40
合 计		140

本书由广东中山市第一中等职业技术学校龙卫平担任主编,中山市第一中等职业技术学校郑如祥、赵荣欢担任副主编,参加编写工作的还有王高满、张浩、吕世国、陈未峰、徐灵敏、高升等。特别感谢龙卫平名师工作室肖祖政、蒋灯等成员协助完成零件样件加工,也感谢中山市第一中等职业技术学校刘彤协助完成操作视频制作。

本书在编写过程中参考了大量的文献资料,在此向文献资料的作者致以诚挚的谢意。由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评、指正。了解更多教材信息,请关注微信订阅号:Coibook。

编 者

2016 年 9 月

CONTENTS

目 录

项目 1 槽类零件的加工(员工入门关)	1
任务 1 直槽零件加工	1
任务 2 V 型槽零件加工	15
项目 2 盘盖类零件的加工(蓝领员工关)	28
任务 1 简单盘盖类零件加工	28
任务 2 多台阶盘盖类零件加工	42
项目 3 螺纹类零件的加工(灰领员工关)	55
任务 1 螺纹小轴加工	55
任务 2 螺纹台阶轴加工	71
项目 4 孔类零件的加工(粉领员工关)	84
任务 1 台阶孔零件加工	84
任务 2 内螺纹零件加工	97
项目 5 复杂型面零件的加工(白领员工关)	110
任务 1 球头零件加工	110
任务 2 手柄加工	123
项目 6 中级工综合训练题(金领员工关)	135
任务 1 带有斜槽螺纹轴加工	135
任务 2 带有宽槽螺纹轴加工	147
任务 3 带有曲面螺纹轴加工	159

附录 1 常用 G 代码表	174
附录 2 数控车工职业技能鉴定中级理论知识模拟试卷(样卷)	176
附录 3 数控车工职业技能鉴定中级操作技能考核模拟试题	190
附录 4 数控车工国家职业技能标准(节选)	194

项目 1

槽类零件的加工(员工入门关)

本关主要学习内容：了解外圆沟槽类零件的加工方法和加工特点；了解切槽刀的几何尺寸和几何角度，学会选用切槽刀；掌握 G75 的指令编程格式及参数定义，并会运用该指令加工；熟练掌握槽类零件的质量检测。本关有两个学习任务，一个任务是直槽零件加工；另一个任务是 V 型槽零件加工。

任务 1 直槽零件加工



任务描述

本任务工件是加工由 2 个窄槽、1 个宽槽、4 段外圆柱面、2 个端面等组成的直槽零件，如图 1-1-1 所示，按图所标注的尺寸和技术要求完成零件的车削，采用 $\phi 50\text{mm} \times 93\text{mm}$ 的圆棒料为毛坯。



任务目标

- (1) 掌握 G75、G01 指令加工直槽。
- (2) 合理选择并安装车外圆沟槽刀或切断刀。
- (3) 熟记 G04、G75、G01 指令的编程格式及参数含义，理解该指令的含义及用法。
- (4) 能根据图纸正确制订加工工艺，并进行程序编制与加工。
- (5) 掌握外圆直槽的检测。

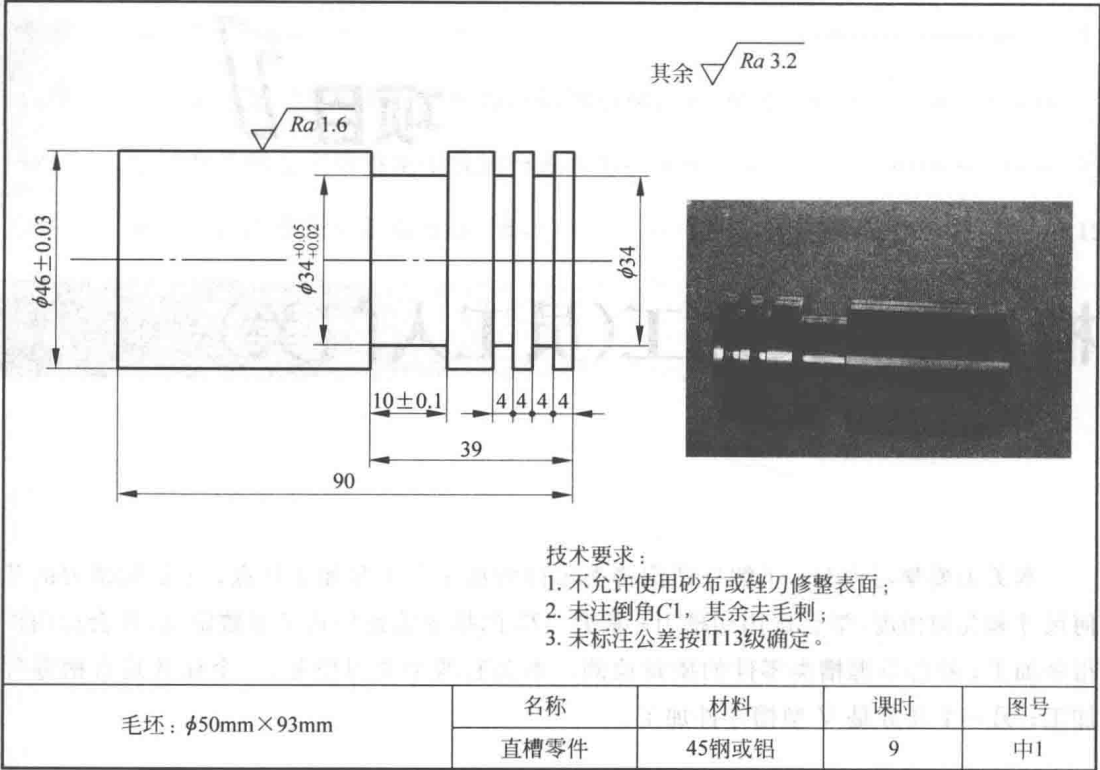


图 1-1-1 直槽零件

任务分析



对零件图 1-1-1 进行任务分析,填写表 1-1-1。

表 1-1-1 直槽零件加工任务分析表(参考表)

分析项目		分析结果
做什么	1. 结构主要特点	有两个是 4mm 窄槽,一个是(15±0.1)mm 宽槽
	2. 尺寸精度要求	槽 1 尺寸: 4mm× $\phi 34\text{mm}$,轴向尺寸: 4mm。 槽 2 尺寸: 4mm× $\phi 34\text{mm}$,轴向尺寸: 4mm。 槽 3 尺寸: (15±0.1)mm× $\phi 34\text{mm}$,轴向尺寸: 15mm。 考虑公差的影响,故编程时取其平均值
	3. 毛坯特点	零件的材料为 45 钢或铝,切削加工性能好,不用经过热处理。
	4. 其他技术要求	毛坯尺寸: $\phi 45\text{mm} \times 93\text{mm}$ 不允许使用砂布或锉刀修整表面。 未注倒角 C1,去毛刺。 未标注公差按 IT13 级确定

续表

分析项目		分析结果
怎么做	1. 需要什么量具	25~50mm 外径千分尺。 0~125mm 游标卡尺
	2. 需要什么夹具	使用三爪自定心卡盘装夹
	3. 需要什么刀具	93°外圆刀。 刀宽为 4mm 的切槽刀
	4. 需要什么编程知识	G04、G75、G01 等
	5. 需要什么工艺知识	确定加工顺序及走刀路线
		切削用量选择： $a_p = 4\text{mm}$ ， $S = 500\text{r/min}$ ， $F = 100\text{mm/min}$
	6. 其他方面(注意事项)	正确安装车刀和工件；正确对刀。操作时注意遵守操作规程
要完成这个任务	1. 最需要解决的问题是什么	控制好槽的宽度、深度和位置
	2. 最难解决的问题是什么	切槽时，合理选择切削用量

注：为了方便学习，第一次给出参考分析表，后面的任务中由学生自己填写。



知识加油站



学一学

一、沟槽的类型

零件上沟槽按在零件的部位不同可分为外沟槽、内沟槽和端面沟槽等，如图 1-1-2 所示。按沟槽的形状不同可分为直槽、圆弧槽和 V 型槽等，如图 1-1-3 所示。按沟槽宽度大小可分窄槽和宽槽，如图 1-1-4 所示。

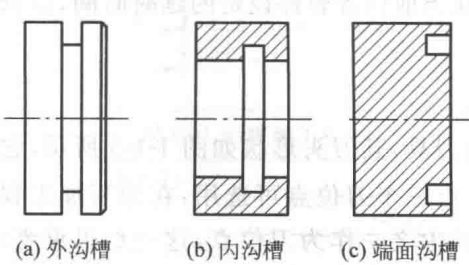


图 1-1-2 按沟槽在零件的部位不同分类

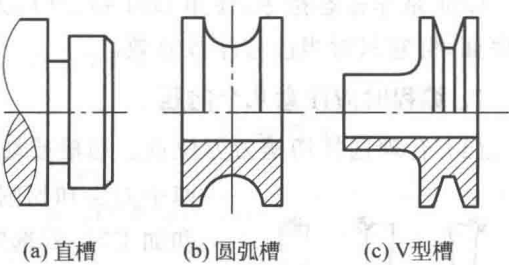


图 1-1-3 按沟槽的形状不同分类

二、窄槽及其加工方法

窄槽是指沟槽宽度不大的槽，能采用刀头宽度等于槽宽的车刀一次性车削出来的槽。加工如图 1-1-4(a)所示的窄槽，可以直接使用 G01 或 G94 指令直进切削；对于精度要求

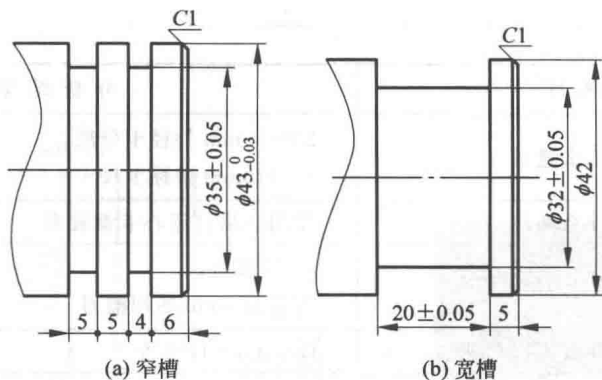


图 1-1-4 按槽宽度大小分类

较高的,切槽到尺寸后,在槽底处用 G04 指令让刀具在槽底停留几秒钟,以便起到修光槽底的作用。

1. 窄槽车削编程指令

(1) 用 G01 切槽

格式:

G01 X(U) __ Z(W) __ F __;

说明:切槽使用 G01 指令时,必须把 Z 值设定不移动或 W=0 时,才是切外圆直槽。

(2) 用 G04 延时

格式:

G04 X __;

G04 U __;

G04 P __;

说明: X、U、P 指定延时时间, X(U) 表示延时,单位为秒; P 表示延时,单位为毫秒, 1 毫秒=0.001 秒。

G04 是非模态指令,使用 G04 指令时,刀具在当前位置暂停设定的延时时间,以修光槽底面,但它只对当前程序段有效。

2. 编程时应注意几个问题

(1) 合理选择切槽刀刀位点。切槽或切断的刀具,其刀头形状如图 1-1-5 所示,它有两个刀尖和切削中心点三个刀位点可选用,在编写加工程序和加工时,要选定好其中之一作为刀位点,这一点很重要,一般情况会选择如图 1-1-5(a)所示刀位点来加工,有时也会选择如图 1-1-5(b)、图 1-1-5(c)所示刀位点来加工。

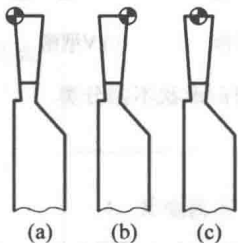


图 1-1-5 切槽刀刀位点

(2) 合理选择切槽刀的退出路线。切深槽时,要特别注意切槽刀的退出路线,如果设置不好可能会造成刀具与零件相碰,如图 1-1-6 所示,引起刀具和零件的损坏。合理的退刀路线如图 1-1-7 所示。

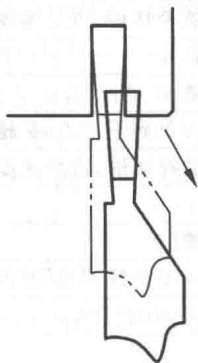


图 1-1-6 切槽刀退出错误的路线



图 1-1-7 切槽刀退出正确的路线

(3) 合理选择切槽的切削用量。切槽时,由于受到刀具、排屑、工件刚性、切削力等因素的影响,切槽刀的刀刃宽度不宜太宽,切槽时的切削用量比车外圆的切削用量要小。

3. 窄沟槽加工实例

加工表 1-1-2 中图示的零件,其编程见表 1-1-2。

表 1-1-2 窄沟槽加工实例

编程实例图		刀具及切削用量表	
	刀具	T0101 93° 外圆正偏刀	T0202 4mm 切槽刀
	主轴转速 <i>S</i>	1000r/min	500r/min
	进给量 <i>F</i>	100mm/min	≤40mm/min
	背吃刀量 <i>a_p</i>	<2mm	≤4mm
用 G01 切槽加工程序		程序说明	
O2001;		程序号	
...		粗、精车外圆和端面	
N10 T0202;		调用 02 号切槽刀	
N20 M03 S500;		主轴正转,转速为 500r/min	
N30 G00 X45 Z-10;		快速移动到切槽下刀点	
N40 G01 X35 F40;		G01 直线插补切槽,进给速度 <i>F</i> =40mm/min	
N50 G04 X1;		在槽底停留 1s	
N60 G00 X45;		G00 退出槽位	
N70 Z-19;		快速移动到第二条槽下刀点定位	

续表

用 G01 切槽加工程序	程序说明
N80 G01 X35 F40;	G01 直线插补切槽,进给速度 $F=40\text{mm}/\text{min}$
N90 G04 X1;	在槽底停留 1s
N100 G00 X45;	G00 退出槽位
N110 W-1;	快速移动刀具到下刀点,扩槽
N120 G01 X35;	G01 直线插补切槽,进给速度 $F=40\text{mm}/\text{min}$
N130 G04 X1;	槽底停留 1s
N140 G00 X45;	G00 退出槽位
N150 G00 X100 Z100 M05;	快速退刀到安全换刀点,并停主轴
N160 T0100;	调回 1 号刀,取消刀补
N170 M30;	程序结束
%	程序结束符

三、宽沟槽及其加工方法

宽沟槽是指宽度一般大于 1 个或多个切槽刀头宽度的沟槽。加工如图 1-1-5(b)所示的宽槽,必须分几次进刀切削,而且每次切削的轨迹在宽度上应略有重叠,即每次扩宽应小于刀刃宽;并且要留有精加工的余量,最后要精车槽侧和底面。这类沟槽常采用内外切槽循环 G75 指令。

1. 宽沟槽循环车削指令 G75

格式:

```
G75 R(e);
G75 X(U)___ Z(W)___ P(Δi)Q(Δk)R(Δd)F ___;
```

指令 G75 刀具的移动路线如图 1-1-8 所示。

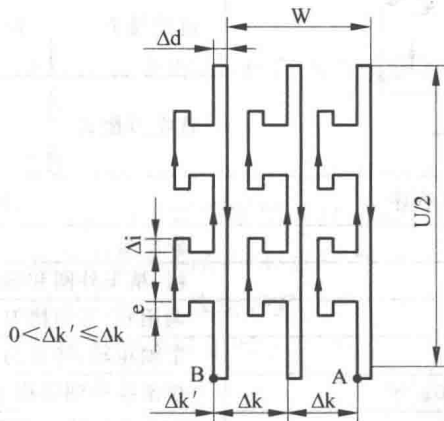


图 1-1-8 G75 指令的加工走刀路线图

说明:

R(e): 每次沿 X 轴方向向切削 Δi 的深度后,向其相反方向的退刀量,可用系统参数

设定,用程序指定时,优先执行,该值为模态值。

X、Z: 车槽的终点坐标。

U、W: 到终点的相对移动量。

Δi : 每次切削小循环里沿 X 轴方向切削的移动,半径标量值,无符号,单位为 0.001mm。

Δk : 沿 X 轴方向向切削到 X 轴指定的深度后,向 Z 轴方向的偏移扩宽量,一般小于一刀宽,标量,无符号,单位为 0.001mm。

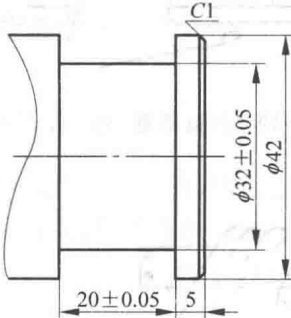
Δd : 切削到终点时,向 Z 轴方向的退刀量,通常不作指定,省略则视为 0。

F: 指切削进给速度。

2. 宽沟槽加工实例

加工表 1-1-3 中图示的零件,其编程见表 1-1-3。

表 1-1-3 宽沟槽加工实例

编程实例图	刀具及切削用量表		
	刀具	T0101 93° 外圆正偏刀	T0202 4mm 切槽刀
	主轴转速 S	1000r/min	500r/min
	进给量 F	100mm/min	≤40mm/min
	背吃刀量 a _p	<2mm	≤4mm
用 G75 切槽加工程序	程 序 说 明		
O2002;	程序号		
...	粗、精车外圆和端面		
N10 T0202;	调用 02 号切槽刀		
N20 M03 S500;	主轴正转,转速为 500r/min		
N30 G00 X44 Z-9;	快速移动到切槽下刀点,X44mm,Z-9mm		
N40 G75 R2;	切槽回退 2mm		
N50 G75 X32 Z-25 P3000 Q3000 F40;	每次切深 3mm,Z 轴移动 3mm		
N60 G00 X100 M05;	X 轴退刀,主轴停		
N70 Z100;	Z 轴退刀		
N80 T0100;	调回 1 号刀,取消刀补		
N90 M30;	程序结束		
%	程序结束符		

四、外圆沟槽检测

外圆沟槽检测包括检查外圆沟槽的形状、测量外圆沟槽的槽宽、槽深和位置尺寸。

1. 外圆沟槽形状的检查

外圆沟槽形状的检查通常采用样板检查。

2. 外圆沟槽尺寸的测量

(1) 精度较低的矩形沟槽可用钢板直尺和外卡钳测量其宽度和直径。

(2) 精度较高的矩形沟槽可用千分尺测量槽底直径,如图 1-1-9 所示;可用游标卡尺测量槽宽(见图 1-1-10)和沟槽的位置尺寸(见图 1-1-11);也可用内测千分尺测量槽宽。

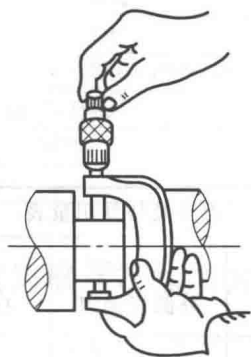


图 1-1-9 测量槽底直径

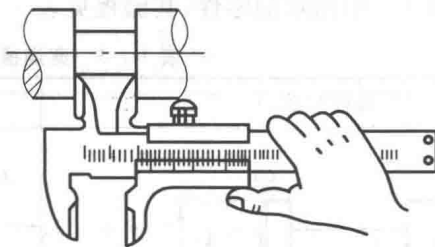


图 1-1-10 测量槽宽

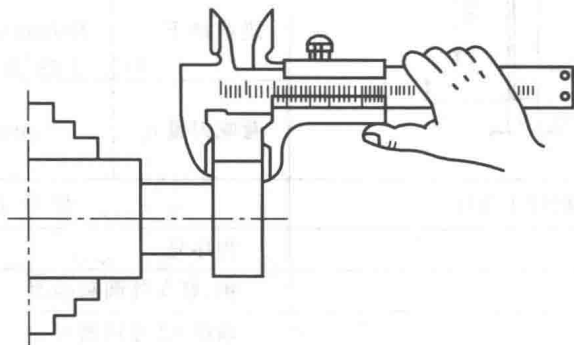


图 1-1-11 测量槽的位置尺寸

(3) 圆弧形槽和梯形槽。它的几何尺寸一般采用游标卡尺、深度尺寸和千分尺测量。

五、车削外沟槽时产生废品的原因及预防措施

车削外沟槽时产生废品的原因及预防措施见表 1-1-4。

表 1-1-4 切削外沟槽时产生废品的原因及预防措施

问 题 现 象	产生的原因	预 防 措 施
槽的宽度不正确	1. 刀具参数不准确; 2. 程序错误	1. 调整或重新设定刀具参数; 2. 检查修改程序
槽的位置不正确	1. 程序错误; 2. 测量错误	1. 检查修改程序; 2. 正确测量

续表

问题现象	产生的原因	预防措施
槽的深度不正确	1. 程序错误; 2. 测量错误	1. 检查修改程序; 2. 正确测量
槽的侧面呈现凸凹面	1. 刀具安装角度不对称; 2. 刀具两刀尖磨损	1. 正确安装刀具; 2. 更换刀片
槽底有振纹	1. 工件装夹不合理; 2. 刀具安装不合理; 3. 切削参数设置不合理; 4. 程序延时太长	1. 正确装夹工件,保证刚度; 2. 调整刀具安装位置; 3. 降低切削速度和进给量; 4. 缩短程序延长时间
车槽过程中出现扎刀现象,造成刀具断裂	1. 进给量过大; 2. 切屑阻塞	1. 减小进给量; 2. 采用断续切入法



任务实施



一、任务准备

- (1) 零件图的工艺分析,提出工艺措施。
- (2) 确定刀具,将选定的刀具参数填入表 1-1-5 中,以便于编程和任务实施。

表 1-1-5 直槽零件数控加工刀具卡(参考表)

项目代号		入门员工关	零件名称	直槽零件	零件图号	中 1
序号	刀具号	刀具规格名称	数量	加工表面	刀尖半径/mm	备 注
1	T01	93°外圆正偏刀	1	车端面和外圆	0.4	20×20
2	T02	4mm 切槽刀	1	切 4×4 槽和 10×4 槽	0.1	20×20
编制:		审核:		批准:		共 1 页

注:第一次给出刀具卡参考表,以后由学生自己填写。

(3) 确定装夹方案和切削用量。根据被加工零件的技术要求、刀具材料、工件材料等,参考切削手册或有关参考书选取合适的切削速度、进给速度和背吃刀量,结合工艺措施,填写表 1-1-6。

表 1-1-6 直槽零件数控加工工序卡(参考表)

单位名称		项目代号	零件名称	零件图号
		入门员工关	直槽零件	中 1
工序号	程序编号	夹具名称	使用设备	车 间
01	O003	三卡盘	数控车床	实训车间