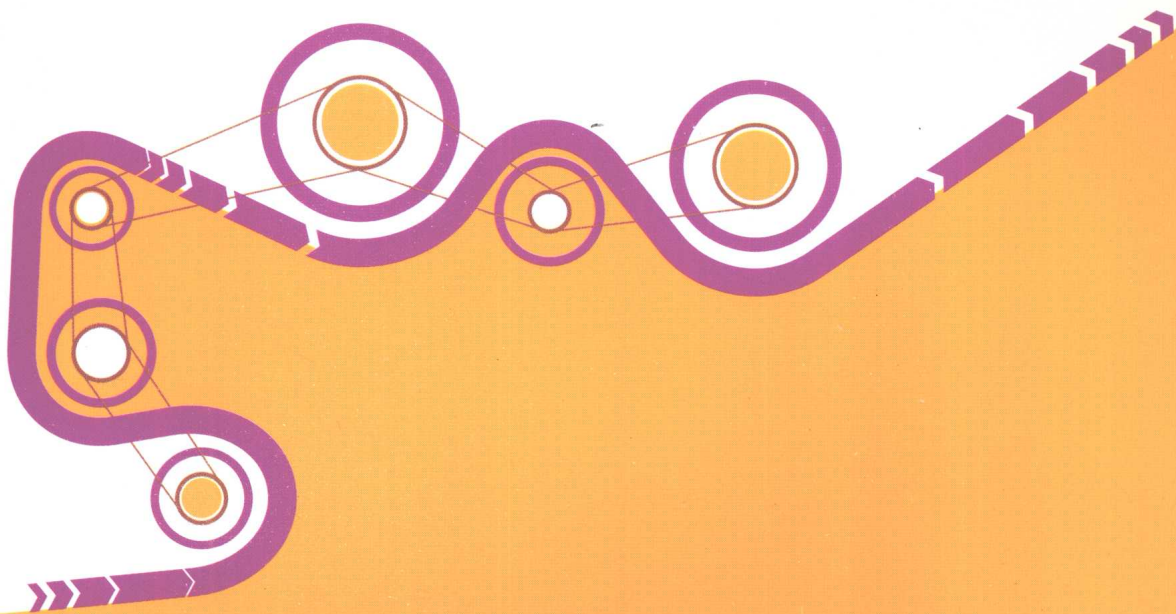


高职高专机电类工学结合模式教材

数控加工实训指导书

张 杰 编著
汤振宁 主审

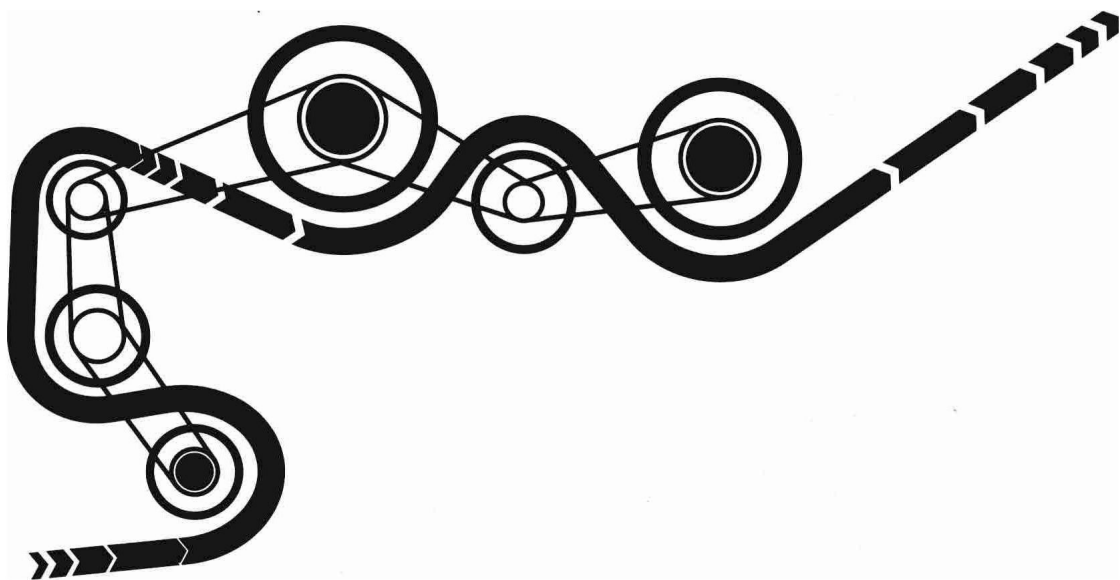


清华大学出版社

高职高专机电类工学结合模式教材

数控加工实训指导书

张 杰 编著
汤振宁 主审



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

《数控加工实训指导书》以学生就业为导向,以企业岗位操作要领为依据,从生产过程、实用出发提炼典型的生产案例;建立一切从企业效率出发的思考方向,培养学生务实严谨的专业品质和职业能力,强调工作过程导向,体现理论、实践一体化教学。

本书不仅可作为高职院校数控技术应用、模具设计与制造、机电一体化技术等专业的教材,而且还可作为高职、中职、技校顶岗实习教材使用。

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

数控加工实训指导书 / 张杰编著. —北京:清华大学出版社, 2010. 8

(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-22535-5

I. ①数… II. ①张… III. ①数控机床—加工—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 068704 号

责任编辑:朱怀永

责任校对:刘 静

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:10.25

字 数:230千字

版 次:2010年8月第1版

印 次:2010年8月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:18.00元

产品编号:036697-01

本书编委会

编著者：张杰

主 审：汤振宁

编写者：赵宏立、王嘉良、

韩桂新、周兰生

高职教育是我国高等教育的重要组成部分,以培养适应生产、管理、服务第一线需要的,德、智、体、美全面发展的高素质技能型人才为主要目标,是一种职业型、技术型、应用型的高等教育,高职教育特殊的教育类型和特定的培养目标决定了实践教学在人才培养过程中的重要作用。目前,我国企业急需大批能熟练掌握数控机床编程、操作、维修的技术工人。因此,我国各类高职院校为提高学生的实践能力,使学生具有较强的就业竞争优势,在社会各类企事业单位的参与、支持下,运用新型教学模式——顶岗实习,以提高学生的实践能力,更好地满足社会对高职院校学生的要求。但是,高职院校学生在参加顶岗实习的同时,还需要完成教学计划规定的专业课程学习任务,如何对离开学校的学生进行有效的学业管理,以保证学生顶岗实习期间的学习效果,是一个不容忽视的现实问题。为此我们以教育行政部门为领导,以职业教育教研部门为主导,以骨干教师为主体,以行业企业专家为辅导成立了省级重点课题研究小组。特别就顶岗实习过程中的课程进行了改革,并按照“边研究、边实践、边推广”思路在数控技术应用专业、模具设计与制造等专业等进行了系统的实践探索。本书是我们进行研究与实践的成果之一。

1. 本教材设计的理念与思路

根据“基于能力培养,面向岗位群”的高职教育理念以及本着“课程教学目标服从专业培养目标;专业课程教学内容符合岗位目标”的原则,本教材编写组教师坚持以职业综合能力为中心,以岗位(群)所必备的知识、能力和职业素质为依据;与行业企业合作进行“项目驱动、任务导向”的课程开发与设计。《数控加工实训指导书》按任务引领、行动导向模式,以实际工作过程为主线,介绍了数控加工所用的刀具、量具、数控机床的安全操作和维护保养基本知识,以及数控加工工艺设计、数控编程知识,实训或实习任务后附有强化训练零件图。其后还特别加上了实习教学任务书,充分体现高职教育职业性、实践性、开放性的教育教学特点。

2. 本教材的特色和价值

(1) 以学生就业为导向,与企业零距离接触,以企业岗位操作要领为依据,建立从生产过程、实用出发的务实精神,建立一切从企业的效率出发的思考方向,培养学生务实严谨的专业品质和职业能力。

(2) 根据岗位目标的需求,进一步加强技能训练的力度,特别是加强

基本技能与核心技能的训练。

(3) 根据高职院校学生的认知规律,在结构安排和表达方式上,强调师徒互动和学生自主学习,并通过大量实际生产中加工零件案例的表现形式,使学生能够完成顶岗实习过程中的学习任务。

(4) 突出了职业教育的特色,在教材中选用的图表直观、形象,便于学生自学。

(5) 本教材可适用于数控操作工、加工中心操作工,并且适用于机械制造专业、数控技术应用专业、计算机辅助制造专业、焊接专业、机电一体化技术专业、汽车制造与装配技术等机械类专业。可满足高职高专机电类专业学生参加顶岗实习的要求,并可以为顶岗实习指导教师使用。

3. 本理论教材的适用范围

本教材不仅可作为高职院校数控类专业、机械制造专业、模具设计与制造专业、计算机辅助制造专业、焊接专业、机电一体化技术专业、汽车制造与装配技术专业理论—实践一体化教学的院校学生作为数控技术教材使用,而且还可作为高职、中职、技校、数控专业课、实训、顶岗实习教材使用。

编著者

2010年5日



| | |
|-------------------------|-----|
| 绪论 数控加工安全常识 | 1 |
| 第一篇 数控车床实训项目 | 4 |
| 实训任务一 外圆、端面车削加工 | 4 |
| 实训任务二 螺纹轴加工 | 14 |
| 实训任务三 外圆弧面、外圆球面加工 | 24 |
| 实训任务四 数控车床车孔 | 39 |
| 实训任务五 数控车床加工较复杂工件 | 58 |
| 第二篇 数控铣床、加工中心实训项目 | 71 |
| 实训任务一 平面图形加工训练 | 71 |
| 实训任务二 平面轮廓加工训练 | 89 |
| 实训任务三 孔系加工训练 | 101 |
| 实训任务四 综合加工训练 | 127 |
| 第三篇 宏程序编程实训项目 | 134 |
| 实训任务一 数控车床宏程序应用训练 | 134 |
| 实训任务二 数控铣床宏程序应用训练 | 149 |

数控加工安全常识

一、进厂须知

(1) 进入公司生产区域,应掌握基本安全生产知识,要自觉遵守安全生产规章制度、岗位操作规程和劳动纪律,不违章作业,不冒险施工,并随时制止他人的违章作业行为。

(2) 进入生产作业现场必须佩戴好符合岗位要求的劳动防护用品。

(3) 车间内行走,应走安全通道。

(4) 爱护各种设备,没有操作证,不能操作。

(5) 各种设备应严格按照操作规程进行操作。

(6) 磨砂轮作业时,应戴好防护眼镜。

二、数控机床的安全操作规程

1. 运行前

(1) 检查程序与工件或毛坯是否一致。

(2) 检查工件坐标系与程序坐标系是否相符。

(3) 检查刀具表内刀具是否与程序内刀具信息一致,检查刀具的完好程度。

(4) 检查程序是否正确、切削用量的选择是否合理。

(5) 确定机床状态及各开关位置(进给倍率开关应为0)。

(6) 必须在确认工件夹紧后才能启动机床。

2. 加工中

(1) 关闭防护门,启动机床,各坐标轴手动或自动回零(机械原点)。

(2) 对刀,确定工件坐标系原点的位置。

(3) 运行程序,观察机床动作及进给方向与程序是否相符。

(4) 当工件坐标、刀具位置、剩余量三者相符后,逐渐加大进给倍率开关。

(5) 当正常加工时,需要暂停程序前,应先将倍率开关缓慢关至 0 位。

(6) 中断程序后恢复加工时,应缓慢进给至原加工位置,再逐渐恢复到正常切削速率。

3. 异常处理

(1) 当机床因报警而停机时,应先清除报警信息,将主轴安全移出加工位置,确定排除警报故障后,恢复加工。

(2) 当发生紧急情况时,应迅速停止程序,必要时可使用紧急停止按钮。

4. 加工完毕

清理机床,登记本次使用机床情况。

三、砂轮机的安全操作

(1) 砂轮机要有专人负责,应经常检查以保证正常运转。

(2) 对砂轮机性能不熟悉的人,不能使用砂轮机。

(3) 砂轮机开动前,认真检查砂轮机与防护罩之间是否有杂物。确认无杂物时,再开动砂轮机。

(4) 砂轮机开动后,要空转 2~3 分钟,待砂轮机运转正常后才能使用。

(5) 磨工件或刀具时不能用力过猛,不准撞击砂轮。

(6) 禁止两人同时使用一个砂轮,更不准用砂轮的侧面磨削。磨削时,操作者应站在砂轮机的侧面,以防砂轮崩裂发生事故。

(7) 磨工具用的专用砂轮,不准磨其他任何工件和材料。

(8) 磨小工件时要拿牢,以防挤入砂轮机内将砂轮挤碎。对于细小的、大的或不好拿的工件,不准在砂轮机上磨。

(9) 砂轮磨薄、磨小后,应及时更换,厚薄度与大小可根据经验以保证安全为原则。

(10) 砂轮机用完后,应立即关闭电门不要让砂轮机空转。

四、数控机床维护保养的基本要求

1. 思想上高度重视

在思想上要高度重视数控机床的维护与保养工作,尤其是对数控机床的操作者更应如此,我们不能只管操作,而忽视对数控机床的日常维护与保养。

2. 提高操作人员的综合素质

使用数控机床比使用普通机床的难度要大,因为数控机床是典型的机电一体化产品,它牵涉的知识面较宽,即操作者应具有机、电、液、气等更宽广的专业知识;再有,由于其电气控制系统中的 CNC 系统升级、更新换代比较快,如果不定期参加专业理论培训学习,则不能熟练掌握新的 CNC 系统应用。因此,对操作人员提出的素质要求是很高的。为此,必须对数控操作人员进行培训,使其对机床原理、性能、润滑部位及其方式进行较系统的学习,为更好地使用机床奠定基础。同时在数控机床的使用与管理方面,制定一系列切合实际、行之有效的措施。

3. 要为数控机床创造一个良好的使用环境

由于数控机床中含有大量的电子元件,它们最怕阳光直接照射,也怕潮湿和粉尘、振动等,这些均可使电子元件受到腐蚀变坏或造成元件间的短路,引起机床运行不正常。为此,对数控机床的使用环境应做到保持清洁、干燥、恒温和无振动;对于电源应保持稳压,一般只允许±10%的波动。

4. 严格遵循正确的操作规程

无论是什么类型的数控机床,它都有一套自己的操作规程,这既是保证操作人员人身安全的重要措施之一,也是保证设备安全、使用产品质量等的重要措施。因此,使用者必须按照操作规程正确操作,如果机床是第一次使用或长期没有使用,应先使其空转几分钟;并要特别注意使用中开机、关机的顺序和注意事项。

5. 在使用中,尽可能提高数控机床的开动率

在使用中,要尽可能提高数控机床的开动率。对于新购置的数控机床应尽快投入使用,设备在使用初期故障率相对来说往往大一些,用户应在保修期内充分利用机床,使其薄弱环节尽早暴露出来,在保修期内得以解决。如果在缺少生产任务时,也不能空闲不用,要定期通电,每次空运行 1 小时左右,利用机床运行时的发热量去除或降低机内的湿度。

6. 要冷静对待机床故障,不可盲目处理

机床在使用中不可避免地会出现一些故障,此时操作者要冷静对待,不可盲目处理,以免产生更为严重的后果,要注意保留现场,待维修人员来后如实说明故障前后的情况,并参与共同分析问题,尽早排除故障。故障若属于操作原因,操作人员要及时吸取经验,避免下次犯同样的错误。

7. 制定并且严格执行数控机床管理的规章制度

除了对数控机床的日常维护外,还必须制定并且严格执行数控机床管理的规章制度,主要包括定人、定岗和定责任的“三定”制度,定期检查制度,规范的交接班制度等。这也是数控机床管理、维护与保养的主要内容。

数控车床实训项目

实训任务一 外圆、端面车削加工

一、加工任务

加工工件图样如图 1-1 所示。

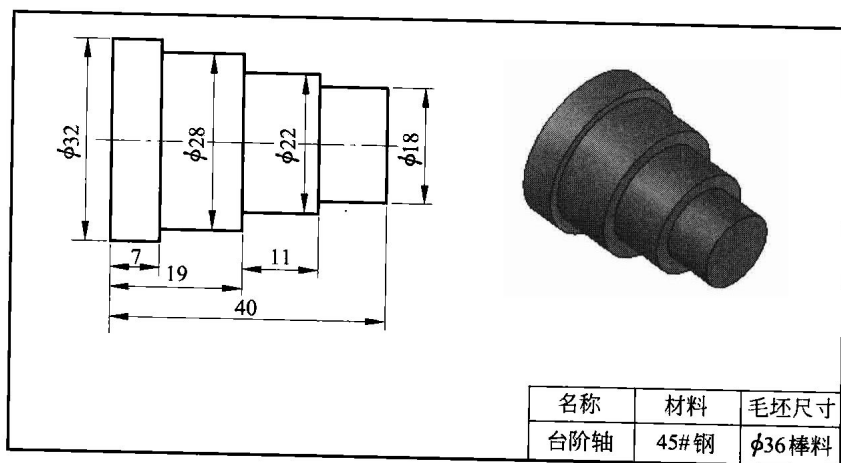


图 1-1 台阶轴工件图样

1. 实训目的

熟练掌握车削外圆、端面、切断、台阶的基本车削方法。

2. 实训应掌握的知识点和训练的能力点

- (1) 外圆、端面、切断、台阶轴的加工工艺知识。
- (2) FANUC 系统数控车床加工外圆柱固定循环指令的应用。
- (3) 外圆、端面、切断、台阶轴加工程序的编制,掌握程序的输入与编辑。

(4) 正确选择外圆车刀、切刀及进行刃磨,掌握在数控车床上安装外圆车刀、切刀和对刀方法。

(5) 掌握台阶尺寸检测及精度控制方法,并能车出符合图样的台阶轴。

二、实训知识准备

1. 粗、精车的概念

(1) 粗车: 数控车床条件允许时,通常采用较大的进刀量,进给速度快,切削速度不宜过快,以合理的时间尽快把工件大部分余量车掉。粗车对切削表面没有严格要求,只需留一定的精车余量即可。由于粗车切削深度大、切削热大、排削量大、切削力较大,工件装夹必须牢靠。粗车的另一作用是,可以及时发现毛坯内部残余应力和热变形等。

(2) 精车: 是指车削的末道加工,可使工件获得准确的尺寸精度和规定的表面粗糙度。精车时,切削深度小、切削力小,通常把车刀修磨得较锋利,车床主轴转速选得高一些,进刀量小一些。

2. 工件的装夹

加工工件的装夹要尽量选用常用的通用夹具三爪自定心卡盘夹持工件。在装夹时要注意减少装夹次数,尽量做到在一次装夹中把零件上所有要加工表面都加工出来。零件的定位基准与设计基准重合,以减少定位误差对尺寸精度的影响。

(1) 工件要校正、装夹要牢固,如图 1-2 所示。

(2) 工件伸出卡盘长度=工件长度+切断位置尺寸+限位尺寸,如图 1-3 所示。

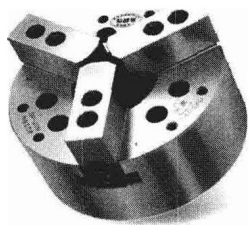


图 1-2 三爪自定心卡盘

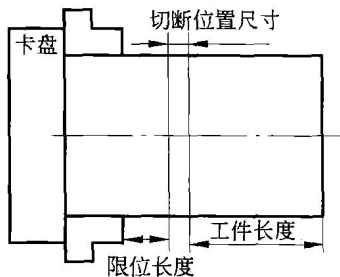


图 1-3 工件伸出卡盘长度

3. 外圆车刀的选择

(1) 粗车车刀选择: 一般应选择主偏角小一些(87° 、 90° 、 93°),副偏角较小,前角、后角和刃倾角较小,排屑槽排屑顺畅的车刀。

(2) 精车车刀选择: 一般应选择主偏角大一些(93° 、 95° 、 107° 、 117°),副偏角较小,前角、后角和刃倾角较大,排屑槽排屑顺畅的车刀。

(3) 轴类零件常用外圆机夹可转位车刀,如图 1-4 所示。各种形式的车刀规定了相应的代码,国家标准和刀具样本中都一一列出,可以根据实际情况选择,也可查阅具体的产品样本。刀片是机夹可转位车刀的一个最重要组成元件。按照国标 GB 2076—1987,大致可分为带圆孔、带沉孔以及无孔三大类,形状有三角形、正方形、五边形、六边形、圆形以及菱形等共 17 种。如图 1-5 所示为常见的几种刀片,如图 1-6 所示为常见的刀片形状及角度。

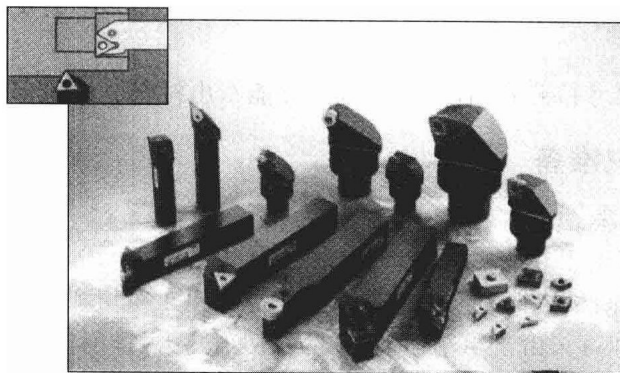


图 1-4 常用外圆机夹可转位车刀

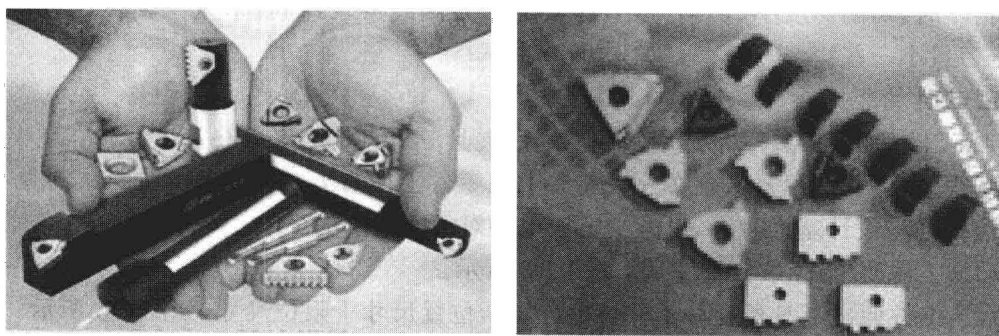


图 1-5 常用外圆机夹可转位车刀刀片

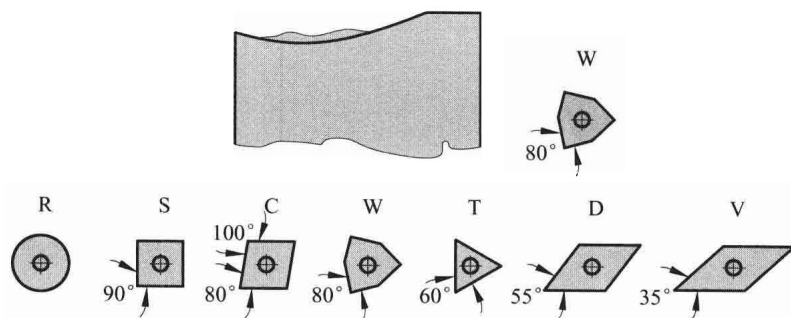


图 1-6 常用外圆机夹可转位车刀刀片形状及角度

4. 切刀的选择

(1) 切刀的几何形状和角度：切刀车削时是以横向进给为主，前端的切削刃是主切削刃，两侧的切削刃是副切削刃，一般切刀的主切削刃较窄，刀头较长，刀头强度比其他车刀差，所以在选择几何参数和切削用量时应特别注意。切刀的几何形状和角度如图 1-7 所示。

(2) 切刀的选用：切刀的宽度要适宜，要根据沟槽的宽度来选择；切削刃长度要大于槽深，以防撞到刀。机夹可转位切刀如图 1-8 所示。

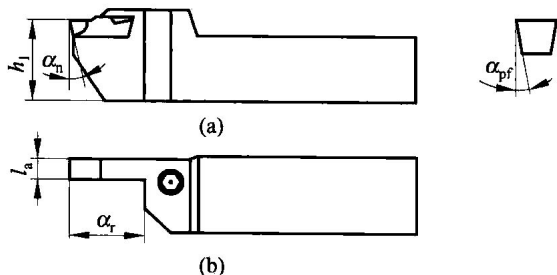


图 1-7 切刀的几何形状和角度

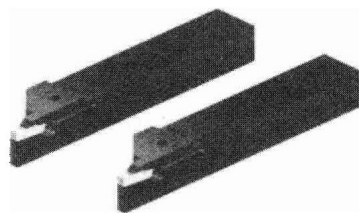


图 1-8 机夹可转位切刀

5. 车削外圆台阶工件常用的切削方法

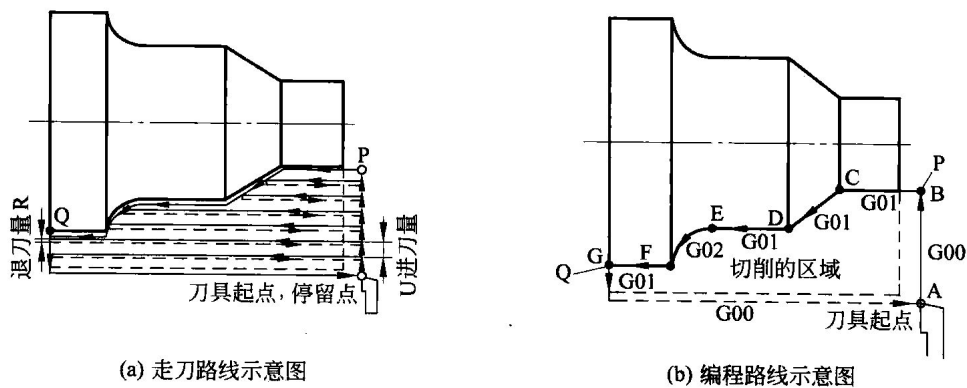
此加工任务可采用六种加工方法：

- (1) 外圆车削循环(G90)车削方法。
- (2) 端面车削循环(G94)车削方法。
- (3) 外圆轴向粗车循环(G71)车削方法。
- (4) 端面粗车循环(G72)车削方法。
- (5) 封闭切削循环(G73)车削方法。
- (6) 直线插补(G01)的车削方法。

根据图样要求,采用外圆轴向粗车循环(G71)和外圆精车循环(G70)的车削方法是最常用的方法。

6. 轴向粗车复合循环(G71)

外圆轴向粗切循环是一种复合固定循环,适用于外圆柱面需多次走刀才能完成的粗加工,走刀路线如图 1-9(a)所示,编程路线如图 1-9(b)所示。



(a) 走刀路线示意图

(b) 编程路线示意图

图 1-9 外圆轴向粗切循环走刀与编程路线示意图

(1) 编程格式：

G71 U(Δd)R(e)；

G71 P(ns)Q(nf)U(Δu)W(Δw)F(f)S(s)T(t)；

(2) 各参数的含义。式中, Δd ——背吃刀量,X方向进刀量(半径值),e——X方向退

刀量;ns——精加工轮廓程序段中开始程序段的段号;nf——精加工轮廓程序段中结束程序段的段号; Δu ——X轴向精加工余量(直径); Δw ——Z轴向精加工余量;f、s、t——F、S、T代码;F——粗加工进给速度。

(3) 注意:ns→nf程序段中的F、S、T功能,即使被指定也对粗车循环无效。零件轮廓必须符合X轴、Z轴方向同时单调增大或单调减少;X轴、Z轴方向非单调时,ns→nf程序段中第一条指令必须在X、Z向同时有运动。

(4) 刀具起点位置的设置: X方向进刀,Z方向切削。

(5) 刀具加工完毕停留位置: 刀具起点位置。

(6) 刀具选择: 偏刀。

7. 精加工循环(G70)

(1) 编程格式:

G70 P(ns)Q(nf);

(2) 主要事项: 其中,ns和nf与前述含义相同。在这里,G71、G72、G73程序段中的F、S、T指令都无效,只有在ns~nf程序段中F、S、T才有效。G70是在G71、G72、G73粗车后,才能用来精加工的,可跟在G71、G72、G73的后面。

(3) 在本加工任务的参考程序中N160和N210语句中间加入精加工程序(把G71留的余量U0.3 W0.1车去),即可完成精加工任务。

8. 本加工任务的工艺分析

(1) 选择工具: 工件装夹在三爪自定心卡盘中,用划线盘校正。其他工具见表1-1。

表 1-1 外圆、端面加工训练任务——工、量具清单

| 工、量具清单 | | | | | 图号 | 图 1-1 |
|--------|----|---------|------------------|--------|----|-------|
| 种类 | 序号 | 名称 | 规格 | 精度 | 单位 | 数量 |
| 工具 | 1 | 三爪自定心卡盘 | | | 个 | 1 |
| | 2 | 卡盘扳手 | | | 副 | 1 |
| | 3 | 刀架扳手 | | | 副 | 1 |
| | 4 | 垫刀片 | | | 块 | 若干 |
| | 5 | 划线盘 | | | 个 | 1 |
| 量具 | 1 | 游标卡尺 | 0~150mm | 0.02mm | 把 | 1 |
| | 2 | 千分尺 | 0~25mm 5~50mm | 0.01mm | 个 | 各 1 |
| | 3 | 半径样板 | R1~R6.5mm | | 个 | 1 |
| | 4 | 表面粗糙度样板 | | | 套 | 1 |

(2) 选择量具：外径用千分尺测量，长度用游标卡尺或金属直尺测量，表面粗糙度用表面粗糙度样板比对。量具的规格、参数见表 1-1。

(3) 选择刀具：粗、精加工外圆轮廓用 90° 外圆粗车刀，自右往左车削，对车刀副偏角无特别要求，只需车刀主偏角大于等于 90° 即可，选用切断刀。刀具具体规格见表 1-2 所示数控加工刀具卡。

表 1-2 外圆、端面加工训练任务——数控加工刀具卡

| 产品名称或代号 | | 数控车床实训任务一 | 零件名称 | 外圆、端面加工训练 | 零件图号 | 外圆、端面加工任务图 | |
|---------|-------|----------------------|------|-----------|---------|------------|-----|
| 序号 | 刀具号 | 刀具名称 | 数量 | 加工表面 | 刀尖半径 | 刀尖方位 | |
| 1 | T0101 | 90° 硬质合金粗、精车刀 | 1 | 粗、精车外轮廓 | 0.2mm | 3 | |
| 2 | T0202 | 硬质合金切断刀 | 1 | 切断 | 刀头宽 3mm | | |
| 编制 | | | 审核 | | 批准 | 共一页 | 第一页 |

(4) 数控车削外圆的加工工艺一般为：装夹毛坯件(伸出长度即 $40+20+6=66$)；选用刀具；试切对刀及检查；调整车床主轴速度及进给量；正确编写加工程序；检查程序；切削加工；加工完毕，测量检查各部分尺寸并校验。具体加工工序见表 1-3。

表 1-3 外圆、端面加工训练任务——数控加工工序卡

| 单位名称 | | 实习工厂 | | 产品名称或代号 | 零件名称 | | 零件图号 | |
|------|----------------|-------|-----------------|---------------|---------------|---------|------------|-----|
| | | | | 数控车床实训任务一 | 外圆、端面加工 | | 外圆、端面加工任务图 | |
| 工序号 | | 程序编号 | | 夹具名称 | 使用设备 | 数控系统 | 车间 | |
| 001 | | O0001 | | 三爪自定心卡盘 | CK6140 | 法那克 Oi | 实习车间 | |
| 工步号 | 工步内容 | 刀具号 | 刀具规格 (mm×mm) | 转速 (r/min) | 进给量 (mm/r) | 背吃刀量/mm | 备注 | |
| 1 | 车端面 | T0101 | 20×20 | 500 | 0.2 | 1.0 | 自动 | |
| 2 | 粗车外轮廓留余量 0.2mm | T0101 | 20×20 | 500 | 0.2 | 1.5 | 自动 | |
| 3 | 精车各表面至尺寸 | T0101 | 20×20 | 800 | 0.08 | 0.5 | 自动 | |
| 4 | 切断，控制总长 | T0202 | 20×20 | 500 | 0.1 | 1 | 自动 | |
| 编制 | | | 审核 | | 批准 | | 共一页 | 第一页 |

9. 本加工任务的参考程序

外圆、端面加工训练任务 FANUC 系统参考程序见表 1-4。

表 1-4 外圆、端面加工训练任务 FANUC 系统参考程序

| 程序段号 | 程序内容 | 动作说明 |
|-------|-------------------------|--------------------------|
| O0001 | | 程序名——外圆加工程序 |
| N10 | G97 G99 M03 S500; | 粗加工主轴转速为 500r/min |
| N20 | T0101 F0.2; | 换 1 号刀,进给量为 0.2mm/r |
| N30 | G00 X37. Z2.; | 快速定位于循环起点 |
| N40 | G71 U1.5 R0.5; | 外径粗车循环 |
| N50 | G71 P60 Q130 U0.3 W0.1; | X 方向精加工余量为 0.3,Z 方向为 0.1 |
| N60 | G00 X18.; | |
| N70 | G01 X18 Z-10.; | |
| N80 | X22.; | |
| N90 | Z-21.; | |
| N100 | X28.; | |
| N110 | Z-33.; | |
| N120 | X32.; | |
| N130 | Z-44.; | N60~N130 间的程序为精加工程序 |
| N140 | G00 X100.; | 刀具运动至换刀点 |
| N150 | Z100.; | |
| N160 | G97 G99 M03 S800; | 精加工主轴转速为 800r/min |
| N170 | T0101 F0.08 | 进给量为 0.08mm/r |
| N180 | G00 X37. Z2.; | 快速定位于循环起点 |
| N190 | G70 P60 Q130 | 外径精车循环 |
| N200 | G00 X100.; | 刀具运动至换刀点 |
| N210 | Z100.; | |
| N220 | G97 G99 M03 S500; | 主轴转速为 500r/min |
| N230 | T0202 F0.1; | 换 2 号切断刀,进给量为 0.1mm/r |
| N240 | G00 X34. Z-43.; | 快速定位于切循环起点 |
| N250 | G01 X0.; | 切进刀 |
| N260 | G01X34.; | 退刀 |