



职业技能训练用书

SHUKONG CHEGONG

数控车工

(高级)

李红波 张伟峰 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

职业技能训练用书

数控车工

(高级)

主 编 李红波 张伟峰

副主编 王 建 何丽丽 朱立新

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书为数控车工职业技能训练用书,内容上涵盖了国家职业标准《数控车工(高级)》的知识和技能要求。本书坚持以能力为本,采用技能模块的模式,重视技能方面的指导,确保达到数控车工高级技能的培养目标。采用“以学生为中心取代以教师为中心、以生产实习场地取代教学楼”的形式。本书的主要内容包括:轴类零件的技能训练、盘套类零件的技能训练、螺纹零件的技能训练、宏程序加工零件的技能训练、配合类零件的技能训练以及综合零件的技能运用。

本书可作为职业院校和培训机构的技能训练用书,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控车工:高级/李红波,张伟峰主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 8

职业技能训练用书

ISBN 978-7-111-31402-8

I. ①数… II. ①李…②张… III. ①数控机床:车床-车削-技术培训-教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第144010号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:朱华 责任编辑:宋亚东 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:陈沛 责任印制:杨曦

北京四季青印刷厂印刷(三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2010年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·10印张·242千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31402-8

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

职业技能训练是培养技能型人才的重要途径之一，教材的质量直接影响着技能型人才培养的质量。目前，突出技能培养的教材匮乏，多数内容陈旧，迫切需要一套与国家职业标准对接的适合于技能培训的教材。

本书正是以国家职业标准为依据，以客观反映目前本职业技能标准对从业人员的要求为目标，在充分考虑社会经济发展和产业结构多元化对本职业影响的基础上，重点突出对从业人员动手操作能力和技能技巧的培养。

本书的主要内容有：轴类零件的技能训练；盘套类零件的技能训练；螺纹零件的技能训练；宏程序加工零件的技能训练；配合类零件的技能训练；综合零件的技能运用六个训练模块。每个模块下又涵盖若干个操作项目，每个操作项目包括：主要技术准备；训练内容、目的及训练前准备工作；工艺分析及加工步骤；加工注意事项。使学员通过训练后达到学以致用，巩固提高基本技能和技巧的目的。本书的编写特点是：

1. 以职业能力建设为核心，在职业分析、专项能力构成分析的基础上，把知识和技能重新进行整合，注重技能的培养。
2. 内容上涵盖国家职业标准对数控车工（高级）的技能要求，注重社会发展和就业需求，从而实现对培训人员实际操作技能和职业能力的培养。
3. 以模块和项目形式构建训练体系。一个模块包含若干个项目，一个项目就是一个知识点，重点突出，主题鲜明。
4. 以项目训练为基础，从提出训练目的和要求开始，设定训练内容，突出操作技能的培养。

本书由李红波和张伟峰任主编，王建、何丽丽和朱立新任副主编，王灿主审，朱丽军参审。

在本书的编写过程中，得到省、市人力资源和社会保障部及一些高等职业技术学院、高级技校的大力支持，在此表示衷心的感谢！同时，希望广大读者对本书提出宝贵的意见和建议，以便加以完善和补充。

编 者

目 录

| | | |
|-------------------------|-----------------------|-----|
| 前言 | 项目二 抛物线轴的加工 | 79 |
| 模块一 轴类零件的技能训练 | 项目三 椭圆轴的加工 | 87 |
| 项目一 带孔、圆弧和螺纹的轴的加工 | 项目四 其他非圆曲线轴的加工 | 97 |
| 项目二 较大螺纹长轴的加工 | 项目五 蜗杆零件的加工 | 102 |
| 项目三 细长轴的加工 | 模块五 配合类零件的技能训练 | 111 |
| 模块二 盘套类零件的技能训练 | 项目一 锥面和圆弧面配合件的加工 | 111 |
| 项目一 内螺纹锥孔套零件的加工 | 项目二 椭圆和螺纹配合件的加工 | 118 |
| 项目二 薄壁套零件的加工 | 项目三 梯形螺纹和沟槽配合件的加工 | 128 |
| 项目三 深孔零件的加工 | 模块六 综合零件的技能运用 | 143 |
| 项目四 外压环零件的加工 | 项目一 轴类零件的技能运用 | 143 |
| 模块三 螺纹零件的技能训练 | 项目二 盘套类零件的技能运用 | 144 |
| 项目一 梯形螺纹轴的加工 | 项目三 螺纹类零件的技能运用 | 145 |
| 项目二 多线螺纹轴的加工 | 项目四 宏程序加工零件的技能运用 | 147 |
| 项目三 变导程螺纹轴的加工 | 项目五 配合类零件的技能运用 | 148 |
| 模块四 宏程序加工零件的技能训练 | 参考文献 | 153 |
| 项目一 宏程序的基础知识 | | |

香 港

模块一

轴类零件的技能训练

项目一 带孔、圆弧和螺纹的轴的加工

[学习目标]

1. 了解带孔、圆弧和螺纹的轴零件的加工步骤和方法
2. 掌握带孔、圆弧和螺纹的轴零件的装夹方式、切削用量的选择
3. 巩固 G71 指令与 G92 指令的使用方法

一、主要技术准备

1. 基本概念

由内孔、圆弧和外三角形螺纹连接而成的轴类工件。

2. 带孔、圆弧和螺纹的轴的一般技术要求

- (1) 尺寸精度 较高的尺寸精度。
- (2) 较小的表面粗糙度值 $Ra = 1.6 \sim 3.2 \mu\text{m}$ 。
- (3) 几何公差 圆跳动、同轴度、圆柱度等。
- (4) 外三角形螺纹 较小的中径公差。

国家职业标准（高级）对轴类零件加工后应达到公差等级的要求是：

- 1) 尺寸精度。直径尺寸 IT6 不少于两处。
- 2) 几何公差等级。IT8（圆柱度 0.03mm）、垂直度（0.03mm），同轴度（ $\phi 0.03\text{mm}$ ）。
- 3) 表面粗糙度。外圆柱的表面粗糙度值 $Ra = 1.6 \mu\text{m}$ 不少于两处。

3. 刀具的选择

在加工圆弧类零件时，为保证圆弧精度和较低的表面粗糙度值，应选择机械夹固式可转位外圆车刀车外形（见图 1-1a）、采用机械夹固式可转位内圆车刀车内形（见图 1-1b）。

4. 切削用量的选择

选用带刀尖圆弧半径的车刀加工时，由于刀尖的强度高故粗车常选用较大的进给量（见表 1-1），精车时适当选择较小的进给量。作为经验法则，进给量一般为 $f = 0.5 \times$ 刀尖半径。刀尖圆弧对表面粗糙度的影响也很大，它们的关系见表 1-2。

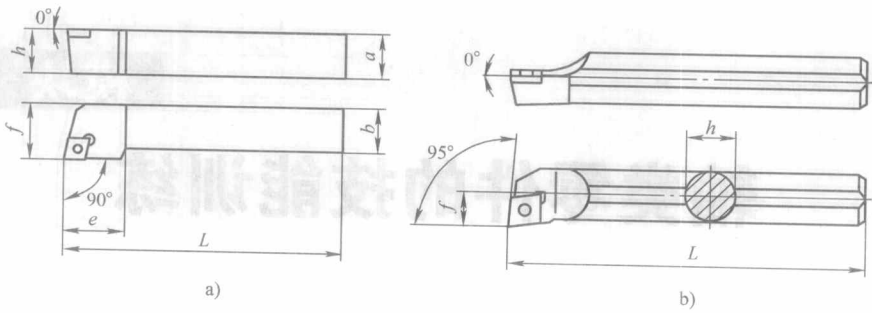


图 1-1 机械夹固式可转位车刀

a) 外圆车刀 b) 内圆车刀

表 1-1 刀尖半径最大进给量

| 刀尖半径 R/mm | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.2 | 1.6 | 2.4 |
|--------------------------------|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| 推荐进给量 $f/(\text{mm}/\text{r})$ | 0.1~0.25 | 0.25~0.35 | 0.4~0.7 | 0.5~1.0 | 0.7~1.3 | 1.0~1.8 |

表 1-2 表面粗糙度与刀尖半径和进给量的关系

| $Ra/\mu\text{m}$ | 刀尖半径 (mm) 及进给量 (mm/r) | | | | |
|------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|
| | $R=0.2$ | $R=0.4$ | $R=0.8$ | $R=1.2$ | $R=1.6$ |
| 12.5~25 | — | — | 0.51 | 0.69 | 0.88 |
| 6.3~25 | — | 0.27 | 0.43 | 0.56 | 0.68 |
| 4.9~6.3 | 0.20 | 0.25 | 0.37 | 0.49 | 0.57 |
| 4.0~4.9 | 0.18 | 0.22 | 0.32 | 0.41 | 0.47 |
| 2.5~4.0 | 0.15 | 0.20 | 0.28 | 0.36 | 0.39 |
| 1.6~2.5 | 0.1 | 0.15 | 0.22 | 0.29 | 0.31 |
| 1.0~1.6 | 0.05 | 0.10 | 0.13 | 0.18 | 0.20 |

5. 带孔、圆弧和螺纹的轴的装夹

粗车时使用一夹一顶装夹，精车时用双顶尖装夹的方式。

6. 车带孔、圆弧和螺纹的轴的编程指令 (G71、G92)

(1) 外 (内) 径粗车复合循环 G71

功能：适用于棒料毛坯，粗车外圆或粗车内径，以切除较大余量的毛坯。当给出如图 1-2 所示的粗车循环过程 $A \rightarrow A' \rightarrow B$ 及每次背吃刀量，就会进行平行于 Z 轴的多次切削，最后再按预留的径向精车余量 $\Delta u/2$ 、轴向精车余量 Δw ，使用 G70 指令进行精加工。

指令格式：G71 U(Δd) R(e);

G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t);

其中， Δd ：X 向每次背吃刀量（半径指定）。不指定正负符号。切削方向依照 AA' 的

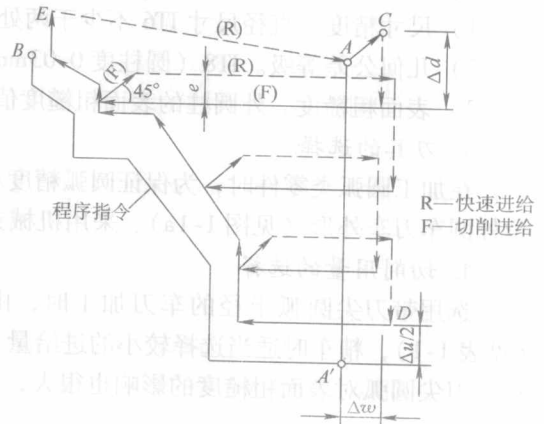


图 1-2 G71 粗车循环过程

方向决定，在另一个值指定前不会改变。由 FANUC 系统参数 (NO.0717) 指定。

e: 退刀量。状态指定，在另一个值指定前不会改变。由 FANUC 系统参数 (NO.0718) 指定。

ns: 精加工形状程序的第一个段号。

nf: 精加工形状程序的最后一个段号。

Δu : X 方向精加工余量的距离 (直径/半径) 及方向。

Δw : Z 方向精加工余量的距离及方向。

f、*s*、*t*: 包含在 *ns* 到 *nf* 程序段中的任何 F、S 或 T 功能在循环中被忽略，而在 G71 程序段中的 F、S 或 T 功能有效。

说明:

① 使用 G71 时，零件沿 X 轴的外形必须单调递增或单调递减。

② 粗车循环过程中从 N (*ns*) 到 N (*nf*) 之间的程序中的 F、S 功能均被忽略，只有 G71 指令中指定的 F、S 功能有效。

③ 在粗车循环过程中，刀尖半径补偿功能无效。

(2) 精加工循环 G70

功能: 使用 G71、G72、G73 指令完成零件的粗车加工之后，可以用 G70 指令进行精加工，切除粗车循环中留下的余量。

指令格式: G70 P(*ns*) Q(*nf*);

其中，*ns*: 精加工形状程序的第一个段号;

nf: 精加工形状程序的最后一个段号。

说明:

① 在 G71 程序段中规定的 F、S 和 T 功能对于 G70 无效，但在执行 G70 时顺序号 *ns* ~ *nf* 程序段之间的 F、S 和 T 功能有效。

② 当 G70 循环加工结束时，刀具返回到起点并读下一个程序段。

③ G70 到 G71 中 *ns* ~ *nf* 程序段不能调用子程序。

(3) 螺纹切削循环指令 G92

指令格式

G92 X(U) _Z(W) _F_

其中，X、Z: 绝对编程时，有效螺纹终点在工件坐标系中的坐标。

U、W: 增量编程时，螺纹终点 C 相对于循环起点 A 的有向距离。

F: 螺纹导程。

执行该指令时，螺纹加工的走刀轨迹为 A→B→C→D→A。如图 1-3 所示，在加工螺纹过程中，刀具先沿 X 轴进刀至 B 点。第二步刀具沿 Z 轴切削螺纹，当到达 C 点时，刀具回退。第三步刀具沿 X 轴退至 X 初始坐标位置 D 点。第四步沿 Z 轴退刀至 Z 初始坐标位置 A 点，完成螺纹指令的一次循环加工。

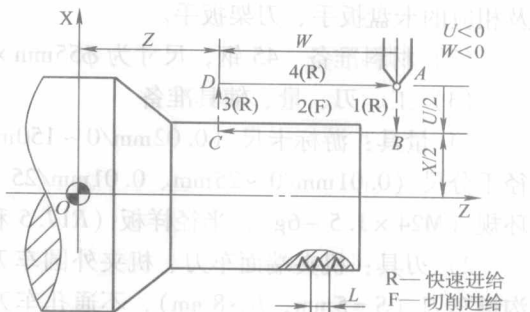


图 1-3 G92 螺纹切削循环

二、训练内容、目的及训练前准备工作

1. 训练内容

带孔、圆弧和螺纹轴的加工训练如图 1-4 所示。

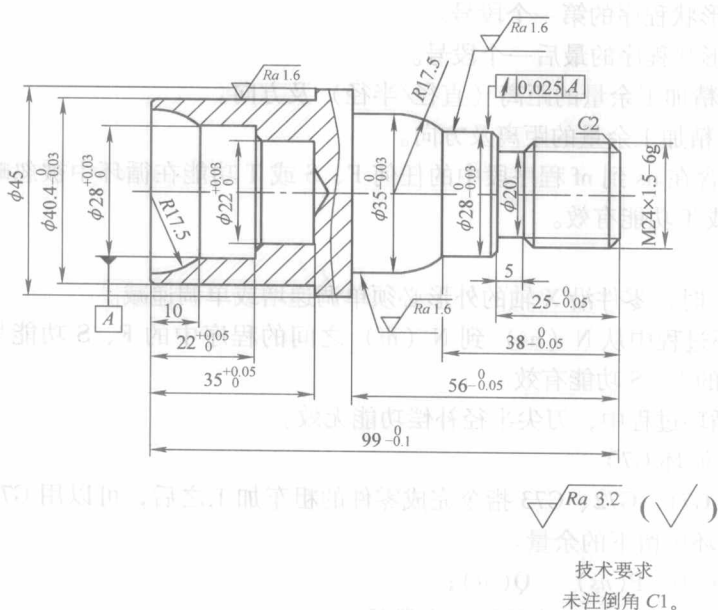


图 1-4 带孔、圆弧和螺纹轴的加工训练

2. 训练目的

- 1) 了解轴类零件加工的一般技术要求。
- 2) 掌握轴类零件加工方法。
- 3) 会运用编程指令对带孔、圆弧和螺纹的轴进行编程。
- 4) 加工圆弧时, 会使用刀尖圆弧半径补偿功能保证圆弧加工精度。
- 5) 按图样完成带孔、圆弧和螺纹的轴的车削加工并达到技术要求, 工时定额 150min。

3. 加工训练前的各项准备

(1) 设备准备 数控车床 (有冷却装置), 型号为 CK6140 或 CK6136, 系统 FANUC 0i 及相应的卡盘扳手、刀架扳手。

(2) 材料准备 45 钢, 尺寸为 $\phi 55\text{mm} \times 105\text{mm}$ 一件。

(3) 工、刃、量、辅具准备

1) 量具: 游标卡尺 (0.02mm/0 ~ 150mm); 游标深度卡尺 (0.02mm/0 ~ 200mm); 外径千分尺 (0.01mm/0 ~ 25mm、0.01mm/25 ~ 50mm); 内径指示表 ($\phi 18 \sim \phi 35\text{mm}$); 螺纹环规 (M24 \times 1.5 - 6g); 半径样板 (R17.5 和 R4)。

2) 刃具: 机夹端面车刀、机夹外圆车刀, 外三角形螺纹车刀 (60° , $P = 1.5\text{mm}$), 外沟槽车刀 ($S = 5\text{mm}$, $L > 8\text{mm}$), 不通孔车刀 ($\phi 22\text{mm} \times 40\text{mm}$), 麻花钻 ($\phi 20\text{mm}$), 中心钻 (A 2.5mm)。

3) 工、辅具: 常用工具和铜皮; 前堵头、后顶尖; 鸡心夹头; 莫氏过渡套; 钻夹头

($\phi 1 \sim \phi 13\text{mm}$)；活扳手和内六角扳手；润滑剂及清扫工具等。

三、带孔、圆弧和螺纹的轴的工艺分析及加工步骤

1. 带孔、圆弧和螺纹的轴的工艺分析

1) 该轴左右两端的直径变化较大，外径尺寸要求较严。右端外圆上分布有沟槽、圆弧和螺纹，有一定的加工精度要求，左端有直径较小的内孔和内圆弧，并且内孔对右端外圆有径向圆跳动要求。加工时可以先采用一夹一顶装夹粗车，车孔完成后以孔定位再车一堵头，采用一夹一顶装夹方式精加工外形。

2) 零件轮廓有圆弧，对于这类零件，应采用 G71、G70 复合循环指令进行编程加工，外螺纹采用 G92 指令进行编程加工。

3) 两次装夹加工都将工件坐标系原点设定在其装夹后工件的右端面中心上。工件加工程序的起始点和换刀点都设在 X100、Z10 位置。

2. 带孔、圆弧和螺纹的轴的加工工艺流程

下料→车端面、钻中心孔→粗车右端外形→掉头取总长→粗、精车左端内形和外圆→车堵头→一夹一顶装夹，精车右端外形及螺纹→检查工件、交验。

3. 带孔、圆弧和螺纹的轴的加工步骤

1) 坯料用三爪自定心卡盘装夹，车右端面，钻中心孔。

2) 粗车右端外形 $\phi 35_{-0.03}^0\text{mm}$ 外圆， $\phi 28_{-0.03}^0\text{mm}$ 外圆，留 1~2mm 余量。

3) 掉头夹持 $\phi 35_{-0.03}^0\text{mm}$ 外圆，车端面控制总长，钻 $\phi 20\text{mm}$ 孔。

4) 粗、精车外圆 $\phi 40.4_{-0.03}^0\text{mm}$ 、 $\phi 45\text{mm}$ 至尺寸要求，保证长度 $35_{+0.05}^0\text{mm}$ ，倒角 C1。

5) 粗、精车内孔 $\phi 22_{+0.03}^0\text{mm}$ 、 $\phi 28_{+0.03}^0\text{mm}$ 和 R17.5mm 圆弧至尺寸要求，保证长度 $35_{+0.05}^0\text{mm}$ 、 $22_{+0.05}^0\text{mm}$ 、10mm 和倒角 C1。

6) 车堵头一夹一顶装夹，精车右端 $\phi 35_{-0.03}^0\text{mm}$ 外圆、 $\phi 28_{-0.03}^0\text{mm}$ 外圆，R17.5mm 圆弧，外沟槽，外三角形螺纹 M24 × 1.5 - 6g 至尺寸要求，并保证长度 $56_{-0.05}^0\text{mm}$ 、 $38_{-0.05}^0\text{mm}$ 和 $25_{-0.05}^0\text{mm}$ 。

7) 检查各尺寸合格后，卸下工件。

4. 参考程序

程序卡见表 1-3。

表 1-3 程序卡 (供参考)

| 数控车床 程序卡 | 编程原点 | 工件前端面与轴线交点 | | | 编程系统 | FANUC Oi |
|-------------------------------------|--------------------|----------------|---------|---------|------|----------|
| | 零件名称 | 带孔、圆弧和 螺纹的轴 | 零件图号 | 图 1-4 | 材料 | 45 钢 |
| | 机床型号 | CK6136 | 夹具名称 | 三爪自定心卡盘 | 实训车间 | 数控中心 |
| 工序一：用三爪自定心卡盘夹持毛坯外圆，车端面，钻中心孔，粗车右端外轮廓 | | | | | | |
| 程序号 | 程序 | | 简要说明 | | | |
| 序号 | O1001—1； | | 程序名 | | | |
| N010 | G50 X100.0 Z100.0； | | 建立工件坐标系 | | | |

(续)

| 程序号 | 程序 | 简要说明 |
|--|--------------------------------|--|
| 序号 | O1001—1; | 程序名 |
| N020 | T0101 M03 S800; | 主轴正转 800r/min, 选择 1 号外圆车刀 |
| N030 | G00 G99 X55.0 Z5.0; | 快速定位至 $\phi 55\text{mm}$ 直径, 距端面正向 5mm |
| N040 | G90 X47.0 Z-55.0 F0.3; | G90 外圆切削固定循环 |
| N050 | X41.0; | |
| N060 | X37.0; | |
| N070 | X30.0 Z-37.0; | |
| N080 | X26.0 Z-24.0; | |
| N090 | G00 X100.0 Z100.0 M05; | 返回刀具换刀点, 停主轴 |
| N100 | M30; | 程序结束 |
| 工序二: 掉头用三爪自定心卡盘夹持 $\phi 37\text{mm}$ 外圆, 车总长, 钻孔, 粗、精车左端轮廓 | | |
| 程序号 | 程序 | 简要说明 |
| 序号 | O1001—2; | 程序名 |
| N010 | G50 X100.0 Z100.0; | 建立工件坐标系 |
| N020 | T0202 M03 S800; | 主轴正转 800r/min, 选择 2 号端面车刀 |
| N030 | G00 G99 X55.0 Z5.0; | 快速定位至 $\phi 55\text{mm}$ 直径, 距端面正向 5mm |
| N040 | G94 X20.0 Z3.0 F0.3; | 用 G94 端面固定循环车工件总长 |
| N050 | Z1.0; | |
| N060 | Z0.0 F0.1; | |
| N070 | G00 X100.0 Z100.0; | 返回刀具换刀点 |
| N080 | T0101 M03 S800; | 主轴正转 800r/min, 选择 1 号外圆车刀 |
| N090 | G00 X55.0 Z5.0; | 快速定位至 $\phi 55\text{mm}$ 直径, 距端面正向 5mm |
| N100 | G90 X50.0 Z-35.0 F0.2; | G90 外圆切削固定循环 |
| N110 | X41.0; | |
| N120 | X40.4 F0.1 S1500; | |
| N130 | G00 X100.0 Z100.0; | 返回刀具换刀点 |
| N140 | T0303 M03 S600; | 主轴正转 600r/min, 选择 3 号内孔车刀 |
| N150 | G00 X20.0 Z5.0; | 快速定位至 $\phi 20\text{mm}$ 直径, 距端面正向 5mm |
| N160 | G71 U1.5 R1.0; | 用 G71 复合循环粗车左端内轮廓 |
| N170 | G71 P180 Q250 U-0.5 W0.1 F0.2; | |
| N180 | G00 G41 X35.0 S800; | 左端内轮廓精加工程序 |
| N190 | G01 Z0.0; | |
| N200 | G03 X28.0 Z-10.0 R17.5; | |
| N210 | G01 Z-22.0; | |
| N220 | X24.0; | |
| N230 | X22.0 Z-23.0; | |

(续)

| 程序号 | 程序 | 简要说明 |
|-----------------------|------------------------------|--|
| 序号 | O1001—2; | 程序名 |
| N240 | Z-35.0; | 左端内轮廓精加工程序 |
| N250 | X20.0; | |
| N260 | G70 P180 Q250 F0.1; | G70 精车指令 |
| N270 | G00 Z100.0 M05; | 返回刀具换刀点, 停主轴 |
| N280 | M30; | 程序结束 |
| 工序三: 用一夹一顶装夹, 精车右端外轮廓 | | |
| 程序号 | 程序 | 简要说明 |
| 序号 | O1001—3; | 程序名 |
| N010 | G50 X100.0 Z10.0; | 建立工件坐标系 |
| N020 | T0101 M03 S800; | 主轴正转 800r/min, 选择 1 号外圆车刀 |
| N030 | G00 G99 X55.0 Z5.0; | 快速定位至 $\phi 55\text{mm}$ 直径, 距端面正向 5mm |
| N040 | G71 U1.5 R1.0; | 用 G71 复合循环车右端外轮廓 |
| N050 | G71 P60 Q150 U0.5 W0.1 F0.2; | |
| N060 | G00 C42 X19.8 S1200; | 右端外轮廓精加工程序 |
| N070 | G01 Z0.0; | |
| N080 | X23.8 Z-2.0; | |
| N090 | Z-25.0; | |
| N100 | X26.0; | |
| N110 | X28.0 W-1.0; | |
| N120 | Z-38.0; | |
| N130 | G03 X35.0 W-10.5 R17.5; | |
| N140 | G01 Z-56.0; | |
| N150 | X55.0; | |
| N160 | G70 P60 Q150 F0.1; | G70 精车指令 |
| N170 | G00 X100.0 Z10.0; | 返回刀具换刀点 |
| N180 | T0404 M03 S300; | 主轴正转 300r/min, 选择 4 号外沟槽车刀 |
| N190 | G00 X30.0 Z-25.0; | 快速定位至 $\phi 30\text{mm}$ 直径, 外沟槽上 |
| N200 | X20.0; | 车外沟槽 |
| N210 | X30.0; | 退刀 |
| N220 | G00 X100.0 Z10.0; | 返回刀具换刀点 |
| N230 | T0505 M03 S800; | 主轴正转 800r/min, 选择 5 号外螺纹车刀 |
| N240 | G00 X26.0 Z5.0; | 快速定位至 $\phi 26\text{mm}$ 直径, 距端面正向 5mm |
| N250 | G92 X23.0 Z-21.0 F1.5; | G92 螺纹固定循环车螺纹 |
| N260 | X22.5; | |
| N270 | X22.3; | |
| N280 | X22.05; | |
| N290 | G00 X100.0 Z10.0 M05; | 返回刀具换刀点, 停主轴 |
| N300 | M30; | 程序结束 |

四、带孔、圆锥、三角形螺纹的轴的加工注意事项

1. 编程加工要点

- 1) 从螺纹粗加工到精加工, 主轴的转速必须保持一致。
- 2) 使用 G71 粗车复合循环指令时, ns 程序段内不能有 Z 向移动。
- 3) 刀尖圆弧半径补偿指令对圆弧半径和圆弧尺寸的影响非常大, 应正确使用刀尖圆弧半径补偿。
- 4) 对刀后输入 X、Z 坐标值时, 注意刀尖位置不能移动, 输入对刀值的位置应与程序一一对应。
- 5) 在粗车后手动退刀测量工件尺寸, 之后用 G70 精车前刀具应先退回到循环起点上, 否则会碰到工件。
- 6) 内孔对右端外圆有 0.025mm 的径向圆跳动要求, 精加工时应以孔轴线为定位基准采用一夹一顶的装夹方式加工完成。

2. 检测要点

- 1) 外圆尺寸可用外径千分尺直接检测, 检测时外径千分尺的两量爪应通过轴线。
- 2) 表面粗糙度可用光学仪器或表面粗糙度比较样块对照检测。
- 3) 径向圆跳动动的检测可把工件安放在 V 形架上用指示表间接检测。
- 4) 圆弧用样板测量时, 应对准工件中心, 通过观察样板与工件之间的间隙大小来修整。

3. 安全要点

- 1) 一夹一顶装夹车削时应注意换刀点的位置, 以防机床碰撞尾座。
- 2) 一夹一顶装夹车削时应随时观察工件在两顶尖间的松紧情况, 防止过紧或过松。
- 3) 如果用塞规检验孔, 车孔刀离开工件应远一些, 拉出塞规时用力要适当, 防止把手碰伤。
- 4) 在加工工件过程中, 要注意在中间检验工件质量, 如果加工时出现异常, 应停止加工并采取相应措施。
- 5) 自动加工时, 应关闭防护门。

项目二 较大螺纹长轴的加工

[学习目标]

1. 了解较大螺纹长轴零件的加工步骤和方法
2. 掌握较大螺纹长轴零件的装夹方式和切削用量的选择
3. 巩固 G73 指令与 G76 指令的使用方法

一、主要技术准备

1. 基本概念

由外三角形螺纹及不同直径的外圆组成的台阶轴且台阶之间由圆弧连接, 总长大于 600mm 的轴类工件。

2. 较大螺纹长轴的一般技术要求

- (1) 尺寸精度 较高的尺寸精度。
- (2) 较小的表面粗糙度值 $Ra1.6 \sim 3.2\mu\text{m}$ 。
- (3) 几何公差 直线度、圆跳动、同轴度、圆柱度等。
- (4) 外三角形螺纹 较小的中径公差。

3. 刀具的选择

在加工半圆时，一般不使用外圆车刀和 35° 成形车刀。应选择机械夹固式可转位外圆弧车刀作为切削刀具，为了保证刀具的后面在加工过程中不与工件表面发生摩擦。外圆弧车刀如图1-5所示。

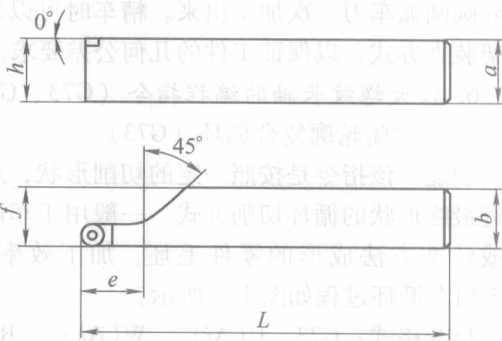


图1-5 外圆弧车刀

4. 较大螺纹长轴的装夹

1) 一夹一顶装夹的装夹方法在粗车时工件装夹刚性较好，应用较为广泛，但装夹前应先钻好中心孔，钻中心孔时可使用中心架。

2) 两顶尖间装夹精车的装夹方法没有定位误差，多次掉头装夹仍能保证工件的同轴度要求，但工件的装夹刚性差，容易引起振动。

3) 由于此工件粗大笨重且两端有同轴度要求，精车时可以采用中心架的支撑方式。中心架（见图1-6）是车床的附件，在车削细长轴或不能穿过主轴孔的粗长工件以及孔与外圆的同轴度要求较高的较长工件时往往被采用，可以增强工件的刚性，保证同轴度要求。使用中心架支撑的关键是中心架与工件表面接触的三个支撑爪的圆心必须与车床主轴的回转轴心一致。使用前要先在工件支撑部位车出安放支撑爪的外圆或沟槽，该外圆和沟槽要有较小的表面粗糙度值（ $Ra1.6\mu\text{m}$ ）和较高的形状精度（圆度误差 $<0.05\text{mm}$ ），宽度大于支撑爪。用中心架支撑工件时，先调整下面的两个支撑爪，再调整上面的支撑爪，使它们与工件轻轻接触，并用润滑油润滑。掉头车削时，用中心架的三个支撑爪轻轻支撑已加工表面。

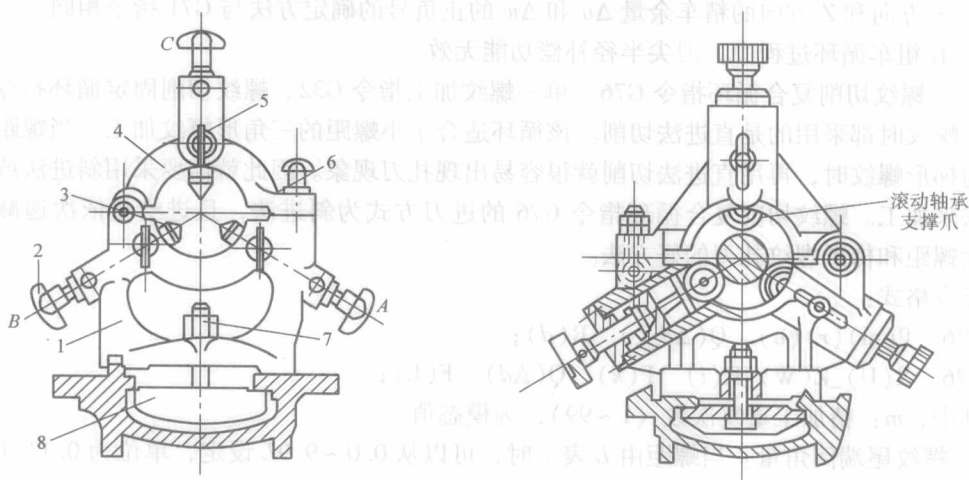


图1-6 中心架

- 1—支架 2—调整螺钉 3—支撑爪 4—上盖 5、6—螺钉 7—螺母 8—压板

5. 较大螺纹长轴的车削方法

用一夹一顶装夹粗车时,为防止轴向位移,可利用工艺台阶(或在主轴孔前端安装一个限位支撑)。车削凹圆弧时,为了不产生接刀痕,可以使用外圆圆弧车刀一次加工出来。精车时可以采用中心架装夹方式,以保证工件的几何公差要求。

6. 较大螺纹长轴的编程指令(G73、G76)

(1) 封闭轮廓复合循环(G73)

功能:该指令是按照一定的切削形状,逐渐地接近最终形状的循环切削方式。一般用于车削经锻造或铸造方法成形的零件毛坯,加工效率很高,G73粗车循环过程如图1-7所示。

指令格式:G73 U(Δi) W(Δk) R(d)

G73 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw)

F(f) S(s) T(t)

其中, Δi :X轴方向的退刀距离(半径指定),由FANUC系统参数(NO.0719)指定。

Δk :Z轴方向的退刀距离(半径指定),由FANUC系统参数(NO.0720)指定。

d :分割次数。这个值与粗加工重复次数相同,由FANUC系统参数(NO.0719)指定。

ns :精加工形状程序的第一个段号。

nf :精加工形状程序的最后一个段号。

Δu :X方向精加工余量的距离(直径/半径)及方向。

Δw :Z方向精加工余量的距离及方向。

f, s, t :顺序号“ ns ”~“ nf ”程序段中的任何F、S或T功能在循环中被忽略,而在G73程序段中的F、S或T功能有效。

说明:

① X方向和Z方向的精车余量 Δu 和 Δw 的正负号的确定方法与G71指令相同。

② 在粗车循环过程中,刀尖半径补偿功能无效。

(2) 螺纹切削复合循环指令G76 单一螺纹加工指令G32、螺纹切削固定循环指令G92在加工螺纹时都采用的是直进法切削。该循环适合于小螺距的三角形螺纹加工,当螺距较大或者为梯形螺纹时,再用直进法切削就容易出现扎刀现象。因此就需要采用斜进法或左右进刀法来加工。螺纹切削复合循环指令G76的进刀方式为斜进法,且进给量依次递减,是解决大螺距和梯形螺纹扎刀的好方法。

指令格式:

G76 P(m)(r)(α) Q(Δd_{\min}) R(d);

G76 X(U)_Z(W)_R(i) P(k) Q(Δd) F(L);

其中, m :精加工重复次数(1~99),为模态值。

r :螺纹尾端倒角量。当螺距由 L 表示时,可以从 $0.0 \sim 9.9L$ 设定,单位为 $0.1L$ (两位数时从00到99)。

α :刀尖角度(两位数字),为模态值。在 80° 、 60° 、 55° 、 30° 、 29° 和 0° 六个角度中选

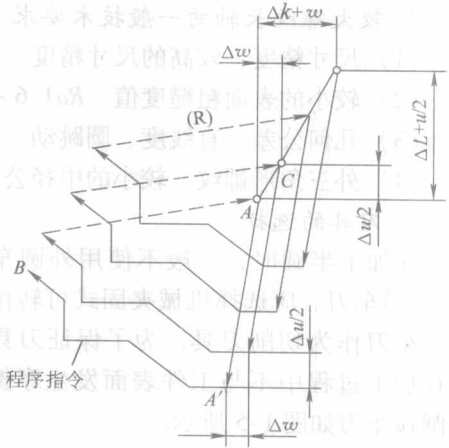


图 1-7 G73 粗车循环过程

一个。

Δd_{\min} : 最小背吃刀量 (半径值), 单位为 mm。当第 n 次背吃刀量 ($\Delta d \sqrt{n} - \Delta d \sqrt{n-1}$) 小于 Δd_{\min} 时, 则背吃刀量设定为 Δd_{\min} 。

d : 精加工余量 (半径值), 单位为 mm。

X 、 Z : 有效螺纹终点 C 的坐标。

i : 螺纹两端的半径差; 如 $i=0$, 则为圆柱螺纹切削方式。

k : 螺纹高度 (半径值), 单位为 mm。

Δd : 第一次背吃刀量 (半径值), 单位为 mm。

L : 螺纹导程。

说明:

① 螺纹切削复合循环指令 G76 的加工轨迹如图 1-8 所示。

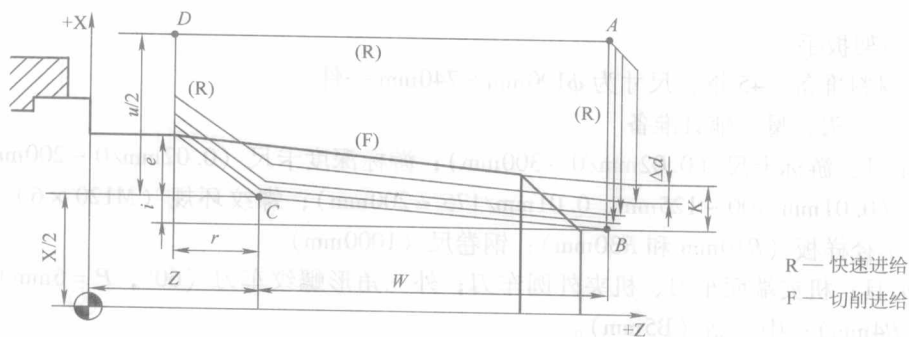


图 1-8 G76 的加工轨迹

② G76 指令车削螺纹的进刀方式为斜进法, 切削时为单边切削, 减小了刀尖的受力。第一次切削时的背吃刀量为 Δd , 第 n 次的总背吃刀量为 $\Delta d \sqrt{n}$, 每次循环的背吃刀量为 $\Delta d (\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$ 。斜进式切深如图 1-9 所示。

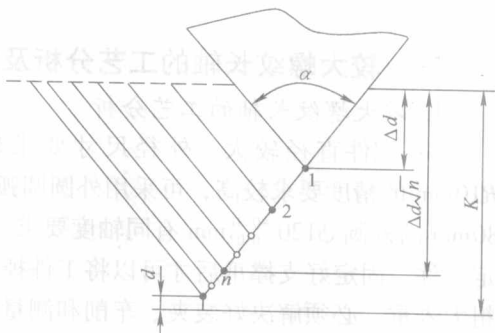


图 1-9 斜进式切深

二、训练内容、目的及训练前准备工作

1. 训练内容

较大螺纹长轴的训练内容如图 1-10 所示。

2. 训练目的

- 1) 了解较大螺纹长轴零件加工的一般技术要求。
- 2) 掌握较大螺纹长轴零件的装夹方法。
- 3) 会运用编程指令对较大螺纹长轴加工进行编程。
- 4) 加工圆弧时, 会使用刀尖圆弧半径补偿功能保证圆弧的加工精度。
- 5) 按图样完成较大螺纹长轴的车削加工并达到技术要求, 工时定额 300min。

3. 加工训练前的各项准备

- (1) 设备准备 数控车床 (有冷却装置), 型号为 CK6150, 系统 FANUC 0i 及相应的卡

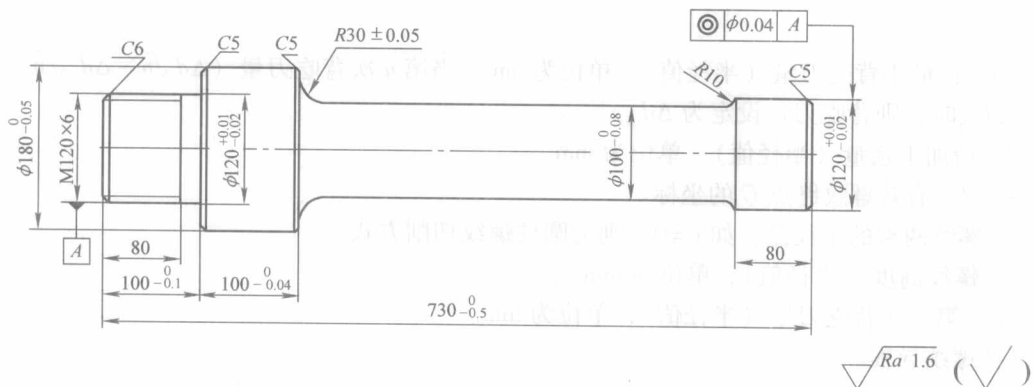


图 1-10 较大螺纹长轴

盘扳手、刀架扳手。

(2) 材料准备 45 钢, 尺寸为 $\phi 190\text{mm} \times 740\text{mm}$ 一件。

(3) 工、刃、量、辅具准备

1) 量具: 游标卡尺 (0.02mm/0 ~ 300mm); 游标深度卡尺 (0.02mm/0 ~ 200mm); 外径千分尺 (0.01mm/100 ~ 125mm、0.01mm/175 ~ 200mm); 螺纹环规 (M120 × 6) 或螺纹千分尺; 半径样板 (R10mm 和 R30mm); 钢卷尺 (1000mm)。

2) 刃具: 机夹端面车刀、机夹外圆车刀; 外三角形螺纹车刀 (60° , $P = 6\text{mm}$); 外圆弧车刀 (R4mm); 中心钻 (B5mm)。

3) 工、辅具: 常用工具和铜皮; 回转顶尖; 中心架; 莫氏过渡套; 钻夹头 ($\phi 1 \sim \phi 13\text{mm}$); 活扳手和内六角扳手; 润滑剂及清扫工具等。

三、较大螺纹长轴的工艺分析及加工步骤

1. 较大螺纹长轴的工艺分析

1) 该件直径较大, 外径尺寸要求较严, 最大直径为 $\phi 180\text{mm}$, 两处圆弧 R30mm、R10mm 的精度要求较高, 可采用外圆弧车刀加工。外三角形螺纹 M120 × 6 与右端长度为 80mm 的外圆 $\phi 120_{-0.02}^{+0.01}\text{mm}$ 有同轴度要求。较大螺纹长轴一端精加工完成后, 采用中心架固定工件, 固定好支撑爪后才可以将工件掉头装夹, 否则工件的同轴度无法保证。由于此工件粗大笨重, 必须解决好装夹、车削和测量等问题。

2) 零件的轮廓有凹圆弧, 对于这类零件应采用 G73 封闭复合循环指令进行编程加工, 外螺纹螺距较大时车削容易扎刀, 应采用斜进法, 即 G76 指令进行编程加工。

3) 每次装夹时都将工件坐标系原点设定在其装夹后的工件的右端面中心上。工件加工程序的起始点和换刀点都设在 X260、Z10 位置点。

2. 较大螺纹长轴的加工工艺流程

下料 → 车端面、钻中心孔 → 夹一顶粗车各外圆台阶 → 精车右端外形 → 装夹中心架精车左端。

3. 较大螺纹长轴的加工步骤

1) 坯料用三爪自定心卡盘装夹, 右端用专用顶尖固定车外圆或沟槽后, 用中心架支撑。