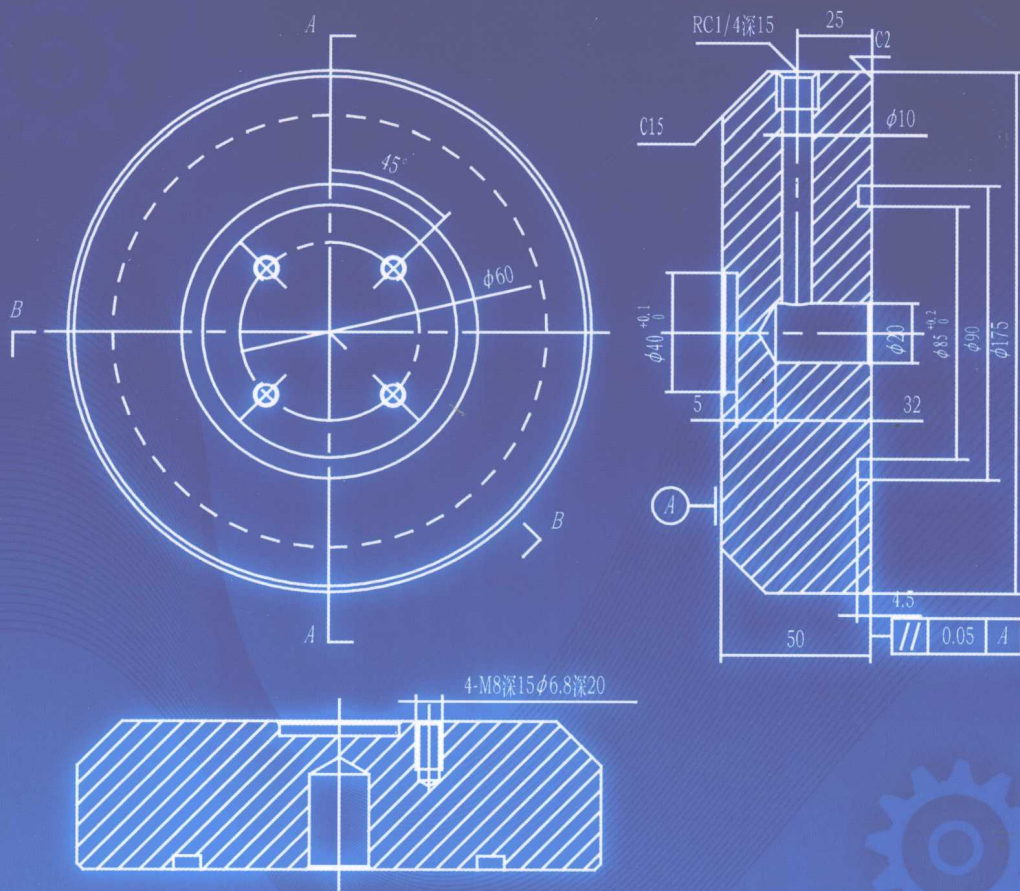


数控车削加工

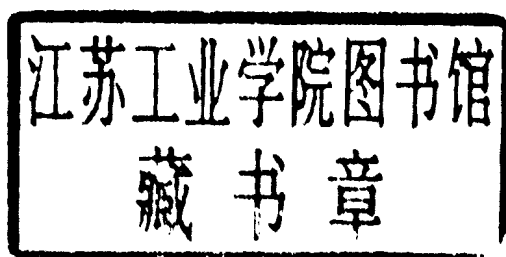
编程实例

宣振宇 主编



数控车削加工编程实例

宣振宇 主编



辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车削加工编程实例/宣振宇主编. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2009. 5

ISBN 978 - 7 - 5381 - 5675 - 1

I. 数… II. 宣… III. 数控机床: 车床 - 车削
IV. TG519. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 039341 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 16.75

字 数: 350 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2009 年 5 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 5 月第 1 次印刷

责任编辑: 高 鹏

封面设计: 康 健

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978 - 7 - 5381 - 5675 - 1

定 价: 30.00 元

联系电话: 024 - 23284062

邮购热线: 024 - 23284502

E - mail: lnkj1107@126.com

http: //www.lnkj.com.cn

本书主页: http: //lnkj.cn/uri.sh/shu kong 01

前 言

近年来,我国数控机床制造业发展迅速,数控机床种类规格齐全、功能完善。在企业生产中,数控机床的比率逐年提高,许多企业实现了机床数控化,即用数控机床取代了普通机床。因此,要求操作普通机床的技术人员也要掌握一些数控机床的操作和编程知识。为了适应数控车床操作人员学习与培训的需要,我们编写了此书。

本书以若干个生产中实际产品的加工为例,分别介绍了在 FANUC Oi 系统以及 SINUMERIK 802D 系统上加工程序的编写,使读者能了解数控程序的编写过程,了解这两种数控系统在加工程序编写中的区别。希望本书能帮助读者提高数控车床程序编写水平。

本书可作为数控车床操作人员的培训教材,也可作为机械加工其他工种工人学习数控知识用书,还可作为机械类中等职业学校师生的参考书。

本书的第一、第三章由大连开发区职业中专沙美华编写;第二、第四、第五章和第六、第七章的工艺部分由沈阳铁路机械学校宣振宇编写;第六、第七章 FANUC 系统编程部分由沈阳铁路机械学校郝文博编写;第六、第七章 SINUMERIK 系统编程部分由沈阳铁路机械学校王明实编写,参加本书编写工作的还有沈阳铁路机械学校的刘一波、殷红、郭宝德,沈阳机车车辆厂的高级工程师卢盛仕、张鹏等。

在本书编写过程中,得到了许多同行、同事、企业的帮助和支持,在此表示感谢。由于编者水平有限,书中的不当之处,期望读者指正。为了方便交流,我们专门为本书开通了网络主页:<http://lnkj.cn/uri.sh/shu kong 01>,欢迎您对本书提出意见和建议。

编 者

目 录

上篇 数控车削编程基础知识

第一章 数控车削加工基础知识	3
第一节 数控车床简介	3
一、数控车床的组成	3
二、数控车床型号代码的含义	4
三、数控车削的加工过程	5
第二节 数控车削加工工艺	5
一、数控车床的主要加工对象	5
二、数控车削加工工艺的主要内容	7
三、数控车削加工工序的划分原则	7
四、数控车削加工路线的确定	8
五、数控车削刀具的选择	10
六、数控车削切削用量的选择	13
七、数控车削加工中对刀点、换刀点及刀位点的确定	16
八、数控加工工艺技术文件的编写	17
第三节 数控车削编程的基本知识	18
一、数控编程的内容及步骤	18
二、数控编程的方法	19
三、数控编程的基本知识	19
四、程序的结构与格式	22
五、数控系统的指令代码	24
第二章 直线插补类指令零件加工程序的编制	29
第一节 基本指令介绍	29
一、F 功能	29
二、S 功能	29
三、T 功能	30
四、加工坐标系设置	30
五、基本指令（一）	31
第二节 轴类加工程序的编制	33
一、阶梯轴加工编程的工艺知识	33
二、编程举例	34
第三节 外圆锥面加工程序编制	37

一、外圆锥面加工编程的工艺知识	37
二、外圆锥面加工编程举例	38
第四节 轴类加工程序的编制 (循环指令应用)	42
一、基本指令 (二)	42
二、循环加工编程举例	46
第五节 槽与切断加工程序的编制	51
一、槽加工编程的工艺知识	51
二、基本指令 (三) 与槽加工的编程方法	53
第六节 套类零件加工程序的编制	57
一、通孔加工编程	57
二、阶梯孔加工编程	60
第三章 圆弧插补类零件加工程序的编制	64
第一节 圆弧面加工编程基础	64
一、圆弧面加工编程的工艺知识	64
二、刀具的选择	65
第二节 圆弧面加工程序的编制	66
一、基本指令 (四)	66
二、圆弧面加工编程	69
第四章 螺纹零件加工程序的编制	76
第一节 螺纹加工编程基础	76
一、螺纹加工编程的工艺知识	76
二、螺纹加工的工艺分析	77
第二节 螺纹加工的编程方法	80
一、基本指令 (五)	80
二、螺纹加工编程	82
<hr/>	
下篇 加工编程实例	
第五章 轴类零件加工编程实例	93
第一节 双头螺栓的加工	93
第二节 80A 立杆的加工	100
第三节 模柄的加工	108
第四节 汽缸连接杆的加工编程	115
第五节 模具芯轴的加工	121
第六节 50A 扳手加工	128
第七节 FI - UPR PLUG 的加工	134
第八节 凸模的加工	140
第六章 套类零件加工编程实例	149
第一节 导套的加工	149
第二节 衬套的加工	158

第三节	锥孔轴套的加工·····	166
第四节	凸凹模的加工·····	177
第五节	浇口套的加工编程·····	183
第六节	管接头的加工·····	189
第七章	盘类零件加工编程实例·····	197
第一节	顶件套的加工·····	197
第二节	镶轴的加工·····	204
第三节	80A 上密封板的加工编程·····	213
第四节	辊轮（一）的加工·····	223
第五节	辊轮（二）的加工·····	233

附 录 西门子系统准备功能指令表

上篇

数控车削编程基础知识



第一章

数控车削加工基础知识

第一节 数控车床简介

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。通过数控加工程序的运行,可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹、端面等工序的切削加工,还可以进行车槽、钻孔、扩孔、铰孔等工作。车削中心可在一次装夹中完成更多的加工工序,提高了加工精度和生产效率,特别适合于复杂形状回转类零件的加工。车铣中心的功能更是进一步完善,能完成形状更复杂的回转类零件的加工。

一、数控车床的组成

数控是数字控制(Numerical Control, NC)的简称,是用数字化信号进行自动控制的技术,数控车床就是装备了数控系统的车床或采用了数控技术的车床,也叫NC车床。随着计算机技术的发展,硬件数控系统被计算机数控(Computer Numerical Control)系统所取代,计算机数控系统简称CNC系统,具有CNC系统的车床称为CNC车床。现在的数控车床一般都是指CNC车床。

与普通机床类似,在数控机床中,数控车床是应用最广泛的一类。数控车床主要由五个部分组成,如图1-1所示。

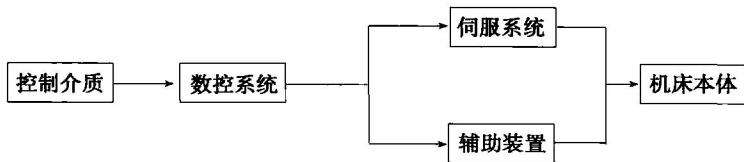


图 1-1 卧式数控车床的组成

(1) 控制介质。

即信息载体,是操作者与数控车床之间联系的中间媒介物质,包含了数控加工中的全部信息。

(2) 数控系统。

即控制系统,是数控车床实现自动加工的控制核心,主要由输入装置、CRT显示器、CPU、存储器、可编程控制器、输入/输出接口等组成。

(3) 伺服系统。

即驱动装置,是数控系统与机床本体之间的电传动联系环节,也是数控车床切削工作的动力部分,主要实现主运动和进给运动。

(4) 车床本体。

即数控车床的机械部件，主要有床身、主轴箱、刀架、尾座等。

(5) 辅助装置。

即为机床加工服务配套部分，如液压、冷却、润滑、排屑装置等。

图 1-2 为卧式数控车床外形图。

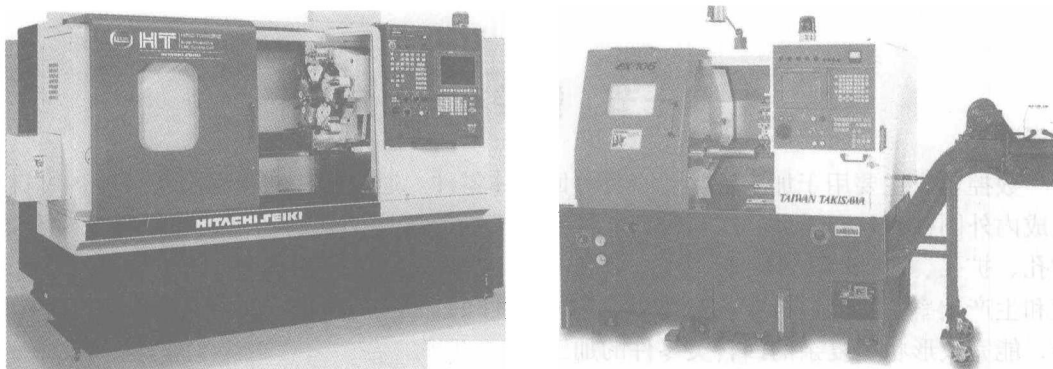
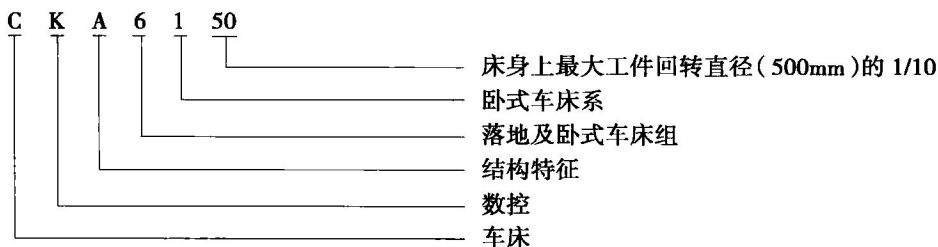


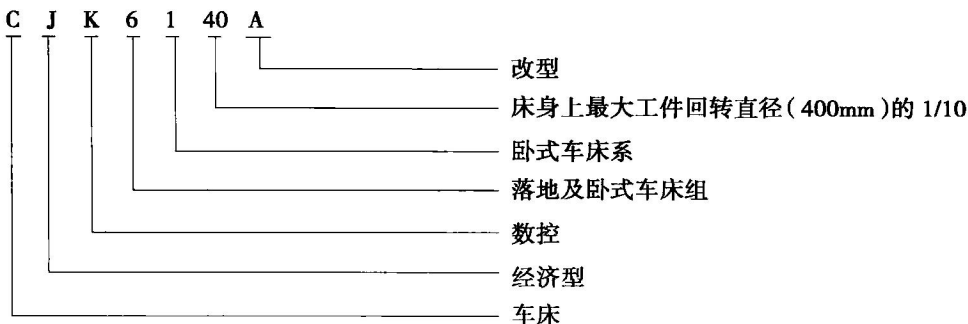
图 1-2 卧式数控车床外形图

二、数控车床型号代码的含义

1. 数控车床 CKA6150 各代码的含义说明



2. 数控车床 CJK6140A 各代码的含义说明



三、数控车削的加工过程

数控车削的加工过程如图 1-3 所示。其主要步骤如下。

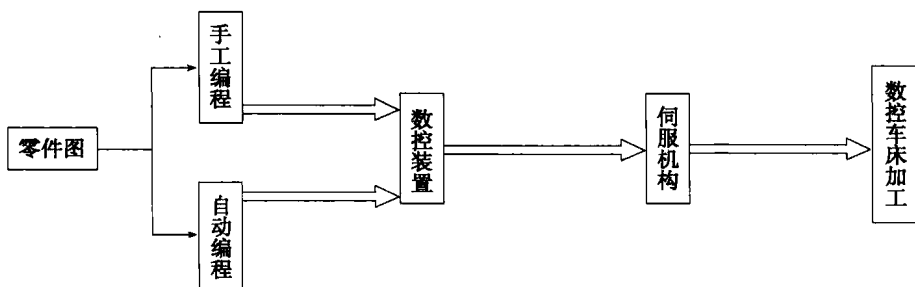


图 1-3 数控车削的加工过程

(1) 根据被加工零件的零件图中所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等，制订零件加工的工艺过程、确定刀具相对零件的运动轨迹、选择合理的切削参数以及辅助动作顺序等。

(2) 按规定的代码和程序格式，用手工编程或计算机自动编程的方法完成零件加工程序的编写。

(3) 通过车床操作面板将加工程序输入数控装置，或通过通信接口（键盘、软驱、USB、网络 and 伺服卡等）传送。

(4) 数控车床启动后，数控装置根据输入的信息进行一系列的运算和信息控制处理，将结果以脉冲形式送入车床的伺服机构。

(5) 伺服机构驱动车床的运动部件，使车床按程序预定的轨迹运动，加工出合格的零件。

第二节 数控车削加工工艺

一、数控车床的主要加工对象

数控车削是数控加工中最常见的加工方法之一。由于数控车床在加工中能够实现坐标轴的联动插补，使形成的直线和圆弧等零件的轮廓准确，加工精度高，同时能够实现主轴旋转和进给运动的自动变速，因此数控车床比普通车床加工范围宽得多。针对数控车床的特点，以下几种零件最适合数控车削加工。

1. 表面形状复杂的回转体零件

数控车床具有直线和圆弧插补功能，可以车削由任意直线和曲线组成的形状复杂的回转体零件。如图 1-4 所示的零件，特别是内腔复杂的零件，在普通车床上很难加工，但在数控车床上则很容易加工出来。只要组成零件轮廓的曲线能用数学表达式表述，或列表表达，都可以加工。对于非圆曲线组成的轮廓，应先用直线或圆弧去逼近，然后再用直线或圆弧插补功能进行插补切削。



图 1-4 数控车床加工零件示例

2. 精度要求高的回转体零件

由于数控车床刚性好、加工精度高、对刀准确，还可以精确实现人工补偿和自动补偿，所以数控车床能加工尺寸精度要求高的零件。使用切削性能好的刀具，在有些场合可以进行以车代磨的加工，如轴承内环的加工、回转类模具内外表面的加工等。此外，数控车床加工零件，一般情况是一次装夹就可以完成零件的全部加工，所以，很容易保证零件的形状和位置精度，加工精度高。

3. 表面粗糙度要求高的回转体零件

数控车床具有恒线速切削功能。在材质、加工余量和刀具已确定的条件下，表面粗糙度取决于进给量和切削速度。在加工零件的锥面和端面时，数控车床切削后表面粗糙度小且一致，这在普通车床上是办不到的。通过改变进给量，可以在数控车床上加工表面粗糙度要求不同的零件，即粗糙度值要求大的部位选用大的进给量，粗糙度要求小的部位选用较小的进给量。

4. 带特殊螺纹的回转体零件

在普通车床上车削的螺纹很有限，只能车削等导程的圆柱面和圆锥面上的公制、英制内外表面螺纹，而且螺纹的导程种类有限。在数控车床上可以加工各种类型的螺纹，且加工精度高，表面粗糙度值小。

5. 超精密、超低表面粗糙度值的零件

磁盘、录像机磁头、激光打印机的多面反射体、复印机的回转鼓、照相机等光学设备的透镜等零件，要求超高的轮廓精度和超低的表面粗糙度值，它们适合在高精度、高性能的数控车床上加工。数控车床超精加工的轮廓精度可达到 $0.1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度达 $R_a 0.02\mu\text{m}$ ，超精加工所用数控系统的最小分辨率应达到 $0.01\mu\text{m}$ 。

二、数控车削加工工艺的主要内容

- (1) 确定零件加工方案与零件坯料的装夹方式。
- (2) 选择刀具。
- (3) 选择切削用量。
- (4) 确定数控车削加工中的对刀点与换刀点。
- (5) 编写数控车削加工工艺技术文件。

三、数控车削加工工序的划分原则

工序的划分可以采用两种不同的原则，即工序集中原则和工序分散原则。

1. 工序集中原则

在一道工序中加工尽可能多的内容，使工序的总数量减少。这样不仅减少了夹具数量和零件装夹次数，而且还保证了各表面间的相互位置精度。

2. 工序分散原则

加工零件的过程分散在较多的工序中进行，每道工序的加工内容很少。优点是采用的加工设备结构简单，设备调整和维修方便，有利于选择合理的切削用量。

在数控车床上加工零件，一般应按工序集中原则划分工序，在一次安装下尽可能加工大部分或全部的零件表面。对不能在一台数控机床上完成加工的零件，应以机床为单位划分加工工序。无论在数控车床上完成多少表面的加工，应力求设计基准、工艺基准和编程原点的统一。

3. 工步顺序安排的一般原则

(1) 先粗后精。

工步顺序安排的原则要求：粗车在较短的时间内将工件各表面上的大部分加工余量切掉，一方面提高金属切除率，另一方面满足精车的余量均匀性要求。如图 1-5 所示切除双点画线部分，为精加工留下较少且均匀的加工余量；若粗车后所留余量的均匀性满足不了精加工的要求，则要安排半精车。

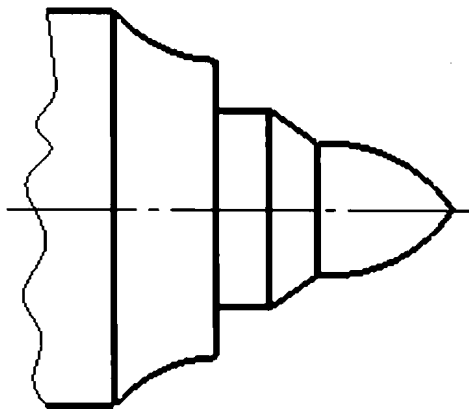


图 1-5 先粗后精

(2) 先近后远。

在一般情况下，离对刀点近的部位先加工，离对刀点远的部位后加工，如图 1-6 所示精加工顺序依次是 $\phi 34\text{mm} \rightarrow \phi 36\text{mm} \rightarrow \phi 38\text{mm}$ ，这种加工方法便于缩短刀具移动距离，减少空行程时间。

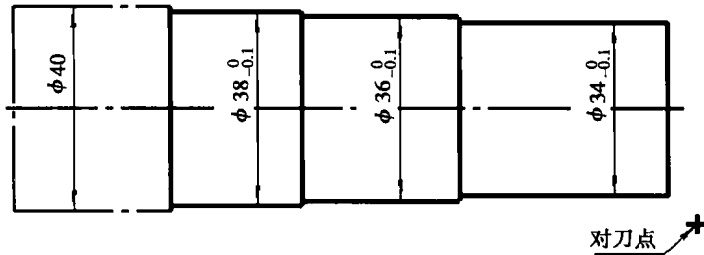


图 1-6 先近后远

(3) 内外交叉。

对既有内表面（内型腔），又有外表面需加工的回转体零件，安排加工顺序时，应先进行外表面、内表面粗加工，后进行外表面、内表面精加工。

(4) 保证工件加工刚度原则。

应先安排对工件刚性破坏较小的工步，后安排对工件刚性破坏较大的工步，以保证工件加工时的刚度要求。

(5) 同一把刀能加工内容连续加工原则。

此原则的含义是用同一把刀把能加工的内容连续加工出来，以减少换刀次数，缩短刀具移动距离。

四、数控车削加工路线的确定

加工路线是刀具在整个加工工序中相对于零件的运动轨迹。它是编写程序的主要依据。首先按已定工步顺序确定各表面加工进给路线的顺序，所定进给路线应能保证工件轮廓表面加工后的精度和粗糙度要求；同时兼顾寻求最短加工路线（包括空行程路线和切削路线），减少行走时间以提高加工效率；要选择工件在加工时变形小的路线，对横截面积小的细长零件或薄壁零件应采用分几次走刀加工到最后尺寸或对称去余量法安排进给路线。

1. 粗加工进给路线的确定

(1) 常用的粗加工进给路线。

① 矩形循环进给路线，如图 1-7 (a) 所示。

② 三角形循环进给路线，如图 1-7 (b) 所示。

③ 沿轮廓形状等距线循环进给路线，如图 1-7 (c) 所示。

在同等条件下，矩形循环进给路线的走刀长度最短，切削效率高，刀具磨损小。但精车余量不均，对于精度要求高的零件需要安排半精车加工。

(2) 大余量毛坯的粗加工进给路线。

如图 1-8 所示为车削大余量工件的两种加工路线，图 1-8 (a) 切削后余量不均匀，

是错误的切削路线；图 1-8 (b) 每次切削所留余量是均匀相等的，是正确的切削路线。

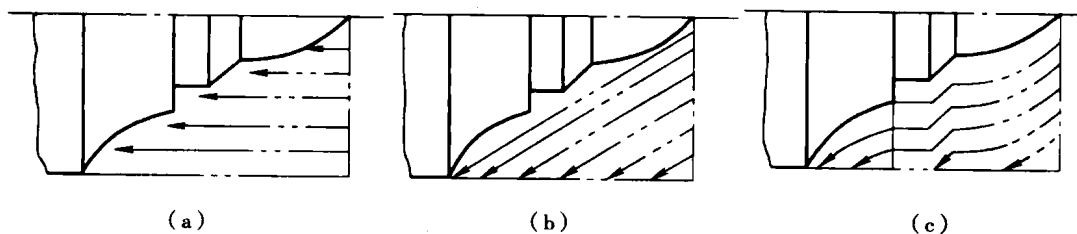


图 1-7 常用的粗加工循环进给路线

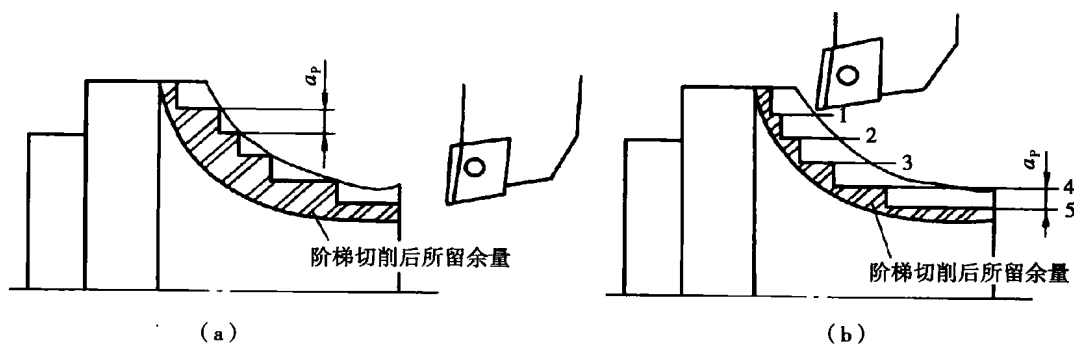


图 1-8 大余量毛坯的粗加工进给路线

2. 精加工进给路线的确定

(1) 完工轮廓的进给路线。

零件的完工轮廓应由最后一刀连续加工而成，尽量不要在连续的轮廓中安排切入切出或换刀及停顿，以免因切削力突然变化而造成弹性变形，致使光滑连接轮廓上产生表面划伤、形状突变或滞留刀痕等缺陷。

(2) 换刀加工时的进给路线。

主要根据工步顺序要求决定各刀加工的先后顺序及各刀进给路线的衔接。

(3) 切入、切出及接刀点位置的选择。

应选在有空刀槽或表面间有拐点、转角的位置。

(4) 各部位精度要求不一致的精加工进给路线。

若各部位精度相差不是很大时，应以最严的精度为准，连续走刀加工所有部位。若精度相差很大，则精度接近的表面安排在同一把刀走刀路线内加工，并先加工精度较低的部位，最后再单独安排精度高的部位的走刀路线。

3. 最短空行程进给路线的确定

(1) 巧用起刀点。

图 1-9 是循环粗车加工的示例，A 是对刀点（位置设定考虑方便精车换刀），图 1-9 (a) 的走刀路线分别是：

第一刀， $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ ；

第二刀, $A \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow A$;

第三刀, $A \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow J \rightarrow A$ 。

图 1-9 (b) 的走刀路线分别是: 起刀点与对刀点分离的空行程为 $A \rightarrow B$;

第一刀, $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow B$;

第二刀, $B \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow B$;

第三刀, $B \rightarrow I \rightarrow J \rightarrow K \rightarrow B$ 。

显而易见, 图 1-9 (b) 的走刀路线要短。

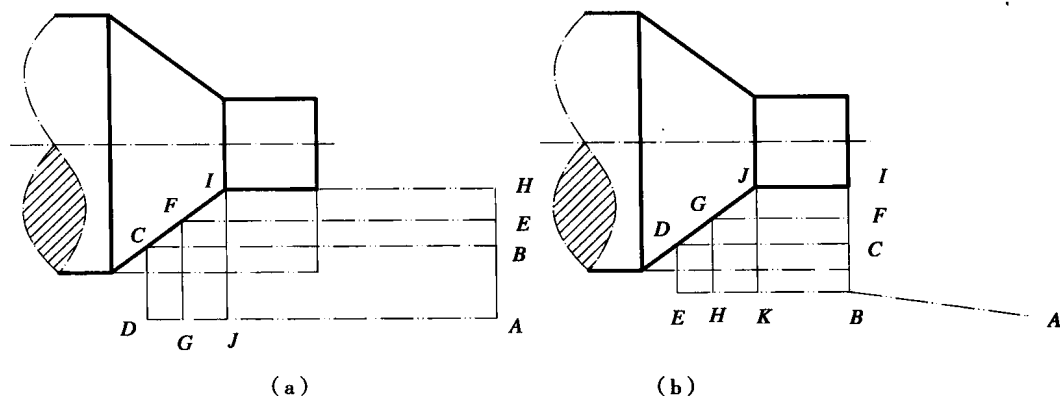


图 1-9 巧用起刀点

(2) 巧设换(转)刀点。

为了考虑换(转)刀的方便和安全,有时将换(转)刀点也设置在离坯件较远的位置处。如图 1-9 中的 A 点,当粗车完成后,换第二把刀时就可以考虑将换刀点设在离零件较远的位置(换刀过程不能发生碰撞)。

(3) 合理安排“回零”路线。

在合理安排“回零”路线时,应使其前一刀终点与后一刀起点间的距离尽量减短,或者为零,即可满足进给路线为最短的要求。另外,在选择返回对刀点指令时,在不发生加工干涉现象的前提下,应尽量采用 X、Z 坐标轴双向同时“回零”指令,该指令功能的“回零”路线将是最短的。

五、数控车削刀具的选择

刀具的选择是数控车削加工工艺设计的重要内容之一。数控车削加工对刀具的要求较普通车削高,不仅要求其精度高、刚性好、切削性能好、耐用度高,而且需要安装调整方便。根据刀头与刀体的连接方式,车刀主要分为焊接式车刀与机械夹紧(机夹)式可转位车刀两大类。刀具选择是否合理不仅影响机床的生产效率,更直接影响零件的加工质量。

1. 常用数控车刀的种类和用途

常用数控车刀的种类和用途见表 1-1。