

汽车变速器零件的 数控加工

QICHE BIAN SUQI LINGJIAN DE
SHUKONG JIAGONG

◎主编 龙永莲 ◎主审 宋志良



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

汽车变速器零件的数控加工

主 编 龙永莲

副主编 谢彩霞 钟炜华 戴晓莉

主 审 宋志良

内 容 简 介

本教材由校企合作共同开发,按照工作过程系统化进行编写。本书共分3个学习情境,12个任务,内容从易到难、由浅入深,学习情境包括轴类零件、箱体类零件和盘、套类零件。每一个任务由任务导入、知识链接、任务实施、知识拓展和习题训练五个部分组成。本书以汽车变速器典型零件为载体,实现工艺知识、编程和操作技能的有机结合,体现数控编程与加工的一体化。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车变速器零件的数控加工/龙永莲主编. —北京:北京理工大学出版社,2014.8
ISBN 978-7-5640-6844-8

I. ①汽… II. ①龙… III. ①汽车-变速装置-机械元件-数控机床-加工工艺-高等学校-教材 IV. ①U463.212.06

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第050788号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京泽宇印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/20

字 数/480千字

版 次/2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

定 价/53.00元



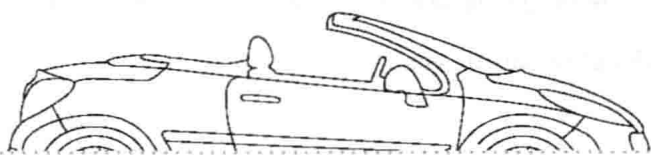
责任编辑/王玲玲

文案编辑/王玲玲

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

P R E F A C E

我国汽车产业经过半个多世纪的发展，进入 2000 年以来，在国家宏观经济持续发展的大好形势带动下，汽车工业进入了快速发展时期。中国汽车产业以其极高的发展速度成为全球汽车业关注的焦点。在全球汽车工业价值链中，汽车零部件价值大概占总价链的 50%。随着中国经济快速的发展和汽车市场的持续繁荣，中国汽配行业近年来也实现了持续快速增长，且增幅巨大。“十二五”期间是继整车高速发展后汽配行业快速发展的高峰期，我国正在成为全球汽车零部件的生产基地。

中国汽车工业的综合实力和技术水平都有了较大的提高，而汽车零部件的生产离不开数控技术，随着制造设备的大规模数控化，数控技术高技能型人才成为汽车零部件企业紧缺人才。培养适应汽车零部件企业生产岗位的数控人才成为高等教育的紧迫任务。

本教材作为高等教育的教学改革教材，以职业岗位要求的知识、技能为基本出发点，以数控加工工种为模块，以不同系统数控机床的使用为单元，进行教材的编写和教学。以汽车零部件作为项目载体，以完成每个项目的工作任务做驱动，对工作过程进行系统化。本教材中的各个学习情境具有其相对独立性，同时，整本教材中的知识又具有系统性、完整性和可实施性。

本教材主要供高等院校机械、模具、数控类专业开展数控机床编程教学与实践使用，也可供从事数控加工的工艺技术人员使用。本教材在内容上力求通俗易懂，具有实际指导意义。全书共分 3 个学习情境，主要内容有轴类零件数控加工、箱体类零件的数控加工以及盘、套类零件的数控加工。

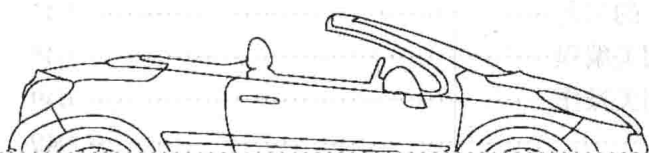
本书由龙永莲任主编，谢彩霞、钟炜华、戴晓莉参与编写。全书由宋志良主审。本

书在编写过程中参阅了国内外同行有关的资料、文献和教材，得到了许多专家和同行的支持与帮助，在此表示衷心的感谢！

由于编者的水平和时间有限，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

所有意见和建议请发往：mimilong25@aliyun.com。

编 者



目 录

CONTENTS

情境一：轴类零件的数控加工	001
任务一：一般轴数控车削加工	001
任务导入	001
知识链接	001
一、数控车削加工的相关工艺	001
二、数控车床的相关编程	003
三、数控车床的相关操作	008
任务实施	014
一、工艺设计	014
二、程序编制	020
三、零件加工	021
四、零件检验	023
知识拓展	024
习题训练	025
任务二：螺纹轴的数控车削加工	025
任务导入	025
知识链接	025
一、数控车削加工的相关工艺	025
二、数控车床的相关编程	027
三、数控车床的相关操作	031
任务实施	033
一、工艺设计	033
二、程序编制	040
三、零件加工	042
四、零件检验	042
知识拓展	043
螺纹环规的使用	043
习题训练	043

任务三：内轮廓轴加工	044
任务导入	044
知识链接	045
一、数控车削零件的工艺	045
二、数控车床的相关编程	045
三、数控车床的相关操作	049
任务实施	049
一、工艺设计	049
二、程序编制	054
三、零件加工	055
四、零件检验	056
知识拓展	057
内径千分尺、外径千分尺的使用	057
习题训练	058
任务四：变速器一轴加工	058
任务导入	058
知识链接	060
一、数控车削加工的相关工艺	060
二、数控车床的相关编程	061
三、数控车床的相关操作	063
任务实施	077
一、工艺设计	077
二、程序编制	098
三、零件加工	100
四、零件检验	101
知识拓展	102
习题训练	103
情境二：箱体类零件加工	104
任务一：盖板加工	104
任务导入	104
知识链接	105
一、加工中心加工的相关工艺	105
二、加工中心的相关编程	112
三、加工中心的相关操作	113
任务实施	118
一、工艺设计	118
二、程序编制	118
三、零件加工	124
四、零件检验	125

知识拓展	126
SIEMENS 系统固定循环功能	126
习题训练	128
任务二：蝶阀阀体加工	129
任务导入	129
知识链接	129
一、加工中心加工的相关工艺	129
二、加工中心的相关编程	134
三、加工中心的相关操作	138
任务实施	138
一、工艺设计	138
二、程序编制	144
三、零件加工	146
四、零件检验	146
知识拓展	147
SIEMENS 系统宏程序应用	147
习题训练	148
任务三：油泵泵体加工	148
任务导入	148
知识链接	149
一、加工中心加工的相关工艺	149
二、加工中心的相关编程	151
三、加工中心的相关操作	154
任务实施	155
一、工艺设计	155
二、程序编制	162
三、零件加工	164
四、零件检验	164
知识拓展	165
加工中心回转工作台的调整	165
习题训练	166
任务四：变速器后壳体加工	167
任务导入	167
知识链接	168
一、加工中心加工的相关工艺	168
二、加工中心的相关编程	171
三、加工中心的相关操作	173
任务实施	181
一、工艺设计	181

二、程序编制	200
三、零件加工	204
四、零件检验	205
知识拓展	206
一、四轴编程	206
二、极坐标编程	206
三、先进的检测仪器	207
四、先进的箱体加工设备	207
习题训练	208
情境三：盘、套类零件数控加工	210
任务一：一般套类零件加工	210
任务导入	210
知识链接	210
一、数控车削加工的相关工艺	210
二、数控车床的相关编程	213
三、数控车床的相关操作	213
任务实施	224
一、工艺设计	224
二、程序编制	230
三、零件加工	231
四、零件检验	233
知识拓展	233
检测零件及校正刀偏值	233
习题训练	235
任务二：变速器一档从动齿轮轴套加工	235
任务导入	235
知识链接	236
一、数控车削加工的相关工艺	236
二、数控车床的相关编程	236
三、数控车床的相关操作	238
任务实施	241
一、工艺设计	241
二、程序编制	252
三、零件加工	253
四、零件检验	253
知识拓展	254
切槽时切削用量的选择	254
习题训练	255
任务三：变速器一轴齿环加工	255

任务导入·····	255
知识链接·····	257
一、数控车削加工的相关工艺·····	257
二、数控车床的相关编程·····	258
三、数控车床的相关操作·····	258
任务实施·····	260
一、工艺设计·····	260
二、程序编制·····	260
三、零件加工·····	273
四、零件检验·····	273
知识拓展·····	274
跳动度误差检测·····	274
习题训练·····	275
任务四：变速器中间轴四挡齿轮加工·····	275
任务导入·····	275
知识链接·····	277
一、数控车削加工的相关工艺·····	277
二、数控车床的相关编程·····	279
三、数控车床的相关操作·····	279
任务实施·····	283
一、工艺设计·····	283
二、程序编制·····	283
三、零件加工·····	298
四、零件检验·····	299
知识拓展·····	300
一、Gleason210H 数控滚齿机简易操作程序·····	300
二、先进的齿轮检测仪器·····	301
习题训练·····	302
参考文献·····	303

情境一：

轴类零件的数控加工

目的要求：熟悉变速器轴类零件车削工艺知识，掌握车削编程方法，掌握数控车床操作方法，掌握零件内、外圆检验方法与量具使用方法。

教学重点：变速器轴类零件数控车削加工工步顺序安排、工艺参数选取，数控车削加工编程方法，车床加工零件操作。

教学难点：工步顺序安排、程序调试、车螺纹、车细长轴的工艺。

任务一：一般轴数控车削加工

任务导入

零件实体图如图 1.1 所示，三视图如图 1.2 所示，毛坯材料为 45 钢，单件生产。

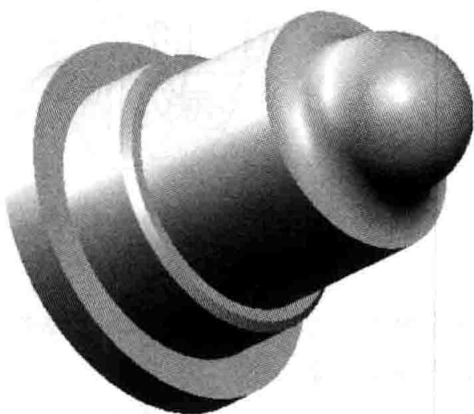


图 1.1 实体图

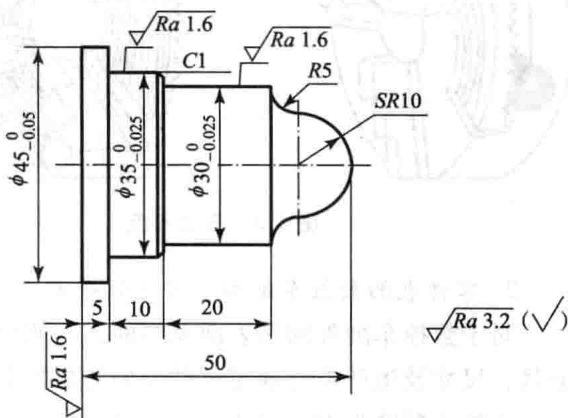


图 1.2 零件图

知识链接

一、数控车削加工的相关工艺

1. 数控车削加工零件的定位与装夹

在确定定位和夹紧方案时，应注意以下几个问题：

- ①尽可能做到设计基准、工艺基准与编程计算基准的统一；
- ②尽量将工序集中，减少装夹次数，尽可能在一次装夹后能加工出全部待加工表面；
- ③避免采用占机调整时间长的装夹方案；
- ④夹紧力的作用点应落在工件刚性较好的部位。

数控车削加工零件的装夹主要有以下几种：

(1) 三爪定心卡盘

三爪定心卡盘是车床上应用最广泛的通用夹具，如图 1.3 所示，适用于装夹圆形和正六边形截面的短工件。在使用过程中，能自动定心，装夹方便迅速，但定心精度不高，一般误差为 $0.05 \sim 0.15 \text{ mm}$ 。其定心精度受卡盘本身制造精度和使用后磨损程度的影响，故工件上同轴度要求较高的表面，应尽可能在一次装夹中车出。卡爪的行程范围为 $10 \sim 100 \text{ mm}$ （如工件过长，需要用顶尖）。

(2) 四爪单动卡盘

四爪单动卡盘的结构如图 1.4 所示，4 个单动卡爪用扳手分别调整，因此，适用于装夹方形、椭圆形等偏心或不规则形状的工件。四爪单动卡盘的夹紧力大，也可用于夹持尺寸较大的圆形工件。四爪单动卡盘夹持工件时，可根据工件的加工精度要求，将工件调整至所需的加工位置。但精确找正很费时间，精度较低时，用划针盘找正；精度高时，可用百分表或千分表找正。



图 1.3 三爪卡盘

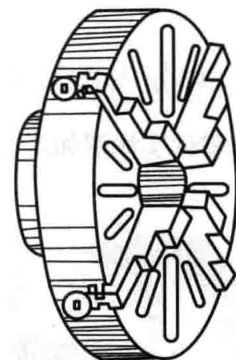
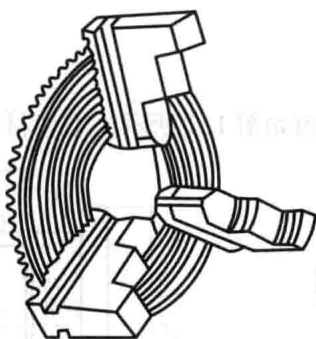


图 1.4 四爪单动卡盘

2. 零件表面数控车削加工方案的确定

对于数控车削外回转表面及端面，一般根据零件的加工精度、表面粗糙度、材料、结构形状、尺寸及生产类型确定零件表面的数控车削加工方法及加工方案。

①加工精度为 IT7 ~ IT8 级、 $Ra0.8 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用普通型数控车床，按粗车、半精车、精车的方案加工；

②加工精度为 IT5 ~ IT6 级、 $Ra0.2 \sim 0.63 \mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、细车的方案加工；

③加工精度高于 IT5 级、 $Ra < 0.08 \mu\text{m}$ 的除淬火钢以外的常用金属，可采用高档精密型数控车床，按粗车、半精车、精车、精密车的方案加工；

④对淬火钢等难车削材料，其淬火前可采用粗车、半精车的方法，淬火后安排磨削加工。

3. 背吃刀量的确定

背吃刀量是根据余量确定的。在工艺系统刚性和机床功率允许的条件下, 尽可能选取较大的背吃刀量, 以减少进给次数。一般当毛坯直径余量小于 6 mm 时, 根据加工精度考虑是否留出半精车和精车余量, 剩下的余量可一次切除。当零件的精度要求较高时, 应留出半精车、精车余量, 半精车一般为 0.5 ~ 2 mm, 所留精车余量一般比普通车削时所留余量少, 常取 0.1 ~ 0.5 mm, 具体数值可金属切削手册。

4. 主轴转速的确定

光车时, 主轴转速应根据零件上被加工部位的直径, 并按零件和刀具的材料及加工性质等条件所允许的切削速度来确定。切削速度除了根据计算和查表选取外, 还可根据实践经验确定。

切削速度确定之后, 用式 (1.1) 计算主轴转速:

$$S = \frac{1\,000v_c}{\pi d} \quad (1.1)$$

5. 进给速度的确定

(1) 确定进给速度的原则

- ①当工件的质量要求能够得到保证时, 为提高生产率, 可选择较高的进给速度。
- ②切断、车削深孔或精车削时, 宜选择较低的进给速度。
- ③刀具空行程, 特别是远距离“回零”时, 可以设定尽量高的进给速度。
- ④进给速度应与主轴转速和背吃刀量相适应。

(2) 进给速度的计算

进给速度包括纵向进给速度和横向进给速度, 其值按式 (1.2) 计算:

$$F = Sf \quad (1.2)$$

编程人员在确定切削用量时, 要根据被加工工件材料、硬度、切削状态、背吃刀量、进给量、刀具耐用度, 选择合适的切削速度。表 1.1 为车削加工时切削速度的参考数据。

表 1.1 车削加工的切削速度

$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$

被切削材料名称		轻切削 切深 0.5 ~ 1.0 mm 进给量 0.05 ~ 0.3 mm/r	一般切削 切深 1 ~ 4 mm 进给量 0.2 ~ 0.5 mm/r	重切削 切深 5 ~ 12 mm 进给量 0.4 ~ 0.8 mm/r
优质碳素 结构钢	10	100 ~ 250	150 ~ 250	80 ~ 220
	45	60 ~ 230	70 ~ 220	80 ~ 180
合金钢	$\sigma_b \leq 750 \text{ MPa}$	100 ~ 220	100 ~ 230	70 ~ 220
	$\sigma_b > 750 \text{ MPa}$	70 ~ 220	80 ~ 220	80 ~ 200

二、数控车床的相关编程

(一) 数控车床的编程特点

1. 加工坐标系

加工坐标系应与机床坐标系的坐标方向一致, X 轴对应径向, Z 轴对应轴向, C 轴 (主

轴)的运动方向则以从机床尾架向主轴看,逆时针为 $+C$ 向,顺时针为 $-C$ 向,如图1.5所示。

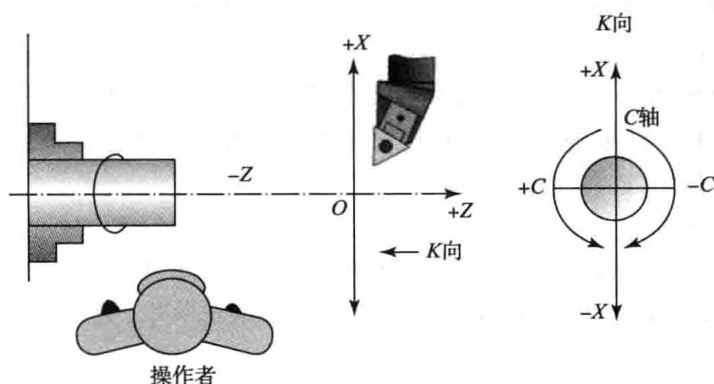


图 1.5 数控车床坐标系

加工坐标系的原点选在便于测量或对刀的基准位置,一般在工件的右端面或左端面上。

2. 直径编程方式

在车削加工的数控程序中, X 轴的坐标值取为零件图样上的直径值,如图1.6所示。图中 A 点的坐标值为 $(30, 80)$, B 点的坐标值为 $(40, 60)$ 。采用直径尺寸编程与零件图样中的尺寸标注一致,这样可避免尺寸换算过程中可能造成的错误,给编程带来很大方便。

3. 进刀和退刀方式

对于车削加工,进刀时采用快速走刀接近工件切削起点附近的某个点,再改用切削进给,以减少空走刀的时间,提高加工效率。切削起点的确定与工件毛坯余量大小有关,应以刀具快速走到该点时刀尖不与工件发生碰撞为原则。如图1.7所示。

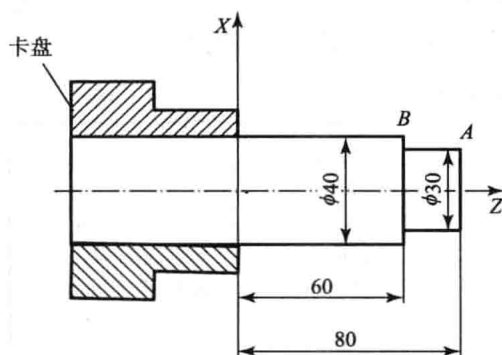


图 1.6 直径编程

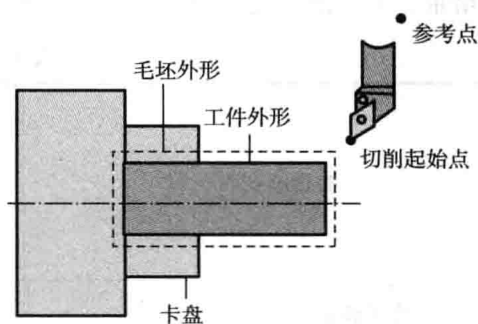


图 1.7 切削起始点的确定

(二) 相关编程方法

1. 倒角、倒圆编程

(1) 45° 倒角

由轴向切削向端面切削倒角,即由 Z 轴向 X 轴倒角, i 的正负根据倒角是向 X 轴正向还是负向,如图1.8(a)所示。其编程格式为

G01 Z(W) ~ I ± i;

由端面切削向轴向切削倒角,即由 X 轴向 Z 轴倒角, k 的正负根据倒角是向 Z 轴正向还

是负向, 如图 1.8 (b) 所示。其编程格式为

G01 X(U) ~ K ± k;

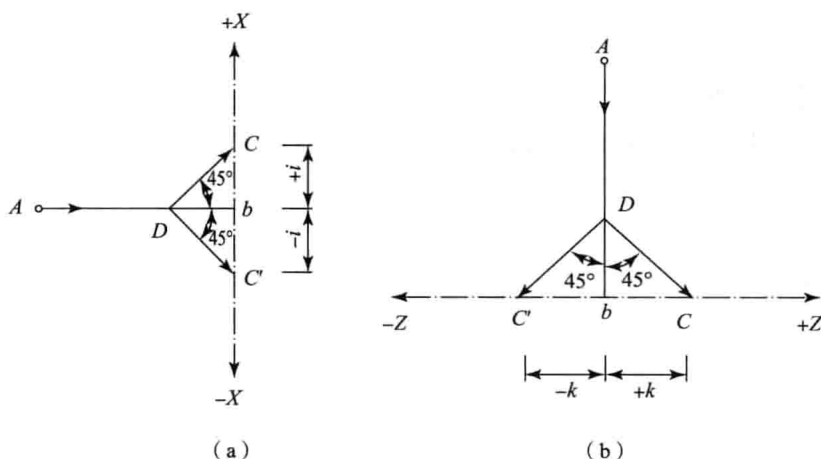


图 1.8 倒角

(a) Z 轴向 X 轴; (b) X 轴向 Z 轴

(2) 任意角度倒角

在直线进给程序段尾部加上“C ~”, 可自动插入任意角度的倒角。C 的数值是从假设没有倒角的拐角交点距倒角始点或与终点之间的距离, 如图 1.9 所示。

程序如下: G01 X50 C10;

X100 Z -100;

(3) 倒圆角

编程格式为 G01 Z(W) ~ R ± r; 时, 圆弧倒角情况如图 1.10 (a) 所示。

编程格式为 G01 X(U) ~ R ± r; 时, 圆弧倒角情况如图 1.10 (b) 所示。

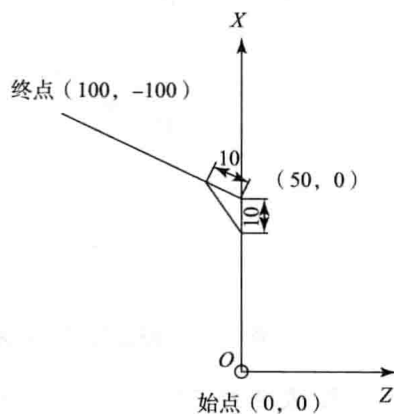


图 1.9 任意角度倒角

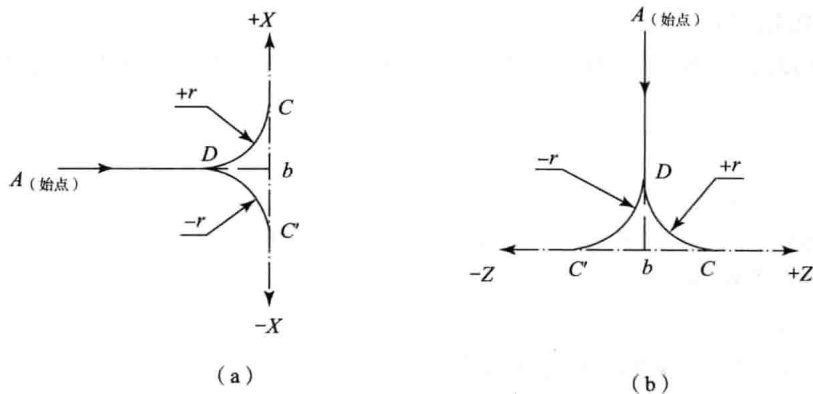


图 1.10 倒圆角

(a) Z 轴向 X 轴; (b) X 轴向 Z 轴

(4) 任意角度倒圆角

若程序为:

```
G01 X50 R10 F0.2;
```

```
X100 Z-100;
```

则加工情况如图 1.11 所示。

例: 加工图 1.12 所示零件的轮廓, 程序如下:

```
G00 X10 Z22;
```

```
G01 Z10 R5 F0.2;
```

```
X38 K-4;
```

```
Z0;
```

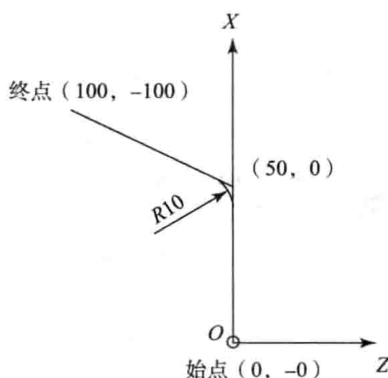


图 1.11 任意角度倒圆角

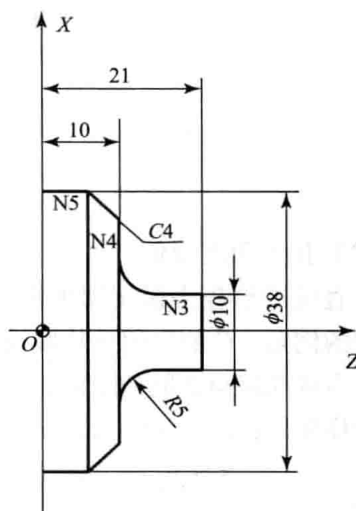


图 1.12 应用例图

2. 复合固定循环

在复合固定循环中, 对零件的轮廓定义之后, 即可完成从粗加工到精加工的全过程, 使程序得到进一步简化。

(1) 外圆粗切循环

外圆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, 如图 1.13 所示。

编程格式:

```
G71 U(Δd) R(e);
```

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

程序中, Δd ——背吃刀量;

e ——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;

Δw —— Z 轴向精加工余量;

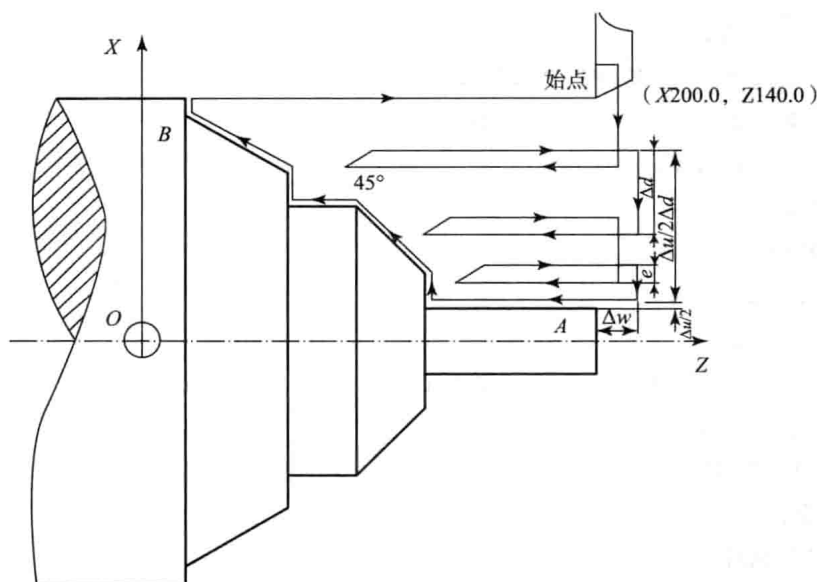


图 1.13 外圆粗切循环

f、s、t——F、S、T 代码。

注意：

①ns→nf 程序段中的 F、S、T 功能，即使被指定，也对粗车循环无效。

②零件轮廓必须符合 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。

例：按图 1.14 所示尺寸编写外圆粗切循环加工程序。

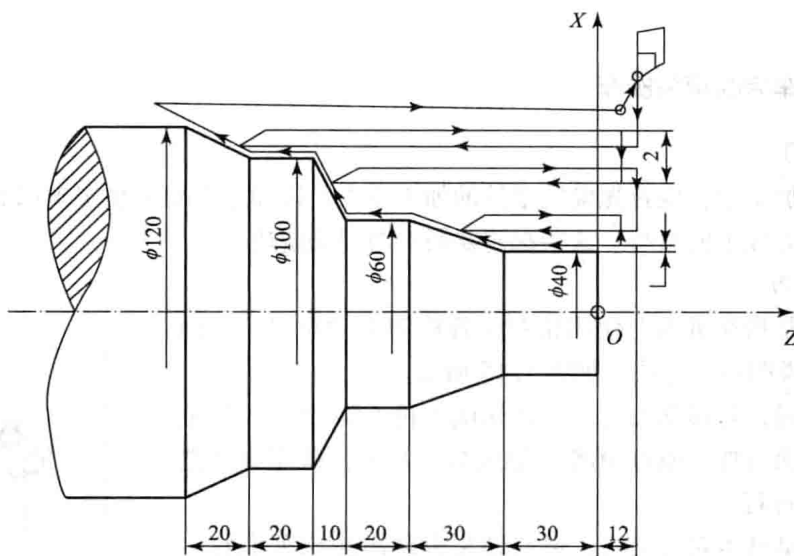


图 1.14 G71 程序例图

```
N10 G50 X200 Z140 T0101;
N20 G00 G42 X120 Z10 M08;
N30 G96 S120;
```