

教你精通 数控编程

杨顺田 著

100例



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教你精通数控编程 100 例

杨顺田 著



机械工业出版社

本书精选了一百多个零件实例,对加工工艺分析,刀具、夹具、切削用量选用,编程指令格式说明到程序注解等方面进行了详细讲述,内容涵盖了数控车削、铣削、镗削、电加工等中、高级数控编程的绝大部分知识点。全书共分5章,第1、2章围绕 SINUMERIK 840D 系统编程进行讲解,FANUC 数控系统在中小型数控机床及教学中应用很广,单独列为一章,作为第3章,前三章适合初、中级读者学习;第4章为R参数编程与宏程序及其应用,反映了最新研究成果,适合高级读者学习;第5章为其他数控系统编程,可方便使用其他数控系统的读者学习;第6章是线切割编程。

本书不仅可作为机械制造、数控专业的教材或参考书,也可作为中、高级人才的数控培训教材、自学教材及参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

教你精通数控编程 100 例/杨顺田著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2015.1

ISBN 978-7-111-49064-7

I. ①教… II. ①杨… III. ①数控机床-程序设计 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 311794 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:周国萍 责任编辑:周国萍 李超

版式设计:常天培 责任校对:刘雅娜

封面设计:马精明 责任印制:刘岚

北京京丰印刷厂印刷

2015 年 4 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·473 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-49064-7

定价:59.00 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

服务咨询热线:(010) 88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

(010) 88379203 教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言

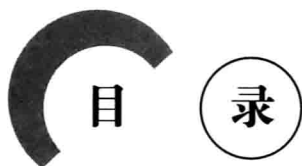
“中国梦就是强国梦，就是要实现中华民族的伟大复兴”。制造业是国民经济的主体，是提高综合国力、实现复兴的物质基础。数控技术是机械制造业的核心。因此，必须培养和造就一大批掌握先进数控技术与工艺的中、高级技术人才，这需要高等（职业）院校与社会共同承担起这项任务。本书是在充分考虑专业教学与企业技术人员提高数控编程技能的需要而编写的一部专著。

本书的前身是《新编数控编程 100 例——从蓝领走向金领》，是在读者初步具备数控加工工艺、数控编程理论的基础上，通过大量例题的形式，解决零件加工工艺分析与编程思路、编程方法的问题；然后逐步解决编程技巧与工作效率的问题，直至精通数控编程。各例题从零件的加工工艺分析，刀具、夹具、切削用量选用，编程指令格式说明到程序注解等方面进行详细讲述，做到知识体系完整、严密与实用；R 参数编程与宏程序及其应用作为提高部分体现出高级编程的方法、技巧与效率，具有很高的学术价值。

全书的一百多个实例，绝大多数是作者在中国重大技术装备制造业基地从事数控技术三十多年所完成的产品，经过精心筛选、提炼、创新而形成的，既是工作经验的总结，又有一定的理论高度，体现出作者独到的见解，是该领域最新研究成果，反映了最新研究动态。

在本书的撰写过程中，参阅了大量的文献资料并得到了中国重大技术装备制造业基地等单位的大力支持，特向有关单位及个人表示衷心的感谢！由于水平有限，书中难免出现错误与不妥之处，恳请读者联系指正（邮箱：d_yst@126.com）。

作者
2015 年 02 月



前言

第1章 SINUMERIK 840D 数控车削编程

1.1 直线插补编程.....1	1.5 复杂外轮廓车削编程..... 27
相关知识点.....1	相关知识点..... 27
例 1: 带双锥面的阶梯轴的加工.....1	例 1: 椭圆短轴的车削..... 28
相关知识点.....2	例 2: 内、外椭圆弧复合件的编程..... 31
例 2: 带圆角的阶梯轴的加工.....3	例 3: 手柄加工程序..... 33
相关知识点.....5	1.6 带补偿功能的车削编程..... 36
例 3: 带内外轮廓的阶梯轴的编程.....6	相关知识点..... 36
1.2 阶梯轴的编程.....10	例: 应用刀具半径补偿功能编写传动轴
相关知识点.....10	零件的加工程序 37
例 1: 带圆角阶梯轴的编程.....10	1.7 恒螺距螺纹切削..... 38
例 2: 酒杯外形件的加工.....12	相关知识点..... 38
例 3: 半轴零件编程.....14	例 1: 简单直螺纹的加工..... 39
1.3 简单圆弧轴类零件的编程.....16	相关知识点..... 40
相关知识点.....16	例 2: 双线直螺纹的加工..... 41
例 1: 多段圆弧零件的编程.....17	例 3: 内、外螺纹的复合零件加工..... 42
例 2: 曲线方程式连接轴的加工.....18	例 4: 外螺纹联接轴的车削加工..... 43
1.4 内轮廓阶梯轴的编程.....21	1.8 恒切削速度编程..... 45
相关知识点.....21	例: 转子轴的车削加工..... 45
例 1: 内轮廓阶梯轴.....23	1.9 子程序调用编程..... 47
相关知识点.....24	例 1: 内、外螺纹联接头的加工..... 47
例 2: 衬套的加工.....25	例 2: 车削加工综合实例..... 49
例 3: 液压缸零件加工.....26	

第2章 SINUMERIK 840D 数控铣削编程

2.1 数控加工工艺分析.....54	2.3 圆弧插补编程..... 62
相关知识点.....54	相关知识点..... 62
例 1: 平面槽凸轮的数控铣削工艺分析.....55	例 1: 六轮圆弧板零件的加工..... 63
例 2: 链轮的数控铣削工艺分析.....57	例 2: 平面凸轮铣削..... 65
2.2 直线插补编程.....60	2.4 CIP 圆弧插补 68
例 1: 五角星与五边形加工.....60	相关知识点..... 68
例 2: 三轴直线插补运动.....61	例: 平面“大头娃”零件轮廓的铣削..... 69

2.5 TURN 螺旋线插补.....	71	相关知识点.....	86
相关知识点.....	71	例 1: 平面旋转机座的数控编程.....	89
例: 漏斗孔的加工.....	72	例 2: 空间旋转机座的数控编程.....	90
2.6 带刀具补偿编程.....	74	例 3: 压力机凸模座的加工.....	91
相关知识点.....	74	例 4: 冲床凹模座的加工.....	92
例 1: 鱼形零件的加工.....	75	2.9 比例缩放与镜像编程.....	98
例 2: 模板的加工.....	79	例 1: 蒸汽锤模座的加工.....	98
2.7 极坐标编程.....	81	例 2: 不同象限凸块的加工.....	99
相关知识点.....	81	2.10 孔加工固定循环.....	100
例 1: 钻模板的加工.....	83	相关知识点.....	100
例 2: 蝙蝠形零件的编程.....	83	例 1: 台阶孔加工.....	103
例 3: 三角板的数控加工.....	85	例 2: 加工呈矩阵排列的孔.....	105
2.8 架构式 (FRAME) 坐标变换编程.....	86	例 3: 槽的固定循环加工.....	106

第 3 章 FANUC 数控编程

3.1 车削基础编程.....	111	例 3: 抛物线内孔加工.....	141
相关知识点.....	111	3.5 铣削基础编程.....	143
例 1: 简单直母线回转零件的车削程序.....	111	例 1: 简单直线圆弧零件轮廓编程.....	143
相关知识点.....	112	相关知识点.....	144
例 2: 外轮廓圆弧回转件的车削程序.....	115	例 2: 平面零件的轮廓铣削及螺纹孔加工.....	144
例 3: 多段直线与圆弧母线回转件车削.....	116	3.6 应用刀补进行轮廓编程.....	146
3.2 车削复合循环编程.....	118	相关知识点.....	146
例 1: 活塞套车削程序.....	118	例 1: 平面轮廓零件的加工.....	146
例 2: 手柄的仿形加工.....	120	例 2: 内、外轮廓零件的加工.....	147
例 3: 传动轴加工.....	122	3.7 固定循环编程.....	149
3.3 螺纹加工.....	123	相关知识点.....	149
相关知识点.....	123	例 1: 孔加工固定循环.....	150
例 1: 圆柱直螺纹的加工.....	123	例 2: 支承块的加工.....	153
例 2: 传动轴加工.....	125	相关知识点.....	156
相关知识点.....	127	3.8 坐标变换编程.....	159
例 3: 内、外螺纹联接轴的加工.....	128	例 1: 扇形接合齿的数控加工.....	159
3.4 内孔车削加工.....	132	例 2: 拉矫机弧形段上底座的数控加工.....	163
相关知识点.....	132	相关知识点.....	169
例 1: 内孔的车削.....	133	3.9 单件综合编程.....	169
例 2: 连接套的车削.....	134	例 1: 斜拉桥桥鞍连接孔的数控加工.....	169
相关知识点.....	139	例 2: 辊端接头的加工.....	173

第 4 章 R 参数编程与宏程序及其应用

4.1 参数与变量编程.....	185	例 1: 简单平面件的 R 参数编程.....	187
相关知识点.....	185	例 2: 直角坐标方式编写 R 参数加工程序.....	188

例 3: 极坐标方式编写 R 参数加工程序.....	190	4.6 立体曲面加工.....	219
4.2 SINUMERIK 840D 参数编程.....	191	相关知识点.....	219
相关知识点.....	191	例 1: 应用宏指令加工空间立体曲面.....	220
例 1: 直线平面轮廓 R 参数编程.....	191	例 2: 立体半椭球的加工.....	223
例 2: 内矩形槽 R 参数编程.....	193	4.7 FANUC 0i-MB 系统宏指令编程基础.....	226
例 3: 外矩形凸台 R 参数编程.....	195	例 1: 环切法加工零件轮廓.....	226
4.3 程序跳转及程序段重复功能.....	197	例 2: 铣削链轮轮廓零件.....	228
例 1: 任意正多边形的编程.....	197	4.8 内、外球面加工.....	229
例 2: 内孔 R 参数子程序.....	199	例 1: 内球面的铣削加工.....	229
例 3: 利用双重循环加工		例 2: 外球面的铣削加工.....	232
多圈环形均布孔.....	200	4.9 孔系加工.....	234
4.4 平面曲线轮廓加工.....	201	相关知识点.....	234
例 1: 直线平面轮廓零件编程.....	201	例 1: 平行孔系的加工.....	235
相关知识点.....	203	例 2: 环形阵列孔系的加工.....	238
例 2: M56 以上大螺纹的旋风铣削.....	206	例 3: 矩阵均布孔系的加工.....	241
例 3: 体育馆看台模型编程.....	210	相关知识点.....	243
4.5 方程曲线的参数编程.....	213	例 4: 大直径斜孔的加工.....	243
相关知识点.....	213	4.10 槽系加工.....	248
例 1: 椭圆方程曲线轮廓 R 参数编程.....	214	相关知识点.....	248
例 2: 抛物线方程曲线轮廓 R 参数编程.....	216	例 1: 滑板润滑油槽的加工.....	250
例 3: 玫瑰花瓣方程曲线轮廓 R 参数编程.....	217	例 2: 半圆槽系的加工.....	252

第 5 章 其他数控系统编程

5.1 广数车削基础编程.....	255	例 3: 铣削加工复合零件.....	265
相关知识点.....	255	5.3 华中数控编程.....	271
例: 传动轴加工工艺分析与编程.....	255	相关知识点.....	271
5.2 FAGOR 数控系统编程.....	260	例 1: 冷冲压金属模具加工.....	271
相关知识点.....	260	例 2: 异形轴阀芯的加工.....	275
例 1: 铣削加工平面轮廓零件一.....	260	相关知识点.....	278
例 2: 铣削加工平面轮廓零件二.....	262	例 3: 滤芯器组装件的加工.....	279
相关知识点.....	263		

第 6 章 线切割编程

6.1 3B 代码编程.....	286	相关知识点.....	291
相关知识点.....	286	例 1: 线切割 ISO 代码编程.....	292
例 1: 无间隙补偿功能外模零件 3B 线		相关知识点.....	293
切割编程.....	288	例 2: 圆弧内模零件 ISO 线切割编程.....	294
例 2: 有间隙补偿功能 3B 线切割编程.....	289	例 3: 内模零件 ISO 线切割编程.....	295
6.2 ISO 代码编程.....	291	例 4: 样板的电火花加工.....	295

参考文献.....	299
-----------	-----

第 1 章 SINUMERIK 840D 数控车削编程

1.1 直线插补编程

相关知识

直线插补指令 G01

执行 G01，可以是单轴直线运动，也可以是两轴直线插补运动，形成平面斜线，还可以三轴直线插补运动，形成空间斜线。

程序格式：

G01 X__ Y__ Z__ F__ ； 或

G01 U__ V__ W__ F__ ；

说明：

X、Y、Z：后面的值为终点坐标值。

U、V、W：后面的值是现在点与目标点之间的距离与方向。

F：以 F 给定速度进行切削加工，在无新的 F 指令替代前一直有效。

例 1：带双锥面的阶梯轴的加工

如图 1-1 所示，工件带有两个圆锥面，毛坯尺寸为 $\phi 40\text{mm} \times 80\text{mm}$ ，材料为 45 钢，分层切除各区域余量，试编写加工程序。

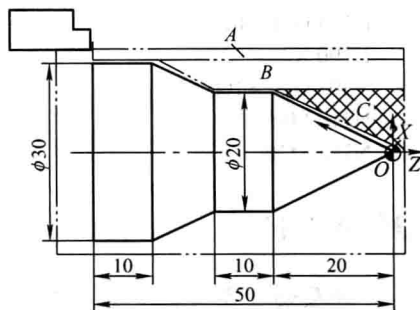


图 1-1 带双锥面的阶梯轴

```
CHEAN.MPF;  
N05 G95 G90 G40 G71;  
N10 T01 D01;  
N15 M03 S800 F0.15;  
N20 G00 X100 Z100;  
N25 X42 Z2;  
N30 G01 X36;  
N35 Z-50;  
N40 G00 X42 Z2;  
N45 G01 X32;  
N50 Z-50;  
N55 G00 X42 Z2;  
N60 G01 X30;  
N65 Z-50;  
N70 G00 X42 Z2;  
N75 G01 X26;  
N80 Z-30;  
N85 X30 Z-40;
```

程序号
程序初始化
换 1 号刀
切削参数
目测刀具位置
加工起始位置
第一次分层切除 A 区域余量

第二次分层切除 A 区域毛坯余量

第三次分层切除 A 区域毛坯余量

第一次分层切除 B 区域毛坯余量

N90 G00 X42 Z2;	
N95 G01 X22;	第二次分层切除 B 区域毛坯余量
N100 Z-30;	
N105 X30 Z-40;	
N110 G00 X42 Z2;	
N150 G01 X20;	第三次分层切除 B 区域毛坯余量
N120 Z-30;	
N125 X30 Z-40;	
N130 G00 X42 Z2;	
N135 G01 X16;	第一次分层切除 C 区域毛坯余量
N140 X20 Z-20;	
N145 G00 X42 Z2;	
N150 G01 X12;	第二次分层切除 C 区域毛坯余量
N155 X20 Z-20;	
N160 G00 X42 Z2;	
N165 G01 X8;	第三次分层切除 C 区域毛坯余量
N170 X20 Z-20;	
N175 G00 X42 Z2;	
N180 G01 X4;	第四次分层切除 C 区域毛坯余量
N185 X20 Z-20;	
N190 G00 X42 Z2;	
N195 G01 X0;	第五次分层切除 C 区域毛坯余量
N200 X20 Z-20;	
N205 G00 X100 Z100;	程序结束部分
N210 M05 M09;	
N215 M30;	

点 评

分层切除各区域余量是为了更方便初学者分析、理解切削的过程。在此基础上,可利用相关循环编程,以提高编程效率。

相关知识点

圆弧插补指令 G02、G03

G02 表示按指定进给速度进给的顺时针圆弧插补, G03 表示按指定进给速度进给的逆时针圆弧插补。圆弧顺时针、逆时针方向的判别方法是:沿着不在圆弧平面内的坐标轴,由正方向向负方向看去(视角方向:刀具轴的负向),顺时针方向为 G02,逆时针方向为 G03,基本圆弧插补指令主要是指半径编程与圆心(I、J、K)编程方式。

在 XY 平面内:

G17 G02/G03 X__ Y__ I__ J__ F__ ;

G17 G02/G03 X__ Y__ CR=__ F__ ;

说明:

I=圆心的 X 坐标-圆弧起点的 X 坐标。

J=圆心的 Y 坐标-圆弧起点的 Y 坐标。

K=圆心的 Z 坐标-圆弧起点的 Z 坐标。

在 SINUMERIK 802D 系统中, 半径的尺寸字地址用 “CR=” 方式, FANUC 数控系统半径用 R 表示, 当地址是一个字母时, 地址与数字之间可以有赋值号, 也可省略, 如 X=5 或 X5; 当地址由两或两个以上字母构成时, 地址与数字之间必须有赋值号, 如 CR=20 是正确的, 写 CR20 就不正确了。

例 2: 带圆角的阶梯轴的加工

如图 1-2 所示, 工件为带圆角的阶梯轴, 毛坯尺寸为 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$, 材料为 45 钢, 试进行加工工艺分析并编写加工程序。

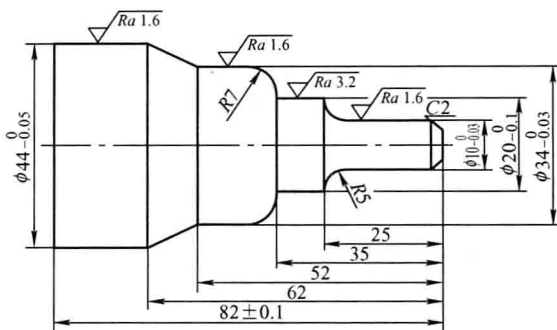


图 1-2 带圆角的阶梯轴

1. 加工工艺分析

先根据图样要求分析该零件的数控加工工艺, 该零件的外圆形状较为复杂, 由锥面、端面、圆弧和圆柱面组成, 尺寸都为自由尺寸, 根据毛坯尺寸和零件的最后要求, 可采用以下两种方法加工:

1) 先车一端面, 钻中心孔, 然后夹另一端, 采用一夹一顶的方法, 保证车削长度大于 82mm, 将工件的所有尺寸车出, 最后夹 $\phi 34\text{mm}$ 外圆处, 找正 $\phi 44\text{mm}$ 外圆, 车端面, 保证工件的总长 82mm。这种方法适用于对几何精度 (如同轴度) 要求较高的工件。

2) 先车一端面, 同时车 $\phi 44\text{mm}$ 外圆, 车削长度保证 50mm 左右, 调头车端面, 保证工件的总长为 82mm, 钻中心孔, 然后取下工件, 夹 $\phi 44\text{mm}$ 外圆, 采用一夹一顶的方法, 车削工件右端各部尺寸。

注意: 为避免夹伤, 应垫铜皮, 同时夹持长度为 5~10mm。

2. 工件的装夹

在用自定心卡盘装夹工件时, 注意精基准面应垫铜皮, 在采用一夹一顶的方法加工时, 注意夹持长度不能太长, 否则将形成过定位, 同时应调整尾座的锥度, 使之和主轴同轴。

3. 确定数控加工工序

- 1) 车端面, 刀具选用端面车刀。
- 2) 粗、精车工件左端 ($\phi 44\text{mm}$ 外圆), 刀具选用 90° 外圆粗车刀和 90° 外圆精车刀。
- 3) 车端面, 保证总长, 钻中心孔, 刀具选用端面车刀。
- 4) 采用一夹一顶的方法车工件右端, 保证各部尺寸, 刀具选用 90° 外圆粗车刀和 90° 外圆精车刀。

5) 选择进给量, 编制数控加工工序卡片。各道工序间进给量的选择如下: 粗车时

$n=700\text{r/min}$, $a_p=1.5\text{mm}$, $f=0.3\text{mm/r}$, 留精加工余量 0.3mm ; 精车时 $n=1500\text{r/min}$, $a_p=0.15\text{mm}$, $f=0.1\text{mm/r}$ 。数控加工工序卡片见表 1-1。

表 1-1 数控加工工序卡片

工 序	切 削 参 数				刀 具
	进给量 f (mm/r)	背吃刀量 a_p /mm	转速 n /(r/min)	余量/mm	
车左端面	0.3	端面见光	700		T01
精车左端外圆	0.1	0.15	1 500		T03
车右端面, 定总长	0.3	1.5	700		T01
粗车右端外圆	0.3	1.5	700	0.3	T02
精车右端外圆	0.1	0.15	1 500		T03

4. 编制程序

坐标原点设在工件的右端面, 以装夹在卡盘上的位置为准。

ZUODUAN.MPF;

N05 G54 G90 G95 G00 X150 Z150;

N10 M03 S1500;

N15 M08;

N20 T03 D03;

N25 G00 X44 Z2;

N30 C01 Z-50 F0.1;

N35 G00 X150 Z150;

N40 M02;

建立坐标系, 快速移动到安全点

主轴以 1500r/min 正转

开切削液

换 3 号刀, 3 号刀具补偿 (简称刀补)

快进至起刀点

车外圆

快速返回安全点

程序结束

车工件右端外圆

YOUUDUAN.MPF;

N05 G54 G90 G95 G00 X150 Z5;

N10 M03 S1500;

N15 M06 T02 D02;

N20 G96 S150 LIMS=1500;

N25 CNAME="TESKI";

N30 R105=9 R106=0.3 R108=1.5;

N35 R109=7 R110=1 R111=0.3 R112=0.1;

N40 LCYC95;

N45 G00 X150 Z5;

N50 M02;

程序名

初始化程序, 快速移动到安全点

主轴以 1500r/min 正转

换 2 号刀, 调 2 号刀补

主轴以恒线速度 150m/min 进给

调用轮廓加工子程序

设置坯料切削循环参数

调用坯料切削循环粗加工

轮廓加工子程序

TESK1.SPF;

N05 G00 X4.522;

N10 G00 X6;

N15 G01 Z0 F0.1;

N20 X10 Z-2;

N25 Z-20;

N30 G02 X20 Z-25 CR=5;

N35 C01 Z-35;

N40 G03 X34 Z-42 CR=7;

子程序名

精加工轮廓起始行, 到倒角延长线

慢速走到切削起点, 定义精车进给量

精加工倒角 $C2\text{mm}$

精加工 $\phi 10\text{mm}$ 外圆

精加工 $R5\text{mm}$ 圆弧

精加工 $\phi 20\text{mm}$ 外圆

精加工 $R7\text{mm}$ 圆弧

N45 C01 Z-52;
N50 X44 Z-62;
N55 M17;

精加工 $\phi 34\text{mm}$ 外圆
精加工外圆锥
子程序结束

点 评

轮廓加工子程序 TESK1.SPF 即为轮廓精加工程序, 相当于 FANUC 数控系统 G71 程序段中 P、Q 之间的加工内容。

G71 U(Δd) R(e);

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

相关知识点

1. 切槽循环指令 CYCLE93

CYCLE93 (SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, ANG2, RCO1, RCO2, RCI1, RCI2, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VRTI), 各参数见表 1-2。

2. 毛坯切削 (轮廓) 粗车循环指令 CYCLE95

CYCLE95 (NPP, MID, FALZ, FZLX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, VRT), 各参数见表 1-3。

3. 螺纹切削循环指令 CYCLE97

CYCLE97 (PIT, MPIT, SPL, FPL, DM1, DM2, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, VARI, NVMT), 各参数见表 1-4。

表 1-2 切槽循环指令 CYCLE93 (SINUMERIK 802D)

(单位: mm)

参 数	意 义	本 例 取 值
SPD	切槽起始点直径	30
SPL	切槽起始点 Z 坐标 (切槽刀的左刀点)	-28
WIDG	槽底宽度	8
DIAG	槽的最大深度	2
STA1	槽的斜线角	0
ANG1	右侧面角	0
ANG2	左侧面角	0
RCO1	槽沿倒角, 位于起始点的一边	0
RCO2	槽沿另一倒角	0
RCI1	槽底倒角, 位于起始点的一边	0
RCI2	槽底另一倒角	0
FAL1	槽底精加工余量	0.2
FAL2	槽侧面精加工余量	0.1
IDEP	切槽进给量最大值	1.5
DTB	槽底停顿时间	1
VRTI	加工类型 (纵向、外部、右边)	5

表 1-3 毛坯切削（轮廓）循环指令 CYCLE95（SINUMERIK 802D）（单位：mm）

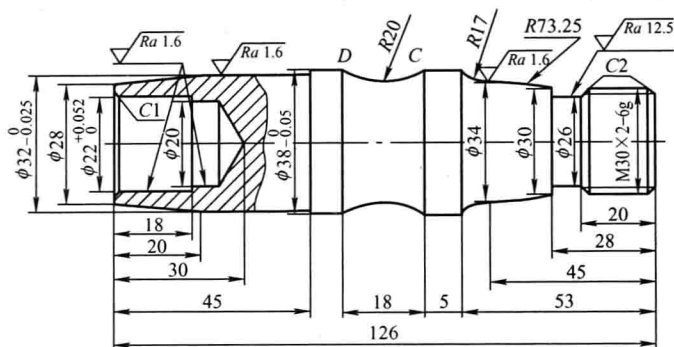
参 数	意 义	本 例 取 值
NPP	轮廓子程序名称	CXL
MID	最大粗加工背吃刀量（无符号输入）	2
FALZ	沿纵向轴（Z 向）的精加工余量（无符号输入）	0.2
FZLX	沿横向轴（X 向）的精加工余量（无符号输入），半径量	0.3
FAL	沿轮廓的精加工余量（无符号输入）	0.5
FF1	非退刀槽加工的进给速度	200mm/min
FF2	进入凹凸切削时的进给速度	50mm/min
FF3	精加工的进给率	100%
VARI	加工类型，数值：1~12	1
DT	粗加工时，用于断屑的停顿时间	0
DAM	粗加工因断屑而中断时所经过的路径长度	0
VRT	退刀行程，增量，X 向为半径（无符号），即刀具在粗加工中，每车削完一层后，在 X 向与 Z 向同时退回“VRT”距离，默认为 1mm	2

表 1-4 螺纹切削循环指令 CYCLE97（SINUMERIK 802D）（单位：mm）

参 数	意 义	本 例 取 值
PIT	螺纹导程	1.5
MPIT	用螺纹公称直径来表示螺距	0
SPL	螺纹起始点的纵坐标	0
FPL	螺纹终点的纵坐标	-20
DM1	起始点螺纹直径	30
DM2	终点螺纹直径	30
APP	空刀导入量	3
ROP	空刀退出量	3
TDEP	螺纹深度	0.93
FAL	精加工余量（半径值）	0.05
IANG	切入进给角	0°
NSP	首牙螺纹的起始点偏移	0
NRC	粗加工切削次数	6
NID	停顿时间	1s
VARI	螺纹的加工类型	1
NVMT	螺纹线数	1

例 3：带内外轮廓的阶梯轴的编程

编制图 1-3 所示零件的加工程序，材料为 45 钢，棒料直径为 40mm。



$\sqrt{Ra\ 3.2}$ ($\checkmark$)

图 1-3 带内外轮廓的阶梯轴

1. 工艺路线

- 1) 夹右端，手动车左端面，用 $\phi 20\text{mm}$ 麻花钻钻 $\phi 20\text{mm}$ 底孔。
- 2) 用1号外圆车刀、LCYC95轮廓循环粗、精车左端外形轮廓。
- 3) 用4号内孔镗刀镗 $\phi 22\text{mm}$ 内孔。
- 4) 调头夹 $\phi 32\text{mm}$ 外圆，用1号外圆车刀车右端面，车至总长，用LCYC95轮廓循环粗、精车右端外形轮廓。
- 5) 用2号切槽刀、LCYC93切槽循环切 $\phi 26\text{mm}$ 螺纹退刀槽，并倒角C2mm。
- 6) 用3号螺纹刀、LCYC97螺纹车削循环车M30 $\times$ 1.5螺纹。

2. 刀具选择

T01——93°外圆车刀。

T02——切槽刀（刀具宽度为4mm，对刀点为切槽刀的左刀点）。

T03——60°外螺纹车刀。

T04——内孔镗刀。

3. 编制程序

（1）左端加工主程序 程序如下：

ZUODUAN.MPF;

N05 DEF REAL MID=2, FAL1=0.2, FALX=0.3, FAL=0.15, FF1=200;

DEF: 定义

N10 DEF REAL FF2=50, FF3=100, VARI=1, DT=0, DAM=0, VRT=2;

REAL: 实数

N15 G94 G90;

采用绝对值编程，进给单位为 mm/min

N20 TRANS X0 Z62;

采用编程零点偏移

N25 M03 S600;

主轴正转，转速为 600r/min

N30 T01 D01 M08;

换1号外圆车刀，1号刀补，切削液开

N35 G00 X45 Z0;

快速进刀

N40 G01 X18 F30;

车端面

N45 G00 X40 Z2;

快速退刀，准备调用 CYCLE (95) 轮廓加工循环

N50 CYCLE95("ZOU", MID, FALZ, FZLX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, VRT);

N50 中的各参数已通过 N05、N10 DEF REAL 赋值确定了，一是不会再因填错数据而犯愁，二是使修改参数变得容易了

N55 MOO;

程序暂停

N60 S1200 T01 D01 F50;

主轴变速，转速为 1200r/min

N65 WXY;

调用 WXY 子程序精车左端轮廓

N70 G00 X100 Z100;

快速退刀

N75 M06 T04 D04;

换 4 号外圆车刀，4 号刀补

N80 S600 F100;

转速为 600r/min

N85 G00 X21.5;

快速进刀

N90 Z2;

快速进刀

N95 G01 Z-18;

粗车 $\phi 2\text{mm}$ 内孔

N95 X18;

退刀

N100 G0 Z2;

快速退刀

N105 S650 F50;

主轴变速，转速为 650r/min

N110 G01 X24 Z0;

进刀

N115 X22.026 Z-1;

倒角

N120 Z-18;

精车 $\phi 22\text{mm}$ 内孔至尺寸

N125 X18;

退刀

N130 G00 Z100;

快速退刀

N135 X100;

快速退刀

N140 M05 M09;

主轴停转，切削液关

N145 M02;

程序结束

(2) 左端加工子程序 程序如下:

ZOU.SPF;

左端加工子程序名

N10 G01 X28 Z0;

进刀

N20 X31.99 Z-20;

精车锥体

N30 Z-45;

精车 $\phi 32\text{mm}$ 外圆至尺寸

N40 X38;

退刀

N50 Z-55;

精车 $\phi 38\text{mm}$ 外圆

N60 X40;

退刀

N70 M17;

子程序结束

(3) 右端加工主程序 程序如下:

YOUUAN.SPF;

右端加工子程序名

N05 DEF REAL MID=2, FAL1=0.2, FALX=0.3, FAL=0.5, FF1=200;

DEF: 定义

N10 DEF REAL FF2=50, FF3=100, VARI=1, DT=0, DAM=0, VRT=2;

REAL: 实数

N05 G94 G90;

采用绝对值编程，分进给

N10 TRANS X0 Z60;

采用编程零点偏移

N15 M03 S600 T01 D01;

换 1 号外圆车刀，1 号刀补

N20 G00 X42 Z0 M08;

快速进刀

N25 G01 X-1;

F100 车端面（取总长）

N30 G00 X40 Z2;

快速退刀

N35 CYCLE95("YOU", MID, FALZ, FZLX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, VRT);

N35 中的各参数已通过 N05、N10 DEF REAL 赋值确定了

N40 S1200 F50;	主轴变速, 转速为 1200r/min
N45 YOU;	调用 YOU 子程序精车右端轮廓
N50 G00 X100 Z100;	快速退刀
N55 T02 D02 S450 F50;	换 2 号外圆车刀, 2 号刀补
N60 G00 X32 Z-24;	快速进刀
N65 CYCLE93(30, -24, 8, 2, 0, 0, , 0, 0, 0, 0, 0.1, 0.1, 1, 2, 5);	
CYCLE93 (SPD, SPL, WIDG, DIAG, STA1, ANG1, ANG2, RCO1, RCO2, RCI1, RCI2, FAL1, FAL2, IDEP, DTB, VRTI) 中各参数一定要对号入座, 有 16 个参数要与 N65 一一对应, 一旦不能对号入座填错数据就很麻烦, 如“2”到“0.1”之间, 就有 7 个“0”, 这就极易出错, 且要修改参数也不容易	
N70 T02 D02;	换 2 号外圆车刀, 2 号刀补
N75 G00 X32;	退刀
N80 Z-18;	退刀
N85 G01 X30;	进刀
N90 X26 Z-20;	倒角 C2mm
N95 X32;	退刀
N100 G00 X100 Z100;	快速退刀
N105 T03 D03 S600;	换 3 号外圆车刀, 3 号刀补
N110 G00 X30 Z2;	快速进刀
N115 CYCLE97 (1.5, 0, 0, -20, 30, 30, 3, 3, 0.93, 0.05, 0, 0, 6, 1, 1);	
CYCLE97 (PIT, MPIT, SPL, FPL, DM1, DM2, APP, ROP, TDEP, FAL, IANG, NSP, NRC, NID, VARI, NVMT) 中各参数一定要对号入座, 有 16 个参数要与 N115 一一对应	
N120 G00 X100 Z100;	快速退刀
N125 M05 M09;	主轴停转, 切削液关
N130 M02;	程序结束
(4) 右端加工子程序	
YOU.SPF;	右端加工子程序名
N05 G01 X26 Z0;	进刀
N10 X29.8 Z-2;	倒角 C2mm
N15 Z-28;	精车 M30×1.5 的外圆
N20 X30;	退刀
N25 G03 X34 Z-45 CR=73.25;	精车 R73.25mm 圆弧
N30 G02 X38 Z-53 CR=17;	精车 R17mm 圆弧
N35 G01 X40;	退刀
N40 RET;	RET 子程序结束并返回程序开头, 也可以用 M17, 但 M17 仅为结束命令

点 评

各参数均采用 DEF 赋值方式确定, 一是不会再因填错数据而犯愁, 二是使修改参数变得容易了。如: CYCLE95 循环指令轮廓加工子程序 ZUO.SPF、YOU.SPF 即为轮廓精加工程序、LCYC93 切槽循环切 $\phi 26\text{mm}$ 螺纹退刀槽、LCYC97 螺纹车削循环车 M30×1.5 螺纹, 它们中的各参数均采用了 DEF 赋值方式确定, 以避免 CYCLE××中的各参数因不能对号入座出现填空错误, 若要修改参数, 可直接从 DEF 赋值中进行。

1.2 阶梯轴的编程

相关知识点

倒角/倒圆指令 CHF=__ /RDN=__

在一个零件的加工过程中,经常会出现倒角或倒圆,此时利用 SIEMENS 系统的指令 CHF= 或者 RND= 与加工拐角的轴运动指令一起编程,可很方便地实现倒角、倒圆加工,如图 1-4 所示。

倒角 CHF=: 直线轮廓之间、圆弧轮廓之间以及直线轮廓和圆弧轮廓之间切入一直线并倒去棱角。

倒圆 RND=: 直线轮廓之间、圆弧轮廓之间以及直线轮廓和圆弧轮廓之间切入一圆弧,圆弧与轮廓进行切线过渡。

如果其中一个程序段轮廓长度不够,则在倒圆或倒角时会自动削减编程值。几个连续编程的程序段中有不含坐标轴移动指令的程序段,则不可以进行倒角或倒圆,其编程格式为:

CHF=__; 插入倒角,数值表示倒角长度

RND=__; 插入倒圆,数值表示倒圆半径

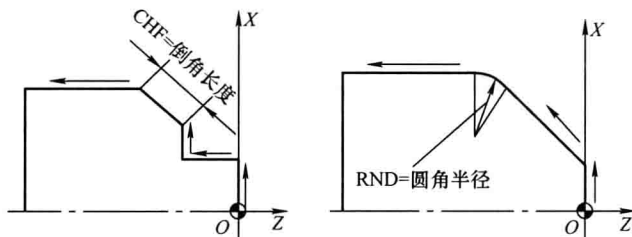


图 1-4 G01 倒角/倒圆

例 1: 带圆角阶梯轴的编程

1. 工艺分析

(1) 建立工件坐标系 如图 1-5 所示,对于卧式数控车床,工件原点通常设在工件的右端面中心上,编程、对刀比较方便。

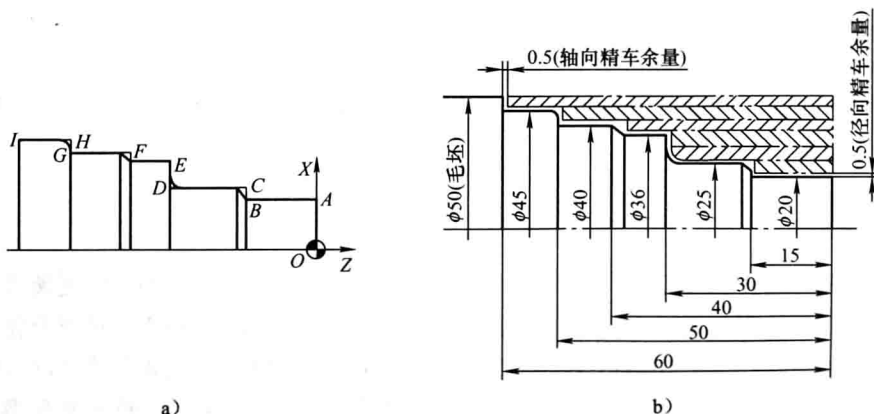


图 1-5 带圆角阶梯轴的编程

a) 工件坐标系 b) 加工方案