

数控车宏程序编程 实例精讲

沈春根 徐晓翔 刘 义 主编



数控车宏程序编程 实例精讲

沈春根 徐晓翔 刘 义 主编

机械工业出版社

本书全部采用实例形式,针对数控车削中的常见型面,包括外圆、端面、割槽、切断、螺纹、非圆曲线型面、梯形螺纹和变距螺纹等数控加工问题,进行宏程序编程的详细讲解,编排时注重工艺和编程相结合、编程思路和操作步骤相结合、单型面编程和综合实例相结合,循序渐进,由浅入深,通过大量实例引导初学者逐步提高宏程序的编程技能和水平。全书实例程序中的语句都有详细的注释和重要提示,且所有实例均通过 FANUC 数控系统仿真和实际运行。

本书可以作为高职、中职院校数控技术课程的实践教材,也可用于数控技术进阶培训教材、数控编程操作用书和自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控车宏程序编程实例精讲/沈春根,徐晓翔,刘义主编. —北京:机械工业出版社,2011.12

ISBN 978-7-111-36311-8

I. ①数… II. ①沈…②徐…③刘… III. ①数控机床:车床—程序设计 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 223414 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

版式设计:张世琴 责任校对:闫玥红

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

高等教育出版社印刷厂印刷

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·14.25 印张·259 千字

0 001—4 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36311-8

定价:30.00 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

策划编辑 (010) 88379733

社服务中心:(010) 88361066 网络服务

销售一部:(010) 68326294 门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

随着数控技术在制造业的快速发展和新产品不断的涌现,对从事或即将从事数控编程的专业人才提出了更高的要求,不仅要掌握数控机床操作和基本的手工编程技能,还需具备如下的能力:能够解决复杂型面零件或者超精密零件的数控加工问题、能够充分发挥数控系统的编程潜力以及使数控设备发挥出最大效益化,这就要求专业人员具有良好的编程素养。

掌握宏程序编程和自动编程(计算机辅助编程)技术是步入高级程序员序列的必备条件,而对于初学者来说,学习宏程序和其他高级语言一样比较抽象,需要通过大量的案例学习和实践操作后才能掌握其精髓,因此,本书以数控车削中常见型面的加工为背景,一开始以最简单的单型面作为加工对象,详细讲解宏程序编程思路和操作步骤,循序渐进,加工对象的编程难度逐渐加大,最终引导初学者能够运用宏程序编程解决非圆型面、梯形螺纹和变距螺纹等较为复杂工件数控车削中的编程问题。

本书主要内容

第1章介绍了宏程序在简单型面车削中的应用,主要包括单外圆粗、精车削宏程序编程,二、三、四个外圆车削宏程序编程,单沉槽/多沉槽加工宏程序编程,切断宏程序编程,端面车削宏程序编程和钻孔、镗孔宏程序编程。

第2章介绍了宏程序在锥度型面车削中的应用,主要包括外圆锥面车削宏程序编程,内孔锥面宏程序编程、盘类工件车削宏程序编程和简单配合件加工宏程序编程。

第3章介绍了宏程序在圆弧类型面车削中的应用,主要包括凹/凸圆弧车削宏程序编程、内孔圆弧宏程序编程和孔类零件加工宏程序编程。

第4章介绍了宏程序在非圆型面车削中的应用,主要包括右/左椭圆车削宏程序编程、凹/整椭圆车削宏程序编程、椭圆内孔车削宏程序编程、旋转



椭圆宏程序编程、正弦曲线外圆轮廓车削宏程序编程、双曲线外圆轮廓车削宏程序编程和综合实例。

第5章介绍了宏程序在普通螺纹车削中的应用，主要包括单线/双线螺纹加工宏程序编程、大螺距螺纹宏程序编程、普通内螺纹车削宏程序编程和车削综合加工宏程序编程。

第6章介绍了宏程序在高级螺纹车削中的应用，主要包括：外梯形螺纹车削宏程序编程、内梯形螺纹宏程序编程、异形螺纹车削宏程序编程，圆弧螺纹车削宏程序编程，等槽宽变齿宽变距螺纹加工宏程序编程，变槽宽变齿宽变距螺纹加工宏程序编程。

本书编排特点

注重工艺和编程相结合、编程思路和操作过程相结合、单型面编程和综合实例相结合，实例内容基本上覆盖了车削中常见的加工型面，实例中的程序语句均有注释和总结。

本书适合读者

本书适合高职、中职数控技术专业的学生和数控技术进阶培训人员、数控编程操作技术工人。

本书学习方法建议

学习数控 CNC 编程基本知识→上机实践→学习宏程序基本概念→对照本书实例进行学习和模仿→程序仿真和验证→上机实践→加工实物→总结。

本书编写人员

本书由沈春根、徐晓翔和刘义主编，汪健、周丽萍、孙奎洲、叶霞、黄冬英、吴建兵、李伟、王亚元、刘金斌、肖克霞、袁进、胡旭、李海东、陈马源、王潇、陈建和许玉方参与了编写工作，全书由沈春根统稿。本书在编写过程中借鉴了国内外同行有关宏程序编程技术的最新研究成果，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中不足和错误之处恳请读者斧正，并希望提出宝贵建议，以便一起提高数控加工编程技术水平，更欢迎来信进行交流和探讨（本书作者电子邮箱：chungens@163.com 和 liuyicslg@126.com）。

编 者

目 录

前言

第1章 宏程序在简单型面车削中的应用	1
1.1 实例 1-1 单外圆粗车宏程序应用	1
1.2 实例 1-2 单外圆精车宏程序应用	5
1.3 实例 1-3 两个外圆粗车宏程序应用	8
1.4 实例 1-4 两个外圆精车宏程序应用	11
1.5 实例 1-5 三个外圆车削宏程序应用	13
1.6 实例 1-6 四个外圆车削宏程序应用	18
1.7 实例 1-7 车削外圆单个沉槽宏程序应用	21
1.8 实例 1-8 车削外圆多排等距沉槽宏程序应用	25
1.9 实例 1-9 车削外圆多排等差递增沉槽宏程序应用	28
1.10 实例 1-10 车削外圆多排阶梯等距递增沉槽宏程序应用.....	31
1.11 实例 1-11 车削外圆多排阶梯等差递增沉槽宏程序应用.....	34
1.12 实例 1-12 大直径外圆的切断宏程序应用.....	38
1.13 实例 1-13 车削端面宏程序应用.....	40
1.14 实例 1-14 钻孔、镗孔宏程序应用.....	42
1.15 本章小结	45
第2章 宏程序在锥度型面车削中的应用	48
2.1 实例 2-1 车削外圆锥度宏程序应用	48
2.2 实例 2-2 车削内孔锥度宏程序应用	54
2.3 实例 2-3 车削盘类工件宏程序应用	56
2.4 实例 2-4 简单配合件加工宏程序应用	59
2.5 本章小结	67



第3章 宏程序在圆弧类型面车削中的应用	68
3.1 实例 3-1 车削凸圆弧宏程序应用	68
3.2 实例 3-2 车削凹圆弧宏程序应用	76
3.3 实例 3-3 车削内孔圆弧宏程序应用	85
3.4 实例 3-4 孔类零件加工宏程序应用	87
3.5 本章小结	91
第4章 宏程序在非圆型面车削中的应用	92
4.1 实例 4-1 车削右椭圆宏程序应用	92
4.2 实例 4-2 车削左椭圆宏程序应用	105
4.3 实例 4-3 车削凹椭圆宏程序应用	111
4.4 实例 4-4 车削整椭圆宏程序应用	116
4.5 实例 4-5 车削椭圆内孔的宏程序应用	124
4.6 实例 4-6 车削旋转椭圆宏程序应用	129
4.7 实例 4-7 车削正弦曲线外圆轮廓宏程序应用	135
4.8 实例 4-8 车削双曲线外圆轮廓宏程序应用	138
4.9 实例 4-9 综合实例 1 (凸、凹椭圆组合的加工)	142
4.10 实例 4-10 综合实例 2 (配合件的加工)	148
4.11 本章小结	163
第5章 宏程序在普通螺纹车削中的应用	164
5.1 螺纹加工概述	164
5.2 实例 5-1 车削单线螺纹宏程序应用	166
5.3 实例 5-2 车削双线螺纹宏程序应用	168
5.4 实例 5-3 车削大螺距螺纹宏程序应用	170
5.5 实例 5-4 车削普通内螺纹宏程序应用	174
5.6 实例 5-5 综合实例 1 (螺纹轴类零件加工)	176
5.7 实例 5-6 综合实例 2 (椭圆和螺纹组合的加工)	182
5.8 本章小结	191
第6章 宏程序在高级螺纹车削中的应用	192
6.1 实例 6-1 车削外梯形螺纹宏程序应用	192
6.2 实例 6-2 车削内梯形螺纹宏程序应用	198

6.3 实例 6-3 车削异形螺纹宏程序应用	203
6.4 实例 6-4 车削圆弧螺纹宏程序应用	206
6.5 实例 6-5 车削等槽宽变齿宽变距螺纹宏程序应用	210
6.6 实例 6-6 车削变槽宽变齿宽变距螺纹宏程序应用	214
6.7 本章小结	218
参考文献	219



宏程序在简单型面 车削中的应用

本章内容提要

本章先介绍宏程序在车削简单型面中的应用，依次为车削单外圆、两个外圆、三个外圆、四个外圆、单个沉槽、多个沉槽，切断、车削端面和钻孔、镗孔等，它们刀具路径轨迹的共同特点是：沿 X 向或者 Z 向走刀。通过诸多实例的练习，可以掌握宏程序在实现单向刀具路径轨迹的思路和技巧，为后续复杂工件的宏程序编程应用打下基础。

1.1 实例 1-1 单外圆粗车宏程序应用

1.1.1 零件图和加工内容

本实例先介绍一个简单的单外圆粗车加工宏程序编程实例，了解宏程序编程的基本方法和步骤。图 1-1 所示为一个需要加工单个外圆的零件，尺寸为 $\phi 20\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，材料为 45 钢。

1.1.2 工艺分析和加工路线

- (1) 按照图 1-2 所示，准备毛坯尺寸为 $\phi 30\text{mm} \times 80\text{mm}$ ，端面车平即可。
- (2) 装夹方式：普通自定心卡盘，夹持 $\phi 30\text{mm}$ 毛坯外圆，保证悬伸长度为 60mm；刀具：90°外圆粗车刀，为硬质合金机夹车刀；量具：0 ~ 150mm 的游标卡尺。
- (3) 按照粗车、精车分开的工艺原则安排车削工序，具体切削用量见表 1-1。其中，切断工序也可以采用宏程序编程方法，在后面章节作专门介绍，故本实例没有编排切断工序。

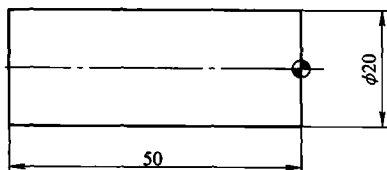


图 1-1 零件主要尺寸

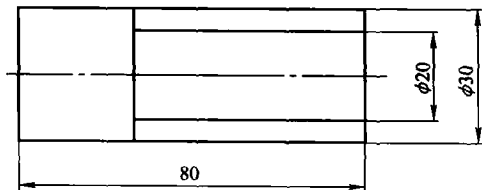


图 1-2 毛坯主要尺寸

表 1-1 数控粗车单外圆的工序卡

工 序	主 要 内 容	设 备	刀 具	切 削 用 量		
				转 速 /(r/min)	进给量 /(mm/r)	背吃刀量 /mm
1	车削端面	数控车床	90°外圆粗车刀	600	0.08	0.1
2	粗车外圆	数控车床	90°外圆粗车刀	500	0.15	1
3	切断	数控车床	割断刀（刀宽4mm）	500	0.04	—

1.1.3 编程思路和刀具路径规划

（1）本实例为了说明宏程序在车削外圆中的应用方法，毛坯余量取值较大，从外径 $\phi 30\text{mm}$ 车削至 $\phi 20\text{mm}$ ，直径方向余量为 10mm ，单边切削余量为 5mm ，而在实际生产中，特别是批量加工中，每个工序余量都有相应的规定。本书中其他实例也有类似情况，特此说明。

（2）进刀至端面处，控制好第 1 次背吃刀量，先沿轴向行程车削一次外圆，然后退刀至起刀点，进行下一辆车削，重复走刀路径，如图 1-3 所示，直至完成整个零件的加工。

（3）根据走刀路径设计和加工要求，本程序中需要赋值的变量有外圆毛坯直径#100、车削的轴向行程#101、每次背吃刀量双边径向值#102，每次切削后毛坯外径逐渐减少，每次切削后再判断外圆直径是否达到规定值，如满足就退出程序，否则快速退刀至加工起点，再减去每次的背吃刀量，进行下一轮的切削，如此反复，直到外圆直径值等于零件规定值。经过多次切削后再判断外圆直径是否达到规定值，该思路可以归纳为图 1-4 所示的车削单外圆程序编制的流程图。

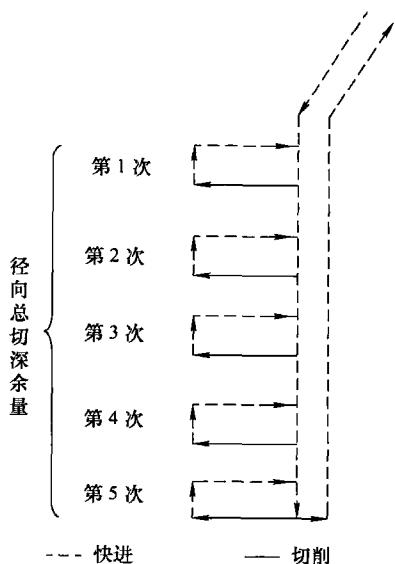


图 1-3 车削单外圆走刀路径设计

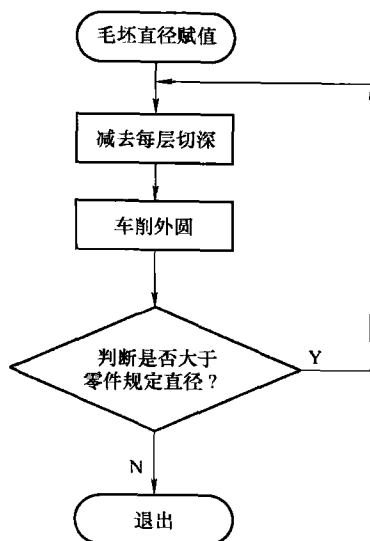


图 1-4 车削单外圆程序流程图

1.1.4 数控程序及其注释

程序 1：采用 IF 判断语句进行编程

O1001;	(程序名)
T0101;	(调 1 号刀具以及 1 号刀补)
M03 S600;	(主轴正转, 转速为 600r/min)
G0 X32 Z1 M08;	(快速定位至毛坯右端面)
G01 Z0 F0.2;	(进刀至 Z0 处)
X -0.6 F0.08;	(车削端面)
G0 X32 Z1;	(快速退刀)
S500;	(转速变为 500r/min)
#100 = 30;	(#100 变量赋值: 外圆毛坯直径)
#101 = 55;	(#101 变量赋值: 车削轴向的行程)
#102 = 2;	(#102 变量赋值: 背吃刀量双边径向值)
N10 #100 = #100 - #102;	(每次 X 向要到达的位置)
G0 X[#100];	(径向进刀)
G01 Z[-#101] F0.15;	(车削外圆)

X30;(或者 X[#100+2])	(径向退刀)
G0 Z1;	(轴向退刀)
IF[#100 GT 20]GOTO10;	(如果#100 大于 20mm,则跳转到 N10)
G0 X100 Z100;	(快速返回)
T0100	(取消 1 号刀具补偿)
M05;	(主轴停止旋转)
M09;	(关闭切削液)
M30;	(程序结束)

程序 2: 采用 WHILE ... DO ... 语句进行宏程序编程

O1002;	(程序名)
T0101;	(调 1 号刀具以及 1 号刀补)
M03 S600;	(主轴正转,转速为 600r/min)
G0 X32 Z1 M08;	(快速定位至毛坯右端面)
G01 Z0 F0.2;	(进刀至 Z0 处)
X -0.6 F0.08;	(车削端面)
G0 X32 Z1;	(快速退刀)
S500;	(转速变为 500r/min)
#100 = 30;	(#100 变量赋值:外圆毛坯直径)
#101 = 55;	(#101 变量赋值:车削的轴向行程)
#102 = 2;	(#102 变量赋值:背吃刀量双边径向值)
WHILE[#100 GT 20]DO1;	(判断语句以及条件)
#100 = #100 - #102;	(每次减少 2mm)
G0 X[#100];	(径向进刀)
G01 Z[-#101]F0.15;	(车削)
X30;	(径向退刀)
G0 Z1;	(轴向退刀)
END 1;	(循环 1 结束)
G0 X100 Z100;	
T0100;	(取消 1 号刀补)
M05;	(主轴停止旋转)
M09;	(关闭切削液)
M30;	(程序结束)

1.1.5 编程总结

(1) 本实例编程过程虽然简单,但体现了宏程序编程的基本思路,可以作为学习宏程序入门的实例,其中设置合理的变量、合理的变量之间的运算和选择判断语句(控制指令)是宏程序编程的关键。

(2) 针对程序所用的变量数量、变量之间运算的不同要求,可以采用不同的判断语句来达到相同的编程要求和控制加工路径的目的。

(3) 变量判断或者决策常用多种方法,它们都可以达到相同的编程目的。本实例中分别运用了 IF 和 WHILE 判断语句进行了宏程序编程,它们不同之处如图 1-5 所示,IF 语句是先执行循环体,然后作出判断;WHILE 语句是先执行条件判断,然后再执行循环体。

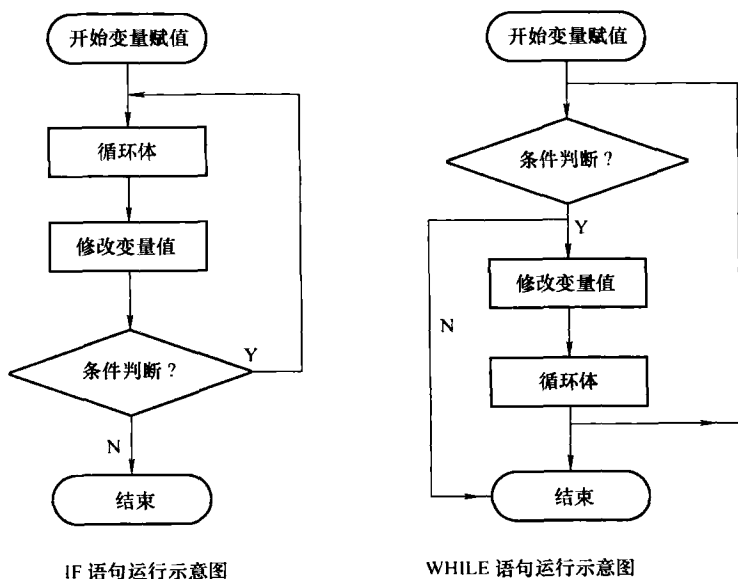


图 1-5 IF 语句和 WHILE 语句运行示意图

(4) 注意:不同数控系统对数字输入有不同的格式要求,比如数控系统 FANUC Series Oi-TC 要求程序中所有整数后面需要加小数点。

1.2 实例 1-2 单外圆精车宏程序应用

实例 1-1 介绍了单个外圆的宏程序应用实例(只有粗车程序,没有精车程

序), 在实际加工中需要对加工表面表面粗糙度有要求时, 需要按照粗、精车分开原则, 所以在实例 1-1 的基础上, 增加精车工序, 这样的加工程序更有实用性。

1.2.1 工艺分析和加工路线

在参照实例 1-1 工艺分析和加工路线的基础上, 有所变化的情况如下:

(1) 刀具: 90°外圆粗车刀 (1 号刀), 90°外圆精车刀 (2 号刀), 均为硬质合金机夹车刀。

(2) 制订车削工序见表 1-2。

表 1-2 数控车削 (包含粗车和精车外圆两个工序) 工序卡

工序	主要内容	设备	刀具	切削用量		
				转速 /(r/min)	进给量 /(mm/r)	背吃刀量 /mm
1	车削端面	数控车床	90°外圆粗车刀	600	0.08	0.1
2	粗车外圆	数控车床	90°外圆粗车刀	500	0.15	1
3	精车外圆	数控车床	90°外圆精车刀	600	0.08	0.5

1.2.2 编程思路和刀具路径规划

(1) 编程思路和刀具路径规划与实例 1-1 一样, 在它基础上增加精车的刀具路径。由于增加了精车程序, 程序编写中需要增加两个变量#103 和#104 来描述精车余量, 还需要增加一个判别指令来表达余量的变化。

(2) 设置变量#103 = 1 和相关语句作为精车余量的控制, 粗加工时相当于把所有刀具轨迹轮廓向外偏移了 1mm; 最后设置语句#103 = #103 - 1, 精加工时相当于将轮廓偏移回原来位置。

1.2.3 数控程序及其注释

#100 = 30;	(外圆的毛坯直径)
#101 = 55;	(车削的轴向径程)
#102 = 2;	(背吃刀量)
#103 = 1;	(精车余量)
#104 = 0;	(判别变量)
O1003;	(程序名)
T0101;	(调 1 号刀具以及 1 号刀补)

M03 S600;	(主轴正转,转速为 600r/min)
G0 X32 Z1 M08;	(快速定位至毛坯右端面)
G01 Z0 F0.2;	(进给到 Z0 处)
X -0.6 F0.08;	(车削端面)
G0 Z1 X32;	(快速退刀)
S500;	
#100 = 30;	(外圆的毛坯直径)
#101 = 55;	(车削的轴向行程)
#102 = 2;	(背吃刀量)
#103 = 1;	(精车余量)
#104 = 0;	(判别变量)
N10 #100 = #100 - #102;	(每次 X 向要到达的位置)
N20 G0 X[#100 + #103];	(进刀)
G01 Z[-#101] F0.15;	(切削)
X31;	(径向退刀)
G0 Z1;	(轴向退刀)
IF[#100 GT 20] GOTO10;	(条件判断)
G0 X100 Z100;	
M05 M09;	
M01;	(暂停,便于首件调试,首件调试结束后可 以取消控制面板上的选择停止按钮)
#104 = #104 + 1;	
IF[#104 GT 1.5] GOTO30;	(如果#104 大于 1.5,则跳转到 N30)
M03 S600;	
T0202;	(换精车刀具)
M8;	(打开切削液)
#103 = #103 - 1;	(精车余量减掉)
F0.08;	
GOTO20;	(绝对跳转到 N20)
N30 G0 X100 Z100;	
M05;	
M09;	
M30;	



1.2.4 编程总结

(1) 本实例增加精车程序后, 程序编写的逻辑性就略微复杂些了, 这也是宏程序的难点所在。宏程序不像常规 G、M 代码那样作简单的叠加, 而是考虑相互间的逻辑是否合理。

(2) 在宏程序编程中, 粗车和精车的共同点是它们刀具轨迹是一样的, 都是工件轮廓的偏移; 而区别之处在于: 在粗加工时, 工件轮廓向外平移精车余量的值; 而在精加工, 把工件轮廓移回了原处。

(3) 本例中的 GOTO (绝对跳转) 也可以用 IF...GOTO... 条件跳转来替换, 它们都是用来改变控制的流向, 同时本实例可以编写 WHILE...DO 循环操作格式的精加工程序。

(4) 本例中运用了 #104 号变量, 使循环跳出到 N30, 否则就会出现死循环, 即无限地循环下去。在宏程序中有时要及时结束循环, 就必须设置好变量以及控制语句, 使逻辑更加的合理。

(5) 前两个实例使用的 #100 等变量都属于公共变量, 在编制宏程序时要注意变量的种类及特性, 不可乱用。局部变量、系统变量和公共变量有各自的运用要求:

- 局部变量 #1 ~ #33 是在宏程序中局部使用的变量; 公共变量 #100 ~ #149、#500 ~ #531 是通过主程序及其调用的子程序通用的变量, 公共变量的用途在系统中没有明确的规定, 用户可以自由使用。

- 系统变量是在系统中用途固定的变量, 如 #2000 ~ #2932 为刀具补偿量, #3001、#3002 为时钟等。

1.3 实例 1-3 两个外圆粗车宏程序应用

1.3.1 零件图和加工内容

在实例 1-1、实例 1-2 单外圆车削宏程序编程的基础上, 本实例稍增加了宏程序编程的难度。图 1-6 所示为两个外圆需要车削的零件, 材料为 45 钢, 需要采用宏程序加工 $\phi 20\text{mm}$ 和 $\phi 30\text{mm}$ 的外圆和端面, 图 1-7 所示为其毛坯。

1.3.2 工艺分析和加工路线

(1) 按照图 1-7 所示尺寸准备毛坯, 其尺寸为 $\phi 40\text{mm} \times 110\text{mm}$ 。

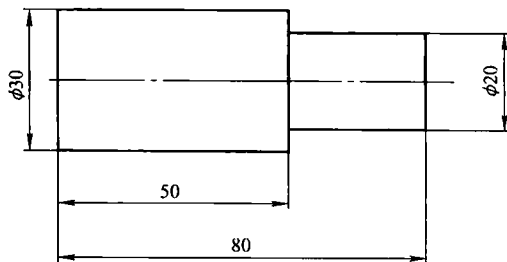


图 1-6 零件及其主要尺寸

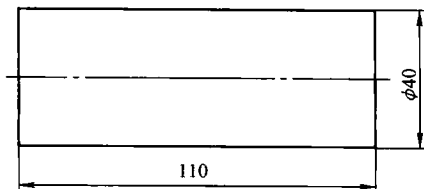


图 1-7 毛坯及其尺寸

(2) 装夹方式: 采用自定心卡盘, 夹持 $\phi 40\text{mm}$ 毛坯外圆, 夹持后保证伸出 90mm ; 刀具: 90° 外圆粗车刀 (1 号刀), 90° 外圆精车刀 (2 号刀); 量具: $0 \sim 150\text{mm}$ 的游标卡尺。

(3) 制订表 1-3 所示的车削工序。

表 1-3 数控车削两个外圆的工序卡

工序	主要内容	设备	刀具	切削用量		
				转速 /(r/min)	进给量 /(mm/r)	背吃刀量 / mm
1	粗车端面	数控车床	90° 外圆粗车刀	600	0.08	0.1
2	粗车两处外圆	数控车床	90° 外圆粗车刀	500	0.15	1
3	切断	数控车床	割断刀 (刀宽 4mm)	500	0.04	—

1.3.3 数控程序及其注释

```

O1004;                                (程序名)
T0101;
M03 S600;
G0 X42 Z1 M08;                        (快速定位到毛坯的右端面)
G01 Z0 F0.2;                          (轴向进刀)
      X -0.6 F0.08;                   (车削端面)
G0 X42 Z1;
S500;
#100 = 20;                             (外圆径向最大余量)
#101 = 30;                             (第一个台阶的轴向长度)
#102 = 85;                             (第二个台阶的轴向长度)

```