

FANUC



系统实用技术丛书

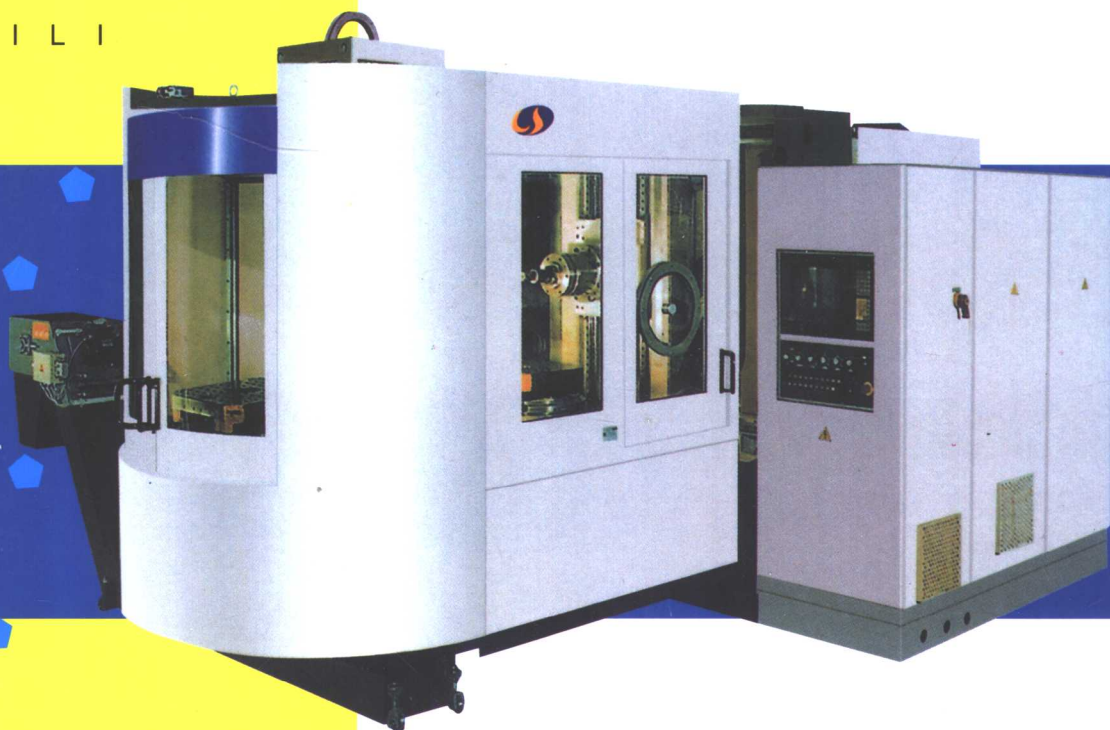
数控加工实例

S H U K O N G

◀ 李超/编著

J I A G O N G

S H I L I



辽宁科学技术出版社

FANUC系统实用技术丛书

数控加工实例

李 超/编著

辽宁科学技术出版社

· 沈 阳 ·

图书在版编目(CIP)数据

数控加工实例/李超编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2005.3

ISBN 7-5381-4322-X

I. 数… II. 李… III. 数控机床-程序设计
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 122399 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 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市第二印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 16

字 数: 360 千字

印 数: 1 ~ 5000

出版时间: 2005 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本 王正飞

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 王春茹

定 价: 28.00 元

编辑部电话: 024-23284372

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502 23284357

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

http: //www.lnkj.com.cn

序

高级技工,尤其是数控机床高级人才严重短缺的现象已经引起了社会的广泛关注。通过调研我们发现,所有机械工厂的主管和技术人员都已经认识到数控机床在加工精度、自动化程度、生产效率、劳动强度等各个方面都有普通机床无法比拟的优越性。在21世纪的今天,一个机械制造企业,如果不用数控机床完成自己的关键制造过程,将不会有任何竞争力。数控系统是数控产品的核心,使用数控产品的关键也自然是熟悉并掌握它的数控系统。在现有的数控系统中,FANUC系统凭借其高可靠性及完整的质量控制体系已成为最成功的CNC系统之一。我国数控机床中配备最多的数控系统也是FANUC系统。这也意味着FANUC系统在我国拥有最广泛的使用者。图书要为读者服务,于是,我们策划出版了这套“FANUC系统实用技术丛书”。

本套丛书目前出版四种,分别是《FANUC系统——数控机床维修》、《FANUC系统——数控铣床加工中心》、《FANUC系统——数控车床》、《FANUC系统——数控加工实例》。本套丛书的编写队伍经过了严格的筛选,都是具有多年专业教学经验的职业技术教师与生产一线的工人技师。他们经常为一些数控方面的培训班授课,了解并掌握一线工人最需要的知识,同时很多人本身就具有相当丰富的实践经验。本套丛书可以说是编者多年教学与实践经验的一个总结。本套丛书体现了以下几个特点。

1. 在素材的组织上,突出了实用的特点,搜集了大量的相关权威资料并加以细致的整理,力求让读者能够在最短的时间内掌握最有用的技巧。

2. 在写作风格上,语言通俗易懂,尽最大可能把复杂的知识用平白的语言叙述出来,使读者更加容易接受。

3. 由于是实用技术图书,因此在编写过程中精选了大量的实例,使读者可以很容易地与自己的工作实践相结合。

4. 图文并茂。为了更清楚地说明内容,同时也为了节省读者的宝贵时间,书中选配了大量的图片,这样既可以提高阅读效果,又使读者容易接受。

本套丛书可以作为从事数控技术工作人员的参考书,帮助制造业技术工人更新知识、提高职业技能,也可以作为高职、高专数控专业和其他机电专业的培训教材。

“FANUC系统实用技术丛书”仅仅是我们数控方面选题的一个组成部分,随着调研的深入,会有更多实用性的数控技术图书与读者见面。我们同时也十分希望读者朋友能够将您对这个领域图书的想法和意见反馈给我们,您的意见就是对我们最大的支持和帮助。我们希望与读者共同努力,在数控领域多出精品图书,为您的工作提供更多更好的帮助。

前 言

数控机床是实现装备制造业现代化的基础装备，它在制造业中的普遍应用，使我国数控机床的产业化步伐，正在以惊人的速度向前迈进！装备制造业的蓬勃发展，对数控技术应用人才形成了巨大需求。日前，国家教育部已将数控技术应用人才确定为技能型紧缺人才。

为满足广大读者自学与提高的迫切需求，本书全部引用经过模拟加工和空运行验证的实例，用由浅及深和图文并茂的方式进行细致讲解，以期达到在最短时间里让读者掌握主流 FANUC 系统编程技术，并在实际工作中加以运用的目的。

全书共分四章，以数控车床和数控铣床编程技术讲解为主线，按手工编程和自动编程展开。内容包括数控车床加工轴类零件及其典型表面、盘类零件、套类零件、螺纹类零件，数控铣床和加工中心加工外轮廓零件、内轮廓零件、螺旋槽、孔系零件、平面、复杂曲面编程实例。本书可作为职业院校教材，也可作为数控工艺员考核、希望掌握数控编程技术的自学人士及短期数控技术应用速成班培训用教材。

书中自动编程软件采用的是符合我国实情、具有 Windows 原创风格、功能强大、易学易用的全中文、三维、曲面实体完美结合，为数控加工行业提供从造型设计到加工代码生成、检验的全面解决方案，具有较高市场占有率及品牌知名度，日益得到国内广大 CAD/CAM 用户及业界人士好评的 CAXA 系列软件。

本书由沈阳职业技术学院李超担任主编，徐衡、关颖、胡育辉三位同志参编。徐衡执笔第一章的第一节至第三节，关颖执笔第二章和第一章的第四节至第七节，胡育辉执笔第三章，李超执笔第四章，并负责统稿工作。

在编写过程中，还得到了沈阳职业技术学院副院长邹伟，沈阳职业技术学院机械电子学院党委书记兼院长赵福成，以及长期从事数控技术应用教学和工程实践工作的栾敏、段晓旭、周玮、赵宏立、孙红雨、钱珊、於春月、王素艳，北京北航海尔软件有限公司李秀、詹宇、钟亮等同志的大力支持，在此一并致谢。

因编者水平有限，书中难免存在缺漏之处，望广大读者原谅，并提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 FANUC 系统车削程序手工编程	1
第一节 轴类件的典型表面数控车削	1
一、端面及阶梯外圆数控车削	1
二、圆锥面、倒角及切断数控车削	4
三、车孔加工	7
四、轴类件上的孔加工循环切削	9
五、轴类件的螺纹车削	11
第二节 轴类零件的数控车削	14
第三节 盘类零件的数控车削	16
一、小盘类零件	16
二、普通盘类零件的车削加工	19
第四节 套类零件的数控车削加工	27
第五节 螺纹类零件的数控加工	30
第六节 子程序数控加工实例	33
第七节 综合数控车削加工实例	34
第二章 车削自动编程	41
第一节 轴类零件的自动编程车削加工	41
第二节 孔的自动编程车削加工	50
第三节 套类零件的自动编程车削加工	59
一、套类零件的外轮廓自动编程车削加工	59
二、套类零件中孔的加工	70
第四节 手柄零件的自动编程车削加工	76
第五节 轴类零件的螺纹加工	88
第三章 数控铣床、加工中心手工编程	97
第一节 外轮廓及平面零件的数控铣加工	97
一、外轮廓零件的数控铣加工	97
二、平面类零件的数控铣加工	106
第二节 内轮廓零件的数控铣加工	109
一、内槽轮廓零件的数控铣加工	109
二、内轮廓型腔零件的数控铣加工	111
三、内槽零件的数控铣加工	113
第三节 螺旋槽的数控铣加工	114

一、螺旋槽的数控铣加工	114
二、轴类零件螺旋槽的数控铣加工	115
三、盘类零件螺旋槽的数控铣加工	118
第四节 孔系零件的数控铣加工	120
一、钻孔的数控铣加工	120
二、螺纹零件的数控铣加工	123
第五节 数控加工中心典型零件的加工	124
一、平面槽的数控加工中心加工	124
二、曲面槽的数控加工中心加工	125
三、箱体螺纹孔的数控加工中心加工	128
四、凸台类零件的数控加工中心加工	130
五、壳体零件的数控加工中心加工	135
第四章 铣削自动编程	142
第一节 两轴及两轴半铣加工	142
一、平面轮廓加工	142
二、平面区域加工	160
三、导动加工	176
四、等高加工	183
五、自动区域加工	198
第二节 三轴加工	200
一、参数线加工	201
二、限制线加工	205
三、曲面轮廓加工	211
四、曲面区域加工（适合于较平坦曲面的加工）	216
五、投影加工	220
第三节 后置处理	226
第四节 综合实例	230
第五节 小结	246
参考文献	248

第一章 FANUC 系统车削程序手工编程

第一节 轴类件的典型表面数控车削

一、端面及阶梯外圆数控车削

【例 1-1】端面及阶梯外圆数控车削（工件原点在右端面）

（1）零件分析。

加工如图 1-1 所示零件，材料为 45 号钢，需要加工端面、外圆，并且切断。毛坯为直径 65mm、长 130mm 的圆钢。对轴类零件的数控车削编程，需先按零件图样计算各几何元素的交点，然后按零件的长度确定装夹方法。通常将长度与直径比值小于 4（ $L/D < 4$ ）的轴类零件称为短轴。短轴可以用三爪卡盘装夹一端进行车削加工。

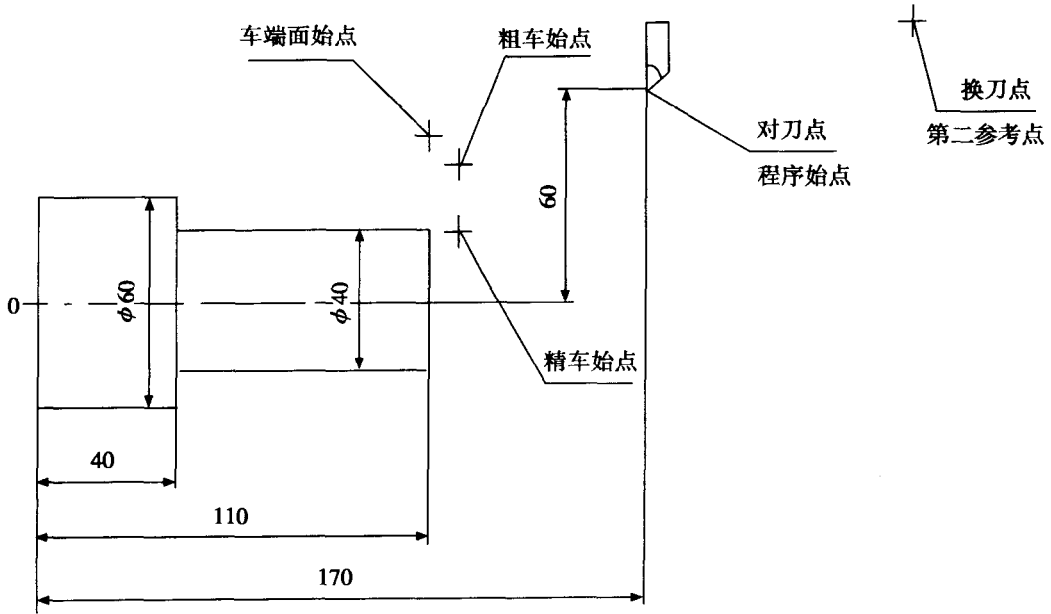


图 1-1 端面及阶梯外圆数控车削

（2）确定工件的装夹方式。

用三爪自定心卡盘装夹。三爪自定心卡盘能自动定心，工件装夹后一般不需要找正，装夹效率高。此方式只限于装夹圆柱形、正三边形、六边形等形状规则的零件。如

果工件是精基准表面，为防止夹伤工件表面，可以使用软爪。如果工件伸出卡盘较长，则仍需找正。三爪卡盘上一般有一副正反都可使用的卡爪，各卡爪都有编号，在装配卡爪时应按编号顺序安装。

(3) 确定数控加工程序。

根据零件的加工要求，粗车端面及外圆用 90°硬质合金机夹偏刀；精车外圆使用高速钢 90°外圆车刀，以确保加工粗糙度要求；使用切断刀切断。该零件的数控加工过程如表 1-1 所示。

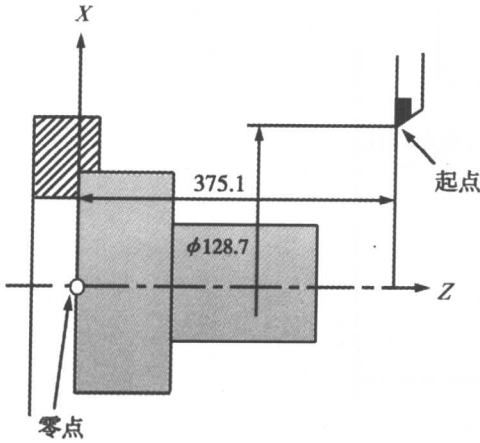
表 1-1 数控加工程序卡

工步号	工步内容	刀具	切削用量		
			背吃刀量 (mm)	主轴转速 (r/min)	进给速度 (mm/r)
1	车端面	T01	—	< 1500	0.1
2	粗车外圆，留余量 0.2mm	T01	5	< 1500	0.3
3	精车外圆	T02	0.2	< 1500	0.05
4	切断，保证总长 110mm	T03	—	< 1500	0.1

工件坐标系原点：编写程序前需要根据工件的情况选择工件原点，X 轴工件原点通常设在工件的轴线上。Z 轴原点的选择，一般根据工件的设计基准，选择在工件轴向的右端面（如图 1-2a 所示），或选择在工件的左端面（如图 1-2b 所示）。图 1-1 工件的轴向尺寸基准在工件左端，所以选工件左端面为 Z 轴原点。

例1

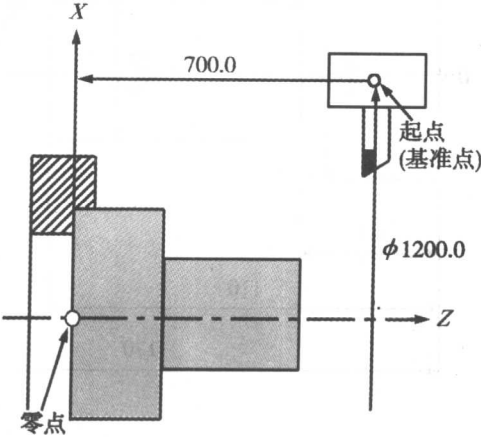
由下面指令设定坐标系
G50X128.7Z375.1; (直径指定)



a 刀尖为刀位点

例2 基点

由下面指令设定坐标系
Q50X1200.0Z700.0; (直径指定)



b 刀座基点为刀位点

图 1-2 对刀点与工件坐标系的设定

走刀路线中的关键位置确定。程序起始点（也称对刀点）：确定好工件原点后，还必须确定程序中刀具起始位置，这一位置称为对刀点。FANUC 系统中，用 G50 指令设定工件坐标系，G50 后的坐标值是对刀点在工件坐标系中的坐标。代表刀具位置的点可以取在刀尖上，如图 1-2a 所示，也可取在刀座基点上，如图 1-2b 所示。程序开始时，通过手动移动刀具，使刀具上代表刀具位置的点位于对刀点位置，把这一过程称为对刀。在编制加工程序时，刀具起始位置通常在对刀点位置上。在一般情况下，对刀点既是加工程序开始的起点，也是加工程序结束的终点。图 1-1 中对刀点在 (120, 110) 处。

换刀点：换刀点是指在多刀加工程序中，设置的一个自动换刀的位置。为了防止在换刀时碰撞到工件或夹具，除特殊情况外，其换刀点都设置在被加工工件的外面，并留有一定的安全区。具体的位置应根据工序内容而定。通常可在机床的第二参考点换刀（第二参考点位置由存储在参数 1241 中的值指定）。这使编程简单，又使换刀动作的同时完成了程序回零，防止程序零点漂移。本例在第二参考点换刀。

各工步的始点：在本例编程时还要考虑粗、精端面车削的始点和粗、精车削外圆的始点，以及切断的起始点。如果毛坯余量较大，应进行多次走刀粗车，最后进行一次精车，那么每次的车削始点都不相同。如图 1-1 所示。

(4) 编写数控程序。

其数控车削 $\phi 40\text{mm}$ 外圆采用两次粗车，一次精车，其余表面采用二次粗车，二次精车，精车单边余量为 0.2mm。数控程序编写如表 1-2 所示。

表 1-2 端面、外圆车削程序

程 序	注 释
O0001	程序编号 O0001
N0 G50 X85.0 Z170.0;	设置工件原点在左端面
N10 G30 U0 W0;	返回第二参考点
N20 G50 S1500 T0101 M08;	限制最高主轴转速为 1500r/min, 0101 号刀具, M08 为打开冷却液
N30 G96 S50 M03;	指定恒切削速度为 50m/min, 主轴逆时针旋转
N40 G00 X50.0 Z115.0;	快速走到外圆粗车始点 (50, 115)
N50 G01 Z40.2 F0.3;	以进给率 0.3mm/r, 粗车一次 $\phi 40\text{mm}$ 外圆到 $\phi 50\text{mm}$
N60 X60.4;	台阶车削
N70 Z-5.0;	粗车 $\phi 60\text{mm}$ 外圆到尺寸 $\phi 60.4\text{mm}$
N75 G00 X 62.0 Z115.0;	刀具快速退到 (62, 115)
N80 X40.4;	快速走到外圆粗车始点 (40.4, 115)
N85 G01 Z40.2 F0.3;	进给率 0.3mm/r, 二次粗车 $\phi 40\text{mm}$ 外圆到 $\phi 40.4\text{mm}$
N90 X61.0;	台阶车削
N95 G00 X45.0 Z110.4;	刀具快速走到粗车端面始点 (45, 110)
N100 G01 X-1.0 F0.1	粗车削右端面, X-1.0 为保证端面中心车削完整
N110 G00 Z 115.0;	刀具快速退到点 (-1.0, 115.0)
N120 G30 U0 W0;	直接回第二参考点以进行换刀

程 序	注 释
N130 (Finishing)	精车开始
N140 G50 S1500 T0202;	限制最高主轴转速为 1500r/min, 换 02 号刀
N150 G96 S150;	指定恒切削速度 150m/min
N160 G00 X40.0 Z120.0;	快速走到外圆精车始点 (40, 120)
N170 G42 G01 Z112.0 F0.05;	调 02 号刀尖半径补偿, 右偏
N180 Z40.0;	精车 $\phi 40.0\text{mm}$ 外圆到指定尺寸
N190 X60.0;	台阶精车
N200 Z-5.0;	精车 $\phi 60\text{mm}$ 外圆到指定尺寸
N210 G40 G00 X 60.0 Z115.0;	取消刀补, 刀具快速走到点 (60.0, 115.0)
N220 X50: 0 Z110.0;	刀具快速走到点 (50, 110)
N225G96 S30	指定恒切削速度 30m/min
N230.G41 G01 X42: 0 F0.1;	调刀尖半径补偿, 左偏
N240 G01 X-1.0;	精车右端面
N250 G40 G00 Z115.0	取消刀补
N260 G30 U0 W0	返回第二参考点
N265 G50 S1000 T0303;	限制最高主轴转速为 1000r/min, 换 03 号刀
N270G96 S30	指定恒切削速度 30m/min
N275 G00 X65.0 Z0	快速走到切断始点 (65, 0)
N280G01 X-1.0 F0.1	切断
N290G00 X85.0 Z170.0 M05 M09	返回程序始点
N333 M30;	程序结束

二、圆锥面、倒角及切断数控车削

【例 1-2】圆锥面、倒角及切断数控车削 (工件原点在右端面)

(1) 零件分析。

加工如图 1-3 所示零件, 材料为 45 号钢, 采用锻造毛坯, 毛坯余量为 5mm (直径), 其大直径端多留 30mm, 用作夹紧长度。当然, 不留夹紧用量, 掉头夹小端, 加工大端也可以。

(2) 确定工件的装夹方式。

用三爪自定心卡盘装夹。

(3) 确定数控加工工序。

由于所用锻件毛坯的余量不大 (单边 2.5mm), 所以安排一次粗车, 然后精车。需要加工面有端面、外圆、倒角并且切断。工序内容见表 1-3。

工件坐标系原点

X 轴工件原点: 工件的轴线。

Z 轴原点: 因为图 1-3 工件的轴向尺寸基准在工件右端, 所以选工件右端面为 Z 轴原点。工件原点设置在右端面时, 工件的 Z 坐标为负值。程序编写过程完全相同。

一般情况下，将工件原点设置在右端面更方便些。习惯上工件原点选在右端面居多。

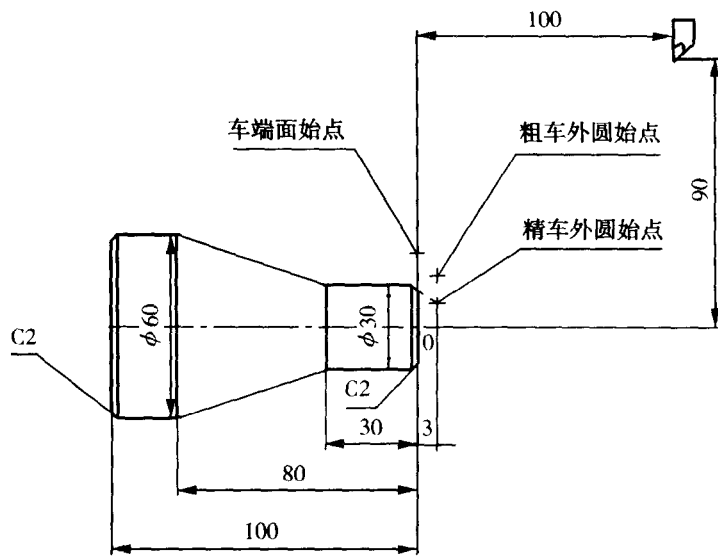


图 1-3 圆锥、倒角数控车削

表 1-3 数控加工工序卡

工步号	工步内容	刀具	切削用量		
			背吃刀量 (mm)	主轴转速 (r/min)	进给速度 (mm/r)
1	粗车外圆、锥面，留余量 0.2mm	T01	2.3	< 1500	0.3
2	粗车端面	T01		< 1500	0.1
3	精车外圆，倒角	T01	0.2	< 1500	0.15
4	精车端面	T02	0.2	< 1500	0.1
5	切断，保证总长 100mm，倒角	T03		< 1500	0.1

换刀点：在第二参考点换刀，第二参考点设在工件尺寸之外。各工步的起始点的位置如图 1-3 中所示。

倒角：工件右端面有的倒角 C2，倒角可以采用主偏角 45° 的车刀车削，也可用本例中的方法，把倒角安排在精车工步中，连同外圆连续车削成。为使切削连续，把精车始点安排在 C2 倒角的延长线上，如图中所示。因倒角是 45°，经计算后的精车外圆始点坐标 (20, 3) (X 轴是直径值)。

切断并倒角：工件完成了端面及外圆的切削后需要切断，如果要求工件的切断面上有倒角，如图 1-4a 所示。通常采用切断工件后调头装夹，进行倒角，这样一来，多了一次装夹，降低了加工效率。下面提供一种方法，在同一安装中用切断刀进行车倒角和切断，效果很好。加工步骤如下。

- ①在工件的切断处用切断刀先车一适当深度的槽，图 1-4b 所示，此槽为准备倒角用，并减小了刀尖切断较大直径坯件时的长时间摩擦，同时有利于切断时的排屑。
- ②用切断刀倒角，其刀位点的起、止位置如图 1-4c 所示。
- ③对工件切断，切断刀的起始位置及路径如图 1-4d 所示。

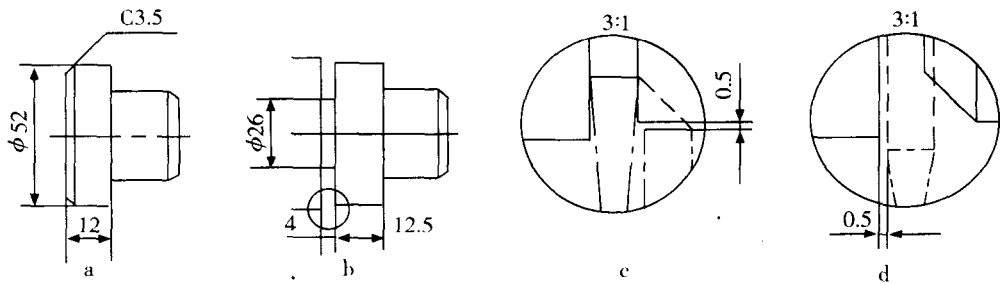


图 1-4 切断并倒角

(4) 编写数控程序。

本段程序用相对坐标编程，注意与上面绝对坐标编程进行比较。程序见表 1-4。

表 1-4 倒角及圆锥面数控车削程序

程 序	注 释
O0002 (Turning and Facing)	程序编号 O0002
N0 G50 X180.0 Z100.0;	设工件原点在右端面
N2 G30 U0 W0;	返回第二参考点 (换刀具)
N4 G50 S 1500 T0101 M08;	限制最高主轴转速为 1500r/min，换 1 号刀具，打开冷却液
N6 G96 S60 M03	设定恒切削速度为 80m/min，主轴正转
N8 G00 X30.4 Z3.0;	快速走到点 (30.4, 3.0)
N10 G01 W - 33.0 F0.3;	进给率 0.3mm/r，粗车 φ30mm 外圆到尺寸 φ30.4mm
N12 U30.0 W - 50.0;	粗车锥面
N14 W - 23.0;	粗车 φ60mm 长度 20mm 的外圆到尺寸 φ60.4mm
N16 G00 U1.6 W100.2 ;	刀具快速退刀到点 (62.0, 0.2)
N18 U - 31.0;	刀具到粗车端面始点 (31, 0.2)，端面精车余量 0.2mm
N20 G01 U - 32.6 F0.1;	粗车端面
N22 G00 W2.0;	Z 向退刀 2mm
N24 G30 U0 W0;	返回第二参考点
N26 (Finishing);	精加工
N28 G50 S1500 T0202;	设置主轴最高转速 1500r/min，换 02 号刀具
N30 G96 S200;	指定恒切削速度为 200m/min
N32 G00 X20.0 Z10.0;	刀具快速定位到点 (20, 10)
N34 G42 G01 Z3.0 F0.15;	调刀尖半径补偿，右偏，定位到精车外圆始点 (20, 3)
N35 U10.0 W - 5.0;	倒角 C2
N36 W - 28.0;	精车 φ30mm 外圆到尺寸

续表

程 序	注 释
N38 U30.0 W-50.0;	精车锥面
N40 W-23.0;	精车 $\phi 60\text{mm}$ 外圆到尺寸
N42 G40 G00 U2.0 Z0;	取消刀补, 刀具快速走到 (62, 0)
N44 U-31.0;	刀具快定位到点 (31, 0.0)
N46 G41 G01 U-1.0;	刀尖半径补偿, 左偏
N48 G01 U-32.6;	精车端面
N50 G40 G00 W2.0 M09;	取消刀补, Z 向快速退刀 2mm
N52 G30 U0 W0;	返回第二参考点
N54 G50 S1500 T0203;	设置主轴最高转速 1500r/min, 换 03 号刀具 (切断刀)
N56 G96 S100;	指定恒切削速度为 100m/min
N58 G00 X65.0 Z-100.5;	刀具快速定位到点 (65, -100.5)
N60 G01 X50.0 F0.1;	切槽 (深度 5mm)
N62 G00 X61.0;	X 向退刀, 到点 (61, -100.5)
N64 W2.5;	
N66 G01 U-5.0 W-2.5 F0.1;	倒角 C2
N38 G00 U5.0 W0.5;	退刀
N70 G01 U-32.0 F0.1;	切断
N72 G00 X180.0 Z100.0 M09;	返回对刀点, 关闭冷却液
N76 M30;	程序结束

三、车孔加工

【例 1-3】车孔加工

(1) 零件分析。

加工如图 1-5 所示零件, 材料为 45 号钢, 采用锻造毛坯, 毛坯余量为 8mm (直

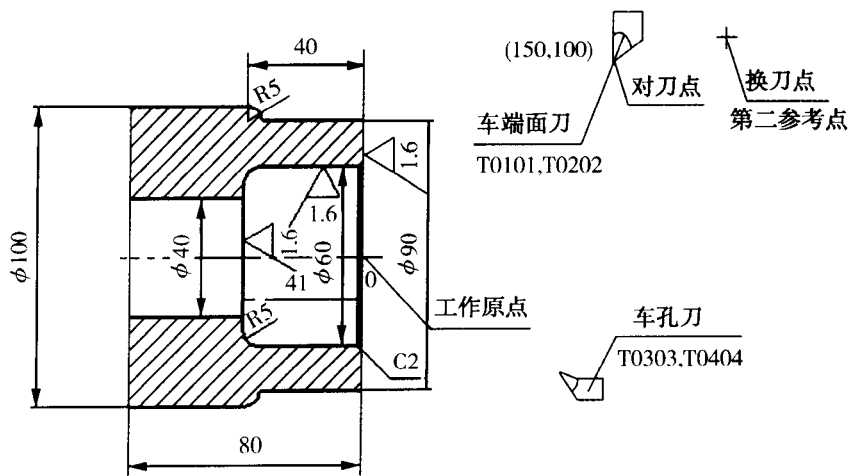


图 1-5 数控车孔编程

径), 要求加工图中标有粗糙度符号的表面。

(2) 确定工件的装夹方式。

用三爪自定心卡盘装夹。

(3) 数控加工工序。

锻件毛坯的余量 (单边 4mm), 安排一次粗车, 然后精车。需要加工面有端面、 $\phi 60$ 孔、倒角及圆弧。精车单边余量为 0.14mm, 工序内容见表 1-5 所示。

表 1-5 数控加工工序卡

工步号	工步内容	刀具	切削用量		
			背吃刀量 (mm)	主轴转速 (r/min)	进给速度 (mm/r)
1	粗车端面, 留余量 0.2mm	T01	3	< 1500	0.3
2	精车端面	T02	0.2	< 1500	0.15
3	粗车外圆, 倒角, 圆弧面	T03	3.8	< 1500	0.3
4	精车端面	T04	0.2	< 1500	0.15

工件坐标系原点: Z 轴工件原点: 工件的轴线;

Z 轴原点: 因为 $\phi 60\text{mm}$ 工件的轴向尺寸基准在工件右端, 所以选工件右端面为 Z 轴原点。

换刀点: 在第二参考点换刀, 第二参考点设在工件尺寸之外。

车孔加工: 在数控车床上车削内表面时, 车刀刀杆与被车削工件的轴线平行, 数控程序的编写车削内孔刀具轨迹与车外圆类似。如图 1-5 所示的工件。

(4) 数控程序。车削程序见表 1-6。

表 1-6 数控车孔程序

程 序	注 释
O0050	程序编号 O0050
N0 G50 X150: 0 Z100.0;	设置工件原点右端面
N1 G30 U0 W0;	回第二参考点
N2 G50 S1500 T0101 M08;	限制最高主轴转速, 换 0101 号车刀, 开冷却液
N3 G96 S150 M03;	指定恒切削速度 150m/min
N4 G00 X100.0 Z5.0;	快速到粗车端面始点 (100, 5)
N6 G01 X92.0 Z0.5 F0.3;	接近工件
N8 X55.0;	粗车端面
N10 G00 Z3.0;	快速退刀
N12 G30 - U0 W0;	返回第二参考点
N14 G50 S1500 T0202;	限制最高主轴转速, 换刀 0202 号
N16 G96 S150;	指定恒切削速度为 100m/min
N18 G00 X95.0 Z0;	快速到端面精车起始点
N19 G41 G01 X90.0 F0.15;	刀具补偿, 左偏
N20 X55.0;	端面精车

续表

程 序	注 释
N22 G40 G00 Z3.0;	退刀, 取消刀补
N24 G30 U0 W0;	返回第二参考点
N26 G50 S1500 T0303;	限制最高主轴转速为 1500r/min, 换刀 0303 号
N28 G96 S200;	指定恒切削速度 1500m/min
N30 G00 X63.72 Z0.14;	快速走到粗车孔始点 (63.72, 0.14)
N32 G01 X59.8 Z-1.86 F0.3;	粗车 C2 处内孔倒角
N34 Z-35.0;	粗车 $\phi 60\text{mm}$ 内孔到尺寸 $\phi 59.8\text{mm}$
N36 G03 X48.0 Z-40.86 I0 J-5.86;	粗车 C2 孔倒角
N37 G01 X35.0;	粗车底面
N38 G00 Z3.0;	快速退刀
N40 G30 U0 W0;	返回第二参考点
N42 S1500 T0404;	限制最高主轴转速, 换刀 0404 号
N44 G96 S200;	指定恒切削速度为 200m/min
N46 G00 X680 Z3;	快速走到精车孔始点 (65, 2)
N48 G41 G01X66.0 Z1.0 F0.15;	刀具补偿, 左偏
N50 X60; 0 Z-2;	精车孔倒角 C2
N52 Z-36.0;	精车孔 $\phi 60\text{mm}$ 到尺寸
N54 G03 X55.0 Z-41.0 I0 J-5.0;	精车 R5mm 圆角
N55 X35.0;	精车孔底面
N56 G40 G00 Z3.0;	取消刀补, 快速退刀
N58 X100.0 Z40.0 M05;	返回对刀点, 主轴停转
N60 M30;	程序结束

四、轴类件上的孔加工循环切削

1. 轴向孔的钻削

【例 1-4】轴向孔的钻削

(1) 零件分析。

如图 1-6 所示零件的端面, 在轴向均匀分布四个孔, 孔中心不与零件轴线重合, 孔间位置夹角均为 90° 。

(2) 确定工件的装夹方式。

用三爪自定心卡盘装夹。

(3) 数控加工工序。

可采用 G83 指令钻削, 因 G83 为模态码, 每次钻孔时保持其余参数不变, 只要改变孔的位置, 即改变 C 轴旋转角度, 指定的钻孔指令可重复执行, 数控加工工序如表 1-7 所示。

工件坐标系原点。

X 轴工件原点: 工件的轴线。

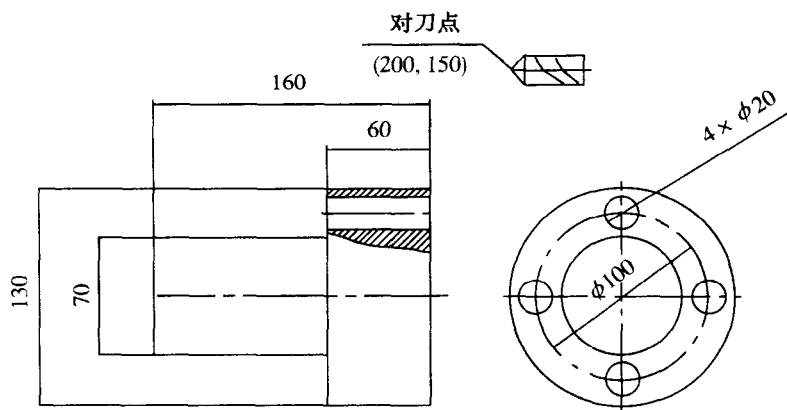


图 1-6 钻削圆周分布轴向孔

表 1-7 数控加工工序卡

工步号	工步内容	刀具	切削用量		
			背吃刀量 (mm)	主轴转速 (r/min)	进给速度 (mm/r)
1	钻 4 × $\phi 20$ mm 孔	T01		800	0.3

Z 轴原点：工件的轴向尺寸基准在工件右端，所以选工件右端面为 Z 轴原点。

换刀点：在第二参考点换刀，第二参考点设在工件尺寸之外。

(4) 数控程序。钻削程序见表 1-8。

表 1-8 钻削圆周分布轴向孔程序

程 序	注 释
O0125	程序编号 O0125
N10 G50 X200: 0 Z150.0;	设置工件原点右端面
N20 G30 U0 W0;	回第二参考点
N30 T0101	换刀
N40 M98 M18;	采用 mm/min 进给速度，主切削运动转换到动力头
N42 S800 M03	主轴转速 1000r/min，正转
N44G00230. 0;	快速走到钻孔初始平面（初始平面距工件端面 30mm）
N46 G83 X100.0 C0.0 Z- 65.0	定位并钻第一个孔，R 平面距离初始平面为 10mm，每次钻
R- 10.0 Q5000 F5.0 M89;	削深度为 5.0mm，钻孔进给速度为 5mm/min，车床主轴
	夹紧代码为 M89
N48 C90.0 M89;	主轴旋转 90°，钻第二个孔
N50 C180.0 M89;	主轴再旋转 90°，钻第三个孔
N52 6270: 0 M89;	主轴第三次旋转 90°，钻第四个孔
N54 G80 M05;	钻孔完毕，取消钻孔循环
N56 G99 M17;	转换到 mm/r 进给方式，主切削运动转换到车床主轴
N57 G30 U0 W0;	返回参考点
N58 G00 X200.0 Z150.0	回对刀点
N58 M30;	程序结束