

高职高专“十二五”规划教材

数控加工 综合实训教程

**SHUKONG JIAGONG
ZONGHE SHIXUN JIAOCHENG**

主编 陈智刚 / 副主编 刘志安

高职高专“十二五”规划教材

数控加工综合实训教程

主 编	陈智刚	
副主编	刘志安	
参 编	彭实名	吴在丞
	梁斯仁	蔡元珍



机械工业出版社

本书是目前数控加工实训指导较全的一本书,全书有华中系统数控车床实训指导书、华中系统数控铣床实训指导书、西门子系统数控铣床实训指导书、FANUC 系统加工中心实训指导书、数控线切割实训指导书共五个实训指导书。每个实训指导书均有若干个实训课题,学校可根据实训设备和学时情况选择其中的几个课题进行教学。每个实训的前几个课题是基本技能训练课题,要求学生必须理解与掌握;后面是综合实训题,在学时充足的情况下可作为学生提高练习题。

本书可作为高职院校和技工学校机械设计与制造、数控技术、模具设计与制造等专业的实训教材,也可作教师培训、企业转岗人员培训实训教材。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工综合实训教程/陈智刚主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 6

高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-43650-8

I. ①数… II. ①陈… III. ①数控机床-加工-高等职业教育-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 185781 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:王海峰 责任编辑:王海峰 王德艳

版式设计:霍永明 责任校对:刘秀丽

封面设计:鞠 杨 责任印制:张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·12.75 印张·312 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-43650-8

定价: 27.00 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

社服务中心: (010)88361066

销售一部: (010)68326294

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面防伪标均为盗版

前 言

根据高职高专院校人才培养定位，机械加工实训一直是机械制造类专业的必修课程之一，也是培养学生动手能力、使学生获得加工技能最关键的一门课程。

本书是根据高等职业教育数控技术专业的实训教学大纲，并结合学校现有设备条件而编写的。教材中使用的实训设备都是企业中广泛使用的机型。数控系统有西门子、华中数控和 FANUC 系统，这也是大多学校普遍使用的教学系统。

本书是根据数控专业岗位群需求，以“工学结合”为切入点，以“工作任务”为导向，以实训指导书的形式进行编排的，每个实训指导书都有明确的实训目标与要求、实训前应学习的知识与技能、教学前工量具的准备、详细的操作步骤和安全注意事项等，以及实训完毕应完成的相关作业和应填写的实训报告等。只要学生按照指导书的要求去做，就能较好地完成实训工作任务。

本书共分五个实训指导书，其中，华中系统数控车床实训指导书由江西现代职业技术学院吴在丞编写；华中系统数控铣床实训指导书由江西现代职业技术学院彭实名编写；西门子公司数控铣床实训指导书由江西现代职业技术学院梁斯仁编写，FANUC 系统加工中心实训指导书由江西现代职业技术学院刘志安编写，数控线切割实训指导书由江西现代职业技术学院蔡元珍编写。本书由江西现代职业技术学院陈智刚教授担任主编，负责实训教程的教学设计与编写总策划和指导，由刘志安担任副主编。

本书在编写过程中，得到了机械学院教务科同仁的大力支持，并得到了许多宝贵意见，在此谨致谢意。

由于作者水平所限，书中难免有欠妥和疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

实训一 华中系统数控车床实训

指导书 1

课题一 数控车床基本操作 1

课题二 数控车床对刀、外形轮廓加工及
精度控制 6

课题三 圆弧面、圆球面加工 10

课题四 外螺纹、外切槽加工及外螺纹
精度控制 13

课题五 内孔加工及精度控制 17

课题六 内螺纹、内切槽加工及内螺纹
精度控制 20

课题七 综合零件加工 23

课题八 配合件加工 29

实训二 华中系统数控铣床实训

指导书 36

课题一 数控铣床的基本操作 36

课题二 平面轮廓加工 45

课题三 圆弧铣削加工 48

课题四 孔类零件加工 51

课题五 槽类零件的铣削加工 56

课题六 平面内外轮廓铣削加工 60

课题七 综合技能训练（一） 64

课题八 综合技能训练（二） 69

实训三 西门子系统数控铣床实训

指导书 73

课题一 机床的基本操作 73

课题二 平面轮廓加工 81

课题三 圆弧铣削加工 88

课题四 孔类零件加工 94

课题五 综合技能训练 101

实训四 FANUC 系统加工中心实训

指导书 107

课题一 XH714G 加工中心操作 107

课题二 加工中心零件程序编制 111

课题三 加工中心对刀与零件加工 119

课题四 内外轮廓加工 123

课题五 固定循环指令编程 129

课题六 特殊功能指令编程 140

课题七 宏程序编程与零件加工 150

课题八 综合练习 157

实训五 数控线切割实训指导书 166

课题一 数控线切割机床基础知识 166

课题二 手工编程 169

课题三 自动编程及操作说明 177

参考文献 198

课题一 数控车床基本操作

一、实训目标及课时

- 1) 熟悉 HNC-21/22T 数控系统控制面板软件操作界面构成及各按键的用法。
- 2) 掌握数控车床的基本操作。
- 3) 需用课时: 14 学时。

二、实训设备、刀具、量具、夹具与材料

世纪星 HNC-21/22T 系统数控车床。

三、安全操作要点

- 1) 遵守机床安全操作规程(如长发要戴帽子,加工时不能戴手套,不能用手直接清理切屑,加工前要关好防护门等)。
- 2) 开机前要对机床进行检查,确保机床、刀具、夹具处于良好状态,“急停”按钮处于急停状态。
- 3) 回参考点前,手动移动刀架,要先移动“-Z”,再移动“-X”,以避免刀架与尾座发生碰撞。
- 4) 回参考点时,要先移动“+X”,再移动“+Z”。以避免刀架与尾座发生碰撞。
- 5) 校验程序时,为了避免因“校验程序”按钮没按下而引起撞机,可将“机床锁住”按钮按下。注意:“机床锁住”按钮只能锁住机床进给,不能锁住主轴旋转和刀架换刀。
- 6) 若未准备就绪或未做好准备,因操作失误造成机床自动运行时,请务必按下“急停”按钮。

四、实训操作步骤(含实训内容)

(1) 机床基本操作

- 1) 开机。
 - ①检查机床状态是否正常。
 - ②检查电源电压是否符合要求,接线是否正确。
 - ③按下“急停”按钮。
 - ④机床上电。
 - ⑤数控系统上电。

⑥检查风扇电动机运转是否正常。

⑦检查面板上的指示灯是否正常。

2) 复位。系统上电进入软件操作界面时, 初始工作方式为“急停”, 为控制系统运行, 需右旋并拨起操作台右上角的“急停”按钮使系统复位, 并接通伺服电源。

3) 机床回参考点。

①如果系统显示的当前工作方式不是回零方式, 按一下控制面板上面的“回零”按键, 确保系统处于回零方式。

②根据 X 轴机床参数“回参考点方向”, 按一下“+X”按键, X 轴回到参考点后, “+X”按键的指示灯亮。

③用同样的方法使用“+Z”按键, 使 Z 轴回到参考点。

4) 关机。

①按下控制面板上的“急停”按钮, 断开伺服电源。

②断开数控电源。

③断开机床电源。

(2) HNC-21/22T 数控系统控制面板各按键的用法

1) 机床控制面板。机床控制面板用于直接控制机床的动作或加工过程(见图 1-1)。

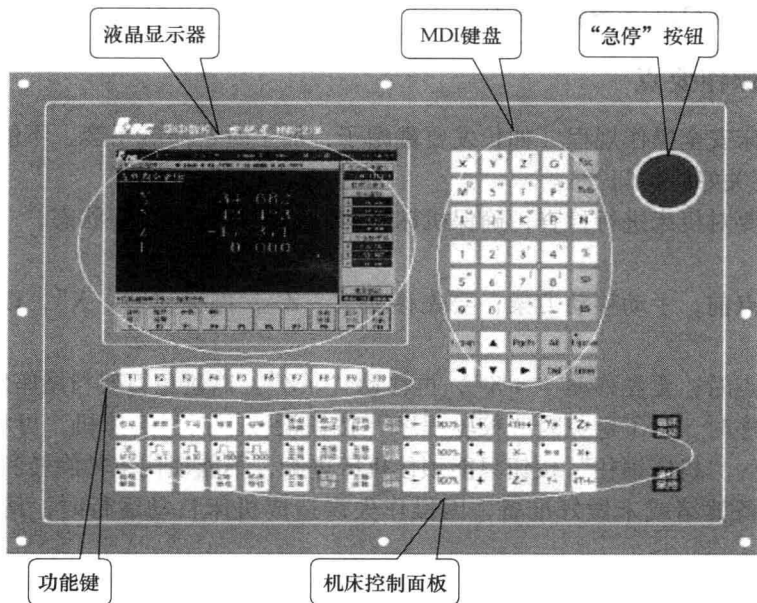


图 1-1 机床控制面板

2) 控制面板上按键、按钮的作用和使用方法。

①急停 $\square$ 。机床运行过程中, 在危险或紧急情况下, 按下“急停”按钮, CNC 即进入急停状态, 伺服进给和主轴运转立即停止工作; 松开“急停”按钮, CNC 进入复位状态。

注意: 在启动或退出系统之前应按下“急停”按钮以保障人身、财产安全。

②循环启动/进给保持 $\square$ 进给保持。在自动和 MDI 运行方式下, 用来启动和暂停程序。

③方式选择



“自动”：自动运行方式。

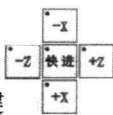
“单段”：单程序段执行方式。

“手动”：手动连续进给方式。

“增量”：增量/手摇脉冲发生器进给方式。

“回参考点”：返回机床参考点方式。

注意：控制面板上的方式选择互锁，即按一下其中一个（指示灯亮），其余几个会失效（指示灯灭）。



④手动按键。 “+X”、“+Z”、“-X”、“-Z” 按键用于在手动状态下的连续进给、增量进给和返回机床参考点方式下，选择进给坐标轴和进给方式。“+C”、“-C”只是在车削加工中心上有效，用于手动进给 C 轴。

⑤手动机床动作控制。

主轴正转：在手动方式下，按一下“主轴正转”按键（指示灯亮），主电动机以机床参数设定的转速正转。

主轴反转：在手动方式下，按一下“主轴反转”按键（指示灯亮），主电动机以机床参数设定的转速反转。

主轴停止：在手动方式下，按一下“主轴停止”按键（指示灯亮），主电动机停止运转。

主轴点动：按住“主轴点动”按键（指示灯亮），主轴将产生连续转动；松开“主轴点动”按键（指示灯灭），主轴即减速停止。

冷却开/停：在手动方式下，按一下“冷却开/停”按键，切削液开启（默认值为切削液关），再按一下又为切削液关闭，如此循环。

刀位选择：在手动方式下，按下“刀位选择”按键，可选择任意刀位。

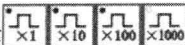
刀位转换：在手动方式下，按一下“刀位转换”按键，刀架转到选择的刀位。

⑥修调功能。

主轴修调：在自动方式或 MDI 方式运行下，当 S 代码的主轴转速偏高或偏低时，可用“主轴修调”按钮右侧的“100%”和“+”、“-”按键修调程序中编制的主轴转速。

快速修调：在自动方式或 MDI 方式运行下，可用“快速修调”按钮右侧的“100%”和“+”、“-”按键，修调 G00 快速移动时系统参数“最大快移速度”设置的速度。

进给修调：在自动方式或 MDI 方式运行下，当 F 码的进给速度偏高或偏低时，可用“进给修调”按钮右侧的“100%”和“+”、“-”按键修调程序中编制的进给速度。

⑦增量值选择键 。在增量运行方式下，用来选择增量进给的增量值。

：增量值为 0.001mm。

：增量值为 0.01mm。

：增量值为 0.1mm。

：增量值为 1mm。

以上各键可互锁，当按下其中一个时（该键左上方的指示灯亮），其余各键失效（指示灯灭）。

⑧超程解除 。当机床运动到达行程极限时，会出现超程，系统会发出报警，同时紧急停止。要退出超程状态，可按下“超程解除”键（指示灯亮）不放，再按与刚才相反方向的坐标轴键。

⑨空运行 。在自动方式下，按下该键（指示灯亮），程序中编制的进给速率被忽略，坐标轴以最大快移速度移动。

⑩程序跳段 。自动加工时，系统可跳过某些指定的程序段。如在某程序段首加上“/”，且面板上按下该开关，则在自动加工时，该程序段被跳过不执行；而当释放此开关时，“/”不起作用，该段程序被执行。

⑪机床锁住 。用来禁止机床坐标轴移动。显示屏上坐标值仍会发生变化，但机床停止不动。

（3）程序输入、文件管理及运行控制

1）选择程序。在程序功能子菜单下按“F1”键，系统弹出“选择程序”菜单，用 、 选中当前存储器，用 、 选中存储器上的一个程序文件，按“Enter”键，即可将该程序文件选中并调入加工区。

2）编辑程序。在程序功能子菜单下按“F2”键，系统弹出“编辑程序”菜单，在编辑界面可以编辑当前程序。编辑过程中用到的主要快捷键如下：

Del：删除光标后的一个字符，光标位置不变，余下的字符左移一个字符位置。

Pgup：使编辑程序向程序头滚动一屏，光标位置不变，如果到了程序头，则光标移到文件首行的第一个字符处。

Pgdn：使编辑程序向程序尾滚动一屏，光标位置不变，如果到了程序尾，则光标移到文件末行的第一个字符处。

Bs：删除光标前的一个字符，光标向前移动一个字符位置，余下的字符左移一个字符位置。

：使光标左移一个字符位置。

：使光标右移一个字符位置。

：使光标上移一行。

：使光标下移一行。

3) 新建程序。在程序功能子菜单下按“F3”键,系统进入“新建程序”菜单,系统提示“输入新建文件名”,光标在“输入新建文件名”栏闪烁,输入文件名后,即可以编辑新建文件。

4) 保存程序。在编辑状态下或在程序功能子菜单下按“F4”键,系统给出提示文件保存的文件名。按“Enter”键,将以提示的文件名保存当前程序文件。如将提示文件名改为其他名称,系统可将当前编辑程序另存为其他名称,但其前提是更改的新文件名不能和已存在的文件同名。

5) 程序校验。调入要校验的加工程序;按机床控制面板上的“自动”或“单段”按键进入程序的运行方式;在程序菜单下,按“F5”键,此时软件操作界面的工作方式显示改为“校验运行”;按机床控制面板上的“循环启动”按键,程序校验开始。

6) 删除程序文件。在选择程序菜单中用、键移动光标条选中要删除的程序文件;按“Del”键,系统提示“是否要删除当前文件?”,按“Y”键或“Enter”键将选中的程序文件从当前存储器删除,按“N”则取消删除操作。

7) 停止运行。在程序子菜单下,按“F6”键,系统提示“已暂停加工,你是否要取消当前运行程序?”,按“N”键则暂停程序运行,并保留当前运行程序的模态信息(暂停运行后,可按“循环启动”键从暂停处重新启动运行);按“Y”键或“Enter”键则停止程序运行,并卸载当前运行程序的模态信息(停止运行后,只有选择程序后从头重新启动运行)。

8) 重新运行。在程序菜单下,按“F7”键,系统提示“是否重新开始执行?”,按“N”键则取消重新运行,按“Y”键或“Enter”键则光标将返回到程序头,再按机床控制面板上的“循环启动”按键,从程序首行开始重新运行当前加工程序。

9) 后台编辑。在系统的主操作界面下,按“F10”键进入扩展功能,然后按“F8”键进入后台编辑功能。

10) 运行控制。在系统的主菜单操作界面下,按“F2”键进入程序“运行控制”子菜单。在运行控制子菜单下,可以对程序文件进行指定行运行。

①从红色行开始运行。在运行控制菜单下,按机床控制面板上的“进给保持”按键(指示灯亮),系统处于进给保持状态,用、键移动蓝色亮条到要开始运行的行,此时蓝色亮条变为红色亮条,按“F1”键,系统弹出“从红色行开始运行”、“从指定行开始运行”、“从当前行开始运行”选项以供选择,再按“F1”键,选择“从红色行开始运行”选项,按机床控制面板上的“循环启动”按键,程序从被选择处开始运行。

②从指定行开始运行。在运行控制菜单下,按机床控制面板上的“进给保持”按键(指示灯亮),按“F1”键,系统弹出“从红色行开始运行”、“从指定行开始运行”、“从当前行开始运行”选项以供选择,再按“F2”键,选择“从指定行开始运行”选项,系统提示“请输入行号”,输入开始运行的行号,按“Enter”键,按机床控制面板上的“循环启动”按键,程序从被指定行的开始运行。

③从当前行开始运行。在运行控制菜单下,按机床控制面板上的“进给保持”按键(指示灯亮),按“F1”键,系统弹出“从红色行开始运行”、“从指定行开始运行”、“从当前行开始运行”选项以供选择,再按“F3”键,选择“从当前行开始运行”选项,按机床控制面板上的“循环启动”按键,程序从选中的行开始运行。

五、设备维护保养

- 1) 检查导轨润滑油的油量,及时添加润滑油,检查润滑油泵是否定时起动泵油及停止。
- 2) 检查主轴恒温油箱工作温度是否正常,油量是否充足。
- 3) 清除 X 轴、Z 轴导轨面上的切屑和脏物,检查导轨面有无划伤,润滑油是否充足。
- 4) 操作结束后,将刀架停在机床尾部并关机。

六、实训效果考核

- 1) 数控车床关机之前为什么要把刀架移到机床尾部?
- 2) 为什么不能戴手套操作数控车床?

课题二 数控车床对刀、外形轮廓加工及精度控制

一、实训目标及课时

- 1) 掌握数控车床对刀及加工。
- 2) 掌握外形轮廓的加工及精度控制。
- 3) 需用课时:14 学时。

二、实训设备、刀具、量具、夹具与材料

- 1) 设备:世纪星 HNC-21/22T 系统数控车床。
- 2) 刀具:45°端面车刀、90°外圆车刀、切断刀。
- 3) 量具:0~150mm 游标卡尺、0~150mm 钢直尺。
- 4) 夹具:自定心卡盘。
- 5) 材料:φ36mm 尼龙棒。

三、安全操作要点

- 1) 工件伸出部分要足够长,以免加工过程中刀具碰到卡盘。
- 2) 对刀时,要将手轮倍率调到“×10”以免速度太快导致刀具与工件碰撞。

四、实训操作步骤(含实训内容)

(1) 试切法对刀 试切法指的是通过试切,由试切直径和试切长度来计算刀具偏置值的方法(见图 1-2)。

- 1) 用光标、键将蓝色亮条移动到要设置刀具的行。
- 2) 用刀具试切工件的外(内)径,然后沿 Z 轴方向退刀(注意:在此过程中不要移动 X 轴)。
- 3) 测量试切后的工件外径,将它手工填入到“绝对刀偏表”的“试切直径”一栏,按

“Enter” 键，这样 X 偏置就设置好了。

4) 用刀具试切工件端面，然后沿 X 轴方向退刀（注意：在此过程中不要移动 Z 轴）。

5) 计算试切工件端面到该刀具要建立的工件坐标系的零点位置的有向距离，将它手工填入到“绝对刀偏表”的“试切长度”一栏，按“Enter” 键，这样 Z 偏置就设置好了。

如果要对其他刀具进行对刀，重复以上步骤即可。

华中数控		加工方式：自动 运行正常				12:39:34		运行程序索引	
当前加工行：		未执行							
刀偏号	X偏置	Z偏置	X磨损	Z磨损	试切直径	试切长度	0 0		
#0001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	机床指令坐标		
#0002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	X	0.000	
#0003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Z	0.000	
#0004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	F	0.000	
#0005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	S	600.000	
#0006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	工件坐标零点		
#0007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	X	0.000	
#0008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Z	0.000	
#0009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	辅助机能		
直径 毫米 分进给 主轴修调： 1.0 快速修调： 0.2 进给修调： 1.0							M00 T0100		
绝对刀偏表编辑：							CT01 ST01		
X 轴 置零 F1	Z 轴 置零 F2			刀架 平移 F5				返回 F10	

图 1-2 绝对刀偏表

(2) 精度控制 在加工零件时，往往因为对刀的误差或刀具的磨损而造成零件尺寸误差，因此，要用精度控制办法控制零件的精度。

1) 外圆径向尺寸的精度控制。零件加工之前，在“绝对刀偏表”的精加工刀具的“X 磨损”处输入一个正数（0.2 ~ 0.5mm），以 0.2mm 为例，在程序运行完精加工程序段之后，测量零件径向尺寸，若零件尺寸比图样尺寸大 0.2mm，则把 0.2mm 改成 0，再用“运行控制”重新运行精加工程序；如零件尺寸比图样尺寸大 0.15mm，则把 0.2mm 改成 0.05mm（即用“X 磨损”里的数值——实际超差的数值），再用“运行控制”重新运行精加工程序；若零件尺寸比图样尺寸小，则此零件为报废零件，说明在加工之前“X 磨损”中输入的数值太小，还不能弥补对刀的误差和加工过程中刀具的磨损。因此在下一个零件的加工中应把“X 磨损”数值改大。

2) 轴向尺寸的精度控制。零件加工之前，在“绝对刀偏表”的精加工刀具的“Z 磨损”处输入一个正数（0.1 ~ 0.3mm），以 0.2mm 为例，在零件精加工之后，测量零件轴向尺寸，若零件尺寸比图样尺寸小 0.2mm，则把 0.2mm 改成 0，再用“运行控制”重新运行精加工程序；如零件尺寸比图样尺寸小 0.15mm，则把 0.2mm 改成 0.05mm（即用“Z 磨损”里的数值——实际超差的数值），再用“运行控制”重新运行精加工程序；若零件尺寸比图样尺寸大，则此零件为报废零件，说明在加工之前“Z 磨损”输入的数值太小，还不能弥补对刀的误差和加工过程中刀具的磨损。因此在下一个零件的加工中应把“Z 磨损”数值

改大。

(3) 外形轮廓零件加工

1) 零件图（见图 1-3）。图 1-3 所示零件的毛坯为 $\phi 36\text{mm}$ 棒料，工件材料为尼龙，生产数量为小批量生产。试编制工件的加工程序并加工。

2) 加工工序：

- ①车端面（手动）。
- ②外圆粗车，循环切削。
- ③外圆精车，循环切削。
- ④切断。

注意：以外圆为定位基准，用自定心卡盘夹紧。

3) 各工序刀具及切削参数选择见表 1-1。

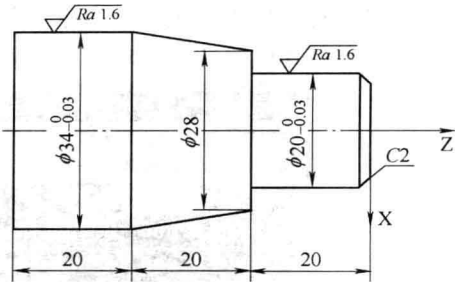


图 1-3 带锥台阶

表 1-1 刀具及切削参数表

序 号	加工面	刀具号	刀 具 规 格		主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)
			类 型	材 料		
1	端面车削		45°端面车刀	硬质合金	500	60
2	外圆粗加工	T01	90°外圆车刀		500	100
3	外圆精加工	T02	90°外圆车刀		800	80
4	切断	T03	切断刀		400	20

4) 加工工艺过程。加工工艺过程见表 1-2。

表 1-2 加工工艺过程

工 步	工 步 内 容	工 步 图	说 明
1	端面车削		手动、MDI 等方式进行
2	外圆粗车		用 G71 循环指令
3	外圆精车		用 G71 循环指令
4	切断		用 G01 切断,刃宽 4mm

(4) 相关编程指令

1) 快速定位 G00。

格式：G00 X (U) ~ Z (W) ~

其中，X、Z 为绝对值编程时，快速定位终点在工件坐标系中的坐标；U、W 为增量值

编程时，快速定位点相对于起点的位移量。

2) 直线插补 G01。

格式：G01 X(U) ~ Z(W) ~ F~

其中，X、Z 为绝对值编程时终点在工件坐标系中的坐标；U、W 为增量值编程时终点相对于起点的位移量；F 为合成进给速度。

3) 内（外）径粗车复合循环 G71。

格式：G71 U~ R~ P~ Q~ X~ Z~ F~

其中，U 为背吃刀量（每次切削量），指定时不加符号；R 为每次退刀量；P 为精加工路径第一程序段的段号；Q 为精加工路径最后程序段的段号；X 为 X 方向的精加工余量；Z 为 Z 方向的精加工余量；F 为进给速度。

注：在 G71 切削循环下，切削进给方向平行于 Z 轴。X、Z 的符号为退刀方向的符号。

(5) 参考程序

%2001

T0101 S500 M03 F100	换 1 号刀确定坐标系并起动主轴
G00 X38 Z2	定位到循环起点位置
G71 U1.5 R1 P10 Q20 X0.5 Z0.2	切削循环加工
G00 X100 Z100	回换刀点
T0202 S800 M03 F80	换 2 号刀确定坐标系并起动主轴
G00 X38 Z2	定位到循环起点位置
N10 G00 X16	精加工轮廓起始行
G01 Z0 F80	
X20 Z-2	
Z-20	
X28	
X34 Z-40	
Z-60	
N20 G01 X38	精加工轮廓结束行，并退出已加工表面
G00 X100 Z100	回到换刀点
T0303 S400 M03 F20	换 3 号刀确定坐标系并起动主轴
G00 X38 Z-64	定位到要切断位置
G01 X0	切断
G00 X100 Z100	回换刀点
M05	主轴停止
G28 U0 W0	自动返回参考点
M30	程序结束

五、设备维护保养

1) 检查导轨润滑油的油量，及时添加润滑油，检查润滑油泵是否定时起动泵油及停止。

- 2) 检查主轴恒温油箱工作温度是否正常,油量是否充足。
- 3) 清除 X 轴、Z 轴导轨面上的切屑和脏物,检查导轨面有无划伤,润滑油是否充足。
- 4) 操作结束后,将刀架停在机床尾部并关机。

六、实训效果考核

按图 1-4 所示零件图,编写程序并加工。

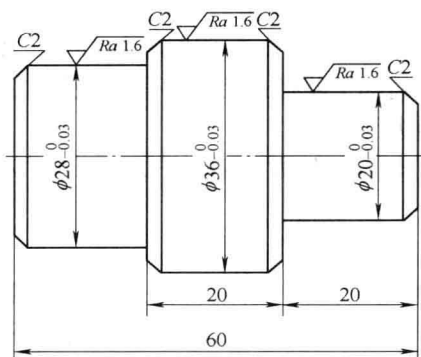


图 1-4 双头阶梯轴

课题三 圆弧面、圆球面加工

一、实训目标及课时

- 1) 掌握数控车床加工圆弧面。
- 2) 掌握数控车床加工球面。
- 3) 需用课时: 14 学时。

二、实训设备、刀具、量具、夹具与材料

- 1) 设备: 世纪星 HNC-21/22T 系统数控车床。
- 2) 刀具: 45°端面车刀、90°外圆车刀、切断刀。
- 3) 量具: 0~150mm 游标卡尺、0~150mm 钢直尺。
- 4) 夹具: 自定心卡盘。
- 5) 材料: $\phi 36\text{mm}$ 尼龙棒。

三、安全操作要点

- 1) 注意刀架前置数控车床和刀架后置数控车床刀尖半径补偿的区别。
- 2) 在加工凹圆弧时,要注意选择刀具,以免刀具与工件发生干涉。

四、实训操作步骤 (含实训内容)

- (1) 圆弧面、球面零件加工

1) 零件图 (见图 1-5)。图 1-5 所示零件的毛坯为 $\phi 36\text{mm}$ 棒料, 工件材料为尼龙, 生产数量为小批量生产。试编制工件的加工程序并加工。

2) 加工工序:

- ①车端面 (手动)。
- ②外圆粗车, 循环切削。
- ③外圆精车, 循环切削。
- ④切断。

注意: 以外圆为定位基准, 用自定心卡盘夹紧。

3) 各工序刀具及切削参数选择见表 1-3。

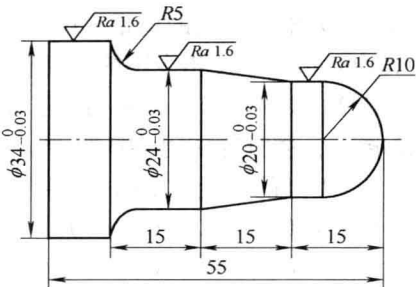


图 1-5 球面锥度轴

表 1-3 刀具及切削参数表

序 号	加工面	刀具号	刀 具 规 格		主轴转速 /(r/min)	进给速度 /(mm/min)
			类 型	材 料		
1	端面车削		45°端面车刀	硬质合金	500	60
2	外圆粗加工	T01	90°外圆车刀		500	100
3	外圆精加工	T02	90°外圆车刀		800	80
4	切断	T03	切断刀		400	20

4) 加工工艺过程。加工工艺过程见表 1-4。

表 1-4 加工工艺过程

工 步	工 步 内 容	工 步 图	说 明
1	端面车削		手动、MDI 等方式进行
2	外圆粗车		用 G71 循环指令
3	外圆精车		用 G71 循环指令
4	切断		用 G01 切断, 刃宽 4mm

(2) 相关编程指令

1) 圆弧插补 G02/G03。

格式: G02/G03 X (U) ~ Z (W) ~ I ~ K ~ F ~

或 G02/G03 X (U) ~ Z (W) ~ R ~ F ~

注: G02 为顺时针圆弧插补指令; G03 为逆时针圆弧插补指令。

其中, X、Z 为圆弧终点位置坐标, 也可以使用增量坐标 U、W; I、K 为圆弧起点到圆心在 X、Z 轴方向上的增量; R 为圆弧的半径值, 当圆弧 $\leq 180^\circ$ 时 R 取正值; 当圆弧 $> 180^\circ$ 时 R 取负值, 但此指令不能加工整圆。

G02、G03 指令的判别方法: 沿着不在圆弧平面内的坐标轴正方向看去, 顺时针使用 G02 指令, 逆时针使用 G03 指令。

2) 刀具的半径补偿指令 G41、G42、G40。

格式: G41/G42 G01/G00 X (U) ~ Z (W) ~ F ~

G40 G01/G00 X (U) ~ Z (W) ~ F ~

其中, G41 或 G42 中的 X (U)、Z (W) 为建立刀尖圆弧半径补偿段的终点坐标; G40 中 X (U)、Z (W) 为撤销刀尖圆弧半径补偿段的终点坐标。

(3) 参考程序

%3001

T0101 S500 M03 F100

换 1 号刀确定坐标系并起动主轴

G00 X38 Z2

定位到循环起点位置

G71 U1 R1 P10 Q20 X0.5 Z0.2

切削循环加工

G00 X100 Z100

回换刀点

T0202 S800 M03 F80

换 2 号刀确定坐标系并起动主轴

G42 G00 X38 Z2

建立刀尖半径补偿

N10 G00 X0

精加工轮廓起始行

G01 Z0

G03 X20 Z-10 R10

G01 Z-15

X24 Z-30

Z-40

G02 X34 Z-45 R5

G01 Z-55

N20 G01 X38

精加工轮廓结束行, 并退出已加工表面

G40 G00 X100 Z100

取消刀尖半径补偿并回到换刀点

T0303 S400 M03 F20

换 3 号刀确定坐标系并起动主轴

G00 X38 Z-59

定位到要切断位置

G01 X0

切断

G00 X100 Z100

回到换刀点

M05

主轴停止

G28 U0 W0

自动返回参考点

M30

程序结束

五、设备维护保养

1) 检查导轨润滑油的油量, 及时添加润滑油, 检查润滑油泵是否定时起动泵油及停止。