

企业培训微教材



培训专题：数车加工

培训单元：阶梯轴零件工艺设计与编程加工

微教材编写说明

本教学点采用线上线下混合式教学，线上学习时需要数控加工工艺、i5 系统数控编程手册、i5T3.3 智能车床操作说明书等专业资料来辅助，线下实操训练时需要以实训任务书为依据指导学生进行实训。本教材可作为线上视频课的辅助资料及线下实操的实训手册。

《数控加工工艺与装备》课程是数控技术专业的核心课程，主要以生产过程中各类典型零件为载体，具体介绍工艺过程设计和工艺装备使用方法。阶梯轴作为数控车典型零件之一，是本课程的重要组成部分，主要包括零件图分析、工艺过程设计、加工程序编制、零件数控加工等四个教学点。通过“阶梯轴零件工艺过程设计及加工”教学点的学习，使学生掌握阶梯轴零件工艺过程设计思路和编程方法，生产过程中能够根据具体轴类零件合理设计工艺和程序，并操作数控机床完成零件的加工。

在“互联网+教育”背景下，学习的边界被跨越，为满足学生可以随时随地获取优质的数字化资源，进行自主、泛在、交互、协作式学习需求。本教材在编写过程中积极引入“二维码”进行视频、课件等媒体链接，满足手机端阅读观看需求，实现学生由“玩手机”到“用手机”的转变。本着实用性的原则，本教材引入企业真实阶梯轴零件为项目载体展开编写，并配套 i5T3.3 智能车床操作视频，能够满足企业对学生的专业技能需求，建议教学时长为 4 学时。

微教材使用说明

本精品课面向对象应掌握机械识图、数控工艺、数控编程等专业基础知识，熟悉 i5T3.3 智能车床的基本操作方法（可观看资源包中数控车床操作方法的视频）。学习者在线上视频学习和线下实操过程均可使用本教材作为参考，锻炼自己针对具体轴类零件进行工艺设计和数控加工的技能。教

师在教学过程中可将本教材作为辅助资料，于课前推送给学生进行预习观看，了解轴类零件的加工工艺过程，也在课上作为教学案例进行使用。

本教材是线上视频课程和线下实操练习的辅助参考资料，学习者可参照本教材完成线上学习，然后针对指定阶梯轴零件尝试进行工艺设计和程序编制；也可以参照本教材对类似阶梯轴零件的工艺方案进行实施，即现场操作数控车床完成零件加工，从而掌握阶梯轴零件的数控加工技能。

本教材是学习辅助资料，使用过程中，学习者应善于思考和总结，不仅仅局限于教材的设计思路，努力做到具体情况具体分析。另外建议学习者独立完成线下实训环节，以便通过实践掌握技能，通过实践积累经验，真正达到学以致用的目的。

教学点说明

轴类零件是机器中经常遇到的典型零件之一，主要用来支承传动零部件，传递扭矩和承受载荷。轴类零件一般由圆柱面、圆锥面、圆弧面、沟槽、螺纹、内孔及相应端面所组成，且尺寸精度、形状精度、位置精度和表面粗糙度均有要求。轴上起支承作用的轴颈部分尺寸精度通常要求较高，为IT5~IT7，而装配传动件的轴颈尺寸精度一般要求较低，为IT6~IT9；轴的几何形状精度主要是指轴颈、外锥面、莫氏锥孔等的圆度和圆柱度，一般将其公差限制在尺寸公差范围内；轴的位置精度主要由轴在机械中的位置和功用决定，普通精度的轴，其配合轴段对支承轴颈的径向跳动一般为0.01~0.03mm，高精度轴(如主轴)通常为0.001~0.005mm；轴的表面粗糙度与配合要求有关，一般与传动件配合的轴径要求为Ra3.2~0.8 μm，与轴承配合的支承轴径要求为Ra0.8~0.2 μm。鉴于阶梯轴零件应用广泛、技术要求全面、工艺设计方面具有典型性，能够覆盖绝大多数数控车工艺知

识，因此，这里选取“阶梯轴零件工艺过程设计与加工”开发了精品课。

本教材围绕数控车工职业岗位核心能力，以零件具体加工过程为主线，依据国家专业标准对相应知识点和技能点进行重构组合，最终设计了阶梯轴零件图分析、工艺过程设计、加工程序编制、零件加工与检验等4个教学点。通过“零件图分析”教学点学习，使学生掌握机械制图基础知识和机械识图方法，能够读懂中等复杂度零件图，能对真实轴类零件进行测绘，通过拓展训练进一步读懂中等复杂程度的装配图；通过“工艺过程设计”教学点学习，使学生掌握轴类零件毛坯的种类和应用特点、常见刀具的种类和选择方法、常见夹具的种类和应用场合、切削过程和走刀路线的设计方法、切削参数的概念和选择方法等，在今后的专业技术工作中，能够针对中等复杂程度的具体轴类零件设计工艺过程；通过“加工程序编制”教学点学习，使学生掌握i5系统常见编程指令的格式和用法，能够熟练编制轴类零件内外轮廓、沟槽和螺纹的加工程序；通过“零件加工与检验”教学点学习，使学生掌握数控车床操作和精度检验方法，熟悉零件加工过程，积累加工经验，培养处理实际问题的能力，针对具体零件能够熟练操作车床完成零件加工。

精品课中四个教学点的设计有机融合，完整描述了零件加工过程，基本覆盖了数控车工岗位中的识图、工艺设计、编程、机床实操等核心知识点和技能点。通过对教学点进行线上学习和线下训练，为数控车工职业岗位核心能力的培养奠定坚实基础。

微教材同步教学实施说明

为保证微教材在课前、课上、课后都能得到充分利用，教师在教学过程中应积极应用信息化教学手段。课前，教师可通过“雨课堂”、“蓝墨云班课”等教学软件创建班级，

并积极推送微教材和相应资源包，引导学习者参照微教材对视频课内容进行预习；课上，教师可利用微教材和视频课讲述阶梯轴零件工艺分析及编程加工的全过程，使学生牢牢掌握重要的教学知识点，特别注重学生学以致用能力的培养；课后，学习者可以利用微教材对上课内容进行巩固复习，并以此为参考完成作业零件的工艺编程及加工。

本教材是线上视频课程和线下实操练习的辅助资料，教师可引导学习者参照本教材完成线上学习，特别是零件图分析、工艺设计和数控编程部分；教师也可以参照本教材指导学生在数控车床上进行线下实操训练，使学生掌握数控车床操作技能和阶梯轴零件加工要领，为今后从事相关技术岗位的工作奠定基础。

一、线上教学内容

（一）阶梯轴零件图分析

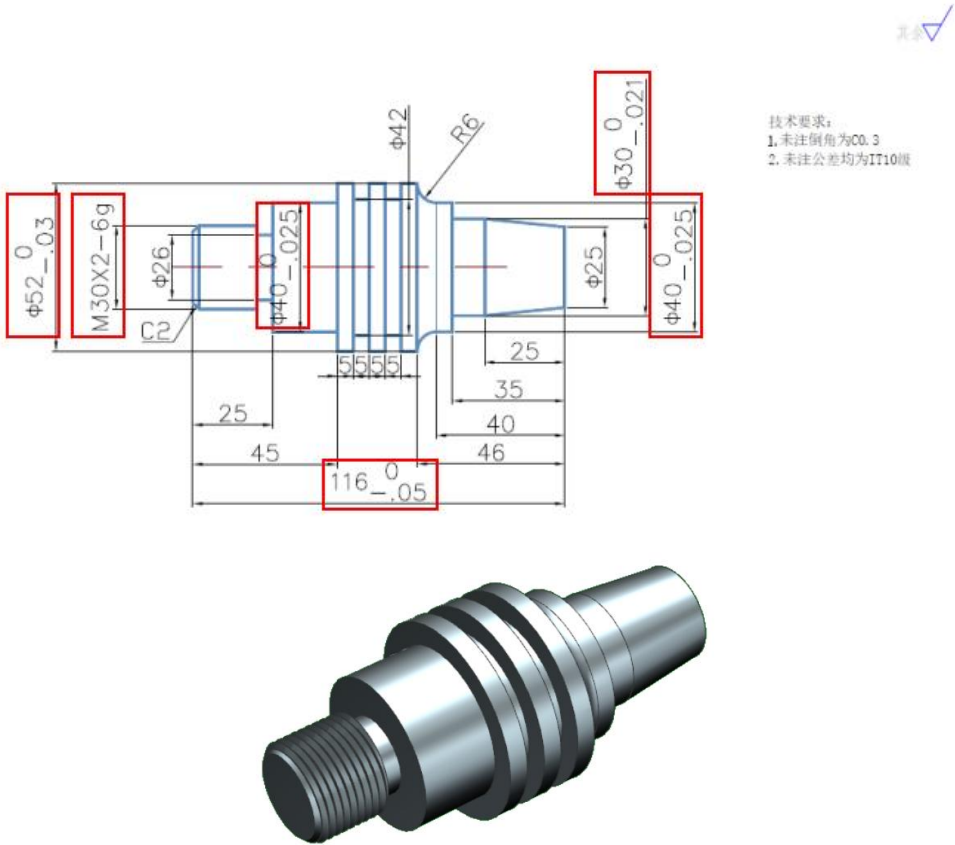


图 1 阶梯轴零件图

图 1 所示阶梯轴零件，主要有圆柱面、圆锥面、圆弧面、沟槽、螺纹等要素组成。其中右端 $\phi 30_{-0.021}^0$ 和 $\phi 40_{-0.025}^0$ 外圆、左端 $\phi 40_{-0.025}^0$ 外圆尺寸精度要求较高，为 IT7 级，表面粗糙度要求为 Ra1.6。另外左端 $M30 \times 2-6g$ 螺纹精度要求较高，为 6 级精度。零件材料为铝合金，无特殊的硬度和热处理要求。

（二）阶梯轴工艺过程设计

1. 毛坯选择

零件材料为铝合金，没有特殊的性能要求，而且最大直径 $\phi 52_{-0.3}^0$ ，最小直径 $\phi 25$ ，各轴段尺寸相差不大，故选择棒料直接切削加工。在保证加工余量足够的前提下兼顾经济性原则，同时考虑到毛料的实际规格，最后确定毛坯尺寸规格为 $\phi 55 \times 120mm$ ，如图 2 所示。

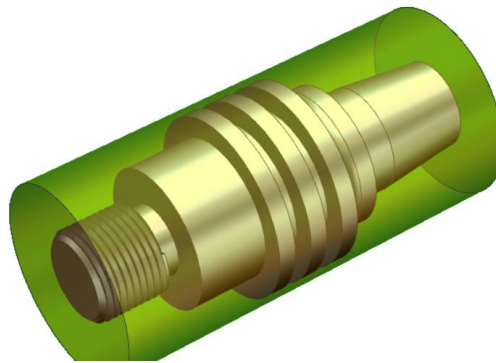


图 2 阶梯轴毛坯

2. 机床选择

由于该零件为回转体，形状简单，且精度指标要求不高，材料加工性能较好，故选择数控车削加工方式即可满足要求。考虑到零件的尺寸规格，同时兼顾车间设备的实际情况，这里选用 i5T3.3 数控车床进行加工，如图 3 所示。



图3 数控车床

3. 选择刀具

该零件加工要素包括圆柱面、圆锥面、圆弧面、沟槽、螺纹，因此加工过程中相应选择4把刀具，具体如下：

T02：机夹式80度硬质合金（YT5）外圆粗车刀，主要用于粗加工外轮廓；

T04：机夹式35度硬质合金（YT15）外圆精车刀，主要用于精加工外轮廓；

T06：机夹式硬质合金3mm外切槽刀，主要用于加工螺纹退刀槽和两个等距槽。

T08：60度硬质合金外螺纹车刀，主要用于加工M30×2的螺纹。

4. 装夹方案确定

该零件为规则的回转体，且尺寸不大，因此采用三爪卡盘安装。从零件结构可以看出，加工时需要调头安装。首先装夹毛坯外圆加工右端轮廓，工件露出卡盘长度大于71mm，以便于把 $\Phi 52\text{mm}$ 外圆加工出来，如图4所示。然后掉头装夹，以 $\Phi 40\text{mm}$ 外圆作为定位基准进行装夹加工左端轮廓。三爪卡盘具有自动定心功能，安装时不需要找正。

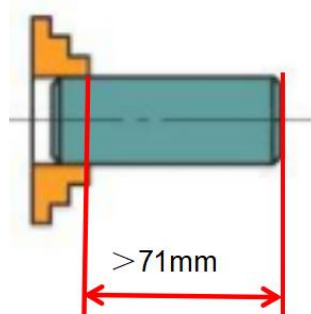
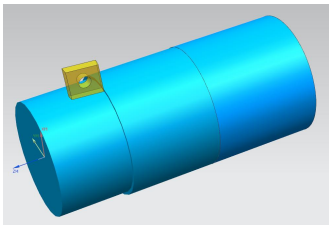
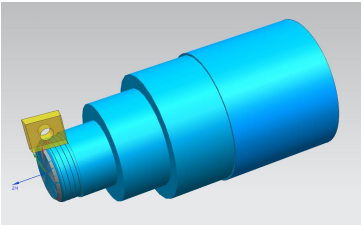
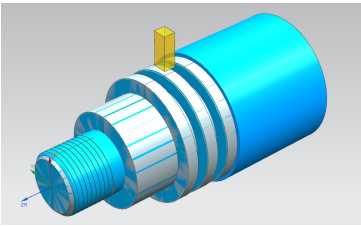
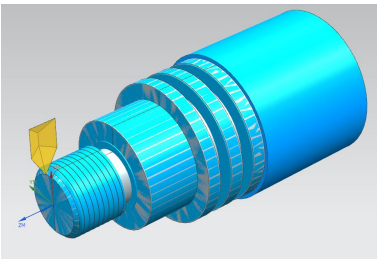


图 4 装夹工件

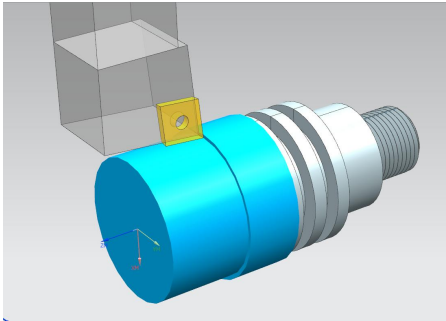
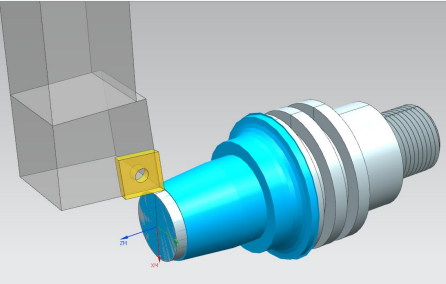
5. 加工顺序设计

由于工件比较简单，且批量较小，采用工序集中的原则设计加工顺序，整个零件设计一个工序，分两次装夹。

第一次装夹加工左端轮廓，根据使用刀具不同分为 4 个工步：

工步号	工步内容	示意图
1	用 T02 车刀粗加工端面、 $\phi 40$ 外圆、M30 螺纹外径及倒角。	
2	用 T04 车刀精加工端面、 $\phi 40$ 外圆、M30 螺纹外径及倒角。	
3	用 T06 切槽刀加工等距槽、螺纹退刀槽。	
4	用 T08 螺纹刀加工 $M30 \times 2 - 6g$ 螺纹。	

第二次装夹加工右端轮廓，根据使用刀具不同分为 2 个工步：

工步号	工步内容	示意图
1	用 T02 车刀粗加工端面、 $\phi 52$ 、 $\phi 40$ 、 $\phi 30$ 外圆、锥面以及 R6 圆角。	
2	用 T04 车刀精加工端面、 $\phi 52$ 、 $\phi 40$ 、 $\phi 30$ 外圆、锥面以及 R6 圆角。	

6. 切削用量选择

切削用量包括主轴转速(切削速度)、进给量和背吃刀量。背吃刀量通常根据机床、工件和刀具的刚度来决定，在刚度允许的条件下，应使背吃刀量尽可能大，以便减少走刀次数，提高生产效率。对于表面粗糙度和精度要求较高的零件，要留有足够的精加工余量，数控加工的精加工余量可比通用机床加工的余量小一些，一般为 0.1~0.5 mm；

确定主轴转速 n 时，一般先根据刀具材料和工具材料切削速度 V_c ，再根据公式 $n = \frac{1000V_c}{\pi d}$ 得到转速 n 。这里工件材料为铝合金，刀具材料为硬质合金，粗车端面时取 $V_c = 150$ ，粗车外轮廓时取 $V_c = 180$ ，精车外轮廓时取 $V_c = 220$ ，切槽时取 $V_c = 125$ ，车螺纹时取 $V_c = 95$ 。

进给量主要根据零件的加工精度、表面粗糙度以及刀具性能、工件材料性质选取。当质量能够保证时可以选择大的进给量，以便提高生产率。切断、车深孔、精车时，选择较低的进给量。刀具空行程时，选择尽量高的进给量。这里粗车外轮廓时进给量 $f = 0.3$ ；精车外轮廓时进给量 $f = 0.08$ ；切

槽进给量 $f=0.1$ ；切螺纹时进给量 $f=2$ ；

（三）程序编制

根据加工顺序要求，先编制右端加工程序。首先采用 CYCLE95 指令进行轮廓的粗车，采用循环指令粗车 $\phi 40$ 外圆、M30 螺纹外径及倒角，其中为了消除螺纹加工中出现的塑形变形，根据经验把螺纹外径车至 $\phi 29.8$ ；精车时依次精加工端面、 $\phi 40$ 外圆、M30 螺纹外径及倒角；切等距槽时采用 CYCLE93 指令，刀具先定位到起刀点，然后沿着 X 方向用 G01 指令进行切削，为了保证槽底的表面质量，刀具到槽底后暂停 2 秒；切螺纹时采用 CYCLE97 指令，为了保证螺纹精度，在深度方向分多次切削。粗精车走刀路线及节点坐标如图 5 所示。

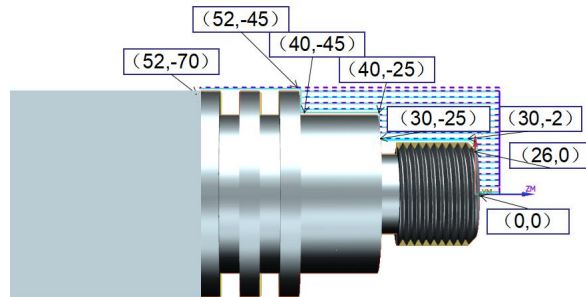


图 5 右端粗车走刀路线及节点坐标

零件掉头后编制左端加工程序，首先采用 CYCLE95 循环指令粗车，切削时每次沿着 X 方向进刀，按照轮廓形状进行切削。然后进行精车，走刀路线按照车 $\phi 25$ 外圆、锥面、 $\phi 40$ 外圆、R6 圆角、 $\phi 52$ 外圆的顺序依次进行，节点坐标如图 6 所示。注意这里 R6 圆弧的方向为顺时针，采用 G02 指令。

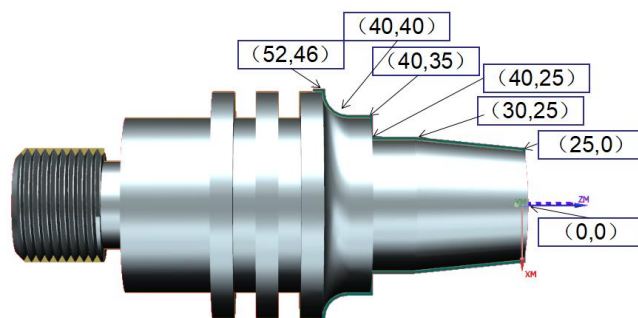


图 6 左端粗车走刀路线及节点坐标

测试题

1. 在零件图中， $M30 \times 2-6g$ 表示？
A. 圆柱面 B. 圆锥面 C. 螺纹面 D. 内孔
2. 切削加工图 1 所示阶梯轴时，下面哪个刀具不需要？
A. 外圆车刀 B. 内孔车刀 C. 切槽刀 D. 螺纹刀
3. 切削加工图 1 所示阶梯轴左端时，下面哪个加工顺序正确？
A. 粗车轮廓—精车轮廓—车螺纹—车螺纹退刀槽和等距槽
B. 粗车轮廓—车螺纹退刀槽和等距槽—车螺纹—精车轮廓
C. 粗车轮廓—精车轮廓—车螺纹退刀槽和等距槽—车螺纹
D. 车螺纹退刀槽和等距槽—车螺纹—粗车轮廓—精车轮廓
4. 切削三要素包括哪些？
A. 主轴转速 B. 切削速度 C. 进给量 D. 背吃刀量
5. 轮廓粗车固定循环指令是？
A. CYCLE93 B. CYCLE94 C. CYCLE95 D. CYCLE97
6. 根据前面学习，简述阶梯轴零件加工流程。

二、线下教学内容

请同学们在数控车床上进行实操训练，完成零件加工并填写实施工单。

阶梯轴零件加工实施工单		
姓名：	专业班级：	日期：
一、加工准备		
二、简述工件安装方法和注意事项		

三、简述外圆车刀的对刀过程，并记录对刀数值。					
四、记录切槽刀和螺纹刀的对刀数值。					
五、简述程序读入方法。					
六、合理选择量具检验零件加工精度，并填写工件质量评分表。					
序号	考核内容及要求	评分标准	配分	检测结果	得分
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

系列微教材列表

- (1) 数车：阶梯轴零件工艺过程设计及加工微教材
- (2) 数车：套筒零件工艺过程设计及加工微教材
- (3) 3 轴：板类零件工艺过程设计及加工微教材
- (4) 4 轴：壳体零件工艺过程设计及加工微教材
- (5) 4 轴：叶轮零件工艺过程设计及加工微教材
- (6) 5 轴：吊挂框零件工艺过程设计及加工微教材
- (7) 车铣复合：小轴零件工艺过程设计及加工微教材
- (8) 车铣复合：堵盖零件工艺过程设计及加工微教材
- (9) 车铣复合：凸模零件工艺过程设计及加工微教材
- (10) 车铣复合：凹模零件工艺过程设计及加工微教材

本教材适于读者说明

1. 主要阅读对象

本教材适用于数控技术、机械制造及自动化等机械类相关专业的学生。

2. 拓展阅读对象

在职或意向机械加工人员。