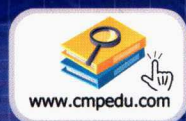


“工学结合、校企合作” 课程改革成果系列教材
数控技术应用专业教学用书

数控车铣 复合加工

陈颂阳 主编



配电子课件

 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材
数控技术应用专业教学用书

数控车铣复合加工

主 编 陈颂阳
副 主 编 陈崇军
参 编 段 超 梁 宇 江献华 谢政平
技术顾问 林新贵 曹玉成 王 鹏 谢 旭



机械工业出版社

本书共分五个项目，分别为槽轮轴加工、油口法兰加工、管接头加工、联轴器加工和手动气阀综合零件加工，内容包括车铣复合零件加工工艺制订、多工序加工操作方法、多工序工件装夹与装配、产品质量检测与控制、不同材料刀具和切削用量的选择等知识，使学生具备数控车铣复合加工较复杂零部件的能力，毕业后能熟练从事与数控车铣复合加工有关的CNC岗位工作。本书可作为职业院校数控技术专业及相关专业教材，也可作为各类培训机构的数控技术培训资料与参考书。

图书在版编目（CIP）数据

数控车铣复合加工/陈颂阳主编. —北京：机械工业出版社，2016.8

“工学结合、校企合作”课程改革成果系列教材. 数控技术应用专业教学用书

ISBN 978-7-111-54736-5

I. ①数… II. ①陈… III. ①数控机床-车床-加工工艺-中等专业学校-教材②数控机床-铣床-加工工艺-中等专业学校-教材 IV. ①TG519.1②TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 209112 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：齐志刚 责任编辑：齐志刚 韩冰 责任校对：张薇

封面设计：路恩中 责任印制：李洋

河北鹏盛贤印刷厂印刷

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.5 印张 · 474 千字

0001—2000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-54736-5

定价：39.80 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

服务咨询热线：010-88379833

读者购书热线：010-88379649

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

进入 21 世纪,制造业技术的革新日新月异,多功能数控机床越来越普及,机械零件产品也越来越复杂,对从业人员的素质提出了更高的要求,产业发展急需大批复合型数控技术人才。在现代机械、模具、汽车、航空航天、电工电子等制造企业中大批的车铣复合加工零件,其结构复杂,产品更新换代快,品种多而批量小。因此,中小型制造企业呈现出定制生产的发展趋势,按“成组技术”原理形成“生产单元”和“独立制造岛”式的生产组织模式已成为中小型制造企业提高生产率与效益的关键。广州市番禺区职业技术学校数控技术应用专业部针对区域产业发展的要求,与广州市敏嘉制造技术有限公司、广州市恒鸥食品机械设备有限公司、佛山神威热交换器有限公司等企业合作,开发了“数控车铣复合加工”项目课程。该课程将数控车床与数控加工中心组合成“制造岛”,项目以来自企业的典型真实车铣复合零件产品为载体,教学模式按“生产型项目教学”的模式展开,将数控车削加工、数控铣削加工、工艺编制等能力融为一体,培养学生的生产实践经验,并提升学生综合职业能力,使他们成为高素质复合型数控技术人才。

本书是“数控车铣复合加工”项目课程配套教材,有以下特色。

一是原创性。本书的内容是课程建设小组在企业专家的技术指导下,根据教学需要从一线生产企业的典型零件产品中遴选出来的,同类教材在国内教材建设中少有见到。

二是职业性。本书的教学内容以企业生产流程进行序化,任务实施过程对接企业生产流程,综合了数控车削、数控铣削、CAD/CAM 等技术技能,有鲜明的职业教育特色。

三是创新性。本书的体例按职业活动规律与学生学习规律编排,步骤清晰,解说详细,针对性强,学生完全能够按本书的操作步骤完成项目实施。

本书由陈颂阳任主编、陈崇军任副主编,江献华负责全书图样的绘制与校核,谢政平负责全书各项目零件产品加工工艺的审核与修改。其中,项目一由陈颂阳编写、项目二和项目四由梁宇编写、项目三由段超编写、项目五由陈崇军编写。在本书编写过程中,得到了广州市敏嘉制造技术有限公司等企业专家的大力支持,他们为本书的编写提供了大量的技术资料与技术指导,在此特别鸣谢。

由于编者水平有限,书中疏漏、不足之处在所难免,欢迎读者提出宝贵的意见,在此表示衷心感谢!

编 者

目 录

前言

项目一 槽轮轴加工	1
项目任务	1
学习目标	1
任务知识与技能分析	1
任务实施	3
任务评价	40
任务拓展	41
知识链接	41
项目二 油口法兰加工	44
项目任务	44
学习目标	44
任务知识与技能分析	44
任务实施	45
任务评价	74
任务拓展	76
知识链接	76
项目三 管接头加工	81
项目任务	81
学习目标	81
任务知识与技能分析	81
任务实施	82
任务评价	102
任务拓展	103
知识链接	103
项目四 联轴器加工	107
项目任务	107
学习目标	108
任务知识与技能分析	109
任务实施	110
任务评价	152
任务拓展	154
知识链接	154
项目五 手动气阀综合零件加工	159
项目任务	159

任务实施	160
任务一 法兰底座加工	162
任务描述	162
学习目标	162
任务知识与技能分析	163
任务实施	163
任务二 拨动盘加工	194
任务描述	194
学习目标	195
任务知识与技能分析	195
任务实施	195
任务三 阀芯加工	217
任务描述	217
学习目标	217
任务知识与技能分析	219
任务实施	219
任务四 缸体加工	246
任务描述	246
学习目标	246
任务知识与技能分析	247
任务实施	247
任务五 顶盖加工	253
任务描述	253
学习目标	253
任务知识与技能分析	254
任务实施	254
任务六 手柄加工	260
任务描述	260
学习目标	260
任务知识与技能分析	261
任务实施	261
任务评价	262
任务拓展	266
知识链接	272
参考文献	275

项目一 槽轮轴加工

【项目任务】

按订单要求, 请各小组加工纺织机转扬槽轮轴五件, 实物如图 1-1 所示, 材料为 45 钢, 零件尺寸、技术要求详见槽轮轴零件图 (图 1-2)。

本项目教学时数为 24 学时。

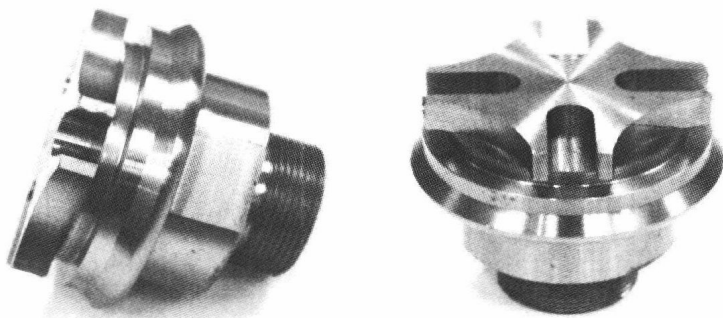


图 1-1 槽轮轴实物图

【学习目标】

通过本项目任务的学习, 学生应:

- 1) 了解车铣复合加工类零件的一般加工工艺过程, 感知机械产品完整的加工工艺路线。
- 2) 会初步分析车铣复合加工类零件的加工工艺, 能初步编写零件加工工艺卡。
- 3) 能正确装夹车铣复合加工类零件, 会综合运用工具、量具进行简单的装夹找正。
- 4) 会使用千分尺等测量工具精确测量车铣复合加工类零件。
- 5) 初步熟悉企业生产现场管理与劳动组织模式。

【任务知识与技能分析】

槽轮轴的加工包括车削加工与铣削加工两大部分, 实施本项目任务涉及的主要知识与技能包括:

- 1) 45 钢的加工性能。
- 2) 45 钢刀具和切削用量选择的原则。
- 3) 单件小批量车铣复合类零件加工工序与工步编排、工艺文件的编制。
- 4) 表面精度的控制方法, 车削表面粗糙度值为 $Ra3.2\mu m$ 的情况下如何设置切削深度、刀具转速与进给量。
- 5) 尺寸精度的控制方法, 包括刀具、检测工具和检测方法的综合运用。
- 6) 对称度、垂直度、平行度的几何公差的控制。
- 7) 二次装夹时的定位与找正方法。
- 8) 简单车铣复合类零件装夹夹具的选择。

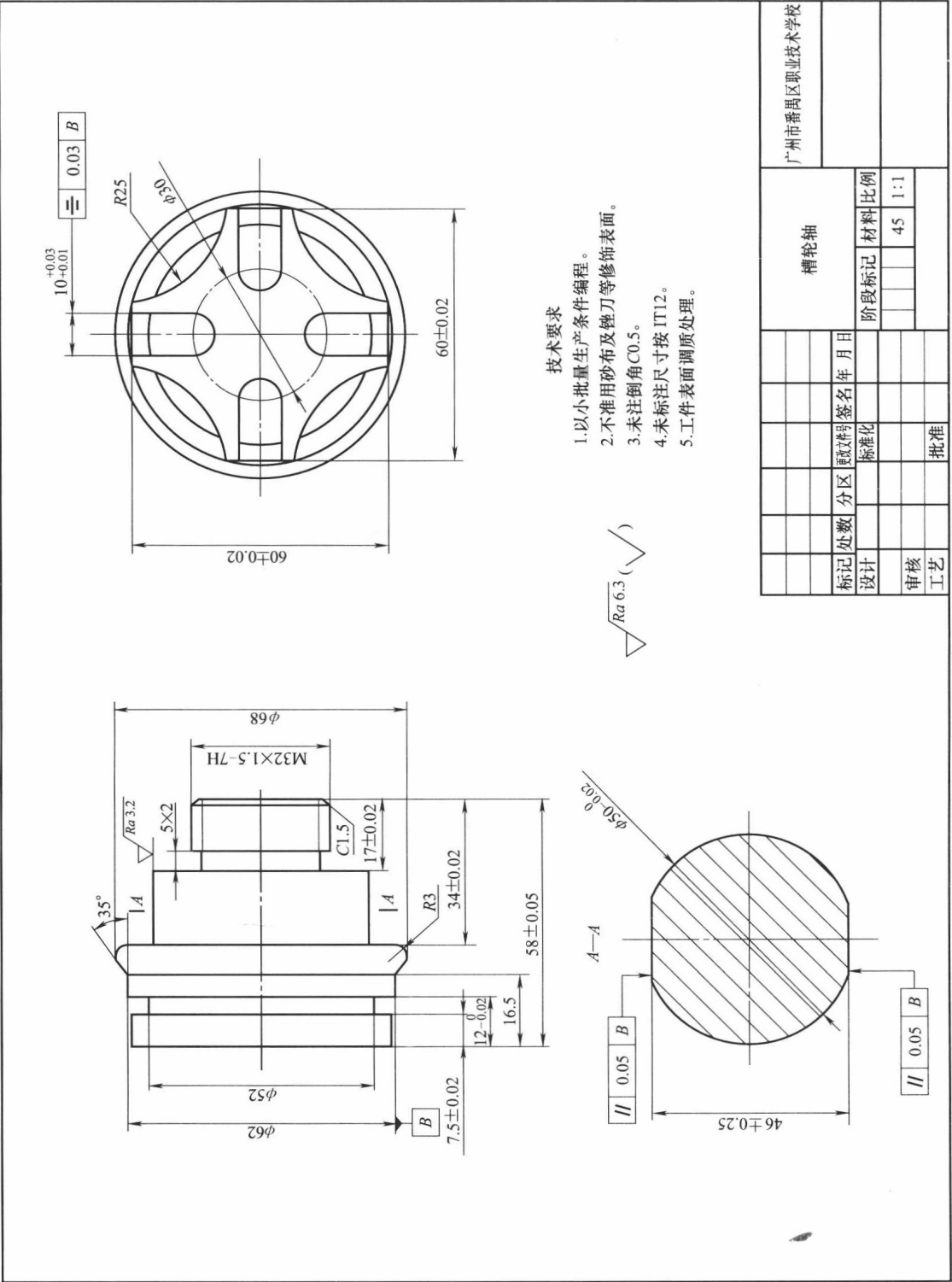


图 1-2 槽轮轴零件图

【任务实施】

一、组建学习小组

根据项目任务要求，结合组员的个性特点组建学习小组，并参照企业生产小组的形式，对小组成员进行任务分工，组内岗位包括生产组长、工艺编制员、数控车床操作员、数控铣床操作员、质量检测员，具体岗位分工见表 1-1。

表 1-1 学习小组岗位分工表

工作岗位	姓 名	岗 位 任 务	备 注
生产组长		1)统筹安排生产加工任务,协调、调度各组员按进度加工生产 2)贯彻实施安全生产 3)做好现场管理,落实“7S”(即整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全、节约)制度	生产安排
工艺编制员		1)组织进行产品的加工工艺分析,合理分配工序 2)制订工艺规程并编写工艺卡片 3)协助解决加工过程中出现的工艺问题 4)管理加工工艺文件	
数控车床操作员		1)负责按工艺文件要求,操作数控车床完成零件车削工序 2)按品质管理的检测频度对产品进行质量检验 3)调整、控制车削加工部分的产品质量	
数控铣床操作员		1)负责按工艺文件要求,操作数控铣床完成零件铣削工序 2)按品质管理的检测频度对产品进行质量检验 3)调整、控制铣削加工部分的产品质量	
质量检测员		1)负责按产品技术要求对产品质量进行检验和入库 2)提出品质管理的建议和意见 3)说明产品生产中质量控制点和经常出现的质量问题	

想一想：你们小组的分工是否合理？每个成员思考一下本人除了胜任现已分配的岗位工作外，还可胜任哪些岗位工作？

二、加工工艺分析

加工工艺是指导操作者将工件逐步生产成交货状态的产品的指导性文件，加工工艺编制质量的好坏直接影响到产品的生产成本和生产率，它在生产组织中是非常重要且不可或缺的。槽轮轴加工工艺分析见表 1-2。

表 1-2 槽轮轴加工工艺分析表

序号	项目	分 析 内 容	备注
1	槽轮轴零件图样分析	细致认真地审读槽轮轴零件图,重点关注尺寸公差、表面粗糙度、几何公差与技术要求。具体如下 1)槽轮轴尺寸标注方法分析。分析整体与局部的尺寸标注是否完整,标注是否正确,有无多余尺寸,特别是槽轮部分的形状尺寸要认真读懂 2)槽轮轴零件轮廓的几何要素分析。分析图样中几何要素的给定条件是否充分、正确,包括螺纹、外圆、槽、槽轮部分的几何要素 3)槽轮轴精度及技术要求分析。在槽轮轴中,要求车削外圆部分的尺寸精度是 $\pm 0.02\text{mm}$,铣削槽宽部分为 $10^{+0.03}_{-0.01}\text{mm}$,表面粗糙度值最高为 $Ra3.2\mu\text{m}$,还有三处平行度和对称度的几何公差要求。分析精度及各项技术要求是否齐全、是否合理 4)对于车削加工的表面,槽轮轴表面粗糙度值最高为 $Ra3.2\mu\text{m}$,加工时考虑按最高精度一刀连续加工 5)找出槽轮轴零件图样上有较高几何公差要求的表面,这些表面应尽可能在一次装夹下完成 6)根据零件图的尺寸要求,本产品备料毛坯尺寸为 $\phi 70\text{mm}\times 60\text{mm}$ 的圆棒料	

(续)

序号	项目	分析内容	备注
2	槽轮轴结构工艺分析	槽轮轴的结构包括阶梯轴身、螺纹轴头和槽轮三大部分,另外还有两处切槽。根据其结构工艺特性,须采用车削加工与铣削加工 1)槽轮轴加工工序。根据其结构特点,划分为四个工序:①车削槽轮轴右端台阶、螺纹退刀槽、螺纹;②调头车削左端台阶、切槽;③铣削右端轴身两平面;④铣削槽轮部分 2)各工序的粗、精加工:先对各表面进行粗加工,粗加工结束后再精加工,并进行精度控制 3)槽轮轴零件图中三处几何公差要求较高的表面,其中平行度、对称度要求均在一次装夹下完成,以免多次装夹所产生的装夹误差影响几何公差 4)车削工序中,轴两端的加工对刀点一般均设在右前方,以便缩短刀具移动距离,减少空行程时间。铣削工序中的对刀点,须根据零件装夹与切削点的安全距离确定 5)加工中选用的机床为数控车床和数控铣床(或加工中心)	
3	装夹用夹具分析	根据槽轮轴结构特点,在车削与铣削过程中,所用夹具如下 1)车削圆周的定位夹具采用自定心卡盘,两次装夹结合坯料进行 2)铣削加工右端轴身部分,采用自定心卡盘装夹,并且注意保证与轴线垂直 3)铣削加工左端槽轮部分,采取机用虎钳装夹,夹持轴的两平行面	
4	加工刀具分析	根据槽轮轴的轮廓几何要素,在车削与铣削过程中,所用的刀具如下 1)外圆车削部分,选用外圆车刀,刀具材料一般采用硬质合金 2)切槽加工部分,根据槽宽选用3mm切槽刀,刀具材料一般采用硬质合金 3)外螺纹加工部分,根据螺纹参数,选用60°外螺纹车刀,刀具材料一般采用硬质合金 4)铣削加工部分,根据铣削量与槽宽,选用φ8mm硬质合金立铣刀	
5	切削用量分析	切削用量的选择,包括背吃刀量、主轴转速和进给速度三项。槽轮轴的材料为45钢,刀具材料均为硬质合金,切削具体要求如下 1)确定背吃刀量a_p(mm)。须考虑机床、刀具、装夹的刚性,车削最好一次切净余量,以提高生产率。根据产品实际情况,槽轮轴精加工量一般不超过2mm,同时为了保证加工精度和表面粗糙度,一般都留有一定的精加工余量,精车余量为0.1~0.5mm 2)确定主轴转速n(r/min)。主轴转速应根据零件上被加工部位的直径,并按零件和刀具的材料及加工性质等条件所允许的切削速度v_c(m/min)来确定 3)确定进给速度v_f(mm/min)。进给速度的大小直接影响表面粗糙度和车削效率,因此应在保证表面质量的前提下,选择较高的进给速度	
6	产品质量检测分析	槽轮轴的检测包括外圆、螺纹、沟槽三部分,其中加工过程还须有辅助检测工具,具体准备的检测工具包括: ①游标卡尺;②钢直尺;③游标深度卡尺;④千分尺;⑤螺纹环规;⑥百分表	

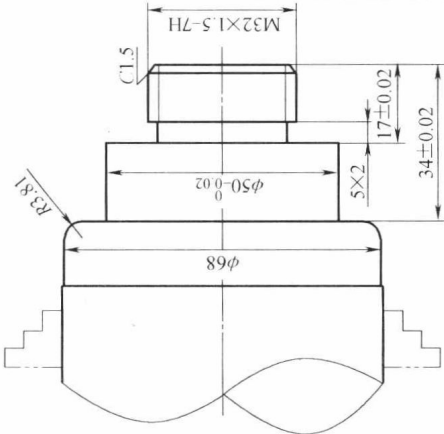
想一想:

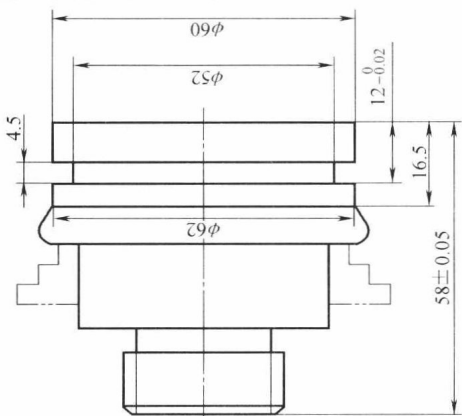
- 1)按表1-2从图样、结构、装夹、刀具、切削用量、产品质量检测六个方进行零件加工工艺分析,是否全面、具体、合理?
- 2)零件加工工艺分析的重要内容有哪些?你能否列举?
- 3)零件图的左视图中尺寸 (60 ± 0.02) mm表示什么?你能否读懂?

三、编制工艺卡

编制工艺卡(表1-3)时需查找《机床参数表》《机床使用说明书》《切削用量手册》《刀具手册》《机械加工工艺手册》等工艺文件资料。

表 1-3 槽轮轴加工工艺卡

广州市番禺区职业技术学校			零件名称		槽轮轴		加工工艺卡		产品型号		FZJ-BXXW-01									
			毛坯类型		φ70mm 棒料		材料		45 钢		第 1 页		共 4 页							
			工序号		工步		加工内容		刀具及材料		工艺卡号		CLZ001							
			车 1		1		1) 车右端面 2) 单边留余量 0.2mm, 粗车 M32、φ50mm、R3mm 外圆及端面 3) 精车 M32、φ50mm、R3mm 外圆、端面、倒角至要求		外圆车刀(硬质合金)		工艺装备		加工类别		n/ (r/min)		a _p / mm		v _c / (mm/min)	
					2		切 5mm × 2mm 的螺纹退刀槽		3mm 的外圆切槽刀(硬质合金)		自定心卡盘 (夹毛坯外圆, 左端面定位)		粗加工		1000		1.0		150	
					3		车削 M32 螺纹		60° 外螺纹车刀(硬质合金)				粗加工		1300		0.2		100	
							编制				批准									
							日期				日期									
标记			处数		更改文件号		签字													

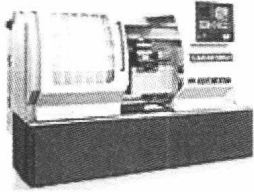
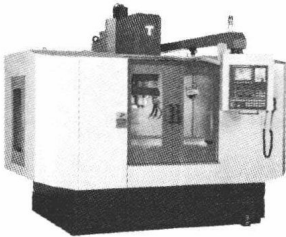
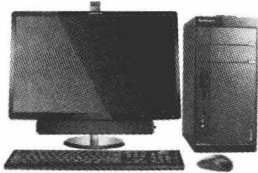
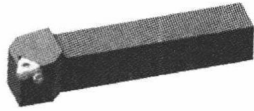
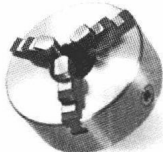
广州市番禺区职业技术学校			零件名称		槽轮轴		加工工艺卡		产品型号		FZJ-BXXW-01		(续)					
			毛坯类型		φ70mm 棒料		材料		45 钢		CLZ002				第 2 页			
			工序号		工步		加工内容		刀具及材料		工艺装备				切削用量			
			车 2		1		调头用卡盘夹紧,按图 样尺寸加工 φ60mm、 φ62mm 外圆,φ68mm 外 圆的 45°锥面		外圆车 刀(硬质合 金)		工艺装备 自定心卡盘		粗加工		a _p / mm 0.8		v _c / (mm/min) 120	
			车 2		2		按图样尺寸加工 4.5mm × 5mm 的槽		3mm 切 槽刀(硬质 合金)		自定心卡盘		粗加工		3		15	
													精加工		3		12	

广州市番禺区职业技术学校				槽轮轴		加工工艺卡		产品型号		FZJ-BXXW-01		(续)					
零件名称		毛坯类型		φ70mm 棒料		材料		45 钢		工艺卡号		CLZ003		第 3 页		共 4 页	
工序号		工步		加工内容		刀具及材料		工艺装备		加工类别		n/ (r/min)		a _p / mm		v _t / (mm/min)	
铣 1		1		用卡盘夹紧,按图样尺寸加工 46mm 的扁位平面		φ12mm 立铣刀(硬质合金)		自定心卡盘		粗加工		800		0.6		120	
										精加工		1200		0.3		100	

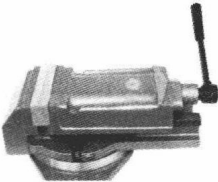
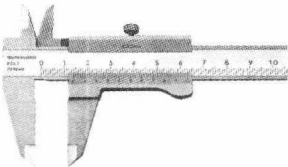
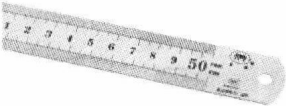
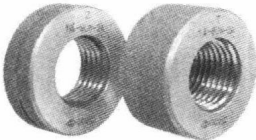
四、设备、工具、量具、辅具的准备

根据任务的加工要求，实施本任务具体需要准备的设备、工具、量具、辅具见表 1-4。

表 1-4 槽轮轴加工需要的设备、工具、量具、辅具

序号	名称	简 图	型号/规格	数量	备注
1	数控车床		CAK6140	1 台	设备
2	数控铣床		VMC850	1 台	设备
3	编程计算机		通用型 (配机床通信线)	2 台	设备
4	外圆车刀		刀杆 25mm×25mm， 硬质合金	1 把	刀具
5	切槽刀		3mm，硬质合金	1 把	刀具
6	外螺纹车刀		60°，硬质合金	1 把	刀具
7	立铣刀		φ16mm 四刃，硬质合金	1 把	刀具
8	立铣刀		φ8mm 四刃，硬质合金	1 把	刀具
9	自定心卡盘		通孔直径大于 80mm	1 个	夹具

(续)

序号	名称	简 图	型号/规格	数量	备注
10	机用虎钳		开口大于 100mm	1 个	夹具
11	游标卡尺		150mm	1 把	量具
12	钢直尺		200mm	1 把	量具
13	千分尺		25 ~ 75mm	2 把	量具
14	千分表座		0.001mm	1 套	量具
15	螺纹环规		M32 × 1.5	1 套	量具
16	铣刀柄		BT40	1 个	辅具

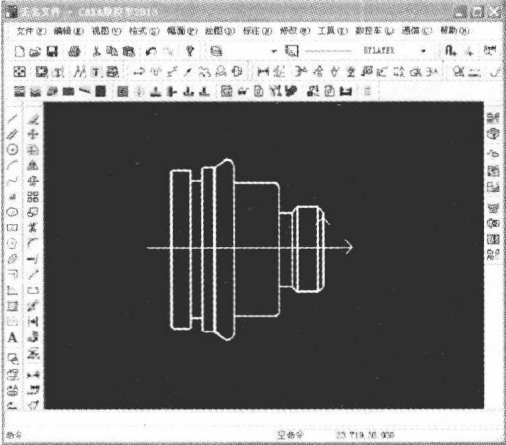
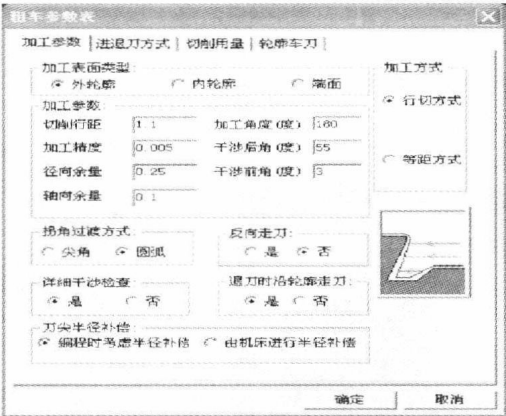
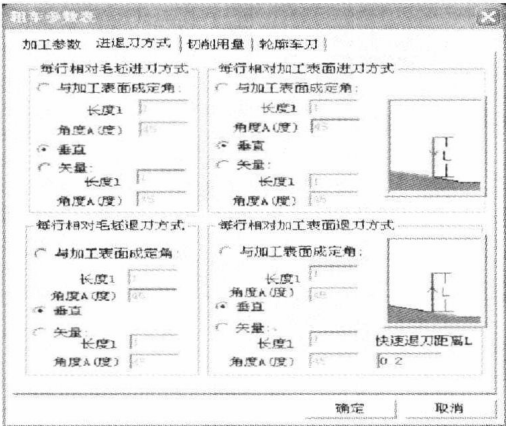
想一想：仔细分析一下表 1-4 列出的设备、工具、量具是否齐备？如果不齐，还缺什么？你是否熟悉每一种工具、量具的功能，是否熟悉正确的操作规程？

五、操作加工

(一) 车削槽轮轴右端部分

按照表 1-3 中“车 1”的要求，操作数控车床加工槽轮轴右端部分，具体加工步骤见表 1-5。

表 1-5 槽轮轴右端部分车削加工步骤

步骤	简 图	操作要点	探究
1. 绘制槽轮轴加工二维图		1) 编程软件采用 CAXA 数控车 2013 版 2) 绘制零件加工二维图,尺寸要准确 3) M32 螺纹大径尺寸要车小 0.2mm 4) 绘图时注意中心点,并且须作出参照线,方便调头加工使用	坐标原点 不设在右端 轴心会有什么后果
2. 设置槽轮轴右端粗车参数		1) 选择好加工表面后,进行加工参数的设置 2) 将加工表面类型设置为“外轮廓”,加工方式设置为“行切方式” 3) 为精加工预留加工余量,一般径向余量为 0.25mm,轴向余量为 0.1mm	外轮廓、 内轮廓与端面的具体含义是什么
		1) 每行相对毛坯进、退刀方式设置为“垂直” 2) 每行相对加工表面进、退刀方式设置为“垂直” 3) 快速退刀距离设置为 0.2mm,以提高加工效率	快速退刀 距离 L 的含义是什么

(续)

步骤	简 图	操作要点	探究
		1) 为减小定位误差,进退刀时快速走刀设置为“否”,接近速度与退刀速度均设置为 800mm/min 2) 进刀量设置为 160mm/min 3) 主轴转速选项设置为“恒转速” 4) 样条拟合方式采用默认设置	
2. 设置槽轮轴右端粗车参数	当前轮廓车刀: 刀具参数 刀具参数示意图 111 轮廓车刀列 111 3 置当前刀[S] 刀具名: 111 刀具号: 1 刀具补偿号: 1 刀柄长度 L: 40 刀柄宽度 W: 15 刀角长度 R: 10 刀尖半径 R: 0.4 刀具前角 F: 85 刀具后角 B: 55 轮廓车刀类型: ☒ 外轮廓车刀 ☐ 内轮廓车刀 ☐ 端面车刀 刀具预览[P] 对刀点方式: ☒ 刀尖尖点 ☐ 刀尖圆心 刀具类型: ☒ 普通刀具 ☐ 球形刀具 刀具偏置方向: ☒ 左偏 ☐ 对中 ☐ 右偏 备注:	1) 设置轮廓车刀时,首先要确定好机床上安装的刀具号 2) 刀具名称与刀具号相对应,刀具补偿号与机床参数中刀补号对应,刀具的其他参数根据刀具的参数表进行填写 3) 轮廓车刀类型根据刀具加工表面确定为普通外轮廓车刀 4) 对刀点方式为刀尖尖点,根据加工方向,刀具偏置方向为“左偏”	如果刀具号与机床刀架上刀号不一致,会出现什么后果