



国家示范性高等职业院校优质核心课程改革教材

机械类

机械零件



数控加工

JIXIE LINGJIAN
SHUKONG JIAGONG

编著 孙莹
主审 莫春林



电子科技大学出版社



国家示范性高等职业院校优质核心课程改革教材

机械类

机械零件



数控加工

JIXIE LINGJIAN
SHUKONG JIAGONG

编著 孙莹
主审 莫春林



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械零件数控加工 / 孙莹编著 莫春林主审.—成都: 电子科技大学出版社, 2011. 2

国家示范性高等职业院校优质核心课程改革教材

ISBN 978 - 7 - 5647 - 0735 - 4

I. ①机… II. ①孙… III. ①机械元件—数控机床
加工—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TH13②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 012368 号

国家示范性高等职业院校优质核心课程改革教材

机械零件数控加工

编著 孙 莹

主审 莫春林

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 罗 雅

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸: 170mm×230mm 印张 13.5 字数 288 千字

版 次: 2011 年 2 月第一版

印 次: 2011 年 2 月第一次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5647 - 0735 - 4

定 价: 27.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

四川交通职业技术学院

优质核心课程改革教材编审委员会

主 任 魏庆曜

副 主 任 李全文 王晓琼

委 员 (软件技术专业)

陈 斌 袁 杰 付常超 马文君 李亚平 吴诗洋

杨 桦 伍德军 凌晓萍 任 毅

(工程机械运用与维护专业)

黄先琪 袁 杰 马青云 李卫民 谢能奉 叶世成

田少民 王世良 徐生明 颜 伟 郭 松 孙 莹

陈 飏

(交通安全与智能控制专业)

王 华 袁 杰 陈 斌 张丽霞 吴庆翔 方建华

闫晓茹 王晓燕 何 涛 吴清富 彭宇村 黎 敏

曹 宏 石俊平 石勇森 郭家甫 冯 翔 蒋懿岚

孙 莹

(旅游管理专业)

贾玉铭 袁 杰 赵 明 阳凤兰 杨 霞 王璵琳

张江魁 党 科 陈乾康 李如嘉

(物流管理专业)

刘德武 袁 杰 刘建雄 殷 涛 杜 华 王煜洲

张 洪 孙统超 赵素霞 张晓琴 孙尚斌 王 勇

李 康 谷 帅 李 锦 庞青松

序

为贯彻教育部、财政部《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划，加快高等职业教育改革与发展的意见》（教高【2006】14号）和《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》（教高【2006】16号）精神，作为国家示范性高等职业院校建设单位，我院从2007年开始组织探索如何设计开发既能体现职业教育类型特点，又能满足高等教育层次需求的专业课程体系和教学方法。三年来，我们先后邀请了多名国内外职业教育专家，组织进行了现代职业技术教育理论系统学习和职业技术教育课程开发方法系统的培训；在课程开发专家团队指导下，按照“行业分析，典型工作任务，行动领域，学习领域”的开发思路，以职业分析为依据，以培养职业行动能力为核心，对传统的学科式专业课程进行解构和重构，形成了以学习领域课程结构为特征的专业核心课程体系；与企业专业技术人员共同组成课程开发团队，按照企业全程参与的建设模式、基于工作过程系统化的建设思路，完成了十个重点建设专业（4个为中央财政支持的重点建设专业）核心课程的学材、电子资源、试题库、网络课程和生产问题资源库等内容的建设和完善，在课程建设方面取得了丰厚的成果。

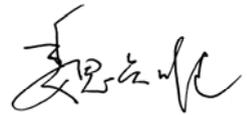
对示范院校建设工程而言，重点专业建设是龙头；在专业建设项目中，课程建设是关键。职业教育的课程改革是一项长期艰苦的工作，它不是片面的课程内容的解构和重构，必须以人才培养模式创新为核心，以实训条件的改善、实训项目的开发、教学方法的变革、双师结构教师团队的建设等一系列条件为支撑。三年来，我们以课程改革为抓手，力图实现全面的建设和提升；在推动课程改革的进程中秉承“片面的借鉴，不如全面的学习”，全面的学习和借鉴，认真的研究和实践；始终追求如何在课程建设方面做出中国特色，做出四川特色，做出交通特色。

历经1000多个日日夜夜的辛劳，面对包含了我们教师团队心血，即将破茧的课程建设成果的陆续出版，感到几分欣慰；面对国际日益激烈的经济的竞争，面对我国交通现代化建设的巨大需求，感到肩上的压力倍增。路漫漫其修远兮，吾将上下

而求索！希望更多的人来加入我们这个团结、奋进、开拓、进取的团队，取得更多更好的成果。

在这些教材的编写过程中，相关企业的专家给予了很大的支持与帮助，在此谨表示衷心的感谢！

四川交通职业技术学院院长



前 言

《数控加工与编程》是一门学习领域性课程，其主要培养学生的数控加工工艺分析与设计、数控加工程序的编写以及数控车削加工和数控铣削加工等典型工作任务的知识与技能。

为配合这门学习领域性课程的教学，在对数控行业职业岗位的能力与技能充分的调研分析与提炼的基础上，以学生为主体设计了基于工作过程的学习情境教学方法。在每个学习情境教学中，均以真实工作任务为驱动，典型案例为引导，同时提供自主学习空间，以及自我拓展与提升的平台。这种培养体系，遵循了职业成长规律，有利于学生的学习与经验的积累，使学生能较快地完成从初学者到能工巧匠的角色转变。为配合这种教学方法，我们编写了《机械零件数控加工》学材。

在本课程教学中，建议教学场景能与真实工作现场有机结合，实施项目教学法，基于工作过程进行教学组织与安排。

本书在典型零件的数控工艺设计中得到了尚慧芬（四川成发航空科技股份有限公司制造工程师）同志的大力支持和帮助，以及四川省交通职业技术学院的颜伟、郭旭峰、郭松和陈飏等同志的支持和帮助，在此表示诚挚的谢意！

本书的编程均以 FAUC-0i 数控系统为范本。由于时间仓促，编者水平与经验有限，书中难免有欠妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者
2010年9月

目 录

学习情境 1 芯轴的数控加工.....	1
建议学时	1
学习目标	1
学习情境	2
工作资料	2
第一部分 引导案例.....	2
第二部分 任务实施.....	35
第三部分 评价与反馈.....	39
第四部分 能力拓展.....	40
学习情境 2 螺塞的数控加工.....	41
建议学时	41
学习目标	41
学习情境	41
第一部分 引导案例.....	42
第二部分 任务实施.....	65
第三部分 评价与反馈.....	68
第四部分 能力拓展.....	69
学习情境 3 螺帽的数控加工.....	70
建议学时	70
学习目标	70
学习情境	70
第一部分 引导案例.....	71
第二部分 任务实施.....	85



第三部分 评价与反馈.....	90
第四部分 能力拓展.....	92
学习情境 4 扇形板的数控加工.....	93
建议学时	93
学习目标	93
学习情境	94
第一部分 引导案例.....	94
第二部分 任务实施.....	137
第三部分 评价与反馈.....	142
第四部分 能力拓展.....	144
学习情境 5 机械手底座的数控加工.....	146
建议学时	146
学习目标	146
学习情境	146
第一部分 引导案例.....	147
第二部分 任务实施.....	172
第三部分 评价与反馈.....	176
第四部分 能力拓展.....	177
学习情境 6 开关盒的数控加工.....	178
建议学时	178
学习目标	178
学习情境	178
第一部分 引导案例.....	180
第二部分 任务实施.....	199
第三部分 评价与反馈.....	203
第四部分 能力拓展.....	204

◆ 学习情境 1 ◆

芯轴的数控加工



建议学时

28 学时



学习目标

完成本学习情境后，你应当能够：

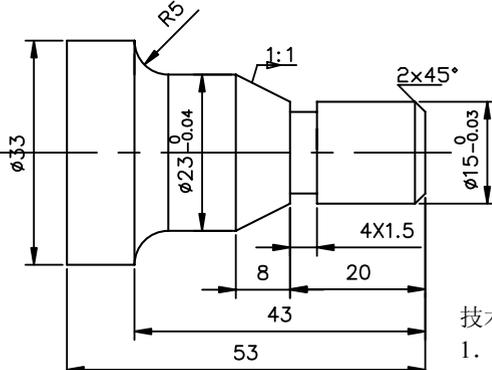
1. 分析芯轴的零件图纸，能正确地设计芯轴的加工工艺；
2. 熟练应用单一循环指令，编写芯轴的数控加工程序；
3. 了解数控车床的结构原理，熟练地查阅设备使用说明书，规范地操作数控车床；
4. 选择合理的装夹方式，正确安装工件并找正；
5. 选择合理的刀具，正确安装并完成对刀操作；
6. 准确地输入、调出和编辑程序，以及程序的调试；
7. 在程序调试正确的基础上，加工出合格的芯轴零件；
8. 正确使用量具对零件进行精度检验，填写检验报告；
9. 根据芯轴的加工情况和产品质量，对工艺方案和加工程序进行合理的优化。



学习情境

请同学们完成下图中芯轴零件 JYZDH-01 的单件加工任务。

其余 $\sqrt[32]{}$



技术要求

1. 未注公差按 GB/T1804-2000;
2. 尖边倒棱。

设计		芯轴	JYZDHX-01		
校对		材料	数量	比例	共 1 页
审核		45	1	1 : 1	第 1 页

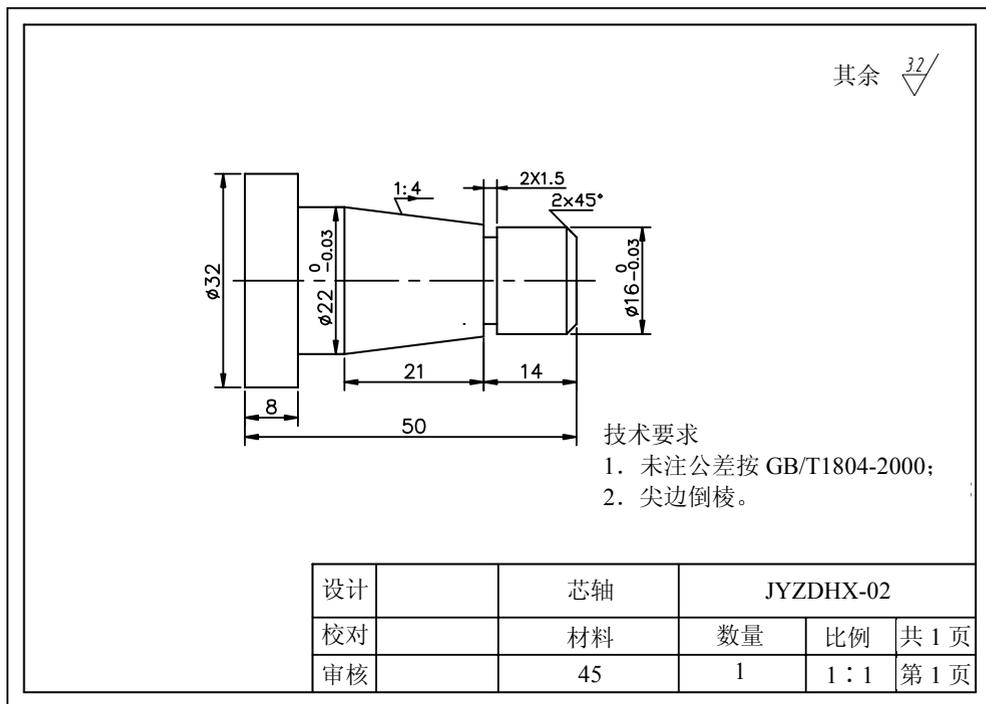


工作资料

1. 数控铣床或加工中心操作说明书、数控系统使用说明书等；
2. 刀具参数表、夹具手册、机械工艺手册等。

第一部分 引导案例

牛师傅完成挡销零件 JYZDH-02 的单件加工任务。



第一步：牛师傅制定挡销零件的加工工艺

1. 零件图的工艺分析

零件图工艺分析的目的是：了解零件的结构特点，明确零件的尺寸精度、几何精度和技术要求，分析材料的加工工艺性，以便制定合理的加工工艺。

牛师傅阅读挡销的零件图，分析如下：

挡销零件为典型的回转体结构，主要由锥面、外圆柱面和槽等几何要素组成。零件尺寸不大，结构强度较好；材料为45号钢，加工工艺性良好；其中 $\phi 22_{-0.03}^0$ 和 $\phi 16_{-0.03}^0$ 两个外圆面有尺寸精度要求；各面的表面粗糙度均为 $\sqrt{3.2}$ 。

牛师傅通过零件图纸分析，得出如下结论：

(1) 根据零件结构特点，选用 $\phi 35$ 的圆钢为毛坯。根据技术要求，挡销应进行调质处理，由于加工余量不大，因此热处理工序安排在粗加工之前。

(2) 由于零件有锥面结构，牛师傅选择在数控车床上完成，利用数控机床的两轴联动控制加工锥面，既能保证加工质量和精度，同时又能提高生产效率。牛师傅在现有设备条件下，选择了G-CNC6135数控车床完成挡销的加工。

综合以上分析，牛师傅为挡销制定了如下的加工工序：
下料→热处理→数车外形→检验→入库。



引导问题

1) 数控加工有哪些特点？主要适用于哪些情况的加工？

2) 数控车削加工零件结构的主要特点是什么？数控车削加工的主要几何要素有哪些？

3) 在零件图的工艺分析时，工艺人员应重点分析哪些内容？

2. 确定加工方案及数控加工工序内容

本学材重点介绍，各零件的数控加工工序内容的设计方法。

(1) 确定加工方案

牛师傅根据零件结构特点，确定在数控车削工序中，采用一次性装夹完成所有加工内容。同时根据各表面的精度要求，确定了各加工内容的加工方案如下：

- ①端面没有特殊要求，采用粗车+半粗车的加工方案；
- ②外圆面有尺寸精度和表面粗糙度要求，采用粗车+半精车+精车的加工方案；
- ③槽为一般的工艺槽，没有特殊要求，采用由刀宽与槽宽相同的切槽刀一次加工成形或由刀宽小于槽宽的切槽刀多次走刀成形。

(2) 确定数控加工工序内容及加工顺序

牛师傅根据基准先行、刀具集中、先粗后精等工艺设计原则，确定的数车工序的加工内容与加工顺序如下：

粗、精车端面→粗、精车外圆面→切槽→切断。

! 小知识一

车削加工时毛坯尺寸的确定

在车削加工确定毛坯尺寸时，一般应考虑零件的尺寸大小和毛坯是否要进行热处理，以及零件的加工精度。由于热处理会使材料变形，因此要进行热处理的毛坯尺寸要设计大一些，如零件最大直径大于 $\Phi 50$ ，长度小于800 mm时，毛坯尺寸放大4~8mm；零件最大直径小于 $\Phi 50$ ，长度小于800 mm时，毛坯尺寸放大5~10mm；不进行热处理的毛坯尺寸可设计小一些，如零件最大直径大于 $\Phi 50$ ，长度小于800 mm时，毛坯尺寸放大4~6mm。

! 小知识二

不同车削加工方案能实现的加工精度参考表

序号	加工方法	公差等级	表面粗糙度	应用场合
1	粗车	IT13-IT8	12.5-3.2	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车-半精车-精车	IT8-IT7	1.6-0.8	
3	粗车-半精车-精车-磨削	IT8-IT7	0.8-0.4	用于淬火钢，也可用于未淬火的钢，但不适用于有色金属
4	粗车-半精车-精车-粗磨精磨	IT7-IT6	0.4-0.1	



引导问题

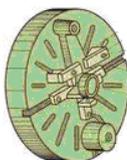
1) 牛师傅在确定数控加工工序的加工顺序时，遵循了哪些工艺制定的原则？

2) 为了更好地发挥数控加工生产效率的特点，一般在一次装夹中尽可能地_____。但对于加工质量高易变形的细长轴，安排加工顺序时，则应尽量将粗、精加工_____进行，使零件粗加工后有一段_____处理过程，必要时还可以安排处理，以消除各种变形，因此要分多道工序。对于粗短轴，因其刚性好，不易变形，可把粗、精加工_____进行。

3) 你能总结出数控加工顺序的安排与普通机加工顺序的安排, 有哪些不同之处吗?

3. 确定定位与装夹方案

牛师傅根据挡销零件的结构特点, 选择了外圆面定位方式, 并在如图1-1所示的常用外圆定位的车床夹具中选择了三爪自定心卡盘进行装夹。



(a) 花盘



(b) 四爪卡盘



(c) 三爪卡盘

图 1-1 车床常用夹具

! 小知识三

三爪卡盘的类型

三爪卡盘有机械式和液压式两种。由于数控车床主轴转速极高, 为便于工件夹紧, 多采用液压高速动力卡盘, 因它在生产厂已通过了严格的平衡, 具有高转速(极限转速可达 $4000 \sim 6000 \text{ r/min}$)、高夹紧力(最大推拉力为 $2000 \sim 8000 \text{ N}$)、高精度、调爪方便、通孔、使用寿命长等优点。液压卡盘通常配备软爪, 还可通过调整油缸压力, 改变卡盘夹紧力, 以满足夹持各种薄壁和易变形工件的特殊需要。

! 小知识四

三爪卡盘的定位精度

由于三爪卡盘的中心和机床主轴中心有误差, 因此在夹紧工件时也就出现了装夹定位误差。普通的三爪卡盘定心精度可达 $\Phi 0.02$ 以内, 精度好一些的数控机床的三爪卡盘定心精度可达 $\Phi 0.01$ 以内, 日本的高精密三爪卡盘定心精度可达 $\Phi 0.005$ 。

小知识五

软爪的应用

对于加工同轴度要求较高的工件，三爪卡盘的定心精度不能满足要求时，常使用软爪。软爪是为改变三爪卡盘的卡爪经过热处理后，难以用常用刀具切削而设计制造的一种具有切削性能的卡爪，软爪弧面由操作者随机配制，可获得理想的夹持精度。



引导问题

1) 定位基准选择的原则是什么？车削零件除外圆面以外，还有哪些结构可以作为基准？

2) 车床上常用的装夹方式通常有如下几种：

①卡盘装夹。卡盘装夹属于_____和_____面定位，主要用于长径比小于_____的短轴类零件或盘类零件。

②卡盘和顶尖（或加中心架）。卡盘和顶尖装夹属于_____和_____定位，主要用于_____度要求的_____型零件的粗精加工。

③两顶尖拨盘。两顶尖拨盘装夹属于_____定位，主要用于_____度要求的_____型零件的_____（粗或精）加工。

4. 确定数控车削的刀具

牛师傅从提高数控加工的生产效率和确保加工质量的稳定性等方面考虑，以及按刀具集中使用原则，根据各加工表面的特点和加工类型，选择了可转位硬质合金机夹车刀，刀具的规格如下：

数控加工刀具卡		产品名称及代号	零件名称	图纸号
		JYZDHX-02	挡销	JYZDHX-02
编号	内容		刀具名称、规格	备注
T01	车端面		S 刀片 45° 端面刀	
T02	车外圆面		T 刀片 93° 外圆车刀	
T03	切槽刀和切断		宽 1.8 切槽刀	
编制		审核	时间	

! 小知识六

机夹刀刀片的选择

(1) 正三角形刀片(T)可用于主偏角为 60° 或 90° 的外圆车刀、端面车刀和镗孔刀。特点:刀尖角小、强度差、耐用度较低,适用于较小的切削用量。

(2) 正方形刀片(S)的刀尖角为 90° 。优点:强度和散热性能均有所提高,通用性较好。主要用于主偏角为 45° 、 60° 、 75° 等的外圆车刀、端面车刀和镗孔刀。特点:强度和散热性能均有所提高,通用性较好。

(3) 正五边形刀片(W)的刀尖角为 108° 。特点:强度、耐用度高,散热面积大,不过切削时径向力较大,适用于在加工系统刚性较好的情况下使用。

(4) 菱形刀片(C、D)主要用于成形表面和圆弧表面的加工。特点:刀尖角小、强度较差、耐用度低,适用于较小的切削用量。

(5) 圆形刀片(R)主要用于成形表面和圆弧表面的加工。选择圆形刀片半径时,应考虑切削表面的圆弧半径。

! 小知识七

外圆车刀角度的选择

(1) 外圆面粗加工时一般选择小的主偏角(如 45° 、 75° 、 90°)、大的刀尖角(如S、C、W刀片)和负的刃倾角($\lambda_s < 0$),以及较大的刀尖圆弧半径(一般半径 $r > 0.4\text{mm}$),此时刀具强度高,吃刀量可大。

(2) 外圆面精加工时尽量选择大的主偏角(如 91° 、 93°)、正的刃倾角($\lambda_s > 0$,因为正的刃倾角一方面可控制切屑流向待加工表面,另一方面也可减小径向力,避免振动),以及较小的刀尖圆弧半径(一般半径 $r < 0.3\text{mm}$,刀尖半径愈小,径向力愈小,愈不易引起振动)。



引导问题

1) 机夹式硬质合金刀片有什么特点?为什么数控车削加工要选择这类刀片?