

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材

数控加工 综合训练

SHUKONG JIAGONG ZONGHE XUNLIAN



中国劳动社会保障出版社

中国劳动社会保障出版社 中国劳动保障出版社 中国劳动保障出版社
中国劳动保障出版社 中国劳动保障出版社 中国劳动保障出版社

数控加工 综合训练



全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材

数控加工综合训练

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工综合训练/薛晓春主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材. 上海市中等职业学校数控技术应用专业课程
程改革教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 8142 - 6

I. 数… II. 薛… III. 数控机床-加工-专业学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 000960 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

中国铁道出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 359 千字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

定价: 25.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

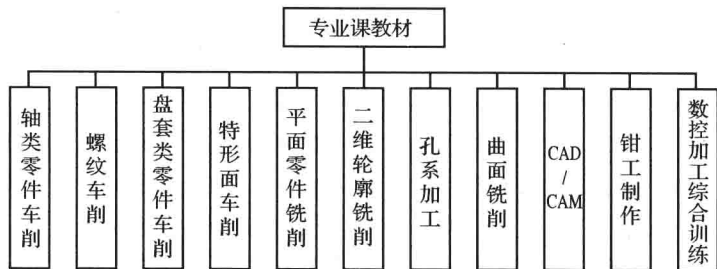
版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前言

为了满足上海市职业教育改革,适应市场对新型技术技能人才的需要,我们根据《上海市中等职业学校数控技术应用专业课程标准》(以下简称《课程标准》)开发了本套教材。在本套教材的开发过程中,我们始终以科学发展观为指导,以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位,以岗位需要和职业标准为依据,体现职业和职业教育发展趋势,满足学生职业生涯发展和适应社会经济发展的需要。

本套教材的体系构建打破了传统的教材体系,根据实际需要,将专业基础理论内容与工作岗位技能有机整合,进而形成新的专业课教材体系(见下图)。可以明显地看出,传统的《机械制图》《机械基础》《金属材料与热处理》等学科式教材已经整合到诸如《轴类零件车削》《螺纹车削》《孔系加工》等体现岗位技能的教材之中。



课程分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18 周	16 周	18 周	18 周	18 周	20 周
专业课程	轴类零件车削	168			24 1~7 周			
	螺纹车削	96			24 8~9 周	24 1~2 周		
	盘套类零件车削	144				24 3~8 周		
	特形面车削	120					24 1~5 周	
	平面零件铣削	168			24 10~16 周			

续表

课程 分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18 周	16 周	18 周	18 周	18 周	20 周
专业 课程	二维轮廓铣削	144				24 9 ~ 14 周		
	孔系加工	120					24 6 ~ 10 周	
	曲面铣削	96			24 17 ~ 18 周	24 15 ~ 16 周		
	CAD/CAM	72					24 11 ~ 13 周	
	钳工制作	56		2 周				
	数控加工综合训练	168				24 17 ~ 18 周	24 14 ~ 18 周	

这一全新的专业课教材体系具有以下鲜明的职业特色:

一是以工作岗位为依据,构建教材体系。教材体系的构建与学生将来就业的相关工作岗位相匹配,不同的工作岗位对应相应的教材,较好地实现了专业教材和工作岗位的有机对接,变学科式学习环境为岗位式学习环境,从而提高了学生的岗位适应能力。

二是以工作任务为线索,组织教材内容。本套教材以一个个工作任务为线索,整合相应的知识、技能,实现理论与实践的统一,使学生在一个个贴近企业的具体职业情境中学习,既符合职业教育的基本规律,又有利于培养学生在工作中分析问题和解决问题的综合职业能力。

三是以典型产品为载体,反映行业的发展。本套教材引入了大量的典型产品的生产过程,力求更真实地反映行业发展的现状,反映四新技术在数控加工领域的具体应用,使教材内容具有较强的时代感,努力为学生塑造较为前沿的工业环境。

四是以多种教材形式,提供优良的教学服务。为方便教师教学,每种教材均开发有相应的立体化教学资源,包括配套的电子教案、知识点的动画演示、操作视频等。教学资源可通过中国劳动社会保障出版社网站(<http://www.class.com.cn>)下载。

此外,为使教材的内容更符合学生的认知规律,易于激发学生的学习兴趣,本套教材的工作任务结构基本上按照以下环节进行设计:

环节一:教学目标。按照《课程标准》的要求,给出通过教材内容的学习应达到的学习目标。

环节二:工作任务。给出为达到上述学习目标所要完成的工作任务,并做精要的分析,旨在使学生养成从读图、分析技术要求到自行拟定加工方案,再付诸实施的工作思路。

环节三:实践操作。结合工作任务的分析,以教师演示或学生亲自动手操作的方式,按步骤完成工作任务,掌握基本技能。该环节的重点是让学生掌握“怎么做”,而不过多地讨

论“为什么这样做”，旨在使学生对工作任务有一个形象的感受。

环节四：问题探究。针对实践操作环节出现的问题或难点，从理论角度进行分析“为什么这样做”，从而使学生在掌握相关理论知识的同时，进一步加深对实践操作环节的理解，实现理论与实践的有机结合。

环节五：知识拓展。主要针对本工作任务涉及的理论知识和操作技能进行深入分析、拓展知识以及强化训练，达到举一反三的目的。根据各校的教学实际，该环节可作为选学内容。

环节六：练习。通过练习环节既可巩固所学知识，还可进一步培养学生分析和处理实际工作问题的能力。

从以上环节的设计上不难看出，每个工作任务的内在结构紧紧围绕技能培训这一核心，并充分兼顾理论与实践的有机结合，从而使二者都得到了有效的承载。

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材
编审委员会
2009 年 12 月

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材
编审委员会

主 任 金 龄

副 主 任 徐坤权 李春明 王立刚 高 明 万 象 刘 春

委 员 (排名不分先后)

姚 龙 冯 伟 王照清 付 磊 张 彪 倪厚滨

郑民章 张孝三 陈奕明 李培华 陆建刚 陈立群

赵正文 沈建峰 巢文远 孙大俊 骆富昌 王 忆

王建林 宋玉明

本 书 主 编 薛晓春

本书副主编 王 忆

本 书 参 编 曹 彧

本 书 审 稿 韩鸿鸾 丛培兰 张玉东

目 录

模块一 数控车削综合训练	(1)
任务一 阶梯轴车削	(1)
任务二 锥杆轴车削	(6)
任务三 螺纹杆车削	(12)
任务四 圆弧面车削	(18)
任务五 轴类零件综合训练	(24)
任务六 台阶孔车削	(31)
任务七 内圆锥孔车削	(37)
任务八 内槽与内圆弧车削	(43)
任务九 内螺纹车削	(50)
任务十 套类零件车削	(59)
模块二 数控铣削综合训练	(68)
任务一 封闭槽加工	(68)
任务二 孔加工	(73)
任务三 方形外轮廓加工	(78)
任务四 多边形外轮廓加工	(83)
任务五 一字槽轮廓加工	(90)
任务六 矩形窄腔轮廓加工	(96)
任务七 内外轮廓加工	(101)
任务八 外轮廓加工	(106)
任务九 型腔加工	(115)
任务十 带岛屿的型腔加工	(132)
模块三 数控车铣复合训练	(151)
任务一 齿轮轴加工	(151)
任务二 端盖加工	(159)
模块四 中级职业技能鉴定应会试题	(169)
任务一 中级数控车应会试题一	(169)
任务二 中级数控车应会试题二	(175)

任务三	中级数控车应会试题三		(181)
任务四	中级数控车应会试题四		(187)
任务五	中级数控车应会试题五		(193)
任务六	中级数控铣应会试题一		(200)
任务七	中级数控铣应会试题二		(207)
任务八	中级数控铣应会试题三		(213)
任务九	中级数控铣应会试题四		(219)
任务十	中级数控铣应会试题五		(227)

模块一

数控车削综合训练

任务一 阶梯轴车削

一、教学目标

1. 掌握外圆、台阶、端面的加工方法。
2. 熟悉轴类零件的编程与加工工艺。
3. 提高数控加工中尺寸控制的能力。

二、工作任务

轴类零件是机器中经常用到的典型零件之一。它主要用来支承传动零部件，传递扭矩和承受载荷。在前面的轴类零件车削中我们知道，根据结构形状的不同，轴类零件可分为光轴、阶梯轴、空心轴和曲轴等。其中，阶梯轴在机械上的应用最广泛，根据它所起的作用，既可以为联接轴、定位轴，也可以为滑动轴、滚动轴，是机构、部件中必不可少的零件，也是中级考题中最基本的构成要素。

本任务通过加工如图 1—1—1 所示零件，进一步掌握外圆、台阶、端面的加工方法，熟悉阶梯轴零件的编程与加工工艺，巩固数控加工的基础知识。

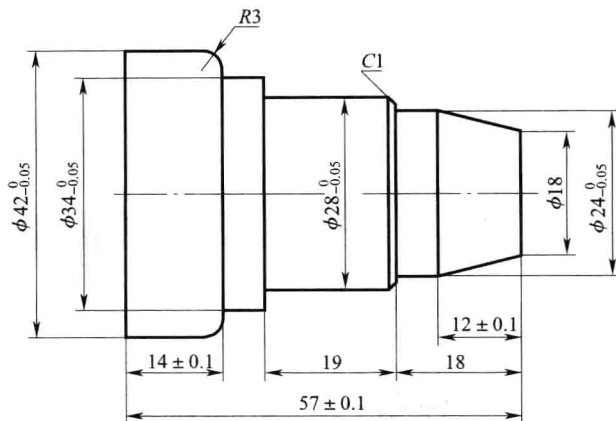
任务要求：

1. 根据图 1—1—1 分析零件加工工艺，合理选择刀具、量具和辅助用具。
2. 编制零件的数控车削加工程序。
3. 完成图中所示零件的加工任务。（毛坯：45 钢， $\phi 45 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ）
4. 加工时间 90 min。

三、实践操作

1. 识读零件图

阶梯轴主要是由不同尺寸的光轴叠加而成，如图 1—1—1 所示，零件主要以 $\phi 42 \text{ mm} \times 14 \text{ mm}$ 、 $\phi 34 \text{ mm}$ 、 $\phi 28 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}$ 、 $\phi 24 \text{ mm}$ 四个外圆叠加而成，另外有 R3 和斜面组成总长 57 mm 的阶梯轴，外圆偏差 $_{-0.05}^0 \text{ mm}$ ，外圆粗糙度 $Ra 1.6 \text{ } \mu\text{m}$ 。零件两侧端面平直，轴肩长度偏差 $\pm 0.1 \text{ mm}$ ，零件总长偏差 $\pm 0.1 \text{ mm}$ ，倒角 C1 mm，锐角倒钝 C0.5 mm。



技术要求

1. 外圆表面粗糙度 Ra 1.6, 端面粗糙度 Ra 3.2。
2. 外表面不允许用砂布或锉刀修正。
3. 锐角倒钝 $C0.5$ 。

图 1—1—1 阶梯轴

2. 工艺分析

该工件属轴类零件中的阶梯轴（又称台阶轴），尺寸从小到大成阶梯，外圆尺寸公差基本相同，装夹用自定心的三爪卡盘完成，利用 45° 端面刀车削零件右端面，用 90° 外圆刀车削外圆（4 处），切断工件后，调头装夹车削零件左端面，保证总长，用端面刀倒角。零件轮廓较简单，加工程序容易掌握，但要注意锐角倒钝与外圆尺寸精度的控制。

3. 加工工步（表 1—1—1）

表 1—1—1

加工步骤

操作步骤	加工示意图
第一步：取料夹持毛坯外圆，伸出长度约 70 mm，车端面，车出外圆一小段，对刀	车端面、外圆 对刀
第二步：用外圆循环指令完成 $\phi 42$ mm、$\phi 34$ mm、$\phi 28$ mm、$\phi 24$ mm 四处外圆及 $R3$ 与斜面的粗、精加工，并控制尺寸精度（精加工余量 $\phi 0.5$ mm）	车外圆轮廓

续表

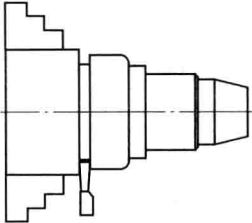
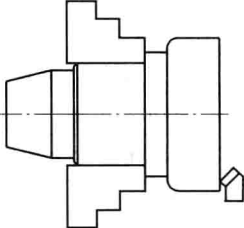
操作步骤	加工示意图
第三步：用 5 mm 的切断刀，切断工件留长度余量 1 mm（左刀尖为对刀基准）	手动切断 
第四步：调头装夹 $\phi 28$ mm 外表面，车端面保证长度 57 mm 符合要求，锐角倒钝 C0.5 mm	车端面 

表 1—1—2 刀具与切削参数

加工内容	刀具号	刀具规格	主轴转速	进给速度
车外圆	T0101	90°外圆刀	粗 500 r/min 精 1 000 r/min	粗 0.3 mm/r 精 0.1 mm/r
切断	T0202	5 mm 切断刀	400 r/min	0.1 mm/r
车端面	T0303	45°端面刀	500 r/min	手动

4. 操作前准备

- (1) 刀具：45°端面车刀（右）、90°外圆车刀（右）、5 mm 切断刀。
- (2) 量具：0 ~ 150 mm 游标卡尺（0.02）、0 ~ 25 mm 及 25 ~ 50 mm 外径千分尺。
- (3) 辅具：卡爪扳手、活络扳手等。

5. 参考程序

程序段号	加工程序	程序说明
	O0001;	
N5	G40 G99 G21;	程序初始化
N10	T0101 M08;	换 1 号刀，切削液开
N15	M03 S500;	主轴正转，转速 500 r/min
N20	G00 X100 Z100;	快速定位至安全点
N25	G00 X47 Z2;	快速定位至循环起点

续表

程序段号	加工程序	程序说明
N30	G71 U1 R1;	粗加工循环
N35	G71 P40 Q90 U0.5 W0.1 F0.3;	
N40	G00 X18;	
N45	G01 Z0 F0.1;	
N50	X24 Z-12;	
N55	Z-18;	
N60	X28 C1;	
N65	Z-37;	
N70	X34;	
N75	Z-43;	
N80	X36;	
N85	G03 X42 Z-46 R3;	
N90	G01 Z-57;	
N95	M09 G00 X100 Z100;	返回安全点, 切削液关
N100	M05;	主轴停
N105	M00;	测量、补偿、控制尺寸
N110	M03 T0101 S1000 ;	主轴正转、转速 1 000 r/min
N115	M08 G00 X47 Z2;	循环起点, 切削液开
N120	G70 P40 Q90;	精加工
N125	G00 X100 Z100;	返回安全点
N130	T0202 S400;	换 2 号刀, 转速 400 r/min
N135	G00 X42 Z-63;	定位
N140	G01 X0 F0.1;	切断零件
N145	G00 X100 Z100;	返回安全点
N150	M05;	
N155	M30;	程序停 + 复位
调头夹 $\phi 28$ mm 外圆		
手动车左端面, 保证总长 57 mm 符合图纸要求		

6. 操作

(1) 工件装夹时要保证坯料轴心线与主轴轴线平行, 但不宜伸出过长。

(2) 装夹刀具与对刀操作。可根据加工次序合理安排加工刀具, 将刀具依次装入相应的位置中。采用试切法测量刀具的当前位置, 输入对应的偏置号。注意移动方向和速度, 避免发生碰撞, 刀具位置值确定后, 不要随便拆卸该刀具。

(3) 输入程序并模拟。

(4) 加工时可通过调节进给倍率旋钮控制进给速度。工件加工完毕后自检并清理机床

及周围。

(5) 精度检测。

(6) 任务配分权重 (表 1—1—3)。

表 1—1—3

评 分 表

工件编号		技术要求	配 分	总得分		
项目与 权重	序 号			评分标准	检测 记录	得 分
机床操作 (25%)	1	正确开启机床、检查	5	不正确、不合理无分		
	2	机床返回参考点	5	不正确、不合理无分		
	3	程序的输入及修改	5	不正确、不合理无分		
	4	程序空运行轨迹检查	5	不正确、不合理无分		
	5	对刀的方式、方法	5	不正确、不合理无分		
程序与工艺 (25%)	6	程序格式规范	10	不合格每处扣 3 分		
	7	程序正确、完整	10	不合格每处扣 3 分		
	8	工艺合理	5	不合格每处扣 2 分		
零件质量 (40%)	9	$\phi 42_{-0.05}^0 \text{ mm}$, $Ra1.6 \mu\text{m}$	5/2	超差 0.01 mm 扣 3 分, 降级无分		
	10	$\phi 34_{-0.05}^0 \text{ mm}$, $Ra1.6 \mu\text{m}$	5/2	超差 0.01 mm 扣 3 分, 降级无分		
	11	$\phi 28_{-0.05}^0 \text{ mm}$, $Ra1.6 \mu\text{m}$	5/2	超差无分, 降级无分		
	12	$\phi 24_{-0.05}^0 \text{ mm}$, $Ra1.6 \mu\text{m}$	5/2	超差无分, 降级无分		
	13	$(57 \pm 0.1) \text{ mm}$, $Ra3.2 \mu\text{m}$	3/1	超差无分		
	14	$(14 \pm 0.1) \text{ mm}$	2	超差无分		
	15	$(12 \pm 0.1) \text{ mm}$	2	超差无分		
	16	圆弧、倒角	2/2	不符无分		
文明生产 (10%)	17	安全操作	5	不按安全操作规程操作全扣		
	18	机床清理	5	不合格全扣		
总 配 分			100			



工厂提示

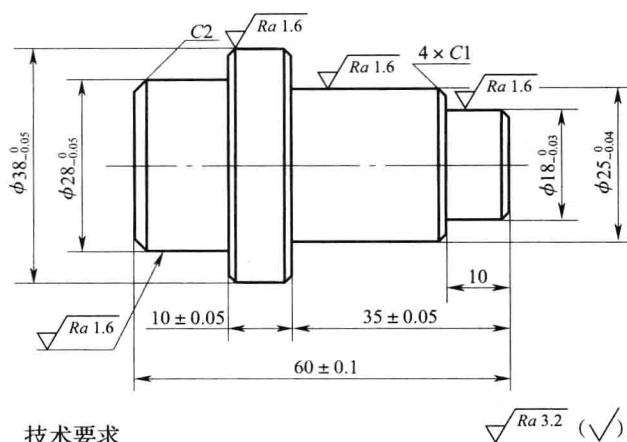
1. 操作前检查机床运行是否正常, 工件与刀具装夹是否牢靠, 程序是否正确, 确认车刀与程序中的刀号一致。

2. 车端面时切削量不能过多, 以免产生振动, 当零件表面粗糙度达不到要求时, 应及时修磨车刀。

四、练习

任务要求:

1. 根据图 1—1—2 分析零件加工工艺, 合理选择刀具、量具和辅助用具。
2. 编制零件的数控车削加工程序。
3. 完成图中所示零件的加工任务。(毛坯: 45 钢, $\phi 40 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$)
4. 加工时间 90 min。



任务二 锥杆轴车削

一、教学目标

1. 学会锥杆轴的加工工艺分析。
2. 掌握圆锥轴的计算方法和加工方法。
3. 能合理选择切削参数与刀具。
4. 了解刀尖圆弧补偿的应用。

二、工作任务

带圆锥的轴可作为定位轴、小扭矩传动轴、配合件、密封件而被广泛应用，是机械、机构部件中不可缺少的零件。中级技能鉴定中，圆锥与圆柱的组合是常见的。通过本任务练习，掌握锥杆轴零件的工艺分析过程，进一步掌握圆锥轴的计算方法和加工方法，学会刀尖圆弧补偿的编程方法。

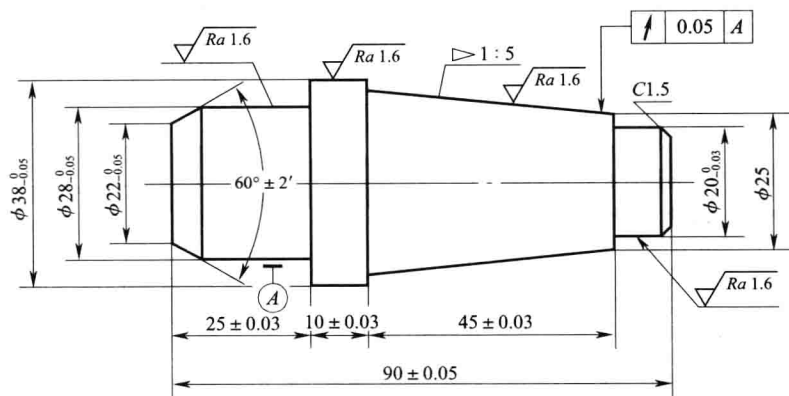
任务要求：

1. 根据图 1—2—1 分析零件加工工艺，合理选择刀具、量具和辅助用具。
2. 编制零件的数控车削加工程序。
3. 完成图中所示零件的加工任务。（毛坯：45 钢， $\phi 40 \text{ mm} \times 92 \text{ mm}$ ）
4. 加工时间 90 min。

三、实践操作

1. 识读零件图

圆锥轴与阶梯轴的区别在于零件表面轮廓圆锥面与圆柱面，任务练习中除了三处圆柱直



技术要求

1. 外表面不允许用砂布或锉刀修正。
2. 锐角倒钝C0.5。

$\sqrt{Ra\ 3.2}$ (✓)

图 1—2—1 锥杆轴

径为 $\phi 38\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 、 $\phi 28\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 、 $\phi 20\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ 以外，还有两处圆锥面，一个是 60° 的圆锥面，另一个是锥度 1:5 的圆锥面，外圆直径偏差 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}$ 、 $\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.05 \end{smallmatrix}$ ，表面粗糙度 $Ra1.6\ \mu\text{m}$ ，两侧端面 $Ra3.2\text{ mm}$ ，台阶长度偏差 $\pm 0.03\text{ mm}$ ，零件总长偏差 $\pm 0.05\text{ mm}$ ，外圆处倒角 $C1.5\text{ mm}$ 。

2. 工艺分析

(1) 锥杆轴一般作为定位元件，零件中 $60^\circ \pm 2'$ 圆锥面和 1:5 的锥度在加工过程中要用到刀尖圆弧补偿功能，1:5 锥度检测时要用到涂色法检测。

(2) 用三爪自定心卡盘装夹，先加工零件左端外圆 $\phi 38\text{ mm}$ 、 $\phi 28\text{ mm}$ 及 60° 的圆锥面，再调头，夹 $\phi 28\text{ mm}$ 外圆，加工零件右端。

(3) 为了提高零件的加工精度，应选择合理的切削用量和车削刀具。

(4) 零件调头加工时，应用百分表调整工件同轴度，以提高加工精度。

3. 加工工步及示意图（见表 1—2—1）

表 1—2—1

加工步骤

操作步骤	加工示意图
第一步：取料夹持毛坯外圆，伸出长度约 40 mm，精车端面，车出外圆一小段，对刀	车端面、外圆 对刀