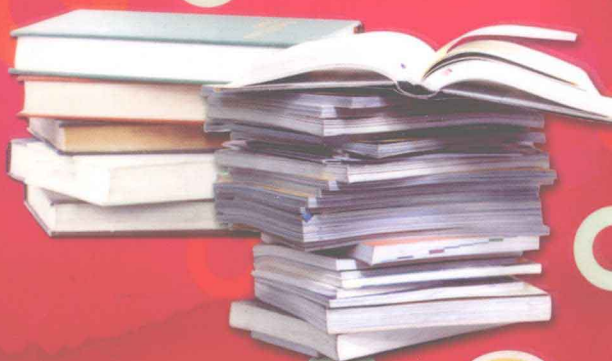


数控操作工技能鉴定考核培训教程

数控车工技能鉴定考核 培训教程

第2版

宗国成 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



数控操作工技能鉴定考核培训教程

数控车工技能鉴定 考核培训教程

第2版

宗国成 编著



机械工业出版社

本书是根据《国家职业标准》中数控车床操作工的基本要求,为职业技能鉴定而编写的应知、应会培训教材,在2005年第1版的基础上增加了新的技术内容。

本书的内容包括应知、应会和相应的习题。应知部分含数控车床组成与原理、数控车床编程,应会部分包括数控车床加工工艺基础和数控车床操作等内容。

本书可以作为数控车床操作工职业技能培训与鉴定考核用书,也可以作为中职中专、高职高专相关课程的教材(尤其是对于两年制的数控专业),也是从事数控车床操作与编程的工程技术人员实用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车工技能鉴定考核培训教程/宗国成编著. —2版.
—北京:机械工业出版社,2011.12
数控操作工技能鉴定考核培训教程
ISBN 978-7-111-36238-8

I. ①数… II. ①宗… III. ①数控机床:车床—车
削—职业技能鉴定—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第215801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:周国萍 责任编辑:周国萍 舒雯
版式设计:霍永明 责任校对:潘蕊
封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012年2月第2版第1次印刷
148mm×210mm 8.75印张·258千字
0001—4000册
标准书号:ISBN 978-7-111-36238-8
定价:29.00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

策划编辑:(010)88379733

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

第 1 版前言

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术，数控装备是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴制造业的渗透形成的机电一体化产品。其技术范围覆盖很多领域：①机械制造技术；②信息处理、加工、传输技术；③自动控制技术；④伺服驱动技术；⑤传感器技术；⑥软件技术等。

数控技术是当今先进制造技术和装备的核心技术，也是制造业现代化的重要基础。世界上各工业发达国家还将数控技术及数控装备列为国家的战略物资，不仅采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业，而且在“高精尖”数控关键技术和装备方面对我国实行封锁和限制政策。

数控技术专业应用型人才的社会需求面广、量大，供需矛盾比较突出。目前国内数控人才是紧缺高技能型人才之一。在外资企业、大型民营企业工作的高级人才，月薪达七八千元非常正常。为此教育部已就我国数控专业紧缺技能人才的社会需求、培养培训现状、人才规格及教改方案进行了多次的讨论。

我国院校现行的数控专业课程结构和教学模式尚不能适应培养培训紧缺人才的需要，必须借鉴国外先进的教育理念、模式和方法，结合我国的实际情况，大刀阔斧地对专业课程结构、体系、教学方法进行改革。

由于数控技术的特殊性——技术含量高，涉及面广，致使使用好数控设备成为一个难题。

数控技术的应用正在我国普及，但是高级技能人才的严重缺乏制约了数控技术的应用，今后数控高级应用人才的需求每年还将继续增加。伴随着需求行情的看涨，数控专业人才的价值也将日益受到企业和社会的重视。

当前工科类的职业学校几乎都有这方面的需求，学员在考核数控

第2版前言

本书第1版出版以来,得到了广大读者的关心和支持,其中很多职业学校和一些培训机构选择了它作为教材。在使用过程中,读者也发现了一些不足之处,并提出了宝贵的意见。随着技术的发展和设备的更新,第1版中部分内容已经显得陈旧。为了适应新形势的需要,根据编著者在使用过程中的体会,结合部分读者的宝贵意见和建议,我们对本书第1版进行了调整。本次修订的主要内容如下:

- 1) 第1版中个别描叙不准确的地方。
- 2) 对宏程序编程部分进行一定的补充。
- 3) 删除“3.1.1 六点定位原理”部分的内容。
- 4) 第二部分应会的第4章中将“SIEMENS 802S/C 系统数控车床操作方法”部分更换为“4.2 SINUMERIK 802D 系统操作方法”。
- 5) 对第三部分应知、应会习题中的工艺编程题进行了比较大的改动,重新按照车削加工练习件、中级工考件、高级工考件和技师考件的顺序选编了图样。

由于编者的水平有限,对本书存在的缺点和错误,恳请读者批评指正。

作 者

操作工时缺少范本，理论(应知)范围太广，学习起来也很困难。为此，我们根据《国家职业标准》有关内容，参阅大量的参考资料，编写了本书。

本书的中心内容主要包括技能鉴定考核数控车床操作工应知、应会部分。其中应知部分包括数控车床原理与组成、数控车床编程；应会部分包括数控车床加工工艺基础和数控车床操作方法等内容。

应知、应会部分提供标准化的习题和样卷。

本书力求以下几个特色：

- 1) 为数控车床操作工培训提供一本教材。
- 2) 数控车床组成与原理以适度为原则。
- 3) 编程以基础、典型为原则，充分考虑数控车床的加工特点。
- 4) 工艺以操作工必须使用的工具、夹具、刀具、量具及工件材料为主要内容。

- 5) 习题给出参考答案。

本书在编写过程中，顾锋老师、方晓堂老师提供了许多意见和建议，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中的不足与错误之处在所难免，恳请读者指正。

作 者

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第一部分 应知 1

第 1 章 数控车床组成与原理 1

- 1.1 切削机床概述 1
 - 1.1.1 金属切削机床概述 1
 - 1.1.2 零件表面形状及其形成方法 5
 - 1.1.3 切削运动 7
- 1.2 数控车床原理 8
 - 1.2.1 数控技术 9
 - 1.2.2 数控系统原理 11
 - 1.2.3 伺服系统工作过程 15
 - 1.2.4 检测及其他接口技术 19
- 1.3 数控车床组成 25
 - 1.3.1 数控车床结构特点与种类 25
 - 1.3.2 主轴系统 27
 - 1.3.3 进给传动系统 32

第 2 章 数控车床编程 36

- 2.1 数控车床编程概述 36
 - 2.1.1 数控程序格式 36
 - 2.1.2 数控坐标系及其指令 39
 - 2.1.3 辅助功能指令 43
 - 2.1.4 常用准备功能指令 44
- 2.2 数控车床编程应用 48
 - 2.2.1 数控车床常规加工编程方法 48
 - 2.2.2 复合固定循环 50
 - 2.2.3 子程序 56

2.2.4 孔加工方法	57
2.2.5 宏编程与自动编程	59
2.3 数控车床编程常见错误	64
第二部分 应会	68
第3章 数控车床加工工艺基础	68
3.1 夹具	68
3.2 刀具	72
3.2.1 车刀角度	72
3.2.2 车刀种类与材料	75
3.2.3 自动回转刀架	83
3.3 量具	86
3.3.1 游标卡尺	86
3.3.2 千分尺	89
3.3.3 百分表	93
3.4 常用工件材料	95
3.4.1 黑色金属	95
3.4.2 有色金属	98
3.5 数控加工工艺	100
3.5.1 机械加工工艺过程的基本概念	100
3.5.2 数控加工工艺设计	102
第4章 数控车床操作	108
4.1 数控车床功能	108
4.1.1 数控功能	108
4.1.2 数控车床加工功能	110
4.2 SINUMERIK 802D 系统操作方法	115
4.2.1 面板及功能	115
4.2.2 操作过程	122
4.3 FANUC Oi—TA 系统操作方法	130
4.3.1 面板及功能	130
4.3.2 FANUC Oi 操作过程	136
4.4 华中世纪星 HNC—21T 系统操作方法	140
4.4.1 面板及功能	141
4.4.2 HNC—21T 系统操作过程	144

4.5 数控车床管理	156
4.5.1 数控车床验收内容	156
4.5.2 数控车床操作规程	158
4.5.3 数控车床日常维护保养	159
4.5.4 数控车床操作常见错误	160
第三部分 应知、应会习题	164
一、是非题	164
二、选择题	172
三、简答题	188
四、工艺编程题	190
参考答案	228
附录	236
附录1 数控加工工序卡	236
附录2 数控车床操作工技能考核理论样题（中级、高级、技师） 及样卷参考答案	237
附录3 数控车床操作工技能考核标准	265
参考文献	271

第一部分 应 知

第 1 章 数控车床组成与原理

1.1 切削机床概述

1.1.1 金属切削机床概述

1. 金属切削机床的作用

金属切削机床是指用切削的方法将工件毛坯加工成机器零件的机器。它是制造机器的机器，故俗称“工作母机”。

金属切削机床通过切削加工的方法，将毛坯加工成一定的形状，具有一定的尺寸，达到规定的精度和表面质量。机床是加工机器零件的主要设备。

随着世界经济多样化和人性化要求的提高，多品种、中小批量生产越来越成为主流，这就使数控机床的高效率和自动化得到了很好的应用，尤其在灵活性方面，数控机床只要更换不同的零件加工程序，就可以生产不同的零件，这是数控机床的一大特点。

2. 金属切削机床的类型

金属切削机床品种规格繁多，按其加工性质和所用刀具进行分类，目前机床被分为 11 类，即车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床和其他机床。

在生产中使用最多的是车床和铣床。

按工艺范围分，机床分为通用机床、专门化机床和专用机床。

按加工精度分，同类型机床可分为普通精度级机床、精密级机床

和高精度级机床。

按质量和尺寸不同分，机床可分为仪表机床、中型机床、大型机床、重型和超重型机床。

数控机床与普通机床是按自动化程度不同来分的。

机床的类型很多，一般用大写的汉语拼音字母表示，必要时每类又分为若干分类，其类别和分类代号及读音见表 1-1。

表 1-1 机床的类别和分类代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	磨	磨	牙	丝	铣	刨	拉	锯	其

某类型机床既有普通型又有下列某种通用特性时，则在类别代号后加通用特性代号。通用特性代号见表 1-2。

表 1-2 通用特性代号

通用特性	高精 密	精密	自动	半自动	数控	加工中心 (自动换刀)	仿形	轻型	加重型	筒式或 经济型	柔性加工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	筒	柔	显	速

车床依用途和功能区分为多种类型。

(1) 卧式车床 卧式车床的加工对象广，主轴转速和进给量的调整范围大，能加工工件的内外表面、端面和内外螺纹。这种车床主要由工人手工操作，生产效率低，适用于单件、小批生产和在修配车间使用。

(2) 转塔车床和回转车床 该类车床具有能装多把刀具的转塔刀架或回轮刀架，能在工件的一次装夹中，由工人依次使用不同刀具完成多种工序，适用于成批生产。

(3) 多刀(半)自动车床 这种车床有单轴、多轴、卧式和立式之分。单轴卧式的布局形式与卧式车床相似,但两组刀架分别装在主轴的前后或上下,用于加工盘、套和轴类零件,其生产率比卧式车床提高3~5倍。

(4) 仿形车床 仿形车床能仿照样板或样件的形状尺寸,自动完成工件的加工循环,适用于形状较复杂工件的小批和成批生产,生产率比卧式车床高10~15倍。有多刀架、多轴、卡盘式、立式等类型。

(5) 立式车床 立式车床的主轴垂直于水平面,工件装夹在水平的回转工作台上,刀架在横梁或立柱上移动。适用于加工较大、较重、难于在卧式车床上安装的工件,一般分为单柱和双柱两大类。

(6) 铲齿车床 在车削的同时,铲齿车床的刀架周期地作径向往复运动,用于铲车铣刀、滚刀等的成形齿面。通常带有铲磨附件,由单独电动机驱动的小砂轮铲磨齿面。

(7) 专门车床 专门车床是用于加工某类工件的特定表面的车床,如曲轴车床、凸轮轴车床、车轮车床、车轴车床、轧辊车床和钢锭车床等。

(8) 联合车床 联合车床主要用于车削加工,但附加一些特殊部件和附件后,还可进行镗、铣、钻、插、磨等加工,具有“一机多能”的特点,适用于工程车、船舶或移动修理站上的修配工作。

(9) 数控车床 数控车床能按一定程序自动完成工件的多工序加工,有的能自动上下料,重复加工一批同样的工件。

3. 金属切削机床的发展过程

制造技术是每个国家的基础产业,先进的制造技术有力地推动了经济的发展,机床的发展过程经历了以工人手工操作为主的普通机床的历史,现在正处于数控机床的高速发展时期,机床的数控化率(即数控机床占整个机床的比例)已成为衡量一个国家的生产能力和技术水平的重要标志之一。

数控机床是在机械制造技术和控制技术的基础上发展起来的,其过程大致如下:

1948年,美国帕森斯公司接受美国空军委托,研制直升飞机螺

旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样,精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出采用数字脉冲控制机床的设想。该公司与美国麻省理工学院共同研究,并于1952年试制成功了第一台三坐标数控铣床。

数控装置的发展经历了电子管元件、晶体管元件和印制电路板的过程。1959年,诞生了第二代带自动换刀装置的数控机床,即加工中心。

第三代数控机床采用集成电路数控装置。它的体积小,功率消耗少,可靠性有了更大的提高,第三代数控机床有力地促进了数控机床品种和产量的发展。

以小型计算机化为特征的第四代数控机床,出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(简称DNC),又称群控系统。

第五代数控机床采用了微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(简称MNC)。

20世纪80年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置;数控装置愈趋小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。20世纪90年代后期,出现了个人计算机加数控的智能数控系统,即以个人计算机为控制系统的硬件部分,在个人计算机上安装数控管理软件系统,此种方式系统维护方便,具有较好的开放性,易于实现网络化制造。

4. 数控机床的特点

数控机床对零件的加工过程,是严格按照加工程序所规定的参数及动作执行的。它可以完成在普通机床上难以完成或根本不能加工的复杂零件的加工任务,因此在航空、航天、造船、模具等加工领域中得到广泛应用。适合于复杂异形零件的加工是数控机床的主要特点之一。数控机床是一种高效能自动机床,由于采用了计算机控制技术,切削过程中减少了人为的干预,其加工精度、加工稳定性、可靠性都非常高;采用计算机控制,排除人为误差,零件的加工一致性好,质量稳定可靠;采用计算机控制,当加工对象改变时,一般只需要更改数控程序,体现出很好的适应性,可大大节省生产准备时间。在单台

数控机床的基础上,可以组成具有更高自动化程度的柔性制造单元(FMC)与柔性制造系统(FMS)。采用数控机床有利于向计算机控制与管理生产方面发展,为实现生产过程自动化创造了条件。数控机床自动化程度的提高,使操作人员劳动强度大大降低,工作环境也得到了很好的改善。

数控机床本身的精度高、刚性好,可选择有利的切削用量,以提高生产率,中批量生产时一般为普通机床的3~5倍,对某些复杂零件的加工,生产效率甚至可以提高数十倍。

高自动化的数控机床,其设备复杂,投资大,由于整个加工过程采用程序控制,数控加工的前期准备工作较为复杂,需要反复进行工艺研究与分析,对生产的技术准备、各环节的技术要求都很高,从而导致使用成本也很高。

数控机床技术含量高,涉及面广,对日常维护要求严格,对维修人员的技术要求非常高、专业性强。

数控机床是典型的机电一体化产品,是现代制造业的核心设备,体现了现代机床技术水平,是现代机械制造业工艺水平的重要标志,是关系国计民生、国防尖端建设的必备设备,同时它也是现代制造业的基础设备,机床数控化是整个制造业自动化的基础和物质保障。工业化国家经济总产值的50%(日本)至68%(美国)是由制造业创造的,制造业对发展中国家经济有决定性的影响,而发展机床业是发展制造业的根本。我国数控机床总量供给能力不凡,产品品种无重要缺门空白,数控机床进入成熟期,但机床数控化率还很低(在10%左右),数控机床应用水平有待进一步提高。

1.1.2 零件表面形状及其形成方法

1. 零件表面形状

机械零件的形状多种多样,但构成其内外轮廓的仍旧是几个基本的表面形状。图1-1为机械零件上常用的各种表面,从中可以看出,这些基本表面是平面、圆柱面、圆锥面、螺旋面和成形表面。

2. 零件表面的形成方法

由刀具的切削刃与零件间的相对运动,得到零件的表面形状,这

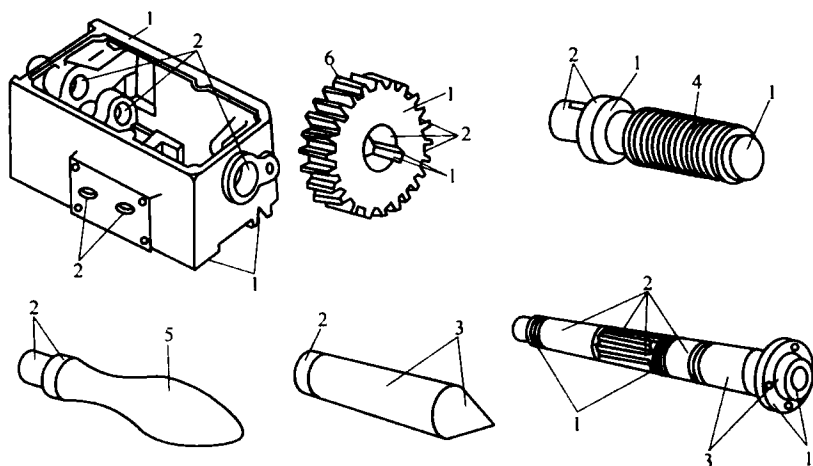


图 1-1 机械零件常用表面

1—平面 2—圆柱面 3—圆锥面 4—螺旋面

5—回转体成形面 6—渐开线表面

是切削加工的基本思想。零件的表面形状不同，所用的切削方法也不尽相同。

由一条线(称为母线)沿着另一条线(称为导线)运动而形成轨迹，称为线性表面。由不同的母线和不同的导线及之间不同的位置关系，可以形成不同的线性表面，这就是零件的表面形状。

对车床加工而言，其主要的加工对象是回转体类零件，即零件表面可以看成是以一直线(母线)绕一圆圈回转而形成的。由于母线与导线的位置关系不同，它们可以形成不同形状的表面。如图 1-2 所

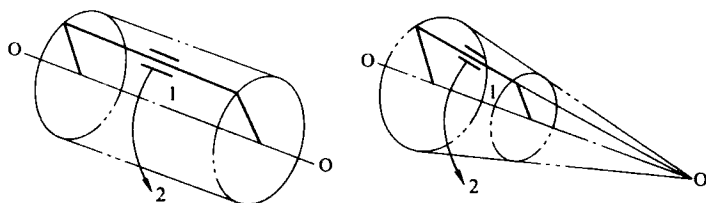


图 1-2 车削加工工件表面形成

1—母线 2—回转运动

示,在切削加工过程中,零件作回转运动,控制切削刃沿母线1运动,就可以加工出外圆和锥面形状的零件。

1.1.3 切削运动

为获得一定形状的表面,刀具与零件之间必须作相对运动,这就是切削运动。切削运动是机床最基本的运动,按其在切削加工中所起作用的不同,一般分为主运动和进给运动。

1. 主运动

主运动是指切削工件上多余材料,形成工件新表面的主要运动。在车削加工中,主轴的旋转运动为主运动,如图1-3所示。其特点是它的速度最高,消耗的功率也最大。主运动是衡量一台机床切削材料能力的一个重要指标。切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度,称为切削速度,用 v_c 表示。当主运动是旋转运动,切削速度应以工件或刀具上最大的切削速度来计算:

$$v_c = \pi d_w n / 1000$$

式中 d_w ——工件(或刀具)的最大直径(mm),对于车床而言, d_w 是指工件的直径;

n ——工件(或刀具)的转速(r/min),在车床中, n 是指夹持工件的主轴旋转速度。

2. 进给运动

进给运动是将切削层间歇地或连续地投入切削,以逐渐完成整个工件表面的运动。在数控车削加工中,X、Z轴的移动即为进给运动。进给运动的特点是速度相对较低,耗损的功率也少。

切削刃上选定点相对工件的进给运动的瞬时速度,称为进给速度,用 v_f 表示。

3. 合成运动

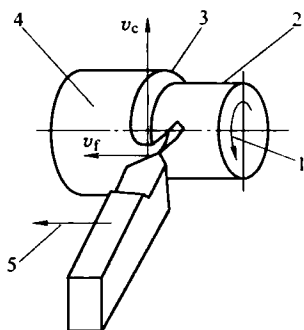


图1-3 车削加工的主运动

- 1—主运动 2—已加工表面
3—过渡表面 4—待加工表面
5—进给运动

在实际加工过程中，主运动和进给运动一般总是同时进行的，此时刀具切削刃上选定点与工件间的相对运动是主运动和进给运动的合成运动。在合成运动过程中，工件处于被加工状态，工件上有三个不断变化着的表面(图 1-3)，即

- 1) 已加工表面：工件上经刀具切除材料后产生的新表面。
- 2) 过渡表面：主切削刃正在切削着的表面。
- 3) 待加工表面：工件上有待切除的材料表层。

4. 切削用量三要素

(1) 切削速度 v_c 。在加工过程中，习惯的做法是将切削速度 v_c 转换成机床的转速 n 。在数控车床中，用 S 后加不同的数字来设定主轴转速。

(2) 进给量 f 。刀具在进给运动方向相对于工件的位移量称为进给量，它的单位是 mm/r 或 mm/min。

(3) 背吃刀量 a_p 。刀具主切削刃与工件过渡表面的瞬时接触长度在垂直于切削刃上中点工作面的方向上测量的大小叫背吃刀量。对于车削而言，背吃刀量是已加工表面和待加工表面之间的垂直距离。切削外圆时，背吃刀量指的是单边(半径)切削深度。

1.2 数控车床原理

车床是主要用车刀对旋转的工件进行车削加工的机床。在车床上还可用钻头、扩孔钻、铰刀、丝锥、板牙和滚花工具等进行相应的加工。车床主要用于加工轴、盘、套和其他具有回转表面的工件，是机械制造和修配工厂中使用最广的一类机床。

车床经历了靠手拉或脚踏，通过绳索使工件旋转，并手持刀具而进行切削的古代车床，到用丝杠传动刀架的现代车床，中间又经历了可改变进给速度和被加工螺纹的螺距的采用交换齿轮的车床和采用了四级带轮和背轮机构来改变主轴转速的车床。

为了提高机械化、自动化程度，车床又从转塔车床发展到单轴自动车床、三轴自动车床及由单独电动机驱动的带有齿轮变速箱的车床。第一次世界大战后，由于军火、汽车和其他机械工业的需要，各种高效自动车床和专门化车床迅速发展。为了提高小批量工件的生产