

数控车削项目教程 (第二版)

禹 诚 编



华中科技大学出版社



内 容 提 要

本书以零件的数控车削加工工作过程为主线进行编写。全书共分五个项目、五个附录。项目一为数控车床的认识与基本操作；项目二为零件的工艺分析；项目三为数控车削程序编制；项目四为程序的输入、编辑与校验；项目五为零件的加工与检测；附录1~3为宏指令编程；附录4为FANUC数控系统编程指令；附录5为SINUMERIK 802D数控系统编程指令。每一个项目都设置了目标明确、操作性强的具体任务，并在完成任务的过程中插入理论知识，基本上做到了理论与实践的一体化。

本书分“教程”和“同步练习”两册，本册为“教程”。

本书既可作为数控技术应用专业、模具设计及制造专业、机电一体化专业的中等职业教育教材，也可作为从事数控车床工作的工程技术人员的参考书及数控车床短期培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车削项目教程(第二版)/禹 诚 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.8
ISBN 978-7-5609-8242-7

I. 数… II. 禹… III. 数控机床-车削-中等专业学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 162088 号

数控车削项目教程(第二版)

禹 诚 主编

策划编辑:王红梅

责任编辑:王红梅

封面设计:秦 茹

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:20

字 数:485千字

版 次:2012年8月第2版第1次印刷

定 价:36.80元(含同步练习)



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

总序

世界职业教育发展的经验和我国职业教育发展的历程都表明,职业教育是提高国家核心竞争力的要素之一。职业教育这一重要作用和地位,主要体现在两个方面。其一,职业教育承载着满足社会需求的重任,是培养为社会直接创造价值的高素质劳动者和专门人才的教育。职业教育既是经济发展的需要,又是促进劳动就业的需要。其二,职业教育还承载着满足个性需求的重任,是促进以形象思维为主的具有另类智力特点的青年成才的教育。职业教育既是保证教育公平的需要,又是教育协调发展的需要。

这意味着,职业教育不仅有着自己的特定目标——满足社会经济发展的人才需求及与之相关的就业需求,而且有着自己的特殊规律——促进不同智力群体的个性发展及与之相关的智力开发。

长期以来,由于我们对职业教育作为一种类型教育的规律缺乏深刻的认识,加之学校职业教育又占据绝对主体地位,因此,职业教育与经济、企业联系不紧,导致职业教育的办学模式未能冲破“供给驱动”的束缚,教学方法也未能跳出学科体系的框架,所培养的职业人才,其职业技能的专深不够、职业工作的能力不强,与行业、企业的实际需求,以及我国经济发展的需要相距甚远。实际上,这也不利于个人通过职业这个载体实现自身所应有的生涯发展。

因此,要遵循职业教育的规律,强调校企合作、工学结合,在“做中学”,在“学中做”,就必须进行教学改革。职业教育教学应

遵循“行动导向”的教学原则,强调“为了行动而学习”、“通过行动来学习”和“行动就是学习”的教育理念,让学生在由实践情境构成的以过程逻辑为中心的行动体系中获取过程性知识,去解决“怎么做”(经验)和“怎么做更好”(策略)的问题,而不是在由专业学科构成的以架构逻辑为中心的学科体系中去追求陈述性知识,只解决“是什么”(事实、概念等)和“为什么”(原理、规律等)的问题。由此,作为教学改革核心课程的改革成功与否,就成为职业教育教学改革成功与否的关键。

当前,在学习和借鉴国内外职业教育课程改革成功经验的基础之上,工作过程导向的课程开发思想已逐渐为职业教育战线所认同。所谓工作过程,是“在企业里为完成一件工作任务并获得工作成果而进行的一个完整的工作程序”,是一个综合的、时刻处于运动状态但结构相对固定的系统。与之相关的工作过程知识,是情境化的职业经验知识与普适化的系统科学知识的交集,它“不是关于单个事务和重复性质工作的知识,而是在企业内部关系中将不同的子工作予以连接的知识”。以工作过程逻辑展开的课程开发,其内容编排以典型职业工作任务及实际的职业工作过程为参照系,按照完整行动所特有的“资讯、决策、计划、实施、检查、评价”结构,实现学科体系的解构与行动体系的重构,实现于变化的具体的工作过程之中获取不变的思维过程完整性的训练,实现实体性技术、规范性技术通过过程性技术的物化。

近年来,教育部在中等职业教育和高等职业教育领域,组织了我国职业教育史上最大的职业教育师资培训项目——中德职教师资培训项目和国家级骨干教师培训项目。这些骨干教师通过学习、了解、接受先进的教学理念和教学模式,结合中国的国情,开发了更适合我国国情、更具有中国特色的职业教育课程模式。

华中科技大学出版社结合我国正在探索的职业教育课程改革,邀请我国职业教育领域的专家、企业技术专家和企业人力资源专家,特别是接受过中德职教师资培训或国家级骨干教师培训的中等职业学校的骨干教师,为支持、推动这一课程开发项目应用于教学实践,进行了有意义的探索——工作过程导向课程的教材编写。

华中科技大学出版社的这一探索有两个特点。

第一,课程设置针对专业所对应的职业领域,邀请相关企业的技术骨干、人力资源管理者,以及行业著名专家和院校骨干教师,通过访谈、问卷和研讨,由企业技术骨干和人力资源管理者提出职业工作岗位对技能型人才在技能、知识和素质方面的要求,结合目前我国中职教育的现状,共同分析、讨论课程设置中存在的问题,通过科学合理的调整、增删,确定课程门类及其教学内容。

第二,教学模式针对中职教育对象的智力特点,积极探讨提高教学质量的有效途径,根据工作过程导向课程开发的实践,引入能够激发学习兴趣、贴近职业实践的工作任务,将项目教学作为提高教学质量、培养学生能力的主要教学方法,把“适度”、“够用”的理论知识按照工作过程来梳理、编排,以促进符合职业教育规律的新的教学模式的建立。

在此基础上,华中科技大学出版社组织出版了这套工作过程导向的中等职业教育“十一五”规划教材。我始终欣喜地关注着这套教材的规划、组织和编写的过程。华中科技大学出版社敢于探索、积极创新的精神,应该大力提倡。我很乐意将这套教材介绍给读者,衷心希望这套教材能在相关课程的教学发挥积极作用,并得到读者的青睐。我也相信,这套教材在使用的过程中,通过教学实践的检验和实际问题的解决,能够不断得到改进、完善和提高。我希望,华中科技大学出版社能继续发扬探索、研究的作风,在建立具有中国特色的中等职业教育和高等职业教育的课程体系的改革中,作出更大的贡献。

是为序。

教育部职业技术教育中心研究所
《中国职业技术教育》杂志主编
学术委员会秘书长
中国职业技术教育学会
理事、教学工作委员会副主任
职教课程理论与开发研究会主任
姜大源 研究员 教授

2008年7月15日

第二版前言

本书是根据教育部《中华人民共和国职业技能鉴定规范》中数控车工职业技能标准为依据,参照德国双元制的教学模式,并结合当前实际组织编写的,注重了理论与实际操作技能相结合。

本书率先突破了数控技术应用专业传统教材的呈现形式,以零件的数控车削加工工作过程为导向,以项目为载体,以具体工作任务为驱动力,注重学习过程控制。在具体的教学内容上融趣味性、实用性为一体,并创新了“逆向工作”任务。

本书(第一版)于2008年出版,主要在全国中等职业学校和技工学校的数控技术应用专业教学中使用。全书图文并茂、通俗易懂、精练实用、通用性强,受到了广大师生的一致肯定,被认为是一本“既方便教,又方便学”的数控技术应用专业的新型教材。已被华中科技大学出版社将其作为优秀中职教材申报到教育部,参加全国中等职业教育改革创新示范教材遴选。

出版至今,本书(第一版)已经得到国内二十多所中职学校的选用,已重印四次,使用效果很好,具体表现在以下几方面:

- (1) 满足实际生产需要,具有较好的针对性;
- (2) 便于教学组织,具有良好的可操作性;
- (3) 体现数控机床操作的特点、要求及规范。

经过四年的使用,承蒙各位同行的厚爱,为本书指出了一些错漏,提出了一些合理建议,结合数控技术应用专业的发展,编者对本教材进行了修订再版。

第二版主要在以下方面对第一版进行了修订:

- (1) 为了加强教学的互动性,增加了部分任务的“思考和交流”内容;
- (2) 在任务2-3中,增加了有关“数控车削刀具材料”的知识;
- (3) 对书中的一些错漏进行了订正和补充;
- (4) 结合全国职业院校技能大赛的精神,为了让更多的中职学生接

触大赛,特加入竞赛案例供学生练习。

本书(第二版)主要由湖北省武汉市第二轻工业学校禹诚老师和武汉市机电工程学校张春风老师、广东南雄市中等职业学校廖建华老师进行修订。

我们衷心期待继续得到各位同行及专家的批评指正!

编 者
2012年6月

第一版前言

近年来,数控机床的应用日益广泛,企业对掌握数控技术应用的技能型人才的需求年年增加,培养数控技术应用领域的专业技能型人才十分迫切。在这种情况下,多位长期从事中职数控技术应用专业教学并参加了全国中职学校数控/机电专业骨干教师赴德培训班的教师通力合作,针对我国中职学校生源特点,结合国外先进的职业教育理念及多年的数控技术应用职业教学经验,以培养学生学习能力及操作技能为目的,编写了本教材,包括“教程”和“同步练习”两册,本册为“教程”。

“教程”共分五个项目,以零件的数控车削加工工作过程为主线,以具体的工作任务为驱动力,引导读者系统地掌握零件的数控加工工艺方案的定制、刀具选择、程序编制、机床操作及零件检测等各项工作。“同步练习”的练习内容与“教程”对应。

本书介绍的指令是以国产数控系统——华中数控世纪星 HNC-21T 为根据的。为了方便读者学习其他系统,本书在附录中介绍了国外的 FANUC 和 SINUMERIK 802D 数控系统编程指令。

本书由湖北省武汉市第二轻工业学校禹诚主编。参加本书编写的人员有武汉市第二轻工业学校禹诚(编写项目三的部分内容、项目四和附录 1~3)、陕西省电子工业学校马海彦(编写项目一)、潍坊工商职业学院宋英超和吕宜忠(编写项目二和附录 4)、湖南岳阳中南工业学校杨志国(编写项目三的部分内容)、太原交通学校张瑜胜(编写项目五的部分内容和附录 5)、武汉机电工程学校张春风(编写项目五的部分内容)、武汉市第二轻工业学校朱玉霞、高明和李杰(编写项目三和项目五的部分内容)。

由于编者的水平和经验所限,书中难免有错漏,恳请同行专家和读者批评指正。

编者
2008. 4. 29

目 录

项目一 数控车床的认识与基本操作

任务 1-1	数控车床的认识	(3)
任务 1-2	数控车床控制面板的认识	(8)
任务 1-3	数控车床坐标系的建立	(11)
任务 1-4	数控车床的手动操作	(15)
任务 1-5	数控车床的对刀	(18)

项目二 零件的工艺分析

任务 2-1	工艺路线的确定	(27)
任务 2-2	工件与刀具的装夹	(31)
任务 2-3	数控车刀的选择 (车刀认识、车刀分类、车刀角度)	(34)
任务 2-4	切削用量的选择	(41)
任务 2-5	工艺卡片的填写	(45)

项目三 数控车削程序编制

任务 3-1	数控程序结构	(57)
任务 3-2	数控编程的基本功能指令	(60)
任务 3-3	直线插补 G00、G01 的应用	(75)
任务 3-4	圆弧进给 G02、G03 的应用	(82)
任务 3-5	简单循环 G80、G81 的应用	(90)

任务 3-6	复合循环 G71、G72、G73 的应用	(98)
任务 3-7	刀尖圆弧半径补偿 G40、G41、G42 的应用	(115)
任务 3-8	螺纹车削 G32、G82、G76 的应用	(121)

项目四 → 程序的输入、编辑与校验

任务 4-1	数控系统操作面板的认识	(135)
任务 4-2	零件程序的输入	(143)
任务 4-3	零件程序的编辑	(146)
任务 4-4	零件程序的校验	(152)

项目五 → 零件的加工与检测

任务 5-1	零件的加工	(165)
任务 5-2	零件的检测	(190)

附录 → 宏指令与编程指令

附录 1	华中数控世纪星 HNC-21/22T 数控系统宏指令编程	(198)
附录 2	FANUC Oi 数控系统宏指令编程	(210)
附录 3	西门子 802D 数控系统宏指令编程	(218)
附录 4	FANUC 数控系统编程指令	(226)
附录 5	SINUMERIK 802D 数控系统编程指令	(232)

教学建议

序号	任务	建议学时	建议教学方式	备注
1	任务 1-1	2	讲授、示范教学、辅导教学	
2	任务 1-2	2	讲授、示范教学、辅导教学	
3	任务 1-3	1	讲授、示范教学、辅导教学	
4	任务 1-4	1	讲授、示范教学、辅导教学	
5	任务 1-5	2	讲授、示范教学、辅导教学	
总计		8		

教学准备

序号	任务	设备准备	刀量具准备	材料准备
1	任务 1-1	数控车床 10 台		
2	任务 1-2	数控车床 10 台		
3	任务 1-3	数控车床 10 台		
4	任务 1-4	数控车床 10 台		
5	任务 1-5	数控车床 10 台	外圆车刀 10 把、 游标卡尺 10 把	φ30×100 尼龙棒 或 45 钢 10 根

注：以每 40 名学生为一教学班，每 3~5 名学生为一个任务小组。

教学评价

序号	任务	教学评价		
1	任务 1-1	好 <input type="checkbox"/>	一般 <input type="checkbox"/>	差 <input type="checkbox"/>
2	任务 1-2	好 <input type="checkbox"/>	一般 <input type="checkbox"/>	差 <input type="checkbox"/>
3	任务 1-3	好 <input type="checkbox"/>	一般 <input type="checkbox"/>	差 <input type="checkbox"/>
4	任务 1-4	好 <input type="checkbox"/>	一般 <input type="checkbox"/>	差 <input type="checkbox"/>
5	任务 1-5	好 <input type="checkbox"/>	一般 <input type="checkbox"/>	差 <input type="checkbox"/>

任务 1-1 数控车床的认识

任务 1-1 任务描述

认真观察一台数控车床后，指出图 1-1 中数控车床各部分的名称及功能。

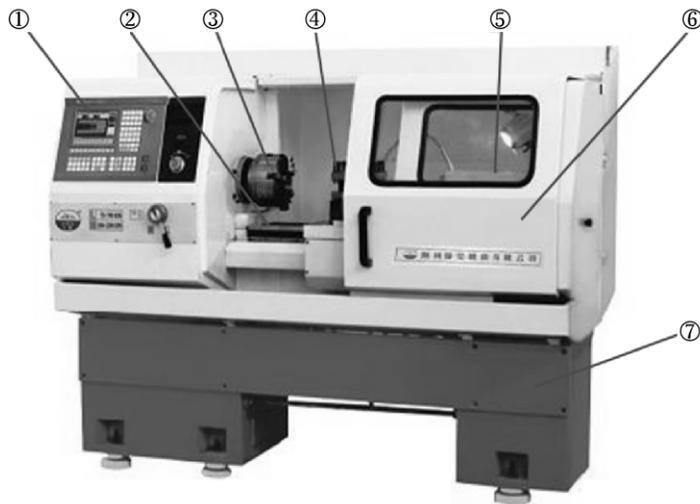


图 1-1 数控车床

任务 1-1 工作过程

第 1 步 阅读与该任务相关的知识。

第 2 步 仔细观察数控车间的数控机床，了解各组成部分的名称及功能。图 1-1 中数控车床各部分的名称及功能见表 1-1。

表 1-1 数控车床各部分名称及功能

序 号	名 称	功 能
①	数控装置	主要功能是接收输入装置的信号，经过编译、插补运算和逻辑处理后，输出信号和指令到伺服系统，进而控制机床的各个部分进行动作
②	导轨	起导向及支承作用，它的精度、刚度及结构形式等对机床的加工精度和承载能力有直接影响
③	卡盘	夹持工件
④	刀塔	安装刀具
⑤	尾座	用于安装顶尖、钻头等
⑥	防护门	安全防护作用
⑦	床身	支撑数控车床各部件



任务 1-1 相关知识



与普通车床相似，数控车床是应用最广泛的一种数控机床。在数控车床上可以加工精度和表面粗糙度要求较高、轮廓形状复杂或难以控制尺寸、带特殊螺纹的回转体零件。车削加工中心除了可以进行一般车削外，还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。

1. 几个概念

(1) 数字控制 (numerical control, NC) 是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程 (如加工、测量、装配等) 进行可编程控制的自动化方法。

(2) 数控技术 (numerical control technology) 是采用数字控制的方法对某一工作过程实现自动控制的技术。

(3) 数控机床 (numerical control machine tools) 是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。它是数控技术典型应用的例子。

(4) 数控系统 (numerical control system) 是实现数字控制的装置。

(5) 计算机数控系统 (computer numerical control, CNC) 是以计算机为核心的数控系统。

2. 数控机床的发展史

1952 年, Parsons 公司和 M. I. T. 公司合作研制了世界上第一台三坐标数控机床。

1955 年, 第一台工业用数控机床由美国 Bendix 公司生产出来。从 1952 年至今, NC 机床按 NC 系统的发展经历了五代。其中, 前三代 NC 系统, 由于其数控功能均由硬件实现, 故历史上又称其为“硬线 NC”。

第一代: 1955 年, NC 系统由电子管组成, 体积大, 功耗大。

第二代: 1959 年, NC 系统由晶体管组成, 广泛采用印刷电路板。

第三代: 1965 年, NC 系统采用小规模集成电路作为硬件, 其特点是体积小, 功耗低, 可靠性进一步提高。

第四代: 1970 年, NC 系统采用小型计算机取代专用计算机, 其部分功能由软件实现, 它具有价格低、可靠性高和功能多等特点。

第五代: 1974 年, NC 系统以微处理器为核心, 不仅价格进一步降低, 体积进一步缩小, 而且使真正意义上的机电一体化成为可能。这一代又可分为以下六个发展阶段。

1970 年: 系统采用 CRT 显示、大容量磁泡存储器及可编程接口和遥控接口等。

1974 年: 系统以微处理器为核心, 有字符显示和自诊断功能。

1981 年: 具有人机对话、动态图形显示及实时精度补偿功能。

1986 年: 数字伺服控制诞生, 大容量的交直流电机进入实用阶段。

1988 年: 采用了高性能 32 位机为主机的主从结构系统。

1994年：基于PC的NC系统诞生，使NC系统的研发进入了开放型、柔性化的新时代，新型NC系统的开发周期日益缩短。这是数控技术发展的又一个里程碑。

3. 数控车床的机构

CKA6150数控车床主要由输入/输出装置、数控装置及辅助装置、伺服驱动系统及位置检测装置、机械主体四部分组成。数控机床组成框图如图1-2所示。

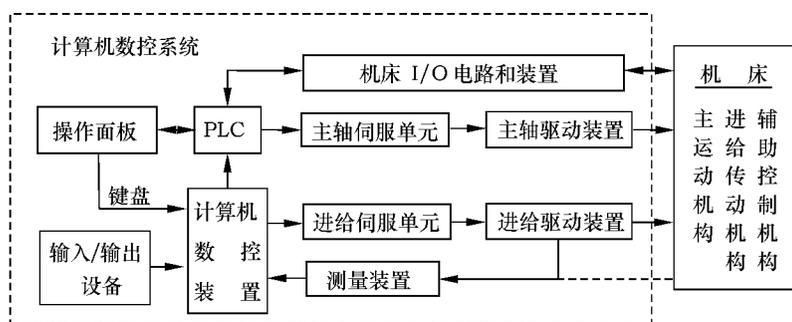


图 1-2 数控机床组成框图

1) 输入/输出装置

输入/输出装置是数控系统和操作人员进行信息交流的一种装置。

将数控程序输入到数控装置中，可采用以下三种方式。

(1) 控制介质输入。主要控制介质有纸带、网络、磁盘、磁带等，目前纸带已逐渐被淘汰。

(2) 手动输入。利用机床的显示屏及键盘输入加工程序，控制数控机床等。手动输入可分为两种：一种是手动数据输入（MDI），用于一些短的程序，只使用一次，机床动作后就消失；另一种是在编辑（EDIT）状态下，用键盘输入加工程序，存入控制装置内存中，可以反复使用。

(3) 直接输入。目前，所有的数控系统基本上都配置有标准的串行口（RS-232 等串行口）、自动控制专用接口（DNC 方式，MAP 协议等），并有网络技术（internet，LAN 等）支持。可以使用数控装置的这些通讯接口，通过设置有关参数和传输软件，就可以直接读入在自动编程机上或其他计算机上编制好的程序。

2) 数控装置及辅助控制装置

数控装置是数控系统的核心，它的主要功能是接收输入装置的信号，经过编译、插补运算和逻辑处理后，输出信号和指令到伺服系统，进而控制机床的各个部分进行动作。例如，国产华中数控世纪星 HNC-21T 系统数控装置的操作面板如图 1-3 所示。

辅助控制装置是连接数控装置、机床机械和液压部件的控制系统。数控装置发出的主轴变



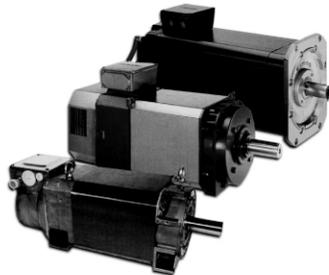
速、刀具选择和辅助装置的动作等信号, 经过编译和功率放大后驱动相应的电器、液压、气动、机械部件, 使其完成相应的动作。

3) 伺服驱动系统及检测装置

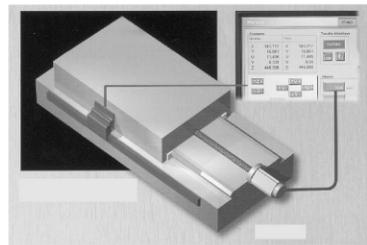
伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节, 主要由伺服电动机、驱动控制系统、位置检测及反馈装置组成。伺服电动机是系统的执行元件, 驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令, 再经过驱动系统的功率放大后, 驱动电动机运转, 通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。图 1-4 (a) 所示是数控机床的交流伺服驱动单元, 图 1-4 (b) 所示是数控机床的伺服电动机, 图 1-4 (c) 所示是数控机床的检测装置——光栅尺。



(a) 交流伺服驱动单元



(b) 伺服电机



(c) 光栅尺

图 1-4 数控机床的伺服和检测装置

4) 机床本体

机床本体是数控机床的基础结构, 与普通机床相似, 由床身、主轴部件、冷却部件、润滑部件等组成。由于数控机床是高精度、高效率的自动化设备, 因此必须具有更好的抗振性和刚度。

4. 数控机床的主要技术规格

CKA6150 数控机床的主要技术规格见表 1-2。

表 1-2 数控机床的主要技术规格

项 目	单 位	参 数
机床型号	—	CKA6150/1000
床身上最大回转直径	mm	$\phi 500$
滑板上最大回转直径	mm	$\phi 280$
最大加工长度	mm	930
主轴通孔直径	mm	$\phi 82$
主电动机功率	kW	7.5, 变频
主轴转速范围	r/min	45~2200, 三挡
尾台套筒直径	mm	$\phi 75$

续表

项 目	单 位	参 数
尾台套筒锥孔	MT	No. 5
X 轴最大行程	mm	280
Z 轴最大行程	mm	935
X/Z 伺服电机	N·m	7.5/11
刀台快移速度 (X/Z)	m/min	4/8
刀架刀位数	—	4/6 (选配)
刀具安装尺寸	mm	25×25
机床外形 (长×宽×高)	mm	2580×1450×1780
机床净重	kg	2600
机床系统	—	HNC-21T

5. 数控车削的加工特点及应用

1) 数控机床的加工特点

与普通车削相比，数控车削的加工具有以下特点。

(1) 对加工对象适应性强。在数控机床上要改变加工零件时只需要重新编制程序，不需要变换更多的夹具和重新调整机床，就可以快速地从加工一种零件转变为加工另一种零件，这给单件、小批量及新产品的试制提供了极大的便利。

(2) 加工精度高，质量稳定。由于数控机床的制造特点，与普通机床相比，数控机床能够达到比较高的加工精度，对于一般的数控机床，定位精度能达到 ± 0.01 mm，重复定位精度可达到 ± 0.005 mm；而且，在加工过程中，操作人员不参与，这样就消除了人为误差。

(3) 生产效率高。由于数控机床具有自动换刀、自动调速等功能，自动化程度高。另外，机床的刚性好，在加工过程中可以采用较高的转速和较大的切削用量，从而可有效地减少零件的加工时间和辅助时间。所以，数控机床的加工效率比普通机床要高几倍，尤其加工复杂的零件时，生产效率可以提高到十几倍甚至几十倍。

(4) 劳动条件好。数控机床的自动化程度高，大大减轻了操作者的劳动强度。另外，数控机床一般采用封闭式加工，既清洁又安全，劳动条件得到了改善。

(5) 有利于生产管理。由于目前所有的数控系统在加工过程中都能准确地计算出零件的加工时间，从而有利于编制生产计划、简化检验工作。此外，还可以对刀具、夹具进行规范化管理。

(6) 价格昂贵。数控机床涉及机械、计算机、自动化控制、软件技术等诸多领域，总体价格昂贵，加工成本高。

(7) 调试、维修较困难。由于数控机床涉及的领域较多，结构较复杂，所以其调试、维修较困难，要求其操作人员要经过专门的技术培训。

2) 数控机床的应用

数控机床最适合加工以下零件。