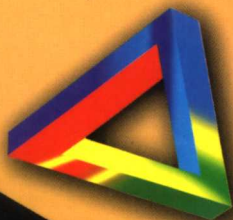


技工系列工具书

张思弟 编著



# 数控车工



# 实用技术手册

凤凰出版传媒集团  
江苏科学技术出版社

技工系列工具书

# 数控车工实用技术手册

张思弟 主编

凤凰出版传媒集团  
江苏科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

数控车工实用技术手册/张思弟主编. —南京:江苏科学技术出版社, 2006. 1

(技工系列工具书)

ISBN 7-5345-4834-9

I. 数... II. 张... III. 数控机床: 车床-车削-技术手册 IV. TG519.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 151157 号

技工系列工具书

### 数控车工实用技术手册

---

主 编 张思弟

责任编辑 宋 平

编辑助理 熊亦丰

责任校对 李 峻

责任监制 张瑞云

---

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.jskjpub.com>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京大众新科技印刷有限公司

---

开 本 850 mm×1 168 mm 1/32 印 张 21. 25

字 数 530 000

版 次 2006 年 1 月第 1 版 印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷

---

标准书号 ISBN 7-5345-4834-9/TH·106

定 价 41. 00 元

---

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

## 内 容 简 介

本书以数控车床编程加工为主线组织素材,首先介绍与数控车床编程加工紧密相关的一些基础知识,包括金属切削原理与刀具、数控车床结构、数控车削加工工艺、数控车床编程基础等。然后,选择目前较为普及的西门子—802D和发那科—0i系统为典型,展开具体分析。在介绍系统指令过程中,注意从本质上进行分析解剖,并通过大量的应用示例,使读者理解并掌握数控车床编程加工的实质。

本书取材新颖,求精务实,深入浅出,并注重相关知识间的联系与结合,便于自学。

本书既可作为各类中、高职院校、职大、电大等数控技术、模具和机电类专业的教材或教学参考书,也可作为各类培训机构的培训教材和数控车工职业技能鉴定参考读本,还可作为机械加工及其自动化行业广大科研、工程技术人员和其他相关工种人员的自学参考书或案头手册。

# 前 言

数控加工技术是现代制造技术的典型代表,在制造业的各个领域,包括军工、汽车、摩托车、模具、家电等行业,应用日益广泛,已经成为这些行业不可缺少的加工手段。数控车床则是应用最为普及的一种数控加工机床。

随着中国加入世界贸易组织,全球制造业出现向中国转移的倾向,国内对数控加工的需求也呈现出高速持续增长的趋势,人才市场急需大量既熟悉工艺,又懂得编程的数控加工专业技术应用人才。为此,国家教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”,国家劳动和社会保障部也正在实施“国家高技能人才培养工程”,其共同目的就是为了满足制造业高速发展对紧缺人才的需求。

数控车床是在普通机床基础上发展起来的,所不同的是数控车床按预先编制好的程序,在数控系统的控制下自动进行加工的。因此,数控编程是数控车工必须掌握的关键技术之一。

数控车工是一个综合性很强的技术工种,本书在取材时充分考虑到这一点,以数控车床编程加工为主线,将必须具备和紧密相关的一些专业基础知识收入其中,并通过对各编程指令的剖析和大量应用示例将其贯穿联系起来,形成一个有机的整体。

本书具有以下特点:

1. 取材新 作者在行业内工作多年,能实时地掌握行业发展动态,选择目前比较流行或新近推出的较具潜力的数控系统作为典型进行介绍,符合社会需求。

2. 重点明 本书围绕机械加工行业应用面最广的数控车床编程加工技术展开阐述,通过结合典型数控系统,力求讲通讲透,

指导读者掌握数控车工必须的知识技能,学以致用。

3. 重实践 数控车床编程加工是一项实践性很强的技术。从与实践结合的角度出发,本书在系统选择上考虑到目前各类院校培训机构的现状和发展趋势,并配以大量的示例说明,以利读者理解。此外,还备有丰富的知识和技能习题,以突出重点,巩固所学。

4. 通用化 本书在知识组织上考虑到不同读者群的需求,除满足各类中、高职院校和职大、电大等作为专业教材或教学参考书外,也可作为各类培训机构的培训教材和数控车工职业技能鉴定参考读本,还可供机械加工及其自动化行业广大科研、工程技术人员和其他相关工种人员作自学参考或案头手册。

本书由南京工程学院——全国数控培训网络南京数控培训中心、先进数控技术江苏省高校重点建设实验室张思弟主编,饶华球、贺曙新分别参加编写了第二章和第六、八章的部分内容,周明虎任主审并提出了许多宝贵意见。

本书在编写过程中,参考了大量的教材、手册等资料,在此对有关人员表示衷心的感谢。

数控技术是一项高速发展的现代先进技术,限于编者水平学识和经验,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

作者

2006年1月

# 目 录

前 言 .....	1
<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
第一节 金属切削加工技术的发展历史 .....	1
一、机床与刀具技术的发展历史 .....	1
二、加工质量与生产效率的提高 .....	8
第二节 数控机床的产生与发展 .....	11
一、数控机床的产生 .....	11
二、数控机床的发展 .....	13
第三节 数控加工的任务、特点与学习方法 .....	19
第四节 数控编程与数控系统 .....	21
<b>第二章 金属切削原理与刀具 .....</b>	<b>24</b>
第一节 切削运动与切削要素 .....	24
一、切削所需要的运动 .....	24
二、切削所产生的表面 .....	25
三、切削用量、切削时间与材料切除率 .....	26
第二节 刀具组成及几何角度 .....	28
一、刀具组成 .....	28
二、刀具角度参考系 .....	29
三、刀具几何角度的基本定义 .....	31
四、刀具的工作角度 .....	33
第三节 切削层与切削方式 .....	36
一、切削层参数 .....	36
二、切削方式 .....	38
第四节 刀具材料 .....	40

一、刀具材料必须具备的基本性能 .....	40
二、刀具材料类型 .....	41
三、高速钢 .....	42
四、硬质合金 .....	46
五、硬质合金涂层刀具 .....	50
六、陶瓷刀具 .....	54
七、超硬材料刀具 .....	57
<b>第五节 金属切削过程及其基本规律 .....</b>	<b>59</b>
一、切削变形区 .....	59
二、切屑类型 .....	61
三、积屑瘤 .....	62
四、鳞刺 .....	64
五、已加工表面的变形与加工硬化 .....	65
六、切削力 .....	67
七、切削热与切削温度 .....	71
<b>第六节 刀具磨损与刀具寿命 .....</b>	<b>72</b>
一、刀具磨损形式 .....	73
二、刀具磨损过程和磨钝标准 .....	75
三、刀具磨损原因及改善途径 .....	77
四、刀具寿命 .....	79
五、合理刀具寿命确定原则 .....	80
<b>第七节 工件材料的切削加工性 .....</b>	<b>82</b>
一、切削加工性指标 .....	82
二、难加工材料切削加工性特点 .....	85
三、改善难加工材料切削加工性的途径 .....	87
<b>第八节 合理使用切削液 .....</b>	<b>89</b>
一、切削液的作用 .....	89
二、切削液的种类与选择 .....	90
三、切削液的使用方法 .....	92
<b>第九节 切屑控制与加工表面粗糙度 .....</b>	<b>93</b>
一、切屑形状的分类 .....	93
二、切屑流向 .....	95
三、切屑的折断 .....	95



四、断屑措施 .....	96
五、表面粗糙度的形成 .....	100
第十节 刀具几何角度的合理选择 .....	107
一、前角与前面型式选择 .....	108
二、后角与后面型式选择 .....	111
三、主偏角、副偏角选择 .....	113
四、刀尖形状及参数选择 .....	114
五、刃倾角功用及选择 .....	115
第十一节 切削用量的合理选择 .....	117
一、切削用量选择基本原则 .....	117
二、粗车时切削用量的选择原则 .....	118
三、精车时切削用量的选择原则 .....	119
四、切削用量的选择方法 .....	119
思考与练习 .....	126
<b>第三章 数控车床基础知识</b> .....	129
第一节 数控机床的特点与应用范围 .....	129
一、数控机床的优点 .....	129
二、数控机床的不足 .....	131
三、数控机床的应用范围 .....	131
第二节 数控车床的组成与工作原理 .....	133
一、数控车床的组成 .....	133
二、数控车床的工作原理 .....	136
三、插补 .....	138
第三节 数控车床分类及主要技术参数 .....	141
一、按驱动伺服系统类型分类 .....	141
二、按功能技术水平分类 .....	143
三、数控车床主要技术参数 .....	148
第四节 数控车床机械结构 .....	150
一、数控车床床身导轨 .....	150
二、数控车床主传动系统与主轴结构 .....	154
三、数控车床进给传动结构 .....	159

四、数控车床刀架结构 .....	166
五、数控车床液压尾架 .....	171
六、并联结构数控车床 .....	172
第五节 数控车床控制系统及主要功能 .....	174
思考与练习 .....	180
<b>第四章 数控车床加工工艺</b> .....	<b>182</b>
第一节 概述 .....	182
一、数控车床加工工艺概念 .....	182
二、数控车床主要加工对象 .....	183
第二节 数控车床加工工艺特点与内容 .....	186
一、数控车床加工的工艺特点 .....	186
二、数控车床加工工艺内容 .....	187
三、数控车床加工工艺内容确定原则 .....	188
第三节 数控车床加工零件分析 .....	188
一、零件轮廓几何要素分析 .....	188
二、零件结构工艺性分析 .....	193
三、精度及技术要求分析 .....	199
第四节 工序划分与加工顺序安排 .....	200
一、工序集中与分散 .....	200
二、数控车床加工工序划分方法 .....	200
三、数控车床加工顺序的安排 .....	201
第五节 进给路线与切削用量的确定 .....	203
一、进给路线的确定 .....	203
二、切削用量确定原则 .....	209
第六节 工件装夹与夹具 .....	210
一、概述 .....	210
二、工件装夹 .....	211
三、工件定位原理 .....	212
四、基准及其选择 .....	217
五、工件夹紧 .....	220
六、数控车床夹具 .....	222

第七节 数控车床刀辅具 .....	230
一、数控车床对刀具的要求 .....	230
二、数控车床刀具类型与选配原则 .....	232
三、数控车床刀具 .....	234
四、数控车床工具系统 .....	240
第八节 数控车床换刀与对刀 .....	245
一、数控车床的换刀 .....	245
二、数控车床的对刀 .....	247
三、数控车床对刀装备 .....	250
第九节 典型零件数控车削加工工艺分析 .....	251
思考与练习 .....	259
<b>第五章 数控车床编程基础</b> .....	<b>261</b>
第一节 数控编程与编程方法 .....	261
一、手工编程 .....	262
二、自动编程 .....	263
三、CAD/CAM 系统自动编程基本过程 .....	264
第二节 数控车床坐标系 .....	266
一、标准坐标系的规定 .....	267
二、工件坐标系及其设定 .....	269
三、局部坐标系 .....	271
四、坐标轴与联动轴 .....	272
第三节 程序结构与程序段格式 .....	273
一、程序段格式 .....	273
二、程序段组成 .....	274
三、程序结构 .....	276
第四节 准备功能与辅助功能 .....	278
一、准备功能 .....	278
二、辅助功能 .....	281
第五节 编程中的数值计算与处理 .....	285
一、基点坐标的计算 .....	285
二、节点坐标的计算 .....	287

三、辅助计算 .....	291
四、列表曲线的数学处理 .....	294
第六节 数控编程中的特征点 .....	295
思考与练习 .....	297
<b>第六章 西门子 802D 数控车床编程 .....</b>	<b>299</b>
第一节 概述 .....	299
第二节 编程基本原理 .....	300
一、坐标系 .....	300
二、程序结构 .....	302
三、编程指令集 .....	306
第三节 尺寸系统指令 .....	322
一、平面选择 G17~G19 .....	322
二、绝对/增量位置数据(尺寸)输入制式 G90/G91、AC/IC .....	323
三、公制/英制数据(尺寸)输入制式 G71/G70、G710/G700 .....	325
四、直径/半径数据(尺寸)输入制式 DIAMON/DIAMOF .....	326
五、工件装夹——可设定零点偏置 G54~G59、G500、G53、G153 .....	328
六、可编程零点偏置 TRANS/ATRANS .....	329
七、可编程比例缩放 SCALE/ASCALE .....	331
八、可编程工作区域限制 G25/G26、WALIMON/WALIMOF .....	332
第四节 坐标运动指令 .....	334
一、快速线性移动 G0 .....	334
二、直线插补运动 G1 .....	335
三、圆弧插补 G2/G3、CIP、CT .....	336
四、螺纹切削加工 G33、G331/G332 .....	341
五、返回固定点 G75 .....	347
六、返回参考点 G74 .....	348
七、进给率 F 及其单位设定 G94/G95 .....	349
八、准确定位/连续路径加工 G9、G60/G64 .....	350
九、加速度性能设定 BRISK/SOFT .....	353
十、加速度比例补偿 ACC .....	354
十一、先导控制功能开关 FFwon/FFWOF .....	355

十二、暂停 G04 .....	355
十三、倒角 CHF/CHR、倒圆 RND .....	356
十四、第 3 轴和第 4 轴 .....	359
第五节 主轴运动指令 .....	360
一、主轴转速 S 及旋转方向 .....	360
二、G25、G26 主轴转速极限 .....	360
三、SPOS 主轴定位 .....	361
第六节 恒线速度切削 .....	363
第七节 刀具与刀具补偿 .....	366
一、概述 .....	366
二、刀具 T .....	369
三、刀具补偿号 D .....	369
四、刀尖半径补偿的建立与取消 G41/G42、G40 .....	375
五、拐角过渡 G450/G451 .....	377
六、刀尖半径补偿中的几种特殊情况 .....	379
七、刀尖半径补偿示例 .....	380
第八节 辅助功能指令 .....	381
第九节 计算参数及函数指令 .....	383
第十节 程序跳转 .....	384
一、标记符——程序跳转目标 .....	384
二、绝对跳转 .....	385
三、条件跳转 .....	386
四、程序跳转编程举例 .....	388
第十一节 子程序 .....	389
第十二节 固定循环 .....	393
一、循环概况 .....	393
二、钻镗类循环 .....	394
三、车削类循环 .....	409
思考与练习 .....	430
<b>第七章 数控车床编程加工应用示例 .....</b>	<b>439</b>
第一节 轴类零件编程加工 .....	439

一、示例一 .....	439
二、示例二 .....	444
三、示例三 .....	448
第二节 盘套类零件编程加工 .....	453
一、示例一 .....	453
二、示例二 .....	457
三、示例三 .....	462
第三节 综合类零件编程加工 .....	467
一、示例一 .....	467
二、示例二 .....	472
三、示例三 .....	477
四、示例四 .....	483
思考与练习 .....	489
<b>第八章 发那科 0i 数控车床编程 .....</b>	<b>497</b>
第一节 概述 .....	497
第二节 指令系统分析 .....	498
第三节 基本指令功能介绍 .....	505
一、基本设置 .....	505
二、坐标系设定和选择 .....	507
三、坐标运动 .....	509
四、主轴和进给运动 .....	515
五、刀具与刀具补偿 .....	516
六、子程序 .....	517
第四节 固定循环 .....	518
一、单一固定循环 .....	518
二、复合固定循环 .....	524
三、钻孔固定循环 .....	538
第五节 用户宏程序 .....	548
一、变量 .....	549
二、算术和逻辑运算 .....	551
三、转移和循环 .....	552

四、宏程序调用 .....	555
第六节 综合编程加工示例 .....	561
一、示例一 .....	561
二、示例二 .....	565
三、示例三 .....	569
四、示例四 .....	572
<b>附录</b> .....	<b>577</b>
附录 1 西门子 802S/C 与 802D 车床版主要相同功能 .....	577
附录 2 西门子 802S/C 与 802D 车床版主要相当功能 .....	578
附录 3 华中 HNC—21/22T 指令系统 .....	580
附录 4 数控车床安全操作规程 .....	584
附录 5 数控车床日常维护与保养 .....	586
附录 6 车工(数控车工)国家职业技能鉴定标准 .....	590
附录 7 数控车床中级工职业技能鉴定应知模拟试卷 .....	611
附录 8 数控车床中级工职业技能鉴定应会模拟试卷 .....	619
附录 9 数控车床高级工职业技能鉴定应知模拟试卷 .....	622
附录 10 数控车床高级工职业技能鉴定应会模拟试卷 .....	631
附录 11 数控车床技师职业技能鉴定应知模拟试卷 .....	634
附录 12 数控车床技师职业技能鉴定应会模拟试卷 .....	642
附录 13 参考答案 .....	646
附录 14 数控技术名称与术语中英对照 .....	654
附录 15 数控车床相关技术标准目录 .....	661
<b>参考文献</b> .....	<b>663</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 金属切削加工技术的发展历史

所谓切削加工,是指利用刀具切除被加工零件上多余材料的方法。通过切削加工,可以使零件达到一定的尺寸精度和表面质量。切削加工是目前机械制造业中最基本的方法,它在国民经济中占有重要的地位。

实现切削加工最主要涉及到两项基础技术,即机床技术与刀具技术。因此,金属切削加工技术的发展历史就是刀具与机床技术发展的历史。机床与刀具技术的不断发展进步导致了加工质量与生产率的不断提高。

### 一、机床与刀具技术的发展历史

我国古代就在切削加工方面取得了光辉的成就。早在公元前两千多年的青铜器时代已出现了金属切削技术的萌芽。当时的青铜刀、锯、锉等已经类似于现代的刀具。春秋中晚期,有一部现存最早的工程技术著作《考工记》,上面介绍了木工、金工等三十个专业技术知识。书中指出“材美工巧”是制成良器的必要条件。“材美”是指用优良的材料,“工巧”则是指采用合理的制造工艺。由大量出土文物与文献推测,最迟在 8 世纪(唐代)我国已有了原始的车床。

公元 1668 年(明代)加工 2 m 直径的天文仪器铜环,其外径、内孔、平面及刻度的精度与表面粗糙度均已达到了相当高的水平。当时采用畜力带动铣刀进行铣削,用磨石进行磨削,如图 1.1-1 所示。所用铣刀已类似现代的镶片铣刀,铣刀片磨钝后可用图



1.1-2 所示的脚踏刃磨机进行刃磨。而上述畜力铣磨机和脚踏刃磨机则成为后续机床的雏形。

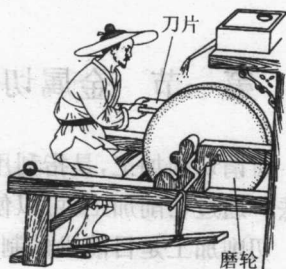
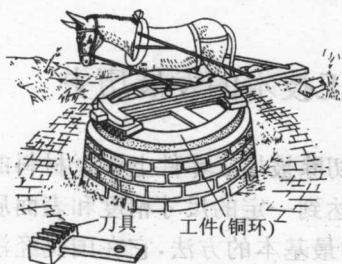


图 1.1-1 1668 年的畜力铣磨机

图 1.1-2 1668 年的脚踏刃磨机

在长期生产实践中，古人已注意总结刀具的经验。明代张自烈著《正字通》中指出：“刀为体，刃为用，利而后能载物，古谓之芒。刃从坚则钝，坚非刃本义也”。由此可见，古人已十分强调刀刃的作用，正确阐明了刀刃的利与坚的关系，对切削原理已有了朴素的唯物辩证论述。

到了近代，由于封建制度的腐朽和帝国主义的侵略，我国机械工业一度曾非常落后。据统计，直到 1915 年，上海荣昌泰机器厂才制造出国产的第一台车床，1947 年民用机械工业只有三千多家，拥有机床仅两万多台。而当时使用的只是工具钢刀具，切削速度很低。

新中国成立以来，我国切削加工技术得到了飞速的发展。20 世纪 50 年代起，便广泛使用了硬质合金刀具，推广高速切削、强力切削、多刀多刃切削，兴起了改革刀具的热潮。1950 年上海机床厂首创了 550 m/min 的切削速度，继而又改革成功了 75°强力车刀。1953 年北京永定机械厂创造了内凹圆弧刃的麻花钻刃形。1965 年召开了规模盛大的全国工具展览会，总结交流了全国各地劳动模范、先进工作者创造的先进刀具，如群钻、75°强力车刀、高速螺纹刀、细长轴车刀、宽刃精刨刀、强力铣刀、拉削丝锥、深孔钻