

# 数控加工 技师手册

《数控加工技师手册》编委会 编

机械工业出版社

本手册主要内容包括数控机床的概述、手工编程中的数学处理、数控加工的工艺知识、数控编程的基础、数控车床与车削加工中心的编程与操作、数控铣床与铣削加工中心的编程与操作、用户宏程序、数控磨床的编程、其他常用数控设备的编程与操作、自动编程及数控机床的应用等知识。

本手册可以作为高级工、技师和高级技师的工具书，也可以作为高职、大专、中专及本科院校数控专业师生及有关技术人员工具书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工技师手册 / 《数控加工技师手册》编委会编.  
—北京：机械工业出版社，2005.4  
ISBN 7 - 111 - 16111 - 4  
I . 数... II . 数... III . 数控机床 - 加工 - 技术手册 IV . TG659 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 008867 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：何月秋

责任编辑：吴天培 版式设计：霍永明 责任校对：魏俊云  
张莉娟

封面设计：姚毅 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

850mm×1168mm<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·27.5 印张·2 插页·955 千字

0 001—4 000 册

定价：55.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

# 《数控加工技师手册》编委会成员

主 任	张秀玲	韩鸿鸾	
副 主 任	于国强	刘友显	沙玉豪
委 员	毕毓杰	朱国文	鲁凤莲
	高小林	丛军滋	姜兴道
主 编	韩鸿鸾	张秀玲	
副 主 编	毕毓杰	张宝山	
参 编	于国强	刘友显	沙玉豪
	鲁凤莲	林荣俊	刘德成
	范玉成	房德涛	马述秀
	崔汝麦	高小林	姜兴道
	王智永		
主 审	朱国文		
副 主 审	丛军滋		

# 前 言

---

随着世界制造业加工中心向我国的转移，社会对高技能人才需求的呼声越来越高，国家“三年 50 万技师”的人才培养工程正在全国各行各业轰轰烈烈地开展，为适应全社会对高技能人才的迫切需求，满足高技能人才培养的需要，我们组织编写了系列技师手册。

技师是高级工人中的优秀技术人才，是技术工人队伍中的佼佼者，是企业中的能工巧匠，是千千万万青年工人学习技术的良师，是走岗位成才之路的榜样。

技师具有技术全面、一专多能、技艺高超、生产经验丰富的优良技术素质。他们担负着组织和指导生产人员解决本工种生产过程中出现的关键或疑难技术问题；开展技术革新、技术改造；推广和应用新技术、新工艺、新设备、新材料以及组织和指导工人技术培训、考核、评定等工作任务。

这套技师手册是为帮助技师做好工作提供的一本实用性很强的工具书。

技师手册是参照《国家职业标准》中有关工种高级工、技师和高级技师的“相关知识”、“技能要求”，紧密结合企业生产和技师工作实际编写的。手册内容起点较高，包括技师应熟练掌握的基础理论、专业理论和其他有关知识；以主要篇幅从较高层次上介绍了设备应用、操作技能、工艺规程、生产技术组织管理和国内外新技术的发展和应 用等内容，并列举了大量的工程实例。

本套手册力求内容实用，编排全面系统，叙述简明扼要，图



表数据可靠。全书采用了最新国家标准和法定计量单位。

我们是第一次为高级工人和技师组织编写工具书，由于缺乏经验，不足之处和错误在所难免，恳切希望读者多提宝贵意见。

机械工业技术工人教育研究中心

## 编者的话

---

随着社会的进步，科技的发展，数控机床在我国的应用也越来越普遍了，现在数控机床已经在 144 个机械制造业中得到使用，数量也会越来越多。在我国几乎所有的机床品种都有了数控机床，并且还发展了一些新的品种。它极大地推动了现代制造技术的发展。

由于机床数控系统技术复杂，种类繁多。现在数控机床的“使用难、维修难”问题，已经是影响数控机床有效利用的首要问题。为此，我们组织了十几位有数控加工实践经验的技术人员编写了《数控加工技师手册》。

本手册在编写过程中，得到了威海市劳动和社会保障局的大力支持，并安排技术人员参加了审稿工作，还得到了威海、烟台、淄博、太原、上海、广州、济南等有数控设备的企业大力支持，提供了大量的资料，并且有的企业还安排了人员参加编写。在此，表示衷心的感谢。

本手册由威海市职业学院韩鸿鸾、张秀玲任主编，由南京工程学院毕毓杰、威海市职业学院张宝山任副主编，由华中科技大学朱国文任主审，由威海市职业技术培训教研室丛军滋任副主审。其中第一章、第十一章由毕毓杰编写，第二章由张秀玲编写，第三章由张宝山、刘友显编写，第四章由于国强、鲁凤莲编写，第五章及附录由韩鸿鸾编写，第六章由林荣俊、刘德成、范玉成编写，第七章由房德涛、马述秀、崔汝麦编写，第八章由高小林、沙玉豪编写，第九章由韩鸿鸾、王学智编写，第十章由韩鸿鸾、姜兴道编写；全书由韩鸿鸾统稿。



由于时间仓促，编者水平有限，书中缺陷乃至错误在所难免，望广大读者给予批评、指正。

《数控加工技师手册》编委会

# 目 录

---

前言	
编者的话	
第一章 概述	1
第一节 数控机床的组成	1
一、机床数控技术及其组成	1
二、数控机床构成及工作过程	4
第二节 数控机床的分类及其发展	15
一、分类方法	15
二、常用的数控机床	16
三、自动加工技术的发展	20
第二章 手工编程中的数学处理	33
第一节 数学处理的内容	33
第二节 基点的计算	37
一、作图算法	37
二、代数算法和平面几何算法	39
三、三角函数算法	42
四、平面解析几何算法	47
第三节 节点的计算	52
一、解析曲线的节点计算	52
二、列表曲线的数值计算	57
三、三维曲面的数值计算	60
四、简单立体型面零件的数值计算	65
第三章 数控加工程序编制的工艺基础	68
第一节 数控加工工艺文件	68

一、工序卡 .....	68
二、数控刀具调整单 .....	69
三、机床调整单 .....	69
四、数控加工程序单 .....	72
第二节 加工路线的确定 .....	72
一、一般零件的加工路线 .....	72
二、平面及曲面轮廓加工的工艺处理 .....	78
第三节 数控加工工艺设计过程 .....	81
一、数控加工工艺设计准备 .....	81
二、机床的选择 .....	83
三、加工工序的划分 .....	83
四、加工顺序的安排 .....	84
五、工件装夹方式的确定 .....	84
六、对刀点与换刀点的确定 .....	85
七、加工方法的选择与加工方案的确定 .....	85
八、加工刀具的选择 .....	91
九、切削用量的确定 .....	92
十、进给路线的选择 .....	99
十一、数控加工专用技术文件的编写 .....	99
第四节 数控加工用刀具系统 .....	99
一、数控加工刀具的种类及特点 .....	100
二、机夹可转位刀片及代码 .....	101
三、数控刀具刀柄的结构特点 .....	116
四、数控刀具选择 .....	127
第五节 数控加工用夹具 .....	141
一、对数控机床夹具的基本要求 .....	141
二、组合夹具 .....	143
三、专用夹具 .....	144
四、可调整夹具 .....	145
五、成组夹具 .....	146
第六节 典型零件的加工工艺设计 .....	146
一、轴类零件数控车削加工工艺 .....	146



二、轴套类零件数控车削加工工艺 .....	148
三、平面凸轮零件的数控铣削加工工艺 .....	157
四、铣床变速箱体加工中心的加工工艺 .....	161
<b>第七节 成组技术在数控加工上的应用 .....</b>	<b>168</b>
一、成组工艺的编制方法 .....	168
二、成组生产组织形式 .....	170
三、GT在车间设备布置中的应用 .....	170
<b>第八节 数控加工的生产管理 .....</b>	<b>173</b>
一、程序分析 .....	173
二、PDCA循环 .....	176
三、“5S”管理 .....	177
四、定置管理 .....	180
五、目视管理 .....	182
<b>第四章 数控编程基础 .....</b>	<b>184</b>
<b>第一节 数控机床的坐标系 .....</b>	<b>184</b>
一、坐标系的确定原则 .....	184
二、运动方向的确定 .....	184
<b>第二节 数控机床的有关功能 .....</b>	<b>188</b>
一、准备功能 .....	188
二、辅助功能 .....	191
三、进给速度 .....	199
四、主轴转速功能 .....	202
五、刀具功能 .....	204
<b>第三节 数控加工程序的格式与组成 .....</b>	<b>206</b>
一、程序段格式 .....	206
二、小数点输入 .....	208
三、零件加工程序的结构 .....	208
四、程序的分类 .....	212
<b>第四节 数控机床上的有关点 .....</b>	<b>215</b>
一、机床原点 .....	215
二、机床参考点 .....	216
三、刀架相关点 .....	219



四、装夹原点 .....	220
五、工件坐标系原点 .....	220
六、程序起点 .....	227
<b>第五节 刀具补偿功能 .....</b>	<b>229</b>
一、刀具位置补偿（主要应用于车床） .....	229
二、刀具长度补偿 .....	231
三、二维刀具半径补偿 .....	234
四、三维刀具半径补偿 .....	249
<b>第六节 数控机床的编程规则 .....</b>	<b>250</b>
一、直径编程和半径编程 .....	250
二、绝对值编程（G90） .....	251
三、增量值编程（G91） .....	251
四、混合编程 .....	252
五、直角坐标编程 .....	253
六、极坐标编程 .....	253
七、柱坐标 .....	254
八、用一个角度和一个坐标值定义坐标点 .....	254
<b>第五章 数控车床与车削中心的编程与操作 .....</b>	<b>255</b>
<b>第一节 直线插补的应用 .....</b>	<b>255</b>
一、指令简介 .....	255
二、倒角、倒圆编程 .....	258
三、锥的切削 .....	261
四、程序延时 .....	264
<b>第二节 圆弧程序的编制 .....</b>	<b>265</b>
一、数控车床所用圆弧插补指令 .....	265
二、球弧的车削 .....	270
<b>第三节 螺纹加工 .....</b>	<b>272</b>
一、单行程螺纹切削 .....	273
二、螺纹切削循环 .....	281
<b>第四节 循环加工 .....</b>	<b>285</b>
一、单次循环 .....	285
二、单一固定循环切削（G90、G94） .....	287



三、多次固定循环切削 .....	289
四、车削中心上的钻孔固定循环 .....	297
第五节 子程序的应用 .....	305
一、数控车床上的子程序 .....	306
二、车削中心上的子程序 .....	308
第六节 零点偏置 .....	310
一、用 G54 ~ G59 指令实现 .....	310
二、应用 G50 来实现 .....	311
三、局部坐标系的设定 .....	312
四、可编程原点 .....	313
第七节 数控车削中心编程 .....	313
第八节 数控车床编程举例 .....	331
一、轴类零件车削加工 .....	331
二、普通盘类零件的车削加工 .....	333
第九节 FANUC 系统数控车床的操作 .....	338
一、操作面板简介 .....	338
二、电源接通前后的检查工作 .....	348
三、数控车床的基本操作 .....	348
第十节 SIEMENS 系统数控车床的编程 .....	359
一、编程指令 .....	359
二、子程序的组成 .....	360
三、参数编程 .....	360
四、固定循环功能 .....	363
五、轴类零件加工 .....	363
六、螺纹零件加工 .....	366
七、未知点编程（轮廓几何元素的链接） .....	367
第十一节 SIEMENS 系统数控车床的操作 .....	371
一、操作面板 .....	371
二、工作方式的选定 .....	379
三、程序编辑操作 .....	385
四、刀具偏置（刀具补偿）和设定数据 .....	390
五、引导编程（操作辅助输入） .....	392



六、数据的输入输出 .....	399
第六章 数控铣床与加工中心的编程与操作 .....	402
第一节 一般工件的编程 .....	402
一、单方向定位 .....	402
二、准确停止校验方式/切削方式 (G61/G64) .....	403
三、英/米制转换 (G20/G21) .....	403
四、存储行程极限 .....	404
五、圆弧插补 (G02、G03) .....	406
六、任意角度倒棱角 C、倒圆角 R .....	410
七、分度盘分度机能 .....	413
第二节 刀具偏置功能 .....	415
一、刀具偏置的指令 .....	415
二、刀具偏置注意事项 .....	415
三、刀偏的应用 .....	418
四、偏置量的设定 .....	421
第三节 固定循环功能 .....	422
一、孔的固定循环功能概述 .....	422
二、固定循环 .....	424
三、孔的固定循环取消 (G80) .....	430
四、使用孔的固定循环注意事项 .....	431
五、孔加工固定循环中重复次数的使用方法 .....	435
六、钻孔路径循环 .....	436
七、刚性模式的固定循环 .....	439
八、型腔固定循环 .....	446
第四节 子程序在加工中心编程上的应用 .....	448
一、指令 .....	448
二、子程序的嵌套 .....	450
三、子程序的特殊使用方法 .....	451
四、Haas CNC 系统的通用铣腔加工循环 G150 .....	452
第五节 图形变换 .....	456
一、图形比例 (G50、G51) .....	456
二、坐标系旋转 .....	457



三、镜像功能 .....	460
第六节 极坐标编程与柱面坐标编程 .....	462
一、极坐标编程 .....	462
二、极坐标插补 (G12.1、G13.1) .....	463
三、柱面坐标编程 [G07.1 (G107)] .....	466
四、假想轴切削 .....	469
第七节 螺旋线切削与螺纹加工 .....	469
一、螺旋线插补 .....	469
二、等导程螺纹切削 (G33) .....	471
第八节 零点偏置与转移加工 .....	473
一、零点偏置 .....	473
二、转移加工 .....	479
第九节 FANUC 系统加工中心的操作 .....	481
一、加工中心的操作面板简介 .....	481
二、加工中心的基本操作 .....	484
第十节 SINUMERIK 系统加工中心的编程 .....	497
一、准备功能简介 .....	497
二、固定循环程序 .....	510
三、辅助功能 M .....	515
四、子程序 .....	516
第十一节 SINUMERIK 系统加工中心的操作 .....	519
一、西门子 880 控制器操作面板 .....	519
二、机床控制板的操作接口 .....	524
三、西门子 880 数控系统的操作方式 .....	527
四、西门子 880 加工中心的操作顺序 .....	531
第十二节 加工实例 .....	536
一、壳体零件加工工序简图 .....	536
二、调节器壳体工艺方案及工艺路线 .....	544
第七章 用户宏程序 .....	560
第一节 用户宏程序概述 .....	560
一、概念 .....	560
二、变量及变量的使用方法 .....	562



三、变量的种类 .....	563
第二节 A类型的用户宏程序 .....	565
一、宏指令 G65 .....	565
二、宏指令的应用 .....	570
第三节 B类型的用户宏程序 .....	579
一、调用指令 .....	579
二、控制指令 .....	582
三、刀具补偿量的读取 .....	582
四、运算指令 .....	582
五、圆周点阵孔群的加工 .....	582
六、直线点阵孔群的加工 .....	583
七、网式点阵孔群加工 .....	585
第八章 数控磨床的编程 .....	590
一、机床特点 .....	590
二、机床坐标系及坐标轴 .....	591
三、工艺特点 .....	591
第一节 数控外圆磨床的编程 .....	592
一、轴外圆及轴肩端面的磨削 .....	592
二、复杂外圆形面的磨削 .....	594
三、测量磨削 .....	595
四、宏程序在数控磨床上的应用 .....	596
五、应用中要注意的问题 .....	601
第二节 数控强力磨床与数控坐标磨床的编程 .....	603
一、强力磨削的编程 .....	603
二、强力磨削 .....	608
三、数控坐标磨床的编程 .....	609
第三节 数控立式磨床的编程 .....	612
一、数控立式磨床的程序编制 .....	612
二、数控立式磨床常用的程序编制指令 .....	614
三、数控磨床常用变量 .....	618
第九章 其他常用数控设备的编程与操作 .....	619
第一节 数控冲床的编程 .....	619



一、常用指令介绍 .....	619
二、起始冲压位置 ( $X_0, Y_0$ ) (绝对值) 的计算 .....	630
三、数控冲压加工的其他数值计算 .....	632
<b>第二节 数控冲床的操作 .....</b>	<b>635</b>
一、电源接通 .....	635
二、电源切断 .....	636
三、急停操作 .....	636
四、加工前的准备工作 .....	636
五、数控冲床加工操作顺序 .....	638
<b>第三节 数控线切割机的加工工艺 .....</b>	<b>638</b>
一、毛坯准备 .....	639
二、工艺参数的选择 .....	640
三、工件的装夹与调整 .....	640
<b>第四节 数控线切割机的编程 .....</b>	<b>642</b>
一、固定程序段格式 .....	642
二、可变程序段格式 .....	647
<b>第五节 数控快走丝线切割机床的操作 .....</b>	<b>660</b>
一、系统控制柜上各部分的名称和功能 .....	660
二、基本操作 .....	661
三、主机基本操作 .....	663
四、加工运行 .....	671
<b>第六节 电火花机床的编程与操作 .....</b>	<b>672</b>
一、电火花加工工艺规律 .....	672
二、电火花机床的操作 .....	672
三、加工实例 .....	690
<b>第七节 数控等离子弧切割机的编程 .....</b>	<b>693</b>
<b>第八节 数控齿轮加工机床的编程 .....</b>	<b>696</b>
一、加工方法 .....	696
二、Y轴补偿值 $\delta_y$ 的计算 .....	697
三、程序编制 .....	698
四、精切前的准备 .....	704
<b>第十章 自动编程 .....</b>	<b>706</b>



第一节 自动编程概述 .....	706
一、自动编程的基本原理 .....	706
二、自动编程的主要特点 .....	707
三、自动编程的分类 .....	708
第二节 探针编程介绍 .....	712
一、探针的分类 .....	712
二、数控探针的特点与功用 .....	713
三、探针检测时的程序编制 .....	714
第三节 CAD/CAM集成数控编程系统的应用概述 .....	720
一、熟悉系统的功能与使用方法 .....	720
二、分析加工零件 .....	721
三、对待加工表面及其约束面进行几何造型 .....	722
四、确定工艺步骤并选择合适的刀具 .....	722
五、刀具轨迹生成及刀具轨迹编辑 .....	722
六、刀具轨迹验证 .....	722
七、后置处理 .....	723
第四节 Matser CAM系统的应用 .....	723
一、二维零件数控加工编程 .....	723
二、三维零件数控加工编程 .....	730
第五节 数控冲床用 CAD/CAM软件简介 .....	734
第六节 图形编程在线切割机床上的应用 .....	740
第七节 会话编程 .....	745
一、会话编程的特点 .....	745
二、会话编程的应用 .....	745
三、会话编程实例 .....	745
四、基本特点 .....	745
第十一章 数控机床的使用 .....	776
第一节 数控机床的购置 .....	776
一、工作流程 .....	776
二、确定要加工的零件 .....	776
三、技术分析报告 .....	778
四、经济性分析 .....	792