

数控加工 工作手册

杨继宏 主编



化学工业出版社



数控加工 工作手册

杨继宏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工作手册/杨继宏主编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 5

ISBN 978-7-122-00316-4

I. 数… II. 杨… III. 数控机床-技术手册
IV. TG659-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 057572 号

责任编辑: 张兴辉 李军亮 装帧设计: 于 兵
责任校对: 陶燕华

出版发行: 化学工业出版社
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京市彩桥印刷有限责任公司
装 订: 三河市万龙印装有限公司
850mm×1168mm 1/64 印张 12 字数 503 千字
2007 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)
售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

内容提要

本书是一本数控加工技术工人常用的便携式工作手册，收录了数控加工中常用的基础资料、数控加工工艺、数控机床刀具、数控机床的装夹、数控编程基础、数控机床编程与操作、数控车床编程实例、数控铣床编程实例、数控机床的维护与故障处理等内容。手册中所列的技术资料和加工实例大多都来自生产第一线，有较强的实用性和参考价值。手册突出便查的特点，数据资料基本采用表格形式，检索和查阅方便。

本书可供企业中从事数控加工的高级技术工人和技师查阅和参考。

前 言

科学技术的高速发展使制造业发生了根本性的变化。由于数控技术的广泛应用,普通机床逐渐被高效率、高精度的数控机床所替代,形成了巨大的生产力。数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低和数控设备的拥有量是衡量一个国家工业现代化的重要标志。21世纪机械制造业的竞争,其实质是数控技术的竞争。中国政府已把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。

随着国内众多老企业的改制,新的资金注入和制造装备的更新换代,企业急需一大批熟悉数控加工工艺,掌握现代数控机床编程、操作和维护维修的高级应用型技术人才。而对于工作在机械制造现场的人员来说,一本简明实用的数控加工工作手册将起到良师益友的作用。本手册以数控加工为主,收集和选编了机械制造现场常用的必备资料和数据,其内容涉及公差、测量、数控加工工艺、数控机床刀具、数控机床夹具等相关基础知识和数控车床、铣床、加工中心编程及操作。全书采用国家(行业)最新标准,内容简明,查阅方便。

本手册可供从事数控编程及操作的技术人员、技术工人,以及从事数控技术革新和数控机床维修的有关人员参考。

杨继宏

目 录

第1章 基础资料	1
1.1 常用资料及常用计算	1
1.1.1 常用材料的密度	1
1.1.2 常用材料的熔点	2
1.1.3 国际单位制的基本单位和辅助单位	2
1.1.4 常用三角函数基本公式	3
1.1.5 三角形的边角关系	4
1.1.6 特殊角的三角函数值	4
1.2 公差配合及表面粗糙度	5
1.3 常用零件的测量方法	64
1.3.1 螺纹的测量	64
1.3.2 其他测量	77
1.4 常用计量工具	97
1.4.1 游标类量具	97
1.4.2 螺旋测微量具	99
1.4.3 机械式测微仪	99
1.4.4 角度量具	106
1.4.5 量块及量规	113
第2章 数控加工工艺	124
2.1 数控加工工艺概述	124
2.1.1 数控加工工艺的主要内容	124
2.1.2 数控机床的合理选用	124
2.2 数控加工工艺分析与工艺设计	125

2.2.1	数控加工工艺分析	126
2.2.2	数控加工工艺设计	128
2.2.3	数控编程中的数学处理	139
2.2.4	数控加工工艺守则	146
2.3	数控机床的工具系统	147
2.3.1	数控镗铣加工用工具系统	147
2.3.2	数控车削加工用工具系统	148
2.4	数控加工工艺文件的编制	151
2.4.1	数控加工工序卡	155
2.4.2	数控加工刀具卡	155
2.4.3	数控加工程序单	155
第3章	数控机床刀具	156
3.1	数控机床对刀具的要求	156
3.2	数控刀具的种类	157
3.3	数控刀具的特点和性能要求	159
3.3.1	数控刀具的特点	159
3.3.2	数控刀具的性能要求	160
3.4	数控机床所用刀具材料的类型与选择	160
3.4.1	刀具切削部分的材料必须具备的性能条件	160
3.4.2	刀具材料	161
3.5	数控刀具的失效形式	170
3.6	数控可转位刀片与刀片代码	172
3.7	数控可转位刀片的夹紧	173
3.8	数控车削刀具(可转位刀片)的选择	176
3.9	数控车床所用刀具的装夹	181
3.10	数控铣削刀具的选择	183
3.11	切削用量的选择	190
第4章	数控机床的装夹	221
4.1	工件的装夹方式	221

4.2	机床夹具概述	222
4.3	工件的定位	225
4.4	定位基准的选择	233
4.5	常见定位元件及定位方式	244
4.6	工件的夹紧	261
第5章	数控编程基础	272
5.1	程序的格式	272
5.1.1	程序段的格式和组成	273
5.1.2	程序号和顺序号	275
5.1.3	选择性程序段删除“/”	276
5.1.4	程序数据输入格式	276
5.1.5	坐标字的表示方式	278
5.2	数控机床的坐标系统	279
5.2.1	坐标轴及其运动方向	279
5.2.2	机床原点、机床参考点	283
5.2.3	工件坐标系	284
5.2.4	绝对坐标编程及增量坐标编程	285
5.3	数控程序的指令代码	287
5.3.1	准备功能	287
5.3.2	辅助功能	287
5.3.3	进给功能	293
5.3.4	主轴转速功能	294
5.3.5	刀具功能	294
第6章	数控机床编程与操作	295
6.1	数控车床编程与操作	295
6.1.1	概述	295
6.1.2	数控车床编程基础	300
6.1.3	SIEMENS 系统数控车床编程与操作	307
6.1.4	FANUC 系统数控车床编程与操作	374

6.2	数控铣床编程与操作	451
6.2.1	概述	451
6.2.2	数控铣床编程基础	454
6.2.3	SIEMENS 系统数控铣床编程与操作	470
6.2.4	FANUC 系统数控铣床编程与操作	495
6.3	加工中心的编程与操作	545
6.3.1	概述	545
6.3.2	加工中心的编程及操作	559
6.3.3	FANUC 系统加工中心的编程及操作	651
第7章	数控车床编程实例	652
7.1	轴类零件数控加工实例	652
7.1.1	工艺分析及处理	652
7.1.2	参考程序	653
7.2	套类零件数控加工实例	655
7.2.1	工艺分析及处理	655
7.2.2	参考程序	656
7.3	螺纹数控加工实例	657
7.3.1	工艺分析及处理	657
7.3.2	尺寸计算	659
7.3.3	参考程序	659
7.4	特殊型面零件数控加工实例	661
7.4.1	工艺分析及处理	661
7.4.2	尺寸计算	662
7.4.3	参考程序	662
7.5	综合型零件数控加工实例	665
7.5.1	工艺分析及处理	665
7.5.2	尺寸计算	666
7.5.3	参考程序	667
7.6	锥齿轮数控加工实例	669

7.6.1	工艺处理	669
7.6.2	加工用量的选择与确定	674
7.6.3	编程参数的计算	674
7.6.4	机床刀具运行轨迹图	675
7.6.5	程序编制	677
7.6.6	数控加工操作说明	677
第8章 数控铣床编程实例		680
8.1	钻孔类零件数控加工实例	680
8.1.1	工艺分析及处理	680
8.1.2	程序编制	682
8.2	平面轮廓类零件数控加工实例	686
8.2.1	工艺分析及处理	687
8.2.2	程序编制	687
8.3	挖槽类零件数控加工实例	689
8.3.1	挖槽加工的形式	689
8.3.2	工艺分析及处理	690
8.3.3	程序编制	690
8.4	链轮数控加工实例	694
8.4.1	数控加工原理	694
8.4.2	工艺处理	696
8.4.3	加工用量的选择与确定	698
8.4.4	编程参数的计算	700
8.4.5	机床刀具轨迹运行图与链轮齿形各轨迹曲线点的坐标计算	703
8.4.6	程序编制	703
8.5	成形凸轮数控加工实例	703
8.5.1	数控加工原理	703
8.5.2	工艺处理	705
8.5.3	加工用量的选择与确定	709

8.5.4	编程参数的计算	710
8.5.5	机床刀具运行轨迹图	711
8.5.6	程序编制	712
第9章 数控机床的维护与故障处理		713
9.1	数控机床的维护与保养	713
9.1.1	数控系统的维护	713
9.1.2	机械部件的维护	715
9.1.3	液压、气压系统的维护	716
9.1.4	机床精度的维护	716
9.2	数控机床常见故障诊断及维修	719
9.2.1	数控机床常见故障诊断	719
9.2.2	数控机床常见故障排除	726
参考文献		744

第 1 章 基础资料

1.1 常用资料及常用计算

1.1.1 常用材料的密度

材料名称	密度 /g · cm ⁻³	材料名称	密度 /g · cm ⁻³
灰铸铁	7.0	硅钢片	7.55~7.8
白口铸铁	7.55	硬质合金 YG	13.9~14.9
可锻铸铁	7.3	金	19.32
球墨铸铁	7.3	银	10.5
工业纯铁	7.87	汞	13.55
碳素钢	7.8~7.85	石墨	1.9~2.2
合金钢	7.9	石棉板	1~1.3
不锈钢	7.9	聚氯乙烯	1.35~1.40
高速钢	8.3~8.7	聚四氟乙烯	2.1~2.3
铸钢	7.8	尼龙 6	1.13~1.14
紫铜	8.9	尼龙 1010	1.04~1.06
黄铜	8.4~8.85	木材	0.4~0.75
锡青铜	8.7~8.9	皮革	0.4~1.2
无锡青铜	7.5~8.2	橡胶	0.93~1.20
工业铝	2.7	陶瓷	2.3~2.45
铸铝	2.7	玻璃	2.4~2.6
镁合金	1.74~1.81	有机玻璃	1.18~1.19
工业镍	8.9	水泥	1.2~1.4
锡基轴承合金	7.34~7.75	混凝土	1.8~2.45
铅基轴承合金	9.33~10.67	水(4℃)	1

1.1.2 常用材料的熔点

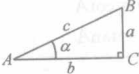
材料名称	熔点/℃	材料名称	熔点/℃
灰铸铁	1200	铝	327
碳素钢	1400~1500	锡	232
铸铁	1425	锌	419
紫铜	1083	镍	1452
黄铜	950	钛	1668
青铜	995	尼龙 1010	200~210
铝	658	有机玻璃	108 以上

1.1.3 国际单位制的基本单位和辅助单位

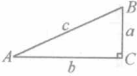
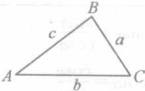
国际单位制	量的名称	单位名称	单位符号
基本单位	长度	米	m
	质量	千克(公斤)	kg
	时间	秒	s
	电流	安[培]	A
	热力学温度	开[尔文]	K
	物质的量	摩[尔]	mol
	发光强度	坎[德拉]	cd
辅助单位	[平面]角	弧度	rad
	立体角	球面度	sr

注：() 中的词为其前者的同义词；[] 中的字在不误解时可以省略。

1.1.4 常用三角函数基本公式

基本关系		α 角的正弦 $\sin\alpha = \frac{a}{c}$
		α 角的余弦 $\cos\alpha = \frac{b}{c}$
		α 角的正切 $\tan\alpha = \frac{a}{b}$
		α 角的余切 $\cot\alpha = \frac{b}{a}$
		α 角的正割 $\sec\alpha = \frac{c}{b}$
		α 角的余割 $\csc\alpha = \frac{c}{a}$
	$\sin\alpha\csc\alpha = 1$	$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$
	$\cos\alpha\sec\alpha = 1$	$\sec^2\alpha - \tan^2\alpha = 1$
	$\tan\alpha\cot\alpha = 1$	$\csc^2\alpha - \cot^2\alpha = 1$
和差角公式	$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta$	
	$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta$	
	$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan\alpha \pm \tan\beta}{1 \mp \tan\alpha\tan\beta}$	$\cot(\alpha \pm \beta) = \frac{\cot\alpha\cot\beta \mp 1}{\cot\beta \pm \cot\alpha}$
倍角公式	$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$	
	$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 1 - 2\sin^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$	
	$\tan 2\alpha = \frac{2\tan\alpha}{1 - \tan^2\alpha}$	$\cot 2\alpha = \frac{\cot^2\alpha - 1}{2\cot\alpha}$
半角公式	$\sin \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos\alpha}{2}}$	$\cos \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos\alpha}{2}}$
	$\tan \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos\alpha}{1 + \cos\alpha}} = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} = \frac{\sin\alpha}{1 + \cos\alpha}$	
	$\cot \frac{\alpha}{2} = \pm \sqrt{\frac{1 + \cos\alpha}{1 - \cos\alpha}} = \frac{\sin\alpha}{1 - \cos\alpha} = \frac{1 + \cos\alpha}{\sin\alpha}$	

1.1.5 三角形的边角关系

直角三角形		$A+B=90^\circ$ $a^2+b^2=c^2$
		$\sin A = \sin(90^\circ - A) = \cos A$ $\cos A = \cos(90^\circ - A) = \sin A$ $\tan A = \tan(90^\circ - A) = \cot A$ $\cot A = \cot(90^\circ - A) = \tan A$
任意三角形		正弦定理: $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$ (式中, R 为三角形外接圆的半径) 余弦定理: $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$ $b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos B$ $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$ 正切定理: $\tan \frac{A-B}{2} = \frac{a-b}{a+b} \cot \frac{C}{2}$

1.1.6 特殊角的三角函数值

α	0°	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°	180°	270°	360°
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{\sqrt{2}}{2}$	$-\frac{\sqrt{3}}{2}$	-1	0	-1
$\tan \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞	$-\sqrt{3}$	-1	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	∞	0
$\cot \alpha$	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	$-\frac{\sqrt{3}}{3}$	-1	$-\sqrt{3}$	∞	0	∞

1.2 公差配合及表面粗糙度

(1) 极限与配合

① 基本术语和定义 (GB/T 1800.1—1997)

- a. 基本尺寸。根据设计要求确定的尺寸。
- b. 实际尺寸。通过测量所得的尺寸。由于存在测量误差，实际尺寸并非是物体的真实尺寸。

c. 极限尺寸。允许尺寸变化的两个界限值，它以基本尺寸为基数来确定。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸，较小的一个称为最小极限尺寸。如图 1-1 所示。

d. 尺寸偏差。某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为上偏差，孔的上偏差用代号 ES 表示，轴的上偏差用代号 es 表示。最小极限尺寸减基本尺寸所得的代数差称为下偏差，孔的下偏差用代号 EI 表示，轴的下偏差用代号 ei 表示。上偏差和下偏差都称为极限偏差，实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差，偏差可以为正、负和零。如图 1-1 所示。

e. 尺寸公差。允许零件尺寸的变动量称为尺寸公差，简称公差。公差 = 最大极限尺寸 - 最小极限尺寸 = 上偏差 - 下偏差。由于零件的最大极限尺寸总是大于最小极限尺寸，所以，尺寸公差总是大于零。

f. 零线。即所谓零偏差线。它是基本尺寸界线，也是确定偏差和公差的基准线。正偏差位于零线的上方，负偏差位于零线的下方。

g. 公差带。在公差带图（见图 1-2）中，由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的直线之间所限