

职业 **技能** 操作训练丛书

数控机床操作工

王洪光 张红波 主编

● 依据《国家职业标准》

● 提炼核心操作技能

● 专家指导操作演练

● 从易到难各等级兼备

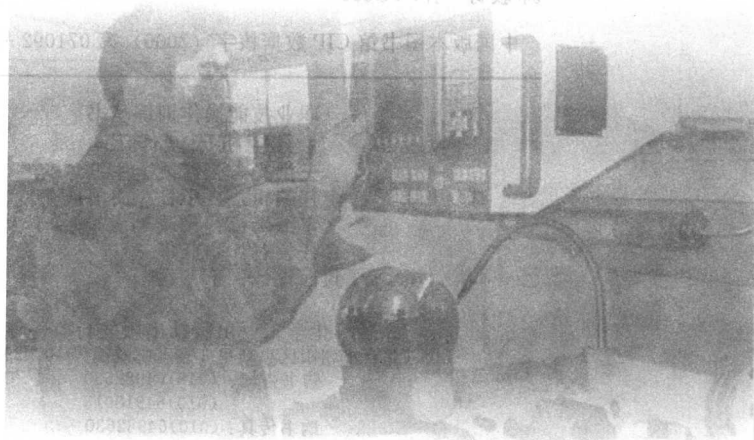


化学工业出版社

职业技能操作训练丛书

数控机床操作工

王洪光 张红波 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是《职业技能操作训练丛书》的一个分册,是根据国家职业标准中对各等级技工的核心操作技能的要求,以操作训练的形式进行编写。

全书先介绍了数控机床编程的基础知识,然后以70个典型加工的编程实例分别讲述了数控车床与车削中心、数控铣床与铣削中心、数控冲床与数控线切割的操作加工过程。

本书适用于数控机床操作人员阅读使用,也可作中职、高职院校相关专业实训参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作工/王洪光,张红波主编. —北京:化学工业出版社,2006.6

(职业技能操作训练丛书)

ISBN 7-5025-9033-1

I. 数… II. ①王…②张… III. 数控机床-操作-技术培训-教材 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第071092号

职业技能操作训练丛书

数控机床操作工

王洪光 张红波 主编

责任编辑:卢小林 周国庆

文字编辑:钱 诚

责任校对:陶燕华

封面设计:于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11½ 字数 263千字

2007年1月第1版 2007年1月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-9033-1

定 价:26.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

《职业技能操作训练丛书》 编写委员会

主 任：申尧民

副主任：魏 然

委 员：李凤鸣 张晓明 关昱华

周国顺 原学文 刘勃安

周国庆

前 言

国家劳动和社会保障部正在大力推行职业资格证书制度，并倡导企业以各种方式鼓励技术工人通过培训和自学来提升自己的知识与技能。技术工人需要通过考取职业资格证书，提高自己的操作技能，来增强自己的职场竞争力。为了帮助广大技术工人提高操作技能，化学工业出版社组织一批长期工作于生产一线、具有丰富实践经验的工程技术人员和高级技师，编写了《职业技能操作训练丛书》。

本套丛书根据国家职业标准，将各工种不同等级的核心操作技能提炼出来，用一个个训练实例的形式加以表现并分步骤进行讲解。通俗地讲，本套丛书就是各工种核心操作技能的实例集，每分册都包括了数十个极具典型性和代表性的实例，这些实例均来自生产一线或职业技能操作考试题库。书中对每个实例均作了细致的讲解，新颖的编排形式可以使读者对每个案例的操作全过程一目了然。本套丛书力求使读者尽快熟练掌握每个工种在各个等级的核心操作技能，力求对读者通过职业资格鉴定考试有所帮助。同时读者也可以将书中相应实例的讲解用于实际生产操作。

本丛书共包括 22 种：机械加工类包括《数控机床操作工》、《车工》、《检修钳工》、《装配钳工》、《铣工》、《气焊工》、《电焊工》、《磨工》、《镗工》、《管工》、《冷作钣金工》、《金属热处理工》；仪电类包括《仪表维修工》、《维修电工》、《变电站值班员》、《电机修理工》、《制冷设备维修工》；表面处理类包括《防腐蚀工》、《涂装工》、《电镀

工》；其他有《起重工》、《无损探伤工》。

本书为《数控机床操作工》分册，全书介绍了数十个数控车床、数控铣床、数控冲床和数控线切割的典型操作实例，详细阐述了其操作过程和方法，力求为从事数控机床操作的人员提供操作技能上的帮助和指导。

本书由王洪光、张红波主编，第1章由王博、李东升编写，第2章、第3章由王万峰、王英爽编写，第4章由赵巍巍编写。

由于编者水平有限，时间仓促，书中不妥之处，恳请同行多提宝贵意见。

编者
2006 年 10 月

目 录

第 1 章 数控机床加工程序编制基础	1
1.1 数控机床的坐标系	1
1.2 数控加工程序的格式与组成	6
1.3 数控刀具.....	15
1.4 数控加工的工艺设计.....	28
1.5 数控加工试切削和调整.....	36
第 2 章 数控车床与车削中心的程序编制	39
训练 2.1 简单的短轴（练习外圆、阶台、 锥面）（中级工）	43
训练 2.2 活塞头部（练习外沟槽、端面槽） （中级工）	49
训练 2.3 短轴（练习外圆、圆弧、锥面、 螺纹）（中级工）	53
训练 2.4 接头（练习 55°圆锥管螺纹） （中级工）	56
训练 2.5 球头（练习球径）（高级工）	60
训练 2.6 小手柄（练习圆弧连接） （高级工）	63
训练 2.7 轴销（练习外圆、圆弧、锥面、 螺纹）（中级工）	66
训练 2.8 槽（练习不等距槽）（中级工）	70
训练 2.9 长轴销（练习外圆、圆弧、圆锥、 螺纹）（中级工）	73
训练 2.10 简单的孔类零件（练习钻孔、长度、 内孔尺寸）（高级工）	77

训练 2.11	检验用靠模 (练习钻孔、长度、内孔尺寸) (高级工)	81
训练 2.12	锥套 (练习内孔尺寸、角度、铰孔) (高级工)	84
训练 2.13	轮盘零件 (练习保证同轴度) (高级工)	86
训练 2.14	阀芯 (练习球头、等距沟槽、内孔、内锥) (高级工)	91
训练 2.15	环盘 (练习薄壁、端面槽) (高级工)	95
训练 2.16	薄壁套 (练习外圆、内孔、螺纹、位置公差) (中级工)	102
训练 2.17	滚花 (练习滚花加工方法)	109
训练 2.18	滚压 (练习滚压加工方法)	111
训练 2.19	带轮 (练习内孔、内外槽、同轴度、圆跳动) (中级工)	113
训练 2.20	减压盖 (练习外圆、小内孔、端面槽) (高级工)	119
训练 2.21	梯形丝杠 (练习梯形螺纹、外圆、沟槽) (高级工)	125
训练 2.22	双头梯形丝杠 (练习螺纹分头方法) (技师)	129
训练 2.23	切槽宏 (练习槽 FANUC 宏指令编程, 西门子 R 参数编程)	136
训练 2.24	椭圆 (练习宏程序)	146
训练 2.25	椭圆 (练习 R 参数)	148
训练 2.26	车软三爪	150
训练 2.27	方头 (练习端面铣四方) (中级工)	152
训练 2.28	端盖 (练习轴向圆周分部钻孔、攻	

	螺纹) (中级工)	155
训练 2.29	端盖 (练习轴向圆周钻孔、攻螺纹、 镗孔) (中级工)	158
训练 2.30	VDI 刀柄 (练习径向孔、攻螺纹) (中级工)	162
训练 2.31	连接件 (练习径向孔、轴向孔、 端面槽) (高级工)	166
第 3 章	数控铣床与铣削中心的编程	170
训练 3.1	铣制凸台 (练习单一凸台) (中级工)	179
训练 3.2	铣削凹台 (练习单一凹台) (中级工)	183
训练 3.3	平板钻四对称孔 (练习孔位置、孔径) (中级工)	190
训练 3.4	平板圆周四螺纹孔 (练习螺纹孔) (中级工)	193
训练 3.5	连杆 (练习圆弧连接、圆台位置) (技师)	197
训练 3.6	冲头 (练习各轮廓、位置) (高级工)	200
训练 3.7	正方形凸台 (练习轮廓、尺寸) (中级工)	203
训练 3.8	模具冲头 (练习圆弧、尺寸、表面 粗糙度) (技师)	206
训练 3.9	定位板 (练习群孔、方台) (技师)	209
训练 3.10	盖 (练习圆周孔、宏程序) (技师)	214
训练 3.11	支架 (练习尺寸、圆弧、表面粗糙 度) (中级工)	219

训练 3.12	铣螺纹 (练习铣螺纹) (中级工)	222
训练 3.13	偏心轮 (练习圆弧连接) (高级工)	226
训练 3.14	下模板 (练习钻孔、T 形槽、镗孔) (技师)	233
训练 3.15	升降凸轮 (练习尺寸、圆弧、表面 粗糙度) (技师)	238
训练 3.16	支架 (练习孔位置、平行度) (高级工)	243
训练 3.17	定位块 (练习铣制高度、圆弧连接) (高级工)	246
训练 3.18	缸盖 (练习螺纹孔、外形、铣沉孔) (高级工)	250
训练 3.19	下冲模支座 (练习三圆弧孔位) (高级工)	259
训练 3.20	上台板 (练习孔径、孔距) (中级工)	263
训练 3.21	支撑件 (练习孔径、孔位置) (中级工)	266
训练 3.22	等速凸轮 (练习非圆曲线轮廓) (高级工)	272
训练 3.23	液压阀体 (孔距、镗孔、螺纹孔) (高级工)	274
训练 3.24	壳体 (练习螺纹孔、槽) (高级工)	280
训练 3.25	分度凸轮 (练习轮廓、角度、位置) (技师)	284
训练 3.26	螺旋槽 (中级工)	303
训练 3.27	空间曲线 (练习空间曲线) (技师)	307

训练 3.28 数控探针编程介绍	311
第 4 章 数控冲床与数控线切割的编程	322
训练 4.1 平板（练习冲制斜孔、圆周等 分孔、孔距、角度）（高级工）	322
训练 4.2 平板（练习格子状孔、 孔距）（中级工）	325
训练 4.3 平板（练习长方槽、圆弧槽、长直 圆槽）（高级工）	327
训练 4.4 长方形孔（练习四角带圆角的长方 形孔）	330
训练 4.5 凸模（练习线切割轮廓） （高级工）	332
训练 4.6 凹模（练习圆弧轮廓）（中级工） ...	334
训练 4.7 封堵片（练习圆弧连接）（技师） ...	337
训练 4.8 复杂凸模（练习轮廓）（中级工） ...	340
训练 4.9 锥台（练习轮廓、锥度）（技师） ...	342
训练 4.10 锥孔（练习轮廓、锥度） （技师）	345
训练 4.11 跳步模（练习多个轮廓） （高级工）	347
参考文献	351

第 1 章 数控机床加工 程序编制基础

数控机床是严格按照从外部输入的程序来自动地对被加工工件进行加工的。为了与数控系统的内部程序（系统软件）相区别，把从外部输入的直接用于加工的程序称为数控加工程序，简称数控程序，它是机床数控系统的应用软件。数控装置所用的计算机属于专用计算机，它使用的语言与通用计算机使用的 BASIC、C 等高级语言属于不同的范畴。尽管这种控制语言也像高级语言那样有严格的规则和格式，但它没有类似高级语言那样的语法。

数控系统的种类繁多，它们使用的数控系统程序的语言规则和格式也不尽相同，编制程序时应该严格按照机床编程手册中的规定进行程序编制。

1.1 数控机床的坐标系

为了便于编程时描述机床的运动，简化程序的编制方法及保证记录数据的互换性，数控机床的坐标和运动的方向均已标准化。这里仅作介绍和解释。

1.1.1 坐标系及运动方向

(1) 坐标系的标准原则。我国原机械工业部 1982 年颁布了 JB 3052—82 标准，其中规定的命名原则如下。

① 刀具相对于静止工件而运动的原则。这一原则使

编程人员能在不知道是刀具移近工件还是工件移近刀具的情况下,就可依据零件图样,确定机床的加工过程。

② 标准坐标(机床坐标)系的规定。在数控机床上,机床的动作是由数控装置来控制的,为了确定机床上的形成运动和辅助运动,必须先确定机床上运动的方向和运动的距离,这就需要一个坐标系才能实现,这个坐标系就称为机床坐标系。

标准的机床坐标系是一个右手笛卡儿直角坐标系,分别用右手相互垂直的大拇指、食指、中指表示了 X 、 Y 、 Z 三个直角坐标轴的方向,三手指指向为各轴的正方向。这个坐标系的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行,它与安装在机床上并且按机床的主要直线导轨找正的工件相关。根据右手螺旋方法,可以很方便地确定出 A 、 B 、 C 三个旋转坐标的方向。

③ 运动的方向。数控机床的某一部件运动的方向,是增大工件和刀具之间距离的方向。

(2) Z 坐标。 Z 坐标的运动是由传递切削动力的主轴所规定的。对于铣床、镗床、钻床等,是主轴带动刀具旋转;对于车床、磨床和其他成型表面的机床,是主轴带动工件旋转。如机床上有几个主轴,则选一垂直于工件装夹平面的主轴作为主要的主轴;如主要的主轴始终平行于标准的三坐标系统中的一个坐标,则这个坐标就是 Z 坐标;如主要的主轴能摆动,在摆动范围内使主轴只平行于三坐标系统中的两个或三个坐标,则取垂直于机床工作台装夹面的方向为 Z 坐标;如机床没有主轴(如数控龙门刨床),则 Z 坐标垂直于工件装夹平面。

对于钻、镗加工,钻入工件的方向是 Z 坐标的负方向。

(3) X 坐标。 X 坐标一般是水平的,它平行于工件的装夹平面。这是刀具或工件定位平面内运动的主要坐

标。如工件旋转的车床， X 坐标的方向是在工件的径向上，且平行于横向滑板，以刀具离开工件旋转中心的方向为正方向。

对刀具旋转的机床（如铣、钻、镗床）作如下规定：如 Z 坐标是水平的，当从主要刀具主轴向工件看时， $+X$ 运动的方向指向右方；如 Z 坐标是垂直的，对于单立柱机床，当从主要刀具主轴向立柱看时， $+X$ 运动的方向指向右方。对没有旋转刀具或旋转工件的机床， X 坐标平行于主要的切削力方向，且以该方向为正方向。

(4) Y 坐标。 $+Y$ 的运动方向，根据 X 和 Z 坐标的运动方向，按照右手直角笛卡儿坐标系来确定。

(5) 旋转坐标 A 、 B 和 C 。旋转运动的 A 、 B 和 C 相应地表示其轴线平行于 X 、 Y 和 Z 坐标的旋转运动。正向的 A 、 B 和 C ，相应地表示在 X 、 Y 和 Z 坐标正方向上按照右旋螺纹前进的方向。

(6) 附加坐标。为了编程和加工的方便，有时还要设置附加坐标。对于直线运动：如在 X 、 Y 、 Z 主要运动之外另有第二组平行于它们的坐标，可分别指定为 U 、 V 和 W ；如还有第三组运动，则分别指定为 P 、 Q 和 R ；如果主要直线运动之外存在不平行于 X 、 Y 或 Z 的直线运动，也可相应地指定为 U 、 V 、 W 或 P 、 Q 和 R 。对于旋转运动：如在第一组旋转运动 A 、 B 和 C 的同时，还有平行或不平行于 A 、 B 和 C 的第二组旋转运动，可指定为 D 、 E 和 F 。

(7) 数控机床的坐标。对于使用者，机床运动的坐标可在机床的使用说明书上找到。不少数控机床还用标牌将运动的坐标注在机床显著位置。

1.1.2 坐标系的原点

在确定了机床各坐标轴及方向后，还应进一步确定坐标系原点的位置。

(1) 机床原点。机床原点是指在机床上设置的一个固定的点，即机床坐标系的原点。它在机床装配、调试时就已确定下来了，是数控机床进行加工运动的基准参考点。在数控车床上，一般取在卡盘端面与主轴中心线的交点处，如图 1-1(a) 所示。图中 O_1 为机床原点。在数控铣床上，机床原点一般取在 X、Y、Z 三个直线坐标轴方向的极限位置上，如图 1-1(b) 所示。图中 O_1 为立式数控铣床的机床原点。

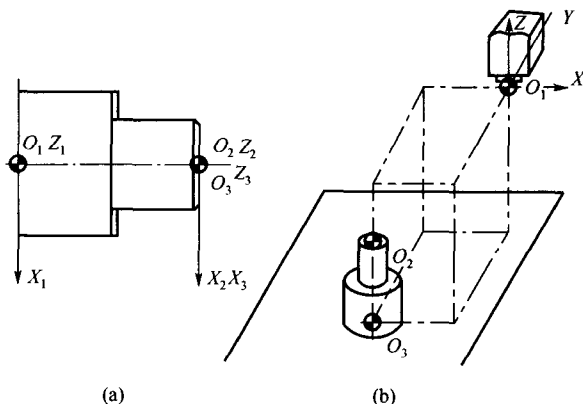


图 1-1 坐标原点的设定

(2) 编程原点。编程原点是指根据加工零件图样选定的编制零件程序的原点，即编程坐标系原点。如图 1-1(a) 及图 1-1(b) 中所示的 O_2 点。编程原点应尽量选择在设计基准或工艺基准上，并考虑到编程的方便性，编程坐标系中各轴的方向应该与所使用数控机床相应的坐标轴方向一致。

(3) 加工原点。加工原点也称程序原点，是指零件被装卡好后，相应的编程原点在机床原点坐标系中的位置。在加工过程中，数控机床是按照工件装卡好后的加工原点及程序要求进行自动加工的。加工原点如图 1-1(a) 及图

1-1(b) 的 O_3 所示。加工坐标系原点与机床坐标系原点在 X 、 Y 、 Z 方向的距离 X_3 、 Y_3 、 Z_3 ，分别称为 X 、 Y 、 Z 向的原点设定值。

因此，编程人员在编制程序时，只要根据零件图样就可以选定编程原点、建立编程坐标系、计算坐标数值，而不必考虑工件毛坯装卡的实际位置。对加工人员来说，则应在装卡工件、调试程序时，确定加工原点的位置，并在数控系统中给予设定（即给出原点设定值），这样数控机床才能按照准确的加工坐标系位置开始加工。

1.1.3 绝对坐标系和增量坐标系

刀具（或机床）运动位置的坐标值是相对于固定的坐标原点给出的，即称为绝对坐标，该坐标系称为绝对坐标系。如图 1-2(a) 所示， A 、 B 点的坐标均以固定的坐标原点计算的，其坐标值为： $X_A=10$ ， $Y_A=12$ ， $X_B=30$ ， $Y_B=37$ 。

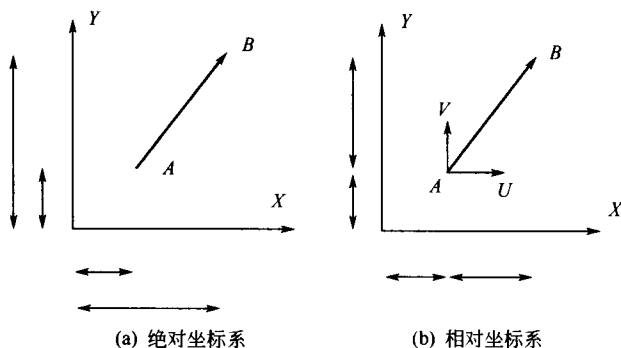


图 1-2 绝对坐标系与相对坐标系

刀具（或机床）运动位置的坐标值是相对于前一位置，而不是相对于固定的坐标原点给出的，称为增量坐标系。常使用代码表中的第二坐标 U 、 V 、 W 表示。 U 、 V 、 W 分别与 X 、 Y 、 Z 平行且同向。如图 1-2(b) 所示， B 点的坐标是相对于前面的 A 点给出的，其增量坐标为

$U_B=20$, $V_B=25$ 。

U-V 坐标系统称为增量坐标系统。在程序编制过程中,是使用绝对坐标系还是使用增量坐标系,可以根据需要用 G 指令来选择。

1.2 数控加工程序的格式与组成

数控机床是按照事先编制好的数控程序自动地对工件进行加工的高效自动化设备。理想的数控程序不仅应该保证能加工出符合图样要求的合格工件,还应该使数控机床的功能得到合理的应用与充分的发挥,以使数控机床能安全、可靠、高效地工作。

在编制加工程序前,应了解所用的数控机床的规格、性能、数控系统所具备的功能及编程指令格式等。编制程序时,需要对被加工零件图样的各项要求进行分析,确定加工方法和加工路线,再进行数值计算,获得刀具运动中心轨迹的位置数据,然后,按数控机床所规定的代码和程序格式,将工件的尺寸、刀具、刀具运动轨迹、切削参数以及辅助功能编制成数控加工程序。

数控加工程序的方法有两种:手动编程和自动编程。

手动编程是指主要由人工来完成数控机床程序编制各个阶段的工作。当被加工零件形状不太复杂和程序较短时,都可以采用手动编程的方法。本书的训练以手动编程为主,一个完整的加工程序由若干程序段组成,每个程序段由若干个指令组成,每个指令又由字母、数字、符号组成。一个完整的程序必须包括程序开始部分、程序内容和程序结束部分。

1.2.1 程序开始部分

程序的开始部分由地址符字母和数字组成。如西门子数控系统用“%”、FANUC 数控系统用“O”、海得汗数控系统用“N”。还有些数控系统以“%”表示被调用程