

数控机床 冲削加工 直接编程技术

孙德茂 著

TG659

178

2007

数控机床冲削加工 直接编程技术

孙德茂 著

机械工业出版社

本书对数控机床冲削加工的直接编程技术进行了详细介绍, 概略介绍了数控编程的相关标准和工艺处理; 翔实地介绍了 ISO 代码的编程指令和用户宏程序功能; 全面地介绍了数控指令的加工应用和用户宏程序功能的编程实例, 其中不少是来自实际生产中使用的加工程序。

本书以数控功能与加工实际紧密结合, 内容翔实全面, 有的还给出了算法, 并有多处作者的独立见解和研究成果, 是一本实用性较强的数控技术用书, 可供从事数控冲削加工的编程员和操作人员、数控技术工作的工程技术人员使用, 也可供高等技术院校相关专业师生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床冲削加工直接编程技术/孙德茂著. —北京:
机械工业出版社, 2007. 1
ISBN 978 - 7 - 111 - 20868 - 6

I. 数... II. 孙... III. 数控机床—机械压力机—程序
设计 IV. TG659 TG315. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 019946 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: 张秀恩 (E-mail: xiuen@ Sina. com. cn)

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 李 妍

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2007 年 2 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17. 75 印张 · 438 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 20868 - 6

定价: 30. 00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 68351729

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着现代制造技术的发展和数控机床的日渐普及,对数控机床的编程和操作方面的人才需求在大幅度增加,本书力图从数控系统的功能和数控机床的应用两个方面来满足使用者的需求。

数控冲削加工已经在钣金冷加工中占据主要地位,以其高效率高精度深受用户欢迎。直接编程,以其程序简短,灵活方便,得到广泛应用。直接编程技术又是阅读和优化 CAM 所编程序的基础,应熟练掌握。

全书共分 6 章。第 1 章编程基础,概略介绍了数控编程的相关标准及工艺处理,准确地介绍了相关知识。第 2 章基本编程指令,翔实地介绍了编程的基本指令,部分指令介绍了系统的算法。第 3 章简化编程、补偿功能和 C 轴控制,翔实地介绍了模式功能,宏指令,轮廓直接编程 (GAP、PGP、GTL),刀具补偿功能,比例缩放,坐标旋转功能和 C 轴控制。对刀具半径补偿功能提供了算法。第 4 章 ISO 代码指令编程应用,从孔加工到轮廓加工,全面地介绍了指令应用实例,对初学者讲述了程序的编写方法,提出了对程序的评价标准和优化。第 5 章用户宏程序功能,翔实地介绍了用户宏功能 B。第 6 章用户宏程序功能的编程应用,介绍了用户宏程序在功能开发方面的应用,如孔位计算、留筋直线步冲和留筋方孔不落料加工等宏指令,几何轮廓直接编程 (GDP) 功能,非圆曲线轮廓加工等诸多方面的实例,有的可以直接使用。

本书第 1 章到第 4 章,可供数控编程的初学者及普通使用者使用。第 5 章及第 6 章,可供普通使用者提高及工程技术人员使用。

书中的疏漏和错误之处,敬请读者指正。

作 者

2006 年 11 月 1 日

目 录

前言

第1章 编程基础	1
1.1 数控机床的组成及工作原理	1
1.1.1 数控机床的组成	1
1.1.2 数控机床的工作原理	2
1.2 零件加工程序的编制方法	2
1.2.1 概述	2
1.2.2 直接编程	3
1.2.3 CAM 辅助编程	3
1.2.4 PC 辅助编程	4
1.3 坐标系及坐标方向	4
1.3.1 标准坐标系	4
1.3.2 坐标轴及方向的确定	5
1.3.3 电气坐标系	6
1.3.4 机床坐标系	6
1.3.5 工件坐标系	6
1.4 程序编制的工艺处理	7
1.4.1 确定机床和数控系统	7
1.4.2 工件的安装	7
1.4.3 编程原点的设定	7
1.4.4 模具（刀具）的确定	7
1.4.5 确定工步顺序	10
1.4.6 折弯件展开长度的计算	10
1.4.7 减小冲削力的措施	11
1.5 编写数控加工技术文件	12
1.6 编写零件加工程序	13
第2章 基本编程指令	15
2.1 概述	15
2.2 准备功能（G 功能）	16
2.3 插补功能	17
2.3.1 插补原理	17
2.3.2 定位（G00）	17
2.3.3 直线插补（G01）（含直线插补算法）	18
2.3.4 圆弧插补（G02、G03）（含圆弧插补算法）	20

2.4 进给功能	30
2.4.1 快速进给速度	30
2.4.2 切削进给速度	30
2.4.3 自动加减速	31
2.4.4 程序段拐角处的速度控制指令 (G09、G61、G64)	36
2.4.5 暂停 (G04)	37
2.5 自动返回参考点 (G28)	37
2.6 坐标系	38
2.6.1 工件坐标系设定 (G92、G54 ~ G59)	38
2.6.2 局部坐标系 (G52)	42
2.7 坐标尺寸指令	43
2.7.1 绝对值指令 (G90) 和增量值指令 (G91)	43
2.7.2 英制/米制转换 (G20、G21)	44
2.7.3 常用式小数点输入/计算器式小数点输入	44
2.8 冲压功能	45
2.8.1 冲压功能 (一次冲压循环)	45
2.8.2 仅定位而不执行冲压 (G70)	46
2.8.3 步冲功能	47
2.8.3.1 圆弧步冲 (G68)	48
2.8.3.2 直线步冲 (G69)	50
2.8.3.3 圆弧步冲 (G68) 和直线步冲 (G69) 的注意事项	51
2.8.4 用 M 功能规定的步冲加工	52
2.8.4.1 在步冲方式中的 G00 指令	52
2.8.4.2 在步冲方式中的 G01、G02 和 G03 指令	53
2.8.4.3 用 M 功能步冲的注意事项	55
2.8.5 外部运动功能	55
2.9 存储行程极限和安全区功能	56
2.9.1 存储行程极限 (G22、G23)	56
2.9.2 安全区功能	58
2.9.2.1 冲压禁区 and 趋近禁区	58
2.9.2.2 设定安全区	58
2.9.2.3 设定刀具形状区	59
2.9.2.4 安全区的自动设定	59
2.10 刀具功能 (T 功能)	62
2.10.1 刀具选择指令	62
2.10.2 T 指令忽略	65
2.10.3 刀具偏置	65
2.10.4 多刀具控制	65
2.10.4.1 刀具号	66

2.10.4.2	多刀具系统和 C 轴之间的关系	66
2.10.4.3	刀具补偿	66
2.10.4.4	多刀具控制使用注意事项	67
2.11	辅助功能 (M 功能)	67
2.12	主轴 (冲压) 速度功能 (S 功能)	70
2.13	程序的构成	70
2.13.1	程序纸带的构成	70
2.13.2	程序的构成	74
第3章	简化编程、补偿功能和 C 轴控制	81
3.1	简化编程功能	81
3.1.1	模式功能	81
3.1.1.1	基准点指令 (G72)	81
3.1.1.2	圆周孔指令 (G26)	82
3.1.1.3	直线孔指令 (G76)	83
3.1.1.4	圆弧孔指令 (G77)	84
3.1.1.5	网格孔指令 (G78、G79)	86
3.1.1.6	方模直线步冲 (G86)	87
3.1.1.7	方模矩形孔步冲 (G87)	89
3.1.1.8	圆弧步冲 (G88)	90
3.1.1.9	直线步冲 (G89)	92
3.1.1.10	模式功能之后的增量值指令	93
3.1.1.11	编程模式功能的注意事项	96
3.1.1.12	模式功能的存储和调用	96
3.1.2	自动再定位 (G75)	96
3.1.3	宏功能	101
3.1.3.1	宏程序的存储	101
3.1.3.2	宏程序的调用	103
3.1.3.3	宏程序的嵌套调用	103
3.1.3.4	宏程序的存储能力	104
3.1.3.5	多个宏程序的存储和调用 (宏程序号 90 ~ 99)	105
3.1.3.6	存储宏程序的清除	105
3.1.4	多件加工功能	106
3.1.4.1	多件加工的基点指令 (G98)	106
3.1.4.2	多件加工指令 (G73, G74)	108
3.1.4.3	多件加工方法的设定	110
3.1.4.4	多件加工举例	110
3.1.5	弯曲补偿 (G38、G39)	112
3.2	其他系统的几何轮廓自动编程功能	114
3.2.1	ECS 的 GAP 几何轮廓自动编程	115

3.2.1.1	几何元素的定义	115
3.2.1.2	目标点的判别	116
3.2.1.3	程序段数据	117
3.2.1.4	GAP 编程举例	119
3.2.2	NUM 的 PGP 几何轮廓自动编程	120
3.2.2.1	几何元素的描述	120
3.2.2.2	特征点的判别	121
3.2.2.3	程序段格式	121
3.2.2.4	程序段数据	122
3.2.2.5	倒棱与过渡圆弧编程举例	123
3.2.2.6	PGP 编程举例	123
3.2.3	A_B 的 GTL 几何轮廓自动编程	125
3.2.3.1	一般规定	125
3.2.3.2	几何元素定义	125
3.2.3.3	GTL 编程举例	126
3.3	补偿功能	127
3.3.1	刀具半径补偿 C (G40 ~ G42) (含刀具半径补偿偏置矢量的计算)	127
3.3.1.1	刀具半径补偿功能	128
3.3.1.2	偏置量	128
3.3.1.3	偏置矢量	128
3.3.1.4	G40、G41 和 G42	128
3.3.1.5	刀具半径补偿 C 详述	128
3.3.1.6	刀补 C 编程举例	143
3.3.1.7	刀具半径补偿偏置矢量的计算	144
3.3.2	D 功能	154
3.3.3	外部刀具偏置	155
3.3.4	补偿量的编程输入 (G10)	155
3.3.5	比例缩放功能 (G50、G51)	155
3.3.6	坐标系旋转功能 (G84、G85)	157
3.3.6.1	指令格式	157
3.3.6.2	坐标系旋转功能与其他功能的关系	159
3.3.7	可编程参数输入 (G10)	161
3.4	C 轴控制 (模具角度分度)	162
3.4.1	概述	162
3.4.2	详细说明	163
3.4.3	C 轴的编程举例	165
第 4 章	ISO 代码指令编程应用	168
4.1	零件加工程序的编写	168
4.2	零件加工程序的评价和优化	170

4.3 孔加工程序的编程	171
4.3.1 用成形模具冲孔	172
4.3.2 圆孔的步冲加工	174
4.3.3 方孔的步冲加工	174
4.3.4 带圆弧方孔的步冲加工	176
4.4 轮廓加工编程	177
4.4.1 零件的裁剪加工	177
4.4.2 用 M 功能步冲加工轮廓	178
4.4.3 用步冲功能加工轮廓	178
4.5 多件加工的编程	180
4.6 零件加工编程举例	181
4.6.1 仪表盘的加工编程	181
4.6.2 安装板的加工编程	184
4.6.3 底板的加工编程	186
4.6.4 框架的加工编程	187
4.6.5 支架的加工编程	189
4.6.6 圆环板的加工编程	190
4.6.7 连杆板的加工编程	191
4.6.8 百页窗冲裁	192
第 5 章 用户宏程序功能 B	193
5.1 概述	193
5.1.1 用户宏程序和用户宏指令	193
5.1.2 用户宏程序功能的发展	193
5.2 变量	194
5.2.1 变量的表示	194
5.2.2 变量的引用	194
5.2.3 未赋值变量	195
5.2.4 显示和设定变量	195
5.3 变量类型	196
5.3.1 局部变量#1 ~ #33	196
5.3.2 公用变量#100 ~ #149 和#500 ~ #531	196
5.3.3 系统变量#1000 ~ #5104	196
5.4 运算指令	204
5.5 控制指令	207
5.6 用户宏程序本体的建立和存储	211
5.6.1 用户宏程序本体的建立	211
5.6.2 用户宏程序本体的存储	211
5.6.3 用户宏程序语句和 NC 语句	211
5.7 用户宏程序调用指令（用户宏程序命令）	214

5.7.1	非模态调用（单一调用）（G65）	214
5.7.2	模态调用（G66、G67）	216
5.7.3	多重调用	216
5.7.4	多重模态调用	217
5.7.5	使用 G 代码的宏程序调用	217
5.7.6	用 M 代码调用子程序	218
5.7.7	用 T 代码调用子程序	218
5.7.8	自变量中小数点的位置	218
5.7.9	M98（子程序调用）和 G65（用户宏程序调用）之间的区别	218
5.7.10	用户宏程序的嵌套和局部变量的级	219
5.8	与其他功能的关系	219
5.9	限制	221
5.10	用户宏程序编程举例	221
5.10.1	螺栓孔位计算宏程序	221
5.10.2	从直角坐标系（XY）转换成极坐标系（ $r\theta$ ）	222
第 6 章	用户宏程序功能的编程应用	224
6.1	任意角度矩阵均布孔位计算宏程序的编程	224
6.2	规则形状孔打碎加工宏程序的编程	226
6.2.1	圆孔打碎加工宏程序的编程	226
6.2.2	矩形孔打碎加工宏程序的编程	228
6.3	直线留筋步冲加工宏程序的编程	230
6.3.1	两端留筋直线步冲加工宏程序的编程	230
6.3.2	中间留筋直线步冲加工宏程序的编程	232
6.4	方孔留筋不落料加工宏程序的编程	233
6.4.1	不带圆角方孔留筋不落料加工宏程序的编程	233
6.4.2	带圆角方孔留筋不落料加工宏程序的编程	235
6.5	几何轮廓直接编程（GDP）功能的编程	237
6.5.1	几何轮廓的分析	237
6.5.2	指令中使用的符号和含义	239
6.5.3	数据的输入	239
6.5.3.1	直线数据的输入	240
6.5.3.2	圆弧数据的输入	241
6.5.3.3	数据的还原、处理与整理	242
6.5.3.4	双元素输入与单元素输入指令汇总	244
6.5.3.5	公用变量初始化	245
6.5.4	直线—直线（含等边倒角、过渡圆弧）的宏程序编程	246
6.5.5	直线—圆弧（含过渡圆弧）的宏程序编程	250
6.5.6	圆弧—直线（含过渡圆弧）的宏程序编程	255
6.5.7	圆弧—圆弧（含过渡圆弧和切线）的宏程序编程	260

6.6 非圆曲线轮廓的宏程序编程	268
6.6.1 非圆曲线轮廓插值节点的计算	268
6.6.2 指数函数曲线轮廓的宏程序编程	270

第 1 章 编程基础

1.1 数控机床的组成及工作原理

1.1.1 数控机床的组成

数控机床是由数控系统和机床本体两大部分组成的。

数控系统主要由数控装置（包括内置 PLC）、进给伺服系统、主轴伺服系统等部分组成。进给伺服系统由进给驱动单元、进给电动机和位置检测装置组成。主轴伺服系统由主轴驱动单元和主轴电动机组成。

机床本体由机床机械部件、强电、液压、气动、润滑系统等组成。

数控系统一般由数控系统生产厂制造，由机床制造厂将其连到机床上。数控系统控制机床的切削运动和顺序逻辑动作。机床通过 PLC（可编程机床逻辑控制器）或称 PMC（可编程机床控制器）（多为内置），经机床制造厂编制的顺序逻辑控制程序，执行顺序逻辑动作。另外，机床制造厂还需设置机床的固有参数，使通用的数控系统个性化，实现数控系统与机床的有机结合。

数控系统控制机床对工件的切削运动和特定的顺序动作，是数控系统运行由用户编制的零件加工程序实现的。所以，零件加工程序也是数控机床不可缺少的重要组成部分。如果零件加工程序编不出来，则机床便无法工作。

数控冲床的加工对象为板材，在机床结构上只有板材的移动为数控驱动，而且多为半闭环控制。冲削运动有机械和液压两种。冲模（刀具）装在转塔上，称转塔数控冲床。刀具也可装在机床外，经机械手把所用的刀具换到冲压位置进行冲削加工。

数控冲床的组成框图见图 1-1。

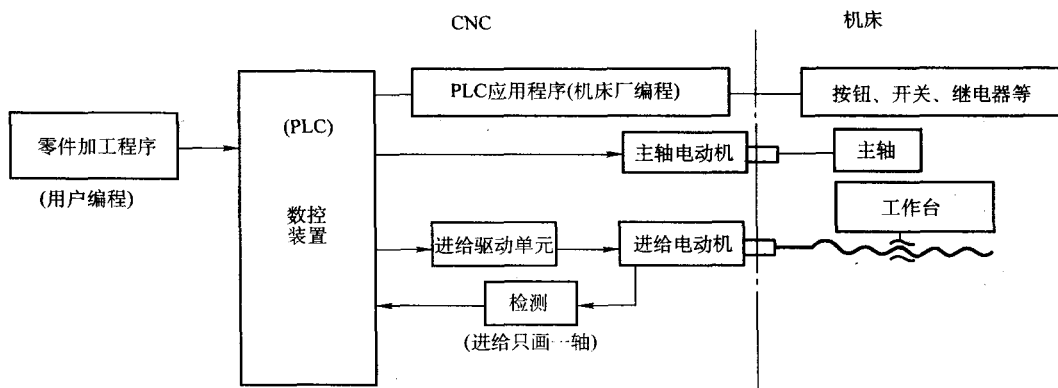


图 1-1 数控冲床的组成框图

1.1.2 数控机床的工作原理

数控系统运行零件加工程序，以实现数控机床对零件的加工。

首先，数控系统将零件加工程序逐段译码，进行数据处理。数据处理又包括刀心轨迹计算和进给速度处理两部分。

系统将经过数据处理后的程序数据分成两部分。一部分是机床的顺序逻辑动作。这些数据送往 PLC，经处理后，控制机床的顺序动作。送往 PLC 的数据包括：

(1) 辅助控制功能 (M 功能) 控制主轴旋转和停止，快速冲压和慢速冲压，夹板开/关，刀具的交换，以及机床的其他开关动作。

(2) 主轴速度控制 (S 功能) 指令主轴的转速，以控制冲头上下冲削加工的频率。

(3) 选刀功能 (T 功能) 如有刀库，指令所选刀具到达换刀位；如有刀塔，则指令刀具转到加工位置。

另一部分是机床的切削运动。程序数据经插补处理、位置控制、速度控制，驱动坐标轴进给电动机，使坐标轴作相应的运动。为保证运动的连续性，要求系统要有很强的实时性，以保证零件的加工质量。这是数控系统控制机床的重要部分。

逐段处理，直至完成了一个完整的加工。运行框图如图 1-2 所示。

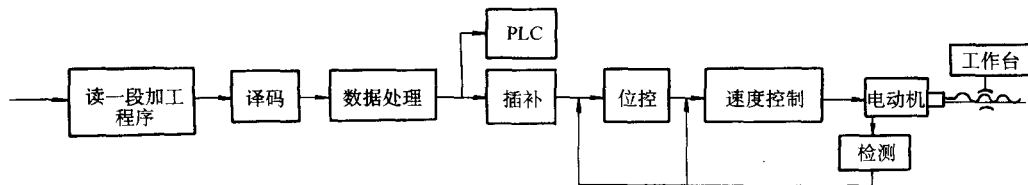


图 1-2 数控机床工作原理框图

1.2 零件加工程序的编制方法

1.2.1 概述

数控机床是按照零件加工程序对工件进行加工的。一个好的加工程序不仅能保证加工出符合要求的工件，还应能充分发挥数控机床的功能，使其安全、可靠、高效地运行。

零件加工程序是数控系统的一个重要组成部分。据国外统计，在数控机床停机的原因中，有 20% ~ 30% 是由于编不出加工程序。为提高数控机床的利用率，程序员应努力提高编程能力，迅速编制出优良的零件加工程序。

不同的数控系统，甚至不同的数控机床，它的零件加工程序的指令是不同的。编程时必须按照数控机床的规定进行编程。

按照图样及工艺编制零件加工程序，有直接编程 (DP) 和辅助编程 (AP) 两种^①，如

① 原称手工编程和自动编程。实际上，随着数控系统功能的提高和计算机的普及，手工编程的几个步骤，例如数值计算、编写加工程序单、制作穿孔纸带等，基本上不用手工进行了，所编的零件程序也不是系统执行的加工程序，而且，早已实现了无纸带加工。自动编程 (APT) 早已发展为辅助编程 (CAM)。因此，按对象区分为直接编程和辅助编程。——作者注

图 1-3 所示。

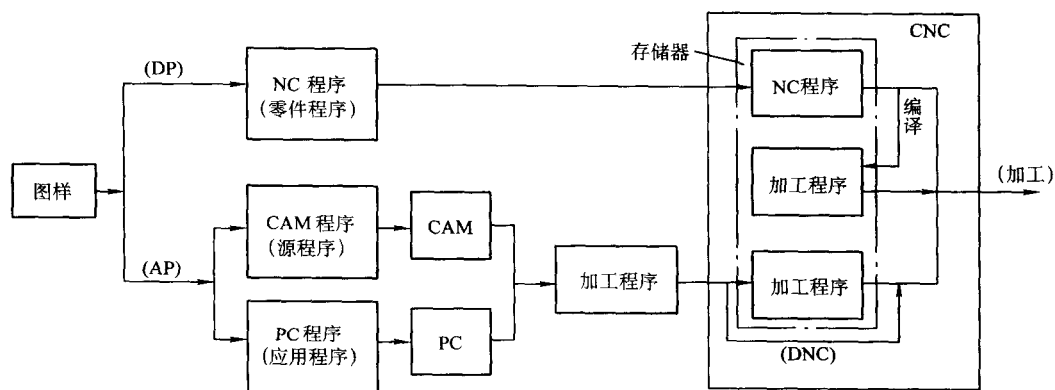


图 1-3 程序编制框图

本书主要以 FANUC - BESK 0P 为例，介绍冲削加工的直接编程技术。因各系统的功能差别较大，机床更是性能各异，在实际编程时，要以机床的说明书为准。

1.2.2 直接编程

直接编程是指程序员用数控机床提供的指令直接编写出零件数控程序及相关技术文件。由于直接编程能充分发挥数控系统的功能及编程员的工艺和加工经验，不必再用其他编程设备，随着数控系统编程功能的不断增强，直接编程有着广阔的应用前景。

直接编程按其数据输入及处理方式，可分为三类：

第 1 类，用 ISO（国际标准化组织）代码编程。一个代码代表一个意义或刀具的一步运动，或代表一组意义或一组运动。按其性质，可分为基本代码编程和简化编程以及补偿功能等。简化分为两方面，一方面简化是一个指令代表几步甚至几十步的运动，如模式功能、宏指令等，另一方面简化是简化数值点的计算，如意大利 ECS 公司的 GAP 编程，以及美国 A - B 公司的 GTL 编程，法国 NUM 的 PGP 编程。另外，由于数控系统开发了样条插补（NURBS）功能，可以直接处理离散点。有的系统开发了抛物线等非圆曲线插补功能，使非圆曲线加工编程变得简捷，直接编程能力在不断提高。

第 2 类，用户宏程序编程。系统提供了变量、数据计算、程序控制等功能，用户自己用这些功能去编程，完成一个功能或一组功能的加工。用户宏程序功能使平面非圆曲线、柱面曲线、空间解析曲线及曲面的编程变得简捷。用户宏程序还可以编制其他功能，如模式功能、宏指令、测量功能、控制功能等。

第 3 类，会话编程，它用图形进行数据输入，经数控系统内部编译处理后，生成 ISO 代码加工程序。日本 MAZAK 公司的数控系统及 FANUC 系统等都有此功能。

1.2.3 CAM 辅助编程

CAM 又称计算机辅助制造。它能够生成零件加工程序。但编程机要求的数据，又称源程序，仍需编程员编入。零件源程序，经编程机前置处理、后置处理，生成零件加工程序。由于它的强大的数据处理功能，被广泛地应用在自由曲面的三轴至五轴的数控编程中。但由

于它的后置处理功能相对较低,不能充分发挥数控系统的功能,加工程序冗长,有时所编程序仍需人工做修改,影响了它的应用效果。由于数控系统功能的提高,现已基本具备 CAM 辅助编程中的平面 (2D) 编程功能,有的冲削数控系统的编程功能已经可以和 CAM 相媲美。

CAM 辅助编程就其源程序的生成方法,可分为:

(1) APT 语言编程 用 APT 语言对工件、刀具的几何形状及刀具相对工件的运动进行描述,产生刀位文件,再经后置处理,生成数控加工程序。

(2) 图形输入编程 以图形交互方式生成工件的几何形状及刀具相对工件的运动,再生成数控加工程序。现在这种方式应用较多。

(3) CAD/CAM 编程系统 以计算机辅助设计 (CAD) 建立的几何模型为基础,再以计算机辅助制造 (CAM) 为手段,生成数控加工程序。

1.2.4 PC 辅助编程

数控系统的编程功能基本上是数控系统制造厂家为数控机床用户提供的编程功能。CAM 辅助编程也是 CAM 制造者为数控机床用户提供的编程工具。他们为机床用户提供的功能,有时不能满足机床用户的需要,或并不是最适合机床用户的具体需要,这时,就需要程序员利用 PC,自己动手开发,以弥补数控系统和 CAM 功能的不足。这是程序员施展能力的舞台。因此,程序员要熟悉计算机编程语言,充分发挥 PC 的功能,以展示自己的聪明才智。

1.3 坐标系及坐标方向

以数字量描述坐标,需要建立坐标系。数控机床用户、数控机床制造厂及数控系统生产厂家要统一,则必须有一个统一的坐标系标准。

1.3.1 标准坐标系

国际标准化组织 (ISO) 对数控机床的坐标和方向制订了统一的标准 (ISO 841: 1974),我国也等同采用了这个标准,制定了 JB/T 3051—1991 数控机床坐标和运动方向的命名。

标准规定标准坐标系为右手直角笛卡儿坐标系^①;规定基本的直线运动坐标轴用 X 、 Y 、 Z 表示,围绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A 、 B 、 C 表示;规定空间直角坐标系 X 、 Y 、 Z 三者的关系及其方向由右手定则判定,姆指、食指、中指分别表示 X 、 Y 、 Z 轴及其方向, A 、 B 、 C 的正方向分别用右手螺旋法则判定,即姆指分别代表 X 、 Y 、 Z 的正向,则其余 4 指握拳代表回转轴正向。工件固定而刀具移动时采用上面规定的法则;工件移动而刀具固定时,正方向反向,并加 “'” 表示, $+X$ 、 $+Y$ 、 $+Z$ 变为 $+X'$ 、 $+Y'$ 、 $+Z'$,如图 1-4 所示。

这样规定之后,程序员在编程时不必考虑具体的机床是工件固定,还是工件移动的情

^① 并联机床 (又称六条腿机床) 并未按标准坐标系设计。——作者注。

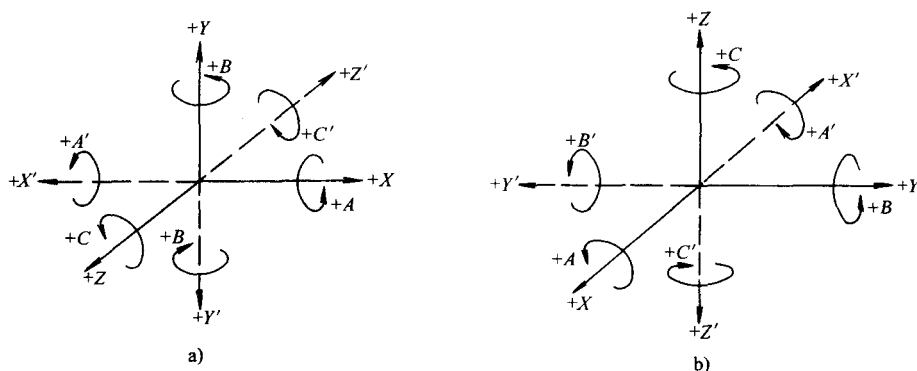


图 1-4 右手直角笛卡儿坐标系
a) Z 轴为卧式时 b) Z 轴为立式时

况，永远假定工件不动，刀具移动来决定机床坐标的正方向。

1.3.2 坐标轴及方向的确定

标准规定：机床某部件运动的正方向，是增大工件和刀具之间距离的方向。

(1) Z 轴 Z 轴是由传递切削力的主轴决定的。对于铣、钻、镗等机床，主轴带动刀具旋转，与主轴平行的坐标轴即为 Z 轴。在钻、镗加工中，钻入和镗入工件的方向为 Z 轴的负方向，而退出的方向则为正方向。对于冲床，主轴带动冲锤，冲削方向即为 Z 轴方向，冲入工件的方向为 Z 轴的负方向，而退出的方向则为正方向。由于目前冲削运动为机械和液压控制，因此这类冲床没有 Z 轴。

(2) X 轴 X 轴一般是水平的，与工件装夹基面平行。对于刀具旋转的机床（铣床、镗床、钻床等），如 Z 轴是垂直的，当面对刀具主轴向立柱看时， X 轴的正方向指向右；如 Z 轴是水平的，当从主轴向工件方向看时， X 轴的正方向指向右。对于冲床， Z 轴（如果有的话）是垂直的，当面对刀具主轴向立柱看时， X 轴的正方向指向右。

(3) Y 轴 Y 轴垂直于 X 、 Z 轴，根据 X 和 Z 轴的正向，按右手直角笛卡儿坐标系判断。

(4) 回转运动 A 、 B 、 C 轴 表示其轴线相应地平行于 X 、 Y 、 Z 坐标的回转运动。

(5) 附加坐标轴 如果在 X 、 Y 、 Z 主要轴之外，还有平行于它们的直线运动坐标轴，可分别指定为 U 、 V 、 W 。如还有第三组运动，则分别指定为 P 、 Q 、 R 。回转坐标轴在 A 、 B 、 C 之外，还可指定 D 、 E 轴。

(6) 主轴旋转运动方向 主轴的顺时针旋转方向（正转）是按照右旋螺纹旋入工件的方向。

有一转塔数控冲床的坐标轴方向如图 1-5 所示：

工作台上支承板材，按 X 方向分成三部分，中间部分不移动，两侧台面沿 Y 轴移动。为不划伤板面，台面上密布钢球，有的还增加尼龙刷作辅助支承。 X 轴在横垮 Y 轴台面的横梁上移动，带动工件夹钳使板料移动。主轴的冲压运动沿 Z 轴方向移动，主轴在 XY 平面内不运动。模具（刀具）是安装在转塔上，转塔的旋转为 T 轴。转塔上有旋转工位，非圆模具在转塔的旋转工位作旋转移动，即 C 轴运动。

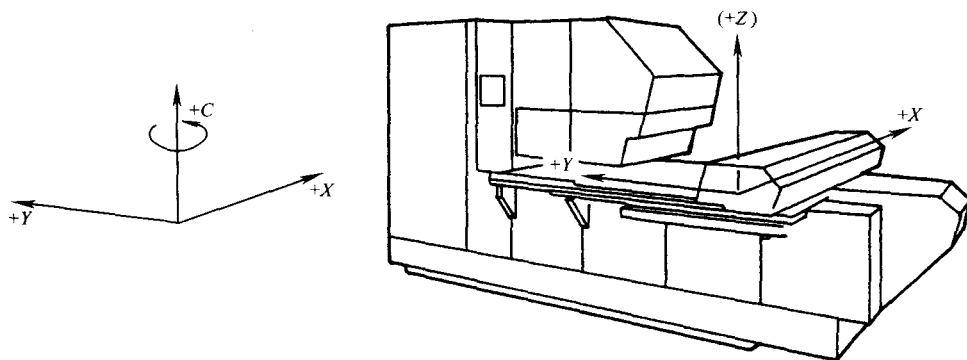


图 1-5 坐标轴及坐标方向

1.3.3 电气坐标系

电气坐标系是与标准坐标系平行的坐标系，是数控系统在处理编程数据时的坐标系。在数控系统中坐标轴所用的位置检测元件确定之后，检测元件的零点即是电气坐标系的原点。

1.3.4 机床坐标系

机床坐标系也是与标准坐标系平行的坐标系。它是在电气坐标原点的基础上，沿电气坐标轴偏移一个距离。这个偏移距离，由机床制造者调试后将其设置在参数中，此点即参考点。参考点即是机床原点。如果数控系统采用相对位置检测元件时，在机床通电后，需做手动返回参考点操作，以建立机床坐标系。机床参考点是电气坐标系上的一个固定点，它是机床补偿功能和行程软限位的基准点，机床使用者不要随意更动。

机床坐标系在编程时是以刀具基准点（以下简称基准点）来体现的。在机床坐标轴返回到参考点时，机床在机床零点上，刀具基准点与机床零点重合，此时机床坐标系坐标轴的显示值为0。冲削加工的机床，X、Y轴的基准点在主轴中心上。

1.3.5 工件坐标系

工件坐标系是以机床坐标系为基准平移而成的。这个偏移量由机床操作者设置在工件坐标系设定指令中或坐标偏移存储器中。编程员在工件坐标系内编程，编程时，不必考虑工件在机床中的实际位置。

工件坐标系的建立，是设定工件坐标系原点与机床坐标原点的距离关系。实际上，是设定工件坐标系原点与机床在参考点上时的基准点之间的距离，如图 1-6 所示。当机床在参考点上时，由原点定位块和工件夹钳定位面决定的工件坐标原点，实际上就是机床的左下行程极限。

加工程序指令的坐标值是刀位点在工件坐标系中的坐标值。冲削加工的机床，X、Y轴的刀位点亦在主轴中心上。编程员在编程时，可以用绝对坐标值，也可以用相对坐标值。

用绝对坐标值指令时，刀具（或机床）运动轨迹是以工件坐标原点给出的。

用相对坐标值指令时，刀具（或机床）运动轨迹是相对于前一个位置计算的，又称增量坐标值。