



国产数控系统应用技术丛书



蓝天数控系统 编程与操作手册

LANTIAN SHUKONG XITONG BIANCHENG
YU CAOZUO SHOUCHE

主 编 林 洵

副主编 王 品 黄 艳 李 岩



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

国产数控系统应用技术丛书

蓝天数控系统编程与操作手册

主 编 林 洵

副主编 王 品 黄 艳 李 岩

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

全书以蓝天数控系统编程指令为例,分为数控车床加工工艺与编程、数控铣床加工工艺与编程两大部分,主要内容包括:数控车削加工基础、外圆与端面加工、锥面与圆弧加工、沟槽及螺纹加工、数控车床加工程序综合实例、数控铣削加工基础、外形轮廓的铣削加工、孔加工、用户宏程序编程、坐标变换、数控铣床加工程序综合实例。

本书可作为从事数控加工的技术人员、编程人员、工程师和管理人员的参考书,也可供高等院校、职业学院相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

蓝天数控系统编程与操作手册/林浒主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.6
(国产数控系统应用技术丛书)
ISBN 978-7-5680-2232-3

I. ①蓝… II. ①林… III. ①数控机床-数控系统-程序设计-教材 ②数控机床-数控系统-操作-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 235482 号

蓝天数控系统编程与操作手册

林 浒 主 编

Lantian Shukong Xitong Biancheng yu Caozuo Shouce

策划编辑:万亚军

责任编辑:刘 飞

封面设计:原色设计

责任校对:李 琴

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:710mm×1000mm 1/16

印 张:22.25

字 数:472千字

版 次:2017年6月第1版第1次印刷

定 价:79.80元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

一个国家数控机床的水平和拥有量是衡量其工业现代化程度、衡量国家综合竞争力的重要指标。数控机床的出现及其带来的巨大效益,引起了世界各国科技界和工业界的普遍重视。发展数控机床是当前我国机械制造业技术升级的必由之路,是未来实现数字化工厂的基础。数控机床的大量使用,需要大批熟练掌握现代数控技术的人员。数控技术的应用不但给传统制造业带来了革命性的变化,而且随着数控技术的不断发展和应用领域的扩大,它对国计民生的一些重要行业的发展起着越来越重要的作用。

沈阳高精数控智能技术股份有限公司是国内从事数控系统、驱动装置、伺服电动机、自动化产品及相关机床电子产品研发、生产的高技术企业,是中国科学院沈阳计算技术研究所高档数控国家工程研究中心的产业化实体,致力于成为中高档数控系统产品的领先提供商。高精数控公司形成了开放式体系结构、5轴联动与复合加工控制、高速高精的运动控制、数控系统现场总线及网络化控制等多项高档数控系统的核心技术,研发了覆盖高档、中档、普及型及专用型的多个系列数控系统产品、机器人控制器以及面向数字化车间的网络化监控与管理系统等,在国内树立了以高性能为特色的“蓝天数控”品牌。目前公司的数控产品已广泛应用于具有多轴联动和多通道控制功能的5轴联动加工中心、复合加工中心、全功能数控车床、磨床、雕铣机床、木工机械等,“蓝天数控”已成为国内数控领域有影响力的品牌之一。

数控加工是现代制造技术的典型代表,在制造业的各个领域有着越来越广泛的应用。伴随着全球制造业的发展趋势,对数控加工的需求必将呈现持续的高速增长,随之而来的是对数控加工过程中编程与操作人员广泛而迫切的需求。

数控编程是一门实践性很强的技术,本书以“蓝天数控”的两款主流产品GJ301M/GJ301T数控系统的编程指令为主要编程语言,并结合实际进行详细讲解,突出实用性。同时,配合精选的编程实例,以使读者对数控编程有更直观的认识,能够高效率、高质量地学习数控编程技术。

本书可作为从事数控加工的技术人员、编程人员、工程师和管理人员的参考书,也可作为高等学校、职业技术学院、培训中心、企业内部的技能培训教材。

本书由林浒担任主编,由王品、黄艳、李岩担任副主编。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者提出宝贵的意见和建议。

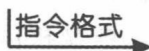
图标的说明

为了使读者更好地了解书中讲述的内容,本书使用了如下图标,作提示之用。

 **注意** 表示需要熟记的重要事项。

 **例** 表示具体实例。

 **说明** 表示对难理解的内容进行解释。

 **指令格式** 表示对编程过程中的指令格式进行说明。

目录

MULU

第 1 章 概述	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 符号说明	(2)
第 2 章 数控系统的编程	(3)
2.1 数控系统的程序编制	(3)
2.1.1 零件加工程序	(3)
2.1.2 坐标系统	(3)
2.1.3 程序段格式	(6)
2.1.4 模态分组	(14)
2.2 准备功能(G 代码)	(15)
2.2.1 G 代码一览表(T)	(16)
2.2.2 G 代码一览表(M)	(18)
2.3 辅助功能	(21)
2.3.1 M 指令	(21)
2.3.2 S 指令	(25)
2.3.3 T 指令	(25)
2.3.4 进给速率(F)	(26)
2.4 准备功能编程指令	(26)
2.4.1 定位(G00)	(26)
2.4.2 直线插补(G01)	(26)
2.4.3 圆柱螺旋线插补(G02/G03)	(28)
2.4.4 暂停(G04)	(32)
2.4.5 圆柱插补(G07.1)	(32)
2.4.6 程序段精确停(G09)	(34)
2.4.7 可编程数据输入(G10)	(34)
2.4.8 极坐标插补(G12.1/G13.1)	(36)
2.4.9 开槽信号输出(G13)	(38)
2.4.10 极坐标编程(G15/G16)	(39)
2.4.11 平面选择(G17/G18/G19)	(44)
2.4.12 英制/公制转换(G20/G21)	(45)
2.4.13 存储行程检测(G22/G23/G38/G39)	(46)

2.4.14	返回机床参考点(G28/G29/G30)	(47)
2.4.15	返回参考点检查(G27)	(49)
2.4.16	程序跳转功能(G31)	(50)
2.4.17	刀尖半径补偿 C(G40~G42)(T)	(52)
2.4.18	刀具半径补偿 C(G40~G42)(M)	(54)
2.4.19	刀具半径补偿详细说明	(60)
2.4.20	刀具长度补偿(G43/G49)(M)	(73)
2.4.21	比例缩放(G50/G51)	(74)
2.4.22	局部坐标系(G52)	(76)
2.4.23	机床坐标系(G53)	(76)
2.4.24	选择工件坐标系(G54~G59)	(77)
2.4.25	设置运动模式(G61/G61.1/G64)	(78)
2.4.26	宏程序调用(G65/G66/G67)	(79)
2.4.27	坐标系旋转 M(G68、G69)	(85)
2.4.28	固定切削循环 M(G81~G89)	(87)
2.4.29	简化编程功能 T	(104)
2.4.30	绝对值/增量值编程(G90/G91)	(126)
2.4.31	坐标偏移设置(G92/G92.1/G92.2/G92.3)	(127)
2.4.32	进给率模式设置(G93/G94/G95)	(128)
2.4.33	主轴表面恒线速控制(G96/G97)	(129)
2.4.34	设置固定循环退刀模式(G98/G99)	(130)
2.5	其他	(130)
2.5.1	开关	(130)
2.5.2	一行中指令执行顺序	(132)
2.5.3	程序控制指令	(132)
2.5.4	任意角度倒角/圆弧过渡	(134)
2.5.5	进给轴同步控制	(136)
2.5.6	主轴同步控制	(137)
2.5.7	耦合轴	(138)
2.5.8	换刀点功能	(139)
2.5.9	控制轴卸载功能	(140)
2.5.10	示教指令	(141)
2.6	典型零件的铣削编程	(141)
2.6.1	标准型铣削基本功能测试	(141)
2.6.2	铣削循环功能演示示例说明	(142)
2.6.3	标准型铣削循环功能测试	(145)
2.6.4	铣削循环功能演示示例说明	(145)
2.6.5	标准型系统轮廓控制功能测试(MZ2.1)	(154)

2.6.6	加工模式下最大形状误差刀具对比图	(157)
2.7	典型零件的车削编程	(159)
2.7.1	零件图样	(159)
2.7.2	刀具的选择与安装	(161)
2.7.3	工件的装夹	(163)
2.7.4	试切	(164)
2.7.5	坐标系的确定 G54、G92	(164)
2.7.6	刀具参数设置和切削参数确定	(166)
2.7.7	加工程序(示例)	(168)
2.7.8	程序的输入、校验与运行	(182)
第3章	数控系统的操作	(188)
3.1	系统的上电与下电	(188)
3.2	操作面板及显示界面概述	(188)
3.2.1	操作面板	(188)
3.2.2	显示屏	(196)
3.3	位置信息	(197)
3.3.1	手动连续进给	(197)
3.3.2	手轮进给	(199)
3.3.3	轴回零	(200)
3.3.4	MDI 运行	(203)
3.3.5	自动运行	(204)
3.3.6	系统复位	(213)
3.3.7	坐标屏幕切换	(213)
3.3.8	软 IO	(213)
3.3.9	机床其他操作	(214)
3.4	图形显示	(218)
3.5	刀具偏置	(219)
3.5.1	刀具偏置	(219)
3.5.2	手动刀具测量流程	(221)
3.6	参考点	(222)
3.6.1	配置参考点	(222)
3.6.2	对刀(M)	(223)
3.6.3	对刀(T)	(225)
3.6.4	分中	(226)
3.6.5	自动对刀(M)	(227)
3.7	程序编辑	(229)
3.7.1	程序编辑的操作步骤	(229)
3.7.2	程序文件的命名规则	(231)

3.8 示教编程功能	(231)
3.8.1 示教编程功能概述	(231)
3.8.2 示教程序创建及打开	(231)
3.8.3 示教程序编辑	(233)
3.8.4 示教点操作	(233)
3.8.5 全局示教点	(234)
3.9 文件操作	(235)
3.9.1 文件操作的步骤	(235)
3.9.2 远程文件的步骤	(236)
3.10 报警信息	(236)
3.11 系统配置	(237)
3.11.1 变量设定	(237)
3.11.2 参数配置	(239)
3.11.3 备份与恢复	(240)
3.11.4 M 代码设定	(241)
3.11.5 PLC	(243)
3.11.6 螺距误差补偿设定	(244)
3.11.7 随机刀具表	(246)
3.11.8 软 IO 设定	(246)
3.11.9 零漂补偿	(248)
3.11.10 系统升级	(249)
3.11.11 切换用户	(250)
3.11.12 诊断	(252)
3.11.13 统计	(254)
3.12 帮助	(255)
3.13 关闭系统	(256)
第 4 章 附录	(257)
4.1 机床参数	(257)
4.1.1 铣床参数概述	(257)
4.1.2 车床参数概述	(269)
4.2 参数详细说明	(280)
4.3 操作报警信息	(324)
4.4 编程报警信息	(325)
4.5 运动报警信息	(342)
参考文献	(346)

第1章 概述 >>>>>

1.1 概 述

蓝天数控 GJ301M/GJ301T 系统是新一代开放式高性能数控系统,采用工业级 PC 硬件平台、Linux 操作系统及实时内核、内嵌 PLC 等先进的软硬件技术,CNC 与伺服具有模拟式、总线式两种驱动方式。系统的基本配置为四轴三联动,I/O 点数配置为 80 输入/52 输出。内嵌 PLC 遵循 IEC61131-3 标准,采用用户熟悉的梯形图编程,具有丰富的 NC-PLC 编程接口及强大的系统调试与监控功能。在保证加工精度、速度和效率的基础上,采用具有自主知识产权的加减速控制算法、小线段加工控制算法及三次样条插补算法等,进一步提高了系统的加工适应性。同时,开放式的体系结构为系统功能的扩展提供了便利。

产品技术特点:

- (1) X,Y,Z 三轴联动,可选配第四轴;
- (2) 最小设定单位 0.001 mm/0.001 deg;
- (3) 内嵌式工业 CPU(中央处理器)板卡,采用大容量 FPGA(现场可编程门阵列)电路设计,功耗低,可靠性高;
- (4) 机械结构紧凑,坚固,散热性好,便于安装维护;
- (5) 配备 8.4 英寸真彩色 TFT 液晶显示屏;
- (6) 集成轴控制接口,本机 I/O 接口,外部 I/O 接口,网络接口和 USB 接口;
- (7) 内嵌遵循 IEC61131-3 标准的高速 PLC,基本指令处理时间 $3\mu\text{s}/\text{step}$;
- (8) 可支持 PLC 现场编辑和离线编辑;
- (9) 直观的操作界面,操作快捷方便;
- (10) 具有双向螺距误差补偿、反向间隙补偿、自动零漂补偿、刀具长度及刀具半径补偿功能;
- (11) 采用直线型和 S 曲线型加减速控制,适应高速、高精加工;
- (12) 采用微小线段的动态前瞻处理,可有效地实现小线段加工处理中的匀速和尖角过渡问题,从而改善工件的表面加工质量,提高加工效率;
- (13) 提供多种钻、镗、铣等循环功能及刚性攻螺纹;

- (14) 支持工件程序后台编辑和操作；
- (15) 支持系统配置文件和 PLC 逻辑文件的本机备份或 USB 备份；
- (16) 集成中英文界面显示；
- (17) USB 一键系统升级功能；
- (18) 支持 PC 与数控系统的远程控制。

蓝天数控 GT301M/GT301T 系统已广泛应用于各类机床(见图 1.1、图 1.2)。

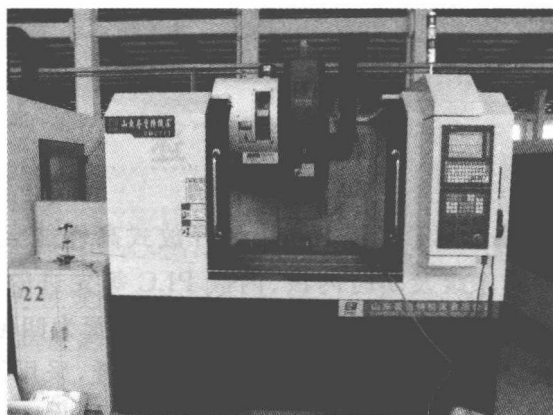


图 1.1 山东普鲁特机床



图 1.2 沈阳巨浪机床

1.2 符号说明

本书中使用的下列符号,其含义如下:

M:表示只有在铣削系列中有效的说明;

T:表示只有在车削系列中有效的说明;

IP_:表示任意轴的组别,诸如 X_ Y_ Z_...紧跟地址之后的下划线处,将输入坐标值等数值。

第2章 数控系统的编程 >>>>>>

2.1 数控系统的程序编制

2.1.1 零件加工程序

零件加工程序是数控系统的一个重要组成部分,数控系统将零件加工程序转化为对机床的控制动作来完成工件的加工。一个好的加工程序不仅能保证加工出符合要求的工件,还能充分发挥数控机床的功能,使其安全、可靠、高效地运行。

零件加工程序是由数控系统专用编程语言编写的,它的基本单位是程序段,一个程序是由一系列的程序段组成的。单一的一行指令叫做程序段,典型的程序段是由程序段号开始(也可以没有段号),后接一个和多个“字”。一个字由一个字母和一个数字或可求值的表达式组成(见表 2.1)。

表 2.1 加工程序的基本构成

段 号	字	字	字	.....	(注释)
N0010	G0	X15	Y0	.....	(第一个程序段)
N0020	G90	S1000	M3	.....	(第二个程序段)
N0030	G01	X50	.....	.....	.....
N0040	.....	.....	.....	.....	.....
N0050	M30	.....	.....	.....	(程序结束)

每个零件加工程序对应有一个程序名;程序名以字母或数字开头,在程序名中可以包含字母、数字、下划线“_”及横线“-”,文件后缀名可以为“. prg”“. nc”“. NC”“. .cnc”“. CNC”“. .ptp”“. PTP”;蓝天数控系统支持以上格式的工件程序的创建、运行、编辑、拷贝和删除等操作,而不符合命名规则的工件程序将不能被数控系统创建或被文件列表显示。

2.1.2 坐标系统

为简化编程和保证程序的通用性,对数控机床的坐标轴和方向命名制订了统一的标准,规定标准坐标系为右手直角笛卡儿坐标系,规定直线进给坐标轴用 X、Y、Z

表示,称为基本坐标轴 X、Y、Z。坐标轴的相互关系用右手定则决定,如图 2.1(a)所示,图中大拇指的指向为 X 轴的正方向,食指指向为 Y 轴的正方向,中指指向为 Z 轴的正方向。围绕 X、Y、Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A、B、C 表示,根据右手螺旋定则,如图 2.1(b)所示以大拇指指向 +X、+Y、+Z 方向,其余四指指向圆周进给运动的 +A、+B、+C 方向。

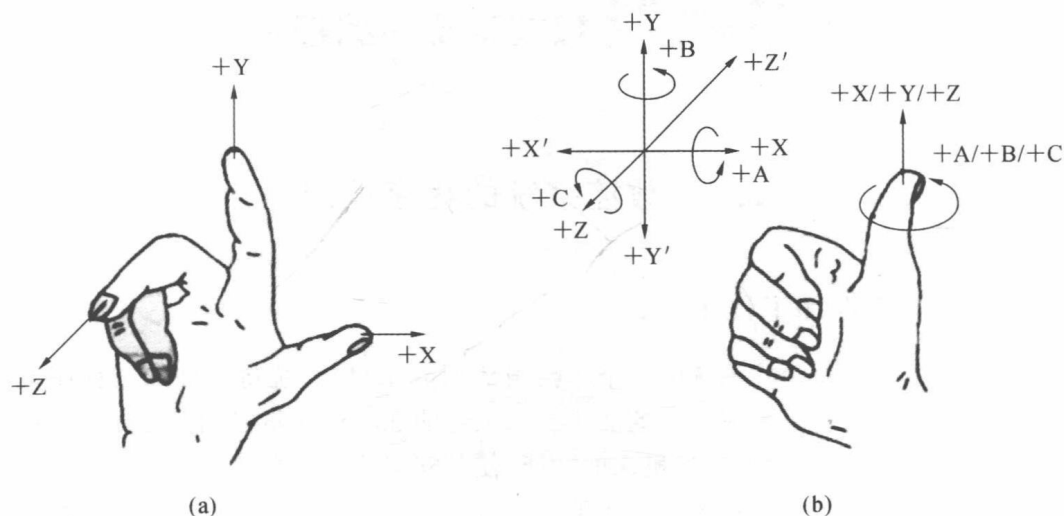


图 2.1 机床坐标系

1) Z 坐标的确定

规定平行于主轴轴线的坐标为 Z 坐标,对于没有主轴的机床,则规定垂直于工件装夹表面的方向作为 Z 坐标轴的方向。Z 轴的正方向是使刀具离开工件的方向。

2) X 坐标的确定

在刀具旋转的机床上,如铣床、钻床、镗床等,若 Z 轴是水平的,则从刀具(主轴)向工件看时,X 轴的正方向指向右边;如果 Z 轴是垂直的,则从主轴向立柱看时,X 轴的正方向指向右边。上述方向都是刀具相对工件运动而言的。

在工件旋转的机床上,如车床、磨床等,X 轴的运动方向是工件的径向并平行于横向拖板,刀具离开工件旋转中心的方向是 X 轴的正方向。

3) Y 坐标的确定

在确定了 X、Z 轴的正方向后,可按右手直角笛卡儿坐标系,用右手螺旋法则来确定 Y 坐标的正方向,即在 ZX 平面内,从 +Z 转到 +X 时,右螺旋应沿 +Y 方向前进。

1. 机床坐标系

机床上某一特定点,可作为该机床的基准点,该点称为机床原点,把机床原点设定为坐标系原点的坐标系称为机床坐标系。机床原点是机床上的一个固定点,由制造厂商确定。它是其他所有坐标系的基准点,如工件坐标系、编程坐标系及机床参考点。铣床的零点位置,各机床生产厂家不一致,有的设置在机床工作台中心,有的设置在进给行程范围的终点(见图 2.2)。

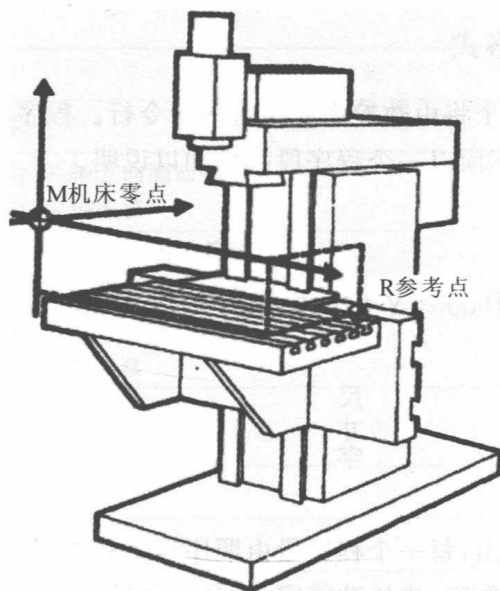


图 2.2 机床原点

2. 工件坐标系

工件坐标系是为了确定工件几何要素(点、直线、圆弧)的位置而建立的坐标系。工件坐标系的原点即是工件原点。选择工件原点时,最好把工件原点放在工件图的尺寸能够方便地转换成坐标值的地方。铣床工件原点,一般设在工件外轮廓的某一个角上,进刀深度方向的零点,大多取在工件表面。

在加工时,工件随夹具在机床上安装后,测量工件原点与机床原点间的距离(通过测量某些基准面、线之间的距离来确定),这个距离称为工件原点偏置(是机床原点在工件坐标系中的绝对坐标值),如图 2.3 所示。在零件加工之前,将该偏置值预存到数控系统中,加工时,工件原点偏置值会自动附加到工件坐标系上,使数控机床实现准确的坐标移动。因此,编程人员可以不考虑工件在机床上的安装位置,直接按图纸尺寸编程即可。

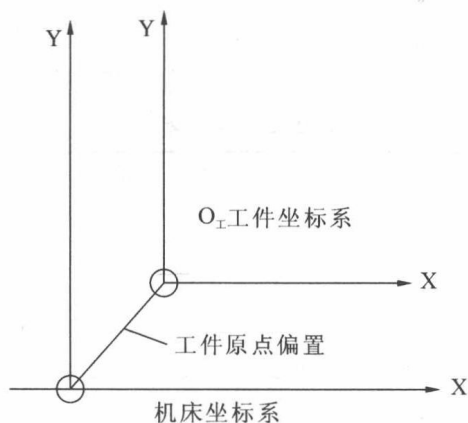


图 2.3 工件坐标系

2.1.3 程序段格式

一个程序段定义一个将由数控系统执行的指令行。程序段的格式定义了每个程序段中功能字的句法,下面以一个程序段举例加以说明。



N100	G01	X+1000	Y+2000	Z-1500	F500	S1000	T12	M05
顺序号字	准备功能字		尺寸字		进给功能字	主轴功能字	刀具功能字	辅助功能字

由上述例子可以看出,每一个程序段由顺序号字和数据字组成,数据字又由准备功能字、尺寸字、插补参数字、进给功能字、主轴功能字、刀具功能字和辅助功能字等组成。字符意义请参见表 2.2。

1. 顺序号字

顺序号字也称为程序段号,是由字母“N”后面跟无符号整数(取值范围 0~99999999)组成,不能多于 8 位,但允许有前导 0(如:00009 是允许的)。段号可以重复,不必按大小顺序,可以没有段号。

段号可以位于程序段的开头、中间或末尾。例如: N10G1X100, G1N10X100,G1X100N10。

2. 数据字

数据字是由一个字母(不包括“N”)跟一个“实值”组成。字的起始字符在表 2.2 中列出。为了完整,此表包括了字符“N”(上面已定义),行号不是一个“字”。一些字母(I,J,K,L,P,R)在不同的情况下有不同的含义。

“实值”指的是经过处理后可以得到一个数值的字符串,“实值”可以是数字(如 341 或-0.8807)、一个参数值、一个表达式或一个一元操作值。处理字符串以得到一个数值的过程称为“求值”,数字求值的结果就是其本身。

表 2.2 字符含义

字 符	含 义
A	机床的 A 轴
B	机床的 B 轴
C	机床的 C 轴
D	刀具半径补偿
F	进给率
G	G 功能

续表

字 符	含 义
H	刀长偏置索引
I	圆弧编程时:X轴方向圆心偏移; 固定循环时:X轴偏移
J	圆弧编程时:Y轴方向圆心偏移; 固定循环时:Y轴偏移
K	圆弧编程时:Z轴方向圆心偏移; 固定循环时:Z轴偏移
L	固定循环时,用做重复次数; G10时,用做关键词
M	辅助功能
N	段号
P	固定循环时:停顿时间; G04时:停顿时间; G10时,用做关键词
Q	G83固定循环时:进给增量
R	圆弧半径; 固定循环R平面
S	主轴速度
T	刀具选择
U	机床的X轴增量
V	机床的Y轴增量
W	机床的Z轴增量
X	机床的X轴
Y	机床的Y轴
Z	机床的Z轴

1) 数值

一个“数字”指的是 0~9 中的一个数字。

一个数值可以包含：

(1) 正号,负号,或没有正负号;(2) 1 个或多个数字;(3) 一个小数点。

有两种数值:整数(无小数点)和实数(有小数点)。

不带符号的非零数值被认为是正数。

在数值前面的 0 和小数点后面的 0 是允许的,求值的时候将被忽略。

数控语言中,在一些特殊用途时,数值的取值范围可能是被限制的。在许多情况下,要求带有小数的实数足够接近一个整数(实数与整数两者之差不超过 0.0001),例如参数索引、刀具号。

2) 表达式和二元运算符

表达式由方括号和字符串组成。在方括号内,有数值、程序变量、数学运算符和其他表达式。表达式应可“求值”为一个数值。程序行中的表达式将在执行任何操作之前被求值。表达式的例子如下:

$[1 + \cos[0] - [\#3 * [4.0/2]]]$

二元运算符只能出现在表达式中。下面是蓝天数控系统中定义的二元运算符。

- 四个基本数学运算:加(+)、减(-)、乘(*)、除(/);
- 逻辑比较运算:小于(LT),等于(EQ),不等于(NE),小于或等于(LE),大于或等于(GE),大于(GT);

- 三个逻辑运算:或(OR),异或(XOR),与(AND);
- 取模(求余数)(MOD),幂乘(**)。

上述二元运算符按优先级划分为五组。

- 第一组:幂乘;
- 第二组:乘、除、取模;
- 第三组:加、减;
- 第四组:逻辑比较运算;
- 第五组:逻辑或、逻辑与、逻辑异或。

其中,第一组优先级最高,依次是第二组、第三组、第四组,第五组优先级最低,同组的运算顺序是从左到右。

逻辑运算符和取模运算符也可以对实数运算,不限于整数。

数值 0 等价于逻辑非,非 0 的数值等价于逻辑真。

3) 一元函数

蓝天数控系统中的一元函数包括:

- ABS(绝对值);
- ACOS(反余弦);
- ASIN(反正弦);
- ATAN(反正切);
- COS(余弦);
- EXP(e 的幂);
- FIX(下取整);
- FUP(上取整);
- LN(自然对数);
- ROUND(最近取整);
- SIN(正弦);
- SQRT(平方根);
- TAN(正切)。