

精通

SINUMERIK 802D sl

数|控|铣|削|编|程

JINGTONG SINUMERIK 802D sl SHUKONG XIXIAO BIANCHENG

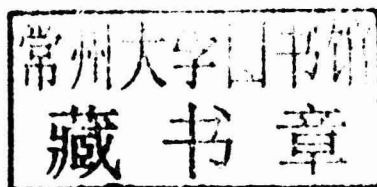
◎ 管华 魏长江 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

精通 SINUMERIK 802D sl 数控铣削编程

主 编 咎 华 魏长江
副主编 周繁荣 孙晓真
参 编 袁万宏 安 柯 曹彦生 屈长江
韩加喜 单春荣 刘 争 许迪迪
王 波 谢崇敏



机械工业出版社

本书采用指令讲解与实例剖析并重的手法,翔实地讲述了 SINUMERIK 802D sl 系统典型指令的功能及其应用范围和应用中的注意事项、多种编程思路及其实际效果对比,以及该数控系统特有的指令用法,旨在引领读者学习和体会西门子数控系统丰富的功能和内涵,避免在使用中出现常见的问题和错误。本书主要内容包括: SINUMERIK 802D sl 系统简介,铣削加工基本编程指令,参数编程的语句格式与技巧示例,标准工艺循环指令的应用,铣削加工编程实例解析, RCS 802 软件的使用。

本书可供使用西门子数控系统的工程技术人员及操作人员、大中专院校和各类职业学校数控专业师生以及各种数控技能大赛的选手阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

精通 SINUMERIK 802D sl 数控铣削编程/咎华, 魏长江编著. —北京: 机械工业出版社, 2012. 5

ISBN 978-7-111-37552-4

I. ①精… II. ①咎…②魏… III. ①数控机床: 铣床-程序设计
IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 029781 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: 赵磊磊 责任编辑: 赵磊磊 版式设计: 霍永明

责任校对: 常天培 封面设计: 张 静 责任印制: 李 妍

中国农业出版社印刷厂印刷

2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.75 印张·410 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-37552-4

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服 务 中 心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

序

进入 21 世纪, 全球产业格局正在调整, 我国正在成为全球最重要的制造业中心, 制造业已经成为我国国民经济的支柱产业之一。随着制造业的快速发展, 数控机床的应用已经渗透到机械制造业的各个领域, 数控机床成为制造业必不可少的基本加工设备。随着 CAD/CAM 软件的普及应用, 数控编程的模式逐渐向自动编程方向发展, 但 CAD/CAM 软件编程和手工编程有着各自的特长, 且现有的 CAD/CAM 软件不能满足所有数控系统的特殊功能。因此, 充分结合这两种编程模式, 对于提高编程的效率和質量有着重要的意义。最大限度地发挥数控机床的加工效率, 编制简洁合理的小容量数控程序, 使加工程序变得简洁、易读, 对现实加工来说, 有着很重要的实际意义。

西门子公司将中国作为其主要市场, 在中国成立了“西门子(南京)数控有限公司”, 集研发、生产、物流、技术支持于一体。本着中国设计、中国制造、全球销售的方针, 使中国成为全球最大的数控系统供应商之一。西门子数控技术与产品以其精湛的技术品质, 优秀的用户服务水平, 占有了较大的市场份额。西门子 SINUMERIK 数控系统走进了更多的企业, 日益成为数控应用人员不可或缺的朋友。快速掌握和提升 SINUMERIK 数控系统编程技术, 解决实际生产中的编程技术难点, 提升数控机床操作水平和生产效率是广大数控加工编程人员和操作者面临的课题。

《精通 SINUMERIK 802D sl 数控铣削编程》一书可使更多的数控编程人员充分利用西门子数控系统的资源, 进一步提高零件程序的编写水平。实用性是本书的主要特色。本书内容新颖, 既有基础知识, 又有当前编程技术中的热门问题。本书以西门子公司 802D sl 系统为背景, 介绍了数控系统的编程资源。并且通过大量完整的手工编程实例对数控系统中的编程指令、加工工艺循环、系统变量与自定义变量和 RCS 802 工具软件的用途和用法进行了详细的分析讲解。对实例中的图形介绍了多种可以实现加工的序, 可以使读者了解不同指令代码的格式用法、适用条件、使用技巧。读者通过本书的学习, 在进行手工编程时, 可以了解一些编程的疑难问题和编程技巧, 避免走弯路, 从中得到有益的启示。

本书没有局限于对 802D sl 系统编程手册中内容的介绍, 作者通过不断学习、探讨与实践, 提出了一些编写程序的实用技巧和方法, 拓展了编程员的视野。深入了解西门子数控系统的技术特色和不断挖掘 SINUMERIK 系统指令的应用技巧, 才能做到课堂知识与实践技能的完美组合, 才更有利于增加职业院校学生的就业竞争力, 满足市场对数控加工人员的技能要求。

数控加工不断朝高速、精密方向发展, 提高数控程序的编制质量和效率对于提升制造企业的竞争力有着重要的意义。数控编程作为数控加工的关键技术之一, 其程序的编制效率和質量在很大程度上决定了产品的加工精度和生产率。这也对数控加工人才的培

养等方面也提出了更高的要求。

本书既可供各类职业院校、技工学校数控专业师生参考，又可作为企业职工技能培训部门和数控机床厂家的培训用书，还可供车间数控编程人员参考。

希望本书能够对我国制造业的发展，对提高我国数控机床应用技术的整体水平贡献出一份力量。

王钢

前 言

西门子 SINUMERIK 数控系列产品广泛应用在我国众多企业中, 其中 SINUMERIK 802D sl (solution line) 系统是目前应用较多的中端产品, 于 2008 年年底全面取代了 802D 系统, 其优良的性价比和丰富的功能得到使用者的认可。各类制造业企业购置了大量数控机床, 急需一大批熟练掌握数控编程技术和加工操作的高技术人才。为了满足读者更加深入地学习和掌握 SINUMERIK 数控编程加工技术的需求, 满足已经具有一定使用水平的读者对提升自身编程技术的需求, 本书以 SINUMERIK 802D sl 系统为例来讲解其编程方法与操作知识。

针对不同的制造任务和不同的需求, 企业所选择的 SINUMERIK 802D sl 版本也有所不同, 在一本书中将所有情况描述清楚有一定的困难。本书以 802D sl T/M Plus (加强版) 版本为主, 来讲解其编程知识, 所列举的程序均在配置 SINUMERIK 802D sl 软件版本 V01.04.06.02 的数控铣床上通过验证。

本书作者根据自身编程实践体会和感悟, 在书中介绍了 802D sl 系统所能实现的大部分功能, 这不仅包含西门子公司官方公布的《编程与操作》手册中的内容, 还涵盖了实际加工中 SINUMERIK 802D sl 系统所能实现的其他功能。编程员和操作人员了解和掌握了这些指令功能, 有助于扩大视野, 在实际操作中能更加自如、方便地实现加工编程要求。

本书仍然保留了常用基本指令的介绍, 还包含了极坐标、轮廓编程等高级指令的使用方法, 重点讲解了工艺循环指令、参数编程、客户循环制作方法和 RCS 802 软件应用等方面内容。数控技术的发展日新月异, 为了使本书内容贴近读者的日常实际加工应用, 略去了系统某些不常用的指令, 对加工程序 RS232 串口传送没有介绍, 增加了 CF 卡使用方法和 RCS 802 软件网络传送方法的介绍。

本书的编写得到了西门子(中国)有限公司、北京联合大学、北京市汽车工业高级技工学校、山东省淄博信息工程学校、北京新凤机械厂、北京市工业技师学院和首都航天机械公司等单位的大力支持, 在此表示感谢!

本书在编写过程中, 参考或引用了参考文献中所列的资料, 在此对这些文献的作者表示诚挚的感谢!

本书虽经反复推敲与校对, 但是由于作者水平有限, 书中难免存在不足和疏漏之处, 敬请广大读者批评指正。

编者邮箱地址: taolun2012@126.com

编 者

目 录

序

前言

第 1 章 SINUMERIK 802D sl 系统

简介 1

- 1.1 SINUMERIK 802D sl 系统在中国市场的应用 1
- 1.2 SINUMERIK 802D sl 系统的特点 1
- 1.3 SINUMERIK 802D sl 的技术性能 2
 - 1.3.1 SINUMERIK 802D sl 版本说明 2
 - 1.3.2 SINUMERIK 802D sl 系统的使用特点 3

第 2 章 铣削加工基本编程指令 4

- 2.1 数控铣削加工编程基础知识 4
 - 2.1.1 数控加工编程概述 4
 - 2.1.2 数控机床坐标系 5
 - 2.1.3 主程序、子程序和程序命名 6
 - 2.1.4 数控铣削功能指令 8
 - 2.1.5 加工平面选择 10
- 2.2 标定坐标尺寸指令 10
 - 2.2.1 绝对尺寸与增量尺寸编程指令 11
 - 2.2.2 极坐标指令 12
 - 2.2.3 米制尺寸与英制尺寸指令 12
 - 2.2.4 零点偏置、建立工件坐标系指令 13
 - 2.2.5 坐标地址的数值赋值方式 14
- 2.3 直线移动基本指令 14
 - 2.3.1 快速定位指令 G00 (G0) 15
 - 2.3.2 直线插补指令 G01 (G1) 15
 - 2.3.3 轮廓倒角/倒斜边与倒圆指令 (CHR/CHF 与 RND) 17
 - 2.3.4 轮廓定义编程指令 20
- 2.4 圆弧插补指令 22
 - 2.4.1 常用的圆弧插补指令 22
 - 2.4.2 特殊条件的圆弧插补指令 24
 - 2.4.3 圆弧进给率修调指令 (CFTCP/CFC) 27
- 2.5 螺旋插补指令 28

- 2.5.1 螺旋插补指令简介 28
- 2.5.2 螺纹加工编程简介 29
- 2.5.3 攻螺纹切削指令 30
- 2.5.4 铣削螺纹 33
- 2.6 刀具补偿指令 34
 - 2.6.1 刀具半径补偿的基本概念 34
 - 2.6.2 刀具半径补偿指令的应用 35
 - 2.6.3 刀具长度补偿 37
 - 2.6.4 平滑切入/切出 (SAR) 指令 39
- 2.7 坐标变换指令 43
 - 2.7.1 平面坐标系偏移指令 (TRANS/ATRANS) 43
 - 2.7.2 平面坐标旋转指令 (ROT/AROT) 45
 - 2.7.3 平面坐标镜像指令 (MIRROR/AMIRROR) 46
 - 2.7.4 坐标比例系数 (SCALE/ASCALE) 49
- 2.8 四轴加工指令 50
 - 2.8.1 回转进给轴简介 50
 - 2.8.2 柱面铣削加工指令 (TRACYL) 51
- 2.9 其他指令 54
 - 2.9.1 暂停指令 (G04) 54
 - 2.9.2 进给速度控制指令 (G94、G95) 54
 - 2.9.3 轮廓过渡指令 (G450/G451) 54
 - 2.9.4 加工区域限制指令 (G25、G26、WALIMON、WALIMOF) 55
 - 2.9.5 主轴转速极限功能指令 (G25、G26) 57
 - 2.9.6 连续路径进给功能指令 (G64) 57
 - 2.9.7 准确定位指令 (G09、G60、G601、G602、G603) 57
 - 2.9.8 主轴定位控制指令 (SPOS) 58
 - 2.9.9 信息显示指令 (MSG) 的用法 59
- 本章小结 60

第3章 参数编程的语句格式与技巧

示例	61
3.1 计算参数 R	61
3.2 程序跳转指令	62
3.3 状态检验语句	64
3.3.1 IF <条件> ENDIF 语句	64
3.3.2 IF-ELSE-ENDIF 语句	65
3.4 数学运算函数	66
3.4.1 运算形式	66
3.4.2 初等数学函数计算	67
3.5 循环语句指令结构分析	68
3.5.1 有条件程序跳转语句	68
3.5.2 LOOP <条件> ENDLOOP 语句	69
3.5.3 REPEAT UNTIL <条件> 语句	70
3.5.4 WHILE <条件> ENDWHILE 语句	71
3.5.5 FOR <条件> ENDFOR 语句	72
3.6 程序跳转及程序段重复功能	74
3.6.1 程序段重复指令 (REPEAT/ REPEATB)	74
3.6.2 程序跳转及程序段重复执行应用 示例	76
3.7 常用的 SINUMERIK 系统变量	78
3.7.1 SINUMERIK 系统变量概述	78
3.7.2 常用的系统变量	79
3.7.3 刀具参数化设定	81
3.8 自定义变量 (局部用户数据)	84
3.8.1 自定义变量	84
3.8.2 自定义变量的编程格式及类型	84
3.8.3 自定义变量应用示例	85
3.9 对数函数与指数函数的使用方法	90
3.9.1 对数函数与指数函数简介	90
3.9.2 幂函数曲线编程示例	90
3.10 ROUND 函数变型为向上取整函数	92
3.11 取模函数 (MOD) 应用示例	93
3.12 用 OFFN 指令设定加工余量	94
3.12.1 OFFN 指令说明	95
3.12.2 用 OFFN 指令设定精加工加工 余量	95
3.12.3 OFFN 指令应用示例	96
本章小结	97
第4章 标准工艺循环指令的应用	98

4.1 标准工艺循环指令概述	98
4.1.1 常用的标准工艺循环指令	98
4.1.2 标准工艺循环指令的使用说明	99
4.1.3 标准工艺循环指令中四个特定位置 平面的定义	100
4.2 孔加工固定循环	100
4.2.1 钻孔循环指令 (CYCLE81)	100
4.2.2 钻孔、镗平面编程指令 (CYCLE82)	104
4.2.3 深孔钻削编程指令 (CYCLE83)	107
4.2.4 攻螺纹循环指令 (CYCLE84/ CYCLE840)	111
4.2.5 铰孔、镗孔循环指令 (CYCLE85)	116
4.2.6 镗孔循环指令 (CYCLE86)	117
4.2.7 带停止镗孔循环指令 (CYCLE87)	119
4.2.8 镗孔循环编程指令 (CYCLE88)	121
4.2.9 镗孔循环编程指令 (CYCLE89)	122
4.2.10 五种镗孔循环指令的特点综述	123
4.3 钻孔样式循环指令	123
4.3.1 直线排列孔样式循环指令 (HOLES1)	123
4.3.2 圆周排列孔样式循环指令 (HOLES2)	125
4.4 铣削循环指令	127
4.4.1 端面铣削循环指令 (CYCLE71)	128
4.4.2 轮廓铣削循环指令 (CYCLE72)	131
4.4.3 矩形轴颈 (矩形凸台) 铣削循环 指令 (CYCLE76)	136
4.4.4 圆形轴颈 (柱形凸台) 铣削循环 指令 (CYCLE77)	138
4.4.5 圆弧长槽 (孔) 铣削循环指令 (LONGHOLE)	141
4.4.6 圆弧槽铣削循环指令 (SLOT1)	143
4.4.7 圆周槽铣削循环指令 (SLOT2)	145

4.4.8 方形凹槽铣削循环指令 (POCKET3)	148	5.13 在圆柱体上刻字编程实例	205
4.4.9 圆形凹槽铣削循环指令 (POCKET4)	152	5.14 空间正弦曲面的精加工编程实例	207
本章小结	155	5.15 圆柱弧面支撑体加工编程实例	208
第5章 铣削加工编程实例解析	156	5.16 压缩程序 COMPCAD 指令简述	212
5.1 机床操作工具程序编写实例	156	本章小结	214
5.1.1 机床空运行程序	156	第6章 RCS 802 软件的使用	215
5.1.2 R 参数表清零程序	158	6.1 RCS 802 软件简介	215
5.1.3 用“三点位置法”确定圆心位置 传送测试数据程序	158	6.2 使用 RCS 802 软件传输加工程序 文件	218
5.1.4 用“转表找正法”确定圆心位置 传送测试数据程序	161	6.3 远程诊断功能教学演示	220
5.1.5 获取加工时间的程序	163	6.4 SINUMERIK 802D sl 客户定义铣削 循环的制作过程	221
5.2 圆锥体粗加工与二次粗加工编程 实例	164	6.4.1 选定样例的编程说明	222
5.3 型腔呈阵列分布的凹槽加工编程 实例	169	6.4.2 样例(正三角形柱体)加工 编程	224
5.4 端面离合器加工编程实例	172	6.4.3 样例(正三角形柱体)客户循环 制作	228
5.5 轮廓及凹槽加工编程实例	174	6.5 通过以太网 DNC 加工(使用 802D sl Pro 版本)	239
5.6 半开放凹槽轮廓加工编程实例	179	6.6 数据备份和恢复	246
5.7 对称双斜面凸形方台加工编程实例	183	附录	248
5.8 六角花形凸台及倒角加工编程实例	188	附录 A 铣削标准工艺循环故障信息和 处理方法	248
5.9 含圆弧齿的内轮廓加工编程实例	192	附录 B SINUMERIK 802D sl 铣削加工 指令表	251
5.10 八角星形体轮廓倒圆角加工编程 实例	196	附录 C CF 卡的使用	253
5.11 有选择的阵列方槽加工编程实例	198	参考文献	257
5.12 六方轴加工编程实例	201		

第 1 章 SINUMERIK 802D sl 系统简介

1.1 SINUMERIK 802D sl 系统在中国市场的应用

SINUMERIK 802 系列产品是从 1997 年进入中国市场的, 包括 SINUMERIK 802S、802C、802D、802D sl。其中 802D 是 1999 年推出的一款全数字式数控系统, 主要应用于中端数控车削、铣削加工。802D 系统在中国市场上得到了广大用户的良好认可, 从 2004 年第一届全国数控大赛开始, SINUMERIK 802D 系统就多次作为数控大赛的比赛专用系统之一。

随着 IT 技术的发展, 以及切削技术的需求, 市场对 802D 系统提出了更高的需求, 即更快的加工速度、更高的控制精度、更多的系统功能等。在此背景下, 作为一直重视技术革新的西门子公司, 在 2005 年年初, 推出了 SINUMERIK 802D sl (solution line) 系统, 并于 2008 年年底全面取代了 802D 系统。802D sl 是 802D 系统的完美升级, 在各个方面的性能都有了显著提升。802D sl 系统从 2008 年开始已经取代了 802D 系统, 作为全国数控大赛的比赛专用系统之一。

1.2 SINUMERIK 802D sl 系统的特点

SINUMERIK 802D sl 作为一款出色的中端数控系统, 可用于数控车床、数控铣床、数控钻床、数控冲床、数控磨床、加工中心及专机等机床。

802D sl 数控系统包含三大部分: 数控系统、驱动系统和电动机。

数控系统的核心硬件部件是 PCU 210.3 (Panel Control Unit)-面板控制单元, 其中 NC、PLC、HMI 和驱动控制器全部集成在 PCU 中。

相对于 802D, 802D sl 的 PCU 硬件进行了全新设计, 硬件性能大幅提升, 高速处理器保证了包括模具加工等各种应用对硬件性能的需求; 此外, 系统还增加了当前流行的 CF 卡、USB、以太网接口等功能, 增强了系统的实用性。

人机界面 HMI 基于 Linux 操作系统研发, 增强了稳定性。HMI 的用户操作界面设计简单易懂, 内置 19 种语言, 以及诸如带图形支持的计算、对刀和工件设置等方便操作使用的功能, 使得 802D sl 的操作编程更加简单易行。

驱动系统采用了西门子新一代 SINAMICS S120 驱动系统,电动机采用带新数字总线接口的 1FK7 和 1PH7 电动机,包含了多项革新技术,比如控制器可以通过高速数字总线自动读取驱动、电动机内置电子铭牌的信息等,简化了调试工作过程。

1.3 SINUMERIK 802D sl 的技术性能

1.3.1 SINUMERIK 802D sl 版本说明

SINUMERIK 802D sl 根据可使用的加工工艺分为两类:车/铣版 802D sl T/M 和磨/冲版 802D sl G/N。802D sl T/M 主要应用于数控车床、数控铣床与加工中心,802D sl G/N 主要应用于数控磨床和数控冲床。本书中主要介绍的是 802D sl T/M。

802D sl T/M 根据功能和性能的不同,又可分为三种型号:802D sl T/M Value-增值版;802D sl T/M Plus-加强版;802D sl Pro-专业版。

1. 802D sl T/M Value 的主要功能

- 10.4 寸 TFT 彩色液晶显示器
- 控制轴数为 4 (包括 3 个进给轴, 1 个主轴)
- 3 轴联动插补
- 系统内置 512KB 零件程序存储器, 外置 CF 卡/U 盘可用来运行海量程序
- 支持 32 把刀具
- 20 段预读缓冲区
- 支持 DIN 标准和 ISO 编程语言
- 示教功能
- 轮廓编程
- 带有图形支持的手动对刀和工件设定功能
- 2D 零件程序模拟
- PLC 梯形图在线显示
- 19 种语言在线自由切换
- 通过集成的以太网口对 NC、PLC 以及驱动进行整体调试

2. 802D sl T/M Plus 的主要功能 (在 802D sl T/M Value 基础上增加的功能)

- 控制轴数为 6 (3 个进给轴 + 2 个主轴 + 1 个 PLC 轴, 或者 4 个进给轴 + 1 个主轴 + 1 个 PLC 轴)
- 系统内置 1 MB 零件程序存储区
- 4 轴联动插补
- 固定点返回
- 支持 64 把刀具
- 50 段预读缓冲区
- 自由轮廓编辑器
- TRANSMIT-车床的端面加工/TRACYL 车床、铣床的柱面加工
- 支持 2 个量仪 (刀具和工件的测量)

- 刀具寿命监控

3. 802D sl T/M Pro 的主要功能（在 802D sl T/M Plus 基础上增加的功能）

- 系统内置 3 MB 零件程序存储区

- 支持 128 把刀具

- 100 段预读缓冲区

- 用于模具加工的程序压缩器

- 通过以太网的 DNC 加工

- 通过以太网的远程诊断功能（选项功能）

1.3.2 SINUMERIK 802D sl 系统的使用特点

1. 先进的交互式人机对话界面

易于理解的图形循环支持，十分友好的人机界面是西门子数控系统的一大突出特点，充分体现了源自欧洲的人性化理念。

轮廓元素（蓝图）编程功能就是一种典型的人机对话编程方式，通过输入必要的几何元素，系统可以自动地将你所描述的轮廓形状转换为相应的加工代码和坐标值，并立即写入当前正在编辑的程序中，让初学者更容易入手。

不仅如此，西门子系统在最普通的对刀和测量工件原点的功能中也提供了交互式图形界面。操作者只需在系统界面的引导下输入最基本的测量数据，并按下“计算”功能按钮，补偿值即可由系统自动计算出并填入相应的参数表中。

2. 丰富的加工循环功能

西门子系统的加工循环在市场上的同类产品中功能最为齐全。不仅包含常见的车削循环和钻、镗类加工循环，而且还包括多种类型的铣削功能循环。

由于铣削工艺较为复杂，循环中需要的各种参数也比较多，除了加工所必备的基本几何参数，还包括了一些对应的工艺参数。为了让操作者便于记忆和录入这些参数，系统本身提供了对话式的编程界面，并为每一个循环参数辅以翔实的示意图形和提示信息。使用者无须记忆任何循环参数，就能在系统的引导之下很容易地理解并快速输入这些参数，从而方便地完成加工循环的编程。

3. 用户融入系统应用设计

SINUMERIK 802D sl 系统的开放性，给广大用户和该系统的爱好者提供了深入使用该系统的平台。由于加工内容的复杂性、多样性，厂家配置的机床系统标配功能还不能完全满足生产任务的需要，除了用户选择本系统提供的选项功能外，还可以通过深入学习 SINUMERIK 系统的知识、指令，以及 802D sl 提供给用户的扩展功能，梳理加工工艺经验，使用与系统配套的软件工具，开发带图形界面支持的用户循环程序、用户自定义界面等新的使用功能和项目。

随着西门子 SINUMERIK 系统走进更多的企业，该系统也日益成为数控应用人员不可或缺的朋友。学习和探讨数控加工技术，解决实际生产中的编程技术难点，提升数控机床操作水平和生产效率是广大工程技术人员和操作者面临的难题。

第2章 铣削加工基本编程指令

数控机床所使用的加工程序是按照一定的格式并以代码的形式编制的。数控系统的种类繁多，它们使用的数控程序的语言规则和格式也不尽相同。国际上采用的是 ISO 1056:1975E 标准。西门子公司 SINUMERIK 802D sl 数控系统的编程代码使用 DIN66025 标准。因此，在数控编程之前，编程人员首先应了解所用数控机床的规格、性能、数控系统所具备的功能及编程指令格式等，根据加工路线计算出刀具运动轨迹数据和已确定的工艺参数及辅助动作，逐段编写出零件的加工程序。

2.1 数控铣削加工编程基础知识

2.1.1 数控加工编程概述

数控机床加工程序表达了数控机床实际运动顺序的功能指令的有序集合。所谓数控加工编程就是把零件的工艺过程、工艺参数、机床的运动以及刀具位移量等信息用数控语言记录在程序单上，并经校核的全过程。

1. 数控加工程序的结构

一个完整的数控加工程序由程序开始部分、若干个程序段和程序结束部分组成。

一个程序段是由一个或若干个指令“字”组成，指令代表某一信息单元；一个指令“字”由地址符和数字（有些数字还带有符号）组成，这些字母、数字、符号统称为字，它代表机床的一个位置或一个动作；每个程序段结束处应有段结束标识符“L_F”，表示该程序段结束转入下一个程序段。

一个程序段表示一个完整的加工工步或动作。

加工程序的最小组成单位是字符，它是数控系统能进行存储或传送的记号。常规加工程序用的字符分四类：

- 1) 文字，即大写的 26 个英文字母。
- 2) 数字和小数点，即 0~9 共 10 个阿拉伯数字和小数点。
- 3) 符号，即正号（+）和负号（-）。
- 4) 功能字符，即程序段结束符（L_F）、跳步符（/）、程序注释符（;）等。

2. 程序段格式

程序段格式是指令字在程序段中的书写方式和排列的顺序,以及每一个程序段的长度限制和规定。目前数控系统的种类很多,代码指令也不完全统一,不同数控系统有不同的程序段格式。在具体编制某一型号机床代码时,若程序格式不符合规定,数控系统就会报警,停止运行。因此,编程人员在编程前必须对所选用的数控系统的功能指令进行仔细研究,以免发生错误。

常用的程序段的书写格式有三种,即固定程序段格式、使用分隔符的程序段格式和使用地址符的可变程序段格式。前两种程序段的书写格式已很少使用,目前广泛采用地址符的可变程序段的书写格式。在这种格式中,指令字的排列顺序没有严格的要求,指令字的数目以及指令字的长度都是可变化的。各种指令并非在程序的每个程序段中都必须有,而是根据各程序段的具体功能来编入相应的指令,不需要的指令字以及与上段相同的模态指令字可以不写。这种格式的特点是,程序简单,可读性强,易于检查。

2.1.2 数控机床坐标系

为了便于编程时描述机床的运动,简化程序的编制方法,保证加工数据的合理性,国际标准化组织 2001 年颁布的 ISO 841—2001 标准时,对数控机床的坐标系和运动的方向均已做出标准化规定。统一规定数控机床坐标系各轴的名称及其正负方向,使编制的加工程序对同类型系统机床具有互换性。

1. 数控机床坐标系及运动方向的命名原则

(1) 刀具相对于静止工件的运动原则 这一原则使编程人员在编程时不必考虑机床具体的运动形式,只需根据零件图样编程即可。

(2) 机床坐标系 (MCS) 的设定 为了控制机床的运动方向和运动距离,必须建立一个机床坐标系对机床的进给运动进行分类,这样可使数控机床的控制系统分别对各进给运动实行控制。同样也有利于数控机床的编程加工应用。

为简化编程和保证程序的通用性,数控机床的坐标轴和方向命名被制订成统一的标准。规定直线进给坐标轴分别用 X、Y、Z 表示,通常称为基本坐标轴。围绕 X、Y、Z 轴旋转的圆周进给坐标轴分别用 A、B、C 表示。标准的机床坐标系是右手法则“笛卡儿”直角坐标系。如图 2-1 所示为标准的机床坐标系,以大拇指指向 +X、+Y、+Z 方向,则食指、中指等的指向是圆周进给运动的 +A、+B、+C 方向,反之为负方向。

(3) 三个坐标轴运动方向的确定

1) Z 坐标轴运动方向的确定: Z 坐标轴的运动方向由传递切削力的主轴确定,与主轴轴线平行的标准坐标轴即为 Z 坐标轴。刀具离开工件的方向为正方向。

2) X 坐标轴运动方向的确定: X 坐标轴的运动是水平的,且平行于工件装夹面, X 坐标轴是刀具或工件定位平面内运动的主要坐标轴。若 Z 坐标轴是垂直的 (主轴是立式的),则从与 Z 轴平行的主轴向立柱看时, X 轴的正向指向右方。

3) Y 坐标轴运动方向的确定: 正向 Y 坐标轴的运动方向,可根据 X 和 Z 坐标轴的运动

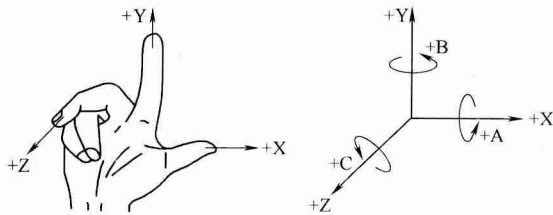


图 2-1 标准的机床坐标系

方向，遵循右手“笛卡儿”直角坐标系来确定。

2. 802D sl 数控系统的坐标系

在配置 802D sl 数控系统的数控铣床/加工中心中，为准确方便地描述机床刀具运动轨迹，分别指定了坐标系概念（见图2-2）。

（1）机床坐标系（MCS） 为了控制机床的运动方向和运动的距离，必须建立一个机床坐标系对机床的进给运动进行分类，这样可使数控机床的控制系统分别对各进给运动实行控制。同样也有利于数控机床的编程加工应用。机床坐标系的原点定在机床零点上，是所有坐标轴的零点位置。在机床出厂时，由机床生产厂家确定。机床坐标值可以在坐标系负值区域内运行。

（2）工件坐标系（WCS） 工件坐标系是编程人员在编程和加工时使用的坐标系，是零件加工程序的参考坐标系，工件坐标系的位置以机床坐标系为参考点，工件坐标系的零点可以由编程人员自由选取。

工件坐标系确定了工件与基本偏置坐标系（G500）之间的关系。如果基本偏置没有设定数值，那么工件坐标系则确定了工件与机床坐标系之间的关系。

工件装夹定位在机床上时，要保证工件坐标系坐标轴平行于机床坐标系坐标轴，由此在坐标轴上产生了机床零点与工件零点的坐标值偏移量，该值作为可设定的零点偏移量输入到给定的数据区。当加工程序运行时，此值就可以用一个编程指令（比如 G54）选择。

（3）相对坐标系 除了机床坐标系和工件坐标系之外，802D sl 数控系统还提供一套相对坐标系。使用此坐标系可以自由设定参考点，并且对激活的工件坐标系没有影响。屏幕上所显示的轴运动均相对于这些自由设定参考点而言。

（4）当前工作坐标系 在加工程序中所规定使用的当前处于工作状态的坐标系，包括机床坐标系、工件坐标系等。

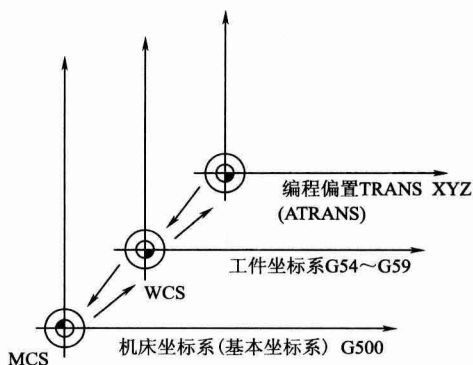


图 2-2 数控铣床坐标系

2.1.3 主程序、子程序和程序命名

数控加工程序可分为主程序和子程序。在一个加工程序中，如果有几个一连串的程序段完全相同（即零件有几处的几何形状和尺寸完全相同，或加工顺序相同的工件），就可将这些固定顺序或重复出现的程序段单独抽出来按一定的格式编制成子程序，并存入子程序存储器中。子程序的编写格式与主程序完全相同。在通常情况下，数控机床是按主程序的指令进行工作，但是当主程序中遇到调用子程序的指令时，控制信息流就按子程序执行；当子程序中遇到返回主程序的指令时，控制信息流就返回主程序，继续按主程序执行。

对每一个完整的加工程序必须要有程序名称（程序编号），以便区别于其他程序，供操作者在数控机床程序存储器的程序目录中查找、调用。程序名必须放在程序的开头位置，程序名一定要根据系统的规定编写，否则程序无法被运行。不同的数控系统，程序名地址符也有所差别。存入数控系统程序存储器的各零件加工程序名不能相同。

1. 主程序

(1) 程序名称 每个程序都有一个程序名，主程序扩展名为：.MPF。

在 802D sl 数控系统中有确定程序名的规则如下：

- 开始的两个字符应是字母。
- 其后面可以是字母、数字或下划线。
- 最多为 16 个字符。
- 不得使用分隔符。

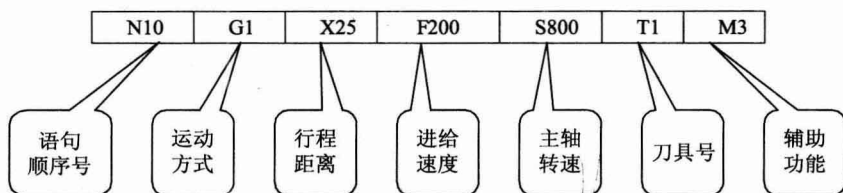
例如：ABC123。

(2) 程序结构

1) 程序语句：每个刀具轨迹的坐标位置在坐标系内作为点来编程，在此必须将刀具运动的工艺数据作为单独的指令写出，由这种先后排列的指令便可组成一条完整的加工程序。最后一个程序段包含程序结束符：M30、M02 或 M17。

- 每个单独的指令可作为一个程序段。
- 一个程序段可由一个或多个指令组成。
- 一个程序段内不得有两个相同的地址出现！如不得同时出现 G0 和 G1 指令。

2) 程序语句结构：



2. 子程序

(1) 子程序的主要应用 用子程序编写经常重复进行的加工，比如某一确定的轮廓形状。子程序位于主程序中适当的地方，在需要时进行调用、运行。

(2) 子程序结构与子程序名

1) 子程序的程序格式为：.SPF，子程序的结构与主程序的结构一样。

2) 为了方便地选择某一子程序，必须给子程序取一个程序名。程序名可以自由选取，用户应按以下规定进行选择程序名：

- ① 程序名开头应是字母。
- ② 其他符号为字母，数字或下划线。
- ③ 最多 8 个字符且没有分隔符。

其方法与主程序中程序名的选取方法一样，例如 LRAHMEN。

通常 802D sl 子程序中使用地址字 L 加数字的形式作为子程序名的定义方式，其后的值可以有 7 位（只能为整数）。注意：地址字 L 之后的每个零均有意义，不可省略。当以此形式进行子程序名定义时，数控系统会自动将程序定义为以 .SPF 为扩展名的子程序。否则，需要填写子程序的扩展名 .SPF。

举例：L128，L0128 或 L00128，分别表示 3 个不同的子程序。

3. 子程序调用

子程序可以被主程序调用，同时也可以调用另一个子程序。在一个程序中（主程序或

子程序) 可以直接用程序名调用子程序, 子程序调用要求占用一个独立的程序段。

(1) 应用举例

N10 L678 ; 调用子程序 L678

N20 LRAHMEN7 ; 调用子程序 LRAHMEN7

程序调用示意如图 2-3 所示。

(2) 子程序重复调用次数 P... 如果要求多次连续地执行某一子程序, 则在编程时必须是在所调用子程序的程序名后地址 P 下写入调用次数 (P1, ..., P9999), 最大次数可以为 9999。

应用举例

N10 L678 P3 ; 调用子程序 L678, 运行 3 次

但是, 子程序后面不可以写其他信息, 例如: N10 L678 P3 R3 = 8。

提示: 书写时, 子程序与调用次数之间须加空格分开。

(3) 嵌套调用子程序 子程序可以多次重复调用, 即所谓“多层嵌套”, 从而大大简化了编程工作, 缩短了程序长度, 节约了程序存储器的容量。子程序的多层嵌套不是无限次的, 应根据数控系统的规定进行规划。子程序不仅可以从主程序中调用, 也可以从其他子程序中调用, 这个过程称为子程序的嵌套。在 802D sl 数控系统中子程序的嵌套深度可以为八层 (包括主程序界面), 四层程序界面运行过程见图 2-4。

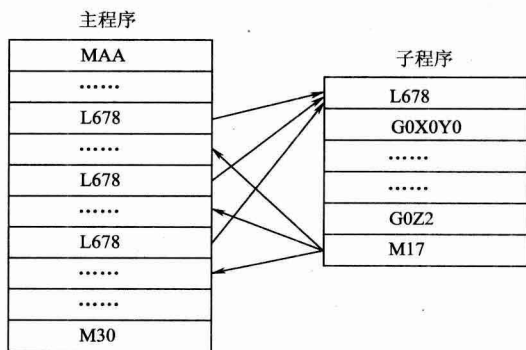


图 2-3 在一个工件上三次调用子程序 L678

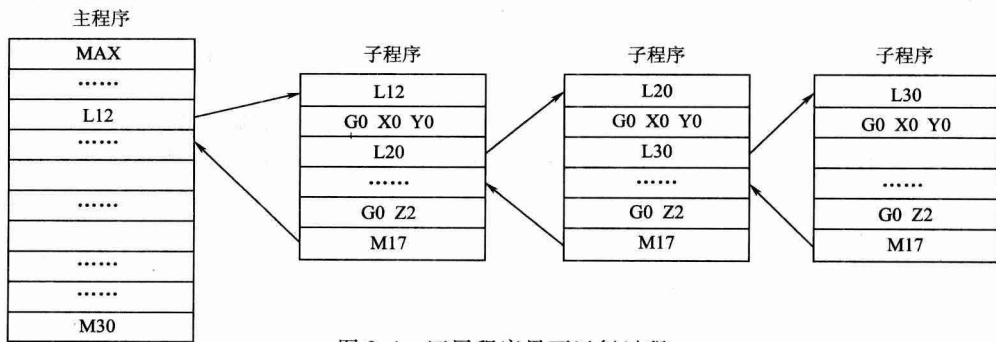


图 2-4 四层程序界面运行过程

(4) 子程序结束 子程序结束除了可以使用 M02、M30、M17 外, 还可以使用 RET 指令作为子程序结束符。使用 RET 作为子程序结束时, 要求占用一个独立的程序段。用 RET 指令结束子程序、返回主程序时不会中断 G64 连续路径运行方式, 用 M02 指令则会中断 G64 运行方式, 并进入准确停止状态。

2.1.4 数控铣削功能指令

在数控机床加工程序中, 我国和国际上都广泛使用准备功能 G 指令、辅助功能 M 指令、