

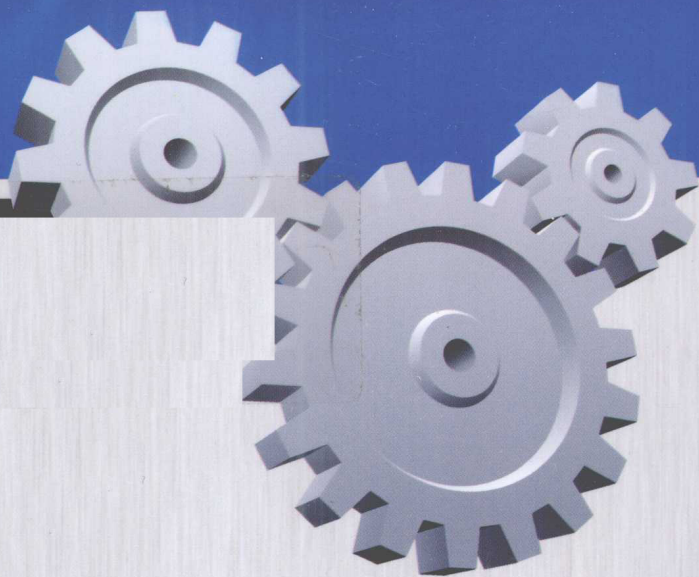


数控机床维修高级应用人才培养规划教材

西门子数控系统 调试与维护

XIMENZI SHUKONG XITONG
TIAOSHI YU WEIHU

主编 刘朝华



国防工业出版社

National Defense Industry Press

数控机床维修高级应用人才培养规划教材

西门子数控系统调试与维护

主 编 刘朝华

副主编 蒋 丽 邓三鹏 宋春林

主 审 阎 兵

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书以西门子公司生产的 SINUMERIK 810D/840D 数控系统为代表进行讲解,内容包括数控编程与操作、数控系统硬件构成、系统数据备份与恢复、数控系统机床数据、数控系统调试与优化、STEP 7 编程软件的安装和使用、STEP 7 编程技术、810D/840D 数控系统的 PLC 调试、误差补偿技术及数控系统的维护与保养等,并且在每一章节的后面都附有相应的实训项目。通过课程的学习和实训,能很好地锻炼学生实际调试、诊断与排除机床故障的能力。

本书可供数控技术专业高级工、技师以及从事数控机床调试与维修人员阅读,也可作为高等学校数控技术相关专业学生教材使用。

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19½ 字数 440 千字

2010 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 38.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

数控机床维修高级应用人才培养规划教材

编审委员会

- 主任委员** 孟庆国(天津职业技术师范大学校长 教授)
王先逵(清华大学教授 博导)
徐小力(全国设备监测与诊断技术委员会主任 博导)
- 副主任委员** 阎 兵 王金敏 章 青 邓三鹏
- 委 员** 方 沂 天津职业技术师范大学
蒋 丽 天津职业技术师范大学
戴 怡 天津职业技术师范大学
刘朝华 天津职业技术师范大学
杨雪翠 天津职业技术师范大学
石秀敏 天津职业技术师范大学
许宝杰 北京信息科技大学
宋春林 天津机电工艺学院
卜学军 天津机电工艺学院
何四平 天津职业大学
韩宝卫 天津现代职业技术学院
王少铁 天津中德职业技术学院

序

2008 年,我国连续第七年成为世界机床第一消费国、第一进口国、第三生产国,机床出口跃居世界第六。我国已成为机床消费和制造大国,机床行业产品门类齐全,为国民经济建设和国防建设提供了大量基础工艺装备,为我国企业装备现代化做出了重要贡献。在国民经济平稳快速增长的大背景下,我国机床行业将持续快速发展。

数控机床在制造领域的应用越来越普遍,数量也越来越多,已是机械制造业的主流装备。但是,由于数控系统的多样性、数控机床结构和机械加工工艺的复杂性,以及当前从事数控机床故障诊断与维修的技术人员非常短缺,数控机床一旦发生故障,维修难的问题就变得尤为突出,导致数控机床因得不到及时维修而开机率不足。要改变这种现状,一方面,要在引进国外数控系统的同时注意消化与吸收,在自主开发的基础上注重提高数控系统的稳定性与可靠性;另一方面,要加大力度培养从事数控机床故障诊断与维修的专业技术人员。

参编人员在数控机床故障诊断与维修高级应用人才的培养上进行了有益的探索,天津职业技术师范大学于 2003 年在国内首先建立“机械维修与检测技术教育”本科专业,并确定其培养方向为数控机床故障诊断与维修,秉承学校“动手动脑,全面发展”的办学理念,坚持机电融合,进行了多项教学改革,建成多功能实验、实训基地,并开展了对外培训和数控机床装调维修工的鉴定工作。该专业是国家级高等学校特色专业建设点,教学成果“创建机械维修与检测技术教育专业,培养高层次数控机床故障诊断与维修人才”获 2009 年天津市教学成果二等奖。

这套规划教材的特色是结合数控机床故障诊断与维修专业特点,坚持“理论先进,注重实践、操作性强,学以致用”的原则精选内容,依据在数控机床管理、维修、改造和培训方面的丰富经验,贯彻数控机床装调维修工职业资格国家标准编写而成。该套教材中有些书已经出版,具有较高的质量,如《数控机床结构与维修》是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,《数控机床编程与操作》已经发行 6 万余册,未出版的讲义在教学和培训中经过多轮的使用和修

改,亦收到了很好的效果。

我们深信,这套规划教材的出版发行和广泛使用,不仅有利于加强各兄弟院校在教学改革方面的交流与合作,而且对数控机床故障诊断与维修专业人才培养质量的提高也会起到积极的促进作用。

当然,由于数控机床现代技术发展非常迅速,编者编纂时间和掌握材料所限,该套规划教材还需要在今后的改革实践中进一步检验、修改、锤炼和完善,殷切期望同行专家及读者们不吝赐教,多加指正和建议。

中国机械工程学会设备与维修工程分会副主任

全国设备监测与诊断技术学术委员会主任

中国设备管理协会安全生产技术委员会副主任

现代测控技术教育部重点实验室主任 徐小力

北京理工大学博导

北京信息科技大学教授

2009年5月25日

前 言

随着我国工业的快速发展,数控机床数量和种类急剧增长,已成为机械制造业的主流设备,且数量巨大。在实际使用中,机床的调整与维修问题十分频繁,而数控机床是集机、电、液、气、光于一身的现代机电设备,及时准确地进行诊断与维修是一件很复杂的工作,因此急需大量高级的数控维修专门人才。

数控系统的种类较多,调试和维修也大有不同。西门子公司生产的 SINUMERIK 810D/840D 数控系统在国内数控机床上配置较多,其数控系统的故障诊断与维修越来越受到重视。西门子公司为 SINUMERIK 810D/840D 数控系统提供了大量的资料,但对于刚刚接触该系统的人员掌握起来有一定的困难。本书编写的目的就是为广大从事 SINUMERIK 810D/840D 数控系统调试维修人员提供一个系统的学习资料,起到抛砖引玉的作用。

本书围绕 SINUMERIK 810D/840D 数据系统,全面系统地进行讲解,内容包括数控编程与操作、数控系统硬件构成、数控系统数据备份与恢复、数控系统机床数据、数控系统调试与优化、STEP 7 编程软件的安装和使用、STEP 7 编程技术、810D/840D 数控系统的 PLC 调试、误差补偿技术及数控系统的维护与保养等,并且在每一章的后面都附有相应的实训项目。

本书以数控技术应用为出发点,围绕数控技术和数控编程与操作两个方面。在知识结构上,突出基础性与系统性;在内容编排上,突出实践性;以应用为主线,力求概念清晰、叙述简单、通俗易懂。通过本书的学习并进行相应的实际操作,使读者能够较好地掌握 SINUMERIK 810D/840D 数控系统的调试与维护技术、提高其故障诊断与维修的能力。

本书得到了国家高等学校特色专业建设点(TS11878)、天津市品牌专业和校级优势特色专业教学改革课题的资助。本书由天津职业技术师范大学的刘朝华担任主编,天津职业技术师范大学的蒋丽、邓三鹏及天津机电工艺学院的宋春林担任副主编。刘朝华编写了第4章~第9章;蒋丽编写了第1章,邓三鹏编写了第3章、第10章,宋春林编写了第2章。参与本书插图绘制、实训开发工作的有天津职业技术师范大学的田南平、石秀敏、杨雪翠、李彬、张瑜等。全书由刘朝华统稿。

在编写过程中,我们参阅了西门子公司大量的文献以及其他许多专家的教材、著作,并且得到了天津职业技术师范大学机械工程学院领导和老师的支持,特别是阎兵

教授细心审阅,提出许多宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。

本书可供数控技术专业高级工、技师以及从事数控机床调试与维修人员阅读,也可作为高等学校数控技术相关专业学生教材使用。

由于作者水平有限,书中难免误漏,敬请广大读者批评指正。

编者
2010年6月

目 录

第 1 章 数控编程与操作	1
1.1 数控加工程序编制基础	1
1.1.1 数控加工程序的编制	1
1.1.2 数控程序代码	2
1.1.3 数控程序指令字	3
1.1.4 数控程序组成及格式	6
1.1.5 机床坐标系	7
1.1.6 SINUMERIK 系统的 R 参数	10
1.1.7 数控加工工艺	12
1.2 西门子 810D/840D 基本功能	19
1.2.1 零点偏置指令	19
1.2.2 极坐标功能与极点定义指令(G110/G111/G112)	23
1.2.3 刀具半径、长度补偿指令	24
1.3 西门子 810D/840D 加工程序编制基础	25
1.3.1 SINUMERIK 程序格式	25
1.3.2 旋转轴的绝对尺寸(DC/ACP/ACN)	26
1.3.3 运动功能指令(G00/G01/G02/G03,CIP)	27
1.3.4 螺旋线插补指令(G02/G03,TURN)	29
1.3.5 基本指令综合编程应用	29
1.4 西门子 810D/840D R 参数及子程序	30
1.4.1 R 参数及子程序概述	30
1.4.2 R 参数及子程序应用实例	31
1.5 固定循环功能指令	32
1.5.1 钻削循环 CYCLE81	32
1.5.2 钻削循环 CYCLE82	33
1.5.3 钻削循环 CYCLE83	33
1.5.4 刚性攻丝 CYCLE84	34
1.5.5 镗孔循环 CYCLE85 ~ CYCLE89	35
1.5.6 线性排列孔的钻孔循环 HOLES1	37
1.5.7 圆周排列孔的钻孔循环 HOLES2	38

1.6	程序跳转及程序段重复功能	39
1.6.1	程序跳转功能	39
1.6.2	程序段重复(REPEAT/REPEATB)	40
1.6.3	程序跳转及程序段重复应用实例	42
1.7	SINUMERIK 数控机床的操作	44
1.7.1	操作面板简述	44
1.7.2	机床开机操作	47
1.7.3	设置参数	48
1.7.4	手动操作	52
1.7.5	数控程序处理	53
1.7.6	自动加工	55
1.7.7	检查运行轨迹	56
1.8	实训 西门子 810D/840D 操作、程序编写	56
1.8.1	实训内容	56
1.8.2	实训步骤	56
第 2 章	数控系统硬件构成	61
2.1	SIEMENS 810D/840D 数控单元	61
2.1.1	SIEMENS 840D 与 NCU	61
2.1.2	SIEMENS 810D 与 CCU	63
2.2	SIEMENS 810D/840D 数字驱动系统	65
2.2.1	SIMODRIVE 611D 驱动系统的组成	65
2.2.2	电源模块	67
2.2.3	611D 数字驱动模块	73
2.3	OP 单元和 MMC	75
2.3.1	OP 单元	76
2.3.2	MMC	77
2.3.3	PCU	78
2.3.4	MCP	79
2.4	MPI 和 OPI 通信	82
2.5	PLC 模块	84
2.6	伺服电机的特性及选型	87
2.6.1	进给伺服电机	87
2.6.2	主轴电机	91
2.7	硬件连接	94
2.8	实训一 熟悉数控系统硬件及接口	97
2.8.1	实训内容	97
2.8.2	实训步骤	97

2.9	实训二 伺服单元使能控制	97
2.9.1	实训内容	97
2.9.2	实训步骤	97
2.9.3	思考题	98
第3章	系统数据备份和恢复	99
3.1	WINPCIN 软件的安装和使用	99
3.2	系列数据备份	101
3.2.1	V.24 参数的设定	101
3.2.2	PCU20 的数据备份	101
3.2.3	PCU50 的数据备份	103
3.3	分区备份	103
3.3.1	PCU20 分区备份	103
3.3.2	PCU50 分区备份	103
3.4	数据的清除与恢复	104
3.4.1	NC 总清与 PLC 总清	104
3.4.2	数据恢复	104
3.5	实训一 启动数据备份	105
3.5.1	实训内容	105
3.5.2	实训设备	105
3.5.3	实训步骤	105
3.6	实训二 恢复试车数据	107
3.6.1	实训内容	107
3.6.2	实训设备	108
3.6.3	实训步骤	108
3.7	实训三 其他数据备份	108
3.7.1	实训内容	108
3.7.2	实训设备	108
3.7.3	实训步骤	108
第4章	数控系统机床数据	109
4.1	数控系统机床数据的设置与调整方法	109
4.1.1	机床数据保护等级	109
4.1.2	设置和调整方法	110
4.1.3	数据生效方式	111
4.1.4	机床数据分类	111
4.2	数控系统常用机床数据	112
4.2.1	操作面板用机床数据	112
4.2.2	通用机床数据	115

4.2.3	基本通道机床数据	118
4.2.4	轴类机床数据	121
4.2.5	机床设定数据	132
4.3	编码器的数据匹配	134
4.4	实训 机床回参考点参数设置	137
4.4.1	实训内容	137
4.4.2	实训基础知识	137
4.4.3	实训步骤	140
4.4.4	思考题	141
第5章	数控系统调试与优化	142
5.1	机床轴的基本配置	142
5.2	数控系统调试	144
5.2.1	机床数据设定	144
5.2.2	驱动数据设定	144
5.3	利用 IBN - TOOL 软件进行驱动数据的配置	145
5.4	驱动系统的数据设置	158
5.4.1	电流环数据设置	159
5.4.2	速度环数据设置	160
5.4.3	位置环数据设置	161
5.5	驱动系统的数据优化	161
5.5.1	自动优化方法	162
5.5.2	手动优化	169
5.6	实训一 810D 数控系统配置与调试	174
5.6.1	实训内容	174
5.6.2	实训步骤	174
5.7	实训二 840D 数控系统配置与调试	176
5.7.1	实训内容	176
5.7.2	实训步骤	176
5.8	实训三 实际轴转换成虚拟轴	177
5.8.1	实训内容	177
5.8.2	实训步骤	178
第6章	STEP 7 编程软件的安装和使用	179
6.1	STEP 7 软件安装	179
6.1.1	软硬件安装要求	179
6.1.2	安装 STEP 7 软件	179
6.1.3	安装 STEP 7 授权管理软件	182
6.1.4	卸载	182

6.1.5	SET PG/PC Interface 通信接口设置界面	182
6.2	S7 - PLCSIM 仿真软件	184
6.2.1	PLCSIM 简介	184
6.2.2	PLCSIM 使用	185
6.2.3	下载程序及模块信息	186
6.2.4	PLCSIM 与真实 PLC 的差别	187
6.3	SIMATIC Manager 开发环境	187
6.3.1	主界面	187
6.3.2	HW Config 硬件组态界面	188
6.3.3	LAD/STL/FBD 编程界面	189
6.3.4	符号编辑器界面	191
6.4	STEP 7 项目创建	193
6.4.1	使用向导创建项目	193
6.4.2	直接创建项目	195
6.5	硬件组态	196
6.5.1	硬件组态的任务	196
6.5.2	硬件组态的步骤	196
6.6	实训 简单项目创建与硬件组态	198
6.6.1	实训内容	198
6.6.2	实训任务	198
6.6.3	实训步骤	199
第 7 章	STEP 7 编程技术	200
7.1	STEP 7 中的块结构	200
7.1.1	组织块 OB	200
7.1.2	功能(FC)和功能块(FB)	202
7.1.3	SFC 和 SFB	202
7.1.4	背景 DI 和共享 DB	202
7.2	STEP 7 的数据类型	202
7.2.1	基本数据类型	203
7.2.2	复合数据类型	204
7.2.3	参数数据类型	205
7.3	STEP 7 的 CPU 存储区和寻址方式	205
7.3.1	CPU 存储区	205
7.3.2	寻址方式	206
7.4	状态字和逻辑操作过程	207
7.5	STEP 7 的指令系统	209
7.5.1	位逻辑指令	209

7.5.2	计数器指令	215
7.5.3	定时器指令	218
7.5.4	装入和传送指令	222
7.5.5	转换指令	223
7.5.6	比较指令	227
7.5.7	算术运算指令	228
7.5.8	数据块指令	229
7.5.9	逻辑控制指令	231
7.5.10	主控继电器指令	234
7.5.11	程序控制指令	235
7.6	实训 抢答控制系统 PLC 程序设计	236
7.6.1	实训内容	236
7.6.2	实训任务	236
7.6.3	实训步骤	237
第 8 章	810D/840D 数控系统的 PLC 调试	238
8.1	810D/840D 数控系统 PLC 特点	238
8.2	PLC 与编程设备的通信	239
8.3	810D/840D PLC 程序的块结构	244
8.4	810D/840D PLC 与 NCK 的接口信号	247
8.5	电动刀架 PLC 与电气控制	258
8.5.1	电动刀架结构与工作原理	258
8.5.2	电动刀架电气控制设计	259
8.5.3	电动刀架 PLC 控制程序设计	260
8.6	实训一 SINUMERIK 810D 2AX + 1SP PLC start-up	266
8.6.1	实训内容	266
8.6.2	实训步骤	266
8.7	实训二 SINUMERIK 840D 2AX + 1SP PLC start-up	267
8.7.1	实训内容	267
8.7.2	实训步骤	267
第 9 章	误差补偿技术	269
9.1	反向间隙补偿	269
9.2	螺距误差补偿	270
9.2.1	螺距误差补偿原理	270
9.2.2	810D/840D 螺距补偿涉及系统变量与机床参数	271
9.2.3	810D/840D 螺距补偿方法及步骤	272
9.2.4	810D/840D 螺距补偿应用	273
9.3	垂度误差补偿	274

9.3.1	840D 数控系统垂度误差补偿原理	274
9.3.2	垂度误差补偿涉及系统变量与机床参数	275
9.3.3	840D 数控系统垂度误差补偿步骤	275
9.3.4	840D 数控系统垂度误差补偿应用	276
9.4	热变形误差补偿	277
9.4.1	840D 数控系统热变形补偿原理	277
9.4.2	热变形补偿系统的软硬件设计	279
9.5	跟随误差补偿	281
9.5.1	速度前馈控制	281
9.5.2	转矩前馈控制	282
9.6	摩擦补偿	282
9.6.1	摩擦补偿方法	282
9.6.2	摩擦补偿的效果对比	283
9.6.3	常规摩擦补偿功能的应用	284
9.7	实训 螺距误差补偿	286
9.7.1	实训内容	286
9.7.2	实训步骤	286
9.7.3	思考题	287
第 10 章	数控系统的维护与保养	288
10.1	数控系统的维护	288
10.1.1	数控系统的使用检查	288
10.1.2	数控系统的日常维护与保养	289
10.2	机床电气控制系统检查	290
10.3	驱动系统安装条件与内部冷却	291
10.4	后备电池的更换	293
10.4.1	810D 系统 CCU 模块电池更换	293
10.4.2	840D 系统 NCU 模块电池更换	294
10.4.3	操作部件电池更换	294
参考文献		295

第 1 章 数控编程与操作

1.1 数控加工程序编制基础

1.1.1 数控加工程序的编制

数控机床是一种高效的自动化加工设备,是按照事先编制好的加工程序,自动地对被加工零件进行加工。编程人员把零件的加工工艺路线、工艺参数,刀具的运动轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、切削进给量、背吃刀量等),以及辅助功能(换刀、主轴的正转与反转、切削液的开与关等),按照数控机床规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单,再把该程序单中的内容记录在控制介质上,然后输入到数控机床的数控系统中,由数控系统控制机床自动进行零件加工。

从零件图的分析到制成控制介质的全部过程叫数控加工程序的编制。数控加工程序是机床数控系统的应用软件。数控系统的种类繁多,它们使用的数控程序语言规则和格式也不尽相同。即使同一厂家生产的数控系统,不同型号的系统所使用的语言规则和格式也不尽相同。当针对某一台数控机床编制加工程序时,应该严格按机床编程手册中规定的语言和格式进行程序编制。

因此,在编制数控加工程序前,编程人员应首先了解所用数控机床的规格及性能,了解数控系统所具备的功能及编程格式,熟知数控程序编制的主要工作内容及编程方法。

数控机床程序编制的主要内容和步骤是:分析零件图纸→制定工艺方案→数值计算→编写零件加工程序→制作数控介质→程序检验。

1. 分析零件图纸和制定工艺方案

通过分析零件图纸,明确加工的内容和要求,确定加工方案,选择适合的数控机床,选择或设计刀具和夹具,确定合理的走刀路线及选择合理的切削用量等。编程人员应对零件图样的技术特性、几何形状、尺寸及工艺要求进行仔细分析,并结合数控机床使用的基础知识,如数控机床的规格、性能、数控系统的功能等,确定加工方法和加工路线。

2. 数值计算

在确定了工艺方案后,就需要根据零件的几何尺寸、加工路线等,计算刀具中心运动轨迹,以获得刀位数据。数控系统一般均具有直线插补与圆弧插补功能,对于加工由圆弧和直线组成的较简单的平面零件,只需要计算出零件轮廓上相邻几何元素的交点或切点的坐标值,得出各几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值等,就能满足编程要求。当零件较复杂或零件的几何形状与控制系统的插补功能不一致时,就需要进行较复杂的数值计算,一般需要使用计算机辅助计算,否则难以完成。

3. 编写零件加工程序和制作数控介质

在完成上述工艺处理及数值计算工作后,即可编写零件加工程序。程序编制人员使用数控系统的程序指令,按照规定的程序格式,逐段编写加工程序。程序编制人员应对数控机床的功能、程序指令及代码十分熟悉,才能编写出正确的加工程序。

将编制好的加工程序制作成所需的数控介质,如穿孔纸带、数据磁带、软磁盘等,也可采用手动输入即 MDI 方式直接输入。

4. 程序检验

将编写好的加工程序输入到数控系统后,就可控制数控机床进行零件加工了。一般在正式加工之前,要对程序进行检验。通常可采用机床空运转的方式,来检查机床动作和运动轨迹的正确性,以检验程序。在具有图形模拟显示功能的数控机床上,可通过显示走刀轨迹或模拟刀具对工件的切削过程,对程序进行检查。对于形状复杂和要求高的零件,也可采用铝件、塑料或石蜡等易切材料进行试切来检验程序。通过检查试件,不仅可以确认程序是否正确,还可以知道加工精度是否符合要求。若能采用与被加工零件材料相同的材料进行试切,则更能反映实际加工效果。当发现加工的零件不符合加工技术要求时,可采取修改程序或修改尺寸补偿等措施。

数控加工程序的编制方法有手工编程和自动编程两种。

(1) 手工编程。从零件图样分析及工艺处理、数值计算、书写程序单、制作数控介质直至程序的校验等各个步骤,均由人工完成。

(2) 自动编程。编程工作的大部分或全部由计算机完成的过程称自动编程。编程人员只要根据零件图纸和工艺要求,用规定的语言编写一个源程序或将图形信息输入到计算机中,即可由计算机自动地进行处理,计算出刀具中心的轨迹,编写出加工程序清单,并自动制成所需要的控制介质。因为走刀轨迹可由计算机自动绘出,所以可方便地对编程出现的错误予以及时的修正。

对于点位加工或几何形状不太复杂的零件来说,编程计算较简单,程序量不大,手工编程即可实现。但对于形状复杂的零件、轮廓是非圆曲线的零件、轮廓是空间曲面的零件来说,程序量很大,计算也较繁琐,手工编程困难且易出错,必须采用自动编程的方法编制程序。

1.1.2 数控程序代码

数控程序是由一系列字符与数字组成的。在数控系统内部每个字符或数字都有对应的固定代码。

目前在国标上主要有两种代码标准:ISO(国际标准化组织)标准和 EIA(美国电子工业协会)标准。这两种代码的区别不仅仅是每种字符的二进制八位数编码不同,而且表示各种功能的符号、含义和数量都有很大区别,在大多数数控机床上,这两种代码都可以使用。我国机械工业部根据 ISO 标准制定了 JB 3050—82《数字控制机床用七单位编码字符》、JB 3051—82《数字控制机床坐标和运动方向的命名》、JB 3208—83《数字控制机床穿孔带程序段格式中的准备功能 G 和辅助功能 M 代码》。

由于各个数控机床生产厂家所用的标准尚未完全统一,其所用的代码、指令及其含义不完全相同,因此在编制程序时必须按所用数控机床编程手册中的规定进行。