

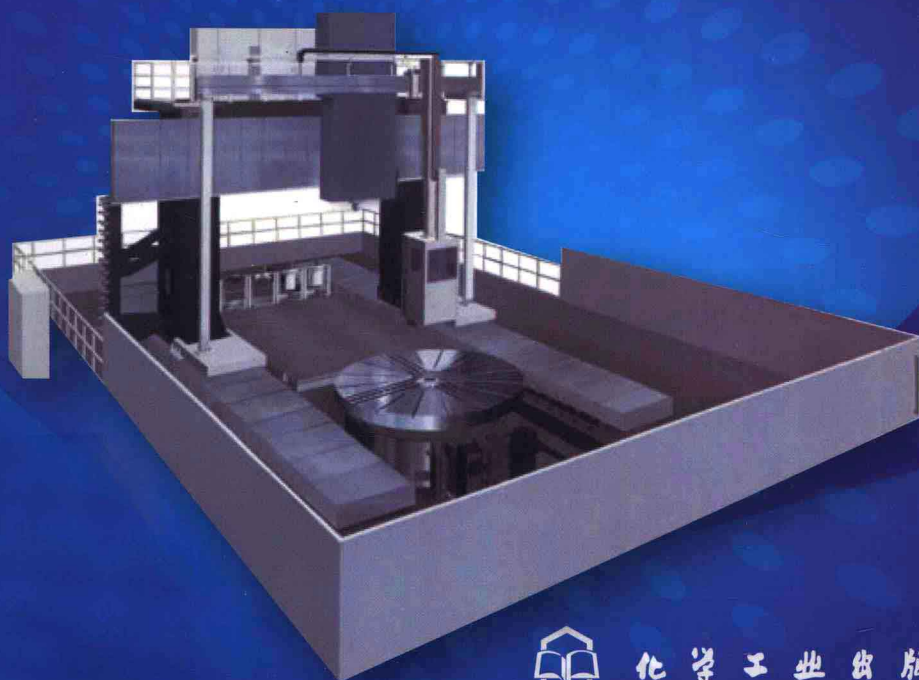
SHUKONG XICHUANG HE

JIAGONG ZHONGXIN GONGYI YU
BIANCHENG JUEQIAO



徐衡 编著

数控铣床和 加工中心工艺与 编程诀窍



化学工业出版社

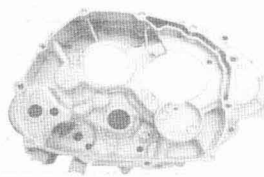
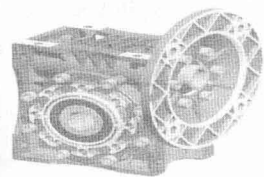
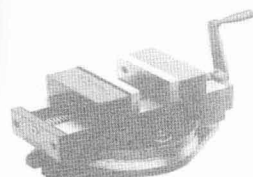
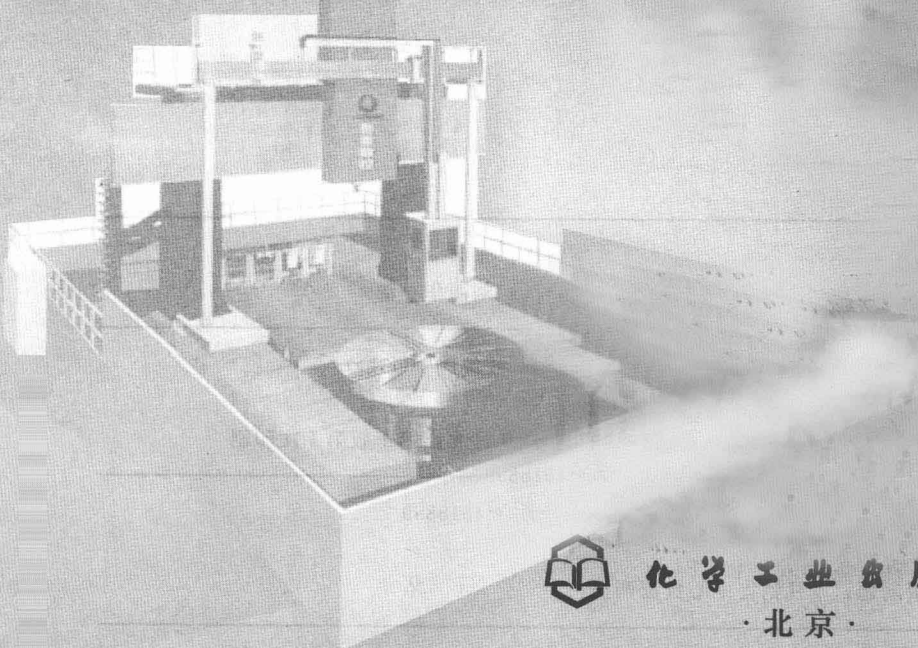
SHUKONG XICI

JIAGONG ZHONGXIN GOI
BIANCHENG JUEQIAO

徐衡 编著

数控铣床和 加工中心工艺与

编程诀窍



化学工业出版社
· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床和加工中心工艺与编程诀窍/徐衡编著. —北京:
化学工业出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-122-15060-8

I. 数… II. 徐… III. ①数控机床-铣床-加工工艺②数控机床加工中心-加工工艺③数控机床-铣床-程序设计④数控机床加工中心-程序设计 IV. ①TG547②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 184915 号

责任编辑: 王 烨

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 440 千字 2013 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前 言

数控程序员、数控铣工是技术性极强的工作。数控技术包括制定数控加工工艺方案，选择加工中的各种工艺参数，数控编程，数控机床操作技能等。本书以数控加工的应用为目的，基于目前企业中广泛使用的数控系统，介绍数控加工工艺方案设计，数控加工程序编制，数控机床操作，数控加工工艺参数的选择等。

本书从实用的数控加工技术出发，以使读者掌握数控加工技能，在生产实际中灵活应用数控加工工艺知识，提高数控加工岗位操作技术为目的，精选了大量数控加工实例，针对实例制定了数控加工工艺方案，工艺方案包括零件的装夹，数控机床参数的调整，选择刀具、切削参数等。书中加工例子经过实践检验，具有可行性，能保证使用中的加工质量。通过数控加工实例的介绍，在实例的引导下，方便读者把握学习要点，掌握工艺方案的设计与实施方法，从而达到提高读者数控加工编程能力与解决数控生产中工艺问题的能力。

本书还介绍了编者在生产和教学实践中积累的诸多数控加工工艺诀窍、实用的数控编程技巧和数控加工一线中使用的操作技巧，适合生产一线的技术人员的需求。书中介绍的数控加工编程与工艺诀窍，可供数控加工技术人员在生产中参考、应用。

本书是集理论和实践于一体的实用型技术图书，并致力于提高读者数控加工岗位能力。书中内容由浅入深，照顾了初学者的学习需要，既可作为初学者学习数控技术的入门书籍，也适合正在从事数控加工的技术工人、数控程序员、数控加工技术人员学习提高之用。

本书由徐衡编著，编写过程中李超、周光宇、栾敏、关颖、田春霞、段晓旭、王雷、赵宏立、孙红雨、李文杰、汤振宁、杨海、赵玉伟、郎敬喜、刘丽华、徐光远、关崎炜、朱新宇、张元军等对本书的编写提供了很多帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中不妥之处在所难免，请广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控加工基础	1
1.1 数控铣床、加工中心入门	1
1.1.1 数控机床	1
1.1.2 数控机床组成	1
1.1.3 数控机床坐标系	2
1.1.4 数控镗铣床、加工中心设备及其坐标系	3
1.2 数控机床的安装调试	8
1.2.1 机床开箱的检查工作	8
1.2.2 机床的连接工作	8
1.2.3 数控系统的连接与调整	8
1.2.4 通电试车	10
1.2.5 机床精度以及功能调试	11
1.2.6 组织机床验收工作	12
第 2 章 数控镗铣加工工艺基础	16
2.1 数控镗铣加工概述	16
2.1.1 数控镗铣削加工对象	16
2.1.2 数控机床加工过程	18
2.2 切削刀具材料与选用	21
2.2.1 高速钢	21
2.2.2 硬质合金	21
2.2.3 陶瓷材料	23
2.2.4 立方氮化硼 (CBN)	24
2.2.5 金刚石	24
2.2.6 刀具材料表面涂层	24
2.2.7 刀具材料发展	24
2.3 数控铣床、加工中心常用刀具	24
2.3.1 数控加工常用铣刀	24
2.3.2 数控铣床、加工中心常用孔加工刀具	33
2.3.3 钻、铣刀具的选择	38
2.3.4 镶齿刀具硬质合金刀片的装夹	40
2.3.5 刀具安装在铣床 (加工中心) 主轴上	41
2.4 选择铣削用量	45
2.4.1 背吃刀量 a_p (端铣) 或侧吃刀量 a_e (圆周铣) 的选择	45
2.4.2 进给速度 v_f 的选择	45
2.4.3 切削速度 v_c 的选择	45
2.4.4 球头铣刀的切削厚度	46
2.5 在数控铣床、加工中心上装夹工件	47
2.5.1 定位基准的选择	47
2.5.2 数控铣加工对工件装夹的要求	49
2.5.3 数控机床上工件装夹方法	51
2.5.4 使用平口虎钳装夹工件	51
2.5.5 使用压板和 T 形螺钉固定工件	54
2.5.6 使用弯板	55
2.5.7 使用 V 形块	56
2.5.8 使用托盘	57
2.5.9 使用组合夹具、专用夹具	57
2.6 数控镗铣方法	58
2.6.1 端铣和周铣	58
2.6.2 逆铣和顺铣	59
2.6.3 加工顺序的安排	60
2.6.4 立铣刀轴向下切路线	60
2.6.5 立铣刀径向往切入、切出工件 (进刀和退刀) 路线	61
2.6.6 选择合理的走刀路线	62
2.7 数控机床操作基础	65
2.7.1 数控机床准备	65
2.7.2 阅读工艺文件, 明确加工任务	66
2.7.3 工件装夹找正	66
2.7.4 对刀	66
2.7.5 加工过程中的主要事项	66
2.7.6 加工后工件的后处理工作	67
2.7.7 数控加工工艺守则	67
2.7.8 数控机床日常保养	68
第 3 章 数控程序指令	69
3.1 数控程序编制的基本概念	69
3.1.1 数控程序组成	69
3.1.2 程序段格式及指令 (代码) 简介	70
3.1.3 常用 M 代码说明	72
3.2 数控加工的坐标系	73
3.2.1 数控机床坐标系	73

3.2.2	工件坐标系与程序原点	74
3.2.3	小数点编程	74
3.2.4	绝对坐标值编程与增量坐标值 编程	74
3.2.5	在机床上建立工件坐标系（输入 工件原点偏移）	75
3.3	刀具进给指令	80
3.3.1	刀具定位	80
3.3.2	刀具沿直线切削——直线插 补 G01	81
3.3.3	刀具沿圆弧切削——圆弧插 补 G02、G03	82
3.3.4	刀具沿 Z 轴切入工件	86
3.3.5	螺旋线插补	86
3.4	返回参考点	89
3.4.1	参考点	89
3.4.2	返回参考点指令格式	89
3.5	刀具补偿功能	90
3.5.1	刀具端刃加工补偿——刀具长度 补偿指令	90
3.5.2	存储多把刀具长度补偿值 操作	94
3.5.3	刀具侧刃加工补偿——刀具半径 补偿指令	95
3.5.4	手动设定刀具半径补偿值	101
3.5.5	利用程序指令设定刀具补偿值 (G10)	102
3.6	孔加工固定循环	102
3.6.1	固定循环概述	102
3.6.2	钻孔加工循环 (G81、 G82、G73、G83)	103
3.6.3	攻螺纹循环 (G84、G74)	105
3.6.4	镗孔循环 (G85、G89、 G86、G88、G76、G87)	107
3.6.5	固定循环应用举例	109
3.7	子程序	110
3.7.1	子程序的概念	110
3.7.2	调用子程序指令	110
3.7.3	子程序编程应用实例	111
3.8	简化程序的编程指令	113
3.8.1	比例缩放功能 (G50、G51)	113
3.8.2	坐标系旋转功能 (G68、G69)	116
3.8.3	极坐标编程	119
3.8.4	局部坐标系	121

第 4 章 数控铣削加工宏程序 123

4.1 用户宏程序基础 (FANUC Oi

系统)	123
4.1.1 用户宏程序用途	123
4.1.2 变量	123
4.1.3 变量的算术和逻辑运算	126
4.1.4 宏程序语句和 NC 语句	129
4.1.5 转移和循环	130
4.2 宏程序调用	132
4.2.1 宏程序调用方法	132
4.2.2 宏程序非模态调用 (G65)	133
4.2.3 宏程序模态调用与取消 (G66、G67)	137
4.2.4 用 G 代码调用宏程序	139
4.2.5 用 M 代码调用宏程序	140
4.3 用宏程序铣削椭圆	140
4.3.1 椭圆槽加工	140
4.3.2 椭圆外轮廓加工	142
4.4 行切和环切	144
4.4.1 行切矩形平面宏程序	144
4.4.2 行切矩形槽宏程序	145
4.4.3 环切矩形槽宏程序	148
4.4.4 圆槽环切宏程序	150
4.5 孔系加工宏程序	151
4.5.1 环形阵列孔系加工	151
4.5.2 多组环形阵列孔系加工	153
4.6 球面加工	155
4.6.1 球面加工工艺	155
4.6.2 外球面加工	156
4.6.3 内球面粗加工——立铣刀自上 而下层切	158
4.6.4 内球面精加工——球头铣刀自 上而下切削	160

第 5 章 数控镗铣编程与工艺诀窍 162

5.1	数控孔加工编程与工艺诀窍	162
5.1.1	数控钻孔循环（平口钳装夹 操作）	162
5.1.2	铣刀螺旋铣削加工孔（用孔找 正主轴）	164
5.1.3	螺纹孔系加工（使用靠棒分 中对刀）	167
5.1.4	镗孔加工孔系（利用外圆找 正主轴）	170
5.2	槽、腔的数控铣削编程与工艺 诀窍	172
5.2.1	偏心弧形槽加工（三爪自定心 卡盘装夹工件）	172
5.2.2	精密铣削键槽（V 形槽定位）	173

5.2.3 铣削槽形凸轮	175	6.4 高效粗加工方法——插铣式粗加工 (使用 CAXA 软件)	230
5.2.4 比例缩放编程铣削宽圆槽 (利用寻边器分中对刀操作)	178	6.4.1 零件数控加工工艺分析	230
5.2.5 圆腔的数控铣削	180	6.4.2 零件三维造型	230
5.2.6 零件的内平面轮廓加工	182	6.4.3 生成加工轨迹	230
5.2.7 矩形槽数控铣削(环切法 加工)	184	6.4.4 验证加工轨迹	232
5.3 型面数控铣削编程与工艺诀窍	186	6.4.5 生成 G 代码数控程序	233
5.3.1 用球刀切削加工圆弧槽(用弯 板装夹工件)	186	6.5 利用自动编程分别完成粗、精加工 (使用 CAXA 软件)	233
5.3.2 斜面及弧面的数控铣精加工(行切 法加工)	188	6.5.1 零件工艺分析	234
5.4 工件上多个相同图形的加工编程与 工艺诀窍	190	6.5.2 零件三维造型	234
5.4.1 极坐标编程实现相同图形的 加工	190	6.5.3 生成型面粗加工轨迹(等高线粗 加工)	234
5.4.2 重新设置编程原点偏移量进行 相同图形的加工	192	6.5.4 生成型面精加工轨迹(扫描线精 加工)	237
5.4.3 镜像加工实现相同图形的 加工	193	6.6 橡胶模曲面的数控铣精加工(使用 CAXA 软件)	241
5.4.4 坐标系旋转实现相同图形 的加工	195	6.6.1 零件数控加工工艺分析	241
5.5 典型零件数控加工编程与工艺 诀窍	197	6.6.2 零件三维造型	242
5.5.1 汽车弹簧靠模的加工	197	6.6.3 生成加工轨迹	242
5.5.2 减速箱体数控加工	203	6.7 锻模的数控加工(使用 UG NX 软件)	244
5.5.3 梅花联轴器铣削梅花槽	210	6.7.1 锻模加工工艺	245
第 6 章 自动编程与工艺诀窍	213	6.7.2 锻模数控加工工艺(表 6-9 中 第 5 工序)	245
6.1 自动编程软件	213	6.7.3 输出数控加工程序	248
6.1.1 数控自动编程系统软件	213	6.7.4 数控机床操作要点	251
6.1.2 用自动编程软件编程步骤	213	6.7.5 检验	252
6.1.3 制造工程师的用户界面	214	6.7.6 工艺诀窍	252
6.1.4 CAXA 制造工程师自动编程软件 常用术语	214	6.8 模具的数控加工(使用 UG NX 软件)	253
6.2 跟我做——零件实体造型操作 (使用 CAXA 软件)	216	6.8.1 凸、凹模工艺方案	253
6.3 跟我做——零件自动编程操作 (使用 CAXA 软件)	219	6.8.2 凸、凹模数控铣加工	254
6.3.1 零件数控加工工艺分析	219	6.8.3 工艺诀窍——配合件加工 方法	260
6.3.2 零件加工造型	220	6.9 叶轮加工(使用 UG NX 软件)	260
6.3.3 定义毛坯	220	6.9.1 叶轮的数控工艺分析	260
6.3.4 生成加工轨迹	221	6.9.2 数控加工工序工艺方案	261
6.3.5 验证加工轨迹	228	6.9.3 叶轮的数控加工程序	262
6.3.6 生成 G 代码数控程序	229	6.9.4 数控机床操作要点	265
		6.9.5 检验	266
		6.9.6 工艺诀窍	266
		参考文献	268

第 1 章 数控加工基础

1.1 数控铣床、加工中心入门

1.1.1 数控机床

数控机床（Numerically Controlled Machine Tool）是采用数字化信号对机床的运动及加工过程进行控制的机床。“数字化信号”就是零件加工程序，即数控机床加工中所需要的控制信息，如刀具的走刀路线、各种辅助机能（主轴转速，进给速度，换刀，冷却液开关等）等，记录在加工程序中，由程序控制加工过程。

数控机床是一种高效率自动化机床，能实现机械加工的高速度、高精度和高度自动化，与其他自动化机床的一个显著区别，是数控机床采用柔性自动化技术，当加工对象改变时，只需要编制相应的零件加工程序，就可以控制加工新工件，不需要改变其他硬件装备。

1.1.2 数控机床组成

数控机床由数控系统、伺服驱动装置和机床本体三个基本部分组成，组成框图如图 1-1 所示。

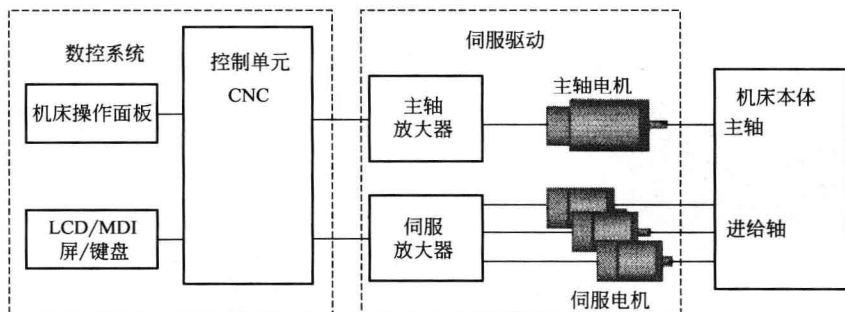


图 1-1 数控机床的组成

(1) 数控系统（CNC 系统）

数控系统是数控机床中的指挥系统，相当于人体的大脑，是一个专用的计算机系统，包括 LCD 显示屏、键盘等，如图 1-2 所示。

目前我国常用数控系统有 FANUC 数控系统（如 F0/F00/F0i Mate 系列和 FANUC 0i 系列），西门子系统（如 SINUMERIK 802、810、840 系统及全数字化的 840D 系统），国产自主开发的数控系统有华中理工大学的华中 I 型系统、华中 II 型系统，中科院沈阳计算机所的蓝天一型系统，北京航天机床数控集团的航天一型系统，中国珠峰数控公司的中华一型系统等。

(2) 伺服系统

伺服系统是机床的动力装置，把数控装置发来的各种动作指令，转化成机床移动部件的运动，伺服系统由伺服放大单元和伺服电机组成，如图 1-3 所示。

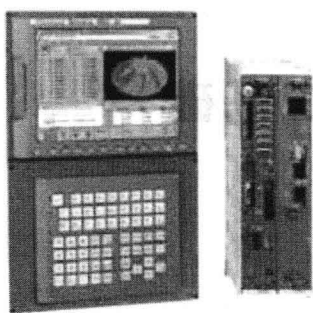
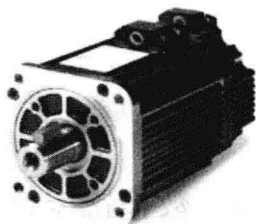


图 1-2 数控系统



(a) 伺服放大器



(b) 伺服电机

图 1-3 伺服驱动装置

(3) 机床本体

机床本体指数控机床的机械部分，也称为数控机床光机，包括主运动部件、进给运动部件（工作台、刀架）和支承部件（如床身、立柱）等。有些数控机床还配备了特殊的部件，如回转工作台、刀库、自动换刀装置和托盘自动交换装置等。数控机床机械结构普遍采用了滚珠丝杠、滚动导轨，传动效率高，与传统机床相比传动系统更为简单。某数控铣床光机如图 1-4 所示。

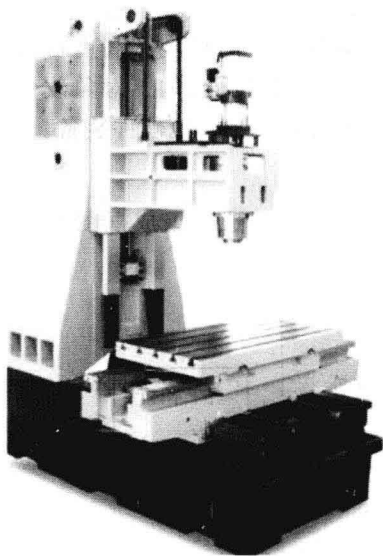


图 1-4 数控铣床光机

1.1.3 数控机床坐标系

数控机床控制刀具运动，需要明确刀具运动方向，刀具运动方向就是数控机床坐标系的方向。数控机床坐标系和方向的规定已标准化，我国有相应的 JB 3051—82 标准，与 ISO 国际标准等效。基本规定如下。

(1) 刀具相对工件运动的原则

数控机床上实体的进给运动，有采用刀具运动，也有采用工件运动，标准规定数控机床的坐标系是刀具相对工件运动，即工件静止，刀具相对工件运动，刀具远离工件方向为坐标轴正向。由于规定工件是静止的，数

控程序中记录的走刀路线是刀具运动的路线，加工程序中编写的是刀具相对工件的运动轨迹。

(2) 数控机床坐标系

数控机床刀具直线运动的坐标轴用字母 X、Y、Z 表示，三轴关系遵循右手系规定，即伸出右手，大拇指所指为 X 轴，食指所指为 Y 轴，中指所指为 Z 轴，如图 1-5(a) 所示。刀具绕 X、Y、Z 轴的旋转运动坐标轴分别用 A、B、C 表示，其旋转的正向按右手螺旋方向确定，即大拇指指向直线坐标轴正向，其余四指指向为旋转运动正向，如图 1-5(b) 所示。

(3) 机床坐标轴的规定

机床坐标系的坐标轴与机床导轨平行。判断机床坐标轴的顺序是首先定 Z 轴，然后定 X 轴，最后根据右手法则定 Y 轴。

① Z 轴 数控机床的 Z 轴为平行机床的主轴方向，刀具远离工件的方向为 Z 轴正向；

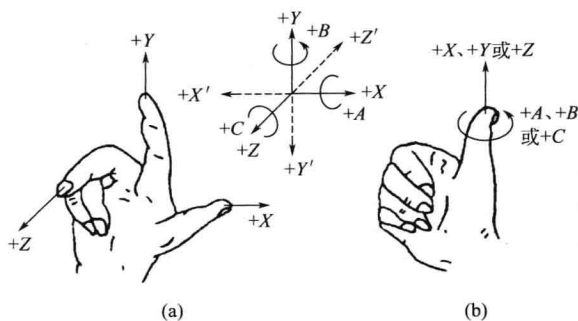


图 1-5 数控机床的坐标系

对于镗铣类机床，机床主运动是刀具回转，钻入工件方向为 Z 轴的负方向，退出工件的方向为 Z 轴的正方向，如图 1-6、图 1-7 所示。

② X 轴 X 轴一般是水平的，平行于工件装夹面，对于立式数控镗铣床（ Z 轴是垂直的），从主轴向立柱的方向看，右侧为 X 轴正向，如图 1-6 所示；对于卧式镗铣床（ Z 轴是水平的），沿刀具主轴后端向工件看，右侧为 X 轴正向，如图 1-7 所示。

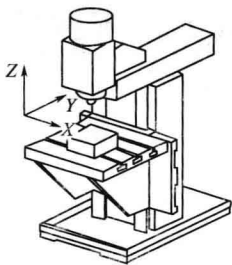


图 1-6 立式铣床坐标系

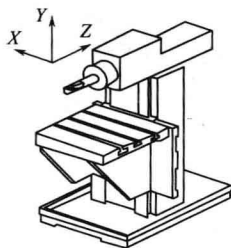


图 1-7 卧式铣床坐标系

③ Y 轴 根据 X 和 Z 轴，按右手系法则（图 1-5）确定 Y 轴的正方向。

④ A 、 B 、 C 坐标轴 A 、 B 、 C 是旋转坐标轴，其旋转轴线分别平行于 X 、 Y 、 Z 坐标轴，旋转运动正向，按右手螺旋法则确定。

⑤ 工件运动时坐标轴的符号 如果数控机床实体上刀具不运动，而是工件运动，这时在机床上表示工件运动的坐标轴符号为：在相应的坐标轴字母上加撇表示，即 X 、 Y 、 Z 、 A 、 B 、 C 轴分别表示为 X' 、 Y' 、 Z' 、 A' 、 B' 、 C' 等。即代撇字母表示的工件运动，工件运动的正向与刀具运动坐标轴的正向相反。

1.1.4 数控镗铣床、加工中心设备及其坐标系

数控铣床和加工中心是用于镗铣加工的数控机床，在航空航天、汽车制造和模具制造业中应用广泛。数控铣床与加工中心的主要区别是：数控铣床没有刀库和自动换刀功能，而加工中心具有刀库和自动换刀功能。

(1) 数控铣床

① 三轴数控铣床 主轴垂直安置的数控铣床为立式数控铣床，三轴立式数控铣床如图 1-8 所示，该机床 X 、 Y 轴方向由工作台运动完成，工件安装在工作台上，机床上表示工件运动的坐标轴用 X' 、 Y' 表示。 Z 轴方向是主轴移动，刀具固定在主轴上，机床上表示刀具运动的坐标轴用 Z 表示。

三轴数控铣床如果其中任意两轴可以联动，称为两轴半控制的数控铣床，可以加工平面曲线类和平面型腔类零件。如果 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴可以三坐标联动，则称为三轴数控铣床，用于各类复杂的平面、曲面和壳体类零件的加工，如各种模具、样板、凸轮和连杆等，数控铣床也能加工有一定位置精度要求的孔系。

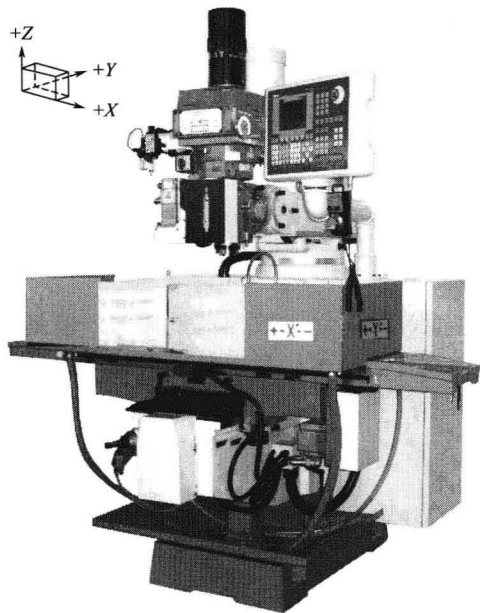


图 1-8 立式数控铣床

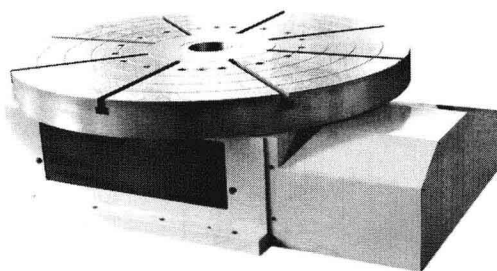
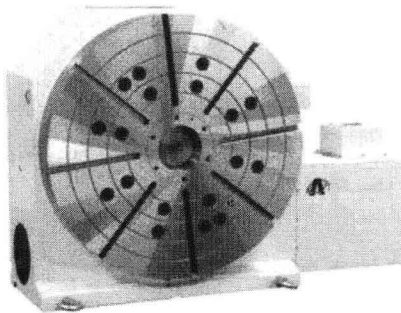


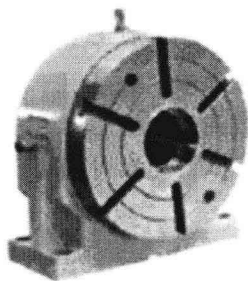
图 1-9 卧式数控回转工作台

② 数控回转工作台 数控回转工作台是数控镗铣床和加工中心的配套附件。卧式数控回转工作台结构如图 1-9 所示，用于主机的第 4 回转轴，或直接作为机床的工作台使用。转台在主机相关控制系统控制下，可实现等分和不等分的孔、槽或者连续特殊曲面加工。

立式数控回转工作台如图 1-10(a) 所示，回转轴以水平方式安装于主机工作台上，用作主机的第 4 轴。回转工作台上可安装板、盘或其他形状比较复杂的工件，也可利用与之配套的尾座安装轴类加工零件。数控回转尾座是数控回转工作台配套附件，如图 1-10(b) 所示。



(a) 立式数控回转工作台



(b) 数控回转尾座

图 1-10 立式数控回转工作台与数控回转尾座

③ 四轴数控铣床 在三轴数控铣床上装备一个数控回转工作台，成为四轴的数控铣床，第4轴为回转工作台的旋转轴，如图 1-11 为四轴立式数控铣床坐标轴示意图。四轴的数控铣床可以加工螺旋槽、叶片等立体曲面零件。

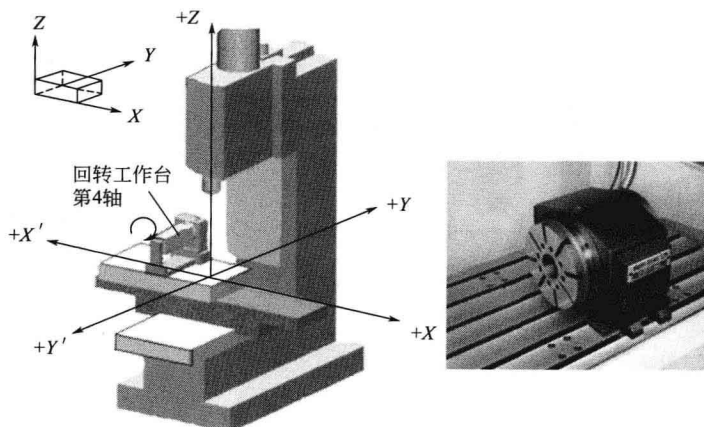


图 1-11 四轴的立式数控铣床坐标系

④ 五轴数控铣床 立式五轴数控铣床及其坐标轴如图 1-12 所示，除直线运动坐标轴 X 、 Y 、 Z 外，两个旋转轴（工件回转）分别是 A' 、 C' 轴。

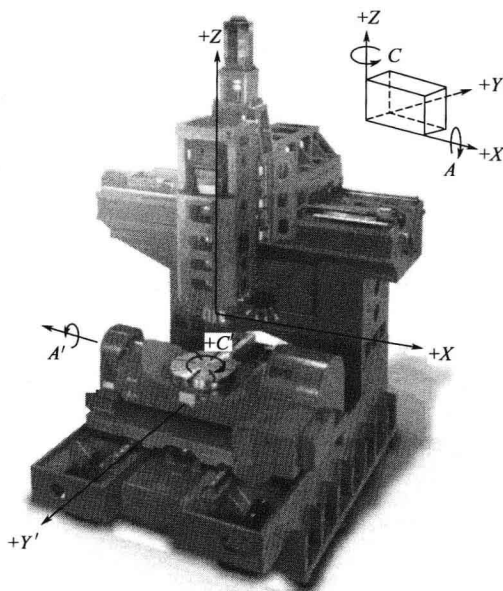


图 1-12 立式五轴数控铣床及其坐标轴

(2) 加工中心

随着现代机床制造业的发展，为提高生产率，零件加工工艺多采用工序集中的原则，即车、铣、钻、镗等多台通用机床完成的工序，最好集中在一台机床上完成，一次装夹后完成多个平面或多个角度的多工序加工。加工中心就是一种配备有刀库，并能自动更换刀具，对工件进行多工序加工的数控机床。刀库类型有：无臂转盘式刀库、有臂转盘式刀库、链式刀库等，如图 1-13 所示。

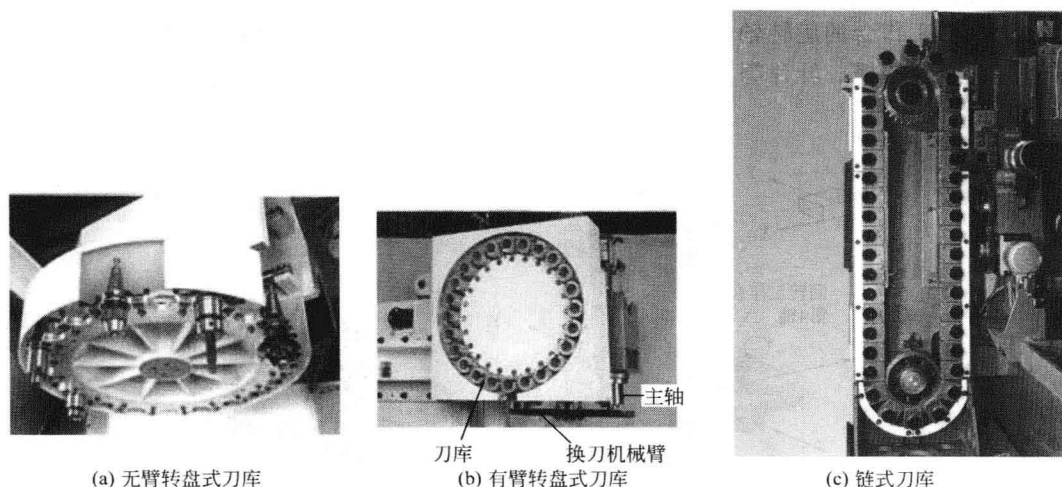


图 1-13 各类刀库

加工箱体类零件的加工中心，一般是在镗、铣床的基础上发展起来的，可称为镗铣类加工中心，习惯上简称加工中心，主要用于箱体类零件和复杂曲面零件的加工。

加工中心按机床主轴结构形式可以分为立式加工中心、卧式加工中心、龙门式加工中心等。

① 立式加工中心 主轴垂直安置的加工中心为立式加工中心，立式三轴加工中心如图 1-14 所示。该加工中心采用立式回转式转盘刀库，换刀动作由换刀机械臂完成，当需要用某一刀具进行切削加工时，机械臂自动把刀具从刀库装夹到机床主轴上，切削完毕后，将用

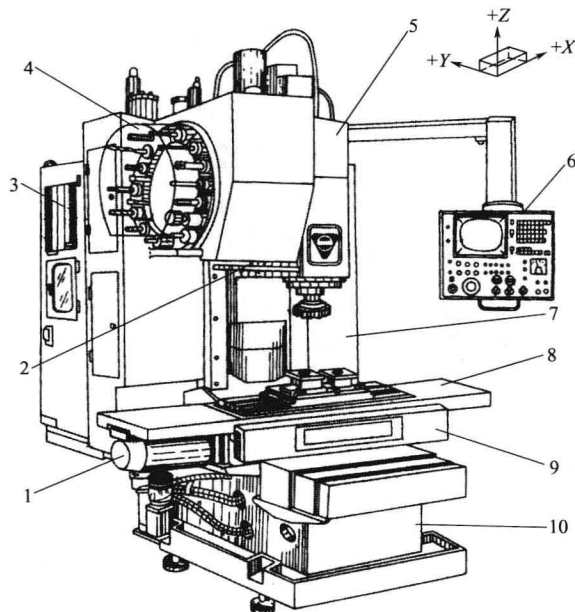


图 1-14 立式三轴镗铣加工中心

1—X 轴直流伺服电机；2—换刀机械臂；3—数控柜；4—盘式刀库；5—主轴箱；
6—操作面板；7—电源柜；8—工作台；9—滑座；10—床身

过的刀具从主轴上移回到刀库中。转盘式刀库容量较小,适用于小型加工中心。

② 卧式加工中心 主轴水平安置的加工中心为卧式加工中心。卧式加工中心的刀库一般为链式结构,链式刀库的刀具容量较大。装备回转工作台的卧式四轴数控加工中心如图 1-15 所示,刀具在 Y 轴直线运动,工件在 X' 、 Z' 轴直线运动,旋转轴是 B 轴,由于工作台做旋转运动,也就是工件转动,所以用 B' 轴表示。

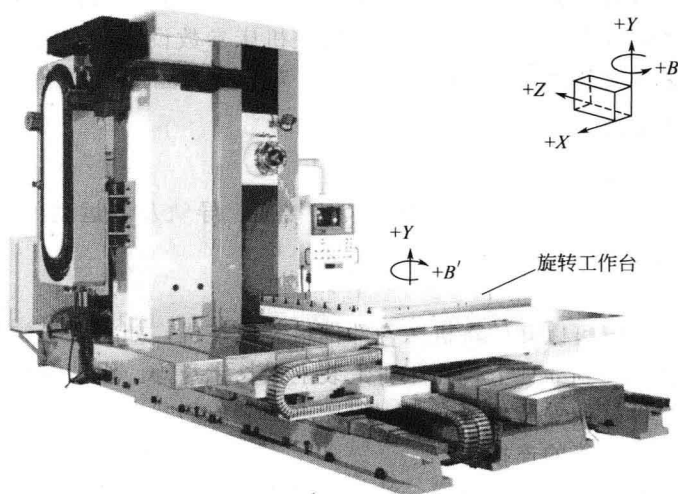


图 1-15 卧式四轴数控镗铣加工中心

卧式五轴数控加工中心如图 1-16 所示。

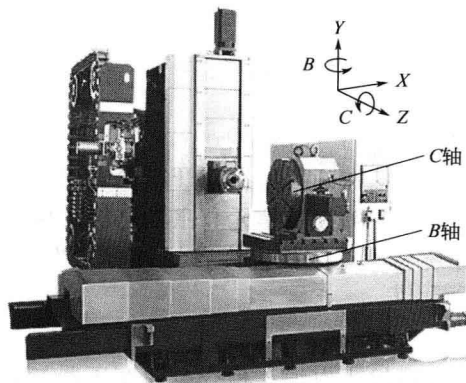


图 1-16 卧式五轴数控加工中心

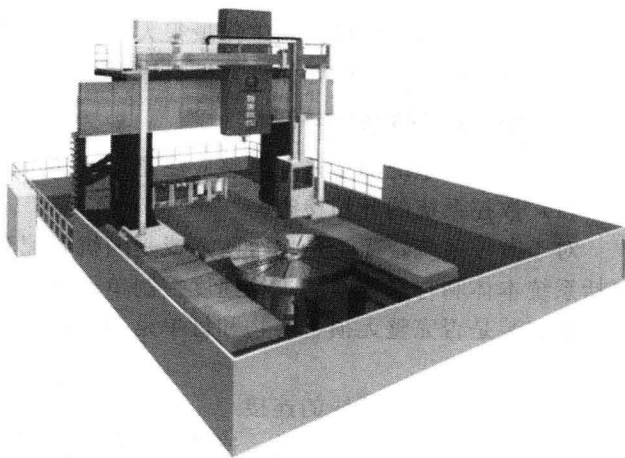


图 1-17 龙门镗铣加工中心

③ 龙门加工中心 龙门加工中心为工作台移动,采用双立柱横梁升降的龙门固定式结构,主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上运动,如图 1-17 所示。龙门加工中心适用于各种箱体类、板类、机架类和模具等大、重型零件的数控加工,工件一次装夹后可连续完成铣、钻、镗、铰、攻螺纹等多种工序的加工。配备多功能铣头后,可对工件进行五面体加工,在一次装夹中加工工件的五个表面,具有高效率、高质量的特点。

1.2 数控机床的安装调试

1.2.1 机床开箱的检查工作

在机床到达之前,应该按照机床厂家提供的图样,特别是规格尺寸及地基要求尺寸打好机床安装基础,并预留地脚螺栓预置孔,按照安装清单逐个清点备品、配件、资料及附件。对所有的随机文件要由专人专项保管(特别是数控机床参数设置明细表等文件)。按照说明书上的介绍,将机床各大部件在现场地基上就位,对各个紧固件必须一一对号安装。

1.2.2 机床的连接工作

(1) 机床组装前的准备工作

机床的各个部件在组装前,应先去除安装连接面、导轨及各运动部件表面上的防锈涂料,做好各部件外表的清洁工作。

(2) 机床组装

准备工作完成后,就可以开始将机床各部件组装成整机,如将立柱、数控柜、电气柜装在床身上,刀库机械手装到立柱上,在床身上装上接长床身等。组装时必须使用原有的定位销、定位块及定位元件,使安装位置恢复到机床拆卸之前的状态,便于下一步的精度调试。

(3) 电缆、油管和气管的连接

机床部件组装完成后,就进行电缆、油管和气管的连接。应根据机床说明书中的电气接线图和气、液压管路图,把有关电缆和管道按标记一一对号连接好。连接时要特别注意清洁工作和可靠的接触及密封,并检查是否有松动和损坏。电缆插上后一定要拧紧紧固螺钉,保证其相互的接触可靠。油管、气管连接中要特别防止异物从接口中进入管路,造成整个液压系统故障,管路连接时每个接头都要拧紧。否则在试车时,如有一根管子渗漏油,往往需要拆下一批管子检修,造成返修工作量很大。当电缆和油管的连接完毕后,应做好各线路的就位固定,安装好防护罩壳,保证数控机床整齐的外观。

1.2.3 数控系统的连接与调整

对机床数控系统的连接与调整应注意以下几点。

(1) 数控系统的开箱检查

对于数控系统,无论是单个购入或是随机床配套购入均应在到货后进行开箱检查,检查包括系统本体和与之配套的进给速度控制单元和伺服电机、主轴控制单元和主轴电机。检查它们的包装是否完整无损、实物和订单是否相符。此外还应检查数控柜内各插件有无松动,接触是否良好。

(2) 数控系统电源线的连接

应先切断控制柜电源开关,连接数控柜电源变压器原边输入电缆。检查电源变压器与伺服变压器的绕组抽头连接是否正确。尤其是引进的国外数控系统或数控机床更需如此,因为,有些国家的电源电压等级与我国有所不同。

(3) 外部电缆的连接

外部电缆连接是指数控装置与外部 MDI/CRT 单元、强电柜、机床操作面板、进给伺服电机动力线与反馈线、主轴电机动力线与反馈信号线的连接以及手摇脉冲发生器等的连接。应使这些连接符合随机提供的连接手册的规定。最后还应进行地线连接。地线要采用一点接地法,即辐射式接地法。如图 1-18 所示。

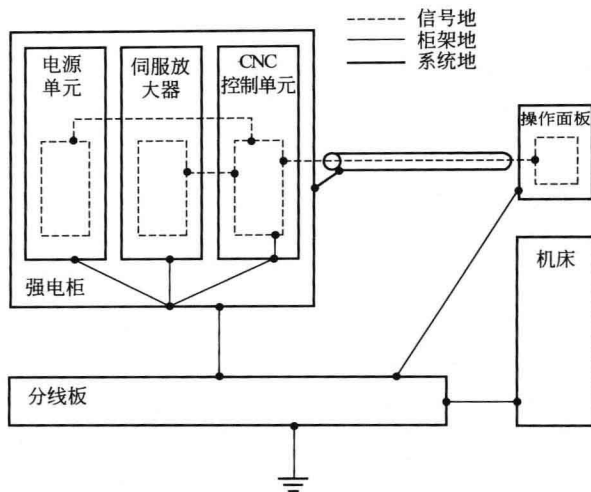


图 1-18 一点接地法示意图

这种接地法要求将数控机床中的信号地、框架地、系统地 and 机床地等，连接到一个公共接地点上，而且数控控制柜与强电控制柜之间应该保证有足够粗的保护接地电缆。例如采用面积为 $5 \sim 14 \text{ mm}^2$ 的接地电缆，其公共接地点必须与大地接触良好，一般要求接地电阻小于 $4 \sim 7 \Omega$ 。

（4）线路板上短路设定点的确认

数控系统内的印刷线路板上有许多用短路棒短路的设定点，需要对其设定以适应各种型号机床的不同要求。一般来说，用户购入的整台数控机床，这项设定已由机床制造厂完成，用户只需要确认即可。但对于单体购入的 CNC 系统，用户则需要自行设定。确认工作应按随机维修说明书要求进行。一般有三点。

① 先确认控制部分印刷线路板上的设定。确认主板、ROM 板、连接单元、附加轴控制板和旋转变压器或感应同步器控制板上的设定。它们与机床返回基准点的方法、速度反馈用检测元件、检测增益调节及分度精度调节有关。

② 要确认速度控制单元印刷线路板上的设定。无论是直流或交流速度控制单元上皆有一些设定点，用于选择元件种类，回路增益以及各种报警等。

③ 要确认主轴控制单元印刷线路板上的设定。上面有用于选择主轴电机电流极限与主轴转速等的设定点（除数字式交流主轴控制单元上已用数字设定代替短路棒设定，所以只有通电时才能设定与确认，其他交、直流主轴控制单元上均有）。

（5）输入电源电压、频率及相序的确认

① 检查电压波动是否在允许范围之内。

② 检查确认变压器的容量是否能满足控制单元与伺服系统的电耗。

③ 对采用晶体管控制元件的速度控制单元与主轴控制单元的供电电流，一定要严格检查相序，否则会使熔丝熔断。

（6）数控控制柜通电，检查各输出电压

在接通电源之前，为了确保安全，可先将电机动力线断开，这样，在系统工作时不会引起机床运动。但必须根据维修说明书的介绍对速度控制单元作一些必要的设定，才能不至于因为断开电机动力线而造成报警。

接通电源后,首先检查数控控制柜中各个风扇是否旋转,风扇的旋转也可以确认电源是否已接通。

检查各印刷线路板上的电压是否正常,各种直流电压是否在允许的波动范围之内,一般来说,供给逻辑电路用的+5V电源要求较高,波动范围在 $\pm 5\%$ 。

(7) 确认直流电源的电压输出端是否对地短路

各种数控系统的内部都有直流稳压电源单元,为系统提供所需的+5V、 $\pm 15\text{V}$ 、 $\pm 24\text{V}$ 等直流电压,因此在系统通电前,应使用万用表来检查这些电源的负载是否有对地短路的现象。

(8) 数控系统各种参数的设定

为了使机床处于最佳工作状态并具备最好的工作性能,在数控装置与机床连接时,必须设定系统(包括PLC)参数。即使数控装置属于同一型号、同一类型,其参数设置也因机床而异。显示参数的方法有多种,但大多数可通过MDI/CRT单元上的PARAM键来显示已存入系统存储器的参数。机床安装调试完毕时其参数显示应与随机附带的参数明细表一致。

如果所用的进给和主轴控制单元是数字式的,那么它的设定也都是用数字设定参数,而不是用短路棒。此时,需根据随机所带的说明书,一一加以确认。

(9) 确认数控系统与机床侧的接口

现代数控机床的数控系统都具有自诊断功能。在显示屏CRT画面上可以显示数控系统与机床可编程序控制器PLC的信息,反映从NC $\rightarrow$ PLC,从PLC $\rightarrow$ 机床(MT侧),以及从MT侧 $\rightarrow$ PLC侧,从PLC侧 $\rightarrow$ NC侧的各种信号状态。至于各信号的涵义及相互逻辑关系,随每个PLC的梯形图而异。用户可根据机床厂提供的程序顺序单(即梯形图)说明书(内含诊断地址表),通过自诊画面确认数控机床与数控系统之间接口信号是否正确。

1.2.4 通电试车

安装了数控系统,就可以通电试车,具体操作如下。

① 接通机床总电源,检查CNC电箱、主轴电机冷却风扇、机床电器箱冷却风扇的转向是否正确,润滑、液压等处的油标指示以及机床照明灯是否正常。各熔断器有无损坏?如有异常应立即停电检修,无异常可以继续进行。

② 观察各部位有无漏油现象,特别是供转塔转位、卡紧、主轴换挡以及卡盘卡紧等处的液压缸和电磁阀,如有漏油应立即停电维修或更换。

③ 测量强电部分的电压,特别是供CNC及伺服单元用的电源变压器的初、次级电压,并做好详细记录。

④ 按CNC电源通电按钮,接通CNC电源,观察显示屏CRT显示,直到出现正常画面为止。如出现ALARM显示,应立即停电寻找故障并排除。重新送电检查。

⑤ 打开CNC电箱,根据有关资料上给出的测试端子的位置测量各级电压,有偏差的应调整到给定值,并做好详细记录。

⑥ 将状态开关置于适当位置。

⑦ 将状态选择开关置于JOG位置,将点动位置放在最低挡,分别进行各坐标正、反方向的点动操作,同时用手按与点动方向相对应的超程保护开关,验证其保护作用的可靠性。然后,再进行慢速的超程试验,验证超程撞块安装的正确性。

⑧ 将状态开关置于回零位置,完成回零操作,无特殊说明时,一般数控机床的回零方向是在坐标的正方向,观察回零动作的正确性。