

从  开始学

FANUC

数控系统 故障诊断

李 锋 主 编

王红珠 副主编



化学工业出版社

014009752

TG659
494

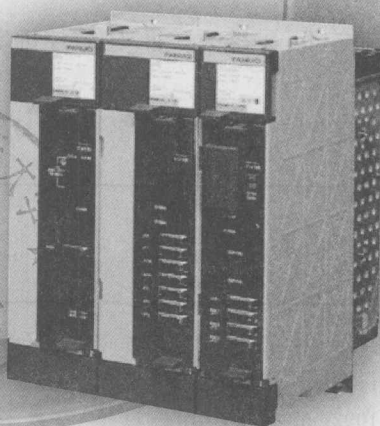
从  开始学

FANUC

数控系统 故障诊断

李 锋 主 编

王红珠 副主编



化学工业出版社



北航

C1695918

TG659

494

014000125

图书在版编目 (CIP) 数据

从零开始学 FANUC 数控系统故障诊断/李锋主编.
北京: 化学工业出版社, 2014. 1
ISBN 978-7-122-18298-2

I. ①从… II. ①李… III. ①数控机床-故障诊断
IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 203368 号

责任编辑: 王 烨

文字编辑: 谢蓉蓉

责任校对: 宋 夏

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 11½ 字数 270 千字 2014 年 1 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: 46.00 元

版权所有 违者必究

FANUC

前言

FOREWORD

随着科学技术的迅速发展，数控机床以其高效、高精度以及加工灵活可变的特点，在各行各业取得了越来越广泛的应用。在许多场合，它已成为企业保证新产品质量、提高生产效率和管理水平的关键设备之一。而 FANUC 数控系统在市场上保有量不断扩大，企业急需大量的能够对数控设备进行维修和维护的专门技能人才。本书主要是为广大初学者提供学习 FANUC 数控系统的流程，以使大家快速掌握此方面的相关技术。

本书以 FANUC 数控系统为基础，从数控机床的工作原理和分类、数控机床常用元件工作原理及性能、数控机床故障维修使用的检测仪器、数控机床的连接、PMC 的故障诊断与检修五个方面详尽地介绍了 FANUC 数控系统机床的结构及检修过程，同时还为广大读者提供了 40 个维修实例。

本书由陕西航天职工大学李锋主编，王红珠副主编，中航工业西安航空发动机集团公司叶春林，西安技师学院韩帅、李博，西安理工大学高等技术学院刘玮参加编写，在编写过程中还得到了校领导及周怀兵、史效忠、李正泽、张瑛、郑欣、马卫强、杨文林等老师的支持和帮助，在此深表谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处与错误，恳请广大读者批评指正。

编者

目录

CONTENTS

第1章 数控机床概论

1

- 1.1 数控机床的工作原理及组成 1
- 1.2 数控机床的分类 3
- 1.3 常见数控系统 4

第2章 数控机床常用控制元件工作原理及性能

6

- 2.1 接触器 6
 - 2.1.1 交流接触器 6
 - 2.1.2 直流接触器 7
 - 2.1.3 接触器的主要技术参数 7
 - 2.1.4 接触器的型号与电气符号 8
 - 2.1.5 接触器的选用原则 8
 - 2.1.6 接触器常见故障分析及处理方法 9
- 2.2 继电器 9
 - 2.2.1 电压继电器 10
 - 2.2.2 电流继电器 10
 - 2.2.3 中间继电器 11
 - 2.2.4 时间继电器 11
 - 2.2.5 热继电器 15
 - 2.2.6 速度继电器 17
 - 2.2.7 固态继电器 18
- 2.3 低压断路器和熔断器 19
 - 2.3.1 低压断路器 19
 - 2.3.2 熔断器 21
- 2.4 主令电器 23

2.4.1	刀开关	23
2.4.2	组合开关	24
2.4.3	按钮开关	26
2.4.4	行程开关	28
2.4.5	接近开关	29
2.5	电源变压器	30
2.5.1	变压器	30
2.5.2	直流稳压电源	31
2.6	电动机	32
2.6.1	直流电动机	32
2.6.2	交流电动机	33
2.6.3	伺服电动机	33
2.7	电抗器和浪涌吸收器	35
2.7.1	电抗器	35
2.7.2	浪涌吸收器	36
2.8	霍尔元件	36
2.8.1	霍尔元件的结构组成	36
2.8.2	霍尔元件的霍尔效应	37
2.8.3	霍尔元件的工作原理	37
2.9	光栅	37
2.9.1	光栅的结构组成	37
2.9.2	光栅的工作原理	38
2.10	主轴变频器	38
2.10.1	主轴变频器的结构组成	38
2.10.2	主轴变频器的工作原理	39
2.10.3	主轴变频器功能说明	39
2.11	脉冲编码器	40
2.11.1	增量式编码器	40
2.11.2	绝对值式编码器	42
2.12	感应同步器	43
2.12.1	感应同步器的结构与分类	43
2.12.2	感应同步器的工作原理和信号处理方式	43
2.12.3	感应同步器的使用	46
2.13	磁栅	46
2.13.1	磁栅的特点	47
2.13.2	磁栅的结构	47
2.13.3	磁栅工作原理	48
2.14	典型机床电气控制线路分析	49
2.14.1	简单电气控制线路基础	49

2. 14. 2 普通车床的电气控制线路分析	50
------------------------------	----

第 3 章 数控机床常用故障检测仪器原理及使用方法 54

3. 1 双踪示波器	54
3. 1. 1 双踪示波器的面板上调节旋钮说明	54
3. 1. 2 双踪示波器的基本使用方法	56
3. 2 万用表	60
3. 2. 1 模拟式万用表	60
3. 2. 2 数字式万用表	62
3. 3 PLC 编程器	64
3. 3. 1 手持式编程器	64
3. 3. 2 计算机编程	66
3. 4 逻辑测试笔和脉冲信号笔	67
3. 5 集成电路测试仪	67
3. 6 短路追踪仪	67
3. 7 逻辑分析仪	67
3. 8 维修工具和化学用品	68

第 4 章 FANUC 系统数控机床的连接 69

4. 1 硬件连接和安装	69
4. 2 伺服/主轴放大器的连接	73
4. 3 模拟主轴的连接	78
4. 4 I/O 的连接	78
4. 5 急停的连接	81
4. 6 电机制动器的连接	81
4. 7 电源的连接及通电顺序	82
4. 8 放大器外形图	82
4. 9 分离型检测器的连接	84

第 5 章 PMC 的故障诊断与检修 86

5. 1 PMC 介绍	86
5. 2 PMC 的基本指令	90

5.3	PMC 参数的设置	114
5.4	PMC 操作	120
5.4.1	PMC 的软键布局	120
5.4.2	梯形图的监控	123
5.4.3	信号的诊断和强制	125
5.5	PMC 查找故障的步骤	128

第 6 章 FANUC 系统的维修操作实例

133

[维修实例 1]	数控铣床刀具无法拆卸	133
[维修实例 2]	数控铣床上电按钮按下后, 系统不显示	134
[维修实例 3]	数控铣床上电按钮按下后, 机床无法启动	136
[维修实例 4]	数控铣床电气柜内轴流风机运转异常	139
[维修实例 5]	机床操作面板的所有开关都不起作用, 即所有输入/输出点不起作用	141
[维修实例 6]	机床显示 506、507、417 等报警	144
[维修实例 7]	机床回参考点时出现 +X 超程报警	146
[维修实例 8]	机床主轴无法正常运转故障	149
[维修实例 9]	机床主轴不运转故障	151
[维修实例 10]	机床主轴不正转但是可以反转运行故障	154
[维修实例 11]	机床润滑故障	156
[维修实例 12]	机床冷却故障	158
[维修实例 13]	机床伺服故障	160
[维修实例 14]	加工中心风扇报警	162
[维修实例 15]	加工中心急停报警	162
[维修实例 16]	FANUC OM 系统 ALM911 报警的处理	163
[维修实例 17]	FANUC 串行伺服总线故障	163
[维修实例 18]	数控车 FANUC OTD 系统数据恢复	164
[维修实例 19]	数控卧车绝对位置丢失报警	165
[维修实例 20]	加工中心回参考点时的出现软限位报警	166
[维修实例 21]	数控立车回参考点时出现“超程”报警	166
[维修实例 22]	数控立铣 Z 轴无法回零	166
[维修实例 23]	数控机床不能执行自动程序的故障	167
[维修实例 24]	机床实际运行进给值始终低于给定值的故障排除	168
[维修实例 25]	加工中心 Y 轴编码器报警	168
[维修实例 26]	数控立车主轴不转	168
[维修实例 27]	数控龙门铣 Z 轴故障	168
[维修实例 28]	数控立式拉床出现伺服报警	168

[维修实例 29]	数控龙门铣转台故障	169
[维修实例 30]	加工中心 X 轴运行时出现振动	169
[维修实例 31]	数控立铣运行中出现 #414、#411 报警	169
[维修实例 32]	数控加工中心运行中主轴驱动器出现过流报警	170
[维修实例 33]	数控立车加工尺寸不稳定, 零件有轻微台阶的故障	170
[维修实例 34]	数控立车外围故障报警	170
[维修实例 35]	数控车床车端面时出现波纹的故障	170
[维修实例 36]	加工中心刀库换刀时卡死的故障	171
[维修实例 37]	加工中心主轴松刀缓慢的故障	171
[维修实例 38]	THM5660 加工中心加工圆盘时出现凸台现象	171
[维修实例 39]	加工中心进行 DNC 加工时出现报警	172
[维修实例 40]	五坐标加工中心旋转轴定位方式的改进	172

参考文献

173

FANUC

第1章

数控机床概论

数控机床产生于 1952 年, 发展至今数控系统经历了早期的硬件数控系统和现代的计算机数控系统两个阶段。硬件数控系统主要由电路的硬件和连线组成。它的特点是具有很多硬件电路和连接结点, 电路复杂, 可靠性不好。计算机数控系统 (computer numerical control, 简称 CNC 系统) 主要是由计算机硬件和软件组成的。它最突出的特点是利用存储在存储器里的软件控制系统工作。这种系统容易扩大功能, 柔性好, 可靠性高。

1.1 数控机床的工作原理及组成

(1) 数控机床工作原理

数控加工就是根据零件图样及工艺要求等原始条件, 编制零件数控加工程序, 并输入到数控机床的数控系统, 用以控制数控机床中刀具与工件的相对运动, 从而完成零件的加工。数控加工原理如图 1.1 所示。

- ① 根据零件图样要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数和刀具参数。
- ② 用规定的程序代码和格式编写零件数控加工程序。可采用手工编程、自动编程的方法完成零件的加工程序文件。
- ③ 通过数控机床操作面板或用计算机传送的方式将数控加工程序输入到数控系统。
- ④ 按数控程序进行试运行、刀具路径模拟等。
- ⑤ 通过对机床的正确操作及运行程序来完成零件加工。

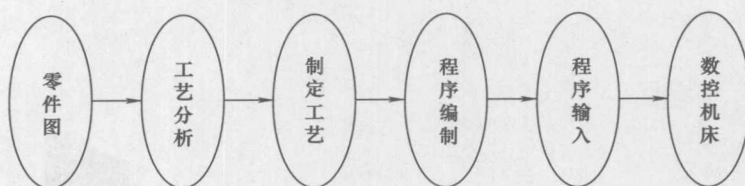


图 1.1 数控加工原理

(2) 数控机床的组成

数控机床由数控系统、输入装置、数控装置、驱动控制装置、机床电器逻辑控制装置组成，见图 1.2。

数控系统一般由输入/输出装置、数控装置、驱动控制装置、机床电器逻辑控制装置四部分组成，机床本体为被控对象。

输入装置将数控加工程序等各种信息输入数控装置，输入内容及数控系统的工作状态可以通过输出装置观察。

数控装置是数控系统的核心。它的主要功能是：正确识别和解释数控加工程序，对解释结果进行各种数据计算和逻辑判断处理，完成各种输入、输出任务。

驱动控制装置位于数控装置和机床之间，包括进给轴伺服驱动装置和主轴驱动装置，进给轴伺服驱动装置由位置控制单元、速度控制单元、电动机和测量反馈单元等部分组成，它按照数控装置发出的位置控制命令和速度控制命令正确驱动机床受控部件（如机床移动部件和主轴头等）。

机床电器逻辑控制装置也位于数控装置和机床之间，接受数控装置发出的开关命令，主要完成机床主轴选速、启停和方向控制功能，换刀功能，工件装夹功能，冷却、液压、气动、润滑系统控制功能及其他机床辅助功能。其形式可以是继电器控制线路或可编程序控制器（PLC）。

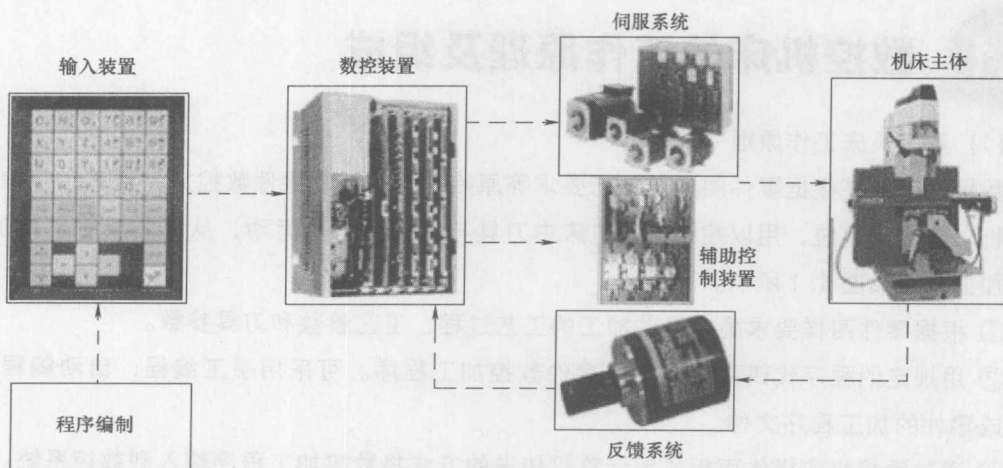


图 1.2 数控机床的组成

1.2 数控机床的分类

(1) 金属切削类数控机床

这类机床和传统的通用机床品种一样,包括数控车床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心等。加工中心是带有自动换刀装置,在一次装卡后可以进行多种工序加工的数控机床。

(2) 金属成形类数控机床

如数控折弯机、数控弯管、数控回转头压力机等。

(3) 数控特种加工及其他类型数控机床

① 按工艺用途分类 如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床、数控火焰切割机床等。

② 按运动的方式分类

a. 点位控制数控机床,被控对象只能由一个点到另一个点做精确定位。定位精度和定位速度是该类系统的两个基本要求。这类被控对象在移动时并不进行加工,所以移动的路径并不重要,而达到定位点后才进行各种加工。使用这类系统的数控设备的有坐标镗床、数控钻床和数控冲床等。

b. 直线控制数控机床,被控对象不仅要实现由一个位置到另一个位置的按直线轨迹精确移动,而且在移动过程中,同时要加工。因此要求该类系统移动速度均匀。它的伺服系统均要求有足够的功率、宽的调速范围和优良的动态特性。这类数控设备有数控车床、数控镗床、加工中心等。

c. 轮廓控制数控机床,该类系统能对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制,实现任意坐标平面内的曲线或空间曲线的加工,它不仅能控制数控设备移动部件的起点与终点坐标,而且能控制整个加工过程每一点的速度和位移量,能控制加工轨迹。这种系统在加工过程中需要不断地进行插补运算,并进行相应的速度与位移控制。这类数控设备有数控铣床、数控磨床等。

③ 按伺服系统的类型分类

a. 开环控制系统,用功率步进电动机作为执行机构。开环系统具有结构简单、成本低廉、调整维护方便等优点,但开环控制系统由于不能对传动误差进行补偿而精度比较低,如图 1.3 所示。



图 1.3 开环伺服系统结构图

b. 半闭环控制系统,在驱动电动机轴上装有角位移检测装置,并将角位移检测器和驱动电动机做成一个整体。通过监测驱动电动机的转角间接地测量移动部件的直线位移,并反馈至数控装置中。这种系统实用性强,正在广泛应用,如图 1.4 所示。

c. 闭环控制系统,是在控制设备运动部件位置上直接装上位置检测装置,并将检测到的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用偏差值进行伺服系统的

控制。闭环系统能够补偿各种误差，有高的精度，如图 1.5 所示。

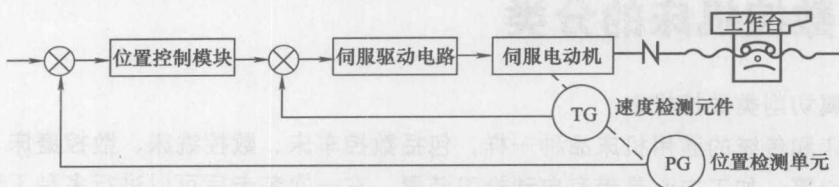


图 1.4 半闭环伺服系统结构框图

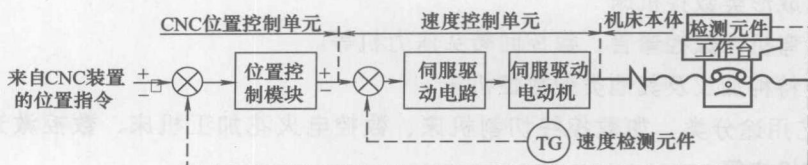


图 1.5 闭环伺服系统结构框图

1.3 常见数控系统

数控系统由数控装置、伺服系统和反馈系统组成。在数控机床中，数控系统采用数字代码形式的信息指令控制机床运动部件的速度和轨迹，以实现零件给定轮廓的加工。

数控机床配置的数控系统不同，其功能和性能有很大差异。目前，数控系统应用较多的有国外的 FANUC（日本）、SIEMENS（德国）、FAGOR（西班牙）、HEIDENHAIN（德国）、MITSUBISHI（日本）数控系统，以及国内的华中数控系统、广州数控系统、北京航天数控系统等。

(1) FANUC 系统

① Power Mate 0 系列。具有高可靠性，用于 2 轴的小型数控车床，取代步进电动机的伺服；可配画面清晰、操作方便、中文显示的 CRT/MDI，也可配性价比高的 DPL/MDI。

② 0D 系列。普及型 CNC，其中的 0TD 用于数控车床，0MD 用于数控铣床及小型加工中心，0GCD 用于数控圆柱磨床，0GSD 用于数控平面磨床，0PD 用于数控冲床。

③ 0C 系列。全功能型 CNC，其中 0TC 用于通用数控车床，0TTC 用于双刀架 4 轴数控车床，0MC 用于数控铣床和加工中心，0GGC 用于内外圆磨床。

④ 0i 系列。高性价比，整体软件功能包，高速、高精加工，并具有网络功能。

⑤ 16i/18i/21i 系列。超小型、超薄型，具有网络功能，控制单元与 LCD 集成于一体，超高速串行数据通信。

⑥ 160i/180i/210i-B 系列。与 Windows 2000/XP 对应的高功能开放式 CNC。

(2) SIEMENS 系统

① SINUMERIK 802S/C。用于车床、铣床等，可控制 3 个进给轴和 1 个主轴，802S 适用于步进电动机驱动，802C 适用于伺服电动机驱动，具有数字 I/C 接口。

② SINUMERIK 802D。控制 4 个数字进给轴和 1 个主轴，PLC I/O 模板，具有图形式循环编程，车削、铣削、钻削工艺循环，FRAME（包括移动、旋转和缩放）等功能，为复杂加工任务提供智能控制。

③ SINUMERIK 810D。用于数字闭环驱动控制，最多可控制 6 轴（包括 1 个主轴和 1 个辅助主轴），紧凑型可编程输入/输出。

④ SINUMERIK 810D。全数字模块化数控设计，用于复杂机床、模块化旋转加工机床和传送机，最多可控制 31 个坐标轴。

(3) 华中数控系统

华中数控系统以“世纪星”系列数控单元为典型产品，HNC-21/22T 为车削系统，最大联动轴数为 4 轴；HNC-21/22M 为铣削系统，最大联动轴数为 4 轴，采用开放式体系结构，内置嵌入式工业计算机。

(4) 北京航天数控系统

主要产品为 CASNUC 2100 数控系统，是以计算机为硬件基础的模块化、开放式的数控系统，可用于车床、铣床、加工中心等 8 轴以下机械设备的控制，具有 2 轴、3 轴、4 轴联动功能。

FANUC

第2章

数控机床常用控制元件工作原理及性能

2.1 接触器

接触器是一种用来自动接通或断开电动机或其他负载主电路的一种控制电器，它可以频繁地接通或分断交直流电路，并可以实现远距离控制，具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点，是电气控制线路中使用最广泛的电器元件。

按照所控制电路的种类，接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

2.1.1 交流接触器

(1) 交流接触器的结构组成

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧装置和其他辅助部件四大部分组成。其外形与结构示意图如图 2.1 所示。

① 电磁机构 又名电磁铁，由线圈、静铁芯和衔铁（动铁芯）组成，其作用是将电磁能转换成机械能，产生电磁吸力带动触点动作。

② 触点系统 包括主触点和辅助触点。主触点用于通断主电路，通常为三对常开触点。辅助触点用于通断控制电路，一般常开触点、常闭触点各两对。

③ 灭弧装置 容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口触点灭弧、陶土灭弧罩灭弧。对于大容量的接触器，采用纵缝灭弧及栅片灭弧。

④ 其他部件 包括反力弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、外壳等。

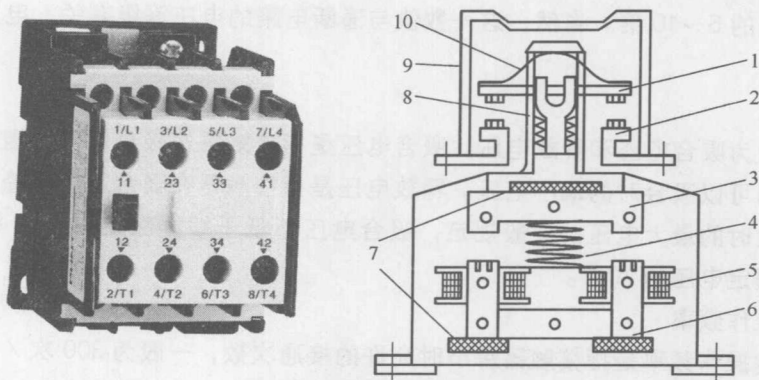


图 2.1 交流接触器外形与结构示意图

1—动触点；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；6—铁芯；
7—垫毡；8—触点弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力簧片

(2) 工作原理

当线圈通电，产生磁场，铁芯对衔铁产生吸引，吸引力足够大把衔铁吸合，衔铁动作，带动触点动作，使常闭触点先断开，常开触点后闭合；当线圈失电，磁场消失，铁芯对衔铁的吸引力消失，衔铁在反力弹簧的作用下释放，常开触点先复位断开，常闭触点后复位闭合。

2.1.2 直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本上与交流接触器相同。在结构上也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。由于直流电弧比交流电弧难以熄灭，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置灭弧。

2.1.3 接触器的主要技术参数

接触器的主要技术参数有额定电压、额定电流、线圈额定电压、通断能力、动作值、操作频率和使用寿命等。

(1) 额定电压

额定电压是指主触点额定工作电压，在接触器铭牌上标注。一只接触器常规定几个额定电压，同时列出相应的额定电流或额定功率。通常，最大工作电压即为额定电压。常用的额定电压值为 220V、380V、660V 等。

(2) 额定电流

额定电流是指接触器触点在额定工作条件下的电流值，在铭牌上标注。常用额定电流等级为 5A、10A、20A、40A、60A、100A、150A、250A、400A、600A。

(3) 吸引线圈额定电压

该电压是指接触器正常工作时，吸引线圈上所加的电压值。一般该电压数值以及线圈的匝数、线径等数据均标于线包上，而不是标于接触器外壳铭牌上，使用时应加以注意。常用的电压等级为 220V、380V、660V 等。

(4) 通断能力

通断能力是指接触器的主触点在规定条件下，能可靠地接通和分断的电流值。一般通断能力是额定电流的5~10倍。当然，这一数值与通断电路的电压等级有关，电压越高，通断能力越小。

(5) 动作值

动作值可分为吸合电压和释放电压。吸合电压是指接触器在吸合前缓慢增加吸合线圈两端的电压，直到可以吸合时的最小电压。释放电压是指接触器在吸合后缓慢降低吸合线圈的电压，直到释放时的最大电压。一般规定，吸合电压不低于线圈额定电压的85%，释放电压不高于线圈额定电压的70%。

(6) 额定操作频率

接触器额定操作频率是指接触器每小时允许的接通次数，一般为300次/h、600次/h和1200次/h。在吸合瞬间，吸引线圈需消耗比额定电流大5~7倍的电流，如果操作频率过高，则会使线圈严重发热，直接影响接触器的正常使用。为此，接触器的允许操作频率，一般为每小时允许操作次数的最大值。

(7) 寿命

接触器的寿命包括电气寿命和机械寿命，是其重要的技术指标。目前接触器的机械寿命已达一千万次以上，电气寿命一般为机械寿命的5%~20%。

2.1.4 接触器的型号与电气符号

接触器的型号及含义如图2.2所示。

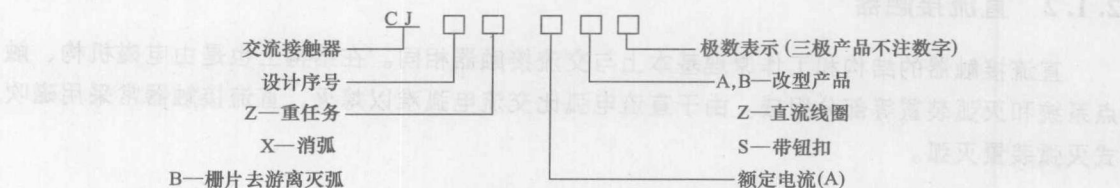


图 2.2 接触器的型号及含义

接触器的图形符号和文字符号如图2.3所示。

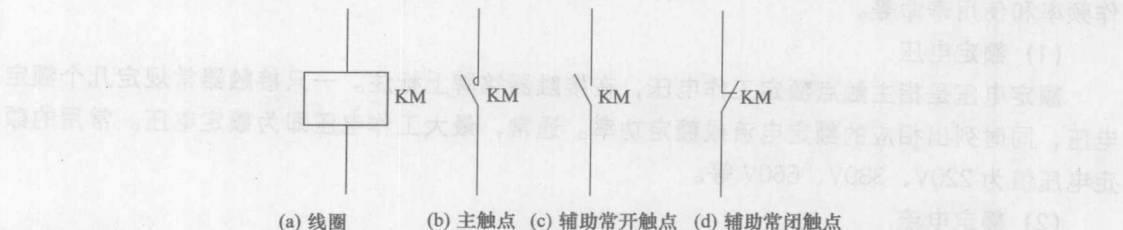


图 2.3 接触器的图形符号和文字符号

2.1.5 接触器的选用原则

交流接触器的选用，应根据负载的类型和工作参数合理选用。

① 根据负载性质选择接触器的类型。交流负载选用交流接触器，直流负载选用直流接触器。