



高职高专制造大类系列规划教材
电 气 自 动 化 系 列



电气控制与PLC应用

吴春诚 主 编

 科学出版社

高职高专制造大类系列规划教材

电气自动化系列

电气控制与 PLC 应用

吴春诚 主 编

谢美芬 金玉叶 孙小小 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以工作任务为导向,采用项目形式编写,全书共5个项目、19个工作任务。项目1介绍了继电-接触控制基本知识和基本技能;项目2和项目3以三菱FX系列小型PLC为例介绍了PLC的基本知识、基本指令及其应用;项目4和项目5介绍了PLC功能指令及综合应用。每个工作任务均配有自主练习,用于提高自主学习能力和加强技能训练。通过学习和实训,不仅可以掌握电气控制的基本知识和PLC的指令系统,而且可以掌握完成一个实际PLC控制系统的编程、安装和调试方法。

本书可以作为高职电类、机电类、数控类等相关专业的教材,也可作为相关技术人员的技术参考书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC应用/吴春诚主编. —北京:科学出版社,2011
(高职高专制造大类系列规划教材·电气自动化系列)
ISBN 978-7-03-031425-3

I. ①电… II. ①吴… III. ①电气控制 ②可编程序控制器
IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第106562号

责任编辑:李太铎/责任校对:刘玉靖

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京路局票据印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2011年6月第一次印刷 印张:13 1/4

印数:1—3000 字数:290 000

定价:23.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<路局票据>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8220 (VT)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

“电气控制与 PLC 应用”是高等职业教育电类、机电类、数控类专业的核心课程，也是培养高职学生维修电工工程实践能力和创新能力的一门重要课程。编者根据教育部关于高等职业教育的要求及近几年高等职业院校人才培养水平评估的内涵要求策划、安排了本书的编写内容。

针对高等职业教育的特点及培养应用型专门人才的需求，本书采用项目化课程的编写方式，以任务驱动的形式强化技能型、实用型的课程理念，突出了对学生的知识、技能及素质的培养，使学生在有限的学时内获得必要的知识和能力。

在编写过程中，本书力求内容全面、语言精练、通俗易懂、重点突出、实用性强。

全书共有 5 个项目、19 个工作任务。依内容分别为：项目 1，介绍继电-接触控制基本知识和基本技能；项目 2 和项目 3，以三菱 FX 系列小型 PLC 为例，介绍 PLC 的基本知识、基本指令及其应用；项目 4 和项目 5，介绍 PLC 功能指令及综合应用。所有工作任务均来源于实际，针对每个工作任务均有自主练习，用于提高学生自主学习能力和加强技能训练。

本书由吴春诚主编。其中，吴春诚编写项目 1；孙小小编写项目 2；金玉叶编写项目 3；谢美芬编写项目 4、项目 5；陈忠海、林翔参与了本书的绘图、校稿工作。另外，还要感谢中国正泰集团的王书成副总裁、天正集团的李芄总工程师、亚龙科技集团的杨松林总工程师为本书提出的许多中肯的意见和建议，以及提供的部分应用实例！

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

目 录

前言

项目 1 三相异步电动机传统控制	1
任务 1.1 三相异步电动机的起动和停止控制	2
工作任务	2
相关知识	2
1.1.1 低压电器的基本知识	2
1.1.2 相关低压电器	4
1.1.3 电气控制技术拓展知识	9
任务实施	10
1.1.4 电动机起动和停止控制元件选择	10
1.1.5 绘制电动机起动和停止控制原理图	10
1.1.6 电动机起动和停止电气原理分析	11
1.1.7 任务实训	11
1.1.8 检查与评估	11
自主练习	11
任务 1.2 电动机的正反转控制	12
工作任务	12
相关知识	13
1.2.1 相关低压电器	13
1.2.2 电动机正反转控制拓展知识	14
任务实施	15
1.2.3 元件选择	15
1.2.4 绘制原理图	15
1.2.5 任务实训	16
自主练习	16
1.2.6 利用接触器实现电动机正反转控制	16
1.2.7 利用行程开关实现正反转自动循环控制电路	16
任务 1.3 电动机 Y- Δ 起动控制	18
工作任务	18
相关知识	18
1.3.1 时间继电器	18
1.3.2 中间继电器	19



1.3.3 固态继电器	19
1.3.4 速度继电器	19
1.3.5 降压起动	20
任务实施	21
1.3.6 元件选择	21
1.3.7 电气原理图分析	21
1.3.8 检查与评估	22
自主练习	22
1.3.9 反接制动控制电路的实现	22
1.3.10 能耗制动	23
任务 1.4 C650 卧式车床电气控制线路分析	24
工作任务	24
相关知识	24
1.4.1 电气控制系统图的基本知识	24
1.4.2 电气控制系统分析	27
1.4.3 电气控制系统设计	27
1.4.4 控制电路中的竞争与冒险	29
任务实施	30
1.4.5 认识 C650 车床的结构及运动形式	30
1.4.6 C650 车床的电气控制线路分析	30
自主练习	34
1.4.7 T68 型卧式镗床的结构	34
1.4.8 T68 型镗床的运动形式	35
1.4.9 T68 型镗床的电力拖动及控制要求	35
1.4.10 原理分析	36
项目 2 认识可编程控制器	39
任务 2.1 了解可编程控制器	40
工作任务	40
相关知识	40
2.1.1 PLC 的应用案例	40
2.1.2 可编程控制器的基本概念	41
2.1.3 可编程控制器组成及各部分的作用	43
2.1.4 可编程控制器的工作原理	46
2.1.5 PLC 的编程语言	47
任务 2.2 认识 FX 系列 PLC	48
工作任务	48



相关知识	49
2.2.1 三菱 FX 系列 PLC	49
2.2.2 三菱 FX2N 系列 PLC	49
任务 2.3 FX2N 系列 PLC 编程软件的使用	53
工作任务	53
相关知识	53
2.3.1 软件概述	53
2.3.2 程序的编辑与调试	55
任务实施	60
2.3.3 完成一个程序	60
2.3.4 任务实训	60
2.3.5 检查与评估	61
自主练习	61
项目 3 基本指令及其应用	62
任务 3.1 电动机的起动、停止	63
工作任务	63
相关知识	63
3.1.1 逻辑取及驱动线圈指令	63
3.1.2 触点串联指令和并联指令	64
3.1.3 置位指令和复位指令	64
3.1.4 END 指令	65
3.1.5 PLC 编程原则	65
任务实施	65
3.1.6 控制要求	65
3.1.7 I/O 分配	66
3.1.8 PLC 编程	66
3.1.9 调试运行	67
自主练习	67
任务 3.2 楼梯照明控制	68
工作任务	68
相关知识	68
3.2.1 电路块的并联和串联指令	68
3.2.2 梯形图的设计原则	69
任务实施	70
3.2.3 调试运行	70
自主练习	71



3.2.4 根据指令绘制梯形图	71
3.2.5 根据梯形图编制指令表	71
3.2.6 PLC 控制改造	71
任务 3.3 电动机 Y- Δ 降压起动控制	71
工作任务	71
相关知识	72
3.3.1 多重输出电路指令	72
3.3.2 多层堆积栈	74
任务实施	75
3.3.3 I/O 分配	75
3.3.4 系统程序梯形图与指令语言	75
3.3.5 调试运行	76
自主练习	76
任务 3.4 单按钮起保停电路	76
工作任务	76
相关知识	76
3.4.1 脉冲输出指令	76
3.4.2 脉冲式触头指令	77
3.4.3 计数器	78
3.4.4 定时器、计数器典型电路	78
3.4.5 主控与主控复位指令	80
3.4.6 INV 指令	81
3.4.7 NOP 指令	81
任务实施	81
3.4.8 I/O 分配	81
3.4.9 系统程序梯形图与指令语言	82
3.4.10 调试运行	82
任务 3.5 多台电动机自动控制	83
工作任务	83
相关知识	83
3.5.1 顺序功能图简介	83
3.5.2 顺序功能图组成	83
3.5.3 画顺序功能图的一般步骤	84
3.5.4 顺序功能图的设计法举例	84
3.5.5 步进顺序控制指令	85
3.5.6 顺序功能图结构类型	86
3.5.7 STL 编程与动作、步进梯形图	87



任务实施	88
3.5.8 I/O 分配	88
3.5.9 画顺序功能图	88
3.5.10 系统程序梯形图与指令语言	89
3.5.11 调试运行	90
自主练习	90
3.5.12 交通灯控制	90
3.5.13 液压进给装置运动控制	90
项目 4 自动化生产线控制系统设计	92
任务 4.1 机械手控制系统设计	93
工作任务	93
4.1.1 机械手的结构	93
4.1.2 机械手的控制要求	93
相关知识	94
4.1.3 PLC 控制系统设计的基本原则、主要内容与基本步骤	94
4.1.4 功能指令的格式与执行形式	96
4.1.5 条件跳转指令	98
4.1.6 程序流程类指令	100
任务实施	101
4.1.7 I/O 分配	101
4.1.8 程序设计	102
4.1.9 调试运行	104
自主练习	105
任务 4.2 运料小车控制系统设计	105
工作任务	105
相关知识	106
4.2.1 运料小车系统硬件说明	106
4.2.2 传送指令	107
4.2.3 定位指令	108
4.2.4 比较指令	111
4.2.5 区间比较指令	112
任务实施	113
4.2.6 I/O 分配	113
4.2.7 程序设计	114
4.2.8 调试运行	118
自主练习	118



任务 4.3 材料分拣控制系统设计	119
工作任务	119
相关知识	120
4.3.1 旋转编码器简介	120
4.3.2 FX2N 系列 PLC 高速计数器	121
4.3.3 触点比较指令	123
4.3.4 四则运算指令	125
4.3.5 移位指令	127
任务实施	129
4.3.6 I/O 分配	129
4.3.7 程序设计	131
4.3.8 调试运行	136
自主练习	136
任务 4.4 自动化生产线多站通信控制系统设计	136
工作任务	136
相关知识	137
4.4.1 通信基础	137
4.4.2 FX 系列 PLC 的 N:N 网络功能	140
任务实施	144
4.4.3 通信数据设置	144
4.4.4 从站单元控制程序设计	145
4.4.5 主站单元控制程序设计	146
4.4.6 调试运行	149
自主练习	150
项目 5 变频器、模拟量模块与触摸屏简介	151
任务 5.1 三菱 FR-E740 变频器简介	152
工作任务	152
相关知识	152
5.1.1 FR-E740 变频器的安装和接线	152
5.1.2 FR-E740 变频器的面板操作	156
5.1.3 FR-E740 变频器的常用参数设置	158
任务实施	162
5.1.4 变频器参数设置	162
5.1.5 接线	162
5.1.6 编程	163
5.1.7 调试运行	163



自主练习	163
任务 5.2 模拟量输入输出模块	164
工作任务	164
相关知识	164
5.2.1 模拟量输入/输出模块分类	164
5.2.2 特殊功能模块读写指令 FROM 和 TO	165
5.2.3 模拟量输入模块 FX2N-2AD	166
5.2.4 模拟量输出模块 FX2N-2DA	168
5.2.5 模拟量输入/输出模块 FX0N-3A	171
任务实施	174
5.2.6 变频器参数设置	174
5.2.7 接线	175
5.2.8 编程	175
5.2.9 调试运行	176
自主练习	176
任务 5.3 触摸屏与组态软件使用	177
工作任务	177
相关知识	177
5.3.1 TPC7062KS 人机界面简介	177
5.3.2 MCGS 嵌入式组态软件的体系结构	178
任务实施	181
5.3.3 组态分析及总体步骤	181
5.3.4 触摸屏组态设计	182
5.3.5 PLC 程序设计	193
5.3.6 调试运行	194
自主练习	195
参考文献	196

项目①

三相异步电动机传统控制

该项目是工厂电气控制技术的基础。通过该项目的学习，掌握常用低压电器的基础知识、三相异步电动机的控制方法，学会分析和设计电气控制系统。

教学目的

1. 了解传统的继电-接触器控制方法。
2. 掌握常用低压电器的工作原理、作用和符号。
3. 掌握绘制电气控制线路图的基本原则和标准。
4. 了解低压电器元件的选择和电气控制系统的设计。
5. 掌握典型机床控制电路的分析方法。

教学内容

1. 常用低压电器的基本知识。
2. 电气控制线路的基本控制环节分析。
3. 典型机床控制电路的分析和设计方法。

教学重点

1. 常用低压电器的结构和工作原理。
2. 电气控制线路的基本控制环节。
3. 机床控制电路的分析方法。
4. 阅读和分析电气控制原理图的基本方法和步骤。

教学难点

1. 低压电器的选用。
2. 电气控制线路的基本环节分析。
3. 机床控制电路的分析方法。



任务 1.1 三相异步电动机的起动和停止控制

工作任务

工厂电气控制技术主要用于对生产机械的控制。生产机械一般分为原动机、传动机构、执行机构和以电气为主的自动控制系统。其中,原动机采用最多的是三相异步电动机。三相异步电动机的起动和停止控制作为本项目的第一个工作任务,其控制要求和电机参数如下。

1. 技术参数

电动机参数:Y2-132M-4 型,7.5kW,380V,15.4A,1440r/min。

2. 控制要求

设计简单的电气控制原理图,通过一个起动按钮和一个停止按钮实现电动机的起动、停止控制并设置适当的保护。

相关知识

1.1.1 低压电器的基本知识

1. 低压电器的基本概念

对电能的生产、输送、分配和使用起到控制、调节、检测、转换及保护作用的电气设备称为电器,工作在 50Hz 交流额定 1200V、直流额定 1500V 及以下的各种电器称为低压电器。正确地设计、选择和使用低压电器,对电气设备的正确使用和安全运行是至关重要的。

2. 低压电器的分类

低压电器的种类繁多,其结构和工作原理各异,分类方法也很多。常用的分类方式主要有:

- 1) 按用途和控制对象可分为控制电器和配电电器。
- 2) 按操作方式可分为自动电器和手动电器。
- 3) 按工作原理分为电磁式电器和非电量控制电器。
- 4) 按有无触点分为有触点电器和无触点电器。

3. 主要技术指标

为保证电器设备安全可靠地工作,国家对低压电器的设计、制造规定了严格的标



准。低压电器的主要技术指标有：绝缘强度、耐潮湿性能、极限允许温度、操作频率和寿命等。其中，电器的寿命包括电寿命和机械寿命。电寿命指电器元件的触头在规定的正常工作条件下，需要维修或更换机构零件前，操作规定负荷电流的总次数。机械寿命指电器元件在需要维修或更换机构零件前所能承受的无载操作总次数。

4. 电磁式低压电器的基本结构

在常用的低压电器中，电磁式电器是结构复杂、应用较多的自动控制电器。电磁式电器的基本结构由触头系统和电磁机构组成，根据它们的作用，这两部分又分别被称为电磁式电器的执行部分和感测部分。

(1) 电磁机构

电磁机构是电磁式继电器和接触器的主要组成部件，由吸引线圈（励磁线圈）和磁路两部分组成，磁路包括静铁心、动铁心和空气隙。其工作原理是，吸引线圈中通以一定的电压或电流，产生克服弹簧反作用力的电磁吸力，由连接机构带动相应的触头动作完成通断电路的控制作用。

吸引线圈按其通电种类，可分为交流电磁线圈和直流电磁线圈。对于交流电磁线圈，为减小涡流和磁滞损耗及其产生的温升，铁心用硅钢片叠成。对于直流电磁线圈，铁心用整块电工软铁做成。

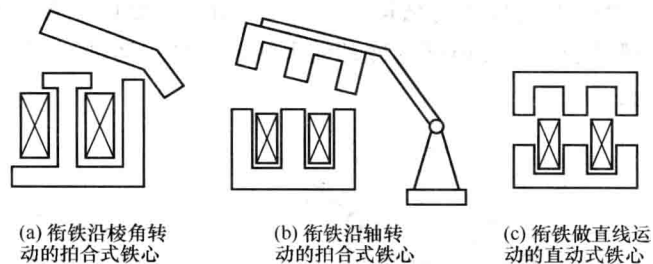


图 1-1-1 常用电磁机构的形式

(2) 触头系统

触头是电器的执行部分，起接通、分断电路的作用。触头在闭合状态下，动、静触头之间存在接触电阻。根据电器控制电路的容量大小，触头的结构及所用材料不同。常用的触头接触形式有点接触、线接触和面接触三种，如图 1-1-2 所示。

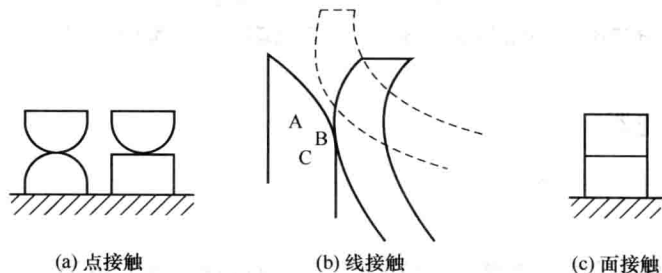


图 1-1-2 触头的接触形式



(3) 电弧和灭弧方法

触头由闭合状态变为断开状态的瞬间（即动、静触头分离时），如果电路的电压或电流超过某一数值，触头间气体在强电场作用下产生的气体放电即电弧。

对于需要通断大电流的电器，要有较完善的灭弧装置。常用的灭弧方法主要有：

1) 电动力吹弧。如图 1-1-3 所示为桥式结构双断口触头，触头两端的电流方向相反，将产生方向相反的电动力，从而使电弧向外运动并拉长，加快电弧的冷却并熄灭。

2) 栅片灭弧。如图 1-1-4 所示为栅片灭弧示意图。当触头分断电路时，多片绝缘的灭弧栅将拉入灭弧罩的电弧分割成数段串联的短弧，从而使电弧迅速熄灭。

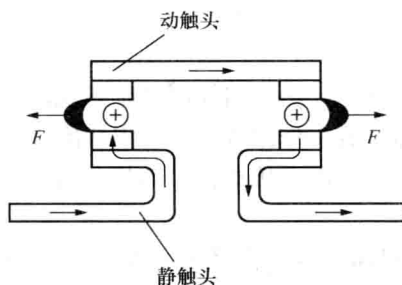


图 1-1-3 桥式触头灭弧示意图

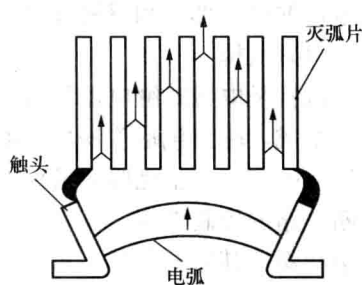


图 1-1-4 栅片灭弧示意图

3) 磁吹灭弧。磁吹灭弧装置的结构如图 1-1-5 所示。磁吹灭弧方法是利用电弧在磁场中受力，将电弧拉长，并使电弧在冷却的灭弧罩窄缝中运动，产生强烈的消电离作用，从而将电弧熄灭。

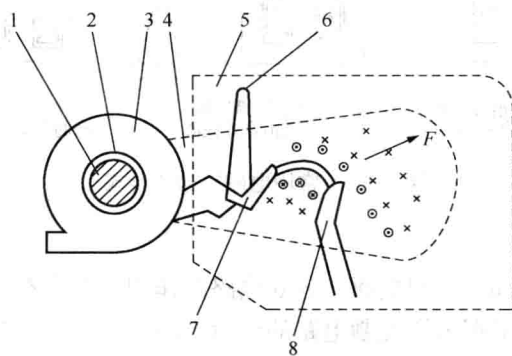


图 1-1-5 磁吹式灭弧装置

1. 铁心；2. 绝缘管；3. 吹弧线圈；4. 导磁颊片；5. 灭弧罩；6. 引弧角；7. 静触头；8. 动触头

1.1.2 相关低压电器

1. 刀开关

刀开关是一种手动配电电器，主要用来隔离电源或不频繁接通、断开小于其额定电流的负载，如小型电动机、电炉等。



- 1) 符号：图形和文字符号如图 1-1-6 所示。
- 2) 组成：主要包括静触头、触刀、操作手柄、绝缘底板。

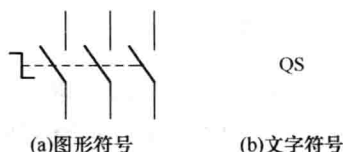


图 1-1-6 刀开关符号

- 3) 典型结构有以下两大类。

① 普通刀开关（不带熔断器）：用于不频繁地手动接通、断开电路和隔离电源。

② 负荷开关可用于不频繁地切换带正常负荷的电路，常配有熔断器，又可分为开启式和封闭式。

- 开启式负荷开关：用于不频繁带负荷操作和短路保护。
- 封闭式负荷开关：用于手动通断电路及短路保护。

- 4) 安装与使用方法如下。

① 胶盖刀开关必须垂直安装在控制柜或开关板上，不能倒装，即分断状态时手柄朝下，避免闸刀开关松动掉落造成误接通。

② 操作胶盖刀开关时，不能带重负载，且要动作迅速，避免灼伤人手并减少电弧对动触头和静夹座的损坏。

2. 低压断路器

低压断路器（又称自动空气开关）是一种既可以接通和分断正常负荷电流和过负荷电流，又可以分断短路电流的开关电器。在电路中除了具有控制作用外，还能在电路过载、短路及失压时自动分断电路，起到一定的保护作用。

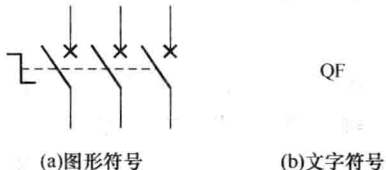


图 1-1-7 低压断路器符号

1) 符号：图形符号与文字符号如图 1-1-7 所示。

2) 特点：操作安全，分断能力较高。

3) 分类：框架式（万能式）和塑壳式（装置式）。

4) 结构：低压断路器主要由触头系统、灭弧装置、脱扣机构、传动机构等组成，如图 1-1-8 所示。其中，脱扣机构又由热脱扣器、欠压脱扣器、分励脱扣器、过电流脱扣器等组成，各脱扣器可以起到不同的保护作用。

5) 主要技术参数如下。

① 额定电压：额定工作电压、额定绝缘电压、额定脉冲电压。

② 额定电流：过电流脱扣器的额定电流。

另外，低压断路器还有通断能力和分断时间的要求。

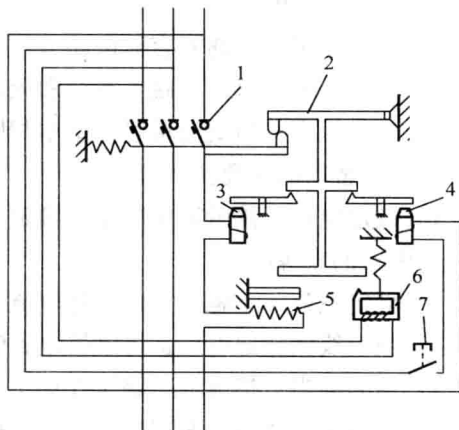


图 1-1-8 低压断路器的结构图

1. 主触头；2. 自由脱扣机构；3. 过电流脱扣器；4. 热脱扣器；5. 分励脱扣器；6. 欠压脱扣器；7. 起动按钮



3. 接触器

接触器是用来频繁通断交直流主回路和大容量控制电路的低压控制电器,按其主触点的电流性质可分为直流接触器和交流接触器,其图形符号和文字符号如图 1-1-9 所示。



图 1-1-9 接触器图形符号和文字符号

(1) 交流接触器

1) 结构: 主要由以下三部分组成。

① 触头系统: 是接触器的执行部分, 包括主触点和辅助触点, 采用双断点桥式触头结构, 一般有三对常开主触头;

② 电磁系统: 包括动铁心、静铁心、吸引线圈和反作用弹簧, 是接触器的重要组成部分, 依靠它带动触点实现闭合和断开;

③ 灭弧系统: 包括灭弧罩及灭弧栅片, 用来保证触点在断开电路时所产生的电弧能可靠地熄灭。

2) 工作原理: 当吸引线圈两端加上额定电压时, 动、静铁心间产生大于反作用弹簧弹力的电磁吸力, 动、静铁心吸合, 带动动铁心上的触头动作, 即常闭触头断开, 常开触头闭合; 当吸引线圈端电压消失后, 电磁吸力消失, 触头在反弹力作用下恢复常态。

(2) 直流接触器

1) 用途: 远距离通断直流电路或控制直流电动机的频繁起停。

2) 结构: 电磁机构、触头系统和灭弧装置。

3) 工作原理: 与交流接触器基本相同。

(3) 接触器的主要技术指标

1) 额定电压: 接触器铭牌上的额定电压是指主触头的正常工作电压, 也就是主触头所在电路的电源电压。

2) 额定电流: 主触头正常工作电流。

3) 吸引线圈额定电压: 接触器电磁吸引线圈正常工作电压。

4) 通断能力: 接触器主触头在规定条件下能可靠通断的电流值。

5) 交直流接触器的额定操作频率: 接触器每小时允许的最高操作次数。

6) 寿命: 包括电寿命和机械寿命。

(4) 接触器的选择

1) 接触器的使用类别应与负载性质相一致, 控制交流负载应选用交流接触器, 控