

高职高专机电类专业规划教材

机床电气控制 与 PLC(三菱)

杜晋◎主编



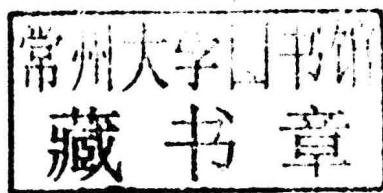
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

赠电子课件、习题
详解、模拟试卷及
答案

高职高专机电类专业规划教材

机床电气控制与 PLC (三菱)

主 编 杜 晋
副主编 南丽霞 朱亚东
参 编 冯 晋 杨益洲
主 审 陆宝春



机械工业出版社

本书主要包括常用低压电器、机床电气控制电路的基本控制环节、机床电气控制电路的分析与设计、可编程序控制器概述、FX 系列 PLC 的基本逻辑指令与编程方法、FX 系列 PLC 顺序控制的编程与应用、FX 系列 PLC 的功能指令与应用以及 PLC 控制系统的设计。

本书内容丰富、层次清晰,注重理论与实践相结合,突出体现现代机床电气控制的新技术、新产品,符合应用型人才培养的目标与要求。各章均有相应的实例和习题,有利于读者掌握和巩固知识。

本书可作为高等职业院校机电类、机械制造、数控、工业自动化等相关专业的教材,也可作为各类成人教育“机床电气控制与 PLC”等相关课程的教材,还可供相关工程技术人员作为参考书或培训教材。

为方便教学,本书备有免费电子课件及章后习题解答,凡选用本书作为授课用书的教师,均可来电索取。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目 (CIP) 数据

机床电气控制与 PLC: 三菱/杜晋主编. —北京: 机械工业出版社, 2013. 1

高职高专机电类专业规划教材

ISBN 978-7-111-40840-6

I. ①机… II. ①杜… III. ①机床—电气控制—高等职业教育—教材
②plc 技术—高等职业教育—教材 IV. ①TG502.35②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 306227 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: 于 宁 责任编辑: 于 宁 曹雪伟

版式设计: 霍永明 责任校对: 张 媛

封面设计: 陈 沛 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·12.5 印张·307 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-40840-6

定价: 25.00 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 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

“机床电气控制与 PLC”是理论与实践结合紧密、应用性很强的一门职业技术课程。高等职业教育培养的人才面向生产、管理一线的技术型人才,本书的编写以“必需、够用”为原则,以掌握概念、强化应用为重点,注重岗位能力的培养并遵循“突出基本概念,注重技能训练,强调理论联系实际,加强实践性教学环节”的原则。本书的编写注重实用性,突出体现机床电气控制的新技术、新产品,在知识点的编排上具有延续性,在文字的叙述上,力求通俗易懂。

本书共 8 章,第 1 章介绍了各类常用低压电器的结构、工作原理、技术参数、图形和文字符号及选用;第 2 章介绍了机床电气原理图的画法规则及阅读方法,分析三相异步电动机的起动、运行、制动和保护等基本控制环节;第 3 章分析典型机床的电气控制电路,介绍了机床电气控制电路的设计原则、步骤及设计注意要点;第 4 章介绍了 PLC 的结构、工作原理、技术性能指标以及三菱 FX 系列 PLC 的编程元件;第 5 章介绍了 FX 系列 PLC 的基本指令及基本电路程序设计方法;第 6 章介绍了 FX 系列 PLC 顺序控制编程方法及应用;第 7 章介绍了 FX 系列 PLC 常用功能指令及应用;第 8 章介绍了 PLC 控制系统的设计方法。每章都有相应的实例及习题使学生能够更好地掌握相关知识及工程设计方法。

本书由扬州职业大学杜晋任主编,南丽霞、朱亚东任副主编,冯晋、杨益洲参编。其中,杜晋编写了第 1 章、第 2 章和第 3 章中 3.1~3.4 节;南丽霞编写了第 5 章、第 6 章中 6.1、6.2 节和第 8 章;朱亚东编写了第 4 章、第 7 章;冯晋编写了第 3 章中 3.5 和 3.6 节并整理了附录 A;杨益洲编写了第 6 章的 6.3 节并整理了附录 B,全书由杜晋整理定稿。

本书由南京理工大学陆宝春教授担任主审,审阅中提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢!此外,在本书的编写过程中得到了扬州职业大学周德卿教授的热心帮助和支持,在此一并表示诚挚的感谢!

限于编者水平,书中难免有错漏及不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 常用低压电器	1
1.1 开关及主令电器	2
1.1.1 刀开关	2
1.1.2 低压断路器	4
1.1.3 转换开关	7
1.1.4 按钮	8
1.1.5 行程开关	10
1.1.6 感应开关	12
1.2 控制电器	14
1.2.1 接触器	14
1.2.2 继电器	19
1.2.3 时间继电器	21
1.2.4 速度继电器	25
1.2.5 其他继电器	26
1.3 保护电器	27
1.3.1 熔断器	27
1.3.2 热继电器	29
1.3.3 剩余电流断路器	31
1.4 其他电器	32
1.4.1 控制变压器	32
1.4.2 开关稳压电源	33
习题	33
第2章 机床电气控制电路的基本控制环节	34
2.1 机床电气原理图的画法及阅读方法	34
2.1.1 电气原理图	34
2.1.2 电气元器件布置图	37
2.1.3 电气安装接线图	38
2.1.4 电气原理图的阅读和分析方法	38
2.2 三相异步电动机的起动控制电路	40
2.2.1 直接起动控制电路	40
2.2.2 减压起动控制电路	42
2.3 三相异步电动机的运行控制电路	45
2.3.1 正反转控制电路	45
2.3.2 双速电动机控制电路	48
2.3.3 顺序起动控制电路	48

2.4 三相异步电动机的制动控制电路	49
2.4.1 反接制动控制电路	49
2.4.2 能耗制动控制电路	50
2.5 电动机的保护环节	51
2.5.1 短路保护	52
2.5.2 过载保护	52
2.5.3 过电流保护	52
2.5.4 零电压与欠电压保护	52
2.5.5 弱磁保护	53
习题	53

第3章 机床电气控制电路的分析与设计

3.1 机床电气控制电路的分析基础	54
3.1.1 电气控制电路分析的内容	54
3.1.2 电气原理图阅读和分析的步骤	55
3.2 C650 型卧式车床的电气控制电路分析	55
3.2.1 主要结构与运动分析	56
3.2.2 电力拖动形式及控制要求	56
3.2.3 电气控制电路分析	57
3.2.4 C650 型卧式车床电气控制电路的特点	59
3.3 Z3050 型摇臂钻床电气控制电路的分析	59
3.3.1 主要结构与运动分析	60
3.3.2 电力拖动形式及控制要求	60
3.3.3 电气控制电路分析	60
3.3.4 Z3050 型摇臂钻床电气控制电路的特点	64
3.4 机床电气控制电路设计的原则和步骤	64
3.4.1 机床电气控制电路设计的基本原则	64
3.4.2 机床电气控制电路设计的基本内容	65
3.4.3 机床电气控制电路设计的一般步骤	65

3.5 机床电气控制电路设计的注意要点	66	5.1.8 主控触点指令	103
3.5.1 合理选择控制电路的电流种类 与控制电压数值	66	5.1.9 取反指令、空操作指令和结束 指令	104
3.5.2 正确选择电气元器件	66	5.2 基本电路的程序设计	105
3.5.3 合理布线,力求控制电路简单、 经济	66	5.2.1 起动-保持-停止 PLC 控制电路 的设计	105
3.5.4 保证电气控制电路工作的可靠 性	68	5.2.2 三相异步电动机正反转 PLC 控 制电路的设计	108
3.5.5 保证电气控制电路工作的安全 性	70	5.2.3 定时电路的设计	110
3.6 CW6163 型卧式车床电气控制电路 的设计实例	70	5.3 梯形图程序的优化设计	113
习题	73	5.3.1 梯形图的设计规则	113
第4章 可编程序控制器概述	74	5.3.2 梯形图的设计技巧	114
4.1 可编程序控制器简介	74	5.4 PLC 的程序设计方法	116
4.1.1 可编程序控制器的产生	74	5.4.1 经验设计法	116
4.1.2 可编程序控制器的特点与应用	75	5.4.2 继电器—接触器控制电路转换 法	121
4.1.3 可编程序控制器的分类	77	5.4.3 逻辑设计法	122
4.1.4 可编程序控制器的发展趋势	78	习题	123
4.2 可编程序控制器的结构与工作原理	79	第6章 FX 系列 PLC 顺序控制编 程与应用	126
4.2.1 可编程序控制器的基本结构	79	6.1 顺序控制设计法	126
4.2.2 可编程序控制器的工作原理	83	6.1.1 顺序控制设计步骤	126
4.3 可编程序控制器的系统配置	85	6.1.2 顺序功能图	127
4.3.1 FX 系列可编程序控制器型号名 称的含义	85	6.1.3 步进顺控指令及编程方法	131
4.3.2 可编程序控制器的技术性能指 标	85	6.2 基本流程的程序设计	132
4.4 可编程序控制器的编程元件	86	6.2.1 单流程的程序设计	132
4.4.1 可编程序控制器的编程语言	86	6.2.2 选择流程的程序设计	136
4.4.2 FX 系列可编程序控制器的编 程元件	88	6.2.3 并行流程的程序设计	141
习题	95	6.2.4 跳步和循环流程的程序设计	145
第5章 FX 系列 PLC 的基本逻辑指 令与编程方法	96	6.3 用辅助继电器实现顺序控制梯形 图的编程方法	149
5.1 FX 系列 PLC 的基本逻辑指令	96	6.3.1 程序设计思路	149
5.1.1 逻辑取、取反及输出指令	96	6.3.2 使用起保停电路的编程方法	149
5.1.2 触点串、并联指令	97	6.3.3 以转换为为中心的编程方法	151
5.1.3 电路块连接指令	98	习题	153
5.1.4 置位与复位指令	99	第7章 FX 系列 PLC 的功能指令 与应用	155
5.1.5 脉冲输出指令	100	7.1 PLC 功能指令的概述	155
5.1.6 边沿检测触点指令	101	7.1.1 功能指令的表示格式	155
5.1.7 多重输出电路指令	102	7.1.2 功能指令的执行方式与数据 长度	156
		7.1.3 功能指令的数据格式	156



7.2 FX _{2N} 系列 PLC 常用功能指令介绍	156	8.2 PLC 型号及硬件配置的选择	177
7.2.1 程序流程控制类指令	156	8.2.1 PLC 型号的选择	177
7.2.2 比较与传送类指令	159	8.2.2 PLC 的硬件配置的选择	178
7.2.3 算术和逻辑运算类指令	161	8.3 PLC 系统设计及应用的注意事项	179
7.2.4 循环与移位类指令	164	8.3.1 如何降低 PLC 控制系统硬件的 费用	179
7.2.5 数据处理指令	165	8.3.2 如何提高 PLC 控制系统的可靠 性	180
7.2.6 外部设备 I/O 指令	166	习题	182
7.2.7 触点比较指令	167	附录	183
7.3 PLC 常用功能指令的应用	168	附录 A 电气简图常用图形、文字符号	183
7.3.1 应用实例:传送带的点动与连 续运行的混合控制	168	附录 B FX 系列 PLC 的性能规格和功能 指令	187
7.3.2 应用实例:计件包装系统	171	参考文献	193
习题	174		
第 8 章 PLC 控制系统的设计	175		
8.1 PLC 控制系统的设计步骤	175		

第1章 常用低压电器

【本章教学重点】

- (1) 常用低压电器的结构及工作原理。
- (2) 低压电器的选用。

【本章能力要求】

通过本章的学习，读者应掌握常用低压电器的结构及工作原理，并且具备正确合理地选用机床常用低压电器的能力。

电器对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用，是所有电工器械的简称。我国现行标准将工作在交流 50Hz、额定电压 1200V 及以下和直流额定电压 1500V 及以下电路中的电器称为低压电器。低压电器的种类繁多，它作为基本元器件已广泛用于发电厂、变电所、工矿企业、交通运输和国防工业等电力输配电系统和电力拖动控制系统中。随着科学技术的不断发展，低压电器的将会沿着体积小、质量轻、安全可靠、使用方便及性价比高的方向不断发展。

低压电器的品种、规格很多，其作用、构造及工作原理各不相同，因此有多种分类方法。

(1) 按用途分 低压电器按它在电路中的用途可分为控制电器、配电电器和保护电器。控制电器是指电动机完成生产机械要求的起动、调速、反转和停止所用的电器；配电电器是指正常或事故状态下接通或断开用电设备和供电电网所用的电器，主要包括开关及主令电器。保护电器通常用于电路与电气设备的安全保护。

(2) 按动作方式分 低压电器按它的动作方式可分为自动切换电器和非自动切换电器两大类。前者是依靠本身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作；后者主要是用手直接操作来进行切换。

(3) 按有无触头分 低压电器按其有无触头可分为有触头电器和无触头电器两大类。有触头电器有动触头和静触头之分，利用触头的合与分来实现电路的通与断；无触头电器没有触头，主要利用晶体管的导通与截止来实现电路的通与断。

(4) 按工作原理分 低压电器按其工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器两大类。电磁式电器由感受部分（即电磁机构）和执行部分（即触头系统）组成，它由电磁机构控制电器动作，即由感受部分接受外界输入信号，使执行部分动作从而实现控制目的；非电量控制电器由非电磁力控制电器触头的动作。

本章主要介绍机床电气控制系统中常用的配电电器（主要包括开关及主令电器）、控制电器、保护电器以及机床中常用的一些其他电器，着重介绍这些低压电器的结构、工作原理、规格型号、图形符号及文字符号、选用原则等方面的内容。



1.1 开关及主令电器

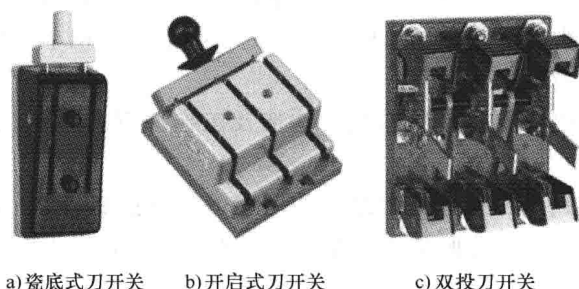
开关电器属于配电电器,用于隔离电源或在规定的条件下接通、分断电路以及转换正常或非正常的电路,它包括刀开关、低压断路器和转换开关等。

主令电器主要用来接通和分断控制电路,在电力拖动系统中控制电动机的起动、停止、制动和调速等。主令电器可直接用于控制电路,也可通过电磁式电器间接作用于控制电路。在控制系统中它是专门用于发布控制指令的电器,故称为主令电器。常用的主令电器有按钮、行程开关等。

1.1.1 刀开关

1. 刀开关的结构和工作原理

刀开关俗称闸刀开关,是结构最简单、应用最广泛的一种手动电器。常用于接通和切断长期工作设备的电源及不经常起动及制动、容量小于 7.5kW 的异步电动机。各类刀开关实物图如图 1-1 所示。



a) 瓷底式刀开关 b) 开启式刀开关 c) 双投刀开关

图 1-1 各类刀开关实物图

图 1-2 所示为刀开关的典型结构,它是由手柄、静插座、动触刀、铰链支座和绝缘底板组成。推动手柄使动触刀插入静插座中,电路就会被接通。为保证刀开关合闸时动触刀和静插座接触良好,动触刀与静插座之间应有一定的接触压力。

刀开关的种类较多,按极数可分为单极、双极和三极;按转换方式可分为单投和双投;按操作方式可分为直接手柄操作和远距离连杆操作;按灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩等。常用刀开关有开启式负荷开关和封闭式负荷开关。

(1) 开启式负荷开关 开启式负荷开关俗称胶盖闸刀开关,是由刀开关和熔丝组合而成的一种电器, HK2 系列瓷底开启式负荷开关的结构如图 1-3 所示。这种开关结构简单,价格低廉,使用维修方便,在小容量电动机中得到广泛应用。

(2) 封闭式负荷开关 封闭式负荷开关是在刀开关上加装快速分断机构和简单的灭弧装置构成的,以保证可靠地分断电流。封闭式负荷开关俗称铁壳开关,是由刀开关、熔断器

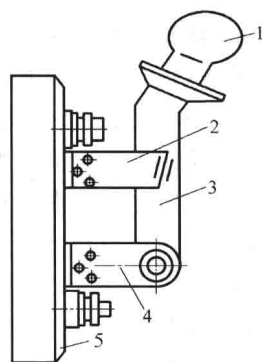


图 1-2 刀开关的典型结构

1—手柄 2—静插座 3—动触刀
4—铰链支座 5—绝缘底板

和速断弹簧等组成，并装在金属壳内，其结构如图 1-4 所示。封闭式负荷开关采用侧面手柄操作，并设有机械联锁装置，使箱盖打开时不能合闸，合闸时箱盖不能打开，保证了用电安全。手柄与底座间的速断弹簧使开关通断动作迅速，灭弧性能好，因此可用于粉尘飞扬的场所。

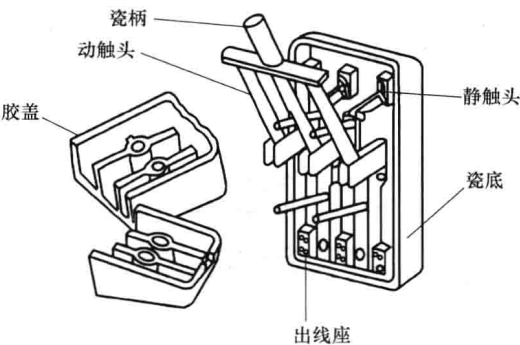


图 1-3 HK2 系列瓷底开启式负荷开关的结构

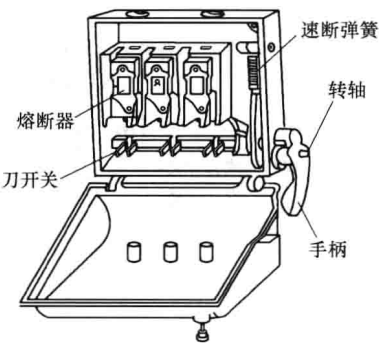


图 1-4 封闭式负荷开关的结构

2. 刀开关的主要技术参数

- (1) 额定电压 在长期工作中能承受的最大电压称为额定电压。目前生产的刀开关的额定电压，一般为交流 500V 以下、直流 440V 以下。
- (2) 额定电流 刀开关在合闸位置允许长期通过的最大工作电流称为额定电流。小电流刀开关的额定电流有 10A、15A、20A、30A、60A 五个等级。
- (3) 使用寿命 刀开关的使用寿命分为机械寿命和电气寿命两种。机械寿命是指不带电情况下所能达到的操作次数；电气寿命是指刀开关在额定电压下能可靠地分断额定电流的总次数。
- (4) 动稳定性电流 发生短路事故时，不产生变形、破坏或触刀自动弹出现象时的最大短路电流峰值就是刀开关的动稳定性电流，一般是其额定电流的数十倍。
- (5) 热稳定性电流 发生短路事故时，如果能在一定时间（通常是 1s）内通以某一短路电流，并不会因温度急剧上升而发生熔焊现象，则这一短路电流就称为刀开关的热稳定性电流。

3. 刀开关的型号及电气符号

目前常用的刀开关有 HD 系列刀形隔离开关、HS 系列双投刀开关、HK 系列开启式负荷开关、HH 系列封闭式负荷开关及 HR 系列熔断器式刀开关。表 1-1 为 HD17 系列刀开关的主要技术数据。

表 1-1 HD17 系列刀开关的主要技术数据

额定电流 /A	通断能力/A			在 AC 380V 和 60% 额定电流 时，刀开关的电气寿命 /次	动稳定性 电流峰值 /kA	1s 热稳定性 电流 /kA
	AC 380V cosφ = 0.72 ~ 0.8	DC				
		220V	440V			
		T = 0.01 ~ 0.011s				
200	200	200	100	1000	30	10
400	400	400	200	1000	40	20
600	600	600	300	500	50	25
1000	1000	1000	500	500	60	30
1500	—	—	—	—	80	40



刀开关的型号及含义如图 1-5 所示。刀开关的图形及文字符号如图 1-6 所示。

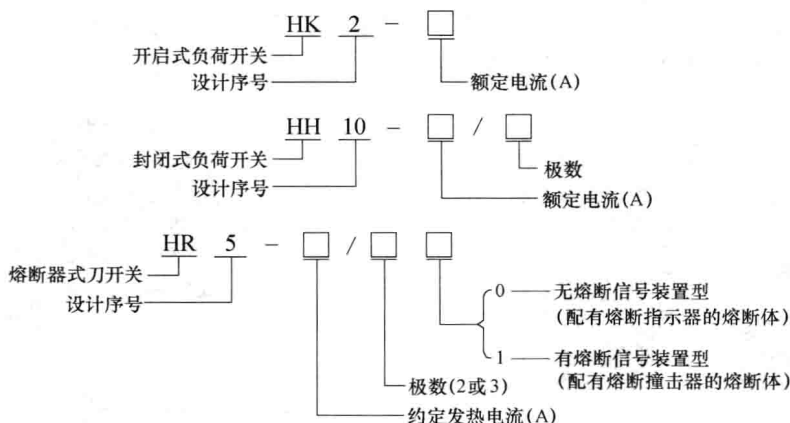


图 1-5 刀开关的型号及含义

4. 刀开关的选用与安装

(1) 刀开关的选用

- 1) 按用途和安装位置选择合适的型号和操作方式。
- 2) 额定电压和额定电流必须符合电路要求。
- 3) 校验刀开关的动稳定性和热稳定性, 如不满足

要求, 就应选大一级额定电流的刀开关。

(2) 刀开关的安装

1) 应做到垂直安装, 闭合操作时的手柄操作方向应从下向上合, 断开操作时的手柄操作方向应从上向下分, 不允许采用平装或倒装, 以防止产生误合闸。

2) 安装后检查闸刀和静插座的接触是否成直线及是否紧密。

3) 母线与刀开关接线端子相连时, 不应存在极大的扭应力, 并保证接触可靠。在安装杠杆操作机构时, 应调节好连杆的长度, 使刀开关操作灵活。

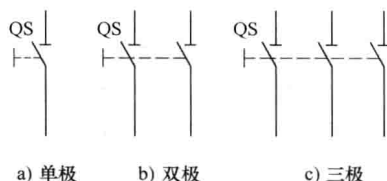


图 1-6 刀开关的图形符号及文字符号

1.1.2 低压断路器

低压断路器 (俗称自动开关或空气开关) 可用来分配电能、不频繁起动电动机、对供电线路及电动机等进行保护, 用于正常情况下的接通和分断操作以及严重过载、短路及欠电压等故障时自动切断电路, 在分断故障电流后, 一般不需要更换零件, 且具有较大的接通和分断能力, 因而获得了广泛应用。

1. 低压断路器的结构和工作原理

低压断路器主要由触头系统、操作机构和脱扣器等部分组成。图 1-7 所示为低压断路器的结构示意图。断路器的主触头由操作机构手动或电动合闸, 并通过自动脱扣机构锁定在合闸位置。当电路发生故障时, 自动脱扣机构在相关脱扣器的推动下动作, 钩子脱开, 主触头在弹簧力的作用下迅速分断。图中过电流脱扣器的线圈和过载脱扣器的线圈与主电路串联, 欠电压脱扣器的线圈与主电路并联。当电路发生短路或严重过载时, 过电流脱扣器的衔铁被吸合, 使自动脱扣机构动作; 当电路过载时, 过载脱扣器的热元件产生的热量增加, 使双金属片向上弯曲, 推动自动脱扣机构动作; 当电路欠电压时, 欠电压脱扣器的衔铁释放, 自动

脱扣机构动作。分励脱扣器一般用于远距离分断电路,按操作指令或信号控制脱扣机构动作,从而使断路器跳闸。

2. 低压断路器的主要技术参数

(1) 额定电压 低压断路器的额定电压分额定工作电压、额定绝缘电压和额定脉冲电压。

1) 额定工作电压:指与通断能力以及使用类别相关的电压值,对多相电路是指相间的电压值。

2) 额定绝缘电压:通常情况下,额定绝缘电压就是断路器最大额定工作电压。

3) 额定脉冲电压:开关电器工作时,要承受系统中所发生的过电压,因此开关电器(包括断路器)的额定电压参数中给出了额定脉冲电压值,其数值应大于或等于系统中出现的最大过电压峰值。

额定绝缘电压和额定脉冲电压共同决定了开关电器的绝缘水平。

(2) 额定电流 对于低压断路器来说,额定电流即额定持续电流,也就是脱扣器能长期通过的电流。对带有可调式脱扣器的低压断路器为可长期通过的最大工作电流。

(3) 额定短路分断能力 低压断路器的额定短路分断能力是指在规定的条件(电压、频率、功率因数及规定的试验程序等)下,能够分断的最大短路电流值。

3. 低压断路器的常用型号及电气符号

低压断路器按用途分有配电(照明)、限流、灭磁和漏电保护等几种;按动作时间分,有一般型和快速型;按结构分,有框架式(万能式 DW 系列)和塑料外壳式(装置式 DZ 系列),其实物图如图 1-8 所示。

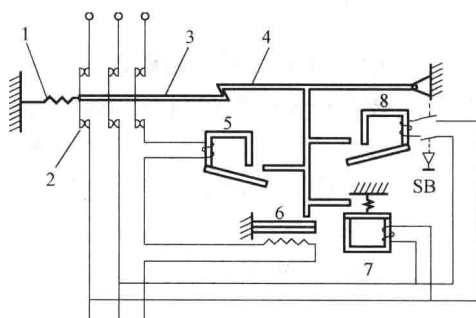


图 1-7 低压断路器的结构示意图

1—弹簧 2—主触头 3—传动杆 4—锁扣 5—过
电流脱扣器 6—过载脱扣器 7—欠电压脱扣器
8—分励脱扣器



图 1-8 各类低压断路器实物图

(1) 框架式低压断路器 框架式低压断路器又称万能式断路器,它将所有构件组装在具有绝缘底衬的框架结构底座上。框架式低压断路器用于在配电网中分配电能,并承担线路及电源设备的过载保护、欠电压保护和短路保护。也可用于不频繁起动的 40~100kW 电动机回路中,作为过载、欠电压和短路保护设备。

我国生产的框架式低压断路器有 DW10 系列、DW15 系列。其中 DW10 系列由于其技术指标较低,现已逐渐被淘汰。

目前常用的框架式低压断路器还有引进国外技术制造的 ME、3WE、AE、AH 等系列产



品。

(2) 塑料外壳式低压断路器 塑料外壳式低压断路器又称装置式低压断路器，它将所有构件组装在用模压绝缘材料制成的封闭型外壳内。塑料外壳式低压断路器按性能分为配电用和电动机保护用两种。配电用塑料外壳式低压断路器在配电网络中用来分配电能，并且作为线路、电源设备的过负荷、欠电压和短路保护。电动机保护用塑料外壳式低压断路器用于笼型电动机的过负荷、欠电压和短路保护。

我国生产的塑料外壳式低压断路器主要有 DZ5、DZ10、DZ15、DZ20、DZ15L 以及 DZX10、DZX19 等系列产品。其中，DZX10、DZX19 系列为限流式低压断路器，它利用短路电流所产生的电动力使触头在 8 ~ 10ms 内迅速断开，从而限制了线路中可能出现的最大短路电流。DZ15L 系列为漏电保护低压断路器，当电路或设备出现对地漏电或人身触电时，能迅速自动断开电路，从而有效地保证人身及线路安全。

目前常用的塑料外壳式低压断路器还有引进国外技术制造的 H、C45N（C65N）、S060、TH、AM1 和 3VE 等系列产品。

表 1-2 为 DZ15 系列低压断路器的技术数据。

表 1-2 DZ15 系列低压断路器的技术数据

型 号	壳架额定 电流/A	额定电压 /V	极数	脱扣器额定 电流/A	额定短路分 断能力/kA	电气、机械 寿命/次
DZ15-40/1901	40	220	1	6、10、16、20、 25、32、40	3 ($\cos\varphi = 0.9$)	15000
DZ15-40/2901		380	2			
DZ15-40/3901			3			
DZ15-40/3902			3			
DZ15-40/4901			4			
DZ15-63/1901	63	220	1	10、16、20、25、 32、40、50、63	5 ($\cos\varphi = 0.7$)	10000
DZ15-63/2901		380	2			
DZ15-63/3901			3			
DZ15-63/3902			3			
DZ15-63/4901			4			

低压断路器的型号及含义如图 1-9 所示。

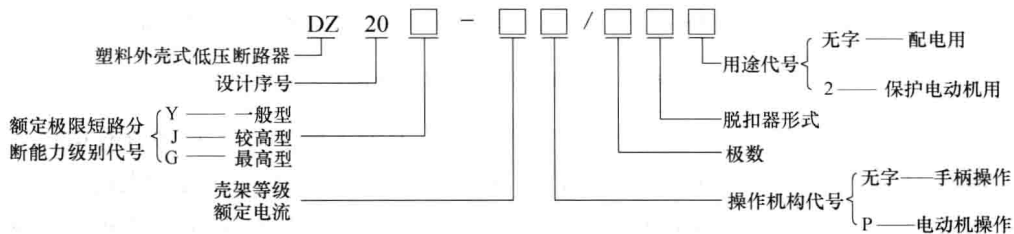


图 1-9 低压断路器的型号及其含义

低压断路器的图形符号和文字符号如图 1-10 所示。

4. 低压断路器的选用

1) 额定电压和额定电流应不小于电路的正常工作电压和工作电流。

2) 各脱扣器的整定:

① 热脱扣器的整定电流应与所控制的电动机的额定电流或负载额定电流相等。

② 失电压脱扣器的额定电压等于主电路额定电压。

③ 电流脱扣器(过电流脱扣器)的整定电流应大于负载正常工作时的尖峰电流,对于电动机负载,通常按起动电流的1.7倍整定。

3) 极数和结构形式应符合安装条件、保护性能及操作方式的要求。

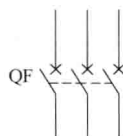


图 1-10 低压断路器的图形符号和文字符号

1.1.3 转换开关

转换开关(又称组合开关)一般用于不频繁地通断电路、换接电源或负载、测量三相电压和控制小型电动机正反转。转换开关由多对触头组成,手柄可手动向任意方向旋转,每旋转一定角度,动触头就接通或分断电路。由于采用了扭簧贮能,开关动作迅速。

1. 转换开关的结构和工作原理

转换开关由动触头、静触头、转轴、手柄和定位机构等部分构成,其动、静触头分别叠装在多层绝缘壳体内。根据动触头和静触头的不同组合,转换开关有多种接线方式。图 1-11 所示为常用的 HZ10-10/3 型转换开关的外形与内部结构图。它有三对静触头,每个触头的一端固定在绝缘垫板上,另一端伸出盒外,连在接线柱上,三个动触头套在装有手柄的绝缘杆上。转动手柄就可将三对触头同时接通或分断。

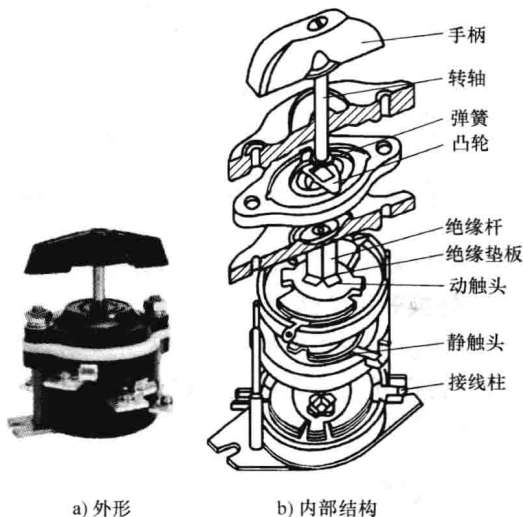


图 1-11 HZ10-10/3 型转换开关的外形和内部结构

2. 转换开关的主要技术参数

转换开关的主要技术参数包括:额定电压、额定电流和极数等。

转换开关分单极、双极和三极。

3. 转换开关的常用型号和电气符号

常用的转换开关有 HZ5、HZ10 和 HZ15 等系列。其中, HZ10 系列为全国统一设计产品, HZ15 系列为全国统一设计的新型产品。表 1-3 为 HZ10 系列转换开关的主要技术数据。

转换开关的型号及含义如图 1-12 所示。

转换开关的图形符号和文字符号如图 1-13 所示。

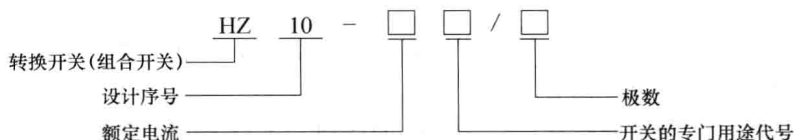


图 1-12 转换开关的型号及含义



表 1-3 HZ10 系列转换开关的主要技术数据

型 号	额定电压 /V	额定电流 /A	极数	极限操作电流/A		可控制电动机最大容量和额定电流		额定电压及额定电流下的通断次数			
				接通	分断	容量 /kW	额定电流 /A	AC cosφ		直流时间常数 /s	
								≥0.8	≥0.3	≤0.0025	≤0.01
HZ10-10	DC 220 AC 380	6	单极	94	62	3	7	20000	10000	20000	10000
HZ10-25		10									
HZ10-60		25	2、3								
HZ10-100		60									
		100									

表 1-4 触头通断表

触头	开关位置	
	I	II
L1-U	接通	断开
L2-V	接通	断开
L3-W	接通	断开

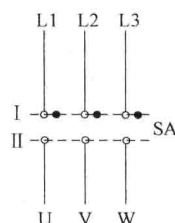


图 1-13 转换开关的图形符号和文字符号

转换开关除了用图形符号和文字符号表示外还可用触头通断表表示，见表 1-4。

4. 转换开关的选用

1) 转换开关作为电源的引入开关时，其额定电流应大于电动机的额定电流。

2) 转换开关作为控制小容量（5kW 以下）电动机起动、停止时，其额定电流应为电动机额定电流的 3 倍。

1.1.4 按钮

按钮是一种结构简单、应用广泛的主令电器，一般情况下它不直接控制主电路的通断，而在控制电路中发出手动“指令”去控制接触器、继电器等电器，再由它们去控制主电路，也可用来转换各种信号电路与电气联锁电路等。

1. 按钮的结构和工作原理

按钮的实物图和结构示意图如图 1-14 所示。按钮一般由按钮帽、复位弹簧、触头和外壳等组成，通常分为动合（常开）按钮、动断（常闭）按钮和复合按钮。

动合按钮未按下时，触头是断开的，按下时触头闭合接通；当松开后，按钮在复位弹簧的作用下复位断开。

动断按钮与动合按钮相反，未按下时，触头是闭合的，按下时触头断开；当手松开后，按钮在复位弹簧的作用下复位闭合。

复合按钮是将动合与动断按钮组合为一体的按钮。未按下时，动断触头是闭合的，动合触头是断开的。按下时动断触头首先断开，继而动合触头闭合；当松开后，按钮在复位弹簧的作用下，首先将动合触头断开，继而将动断触头闭合。复合按钮在控制电路中常用于电气

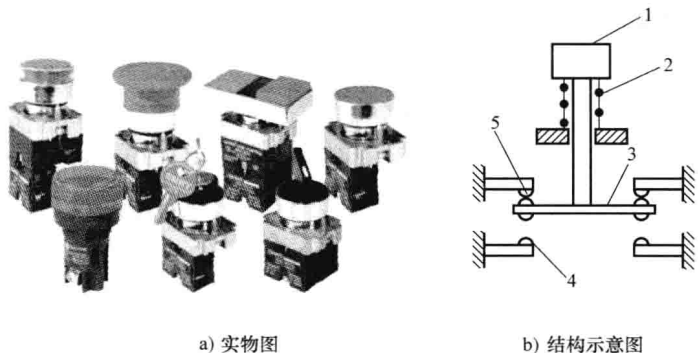


图 1-14 按钮实物图和结构示意图

1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动触头 4—动合触头静触头 5—动断触头静触头

连锁。

按钮的结构形式很多。紧急式按钮装有凸出的蘑菇形钮帽，用于紧急操作；旋钮式按钮用于旋转操作；钥匙式按钮须插入钥匙方能操作，用于防止误动作；指示灯式按钮是在透明的按钮帽内装有信号灯，用于信号指示。

为了明示按钮的作用，避免误操作，按钮帽通常采用不同的颜色以示区别，主要有红、绿、黑、蓝、黄、白等颜色。一般停止按钮采用红色，起动按钮采用绿色。

2. 按钮的主要技术参数

按钮的主要技术参数有规格、结构形式、触头对数和颜色等。

通常采用规格为额定电压 AC 500V、允许持续电流 5A 的按钮。

按用途或使用场合选择按钮的形式和颜色。

3. 按钮的常用型号和电气符号

常用的按钮型号有 LA18、LA19、LA20、LA25 和 LAY3 等系列。其中，LA25 系列为全国统一设计的按钮新型号，采用组合式结构，可根据需要任意组合触头数目；LAY3 系列是引进德国技术标准生产的产品，其规格品种齐全，有紧急式、钥匙式和旋转式等。表 1-5 为 LA25 系列按钮的主要技术数据。

表 1-5 LA25 系列按钮的主要技术数据

型 号	触头组合	按钮颜色	型 号	触头组合	按钮颜色
LA25-10	一动合	白 绿 黄 蓝 橙 黑 红	LA25-33	三动合三动断	白 绿 黄 蓝 橙 黑 红
LA25-01	一动断		LA25-40	四动合	
LA25-11	一动合一动断		LA25-04	四动断	
LA25-20	二动合		LA25-41	四动合一动断	
LA25-02	二动断		LA25-14	一动合四动断	
LA25-21	二动合一动断		LA25-42	四动合二动断	
LA25-12	一动合二动断		LA25-24	二动合四动断	
LA25-22	二动合二动断		LA25-50	五动合	
LA25-30	三动合		LA25-05	五动断	
LA25-03	三动断		LA25-51	五动合一动断	
LA25-31	三动合一动断		LA25-15	一动合五动断	
LA25-13	一动合三动断		LA25-60	六动合	
LA25-32	三动合二动断		LA25-06	六动断	
LA25-23	二动合三动断				



按钮的型号及含义如图 1-15 所示。

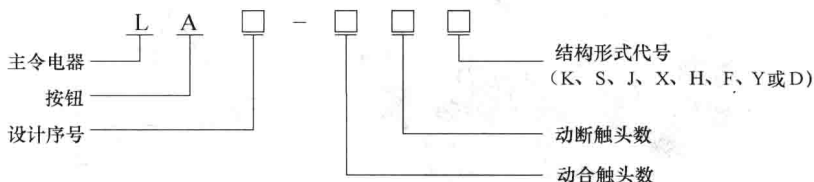


图 1-15 按钮的型号及含义

K—开启式 S—防水式 J—紧急式 X—旋钮式 H—保护式 F—防腐式 Y—钥匙式 D—带灯式

按钮的图形符号和文字符号如图 1-16 所示。

4. 按钮的选用及使用

按钮选用的主要依据是使用场所、所需要的触头数量、种类及颜色。

按钮使用时应注意触头间的清洁,防止油污、杂质进入造成短路或接触不良等事故,在高温下使用的按钮应加紧固垫圈或在接线柱螺钉处加绝缘套管。带指示灯的按钮不宜长时间通电,应设法降低指示灯电压以延长其使用寿命。在工程实践中,绿色按钮常用作起动,红色按钮常用作停止。

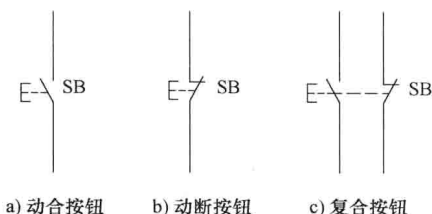


图 1-16 按钮的图形符号和文字符号

1.1.5 行程开关

行程开关的作用与按钮相似,是对控制电路发出接通或断开、信号转换等指令的。不同的是行程开关触头的动作不是靠手来完成,而是利用生产机械某些运动部件的碰撞使其触头动作,从而接通或断开某些控制电路,达到一定的控制要求。为适应各种条件下的碰撞,行程开关有多种结构形式,用来限制机械运动的位置或行程以及使运动机械按一定行程自动停车、反转或变速、循环等,以实现自动控制的目的。常见行程开关的外形如图 1-17 所示。

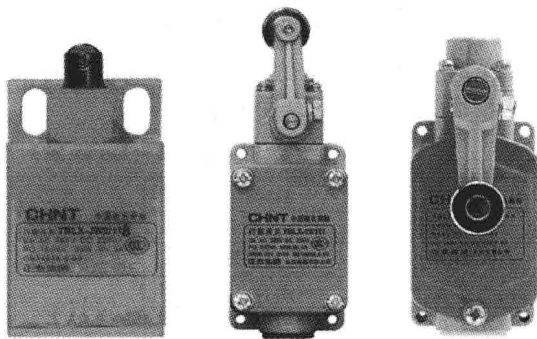


图 1-17 常见行程开关的外形

1. 行程开关的结构和工作原理

行程开关的种类很多,按结构可分为直动式、滚轮式和微动式。

(1) 直动式行程开关 直动式行程开关主要由操作机构、触头系统和外壳等部分组成,直动式行程开关结构示意图如图 1-18 所示。直动式行程开关的动作原理与按钮类似,只是它采用运动部件上的撞块来碰撞行程开关的推杆。直动式行程开关的优点是结构简单、成本较低,缺点是触头的分合速度取决于撞块的运动速度。若撞块运动太慢,则触头就不能瞬时切断电路,使电弧在触头上停留的时间过长,易于烧蚀触头。