

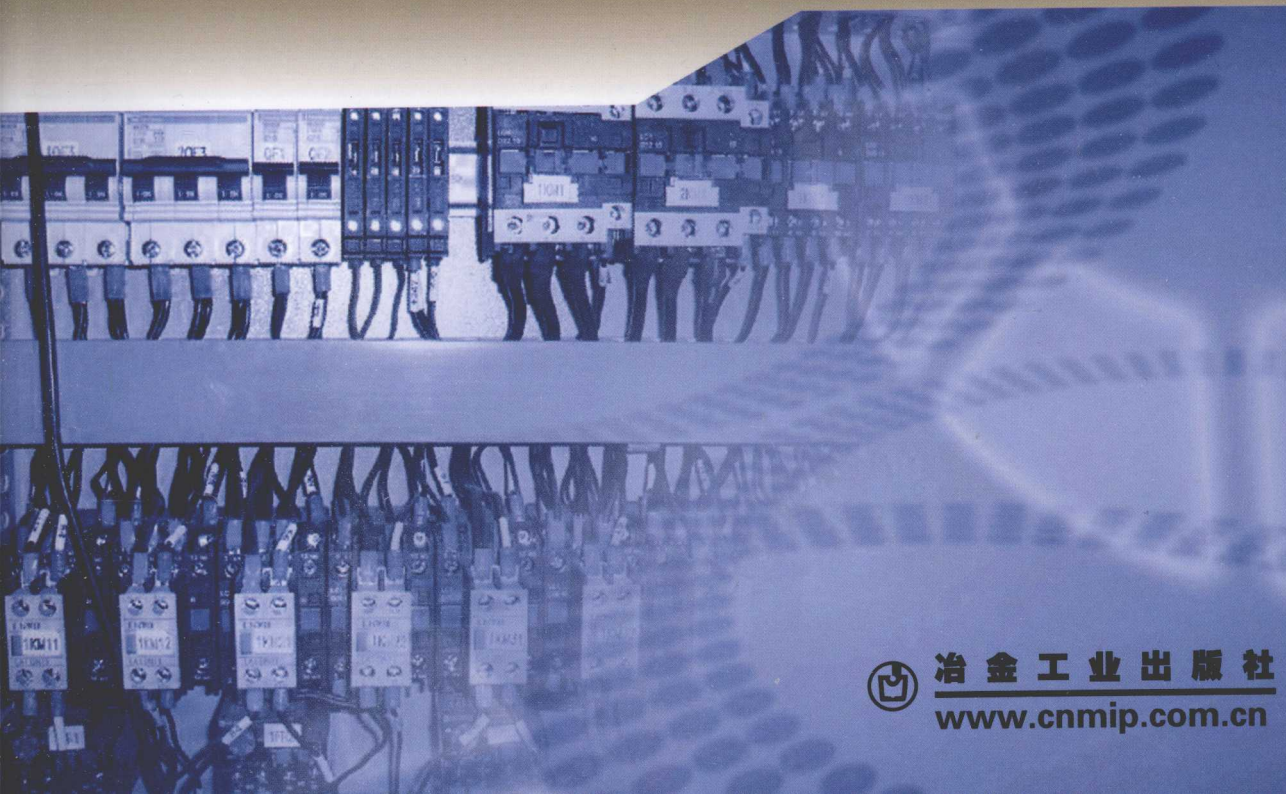


高职高专“十一五”规划教材

机械电子类

电气控制 与PLC应用

王福成 主编



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn

高职高专“十一五”规划教材·机械电子类

电气控制与 PLC 应用

主 编 王福成
副主编 黄 河 刘胜杰
主 审 杨红霞

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2009

内 容 简 介

本书针对高职高专学生的特点,以工程实践为出发点,强调基础内容全面、实践环节适用的特色,力求做到理论深入浅出、够用为度,在实用的前提下,力争融入新知识,为学生今后的持续创造性学习打好基础。

本书主要有两部分内容组成。第1部分包括第1章常用低压电器,介绍了常用低压电器的基本知识、结构组成、工作原理和主要性能;第2章电气控制系统的基本控制电路,介绍了常用基本控制环节和电动机起动、制动和调速系统;第3章常用电气控制电路,介绍了典型控制电路的分析方法;第4章电气控制系统的设计,介绍了电气控制电路的设计方法和步骤。第2部分包括第5章PLC概述,第6章PLC的应用程序,第7章PLC控制系统的设计及应用和第8章PLC控制变频器软硬件的使用,本部分重点介绍了PLC的分类、结构组成、工作原理、基本语句指令、设计方法和应用。

本书内容全面,适合作为高职高专院校机电、电气、机电一体化及相关专业的教材,也适合作为从事相关领域技术工作的工程技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用/王福成主编. —北京:冶金工业出版社, 2009.7

ISBN 978-7-5024-5029-8

I. 电… II. 王… III. ①电气控制—高等学校:技术学校—教材②可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. TM921.5
TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 126162 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 刘 源

ISBN 978-7-5024-5029-8

北京天正元印务有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009 年 7 月第 1 版, 2009 年 7 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 12.75 印张; 295 千字; 194 页; 1-3000 册

26.00 元

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型，肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高素质技能型人才的使命，在我国加快推进社会主义现代化建设进程中具有不可替代的作用。在高等职业教育事业的发展中，教材建设工作是一个极其重要的基础性工作。但在目前的高职高专使用的教材中，符合高职高专教育特色的教材仍严重不足，普遍存在内容偏多、理论偏深、实践性内容严重不足等问题。改变上述问题，是编写本教材的宗旨。

电气控制与 PLC 应用是一门以继电器-接触器为主的电气控制系统和以 PLC 为中心的控制系统相结合的综合课程，随着电器元件不断向电子化、智能化和网络化的方向发展，以继电器-接触器为主的电气控制系统正在不断的被现代电子器件取代，尤其近几年因电子技术和计算机技术的迅猛发展，PLC 已经应用于各行各业的现代控制系统中，继电器-接触器控制与 PLC 两部分内容已属于一个统一体系。该课程的任务是使学生获得电气控制和 PLC 两方面的基本理论、基本知识和基本技能，培养学生分析和解决问题的能力，是在学习电工学、电机与拖动、电子技术基础和单片机应用技术课程的基础上，开设的一门专业课。

本教材共有 8 章内容：常用低压电器、电气控制系统的基本控制电路、常用电气控制电路、电气控制系统的设计、PLC 概述、PLC 的应用程序、PLC 控制系统的设计及应用和 PLC 控制变频器软硬件的使用。

本书由王福成任主编，黄河、刘胜杰任副主编，王桂花、王平、唐明文、郑冬强参加编写。全书由杨红霞主审。

由于编者水平所限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第1部分 电气控制系统

第1章 常用低压电器..... 1

1.1 概述..... 1	
1.1.1 低压电器的概念及分类..... 1	
1.1.2 低压电器的发展与基本 结构特点..... 2	
1.1.3 低压电器的主要技术指标..... 2	
1.1.4 低压电器的结构特点..... 3	
1.2 常用低压电器的基本问题..... 3	
1.2.1 低压电器的触头系统和 灭弧方法..... 3	
1.2.2 电磁机构..... 5	
1.2.3 低压电器的主要技术 性能参数..... 5	
1.3 常用控制类电器..... 7	
1.3.1 低压开关电器..... 7	
1.3.2 接触器..... 11	
1.3.3 控制继电器..... 13	
1.3.4 主令电器..... 18	
1.4 常用保护类电器..... 21	
1.4.1 熔断器..... 21	
1.4.2 保护继电器..... 22	
习题..... 24	

第2章 电气控制系统的基本 控制电路..... 25

2.1 电气控制电路的绘制原则..... 25	
2.1.1 电气图中的图形符号、文字 符号和接线端子标记..... 25	
2.1.2 电气图..... 26	
2.2 电气控制电路中的基本电路..... 28	
2.2.1 笼型异步电动机点动、长动、 停止控制..... 28	

2.2.2 电动机互锁控制电路..... 30	
2.2.3 顺序控制电路..... 31	
2.2.4 多点控制电路..... 31	
2.3 三相异步电动机的起动控制电路..... 32	
2.3.1 定子串电阻(电抗)降压起动 控制电路..... 32	
2.3.2 星形-三角形降压起动 控制电路..... 33	
2.3.3 定子串自耦变压器降 压起动控制电路..... 34	
2.4 三相笼型异步电动机的制动 控制电路..... 35	
2.4.1 反接制动控制电路..... 35	
2.4.2 能耗制动控制电路..... 36	
2.5 三相交流异步电动机的调速 控制电路..... 38	
2.5.1 变极调速控制电路..... 38	
2.5.2 变频调速控制电路..... 41	
2.6 电气控制电路中的保护..... 42	
2.6.1 短路保护..... 42	
2.6.2 过载保护..... 42	
2.6.3 过电流保护..... 42	
2.6.4 失压保护和欠压保护..... 42	
2.6.5 弱磁保护..... 43	
习题..... 43	

第3章 常用电气控制电路..... 44

3.1 电液组合电气控制..... 44	
3.1.1 电磁阀执行机构的基本 知识..... 44	
3.1.2 电液传动系统的组成..... 45	
3.1.3 液动力滑台控制电路..... 46	
3.2 普通车床的电气控制..... 47	
3.2.1 普通车床的主要结构及 运动形式..... 47	

3.2.2 车床拖动特点及控制要求	48	习题	73
3.2.3 C650-2 型普通车床的 电气控制	48	第 2 部分 PLC 控制系统	
3.3 组合机床的电气控制	50	第 5 章 PLC 概述	74
3.3.1 组合机床的主要结构及 运动形式	50	5.1 PLC 的发展、分类及应用	74
3.3.2 组合机床的拖动特点 及控制要求	51	5.1.1 PLC 的定义及产生	74
3.3.3 组合机床的电气控制	52	5.1.2 PLC 的分类	75
3.4 桥式起重机的电气控制电路	56	5.1.3 PLC 的特点及应用	77
3.4.1 桥式起重机的结构简介	56	5.1.4 PLC 的发展趋势	78
3.4.2 桥式起重机的拖动特点 及控制要求	57	5.2 PLC 的基本结构和工作原理	79
3.4.3 凸轮控制器	57	5.2.1 PLC 的硬件组成	79
3.4.4 主令控制器	58	5.2.2 PLC 的工作原理	84
3.4.5 5/3t(中级)通用吊钩桥式 起重机的电气控制	59	5.3 PLC 的编程语言	87
习题	61	5.3.1 PLC 的编程语言	87
第 4 章 电气控制系统的设计	62	5.3.2 PLC 的编程元素	90
4.1 电气控制系统设计的一般原则、 基本内容和设计程序	62	习题	90
4.1.1 电气控制系统设计的 一般原则	62	第 6 章 PLC 的应用程序	92
4.1.2 电气控制系统设计的基本 任务、内容	62	6.1 PLC 的硬件配置及性能	92
4.2 电气控制原理电路设计的 方法与步骤	63	6.1.1 概述	92
4.2.1 电气控制原理电路的 基本设计方法	64	6.1.2 FX 系列 PLC	92
4.2.2 电气原理图设计的基本 步骤	64	6.2 三菱 FX _{2N} 系列 PLC 及基本 逻辑指令	95
4.2.3 原理图设计中的一般要求	64	6.2.1 基本逻辑指令	95
4.3 设计实例	66	6.2.2 步进顺序控制指令	98
4.3.1 X62W 卧式万能铣床电气 传动的特点及控制要求	66	6.2.3 基本功能指令	100
4.3.2 X62W 卧式万能铣床电气 控制系统设计	66	6.3 松下 FP1 系列 PLC 及基本 逻辑指令	108
4.3.3 选择电器元件	72	6.3.1 基本指令列表	108
		6.3.2 基本指令应用	112
		6.3.3 高级指令	119
		6.4 西门子 PLC 硬件及指令系统概述	126
		6.4.1 概述	126
		6.4.2 S7-200 系列 PLC 的硬件 配置	128
		6.4.3 S7-200 系列 PLC 的 编程元件	132
		6.4.4 S7-200 系列 PLC 指令 系统	135

习题	147	第 8 章 PLC 控制变频器软硬件 的使用	168
第 7 章 PLC 控制系统的设计及应用 ...	149	8.1 PLC 控制变频器的方法	168
7.1 PLC 的编程方法	149	8.1.1 变频器概述	168
7.1.1 编程的基本原则	149	8.1.2 变频器外部接线	171
7.1.2 编程技巧	151	8.1.3 变频器多级调速的 PLC 控制	171
7.2 PLC 控制系统的设计	152	8.1.4 PLC 控制变频器实现 多挡调速	175
7.2.1 PLC 控制系统设计的基本 原则	152	8.2 简易编程器的使用方法	176
7.2.2 PLC 控制系统设计的 基本内容	152	8.2.1 编程器概述	176
7.2.3 PLC 控制系统设计的 一般步骤	153	8.2.2 FX-20P-E 简易编程器的 面板组成与操作方法	176
7.3 应用举例	155	8.3 编程软件介绍	188
7.3.1 三相异步电动机直接 起动控制程序	155	8.3.1 概述	188
7.3.2 两种液体自动混合控制 程序	157	8.3.2 编程软件的功能	188
7.3.3 交通信号灯控制	160	8.3.3 编程软件的使用	189
7.3.4 自动送料装车系统	161	习题	193
习题	166	参考文献	194

第 1 部分 电气控制系统

第 1 章 常用低压电器

随着人类的发展与进步,电能的应用越来越广泛。为了安全、可靠的使用电能,电路中就必须装有各种起分配、切换、控制、保护、调节、检测和变换等功能的元件。这些元件无论是低压供电系统,还是控制生产过程的电力拖动控制系统,都是由用途不同的各类低压电器组成的。随着科学技术和生产工艺的发展与改进,低压电器的种类不断增多,用量也不断增大,功能不断增强,用途更为广泛。

本章主要内容:

- (1) 常用低压控制电器基本知识。
- (2) 常用低压控制类低压电器。
- (3) 常用低压保护类低压电器。

熟悉常用低压电器的种类、结构原理、图形文字符号、作用和用途,重点掌握低压电器的图形文字符号、应用范围、主要技术性能和实际应用。

1.1 概 述

1.1.1 低压电器的概念及分类

我国现行标准规定将工作电压交流小于 1 200V、直流小于 1 500V,在电气线路中起通断、控制、保护和调节作用的电器称为低压电器。

低压电器种类繁多,结构各异,按分类的角度不同可以分为以下几种。

- (1) 按操作方式可分为手动电器和自动电器。

手动电器:依靠外力(如人工)直接操作来进行切换的电器,如刀开关、按钮和转换开关等。

自动电器:依靠指令或本身物理量(如电流、电压、时间和速度等)变化而自动动作的电器,如接触器、继电器和熔断器等。

- (2) 按用途和控制对象可分为配电电器和控制电器。

配电电器:主要用于低压电力网的配电电器,如刀开关、转换开关、隔离开关和低压断路器等。

控制电器:主要用于低压电力拖动及自动控制系统,如接触器、启动器和各种控制继电器等。

- (3) 按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器。

电磁式电器:根据电磁感应原理进行工作的电器,如交直流接触器、各种电磁式继电

器等。

非电量控制电器：以非电物理量作为控制量进行工作，如按钮、行程开关、刀开关、热继电器和速度继电器等。

另外，低压电器按其他方式还会有各种分类方法，这里不再赘述。

1.1.2 低压电器的发展与基本结构特点

1.1.2.1 低压电器的发展

低压电器的发展与电能的广泛应用密不可分，从简单的低压电器开始，到具有一定自动功能和保护功能的设备以及由它们组成的成套电气控制设备，都是随着生产及工艺控制的需求而发展的。

建国以来，低压电器产品是随着我国国民经济的发展，产品品种由少到多、质量从低到高逐渐发展的，但产品与电工行业的国际标准 IEC 仍有一定的距离。

改革开放后，我国低压电器制造工业有了飞速的发展。其一是国产产品的更新换代，如 CJ40 系列、GMC 系列接触器，JR20 系列、LR2-K 系列热继电器，RDM6 系列塑料外壳式断路器等产品，已符合国家新标准(参考 JEC 标准制定)，有的甚至达到 IEC 标准。其二是积极从德国、日本、美国等国引进先进技术和产品，并基本实现国产化，使我国低压电器产品的质量有了较大的提高。

目前，我国正不断地在提高技术参数的性能指标、经济性能方面努力，使低压电器正在向高性能、高可靠性、多功能、小型化及使用方便等方向发展。

1.1.2.2 低压电器的应用场所

在输送电能的输电线路和各种用电场所，需要使用不同的电器来控制电路的通断，并对电路的各种参数进行调节。低压电器就是根据外界控制信号或控制要求，通过一个或多个低压电器组合，来自动或手动组成电路的接通和分断，连续或断续地改变电路的状态。

1.1.3 低压电器的主要技术指标

为保障电器设备安全可靠地工作，我国对低压电器的设计、制造规定了严格的标准，合格的电器产品应符合国家规定的技术要求。在使用电器产品时，必须按照国家标准规定的技术要求进行选用。

(1) 绝缘强度。

绝缘强度是指电器元件的触头处于分断状态时，动触头之间所能承受的电压值(无击穿和闪烁现象)。

(2) 耐潮湿性能。

耐潮湿性能是指保证电器可靠工作所允许环境的湿度。

(3) 极限允许温升。

极限允许温升是指为防止过度氧化和烧熔而规定的最大温升值(温升值=测得实际温度-环境温度)。

(4) 操作频率。

操作频率是指电器元件在单位时间(1h)内允许操作的最高次数。

(5) 使用寿命。

低压电器的使用寿命包括电气寿命和机械寿命。

电气寿命是指电器元件的触头在规定的电路条件下, 正常操作额定负荷电流的总次数。

机械寿命是指电器元件在规定使用条件下, 正常操作的总次数。

1.1.4 低压电器的结构特点

1.1.4.1 低压电器的结构要求

低压电器产品的种类繁多、数量极大、用途非常广泛。为了保证不同产地、不同企业生产的低压电器产品的规格、性能和质量一致, 通用、互换性能好, 低压电器在设计 and 制造时必须严格按照国家的有关规定标准, 尤其是基本系列产品必须执行三化和四统一。

三化: 标准化、系列化、通用化。

四统一: 型号规格统一、技术条件统一、外形及安装尺寸统一、易损零部件统一。

1.1.4.2 低压电器的结构特点

低压电器一般都由两个基本部分构成: 一是感受部分, 它感受外界的信号, 并作出有规律的反应, 在自动电器中, 感受部分大多由电磁机构组成, 在手动电器中, 感受部分通常为操作手柄等; 另一个是执行部分, 如触头连同灭弧系统, 它根据指令进行电路的接通或切断。但对于熔断器而言, 熔体既是感受部分, 同时也是执行部分。

1.2 常用低压电器的基本问题

电磁式电器在低压电器中占有十分重要的地位, 在电气控制系统中应用最为普遍。各种类型的电磁式电器主要由电磁机构和执行机构所组成, 电磁机构按其电源种类可分为交流和直流两种, 执行机构则可分为触头和灭弧装置两部分。低压电器的基本结构一般是由触头系统和电磁机构组成。电磁式电器的执行机构是触头, 触头在闭合状态下, 动、静触头完全接触, 有电流流过时, 称为电接触。电接触会存在接触电阻, 动、静触头分离时, 会产生电弧, 它们将对电器系统的安全运行产生较大影响。另外, 电磁机构的电磁吸力和反力特性又是决定电器性能的主要原因之一。低压电器的主要技术参数和性能指标就是在这些基础上制定的。所以, 触头结构、电弧、灭弧装置及电磁吸力和反力特性等就是构成低压电器的基本问题。

1.2.1 低压电器的触头系统和灭弧方法

1.2.1.1 低压电器的触头系统

低压电器的触头是电磁式电器的执行部分, 电器就是靠触头的吸合和分断来控制电路的。电气控制线路工作的可靠与否, 主电路及控制电路带载能力的大小, 与低压电器的触头系统有着密不可分的关系。

1. 触头的接触电阻

动、静触头在闭合后, 由于不会完全紧密的接触, 致使有效导电面积减少, 该接触区的电阻远大于金属导体的电阻。通常把由于动、静触头闭合时形成的电阻, 称为接触电阻。

接触电阻的存在,不仅会造成一定的电压损失,还会使铜耗增加,造成触头温度超过允许值,导致触头表面的“膜电阻”进一步增加及相邻绝缘材料的老化,严重时可能使触头熔焊,造成电器系统发生事故。为了避免该现象的发生,确保导电、导热性能良好,触头通常由铜、银、镍及其合金材料制成,有时也在铜触头表面电镀锡、银或镍。同时要使触头接触的紧密一些,并且在使用过程中尽量保持触头的清洁。

2. 触头的接触形式

触头的接触形式及结构形式很多,通常按接触形式可以将触头分为 3 种:点接触、线接触和面接触。

1.2.1.2 电弧的灭弧方法

由于电弧的产生对电器系统的安全运行影响较大,因此要有较完善的灭弧方法来进行灭弧。但对于小容量的低压电器设备,因为它们触头通断的是小电流,所以就不需考虑灭弧。熄灭交流电弧的关键在于电弧电流过零后,弧隙的介质强度的恢复过程能否始终大于弧隙电压的恢复过程。目前,在开关电器中广泛采用的灭弧方法有以下几种:

(1) 提高触头的分闸速度。

迅速拉长电弧,减小弧柱中的电位梯度,增加电弧与周围介质的接触面积,加强冷却和扩散的作用。

(2) 采用多断口。

在灭弧时,多断口把电弧分割成多个相串联的小电弧段。多断口使电弧的总长度加长,导致弧隙的电阻增加。在触头行程、分闸速度相同的情况下,电弧被拉长的速度成倍增加,使弧隙电阻加速增大,提高了介质强度的恢复速度,缩短了灭弧时间。

(3) 吹弧。

吹弧时由于电弧被拉长变细,弧隙的电导下降,电弧的温度下降,热游离减弱,复合加快。按吹弧气流的生产方法和吹弧方向的不同,吹弧可分为以下几种:

1) 用油气吹弧。

2) 用压缩空气或六氟化硫气体吹弧。

3) 产气管吹弧。

(4) 短弧原理灭弧。

这种灭弧方法常用于低压开关电器中,灭弧装置是一个金属栅灭弧罩,利用将电弧分为多个串联的短弧的方法来灭弧。

(5) 固体介质的狭缝灭弧。

低压开关电器中也广泛应用狭缝灭弧装置。触头间产生电弧后,在磁吹装置产生的磁场作用下,将电弧吹入由灭弧片构成的狭缝中,把电弧迅速拉长的同时,使电弧与灭弧片的内壁紧密接触,对电弧的表面进行冷却和吸附,产生强烈的去游离作用。

(6) 用耐高温金属材料制作触头。

触头材料对电弧中的去游离作用也有一定影响,用熔点高、导热系数和热容量大的耐高温金属制作触头,可以减少热电子发射和电弧中的金属蒸汽,从而减弱了游离过程,有利于熄灭电弧。

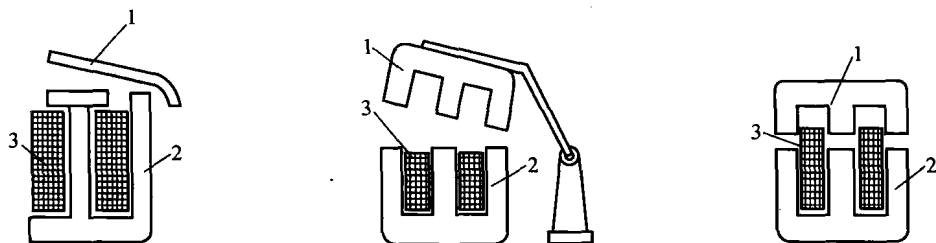
(7) 采用优质灭弧介质。

灭弧介质的特性,如导热系数、电强度、热游离温度、热容量等,对电弧的游离程度具有很大影响,这些参数值越大,去游离作用就越强。

1.2.2 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换为机械能量再转换为电磁力,带动触头动作,完成通断电路的控制作用。电磁机构由铁芯、衔铁和线圈等部分组成。作用原理是:当线圈稍有工作电流通过时,电磁吸力克服弹簧的反作用力,使衔铁与铁芯闭合,由连接机构带动相应的触头闭合或打开。

从常用铁芯的衔铁运动形式来看,铁芯主要可分为拍合式和直动式两大类。如图 1-1(a)所示为衔铁沿棱角运动的拍合式铁芯,铁芯材料由电工软铁制成,它广泛用于直流电器中;如图 1-1(b)所示为衔铁沿轴转动的拍合式铁芯,铁芯形状有 E 形和 U 形两种,其铁芯材料由硅钢片叠成,多用于触头容量较大的交流电器中;如图 1-1(c)所示为衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯,它也是由硅钢片叠加而成的,多用于触头为中、小容量的交流接触器和继电器中。



(a) 衔铁沿棱角运动的拍合式铁芯 (b) 衔铁沿轴转动的拍合式铁芯 (c) 双 E 形直动式铁芯

图 1-1 常见的磁铁结构

1—衔铁; 2—铁芯; 3—吸力线圈

1.2.3 低压电器的主要技术参数

1.2.3.1 开关电器的通断工作类型

(1) 隔离。利用开关电器将设备和电源隔离开,一般用于对电器设备的带电部分进行维修时确保人身和设备的安全。隔离开关就是能满足各电流通路之间、电流通路和邻近的接地零部件之间保持规定的电气间隙,电器的动、静触头之间保持规定的电气间隙的开关。

(2) 无载(空载)通断。无载(空载)通断是指接通和分断电路时不分开电流,分开的两触头间不会出现明显电压的情况,如隔离开关。

(3) 有载通断。开关电器需要接通和分断一定的负载电流。

1.2.3.2 有关的电网参数

在实际工作中,当选用开关时,必须考虑电网参数。具体电网参数有:额定电压、额定频率和过电流(短路、过载)等数据。

1.2.3.3 额定工作制

额定工作制是对元件、器件或设备所承受的一系列运行条件的分类。我国电机行业采

用了 IEC34-1 标准规定的 8 种工作制(S1~S8),即长期(不间断)工作制(S1)、短时工作制(S2)、断续周期工作制(S3)、启动的断续周期工作制(S4)、电制动的断续周期工作制(S5)、连续运行周期工作制(S6)、电制动的连续运行周期工作制(S7)、负载和速度相应变化的连续运行周期工作制(S8)。

1.2.3.4 颜色标志

在电气技术领域,为了保证正确操作,容易识别,需要对绝缘导线的连接标记、导线的颜色、指示灯的颜色及接线端子的标记作出统一规定,方便设备操作和维护,及时排除故障,保障人身和设备的安全。根据目前国家的相关规定,具体标志见表 1-1~表 1-3。

表 1-1 指示灯的颜色及其含义

颜色	含义	解释	典型应用
红色	异常情况或报警	当出现危险或需要及时处理的情况时用于报警	超温、短路故障
黄色	警示或警告	常量接近极限值或状态发生变化	温度值偏离、出现过载
绿色	准备好、安全	设备预备启动,处于安全运行状态	正常运行指示
蓝色	特殊指示	上述几种颜色未包括的任一种功能	选择开关在指定位置
白色	一般信号	上述几种颜色未包括的其他功能	某种动作正常

表 1-2 按钮的颜色及其含义

颜色	含义	典型应用
红色	发生危险的时候操作用	急停按钮
	停止、断开	设备的停止按钮
黄色	应急情况	非正常运行时的终止按钮
绿色	启动	开启按钮
蓝色	上述几种颜色未包括的任一种功能	—
黑色	其他的任一种功能	—
灰色		
白色		

表 1-3 导线颜色标志

序号	导线颜色	标志电路
1	黑色	装置和设备的内部布线
2	棕色	直流电路的正极
3	红色	交流三相电路的 W 相(或 L3 相), 半导体三极管的集电极
4	黄色	交流三相电路的 U 相(或 L1 相), 半导体三极管的基极
5	绿色	交流三相电路的 V 相(或 L2 相)
6	蓝色	直流电路的负极, 半导体三极管的发射极
7	淡蓝色	交流三相电路的零线或中性线, 直流电路的接地中间线
8	黄绿	安全接地线

1.3 常用控制类电器

控制类电器在电气控制系统中主要起控制、调节作用，主要包括：低压开关电器、接触器、控制继电器和主令电器。

1.3.1 低压开关电器

低压开关电器主要用于低压配电系统及电气控制系统中，对电路和电器设备进行不频繁通断、转换电源或负载控制，有时可直接控制小容量笼型异步电动机。开关电器主要有刀开关、组合开关和低压断路器等。

刀开关也称闸刀开关，是具有刀形触片的各类开关电器的总称，主要作为电源引入开关或不频繁接通或分断容量不太大的负载的电器。

刀开关的种类很多，根据工作原理、使用条件和结构形式的不同，刀开关可分为：板用刀开关、刀形转换开关、开启式负荷刀开关(胶盖瓷底刀开关)、封闭式负荷刀开关(铁壳开关)、熔断器式刀开关、组合开关和低压断路器等。

1.3.1.1 开启式负荷刀开关

1. 开启式负荷刀开关的外形结构及符号

根据刀的极数和操作方式的不同，刀开关可分为：单极、双极和三极。机床上常用的三极开关允许通过的电流有100A、200A、400A、600A、1000A 5种。通常，除特殊的大电流刀开关采用电动机操作外，一般都是采用手动操作的方式。

开启式负荷刀开关的外形结构及符号如图1-2所示，文字符号为QS。

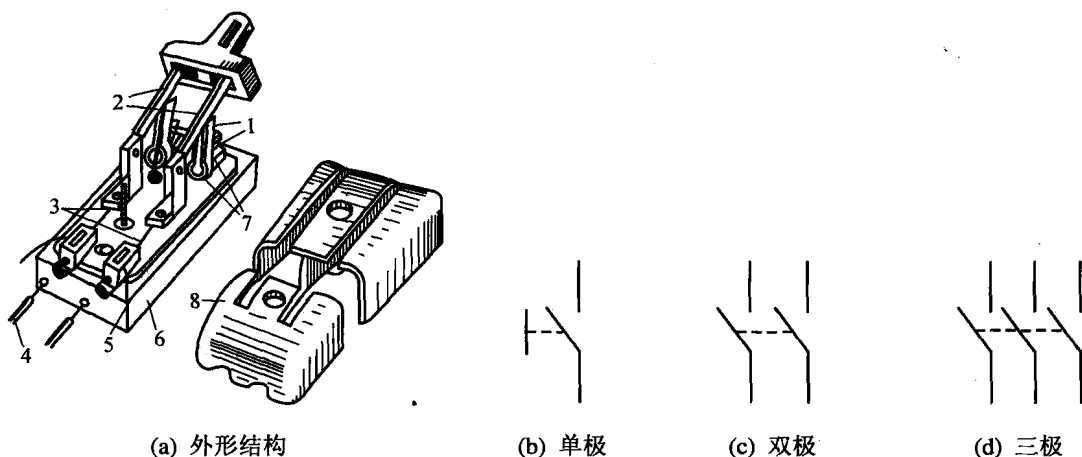


图1-2 开启式负荷刀开关的外形结构及符号

1—电源进线座；2—刀片；3—熔丝；4—电源出线；5—负载接线座；6—瓷底座；7—静触头；8—胶盖

接通操作时，用手握住手柄，使触刀绕铰链支座转动，推入插座内即完成接通操作(合闸)。分断操作(分闸)与接通操作相反，向外拉动手柄，使触刀脱离静插座。

开启式负荷刀开关可靠工作的关键之一是触刀与静插座之间良好的接触，这就要求它

们之间有一定的接触压力。对于额定电流较小的刀开关，静插座使用硬紫铜制成，利用材料的弹性来产生所需的接触压力；对于额定电流较大的刀开关，可另外在静插座两侧加弹簧的方法进一步增加接触压力。

开启式负荷刀开关的安装：手柄要向上，不得倒装或平装。如果倒装，则拉闸后手柄可能因自重下落引起误合闸而造成人身和设备安全事故。

开启式负荷刀开关的接线：电源进线接在上端的接线柱上，负载出线接在下端接线柱上。

2. 开启式负荷刀开关的型号含义

开启式负荷刀开关有 HD(单投)系列和 HS(双投)系列，它们都适用于交流 50Hz、额定电压至 500V，直流额定电压至 440V、额定电流至 1 500A 的成套配电装置中，在非频繁手动接通和分断的电路中使用，或作为隔离开关使用，其型号的含义如图 1-3 所示。

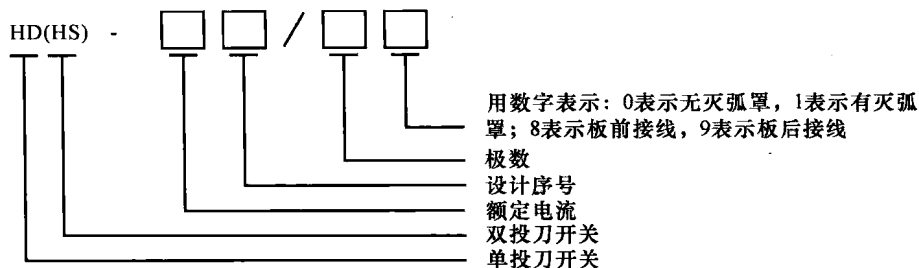


图 1-3 开启式负荷刀开关的型号含义

例如，HD-2511/39 表示手柄在中央、额定电流为 25A、三极、板后接线、单投刀开关。

3. 主要技术参数

额定电压——在规定条件下，刀开关长期工作中所能承受的最大电压。

额定电流——在规定条件下，刀开关在合闸位置允许长期通过的最大工作电流。

通断能力——在规定条件下，刀开关在额定电压时能接通和分断的最大电流。

电气寿命——在规定条件下，刀开关不经维修或更换零部件的额定负荷操作循环次数。

1.3.1.2 组合开关

1. 组合开关的外形结构及符号

组合开关(转换开关)实质上也是一种刀开关，只是一般刀开关的操作手柄在垂直于其安装面的平面内向上或向下转动，而组合开关的操作手柄在平行于其安装面的平面内向左或向右转动。组合开关一般用于电器设备中作为非频繁接通和分断的电路、换接电源和负载、测量三相电压以及控制小容量异步电动机的正反转和星形-三角形降压起动等场所。

组合开关的外形结构及符号如图 1-4 所示，文字符号为 QS。

这种开关用 3 副静触片，每一静触片的一端固定在绝缘垫板上，另一端伸出盒外，并附有接线柱，以便和电源线及用电设备的导线相连。3 个动触片装在另外的绝缘垫板上，垫板套装在附有绝缘手柄的绝缘杆上，手柄能沿任何方向每次旋转 90°，带动 3 个动触片分别与 3 个静触片接通或断开。为了使开关在切断负荷电流时所产生的电弧能迅速熄灭，在开关的转轴上装有弹簧储能机构，使开关能快速闭合与分断，分断与闭合速度与手柄旋转速度无关。

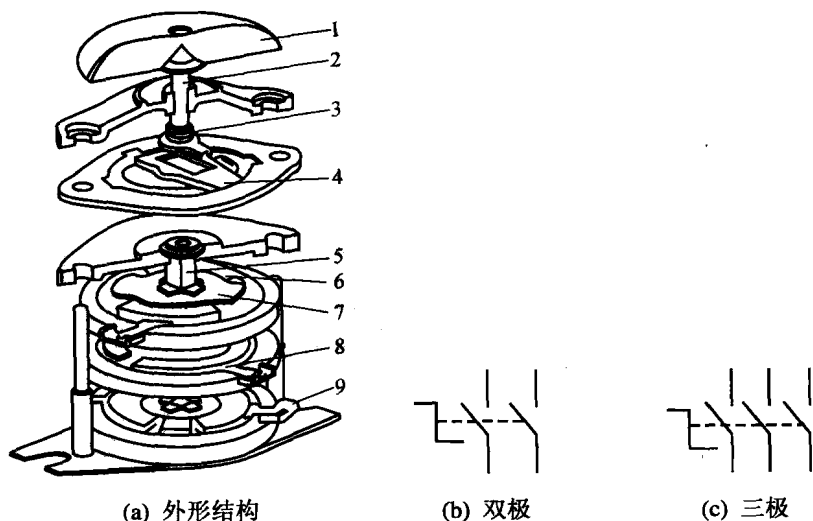


图 1-4 组合开关的外形结构及符号

1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘垫板；6—动触头；7—绝缘方轴；8—静触头；9—接线柱

组合开关的各触头状态可用文字叙述法、闭合表法和图示法 3 种方式表达。

2. 组合开关的型号含义

组合开关有 HZ10、HZ15 等系列，引进产品有德国西门子的 3LB、3LT 系列，型号含义如图 1-5 所示。

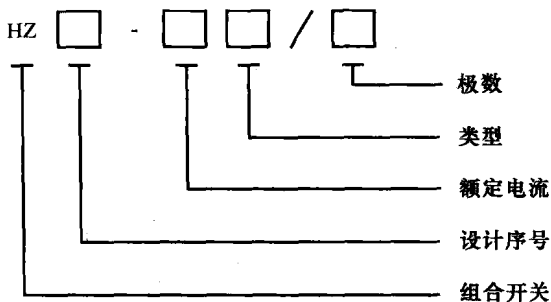


图 1-5 组合开关的型号含义

其中，类型：凡不标出类型代号(拼音字母)的，是同时通断或交替通断的产品；有 P 代号的，是 2 位转换的产品；有 S 代号的，是 3 位转换的产品；有 Z 代号的，是供转换电阻用的产品；有 X 代号的，是控制电动机作星形-三角形降压起动用的产品。

交替通断的产品，其极数标志部分有两位数字：前一位数字表示在起始位置上接通的电路数；后一位数字表示总的通断电路数。两位转换的产品，其极数标志前无字母代号，是有一位断路的产品；极数标志前有字母代号 B，是有两位断路的产品；极数标志前有数字代号 0，是无断路的产品。

1.3.1.3 低压断路器

1. 低压断路器的外形结构及符号

低压断路器又称空气开关或空气自动开关，其作用是不但可以正常工作时频繁接通或

断开电路, 而且在电路发生过载、短路或失压等故障时, 能自动跳闸切断故障电路。低压断路器的外形结构及符号如图 1-6 所示, 文字符号为 QF。

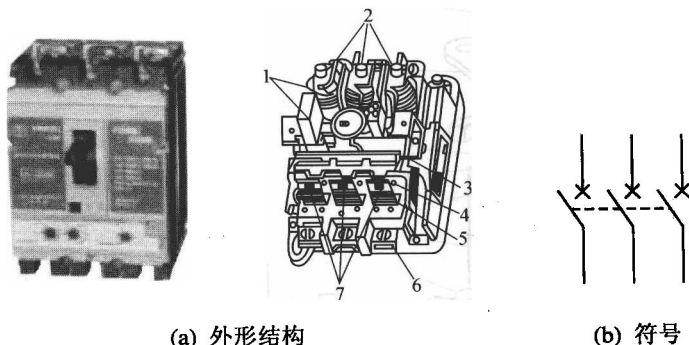


图 1-6 低压断路器的外形结构及符号

1—按钮; 2—电磁脱扣器; 3—自由脱扣器; 4—动触头; 5—静触头; 6—接线柱; 7—热脱扣器

2. 低压断路器的动作原理

如图 1-7 所示是低压断路器的动作原理示意图。开关的主触头是靠操作机构手动或电动合闸的, 自由脱扣器将主触头锁在合闸位置上。如果电路发生故障, 自由脱扣器在有关脱扣器的推动下动作, 使钩子脱开, 实现主触头在弹簧作用下迅速分断。过流脱扣器线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联, 失压脱扣器线圈和远方操作脱扣器线圈与电路并联。

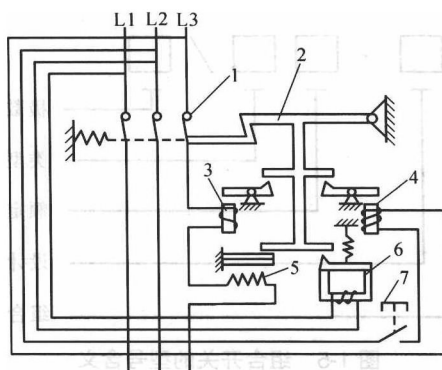


图 1-7 低压断路器的动作原理示意图

1—主触头; 2—自由脱扣器; 3—过流脱扣器; 4—分励脱扣器; 5—热脱扣器; 6—失压脱扣器; 7—按钮

当电路发生短路或严重过载时, 过流脱扣器的衔铁被吸合, 使自由脱扣器动作。

当电路过载时, 热脱扣器的热元件产生的热量增加, 使双金属片向上弯曲, 推动自由脱扣器动作。

当电路失压时, 失压脱扣器的衔铁释放, 也使自由脱扣器动作。

当按下远方操作按钮时, 分励脱扣器的衔铁被吸合, 使自由脱扣器动作, 实现远距离控制分断电路。

3. 低压断路器的型号含义

DZ、NF 系列塑料外壳式断路器工作可靠、性能稳定、结构合理、外观优美, 适用于