



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电力拖动控制线路 与技能训练

程建龙 屈红 杨逢泉 编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电力拖动控制线路 与技能训练

程建龙 屈红 杨逢泉 编
刘启新 宋宏 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

本书着重介绍电力拖动系统的控制技术，主要内容包括异步电动机常用控制线路及常用低压电器、直流电动机和同步电动机常用控制线路及控制线路设计方法、常用生产机械的电气控制线路、电动机的自动调速系统及其调试与维修等内容。本书以能力培养为主线，改变以往重理论、轻实践的模式，以够用为度，实用为本，应用为主，避免三偏（即偏多、偏深、偏难），着眼于培养创新精神、创业能力和实践能力。

本书作为电气技术类相关专业高职教材，也可作为电气类职业资格鉴定和农业劳动力转移培训教材，及电气爱好者和维修人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力拖动控制线路与技能训练/程建龙等编. —北京：
中国电力出版社，2006

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7 - 5083 - 4607 - 6

I. 电... II. 程... III. 电力传动—控制电路—高等
学校：技术学校—教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 089485 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 8 月第一版 2006 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 510 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材，是根据教育部审定的电力技术专业主干课程的教学大纲编写而成的，并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审，又列为全国电力职业教育规划教材，作为职业教育电力技术专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标：符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求；具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性；符合职业教育的特点和规律，具有明显的职业教育特色；符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书，也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

本书本着以就业为导向、以能力为本位的指导思想，面向市场、面向社会，为经济结构调整和科技进步服务，为就业和再就业服务，贯彻职业技术教育的学历证书与职业资格证书制度相结合的指示精神。因此，教材内容参照有关职业教育标准和初、中、高级资格鉴定相关标准，能较广泛地适用于初、中、高技能型人才的培养（包括农村劳动力转移培训）；同时以能力培养为主线，改变以往重理论、轻实践的模式，以够用为度、实用为本、应用为主，避免三偏（即偏多、偏深、偏难）问题，体现现代职业教育的特点，着力培养创新精神、创业能力和实践能力。

本书分为四章。第一章和第二章、第四章分别由保定电力职业技术学院程建龙和杨逢泉编写，第三章由武汉电力职业技术学院屈虹编写，全书由程建龙统稿。本书由南京工程学院的刘启新、宋宏老师担任主审。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

2006年3月

目 录

前言

绪论	1
第一章 异步电动机的基本控制线路及常用低压电器	4
第一节 三相异步电动机的手动正转控制线路	4
第二节 点动正转控制线路	23
第三节 接触器自锁控制线路	44
第四节 三相异步电动机的正反转控制线路	57
第五节 位置控制及自动循环控制线路	64
第六节 顺序控制与多地控制线路	74
第七节 三相异步电动机降压启动控制线路	80
第八节 绕线式异步电动机的启动与调速控制线路	103
第九节 三相异步电动机的制动控制线路	118
第十节 多速异步电动机的控制线路	133
第十一节 常用低压电器综述	140
小结	148
第二章 直流、同步电动机基本控制线路及控制线路设计方法	149
第一节 并励直流电动机的基本控制线路	149
第二节 串励直流电动机的基本控制线路	160
第三节 三相同步电动机的基本控制线路	164
第四节 电动机的控制、保护及选择	168
第五节 控制线路的设计	177
小结	182
第三章 常用生产机械的电气控制线路	183
第一节 电气控制线路分析基础	183
第二节 生产机械电器控制设备的维护及检修方法	186
第三节 常用生产机械控制线路	193
小结	229

第四章 电动机的自动调速系统及其调试与维修概述	230
第一节 直流调速系统	230
第二节 交磁电机扩大机自动调速系统	257
第三节 变频调速系统	265
小结	291
附录 1 维修电工技能考核题库试题精选	293
附录 2 常用电器、电机的图形与文字符号	322
参考文献	326

绪 论

众所周知，工业企业中的各种生产机械在完成生产过程时，都要消耗一定形式的能量，诸如机械能、热能、化学能等等。但就大多数生产机械来说，需要的是机械能。因此，当前普遍采用各种类型的电动机来拖动生产机械，通过电动机将电能转化为生产机械所需要的机械能，从而满足生产要求。这种以电动机为动力拖动生产机械的拖动方式叫做电机拖动，或称为电力拖动。目前在生产中大量使用的各式各样的生产机械（如车床、钻床、铣床、造纸机、轧钢机等）都采用电力拖动。

一、电力拖动控制技术在现代工业自动化中的应用

1. 电力拖动装置的组成

电力拖动装置作为机械设备的一部分，一般由电动机、传动机构、控制设备和电源等基本环节组成（见图 0-1）。

（1）电源是电动机和控制设备的能源，分为交流电源和直流电源。

（2）电动机的作用是将电能转换成机械能，可分为交流电动机和直流电动机。

（3）控制设备用来控制电动机的运转，由各种控制电动机、电器、自动控制元件及工业控制计算机等组成。

（4）传动机构是电动机与生产机械之间的装置，用以传递动力，实现速度和运动方式的变换，如变速箱、传动带、联轴器等。

2. 电力拖动的根本任务

电力拖动的根本任务，在于通过电机将电能转换成生产机械所需要的机械能，使电能成为工业企业中的主要能源。由于电力在生产、变换、传输、分配、使用和控制等方面比较方便经济，适宜于大量生产、集中管理、远距离传输和实现自动控制。因此，电力拖动已成为现代工业企业中广泛采用的拖动方式。它的主要优点有以下几点。

（1）电力拖动比其他形式的拖动（如蒸汽、水力、压缩空气等）效率高，且电动机与被拖动的生产机械连接简便。

（2）电动机的种类和型号多，具有多种运行特性，可以满足不同类型生产机械的要求。

（3）电力拖动具有良好的调速性能，其启动、制动、反向和调速等控制简便、快速性好，易于实现完善的保护。

（4）电力拖动可以实现远距离控制与自动调节，且各种非电量（如位移、速度、温度等）都可以通过传感器转变为电量作用于拖动系统，便于实现局部生产自动化乃至整个生产过程自动化。

（5）电力拖动装置参数的检测、信号的变换与传递都比较方便，易于组成完整的反馈系统，易于实现最优控制。

因此，电力拖动已成为现代工业生产电气化与自动化的基础与核心。

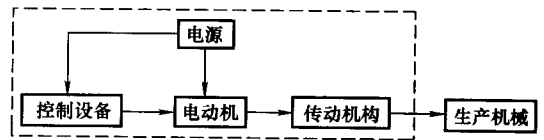


图 0-1 电力拖动装置的组成

3. 电力拖动控制技术的发展过程

按电力拖动系统中被控制电动机的数量来分, 电力拖动的发展过程经历了单电动机多机械成组拖动、单电动机单机械拖动和多电动机组合拖动三个阶段。

19 世纪末电动机逐步取代蒸汽机以后, 最初采用成组拖动, 即由一台电动机拖动传动轴, 再由传动轴通过传动带分别拖动多台生产机械。这种拖动方式能量损耗大、效率低、不安全、维修时影响范围大, 且不能利用电动机的调速性能、不能实现自动控制, 已被淘汰。

20 世纪 20 年代开始采用单电动机单机械拖动, 即由一台电动机拖动一台生产机械, 从而简化了中间传动机构, 提高了效率, 同时可充分利用电动机的调速性能, 易于实现自动控制。

20 世纪 30 年代, 随着现代工业生产的迅速发展, 生产机械越来越复杂, 一台生产机械上往往有许多运动部件, 如果仍用一台电动机拖动, 传动机构将十分复杂, 因此出现了一台生产机械由多台电动机分别拖动不同运动部件的拖动方式, 称为多电动机拖动。这种拖动简化了生产机械的传动机构, 提高了传动效率, 且容易实现自动控制, 提高劳动生产率。目前常用的生产机械大多数采用这种拖动方式。

从电力拖动的控制方式来分, 可分为断续控制系统和连续控制系统两种。在电力拖动发展的不同阶段两种拖动方式占有不同的地位, 且呈现交替发展的趋势。

随着电力拖动的出现, 最早产生的是由手动控制电器控制电动机运转的手动断续控制方式。随后逐步发展为由继电器、接触器和主令电器等组成的继电器接触式有触点断续控制方式。这种控制系统结构简单、工作稳定、成本低、维护方便, 不仅可以方便地实现生产过程的自动化, 而且可实现集中控制和远距离控制, 所以目前在生产机械中仍广泛采用。但这种控制只有通和断两种状态, 其控制作用是断续的, 即只能控制信号的有无, 而不能连续地控制信号的变化。为了适应控制信号连续变化的场合, 又出现了直流电动机连续控制。这种控制方式可充分利用直流电动机调速性能好的特点, 得到高精度、宽范围的平滑调速系统。属于这种连续控制的系统有: 20 世纪 30 年代出现的直流发电机—电动机调速系统; 20 世纪 40~50 年代的交磁电机扩大机—直流发电机—电动机调速系统以及 20 世纪 60 年代出现的晶闸管—直流电动机调速系统。

近年来, 随着自动控制理论的不断发展和半导体器件的广泛采用以及数控技术和电子计算机技术的发展与采用, 相继出现了顺序控制、可编程无触点断续控制、采样控制等多种控制方式。在电动机调速方面, 已形成了电子功率器件与自动控制相结合领域。不但晶闸管—直流电动机调速系统得到了广泛应用, 而且交流变频调速技术发展迅速, 在许多领域交流电动机变频调速系统有取代晶闸管—直流电动机调速系统的趋势。

综上所述, 采用电力拖动控制系统对提高劳动效率和产品质量, 提高生产机械运转时的准确性、可靠性和快速性, 改善工人的劳动条件, 节省人力, 具有十分重要的意义。

二、本课程的性质、内容、任务和要求

本课程是电气维修专业的一门集专业理论与技能训练于一体的课程。其主要内容包括: 电力拖动基本控制线路及其安装、调试与维修; 控制线路常用低压电器及其拆装与维修; 常用生产机械的电气控制线路及其安装、调试与维修; 电动机的自动调速系统及其调试与维修。

通过本课程的学习, 使读者掌握与电力拖动控制技术有关的专业理论知识和操作技能,

培养理论联系实际和分析解决一般技术问题的能力，达到国家规定的中、高级维修电工技术等级标准的要求。其基本要求是：掌握常用低压电器的功能、结构、工作原理、选用原则及其拆装维修方法；掌握电力拖动基本控制线路的构成、工作原理、分析方法及其安装、调试与维修；掌握常用生产机械电气控制线路的分析方法及其安装、调试与维修；熟悉晶闸管—直流电动机调速系统、交磁电机扩大机调速系统以及变频调速系统的工作原理、分析方法及其调试与维修。

习 题

1. 电力拖动系统由哪几部分组成？各部分的作用是什么？
2. 电力拖动的优点有哪些？
3. 按电动机的组合数量来分，电力拖动的发展经历了哪几个阶段？

异步电动机的基本控制线路及常用低压电器

异步电动机是现代工农业生产中被广泛采用的一种动力机械，其基本控制线路是电力拖动控制技术的基础，而常用低压电器则是组成控制线路所不可或缺的。只有牢固掌握异步电动机的基本控制线路的工作原理以及常用低压电器的结构、性能和选用方法，才能在异步电动机控制线路的安装、调试、使用及检修过程中做到心中有数。本章主要介绍异步电动机各种基本控制线路的工作原理和安装、调试、检修方法，以及控制线路中用到的各类低压电器的结构、性能、选用方法等。

本章的学习要求是：

- (1) 熟练掌握异步电动机各种基本控制线路的工作原理。
- (2) 了解常用低压电器的结构、性能和选用方法。
- (3) 通过技能训练，能够根据具体要求对异步电动机各种基本控制线路进行熟练安装和维修与调试，达到国家中级维修电工技术等级规定的相关标准的要求。

第一节 三相异步电动机的手动正转控制线路

电力拖动控制线路主要用来完成对电动机的启动、停止、反转、制动、调速等控制，而手动正转控制电路是所有控制线路中最原始、最简单的。此种电路在电力拖动发展早期曾被大量使用，它是通过低压开关来控制电动机的启动和停止。目前，在工农业生产中常被用来控制不频繁启停的小功率电动机，如三相电风扇、砂轮机设备等。

一、手动正转控制电路常用设备简介

手动正转控制电路常用设备见表 1-1。

表 1-1 手动正转控制电路常用设备表

设备名称	文字符号	产品型号
开启式负荷开关	S	根据被控电机容量及控制要求选定
封闭式负荷开关	S	
组合开关	S	
低压断路器	Q	
低压熔断器	FU	

控制线路中，所使用开关均为低压开关。低压开关主要起接通、断开电源用，是手动正转控制线路中的惟一可操作器件，操作开关就可以控制电动机的启动、停止。低压开关可用来直接控制小容量电动机的启动、停止和正转、反转，除此之外还可作隔离、转换及接通和

分断电路用。

低压开关一般为非自动切换电器，常用的主要类型有刀开关、组合开关和低压断路器。

(一) 刀开关

普通刀开关是一种结构最简单且应用最广泛的低压电器。

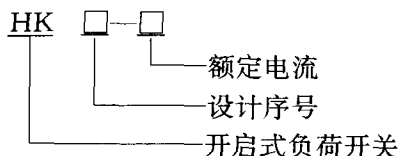
刀开关的典型结构如图 1-1 所示。它由手柄、触头、静夹座、进线座、出线座和绝缘底板组成。推动手柄使触头插入静夹座中，电路就会被接通。

刀开关的种类很多,在电力拖动控制线路中最常用的是由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关。负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关,简称闸刀开关。生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关,适用于照明、电热设备及小容量电动机控制线路中,供手动不频繁地接通和分断电路,并起短路保护的作用,具有价格便宜、使用维修方便的优点,目前在农村普遍采用它来操作和控制电力排灌、电动脱粒、饲料粉碎等许多机械的拖动电机,使用量相当可观。

(1) 型号及字符含义。开启式负荷开关的型号及字符含义如下:



(2) 结构。HK 系列负荷开关由刀开关和熔断器组合而成,结构如图 1-2 (a) 所示,主要由瓷底座、进线座、出线座、静触头、动触头、熔丝、瓷质手柄、上、下胶盖及紧固螺钉等零件装配而成。开启式负荷开关在电路图中的符号如图 1-2 (b) 所示。

(3) 选用。在一般的照明电路和功率小于 5.5kW 的电动机控制线路中,开启式负荷开关被广泛采用。但这种开关没有专门的灭弧装置,其刀式动触头和静夹座易被电弧灼伤而引起接触不良,因此不宜用于操作频繁的电路。具体选用方法如下:

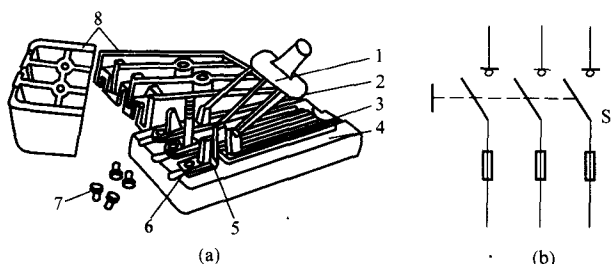


图 1-2 HK 系列开启式负荷开关

(a) 结构; (b) 符号

1—瓷质手柄; 2—动触头; 3—出线座; 4—瓷底座; 5—静触头
 6—进线座; 7—胶盖紧固螺钉; 8—胶盖

1) 用于照明和电热负载时,一般选用两极开关,额定电压 220V 或 250V,额定电流不小于电路所有负载额定电流之和。

2) 用于控制电动机的直接启动和停止时,一般选用三极开关,额定电压 380V 或 500V,额定电流不小于电动机额定电流 3 倍。

(4) 安装与使用。为了保证开启式负荷开关的工作可靠性,安装与使用要符合以下要求:

1) 必须垂直正装,合闸状态时手柄应朝上。不允许倒装或平装,以利于电弧熄灭及防止发生操作手柄掉落误合闸事故。

2) 作为控制照明和电热负载使用时,要装接熔断器作短路和过载保护。接线时应上进下出,即把电源进线接在静触头一边的进线座,负载接在动触头一边的出线座,这样在开关断开后,闸刀和熔丝上都不会带电,方便更换熔丝。开启式负荷开关用作电动机的控制开关时,应将开关的熔体部分用铜导线直连,在出线端另外加装熔断器作短路保护。

3) 更换熔体时,必须在闸刀断开的情况下,按原规格更换。

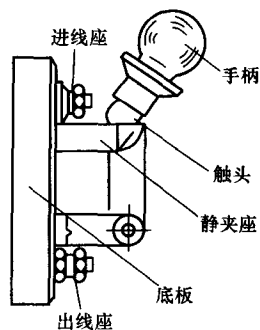


图 1-1 刀开关典型结构

4) 在分闸和合闸操作时,应动作迅速,使电弧尽快熄灭。

5) 胶盖和瓷底一旦破损就不宜继续使用(除非把已损坏的零部件换掉),否则易发生人身触电伤亡事故。另外,这种开关防尘、防水和防潮性能都很差,不可放在地上使用,更不应在户外、特别是农田作业中使用,必须特别注意使用中的安全问题。

常用的开启式负荷开关有 HK1 和 HK2 系列。HK1 系列为全国统一设计产品,其主要技术数据见表 1-2。

表 1-2 HK1 系列开启式负荷开关主要技术数据

型号	极数	额定电流值 (A)	额定电压值 (V)	可控制电动机最大 容量值 (kW)		配用熔丝规格			熔丝线径 (mm)
						熔丝成分 (%)			
				220V	380V	铅	锡	锑	
HK1-15	2	15	220	—	—				1.45~1.59
HK1-30	2	30	220	—	—				2.30~2.52
HK1-60	2	60	220	—	—	98	1	1	3.36~4.00
HK1-15	3	15	380	1.5	2.2				1.45~1.59
HK1-30	3	30	380	3.0	4.0				2.30~2.52
HK1-60	3	60	380	4.5	5.5				3.36~4.00

(5) 常见故障及处理方法。开启式负荷开关的常见故障及处理方法见表 1-3。

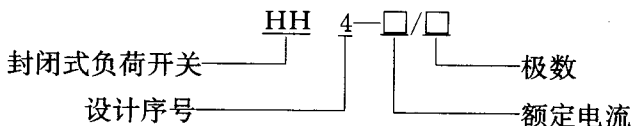
表 1-3 开启式负荷开关的常见故障及处理方法

故障现象	可能的原因	处理方法
合闸后,开关一相或两相开路	(1) 静触头开口过大,弹性消失,造成动、静触头接触不良; (2) 熔丝熔断或虚连; (3) 动、静触头氧化或有尘污; (4) 开关进线或出线线头接触不良	(1) 修整或更换静触头; (2) 更换熔丝或紧固; (3) 清洁触头; (4) 重新连接
合闸后,熔丝熔断	(1) 外接负载短路; (2) 熔体规格偏小; (3) 开关出线线头接触不良造成局部发热	(1) 排除负载短路故障; (2) 按要求更换熔体; (3) 按要求重新接线
触头烧坏	(1) 开关容量太小; (2) 拉、合闸动作过慢,造成电弧过大,烧坏触头	(1) 更换开关; (2) 修整或更换触头,并改善操作方法

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关是在开启式负荷开关的基础上改进设计的一种开关。其操作性能、灭弧性能、通断能力和安全防护性能都有所提高。其外壳多为铸铁或用薄钢板冲压而成,故俗称铁壳开关。一般用于手动、不频繁地接通和断开带负载的电路,可作为线路末端的短路保护,也可用于控制 15kW 以下的交流电动机不频繁的直接启动和停止。

(1) 型号及字符含义。封闭式负荷开关的型号及字符含义如下:



(2) 结构。常用的封闭式负荷开关有 HH3、HH4 系列，其中 HH4 系列为全国统一设计产品，它的结构如图 1-3 所示，主要由刀开关、熔断器、操动机构和外壳组成。这种开关的操动机构具有以下特点：一是采用了储能分合闸方式，使触头的分、合速度与手柄操作速度无关，有利于迅速熄灭电弧，从而提高开关的通断能力，延长其使用寿命；二是设置了连锁装置，保证开关在合闸状态下开关盖不能开启，而开关盖开启时又不能合闸，确保操作安全。

封闭式负荷开关在电路图中的符号与开启式负荷开关相同，见图 1-3 (b)。

(3) 选用。封闭式负荷开关的选用，应符合如下技术条件。

- 1) 封闭式负荷开关的额定电压 \geq 线路工作电压。
- 2) 用于控制照明、电热负载时，封闭式负荷开关的额定电流 \geq 所有负载额定电流之和；用于控制电动机时，封闭式负荷开关的额定电流 \geq 电动机额定电流的 3 倍，或根据表 1-4 选择。

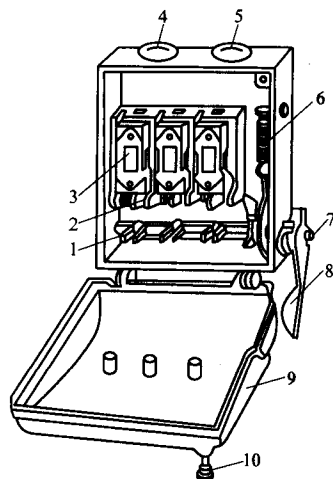


图 1-3 HH 系列封闭式负荷开关
1—动触刀；2—静夹座；3—熔断器；4—进线孔；5—出线孔；6—速断弹簧；7—转轴；8—手柄；9—开关盖；10—开关盖锁紧螺栓

表 1-4

HH4 系列负荷开关技术数据

型号	额定电流 (A)	刀开关极限通断能力 (在 110% 额定电压时)			熔断器极限分断能力			控制电动机最大功率 (kW)	熔体额定电流 (A)	熔体 (紫铜丝) 直径 (mm)
		通断电流 (A)	功率因数	通断次数 (次)	分断电流 (A)	功率因数	分断次数 (次)			
HH4-15/3Z	15	60	0.5	10	750	0.8	2	3.0	6	0.26
					1500	0.7		7.5	10	0.35
					3000	0.6		15	15	0.46
HH4-30/3Z	30	120	0.4	10	1500	0.7	2	7.5	20	0.65
					3000	0.6		15	25	0.71
					3000	0.6		15	30	0.81
HH4-60/3Z	60	240	0.4	10	3000	0.6	2	13	40	0.92
					3000	0.6		13	50	1.07
					3000	0.6		13	60	1.20

(4) 安装与使用注意事项。封闭式负荷开关安装与使用应符合下面几点要求：

- 1) 封闭式负荷开关必须垂直安装，以操作方便和安全为原则，安装高度一般离地不低于 1.3~1.5m。
- 2) 开关外壳必须可靠接地。
- 3) 接线时，将电源进线接在静夹座一边的端子上，负载引线接在熔断器一边的端子上，且进出线应通过开关的进出线孔。
- 4) 操作时，要站在开关的手柄侧，不可站在开关的正面，以免因发生意外故障而开关不能分断短路电流时，开关爆炸，铁壳飞出伤人。

5) 一般不用额定电流 60A 以上的封闭式负荷开关控制电动机, 以免发生弧光烧手事故。

6) 要经常注意检查熔断器底座是否碎裂、动静触头接触情况、储能弹簧老化情况等, 并及时更换易损坏部件, 确保开关的安全运行。

(5) 常见故障及处理方法。见表 1-5。

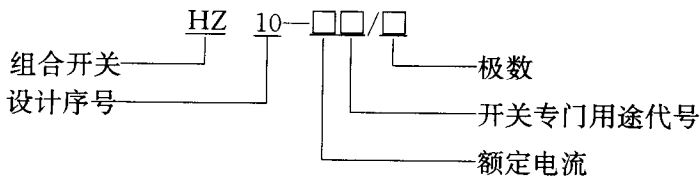
表 1-5 封闭式负荷开关常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
操作手柄带电	(1) 外壳未接地或接地线松脱; (2) 电源进出线绝缘损坏碰壳	(1) 检查后, 加固接地导线; (2) 更换导线或恢复绝缘
夹座(静触头)过热或烧坏	(1) 夹座表面烧毛; (2) 闸刀与夹座压力不足; (3) 负载额定电流大于开关额定电流	(1) 用细锉修整夹座; (2) 调整夹座压力; (3) 减轻负载或更换大容量开关

(二) 组合开关

组合开关由于可实现多组触点组合而得名, 实际上是一种转换开关。它体积小, 安装面积也小; 触头对数多, 接线方式灵活; 灭弧性能较好(在封闭的触头盒内灭弧), 操作方便。组合开关实质上是一种刀开关, 只不过其操作手柄是在平行于其安装面的平面内, 向左或向右转动而已。组合开关广泛用于交流 50Hz、380V 以下的线路中, 手动不频繁接通和断开电路、换接电源和负载、测量三相电压及控制 5kW 以下小容量异步电动机的启动、停止和正反转。

(1) 组合开关的型号及字符含义。组合开关的型号及字符含义如下:



(2) 组合开关的结构。HZ 系列组合开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ5 以及 HZ10 等系列产品, 其中 HZ10 系列是全国统一设计产品, 具有性能可靠、结构简单、组合性强、寿命长等优点, 目前在生产中得到广泛应用。

HZ10—10/3 型组合开关的外形与结构如图 1-4 所示。开关的三对静触头分别装在三层绝缘垫板上, 并附有接线柱, 用于与电源及用电设备相接。动触头是由磷铜片(或硬紫铜片)和具有良好灭弧性能的绝缘钢纸板铆合而成, 并和绝缘垫板一起套在附有手柄的方形绝缘转轴上。手柄和转轴能在平行于安装面的平面内沿顺时针或逆时针方向每次转动 90°, 带动三个动触头分别与三对静触头接触或分离, 实现接通或分断电路的目的。开关的顶盖部分是由滑板、凸轮、扭簧和手柄等构成的操动机构。由于采用了扭簧储能, 可使触头快速闭合或分断, 提高了开关的通断能力。

组合开关的绝缘垫板可层层组合起来, 最多可达 6 层。按不同方式配置动触头和静触头, 可得到不同类型的组合开关, 以满足不同的控制要求。

组合开关在电路图中的符号如图 1-4 (c) 所示。

组合开关中, 有一类是专为控制小容量三相异步电动机的正反转而设计生产的, 如

HZ3—132 型组合开关，俗称倒顺开关或可逆转换开关，其结构如图 1-5 所示。倒顺开关在电路图中的符号如图 1-5 (d) 所示。

开关的两边各装有三只静触头，右边标有 L1、L2 和 W，左边标有 U、V 和 L3。转轴上固定着 6 只不同形状的动触头，其中 I 1、I 2、I 3 和 II 1 是同一形状，而 II 2、II 3 为另一形状，六只动触头分成两组，I 1、I 2 和 I 3 为一组，II 1、II 2 和 II 3 为另一组。开关的手柄有“倒”、“停”、“顺”三个位置，手柄只能从“停”位置左转 45°或右转 45°。当手柄在“停”位置时，两组动触头都不与静触头接触；手柄位于“顺”位置时，动触头 I 1、I 2、I 3 与静触头接通；而手柄处于“倒”位置时，动触头 II 1、II 2、II 3 与静触头接通，如图 1-5 (c) 所示。倒顺开关触头的通断情况见表 1-6，表中“×”表示触头接通，空白处表示触头断开。

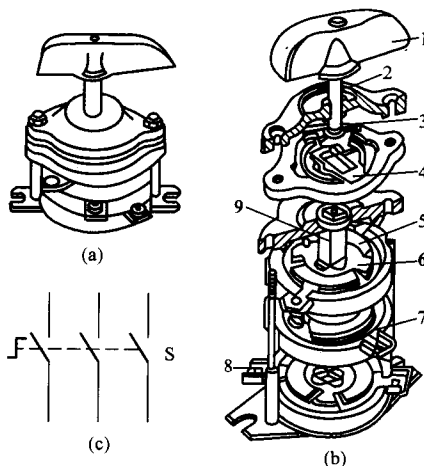


图 1-4 HZ10—10/3 型组合开关

(a) 外形；(b) 结构；(c) 符号

- 1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；
- 5—绝缘垫板；6—动触头；7—静触头；
- 8—接线端子；9—绝缘杆

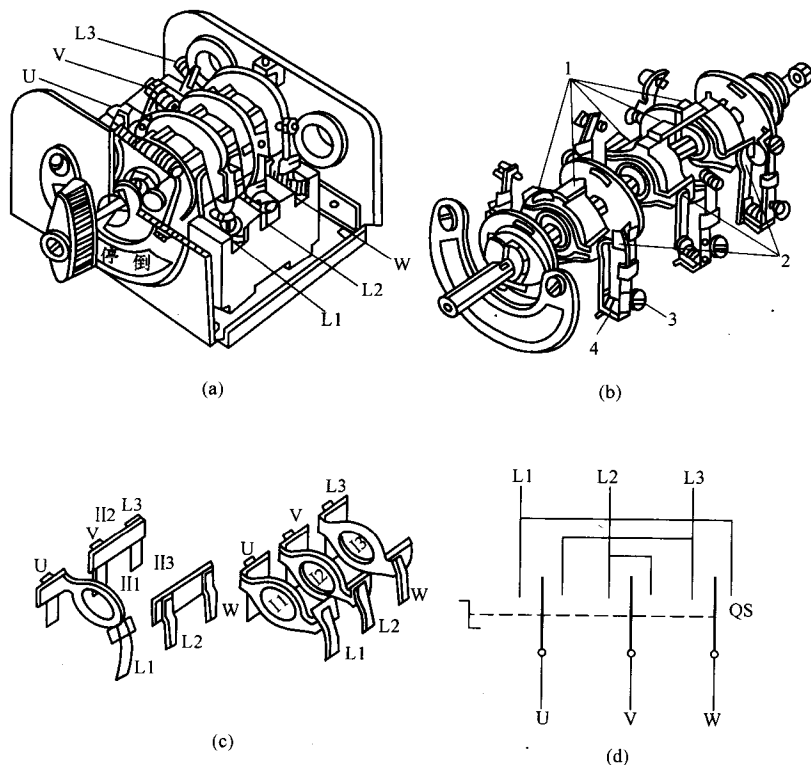


图 1-5 HZ3—132 型组合开关

(a) 外形；(b) 结构；(c) 触头；(d) 符号

- 1—动触头；2—静触头；3—调节螺钉；4—触头压力弹簧

表 1-6 倒顺开关触头通断表

触头	手柄位置		
	倒	停	顺
L1—U			×
L2—W	×		
L3—V	×		
L2—V	×		×
L3—W			×

(3) 组合开关的选用。应根据电源种类、电压等级、所需触头数、接线方式和负载容量进行选用。用于直接控制异步电动机的启动和正转、反转时, 开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

HZ10 系列组合开关的主要技术数据见表 1-7。

表 1-7 HZ10 系列组合开关的技术数据

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		在额定电压、电流下通断次数	
				接通	分断	最大容量 (kW)	额定电流 (A)	交流 A	
								≥0.8	≥0.3
HZ10—10	交流 380	6	单极	94	62	3	7	20000	10000
		10	2、3						
25		155		108	5.5	12			
60									
HZ10—60	100							10000	5000

(4) 组合开关的安装与使用。组合开关的安装与使用应符合下面几点要求:

1) HZ10 系列组合开关应安装在控制箱(或柜体)内, 操作手柄最好在控制箱前面或侧面。开关为断开状态时应使手柄在水平位置。HZ3 系列组合开关外壳应可靠接地。

2) 若需在箱内操作, 开关应装在箱内右上方, 且在其上方不安装其他电器, 否则应采取隔离或绝缘措施。

3) 组合开关的通断能力虽然略高于闸刀开关, 但还是比较低的, 因此不能用来分断短路电流。若控制异步电动机的正反转, 也必须在电动机完全停止转动后, 才允许反向接通, 且每小时的接通次数不能超过 20 次。

4) 当操作频率过高或负载功率因数较低时, 应使开关的额定容量大于负载的计算容量一级, 以延长其使用寿命。

5) 倒顺开关接线时, 应特别注意看清开关接线端子标记, 将开关两侧进出线中的一相互换, 切忌接错, 以免产生电源两相短路故障。

(5) 组合开关的常见故障及处理方法。组合开关常见故障及处理方法见表 1-8。

表 1-8 组合开关常见故障及处理方法

故障现象	可能的原因	处理方法
手柄转动后, 内部触头未动	(1) 手柄上的轴孔磨损变形; (2) 绝缘杆变形(由方形磨为圆形); (3) 手柄与方轴, 或轴与绝缘杆配合松动; (4) 操动机构损坏	(1) 调换手柄; (2) 更换绝缘杆; (3) 紧固松动部件; (4) 修理更换
手柄转动后, 动、静触头不能按要求动作	(1) 组合开关型号选用不正确; (2) 触头角度装配不正确; (3) 触头失去弹性或接触不良	(1) 更换开关; (2) 重新装配; (3) 更换触头或清除氧化层或尘污

续表

故障现象	可能的原因	处理方法
接线柱间短路	因铁屑或油污附着在接线柱间, 形成导电层, 将胶木烧焦, 绝缘损坏而形成短路	更换开关

(三) 低压断路器

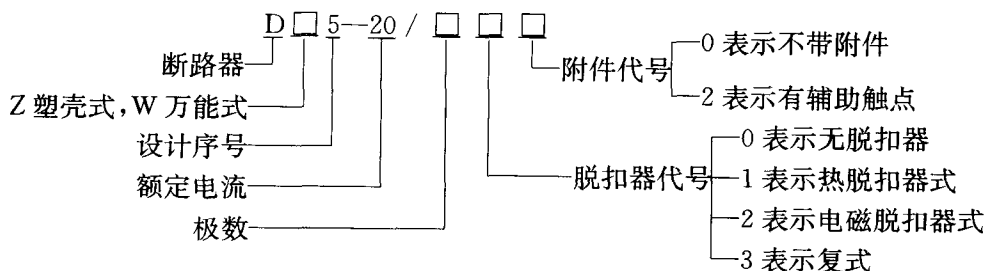
低压断路器又叫自动空气开关或自动空气断路器, 可简称断路器。低压断路器是低压配电网和电力拖动系统中常用的一种配电电器, 它集控制和多种保护功能于一体, 在正常情况下可用于不频繁地接通和断开电路及控制电动机的运行。当电路中发生短路、过载和失压等故障时, 能自动切断其控制电路, 保护线路和电气设备。

低压断路器类型品种很多, 常用的有塑壳式 (又称装置式)、框架式 (又称万能式)、限流式、漏电保护式等。

低压断路器具有操作安全、安装使用方便、工作可靠、动作值可调、分断能力高、有多种保护、保护动作跳闸后不需要更换元件等优点, 因此得到广泛应用。

在电力拖动控制系统中常用的低压断路器是 DZ 系列塑壳式断路器, 如 DZ5 系列和 DZ10 系列。其中, DZ5 为小电流系列, 额定电流为 10~50A; DZ10 为大电流系列, 额定电流有 100、250、600A 三种。下面以 DZ5—20 型断路器为例介绍低压断路器。

(1) 低压断路器的型号及字符含义。低压断路器的型号及字符含义如下:



(2) 低压断路器的结构及工作原理。低压断路器的种类虽然很多, 但其结构和工作原理基本相同, 主要由三个基本部分组成: 触头和灭弧系统; 各种脱扣器, 包括过电流脱扣器、失压 (欠压) 脱扣器、热脱扣器等; 操动机构和自由脱扣器机构。DZ5—20 型低压断路器的外形和结构如图 1-6 所示。结构上采用立体布局, 操动机构在中间, 其上有由加热元件和双金属片等构成的热脱扣器, 作过载保护, 配有调节装置, 用以调节整定电流。还有由线圈和铁心等组成的电磁脱扣器, 作短路保护, 也有一个调节装置, 用以调节瞬时脱扣整定电流。主触头在操动机构后面, 由动触头和静触头组成, 配有栅片灭弧罩, 用以接通和分断主回路电流。另外还有动合和动断辅助触点各一对。主触头及其辅助触点的接线柱均伸出壳外, 便于接线。在外壳顶部还伸出接通 (绿色) 和分断 (红色) 按钮, 通过储能弹簧和杠杆机构实现断路器的手动分、合操作。

低压断路器的工作原理如图 1-7 所示。断路器的主触头 2 串联在被控制的三相主电路中, 按下接通按钮 16 时, 外力克服反作用弹簧 5 的张力, 推动固定在锁扣上的动触头 1 使之与静触头 2 闭合, 并由搭钩 4 扣住锁扣 3 使动静触头保持闭合接通。当线路发生过载时, 过载电流使热元件 12 产生更多热量, 使双金属片 13 受热进一步向上弯曲, 通过杠杆机构 8 推动搭钩与锁扣脱开, 在反作用弹簧的推动下, 动、静触头分开, 从而切断电路, 使电气设