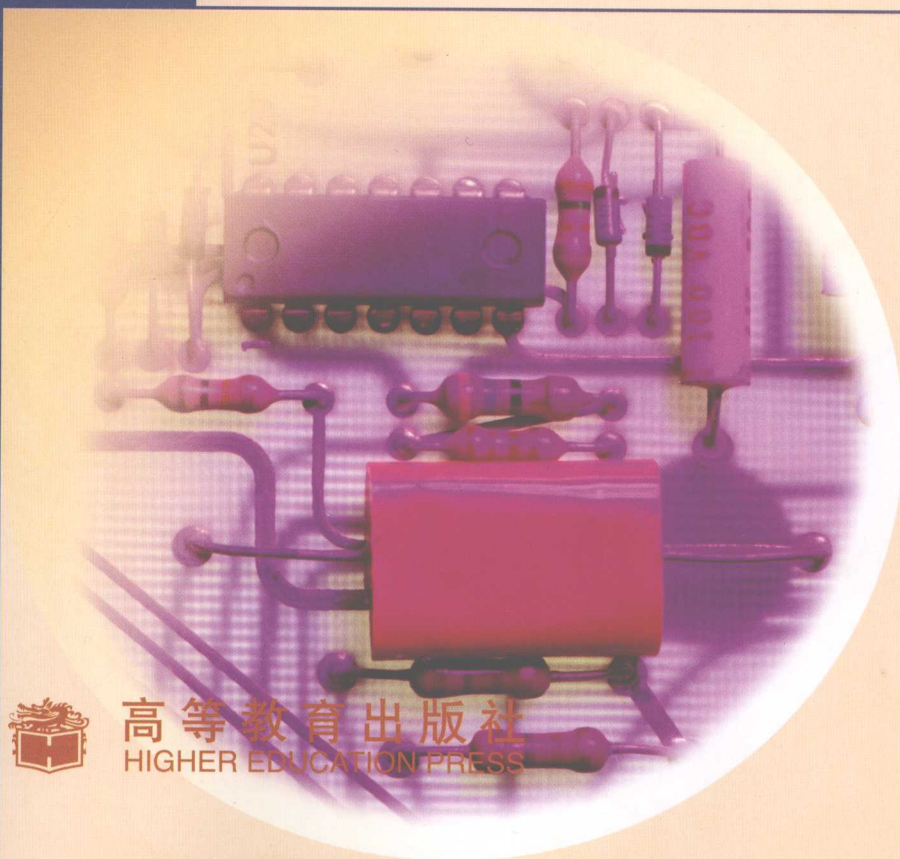


中等职业学校电气运用与维修专业教学用书

工厂电气控制技术

沈柏民 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

中等职业学校电气运用与维修专业教学用书

工厂电气控制技术

沈柏民 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是电气运用与维修专业教学用书,是根据教育部颁布的电气运用与维修专业教学指导方案以及《维修电工》及相关工种国家职业标准和职业技能鉴定规范编写的。

本书主要内容包括:常用低压电器、电动机的基本控制线路、常用生产机械电气控制线路、电动机的自动调速系统、附录等。本书采用实际生产设备控制线路进行分析讲述,每一个单元包括若干课题,每一个课题包括:知识目标、技能目标、知识准备、基础知识、知识拓展、练一练、练习题等模块。

本书可作为电气运用与维修专业教学用书,也可作为维修电工及相关工种职业技能鉴定培训用书和职业院校电工类专业教材,还可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制技术 / 沈柏民主编. —北京:高等教育出版社, 2008. 1

ISBN 978 - 7 - 04 - 022608 - 9

I. 工… II. 沈… III. 工厂 - 电气控制 IV. TM571. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 195802 号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 李宇峰 封面设计 于涛 责任绘图 尹莉
版式设计 陆瑞红 责任校对 王超 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 天津新华二印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 28.00
字 数 680 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 1 月第 1 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 37.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22608 - 00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

前 言

职业技术教育的根本是它的实践性,其质量主要体现在学生对专业技能、技巧掌握的熟练程度。因此,专业课教学中的实践操作技能教育是职业技术教育不可或缺的一种教学形式。加强学生操作技能的训练,在动手实践中锻炼过硬的本领,是提高中职教育水平的关键。

本书根据教育部颁布的中等职业学校电工类专业《工厂电气控制技术》教学大纲,同时参考本行业国家职业技能鉴定标准(维修电工四级)编写,是融专业知识与技能为一体的教材。本书主要供中等职业学校电工类专业学生使用,也可作为岗位培训教材。

本书在编写过程中坚持“以就业为导向,以能力为本位,以学生(读者)为主体”,贴近中职教学的实际情况,体现“思路新颖,体系完整,注意基础,突出技能”的中职教学特点。

思路新颖——本书按“深入浅出,知识够用,突出技能”的编写思路,以提高学生全面素质为基础,培养学生实践操作技能为重点,突出能力本位的职业教育思想,理论联系实际,以满足实际应用需求。紧扣国家职业技能鉴定标准,体现学以致用原则,突出知识的应用性。在编撰的体系结构上,采用单元、课题形式,使学生在在学习过程中能体现连贯性、针对性和选择性,促使学生学得进、用得上;在学习方法上注重学生学习兴趣,采用灵活多变的形式,使知识、技能融合于兴趣之中,因而贴近了中职学生的学情实际。

体系严谨——本书从职业岗位对专业人才的实际需求出发,紧扣大纲,将理论知识与实践操作技能合为一体,分为基础知识、知识拓展、练一练等内容,加大了学习内容的弹性,增强了教师处理教材的灵活性,可以适应不同专业、不同地区、不同学校、不同学制的教学需要。

注重基础——本书教学内容是维修电工四级工国家职业技能鉴定必考内容,为使中职学生的能力结构能够适应行业实际需求,体现了“宽基础”的中职教育特色,提高了学生实践操作能力和创造能力,将为学生就业打下扎实的基础。

突出技能——本书知识内容遵循“必需够用”的原则,充分考虑了中职学生的认知水平和已有的知识、技能、经验和兴趣,强化了知识的实用性、应用性、可操作性;达到了理论联系实际,将技能训练融合在各知识点中;反映了新知识、新技术、新工艺、新方法以拓宽学生的视野,满足行业生产对中职学生职业能力的要求,体现了教材的先进性。

本书内容包括了工厂电气控制中常用的低压电器、电动机的基本控制线路、常用生产机械电气控制线路、电动机的自动调速系统等。贯彻国家关于职业资格证书与学历证书并重、职业资格证书制度与国家就业制度相衔接的精神,教材内容涵盖了国家职业资格标准(四级)相关的知识、技能,确保毕业生能达到四级技能人才的培养目标。

在本课程的教学过程中,要理论联系实际,做到教学、学做合一,锻炼学生的实践操作能力,使学

II 前言

生能够将理论知识有机融合在实践操作中,使学生在实践操作中掌握操作要领,在实践操作中加强对基本理论的理解和运用。

本书各单元配有单元综合练习,每个课题配有练习题和实践操作技能练习。

本书由杭州中策职业学校沈柏民任主编,负责了全书第一、二、三单元的编写和统稿工作。阙路明负责编写第四单元。本书编写过程中得到了金国砥、包红、张鸿利等老师的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,不当和疏漏之处,敬请批评指正。

编者

2007年11月

目 录

绪论	1	控制线路	221
第一单元 常用低压电器	4	课题十一 串励直流电动机的基本 控制线路	233
概述	5	课题十二 三相同步电动机的基本 控制线路	239
课题一 低压开关	6	课题十三 电动机的控制、保护及 选择	243
课题二 熔断器	19	单元综合练习	254
课题三 主令电器	28	第三单元 常用生产机械电气控制 线路	257
课题四 接触器	37	课题一 普通车床电气控制 线路	258
课题五 继电器	46	课题二 钻床电气控制线路	278
课题六 其他常用低压电器	67	课题三 磨床电气控制线路	295
单元综合练习	74	课题四 X62W 型卧式万能铣床 电气控制线路	314
第二单元 电动机的基本控制线路	76	课题五 T68 型卧式镗床电气控制 线路	329
课题一 电动机基本控制线路图的 绘制及线路安装步骤	77	课题六 20/5t 桥式起重机电气 控制线路	340
课题二 三相异步电动机的正转 控制线路	83	单元综合练习	356
课题三 三相异步电动机的正反转 控制线路	102	第四单元 电动机的自动调速系统	358
课题四 位置控制与自动循环控制 线路	118	课题一 晶闸管-直流电动机调速 系统	359
课题五 顺序控制与多地控制	128	课题二 交磁电机扩大机自动调速 系统	384
课题六 三相异步电动机降压起 动转控制线路	142	* 课题三 变频调速系统	397
课题七 绕线转子异步电动机的 起动与调速控制线路	166	附录	437
课题八 三相异步电动机的制动 控制线路	186	参考文献	439
课题九 多速异步电动机的控制 线路	205		
课题十 并励直流电动机的基本			

绪 论

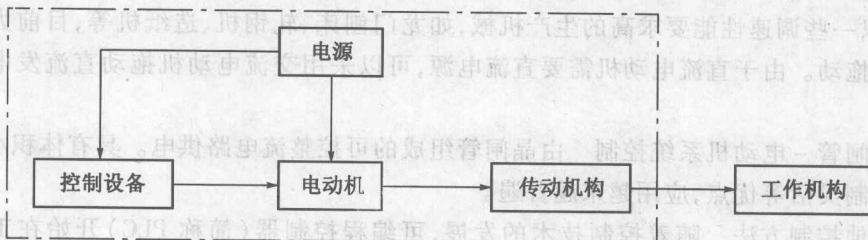
一、电力拖动及其组成

在工业和农业等的生产中,大量使用各种各样的生产机械,如车床、钻床、铣床、轧钢机等。生产机械中的一些部件的运动,需要原动力来拖动。通常把用电动机来拖动生产机械的工作机构,并使之运转的一种方法称为电力拖动。

为使电动机能按生产的要求进行启动、正转、反转、调速和制动,就需要对电动机进行控制。控制设备主要由开关、继电器、接触器、半导体器件等按一定的规律连接成一定的控制线路。

1. 电力拖动系统的组成

电力拖动系统仅作为生产机械设备的一部分,一般由电源、控制设备、电动机、传动机构四个子系统组成。



各子系统的作用如下:

名称	作用
电源	是电动机和控制设备的电源,可分为交流电源和直流电源两种。
电动机	是生产机械的原动机,其作用是将电能转换成机械能。电动机可分为直流电动机和交流电动机。
控制设备	控制电动机的运转,由各种电器、自动化元件及工业控制计算机、可编程控制器、变频器等组成。
传动机构	是在电动机与生产机械的工作机构之间传递动力的装置。

2. 电力拖动的特点

电力拖动的特点如下:

特 点	说 明
方便经济	由于电能的生产、转换、传输都比较方便、经济,同时具有分配、检测、使用方便的优点。
效率高	采用电力拖动比蒸汽、压缩空气等的拖动效率要高,并且能使传动机构简单化。
调节性能好	电动机种类多,性能各有特点,可适合不同生产机械的需求,且电动机的启动、制动、调速、反转等控制方式简单,所采用的设备较少。
自动化程度高	可以实现远距离控制与自动调节,各种非电量都可以通过传感器转变为电量后作用于拖动系统,因而能实现生产过程的自动化。

3. 电力拖动的电气控制方法

(1) 继电器-接触器控制 它从最早的手动控制发展到用按钮、继电器、接触器和位置开关等电器元件组成的控制线路对电动机进行控制,以控制电动机的启动、反转、调速和制动等。其控制所用的电器元件一般不是“接通”就是“断开”,控制是断续的,所以又称为断续控制或开关量控制。它的控制对象一般是三相交流异步电动机。其控制设备简单,价格低廉,便于检修,所以应用较广泛,目前绝大部分生产机械的电力拖动还是用此方法。

(2) 直流发电机-电动机调速系统控制 直流电动机具有启动转矩大,容易达到无级调速的目的,所以一些调速性能要求高的生产机械,如龙门刨床、轧钢机、造纸机等,目前大多采用直流电动机来拖动。由于直流电动机需要直流电源,可以采用交流电动机拖动直流发电机提供直流电源。

(3) 晶闸管-电动机系统控制 由晶闸管组成的可控整流电路供电。具有体积小、重量轻、效率高和控制灵活等优点,应用越来越普遍。

(4) 其他控制方法 随着控制技术的发展,可编程控制器(简称 PLC)开始在工业部门应用。同时采用变频器控制电动机的调速也得到了非常广的应用。

二、本课程的性质、内容、任务和要求

1. 课程性质:本课程是中等职业学校电气运行与控制等专业的一门专门化课程,集专业理论与技能训练于一体。

2. 课程内容:主要介绍常用低压电器、电动机的基本控制线路、常用生产机械的电气控制线路、电动机的自动调速系统、变频器等内容及各自的技能训练。

3. 课程任务和要求:通过本课程的学习,主要应掌握与电力拖动相关的专业理论知识和操作技能,培养理论联系实际和具有分析、解决一般技术问题的能力,达到国家职业资格标准规定的中级(四级)维修电工技能鉴定标准要求。

具体要求有:掌握常用低压电器的功能、结构、符号、工作原理、选用原则及安装与维修方法;掌握电动机基本控制线路的构成、工作原理、分析方法、设计方法及其安装、调试与检修的方法与技能;掌握常用生产机械电气控制线路的分析方法及其安装、调试与检修的方法与技能;熟悉电动机自动调速系统以及变频调速系统的一般工作原理、分析方法及其安装、调试与检修的方

法与技能。

三、课程学习中应注意的问题

在本课程的学习过程中,应注意以下几个方面:

1. 理论学习是为形成操作技能服务的,要在认真学习理论知识的基础上,注重理论指导实践,注重操作技能的训练,使理论知识与操作技能有机结合。

2. 联系生产实际,注重知识与经验的积累、规律的总结,逐步形成独立分析和解决实际问题的能力。

3. 注意与相关学科知识的结合。

4. 课程内容学习中要边学、边做,在实践中掌握操作要领,在操作中加深对基础理论的理解,使之知其然并知其所以然。

5. 操作技能训练中应严格执行安全用电规程,养成安全、文明生产的习惯。

练习题

1. 电力拖动系统由几部分组成?各部分的作用是什么?

2. 了解工厂常用的生产机械设备及其控制方式。

第一单元

常用低压电器

单元提要

本单元主要介绍常用低压电器的型号及含义、结构、符号、工作原理、选用方法、安装与使用方法和常见故障及处理方法。主要应掌握这些低压电器的特点和使用场合。掌握这些低压电器是分析、安装和检修生产机械电力拖动控制线路的基础。

常用低压电器主要有：低压开关、熔断器、主令电器、接触器、继电器及电磁铁等。

知识目标

- 理解低压电器的型号及含义。
- 了解低压电器的结构。
- 掌握低压电器的符号与工作原理。

技能目标

- 能参照低压电器技术参数和工厂电气控制设备要求选用低压电器。
- 会正确安装和使用低压电器。
- 能对低压电器的常见故障进行处理。

本单元主要学习低压电器的基本知识与技能。

概 述

所谓电器,是根据外界特定的信号或要求,能自动或手动接通和断开电路,断续或连续地改变电路参数,实现对电量或非电量的切换、控制、保护、检测和调节等功能的电气设备。

根据电器工作电压的高低,电器可分为高压电器和低压电器。工作在交流额定电压 1 200 V 及以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电器称为低压电器。

低压电器一般为有触点电器,其种类很多,本单元主要介绍低压开关、熔断器、主令电器、接触器、继电器及电磁铁等在工厂电气控制设备中常用的低压电器。

一、低压电器的分类、产品标准和常用术语

1. 低压电器的分类

低压电器按其用途和所控制的对象,可以分为低压配电电器和低压控制电器两类。

(1) 低压配电电器:包括刀开关、组合开关、熔断器和断路器等,主要用于低压配电系统及动力设备中。

(2) 低压控制电器:包括接触器、继电器、电磁铁等,主要用于电力拖动与自动控制系统中。

低压电器按动作方式,可分为自动切换和非自动切换电器两类。

(1) 自动切换电器:依靠电器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,如接触器、继电器等。

(2) 非自动切换电器:依靠外力(如手控)直接操作来进行切换,如按钮、刀开关等。

低压电器按执行机构,可分为有触点和无触点电器两类。

(1) 有触点电器:具有可分离的动触点和静触点,利用触点的接触和分离来实现电路的通断控制。

(2) 无触点电器:无触点电器没有可分离的触点,主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制。

2. 低压电器的产品标准

低压电器的产品标准的内容主要包括产品的用途、适用范围、环境条件、技术性能要求、试验项目和方法、包装运输的要求等,是厂家和用户制造与验收的依据。

3. 常用术语

低压电器常用主要术语有:

(1) 通断时间:从电流开始在开关电器中通过的瞬间起,到所有电弧最终熄灭瞬间为止的时间。

(2) 燃弧时间:电器在分断过程中,从触点断开(或熔体熔断)出现电弧的瞬间开始到电弧完全熄灭为止的时间间隔。

(3) 分断能力:在规定条件下,能在给定的电压下分断的预期电流值。

(4) 接通能力:在规定条件下,能在给定的电压下接通的预期电流值。

(5) 通断能力:在规定条件下,能在给定的电压下接通和分断的预期电流值。

此外,常用术语还有短路接通能力、短路分断能力、操作频率、通电持续率、电(气)寿命等。

二、低压电器型号组成形式

我国采用的低压电器产品型号适用于刀开关和转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、启动器、主令电器、变阻器、电磁铁等产品。

低压电器产品型号组成形式及含义见附录。

课题一 低压开关

知识目标

- 理解常见低压开关的型号及含义。
- 了解常见低压开关的结构。
- 掌握常见低压开关的符号与工作原理。

技能目标

- 能参照低压电器技术参数和工厂电气控制设备要求选用常见低压开关。
- 会正确安装和使用常见低压开关。
- 能对常见低压开关的常见故障进行处理。

知识准备

低压开关主要起隔离、转换及接通和分断电路用,多数用作机床电路的电源开关和局部照明电路的控制开关,有时也可用来直接控制小容量电动机的启动、停止和正、反转。

低压开关一般是非自动切换类电器,主要有刀开关、组合开关、低压断路器等。

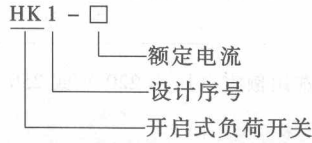
基础知识

一、刀开关

在工厂电气控制设备中常用的刀开关是由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关。可分类开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。本课题主要介绍开启式负荷开关。

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关、闸刀开关,简称刀开关。工厂电气控制设备中常用的是 HK 系列开启式负荷开关。

1. 开启式负荷开关的型号及含义



常用型号有: HK1-15、HK1-30、HK1-60 等三种。

2. 开启式负荷开关的结构和符号

HK 系列开启式负荷开关由刀开关和熔断器组合而成,其结构和符号见表 1-1。

表 1-1 HK 系列开启式负荷开关的结构和符号

结构图 和符号	<p>HK 系列开启式负荷开关 a) 结构图 b) 符号</p> <p>1—瓷质手柄 2—动触头 3—出线座 4—瓷质底座 5—静触头 6—进线座 7—胶盖紧固螺钉 8—胶盖</p>
说明	用于接通或断开有电压而无负载电流的电路。在一般照明电路和功率小于 5.5 kW 异步电动机(不频繁直接起动和停止)控制电路中仍有采用。具有结构简单、价格便宜的特点。

3. 开启式负荷开关的技术参数

HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数见表 1-2。

表 1-2 HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数

型号	极数	额定电流 /A	额定电压 /V	可控制电动机最大容量 /kW		配用熔体规格			
						熔体成分			熔体线径 /mm
						铅	锡	锑	
HK1-15	2	15	220	—	—	98%	1%	1%	1.45 ~ 1.59
30	2	30	220	—	—				2.30 ~ 2.52
60	2	60	220	—	—				3.36 ~ 4.00
HK1-15	3	15	380	1.5	2.2				1.45 ~ 1.59
30	3	30	380	3.0	4.0				2.30 ~ 2.52
60	3	60	380	4.5	5.5				3.36 ~ 4.00

4. 开启式负荷开关的选用

开启式负荷开关的具体选用方法见表 1-3。

表 1-3 开启式负荷开关的选用方法

名称	选用方法
开启式负荷开关	<p>(1) 用于照明和电热负载时,选用额定电压为 220 V 或 250 V,额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的两极开关。</p> <p>(2) 用于直接控制电动机的起动和停止时,选用额定电压 380 V 或 500 V,额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。</p>

5. 开启式负荷开关的安装与使用

开启式负荷开关的安装与使用方法见表 1-4。

表 1-4 开启式负荷开关的安装与使用方法

名称	安装与使用方法
开启式负荷开关	<p>(1) 必须垂直安装在控制屏或开关板上,且合闸状态时手柄应朝上。不得倒装或平装,以防发生误合闸事故。</p> <p>(2) 在控制照明或电热负载时,要装接熔体作短路和过载保护。接线时应把电源进线接在静触头一边的进线座上,负载接在动触头一边的出线座上,这样在开关拉开后,闸刀和熔体上不会带电。在控制异步电动机时,应将开关中熔体部分用铜导线直连,并在出线端另外加装熔断器作短路保护。</p> <p>(3) 更换熔体时,必须在闸刀断开的情况下按原规格更换。</p> <p>(4) 分闸和合闸操作要动作迅速,使电弧尽快熄灭。</p>

6. 开启式负荷开关的常见故障及处理方法

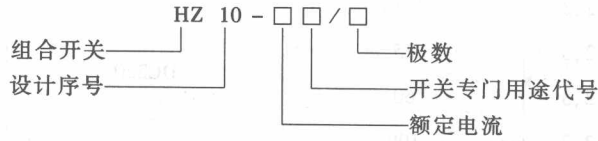
开启式负荷开关的常见故障及处理方法见表 1-5。

表 1-5 开启式负荷开关的常见故障及处理方法

故障现象	可能原因	处理方法
合闸后,开关一相或两相不通	<p>(1) 静触头弹性消失,开口过大,造成动、静触头接触不良</p> <p>(2) 熔体熔断或虚连</p> <p>(3) 动、静触头氧化或有尘污</p> <p>(4) 开关进出线线头接触不良</p>	<p>(1) 修理或更换静触头</p> <p>(2) 更换熔体或紧固</p> <p>(3) 清洁触头</p> <p>(4) 重新连接</p>
合闸后熔体熔断	<p>(1) 外接负载短路</p> <p>(2) 熔体规格偏小</p>	<p>(1) 排除负载短路故障</p> <p>(2) 按规格更换熔体</p>
触头烧坏	<p>(1) 开关容量太小</p> <p>(2) 拉、合闸动作过慢,造成电弧过大,烧坏触头</p>	<p>(1) 更换开关</p> <p>(2) 修整或更换触头,并正确操作</p>

二、组合开关

1. 组合开关的型号及含义



2. 组合开关的结构和符号

组合开关的结构和符号见表 1-6。

表 1-6 组合开关的结构和符号

<p>结构图和符号</p>	<p style="text-align: center;">HZ10-10/3 系列组合开关</p> <p style="text-align: center;">a) 外形 b) 结构 c) 符号</p> <p style="text-align: center;">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</p>	
<p>说明</p>	<p>组合开关又称为转换开关,具有体积小、触头对数多、接线方式灵活、操作方便的特点。可用作交流 50 Hz、380 V 以下、直流 220 V 及以下的电源引入,5 kW 以下小容量电动机的直接起动,电动机的正、反转控制及机床照明控制电路中。但每小时的转接次数不能超过 15~20 次。</p>	

3. 组合开关的技术参数

HZ10 系列组合开关的技术参数见表 1-7。

表 1-7 HZ10 系列组合开关的技术参数

型号	极数	额定电流/A	额定电压/V	
HZ10-10	2,3	6,10	DC220	AC380
HZ10-25	2,3	25		
HZ10-60	2,3	60		
HZ10-100	2,3	100		

4. 组合开关的选用

组合开关的选用方法见表 1-8。

表 1-8 组合开关的选用方法

名称	选用方法
组合开关	<p>(1) 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等进行选用。</p> <p>(2) 用于直接控制异步电动机的启动和正反转时,开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。</p>

5. 组合开关的安装与使用

组合开关的安装与使用方法见表 1-9。

表 1-9 组合开关的安装与使用方法

名称	安装与使用方法
组合开关	<p>(1) HZ10 系列组合开关应安装在控制箱(或壳体)内,其操作手柄最好在控制箱的前面或侧面。开关为断开状态时应使手柄处于水平旋转位置。HZ3 系列转换开关外壳上的接地螺钉应可靠接地。</p> <p>(2) 若需在箱内操作,开关最好装在箱内右上方,并且在它的上方不安装其他电器,否则应采取隔离或绝缘措施。</p> <p>(3) 组合开关的通断能力较低,不能用来分断故障电流。用于控制异步电动机的正反转时,必须在电动机完全停止转动后才能反向启动,且每小时的接通次数不能超过 15~20 次。</p> <p>(4) 当操作频率过高或负载功率因数较低时,应降低开关的容量使用,以延长其使用寿命。</p> <p>(5) 倒顺开关接线时,应将开关两侧进出线中的一相互换,并分清开关接线端的标记,切忌接错,以免产生电源两相短路事故。</p>

6. 组合开关的常见故障及处理方法

组合开关的常见故障及处理方法见表 1-10。