

港口职工教育统编教材

装卸机械电气设备与维修



大连海事大学出版社

蒋晓波 主编

港口职工教育统编教材

装卸机械电气设备与维修

蒋晓波 主编

大连海事大学出版社

© 蒋晓波 2005

图书在版编目(CIP)数据

装卸机械电气设备与维修 / 蒋晓波主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2005.6
(港口职工教育统编教材)

ISBN 7-5632-1864-5

I. 装… II. 蒋… III. 装卸机械—电气设备 IV. TH24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 054424 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌水桥 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连理工印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2005 年 8 月第 1 版

2005 年 8 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印张: 21.25

字数: 518 千字

印数: 1~4000 册

责任编辑: 王桂云

封面设计: 王 艳

定价: 48.00 元

前 言

根据港口生产的发展变化和技术工人职业技能培训的实际需要,经中国交通教育研究会批准,2002年港口教材编审委员会依据《交通行业技术工人等级标准》的要求,重新修订了《港口六个主体工种技术培训教学计划及配套教材的教学大纲》。

港口教材编审委员会按照《港口六个主体工种技术培训教学计划及配套教材的教学大纲》的要求,组织编写了《机械基础》、《电动装卸机械电气设备》、《电动装卸机械构造与修理》、《装卸机械使用与养护》、《装卸机械液压传动》、《港口机械技术管理》、《内燃装卸机械电气设备》、《内燃装卸机械构造与修理》、《电工基础》、《装卸机械电气设备与维修》、《电工与电子技术》、《货物学》、《港口外贸货物管理》、《港口装卸工艺》、《港口库场业务》、《港口水运商务管理》、《港口理货英语》、《集装箱运输业务》等18种教材。

这套教材从港口技术工人职业技能培训的实际需要出发,采用了驾驶与修理合编教材,初级工、中级工、高级工三个技术等级合编教材的编写方法。教材在编写过程中,参考了各港口有关培训资料、教材,注重理论教学与港口生产实际相结合,引入了新知识、新技术、新工艺。因此本套教材具有较高的通用性、实用性和先进性。

《装卸机械电气设备与维修》一书,是以上述《港口六个主体工种技术培训教学计划及配套教材的教学大纲》为依据,结合港口装卸机械电气设备配置与维修工作实际状况而编写的。全书共分九章,主要讲述常用低压电器与维修、交直流电动机的基本原理、控制方法与维修、电气控制线路、可程序控制器、起重机械电气设备与维修、运输机械电气设备与维修、交直流调速系统及其在装卸机械上的应用等内容。

《装卸机械电气设备与维修》一书,不仅适用于装卸机械电器修理工初级工、中级工和高级工的技术培训,也可作为中、高级技工教育和职业技术教育电气专业教学用书,还可供相关电气技术人员业务参考。

本书的编写工作由大连港的专业教师及相关技术人员共同完成。蒋晓波任主编,并编写第一章至第五章和第八章,第六章由李学奎、孙晓冬、杨世德编写,第七章由沈志良、迟德洪编写,第九章由徐世明编写。本书由广州港方家坤主审,天津港孟宪华负责终审。由于编者水平所限,时间仓促,书中难免存在疏漏和错误,欢迎读者批评指正。

中国交通教育研究会港口职工教育分会
教材编审委员会

目 录

第一章 常用低压电器.....	(1)
第一节 低压电器概述.....	(1)
一、低压电器的分类	(1)
二、低压电器产品型号	(1)
三、常用术语	(2)
第二节 低压开关.....	(4)
一、刀开关	(4)
二、组合开关	(6)
三、自动开关	(7)
四、漏电保护器	(9)
第三节 主令电器	(10)
一、按钮.....	(10)
二、行程开关.....	(11)
三、万能转换开关.....	(12)
四、主令控制器.....	(13)
五、凸轮控制器.....	(14)
六、接近开关.....	(15)
第四节 接触器	(17)
一、交流接触器.....	(17)
二、直流接触器.....	(19)
三、真空交流接触器.....	(19)
四、交流接触器的类型及主要技术参数.....	(19)
五、接触器的选择.....	(22)
第五节 继电器	(23)
一、电磁式继电器.....	(23)
二、时间继电器.....	(25)
三、热继电器.....	(26)
四、速度继电器.....	(28)
五、固态继电器.....	(29)
第六节 熔断器	(29)
一、熔断器的结构及工作原理.....	(29)
二、熔断器的技术参数与型号.....	(30)
三、熔断器的符号.....	(31)
四、熔断器的选择.....	(31)
第七节 电磁抱闸制动器	(31)

一、电磁抱闸制动器的原理·····	(31)
二、电磁抱闸制动器技术参数和型号·····	(32)
三、电磁抱闸制动器的符号·····	(32)
四、选择方法·····	(32)
第八节 电器常见故障的诊断与检修·····	(33)
一、电磁式电器故障诊断与维修·····	(33)
二、常用低压电器的故障诊断与维修·····	(34)
练习题·····	(42)
第二章 直流电动机·····	(43)
第一节 直流电机的构造·····	(43)
一、定子部分·····	(43)
二、转子(电枢)部分·····	(44)
第二节 直流电机的工作原理·····	(45)
一、直流电动机的工作原理·····	(45)
二、直流发电机的工作原理·····	(46)
第三节 电枢电势和电磁转矩·····	(46)
一、电枢电势·····	(46)
二、电磁转矩·····	(47)
第四节 直流电动机的额定值和主要系列·····	(47)
一、直流电动机的额定值·····	(47)
二、直流电动机的系列与型号·····	(48)
第五节 直流电动机的分类及机械特性·····	(49)
一、直流电动机的分类·····	(49)
二、直流电动机的机械特性·····	(49)
第六节 直流电动机的控制·····	(52)
一、直流电动机的启动·····	(52)
二、直流电动机的反转·····	(52)
三、直流电动机的制动·····	(53)
四、直流电动机的调速·····	(55)
练习题·····	(57)
第三章 异步电动机·····	(58)
第一节 三相异步电动机的结构·····	(58)
一、定子·····	(58)
二、转子·····	(59)
第二节 异步电动机的基本工作原理·····	(60)
一、异步电动机的转动原理·····	(60)
二、旋转磁场的产生和方向·····	(60)
三、旋转磁场的转速和转子的转速·····	(61)
第三节 三相异步电动机的机械特性·····	(62)

一、机械特性方程	(62)
二、固有机械特性	(63)
三、人为机械特性	(64)
第四节 生产机械的负载特性	(65)
一、恒转矩负载	(65)
二、恒功率负载	(66)
三、通风机型负载	(66)
第五节 三相异步电动机的启动	(66)
一、直接启动	(67)
二、降压启动	(67)
三、绕线式异步电动机的启动	(68)
第六节 异步电动机的调速	(69)
一、改变磁极对数 p 调速	(69)
二、改变转差率调速	(69)
三、变频调速	(70)
(一)变频调速的基本控制方式	(70)
(二)变频装置	(71)
(三)正弦波脉宽调制 (SPWM) 逆变器	(73)
第七节 异步电动机的制动	(76)
一、能耗制动	(76)
二、反接制动	(76)
三、再生制动 (发电反馈制动)	(76)
第八节 单相异步电动机	(77)
一、单相异步电动机的结构和工作原理	(77)
二、单相异步电动机的分类	(78)
三、单相电阻启动异步电动机	(78)
四、单相电容启动异步电动机	(78)
五、单相电容运行异步电动机	(79)
六、单相罩极式异步电动机	(79)
第九节 三相异步电动机的选择	(80)
一、电动机的类型选择	(80)
二、电动机的电压选择	(80)
三、电动机的转速选择	(80)
四、电动机的容量选择	(80)
第十节 三相异步电动机的铭牌	(81)
一、型号及应用	(81)
二、电动机的铭牌	(82)
练习题	(84)

第四章 电动机的常见故障与维修	(85)
第一节 直流电动机常见故障及维修	(85)
一、直流电动机常见故障及原因	(85)
二、直流电动机绕组故障的检验及修理	(87)
三、直流电动机换向器部位故障的检验及修理	(90)
第二节 三相异步电动机的故障检修	(91)
一、三相异步电动机的运行与维护	(91)
二、三相异步电动机的定期维修	(92)
三、三相异步电动机的常见故障及排除方法	(93)
(一)电动机不能启动	(94)
(二)电动机启动时熔断器熔断或热继电器断开	(95)
(三)电动机启动后转速低于额定转速	(96)
(四)电动机振动	(97)
(五)电动机运转时有噪声	(97)
(六)电动机温升过高或绕组烧毁	(97)
(七)定子绕组接地	(98)
第三节 单相异步电动机常见故障、检修方法及检验内容	(98)
一、单相异步电动机常见故障	(98)
二、单相异步电动机检修方法	(100)
练习题	(102)
第五章 电气控制基本线路	(104)
第一节 电气图的分析	(104)
一、主电路和辅助电路	(104)
二、回路标号	(105)
三、分析电路的基本方法	(105)
第二节 三相笼型异步电动机的全压启动控制	(106)
一、三相异步电动机的单向全压启动控制电路	(106)
二、正反转运行控制电路	(108)
第三节 三相笼型异步电动机的降压启动控制	(110)
一、定子回路串电阻降压启动控制电路	(110)
二、星形—三角形(Y— Δ)降压启动控制电路	(110)
三、自耦变压器降压启动控制电路	(111)
四、延边三角形降压启动控制电路	(112)
第四节 绕线式异步电动机的启动控制	(114)
一、转子绕组串电阻启动控制电路	(114)
二、转子绕组串频敏变阻器启动控制电路	(115)
第五节 三相异步电动机的制动控制	(116)
一、反接制动控制电路	(116)
二、能耗制动控制电路	(118)

第六节 三相异步电动机的转速控制	(120)
第七节 直流电动机控制	(122)
一、直流电动机串电阻启动控制	(122)
二、直流电动机正、反转控制	(123)
三、直流电动机制动控制	(123)
四、直流电动机调速控制	(126)
第八节 电动机的保护控制	(127)
一、短路保护	(127)
二、过载保护	(127)
三、过电流保护	(127)
四、欠压保护	(128)
五、零压保护(失压保护)	(128)
六、弱磁保护	(128)
第九节 电控线路故障诊断与维修	(129)
一、电气设备的维护和保养	(129)
二、电控线路的故障检修	(129)
练习题	(132)
第六章 港口起重机械电气设备与维修	(134)
第一节 门座式起重机电气设备	(134)
一、供电线路	(134)
二、行走机构电路分析	(135)
三、旋转机构电路分析	(138)
四、变幅机构电路分析	(138)
五、起升机构电路分析	(139)
六、安全装置	(141)
七、门机电路的改进	(142)
八、涡流制动器的应用	(143)
第二节 轮胎式集装箱龙门起重机电气设备	(146)
一、概述	(146)
二、动力装置及供电分布	(147)
三、电气驱动系统	(147)
四、通信控制系统	(152)
五、起升运行系统	(153)
六、大车运行机构	(154)
七、小车运行机构	(154)
八、吊具结构	(154)
九、转向液压结构	(154)
十、防摇系统	(155)
十一、保养与维修	(155)

第三节 桥式起重机电气设备	(157)
一、桥式起重机概述	(157)
二、电气保护设备	(159)
三、桥式起重机控制电路分析	(159)
四、电气线路常见故障分析	(163)
第四节 抓斗卸船机电气控制特点	(164)
一、概述	(164)
二、卸船机的特点	(165)
第五节 集装箱吊具电气控制	(165)
一、概述	(165)
二、吊具的特性	(165)
三、液压系统的故障分析	(167)
四、电气系统的故障分析	(167)
第六节 港口装卸机械供电装置	(168)
一、配重式电缆卷筒	(168)
二、力矩电动机式电缆卷筒	(169)
三、其他形式的电动式电缆卷筒	(170)
第七节 起重机械电路分析方法和维修	(171)
一、起重机电路的分析方法	(171)
二、电气设备的维修	(173)
第七章 港口运输机械电气设备	(180)
第一节 带式输送机的电气设备	(180)
一、胶带机的驱动装置	(180)
二、胶带机的工艺保护装置	(180)
三、胶带机的控制原理	(182)
第二节 斗轮堆取料机电气设备	(185)
一、工作机构和运动形式	(185)
二、斗轮堆取料机的供电系统	(188)
三、悬臂皮带机控制原理	(189)
四、回转机构控制原理	(190)
五、斗轮堆取料机的现状和新技术的应用	(195)
六、斗轮堆取料机使用应注意的问题与维修保养规范	(195)
第三节 集装箱正面吊运机	(198)
一、概述	(198)
二、电气系统	(198)
三、电力—液压伺服装置	(199)
四、过载指示装置	(213)
五、手动电力变速装置	(213)
六、自动电力变速装置	(213)

七、技术规格	(218)
第四节 海斯特叉车典型电路	(220)
一、概述	(220)
二、发动机的启动、停止系	(220)
三、发电机充电系	(226)
四、仪器仪表及报警系	(235)
五、照明灯系	(240)
六、其他电路	(242)
第八章 可编程序控制器(PLC)的原理及应用	(243)
第一节 概论	(243)
一、PLC 的定义	(243)
二、PLC 的概况	(243)
三、PLC 的特点	(244)
四、PLC 的分类	(245)
第二节 可编程序控制器(PLC)的组成及工作原理	(246)
一、PLC 的组成	(246)
二、PLC 各部分的作用	(246)
三、PLC 的工作过程	(252)
第三节 指令系统及编程	(252)
一、PLC 的编程语言	(252)
二、PLC 的指令和编程	(255)
第四节 PLC 的安装与接线	(276)
一、PLC 的安装	(276)
二、PLC 的接线	(276)
第五节 PLC 的日常维护	(279)
一、日常清洁与巡查	(279)
二、定期检查与维修	(279)
三、锂电池的更换	(280)
第六节 PLC 的故障诊断与排除	(280)
一、故障的自诊断	(280)
二、故障分析方法	(281)
第七节 装卸机械常用的几种可编程序控制器	(283)
一、日本 OMRON C200Ha 系列 PLC	(283)
二、美国莫迪康(MODICON)公司 984 系列	(284)
三、德国西门子 SIMATIC S7-200	(286)
四、美国 AB 公司 SLC500	(286)
练习题	(288)
第九章 交直流调速系统及其在装卸机械上的应用	(289)
第一节 直流调速系统	(289)

一、概述	(289)
二、单闭环直流调速系统	(290)
三、多环调速系统	(295)
四、可逆直流调速系统	(298)
五、直流调速系统在装卸机械上的应用	(299)
第二节 交流调速系统	(304)
一、概述	(304)
二、交流调压调速系统	(305)
三、变频调速系统	(307)
四、交流调速系统在港口装卸机械上的应用	(311)

第一章 常用低压电器

凡是能自动或手动接通和断开电路,以及对电路或非电路现象能进行切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件统称为电器。按工作电压高低,可分为高压电器和低压电器两大类。高压电器指额定电压 3 kV 及以上的电器;低压电器指交流电压 1 200 V 或直流电压 1 500 V 以下的电器,它是电力拖动自动控制系统的基本组成元件。

第一节 低压电器概述

一、低压电器的分类

低压电器的种类繁多,有各种各样的分类方法。

1. 按动作方式分

(1) 自动电器: 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的电器, 如接触器、继电器等。

(2) 手动电器: 用手直接操作来进行切换的电器, 如刀开关、控制器、转换开关等。

2. 按用途分

(1) 控制电器:用于各种控制电路和控制系统的电器,如接触器、继电器、主令电器、电磁铁等。

(2) 配电电器:用于电能的输送和分配的电器,如隔离开关、刀开关、熔断器、自动开关等。

另外按电器的执行功能可分为有触点电器和无触点电器。表 1-1 列出了常用低压电器的分类和用途。

二、低压电器产品型号

目前国产低压电器均用汉语拼音字母及阿拉伯数字来表示,方法如表 1-2 和表 1-3 所示。

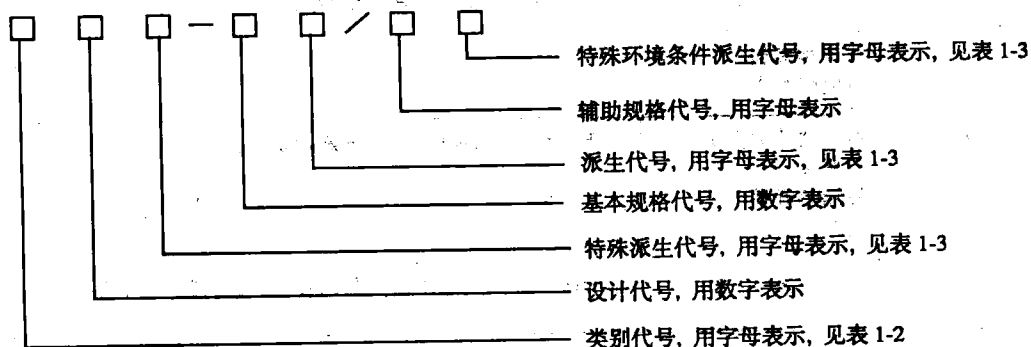


表 1-1 常用低压电器的分类和用途

种类	名称	主要品种	用 途
控制 电 器	接触器	交流接触器 直流接触器 真空接触器 半导体式接触器	用于远距离频繁启动或控制交、直流电动机以及接通分断正常工作的主电路和控制电路
	继电器	电流继电器 电压继电器 时间继电器 中间继电器 热继电器 温度继电器	在控制系统中,用于控制其他电器或作为主电路的保护之用
	启动器	磁力启动器 降压启动器	主要用于交流电动机的启动或正反向控制
	控制器	凸轮控制器 平面控制器	用于电气控制设备中转换回路或励磁回路的接法,以达到电动机启动、换向和调速的目的
	主令电器	按钮 限位开关 万能转换开关 微动开关	用于接通和分断控制电路,以发布命令或用作程序控制
	变阻器	励磁变阻器 启动变阻器 频敏变阻器	用于发电机调压以及电动机的平滑启动和调速
	电磁铁	起重电磁铁 牵引电磁铁 制动电磁铁	用于起重操纵或牵引机械装置
配 电 电 器	断路器	塑料外壳式断路器 框架式断路器 限流式断路器 具有漏电保护的断路器	用于线路过载短路、漏电或欠电压保护,也可用于不频繁接通和分断电路
	熔断器	有填料熔断器 无填料熔断器 快速熔断器 自复熔断器	用于线路和设备的短路及过载保护
	刀开关	熔断器式刀开关 刀开关 板用刀开关 负荷开关	用于电路隔离,也能接通、分断额定电流
	转换开关	组合开关 换向开关	用于两种及以上电源或负载的转换,接通或分断电路

三、常用术语

闭合时间:开关电器从闭合操作开始瞬间起到所有极的触点都接触瞬间为止的时间间隔。

断开时间:开关电器从断开操作开始瞬间起到所有极的触点都断开为止的时间间隔。

表 1-2 低压电器产品型号类型代号表

代号	H	R	D	K	C	Q	J	L	Z	B	M	A
名称	刀开关 和转换开关	熔断器	断路器	控制器	接触器	启动器	控制 继电器	主令 电器	电阻器	变阻器	电磁铁	其他
A						按钮式		按钮				
B									板形 元件			触电 保护器
C		插入式				电磁式			冲片 元件	旋臂 式		插销
D	刀开关						漏电		带形 元件			信号灯
G				鼓形					管形 元件			
H	封闭式 负荷开关	汇流 排式										接线盒
J						减压		接近 开关				
K	开启式负 荷开关							主令 控制器				
L		螺旋式					电流			励磁		电铃
M		封闭 管式										
P				平面						频敏		
Q										启动	牵引	
R	熔断器式 刀开关						热		非线性 电力电阻			
S	转换开关	快速	快速			手动	时间	主令 开关	烧结 元件	石墨		
T		有填料封 闭管式		凸轮			通用	脚踏 开关	铸铁 元件	启动 调速		
U						油浸		旋钮		油浸 启动		
W			框架式				温度	万能转 换开关		液体 启动	起重	
X						星三角		行程 开关	电阻器	滑线式		
Y	其他	其他	其他	其他		其他	其他	其他	硅碳 电阻元 件	其他	液压	
Z	组合开关	自复	塑料外 壳式			综合					制动	

表 1-3 特殊派生代号字母对照表

派生字母	代表含义	派生字母	代表含义
A、B	结构设计稍有改进或变化	N	可逆、逆向
C	插入式	S	三相、双线圈、防水式、手动复位、三个电源、有锁住机构
E	电子式	M	灭磁、母线式、密封式
J	交流、节电型	L	电流的、漏电保护
P	单相、电压的、防滴式电磁复位、两个电源	F	高返回、带分磁脱扣
W	失压、无极性、无灭弧装置	X	限流
K	开启式	Q	防尘式
H	保护式、带缓冲装置	TH*	温热带
Z	直流、防振、正向、自动复位、重任务等	TA*	干热带

注：有 * 者加注在全型号的最后位置。

通断时间：从电流开始在开关电器一个极流过瞬间起到所有的电弧最终熄灭瞬间为止的时间间隔。

分断能力：电器在规定的条件下，能在给定的电压下分断的预期分断电流值。

接通能力：开关电器在规定的条件下，能在给定的电压下接通的预期接通电流值。

通断能力：开关电器在规定的条件下，能在给定电压下接通和分断的预期电流值。

操作频率：开关电器在每小时内可能实现的最高操作循环次数。

通电持续率：电器的有载时间和工作周期之比，常用百分数表示。

机械寿命：机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作循环次数。

电气寿命：在规定的正常工作条件下，机械开关电器不需要修理或更换零件的负载操作循环次数。

第二节 低压开关

低压开关主要用于成套设备中隔离电源，也可作为不频繁地接通和分断低压供电线路。另外，它还可用作小容量笼型异步电动机的直接启动、停止和正反转速的控制等。

常用的低压开关类电器包括刀开关、转换开关、自动开关等。

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，主要类型有：负荷开关（如胶盖闸刀开关和铁壳开关）、板形刀开关。这里主要对胶盖闸刀开关（简称闸刀开关）进行介绍。闸刀开关又称开启式负荷开关，广泛用在照明电路和小容量（5.5 kW）、不频繁启动的动力控制电路中。

闸刀开关的主要结构如图 1-1 所示：

刀开关安装时，瓷底应与地面垂直，手柄向上，易于灭弧，不得倒装或平装。倒装时手柄可

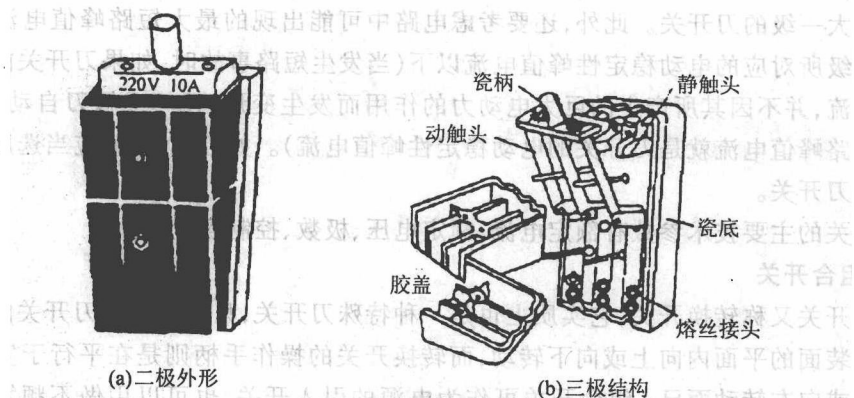
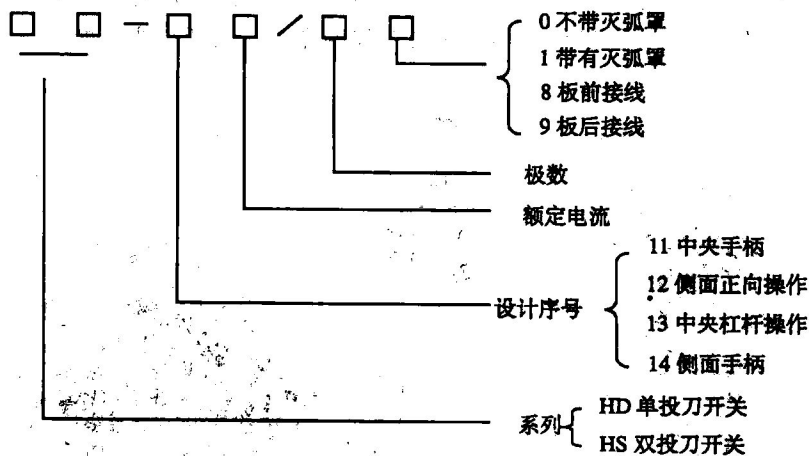


图 1-1 胶盖瓷底闸刀

能因自重落下而引起误合闸,危及人身和设备安全。

刀开关的型号含义如下:



刀开关的图形符号及文字符号如图 1-2 所示。

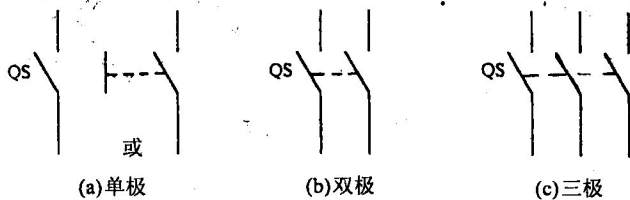


图 1-2 刀开关的图形符号及文字符号

选择。

结构形式的选择: 根据它在线路中的作用和它在成套配电装置中的安装位置来确定它的结构形式。仅用来隔离电源时,则只需选用不带灭弧罩的产品;如用来分断负载时,就应选用带灭弧罩,而且是通过杠杆来操作的产品;如中央手柄式刀开关不能切断负荷电流,其他形式的可切断一定的负荷电流,但必须选带灭弧罩的刀开关。此外,还应根据是正面操作还是侧面操作,是直接操作还是杠杆传动,是板前接线还是板后接线来选择结构形式。

额定电流的选择: 刀开关的额定电流,一般应等于或大于所关断电路中的各个负载额定电流的总和。若负载是电动机,就必须考虑电动机的启动电流为额定电流的 4~7 倍,故应选用