



中职中专教育部示范专业**项目式**规划教材·电子电工类



电 控制与 PLC 气 技术及实训

葛志凯 主编



项目教学引导，免费课件支持



科学出版社

www.sciencep.com

中职中专教育部示范专业项目式规划教材·电子电工类

电气控制与 PLC 技术及实训

葛志凯 主编

杨伟波 副主编

刁哲军 魏晓林 主审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是低压电器与 PLC 技术及实训一体化的中职学校教材。全书共 8 个单元,含 27 个任务,包括常用低压电器的介绍、结构、参数、使用注意事项等内容,常用低压电器控制电路的安装和调试,FX2N 系列 PLC 知识简介、基本指令、步进指令、功能指令的应用实例以及编程器和编程软件的应用等。

本书采用项目教学安排课程结构,图文并茂,通俗易懂,适合作为中等职业学校和技工学校机电类相关专业的通用教材,同时也可作为相关行业的岗位培训教材和技术人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术及实训/葛志凯主编. —北京:科学出版社,2010
(中职中专教育部示范专业项目式规划教材·电子电工类)
ISBN 978-7-03-028487-7

I. ①电… II. ①葛… III. ①电气控制-专业学校-教材②可编程序控制器-专业学校-教材 IV. ①TM921.5②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 149378 号

责任编辑:陈砺川/责任校对:刘玉靖
责任印制:吕春珉/封面设计:胡文航

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏 志 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 9 月第一次印刷 印张:18 1/4

印数:1—3 000 字数:418 000

定价:28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138017-8020

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

中职中专教育部示范专业项目式规划教材·电子电工类

编 委 会

主 任 张中洲

顾 问 金国砥 金掌荣 罗兆熊

委 员 (按姓氏拼音字母排序)

鲍加农 葛志凯 龚跃明 楼红霞 鲁晓阳

罗国强 罗 伟 马晓波 邱文祥 邵水寿

舒伟红 王国玉 王奎英 王启洋 吴关兴

严加强 叶云汉 俞 艳 张修达 钟家兴

朱向阳

前 言

“电气控制与 PLC 控制技术及实训”是中等职业学校机电类相关专业的一门专业课程，本书是与该课程配套的教材。本书根据目前中等职业教育的特点和中职学生的学习状况，立足“以就业为导向”、知识“够用、实用”的原则，采用项目教学安排课程结构，把理论知识和技能实训应用到每个教学项目中，实现从理论到实践的学习过程。

全书共分低压电器和 PLC 控制技术两部分。第一部分为低压电器知识，包括两个单元，10 个任务。主要要求学生熟练掌握常用低压电器的基本类型、原理、用途，并合理选用控制电器，掌握继电器、接触器控制电路的基本环节，学会阅读和分析由继电器、接触器构成的典型电气控制线路，并具有初步的设计能力。第二部分为 PLC 控制技术，包括六个单元，17 个任务，以三菱 FX2N 系列 PLC 为样机，从学生的实际出发，结合编者多年的教学经验，介绍 PLC 的基本知识与应用技能。主要要求学生掌握 PLC 的分类和选择，掌握其基本指令、步进指令、部分功能指令的应用和控制系统的思路设计和步骤。

本书教学时数为 100 课时，学时安排建议如下（仅供参考）。

教学课时分配表

教程内容	学 时	
	理论教学	技能训练
单元一 常用低压电器	4	4
单元二 三相异步电动机电气控制系统的基本电路	8	12
单元三 初步认识可程序控制器	4	2
单元四 三菱 FX2N 系列 PLC 基本指令的应用	8	6
单元五 三菱 FX2N 系列 PLC 步进指令的应用	6	6
单元六 三菱 FX2N 系列 PLC 在工业生产中的应用	6	8
单元七 三菱 FX2N 系列 PLC 功能指令的应用	4	6
单元八 三菱 FX2N 系列 PLC 编程器和编程软件的应用	6	10
合计	46	54

本书具有以下特点。

(1) 遵循学生认知规律，打破传统学科体系，坚持理论知识和技能实施并重，以任务为引领，以学生的行为为导向，采取项目教学方式对低压电器和 PLC 的知识和技能进行建构，突出技能的培养和职业习惯的养成，力求做到学做合一、理实一体。

(2) 以就业为导向，坚持“够用、实用、会用”的原则，加强了基本继电控制环节和梯形图及其硬件的学习，重点培养学生的 PLC 应用能力，引领学生学会方法，学有

所成,更好地满足企业岗位的需要。

(3) 采用图文并茂的表现形式,大量使用图片和表格展示各个知识点和任务,大大提高了本书的可读性和可操作性。

本书由河北省邢台市职教中心葛志凯担任主编,杨伟波担任副主编,参加编写的有邢台技师学院胡继军、段赞辉、杨玉伟,邢台市职教中心苏超、王华强,邢台农业学校曹荣格、秦秀妙,邢台经贸学校于建明,华北工程学校王照卫,石家庄第三职业中专庄建莎,石家庄裕华职教中心李新辉等多名骨干教师。单元一由杨玉伟、于建明编写,单元二、单元四由杨伟波编写,单元三由曹荣格、庄建莎、李新辉编写,单元五由葛志凯、胡继军、王照卫编写,单元六由王华强、苏超、段赞辉编写,单元七由段赞辉、秦秀妙编写,单元八由葛志凯编写。葛志凯、杨伟波、郑红领对全书进行了修改并统稿。河北师范大学职业技术学院刘波粒教授和河北省职教研究所谢勇旗研究员提出了许多宝贵的指导建议,并由河北师范大学职业技术学院院长刁哲军教授和邢台市职教中心校长魏晓林担任主审,他们对本书的内容、结构及文字方面提出了许多宝贵建议,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请各位专家和读者批评指正。

CONTENTS

目 录

前言

单元一 常用低压电器	1
任务一 认识并拆装常见低压开关类电器	2
任务二 认识并拆装常用电磁继电器	10
任务三 认识并拆装常用保护电器	20
单元小结	26
思考与练习	27
单元二 三相异步电动机电气控制系统的基本电路	29
任务一 绘制和识读电气控制电路图的原则	30
任务二 三相异步电动机单向全压起动控制电路	33
任务三 三相异步电动机正/反转控制电路	41
任务四 三相异步电动机串电阻降压起动自动控制 电路	47
任务五 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动自动控制电路	53
任务六 三相异步电动机单向反接制动控制电路	59
任务七 三相异步电动机能耗制动控制电路	65
单元小结	71
思考与练习	72
单元三 初步认识可编程序控制器	73
任务一 可编程序控制器简介	74
任务二 可编程序控制器的编程语言及其工作原理	84
单元小结	92
思考与练习	93
单元四 三菱 FX2N 系列 PLC 基本指令的应用	94
任务一 PLC 控制三相异步电动机单向运转电路 设计	95
任务二 PLC 控制三相异步电动机双重互锁正/反转 电路设计	102
任务三 PLC 控制三相异步电动机的 Y- Δ 降压起动 电路设计	113

任务四 PLC 控制三色灯循环点亮电路设计	126
单元小结	136
思考与练习	137
单元五 三菱 FX2N 系列 PLC 步进指令的应用	140
任务一 两台电动机顺序起动 PLC 控制电路设计	141
任务二 十字路口交通信号灯 PLC 控制电路设计	150
任务三 手动和自动洗车 PLC 控制电路设计	161
单元小结	166
思考与练习	167
单元六 三菱 FX2N 系列 PLC 在工业生产中的应用	168
任务一 PLC 控制系统的设计	169
任务二 PLC 在液体混合控制中的应用	173
任务三 PLC 在物料传输控制中的应用	177
任务四 PLC 在电镀生产线上的应用	183
单元小结	192
思考与练习	192
单元七 三菱 FX2N 系列 PLC 功能指令的应用	195
任务一 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制电路中 功能指令的应用	196
任务二 步进电动机正/反转和调速控制电路中功能 指令的应用	206
单元小结	218
思考与练习	218
单元八 三菱 FX2N 系列 PLC 编程器和编程软件的应用	220
任务一 简易编程器 FX-20P-E 的应用	221
任务二 三菱 FX2N 系列 PLC 编程软件的应用	235
单元小结	270
思考与练习	270
附录	272
附表 A FX 系列 PLC 的内部软继电器及编号	272
附表 B FX2N 系列 PLC 的特殊辅助继电器	273
附表 C FX2N 系列 PLC 基本指令及步进指令	275
附表 D FX2N 系列 PLC 功能指令	276
附表 E FX2N 系列 PLC 的基本单元	280
附表 F FX2N 系列 PLC 子系列扩展单元	280
附表 G FX2N 子系列的扩展模块	280

目 录

附表 H FX2N 系列 PLC 性能指标	281
参考文献	282



单元一

常用低压电器

快乐向导



低压电器是电力拖动继电控制系统的基本组成部分，是组成电器设备的基础配套元件。继电控制系统性能的优劣与所用的低压电器直接相关。低压电器通常包括开关类低压电器、电磁类继电器和保护类低压电器等。本单元所介绍的刀闸开关、转换开关、按钮、行程开关、接触器、时间继电器、热继电器和熔断器等都是低压电器中最常用的元件。电气技术人员必须熟悉常用低压电器的原理、结构、规格、型号和用途，并能够正确选择、使用与维护低压电器，充分发挥低压电器组成的继电控制系统的作用。

知识目标



- (1) 熟悉低压电器的基本知识。
- (2) 识别常用低压电器。
- (3) 掌握常用低压电器的作用及其使用方法。

技能目标



- (1) 掌握常用低压电器的工作原理及选用。
- (2) 掌握常用低压电器的原理图符号、型号及含义。
- (3) 掌握典型低压电器的拆装方法。

任务一 认识并拆装常见低压开关类电器

你知道吗

刀开关、按钮等是人们在生活中常见的低压电器，除了它们，还有其他的低压电器吗？它们有什么具体的作用？在本任务中，就来学习常见的低压开关电器。

任务目标

知识点：

(1) 掌握刀开关、转换开关、按钮、行程开关的功能、型号和原理图符号。

(2) 掌握刀开关、转换开关、按钮和行程开关的工作原理。

技能点：

(1) 正确使用常用电工工具。

(2) 识别并拆装刀开关、转换开关、按钮和行程开关。

任务分析

在这一任务中，要认识并学习常用的低压开关类电器。之所以称之为低压开关类电器，是因为这些低压电器工作在交、直流电压 1200V 以下并且在电路中起接通或断开电路的作用。在学习时请同学们认真比较，找出这些低压类开关电器彼此之间的异同点。

学一学

知识 1 低压电器的概况

1. 低压电器的定义

低压电器是指用在交流电压 1200V 以下及直流电压 1500V 以下的电路中，能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通、断开电路，以实现对电路或电气设备的切换、控制、保护、检测和调节的工业电器。低压电器作为基本控制电器，广泛应用于输/配电系统和自动控制系统中，在工农业生产、交通运输和国防工业中起着极其重要的作用。目前，低压电器正朝着小型化、模块化、组合化和高性能化的方向发展。

2. 低压电器的分类

(1) 按动作原理分为手动电器和自动电器

1) 手动电器。这类电器的动作是由工作人员手动操纵的，如刀开关、组合开关及按钮等。

2) 自动电器。这类电器是按照操作指令或参量变化自动动作的，如接触器、继电

器、熔断器和行程开关等。

(2) 按用途和所控制的对象分

1) 低压控制电器。主要用于设备电气控制系统,用于各种控制电路和控制系统的电器,如接触器、继电器和电动机起动器等。

2) 低压配电电器。主要用于低压配电系统中,用于电能的输送和分配的电器,如刀开关、转换开关、熔断器、自动开关、低压断路器等。

3) 低压主令电器。主要用于自动控制系统中发送动作指令的电器,如按钮、转换开关等。

4) 低压保护电器。主要用于保护电源、电路及用电设备,使它们不致在短路、过载等状态下运行遭到损坏的电器,如熔断器、热继电器等。

5) 低压执行电器。主要用于完成某种动作或传送功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

(3) 按工作环境分为一般用途和特殊用途低压电器

1) 一般用途低压电器。指用于海拔高度不超过 2000m,周围环境温度在 $-25\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间,空气相对湿度为 90%,安装倾斜度不大于 5° ,无爆炸危险的介质及无显著摇动和冲击振动的场合的电器。

2) 特殊用途低压电器。指在特殊环境和工作条件下使用的各类低压电器,通常是在一般用途低压电器的基础上派生而成的,如防爆电器、船舶电器、化工电器、热带电器、高原电器及牵引电器等。

3. 低压电器的组成

低压电器一般由感受部分和执行部分两部分组成。感受部分感受外界的信号并做出有规律的反应。在自动切换电器中,感受部分大多由电磁机构组成,如交流接触器的线圈、铁心和衔铁构成电磁机构。在手动电器中,感受部分通常为操作手柄,如主令控制器由手柄和凸轮块组成感受部分。执行部分根据指令要求,执行电路接通、断开等任务,如交流接触器的触点连同灭弧装置。对自动开关类的低压电器,还具有中间(传递)部分,它的任务是把感受和执行两部分联系起来,使它们协同一致,按一定的规律动作。

4. 低压电器的性能指标

低压电器的性能参数主要包括额定电压、额定电流、通断能力、电气寿命和机械寿命等。

1) 额定电压,指低压电器在规定条件下长期工作时,能保证电器正常工作的电压值,通常是指主触点的额定电压。有电磁机构的控制电器还规定了吸引线圈的额定电压。

2) 额定电流,指保证电器能正常工作的电流值。同一电器在不同的使用条件下,有不同的额定电流等级。

3) 通断能力,指低压电器在规定的条件下,能可靠接通和分断的最大电流。通断

能力与电器的额定电压、负载性质和灭弧方法等有很大关系。

4) 电气寿命, 指低压电器在规定条件下, 在不需修理或更换零件时的负载操作循环次数。

5) 机械寿命, 指低压电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的负载操作次数。

知识 2 刀开关

刀开关又称为开启式负荷开关, 在配电系统和设备自动控制系统中常用于电源隔离, 有时也可用于不频繁接通和断开小电流配电电路或直接控制小容量电动机的起动和停止。

这种开关结构简单、价格低廉, 安装、使用、维修都很方便。常用的刀开关有胶盖闸刀开关和铁壳开关。这里只介绍胶盖闸刀开关, 它的主要结构如图 1.1 所示。

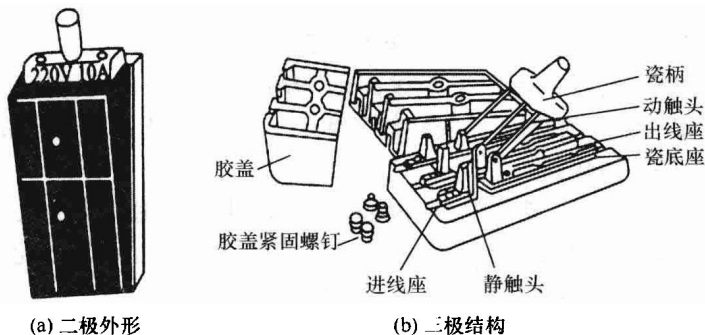


图 1.1 胶盖瓷底闸刀

1. 用途

刀开关广泛应用于照明电路、小容量 (5.5kW 及以下) 的动力电路且不频繁起动的控制电路中。

2. 安装工艺

胶盖闸刀开关安装时, 瓷底应与地面垂直, 手柄向上推为合闸, 不得倒装和平装。接线时, 电源进线必须接闸刀上方的静触点接线桩, 通往负载的引线接下方的接线桩。接线时螺钉必须拧紧, 保证接线桩与导线良好地连接。

3. 选用

选用胶盖闸刀开关时, 应注意以下三点。

1) 根据电压和极数选择。

2) 根据额定电流选择。

3) 选择开关时, 注意检查各刀片与对应夹座是否直线接触, 有无歪斜、不同步等。如果有问题, 应及时修理或更换。

4. 原理图符号及型号含义

胶盖闸刀开关的原理图符号及型号含义如图 1.2 所示。

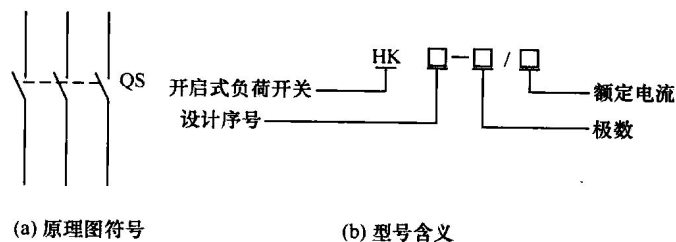


图 1.2 胶盖闸刀开关的原理图符号及型号含义

知识 3 转换开关

转换开关又称为组合开关，是由多节触点组合而成的一种手动控制电器。它是一种凸轮式做旋转运动的刀开关，在设备自动控制系统中一般用作电源引入开关或电路功能切换开关，也可直接用于控制小容量交流电动机的不频繁操作。按极数不同，组合开关有单极、双极、三极和多极结构，常用的 HZ10 系列组合开关的结构如图 1.3 所示。

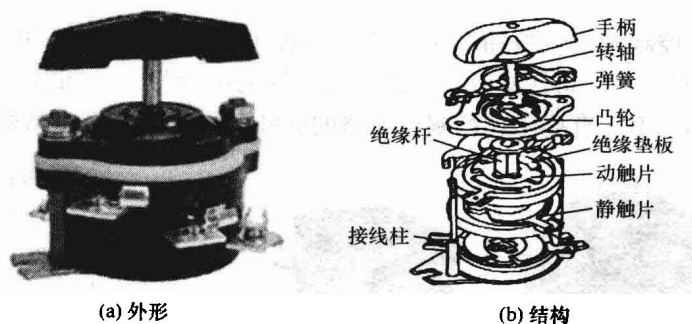


图 1.3 HZ10 系列转换开关

1. 用途

转换开关可以用作电源引入开关，也可以用作 5.5kW 以下电动机直接起动、停止、反转和调速的控制开关。

2. 选用

选用转换开关应根据电源种类、电压等级、所需触头数、接线方式和负载容量进行选用。开关的额定电流按下式计算：

$$I = (1.5 \sim 2.5) I_e \quad (\text{其中 } I \text{ 为开关电流, } I_e \text{ 为电动机额定电流})$$

3. 原理图符号及型号含义

转换开关的原理图符号及型号含义如图 1.4 所示。

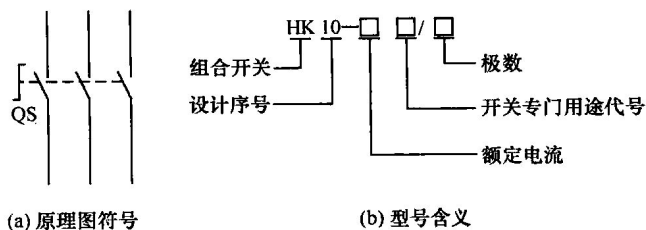


图 1.4 转换开关的原理图符号及型号含义

知识 4 主令电器

主令电器用来接通和分断控制电路，用它来命令电动机及其他控制对象的起动、停止或工作状态的变换。因此，称这类发布命令的电器为主令电器。常见的主令电器有按钮、行程开关、万能转换开关和主令控制器等。下面就来学习一下按钮和行程开关。

1. 按钮

按钮又称为控制按钮或按钮开关。它是一种手动控制电器，只能短时接通或断开 5A 以下的小电流电路，向其他用电器发出指令性的电信号，控制其他电器的动作。由于按钮载流量小，不能直接用它控制主电路的通断。按钮的外形及结构如图 1.5 所示。

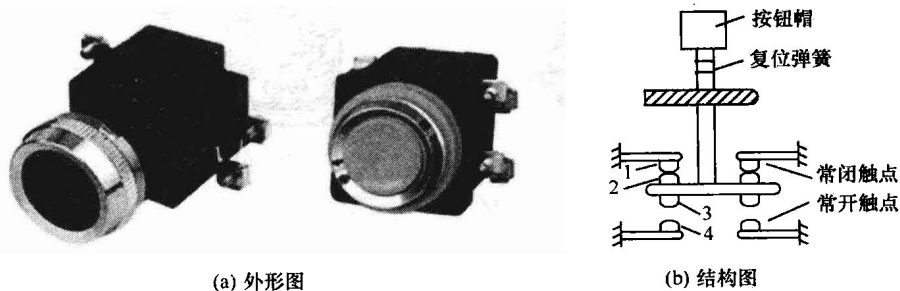


图 1.5 按钮的外形及结构图



书本先生的提示

所谓常开触点，是指在通常状态下（不受外力的状态下，或认为对按钮不执行操作的状态下）触点之间为断开状态的一对触点，如图 1.5 (b) 所示的触点 3 与 4；常闭触点是指在通常状态下触点之间为闭合状态的一对触点，如图 1.5 (b) 所示的触点 1 与 2。

- 1) 用途: 短时接通或断开小电流电路。
- 2) 选用: 选择按钮时应注意以下 3 点。
 - ① 一般以绿色表示起动按钮, 红色表示停止按钮。
 - ② 选用起动按钮时, 应用按钮的常开触点; 选用停止按钮时, 应用按钮的常闭触点。
 - ③ 根据具体适用场合选择按钮种类, 根据电路需要选择按钮数量。
- 3) 按钮的工作原理如下。
 - ① 按下按钮帽后, 常开触点变为闭合状态, 常闭触点变为断开状态。
 - ② 松开按钮帽后, 在复位弹簧的作用下, 常开触点又变为断开状态, 常闭触点变为闭合状态。
- 4) 按钮的原理图符号如图 1.6 所示。

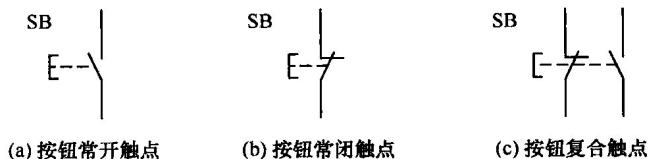


图 1.6 按钮的原理图符号



书本先生的提示

在实际应用中, 有时会用到按钮的复合触点。所谓复合触点, 是指按钮的常开、常闭触点复合使用。当按下按钮时, 常开、常闭触点一起动作, 常开触点变为闭合状态, 常闭触点变为断开状态。

- 5) 按钮的型号含义如图 1.7 所示。

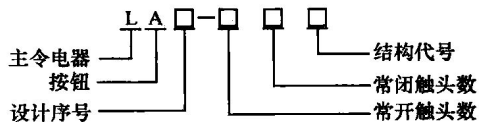


图 1.7 按钮的型号含义

2. 行程开关

行程开关又称为限位开关, 是一种根据生产机械运动的行程位置而动作的小电流开关电器。它是利用生产机械的某运动部件对开关操作机构的碰撞而使触点动作, 以实现机械的电气控制。从结构看, 行程开关由 3 个部分组成: 操作头、触头系统和外壳。操作头是开关的感测部分, 它接收机械结构发出的动作信号, 并将此信号传递到触头系

统。触头系统是开关的执行部分，它将操作头传来的机械信号通过本身的转换动作变换为电信号，输出到有关控制回路，使之能按需要做出必要的反应。

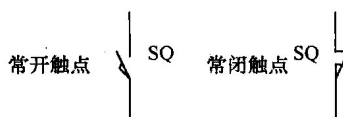


图 1.8 行程开关的原理图符号

1) 用途：常用于限制机械运动的位置或行程，实现自动运行。

2) 选用：根据动作要求、安装位置及触头数量来选择。

3) 行程开关的原理图符号如图 1.8 所示。

4) 行程开关的型号含义如图 1.9 所示。

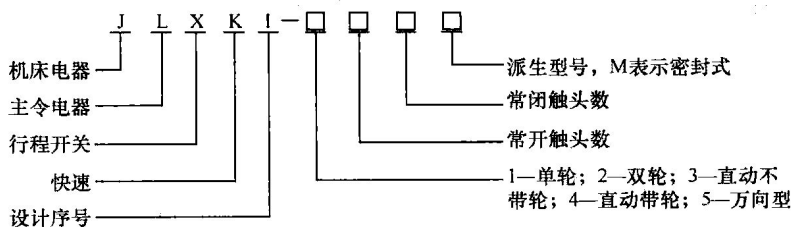


图 1.9 行程开关的型号含义



三相胶盖闸刀开关的拆装

三相胶盖闸刀开关的各个组成部分为瓷柄、胶盖、瓷底座、静触片、动触片、熔体端子、接电源端和接负载端。其拆卸步骤如图 1.10 所示，安装步骤与拆卸步骤相反。

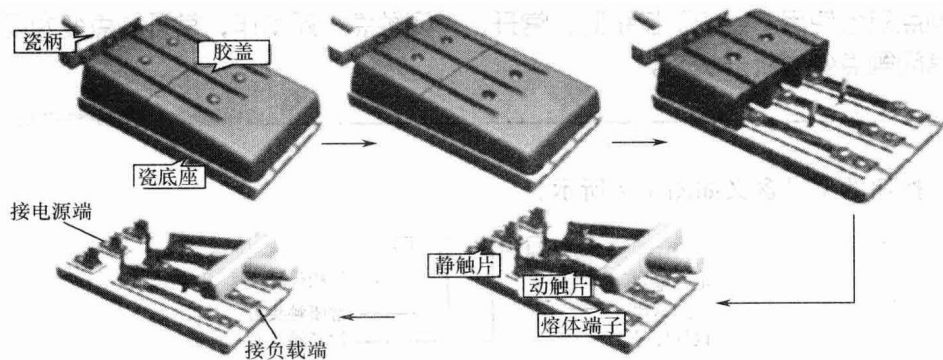


图 1.10 胶盖闸刀开关的拆卸步骤

认识低压断路器

低压断路器过去称为自动空气开关，为了与 IEC（国际电工委员会）标准一致，故改用此名。它是一种既有手动开关作用，又能进行自动失压、欠压、过载和短路保护的电器，应用极为广泛。低压断路器可用来分配电能、不频繁地起动异步电动机、对电动机及电源线路进行保护，当它们发生严重过载、短路或欠电压等故障时能自动切断电