

工厂电气控制技术

● 主编 杨敬东

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

工厂电气控制技术

主 编 杨敬东
副主编 李庆山 王 涵 邵长凤
参 编 范光侠 万 军
主 审 杨 永

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是根据维修电工国家职业标准以及目前高等院校机电一体化和电气自动化专业的课程要求,以及工厂常用的低压电器、继电器—接触器控制的基本环节与系统编写而成。本书采用以项目课程为主体的教学内容,工作情景设计由浅入深、循序渐进,以达到培养学生职业能力的目的。

本书内容新颖,层次清晰,图文并茂,通俗易懂,可操作性和实用性强。全书共分为七个项目:CA6140 车床控制系统、Z3040 钻床控制系统、X62W 铣床控制系统、T68 镗床控制系统、桥式起重机控制系统、磨床控制系统、机床维修方法。

本书可作为高等院校机电一体化、电气自动化等自动化类专业的课程教材,也可作为从事电气控制方面工作的工程技术人员和技术工人的参考用书,还适用于其他读者自学。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工厂电气控制技术/杨敬东主编. —北京:北京理工大学出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-5682-2841-1

I. ①工… II. ①杨… III. ①工厂—电气控制—高等学校—教材
IV. ①TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 195970 号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市天利华印刷装订有限公司

开 本/787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张/9

字 数/206 千字

版 次/2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价/37.00 元

责任编辑/李玉昌

文案编辑/李玉昌

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

适应我国高等教育培养面向生产第一线的实用型、技能型人才的需要，通过学历证书与职业资格证书两类证书内涵的衔接与对应，实现学历教育与职业资格培训的融通，编者根据多年的教学经验和职业技能培训经验编写了本书。

课程遵循机电一体化技术、电气自动化技术专业人才培养方案的要求，立足高等教育培养目标，遵循社会经济和企业发展需求，突出职业岗位应用性和针对性的高等教育特色，注重实践能力与创业能力的培养。比照维修电工国家职业标准，按照学生职业能力培养的基本规律，加强实践技能的培养，按照认知规律从简单到综合，逐步递进，构建“做、学、教、赛”四位一体的课程体系。

本书由杨敬东任主编，李庆山、王涵、邵长凤任副主编，范光侠、万军参与编写，杨永给予审核工作的帮助。此外，我们在编写过程中参考了大量的文献资料和网站资料，对这些文献的所有作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促以及编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正，编者不胜感激。

目 录

项目一 CA6140 车床控制系统	1
任务一 三相异步电动机点动正转控制线路安装及调试	1
任务二 连续、点动混合控制线路安装及调试	14
任务三 顺序控制线路安装及调试	19
任务四 CA6140 车床控制线路安装及调试	24
项目二 Z3040 钻床控制系统	32
任务一 三相异步电动机双重联锁正反转控制线路安装及调试	32
任务二 位置、自动往返控制线路安装及调试	39
任务三 Z3040 钻床控制线路安装及调试	45
项目三 X62W 铣床控制系统	56
任务一 三相异步电动机制动控制线路安装及调试	56
任务二 X62W 铣床控制线路安装及调试	64
项目四 T68 镗床控制系统	73
任务一 三相异步电动机降压启动控制线路安装及调试	73
任务二 多速控制控制线路安装及调试	84
任务三 T68 卧式镗床控制线路安装及调试	89
项目五 桥式起重机控制系统	97
任务一 绕线式异步电动机控制线路安装及调试	97
任务二 15/3 t 桥式起重机控制线路安装及调试	103
项目六 磨床控制系统	113
任务一 M7130 磨床控制线路安装及调试	113
任务二 M1432A 磨床控制线路安装及调试	120
项目七 机床维修方法	128

项目一 CA6140 车床控制系统

任务一 三相异步电动机点动正转控制线路安装及调试

【学习目标】

1. 知识目标：

- (1) 了解低压电器的定义及分类。
- (2) 掌握各种低压电器的作用、结构及符号。
- (3) 掌握三相异步电动机点动控制线路的原理及保护环节。

2. 能力目标：

- (1) 认识并能选择刀开关、空气开关、熔断器、接触器、热继电器等低压电器。
- (2) 能独立完成三相异步电动机点动正转控制线路的安装、调试与故障排除。
- (3) 掌握常用电工工具和电工仪表的使用。

【任务描述】

车间中使用的行车，使用时，按下按钮，行车启动；使用完毕松开按钮，行车停止（图 1-1）。那么行车是怎么实现控制的呢？

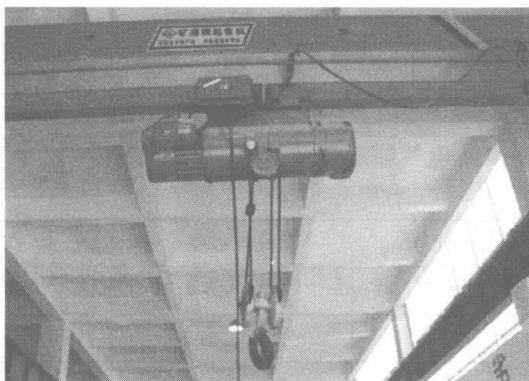


图 1-1

【原理分析】

图 1-2 所示为点动正转控制线路，它是用按钮、接触器来控制电动机运转的最简单的正转控制线路。

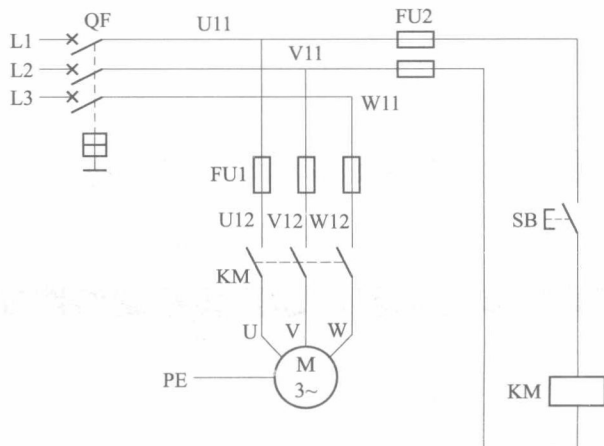


图 1-2

所谓点动，就是按下按钮，电动机得电运转，松开按钮，电动机就停止运转。常用于电动葫芦的起重电动机控制和车床拖板箱快速移动电动机控制。

三相交流电源 L1、L2、L3 与低压断路器组成电源电路；熔断器 FU1、接触器 KM 主触头和三相异步电动机 M 构成主电路；熔断器 FU2、启动按钮 SB 和接触器 KM 线圈组成控制电路。

线路的工作原理如下：

启动：

合上断路器 QF → 按下启动按钮 SB → KM 线圈得电 → KM 主触头闭合

→ 电动机 M 接通电源，启动运转

停止：

松开启动按钮 SB → KM 线圈失电 → KM 主触头断开 → 电动机 M 脱离电源，停止运转

【任务分析】

1. 根据点动正转控制线路电气原理图完成元件明细表

元件名称	元件代号	元件型号	数量	备注
三相异步电动机	M	Y112M-4	1	
组合开关	QS	HZ10-25/3	1	
熔断器	FU1	RL1-60/25	3	
	FU2	RL1-60/25	2	
交流接触器	KM	CJ10-20	1	
按钮	SB1~SB3	LA10-3H	1	
端子排	XT	JX2-1015	1	

2. 根据电气原理图和元件布置图绘制接线图 (图 1-3), 并且标注线号

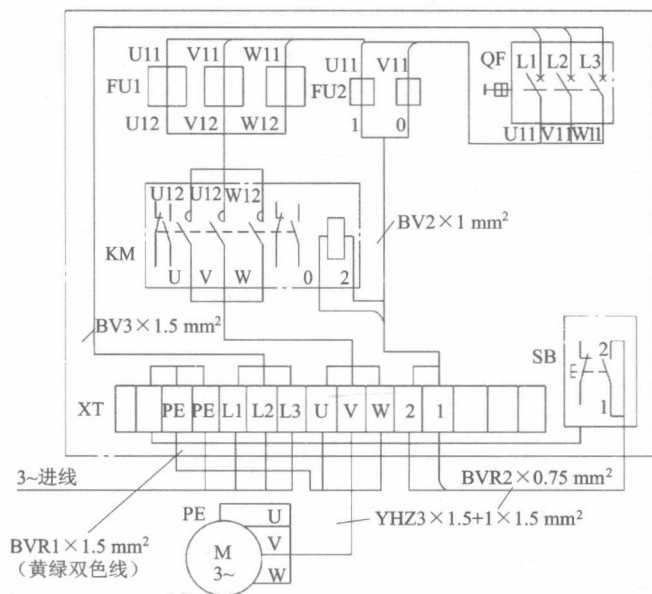


图 1-3

【项目实施】

1. 目的要求

- (1) 熟悉电动机基本控制线路的一般安装步骤和工艺要求。
- (2) 能正确安装点动控制线路, 培养学生熟练正确调试、维修的能力等。

2. 仪器及器材

- (1) 工具。测电笔、螺钉旋具、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、电工刀等。
- (2) 仪器。5050 型兆欧表、T301-A 型钳型电流表、MF30 型万用表。
- (3) 器材。

1) 网孔板一块 (500 × 400 × 20, 单位: mm × mm × mm)。

2) 导线规格: 主电路采用 BV1.5 mm 和 BVR1.5 mm; 控制线路采用 BV1 mm (红色); 按钮线采用 BVR0.75 mm (红色); 接地线采用 BVR1.5 mm (黄绿双色)。

3) 导线的颜色在初级阶段训练时, 除接地线外, 可不必强求, 但应使主电路和控制电路有明显区别。

3. 安装步骤和工艺要求

- (1) 识读点动正转控制线路, 明确线路所用电器元件及作用, 熟悉线路的工作原理。
- (2) 配齐所用电器元件, 并进行检验。

1) 电器元件的技术数据 (如型号、规格、额定电压、额定电流等) 应完整并符合要求, 外观无损伤, 备件、附件齐全完好。

2) 检查电器元件的电磁机构动作是否灵活, 有无衔铁卡阻等不正常现象, 用万用表检查电磁线圈的通断情况以及各触头的分合情况。

3) 检查接触器线圈额定电压是否与电源电压保持一致。

4) 对电动机的质量进行常规检查。

(3) 在控制板上按布线图安装电器元件，并贴上醒目的文字符号。工艺要求如下：

1) 组合开关、熔断器的受电端子应安装在控制板的外侧。

2) 各元件的安装位置应整齐、匀称，间距合理，便于元件的更换。

3) 紧固各元件时要用力均匀，紧固程度适当。在紧固熔断器、接触器等易碎裂元件时，应用手按住元件，一边轻轻摇动，一边用旋具轮换旋紧对角线上的螺钉，直到手摇不动后再适当旋紧即可。

4) 按接线图的走线方法进行板前明线布线和套编码套管。

5) 板前明线布线的工艺要求：

① 布线通道尽可能少，同路并行导线按主、控电路分类集中，单层密排，紧贴安装面布线。

② 同一平面的导线应高低一致或前后一致，不能交叉。非交叉不可时，该根导线在接线端子引出时，应水平架空跨越，但必须走线合理。

③ 布线应横平竖直，分布均匀。

④ 布线时严禁损伤线芯。

(4) 根据电路图检查控制板布线的正确性。

(5) 安装电动机。

(6) 连接电源、电动机等控制板外部的导线。

(7) 自检。学生自检表如下：

序号	自查内容	是	否	备注
1	是否能正确解读电气原理图			
2	是否能正确分析电气原理图中各部分功能			
3	是否正确绘制各种低压电器元件图形表示符号			
4	是否能合理进行元件布局			
5	是否规范绘制设计图与接线图			
6	是否规范标注线号			
7	元件安装、端子接线是否符合要求			
8	布线是否符合规范			
9	对点动盘进行通电测试，是否能正常工作			
10	是否已清理现场，做到物归原位			
11	是否已完成工作页			
12	是否进行成果汇报			

(8) 交验。

(9) 通电试车。

注意事项：

(1) 电动机及按钮的金属外壳必须可靠接地。

(2) 电源进线应接在螺旋式熔断器的下接线座上，出线应接在上接线座上。

(3) 按钮内接线不可用力过猛,以防螺钉打滑。

(4) 训练应在规定的时间内完成。

【项目评价】

本任务从学生项目资讯、元件的应用、线路分析、方案制定结果、操作实施正确性、项目总结报告及学习态度等多方面进行考核,采取教师评价、学生评价和互评相结合的方式,将学生学习情况及任务完成情况分成优、良、及格三个等级。下表可作为此任务考核点及评价标准的参考。

序号	考评点		建议考核方式	评分标准		
				优	良	及格
1	根据项目任务要求掌握相关知识,完成方案选择		教师评价+互评	<ol style="list-style-type: none"> 1. 设计方案可实施,细节详细,并有一定创新点 2. 能正确地选择元件,合理地绘出元件布置图及接线图 3. 资料查阅能力强,能对其他同学起到一定的指导作用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 设计方案可实施 2. 能正确地选择元件,在教师的指导下能绘出元件布置图及接线图 3. 在教师的指导下查阅资料 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在教师的指导下能设计方案 2. 能正确地选择元件,在教师的指导下能绘出元件布置图 3. 在教师的指导下查阅资料
2	项目实施		教师评价+学生评价	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能按照项目设备的动作要求完成工作任务,调试过程熟练正确 2. 按照工艺要求,元件布局合理,接线正确美观 3. 基本能独立解决出现的问题,很好地完成任务 4. 安全文明生产 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本能按照项目设备的动作要求完成工作任务,调试过程正确 2. 按照工艺要求,元件布局合理,接线正确 3. 在教师的指导下能解决出现的问题,基本完成任务 4. 安全文明生产 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在教师的指导下按照项目设备的动作要求完成工作任务,调试过程正确 2. 按照工艺要求,元件布局、接线基本符合要求 3. 工具仪表摆放规范整齐,仪表完好无损 4. 安全文明生产,未出现重大事故 5. 保持工位文明整洁
3	项目总结报告		教师评价	项目符合标准、内容完整、有详细过程记录和分析,并能提出一些新的建议	项目符合标准、内容完整、有详细过程记录和分析	项目基本符合标准、内容完整
4	工作与职业操作	教师评价+学生评价+互评	安全、文明工作,具有良好的职业操守	安全、文明工作,职业操守良好	没有出现违纪、违规现象	
	学习态度	教师评价	能按时到课,遵守课堂纪律,主动发言、积极回答课堂问题,作业完成优秀,并能协助教师教学	能按时到课,遵守课堂纪律,主动发言、积极回答课堂问题,作业完成优秀	能按时到课,遵守课堂纪律,主动发言、积极回答课堂问题,作业完成达到上交次数	

续表

序号	考评点		建议考核方式	评分标准		
				优	良	及格
4	项目公共考核点	团队合作精神	互评	具有良好的团队合作精神,热心帮助小组其他成员,在团队中能起到带头作用	具有较好的团队合作精神,能帮助小组其他成员	基本能配合小组完成项目任务
		交流及表达能力	互评+教师评价	能用专业语言正确并流利地展示项目成果	能用专业语言正确并较为流利地阐述项目	能用专业语言基本正确地阐述项目,无重大失误
		组织协调能力	互评+教师评价	能根据工作任务,对资源合理分配,正确激励和协调小组活动过程。在小组中具有较高威信	能根据工作任务,对资源合理分配,正确激励和协调小组活动过程	能根据工作任务,对资源进行分配,激励和协调小组活动过程,无重大失误

【知识超市】

低压电器是一种能根据外界的信号和要求,手动或自动地接通或断开电路,实现对电路或非电路对象切换、控制、保护、检测和调节的元件或设备。

一、低压电器的概念

低压电器是指工作在直流额定电压 1 200V 及以下、交流额定电压 1 500V 及以下的电器。低压电器作为基本器件,其作用是实现对电路或非电路对象的切换、控制、保护、检测和调节等功能。

二、低压电器分类

1. 低压电器常见的分类方法

分类方法	类别	说明及用途
按低压电器的用途和所控制的对象分	低压配电电器	包括低压开关、低压熔断器等,主要用于低压配电系统及动力设备中
	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
按低压电器的动作方式分	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的电器,如接触器、继电器等
	非自动切换电器	主要依靠外力(如手控)直接操作来进行切换的电器,如按钮、低压开关等

续表

分类方法	类别	说明及用途
按低压电器的执行机构分	有触点电器	具有可分离的动触点和静触点, 主要利用触点的接触和分离以实现电路的接通和断开控制, 如接触器、继电器等
	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, 如接近开关、固态继电器等

2. 低压电器的常用术语

常用术语	常用术语的含义
通断时间	从电流开始在开关电器的一个极流过的瞬间起, 到所有极的电弧最终熄灭的瞬间为止的时间间隔
燃弧时间	电器分断过程中, 从触头断开 (或熔体熔断) 出现电弧的瞬间开始, 至电弧完全熄灭为止的时间间隔
分断能力	开关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, 能在给定的电压下接通和分断的预期电流值
短路接通能力	在规定的条件下, 包括开关电器的出线端短路在内的接通能力
短路分断能力	在规定的条件下, 包括开关电器的出线端短路在内的分断能力
操作频率	开关电器在每小时内可能实现的最高循环操作次数
通电持续率	电器的有载时间和工作周期之比, 常以百分数表示
电寿命	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

3. 自动空气开关

自动空气开关又叫低压断路器或自动空气断路器, 简称断路器。常用于不频繁地接通和断开电路以及控制电动机的运行。

当电路中发生严重过载、短路及失压等故障时, 能自动切断故障电路, 有效地保护接在它后面的电气设备。

自动空气开关具有操作安全、安装使用方便、工作可靠、动作值可调、分断能力较高、兼顾有多种保护、动作后不需要更换组件等优点, 如图 1-4 所示。

(1) 低压断路器结构原理图及符号 (图 1-5):

断路器的主触点是依靠操作机构手动或电动合闸的, 并由自动脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。如果电路发生故障, 自动脱扣机构在有关脱扣器的推动下动作, 使挂钩脱开, 主触点 2 在弹簧的作用下迅速分断。过电流脱扣器 6 的线圈和过载脱扣器 7 的线圈与主电路串

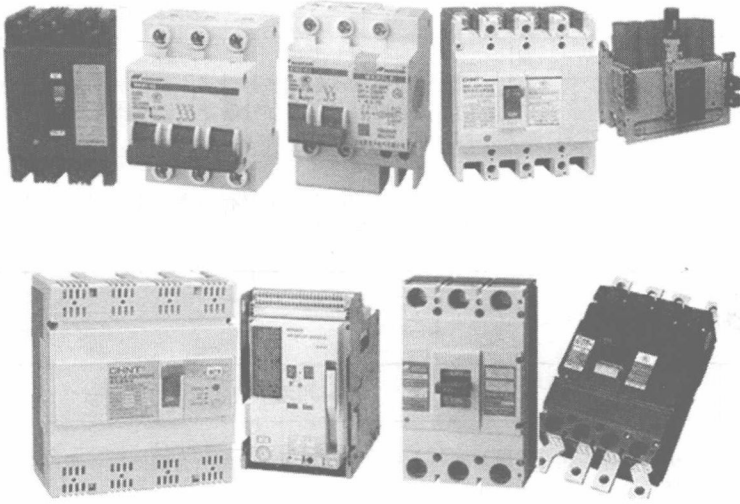


图 1-4

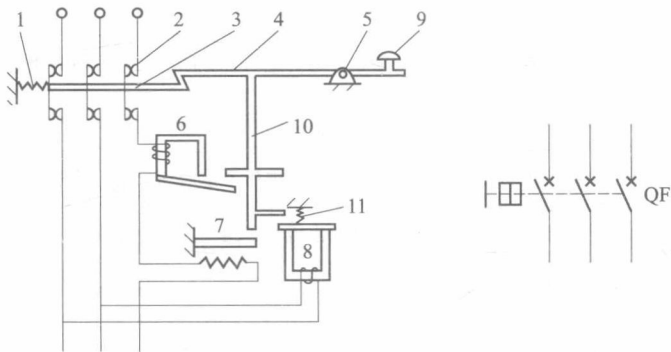
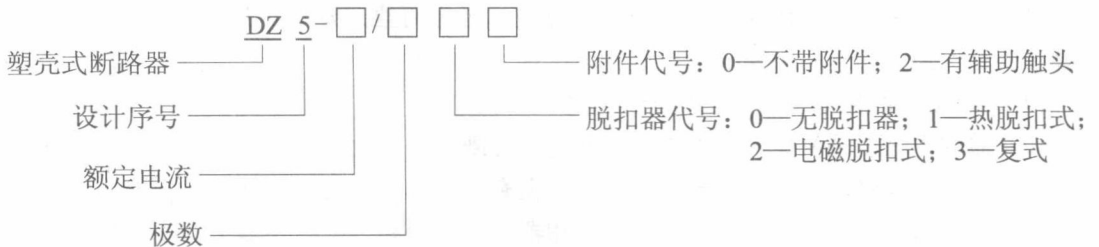


图 1-5

- 1—分闸弹簧；2—主触点；3—传动杆；4—锁扣；5—轴；6—过电流脱扣器；7—过载脱扣器；
8—失压脱扣器；9—分断按钮；10—杠杆；11—拉力弹簧

联，失压脱扣器 8 的线圈与主电路并联，当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁被吸合，使自动脱扣机构动作；当电路过载时，过载脱扣器的热元件产生的热量增加，使双金属片向上弯曲，推动自动脱扣器动作；当电路失压时，失压脱扣器的衔铁释放，也使自动脱扣机构动作。

(2) 型号及含义如下：



(3) 低压断路器的选择。

1) 低压断路器的额定电压和额定电流应不小于线路的正常工作电压和计算负载电流。

2) 过载脱扣器的整定电流应等于所控制负载的工作电流。

3) 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载正常工作时可能出现的峰值电流。用于控制电动机的断路器，其瞬时脱扣整定电流可按下式选取： $I_z \geq K \cdot I_{st}$ ，式中， K 为安全系数，可取 1.5~1.7； I_{st} 为电动机的启动电流。

4) 失压脱扣器的额定电压应等于线路的额定电压。

5) 断路器的极限通断能力应不小于电路最大短路电流。

4. 熔断器

(1) RL1 系列螺旋式熔断器。RL1 系列螺旋式熔断器的分断能力较高，结构紧凑，体积小，安装面积小，更换熔体方便，工作安全可靠，并且熔丝熔断后有明显指示，因此广泛应用于控制箱、配电屏、机床设备及振动较大的场合，在交流额定电压 500 V、额定电流 200 A 及以下的电路中，常作为短路保护器件。

RL1 系列螺旋式熔断器（图 1-6）主要由瓷帽、熔断管、瓷套、上接线座、下接线座及瓷座等部分组成。该系列熔断器的熔断管内，在熔丝的周围填充着石英砂，以增强灭弧性能。熔丝焊在瓷管两端的金属盖上，其中一端有一个标有不同颜色的熔断指示器，当熔丝熔断时，熔断指示器自动脱落，此时只需更换同规格的熔断管即可。

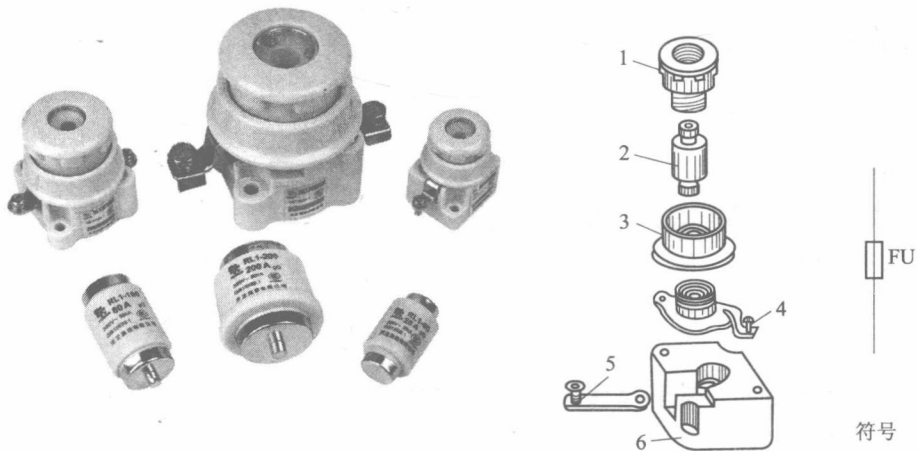
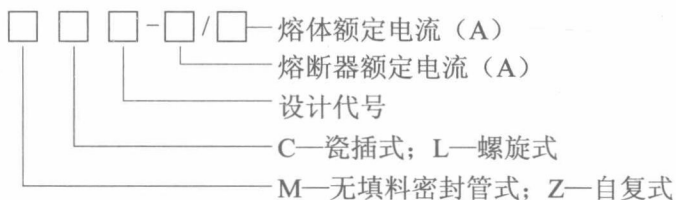


图 1-6

1—瓷帽；2—熔断管；3—瓷套；4—上接线座；5—下接线座；6—瓷座

(2) 熔断器型号及含义如下：



(3) 其他形式的熔断器如图 1-7 所示。



图 1-7

(4) 熔断器的选择。

- 1) 熔断器类型的选用。根据使用环境、负载性质和短路电流的大小选用。
- 2) 熔断器额定电压和额定电流的选用。熔断器的额定电压必须等于或大于线路的额定电压；额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流；分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。
- 3) 熔体额定电流的选用。
 - ① 对照明等电流较平稳、无冲击电流的负载的短路保护，熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。

② 对一台不经常启动且启动时间不长的电动机的短路保护：

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

③ 对一台启动频繁且连续运行的电动机的短路保护：

$$I_{RN} \geq (3 \sim 3.5) I_N$$

④ 对多台电动机的短路保护，熔体的额定电流应大于或等于其中最大容量电动机的额定电流 $I_{N_{max}}$ 的 1.5 ~ 2.5 倍加上其余电动机额定电流的总和 $\sum I_N$ ，即

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N_{max}} + \sum I_N$$

5. 按钮

按钮（图 1-8）是一种短时接通或断开小电流电路的手动电器，常用于控制电路中发出启动或停止等指令，以控制接触器、继电器等电器的线圈电流的接通或断开，再由它们去接通或断开主电路。

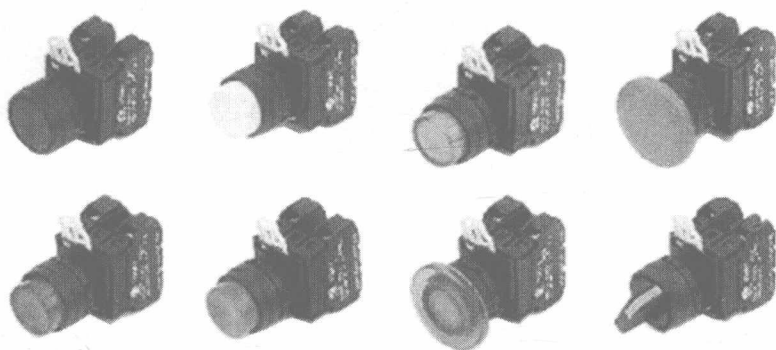
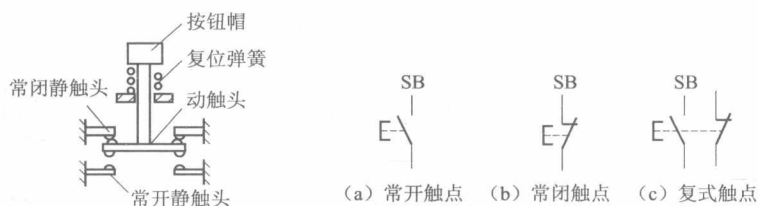


图 1-8

按钮指示灯的颜色及含义：

颜色	含义	说明	操作者的动作	应用示例
红	紧急	危险情况	立即动作去处理危险情况（如操作急停）	压力/温度超过安全极限
黄	异常	异常情况 紧急临界情况	监视和（或）干预（如重建需要的功能）	压力/温度超过正常限值，保护器件脱扣
绿	正常	正常情况	任选	压力/温度在正常范围内
蓝	强制性	指示操作者需要动作	强制性动作	指示输入预选值
白	无确定性质	其他情况，可用于红、黄、绿、蓝色的应用有疑问时	监视	一般信息

6. 组合开关

组合开关又叫转换开关，它体积小，触头对数多，接线方式灵活，操作方便，常用于交流 50 Hz、380 V 以下及直流 220 V 以下的电气线路中，供手动不频繁的接通和断开电路、换接电源和负载以及控制 5 kW 以下小容量异步电动机的启动、停止和正反转。图 1-9 所示为 HZ 系列组合开关。

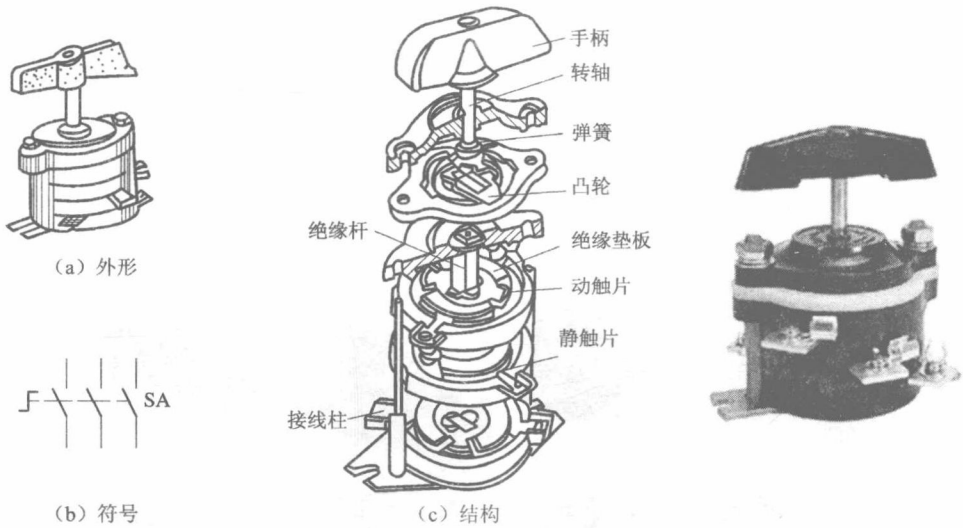
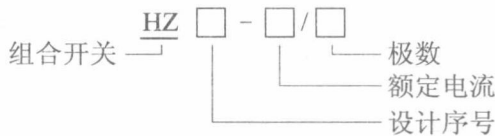


图 1-9

(1) 组合开关的型号及含义如下：

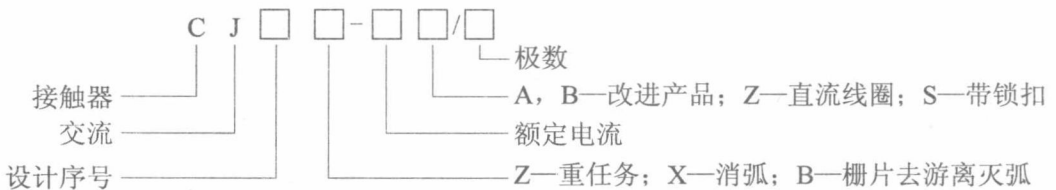


(2) 组合开关的类型。HZ 系列组合开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ5 以及 HZ10 等系列产品，其中 HZ10 系列是全国统一设计产品，具有性能可靠、结构简单、组合性强、寿命长等优点，在生产中得到广泛应用。

7. 接触器

(1) 接触器的作用。接通或切断交、直流主电路和控制电路，可实现远距离控制。大多数情况下其控制对象是电动机。也可以用于控制其他电力负载。

(2) 型号和含义如下：



接触器是一种可对交、直流主电路及大容量控制电路作频繁通、断控制的自动电磁式开关，它通过电磁力作用下的衔铁吸合和反力弹簧作用下的释放带动触头闭合和分断，从而控制电路的通断。

接触器的结构如图 1-10 所示。

触头系统中的主触头为常开触点，常用于控制主电路的通断；辅助触头包括常开、常闭两种，常用于控制电路，起电气联锁等作用（图 1-11）。其他部件还包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构和外壳等。