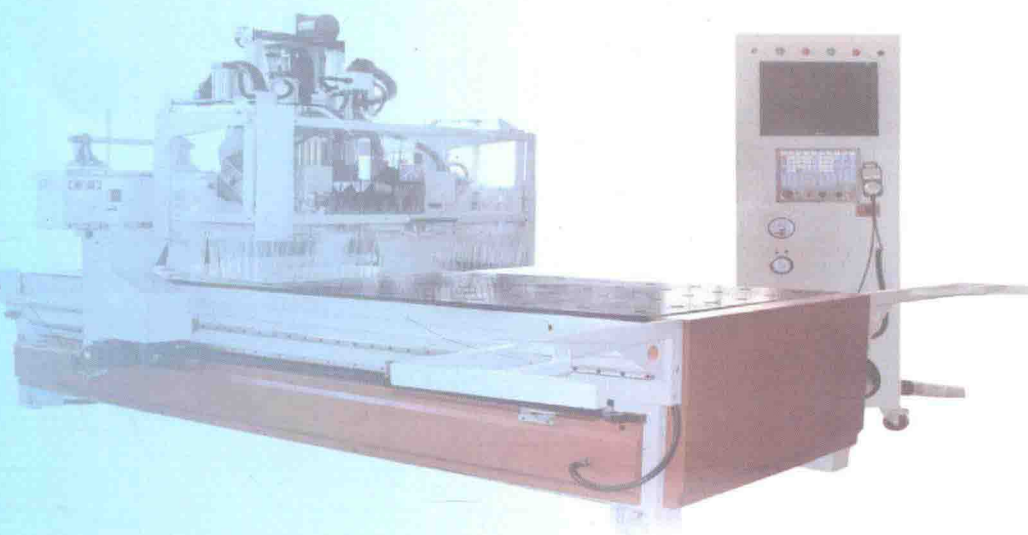


电 类 专 业 通 用 教 材 系 列

主 编 □ 王 洪
副主编 □ 史中生 常 芳
姚永辉 孙香梅
主 审 □ 唐海君

机床电气控制

J I C H U A N G D I A N Q I K O N G Z H I



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

电类专业通用教材系列

机床电气控制

主 编 王 洪

副主编 史中生 常 芳
姚永辉 孙香梅

主 审 唐海君



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

机床电气控制/王洪主编. —北京: 知识产权出版社, 2017. 5

电类专业通用教材系列

ISBN 978-7-5130-4914-6

I. ①机… II. ①王… III. ①机床—电气控制—教材 IV. ①TG502.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 114296 号

内容简介

本书根据职业教育的特点和培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的技能型人才的目标, 结合国家职业等级考核标准和职业技能鉴定规范编写。

本书主要内容包括: 典型低压电器, 异步电动机基本控制线路的安装与调试, 异步电动机降压控制线路的安装与调试, 异步电动机制动控制线路的安装与调试, 双速电动机控制线路的安装与调试, 绕线转子电动机控制系统的安装与调试, 直流电动机调速系统的调试及故障处理, 机床线路调试及故障处理等。

本书适用于各类职业院校电类和机电及相关专业, 也可作为岗前培训和职业技能鉴定培训用书。

责任编辑: 张雪梅

责任出版: 刘译文

封面设计: 睿思视界

机床电气控制

主 编 王 洪

副主编 史中生 常 芳

姚永辉 孙香梅

主 审 唐海君

出版发行: 知识产权出版社有限责任公司

社 址: 北京市海淀区气象路 50 号院

责编电话: 010-82000860 转 8171

发行电话: 010-82000860 转 8101/8102

印 刷: 北京科信印刷有限公司

开 本: 720mm×1000mm 1/16

版 次: 2017 年 8 月第 1 版

字 数: 315 千字

ISBN 978-7-5130-4914-6

网 址: <http://www.ipph.cn>

邮 编: 100081

责编邮箱: 410746564@qq.com

发行传真: 010-82000893/82005070/82000270

经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店

印 张: 14

印 次: 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

出版版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

前 言

本书根据职业教育培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的技能型人才的目标,结合国家职业等级考核标准和职业技能鉴定规范编写。本书适用于各类职业院校电类和机电类及相关专业,也可作为岗前培训和职业技能鉴定培训用书。

本书在编写过程中坚持理论知识适度够用、注重实际应用和技能培养的原则,从实际出发,精选内容,编写力求简明实用、图文并茂、深入浅出,注重培养学生的应用能力和分析问题、解决问题的能力。

全书共8个单元,单元1是典型低压电器,学习常用低压电器的基本结构、原理选用、维修知识;单元2是异步电动机基本控制线路的安装与调试,学习异步电动机基本控制线路的安装、调试;单元3、单元4是异步电动机降压、制动控制线路的安装与调试,学习异步电动机降压、制动控制线路的安装、调试;单元5是双速电动机控制线路的安装与调试,学习双速电动机控制线路的安装、调试;单元6是绕线转子电动机控制系统的安装与调试,学习绕线式异步电动机控制线路的安装、调试;单元7是直流电动机调速系统的调试及故障处理,学习直流电动机调速系统的基本原理、调试以及故障处理;单元8是机床线路调试及故障处理,通过学习典型机床线路调试、故障处理等综合应用知识,提高分析问题、处理问题的能力。

本书由湖南潇湘技师学院/湖南九嶷职业技术学院王洪任主编,史中生、常芳、姚永辉、孙香梅任副主编,全书由王洪统稿。具体编写分工为:孙香梅编写单元1,史中生编写单元2,常芳编写单元3、单元4,姚永辉编写单元5、单元6,王洪编写单元7、单元8。湖南潇湘技师学院/湖南九嶷职业技术学院唐海君教授主审本书。本书在编写过程中得到了湖南潇湘技师学院/湖南九嶷职业技术学院、河南省新乡职业技术学院和哈尔滨技师学院老师和领导的大力支持,同时参考了一些书刊并引用了一些资料,难以一一列举,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写经验不足,加之时间仓促,不足之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

目 录

前言

单元 1 典型低压电器	1
课题 1.1 常用低压电器	1
1.1.1 低压开关	2
1.1.2 熔断器	7
1.1.3 按钮	9
1.1.4 热继电器	11
课题 1.2 交流接触器	14
1.2.1 型号意义和结构	14
1.2.2 工作原理	16
1.2.3 选用	16
1.2.4 使用注意事项	17
1.2.5 拆装与检修	17
课题 1.3 时间继电器	22
1.3.1 空气阻尼式时间继电器	22
1.3.2 晶体管时间继电器	26
1.3.3 图形与文字符号	27
1.3.4 使用注意事项	28
单元 2 异步电动机基本控制线路的安装与调试	29
课题 2.1 异步电动机正转控制线路的安装与调试	29
2.1.1 工作原理	29
2.1.2 选择元器件、导线	31
2.1.3 线路安装	32
2.1.4 调试	33
2.1.5 注意事项	35
2.1.6 评分	36
课题 2.2 异步电动机正反转控制线路的安装与调试	37
2.2.1 按钮联锁的正反转控制线路	37
2.2.2 接触器联锁的正反转控制线路	39
2.2.3 双重联锁的正反转控制线路	40
2.2.4 线路安装	41
2.2.5 调试	41
2.2.6 注意事项	42
2.2.7 评分	42
课题 2.3 自动往返控制线路的安装与调试	44

2.3.1	行程开关	44
2.3.2	控制线路	46
2.3.3	线路安装	48
2.3.4	调试	49
2.3.5	注意事项	50
2.3.6	评分	50
课题 2.4	顺序控制线路的安装与调试	51
2.4.1	主电路顺序控制	52
2.4.2	控制电路顺序控制	52
2.4.3	工作原理	53
2.4.4	线路安装	54
2.4.5	调试	54
2.4.6	注意事项	55
2.4.7	评分	55
课题 2.5	延时控制线路的安装与调试	56
2.5.1	延时起动控制线路	56
2.5.2	延时停止控制线路	58
2.5.3	延时起动、延时停止控制线路	59
2.5.4	线路安装	60
2.5.5	调试	60
2.5.6	注意事项	61
2.5.7	评分	61
单元 3	异步电动机降压控制线路的安装与调试	63
课题 3.1	三相异步电动机定子绕组串电阻降压起动控制线路的安装与调试	64
3.1.1	电阻器	64
3.1.2	工作原理分析	65
3.1.3	线路安装	66
3.1.4	调试	66
3.1.5	注意事项	67
3.1.6	评分	67
课题 3.2	自耦变压器降压起动控制线路的安装与调试	69
3.2.1	自耦变压器	69
3.2.2	控制线路	70
3.2.3	线路安装	71
3.2.4	调试	71
3.2.5	注意事项	72
3.2.6	评分	73
课题 3.3	Y- Δ 降压起动控制线路的安装与调试	74

3.3.1	Y-△降压原理	74
3.3.2	控制线路	75
3.3.3	线路安装	76
3.3.4	调试	77
3.3.5	注意事项	77
3.3.6	评分	78
单元 4	异步电动机制动控制线路的安装与调试	80
课题 4.1	异步起动反接制动控制线路的安装与调试	80
4.1.1	单向起动反接制动控制线路	80
4.1.2	双向起动反接制动控制线路	83
4.1.3	线路安装	85
4.1.4	调试	85
4.1.5	注意事项	86
4.1.6	评分	86
课题 4.2	异步电动机能耗制动控制线路的安装与调试	87
4.2.1	能耗制动原理	88
4.2.2	制动直流电源	88
4.2.3	控制线路	89
4.2.4	线路安装	90
4.2.5	调试	91
4.2.6	注意事项	92
4.2.7	评分	92
单元 5	双速电动机控制线路的安装与调试	94
课题 5.1	按钮、接触器控制的双速电动机控制线路的安装与调试	94
5.1.1	变极原理	94
5.1.2	控制线路	95
5.1.3	线路安装	97
5.1.4	调试	97
5.1.5	注意事项	98
5.1.6	评分	99
课题 5.2	按钮、时间继电器控制的双速电动机控制线路的安装与调试	100
5.2.1	控制线路	100
5.2.2	线路安装	102
5.2.3	调试	102
5.2.4	注意事项	102
5.2.5	评分	103
单元 6	绕线转子电动机控制系统的安装与调试	104
课题 6.1	凸轮控制器控制转子绕组串电阻控制线路的安装与调试	104

6.1.1	绕线转子异步电动机	104
6.1.2	凸轮控制器	105
6.1.3	过流继电器	106
6.1.4	电阻器	107
6.1.5	控制线路	110
6.1.6	线路安装	111
6.1.7	调试	115
6.1.8	注意事项	115
6.1.9	评分	116
课题 6.2	按钮、接触器控制转子绕组串电阻控制线路的安装与调试	117
6.2.1	控制线路	117
6.2.2	线路安装	118
6.2.3	调试	119
6.2.4	注意事项	120
6.2.5	评分	121
课题 6.3	转子绕组串联频敏变阻器的控制线路的安装与调试	122
6.3.1	频敏变阻器	122
6.3.2	控制线路	123
6.3.3	线路安装	124
6.3.4	调试	125
6.3.5	注意事项	126
6.3.6	评分	126
单元 7	直流电动机调速系统的调试及故障处理	128
课题 7.1	概述	128
7.1.1	调速技术指标	128
7.1.2	直流电动机调速系统	129
7.1.3	转速负反馈调速系统	130
7.1.4	电压负反馈调速系统	131
7.1.5	电压负反馈与电流正反馈调速系统	132
7.1.6	电流截止负反馈（保护环节）	132
7.1.7	系统框图	132
课题 7.2	转速负反馈调速系统的调试与故障处理	133
7.2.1	系统分析	135
7.2.2	调试	136
7.2.3	常见故障处理	137
7.2.4	评分	138
课题 7.3	电压负反馈调速系统的调试与故障处理	139
7.3.1	系统分析	139

7.3.2	调试	142
7.3.3	常见故障处理	143
7.3.4	评分	144
课题 7.4	双闭环调速系统的调试与故障处理	145
7.4.1	系统分析	145
7.4.2	调试	148
7.4.3	常见故障处理	148
7.4.4	评分	149
单元 8	机床线路调试及故障处理	150
课题 8.1	机床线路调试及故障处理的方法	150
8.1.1	机床线路调试的方法	150
8.1.2	机床线路故障处理的方法	152
课题 8.2	CA6140 型车床电气控制线路的检修	157
8.2.1	电气控制线路分析	158
8.2.2	电气调试	161
8.2.3	常见电气故障	161
8.2.4	评分	163
课题 8.3	M7130 型平面磨床电气控制线路的检修	164
8.3.1	电气控制线路分析	164
8.3.2	电气调试	168
8.3.3	常见电气故障	169
8.3.4	评分	170
课题 8.4	Z3040 型摇臂钻床电气控制线路的检修	171
8.4.1	夹紧机构液压系统	171
8.4.2	电气控制线路分析	173
8.4.3	电气调试	177
8.4.4	常见电气故障	178
8.4.5	评分	178
课题 8.5	X62W 型万能铣床电气控制线路的检修	180
8.5.1	电气控制线路分析	181
8.5.2	电气调试	188
8.5.3	常见电气故障	189
8.5.4	评分	190
课题 8.6	T68 型卧式镗床电气控制线路的检修	191
8.6.1	电气控制线路分析	192
8.6.2	电气调试	199
8.6.3	常见电气故障	200
8.6.4	评分	201

课题 8.7 15/3t 桥式起重机电气控制线路的检修	202
8.7.1 桥式起重机安全要求事项	203
8.7.2 电气控制线路分析	203
8.7.3 电气调试	210
8.7.4 常见电气故障	212
8.7.5 评分	213
主要参考文献	214



工矿企业的各种生产设备主要依靠电动机来拖动，而电动机主要由各种低压电器组成的继电器-接触器控制系统实现控制，因此电器的结构、工作原理以及正确选用是学习和掌握后续控制线路的必备知识，也是今后从事各种机床及其他生产机械电气控制线路的安装、调试、维修的坚实基础。

课题 1.1 常用低压电器



学习目标

1. 通过观察，认识常见低压电器，知道低压电器的规格。
2. 会识读低压电器产品的型号。
3. 熟悉并掌握常见低压电器的图形和文字符号。
4. 熟悉常见低压电器的选用。

常用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、断开电路，以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。常见低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类，是成套电气设备的基本组成元器件。

低压电器种类繁多，用途广泛，构造各异。其主要分类有以下几种。

(1) 按动作方式分类

- 1) 手动电器：依靠外力直接操作进行切换的电器，如刀开关、按钮等。
- 2) 自动电器：依靠指令或物理量变化自动动作的电器，如接触器、继电器等。

(2) 按用途分类

- 1) 低压控制电器：主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用的电器，如刀开关、低压断路器等。
- 2) 低压保护电器：主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用的电器，如熔断器、热继电器等。

(3) 按结构分类

按结构可分为刀开关、刀形转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、继电器和主令电器等。

1.1.1 低压开关

低压开关主要用于电气控制设备及电路中，实现对电源的隔离、控制与保护，常用的有刀开关、断路器等。

1. 刀开关

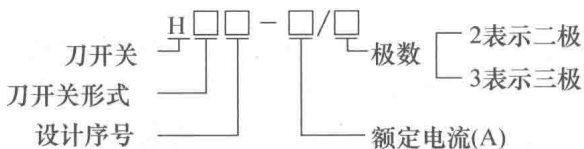
刀开关是一种结构简单、应用广泛的低压电器，常用的有开启式负荷开关（俗称胶盖闸刀开关）、封闭式负荷开关（俗称铁壳开关）和组合开关（又称转换开关），其外形如图 1.1.1 所示。



图 1.1.1 部分刀开关外形

(1) 刀开关型号意义

刀开关的型号意义示例如下：



刀开关形式：K—开启式负荷开关；H—封闭式负荷开关；

Z—组合式负荷开关

(2) 开启式负荷开关

开启式负荷开关主要由进线座、静触头、动触头、熔丝、出线座、胶盖等构成，其外形结构和符号如图 1.1.2 所示。

1) 使用注意事项。

- ① 必须垂直安装在控制屏或开关板上，严禁横装或倒装。
- ② 接通状态时手柄应朝上。
- ③ 接线时，电源端在上，负载端在下，否则在更换熔丝时会发生触电事故。

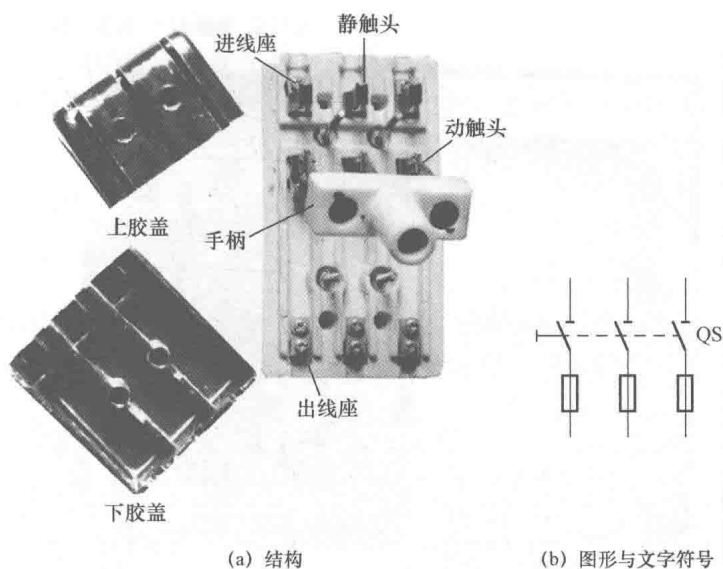


图 1.1.2 开启式负荷开关

④ 用于控制电动机时，电动机功率应不大于 5.5kW，应将开关的熔丝部分用铜导线连接，并加装熔断器作短路保护。

⑤ 拉合开关时，必须盖好胶盖，操作人员应站在开关侧面，动作迅速、准确，以免造成人员和开关的灼伤。

2) 选用。

① 用于照明线路时，额定电压选用 250V；如果是三相四线供电照明线路，额定电压应选用 380V。额定电流应等于或大于线路最大工作电流。

② 用于电动机直接起动控制，额定电压应选用 380V 或 500V，额定电流应等于或大于电动机额定电流的 3 倍。

(3) 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关主要由熔断器、速断弹簧、动触头、静触头、灭弧罩等构成，其外形及结构如图 1.1.3 所示，符号与开启式负荷开关相同。

1) 使用注意事项。

① 必须垂直安装，且高度一般不低于 1.3~1.5m。

② 开关外壳必须可靠保护接地，防止意外漏电而造成触电事故。

③ 接线时，电源端接静触头，负载接在熔断器一边的接线端子上。

④ 用于控制电动机时，电动机额定电流应不大于 100A。

⑤ 拉合开关时，必须盖好开关盖，操作人员应站在开关侧面，动作迅速、准确。

2) 选用。

① 用于照明线路时，选用的额定电压应大于或等于线路工作电压，额定电流等于或大于线路最大工作电流。

② 用于电动机直接起动控制，选用的额定电压应大于或等于电动机额定电压，额定电流应等于或大于电动机额定电流的 3 倍。

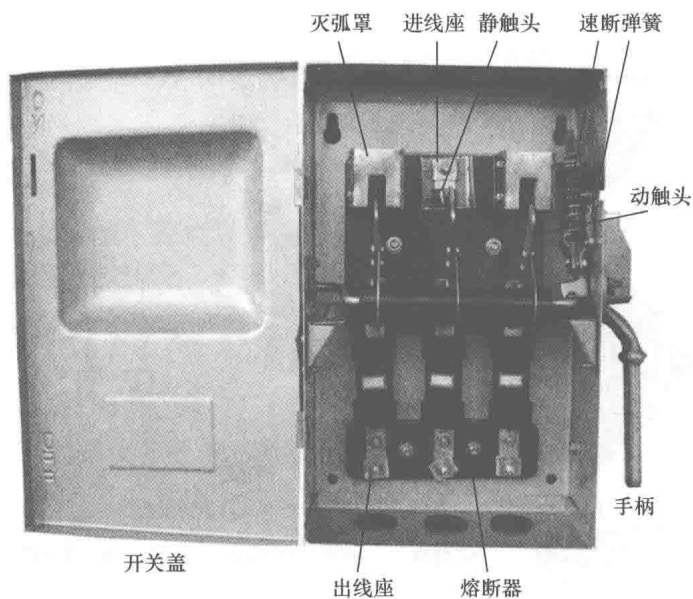


图 1.1.3 封闭式负荷开关

(4) 组合开关

组合开关主要由动触头、静触头、凸轮、转轴、接线柱等构成，其外形、结构和符号如图 1.1.4 所示。

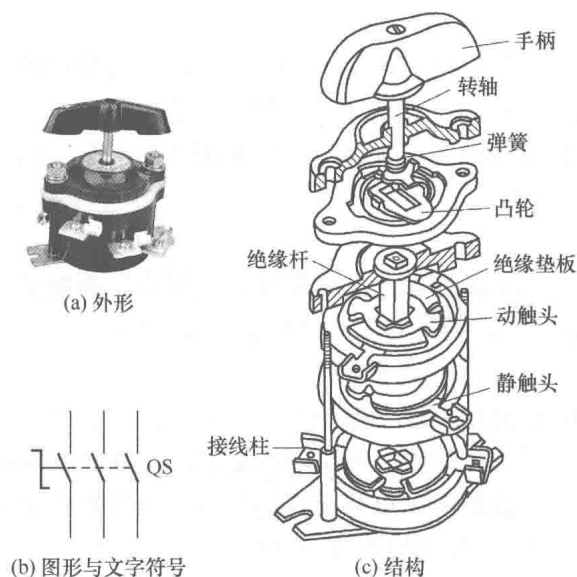


图 1.1.4 组合开关

1) 使用注意事项。

- ① 安装在控制箱内，开关在断开状态时应使手柄在水平旋转位置。
- ② 开关外壳必须可靠保护接地，防止意外漏电而造成触电事故。

- ③ 接线时，电源端接静触头，负载接在熔断器一边的接线端子上。
 - ④ 用于控制电动机时，电动机额定电流应不大于 100A。
 - ⑤ 组合开关分断能力较低，不能分断故障电流，且操作次数不超过 15~20 次/h。
- 2) 选用。组合开关应根据电压等级、触头数、接线方式、负载容量选用。用于电动机直接起动时，额定电流一般为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

2. 断路器

断路器俗称自动空气开关，是低压配电和电力拖动系统中常用的一种电器，它集保护、控制于一体，可以实现短路、过载、欠电压保护。其外形如图 1.1.5 所示。

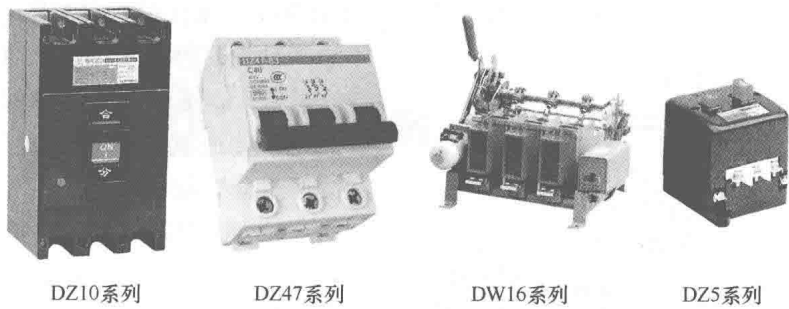


图 1.1.5 部分断路器外形

断路器主要由动触头、静触头、热脱扣器、电磁脱扣器等构成。其结构和符号如图 1.1.6 所示。

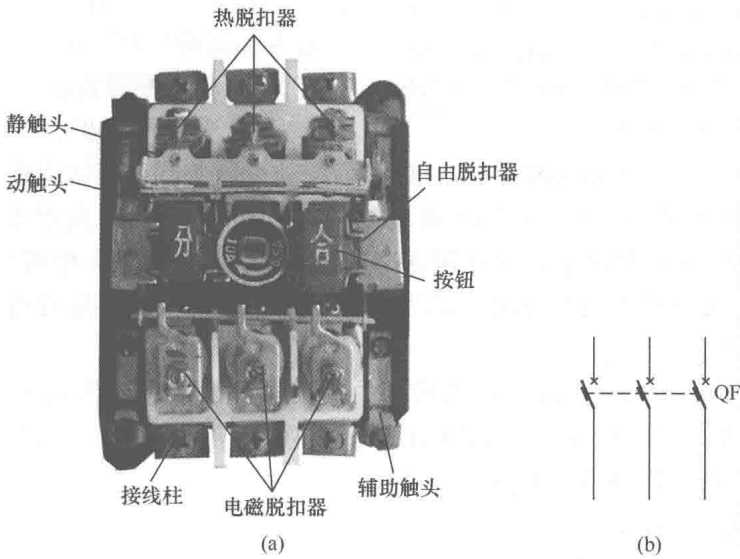
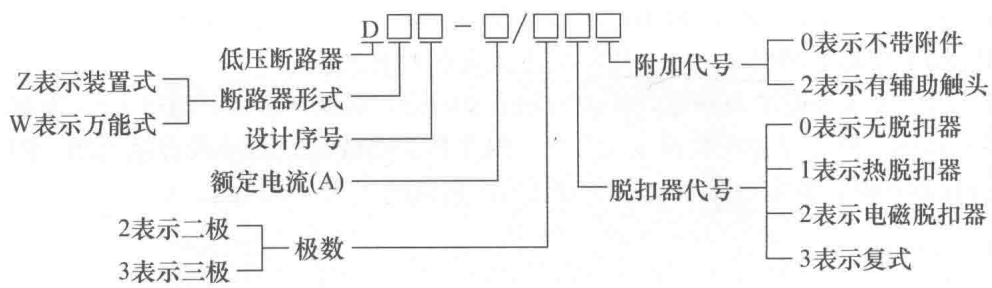


图 1.1.6 断路器结构和符号
(a) 结构；(b) 图形与文字符号

(1) 型号意义

断路器型号意义示例如下：



(2) 工作原理

断路器的工作原理图如图 1.1.7 所示。使用时断路器的三副主触头串联在被控制的三相电路中，按下“合”按钮，外力克服反作用弹簧 1 的反力，将固定在锁扣 3 上的

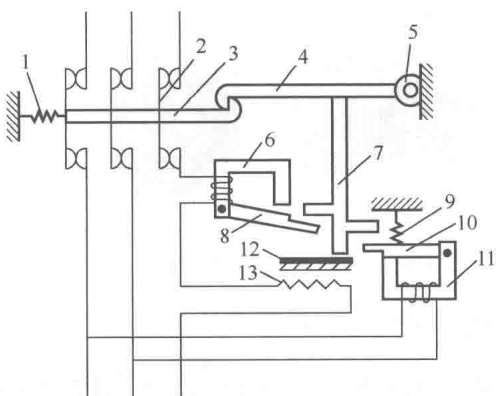


图 1.1.7 断路器工作原理示意图

- 1—反作用弹簧；2—触头；3—锁扣；4—搭钩；5—转轴座；
- 6—电磁脱扣器；7—杠杆；8—电磁脱扣器衔铁；
- 9—拉力弹簧；10—欠电压脱扣器衔铁；11—欠电压脱扣器；
- 12—双金属片；13—热元件

的动触头与静触头闭合，并由锁扣 3 锁住搭钩 4，使动触头与静触头闭合，开关处于接通状态。当需要分断电路时，按下“分”按钮即可。

1) 短路保护。当线路发生短路故障时，短路电流超过电磁脱扣器 6 的瞬时脱扣整定电流，电磁脱扣器 6 产生足够大的电磁吸力将衔铁 8 吸合，通过杠杆 7 推动搭钩 4 与锁扣 3 分开，反作用弹簧 1 拉动锁扣 3，使动、静触头断开，从而切断电路，实现短路保护。电磁脱扣器的瞬时脱扣电流出厂时一般整定为 10 倍的断路器额定电流。

2) 欠电压保护。当线路电压消失或下降到某一数值时，欠电压脱扣器 11 的吸力消失或减小到不足以克服拉力弹簧的拉力时，衔铁 10 在拉力弹簧 9 的作用下推动杠杆 7，将搭钩顶开，使触头分断，实现欠电压保护。《电能质量 供电电压允许偏差》(GB/T 12325—2008) 中规定：10kV 及以下三相供电电压允许偏差为额定电压的 $\pm 7\%$ ，220V 单相供电电压允许偏差为额定电压的 $+7\%$ 、 -10% 。

3) 过载保护。当线路电流超过所控制的负载额定电流时，热元件 13 发热，双金属片 12 受热弯曲，推动杠杆 7，将搭钩顶开，使触头分断，实现过载保护。热脱扣器的脱扣电流出厂时一般整定为断路器额定电流。

(3) 使用注意事项

- 1) 断路器应垂直安装在开关板上，电源接线端朝上，负载接线端朝下。
- 2) 断路器各脱扣器动作整定值一经整定好，不允许随意变动。
- 3) 断路器用作电源总开关或电动机的控制开关时，在电源进线侧必须加装刀开关或熔断器等，作为明显断开点。

注意：电器元件中带有色标的螺丝表示已经整定好，不得改变。

(4) 选用

- 1) 断路器额定电压和额定电流不小于线路的正常工作电压和计算负载电流。
- 2) 热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。
- 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，其瞬时脱扣电流整定值取 $I_Z \geq KI_{st}$ ，其中 K 为安全系数，取 1.5~1.7， I_{st} 为电动机的起动电流。
- 4) 欠电压脱扣器的额定电压应等于线路的额定电压。

1.1.2 熔断器

熔断器主要在低压配电和电力拖动系统中用于短路保护。其外形如图 1.1.8 所示。

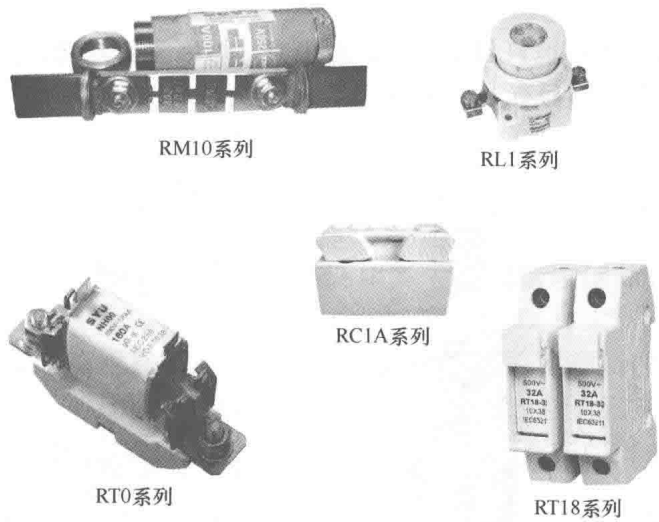


图 1.1.8 部分熔断器外形

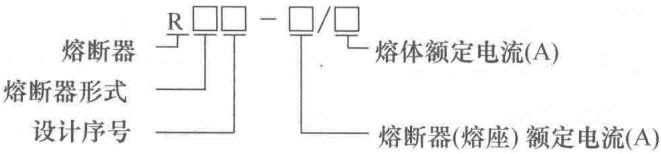
熔断器主要由熔体（保险丝）、熔管（保险丝保护外壳）、熔座（底座）三部分构成。不同形式的熔断器，构件有所不同。熔断器种类较多，最常用的是瓷插式和螺旋式。熔断器的符号如图 1.1.9 所示。



图 1.1.9 熔断器符号

1. 型号意义

熔断器型号意义示例如下：



熔断器形式：C—瓷插式；L—螺旋式；S—快速式；Z—自复式；
M—无填料封闭管式；T—有填料封闭管式