

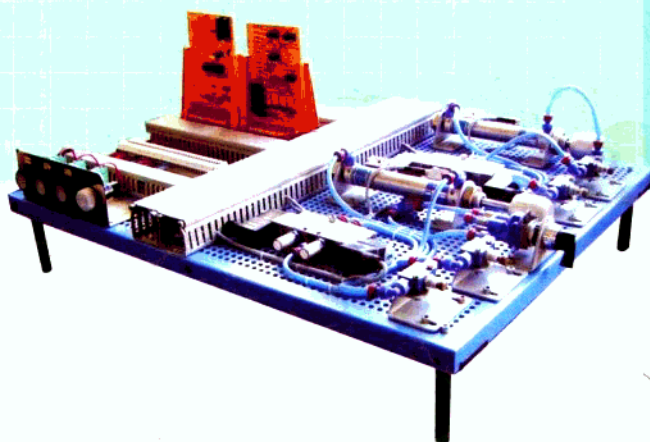
广东省教育厅推荐教材
高职招生考试指定用书

中等职业学校教学用书

Dian Dong Ji
Kong Zhi Xian Lu

电动机 控制线路

广东省中等职业学校教材编写委员会 组编



广东高等教育出版社

广东省教育厅推荐教材

| 高职招生考试指定用书 |

中等职业学校教学用书

电动机控制线路

广东省中等职业学校教材编写委员会 组编

电气专业教材编写组

总主编 / 杨少光

副总主编 / 韩亚兰 高小霞 吴德骏

本书主编 / 杨少光

主审 / 殷瑞祥

广州  广东高等教育出版社

内 容 简 介

本书共五章,主要内容有常用低压电器、三相交流异步电动机的基本控制线路、交流异步电动机的调速控制、直流电动机的控制、常用生产机械的电气控制线路等。介绍了电动机控制线路的组成和工作原理,除传统的继电器控制外,还介绍了变频器的结构、主要作用和控制方式,变频器的功能与接线和变频器的选用和安装等知识。书中安排了适量的技能训练,供读者在理解控制线路组成和工作原理的同时学习控制线路的连接。书中还附有大量的控制线路实例供参考;每章附有练习题供读者练习和技能鉴定的备考。

本书为中等职业学校电气技术应用、电气运行与控制、机电技术应用等专业的专业课及实训教材,也可作为初级、中级电气技术工人的培训教材,还可供电气技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动机控制线路/广东省中等职业学校教材编写委员会组编. —广州:广东高等教育出版社,2004.8(2009.1重印)

广东省教育厅推荐教材. 中等职业学校教学用书. 高职招生考试指定用书
ISBN 978-7-5361-3062-3

I. 电… II. 广… III. 电动机-控制电路-技术学校-教材 IV. TM321.02

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第091551号

广东高等教育出版社出版发行

地址:广州市天河区林和西横路

邮政编码:510500 电话:(020) 87551101 87555530

广东省茂名广发印刷有限公司印刷

开本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:16.25 插页:2 字数:375千

2004年8月第1版 2009年1月第6次印刷

印数:6 501—11 500册

定价:29.80元

前 言

科学技术日新月异，以电子信息技术为特征的知识经济已遍及人们生活的每个角落。知识经济呼唤现代技术和大批职业道德高尚，职业能力、创新能力、创业能力较强，能参与市场竞争的现代人才，这给为经济社会发展提供智力和人才支持的职业教育带来了机遇和挑战。职业教育的观念与制度、教学内容、教学方法、教学手段等方面的改革已迫在眉睫。

在20世纪的最后一年，广东、北京、广西三省（市、区）的职业教育同行，从课程改革和教材建设入手，编写了一套依托三省（市、区）支柱产业、糅合当今世界科技成果、体系比较完善、内容比较先进的中等职业学校教材。这套教材已试用了几年，在推动三省（市、区）职业教育改革与发展中起到了积极的作用。

进入21世纪，广东全力打造世界制造业重要基地，需要大量的现代人才；广东提出要率先实现现代化，也需要大量的现代人才作为支撑。培养现代人才，必须以现代的教育理念、现代的课程体系和教材、现代的教育教学方法，推进职业教育的现代化。根据广东的实际，有必要编写一套符合广东发展需要、具有广东特色的职业教育教材。为此，广东省中等职业学校教材编写委员会根据教育部新颁发的中等职业学校的课程教学大纲，结合全面实施国家九年义务教育和普通高中教育新课程标准，在认真总结三省（市、区）中等职业学校教材编写、使用经验的基础上，组织有关专家、作者广泛调查研究，认真听取职业教育院校师生和有关行业专家的意见，对原三省（市、区）中等职业学校教材进行了全面修改，并

新编了部分文化课和专业课教材，形成了一套完整的广东中等职业学校教材。各文化课和专业课教材经有关大中专院校教材研究专家以及有关行业专家、技术人员审定，具有系统性和权威性；教材保持了传统职业教育的基础性特色，又注意吸纳当今世界先进科技成果，结合广东省产业结构优化升级和职业教育的实际，因此具有实用性、科学性和先进性。

书中仍有不完善之处，敬请专家和广大读者批评指正。

广东省中等职业学校教材编写委员会
2006 年 5 月

编者说明

《电动机控制线路》是根据广东、北京、广西三省（市、区）中等职业技术学校教材编写委员会确定的教学计划和教学大纲编写的。内容有常用低压电器、三相交流异步电动机的基本控制线路、交流异步电动机的调速控制、直流电动机的控制和常用生产机械的电气控制线路等。

从教师的教学和学生的学习两方面考虑，在教材的编写中我们注意了以下几点：

1. 将控制线路工作原理的学习与控制线路的制作结合起来。在学习一种类型的基本控制线路后，安排一个与该基本控制线路有关的技能训练。目的是加深学生对控制线路工作原理的认识和理解，并使学生形成控制线路制作的技能，掌握控制线路故障的检查和排除方法。

2. 将新技术融入教材。交流电动机的变频调速，是近几年来使用越来越广泛的一门技术。学生了解变频器的基本结构、接线和使用方法，很有必要。因此，我们将变频器的基本知识编入教材，使学生在《电动机控制线路》的过程中，对变频器的应用有所了解 and 认识。

3. 教材的内容和教学要求充分考虑学生的发展需要。《电动机控制线路》是学生学习如《可编程控制器及其应用》等后续课程的基础，也是技术等级鉴定、专业资格认定的考核内容。所以，我们在编排教学内容、技能训练内容和练习题的内容时，既考虑学生后续课程学习的需要，也考虑学生参加技术等级鉴定、专业资格认定的需要。

本书由杨少光主编，第一章由曾飞茹编写，第二章由范飞林编写，第三章第一至第三节由梁俊武编写，第三章第四至第七节由杜从商编写，第四章由何锡江编写，第五章由谭立颖编写，全书的技

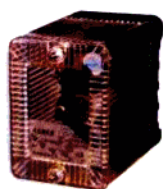
能训练和练习题由杨少光编写。杨少光对全书进行统稿并作修改。

本教材在编写过程中,得到广州白云行知职业技术学校、江门第一职业高级中学、珠海第三中等职业学校的协助;浙江亚龙教学仪器有限公司为教材的编写提供了帮助,并提供了资料和图片。在此表示感谢。

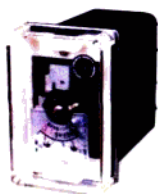
对本书中的错误和不妥之处,恳请老师和读者提出批评和修改意见。

电工专业教材编写组

2004 年 4 月



电压继电器 DJ



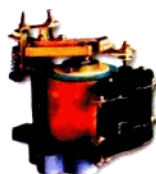
电流继电器 DJ



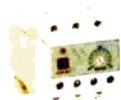
继电器 GL



继电器 J114



继电器 JT3



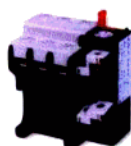
热继电器 JDA



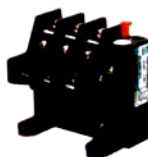
热继电器 JR16



热继电器 JR28



热继电器 JR36



热继电器 TCR36



时间继电器 AH2-Y



时间继电器 ATDV



时间继电器 DH



时间继电器 DH14



时间继电器 JS-7A



时间继电器 JSS1



时间继电器 LA2



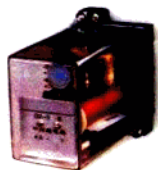
时间继电器 ST6P



中间继电器 DZ



中间继电器 DZ-200



中间继电器 DZ-30B



中间继电器 JZ7



中间继电器 YZJ11



接触器(直流 1)



接触器(直流 2)



接触器(直流 JT18)



接触器(直流 JT3)



接触器 CJ12



接触器 CJ12a



接触器 CJ16



接触器 CJ201



接触器 CJ20S



接触器 CJT1



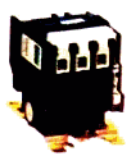
接触器 CJT1a



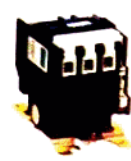
接触器 CJX1 (3TB)



接触器 CJX1



接触器 CJX1a



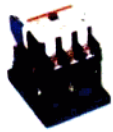
接触器 CJX2



接触器 CJX2 - N



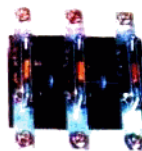
接触器 CJX8



接触器 SC



刀开关 CA10



刀开关 HD17



刀开关 HH3



刀开关 HK2



刀开关 HK8



刀开关 HR3



刀开关 HR6



刀开关 HR10



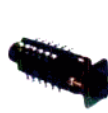
转换开关 HZ10



转换开关 HZ5



转换开关 LW



转换开关 LW1



继电器 1



继电器 2



继电器 DZ12



继电器 DZ5



继电器 H



继电器 NS



继电器 TGM1



继电器 TGM47



继电器 TGM6



继电器 ZFW1



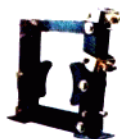
Y - Δ启动器



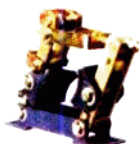
Y - Δ启动器



倒顺开关



电磁抱闸



电磁抱闸



调速电阻



调速电阻



频敏变阻器



频敏变阻器



凸轮控制器



凸轮控制器



主令控制器



熔断器 HG30



熔断器 NCT



熔断器 RL1



熔断器 RL5



熔断器 Ro26



熔断器 RS3



熔断器 RT12



熔断器 RT14



熔断器 RT19



熔断器 RT0



按钮 LA



按钮 5821



按钮 BS



按钮 LA2



按钮 LA2 - 4



按钮 LA3



按钮 LA4



位置开关(脚踏 1)



位置开关(脚踏 2)



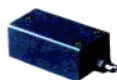
位置开关 JLW15



位置开关 JLK1



位置开关 JW2



位置开关 LX1



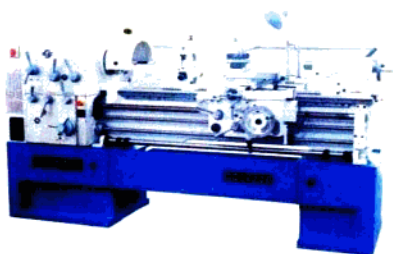
位置开关 LX10



位置开关 LX1K



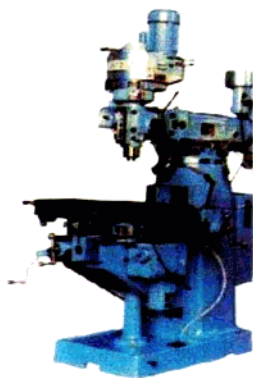
位置开关 LX - 28



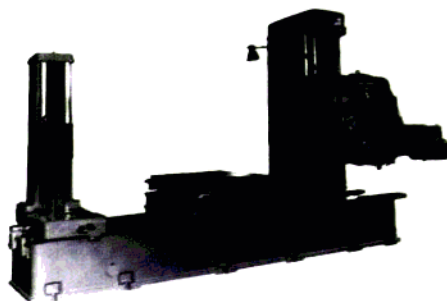
CDL 型普通车床



CD 系列 A 型普通车床



X63250 铣床



T68 卧式镗床

(彩色图片由浙江亚龙教学设备有限公司提供)

目 录

第一章 常用低压电器	(1)
第一节 熔断器	(1)
技能训练一 熔断器的安装与熔体更换	(6)
第二节 低压开关	(7)
技能训练二 组合开关的拆装	(13)
第三节 接触器	(14)
技能训练三 交流接触器的检查与吸合电压、释放电压的测量	(21)
第四节 继电器	(24)
技能训练四 热继电器性能试验	(39)
第五节 主令电器	(41)
练习题	(46)
第二章 三相交流异步电动机的基本控制线路	(55)
第一节 电动机控制线路图的绘制、阅读与制作	(55)
第二节 三相交流异步电动机的单向运行控制线路	(60)
技能训练五 单向连续转动控制线路的制作	(64)
第三节 三相交流异步电动机的正反转控制线路	(67)
技能训练六 双重联锁正反转控制线路的制作	(72)
第四节 生产机械的位置控制与自动往返控制线路	(75)
技能训练七 自动往返控制线路的制作	(78)
第五节 顺序控制线路	(81)
技能训练八 两台电动机顺序控制线路的制作	(84)
第六节 笼式三相交流异步电动机降压启动控制线路	(87)
技能训练九 按钮、时间继电器切换的Y- Δ 降压启动控制线路的制作	(94)
第七节 笼式三相交流异步电动机的制动控制线路	(97)
技能训练十 半波整流能耗制动控制线路的制作	(104)
第八节 绕线式三相交流异步电动机的启动	(107)
练习题	(114)
第三章 交流异步电动机的调速控制	(121)
第一节 笼式三相交流异步电动机变极调速控制线路	(121)
技能训练十一 时间继电器切换的双速电动机控制线路的制作	(124)
第二节 绕线式三相交流异步电动机的调速控制	(128)
第三节 电磁调速异步电动机的控制线路	(130)
第四节 变频器的基本结构、主要作用与控制方式	(132)

第五节 变频器端子的功能与接线	(139)
第六节 变频器的选用与安装	(152)
第七节 变频器的应用	(156)
技能训练十二 变频器的接线与基本操作	(160)
练习题	(165)
第四章 直流电动机的控制	(172)
第一节 直流电动机的基本控制线路	(172)
第二节 直流电动机的调速控制线路	(178)
第三节 自动控制概述	(181)
第四节 直流电动机转速负反馈调速线路	(187)
第五节 直流电动机的电压负反馈调速线路	(191)
第六节 直流电动机的电流反馈调速线路	(192)
练习题	(194)
第五章 常用生产机械的电气控制线路	(202)
第一节 车床的电气控制线路	(202)
第二节 万能铣床的电气控制线路	(208)
技能训练十三 X62W 万能铣床电气控制线路故障的检查与排除	(217)
第三节 镗床的电气控制线路	(222)
技能训练十四 T68 卧式镗床电气控制线路故障的检查与排除	(229)
第四节 桥式起重机的电气控制线路	(233)
练习题	(243)

第一章 常用低压电器

对电路工作状态进行检测的电气元件，根据生产过程确定电路的工作状态以及对工作状态实现调节、转换的控制元件，保护电气元件和生产设备正常工作的保护装置等，统称为电器。工作电压在交流 1 000 V 及 1 000 V 以下或直流 1 200 V 及 1 200 V 以下的电器称作低压电器。

低压电器的种类很多，使用广泛，本章主要介绍用于电动机控制线路中的熔断器、低压开关、接触器、继电器和主令电器等。

第一节 熔 断 器

熔断器是电动机控制线路中作过载和短路保护的低压电器。在使用时，它串接在所保护的电路中，当电路发生短路或严重过载时，熔体熔断而自动切断电路，从而对电路起到保护作用。熔断器具有结构简单、体积小、质量小、价格低廉和使用维护方便等优点。

一、熔断器的结构与技术数据

（一）熔断器的结构

熔断器主要由熔体（俗称保险丝）和安装熔体的底座（或熔管）两部分组成。

熔体是熔断器的载流部分。在电路电流正常时，熔体使电路保持接通状态；在电路出现过载或短路，电流超过规定值时，熔体熔断而切断电路，防止电气事故的发生。熔体通常制成丝状或片状，制作熔体的材料有两种：一种是低熔点材料，如铅锡合金等，低熔点材料制作的熔体在熔断时产生的电弧不易熄灭，只能用于小电流的电路；另一种是高熔点材料，如银、铜等，高熔点材料制作的熔体在熔断时产生的电弧容易熄灭，多用于大电流电路中。

底座的主要作用是承装熔体；在熔体熔断时，底座还有帮助熄灭电弧的作用。底座用绝缘材料制作。

（二）熔断器的技术数据

熔断器的技术数据包括熔体的技术数据和底座的技术数据两部分。

① 熔体的技术数据

熔体的技术数据有额定电流和熔断电流。

1. 额定电流 长期通过熔体，而熔体不会熔断的最大电流称作熔体的额定电流。熔体的额定电流用符号 I_{NRT} 表示。

2. 熔断电流 在 30 ~ 40 s 内，能使熔体熔断的最小电流称为熔体的熔断电流。熔体的熔断电流用符号 I_{RD} 表示。通常熔体的熔断电流为额定电流的两倍，即 $I_{RD} = 2I_{NRT}$ 。

电流通过熔体时产生的热量跟电流的平方和通电时间成正比，熔体达到熔点所需要吸收的热量是一定的，因而通过熔体的电流越大，熔体熔断的时间就越短。熔体的安秒特性表示熔体熔断时间与通过熔体电流的关系。

熔体的安秒特性曲线如图 1-1-1 所示，常用熔体的安秒特性数值如表 1-1-1 所示。

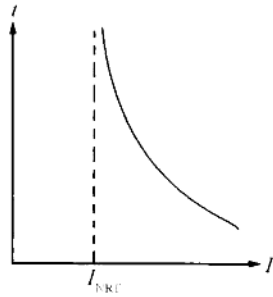


图 1-1-1 熔体的安秒特性

表 1-1-1 常用熔体的安秒特性

熔断电流	$1.25I_{NRT}$	$1.6I_{NRT}$	$2I_{NRT}$	$2.5I_{NRT}$	$3I_{NRT}$	$4I_{NRT}$
熔断时间	∞	1 h	40 s	8 s	4.5 s	2.5 s

② 底座的技术数据

底座的技术数据有额定电压、额定电流和极限分断电流。

1. 额定电压 熔断器长期正常工作而不损坏的最高电压称作熔断器的额定电压，用 U_{NRG} 表示。

2. 额定电流 熔断器长期正常工作而不损坏的最大电流称作熔断器的额定电流，用符号 I_{NRG} 表示。

3. 极限分断电流 熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流称作极限分断电流，用 I_{nm} 表示。极限分断电流反应熔断器断开电流的能力，若通过熔断器的电流超过极限分断电流，在熔体熔断时可能会出现电弧不能熄灭、电路不能断开的危险。

使用熔断器时必须注意：熔断器的额定电流应不小于熔体的额定电流，即：

$$I_{NRG} \geq I_{NRT}$$

二、常用的低压熔断器

常用的低压熔断器有瓷插式、螺旋式、封闭管式、自复式和快速熔断器等。

(一) 瓷插式熔断器

瓷插式熔断器由底座、瓷盖、动触头、静触头及熔体等组成，主要用作低压分支电路的短路保护。常用的瓷插式熔断器 RC1A 系列的结构如图 1-1-2 (a) 所示，在电气原理图中熔断器图形符号如图

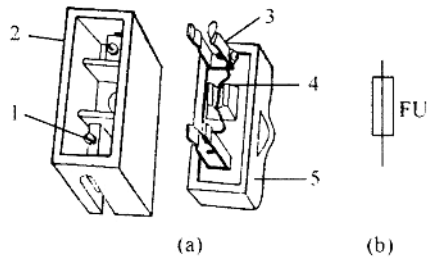


图 1-1-2 RC1A 熔断器的结构和图形符号

(a) 熔断器的结构 (b) 熔断器的图形符号

1. 静触头 2. 底座 3. 动触头
4. 熔体 5. 瓷盖

1-1-2 (b)所示。RC1A 系列熔断器的技术数据如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 RC1A 系列瓷插式熔断器的技术数据

型 号	U_{NRC}/V	I_{NRG}/A	I_{NRT}/A	I_{Nm}/A
RC1A-5	380	5	2、5	250
RC1A-10	380	10	2、4、6、10	500
RC1A-15	380	15	6、10、15	1 500
RC1A-30	380	30	20、25、30	
RC1A-60	380	60	40、50、60	3 000
RC1A-100	380	100	80、100	
RC1A-200	380	200	120、150、200	

RC1A 系列熔断器结构简单，更换熔体方便，价格便宜，但极限分断电流小，同时熔体熔断时会产生电弧且不易熄灭。在易燃易爆、多尘埃的工作场所禁止使用 RC1A 系列熔断器。

(二) 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器主要由瓷帽、熔断管、瓷套、上、下接线端子及底座等组成，常用螺旋式熔断器 RL1 系列的外形及结构如图 1-1-3 所示。常用螺旋式熔断器的技术数据见表 1-1-3。

RL1 系列螺旋式熔断器的熔断管内装有熔体和用于熄灭电弧的石英。在熔断管的一端有熔断指示色点，熔体熔断时色点自动脱落。使用时将熔断管有熔断指示色点的一端向上。RL1 系列螺旋式熔断器具有极限分断电流大、熔体更换方便、安全可靠和有熔体熔断指示等特点，多用在机床控制电路中作短路保护。

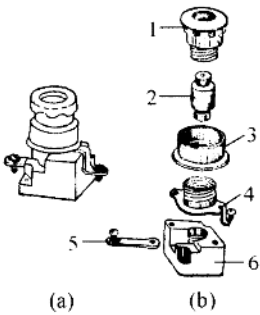


图 1-1-3 RL1 系列螺旋式熔断器
(a) 外形 (b) 结构

1. 瓷帽 2. 熔断管 3. 瓷套
4. 上接线端子 5. 下接线端子 6. 底座

表 1-1-3 常用螺旋式熔断器的技术数据

型 号	U_{NRC}/V	I_{NRG}/A	I_{NRT}/A	I_{Nm}/kA
RL1	500	15	2、4、6、10、15	2
		60	20、15、30、35、40、50、60	3.5
		100	60、80、100	20
		200	100、125、150、200	50
RL2	500	25	2、4、6、10、15、20、25	1
		60	25、35、50、60	2
		100	80、100	3.5

(三) 封闭管式熔断器

封闭管式熔断器分为无填料、有填料和快速三种。

① 无填料封闭管式熔断器

RM10 系列无填料封闭管式熔断器由厚壁钢纸管、黄铜套管、铜帽、插刀和截面宽窄不均匀的锌片熔体等组成, 其外形与结构如图 1-1-4 所示。

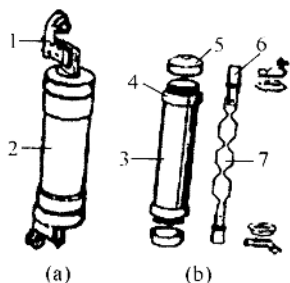


图 1-1-4 RM10 系列无填料
封闭管式熔断器

(a) 熔断器 (b) 熔管结构

1. 底座 2. 钢纸管 3. 钢纸管 4. 黄铜套管
5. 铜帽 6. 插刀 7. 熔体

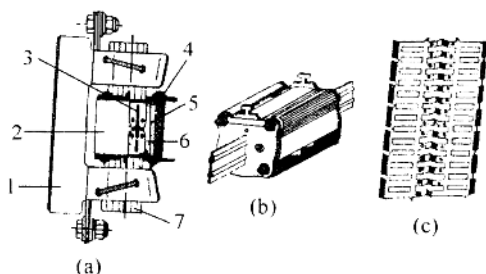


图 1-1-5 RTO 系列有填料
封闭管式熔断器

(a) 熔断器 (b) 熔管 (c) 锡桥熔体

1. 底座 2. 熔管 3. 锡桥熔体 4. 熔断指示器
5. 石英砂填料 6. 指示器熔体 7. 插刀

短路或过载电流通过熔体时, 熔体的狭颈部首先熔断, 接着截面较大的熔体掉下, 形成较大的电弧间隙, 有利于电弧的熄灭; 同时, 厚壁钢纸管在电弧高温下产生高压气体, 使电弧能够迅速熄灭。因此, RM10 系列无填料封闭管式熔断器的极限分断电流可达 $10 \sim 20 \text{ kA}$ 。RM10 系列熔断器用在低压电力线路与成套配电设备中作短路和过载保护。

② 有填料封闭管式熔断器

RTO 系列有填料封闭管式熔断器, 由熔管、锡桥熔体、底座、插刀、指示器熔体、石英砂填料和熔断指示器等组成, 其外形与结构如图 1-1-5 所示。

熔管内石英砂填料的作用是散热和帮助熄灭电弧, 因而 RTO 系列熔断器的灭弧能力强, 极限分断电流大, 用在具有较大短路电流的电力输配电系统中作短路和过载保护。

③ 快速熔断器

RS 系列和 RLS 系列是快速熔断器, 主要用作硅整流元件及其成套装置的短路和过载保护。

(四) 自复式熔断器

自复式熔断器采用金属钠或特殊合金等做熔体, 是一种新型的熔断器。在通过正常工作电流时, 熔体呈低阻状态, 保持电路正常工作。当电路发生短路或过载故障时, 熔体温度升高, 电阻增大呈高阻状态, 从而限制了故障电流。当故障排除后, 熔体温度降低, 又恢复低阻状态, 使电路正常工作。自复式熔断器的优点是能反复使用, 缺点是不能切断故障电路。

三、熔断器的型号及其意义

熔断器型号的表示方法和型号中各部分的意义如下: