



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
五年制高等职业教育电类专业教学用书

电气控制技术

杨玉菲 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

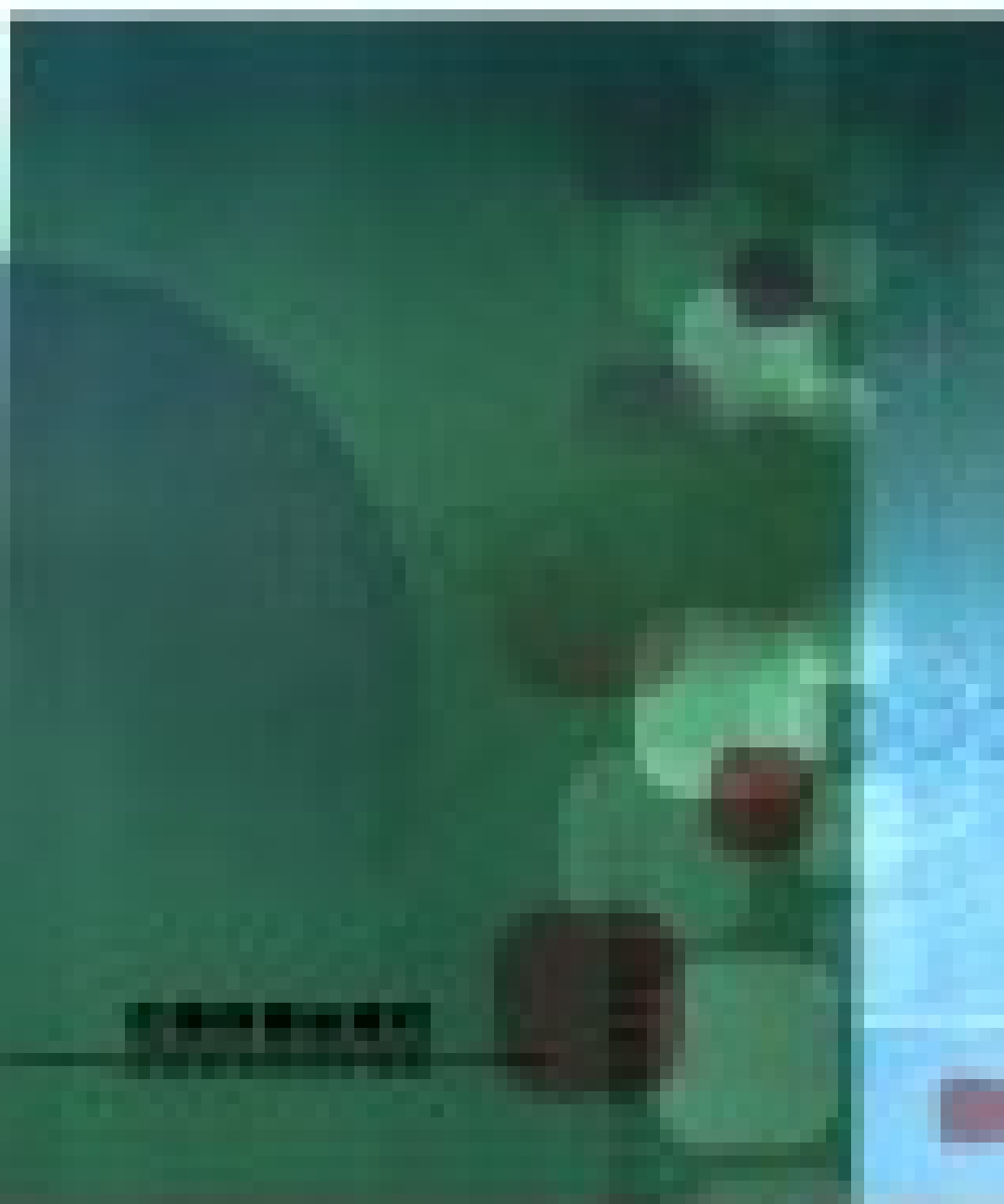
010110101010101



中国矿业大学北京
北京 100083

电气控制技术

第 2 版



电气控制技术

杨玉菲 主 编
岳丽英 副主编
胡基士 赵 莉 主 审

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 6 年 · 北 京

内 容 简 介

本书是教育部职业教育与成人教育司推荐教材,注重理论与应用的结合,密切联系实际。全面系统的阐述了电气控制的基本理论以及在实际中的应用,内容包括了常用的低压电器、继电器-接触器控制电路的基本线路、常用机床的电气控制线路分析、组合机床电气控制电路、起重设备的电气控制线路、继电器-接触器控制系统的设计等内容,书后有很多实训项目,供学生实验时用。为便于教学,每章配有小结及思考与练习题。

本书是高等职业技术教育电气类以及机电一体化专业教材,也可供电气技术工人培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制技术/杨玉菲著. —北京:中国铁道出版社,

2006. 12

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7-113-06625-9

I. 电… II. 杨… III. 电气控制-高等学校:技术学校-教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 144011 号

书 名:电气控制技术

作 者:杨玉菲 主编

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:阚济存

封面设计:冯龙彬

印 刷:北京市彩桥印刷有限责任公司

开 本:787×1092 1/16 印张:14.75 字数:365千

版 本:2006年12月第1版 2006年12月第1次印刷

印 数:1~3 000册

书 号:ISBN 7-113-06625-9/TP·2165

定 价:28.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话 010-51873133 发行部电话 010-51873124

前 言

本教材是由全国铁路高职和中专教学指导委员会组织编写,教育部职业教育与成人教育司推荐教材。本书适用于高等职业技术教育电气类及以电为主的机电一体化专业的教材。可供五年制或三年制高职学生使用,也可作为电气技术工人的培训教材。

本书共分六章,第一章介绍了电器的基本知识,提出了电气控制课程的性质、内容、任务和要求,选择性的介绍了基本常用的低压控制电器,这些都是继电器-接触器控制线路中常用的低压电器。第二章在常用低压控制电器的基础上介绍了由各种继电器和主令电器组成的基本单元电路,为了提高学生分析问题的能力,还在各种单元基本电路中加入了故障分析和相关的练习。第三章介绍了典型生产机械的电气控制线路,主要分析了应用广泛的普通车床、磨床、摇臂钻床、X62W型卧式万能铣床、T68型卧式镗床的电气控制线路;还根据生产实际,列出了常用机床控制线路的分析和维修方法。第四章中简单介绍了组合机床控制电路的基本控制环节和组合机床的电气控制线路,还有组合机床的PLC控制系统。第五章专门介绍起重设备的电气控制线路,主要讲解了20/5t桥式起重机的控制线路和电动葫芦以及梁式起重机的电气设备,并根据现场的实用情况进行了故障分析;第六章介绍继电器-接触器控制系统的设计等基本内容,叙述了电气控制系统设计的基本原则和内容、电气控制电路图的设计及常用控制电器的有关内容。每章后还附有思考与练习题,供学生自学或课后复习用。

为了方便电气控制课程的教学,力求结合生产实际,教材中加入了专业技能的实训项目。在本教材的附录中提供了与教材对应的各个单元的实训项目和基本电路,实训设备的接线和基本的故障查找方法,突出了应用环节和实践指导,以供在教学中参考。

本书采用了新的国家标准规定的文字符号和图形符号,力求体现新知识。

本教材前六章为理论教学内容,附录为教学实践内容。教学中可将理论和实践联系起来,提高学员的动手能力。

本书由西安铁路职业技术学院杨玉菲主编,北京铁路电气化学校岳丽英任副主编。具体编写分工为:杨玉菲编写第一、二章,苏州机电高等职业技术学校林健荣编写第三、四章,岳丽英编写第五、六章,附录由西安铁路职业技术学院赵飞燕编写。

本书由教育部推荐专家西南交通大学胡基士和内江铁路机械学校赵莉主审。

本书在编写过程中,得到了各方面的大力支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。

由于编者的水平有限,敬请读者对书中的错误和不足之处给予批评指正,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

编者

2006年11月

目 录

绪 论

第一章 常用低压电器

第一节 电器的基本知识	3
第二节 熔断器	6
第三节 开关电器	14
第四节 主令电器	25
第五节 接触器	29
第六节 继电器	37
第七节 其他控制器件	51
本章小结	53
思考与练习题	54

第二章 继电器-接触器控制电路的基本线路

第一节 电气控制系统中常用的文字符号	56
第二节 电气控制系统图	58
第三节 三相笼型异步电动机全压起动控制线路	63
第四节 三相笼型异步电动机减压起动控制线路	74
第五节 三相绕线转子异步电动机起动控制线路	82
第六节 三相异步电动机的调速控制线路	86
第七节 三相异步电动机的制动控制线路	88
第八节 电气控制的保护环节	93
本章小结	95
思考与练习题	95

第三章 常用机床的电气控制

第一节 卧式车床电气控制线路	100
第二节 磨床电气控制线路	103
第三节 摇臂钻床电气控制线路	109
第四节 卧式万能铣床电气控制线路	115
第五节 卧式镗床电气控制线路	123

第六节 常用机床控制线路的分析和维修	128
本章小结	134
思考与练习题	134

第四章 组合机床简介

第一节 概 述	136
第二节 组合机床控制线路基本环节	137
第三节 组合机床电气控制线路	140
第四节 组合机床的 PLC 控制系统	143
本章小结	147
思考与练习题	148

第五章 起重机的电气控制线路

第一节 桥式起重机概述	150
第二节 凸轮控制器及其控制线路	153
第三节 保护配电箱的电气原理	157
第四节 主令控制器的控制线路	159
第五节 20/5 t 桥式起重机的控制线路及其故障分析	164
第六节 电动葫芦和梁式起重机的电气设备	168
本章小结	169
思考与练习题	170

第六章 继电器-接触器控制系统的设计

第一节 电气控制系统设计的基本原则和内容	171
第二节 电力拖动方案的确定和电动机的选择	172
第三节 继电器-接触器控制系统设计的一般要求	173
第四节 电气控制电路图的设计	177
第五节 常用控制电器的选择	186
第六节 生产机械电气设备施工设计	189
本章小结	194
思考与练习题	192

附 录 继电器-接触器控制实训项目

概 述	195
实训 1 三相异步电动机点动和自锁控制线路	200
实训 2 三相异步电动机的正反转控制线路	204
实训 3 工作台自动往返循环控制线路	207
实训 4 顺序控制线路	209
实训 5 两地控制线路	211
实训 6 三相鼠笼式异步电动机的降压起动控制线路	212

实训 7 三相线绕式异步电动机的起动控制线路	215
实训 8 双速异步电动机的控制线路	216
实训 9 三相异步电动机的制动控制线路	218
实训 10 C620 型车床的电气控制线路	220
实训 11 M7130 平面磨床的电气控制线路	222
实训 12 电动葫芦电气控制电路实训	224
实训 13 X62W 型铣床模拟控制线路的调试分析	225
参 考 文 献	228

结 论

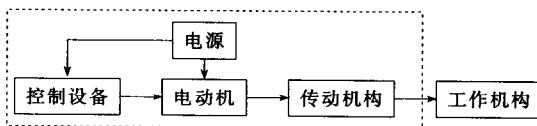
在工农业生产中,使用着大量的生产机械,如车床、钻床、铣床、磨床、镗床、水泵、空气压缩机、轧钢机等,这些设备的运转都需要原动力来拖动。由于电力在生产、传输、分配、使用和控制等方面的优越性,所以在生产实践中电动机拖动被广泛的应用。用电动机来拖动生产机械就称为电力拖动。

为了让电动机能按生产需要进行工作状态的变换,需要对电动机进行控制,如电动机的启动、制动、反转及调速等。完成这些功能的设备就称为控制设备。将控制设备(如低压电器、主令电器等)按一定规律连接起来的线路就称为电气控制线路。电气控制线路主要是完成对电动机的电气控制。

一、电力拖动

(一) 电力拖动系统的组成

电力拖动系统的组成,如下图所示。



1. 电源

电源是电动机和控制设备的能源,分为交流电源和直流电源。

2. 电动机

电动机是生产机械的原动机,其作用是将电能转换成机械能。电动机可分为交流电动机和直流电动机。

3. 控制设备

控制设备用来控制电动机的运转,由各种控制电动机、电器、自动化元件及工业控制计算机等组成。

4. 传动机构

传动机构是在电动机与生产机械的工作机构之间传递动力的装置,如减速箱、传动带、联轴器。

(二) 电力拖动的特点

1. 经济方便

电能的生产、变换、传输都比较经济,分配、检测和使用也比较方便。

2. 效率高

电力拖动比蒸汽、压缩空气的拖动效率要高,且传动机构简单。

3. 调节性能好

电动机的类型很多,具有各种运行特性,可适应不同生产机械的需要,且电力拖动系统的起动、制动、调速、反转等控制简便、迅速,能实现较理想的控制目的。

4. 易于实现生产过程的自动化

由于电力拖动可以实现远距离控制与自动调节,且各种非电量(如位移、速度、温度等)都可以通过传感器转变为电量作用于拖动系统,因而能实现生产过程的自动化。

(三) 电力拖动的发展概况

按电力拖动系统中电动机的组合数量,电力拖动的发展经历了成组拖动、单电动机拖动和多电动机拖动三个阶段。

1. 成组拖动

成组拖动是由一台电动机拖动传动轴,再由传动轴通过传动带分别拖动多台生产机械。这种拖动方式能量损耗大,效率低,且不能利用电动机的调速性能,不能实现自动控制,当电动机一旦出现故障,则大批生产机械都要停止运转,因此早已被淘汰。

2. 单电动机拖动

由一台电动机拖动一台生产机械,从而简化了中间传动机构,提高了效率,转速也提高了,同时可充分利用电动机的调速性能,易于实现自动控制。

3. 多电动机拖动

随着现代工业生产的迅速发展,生产机械越来越复杂,一台生产机械上往往有许多运动部件,如果仍用一台电动机拖动,生产机械上的传动机构将十分复杂,因此出现了一台生产机械中由多台电动机分别拖动不同的运动部件的拖动方式,称为多电动机拖动。这种拖动简化了生产机械的传动机构,提高了传动效率,且容易实现自动控制,提高劳动生产率。目前常用的生产机械大多数采用这种拖动方式。

从电力拖动的控制方式来分,可分为断续控制系统和连续控制系统两种。在电力拖动发展的不同阶段两种拖动方式占有不同的地位,且呈现交替发展的趋势。

伴随着电力拖动的出现而产生的是由手动控制电器控制电动机运转的手动断续控制方式,随后逐步发展为由按钮、继电器、接触器和主令电器等组成的继电器接触式有触点断续控制方式。这种控制系统结构简单、工作稳定、成本低、维护方便,不仅可以方便地实现生产过程的自动化,而且可实现集中控制和远距离控制,所以目前生产机械中仍广泛采用。这也是本教材重点介绍的内容。

二、本课程的任务和要求

本课程是高等职业技术学校电类专业的一门集专业理论与技能训练于一体的课程。课程范围是常用低压电器的结构、选用及维护;继电器-接触器的基本控制线路;常用生产机械的电气控制线路及一般故障处理等。

通过本课程的学习,掌握与电力拖动有关的专业理论知识和操作技能,培养理论联系实际和分析解决一般技术问题的能力。其基本要求是:掌握常用低压电器的功能、结构、工作原理、选用原则及其维修方法;掌握电动机基本控制线路的构成、工作原理、分析方法及其安装、调试与维修;掌握常用生产机械电气控制线路的分析方法及其安装、调试与维修。





第一章 常用低压电器

工作在交流额定电压 1 200 V 及以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电器称为低压电器。低压电器是电力拖动控制系统中的基本组成元件,控制系统的可靠性、先进性、经济性都与所选用的低压电器有直接关系,低压电器作为基本器件,广泛应用于输配电系统和电力拖动系统中,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。本章主要介绍常用低压电器的结构、工作原理、型号、规格、用途及使用方法。

第一节 电器的基本知识

一、电器的定义及分类

1. 电器的定义

凡是自动或手动接通和断开电路以及能实现对电路或非电对象进行切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的电器元件统称为电器。工作在交流额定电压 1 200 V 及以下、直流额定电压 1 500 V 及以下的电气设备均称为低压电器。电力拖动自动控制系统中均采用低压电器。

2. 低压电器的分类

(1) 按用途分类

① 控制电器

用于各种控制电路和控制系统的电器,例如接触器、各种控制继电器、控制器、起动器等。

② 主令电器

用于自动控制系统中发送控制指令的电器,如控制按钮、主令开关、行程开关、万能转换开关等。

③ 保护电器

用于保护电路及用电设备的电器。如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

④ 配电电器

用于电能输送和分配的电器。如断路器、刀开关等。

⑤ 执行电器

用于完成某种动作或传动功能的电器。如电磁铁、电磁离合器等。

(2) 按工作原理分类

① 电磁式电器

依据电磁感应原理来工作的电器。如交直流接触器、各种电磁式继电器。

② 非电量控制电器

电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器。如刀开关、行程开关、按

钮、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

3. 低压电器中的常用术语

(1) 通断时间

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

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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。

(6) 短路接通能力

在规定条件下,包括开关电器的出线端短路在内的接通能力。

(7) 短路分断能力

在规定条件下,包括电器的出线端短路在内的分断能力。

(8) 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。

(9) 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。

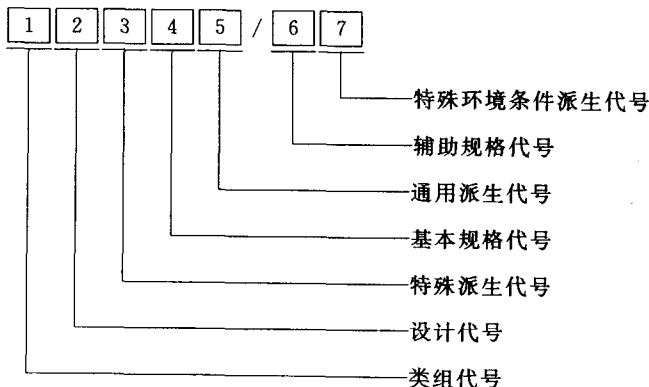
(10) 电(气)寿命

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。

二、低压电器的型号

我国的低压电器产品型号适用于下列 12 大类产品:刀开关和转换开关、熔断器、断路器、控制器、接触器、起动器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁。

低压电器产品型号组成形式及含义如下:



1. 低压电器产品型号类组代号用字母表示,最多三个,如表 1-1 所示。
2. 设计代号用数字表示,位数不限,其中两位及两位以上的首位数字为 9 表示船用;“8”表示防爆用;“7”表示纺织用;“6”表示农业用;“5”表示化工用。
3. 特殊派生代号用汉语拼音字母表示,表示全系列在特殊情况下变化的特征,一般不用。
4. 基本规格代号用数字表示,位数不限。
5. 通用派生代号用汉语拼音字母表示,如表 1-2 所示。
6. 辅助规格代号用数字表示,位数不限。
7. 特殊环境条件派生代号用汉语拼音字母表示,如表 1-3 所示。

表 1-1 低压电器产品型号类组代号表

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关				刀开关		封闭式负荷开关		开启式负荷开关					熔断式刀开关	刀形转换开关					其他	组合开关
R	熔断器			插入						螺旋式	密封管式				快速	有填料管式			限流	其他	
D	断路器									照明	灭磁				快速		框架式	限流	其他	塑料外壳式	
K	控制器					鼓形					平面					凸轮				其他	
C	接触器					高压		交流			中频				时间					其他	直流
Q	起动器	按钮式		磁力				减压							手动		油浸		星三角	其他	综合
J	控制继电器									电流				热	时间	通用		温度		其他	中间
L	主令电器	按钮							主令控制器						主令开关	足踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其他	
Z	电阻器		板形元件	冲片元件		管形元件									烧结元件	铸铁元件			电阻器	其他	
B	变阻器			旋臂式						励磁		频敏	起动		石墨	起动调速	油浸扇动	液体起动	滑线式	其他	

续上表

代号	名称	A	B	C	D	G	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
T	调整器				电压																
M	电磁铁												牵引					起重			制动
A	其他		保护	插销	灯		接线盒			铃											

表 1-2 通用派生代号

派生字母	代表意义
A、B、C、D...	结构设计稍有改进或变化
J	交流、防溅式
Z	直流、自动复位、防震、重任务
W	无灭弧装置
N	可逆
S	有锁住机构、手动复位、防水式、三相、三个电源、双线圈
P	电磁复位、防滴式、单相、两个电源、电压
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	密封式、灭磁
Q	防尘式、手牵式
L	电流式
F	高返回、带分励脱扣

表 1-3 特殊环境条件派生代号

派生字母	说明	备注
T	按湿热带临时措施	此项派生代号加注在产品全型号后
TH	湿热带	
TA	干热带	
G	高原	
H	船用	
Y	化工防腐用	

第二节 熔断器

一、熔断器的用途

熔断器是低压配电网和电力拖动系统中主要用作短路或过载保护的电器。利用金属导体作为熔体串联在被保护的电路中,当电路发生过载或短路故障时,通过熔断器的电流超过某一规定值时,以其自身产生的热量使熔体熔断,从而自动分断电路,起到对线路或设备的保护作用。由于它具有结构简单、价格便宜、体积小、重量轻、使用维护方便等优点,因此得到广泛

应用。

二、熔断器的结构与主要技术参数

1. 熔断器的结构

熔断器一般由熔断体和底座组成。熔断体主要包括熔体、填料(有的没有填料)、熔管、触刀、盖板、熔断指示器等部件。熔断器结构图如图 1-1 所示。

熔体是熔断器的主要组成部分,常做成丝状、片状或栅状。熔体的材料通常有两种,一种是由铅、铅锡合金或锌等低熔点材料制成,多用于小电流电路;另一种是由银、铜等较高熔点的金属制成,多用于大电流电路。

熔管是熔体的保护外壳,用耐热绝缘材料制成,在熔体熔断时兼有灭弧作用。

熔座是熔断器的底座,作用是固定熔管和外接引线。

2. 熔断器的主要技术参数

(1) 额定电压

熔断器的额定电压是指熔断器长期工作和熔断后能承受的电压。要注意的是:熔断器的额定电压是它各个部件(熔断器支持件、熔断体)的额定电压最低值。熔断器的交流额定电压等级有:220、380、415、500、600、1 140 V;直流额定电压等级有:110、220、440、800、1 000、1 500V。若熔断器的实际工作电压大于其额定电压,熔体熔断时可能会发生电弧不能熄灭的危险。

(2) 额定电流

熔断器的额定电流是指保证熔断器能长期正常工作的电流,是由熔断器各部分长期工作时的允许温升决定的。熔断器的额定电流包括熔断体的额定电流和熔断体支持件的额定电流(也称为熔断器的额定电流),一般熔断体的额定电流从熔断体支持件的额定电流系列中选取。熔断体支持件的额定电流代表了与它一起使用的熔断体额定电流的最大值,它与熔体的额定电流是两个不同的概念。熔体的额定电流是指在规定的条件下,长时间通过熔体而熔体不熔断的最大电流值。通常,一个额定电流等级的熔断器可以配用若干个额定电流等级的熔体。但熔体的额定电流不能大于熔断器的额定电流值。

熔断器的额定电流等级有:2、4、6、10、12、16、20、25、32、40、50、63、80、100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1 000、1 250 A 等。

(3) 额定分断能力

在规定的条件下,熔断器在规定电压下能分断的预期电流值表征了熔断器的额定分断能力。预期电流是指当电器由一个阻抗可以忽略不计的导体代替时,电路内可能流过的电流,常用极限分断电流值来表示。

(4) 时间-电流特性

熔断器的时间-电流特性又称保护特性,也称为安秒特性,它是熔断器的基本特性。是指在规定工作条件下,表征流过熔体的电流与熔体熔断时间关系的函数曲线,也称保护特性或熔断特性,如

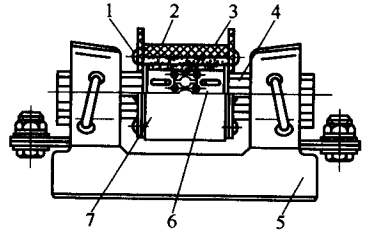


图 1-1 有填料密闭管式熔断器

- 1—熔断指示器;2—石英砂填料;
3—熔管;4—触刀;5—底座;
6—熔体;7—熔断体。

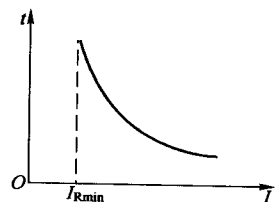


图 1-2 熔断器的时间-电流特性

图1-2 所示。

从特性上可看出,熔断器的熔断时间随着电流的增大而减小,即熔断器通过的电流越大,熔断时间越短。一般熔断器的熔断时间与熔断电流的关系如表 1-4 所示(表中 I_N 为额定电流值)。

表 1-4 熔断器的熔断电流与熔断时间的关系

熔断电流 I_s/A	$1.25 I_N$	$1.6 I_N$	$2.0 I_N$	$2.5 I_N$	$3.0 I_N$	$4.0 I_N$	$8.0 I_N$	$10.0 I_N$
熔断时间 t/s	∞	3600	40	8	4.5	2.5	1	0.4

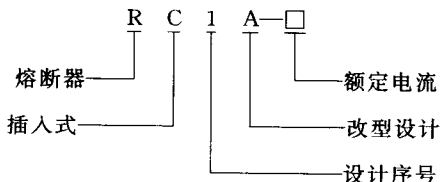
可见,熔断器对过载反应是很不灵敏的,当电气设备发生轻度过载时,熔断器将持续很长时间才熔断,有时甚至不熔断。因此,除在照明电路中外,熔断器一般不宜用作过载保护,主要用作短路保护。

三、常用的低压熔断器

常用的低压熔断器有半封闭插入式、无填料封闭管式、有填料封闭管式快速熔断器和自复式等。

1. RC1A 系列插入式熔断器(瓷插式熔断器)

(1)型号及含义



(2)结构

RC1A 系列插入式熔断器是将熔丝用螺丝固定在瓷盖上,然后插入底座,它由瓷座、瓷盖、动触头、静触头及熔丝等 5 个主要部分组成,其结构如图 1-3 所示。

RC1A 系列插入式熔断器的技术参数如表 1-5 所示。

(3)用途

RC1A 系列插入式熔断器结构简单,更换方便,价格低廉,一般用在交流 50 Hz、额定电压 380 V 及以下、额定电流 200 A 及以下的低压线路末端或分支电路中作为电气设备的短路保护和过载保护。由于可靠性较差,现在这种系列的熔断器已趋向淘汰。

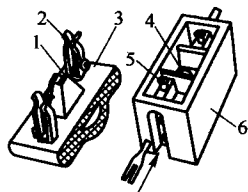
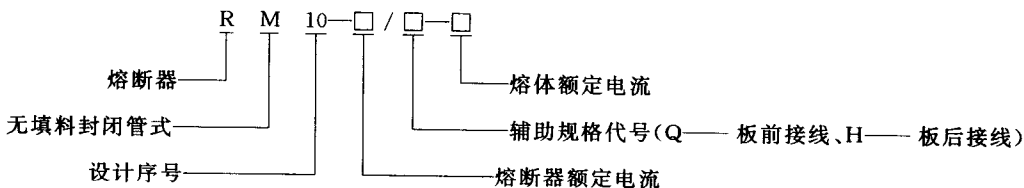


图 1-3 RC1A 系列插入式熔断器

1—熔丝;2—动触头;3—瓷盖;
4—空腔;5—静触头;6—瓷座。

2. RMI0 系列无填料封闭管式熔断器

(1)型号及含义



(2)结构

RMI0 系列无填料封闭管式熔断器主要由纤维管、变截面的锌熔片、夹头及夹座等部分组