



全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材

QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN YITIHUAJIAOXUE DIANQIZHUANYE TONGYONGJIAOCAI

电气控制

DIANQI KONGZHI

主编 房金菁 阎伟



D Q K Z



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn



全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材
QUANGUO GAOZHIGAOZHUAN YITIHUAJIAOXUE DIANQIZHUANYE TONGYONGJIAOCAI

电气控制

DIANQI KONGZHI

主编 房金菁 阎伟



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制/房金菁,阎伟主编. — 济南:山东科学技术出版社,2005.6
全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材
ISBN 7-5331-4095-8

I. 电... II. ①房...②阎... III. 电气控制—高等学校:技术学校—教材 IV. TM571

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 053003 号

全国高职高专一体化教学(电气专业)通用教材

电气控制

主编 房金菁 阎 伟

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:聊城市东方印刷有限责任公司

地址:聊城市湖西路

邮编:252000 电话:(0635)8421173

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:9.25

版次:2005年8月第1版第1次印刷

ISBN 7-5331-4095-8

TM·50

定价:16.00 元



QIANYAN

直流电机、交流电机的相继问世,拉开了电气控制技术的帷幕。在工农业生产中,几乎所有的生产机械都由以电力为原动力的电动机来拖动,这种拖动方式称为电力拖动。电力拖动有许多优点,它能实现生产过程的自动控制和远距离控制,可以减轻工人的劳动强度。而从集中传动到单独传动、多电机传动等方式的过渡,又使生产机械的传动机构大为简化,减少了传动损耗。总之,采用电力拖动可以实现生产过程的自动化,提高生产效率和产品质量,改善劳动条件。

电气控制技术涉及的元件种类繁多,一些传统的元件还在被人们进一步认识并开拓出新的应用领域,而另一批新的元件又不断被研制出来,满足国民经济各个领域新的需求。

随着生产过程自动化程度的提高,现代电力拖动系统中应用了许多新的控制电路,如电子无触点控制电路、可编程控制器(简称 PLC)、计算机控制技术等,以实现电动机和其他电气设备控制过程的自动化,但继电—接触器控制仍是最基本的控制方式,被广泛应用于电气行业中。

本课程是电气技术、工业电气自动化、机电一体化等专业专科教育的一门基础课,也是一门实践性较强的课程。课程的任务是使学生掌握常用低压电器、交流电机、直流电机与同步电机的电气控制线路的工作原理、分析计算、常见故障分析等基础知识。教材从低压电器讲起,由浅入深,通俗易懂;对相关章节的内容均通过实训加以验证和总结。

本教材立足于高职应用型教育这一特点,以“加强基础知识、重视实践技术、培养动手能力”为指导思想,注重培养学生的工程设计、工程应用能力,体现一体化教材的特色。

实训项目安排在基础知识讲述的同时进行,以使学生学习随实践,提高分析和解决实际问题的能力。学生通过学习应达到以下要求:

1. 能综合运用本课程中所学的知识独立完成设计和修理项目;
 2. 会查阅技术手册和文献资料,具有独立工作的能力;
 3. 熟练掌握常用低压电器的拆装、试验与故障处理等技术;
 4. 熟练掌握基本电力拖动控制线路的安装、试车、元件选型与故障处理等技术;
 5. 培养认真的工作作风、严谨的科学态度和扎实的实践技能。
- 学习本课程时,注意动脑与动手的结合,要重视实训。

全书共六章。内容上既介绍传统的电器元件及其最新应用,又将该领域发展的前沿介绍给读者。全书力求简明扼要,循序渐进,图文并茂。各章均有习题及实训项目,还附有各类电器元件的性能和型号表等供查阅。实训项目可由各学校根据实训条件自行安排,教材中的实训内容只选择了几个有代表性的项目。

本书由济南铁道职业技术学院房金菁和山东劳动职业技术学院阎伟担任主编,由济南商贸学校郭增担任副主编,山东劳动职业技术学院孟令海和山东商业职业技术学院曹罡参与了编写工作。其中郭增和曹罡编写第一章,房金菁编写第二、三、六章,阎伟和孟令海编写第四、五章。

本课程授课课时安排表

授课内容	基础知识	实训
课时	40	40

本书由评审专家在百忙之中认真审阅,并提出宝贵的修改意见,在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,难免有错误和不妥之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

BIANXIESHUOMING

近年来,我国职业教育蓬勃发展。国家教育部多次在全国教育系统会议上强调:“高职教育必须以就业为导向”。这就要求高职教育要培养适合市场需要的应用型技术人才,即高职教育培养的学生应具备扎实的理论水平和熟练的操作技能。

理论与实践相结合的“一体化教学”模式是高职教育在教学改革中探讨出的新方式。目前“双师型”教师在职业院校的比重不断增加,而教材的一体化建设却远远没有做到。目前,各职业院校中使用的教材大多还是理论与实践分开的,编写一套适合高职教育的一体化教学模式的规范教材成为当前一项紧迫的课题。

为了贯彻“一体化教学”在高职教育中实施的指导思想,山东科学技术出版社在充分调研的基础上,组织省内外 10 多家职业院校共同研讨,决定编写一套适合一体化教学特色的教材,并聘请了有丰富经验的专家和工程师负责,组织在职业教育一线教学的“双师型”教师参加编写工作。

这套教材的主要特色有以下几个方面:

1. 吸收和借鉴各地职业院校教学改革的成功经验,保证理论与实践的紧密结合。在每章节中都穿插典型实例,章节后有典型、实用的实训项目及必要的训练要求,从而真正体现了“一体化教学”模式的特点。
2. 在一些重要课程中编写了课题设计及工程实践内容,力求贴近工业现场,体现了技能训练向工业现场的自然过渡。
3. 教材编写时力求简练实用,贯彻国家关于职业资格证书制度与就业制度相衔接的有关精神,实训项目的选取参考了该专业相关国家职业技能鉴定(高级)标准。
4. 本套教材层次清楚,内容详实,易学易教,方便自学,在内容选取上体现了知识的代表性和技术的前瞻性。

本套教材可作为高职高专相关专业的“一体化教学”的通用教材,也可结合国家教育部两年制高职教育的试点推行使用,还可在各类职业院校、相关职业培训学校中使用;另外也可作为工程技术人员学习的参考读物。希望读者提出宝贵意见,使本套教材得到不断的充实与完善,为职业教育一体化教学的改革发挥助推作用。

山东科学技术出版社

MULU

第一章 低压电器	1
第一节 低压电器基本知识	1
第二节 开关及主令电器	2
第三节 熔断器	13
第四节 交流接触器	16
第五节 继电器	19
第六节 常用的新型低压电器	29
本章小结	36
习题	36
实训一 常用开关电器的拆装	37
实训二 交流接触器的拆装	38
实训三 常用继电器的拆装	38
第二章 电气识图	40
第一节 电气图的常用符号	40
第二节 电气图的绘制	44
第三节 电气原理图的识读	49
本章小结	53
习题	54
实训	54
第三章 三相异步电动机的基本控制线路	56
第一节 三相异步电动机单向运行控制线路	56
第二节 三相异步电动机正反转控制线路	60
第三节 鼠笼式异步电动机的起动控制线路	63
第四节 三相绕线式异步电动机起动控制线路	72
第五节 三相鼠笼式异步电动机制动控制线路	78
第六节 多速异步电动机的起动控制线路	84
第七节 多台电动机的顺序控制线路	86
本章小结	88
习题	88

实训一	电动机直接起动控制线路	91
实训二	电动机可逆旋转控制线路	92
实训三	电动机 Y- Δ 降压起动控制电路	94
第四章	直流电动机的基本控制线路	96
第一节	并励直流电动机的基本控制线路	97
第二节	串励直流电动机的基本控制线路	105
本章小结	.....	110
习题	.....	110
实训一	并励直流电动机起动、调速控制线路的安装、接线与 调试	110
实训二	并励直流电动机正反转控制线路的安装、接线与调试	112
实训三	串励直流电动机串电阻起动控制线路的安装和调试	114
第五章	三相同步电动机的基本控制线路	116
本章小结	.....	120
习题	.....	121
实训	三相同步电动机异步起动控制线路的安装	121
第六章	电气控制线路的设计	123
第一节	设计的基本原则和内容	123
第二节	电气控制线路的设计方法	125
第三节	电气控制线路设计中的电动机选择	128
第四节	电气控制线路设计中的元器件选择	130
第五节	生产机械电气设备施工设计	134
本章小结	.....	136
习题	.....	137
实训	车床主轴电动机与润滑油泵电动机的控制电路	137
参考文献	.....	138



第一章 低压电器

本章要点

- 常用低压电器的结构、功能与技术参数
- 常用低压电器的使用、拆装及维修技术
- 几种新型电器

本章难点

- 时间继电器和接触器的工作原理
- 新型电器元件的接线原理

根据外界特定的信号和要求自动或手动接通或断开电路,断续或连续改变电路参数,实现对电路或非电对象的接通、切换、保护、检测、控制、调节作用的设备称为电器。

低压电器是设备电气控制系统中的基本组成元件,控制系统的优劣与所用的低压电器直接相关。电气技术人员只有掌握低压电器的基本知识和常用低压电器的结构及工作原理,并能准确选用、检测和调整常用低压电器元件,才能够分析设备电气控制系统的工作原理,处理一般故障及维修。

随着科学技术的飞速发展,自动化程度不断提高,电器的应用范围日益扩大,品种不断增加。尤其是随着电子技术在电器中的广泛应用,近年来出现了许多新型电器。

本章将着重介绍常用的低压电器的结构、动作原理和应用,对新型电器也将作简单介绍。

第一节 低压电器基本知识

电器在实际电路中的工作电压有高低之分,工作于不同电压下的电器可分为高压电器和低压电器两大类。凡工作在交流电压 1200V 及以下,或直流电压 1500V 及以下电路

中的电器称为低压电器。

一、低压电器的分类

低压电器种类繁多,分类方法有很多种。

1. 按动作方式分类

(1)手动控制电器:依靠外力(如人工)直接操作来进行切换的电器,如刀开关、按钮等。

(2)自动控制电器:依靠指令或物理量(如电流、电压、时间、速度等)变化而自动动作的电器,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,控制电路的接通、分断以及电动机的各种运行状态,如刀开关、接触器、按钮等。

(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,保护电源和线路或电动机,使它们不至于在短路状态和过载状态下运行,如熔断器、热继电器等。

有些电器既有控制作用,又有保护作用,如行程开关既可控制行程,又能作为极限位置的保护;自动开关既能控制电路的通断,又能起短路、过载、欠压等保护作用。

3. 按执行机理分类

(1)有触点电器:这类电器具有动触点和静触点,利用触点的接触和分离来实现电路的通断。

(2)无触点电器:这类电器无触点,主要利用晶体管的开关效应,即导通或截止来实现电路的通断。

二、低压电器的组成

低压电器一般都有两个基本部分。一个是感受部分,它感受外界信号,作出有规律的反应,在自动控制电器中,感受部分大多由电磁机构组成;在手动控制电器中,感受部分通常是操作手柄等。另一个是执行部分,如触点连同灭弧系统,它根据指令,执行电路接通、切断等任务。对于自动空气开关类的低压电器,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。

第二节 开关及主令电器

一、刀开关

刀开关是手动控制电器,它是一种结构最简单且应用最广泛的低压电器,常用来作为电源的引入开关或隔离开关,也可用于小容量的三相异步电动机不频繁地起动或停止的



控制。

1. 刀开关的结构

刀开关有开启式负荷开关和封闭式负荷开关之分。以开启式负荷开关为例,它的结构示意图和符号如图 1.1 所示。



图 1.1 刀开关结构示意图和符号

刀开关的瓷底板上装有进线座、静触点、熔丝、出线座和刀片式的动触点,外面装有胶盖,不仅可以保证操作人员不会触及带电部分,并且分断电路时产生的电弧也不会飞出胶盖外面而灼伤操作人员。图 1.2 是刀开关的实物图。

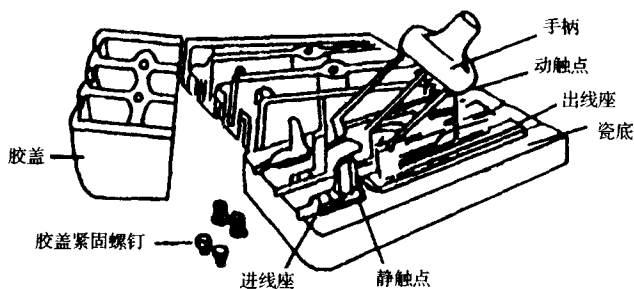


图 1.2 刀开关的实物图

2. 刀开关的选择与使用

(1) 刀开关的选择:

①用于照明或电热负载时,负荷开关的额定电流等于或大于被控制电路中各负载额定电流之和。

②用于电动机负载时,开启式负荷开关的额定电流一般为电动机额定电流的 3 倍;封闭式负荷开关的额定电流一般为电动机额定电流的 1.5 倍。

(2) 刀开关的使用:

①负荷开关应垂直安装在控制屏或开关板上使用。

②对负荷开关接线时,电源进线和出线不能接反。开启式负荷开关的上接线端应接电源进线,负载则接在下接线端,以便于安全地更换熔丝。

③封闭式负荷开关的外壳应可靠地接地,防止意外漏电使操作者发生触电事故。

④更换熔丝应在开关断开的情况下进行,且应更换与原规格相同的熔丝。

3. 型号含义及技术参数

(1)型号含义:刀开关型号含义见图 1.3。

(2)技术参数:刀开关的技术参数见表 1-1。

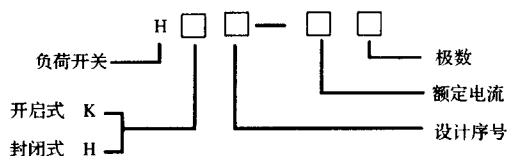


图 1.3 刀开关型号含义

表 1-1

刀开关技术参数

型号	极数	额定电流 (A)	额定电压 (V)	电动机容量 (kW)	配用熔丝规格				
					线径(mm)		成分(%)		
							铅	锡	锑
HK1	2	15	220	1.5	1.45	1.59	98	1	1
	2	30	220	3.0	2.30	2.52			
	3	15	380	2.2	1.45	1.59			
	3	30	380	4.0	2.3	2.52			

4. 常见故障及修理方法

刀开关常见故障及修理方法见表 1-2。

表 1-2

刀开关常见故障及修理方法

故障现象	产生原因	修理方法
合闸后一相或两相没电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 夹座弹性消失或开口过大 2. 熔丝熔断或接触不良 3. 夹座、动触头氧化或有污垢 4. 电源进线或出线头氧化 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换夹座 2. 更换熔丝 3. 清洁夹座或动触头 4. 检查进出线头
动触头或夹座过热或烧坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开关容量太小 2. 分、合闸时动作太慢造成电弧过大,烧坏触头 3. 夹座表面烧毛 4. 动触头与夹座压力不足 5. 负载过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换较大容量的开关 2. 改进操作方法 3. 用细锉刀修整 4. 调整夹座压力 5. 减轻负载或调换较大容量的开关
封闭式负荷开关的操作手柄带电	<ol style="list-style-type: none"> 1. 外壳接地线接触不良 2. 电源线绝缘损坏碰壳 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查接地线 2. 更换导线

二、组合开关

组合开关又称转换开关,作为控制电器,组合开关在机床设备和其他设备中使用十分广泛。它体积小,灭弧性能比刀开关好,接线方式有多种。常用于交流 380V 以下,直流 220V 以下的电气线路中,供手动不频繁地接通或分断电路,也可控制小容量交、直流电动机的正反转、星—三角起动和变速换向等。它的种类很多,有单极、双极、三极和四极等几种。常用的是三极的组合开关,其外形、符号如图 1.4 所示。

1. 组合开关的结构与工作原理

常用的 HZ10 系列组合开关的结构如图 1.5 所示。该系列开关是国家设计产品,其通



用性强,技术性能及经济效果均好。3LB 和 3ST 系列组合开关是从德国西门子公司引进的产品。



图 1.4 组合开关的外形和符号

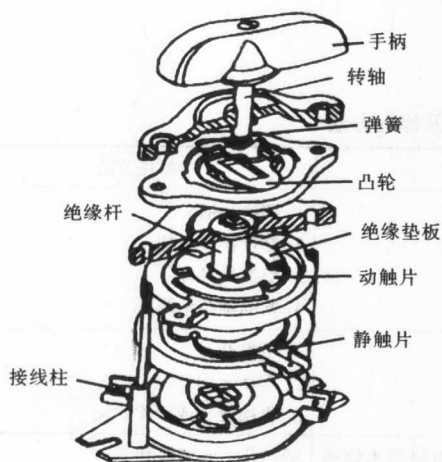


图 1.5 组合开关结构图

组合开关由三个分别装在三层绝缘件内的双断点桥式动触片、与盒外接线柱相连的静触点、绝缘方轴、手柄等组成。动触片装在附有手柄的绝缘方轴上,方轴随手柄而转动,于是动触片随方轴转动并变更与静触片分、合的位置。

2. 组合开关的选择与使用

(1) 组合开关的选择:

①用于照明或电热电路时,组合开关的额定电流应等于或大于被控制电路中各负载电流的总和。

②用于电动机电路时,组合开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

(2) 组合开关的使用:

①组合开关的通断能力较低,当用于控制电动机作可逆运转时,必须在电动机完全停止转动后,才能反向接通。

②当操作频率过高或负载的功率因数较低时,转换开关要降低容量使用,否则会影响开关寿命。

3. 型号含义及技术参数

(1)型号含义:组合开关型号含义见图 1.6。

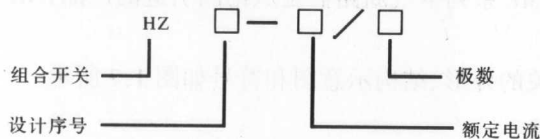


图 1.6 组合开关型号含义

(2)技术参数:组合开关技术参数见表 1-3。



表 1-3

组合开关技术参数

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	极限操作电流 (A)		可控制电动机最大 容量和额定电流	
				接通	分断	容量(kW)	额定电流(A)
HZ10-10	交流 380	6	单极	94	62	3	7
		10					
HZ10-25		25	2,3	155	108	5.5	12
HZ10-60		60					
HZ10-100	100						

4. 组合开关的常见故障及修理方法

组合开关常见故障及修理方法见表 1-4。

表 1-4

组合开关常见故障及修理方法

故障现象	产生原因	修理方法
手柄转动后,内部触头未动作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 手柄的转动连接部件磨损 2. 操作机构损坏 3. 绝缘杆变形 4. 轴与绝缘杆装配不紧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调换手柄 2. 修理操作机构 3. 更换绝缘杆 4. 紧固轴与绝缘杆
手柄转动后,三副触头不能同时接通或断开	<ol style="list-style-type: none"> 1. 开关型号不对 2. 修理开关时触头装配得不正确 3. 触头失去弹性或有尘污 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更换开关 2. 重新装配 3. 更换触头或清除污垢
开关接线柱相间短路	因铁屑或油污附在接线柱间造成导电将胶木烧焦或绝缘破坏形成短路	清扫开关或调换开关

三、自动空气开关

自动空气开关又称自动开关或自动空气断路器。它既是控制电器,同时又具有保护电器的功能。当电路中发生短路、过载、失压等故障时,能自动切断电路。在正常情况下也可用于不频繁地接通和断开电路或控制电动机。

自动空气断路器按结构型式可分为塑壳式(又称装置式)和框架式(又称万能式)两类。其中 3VE 系列和 ME 系列空气断路器是从德国引进的产品;AH 系列断路器是从日本引进的产品。

常用自动空气开关的外形、结构示意图和符号如图 1.7 所示。

1. 工作原理

主触点通常是由手动的操作机构来闭合的,闭合后主触点被锁钩锁住。如果电路中发生故障,脱扣机构就在有关脱扣器的作用下将锁钩脱开,于是主触点在释放弹簧的作用下迅速分断。

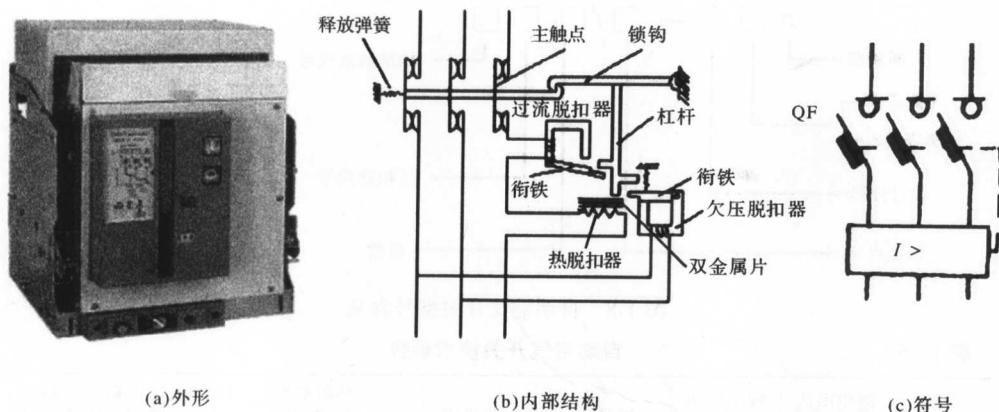


图 1.7 自动空气开关外形、结构示意图和符号

脱扣器有过流脱扣器、欠压脱扣器和热脱扣器，它们都是电磁铁。在正常情况下，过流脱扣器的衔铁是释放着的，一旦发生严重过载或短路故障时，与主电路相串的线圈将产生较强的电磁吸力吸引衔铁，从而推动杠杆顶开锁钩，使主触点断开。欠压脱扣器的工作恰恰相反，在电压正常时，吸住衔铁，不影响主触点的闭合，一旦电压严重下降或断电时，电磁吸力不足或消失，衔铁被释放而推动杠杆，使主触点断开。当电路发生一般性过载时，过载电流虽不能使过流脱扣器动作，但能使热脱扣器产生一定的热量，促使双金属片受热向上弯曲，推动杠杆使搭钩与锁钩脱开，将主触点分开。

自动空气开关广泛应用于低压配电线路上，也用于控制电动机及其他用电设备。

2. 自动空气开关的选择和使用

(1) 自动空气开关的选择：

- ① 自动空气开关的额定工作电压 \geq 电路额定电压。
- ② 自动空气开关的额定电流 \geq 电路计算负载电流。
- ③ 热脱扣器的整定电流 = 所控制负载的额定电流。

(2) 自动空气开关的使用：

- ① 当断路器与熔断器配合使用时，熔断器应装于断路器之前，以保证使用安全。
- ② 电磁脱扣器的整定值不允许随意更改，使用一段时间后应检查其动作的准确性。
- ③ 断路器在分断短路电流后，应在切除前级电源的情况下及时检查触头。如有严重的电灼痕迹，可用干布擦去；若发现触头烧毛，可用砂纸或细锉小心修整。

3. 自动空气开关的型号含义和技术参数

- (1) 型号含义：自动空气开关型号含义见图 1.8。
- (2) 技术参数：自动空气开关技术参数见表 1-5。

4. 常见故障及修理方法

自动空气开关常见故障及修理方法见表 1-6。

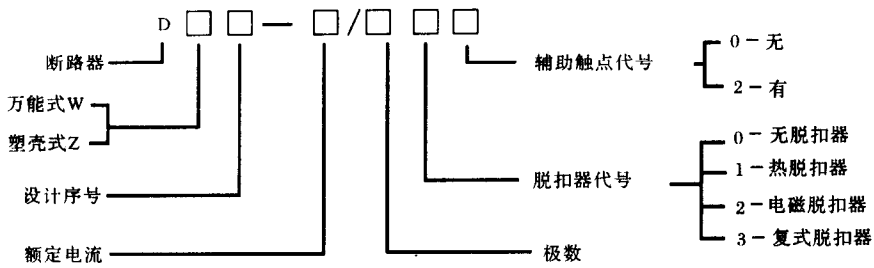


图 1.8 自动空气开关型号含义

表 1-5 自动空气开关技术参数

型号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极数	脱扣器类别	热脱扣器额定电流 (A)	电磁脱扣器瞬时动作整定值 (A)
DZ5-20/200	交流	380	2	无脱扣器	0.15(0.10~0.15) 0.20(0.15~0.20)	为热脱扣器额定电流的 8~12 倍(出厂时整定于 10 倍)
DZ5-20/300			3			
DZ5-20/210			2	热脱扣器		
DZ5-20/310			3			
DZ5-20/220	直流	220	2	电磁脱扣器	0.30(0.20~0.30) 0.45(0.30~0.45)	为热脱扣器额定电流的 8~12 倍(出厂时整定于 10 倍)
DZ5-20/320			3		1(0.65~1) 1.5(1~1.5)	
DZ5-20/230			2	复式脱扣器	3(2~3) 4.5(3~4.5)	
DZ5-20/330			3		10(6.5~10) 15(10~15)	

表 1-6 自动空气开关常见故障及修理方法

故障现象	产生原因	修理方法
手动操作断路器不能闭合	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压太低 2. 热脱扣器的双金属片尚未冷却复原 3. 欠电压脱扣器无电压或线圈损坏 4. 储能弹簧变形, 导致闭合力减小 5. 反作用弹簧力过大 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 检查线路并调高电源电压 2. 待双金属片冷却后再合闸 3. 检查线路, 施加电压或调换线圈 4. 调换储能弹簧 5. 重新调整弹簧反力
电动操作断路器不能闭合	<ol style="list-style-type: none"> 1. 电源电压不符 2. 电源容量不够 3. 电磁铁拉杆行程不够 4. 电动机操作定位开关变位 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调换电源 2. 增大操作电源容量 3. 调整或调换拉杆 4. 调整定位开关
电动机启动时断路器立即分断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 过电流脱扣器瞬时整定值太小 2. 脱扣器某些零件损坏 3. 脱扣器反力弹簧断裂或落下 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整瞬间整定值 2. 调换脱扣器或损坏的零部件 3. 调换弹簧或重新装好弹簧
欠电压脱扣器噪声大	<ol style="list-style-type: none"> 1. 反作用弹簧力太大 2. 铁心工作面有油污 3. 短路环断裂 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整反作用弹簧 2. 清除铁心油污 3. 调换铁心
欠电压脱扣器不能使断路器分断	<ol style="list-style-type: none"> 1. 反力弹簧弹力变小 2. 储能弹簧断裂或弹力变小 3. 机构生锈卡死 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 调整弹簧 2. 调换或调整储能弹簧 3. 清除锈污