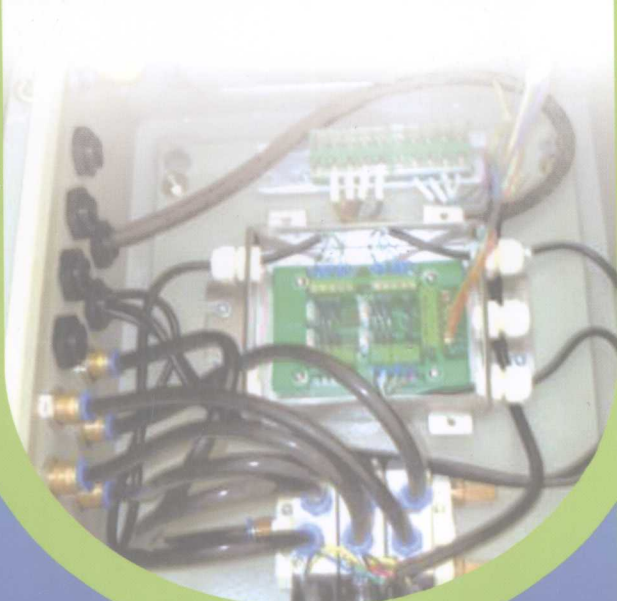


本书收录了大量最新电器产品的技术资料，并从各类设备及其组成元件的原理、结构、技术特点、技术参数，到生产技术、运行维护知识进行了详尽阐述。



低压电器 应用技术

李英姿 等编著



DIYA DIANQI YINGYONG JISHU



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

低压电器应用技术

李英姿 等编著



机械工业出版社

本书以工程应用为主线，紧紧围绕低压电器的分类、选型、应用、安装、运行、故障及其排查等方面进行详细的论述。内容涉及低压电器的概论、低压断路器、低压熔断器、开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器、漏电保护器、接触器、主令电器、起动机、电磁铁、电磁离合器和制动器、电磁阀、电阻器、继电器、低压电器选择实例和低压成套装置。全书从各类设备及其组成元件的原理、结构、技术特点、技术参数，到生产技术、运行维护知识，均有详尽阐述，以突出各种类型设备的工程实际应用。

为了突出产品的先进性、实用性、资料性和工具性，全书收录了大量的最新电器产品的技术资料，既有国内厂家的最新产品，又有国外公司先进技术和产品的介绍，便于读者的参考与查阅。本书可供从事低压电器与电气控制技术的电工和有关技术人员使用，也可作为高等院校相关专业师生的参考用书，还可作为设计人员和运行维护人员的培训用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

低压电器应用技术/李央姿等编者. —北京: 机械工业出版社, 2009. 7
ISBN 978-7-111-27237-3

I. 低… II. 李… III. 低压电器 IV. TM52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 082298 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 吉 玲 责任编辑: 闫洪庆 版式设计: 霍永明

责任校对: 申春香 封面设计: 马精明 责任印制: 乔 宇

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17 印张 · 530 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-27237-3

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

我国建筑、电力、石化等产业的发展，给低压电器制造业提供了巨大的市场机遇。经过几十年的发展，我国低压电器行业已经形成了比较完整的体系，可生产几千个产品系列的低压电器设备产品。根据市场发展趋势和产品特点，未来的低压电器产品的研发方向主要集中在智能化、电子化、组合化、模块化、标准化、网络化等方面。

低压电器是发电、供电、用电企业中，保证电网安全、可靠运行和人们生产生活用电的关键设备。低压电器的运行、维护、检修水平将直接影响供配电的可靠性和供电的质量及用电设备的安全，它与社会的大生产和人民生活密切相关。工程设计人员和运行维护人员必须具有强烈的安全意识、环保意识和超前意识，以不断提高供配电系统的安全性、可靠性、经济性。

全书共分 13 章，紧紧围绕建筑电气领域中的低压电器实用技术这一主线，通过大量的工程应用图片，向读者介绍了低压电器的基础知识及选型等方面的技术知识。

第一章主要介绍国内外低压电器的发展概况与发展方向、低压电器的分类，其目的是使读者对低压电器设备的发展历程、应用领域有一个初步的了解。

第二~十章主要从低压电器的分类、应用、技术指标、功能结构等方面，给出了低压断路器、漏电保护器、低压熔断器、接触器、主令电器、继电器、起动机、电阻器等设备的功能及分类、机构、工作原理、技术参数、应用条件和选择依据等详细内容。

第十一章主要论述了各类低压电器的安装、注意事项、常见的故障类型及其排查方法，其目的是突出解决低压电器实际应用中的问题。

第十二章主要以低压电器的选择为例，给出了具体的计算过程、步骤，使读者对低压电器选型与应用的工程计算有一个详细的了解。

第十三章主要介绍固定式低压配电柜、抽出式低压配电柜等低压成套装置，并对各种开关柜的类型、型号、技术条件、特点和应用做了详细的对比分析。

本书从规范、产品技术标准、工程应用选型和理论分析等几个方面，通过大量的文字、表格和真实的图片，分析对比不同电器在建筑、电力、工业等领域的具体工程应用案例，使读者在建立低压电气设备的整体、连贯、协调的宏观概念的同时，注重设备之间应用的细微差异，从而提高供配电系统的安全性、可靠性、经济性。

本书的第六章由阴振男撰写，第七章由福建省电力勘测设计院郝榕撰写，第八章由岳云涛撰写，第九章由张雷撰写，第十一章由齐福存撰写，第十三章由王亚慧撰写，其余各章由北京建筑工程学院李英姿撰写。

全书在编写过程中，参阅了大量的书籍、国家有关规范和标准，以及厂家的产品样本，将其中比较成熟的内容加以引用，并作为参考文献列于本书之后，以便读者查阅。在此对参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于目前低压电器的发展比较迅速，而作者的认识和专业水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不妥、疏忽或错误之处，敬请专家和读者批评指正。

作 者

目 录

前言		电流动作保护装置安装和运行》	
第一章 概论	1	修订主要内容	77
第一节 电气产业的定义与分类	1	第六章 接触器	78
第二节 低压电器分类	4	第一节 分类	78
第二章 低压断路器	12	第二节 结构	79
第一节 低压断路器的分类	12	第三节 技术参数	80
第二节 低压断路器的结构	13	第四节 交流接触器主要产品	82
第三节 低压断路器的工作原理	17	第五节 直流接触器	91
第四节 低压断路器的型号	18	第六节 交流接触器的选择	93
第五节 低压断路器的技术参数	18	第七章 主令电器	99
第六节 低压断路器的附件	23	第一节 分类	99
第七节 低压断路器的操作条件	25	第二节 按钮	99
第八节 万能式断路器	26	第三节 位置开关	104
第九节 塑料外壳式断路器	32	第四节 万能转换开关	109
第十节 断路器的选用	37	第五节 主令控制器	111
第三章 低压熔断器	45	第六节 信号灯	113
第一节 低压熔断器的分类	45	第八章 起动器	117
第二节 低压熔断器的结构	46	第一节 分类	117
第三节 常用低压熔断器	47	第二节 技术参数	119
第四节 低压熔断器的选择	53	第三节 全压直接起动器	122
第四章 开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器	56	第四节 星-三角起动器	126
第一节 分类	56	第五节 自耦减压起动器	129
第二节 使用类别	57	第六节 延边三角形减压起动器	133
第三节 操作性能	59	第七节 频敏变阻器减压起动器	134
第四节 刀开关	60	第八节 软起动器	139
第五节 封闭式负荷开关	64	第九节 常见电动机起动器比较	143
第六节 熔断器式隔离开关	64	第十节 起动器的选用	144
第七节 组合开关	65	第九章 电磁铁、电磁离合器和制动器、电磁阀、电阻器	147
第五章 漏电保护器	68	第一节 牵引电磁铁	147
第一节 漏电保护器的功能及分类	68	第二节 起重电磁铁	149
第二节 结构	71	第三节 制动电磁铁	154
第三节 工作原理	72	第四节 阀用电磁铁	157
第四节 技术参数	73	第五节 电磁离合器和制动器	159
第五节 漏电保护器的选用	75	第六节 电磁阀	161
第六节 国家标准 GB 13955—2005《剩余		第七节 电阻器	167

第十章 继电器	173	第四节 漏电保护器的运行与维修	219
第一节 概述	173	第五节 接触器的运行与维护	223
第二节 电磁继电器	177	第六节 主令开关的运行与维护	225
第三节 电流继电器	181	第七节 起动器的运行与维护	226
第四节 电压继电器	189	第八节 电磁铁、电磁离合器和制动器、 电磁阀、电阻器的运行与维护	228
第五节 时间继电器	192	第九节 继电器的运行与维护	232
第六节 中间继电器	197	第十节 电气控制电路检修的一般方法	235
第七节 信号继电器	200	第十二章 低压电器选择实例	240
第八节 固态继电器	203	第一节 低压断路器的选择	240
第九节 热继电器	208	第二节 低压熔断器和断路器的比较和 应用	242
第十节 速度继电器	210	第三节 选择举例	243
第十一节 干簧类继电器	211	第十三章 低压成套装置	250
第十二节 逻辑控制继电器	212	第一节 固定式低压配电柜	250
第十一章 低压电器的运行与维修	213	第二节 抽出式低压配电柜	252
第一节 低压断路器的运行与维修	213	第三节 各种开关柜的比较	261
第二节 低压熔断器的运行与维修	216	参考文献	265
第三节 开关、隔离器、隔离开关及熔断器 组合电器的运行与维修	218		

第一章 概 论

第一节 电气产业的定义与分类

一、电气产业的范围

电力系统主要包括5个生产环节。

- 1) 发电，包括火力发电、水力发电、核电和其他能源发电；
- 2) 输电，包括交流输电和直流输电；
- 3) 变电；
- 4) 配电；
- 5) 用电。

电力系统一般可分为一次系统和二次系统。

1) 一次系统是由发电厂、输电网、变电网、配电网和电力用户组成的主系统；

2) 二次系统是由保证电力系统安全、可靠运行的继电保护装置、安全自动装置、调度自动化系统和电力通信等组成的相应的辅助系统。

电力系统完成电能从生产到使用的整个过程，该过程中所使用的主要电气设备由电气产业提供。所以，电气产业的范围应是涵盖电力系统的主要设备及其他产业所用的电气设备。

二、电气产业的分类

电气产业生产电气产品，电气产品可按 ABCD4 个层次进行分类。

表 1-1 是部分电气产品的分类表。

表 1-1 部分电气产品的分类表

A	B	C		D
电机	发电机			
	电动机			
	特型电机			
电器	变压器 互感器 电抗器	变压器	电力变压器	油浸式变压器
				全密封油浸式变压器
				干式变压器
				非晶合金铁心变压器
				组合式变压器
			调压器	
			控制变压器	
			试验变压器	
			特种变压器	整流变压器
	电炉变压器			
	矿用变压器			
	变压器配件			

(续)

A	B	C		D
电器	变压器 互感器 电抗器	互感器	电流互感器	
			电压互感器	
			电压、电流组合互感器	
			直流互感器	
		电抗器	起动电抗器	
			滤波电抗器	
			限流电抗器	
			进线电抗器	
			输出电抗器	
			调谐电抗器	
			并联电抗器	
		串联电抗器		
		高压开关	高压断路器	油断路器
	真空断路器			
	SF ₆ 断路器			
	压缩空气断路器			
	高压隔离开关			
	高压接地开关			
	高压负荷开关		油负荷开关	
			产气式负荷开关	
			压气式负荷开关	
			真空负荷开关	
			SF ₆ 负荷开关	
	高压接触器			
	高压熔断器			
	高压分段器			
	高压重合器			
	开启式高压开关柜			
高压箱型固定式金属封闭开关设备				
高压铠装固定式金属封闭开关设备				
高压间隔移开式金属封闭开关设备				
高压铠装移开式金属封闭开关设备				
高压 SF ₆ 环网单元				
高压组合电器				
高压预装式变电站				
高压电缆分接箱				
高压开关配件				

(续)

A	B	C	D
电 器	低压开关	刀开关及其组合电器	
		断路器	
		接触器	
		熔断器	
		主令电器,如主令控制器、手动转换开关、行程开关等	
		其他低压开关元件,如电阻器、电磁铁、接线端子、插座等	
		低压固定式配电箱	
		低压固定式开关柜	
		低压抽出式开关柜	
		照明箱、计量箱、插座箱	
		动力配电箱	
		模数化终端组合电器	
		低压开关配套件	
	继电器		
	电力电容器		
	避雷器		
	电气传动及自动化装置		
	交通电器		
	家用电器		
电力电子器件			
电工仪表与仪器			
检测试验装置			
电 材	电线、电缆		
	电瓷		
	电气绝缘材料		
	电炭制品		
	磁性材料		
	导电材料		
	电工合金		
特 类	电源		
	工业电炉		
	电焊设备		
	电动工具		
	电工专用设备		
	电工模具		
其 他	数控设备		
	控制和管理软件		
	机械结构件		

第二节 低压电器分类

一、分类

我国现行标准将工作电压交流 1000V、直流 1200V 以下的电气线路中的电气设备称为低压电器。低压电器的种类繁多,按其结构用途及所控制的对象不同,可以有不同的分类方式,以下介绍三种分类方式。

1. 按用途和控制对象分类

按用途和控制对象的不同,可将低压电器分为配电电器和控制电器。

(1) 用于低压电力网的配电电器

这类电器包括刀开关、转换开关、断路器和熔断器等。

对配电电器的主要技术要求是断流能力强、限流效果在系统发生故障时保护动作准确、工作可靠;有足够的热稳定性和动稳定性。

(2) 用于电力拖动及自动控制系统的控制电器

这类电器包括接触器、起动器和各种控制继电器等。

对控制电器的主要技术要求是操作频率高、寿命长,有相应的转换能力。

2. 按操作方式分类

按操作方式的不同,可将低压电器分为自动电器和手动电器。

(1) 自动电器

通过电磁(或压缩空气)做功来完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。

常用的自动电器有接触器、继电器等。

(2) 手动电器

通过人力做功来完成接通、分断、起动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。

常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

3. 按工作原理分类

按工作原理的不同,可将低压电器分为电磁式电器和非电量控制电器。

最典型的几类低压电器有刀开关、熔断器、断路器、接触器、继电器、主令电器、起动器等。

另外,低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类,对不同类型低压电器的防护形式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

4. 电控设备和配电设备的区别

我国所称的电控设备和配电设备均属于低压开关电器和控制电器组成的成套设备,简称为成套设备。

(1) 定义

电控设备指各种生产机械的电气传动控制设备,其控制对象多为电动机。电控设备有通用型和专用型。

通用型电控设备是指不受具体用途限制而形成的产品系列,如 TP 系列控制屏就属于通用型电控设备。

专用型电控设备是指仅适用于某种工作设备的专用产品。专用型电控设备有船用、起重机电用、电力牵引用等,这类产品通常仅能满足某一具体工作设备的特殊工作要求。

电控设备按本身元器件的构成情况又分为低压电器电控设备和电子器件电控设备。

配电设备主要指各种在发电厂、变电站和工矿企业的低压配电系统中作电力、配电和照明用的成套设备。如低压配电柜、照明箱、动力箱以及电动机控制中心等。

(2) 主要区别

电控设备的功能以控制为主,多用接触器、继电器等控制电器,操作频率高,控制电路较为复杂,具体传动控制方案也随用户的要求变化较大。

配电设备的功能以传输或分配电能为主，常用刀开关、断路器、熔断器等配电电器，有时也用接触器（多作为线路接触器用），其控制电路比较简单，操作频率较低，并且主电路和辅助电路方案标准化的程度较高。

二、应用

低压电器在电路中的用途是根据外界信号或要求，自动或手动接通、分断电路，连续或断续地改变电路状态，对电路进行切换、控制、保护、检测和调节。

在电力拖动控制系统中，低压电器主要用于对电动机进行控制、调节和保护。

在低压配电线路或动力装置中，低压电器主要用于对线路或设备进行保护以及通断、转换电源或负载。

三、符号含义

我国对各种低压电器都按规定编制型号，即由类别代号、组别代号、设计代号、基本规格代号和辅助规格代号几部分构成低压电器的全型号。每一级代号后面可根据需要加设派生代号。



1：类组代号，包括类别代号和组别代号，用汉语拼音字母表示，代表低压电器元件所属的类别，以及在同一类电器中所属的组别。如表 1-2 所示竖排字母是类别代号，横排字母是组别代号。

2：设计代号，用数字表示，表示同类低压电器元件的不同设计序列，其中两位及两位以上的首位数字表示：

- 5——化工用；
- 6——农业用；
- 7——纺织用；
- 8——防爆用；
- 9——船用。

3：基本规格代号，用数字表示同一系列产品中不同的规格品种；用字母表示全系列产品在特殊情况下变化的特征，一般情况无此代号。

4：品种代号，用数字表示同一系列、同一规格产品中的有某种区别的不同产品。

5：品种派生代号，用字母表示，如表 1-3 所示。

6：规格代号，用数字表示。

7：特殊环境派生代号，用字母表示，如表 1-3 所示。

其中，类组代号与设计代号的组合表示产品的系列，一般称为电器的系列号。同一系列的电器元件的用途、工作原理和结构基本相同，而规格、容量则根据需要可以有多种。例如：JR16 是热继电器的系列号，同属这一系列的热继电器的结构、工作原理都相同；但其热元件的额定电流从零点几安到几十安，有十几种规格。其中辅助规格代号为 3D 的有三相热元件，装有差动式断相保护装置，因此能对三相异步电动机有过载和断相保护功能。

低压电器类组代号及派生代号的含义如表 1-2 和表 1-3 所示。

四、主要技术指标

为保证电器设备安全可靠地工作，国家对低压电器的设计、制造规定了严格的标准，合格的电器产品具有国家标准规定的技术要求。在使用电器元件时，必须按照产品说明书中规定的技术条件使用。

低压电器的主要技术指标有以下几项。

1. 绝缘强度

指电器元件的触头处于分断状态时，动、静触头之间耐受的电压值（无击穿或闪络现象）。

表 1-3 低压电器产品的派生代号

派生代号	代表意义
C	插入式、抽出式
E	电子式
J	交流、防凝式、节电型
Z	直流、防震、正向、重任务、自动复位、组合式、中性接线柱式、智能型
W	欠电压、无极性、外销用、无灭弧装置、零飞弧
N	可逆、逆向
S	三相、双线圈、防水式、手动复位、三个电源、有锁住机构、塑料熔管式、保持式、外置式通信接口
P	单相、电压的、防滴式、电磁复位、两个电源、电动机操作
K	开启式
H	保护式、带缓冲装置
M	灭磁、母线式、密封式、明装式
Q	防尘式、手车式、柜式
L	电流的、摺板式、剩余电流动作保护、单独安装式
F	高返回、带分励脱扣、多纵缝灭弧结构式、防护盖式
X	限流
T	可通信、内置式通信接口

2. 耐潮湿性能

指保证电器可靠工作的允许环境潮湿条件。

3. 极限允许温升

电器的导电部件，通过电流时将引起发热和温升，极限允许温升指为防止过度氧化和烧熔而规定的最高温升值（温升值 = 测得实际温度 - 环境温度）。

4. 操作频率

电器元件在单位时间（1h）内允许操作的最高次数。

5. 寿命

电器的寿命包括电寿命和机械寿命两项指标。

电寿命是指电器元件的触头在规定的电路条件下，正常操作（ $I \leq$ 额定负荷电流）的总次数。

机械寿命是指电器元件在规定的使用条件下，正常操作的总次数。

6. 正常工作条件

- (1) 环境温度：-5 ~ 40℃；
- (2) 安装地点：不超过海拔 2000m；
- (3) 相对湿度：不超过 50%；
- (4) 污染等级：共分为 4 级。

五、结构要求

低压电器产品的种类多、数量大，用途极为广泛。为了保证不同产地、不同企业生产的低压电器产品的规格、性能和质量一致，通用和互换性好，低压电器的设计和制造必须严格按照国家的有关标准，尤其是基本系列的各类开关电器必须保证执行三化（标准化、系列化、通用化），四统一（型号规格、技术条件、外形及安装尺寸、易损零部件统一）的原则。

低压电器的基本结构由电磁机构和触头系统组成。

1. 电磁机构

(1) 电磁机构的结构形式

电磁机构由电磁线圈、铁心和衔铁三部分组成。电磁线圈分为直流线圈和交流线圈两种。直流线圈需通入直流电，交流线圈需通入交流电。

(2) 电磁机构的工作特性

1) 吸力特性

交流电磁机构的吸力特性：在交流电磁机构中，由于交流电磁线圈的电流 I 与气隙 δ 成正比，所以在线圈通电而衔铁尚未闭合时，电流可能达到额定电流的 5~6 倍。如果衔铁卡住不能吸合，或频繁操作，线圈可能因过热而烧毁，所以在可靠性要求较高或操作频繁的场所，一般不采用交流电磁机构。

直流电磁机构的吸力特性：在直流电磁机构中，电磁吸力与气隙的二次方成反比，所以衔铁闭合前后电磁吸力变化较大，但由于电磁线圈中的电流不变，所以直流电磁机构适用于动作频繁的场所。

2) 直流放电回路电磁机构

由于直流电磁机构的通电线圈断电时，由于磁通的急剧变化，在线圈中会感应出很大的反电动势，很容易使线圈烧毁，所以在线圈的两端要并联一个放电回路。放电回路中的电阻值为线圈电阻值的 5~6 倍。

3) 交流电磁机构中短路环的作用

当线圈中通入交流电时，铁心中出现交变的磁通，时而最大时而为零，这样在衔铁与固定铁心间因吸引力变化而产生振动和噪声。当加上短路环后，交变磁通的一部分将通过短路环，在环内产生感应电动势和电流，根据电磁感应定律，此感应电流产生的感应磁通使通过短路环的磁通产生相位差，进而由磁通产生的吸引力也有相位差，只要作用在磁铁上合力大于反力，即可消除振动。

2. 触头系统

触头的形式主要有：

点接触式，常用于小电流电器中；

线接触式，用于通电次数多、电流大的场合；

面接触式，用于较大电流的场合。

3. 电弧的产生和灭弧方法

(1) 电弧的产生

当触头在分断时，若触头之间的电压超过 12V，电流超过 0.25A 时，触头间隙内就会产生电弧。

(2) 常用的灭弧方法

常用的灭弧方法包括双断口灭弧、磁吹灭弧、栅片灭弧、灭弧罩灭弧。

六、额定工作制

正常条件下额定工作制有如下几种：

1. 八小时工作制

电器的触头保持闭合且承载稳定电流足够长时间使电器达到热平衡，但达到八小时必须分断的工作制。

该工作制是确定电器的约定发热电流的基本工作制。

2. 不间断工作制

没有空载期的工作制，电器的触头保持闭合且承载稳定电流超过八小时（数周、数月甚至数年）而不分断。

该工作制区别于八小时工作制，因为氧化物堆积在触头上可导致触头过热。因此电器用于不间断工作制时应考虑采用降容系数或采用特殊设计，例如用银或银基触头。

3. 断续周期工作制或断续工作制

此工作制指电器的触头保持闭合的有载时间与无载时间有一确定的比例值，这两个时间都很短，不

足以使电器达到热平衡。

断续工作制是用电流值、通电时间和负载因数来表征其特性，负载因数是通电时间与整个通断操作周期之比，通常用百分数表示。

负载因数的标准值为 15%、25%、40% 和 60%。

根据电器每小时能够进行的操作循环次数，电器等级如表 1-4 所示。

表 1-4 电器等级及每小时操作循环次数

级 别	每小时操作循环次数	级 别	每小时操作循环次数
1	1	1200	1200
3	3	3000	3000
12	12	12000	12000
30	30	30000	30000
120	120	120000	120000
300	300	300000	300000

对于每小时操作循环次数较高的断续工作制，制造厂应规定实际操作循环次数或根据制造厂规定的操作循环次数来给出额定工作电流值，并应满足下式：

$$\int_0^T i^2 dt \leq I_r^2 T$$

式中 T ——整个操作循环时间 (s)；

I_r ——电器允许通过的电流 (A)。

上述公式没有考虑通断时的电弧能量。

用于断续工作制的开关电器可根据断续周期工作制的特征标明。

例如：每 5min 有 2min 流过 100A 电流的断续工作制可表示为：100A，12 级，40%。

4. 短时工作制

短时工作制是指电器的主触头保持闭合的时间不足以使其达到热平衡，有载时间间隔被无载时间隔开，而无载时间足以使电器的温度恢复到与冷却介质相同的温度。

短时工作制的通电时间的标准值为：3min、10min、30min、60min 和 90min。

5. 周期工作制

周期工作制是指无论稳定负载或可变负载总是有规律地反复运行的一种工作制。