

建材企业供电

上册

上海建筑材料工业专科学校
山东建筑材料工业学院 编



中等专业学校试用教材

中国建筑工业出版社

前 言

本书是根据1978年8月在洛阳召开的国家建材总局中等专业学校教材编写会议所通过的编写提纲编写的。

本书包括绪论和十一章，分上、下两册。上册包括绪论，以及高、低压配电电器，供电系统，负荷计算，短路电流计算，导线、电缆和母线的选择，电器设备的选择等六章；下册包括继电保护装置，变电所的测量、控制和监察系统，计划用电和节约用电，保护接地、保护接零和防雷保护，工厂照明等五章。本书以叙述本门课程的基本原理为主，有关实际安装及维护运行方面的知识建议在实习中加以充实。通过理论教学，使学生在应用理论和专业知识解决工程技术问题的能力方面得到初步训练，最后宜通过课程设计进一步总结和提高，以适应中小型工厂与车间供电设计的需要。

估计总的教学时数为174学时，其中上册为88学时，下册为86学时，不包括课程设计和实习时间。

书中内容若有与今后国家或上级部门正式颁发的规程、规范不同之处，应以国家或上级部门的规程、规范为准。

本书由上海建筑材料工业专科学校印丕勤主编。上册由该校印丕勤、陈祖巽编写，下册由印丕勤、陈祖巽和山东建筑材料工业学院杨宝权编写。编写过程中得到很多单位同志的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

书稿由武汉建筑材料工业学院曹科治主审，参加上册审稿的还有武汉建筑材料工业学院孙云芬、四川建筑材料工业学院李永镇和国家建材总局第一非金属矿山设计研究院倪金福。

由于我们的水平有限，以及时间仓促，书中一定还存在不少错误，希望读者批评指正。

编 者

一九七九年二月

目 录

绪论	1
第一章 高、低压配电电器	7
第一节 电弧的产生与消弧原理	7
第二节 刀开关	9
第三节 熔断器	11
第四节 低压负荷开关和熔断式刀开关	17
第五节 自动空气开关	19
第六节 隔离开关及其操作机构	24
第七节 负荷开关	27
第八节 高压油断路器	28
第九节 互感器	34
第十节 绝缘子	44
第十一节 电抗器	46
第二章 供配电系统	48
第一节 电力负荷的分类	48
第二节 中性点不接地和中性点接地的三相系统	49
第三节 变电所的主结线	52
第四节 工厂厂区供电方式	56
第五节 车间低压配电方式	59
第六节 总降压变电所的结构	61
第七节 车间变电所及其结构	69
第八节 厂区架空线路的结构及敷设原则	76
第九节 电缆线的结构与敷设原则	85
第十节 车间低压线路的结构与敷设	91
第十一节 车间电力系统图和平面图	96
第三章 负荷计算	98
第一节 负荷曲线的基本概念	98
第二节 用电设备的分类	101
第三节 按需要系数法确定计算负荷	102
第四节 按二项式法确定计算负荷	110
第五节 单相负荷的确定	113
第六节 车间变电所容量的确定	117
第七节 工业企业总负荷的确定	119
第八节 电能的计算	120
第四章 短路电流计算	122
第一节 概述	122
第二节 短路电流的变化过程	124

第三节	短路回路阻抗的计算	130
第四节	三相短路电流的计算	139
第五节	短路容量法计算三相短路电流	152
第六节	1000伏以下的低压系统短路电流的计算	155
第七节	短路电流的效应	161
第五章	导线、电缆和母线的选择	167
第一节	按周围环境选择导线和电缆的型号	167
第二节	按发热条件选择导线和电缆	170
第三节	按电压损失选择导线和电缆	172
第四节	按经济电流密度选择导线和电缆	179
第五节	按机械强度选择导线	180
第六节	电缆的热稳定校验	181
第七节	母线的选择	184
第六章	电气设备的选择	190
第一节	刀开关的选择	190
第二节	低压熔断器的选择	191
第三节	自动空气开关的选择	198
第四节	熔断器熔体的额定电流和自动空气开关的整定值与导线和电缆的配合	206
第五节	高压电器的选择	207
附录		218
参考资料		264

绪 论

建材企业，以及其他工矿企业，都有大量的机械设备，设备要运行，一定要有动力，现代工业几乎都采用电能作为动力；为了保证安全操作，保障工人的身心健康，也需要良好的照明，目前电气照明也是较完善的照明。这是因为电能不仅具有能源丰富、传输简便、容易控制等优点，而且可以为实现生产过程自动化，减轻劳动强度，提高劳动生产率，加快社会主义革命和建设的步伐，提供物质和技术基础。

建材企业，以及其他工矿企业的电能一般都来源于动力系统。为了保证用电设备的正常运行，它们都必须在规定的频率和电压下运行。

以下简要介绍动力系统、额定频率和额定电压，并介绍本课程的目的、任务和学习方法。

一、动力系统概述

1. 发电厂

电能是一种二次能源，也就是说，它是由其他能源转换而来的。工矿企业用的电能主要来源于发电厂。发电厂是将煤、水力、原子能等动力资源转换为电能。按照发电厂所使用的能源不同，可以分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂，等等。

现代动力系统中工作的发电厂，主要是火力发电厂和水力发电厂，原子能发电厂也日趋增多。

(1) 火力发电厂：火力发电厂简称火电厂或火电站。火电厂的能源有煤、石油或天然气，我国火电厂的能源主要是煤。

火电厂的生产过程如图0-1所示。为了提高发电效率，现代火电厂都把煤粉碎后燃烧，将锅炉中的水烧成高温、高压的蒸汽，通过管道将高温、高压蒸汽引入汽轮机，使与它同轴的发电机旋转发电。在汽轮机中作完功的蒸汽进入凝汽器凝结成水，再由凝结水泵打入除氧器，在除氧器中水被汽轮机来的抽汽加热并除去水中的氧，由给水泵打回锅炉。通过这样的循环过程，在锅炉中将煤的化学能转换成蒸汽的热能，在汽轮机中将蒸汽的热能转换成机械能，又在发电机中将机械能转换成电能，供给电能用户。

有的火电厂除了供应电能以外，还向电厂附近的工矿企业或居民供应热能。这种兼供热能的火电厂，称为热电厂。

(2) 水力发电厂：水力发电厂简称水电厂或水电站。水电厂的能源是水，它是将水流的位能通过水轮发电机转换为电能。由于水电站的发电能力

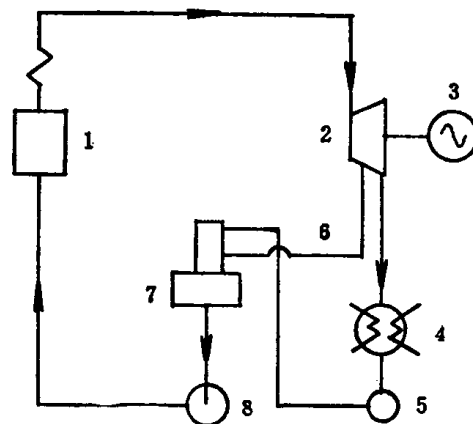


图 0-1 火力发电厂生产过程简图

1—锅炉；2—汽轮机；3—发电机；4—凝汽器；
5—凝结水泵；6—汽轮机抽汽；7—除氧器；
8—给水泵

与作用水轮发电机的净水头（即水位差或落差），和流过水轮发电机的水量（即流量）的乘积成正比。所以，为了用水力发电，必须在水电站上、下游集中一定的落差，形成发电水头。按形成集中落差方式的不同，水电站可以分为三类：

堤坝式水电站。它是在河道上建造很高（可高达几百米）的坝或闸，形成水库，提高上游水位，使坝的上下游形成尽可能大的水头，用输水管或隧道把水库中的水引入厂房，通过水轮发电机将水能转换成电能。我国很多大型水电站，如新安江水电站和刘家峡水电站属于这种类型的水电站。

引水式水电站。它是在具有相当坡度的河段上游筑一低坝，拦住河水，然后用引水道（渠或隧道），将水直接引到厂房内，通过水轮发电机将水能转换成电能。我国很多中、小型水电站属于这种类型的水电站。

混合式水电站。它是堤坝式和引水式水电站的组合，兼有两种水电站的特点，其一部分落差由拦河坝集中，另一部分落差由引水道集中。

水电厂的投资比火电厂大，建设周期也长，但它不需要消耗燃料，并且生产过程简单，检修工作量较少，运行时所需工作人员也少，所以成本较火电厂低得多。再则，兴建水电厂不仅可以发电，而且还可以满足其他水利事业（如防洪、灌溉、航运和渔业等）的要求。

（3）原子能发电厂：原子能发电厂也称为原子能发电站。原子能发电厂的能源是原子能燃料铀和钍。它的生产过程与火力发电厂的生产过程类似，它是在原子反应堆中，将原子能燃料裂变产生的大量热能用导热物质传到换热器，使换热器内水管中的水变成蒸汽，通过管道将蒸汽引入汽轮机做功，使与它同轴的发电机旋转发电。

由于原子能燃料储藏量大，在地壳表面五公里深的地层内可以开采得到的铀和钍提供的能量，相当于地球上储藏的煤、石油和天然气能量总和的几十倍，而且海水中也可提取大量的铀；原子能燃料的能量非常集中，一公斤铀全部裂变产生的热量相当于二千五百吨优质煤燃烧产生的热量；原子能燃料裂变时不需要空气助燃，所以原子能发电厂可建造在地下、山洞里、水下或空气稀薄的高原地区，既不受地形限制，又不占农田，还可防止射线伤害；原子能动力的事故率较低；建造和发电成本也比火电站经济，如建造一座五十万千瓦的中型发电站要比火电站经济，发电能力愈大愈经济，而且燃料费和维护费也比火电站低。所以，原子能发电厂是有发展前途的发电厂。

2. 电力网

为了充分利用动力资源，减少燃料运输，降低发电成本，所以在有燃料资源的地方建造火电厂，在有水力资源的地方建造水电厂。但是，电能用户往往远离发电厂，所以必须用高压输电线远距离输电。另外，为了保证系统运行的可靠性和经济性，也需要用高压输电线将各发电厂连结起来。

输送和分配电能设备的综合，称为电力网，其中包括各种电压的输电线和变电所，其任务是将电能从发电厂输送到电能用户。变电所由电力变压器和配电装置组成，是变换电压的场所。用来将电压升高的变电所，称升压变电所；用来将电压降低的变电所，称降压变电所。

电压在110千伏以上，输电半径在50公里以上的电力网，称区域电力网；电压较低、输电半径较短的电力网，称地方电力网。

3. 电力系统

电力网将发电厂（指发电机和配电装置）与电能用户连结起来的整体，称为电力系统，如图0-2所示。

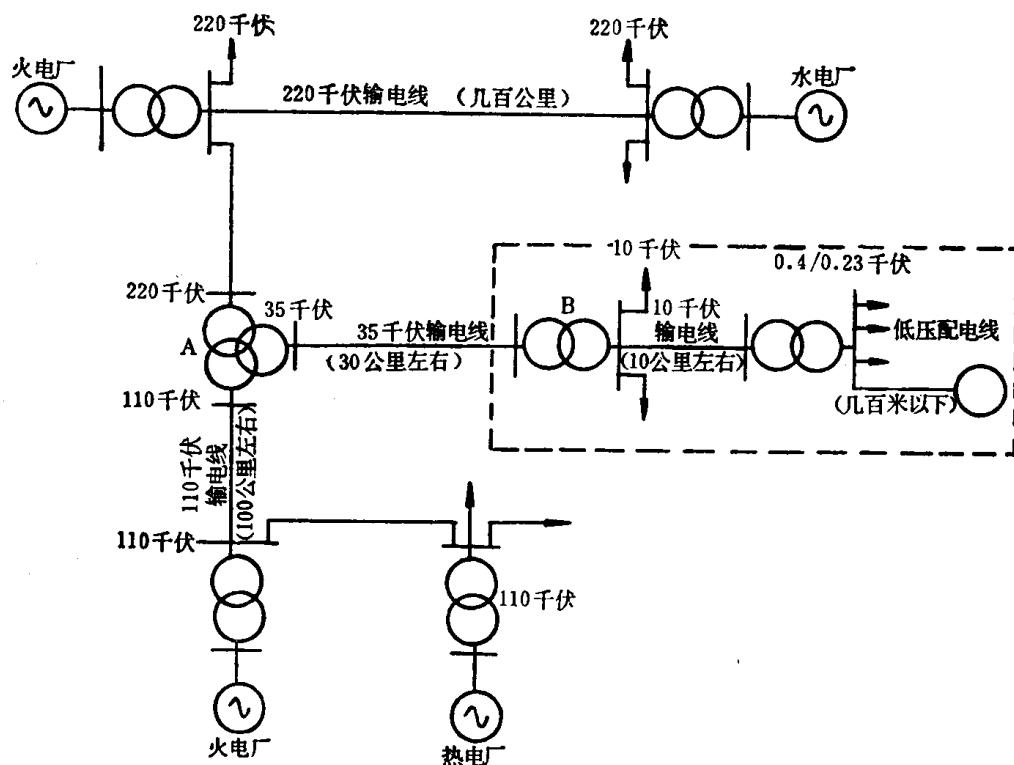


图 0-2 电力系统示意图（虚线框内为工矿企业供电系统）

区域变电所一般是由电力系统的主要电力网受电，用来供给大区域，其中包括若干工业区、城市和农村用户，其一次电压为110~330千伏，二次电压为35~110千伏。区域变电所也往往把两个不同电压级的电力系统联系起来，如图0-2中A所示，它用三绕组变压器将两个不同电压级的电力系统联系起来，起着强力枢纽的作用。

地方变电所由电力网受电，用来供给一个小城市或一个工业区，其一次电压为35~110千伏，二次电压为6~10千伏。在大型工矿企业中，地方变电所称为总降压变电所，如图0-2中B所示，是工矿企业供电的枢纽。当厂中有高压电动机时，总降压变压器的二次电压一般采用6千伏。当没有高压电动机时，总降压变压器的二次电压尽可能采用10千伏，以节省有色金属，减少电能损耗。总降压变电所将6~10千伏电压用架空线或电缆输送到车间变电所，经变压器降压到0.4/0.23千伏，供给低压用电设备和照明用电。

4. 动力系统

电力系统加上发电厂中的动力部分（火电厂中的热力设备和水电厂中的水力设备等）、热力网和热能用户所构成的整体，称为动力系统。

二、额定频率和额定电压

电力系统中的设备都在一定的频率和电压下工作。频率和电压低于感应电动机的额定频率和额定电压时，都有可能引起电机绕组电流增大，电动机发生过热，影响使用寿命。所以，衡量电力系统供电质量的两个基本参数是频率和电压。

我国国家标准规定，交流电力设备的额定频率为50赫芝。

用电设备（如电动机、白炽灯等）、发电机和变压器在正常运行时最经济的电压，称为它的额定电压。

我国国家标准规定，额定电压分为三类，如表0-1~表0-3所示。

第一类额定电压 表 0-1

直 流 (伏)	交 流 (伏)	
	三相(线电压)	单 相
6	—	—
12	—	12
24	—	—
—	36	36
48	—	—

注：三相36伏电压，只作为潮湿工地和房屋的局部照明及电力负荷之用。

第一类额定电压是100伏以下的电压，主要用于安全照明、蓄电池、断路装置及开关设备的直流操作电源。

第二类额定电压是超过100伏，而不满1000伏的电压，主要用于电力及照明设备。

第三类额定电压是1000伏以上的电压，主要用于发电、输电及变压器和用电设备。

电力网（线路）的额定电压等于用电设备的额定电压。实际上，线路中有电压损失，一般线路始端电压 U_1 要比线路的额定

电压 U_0 高，但末端电压 U_2 要比线路的额定电压 U_0 低些，如图0-3所示。

用电设备的允许电压偏差一般为 $\pm 5\%$ ，线路的允许电压损失为10%，所以要求线路

第 二 类 额 定 电 压 表 0-2

用 电 设 备			发 电 机		变 压 器			
直 流 (伏)	交流三相(伏)		直 流 (伏)	交流三相(伏) 线 电 压	交 流 (伏)			
	线电压	相电压			三 相		单 相	
					一次线卷	二次线卷	一次线卷	二次线卷
110	—	—	115	—	—	—	—	—
—	(127)	—	—	(133)	(127)	(133)	(127)	(133)
220	220	127	230	230	220	230	220	230
—	380	220	—	400	380	400	380	—
440	—	—	460	—	—	—	—	—

注：本表列入括号内的电压，只用于矿井下或其他保安条件要求较高的处所。

第 三 类 额 定 电 压 表 0-3

用电设备额定电压 (千 伏)	交流发电机线电压 (千 伏)	变 压 器 线 电 压 (千 伏)	
		一 次 线 卷	二 次 线 卷
3	3.15	3及3.15	3.15及3.3
6	6.3	6及6.3	6.3及6.6
10	10.5	10及10.5	10.5及11
—	15.75	15.75	—
35	—	35	38.5
60	—	60	66
110	—	110	121
154	—	154	169
220	—	220	242
330	—	330	363

始端的电压比额定电压高 5 %。因此,发电机的额定电压应当比它所接入电力网的额定电压高 5 %。例如,电力网和用电设备额定电压为 10 千伏时,发电机的额定电压为 10.5 千伏。

变压器具有发电机和用电设备的双重地位,其一次线卷是接受电能的,相当于用电设备;二次线卷是送出电能的,相当于发电机。因此,变压器一次线卷的额定电压就等于用电设备的额定电压,当变压器直接接于发电机

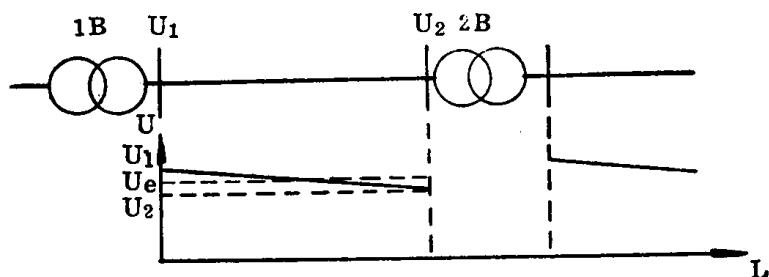


图 0-3 电力网中的电压变化

输出端时,变压器一次线卷的额定电压应当等于发电机的额定电压。变压器二次线卷的输出电压应当比用电设备的额定电压高 5 %。由于变压器二次线卷的额定电压是定义为空载时的电压。而变压器在额定负荷时其线卷内大约有 5 % 的阻抗电压降。因此,如果变压器二次侧供电线路不太长(如直接供电给用电设备)。则变压器二次线卷额定电压,只需比用电设备的额定电压高 5 %,以补偿其内部电压降。例如,变压器二次侧直接接有 6 千伏电压用电设备时,其二次线卷额定电压就取 6.3 千伏。如果变压器二次侧供电线路比较长,则变压器二次线卷额定电压应当高于用电设备额定电压的 10 %,除补偿变压器内部的 5 % 阻抗电压降外,还补偿线路的电压损失。例如,变压器二次侧通过较长线路供给 6 千伏用电设备时,变压器二次线卷额定电压应当取 6.6 千伏。

三、本课程的目的、任务和学习方法

本课程是“建材企业电气化”专业的专业课之一,主要讲述建材企业 35 千伏及以下电压的总降压变电所、车间变电所及其配电系统基本原理。通过本课程的学习,学生应当比较全面而系统地掌握 10/0.4 千伏供电系统的设计和运行方面最基本的理论知识,熟悉 35 千伏总降压变电所变配电装置以及常用的继电保护装置、测量、控制和监察系统,初步树立安全、经济的工程观点,并在应用理论和专业知识解决工程技术问题的能力方面得到初步训练。

学习本课程时,应当注意下列几点:

1. 学习专业理论时,应当与电工基础、电机学等课程中的基础理论知识适当联系起来,并且尽可能用理论来说明和解决实际问题,以达到巩固掌握基本理论和培养解决问题的能力。

2. 本课程范围广、内容多,而且不断发展变化。因此,学习中应当分清主次,首先是掌握最基本的理论,一两种最典型的设备和装置,最通用的设计计算方法,在此基础上就可以举一反三。

3. 注意各个教学环节,通过理论教学、参观学习、实习和课程设计,理论联系实际,以期有效、全面和牢固地掌握本课程的基本内容。

习 题

0-1 试述动力系统、电力系统和电力网三者的区别。

0-2 已知如图 0-4 所示电力系统中发电机、变压器 2B 的一次线卷和二次线卷的额定电压,试确定电力变压器 1B 的一次线卷和二次线卷、线路 X-1 和 X-2 的额定电压。

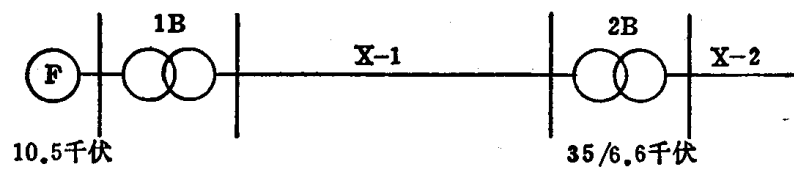


图 0-4 题0-2用图

0-3 已知如图0-5所示电力系统中线路的额定电压，试确定发电机、电力变压器一次线卷和二次线卷的额定电压。

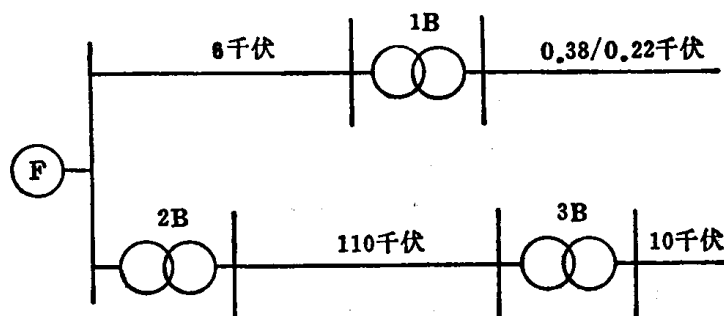


图 0-5 题0-3用图

第一章 高、低 压 配 电 电 器

本章着重介绍35千伏以下的配电系统中起开关与保护作用的电气设备。属于这类设备的有：刀开关、熔断器、自动空气开关、互感器、隔离开关、负荷开关、油断路器、绝缘子、电抗器等。所谓工厂配电系统，实质上就是在满足技术经济合理的前提下用线路把这些电器加以组合连接，从而在供电中达到安全、可靠的操作与控制。这一章，仅简要介绍这些电器的结构原理、类型与规格。关于其选择，将在第六章讨论。

第一节 电弧的产生与消弧原理

当开关在切断电路时，互相分离的触头间总是伴随着电弧的产生。开关的任务是迅速灭弧，切断电流，所以消弧能力的大小是开关性能好坏的主要标志。在电器的额定电压下，某种开关都有一定的最大断流能力，称为极限分断电流。若超过比值，电器本身可能发生严重的破坏，甚至使各相载流部分、导线和绝缘子之间发生电弧闪络以及发生接地故障。

由于开关电器在消弧措施上不断革新，促使电器结构不断缩小体积、减轻重量。为了了解现代开关设备的结构与工作情况，以下讨论电弧发生与熄灭时的一些基本现象。

一、电弧的发生

当开关触头分开时，在开关触头间便形成电场，由于分离瞬间，气隙极小，所以触头间的电场强度很大。触头间电压愈高，电场强度愈强。在电场力的作用下，电子便从触头表面拉出，这种作用称场致发射。这些电子在电场作用下，在两触头间作加速运动，其动能足够时，碰撞到中性分子（或原子）则能使其游离成正负离子，这个作用称碰撞游离。新生的自由电子，亦参加到碰撞游离的行列中，使间隙中导电性骤增，继续发展下去便形成弧光放电。

电弧温度极高（弧柱表面3000℃，弧心达10000℃以上），并强烈发光。在高温中弧隙内的气体分子（或原子）动能增加，互相碰撞也能产生游离，称为热游离，这个作用帮助了电弧的发展。

此外，触头表面也有热发射现象，这是由于阴极表面不断受到正离子的轰击而发热，电子获得足够能量逸出表面。

上述四点产生与维持电弧的原因，总称为游离过程。显然，电弧温度愈高，游离作用愈强，弧隙电导与电流愈大，维持电弧燃烧所需的电压就愈低。在开关触头间产生游离过程的同时，还有去游离过程，包括正负离子重新复合成中性质点（称为复合），以及离子向弧际外扩散的过程（称为扩散）。显而易见，如果去游离比游离作用强，电弧即告熄灭。

值得注意的是，在弧隙整个长度上离子的分布密度并不相同。在离阴极很近的区域（约 10^{-4} 厘米），正离子浓度最大，称为正电荷区，如图1-1中的 L_0 。刚从阴极跑出来的

电子，一部分被正电荷迅速复合，一部分穿过正电荷区飞向阳极。所以在直接靠近阴极的极小的区间内，离子的密度不大，也就是说，这区间的单位长度上的电导比弧柱内小得多，单位长度上的电压降比弧柱内大得多，叫做阴极电压降区，如图1-1中 $U_{阴}$ ，约10~20伏。

飞越过正电荷区的电子，由于受到电场的加速，要在弧柱内直接与正离子复合是困难的。因为电子的质量比正离子小得多，所以它的速度约为正离子的速度的1000倍。可以这样认为，电子总是先依附在中性质点上成为负离子后，再与速度相当的正离子复合的。而一部分负离子，总要移向阳极，在离阳极不远处，电子从负离子挣脱出来进入阳极，因此在靠近阳极的极小区域内，具有相当数量的中性质点，离子的密度也是不高的，这就是图1-1所指出的阳极电压降区 L_2 。阳极电压降 $U_{阳}$ 略小于阴极电压降 $U_{阴}$ 。

二、消弧措施

消弧措施的原理就是人为地创造有利于去游离的条件，加速灭弧。

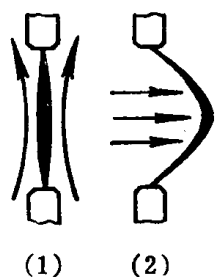


图 1-2 用气体吹弧
(1)一纵吹；(2)一横吹

(1) 利用特制的弹簧增大触头的分离速度，迅速减小单位长度上的电弧电压降，使触头间的电压不足以维持电弧的燃烧，加速其熄灭。

(2) 用空气或其它气体吹弧，如图 1-2 所示。有横吹、纵吹二种。吹弧的结果，冷却了电弧，使弧柱与周围介质的温差大，引起质点从温度高的地方向温度低的地方迁移；同时因为电弧内部和外部离子浓度不同，也推动了离子向周围介质扩散；再一方面，中性的气体分子被吹入弧隙内，热运动加剧，当其动能足够大时，中性分子的互相碰撞会分离成原子，这样也吸收了大量热能，冷却了电弧。上述三个原因是吹弧使电弧熄灭的道理。再则，由于横吹还有拉长电弧的作用，对熄灭电弧更为有利。如果利用高游离电位和高导热率的气体（如氢、二氧化碳、水汽、六氟化硫等）吹弧，效果会更好。

(3) 利用电力使电弧移动，或电磁横吹拉长电弧。如图 1-3 是利用电弧受它本身各部分电流间的电力作用，以及热气流上升的作用，因而使电弧发生移动。

图 1-4 是利用电弧电流和磁性材料间的相互吸引作用，即磁性材料受电弧电流产生的磁场的影响而磁化，反过来电弧因受磁性拉力的作用而移向磁性材料。

图 1-5 是磁力吹弧的另一种情况。二个触头上各装着导弧角 1，线圈 2 与电弧是串联

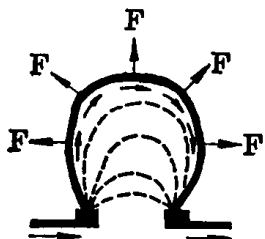


图 1-3 在电力作用下电弧的拉长

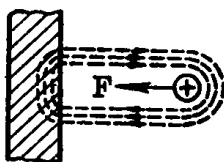


图 1-4 在磁性材料影响下电弧的移动

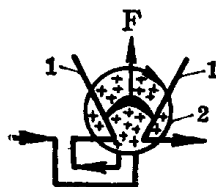


图 1-5 在磁吹影响下电弧的移动

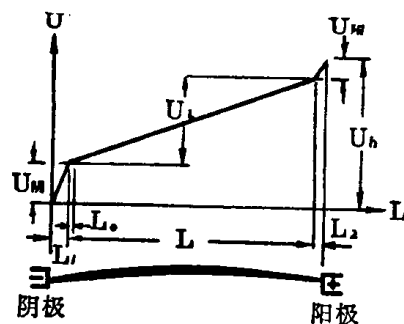


图 1-1 沿电弧的电压分布示意
 L_1 —阴极辉光区域； L_0 —正电荷区； L —弧柱长度； L_2 —阳极空间； U_h —电弧电压； $U_{阴}$ —阴极电压降； U_L —弧柱上的电压； $U_{阳}$ —阳极电压降

的。线圈电流所形成的磁场方向如图中的×号所示，它的方向恰与电弧电流的方向垂直，因此产生的电磁力 F 使电弧发生横向吹动。

(4) 利用耐弧绝缘材料制成的灭弧栅，这是一种将绝缘材料制成薄片平行排列铆接在一个罩壳内的装置，如图1-6所示。这种灭弧装置往往与磁吹线圈配合使用。当触头分离电弧发生后，磁吹力把电弧驱入灭弧栅片中，以达灭弧目的。为什么呢？已如前述，由于电弧中的电子是较活泼的质点，它要直接和正离子复合成中性质点比较困难，所以先使它与固体介质相遇，使绝缘介质表面依附了大量的电子，提高了介质的负电位，吸引正离子与它复合。同时，绝缘灭弧栅又有拉长电弧和加速冷却的作用。这种方法通常用于10千伏或35千伏的开关电器中。

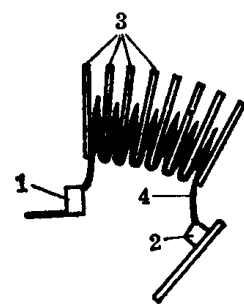


图 1-6 用耐弧绝缘材料制成的灭弧栅
1—静触头；2—动触头；
3—灭弧栅；4—电弧

(5) 利用金属材料制成的灭弧栅（又称去离子栅），如图1-7(1)所示。这是一种充分利用阴极电压降的效应进行消弧的装置，适用于380伏及以上、10千伏及以下的开关电器。这种灭弧栅将整个电弧长度分割成若干段短电弧，而每一个短弧就具有一个阴极。电弧愈短，则电弧压降主要集中在阴极和阳极附近的区域。如果触头间电压小于所有短弧电压降的总和时，电弧很快就熄灭了。

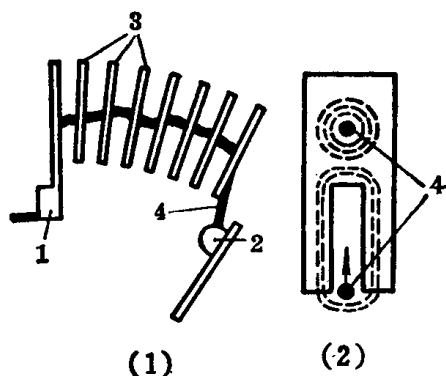


图 1-7 (1) 一用金属片制成的灭弧栅；(2) 一带矩形缺口的钢制灭弧栅片
1—静触头；2—动触头；3—灭弧栅；
4—电弧

图1-7(2)所示，由于灭弧栅片上还具有矩形缺口，因为钢片被电弧磁场所磁化，能将电弧吸入栅片深处，把电弧拉长后再利用短弧效应灭弧，效果更好。

灭弧措施，主要是以上几种。但应指出，交流电弧比直流电弧容易熄灭。每当电流过零，电弧瞬间即灭，如果去游离作用很强，电流过零时两个触头又已远离，两极间的恢复电压已不足以击穿触头间的绝缘介质，电弧就不会再度起燃。

第二节 刀 开 关

一、刀开关的分类

刀开关又名闸刀。一般用在不经常操作、电压在500伏及以下的低压电路。因为它没有或只具有简单的灭弧栅，故在额定电压下它只能切断与闭合直流或交流额定电流以下的电路，或用来切除空载电路从而隔离电源。按额定电流分刀开关有100、200、400、600、1000及1500安几种；按刀的极数分有单极、双极、三极；按灭弧装置的情况分有带灭弧室和不带灭弧室的；按操作方式分有直接手柄操作式和杠杆传动操作式；按转换方式分有单投和双投；按接线方式分有板前接线和板后接线。

刀开关的分类可见表1-1。

由表1-1可见，中间手柄式刀开关无灭弧装置，为了操作者的安全，只能用来切断空载电路；其它操作方式而不带灭弧室的刀开关，由于操作者离刀开关的闸刀稍远，所以可

刀 开 关 的 分 类

表 1-1

系列号	刀 开 关 结 构 类 型	转换方向	极 数	额 定 电 流 (安)	系 列 型 号
1	中间正面杠杆操作机构式 (装有灭弧室)	单投	二、三	100、200、400、600、1000	HD13-□/□1
		双投	二、三	100、200、400、600、1000	HS13-□/□1
2	中间正面杠杆操作机构式 (不装灭弧室)	单投	二、三	100、200、400、600、1000、1500	HD13-□/□0
		双投	二、三	100、200、400、600、1000	HS13-□/□0
3	侧方、正面杠杆操作机构式 (装有灭弧室)	单投	二、三	100、200、400、600、1000	HD12-□/□1
		双投	二、三	100、200、400、600、1000	HS12-□/□1
4	侧方、正面杠杆操作机构式 (不装灭弧室)	单投	二、三	100、200、400、600、1000、1500	HD12-□/□0
		双投	二、三	100、200、400、600、1000	HS12-□/□0
5	侧面操作手柄式(装有灭弧室)	单投	三	100、200、400、600	HD14-□/31
6	侧面操作手柄式(不装灭弧室)	单投	三	100、200、400、600	HS14-□/30
7	中间手柄式	单投	一、二、三	100、200、400	HD11-□/□8
8	中间手柄式	单投	一、二、三	100、200、400、600、1000	HD11-□/□9
		双投	一、二、三	100、200、400、600、1000	HS11-□/□

型号意义：HD—单投刀开关，HS—双投刀开关。

设计序号：11—中间手柄式；12—侧面杠杆操作机构式；13—中间正面杠杆操作机构式；14—侧面操作手柄式；□/□—分子表示额定电流，分母表示极数，最后数字：0表示不带灭弧室；1表示带灭弧室；8表示板前接线无灭弧室；9表示板后接线无灭弧室。

用来切断0.2~0.3倍的额定电流值；带灭弧室的刀开关才可用来切断额定电流的电路。

二、刀开关的结构

图 1-8 所示是 HD13-600/31 型刀开关的外形。

刀开关的刀片和刀片夹座安装在绝缘底板上，底板一般用胶木、陶瓷或石棉水泥等材料制成。刀片和刀片夹座用紫铜或黄铜制成，表面镀锡以加强保护。100~400 安的刀开关采用单刀片式；600 安及以上的刀开关采用双刀片式。为了防止电弧灼烧刀片，600 安以上的刀片上端加装铜-石墨弧触头。

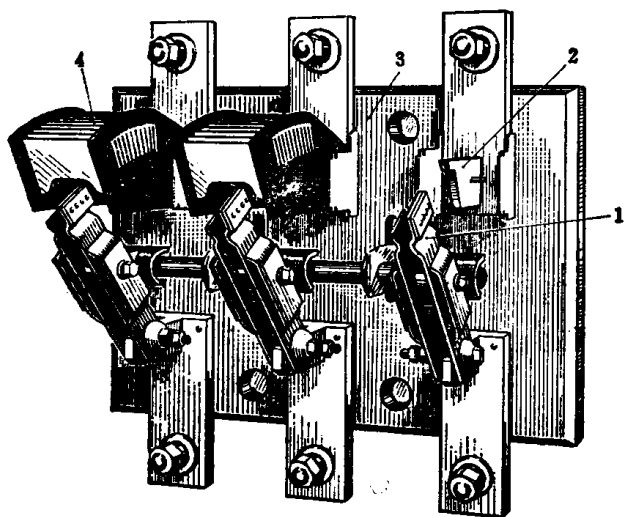


图 1-8 HD13-600/31 型刀开关

1—刀片(上端有弧触头)；2—刀片夹座；3—绝缘底板；
4—灭弧栅

刀开关的刀片和刀片夹座间的接触方式有面接触和线接触两种，如图 1-9 所示。但实际制造多采用线接触，因为不论是面接触或线接触，刀片和刀座之间实际上只能接触在一些点上。由于线接触的接触面积小，单位面积上接触压力大，接触点反会比面接触的多。在结构上应保证足够的接触压力，以保持较小的接触电阻，同

时使刀开关在大工作电流或短路电流通过时具有足够的电动稳定度。这一点可用图1-10来解释，当冲击短路电流通过刀开关，不同路径的电流的磁场的相互作用，将在刀片上产生一个很大的外推电力，如图1-10中的力F，这个力会使刀片从夹座中弹出。为了防止这一点，除了利用刀片或刀座本身的弹性以及加装弹簧外，还可在双刀片的刀开关的两片刀片上都装上一块钢片。当大电流通过刀片时，两块钢片被强烈磁化而相互吸引，从而大大增加了接触压力，这种作用称为磁锁，如图1-11所示。

现在的刀开关的刀片都做得很短，因为实验证明：刀开关在拉断时电弧上所受到的电动力与电流的平方成正比，与刀片的长度成反比。图1-12绘出了刀片拉断时电弧上所受的电动力的情况。例如，一个1000安的刀开关，在实验中用来切断500伏、10000安的电流，发现电弧的熄灭比切断100安时要快，这是说明电动力灭弧的一个很好的例子。

还有一种能开断额定电流的带快断刀片的刀开关，如图1-13所示。这种开关的额定电流在400安及以下，因为电流较小，拉断时吹弧的电动力也较小，采用快断刀片可以迅速灭弧防止电弧灼伤工作闸刀。合闸时，快断刀片先接通电路；断路时，工作刀片先离开夹座，而后快断刀片在弹簧的作用下迅速拉断，从而缩短了熄弧时间。

刀开关的灭弧室采用钢栅片式（去离子栅），其结构是采用绝缘纸板与钢片拼铆而成，绝缘纸板起隔弧作用，钢片可冷却电弧以利灭弧。

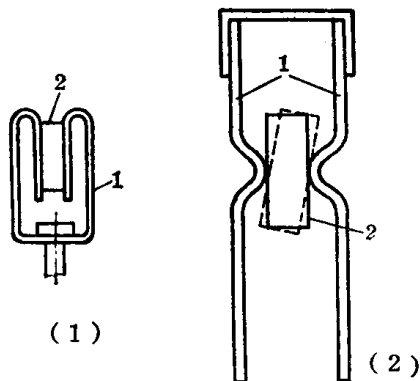


图 1-9 刀开关的触头接触形式
(1)一面接触；(2)一线接触
1—刀座；2—刀片

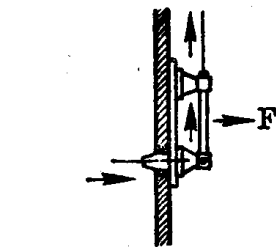


图 1-10 短路电流通过时，
作用在刀片上的电动力

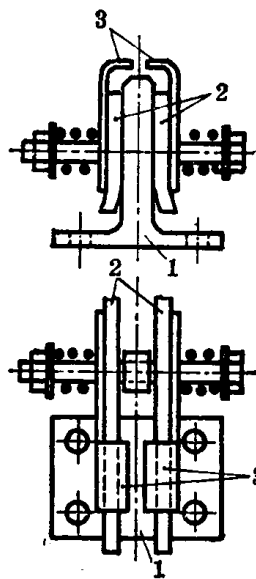


图 1-11 具有磁锁
的刀开关
1—刀座；
2—刀片；
3—钢片

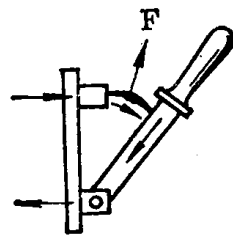


图 1-12 闸刀拉
断时电弧上所
受到的电动力

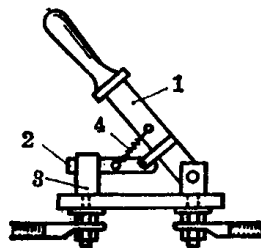


图 1-13 带有快
断刀片的刀开关
1—刀片（工作闸刀）；
2—快断刀片；3—刀座；
4—弹簧

第三节 熔 断 器

熔断器是用来保护电路和电气设备免于遭受过载电流和短路电流损害的电器，它具有结构简单、使用方便、重量轻、体积小、价廉等优点。

熔断器的结构由金属熔件、固定熔件的接触结构和外壳三部分组成，一些熔断器的外壳内还充填绝缘介质用以在熔件熔断时迅速灭弧。

当通过熔件的电流超过一定值，熔件被加热到熔点而烧断，使过载电流或短路电流截断。通过熔件的电流愈大，熔件熔断愈快。熔断器的熔断时间，决定于熔件的熔化时间和灭弧时间。

熔断器的熔断时间与电流之间的关系曲线，称为熔断器的安秒特性曲线。我们把这种电流愈大，熔断时间愈短的特性称为反时限特性，如图1-14所示。特性表明，当通过熔件的电流为熔件额定电流时，熔件是不会熔断的。为了更清楚的说明，现举60安熔件的安秒特性表如下：

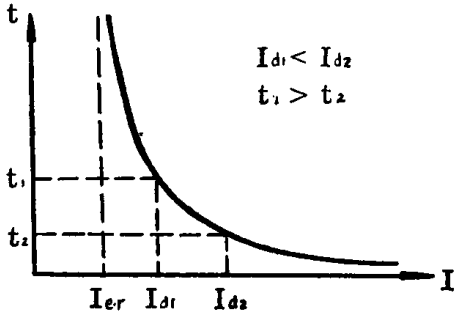


图 1-14 熔断器的安秒特性

故障电流 熔件额定电流	1.3	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0
熔 断 时 间	∞	1 小时	20 分	40 秒	8 秒	4.5 秒	2.5 秒

必须指出，熔断器的额定电流与熔件的额定电流是不同的。所谓熔断器的额定电流是指熔断器的载流部分和接触部分所根据设计的电流而言，而所谓熔件的额定电流，是指熔件本身所根据设计的电流而言。同一个熔断器，装入的熔件，其额定电流可以与熔断器额定电流相同，也可以比熔断器额定电流小若干等级。

熔断器在不发生任何变形、正常工作的条件下，所能截断的最大电流称为最大分断能力。

一、熔断器的种类

1. 低压熔断器

用于 500 伏以下的交、直流电力网路中。

(1) RC1A 插入式熔断器 (型号意义： R—熔断器、 C—插入式、 1—设计号、 A—改进型)。它具有瓷插盖 1 和瓷插座 2 两部分，如图1-15所示。插盖上装有刀片 3 及装置熔丝 6 的螺丝 4。插座上有刀片夹座。熔丝通常选用铅锡合金丝，电流大的场合可选用细铜丝。60安及以上 RC1A 熔断器最大分断能力可达 3 千安。

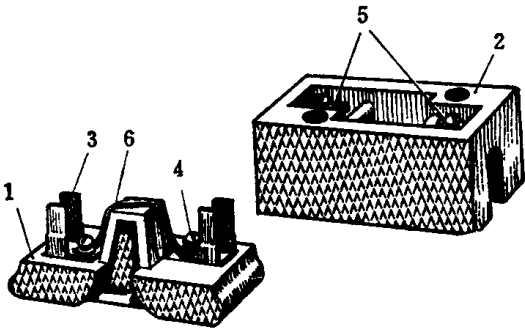


图 1-15 RC1A型插入式熔断器

1—瓷插盖；2—瓷插座；3—刀片；4—螺丝；
5—刀片夹座；6—熔丝

表1-2示出 RC1A 型熔断器配用的 熔丝 规格。

表1-2示出 RC1A 型熔断器配用的 熔丝 规格。

(2) RL1 型螺旋式熔断器 (型号意义： R—熔断器， L—螺旋式， 1—设计号)。它具有瓷帽 1、瓷座 2 和熔管 4 三部分，如图1-16所示。它的瓷帽和瓷座上分别有接触铜片螺纹 3。其内腔可装瓷熔管 4，熔管内已配好熔件，并有指示片，一旦熔断，连在熔丝上的弹簧即将指示片顶出，于瓷帽上玻璃孔可见。

瓷座上有进出线的接线头 5。RL1-200 的最大分断能力可达 50 千安。

RC1A 配用熔体规格表

表 1-2

额定电流 (安)	熔 体 ϕ (毫米)	额定电流 (安)	熔 体 ϕ (毫米)	额定电流 (安)	熔 体 ϕ (毫米)
2	0.52软铅丝	25	0.71铜丝	100	1.80铜丝
4	0.82软铅丝	30	0.80铜丝	120	0.2 厚紫铜片(专用变 截面冲片)
6	1.08软铅丝	40	0.92铜丝	150	0.4 厚紫铜片(专用变 截面冲片)
10	1.25软铅丝	50	1.07铜丝	200	0.6 厚紫铜片(专用变 截面冲片)
15	1.98软铅丝	60	1.20铜丝		
20	0.61铜丝	80	1.55铜丝		

RLS 型是螺旋式快速熔断器，结构与 RL1 型相同，其熔断特性见表 1-3。

由表 1-3 可见，当过电流倍数为 5 倍时，熔断时间小于 0.02 秒（一周波），它适用于作可控硅整流元件的保护。

(3) RM 型封闭管式熔断器（型号意义：R—熔断器，M—密封闭管式）。RM10 型为全国统一设计产品。其外形如图 1-17 所示。它具有硬质纤维管（反白管）的管壳 1 和冲成宽窄截面锌质熔件 2，接触件（管帽 4 及接触刀片 3）用铜制成。这种熔断器在熔断时，纤维管壁受热析出气体（气体成分是 40% 氢、50% 二氧化碳、10% 水汽），管内压力升高，电弧的去游离作用很强，缩短了灭弧时间。RM10 的最大分断能力为 10 千安。

RLS 型快速熔断器的熔断特性

表 1-3

过电流倍数	熔断时间不大于(秒)	备 注
1.1	5 小时不熔断	$\cos \phi = 0.3 \sim 0.8$
3	0.3	$\cos \phi = 0.3 \sim 0.8$
3.5	0.12	$\cos \phi = 0.3 \sim 0.8$
4	0.06	$\cos \phi = 0.3 \sim 0.8$
5	0.02	$\cos \phi = 0.3 \sim 0.8$

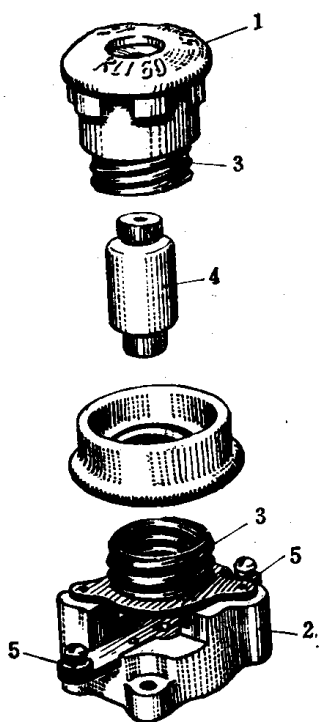


图 1-16 RL1 型螺旋式熔断器

1—瓷帽；2—瓷座；3—铜片螺纹；
4—熔管；5—接线头

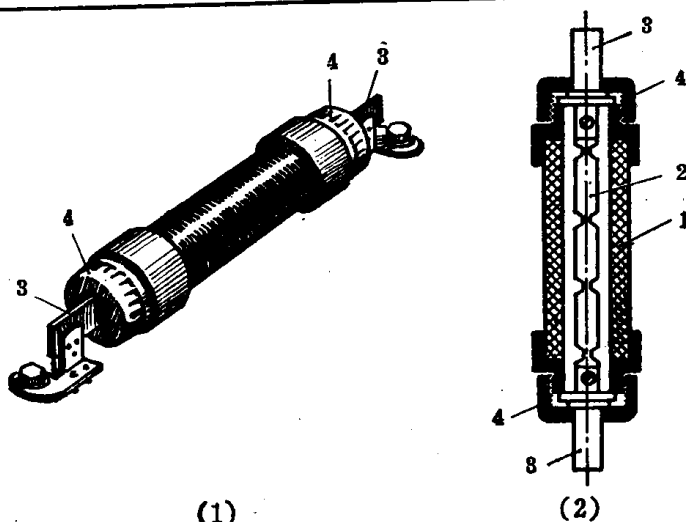


图 1-17 RM 型封闭管式熔断器

(1)—外形；(2)—剖面

1—管壳；2—锌熔件；3—刀片；4—管帽

新型产品 RM7 型封闭管式熔断器，熔管采用三聚氰胺玻璃布经加热后卷成，再加压成型，管帽是用酚醛玻璃布加热加压制成，具有相当高的机械强度、耐热性、抗潮性和耐