

阎士琦 编

建筑电气防火实用手册

JIANZHU DIANQI FANGHUO SHIYONG SHOUC



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

建筑电气防火实用手册

JIANZHU DIANQI FANGHUO SHIYONG SHOUCHE

阎士琦 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本手册是为了满足广大消防工作者、电气安全人员科学地掌握建筑电气防火基本知识和各种实用的防火技术措施,掌握常见的高危险场所电气消防知识,更好地执行电气消防安全法规及条例,指导各企事业单位搞好电气防火工作,为主管消防工作和直接从事消防工作的同志提供一本具有指导性和可操作性的工具用书而编写的。

主要内容有:电气防火与防爆安全知识;防静电安全知识;防雷与接地安全知识;电气接地方式和安装;常见各类电气设备防火要求;易燃易爆场所的防火要求;民用建筑防火要求;消防系统的组成;消防设备的安装;消防设施的维护与管理;防火设计图例;电气消防安全教育及管理;电气火灾扑救;火灾事故处理等内容。

本手册可作为各机关、企事业单位从事消防管理工作人员,各类建筑和场所从事电气防火管理、电气安全监督等人员日常工作的工具书,亦可供消防人员、保卫人员和电气专业工程技术人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑电气防火实用手册/阎士琦编. —北京:中国电力出版社, 2005

ISBN 7-5083-2997-X

I. 建... II. 阎... III. 房屋建筑设备:电气设备-防火-手册 IV. TU892-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 004520 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 5 月第一版 2005 年 5 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26 印张 703 千字

印数 0001—4000 册 定价 40.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

随着我国建筑事业的蓬勃发展,民用住宅和工业场所的不断兴建,建筑电气的防火越来越成为消防工作的重点。一旦发生火灾,会严重危害人们的生命财产安全,造成惨重的损失。因此,必须高度重视建筑电气防火工作。引起电气火灾的根本原因就是人们防火知识的缺乏和消防安全意识的淡薄。要遏制电气火灾事故的发生,尤其是重大电气火灾事故的发生,为经济建设和社会稳定创造良好的消防环境,就要努力提高人们的消防意识,掌握必要的电气防火知识。

为了从根本上防止和减少建筑电气火灾的发生,把火灾损失降低到最低限度,为了帮助有关人员科学地掌握建筑电气防火基本知识和各种实用的防火技术措施,掌握常见的高危险场所电气消防知识,更好地执行电气消防安全法规及条例,指导各企事业单位搞好电气防火工作,为分管消防工作和直接从事消防工作的同志提供一本具有指导性和可操作性的工具用书,特地编写了《建筑电气防火实用手册》一书。

本手册具有以下特点:

(1) 内容新。本手册所引用的技术标准,采用了最新的国家标准及部颁标准,编写中尽可能搜集和采用最新技术资料。

(2) 范围广。本手册内容包括建筑电气防火的方方面面,能满足各类人员的需求,主要内容有:电气防火与防爆的安全知识、防静电、防雷与接地安全知识、电气接地的安装、各类电气设备、民用建筑、易燃易爆场所的防火要求、消防系统的组成、消防设备的安装、消防设施的维护与管理、防火设计图例以及消防安全教育、电气火灾扑救、火灾事故调查处理等。

(3) 针对性强。本书结合丰富的实践经验,深入浅出的介绍了建筑电气防火的基本知识、基本技能,特别是针对各企事业单位的行业特点,重点介绍了各类建筑和场所的防火管理要点,便于大家参考使用。

本手册在编写过程中参考了消防安全方面的相关书籍和资料,对于这些书籍的作者和资料的提供者表示感谢。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,不当之处在所难免,敬请广大读者及同行专家提出宝贵意见,以便纠正。

编者

2005年2月

目 录

前言

第一篇 电气防火与防爆

第一章 电气防火与防爆安全知识	1
第一节 电气防火安全知识	1
第二节 电气防爆安全知识	6
第二章 防静电安全知识	13
第一节 静电基础知识	13
第二节 静电产生原因及危害	17
第三节 静电防护措施	19
第三章 防雷与接地安全知识	26
第一节 建筑物的防雷等级	26
第二节 雷电的火灾危险性	26
第三节 建筑物防雷措施	27
第四节 特殊建(构)筑物的防雷 接地	30
第五节 共用设施的接地	33
第六节 生活、办公用高层建筑物的 接地	34
第七节 变配电设备接地	38
第四章 电气接地方式和安装	44
第一节 电气接地方式	44
第二节 电气接地的安装	48
第五章 常见各类电气设备防火要求	65
第一节 电气线路防火要求	65
第二节 变配电设备防火要求	73
第三节 用电设备防火要求	83
第六章 易燃、易爆场所防火要求	90
第一节 石油储存库防火要求	90
第二节 汽车加油站防火要求	95
第三节 汽车加气站防火要求	97
第四节 乙炔站防火要求	102
第五节 氧气站防火要求	105
第六节 氢气站防火要求	107
第七节 煤气站防火要求	108
第八节 液化气供应站防火要求	110
第九节 化学工业危险品库房防火要求	113
第十节 爆炸物品仓库防火要求	117
第七章 民用建筑防火要求	120
第一节 学校建筑防火要求	120
第二节 图书馆和档案馆防火要求	124

第三节	古建筑物防火要求	126
第四节	博物馆、展览馆防火要求	130
第五节	公众聚集场所防火要求	133
第六节	广播电台、电视台防火要求	137
第七节	医院防火要求	139
第八节	体育馆防火要求	145
第九节	商厦防火要求	147

第十节	宾馆和饭店防火要求	149
第十一节	邮政和电信建筑防火要求	152
第十二节	电子计算机中心防火要求	153
第十三节	高层建筑防火要求	155
第十四节	工厂建筑防火要求	161
第十五节	仓库防火要求	172

第二篇 消防系统

第八章	消防系统的组成	181
-----	---------	-----

第一节	消防系统的组成概述	181
第二节	火灾自动报警系统	182

第三节	火灾灭火系统	198
第四节	联动控制系统	241

第九章	消防专用供电	266
-----	--------	-----

第一节	消防供电电源	266
第二节	消防配电系统设计	271

第三节	配电线路防火防爆设计	275
-----	------------	-----

第十章	消防设备的安装	278
-----	---------	-----

第一节	施工技术文件及消防系统常用 图例符号	278
第二节	消防报警控制室设备安装	279

第三节	探测器的安装	281
第四节	其他联动消防设施的安 装	288

第十一章	消防设施的维护与管理	301
------	------------	-----

第一节	火灾自动报警系统的维护与 管理	301
第二节	自动喷水灭火系统的维护与 管理	303
第三节	二氧化碳灭火系统的维护与	

	管理	306
第四节	室内消火栓给水系统的维护 与管理	309
第五节	灭火器的维护与管理	311

第十二章	防火设计图例	322
------	--------	-----

第一节	防火工程实例	322
-----	--------	-----

第二节	火灾自动报警系统图图例	332
-----	-------------	-----

第三篇 电气火灾扑救及事故处理

第十三章	电气消防安全教育及管理	342
------	-------------	-----

第一节	消防安全教育	342
第二节	电气从业人员管理	347

第三节	电气火灾的特点	348
-----	---------	-----

第十四章 电气火灾的扑救	350
第一节 消防器材	350
第二节 火灾的扑救	365
第三节 自救与逃生	375
第十五章 火灾事故处理	382
第一节 火灾现场事故处理的基本 原则	382
第二节 火灾事故的调查与处理	382
附录	385
附录 1 中华人民共和国消防法	385
附录 2 火灾统计管理规定	391
附录 3 公安部关于加强高层居民住宅 电气防火安全工作的通知	394
附录 4 中国消防安全标志	395
附录 5 危险货物包装标志	398
附录 6 1999~2000 年我国公众聚集场所 特大火灾简表	399
附录 7 1990 年至 1999 年全国火灾原因 分类表	406
参考文献	407

第一章 电气防火与防爆安全知识

第一节 电气防火安全知识

一、电气基本知识

1. 基本概念

(1) 额定电流。电气设备在设计 and 制造时规定的一个长时间使用保证安全的电流值。记以 I_N 。通常标在电气设备的铭牌上,它与额定电压 U_N 、额定功率 P_N 称电气设备的额定值,三者关系是 $P_N = I_N \cdot U_N$ 。在铭牌上只要标出其中两个,那么第三个就可以计算出来。由于电流的热效应要产生热量使设备温度升高,因此不论电源还是负载通过它们的电流都不允许超过额定值,只可以小于或等于额定值。通常把小于额定值称欠载;超过额定值的称过载;等于额定值的称满载。为了防止过载,通常用熔断器或其他装置进行安全保护,因为过载运行是引起火灾和事故的根源。

(2) 额定电压。用电设备在设计 and 制造时,按规定确保安全的电压数值。记以 U_N ,通常标注在用电设备的铭牌上。一般用电设备是以市电 380/220V 为其额定值考虑其内部绝缘性的,不准错接。绝缘层若被击穿,容易引起短路,造成过流而产生危害;另外通常负载内部的电阻是一定的,当其两端电压增大时,通过它的电流也将增大,功耗和产生的热量也增大,这就很难避免不发生事故。因此按额定电压接入相应的电源是安全用电必须遵守的规则。

(3) 电流热效应。电流通过导体时引起导体发热的现象,也是电能转换成热能的现象。根据焦耳—楞次定律电流通过导体产生的热量 $Q = I^2 R t$,可见产生的热量与电流的平方成正比。为防止电流热效应损坏设备,通常对电气设备的主要电气参数的允许值作了具体规定,这就是额定值,它是正确使用电气设备的依据。一旦忽视了这些参数的正确使用,电流热效应将使设备或导线升温发热,甚至使导体红热或熔化,轻则损坏设备,重则引起火灾等事故。电流热效应是产生电气火灾事故的最基本的因素,切不可轻视。

(4) 过电流保护。电气系统中,出现过电流时能自动切断电路以防损坏线路或设备的保护措施。它包括短路保护和过负荷保护。短路保护要求保护装置具有足够的分断能力,能够可靠地切断较大的短路电流。熔断器是最常见的过电流保护元件。它利用低熔点或小截面熔体在过电流作用下首先熔断的原理来切断电路。主要用作短路保护和粗略的过负荷保护。低压系统中的过电流保护常采用低压断路器(又称自动开关、空气开关)。它具有短路和过负荷保护功能,采用带灭弧装置的触点来分断电路,比较可靠。根据双金属片受热弯曲的原理分断电路的热继电器和热分断器大量用于电动机的过电流保护,热继电器通常用于工业电机,热分断器则主要用于家用电器。在高压系统中,过电流保护通常由电流继电器和断路器组成。电流继电器在短路或过负荷时发出信号,控制断路器分断电路。调整电流继电器可获得不同的保护特性,灵活方便,可靠性较高。正确可靠的过电流保护是电气系统安全运行的必要保证。擅自放大熔断器的熔丝规格或保护装置的整定值将使之失去保护作用,当出现过电流时可能损坏导线或设备,甚至引

起火灾。

(5) 低电压保护。又称失压保护和欠电压保护。电源电压消失或低于某一数值时，能自动断开电路的一种保护措施。其功能是避免电压恢复时，设备突然启动而造成事故；同时避免因在低电压下勉强运行而遭损坏。设备在低电压下，只有增大电流才能维持运行，电流增大，发热升温自然加剧，轻则损坏设备，重则造成火灾。对于重要保护对象，其装置由电压继电器、时间继电器和断路器组成，保护性能比较精确；对于一般低压设备，常用熔断器、接触器和失压（欠压）脱扣器等作为保护器件。

(6) 过电压保护。防止过电压对电力系统的危害而采取的措施。主要有：在输电线路和变电所设置避雷线和避雷针，防止直接雷击；对重要的旋转电机采取电缆进（出）线并设置避雷器以防止雷电波的侵入；采用并联电抗器限制工频过电压；对断路器加装并联电阻以限制操作过电压。特别是正确地选用避雷器可以有效地限制最常见的大气过电压和操作过电压。近年来出现的金属氧化物压敏电阻，为 380/220V 低压配电线路及设备提供了有效的过电压保护器件。

(7) 跨步电压。人体两脚接触带电地面所承受的电位差。以高压电线断线落地点为中心一定范围的地面上形成了从高到低的电位分布区域，人体两脚接触该区域地面两点时所承受的电压。跨步电压与人体站立的位置和离触地点的距离有关：沿经向方向站立，电压大，而沿圆周方向站立，电压小；离触地点愈近，电位愈高，反之电位愈低，20m 以外电位趋于零。另外还跟地表面土壤的电阻率，跨步的大小等因素有关。跨步电压有时能危及人的生命，应予以避免，发现电线落地时，应报告有关部门，及时消除隐患。

(8) 安全电压。不造成人身触电事故的电压。安全电压值的规定，各国有所不同，如西欧许多国家规定为 24V，美国为 40V。我国规定为：在无高度触电危险的建筑物（指干燥温暖、无导电粉尘、金属占有系数小于 20% 的装配楼，实验室等）中为 65V；在有高度触电危险的建筑物（指潮湿、炎热，有导电粉尘、金属占有系数大于 20% 的金工车间、变电所等）中为 36V；在有特别触电危险的建筑物中（指特别潮湿、有腐蚀性气体、煤尘的铸工车间、电镀车间等）中为 12V。安全电压是安全生产的保证。

(9) 触电。可分为电击与电灼伤。人体相当于一个电阻，当电压施加于人体形成电流时，电流使人体的细胞受到破坏，中枢神经麻痹，从而造成休克或死亡，就是电击。电流的热效应、化学效应、机械效应以及在电流作用下使熔化、蒸发的金属微粒等侵袭人体皮肤使皮肤局部发红、起泡、烧焦、甚至致人于死地的这类现象称为电灼伤。通常当通过人体的工频交流电流 20 ~ 25mA 或直流超过 80mA 时，会使人感觉麻木剧痛，呼吸困难，有生命危险。若通过人体的电流超过 100mA 时，就会使人的心脏停止跳动而死亡。通过人体电流的持续时间以不超过 0.1s 为界限。

(10) 一、二、三级负荷。按负荷的重要性和对供电可靠性的要求，对负荷进行的分级。用电负荷一般分为三级。一级负荷：突然中断供电将造成人身伤亡或重大设备损坏且难以修复，引起火灾，甚至爆炸，需要长时间才能恢复的用电负荷。如煤矿、电炉炼钢、特种化工、医院手术室，此外重大政治性活动场所、军事机关等。二级负荷：突然中断供电将产生大量废品，引起减产，损坏生产设备，打乱生产过程，且需长时间才能恢复的用电负荷。三级负荷：一般性用电负荷。各级用电负荷的供电方式：一级负荷要求保证连续供电，任何情况下都不能中断，因此应由两独立电源供电，有特殊要求的一级负荷两个独立电源且应来自不同的地点。二级负荷在条件允许的情况下，可采用双回路供电。三级负荷因系一般性用电，可由一个电源供电。

2. 安全载流量

安全载流量又称安全电流，是指导线的连续允许通过的电流。具体地说电流通过导线时，由于电流热效应使导线发热升温，最后达到平衡，如果这个温度刚好是导线绝缘的最高允许温度，

那么这时的电流就是该导线的安全载流量。一般橡皮绝缘导线，最高允许温度规定为 65°C 。在不同工作温度下，其不同规格的安全载流量不同，可查表得到。导线的安全载流量跟导线所处的环境温度密切相关，通常环境温度越低允许通过的电流越大，拿铝芯橡皮绝缘导线来说， 25°C 时它的安全载流量为 25A 则在连续使用中升温不会超过 65°C ，而 35°C 时安全载流量降为 21A，这是因为前者允许温升为 40°C 而后者则为 30°C 。安全载流量还和布线方式有关，暴露在空气中比敷设在管子中散热要好。线路中应设置必要的过电流保护装置。用户不得擅自延长线路或违章使用电炉等大功率电器，更不允许擅自改变过电流保护装置的整定值，如以铜线代替熔丝等。

3. 电气绝缘

(1) 绝缘电阻。等于所加直流电压与流经绝缘的电流（泄漏电流）之比。有体积电阻和表面电阻之分，前者是电流通过绝缘厚度的电阻值，而后者是电流通过绝缘表面的电阻值，而绝缘的全电阻就是两者之并联值。与此相对应，其电阻率也有体积电阻率和表面电阻率之分。绝缘电阻通常用绝缘电阻表测定。一般来说照明线路要求其绝缘电阻值不低于 $0.5\text{M}\Omega$ ，而配电盘的二次线路，绝缘电阻不低于 $1\text{M}\Omega$ 。使用中的低压电机、电器对地绝缘电阻不应低于 $0.5\text{M}\Omega$ ，移动式的电气设备不低于 $1\text{M}\Omega$ ，家用电器类不低于 $2\text{M}\Omega$ 。此外还用介质“损耗角”衡量材料漏电流的大小表征其绝缘性能的优劣。电气设备的绝缘电阻达不到规定要求时容易引起绝缘击穿而造成触电、短路等事故。

(2) 绝缘老化。由于绝缘体内部的杂质变化，外部灰尘水分的侵入，或使用温度过高，使用时间过久等原因造成绝缘体变质，使绝缘性能逐渐变差的现象。热老化是材料老化的基本形式，长期受热后，一些绝缘材料的抗弯和抗张强度均会显著降低，当受到机械作用后很容易损坏而导致绝缘击穿；水分能和其他污物一起组成弱电介质，生成离子，增大电导及介质损耗，使绝缘材料进一步发热，加速了热老化的进程。另外，局部放电、光照、辐射等都是影响绝缘老化的因素。绝缘老化意味着绝缘材料的使用寿命已经到期，如果继续使用将有发生漏电、短路等事故的危险。

(3) 绝缘击穿。绝缘材料所承受的电压超过某一数值后，在材料的某些局部区域发生放电而遭到破坏的现象。固体绝缘材料一旦遭受击穿一般就不能恢复其绝缘性能；而液体、气体绝缘遭受击穿，在电压撤除之后，绝缘性能往往还能恢复。固体击穿有两种基本形式：热击穿和电击穿。前者，在外加电压作用下，先产生泄漏电流，电流热效应而使材料发热升温，结果使材料绝缘性能恶化，电流进一步增大，最后导致材料发生熔化和烧穿的现象；而后者，在强电场作用下，使材料内部的束缚电子获释而成为自由电子，绝缘体变成导体而导致击穿。除此，腐蚀性气体、潮湿、粉尘、机械损伤都会降低材料的绝缘性能而导致击穿，绝缘材料逐渐老化，也是失去绝缘性能造成击穿的原因。绝缘击穿和电气火灾是密切相关的，应积极采取措施加以防范。

(4) 闪络。在高电压作用下，在气体内沿着固体绝缘的表面发生的两电极间的击穿。发生闪络前一瞬时两电极间的电压称为闪络电压。因受固体绝缘的表面状态、形状等因素的影响，闪络电压总是低于（最多等于）相同电极结构、相同距离的气体间隙的火花放电电压。沾有污秽（工业污秽、盐份等）的高压输变电设备的绝缘子或绝缘套管，在受潮（特别是遇到雾、露、霜或小雪）时，闪络电压显著降低，甚至在电气设备的工作电压下闪络，造成严重事故。这种情况称为污闪，可以通过改进绝缘设计及定期清扫来防止。

4. 安全距离

人与带电体、物（地）与带电体、带电体与带电体之间保持不发生危险的最短距离。它是安全作业，避免事故为原则作出的规定。安全距离的大小取决于电压高低、设备类型和安装方式等因素。设备安装、布线、检修等的安全距离分别称设备间距、线路间距、检修间距等；另外电

线与有爆炸危险厂房、可燃性物质之间的安全距离称防火间距。常用安全距离见表 1-1 ~ 表 1-4。

表 1-1 检修时人体与带电体之间的安全距离 (m)

项 目	10kV 以下	20 ~ 35kV
在高压无遮拦操作中人体或其所带工具与带电体之间不小于	0.70	1.00
在线路上工作的人体或所带工具等与邻近带电线路间不小于	1.00*	2.50*
工作中使用喷灯或气焊时, 火焰与带电体间不小于	1.50	3.00

* 不足时邻近线路应停电

表 1-2 架空导线与建筑物、树木之间的最小距离 (m)

名 称	距 离	1kV 以下	10kV	35kV
建筑物	垂直距离	2.50	3.00	4.00
	水平距离	1.00	1.50	3.00
树 木	垂直距离	1.00	1.50	3.00
	水平距离	1.00	2.00	

表 1-3 各种配线与易燃气体管道之间的最小距离 (m)

管 名 \ 配线方式		导线穿管配线	绝缘导线明配	裸 导 线
煤气管	平 行	1.00	10.00	10.00
	交 叉	1.00	3.00	3.00
乙炔管	平 行	1.00	10.00	20.00
	交 叉	1.00	5.00	5.00
氧气管	平 行	1.00	5.00	10.00
	交 叉	1.00	3.00	5.00

表 1-4 电缆与电缆、电线、设施之间的最小距离 (m)

敷 设 条 件	平 行 敷 设	交 叉 敷 设
低压电缆与低压电缆之间	0.35	0.35
低压电缆与高压电缆之间	1.50	1.50
低压电缆与照明线路之间	1.00	1.00
高压电缆与照明线路之间	1.50	1.50
电缆与可燃气体及液体管道之间	10.00	5.00
电缆与普通铁路路轨之间	30.00	10.00

二、电气防火与电气火灾

1. 电气防火

电气火灾的预防。它包括雷电火灾、静电火灾和一般电气火灾的预防。按照具有火灾危险的对象物, 一般电气火灾的预防又可分为发电厂防火、变电及配电所防火、电气线路防火、用电设备防火、以及火灾和爆炸危险场所的电气设备防火等。

2. 电气火灾

是指电能非常状态下, 转换热能的过程中, 热能引燃不应引燃的可燃物质所发生的火灾。

电气火灾包括发电设备（各类发电机和电池），送、变、配电设备以及一切用电设备和线路在运行过程中或带电状态下，由于电气短路、过负荷、接触不良等引起的火灾，还包括由静电和雷电引起的火灾。

三、电气火灾的原因

电气火灾的成因是比较复杂的，大致可归纳为短路、过负荷、接触不良三大类。

(1) 电气短路。由于短路时阻抗突然减小，负载电流突然增大，导体上产生的热量和电流的平方成正比。在短路瞬间放热量大大超过正常工作的发热量，不仅可以烧毁导线的绝缘，而且还可能在局部使导体熔化，引起附近可燃物质燃烧。

(2) 过负荷，也称过载。如果导线（设备）上流过的电流超过了安全电流值，就会产生不应有的高温、当达到一定程度时就可能引燃周围的可燃物质，引起火灾。有时过负荷虽然达不到引燃周围可燃物的温度，但却可引起导线绝缘损坏，使导线短路，同样会引起火灾。

(3) 接触不良。导体连接时，接触面处理得不好，接触松动，局部产生较高的电阻，在这一点上由于电流的作用就会出现高温、熔融，直致引起火灾。

除上述三种电火原因，雷击、静电放电火灾从机理上看都属电气火灾的范畴。

1. 短路

又称碰线、混线或连电。相线与相线，相线与中性线（或地线）在某一点由于绝缘损坏等原因碰在一起，造成电气回路中电流突然增大的现象。由于短路电流极大，在短路处将产生强烈的火花和电弧，并使金属导线出现熔化和剥蚀痕迹，并能引起附近的可燃性物质燃烧或引起电气火灾。由于电流突然增大，因此在极短时间内发热量也很大，往往会引起短路回路中导线绝缘层迅速燃烧而造成更大的破坏。

短路常常发生在电气线路中，分为相间短路和对地短路两大类型，造成短路的主要原因是绝缘选择不合适；或受高温、潮湿、腐蚀作用而失去绝缘；或时间过久使绝缘老化；错误安装也是原因之一；雷击过电压也能造成绝缘击穿而发生短路。注意绝缘完好和安全距离是防止短路的有效措施。

2. 过负荷

电力线路和电气设备，在运行中超过安全载流量或额定值的现象。由于电流的发热量与电流的平方成正比，因此过负荷时，发热量往往大大超过允许限度，轻则加速绝缘层老化，重则会使绝缘层燃烧而引起火灾事故。

发生过负荷的原因有：

(1) 违章用电，在小容量的供电线路上接用大功率的用电设备或接用更多用电设备。例如在住宅照明线路中接用电炉等。再有，当由于并网运行的部分发、供电设备因发生故障而切除时，将负荷加到其余联网设备上去。

(2) 用电设备发生机械故障或异常现象，例如电动机的机械卡死或所带机械负荷过重等。

合理选用导线按章用电，安装合适的熔断器和保护装置是防止过负荷现象发生的有效措施。

3. 接触电阻过大

导线与导线，导线与电气设备的连接处，由于接触不良使接触部位的局部电阻过大的现象。当电流通过时，在接触电阻过大的部位，就会吸收很大的电能，产生极大的热量，从而使绝缘层损坏，金属变色甚至熔化，严重时可引起附近的可燃性物质着火。其原因：

(1) 电气连接处接触不牢固、接触面接触不良；

(2) 接触面上有导电性不良的杂质；

(3) 金属（铜、铝）导线接头处的电腐蚀作用和铜铝接头也是接触电阻过大的原因。

为防止接触电阻过大,在施工中应尽量减少线路接头,必要的接头要碰接紧密牢靠;铜、铝接头应采取技术处理;电器设备接线端应用螺丝紧固,并采用防松装置;重点部位导线接头应进行焊接;对于大电流接触点应进行定期检查。

4. 中性点位移

在星形接法的三相电路中,电源中性点O和负载中心点O'之间,出现电压不等于零($U_{OO'} \neq 0$)的现象。由于中性点位移引起负载上各相电压分配不对称,以致使某些相负载电压过高而损坏设备,另一些相电压过低而使设备不能正常运行。在电源和负载作星形接法的系统中接入中线是消除中性点位移的有效措施,应尽可能使中线的阻抗接近或等于零。因此在照明线路中通常采用三相四线制的供电方式,使三相负载电压做到基本平衡。由于通过中线的电流较小,中线可用容量较小的导线但不允许断开。

5. 漏电

当电气线路或设备的绝缘因老化、污染、受潮、受力等原因作用而失去绝缘性能时,在一定的条件下,有部分电流通过绝缘失效处和接地体而流入大地的电气故障现象。漏电的主要危害在于它能够引起触电和火灾等继发性事故和灾害。漏电使正常情况下不带电的金属物体带有危险的电压,当人触及这些物体时,就会触电。较大的漏电流在其入地路径中流经电阻较大或接触不良的部位时,会产生高温或电火花,引燃周围可燃物造成火灾。低压电气系统中常用的漏电保护装置有漏电保护器和防火漏电报警器。前者在漏电超过预定值时切断电源,主要用于防止触电,后者在漏电超过额定值时发出报警信号,主要用于防止漏电火灾。

6. 气体放电

在电场作用下,气体介质被激发电离或击穿所产生的电晕、电弧、火花、辉光放电等现象。通常情况,气体分子呈中性,气体不导电,是绝缘体。使气体分子电离,变成正负离子是使气体具有导电性的首要条件。气体分子在火焰、紫外线、伦琴射线、放射线作用下电离而具有导电性的现象叫被激放电;气体分子在强电场作用下通过碰撞电离而具有导电性的现象叫自激放电。气体放电往往伴随着发光、发声等现象,雷电是自然界中一种规模巨大的气体放电现象。利用气体放电可以制成光源,气体放电还可用于除尘、冶炼、焊接、电火花加工等。电力系统中绝缘击穿、短路等时,形成的气体放电是引起火灾的重要原因,应予以避免。

第二节 电气防爆安全知识

一、电气防爆基本概念

1. 本质安全电路

本质安全电路简称本安电路。电气设备内、外配线,经国家检验机关确认,在正常情况或事故状况下产生的电气火花和温度,均不能点燃爆炸性混合物的电路。其中,与本安电路有直接关联的电路称为关联电路;与本安电路有非直接关联的电路称为一般电路。它们是决定本安型电气设备防爆性能的关键所在。

2. 安全栅

安全栅是指连接在本安型和非本安型电路之间的一种特殊关联设备,包括安全栅元件或安全栅电路,如熔断器、电阻器和并联二极管等。安全栅的作用是将供给本安型电路的电压和电流限制在一定安全水平之内。

3. 电气设备防爆性能等级

电气设备因外力损伤、大气锈蚀、化学腐蚀、机械磨损、自然老化等原因可导致防爆性能等

级下降，经过检修不能恢复原有防爆性能等级的，可根据设备实际技术性能，按下列原则和办法处理：

(1) 降低防爆等级使用。这时须除去原有防爆等级标志，更换相应的防爆等级标志，并从使用部位上拆除。此外还应将其批准降级使用的文件、防爆性能的测试记录等资料一并存入设备档案，随设备转移。

(2) 降为非防爆电气设备使用。这时应除去防爆标志，不得在爆炸危险区域使用，其有关批准文件、测试记录等资料入档并随设备转移。

4. 防爆电气设备表面温度极限

防爆电气设备外壳表面或可能与爆炸性混合接触的表面所允许的最高温度。对于隔爆型，是指外壳表面温度；对于其余各防爆类型，是指可能与爆炸性混合物接触的表面温度。防爆电气设备表面温度有可能点燃爆炸性混合物，故对不同类型的爆炸性物质，其电气设备最高表面温度有不同的要求。如对于有甲烷存在的矿井中使用的电气设备，采取措施能防止煤粉堆积时，最高表面温度不得超过 450℃；有煤粉沉积时，最高表面温度不得超过 150℃。对于有爆炸性气体或蒸汽的场所使用的电气设备，其最高表面温度按 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 、 T_6 引燃温度组别，分别不得超过 450、300、200、135、100、85℃。对有爆炸性粉尘的场所使用的电气设备，其表面温度不得超过表 1-5 所示的极限值。

表 1-5 粉尘爆炸危险场所电气设备最高表面温度表

引燃温度组别	电气设备表面或零部件温度极限值			
	无过负荷可能的设备		有过负荷可能的设备 ^②	
	极限温度 (℃)	极限温升 ^① (℃)	极限温度 (℃)	极限温升 (℃)
T_1	215	175	190	150
T_2	160	120	140	100
T_3	110	70	100	60

①是指环境温度为 40℃时的温度。

②是指电动机和动力变压器。

5. 最小点燃电流

最小点燃电流又称最小引爆电流。在规定的试验条件下，能点燃最易点燃的爆炸性混合物的最小电流。通常在直流电压 24V 和电路电感 95mH 下，用火花试验装置进行火花点燃试验。以 3000 次火花为一个统计单元，如 3000 次火花以内引爆，即将此电流递降 5%，继续试验，直至 3000 次火花试验不发生引爆为止。取此不引爆电流和与之邻近的点燃电流之和的算术平均值，即为最小点燃电流，以毫安计。最小点燃电流是爆炸性物质的一个爆炸危险性参数，也是防爆电气设备分级的依据。见表 1-6 所示。

表 1-6 爆炸性气体按最小点燃电流的分级表

级 别	最小点燃电流比 MICR	爆炸性气体举例
I	$MICR = 1.0$	甲烷
II _A	$0.8 < MICR < 1.0$	乙烷、丙烷、丙酮、苯乙烯、氯乙烯、丁烷、乙醇、丙烯、乙酸酐、戊烷、己烷、汽油、乙醚、亚硝酸乙酯
II _B	$0.45 < MICR \leq 0.8$	二甲醚、民用煤气、环氧乙烷、乙烯、丁二烯、异戊二烯
II _C	$MICR \leq 0.45$	水煤气、氢、乙炔、二硫化碳、硝酸乙酯

6. 最大试验安全间隙

在规定的试验条件下，任何浓度的被试验气体（蒸汽）与空气混合物被点燃后，均不能通过容器外壳空腔两部分接合面之间的最大间隙。该试验是在标准容器内，通过 25mm 长的结合面进行的。要求受验气体被点燃后，其火焰不能通过结合面而点燃容器壳外的爆炸性混合物。最大试验安全间隙表征爆炸性气体的传爆特征，是防爆电气设备分级的依据。见表 1-7 所示。

表 1-7 防爆电气设备按最大试验安全间隙分级表

级 别	最大试验安全间隙 MESG (mm)	爆炸性气体举例
I	MESG = 1.14	甲烷
II _A	0.9 < MESG < 1.14	乙烷、丙烷、苯、一氧化碳、氨、乙醇、丙烯、己烷、汽油、乙醚
II _B	0.5 < MESG ≤ 0.9	甲醚、民用煤气、乙烯、环氧丙烷、异戊二烯
II _C	MESG ≤ 0.5	水煤气、氢气、乙炔、二硫化碳

注 I—煤矿用防爆电气设备；II—工厂用防爆电气设备。

二、电气爆炸危险场所

电气爆炸危险场所的类别和区域见表 1-8 所示。

表 1-8 爆炸危险场所的类别和区域等级表

类 别	区域等级	场 所 特 征
气体爆炸危险场所	0 区	在正常情况下，爆炸性气体混合物连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所
	1 区	在正常情况下，爆炸性气体混合物有可能出现的场所
	2 区	在正常情况下，爆炸性气体混合物不能出现，仅在不正常情况下偶尔短时间出现的场所
粉尘爆炸危险场所	10 区	在正常情况下，爆炸性粉尘和可燃纤维与空气的混合物，可能连续地、短时间频繁地出现或长时间存在的场所
	11 区	在正常情况下，爆炸性粉尘或可燃纤维与空气的混合物不能出现，仅在不正常情况下偶尔短时间出现的场所

注 正常情况是指设备的正常启动、停止，正常运行和维修；不正常情况是指有可能发生设备故障或误操作。

三、防爆电气设备

在运行过程中，具备不引燃周围爆炸性混合物性能的电气设备称为防爆电气设备。电气设备在运行中所产生的火花、电弧或电气设备表面温度过高，都能引起爆炸性混合物的火灾和爆炸事故。因此，以安全生产为目的，必须采取一定的技术措施，使电气设备能在爆炸危险场所使用。防爆电气设备的类型有：隔爆型（d），增安型（e），本质安全型（i），正压型（p），充油型（o），充砂型（q），无火花型（n），防爆特殊型（s），粉尘防爆型。

防爆电气设备的选型原则：

- (1) 防爆电气设备应根据爆炸危险区域的等级和爆炸危险物质的类别，级别，组别选型。
- (2) 在 0 级区域只准许选用 ia 级本质安全型设备和其他特别为 0 级区域设计的电气设备（特殊型）。
- (3) 气体爆炸危险场所防爆电气设备的选型按下表 1-9 所示。

表 1-9

气体爆炸危险场所用电气设备防爆类型选型表

爆炸危险区域	适 用 的 防 护 型 式	
	电 气 设 备 类 型	符 号
0 区	1. 本质安全型 (ia 级)	ia
	2. 其他特别为 0 区设计的电气设备 (特殊型)	s
1 区	1. 适用于 0 区的防护类型	
	2. 隔爆型	d
	3. 增安型	e
	4. 本质安全型 (ib 级)	ib
	5. 充油型	o
	6. 正压型	p
	7. 充砂型	q
	8. 其他特别为 1 区设计的电气设备 (特殊型)	s
2 区	1. 适用于 0 区或 1 区的防护类型	
	2. 无火花型	n

1. 隔爆型电气设备

具有隔爆外壳的防爆电气设备。这种隔爆外壳，可把能点燃爆炸性混合物的部件封闭在壳内，并能承受内部爆炸性混合物的爆炸压力和阻止向周围的爆炸性混合物传播。例如隔爆型电动机、隔爆型开关、隔爆型照明灯具、矿用隔爆型高压真空配电箱等。隔爆型电气设备的防爆性能好，可用于 1 区和 2 区爆炸危险场所。

2. 增安型电气设备

增安型电气设备防爆电气设备的一种类型。指在正常运行条件下，不会产生点燃爆炸性混合物的火花或危险温度，并在结构上采取措施，提高其安全程度，以避免在正常和规定过载条件下出现点燃现象的电气设备。如增安型电动机、增安型照明灯具等。其增强安全的措施，通常是通过提高绝缘等级、增大漏电距离和电气间隙、控制工作温度、严格工艺要求等。增安型电气设备比较价廉、实用，但防爆可靠性较低。可用于 1 区和 2 区爆炸危险场所，但温升不稳定的增安型电气设备应尽量避免在 1 区使用。

3. 本质安全型电气设备

本质安全型电气设备简称本安型电气设备。全部电路均为本质安全电路的电气设备。即在正常运行或在标准试验条件下所产生的火花或热效应均不能点燃爆炸性混合物的电气设备。

按本安电路使用的场所和可能出现的故障点个数，可分为两个等级：

(1) ia 级本安型电气设备。指在正常工作、一个故障点和两个故障点时均不能点燃爆炸性混合物的电气设备，可用 0 区、1 区和 2 区爆炸危险场所。

(2) ib 级本安型电气设备。指在正常工作和一个故障点时不能点燃爆炸性混合物的电气设备，适用于除 0 区以外的爆炸危险场所。

本质安全型防爆结构仅限于弱电流线路构成的电机、电器，被广泛地应用于自控仪表方面。它是安全性能最高的防爆结构，然而这种设备使用安装较复杂，必须使整个系统回路都具有本质安全性，才能保证它的防爆性能。

4. 正压型电气设备

外壳内充有正压保护气体的防爆电气设备。保护气体采用新鲜空气或惰性气体，其充入压力应保持高于周围爆炸性混合气体的压力，一般不得低于 196kPa，以避免外部爆炸性混合物进入电气设备外壳内部。分为通气式和封入式两种类型。前者是向外壳内部持续供给保护气体，以保持正压状态；后者是外壳内封入的正压保护气体，泄漏很少，只需间断补充就可以持续保持正压状态。产品都装有保护装置（微压继电器），当风压或气压低于 98kPa 时，能及时发出警报并切断电源。这种防爆型电气设备，多为大型设备，如大功率电动机等。缺点是设备费和维持费皆较高，且一旦正压状态遭到破坏，也将失去其防爆安全性能。可用于 1 区和 2 区爆炸危险场所。

5. 充油型电气设备

将可能产生火花、电弧或危险温度的带电部件浸在绝缘油中的电气设备。充油的目的是使之不能点燃油面以上或外壳周围的爆炸性混合物。例如防爆的油开关、充油断路器、充油变压器等固定式电气设备。可用于 1 区和 2 区爆炸危险场所，但不宜用于有振动而使油面倾斜或摇动的场所。

6. 充砂型电气设备

外壳内充填细砂的电气设备。充砂的作用是保证在规定使用条件下，壳内产生的火花、火焰传播、壳壁或粒面的过热温度均不能点燃周围的爆炸性混合物。例如充砂型防爆熔断器等。可用于 1 区和 2 区爆炸危险场所。

7. 无火花型电气设备

在正常运行条件下不产生电弧或火花的电气设备。这种电气设备也不能产生能点燃周围爆炸性混合物的高温表面或灼热点，且一般也不会有点燃作用的故障。例如无火花型电动机以及晶体管和限制小功率电路能量的电阻器等。由于防爆可靠性较低，只能适用于 2 区爆炸危险场所。

8. 防爆特殊型电气设备

设备或部件采用 GB 3836—2000《爆炸性气体环境用电气设备》未包括的防爆型电气设备。有专门为 0 区爆炸危险场所设计的，也有专门为 1 区爆炸危险场所设计的。采用这种型式电气设备时，由主管部门制订暂行规定，经国家劳动安全部门指定的鉴定单位检验后，方可按防爆特殊型电气设备处置。

9. 粉尘防爆型电气设备

外壳有防尘密封措施的电气设备。如使外壳的接合面紧固严密并加密封垫圈，以及在转动轴与轴孔间加防尘密封等方法，以防止爆炸性粉尘进入设备内部。粉尘沉积有增温引燃作用，要求设备的外壳表面光滑、无裂缝、无凹坑或沟槽，并具有足够的强度。粉尘防爆型电气设备，根据其防爆安全性能，可选用于 10 区或 11 区爆炸危险场所。

四、爆炸危险场所电气、电缆线路要求

1. 爆炸危险场所电气线路安全要求

在爆炸危险场所内敷设的绝缘导线和电缆，其主要的要求是：

(1) 电气线路应敷设在爆炸危险性较小的区域或距释放源较远的位置，并避开易受机械损伤、振动、腐蚀、粉尘积聚以及有危险温度的地方。

(2) 配线方式参照表 1-11 所示。

(3) 电缆线路除应按爆炸危险场所的危险程度和防爆电气设备的额定电压、电流选用外，还应根据使用环境的情况，具有相应的耐热性能、绝缘性能和耐腐蚀性能。

(4) 低压电缆和绝缘导线，其额定电压不应低于线路的额定电压，且不得低于 500V（通信