

第二章 电气安全技术



第一节 电气事故及危害

一、电气事故（考点）

电气事故包括人身事故和设备事故。按照电能的形态，电气事故分为触电事故、雷击事故、静电事故、电磁辐射事故和电路事故等。

触电事故分为电击和电伤。电击是电流直接通过人体造成的伤害。电伤是电流转换成热能、机械能等其他形态的能量作用于人体造成的伤害。

电磁辐射事故是由电磁波形态的能量造成。辐射电磁波指频率 100kHz 以上的电磁波。

电路事故是由电能传递、分配、转换失去控制或电气元件损坏等电路故障发展所造成的事故。

二、触电事故要素（重点）

1. 电击

(1) 分为直接接触电击和间接接触电击。

直接接触电击是触及正常状态带电体时（如误触接线端子）发生，也称为正常状态下的电击。

绝缘、屏护、间距等属于防止直接接触电击的安全措施。

间接接触电击是触及正常状态下不带电，而在故障状态下意外带电的带电体时发生，也称为故障状态下的电击。接地、接零、等电位连接进行防护。

(2) 按照人体触及带电体的方式和电流流过人体的途径，电击可分为单线电击、两线电击和跨步电压电击。



2.电伤

按照电流转换成作用于人体的能量的不同形式，电伤分为电弧烧伤、电流灼伤、皮肤金属化、电烙印、电气机械性伤害、电光眼等伤害。

(二) 电流对人体的作用

电流对人体伤害严重程度与电流大小、持续时间、电流通过人体的途径、电流种类以及人体状况等多种因素有关。50Hz 是人们接触最多的频率，对于电击来说也是最危险的频率。

按照人体所呈现的不同状态，将通过人体的电流划分为三个阈值。

(1)感知电流，最小感知电流约为 0.5mA，且与时间无关。

(2)摆脱电流。摆脱概率为 50%的摆脱电流，成年男子约为 16mA,成年女子约为 10.5mA。

(3)室颤电流。通过人体引起心室发生纤维性颤动的最小电流称为室颤电流。室颤电流与电流持续时间有很大关系。如图所示，当电流持续时间超过心脏跳动周期时，人的室颤电流约为 50mA；当电流持续时间短于心脏跳动周期时，室颤电流约为 500mA。

室颤电流/mA

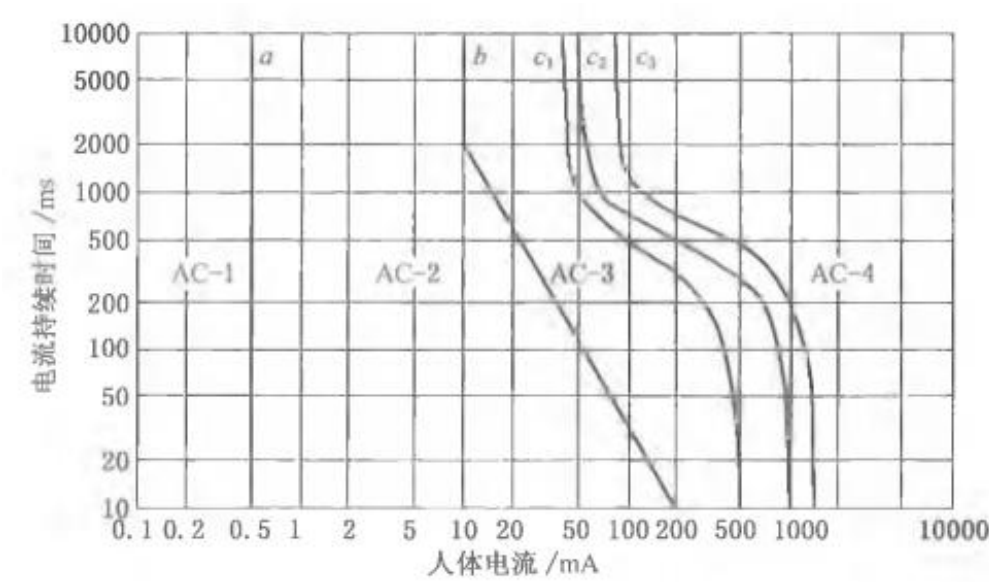
对于从左手到双脚的电流途径,《电流对人和家畜的效应第 1 部分：通用部分》规范推荐按下图划分电流对人体作用的带域。

AC-1 区：a 线以下，无生理效应，没有感觉的带域；

AC-2 区：a 线与 b 线之间，有感觉，但没有有害的生理效应的带域；

AC-3 区：b 线与 c1 线之间，没有机体损伤、不发生心室纤维性颤动，但可能引起肌肉收缩和呼吸困难，可能引起心脏组织和心脏脉冲传导障碍的带域；

AC-4 区：c1 线以上，除 AC-3 区各项效应外，还有心室纤维性颤动危险的带域。



电流对人体作用带域划分图

从左手至脚的电流途径为参照途径，其相应的心脏电流系数为 1。左手至胸部途径的心脏电
流系数为 1.5，是最危险的途径。

(四) 触电事故分析

根据对触电事故的分析，从发生率上看，可找到触电事故有以下规律：

(1) 错误操作和违章作业造成的触电事故多。教育、措施、安全意识不足。

(2) 中、青年工人、非专业电工、合同工和临时工触电事故多。

(3)低压设备触电事故多。低压设备远远多于高压设备，接触的人多，而且多数是缺乏电气安全知识的非电专业人员。

(4)移动式设备和临时性设备触电事故多。

(5)电气连接部位触电事故多。连接部位机械牢固性较差、绝缘强度较低。

(6)每年 6—9 月触电事故多。

(7)潮湿、高温、混乱、多移动式设备、多金属设备环境中的事故多。

(8)农村触电事故多。

一、绝缘、屏护和间距（重点）

（一）绝缘

1.绝缘材料

(1)固体绝缘材料，包括瓷、玻璃等无机绝缘材料，橡胶等有机绝缘材料和玻璃漆布等复合绝缘材料。

(2)液体绝缘材料，包括矿物油、硅油等液体。

(3)气体绝缘材料，包括六氟化硫、氮等气体。

2)绝缘材料性能

绝缘材料有电性能、热性能、力学性能、化学性能、吸潮性能、抗生物性能等多项性能指标。

(1)电性能。作为绝缘结构，主要有绝缘电阻、耐压强度、泄漏电流和介质损耗。

绝缘材料的阻燃性能用氧指数表示。氧指数是在规定的条件下，材料在氧、氮混合气体中恰好能保持燃烧状态所需要的最低氧浓度。氧指数用百分数表示。

氧指数	材料可燃性分类
小于 21%	可燃材料

21%-27%	自熄性材料
大于 27%	阻燃性材料

2.绝缘破坏

1)绝缘击穿

当施加于绝缘材料上的电场强度高于临界值时，绝缘材料发生破裂或分解，电流急剧增加，完全失去绝缘性能。这种现象就是绝缘击穿。

类别	击穿形式	形成原因	绝缘恢复程度
气体	电击穿	由碰撞电离导致，气体的平均击穿场强随着电场不均匀程度的增加而下降。	击穿后绝缘性能很快恢复
液体	电击穿	纯净液体的击穿也是由碰撞电离最后导致，击穿强度比气体高	液体绝缘击穿后，绝缘性能只在一定程度上得到恢复。
	热击穿	含有杂质的液体，电场使得杂质极化，形成“小桥”。小桥引起电导剧增，局部温度骤升，最后将导致热击穿	

固体	电击穿	碰撞电离导致，特点是作用时间短、击穿电压高	固体绝缘击穿后将失去其原有性能
	热击穿	固体绝缘温度上升、局部熔化、烧焦或烧裂导致，特点是电压作用时间较长，而击穿电压较低	
	电化学击穿	电离、发热和化学反应等因素综合作用造成，特点是电压作用时间很长、击穿电压往往很低	
	放电击穿	在强电场作用下，内部气泡首先发生碰撞电离而放电，由气泡放电进一步发展导致的击穿	

（二）屏护和间距

1.屏护

屏护装置须符合以下安全条件：

遮栏高度不应小于 1.7m，下部边缘离地面高度不应大于 0.1m。户内栅栏高度不应小于

1.2m；户外栅栏高度不应小于 1.5m。

对于低压设备，遮栏与裸导体的距离不应小于 0.8m，栏条间距离不应大于 0.2m；网眼遮栏与裸导体之间的距离不宜小于 0.15m。

屏护装置应安装牢固。凡用金属材料制成的屏护装置，必须接地（或接零）。

屏护装置上应根据被屏护对象挂上“止步！高压危险！”“禁止攀登！”等标示牌。

遮栏出入口的门上应根据需要安装信号装置和联锁装置。

2.间距

架空线路导线与地面和水面的距离，符合相关要求。

架空线路应避免跨越建筑物，不应跨越可燃材料屋顶的建筑物。必须跨越建筑物时，应与有关部门协商并取得同意。

架空线路导线与绿化区或公园树木的距离不得小于 3m。

架空线路断线接地时，为防止跨步电压伤人，在离接地点 4～8m 范围内，不能随意进入。

在低压作业中，人体及其所携带工具与带电体的距离不应小于 0.1m。在 10kV 作业中，无遮栏时，最小距离不应小于 0.7m；有遮栏时，遮栏与带电体之间的距离不应小于 0.35m。

二、保护接地和保护接零（重点与难点）

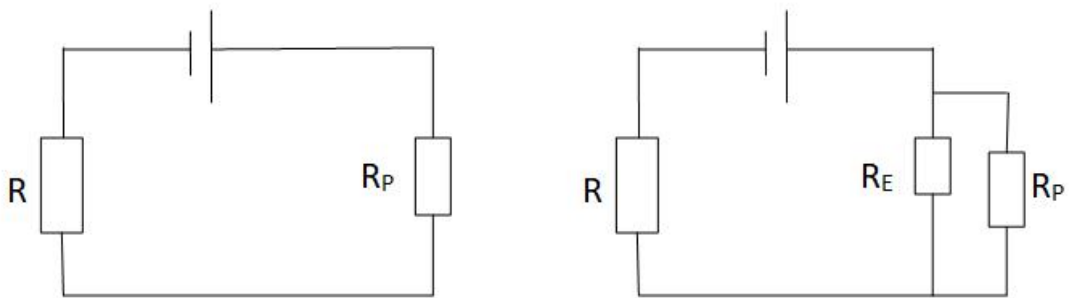
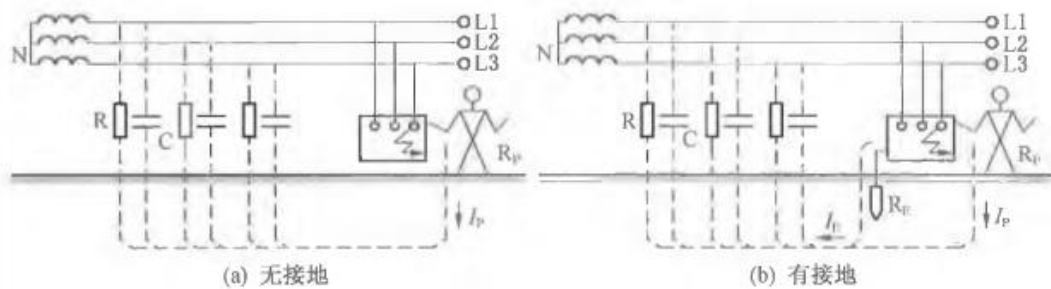
（一）接地保护

接地保护和接零保护都是防止间接接触电击的基本技术措施。

1.IT 系统

IT 系统即保护接地系统。

不接地与接地的 IT 系统：

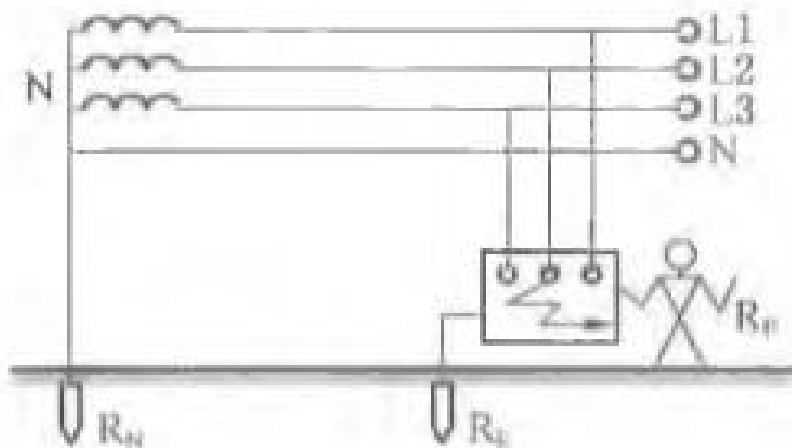


字母 I 表示配电网不接地或经高阻抗接地，字母 T 表示电气设备外壳直接接地。

一般要求保护接地电阻 $R_E \leq 4\Omega$ 。当配电变压器或发电机的容量不超过 $100\text{kV}\cdot\text{A}$ 时，可以放宽到 $R_E \leq 10\Omega$ 。

2.TT 系统

中性点引出的 N 线称为中性线。由于 N 线的作用是与任一相线一起提供 220V 的工作电压，而且是与零电位大地连起来的，因而 N 线也称为工作零线。中性点的接地 R_N 称为工作接地。



设备外壳采取了接地措施，但由于电源中性点是直接接地的，这种配电防护系统称为 TT 系

统。

一般的短路保护不起作用，不能及时切断电源，使故障长时间延续下去。

在 TT 系统中应装设能自动切断漏电故障的漏电保护装置（剩余电流保护装置）或具有同等功能的过电流保护装置，并优先采用前者。

TT 系统主要用于低压用户，即用于未装备配电变压器，从外面直接引进低压电源的小型用户。

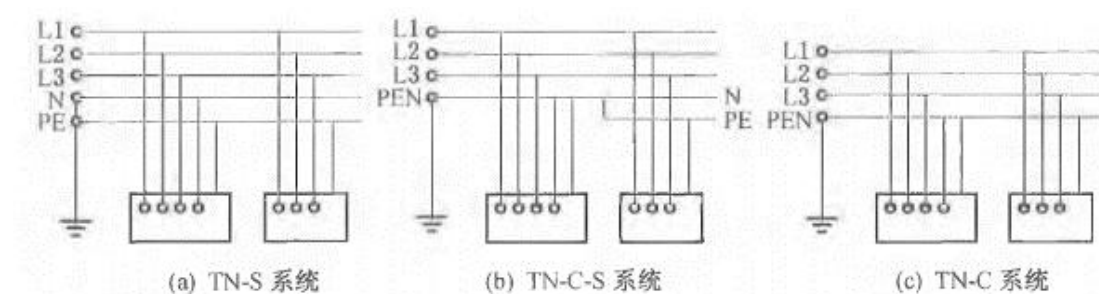
（二）接零保护

1. 保护接零系统安全原理和类别

保护接零系统就是 TN 系统。TN 系统中的字母 N 表示电气设备在正常情况下不带电的金属部分与配电网中性点（N 点）之间做金属性连接，亦即与配电网保护零线（保护导体）的直接连接。

通过设备外壳形成该相对保护零线的单相短路，短路电流促使线路上的短路保护迅速动作，从而将故障部分断开电源，消除电击危险。此外，保护接零也能在一定程度上降低漏电设备对地电压。

TN 系统分为 TN-S、TN-C-S、TN-C 三种方式。



在 TN 系统中, 中性线用 N 表示, 专用的保护线用 PE 表示, 共用的保护线与中性线用 PEN 表示。

2.TN 系统速断和限压要求

在接零系统中, 对于配电线路或仅供给固定式电气设备的线路, 故障持续时间不宜超过 5s; 对于供给手持式电动工具、移动式电气设备的线路或插座回路, 电压 220V 者故障持续时间不应超过 0.4s, 380V 者不应超过 0.2s。

为了实现保护接零要求, 可以采用一般过电流保护装置或剩余电流保护装置。

3.保护接零应用范围

TN-S 系统可用于有爆炸危险, 或火灾危险性较大, 或安全要求较高的场所, 宜用于有独立附设变电站的车间。

TN-C-S 系统宜用于厂内设有总变电站, 厂内低压配电的场所及非生产性楼房。

TN-C 系统可用于无爆炸危险、火灾危险性不大、用电设备较少、用电线路简单且安全条件较好的场所。

6.等电位连接

等电位连接指保护导体与建筑物的金属结构、生产用的金属装备以及允许用作保护线的金属管道等用于其他目的的不带电导体之间的连接。

主等电位连接导体的最小截面积不得小于最大保护导体截面积的 1/2, 且不得小于 6mm²。

(三) 保护导体和接地装置

1.保护导体

1)保护导体组成

保护导体包括保护接地线、保护接零线和等电位连接线。

除应用电缆芯线或金属护套作保护线者外, 采用单芯绝缘导线作保护零线时, 有机械防护的

不得小于 2.5mm²；没有机械防护的不得小于 4mm²。

一、电气引燃源（重点）

电气引燃源包括电气装置的危险温度和发生在可燃物上的电火花和电弧。

（一）危险温度

危险温度产生原因	短路	短路时,线路中电流增大为正常时的数倍乃至数十倍
	接触不良	接触部位是电路的薄弱环节。 如:接头连接不牢、焊接不良; 不同种类导体连接处,二者理化性能不同。
	过载	严重过载或长时间过载都会产生危险温度
	铁芯过热	对于电动机、变压器、接触器等带有铁芯的电气设备
	散热不良	散热管堵塞、通风道堵塞、安装位置不当、环境温度过高
	漏电	当漏电电流集中在某一点时,可能引起比较严重的局部发热
	机械故障	电动机被卡死或轴承损坏、缺油,造成堵转或负载转矩过大
	电压过高或过低	对于恒定电阻的负载,还会使

		电流增大, 增加发热; 电压过低, 除使电磁铁吸合不牢或吸合不上外, 还会使电流增大
	电热器具和照明灯具	电炉、电熨斗、电烙铁等电热器具和照明器具的工作温度较高。

二、危险物质和爆炸危险环境（重点）

（一）危险物质的性能参数和分级分组

能与空气形成爆炸性混合物的爆炸危险物质分为三类：Ⅰ类是矿井甲烷；Ⅱ类是爆炸性气体、蒸气、薄雾；Ⅲ类是爆炸性粉尘、纤维。

危险物质的主要性能参数包括：

主要性能参数	闪点	易燃液体能释放出足够的蒸气并在液面上方与空气形成爆炸性混合物, 点火时能发生闪燃的最低温度。
	燃点	燃点是物质在空气中点火时发生燃烧, 移开火源仍能继续燃烧的最低温度。
	引燃温度	又称自燃点或自燃温度, 可燃物质不需外来火源即发生燃

		烧的最低温度。
	爆炸极限	爆炸浓度极限和爆炸温度极限。通常所指的是爆炸浓度极限。
	最小点燃电流比	代号为 MICR, 气体、蒸气、薄雾爆炸性混合物的最小点燃电流与甲烷爆炸性混合物的最小点燃电流之比。
	最大试验安全间隙	代号为 MESG,, 两个经长 25mm 的间隙连通的容器, 一个容器内燃爆不引起另一个容器内燃爆的最大连通间隙的宽度

引燃温度

爆炸性气体、蒸气、薄雾按引燃温度分为 6 组。其相应的引燃温度范围见表。

组别	T1	T2	T3	T4	T5	T6
引燃温度	>450	450≥	300≥	200≥	135≥	100≥
/°C		T>300	T>200	T>135	T>100	T>85

爆炸极限

爆炸极限范围的最低浓度称为爆炸下限，最高浓度称为爆炸上限。例如, 甲烷的爆炸极限为 5% ~ 15%, 汽油的为 1.4% ~ 7.6%, 乙炔的为 1.5% ~ 82% 等。

最小点燃电流比

气体、蒸气、薄雾按最小点燃电流比分级下表。

级别	I	IIA	IIB	IIC
最小点燃电流比	1.0	$\leq 1.0, > 0.8$	$\leq 0.8, > 0.45$	≤ 0.45

危险程度：IIA < IIB < IIC，最大试验安全间隙越小或最小点燃电流比越小，该气体越危险。

在爆炸性粉尘环境中粉尘分为以下三级：

IIIA 级：可燃性飞絮。

IIIB 级：非导电性粉尘。

IIIC 级：导电性粉尘。

(二) 爆炸危险环境

1. 气体、蒸气爆炸危险环境

根据爆炸性气体、蒸气混合物出现的频繁程度和持续时间，分为 0 区、1 区和 2 区。

0 区	正常运行时持续出现或长时间出现或短时间频繁出现爆炸性气体、蒸气或薄雾，能形成爆炸性混合物的区域。
1 区	正常运行时可能出现（预计周期性出现或偶然出现）爆炸性气体、蒸气或薄雾，能形成爆炸性混合物的区域
2 区	正常运行时不出现，即使出现也只可能是短时间偶然出现爆炸性气体、蒸气或薄雾，能

	形成爆炸性混合物的区域
--	-------------

2.粉尘、纤维爆炸危险环境

根据爆炸性粉尘、纤维混合物出现的频繁程度和持续时间将此类危险场所分为 20 区、21 区和 22 区。

三、爆炸危险区域（重点）

（一）气体、蒸气爆炸危险环境

1.释放源和通风条件对区域危险等级的影响

释放源分为连续释放、长时间释放或短时间频繁释放的连续级释放源；正常运行时周期性释放或偶然释放的一级释放源；正常运行时不释放或不经常且只能短时间释放的二级释放源。

通风情况是划分爆炸危险区域的重要因素。良好的通风标志是混合物中危险物质的浓度被稀释到爆炸下限的 1/4 以下。

划分危险区域时，应综合考虑释放源和通风条件，并应遵循下列原则：

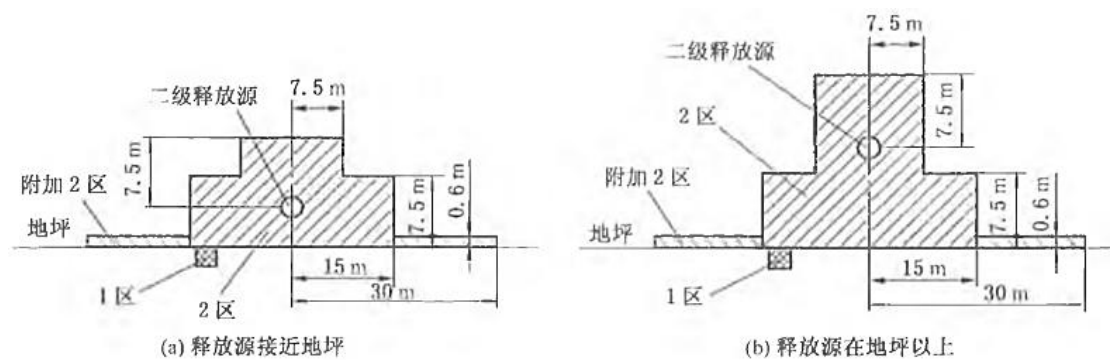
存在连续级释放源的区域可划为 0 区，存在第一级释放源的区域可划为 1 区，存在第二级释放源的区域可划为 2 区。

如通风良好，应降低爆炸危险区域等级;如通风不良,应提高爆炸危险区域等级。

在障碍物、凹坑和死角处，应局部提高爆炸危险区域等级。

3.爆炸危险区域划分举例

典型爆炸危险区域的划分如以下各图所示。



易燃物质重于空气，通风良好的生产装置区

四、防爆电气设备和防爆电气线路（重点）

（一）防爆电气设备

1.防爆电气设备类型

防爆电气设备有隔爆型、增安型、本质安全型、正压型、充油型、充砂型、无火花型、浇封型、气密型等多种类型。

2.防爆电气设备的保护级别（EPL）

EPL 用于表示设备的固有点燃风险，区别爆炸性气体环境、爆炸性粉尘环境和煤矿有甲烷的爆炸性环境的差别。

用于煤矿有甲烷的爆炸性环境中的 I 类设备的 EPL 分为 Ma、Mb 两级。

用于爆炸性气体环境的 II 类设备的 EPL 分为 Ga、Gb、Gc 三级。

用于爆炸性粉尘环境的 III 类设备的 EPL 分为 Da、Db、Dc 三级。

其中，Ma、Ga、Da 级的设备具有“很高”的保护级别；

Mb、Gb、Db 级的设备具有“高”的保护级别；

Gc、Dc 级的设备具有爆炸性气体环境用设备。具有“加强”的保护级别。

3.防爆电气设备的标志

防爆电气设备的型式和标志见表。

表示 Ex 标志、防爆结构型式符号、类别符号、温度组别或最高表面温度、保护级别、防护等级的示例：

Ex d IIB T3 Gb,表示该设备为隔爆型 “d”，保护级别（EPL）为 Gb，用于 IIB 类 T3 组爆炸性气体环境的防爆电气设备。

防爆型式	隔爆型	增安型	本质安全型	正压型	油浸型	充砂型	n 型	浇封型
防爆型式标志	d	e	i	p	o	q	n	m

(二) 防爆电气线路

1.线路敷设方式

当可燃物质比空气重时,电气线路宜在较高处敷设或直接埋地;架空敷设时宜采用电缆桥架;电缆沟敷设时，沟内应充砂，并宜设置排水措施。

在 1 区内电缆线路严禁有中间接头，在 2 区、20 区、21 区内不应有中间接头。

架空电力线路严禁跨越爆炸性气体环境，架空线路与爆炸性气体环境的水平距离，不应小于杆塔高度的 1.5 倍。

3.导线材料

爆炸危险环境应优先采用铜线。

1 区和 21 区的电力及照明线路应采用截面不小于 2.5mm² 的铜芯导线。2 区和 22 区的电力线路应采用截面不小于 1.5mm² 的铜芯导线或截面不小于 16mm² 的铝芯导线。2 区和 22 区照明线路应采用截面不小于 1.5mm² 的铜芯导线。

在有剧烈振动处应选用多股铜芯软线或多股铜芯电缆。

爆炸危险环境不宜采用油浸纸绝缘电缆。

在爆炸危险环境，低压电力、照明线路所用电线和电缆的额定电压不得低于工作电压，并不得低于 500V。对于爆炸危险环境中的移动式电气设备，1 区和 21 区应采用重型电缆，2 区和 22 区应采用中型电缆。

4.允许载流量

1 区、2 区导体允许载流量不应小于熔断器熔体额定电流和断路器长延时过电流脱扣器整定电流的 1.25 倍，也不应小于电动机额定电流的 1.25 倍。高压线路应进行热稳定校验。

五、电气防火防爆技术（重点）

（一）消除或减少爆炸性混合物

（二）消除引燃源

（三）隔离和间距

室内电压 10kV 以上、总油量 60kg 以下的充油设备，可安装在两侧有隔板的间隔内；总油量 60 ~ 600kg 者，应安装在有防爆隔墙的间隔内；油量 600kg 以上者，应安装在单独的防爆间隔内。

（四）爆炸危险环境接地和接零

从防止触电的角度考虑不要求接地（或接零）的部位，如交流 127V 及以下、直流 110V 及以下的电气设备也应接地（或接零），并实施等电位连接。

将所有设备的金属部分、金属管道，以及建筑物的金属结构全部接地（或接零），并连接成连续整体。

采用 TN-S 系统，并装设双极开关同时操作相线和中性线。保护导体的最小截面，铜导体不得小于 4mm²，钢导体不得小于 6mm²。

(五) 电气灭火

1. 触电危险和断电

发现起火后，首先要设法切断电源。切断电源应注意以下几点：

高压应先断开断路器，后断开隔离开关，低压应先断开电磁起动器或低压断路器，后断开闸刀开关。

剪断电线时，不同相的电线应在不同的部位剪断，以免造成短路；剪断空中的电线时，剪断位置应选择在电源方向的支持点附近，以防电线断落下来造路和触电事故。

2. 带电灭火安全要求

(1) 按灭火剂的种类选择适当的灭火器。二氧化碳灭火器、干粉灭火器可用于带电灭火。

(2) 用水灭火时，水枪喷嘴至带电体的距离，电压 10kV 及以下者不应小于 3m。用二氧化碳等不导电灭火剂的灭火器灭火时，机体、喷嘴至带电体的最小距离，电压 10kV 者不应小于 0.4m。

(3) 对架空线路等空中设备进行灭火时，人体位置与带电体之间的仰角不应超过 45°。

(4) 如有带电导线断落地面，应在周围画警戒圈，防止可能的跨步电压电击。

一、防雷

(一) 雷电概要

1. 雷电种类

1) 直击雷

2) 感应雷

感应雷也称作闪电感应，分为静电感应和电磁感应。

3) 球雷：球雷是一团处在特殊状态下的带电气体。

2.雷电参数

1)雷暴日

一天之内能听到雷声的就算一个雷暴日。

少雷区：年平均雷暴日不超过 15d/a	西北多地区
多累区：超过 40d/a	长江流域以南大部分地区

2)雷电流幅值

3)雷电流陡度

4)雷电冲击过电压

4.防雷分类（考点）

建筑物按其火灾和爆炸的危险性、人身伤亡的危险性、政治经济价值分为三类。

1)第一类防雷建筑物

制造、贮存炸药、火药等危险物质的建筑物，遇电火花会引起爆炸。

2)第二类防雷建筑物

对政治、经济具有重要意义的建筑物或制造、存放爆炸危险物质的建筑物（国家级建筑），但电火花不易引起爆炸。

3)第三类防雷建筑物

第一、第二类以外的建筑物。（省级建筑物）

（二）防雷装置（考点）

防雷装置包括外部防雷装置和内部防雷装置。外部防雷装置由接闪器、引下线和接地装置组成；内部防雷装置主要指防雷等电位连接及防雷间距。

除独立避雷针外，在接地电阻满足要求的前提下，防雷接地装置可以和其他接地装置共用。

独立避雷针的冲击接地电阻一般不应大于 10Ω；附设接闪器每一引下线的冲击接地电阻一般也不应大于 10Ω，但对于不太重要的第三类建筑物可放宽至 30Ω。

二、静电防护技术

(一) 静电产生、影响与特点 (考点)

1.静电产生

最常见的方式是接触-分离起电与感应起电。

杂质对静电有很大的影响。静电在很大程度上取决于所含杂质的成分。一般情况下，杂质有增强静电的趋势。

(二) 静电危害与防治

1.静电的危害

可能引起爆炸和火灾，给人以电击，还可能妨碍生产。

危害	内容
爆炸和火灾	若场所有易燃物质，包括爆炸性气体和蒸气，以及爆炸性粉尘等
静电电击	静电放电造成的瞬间冲击性的电击。由于生产工艺过程中积累的静电能量不大，不会使人致命，但引起工作人员紧张而妨碍工作等
妨碍生产	生产过程中产生的静电，可能妨碍生产或降低产品质量。如在电子技术领域，静电可对无线电设备产生干扰，还可能击穿集成电路绝缘等。

2.静电防护措施

静电最为严重的危险是引起爆炸和火灾。防护措施包括：

防护措施	内容
环境危险程度控制	为了防止静电引燃成灾，可采取取代易燃介质、降低爆炸性混合物的浓度、减少氧化剂含量等控制所在环境爆炸和火灾危险程度的措施
工艺控制	从材料的选用、摩擦速度或流速的限制、静电松弛过程的增强、附加静电的消除等方面采取措施，限制和避免静电的产生和积累
接地	接地的主要作用是消除导体上的静电，金属导体应直接接地。

增湿	防止大量带电，相对湿度应在 50%以上；为提高降低静电的效果，相对湿度应提高到 65%~70%；对于吸湿性很强的聚合材料，为了保证降低静电的效果，相对湿度应提高到 80%~90%。应当注意，增湿的方法不宜用于消除高温绝缘体上的静电
抗静电添加剂	化学药剂，具有良好的导电性或较强的吸湿性。因此，在容易产生静电的高绝缘材料中

	加入抗静电添加剂之后，能降低材料的体积电阻率或表面电阻率
静电消除器	产生电子和离子的装置。由于产生了电子和离子，物料上的静电电荷得到异性电荷的中和，从而消除静电的危险。

一、低压电气设备

低压电气设备包括电动机等各种用电设备及其控制电器。

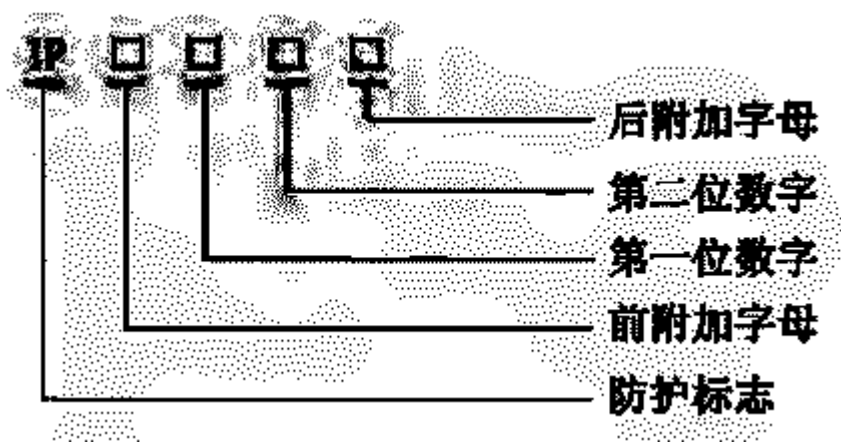
(一) 电气设备环境条件和外壳防护等级 (考点)

1. 电气设备环境条件

空气中介质的状态及其他环境参数会影响触电的危险性。应根据环境特征选用相应防护型式的用电设备。

2. 电气设备外壳防护等级

电机和低压电器的外壳防护包括两种防护。第一种防护是对固体异物进入内部以及对人体触及内部带电部分或运动部分的防护；第二种防护是对水进入内部的防护。外壳防护等级按以下方法标志:



第一位数字表示第一种防护型式等级；第二位数字表示第二种防护型式等级。

第一种防护分为 7 级。第二种防护分为 9 级。

(二) 电动机 (考点)

电压波动不得超过-5% ~ 10%，电压不平衡不得超过 5%。电流不平衡不得超过 10%。

熔断器保护：熔体额定电流应取异步电动机额定电流的 1.5 倍（减压启动或轻载启动）或 2.5 倍（全压启动或重载启动）；

热继电器保护时：热元件的电流不应大于电动机额定电流的 1 ~ 1.5 倍；

电动机最好有失压保护装置；外壳应根据配电网的运行方式可靠接零或接地。

(三) 手持电动工具和移动式电气设备

手持电动工具包括手电钻、手砂轮、冲击电钻、电锤、手电锯等工具。移动式设备包括蛙夯、振捣器、水磨石磨平等电气设备。

1.电气设备触电防护分类 (重点)

按照触电防护方式，电气设备分为以下五类。

分类	差别
0 类	仅仅依靠基本绝缘来防止触电。外壳可以用绝缘材料制成；外壳也可用金属材料制成，外壳与其内部带电部件之间由基本绝缘隔开，无接地端子，可以有 II 类结构或 III 类结构的部件
0I 类	也是依靠基本绝缘来防止触电的，可以有 II 类结构或 III 类结构的部件，金属外壳上装有接地（零）的端子，不提供带有保护芯线的电源线

I 类	除依靠基本绝缘外，还有一个附加的安全措施；外壳上没有接地端，但内部有接地端子；
II 类	具有双重绝缘和加强绝缘的结构，可以有 III 类结构的部件
III 类	依靠安全特低电压供电以防止触电，不得产生高出安全特低电压的电压

2.电气照明基本安全要求（考点）

(1)一般照明的电源采用 220V 电压。特殊场所，对易触及而又无防触电措施灯具，安装高度不足 2.2m 时，应采用 24V 安全电压。

(2)照明配线应采用额定电压 500V 的绝缘导线。凡重要的政治活动场所、易燃易爆场所、重要的仓库均应采用金属管配线。凡重要的政治活动场所、重要的控制回路和二次回路、移动的导线和剧烈振动处的导线、特别潮湿场所和严重腐蚀场所均应采用铜导线。卤钨灯及单灯功率超过 100W 的白炽灯，灯具引入线应选用 105~250℃耐热绝缘电线。

(7)应当根据环境条件选用适当防护型式的照明装置。爆炸危险环境应选用防爆型灯具。在有腐蚀性气体或蒸气或特别潮湿的、户外环境应选用防水型灯具。多尘环境应选用防尘型。

(8)灯饰所用材料应为难燃型材料。

(9)库房内不应装设碘钨灯、卤钨灯、60W 以上的白炽灯等高温灯具。

二、高压电气设备

（一）变、配电站安全要求（考点）

1.变、配电站位置

从安全角度考虑，变、配电站应避开易燃易爆场所；应设在企业的上风侧，并不得设在容易沉积粉尘和纤维的场所；不应设在人员密集的场所。还应考虑到灭火、防蚀、防污、防水、

防雨、防雪、防振以及防止小动物钻人的要求。

2.建筑结构

高压配电室和高压电容器室耐火等级不应低于二级；低压配电室耐火等级不应低于三级。油浸电力变压器室应为一级耐火建筑；对于不易取得钢材和水泥的地区，可以采用三级耐火等级的独立单层建筑。

变、配电站各间隔的门应向外开启；门的两面都有配电装置时，门应能向两个方向开启。门应为非燃烧或难燃烧材料制作的实体门。长度超过 7m 的高压配电室和长度超过 10m 的低压配电室至少应有两个门。

长度大于 8m 的配电装置室应设两个出口，并宜布置在配电室的两端。若两个出口之间的距离超过 60m,还应增加出口。

蓄电池室应隔离安装。屋内单台电气设备总油量在 100kg 以上时，以及屋外单台电气设备的油量在 1000kg 以上时，应设置贮油设施或挡油设施。挡油设施应按容纳 20%油量设计，并应有将事故油排至安全处的设施。

(二) 变压器（考点）

油浸式变压器不但火灾危险性较大，而且还有爆炸危险。

干式变压器没有油箱和变压器油，在很大程度上排除了火灾、爆炸隐患。

高压边电压偏差不得超过额定值的 $\pm 5\%$

油浸式电力变压器的绝缘材料的最高工作温度不得超过 105°C ；；油箱上层油温最高不得超过 95°C ，但为了减缓变压器油变质，上层油温最高一般不应超过 85°C 。

外壳和低压中性点接地应保持完好。

干式变压器所在环境的相对湿度不超过 $70\% \sim 85\%$ 。

(三) 高压开关 (重点)

隔离开关不具备操作负荷电流的能力。切断电路时必须先拉开断路器, 后拉开隔离开关; 接通电路时必须先合上隔离开关, 后合上断路器。为确保断路器与隔离开关之间的正确操作顺序, 除严格执行操作制度外, 10kV 系统中常安装机械式或电磁式联锁装置。

跌开式熔断器正确的操作顺序, 拉闸顺序: 中相→下风侧边相→上风侧边相; 合闸顺序: 上风侧边相→下风侧边相→中相。

2) 高压开关柜的基本要求

高压开关柜应具备“五防”功能。例如, 开关柜的“五防”功能:

- (1) 保证只有断路器处在断开位置时才能操作隔离开关, 防止带负荷操作隔离开关。
- (2) 防止未拆除临时接地线之前或未拉开接地隔离开关之前合闸送电。
- (3) 防止未断开电源前挂临时接地线或合上接地隔离开关。
- (4) 防止断路器在合闸状态移动手车、防止断路器未处在工作位置或试验位置误合闸。
- (5) 保证断路器、隔离开关未断开前, 开关柜的门不能打开, 防止工作人员误入带电间隔。

三、电气线路 (考点)

电气线路分为电力线路和控制线路。前者用来输送电能, 后者用来输送信号。

(一) 电力线路类型和特点

1. 架空线路

架空线路主要由导线、杆塔、横担、绝缘子、金具、基础及拉线组成。

架空线路的导线多采用钢芯铝绞线、硬铜绞线、硬铝绞线和铝合金绞线。腐蚀性强烈的环境应采用铜导线。厂区、居民区内的低压架空线路应采用绝缘导线。单股铝线或单股铝合金线不得架空敷设。

2. 电缆线路

电力电缆主要由导电芯线、绝缘层和保护层组成。

架空线路与电缆线路比较

类别	优点	缺点
架空线路	造价低、机动性强、便于施工和检修	妨碍城市建设;易受空气中杂物的污染;可能碰撞或过分接近树木及其他高大设施或物件, 导致触电、短路等事故
电缆线路	可靠性高,受外界因素的影响小, 不易发生因雷击、风害、冰雪等自然灾害造成的故障。在有腐蚀性气体或蒸气, 或易燃、易爆的场所应用最为广泛	造价高

四、电气安全检测仪器（考点）

应根据被测对象选用不同电压的兆欧表。

测量额定电压 500V 以下的线路或设备应采用 500V 或 1000V 的兆欧表; 测量 500V 以上的线路或设备应采用 1000V 或 2500V 的兆欧表; 测量 10kV 及 10kV 以上的线路或设备应采 2500V 的兆欧表。

使用兆欧表测量绝缘电阻时，应当注意下列事项：

(1)被测设备必须停电。对于有较大电容的设备，停电后还必须充分放电。

(2)测量连接导线不得采用双股绝缘线，而应采用绝缘良好单股线分开连接，以免双股线绝缘不良带来测量误差。

(3)使用指针式兆欧表摇把的转速应由慢至快，转速应稳定，不要时快时慢。一般在转速120r/min左右时持续摇动1min，待指针稳定后读数。记录完毕后应将转速由快至慢，逐渐停止下来。

(4)使用指针式兆欧表测量过程中，如果指针指向“0”位，表明被测绝缘已经失效。应立即停止转动摇把，防止烧坏兆欧表。

(5)对于有较大电容的线路和设备，测量终了也应进行放电。

(6)测量应尽可能在设备刚停止运转时进行，以使测量结果符合运转时的实际温度。