

第 6 篇 电工产品环境技术

主编单位:

广州电器科学研究所

编写单位:

南阳防爆电气研究所

上海电器科学研究所

西安高压电器研究所

昆明电器科学研究所

主 编:

王金仁

编 写 人:

赵佩玉 季明焕 肖 玲

陈明栋 金煜渊 邓敬峰

徐国葆 郑纯涛 王举俭

魏朱云 陆家修 沈其昕

陈业绍 陈义漠

823045-5

第1章 概述

电工产品环境技术的主要任务,在于研究环境对电工产品的影响,解决产品在贮存、运输或使用中的可靠性问题。其主要工作内容包括:研究电工产品的各种环境条件;针对产品所处的特殊环境,研究相应的防护技术;研究和制订环境试验方法,以鉴别产品对环境的适应能力等。

随着工业生产技术的发展,电工产品的应用领域不断扩大,所遇到的各种环境影响问题越来越多,环境的恶劣程度也越来越严酷。现在上至航天飞行,下至深海作业,以及在生产建设和科学实验的各种特殊环境中,到处需用电力设备、电子器件和各种自动化装置。因此,电工产品的环境技术工作已日益引起人们的重视而迅速发展。

1 产品的环境条件

电工产品在贮存、运输和使用过程中经常受到周围环境的有害因素的影响,有的影响产品工作性能,有的影响产品的使用可靠性和寿命。人们对这些环境因素分别测定其影响程度,并从产品使用可靠性和生产经济性出发,制订出各个因素影响程度的等级和数值,从而组成电工产品各种类型的环境条件。

电工产品需要适应的各种环境因素很多,因此有必要根据其物理、化学的属性进行分类,如分成气候因素、机械因素、生物因素、电气因素等,以有利于科研和试验工作的开展。此外,又因产品安装使用的场所不同,如在户内、户外、棚下、矿井以及各种运载工具上等,环境因素的严酷程度有很大差异,所以对环境因素尚须按其影响程度进一步分级,以便在制订产品环境条件时作经济合理的选用。

2 产品的环境防护

产品与环境的关系有两个方面:一方面是产品受周围环境的影响,如温度、湿度、污秽、腐蚀性气体等对电工产品所起的危害作用,需要加以防护;另一方面是产品在使用中本身产生出有害的影响因素,如振动、噪声和电磁干扰等,将导致附近其它设备不

能正常工作,也需要考虑采取抑制或消除措施。

目前对电工产品常用的防护方式可分两类。一类是针对某些主要环境因素来改变产品的工作环境,如:建立空调的房间;在产品所处场所装空气过滤装置;在有腐蚀性气体的化工生产场所,采取集中隔离的中心控制室,借以保证一般电工产品也能安全可靠使用。另一类是根据特定环境中对产品起有害影响的因素,在产品的设计制造上采取相应的防护措施,以提高产品对特殊环境的防护能力,如:在一般产品上选用抗潮耐霉性材料,并相应改进工艺或改变产品结构,以提高绝缘的防潮、防霉能力和金属的防腐蚀性能,从而派生出湿热带产品;或者在产品结构上采取专用的防护措施而设计成特种防护类型产品,如防爆电机等。上述改变环境和改造产品这两类防护方式的选择,取决于技术经济上的比较。本篇主要介绍后一类的防护方式,包括绝缘防护、金属防护和结构防护等方面。

随着现代科学技术的迅速发展,新材料、新工艺不断出现,产品环境防护技术也在日新月异地发展,原来设计供某一特殊环境用的电工产品对其它环境类型的通用性在逐步扩大,因而出现了以一种防护类型的产品来满足多种环境使用的可能。

3 产品的环境试验

环境试验不但可用来评价防护措施的效果和鉴定产品对环境的适应能力,同时也用于摸清环境因素的影响程度及其作用机理。

环境试验有自然暴露试验、现场运行试验和人工模拟试验三种。自然暴露试验,是将样品放在自然环境条件下进行暴露和测试。现场运行试验,是将样品装置在各种典型的使用现场并使它处于正常运行状态下进行测试。这两种试验的周期都较长,但它们直接反映实际使用情况,所以是研究人工模拟环境试验方法的一项重要基础工作。

为了在较短时间内能鉴定产品对环境的适应能力,在科研和生产工作中多采用人工模拟环境试验,即在实验室的试验设备(箱或室)内模拟一个或多个

环境因素的作用,并予以适当的强化。人工模拟试验的试验条件的确定,要求既能模拟环境中主要因素影响的真实性,又能在时间上起一定的加速作用,但加速的程度不应改变产品实际损坏机理的规律。为此,人工模拟试验的试验条件和方法必须与产品环境条件的等级、数值有机地联系起来,并应经常与自然暴露试验或现场运行试验的结果进行对比和核实,以保证和不断提高其正确性和可靠性。

人工模拟试验方法有取几个单因素连续依次(或交替)进行的组合试验和多个因素同时作用于样品的综合试验方法两种。采用单因素组合试验方法,相对来说,所用设备比较简单,工厂和研究单位容易进行,但从模拟实际使用情况、反映试验的正确性和可靠性来说,就不及多因素综合试验方法。所以为了提高环境试验质量,发展多因素的综合试验方法是十分重要的。

第2章 环境条件

电工产品所处场所存在着各种不同的环境状况,为了研究环境对产品的影响,应先弄清楚环境的类型和各个环境因素的特征,从而合理地制订出产品的环境条件。

1 环境分类

产品所处的环境有不同的分类方法,例如:按自然条件分类,有寒冷、温和、湿热、干热、高原、海洋等;按产品存在的状况分类,有贮存、运输、使用等;按产品使用场所分类,有矿山、船舶、化工、车辆以及户内、户外等;按环境主要因素的属性分类^[24],有气候、机械、生物、电气、特种介质等。

1.1 环境因素的分类

环境因素是构成环境条件的基础,将环境因素按其属性进行分类,这对系统地研究环境条件和环境试验工作是必要的。环境因素分类见表6-2-1。

1.2 环境因素的分级

同一环境因素在不同环境条件下所产生的影响有程度上的差异,因此需要根据实际情况将环境因素划分为若干等级,并尽可能定出分级的额定值。这就反映了环境因素的影响程度,并是对产品在技术、经济、安全等方面综合考虑的结果,可起产品标准化、通用化的作用。

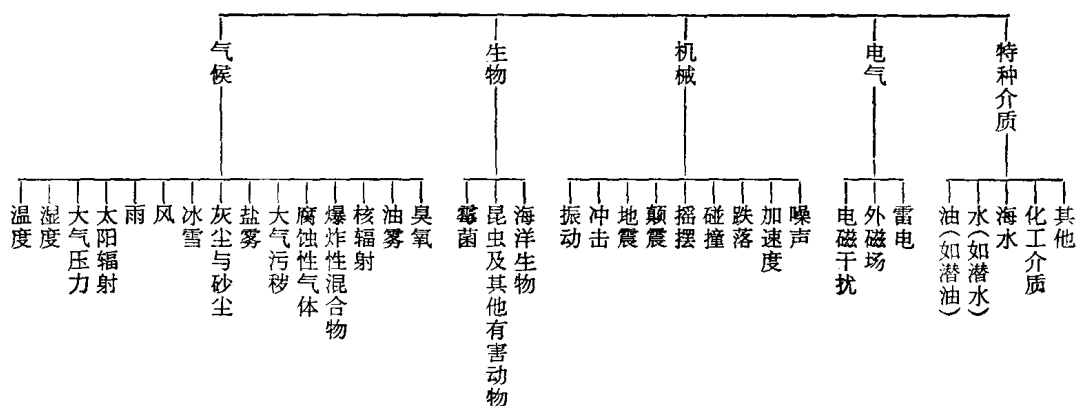
2 环境因素

2.1 温度

2.1.1 空气温度

它是指离地面2米高、无阳光直接照射且空气流通之处的空气温度。一般认为空气流通的户内环境也相当于这个条件。

表6-2-1 环境因素分类一览表



极端最高空气温度：在中国是 47.6°C (新疆吐鲁番, 1953、1956 年测得); 在世界上是 57.8°C (利比亚的阿西西亚)。

极端最低空气温度：在中国是 -52.3°C (黑龙江省漠河, 1969 年测得); 在世界上是 -88.3°C (南极)。

昼夜最大日温差：在干热带及高山地区可达 30°C , 如中国西藏的定日出现过 31.3°C ; 沙漠地区甚至更高, 如非洲中部沙漠区可高达 40°C 。

温度突变：温度剧烈变化的情况发生在当阵雨

表 6-2-2 各种空气温度的含义和应用说明

名 称	含 义	应 用 说 明
极端最高 (或最低)温度	自有气象记录以来的最高 (或最低)温度 值	在几十年内可能出现 一次, 持续时间很短, 只 对可靠性要求很高的产 品要考虑此参数
年最高(或 最低)温度	一年记录中 所测得的最高 (或最低)温度	是一种短时 (1~5 小 时) 出现的极限值, 一般 电工产品在考虑可靠性 和发热影响时选用之
月平均最 高温度	每日最高温 度的月平均值	允许短时过载的产 品, 常考虑最热月平均 最高温度。在最热月里 约有一半左右的天数, 其最高温度接近或超过 此值。月平均最高温度 的出现时间较长, 每年 约有 100 小时以上
日平均温 度	一天 24 小 时温度记录的 平均值	一般是考虑最热日的 24 小时平均温度, 如油 浸式变压器调节负荷时 选用此值
月平均温 度	日平均温度 的一个月平均 值	由最热月的所有日平 均温度求得, 它适用于 温度变化幅度较小的环 境, 如通风不良而无热 源的坑道内使用的产品 选用此值
年平均温 度	月平均温度 的一年 12 个 月平均值	是全年气温变化的中 间值, 在设计计算变压 器的使用寿命和校验仪 器仪表时用此值

注：上述温度，除极端值外，均指多年平均值。“多年”意味着至少须 10 年，最好是 30 年或 50 年的资料。

直接落在被强烈的太阳辐射晒热了的物体表面上，此时该物体所发生的温差可达 65°C 之多。

在空气流通的户内环境中使用的产品，其最高（或最低）温度一般按当地空气年最高（或最低）温度来确定。对于特殊场所使用的产品，则按该使用场所的实测年最高（或最低）温度值确定。

各种空气温度的含义和选用说明，见表 6-2-2。

a. 空气温度对产品的影响

(1) 高温对产品的影响：影响产品使用时的安全可靠，如电子元件性能被破坏，热继电器产生误动作，电缆头流胶，电机轴承流油以及材料变质变形等。此外，还加速绝缘材料劣化，缩短产品使用寿命。

(2) 低温对产品的影响：使材料机械性能降低、变硬发脆，油类粘度增大甚至凝固。

(3) 日温差和温度突变对产品的影响：日温差会引起凝露，使产品受潮，加速金属腐蚀。温度突变会使产品密封体遭到破坏，机械结构变形、开裂以及绝缘子破裂等。

b. 温度分级

(1) 高温：根据使用场所不同，推荐参照 IEC 的分级为： 30°C 、 40°C 、 55°C 、 70°C 、 85°C 、 100°C 等。

(2) 低温：按地区和使用场所不同，低温分为： $+5^{\circ}\text{C}$ 、 -10°C 、 -25°C 、 -40°C 。

2.1.2 冷却水温度

它是指冷却产品用的引入水的温度。冷却的方式有流动冷却和循环冷却两种。流动冷却，一般取自江河湖海中距水面一米以下处的水作为冷却水，也有取用地下水的。若采用冷却塔或冷却池循环水冷却，则冷却水温一般比流动冷却水温约高 5°C 左右。

冷却水温度的日变化幅度小，可按最热月的平均水温为依据。中国境内大部分水系的温度为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。热带地区约为 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.3 地 温

它是指与产品处于同一水平面而又不受产品散热影响之处的地下温度。

一般，电缆应埋于地面下约 $0.8\sim 1.0$ 米深处；在寒冷及高原地区，由于土壤冻结，则应埋于冻土层以下。计算地下电缆的载流量和进行电缆选型时，

一般采用最热月的月平均地温值。地温的分级见表6.2-3。

表 6.2-3 地面下一米深处地温分级

级 别	月平均地温 °C	说 明
I	25	一般地区
II	32	热带地区

2.2 湿 度

湿度有两种计量表示方法:

(1) 绝对湿度——以每立方米空气中所含水汽质量的克数表示。绝对湿度一般不易直接测得,常以水汽压强来间接表示。

(2) 相对湿度——在一定温度下,空气中的实际水汽压强值与该温度下的饱和水汽压强值之比,以百分数表示。

在中国长江以南地区出现相对湿度大于80%的天数,约占一年时间的50%以上;而在长江以北或海拔1000米以上地区,一般只占40%以下。而且,长江以南出现湿度大于90%的天数,约占一年时间的25%(一个季度)以上。

湿度对电工产品的影响如下:

a. 高湿 当相对湿度大于65%时,任何物体的表面均附着一层厚约0.001~0.01微米的水膜,其厚度将随着相对湿度的增高而增加;当相对湿度接近饱和时,水膜可达几十微米,此时将大大降低产品电气绝缘的表面电阻。

当相对湿度大于80%时,可使绝缘材料受潮,导致产品电气绝缘性能的降低。

高湿能使霉菌孢子发芽生长,在相对湿度为80~95%、温度为25~30°C时,将促使霉菌旺盛繁殖,破坏产品的外观和标志等。

高湿度也使金属的腐蚀加速。一般金属的临界腐蚀湿度是:铁为70~75%,锌为65%,铝为60~65%,当湿度超过金属的临界腐蚀湿度时,其腐蚀速度即将成倍增加。

b. 低湿 长期处于低湿度环境的材料,如木材、皮革、塑料和绝缘材料制品等,会产生干燥收缩、变形,甚至龟裂。当绝对湿度低于0.5克/米³时,对电机碳刷磨损有一定影响。

2.3 大气压力

通常取纬度45°处海平面的平均大气压作为标准大气压,它相当于温度0°C时在正常的重力加速度下760毫米高汞柱的压力。

大气压力一般用毫米汞柱或毫巴表示,它们之间的换算关系为:1毫米汞柱=4/3毫巴。

在海平面以上,气压随海拔高度的增加而降低。在海拔高度为1000~5000米之间,每增高100米,气压约降低6~8毫米汞柱。

在海平面以下,气压则随深度增加而增高,如在矿井里,海拔每下降100米,气压约增加10毫米汞柱左右。

与产品设计有关的气压参数为:一个地区的年平均气压(指多年中各月平均气压的平均值)和最低气压(指多年记录中所测得的最低值)。年平均气压常用于考虑产品的温升、避雷器的放电间隙等。最低气压常用于确定产品的空气绝缘强度、开关的分断能力等。

气压对产品的影响:如低气压使空气介电强度和冷却作用降低,因而使开关在空气中灭弧发生困难以及空气冷却的电工产品的温升将增高等。

表 6.2-4 不同海拔高度处的气压值^[24]

海 拔 高 度 m	年平均气压 mm Hg	最低气压 mm Hg
-2000(矿井中)	960	—
0	760	—
1000	675	630
2000	596	540
3000	525	480
4000	461	420
5000	405	360

2.4 太阳辐射

太阳辐射是以电磁波形式传到地球上的一种能量。太阳射至地球大气层顶界时的辐射强度为 $J_0=1.94$ 卡/(厘米²·分),然而经过大气吸收、云层反射及向宇宙空间漫射后,到达地面的太阳辐射强度已大为减弱,如一般地区为1.4卡/(厘米²·分),

但在高原地区,由于海拔高度增高,大气透明度增加,因此最大太阳辐射强度出现在高原地区,在中国的西藏那曲地区(海拔高度4300米)曾测得太阳辐射强度最大值为1.83卡/(厘米²·分)。

表 6·2-5 最大太阳辐射强度分级

级 别	辐 射 强 度 cal/(cm ² ·min)	说 明
I	1.4	在一般地区和湿热带
II	1.6	在干热带及3000米以下高原地区
III	1.8	在3000~5000米高原地区

太阳光谱主要由紫外线、红外线和可见光组成。当太阳光到达地面时,紫外线(波长小于0.4微米)成分不到1%,可见光(波长小于0.76微米)成分约为50%,其余为红外线(波长大于0.76微米);但在大气层外,紫外线可达6%左右。

太阳光谱中紫外线所占比例虽小,但对电工产品的光老化作用影响很大,特别是当氧和水汽同时存在的条件下,使绝大多数的有机绝缘材料和涂料等迅速遭到劣化,使用寿命缩短。所以,在湿热带地区太阳光老化作用显得比较严重。红外线会使产品温升增加,引起绝缘材料热老化。

2.5 雨

凡强度大的雨往往集中降落在5~15分钟内,因此降雨强度是用十分钟的降雨量来表示。

表 6·2-6 降雨强度分级

级 别	降 雨 强 度 mm/10 min	说 明
I	<10	如毛毛雨
II	30	一般暴雨
III	50	特大暴雨

雨对电工产品的影响主要有以下两方面:

(1) 当雨水从产品外壳的交接面或密封面渗入时将使内部受潮,如电机内的润滑脂变质和金属腐蚀,因此户外产品应进行淋雨试验。

(2) 高压电设备外绝缘的湿放电电压随降雨强

度的增大而下降;但当雨强增大到30毫米/10分钟以上时,湿放电电压趋向一个稳定值。在污秽地区,毛毛雨使产品表面形成一个污染的水层,最容易造成外绝缘闪络。因此,户外电工产品上的高压绝缘子应进行淋雨下的外绝缘特性试验。

考虑产品防雨措施时还要注意风的影响。下雨时,因风的影响会使雨降落的倾斜角最大可达60度。

2.6 风

与风向垂直的平面上所受到的风力称为最大风压力。单位面积上所承受的最大风压力 p 可按下式计算:

$$p = \frac{r}{2g} \alpha v^2 \quad \text{kgf/m}^2$$

式中 r ——空气重度 kgf/m³

α ——风压阻力系数(见表6·2-7)

g ——重力加速度 m/s²

v ——风速(一般取离地面10米处测得的风速) m/s

用风压板⊙测得的风速读数来计算风压时,上列计算式可写为

$$p = \frac{r}{2g} \alpha v^2 = \frac{1}{16} \alpha v^2 \quad \text{kgf/m}^2$$

上式中“ $\frac{1}{16}$ ”称为标准大气状况下的风压系数。在标准大气状况下 $r=1.2225$, $g=9.8$,因此 $\frac{r}{2g}=0.0624 \approx \frac{1}{16}$ 。在非标准大气状况下,例如在海拔地区,空气密度减小,而重力加速度相差甚微,于是 $\frac{r}{2g}$ 值随海拔增高而减小。但在用风压板的方法测得的风速读数代入上式时,由于风压板的设计原理对于空气密度已有了修正作用,因此 $\frac{r}{2g}$ 值可不作变动,所以上式 $p = \frac{1}{16} \alpha v^2$ 在高原地区仍能适用^[1]。

此外,由于离地面高度增加时相应的风速也增大,因此当产品的高度在10米以上时,如公式中仍用离地面10米处的风速值,则得出的 p 值必须乘以风压高度系数 K_z 修正之^[2]。 K_z 值可由图6·2-1查得。

⊙ 风压板是一种测量风压、风速的仪器。它借风的推力使压板偏转、离开原始下垂位置,并在自身重力平衡下形成一个倾斜角。根据这一原理,可测出在一定的空气密度下的风压、风速。

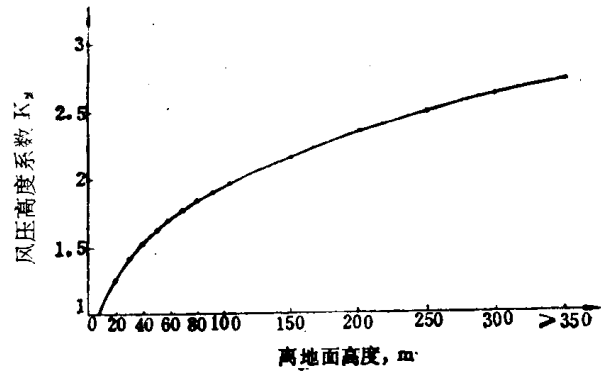


图 6.2-1 风压高度系数

表 6.2-7 各种物体形状的风压阻力系数

形 状	α
圆板 	1.17
圆锥体 	0.34
矩形板 	$\frac{a}{b}=1$ 时, 1.10 $\frac{a}{b}=4$ 时, 1.19 $\frac{a}{b}=10$ 时, 1.28 $\frac{a}{b}=\infty$ 时, 2.01
球体或半球体 	0.47 1.17 0.42
圆柱体 	$\frac{l}{d}=1$ 时 0.63 $\frac{l}{d}=5$ 时 0.74 $\frac{l}{d}=\infty$ 时 1.2

注: 此表是指 Re (雷诺数) $> 10^5$ 时的风压阻力系数值。

风压阻力系数 α 与物体的几何形状有关, 其数值见表 6.2-7。

2.7 冰 雪

细小雪晶粒对产品外壳接合缝具有渗入能力, 当它进入运转着的设备内时能被融化成水, 一旦停机后雪水又将冻结, 结果往往影响设备的性能和安全。在寒冷地区, 户外电机的换向器或滑环表面常结上一层厚约 0.5~1 毫米的冰层, 有时碳刷盒亦被冻结, 严重影响电机的正常运行。

冰雪对户外隔离开关的运行所产生的影响和危害更甚, 主要有如下几点:

(1) 影响接触可靠性。如导线结冰, 则使作用在开关端子上的拉力增加, 从而引起触头接触区的变化; 如触头结冰而在分合闸时又不能消除此冰块, 则将影响触头的导电性能, 造成局部发热或触头的机械损伤等。

(2) 影响操作性能。当开关刀闸被冰封后, 如操作机构没有足够的分闸(或合闸)力矩, 则在运行或事故发生时将不能正常的分(或合)闸, 从而危害系统的安全运行。

因此, 对户外隔离开关应作破冰试验, 试验的冰层厚度要求在 10~20 毫米之间(以环境温度约为 -3°C 时、连绵不断毛毛细雨所形成的透明冰层为试验冰层)。中国部分地区的输电线上覆冰厚度见表 6.2-8。

此外, 冰雪还影响户外电工产品的外绝缘, 例如当产品电气间隙覆盖有冰雪时的放电电压, 将随着冰雪电阻率的减小而降低, 当冰雪受污秽时情况更为严重。积聚在绝缘子瓷裙上的雪花, 在融化时如遇到气温骤然下降至 -4°C 左右, 则易形成冰串而引起闪络。

表 6.2-8 中国部分地区输电线上的覆冰厚度

地 区	华北平原、河南、湖北、湖南	东北大部分地区, 河北承德、张家口一带	山东、河南部分地区、湘中、粤北	云贵高原
覆冰厚度 mm	10	10	15	20

注: 冰的比重为 0.9。

2.8 灰尘与砂尘

a. 灰尘(包括工业粉尘) 指直径为1~150微米范围内的颗粒。灰尘的量值用在空气中的浓度(毫克/米³)或沉积量(毫克/米²·天)来表示。

多尘作业的厂矿,其空间含尘浓度的高低随作业的性质、破碎程度、空气湿度、风向等不同而有很大的差异。灰尘沉降量的分级见表6.2-9。

表 6.2-9 灰尘沉降量分级

级 别	灰尘沉降量(月平均值) mg/m ² ·d	说 明
I	10~100	如清洁的户外环境
II	300~550	工业或多砂尘地区的户外环境
III	≥550	多尘作业区

b. 砂尘 指直径100~1000微米范围内的石英质颗粒。砂尘除了用浓度和沉积量来表示外,还可用年砂暴日数(即因空中的风砂现象而影响1000米以内水平能见度的天数)来表示。

一般在西北干燥地区砂尘较为严重,如新疆的和田、甘肃的民勤等年砂暴日在30天左右。

c. 灰尘和砂尘对电工产品的影响

(1) 当灰尘和砂尘沉积在绝缘表面时,会因受潮而使电气绝缘性能下降;而导电性灰尘更易造成绝缘漏电或短路现象,尤其是在潮湿环境下更甚。

(2) 当电器触点上有砂尘沉积时,接触电阻即增大,甚至引起触头烧坏。

(3) 不论酸性或碱性的腐蚀性灰尘均易潮解,而使产品的金属零部件产生腐蚀。

(4) 当灰尘与砂尘进入产品的可动部件后,会引起机械损伤和零件磨损;如果有大量尘砂进入电机内部,将使风道堵塞,妨碍产品通风散热而发生故障。

因此,在工业多尘作业区和户外多砂尘地区使用的产品,应考虑采取防尘措施。

2.9 盐 雾

海洋中的激浪及波浪冲击岩岸时,使飞溅的水

沫成为雾状而进入空气,这种在空气中悬浮的氯化物液体微粒称为盐雾。

盐雾浓度以单位体积空气含氯化物的重量(毫克/米³)来表示。盐雾的沉积量,以一昼夜中物体单位面积上沉积的氯化物重量(毫克/厘米²·天)表示。

由于沿海地区的地形、地貌、风力的不同,盐雾可以随风深入到沿海30~50公里处。盐雾对产品的影响与周围环境中的空气湿度有密切关系。干的盐粒对电工产品的影响极微;而在久旱后逢毛毛雨或大雾时,盐粒被溶解于水中呈离子状态,才具有导电性和腐蚀作用。这种情况的出现以湿热带沿海地区为尤甚。

盐雾对金属及金属镀层的腐蚀主要是氯离子的作用;因氯离子的直径较小,易穿透和破坏保护膜,同时氯离子具有亲水性,易于被受潮的金属表面所吸附,破坏金属表面镀层的钝化膜而导致金属腐蚀。

盐雾也影响产品绝缘性能,如户外高压瓷绝缘子发生电晕放电,泄漏电流增大,甚至会引起绝缘子开裂、爆炸(参见本章2.10)。

盐雾的影响一般以盐场(矿)地区最为严重,其次是海船甲板上和距海岸1~2公里的露天场所,而沿海户内环境的盐雾影响就显著减弱。

2.10 大气污秽

大气污秽主要是指工业区的空气中存在着由工厂排出的各种废气、烟煤及微尘等(一般常含有二氧化硫、硫化氢、氨、氯等成分)。在潮湿的气候条件下,它们形成腐蚀性的或导电的物质。所谓大气污秽,对沿海地区来说,一般还包括盐雾的影响在内。

在工业集中的地区,特别是在火电厂、炼油厂、冶炼厂、石油化工厂、水泥厂等附近,污秽比较严重。如污秽物质积聚在金属表面上,则将大大加快金属腐蚀速度;如积聚在高压电器的绝缘子上,就会引起污闪、瓷绝缘子爆炸,从而导致大面积的停电事故。

评价绝缘子的防污能力,是以每千伏工作电压的爬电距离来表示。绝缘子爬电距离的选择应与额定电压成比例:线路用绝缘子取1.6厘米/千伏;电站用绝缘子取1.7厘米/千伏。在污秽地区,还应根据污秽等级及按有关规范的规定适当增加其爬电距

离。大气污秽环境的分级及相应的爬电距离的选取，可参考 IEC 的“大气污秽水平的暂行标准”和“污秽水平、试验水平及爬电距离间关系的暂行标准”，见附录 I。

2.11 腐蚀性气体

在化学工业(包括矿井、化肥、医药、橡胶等)生产场所，主要有较多的氯、氯化氢、二氧化硫、氧化氮、氨、硫化氢等气体，它们在干燥空气中(即最湿月平均最大相对湿度低于 70% 的环境)没有什么腐蚀

作用，但在潮湿大气中就形成酸性、碱性等腐蚀性气体。

通常腐蚀性气体在空气相对湿度未达到饱和而产品表面又存在凝露时，将大大加速金属件的腐蚀和产品绝缘性能的恶化。所以，腐蚀性气体对电工产品的影响程度，取决于空气湿度和腐蚀性气体的性质及其浓度。

当上述任一种气体成分的浓度等于或大于表 6.2-10 中的规定值时，该地区就称为电工产品化工腐蚀环境⊖。

表 6.2-10 化工腐蚀环境的气体含量^[8]

气体名称	氯	氯化氢	二氧化硫及三氧化硫	氮的氧化物	硫化氢	氨
规定浓度 mg/m ³	0.25	2.00	3.00	1.50	4.50	5.00
备 注			计算为二氧化硫浓度	计算为五氧化二氮浓度		

2.12 爆炸性混合物

在爆炸极限(见表 6.2-11)范围内的下列混合物称为爆炸性混合物：

混 合 物	举 例
可燃性气体与空气的混合物	乙炔+空气
易燃液体的蒸汽与空气的混合物	汽油蒸汽+空气
闪点低于或等于场所环境温度的可燃液体蒸汽与空气的混合物	醋酸酐(闪点为 +49°C)+空气(设环境温度为 +50°C)
悬浮状可燃粉尘与空气的混合物	铝粉+空气
悬浮状可燃纤维与空气的混合物	麻纤维+空气

煤炭、石油、化工、军工等工业生产现场中，广泛存在着易燃易爆物质。如煤矿井下的甲烷，化学工业中的乙炔、二硫化碳、水煤气、石油气等达数百种之多，它们在工业生产流程、贮存、运输中可能与空气混合，形成爆炸性混合物。电工产品在工矿企业的动力、控制、保护、测量系统中被广泛采用，而它们又容易产生火花、电弧或危险温度，如开关电器在正常

工作状态下就有火花或电弧产生，鼠笼型电机在绝缘损坏的短路事故中产生火花等，场所中存在的爆炸性混合物一旦与电工产品的火花、电弧或危险温度相遇，就会引起爆炸，造成生产现场的严重破坏。

a. 爆炸性混合物的特性 有关爆炸性混合物(这里仅指气体和蒸气爆炸性混合物)在防爆技术上的一些主要参数和说明见表 6.2-11。此外，一些可燃性气体与蒸汽以及一些可燃性工业粉尘的性能数据，参见附录 II。

表 6.2-11 第 6 项测定 $\delta_{\max}$ 的标准试验条件如图 6.2-2 所示，主要内容有：

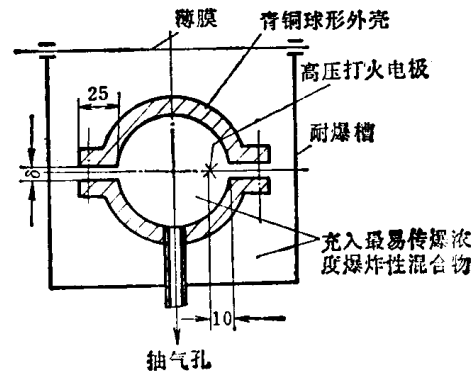
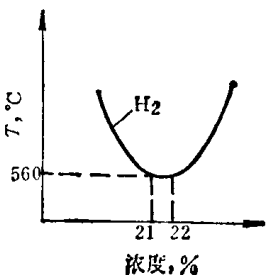
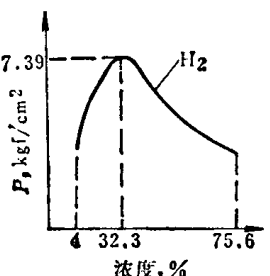
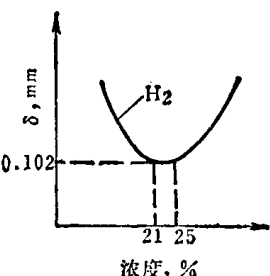


图 6.2-2 测定 $\delta_{\max}$ 的标准试验条件

⊖ 但对空气相对湿度经常在 70% 以下的地区，仍不属于化工腐蚀环境。

表 6.2-11 气体和蒸汽爆炸性混合物参数的说明

序号	参 数	说 明	举 例	影响参数的 主要因素	应用 举例
1	自 燃 温 度	爆炸性混合物在一定的试验条件下,不需火源即能自行着火并继续燃烧的最低温度	 氢的自燃温度(t)与浓度关系曲线 氢的自燃温度: 560°C 氢的最易引燃浓度: 21~22%	初始压力等	作为按自然温度分组的依据
2	最易引燃浓度	爆炸性混合物对应自燃温度时的浓度			安全火花型分级试验用
3	爆 炸 极 限	爆炸性混合物在一定的试验条件下,产生爆炸的最低和最高浓度。前者称为爆炸下限,后者称为爆炸上限	 氢的爆炸压力(P)与浓度关系曲线 氢的爆炸下限: 4% 氢的爆炸上限: 75.6% 氢的最大爆炸压力浓度: 32.3% 氢的最大爆炸压力: 7.39 kgf/cm²	初始压力、温度、湿度等	作为爆炸危险场所分级的依据
4	最大爆炸压力	爆炸性混合物在密闭容器内产生的爆炸压力的最大值		初始压力、温度、试验容器的容积和形状等	作为隔爆外壳强度设计、试验的依据
5	最大爆炸压力浓度	爆炸性混合物产生最大爆炸压力时的浓度			测定最大爆炸压力用
6	试验最大不传爆间隙 $\delta_{\max}$ (传爆能力)	在标准试验条件下,在试验容器内、外充以最易传爆浓度的爆炸性混合物,当容器内部爆炸时不引起外部爆炸性混合物爆炸的最大间隙	 氢的最大不传爆间隙($\delta_{\max}$)与浓度关系曲线 氢的最易传爆浓度: 21~25% 氢的试验最大不传爆间隙: 0.102 mm	初始压力、温度、试验容器的容积和形状、点火位置等	作为按传爆能力分级的依据
7	最易传爆浓度	不同浓度的爆炸性混合物,各有其相对应的最大不传爆间隙,而最大不传爆间隙曲线中的最小值所对应的浓度,即为最易传爆浓度			
8	最小引燃能量	在一定的试验条件下,能使最易引燃浓度的爆炸性混合物引燃的最小能量	氢的最小引燃能量: 0.019 mJ		作为按最小引燃能量分级的依据

(1) 容积为8升的青铜球形外壳,其法兰长度为25毫米,两个半球之间具有可调的法兰间隙 δ 。

(2) 外壳内外部充以最易传爆浓度的爆炸性混合物。

(3) 高压电火花塞装在外壳内距法兰间隙10毫米处。

$\delta_{\max}$ 的测定方法为:在上述条件下,调节法兰间隙,找出点火试验50次无一次传爆的最大间隙值,即为试验最大不传爆间隙值 $\delta_{\max}$ 。用该测定方法可测得各种爆炸性混合物的 $\delta_{\max}$ 值,其值越小,标志该混合物的传爆能力越强;反之,则越弱。

b. 爆炸性混合物分级、分组 爆炸性混合物(指气体和蒸汽)在标准试验条件下,按其传爆能力的强弱划分为1, 2, 3, 4四级,这是对隔爆型产品而言,如表6.2-12所示,其中级别数字越大,其传爆能力也越强。此外,还按爆炸性混合物的最小引燃电流与代表性气体最小引燃电流 I_0 比较的结果,划分为煤矿用及工厂用I、II、III三级,这是对安全火花型产品而言,如表6.2-13所示,其中级别数字越大,则最小引燃电流越小,越易引起爆炸。爆炸性混合物按自燃温度的高低划分为a, b, c, d, e五组,这对各种类型的产品都通用,如表6.2-14所示。爆炸性混合物分级分组举例,见表6.2-15和6.2-16。

对于爆炸性混合物进行分级、分组的目的是,为了使电工产品能按所规定的级别、组别分档制造,做到经济合理。产品的结构参数,便是以分级、分组参数为基础,并考虑一定的安全系数确定的。

表 6.2-12 爆炸性混合物按传爆能力分级

级 别	试验最大不传爆间隙 $\delta_{\max}(\text{mm})$
1	$1.0 < \delta_{\max}$
2	$0.6 < \delta_{\max} \leq 1.0$
3	$0.4 < \delta_{\max} \leq 0.6$
4	$\delta_{\max} \leq 0.4$

表 6.2-13 爆炸性混合物按其最小引燃电流与代表性气体的比较分级

级 别	代 表 性 气 体
煤 矿 用	甲 烷
工 厂 用	I 丙 烷
	II 乙 烯
	III 氢

表 6.2-14 爆炸性混合物按自燃温度分组

组 别	自 燃 温 度 $^{\circ}\text{C}$
a	$450 < t$
b	$300 < t \leq 450$
c	$200 < t \leq 300$
d	$135 < t \leq 200$
e	$100 < t \leq 135$

表 6.2-15 爆炸性混合物按传爆能力分级及按自燃温度分组举例

级 别	组 别				
	a	b	c	d	e
1	甲烷、氨、醋酸	丁醇、醋酸酐	环己烷		
2	乙烷、丙烷、丙酮、 苯乙烯、氯乙烯、苯、 氯苯、甲醇、甲苯、一 氧化碳、醋酸乙酯	丁烷、乙醇、丙烯、 醋酸丁酯、醋酸戊酯	戊烷、己烷、庚烷、 辛烷、癸烷、硫化氢、 汽油	乙醚、乙醛	
3	市用煤气	环氧乙烷、环氧丙 烷、丁二烯、乙烯、 1,4-二氧杂环己烷	异戊二烯		
4	水煤气、氢	乙炔			二硫化碳

⊙ 在电路的电压、元件参数、试验装置等都相同的标准试验条件下,可以用爆炸性混合物的最小引燃电流来表示其最小引燃能量的大小。

表 6.2-16 爆炸性混合物按与代表性气体的最小引燃电流的比较分级及按自燃温度分组举例

级 别		组 别				
		a	b	c	d	e
煤 矿 用		甲烷				
工 厂 用	I	甲烷①、氨、乙烷、丙烷、丙酮、苯、甲醇、一氧化碳、醋酸、丙烯酸甲酯、苯乙烯、氯苯、甲苯、醋酸乙酯、醋酸甲酯	丁醇、乙醇、丁烷、醋酸丁酯、醋酸戊酯	环己烷、戊烷、己烷、庚烷、辛烷、癸烷、汽油	乙醛	
	II	丙烯腈、二甲醚、环丙烷、市用煤气	环氧丙烷、丁二烯、乙烯		乙醚	
	III	氢	乙炔			二硫化碳

① 工业甲烷含 10% 的氢气。

2.13 核辐射

由电子、质子、中子或 γ 射线对电工材料及电子元器件产生的作用,称核辐射效应。

核辐射效应一般有两种形式:

(1) 位移效应 物质受辐射后原子发生位移,产生晶格缺陷,形成空位-间隙原子对,而使物质结构受到辐射损伤。

(2) 电离效应 物质受辐射后使电子脱离轨道,产生空穴-电子对,使物质发生电离。

辐射对电工产品的影响程度,取决于辐射类型和剂量强度(以剂量率和累积剂量值表示)、辐射的能谱、被辐射元器件所用的材料及环境温度等。

辐射对电工产品的影响有:

(1) 对电机电器等产品,主要是使绝缘材料发生损伤,其中有有机材料的机械性能损伤较严重,它的允许吸收辐射剂量为 10^8 拉德,而无机材料抗辐射性能较好,如石英、云母的允许吸收辐射剂量可达 10^9 拉德以上。

(2) 普通电子元器件在强辐射环境中工作时,将引起参数衰退。电子管比半导体器件的抗辐射性能一般高二个数量级,晶闸管和单晶体管较易受辐射损伤。

在核电站中,仅在反应堆本体和一次回路及某些辅助系统中有辐射存在的区域里工作的电机、电器等产品受到核辐射影响。一般在安全壳内, γ 射线的累积剂量值约为 $10^7 \sim 10^8$ 伦琴,热中子和快中子

积分通量约为 $10^{14} \sim 10^{15}$ 中子/厘米²,但其中某些高辐射区, γ 射线的累积剂量值可达 10^9 伦琴,热中子和快中子积分通量可高达 10^{18} 中子/厘米²[4]。

2.14 霉 菌

霉菌是由菌丝所组成的植物体。霉菌的生长发育须具备三个条件,即:温度、湿度和有机养料。对危害电工产品的霉菌来讲,最适宜的发芽温度为 $20 \sim 30^\circ\text{C}$,相应的相对湿度为 $80 \sim 98\%$ 。因此产品长期在湿热的环境中就会生长霉菌。绝缘材料被霉菌污染后,将促使霉菌孢子生长繁殖,并向纵深发展。

霉菌对电工产品的影响为:

(1) 霉菌分泌物会污染产品外表,影响产品外观质量,甚至引起金属腐蚀。对线芯极细的导线,如仪表或继电器线圈,在潮湿地区常因长霉而被腐蚀断线。

(2) 霉菌细胞中含有大量的水分,当这种饱含水分的呈网状的稠密菌丝体布满绝缘件的表面时,将降低绝缘性能。

(3) 霉菌在代谢过程中分泌出酸性的物质(如二氧化碳、醋酸、丁酸及柠檬酸等),这些成分会导致产品绝缘性能下降,特别是对印刷电路板和精密仪表等的影响较大。

(4) 光学镜头上长霉,则损坏光学玻璃的性能,如使成像模糊,从而降低产品使用效果。

2.15 昆虫及其他有害动物

危害电工产品的昆虫主要有：白蚁、长蠹虫、木蜂、蟑螂等；动物主要有：鼠、树蛙、蛇、鸟类、壁虎等。这些有害昆虫及动物在热带地区尤为猖獗，它们对产品的损坏有多种多样情况，如白蚁咬穿地下的塑料通信电缆及铅包电缆；木蜂及长蠹虫咬穿架空铅包通信电缆；鼠及蟑螂等咬坏塑料电线电缆和电机端部绝缘；树蛙和壁虎进入高压和低压开关柜内的带电部分，造成电气短路、引起跳闸事故。

2.16 振动和冲击

振动和冲击都是物质机械运动的一种形式。电工产品在运输和使用过程中，会受到外界对它的不同程度的振动和冲击影响。此外，产品本身在工作过程中也会产生振动而影响所处的环境。因此在产品与环境的关系上，有必要考虑以下三种发生振动

和冲击的情况：

(1) 产品在运输过程中受到外界的振动和冲击作用，如汽车、火车在行驶时的振动，轮船船体被海浪冲击，飞机着陆时的振动和冲击，以及产品在运输时起吊或跌落所引起的冲击等。

(2) 产品安装在振动体上工作时所受的振动，如汽车发动机上安装的电工产品。这种振动往往比产品放在汽车上运输时所受到的振动还要厉害，例如装在汽车发动机上的电器，其振动最大加速度要考虑 10g，而在汽车上运输的产品只需考虑 0.5~2g。

(3) 产品在运行时，由于其本身所承受负载的不均匀、旋转体不平衡或支持体未固定等所引起的振动，这种振动不但影响产品本身，而且还影响产品所处的环境，为此必须根据产品技术条件和使用要求，在生产或使用对它加以限制。

a. 振动和冲击的类型和特征^[5](表 6.2-17)

表 6.2-17 振动和冲击的类型和特征

类 型	主要特征及说明	量度表示方法	举 例
周期性振动	能用一项正弦或余弦函数表达的周期性振动，其振动幅值和相位随时间变化的关系为： 位移 $x=A \sin \omega t$ 速度 $v=\omega A \sin \left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$ 加速度 $a=\omega^2 A \sin (\omega t+\pi)$	一般用频率 f 和振幅 A 表示(或用频率 f 和加速度 a 表示)	机械上的零件的有规律转动或往返运行所引起的振动
	不能用一项正弦或余弦函数表达其运动规律的周期性振动，但可用傅里叶级数、谐波分析方法将其分析为若干简谐振动	可用傅里叶级数中各次谐波的参数来表示	
非周期性振动	是一种无规律的，且不是重复的振动。它不能用简单函数(正弦式、阶跃式…)或这些简单函数的简单组合来表达其运动规律，而只能用统计方法来描述	用概率密度表示振幅概率分布；用均方根频谱表示连续振动频谱	如汽车、拖拉机在平坦路面上行驶所产生的振动
	是一种瞬时的、猛烈的物质机械运动。冲击作用时，动能传递到设备上的时间极短。冲击激振函数是非周期性的，其频谱是连续的	用峰值、冲击持续时间和波形表示	物体碰撞、跌落、火车转轨以及飞机着陆等所引起的冲击
	是一种带重复性的冲击作用	用峰值、冲击持续时间和波形表示	车辆在崎岖路面上行驶时所引起的冲击、颠簸

b. 振动和冲击对电工产品的影响

(1) 零件破坏: 例如过大的振幅会使脆弱的材料裂损破坏; 继电器和开关的接触部分发生位移或变形而影响产品的电气和机械性能。

(2) 零件疲劳损坏和磨损: 例如由于旋转体的不平衡而引起的振动, 可使转轴断裂或轴承磨损, 影响产品的使用可靠性。

(3) 产品结构松动: 例如联接件或焊接点发生松动等。

(4) 影响环境中其他电工产品的正常使用。

实际上, 大部分振动破坏都是由于产品发生共振所引起的, 当外部激振力的频率达到产品固有频率(自然频率)时就会产生共振, 使振动量急剧增加而造成产品破坏。因此必须设法防止产品在使用时产生共振现象。

2.17 地 震

地震的能量是以波的形式向四周传播的, 地震波是一种复杂的振动波形。衡量地震大小及其影响

的参数是震级和烈度。

a. 震级 它由地震释放出来的能量多少来确定, 其分级见表 6.2-18。

b. 烈度 地震给予地面的影响强弱或破坏程度, 以烈度来表示。地震烈度与加速度关系见表 6.2-19。

一次地震只有一个震级, 但在不同地区的烈度并不一样。对浅源地震(震源深度在 70 公里以内), 其震级和震中烈度(即最大烈度)的关系见表 6.2-20。

世界上记录到的地震震级最大为 8.9 级。地震的振动频率因地基不同而有差异, 通常在 0.1~10 赫之间。一般电工产品的固有振动频率(或自然频率)约在 1~10 赫之间, 完全处在地震频率的范围之内, 因此在地震时常易引起产品共振而遭损坏。此外, 地震时因地基破坏(如地面塌陷或不均匀下沉)所造成的设备损伤亦是严重的。一般电工产品当地震烈度在 8° 以上时, 即需采取防震措施。地震对一些电工产品损坏情况见表 6.2-21。

表 6.2-18 震级与能量的关系

震 级	1	2.5	5	6	7	8	8.5	8.9
能 量 erg	2×10^3	4×10^{15}	2×10^{19}	6×10^{20}	2×10^{22}	6×10^{23}	4×10^{24}	1×10^{25}

表 6.2-19 地震烈度与加速度的关系

烈 度	1°~2°	3°	4°~5°	6°	7°~8°	9°~10°	11°~12°
加 速 度 cm/s ²	≤0.25	>0.5~1	>2.5~5	>5~10	>25~50	>100~250	>500~1000

表 6.2-20 震级与烈度的关系

震 级	3 以下	3	4	5	6	7	8
震中烈度	1°~2°	3°	4°~5°	6°~7°	7°~8°	9°~10°	11°

表 6.2 21 电工产品受地震损伤的情况举例^[6]

产品类别	地震造成的主要危害
火力发电设备	1. 汽轮机叶片调整混乱, 运行时产生异常振动 2. 发电机差动保护继电器发生误动作
输电设备	1. 铁塔和电线杆出现不均匀下沉或倾斜 2. 小截面导线可能断线 3. 地下输电设备因地基变动而引起管道和电缆的破损
配电设备	1. 电杆倾斜、倒塌、下沉, 柱上变压器也随之倾斜和移动 2. 电线混线和断线
变电设备	1. 空气断路器支柱瓷瓶折断或压缩空气管道破裂 2. 油断路器造成喷油和油箱底部焊缝破裂而漏油 3. 隔离开关引线拉力增加, 支持瓷绝缘子破裂, 使刀闸脱开而产生电弧 4. 变压器线圈烧坏 5. 继电器误动作

2.18 噪 声

噪声是各种不同频率、不同声强的声音的杂乱组合, 它具有声波的一切特性。

a. 噪声的来源和种类^[7] 电工产品产生的噪声一般有以下儿种:

(1) 空气动力噪声: 当空气中有了涡流或发生压力突变现象时, 就会引起空气动力噪声。如旋转体转动时由气流所引起的噪声、锅炉排气放空时所产生的噪声等。

(2) 机械噪声: 这种噪声系由旋转体不平衡或零部件的撞击、摩擦引起振动时而产生而由空气传播的, 如碎石机、电机的轴承或齿轮摩擦所产生的噪声。当各种外界的振动激励使产品或零部件发生共振时所引起的噪声就更严重。

(3) 电磁噪声: 当电流和磁场相互作用时引起铁心或有关零件的振动而在空气中所产生的噪声, 如电机定、转子和变压器铁心所产生的噪声等。

产品发生的噪声过大, 就会影响环境而造成危害, 因此必须根据噪声的性质和来源研究控制噪声的措施。

b. 噪声的量度 量度噪声强弱的方法有两种: 一种是利用声波的物理特性(声压、声强和声功率)来量度; 另一种是通过人的听觉特性的响度来量度。

(1) 声压级、声功率级和声强级(噪声的物理量度): 声压是噪声的基本物理参数, 其单位用牛顿/米²或微巴表示, 1 微巴=0.1 牛顿/米²。但因从人耳所能听到的微弱声音(听阈)到使人耳疼痛的强烈噪声(痛阈)的声压的绝对值相差约一百万倍, 所以直接用声压的绝对值来表达噪声的强弱是很不方便的。人的听觉与声压比例的对数成一定的倍比关系, 因此人们采用声压 p 和基准声压 p_0 的倍比关系的对数值即声压级 L_p 来表示, 它的数学表达式为

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

式中 L_p ——声压级 dB $\ominus$

p ——声压 N/m²

p_0 ——基准声压, 为 2×10^{-5} N/m², 是 1000 Hz 纯音的可听阈声压

声功率是声源在单位时间内辐射出来的全部声能量, 通常用 W 表示, 其单位是瓦。在单位时间内通过单位面积的声能量称为声强, 通常用 I 表示, 其单位是瓦/米²。为使用方便起见, 声功率和声强两个物理量以声功率级和声强级来表示, 其单位均为分贝(dB)。它们的数学表达式为:

$$\text{声强级} \quad L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

其中, $I_0 = 10^{-12}$ W/m², 为基准声强, 相应于 1000 Hz 纯音的可听阈值。

$$\text{声功率级} \quad L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

其中, $W_0 = 10^{-12}$ W, 为基准声功率。

(2) 响度和响度级(噪声的主观评价): 对人耳所感觉的声音强弱程度来说, 不但与声压有关而且也与频率有关。声压级相同而频率不同时, 听起来响声不一样。如大型离心压缩机机体的高频噪声和小汽车车内的特低频噪声, 其声压级虽同是 90 分贝, 但是听起来前者就比后者响得多。所以需要有一种噪声响度的主观感觉量——响度级, 把声压和频率用一个单位统一起来。响度级是以 1000 赫的纯音作为基准的声压级, 其单位为“昉”。利用与基准声音比较的方法, 通过大量试验可得出纯音的整

$\ominus$ 声压级的单位用分贝(dB)表示, 它是一个相对单位, 没有量纲。

个可听范围内的响度级,并绘出等响曲线。

(3) 计权网络和声级: 在声学测量仪器中, 参考等响曲线设置 A、B、C 三种计权网络, 它的作用是使所接收的声音按不同的频率范围加以滤波。C 网络是模拟人耳对 100 叻纯音的响应, 在整个可听频率范围内有近乎平直的特性, 它让所有频率的声音近乎一样程度通过; B 网络是模拟人耳对 70 叻纯音的响应, 它使接收的声音通过时低频段有一定的衰减; 而 A 网络是模拟人耳对 40 叻纯音的响应, 它使接收的声音通过时对低频段 (500 赫以下) 有较大的衰减。

A 网络使声学测量仪器对高频敏感, 对低频不敏感, 这正与人耳对噪声的感觉一样。因此用 A 网络测得的噪声值较为接近人耳对声音的感觉。近年来, 人们在噪声测量中往往就用 A 网络测得的声级来代表噪声的大小, 称 A 声级, 以分贝(A)或 dB(A)表示。

c. 噪声的影响 人受到过高的噪声或长期在噪声环境中会影响身心健康和正常工作。对产生噪声的产品本身来说, 过高的噪声也会影响其性能。

为了保护环境和保证产品的性能, 对电工产品的噪声提出了一定的要求, 参见表 6-2-22。

对某些处于强噪声 (140dB 以上) 环境中使用的电工产品, 必须考虑抗噪声的问题, 因为在高噪声作用下, 产品会发生“声疲劳”和“声共振”而遭到损坏或产生误动作等, 特别是对仪表的敏感元件、高灵敏度继电器等, 影响更为显著。

2.19 电磁干扰

由无用的电磁信号或电磁骚扰对接收有用的电磁信号造成的扰乱, 称为电磁干扰。它会损害或破坏电磁信号的正常接收及电器、电子设备的正常运行。

a. 电磁干扰的分类

(1) 根据电磁干扰的来源不同, 可分为自然干扰和人为干扰两大类, 参见表 6-2-23。

(2) 根据干扰频率的不同, 可以分为无线电(射频)干扰、低频干扰和直流磁场干扰等。

无线电干扰: 频率大于 10 kHz 的射频所造成的干扰, 以工业干扰最为普遍。它主要由于电工设备在运行时的电流、电压突变以及为特定目的而设计的脉冲、振荡等的电过程所引起。

表 6-2-22 各种场所对电工产品的噪声要求

噪声要求 dB(A)	场 所 与 产 品 举 例
30~35	用于高级宾馆、播音室、录音室、高级会议室、医院、消声室等场所的产品, 如摄影机、伺服电机、暖水泵等
35~40	用于图书馆、手术室、实验室、计量室、剧场等场所的产品, 如精密仪器、精密设备、医疗仪器、计量用的产品、高级风扇、录音机用的电机等
40~45	一般实验室、工厂中心试验室、中心计量室、精密加工车间、一般会议室等场所所用的产品, 如高精机床、台扇、计量用伺服电机等
45~50	一般办公室、餐厅、仪表车间、轿车等场所所用的产品, 如划水器、一般风扇、变流装置等
50~60	船上的会议室、住舱、报房、驾驶台等场所所用的产品
60~80	一般环境用的产品, 如无高噪声的车间、船上一般舱室用的较大排气风扇、电焊机等
80~90	普通车间、有较高噪声的环境用的产品
90~100	高噪声环境, 如织布车间、大型汽轮发电机车间、船舶主机舱等用的产品

表 6-2-23 电磁干扰的来源分类

干 扰 类 别	来 源 举 例
自然干扰	天电干扰 雷电
	宇宙干扰 太阳、银河系
人为干扰	供电设备 输电线路、发电机、变压器及配电电器等
	电力机械 直流电机、同步电机、交流整流子电机、高频电炉等
	工业或日用电器 晶闸管、电焊机、气体放电灯、医疗高频设备、微波炉、空调设备、电动工具、开关电器、控制计算机等
	点火系统 内燃机、交通工具(汽车、飞机等)
	电子通信设备 广播、通信、导航、雷达等

低频干扰: 频率低于 10 kHz, 主要由于电源电压和频率的变化、波形畸变以及工频感应、中频感应等所引起。

直流磁场干扰: 由直流磁场所引起, 主要是对电工检测仪表产生影响。

此外, 还可按干扰的性质分为脉冲干扰和连续干扰; 窄频带干扰和宽频带干扰。

b. 电磁干扰的传播方式 电磁干扰通过空间辐射、感应和线路传导进行传播。这几种传播方式常是同时或交替进行。一般, 传导传播只限于频率较低的干扰, 1000 MHz 以上的干扰几乎没有传导传播, 而辐射、感应传播则不论频率高低均会发生。

c. 电磁干扰的量度

(1) 无线电干扰的大小, 一般用干扰场强和端子干扰电压值来表示。

由于干扰源通过辐射或感应形成的高频场, 称为干扰场, 干扰场的强度用 $\mu\text{V}/\text{m}$ 或 dB (以 $1\mu\text{V}/\text{m}$ 为 0dB) 来表示, 其计算式为:

$$\text{dB} = 20 \lg \frac{E}{E_0}$$

式中 E ——干扰场强 $\mu\text{V}/\text{m}$
 $E_0 = 1\mu\text{V}/\text{m}$

在干扰源连接外导线的端子间(对称干扰)或端子与外壳之间(不对称干扰)测得的高频电压, 称为端子干扰电压, 用 μV 或 dB (以 $1\mu\text{V}$ 为 0dB) 表示, 其计算式为

$$\text{dB} = 20 \lg \frac{U}{U_0}$$

式中 U ——端子干扰电压 μV
 $U_0 = 1\mu\text{V}$

(2) 低频干扰也用 dB 来量度, 但直流磁场干扰一般用安匝/米来表示。

d. 电磁干扰的影响 电磁干扰产生的影响主要是: 破坏无线电通信的正常工作, 电声和电视系统的正常播送和接收; 降低电工产品的工作性能, 如产生误动作、误指示; 降低电工检测仪表的测量精度和灵敏度等。

常见的严重干扰源有: 汽车点火系统、换向器电动机、高压输电线路、气体放电灯、高频设备、电力铁道等。

常见的易受干扰的设备有: 遥遥测装置、自动开关的半导体脱扣器、数控电路、计算电路等。

e. 各种设备产生的干扰的允许值 为了防止

电磁干扰的有害影响, 除提高产品本身的抗干扰能力外, 同时对人为产生的干扰规定一个允许值是十分必要的。根据国际无线电干扰特别委员会 (CISPR) 文件, 现摘其中几项有关设备的干扰允许值 (按所规定的试验方法) 供参考 (见表 6.2-24~28)^[28]。

表 6.2-24 机动车辆点火系统

频率范围 MHz	测量距离 m	场强允许值 dB($\mu\text{V}/\text{m}$)	说 明
40~70	10	34	适用于准峰值测量。对峰值测量, 相应的允许值要高 20 dB
75~250	10	34~42①	
250~400	10	42~45②	
400~1000	10	45②	

① 75~400 MHz 范围内, $\mu\text{V}/\text{m}$ 的数值随频率线性增加。 ② 供设计参考。

表 6.2-25 带半导体装置的控制设备
(最大电流不超过 16 A)

频率范围 MHz	电源端子间允许值 dB(μV)	负载端子间允许值 dB(μV)
0.15~0.5	66	80
0.5~30	60	74

表 6.2-26 开关启动的荧光灯具

频率范围 MHz	插入损耗 (最小值) dB
0.16~1.4	28~20 (随频率线性地减小)

表 6.2-27 带电动机的电器

频率范围 MHz	日用 电器 (允许值)	便携式电动工具(允许值)			说 明
		≤ 700 W	700~ 1000W	1~2 kW	
a)	dB(μV)	dB(μV)	dB(μV)	dB(μV)	
0.15~0.5	66	66	70	76	
0.5~5	60	60	64	70	
5~30	66	66	70	76	
b)	dB (pW)①	dB (pW)	dB(pW)	dB (pW)	在此频率范围内允许值随频率成线性地增加
30~300	45~55	45~55	49~59	55~65	

① dB(pW) 是微微瓦的相对单位。