

## 气候和应用气象

# 气候环境对电工电子产品的影响

孙 安 健

随着工业生产技术的发展，电工电子产品的应用不断扩大。它们在运输、储存、安装和使用中，都要受到气候环境的影响。本文将着重讨论对我国电工电子产品影响较大的气候环境。

### 一、湿热气候环境

据测试，当温度 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度达80%以上的时候，绝缘材料就会开始受潮，从而导致电气绝缘性能下降；高温高湿的天气愈多，持续时间愈长，影响的程度就愈重。

我国长江以南的广大地区，气候温暖湿润。年降水量介于1000—2000毫米之间，年降水日数在120—180天以上。7月最高气温平均在32—34°C或以上，年极端最高温度的多年平均值为35—40°C。半年以上的日子相对湿度大于80%，相对湿度大于90%的日数，亦有3个多月，相对湿度 $\geq 95\%$ 时的温度最大值多年平均为20—28°C。因此，对于电工电子产品而言，长江以南地区气候环境的影响主要表现为高温高湿的共同作

用。在湿热气候的环境中，绝缘材料就会吸湿膨胀，产生机械负荷，间接地影响到零件电气性能。吸水后的绝缘材料，其表面电阻和体积电阻会减小。瓷制绝缘零件表面生水膜后，电阻值可降低1000倍，直接地影响了器材的电气性能。更为严重的是，当各零件的膨胀系数不同时，会引起整机的调节失常。此外，湿热的气候环境还会使各种零件上的涂料产生水分解现象，游离出来的酸腐蚀着金属零件。据测定，一般金属的临界腐蚀湿度是：铁为70—75%，锌为65%，铝为60—65%。而且当环境湿度超过金属的临界腐蚀湿度时，其腐蚀速度将成倍增加。

当相对湿度为80—95%、温度为25—30°C时，霉菌的繁殖能力很强。因此，湿热的气候环境为霉菌的繁殖提供了十分有利的条件。电工电子产品容易长霉是湿热气候环境所派生出的一个棘手问题。这是因为霉菌在繁殖过程中需要吸收和保持大量水分，进一步促成材料的受潮和化学分解，降低材料的绝缘性能，破坏产品的外观和标志；严重时，一般器材在1—3个月的时间内就可霉

坏。

长江以南的广大地区（包括青藏高原），尤其是华南地区，雷暴活动十分频繁，年雷暴日数平均在80—120天以上。一次雷暴放电的持续时间虽只有几万分之一秒到零点几秒，可是雷电流能达到数百安培到数千安培，在发生对地闪时，雷暴电压高达1亿伏左右。因此，如果产品直接遭到雷击或因受雷击感应产生过电压，就会使产品内部绝缘击穿；很强的雷电流可把被击产品烧坏，或产生很大的电动力，造成导电部分变形或损坏。

在我国广大沿海地区，海洋中的激浪以及冲击岩岸的波浪，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。这种雾可以随风深入到沿海30—50公里的范围。但是干的盐粒对产品的影响极小，只是在遇到毛毛雨或大雾天气的时候，盐粒因溶解于水而呈离子状态，这时的氯离子就容易穿透和破坏保护膜，且易于被受潮的金属表面吸附，破坏金属表面镀层的钝化膜而导致金属腐蚀。如果盐雾积聚在高压电器的绝缘子上，就会产生电晕放电，泄漏电流增大，甚至引起绝缘子开裂或爆炸，导致大面积的停电事故。在我国沿海，北部湾、舟山到长江口以及黄海中南部是三个相对多雾中心，而且雾主要发生在春夏季节，雾区由冬入夏明显的由南向北移动。因此，盐雾的危害的主要区域也随冬夏的季节交替从南往北推移，而在海雾较多的东海和黄海沿岸，其危害更为严重。

## 二、干热气候环境

我国西北大部分地区，气候干燥少雨，年降水量少于100毫米，许多地区的降水量还不足50毫米，降水日数全年大都不到40天。西北地区冬季的平均气温虽然相当低，可是夏季太阳辐射强，日照充足，加之云雨少，下垫面又多为砂砾土，故而昼间温度很高；7月平均最高气温可达32—36℃，多年

平均的年极端最高气温为35—40℃，吐鲁番竟高达45.6℃。如此干热的气候环境，对电工电子的产品也有着重大影响。首先，干热天气可使硬绝缘材料和连接材料软化。普通树脂在80℃就开始融化，其后果是加速绝缘材料的老化过程。再则，电缆头会因高温而流胶，电机轴承流油，材料变质变形，结果使产品的使用寿命缩短。

西北地区气候的另一特点是，昼夜温度的变化十分剧烈，极端情况下的气温日较差可达30—40℃。如果产品在这样的环境里白天工作，夜间不使用，则产品的昼夜温度变化可达80℃。如此剧烈的温度变化，常会使膨胀不均的绝缘材料出现裂缝；金属零件由于热胀冷缩，也会产生相当大的机械负荷，在接合处产生缝隙。如果绝缘材料与金属的膨胀系数不同，则接合处甚至产品的密封体都要遭到破坏，而出现机械结构变形或开裂的情况。

西北地区的年总辐射量达150千卡/厘米<sup>2</sup>·年以上，仅次于青藏高原地区。强烈的太阳照射对电工电子产品的影响，主要表现在紫外线与高温的共同作用。这是因为氧化作用是损坏有机材料的主要因素，但在正常气候条件下，氧化作用进行得很慢。如果温度升高并和紫外线照射共同影响，则氧化反应的速度就会急骤上升，从而加速涂料和大部分可塑性物质的老化过程。

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，会因干燥而收缩、变形，甚至龟裂。

在西北地区，大风天气很多，年大风日数普遍为25—50天，加之下垫面多为戈壁荒漠，所以沙暴日数为全国之冠，不少地区的年沙暴日数可达20—30天以上，风沙天气就更为多见了。如果沙尘沉积在绝缘表面上，吸湿后会使电气绝缘性能下降，具有导电性的沙尘更易造成绝缘漏电或短路。倘若在电器触点上有沙尘沉积，就会增大接触电阻，烧坏触头。假如大量沙尘进入电机内部，轻

则引起机械损伤和零件磨损，重则堵塞风道，妨碍产品通风散热而发生故障。

### 三、高寒气候环境

在我国纬度较高的地区和青藏高原，冬季的气候十分寒冷，1月份平均最低气温在-24℃以下，黑龙江的漠河地区低于-36℃。最低气温低于-20℃的日子全年有75—100天。如此低的温度可使润滑剂的粘性变得非常高。精密仪表、小型马达及继电器等如加上粘性高的润滑剂，便不能使用。含锌量高的焊接剂，在气温为-15℃时就发生支解现象，焊接处受到轻微震动即可脱开。金属零件在极端低温的情况下会出现变形，橡胶及某些塑料会失去柔性，变硬变脆，容易开裂。

这些地区的冬季降雪，年降雪日数在40—60天以上，积雪日数多在80天以上，漠河地区高达160多天。细小的雪晶粒能够渗入产品外壳的接合缝，当它进入运转着的设备内时就被融化成水；一旦停机，雪水就又冻结起来，影响设备的性能和安全。冰雪对户外隔离开关的运行危害最大。例如，导线结冰，增加了作用在开关端子上的拉力，使触头的接触区发生变化，影响触头的导电性能。又如，开关刀闸被冰封后，若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。

青藏高原地区的海拔高度一般在4000—5000米左右，因而气压低，空气稀薄，致使空气的导电率增大。在这种情况下，击穿电压相应降低，高压飞弧增加，继电器、开关等有接触点的电器易于产生火花，破坏其表面；同时，器材在使用时升温后散热困难。但高原温度较低，这对产品因气压或空气密度降低而引起的温度增高有一定的补偿作用。气压过低，气温日较差大，都影响到设备的密封状态，使机械结构出现变形或开裂。

青藏高原不仅太阳辐射强，年总辐射量可达160—240千卡/厘米<sup>2</sup>·年，而且因海拔高，空气干洁，紫外线照射远较平原地区强，所以在氧和水汽存在的条件下，在青藏高原地区使用的产品，其有机绝缘材料和涂料的老化过程大大加快，使用寿命缩短。

### 四、气候环境参数的选择

为了使所有产品设计能够经受住恶劣气候环境的影响，并能在这样的条件下进行工作，就必须根据自然气候特征，经济合理地划分气候类型，并将相似的气候组成相应的产品气候防护类型，达到以最少的产品类型满足多种气候地区使用的目的。为此，如何恰当地选择气候环境参数，就成为产品气候类型及其分区的关键。表1和表2分别列举

表1 我国电工产品使用环境条件

环境因素	海拔高度 (米)	空气温度(℃)						空气相对 湿度(%)	气压		太阳辐 射最大 强度 (卡/厘 米 <sup>2</sup> ·分)	
		年最 高	年最 低	月 平均 最 高	月 平均 最 低	月 平均 最 高	最大日 较差		最 低 (毫米)	平 均 (毫米)		
环 境 条 件	一般	≤1000	40	取下列数值之一： +5, -10, -25, -40	(20)	(35)	(30)	(30)	90(25℃)	(656)	(675)	(1.4)
	湿热	≤1000	40	0	25	35	35		95(25℃)	(656)	(675)	1.4
	干热	≤1000	45	-5	30	43	40	30	10(40℃)	(656)	(675)	1.6
高 原	高	2000	35	同一般	15	30	25	30	90(15℃)	(581)	(600)	1.6
		3000	30	同一般	10	25	20	30	90(10℃)	(510)	(529)	1.6
		4000	25	同一般	5	20	15	30	90(5℃)	(450)	(465)	1.8
		5000	20	同一般	0	15	10	30	90(0℃)	(394)	(409)	1.8

注：括号中的数值是参考值。另外，95% (25℃) 是指最湿月的每日最大相对湿度的平均值及其对应的温度平均值的额定值，其他类推。

表2 我国无线电产品气候分区综合表

气候带	气候区	环境条件								
		气候因素								
		极端最高气温	极端最低气温	最热月平均最高温	最冷月平均最低温	日气温最大变化	最热月相对湿度	最热月平均相对湿度	最热月相湿度	最热月最小相对湿度
热带	湿热区	41℃	0℃	36℃	8℃	10℃	95% 同时气温大于30℃	90% 同时月平均气温大于25℃	50% 同时气温大于35℃	
亚热带	亚湿热区	47℃	-15℃	36℃	-5℃	25℃	90% 同时气温大于30℃	86% 同时月平均气温大于25℃	50% 同时气温大于35℃	
	亚干热区	48℃	-30℃	41℃	-20℃	30℃	80% 同时气温大于20℃	20% 同时月平均气温大于35℃	10% 同时气温大于25℃	
	高原区									
温带	温和区	46℃	大于-40℃	32℃	-26℃			30% 同时月平均气温大于20℃	5% 同时气温大于25℃	
	干燥区	48℃	大于-40℃	35℃	-26℃		80% 同时气温大于20℃	15% 同时月平均气温大于25℃	5% 同时气温大于25℃	
寒带		35℃	-50℃	25℃	-35℃			60% 同时月平均气温大于25℃		

了我国电工和电子产品的气候环境条件。电工产品使用的环境条件分为一般、湿热、干热和高原 4 个类型；无线电产品划分为 4 个气候带：热带、亚热带、温带和寒带，又细分为 6 个气候区，即湿热区、亚湿热区、亚干热区、高原区、温和区和干燥区。

随着国际贸易的迅速发展，电工电子产

品已在世界范围内流通，因此国际电工委员会（IEC）制定了电工电子产品温湿环境条件的国际标准，它将全世界划分为 9 个气候类型，即极寒、寒冷、寒温、暖温、干热、中等干热、极干热、湿热、和恒定湿热（表 3）。我们根据我国 197 个站 1961—1980 年的气象资料，对 IEC 标准的温湿参数进行了统

表3 世界电工电子产品的温湿环境使用条件

气候类型	年极限的多年平均值				极限日平均的多年平均值				绝对极端值			
	低温	高温	相对湿度≥95%的最高温度	最大绝对湿度(克/米³)	低温	高温	相对湿度≥95%的最高温度	最大绝对湿度(克/米³)	低温	高温	相对湿度≥95%的最高温度	最大绝对湿度(克/米³)
极寒	-65	32	20	17	-55	26	18	14	-75	40	24	20
寒冷	-50	32	20	18	-45	25	13	12	-60	40	27	22
寒温	-33	34	23	21	-29	29	18	15	-45	40	28	25
暖温	-20	35	25	22	-15	30	20	17	-30	45	28	25
干热	-20	40	27	24	-10	35	23	20	-30	45	30	27
中等干热	-5	40	27	25	0	35	24	22	-15	45	31	30
极干热	+3	55	28	27	+8	43	26	24	-10	60	31	30
湿热	+5	40	31	30	+12	35	28	27	0	45	35	36
恒定湿热	+13	35	33	36	+17	33	31	32	+4	40	37	40

计和分析。结果表明，与我国气候特点相近的IEC气候类型有6个：寒冷、寒温、暖温、干热、中等干热和湿热。而且，在这相近的6个气候类型中，某些温湿参数的界限值还须作下述的必要调整：

1. 我国是大陆性气候，冬夏的温度差异悬殊，尤其是北方地区，夏季的高温并不亚于南方，其中有些地方因气候干燥，太阳辐射强烈和戈壁沙滩下垫面的影响，高温甚至超过南方。可是冬冷却使这些地区只能属于寒冷、寒温或暖温气候类型中的一种。因此，我国的寒冷、寒温或暖温气候类型的高温上限值必须进行修正，提高IEC中这些气候类型的高温标准。

2. 我国属季风气候，冬季寒冷干燥，夏季炎热多雨，雨热同季。温度高，容纳水汽

的能力大，因而最大绝对湿度值明显较大。尤其是东部平原地区，地势低，又离海洋近，绝对湿度值普遍很大。因此，我国东部平原地区的绝对湿度参数，特别是东南沿海地区的干热和中等干热气候类型的绝对湿度参数必须进行修正，提高IEC有关类型的绝对湿度上限值。

3. 我国地形复杂，地势相差十分悬殊。东部平原地区海拔一般在100米以下，而西部高原或山地海拔高度多在1000—2000米之间，青藏高原平均海拔高度为4000—5000米。而温度（尤其是最高气温）和绝对湿度通常是随地势的升高而减小的，因此针对各地不同的海拔高度，有必要依据最高气温和绝对湿度参数对寒温和暖温气候类型进一步划分副型。