

污秽地区绝缘子使用导则

本标准参照采用 IEC 出版物 815 (1986)《污秽地区绝缘子选用导则》。

1 主题内容与适用范围

本标准适用于选择额定电压 3~500kV 三相交流电力系统用绝缘子。本标准在选择污秽地区绝缘子提供一些指导原则,主要内容有:划分污秽等级的依据、选择用于污秽地区绝缘子的主要参数及绝缘子造型对电气性能的影响等。

具体确定污秽等级及外绝缘爬电比距应依据现行的有关污秽等级划分标准的规程。

2 术语

本标准所采用的名词术语应符合 GB 2900.8 的规定。

3 确定电力设备运行环境污秽等级的依据

确定外绝缘爬电比距值和选用何种型式的绝缘子之前,首先要判定绝缘子运行环境的污秽等级。划分污秽等级要“依据运行经验、污湿特征、外绝缘表面污秽物质的等值附盐密度(以下简称盐密)三个因素综合考虑。”污湿特征是对运行环境污秽程度的定性划分参量,盐密是对运行环境污秽程度的定量划分参量,运行经验是各种实际条件综合作用的结果。三个因素都说明了污秽状况对绝缘的影响作用。当由三个因素作出的污秽判定有差异时,应分析原因,并以运行经验作为确定污秽的主要依据。

重要变电站、主要线路发生污闪事故的危害,损失比一般电站、线路要大得多。对这类设备的外绝缘应适当加强。对交通不便、不便于经常巡视、维护的山区、险区线路绝缘水平应适当加强。

3.1 运行经验

3.1.1 污闪跳闸率是表明运行状况的重要参数。

3.1.2 防止污闪的基本措施应立足于划准污秽,选择相应的绝缘水平,但维护、清扫仍是一项重要措施。为减少、防止污闪事故,对污秽地区线路电站设备要进行维护、清扫工作,如果维护工作量已超过规程要求的程度(如清扫次数)才能防止事故的发生,应考虑调整该地区的污秽级别。

3.1.3 对于没有发生污闪的线路和变电站,应考虑可能会发生污闪的潜在危险性。例如,按规定的清扫次数进行了清扫,在潮湿的气候条件下,绝缘子上仍有频繁的火花放电和局部电弧发生,在划分污秽时要考虑这些可能导致污闪的因素。

3.2 污湿特征

绝缘子发生污闪有两个受环境影响的必要条件:一是绝缘子表面聚积了一定量污秽物;二是在潮湿的天气中,污秽物吸收水分、受潮;二者缺一不会发生污闪。“污湿特征”参量就是根据对绝缘子运行中环境的污源状况及绝缘子表面污秽物受潮的气候条件来划分污秽等级的定性参量。

污源可概括地分为两大类:一是自然污源,如盐碱地区、沿海地区等;二是人为污源,例如:工业污染、人口稠密区的生活污秽、道路扬尘污染等。对于有明显污源的地区,应根据污源的性质,距离绝缘子远近,污源的影响范围等因素考虑划分污秽。例如:跨越扬尘公路的线路,可对公路扬尘、汽车排出的废气能影响到的几基杆塔适当加强绝缘。对于沿海地区的线路可根据离海岸的距离、地形、海水含盐量、受海水及海雾影响的程度来划定污秽。已有运行经验表明,在一些从表面上看不到明显污源的地

区,如农田、丘陵和山区,也曾发生过污闪,事故后对绝缘子表面进行盐密测量得到的数据表明,盐密数值很高,该地区已属污秽区。造成农田地区污染的原因有多种,使用化肥可能对绝缘子造成污染,处于工业区附近或大城市周围的农田,由于大气环境中空气污秽水平已普遍增加,该地区小范围内虽无明显污源,但大气环境中的污染仍会造成绝缘子上有较重的积污。因此对于没有明显污源,传统上认为是清洁地区的污秽等级划分,要具体情况具体分析。

在同样的污染状况下,出现雾、毛毛雨、覆冰、凝露天气多,或靠近冷却水塔、大坝泄洪道的地区,发生污闪的机率较大。大雨对绝缘子表面的污秽有清洗作用,雨量充沛,且经常下雨的季节,绝缘子上的污秽物能被较好的清洗,但有时在暴雨中也可能造成伞裙桥接,引起闪络。我国大部分地区对一年时间中绝缘子表面等值附盐密度测量数据表明,秋末至来年春末期间(约10月至来年4月),绝缘子表面的积污量呈增加趋势,这与我国在冬季普遍雨水少,且多风沙的气候条件有关。从4月至10月期间,绝缘子表面积污量值要低于冬季,且呈稳定趋势,夏季多雨水冲洗,是减少绝缘子表面积污的主要因素。各地的降雨量及季节有很大的差异,在划分污级时应考虑到气候因素的影响。

对新建线路和变电站的污级,除按当前的环境条件确定污级外,还应考虑到近期环境污秽情况变化的影响。对规划中能造成环境污染的工程附近的污级,应预计到工程完成后的影响。

3.3 等值附盐密度

盐密是表征绝缘子污秽程度的一种参量。

等值附盐密度值是不论污秽物的成份如何,经过一定的测量方法,将污秽物中导电成份的作用换算成能起到同样导电效果的氯化钠值。该值是一个定量参数,在划分污级时可以弥补由定性经验造成的偏差,一般地说,污染严重地区发生污闪的绝缘子上盐密值高。

国内采用的划分污级的定量参量中,测量盐密方法是使用历史最长,应用最普遍,累积数据最多,总结经验最多的方法,盐密值易于在现场测量,方法简单是电力运行部门采用的主要测量手段。实践证明,结合运行经验,用盐密值划分污级是目前比较有效的方法。

在对绝缘子污秽耐压性能的研究中,盐密值是表征绝缘子污染程度的参数。试验表明,绝缘子的污秽耐受电压值随盐密增加而降低,在人工污秽试验中,二者之间有着明确的相关关系。

污染源的种类繁多,各地区的污秽成份不同,气候条件也有很大的差异,在用盐密值划分污级时,应结合当地的具体情况,总结出规律和经验,用以指导当地的防污工作。

测试盐密值是一项经常性工作,通过测量可以掌握绝缘子表面污秽程度,比较不同时期盐密值,可以了解绝缘子表面污秽量的变化规律。盐密值是一个统计量的参数,需经多年测量取得较多的数据后,结合当地的运行经验,利用盐密值划分污级的可靠性就能提高。

表示污秽度的方法还有污层电导率,运行电压下绝缘子表面的泄漏电流等参量。在现场污秽度测量中可以根据情况使用多种方法,以便进行比较,弥补各种方法的不足。

4 选择污秽地区绝缘子的主要参数

4.1 爬电距离

在一定电压范围内,绝缘子串污秽耐受电压一般随其片数的增加呈线性增加,这主要是由于爬电距离和串长增加,污秽耐受电压也随着提高。在污秽地区选用普通型绝缘子,要达到需要的爬电比距值,绝缘子串的片数可能会增加很多,受杆塔绝缘空间所限,片数增加的数额有限,有时不能达到所需要的片数,若加大杆塔尺寸又要增加很多投资。在这种情况下选用耐污型绝缘子或大盘径绝缘子(俗称大爬距绝缘子)是一种可行的方法。这类绝缘子与普通型绝缘子性能的根本差别是前者在单位高度上的污耐压性能要优于后者,在不增加串长的条件下,明显提高绝缘子串的污秽耐受电压值。

提高耐污型绝缘子污秽耐压性能的途径之一是增加单片绝缘子的爬电距离,普通型绝缘子XP-70的高度为146mm,爬电距离295mm,而耐污型绝缘子在同样的高度下爬电距离可达400mm或更高。

4.2 伞裙造型

增加绝缘子爬电距离的措施主要是改进伞裙造型, 增加伞裙数量, 扩大伞伸出, 增加棱的数量和高度。伞裙的造型对绝缘子运行中风雨的清洗作用、积污性能以及闪络过程中电弧的发展途径等有影响, 因此伞裙造型是一个决定绝缘子耐污性能的因素。可以通过两个基本方向来研制在污秽条件下工作的绝缘子的外形。

- a. 表面污秽物难以聚集的外形的绝缘子。
- b. 使沿面放电难以发展的外形的绝缘子。

增加爬电距离与上述两个基本方向有一定的矛盾, 要增加爬电距离就会使绝缘子的外形变得复杂, 而表面复杂的绝缘子容易积污, 适用于任何污秽条件的绝缘子外形是不存在的。各类外形的绝缘子其耐污特性的最后结论只能在积累了足够的运行经验后才能得到。

4.3 绝缘子高度

要增加电站型绝缘子的爬电距离, 除改进伞裙造型等措施外, 有时还要适当增加绝缘子的高度才能制造出适用于重污秽地区运行的产品。

运行中已发现有些产品为了达到规定的爬电距离, 仅简单地增加伞裙数, 致使伞裙间间隙很小, 绝缘子总的高度比普通型产品还要低。这种产品虽然爬电比距达到要求, 但实际性能很差, 运行中多次引起污闪。

在选用耐污型电站绝缘子时, 其产品高度不能低于普通型产品, 因为在高度压缩的条件下, 绝缘子的电性能很难满足运行要求。

4.4 线路绝缘子爬电比距的取值方法

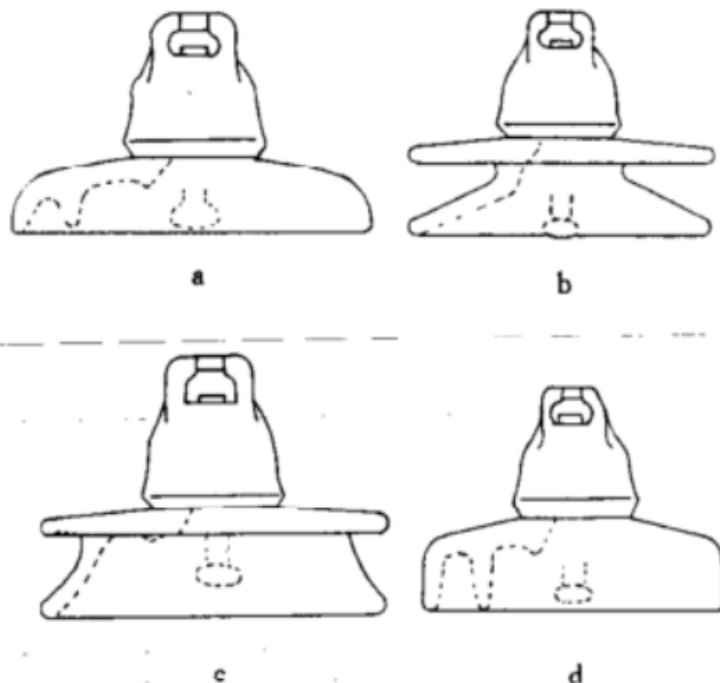
污秽等级划分标准中, 对各级污区中线路外绝缘的爬电比距值规定了取值范围, 在同一个污级中环境的污染程度仍有轻重的差别, 绝缘子的污秽耐压值是随表面盐密值增加而下降的, 选择线路的爬电比距时, 在选定的污级中, 对污秽程度较轻地区可取爬电比距值范围中较低的值, 对污秽较重地区应取爬电比距值范围中较高值。不论同一污级中的具体状况, 均按较低的值选择爬电比距, 不能保证线路安全。

5 绝缘子伞裙造型对电气性能的影响

5.1 国产绝缘子的主要伞裙结构

5.1.1 线路盘形悬式绝缘子

盘形悬式绝缘子伞裙形状见图 1。



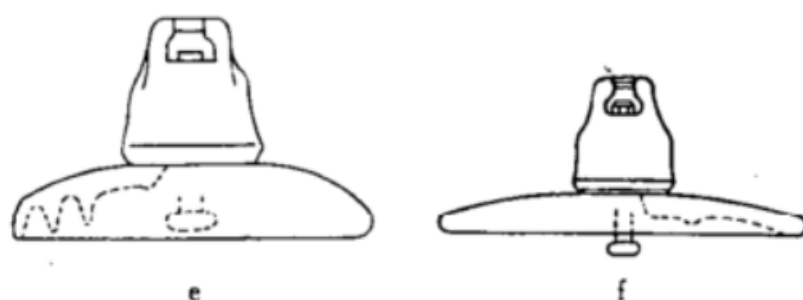


图1 盘形悬式绝缘子伞裙形状

a——普通伞, b, c——双层伞, d——针罩伞, e——大盘径伞, f——草帽伞。

a. 普通伞型: 该产品是使用数量最多, 历史最久的一种绝缘子。在一般地区可以满意的运行。该种绝缘子用于污秽地区时需要增加片数, 当杆塔尺寸限制了串长, 就要考虑使用耐污型绝缘子。

b. 双层伞型: 伞平滑无棱, 有利于风雨清洗, 积尘速度低, 便于人工冲洗和清扫。该类产品虽人工污闪电压比普通型产品提高幅度不大, (因人工污秽试验方法反映不出该类产品的风雨自洁性能) 但实际运行效果较好。

c. 钟罩伞型: 此种绝缘子伞下的棱比较发达, 具有较大的保护爬电距离, 伞下深棱处受潮缓慢, 伞下深棱有抑制电弧发展的作用, 用于沿海及潮湿多雾地区, 更能发挥伞形结构的优点。该伞形伞下的沟槽深, 其自洁性较差, 且人工清扫不够方便, 但由于耐污性能较高, 故可起到延长清扫周期的作用。

d. 大盘径型: 形状类似普通型, 由于盘径增大, 爬电距离也有所增加。单片大盘径型绝缘子的污耐压性能要高于普通型而低于耐污型。

e. 流线型 (草帽型): 草帽型耐污盘形悬式绝缘子在线路运行中积污率低, 自洁性能好。在线路绝缘子串的上部和中间穿插使用这种绝缘子, 可以防止积雪溶化时产生的冰溜及鸟粪造成的闪络事故。该型绝缘子在绝缘子串中可起到特殊保护作用。

5.1.2 电站支柱绝缘子

户外棒形支柱绝缘子伞裙形状见图2。

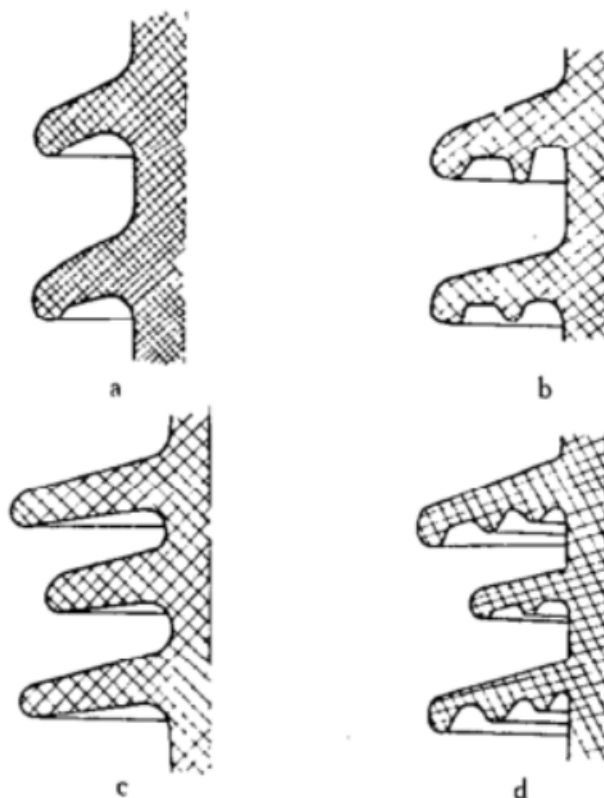


图2 户外棒形支柱绝缘子伞裙

a——普通型, b, c, d——耐污型

- a. 普通型：适用于大气无明显污染地区的电站（见附录 A）。
 b. 耐污型：产品爬电比距按污秽程度设计为各种数值。增加爬电距离的主要措施是：改进造型增加伞数，扩大伞伸出，加深伞棱，增加棱数等。为改进耐污性能，可以调整伞的倾角，以及采用大小伞结构。改变上述几个调整因素可以设计出多种型式的耐污型绝缘子。

5.2 绝缘子伞裙形状、直径对耐污性能的影响

对绝缘子耐污性能有影响的几个有关伞裙形状、直径等参数简述如下，在选用绝缘子时推荐考虑这些参数；绝缘子耐污性能的优劣要经过污秽试验及实际运行的检验才能判定。

5.2.1 表示伞裙形状的参数（见图 3、图 4）

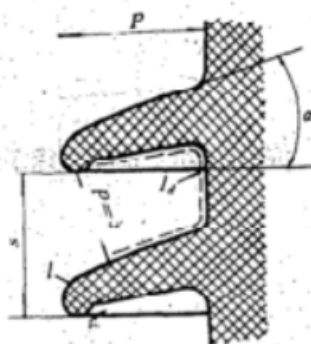


图 3 普通伞

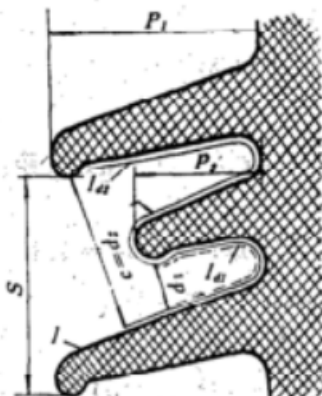


图 4 大小伞

5.2.1.1 伞间最小距离 (c)

具有相同伞径的相邻伞之间最小距离，由上一个伞滴水缘的最低点到下一个伞表面垂线的长度，该值反映了淋雨情况下相邻两伞放电桥接情况，一般 c 应大于 30mm。

5.2.1.2 伞间距和伞伸出之比 (s/p)

s——伞间距，指相邻两伞间同位点间距离；

p——伞伸出；

s/p 反映了自洁性能，该值一般不小于 0.8，对于无棱光伞一般不小于 0.65。

5.2.1.3 局部爬电距离与间距之比 (l_d/d)。

l_d ——任意两点间的爬电距离长度；

d——上述两点间沿空气的最短距离；

l_d/d 值增大，爬电距离被空气间隙放电短路的可能性增大，在绝缘子的任一部份该值应小于 5。

5.2.1.4 大小伞

两伞伸出之差 ($P_1 - P_2$) 应不小于 15mm，以免淋雨条件下两相邻伞间桥络。

5.2.1.5 伞倾角 (α)

该值影响绝缘子的自洁性，最小倾角应大于 5° 。

5.2.2 表示整体绝缘子的参数

5.2.2.1 爬电系数 (Creepage factor) C. F.

$$C. F = l_i / S_i$$

l_i ——绝缘子总的爬电距离；

S_i ——电弧距离，指绝缘子两电极间沿空气放电最短距离。

一般推荐该值：

$$C. F \leq 3.50 \quad \text{对 I、II 级污级}$$

$$C. F < 4 \quad \text{对 III、IV 级污级}$$

上述污级对应附录 B 中污秽水平。

5.2.2.2 剖面形状系数(Profile factor)P.F. (该参数不适用于盘形悬式绝缘子)

剖面形状系数是简化爬电距离与实际爬电距离的比, 简化爬电距离为:

在图 3 中: $2p+s$

$$P.F. = (2p+s)/l$$

在图 4 中: $2p_1+2p_2+s$

$$P.F. = (2p_1+2p_2+s)/l$$

l 是定义 s 的两点间的实际爬电距离。

对 I、II 污级: $P.F. > 0.8$

对 III、N 污级: $P.F. > 0.7$

上述污级对应附录 B 中污秽水平。

5.2.3 直径的影响

支柱绝缘子或绝缘套随平均直径 (D_m) 增加, 耐污秽性能要下降, 推荐直径系数 (k_D) 如下:

平均直径 $D_m < 300\text{mm}$ $k_D = 1$

$300\text{mm} \leq D_m \leq 500\text{mm}$ $k_D = 1.1$

$D_m > 500\text{mm}$ $k_D = 1.2$

平均直径可按 (1) 式计算。

$$D_m = \frac{1}{l_t} \int_0^{l_t} D(l) dl \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: l_t ——绝缘子总的爬电距离;

$D(l)$ ——离一端电极的爬电距离为 l 处的直径值。

平均直径可简单计算如下:

$$D_m = \frac{1}{2} (D_t + D_b) \quad \text{见图 5}$$

$$D_m = \frac{1}{4} (D_{t1} + D_{t2} + 2D_b) \quad \text{见图 6}$$

按污区级别选定的爬电比距值与相应直径系数 (k_D) 的乘积, 作为考虑直径影响应选用的爬电比距值。

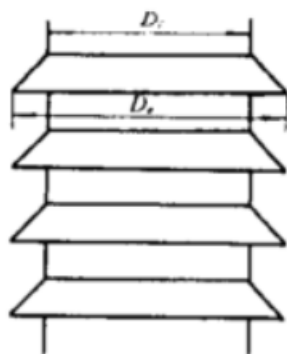


图 5 普通伞 D_m

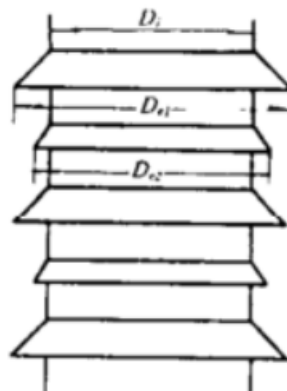


图 6 大小伞 D_m

6 爬电距离的有效性问题

在污级标准中规定的各级污区中所需爬电比距值, 是根据广泛使用的外形简单的普通型绝缘子性能确定的耐污型绝缘子的污耐受电压要高于普通型绝缘子, 但污耐受电压提高的程度不一定与爬电距离成正比。有些伞型不佳的绝缘子虽然爬电距离增加较多, 但耐污性能并未明显提高, 可用爬电距离有效系数 k 来表示爬电距离的有效性, 该值由绝缘子在试验和运行中的污耐压值确定。以普通悬式绝缘子和普通支柱绝缘子分别作为基准, 其 k 值取为 1。非普通型绝缘子的 k 值按式 (2) 计算:

$$k = \frac{U/L}{U_0/L_0} \dots\dots\dots (2)$$

式中: U ——非普通型绝缘子的污耐受电压, kV;
 L ——非普通型绝缘子的几何爬电距离, mm;
 U_0 ——基准绝缘子的污耐受电压, kV;
: L_0 ——基准绝缘子的几何爬电距离, mm。

试验表明 k 值与污秽程度有关, 污秽程度越重, k 值越低, 由于绝缘子形状不同, 在各种污染环境下的积污程度也不相同, 所以仅仅根据人工均匀污秽试验求出的有效系数还不能实用, 只有通过自然污秽试验确定的系数才是可靠的。

附录 A

能源部执行的高压架空线路和发电所设备外绝缘自然污秽分级标准表
(参 考 件)

A1 高压架空线路污秽分极标准见表 A1。

表 A1 高压架空线路污秽分级标准

污秽等级	污秽条件		爬电比距 cm/kV	
	污 湿 特 征	盐 密 mg/cm ²	中 性 点 直 接 接 地	中性点非 直接接地
0	大气清洁地区及离海岸 50km 以上的地区	0~0.03(强电解质) 0~0.06(弱电解质)	1.6 (1.39) [1.45]	1.9 [1.65]
1	大气轻度污染地区,或大气中等污染地区,盐碱地区,炉烟污秽地区,离海岸 10~50km 地区,在污闪季节中干燥少雾(含毛毛雨)或雨量较多时	0.03~0.10	1.6~2.0 (1.39~1.74) [1.45~1.82]	1.9~2.4 (1.65~2.09)
2	大气中等污染地区,盐碱地区,炉烟污秽地区,离海 3~10km 地区,在污闪季节中潮湿多雾(含毛毛雨)但雨量较少时	0.05~0.10	2.0~2.5 (1.74~2.17) [1.82~2.27]	2.4~3.0 (2.09~2.61)
3	大气严重污染地区,大气污秽而又有重雾的地区,离海 1~3km 地区及盐场附近重盐碱地区	0.10~0.25	2.5~3.2 (2.17~2.78) [2.27~2.91]	3.0~3.8 (2.61~3.30)
4	大气特别严重污染地区,严重盐雾侵袭地区,离海 1km 以内地区	>0.25	3.2~3.8 (2.78~3.30) [2.91~3.45]	3.8~4.5 (3.30~3.91)

- 注: ① 线路及发电所的盐密均指由普通悬式绝缘子(X—4.5)所组成的悬垂串上测得值。
- ② 化工厂及冶金厂附近的线路及发电所,可根据污染源所排放的导电气体和导电金属粉尘的严重程度分别列为 2、3 或 4 级(发电所为 2 级或 3 级)。
- ③ 有冷水塔的发电厂,其污秽等级可根据电厂烟囱的除尘效率及冷水塔是否装设除水器等条件,确定列入 2 级或 3 级,其附近的线路也根据上述条件确定列入 2、3 或 4 级。
- ④ 线路和发电所爬电比距计算取系统额定线电压。
- ⑤ 小括号 () 中数字,表示取系统最高线电压计算的 220kV 及以下电压等级的爬电比距。
- ⑥ 中括号 [] 中数字,表示取系统最高线电压计算的 330kV、500kV 电压等级的爬电比距。
- ⑦ 此表引自原水电部文件,(83)水电技字第 23 号“关于颁发《高压架空线路和发电所设备外绝缘污秽分级标准》的通知”。

A2 发电厂、变电所污秽分级标准见表 A2

表 A2 发电厂、变电所污秽分级标准

污秽等级	污秽条件		爬电比距 cm/kV	
	污湿特征	盐密 mg/cm ²	中性点 直接接地	中性点非 直接接地
1	大气无明显污染地区,或大气轻度污染地区。在污闪季节中干燥少雾(含毛毛雨)或雨量较多时	0~0.03(强电解质) 0~0.06(弱电解质)	1.7 (1.48) [1.55]	2.0 (1.74)
2	大气中等污染地区;沿海地带及盐场附近,在污闪季节中多雾(含毛毛雨),且雨量较少	0.03~0.25	2.5 (2.17) [2.27]	3.0 (2.61)
3	大气严重污染地区;严重盐雾地区	>0.25	3.5 (3.04) [3.18]	4.0 (3.48)

注:见表 A1 注①~⑦。

附 录 B
IEC815 污秽水平划分表
(参 考 件)

B1 污秽水平划分见表 B1

表 B1 污秽水平划分表

污秽水平	典 型 环 境 举 例
I—轻	——没有工业, 装供热设备的房屋密度较小的地区 ——工业或房屋密度较小但经常有风和(或)雨的地区 ——农业地区 ¹⁾ ——山区 所有这些地区都应至少离海边 10km 到 20km, 且不能直接遭受到海风的作用 ²⁾
II—中等	——具有不产生特别污染烟灰的工业地区和(或)装供热设备的房屋密度中等的地区 ——房屋和(或)工业密度较大但经常有风和(或)雨的地区 ——会遭受海风作用但离海岸不太近的地区(至少相隔几公里) ²⁾
III—重	——工业密度较大地区和具有能产生污染的供热设备密度较大的大城市的郊区 ——靠近海边的地区或是在任何情况下都会遭受到相当强的海风作用的地区 ²⁾
IV—很重	——能遭受到导电粉尘和能产生特别厚导电沉积物的工业烟灰作用的地区, 范围适度 ——很接近海岸和会受到海水喷溅或会受到很强的污染性海风作用的地区, 范围适度 ——长期无雨, 受到夹有砂和盐的强风作用且常有凝露的沙漠地区

注: 1) 喷洒施肥或燃烧庄稼残余物, 由于风的驱散作用可以导致一个较高的污秽水平。

2) 离海岸的距离取决于海岸地区的地形以及极端大的风的条件。

B2 污秽水平与最小公称爬电比距关系见表 B2

表 B2 污秽水平与最小公称爬电比距关系

污 秽 水 平	最小公称爬电比距 ¹⁾ mm/kV ²⁾
I—轻	16
II—中等	20
III—重	25
IV—很重	31

注: ① 在很轻污秽地区, 根据运行经验可以使用比 16mm/kV 低的公称爬电比距。12mm/kV 看来是其下限。

② 在污秽特别严重的情况下, 公称爬电比距 31mm/kV 可能是不够的。根据运行经验和(或)实验室试验结果, 可以使用更高的爬电比距值, 但在某些情况, 可能要考虑采取清洗或涂油更为实际。

1) 对实际的爬电距离, 规定的制造公差(见 IEC 出版物 273 “额定电压高于 1000V 系统用户内和户外支柱绝缘子以及支柱绝缘子元件的尺寸”, IEC 出版物 305 “盘形绝缘子串元件特性”, IEC 出版物 433 “长棒形绝缘子串元件特性”以及 IEC 出版物 720 “线路柱式绝缘子特性”)也是适用的。

2) 相对地之间测得的爬电距离对设备最高电压相对相有效值(见 IEC 出版物 71-1)之比。

附录 C

运行经验

(补充件)

C1 划准污秽等级, 选够绝缘水平

C1.1 近年来, 很多地区的污秽状况变得严重, 其原因除了自然污染源的影响之外, 乡镇中小企业的发展, 交通运输的急剧增加以及大城市、工业区周围空气污染加重, 都会导致绝缘子表面的积污增多。

污闪事故多在冬、春季节发生, 在此期间, 很多地区气候干旱, 雨量稀少, 北方地区多风沙, 绝缘子表面积污严重。在这段时期如遇天气突然变化, 会出现持续大雾天, 并常有毛毛雨、雾淞、雨淞、雪淞天气, 在这些天气条件下, 很容易引起污闪事故。

C1.2 调查表明, 相当数量的 110kV 及以上电压等级线路和变电站, 外绝缘爬电比距低于该设备所在地区目前实际污秽等级的基本要求。很多污闪事故发生在城郊农田、山丘地区。这些地区一般按照 0 级或 I 级污区配置爬电比距, 由于污秽状况发生了变化, 发生污闪后对故障点实测的盐密值多数已超过 $0.1\text{mg}/\text{cm}^2$ 。这表明部分线路、电站的绝缘水平低于实际污秽度所要求的绝缘水平是造成污闪的主要原因。

C1.3 外绝缘爬电比距的配置, 应符合所处地区污秽等级的要求, 并应考虑大环境污染的情况, 留有适当的裕度。重要线路、厂、站(主力电厂的主要出线, 电网重要联络线, 枢纽变电站)可适当提高外绝缘爬距。

C2 控制污染源, 加强清扫

C2.1 对电网附近新建的大、中型企业的排污情况应予以注意, 提出减轻排污要求。对排污的小企业、作坊应及时设法予以制止。

C2.2 悬垂绝缘子串发生污闪的数量远大于耐张串和 V 型串, 这主要是由于耐张串、V 型串是自清洗性能优于悬垂串, 在同样的运行环境中积污较轻的缘故。

线路中使用双悬垂绝缘子串的数量远少于单悬垂绝缘子串, 但很多污闪事故发生在双悬垂绝缘子串上, 在选用双悬垂绝缘子串结构时应注意悬挂方式对绝缘子串耐污性能的影响。

C2.3 要进一步开展测量盐密的工作, 加强对运行环境污秽水平的定量测量。盐密值是划分污秽等级三因素中的基础数据之一, 应按有关的标准规定开展盐密测量工作。

各地应根据运行经验、污湿特征、盐密值绘制本地区的污秽等级分布图, 并报经有关部门审定批准。经批准后的污秽等级分布图将作为确定污秽等级、绝缘水平的依据之一。

C2.4 加强电力设备外绝缘清扫是防止外绝缘污闪的一个重要手段, 绝缘子清扫要逐步做到以盐密监测作指导, 并结合运行经验, 安排清扫周期, 提高外绝缘实际抗污闪能力。

110~500kV 输变电设备原则上每年清扫一次。各地可视具体情况确定。在污秽严重地区, 爬电比距不能满足要求时, 采用防污涂料是一种有效手段。

C3 加强绝缘子质量管理

在线路污闪事故中, 多次出现因绝缘子钢帽炸裂、球头脱落而造成的掉线事故。分析认为大多数事故是由于串中出现了零值绝缘子, 减少了外绝缘爬距, 促进了污闪的发生, 短路电流穿过绝缘子头部, 致使头部发热, 钢帽炸裂。

为了减少此类事故, 制造厂家要加强管理, 提高绝缘子的质量, 降低劣化率。

基建单位对工程中使用的绝缘子要按规定进行检查, 不将质量有问题的绝缘子使用到工程中。

运行部门要定期进行零值绝缘子检测, 及时发现更换质量不良的绝缘子。

绝缘子质量检测单位对电瓷厂的产品应进行监测和质量跟踪, 并定期将质检结果反馈给供电、设计、制造部门。

附录 D
国内几个试验室人工污秽试验数据
(参考件)

表 D1 悬式绝缘子人工污秽试验数据

序号	试品型号 高度/盘径/爬距 mm	每串 片数	盐密(灰密) 单位 mg/cm ² 折成单片绝缘子试验电压 kV					试验 结果	其它说明	伞形 (图 1)
1		1	0.0042 20.00	0.0058 18.80	0.026 12.60	0.026 12.40	—	U ₁₀	西瓷所 1982 年	
2		2	0.103 8.45	0.218 7.35	—	—	—	U ₁₀	西瓷所 1981 年	
3		2	0.014 15.30	0.014 16.00	0.054 10.20	0.1 9.10	0.2 7.95	U ₁₀	西瓷所 1982 年	
4	X-4.5 146/254/300	2	0.025 12.0	0.201 7.6	0.411 6.15	—	—	U ₁₀	西瓷所 1983 年	
5		2	0.0294 (12.10)	0.0451 (10.80)	0.0923 (8.90)	—	—	U ₁₀	西瓷所 1983 年	
6		3	0.031 11.80	0.057 10.40	—	—	—	U ₁₀	西瓷所 1981 年	
7		3	0.025(2.0) 15.14	0.050(2.0) 12.27	0.1(2.0) 9.95	0.2(2.0) 8.07	0.4(2.0) 6.54	U _I	东北电力试 验研究院 1977 年	
8		3	0.025(2.0) 13.61	0.05(2.0) 11.24	0.1(2.0) 9.28	0.2(2.0) 7.66	0.4(2.0) 6.33	U _I	东北电力试 验研究院 1977 年	
9		3	—	0.05(1.0) 12.49	0.1(1.0) 10.73	0.2(1.0) 9.23	0.4(1.0) 7.93	U _I	东北电力试 验研究院 1978 年	e
10	X-4.5	3	0.025(0.2) 16.57	0.05(0.2) 13.58	0.1(0.4) 11.13	0.2(1.0) 9.12	0.4(1.0) 7.47	U _I	东北电力试 验研究院 1982 年	
11		4	0.025(0.5) 13.40	0.05(1.0) 11.03	0.1(1.5) 9.08	0.2(2.0) 7.48	0.4(2.5) 6.16	U ₁₀	东北电力试 验研究院 1985 年	
12		4	0.025(0.5) 13.21	0.05(1.0) 11.00	0.1(1.5) 9.15	0.2(2.0) 7.62	0.4(2.5) 6.43	U _I	东北电力试 验研究院 1985 年	
13		6	0.025(0.2) 15.14	0.05(0.2) 12.09	0.1(0.4) 10.06	0.2(1.0) 7.71	0.4(1.0) 6.16	U ₁₀	东北电力试 验研究院 1983 年	
14		6	0.025(0.2) 16.65	0.05(0.2) 13.37	0.1(0.4) 10.73	0.2(1.0) 8.61	0.4(1.0) 6.91	U _I	东北电力试 验研究院 1983 年	
15	X-4.5 146/255/290	13	—	0.05(0.2) 12.36	0.1(0.4) 10.22	0.2(1.0) 8.45	0.4(1.0) 6.99	U ₁₀	营口电业局 1983 年	
16		13	—	0.05(0.2) 13.0	0.1(0.4) 10.75	0.2(1.0) 8.89	0.4(1.0) 7.36	U _I	营口电业局 1983 年	

续表 D1

序号	试品型号 高度/盘径/爬距 mm	每串 片数	盐密(灰密) 单位 mg/cm ² 折成单片绝缘子试验电压 kV					试验 结果	其它说明	伞形 (图 1)
17	XP-70 146/255/290	3	—	0.05(0.5) 13.51	0.1(0.5) 11.49	0.2(0.5) 8.71	0.4(0.5) 8.08	U ₁₀	清华大学 1989年	a
18		3	—	0.05(0.5) 11.46	0.1(0.5) 11.43	0.2(0.5) 9.17	0.4(0.5) 8.10	U ₁	清华大学 1989年	
19	XP-70 146/254/295	—	—	0.05(2.0) 8.98	0.1(2.0) 7.45	0.2(2.0) 6.18	0.4(2.0) 5.12	U _w	重庆大学 1989年	
20	XP-70 146/255/290	3	—	0.05(2.0) 11.70	0.1(2.0) 10.40	0.2(2.0) 9.70	0.4(2.0) 9.30	U ₁	武汉 高压研究所 1989年	
21	XP-70 146/254/295	2	—	—	0.0923 9.85	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	b
22		3	—	—	—	0.0176 15.83	0.0381 11.97	U ₁₀	西瓷所 1988年	
23		13	0.0214 14.95	0.053 11.55	0.104 8.72	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	
24	LXP-70 140/254/330	2	—	0.0564 11.55	—	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	
25		3	—	—	—	0.0194 14.77	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	
26	LXP-70 140/254/330	3	0.0210 16.67	0.0414 13.43	0.0824 11.10	—	—	U ₁₀	西瓷所 1989年	
27	XWP1-60 146/254/420	2	—	—	0.0938 10.85	—	0.352 8.75	U ₁₀	西瓷所 1983年	
28		3	0.0261 15.67	—	—	—	—	U ₁₀	西瓷所 1983年	
29	XWP2-70 146/255/400	6	0.025(0.2) 17.35	0.05(0.2) 13.90	0.1(0.4) 11.14	0.2(1.0) 8.92	0.4(1.0) 7.15	U ₁₀	东电院 1983年	b
30		6	0.025(0.2) 17.51	0.05(0.2) 14.10	0.1(0.4) 11.34	0.2(1.0) 9.13	0.4(1.0) 7.35	U ₁	东电院 1983年	
31		13	—	0.05(0.2) 14.72	0.1(0.4) 11.69	0.2(1.0) 9.29	0.4(1.0) 7.38	U ₁₀	营口电业局 1983年	
32		13	—	0.05(0.2) 14.46	0.1(0.4) 11.72	0.2(1.0) 9.49	0.4(1.0) 7.69	U ₁	营口电业局 1983年	

续表 D1

序号	试品型号 高度/盘径/爬距 mm	每串 片数	盐密(灰密) 单位 mg/cm ² 折成单片绝缘子试验电压 kV					试验 结果	其它说明	伞形 (图 1)
33	XWP2-70 146/255/400	3	—	0.05(0.5) 16.03	0.1(0.5) 11.94	0.2(0.5) 9.68	0.4(0.5) 8.59	U ₁₀	清华大学 1989年	b
34		3	—	0.05(0.5) 17.17	0.1(0.5) 12.40	0.2(0.5) 10.13	0.4(0.5) 9.31	U ₁	清华大学 1989年	
35	XWP2-70 146/254/390	—	—	0.05(2.0) 10.62	0.1(2.0) 8.93	0.2(2.0) 7.51	0.4(2.0) 6.31	U _w	重庆大学 1989年	
36	XWP2-70 146/255/400	3	—	0.05(2.0) 13.80	0.1(2.0) 12.30	0.2(2.0) 10.90	0.4(2.0) 10.00	U ₁	武高所 1989年	
37	XWP2-70 146/254/400	2	—	—	0.0924 10.05	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	d
38		3	0.0165 15.73	0.0375 12.50	—	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	
39		13	0.019 16.49	0.045 12.17	0.0912 9.24	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	
40	XH1-4.5 160/254/400	2	—	—	0.154 10.20	—	0.327 8.80	U ₁₀	西瓷所 1983年	
41		3	0.0247 16.83	—	—	—	—	U ₁₀	西瓷所 1983年	e
42		13	0.0224 17.76	0.0465 13.58	0.0962 10.65	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	
43	XP-160 155/255/290	3	0.025(0.2) 12.55	0.05(0.2) 10.71	0.1(0.4) 9.74	0.2(1.0) 7.80	0.4(1.0) 6.66	U ₁	东电院 1987年	
44		28	—	0.05(0.2) 10.78	0.1(0.4) 8.45	0.2(1.0) 6.62	0.4(1.0) 5.19	U ₁₀	东电院 1988年	
45		20	0.025(0.2) 12.26	0.05(0.2) 10.02	0.1(0.4) 8.19	0.2(1.0) 6.69	0.4(1.0) 5.47	U ₁	东电院 1988年	
46		10	0.025(0.2) 12.81	0.05(0.2) 10.11	0.1(0.4) 7.98	0.2(1.0) 6.30	0.4(1.0) 5.00	U ₁	东电院 1988年	
47	XP3-160 155/280/375	2	—	—	0.0964 10.05	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	
48		3	0.0185 15.93	0.0513 11.57	—	—	—	U ₁₀	西瓷所 1988年	

续表 D1

序号	试品型号 高度/盘径/爬距 mm	每串 片数	盐密(灰密) 单位 mg/cm ² 折成单片绝缘子试验电压 kV					试验 结果	其它说明	伞形 (图 1)
49	XP3-160 155/280/375	3	0.0159 18.20	0.0426 14.10	0.0811 11.50	—	—	U _{1a}	西瓷所 1989 年	
50		17	0.0202 14.24	—	—	—	—	U _w	西瓷所 1990 年	
51		23	—	0.053 10.52	—	—	—	U _w	西瓷所 1989 年	
52		28	—	—	0.0898 8.64	—	—	U _w	西瓷所 1990 年	
53	XP3-160 155/280/350	26	—	0.05(0.2) 10.82	0.1(0.4) 8.86	0.2(1.0) 7.26	0.4(1.0) 5.95	U _{1a}	东电院兰釉 1988 年	
54		26	—	0.05(0.2) 10.85	0.1(0.4) 8.95	0.2(1.0) 7.59	—	U _f	东电院兰釉 1988 年	
55		20	—	0.05(0.2) 10.89	0.1(0.4) 8.84	—	—	U _f	东电院兰釉 1988 年	
56		10	0.025(0.2) 14.20	0.05(0.2) 11.27	0.1(0.4) 8.84	0.2(1.0) 6.98	—	U _f	东电院兰釉 1988 年	
57	XP3-160 155/280/350	20	—	0.05(0.2) 11.33	0.1(0.4) 9.24	0.2(1.0) 7.3	—	U _f	东电院白釉 1988 年	
58		10	0.025(0.2) 14.82	0.05(0.2) 11.60	0.1(0.4) 9.29	0.2(1.0) 7.28	—	U _f	东电院白釉 1988 年	
59		3	0.025(0.2) 15.14	0.05(0.2) 13.04	0.1(0.4) 11.24	0.2(1.0) 9.69	0.4(1.0) 8.35	U _f	东电院白釉 1988 年	
60		28	—	0.05(0.2) 12.00	0.1(0.4) 9.88	0.2(1.0) 7.90	0.4(1.0) 6.96	U _{1a}	东电院 1988 年	b
61	XWP1-160 155/280/400	2	—	—	0.0882 10.25	—	—	U _{1a}	西瓷所 1988 年	
62		2	—	—	0.0882 11.20	—	—	U _{1a}	西瓷所 1990 年	
63		3	0.0225 15.73	0.0478 11.57	—	—	—	U _{1a}	西瓷所 1988 年	
64		3	0.0184 17.40	0.0397 12.67	—	—	—	U _{1a}	西瓷所 1990 年	

续表 D1

序号	试品型号 高度/盘径/爬距 mm	每串 片数	盐密(灰密) 单位 mg/cm^2 折成单片绝缘子试验电压 kV					试验 结果	其它说明	伞形 (图 1)
65	XWP-160 155/300/415	14	0.0196 17.29	—	—	—	—	U_w	西瓷所 1989 年	c
66		19	—	0.0402 12.74	—	—	—	U_w	西瓷所 1989 年	
67	XWP-160 155/300/415	28	—	0.444 11.32	—	—	—	U_w	西瓷所 1990 年	
68	160kN 155/280/450	31	—	0.05(0.2) 10.28	0.1(0.4) 9.89	0.2(1.0) 7.10	0.4(1.0) 6.21	U_{50}	东电院 1988 年	e
69	XP1-210 170/280/335	30	—	0.05(0.2) 13.10	0.1(0.4) 11.05	0.2(1.0) 7.85	0.4(1.0) 7.15	U_{50}	东电院 1988 年	
70	210kN 170/280/335	3	—	0.05(1.0) 10.31	0.1(1.0) 8.66	0.3(1.0) 7.26	—	U_w	电科院 1990 年	
71	210kN 170/300/450	3	—	11.46	10.70	8.60	—	U_w	电科院 1990 年	

注：试验结果说明：

 U_{50} ——加恒定电压，用升降法得到的 50% 闪络电压； U_w ——加恒定电压得到的最大耐受电压； U_l ——用升压闪络法得到的闪络电压平均值。

表 D2 支柱绝缘子人工污秽试验数据

序号	试品型号 高度/杆径/爬距 mm	盐密 (灰密) 单位 mg/cm ² 试验电压 kV				试验 结果	其 它 说 明	伞形 (图 2)
1	ZS-35/4 400/80/655	0.0253 30.30	0.0506 20.80	0.101 17.90	—	U ₁₀	西安电瓷研究所 1988 年	a
2	ZS-35/4	0.05 (1.0) 26.27	0.1 (1.0) 21.99	0.2 (1.0) 18.41	0.4 (1.0) 15.40	U ₁	东北电力试验研究院 1978 年	
3	ZS-35/4 400/ /625	0.05 (0.5) 30.90	0.1 (0.5) 24.34	0.2 (0.5) 18.64	0.4 (0.5) 17.78	U ₁	清华大学 1989 年	
4		0.05 (0.5) 30.50	0.1 (0.5) 23.10	0.2 (0.5) 19.72	0.4 (0.5) 17.85	U ₁₀	清华大学 1989 年	
5	ZS-35/4 400/ /615	0.015 (2.0) 28.10	0.03 (2.0) 23.47	0.05 (2.0) 20.55	0.1 (2.0) 17.16	U _w	重庆大学 1989 年	
6	ZS-35/4 400/ /591	0.05 (2.0) 23.00	0.1 (2.0) 21.80	0.2 (2.0) 19.60	0.4 (2.0) 17.90	U ₁	武高所 1989 年	
7	35kV 级耐污型	0.05 (1.0) 39.45	0.1 (1.0) 31.45	0.2 (1.0) 25.04	0.4 (1.0) 19.97	U ₁	东电院 1978 年	
8	ZSWA-35/4 400/ /755	0.05 (0.5) 31.15	0.1 (0.5) 23.85	0.2 (0.5) 21.21	0.4 (0.5) 18.94	U ₁	清华大学 1989 年	
9		0.05 (0.5) 29.82	0.1 (0.5) 24.03	0.2 (0.5) 22.28	0.4 (0.5) 18.90	U ₁₀	清华大学 1989 年	
10	35kV 级 400/ /750	0.015 (2.0) 30.02	0.03 (2.0) 26.68	0.05 (2.0) 24.46	0.1 (2.0) 21.74	U _w	重庆大学 1989 年	
11	ZSWA-35/4 400/80/765	0.0252 31.00	0.0503 26.00	0.101 19.30	—	U ₁₀	西瓷所 1988 年	
12	35kV 级 / /1300	0.05 (0.2) 48.77	0.1 (0.4) 40.40	0.2 (1.0) 33.60	0.4 (1.0) 27.90	U ₁	东电院 1978 年	
13	63kV 级 / /1085	0.05 (1.0) 47.50	0.1 (1.0) 36.00	0.2 (1.0) 27.30	0.4 (1.0) 20.70	U ₁	东电院 1978 年	
14	63kV 级 / /1712	0.05 (1.0) 56.40	0.1 (1.0) 46.90	0.2 (1.0) 39.00	0.4 (1.0) 32.50	U ₁	东电院 1978 年	
15	63kV 级 / /2212	0.05 (0.2) 84.6	0.1 (0.4) 69.7	0.2 (1.0) 57.3	0.4 (1.0) 47.2	U ₁	东电院 1978 年	
16	63kV 级 / /2100	0.05 (0.2) 80.80	0.1 (0.4) 69.90	0.2 (1.0) 60.50	0.4 (1.0) 52.40	U ₁	东电院 1978 年	

续表 D2

序号	试品型号 高度/杆径/爬距 mm	盐密 (灰密) 单位 mg/cm ² 试验电压 kV				试验 结果	其 它 说 明	伞形 (图 2)
17	ZS—110/4 1060/100~120/1865	0.0086 73.83	0.0152 68.79	0.029 61.50	0.0633 51.75	U ₅₀	西瓷所 1983 年	a
18		0.0112 79.67	0.0223 71.50	0.0531 56.50	0.0597 53.00	U ₅₀	西瓷所 1983 年	
19		0.0475 56.57	0.0776 43.50	—	—	U ₅₀	西瓷所 1983 年	
20	ZSW1—110/4 1170/130/2880	0.025 73.0	—	—	—	U _w	西瓷所 1983 年	d
21	110kV 级 / /2770	0.05 (0.2) 106.4	0.1 (0.4) 84.3	0.2 (1.0) 66.8	0.4 (1.0) 52.9	U _f	东电院 1985 年	
22	110kV 级 / /3668	0.05 (0.2) 127.6	0.1 (0.4) 106.9	0.2 (1.0) 89.5	0.4 (1.0) 75.0	U _f	东电院 1985 年	
23	ZSW3—110/4 1200/100~110/2520	0.0167 85.5	0.0353 72.2	—	—	U ₅₀	西瓷所 1983 年	
24		0.0187 88	—	—	—	U _w	西瓷所 1983 年	
25	ZS—220/4 2120/100~140/3720	0.0079 185.50	0.0400 104.5	—	—	U ₅₀	西瓷所 1989 年	a
26	ZS—220/4 2120/100~140/3720	0.0111 159.30	—	—	—	U ₅₀	西瓷所 1988 年	
27	220kV 级 / /5561	0.05(0.2) 196.8	0.1(0.4) 161.6	0.2(1.0) 132.7	0.4(1.0) 109.0	U _f	东电院 1985 年	
28	220kV 级 / /7395	0.05(0.2) 262.5	0.1(0.4) 217.8	0.2(1.0) 180.7	0.4(1.0) 149.9	U _f	东电院 1985 年	
29	ZSW4—220/4 2300/115~140/5530	0.0098 210.0	—	—	—	U ₅₀	西瓷所 1988 年	c
30		0.0376 143.50	—	—	—	U ₅₀	西瓷所 1989 年	

注：试验结果说明：

U₅₀——加恒定电压，用升降法得到的 50% 闪络电压；U_w——加恒定电压得到的最大耐受电压；U_f——用升压闪络法得到的闪络电压平均值。

表 D3 表 D1、D2 中污秽试验室电源参数

序号	试验单位	试验变压器 容量/付边电压 kVA/kV	调压器发电机 容量/付边电压 kVA (kW) /kV	与电源对应的试验数据序号	
				表 D1	表 D2
1	营口电业局	500/250	500/	15、16、31、32	—
2	清华大学	250/44	330/0—3.65	17、18、33、34	3、4、8、9
3	重庆大学	900/150	1000/0—10	19、35	5、10
4	电科院	1200/40	2250/0—6	70、71	—
5	武高所	100/50	100/0—0.4	20、36	6
6	东北电力 试验研究院	500/125、250	2250/0—10	7、8、9	—
7		500/125、250	500/0—6.3	10、11、12、13、14、29、 30、43、59	2、7、12、13、14、15、16
8		3000/750	(发电机调压) 7500/0—10	44、45、46、53、54、55 56、57、58、60、68、69	21、22、27、28
9	西安电瓷 研究所	30/30	(发电机调压) 250/0—0.4	1、2、3、4、5、21、24、 27、37、40、47、61、62	—
10		100/100	(发电机调压) 250/0—0.4	6、22、25、26、28、38、 41、48、49、63、64	1、11、17、18、 19、20、23、24
11		3000/750	(发电机调压) 2000/0—6	23、39、42、50、51、 52、65、66、67	25、26、29、30

附加说明：

本标准由全国绝缘子标委会提出，由西安电瓷研究所归口。

本标准由武汉高压研究所、西安电瓷研究所等单位负责起草。

本标准主要起草人陆宪惠、白健群、丘志贤、徐通训、刘燕生、翟金常、晏坚军、孙才新、王伟、狄林铨。