ICS 29.080
K 40

中华人民共和国国家标准

GB/T 16434—1996

高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准

Enviromental pollution classification and external insulation selection for high voltage transmission line, power plant and substation

1996-06-17发布　　1997-07-01实施

国家技术监督局　发布

需要全本请访问 www.ertongbook.com

中华人民共和国国家标准

高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准

GB/T 16434—1996

Enviromental pollution classification and external insulation selection for high voltage transmission line, power plant and substation

1 引言

1.1 适用范围

1.1.1 本标准适用于额定电压 3 kV～500 kV 三相交流电力系统中架空线路和发电厂、变电所户外设备外绝缘。此外绝缘包括瓷和玻璃绝缘，但不包括有机绝缘、半导体釉绝缘、还不包括避雷器以及敞开式断路器的断口绝缘。

1.1.2 本标准仅适用于设备安装高度海拔 1 000 m 及以下地区。

1.2 目的

本标准规定对处在自然污秽环境中的高压架空线路和发电厂、变电所设备的外绝缘划分相应的污秽等级，以及在各级污秽条件下的相应绝缘水平。

1.3 关于正常运行电压下的绝缘配合

本标准规定的设备外绝缘在各污级下的绝缘水平一般均应满足在正常运行电压下能长期耐受设备最高工作相电压。

2 引用标准

GB 311.1—83 高压输变电设备的绝缘配合

GB 2900.8—1995 电工术语 绝缘子

GB/T 4585.2—91 交流系统用高压绝缘子人工污秽试验方法 固体层法

GB/T 5582—93 高压电力设备外绝缘污秽等级

JB/T 5895—91 污秽条件下绝缘子的选用导则

JB/T 5896—91 常用绝缘子术语

3 名词术语

3.1 爬电比距

电力设备外绝缘的爬电距离对最高工作电压有效值之比。

3.2 名词术语除应符合本标准外，还应符合 GB 2900.8—1995 及 JB/T 5896—91。

4 污秽等级的划分

本标准规定将线路设备的污级共划分为 0、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ五级，发电厂、变电所设备的污级共划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ四级，并提出了各污级下相应的外绝缘爬电比距。

国家技术监督局 1996-06-17 批准　　1997-07-01 实施

4.1 外绝缘的污秽等级应根据各地的污湿特征、运行经验并结合其表面污秽物质的等值附盐密度(简称盐密)三个因素综合考虑划分,当三者不一致时,应依据运行经验决定。

运行经验主要根据现有运行设备外绝缘的污闪跳闸和事故记录、地理和气象特点、采用的防污措施等情况考虑,见附录B。

4.2 新建高压架空线路和发电厂、变电所时应考虑邻近已有线路和厂、所的运行情况,参考该地区的污秽度和气象条件,以及城市、工业区发展规划进行绝缘设计选择。

4.3 对处于污秽环境中用于中性点绝缘和经消弧线圈接地系统的电力设备,其外绝缘水平一般可按高一级选取。

4.4 划分污级的盐密值应是以1～3年的连续积污盐密为准。对500 kV线路以3年积污盐密值确定污级。

4.5 线路和发电厂、变电所的盐密均指由普通悬式绝缘子XP-70型(X-4.5型)及XP-160型所组成的悬垂串上测得值,其他瓷件应按实际积污量加以修正。变电设备取样应逐步过渡到以支柱绝缘子为主,见附录C。

4.6 线路和发电厂、变电所设备外绝缘各污秽等级和对应的盐密按表1规定划分。

表1 线路和发电厂、变电所污秽等级

污秽等级	污湿特征	盐密,mg/cm²	
		线路	发电厂、变电所
0	大气清洁地区及离海岸盐场50 km以上无明显污染地区	≤0.03	—
Ⅰ	大气轻度污染地区,工业区和人口低密集区,离海岸盐场10 km～50 km地区。在污闪季节中干燥少雾(含毛毛雨)或雨量较多时	>0.03～0.06	≤0.06
Ⅱ	大气中等污染地区,轻盐碱和炉烟污秽地区,离海岸盐场3 km～10 km地区,在污闪季节中潮湿多雾(含毛毛雨)但雨量较少时	>0.06～0.10	>0.06～0.10
Ⅲ	大气污染较严重地区,重雾和重盐碱地区,近海岸盐场1 km～3 km地区,工业与人口密度较大地区,离化学污源和炉烟污秽300 m～1 500 m的较严重污秽地区	>0.10～0.25	>0.10～0.25
Ⅳ	大气特别严重污染地区,离海岸盐场1 km以内,离化学污源和炉烟污秽300 m以内的地区	>0.25～0.35	>0.25～0.35

4.7 各污秽等级电力设备的爬电比距如表2规定选择。

表2 各污秽等级下的爬电比距分级数值

污秽等级	爬电比距,cm/kV			
	线路		发电厂、变电所	
	220 kV及以下	330 kV及以上	220 kV及以下	330 kV及以上
0	1.39 (1.60)	1.45 (1.60)	—	—
Ⅰ	1.39～1.74 (1.60～2.00)	1.45～1.82 (1.60～2.00)	1.60 (1.84)	1.60 (1.76)
Ⅱ	1.74～2.17 (2.00～2.50)	1.82～2.27 (2.00～2.50)	2.00 (2.30)	2.00 (2.20)
Ⅲ	2.17～2.78 (2.50～3.20)	2.27～2.91 (2.50～3.20)	2.50 (2.88)	2.50 (2.75)
Ⅳ	2.78～3.30 (3.20～3.80)	2.91～3.45 (3.20～3.80)	3.10 (3.57)	3.10 (3.41)

注：

① 线路和发电厂、变电所爬电比距计算时取系统最高工作电压。上表( )内数字为按额定电压计算值。

② 计算各污级下的绝缘强度时仍用几何爬电距离。由于绝缘子爬电距离的有效系数需根据大量的人工与自然污秽试验的结果确定，目前难以一一列出，见附录D。

③ 对电站设备0级(220 kV及以下爬电比距为1.48 cm/kV、330 kV及以上爬电比距为1.55 cm/kV)，目前保留作为过渡时期的污级。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

附 录 A
用盐密表示的绝缘子污秽度的确定和测量
（补充件）

A1 用盐密(S_{DD})来表示的绝缘子污秽度的确定法

A1.1 将污物溶于一定量的蒸馏水中，得到的悬浮液搅拌均匀后测其电导率 σ_t(s/m)和溶液温度 t(℃)。

A1.2 将 t(℃)时的电导率 σ_t 换算至 20℃的值。温度换算系数 K_t 见表 A1。

$$\sigma_{20} = K_t \cdot \sigma_t$$

A1.3 根据 20℃时的电导率 σ_{20}，由表 A2 查出盐量浓度 S_a。

A1.4 按下式计算得出等值盐密：

$$S_{DD} = S_a \cdot V/(100 \cdot A)$$

式中：S_a——盐量浓度，(mg/100 mL)；

V——溶液体积，(cm^3)；

A——清洗表面的面积，(cm^2)。

A2 关于电导率的温度换算系数及电导率与等值盐密的关系

A2.1 电导率的温度换算系数

表 A1 污秽绝缘子清洗液电导率温度换算系数表

t,℃	K_t	t,℃	K_t
1	*1.651 1	16	1.099 7
2	*1.604 6	17	1.073 2
3	*1.559 6	18	1.047 7
4	*1.515 8	19	1.023 3
5	*1.473 4	20	1.000 0
6	*1.432 3	21	0.977 6
7	*1.392 6	22	0.955 9
8	*1.354 4	23	0.935 0
9	*1.317 4	24	0.914 9
10	1.281 7	25	0.895 4
11	1.248 7	26	0.876 8
12	1.216 7	27	0.858 8
13	1.185 9	28	0.841 6
14	1.156 1	29	0.825 2
15	1.127 4	30	0.809 5

注：本表换算系数根据 IEC 507:1991 插值得出，* 为与原水电部(83)23 号文有差异，最大为 1.9%。

A2.2 电导率与盐量浓度的关系

表 A2　污秽绝缘子清洗液电导率与盐量浓度的关系

S_a,mg/100 mL	σ_{20},μs/cm	S_a,mg/100 mL	σ_{20},μs/cm
224 000	202 600	150	2 601
16 000	167 300	100	1 754
11 200	130 100	90	1 584
8 000	100 800	80	1 413
5 600	75 630	70	1 241
4 000	55 940	60	1 068
2 800	40 970	50	895
2 000	29 860	40	721
1 400	21 690	30	545
1 000	15 910	20	368
700	11 520	10	188
500	8 327	8	151
350	6 000	6	114
250	4 340	5	96
200	3 439	4	77

注：本表与原水电部(83)23 号文的附表 2 略有不同。

A3　盐密测量的有关说明

A3.1　用水量问题

对一片普通型绝缘子，建议用水量仍按原标准的规定用 300 mL。当被测绝缘子表面的面积与普通型绝缘子的不同时，可根据面积大小按比例适当增减用水量。即当面积增大时，建议用水量如下：

表 A3　绝缘子表面面积与盐密测量用水量之关系

面积,cm^2	≤1 500	>1 500～2 000	>2 000～2 500	>2 500～3 000
用水量,mL	300	400	500	600

A3.2　取样

a.　取普通悬式绝缘子串上、中、下三片的平均值，也可取整串测量的平均值作为测量结果。

b.　在测量其他型式的绝缘子表面的盐密时要考虑与普通型的差别。根据某些地区的经验，对双伞形防污绝缘子，其测量值取在相同污秽环境条件下为普通型绝缘子平均值的一半。

c.　对于 500 kV 绝缘子串的取样，也按取上、中、下三片平均值的规定。有条件处也可取上二、中二、下二六片平均值的作法，注意比较测量结果，以积累经验。

A3.3　测量设备

建议使用 DDS-11A 型电导率仪，或类似仪表。

附 录 B
运 行 经 验
（参考件）

运行经验是划分污秽等级三个因素起决定性的因素。标准正文对运行经验的定义描述非常简练，不易掌握其内涵，在运用中，往往把它忽略掉，导致错划等级。现把应用运行经验划分污秽等级时应综合考虑的诸因素阐述如下：

B1 根据运行设备的污闪事故率及跳闸率

划分污秽等级的目的是为了防止污闪事故，而防止污闪事故的根本措施是要求运行设备电瓷外绝缘有足够的绝缘水平。运行经验表明：爬电比距与当地污秽等级相适应时，污闪跳闸率及事故率就少；不适应时，污闪跳闸率及事故率就多。

据此，某地区运行设备爬电比距的选择宜按历年运行未发生污闪事故的爬电比距为基础。污闪事故发生过多的，其爬电比距就应相应地增大（污秽等级升级），以保证电力系统安全运行。

不同的线路、不同的电站可以有不同的可接受的污闪跳闸率和事故率，它取决于电压等级、输送容量及其在电力系统中的重要性，不同的电网可因其结构的不同采取不同的绝缘水平。原则是避免主网架重要线路特别是 500(330) kV 线路污闪停电事故，杜绝电网大面积污闪停电事故。

B2 根据设备在系统中的重要性及其发生污闪事故损失和影响的程度

一般电压等级高，输送容量大的电站和线路，常在电网中起重要的作用，我国电力系统一般网架比较薄弱，多次污闪跳闸即有可能带来整个系统瓦解，引起大面积停电，某些污闪事故停电及检修时停电带来少送电量引起的损失，远远超过基建时外绝缘的投资。同时，这些重要设备停电的机会又比较少，采取清扫及其他措施都有一定的困难。因此，在选择主干线路、大电厂及枢纽变电站的外绝缘爬电比距时，应适当偏高，使污闪事故率降低到本电力系统安全经济送电可以接受的程度（即可接受的污闪事故率），让国民经济损失降低到最少。

输电线路可接受的污闪跳闸率、事故率推荐如表 B1。

表 B1

电压等级，kV	110	220	330	500
输送容量，10^4 kW	6～10	10～50	40～80	50～100
在系统中的重要性	重要	重要	重要	重要
污闪跳闸率，次/（百公里×年）	0.1	0.1	0.05	0.05
污闪事故率，次/（百公里×年）	0.03	0.03	0.02	0.02

B3 应结合本地区采用其他防污措施的经验

防污闪措施不仅是增加外绝缘的爬电比距，也可采用其他措施。在选择外绝缘水平时应由本地区根据实际的具体情况，对各种防污闪措施及其效果与增加外绝缘爬电比距方案，通过安全经济技术比较后决定，从效果出发，既可采取单一措施，也可综合采取多种措施。

B4 来自现场长期观测和试验研究的积累

a. 掌握本地区污源的状况

由于污秽物质的性质各有所不同，设备与污源距离也各有不同，这些因素对设备的影响都有很大的

区别。

b. 掌握本地区气候特征和变化的规律

污闪大多发生于冬季及其前后的1～2月份。并且多发生在久旱无雨而又突然来毛毛雨或大雾之后，特别是在久旱之后来雨雾持续的时间较长(几小时以上)在午夜后，日出前，绝缘子表面的脏污物质被水份充分潮湿时出现。在我国北方还发生在久旱之后粘雪和融冰的气候，这些都是根据多年的运行经验总结出的一般规律，由于我国地域广阔，各个地区的气候不同，不同的地理、气候环境、有其不同的特征，污秽等级的划分应随各地的气候情况而异。

c. 掌握本地区各种电力设备的外绝缘不同结构的运行情况

各种类型、结构的绝缘子，根据运行经验在不同的污源性质和气候特征条件下有不同的爬电距离有效系数。这需要通过一定时间的实际运行的考验和实验室的试验而获得。

选择线路绝缘子的爬电比距时还应考虑零值绝缘子的存在。根据运行经验，我国大部分地区220 kV及以下的线路悬式瓷绝缘子的年老化率平均在3‰左右，在线路刚投运的最初几年，可能还要高些。绝缘子串中含有零值绝缘子，相当于爬电比距下降，线路出现了绝缘弱点，它也是诱发污闪因素之一。

B5 运行经验还包括科学的预见性，工程设计应给运行管理留有适当的安全运行裕度

影响设备发生污闪的因素，都是随着时间的迁移而不断发生变化的，在按运行经验选择绝缘子及其爬电比距的同时，还应进一步了解设备网架结构、污源、气候以及维护管理水平等因素未来发展的趋势，以预防今后潜在出现污闪事故的危险，同时，也给运行管理部门留有适当的安全运行裕度。

附 录 C
发电厂、变电所设备的盐密测量
(参考件)

发电厂、变电所中运行的设备各种各样，棒形支柱绝缘子是具有代表性的一种。根据制定变电设备自然污秽等级的需要，以及摸清棒形支柱绝缘子的运行性能，有必要开展对棒形支柱绝缘子的污闪特性的研究。目前，国内已有少数单位开展了这方面的工作，人工污秽和自然污秽试验数据都有一些(见"污秽地区绝缘子使用导则")，但由于污秽试验本身固有的分散性和不同实验室间的差别，将不太多的对应于不同污秽度下的污闪特性试验数据用标准量化的形式正式列入标准看来条件还不成熟，现仅提出参考意见供借鉴。

C1 标准暂规定测量盐密的取样设备为普通型悬式绝缘子，而变电设备取样应逐步过渡到以支柱绝缘子为主。这期间，需要现场做大量的测量和对比试验。在测量棒式支柱绝缘子的盐密时，原则上也测上、中、下三个伞裙，取其平均值。每个伞裙从上一个伞裙的下边缘到下一个伞裙的上边缘。

C2 需测量变电所其他型式的绝缘子的盐密时，也要考虑与普通棒形支柱绝缘子的差别。如直径大的套管的瓷表面的盐密则比支柱绝缘子的为小。

C3 根据国内某单位的经验，建议的支柱绝缘子盐密值(在普通支柱绝缘子上取样)为：

污秽等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
盐密，mg/cm^2	≤0.02	>0.02～0.05	>0.05～0.1	>0.1～0.2

注：0级盐密值小于0.02。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

附 录 D
悬式绝缘子爬电距离有效利用系数 K 的估算
（参考件）

D1 K 值的估算方法

绝缘子的污秽闪络放电与结构造型及自然积污量有关。爬电距离的有效利用系数应该既反映放电发展时爬电距离长度利用的有效性，又能反映绝缘子在运行条件下的积污性能。因此，爬电距离有效利用系数应由在相同的自然条件下，在相同的积污时间内其被试绝缘子与基准绝缘子的污闪电压梯度相比较来确定。

但是，我国幅员辽阔，各地污源分布及气象条件差异较大，绝缘子的自然积污特性不同。而且，现有的绝缘子自然污秽试验数据还比较少。因此，采用自然污秽的污闪电压来求取绝缘子爬电距离有效利用系数十分困难。相对来说，人工污秽闪络试验数据已积累了不少，对不同绝缘子的自然积污量也积累了一定的运行经验。为此，现采用相当于在相同的自然条件下，在相同的积污时间内被试绝缘子和基准绝缘子的积污盐密值的人工污闪电压梯度相比较的方法来求取 K 值。

即：$K=E_{c1}/E_{c2}$

式中：E_{c1}——相当于在相同自然条件下，在相同积污时间内被试绝缘子积污盐密值的人工污闪电压梯度。

E_{c2}——相当于在相同自然条件下，在相同积污时间内基准绝缘子积污盐密值的人工污闪电压梯度。

D2 各种绝缘子人工污秽闪络电压梯度推荐值

根据 JB 2596—91《绝缘子人工污秽试验方法——固体层法》标准对人工污秽试验电源容量的规定，选用国内西瓷所、东电院等九个单位对 13 种绝缘子的 120 组人工污秽试验数据，经筛选处理后，求出各种绝缘子的人工污秽污闪电压回归方程和污闪电压梯度，列于表 D1。

D3 系数 K 值的估算举例

已知各种绝缘子的人工污秽污闪电压梯度后，各地区可根据绝缘子的自然积污特性，按上述 K 值计算公式，即可求出，现举例如下：

假设 XWP2-70 型绝缘子在某地区的自然积污量为基准 X-4.5 型绝缘子的 0.5 倍，即在该地区当 X-4.5 型绝缘子的年积污量为 0.2 mg/cm^2 时，对应的 XWP2-70 型绝缘子的年积污量为 0.1 mg/cm^2。

查表 D1 得知，0.2 mg/cm^2 盐密时 X-4.5 型绝缘子的 $E_{c2}=27.86$ kV/m。

0.1 mg/cm^2 盐密时 XWP2-70 型绝缘子的 $E_{c1}=27.00$ kV/m。

则 XWP2-70 型绝缘子的爬电距离有效利用系数 K 值估算如下：

$$K=E_{c1}/E_{c2}=27.00/27.86=0.97$$

依此类推，各地区可根据当地各种绝缘子的自然积污特性，经查表 D1 数据后计算求出各种绝缘子在不同地区、不同盐密下的 K 值。

D4 系数 K 的使用方法

在本标准中污秽等级与爬电比距的配置都是以 XP-70(X-4.5 型)、XP-160 普通型绝缘子为基准，计算各污级下的绝缘强度时，仍用绝缘子的几何爬电距离，即爬电距离的有效利用系数为 1。当采用其他型号绝缘子配置绝缘时，存在爬电距离的有效利用率问题，可用下式表示：

$$L = K \cdot L_0$$

式中：L_0——几何爬电距离。

如上例：XWP2-70 型绝缘子的几何爬电距离为 305 mm，则其有效爬电距离即为：

$$L = K \cdot L_0 = 0.97 \times 305 = 296(\text{mm})$$

表 D1　回归方程及用回归计算的污闪电压 U_f 和污闪电压梯度 E_c

绝缘子型号	回归方程，kV/片	用回归方程计算各盐密下的污闪电压 U_f 和污闪电压梯度 E_c，kV/m							
		0.05 mg/cm²		0.1 mg/cm²		0.2 mg/cm²		0.4 mg/cm²	
		U_f	E_c	U_f	E_c	U_f	E_c	U_f	E_c
X-4.5	$5.227P^{-0.271}$	11.77	40.58	9.75	33.62	8.08	27.86	6.70	23.10
XP-70	$5.319P^{-0.244}$	11.05	37.46	9.33	31.63	7.88	26.71	6.65	22.54
LXP-70	$6.064P^{-0.223}$	11.83	40.10	10.13	34.34	8.68	29.42	7.44	25.22
XH1-4.5	$5.954P^{-0.275}$	13.57	33.93	11.22	28.05	9.27	23.18	7.66	19.15
XWP-70	$5.509P^{-0.292}$	13.21	33.02	10.79	27.00	8.81	22.02	7.19	17.97
XP-160	$4.610P^{-0.278}$	10.60	34.75	8.74	28.66	7.21	23.64	5.95	19.51
XP3-160	$5.230P^{-0.289}$	11.36	32.46	9.50	27.14	7.93	22.66	6.63	18.94
XP4-160	$6.123P^{-0.253}$	13.06	32.65	10.96	27.40	9.20	23.00	7.72	19.30
XWP-160	$6.223P^{-0.233}$	12.51	31.27	10.64	26.60	9.05	22.62	7.70	19.25
XWP2-160	$7.255P^{-0.219}$	13.98	31.07	12.01	26.69	10.32	22.93	8.87	19.71
XWP5-160	$5.919P^{-0.311}$	15.02	33.38	12.11	26.91	9.76	21.69	7.87	17.49
LXP-160	$5.466P^{-0.287}$	12.91	39.12	10.58	32.06	8.68	26.30	7.11	21.54
XP-210	$6.158P^{-0.244}$	12.79	38.18	10.80	32.24	9.12	27.22	7.70	22.98

附加说明：

本标准由中华人民共和国电力部提出。

本标准由电力部科技司、安生司归口。

本标准由武汉高压研究所、东北电力试验研究院、西北电力试验研究所、华东电力试验研究所、电力科学研究院、山东电力试验研究所、华北电力试验研究所组成起草工作组，由武汉高压研究所负责编写。

本标准主要起草人：刘湘生、徐通训、喻华玉、徐喜佑、刘燕生、王靖勤、张开贤。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
高压架空线路和发电厂、变电所
环境污区分级及外绝缘选择标准
GB/T 16434—1996
*
中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045
电　　话:68522112
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售
版权专有　不得翻印
*
开本 880×1230　1/16　印张 3/4　字数 18 千字
1996 年 12 月第一版　2001 年 3 月第三次印刷
印数 4 001—5 500
*
书号:155066·1-13313　定价10.00元
*
标 目 300—53

GB/T 16434-1996