

# 目 次



扫码进入网上练习系统

前言 .....	I
1 范围和目的 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义、缩略语 .....	2
4 建议的绝缘子选择和尺寸确定方法 .....	4
5 绝缘子选择和尺寸确定的输入参数 .....	5
6 系统要求 .....	6
7 环境条件 .....	7
8 现场污秽度的评定 .....	8
9 绝缘选择和尺寸确定 .....	12
附录 A (资料性附录) 设计方法流程图 .....	16
附录 B (资料性附录) 污秽闪络机理 .....	19
附录 C (规范性附录) ESDD 和 NSDD 的测量 .....	21
附录 D (规范性附录) B 类污秽度的评定 .....	26
附录 E (规范性附录) 试验室试验方法的使用 .....	28
附录 F (规范性附录) 人工污秽试验污秽度和接收准则的非随机法和统计法 .....	29
附录 G (资料性附录) 收集污秽地区绝缘子性能信息的调查表举例 .....	31
附录 H (资料性附录) 形状因数 .....	34
附录 I (资料性附录) 爬电比距和统一爬电比距 (USCD) 间的关系 .....	35
附录 J (资料性附录) 本部分章条编号与 IEC/TS 60815-1:2008 章条编号对照 .....	36
附录 K (资料性附录) 本部分与 IEC/TS 60815-1:2008 技术差异及其原因 .....	37
参考文献 .....	39

## 前 言

GB/T 26218《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定》分为 5 个部分：

- 第 1 部分：定义、信息和一般原则
- 第 2 部分：交流系统用瓷和玻璃绝缘子
- 第 3 部分：交流系统用聚合物绝缘子
- 第 4 部分：直流系统用瓷和玻璃绝缘子
- 第 5 部分：直流系统用聚合物绝缘子

本部分为 GB/T 26218 的第 1 部分。

本部分修改采用 IEC/TS 60815-1:2008《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分：定义、信息和一般原则》(英文版)。

本部分根据 IEC/TS 60815-1:2008 重新起草。为了方便比较，在资料性附录 J 中列出了本部分章条编号与 IEC/TS 60815-1:2008 章条编号的对照一览表。

本部分删除了 IEC/TS 60815-1:2008 中与使用定向灰尘沉积器(DDDG)测量污秽有关的内容(包括正文中的所有有关内容和附录 E)。这是因为我国现在不使用并且也不准备使用定向灰尘沉积器，而在国际上只有个别国家使用定向灰尘沉积器。

本部分对 IEC/TS 60815-1:2008 最主要的修改是根据我国的实践经验和试验数据重新绘制了“图 1 A 类现场污秽度——参照盘形悬式绝缘子的 ESDD/NSDD 和 SPS 间关系”。本部分还删除了 IEC/TS 60815-1:2008 中的“图 2 A 类现场污秽度——参照长棒形绝缘子的 ESDD/NSDD 和 SPS 间关系”。这是因为我国长棒形绝缘子使用量很小，实践经验很少，试验数据几乎没有。因此，目前还无法绘制符合我国国情的这样的图。

考虑到我国国情，在采用 IEC/TS 60815-1:2008 时，本部分还做了一些修改。有关技术性差异已编入正文并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线(|)标识。在附录 K 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

为便于使用，本部分还做了下列编辑性修改：

- a) “本技术规范”一词改为“本部分”；
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；
- c) 删除 IEC/TS 60815-1:2008 的前言。

本部分和第 2 部分代替 GB/T 5582—1993《高压电力设备外绝缘污秽等级》、GB/T 16434—1996《高压架空线路和发电厂、变电所环境污秽分级及外绝缘选择标准》。

本部分规定了现场污秽度等级及较全面的评定方法。GB/T 5582—1993 仅规定了户外外绝缘污秽等级(与本部分规定的现场污秽度等级意义相同)，但未规定评定方法。GB/T 16434—1996 规定了环境污区分级(与本部分规定的现场污秽度等级意义相同)，但在评定污区分级时仅考虑了 ESDD，未考虑 NSDD，也未规定用 SES 来评定。

GB/T 26218 的第 2 部分与 GB/T 5582—1993 和 GB/T 16434—1996 相关的技术内容变化见该部分的前言。

本部分的附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 为规范性附录，附录 A、附录 B、附录 G、附录 H、附录 I、附录 J、附录 K 为资料性附录。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国绝缘子标准化技术委员会归口(SAC/TC 80)。

# 污秽条件下使用的高压绝缘子的 选择和尺寸确定

## 第1部分：定义、信息和一般原则

### 1 范围和目的

GB/T 26218 的本部分规定了通用定义、现场污秽度 (SPS) 的评定方法,并概括了在一定污秽环境中对某类绝缘子得出大致性能判断的原则。

本部分适用于污秽条件下使用的高电压系统用绝缘子的选择以及相关尺寸确定。

本部分一般适用于所有类型外绝缘,包括构成其他电器的部件的绝缘。后面使用的术语“绝缘子”指任何类型的绝缘子。

绝缘子在污秽条件下的性能进行较深层次的研究可以参考 CIGRE C4 文件[1],[2],[3],这些文件对 GB/T 26218 提供了有益补充。

本部分不涉及雪、冰或海拔对污秽绝缘子的影响。虽然这个题目与 CIGRE [1],[4]有关,但现有知识很有限,实践也各不相同。

本部分的目的在于:

- 了解和识别影响绝缘子污秽性能的系统、应用、设备和现场的参数;
- 根据得到的数据、时间和资源了解并选择合适的方法选取和设计绝缘子;
- 表征现场污秽的类型并确定该现场的污秽度 (SPS);
- 从 SPS 确定参考的统一爬电比距 (USCD);
- 考虑该“候选”绝缘子的特性 (特别是绝缘子外形) 将其“参考”USCD 按现场、应用和系统类型进行校正;
- 确定可能解决方案的相对优点和缺点;
- 评定各种解决办法或减污措施的需求和优点;
- 如有要求,确定验证所选取绝缘子的性能的适当的试验方法和参数。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 26218 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单 (不包括勘误的内容) 或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 156 标准电压 (GB/T 156—2007, IEC 60038:2002, MOD)

GB/T 2900.8 电工术语 绝缘子 (GB/T 2900.8—2009, IEC 60050-471:2007, IDT)

GB/T 4585—2004 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验 (IEC 60507:1991, IDT)

GB/T 7253 标称电压高于 1 000 V 架空线路绝缘子 交流系统用瓷或玻璃绝缘子元件 盘形悬式绝缘子元件的特性 (GB/T 7253—2005, IEC 60305:1995, MOD)

GB/T 22707 直流系统用高压绝缘子的人工污秽试验 (GB/T 22707—2008, IEC/TR 61245:1993, MOD)

IEC 60433 标称电压高于 1 000 V 的架空线路用绝缘子——交流系统用瓷绝缘子——长棒形绝缘子元件特性

### 3 术语和定义、缩略语

下列术语和定义、缩略语适用于本部分。

#### 3.1 术语和定义

下面给出的术语和定义是 GB/T 2900.8 中没有出现的或者是与 GB/T 2900.8 中给出的不同。

##### 3.1.1

**参照盘形悬式绝缘子 reference cap and pin insulator**

U120B 或 U160B 盘形悬式绝缘子(按 GB/T 7253),通常用 7 个~9 个这样的绝缘子组成绝缘子串来测量现场污秽度。

##### 3.1.2

**参照长棒形绝缘子 reference long rod insulator**

用来测量现场污秽度的 L100 长棒形绝缘子(按 IEC 60433),这样的绝缘子的伞应平滑无棱,上表面倾角为  $14^{\circ}\sim 24^{\circ}$ ,下表面倾角为  $8^{\circ}\sim 16^{\circ}$ ,至少有 14 个伞。

##### 3.1.3

**绝缘子主体 insulator trunk**

绝缘子的中间绝缘部分,伞由此伸出。

注:对直径较小的绝缘子也称作为杆体。

##### 3.1.4

**伞 sheds**

绝缘子主体上突出的绝缘部分,用以增加爬电距离。

注:9.3 示出了一些典型伞外形。

##### 3.1.5

**爬电距离 creepage distance**

绝缘子正常承载运行电压的两部件间沿绝缘件表面的最短距离或最短距离的和。

注 1:修改 GB/T 2900.8 中 471-01-04

注 2:水泥或其他非绝缘的胶合材料表面不能看作爬电距离部分。

注 3:如果绝缘子绝缘件部分地覆盖有高电阻层,例如半导体釉,那么这样的部分应考虑作为有效的绝缘表面并且其中的距离应包括在爬电距离内。

##### 3.1.6

**统一爬电比距 unified specific creepage distance**

**USCD**

绝缘子的爬电距离与该绝缘子上承载的最高运行电压的方均根值之比。

注 1:此定义与使用了设备的最高电压为线对线值的爬电比距定义不同(对于交流系统通常为  $U_m/\sqrt{3}$ )。对于线对地绝缘,此定义产生的值将是 GB/T 5582—1993 定义的爬电比距给出的值的 $\sqrt{3}$ 倍。

注 2:“ $U_m$ ”见 IEC 604-03-01[5]。

注 3:它一般以 mm/kV 表达并且通常表示为最小值。

##### 3.1.7

**绝缘子外形参数 insulator profile parameters**

对污秽性能有影响的一组几何参数。

##### 3.1.8

**盐密 salt deposit density**

**SDD**

在绝缘子一个给定表面(金属部件和装配材料不包括在此表面内)上为进行人工污秽试验而人工沉

积的污秽物中的氯化钠(NaCl)量除以该表面的面积,一般用  $\text{mg}/\text{cm}^2$  表示。

### 3.1.9

**等值盐密 equivalent salt deposit density**

**ESDD**

溶解在给定的去离子水中时与从绝缘子一个给定表面清洗下的自然沉积物有相同体积电导率的氯化钠(NaCl)的量除以该表面的面积,一般用  $\text{mg}/\text{cm}^2$  表示。

### 3.1.10

**不溶沉积物密度(简称灰密) non soluble deposit density**

**NSDD**

从绝缘子一个给定表面上清洗下的不溶残留物的量除以该表面的面积,一般用  $\text{mg}/\text{cm}^2$  表示。

### 3.1.11

**现场等值盐度 site equivalent salinity**

**SES**

按 GB/T 4585 盐雾试验的盐度,一般以  $\text{kg}/\text{m}^3$  表示。该盐度能够在相同电压下在相同绝缘子上产生与现场自然污秽可比较的泄漏电流峰值。

### 3.1.12

**现场污秽度 site pollution severity**

**SPS**

在经过适当的积污时间后记录到的 ESDD/NSDD 或 SES 的最大值。

### 3.1.13

**现场污秽度等级 site pollution severity class**

从很轻到很重现场的污秽度的分级,是按 SPS 的大小划分的。

### 3.1.14

**带电积污系数 energy coefficient**

**$K_1$**

相同型式绝缘子带电所测 ESDD 值与非带电所测 ESDD 值之比。

### 3.1.15

**形状积污系数 profile coefficient**

**$K_2$**

参照绝缘子所测 ESDD 值与某种绝缘子所测 ESDD 值的比值。

## 3.2 缩略语

ESDD	等值盐密
$F_f$	形状因数
NSD	不溶沉积物
NSDD	不溶沉积物密度
SDD	盐密
SES	现场等值盐度
SPS	现场污秽度
TOV	暂态过电压
USCD	统一爬电比距

#### 4 建议的绝缘子选择和尺寸确定方法

##### 4.1 绪言

推荐了3种根据系统要求和环境条件从样本上选取适宜绝缘子的方法(表1的方法1,方法2,方法3),附录A示出了这些方法的流程图。

表1示出了各种方法需要的数据和决策。各种方法的适用性取决于该工程中可得到的数据、时间以及经济情况。选取绝缘子型式和尺寸正确性的置信度也随过程中做出的决策而变化。如果在选取过程中想采取“简捷办法”,那么得到的解决办法将提供“过设计”而不是运行中具有较高失效风险的那种设计。

实际上,绝缘子的污秽性能是由环境和绝缘子间的复杂的和动态的相互作用来决定的。附录B给出了污秽闪络机理的简短的概述。

##### 4.2 方法1

在方法1中,这种相互作用可以充分地运行的线路或变电站体现,也可以在试验站体现。

##### 4.3 方法2

在方法2中,这种相互作用不能由试验室试验即在GB/T 4585—2004和GB/T 22707中规定的试验完全地体现出来。

##### 4.4 方法3

在方法3中,这种相互作用仅通过校正因数有限地体现和表示出来。对于选取和尺寸确定过程,方法3是快速的和经济的,但可能会导致SPS的低估或由于过设计而导致不经济的解决方案。当从这3种方法中来选择时必须考虑包括强制性性能要求的总费用。只要情况允许,宜采用方法1或方法2。

表1 绝缘子选择和尺寸确定的3种方法

	方法1(使用已有经验)		方法2(测量和试验)		方法3(测量和设计)	
方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用相同现场、临近现场或条件类似现场的现场经验或试验站经验。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>测量或估计现场污秽度。</li> <li>用外形和爬电距离指南选取候选绝缘子。</li> <li>选择适当的试验室试验和试验准则。</li> <li>校验/调整候选绝缘子。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>测量或估计现场污秽度。</li> <li>使用该数据根据外形和爬电距离指南选择绝缘的型式和尺寸。</li> </ul>	
输入数据	<ul style="list-style-type: none"> <li>系统要求。</li> <li>环境条件。</li> <li>绝缘子参数。</li> <li>性能历史记录。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>系统要求。</li> <li>环境条件。</li> <li>绝缘子参数。</li> <li>可得到的时间和资源。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>系统要求。</li> <li>环境条件。</li> <li>绝缘子参数。</li> <li>可得到的时间和资源。</li> </ul>	
决策	<ul style="list-style-type: none"> <li>现有绝缘满足工程要求并且要采用相同的绝缘设计吗?</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>有时间测量现场污秽度吗?</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>有时间测量现场污秽度吗?</li> </ul>	
	是 使用相同的绝缘设计。	否 使用不同的绝缘结构、材料或尺寸。利用经验预选新的解决办法或尺寸。	有 测量	无 估计	有 测量	无 估计
			<ul style="list-style-type: none"> <li>污秽类型决定所使用的试验室试验方法。</li> <li>现场污秽度决定试验值。</li> </ul>			

表 1 (续)

	方法 1(使用已有经验)	方法 2(测量和试验)	方法 3(测量和设计)
选择程序	<ul style="list-style-type: none"> <li>如有必要,使用外形和爬电距离指南,修正现有绝缘的参数使其适应于使用方法 2 或方法 3。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>选取候选绝缘子。</li> <li>如果没有候选绝缘子的耐污性能数据,则进行试验。</li> <li>如有必要,按试验结果调整选择及尺寸。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>按指南根据污秽和气候类型选择适当外形。</li> <li>按指南根据污秽水平和绝缘的外形设计及材料的校正因数确定绝缘尺寸。</li> </ul>
准确度	<ul style="list-style-type: none"> <li>具有良好准确度的一种选择。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>准确度随对现场污秽度评定的误差程度和/或简化程度变化的一种选择,与所选的试验室试验的假设条件和/或局限性有关的一种选择。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>与方法 1 或方法 2 比较可能是一个尺寸过大或尺寸不足的解决办法。</li> <li>准确度随对现场污秽度评定的误差程度和/或简化程度以及选取的校正因数的适用性变化的一种选择。</li> </ul>

这三种方法的时间长短如下:

- 对于运行经验(方法 1),5 年~10 年的满意的运行时间是可接受的。根据气候和污秽事件的度和污秽度,此时间可能需要延长或缩短。
- 对于试验站经验(方法 1),认为 2 年~5 年调研属于典型时间。根据试验的方案或试验污秽度,此时间可能会延长或缩短。
- 对于现场污秽度的测量(方法 2 和方法 3),SES 的时间至少需要 1 年,ESDD/NSDD 的时间至少需要 3 年~5 年(见 8.2)。
- 对于现场污秽度的估计(方法 2 和方法 3),对气候、环境进行研究并对所有可能的污秽源进行识别和分析是必要的。因此,这种估计并不能快速完成并且可能需要几周或几个月时间。
- 对于试验室试验(方法 2),需要的时间是几周或几个月,这取决于试验类型和试验规模。

后面的条款给出了关于系统要求、环境以及现场污秽度确定更多的信息。

附录 G 给出了方法 1 使用的调查表示例,该调查表用于获得现有线路或变电所的运行经验。

方法 2 中使用的试验室试验指导概括地叙述在附录 E 中。非随机法和统计设计法对根据 SPS 和试验室试验结果设计和选取适当的绝缘子的解决办法都是有用的。附录 F 中给出了这两种方法的简短叙述。

对于方法 3,所要求的最小统一爬电比距和校正因数给出在 GB/T 26218 的几个相关部分中。

## 5 绝缘子选择和尺寸确定的输入参数

户外绝缘子的选择和尺寸确定是一个复杂的过程,为了得到一个成功的结果必须考虑大量的参数。对于一个给定现场或工程,要求的输入分 3 种类型:系统要求、现场的环境条件以及制造商样本中的绝缘子参数。这 3 种类型的每一种都包含有许多参数,如下面的表 2 所指出的。这些参数在后面的条款中会进一步讨论。

表 2 绝缘子选择和尺寸确定的输入参数

系统要求	环境条件	绝缘子参数
系统类型:	污秽类型和水平:	总长:
绝缘上的最大运行电压	雨,雾,露,雪和冰 <sup>a</sup>	型式
绝缘配合参数	风,风暴	材料
	温度,湿度	外形

表 2 (续)

系统要求	环境条件	绝缘子参数
强制性性能要求	海拔	爬电距离
间距,强制性几何形状,尺寸	雷电,地震	直径
	人为破坏,动物	电弧距离
线路带电作业和维护实践	生物生长	机械和电气结构
<sup>a</sup> 斜体字标出的是与污秽无关的参数并且 GB/T 26218 中没有涉及这些参数;但它们可能会影响或限制所用绝缘子型式的选取。		

## 6 系统要求

户外绝缘的选择和尺寸确定应要考虑系统要求。以下几点可能对绝缘子的尺寸确定影响强烈,因而需要加以考虑。

- 系统类型(交流或直流)

运行和试验室试验结果表明,在相同污秽条件下,某些直流绝缘要求的统一爬电比距值可能比交流绝缘稍高。这种影响将在 GB/T 26218 涉及直流系统的部分中详述。

- 绝缘上的最高运行电压

通常交流系统用设备最高电压  $U_m$  来表征(见 GB/T 156)。

相对地绝缘承受相对地电压  $U_{ph-e} = U_m / \sqrt{3}$  作用。

相对相绝缘承受相对相电压  $U_{ph-ph} = U_m$  作用。

在直流系统情况下,通常最大系统电压等于最大线对地电压。在混合电压波形情况下可能需要使用方均根值。

- 过电压

瞬时过电压的影响由于其持续时间很短不必考虑。

暂态过电压(TOV)可能由于发电机和线路负载突然释放或者线路对地故障而出现,并且不能总是忽视。

注: TOV 的持续时间取决于系统的结构并且可能会持续 30 min,在中性点不接地系统情况下甚至更长。视 TOV 的持续时间和发生概率,可能必须考虑 TOV 和绝缘子污秽的联合影响。CIGRE 158[1]对这个问题以及对象冷合闸那样的其他风险给出了信息。

- 强制性的性能要求

用于系统同步的纵向绝缘可能会承受 2.5 倍相对地电压值。

某些用户可能对户外绝缘的有效性、可维修性以及可靠性提出性能水平要求。例如,可能规定在给定时间段内每个变电站或每 100 km 线路长度允许的污秽闪络最多次数,也可能包括一次闪络后的最长停电时间。

除了按现场条件确定绝缘子尺寸以外,强制性的要求可能也会成为控制绝缘子参数的因素。

- 间距,强制性的几何形状和尺寸

可能存在有几种情况或其中某些情况的组合,在这时确定绝缘型式和尺寸需要专门的解决方法。

例子有:

- 紧凑型线路和变电站;
- 绝缘子非常规布置;
- 塔和变电所的非常规的设计;
- 绝缘导体;
- 具有低视觉冲击的线路或变电所。



## 7 环境条件

### 7.1 污秽类型的鉴别

能导致闪络的绝缘子污秽的基本类型主要有两类：

A类：沉积在绝缘子表面上的有不溶成分的固体污秽，湿润时该沉积物变成导电的。这种类型污秽的最好表征方法是进行ESDD/NSDD测量。固体污秽层的ESDD值也可以用在控制湿润条件下的表面电导率来评定。

B类：沉积在绝缘子上的不溶成分很少或没有不溶成分的液体电解质。这种类型污秽的最好表征方法是进行电导或泄漏电流测量。

可能会出现这两种类型污秽的组合。

附录B给出了A类和B类污秽闪络机理的简短描述。

#### 7.1.1 A类污秽

A类污秽最常见于内陆地区、荒漠地区或工业污秽地区(见7.2)。当在沿海地区形成了干盐层，然后迅速地被露、薄雾、雾或毛毛雨等湿润时，在那里也可以出现A类污秽。

A类污秽有两种主要成分，即湿润时形成导电层的可溶污秽物与可溶污秽物粘合在一起的不溶污秽物，叙述于下。

- 可溶污秽物：

可溶污秽物可分为高溶解度盐(即迅速溶于水的盐)和低溶解度盐(即很难溶解的盐)。可溶污秽物可用等值盐密(ESDD)度量，单位为 $\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

- 不溶污秽物：

不溶污秽物的例子有灰尘、沙、泥土、油等。不溶污秽物可用不溶沉积物密度(NSDD)来度量，单位为 $\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

注：GB/T 26218没有考虑盐溶解度对污秽耐受电压的影响，这一问题目前还在研究中。同样，也没有考虑不溶污秽物种类的影响。此外，不溶成分可能含有导电污秽物(即带有金属导电颗粒的污秽物)。

参考文献[1]给出了污秽物类型影响方面的更多信息。

#### 7.1.2 B类污秽

B类污秽最常见于沿海地区，由盐水或导电雾沉降在绝缘子表面形成。B类污秽的其他来源的例子有：喷洒农作物、化学雾以及酸雨。

### 7.2 环境的一般分类

GB/T 26218将环境描述为如下5种类型。环境类型用一种地区的典型污秽特性来描述，其中示出了污秽类型(按7.1的A或B)的例子。实际上大多数污秽环境包含的污秽类型多于一种，例如有沙滩的沿海地区。此时重要的是确定哪一种污秽类型(A或B)为主。

- “荒漠型”环境

荒漠型区域的特点是具有沙质土壤，干旱期持续时间很长，面积广阔。这些地区的污秽层通常含有溶解速度缓慢的盐并且NSDD水平很高(A类)。绝缘子主要被风带来的污秽物所污染。自然清洁可以发生在少有的下雨期或强风形成的“沙吹”时。雨水稀少并且盐的溶解性差使得绝缘子自然清洁效果较差。绝缘子凝露现象可能经常产生临界湿润，导致绝缘子有闪络风险。

- “沿海型”环境

沿海型区域的典型特点是直接邻近海岸，污秽物主要由浪花喷溅、风和雾等原因沉积在绝缘子表面。但在某些与地形有关情况下，在远离海岸50 km的内陆地区也可以看到这种现象。通常污秽层形成很快，特别是在浪花喷溅或导电雾情况下(B类)。污秽层也可能由风带来的

颗粒通过较长时间沉积建立起来,其组成为快速溶解的盐与少量的惰性成分(A类),该惰性成分取决于当地的地表特性。当污秽层活性主要来自快速溶解的盐时,绝缘子的自然清洁特别有效。

- “工业型”环境

工业型区域指工业污染源及紧邻的地区。污秽层的构成可以是导电的颗粒污秽物,如煤、金属沉积物;也可以是气体的溶解物,如 $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_x$ (B类);或是溶解缓慢的污秽物,如水泥、石膏(A类)。污秽层的惰性成分含量可能为中等到较高(即NSDD中等到较高)(A类)。工业地区自然清洁的有效性很大程度上随所存在的污秽类型变化。这种污秽通常是沉积在水平表面上重的颗粒。

- “农业型”环境

农业型区域紧邻农业活动的地区。典型污秽源是耕作(A类)或喷洒农作物(B类)。绝缘子上的污秽层主要是快溶或慢溶的盐,如化学制品、鸟粪或是在土壤中存在的盐。污秽层通常含有中等的或较高的惰性成分(中等到高的NSDD)。取决于沉积盐的类型,绝缘子的自然清洁可能很有效。这种污秽通常是沉积在水平表面上重的颗粒,但也可能是风带来的污秽。

- “内陆型”环境

这些地区的污秽水平很低,没有明显可确认的污秽源。

### 7.3 污秽度

现场污秽度测量通常用以下方式表达:

- ESDD和NSDD,对A类污秽;
- 现场等值盐度(SES),对B类污秽。

自然污秽绝缘子的污秽度测量通常用以下方式表达:

- ESDD和NSDD,对于A类污秽;
- 表面电导率,对于B类污秽。

注:在某些情况下ESDD测量可以使用于B类污秽。

人工污秽试验时绝缘子的污秽度通常按以下规定:

- SDD和NSDD,对于固体层法;
- 雾的盐度( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),对于盐雾法。

## 8 现场污秽度的评定

### 8.1 现场污秽度

现场污秽度测量可采用下列两种方式,条件允许时应采用a)方式:

- a) 按本部分给出的方法在相当长的时间内(即一年或多年)测量现场污秽度(SPS),它是按一定测量时间间隔记录到的ESDD和NSDD(在盘形绝缘子情况下是上表面和下表面的平均ESDD/NSDD)或SES的最大值。测量积污的时间(连续,每月,3个月,6个月,每年或对ESDD和NSDD情况还需3年~5年后每年等见附录C和附录D)可以按对当地气候和环境条件的了解来选取。

如果在测量期内下雨,应在适当间隔重复测量,以确定自然清洗的影响;SPS则为测量系列中记录到的最大值。

- b) 在带电参照绝缘子连续积污3年~5年后开始测量现场污秽度(SPS),是记录到的ESDD和NSDD的最大值。测量方法可按附录C的C.2~C.4。如果测量其他型式绝缘子的SPS,应将其SPS值乘以形状积污系数K.2换算成参照绝缘子的SPS值。测量时间选在每年积污期结束时测量污秽度,具体测量时间根据当地多年气象规律或局部气候和环境条件确定(例如,某些地区的一年的ESDD/NSDD最大值可能在冬末春初下雨之前出现)。

交流不带电测量的值乘以 1.1~1.3 的带电积污系数  $K_1$  (直流带电积污系数正在研究中), 可等效为带电时测得的值。

注 1: 即使 ESDD 和 NSDD 的最大值没有同时出现, 但 SPS 还是取其最大值组合。

注 2: 若测量期没有自然清洗, ESDD 和 NSDD 的最大值可以从沉积密度与时间对数的关系图中估计, 所取时间值与预期的降雨频度有关。

注 3: 若可以得到足够的的数据, 最大值可以用统计值(如 1%, 2%, 5%)代替。

## 8.2 现场污秽度评定方法

污秽度的评定方法如下, 其置信度递减:

- 1) 现场测量;
- 2) 现场或接近运行现场的线路或变电所绝缘子性能的信息(见附录 G);
- 3) 根据气候和其他环境参数模拟算得的污秽水平(见 CIGRE 158[1]);
- 4) 如果没有其他可能性, 可以根据表 3 给出的指示定性确定。

现场测量通常使用不同的方法。它们是:

- 或是  
A 类污秽现场, 参照绝缘子表面的 ESDD 和 NSDD(见附录 C);
- 或是  
对 B 类污秽现场, 参照绝缘子或监测器上测得的现场泄漏电流或电导大小确定的 SES(见附录 D);
- 不同长度绝缘子的闪络总次数;
- 样品绝缘子的泄漏电流或电导。

注 1: 参考文献[6]给出了现场污秽度监测方法的例子。

上述方法的前两种 (ESDD, SES) 不要求价钱很贵的设备并且很容易执行。ESDD/NSDD 和 SES 表征了现场关于参照绝缘子的污秽度。在所有情况下, 宜使用适当的气象设备分别获得降雨和潮湿的信息。

所有这些方法的准确度取决于测量的频度以及该调查的持续时间。用两种或多种方法的组合可以改善准确度。

使用总闪络次数法需要昂贵的试验设备。可靠的信息可以从接近预设长度的试验绝缘子在接近实际运行电压下的闪络情况来得到。

后面两种方法需要电源和特定的记录设备, 其优点是能连续监测污秽的影响。它们的研发是用于评估积污速率。依据试验数据, 它们可用来指示污秽还在安全水平或发出要求清洗或采取其他减污办法的信号。这两种方法可以直接确定在现场被试绝缘子所需要的最小统一爬电比距 (USCD)。

在参照绝缘子上进行测量时, 对研究包括其他外形的绝缘子的积污和自清洗机理是非常有用的, 而且获得的信息有利于选择合适的绝缘子外形。

污秽事件通常是有季节性的并且与气候有关。因此, 考虑季节的影响 B 类污秽现场测量周期至少需要 1 年, A 类污秽现场测量周期至少需要 3 年。为了掌握异常污秽事件或者为了了解其趋势, 可能需要更长的周期。同样, 对于干旱地区测量可能需要至少超过 3 年(见 9.5.2)。

注 2: 应当考虑工业和运输网发展带来的影响, 合理的做法是工程建成后持续监测污秽度。

## 8.3 现场污秽度 (SPS) 等级

为了标准化的目的, 定性地定义了 5 个污秽等级, 表征污秽度从很轻到很重:

- a——很轻;
- b——轻;
- c——中等;
- d——重;
- e——很重。

注 1: 这些字母等级与先前 GB/T 5582—1993 的数字等级不能直接对应。

注 2: 实际上从一个等级到另一等级是逐渐变化的。因此, 如果可以进行测量, 确定绝缘子尺寸时优先考虑实际 SPS 值, 而不是等级。

对于 A 类污秽,图 1 给出了参照盘形悬式绝缘子对应于每一 SPS 等级的 ESDD/NSDD 值的范围。这些值是从现场测量、经验以及污秽试验推导出来的,并且是从至少一年时间的定期测量中得到的最大值。这个图仅适用于参照绝缘子并考虑了它们具体的积污特性。

对图 2 右侧阴影区表征的极重现场污秽度,为保证有满意的污秽性能,不能再使用简单的规则。对这个区域要求仔细研究,并需要采用绝缘解决方案兼防污措施的联合解决办法(见 9.5.5)。

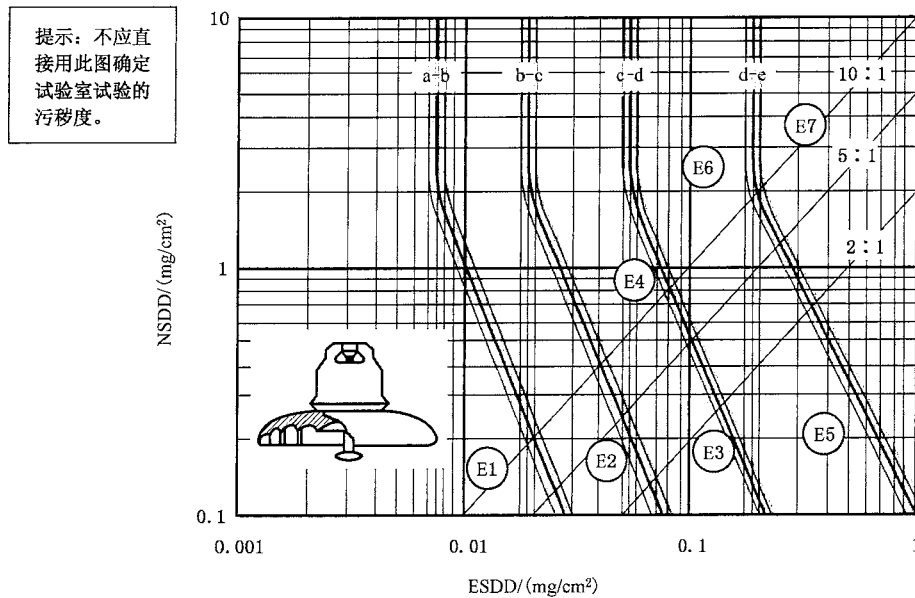
注 3: 图 1 是依据我国经验和试验数据做出的,其中的 ESDD、NSDD 为带电测量值。由于我国目前长棒形绝缘子的使用经验和试验数据很少,本部分暂未绘制长棒形绝缘子的 ESDD/NSDD 和 SPS 间关系图。

对于 B 类污秽,图 2 示出了参照绝缘子的 SES 测量和 SPS 等级间的关系。

图 1、图 2 的数值依据于沉积在参照绝缘子上的自然污秽。

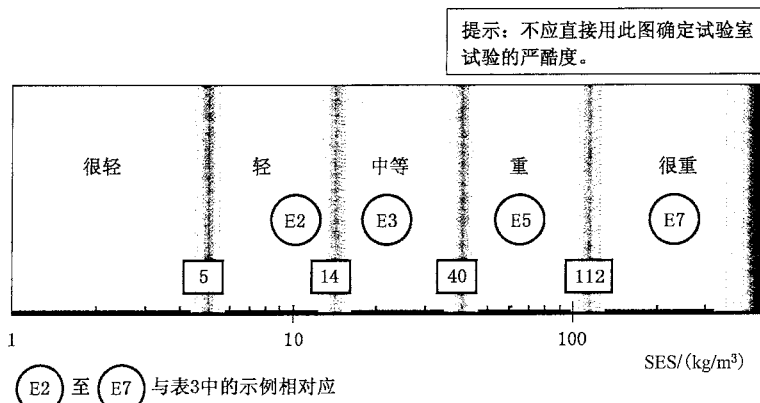
不应直接用这些图来确定试验室试验的污秽度。对自然条件和试验条件间的差别和绝缘子型式间的差别都必须进行校正(见附录 E 和[1])。

从一个 SPS 等级转变到另一个等级不是突变的,因此图 1、图 2 的每个等级间的边界线都用阴影带表示(见上面的注 2)。



注: E1~E7 对应表 3 中的 7 种典型污秽示例,a-b、b-c、c-d、d-e 为各级污区的分界线。三条直线分别为 NSDD 与 ESDD 之比为 10 : 1、5 : 1、2 : 1 的灰盐比线。

图 1 A 类现场污秽度——参照盘形悬式绝缘子的 ESDD/NSDD 和 SPS 间关系



⊙E2 至 ⊙E7 与表 3 中的示例相对应

图 2 B 类现场污秽度——参照绝缘子或监视器上的 SES 和 SPS 间关系

表3对每一污秽水平给出了某些典型的相应环境的示例和大致的描述。表中所描述的环境情况可能存在遗漏,并且最好不要单独据此描述来确定现场污秽度水平。表3中示例E1到E7被放置于图1和图2中以说明典型SPS水平。绝缘子的某些特性(例如外形)对绝缘子本身的积污秽量有重要影响。因此,这些典型值仅对参照盘形悬式绝缘子适用。

表3 典型环境的举例

示例	典型环境的描述
E1	<p>离海、荒漠或开阔干燥的陆地<math>&gt;50\text{ km}^a</math>;            离人为污染源<math>&gt;10\text{ km}^b</math>;            距大中城市及工业区<math>&gt;30\text{ km}</math>,植被覆盖好,人口密度很低(每平方公里小于500人的地区)。            距上述污秽源距离近一些,但:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 主导风不直接来自这些污秽源;</li> <li>● 并且/或者每月定期有雨冲洗</li> </ul>
E2	<p>离海、荒漠或开阔干燥陆地(10~50)<math>\text{km}^a</math>;            离人为污染源(5~10)<math>\text{km}^b</math>;            距大中城市及工业区(15~30)<math>\text{km}</math>,或乡镇工业废气排放强度小于1000万标准立方米每平方公里的区域、或人口密度(500~1000)人每平方公里的乡镇区域。            距上述污染源距离近一些,但:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 主导风不直接来自这些污秽源;</li> <li>● 并且/或者每月定期有雨冲洗</li> </ul>
E3	<p>离海、荒漠或开阔干燥陆地(3~10)<math>\text{km}^a</math>;            离人为污染源(1~5)<math>\text{km}^b</math>;            集中工业区内工业废气排放强度(1000~3000)万标准立方米每平方公里的区域、或人口密度(1000~10000)人每平方公里的乡镇区域。            距上述污秽源距离近一些,但:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 主导风不直接来自这些污染源;</li> <li>● 并且/或者每月定期有雨冲洗</li> </ul>
E4	<p>距E3中提到的污染源距离更远,但:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 在较长(几周或几个月)干燥污秽集积季节后经常出现浓雾(或毛毛雨);</li> <li>● 并且/或有高电导率的大雨;</li> <li>● 并且/或者有高的NSDD水平,其为ESDD的5倍~10倍</li> </ul>
E5	<p>离海、荒漠或开阔干燥陆地3 km以内<sup>c</sup>;            离人为污染源1 km以内<sup>b</sup>;            距大中城市及工业区积污期主导风下风方向(5~10)<math>\text{km}</math>,或距独立化工或燃煤工业源1 km,或乡镇工业密集区及重要交通干线0.2 km,或人口密度大于10000人每平方公里的居民区,或交通枢纽</p>
E6	<p>离E5中提到的污染源距离更远,但:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 在较长(几周或几个月)干燥污秽集积季节后经常出现浓雾(或毛毛雨);</li> <li>● 并且/或者有高的NSDD水平,其为ESDD的5倍~10倍</li> </ul>
E7	<p>离污染源的与重污秽区(E5)相同,且</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 直接遭受到海水喷溅或浓盐雾;</li> <li>● 或直接遭受高电导率的污秽物(化工、燃煤等)或高浓度的水泥型灰尘,并且频繁受到雾或毛毛雨湿润;</li> <li>● 沙和盐能快速沉积并且经常有冷凝的荒漠地区或含盐量大于1.0%的干燥盐碱地区</li> </ul>
<p><sup>a</sup> 在风暴期间,在这样的离海距离,其ESDD水平可以达到一个高得多的水平。  <sup>b</sup> 相比于规定的离海、荒漠和干燥陆地距离,大城市影响的距离可能更远。  <sup>c</sup> 取决于海岸区域地形以及风的强度。</p>	

## 9 绝缘选择和尺寸确定

### 9.1 过程的一般描述

绝缘选择和尺寸确定的全部过程可以概括如下：

- 根据现有知识、时间和资源,确定适用的方法(方法1、方法2和方法3)；
- 收集必需的输入数据,主要有:交流还是直流、系统电压、绝缘应用型式(线路,支柱,套管等)；
- 收集必需的环境数据,主要有:现场污秽度和等级。

在这个阶段,可初步选取适宜于该用途和环境的候选绝缘子(见9.2~9.4)。

- 用GB/T 26218相关的第2部分和后面的部分中的指出的方法,或者用方法1情况下来自运行或试验站的经验确定该型式和材料的绝缘子参考统一爬电比距；
- 如有必要,根据相关因素修正参考USCD,这些因素取决于候选绝缘子的尺寸、外形、方向等；
- 校核所选候选绝缘子是否满足表2中系统和线路的其他要求(例如强制性几何形状、尺寸以及经济方面的要求),如果不能得到满意的候选者,则应改变解决办法或改变要求；
- 在采用方法2时,用试验室试验(见附录E)对确定的尺寸进行验证。

注:对前面提到的每一种绝缘子类型的特定指导原则给出在GB/T 26218的相关的第2部分和后面的部分。

### 9.2 材料选取的一般指南

材料选取可能完全取决于环境或系统约束,另一方面,也可能仅仅取决于用户的方针和经济因素。上釉的瓷和玻璃是传统户外绝缘材料。聚合物绝缘子是玻璃和瓷绝缘子的替代品,它可以是全部由聚合物制成的绝缘子,也可以是由聚合物外套与玻璃纤维芯体组合在一起构成的复合绝缘子。聚合物绝缘子有着不同的外形和材料技术,其污秽性能参数未必和传统绝缘相同。

GB/T 26218的第2部分涉及由传统材料制作的绝缘子的选择和尺寸确定。GB/T 26218的第3部分涉及聚合物绝缘子。关于这个题目的CIGRE工作的更多的细节也可见参考文献[2,3],关于聚合物材料以及湿润性的信息也可见参考文献[7,8]。

注:已开始考虑GB/T 26218中下一步有关直流系统的相关部分。

### 9.3 外形的一般指南 发输电群895564918, 供配电群204462370, 基础群530171756

不同型式绝缘子以及甚至相同型式绝缘子但不同方向时,在相同环境下可能会以不同的速率积累污秽。此外,污秽物种类的变化也可能对某些形状的绝缘子比另一些绝缘子更有影响。以下列出了外形选择的简略指导。应该考虑到,最小或最大绝缘总长是重要的限制性参数,例如,它对于绝缘配合或杆塔的高度是很重要的。表4概述了各种绝缘子外形的主要特点。

GB/T 26218的相关部分给出了关于外形的更多的信息。

### 9.4 对爬电距离和绝缘子长度的考虑

对污秽环境绝缘子的选择和其性能的表达最常用的是仅依据在系统电压下能耐受该污秽条件所必需的爬电距离。这可能会导致根据每单位电压所需的爬电距离来比较绝缘子。但是仅使用爬电距离所建立的这个指标排序并没有考虑取决于绝缘子每单位长度有效的爬电距离这样的其他因素。例如,具有146 mm结构高度的一个标准盘形悬式绝缘子串依靠增加串中的绝缘子元件数可以与有相同长度但有较长爬电距离的由170 mm结构高度的绝缘子所组成的一个等效的绝缘子串有类似的污秽性能。选择绝缘子时这点很值得考虑,特别是应用在绝缘子长度约束属于次要条件时。

相反,如果绝缘子长度或高度是主要约束条件,由于外形有效性的降低,在有限空间内增加爬电距离可能也不会得到对预期性能的充分改善。另外,对于聚合物材料,增加爬电距离或减小伞间距可能会加剧老化效应。



表 4 典型的外形及其主要特点

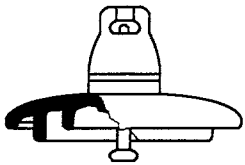
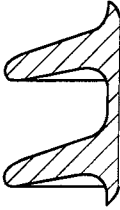
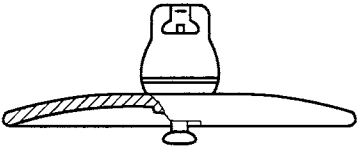
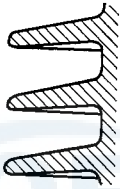
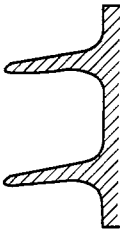
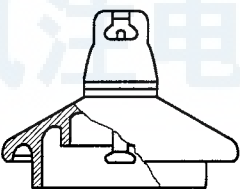
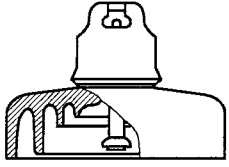
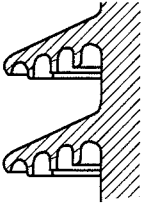
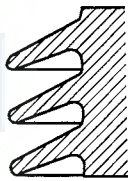

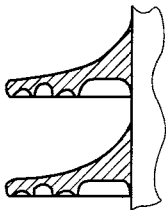
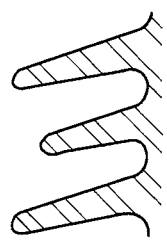
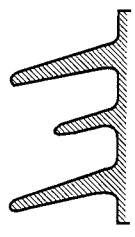
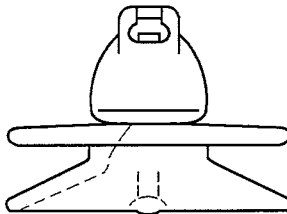
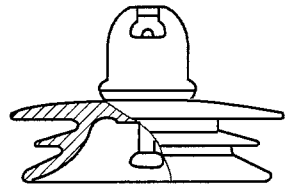
<p>标准外形</p> <p>标准外形在“很轻”到“轻”污秽地区的使用是有效的。在那些地区不要有很长的爬电距离或空气动力学效应的外形</p>	 <p>标准盘形悬式绝缘子</p>	 <p>标准瓷外形,长棒形绝缘子、支柱绝缘子、空心绝缘子</p>
<p>空气动力学或开放外形</p> <p>可证明空气动力或开放外形用于污秽通过风沉积到绝缘子上的地区有益,如荒漠、严重污染的工业地区或不直接承受盐喷溅的沿海地区。这种外形对以很长干燥期为特征的地区特别有效。开放伞形自清洁性能良好,维护时也更容易清洁</p>	 <p>空气动力学盘形悬式绝缘子</p>  <p>长棒形瓷绝缘子、支柱瓷绝缘子、空心瓷绝缘子</p>	 <p>聚合物长棒形绝缘子、支柱绝缘子、空心绝缘子</p>
<p>防雾外形</p> <p>大倾角(钟罩型)或深下棱等耐雾外形用于受到盐水雾或盐水喷溅的地区、或其他溶解状态污秽物的地区是有益的。这类外形在存在含微溶盐的颗粒状析出污秽物地区也可能有效,在 NSDD 和微溶盐低水平地区也可能有效</p>	 <p>钟罩防雾盘形悬式绝缘子</p>  <p>深下棱盘形悬式绝缘子</p>  <p>深下棱长棒形瓷绝缘子、支柱瓷绝缘子、空心瓷绝缘子</p>	 <p>大倾角长棒形绝缘子、空心绝缘子、支柱绝缘子</p>  <p>大倾角聚合物长棒形绝缘子、空心绝缘子、支柱绝缘子</p>  <p>带下棱的聚合物长棒形绝缘子、空心绝缘子、支柱绝缘子</p>

表 4 (续)

<p style="text-align: center;">交替伞外形</p> <p>交替伞布置通常可用于所有外形，但大倾角伞益处较小。这类伞形特点是每个结构单元的爬电距离增大，而在大雨或结冰时不会对性能有不利影响。在开放式外形结构中的简单交替外形，也可以得到类似益处</p>		 <p style="text-align: center;">长棒形瓷绝缘子、支柱瓷绝缘子、空心瓷绝缘子</p>  <p style="text-align: center;">聚合物长棒形绝缘子、空心绝缘子、支柱绝缘子</p>
<p style="text-align: center;">双层伞与三层伞外形</p> <p>有开放外形及防雾外形的相对的优点和缺点。单个绝缘子的爬电距离大</p>	 <p style="text-align: center;">双层伞盘形悬式绝缘子</p>  <p style="text-align: center;">三层伞盘形悬式绝缘子</p>	

9.5 例外的或特殊的应用或环境的考虑

9.5.1 空心绝缘子

聚合物和瓷的空心绝缘子用于电器、套管，也作电站支柱用。它们使用的例子有，作为电容器、避雷器、断路器的灭弧室和支柱、电缆端子、穿墙套管、变压器套管、互感器和其他测量器件的外套。

完整的空心绝缘子的污秽性能不仅和外形、爬电距离和直径有关，而且也电压分布均匀性有关。影响电压分布的两个主要参数一是内部和外部部件，二是不均匀受潮(见 9.5.1.1 和 9.5.1.2)。因此应注意其设计，特别是在较低污秽水平时，不均匀性的影响更为危险，可能会降低闪络性能，也会增加击穿的风险。

9.5.1.1 内部和外部部件

绝缘子外套内部或外部存在的导体、屏蔽或均压装置可能会很大地影响装配后的电气性能。除了已知空的外套和用此外套的装配好的电器在冲击电压下干或湿的闪络试验时性能上有不同外，空的外



套和装配后的外套在污秽试验时也有类似的电气性能上的不同。

电压分布的不均匀性的影响在低污秽水平〔ESDD为(0.01~0.03)mg/cm<sup>2</sup>〕时更明显,因为弱的阻性泄漏电流不能充分地补偿、校正或调整电压分布的不均匀性。

对于较高的污秽水平,阻性表面电流成为主导地位,并且因而可以降低电压分布不均匀性的影响。这种作用可以在试验室试验期间观察到,在空的空心绝缘子和带有内部部件的空心绝缘子两者上得到的结果类似。

在具有均匀的轴向和径向电压分布的绝缘系统通常可以得到良好的性能(高的闪络电压和低的击穿风险),例如在具有电容均压的器件上。因此,绝缘子设计首先要有助于使电压分布总体均匀,其次再考虑有利于内部相关的部件。

#### 9.5.1.2 不均匀的湿润和不均匀的污秽沉积

由于建筑物或其他设备对雨的遮蔽可以引起套管或外套的不均匀受潮。在某些位置,套管运行温度升高带来的干燥效应会引起绝缘子不均匀湿润。此外,在自然条件下可以出现不均匀的污秽沉积。因此,对于如水平安装的穿墙套管那样的电器,即使在高污秽水平下,消除电压分布不均匀的效果也不可能多么有效。

#### 9.5.2 干燥地区

干燥地区使得绝缘子选择和尺寸确定变得特别困难。即使那个地区不直接邻近海岸,很长的干燥期间也可以导致ESDD和NSDD值出现极端水平,这是因为周围的沙可能含盐量高。

在这种情况下使用空气动力学的“自清洁”外形有助于减少污秽沉积的影响,也可以使用聚合物绝缘子。同样,使用半导体釉瓷绝缘子可以产生大约1mA的持续电流,有助于避免露的形成。

#### 9.5.3 邻近效应

任何绝缘子,它们的轴相互接近时,例如瓷柱式断路器的灭弧室和均压电容器、某些隔离开关以及多串线路绝缘子组成的绝缘子串组,对污秽性能都会有不利的影晌。这是因为在污秽诱发的放电活动期间由于不同的电场分布可引起电压梯度升高所致。

#### 9.5.4 方向

绝缘子的方向对其闪络性能的影响通常难以用简单规则说明。绝缘子型式和尺寸会直接影响不同方向污秽绝缘的性能。此外,所在现场的污秽度和形成最大污秽水平的时间也可以决定方向的影响。湿润过程的特点以及闪络机理(即表面闪络或伞间击穿)也是影响方向和尺寸效应的重要因素。

因此,不同的绝缘子型式和方向闪络强度是直接影响这种性能的变化过程间平衡的结果。

GB/T 26218.2的信息原则上仅与垂直绝缘有关。关于方向影响的更多信息可参见参考文献[1]。

#### 9.5.5 维护和减污的方法

在特别的情况下,污秽问题无法通过优选绝缘子来经济地解决。例如,对很严重污染地区或年降雨量很少的地区,可能需要绝缘子维护,若已建变电所(或线路)的环境由于出现新污染源而发生变化时,可能同样也要采取措施。

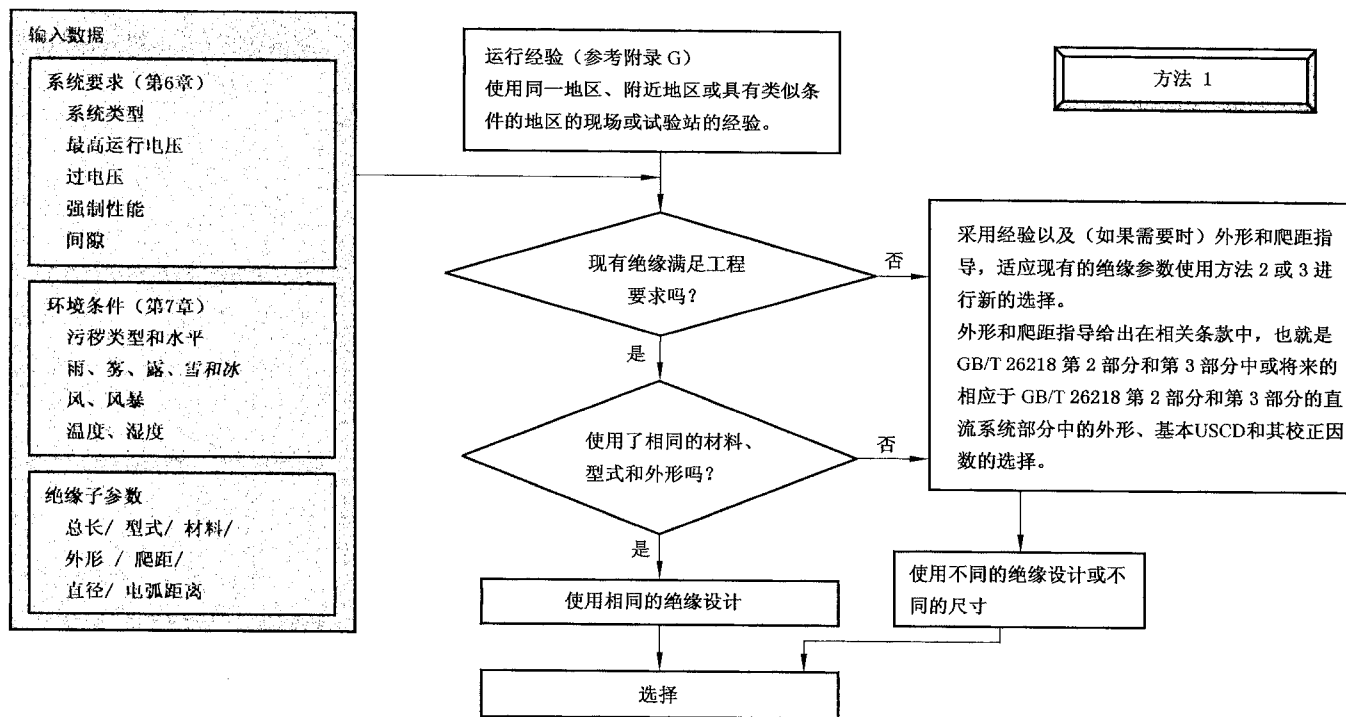
维护和减污的方法可取下列型式中的一个或多个:

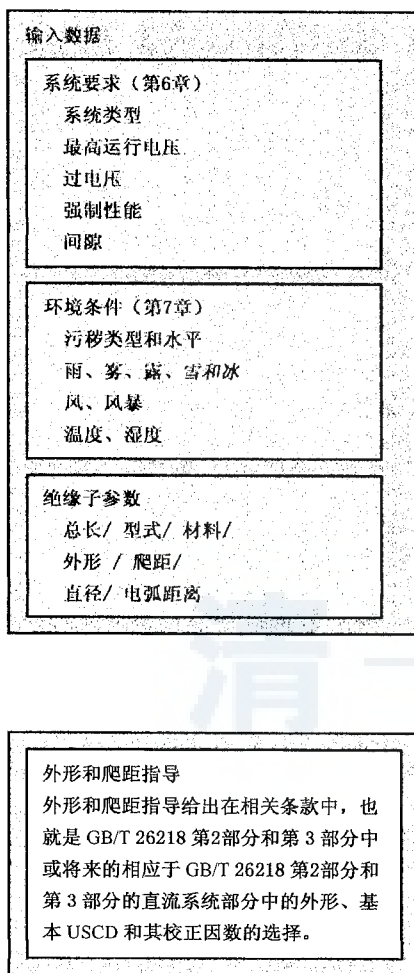
- 擦拭或清洗。此方法可采用手工或自动。某些自动清洗方法可以在带电绝缘子上进行。这些方法可以减少在绝缘子上积累的污秽。
- 涂覆憎水性涂层,例如硅橡胶(RTV、PRTV等)或油脂。这些涂层的憎水性能改善绝缘子的污秽性能。
- 安装附加部件,如延伸伞或增爬件。延伸伞主要通过屏障效应改善绝缘子的性能,减少水滴桥接伞裙现象。增爬件的作用是增大绝缘子的爬电距离。

这些方法已广泛使用并取得了良好经验。维护和减污方法的选取取决于现场条件、绝缘子型式、实用性以及经济条件。更多的信息可以参阅[1]和[2]。

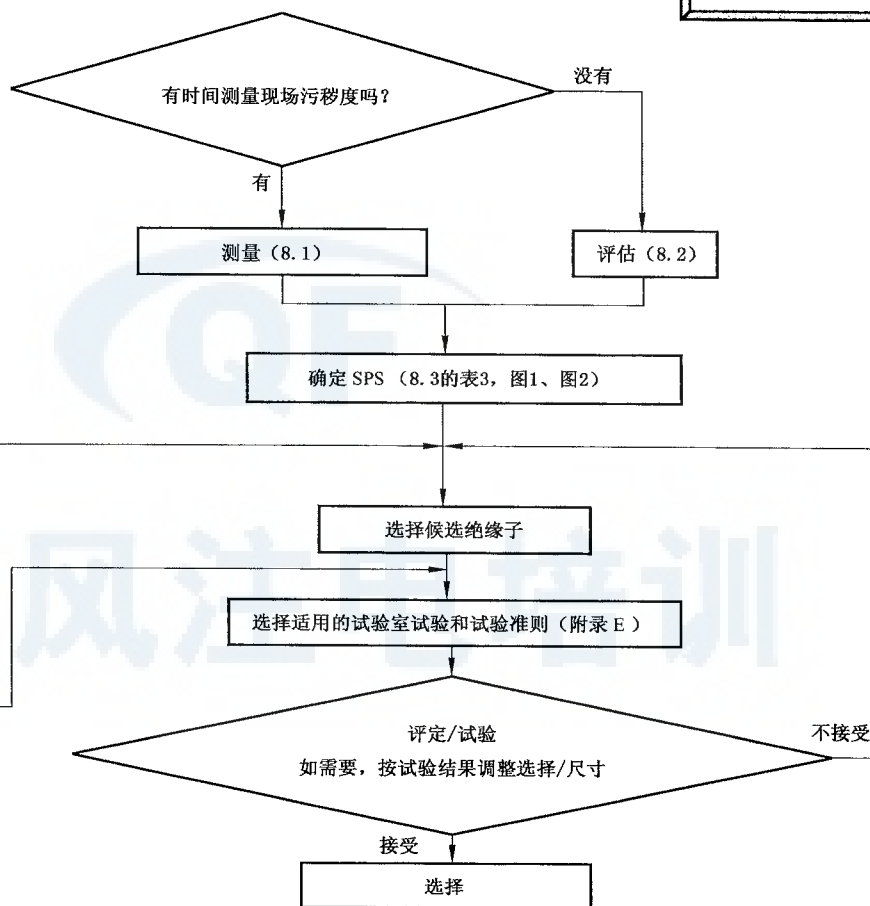
附录 A  
 (资料性附录)  
 设计方法流程图

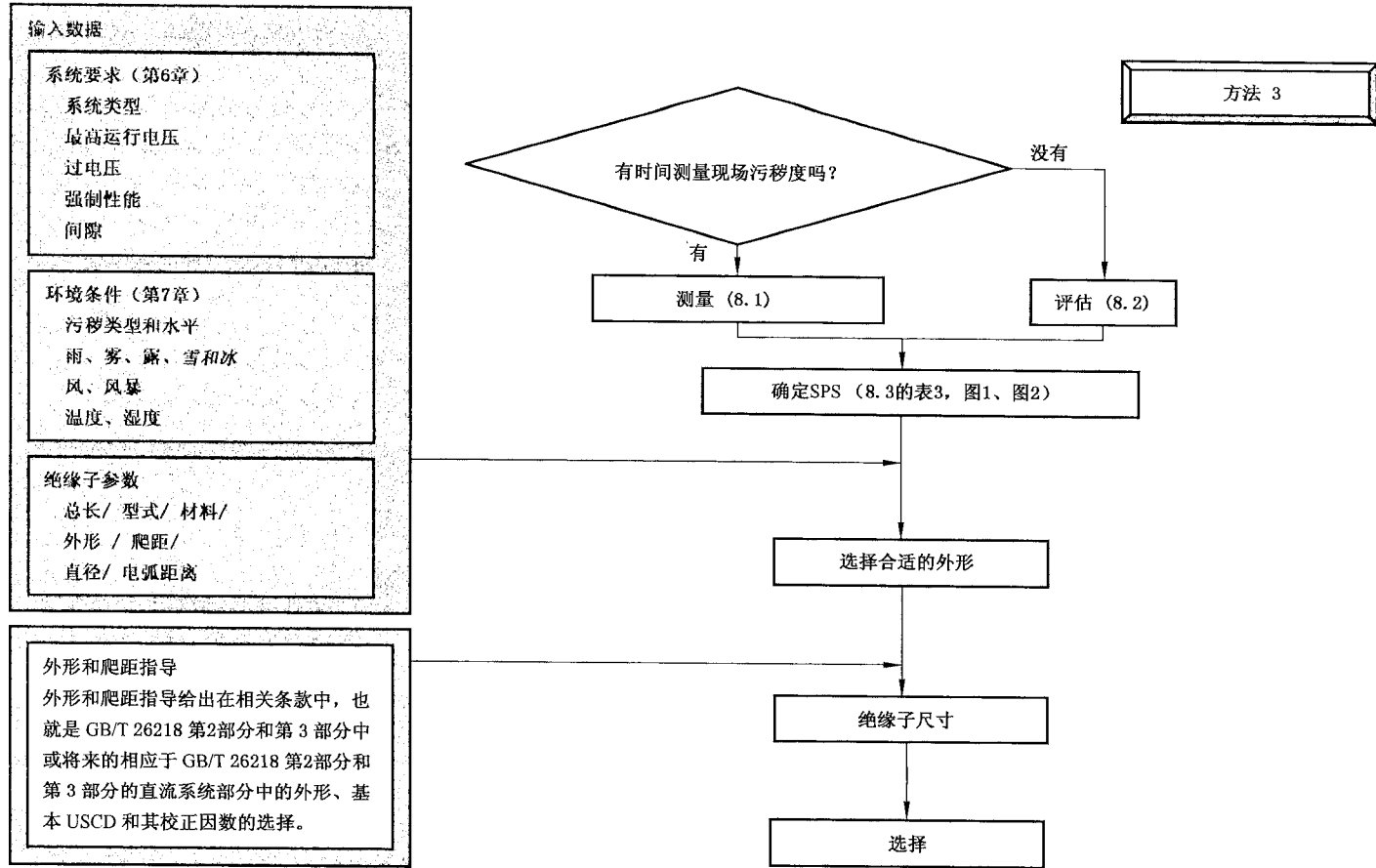
下面绘制示出了方法 1、方法 2 和方法 3 的流程图。





方法 2





## 附录 B

### (资料性附录)

### 污秽闪络机理

#### B.1 在 A 类污秽条件下污秽闪络机理的描述

为了容易理解预沉积污秽(A类)的闪络过程,可以将它分成6个阶段并分别叙述如下。实际上这些阶段不会分得很清楚,然而可能会合并。

由于绝缘子的表面性能缘故,会对绝缘子污秽闪络过程有很大影响。可以认可有两种表面条件:或是亲水或是憎水的。玻璃或瓷绝缘子表面通常是亲水的,而聚合物绝缘子(特别是硅橡胶绝缘子)表面通常是憎水的。在潮湿条件下,例如在雨、雾等条件下,亲水表面将完全地潮湿,从而有一层电解液膜覆盖了该绝缘子。相反,同样的潮湿条件下,在憎水表面上水形成清晰的小水滴。

污秽闪络过程也受电压波形、交流或直流的重要影响。在交流条件下,跨越绝缘子表面的电弧传播可以有几个周波并且因而在电流过零的附近电弧会经受一个熄灭和再点燃的过程。

一个复杂的特点是绝缘子外形的相邻点间(例为棱间或伞间)空气的击穿,会导致短接了绝缘子表面某些部分而降低其闪络性能。此外,水滴或水流也可以促进此性能的降低。

发生在亲水表面例如陶瓷材料表面上的这个过程叙述如下。

阶段1:绝缘子由污秽层覆盖。如果该污秽在干燥时是不导电的(高电阻),那么在闪络前将需要出现某些湿润过程(阶段2)。

阶段2:污秽绝缘子的表面变潮湿。一个绝缘子的湿润可以下列方式发生:吸收潮气、冷凝和降水。大雨(降水)可能会将部分或整个污秽层的电解质成分洗去,从而不会引起击穿过程的其他阶段,或者会由于伞间间隙的桥接而引起了闪络。当绝缘子的温度和周围空气的温度相同时,在高相对湿度(>75%RH)期间会出现吸收潮气。当空气中的潮气凝聚到温度低于露点的表面上时就可以出现冷凝。这种状况通常出现在太阳升起或太阳快升起之时。

阶段3:一旦带电的绝缘子覆盖了导电的污秽层,其表面就会流过泄漏电流,并且在几个工频周期内它的热效应就会引起一部分污层变干。此过程在电流密度最高的部位,即在绝缘子的最窄部位出现。这就会引起所称的干带的形成。

阶段4:污层不会均匀地干燥,并且因干带中断了泄漏电流的流动,导电路径在此位置就被断开了。

阶段5:加在若干个干带(这些干带可以是仅仅几毫米宽)的线对地电压引起了空气击穿,并且由与还是湿的并导电的污层部分的电阻在电气上相串联的电弧桥接了干带。绝缘子干带上每次跳火花都会引起一个泄漏电流脉冲波。

阶段6:如果污层上还是湿的并且导电的部分的电阻足够低,电弧将维持桥接干带并且将继续沿着绝缘子延伸,桥接它的越来越多的表面。这就依次地降低了与电弧串联的电阻,使电流增大,并使电弧可以桥接更多的绝缘子表面。最后它被完全地桥接了并产生了一次线对地的故障(闪络)。

可以将这整个过程概括为绝缘子、污秽物、湿润条件以及施加电压(在试验室条件下还有电源阻抗)间的一种相互作用。

闪络的可能性随泄漏电流的升高而增大,并且主要由决定了电流大小的表面层电阻确定。因此,可以做出这样的结论:即按照上述的模型,表面层电阻是决定绝缘子是否会闪络的根本因素。使用形状因数(见附录H),假定均匀的污秽分布和均匀潮湿条件下,可以算出表面层电阻。

在很干旱的地区如荒漠地区污秽闪络可能是一个疑难问题。其常常用太阳升起时在绝缘子表面温度和迅速升高的周围空气温度间的“热的滞后”来解释。要出现显著的冷凝此温度差仅需要摄氏度几度,即使在相当低的相对湿度下也如此。绝缘材料的热容量和热导率控制了其表面变暖的速率。

污秽闪络过程和模型更多的信息可在 CIGRE 158[1]中找到。

## B.2 B类污秽条件下污秽闪络机理的描述

### B.2.1 导电雾

B类“瞬时污秽”是指高电导率的一种污染物,这种污染物快速沉积在绝缘子表面上,使绝缘子的状态在一个很短的时间( $<1\text{ h}$ )内从一种可允许的清洁、低电导状态改变直到闪络,并且当这一事件过去后再返回到低电导状态。

为了容易理解此瞬时污秽闪络,可以应用 B.1 中叙述过的相同过程。但瞬时污秽通常沉积为一高电导率液体电解质的层,例如盐水喷射、盐雾或工业酸雾,从而这个过程在上述的阶段 3 开始并且可以迅速地进展到阶段 6。在实际上,这些阶段分得不是很清楚,但它们可以合并。这里仅涉及到亲水表面。有这种风险的地区大多数是靠近化学工厂或是靠近有温度逆转记载的海岸地区。

### B.2.2 鸟粪流

B类污秽的一个特殊情况是鸟粪流。这种型式是鸟的排泄物,在释放时形成连续的、电导率很高( $20\text{ k}\Omega/\text{m} \sim 40\text{ k}\Omega/\text{m}$ )的鸟粪流,此鸟粪流的长度足以使空气间隙减小到引起闪络。在这个情况下,绝缘子几何形状和特性起到很小的作用或者没有作用,最好的解决办法可能是设置制止器件或在其他位置设置栖息处,这要适合于当地的鸟类和结构设计。

## B.3 憎水表面的污秽闪络机理

由于憎水表面的动态特点以及(导电的和不导电的)污秽物和湿润剂存在着复杂的相互作用,目前还不存在被普遍接受的憎水绝缘子表面污秽闪络模型。但是,出现了污秽闪络机理的定性描述,它包括这样一些因素,即盐迁移到水滴内,水滴不稳定,形成表面液丝并且当电场足够高时在液丝间或水滴间发生放电。

但是,在运行中憎水性材料会经受到污秽沉积、受潮、局部放电或高电场这样一个动态过程,它们可能会联合在一起使局部表面或整个表面变为暂时较亲水的。于是,亲水表面闪络过程的许多物理性质,即使是表现在局部区域或是有限的时间间隔内,也可以适用于名义上是“憎水的”材料或表面。



## 附 录 C

### (规范性附录)

### ESDD 和 NSDD 的测量

#### C.1 引言

现场污秽度可以由测量从现有的装置和/或现场试验站装置取下的参照绝缘子的等值盐密(ESDD)和不溶沉积物密度(NSDD)来确定。此外,如果可能,还可以在选取的原样绝缘子上测量 ESDD 和 NSDD,可为确定对该绝缘子所需爬距提供直接信息。同样,对于污秽物进行化学分析有时也是有用的。本附录叙述了怎样测量 ESDD 和 NSDD,以及怎样对污秽物进行化学分析。

在现场污秽度测量中,通过使用由 7 个参照盘形悬式绝缘子组成的串(最好是 9 个盘的串,以避免端部影响)或一个最少有 14 个伞的参照长棒形绝缘子来使测量标准化(见图 C.1)。不带电绝缘子串的安装高度应尽可能接近于线路或母线绝缘子的安装高度。绝缘子串的各个盘或区域应在确定的适当的时间间隔内进行监测,例如每月(盘 2/区域 1)、每 3 个月(盘 3/区域 2)、每 6 个月(盘 4/区域 3)、每年(盘 5/区域 4)、2 年后(盘 6/区域 5)、3 年~5 年后(盘 7、盘 8/区域 6、区域 7),在预期降雨、凝露等以前。

注 1:对直流应用,分别测量上表面和下表面的 ESDD 和 NSDD 可能是有益的。

注 2:上面的盘和时间是对 8.1a)办法提出的。

注 3:虽然本部分暂未绘制长棒形绝缘子的 ESDD/NSDD 和 SPS 间关系图,但这里提供了可以用来测量长棒形绝缘子 ESDD/NSDD 的测量方法,是为了当获得足够的实践经验和试验数据后,将长棒形绝缘子的 ESDD/NSDD 和 SPS 间关系图补充入本部分。

#### C.2 测量污秽度必需的设备

下列设备对 ESDD 和 NSDD 的测量都是必需的。

- 蒸馏水/去离子水
- 电导率仪
- 测量圆筒
- 温度探头
- 外科手套
- 滤纸
- 塑料的粘着包装纸
- 漏斗
- 有标记的容器
- 干燥器/干燥箱
- 洗涤盆
- 天平
- 脱脂棉花/刷子/海绵

#### C.3 ESDD 和 NSDD 测量的污秽收集方法

##### C.3.1 一般注意事项

不应触及绝缘子表面以避免污秽的任何丢失。

戴上清洁的外科手套。

容器、测量圆筒等应充分地洗净以在测量前除去任何电解质。

##### C.3.2 使用擦洗技术的程序

- 将(100~300)cm<sup>3</sup>(或者如果有要求的话还可以更多)的蒸馏水倒入容器中,并将脱脂棉花浸入水中(也可以使用其他工具如刷子或海绵)。用于浸入棉花的水的电导率应小于 0.001 S/m。
- 用压挤棉花的方法从绝缘子的表面(但不包括任何金属部件或装配材料表面)擦洗下污秽物。在盘形悬式绝缘子情况下,如果有需要,可以分别测量其上表面和下表面,以得到评定用的有

用信息,正如图 C.2 所示。在长棒形或支柱绝缘子情况下,污秽物通常从伞裙的一部分上收集。

- 带有污秽物的棉花应放回到该容器中。然后通过在水中摆动和挤压棉花使污秽物溶解在水中。
- 重复此擦洗直至不再有污秽物留在绝缘子表面。如果即使擦洗几次后还留有污秽物,应用刮刀除去这些污秽并放进含有污秽物的水中。
- 应注意不丢失任何水分。也就是说,在收集污秽前和收集污秽以后水量不应有太大的变化。

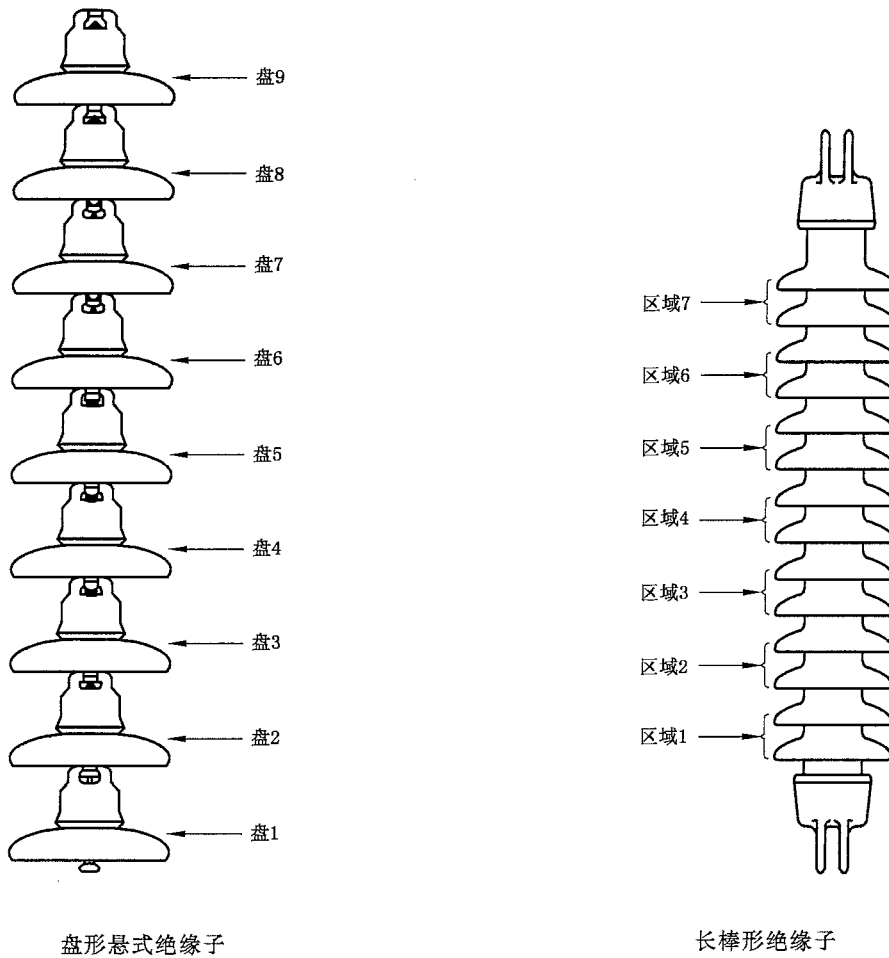


图 C.1 测量 ESDD 和 NSDD 用绝缘子串

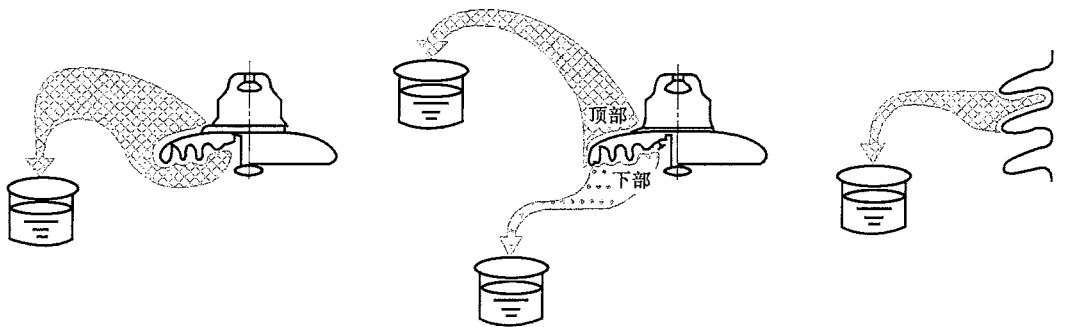


图 C.2 绝缘子表面污秽的擦洗



C. 3. 3 使用洗涤技术的程序(盘形悬式绝缘子)

应按以下程序:

- 用塑料的粘着包装纸分别覆盖在帽和脚上,但不能覆盖在绝缘子表面。
- 应确保洗涤绝缘子伞盘的盆是清洁的。
- 量取 500 cm<sup>3</sup>~1 000 cm<sup>3</sup>(或者如果有要求的话还可以更多)的蒸馏水( $\sigma < 0.001$  S/m)并倒入此盆中。
- 使被试绝缘子的帽子朝向水中并使盘面接近水面,用柔和的手法抚摸清洗对着水的表面直至其边缘。
- 在洗涤盆内将同一绝缘子的脚朝向水中并使盘下表面接近水面,用柔和的手法抚摸清洗去下表面的污秽。
- 将水仔细地倒入容器中而且注意不要使盆子里留下沉积物。

上面的程序可以使用来分别收集上表面和下表面的沉积物。

C. 4 ESDD 和 NSDD 的测定

C. 4. 1 ESDD 的计算

应测量含有污秽物的水的电导率和温度。测量应在充分地搅拌水以后进行。对于高溶解度的污秽物,要求搅拌时间的较短,例如几分钟。对于低溶解度的污秽物通常要求搅拌时间的较长,例如 30 min~40 min。

电导率的校正应使用下面的式(C. 1)。这个计算是基于 GB/T 4585—2004 中 16. 1 和第 7 章的规定。

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - b(\theta - 20)] \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中:

- $\theta$ ——溶液温度(°C);
- $\sigma_{\theta}$ ——温度  $\theta$  °C 时的体积电导率(S/m);
- $\sigma_{20}$ ——温度 20 °C 时的体积电导率(S/m);
- $b$ ——取决于温度  $\theta$  的一个因数,由式(C. 2)得到,并如图 C. 3 所示。

$$b = -3.200 \times 10^{-8} \theta^3 + 1.032 \times 10^{-5} \theta^2 - 8.272 \times 10^{-4} \theta + 3.544 \times 10^{-2} \dots\dots (C. 2)$$

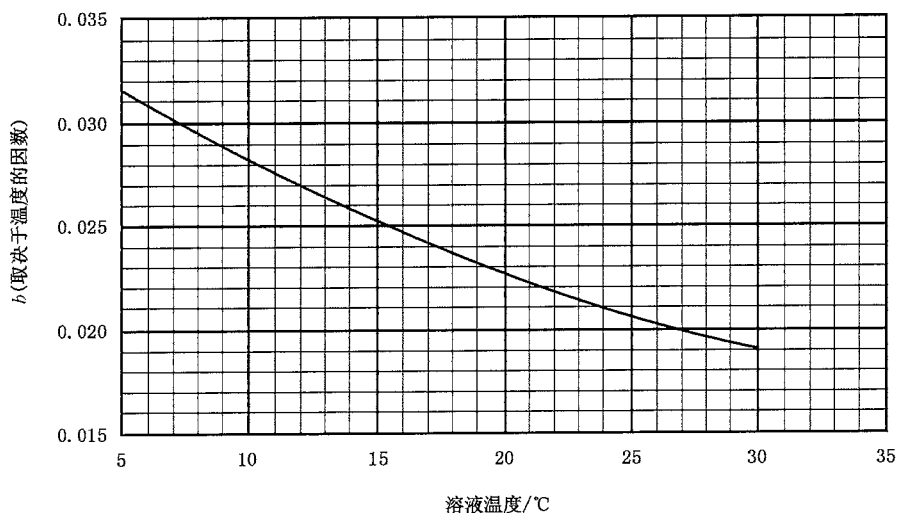


图 C. 3 b 值

绝缘子表面的 ESDD 应按式(C. 3)和式(C. 4)计算。此计算根据 GB/T 4585—2004 中 16.2 的规定。 $\sigma_{20}$  和  $S_a$  (盐度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ) 间的关系示于图 C. 4。

$$S_a = (5.7\sigma_{20})^{1.03} \quad \dots\dots\dots (\text{C. 3})$$

$$\text{ESDD} = S_a \cdot V/A \quad \dots\dots\dots (\text{C. 4})$$

式中:

$\sigma_{20}$ ——温度 20 °C 时的体积电导率(S/m);

ESDD——等值盐密( $\text{mg}/\text{cm}^2$ );

V——蒸馏水的体积( $\text{cm}^3$ );

A——收集污秽的绝缘子表面的面积( $\text{cm}^2$ )。

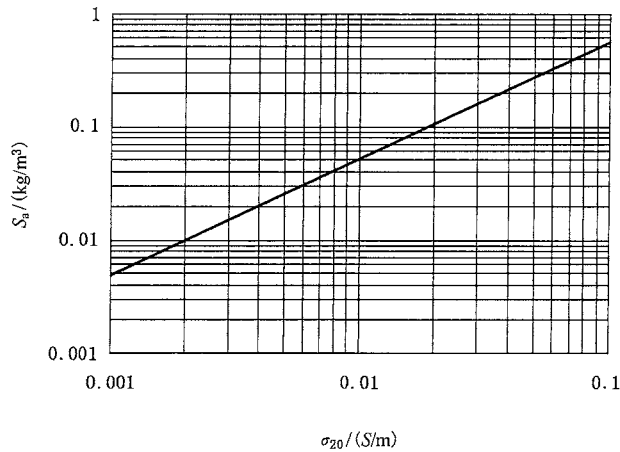


图 C. 4  $\sigma_{20}$  和  $S_a$  的关系

如果分别地测得了上表面和下表面的 ESDD, 那么平均 ESDD 可以计算如下(式(C. 5))同样也可以使用于平均 NSDD):

$$\text{平均 ESDD} = (\text{ESDD}_t \times A_t + \text{ESDD}_b \times A_b) / A \quad \dots\dots\dots (\text{C. 5})$$

式中:

$\text{ESDD}_t$ ——上表面的 ESDD( $\text{mg}/\text{cm}^2$ );

$\text{ESDD}_b$ ——下表面的 ESDD( $\text{mg}/\text{cm}^2$ );

$A_t$ ——绝缘子上表面面积( $\text{cm}^2$ );

$A_b$ ——绝缘子下表面面积( $\text{cm}^2$ );

A——绝缘子表面的总面积( $\text{cm}^2$ )。

注 1: 对于在  $0.001 \text{ mg}/\text{cm}^2$  范围以内的低 ESDD 测量, 推荐使用电导率很低的水, 例如低于  $10^{-4} \text{ S}/\text{m}$  的水。普通的低于  $0.001 \text{ S}/\text{m}$  的蒸馏水或去离子水, 也可以用于上述的测量, 但是应从含污秽的水中测得的等值盐量中减去水本身的等值盐量。

注 2: 蒸馏水或去离子水的量取决于污秽的种类和量。很重污秽或低溶解度污秽的测量推荐用大的水量。实际上, 清洗每平方米表面可以使用(2~10)L 水。为了避免过低估计污秽物的量, 增加水量要使其电导率小于约  $0.2 \text{ S}/\text{m}$ 。如果测得了很高的电导率, 可能会有一些怀疑, 是否因水量很少而有残余的污秽物没有被溶解。

注 3: 测量电导率前的搅动时间取决于污秽物种类。对于低溶解度的污秽物, 可在长约 30 min~40 min 的时间间隔内测量电导率, 并且当测量值稳定时确定其值。为了快速地溶解污秽物, 也可以使用例如煮沸法和超声波法等特殊方法。

#### C. 4.2 NSDD 计算

应使用漏斗和已干燥并且称过重量的滤纸(等级 GF/A1.6  $\mu\text{m}$  或类似的)过滤测量了 ESDD 后的

含污秽的水。

应干燥含有污秽物(残余物)的滤纸,然后称重,正如图 C.5 所示。

NSDD 按式(C.6)计算。

$$\text{NSDD} = 1\,000(W_f - W_i) / A \quad \dots\dots\dots (\text{C.6})$$

式中:

NSDD——不溶材料沉积密度( $\text{mg}/\text{cm}^2$ );

$W_f$ ——在干燥条件下含有污秽物的滤纸重(g);

$W_i$ ——在干燥条件下滤纸最初的重量(g);

$A$ ——收集污秽的绝缘子表面的面积( $\text{cm}^2$ )。

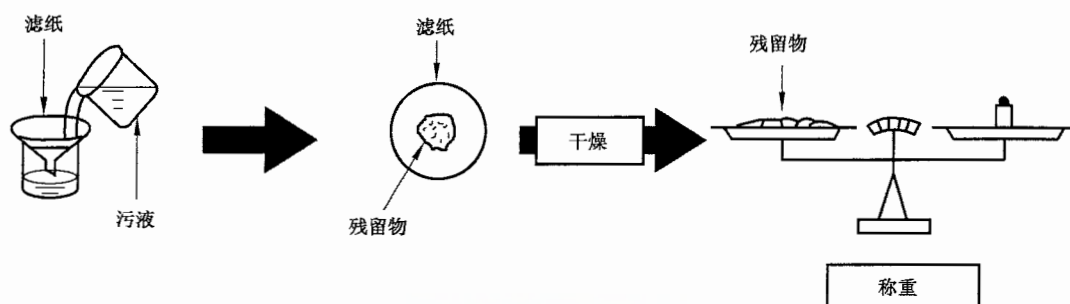


图 C.5 测量 NSDD 的程序

### C.5 污秽物的化学分析

为了准确地研究污秽条件,可对污秽物进行定量化学分析。这种分析对鉴别可溶盐的化学成分是有用的。可溶盐的化学分析可以使用 ESDD 测量后的溶液,用离子交换色谱法(IC)、感应耦合等离子体——光学发射分析光谱测定法(ICP)等方法进行。分析结果可以显示出正离子如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  以及负离子如  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  等的量。

**附录 D**  
(规范性附录)  
**B类污秽度的评定**

**D.1 绪言**

沿海地区的污染往往属于瞬时污秽型式,出现在靠近海岸的地方。污秽事件持续时间可以从少于1 h至大于24 h。为了测定在这种情况下污秽度,可以使用定期测量(如每隔30 min到1 h)或连续地测量绝缘子的表面电流的方法。另一方面可以采用测量绝缘子闪络应力(见D.3)的方法。对于所有这些情况,可以将得到的这些测量值与在人工盐雾试验中得到的值相比较,以确定现场等值盐度(SES)。

在某些情况下,值得注意的是预料会产生干盐层,因而对A类污秽的SPS评定方法可以用于B类污秽。D.4对这个方法给出了某些指导。

**D.2 通过泄漏电流测量评定B类污秽的SES****D.2.1 表面电导的测量**

这种定期测量是低电压下或在一个有简单伞形的绝缘子上、或在一个参照盘形悬式绝缘子上、或在一个长棒形绝缘子上进行的。施加的电压(2 min间隔)应足够低(例如每米爬距为700 V<sub>(r.m.s.)</sub>),以避免干带电弧。电流值应用适当的方法记录。

注:此电导对不同绝缘子是一个不可比较的参数。一个特定绝缘子的电导可通过形状因数换算为表面电导率(见附录H)。

**D.2.2 表面泄漏电流的测量**

这种连续测量是在一个参照盘形悬式绝缘子串或一个参照长棒形绝缘子上进行的。所施加的电气应力应使绝缘子在预期的现场污秽等级下维持在耐受状态,即在试验期间不会发生污秽闪络。用适当方法记录下该电流值。

**D.2.3 用盐雾试验校准**

在上面的两种情况下,电流值的校准按GB/T 4585—2004对相同的绝缘子和在相同的电压应力下的盐雾试验来进行。试验的方法是从一次试验到下一次试验逐步升高盐度,直到其泄漏电流峰值( $I_{\text{highest}}$ )与从现场测量值可比较时为止。该相应的盐度就是现场等值盐度(SES)。

注1:  $I_{\text{highest}}$ 是一绝缘子在耐受条件下在足够的试验期间(即户外试验站情况下的1年或多年,或者是按GB/T 4585—2004盐雾试验情况下的1 h)测得的泄漏电流最高峰值。

注2:如果使用聚合物绝缘子代替在本部分中定义的参照绝缘子对SES评定,应该注意,这样的憎水性绝缘子在按GB/T 4585—2004进行盐雾试验时呈现出的性能可能比运行中的性能低,这是因预处理过程所造成的憎水性的暂时丧失所引起的。

**D.3 用绝缘子闪络应力测量评定B类污秽的SES**

在户外试验站对一个参照盘形悬式绝缘子串或参照长棒形绝缘子所进行的连续测量以及所提供的结果是最接近运行经验的。绝缘子的闪络应力是闪络电压除以绝缘子长度或绝缘子爬电距离。经过一段时间期限的结果可以表达为最低闪络应力或闪络应力和闪络频率间的一个关系。其试验程序通常是用若干易爆的熔丝桥接一串中的某些绝缘子,从而闪络以后该串就会自动加长(更多的信息见CIGRE 158[1])。然后该最低闪络应力就可以直接标定相同参照绝缘子按GB/T 4585—2004进行盐雾试验的结果,以得到此户外试验站的SES。在这个方法中,通过参照绝缘子可以把现场污秽度(SPS)与SES相关联(见图2),在这里,闪络而不是泄漏电流是性能的判据。另外,对试验现场的参照绝缘子的

其他污秽度测量(例如表面电导,表面泄漏电流)也可以与 SPS 相关联。

注:此 SES 适宜于对参照绝缘子按 GB/T 4585—2004 的盐雾耐受试验,不应直接使用它来确定对其他绝缘子设计的人工污秽试验的污秽度(更多的信息参见[2])。

#### D.4 怎样估计 B 类污秽的 SPS

附录 A 的流程图表示了估计具有 B 类污秽的现场 SPS 的一般方法。分析可能的污染源和潮湿的频率在估计 SPS 时是重要的。来自多种污秽度测量的数据也会有助于确定一个地点准确的 SPS。例如沿海地区,这里盐水和导电雾会沉积在绝缘子表面并且不溶沉积物可能有重要影响也可能没有重要影响,其 SPS 可以从运行经验、ESDD、表面电导率或泄漏电流结果来获得。在解释这些结果时需要考虑每种方法的强度和弱点(更多的信息见 CIGRE 158 [1])。

因此,在上面的海岸的例子中,不溶沉积物是可忽略的并且参照绝缘子上会发生经常性的湿润,由于绝缘子表面经常性的清洁,ESDD 测量值很可能是低的。在这样的情况下,要求有一个统计研究以分析所收集到的数据,并应使用分布函数的最大似然估计。因而例如 95%置信水平上的 2%值可以使用作为 SPS 尺寸计算参数以校正很低的或很少的测量值(更多的信息参见[2])。在设计临界装置的绝缘时这种方法可能是特别重要的。



清 - 风 注 电 培 训

附录 E  
(规范性附录)

试验室试验方法的使用

所使用的相关的试验方法根据现场的污秽类型、绝缘子型式以及电压类型来选取。GB/T 4585—2004 和 GB/T 22707 中给出的试验是直接适用于瓷和玻璃绝缘子的。直到现在还没有直接适用于聚合物绝缘子的标准试验。作为一个通用的规则,推荐固体层试验用于 A 类污秽,而盐雾试验用于 B 类污秽。

使用于试验室试验的污秽度按 3 个步骤确定:

- 1) 提供污秽类型并按第 8 章和附录 C、附录 D 中叙述的现场污秽的评定方法确定现场污秽度。
- 2) 将现场污秽度水平对确定 SPS 时的任何不足或不准确性进行校正。校正因数应补偿:
  - 在收集污秽时现场污秽度测量用绝缘子和被试验绝缘子间的差别,例如伞的外形和直径的影响;
  - 对现场污秽度测量所使用的绝缘子和被试验的绝缘子在施加电压类型上的差别,例如是直流还是交流电压;
  - 其他重要影响。
- 3) 在试验室进行试验时要求的污秽度是从 SPS 得出的,应补偿运行中绝缘的实际条件与标准试验时的条件间的差别。这些污秽度校正因数应补偿:
  - 现场的污秽和试验中的污秽在污秽类型上的差别;
  - 现场的污秽和试验中的污秽在均匀性上的差别;
  - 运行中的受潮条件和试验期间的受潮条件间的差别;
  - 设备装置上的差别。其他重要影响可以包括:
  - 在预期的寿命期间老化对积污和绝缘湿润性的影响;
  - 为检验要求的污秽度耐受水平而进行的有限次数试验的统计不确定度。

这些是本过程的一般原则。校正因数值的选择取决于现场条件和运行经验。校正因数对某些型式的绝缘子是已知的并且当得到经验时会了解的更多。只要有可能,在 GB/T 26218 的相关部分中会给出该因数的典型值。

经供需双方协议,可以考虑使用非标准的或另行规定试验室污秽试验方法。那些方法的更多信息可以在 CIGRE 158 [1]中找到。

## 附录 F (规范性附录)

### 人工污秽试验污秽度和接收准则的非随机法和统计法

#### F.1 绪言

人工污秽试验的污秽度和接收准则使用了两种方法：非随机法和统计法。但是，许多应用程序是这两种方法的混合物。例如，在非随机法中使用的某些因数是从统计研究或统计法中已经忽略了的某些统计变量得出的。

#### F.2 非随机法

非随机法已广泛使用于许多电气和机械的部件、电器和系统的设计中。典型情况下，绝缘水平是基于现场污秽度和包含未知情况的安全因数的最恶劣情况的分析得出的。它假定，现场污秽度有一个限定的最大值，它是可能施加到绝缘子上的应力，在图 F.1 中表示作为环境应力  $f(\gamma)$ 。同样还假定，绝缘强度  $P(\gamma)$  可以由低于它时将不会出现闪络的最小耐受污秽度来描述，此最小污秽耐受度从运行性能或试验室试验来确定。因此，选取绝缘最小耐受污秽度时应使其超过最大应力一个安全裕度，该安全裕度的选取包含了设计者评定该强度和应力参数时适当的不确定度。

此方法要求对选取最大应力水平应有精确的现场污秽度测定。可能会出现现场污秽度的高估或低估，或者会在试验污秽度和现场污秽度之间关系上做出了不适当的假定。

过去这个方法的成功主要原因是由于人工污秽试验通常给出了一个保守的结果。

考虑到确定现场污秽度和试验室条件间关系的所有因素，需要谨慎地调整试验，从而给出耐受性能一个正确的估计。

#### F.3 统计法

统计确定绝缘子尺寸需要进行绝缘子关于电压和环境应力(应力/强度概念)的绝缘强度的选择，以满足特定的有效性要求。这是通过评定可能的绝缘选择的闪络风险和选择一个可接受的特性曲线来进行的。

对于参考图 F.2，这个闪络风险可计算如下：

- 描述绝缘强度的累积分布函数  $P(\gamma)$  即闪络概率是作为同样的污秽度  $\gamma$  的函数而得到的，而污秽度通常可用污秽应力(即 ESDD)来表示。这些数据通常来自试验室试验、运行经验或现场试验。在试验室试验用的 SDD 应从来自运行中的 ESDD 使用在附录 E 中给出的原理来确定。
- 然后将函数  $P(\gamma)$  从单个绝缘子的表达式转换为代表安装在整个线路或线路段上的受到相同次数污秽事件作用的  $m$  个绝缘子的性能。
- 接着将这两个函数  $f(\gamma)$  和  $P(\gamma)$  相乘，从而得到闪络概率密度函数，并且该曲线下的面积代表了一个污秽事件期间的闪络风险。
- 如果每年的污秽事件已知(即沿海地区的盐风暴或内陆地区的小雨或露)，每年的闪络风险就可以算得。

此方法要求精确地确定描述现场污秽度和描述绝缘子闪络特性的那些统计参数。后面由试验室在几个(至少 2 个)污秽水平确定的  $U_{50}$  和标准偏差来确定每种绝缘子型的特性。

可使用统计方法的软件包。

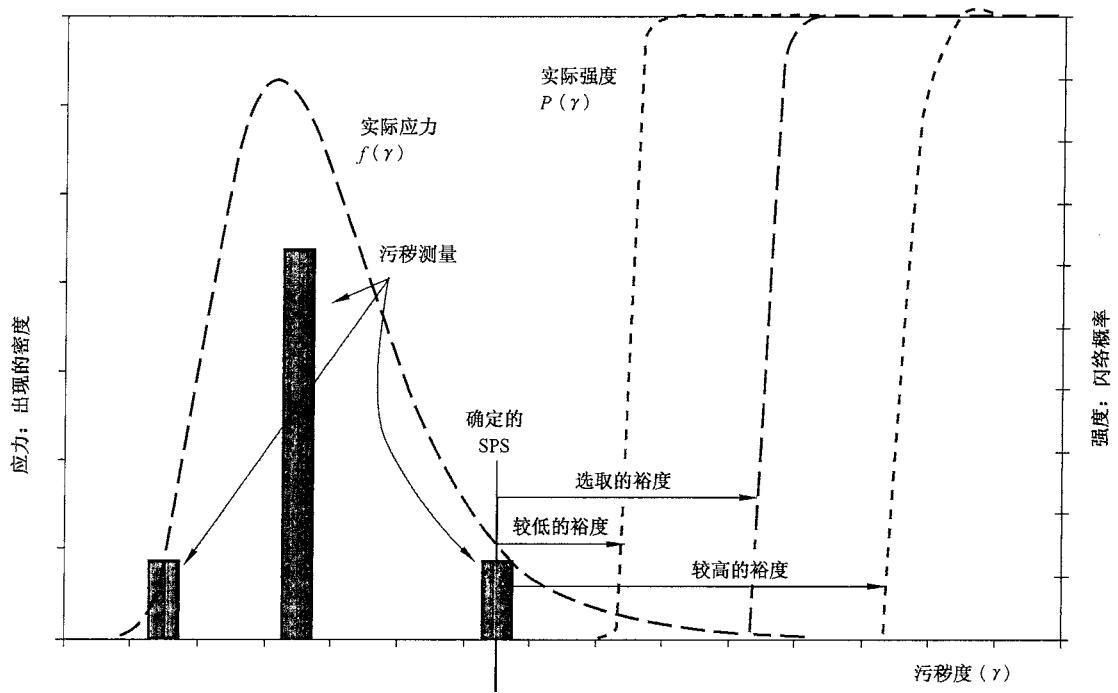


图 F.1 基于非随机法的设计的图解

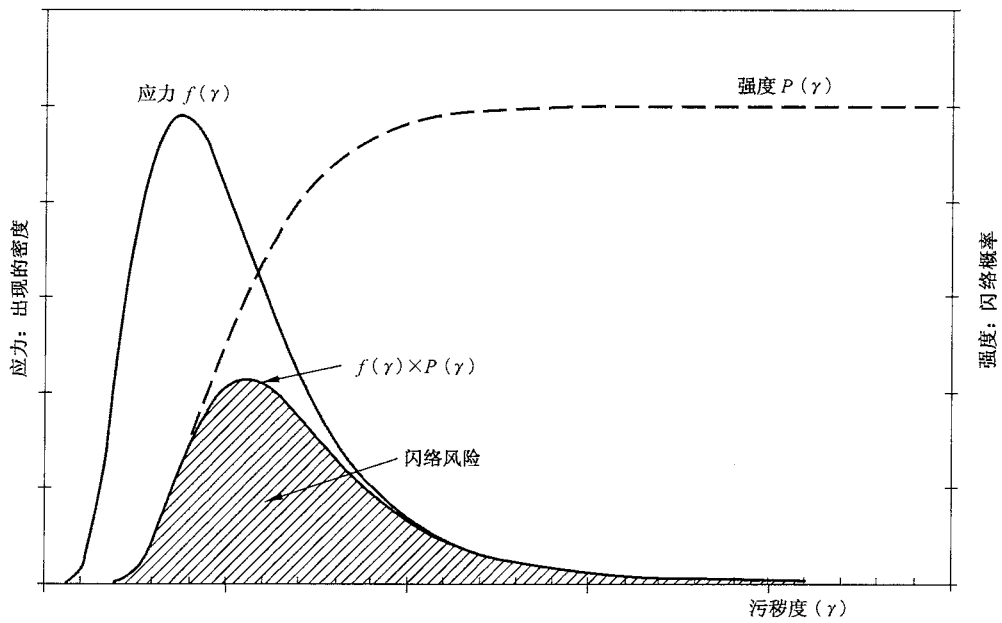


图 F.2 污秽闪络风险计算的应力/强度概念



## 附录 G

(资料性附录)

## 收集污秽地区绝缘子性能信息的调查表举例

公司:
工程和/或位置的标志: 线路或变电所:
联系人: 地址: 传真、电话、电子信箱:

## 1. 系统数据/要求(见第 6 章)

- 系统的标称电压和设备的最高电压
- 暂时过电压的值和持续时间
- 战略上的重要性
  
- 建设日期
- 送电日期
- 系统类型
- 清扫 是/否 频度:
- 维护(不包括更换)
- 清洗 是/否 频度:
- 涂憎水层 是/否 频度:

架空线路

变电所

- 塔的型式或结构(包括简图)
- 电器的类型
- 回路数
- 离地距离
- 绝缘子串组的型式
- 间隙
- 绝缘子保护附件

## 2. 环境和污秽条件(见第 7 章)

一般信息

- 线路的海拔和走廊经过区域的图
- 线路通过的不同气候区
- 变电所的位置方向和海拔(示出穿墙套管与主导风方向的相对关系)
- 区域被植物、建筑物遮蔽或由于地质特征而被遮蔽的情况

气候

- 气候类型:温带的,热带的,赤道附近的,大陆的…
- 无雨期,月
- 年降雨量(mm): 月降雨量(如有)

- 主导风:方向,平均风速(km/h): 月的数据(如有)
- 露: 是/否 频度
- 雾: 是/否 频度
- 湿度: 月峰值和平均值(如有)

#### 污秽类型

##### A类

- 基于沙的污秽或地面灰尘(如荒漠)
- 带有大量固体沉积物(水泥除外)的工业污秽
- 带有大量水泥(或其他慢溶解的盐)的工业污秽
- 化学或工业污秽,烟尘
- 农业污秽

##### B类

- 海上来的污秽 — 少量不溶物
- 不同于海岸污秽的含盐污秽 — 少量不溶物
- 化学工业污秽,气体,酸雨

##### A类和B类的混合

- 指明其主要成分和它们有关的频度

#### 污秽水平(SPS)

- 按本部分的 SPS 等级
- 评定 SPS 使用的方法
- 参照绝缘子的类型,其他绝缘子
- 测量频度
- 调研的持续时间
- ESDD、NSDD、SES 测量的年最大值(月数据,如有)

#### 其他的限制

- 雷电
- 地震活动性
- 破坏行为

### 3. 绝缘子参数

#### 用来确定绝缘的方法

- 本部分方法 1
- 本部分方法 2
  - 是否现场测量?
  - 确认的试验方法/结果
- 本部分方法 3
  - 是否现场测量?

架空线路	变电站
→串的位置和类型	→绝缘子的位置
→绝缘子类型	→绝缘子类型(支柱,套管等)
→绝缘子材料	→绝缘子材料
→串的总长,直径	→总长,直径
→外形	→外形
→单个的/总的爬电距离	→总的爬电距离
→电弧距离	→电弧距离

#### 4. 事故的详细资料

##### 一般信息

- 日期和时间
- 塔或结构、电器、变电站的位置
- 事故前/期间的气象条件:

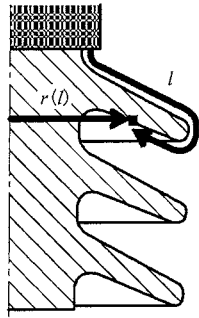
- |                            |                                       |
|----------------------------|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> 相对湿度 | <input type="radio"/> 暴雨              |
| <input type="radio"/> 雨    | <input type="radio"/> 风(方向,平均风速和峰值风速) |
| <input type="radio"/> 毛毛雨  | <input type="radio"/> 距上次降雨和上事故的时间    |
| <input type="radio"/> 雾/海雾 | <input type="radio"/> 其他              |
| <input type="radio"/> 温度   |                                       |

##### 事故类型和观测资料

- 闪络
- 金属部件的严重腐蚀
- 介质的击穿、起痕或蚀损
- 其他的可见损坏
- 绝缘子上损伤的位置
- 任何其他的观测资料或评论

**附录 H**  
(资料性附录)  
**形状因数**

形状因数( $F_i$ )是一无量纲因数,它是一局部爬电距离的长度( $l$ )除以积分宽度( $p$ )。对于绝缘子,其长度是在爬电距离的方向上,而宽度是该绝缘子圆周长,正如下面所示。



$$F_i = \int_0^L \frac{dl}{p(l)}$$

这里  $L$  是沿表面的总长(爬电距离)

并且  $p(l) = 2\pi \cdot r(l)$

**图 H. 1 形状因数**

在这个情况下, $F_i$  是等于绝缘子圆周对局部爬电距离的比值的倒数从绝缘子一端到计算点的积分。它仅取决于表面形状而并不取决于尺寸大小。见 GB/T 4585—2004。

含有均匀分布的导电层的表面,其总的电导率取决于

- 表面的电导率;
- $F_i$ 。

$F_i$  给出了均匀电导表面(例如均匀污染和湿润的绝缘子的表面)的电阻率/电导率和相同表面的总电阻/电导间的精确关系。

**附录 I**  
(资料性附录)

**爬电比距和统一爬电比距(USCD)间的关系**

GB/T 5582—1993 使用的爬电比距(SCD)是基于系统电压的。对于交流系统,这是相对相电压。而 USCD 涉及的是绝缘子承受的电压,即对于交流系统是相对地电压。爬电比距(SCD)和统一爬电比距(USCD)两者都规定作为最小值。

表 I.1 给出了通常使用的 SCD 值和 USCD 值间的关系。

**表 I.1 爬电比距和统一爬电比距间的关系**

对于三相交流系统的爬电比距	USCD
12.7	22.0
16	27.8
20	34.7
25	43.3
31	53.7

QF  
清 - 风 注 电 培 训

附录 J  
(资料性附录)

本部分章条编号与 IEC/TS 60815-1:2008 章条编号对照

表 J.1 给出了本部分章条编号与 IEC/TS 60815-1:2008 的章条编号对照一览表。

表 J.1 本部分章条编号与 IEC/TS 60815-1:2008 的章条编号对照

本部分章条编号	对应的国际标准编号
附录 D	附录 D
—	附录 E
附录 E	附录 F
附录 F	附录 G
附录 G	附录 H
附录 H	附录 I
附录 I	附录 J
附录 J	—
附录 K	—
参考文献	参考文献

注：表中的章条以外的本部分其他章条编号与 IEC/TS 60815-1:2008 其他章条编号均相同且内容相对应。

附 录 K  
(资料性附录)

本部分与 IEC/TS 60815-1:2008 技术差异及其原因

本部分与 IEC/TS 60815-1:2008 的技术差异及其原因见表 K.1。

表 K.1 本部分与 IEC/TS 60815-1:2008 的技术差异及其原因

本部分的章条编号	技术性差异	原因
3.1.14	本部分增加了定义“ $K_1$ ”。	目前国内数据绝大多数是带电测量的, IEC/TS 60815-1:2008数据是不带电测量的。通过此系数“ $K_1$ ”可将两种测量值相互换算。
3.1.15	本部分增加了定义“ $K_2$ ”。	目前国内数据有不少是在非参照绝缘子测量的。IEC/TS 60815-1 数据是在参照绝缘子上测量的。通过此系数“ $K_2$ ”可将两种测量值相互换算。
4.4	将 IEC/TS 60815-1:2008 “对于现场污秽度的测量(方法 2 和方法 3),时间至少需要 1 年(见 8.2)。”改为“对于现场污秽度的测量(方法 2 和方法 3),SES 的时间至少需要 1 年,ESDD/NSDD 的时间至少需要 3 年~5 年(见 8.2)。”	根据我国经验,对于现场污秽度中 ESDD/NSDD 的测量 1 年时间是不够的,通常需要 3 年~5 年。
8.1	增加条文“现场污秽度测量可采用下列两种方式,条件允许时应采用 a) 方式:” IEC/TS 60815-1:2008 只有 a) 方式,b) 方式是本部分增加的条款。	目前国内数据绝大多数是带电测量的,因此增加了 b) 方式。标准要求条件允许时应采用 a) 方式,是考虑到今后与国际上采用的方式一致。
8.1a)	将 IEC/TS 60815-1:2008 “测量时间间隔(连续,每月,3 个月,6 个月,每年等——见附录 C 和附录 D)可以按对当地气候和环境条件的了解来选取。”改为“测量时间间隔(连续,每月,3 个月,6 个月,每年或对 ESDD 和 NSDD 情况还需 3 年~5 年后每年等见附录 C 和附录 D)”。	同 4.3 的原因。
8.1b)	本部分增加的条款。	目前国内数据绝大多数是带电测量的,还对非参照绝缘子进行了大量测量,因此增加了 b) 方式。
8.2	将 A 类污秽现场测量周期由“至少需要 1 年”增加为“至少需要 3 年。”	同 4.3 的原因。
图 1	将 IEC/TS 60815-1:2008 的“图 1”改为本部分的“图 1”。本部分的“图 1”与 IEC/TS 60815-1:2008 的“图 1”相比,现场污秽度等级线右移,现场污秽度等级线之间跨度减小,现场污秽度等级线斜线部分(斜率为负值)与垂直方向的夹角减小。	根据 IEC/TS 60815-1:2008 的条款“如果可得到充分的当地的或国家的信息(例如区域污秽图连同基于表面电导率、ESDD、DDGIS 等的检测得到的线路性能数据),那么适应这些信息的特定的等级就可以代替图 1 和图 2 上原有的等级(本部分已将此条款删去)。” 而本部分的“图 1”是根据我国的运行经验和试验结果得出的,用此图代替 IEC/TS 60815-1:2008 的“图 1”是符合上述条款的。

表 K.1 (续)

本部分的 章条编号	技术性差异	原 因
表 3	“典型环境的描述”中增加了对“大中城市、乡镇地区人口密度、工业区及废气排放密度、交通线”等的描述。	增加的内容是根据我国的实际经验得出的。增加内容后表中“典型环境的描述”更加具体详细。
表 4	将“标准外形在“很轻”到“中等”污秽地区的使用是有效的。”改为“标准外形在“很轻”到“轻”污秽地区的使用是有效的。”	根据我国实际情况,标准外形绝缘子在“中等”污秽地区是不适宜的。
表 4	将“三层伞悬式”从“交替伞”类划出,并与增加的“双层伞悬式”合在一起,增加了一类“双层伞与三层伞”外形。	“三层伞悬式”一般连成串使用,两个绝缘子中间通过球窝(或槽形)连接,因此在连成串使用情况下不能认为是“交替伞”类。从实际使用情况来看,将其与我国使用广泛的“双层伞悬式”合在一起较为合适。