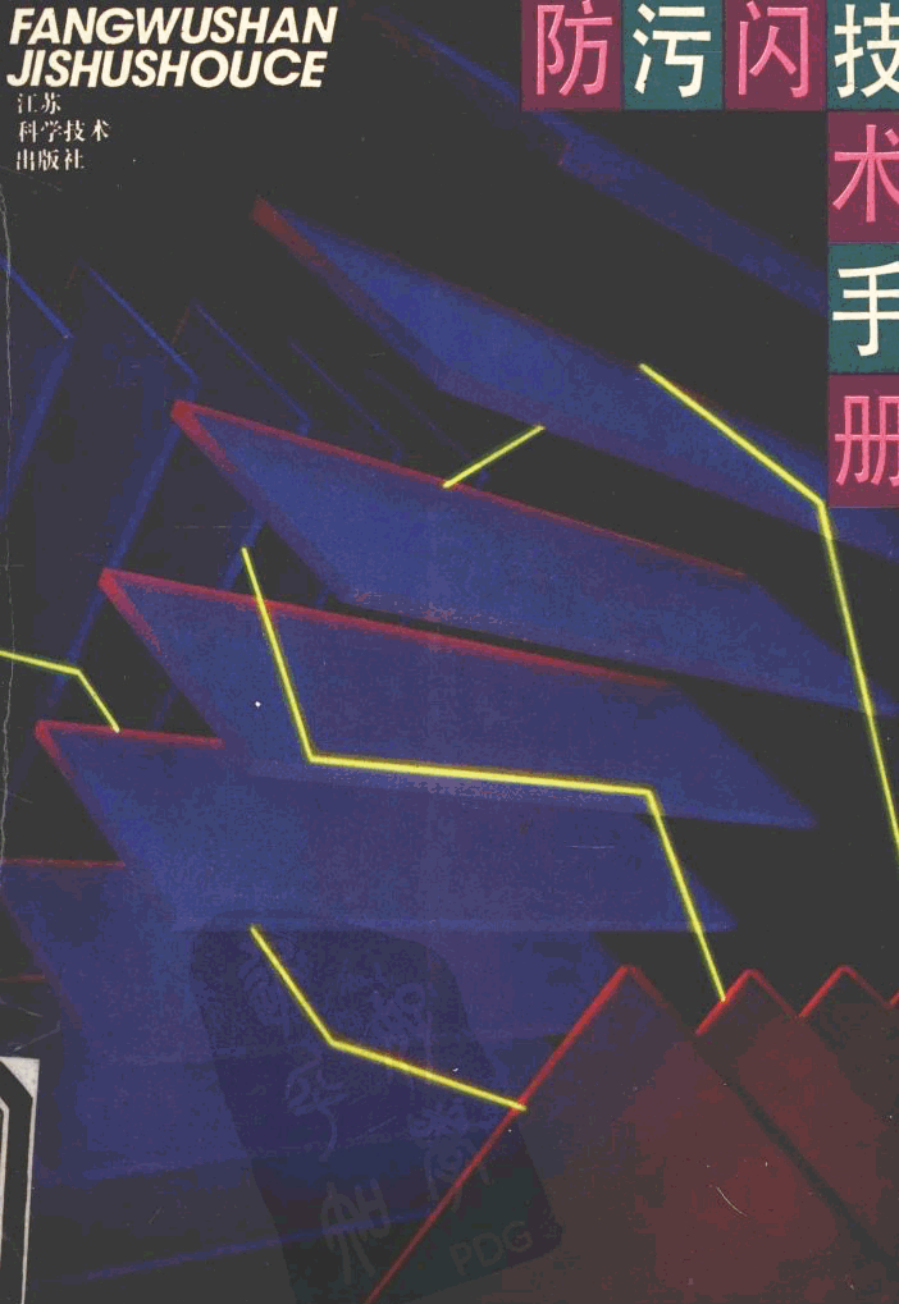


FANGWUSHAN
JISHUSHOUCE

江苏
科学技术
出版社

防污闪技
术手
册



防污闪技术手册

江苏科学技术出版社

(苏) 新登字第 002 号

防污闪技术手册

本书编写组

出版发行:江苏科学技术出版社
经 销:江苏省新华书店
印 刷:徐州新华印刷厂

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 10.5 插页 4 字数 227,000
1993 年 7 月第 1 版 1993 年 7 月第 1 次印刷
印数 1—1,000 册

ISBN 7—5345—1588—2

TM · 19

定价:6.10 元

责任编辑 钱 亮

我社图书如有印装质量问题,可随时向承印厂调换。

内容提要

本手册广泛吸取了国内外防污闪技术的研究成果和运行经验,阐明了绝缘子污闪机理及影响因素,具体介绍了盐密等污秽度的测量方法、绝缘子几何参数、污区图划分要求、各种防污闪技术措施、污秽试验和防污闪管理等,并附有防污闪的部颁规定、国家标准及 IEC 报告。

本手册力求内容通俗易懂,方法和措施切实可行,可供电力部门、用电部门及工矿企业从事防污闪工作的人员使用。

前 言

我国区域性电网已经形成了以 500kV 或(330kV)电压等级为主网架的联合电网,主要的大型发电厂通过超高压线路连接到主网架上,主网架的联络线将电能输送到负荷中心降压站,再分配到各个用户,这是电网现代化发展的格局。这种格局使局部范围的故障,如个别发、变电站或线路发生事故,通过联网将事故损失降到最低限度。但是,大电网也有其薄弱环节,一旦发生电网瓦解事故,负荷中心失去了电源,其损失巨大。随着电力科学技术的发展,因局部故障造成电网瓦解的可能性已经微乎其微,但是,当出现大批线路纷纷跳闸,发、变电站不断失电时,就不可避免地要酿成电网瓦解的严重后果。大面积外绝缘污秽闪络就是造成这种灾难性事故的原因。

近年来,污秽闪络频繁。据统计,1969~1983 年的 14 年中,全国电网污闪跳闸 2900 次,年均 146 次,1986~1989 年的 4 年中发生 1600 次,年平均 400 次,1990 年 1~2 月发生 1000 次。1986~1989 年 4 年中,因污闪事故造成国民经济年平均损失达 3 亿元。

作为电网外绝缘的绝缘子,长期暴露在空气中并承受着机械负荷、运行电压和环境的影响,大气中各种污秽物随风飘移,在绝缘子表面沉积污秽物,污秽物含有电解物质,在天气

较干燥的情况下污秽物不导电,表面积污的绝缘子能承受运行电压而不闪络,但当出现雾、露、毛毛雨、融冰等潮湿气候时,绝缘子表面的电解物质溶于水成为导电物质,使其电气强度大大降低。如果外绝缘配置不当,或污秽物沉积过多,附有潮湿污秽物的绝缘子表面就会在运行电压下闪络,造成跳闸和发、变电站失电。因绝缘子积污是普遍的,恶劣天气是大范围的,严重时可达数省地域,所以这种污秽闪络往往不是个别的,而是接二连三地在较大范围内发生。

自 80 年代中期以来,全国除少数南方电网尚未发生大面积污闪外,多数联合电网及省区电网都不同程度地发生过。以 1989 年 1 月 6 日的华东电网和 1990 年 1~2 月的华北电网、河南电网为例,足以说明大面积污闪的危害程度。

1989 年 1 月 6 日 22 时 55 分到次日 4 时 31 分,华东电网有 5 条 500kV 线路先后污闪跳闸,占全网 500kV 运行线路的 83.3%。有 25 条 220kV 线路、4 座 220kV 变电站和一些 110kV 及以下线路和变电站先后污闪跳闸或停电,造成多个重要用户停电,仅上海市就有上海第三钢铁厂、高桥炼油厂、上海自来水厂、上海煤气厂、耀华玻璃厂等重要用户停电,损失严重。

1990 年 1~2 月华北电网大面积污闪更属空前,在京津唐、冀南、晋中南电网,共有 94 条 110~500kV 线路污闪跳闸,跳闸次数达 435 次(不包括晋中南电网跳闸数),7 座 220kV 变电站、8 座 110kV 变电站因污闪全停或部分停电,使北京电网与河北电网、山西电网完全解列,北京电网自身的 220kV 双环网也面临崩溃边缘,损失电量约 1200 万 kWh,影响产值近 6000 万元,更为严重的是威胁了首都的供电安全。与此同时,华中的河南电网有 71 条 110~220kV 线路污闪 318 次,12 座 110~220kV 发、变电站污闪 31 次,造成电网解

列,使一些重要煤矿和电气铁道牵引站失电,一度中断了采煤和西陇海线铁路运输。

事故发生后进行了全面调查,引发大面积污闪主要有以下三个方面的原因:

(1)相当数量的 110kV 及以上电压等级的线路和变电站外绝缘爬电比距低于所在地区的实际污秽等级的要求值。例如,华东的 500kV 江斗线污闪后,实测 5 串故障绝缘子串,平均盐密为 $0.119\text{mg}/\text{cm}^2$,达 II 级污秽水平,实际绝缘子爬电比距配置是 I 级。又如,华北电网已查明绝缘配置的 158 基故障塔中,88.6% 的故障点分布在爬电比距为 $1.6\sim 2.0\text{cm}/\text{kV}$,而京津唐、冀南、晋中南电网事故后测得的盐密平均值分别为 $0.135, 0.101, 0.117\text{mg}/\text{cm}^2$,相应的爬电比距应在 $2.0\text{cm}/\text{kV}$ 以上。

(2)一些地区的设备维护管理薄弱,清扫质量不高或者不能适时清扫,造成设备外绝缘实际抗污闪能力低。

(3)近年来,一些地区环境污染严重,在秋末、冬季久旱不雨时,积污量大,到冬末或春初,天气出现持久大雾或溶雪甚至酸雨相兼的不利气候时,就引发了大面积污闪。

为了大幅度降低电网外绝缘污闪跳闸率,防止电网大面积污闪停电事故的频繁发生,电力系统的主管部门制定了防污闪的各种技术措施和管理规定,要求各地区电网从调查当地污湿特征、运行经验和盐密测量入手,绘制本地区的污秽等级分布图,按照电力设备的重要程度,逐年调整外绝缘的爬电比距。同时,还要采取一系列综合有效的防污闪措施,降低污闪事故率。

为了配合防污闪技术工作的开展,山东省电力局和电力试验研究所在 1988 年编印了《防污闪技术工作手册》,受到防污闪工作者的好评。近年来,国内一些高压试验、电瓷研究单

位及高等院校,在防污闪技术领域取得了许多有益的成果,电力生产部门也积累了不少宝贵的运行经验,这些成果、经验大都散见于许多有关技术报告、专业刊物和技术资料中,将它们汇编成册,对于防污闪技术工作者非常有益。为此,华东地区六省一市(山东、安徽、江苏、江西、浙江、福建、上海)电机工程(电力)学会联席会议联合编写委员会决定组织编写本手册,由江苏省电机工程学会高电压技术专业委员会具体承担编写工作。

本手册共分七章。第一章绝缘子污闪机理及影响因素、第二章污秽度测量、第三章绝缘子几何参数分别由江苏省电力试验研究所张宗九、狄林铨、张铁华同志编写;第四章污秽等级划分和污秽等级分布图绘制、第五章防污闪技术措施由无锡供电局尹克俊、华中瑜同志编写;第六章污秽试验由江苏省电力试验研究所岳健民同志编写;第七章防污闪技术工作档案由华中瑜同志编写。岳健民同志对全书进行了统稿,全书由清华大学张仁豫教授主审。

在本手册收集资料和编写过程中得到了华东地区六省一市电力工业局和江苏省电力试验研究所、无锡供电局的协助,在拟订编写大纲初期清华大学梁曦东博士给予了启发和帮助,在编写过程中还参考和收编了许多论著和资料,在此一并表示衷心感谢。

由于防污闪技术在我国尚处在探索、研究和充实阶段,未知问题累累,恳请读者对疏漏之处提出宝贵意见,以期修订时补充和改正。

华东地区六省一市电机工程(电力)学会
联合编写委员会

1992年5月

目 录

1 绝缘子污闪机理及影响因素	(1)
1.1 绝缘子表面污秽积聚	(1)
1.1.1 污秽积聚及影响因素	(1)
1.1.2 污秽	(9)
1.2 污闪机理	(13)
1.2.1 污闪的基本过程	(13)
1.2.2 交、直流污闪特点	(15)
1.2.3 高海拔地区污闪特点	(17)
1.2.4 玻璃和合成绝缘子污闪特点	(19)
1.2.5 雨中污闪特点	(21)
1.3 影响污闪的主要因素	(22)
1.3.1 污秽性质及积污量的影响	(22)
1.3.2 绝缘子串结构以及串长的影响	(24)
1.3.3 大气条件的影响	(24)
1.3.4 爬电距离对污闪电压的影响	(26)
1.3.5 绝缘子剖面形状的影响	(27)
2 污秽度测量	(29)
2.1 等值盐密法(ESDD)	(29)
2.1.1 等值盐密的测量方法	(30)

2.1.2	典型电导率仪	(35)
2.1.3	电导率仪校正	(41)
2.2	污层电导率法	(43)
2.2.1	污层电导率测量	(43)
2.2.2	试用于现场测量污层电导率的两种方法 ...	(46)
2.3	泄漏电流脉冲计数法及最大泄漏电流法	(49)
2.3.1	泄漏电流脉冲计数法	(49)
2.3.2	泄漏电流最大值(I_h)法	(51)
2.4	其他测量方法	(52)
2.4.1	绝缘子串污闪梯度法	(52)
2.4.2	1%污液浓度电导率法	(54)
2.5	污秽物质的物理化学分析	(54)
2.5.1	分析内容和方法	(55)
2.5.2	化学成分对污秽耐受电压的影响	(56)
2.5.3	计算实例	(57)
3	绝缘子几何参数	(59)
3.1	绝缘子爬电距离、爬电比距、表面积及形状因数	(59)
3.1.1	爬电距离、爬电比距、表面积及形状因数的意义	(59)
3.1.2	爬电距离、爬电比距、表面积 及形状因数的测量及计算	(61)
3.2	部分绝缘子几何参数	(66)
3.2.1	部分悬式绝缘子几何参数	(66)
3.2.2	部分支柱绝缘子几何参数	(76)
3.2.3	其他绝缘子几何参数	(86)
3.3	部分绝缘子图形	(92)

4	污秽等级划分和污秽等级分布图绘制	(97)
4.1	污秽等级标准	(97)
4.1.1	高压电力设备外绝缘污秽等级(国标)	(98)
4.1.2	高压架空线路和发、变电所 电瓷外绝缘污秽分级标准(部标)	(98)
4.1.3	两个标准的主要差异	(98)
4.2	污秽条件的资料收集和整理	(100)
4.2.1	资料收集	(101)
4.2.2	资料整理	(106)
4.3	污区图爬电比距确定	(108)
4.3.1	大范围面上爬电比距确定	(109)
4.3.2	小范围面上爬电比距确定	(110)
4.3.3	严重污染源点污染范围和爬电比距的确定	(111)
4.3.4	距海岸等距离线范围内的污秽等级	(112)
4.3.5	高海拔地区的污秽等级	(112)
4.4	绘制污秽等级分布图	(113)
4.4.1	编写编制说明	(113)
4.4.2	绘制污区图的注意事项	(113)
4.4.3	绘制实例	(114)
5	防污闪技术措施	(120)
5.1	调整爬距	(120)
5.1.1	绝缘子串调爬	(120)
5.1.2	绝缘子串选型	(121)
5.1.3	电站绝缘子	(123)
5.2	表面处理	(125)
5.2.1	硅油	(125)

5.2.2	硅脂	(126)
5.2.3	地蜡	(126)
5.2.4	地蜡-机油涂料	(127)
5.2.5	CFT-4 长效固化防污涂料	(128)
5.2.6	室温硫化硅橡胶涂料(RTV)	(129)
5.2.7	296 硅脂	(130)
5.2.8	氟涂料	(130)
5.2.9	常用涂料主要性能比较	(130)
5.3	绝缘子检查	(131)
5.3.1	检查周期	(131)
5.3.2	检查方法	(132)
5.3.3	检查工具	(136)
5.4	清扫	(140)
5.4.1	清扫周期	(140)
5.4.2	清扫方法	(141)
5.4.3	清扫刷	(148)
5.4.4	停电清扫	(148)
5.5	合成(复合)绝缘子	(151)
5.5.1	合成绝缘子结构	(151)
5.5.2	合成绝缘子的特性	(152)
5.5.3	合成绝缘子的规格及参数	(153)
5.6	防污罩	(157)
5.7	户内设备防污闪	(160)
5.8	防污闪技术措施选用原则	(161)
6	污秽试验	(163)
6.1	绝缘子电气性能试验	(163)
6.1.1	电气性能试验项目	(163)
6.1.2	电气性能试验标准	(165)

6.2	人工污秽试验	(167)
6.2.1	人工污秽试验室设备	(167)
6.2.2	固体层法	(176)
6.2.3	盐雾法	(182)
6.2.4	试验电源对测量结果的影响	(185)
6.2.5	对人工污秽试验的评价	(189)
6.2.6	典型人工污秽试验室	(191)
6.3	自然污秽试验	(193)
6.3.1	自然污秽试验站设备	(193)
6.3.2	典型自然污秽试验站	(196)
6.3.3	自然积污绝缘子在人工雾室试验	(199)
6.4	污秽试验结果	(201)
6.4.1	绝缘子耐污特性的表达形式	(201)
6.4.2	部分悬式绝缘子污秽试验数据	(204)
6.4.3	部分支柱绝缘子污秽试验数据	(205)
7	防污闪技术工作档案	(207)
7.1	设备防污闪台帐	(207)
7.1.1	输电线路	(207)
7.1.2	变电所(升压站)	(208)
7.2	气象和环境污染资料	(208)
7.3	规章制度	(209)
7.4	盐密测量及清扫记录	(210)
7.5	污区分布图	(210)
7.6	污闪故障、事故统计	(212)
7.6.1	污闪故障	(212)
7.6.2	设备分类统计	(212)
7.6.3	跳闸统计	(213)

7.6.4	事故统计	(213)
7.6.5	故障、事故统计	(214)
7.7	年度防污闪工作总结	(214)
附录 I	电力系统电瓷外绝缘 防污闪技术管理规定(试行).....	(217)
附录 II	高压架空线路和发电所 电瓷外绝缘污秽分级标准.....	(226)
附录 III	电气设备带电水冲洗导则(SD129—84)	(231)
附录 IV	高压电力设备外绝缘污秽等级(GB5582—85)	(239)
附录 V	高压线路耐污盘形 悬式瓷绝缘子(JB3357—83)	(242)
附录 VI	交流系统用高压绝缘子人工污秽试验方法—— 盐雾法(GB4585.1—84)	(253)
附录 VII	交流系统用高压绝缘子人工污秽试验方法—— 固体层法(GB/T4585.2—91)	(260)
附录 VIII	绝缘子在污秽条件下的选用导则(IEC 出版物 815(1975)).....	(274)
附录 IX	IEC 出版物 507《交流系统用高压绝缘子的人 工污秽试验》的修改稿	(292)
参考文献.....		(320)

1 绝缘子污闪机理 及影响因素

空气中的尘埃微粒沉积到绝缘子表面形成污秽层。污秽量一般用平均表面污秽密度来表示,具体测量和评价时采用等值附盐密度,简称等值盐密(ESDD),即以绝缘子表面每平方厘米面积污秽物中电解质含量所相当的氯化钠质量表示,单位为 kg/cm^2 。污秽物干燥时不导电,但其中绝缘子表面污秽物中的电解质湿润后,使表面电导率增加,而不可溶物质如灰分等能保持水分,促进污层进一步受潮,从而溶解更多的电解质,这样造成沿绝缘子湿润表面的闪络现象,简称污闪。

1.1 绝缘子表面污秽积聚

1.1.1 污秽积聚及影响因素

工业、农业、交通运输及生态环境等在空气中产生大量的气相、液相和固体污秽物质。不同地区空气的污染有着不同的特点。绝缘子表面的污秽沉积与污源性质、气象气候条件、地

形地貌以及绝缘子本身的造型结构等多种因素有关。

一、污源性质和距污源距离

绝缘子表面污秽积聚过程,一方面取决于使尘埃微粒运动接近绝缘子的力,包括风力、重力和电场力等,一般情况下风力最重要。另一方面取决于污秽微粒与表面的粘附力和微粒间的粘聚力。粗糙表面上比光滑表面上的污秽沉降量要多得多。粘附性较差的污秽,如尘土造成的积污,积污量少,且易被风、雨冲走。粘附性较强的物质,如水泥厂飞尘,则有利于污秽的积聚。

在许多情况下,污秽微粒同瓷或玻璃表面的粘附力要比微粒间的粘聚力小。因此,洁净绝缘子表面开始时污秽积聚较慢,后来逐渐加快,并且因气候条件等因素的影响而使积污量随时间有升有降。

影响污秽沉积量最重要的因素是绝缘子安装地点距污源

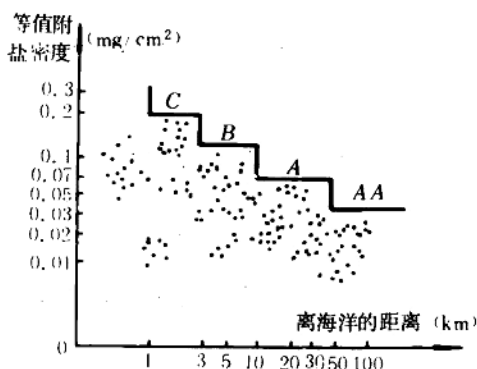


图 1-1 一般盐污条件下的等值附盐密度与距海岸距离的关系(标准盘形悬式绝缘子)

的距离。由于海盐污移造成的积污量随与海岸距离的增加而逐渐减少,影响范围最远可达数十公里。图 1-1 所示为一般盐污条件下(不包括强暴风条件下的急剧盐污)的实测等值附盐密度(1 个月的最大沉积量)与离海岸距离的关系,图中 A、B、C 区域即为相应的 1、2、3 级污移地区。各类工业污移的影响范围也不同,图 1-2 概括了各类工业污移得到的等值附盐密度与距污染源距离的关系。由图可见工业污移的积污量随离污染源距离的增加而急剧减少。

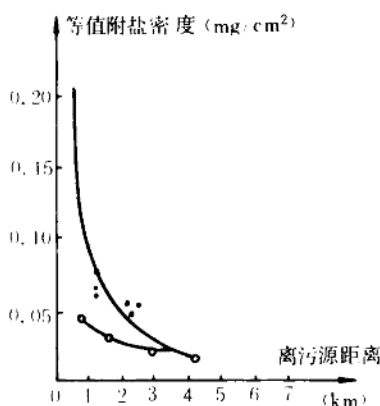


图 1-2 在工业污移区不同地点测得的等值附盐密度与距污染源距离的关系(标准盘形悬式绝缘子)

表 1-1 是日本根据图 1-1 和图 1-2 等资料所制定的污移地区分级标准。

二、大环境污染

由于乡镇企业大量涌现,烟囱林立,交通运输越来越发达等因素的影响,我国大环境污染日趋严重,污染范围不断扩大,原来大气环境比较清洁的农村和山区的污染程度也逐渐加剧。测量表明,许多地区大气中漂尘、气态污物等的浓度越