



国家电网公司
电力科技著作出版项目



范建斌 编著

污区分级 与输变电设备外绝缘选择

WUQU FENJI YU SHUBIANDIAN
SHEBEI WAIJUEYUAN XUANZE



中国电力出版社





国家电网公司
电力科技著作出版项目

WUQU FENJI YU SHUBIANDIAN
SHEBEI WAIJUEYUAN XUANZE

污区分级 与输变电设备外绝缘选择

范建斌 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍污区分级的主要内容及相关研究情况,介绍输变电设备的外绝缘选择方法,提出外绝缘选择原则、防污闪措施,为输变电设备的外绝缘设计和运行维护提供理论依据。

本书主要分为7章,介绍了电力系统污闪成因及典型事故、输变电设备外绝缘污闪和积污基础知识、典型地区电网积污特点、电力系统污区分级、电子污区图的绘制方法和规则、不同盐密下绝缘子污闪特性以及饱和等值盐密下绝缘子的选择。

本书可供从事电力工程设计工作的技术人员使用,亦可作为各高校相关课程的参考材料。

图书在版编目(CIP)数据

污区分级与输变电设备外绝缘选择/范建斌编著. —北京:
中国电力出版社, 2014.10

ISBN 978-7-5123-6300-7

I. ①污… II. ①范… III. ①输电—电气设备—高电压
绝缘技术②变电所—电气设备—高电压绝缘技术IV. ①TM216
②TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第181768号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014年10月第一版 2014年10月北京第一次印刷

710毫米×980毫米 16开本 10.25印张 177千字

印数0001—1000册 定价49.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

我国幅员辽阔，地形和气候条件复杂，地理环境差异很大，而输电线路分布广泛。从 20 世纪七八十年代开始，随着我国经济的高速发展，环境污染问题越来越严重。输变电设备长期放置于户外，表面污秽越来越严重，一旦出现毛毛雨、大雾等恶劣天气，极易发生大面积污闪事故，从而给电网运行带来巨大的威胁。实践证明，利用实践和理论相结合的方法研究电网污闪规律，结合实际气候、地形和线路情况等实际运行经验绘制污区分布图，可以较好地指导输电线路的设计、运行和维护的目标，从而指导线路安全可靠运行。

从 20 世纪 80 年代开始，国家电网公司要求各网省公司制订相应的污区图，到 2001 年国家电网公司绘制了以地理信息系统为底图的电子版污区图，并缩短了分布图的修订周期，污闪较以往大幅度地减少，在电网的防污闪工作中发挥了重要作用，并以此作为外绝缘选择的重要依据之一。

本书系统梳理了已经完成的成果，理论和实践紧密结合，通过大量案例和实际数据对知识点进行阐释，具有较强的工程实用价值。

本书的主要内容包括两个方面，一是电力系统污区分级的相关知识，二是介绍输变电设备外绝缘的选择方法。按照逻辑顺序，第一部分向读者介绍了电力系统污闪的成因以及典型事故情况，使读者对电力系统污闪有一个基本的了解；第二部分介绍了输变电设备外绝缘污闪和积污的相关基础知识以及专有名词的定义和解释，是了解后面章节的基础；第三部分详细汇总了我国电网典型的积污特点，为污区分级做铺垫；第四部分开始展开讲解如何对电力系统进行污区分级并给出了具体实例，并向读者介绍了污区度的实践与发展历程；第五部分为电子污区图的绘制方法和规则，以满足近年来数字污区图的绘制需求；第六部分阐述了近年来典型线路绝缘子的污闪特性，是外绝缘选择的核心基础数据；第七部分基于上述章节，给出了饱和等值盐密下绝缘子的选择方法和程序，并提供了算例。外绝缘选择和污区分级是两个相对独立的领域，但它们的

关系又密不可分：污区分级的目的就是能够尽量合理地进行外绝缘选择；而进行外绝缘选择的前提就是对现场污秽度进行预测，污区分级是最重要依据之一。这一点读者在阅读本书时需要注意。

本书可供从事电力工程设计工作的技术人员使用，亦可作为各高校、大中专相关课程的参考材料。

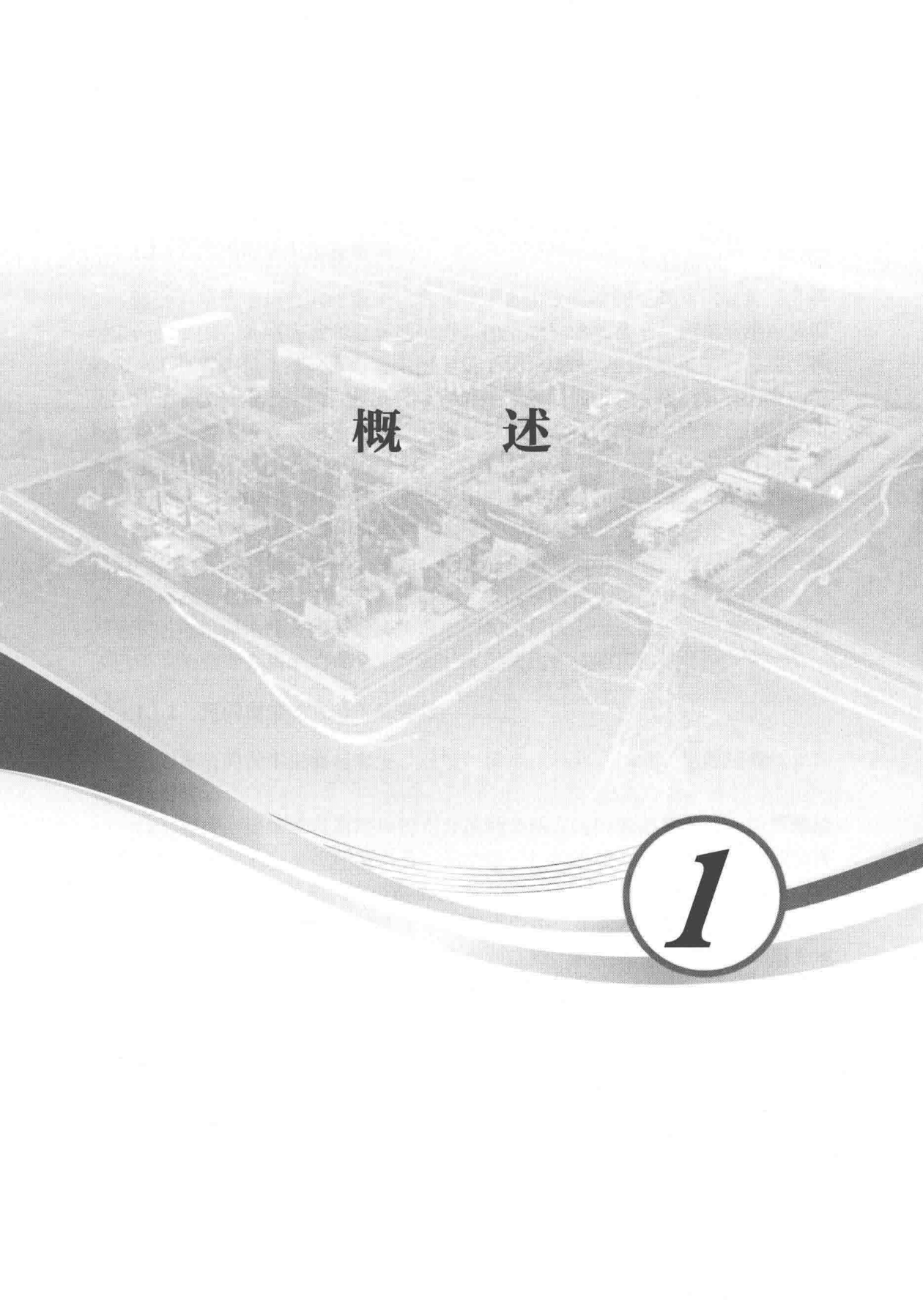
由于作者水平所限，加上本书编写时间紧张，书中错漏之处还请广大读者给予批评指正。

目录

前言

1	概述	1
1.1	电力系统外绝缘污闪的成因	3
1.2	典型污闪事故	7
1.3	电力系统污区分级的必要性	18
2	输变电设备外绝缘污闪和积污的基础知识	19
2.1	污闪的基础知识	21
2.2	污秽种类、环境和表征方法	41
2.3	绝缘子积污的关键参数及实际测量	43
2.4	饱和等值盐密与饱和污秽度	57
2.5	典型地区饱和等值盐密	58
3	典型地区电网积污特点	69
3.1	华北地区环境污染特征	71
3.2	华东地区环境污染特征	74
3.3	华中地区环境污染特征	79
3.4	东北地区环境污染特征	81
3.5	西北地区环境污染特征及情况分析	84
4	电力系统污区分级	87
4.1	现场污秽度测量和等级划分	89
4.2	污区分布图的绘制	99
4.3	不同标准之间的差异性分析	104

5	电子污区图的绘制方法和规则	107
5.1	数字地图基本知识	109
5.2	污区图数字化	113
5.3	电子污区图的绘制流程	115
6	不同盐密下绝缘子污闪特性	117
6.1	试验设备和试验方法	119
6.2	特高压交流线路用瓷(玻璃)绝缘子污闪特性系统试验	125
7	饱和等值盐密下绝缘子的选择	137
7.1	自然污秽影响污闪电压的因素	139
7.2	绝缘子的选择	144
	参考文献	153
	索引	155

An aerial, grayscale photograph of a city, likely New York City, showing a dense grid of streets and buildings. A large river, the Hudson River, flows along the right side of the image, with a prominent bridge crossing it. The city extends into the distance, with a hazy horizon.

概 述

1

1.1 电力系统外绝缘污闪的成因

1.1.1 污闪形成原因及影响

输变电系统中运行的绝缘子、套管等设备由于长时间受其周围存在的各类污染源的影响，外绝缘表面会逐渐积污。在干燥气候条件下，污秽对绝缘强度的影响不显著。但在雾、露、毛毛雨、雪等比较潮湿，但其程度又不能将污秽从绝缘子表面冲洗下来的气候条件下，外绝缘表面的污秽会逐渐湿润。表面湿润后，若污秽度较重，而绝缘配置又不足以承担运行电压时，绝缘表面就有可能发生闪络，造成污闪。

20 世纪 50 年代，只有重工业较集中的东北电网和沿海地区发生过污闪事故，而进入 80 年代后，随着环境污染加剧，全国各地普遍有污闪事故发生，且范围广、频度高，损失也越来越大。一般的污闪事故引起的停电可以造成几十万至几百万千瓦时电量的损失，长时间、大面积的停电事故甚至可以损失上千万千瓦时电，而由此对国民经济所造成的间接损失更无法估计。可见，污闪事故已经威胁到电力系统的安全运行和我国现代化建设的正常进行。

1.1.2 污闪发生的关键气象参数

污闪事故的发生主要与湿度、温度、降水、风向、风速、逆温层等气象参数密切相关。

(1) 湿度。绝缘子表面污秽的充分湿润是诱发污闪的必要条件。运行经验表明，雾、露、毛毛雨等环境下易引起绝缘子污闪事故，其中尤以雾的威胁性最大。此类运行环境普遍具有较高的湿度水平（相对湿度一般在 70%~80% 以上，有的甚至达到 100%），且尚未形成降水。由于此时污秽层易被充分湿润，污层中的电解质完全溶解，但污层尚未被冲洗掉，在绝缘子表面形成一层导电膜。此时污层的电导率最大，而污闪电压最低。

(2) 温度。绝缘子污层的湿润会受温度的影响。不同温差作用下，润湿方式、速度、均匀程度的差异会引起绝缘子污闪特性差异。污层的湿润包括冷凝、水滴碰撞、水分吸附和水珠扩散 4 种方式。当绝缘子表面温度高于环境温度而形成正温差时，此时的污层通过水滴碰撞、吸附、扩散三个过程进行润湿；反之，绝缘子表面温度低于环境温度形成负温差时，污层更易通过空气中的水分的直接冷凝过程而润湿。正温差愈大，湿润的速度愈慢，污层愈不易受潮；负

温差愈大，污层的湿润效果愈显著。污闪事故多出现在凌晨，此时气温开始上升，而绝缘子的温度由于其热容量大而上升缓慢，造成绝缘子温度低于环境温度，形成负温差。另外，环境温度愈高，物质的溶解度增大，电解液粘度降低，离子的运动速度加大，从而使污层电导率明显增加而污闪电压则明显下降。有研究表明，环境温度每升高 1°C ，污闪电压将下降 $0.7\%\sim 1\%$ 。

(3) 降水。降水可以净化大气污秽。降雨按强度可分为大雨、中雨、小雨。每小时几十到几百毫米降雨量的大雨有利于污秽地区的绝缘子运行。中雨强度可达 $2.5\sim 8.0\text{mm/h}$ 。大雨和中雨可有效冲洗绝缘子上表面可溶盐类，在一定程度可以恢复绝缘子的耐压强度，避免污闪事故的发生。但毛毛雨和小雨由于强度小，水滴半径小以及雨速低，此时润湿过程起主导作用，因而造成的污闪事故较多。

(4) 风。污秽物在风作用下可转移污源至输变电设备上，通过碰撞、粘附，最终沉积在设备外绝缘表面，因此风对外绝缘积污过程具有重要影响。风速是表征污染源影响范围的重要参数。风速增大，会造成单位时间污染物呈广域散布，稀释污秽浓度。风向会影响受污范围的位置，污区通常分布在污染源的下风向，多以污源为起点呈扇形分布。风速的大小并不稳定，且风向具有摆动性，这种无规则的阵性和摆动即为大气湍流。这种湍流使空气各部分充分混合，因此进入大气的污秽由于湍流的混合作用而使污染物逐渐分散稀释。当风的阵性和摆动较猛烈时，大气湍流强，稀释能力也较强；当大气湍流较弱时，稀释能力较弱。

(5) 逆温层。气温通常随高度的增长而降低，而当气温随高度增长而升高时即称之为逆温。逆温时的大气状态相对稳定，不利于污染物的扩散和稀释。冬季夜间地表温度及低气流层受冷空气的影响出现大幅降温，而易出现逆温现象。此时，暖气流与冷气流呈现出稳定的上下分层结构，使接近地面的水汽和污源不易向上扩散，一方面造成近地层水汽丰富，另一方面污秽物可充当水汽凝结核。一旦温度下降就形成对电力设备外绝缘有严重威胁的“脏雾”，极易诱发输变电设备污闪。

1.1.3 各省典型污闪事故的特征

污闪事故容易发生在持续积污后的大雾、毛毛雨等天气条件下，发生时间为易出现逆温的凌晨时分。统计分析几个具备诱发污闪气象条件的多雨省份典型的污闪时气候特征及污闪时间，结果如表 1-1 所示。

表 1-1

各省典型污闪事故特性统计

省份	气候特点	污闪易发时间
四川	雨水充足，冬季多雾	冬季
福建	雨水充足，空气湿度大 夏季台风造成沿海地区快速积污	冬季
湖南	雨水充足	冬季
江西	雨水充足，秋冬季晴朗少雨	冬季
甘肃	干燥少雨，夏季降水	冬季
安徽	雨量适中，梅雨显著，夏雨集中	冬季

可见，无论是北方少雨、还是南方潮湿多雨的气候，冬季降水均较少，导致污秽在绝缘子表面上的积累。秋、冬季被认为是绝缘子的主要积污期，而往往积污后期盐密较重时的一场大雾或毛毛雨容易导致污闪的发生。下面结合各省的具体气象环境及时间特征具体分析典型的电网污闪事故。

(1) 四川省。四川电网污闪跳闸有以下几个特点。

1) 四川地区虽然雨量充沛，但降雨量集中在夏季，冬季少雨多雾，是典型污闪季节；污闪跳闸时多为大雾或毛毛雨天气，污闪时刻多集中在午夜至凌晨空气湿度较大时。

2) 复合绝缘子在长期潮湿条件下，由于憎水性显著下降，导致部分爬电距离较短的老旧绝缘子发生污闪跳闸。

3) 四川地区经济发展持续增长，污染源不断增多，化工、水泥、钢铁及城市环境综合污秽都直接造成了污闪跳闸，且近年来有增加的趋势。

(2) 福建省。福建省污闪事故有以下几个特点。

1) 雨水充足，且连续日长，特别是 4~9 月，对电瓷外绝缘表面起到很好的冲刷作用，绝缘子表面洁净，不易发生污闪，而在秋冬季（10 月~12 月），雨量相对偏少，是绝缘子表面积污和易发生污闪的时期。

2) 福建气候潮湿，即使在秋冬季，雾日、小雨日及露日数也较多，空气湿度高，会对电瓷表面污秽物起到充分湿润的作用，容易引起污闪的发生。

3) 最长干旱日一般发生在冬季，因此 12 月时绝缘子表面积污最为严重，运行经验也表明每年 1~2 月是发生污闪最危险时期。

4) 污闪季节（冬季）多是东北风，即由内陆吹向海洋，此时风向对海雾起到抑制作用。由于福建省丘陵山地占 85%，所以静风频率高，空气污秽物不易扩散和稀释，对内地工业污秽而言，污染较为集中。

5) 6~9月是福建省台风季节,每年均有3~5次的台风登陆,台风带来的海水、盐雾对沿海电网带来不利影响,但台风带来的大雨、暴雨对绝缘子起到很好的清刷作用,特别是对内陆电网是十分有利的。

(3) 湖南省。湖南境内多年平均降水量在1200~1700mm之间,雨量充沛,为我国雨水较多的省份之一。全省4~10月,降水量占全年总降水量的68%~84%。冬寒冷而夏酷热,春温多变,秋温陡降,春夏多雨,秋冬干旱。

2000~2010年,湖南省220kV及以上电压等级输电线路共发生污闪跳闸27次。故障发生时均为大雾或毛毛雨天气,故障原因大部分为绝缘配置不满足要求,部分为附近突现的点状污源导致局部污秽等级升高,如2008年怀化局黄枇II线污闪跳闸。同时还存在山火积灰导致绝缘子表面积污严重,导致绝缘配置不满足要求。

(4) 江西省。江西全省气候温暖,日照充足,雨量充沛,无霜期长,为亚热带湿润气候。年均降水量1341~1940mm,一般表现为南多北少、东多西少、山区多盆地少。全年降水季节差别很大。秋冬季一般晴朗少雨,1977年大部分地区整个秋冬季以阴雨天气为主的现象较为少见。江西省污闪事故有以下几个特点。

1) 污闪主要在大雾天气或阴雨空气湿度较大的条件下发生,干燥积污绝缘子串耐受电压水平较高不易发生污闪,只有在污秽润湿的情况下产生较大的泄漏电流最终导致污闪发生。

2) 造成污闪最主要因素是附近有污染源,如九江妙裕线#77杆塔附近的农业污染,抚州贵里线#101杆塔附近的采矿石污染等。

3) 2008年发生的污闪为历年最多,主要由于经过2008年初的冰雪灾害后,绝缘子劣化情况加速,在未进行防冰差异化改造的情况下,线路绝缘水平有所降低。

(5) 甘肃省。甘肃省气候干燥,气温日较差大,光照充足,太阳辐射强。年平均气温在0~14℃之间,由东南向西北降低。年均降水量300mm左右,降水量各地差异很大,在42~760mm之间,自东南向西北减少,降水各季分配不均,主要集中在6~9月。甘肃省气象灾害的种类繁多,灾情也比较严重。主要的气象灾害有干旱、大风、沙尘暴、暴雨、冰雹、霜冻和干热风等。干旱是甘肃省最主要的气象灾害。大风和沙尘暴灾害也较重,大风日数每年有3~69天,沙尘暴日数为1~37天,大风和沙尘暴主要危害河西和陇中、陇东北部。此外,暴雨、冰雹、霜冻和干热风也是不可忽视的气象灾害,各地每年均有发生。

恶劣的气象条件是造成污闪的重要原因。在甘肃发生的线路污闪跳闸中,绝大部分均发生在雨、雪、雾、沙尘暴等恶劣天气条件下。尤其在每年的第一场雨、雪来临之际,经过一个冬天积污的绝缘子,往往容易发生闪络。在化工、

冶炼污染严重的地区，线路和多次跳闸与恶劣的气候有着直接的关系。

(6) 安徽省。全省年降水量在 750~1700mm 之间，雨量比较适中。有南多北少，山区多、平原丘陵少等特点。3~5 月降水量约占全年降水量的 20%~38%，自北而南增大。江南雨季来得早，全年雨量集中期在 4~6 月，沿江西部、屯溪、祁门一带春雨甚至多于夏雨。秋季大气层结比较稳定，晴好天气多，9~11 月降水量只占全年降水量的 15%~20% 左右。

持续大雾是造成安徽省 2007 年初输电线路频繁发生污闪的外因。此次大雾能见度低、持续时间长，给输电线路，特别是对防污闪工作带来了严峻的考验。在发生的 4 次污闪故障中，有 3 次发生在同一天，当时为浓雾天气，气温低，雾浓度大，空气湿度基本达到 100%，使绝缘子表面的污秽充分湿润，泄漏电流增大，引起局部电弧的产生，最后造成闪络。另外，污闪杆塔附近有大的污染源，雾气中酸性成分增大，电导率增大，对防污闪极为不利。

1.2 典型污闪事故

1.2.1 污闪事故的特点及危害

2006 年 12 月 22 日，为有效应对我国经济快速发展导致的环境变化和恶劣气象对电网安全运行的影响，国家电网公司发布并实施了 Q/GDW 152—2006《电力系统污区分级与外绝缘选择标准》和国家电网生〔2006〕1226 号《电力系统污区分布图绘制规则》，明确了外绝缘设计“配置到位、留有裕度”的技术原则。

根据以上要求，国家电网公司基于相关标准，依据大量现场数据和运行经验，形成了 2007 版污区分布图。在这个版本的污区分布图中，总结多年的防污闪经验，服务于生产实际，充分体现标准的适用性和可操作性。2007 版污区分布图体现了防污闪技术不断发展的成果，引起了对原污秽外绝缘设计思想和防污闪技术管理的又一次调整。

1.2.2 2007 版污区图实行前的污闪事故

我国在 2007 版污区图实行前，由于对污秽影响外绝缘的规律认识不足，曾出现过几次较有代表性的大面积污闪事故。

1.2.2.1 1990 年初华北、东北地区大面积污闪

1990 年 1~2 月份，冀南、山西电网、华中的河南电网和东北的辽西电网也发生大面积污闪事故。包括京津唐电网在内共计有 218 条线路多次污闪跳闸，

其中 500kV 线路 6 条, 220kV 线路 82 条, 110kV 线路 130 条, 计污闪上千余次, 并发生多起绝缘子钢帽炸裂球头脱落, 使部分省市电网多次多处解列解环。先后有 25 座 220kV 和 110kV 变电站停电。

此次故障中, 天津 220kV 吴港线最先发生污闪。随后, 河北邢台先后有 6 条 220kV 线路先后于 1 月 5 日、9 日、17 日污闪掉闸。

进入 2 月, 在连续十几天的罕见大雾下, 大面积污闪遍及华北大部地区, 污闪跳闸次数于 2 月 16 日、17 日达到高峰, 两天内 110~500kV 线路跳闸 45 条, 造成进京的 3 条 500kV 线路全部停运, 7 条 220kV 线路有 6 条断电。在此期间, 华北地区各省(市)污闪的大致过程如下。

2 月 8~10 日, 河北省电网污闪频起, 并出现导线落地事故, 保定电网一度与主网解列。9 日, 河北省石家庄市石邯电网接连出现污闪事故, 先后有 13 条 220kV 线路和 25 条 110kV 线路, 多次发生事故, 电网被迫解列成四个小网孤立运行, 使石家庄地区大面积停电; 11 日石家庄五角环网解列, 河北省电网分为若干块, 损失电量 636 万 kWh。16 日唐山 8 条 110kV 线路、3 条 220kV 线路污闪跳闸。17~22 日大房 I、II 回保定段、房北线北京段及北京 12 条 110kV、13 条 220kV 线路相继闪络跳闸, 不仅使北京与河北、山西省电网完全解列, 而且自身 220kV 双环网也面临崩溃的边缘, 电量损失约 1200 万 kWh, 影响产值近 6000 万元。

2 月 9~10 日, 山西电网 5 条 220kV 线路和 3 条 110kV 线路出现以覆冰为主的闪络跳闸。2 月 13~15 日, 山西中部出现 4 条 110kV、6 条 220kV 线路外绝缘闪络。

2 月 10~17 日, 天津 110kV、220kV 线路各 2 条及 500kV 房北线相继污闪, 房北线为永久性故障。

2 月 11~17 日, 3 条进京 500kV 线路全部停运, 停运线路长达 530km。发现故障点 79 处, 103 串绝缘子闪络。北京城市和郊区, 有 30 多条高压输电线路先后跳闸断电。8 个枢纽变电站发生故障。为保市内居民用电, 对 200 个工业用电大户实行拉闸停电, 同时对郊区实行限电。

在此次华北地区大面积污闪事故的同时, 东北地区 500kV 董王线也于 2 月 17 日发生污闪跳闸, 绝缘子钢帽脱出, 导线落地, 同时 220kV 及 63kV 多条线路也发生跳闸。3 月下旬山西再度出现大雾、雨雪交加天气, 并发生多起污闪掉闸。

1.2.2.2 1992 年初四川盆地西北部大面积污闪

四川盆地西北部, 从成都到德阳大约 69km 长, 7.9km 宽的范围内的电网有 7 处发生了特大污闪事故, 造成 29 条高压线路跳闸, 47 座变电站停电, 并使得多处高压线被烧断, 高压绝缘子被烧坏。

1月21日凌晨,浓雾使四川省青白江变电站 220kV 青山线、二台山线三相、孙青线以及青五线相继发生污闪跳闸。进而导致以青白江变电站为中心的 15 条 220kV 线路跳闸,致使川西北地区 6 个 220kV 变电站失压,成都电厂 20 万 kW 机组停电,江油电厂 33 万 kW 机组停机;德阳、绵阳、广元地区大部分停电;使得成都地区大范围停电,电气化铁路也被迫中断。宝成铁路电气机车停运;多家大型企业被迫停产。此次由污闪引起的恶性事故历时近 5 小时,使川西北电网与主网解列而崩溃。

由于停电范围大,初步估算电力部门向用户少供电 1000 万 kWh 以上,电力部门的电能损失折合人民币 150 万元以上,而受停电影响的企业的经济损失更是远远大于这个数字。

1.2.2.3 1996 年底华东电网大面积污闪

1996 年 12 月 27~31 日华东地区出现罕见大雾,华东电网 23 条 500kV 线路中有 11 条发生闪络,跳闸 77 次,其中 3 条线路因零值瓷绝缘子炸裂导致导线落地;220kV 系统中 24 条线路闪络,跳闸 58 次,其中 9 条线路因零值瓷绝缘子炸裂导致导线落地。虽然断路器、继电保护动作正确,未造成大范围停电,但仍对电网安全构成了严重的威胁;

1996 年 12 月 27~31 日华东电网 500kV 线路污闪概况如表 1-2 所示。

表 1-2 华东电网 500kV 1996 年 12 月 27~31 日污闪线路概况

污闪 线路 代号	所属 省市	闪络 日期	闪络 次数	绝缘子配置	爬电 比距 cm/kV	污区规 定爬比 cm/kV	平均 盐密	零值 (掉线 炸裂)	清扫日期
5101	上海	30~31	21	CA—837EZ 26 片	2.5	2.5	0.15		1996.6.24~28
5103			2	XW P5 28 片	2.52	2.5	0.13		1996.5.27~28
5104			20	XW P5 26 片	2.34	2.5	0.24		1996.5.29
5105			3	XW P5 26 片	2.34	2.5	0.20	√	1996.11.5~8
5902			6	XW P5 28 片	2.52	2.5	0.18	√	1996.4.1~5
5903			1	XW P5 26 片	2.34	2.5	0.12		1996.9.9~12
5901	安徽	28	3	XP—21 25 片	1.7	2.0	0.12	√	1996.10
5904		27 30	8	XP3—16 25 片	2.14 1.96	2.0	0.33 0.24	√	1995.4
5202	江苏	31	6	XW P2—16 25 片	2.25	2.3~2.5			1996.10
				U—325 22 片	1.87				

续表

污闪 线路 代号	所属 省市	闪络 日期	闪络 次数	绝缘子配置	爬电 比距 cm/kV	污区规 定爬比 cm/kV	平均 盐密	零值 (掉线 炸裂)	清扫日期
5404	浙江	28~29	7	XP—16 31 片	1.86	2.5	0.115	√	1996.9
5402		28	1	LXP—16D 28 片	1.85	2.5	0.188		1996.5

华东地区各省（市）受污闪影响的具体情况如下。

（1）上海市。1996 年 12 月 30~31 日，上海 500kV 电网的 8 条线路中有 6 条相继发生雾闪，共跳闸 48 次。

（2）安徽省。从 12 月 27 日 4 时 49 分到 30 日 8 时 55 分的 76h 内，接连发生了 41 条次 220kV 及以上线路的污闪跳闸事故：其中 18 条 220kV 线路共跳闸 35 次，占 78 条 220kV 线路的 23%；2 条 500kV 线共跳闸 6 次，占 8 条交直流 500kV 线路的 25%。这次污闪事故有 8 条 220kV 线路和 2 条 500kV 线路发生 11 次绝缘子断串、导线落地事故，其中 220kV 线路断 9 串，500kV 线路断 2 串，各占其污闪线路的 44.4%和 100%，造成长时间大面积停电，损失巨大。

（3）浙江省。1996 年 12 月浙江湖州地区高压线路发生污闪故障。12 月 17 ~ 31 日，湖州地区出现近 10 年以来最大的大雾天气，造成该地区高压线路 17 次污闪跳闸，其中 220kV 线路出现 4 次，110kV 线路出现 13 次。

1.2.2.4 1997 年初陕西电网大面积污闪

1997 年 2 月 27 日陕西电网发生了波及面最广、损失负荷最重的一次污闪事故，东起秦岭电厂、西至宝鸡汤峪，南起户县电厂、北到韩城地区，共计 4 条 330kV 线路、2 条 220kV 线路、5 条 110kV 线路、2 座 330kV 变电站、3 座 110kV 变电站出现污闪事故，4 台 330kV/240MVA 变压器跳闸。该次事故损失地区负荷 280MW，停电时间 3h22min，其中秦岭一厂、220kV 闫良、代王变电站与系统解列，失压 23min。导致渭南地区东部和商洛地区全部停电，系统甩负荷 410MW，并对输变电设备造成严重损害。

1.2.2.5 1999 年初华北电网等大面积污闪

1999 年 3 月 12 日，京津唐地区出现近一周的连续大雾，造成京津唐电网 10 条线路 47 条次的闪络，闪络线路涉及的电压等级包括 110kV、220kV 及 500kV。其主要闪络线路及外绝缘概况如表 1-3 所示。在这几天之内，北京供电局管辖的输电线路多次跳闸，11 条 110~500kV 输电线路共跳闸 43 次，长度占北京地区输电线路的 9.8%，造成部分地区停电，对首都电网的安全运行构成极大的威胁。此次事故持续时间之长、范围之大，均为 1990 年大面积闪络以来之最。