

文章编号: 1003-8337 (2001) 02-0003-04

# 污秽绝缘表面电导特性的研究

李晓峰<sup>1</sup>, 丁颖川<sup>2</sup>, J. M. K. MacAlpine<sup>3</sup>, 李正瀛<sup>1</sup>

(1. 华中科技大学电力工程系, 湖北 武汉 430074; 2. 辽河油田油建一公司, 辽宁 盘锦 124120;  
3. 香港理工大学电气工程系, 中国 香港)

**摘 要:** 输配电系统中, 污秽的绝缘外表面在潮湿天气所发生的沿面闪络是引起输电线路故障的主要原因之一。加强对绝缘表面在此种情况下电导特性的基础研究, 有助于进一步探究表面电导与污秽闪络的关系, 有利于进行较为准确的绝缘在线监测工作。并可根椐研究结果, 采取相应措施以改进绝缘防污性能、进行有针对性的清洗、检修及更换等, 以达到减少污闪事故的发生率、保障供电可靠性和安全性的目的。本文以污秽玻璃片为实验对象, 在人工雾室中对其表面电导特性进行了大量的基础实验, 得到了相关的实验结果。通过对实验结果的分析 and 总结, 得到了一些有益的结论

**关键词:** 绝缘子; 污秽; 表面电导

中图分类号: TM216 文献标识码: A

## Surface Conductance of Polluted Glass Sheet in Fog Chamber

LI Xiaofeng<sup>1</sup>, DING Yingchuan<sup>2</sup>, J. M. K. MacAlpine<sup>3</sup>, LI Zhengying<sup>1</sup>

(1. The Department of Electrical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. Liaohe Oil Field, Panjin 124120, China; 3. The Department of Electrical Engineering, The HongKong Polytechnic University, HongKong, China)

**Abstract** In the power transmission and distribution system, the power supply failure caused by the polluted flashover of insulator has been becoming one of the most serious factors, especially under moist weather. Taking the polluted glass sheet as experimental subject, we have measured its surface conductance in fog chamber and obtained a large number of experimental data. Through analyzing and summarizing the experimental data, we have gained useful conclusions which are helpful for the insulation monitoring on-line, model building and so on.

**Key words** insulator; pollution; surface conductance

## 1 前言

随着输电电压等级的逐步提高和环境污

染的存在, 绝缘子的污秽耐受电压已经成为输电线路绝缘设计的关键问题之一<sup>[1,2]</sup>。绝缘子, 特别是户外绝缘子的外表面在运行过程

收稿日期: 2001-02-13

作者简介: 李晓峰 (1969-), 男, 湖北广水人, 在读博士, 主要从事防雷及绝缘方面的研究工作。

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www>

中都会一定程度地受到工业污秽或自然界盐碱、飞尘、鸟粪等的污染。干燥情况下,这些污秽物的电阻很大,但当大气湿度较高,如在毛毛雨、雾、露、雪等不利气候条件下,绝缘子表面污秽物被润湿后,形成了导电层,其表面电导和泄漏电流剧增,使绝缘子的闪络电压显著下降,甚至导致绝缘子在工作电压下闪络,破坏电力系统的安全运行<sup>[2-4]</sup>。

现有的研究结果显示:污秽绝缘子的表面电导与其闪络电压之间的明确的对应关系,即表面电导增大时,闪络电压随之降低<sup>[2,5]</sup>。因此,测量污秽绝缘子在各种情况下,特别是在潮湿状况下的表面电导,就成为研究其污秽闪络的最基础的实验之一。根据污秽绝缘子表面电导特性的研究结果,采取一定的措施改进其防污性能,进行实时在线监测并安排有针对性的清洗、检修和更换等,就可以达到减少污闪事故的发生率、确保电力系统安全运行的目的。

## 2 实验装置

我们以长 100mm 宽 50mm 的玻璃薄片来模拟实际的绝缘表面,以氯化钠和氧化铝的混合物模拟污秽中的可溶物和不溶物,以长 50mm 高 10mm 的两铜片作电极。实验在人工雾室中进行,其尺寸为长 700mm 宽 500mm 高 700mm。为便于观察,人工雾室由透明的有机玻璃制成。由于雾天等潮湿天气下,空气中的水分是冷的微粒,所以用热蒸汽来模拟雾天并不符合实际情况。为避免这一缺陷,我们采用超声波增湿器产生的冷雾来模拟实际的潮湿天气。设定每小时的喷雾量为 80g,每小时凝结在污秽物上的水量为 1.1g。实验装置如图 1 所示。

实验时,通过测量阻值为  $10\Omega$  的取样电阻上的电压来获得通过污秽玻璃薄片上的泄漏电流。该模拟电压信号通过 A/D 转换器转换成数字信号后输入到计算机进行记录和处理。

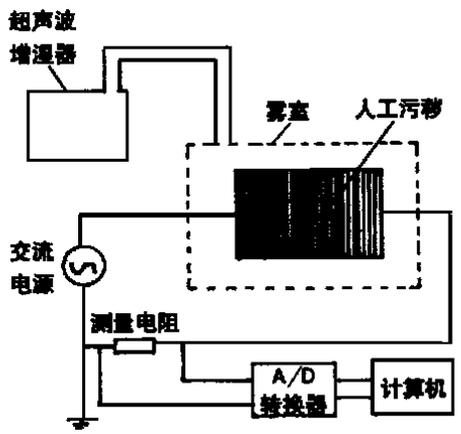


图 1 实验装置简图

## 3 实验步骤及分类

为使实验精确、重复性好,采用精度为 0.1mg 的电子秤来称取氯化钠和氧化铝。实验时,将称量好的氯化钠和氧化铝充分混合后,均匀地平铺在玻璃薄片上。为使氯化钠在玻璃片上分布得更加均匀,用喷壶将污秽湿润后,置于阴凉处让其自然干燥。最后将污秽玻璃薄片放入雾室,接通交流电源,打开超声波增湿器进行实验。

为消除因泄漏电流过大而产生的热效应对表面电导测量的影响<sup>[2]</sup>,实验时将测量电压设定为 5V。

实验采用 5 种混合样品进行,它们的具体配置情况如表 1 所示。

表 1 5 种实验样品配置表

	NaCl 含量 (g)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 含量 (g)
样品 1	0.1	2.9
样品 2	0.2	2.8
样品 3	0.5	2.5
样品 4	1	2
样品 5	2	1

为便于综合比较,实验按以下四种情况进行:

① 为防止人工污秽因雾淋而溢出玻璃表面,在玻璃薄片两侧粘接两个玻璃矮墙(长

100mm, 高 10mm)。同时,平铺人工污秽前,严格清洗玻璃薄片。

② 除平铺人工污秽前,不严格清洗玻璃薄片外,其它情况与情况①相同。

③ 为模拟实际绝缘物情况,取消两玻璃矮墙进行自然状态的实验。与情况①相同,平铺人工污秽前,严格清洗玻璃薄片。

④ 除平铺人工污秽前,不严格清洗玻璃薄片外,其它情况与情况③相同。

## 4 实验结果及分析

第一种情况下实验结果的平均值如图 2 所示

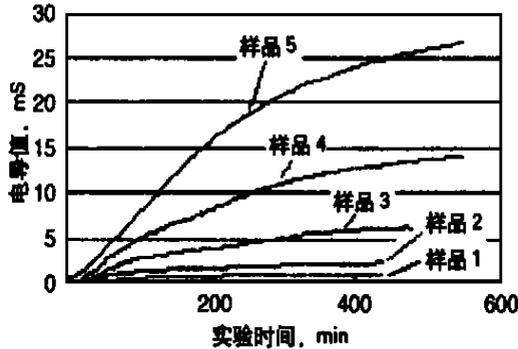


图 2 情况①时 5种样品的实验结果

从图 2可以看出:在绝缘表面清洁、污秽分布均匀且污秽不溢出绝缘表面的情况下,绝缘表面电导值随湿润时间的增加而增大,最后的极大值与可溶物氯化钠的含量基本上成正比。这一结果与电化学理论分析的结论相吻合,也易于理解。

为便于比较多次实验结果,对情况②至情况④以样品 2为例进行讨论分析。它们连续 5次的实验结果分别示于图 3至图 5中。

其中,在图 5中,我们让超声波增湿器工作 90min后关闭,以取得无表面污秽溢出时的实验结果。

从图 3 图 5及实验观察我们发现,在玻璃表面未作严格清洗时,其表面有油污等憎水性物质存在,当其在人工雾室中慢慢湿润时,溶解了氯化钠后的水溶液并不是均匀地

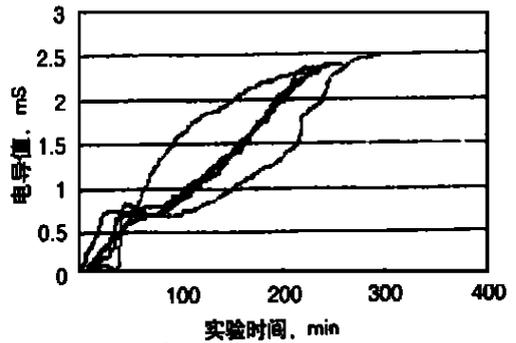


图 3 情况②时样品 2的五次实验结果

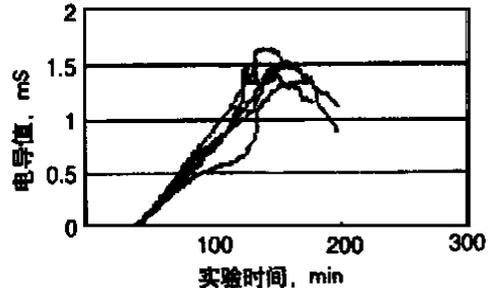


图 4 情况③时样品 2的五次实验结果

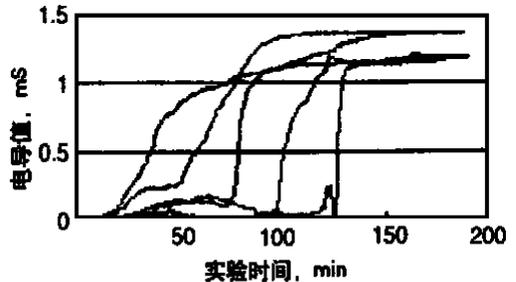


图 5 情况④时样品 2的五次实验结果

覆盖在玻璃片表面,而是被一块块的憎水性区域所分隔形成一片片或大或小的电解质溶液区。有时,因憎水区域隔断了溶液区,导致在实验开始后的一至两个小时内(如图 5 中的三条曲线)所测得的表面电导值很小,甚至接近于零。而在图 2及图 4中,因玻璃表面在实验开始前作过严格清洗,不存在表面油污等杂质,所以经过较短时间的湿润后,其表面形成了均匀的电解质溶液层,随后表面电导值随着水雾的凝结而逐渐增加。图 2中的实验结果已作过讨论,图 4中因表面溶液层达到一定程度后电解质的溢出,所以其表面电导值达到最大后再逐渐下降。同时,从

图 3至图 5我们可以看出,在相同的样品下,实验结果所获得的极大值并不相同,而具有分散性。

## 5 结论

通过实验观察和对实验结果的分析,我们可以得到以下结论

(1)如果污秽物在润湿时不从表面溢出,绝缘表面电导在一定的污秽度内,随着污秽内导电物质含量的增加而增大

(2)在绝缘物表面含有相同的可溶物和不溶物污秽时,因表面清洁度、污秽分布均匀度等因素的各异,表面电导达到的最大值并不相同,而具有分散性

(3)在绝缘物表面具有油污等憎水性物质存在时,从湿润开始到相当长一段时间内,绝缘物表面泄漏相当小,甚至接近于零,但当表面电解质层厚到可以较均匀地覆盖到憎水性物质表面时,表面电导将迅速增加到与表面清洁时大约相同的数值。

此外,因电流的热效应,实验所采用的测量电压值的大小对表面电导的实验结果具有很大的影响。

以上结论说明:在以绝缘表面电导为主要监测指标的实时绝缘在线监测及研究表面闪络与表面电导之间关系等的各项工作中,应综合考虑污秽物本身及其在绝缘表面的分布情况、绝缘表面清洁情况、污秽溢出情况、测量电压值大小等因素,以获得较准确的结果。同时,本文的实验结果,也为以建立各种模型为目标来分析和判断绝缘表面状况的研究工作提供了基础实验数据<sup>[1,4,6-10]</sup>。

参考文献:

[1] P. S. Ghosh and N. Chatterjee. Polluted Insulator Flashover Model for ac Voltage

[J]. IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, 1995, 2 (1).

- [2] Masaru Ishii, Minoru Komatsubara, Ryosuke Matsuoka, Takaie Matsumoto, Masaaki Kurokawa and Katsuhiko Naito. Behavior of Insoluble Materials in Artificial Contamination Tests [J]. IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, 1996, 3 (3).
- [3] 朱德恒, 严璋. 高电压绝缘 [M]. 清华大学出版社, 1992
- [4] D. L. Williams, A. Haddad, A. R. Rowlands, H. M. Young and R. T. Waters. Fomation and Characterization of Dry Bands in Clean Fog on Polluted Insulators [J]. IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, 1999, 6 (5).
- [5] M. Ishii, M. Akbar and T. Kawamura. Effect of Ambient Temperature on the Performance of Contaminated dc Insulators [J]. IEEE Trans. on Electrical Insulation, 1984, 19 129 ~ 134.
- [6] L. L. Alston and S. Zoledziowski. Growth of Discharges on Polluted Insulation [J]. Proc. IEE, 1963, III (7): 1260~ 1266.
- [7] R. Wilkins. Flashover Voltage of HV Insulators with Uniform Surface Pollution Film [J]. Proc. IEE, 1969, 116 (3): 457~ 465.
- [8] T. C. Cheng. DC Interfacial Breakdown on Contaminated Electrolyte Surfaces [J]. IEEE Trans. on Electrical Insulation, 1984, 19 (6): 536~ 542.
- [9] S. Gopal and Y. N. Rao. Flashover Phenomenon of Polluted Insulators [J]. Proc. IEE, 1984, 131 (4): 140~ 143.
- [10] J. M. K. Mac Alpine, B. R. Lu. and K. T. Ho. Percolation Effects on Polluted Surfaces in a Small-scale Fog Chamber [C]. 4th Workshop & Conference on EHV Technology, CSIC Auditorium, Bangalore India, 1998, 17& 18 61~ 64