

# 硅橡胶憎水迁移性机理试验分析

井琮琮<sup>1</sup> 司晓闯<sup>2</sup> 柴影辉<sup>3</sup> 魏建巍<sup>4</sup> 齐小乔<sup>5</sup> 李彩娜<sup>6</sup>

1.410426198108160523; 2.410422198410106055; 3.410381198503045516; 4.230184198601192792; 5.130635198602051285; 6.410482198710096000

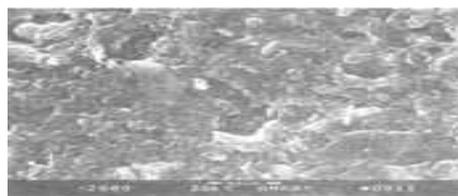
**【摘要】**新形势下, 电力使用需求量逐渐升高, 给电力部门带来新的挑战, 复合绝缘子的使用可以有效降低高压线路出现跳闸现象, 对高压线路运行安全具有积极影响。本文对比分析了固体硅橡胶与液体硅橡胶憎水迁移性能, 对硅橡胶憎水迁移性机理进行了验证, 通过试验的方式, 对固体硅橡胶与液体硅橡胶的憎水性进行了比较, 并根据温度对绝缘子憎水性以及绝缘子对干闪、湿闪电压的影响进行分析<sup>[1]</sup>。

**【关键词】**硅橡胶、复合绝缘子; 憎水迁移性; 机理

绝缘子材料主要分为有机材料与无机材料。例如, 环氧树脂、聚氨酯、硅橡胶等有机材料, 也就是复合绝缘子。而玻璃、石膏以及陶瓷等就是无机材料。当前, 在输电线路的使用中, 较多使用复合绝缘子, 其具有质量轻、需要进行清扫的时间周期较长、轻度高、结构较为简单、耐冲击、耐热老化、耐酸性以及良好的耐污性等特点; 而无机材料, 具有湿闪电压较低的缺点, 正在逐渐被取代<sup>[2]</sup>。高压线路运行中, 会出现干燥带电弧放电、污秽沉积等现象, 导致绝缘子表面亲水, 而硅橡胶材料的出现正好有效克服了这一难题, 变成广泛流传的绝缘材料。

## 1 硅橡胶憎水迁移性机理

大多数学者认为, 憎水性迁移受低分子量物质的影响。小分子主要由绝缘子表面放电现象导致聚合物断裂而产生的, 这一断裂会裂解诸多小分子碎片, 或者是因为硅橡胶材料使用久后, 会出现硬化情况, 从而产生部分小分子。并且, 认为复合绝缘子在使用中, 会出现一定程度的不平衡性, 从而产生聚硅氧烷等小分子, 使自身达到平衡状态, 即使经过严重的雨水冲刷后还是可以经过自身产生而得以有效补充<sup>[3]</sup>。在电镜扫描下, 能够清晰地观察到硅橡胶表面情况, 如图一所示。硅橡胶材料经过使用后, 会出现大量硅胶脱落情况, 表面出现一些小坑, 使其表面憎水性降低。在复合绝缘子材料中对小分子的约束较低, 可以在表面的污秽层进行扩散, 而有效增加污秽层的憎水性。



图一 电镜扫描内硅橡胶表面

## 2 固体、液体硅橡胶对比试验

### 2.1 憎水迁移性比较

以布伦瑞克技术大学所使用憎水迁移性分级的方法为基础, 对复合绝缘材料迁移程度进行分级试验, 试验结果如表一所示。

表一 复合绝缘子表面憎水迁移程度

等级数	迁移状态
一级	沙层瞬间吸收水滴, 使水滴立即消失
二级	滴入水滴后, 并未瞬间吸收, 吸收时间两分钟; 将试验器具倾斜后, 瞬间吸收水滴
三级	将试验器具倾斜, 水滴滚落后吸收
四级	水滴发生过落后, 未吸收
五级	倾斜后立即滚落、无痕迹遗留

在 100 摄氏度下, 对液体硅橡胶与固体硅橡胶进行对照试验, 分别取部分硅橡胶片, 并为其涂上石英砂, 试验结果如表二所示。

表二 100 摄氏度下憎水迁移情况

时间	级别	
	固体	液体
半小时后	一级	二级
一小时后	二级	五级
三小时后	三级	

在 80 摄氏度下, 进行对照试验上述试验, 试验结果如表三所示。

表三 80 摄氏度下憎水迁移情况

时间 \ 级别	固体	液体
三个半小时后	三级	四级
五小时后	四级	五级
六小时后	五级	

据上述试验显示, 液体硅橡胶的憎水性较强, 而固体硅橡胶较为缓慢。液体硅橡胶具有扩散快以及内部小分子具有流动性强的特点, 从而有效提升其憎水性。在憎水性的比较下, 温度对其影响是十分明显的, 在 80 摄氏度下液体硅橡胶达到五级需要五个小时, 而在 100 摄氏度下仅需要一个小时。此外, 在实验完成以后, 将刮下来的石英砂进行憎水实验, 发现石英砂也具有憎水性, 可见, 在液体硅橡胶的内部, 确实存在小分子扩散现象, 能有效提升石英砂的憎水性<sup>[4]</sup>。

### 2.2 憎水性绝缘子对干闪、湿闪电压影响

本文试验样品是已经运行使用的横担符合绝缘子, 其型号为 SGY-35/5, 主要尺寸如表四所示。

表四 试品尺寸 (毫米)

试品	绝缘距离	爬电距离	杆径	干弧距离	伞径
SGY-35/4	412	1114	1114	492	169

试验取三只型号相同的绝缘子进行编号, 分别为 1、2、3 号, 试验在 96.48 下进行, 电压校正系数为 0.989。试验结果如表五所示。

表五 憎水性对干闪、湿闪电压试验结果

	编号	校正后电压平均值	裕数
干闪	1	173.8	4.97
	2	174.2	4.98
	3	173.8	4.97
湿闪	1	156.2	4.46
	2	155.6	4.45
	3	157.4	4.50

由上述试验可知, 对于 SGY-35/4 型号的绝缘材料而言, 其干闪电压与湿闪电压情况基本相同。

### 2.3 对湿闪电压进行污秽试验

对于使用者而言, 复合材料的耐污性是至关重要的。以下实验将正常状态下的绝缘子进行浸泡, 以此测试复合材料的污闪电压, 并在实验完成后, 将其憎水性恢复以后、一小时到三小时以后的湿闪情况。实验中, 使用 HC 分级来对绝缘子表面的憎水性进行检验, 取三次闪络电压平均值, 实验结果如表六所示。

表六 湿闪电压污秽试验

时间	HC 等级	污闪电压值	有效值
初始	2	125,122,122	123
浸泡一小时	3	106,98,106	103
浸泡两小时	5	94,90,102	95
浸泡三小时	6	92,91,90	91
恢复一小时	3	122,121,121	121
恢复三小时	2	122,120,121	121

如上表所示, 绝缘子在经过一小时的浸泡以后, 由于其表面憎水性大幅度降低, 但是陆续经过两小时、三小时以后, 绝缘子湿闪电压下降的幅度有所减少, 并且在恢复一小时以后, 随着憎水性的恢复, 其湿闪电压也在逐渐恢复, 甚至到达初始数值<sup>[5]</sup>。因此, 根据以上实验, 可以有效得出, 在复合硅橡胶使用时, 只要给运行中的绝缘子一定时间恢复, 通常情况下都会恢复到初始数值, 从而有效减少湿闪事故。

## 3 结论

综上所述: (1) 硅橡胶材料中的小分子发生扩散与迁移, 对其憎水性迁移具有一定的促进作用, 尤其是液体硅橡胶材料, 具有扩散快以及内部小分子流动性强的特点, 从而有效提升其憎水性, 而固体硅橡胶材料则因其内部小分子扩散速度慢以及流动性较差的特点, 其憎水性迁移较差于液体硅橡胶材料<sup>[6]</sup>。(2) 温度在憎水性的比较下, 对硅橡胶材料影响是十分明显的, 温度越高就会使得憎水性迁移越快速。另外, 对于型号相同的绝缘材料而言, 干闪电压与湿闪电压情况基本相同。

(3) 绝缘子在经过浸泡以后, 表面憎水性大幅度降低, 但是随着时间的推移, 憎水性下降的幅度会有所降低, 在恢复一小时以后, 随着憎水性的恢复, 其湿闪电压也在逐渐恢复, 甚至到达初始数值。

## 【参考文献】

- [1] 袁检, 张建荣, 吴经锋等. 硅橡胶憎水迁移性机理试验分析[J]. 绝缘材料, 2003, 36(1): 43-44.
- [2] 姚刚, 文习山, 蓝磊. 室温硫化硅橡胶绝缘纳米复合材料憎水特性分析[J]. 高电压技术, 2010, 36(8): 1928-1935.
- [3] 方苏, 高海峰, 贾志东等. 纳米 SiO<sub>2</sub> 对 RTV 硅橡胶涂料性能的影响[J]. 高电压技术, 2009, 35(1): 125-128.
- [4] 朱昌成, 文习山, 蓝磊. 硅橡胶防污增爬裙防污性能试验研究[J]. 电瓷避雷器, 2005(5): 12-15.
- [5] 叶汉欣. 污秽成分对复合绝缘子闪络特性的影响研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2015.