

220 kV 耐张串复合绝缘子运行情况分析

许文荣, 何庆文, 黄梓容

(东莞市高能电气股份有限公司, 广东 东莞 523128)

摘要:总结了广东电网复合绝缘子应用于耐张串的运行情况,对运行后 220 kV 耐张串复合绝缘子进行抽样试验,并对抽样试验结果进行了分析。讨论了耐张串复合绝缘子使用中担心的主要问题,对今后耐张串复合绝缘子的设计、选型及运行提出建议。

关键词:复合绝缘子;耐张串;运行试验;建议

Abstract: The operating condition of composite insulators used in tension strings in Guangdong power grid is summarized. The sampling test is carried out for the running 220 kV tension strings with composite insulator and the results of the sampling test are analyzed. The major problems concerned in the usage of tension string with composite insulators are discussed. Finally, the recommendations for the design, mode selection and operation of tension string with composite insulator are proposed.

Key words: composite insulator; tension string; operation test; recommendation

中图分类号: TM853 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2011)01-0071-03

中国电网自 20 世纪 80 年代开始使用复合绝缘子,复合绝缘子以其重量轻、防污闪性能好等优点在中国电力线路中已得到越来越广泛的应用。至今为止,中国输变电设备中已成功地使用了复合绝缘子约 200 万支,大幅降低了输变电设备的跳闸率,极大地提高了输变电设备安全运行可靠性;近几年,在国家重点输变电工程中,已越来越多地应用高电压、特高压、大吨位的交直流复合绝缘子。如 1 000 kV 晋东南—南阳—荆门特高压交流试验示范工程,向家坝—上海及云南—广州 ±800 kV 特高压直流输电示范工程已大量使用复合绝缘子。

目前国内复合绝缘子主要使用在直线塔上做悬垂串、跳线串和 V 型串,各运行部门对于复合绝缘子是否能够用于耐张串仍持怀疑态度。参考文献 [1] 也明确指出“耐张串宜选用玻璃绝缘子或瓷绝缘子,不宜使用复合绝缘子”。但运行单位根据需要还是在耐张串上使用复合绝缘子,特别是在 220 kV 及以下线路广泛应用,早在 1993 年复合绝缘子就开始被应用于 220 kV 线路耐张串(黑龙江电网)且运行状况良好^[2]。下面介绍广东电网耐张串复合绝缘子使用及运行情况,分析了运行后 220 kV 耐张串复合绝缘子试验,讨论了目前耐张串复合绝缘子使用中担心的主要问题。

1 耐张串复合绝缘子运行经验

国外复合绝缘子应用并未区分悬垂串和耐张串,

只是耐张串在运行中因导线舞动时承受负荷比悬垂串大,因此选用额定机械负荷较大的复合绝缘子。如北美复合绝缘子在耐张串上的使用比率约为 18%。国内虽然一直未系统研究和推广耐张串复合绝缘子,但运行单位根据实际需要在耐张串上使用复合绝缘子,积累了宝贵运行经验。据不完全统计,调研 18 个省市中有 7 个省已使用 500 kV 耐张串复合绝缘子,总计 1 094 支,最长运行年限 16 a,运行情况良好。2002 年 500 kV 惠汕甲线试用 60 支国产耐张串复合绝缘子,运行 4 a 后 4 支样品抽样试验结果满足参考文献 [3] 的要求,特别是抽取的 4 支耐张串复合绝缘子破坏负荷为 403~418 kN,与挂网前破坏负荷 412~415 kN 相比,说明运行该批耐张串复合绝缘子运行 4 a 后其机械强度没有明显下降。

广东省积极尝试使用耐张串复合绝缘子,特别是在 220 kV 及以下线路。耐张串复合绝缘子使用量达 58 824 支,占运行复合绝缘子总数 154 819 支的 38%,其中 500 kV 90 支(占运行 500 kV 复合绝缘子的 1.8%)、220 kV 6 444 支(占运行 220 kV 复合绝缘子的 15%)、110 kV 52 320 支(占运行 110 kV 复合绝缘子的 48.9%),呈现电压等级越低,耐张串复合绝缘子使用量越高。这些运行经验为今后耐张串复合绝缘子的设计及选型积累了宝贵经验。

2 耐张串复合绝缘子运行后抽样试验

表 1 广东省 116 支运行后耐张串复合绝缘子详细统计情况

数量 / 支	端部金具工艺		护套成型工艺		运行年限 N/a	
	外楔	压接	套装	注射	N < 10	N ≥ 10
116	90	26	83	33	26	90

表 2 广东省 116 支运行后耐张串复合绝缘子抽样试验结果

试验项目	试品数量 / 支	试验结果
憎水性试验	116	运行年限 N > 10 HC2~HC6; 运行年限 N < 10 HC1~HC4
工频湿耐受电压试验	116	工频 1 m in 湿耐受试验均通过
水煮试验、 陡波冲击耐受电压试验	20	通过
密封性能试验	20	65% SML/1 m in 渗透时间 20 m in; 通过
机械负荷破坏试验	116	外楔工艺: 平均破坏负荷 139 kN, 标准偏差 15.4% 压接工艺: 平均破坏负荷 176 kN, 标准偏差 7.5%
伞套材料试验	13	套装工艺: 撕裂强度 4.2~8.9 kN/m; 拉伸强度 3~5.3 MPa 拉伸伸长率 51%~104% 注射工艺: 撕裂强度 8.6~14.8 kN/m; 拉伸强度 5.3~6.2 MPa 拉伸伸长率 105%~108%

2006 年 6 月到 2006 年 9 月, 选取广东省 116 支运行后 220 kV/100 kN 耐张串复合绝缘子进行抽样试验。这些耐张串复合绝缘子端部金具有外楔和压接工艺; 护套成型工艺有挤包护套和整体注射成型工艺; 最长安全运行时间 13 a。116 支运行后耐张串复合绝缘子详细统计情况见表 1。

2.1 试验结果

上述试品按照参考文献 [3] 进行抽样试验, 试验结果见表 2。

2.2 结果分析

(1) 憎水性试验结果表明, 除个别运行时间超过 10 a 的产品超过 HC5 外, 大部分憎水性能良好, 满足参考文献 [3] 的要求仍能继续挂网运行。

(2) 工频湿耐受电压试验、水煮试验、陡波冲击耐受电压试验、密封性能试验及机械负荷破坏试验结果表明, 经过长期挂网运行的耐张串复合绝缘子其电气和机械性能满足参考文献 [3] 的要求仍能继续挂网运行。

(3) 伞套材料试验结果表明早期套装工艺因产品长时间挂网运行, 伞套材料机械性能出现下降现象, 改进后的注射工艺伞套材料仍保持较好的机械性能。

(4) 试验结果综合表明, 长时间挂网运行的耐张串复合绝缘子的电气性能和机械性能仍满足参考文献 [3] 的要求, 且整体注射工艺、压接工艺机械和电气性能较优。与长时间挂网直线串复合绝缘子相比, 其机械和电气性能相当, 并无明显的区别。

3 耐张串复合绝缘子使用担心的问题

3.1 运行经验不足

国内耐张串复合绝缘子一直未推广使用, 但各省运行部门根据实际需要积极试用耐张串复合绝缘子, 1993 年黑龙江鸡梨线试用 220 kV 耐张串复合绝缘子; 2002 年惠汕甲线试用了 60 支 500 kV 耐张串复合绝缘子; 2005 年龙政线试用了 64 支 500 kV 耐张串直流复合绝缘子; 且呈现电压等级越低, 耐张串复合绝缘子所占比例越大。据不完全统计, 广东电网耐张串复合绝缘子使用量达 58 824 支, 占运行复合绝缘子总数 154 819 支的 38%, 且已经有 21 万支/a 的运行经验, 运行情况良好, 截止目前未发生机械强度下降导致断串或耐张塔断线或倒塔事故^[4]。

3.2 不准攀爬造成维护和施工的不便

耐张串复合绝缘子其材料为高温硫化橡胶, 采用棒形结构, 伞径较小, 与瓷或玻璃绝缘子存在明显差异。因此参考文献 [3] 明确规定“禁止踩踏绝缘子伞套”, 操作人员不能沿着绝缘子表面从铁塔端到达耐张串导线端, 这给线路检修和维护确实带来了一些不便。由于复合绝缘子与瓷和玻璃绝缘子不同, 无需清扫和零值检测, 因此复合绝缘子一般不需要每年检修。如果确实需要到达耐张串复合绝缘子的导线端工作 (如检查导线、修补导线或更换闪络的复合绝缘子等), 作业人员可以通过多种方法到达导线端: ①用软梯 (或飞车) 通过避雷线进入耐张串导线端进行检修, 作业完毕再由控制绳操作员用绳子牵引, 使作业人员在软梯上沿避雷线滑回铁塔端。②用绝缘硬梯通过软绳与挂钩, 一端挂在铁塔侧的线路金具, 另一端挂钩在导线联板的相关附件上, 检修人员通过硬梯到达导线端进行检修维护。③使用软梯, 把软梯搭

钩在铁塔横担和绝缘子导线侧联板附件上,检修人员通过软梯到达导线侧进行检修,作业完毕通过软体返回铁塔端。利用以上方法,广东电网公司进行了多次耐张串复合绝缘子的检修作业。耐张串复合绝缘子的维护和施工问题可以得到很好的解决,不应成为耐张串复合绝缘子使用的忧虑问题。

3.3 动态载荷下的复杂受力、机械强度下降问题

耐张串受力以拉伸负荷为主,当有风或有冰附着时还要承受风载和冰载,在这种复杂的受力条件下,线路可能会出现导线舞动、次档距振动和微风振动等动态载荷。目前国内外对此问题较少深入研究,参考文献 [5] 对 220 kV 线路复合绝缘子耐张串的动载荷计算结论认为:①导线舞动时,绝缘子耐张串的受力值随舞动幅值的增大,呈线性增长趋势。当舞动峰一峰值达到较大的 7.85 m 时,绝缘子受力增长为初始值的约 1.8 倍。可考虑以 2 倍作为舞动时绝缘子耐张串受力的增长倍数。②考虑风速脉动性的动态风作用下,绝缘子耐张串的受力最大约为仅考虑静态平均风速时的 1.8 倍。③根据计算结果,建议按照设计最大静态载荷的 2 倍确定复合绝缘子耐张串的最大动载荷。④基于现有的复合绝缘子耐张串的运行经验,考虑运行中出现的最大动态载荷,复合绝缘子完全可以应用于输电线路耐张串。

参考文献 [6] 对 D30 mm 芯棒、1 455 mm 长度的复合绝缘子在不同拉伸负荷下进行了 0.1 Hz 或 0.2 Hz 频率、 $-10^{\circ}\text{C} \sim +10^{\circ}\text{C}$ 扭转角度的单、双联绝缘子串动态扭转试验,结果表明,经 127 800 次拉扭组合试验后,端部连接为压接式的试品机械破坏负荷平均降低约 5%。武汉高压研究所对国内主要企业的复合相间间隔棒进行了弯曲疲劳和大屈曲试验,试验后各厂家产品的型式试验性能均合格,复合绝缘子的抗弯曲性能未受影响,对交、直流 500 kV 复合绝缘子以双联悬垂串、耐张串形式分别进行了 30 Hz 频率、3 000 万次的振动试验,试验后其机械性能未受影响。上述各种极端试验研究表明,对于耐张串实际运行中所可能出现的拉伸、扭转、弯曲、振动等各种载荷,复合绝缘子均能承受,且机械性能受影响较小^[7]。

因此合理地选取耐张串并联串数和复合绝缘子的机械强度,则复合绝缘子完全能够应用于耐张塔。

3.4 其他,如有关技术文件限制使用

参考文献 [1] 中明确指出“耐张串宜选用玻璃绝缘子或瓷绝缘子,不宜使用复合绝缘子”。但随着各

运行单位积极试用和研究,积累了丰富的运行经验;复合绝缘子制造技术水平的提高、运行可靠性及对复合绝缘子整体技术水平认识的提高,从技术可靠性和经济性上两方面考虑,相关技术文件不应成为耐张串复合绝缘子推广使用的限制条件。

4 结 论

① 220 kV 耐张串复合绝缘子运行经验、运行后抽样试验结果,表明 220 kV 耐张串复合绝缘子运行情况良好,运行后各项性能均仍良好;220 kV 耐张串复合绝缘子在污秽地区推广使用是可行的。

② 目前耐张串复合绝缘子使用主要担心的运行经验不足、不准攀爬造成维护和施工的不便、担心动态载荷下的复杂受力、机械强度下降等问题通过各方的研究解决,不应成为耐张串复合绝缘子推广使用的忧虑。

③ 耐张串复合绝缘子的端部金具采用压接方式,护套成型工艺采用整体注射成型技术,建议按照设计最大静态载荷的 2 倍确定复合绝缘子耐张串的最大动载荷,可以通过增加并联串数或提高机械等级增大安全裕度。

④ 耐张串复合绝缘子与悬垂串复合绝缘子一样,需要加强运行维护和抽检工作。

参 考 文 献

- [1] 广东省广电集团公司. 广东省广电集团公司悬式绝缘子选型及爬电比距配置导则 [Z]. 广州: 广东省广电集团公司, 2004.
- [2] 陈刚, 蔡炜, 肖国英, 等. 复合绝缘子在耐张串上的使用 [J]. 高电压技术, 2006, 32(3): 16-17.
- [3] DL/T 864-2004. 标称电压高于 1 000 V 交流架空线路用复合绝缘子使用导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [4] 樊灵孟, 肖勇, 等. 广东电网污秽地区耐张串试用复合绝缘子运行情况分析 [J]. 电网技术, 2006, 30(12): 37-41.
- [5] 刘平原, 尹成, 等. 220 kV 线路复合绝缘子耐张串的动载荷计算 [J]. 广东电力, 2008, 21(6): 15-19.
- [6] 沈庆河. 山东电网复合绝缘子的应用 [C]. 复合绝缘子运行特性及可靠性技术研讨会论文集. 武汉: 武汉高压研究所, 2005.
- [7] 张锐, 吴光亚. 直流复合绝缘子在耐张串上的应用及试验分析 [J]. 高电压技术, 2006, 32(9): 129-131.

(收稿日期: 2010-10-08)