

复合材料杆塔研究现状及关键技术问题

杨敏祥¹, 陈原², 李卫国¹, 卢毅², 代建国³, 赵雪松⁴

(1. 华北电力大学, 北京 102206; 2. 华北电力科学研究院有限责任公司, 北京 100045)

3. 大同超高压供电公司, 山西大同 037038 4. 北京超高压公司, 北京 102413)

摘要: 通过总结国外复合材料杆塔生产及运行的相关经验, 以及对我国复合材料杆塔技术水平的考察, 指出复合材料杆塔的关键技术问题, 在不远的将来, 复合材料杆塔必将成为电力系统的重要组成部分。

关键词: FRP; 复合材料杆塔; 复合材料电线杆; 接地方式; 材料工艺

中图分类号: TM 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9171(2010)10-0048-03

Research Progress on Composite Tower and Pole and its Key Technical Problems

Yang Min-xiang¹, Chen Yuan², LiW ei-guo¹, Lu Yi², Dai Jian-guo³, Zhao Xue-song⁴

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206 China

2. North China Electric Power Research Institute Co Ltd, Beijing 100045, China

3. Datong EHV Power Transmission Company, Datong 037038 China

4. Beijing EHV Power Transmission Company, Beijing 102413 China)

Abstract In this paper we propose the key technical problems of composite tower and pole by summing up the foreign relevant experience of composite tower and pole's production and operation, and by reviewing about the technological level of composite pole in our country. In the near future, composite tower and pole will become an important part of power system.

Key words FRP; composite tower; composite pole; grounding method; materials; technology

1 研究背景及意义

国内外使用较多的输配电线路杆塔主要有木质杆、钢筋混凝土杆、钢结构杆塔等, 在北美等森林资源丰富的地区使用的主要是木制杆塔, 在欧亚等森林资源匮乏的地区主要使用钢筋混凝土杆和钢结构杆塔^{[1][2]}。

木质杆在水分侵蚀作用下容易腐烂, 还容易受到虫害鸟害的侵扰。由于钢材的导电性, 导线的相地绝缘距离仅为绝缘子串的爬距, 随着环境的恶化, 近年来由于绝缘子串爬距不足所造成的污闪、湿闪事故频发, 而单单增加绝缘子串的片数, 又增大了导线因风偏造成闪络的概率, 严重威胁电力系统的安全可靠性, 并且因为杆塔高度增加而提高了基建成本。

复合材料杆塔具有重量轻、强度大、绝缘性能好、耐腐蚀、耐紫外线、耐温度变化、不腐烂、防虫

害鸟害、防偷盗、环境适应性好等优点^[3], 受到国内外电力部门的高度重视。

2 国外发展概况

日本早在 19 世纪 60 年代就开展了玻璃纤维增强塑料(即玻璃钢, FRP)用于输电线路横担的研究, 并很好的解决了风偏所引起的闪络事故^[4], 见图 1。

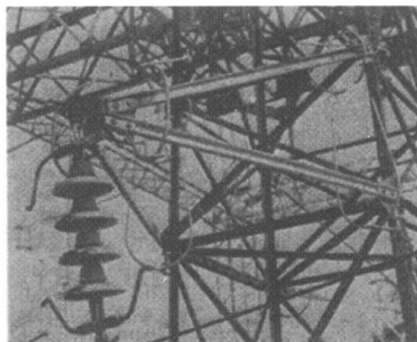


图 1 日本架设的一种复合材料横担

相比之下,美国的复合材料杆塔发展更为成熟,并有多家公司投入了实际生产及应用。成立于 1973 年的 Powertus in 公司是一家专门从事复合材料杆塔研究和生产的公司,他们生产的复合材料杆塔、复合材料横担性能优良并已在实际中投入运行。



图 2 SE-28 级全复合材料电线杆

美国的 Ebert 公司与 Strongwell 公司以拉挤成型工艺联合研制了 SE-28 级复合材料电线杆,如图 2 所示,该复合材料电线杆与同样电压等级下的木质、钢材和钢筋混凝土杆塔相比,重量约为木杆的 30%,铁杆的 60%,钢筋混凝土杆塔的 15% 或者更低。由于采用了高抗拉强度的复合材料,SE-28 级全复合材料杆塔在纵向和横向表现出优异的抗拉特性,并通过了美国材料与试验协会 1036 悬臂梁材料测试,此外,这种杆塔外形美观,可加工成多种色彩,不生锈、耐腐蚀、耐酸、耐水侵、耐火、防紫外线、耐温度变化、防微生物、防虫害和鸟害,基本上是免维护的。SE-28 级全复合材料杆塔在严酷的自然环境中非常耐用,通过了美国土木工程协会的铁质电线杆标准。

为了评估复合材料杆塔在实际运行环境下的性能参数,南加州爱迪生公司 (SEC) 与多家复合材料杆塔生产商合作,在其管辖范围内树立了多基复合材料杆塔。据 SEC 2008 年 11 月的一份报告指出,复合材料电线杆的预计使用寿命至少为 70 年,而复合材料杆塔的预计使用寿命至少为 80 年,这样就降低了配电系统的运行总费用,提高了电力系统的安全性和可靠性。

除了复合材料电线杆,Ebert 公司还生产出了全复合材料输电塔,如图 3 所示,该塔高 25.6 m,为额定电压 230 kV 的双回路杆塔,重量仅为同等级钢结构杆塔的 1/3。为了考核该杆塔的性能,Ebert 公司于 1996 年在加利福尼亚南海岸树立了三基此杆塔,据 Ebert 公司 2006 年的一份报告指出,截止 2006 年 2 月,Ebert 公司的全复合材料杆塔在腐蚀严重的海

岸地区运行良好,在十年之内不生锈、无腐蚀、未损坏,经受了严酷自然环境的考验。



图 3 Ebert 公司的 230 kV 全复合材料杆塔

3 国内研究现状

我国的复合材料研究始于 1958 年,并在改革开放后才有了长足的进步,对复合材料杆塔的研究才刚刚起步。

2007 年,国网武汉高压研究院研制成功了 10 kV 线路防雷击及污闪的绝缘塔头和横担。该绝缘塔头与 P-10T 型号针式绝缘子配合,绝缘横担长度为 70 cm,其电气特性如下:

(1) 雷电冲击闪络电压为 718 kV;

(2) 在模拟 IV 级污秽区条件下的污闪电压为 165 kV;

(3) 在人工污秽室进行 1 000 h 盐雾试验,电极距离 519 mm,施加电压 15 kV,试验结果:不产生 3 次过流中断,腐蚀深度 2.3 mm;

(4) 淋雨下的工频耐压测试,电极距离 1 m,试验时间 1 h,试验电压 100 kV,平均淋雨率 1.3 mm/h,雨水电阻率 100 $\Omega\cdot\text{m}$,试验中横担无闪络、无明显温升、无击穿、无明显漏电腐蚀痕迹;电极距离 160 cm 时的闪络电压为 292 kV^[5]。

此外,我国一些相关企业也陆续投入了绝缘杆塔的研究工作,目前,已有部分厂家研制出自主知识产权的绝缘横担并建成了部分试验杆塔上网运行,例如江苏南通神马电力科技有限公司研制的复合绝缘横担,已于 2009 年 12 月在连云港 220 kV 茅蓄线投入试运行,其各项性能指标有待进一步的观察。

4 关键技术问题

复合材料杆塔作为一种新型杆塔,有许多关键技术问题有待解决和优化。

4.1 复合材料配方与加工工艺

输电线路杆塔由于其工作环境的特殊性,

不仅在纵向承受着较大的压力,而且在横向承受着导线对其造成的剪切力,因此,杆塔需要有很强的抗弯曲特性,即要有比较小的挠度;为了尽可能减小线路走廊的宽度,希望杆塔的电导率越小越好。这就要求在选取材料配方时选择合适的复合材料基体和增强剂,并选择合适的配比,同时采用先进的能达到技术要求的加工工艺。

4. 防雷及避雷线接地技术

复合材料杆塔的巨大优势就是大大增加了导线相地之间的绝缘距离,对于雷电活动频繁的地区或者电压等级较高需要全线架设避雷线的线路来说,如果将位于杆塔顶端的避雷线接地,相当于将绝缘杆塔断路,杆塔的绝缘优势就大打折扣,因此需要研究合理的接地方案。

4.2.1 避雷线经整根接地引下线接地

将杆塔顶端的避雷线经一根贯穿于杆塔内部的引下线接地,此时,杆塔绝缘子悬挂处的对地距离相当于杆塔到引下线的空气间隙,为了提高该绝缘距离,进一步提出方案 4 2 2。

4.2.2 避雷线经中间有间隙的接地引下线接地

在接地引下线的中部设立一小段空隙,使得在导线正常工作条件下空隙不会被击穿,而当雷电流流过时,空隙发生击穿,将接地引下线短路,从而将雷电流顺利泄入地下。

4.2.3 地线分段接地

不用每一基杆塔都装设接地引下线,而是每隔若干基杆塔装设一根无间隙的接地引下线。

4.3 部分绝缘杆塔技术

为了解决全复合材料杆塔在雷电流通过时塔顶电压过高的问题,提出部分绝缘杆塔技术,即塔身仍采用传统钢材或木材结构,仅在塔头或横担部分采用复合材料结构^[6]。除了复合材料塔头

或横担的机械、电气性能之外,此技术的另一个关键点在于绝缘复合材料部分与钢结构部分的联结。

5 结论

复合材料杆塔具有轻质高强、耐腐蚀、耐老化、绝缘性能好等多种优点,目前正受到我国各研究机构的重视,其避雷线的接地方式及其材料配方和加工工艺等关键技术问题还有待进一步的探讨,在不远的将来,复合材料杆塔必将代替传统材料杆塔,成为电力系统的重要组成部分。

参考文献

- [1] 夏开全. 复合材料在输电杆塔中的研究与应用 [J]. 高科技纤维与应用, 2005, 30(5): 19-23
- [2] 胡定超. 一种加强型输电杆塔 [J]. 四川电力技术, 2005(2): 49-50
- [3] 方东红, 韩建平, 曹翠玲. 复合材料输电杆应用进展 [J]. 玻璃纤维, 2008(6): 31-35, 39
- [4] H Okamoto Application of fiber glass plastics to overhead towers in Japan (R). 1966 IEEE Summer Power Meeting
- [5] 胡毅, 王力农, 郑传广, 等. 10 kV 线路防雷击及污闪的绝缘塔头和横担 [J]. 高电压技术, 2007, 33(12): 108-110, 161
- [6] H IDEO OKAMOTO, YASUYUKI KEDA. Arc Resistance and Application of FRP to Arms in Overhead Power Line Towers [J]. IEEE TRANSACTIONS ON POWER APPARATUS AND SYSTEMS, 1967, 86(9): 1098-1102

收稿日期: 2010-06-12

作者简介: 杨敏祥 (1986—), 华北电力大学硕士研究生, 研究方向为电气设备在线监测与故障诊断。

(本文编辑 杜秋平)

(上接第 47 页)

年)推进我国核电工业又好又快又安全发展 [J]. 中国核电, 2008(1).

[3] 孔美荣. 可持续发展: 中国核电“任重道远” [J]. 中国核工业, 2008(7).

[4] 王贵洪. 加快核电建造标准建设促进核电自主化进程 [J]. 核标准计量与质量, 2007(4).

[5] 李小燕, 濮继龙. 我国核电标准体系存在的问题及可能的解决方案 [J]. 核动力工程, 2008(2).

[6] 国家经济贸易委员会电力司. 电力技术标准汇编 [M]. 北京: 电力工业出版社, 2002

[7] 李士模, 汤美玲, 朱正清. 核电厂核岛机械设备材料

标准的现状及对材料标准的需求(上) [J]. 核标准计量与质量, 2003(1): 13-23

[8] 李士模, 汤美玲, 朱正清. 核电厂核岛机械设备材料标准的现状及对材料标准的需求(下) [J]. 核标准计量与质量, 2003(2): 9-20

[9] 宓培庆. 将法国 RCC-C 转化为我国标准的必要性和可行性分析 [J]. 核标准计量与质量, 1995(3): 14-17

收稿日期: 2010-07-02

作者简介: 林睿 (1979—), 女, 大学本科, 工程师, 大型火电、百万级核电工程主设计人。

(本文编辑 刘生仁)