

电力输送用复合材料杆塔发展现状

熊淦辉¹, 刘江钊², 林 锋², 潘吉林²

(1. 广东电网公司东莞供电局, 广东 东莞 523008;

2. 国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 武汉 430074)

摘要:分析了电力输送用复合材料杆塔绝缘性好、强度高、耐候性好等优势及复合材料杆塔设计技术特点,介绍了复合材料杆塔国内外现状及发展趋势,提出今后国内复合材料杆塔的应用发展需要解决的高刚度、耐老化、轻量化及低成本4个主要问题,并展望了其广阔的市场应用前景。

关键词:复合材料杆塔; 电力; 设计; 应用

中图分类号: TM215.92 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-9239(2013)04-0082-04

Development Status of Power Transmission Composite Tower

Xiong Ganhui¹, Liu Jiangfan², Lin Feng², Pan Jilin²

(1. Dongguan Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Corporation, Dongguan 523008, China;

2. Wuhan NARI Limited Liability Company of State Grid Electric Power Research Institute, Wuhan 430074, China)

Abstract: Some advantages such as excellent insulating properties, high strength and good weather resistance and technical characteristics of power transmission composite tower were analyzed. The status and development trend of the power transmission composite tower at home and abroad were introduced, and four main problems of high stiffness, aging resistance, light weight and low cost that need to solve in future development were proposed, and its broad market prospect was forecasted.

Key words: composite tower; power; design; application

0 引言

随着国家电网公司智能电网建设的发展,架空输电线路长距离输电的安全可靠性成为电网安全稳定运行的重要保障。传统木杆、水泥杆、钢管塔及铁塔在长期运行中存在易开裂、耐候性差、耐腐蚀性能差等缺点,严重威胁着输电线路的安全运行^[1-10]。复合材料具有强度高、质量轻、耐腐蚀性好且绝缘性优异的特点,已经受到国内外电力学者的广泛关注。复合材料杆塔是一种代替传统杆塔的新型环保复合材料杆塔^[10-12],利用复合材料绝缘性、耐腐蚀性好且可设计性的优势,可降低杆塔因长期紫外线照射和恶劣气候环境的破坏程度,可有效减少输电线路雷击及污秽闪络事故发生率,缩减线路走廊宽度。

通过调研国内外复合材料杆塔的发展现状,分

析电力输送用复合材料杆塔的特点及复合材料杆塔的发展趋势,为今后复合材料杆塔的设计及应用提供参考依据。

1 复合材料杆塔特点

1.1 复合材料杆塔优点

复合材料具有质量轻、强度高以及电绝缘性好等诸多优点,国内外电力学者将其应用在输电线路复合材料杆塔制造上,与传统的木杆、混凝土杆、钢管塔以及铁塔相比具有以下优点^[13-14]:

(1) 良好的力学性能

复合材料拉伸强度(纵向)约为800~1200 MPa,弯曲强度(纵向)约900 MPa,远高于普通钢材的强度,具有很好的刚度。

(2) 优异的绝缘性能

复合材料电绝缘性能好,用复合材料制备的杆塔可有效降低雷击事故发生率,杆塔爬电距离增加,可提高线路的防污能力,减小横担及绝缘子串长度,同等电压下可缩减线路走廊宽度。

收稿日期: 2012-11-23 修回日期: 2013-04-01

作者简介: 熊淦辉(1981-),男(汉族),广东东莞人,工程师,主要从事配网设备管理工作;刘江钊(1983-),女(满族),辽宁人,工程师,主要研究内容为电力新材料技术相关工作。

(3) 耐候性、耐腐蚀性能强

复合材料对酸、碱、盐等各种腐蚀性有机溶剂耐腐蚀性能以及对紫外照射等恶劣气候条件的耐候性能优良,极大增加了杆塔的使用寿命,特别适合沿海、工业区、油田、矿山等地区以及对杆塔有特殊要求的环境下使用。

(4) 存储、运输和安装方便

复合材料杆塔的质量约为木杆的1/4,混凝土杆的1/10,钢杆塔的1/3,可直接用直升机运输,便于运输、存储和安装,尤其适于偏远山区输电线路使用。

(5) 维护频率和难度低

复合材料杆塔耐久性好,属于一种免维护或少维护产品,降低了维护频率,增强了架空输电线路的安全可靠性,且降低输电线路运维成本。

(6) 可设计性好

复合材料可塑性好,因此复合材料杆塔具有非常好的可设计性,可根据环境要求,通过不同工艺设计出适合当地特点的杆塔,满足对强度、老化、色彩等特殊要求。

由上可知,复合材料杆塔具有优异的综合性能,加上合理的设计,复合材料杆塔完全满足架空输电线路对杆塔力学性能、电气性能等各项要求。

1.2 复合材料杆塔技术特点

复合材料杆塔在设计中,主要遵循的原则有:保证杆塔强度,减少线路走廊宽度,构件布局合理,传力路线清晰,外形简洁美观,发挥部件和节点承载潜能。复合材料杆塔设计首先确定复合材料各项技术参数,关键杆塔电气规范要求,确定复合材料杆塔材料,初步选定复合材料杆塔基本尺寸,电压等级、导线型号、气候环境条件等,计算复合材料杆塔的机械强度、电气性能、工装,根据计算结果,优化复合材料杆塔设计,最后缩比模型法进行真型试验验证。

从杆塔力学角度来说,钢管塔和铁塔一般受力较大,一般应用在高电压等级输电线路。复合材料杆塔由一种复合材料制备而成,而复合材料的弱点是有一定的脆性,因此复合材料中纤维方向和纤维量的多少决定了复合材料杆塔变形大小,因此建议对复合材料杆塔研究应集中增强复合材料的强度方面。新型的复合材料杆塔基体中添加碳纤维和玻璃纤维等混杂纤维作为增强材料,采用小角度锥形缠绕成型工艺,材料性能得到提高,国内部分企业已经研制和使用这种材料和缠绕成型工艺,目前

正在进行市场推广。

从杆塔老化角度来说,复合材料杆塔长期受电气、日照和环境等因素影响,老化问题的研究尤其重要,也极为复杂。老化问题一直是复合材料杆塔研究的重点,根据可能出现的老化现象,建议分别从材料方面和杆塔整体性能方面进行研究。从材料方面来说,添加耐老化性能好的材料到基体中,如聚氨酯树脂^[15-16],可提高材料的耐电痕、人工污秽等。确定材料后,通过缩比模型制备样品,模拟线路运行环境来研究整塔在电气环境下的耐老化性能,更需要实践去验证。

2 复合材料杆塔国内外研究现状及发展趋势

国外复合材料杆塔的制造主要集中在北美、欧洲等发达地区及复合材料技术水平较高的国家,并成功的在美国、加拿大以及巴西等地使用,特别是在配网线路中成功的替代了传统木杆、水泥杆和钢材杆塔。

近些年,我国架空输电线路主要使用混凝土杆、钢塔及铁塔,木杆基本已经不再使用。随着复合材料技术的飞速发展,老、旧输电线路中传统杆塔的缺陷逐步显露,对于减少所建输电线路走廊占地及提高线路运行可靠性的迫切需求,复合材料杆塔引起了电力行业极大的关注。在2009年6月1日国家电网公司召开复合材料杆塔项目启动大会后,各设计参与单位先后落实了复合材料杆塔应用的试点工程,2009年以后,国网公司及各大省电网公司对复合材料杆塔技术表现出浓厚的兴趣,并纷纷立项,从此我国对复合材料杆塔技术展开研究。

2.1 复合材料杆塔在国外输电线路中的发展现状

美国Sharkspeare公司是最早开发复合材料电杆的公司,1954年该公司开始用复合材料制造电杆,同时进行了安装使用,至今仍在运行中。在高度盐雾腐蚀并经常经受飓风的夏威夷岛上,使用了近60年的复合材料电杆运行状态依旧良好。美国Powertrusion公司和美国北太平洋复合材料公司也从事复合材料电杆的生产。Powertrusion公司生产的杆塔和横担已经大规模应用,其使用寿命可望达80年,已超过传统材料输电杆塔的使用寿命^[17-18]。

加拿大RS公司上世纪90年代中期开始开发复合材料电杆,因其独创的RS模段式复合材料组合电线杆制造工艺,在2005年其子公司——RS科技公司获得了由美国复合材料制造协会(ASWA)颁

发的制造技术创新奖。

美国 Ebert 公司使用玻璃纤维增强复合材料来设计输电线路杆塔产品, 产品包括复合材料锥形杆塔和型材拼接的塔架。该公司已研制成功 220 kV 双回路直线塔, 高约 25.62 m, 且在高腐蚀性的海边环境中试运行了 10 年仍然性能稳定^[17-19]。此外 Strongwell、Composite technology 等国外公司也涉足了复合材料杆塔产品的研发、工业化生产及应用研究。

北美等各大输配电公司对复合材料杆塔表现出浓厚的兴趣, 各制造公司也积极研制开发不同类型和不同电压等级的复合材料杆塔。多家公司已经将复合材料杆塔应用到实际工程中, 电杆性能也经过十多年甚至几十年的考验。目前, 国外电杆主要在配网线路中广泛应用, 高电压等级复合材料杆塔应用较少。

2.2 复合材料杆塔在国内输电线路中的发展现状

2009 年以后, 国网电力科学研究院、中国电力科学研究院及一些民营企业如江苏神马等公司纷纷开展复合材料杆塔制备等技术的研究, 部分单位已经在试点工程中使用复合材料杆塔和横担产品, 如江苏连云港供电公司 220 kV 茅蓄线改造工程、北京市电力公司西湖 110 kV 送电线路工程等^[19-20-21]。

2009 年北京延庆西湖 110 kV 复合材料杆塔试点工程共竖立 3 基 110 kV 单杆双回直线复合材料杆塔, 呼高 24 m, 总高 34.8 m。复合材料横担外套装硅橡胶伞裙, 保证了绝缘爬电距离, 取消了导线横担的绝缘子串; 另外工程中使用的复合材料横担是空心管材内部填充高压泡沫, 与传统的复合绝缘子横担的实心棒材有本质区别, 增强了横担机械强度。

北京房山青龙湖 10 kV 复合材料杆塔试点工程, 2010 年竖立 3 基 10 kV 单回直线全复合材料绝缘杆, 塔高 10.6 m, 质量约 300 kg, 架设导线 JK-LYJ-185 四档, 每档档距 50 m。复合材料电杆采用米锥形结构, 杆体采用环氧树脂基复合材料缠绕成型。在导线架设时, 未使用绝缘子, 且导线与横担直接接触, 无需去除连接部位绝缘皮, 施工便利, 且避免了由于除去绝缘皮可能损坏掉线的情况发生, 降低了施工难度。

2010 年浙江舟山 110 kV 输电线路工程, 1 基 110 kV 双回铁塔应用复合材料横担, 工程建成投运, 且运行稳定。该工程所用的复合材料横担主材主要是由 4 根拉挤棒材组成, 通过金属连接金具与

杆身和绝缘子相连。舟山地区为沿海典型区域, 其盐雾和台风都具有一定的代表性。通过复合材料的应用, 不仅可以利用复合材料的绝缘性压缩走廊宽度, 同时利用质量轻、强度高的特性来优化横担结构。

福建福清高山至平潭前进 110 kV 输电线路工程, 杆塔设计最大风速 38 m/s, 总高为 31 m, 其中塔身 8 m 以下为全钢结构, 8 m 以上 4 根主材及地线支架主材也为钢结构, 其它杆件均为环氧拉挤型材的复合材料, 横担采用合成材料横担, 与同尺寸钢结构杆塔相比, 塔重可减轻 20% 以上, 减少了安装运输成本, 且有效提高了输电线路运行安全。

国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司在国家电网公司智能科研产业基地江苏南京架设 2 基 110 kV 复合材料杆塔试点工程, 复合材料杆塔设计最大风速 30 m/s, 呼高 24 m, 杆塔和横担采用改性聚氨酯复合材料, 与同尺寸传统杆塔相比, 可有效缩减线路走廊, 减轻塔重。在 2009 年, 该公司已申请专利^[14], 并在湖北、江苏等地使用, 目前运行状况良好, 未出现异常状况。

国内复合材料杆塔生产制造商较少, 试点应用范围窄, 数量少, 且以组合式电杆或横担居多, 以及少量的局部试点工程应用, 尚未形成规模性的全复合材料杆塔示范线路建设, 因此复合材料杆塔的优势并未得到完全的体现。

2.3 复合材料杆塔发展趋势

目前, 国外研究复合材料杆塔已有一定时间, 且具有相当规模, 国内复合材料杆塔研究时间较短, 示范线路应用时间不长, 从复合材料强度、老化、电性能基础上, 建议扩展轻量化、现场安装便捷、价格低廉的复合材料杆塔, 降低应用复合材料杆塔整体费用, 否则复合材料杆塔在国内大规模应用将难以推广。今后发展需要解决的问题是耐久性和降低制造成本。

特高压和智能电网纳入我国“十二五”规划纲要, 特高压架空输电线路工程进入高速建设的重要阶段, 至 2015 年, 将建成 13 项特高压直流输电工程, “三华”电网形成“三纵三横”的特高压交流骨干网架, 西电东输和电力大联网以及城乡电网改造等重大工程都迫切的需要高性能、环保的架空输电线路复合材料杆塔, 预计到“十二五”末期, 我国复合材料杆塔需求量将超过 40 亿元。此外, 美国、欧洲以及其它地区的市场需求量也日益增长, 据不完全

估计仅北美和欧洲的年市场需求量就达190亿元,市场潜力巨大。

3 结束语

复合材料杆塔由于其特殊优势,在国外有很多地区已经大规模应用,但在国内用户已经熟悉制造成本和安装费用都较低廉的角钢塔、钢管塔、水泥杆以及混凝土电杆,所以制约复合材料杆塔大规模应用的主要4个问题是刚度、耐老化、轻量化及降低成本。此外,复合材料杆塔制造是一个新兴的产业,国内至今仍无一套完整的行业标准,建议加快相关标准的制定,可推动复合材料杆塔在电力行业领域大规模应用。

随着电力需求愈来愈大,节能降耗也面临着巨大的压力,由于复合材料生产工艺的不断升级,复合材料杆塔综合性能不断提高,耐老化性能及成本降低等将会很快得到解决,因此复合绝缘材料杆塔作为替代传统杆塔的新型环保产品具有非常广阔的市场应用前景。

参考文献:

- [1] 邓世聪,刘庭,李汉明,等. 110kV架空输电线路复合材料杆塔的材料、电气和机械特性试验[J]. 南方电网技术,2011,5(3): 36-40.
- [2] 胡毅,刘庭,刘凯,等. 110kV输电线路复合材料杆塔特性试验研究[J]. 高电压技术,2011,37(4):801-808.
- [3] 但小容,陈轩恕,刘飞,等. 复合绝缘杆塔的发展前景及应用[J]. 机电信息,2009,36:90-91.
- [4] Richard Stewart. Pultruded Poles Carry Power[J]. Reinforced Plastic,2003(1):20-24.

- [5] 张磊,孙清,王虎长,等. E玻璃纤维增强环氧树脂基复合材料力学性能试验研究[J]. 电力建设,2010,31(9):118-121.
- [6] 车剑飞,黄清霞,杨娟. 复合材料及其工程应用[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [7] 唐波,文远芳,邓建钢. 一种基于FRP材料的新型输电杆塔研究[J]. 电工电能新技术,2010,29(3):16-21.
- [8] 刘汉立. 复合材料输电杆塔的研究与应用[J]. 纤维复合材料,2011(1):38-40.
- [9] 刘泉,任宗栋,默曾禄. 复合材料在输电杆塔中的应用研究[J]. 玻璃钢/复合材料,2012(1):53-56.
- [10] 唐波,迟兴江,姚磊. 新型绝缘输电杆塔的发展及展望[J]. 电力学报,2010,25(4):325-327.
- [11] 陈勇,苏民社. 环氧树脂增韧改性研究进展[J]. 绝缘材料,2012,45(5):25-29.
- [12] 于祺,陈平,陆春. 纤维增强复合材料的界面研究进展[J]. 绝缘材料,2005(2):50-56.
- [13] 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.
- [14] 杜忠东,王湘汉,唐琪,等. 一种复合绝缘杆塔绝缘塔头:中国,201466635U[P]. 2010-05-12.
- [15] 邱志贤. 高压复合绝缘子及其应用[M]. 北京:中国电力出版社,2006.
- [16] 陈博. 意大利玻璃钢工业技术考察报告[J]. 玻璃钢,1996(2): 36-42.
- [17] 杨敏祥,陈原,李卫国,等. 复合材料杆塔研究现状及管件技术问题[J]. 华北电力技术,2010(10):48-50.
- [18] 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):31-39.
- [19] 张磊,孙清,赵雪灵,等. 纤维增强树脂基复合材料输电杆塔材料选型[J]. 电力建设,2011,32(2):1-5.
- [20] 靖波,李茂华,杨风利. 我国输电线路杆塔结构研究新进展[J]. 电网技术,2008,32(22):77-83.
- [21] 刘泉,任宗栋,默曾禄. 纤维增强复合材料在35kV输电杆塔中的应用研究[J]. 电力建设,2011,32(4):92-95.

(上接第81页)

3 结论

(1)在沿面距离小于15 cm时,放电起始电压比较低,随电压的升高,放电幅值有所增加;当沿面距离大于15 cm后,放电起始电压随着沿面距离的增大而急剧增大,放电幅值随着电压的升高而急剧变大;当沿面距离增大到25 cm后,放电电压急剧升高,放电幅值变小且随着电压的升高只发生微小变化。

(2)无论沿面距离大小如何,放电频率都随着放电电压升高而急剧增大,沿面距离越小,放电频率越高。

(3)在沿面距离小于19 cm时,不同沿面距离下的放电图谱相似,呈正负极性的“馒头状”,随电压升高放电相位稍有展宽;当沿面距离增大到25 cm

后,放电呈负极性的“馒头状”,这与空气中电晕放电呈负极性有本质区别。

参考文献:

- [1] 张茜茹. 浅析绝缘式铜质管形母线在变电所中的应用[J]. 科技情报开发与经济,2007,17(21):287-288.
- [2] 陈永武. 铜管屏蔽绝缘母线的特点和应用[J]. 硫磷设计与粉体工程,2007(6):36-38.
- [3] 谭美艳. 大容量主变低压侧母线的选择[J]. 沿海企业与科技,2010,10:1221-1224.
- [4] 张北宁. 管形绝缘母线与矩形铜排母线性能比较与应用[J]. 水电与新能源,2010,6:60-64.
- [5] 李海烽. 大容量主变压器10kV侧导体的合理选择-半绝缘式铜质管形母线[C]//江苏省电机工程学会学术活动输配电及电力系统专业论文集,南京,2003.