

复合材料输电杆塔的研究与应用

刘汉立

(大庆油田电力集团 黑龙江省 大庆市 163455)

摘要 杆塔是输电基础设施中一类重要的支撑结构物,其结构性能直接影响线路的安全性、经济性和可靠性。玻璃钢复合材料(FRP)因其优异的性能被应用在杆塔结构中,大大改善了杆塔的性能,提高了输电线路的效率。本文从杆塔结构的发展和需求等几个方面对复合材料输电杆塔进行了介绍。

关键词 复合材料; 输电杆塔; 复合材料性能

Research and Application of Composite Transmission Poles and Towers

LIU Hanli

(Daqing Oilfield Power Group, Daqing, Heilongjiang Province 163455)

ABSTRACT The transmission poles and tower is an important infrastructure in support structure, its structure directly affects the performance of the line safety, economy and reliability. FRP composites (FRP) for its excellent performance are used in pole and tower structures, which greatly improved the performance of the tower and the efficiency of transmission lines. The composite transmission poles and towers were introduced from needs of the development of the pole and tower structure in this paper.

KEYWORDS Composites; Transmission pole and tower; Composites performance

1 引言

电杆、电塔结构是输电、通讯、铁路、机场、市政等基础设施中一类重要的特种支撑结构物,其结构性能直接影响线路的安全性、经济性和可靠性。传统输电杆(包括木杆、水泥杆、钢杆及铁塔)在长期运行中各种各样的缺陷正逐步暴露出来。由于纤维增强树脂基复合材料(以下简称复合材料)具有轻质高强、耐腐蚀和电绝缘性好、性能可设计等特点,是输电杆及杆塔结构材料较理想的选择,已经开始并日益受到国内外电力行业的关注。

传统的输电杆塔普遍存在质量重、易腐烂、锈蚀或开裂等缺陷,耐久性差,使用寿命较短,施工运输和运行维护困难,容易出现各种安全隐患。随着新材料技术及其制备工艺的发展,复合材料近年在国外已逐步应用于输电工程中。复合材料电杆具有传统电杆不具备的特殊优势,在国外已经具有相当规模,在中国市场的主要意义将在于运输、安装成本的大幅降低,其开发应用将成为输电行业基础设施建设的一大趋势。但是因为钢制电杆初装费用低廉,用户比较熟悉,而对于复合材料还比较陌生,所以复合材料电杆早期推广应用较慢。总结起来,复合材料电杆及杆塔的开发应用存在两个制约问题即:制

造成本与耐候老化问题。若这两大问题能够得到解决,复合材料电杆将会替代传统材料电杆,成为未来新一代输电线路支撑结构。复合材料电杆在输电线路上的应用是电力工业基础设施建设的一次革命,为复合材料大规模进入电力行业领域起到推动作用,具有不可估量的社会效益。

2 国内外输电杆塔的应用现状

国内外架空输电线路中使用较为广泛的杆塔主要有木质杆、混凝土或预应力混凝土杆、钢管混凝土杆、钢管杆和铁塔等几类。其中木质杆主要应用在美加地区,美国只有俄勒冈州在使用混凝土杆,南美洲、欧洲、非洲、亚洲等森林资源较为贫乏的地区或发展中国家主要使用混凝土或预应力混凝土杆。铁塔是世界各国超高压输电线路中常用的杆塔型式,大多数采用热轧等角钢制造,也有少数国家采用冷弯型钢或钢管混凝土结构。根据结构型式和受力特点,铁塔可分为拉线塔和自立塔两大类。

世界上最大的电杆市场在美加,其次是北欧及欧洲其他地区。复合材料电杆的制造与应用主要集中在北美和欧洲。美国 Sharkspeare 公司是最早开发复合材料电杆的公司,该公司1996年在美国申请

电杆设计制造方法专利,1998 年在英国申请专利。另外美国的 Powertrusion 公司和美国北太平洋复合材料公司也在从事复合材料电杆的生产。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输电线杆制造工艺,2005 年通过其子公司—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。RS 电杆为组合套接结构式电杆。电杆采用的是纤维增强热固性树脂复合材料。

从 1992 年起,美国在制定发展计划中就提出了由复合材料采用无螺栓装配构成杆塔的研究计划。由 EbertComposites 公司与加利福尼亚两家公用事业公司—圣地亚哥煤气电力公司(SDGE)和南加利福尼亚爱迪生公司(SCE)共同开发,并已在加利福尼亚奥克斯纳德的奥蒙德比奇发电站安装试验杆塔,而且环境位于高盐污染地区的南加利福尼亚海滨。运行资料表明,这些杆塔可稳定使用较长时间。

国内基本不再使用木质杆,混凝土杆以前在 35kv~110kv 线路上大量使用,在新建及 330kv 以下线路运输和施工条件较好的平原和丘陵地区也得到一定应用。钢管杆和钢管混凝土杆在近年城市电网建设和改造中应用较多,而在 220kv 及以上的线路中,多采用格架式铁塔。国内复合材料电杆开发应用尚处于空白。只有江苏远东集团公司以及深圳市电管局金隅 RSTechnologies(RS 分公司)公司合作并签署合同,购买 RS 组合式复合材料电杆在国内应用。

3 复合材料输电杆塔的特点

复合材料电杆及杆段的制造技术在国外已有 50 多年的历史。复合材料的优势主要在集中在以下几方面

3.1 安装和维护成本低

复合材料电杆的质量约为木质杆的 1/3,混凝土杆的 1/10,钢质杆的 1/2,可大幅度降低运输和施工安装成本,尤其是在人难以到达的山林和偏远地区。复合材料电杆的轻质特点使其可用直升机运载,轻质还意味着安装速度加快和节省人力。复合材料电杆是一种免维护或低维护结构,以保障线路安全和降低输电线路的维护成本。

3.2 环境适应性好

复合材料电杆对酸、碱、盐及有机溶剂等腐蚀介质的耐腐蚀性能和耐候性能优良,因此特别适合沿海地区、内陆盐渍土,以及工业区和酸雨多发地区等

对混凝土和钢质杆塔有特殊防腐要求的环境。

3.3 电绝缘性能好

复合材料杆电气绝缘性能优良,可避免铁塔易出现的雷击事故发生,还可以设计减少导线与塔身间隙,使输电线路结构更为紧凑,可减少线路走廊宽度,这有利于节约土地资源稀缺,且使杆塔底座的电磁场更低。而且复合材料杆本身具有绝缘性能,减少甚至不用绝缘子。

3.4 性价比高

在输电线路的经济分析中,通常注重建设期间的费用投资,往往忽视了结构全寿命周期费用的分析。随着电网建设的不断扩大,输电线路架设长度要求增加,其线路运行出现的事故及维护问题便显得日益突出。因此设施的运输、安装及维护费用问题将会得到逐步重视。表 1 给出了美加复合材料电杆与其他输电杆塔在全寿命周期的价格对比。

表 1 不同材料电线杆塔对比

材料类别	使用寿命 (年)	建设成本 (元)	维修成本 (元)	平均成本 (元/年)
木质杆	30	2000	1680	120
钢管杆	35	2240	2000	112
混凝土杆	35	2800	2000	136
FRP 杆	80	7200	10	92

从表中数据可看出,复合材料电线杆塔尽管初装成本较高,但其极低的运行维护费用,80 年的寿命,使其综合性价比要优越于其他材料电线杆塔。在地况复杂、土质较疏松的地区,其运输、安装极为困难的情况下,FRP 杆的优越性得到了充分地体现。而且,复合材料组合式电线杆塔一旦在杆体某处有损伤,可以单独更换该段而不用整体更换,节省很大费用。

3.5 其他特点

与木质、混凝土和钢质杆塔相比,复合材料杆塔还具有如下优点:

①可加工成任何颜色、改善输电电线视觉效果,耐腐蚀性能好;

②构件可加工成任何颜色,改善输电线路视觉效果,抗腐蚀性能好;

③易于修复,可在恶劣天气条件下现场修复。

总之,FRP 有着优异的综合性能,制作的杆塔优于传统杆塔的性能,通过合理的设计,FRP 杆可以满足输电线路对杆塔结构的各项性能要求

4 复合材料输电杆塔的成型工艺

纤维缠绕是复合材料电杆最常用的成型工艺,也有许多其他中空圆筒结构成型方法,如离心浇铸、真空注塑(VI)和RTM等,但因经济原因并未得到普及。对高效率产业化生产来说,自动化程度高低是极为重要的,而纤维缠绕工业节省原材料,纤维铺放灵活机动,很适合于成型这种结构产品。采用的基体主要为改性聚酯、环氧树脂、乙烯基树脂和改性聚氨酯,增强纤维一般为无碱玻璃粗纱。

4.1 纤维缠绕

将浸过聚酯树脂的玻纤粗纱按照指定线型连续缠绕在轴上。控制芯轴转速和轴与丝嘴的相对运动速度可以调节到所需的缠绕角度,通常缠绕角在 7° ~ 90° 范围内调节。纤维层数要根据电杆等级性能的要求而定。缠绕完毕后加热固化,固化完毕脱模。可用水压装置将管从芯轴上脱掉,然后后切割、打孔,安装脚踏。

4.2 拉挤成型

拉挤成型是利用拉挤成型机使纤维增强树脂基体连续成型的一种成型方法,连续增强纤维浸渍树脂基体后通过加热的型模、冷却成形,再根据需要按照一定长度进行切割。该工艺近几年发展最快,主要发展方向是为港口、输电、土木等基础设施工程和高层建筑工程提供厚壁结构板型件。该工艺比较适合用于复合材料横担和多边形电杆的制造。拉挤工艺可加工具有等横截面、径向强度和刚度较高的结构件。

4.3 复合成型工艺

随着复合材料相关技术的发展,纤维缠绕工艺呈现出多工艺复合化的发展趋势。拉挤成型、带铺放、带缠绕及纤维编织等与传统缠绕工艺相结合,可以提高缠绕工艺的新结构适用性,扩大了纤维工艺的应用范围,开创缠绕技术的新局面。

纤维缠绕技术有一个明显的局限,就是沿制品轴向铺设纯纵向即 0° 纤维(纤维与筒体母线夹角为 0°)较为困难,从而限制了它在某些结构类管状制品制造中的应用。将纤维缠绕与带铺放工艺、拉挤工艺结合起来可极大地解决这一问题。纤维铺放技术集传统缠绕技术与带铺放技术于一身,可进行任意角度缠绕,也可任意增减纤维,克服了传统缠绕工艺的不足,改善了产品结构力学性能,作为比较先进的

复合材料电杆生产工艺得到人们的关注。

5 结语

在我国,山地面积占国土总面积70%以上,复合材料电杆运输和安装费用低廉具有特别重要的意义。用卡车装运复合材料,其装载量数十倍于混凝土电杆装载量,于是可以助推复合材料电杆在山区中的应用。随着我国经济的高速发展,电力需求愈来愈大,电力供应日趋紧张。为解决我国的电力能源配置问题,我国已开始实施1000 kV特高压输电、西电东输和全国联网战略以及新一轮的城乡电网改造等重大工程,这些工程迫切需要研究开发低成本高性能的输电杆塔结构。因此,FRP杆在输电工程中将有着广阔的应用前景。

目前,从需求和技术的角度来看,复合材料电杆应用于我国输电行业的条件已基本成熟。但制约这种新材料输电杆塔的主要因素是初期投入成本较高,但如果从杆塔结构在减轻质量、降低基础成本以及运行维护的全寿命过程方面进行成本分析,不难看出复合材料电杆的性价比具有明显的优越性。

参 考 文 献

- [1] 陈博. 意大利玻璃钢工业技术考察报告[J]. 玻璃钢, 1996(2): 36-42.
- [2] 黄汉生. 美国复合材料工业发展动向[J]. 现代化工, 1996(7): 43-48.
- [3] 王秋霞. 世界复合材料强国与我国的复合材料现状及发展动向[J]. 玻璃钢/复合材料, 1999(1): 40-44.
- [4] 胡定超. 一种加强型输电杆塔[J]. 四川电力技术, 2005(2): 49-50.
- [5] 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(5): 23-27.
- [6] 宁刚. 玻璃钢管道结构设计及性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学硕士学位论文, 2007.
- [7] 方东红, 韩建平, 曹翠玲. 复合材料输电杆应用进展[C]//全国玻璃纤维专业情报信息网第三十次工作会议暨信息发布会会刊, 2009.
- [8] 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(4): 325-327.
- [9] 魏明飞. 玻璃钢应用于输电铁塔的研究[J]. 化学工程与装备, 2010(7): 105-106.
- [10] 杨敏祥, 陈原, 李卫国, 等. 复合材料杆塔研究现状及关键技术问题[J]. 华北电力技术, 2010(10): 48-50.
- [11] 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(2): 1-5.