

聚氨酯玻璃纤维复合材料电杆与混凝土电杆力学性能检测对比分析

张玉财

宁夏中测计量测试检验院(有限公司) 宁夏 银川 750001

摘要: 通过测试同规格同荷载等级的不同材质电杆的标准检验弯矩、标准检验弯矩时挠度,承载力检验弯矩、承载力检验弯矩时挠度,电杆比强度,比较其力学性能。采用悬臂式试验方法,测得电杆各级荷载梢经的挠度,通过对实测数据的分析,得出锥度1/75的不同材质的电杆梢经挠度的变化于外界荷载基本成线性关系。同时,对不同材质电杆的比强度的计算分析,得出复合材料电杆的比强度远高于混凝土电杆的比强度。这给输电线路的维修,抢修,以及恶劣环境线路的铺设带来了一定的经济性和时效性。

关键词: 复合材料电杆; 混凝土电杆; 悬臂式试验方法; 力学性能检测

引言

电杆作为输电、通讯、铁路、机场、市政等众多基础设施领域中不可或缺的特种支撑结构物,其结构性能的优劣直接关乎线路运行的安全性、经济性和可靠性。在国内,35kV至110kV的线路上,钢筋混凝土电杆因其成本相对较低、强度高而被大量采用。甚至在330kV以下线路,特别是在运输和施工条件较为优越的平原和丘陵地区,钢筋混凝土电杆也有一定的应用。然而,在实际运行过程中,钢筋混凝土电杆也暴露出不少潜在隐患。比如,单根电杆质量过大,导致搬运和立杆过程困难重重,安装成本居高不下。此外,在高盐碱、黄灌区等土壤环境恶劣的地区,钢筋易受锈蚀,严重影响电杆的使用寿命。经过三到四个冬季的寒冻交替,电杆还容易产生纵向裂缝,进一步威胁线路的安全。近年来,聚氨酯玻璃纤维复合材料电杆作为一种新型高分子材料电杆迅速崛起,有效弥补了钢筋混凝土电杆的诸多缺陷。本文将以太姆森电气有限公司生产的聚氨酯玻璃纤维复合材料电杆和宁夏青峡实业有限公司生产的混凝土电杆为例,深入对比分析两者的性能特点,为电杆的选择和应用提供有力参考。

1 材料与方法

1.1 试验概况

复合电杆杆长12m,梢径190,锥度1/75,壁厚10mm,荷载等级M(ND4)级,数量2根,1号杆重量150kg,2号杆重量153kg;混凝土电杆杆长12m,梢径190,锥度1/75,壁厚50mm,荷载等级M级,混凝土强度设计C50,钢筋配筋1614,数量2根,1号杆重量1256kg,2号杆重量1278kg。分别对两种同规格同荷载等级不同材

质的电杆力学性能进行检测,包括标准检验弯矩、标准检验弯矩时挠度,承载力检验弯矩、承载力检验弯矩时挠度,电杆比强度。

主要检测设备有DH-2型电杆荷载位移测试仪。

1.2 试验方法

电杆力学性能试验是获得杆体承受长期荷载作用下是否能够安全运行的最可靠的办法,本次试验依据GB/T 4623-2014《环形混凝土电杆》^[1]及DL/T2240-2021《配网复合材料电杆及其配套横担技术条件》^[2]中规定的方法进行检测,采用悬臂式试验方法,见图1。

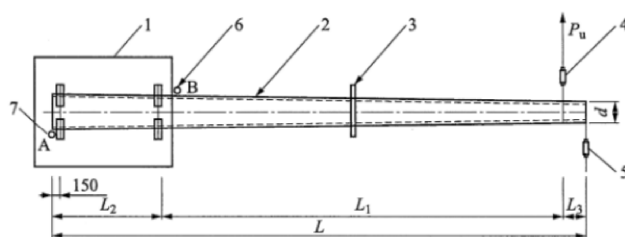


图1 悬臂式试验原理



图2 各级荷载加载阶段梢经的挠度

图1说明: (1) 钢筋混凝土台座; (2) 电杆; (3) 滚动支座; (4) 荷载测试仪; (5) 挠度仪; (6) P_u 为荷载; (7) L 为杆长12m、 L_1 为荷载点高度9.75m、 L_2 为支持点高度2.0m、 L_3 为梢端至荷载点高度0.25m; (8)

A、B为固定卡盘。

1.3 加载程序

第一步，由零按20%标准检验弯矩的级差加载至80%标准检验弯矩，然后按10%标准检验弯矩的级差继续加载至标准检验弯矩，每次静停时间为3min，测量并记录挠度，混凝土电杆记录裂缝宽度。

第二部，由标准检验弯矩卸荷至零，卸荷后静停3min，测量并记录残余挠度，混凝土电杆记录残余裂缝宽度。

第三步，按20%标准检验弯矩的级差加载至160%标准检验弯矩，再按10%标准检验弯矩的级差继续加载至

承载力检验弯矩，每次静停时间为3min，观测并记录挠度，混凝土电杆记录裂缝宽度。

试验时，加荷值稳定后的允许偏差为±2%。图2对应的为各级荷载加载阶段梢经的挠度变化情况。

2 试验结果与分析

电杆力学性能检测标准检验弯矩为58.50kN·m，100%荷载时的检测荷载值为6.0kN，承载力检验弯矩综合检验系数为2.0。混凝土电杆力学性能检测发现，在标准检验弯矩时电杆均出现裂缝（详见表1）。复合材料电杆力学性能检测发现，在标准检验弯矩时，电杆表面均未出现表面裂纹，局部发白等现象（详见表2）。

表1 混凝土电杆力学性能检测结果

序号	检测项目	性能指标		实测值	
				1号杆	2号杆
1	标准检验弯矩	裂缝宽度	≤ 0.2mm	0.12mm	0.12mm
2		挠度	≤ 313mm	304mm	303mm
3	承载力检验弯矩	电杆破坏情况	裂缝宽度 ≤ 1.5mm，受拉钢筋不得拉断，受压区混凝土不得破坏	裂缝宽度0.9mm，受拉钢筋未拉断，受压区混凝土未破坏	裂缝宽度0.8mm，受拉钢筋未拉断，受压区混凝土未破坏
4		挠度	≤ 1000mm	571mm	595mm

表2 复合电杆力学性能检测结果

序号	检测项目		性能指标	实测值	
				1号杆	2号杆
1	标准检验弯矩	表面质量	电杆表面不应出现表面裂纹、局部发白等现象	未出现	未出现
2		挠度	≤ 1300mm	1295mm	1286mm
3	承载力检验弯矩	电杆破坏情况	电杆不应出现局部压溃结构分层，断裂等破坏现象，允许出现表面轻微裂纹、局部发白等不影响电杆强度的现象。	未出现	未出现
4		挠度	/	2658mm	2606mm

混凝土电杆标准检验弯矩时，裂缝宽度达到0.12mm（裂缝宽度详见图3），在承载力检验弯矩时，电杆裂缝宽度超过0.8mm（破坏情况详见图4）。



图3 标准检验弯矩时混凝土电杆破坏情况



图4 承载力检验弯矩时混凝土电杆破坏情况

复合材料电杆标准检验弯矩和承载力检验弯矩时，电杆表面均未出现表面裂纹，局部发白等现象（详见图5和图6）。



图5 标准检验弯矩时复合材料电杆破坏情况



图6 承载力检验弯矩时混复合材料电杆破坏情况

复合材料电杆达到开裂检验弯矩卸荷后的残余挠度为2mm，达到承载力检验弯矩卸荷后的残余变形为5mm，基本恢复原状，混凝土电杆达到开裂检验弯矩卸荷后的残余挠度为10mm，达到承载力检验弯矩卸荷后的残余变形为108mm，明显出现永久变形。从挠度变化趋

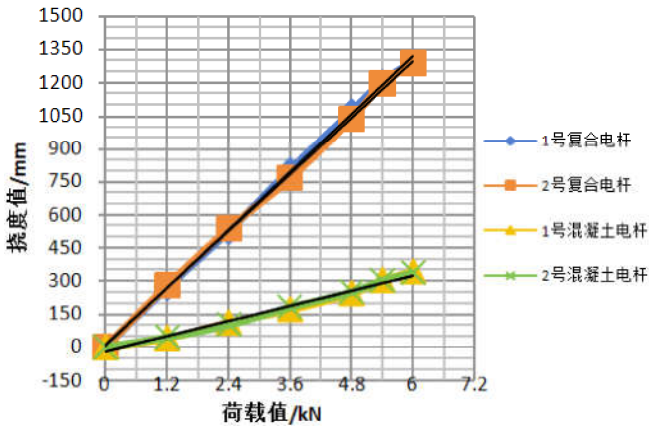


图7 标准检验弯矩与挠度关系

比强度是衡量材料轻质高强特性的一个关键参数，它对于评估材料的综合性能具有至关重要的意义。在材料科学领域，优质的材料往往具备较高的比强度，这意味着这类材料在满足强度要求的同时，能够大幅度地减轻材料本身的重量，从而提高结构的整体效率和经济性。通过对电杆实测弯矩和电杆重量数据进行分析，我们可以得出复合电杆的比强度高达 $0.77\text{kN}\cdot\text{m}/\text{kg}$ ，这一数值远远超过了传统混凝土电杆的比强度，后者仅为 $0.09\text{kN}\cdot\text{m}/\text{kg}$ 。这一显著差异充分展示了复合电杆在轻质高强方面的优越性能，为其在输电、通讯等基础设施领域的应用提供了有力的支撑。

3 结论

通过对梢径190mm，长度12m，M级复合材料电杆和混凝土电杆力学性能的检测，得到两种不同材质的电杆梢径挠度与外界荷载值成线性关系，复合电杆的梢径挠度远高于混凝土电杆，且电杆达到承载力检验弯矩时电

势可见，随着荷载的增大，两种不同材质电杆的荷载和挠度变化基本成线性变化。标准检验弯矩和承载力检验弯矩与挠度关系图见图7和图8。复合材料电杆在相同荷载值时的挠度值远超过混凝土电杆，而且杆体未出现明显的破坏现象。

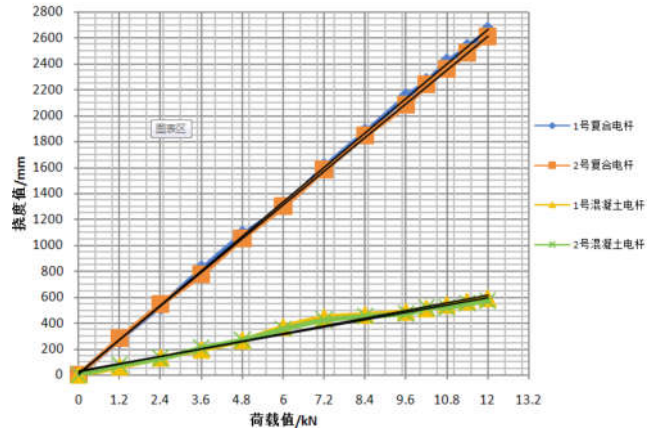


图8 承载力检验弯矩与挠度关系

杆不容易出现破坏现象。当卸力后电杆明显恢复原状，这种优势更容易使得复合材料电杆在极端恶劣气候条件下线路修复，如遇台风或者阵风等级高混凝土电杆易被折断，线路损害，复合电杆则可直接拉线恢复线路运行，避免混凝土电杆需重新立杆的麻烦，具有很好的时效性。

通过对同规格同荷载等级的两种不同材质电杆的比强度的分析，可以发现复合材料电杆的比强度远高于混凝土电杆，这在线路铺设过程中省去许多重型机械，给施工带来较好的经济性。尤其遇到难以运输吊装的施工环境，如偏远山区。

参考文献

- [1]"环形混凝土电杆".GB/T 4623-2014.2014.
- [2]"配网复合材料电杆及其配套横担技术条件".DL/T 2240-2021.0.