

[配电线路]

10 kV架空配电线路防风举措

文/徐 睿

国网江苏省电力有限公司南通供电分公司

为提高配电网供电可靠性，增强抵御风灾能力，提高应急响应效率，基于架空配电线路典型设计，对沿海、沿江等空旷地区历史运行状况进行分析，重点研究架空配电线路在面对风灾时的薄弱点，提出与设防等级相适应的杆塔选型计算、新型杆塔基础、试用新技术及网架优化等防风举措，为架空配电线路防风提供技术支撑。

近年来，沿海、沿江等空旷地区的风灾多次造成架空配电线路断线倒杆等事故，威胁配电网安全，对人民生活产生较大影响。为提高配电网供电可靠性，增强抵御风灾能力，本文研究架空线路在面对风灾时的薄弱点，提出一系列可行的防风举措，为提升架空配电线路的风灾设防水平提供技术支撑。

风灾现状分析

通过收集沿海、沿江等空旷地区架空配电线路在风灾影响下发生的故障资料，可将常见的架空线路的故障分为以下两种情况。

1) 倒杆问题。通过风灾故障数据统计，倒杆现象主要分为电杆弯折和整体倾覆两种。其中，电杆弯折主要集中在直线混凝土电杆。对倒杆所在地采用的典型设计并结合倒杆时的风速进行杆塔强度校验，结果显示混凝土电杆计算强度未能满足此风灾下要求的强度水平，风灾时的过重荷载导致电杆弯折，这是倒杆的主要原因。对于整体倾覆问题，由于目前架空配电线路杆塔基础并未在防风方面进行深入研究，因此缺乏抵御相应风灾强度的针对性电杆基础，成为电杆整体倾覆问题的重要原因。

2) 导线断线问题。根据数据统计结果，断线原

因整体上可分为外力破坏和自身两大原因。大风天气下，由于电杆弯折、倾覆及串倒等原因导致导线难以承受过重的荷载，从而导致断线。同时，异物刮蹭、倒树等外界因素也是在大风天气下造成断线不可忽视的原因。此外，数据显示除以上因外力破坏导致的断线问题外，无上述问题的断线故障的断点多出现于电杆位置附近，可能原因是导线长期磨损强度降低、风荷载过大导致导线强度不足。

气象条件重新设定

如果想要提高当地架空配电线路的防风能力，首要任务是要确定本地区合理的设防水平。气象条件需要能够真实反映本地区可能面对的大风天气，才能在风灾来临时起到良好的抵御效果。因此，在确定本地区的设计气象区时，可以根据历史最大风速值，适当考虑一定裕度后，作为本地区的设计风速。

在确定本地区的设计气象区时，本文推荐风力等级对照表见表1，确定本地区历史最大风速所在的风速区间及其对应风级，各地区可根据需要在本区间或提升1级风级后的区间确定设计风速，作为电杆选型时的设计气象区。考虑目前沿海、沿江地区实行的典型设计采用的杆型强度已能够承受10级

及以下的大风气象条件，表1仅给出10级及以上的风速范围。

表1 10级及以上风力等级对照表级

风力等级	名称	风速 I (m/s)	风力等级	名称	风速 I (m/s)
10	狂风	24.5~28.4	13	台风 (一级飓风)	37.0~41.4
11	暴风	28.5~32.6	14	强台风 (二级飓风)	41.5~46.1
12	台风 (一级飓风)	32.7~36.9	15	强台风 (三级飓风)	46.2~50.9

注：本表所列风速是指平地上离地10 m处的风速值；超级台风为美国对顶级强度台风的称谓。

风灾应对举措

根据目前架空配电路现状分析暴露的问题，在对气象条件重新设定的基础上，有针对性地研究并提出了相应的防风举措。包括选用合理的电杆强度、采用提高电杆防沉降及倒杆能力的基础、试点采用新技术等。

1. 合理确定电杆形式

在确定合理的气象区后，即可进行电杆的选型计算。主要包括直线杆选型、无拉线转角杆选型、拉线杆选型及钢管杆选型等内容。根据应力弧垂表，结合不同的工况，计算电杆根部最大运行弯矩，查询开裂检验弯矩，最终确定所需相应强度的电杆型式。

2. 杆塔基础

本文根据不同地形条件、施工条件及实际地质参数，提出了卡盘配套底盘基础、扩径直埋灌注基础、套筒无筋式基础、台阶式基础、套筒式基础、灌注桩及钢管桩等基础加固形式，可根据实际需要选取相应的基础形式。

1) 卡盘配套底盘基础。根据地形、地质条件采用人工开挖或小型机械开挖杆坑，即按水泥杆相应的埋设深度在杆位处将原状土掏挖成型后安装底盘，立杆后安装卡盘，如图1所示。广泛应用于粘性土、砂石土等地质矩形杆坑开挖不受地形、环境条件限制的区域。卡盘长度不小于1 200 mm，宽度不小于300 mm。

2) 扩径直埋灌注基础。采用人工、挖孔器及机械开挖方式，基础开挖后先浇筑少量混凝土，以增加根部直径，将水泥杆插入后进行混凝土浇注，使

水泥杆和基础连接牢固。电杆周围灌注混凝土后，增加了电杆根部的有效宽度，更易满足电杆倾覆稳定的要求，如图2所示。

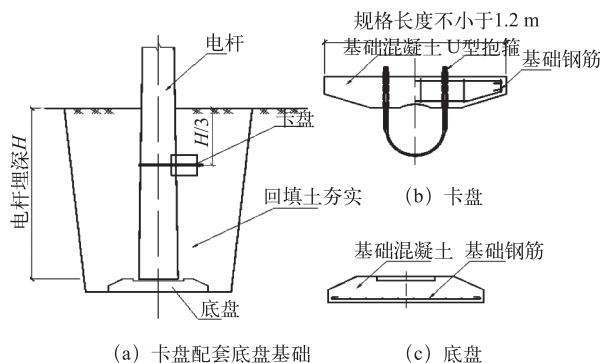


图1 卡盘配套底盘基础

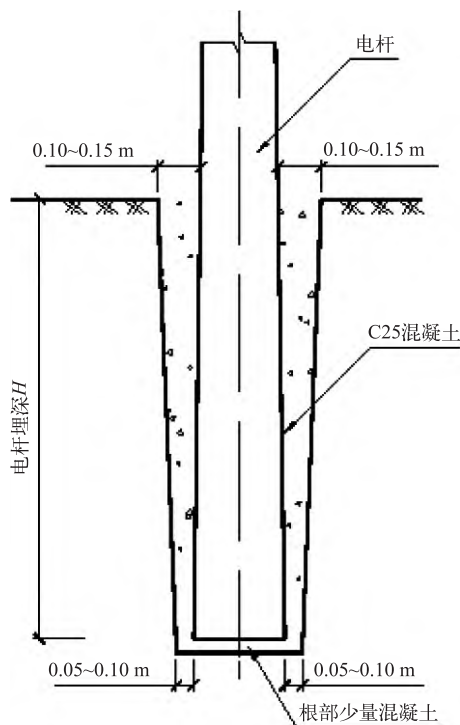


图2 扩径直埋灌注基础

3) 套筒无筋式基础。采用多种开挖方式，基础开挖后先用混凝土浇筑套筒基础，待基础养护达到混凝土设计强度的75%，将水泥杆插入后进行第二次混凝土浇注，使水泥杆和基础连接牢固，如图3所示。不受任何地形、地貌条件限制，普遍用于混凝土均能够运输、浇灌能够到位的情况。

4) 台阶式基础。主柱配置钢筋，台阶宽高比在满足刚性角要求的基础上，一般底板不配筋，必要时采用基础垫层，如图4所示。

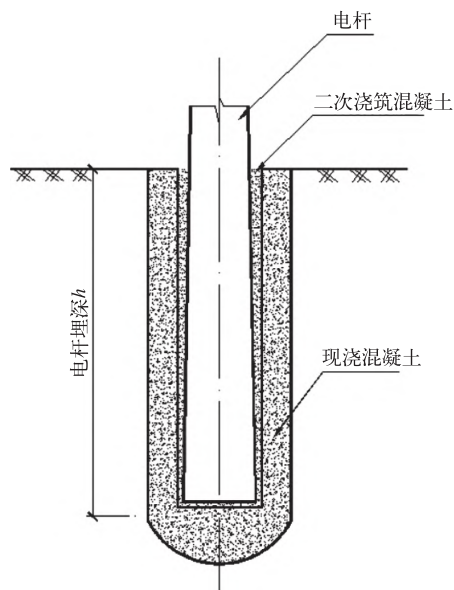


图3 套筒无筋式基础

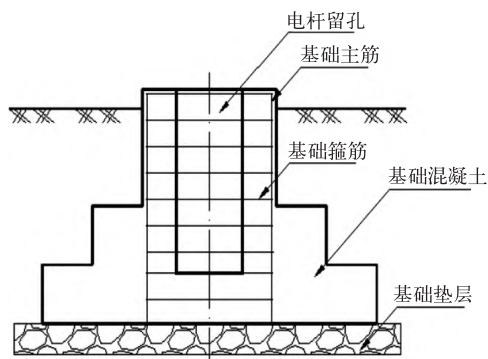


图4 台阶式基础

5) 套筒式基础。类似于灌注桩基础, 施工方式采用机械钻孔, 成孔后在孔内放置钢筋笼, 并按水泥杆埋深预留好水泥杆埋设孔, 将水泥杆插入后浇注混凝土使水泥杆和基础连接牢固。

为了更好地指导实际应用, 根据各基础的特点和施工要求, 对其进行归类汇总, 将其应用场景总结如下: ① $\phi 230$ 稍径15 m水泥杆可采用卡盘配套底盘基础、扩径直埋灌注基础、套筒无筋式基础及三角槽钢支架基础等形式加固; ② $\phi 230$ 稍径18 m水泥杆, 采用套筒无筋式基础; ③ $\phi 350$ 稍径15 m水泥杆, 应采用套筒式基础、台阶式基础; ④钢管杆采用台阶式、灌注桩及钢管桩基础。

3. 防风新技术试点应用

针对现有的架空配电线路暴露的问题, 可以适当进行新技术的试点应用。本文提供的新技术包括

低风压绝缘导线和超高性能混凝土电杆两种。

(1) 低风压绝缘导线

低风压绝缘导线是一种具有凹凸表面的低风阻导线, 它可将普通绝缘导线的体型系数(风阻系数)从1.1降至0.75~0.85, 可以有效降低大风下的导线风荷载。通过有限元仿真分析和计算, 体型系数取0.75时, 单回JKLYJ-DFY-10/240线路抗风能力可从风速35 m/s(12级)提高至42 m/s(14级)。

目前沿海、沿江地区常用的导线为聚氯乙烯(JKLYJ)绝缘导线。经过计算, JKLYJ导线在35 m/s风速(12级)下所要求的混凝土电杆强度需要到达N级。但10 kV电杆常用的是稍径 $\phi 190$ 电杆, 根据《环形混凝土电杆》, $\phi 190$ 电杆的N级突破国标, 如果为抵御12级大风而采用N级 $\phi 190$ 电杆, 将给物资供应带来困难。而如果为了满足N级强度, 改选 $\phi 230$ 电杆, 除了增加成本外, 其杆身荷载增大又将引起一系列技术问题, 需重新校验各类指标。

综上所述, 采用低风压绝缘导线可以有效降低风速条件下的绝缘导线对杆塔的水平风荷载, 提高架空绝缘配电线路抗风能力和运行安全可靠。

(2) 超高性能混凝土电杆

超高性能混凝土电杆是以超高性能混凝土(Ultra-High Performance Concrete, 简称UHPC)为主要材料生产的电杆。UHPC材料具有优异的力学性能, 包括极高的抗压强度和优良的抗冲击、抗疲劳性能, 另外, UHPC材料内部致密, 具有极佳的耐久性。因此, UHPC电杆也继承了UHPC材料的优点。

虽然, UHPC电杆与同类别传统混凝土电杆具有相似的外形和构造, 但却具有传统电杆没有的优良性能。其有着抗压强度高、承受荷载大、耐久性好、经济性好、体积小及重量轻等优点。应用UHPC电杆可以提高线路设计荷载和配电线路抗风能力。

结束语

风灾严重影响架空配电线路的安全运行, 给人民生活带来较大影响, 各地应引起重视。本文通过一系列针对架空线路薄弱点提出的防风解决或改进措施, 进一步提高架空配电线路在防风方面的设防水平, 给设计人员或使用者提供参考价值。EA

(收稿日期: 2022-02-09)