

输电线路工程中的组合式地锚优化设计

吕锦杰 宗飞跃 李劲云 刘金平

(上海送变电工程有限公司 上海 200235)

摘要: 地锚的应用在输电线路工程中随处可见, 作为受力主体, 其安全性和可靠性永远是第一位的。然而在山区张力放线过程中, 由于地形限制且牵张设备地锚布置密集等诸多特点, 传统全埋式地锚的布置选择空间小, 往往会出现地锚坑相邻布置的情况, 从而造成地锚整体抗拔力衰减。本文针对传统全埋式地锚在特殊地形下难以错位布置地锚坑的问题, 提出了组合式地锚优化设计, 可较好的解决连续地锚坑的布置问题, 提高地锚的可靠性。

关键词: 地形限制; 抗拔力衰减; 组合式地锚

1 当前地锚应用问题分析

在特高压输电线路工程建设中, 尤其是张力放线过程中, 需要应用到大量的地锚。如图 1, 仅常见的“3×1 牵 2”展放工艺, 牵张设备就需要 12 个地锚, 且由于受到山区地形限制, 牵张设备的工作位置选择性较小, 因而每台牵张设备所挖设的地锚坑难以避免出现相邻的情况。当两个地锚相邻, 由于土壤的“计算抗拔角”会部分重合, 往往会造成整体的抗拔力衰减, 且其中任意一个地锚受力造成的土壤扰动, 均会导致相邻地锚的抗拔力衰减。所以尽管在实际施工中, 通过采取加深地锚坑的深度等措施, 可以使得地锚受力满足使用要求, 但在理论上两组地锚相邻的布置依然是不可取的。



图 1 张力放线施工中的地锚应用场景

此外, 目前山区张力放线中的应用的全埋式地锚普遍采用大吨位船式地锚, 其结构大同小异, 如图 2 所示, 地锚坑回填并经初步受力后, 其倾斜角难以确定, 因而给地锚的最大抗拔力计算带来了较大的不确定性。

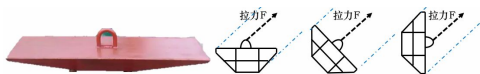


图 2 目前大吨位地锚主流形式

综上, 当前地锚应用问题主要存在两个问题: 一是传统全埋式地锚在相邻情况下的抗拔力衰减问题; 二是地锚受力面不固定, 给最大抗拔力的计算带来了不确定性。基于上述背景, 本文针对性的提出了组合式地锚优化设计, 并通过地锚拉力试验进行了分析。

2 组合式地锚设计

如图 3 所示, 为避免地锚“计算抗拔角”部分重合和及任一地锚受力造成土壤扰动导致相邻地锚的抗拔力衰减这两个因素, 地锚需要错位布置。

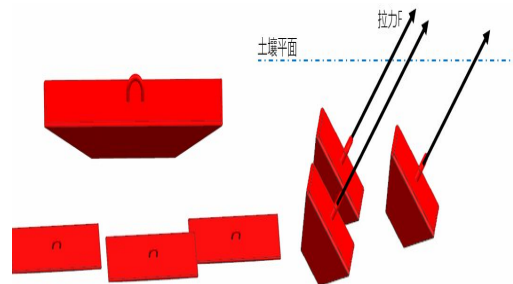


图 3 传统地锚布置示意图

本文组合式地锚示意图如图 4 所示, 通过将各独立的地锚进行相互连接, 可以类似看作一个整体。且通过图示“三角形”的设计, 只需地锚坑挖平, 就能确保地锚受力方向处于理想角度。此种组合式地锚设计只需挖设 1 个大地锚坑, 因此可以采用机械化施工(挖掘机)方式, 劳动力较小, 效率高。此外也可以作为单独地锚来使用, 或者通过组合装配, 适应不同载荷需求的地锚应用场景, 适用范围广。但由于此类组合式地锚市场上没有, 需要设计、制造及试验验证。

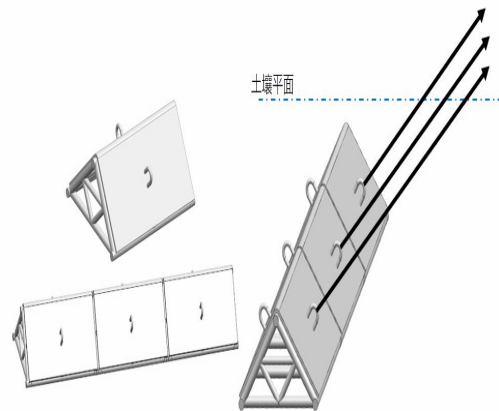


图 4 组合式地锚布置方式

3 确定组合式地锚结构及关键参数

在剔除无法解决(或不可抗力)的影响因素后, 本文对各可能影响组合式地锚可靠性的原因进行了重点分析。为便于计算, 本文均采用普通土进行进行受力分析, 如表 1, 地锚拉力试验场地土壤也选定为土质为普通土的场地。

表 1 不同土壤参数

项目	特坚土	坚土	次坚土	普通土	软土
密度 γ_0 (kg/m ³)	1900	1800	1700	1600	1500
计算抗拔角 ϕ_1 (kg/m)	30	25	20	15	10

根据下方地锚抗拔力计算公式:

$$P \leq \frac{9.8 \times 10^{-3} \cdot V_b \cdot \gamma_0}{K \sin \alpha}$$

$$V_b = \left[dl + (d+l) \cdot \frac{4}{3} \cdot \tan \phi_1 + \frac{4}{3} \cdot \frac{h^2}{d} \cdot \tan \phi_1 \right] \cdot h$$

P : 地锚的容许抗拔力, kN;

V_b : 地锚抗拔的土壤体积, m³;

γ_0 : 土壤密度, kg/m³;

l : 地锚的长度, m;

d : 地锚的宽度或圆地锚的直径, m;

h : 地锚的埋置深度, m;

ϕ_1 : 土壤的计算抗拔角, 按下表选用, kg/m;

α : 地锚的受力方向与地面的夹角, ° ;

K : 地锚的抗拔安全系数, 一般取 2.0;

由于地锚的埋置深度对地锚不同结构的影响均一致, 为便于分析, 统一选定 h 为 2.2 米。若需要使得地锚的容许抗拔力达到 10 吨, 则将上述参数 (地锚的容许抗拔力 $p=10t$ 、地锚的埋置深度 $h=2.2m$) 代入公式, 可以得出地锚的长度 l 、地锚的宽度 d 、地锚的受力方向与地面夹角 α 这三个地锚结构主要参数应满足下述关系:

$$5.8 \sin \alpha \leq d \cdot l + 0.59(d+l) + 1.73$$

本文针对常用的地锚受力角度 α 分别选取 30°、45°、60° 进行受力分析计算, 示意图如图 5 所示。

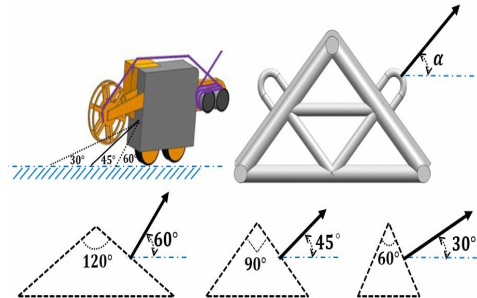


图 5 地锚角度示意图

根据计算公式, 当地锚的宽度分别选取 0.4m、0.5m、0.6m, 则地锚长度 l 计算结果如表 2 所示。根据计算结果, 当 α (地锚的受力方向与地面的夹角) 角度越大, 则所需的地锚长度 l 越长, 且相关性较为敏感。显然需要控制地锚受力角度 α 的大小, 但是当地锚受力角度 α 较小时, 则意味着地锚与受力点 (牵张设备) 的位置需

要较长距离, 不利于地形选择。综上选择, 地锚的受力方向与地面的夹角 α 为相对适宜的角度。

表 2 地锚长度 l 计算结果

α	d_1	l_1	d_2	l_2	d_3	l_3
30°	0.4m	0.86 m	0.5 m	0.80 m	0.6 m	0.67 m
45°	0.4m	2.15m	0.5 m	1.80m	0.6 m	1.69m
60°	0.4m	3.08m	0.5 m	2.75m	0.6 m	2.99m

3 组合式地锚拉力试验

(1) 实验过程

根据计算确定的组合式地锚主要参数, 进行了地锚加工制作。本文模拟现场实际工况, 以同时引出 4 根地锚拉线工况为参考进行了拉力试验, 并采用 4 组拉力传感器记录拉力试验参数。现场试验布置图如图 6 所示。地锚拉力试验示意图如图 7 所示, 地锚拉力试验参数如表 3 所示。

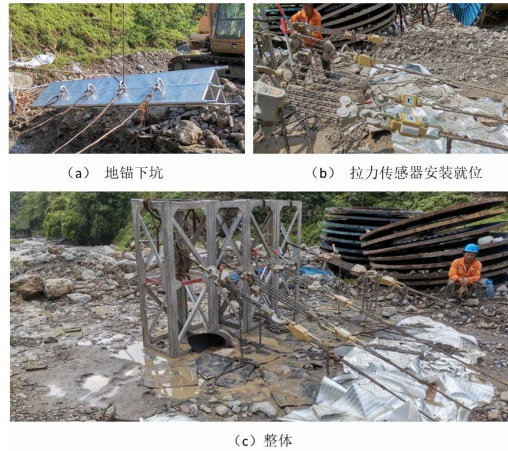


图 6 现场试验布置图

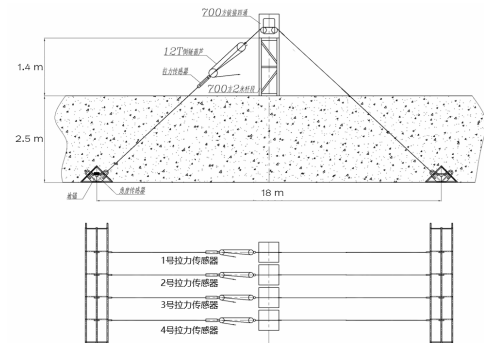


图 7 地锚拉力试验示意图

表 3 地锚拉力试验参数表

地锚埋深 (m)	拉线角度 (°)	两组地锚间距 (m)	额定载荷 (kN)	试验载荷 (kN)	试验持续时间 (min)
2.5	≈ 45° 实测 42°	18	100 × 4	100 × 4	30

(2) 实验结果

地锚拉力试验的记录数据及拟合的变化曲线如图 8 所示, 发现拉力传感器受力后拉力值稳步上升, 至试验

压力 10t 后, 拉力值缓慢下降, 最终下降幅度约 20% 左右后趋于稳定。经分析调查, 由于回填土的密实度变小、钢丝绳的受力变形等因素, 拉力值下降 20% 在允许范围以内。

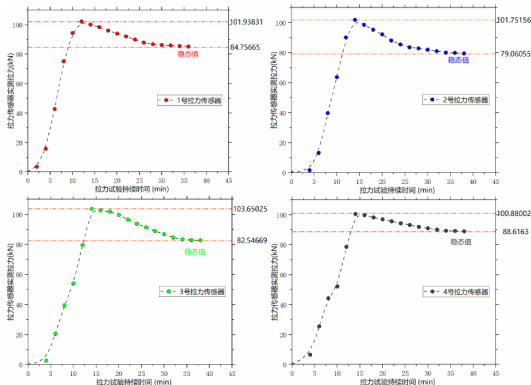


图 8 组合式地锚 1、2、3、4 号受力点拉力传感器变化记录

在模拟工况的拉力试验下, 组合在过程中无异常现象、稳定性良好, 在承受 1 倍的额定载荷 (10t × 4) 并保持 30min 后, 拉力传感器记录显示拉力值缓慢下降至一个稳态值, 平均下降率约 20%。试验完成后, 对地锚进行清洗检查, 发现主体结构无变形, 焊点等薄弱部

位检查亦无变形或损伤, 如图 9 所示。因此, 组合式地锚在额定载荷下基本符合使用要求。



图 9 地锚受力试验后照片

4 结语

经试验论证, 本文提出的组合式地锚的结构优化设计较好的解决了传统全埋式地锚相邻布置时的抗拔力衰减问题, 同时通过“三角形”的地锚坐地设计, 解决了地锚受力面角度不固定的问题。此外, 由于无需人工错位挖设独立的地锚坑, 在降低地锚坑占地面积的同时, 对机械化施工更友好, 从而大大提升了施工效率和施工安全系数, 具备较好的应用前景。

参考文献:

[1] 电力建设总局输电室. 高压架空输电线路施工技术手册[M]. 北京: 水利电力出版社, 1975 年: 3~14