

# Research on the construction technology of anchor static pressure micro pile in small power transmission infrastructure construction

Xun Ou

State Grid Hunan Electric Power Co., Ltd., Yongzhou Power Supply Branch, Yongzhou, Hunan, 425000, China

## Abstract

With the continuous advancement of power transmission infrastructure in China, the foundation types required for transmission line towers have become increasingly diverse. This paper focuses on the application mechanism of anchor rod static pressure micro-pile foundation technology in small-scale power transmission infrastructure projects. First, it elaborates on the technical definition, components, and applicable conditions of anchor rod static pressure micro-piles. Second, by considering the construction characteristics of power transmission line foundations, the paper analyzes typical processes of this technology during construction organization, equipment configuration, static pressure mechanism, anchor rod fixation, and pile sinking. Technical approaches are proposed for six key construction measures: preparation, static pressure pile insertion, pile joint reinforcement, cap connection, grouting densification, and pile corrosion protection. By organically integrating anchor rods with static pressure micro-piles, the system can adapt to tower foundation stress characteristics, geological variations, and environmental construction requirements.

## Keywords

anchor rod static pressure micro pile; small-scale power transmission infrastructure; construction; technology; research

## 锚杆静压微型桩在输电小型基建施工中的工艺研究

欧勋

国网湖南省电力有限公司永州市供电分公司, 中国·湖南 永州 425000

## 摘要

随着我国输电基础建设的不断推进, 输电线路杆塔基础所需的地基形式日益丰富。本文聚焦于锚杆静压微型桩基础技术在输电小型基建中的应用机制, 首先从锚杆静压微型桩的技术定义、构成要素及其适用条件加以阐述; 其次, 结合电力输电线路基础施工特点, 详细剖析该工艺在施工组织、设备配置、静压机理、锚杆固定、桩体沉入等阶段中的典型流程, 并就施工准备、静压入桩、接桩加固、承台连接、注浆密实化与桩体腐蚀防护六项关键工艺措施提出技术路径。通过将锚杆与静压微型桩有机结合, 能够适应杆塔基础受力特征、地质条件变化与环保施工需求。

## 关键词

锚杆静压微型桩; 输电小型基建; 施工; 工艺; 研究

## 1 引言

随着科技的快速进步和工业化、城市化的深入推进, 电网小型基建逐渐成为国家经济社会发展的关键支撑环节之一。但随着项目数量的急剧增加和技术要求的不断提高, 针对输电小型基建中输电线路杆塔基础建设的锚杆静压微型桩施工工艺也面临着新的挑战和机遇。基于此, 文章结合有关文献研究及实际工程案例, 针对锚杆静压微型桩在输电小型基建施工中的工艺展开研究, 以供参考。

## 2 锚杆静压微型桩概述

在我国输电线路基础工程中, 锚杆静压微型桩技术可归为一种将锚杆加载预压与静力压桩方法融合运用的新型深基础形式。其基本机理在于利用预先埋设的锚杆体系, 将压桩架固结于锚杆上作为反力系统, 然后借助液压千斤顶或静压装置将桩段逐节压入地土或岩土层内, 根据压入力与桩入深度实施质量控制。类似技术在既有结构加固与地基改造中已有应用研究<sup>[1]</sup>。在输电杆塔基础中, 该技术具有直径小、入桩振动少、对周边环境扰动低、施工机械化程度高等优点。国内对该工艺还未形成大规模标准化规范, 但已有实际专利提出其用于输电线路基础的装配式承台组合结构。

在施工选型上, 当地基承载力较弱、传统钻孔灌注桩或大开挖基础难以施工、环境敏感或机械运输受限时, 锚杆

【作者简介】欧勋(1984-), 男, 中国湖南永州人, 本科, 工程师, 从事电力工程研究。

静压微型桩可作为一种替代方案。其技术构成通常包括：承台预制构件或浇筑构件、锚杆预埋系统、静压桩体（可为钢管、预制混凝土或高强复合桩）、压桩架与千斤顶设备、监控测力仪器。实际设计中，需明确桩长、桩径、锚杆规格、入土深度、群桩间距、锚杆锚固深度、压桩工步参数等，以适应杆塔基础承受风荷载、张力、振动及抗拔需求。参考架空输电线路基础设计规程中对于微型桩基础的术语定义，将其“微型桩基础（Micropiles foundation）”称为由小直径灌注桩或类似桩体与承台共同组成的基础型式。由此可见，锚杆静压微型桩既具有微型桩的直径与施工灵活性，又借助锚杆提供额外锚固与承载路径，使其在输电线路基础尤其是杆塔受拔情况中具备一定技术优势。

### 3 锚杆静压微型桩在输电小型基建施工中的工艺

#### 3.1 施工准备与锚杆预埋配合

电力输电小型基建中锚杆静压微型桩施工工艺首要环节在于施工准备与锚杆预埋配合，其具体技术流程为：首先，施工前锚杆静压微型桩承台平面位置利用地质报告、结构布置及荷载特征分析确定锚杆网布方案、静压桩入土深度和桩径选型。同时该环节中锚杆孔位通过放线测量确定，并根据施工方案组织场地平整、交通规划与设置临排设施<sup>[2]</sup>。其次，锚杆钻（冲）孔环节，按方案要求以机械方式开展成孔作业，其中深度需控制在设计埋深 $\pm 5\text{mm}$ 范围内，随后刷除孔壁浮浆且以清水冲洗直至出水变清澈即可，接着根据方案进行锚杆筋材设置以及灌注锚固剂。须注意灌注锚固剂前要设置导管置换空气，同时密切观察回浆状况保证饱满。接着，在锚杆固结达到规定强度后实施预拉张，采用千斤顶加载至设计初张力值并保持规定张力时间，同时执行拉力测试、注浆密实度检测、锚杆偏位校正及锚杆—承台连接板或螺栓连接件的几何定位，承台顶面预留压桩孔位亦应经复核并标定。随后，施工设备（如静压机具、千斤顶、桩体段、接桩套筒、测力计等）必须完成出厂校验及现场校准，并对运输、就位、卸料通道进行布置规划。在山区或交通受限场地，应提前模拟设备就位路径、考虑搬运受限、场地布置小型化及支腿架结构稳定方案。锚杆预埋完成且经试拉合格后，压桩架快速安装并通过连接板或螺栓与锚杆系统紧密固结，以构建可靠反力支撑系统，保障静压桩逐节压入过程中的结构传力路径科学、反力稳定、设备受力均匀。

#### 3.2 压桩架安装与桩体逐节静压入土

在输电小型基建中，锚杆静压微型桩施工的压桩架安装与桩体逐节静压入土工艺需严格控制结构精度与压入力传递路径。压桩架安装时，应根据承台及预埋连接板定位，采用高强螺栓或焊接方式将锚杆连接件与承台固结，锚固深度、布置间距应满足设计反力需求，锚杆经预拉试验确认承载稳定后方可施压。安装完成后，利用激光测平仪与电子垂

线仪校核压桩架的水平度、垂直度及千斤顶轴线偏心，偏差控制在设计限值内（一般不超过0.5%）。设备调试阶段，须检查千斤顶行程、额定压力与传感系统响应精度，确保压入力、位移监测同步。桩体静压入土时，将预制或焊接桩节插入承台预留孔中，通过套筒或法兰螺栓连接，连接界面应清洁、无油污与锈蚀，焊缝或螺栓预应力检测合格后进行静压作业<sup>[3]</sup>。静压过程中，应依据设计设定的桩节长度与最大压力量，逐节推进并实时记录压入力、桩入深度及沉入速率变化曲线，监测桩侧摩阻力与压入比值变化，当出现沉速异常加快或压力骤降时，立即停机实施桩侧土体探查或局部注浆加固。施工至设计深度时，应开展静载检测，验证桩侧与桩端的复合承载性能符合设计要求。全过程要求压桩设备具备高精度载荷控制与低振动特性，以避免扰动输电基础及周边结构，确保桩体轴线受力均匀、压入平稳，形成可靠的承载体系。

#### 3.3 锚杆—承台—桩体整体锚固连接与群桩协作配置

在输电小型基建中采用锚杆—静压微型桩工艺，实现锚杆—承台—桩体整体锚固连接与群桩协作配置，具体操作如下。首先，在压桩完成后，于承台预埋锚杆端部螺栓或锚固板，在承台底座或压桩架底座与锚杆端部进行机械连接；此时应校正锚杆轴线垂直度、螺栓预紧力及锚固板焊接质量，保证锚杆端部与承台结构件之间形成可靠反力支撑体系。然后，桩体顶端通过连接盖板或连接板与承台结构刚性固定；连接板预埋于承台结构中，桩顶预埋螺栓套筒焊于桩身纵筋框架，盖板螺栓穿入套筒并与承台预埋螺栓共同紧固，由此构成桩、承台、锚杆三者间的整体受力体系。接着，对于群桩布置，应结合杆塔基础受拔、倾覆及水平荷载方向特征，通常采用中心桩+外围桩组合形式，使群桩间土体发生“扭结效应”，提升抗拔群桩协作承载系数。在布置过程中，中心桩负责主要垂直与抗拔承载力，外围桩布置成环形或菱形结构以承担倾覆及水平作用，同时使得土体之间应力传递增强。然后，在承台安装后，应在群桩与承台连接完毕后进行联合静载或轻载试验，加载程序包括锚杆拉力测定、桩体变形监测、承台结构位移检验及锚杆固定件预应力残余测量，以确认整体桩群的协作承载能力。最后，承台结构宜采用工厂预制或现场拼装构件，预制构件包括矩形承台模块、连接钢板、预埋螺杆；现场拼装时应控制拼缝宽度、对接平整度及连接螺栓扭矩值，确保承台加工质量。施工监测应贯穿上述过程，涵盖锚杆拉力、螺栓预紧力衰减、承台结构位移、桩体顶部变形及群桩间相对变位，从而保证锚杆—承台—桩体整体锚固连接与群桩协作配置的施工工艺要求得以落实。

#### 3.4 静载 / 抗拔试验及桩基质量评价

在输电小型基建中，静压微型桩与锚杆基础完成后应开展静载与抗拔试验，以验证承载性能并为桩基质量评价提供依据。竖向静载试验采用反力架与千斤顶分级加载，荷载级差宜为设计承载力的10%，每级维持10~15min，位移

变化率小于 0.1mm/h 时进入下一级,记录荷载-位移曲线,要求曲线连续无突变、沉降均匀。抗拔试验前对锚杆施加 10% 预拉力,再以 0.1-0.2mm/min 速率分级加载至设计抗拔力或位移极限,监测锚头位移、拉力及残余变形,残余位移  $\leq 5\text{mm}$ 、变形回复率  $\geq 80\%$ 。水平荷载试验在承台侧设置加载装置,加载速率控制为 0.05mm/min,直至结构刚度明显下降但未失稳,测取水平荷载-位移曲线与循环卸载残余变形<sup>[4]</sup>。试验后依据架空输电线路基础设计规程对抗拔承载力、变形及耐久性指标进行复核,并结合实测数据换算桩群承载力,采用群桩效应系数修正单桩值。对于注浆微型桩,应核查注浆压力、孔距及二次注浆时间,若二次注浆有效,应表现为荷载-位移曲线由陡变转为平缓且极限承载力提升超过 50%。质量评价内容包括桩头沉降或提升量、加载曲线形态、残余位移、锚杆拉力变化及桩-土界面变形分布,同时可辅以动测或振动响应分析,以识别桩侧摩阻突变及桩-土耦合状态,从而形成系统的桩基性能评估依据。

### 3.5 注浆密实化与桩体腐蚀防护工艺

在输电小型基建锚杆静压微型桩施工中,压桩至设计入土深度后需实施注浆密实化与桩体腐蚀防护工艺。首先,采用分层封闭注浆法,在桩体沿深度方向布设多段注浆管,自桩端向上依次注浆,按设计压力 0.3~1.0MPa 和流量控制,对桩侧空隙与桩周土体进行加压注浆,在弱土层及桩端重点加密注浆以形成连续致密浆体界面。注浆过程中实时监测压力、流量与回流量变化,依据回流趋势判断饱和度与界面成形质量,并通过调控注浆速率与停注时机避免浆液上窜或渗漏。其次,针对锚杆和钢筋笼开展复合防腐处理,其中利用环氧砂浆封固、铺设防腐隔离垫对锚杆头部和承台相连处进行处理以实现电化学防腐,同时以高分子环氧涂层(或热缩聚烯烃防腐套管)对锚杆外表做防腐处理。此外,针对群桩一锚杆节点的承台下腔和桩头缝隙以低收缩、高早强无收缩灌

浆材料进行二次注浆与灌注加密,一方面保证界面实现连续密实,另一方面则促使群桩协同承载性能增强。接着再通过回弹法或者是声波透射检测注浆质量,并辅以注浆压力-流量曲线对界面形成状态进行判断。同时还需要采取抽芯或取样检验浆体强度,若发现强度不达标则开展局部补注<sup>[5]</sup>。最后,建立防腐与注浆档案,记录注浆材料配比、压力、体积、回流特征、防腐构造及检测结果,为后期腐蚀监测与耐久评估提供技术依据。

## 4 结语

综上所述,上文首先介绍了锚杆静压微型桩,随后结合输电小型基建施工中对于地基的要求以及地下结构造成的影响,细化该桩具体施工中施工准备、桩体安装、锚固连接、静载试验、注浆密实化和桩体防腐这六大工艺流程。借助于这一全面的技术路线将锚杆预埋系统和静压微型桩技术相结合,不仅促使输电线路杆塔基础施工达到机械化、节能环保、低扰动及高效入土的建设目的,同时也可以给电力企业面对地质复杂、有限道路通行条件、环保严苛等输电线路小型基建项目提供一种可操作的施工工艺方案,实现工程建设与生态保护的平衡发展。

### 参考文献

- [1] 饶钰琳,郑俊杰,崔博,等.一种装配式输电线路锚杆静压微型桩基础:CN201821022205.X[P].CN208501724U[2025-10-28].
- [2] 刘超,尹凡,胡亚伟,等.国家电网小型基建工程限上项目安全管理的思考[J].农电管理,2023(12):58-59.
- [3] 王君.浅论电力行业中小型基建项目实施过程中的管理[J].电子乐园,2021(4):0387-0387.
- [4] 刘腾泽.新时期电网小型基建施工质量管理研究[J].自动化应用,2023,64(S02):138-140.
- [5] 方晴,付海平,罗先国,等.一种装配式输电线路锚杆静压微型桩基础及其施工方法:CN201810697931.X [P][2025-10-28]