

# 软弱多水地层中预制桩基础设计与施工关键技术探讨

章仕均

杭州汉邦电力工程设计有限公司 浙江 杭州 311200

**摘要：**软弱多水地层条件复杂，给预制桩基础的设计与施工带来诸多挑战。桩型、桩长、桩径、桩间距的合理设计，承载力与抗浮性能的精准把控，以及施工排水、成桩工艺、质量控制、挤土效应控制等关键技术的应用，对保障预制桩基础的稳定性与可靠性至关重要。通过深入研究这些技术要点，可有效提升软弱多水地层中预制桩基础工程的质量与安全性，为相关工程实践提供重要参考。

**关键词：**软弱多水地层；预制桩基础设计；施工关键技术

## 引言

在基础设施建设不断推进的当下，软弱多水地层上的工程日益增多。此类地层土体强度低、含水率高，预制桩基础的设计与施工极易受其影响，出现沉降过大、承载力不足等问题。本文针对软弱多水地层特点，深入探讨预制桩基础设计要点，研究施工关键技术，旨在解决实际工程难题，优化设计与施工方案，为软弱多水地层预制桩基础工程提供科学合理的技术指导。

## 1 软弱多水地层预制桩基础概述

软弱多水地层预制桩基础是针对软弱且地下水位较高的地质条件所采用的一种重要基础形式。软弱多水地层通常由淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土等高压缩性土层构成，这些土层天然含水量大、承载力低，在荷载作用下易产生较大且不均匀的沉降，同时地下水的存在进一步增加了施工难度和地基处理复杂性。预制桩基础在此类地层中发挥着关键作用。预制桩是在工厂或施工现场预先制作好的桩体，常见的有钢筋混凝土预制桩，其具有强度高、质量易于控制等优点。在软弱多水地层中，预制桩能够穿越上部软弱土层，将上部结构荷载传递至下部较坚硬的持力层，如硬塑黏土、密实砂土或基岩等，从而提高地基的承载能力，有效控制建筑物的沉降和不均匀沉降。预制桩基础的施工方法多样，锤击沉桩是常用的一种，利用桩锤的冲击力将桩打入土中，该方法施工速度快、机械化程度高，但施工过程中会产生噪声和振动，在城区和夜间施工受到一定限制。静压沉桩则通过压桩机的静压力将桩压入土中，具有无振动、无噪声、对周围环境影响小等优点，特别适合在城市中施工。在软弱多水地层中进行预制桩基础施工时，需要采取一系列技术措施来确保施工质量和桩基性能。例如，施工前需进行详细的地质勘察，准确掌握地层分布和地下水位情况；施工过程中要合理控制沉桩速度和贯

入度，避免对周围土体造成过大扰动；对于地下水的处理，可采用降水、排水等方法降低地下水位，为桩基施工创造有利条件。还需对预制桩的质量进行严格检验，确保其强度、尺寸等符合设计要求，从而保证整个桩基础的安全性和稳定性。

## 2 软弱多水地层中预制桩基础设计要点

### 2.1 桩型与桩长设计

(1) 桩型选择需综合考虑软弱多水地层特性与工程需求，钢筋混凝土预制桩凭借高抗压强度与良好耐久性成为首选，实心方桩适用于浅层软弱土层，可提供稳定竖向承载力；预应力管桩因其空心结构，能在降低材料消耗同时，有效抵抗沉桩过程中的挤土效应，尤其适用于深厚软弱地层。钢桩虽强度高、施工便捷，但在多水环境下易受腐蚀，需采取特殊防腐措施，故使用相对受限。(2) 桩长确定基于地层条件与上部结构荷载传递要求，通过地质勘察获取地层分布数据，明确软弱土层厚度与下部持力层位置，确保桩端嵌入可靠持力层一定深度。对于存在深厚软弱层的场地，桩长需保证穿越软弱层并进入硬塑黏土或密实砂层，一般要求桩端进入持力层深度不小于1-2倍桩径，以实现荷载有效传递，满足建筑物沉降控制标准。(3) 复杂地层条件下，采用试桩与桩基检测手段验证桩长设计合理性，通过静载试验测定单桩竖向承载力，结合地质资料与设计参数对比分析，优化桩长取值。考虑到地下水对桩侧摩阻力的弱化作用，在桩长设计时适当增加桩长，弥补因水浮力导致的侧摩阻力损失，保障桩基承载性能<sup>[1]</sup>。

### 2.2 桩径与桩间距设计

(1) 桩径确定需平衡承载力需求与施工可行性，在软弱多水地层中，较大桩径可提高单桩竖向承载力，但过大桩径会增加沉桩难度与挤土效应。对于承受较大竖向荷载的建筑物，可选用400-600mm桩径的预制桩，既能

满足承载力要求,又便于施工机械操作。需考虑桩身材料强度与配筋率,确保桩体在沉桩与使用阶段的结构完整性。(2)桩间距设计直接影响群桩效应与土体扰动程度,合理桩间距可减少相邻桩间相互影响,避免土体过度挤压导致桩身倾斜或上浮。一般情况下,桩间距宜取3-4倍桩径,对于饱和软黏土等灵敏度高的地层,适当加大桩间距至4-6倍桩径,降低挤土效应带来的不利影响。结合桩基布置形式优化桩间距,梅花形布置相比行列式布置可在相同面积内提供更好的承载性能。(3)施工工艺对桩径与桩间距设计产生重要影响,锤击沉桩过程中,因冲击力较大,需预留足够桩间距防止土体隆起与桩体偏移;静力压桩则可适当减小桩间距,但需考虑压桩机的操作空间与压桩顺序。对于密集群桩基础,通过分层分段施工、设置应力释放孔等措施,缓解土体挤压问题,保证桩基施工质量与稳定性。

### 2.3 承载力设计

(1)单桩竖向承载力计算结合桩侧摩阻力与桩端阻力确定,通过地质勘察获取各土层的物理力学指标,运用规范公式或经验参数计算桩侧摩阻力标准值。在软弱多水地层中,由于地下水浸泡使土体抗剪强度降低,需对桩侧摩阻力进行折减,同时考虑桩端持力层的性质,准确计算桩端阻力。通过静载试验对计算结果进行验证与修正,确保单桩承载力满足设计要求。(2)群桩基础承载力计算需考虑群桩效应,因桩间土体相互作用,群桩竖向承载力并非单桩承载力简单叠加。在软弱地层中,群桩效应更为显著,需根据桩距、桩长、土层性质等因素,采用群桩效应系数进行调整。对于桩间距较小的群桩基础,通过合理布置桩位、优化承台设计等措施,减小群桩效应的不利影响,提高群桩基础整体承载能力。(3)考虑地震、风荷载等水平荷载作用下的桩基承载力,在软弱多水地层中,土体对桩的侧向约束能力较弱,桩基水平承载力成为设计关键。通过增加桩身刚度、提高桩周土体加固处理等措施,增强桩基水平承载性能。合理设计桩顶连接构造,确保上部结构水平荷载有效传递至桩基,保证建筑物在水平荷载作用下的稳定性<sup>[2]</sup>。

### 2.4 抗浮设计

(1)软弱多水地层中,地下水浮力对桩基稳定性构成威胁,抗浮设计需准确计算地下水浮力大小,结合场地地下水位变化情况,确定最不利工况下的浮力荷载。考虑到地下水的动态变化,采用长期观测数据与水文地质分析相结合的方法,合理确定抗浮水位。通过增加桩体自重、设置抗浮锚杆或抗浮桩等措施,平衡地下水浮力,保证建筑物基础的稳定性。(2)抗浮桩设计需满足

抗拉强度与锚固长度要求,选择合适的桩型与配筋,确保桩体在拉力作用下不发生破坏。在设计抗浮桩时,考虑桩侧土体的摩阻力与桩端锚固力,通过计算确定合理的桩长与桩径。对于存在腐蚀性地下水的场地,采取特殊防腐措施,提高抗浮桩的耐久性,保障其长期抗浮性能。(3)承台与地下室结构设计需协同考虑抗浮要求,优化承台与地下室底板的连接构造,增强整体抗浮能力。通过设置后浇带、加强结构刚度等措施,减少因抗浮引起的结构裂缝。在地下室结构设计中,合理布置排水系统,及时排除地下水,降低地下水浮力对基础结构的影响,确保建筑物在高地下水位条件下的安全使用。

## 3 软弱多水地层中预制桩基础施工关键技术

### 3.1 施工排水技术

在软弱多水地层开展预制桩基础施工,有效控制地下水是确保施工顺利进行的基础。由于此类地层含水量高且渗透性差异大,需综合采用多种排水方法构建完整排水体系。轻型井点降水系统通过在基坑周边布置滤水管与集水总管,利用真空泵产生的负压将地下水抽出,适用于渗透系数较小的黏性土与粉土地层,其降水深度可达6m左右,能显著降低浅层地下水对桩基施工的影响。对于渗透系数较大的砂性土或卵石地层,管井降水更为适用,通过设置直径较大的管井,利用水泵将井内地下水抽出,可形成较大范围的降水漏斗,有效降低地下水位。针对存在承压水的复杂地质条件,需采用减压井降水技术,在承压水层中设置减压井,通过控制井内水位,降低承压水对基底的顶托力,避免发生基底突涌现象。在实际施工中,排水系统的布置需根据地质勘察报告精准定位,合理确定井点或管井的间距与深度,同时要对排水过程中的地下水位变化进行实时监测,通过水位观测井采集数据,及时调整排水设备的运行参数,确保地下水位稳定降至施工要求标高,为预制桩沉桩作业创造干燥的施工环境,减少地下水对桩周土体的软化作用,提高桩基施工质量。

### 3.2 成桩工艺技术

成桩工艺作为预制桩基础施工的核心环节,其技术选择直接决定了桩基础的承载性能与整体施工效率。锤击沉桩工艺,作为传统且高效的成桩方法,利用桩锤的强大冲击动能将桩体迅速打入土中,尤其适用于密实度较低、承载力较弱的软弱土层。在施工过程中,桩锤的合理选型至关重要,需依据桩型规格、桩长以及复杂多变的地质条件,精准确定锤重与落距,确保桩体能够顺利沉入设计标高,同时避免因冲击力过大造成桩身损坏。静力压桩工艺则以其无振动、低噪音的显著优势,

成为城市区域施工的首选。该工艺依靠压桩机的强大静压力,将桩体缓慢而稳定地压入土中。压桩过程中,通过先进的液压系统精确控制压桩力与压入速度,并借助高精度压力表与位移传感器实时监测各项压桩参数,确保桩体垂直度与入土深度均符合设计要求。对于坚硬土层,可采用引孔沉桩工艺,先利用钻机在桩位处钻出先导孔,有效减小沉桩阻力,再将预制桩顺利沉入孔内。在沉桩过程中,需根据不同土层特性灵活调整成桩工艺参数,如在淤泥质土层中适当降低沉桩速度,防止土体塑性流动对桩身造成不利影响,从而全方位保证成桩质量与施工进度<sup>[3]</sup>。

### 3.3 桩身质量控制技术

桩身质量是预制桩基础承载能力的核心保障,需从原材料、制作工艺到施工过程进行全流程严格把控。预制桩原材料的质量直接影响桩体强度与耐久性,钢筋需具有足够的强度与延性,其品种、规格与数量应符合设计要求,进场时需进行力学性能与重量偏差检验;混凝土需采用高强度等级配合比,严格控制水泥、砂石、外加剂等原材料的质量,确保混凝土强度满足设计标准,同时要保证混凝土的和易性与流动性,防止浇筑过程中出现蜂窝、麻面等缺陷。在预制桩制作过程中,采用先进的模具与振捣工艺,保证桩体外形尺寸精确,表面平整光滑,同时加强养护管理,通过蒸汽养护或自然养护等方式,确保混凝土强度正常增长。在桩体运输与吊装过程中,合理设置吊点与支撑点,避免因碰撞或受力不均导致桩身产生裂缝。沉桩前,对桩体外观质量进行全面检查,重点检测桩身完整性与桩体强度,采用低应变检测技术对桩身进行无损检测,判断桩身是否存在断裂、缩颈等缺陷;沉桩后,通过静载试验与高应变检测,准确测定单桩竖向承载力与桩身完整性,确保桩身质量满足设计与使用要求。

### 3.4 沉桩挤土效应控制技术

在软弱多水地层进行预制桩施工时,沉桩过程中产生的挤土效应会对周围土体与已完成桩基造成不利影

响,需采取有效措施加以控制。合理规划沉桩顺序是控制挤土效应的关键,对于密集群桩基础,采用从中间向四周对称沉桩或分段跳打方式,避免土体过度挤压集中在某一区域,减少对周围环境的影响。在沉桩区域设置应力释放孔,通过钻孔形成一定深度与间距的孔洞,为土体提供变形空间,释放沉桩过程中产生的挤土压力,降低土体隆起与侧向位移。对于对变形敏感的周边建筑物或地下管线,可采用隔离桩或屏障桩技术,在沉桩区域与保护对象之间设置连续的隔离桩墙,阻断挤土压力的传播路径,减小土体位移对保护对象的影响。在沉桩过程中,实时监测周围土体的位移与孔隙水压力变化,通过埋设测斜管与孔隙水压力计采集数据,根据监测结果及时调整沉桩速度与施工工艺,当发现土体变形过大时,可暂停沉桩或采取排水措施降低土体孔隙水压力,待土体稳定后再继续施工,有效控制沉桩挤土效应,保障周围环境与桩基工程的安全稳定<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述,软弱多水地层中预制桩基础设计与施工需综合考虑地层特性,合理规划设计参数,精准运用施工关键技术。通过对桩型、桩长、桩径等设计要点的优化,以及施工排水、成桩工艺等关键技术的有效实施,可显著提升预制桩基础工程质量。未来,仍需进一步深化研究,结合新技术、新方法,持续完善软弱多水地层预制桩基础设计与施工技术体系。

### 参考文献

- [1]王艳明,张敏,刘东明.富水软弱地层综合管廊SMW工法桩力学特性与优化设计[J].公路交通科技,2020(11):74-83.
- [2]邵明路.软弱土微发育岩溶场地预制空心方桩筏板基础设计方法[J].建筑工程技术与设计,2020(21):4235.
- [3]欧红军.对静压预制管桩基础结构设计的研究[J].建材与装饰,2021,17(10):85-86.
- [4]蓝小龙.建筑预制桩基础的土建施工技术分析探析[J].科学与财富,2021(18):59,165.