

# 水利工程中膨胀土堤防预应力管桩的施工技术研究

张 亮

安徽水利开发有限公司 安徽 蚌埠 233000

**摘 要：**随着社会经济的发展，水利工程建设这一公益性的民生基础建设也慢慢走入人们的视野。然而，在水利工程建设中，堤防的施工质量问题却引起了人们的忧虑。现代水利工程技术不断上升，更应该注意整体的安全管理和技术推广，建设高质量的，具有长久稳定性的水利工程。本文结合安徽省引江济淮工程小合分线段的施工经验，分析预应力管桩在膨胀土堤防工程中的技术应用。

**关键词：**水利工程；膨胀土；预应力管桩；技术研究

## 1 膨胀土治理的分析

膨胀土是指具有在较大吸水后有显著膨胀，失水后显著收缩特性的高液限粘土。一般情况下承载力较高，但极不稳定，它的胀缩会引起渠道滑坡或建筑物的破坏。

根据地质相关资料：在小合分线沿线，膨胀土主要为⑤层重粉质壤土。参照试验数据，小合分线路⑤层土分布总长度16.598km，占线路总长度的91.7%。其中弱膨胀渠段12.098km，占线路总长度的66.9%，中膨胀渠段4.5km，占线路总长度的24.8%。

膨胀土在渠道内切深0~18m，其中切深超过10m的渠段长约5.0km（弱膨胀土1.6km，中膨胀土3.4km），占线路膨胀土总长度的30.1%。

预应力管桩连续墙段主要分布深厚的⑤层重粉质壤土、粉质粘土（Qa13）和⑤1层轻夹中粉质壤土、砂壤土（Qa13）。

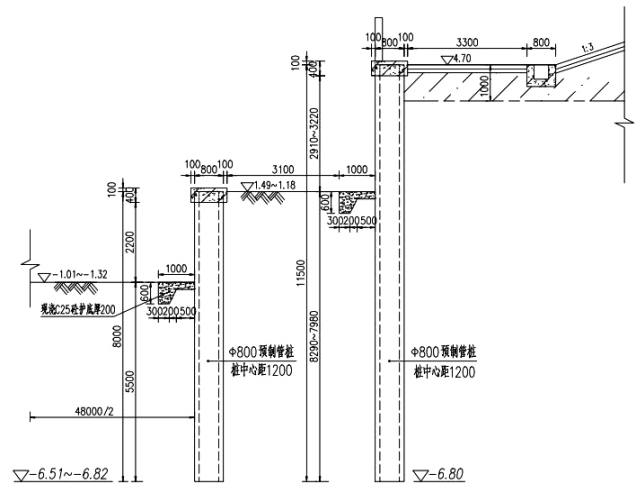
渠道两侧采用预应力管桩连续墙结构<sup>[1]</sup>，墙顶4.7m平台及以上边坡采用水泥改性土换填处理，对弱膨胀土表面换填厚度1.0m水泥改性土，对中膨胀土表面换填1.5m厚水泥改性土，即在膨胀土露出渠道两侧边坡各扩挖水平宽度3.16~4.74m，即垂直于坡面厚度1.0~1.5m，然后回填4%水泥改性土。

## 2 预应力管桩施工概述

预应力管桩施工段长3.56km渠道设计底宽为48m，渠道两侧原设计是U型混凝土板桩，后变更为预应力管桩。两侧采用双排预应力管桩加挂板连续墙结构，设计渠底高程-1.01~-1.32m。两侧连续墙分成两级平台布置，一、二级平台宽均为5.0m，一级平台顶高程1.49~1.18m，悬臂段高2.5m；二级平台顶高程4.7m，兼作亲水平台，悬臂段高3.21~3.52m。

悬臂段处采用PRCI800（130）-C预应力管桩，桩体混凝土强度C80，桩径0.8m，壁厚0.13m。前排桩长8m，

后排桩长11.5m，桩中心距均为1.2m，桩顶设C30钢筋混凝土冠梁，梁高0.4m，宽1.0m。桩体临土侧设0.2m厚C30预制钢筋砼挂板，挂板临土侧外包土工布（500g/m<sup>2</sup>），挂板与土体之间注水泥黏土浆。典型断面示意图<sup>[2]</sup>如下：



管桩中心处渠道半剖面图

典型断面示意图

## 3 试验段施工

预应力管桩在进行大面积施工前，首先要进行预应力管桩试验段施工。本项目在膨胀土预应力管桩段选择有代表性的一个段落，作为本项目预应力管桩连续墙施工的试验段<sup>[3]</sup>。

### 3.1 试验目的

通过试验段的施工，收集预应力管桩施工数据，进一步优化预应力管桩施工工艺，资源合理配置，各工序之间的衔接作业，同时验证膨胀土段落的土质及地质勘测情况，采取相应的施工部署，达到对施工方案实施的可行、可操作、指导作用。

### 3.2 试验段施工

试验段施工方案报监理工程师批准后方可实施，施工前并对现场作业人员进行技术交底和安全交底后进行。施工期间，施工员负责对预应力管桩沉桩过程进行记录，记录包括：管桩长度、管径、如土深度、锤击数、垂直度、贯入度等相关参数，沉桩过程中发现问题，及时上报相关负责人，报请监理、业主，分析问题成因，研究解决方案。

试验段沉桩试验完成后，项目技术负责人针对收集的沉桩记录，形成试验段施工总结报告，与监理、业主召开试验段总结会议，对试验段施工情况进行讨论总结分析，针对试验段施工找出沉桩中存在的不足和问题，提出科学、合理、切实可行的建议，对预应力管桩施工方案、资源配置等进行优化，为后续预应力管桩流水作业提供技术保障。

## 4 预应力管桩施工技术

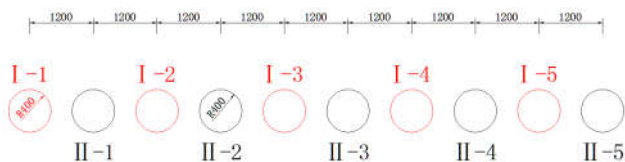
### 4.1 施工准备

(1) 检查打桩机、引孔机等设备的性能，以保证正常运转；(2) 按规范检查管桩出厂合格证、生产日期等质保资料；管桩桩身外观质量。(3) 根据预应力管桩施工段落，绘制施工顺序图。(4) 预应力管桩沉桩前，有测量员定位管桩坐标位置，并用木桩和白灰进行标记，其偏差不得大于30mm。(5) 作业人员在管桩桩身上用红漆由下到上按米标记管桩长度，便于记录预应力管桩的入土深度、锤击数等。

### 4.2 引孔沉桩法施工

采用引孔沉桩法施工，引孔直径0.60m，引孔的底高程一序桩高于桩底2.5m，二序桩引孔高程加深1m，采用长螺旋钻机引孔，垂直偏差不大于1%；确定桩机锤重为12.8t；为减小二序桩施打对一序桩的上浮影响，一序孔桩顶高程低于设计高程4cm。

施工分两序进行，两序间间隔一个桩位。施工顺序是先将 I 序 5 根桩引孔完成，按顺序进行各管桩沉桩施工，再进行 II 序桩引孔施工，再沉桩施工 5 根管桩，示意图如下：



管桩施工平面及分序示意图

### 4.3 施工工艺

管桩沉桩施工采用引孔法锤击施工，主要工艺流

程：场地整平→测量定位→引孔→桩机就位调平→吊桩→桩位及垂直度校正→锤击沉桩→移桩机。

渠道后排桩施工时的场地开挖整平至3.9m高程（低于桩顶高程0.8m），渠道中心线处高程3.6m左右，两侧向中心线处泛水，雨水经排水垄沟汇集排出作业面。

测放桩位时，根据轴线与桩位的关系，采用全站仪对桩位进行放样，桩位用木桩和白灰标记。引孔施工及桩机沉桩施工分别进行桩位放样测量。

引孔采用长螺旋钻机引孔，孔底高程高于桩底2.5m，即引孔深度11.5m的桩约8.2m，8m的桩约4.7m。引孔垂直偏差不宜大于0.5%，引孔作业和沉桩作业应连续进行，间隔时间不宜大于12h。

锤击沉桩采用柴油导杆锤施工，根据《预应力混凝土管桩技术标准》<sup>[4]</sup>附录H，先用冲击体质量大于10t的柴油锤，优化后选用12.8t柴油锤。

桩机就位后，将打桩机桩锤和桩帽一并吊起，然后进行吊预应力管桩并送至导杆内，使桩、桩帽、桩锤在同一垂直线上，垂直对准桩位缓慢送入土中。经水平和垂直度校正后，开始采用不点火空锤的方式沉桩。待预应力管桩入土到一定深度且稳定后，按照要求的落距进行锤击管桩，锤击采用“重锤轻击”、“低提重打”，施打过程中随时检查桩身的垂直度，使用柴油锤时，应使锤跳动正常。

锤击法沉桩时，严禁使用过渡性钢套。打桩时打桩机桩帽套筒底面与桩头之间设置纸板、棕绳、胶合板等材料桩垫，厚度应均匀一致，压缩后桩垫厚度应为120mm~150mm，打桩期间作业人员经常检查，损坏及时更换或补充。沉桩过程中保持桩锤、桩帽和桩身的中心线在同一条直线上，并用全站仪随时检查桩身的垂直度。

### 4.4 挂板、冠梁施工及桩后回填<sup>[3]</sup>

(1) 预应力管桩施打完成后，及时对管桩顶部进行清理。桩顶高程高于设计时或桩顶砼损坏部分，应及时予以凿除。桩顶高程低于设计时，报监理工程师批准，采用接长桩身或局部降低桩帽高程进行处理，接长部分要满足设计规范要求。

(2) 挂板在预制场统一进行预制，砼龄期达到设计要求后，运至现场安装施工。

(3) 挂板施工完成后，进行桩顶冠梁施工。冠梁施工模板采用定型钢模和木模配合施工，模板安装完毕后，用泡沫胶对接缝进行封堵，防止出现漏浆，出现蜂窝、麻面等。

(4) 模板安装完成经监理工程师验收后，进行冠梁钢筋绑扎施工。钢筋在钢筋加工厂加工完成后，运至施

工现场进行绑扎作业,并按规范要求设置砼保护层。

(5) 混凝土在拌合站集中拌合,混凝土罐车运至施工现场,由天泵进行入仓浇筑。混凝土的振捣采用插入式振捣棒振捣,表面由人工抹平压光。混凝土凝固后,及时采用土工布覆盖并洒水养护。

(6) 管桩后背回填在混凝土达到设计强度后进行,回填采用机械配合人工摊铺,冲击夯夯实。

### 5 预应力管桩施工质量控制

本工程预应力管桩连续墙完成后,都是部分外露悬臂段,桩位偏差及桩身垂直度尤为重要,直接影响工程外观质量,同时沉桩锤击数也影响桩体质量,施工中做到精心控制,确保沉桩质量。

#### 5.1 管桩进场验收与检验

每批管桩进场后,由器材、施工、质检员联合对该批管桩进行检查验收,主要对管桩外观质量及管桩强度进行检查验收,检查进场管桩的出厂合格证及出厂检测报告是否齐全,发现不符合规范要求的在桩上做标记,由器材科通知厂家做退场处理,再由质检员通知监理工程师进行管桩进场验收,验收合格后,质检员报送材料进场报验单报监理工程师审批。

#### 5.2 轴线控制

引孔采用坐标法放样各桩位,并测量校核孔间尺寸是否满足规范要求。引孔完成后,安放定位导向架,待沉桩桩机就位后,管桩就位时再次复核管桩入土位置是否满足规范要求,超规范及时调整、纠偏。

#### 5.3 垂直度控制

用两台全站仪校正和监控引孔和沉桩桩身的垂直度,发现偏斜超限及时停机调整。沉桩后,严禁用移动桩架的方法调整纠偏管桩垂直度。

#### 5.4 高程控制

管桩底部位于软土层时,桩底部达到设计高程,桩顶高程允许偏差应控制在-50, +50mm范围。管桩沉桩至接近设计标高时,操作手及时调整振动锤的振动参数来控制振动频率及力度,以保证桩顶标高符合设计要求。

#### 5.5 进尺深度和锤击数记录控制

提前在桩架或桩身每500mm刻划标识,在施工过程中做好每次每米进尺深度和锤击数,现场将安排专人观测和记录,统计分析引孔法沉桩锤击数情况,同时沉桩过程中密切关注相邻已引孔的孔壁是否被破坏。锤击过程中若有异常情况停止施工,报监理、建设等单位共同研究处理。

#### 5.6 验收标准

每个单元管桩施工完成后,对施工质量进行检查检验(暂不考虑挂板及冠梁施工的整体情况),主要项目

有:(1) 桩的完整性、裂缝、断桩的检验,采用低应变法检测桩身的完整性;(2) 按图纸尺寸开挖后检查管桩外露悬臂段是否有裂缝;(3) 检查桩顶高程偏差小于 $\pm 50\text{mm}$ ,桩位偏差小于 $20\text{mm}$ ,桩身垂直度偏差不应大于 $1/100$ 。

### 6 打桩常见问题及防止措施

施工中如出现管桩不能正常使用(断桩)等特殊情况及时报监理、设计、建设等单位共同研究,采取补桩或调整等措施。

#### 6.1 桩头打坏

管桩顶部混凝土强度低,桩顶混凝土表面不平;混凝土保护层超厚;打桩机锤头与桩身不垂直;落锤高度过高;锤击时间过久;地质遇到坚硬土层或夹层;按实际产生的原因一一纠正。

#### 6.2 桩身扭转或位移

桩底尖部不对称;桩身垂直度不满足要求;操作手可采用慢锤低击,辅助人员采用撬棍进行纠正;偏差不大时,可不进行处理。

#### 6.3 桩身破裂

沉桩过程中地底出现坚硬土层,打桩机锤身落距高度过高;通过调整锤身进行处理。

#### 6.4 桩急剧下沉

地底出现软土层;桩尖破裂;桩身弯曲变形;落锤高度过高。将管桩拔起改正重打,或在原桩位附件进行补桩处理。

#### 6.5 桩难以沉入或达不到设计高程

地底出现坚硬土层;打桩间隙时间过长,摩阻力增大。遇坚硬土层,报请监理、设计、业主,进行地质补充勘测,根据地勘资料调整桩位。

结束语:水利工程关系民生,意义重大,预应力管桩强度高,抗弯性能优良,具有较好的贯入性能,随着科学技术进步,预应力管桩技术应用广泛,施工方法简单,施工周期快,施工工期短,降本增效。另外,还能达到节约占地的作用,对于堤防工程,尤其是膨胀土下堤防的施工,具有重要意义,也将产生更大的经济效益。

### 参考文献

- [1]《先张法预应力混凝土管桩基础技术规程》(DB34/5005-2014)。
- [2]《Y003小合分线管桩施工图纸》。
- [3]《河道预制装配式预应力组合板桩护岸研究》赵长海;《珠江水运》;2022-03-20。
- [4]《预应力混凝土管桩技术标准》(JGJ/T406-2017)。