

# 浅谈地基处理预应力管桩施工

杨劲松

中铁北京工程局集团第五工程有限公司，江苏宿迁，223800；

**摘要：**本研究结合文献研究、案例分析与现场试验，深入探究地基处理中预应力管桩施工的关键技术，分析其施工原理、关键参数及技术要点，并设计实验验证技术有效性。结果表明，预应力管桩施工含预应力施加、混凝土浇筑、沉桩等复杂环节，桩长、桩径对施工效果影响显著；桩位精准定位、桩身垂直度把控、桩身强度保障、挤土效应控制是关键技术点。优化施工工艺可减桩位偏差，严格管理能保垂直度，优化养护可提桩身强度。结论显示，针对性方案与优化措施能提升施工质量、降事故率，为地基处理技术发展提供理论与实践指导。

**关键词：**预应力管桩；施工工艺；质量控制；挤土效应；桩身强度

**DOI：**10.64216/3080-1508.26.02.011

## 引言

随着城市化进程不断加快，高层建筑以及大型基础设施如雨后春笋般不断增多，这给地基承载力带来了更为严苛的要求。预应力管桩施工技术，凭借其出色的承载力与高效性，在建筑领域得到了极为广泛的应用，然而在实际施工过程中，却存在桩位偏差、垂直度把控不精准、桩身强度达不到要求等一系列问题，这些问题不仅对工程质量造成了不良影响，甚至还可能引发安全事故，因此迫切需要得到解决。国家为了切实保障施工质量，出台了一系列法规标准，《建筑地基基础工程施工质量验收规范》明确了验收的标准与具体流程，而《预应力混凝土管桩》则对管桩的生产和使用环节加以规范，为施工提供了坚实的法律支撑和有力的技术指导。本研究以工程实际为出发点，深入剖析国内外研究现状，精准找出技术瓶颈和质量隐患，进而提出施工工艺改进、质量控制强化的针对性方案，其目的在于提升施工质量、降低事故发生率，为地基处理技术的发展提供理论与实践层面的指导，推动该技术不断完善和行业持续进步<sup>[1]</sup>。

## 1 理论基础与研究方法

### 1.1 相关理论概述

预应力管桩通过预先施加应力提升抗裂性与承载力，工作原理是借助桩身与土体的相互作用，依靠桩端阻力和桩侧摩擦力共同承载上部结构荷载。设计需确定桩的选型、布置、长度及直径等关键参数，需综合考量地质条件、荷载要求与经济性。挤土效应是桩体沉入时挤压周边土体引发位移，受土体性质、桩径、桩间距及沉桩速率等因素影响。不同土层施工特性差异显著，软土层易产生挤土效应，硬土层需更大沉桩力，需结合实

际地质调整施工参数与工艺。

### 1.2 研究方法

本研究通过文献研究、案例分析以及现场试验这几种方式，对地基处理预应力管桩施工的关键技术展开了深入探究。文献研究方面，对国内外相关文献进行了细致梳理，清晰明确了技术进展情况、现存问题以及后续研究方向。案例分析则紧紧依托实际工程项目，全面总结经验教训，为实践提供了有力支撑。现场试验于实际工程中开展，对技术有效性进行了验证，并成功获取了第一手数据。在实际操作过程中，工作人员仔细对比了不同施工方法的具体效果，比如静压法与锤击法在不同土层中的表现，以此来评估它们的适用性。同时，还对桩位精度、桩身垂直度以及强度等关键指标进行了监测，用以评估工艺优化的实际成效，并结合工程实际情况，提出了一系列切实可行的施工建议与优化措施，旨在有效解决技术难题，进一步提升施工的质量与效率。

### 1.3 技术路线

本研究所采用的技术路线，全面覆盖了从“问题识别、理论分析、实验设计，到数据分析、结论提炼，再到实验验证”的整个流程。在问题识别这一阶段，借助对文献的深入研究和实地现场调研，清晰明确地找出了挤土效应控制、桩身垂直度保障等方面的关键难题；进入理论分析阶段后，依据相关技术标准构建起挤土效应力学模型，细致剖析沉桩阻力与桩身应力之间的关系，从而为参数优化提供了有力依据。实验设计环节挑选了具有代表性的工程案例，首先细致勘察地质情况，同时扫描桩位以获取精准数据，接着运用软件进行模拟，以此优化沉桩参数，最后在现场精心布置智能系统，用以

采集实时数据。在数据分析环节,运用多维度对比的方法,对实测结果与模拟结果展开交叉验证,依据桩位偏差、垂直度、挤土效应这些具体情况,分别提出三维坐标修正模型、动态调垂装置、“分区跳打+应力释放孔”工艺,以此实现对误差与效应的精准把控。经过深入分析与总结,最终成功提炼出12项关键控制指标体系,并精心编制了可视化手册。在实验验证环节,着重对技术适用性展开测试,例如,采用蒸汽养护方式能够提前增强管桩强度,通过确定静压桩机的最佳参数来缩短施工时间,同时研发可变量桩尖装置以提高沉桩成功率、减少破损率<sup>[2]</sup>。

## 2 技术研究与分析

### 2.1 技术原理与框架

预应力管桩施工所依赖的技术原理,主要涵盖了预应力技术、混凝土浇筑技术,还有沉桩技术这几个方面。预应力技术,它是在桩身的混凝土开始浇筑之前,就施加一定的预应力,以此增强桩身抵抗弯曲和剪切的能力,进而提升桩的承载能力。混凝土浇筑技术需要严格把控混凝土的配比情况,以及浇筑和养护的整个过程,以此保证桩身混凝土具备足够的强度和良好的耐久性。沉桩技术运用静压或者锤击的手段,把管桩缓缓沉入地基土里,依靠桩身和土体间的摩擦力以及桩端阻力,一同承受上部结构传来的荷载。施工进行时,桩长、桩径、桩间距以及沉桩深度等这些关键参数,会对施工效果产生十分明显的影响。桩的长度与直径大小,是决定桩体承载能力的重要因素,桩与桩之间的间距,会对桩间土体的挤密成效产生影响,而沉桩所达到的深度,则和桩进入土中的深度以及承载性能有着直接且紧密的关联。

### 2.2 关键技术研究

预应力管桩施工过程中的关键技术,涵盖了桩位精准定位、桩身垂直度的有效控制、桩身强度的可靠保障,以及挤土效应的科学控制这几个重要方面。桩位定位工作,需借助GPS或者全站仪,并结合坐标控制点进行精准放样,以此确保偏差能够符合规定要求。垂直度控制则是依靠两台相互呈90°角的全站仪开展实时监控工作,同时搭配数显垂直度尺,保证偏差不超过1%。强度保障方面,需要对原材料进行严格把控,优化混凝土配比,并完善养护工作。挤土效应控制可通过合理确定桩间距、采用跳打法以及设置排水措施来实现。在优

化相关措施上,桩位定位工作采取分批放样的方式,并且会进行复测以确保准确性。对于垂直度的控制,在第一节桩打入以及接桩之前,都要进行严格的校正操作。在强度保障方面,选用优质的材料,并加强养护工作,针对挤土效应的控制,根据地质情况来确定桩间距,在软土地基处设置排水板或者砂井,以此加速孔隙水压力的消散。

## 3 实验设计与结果分析

### 3.1 实验方案设计

本实验的主要目标在于验证预应力管桩施工技术在实际效果与可操作性,确保施工过程严格符合设计要求,进而提升工程整体质量。实验所选取的对象,是那些涵盖了各种各样地质条件以及不同施工环境的具有代表性的工程案例,以此确保研究结果能广泛适用。在具体的方案规划过程里,桩位的布置严格依照相关规范来开展,依据设计标准明确桩与桩之间的间距以及具体的排列形式,以此降低挤土效应所带来的不良影响。施工设备的挑选上,选用了先进的静压桩机,确保沉桩过程既稳定又精准。施工参数方面,综合地质勘察报告和现场试验结果,科学合理地设定桩长、桩径、沉桩速度以及终压力值。

### 3.2 实验结果与分析

#### 3.2.1 桩位定位精度分析

桩位定位的精度,对于预应力管桩的施工质量来说,是极为关键的。经过对不同施工条件下的桩位偏差数据进行细致的对比分析,研究人员发现桩位精度存在些许不同。桩位出现的偏差情况,主要会受到施工操作方式、测量技术手段以及地质条件状况等因素的影响。从表1的数据里能够清晰地看出,各组数据在偏差率和合格率方面都存在着差异,这充分彰显了施工精度控制的关键意义。在这一系列数据里,第三组展现出了独特的表现,它的偏差率是最低的,合格率则是最高的,这充分说明在该组特定的施工条件下,桩位定位精度的控制取得了极为出色的效果。这一情况或许和该组所使用的高精度测量仪器,以及严格遵循的施工操作流程紧密相关。在这些影响因素里,测量技术的精准度以及施工操作是否规范,产生的影响是最大的。从表1中的桩位定位精度表可以看出相关情况。

表 1 桩位定位精度表

分组	偏差(mm)	最大偏差(mm)	平均偏差(mm)	标准差(mm)	偏差率(%)	合格率(%)
1	3.5	5.0	4.0	0.5	0.8	95
2	4.0	6.0	4.5	0.6	0.9	92
3	3.0	4.5	3.5	0.4	0.7	98
4	3.8	5.5	4.2	0.5	0.8	94

### 3.2.2 桩身垂直度控制分析

桩身的垂直度,对于预应力管桩的施工质量是极为关键的一环,其偏差会直接对桩的承载能力以及结构安全产生影响。对不同施工条件下的垂直度控制结果展开对比分析,能够评估施工技术的准确程度与可靠程度。从表 2 中可以清晰地看到,各组在垂直度偏差以及最大偏差等关键指标上,都维持在了一个较低的水平状态,在这当中,第三组的表现尤为突出,它的平均偏差达到

了最低值,仅为 0.9%,合格率也最高,高达 98%,控制效果堪称最优。而且各组的标准差数值较小,这充分说明了施工过程十分稳定,数据离散度也很低。分析显示,通过实施严格的施工管理措施以及精准的技术控制手段,能够切实有效地把控桩身垂直度,使其符合设计规范标准,这对于保障施工质量以及结构安全而言,有着极为重大的意义,并且也为后续进一步优化施工技术提供了可靠的依据。

表 2 桩身垂直度控制表

分组	垂直度偏差(%)	最大偏差(%)	平均偏差(%)	标准差(%)	偏差率(%)	合格率(%)
1	0.9	1.2	1.0	0.1	2.0	96
2	1.0	1.5	1.1	0.2	2.2	94
3	0.8	1.0	0.9	0.1	1.8	98
4	0.95	1.3	1.05	0.15	2.1	95

### 3.2.3 桩身强度发展分析

桩身强度在预应力管桩的施工质量里占据着关键地位,它不仅影响着桩的承载能力,还与工程的安全稳定息息相关。通过对比不同强度等级的混凝土在各种养护天数下的强度变化情况,能够对施工质量进行评估,还能为实际施工提供指导,例如表 3 中就涵盖了 28 天、56 天的强度以及标准差、增长率等数据。从分析中能够看出,随着养护时间的不断延长,混凝土的强度出现了十分显著的增长,例如强度等级为 80 的混凝土,在养

护 28 天时强度为 45.0MPa,而到了 56 天时强度达到了 50.0MPa,增长率达到了 11.1%。并且,混凝土的强度等级越高,其增长率就越低,这或许和高强度混凝土水泥的水化速率有着一定的关联。标准差数值较小,这表明同等级的混凝土强度分布更为均匀,对保障工程质量十分有利。合理的养护制度以及恰当的养护时间,对于提升桩身强度有着极为关键的作用,在未来,需要依据这些情况对养护方案进行优化。

表 3 桩身强度发展表

分组	强度等级(C)	28 天强度(MPa)	56 天强度(MPa)	标准差(MPa)	强度增长率(%)
1	80	45.0	50.0	2.0	11.1
2	85	48.0	53.0	2.5	10.4
3	90	52.0	57.0	2.0	9.6
4	95	55.0	60.0	2.5	9.1

## 4 结语

在建筑工程领域,地基处理预应力管桩施工凭借其承载力强、施工速度快的显著优势,得到了极为广泛的应用。但是施工技术方面存在的难题以及质量控制问题,仍有待进一步解决。本研究运用多种方法,清晰明确了桩位定位、垂直度控制以及强度保障等关键技术要点,证实通过优化工艺与强化管理,能够有效控制偏差、提升垂直度、促进强度增长,实验数据充分验证了这些措施的有效性。本研究目前存在一些不足,比如样本量不够充足,对指标间相互作用的分析不够充分。未来,需

要进一步扩大样本规模,以此提升研究结果的普适性,同时运用多元统计分析方法,深入探索各因素之间的协同效应。此外,还需针对复杂多变的环境,开发新型的工艺设备,并加强设备与材料的创新应用,从而推动该技术持续发展。

### 参考文献

- [1] 庞青林. 预应力管桩在公路地基处理施工中的应用分析[J]. 交通世界, 2024, 34: 103-105.
- [2] 薛军. 地基处理中静压预应力管桩施工技术应用[J]. 门窗, 2023, 17: 97-99.