

# 预应力管桩施工检测及质量管理

梁家健 李 辉

安庆市磐石岩土有限公司 安徽 安庆 246000

**摘要：**预应力管桩在众多工程建设中占据重要地位。本文全面阐述其施工检测及质量管理相关内容。首先介绍了预应力管桩的类型与特点以及施工工艺流程，为后续检测与管理奠定基础。接着详细论述施工检测方法，涵盖原材料、施工过程及成桩后各阶段的多种检测手段及其要点。深入分析施工中常见质量问题，如桩身断裂、桩位偏差过大、沉桩困难和单桩承载力不足等的成因与应对措施。最后构建施工质量管理体系，从体系建立到施工前、中、后各阶段提出具体管理措施，旨在保障预应力管桩施工质量，提高工程整体效益与安全性。

**关键词：**预应力管桩；施工检测；质量管理

引言：随着建筑工程的快速发展，基础工程的质量愈发关键。预应力管桩因其诸多优势，如承载能力较高、施工速度快、工厂化生产质量稳定等，在各类建筑基础中得到广泛应用。然而，其施工过程复杂，易受多种因素影响，导致质量问题频发。施工检测与质量管理对于确保预应力管桩工程质量至关重要。有效的检测能够及时发现桩身缺陷与质量隐患，而科学的质量管理体系可规范施工流程、预防质量事故。因此，深入研究预应力管桩施工检测及质量管理，对保障工程结构安全、提升工程建设水平具有极为重要的现实意义。

## 1 预应力管桩施工技术概述

### 1.1 预应力管桩的类型与特点

预应力管桩常见的类型有 PHC 管桩（预应力高强度混凝土管桩）、PC 管桩（预应力混凝土管桩）。PHC 管桩混凝土强度等级高，通常可达 C80 及以上，具有卓越的抗压性能和耐久性，能承受较大的竖向荷载，适用于高层、超高层建筑以及对基础承载力要求极高的大型工业建筑等。其生产工艺先进，桩身质量稳定可靠。PC 管桩强度相对较低，一般在 C60 - C70 左右，在一些多层建筑或对承载力要求不那么苛刻的项目中应用较多，它的经济性较好，能在一定程度上降低工程成本。

### 1.2 施工工艺流程

预应力管桩施工流程首先是场地准备，清理场地内的杂物、障碍物，平整场地并进行压实处理，若场地土质较差还需进行地基加固，确保桩机作业时的稳定性和安全性。接着进行桩位测设，依据设计图纸，利用测量仪器精准确定每根桩的平面位置，并做好标记和复核工作。桩机就位后，将预应力管桩吊运至桩位上方，缓慢下放使其垂直插入土中一定深度，通过桩机上的垂直度调整装置确保桩身垂直偏差在允许范围内。

## 2 预应力管桩施工检测方法

### 2.1 原材料检测

#### 2.1.1 钢筋检测

钢筋检测对于预应力管桩质量保障至关重要。首先需检验钢筋的外观，应无裂缝、折叠、结疤等缺陷。拉伸试验是关键环节，测定钢筋的屈服强度、抗拉强度和伸长率等指标，判断其力学性能是否达标，例如屈服强度应符合相应的国家标准要求。弯曲试验则检验钢筋的冷弯性能，观察弯曲后是否有裂纹、断裂等现象，要检查钢筋的直径偏差，确保其在允许公差范围内，一般通过游标卡尺等工具进行精确测量<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 混凝土检测

混凝土检测主要聚焦于其质量核心要素。抗压强度检测最为关键，采用标准立方体试件，在标准养护条件下养护至规定龄期后，利用压力试验机进行抗压强度测试，结果应满足管桩设计的混凝土强度等级要求，如 PHC 桩一般要求 C80 及以上。原材料质量把控也不可或缺，对水泥的安定性、强度进行检验，检查骨料的粒径、含泥量等指标，外加剂的性能和掺量也需符合规定。

### 2.2 施工过程中的检测

#### 2.2.1 桩位偏差检测

在施工前，需依据设计图纸，使用全站仪或经纬仪等高精度测量仪器准确测设桩位，并做好标记与记录。在沉桩过程中及成桩后，再次测量桩中心位置与设计桩位的偏差。检测时，测量人员严格按照测量规范操作，将仪器精确对中、整平，测量水平角与距离。桩位偏差允许值依据相关标准确定，一般在群桩基础中，边桩的桩位偏差不得超过 1/3 桩径，中间桩不得超过 1/2 桩径。若偏差超出允许范围，可能导致桩基础受力不均，影响整体结构稳定性，因此必须及时调整或采取相应补救措施。

### 2.2.2 垂直度检测

施工时,利用经纬仪或全站仪在两个垂直方向上对桩身进行观测。在管桩插入土中一定深度且初步稳定后,即开始垂直度测量,随着沉桩进程持续监测。若采用静压法沉桩,可通过桩机自身的垂直度调整装置辅助控制,并结合仪器测量。对于锤击法沉桩,每锤击一定次数便检查一次。桩身垂直度偏差允许值通常规定为不超过1%。若垂直度偏差过大,桩身易产生偏心受力,导致桩身断裂或承载力降低,严重时危及整个建筑物的安全,所以在施工过程中需严格把控垂直度。

### 2.2.3 沉桩过程中的压力或贯入度监测

在静压沉桩时,通过安装在桩机上的压力传感器实时监测压桩力,依据设计要求及地质条件设定终压值,当压桩力达到终压值且桩身稳定后,可停止沉桩。锤击沉桩则重点监测贯入度,即每锤击一次桩的入土深度,一般在桩尖进入硬土层后开始精确记录。同时结合地质勘察报告,综合判断桩是否达到设计持力层。若压力或贯入度异常,如压力过大或过小、贯入度突变等,可能表示桩端遇到障碍物、持力层变化或桩身质量问题,需立即停止沉桩,分析原因并采取相应措施,如调整沉桩参数、检查桩身或进行地质补勘等,以确保桩的施工质量和安全性。

## 2.3 成桩后的检测

### 2.3.1 低应变法检测桩身完整性

检测时,在桩顶施加一低能量激振力,产生应力波沿桩身传播。当桩身存在缺陷(如缩颈、断裂、离析等)或桩底持力层变化时,应力波会产生反射与透射。通过在桩顶安装传感器接收反射波信号,经专业仪器采集、放大和分析处理。根据反射波的时间、幅值和波形特征,判断桩身完整性类别。该方法具有快速、简便、经济等优点,能对桩身质量进行大面积普查,但对于深部缺陷或多缺陷情况判别精度有一定局限性,适用于检测桩身是否存在明显缺陷以及预估缺陷位置和程度,为工程初步质量评估提供依据。

### 2.3.2 高应变法检测单桩竖向抗压承载力

高应变法是通过重锤冲击桩顶,使桩身产生较大的应变和位移,同时测量桩顶力和速度时程曲线。利用波动理论分析这些曲线,进而确定单桩竖向抗压承载力、桩身完整性以及桩侧和桩端土阻力分布。检测前需根据桩径、桩长、地质条件等合理选择重锤重量和落距,以产生足够的冲击能量。现场测试时,严格按照操作规范布置传感器并准确采集数据。此方法能在一定程度上模拟桩的实际受力情况,但结果受多种因素影响,如锤击

设备性能、桩头处理情况等,适用于对单桩竖向抗压承载力有较高要求且需进一步了解桩身受力特性的工程检测,为设计优化和工程验收提供参考数据。

### 2.3.3 静载试验检测单桩竖向抗压承载力

静载试验是检测单桩竖向抗压承载力最直观、可靠的方法。在桩顶逐级施加竖向荷载,同时测量桩顶沉降量,一般采用油压千斤顶加载,反力装置可采用锚桩横梁反力系统、堆载平台反力系统等。加载过程分为多个加载等级,每级加载后持载一定时间,观测桩顶沉降随时间的变化规律。根据试验数据绘制 $Q-s$ (荷载-沉降)曲线、 $s-lgt$ (沉降-对数时间)曲线等,通过曲线特征确定单桩极限承载力。该试验过程严谨、数据准确,但试验周期长、成本高且对场地要求较高,适用于重要工程、地质条件复杂工程或对桩承载力有严格要求的工程,其结果作为工程桩承载力验收的关键依据,直接关系到工程结构安全。

## 3 预应力管桩施工质量问题分析

### 3.1 桩身断裂

在复杂地质区域,如存在硬夹层、孤石等,桩身穿越时应力集中,易引发断裂。运输与起吊环节,若操作不当使桩身遭受碰撞、弯折,会产生内部损伤。锤击施工时,锤击力过猛、落锤不均或频率过高,以及静压施工中压力过大且未合理控制,都会致使桩身无法承受而断裂。桩身自身质量缺陷,像是混凝土强度不达标、钢筋分布不均或焊接不良,也会削弱桩身结构强度,在受力时导致断裂,严重威胁整个桩基础的稳定性与承载效能<sup>[2]</sup>。

### 3.2 桩位偏差过大

测量定位环节,若测量仪器存在误差、测量人员技术不精或读数记录错误,会使初始桩位确定失误。桩机就位时,因场地不平整、桩机自身行走与调整系统故障,无法精准对准桩位。在沉桩过程中,由于土体挤压效应,尤其是在软土地基或群桩施工时,已沉桩对周边土体的挤压会推动未沉桩桩位偏移。

### 3.3 沉桩困难

地质条件方面,当遇到密集砂层、坚硬岩石层或土层中存在大量障碍物时,桩身难以顺利贯入。例如在砂层中,砂粒间的摩擦力较大,桩尖难以突破。桩型与地质不匹配也是关键因素,若桩尖设计不合理,在特定地层中无法有效破土或挤土,或者桩身直径、长度与地层承载要求不符,都会造成沉桩受阻。施工设备选用不当同样会引发问题,锤击设备能量不足无法提供足够冲击力,静压设备压力不够,均不能使桩身达到设计深度,从而导致沉桩困难,延误施工进度并可能影响桩基础质量。

### 3.4 单桩承载力不足

桩端未达预期持力层是常见原因,可能由于地质勘察不准确,对持力层深度判断失误,致使桩端位于软弱土层,无法提供足够端阻力。桩身质量瑕疵也会造成承载力不足,比如混凝土浇筑过程中出现空洞、离析现象,钢筋锈蚀或配筋率过低,降低了桩身的抗压与抗弯能力。此外,沉桩过程中对桩周土过度扰动,在粘性土中破坏了土的结构,使桩侧摩阻力大幅降低,在砂性土中导致桩周土松弛,无法有效传递荷载,最终导致单桩承载能力难以满足设计要求,威胁建筑物的安全使用。

## 4 预应力管桩施工质量管理体系与措施

### 4.1 质量管理体系的建立

设立由建设、施工、监理等单位组成的质量管理组织机构,建设单位主导质量规划,施工单位执行操作,监理单位监督审查,各方职责分明且协同合作。制定系列质量管理体系,施工质量检验制度明确各环节检验标准与频率,如原材料每批次必检;隐蔽工程验收制度确保接桩、桩尖埋设等隐蔽环节质量达标才进入下一步;质量事故处理制度规范事故处理流程,从报告、调查到整改环环相扣。构建质量信息反馈渠道,施工单位定期汇报质量数据,监理单位及时反馈问题,各方据此调整优化施工与管理策略,保障预应力管桩施工质量全程受控,推动质量管理体系高效运转。

### 4.2 施工前的质量管理

首先是图纸会审与技术交底工作,组织建设单位、设计单位、施工单位和监理单位等相关方对施工图纸进行细致审查,及时发现并解决设计中存在的问题、矛盾以及与实际施工条件不符之处,同时施工单位向一线施工人员详细交底施工工艺、技术要点、质量标准及安全注意事项,确保施工人员清晰了解施工要求。其次是施工方案审查,监理单位依据规范与工程实际情况,对施工单位编制的预应力管桩施工方案严格审核,重点检查施工流程安排是否合理、质量保证措施是否完备有效、应急预案是否健全等内容,只有通过审查的施工方案才能指导施工,从而为后续施工过程的顺利进行与质量稳定提供坚实保障。

### 4.3 施工过程中的质量管理

现场监督与检查方面,监理人员需全程旁站,密切注视施工单位是否严格依照施工方案与规范操作,对桩

位确定、桩机垂直度调整、沉桩过程等关键环节实时监控,及时纠正违规行为与质量偏差。质量数据收集与分析工作也不可或缺,施工单位应定期整理桩身垂直度、沉桩压力或贯入度等数据,绘制质量波动图,依据数据变化趋势预判质量走向,以便提前采取改进措施。隐蔽工程验收必须及时严谨,像接桩焊缝质量、桩尖埋设深度等隐蔽部位,要在施工完成后即刻验收,验收合格方可开展后续工序,以此确保每一道施工工序的质量都符合要求,为整体工程质量筑牢根基。

### 4.4 施工后的质量管理

成桩检测与验收环节,需严格依据相关规范与设计的要求,运用低应变法、高应变法、静载试验等多种检测手段对成桩质量进行全面评估,准确判断桩身完整性与单桩竖向抗压承载力是否达标,依据检测结果判定工程质量是否合格,只有验收合格的工程才能交付使用。同时,工程资料整理与归档工作不容忽视。施工单位要系统整理施工过程中的各类资料,包括施工记录、检测报告、质量验收记录等,保证资料的完整性、准确性与规范性,并按照规定进行妥善归档保存,以便后续工程质量追溯、维护管理以及可能的工程改造与扩建等工作有据可依,为工程全生命周期的质量管控画上圆满句号<sup>[3]</sup>。

### 结束语

综上所述,预应力管桩施工检测与质量管理是确保工程质量与安全的核心环节。通过系统的检测方法,能精准把控原材料质量、施工过程动态以及成桩后的性能表现,及时察觉并处理各类质量隐患。而完善的质量管理体系,从施工前的规划筹备,到施工中的严格监督,再到施工后的验收评估,全方位保障了施工的规范性与可靠性。未来,随着技术的持续进步与行业标准的不断完善,预应力管桩施工检测与质量管理将更加高效、精准,为建筑工程的稳定发展奠定更为坚实的基础,推动整个行业迈向更高质量的发展阶段。

### 参考文献

- [1]徐进强.预应力管桩施工及质量监控探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2019(19):34-67
- [2]韩进川.预应力管桩施工及质量监控探讨[J].数字化用户,2024(48):56-78
- [3]王红俊.预应力管桩施工及质量监控探讨[J].四川:西南交通大学,2022.114-145