

复杂地质条件下桩基施工质量控制与检测技术研究

张志杰

中国能源建设集团天津电力建设有限公司 天津 300180

摘要: 复杂地质条件给桩基施工带来挑战, 需加强质量控制与检测技术研究。施工前要精准勘察地质并设计方案, 施工中把控关键环节质量、严格管理材料与设备, 施工后全面检测与验收。常规桩基检测技术广泛应用, 同时需创新适配检测技术, 提升检测精度与可靠性。构建多技术联合检测体系, 合理搭配技术、统一数据处理、规范检测流程, 以确保检测结果准确, 为复杂地质条件下的桩基工程质量提供有力保障。

关键词: 复杂地质条件; 桩基施工; 质量控制; 检测技术

引言: 在土木工程建设蓬勃发展的当下, 桩基作为建筑基础的关键部分, 承载着保障工程安全稳定的重任。然而, 复杂地质条件如软土、岩溶等, 给桩基施工带来了极大挑战。施工中易出现塌孔、沉降等问题, 影响工程质量与进度。同时, 传统检测技术在复杂地质下存在局限性, 难以精准评估桩基质量。因此, 深入研究复杂地质条件下桩基施工质量控制方法与创新检测技术, 对于提高工程安全性、降低风险、保障工程顺利实施具有重要的现实意义。

1 复杂地质条件下桩基施工概述

在土木工程建设中, 桩基作为重要的基础形式, 承担着将建筑物荷载传递至地基的关键任务。然而, 复杂地质条件给桩基施工带来了诸多挑战, 需要深入研究并采取针对性措施。复杂地质条件具有多样性, 包括软土地基、膨胀土地基、湿陷性黄土地基、岩溶地基等。软土地基地下水位高、土体压缩性大、抗剪强度低, 施工中易出现沉降和位移; 膨胀土地基因土体含水量变化大, 易产生膨胀变形; 湿陷性黄土地基受水分作用时, 会发生体积膨胀和强度降低; 岩溶地基则存在地下溶洞、溶槽等地质构造, 加大了桩基施工难度。面对这些复杂地质条件, 桩基施工技术需因地质特征而异。对于软土地基, 常采用预应力管桩、预制混凝土方桩等高承载力桩型, 通过增加桩长和桩径提高承载能力; 膨胀土地基可采用抗拔桩、锚杆桩等特殊桩型, 增强桩基稳定性和抗拔能力; 岩溶地基则需利用地质雷达、声波探测等手段探测地下溶洞, 并采用冲击钻进技术等, 确保桩基施工准确性。复杂地质条件下桩基施工的质量控制难点也较为突出, 地质勘察的准确性是首要问题, 不准确的勘察结果会导致施工设计偏差, 影响桩基承载能力和

稳定性^[1]。施工过程中的质量控制同样关键, 地下水位变化、土层性质改变等因素都可能对施工造成影响。施工后的质量检测与验收也面临技术难点, 需根据具体地质条件选择合适的检测方法和设备, 以确保结果可靠。

2 复杂地质条件下桩基施工质量控制方法

2.1 施工前精准地质勘察与方案设计

施工前精准的地质勘察与科学的方案设计是保证桩基施工质量的前提。(1) 详细勘察点的合理布置。按照规范要求并结合桩基平面布置, 加密勘察钻孔布置, 重点区域孔距控制在合理范围内, 确保全面探明场地地层分布情况, 避免遗漏溶洞、软弱夹层等不良地质体。(2) 原位测试与室内试验相结合。采用标准贯入试验、静力触探、十字板剪切试验等原位测试手段获取土层原位力学参数, 同时开展土工室内试验, 测定土层物理力学指标, 为桩基设计提供准确、可靠的地质数据。(3) 不良地质体的探明与评价。针对岩溶区采用物探与钻探相结合的方法探明溶洞位置、规模及充填情况, 查明断裂破碎带、孤石、液化土层等不良地质的分布范围, 并进行针对性工程地质评价。(4) 桩型与持力层的优化选择。根据地质勘察成果, 综合考虑上部荷载、地层条件及施工可行性, 合理选择预制桩或灌注桩桩型, 确定经济合理的桩长与持力层, 避免桩端置于软弱下卧层或溶洞顶部。(5) 施工方案的针对性设计。结合地质条件编制专项施工方案, 明确成孔工艺、泥浆配比、清孔要求及常见质量问题的预防措施, 制定应急预案, 并组织专家论证, 确保方案科学可行。

2.2 施工过程关键环节质量把控

施工过程关键环节的质量把控是确保桩基成桩质量的核心。(1) 成孔质量的严格控制。钻进过程中根据地

层变化调整钻进参数,采用泥浆护壁时控制泥浆比重与黏度,防止塌孔缩径;定期检测成孔垂直度与孔径,垂直度偏差控制在1%以内,确保成孔质量满足设计要求。(2)清孔工序的规范操作。成孔后采用换浆法或抽渣法进行一次清孔,钢筋笼安放完成后进行二次清孔,严格控制沉渣厚度,端承桩不大于50mm、摩擦桩不大于100mm,泥浆指标检测合格后方可浇筑。(3)钢筋笼制作与安放控制。钢筋笼加工时保证主筋间距、箍筋间距及焊接质量符合规范要求,安放时对准孔位缓慢下放,避免碰撞孔壁,采用定位钢筋控制保护层厚度,确保笼顶标高准确。(4)水下混凝土浇筑质量控制。混凝土坍落度控制在180~220mm,导管埋深保持在2~6m,连续浇筑不得中断,适当超灌保证桩顶混凝土密实,防止断桩、夹泥等质量缺陷产生。(5)成桩质量检测与验收。成桩后按规定进行低应变检测、钻芯取样及静载试验,检验桩身完整性、混凝土强度及单桩承载力,对存在缺陷的桩体及时采取补强处理,确保成桩质量满足规范要求。

2.3 施工材料与设备严格管理

在复杂地质条件下进行桩基施工,施工材料与设备的严格管理是保障施工质量的关键环节。对于施工材料,从采购源头就要严格把控。选择具有良好信誉和质量保证的供应商,确保材料符合设计和规范要求。材料进场时,必须进行严格的检验和验收,检查材料的规格、型号、质量证明文件等,对于不合格的材料坚决予以退场处理。在材料的存储和使用过程中,要按照规定进行分类存放,采取防潮、防雨、防晒等措施,避免材料损坏或变质。同时,要建立完善的材料使用记录,确保材料的可追溯性^[2]。对于施工设备,定期进行维护和保养是必不可少的。制定详细的设备维护计划,安排专业人员进行设备的日常检查和维修,及时更换磨损的零部件,确保设备的正常运行。在设备使用前,要进行全面的调试和检查,确保设备性能良好。操作人员必须经过专业培训,熟悉设备的操作规程,严格按照操作规程进行操作,避免因操作不当而导致设备故障或安全事故。通过以上措施,确保施工材料和设备的质量和性能,为桩基施工质量提供有力保障。

2.4 施工后全面质量检测与验收

施工后全面质量检测与验收是复杂地质条件下桩基施工质量控制的关键环节,关乎工程整体安全性与稳定性。检测内容上,需对桩身完整性、承载力等核心指标进行检测。桩身完整性检测可采用低应变法、声波透射法等,判断桩身是否存在裂缝、断裂等缺陷;承载力检测则通过静载试验等确定单桩竖向抗压承载力是

否满足设计要求。验收过程要严格遵循相关标准和规范,依据设计文件、国家及行业标准,对检测数据和结果进行细致审查^[3]。若检测结果不符合要求,需分析原因,采取补桩、加固等措施进行处理,直至达到合格标准。还需整理和归档施工过程中的各类资料,包括施工记录、检测报告等,形成完整的工程档案,为后续工程维护、改造提供依据。通过全面、严格的质量检测与验收,确保复杂地质条件下桩基工程质量达标,为建筑安全奠定坚实基础。

3 复杂地质条件下桩基检测技术研究

3.1 常规桩基检测技术应用

常规桩基检测技术是评价桩基质量的基本手段,在复杂地质条件工程中得到了广泛而有效的应用。(1)低应变反射波法检测。通过在桩顶施加激振,采集应力波在桩身中的反射信号,分析波形特征判断桩身完整性,识别断裂、缩颈、离析等缺陷位置及程度,具有快捷、经济的特点,适用于大批量桩的普测。(2)超声透射法检测。在预埋声测管中发射与接收超声波,依据声速、波幅的变化判定桩身混凝土密实度与缺陷范围,检测全面、结果准确,适用于大直径灌注桩的完整性检测。(3)钻芯法检测。采用钻机沿桩身钻取芯样,直观检验桩身混凝土强度、胶结质量及沉渣厚度,并可验证桩端持力层情况,结果直观可靠,常用于对疑义桩的验证检测。(4)高应变检测。通过重锤锤击桩顶,实测力和速度时程曲线,分析确定单桩承载力及桩身完整性,可用于工程桩承载力的快速抽检。(5)静载试验检测。采用堆载或锚桩反力装置分级加载,实测荷载—沉降关系曲线,确定单桩竖向抗压极限承载力,是最直观、最可靠的承载力检测方法。

3.2 复杂地质适配检测技术创新

在复杂地质条件下,传统桩基检测技术可能存在局限性,因此适配检测技术创新显得尤为重要。针对特殊地质状况研发新方法是创新的关键,比如在岩溶地区,可结合地质雷达与三维激光扫描技术,精准探测溶洞分布、大小及位置,为桩基施工提供可靠依据;对于软土地基,利用光纤传感技术实时监测桩基在不同阶段的应力应变,及时发现潜在安全隐患。改进现有技术以提高适应性也是重点,对声波透射法进行改进,优化声波发射与接收装置,增强在复杂介质中的信号传输与解析能力;改良钻芯法,采用新型取芯设备和工艺,减少对桩身的损伤,提高取芯成功率和样本质量^[4]。推动多技术融合应用,将地球物理勘探技术与无损检测技术相结合,综合分析多种数据,全面、准确地评估桩基质量。

通过这些适配检测技术创新,能更好地应对复杂地质条件下的桩基检测挑战,保障工程质量与安全。

3.3 检测技术精度与可靠性提升

为提高复杂地质条件下桩基检测的精度与可靠性,需从检测全流程采取针对性的提升措施。(1)检测设备的校准与更新。定期对检测仪器进行标定校准,及时淘汰精度不足的老旧设备,引入高灵敏度传感器与数字化采集仪器,从硬件层面保障采集数据的准确性。(2)检测参数的合理设定。根据桩型、桩长及地质条件优化激振能量、采样频率、滤波参数等设置,减少信号干扰与失真,提高缺陷识别的分辨能力。(3)多方法联合检测验证。针对复杂地质条件下的疑似缺陷桩,采用低应变、超声透射、钻芯法等多种方法联合检测,相互验证检测结果,降低单一方法误判风险。(4)检测人员的专业能力建设。加强检测人员技术培训与经验积累,提高对复杂信号的分析研判水平,严格执行持证上岗制度,规范检测操作流程。(5)数据分析的智能化处理。引入信号叠加、小波分析及人工智能识别技术处理检测数据,提取有效特征信息,提高缺陷定位与定量的准确度。

3.4 多技术联合检测体系构建

在复杂地质条件下,单一检测技术往往难以全面、准确地评估桩基质量,构建多技术联合检测体系十分必要。联合检测体系需根据地质特点和工程需求,合理搭配不同检测技术。例如,低应变反射波法操作简便、检测速度快,适合大面积普查桩身完整性;而声波透射法对桩身内部缺陷的定位和判断较为精准,可对低应变法检测出的疑似缺陷桩进一步验证。对于桩基承载力的确定,静载试验是最直接可靠的方法,高应变法可在一定程度上替代静载试验,两者结合能提高检测效率与结果的可靠性^[5]。同时,要建立统一的数据处理与分析平

台。将不同检测技术获取的数据整合,运用先进的算法和模型进行综合分析,减少单一技术的局限性和误差。此外,还需制定严格的联合检测流程和质量控制标准,规范检测行为,确保检测结果科学、准确,为复杂地质条件下的桩基工程质量提供有力保障。

结语

未来,在复杂地质条件下的桩基施工质量控制与检测技术领域,仍有广阔的发展空间。随着科技的进步,智能化、自动化的监测与检测手段将不断涌现,实现对桩基施工全过程的实时、精准监控。地质勘察技术也将不断革新,为施工方案设计提供更精确的数据支持。同时,多学科融合的研究将进一步深入,推动适配复杂地质的新型桩型和施工工艺不断创新。行业内还将加强标准规范的完善和统一,提升整体质量控制水平。通过持续的技术创新和管理优化,复杂地质条件下的桩基工程质量将得到更可靠保障。

参考文献

- [1] 倪鉴. 复杂地质条件下桩基施工技术与质量控制研究[J]. 全面腐蚀控制, 2026, 40(3): 385-387.
- [2] 鲁棠伟. 复杂地质条件下桩基施工质量问题及处理技术研究[J]. 中国科技期刊数据库工业 A, 2026, (5): 025-028.
- [3] 皮寿雄. 复杂地质条件下超长灌注桩施工质量检测技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2026, (5): 118-121.
- [4] 曾曙斌, 袁爱萍. 复杂地质条件下桩基施工技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2026, (8): 043-046.
- [5] 王恺斌. 复杂地质条件下桩基完整性检测及质量评价的研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2026, (2): 102-105.