

基于抗浮锚杆施工监测技术研究

徐锐霖 秦晓虎 李慧伟 郑腾飞 李东升

中建三局集团(江苏)有限公司 江苏 苏州 215104

摘要: 本文剖析抗浮锚杆应力监测技术现状,指出传统人工监测的局限及自动化监测的需求。详细阐述自动化监测工具或方法设计,涵盖系统架构、无线传输、供电、设备防护等方面。介绍预警机制与数据分析方法,开展预应力抗浮锚杆应用效果研究,分析监测数据与锚杆性能关联,提出设计优化建议,为抗浮锚杆施工监测提供参考。

关键词: 抗浮锚杆; 施工监测技术; 自动化监测; 预警机制; 应用效果

引言: 抗浮锚杆在深基坑等工程中发挥关键作用,其受力状态直接影响结构安全。传统人工监测存在效率低、数据滞后等缺陷,难以满足现代工程需求。研究开发集成应力与水位监测的自动化系统,实现数据实时采集与无线传输。系统设置多级预警机制,确保异常情况及时处置。通过分析监测数据与锚杆性能的关联性,验证预应力锚杆的应用效果,为工程设计与施工提供技术支持。

1 抗浮锚杆应力监测技术现状

1.1 传统监测方式分析

人工定期监测在抗浮锚杆应力监测中存在明显局限。监测人员需前往现场,携带仪器逐点采集数据,过程中受环境条件影响较大。恶劣天气如暴雨、高温或严寒,会阻碍监测工作正常开展,导致数据采集中断或延迟。监测点往往分布在施工区域各处,部分位置可达性差,增加人员往返时间和劳动强度,影响监测效率^[1]。人工操作还可能因主观因素产生误差,不同人员的操作习惯或读数标准不一致,会使数据精度受到影响。部分监测点设置在隐蔽角落,人工观测时易出现漏测或误测,进一步降低数据完整性。数据采集与处理的滞后性是传统方式的突出问题。人工采集的数据需带回室内进行整理和分析,这一过程需要一定时间。当施工过程中出现应力异常变化时,难以及时发现并采取应对措施,可能错过最佳处理时机。数据处理多依赖人工录入和计算,不仅耗费时间,还容易出现记录错误或计算失误,降低数据的可靠性。滞后的信息反馈无法为施工决策提供及时支持,难以适应复杂施工环境下对监测的动态需求。

1.2 自动化监测的需求

实时性与准确性的提升是自动化监测的核心优势。自动化系统可连续不断地采集抗浮锚杆应力数据,即时捕捉应力的细微变化,使监测结果更能反映锚杆实际工作状态。通过内置的精密传感器和数据处理模块,减少人为干预带来的误差,确保数据的一致性和精准度。实

时获取的数据能快速传输至终端,让相关人员随时掌握锚杆应力状况,为判断施工安全性提供及时依据。对于应力波动频繁的施工阶段,实时监测能精准捕捉峰值,为分析锚杆受力特性提供更全面的数据支撑。减少人工干预是自动化监测的重要需求。自动化系统可在无人值守的情况下自主完成监测任务,降低对人工的依赖,节省人力成本。避免人员频繁进入复杂施工区域,减少安全风险。系统的自动运行还能保证监测工作的连续性,不受时间和环境限制,即使在夜间或恶劣天气下也能稳定工作。这种方式可将人力从繁琐的重复劳动中解放出来,更多投入到数据综合分析和决策制定中,提升监测工作的整体效能。

2 自动化监测工具或方法设计

2.1 监测系统架构

应力传感器与水位传感器的集成需要考虑协同工作。应力传感器紧贴抗浮锚杆表面,实时感知受力变化,将力学信号转化为电信号。水位传感器安装在锚杆附近的钻孔或集水井中,感应水位变化输出数据。两者信号线路汇聚到同一接口,确保数据采集时间同步,避免时差导致分析偏差。集成后的传感器需具备防水、防腐性能,适应地下潮湿环境,保证长期稳定运行。安装支架采用可调节结构,能微调角度确保与监测对象紧密贴合。数据采集模块需兼顾信号处理与能耗控制^[2]。接收传感器电信号后,进行滤波和放大处理,去除环境干扰噪声,提高数据精度。内置微处理器对信号数字化转换,形成可传输数据包。模块需低功耗,采用节能模式延长续航,适合无外接电源的监测点。外壳坚固耐用,抵御施工碰撞挤压,保护内部元件。表面设状态指示灯,便于现场排查故障。

2.2 无线传输技术

数据传输方式选择需结合工程环境。LoRa技术适合远距离传输,信号穿透障碍物能力强,在复杂地质条

件下保持稳定通信,适合大型隧洞或深基坑等大范围监测。NB-IoT依托现有蜂窝网络,无需额外搭建基站,部署成本低,实时性好,适用于城市区域或网络覆盖完善的工程。选择时评估现场信号强度、传输距离和功耗需求,确保匹配实际工况。关键监测点可采用双传输模式备份,主模式中断时自动切换备用模式,保障数据连续传输。数据存储与处理需构建分层管理机制。前端采集模块暂存实时数据,传输中断时避免丢失,信号恢复后补传终端。终端服务器用分布式存储,按时间和点位分类保存数据包,便于检索调用。数据处理通过预设算法分析原始数据,识别异常波动,生成趋势图表。处理后信息需保持原始数据可追溯性,保障存储安全,防止未授权访问篡改。服务器定期自动备份数据,存储在不同位置,降低丢失风险。

2.3 系统供电方案设计

供电系统由蓄电池和充放电控制器组成。蓄电池负责储存电能,确保系统不间断运行。充放电控制器则起到保护作用,防止蓄电池过充或过放,延长使用寿命。低功耗设计考量贯穿系统各个组件。传感器采用间歇工作模式,仅在设定的时间间隔内启动采集,其余时间处于休眠状态,减少不必要的能耗。无线传输模块在完成数据发送后立即关闭,避免长时间处于待机状态消耗电量。微处理器选用低功耗型号,通过优化运行程序缩短处理时间,进一步降低能量损耗。系统还可根据监测数据的重要程度动态调整采集频率,在数据平稳期降低频率,异常期提高频率,实现能耗与监测精度的平衡。电路设计中增加电源管理芯片,精准控制各组件的供电开关,避免空载能耗。

2.4 设备防护与耐久性设计

防水防尘设计需覆盖设备的每个细节。外壳接缝处采用密封胶条密封,确保雨水和灰尘无法渗入内部。传感器的线缆接口使用防水接头,连接后拧紧并涂抹密封胶,增强防水效果。数据采集模块和传输设备的外壳选用防水等级较高的材质,能在一定水深下浸泡而不影响正常工作。通风口设置防尘网,防止灰尘堆积影响设备散热,同时避免昆虫进入造成内部短路。设备底部可加装防水底座,抬高安装高度,减少地面积水直接接触的概率。抗腐蚀措施需针对不同环境介质采取相应方案。在土壤中含有较多盐分或化工污染物的区域,设备外壳采用耐腐蚀合金材料,表面进行电镀或喷涂防腐涂层,形成物理屏障隔绝腐蚀介质。传感器的敏感元件选用抗腐蚀材料制造,或进行特殊的表面处理,提高对酸碱环境的抵抗能力。定期对设备进行维护保养,清理表面附

着的腐蚀性物质,检查防护涂层的完好性,及时修补损坏部位,延长设备的使用寿命。在高湿度环境中,可在设备内部放置干燥剂,吸收空气中的水分,防止内部元件受潮锈蚀。

3 预警机制与数据分析

3.1 预警阈值设定

应力预警值的确定需结合抗浮锚杆的设计承载能力和材料特性。通过分析锚杆在不同工况下的受力极限,结合施工安全余量,划定应力预警的界限。当监测到的应力值接近该界限时,系统启动预警,提示相关人员关注锚杆受力状态^[3]。水位预警值则需考虑地下水位变化对锚杆受力的影响,根据工程地质条件和防水要求,确定可能引发锚杆额外受力的水位高度。当水位达到或超过该高度时,触发水位预警,为评估锚杆工作状态提供参考。多级预警机制需根据应力和水位的危险程度划分不同等级。初级预警针对数值接近预警阈值的情况,主要起到提醒作用,促使人员加强监测频率。中级预警适用于数值进一步接近临界值的状态,需组织人员现场检查,分析变化原因并采取初步应对措施。高级预警则对应数值达到或超出安全范围的情况,需立即启动应急预案,停止相关施工操作,防止事故发生。各级预警之间的界限需清晰明确,避免混淆,确保应对措施的针对性和有效性。

3.2 数据自动报警功能

实时报警方式需确保信息能及时传递给相关人员。短信报警可直接将预警信息发送至预设的手机终端,文字内容简洁明了,包含预警类型、监测点位置和当前数值,便于人员快速了解情况。APP推送则能在专用应用程序上显示详细预警信息,附带数据变化曲线和监测点分布图,为分析判断提供更多依据。两种方式可同时启用,提高报警信息的接收率,避免因单一方式失效导致信息遗漏。报警信息的处理流程需规范有序。系统发出报警后,首先自动记录报警时间、类型、数值等信息,形成报警日志。相关人员接收到报警信息后,需第一时间确认信息的真实性,排除传感器故障或干扰导致的误报。确认报警有效后,根据预警等级启动相应的处理程序,初级预警由现场负责人组织检查,中级预警需技术人员参与分析,高级预警则上报至项目管理层并启动应急小组。处理过程中的每一步操作都需记录在案,便于后续追溯和总结经验。处理完成后,需将结果反馈至系统,更新报警状态,确保预警机制的闭环运行。

4 预应力抗浮锚杆应用效果研究

4.1 工程实例

某住宅建筑工程的建筑面积为103682.75㎡，地上最高层数15层，地下两层，局部一层。工程主体结构类型为钢筋混凝土框架结构，基础形式为筏板基础。工程抗浮锚杆设计采用压力型预应力锚杆，抗浮锚杆锚固体直径200mm，单根锚杆抗拔承载力特征值为160kN，锚杆钢筋采用1ΦT25mm PSB1080级预应力混凝土用螺纹钢筋。锚杆监测采用自动化监测系统，对抗浮锚杆应力与地下水位变化实时监测。根据监测数据体现，锚杆的应力随水位的增高而变大，如图1所示。

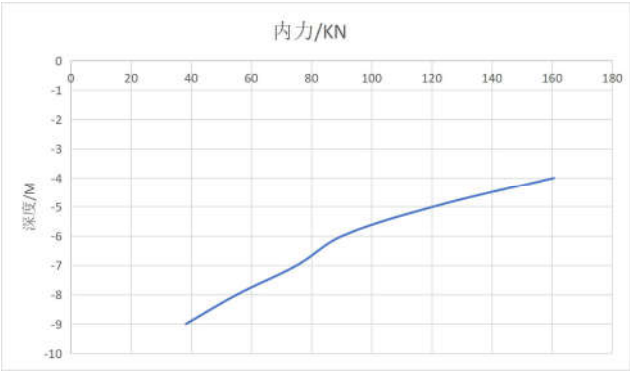


图1

4.2 监测数据与锚杆性能的关联分析

应力变化能直观反映锚杆受力状态。在施工阶段，随着荷载逐步施加，锚杆应力呈现规律性增长，这种增长若与设计预期相符，说明锚杆受力均匀，处于正常工作状态^[4]。当应力变化出现异常波动，如突然升高或下降，可能意味着锚杆存在局部受力集中或锚固失效的情况。持续监测应力变化趋势，可判断锚杆是否能承受设计荷载，以及在长期使用中是否出现疲劳损伤。通过对比不同位置锚杆的应力数据，能了解整体受力分布是否均衡，为评估锚杆群的协同工作效果提供依据。地下水位变化直接影响抗浮效果。水位上升时，水浮力增大，锚杆所受拉力随之增加，此时监测到的应力值会相应上升。若水位持续处于高位，锚杆长期承受较大拉力，可能影响其耐久性。水位骤降则可能导致锚杆应力突然释放，产生反向变形，这种变化需引起关注，避免因应力骤变对锚杆结构造成损伤。分析地下水位与锚杆应力的对应关系，能明确水位变化对抗浮效果的影响程度，为

判断抗浮体系的稳定性提供参考。

4.3 设计优化建议

基于监测数据的锚杆设计改进需结合实际受力情况。若监测发现锚杆应力普遍偏高，说明原设计的锚杆截面或长度可能不足，需适当增大截面尺寸或加长锚固段，以提高承载能力。当部分锚杆应力异常突出，表明受力分布不均，可调整锚杆布置间距或数量，使荷载在锚杆群中更均匀分配。根据应力变化的持续时间和幅度，还可优化锚杆的预应力值设定，确保其既能有效抵抗浮力，又不会因预应力过高导致早期损伤。施工工艺的调整需针对监测中发现的问题。若应力数据显示锚杆锚固段受力不足，可改进注浆工艺，提高浆液密实度和与围岩的粘结强度。当监测到锚杆在安装过程中应力波动较大，需规范张拉顺序和速度，避免因施工操作不当造成应力集中。针对地下水位变化引发的应力波动，可调整施工时机，尽量避开高水位期进行关键工序，或在施工中采取降水措施，减少水位变化对锚杆受力的干扰。通过优化施工环节，使锚杆性能更符合设计预期，提升整体抗浮效果。

结束语

自动化监测系统实现了抗浮锚杆应力与地下水位变化的实时监控，数据采集精度和传输效率显著提升。多级预警机制能有效预防工程风险，监测数据为锚杆性能评估提供可靠依据。通过自动化监测技术可优化预应力锚杆设计参数，提高施工质量。未来可进一步开发智能分析算法，提升系统自动化水平，推动抗浮锚杆监测技术向智能化方向发展。

参考文献

[1]陆振华.抗浮锚杆技术介绍及工程特性研究[J].地基处理,2024,6(2):185-192.

[2]闫志峰.预应力抗浮锚杆施工技术探析[J].建设科技,2023,(22): 71-73.

[3]白晓宇,苏悦,闫楠,等.抗浮锚杆受力特性试验研究进展[J].科学技术与工程,2023,23(15): 6290-6302.

[4]申诗文,孟珊,徐国艳,等.抗浮锚杆在地下室抗浮中的应用与优化[J].建筑技术开发,2021,48(21):125-126.