

基于风险管理的轨道交通伺服系统监测技术研究

唐号景

四川铁科建设监理有限公司 四川 成都 610031

摘要: 本文综述轨道交通伺服监测技术于基坑与支护稳定之重要性, 其优势在于实时精准、自动智能及全面综合。核心技术涵盖自动伺服轴力监测、编码器反馈控制、多传感器位移监测及测量机器人技术; 柳洲东路地铁站案例展示了伺服系统在保障安全、提升效率方面的卓越效果; 风险管理在此流程中举足轻重, 结合监测技术实现全面监控, 确保施工安全可控。

关键词: 风险管理; 轨道交通; 伺服系统; 监测技术

1 轨道交通伺服系统监测技术概述

在现代轨道交通工程中, 基坑开挖与支护结构的稳定性是项目成功的基石, 而伺服系统监测技术则是保障这些环节安全的重要手段。伺服系统不仅具备自动监测的能力, 还能够通过预设阈值实现自动补偿, 从而在确保施工安全的同时, 提升施工效率与质量控制水平。伺服系统监测技术集成先进的传感技术、数据处理与分析算法以及自动化控制技术, 通过安装在基坑及其周边环境的传感器, 实时采集变形、位移、应力、地下水位等多种关键参数。这些参数经过系统的高效处理与智能分析, 能够迅速反映基坑及支护结构的稳定状态, 并预测潜在的安全风险。伺服系统的核心作用之一在于其自动监测功能。系统能够连续、不间断地对基坑各项指标进行监测, 确保数据的实时性和准确性。一旦发现数据异常或接近预设的安全阈值, 系统会立即启动预警机制, 提醒施工人员注意并采取相应措施。这种实时监测与预警机制, 有效降低了安全事故的发生概率, 保障了施工人员的安全^[1]。

2 伺服系统监测技术在轨道交通中的全面优势

2.1 实时性与准确性的极致追求

在轨道交通工程的复杂环境中, 伺服系统以其卓越的实时性和准确性脱颖而出。该系统通过高灵敏度的传感器网络, 实现了对基坑及周边环境变化的连续、不间断监测。无论是微小的位移、细微的应力变化还是地下水位的波动, 伺服系统都能迅速捕捉并精确记录, 确保数据的实时传输与精确分析。这种即时反馈机制如同工程的“神经系统”, 让潜在的安全隐患无处遁形, 为施工团队提供了宝贵的反应时间, 使得他们能够迅速采取措施, 有效避免事故的发生。

2.2 自动化与智能化的深度融合

伺服系统监测技术将自动化与智能化推向了新的高

度。自动化技术的广泛应用, 使得数据采集、传输、处理等原本繁琐的任务变得轻松高效。系统能够自主完成这些工作, 减少了人为因素的干扰, 提高了数据的准确性和一致性。同时, 智能算法的引入, 使得系统能够根据预设的报警阈值和实时监测数据, 自动分析并判断当前的安全状况。一旦发现异常, 系统将立即触发预警或报警机制, 以最快的速度将信息传达给相关人员, 为应急响应争取了宝贵的时间。

2.3 综合性与全面性的全面保障

伺服系统监测技术的另一个显著优势在于其综合性和全面性。该技术不仅关注基坑本身的变形和稳定性这一核心问题, 还充分考虑了地下水位、应力分布、环境振动等多种可能影响施工安全的因素。通过多维度的监测和分析, 系统能够为施工人员提供更加全面、深入的信息支持。这些信息不仅有助于施工人员更准确地判断基坑的安全状况, 还能为他们制定更加科学、合理的施工方案提供有力依据。

3 目前常见的轨道交通伺服系统监测技术

3.1 自动伺服轴力监测系统

自动伺服轴力监测系统, 作为轨道交通工程领域的一项重大技术创新, 将现代机电液压一体化技术、先进的计算机信息处理技术以及高效的总线通信技术完美融合, 构建起了一套智能化、精准化的监测与调控体系。该系统通过部署一系列高精度传感器, 实现了对基坑钢支撑轴力的全天候、不间断实时监测, 为施工过程中的安全控制提供了坚实的数据基础^[2]。在技术上, 该系统展现出了高度的自动化与智能化特点。它不仅能够自动识别并响应轴力的变化, 还能根据预设参数自动进行轴力的补偿与调整, 实现了保压、加压操作的全程自动化。这种能力极大地减轻了施工人员的劳动强度, 提高工作效率, 同时也避免人为因素可能带来的误差与风险。尤

为值得一提的是,自动伺服轴力监测系统还融入先进的可视化监控技术。通过直观易用的监控界面,施工人员可以实时查看钢支撑的轴力变化曲线、预警信息及各项关键参数,轻松掌握施工现场的动态情况。同时,该系统还支持远程调控功能,使得管理人员无论身处何地都能随时随地对施工过程进行远程监控与指导,确保了施工管理的全面性与及时性。通过精确的轴力监测与自动调整机制,该系统能够及时发现并有效应对基坑施工中可能出现的各种风险因素,如支撑失效、土体滑移等,从而确保了基坑结构的稳定与安全。

3.2 编码器反馈控制技术

编码器作为伺服系统中不可或缺的核心部件,其重要性不言而喻。它犹如一位敏锐的“侦探”,不断将电机的机械运动状态——无论是细微的角位移还是显著的机械位移,精准无误地转换为电信号,为伺服系统提供了实时、准确的反馈。这一转换过程不仅保证了信息的精确传递,更实现了伺服系统对电机状态的实时监测与调整,形成了闭环控制的关键环节。编码器反馈控制技术,正是基于这一精准转换与实时反馈的机制,使得伺服系统具备了高度的自适应性和灵活性。系统通过不断接收编码器传来的电机实际位置和速度信息,将其与预设的控制指令进行精细比较。一旦发现偏差或异常,立即启动内置的算法和逻辑,迅速调整电机的控制策略,如调整电流、电压、频率等参数,以确保电机按照预定轨迹和速度稳定运行。在轨道交通工程这一对安全性和精确性要求极高的领域中,编码器反馈控制技术的应用显得尤为重要。交流伺服电机,作为轨道交通系统中的动力核心,其运行稳定性和控制精确度直接关系到列车的安全运行和乘客的舒适度。

3.3 多传感器位移监测技术

轨道交通伺服系统监测技术中的多传感器位移监测技术,是一项集成了高精度、实时性与广泛适用性的先进监测手段。该技术专为复杂的轨道交通结构(如地铁隧道、高架桥梁、车站结构等)量身打造,通过在关键部位密集部署多种类型的位移传感器,如静力水准仪、激光测距仪、倾角传感器等,构建起一个全方位、多维度的变形监测系统。这些传感器各司其职,相互配合,能够精确捕捉轨道交通结构在运营过程中的微小形变,包括但不限于水平位移、垂直沉降、倾斜角度等关键参数。每个传感器都具备独立的数据采集与初步处理能力,能够实时将监测到的数据传输至中央控制系统,避免了数据滞后或丢失的风险。中央控制系统利用先进的算法模型,对来自多个传感器的海量数据进行深度融合

与分析,剔除噪声干扰,提取有效变形信息,进而构建出轨道交通结构的动态变形图谱。这不仅能够帮助工程师直观地掌握结构的整体变形趋势,还能精准定位潜在的变形风险点,为后续的安全评估、维护决策及应急响应提供科学依据。多传感器位移监测技术的应用,极大地提高了轨道交通系统的安全监测水平,确保了轨道交通设施的稳定运行和乘客的出行安全^[3]。

3.4 测量机器人技术

轨道交通伺服系统监测技术中的测量机器人技术,是现代自动化与智能化监测领域的杰出代表。这项技术通过引入高度集成的测量机器人,实现了轨道交通设施(如地铁隧道、桥梁、轨道线路等)变形监测的智能化升级。测量机器人装备有先进的视觉识别系统、高精度测量模块和自主导航功能,能够在无人干预的情况下,自动寻找并锁定预定的监测目标。它们能够全天候不间断地工作,即使在复杂多变的环境条件下,也能保持高精度的测量性能。机器人通过自动调整姿态、精确瞄准目标,并实时记录和分析测量数据,确保了监测结果的准确性和可靠性。在轨道交通伺服系统监测中,测量机器人技术的应用极大地提高了监测效率和数据质量。它们能够迅速响应监测需求,自动完成监测任务,减少了人工干预和误差,同时缩短了数据处理周期;测量机器人还能够实现多点位、多参数的同步监测,为轨道交通系统的全面、细致监测提供了可能。通过集成到轨道交通的监控系统中,测量机器人技术能够实时监测和报告结构的变形情况,为运维人员提供及时的安全预警和决策支持。这有助于预防潜在的安全隐患,确保轨道交通系统的安全、稳定运行。

4 应用案例—柳洲东路站地铁工程中的基坑支护与支撑轴力伺服系统应用

4.1 工程概况与环境挑战

柳洲东路站位于南京市浦口区江山路与柳洲东路西南路口,是一座地下四层岛式车站,总长约177.4米,结构形式复杂,埋深较大。该站不仅紧邻已运营的3号线车站,且周边环境复杂,需拆迁公交场站及加气站,同时面临着多条重要管线的保护任务。地质条件方面,该站位于长江漫滩平原区,地势低平,地下水资源丰富,且含水砂层发育,给基坑开挖与支护带来了极大难度。特别是车站主体基坑埋深深达29.55米至31.62米,对基坑围护结构的稳定性和止水效果提出了极高要求。

4.2 支撑轴力伺服系统

为了有效应对上述挑战,柳洲东路站地铁工程引入了支撑轴力伺服系统,这一集成了数控液压技术、自动

化监测技术和物联网技术的综合解决方案,为基坑支护提供了前所未有的智能化管理手段。

4.3 系统介绍与架构

支撑轴力伺服系统由现场自动化设备与云平台两大部分构成。现场部分,智能支撑头总成通过无线伺服泵站对每个支撑头进行精准调整,同时激光收敛计实时监测围护结构变形情况,并将数据传输至主控电脑进行分析处理。云平台则提供远程监控与数据管理功能,用户可随时随地查看现场数据,实现项目的集中化管理。系统架构设计灵活,上海同禾公司开发的TH-AFS伺服系统分为A型和B型,分别适用于不同规模和复杂度的施工场景。A型系统以数控泵站为核心,通过无线传输控制多个支撑头;B型系统则采用集成式支撑头总成,内置小型泵站,通过总线连接实现高效控制。两种系统可组合使用,以满足复杂多变的现场需求。

4.4 系统功能与作用原理

支撑轴力伺服系统具有多种核心功能,包括轴力自动调节、实时数据采集与分析、故障报警与远程控制等。系统能够根据基坑变形数据,实时调整支撑轴力,主动平衡坑外土压力,从而有效控制基坑变形,保护周边环境安全。与传统被动受力的支撑方式相比,伺服支撑系统的主动出力特性使其能够在围护结构变形前即提供足够的支撑力,有效避免结构失稳和过大变形^[4]。

4.5 实施效果与展望

在柳州东路段地铁工程中,支撑轴力伺服系统的成功应用不仅极大地提高了基坑支护的安全性和可靠性,还有效降低了施工风险和成本。该系统的智能化管理特点也为项目的顺利进行提供了重要保障。施工团队能够实时掌握基坑变形情况,及时发现问题并采取措施,避免了潜在的安全隐患。

5 风险管理在深基坑开挖支撑体系伺服系统监测中的应用

5.1 风险管理流程

在支撑体系伺服系统监测中,风险管理流程构成一个系统性的框架,从风险识别到监控,每个环节都紧密相连且不可或缺。首先,风险识别作为首要步骤,通过对伺服系统监测全链条的深入分析,精确识别出可能影响支撑体系稳定性和安全性的风险因素,包括设备性能衰退、操作维护不当及恶劣环境条件等。紧接着,风

险评估利用历史数据、专家判断及现场调研,构建风险矩阵等工具,对识别出的风险进行量化评估,确定其严重性与发生概率,为制定应对策略奠定坚实基础。基于风险评估结果,风险应对环节将制定出一系列针对性措施,如增强设备维护频次、提升操作人员专业技能及优化监测方案等,以有效防范和控制风险。最后,风险监控作为保障措施有效性的关键环节,通过实时监测伺服系统数据,特别是支撑体系的变形与应力状况,实现风险的快速识别与响应。同时,定期审视风险管理流程的执行效果,灵活调整优化策略,以确保整个基坑开挖过程的顺利进行与安全可控。

5.2 风险管理与监测技术的结合

在深基坑开挖支撑体系伺服系统监测中,风险管理与监测技术的结合是实现有效风险管理的关键。通过利用先进的监测技术,如高精度传感器、实时数据传输和分析系统等,可以实时监测和分析支撑体系的各项关键参数,从而准确判断支撑体系的状态和安全性。这些实时监测数据可以为风险评估和应对提供有力的支持。通过将风险管理与监测技术紧密结合,可以实现基坑开挖过程的全面、精准监控,确保支撑体系的稳定性和安全性,从而确保基坑开挖的顺利进行。

结束语

随着轨道交通建设的不断发展,伺服系统监测技术在确保基坑开挖与支护结构稳定性方面展现出巨大潜力。通过不断优化监测技术与强化风险管理,能够显著提升施工安全与效率。未来,随着技术的持续创新与融合,伺服系统监测技术将更加智能化、精细化,为轨道交通工程的可持续发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]倪福.自动轴力伺服系统在紧邻地铁侧深基坑中的应用[J].建筑施工,2019,41(09):1616-1618.
- [2]唐克.基坑伺服轴力钢支撑系统轴力加载策略研究[J].城市道桥与防洪,2019(08):237-239+244+29.
- [3]孙九春,白廷辉.地铁基坑钢支撑轴力伺服系统设置方式研究[J].地下空间与工程学报,2019,15(S1):195-204.
- [4]孔洋,史天龙,薛伟,阮怀宁.哈尔滨某地铁车站深基坑围护结构选型与风险控制研究[J].建筑结构,2020,47(S1):1112-1117.