

高速铁路桥梁墩台沉降监测频率与预警阈值探讨

闫 龙

中铁大桥勘测设计院集团有限公司武汉分公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：高速铁路桥梁墩台的沉降监测是保障桥梁安全运营的关键环节。本文探讨了高速铁路桥梁墩台沉降监测的频率与预警阈值设置问题。合理的监测频率有助于及时捕捉沉降变化趋势，而科学的预警阈值则能够有效识别潜在风险。通过对沉降监测数据的分析，提出了一种适应不同地质条件和运营环境的监测方案。研究表明，沉降监测频率与预警阈值的优化设置能够显著提升桥梁运行的安全性，为高速铁路桥梁的维护提供了理论依据和实践指导。

【关键词】：高速铁路；桥梁墩台；沉降监测；频率；预警阈值

DOI:10.12417/2811-0528.26.06.053

高速铁路的快速发展对桥梁结构提出了更高的要求，尤其是桥梁墩台的沉降问题。沉降过度可能导致桥梁结构的稳定性降低，影响列车行驶的平顺性，严重时甚至会引发安全事故。因此，如何高效监测桥梁墩台的沉降变化，及时预警潜在风险，成为了当前研究的重要课题。沉降监测频率与预警阈值的科学设置，对于准确捕捉沉降变化及提高预警准确性起着至关重要的作用。合理的频率不仅能确保沉降数据的时效性，还能减少监测成本；而预警阈值的设置则决定了何时启动应急响应。因此，研究如何根据桥梁实际情况优化监测频率和预警阈值，对于提升高速铁路桥梁的安全性具有重要意义。

1 沉降监测频率的合理设定与影响因素分析

沉降监测频率的设定在高速铁路桥梁的安全监控中扮演着重要角色，其合理性直接关系到监测效果的准确性和预警系统的响应能力。桥梁墩台的沉降是一个动态过程，不同的地质条件、桥梁设计及环境因素都会影响沉降的速度和幅度。因此，确定适宜的监测频率，需要综合考虑多种因素。过高的监测频率虽然可以更精确地捕捉沉降变化，但也会导致数据冗余及较高的监测成本；而过低的频率则可能无法及时发现潜在的沉降问题，增加风险。为了平衡监测精度与成本，在设定频率时需考虑桥梁的沉降速率、地质环境、气候变化、交通负荷等因素。

地质条件是影响沉降监测频率的重要因素之一。软土地基和复杂地质环境下的桥梁，其沉降速率往往较为复杂，监测频率应当适当提高^[1]。尤其是在初建阶段或经过长期使用后，桥梁可能出现不同程度的沉降变化，过低的监测频率无法及时反映这种动态变化，可能会错失关键的监测数据，进而影响安全预警的效果。相反，在坚硬的岩土层或者沉降较为稳定的区域，较低的监测频率可能已能够满足监测需求。

除了地质条件，荷载值也对沉降的变化有显著影响。沉降效应主要来自于恒荷载，对于大跨度桥梁结构，其主墩往往承受较大的恒荷载，主墩基础易产生沉降问题。监测频率需要根

据桥梁跨度进行调整，尤其是大跨桥梁，增加监测频率有助于实时了解沉降的变化趋势。环境因素，特别是温湿度的变化，也会对沉降产生影响。在极端天气条件下，桥梁墩台的沉降可能会发生突变。在此类情况下，适当提高监测频率，可以更有效地捕捉沉降的变化，及时应对突发问题。综合考虑这些影响因素后，设定合适的监测频率，对于有效保障高速铁路桥梁的安全运营具有重要的实践意义。

2 预警阈值的确定与沉降数据的关联性研究

预警阈值的关键作用是确保在桥梁墩台出现异常沉降时，能够及时触发警报并采取应急措施。沉降数据的变化趋势和幅度直接影响到预警阈值的设定，精确的阈值能够提高预警系统的响应速度，避免过度警报或漏报现象。为了确保预警阈值的准确性，沉降数据的监测结果必须与桥梁设计、地质条件、环境变化等多方面因素相结合，逐步调整优化，才能实现最为有效的监测效果。沉降数据的变化幅度和速率通常会受到多种因素的影响，如地质层的稳定性、桥梁的载荷变化以及气候条件的波动。在设置预警阈值时，必须考虑到这些因素的变化规律。不同类型的桥梁和基坑土壤的沉降模式各异，对于预警阈值的设定要求也有所不同^[2]。软土地基上桥梁的沉降较为复杂且不易预测，因此需要设定较低的预警阈值来提前识别潜在的风险；而在稳定的岩层或硬土层上，沉降速率较为缓慢，相应的阈值可以适当提高。通过与沉降数据的不断比对，可以精细化地确定合适的预警阈值。

桥梁跨度和气候变化等因素也必须被纳入预警阈值的设定考量中。对于大跨桥梁结构，特别是超静定结构，沉降变化直接影响桥梁的结构受力。预警阈值需设置在一个能够及时捕捉到沉降趋势的区间，以确保在沉降发生的初期阶段就能获得警报。与此同时，气候因素如温度变化也会影响沉降的动态变化，尤其是在极端天气情况下，地基含水率的变化可能导致发生非预期的沉降，预警阈值应当具备应对这些变化的能力。通

通过对沉降数据的深度分析与建模,可以准确预测不同条件下的沉降变化趋势,从而有效设定预警阈值。优化后的预警阈值不仅能够减少误报率,还能确保在沉降超出安全范围时,能够第一时间启动应急响应机制,从而有效防止安全事故的发生。

3 优化监测频率与预警阈值的策略与应用

优化监测频率和预警阈值的策略,旨在通过科学的设计与合理的调整,提高桥梁沉降监测系统的预警效果与响应速度。监测频率与预警阈值相辅相成,两者的合理匹配直接影响到监测系统的运行效率。若监测频率过高,而预警阈值设置不当,可能会造成大量无意义的警报,降低系统的可靠性;若监测频率过低,则可能无法及时捕捉沉降的关键变化,从而错失预警机会。在优化这两者时,必须在实际应用中进行动态调整与实时反馈。

通过对沉降数据的精细化分析,可以确定不同沉降速率下的最优监测频率。在一些沉降变化较为平稳的区域,较低的频率能够满足基本监测需求,但在沉降变化剧烈或处于桥梁施工初期的阶段,应适当提高监测频率,确保数据捕捉的及时性。为了避免频繁的监测造成设备的过度负担,可结合实时数据分析与预测模型,动态调整监测频率。这种方式能够在保证监测精度的同时,减少资源浪费和不必要的干扰。预警阈值的优化策略则更多地依赖于对沉降数据的长时间监控和趋势分析。在设定预警阈值时,必须综合考虑沉降量、沉降速率以及外部环

境因素,如温度、湿度的变化^[3]。通过建立多维度的监测模型,能够实时预测沉降的变化趋势,从而为阈值设置提供依据。随着数据积累的增多,模型的预测能力也会不断提高,从而使预警阈值更为精准,减少了人为设定的误差和固定阈值所带来的盲点。

在应用过程中,桥梁沉降监测系统的实时性与智能化水平也对监测频率与预警阈值的优化产生了影响。结合人工智能、大数据分析和物联网技术,可以构建一个自适应的监测与预警系统。系统能够实时接收各类传感器的数据,并根据数据波动自动调整监测频率。当监测到沉降数据超出设定的阈值时,系统会立即启动预警并发送警报,为相关部门提供即时响应信息。系统还可以根据不同的操作模式,如桥梁修复期和正常运营期,灵活调整监测频率和预警阈值,以确保在各种条件下都能有效运作。

4 结语

通过对高速铁路桥梁墩台沉降监测频率与预警阈值的探讨,研究表明,合理的监测频率和精确的预警阈值对提升桥梁安全性至关重要。不同的地质条件、桥梁跨度和环境因素要求监测频率和阈值进行动态调整,从而提高监测系统的准确性和响应速度。随着科技的不断进步,智能化监测系统将进一步优化监测频率与预警阈值的设定,为高速铁路桥梁的长期稳定运行提供有力保障。

参考文献:

- [1] 毛保红,陈凯.高速铁路联调联试及运行试验机务行车安全风险分析及防控对策[J].铁路技术创新,2025,(06):37-42.
- [2] 叶丹.公路下穿施工对高速铁路桥梁墩台及行车安全影响研究[J].高速铁路技术,2024,15(03):13-18.
- [3] 袁丛军,董龙龙.高速铁路桥梁墩台填土偏移变形整治研究[C]//《施工技术》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2023年全国土木工程施工技术交流会论文集(下册).中铁第四勘察设计院集团有限公司,2023:55-59.