

# Correlation analysis between deformation monitoring of key sections of high-speed railway and data of fine measuring network

Jiahai Zhang

Department of Public Works, China Railway Shanghai Bureau Group Corporation, Shanghai, 200071, China

## Abstract

This paper focuses on the correlation analysis between deformation monitoring of key sections of high-speed railway and precision measurement network data. With the rapid development and wide application of high-speed rail systems, ensuring their operational safety and stability has become critical. As the core technology in the construction and maintenance of high-speed railway, the precision measurement network data provides a high-precision spatial positioning benchmark and plays an irreplaceable role in monitoring deformation. The research in this paper not only helps to deeply understand the correlation between high-speed railway deformation monitoring and precision measurement network data, but also provides important theoretical and technical support for the safe operation and maintenance of high-speed railway. In the future, with the continuous development of technology, the fusion application of deformation monitoring and precision measurement network data will further improve the safety and stability of high-speed railway.

## Keywords

high-speed railway; Operation; Deformation monitoring; Fine measuring net; relevancy

## 高速铁路重点段落变形监测与精测网数据的关联性分析

张家海

中国铁路上海局集团公司工务部, 中国·上海 200071

## 摘要

本文聚焦于高速铁路重点段落变形监测与精测网数据之间的关联性分析。随着高速铁路系统的快速发展和广泛应用, 确保其运营安全性和稳定性变得至关重要。而精测网数据, 作为高速铁路建设和维护中的核心技术, 提供了高精度的空间定位基准, 对于监测变形情况具有不可替代的作用。本文的研究不仅有助于深入理解高速铁路变形监测与精测网数据之间的关联性, 还为高速铁路的安全运营和维护提供了重要的理论和技术支持。未来, 随着技术的不断发展, 变形监测与精测网数据的融合应用将进一步提升高速铁路的安全性和稳定性。

## 关键词

高速铁路; 运营; 变形监测; 精测网; 关联性

## 1 概述

随着我国“八纵八横”主要路网建设的逐步实现, 高速铁路已从施工建设阶段转向运营维护阶段。在这一背景下, 确保高速铁路的安全运营成为首要任务, 而重点地段的基础变形监测则是保障线路安全的关键环节。近年来, 众多学者致力于运营高速铁路基础变形监测的研究, 取得了一系列重要的理论成果, 为高速铁路的安全监测提供了有力支持。本文的研究将涵盖多个方面, 包括变形监测技术的选择与应用、精测网数据的处理与分析、以及两者之间的关联性

评估等。通过这一研究, 我们期望能够构建一个更加完善、高效的高速铁路重点地段变形监测技术体系, 为高速铁路的安全运营提供有力保障。

## 2 高速铁路变形监测基础理论

### 2.1 变形监测的定义与重要性

变形监测是指在各种荷载作用下, 对变形体形状、大小及位置在时间域和空间中的变化进行监测的过程。这一概念广泛适用于从自然界的地质变化到人类工程结构的稳定性评估, 尤其在高速铁路领域, 变形监测扮演着不可或缺的角色。

高速铁路作为现代交通的重要组成部分, 其安全性和稳定性直接关系到乘客的生命安全和社会经济的发展。变形

【作者简介】张家海(1980-), 男, 中国安徽淮南人, 本科, 高级工程师, 从事铁道工程研究。

监测能够及时发现高速铁路路基、桥梁、隧道等结构物的微小形变,通过数据分析和处理,可以预测和评估结构的长期稳定性,从而采取相应的维修或整治措施,确保高速铁路的安全运营<sup>[1]</sup>。

## 2.2 运营期高铁(高速铁路)重点地段变形监测的方法

目前运营期高速铁路重点地段变形监测包含两项观测内容,即沉降监测和横向监测。沉降监测主要采用传统水准测量的方式进行。具体采用单程矩形环水准测量的路线进行。矩形环法得到的闭合环都是规则的矩形。

横向监测采用线形测量的方式,线形测量就是每次采用轨检仪检查线路的线形,每 10 米间隔固定位置提取实测线路中心与线路设计中心线的偏差值,比较每次同一点的变化量,由于其本身就是线路设备检查的一种手段,局限性比较小,目前普遍采用这种线形测量的方法代替。

## 2.3 精测网的概念与在变形监测中的应用

精测网是高速铁路变形监测的重要组成部分,它是指为了满足高速铁路工程勘察设计、施工和运营维护的精度要求而建立的统一、精密的工程测量控制网。

精测网在高速铁路工程中的应用十分广泛。它可以用于高速铁路线路的勘察设计、施工放样、竣工验收等环节,确保高速铁路线路的位置和高程精度。同时,精测网还可以用于高速铁路结构的变形监测和预警,及时发现和处理潜在的安全隐患,确保高速铁路的安全运营<sup>[2]</sup>。

## 3 高速铁路重点段落变形监测数据分析

### 3.1 监测数据收集与处理

在高速铁路重点段落的变形监测中,监测数据的收集与处理是确保分析准确性和可靠性的基础。

### 3.2 监测数据来源

监测数据主要来源于各种变形监测测量设备,如水准仪、轨道测量小车等。这些设备能够实时或定期地记录高速铁路结构(如路基、桥梁、隧道等)的变形信息,包括水平位移、垂直沉降等。

### 3.3 收集方法

监测数据的收集方法通常是在某项运营期高速铁路重点段落变形监测的项目中获取。

### 3.4 数据处理流程

监测数据的处理流程包括数据清洗、数据计算、数据分析和数据校验等步骤。首先,对原始数据进行清洗,去除重复、错误或无效的数据。然后,将获取的数据进行计算,形成统一的数据格式和存储结构。接着,根据需要进行数据分析,最后,对数据进行校验,确保数据的准确性和完整性。

### 3.5 变形监测数据的特征分析

对监测数据进行特征分析是揭示高速铁路结构变形规律的重要手段。要做好对监测数据的管理,必须建立评价指标,如特征点、特征断面、单次月变形量、月平均变形量等。

综上所述,监测数据的收集与处理、特征分析是高速铁路重点段落变形监测数据分析的关键环节。通过科学的数据处理和分析方法,可以揭示高速铁路结构的变形规律和安全状态,为高速铁路的安全运营和长期稳定性提供有力保障。

## 4 精测网数据分析

### 4.1 精测网数据的获取与处理

精测网数据在高速铁路等大型线状工程等领域中扮演着至关重要的角色。为了确保数据的准确性和可靠性,数据的获取与处理过程必须严格遵循科学的方法和流程。本项目数据获取于某项正在执行运营期高速铁路精测网复测项目。

### 4.2 精测网数据的采集方法

精测网数据的采集主要依赖于高精度的测量设备和先进的技术手段。常见的测量设备包括全站仪、GPS 接收机、水准仪等。这些设备能够精确测量地表或工程结构上的点位坐标、高程和变形等信息。在采集数据时,需要根据工程或研究的需求,合理布设测量点,并设定适当的采样频率和测量精度要求。

### 4.3 处理流程

精测网数据的处理流程包括数据预处理、数据解算和数据质量控制三个主要环节。数据预处理主要是对原始数据进行清洗和整理,去除重复、错误或无效的数据。数据解算则是利用专业的测量软件和算法,对预处理后的数据进行解算和分析,得到点位坐标、高程和变形等测量成果。数据质量控制则是对解算后的数据进行检验和评估,确保数据的准确性和可靠性。

### 4.4 精测网数据的特征分析

对精测网数据进行特征分析是评估其可靠性的重要手段。

#### 4.4.1 测量精度分析

测量精度是评估精测网数据质量的关键指标。通过对测量成果的误差进行分析和评估,可以了解测量精度的情况。常见的误差来源包括仪器误差、观测误差、环境误差等。为了提高测量精度,需要采取一系列措施来减小误差的影响,如选择高精度的测量设备、优化测量方案、提高观测质量等。

#### 4.4.2 精测网数据的变形分析

精测网数据不仅具有空间分布特征,还随时间发生变化。精测网数据的时间变化规律可以通过对点位坐标或高程随时间的变化情况进行统计分析来揭示。如果点位坐标或高程随时间的变化呈现出一定的趋势或周期性规律,则可以认为存在时间变化规律。这种规律可能与工程活动、地壳运动、气候变化等因素有关。

综上所述,精测网数据的获取与处理、特征分析是评估其可靠性和理解工程形变过程的重要手段。通过科学的数据处理和分析方法,可以揭示精测网数据的内在规律和潜在

信息,为工程监测、构筑物变形研究等领域提供有力的数据支持<sup>[1]</sup>。

## 5 高速铁路重点段落变形监测与精测网数据的关联性分析

在高速铁路的运营与维护过程中,变形监测与精测网数据作为两大关键数据源,对于确保铁路的安全性与稳定性至关重要。本章旨在深入探讨这两类数据之间的关联性,进而提出优化监测策略,以提升监测的准确性和可靠性。

### 5.1 关联性分析方法

为了有效分析高速铁路重点段落变形监测数据与精测网数据之间的关联性,需采用科学的数据分析方法。在探讨高速铁路重点段落变形监测数据与精测网数据的关联性时,我们可以采用多种统计方法,其中相关系数分析是一种直观且有效的方法。

### 5.2 数据趋势一致性验证

首先,对比两类数据在同一时间段内的测量结果,可以验证数据的一致性。如果两者在关键点位上的变形量或测量值高度一致,说明两者具有较高的相互验证性,增强了数据的可信度。通过变形趋势的相互印证进一步地,分析两类数据反映的变形趋势是否一致。例如,如果变形监测数据显示某段路基在持续下沉,而精测网数据也显示出相似的沉降趋势,则两者之间的关联性得到加强。这种相互印证有助于更准确地判断高速铁路结构的实际变形状态。

### 5.3 提出优化建议

优化监测点布设:根据关联性分析结果,调整和优化监测点的布设。例如,在变形敏感区域或精测网数据揭示的高风险区域增加监测点,并且共点设置,以提高监测的分辨率和准确性。建立综合监测体系,构建变形监测与精测网数据相结合的综合监测体系,实现数据的实时共享和协同分析。通过整合两类数据的优势,形成互补效应,提高监测系统的整体效能。

## 6 高速铁路重点段落变形监测与精测网数据关联性分析案例分析

### 6.1 引言

本章将以某典型高速铁路重点段落为例,详细介绍变形监测与精测网数据的收集、处理和分析过程,旨在通过实际案例验证前文提出的方法和结论,并提出针对性的改进措施和建议,为高速铁路的安全运营提供有力支持。

### 6.2 案例背景与数据收集

选取某高速铁路的重点段落作为研究对象,该段落位于地质条件复杂、地形起伏较大的区域,对铁路的安全运营构成潜在威胁。为确保铁路的安全性和稳定性,我们进行了详细的变形监测和精测网数据收集。变形监测数据主要通过设置监测点、使用高精度测量仪器(如全站仪、GPS等)进行定期观测获取。精测网数据则通过铁路内部的专业测量

系统,利用高精度的测量方法和设备,对铁路线路、桥梁、隧道等关键结构进行定期测量和记录。

## 6.3 数据处理与分析

### 6.3.1 数据预处理

在数据分析前,首先进行数据预处理,包括数据清洗、缺失值处理、异常值检测与处理等。确保数据的准确性、完整性和一致性,为后续分析提供可靠的数据基础。

### 6.3.2 数据趋势一致性验证

进一步对比两类数据在同一时间段内的测量结果,验证数据的一致性。通过对比分析,发现两者在关键点位上的变形量或测量值高度一致,且反映的变形趋势也相同。这进一步证实了变形监测数据与精测网数据之间的关联性,增强了数据的可信度。

## 6.4 案例分析结果

变形监测数据与精测网数据之间存在较强的线性关系,相关系数 $r$ 接近1,表明两者具有较高的相互验证性。两者在关键点位上的变形量或测量值高度一致,且反映的变形趋势也相同,进一步证实了数据的关联性。变形监测数据与精测网数据的关联性为高速铁路的安全运营提供了可靠的数据支持,有助于及时发现和处理潜在的变形问题。

## 6.5 改进措施与建议

提升监测技术水平,不断引进和应用先进的监测技术和设备,提高监测的精度和效率。加强对监测人员的培训和技术支持,提高其专业素质和技能水平。通过以上改进措施和建议的实施,可以进一步提升高速铁路变形监测与精测网数据的关联性和准确性,为高速铁路的安全运营提供更加有力的支持。

## 7 结论与展望

### 7.1 结论

通过本案例的深入分析,我们不仅验证了变形监测数据与精测网数据之间的紧密联系,还进一步揭示了它们在高速铁路安全运营中的不可或缺性。

### 7.2 不足与未来研究方向

尽管本研究取得了一定成果,但仍存在一些不足之处,也为未来的研究指明了方向。综上所述,变形监测与精测网数据的关联性分析在高速铁路安全运营中发挥着至关重要的作用。未来研究应继续深化这一领域的研究,推动技术的进步和应用的发展,为高速铁路的安全、高效运营提供更加坚实的保障。

## 参考文献

- [1] 张婧宜,孙志鹏. BIM虚拟技术在高速铁路变形监测信息可视化表达中的应用研究[J]. 粉煤灰综合利用,2018(6):84-86,90.
- [2] 马龙. 运营期高速铁路变形监测数据管理与分析系统研究[J]. 智能城市,2019,5(11):6-8.
- [3] 赵子璋. 基于GB-RAR的高速铁路桥梁变形监测研究[J]. 科技资讯,2024,22(16):154-156.