

# 基于多轨 X 波段 SAR 影像的桥梁精细形变监测与健康评估

Xiaotian Wang<sup>1</sup>, Lianhuan Wei<sup>1</sup>, Dong Zhao<sup>2</sup>, Cristiano Tolomei<sup>3</sup>

1. Institute for Geo-Informatics and Digital Mine Research, School of Resources and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2000982@stu.neu.edu.cn(X.W.); weilianhuan@mail.neu.edu.cn(L.W.); Tel.: +86-24-8369-1682
2. Shenyang Geotechnical Investigation & Surveying Research Institute, Shenyang 110004, China; fei\_fei\_lucky@126.com
3. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 00143 Rome, Italy; cristiano.tolomei@ingv.it

21 世纪以来, 人类居住环境的城市化进程不断加快, 出现了大量各类桥梁设施, 随着运营时间和日常荷载的增加, 一些桥梁开始出现不同程度的沉降、形变、裂缝以及抬升现象, 这些现象严重影响着桥梁的日常使用安全。因此, 采用一种可靠的技术手段对桥梁进行周期性的形变监测对于防止桥梁垮塌造成的公众伤亡和财产损失具有极其重要的意义。

相比于传统的接触式监测手段 (GPS、水准仪等), 存在监测周期长、易受环境影响等不足, InSAR 技术属于非接触式监测手段, 利用 InSAR 技术对桥梁、高楼等基础设施进行监测具有全天时全天候探测、精度高、成本低、不影响桥梁运营等特点。高分辨率 SAR 数据能够以更高的监测点密度和灵敏度的优势应用于桥梁精细形变监测工作中。

本研究计划以辽宁省沈阳市内的五跨大跨径变截面连续箱梁桥-新立堡跨浑河桥为研究对象。所用数据源为 TerraSAR-X 卫星提供 2015 年 3 月至 2017 年 4 月的 30 幅影像以及 COSMO-SkyMed 卫星提供的 2015 年 8 月至 2017 年 6 月的 29 幅影像, 利用 SBAS-InSAR 技术对数据集进行处理, 得到桥梁 LOS 向的形变信息。应用最小二乘线性拟合方法, 结合桥梁结构特征和材料特性, 提取温度影响因子, 构建桥梁温度形变模型, 分离桥梁的温度形变和趋势形变。桥梁的形变是由周期性的温度形变和线性的趋势型形变共同作用的结果, 故将温度形变与趋势性形变相分离可以帮助我们更好的研究桥梁的形变特征机理。然后将多源 LOS 向温度形变结合桥梁结构和传感器几何参数、基于自然邻域插值方法, 获取桥梁沿桥向温度形变场。基于时间、空间插值方法、奇异值分解原理将多源 SAR 数据获得的 LOS 向趋势形变进行几何配准、插值和融合, 解算为桥梁的沿桥向、垂直向形变。最后针对桥梁的复杂结构的形变可视化问题, 将桥梁的不同特定结构部分的形变点数据分离提取出来, 可以更好的分析桥梁的不同结构的形变规律。

研究表明, 连续箱梁桥的温度形变十分明显, 基于最小二乘方法提取桥梁监测点的温度影响因子, 构建桥梁的温度形变模型方法, 可以将桥梁中的周期性的温度形变和长期性的趋势形变的相分离。基于多种时间、空间插值方法, 应用奇异值分解原理的多源 SAR 数据融合方法, 可以获取精确的桥梁垂直向、沿桥向形变信息, 结果表明新立堡桥主桥的主跨跨中处有着明显的垂直向形变, 次跨跨中也发生了垂直向、沿桥向位移。InSAR 技术可作为一种常规的形变监测手段, 对多种桥梁的时间序列形变进行提取和分析, 为桥梁健康检测提供了可靠的技术和数据支持。