

---

## 基于多平台 MT-InSAR 反演上海崇明岛近十年地面形变时间序列

姚程方<sup>1,2,3</sup> 赵卿<sup>1,2,3,\*</sup>

1. 华东师范大学教育部地理信息科学教育部重点实验室, 上海200062;
2. 华东师范大学地理科学学院, 上海 200241;
3. 超大城市自然资源时空大数据分析应用重点实验室, 上海 200241;

崇明岛位于长江入海口, 不仅是中国第三大岛, 也是世界最大的河口冲积岛, 至今已有 1400 年的历史。崇明岛的形成是由上游河流挟带巨量泥沙在河口沉积所致。而自 1950 年以来, 除了河流泥沙的自然沉积外, 崇明岛也经历了数次人工围垦, 面积由原来的不到 600 km<sup>2</sup> 扩张到了现如今的 1269 km<sup>2</sup>。崇明岛浅部地层形成较晚, 且多为海陆交互相沉积, 土层孔隙比大, 含水率高, 自身的自然固结过程尚未完成, 极易在堆积压实和释水等作用下发生显著的压缩变形。根据 GPS 监测成果, 1995~2005 年间新围垦的团结沙海岸等东部地带沉降量大于 500 mm, 沉降速率超过 50 mm/year, 向西逐步减少至 50 mm, 沉降速率降低至 5.0 mm/year 左右。严重的地面沉降不仅会破坏公共基础设施和建筑物, 还会导致海岸蚀退和风暴潮等自然灾害。因此, 有必要对崇明岛的地面沉降进行监测。本研究使用三个星载合成孔径雷达卫星数据集反演崇明岛最近十年的形变时间序列, 并评估了多平台 MT-InSAR 形变时间序列融合的理论误差。

本研究使用了三个覆盖崇明岛的有时间重叠的 SAR 数据集。第一个数据集为 Radarsat-2 Multilook fine mode(RSD-2MF)数据集, 由 21 幅影像组成, 获取时间为 2009 年 8 月 28 日至 2013 年 12 月 29 日, 其工作在 C 波段(降轨道, HH 极化)。第二个数据集包含 44 幅 Radarsat-2 Wide mode(RSD-2W)影像, 获取时间为 2012 年 1 月 29 日到 2016 年 10 月 22 日, 其工作在 C 波段(降轨道, VV 极化)。第三个数据集包含 120 幅 Sentinel-1A(S1A)影像, 获取时间为 2015 年 11 月 29 日到 2020 年 6 月 17 日, 其工作在 C 波段(升轨道, VV 极化)。通过小基线子集(Small Baseline Subset, SBAS)算法反演了三个 SAR 卫星数据集的地面变形时间序列。在此基础上, 利用奇异值分解(Singular Value Decomposition, SVD)方法联合分析 RST-2MF 和 RST-2W 共有高相干点的变形时间序列, 得到时间跨度为 2009 年 8 月至 2016 年 12 月的 RST-2MF/RST-2W-SBAS 变形时间序列。然后, 采用相同的方法对 RST-2MF/RST-2W-SBAS 变形时间序列和 S1A-SBAS 变形时间序列进行联合分析, 得到 2009 年 8 月至 2020 年 6 月的 RST-2MF/RST-2W/S1A-SBAS 变形时间序列。最后, 以失相干引起的噪声作为 SVD 方法的误差源, 将误差传播理论应用于研究区域内所有常见的高相干点, 以获得使用 SVD 方法融合形变时序的理论误差分布。

使用 2009-2013 年的 RST-2MF、2012-2016 年的 RST-2W 和 2015-2020 年的 S1A 数据集通过 SBAS 方法分别反演得到了崇明岛三个时期的形变时间序列。然后将崇明岛 RST-2MF-SBAS、RST-2W-SBAS 和 S1A-SBAS 形变时间序列相融合, 得到了崇明岛 10 多年

---

(2009-2020)的长期变形时间序列。统计分析结果表明,三个时期(2009-2013、2012-2016和2015-2020)的形变累积平均值分别为-16 mm、-11 mm和-7 mm,相应的年平均变形率分别为-5 mm/年、-1.7 mm/年和-1.5 mm/年。RST-2MF/RST-2W/S1A-SBAS变形时间序列表明,研究区近十年累积变形变量的高相干点98%分布在-120 mm~20 mm之间,相应的年平均变形率分布在-15 mm/年~2 mm/年之间。崇明东部部分围垦区的沉降率超过-15 毫米/年,近十年累计沉降达到-200 毫米。通过误差传播定律获得了使用SVD方法融合形变时序的误差分布,平均值为5 mm,标准偏差为4 mm。