

成果名称:	基于 GNSS 垂向形变的粤港澳大湾区台风期暴雨洪水预报方法研究
登记日期:	2023-12-17
完成单位:	华南农业大学
完成人员:	姚朝龙,王长委,张瑞,于红波,李红伟,万欢
研究起止日期:	2021-04-01 至 2023-03-31
主要应用行业:	科学研究和技术服务业
社会经济目标:	地球和大气层的探索与利用
评价单位:	华南农业大学
评价日期:	2023-05-05
成果简介:	<p>课题来源单位为广州市科技局。台风暴雨使地表流体质量（地表和地下水）剧增，造成显著的地表形变。因此，高精度地表形变信息为台风洪水预报提供了新的数据。目前，单一的卫星重力、地面重力、InSAR 等方法均无法获得高时空分辨率的地表形变结果，难以捕捉台风驱动的形变效应。近年来，采用密集 GNSS 站点垂向形变监测台风水文负荷效应和水储量变化成为新兴的研究方向。2017 年，国外学者利用 GPS 分析了台湾地区台风降雨负荷形变的时空分布。2018 年，国外学者首次利用 GPS 监测了“ Harvey”飓风降雨引起的美国地区每日的水储量变化。2019 年，课题组利用 GNSS 垂向形变分析了台风“山竹”引起的华南地区（包括粤港澳大湾区）地表形变，展示了该技术在台风灾害监测中的巨大潜力。粤港澳大湾区是国家建设世界级城市群和参与全球竞争的重要空间载体，也是受台风灾害影响最为严重的地区之一，开展台风期暴雨洪水预报研究对保障大湾区人民生命和财产安全以及区域乃至世界经济发展具有重大意义。2020 年 6 月，随着我国北斗系统组网完成，全球卫星导航系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）的服务能力得到极大的改善。近十多年来，粤港澳大湾区建立了连续运行的密集 GNSS 站，测站坐标时间序列为研究极端气候事件（特别是暴雨洪水）驱动的地表形变机制及灾害评估提供了宝贵的基础数据。因此，发展 GNSS 台风暴雨洪水灾害预报的理论和方法，将能有效提升大湾区的应急管理能力，保障湾区的公共安全。GNSS 垂向形变包含观测噪声和所有地表物质迁移驱动的形变信息，准确提取与洪水相关的水文负荷形变信号，需要结合观测噪声的频谱特征和水文负荷形变机制，解决噪声与非水文负荷形变信号精确分离的问题。此外，台风洪水驱动的地表形变过程十分复杂，建立高精度洪水预报模型，需要结合大湾区地形、流域特征及前期地表含水量等资料，准确确定暴雨洪水过程与 GNSS 水文负荷形变的响应关系。本课题实现了基于“3 倍标准差准则”的原始 GNSS 垂向位移数据粗差探测；利用多面函数拟合法对缺失数据进行插补，获得了连续的垂向位移数据；分析了不同测站环境下 GNSS 垂向形变高频噪声的频谱特征及其与人口迁徙活动的关系，利用 Butterworth 削弱了高频噪声的影响；通过扣除趋势项消除构造运动的影响；从多种大气和非潮汐海洋负荷形变模型（ESMGFZ、MERRA2、ERAin、ATMIB 等）格网数据中插值得到 GNSS 站点的大气和非潮汐海洋负荷形变；基于设置的滤波截止频率和多种形变模型的计算结果，得到不同滤波截止频率和不同形变模型提取的 GNSS 水文负荷形变信号序列；通过分析水文负荷形变与水文要素的时延响应特征，构建了滤波参数设置和负荷模型选取的最优准则。课题组以 2017 年 8 月连续台风“天鸽”和“帕卡”为例，分析了不同强度的登陆台风对应的降水量及其时空分布，基于提取的广西梧州</p>

GXWZ、广西北海 GXBH、广东广州 GUAN、广东湛江 GDZJ 四个 GNSS 测站水文负荷形变分析了台风暴雨洪水驱动的地表负荷形变过程，分析了不同水文要素与地表形变的关系，发现部分 GNSS 测站水文负荷形变与河流水位存在较强的响应关系，在这些站点构建了大湾区 P-GNSSHLD-Q 洪水预报模型。本课题将 GNSS 技术应用拓展到水文学领域，利用测站垂向形变数据建立新的洪水预报模型，提出“GNSS+水文”应用的新模式，在科学上将有助于发展洪水预报的新理论和新方法；在现实中，将有效提升大湾区台风灾害的应急管理能力和保障湾区的公共安全；在产业上，有利于将大湾区建成科技合作与“GNSS+水文”应用新模式的示范区，推进以北斗为核心的防灾减灾产业发展。然而，受 GNSS 站点数量的限制，本项目建立的台风期暴雨洪水预报模型有待进一步精化，以达到工程化应用水平。