

# 西部山地突发性暴雨形成机理及预报理论 方法研究

## 一、项目介绍

项目主要针对西部山地突发性暴雨及其山洪地质灾害防御的重大需求，聚焦西部山地突发性暴雨的多尺度天气学特征和动力学机制、复杂地形地貌下的精细化暴雨预报模式、西部山地突发性暴雨诱发山洪地质灾害的演化机理等三项科学问题开展了系统性研究；在西部山地突发性暴雨的综合观测和多尺度信息提取技术、基于多元资料的西部山地精细定量降水估计和临近预报技术、复杂地形非静力暴雨模式的建立和对流尺度集合预报技术、以及基于地质结构和水文气象耦合的山洪地质灾害预报预警技术等四项关键技术上取得了突破，在基础理论和业务应用方面形成了五项标志性研究成果。

## 二、项目成果

在基础理论方面（1）形成了西部山地突发性暴雨的特征与机理系统性研究成果（“山地突发性暴雨发展演变的诊断指标集”在云南、陕西、青海、湖南、湖北等气象台应用示范）；（2）提出并建立了西部山地阶梯地形非静力模式新框架（WRF-AREM 通量型非静力框架）、以及地形扰动方案等预报方法等。

在业务应用方面形成了 (3) 西部山地精细化的定量降水估计算法及其应用示范 (在重庆气象台业务试用, 精度较现有业务算法模块提高 5.3%); 以及适合于我国西部山地条件的暴雨数值预报系统 (0-24h 预报准确率高于近两年的 ECMWF、NCEP 等国际先进的全球模式 5%); (4) 基于理论分析的山洪地质灾害预警模型 (成果入选 2020 年科技部支持防汛救灾技术装备成果清单, 并成功应用于 2021 年多地特大暴雨山洪等气象服务); (5) 西部山地突发暴雨及诱发山洪地质灾害检验评估新方法 (MetEva 天气预报全流程检验程序库涵盖暴雨目标识别等 50 多种检验方法, 目前已在 40 多个气象部门应用)。

### 三、成果代表图片

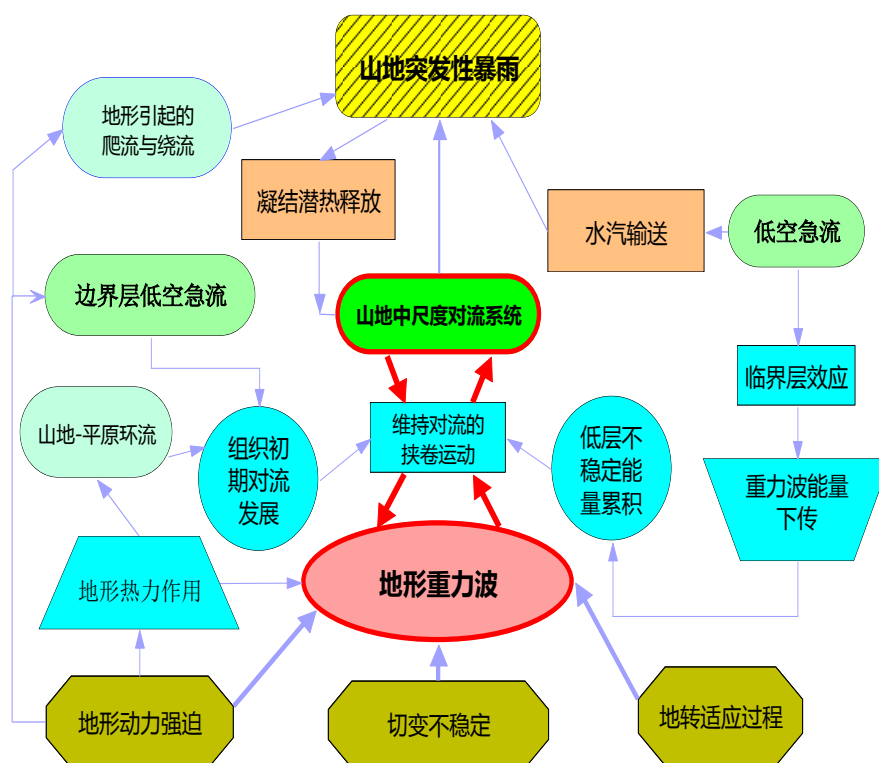


图 1 西部山地突发性暴雨预报的物理概念模型

通过小波交叉谱分析等多种判识方法研究典型个例发现：山地突发性暴雨过程中除 MCS 外还存在由于地形强迫、切变不稳定以及非地转平衡（地转适应过程）三者共同作用而形成的中尺度地形重力波，从而提出地形重力波与对流系统两者的耦合作用是引发山地突发性暴雨的一类重要机制，并集成机理五方面研究成果建立起山地突发性暴雨预报的物理概念模型，填补了山地突发性暴雨机理研究的空白。

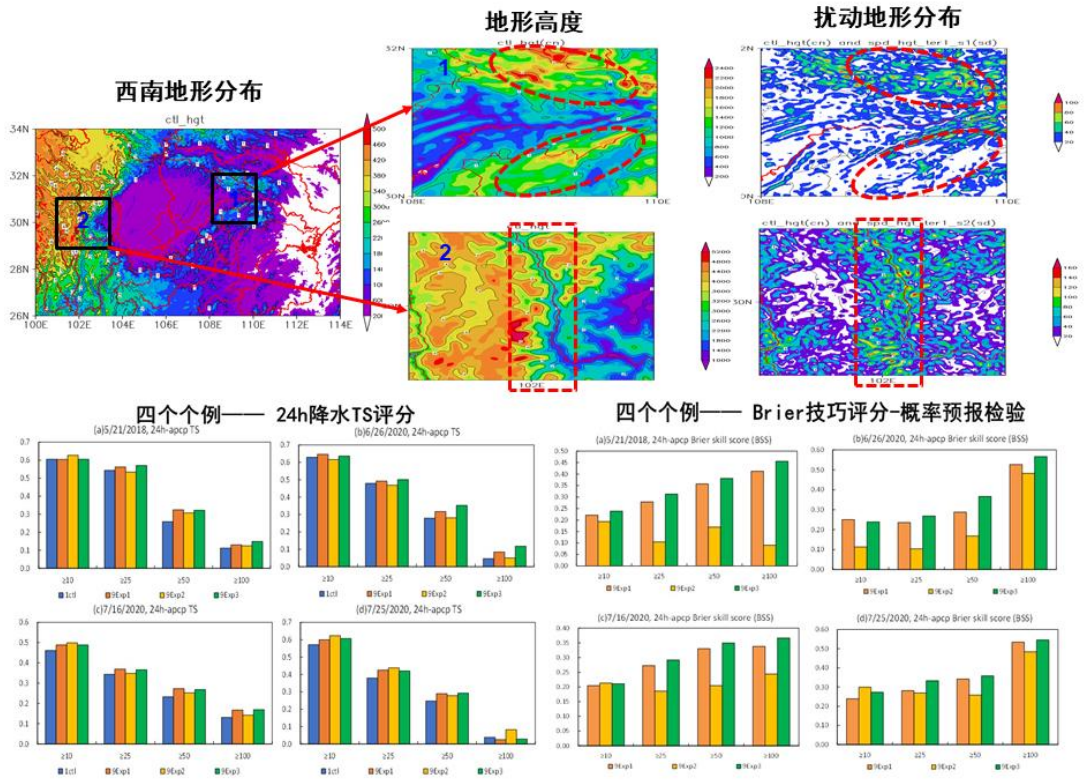


图 2 地形扰动分布(扰动方案产生的地形扰动大值区出现在地形高度水平梯度大的山坡与河谷)和采用地形扰动方案后山地暴雨个例的集合平均降水 TS 评分和概率预报技巧评分(绿色柱状)针对西部山地暴雨复杂的地形特征，首次提出“地形不确定性”

(Topography uncertainty) 的概念, 自主设计了基于不同平滑插值方案的地形扰动方案 (Topography perturbation scheme), 结合高、低分辨率地形高度差方案以增加扰动成员个数和定量控制扰动幅度, 在集合预报系统中引入了一种新的不确定性来源, 提高了复杂地形区域暴雨的概率预报水平。