

意大利山洪灾害防治流域性示范项目介绍

孙东亚

水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心

意大利是一个山洪灾害多发的国家，例如在 2009 年 10 月 3 日，意大利南部城镇 Messina 因暴雨引发山洪（图 1），造成 20 人死亡，35 人失踪，40 人受伤，450 人无家可归，山洪诱发的泥石流造成道路阻塞，铁路中断。2000 年 9 月 11 日凌晨 5 点左右，意大利卡拉布里亚区 Beltrame 河 Soverato 城镇上游得一处宿营地发生受到山洪袭击（图 2），造成长 450m 左右的河岸崩塌，激流冲翻车辆，泥石流淹没汽车和小木屋。当时在宿营地的 17 名残疾人和陪伴他们的 32 名家人或志愿者受到山洪冲击，造成 10 人死亡，12 人失踪。



图 1 意大利南部城镇 Messina 因暴雨引发山洪



图 2 意大利卡拉布里亚区 Soverato 城镇山洪灾害

为加强洪水管理，欧洲一些国家联合资助开展第六个欧盟研究和技术开发项目，项目名称为 FLOODsite，执行时间为 2002-2006 年。在此项目下，设立了山洪灾害防治流域性示范项目（Pilot Study Flash Flood Basins）（如图 3），成立山洪灾害防御网络（FF network），在法国、意大利、西班牙和德国分别选择一个流域，组织水文气象部门、监测服务部门，预测预报中心、研究机构和灾害应急管理机构开展山洪灾害防御技术的研究与示范。该项目于 2004 年正式启动，2009 年底结束。这四个流域分别是法国南部的 Cévennes-Vivarais 地区、意大利东北部的 Adige River 流域，西班牙 Besos 河和巴塞罗那区以及法国、比利时、荷兰、卢森堡和德国交界的阿登高地区（如图 4）。这四个示范区域的共同特点是具有适宜的水文气象站点密度以及良好可靠的气象雷达覆盖，这些观测站点已经投入运行，并在过去的 10 年中积累了大量详细的山洪资料。

成立山洪灾害防御网络的目的在于形成一个数据收集的战略措施，即把常规的水文气象数据（包括雷达观测数据的详细分析）与山

洪事件后几日内通过现场调查获得的补充数据有机结合，建立能覆盖欧洲不同水文气候区的山洪事件数据库。研究项目的成果能提高预报预警、响应和应急行动的时效性。每个示范区都建立了与这项行动相应的程序化模型，识别出主要的专业机构、组织团体和行政机构，制定出相应的山洪灾害预报预警响应措施。

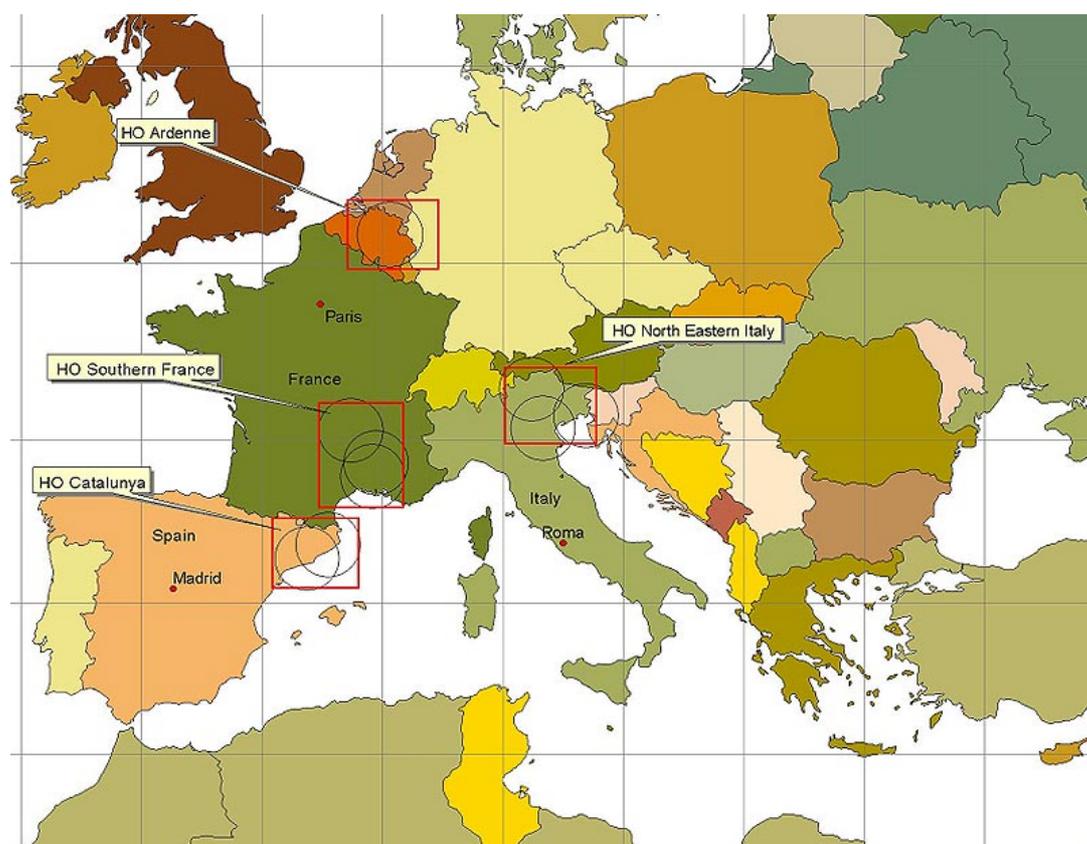


图 4 欧洲山洪灾害防治流域性示范项目的四个示范区

意大利东北部的示范区包括两个流域，即阿迪杰河（Adige river）流域和 Tagliamento 河流域（图 5）。阿迪杰河是意大利第二大河，全长 360km，发源于北部阿尔卑斯山的两个湖泊，流经韦诺斯塔(Venosta)谷地，在博尔札诺(Bolzano)接纳伊萨尔科河(Isarco River)，向南流，在维罗纳(Verona)附近进入波(Po)河低地

後，折向东南，流入亚得里亚海。全长 410km。流域面积 12,200km²。下游平均流量为 225m³/s。沿河堤坝几经加高，入海处约 80km 的河道几乎均为人造。上游建有水力发电站，下游建有引水灌渠。1951 和 1966 年的洪灾给当地造成很大损失。该项目研究区包括两个独立的行政区，即 Autonomia di Bolzano 省（流域面积 7000 km²）和 Autonomia di Trento 省（流域面积 5000 km²）。海拔高度在 100m 至 4000m 之间，这一区域部分位于干燥气候区（年降雨量 600mm），部分位于常湿气候区（年降雨量 2500mm）。

塔利亚门托河(Tagliamento River)流域面积为 2871 km²，是意大利东北部 Friuli 地区的主要水系。从北向南，塔利亚门托河跨过四个主要区域，即茱莉亚和喀尼阶阿尔卑斯山脉，前阿尔卑斯山脉，上下弗里乌里安平原和海岸区。这一急剧升降的环境梯度与气候差异是相关的，例如年降雨量在 3100 到 1000mm 之间，年平均温度变化范围在 5 至 14°C 之间。该流域山坡陡峻，位于意大利最潮湿区域内，年间雨量达 3000mm。降雨主要为侵蚀性暴雨，导致河流水文情势为激流。此外，该流域为地震区，滑坡点分布密集，因此河床推移质含量很高，下游河道为辫状。在 Pioverno 站（控制流域面积 2400km²），10 年和 100 年一遇洪水流量分别达 2150m³/s 和 4300m³/s。



图 5 意大利东北部的示范区

该示范流域的具体研究目标包括如下几个方面：（1）建立与重大山洪灾害相关的自然和社会经济数据库，辨识降雨与流量耦合监测的必要性。提出开展山洪灾害后几日内进行补充现场调查的方法。（2）测试检验所开发的离线或近于实时的山洪预报系统。（3）调查评价山洪预警系统需求，与其他项目相结合，开展山洪风险认识、脆弱性/可恢复力现状调查。

通过该示范区研究，取得如下几方面的成果：

（1）山洪灾害防御中对水文气象监测的需求

针对山洪分析和预报预警的需要，基于受山洪和降雨影响的小/中等流域的空间-时间尺度定量分析，提出降雨观测的时空分辨率建议。首先，利用从一组发生山洪的流域的降雨和流量时间过程推求滞后时间值，研究时间尺度上的降雨-径流动力学过程。然后，利用两个发生过山洪灾害的典型流域的高时空雷达评估结果，分析降雨的时间和空间结构。特别是利用地质统计学方法分析在不同时间段降雨场

结构的演变规律。最后获得山洪灾害防御所需要的降雨时空分辨率与流域面积的函数关系（如图6）。按照这一分析结果，对于一个 20km^2 的流域，水文分析所要求的时间分辨率为30分钟，空间分辨率为5km；对于一个 100km^2 的流域，水文分析所要求的时间分辨率为45分钟，空间分辨率为7km。这一结论补充了相关技术资料中关于降雨观测时空分辨率的空白。

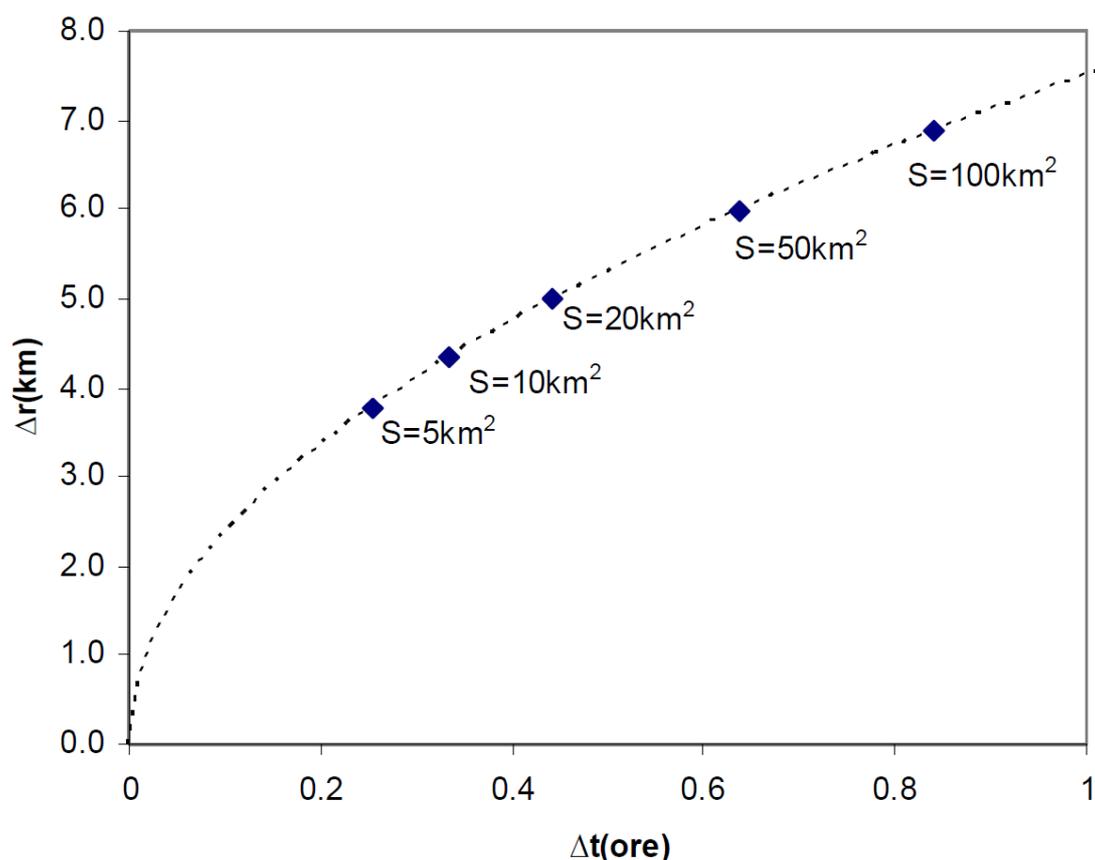


图6: 因降雨导致的山洪的空间分辨率 Δr (km) 与时间分辨率 Δt (h) 的函数关系

(2) 系统化的自然和社会经济数据整编

山洪灾害发生后，尽快开展调查和资料收集是积累自然灾害防御经验的一项重要工作，对这些资料进行系统化和标准化整编分析非常重要，对此已形成广泛共识。过去，大量的研究工作集中对导致山洪的暴雨进行气象方面的分析和建模，或针对滑坡和河道径流进行研

究。与之相比较而言，在山洪期间对径流过程的动力学分析尚处于初级阶段，主要问题在于缺乏精确的降雨和流量观测资料。

目前，大量的山洪研究成果集中流域点雨量强度观测数据和洪峰流量估算，一般在安装有测量设备的河道断面。这些数据，特别是洪峰流量估算，基本上都来自于洪痕调查，有时来自于视频录像，或通过目击者的描述获得部分时间序列资料。基于这些资料，可开展洪峰与降雨估算数据的组合分析，分析流域降雨-径流过程的动力学特征。由此也产生一些新的想法：利用雷达观测降雨资料，可进行任何区域的山洪分析，而不仅仅局限于有监测站点的流域。

山洪灾害研究在很大程度上依赖于大量案例的分析及案例间的比较研究。应当认识到，山洪灾害的研究不应局限于水文过程，还要包括灾后调查的其它内容：水文气象、地质地貌和社会经济。通过灾后调查获得的山洪数据和观测资料，可用于检验山洪预警系统及评价各类防御措施的适用性。需要指出的是，自然社会经济情况对于山洪风险管理特别重要，但这也是目前大家所共同面临的主要问题，普遍缺乏必要的自然、社会和组织机构对山洪的脆弱性方面的资料。

（3）检验山洪预警系统

意大利一直在努力开发和改进山洪预警系统，如图7，该系统主要包括三个方面的内容：建立一个可视化的便于操作的平台；系统的模块化，包括服务器优化计算分析模块，实时数据接收和存储模块，雷达数据管理和处理模块；生成决策信息，综合形成可发布的空间分布预警信息。

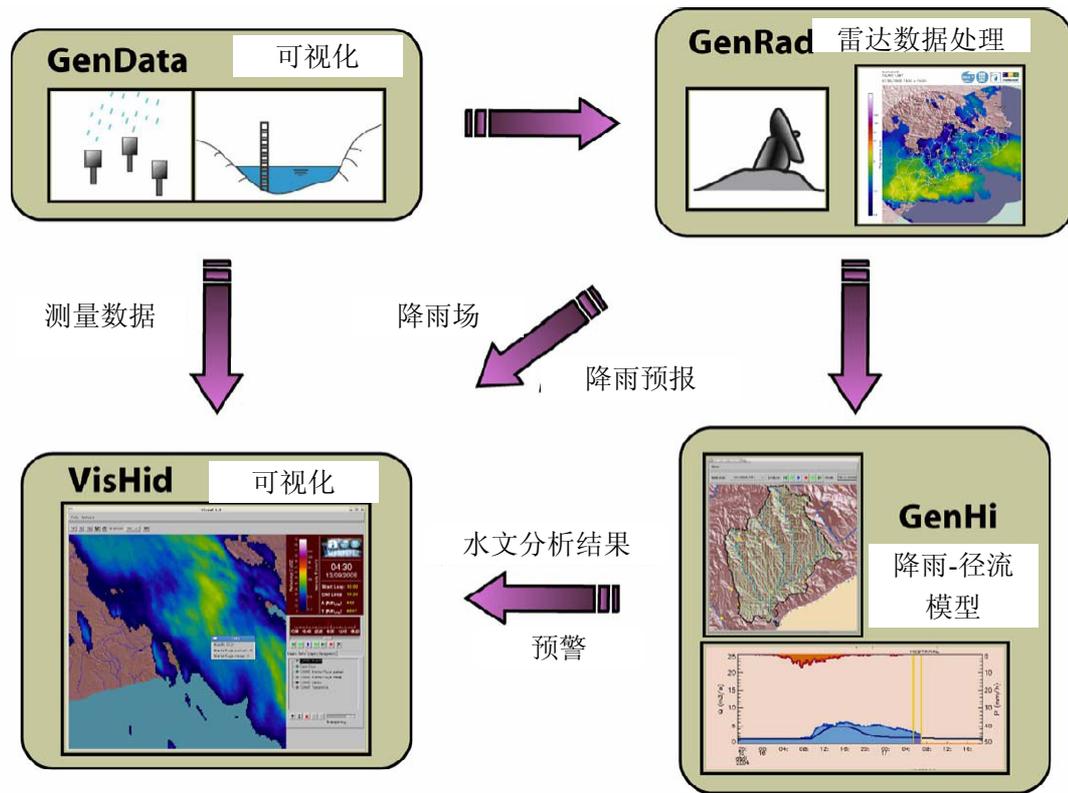


图 7 预警系统流程示意图

在预警信息发布方法和手段上，意大利面临一些不太好处理的问题，主要体现在如下几个方面：预警方法，包括设备、技术和预警发布的最好渠道，目前尚未找到一个很好的解决办法；预警内容，它需要综合各类有价值的信息，并要尽量把技术术语简化成大众所能理解的用词，也很难确定；针对不同对象（例如：旅游观光客、新来的居民、长期居民等）的预警内容，需要有所区别，从而也带来一些问题。

在山洪风险管理的宣传环节，意大利也面临一些困惑的问题。在剩余风险的宣传方面，一些信息的发布有可能导致公众的恐慌，例如某防洪工程存在缺陷的信息将使当地居民过度恐慌或焦虑。洪水风险

图发布，将直接导致高分险区内不动产价格的降低，当地居民将收到双重胁迫，一是他们生活在不安全区，二是他们的房屋售价会很低。风险图发布决策者会受到来自一些经济体的压力，要求他们缩小高风险区的范围，而这些经济体又恰恰对当地安全负有一定的责任。如何处理个人利益与大众利益的关系，如何解决过度土地开发与城市化问题，也是目前山洪灾害风险管理中很难决策的问题。

通过示范工程项目的开展，获得如下几方面的共识：1) 灾后调查分析极其重要，需要开展调查方法和技术手段的普及工作，需要利用先进的仪器设备，例如三维激光地形测量设备；2) 需要对目前的山洪预警系统进行检验，建立临界状态的确定方法。但是，山洪灾害又是一个稀遇事件，并且很难与目前的水文气象监测网络正好一致，因此，很难利用获得的监测数据对目前的山洪预报预警系统进行连续的检验，应该建立全欧洲的山洪灾害数据库；3) 应该在全欧洲范围强化山洪灾害及社会脆弱性的宣传，甄别出主要的影响居民和组织脆弱性的社会问题，以便推动未来山洪灾害管理工作的顺利开展。