

我国已建立全国地质灾害调查评价、监测预警、应急处置和综合防治体系

技术加持，筑牢地质灾害防线

深瞳工作室出品

采写：本报记者 赵汉斌
策划：赵英淑 滕继濮

7月到8月，随着全国全面进入主汛期，极端气象事件引发滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害风险加大，地质灾害防范进入关键时期。

科技日报记者在采访时获悉，通过科技加持，“技防”在地质灾害防治中效力凸显，我国地质灾害综合防治能力显著提升：通过遥感技术、无人机巡查等现代科技手段，实现了地质灾害隐患的快速识别和动态监测，提高了预警的时效性和覆盖面；利用人工智能、大数据等技术，加强地质灾害风险评估，完善了全国地质灾害综合信息平台；通过技术培训和演练，提高了基层组织和群众的防灾减灾意识和应急处理能力。目前，国家、省、市、县各级地质灾害气象风险预警标准化和规范化建设持续推进，地质灾害群测群防体系不断完善，地质灾害应急响应处置能力不断提高。

“经过20多年的努力，我国已建立了全国地质灾害调查评价、监测预警、应急处置和综合防治体系。”日前，中国工程院院士、自然资源部地质灾害技术指导中心首席科学家殷跃平接受记者采访时说。

我国地质灾害构成复杂

何为地质灾害？国务院发布的《地质灾害防治条例》指出，地质灾害包括自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。

我国地质条件复杂，地形地貌多样，地质灾害类型多样且分布广泛。

“不同地区的灾害类型和规模各异。”殷跃平展开一幅地质剖面图，向记者介绍说。

从剖面图看，在浙江、福建、湖南、湖北等东南丘陵地区，是中小灾害高发区，滑坡等灾害体积小，一般在10万立方米以下，滑动距离也不大，一般仅有数百米；再一路向西，到云贵高原扬子地台，滑坡体积就激增到百万立方米甚至是千万立方米，滑动距离可超过两公里。

地势越高，危害越大。因此，青藏高原强震地质灾害非常严重，是全球大陆板块活动最为强烈的地区。

“位于青藏高原东南缘的云南，多山区、少平地，地形条件复杂，山区占比超过94%。特别是陡峭地形容易产生崩塌，很多沟口地区很容易产生滑坡，而在有水流的地方容易发生泥石流。”昆明理工大学国土资源与工程学院教授李波说，怒江、澜沧江、金沙江、独龙江等6大流域，都非常容易发生地质灾害。

从全国范围来看，滇西北、滇东北山区及川

西地区、陕南秦岭一大巴山区、西藏喜马拉雅山地、辽东山地、甘南及白龙江流域，是地质灾害多发区。

灾害的成因，涵盖地理位置、气候条件、地质构造等复杂因素。这些区域的崩塌、滑坡、泥石流等灾害“猛于虎”；滑坡形成的堰塞湖、水库涌浪等灾害，其“烈性”也不容忽视。

7月10日下午，安徽省发布地质灾害预警与山洪灾害气象预警信息，位于大别山区的六安市金寨县同时启动地质灾害红色预警与山洪灾害红色预警。7月11日9时，重庆市对綦江、丰都、垫江、忠县等4个区县启动地质灾害三级应急响应……

地质灾害一旦发生，往往造成人员和财产的巨大损失。全国每年发生的地质灾害所造成的伤亡人数，在人员伤亡和失踪失踪人口数中占比较高。同时，因地质灾害造成的直接经济损失，约占我国每年自然灾害总损失的20%以上。

地质灾害“脾气”待摸清

突发性是地质灾害最明显的特点。那么，在地质灾害发生前，人类能否摸清地质灾害的“脾气”，打有准备之仗，提前预见或阻断地质灾害？这正是地质灾害防治专家长期研究的课题。

“摸清地质灾害的‘脾气’，要从地质学、地貌学、工程地质等多学科角度入手，进行全面研究，以预测和评价何种诱发因素或条件会导致灾害发生。”云南省地质环境监测院总工程师、地质灾害综合防治专家祝传兵说。

过去，地质灾害的调查和编目主要依赖人力，通过地质测绘、物探等手段完成。受技术限制，地质灾害编目图的完整性、准确性和时效性难以满足防灾减灾的需求。

从20世纪60年代开始，得益于遥感技术迅猛发展，地质灾害调查有了新手段：从卫星到低空无人机，遥感平台不断升级，波段覆盖范围广泛，空间分辨率显著提升。

“随着国际视野的拓宽，我国地质科学家敏锐地捕捉到了国际先进技术动态。国外同行已经利用雷达、卫星等高科技手段进行地质灾害调查，极大地提高了效率和准确性。”殷跃平说，“这就提醒我们，调查地质灾害，光靠人房前屋后跑是不行的，不但耗费巨大人力、物力，且误报率较高。”

近20年来，全国地质灾害严重的地区开展了地质灾害调查与区划工作。在地质灾害精细调查方面，相关部门采用无人机航拍、测绘、钻探、物探、山地工程、试验测试及风险评估等多种技术方法相结合的方式，完成了2020个县(市、区)的调查工作。

例如，对出现地质灾害的前兆、可能造成人员伤亡或者重大财产损失的区域和地段，各地县级以上政府及时将之划定为地质灾害危险区，予以公告，并在地质灾害危险区的边界设置明显警示标志。

这些技术的应用不仅提高了地质灾害调查的科学性和系统性，也为后续的监测预警和应急处置提供了重要依据。

“我们需要持续创新应用一系列高科技手段，更深入地调查地质灾害的成因、规律及其演变过程，从而更加有效地进行预警和应对。”殷跃平说。

“空天地”预警监测体系建成

2022年1月26日7时44分，陆地探测一号01组A星在中国酒泉卫星发射中心成功发射。该卫星主要用于对地环境、山体滑坡、地震灾害等进行有效监测。它与后续发射的B星，共同构建了全球首个用于地表形变干涉测量应用的L波段双星星座。

也就是说，仅在2022年，我国就发射了两颗长波段雷达卫星，它们可以穿透云层、植被进行监测。

“我们利用空天技术，把有地质灾害风险隐患的地方筛查一遍，共找到400多万个变形区。接着把隐患点圈出来进行综合识别、查证后，再把数据交给每个地方来用。”殷跃平说，这个方法非常有效。例如，在秦岭以南的白龙江流域，卫星发现了多个异常区。

近年来，我国加强了空间技术应用，充分利用“空天地”观测手段，将星载、光学遥感、机载激光雷达、无人机摄影测量、地面实地调查相结合，形成了新的预警监测体系。该体系可提前发现复杂地区大型滑坡隐患，并能提供关于滑坡状态的精准信息。

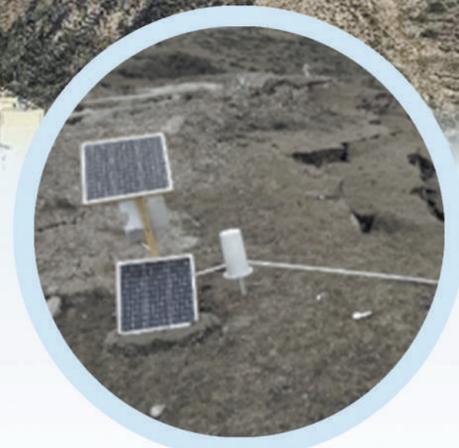
除了“高大上”的大型装置，我国还自主开发出一系列“小而美”的预报设备。例如，用埋桩法安置伸缩仪，测量滑坡体地面位移量，以及对房屋的内墙裂缝进行监测；用裂缝计、倾角计、加速度计等传感器，测量角度变化，以及冲击加速度、振动频率等变化。

2021年以来，在云南省曲靖市富源县、罗平县、宣威市等地，山坡上、很多人家门外多了一种形似“蘑菇”的高科技设备。这是千寻位置网络有限公司研发的北斗高精度监测接收机GR2。

“这些设备能够全天候、自动化、高精度地感知边坡的三维形变信息，精度达到毫米级。”千寻位置网络有限公司项目经理李成彬介绍，其所获得的自动化监测数据，会被实时推送到云南省地质灾害监测预警系统，并进行智能分析。一旦监测到滑坡、泥石流等地质灾害的潜在风险，系统会立即发出预警，提醒村民及时转移避险。

今年4月17日，广西桂林市资源县两水苗族乡白石村新田湾屯，突发一起滑坡险情，由于地质灾害自动监测设备及时预警，人员撤离迅速，避免了因灾伤亡。

图为兰州市一处山区城镇滑坡防治工程。殷跃平供图



图为我国自主研发的位移器裂缝器。殷跃平供图

高科技助力综合治理

中国地质调查局的数据表明，各类地质灾害呈向乡村集中的特点。同时，每年发生的灾害中，未知点占比高达83%，呈现随机性更大、隐蔽性更高和破坏性更强的特点，使预测和防范难度明显增大。

每年雨季，祝传兵都奔走在云南红河、昭通、怒江等山区。在这些灾害多发区域，他们每地分别设置20—30个风险斜坡监测点。“我们通过研究降雨量和土壤含水率的变化，以及与斜坡稳定性的关系，深入分析孕灾地质条件和可能成灾模式，从而建立地质灾害风险区应急处理和综合防治体系。”祝传兵说。

基于云计算、大数据及AI等新技术，祝传兵带领的云南高原山地地质灾害智能监测与精准防控创新研究团队，构建了以隐患识别、调查评价、监测预警、智慧服务为整体的云南地质灾害综合防治体系。

近年来，云南省还持续拓展国家、省、市互联互通的地质灾害气象风险预警示范，不断提升地质灾害防治信息获取、数据综合分析和应急技术支撑能力，拟定区域地质灾害调查地方标准。

同时，地质灾害防治专家多维度应用遥感、InSAR、GIS技术，结合地质、地形、气候等多源数据，进行地表形变和地质灾害隐患的识别与风险评估，为云南省的地质灾害防治提供了科技支撑。

云南省地质灾害应急指挥部办公室的数据显示，通过“人防+技防”的监测预警体系，以及“隐患点+风险区”双控体系建设，2023年，云南省成功避让地质灾害险情33起，紧急转移避让627人。

“基于西部地质灾害仍然多发的现实，新时代的地质灾害救援，更要依靠新理念新科技支撑。”祝传兵说，特别是各种新技术的综合运用，无疑会在地质灾害治理领域发挥重要作用。

自然资源部今年4月印发的《2024年全国地质灾害防治工作要点》指出，要切实加强地质灾害监测预警，加强对已建专业监测设备的运行维护，切实提高设备在线率，强化对监测数据的综合分析和异常信息研判处置，整体提升基层风险预警和响应处置能力。

目前，广东、广西、四川、重庆、贵州、云南、西藏、青海、新疆等17个省(区、市)，已陆续完成地质灾害监测预警实验室的建设，目前这些实验室已开始试运行。这进一步扩大了专群结合监测预警的覆盖面，推动了我国地质灾害综合防治的科学化、规范化和标准化。

防灾减灾体系日趋完善

过昔格达地层让桥梁、公路、铁路等工程的建设者们异常头疼。它是一种存在于金沙江、雅砻江、大渡河等河谷中的特殊地层，在四川省攀枝花市、西昌市和云南省元谋县北部广泛分布。其“可恶”之处在于水稳性差，遇水易膨胀，也是地质灾害的祸首之一。

“我们数十年专注昔格达地层的研究，已经攻克了软岩边坡工程关键技术难题，为矿山和道路、桥梁等基本建设领域规避和化解地质灾害提供科学支撑。”全国工程勘察设计大师、中国有色金属工业昆明勘察设计院有限公司总工程师刘文连说。

同时，刘文连团队在超标尾矿库、矿山高边坡、岩溶精准探测等领域，解决了一系列前沿难题，达到国际领先水平。

面对人类活动引发的地质灾害频发态势，我国采取了以防为主、防抗救相结合的防灾减灾策略。党的十八大以来，我国实现了从灾后救助向灾前预防、从单一灾种应对向综合减灾、从减少灾害损失向减轻灾害风险的转变。

在地质灾害高发区，科普教育与安全演练活动如火如荼。从昆明市盘龙区明通小学的科普进校园活动，到“云南科学大讲堂”的公众讲座，这些活动不仅普及了地质灾害知识，还帮助公众掌握了有效的避险技能，为减少灾害损失提供了有力保障。为加快推进普适型监测预警仪器的推广和智能化预警平台的建设，我国实现了乡村地质灾害“群测群防”向“专群结合”的转变。

“防灾减灾是我们肩负的责任，它直接关系到人民群众的生命财产安全。”殷跃平表示，未来其团队将不断完善地质灾害的防灾减灾体系，进一步健全风险防范化解机制，坚持从源头上防范化解重大安全风险，真正把问题解决在萌芽之时、成灾之前。此外，他们还将进一步加强风险评估和监测预警，提升多灾种和灾害链综合监测、风险早期识别、预报预警和综合防治能力。

图① 位于贵州省贵阳市观山湖区的部分监测设施。殷跃平供图

图② 2017年6月24日，四川茂县发生特大滑坡灾害，其高程达3450米。殷跃平供图

图③ 图为位于云南省玉溪市易门县绿汁江边的一处滑坡现场。本报记者 赵汉斌摄

