



地质灾害调查的 传统与科技将相遇何处？

□ 文图 / 铁永波

20 世纪以来，地质灾害的频发，引起各级政府部门的高度重视。尤其是 2008 年汶川地震及 2010 年舟曲泥石流发生后，对一些重大地质灾害的关注已经上升至国家层面，使地质灾害调查工作面临巨大挑战，同时也是一个新的机遇。1988 年，邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”，那时他早已意识到科学技术的发展必将推动社会快速进步。地质灾害调查研究实践证明，在科学技术快速发展大背景下，地质灾害调查研究的应用技术也在不断进步。在政府部门大力支持下，科学家们通过多年不懈努力，目

作者简介 铁永波，男，博士，副研究员，中国地质科学院硕士研究生导师，主要从事环境地质方面的科研工作。

前已基本查明我国地质灾害成因及孕灾规律，在地质灾害调查、机理研究、监测预警、预测预报、群测群防及工程治理等方面均取得了显著成效，近年来因地质灾害造成的人员及财产损失也呈现出逐渐降低的趋势，为山区居民的生命财产安全起到了保驾护航的作用。而这一切，无不获益于新兴科学技术的进步与发展。

虽然新兴科技的发展极大地推动了地质灾害调查方法的进步，但由于地质灾害调查特殊的专业技术背景及要求，许多传统的方法难以被新兴技术完全取代。随着一些新兴科学和技术方法的不断革新，如何在传统地质灾害调查方法中最大限度地融合新技术优势，并在调查过程中既能保证第一手资料的真实准确，又能提高地质灾害调查工作的效率，将是今后地质灾害调查工作者们必然会且要持续面对的问题。



徒步山野 ——用脚丈量的空间

“有女莫嫁地质郎”，这句话除了表达地质工作者的艰辛和不易之外，还很直观地阐述了地质工作者的工作性质。的确，地质工作者每年都需要花费大量的时间和精力开展野外地质调查工作，这是因为无论是在社会科学还是自然科学调查研究中，野外调查是地质工作者获取第一手资料最为重要的步骤。第一手资料的获取均可为相关的假设或理论提供最为真实和无可辩驳的证据。

470 多年前，当维萨里在大量一手人体解剖资料的基础上系统阐述人体结构时，他让上帝用男人身上的肋骨造女人、耶稣通过复活骨使死人复活的神话彻底破灭，就连上帝也沉默了。维萨里的研究开始让人们认知客观事物的观念得到了质的改变，并开始认识到第一手资料的重要性，这种思维模式的改变也深刻影响着地质灾害这一学科的探索进程。

既然野外调查是取得第一手资料的最重要步骤，故地质工作者们对这项工作从不敢怠慢。为顺利完成野外调查，人们经常会看到一些穿着粗布衣裤、戴着大沿草帽、手拿地质锤、罗盘和放大镜的地质工作者们，顶着烈日忙碌于山野间。为获取不同类型的野外数据，地质工作者需要随身携带各种各样的装备，除了必带的“三大件”（地质锤、罗盘和放大镜）外，还带着照相机、全球定位系统（GPS）、卷尺、标杆、



记录本等，身上的负重可想而知。除负重徒步以外，地质工作者还要在野外测量数据，这也是一个较为辛苦的过程。如测量大比例尺剖面时，必须得有人用卷尺一段一段地拉着测量，需要穿过荆棘密布的灌丛、淌过刺骨的河水、攀爬陡峭的山崖等，随时都有生命危险。

科学技术的发展让如今的野外调查工作得到了许多便利，如红外线测距仪可以测量数公里以外的距离，甚至能给出水平距离、垂直距离及坡度等参数，因此地质工作者们摆脱了由人拉着尺子一段段测量的艰辛。计算机科学的进步和大数据时代的来临，使得“数字化地质调查”的概念得以提出和实践，在不久的将来，野外地质工作者可以卸掉传统的负重工具包，实现数字化记录和储存。那时的地质工作者，只需要拿着一个比手机略大的数字化掌上机，即可实现野外定点、野外测量岩层产状、野外电脑记录及素描，等等。

在交通设施和交通工具极不发达的过去，对地质灾害开展地面调查都是靠地质工作者徒步完成的，这是一项很艰苦的工作，不但需要经受体力的考验，还需要有对工作的热情和持之以恒的毅力。在这种传统工作模式下，地质工作者们在不知不觉中练就了强健的体魄，他们集地质工作和探险于一身。在上世纪 70 年代的国家登山队中，就有不少从事地质灾害调查研究的老前辈，如在 1958 年任国家体委登山队组长的唐邦兴研究员就是国内长期从事泥石流研究的典型代表，多次攀登过珠穆朗玛峰。

现代交通的发达也使得传统地质调查工作条件得到极大改善。中国山区的“村村通”工程让两条腿的缓慢行走变成四个轱辘的高速飞驰，使得区域上的空间距离得以显著缩短，让地质灾害调查这一过程变得极为便利。但从另一个角度看，发达的交通系统也让地质工作者们徒

步穿行山野的机会少了许多。

俯视地面——遥感技术
打开的新局面

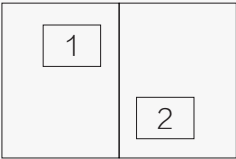
遥感技术 (Remote Sensing, 简称“RS”) 是通过卫星、飞机或其他航空器从空中乃至宇宙空间对大范围地区进行对地观测和拍摄, 并从中获取有价值的遥感数据, 而使其成像的一种现代信息获取技术。该方法对于研究那些自然条件恶劣和人类难以到达的沙漠、沼泽、高山峡谷等地区, 具有极大优势。近年来, 遥感技术不但已悄然融入我们的日常生活, 也对地质灾害调查研究方法有着深远影响。

从哲学角度看, 世界是一个有机的整体, 任何一部分科学技术的发展都将对整个系统产生关

联效应。正如航天军事技术的发展使得遥感影像的质量得到飞速提升那样, 遥感技术的进步使得地质灾害调查研究也受益匪浅。遥感技术可以让地质工作者从更为宏观的视角观察地面, 并通过地质灾害的典型特征进行识别, 在开展传统地面调查之前就能获取工作区的地质灾害总体发育规律及更为直观的图件。目前, 分辨率为 0.5 米甚至精度更高的遥感影像数据已在地质灾害调查研究中得以广泛应用, 当我们从数万米高空的视角俯视地面时, 让地质工作者曾认为在自然面前渺小的感觉被彻底改变, 对地质灾害进行有效控制的自信心也就自然更足。但很少有人体会到, 这种科学技术方法的进步已经在潜移默化地改变着地质工作者们认

识世界的模式和观念, 这是一个哲学的范畴。

遥感技术的应用不但可以让我们将直观的视觉影像和地质灾害分布进行叠加, 直观明了地找出其分布规律, 还可以让我们从更清晰更广阔的视角看到地质灾害可能威胁到的区域和这些区域内分布的房屋建筑情况, 为地质灾害防灾减灾对策的制定提供极大便利。当然, 遥感技术还让以地面调查为主的传统地质灾害调查方式转变为另一种模式: 地质工作者可以坐在电脑面前通过放大或缩小遥感影像, 从不同的高度视角了解工作区的地表特征, 并对地质灾害的数量及分布特征进行早期识别, 为后期的地面调查提供更为准确的数据。在这个层面上, 遥感技术的进步使得地



1 磨西河泥石流汇入大渡河
2 金沙江河畔的苏铁花



质灾害调查研究工作的效率、质量及可信度均得到极大的提升。

随着政府部门和公众对地质灾害造成的损失可容忍度的降低，对潜在地质灾害的前期识别与评价要求也越来越高。在现有对地质灾害调查的要求中，需要地质工作者对一些重要城镇或人口密集区开展详细调查，并尽量达到“坡要到顶、沟要到头”的精度。但事实上，当在植被覆盖好的高山峡谷区开展地质灾害调查时，专业人员会发现，要想对那些分布在山顶或位置较高的地质灾害开展调查极为困难，而植被的高覆盖率也使得从远处通过望远镜进行观察的方式无法实现，即使是普通的卫星或无人机拍摄影像数据也会因为植被覆盖而束手无策。这时你才会发现，通常意义上的遥感技术其实并不是万能的。

在遇到传统地面调查和普通遥感数据无法解决的问题时，科学

家们开始探索新的渠道，试图通过遥感的空中优势获取更多坡度、温度及高程等地形数据，去除植被的干扰，让地形在特定环境下恢复其本来的形态。通过不懈努力，终于在1956年，科学家们通过对特定遥感波段的设计及拍摄，提出了一种新的数字地形概念，即数字地形模型（Digital Terrain Model，简称“DTM”）。数字地形模型最初被应用在高速公路的自动设计方面，后来逐渐被推广到电子地形测量、军事电子沙盘、土地利用规划及洪水灾害评价方面。通过对遥感数据的处理，数字地形模型可以排除地表覆盖的植被及空中漂浮的云彩等干扰，恢复地形的最原始形态。在数字地形模型图上，地质工作者可根据地形的形态和地表痕迹对山体进行清晰的观察，并结合地质灾害孕育过程中的典型特征，如滑坡发生前形成的地表裂缝等，对这一区域内发生地质灾害的可能性

进行评价与预测。虽然数字地形模型数据的应用解决了许多地质灾害调查中很头疼的问题，但是，因为数字地形模型数据的获取及专业解译费用极为昂贵，对地质灾害点分布面广、数量多的地区而言，应用数字地形模型数据开展大范围的地质灾害调查很不现实。但随着航天科技的飞速发展，相信数字地形模型数据也会像其他数据一样，能够以低成本的优势得以普及，为地质灾害的调查和识别提供更可靠的依据。

遥感技术的应用还让我们对地质灾害的预测预报成为了可能。众所周知，绝大多数地质灾害都是由降雨诱发的，而对地质灾害预测预报多是基于降雨的“二次预报”，而早期由于受到气象观测点密度小、气象数据更新与处理过程较慢等因素的影响，故导致预测预报的结果不尽人意。近20年来，随着遥感卫星及云计算



> 认真的野外调查

计算机等高科技的发展,专业气象卫星的运行对降雨过程进行预测预报的及时性与准确度得到了极大的提升,使得基于“降雨+地质背景”模式的地质灾害预测预报得到推广。目前,国土资源部和中国气象局已形成了一套基于降雨过程而对可能发生地质灾害的区域进行预测预报的体系。在雨季,当我们收看央视一套节目的天气预报时,会发现栏目里增加了对可能发生地质灾害区域的等级预报,让地方政府和当地老百姓提前预知地质灾害可能的发展趋势,并做好相应的防灾减灾计划。近年来,虽然地质灾害频发,但地质灾害的可预测预报性在很大程度上避免了潜在的人员伤亡和财产损失,让地方老百姓对政府的信任度得到极大提升,避免了很多不必要的误解和冲突,其社会意义重大。

走进乡村 ——民间隐匿的历史

地质灾害因其暴发突然及成灾迅速等特点让人心存畏惧,故在很多山区,老百姓把泥石流形象地称之为“走龙”“出蛟”,把滑坡称为“走山”等,给这些自然的地表过程赋予了神秘色彩。对于信息相对闭塞的山区人们而言,通过直观的感受对地质灾害现象进行描述,除了保持对其的神秘感外,还形象地揭示了地质灾害的许多内在特征。如泥石流发生时地面抖动的现象为后来的泥石流地声监测方法提供了重要依据。正如笛卡尔所说:“虽然

直观仅作为一种直接的认知模式,但却能帮助人们洞悉内在”。在地质灾害调查过程中,很多来自民间的直观描述都在认识地质灾害机理方面给予了极大的帮助。

英国人类学家奈吉尔·巴利曾以幽默的方式在《天真的人类学家》一书中详细阐述了对民众访问的方法和数据在人类学研究中的重要性,并强调了这种方法对其他学科的普适性。作为应用实践性较强的学科,地质灾害调查研究的最终目的是减轻地质灾害对人类造成的破坏力度,在某种意义上,地质灾害调查工作也与人类学研究具有交集。在地质灾害调查过程中,对于那些无历史资料记载的地质灾害而言,对当地人尤其是高龄老人的访问就显得极为重要。很多高龄老人能清晰地记得在他的记忆里这里某个地方曾发生过多少次地质灾害,或根据他们老一辈的讲述把地质灾害活动的时间往前延伸。

想象一下,坐在烈日炙烤的树荫下,听知鸟低鸣,与老乡一起回忆并记录下他们知道的历史。在某种程度上,这些访问数据的准确性和可信度远比用各种测年方法来得更为容易和准确。若运气较好,遇到记忆力较好的当地百岁老人,可以从他的讲述里知道这个地方在过去200年间地质灾害发生的次数、时间及造成的灾害情况。对于那些造成严重损失或人员伤亡的地质灾害,他们的记忆往往较为深刻,有些老人甚至能说出曾在地质灾害事件中遇难人的名字及年龄。

探索地质灾害过程中的 遐思

一百多年前,当尼采喊出“上帝已死”时,除了对人们世界观和价值观的震撼之外,更多的是让人们开始不再迷信神的力量,开始思考科学技术对世界的客观影响。随着西方工业革命的到来,科学技术不仅彻底改变了世界,也让人们开始重新构建更为理性的价值体系。同样,地质灾害调查研究及科普方面也紧随科学技术的发展步伐融入了先进整体潮流,并让人们开始对地质灾害的未知感和神秘感开始了新的审视,不再迷信神话而开始相信科学。人们在探索地质灾害的过程中,让我们曾更多用主观意识去判别的模式正在逐渐改变,并回归到哲学的主流意识形态:即把地质灾害过程看作是客观存在的地质现象并从唯物论的视角去认识它。或许很难想象,对地质灾害的认识过程竟然会在无意识之间把我们的世界观上升到哲学的高度。

也许有一天,当我们仰望星空时,会发现承载着地质事业和梦想的这个星球,正在把宇宙的浩渺与我们的微小无限拉近。世间万物,皆遵“道法自然”,地质工作者的未来,亦会在周行不殆的一次次技术革新中,面朝大海,春暖花开。或许,这就是科学技术进步带给地质工作者们的无穷魅力,虽然我们还有很长的路要走。☐

(作者单位/中国地质调查局成都
地质调查中心)