

王宇,黄成,周翠琼,等.山区地质灾害应急调查的内涵及方法分析评述[J].中国岩溶,2020,39(4):492-499.  
DOI:10.11932/karst20200404

# 山区地质灾害应急调查的内涵及方法分析评述

王宇<sup>1</sup>,黄成<sup>2</sup>,周翠琼<sup>2</sup>,杨迎冬<sup>2</sup>,肖华宗<sup>2</sup>,晏祥省<sup>2</sup>,张令泽<sup>2</sup>,王裕琴<sup>2</sup>

(1. 云南省地质调查局,昆明 650051; 2. 云南省地质环境监测院,昆明 650216)

**摘要:**地质灾害应急调查是针对突发性地质灾害或险情进行的紧急调查,需在一至数日的调查期间及时提供实时信息,并尽快提交应急调查报告,为地质灾害应急救援和处置提供科学依据和技术支撑。根据应急调查技术条件,划分为单点和群发地质灾害应急调查两大类。文章论述了山区地质灾害应急调查主要工作流程,即:基础资料准备、现场协调会议、制订工作方案及协调安排、卫星及无人机遥感调查、野外应急调查、资料综合研究及报告编写,以及各个环节的主要工作方法。地质灾害应急调查主要采用野外现场调查访问、地质测绘与卫星定位以及高分辨率卫星遥感、无人机航拍等便捷有效的工作方法。文中定义了地质灾害应急调查,详细分析评述了山区地质灾害应急调查的基本规则、调查方法和技术要求。

**关键词:**应急救援;地质灾害;环境影响;应急调查

**中图分类号:**P642.2 **文献标识码:**A

**文章编号:**1001-4810(2020)04-0492-08 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



## 0 引言

山区地质灾害类型主要是自然因素或者人类活动引发的崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害。经检索,地质灾害应急调查尚无专门的规范定义,笔者将其定义为针对突发性地质灾害或险情而采取的紧急获取有关信息的过程,通常根据成灾地质作用规模的大小和复杂程度,必须在灾害发生或险情发生的一至数日内提交地质灾害应急调查报告,后续延伸的排查、核查已不属应急调查的范畴。地质灾害应急调查的主要任务是查明地质灾害的灾情和险情、地质灾害或隐患的基本情况和内在特征、分析评价发展趋势及危险性,提出地质灾害应急处置措施和后续防治建议,为应急救援和处置及其它各项应急工作提供地质科学依据,并为地质灾害损失评估和责任鉴定提供量化依据。地质灾害应急调查

是地质学及地质工程技术最先应用于防灾减灾领域的工作,近70年来积累了丰富的经验和调查资料<sup>[1-2]</sup>。但由于地质灾害应急救援和处置面临的灾(险)情和工作环境复杂多变,相应的应急调查要求和重点也不尽相同,其间的调查研究程度、内容繁简和资料丰富程度等差异都很大<sup>[3-9]</sup>,所以至今地质灾害应急调查尚未形成明确的定义及国家和行业的规范。基于此,本文研究总结地质灾害应急调查的丰富实践经验,划分应急调查类型,梳理归纳应急调查的工作范围、程序、方法和要求,进行具体分析评述,希望有助于规范地质灾害应急调查工作。

## 1 地质灾害应急调查类型划分

地质调查(勘查)类型划分是相关规范的前提<sup>[10]</sup>。亦如各类地质调查(勘查)工作,对象的复杂程度是调查(勘查)类型划分的决定因素。地质灾害

基金项目:云南省地质灾害综合防治体系建设(2013—2020);国家重点研发计划项目:喀斯特断陷盆地石漠化演变及综合治理技术与示范, 2016YFC0502500

第一作者简介:王宇(1960—),男,博士,教授级高工,主要从事水工环地质研究。E-mail:ynddywy@163.com。

收稿日期:2020-05-07

应急调查类型划分也应依据地质灾害或隐患的复杂程度,主要的因子是同期次地质灾害点数量的多少、成灾地质作用的复杂程度、灾点分布区域的大小。单个发生的地质灾害点调查重点明确,调查路线的布置、调查内容和方法相对较简单;而群发地质灾害应急调查内容和工作量较大,队伍组织和相互协作关系复杂。故宜划分单点和群发地质灾害两大地质灾害应急调查类型,分类布置和实施地质灾害应急调查,提高工作效率。

单点地质灾害应急调查类型,调查对象是由点暴雨或影响局限的人类活动诱发的围绕同一个或几个承灾对象的单个地质灾害或隐患单元。此类地质灾害的致灾地质作用与承灾对象之间的关系是直接的、成灾过程中物质和能量的运动和传输是连续的。比如一个滑坡从蠕动变形、滑动破坏、渐趋稳定的运动过程所产生的地质灾害单元;一个山间村落遭到来自不同方向的多个滑坡、崩塌或滑坡和崩塌共同危害的地质灾害单元;位于谷底低阶地或冲洪积扇上的建筑,遭到来自两侧谷坡上的高位崩塌、滑坡共同危害的地质灾害单元;在山间河谷内,河溪两侧滑坡、崩塌叠置形成的小型堰塞湖灾害隐患单元;山间沟口冲洪积扇缘的村落在遭受了沟谷山洪—泥石流的危害后又遭到沟口斜坡滑坡或崩塌危害的地质灾害单元等。如发生在同一条山间沟谷小流域内的类似崩塌、滑坡—堰塞—溃决—泥石流的灾害链,由于致灾地质作用的发展过程是单向的、递进和连续的,承灾对象相同,应划为单点地质灾害应急调查类型。

群发地质灾害应急调查类型,调查对象是由影响范围较大的同一强降雨或持续降雨过程、强烈地震作用、大中型堰塞湖、特大型水库蓄放水等自然因素或人为活动诱发的分布区域广、灾点多而密集的群发性地质灾害及隐患。在开展地质灾害应急调查时,虽然其中存在的诸多单点地质灾害均需逐一进行地质灾害应急调查,但由于它们是同一诱发因素作用下产生的地质灾害,从成因联系上属同一灾害和应急事件,无论从管理要求或灾害学与动力地质学的概念和原理出发进行界定,均应作为一个整体进行系统的部署和调查评价。

单点和群发地质灾害两大地质灾害调查类型的划分,既考虑了和地质勘查分类的原则相吻合<sup>[11]</sup>,也考虑到与应急救援和处置工作特点相协调,是较为合理可信的基本分类方案。

## 2 地质灾害应急调查范围及流程

合理划分地质灾害应急调查范围、流程,分析评述其划分依据和内涵,是规范应急调查工作必不可少的前置工作。

### 2.1 地质灾害应急调查范围

地质灾害应急调查范围的确定是制订应急调查工作方案的前置工作之一,但目前尚未明确界定和规范其内涵和要求,令诸多经验不足的管理和工作人员无所适从,急需加以分析说明。原则上应急调查范围应包括地质灾害或隐患的分布、运动及影响或者威胁的区域,涵盖与地质灾害或隐患形成演化有关的主要环境因素<sup>[12-15]</sup>。

#### 2.1.1 单点地质灾害应急调查范围

单点地质灾害应急调查的范围比较明确,主要是沿地形分水线、地形突变界线圈画的汇水单元,在此基础上结合岩土体类型分界线、构造地貌线或面、人工边坡、当地排泄基准河流等影响因素综合调整圈定。

滑坡灾害或隐患应急调查范围,一般为在山体斜坡上围绕滑坡已形成或推测可能形成的圈椅状、喇叭状或带状等地形地貌单元进行合理外延圈定。纵向上,可延至上方山体斜坡分水线,下方至坡下的沟谷底部或河床,如果已经形成或推测可能形成下游沟谷泥石流灾害的,应沿沟在已经影响或预测影响的范围内做延伸调查。

崩塌灾害或隐患应急调查范围圈定与滑坡相似,只是断裂构造、陡崖岩体结构面的控制作用更加显著。一般沿陡崖后缘卸荷裂隙发育区边界、陡崖临空面两侧边界、倒石堆及零散滚石分布范围,并结合地形地貌和地表水体边界适当外延圈定。

泥石流灾害或隐患应急调查范围,无论沟谷型或坡面型泥石流均应为地形分水线围限的流域范围。在高原山区,泥石流沟出口下一般以泥石流扇缘外围为边界,当泥石流规模巨大,沿排泄基准河流延伸造成危害和影响到对岸的,应作追踪调查。

地面塌陷主要是采空区塌陷、岩溶塌陷、地下空间开拓诱发的地面塌陷。由于地下情况隐蔽,地面塌陷应急调查范围首先应围绕塌陷坑、环状裂缝、地面变形的分布范围大致确定,之后随着应急调查的进展作动态调整,追踪延展至相关采空区、地下工程或采矿工程开挖的掌子面、地下水开采井、工程疏排

水、蓄水截流工程、输水管渠渗漏等诱发因素和作用的分布范围。岩溶塌陷的调查范围,应收集利用受危害或威胁的建构物工程地质勘察报告作依据分析圈定,这是最便捷可靠的途径。

对于灾害链的应急调查范围,应根据各个关联灾种的特征、相互关系和影响区域综合运用上述方法圈定。

### 2.1.2 群发地质灾害应急调查的范围

群发地质灾害应急调查的范围,主要根据同一灾害应急事件中,地质灾害点的分布和影响范围结合行政区划界线、流域分水线、山体斜坡的完整性圈定。因为群发地质灾害的应急调查、隐患排查核查是连续的,按现行管理体制,依据调查成果开展的后续防治工作,必须按行政单元落实政府主体责任,所以群发地质灾害应急调查范围的确定需结合行政区划界线。

地震次生地质灾害多为群发地质灾害,应急调查范围首先以地震部门提供的地震烈度分布图为依据,将Ⅵ度及其以上区域作为地质灾害应急调查范围,再根据行政区划进行调整和分工。如2014年云南鲁甸6.5级地震,省内烈度为Ⅵ度以上灾区面积约8 490 km<sup>2</sup>,考虑行政单元和流域的完整性作了适当扩展调整,共涉及4县1区56个乡镇,615个行政村共7 956个村民小组,调查总面积10 037 km<sup>2</sup>,调查队伍以乡镇为单元分派调查任务。

高原山区雨季集中,暴雨多发,较大范围的强降雨或持续降雨过程常常诱发大面积的群发性地质灾害,地质灾害应急调查一般以地质灾害及隐患点的分布区域为调查范围。

大江大河峡谷区建设的大型、超大型水库,蓄水或泄水影响可延伸上百千米,往往造成沿江库岸斜坡连串的滑坡灾害和隐患,地质灾害应急调查的范围主要是库水位升降影响的河谷区。

河流峡谷段崩塌、滑坡形成的大、中型堰塞湖,对上下游的威胁和影响巨大,形成大量的地质灾害隐患,地质灾害应急调查范围主要是堰塞体、上游库区回水长度、下游堰塞体泄流冲刷或溃决可能影响到的河谷区,上、下游影响距离及高程的确定应依据水文分析预测结论。

围绕城镇、厂矿分布的诸多地质灾害或隐患,如危害和威胁云南德钦县城的4条泥石流沟和数十个滑坡、崩塌和不稳定斜坡。此类群发地质灾害应急调查范围主要依据城镇、厂矿所处的山间盆(谷)地的分水线,或是山体鞍、脊、台地或古夷平面等城镇、厂矿坐落区外围斜坡的延展范围,并结合地质灾害及隐患发育的沟谷或区段来圈定。

此外,山区道路、水渠等线状工程诱发的沿线成带密集分布的群发地质灾害应急调查范围,主要根据线状工程地质灾害及隐患发育段长度及两侧地质灾害及隐患发育和影响的范围来圈定<sup>[16]</sup>。

## 2.2 地质灾害应急调查流程

根据完成地质灾害应急调查任务的需要,借鉴各类地质调查(勘查)的规范和规程,结合地质灾害应急调查的实际流程和应急管理实施程序进行梳理和评定,地质灾害应急调查的完整流程可规范为基础资料准备、现场协调会议、制订工作方案及协调安排、卫星及无人机遥感调查<sup>[17-18]</sup>、地质灾害野外应急调查、资料综合研究及报告编写6个环节(图1)。

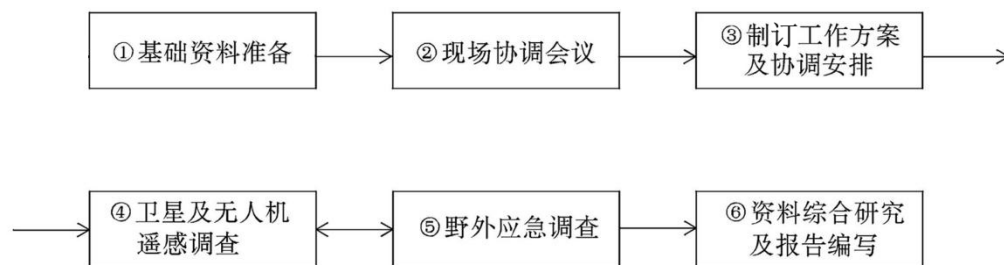


图1 地质灾害应急调查流程图

Fig. 1 Flow chart of emergency survey to geological hazards

## 3 地质灾害应急调查方法及要求

按照地质灾害应急调查“快”字当头的要求,山

区地质灾害应急调查主要采用现场调查访问、地质测绘与卫星和无人机遥感等便捷有效的方法,本文主要依据丰富的实践经验进行方法总结。

### 3.1 基础资料准备

基础资料是应急调查不可或缺的依据。对纳入各级应急体系的地勘资质单位而言,均应进行系统的收集整理、立卷归档管理,做好前置准备工作。很多省(区、市)已初步建成了地质环境信息平台,所需的数字化图件和资料随时随地可供调用。

### 3.2 听取汇报及资料收集

应通过会议听取当地政府或管理部门的情况汇报,群测群防员的监测报告,各级领导的指示和发言,了解应急决策和指挥的需要和要求,明确地质灾害应急调查的主要目的任务,初步了解灾(险)情、发灾过程及已经采取的应急处置措施和面临的问题。据此合理编制应急调查方案和开展调查工作。并提请当地政府有关管理部门帮助协调收集所需的资料,安排协助实施应急调查的人员。对需收集的资料,应急调查组应准备好目录和要求、数据收集表格,以便有关管理部门进行安排。主要收集资料为:地质灾害或隐患变形发展的过程、灾(险)情数据资料、应急救援和处置工作情况、近期气象、水文、地震观测数据、人类活动及其影响、有关工程活动的地质灾害危险性评估、工程地质或资源储量勘查等。

### 3.3 制订工作方案及协调安排

根据初步了解的情况及有关规范和管理要求,制订地质灾害应急调查工作方案。工作方案完整的内容为:目的任务、工作环境、灾(险)情概况、应急调查工作部署、实施计划及保障措施、经费估算、附件。此时的经费估算只是粗略的经验估计,主要是给灾害损失评估作依据。主要附件有地质灾害应急调查分区及部署图、应急调查工作部署一览表,这是地质灾害应急指挥部决策指挥必要的挂图和挂表,需要详细编制。

单点地质灾害应急调查工作方案不需形成书面的文件,由应急调查组组长现场构思提出,与调查组成员讨论确定后,分工开展调查。群发地质灾害需编制书面的应急调查工作方案,且应急调查和排查工作方案常常一并编制,实际工作中二者交叉和连续实施,根据上级指令和有关需求分点、分地段、分时段提交专项应急调查和排查报告,最终汇编提交总体报告。

一般单点地质灾害应急调查组由3名地质技术

人员组成,一个灾点投入1个作业组即可,无人机航拍、图像处理和解译以同一组人员负责实施最为合理有效。但目前除专门的事业单位和科研机构,多数地勘资质单位因业务繁多,只能维持个别专门的无人机遥感技术小组,所以通常还需伴随1个2-3名无人机遥感技术人员组成的作业组。卫星遥感解译工作由室内专门的技术部门负责,无需依托项目特别组织。群发地质灾害应急调查队伍的组织,则需根据工作量和时间要求,调集安排多家地勘资质单位及其所属的多个应急调查和卫星及无人机遥感调查作业组,由应急指挥部统筹安排,地勘资质单位分片包保,各个作业组协同推进,指挥部技术工作组负责信息统计、综合编报。

### 3.4 卫星及无人机遥感调查

卫星及无人机遥感调查不仅降低了工作强度及风险,而且能够更准确、直观、全面、多角度地观察和研究地质灾害,获得更为完整、准确的调查数据,还可利用多时像的遥感影像,动态观察地质灾害的发生、发展和变化过程,回溯地质环境变化及地质灾害发育历史,为地质灾害应急调查提供更加丰富的信息支撑。对于横断山区、乌蒙山区、哀牢山区等高原山区,由于通行困难,尤其在降雨不息或余震不断的时期,人员难以安全抵达地质灾害的源头,利用卫星及无人机遥感方能较好地完成地质灾害全面调查。此外,在重大地质灾害应急救援和处置期间,常会实施严格的交通管制,此时,高分辨率卫星遥感解译往往成了交通管制区应急调查的必要手段。

卫星遥感在地质灾害应急调查中的工作流程,可精简为数据获取与处理、遥感影像解译、现场无人机航拍和查证3个步骤。数据获取与处理、遥感影像解译前两项工作,一般由管理部门根据应急调查组的要求指令后方常设专业机构完成,在发生大规模的群发地质灾害时,则由前线指挥部的应急技术工作组协助完成。第三项工作由现场无人机航拍作业组和应急调查组协同完成。地质灾害应急阶段的遥感调查任务主要是通过数据获取与处理、遥感影像解译,编制灾害发生前、后的影像地图、地质灾害及隐患分布图,分析地质灾害及隐患威胁对象、定量圈定地质灾害及隐患影响范围,评估地质灾害及隐患灾情及险情。这些成果可为应急搜救力量的指挥调派提供引导,是地质灾害应急调查工作方案编制、组织实施和成果报告编制的重要依据。

无人机遥感参与地质灾害应急调查的实施流程主要为前期准备、现场航拍、现场处理和编图与解译、深度处理及成果编制4个步骤。无人机出厂设定了自动和手动航拍系统,采用自动航拍方案飞行安全和拍摄质量保障程度较高。航拍结束时,需作效果和质量检查,主要是检查航拍范围、图像质量等,评判是否达到要求,要不要进行复飞。另外,无论是自动还是手动航拍,都应在飞行前布设3~5处像控点,选择醒目的突出建筑和独特的地貌景观,通过高精度的GPS测量,获得较高精度的三维坐标,作为航拍数据处理和编图的依据。

天(卫星)—空(无人机)—地(地面)的联合应急调查组织实施,在整个应急调查过程中应做到交互进行、相互促进、动态协作。因此作为参与地质灾害应急调查的地勘资质单位,应加快遥感技术系统的建设,实现应急调查组和遥感作业组同出自一个单位,有利于协调配合和高效运作。

### 3.5 野外地质灾害应急调查

地质灾害野外应急调查要通过对当地干部群众的访问、现场测绘、物质成分及变形形态的测量等,获得认识、评价灾(险)情、研究提出应急救援及处置建议的第一手资料。

#### 3.5.1 调查路线布置

地质灾害野外应急调查不可能规范地布置调查路线,按部就班地实施调查作业。只能遵循地质调查路线布置的基本原则,因地制宜地灵活布置野外应急调查路线,尽可能实现从不同角度和部位对致灾地质体和运动痕迹进行全面观测和描述记录。

单点地质灾害野外应急调查路线布置,兼顾安全及有效性,通常选择以围绕致灾地质体及运动途径的追索路线为主,辅以必要的垂直或斜交穿越路线,以及针对特殊或典型现象和痕迹的定点调查测量。譬如滑坡灾害的应急调查应以由滑体前缘从滑坡一侧边界上到后缘,又沿另一侧边界下到滑体前缘的追索路线为主,在追索路线中选择若干具备通行条件和安全稳定的地段,穿越外围变形及裂隙发育带、滑床和滑体进行深入的测绘记录,对具有典型意义的形态和地质体等进行定点调查测量。崩塌灾害的应急调查以由崩塌倒石堆分布区边缘从崩塌陡崖一侧边界上到后缘卸荷裂隙和松动岩块发育区,又沿另一侧边界下到坡脚的追索路线为主,由于崩

塌刚发生后或临发前陡崖上危石较多,滚石不断,不宜进行穿越调查。泥石流的调查路线通常以从堆积区沿沟床边缘及谷坡上的山路上行至形成区的追索路线为主,有可行车的道路通达上游的泥石流沟,宜由车辆可达点开始追索调查,区间可进行若干穿越和典型点的调查测量。高原山区泥石流流域面积常见几十平方千米者,堆积区与形成区高差常达千米以上,且形成区多处于森林茂密带甚至雪线以上,无人机也常因通讯信号、航程、气流等限制飞不到上游地区,应充分利用卫星遥感实时影像解译来作补充。

群发地质灾害应急调查路线的布置,应急调查工作承担单位应在所负责的单元内,本着效率优先,少走回头路的原则,合理安排各个应急调查组的行进路线,把拟开展应急调查的地质灾害及隐患点串联起来。

#### 3.5.2 确定地质灾害位置

应急调查组进入灾害现场,首先要准确确定位置、坐标和高程,及时发往后方支持系统终端,这是前、后方连接,开展交互协同工作的连接点。初始位置应选定于承灾对象中心或邻近点,随着调查工作的开展,各调查观测记录点均应测定坐标高程,应及时将地质灾害边界控制点坐标发往后方支持系统终端。位置确定主要是应用GPS定位仪测定灾点的地理坐标和高程、运动方向;应用便携式红外测距仪量测灾区的长、宽、坡度等范围数据;应用地质罗盘确定坡面产状、沟谷走向等。

#### 3.5.3 调查访问

地质灾害应急调查中,通过调查访问可深入了解当地自然经济地理环境、人类活动及其影响、地质灾害活动的历史及特点、地质灾害及隐患演化发展、成灾过程及危害等情况,对于了解地质灾害的发生过程尤其重要。如1991年9月23日,昭通市盘河乡头寨沟发生的特大型滑坡灾害。应急调查访问中,有附近村民反映,滑坡发生的前一天他赶着马上山驮柴,在滑坡区后缘发现山体已开了不少裂缝,上午马还可以跨过裂缝,下午裂缝宽度就发展到马跨不过去了。1996年5月31日和6月3日,元阳县老金山金矿群采区相继发生两次特大型滑坡灾害。应急调查访问中,有矿工反映,在第一次滑坡前坡体中间曾有过小的坍塌。第二次滑坡前矿坑挤压变形很强烈,上午还可站着推车进出,下午就只能佝腰推车进出了。诸如此类情况很多,不通过调查访问,这些

灾害演化、临发前和成灾时的信息是无从知晓的,导致不少关于地质灾害事件的论文,均用“突发滑坡”“突然崩塌”等略去了致灾地质作用前期变形发展的过程和征兆。

#### 3.5.4 现场调查测绘

通过应急调查组的路线与定点观测记录、形态和规模测量,核实查证已收集的资料,取得直观、准确的信息和数据,建立全面、立体的概念和系统的认识。

(1)调查核实灾害损失、灾害隐患威胁及应急工作情况。通过灾害现场观察核实因灾造成的人员及财产损失的数量、毁坏程度,灾害隐患威胁的人数和财产形态及潜在经济价值,按照现行标准确定灾(险)情分级。现场考察已开展的应急救援和处置工作,分析评估取得的成效和存在的问题。

(2)地质环境调查。调查地形地貌,地质构造,岩土体工程地质特征,水文地质条件,地震活动情况等。应突出重点,主要针对地质环境中导致灾害发生的脆弱环节进行观测,确定地质灾害形成的不良地质环境因素。

(3)地质灾害活动痕迹调查。调查崩积体的分布范围、高程、形态、规模、物质组成、分选情况、块度、架空情况和密实度,崩塌方式、崩塌块体的运动路径和距离;滑坡体形态及规模,后缘滑坡壁的位置、产状、高度及其壁面上擦痕特征,滑坡两侧界线的位置与性状,滑动的方向、滑距等;泥石流在运动过程中残留的各种痕迹和堆积物特征,判定泥石流性质和规模等;地面塌陷形态及规模,地面变形迹象及动态,地下空间埋藏分布及地面塌陷诱发因素等。

(4)人类活动的影响调查。调查了解人类活动对地质环境的改造,以及由此带来的不良影响。如土地开垦、耕作,建筑、道路、水利工程建设切坡和填方、对地表径流途径和通道断面的改变、建筑加载,采矿掘进、采空区沉降或塌陷、弃渣堆放,库水蓄放,引水管渠渗漏和管控缺失,排水下渗和侵蚀,地下水开采或疏排等。分析这些活动与成灾地质作用的关系,确定这些活动对地质灾害的影响。

(5)地质灾害的发生过程调查。通过现场地质作用途径和痕迹、堆积体土石成分、结构的观测及堆积体规模的测量,掌握具体形态数据,确定地质作用的类型、规模等级。现场综合分析论证地质灾害发生的临界触发因素,致灾地质作用各要素之间的地

质组构关系、运动和转化过程、变化形式及其物理力学性质,初步确定地质灾害的成因机制。

(6)判断地质灾害的发展趋势。地质灾害的发展趋势预测是安排部署应急处置及后续防治工作的重要依据。要通过成灾地质作用过程分析,确定致灾地质作用处在孕育→发生→发展→调整→稳定过程的哪个阶段,进而具体分析判断地质灾害的发展趋势,主要包括:致灾地质体的稳定性及发展动态、自然和人为诱发因素的趋势预报或预测<sup>[19]</sup>、承灾对象的转移避让情况及安全性,根据地质灾害活动的历史与现状,分析其活动及变化规律,综合判断地质灾害的发展趋势。

#### 3.6 应急调查报告

地质灾害应急调查的资料综合研究及报告编写并非都在工作的最后环节一并进行,除规模等级较小的单点地质灾害应急调查,通常是在整个工作过程中同时进行的。应急调查报告的形式也不仅限于文图表达的综合报告,口头汇报、电子邮件、短信息及简明的速报等形式均较为常用。

##### 3.6.1 中间性专题报告

地质灾害应急调查的中间性专题报告,主要应对如下情况和要求。

首先这是贯彻执行国家地质灾害速报制度的要求。《国家突发地质灾害应急预案》(国办函[2005]37号)确立了地质灾害速报制度,原国土资源部《关于进一步完善地质灾害速报制度和月报制度的通知》(国土资发[2006]175号)进一步明确了不同等级的灾(险)情的速报要求。因此地质灾害应急调查需及时向各级政府主管部门速报实时信息,以及后续日报、月报等填报。

其次是按照地质灾害应急指挥部的指令,迅速调查落实,回复指挥部的问题和要求。如在鲁甸“8.03”地震牛栏江红石岩堰塞湖处置前期<sup>[20]</sup>,应急调查组冒着频发的余震和岸坡陡崖崩塌飞石,乘冲锋艇抵达堰塞体下,展开堰塞体地质灾害应急调查。首先按要求将堰塞体溃决的危险性评估结果电话报告了指挥部的领导。然后在查明威胁堰塞体上开挖引流槽及核实影响武警水电部队官兵安全的地质灾害隐患后,于当晚编写提交了牛栏江红石岩堰塞湖处置区地质灾害应急调查简报。

再就是在应急调查过程中,针对重大灾(险)情

信息和应急救援及处置的特定要求开展的应急调查核查,需编制提交有关专题报告。如在群发地质灾害应急调查期间,地质灾害应急指挥部接到重大灾(险)情报告时,指派应急调查组对具体的地质灾害或隐患进行紧急调查核查,快速编写上报应急调查及紧急处置专报。

此外,在应急搜救、抢通保通、水库险情处置等工作中,根据有关专门要求开展的应急地质工作,也需要应急调查组尽快编写提交中间性专题报告。

### 3.6.2 最终调查报告

地质灾害应急调查报告是应急救援及处置、后续防灾减灾工作的科学依据,也是确定灾害成因,开展责任认定和追究的量化根据。因此,应急调查报告应做到简洁明了,论述清楚,结论明确,建议合理可行。地质灾害应急调查报告的主要章节应包括:应急调查工作概况、基本灾(险)情、抢险救灾情况、地质灾害类型和特征、地质灾害成因、发展趋势及危险性评估、应急处置措施及防治工作建议等。

由于地质灾害的灾(险)情、致灾地质作用特征、自然经济社会环境等客观情况变化很大,在时间紧迫的应急救援及处置阶段,上级对应急调查的要求也多有不同。因此地质灾害应急调查报告,编写内容可根据实际情况和要求进行调整。地质灾害应急调查报告是专业技术报告,有关地质学及地质工程专业技术的内容和意见是其它报告不能替代的,应作为编写报告的重点,主要有地质灾害特征及成因、地质灾害发展趋势及危险性评估、应急处置措施及防治工作建议。措施及建议是应急调查的落脚点,要做到全面系统、合理可行,切实为地质灾害应急和后续防治工作提供科学技术依据<sup>[21]</sup>。

## 4 结 论

(1)地质灾害应急调查是针对突发性地质灾害或险情而采取的紧急获取有关信息的过程,对应灾(险)情应急救援和处置阶段,后续延伸的排查、核查不属于应急调查的范畴;

(2)根据应急调查技术条件的差异,划分单点和群发地质灾害应急调查两大类,有利于规范应急调查工作和提高应急调查效率;

(3)应急调查流程主要为6个环节,即:基础资料准备、现场协调会议、制订工作方案制订及协调安

排、卫星及无人机遥感调查、野外应急调查、资料综合研究及报告编写;

(4)应急调查方法主要采用野外现场调查访问、地质测绘与卫星定位以及高分辨率卫星遥感、无人机航拍等便捷有效的方法;

(5)应急调查中主要的地质专业内容为地质灾害特征及成因、发展趋势及危险性评估、应急处置措施及防治工作建议。

## 参考文献

- [1] 王宇. 云南省地质灾害防治与研究历史评述[J]. 灾害学, 2019, 34(3):134-139.
- [2] 王根龙,张军慧,刘红帅. 汶川地震北川县城地质灾害调查与初步分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2009, 20(3): 47-51.
- [3] 郑志龙,甘东科,宋书志,等. 岷江某滑坡应急调查及处置措施研究[J]. 水电站设计, 2019, 35(2):18-21.
- [4] 刘艳辉,唐灿,李铁峰,等. 地质灾害与降雨雨型的关系研究[J]. 工程地质学报, 2009, 17(5):656-661.
- [5] 徐则民,黄润秋,唐正光. 头寨滑坡的工程地质特征及其发生机制[J]. 地质论评, 2007, 53(5):691-698.
- [6] 王宇. 元阳县南沙新城址地质环境评价[J]. 地质灾害与环境, 1994, 5(4):18-24.
- [7] 王宇. 云南省崩塌滑坡泥石流灾害及防治[J]. 地质灾害与环境, 1998, 9(4):38-47.
- [8] 黄润秋. 论中国西南地区水电开发工程地质问题及其研究对策[J]. 地质灾害与环境保护, 2002, 13(1):1-5.
- [9] 张咸恭. 工程地质学[M]. 北京:地质出版社,1979.
- [10] GB/T13908—2002. 固体矿产地质勘查规范总则[S].
- [11] GB12719—91. 矿区水文地质工程地质勘探规范[S].
- [12] 黄润秋. 岩石高边坡稳定性研究[A]//成都理工大学五十周年校庆论文集[C]. 成都:四川科学技术出版社,2006:50-67.
- [13] 王宇. 元阳—南沙变质岩山区滑坡发育规律及防治对策研究[A]//云南省首届青年学术年会论文集[C]. 昆明:云南科技出版社,1992:254-260.
- [14] 王宇,杨迎冬,晏祥省,等. 云南鲁甸级地震次生特大地质灾害的特征及原因[J]. 灾害学, 2016, 31(4):83-86.
- [15] 张杰,王宇,张红兵,等. 云南彝良9·07地震次生地质灾害特征分析[J]. 工程地质学报, 2014, 22(2):280-291.
- [16] 刘传正,张明霞,孟晖. 论地质灾害群测群防体系[J]. 防灾减灾工程学报, 2006, 26(2):175-179.
- [17] 黄海峰,林海玉,吕奕铭,等. 基于小型无人机遥感的单体地质灾害应急调查方法与实践[J]. 工程地质学报, 2017, 25(2):447-454.
- [18] 李爱农,南希,张正健,等. 特大地灾遥感应急响应调查方法与案例[J]. 中国减灾, 2018(10月上):42-45.
- [19] 殷跃平. 汶川八级地震地质灾害研究[J]. 工程地质学报, 2008, 16(4):433-444.

- [20] 王永德,王玥.牛栏江红石岩堰塞湖应急处置措施浅谈[J].中国水利,2015(2):27-28.
- [21] 王宇,祝传兵,张杰,等.云南高原山区地质灾害与应急地质工作方法[M].昆明:云南科技出版社,2020.

## Review on the connotation and methods of emergency investigations to geological hazards in mountainous area

WANG Yu<sup>1</sup>, HUANG Cheng<sup>2</sup>, ZHOU Cuiqiong<sup>2</sup>, YANG Yingdong<sup>2</sup>, XIAO Huazong<sup>2</sup>, YAN Xiangsheng<sup>2</sup>, ZHANG Lingze<sup>2</sup>, WANG Yuqin<sup>2</sup>

(1. Yunnan Geological Survey, Kunming, Yunnan 650051, China; 2. Yunnan Institute of Geoenvironment Monitoring, Kunming, Yunnan 650216, China)

**Abstract** Emergency investigations of geological hazards are immediate surveys to sudden geological hazards or dangerous situations. Real-time information should be provided timely during the survey period of one to several days, and the emergency investigation report should be submitted as soon as possible, so as to provide scientific basis and technical support for emergency rescue and management of geological hazards. Such emergency surveys are divided into two types, single point and a mass of geological hazards survey according to the technical conditions of surveys. This paper describes the main workflow of surveys including basic data preparation, on-site coordination meetings, decision-making and coordination arrangement, satellite and UAV remote sensing surveys, field emergency surveys, data integration research and report compilation, as well as the main working methods of each link. In general a geological hazard emergency survey adopts convenient and effective methods, such as field investigations and visits, geological mapping and satellite positioning, high-resolution satellite remote sensing, and aerial photography by UAV. In addition, the basic rules, methods and technical requirements of geological hazard emergency survey in mountainous areas are analyzed and reviewed in detail in this paper.

**Key words** emergency rescue, geological hazards, environmental impact, emergency survey

(编辑 张玲)