张小趁，陈红旗．突发地质灾害应急技术：过程模式[J]．灾害学，2015，30(4)：149 - 155．[Zhang Xiaochen，Chen Hongqi. Geological disaster emergency Technology：Process Model[J]. Journal of Catastrophology，2015，30(4)：149 - 155.]

# 突发地质灾害应急技术：过程模式*

张小趁[1]，陈红旗[2]

（1. 华北科技学院，北京 101601；2. 国土资源部地质灾害应急技术指导中心，北京 100081）

**摘　要：**时间是影响突发地质灾害应急防治成效的关键因素。面向应急情景、任务和能力，以时间为主线的应急技术设计是应急预案的主要内容。由于我国应急体系建设起步较晚，应急防治理论基础薄弱，缺乏系统案例，导致应急响应与防治过程尚不清晰，存在“求快忽准”、混淆管理程序和技术流程等现象。采用情景分析方法，基于协调集成设计的思想，首次提出“三阶段三层次五步骤九环节”的应急过程模式，具体如下：分为监测、响应和恢复等三个应急管理阶段；分就近响应、先期处置和应急救援等三个递进响应层次；通用程序有预期启动、工况分析、处置实施、会商检验和响应结束等五个步骤；分预警响应、情景分析、应急调查、应急监测、灾情评估、风险防控、应急治理、成因判定和总结恢复等九个应急防治环节。该模式尚属粗浅，有待过程模型库的建设支撑。仅供地质灾害应急防治的科技工作者参考。

**关键词：**地质灾害；应急管理；应急预案；情景；过程模式；应急响应。

**中图分类号：**X43　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1000 - 811X(2015)04 - 0149 - 07

doi：10. 3969/j. issn. 1000 - 811X. 2015. 04. 028

从 1949 年 10 月新中国成立到现在的 60 余年里，我国灾害管理历经救灾、防灾减灾、综合减灾等阶段，逐步建立了以“一案三制”为主要内容的当前应急管理体系[1]。突发地质灾害应急也从单一救灾行动逐步提升为体系化的运行[2-4]。应急预案是应急体系建设与运行的核心[5-6]。根据现代应急管理理念[7]，应急预案是透明、标准的事后反应程序[8-9]，也是事前应急准备的工作计划[10-12]。近年来，有关应急预案研究向纵深方向发展[13]。由于存在应急理论研究薄弱、文理科割裂、重宏观轻微观等问题[14]，对应急过程情景和现场应急防治工程技术方案的考虑普遍不足，有失灵活性、针对性和协调性。譬如，在 2005 年四川丹巴县城后街滑坡应急防治中，存在现场系统响应和应急治理结合不紧密的问题；在 2009 年重庆凉水井滑坡险情处置过程中，就遇到平战结合技术保障问题；在 2010 年甘肃舟曲特大山洪泥石流灾害应急响应中，遇到地质灾害应急预案体系内外的衔接问题；2014 年贵州福泉滑坡事件中遇到应急何时启动、何时结束的问题。这些均与以时间为主线的应急防治过程研究分不开。目前，应急流程制定有实践总结和引进两种途径。前者依赖于对上级预案的解析，囿于既有机制，容易忽视地质灾害及其应对客观规律；后者，一味借鉴西方国家应急准备和规划体系，缺乏技术条件分析，理念看似先进、现实多难可行。为此，按照“情景 - 任务 - 能力”技术路线[15]，开展应急过程模式的探讨。

## 1　突发地质灾害应急情景与演变

滑坡、山体崩塌和泥石流灾害发生地点、时间和影响尚难以预计，未来的演化扩散具有不确定性。针对情景变化，需要依据情景演变后果进行随机决策[16-17]。制定应急防治方案，采取“情景—应对”模式要比传统的“预测—应对”模式更适应。若囿于专家经验，可能出现先入为主或以偏概全的应急防治技术风险，影响应急减灾成效和应急资源科学配置。

在现阶段地质灾害预案体系尚不健全的条件下，情景分析推演可改变被动应急模式[18-19]。通过地质灾害现场观测、识别和研判，基于并不完备的信息，反演地质灾害形成发育、风险累进过程，推演接下来的态势，为制定方案及其优化提供依据。情景演变集中出现在关键节点，譬如，坡体滑动破坏的前后、灾情发生的前后、统计降

* 收稿日期：2015 - 03 - 13　　修改日期：2015 - 04 - 30
基金项目：国土资源部公益性行业科研专项项目(201211055)
作者简介：张小趁(1973 - )，女，河南焦作人，硕士，研究方向为工程地质力学．E-mail：xc_ zh@163. com

雨基准达到临界值前后、防治能力不足前后、预警信号发出的前后等等。情景演变带来的后果，是应急防治主体、目标、任务和措施的改变。识别关键节点起止时间与应急技术特性就成为关键。现有研究多集中于对事件社会属性情景的数学描述与智能化支持系统的实现，或者对灾害地质体的物理－力学机理的揭示，鲜见二者结合的地质灾害应急情景分析，使得应急适应性不足。

**表 1 地质灾害应急情景推演技术简介**

| 要素 | 关键节点 | 情景特性 | 应对措施 |
|---|---|---|---|
| 承灾体 | 预警告知 | 等级与信号；后续响应方案；发布畅通性。 | (1)应对主体转变。<br>(2)避险撤离与警戒。<br>(3)自救互救和救援。 |
| | 脱离危险 | 危险区边界距离；保护和缺陷修复；幸免于难。 | (1)控制险情，消除隐患。<br>(2)安置场地地质安全评估。<br>(3)承灾体主动保护措施。 |
| | 遭遇灾害 | 死亡失踪受伤；直接或间接损失；社会影响。 | (1)搜救和创伤修复。<br>(2)自救互救。<br>(3)避免二次或次生灾害。 |
| 地质体 | 形成阶段 | 物质结构形态规模；应力应变形变；地下水动态；水石耦合状态；宏观变形迹象。 | (1)提高稳定性。<br>(2)较少不利因素发生。<br>(3)风险预防与规避。<br>(4)保持监测预警。 |
| | 破坏阶段 | 速度、路径和范围；危害机制；次生危害。 | (1)阻拦排导。<br>(2)被动保护。 |
| | 爆发结束 | 堆积停止；残留风险。 | (1)防止灾害衍变。<br>(2)二次或残留风险处置。 |
| | 堆积停止 | 稳定性；脱水固结。 | (1)灾毁土地修复。<br>(2)灾害地质体改良。 |
| 自然环境 | 急剧变化 | 加载、卸载和工程扰动；降雨和温度变化；破坏地震事件；水力作用。 | (1)加密监测\预警研判。<br>(2)采取预防和干预措施。 |
| | 逼近风险临界点 | 有效降雨量和雨强；地震动放大效应；工程扰动破坏。 | (1)加密并调整监测方案。<br>(2)发布应急预警。 |

对突发地质灾害应急情景识别，首先是对地质灾害事件的风险认知[20]，包括灾害地质体、承灾体和地质环境条件(表 1)。其中，灾害地质体是指物质、结构、稳定性、形变、运移、堆积特性，以及强度、路径及范围等危害特征；承灾体具有等级规模、易损性和缺陷与保护等特性；地质环境条件既包括降雨、温度、地震或人为活动等风险因素，又包括地理、交通、经济和文化等影响防治工况的社会因素。由于地质灾害较社会事件有着明确的地质－力学机理，按照时间主线进行灾害情景、防治方案及相互作用进行动态推演，尽管繁琐但原理是清晰的，可以运用事故树、网络图法[18]，或集对分析方法进行任务分解落实。由此，设计应急防治方案，形成图 1 所示应急过程模式。

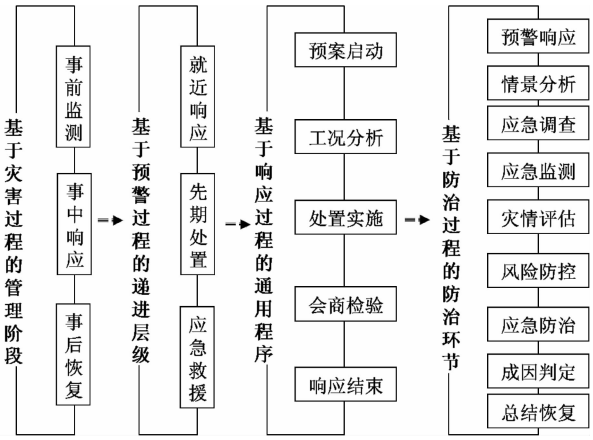



图 1 地质灾害应急过程模式图示

## 2 应急管理阶段

随着灾害管理实践发展，应急管理逐渐扩展为包括风险管理、危机管理在内的过程[1]，其过程被描述为阶段。如何划分地质灾害应急管理阶段是制定应急防治方案的基础。突发地质灾害应急管理阶段的划分，具有学术研究和实践活动双重意义。文献分析表明，目前尚缺乏地质灾害应急管理阶段研究。在以往的理论与实践中，通常认为应急防治属于风险管理的范畴，技术层面区别于正常预防和治理，但又与其他突发事件一致，制度层面跨及风险管理和危机管理的范畴。

国内外关于突发事件应急管理阶段的划分不尽相同。归纳为灾害生命周期理论观点、全面应急管理观点和应急行动观点等三类。其中，基于灾害生命周期理论，1989 年 Robert Heath 提出的“4R”(reduction、readiness、response、recovery)得到最广泛的应用[21]，1976 年 William Haddon 提出的事前、事中和事后三阶段模型最容易理解。由于灾害地质作用过程漫长、爆发动力过程短暂，

超前预警一直科学难题，准确建立应急响应与地质作用之间的准确时间序列是困难的。以 2014 年 8 月 28 日贵州福泉滑坡灾害事件为例，一味追求准确的应急预警，反倒丧失避险时机。全面应急管理观点，以美国提出的预防、保护、响应、减灾和恢复全过程任务为代表，与点状特征突出的突发地质灾害事件不相吻合。同时，将地质环境保护、工程地质加固等措施归为应急措施也有不妥。根据应急行动的阶段划分是容易理解的。例如，米特罗夫提出五阶段（信号侦测、探测预防、控制损害、恢复阶段、学习阶段），但难以体现应急准备的核心作用。李湖生提出了应急管理阶段理论新模型“预防，监测，响应，恢复，重建”[22]，但预防与监测、恢复与重建间难以明确区分。此外，滑坡、崩塌和泥石流是不可逆转的自然地质现象，防治属于工程－技术范畴，其风险累积程度不足以给组织－制度层面带来挑战，可不考虑涉及危机管理的内容。

综上，将将突发地质灾害应急管理过程划分为监测（monitoring）、响应（response）和恢复（recovery）三个阶段。地质灾害风险管理是监测的基础和依据。譬如地质环境监测、灾害地质调查评价、地质安全规划、地质灾害易发区识别、风险预防和规避，以及出于工程地质安全考量的保护。当地质灾害事件（除非巨灾或类似 2010 年甘肃舟曲特大山洪泥石流）存在衍变为威胁组织和制度层面的其他事件类型时，已经超出地质灾害防治技术能力，另当别论。

### 2.1　监测

包括地质灾害险情监测、灾情监测和应急准备三个方面。当监测到破坏前兆，或风险急增，或危害出现，就需要对监测数据分析，研判是否需要采取应急响应措施，过渡到响应阶段。应急准备内容有建立监测预警网络、演化衍化机理研究、预警判据生成、预警信号与发布途径、预警－响应方案、应急防治方案、标准和规范、社区应急准备文化和识灾自救互救技能培训、应急防治科学技术研究，以及应急保障能力等。

### 2.2　响应

当临近危害或危害已发生时，启动应急预案，开展应急防治行动：启动应急通讯网络和会商系统；开展应急调查、监测、灾情评估和险情研判；进行避险撤离、救援处置和应急治理等。

### 2.3　恢复

当地质灾害险情或灾情已消除，或者得到有效控制后，结束响应，恢复到正常监测状态。短期恢复内容包括事件成因调查评估、应急防治技术评估、应急管理总结评估、群测群防网络修复完善、服务受损设施重建和修复等；长期恢复内容包括汲取经验教训、消除社会影响，不断优化“一案三制”和应急准备等。

## 3　递进层级与通用程序

### 3.1　应急响应递进层级

应急资源满足程度是影响成效的关键[23－25]。第一时间反映、就地处置是突发地质灾害应急防治的理想情景，受地质灾害隐蔽性和易发地区地质环境工况限制，基于预警信息传递，形成由就近响应、先期处置和应急救援三者有机构成的递进反应过程（表 2）。在自下而上的社区减灾机制驱动下，进行信息报告、就近响应和先期处置；根据自上而下的应急预案规定，展开救援响应（表 3）。

**表 2　突发地质灾害应急管理阶段技术简介**

| 管理阶段 | 技术特性 | | |
|---|---|---|---|
| | 灾害周期 | 应对目标 | 技术分析 |
| *风险管理 | 地质灾害易发性演化。 | 消除地质灾害隐患。 | 地质环境监测与保护；地质灾害早期识别、易发性区划与风险预防与规避。 |
| 监测 | 灾害地质体形成。 | 发现灾情险情。 | 跟踪观测灾害风险与事态，在发现前兆时，及时预警。 |
| 响应 | 风险急剧上升或灾害发生。 | 控制灾情与险情。 | 应急调查、监测与评估；应急防范与、治理；应急搜救救助。 |
| 恢复 | 灾险险情消除。 | 恢复生产生活。 | 灾毁土地恢复；社区防灾减灾重建；隐患更新。 |
| *危机管理 | 衍变为其他事件。 | 社会影响消除。 | 应急体制机制法制的改变。 |

注：*属于前后延展过程。

（1）就近响应。就近响应是指灾害发生地居民、社区、乡镇政府和社会团体，依托群测群防网络，开展避险、自救、互救、信息上报。2010 年 8 月 13 日四川绵竹清平乡特大泥石流避险、2014 年 8 月 9 日丹巴东谷乡二卡子沟泥石流避险等案例显示，就近响应具有时效性（距离近）、针对性（观测基础和经验认识）和协调性（有强烈意愿）等优势。近年来，国内学者用在欧美国家得到发展应用的“the first responder”描述就近响应[26]，尽管二者均体现了“第一时间”“志愿”“提供支持”，但就近响应更适合单点事件、更注重当地居民自救互救技能。

（2）先期处置。根据“分级管理、属地为主”的原则，在上一级响应主体没有到达之前，下一级

响应主体所开展的应急处置行动均称为先期处置。通常是指属地社区、乡镇人民政府，在上报灾情信息的同时，及时采取防范与处置措施，控制事态，并向上一级汇报先期处置情况、调查认识和观测数据记录。

(3)应急救援。在先期处置未能达到目标成效的情况下，提供应急救援。多数情况是根据分级响应的规定，责任主体启动应急预案，在先期处置基础上，协调应急资源，进行系统调查、评估和处置。涉及跨区地质灾害问题，也存在该阶段。譬如，2013 年云南永善黄花镇金沙江一处岸坡滑动入水，造成对面四川雷波县人员伤亡。尽管灾情等级为中等，仍需要提高响应等级予以协调支援。

**表 3 不同层级应对主体和应急准备规划简介**

| 响应层级 | | 应急准备 |
|---|---|---|
| 就近响应 | 社区群众 | (1)地质灾害易发地区社区应急准备文化建设。<br>(2)地质灾害避险自救互救技能培训。<br>(3)地质灾害群测群防网络建设。<br>(4)地质灾害隐患警示与避险标识。<br>(5)社区志愿者培养。 |
| 先期处置 | 基层政府 | (1)地质灾害应急预案编制和优化。<br>(2)地质灾害应急防治协调机制。<br>(3)地质灾害应急装备配置和物质储备。<br>(4)地质灾害应急救助与资金保障机制。<br>(5)地质灾害应急综合演练。<br>(6)地质灾害事件热点媒体应对。 |
| 应急救援 | 应急机构 | (1)地质灾害应急资料、技术和装备储备。<br>(2)地质灾害应急防治科学研究和技术研发。<br>(3)地质灾害应急实战演练。<br>(4)地质灾害情景推演。<br>(5)应急信息共享和协调。<br>(6)应急总结评估与案例库建设。 |

### 3.2 应急响应通用程序

应急响应程序是由一系列指令、任务和规则要求构成的标准工作程序。在预案不够详尽或失效的情况下，制定通用程序，提供随机决策依据，保障时效性、灵活性和协调性。启动、实施和结束是必备程序；考虑地质灾害隐蔽性及其应急防治专业性，需要技术设计和会商检验。于是归纳通用程序为预案启动、工况分析、处置实施、会商检验和响应结束等步骤。

(1)预案启动。何时启动在每一个应急预案中都有明确的界定，但普遍缺乏理论依据[27]。现行做法是以应急指令为准。随着应急准备体系的不断完善，预警与响应趋于一体化[2,4]，将由预警信号自动触发响应启动。

(2)工况分析。现阶段，我国应急准备能力不足[11-10]。能否快速形成应急防治方案取决于应急准备成效，尤其是案例积累。依据工况分析、灾害地质演化趋势，基于相似案例[28]，以效果为准[18]，推演遴选现有可用的应急防治措施。

(3)处置实施。应急处置分避险、救助、评估、预防、治理和消除社会影响等方面。有关应急防治方面，可依据现行地质灾害调查、监测、勘察和防治工程标准规范。

(4)会商检验。会商既是成效评估的方法，又是多部门协同处置的保障。在“交响式”集成平台上[16]，应急措施计划、实施及效果均需跟踪会商检验，协调应急防治工况和技术条件，消除技术误差。会商方式有现场会商和远程会商。

(5)响应结束。《国家突发地质灾害应急预案》规定“经专家组鉴定地质灾害灾情险情已消除或者得到有效控制后”，结束响应。定量判定结束时间，是关系成本效益的最优停止数学理论模型[29]。由于目前尚未积累有足够的地质灾害应急案例数据，很难建立概率结构和报酬函数，应在该思想指引下，借助会商定性研判。

## 4 应急防治流程

随着《国家突发地质灾害应急预案》、《国土资源部重大地质灾害应急响应工作方案》《国土资源部重大突发地质灾害应急工作程序》等修编完善，应急防治管理流程会愈加明确，迫切研究制定详细的应急防治流程和过程技术保障。“快调查、快监测、快定性、快论证、快决策和快实施”是经验做法[30]。以 2009 年我国首次地质灾害应急技术演练评估和以往应急案例总结为基础，通过典型情景推演，构建由预警响应、情景分析、应急调查、应急监测、灾情评估、风险防控、应急治理、成因判定和总结恢复等九个环节组成的应急防治流程(表 4)。

(1)预警响应。监测到突发地质灾害后，或者坡体临近滑动或崩塌破坏，抑或高易发区域降雨、地震或工程扰动等因素动态逼近引发地质体破坏的的临界阈值，根据灾情险情等级，发布应急预警，启动相应等级应急预案。

(2)情景分析。在响应初期，通过社区走访、会商咨询和资料查阅，了解地质灾害形成演化过

**表 4　突发地质灾害应急防治技术流程简介**

| 技术环节 | 技术要点 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 时间节点 | 应对任务 | 参与主体 | 技术方法 |
| 预警响应 | 发现灾情或接近临界风险阈值。 | (1)灾情险情信息速报；<br>(2)预警告知；<br>(3)应急响应等级确定。 | 群测群防员；<br>应急值守协调人员；<br>应急响应决策者。 | 基于地质灾害动态风险评估的分级预警模型，通过预警－响应的一体化，是的预警时机最佳。应急准备体系和能力建设是该环节的技术保障。 |
| 情景分析 | 响应初期 | (1)资料收集与走访；<br>(2)情景描述推演反演；<br>(3)应急方案制定和准备。 | 先期处置者和社区代表；<br>熟悉当地地质环境条件者；<br>参与现场应急处置人员。 | 采用情景推演方法，通过情景反演、演变及后果评估，保证任务与能力的匹配，提高防治方案的针对性、灵活性和有效性。与先期处置工作的效果相关。 |
| 应急调查 | 抵达现场工作后 | (1)灾害地质特征调查；<br>(2)危害范围、特征和后果调查。 | 应急调查技术人员；<br>群测群防员。 | 采用无人机、三维激光扫描和地面调查结合的方法，重点调查演变过程、破坏痕迹、风险要素和危害后果，形成一图一表一报告。工作量与地质环境复杂程度相关。 |
| 应急监测 | 有初步调查认识 | (1)风险要素监测；<br>(2)灾害地质稳定性监测；<br>(3)施工地质安全监测。 | 地质灾害应急监测技术员；<br>气象、水文或其他必要的监测技术人员。 | 突出关键部位，对关键要素和宏观前兆监测，采用任意网型，点面结合随机布设网点。监测方法以非接触式、自动化量测方法为主，监测频次 1 次/d－10 min。 |
| 灾情评估 | 结束调查工作后 | (1)灾情损失评估；<br>(2)情景演变及后果评估；<br>(3)处置方案调整。 | 当地政府；<br>应急调查评估人员。 | 采用定性和定量相结合方法。灾情统计包括人员伤亡和直接经济损失；采用数值模拟、地质力学分析和专家打分方法，进行情景推演。灾情险情评估重点不同。 |
| 风险防控 | 形成初步认识后 | (1)人员避险与安置；<br>(2)现场地质安全警戒；<br>(3)重要承灾体保护。 | 应急决策者；<br>协同响应部门；<br>受灾民众和现场救援人员。 | 采用运动动力学分析，圈定危险区和影响区；评估重要承灾体遭遇概率及其缺陷。 |
| 应急治理 | 经处置会商后 | (1)应急治理工程；<br>(2)施工地质监测和优化。 | 地质灾害应急治理设计；<br>地质灾害治理施工人员。 | 基于变形理论的控制设计，简化设计阶段，遵循先稳后治的原则，采取协调集成措施，动态施工优化。 |
| 成因判定 | 现场处置结束后 | (1)地质灾害成因；<br>(2)成灾过程分析。 | 地质灾害应急专家；<br>社区代表；<br>当地政府。 | 区分自然、人为和管理因素，通过层次分析排序。<br>区分地质灾害形成原因和事件定性。 |
| 总结恢复 | 响应工作结束后 | (1)应急管理评估；<br>(2)应急防治技术总结。 | 地质灾害应急技术机构；<br>地质灾害应急管理机构。 | 采用会商分析和定量评估相结合的方法，包括地质环境保护与地质灾害风险管理有效性和应急防治能力。 |

程、先期处置措施与效果、地质环境条件；采用数值模拟、专家会商等工具，反演地质灾害发生经过、推演稳定性趋势和风险后果，制定防治目标和措施。

(3)应急调查。调查分布范围、形态、物质、结构、形变、运动等灾害地质特征；收集降雨、地震或人为活动等敏感因子的近期变化和 10 d 之内的观测记录；调查破坏迹象、危害痕迹、承灾

体缺陷等。宜采用无人机航拍解译、三维激光扫描和地面调查相结合的方法。

(4)应急监测。根据先期调查认识，对重点部位的敏感因子跟踪观测。当灾害地质体处于失稳破坏短临状态，监测灾害地质体形变、破坏迹象及其随时间的变化，为会商定性、方案论证和紧急避险提供依据[30]；在灾后现场搜救与安置中，对堆积稳定性、扩展形变及其风险要素监测，防范二次或次生灾害。

(5)灾情评估。对人员伤亡和直接经济损失进行统计，为救助提供依据；评估地质灾害成灾模式；采用数值模拟手段等，研判险情趋势、次生或衍生灾害风险，及时调整防治目标和措施；开展地质灾害危险性评估，并兼顾通达性、有效面积和无障碍要求选址安置场地。

(6)风险防控。划定安全警戒区域，撤离危险区域受威胁群众；进行风险告知，减少社会影响，预防次生灾害；划定安全搜救和抢险区域；对重要承灾体，实施应急保护工程。例如，顶棚支护、落石槽、防冲撞墙(网)等。

(7)应急治理。应急治理针对性强，主要是为了消除或减轻危害和尽快恢复生产生活秩序(DZ/T 0219－2006)。在系列重大地质灾害应急实践中，业已积累了许多经验技术方法[31－36]。与正常治理工程相比，在短期内对关键部位的地质工程改良和加固，快速稳定灾害地质体形变、变形和输移，为后续治理赢得时机[2]。应急治理设计阶段通常简化(DZ/T 0220－2006)，“边设计、边施工、边检验”[35]。在滑坡崩塌应急治理中，传统的基于强度稳定性理论和静力学的规范设计范式是不适宜的，选择变形理论的设计观点[36]。具体治理工艺和取材，因地制宜因势制宜，采用“协调集成”观点，将可用好用的措施组合起来。譬如，2005 年四川丹巴县城后街滑坡应急治理中，以就地取材前缘压脚为主，坡体锚固为辅。

(8)成因调查。“及时查明事件的发生经过和原因”，包括了自然地质作用和人为活动两个方面。前者是指地形、地质、岩土体及其结构等灾害地质体形成条件、降雨、地震或温度等环境因素、变形破坏和危害机制；后者是指加剧和恶化不良地质作用的人为活动、承灾体缺陷和风险管理行为等。依据成灾致灾贡献度和性质，区分本底条件、影响因素与触发作用，通过排序和分类，厘清自然、技术和管理原因。

(9)总结与恢复

应急响应结束后，及时整理应急过程记录、调查监测数据和应急防治工程资料，整理汇编归档；对风险管理与应急处置效果进行综合评估，提出应急准备建议，提交总结评估报告；并将评估结果应用到平时应急准备计划中。譬如，调整预警判据、修编完善预案、调整优化预防计划、增加培训演练、提高应急技术能力等；及时更新地质灾害隐患编目，必要时更新易发性区划图；健全完善社区防灾减灾体系；必要时，制定灾毁土地修复和后续防治方案。

## 5 结语

突发地质灾害事件有别于公共事件、卫生事件和安全事件，也和洪水、地震、气象等其他自然灾害事件不同。面对实践中的应急防治流程缺乏问题，文中试图从学科交叉角度加以梳理，针对地质灾害情景特点，构建应急过程模式。应急管理三阶段与地质灾害事件周期吻合，有利于继承既有防治理论和实践认识；递进响应层次从技术层面协调了自下而上和自上而下的应急机制；通用响应程序提供了以结果为导向的方案随机设计技术路线；九项技术环节规范了重大地质灾害应急防治流程。随着地质灾害与应急防治过程模型库的不断丰富，过程中的原子任务将不断分解[37]，以便适应更为具体的应急。从学术研究角度，上述认识尚属浅显，仅希望为地质灾害应急防治科技工作者提供参考。不当之处敬请指正。

## 参考文献：


[1] 童星，张海波. 基于中国问题的灾害管理分析框架[J]. 中国社会科学，2010(1)：132－135.

[2] 陈红旗. 崩滑流灾害应对规律与处置方案研究[J]. 中国应急管理，2013(9)：17－21.

[3] 陈红旗，徐永强，庄茂国，等. 地质灾害应急支撑体系建设基本问题分析[J]. 中国地质灾害与防治学报，2011，22(4)：109－109.

[4] 张小趁，陈红旗，张楠，等. 单沟泥石流灾害应急处置基本问题分析[J]. 安全与环境工程，2013，20(6)：30－32.

[5] 迎军，朱朝阳，周刚，等. 应急预案体系研究[J]. 中国安全生产科学技术，2010(3)：213－216.

[6] 刘铁民. 应急预案重大突发事件情景构建－基于“情景－任务－能力”应急预案编制技术研究之二[J]. 中国安全生产科学技术，2012，8(4)：5－8.

[7] Presidential Policy Directive/PPD－8. National Preparedness[EB/OL]. (2011－03－30)[2013－01－08]. http://www.dhs.gov/presidential-policy-directive-8-national. preparedess.

[8] 吴宗之，刘茂. 重大事故应急预案分级，分类体系及其基本内容[J]. 中国安全科学学报，2003，13(1)：18－21.

[9] 邢娟娟. 重大事故的应急救援预案编制技术[J]. 中国安全科学学报，2004，14(1)：57－59.

[10] 李湖生，刘铁民. 突发事件应急准备体系研究进展及关键科学问题[J]. 中国安全生产科学技术，2009，5(6)：5－10.

[11] 吴晓涛. 美国突发事件应急准备目标的演化特征研究[J]. 灾害学，2014，29(1)：157－161.

[12] McEntire D A. The status of emergency management theory: Issues, barriers, and recommendations for improved scholarship [M]. University of North Texas. 2004.
[13] 马巧焕，褚洪. 我国应急预案研究文献的定量分析[J]. 中国安全生产科学技术，2009，5(4)：203.
[14] 李尧远，曹蓉. 我国应急管理研究十年(2004－2013)：成绩、问题与未来取向[J]. 中国行政管理，2015(1)：83－87.
[15] 张辉，刘奕. 基于"情景－应对"的国家应急平台体系基础科学问题与集成平台[J]. 系统工程理论与实践，2012，32(5)：947－953.
[16] 王旭坪，李小龙，郭武斌. 基于情景分析的应急路径选择研究[J]. 运筹与管理，2012，21(5)：67－72.
[17] 李永海，樊治平，袁媛. 考虑应急方案实施效果的突发事件应急方案生成方法[J]. 控制与决策，2014，29(2)：275－280.
[18] 姜卉，侯建盛. 基于情景推演与网络图技术的应急处置模式研究[J]. 数学实践与认识，2012，42(24)：23－34.
[19] 舒其林. 非常规突发事件的情景演变及"情景－应对"决策方案生成[J]. 中国科学技术大学学报，2012，42(11)：937－941.
[20] 黄毅宇，李响. 基于情景分析的突发事件应急预案编制方法初探[J]. 安全与环境工程，2011，18(02)：56－59.
[21] 罗伯特·希斯. 危机管理[M]. 王成，等译. 北京：中信出版社，2001.
[22] 李湖生. 应急管理阶段理论新模型研究[J]. 中国安全生产科学技术，2010，6(5)：18－22.
[23] Thacher D. The local role in homeland security[J]. Law Soc Rev，2005，39(3)：635－676.
[24] Brenda L. Murphy. Locating social capital in resilient community-level emergency management[J]. Nat Hazards，2007(41)：297－315.
[25] Huang Chung-Fah，Wang Jieh-Jiuh，Lin Tai-Jun. Resource sufficiency，organizational cohesion，and organizational effectiveness of emergency response[J]. Nat Hazards，2011(58)：221－234.
[26] 宋劲松，刘红霞，王诗剑. 应急管理第一响应者制度综述[J]. 中国安全生产科学技术，2011，7(2)：14－21.
[27] 于辉，陈剑. 突发事件下何时启动应急预案[J]. 系统工程理论与实践，2007，27(8)：27－32.
[28] 李永海，樊治平，袁媛. 基于相似历史案例分析的突发事件应急方案生成方法[J]. 系统工程，2014，04：76－81.
[29] 陈安，武艳南. 基于最优停止理论的应急终止机制设计[J]. 中国管理科学，2010，18(4)：173－18.
[30] 刘传正，陈红旗，韩冰，等. 重大地质灾害应急响应技术支撑体系研究[J]. 地质通报，2010，29(1)：147－156.
[31] 殷跃平，李廷强，唐军. 四川省丹巴县城滑坡失稳及应急加固研究[J]. 岩石力学与工程学报，2008，27(5)：971－978.
[32] Wang H H，Tuo X G，Zhang G Y，et al. Panzhihua airport landslide (Oct. 3rd 2009) and an emergency monitoring and warning system based on the internet of things[J]. Journal of Mountain Science，2013，10(5)：873－884.
[33] 尹刚，周林. 清平"8. 13"特大泥石流河道排险应急治理施工[J]. 水利水电技术，2011，42(9)：58－61.
[34] 杜丽丽，孙红月，尚岳全，等. 滑坡应急治理充气截水方法[J]. 岩石力学与工程学报，2013，32(Supp. 2)：3954－3960.
[35] 肖进，傅顺. 应急排水在降雨型滑坡应急处置中的快速功效[J]. 湘潭大学自然科学学报，2014，36(2)：49－53.
[36] 黄润秋，许强. 地质灾害过程模拟与过程控制：基于变形理论的地质灾害评价及治理设计理论纲要[J]. 自然科学发展，1999，9(12)：1273－1279.
[37] 田宝林，刘长有. 基于原子任务的应急预案评价[J]. 科学技术与工程，2014，14(27)：304－309.

# Geological Disaster Emergency Technology: Process Model

Zhang Xiaochen[1] and Chen Hongqi[2]
(1. *North China Institute of Science and Technology*, *Beijing* 101601, *China*;
2. *Geological Disaster Emergency Technical Guidance Center of MLR*, *Beijing* 100081, *China*)

**Abstract**: Time is the key factor affecting the effectiveness of emergency management. For emergency response division and allocation of resources, along the main line of time, the emergency plan process design is the main content of geological disaster emergency plans. Construction of the emergency response system is relatively late in china. Because of the lack of emergency theory and practice, resulting in emergency management position is not uniform; the emergency process is not perfect. It may lead to "seek quickly ignore accuracy", confused management procedures and technical processes, confused management plan and disposal programs. These reduce the effect of the emergency prevention and control. In order to improve the effectiveness of the emergency prevention, follow dynamic-coordination-integrated ideas, the paper detailed and optimized emergency procedures plans. Proposed emergency process model that "Three-phase, Three-level, Five steps, and Nine sectors". The emergency procedures including: monitoring, response and recovery. Emergency plan levels including: nearby response, early disposal, rescue response; Emergency response experience including: starting, planning, doing, consultation test and end; Emergency control includes: emergency warning, scenario analysis, investigations, monitoring, disaster assessment, risk aversion, emergency prevention, cause determination, summary and rehabilitate. This mode is still superficial, yet construction process model library support. Only for geological disaster emergency workers to reference.

**Key words**: geological disaster; emergency management; emergency plan; scenario; process model; emergency response