

堰塞湖险情应对措施

(自治区防汛办提供)

堰塞湖是由火山熔岩流，冰碛物或由地震活动使山体岩石崩塌下来等原因引起山崩滑坡体等堵截山谷，河谷或河床后贮水而形成的湖泊。

按堰塞湖形成的灾害可以分为 3 类：高危型堰塞湖、稳态型堰塞湖和即生即消型堰塞湖。高危型堰塞湖由于蓄水量大、落差大，往往在形成后几天至几年后会被冲垮，形成严重的滞后次生水灾；稳态型堰塞湖(亦称“死湖”)，存在很长时间且湖积水量很大；即生即消型堰塞湖为地震时形成的短时堰塞湖，很快会被后来累积的水体冲毁，危害一般不大。

按堰塞湖存在时间堰塞湖的类型可以分成：一天或者几天内溃决的是即生即消型堰塞湖；几天至 100 年溃决的是高危型堰塞湖；溃决时间超过 100 年者，是稳态型堰塞湖。

国内最著名的地震堰塞湖是 1933 年四川省茂汶北的迭溪 7.5 级地震，这次强震不仅使迭溪全城及周围 60 余城镇、村寨全部毁灭，并且四山普遍崩溃，迭溪台地大规模崩塌、堵塞岷江，形成四个地震堵塞湖，大震后 45 天湖水溃决，造成下游水灾。

应紧急采取以下措施：一是派专家在每一处“悬湖”实行驻点监测，对塞体的稳定性、危害性进行评估；二是判别堰塞体风险，分清灾害等级，分门别类做好预案；三是有条件的地区，迅速研究编制处置方案，待条件具备时，派出部队或施工单位，采取开挖疏通等措施，尽可能降低水头落差，消除次生灾害的隐患。

一、堵江堆积体监测

为分析及预报堰塞湖天然坝的稳定性及可能的破坏方式，应在堰塞湖形成后及时进行以下几个方面的天然坝特征调查与研究，以充分掌握堰塞湖天然坝的几何物理特性。

由于滑坡造成的堵江堆积体事发突然，考虑灾变现场的交通和通讯条件，初期以现场人工表观监测为主，同时通过遥感技术等手段，采用高分辨率的卫星遥感数据和地形图对堰塞湖进行监测。一般步骤如下：

（一）获取几何数据

1. 通过测量等基本手段，获得堵江堆积体规模的基本数据。
2. 采用多平台、多时相的卫星数据，获取所在地区的卫星数据。
3. 充分利用数字化地形图：

（1）以地形图为地理坐标基准，对卫星数据进行几何精纠正；

(2) 利用地形图生成数字高程模型。

(二) 动态监测

1. 几何精纠正：把所涉及地区的地形图进行高精度扫描形成数字化地形图，以数字化地形图为基准，对卫星遥感数据合成的仿自然彩色图像进行几何精纠正。

2. DEM（地面高程模型）生成：把纠正后的地形图在 GIS（地理信息系统）下进行扫描矢量化，在 GIS 软件和遥感软件中提取高程点，生成 DEM 数据。

3. 堰塞湖水面提取和湖水边界生成：根据长时间序列的变化，对堆积体进行监测。

(三) 堰塞湖天然坝的物质组成及坝体材料物理力学性质

坝体的物质组成不同将影响坝体在水流等外力因素作用下的表现。在堰塞湖形成后及时调查掌握坝体的物质组成，分析其组成是否包括岩块、碎石、卵石、砾石乃至泥土和植物等，掌握各成分的含量。在此基础上对相应成分进行必要的物理力学性质分析与试验，如粒径、密度、渗透系数、凝聚力、内摩擦角等。

二、堰塞湖应急处理技术

堰塞湖应急处理的基本原则是在较短的时间内，最大可能的降低和排出堰塞湖内拦蓄的大量河水，保证堰塞湖的稳定与安全，保证抗震救灾工作的正常顺利进行，为下一步灾后重建

工作的开展提供基本保证。

(一) 基本原则

对于地震导致的堰塞湖，由于蓄水可能会引发堆积体上游淹没或溃决，产生二次灾害，因此在及时做好堰塞湖安全检查的基础上，最大可能的降低堆积体前积水，以保证堆积体不溃决为原则，在保证堰塞湖不会产生次生灾害的条件下，再考虑综合治理措施。

(二) 现场应急检查

1. 首先对造成堰塞湖的滑坡堆积体进行初步分析，包括堆积体的材料类型、颗粒组成、堆积规模、透水特征以及可能的拦蓄水量等。

2. 初步判断堆积体的安全稳定性，包括堆积体的抗滑稳定性和渗透破坏可能性，并判断溃决风险及可能造成的损失。

3. 结合短期降雨预报，判断近期可能的来水量，进行基本的洪水过程评估。

4. 综合上述基本判断，确定堆积体短期内的整体稳定性，确定应急治理方案。如果能够保证堆积体的近期稳定性，则近期可以进行以降低水位为主的临时保坝措施，否则应及时疏通堆积体，放空蓄水，避免二次灾害的发生。

(三) 应急处理技术

对于高危型堰塞湖，应急治理的基本方式包括：

1. 对于交通条件便利、易于机械化施工的堰塞湖，调动机械设备进场，通过爆破和机械施工等手段，开挖临时溢洪道或排水涵管（洞）降低湖内河水，或采用水泵抽排或倒虹吸的方式来降低湖内河水。

2. 对于地形条件差、环境恶劣、交通极其不便、人迹罕至的堰塞湖，由于不具备大型机械作业条件，难以调动必要的大型、重型机械设备进场以及实施大规模的爆破处理，可考虑一些轻型、便携的小设备进行钻孔和小批量多次爆破、配合人工作业的方式，从而实现有效降水或可控性溃决，减轻湖水骤溃导致的洪灾。主要形式包括：

（1）人工开挖修建临时溢洪通道，降低水位；

（2）在人工开挖困难的条件下，采用小批量多次爆破的方法在堰顶炸开一个口子，以满足河水下泄的要求；

（3）在电力条件不满足的条件下，采用倒虹吸的方式或发电机等设备，抽排堰塞湖内河水，降低湖区淹没范围或滑坡坝溃决的可能；

3. 进行监测预警，在所有工程应急措施难以实施，滑坡坝出现险情的情况下，及时通知上下游人员撤离，保障人民生命的安全。

三、堰塞湖溃决风险分析

（一）建立监测系统

1. 监测系统

为确切掌握堰塞湖水位变化、崩坍区实际土体变形及孔隙水压分布状况，提供实时信息作为安全或警戒的参考；由专人每日量测两次水位予以记录，持续监测水位。监测雨量，评估区域之降雨情形。在坡地地层滑动监测方面，进行自动测倾系统、震动系统、孔隙水压监测、水位观测系统及自动化网站工程等，埋设孔隙水压计及自动测倾管，以量测该区之孔隙水压及坡地地层滑动监测。

2. 监视系统

鉴于区域广大，人力监测困难，应实施紧急通报系统，于堰塞湖上、中、下游各设置动态监视摄影机，全天候即时监测水位变化、溢流情形、地形地貌变化，利用微波器材传送声音及影像，至紧急应变处理中心，随时掌握崩塌地上下游河道状况。

3. 警报系统

利用无线电波或数据专线传递至堰塞湖下游各警报站以语音现场麦克风广播，预先警告下游群众堰塞湖即将泄洪。

4. 拦砂坝的建置及崩塌地防止处理

为拦蓄土砂、缓和坡降并安定两侧边坡，以减缓土石对下游河道之冲击，于崩积土堆积区下游河道兴建三座透水坝消能，并办理边坡植生复旧。

5. 拟定灾害紧急应变计划

为紧急救灾需要，成立紧急应变小组，拟定抢险疏散计划，除与下游单位建立紧急通报、联系及疏散通报系统、溃坝前后戒备措施及防灾措施外，在下游警戒区域建立警告及禁止标语，以防范灾害发生。

(二) 基本信息收集

1. 上游天气监测与降雨预报

上游天气监测与降雨预报对堰塞湖的险情处理非常重要，据此可以预测堰塞湖的入湖流量及湖水位的上升速度与幅度。通常采用的依据：

(1) 地面雨量站。在地面设置雨量计连续监测所在位置的降雨量，观测人员每日定时采集数值。有的雨量计可连续自动记录，或可将降雨量用无线通讯装置自动发报到中心站。

(2) 雷达雨量站。根据空中雨滴、云团中水汽凝结物对雷达发射的电磁波的反射强度来测量降雨中心位置、强度、移动速度等。

(3) 卫星监测。在气象卫星上装有可见光和红外及微波辐射仪器，从而可以得到卫星云图。根据云图的连续变化了解气旋、降雨和暴雨云团等天气系统的演变情况。

2. 堰塞湖库水位监测预报

指派专业技术人员对堰塞湖水位变化，包括水位上涨速度、

水位距坝顶高度、水深、是否发生溢流等进行全天候监测，并每间隔 2 小时报告一次。若发生溢流，则应加密监测次数，并及时报警。

3. 堰塞湖坝体的变形监测预报

指派专业技术人员沿堰塞湖（顺河方向）设置简易（木桩）变形观测点，对坝体变形进行监测，并观测坝体是否有沉陷？观测坝体是否有裂缝？用尺子测量裂缝宽度是否变化、裂缝是否扩展？降雨的时候加密观测。并每间隔 2 小时报告一次。若坝体变形加速，则应加密监测次数，并及时报警。

4. 坝体渗流、管涌监测预报

指派专业技术人员进行堰塞湖坝体下游坝面是否产生渗流？是否发生管涌、坝面渗出水流是否混浊？下游坝面是否发生局部跨塌，跨塌的规模及位置？一旦发生管涌或大面积跨塌应及时上报。

（三）稳定和溃坝风险分析

1. 安全性分析：包括抗滑稳定性分析、渗透稳定性分析、溃决形式分析。通过评估，确定堰塞湖的安全性和溃决形式，为进一步的溃坝风险分析提供依据。

2. 溃决风险分析：在对滑坡体及堰塞湖基本情况进行调查的基础上，根据溃决发生的三个基本条件，坝体本身的稳定性、区域的来水特性和外力作用对坝体稳定的影响如可能发生的余

震等，进行溃坝洪水风险分析，运用模型快速评估溃决后可能影响的范围和淹没区内的最大淹没水深。

（四）预警和警报的发布

警报的发布应按照防汛应急预案的规定，根据事件可能造成危害的程度，由不同级别的行政主管部门分别发布相应等级的警报。

四、堰塞湖溃决临灾预案

堰塞湖避灾要从发现堰塞湖可能发生溃决前兆之时做起，做到有备无患。尽早制定临灾预案，临灾预案包括以下几方面的内容：

（一）堰塞湖次生灾害应急预案的宣传

堰塞湖临灾预案制定后，要及时向可能危害范围的群众宣传普及，通过分发资料、张榜公布、利用广播介绍堰塞湖灾害防治基本知识等形式，增强群众灾害防御知识，提高自救能力，并积极主动配合相关灾害防治工作，确保抢险救灾工作有序开展，确保人民群众生命财产安全。

（二）堰塞湖灾害应急防范“明白卡”

根据已确定的堰塞湖灾害点，由政府部门填制简易的卡片，统称为“明白卡”，将堰塞湖灾害的基本信息，危害人员及财产，预警和撤离方式，以及政府责任人等。落实到乡（镇）长和村委会主任以及受灾害隐患点威胁的村民。

(三) 预先选定临时避灾场地

在堰塞湖溃决危险区之外选择一处或几处安全场地，作为避灾的临时用地。要注意避灾场地的稳定性和安全。

(四) 预先选定撤离路线、规定预警信号

通过实地踏勘选择好撤离路线，撤离路线要尽量少穿越危险区，沿山脊展布的道路比沿山谷展布的道路更安全。事先约定好撤离信号（如广播、敲锣、击鼓、吹号、发信号弹等），同时还要规定信号管制办法，以免误发信号造成混乱。

(五) 落实公布责任人

要事先落实并公布堰塞湖溃决灾害防灾避灾总负责人，以及疏散撤离、救护抢险、生活保障等各项具体工作的负责人。通过村民大会、有线广播等办法，对拟订的避灾措施进行广泛宣传，做到家喻户晓。

(六) 预先做好必要的物资储备

应做好避灾场临时住所搭建的准备工作，使群众在避灾过程中拥有基本的生活条件。群众的财产和生活用品也应提前做好转移到避灾场工作，交通工具、通讯器材、雨具和常用药品等，也应根据具体情况提前做好准备。

五、堰塞湖综合治理

由于堵江滑坡坝本身的成因机制、滑体形态复杂多样，滑坡体内的物质组成、粒度成分、结构特征等差异很大，因此导

致堵江滑坡坝不同部位的物理力学性质具有较大的差异性和不均一性。堵江滑坡坝虽与人工土石坝有许多相似之处，但由于堵江滑坡坝是在外部诱发因素作用下产生的滑坡崩塌堵塞江河而成，其上下游坝坡一般较人工土石坝要缓，撒开范围也更大。

针对滑坡堵江坝的主要工程地质问题，在进行工程综合治理时，应首先进行防洪标准复核、结构安全评价、渗流安全评价和抗震安全复核等几个方面的分析，以满足堰塞湖工程管理的需要。

(一) 滑坡堵江坝工程治理分析

1. 防洪标准复核：根据堰塞湖上游的水文资料和运行期延长的水文资料，考虑堰塞湖综合利用后上游地区人类活动的影响，应进行设计洪水复核和调洪计算，评价其用作水利工程的抗洪能力是否满足现行有关规范的要求。

2. 结构安全计算：按国家现行规范复核计算堰塞湖（含近坝库岸）目前在静力条件下的变形、强度及稳定是否满足要求，如其位于 6° 以上地震区，还应进行地震结构安全论证。

3. 渗流安全计算：评价滑坡堵江坝天然状态下渗流状态能否满足和保证其作为水利工程在渗漏和渗透稳定性方面的要求，以及是否需要设置渗流控制措施和治理渗漏的工程措施。

4. 抗震安全复核：按现行规范复核堰塞湖工程现状是否满足抗震要求。

（二）滑坡堵江坝工程治理措施

根据滑坡堵江坝工程治理的分析计算结果，进行相应的工程治理。

1. 坝体治理

当堰塞湖工程高程不满足防洪标准时，应通过加高坝顶高度或设置防浪墙的方式来满足防洪要求。如果堰塞湖泄洪能力不足，则应通过设置溢洪道等泄洪设施来保证堰塞湖的泄洪要求。通过上下游坝坡的整治，来满足堵江坝抗洪、抗滑、抗冲、抗震及其他涉及工程安全的治理措施。主要措施包括：

（1）“戴帽”加高

从坝顶上直接加高，而不是从背坡脚开始培厚加高。加高部分，迎水面可以利用防浪墙直立加高，背水面上部坡度加陡一些，与下游坡面相接，一般也应经过计算，在安全的条件下进行。限于坝坡稳定的要求，加高的高度有一定限制，不能加高过大，影响坝坡稳定。一般从背水坡脚加宽加厚，保证坝坡稳定。

（2）从大坝背水坡培厚加高

这一措施，比“戴帽”加高工程量要大，造价也高。但为了满足大坝坝坡稳定的要求，也只有采取这一措施。

（3）增建溢洪道

在合适地形条件，增设溢洪道。

(4) 大坝加高与增建溢洪道相结合

为提高堰塞湖防洪标准，加大下泄流量，可采用适当加高大坝与增建溢洪道的综合措施。

2. 防渗治理

(1) 采用截渗墙（薄防渗墙、定摆喷、板桩墙），劈裂灌浆等防渗体。在防渗体不能和地基防渗措施统筹实施时，可考虑截渗墙方案。

(2) 透水地基垂直防渗处理可采用截水槽、截渗墙等作为防渗体。采用截水槽、截渗墙等防渗体时，材料可采用粘性土、土工膜、固化灰浆、水泥、水泥砂浆、混凝土、塑性混凝土、沥青混凝土、化学材料；施工可采用人工开挖、机械开挖、铺设、冲击钻、回转钻、抓斗、轮铣、射水、锯槽、斗式、多头钻、定摆喷、灌浆、板桩、搅拌桩等技术；其厚度和设置方式应满足材料允许渗透坡降要求；其防渗性能、效果应符合防渗要求和适应防渗体的布置。

(3) 对于砂卵砾石含量较高、粒径较大的地层，则应考虑冲击钻、回转钻、抓斗、轮铣等成槽方式的截渗墙，也可考虑单排灌浆帷幕防渗或劈裂灌浆，配合其它渗流控制措施可以达到一定的渗流控制标准。

地基防渗体应布置在临水堤脚或坝顶偏临水侧，并与坝体防渗体有效连接，且符合变形协调的要求。

(4) 水平铺盖加固

加固水平防渗铺盖，必须检查地区和坝址工程和水文地质状况，这是做好防渗加固的先决条件。通过勘察，了解坝基砂砾石平面和空间的分布情况、层次性质和分布规律以及地下水动态特性和渗透途径等，以便针对不同的具体条件，可能发生的问题、性质和程度，以及已成的铺盖情况，确定加固铺盖的具体尺寸、范围，铺盖层下是否需要增设反滤层，是否有软弱基础需要处理。同时，还要调查加固铺盖土料的料源、数量、级配、最大干容重、最优含水量、渗透系数和允许坡降等。

(5) 排水减压设施加固

排水减压设施一般采用导渗沟、减压井及水平盖重压渗等设施。对导渗沟的加固，应根据设计要求，严格掌握层间关系，防止导水沟淤堵。

一旦发生淤堵情况或局部破坏，应及时清除和翻修。导渗沟的断面应满足正常排除渗水的要求，不足者，予以扩大。导渗沟还应有一定的纵坡和排水出路，如发现积水，应及时加以整修，使渗透水能够及时地排除。对减压井的加固，主要是解决井内淤塞，起不到减压作用的问题，应及时冲水清理，但不要破坏井壁反滤层，以免失去反滤作用。还要防止人为地向井内投小块石，如已发现，及时设法清除，并加强井口保护，以防再次发生。对水平压渗盖重设施的加固，如发现反滤层失

效或压渗厚度不够，就及时翻修，满足设计厚度。

3. 液化治理

利用强夯、振冲挤密碎石桩法处理，改善了可液化砂土的原有的松散结构，土体的密度增强，稳态强度提高，抗液化能力、抗流滑性增加，抵抗液化和变形的能力增加。

- (1) 振动加密。
- (2) 挤密砂桩及碎石桩。
- (3) 强夯、夯扩压实和振动压实。
- (4) 化学注浆。