
ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

代替 T/CHES XXX—XXXX

水库大坝震后安全检查技术指南

Guidelines for Safety Inspection of Dams Following Earthquake

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

目 次

前 言	III
引 言	IV
1 总则	1
2 术语	1
3 震后安全检查准备	3
3.1 一般规定	3
3.2 地震信息汇集	3
3.3 抗震应急响应	4
3.4 地震影响范围估计	5
3.5 专家组组建	5
4 震后即时安全检查	6
4.1 一般规定	6
4.2 当大坝通讯正常时	6
4.3 当大坝通讯中断时	8
5 震后专业安全检查	8
5.1 一般规定	8
5.2 大坝典型失效模式与评判	8
5.2.3 坝肩与基础震损	10
5.2.4 溢洪道和泄输水建筑物震损	10
5.2.5 渗漏隐患	11
5.2.6 大坝材料缺陷隐患	11
5.2.7 混凝土坝应力超限	11
5.2.8 库区隐患	11
5.3 震后待检震损特征	12
5.3.1 土坝	12
5.3.2 混凝土和砌石坝	13
5.3.3 坝肩和基础	13
5.3.4 库区	14

5.3.5 山体滑坡·····	14
5.3.6 其他建筑物·····	14
5.4 震后应急检测与监测·····	15
附录 A 地震预警报告·····	16
A.1 总体情况·····	16
A.2 特殊说明·····	16
A.3 急办任务顺序·····	16
附录 B 震后安全检查响应分级表·····	17
附录 C 震后水库安全检查清单·····	19
C.1 一般说明·····	19
C.2 震后通用检查清单·····	19
C.3 土坝震后检查清单·····	19
C3.1 大坝·····	19
C3.2 监测数据·····	20
C3.3 溢洪道·····	21
C3.4 其他泄水建筑物·····	23
C3.5 库区与上坝道路·····	25
C.4 混凝土坝检查清单·····	26
C4.1 大坝·····	26
C4.2 坝肩·····	27
C4.3 溢洪道·····	28
D4.4 其他泄水建筑物·····	28
D4.5 库区与上坝道路·····	28
附录 D 震后险情上报单与诊断报告单·····	29
D.1 震后险情信息快速上报单·····	29
D.2 震后险情诊断报告单·····	30
附录 E 震后安全检查报告建议提纲·····	31
参考文献·····	32

前 言

本标准按 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

标准的起草单位：水利部大坝安全管理中心

水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院

长江设计集团有限公司

标准的主要起草人：

引 言

我国地处环太平洋地震带和地中海-喜马拉雅山地震带之间,地质构造规模宏大且复杂,中、强地震活动频繁、强度大、震源浅、分布广、灾害十分严重。大坝应能抵御坝址区的设防地震,满足“小震不坏,中震可修,大震不倒”的“三个水准”设防目标,避免发生灾难性的泄水。但震后水库多会发生不同程度的震损,因此有必要根据水库震损情况降低库水位或对水库溃坝影响范围内的公众采取必要的安全措施。同时,根据我国《中华人民共和国防震减灾法》,震后应对水库大坝等重要基础设施进行调查评估,因此,震后及时开展水库大坝安全检查非常必要。

震后水库安全检查对水库险情调查、快速评估、应急抢险、减灾对策等均具有重要意义,可为工程后续除险加固提供技术支撑,也可水库大坝抗震设计与应急管理提供技术保障。然而,震后水库安全检查工作技术要求高,单纯依靠专家经验极易造成安全检查深度不足或缺项漏项。长期以来,震后水库安全检查缺少必要的规范依据,在我国的现行的规范体系中,未对震后水库的安全检查的程序与内容进行明确规定,且《水库大坝震后安全检查技术指南》较一般行业规范的技术针对性与实用性强,宜采用团体标准的形式做出相关指导要求。通过本指南的编制和实施,可有力提升震后水库安全检查的针对性和有效性,健全科学、高效的地震应急处置机制,对可能发生的震损水库事先做好准备,做到科学、有序、从容应对,最大程度地减少地震次生灾害造成的损失和影响,保障灾后公众安全与维护社会稳定,为灾区重建恢复生产生活条件提供水资源保障。

本指南是在国际大坝委员会(ICOLD)的《地震后大坝检查指南》(B166号)的建议框架下编制的,综合考虑了我国水库大坝安全管理实际、地震应急响应及处置的特征与需求,本指南将为不同水库大坝管理机构制定各自的震后水库检查程序提供参考基础,同时本指南附录提供的检查清单将为系统记录观测到的水库震损及快速评估大坝安全和应急处置措施的有效性提供依据。在指南编制过程中重点关注的内容包括:

- 1、结合我国2008年汶川地震后的应急组织体系建设情况,进一步强调了抗震应急预案在抗震准备与计划过程中的重要性、必要性和有效性。

- 2、强化了水库震后潜在破坏模式分析的重要性,这有助于判断大坝可能发生的震损部位与特征。

- 3、明确了抗震应急响应的分级标准。

- 4、在安全检查清单中，强化了土石坝检查的重要性。
- 5、设计了震后险情上报单、诊断报告单及震后水库安全检查报告提纲。

1 总则

1.0.1 为做好震后水库大坝安全安全检查工作，规范其技术工作的内容、方法及标准，特制定本指南。

1.0.2 本指南适用于已建水库大坝震后安全检查，大型及防洪重点中型水库的震后检查计划建议进行专门设计与论证。本指南所述的一般程序可作为熟悉大坝设计和运行的专业技术人员制定某一大坝安全检查程序时的指引。

1.0.3 大坝安全检查对象包括永久性挡水建筑物及泄水、输水、过船等建筑物和金属结构，以及影响大坝安全的近坝岸坡、备用电源、通信系统和对外交通等。

1.0.4 水库大坝震后安全检查除应符合本指南外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.5 本指南引用的标准主要有下列标准：

《中国地震动参数区划图》（GB 18306）

《水利水电工程地质勘察规范》（GB 50487）

《中国地震烈度表》（GB/T 17742）

《混凝土坝安全监测技术标准》（GB/T 51416）

《中小型水利水电工程地质勘察规范》（SL55）

《土石坝养护修理规程》（SL 210）

《混凝土坝养护修理规程》（SL 230）

《水利水电工程勘探规程》（SL/T 291）

《土石坝安全监测技术规范》（SL 551）

未注日期的引用标准，其最新版本适用于本指南。

2 术语

2.1 震后安全检查 post-earthquake safety inspection

针对地震后水库可能出现的震损情况展开现场检查，安全检查内容包括大坝、溢洪道、输泄水设施、闸门、近坝库岸、监测设施、通信、交通、备用电源、预警设施等。

2.2 应急响应 emergency response

为了应对水库大坝突发险情发生所做的准备以及在事件发生后所采取的措施。

2.3 主震 main shock

一个地震序列中最强的地震。

2.4 余震 after shock

主震后在同一震区陆续发生的较小地震。

2.5 地震烈度 seismic intensity

地震时某一地区的地面和各类建筑物遭受到一次地震影响的强弱程度。地震烈度是在没有仪器记录的情况下，凭地震时人们的感受或地震发生后器物反应的程度、工程建筑物的损

坏或破坏程度、地表的变化状况而定的一种宏观尺度，我国根据《中国地震烈度表》（GB/T 17742）判别。

2.6 地震响应 seismic response

结构在地震作用下的动力响应。常用的地震响应分析方法包括响应谱法和时程分析法等。

2.7 应急预案 emergency preparedness plan

面对突发事件如自然灾害、重特大事故、环境公害及人为破坏的应急管理、指挥、救援计划等，缩写为 EPP。

2.8 震级 seismic magnitude

地震大小，通常用字母 M 表示。地震越大，震级数字越大，世界上最大的震级为 9.5 级。震级是根据地震波记录测定的一个没有量纲的数值，用来在一定范围内表示各个地震的相对大小（强度）。

2.9 震中 epicenter

震源在地表的投影点。

2.10 抗震性能评价 earthquake resistant performance assessment

在给定的地震作用下，对给定区域上的建筑物或工程设施是否符合抗震要求、可能出现的地震灾害程度等方面进行单方面或综合性的估计。

2.11 震后即时检查 post-earthquake immediate inspection

由水库巡查责任人、技术责任人或其他受过培训的水库管理人员在地震后立即展开的水库现场检查。

2.12 震后专业检查 post-earthquake professional inspection

当根据震后即时检查发现水库存在震损或震损有进一步发展的风险时，尽快派遣专业技术人员或专家队伍赶赴水库现场，对大坝震损的发展趋势和水库的风险等级进行专业技术评估。

2.13 震中距离 epicenter distance

水库到震中的地球球面距离。

2.14 古滑坡 fossil landslide

若干年前产生滑动的“滑坡遗迹”，平时是稳定的，一旦遭遇地震或滑坡体中水位突变，会引起岩体或土体强度降低、软化，有可能再次滑动。

2.15 侵蚀 erosion

风力、流水、冰川、波浪等外力在运动状态下改变地面岩石及其风化物的过程。

2.16 接触渗漏 contact leakage

由建筑物基础的渗漏和沿基础与建筑物接触面的渗漏。

2.17 鞭梢效应 whipping effect

当建筑物受地震作用时，它顶部的小突出部分由于质量和刚度比较小，在每一个来回的转折瞬间，形成较大的速度，产生较大的位移。

2.18 堰塞坝 barrier dam

由火山熔岩流、冰碛物或由地质灾害、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，在山谷中形成类似大坝的挡水体。

2.19 水库诱发地震 reservoir-induced earthquake

因水库蓄水而诱使坝区、水库库盆或近岸范围内发生的地震。

2.20 液化 soil liquefaction

地震引起的振动使饱和砂土或粉土趋于密实，导致孔隙水压力急剧增加。在地震作用的短暂时间内，这种急剧上升的孔隙水压力来不及消散，使有效应力减小，当有效应力完全消失时，砂土颗粒局部或全部处于悬浮状态。此时，土体抗剪强度等于零，形成“液体”现象。

3 震后安全检查准备

3.1 一般规定

3.1.1 水库大坝震后的应急响应包括三个环节：地震信息汇集、地震预警及抗震应急响应（包括应急预案启动、震后安全检查等）。

3.1.2 震后安全检查主要包括两类，一是震后即时安全检查，由能够快速到达现场的大坝巡查责任人或技术责任人实施，对判断水库震后是否能够继续运行至关重要。二是震后专业安全检查，由具有大坝抗震专业技术与应急处置经验的专家组组成，进一步判定水库安全状态，并为水库加固设计和明晰水工结构实际抗震性能提供决策支撑。

3.2 地震信息汇集

3.2.1 （地震信息传送）大坝管理人员应及时掌握地震信息，以便协调震后安全检查和其他应急响应工作。应充分利用临近坝址布设的地震监测台网及国家地震部门发布的地震监测信息及时收集坝址区地震情况信息。

3.2.2 当大坝坝址具有地震监测站时，坝址地震监测站的数据传输方式应实用可靠。

3.2.3 （避免地震干扰的数据传输）当考虑备用数据传输方式时，数据采集系统需更加可靠。应配备备用电源，如发电机、电池和太阳能电池板等，以避免在地震发生时的断电风险。

3.2.4 （地震数据存储）大坝强震仪应按坝址设计地震烈度进行设计安装，仪器的存储设备应具备足够的容量，并应及时备份，避免余震记录覆盖主震数据。

3.2.5 （地震数据解读）地震监测信息一般通过软件系统自动识别，但应及时进行人工校对。常规自动化系统应具备自动解释从不同站点接收到的地震响应数据，并自动估计坝址和周围地区的地震烈度的功能。

3.2.6 （监测成果输出）地震监测信息的输出成果包括地震响应分布图、报告及建议等，地震预警报告可按附录 A 撰写。

3.3 抗震应急响应

3.3.1 （应急预案）当临近坝址区发生地震时，应按程序及时核实是否需要启动大坝突发事件（抗震）应急预案。应急预案对震后的安全检查相关程序的准备与制定至关重要。检查程序应依据最重要和最有效的原则，依次列出水库所有需要检查的位置。与上级管理机构的及时联系，并将震后检查与震损报告及时上报。

3.3.2 （预案编制目标）对于可能对下游造成严重影响，尤其是可能产生“公众生命损失”的水库，其应急预案的编制应遵循最小损失原则，应对与震后安全检查相关的内容加以明确，包括：

- 1 开展大坝震后即时检查的时间建议；
- 2 辅助大坝运行管理和应急响应人员判断震损是否产生、严重程度及发展趋势的信息；
- 3 针对震后大坝风险或已出现的震后险情的应急处置程序与措施，包括与应急响应部门的及时联系。

3.3.3 （潜在破坏模式分析）分析大坝在地震荷载下的潜在的破坏模式，有助于判断大坝易受地震诱发破坏的部位和震损特征，是确定大坝震后安全检查重点部位的有效方法。对大坝潜在破坏模式的分析成果可应用于：

- 1 确定大坝关键的监测指标，大坝正常运行期间收集的监测信息为震后相应数据的对比分析提供了基值；
- 2 确定哪些震损应优先采取应急措施；
- 3 确定大坝典型震损特征，或震后大坝可能出现的运行性态变化；
- 4 及时确定和记录大坝可能发生震损的应急计划。

3.3.4 （应急预案内容）当应急预案涉及震后安全检查的相关程序时，应考虑：

- 1 震后能够最早到达现场人员所处的位置、可行性及培训情况与能力；
- 2 上坝道路与通讯条件是否畅通，及其因地震导致中断的可能性；

（预案中特殊情况处理：提前规划抢险通道预备方案）如果发生了特大地震导致上坝道路（或铁路）因严重震陷、滑坡或落石而中断，则可能导致大坝管理人员无法通过正常方式到达坝址。若水库可能发生类似情况，则应在应急预案中充分考虑及时到达坝址的替代方案，例如使用直升机等。

（震后通讯设施）电话和其他通信设施在震后易遭受破坏中断。应在重要水库工程针对地震紧急情况建立更可靠的通讯系统，例如卫星电话。

（备用电源）震后经常引发电力中断，因此在大坝安全运行设备中，备用电源不可或缺。

- 3 获取地震相关信息的情况，包括坝址的震级、震中位置和地震烈度等；
- 4 大坝抗震性能预测；

5 大坝具体的震后检查程序，应列出所有须检查的位置，检查顺序应以其重要性和有效性为原则。潜在破坏模式分析的成果是确定该检查顺序的重要依据。

3.3.5 （应急预案一般建议）在水库应急预案中应对初步检查的时间提供一般建议，并对震后的检查计划作出规定。

3.3.6 应对大坝运行管理人员进行指导和培训，使他们一旦察觉发生地震或通过新闻报道得知邻近地区发生地震时，无需等待进一步的信息或指示便可开展大坝即时检查，尽快对大坝进行初步的评估，并判断震后大坝可能发生的潜在风险。

3.3.7 如果交通中断将持续相当长的时间，现代技术可用于对大坝震损的初步评估，这些技术包括：无人机、资源卫星、空中激光扫描等。

3.3.8 （应急预案定时更新）应急预案应进行定期的复查、测试及演练，以便水库运行管理人员熟悉大坝并接受可能需要的应急响应培训，从而使应急预案符合大坝现状条件。

3.4 地震影响范围估计

3.4.1 （开展安全检查的地震烈度及震中距离要求）震后宜按表 1 对地震事件影响范围进行估计，对震中距离范围内的水库大坝开展震后安全检查。区域地震动参数可参考 GB 18306 《中国地震动参数区划图》。

表 1 震后影响区范围估计对照表

震级	震中距离（km）
>4.0	25
>5.0	50
>6.0	80
>7.0	125
>8.0	200

3.4.2 表 1 相关震级与震中距离组合的选择依据是坝址预期有显著的地震烈度水平。当按国家有关部门公布的地震烈度图（如附录图 B.1），或根据 GB / T 17742 《中国地震烈度表》确定坝址的实际地震烈度大于 4 度时，也应激活安全检查程序，立即开展震后即时安全检查。

3.5 专家组组建

4.5.1 在开展震后专业安全检查前，应成立现场安全检查专家组，并由专家组完成现场安全检查工作。

3.5.2 震后专业安全检查专家组包括熟悉工程基本情况及水文、地质、水工、金属结构、电气和管理等不同专业的专家组成。

3.5.3 震后专业安全检查应在查阅资料基础上，对大坝外观与运行状况、设备、管理设施等进行全面检查和评价，并填写现场安全检查表，编制大坝现场安全检查报告，提出震后大坝安全应急处置工作的重点和建议。

3.5.4 震后专业安全检查的项目和内容、方法和要求、记录和报告，土石坝宜按照 SL551

《土石坝安全监测技术规范》有关巡视检查的规定执行；混凝土坝宜按照 GB/T 51416-2020 《混凝土坝安全监测技术标准》有关现场检查的规定执行；其他坝型可参照土石坝或混凝土坝的要求执行，并结合坝型特点增减检查项目。

3.5.5 应根据现场安全检查需要，即时搜集和整理水库流域概况和水文气象、工程特性、工程地质、设计与施工、安全监测、大坝安全状况、大坝运行管理等方面的资料。现场应随时可以获得大坝的工程设计与运行资料，例如图纸、设计和施工文件以及其他数据。

4 震后即时安全检查

4.1 一般规定

4.1.1 （重要性）水库大坝应急响应行动的有效性取决于对震后异常情况的及时检查和评估，有感地震后应由水库巡查责任人或技术责任人尽快开展震后即时安全检查。

4.1.2 （优先顺序）考虑到地震发生时多座水库可能同时受到地震的影响，安全检查优先顺序应考虑以下因素：地震动力响应的峰值加速度或坝址的地震烈度，大坝对地震的敏感性和大坝溃决的后果。震后水库检查优先级的确定可参考附录 B。

4.2 当大坝通讯正常时

4.2.1 （震后安全检查内容）震后即时安全检查的主要步骤包括：

1 （外观检查）立即对大坝和主要其他建筑物进行全面的外观检查；

2 （渗漏、溃决检查）若大坝震损出现下游渗流量明显增加或新的渗漏点，或有其他迹象表明大坝即将溃决，则立即执行大坝应急预案中可能发生溃坝时的应急响应程序；

3 （河道堵塞检查）如果水库上游入库流量异常减少，应立即检查河道是否可能因滑坡导致上游堵塞。上游若有水库，应尽快取得联系并确认其震后安全性。若发现河道发生阻塞，应启动可能发生溃坝的应急响应程序；

4 （进一步检查内容）若发生可见震损，但经过检查人员判断震损无溃坝风险，则应在外观检查的基础上进一步开展详细检查：

（1）（初步检查与评估）观察震损的特征、位置、程度及变化情况。对滑坡、震陷和震前未发现的沉降进行描述记录，应包括位置、程度、沉降率以及对相邻建筑物的影响（或混凝土结构的裂缝、偏移或渗漏）。除震损情况外，同时应观察其他地震相关现象，如新形成的泉眼或渗漏、上下游水位及天气条件等。

（2）（信息上报）向上级管理单位（监督单位）报告所有检查成果，当无法联系相关人员时可越级上报。在做电话或无线电报告时，应说明大坝名称、位置、报告人员姓名、大坝损坏程度、潜在风险以及应急响应行动建议，为上级管理单位基于现场情况启动相应级别的应急预案提供依据。

（3）（现场复查）持续复查震损现场，并与之前收到报告的相关人员保持沟通。通过拍摄照片或视频记录观察结果。

(4) (补充检查) 由于存在发生余震的可能, 应随时准备根据余震情况进行补充检查。

(5) (评估溃坝风险) 如果可以确定大坝没有溃坝风险, 则执行步骤 5。

5、(确定无溃坝风险后的检查清单) 可使用大坝的定制检查清单, 参见附录 C, 彻底检查以下情况是否存在:

(1) 坝顶及上下游坝面: 出现裂缝、沉降、位移或渗漏。

(2) 坝肩: 位移、裂缝、已经移位或正在移位的大块岩石。

(3) 排水和渗流设施: 渗流量增加、减少或消失。

(4) 溢洪道: 金属结构和相关闸门损坏。

(5) 泄水建筑物: 出口段、隧洞和闸门启闭室的混凝土裂缝或脱落、位移、闸门或阀门错位。

(6) 电站设施: 出现裂纹、射水现象、发电机跳闸、闸门或阀门故障以及发电水路失效的指示。

(7) 电源和备用电源装置及其他应急处置设备损坏。

(8) 水库或下游: 滑坡、新形成的泉眼、砂沸以及水库周围和下游地区的岩块掉落。

(9) 渠首工程: 裂缝、剥落或结构损坏。

(10) 其他附属结构的破坏迹象。

(11) 隧洞和输水洞: 淤泥、沙子、砾石、岩石或混凝土碎片带入下泄通道。

6、(检查结果上报) 按应急预案要求及时对大坝采取应急响应措施与上报, 但要特别向之前联系过的上级(监督)管理部门或总部报告检查结果。震后险情上报单与诊断报告单可参考附录 D。

7、如果水库、堤坝或其他建筑物未发生明显的震损时, 也必须向上级提交“无损坏”的报告。

8、(持续检查) 持续检查和监测大坝的运行情况至少 48 小时, 或按照上级管理单位的指示要求, 因为最初未发现的或延迟的震损可能滞后发生并在后续检查中被陆续发现。

9、在震后即时检查中, 震损的全部特征和程度可能不会完全出现。在地震发生期间, 结构沉降、古滑坡的激活或新生滑坡及泉眼等可能会在即时检查后出现。因此在震后即时检查后的 2-4 周内应开展二次现场检查。

10、(监测数据分析) 可通过埋设在大坝和地基中的监测仪器(包括倒垂线、测斜仪、引张线、位移计、渗压计和地震加速度计等震仪)的监测数据获得大坝的抗震性能和运行性态。

(监测数据读取) 监测仪器的数据读取应按照仪器说明书和水库要求的监测频率进行。地震后的 48 小时内应进行加密监测。

4.2.2 (联系地震管理部门) 水库上级管理单位及时与地震管理部门联系以取得所有地震信息并确定是否发生余震非常重要, 有助于水库后续的应急处置行动。

4.2.3 （编制震后即时检查报告）应编制震后即时检查报告，尤其是已发生震损或水库出现异常现象（渗漏量或扬压力增加等）的情况，记录震后所发生事件的具体细节。

4.2.4 （鸟瞰记录）水库可用的船只有助于大坝上游面及库区的检查。建议震后通过无人机对大坝坝址的震损进行鸟瞰拍照记录。

4.3 当大坝通讯中断时

4.3.1 （通讯中断时的检查步骤）若大坝的所有通讯方式中断，且明确发生了有感地震和（或）出现了溃坝风险，请使用以下检查步骤作为指引：

1 （快速检查）快速检查大坝和坝肩附近是否有涌泥、滑坡、震陷、泉眼、渗漏及其他可能破坏迹象。

2 （风险评估）大坝巡查人员应尽其所能评估大坝的溃坝风险。

3 （预警撤离）当已发生溃坝或认为马上发生溃坝时，必须竭尽所能向下游公众发出预警。

4 （降低库水位）当马上发生溃坝时，应尽可能地采取各种措施以降低库水位。在增加泄水设施下泄能力时应特别注意，由于输水管道可能因震损发生剪切破坏，增加泄量有可能造成混凝土结构与周边坝体结合部位的进一步侵蚀和接触渗漏。若发生此类震损应设法停止泄水建筑物下泄洪水以防止渗漏或其他严重破坏的发生，尝试选择其他方式（拓挖溢洪道、虹吸等）方式降低库水位。

5 （持续联系）持续尝试与上级管理人员或负责机构以建立通讯联系。

5 震后专业安全检查

5.1 一般规定

5.1.1 （专家组检查）若水库管理人员通过震后即时检查发现水库存在震损或震损有进一步发展的风险时，应尽快派遣专业技术人员组建的专家组赶赴水库现场，对大坝震损的发展趋势和水库的风险等级进行专业技术评估。

5.1.2 现场检查的专家组应由熟悉大坝与其他建筑物特征及其可能破坏模式的专家组成。本阶段现场检查使用的建议检查清单见附录 C，可根据大坝具体情况进行删减。

5.1.3 （运行特性检查、震损信息记录、监测信息）震后应检查水库主要震损特征并做好检查记录。草图、照片或视频都有助于描述各类震损的性质和程度。每次进行检查时，都应记录水库库水位、天气及其他环境情况。

5.1.4 应对埋设于大坝、基础以及附近区域的所有监测仪器进行加密测量并记录。对于某些特定震损，可能还需要其他监测或检测仪器作为辅助。

5.2 大坝典型失效模式与评判

5.2.1 （溃坝模式分析）专家组成员必须了解大坝溃坝模式。专家组成员应具备历史溃坝案

例破坏模式的研究或专业经验，这有助于判断溃坝原因。

5.2.2 （溃坝原因分析）大坝或坝基的破坏模式有多种形式，地震情况下不同建筑物的主要典型破坏模式及路径见表 2。

表2 地震情况下不同建筑物的主要典型破坏模式及路径

部位		破坏模式	破坏路径
大坝	土石坝	漫顶	地震→库区山坡塌方→浪涌、库水位上升→漫顶
			地震→输、泄水建筑物金属结构破坏→未能及时泄水→漫顶
			地震→溢洪道边坡垮塌→堵塞溢洪道→泄洪能力不足→漫顶
			地震→防浪墙断裂或挤压破碎→坝顶高程不足→漫顶
			地震→坝基液化→坝体沉降过大→坝顶高程不足→漫顶
			地震→坝基液化→坝体沉降过大→坝顶高程不足→漫顶
	土石坝	渗漏	地震、坝肩处理不当→绕坝渗漏→管涌→渗漏破坏
			地震→坝基液化→渗漏破坏
			地震→灌浆帷幕位置破裂→防渗体系破坏→渗漏破坏
土石坝	失稳	地震→坝体裂缝→冲刷→滑坡	
		地震→坝基液化→基础失稳	
		地震、坝基或坝肩存在断层→发生错动→滑坡	
混凝土坝	漫顶	地震→库区山坡塌方→浪涌、库水位上升→漫顶	
		地震→坝基液化→坝体沉降过大→坝顶高程不足→漫顶	
	渗漏	地震→坝体裂缝→渗漏	
	失稳	地震→排水系统堵塞或隆起变形→扬压力过大→坝体失稳 地震→过度位移或挠曲→坝体失稳	
泄输水建筑物	溢洪道	渗漏	地震→底板挤压断裂→渗漏破坏
		失稳	地震→翼墙倾倒→与坝体结合部位产生溃口→冲刷破坏
		漫溢	地震→边坡垮塌→水流高度超过边墙→漫溢
			金属结构破坏
	穿坝建筑物 (泄洪洞等)	渗漏	地震→不均匀沉降→洞身裂缝→渗漏
			地震→结合部位破坏→接触渗漏
		失稳	地震→不均匀沉降→洞身裂缝→输水洞垮塌
		金属结构破坏	

5.2.3 坝肩与基础震损

1 （破坏原因）该类震损与坝肩和基础的工程质量或其处理方法有关。错位沉降、滑动、水压过高、薄弱缝或区域、渗流控制不足等因素都是导致坝肩或基础破坏的常见潜在机制。

2 （失稳）当坝肩或基础存在低抗剪强度或薄弱的夹层时，如页岩、膨润土岩或断层沟槽等，易发生坝基或坝体失稳。同时当基础中存在薄弱夹层且无法降低孔隙水压力时，易发生因扬压力过大造成的滑坡失稳。

3 （渗漏）坝肩和基础的渗漏可导致管涌或可溶岩的溶蚀，进而产生孔隙或空洞，造成局部坍塌或失稳。渗漏水也可能造成如页岩等坝基材料的劈裂破坏，或降低坝体与基岩接触面间的抗剪强度。

4 （拱坝整体失稳）地震或其他因素造成的坝肩强度降低或失稳，会对拱坝的整体稳定产生重大影响。

5 （外在表现）坝肩与基础震损可以通过对基础周围的外观检查进行识别。可见的坝体裂缝表明基础可能存在位移。可见的渗漏水发生浑浊可能是水中的沉淀物（浊度），是否为基础材料物质的溶蚀需要进一步取样化学分析进行检测佐证。

5.2.4 溢洪道和泄输水建筑物震损

1 （破坏原因）在现场检查期间，可以通过外观检查对主要泄水建筑物震损进行识别，如淤堵、结构缺陷或暗渠破坏等。泄洪涵（隧）洞等泄输水建筑物的结构破坏或因岸坡失稳造成溢洪道阻塞等问题，可以通过泄流突然减小或流态紊乱进行判断。同时，闸门等启闭设施断电也可能会直接危及大坝的安全。

2 （闸门损坏）由闸门和（或）阀门控制的泄水工程只有在其设计工况下才能正常运行。如果由于闸门、溢洪道或启闭设备故障导致溢洪道或泄洪建筑无法正常运行，大坝可能有溃坝风险。建筑物的震损沉降或错位可导致闸门、阀门或启闭设备的运行故障，并可能导致闸门卡阻或堵塞。如果可能发生类似震损，应在震后尽快对闸门进行启闭操作测试，确保闸门可以正常启闭。

3 （泄槽淤堵、金属结构破坏）泄洪通道临近位置的滑坡失稳可导致泄槽淤堵。滑坡还可能造成泄洪塔结构及其闸门、启闭机等金属结构的破坏。

4 （泄槽底板破坏）混凝土结构的裂缝和位移表明存在超限应力。泄槽和消力池底板因地震的错位和错动导致排水能力下降进而造成过大的扬压力。

5 （坝顶部位结构检查）由于坝顶的地震响应放大效应（“鞭梢效应”）显著，应检查混凝土坝的坝顶结构（如应急启闭阀闸室）。这种放大效应一般是地基的 5 到 10 倍，而坝顶闸室结构一般不会为此进行专门设计。

5.2.5 渗漏隐患

1 （混凝土坝坝体渗漏）混凝土大坝内的渗漏主要沿伸缩缝、施工缝或浇筑缝。大体积混凝土内部的裂缝也是坝体渗漏的潜在通道。而大坝内部沿浇筑层布置的排水设施可用来降低渗流压力。

2 （土石坝坝体渗漏）土坝或基础内的渗漏可导致土颗粒通过未进行反滤保护的出口流失，进而产生空隙导致“管涌”破坏，同时产生的超静孔隙水压力降低了土体的强度，将导致泉眼、砂沸或边坡失稳等。

3 （坝肩或坝基渗漏）混凝土坝坝肩或基础的渗漏会导致“渗漏通道”或空隙，导致坝肩与坝体结合部分发生非设计条件下的应力集中。在土坝的坝肩或基础中，渗漏也会在坝体中产生管涌或通道，造成周边土体的坍塌，将导致坝体沉陷裂缝或大坝溃决。

4 渗漏或管涌现象可能在震后几天或数周才会出现，因此震后持续的现场检查非常重要。大坝建基面或基础与坝体结合部位的渗透压力（扬压力）异常增大现象表明基础灌浆帷幕和排水系统有效性的降低或失效。如果扬压力过大或超过设计允许值，将可能导致坝体失稳。

5.2.6 大坝材料缺陷隐患

1 （材料强度下降）土坝、坝基或坝肩内的低强度、饱和、无粘性土在地震剪切作用下，其孔隙水压力将上升而抗剪强度将下降。

2 （筑坝技术）根据大坝材料特性和地质条件、震前应力条件、地震诱发应力大小和持续时间等因素，土坝及其地基可能会发生失稳、过度沉降、坝顶超高不足、裂缝等震损问题。通过水力吹填技术建造的土坝更易因地震诱发的液化问题发生严重震损。

3 （材料质量）因骨料不良、浇筑缝结合差、材料老化等问题造成的劣化混凝土也易发生震损破坏。

5.2.7 混凝土坝应力超限

1 混凝土大坝中的应力超限通常会导致可见的局部压（拉）裂。裂缝、浇筑面或施工缝的张开、渗流异常及不均匀位移都可能是潜在应力超限的表观迹象。

2 应力超限易在建基面附近产生，这与坝基地震过程中错动或较大位移有关，也易在坝体大体积混凝土中应力过大的位置产生。

3 应力超限与异常的外部载荷条件有关，例如地震、温度变化、伸缩缝灌浆压力、地基移动、基础或结合不良浇筑面间的过大扬压力等。

5.2.8 库区隐患

1 （库岸滑坡）山体滑坡是影响库岸稳定的最常见形式。滑坡的大小通常是评估库岸安全的主要因素，但是在重要位置的一个小滑坡也可能导致溢洪道或泄水建筑物堵塞，对大

坝安全造成不利影响。

2 （堰塞坝）山体滑坡形成的堰塞坝可阻塞水库的汇水通道，其漫顶溃决速度极快，将导致入库洪水激增，对大坝和其他建筑物带来巨大威胁。

3 （涌浪、漫顶）山体滑坡还可能产生滑坡涌浪并造成大坝漫顶（如意大利瓦伊昂大坝事故）。

4 （水库诱发地震）当坝址和库区附近存在断层，有可能触发规模较大的水库诱发地震。

5.3 震后待检震损特征

5.3.1 土坝

1 （外观检查、液化）土坝的表面震损变形通常与结构内部破坏相关，应对大坝的外观进行彻底检查。液化是地震引起的土坝及其基础内部破坏的典型震损。

2 （表面变形特征）应仔细检查土坝是否存在位移、裂缝、深坑、泉眼、砂沸及阴湿点等破坏现象，应持续关注其破坏模式与发展过程，及时处理，避免溃坝。

3 （坝顶、上下游坡面、坝脚）土坝较大的表面位移通常可以通过外观检查发现。可沿着土坝道路、防浪墙、护栏、纵向管道或其他平行于坝轴线的参照线进行观察，用以判断大坝的表面变形。应检查坝顶是否存在凹陷或裂缝，这可能表明存在滑动、沉降或抬升。应检查土坝的上下游面和临近坝脚区域是否有隆起、凹陷或差异变形。如变形测量过程中存在系统误差或怀疑有新的位移，则应立即进行重新测量。

4 （裂缝检查及判断）土坝表面的裂缝表明存在潜在隐患。应确定裂缝的深度和方向，以判别形成原因与危害程度。可首先用颜料或其他指示剂填充裂缝，然后将其挖开，测量裂缝的深度和扩展程度。土坝坝顶或坝坡上发现的张开或断壁可用于判断滑坡的形态，应仔细检查这些区域，以判断坝坡失稳的位置和范围。坝体与坝肩或其他混凝土建筑物结合位置的表面裂缝可以推断坝体震陷沉降，若该沉降非常严重，将导致沿这些接触位置的渗漏通道。裂缝也可以推断坝体不同区域间的不均匀沉降，临近的沟槽通常是用挖机或人工挖开以确定裂缝的深度。

5 （渗漏水检查）应检查大坝下游坝面、坝脚、临近下游区域及坝肩的阴湿点、砂沸、水洼、泉眼、深坑等，这些现象表明大坝或坝肩存在集中或其他严重渗漏隐患。其中任何一种情况都可能处于破坏发展模式，若进一步恶化，而未及时采取应急处置措施，最终可能导致土坝溃决。渗漏破坏的其他表征包括坝体软弱点、水分蒸发后的遗留沉积物、植被异常生长、以及在较寒冷地区异常结冰或异常快速融雪的区域。应检查渗漏水是否存浑浊，如果怀疑存在土体溶蚀现象，应对渗透水和库水分别取样进行对比化学分析。还应测量渗漏水的成分和温度以确定其来源。若处于饱和区域，则应进行进一步研究，以确定渗漏点是由于外界降雨、坝体渗漏或其他来源导致的结果。检查过程中应对阴湿点、泉眼及砂沸的准确位置

进行图示绘制和标注记录，以便与进一步的检查进行比较。震后应加密渗流监测的频率。

6 （排水系统检查）应检查大坝排水系统流量增加或减少的现象，以判断是否存在排水体堵塞。

7 （监测数据分析）持续对可用的监测数据进行分析，若地震明显改变了监测数据的稳定趋势，应进行加密监测。地震可明显增大渗透压力的数值，这是由于在地震剪切作用下，土体压密体积减小，渗透压力增大，土骨架有效应力减小，一般震后数小时或数天后随着孔隙水压力的消散，渗透压力测值将有所减小。

5.3.2 混凝土和砌石坝

1 （混凝土坝、砌石坝）混凝土坝包括多种类型，其震损特征相似，包括重力坝、支墩坝、拱坝、连拱坝等。砌石坝可被认为是具有许多接缝的混凝土坝。

2 （突变变形、错动变形）应检查大坝是否存在应力和应变超限以及失稳迹象。大多数混凝土坝都有表面和内部变形监测设施，用于定期测量大坝变形性状，测量结果可以通过绘制过程线以确定变形趋势。震后检查应关注突变变形的情况。重力坝或砌石坝通常可以通过沿着防浪墙的视准线或栏杆来检查。应检查每个伸缩缝或整排砌块，以检查相邻砌块之间不均匀变形。应检查接缝位置有无过度膨胀或收缩和过大错动变形的迹象。应检查坝体与基础接触部位是否存错动变形。

3 （裂缝检查）应对坝面和廊道内的所有裂缝进行检查。重力坝的坝体上部易出现新的裂缝，拱坝易在坝肩或顶部拱圈附近出现裂缝。应检查廊道内裂缝是否与大坝表面裂纹存在相关关系，用以判断裂缝是否贯通。应检查大坝原有裂缝震后的变化情况。应注意和检查震后出现的新裂缝和剥落，并进一步确定其类型，如张拉、压碎或其他原因，并应进行标记和测量，以便在后续检查中持续观测其变化情况。

4 （渗漏检查）应检查大坝的渗漏情况以确定可能的渗漏来源，如浇筑面的接触不良、止水失效、结构裂缝及砂浆侵蚀等。应将渗漏量与震前观测到的渗漏量进行比较，以确定该高程的渗漏量是否发生了显著变化。

5 （排水设施检查）应检查排水孔等排水设施，确定它们是否按设计工作。应检查基础和坝中的排水沟，以确定其渗流量是否有显著变化。

5.3.3 坝肩和基础

1 （附属设施检查）坝肩和基础的关键区域通常处于水下，无法开展直接检查。由于水库蓄水，通常无法检查坝肩和基础的上游部分。因此，震后外观检查通常仅限于下游的坝肩接触位置、坝脚和一些附属结构的基础。灌浆和排水廊道也可供检查。上部结构的震后响应通常反映了基础的变化。

2 （渗漏检查）渗漏问题可能相当明显或不甚显著。针对排水管的排水量变化异常，无论是增加还是减少，都应即时引起关注。可通过廊道内排水泵运行频率的增加判断坝基渗

漏量的显著变化。渗漏水是否变浑浊是判断管涌破坏的依据，应立即引起关注。地震震动可导致坝体与基础防渗墙接头开裂，进一步会导致灌浆帷幕破裂。另一方面，渗漏量的小幅增加（小于 1L/s，但这取决于大坝的坝高、库水位等特征）属常见现象，这可能是由于震后基岩接缝的轻微开口或裂缝中颗粒错位造成的。

3 （扬压力变化）震后易出现渗透压力或扬压力的短时增加或减少，通常在地震后数小时内回落至震前水平（甚至更小），但在某些情况下这些变化可能永久性，或者需要很长时间才能回落。

4 （水质分析、基岩溶蚀）当存在基岩溶蚀可能时，应采集水库和渗流水样本进行水质分析。这种分析可以识别可溶性情况，若可以确定渗流率，则可估算溶解速率。

5.3.4 库区

1 （库内漩涡、库水异常渗漏）库区通常不会直接影响大坝的稳定性，但应检查库区是否存在可能影响大坝安全运行的问题。应对紧邻大坝上游侧及坝肩的区域进行检查，重点检查库内是否存在异常渗流情况，包括库内漩涡或其他库水异常渗流。

2 （周边环境检查）应检查水库周围区域是否存在可能影响大坝安全的问题。应评估地形地貌和区域地质结构。应检查矿物、煤炭、天然气、石油和地下水开采区域。检查区域内有无沉降迹象，如陷坑、沟、公路或建筑物沉降。其他建筑物在同一地层上的响应可间接说明有关大坝和其他建筑物的地震响应情况。

3 （库区稳定、淤积情况）应检查水库库区表面是否存在塌陷、陷坑或库岸侵蚀，还应检查库区是否存在可能对大坝荷载条件产生不利影响的过度淤积，还应检查溢洪道或泄水建筑物进口是否通畅。

4 （临近流域排查）有条件时应检查库区的临近流域，其任何新出现的泉眼或渗漏区域都表明可能存在通过水库边缘发生的渗漏，这种渗漏也可能导致局部区域的岸坡失稳。

5.3.5 山体滑坡

1 （堰塞坝、滑坡涌浪）此处所指的山体滑坡包括可能影响大坝、其他建筑物、水库泄洪通道的各种滑坡形式，包括不活跃的、活动的及潜在的滑坡区域，滑坡体量包括小范围的滑坡失稳和大体积的巨型滑坡。除滑坡现象外，震后检查还应确定是否存在岩质边坡岩块的倾覆或滑动。这些滑坡不仅可以发生在库区内，也可发生在大坝坝肩和厂房后边坡附近。山体滑坡可能会在支流上形成堰塞坝，或在库区形成滑坡涌浪。

2 （滑坡区域判断）专家组应有成员了解滑坡的成因、机制、特征、现象和应急处置方法。滑坡区域通常可以通过断崖、倾斜的树木、山坡扭曲或岸坡几何特征的错位来识别。

5.3.6 其他建筑物

（启闭测试）应检查所有可能影响大坝安全运行的其他建筑物及其结构。这些结构包括

溢洪道、泄洪工程、输电线路与电站及渠道出口。对溢洪道闸门或泄洪底孔等关键部件的外观检查可能不足以验证其可操作性，此时应对这些部件进行实际的启闭测试操作加以验证。主要包括：

1 泄洪通道的进出口

（水下检查、消能设施检查）大多数溢洪道都包括由混凝土衬板或岩基构成的控制段，以降低大坝泄洪过流时的溢洪道的侵蚀可能性。泄洪建筑物的进口段通常淹没在水下，可能需要进行特殊的水下调查。应检查出口消能设施的运行情况是否符合设计预期。

（岸坡检查）泄洪通道的岸坡应保持稳定，无沼泽、滑坡或碎屑，并应检查震后陷坑、砂沸或管涌的迹象。泄洪通道的进出口应保持通畅以满足设计要求的泄洪能力。

（泄水观测）应观察泄洪水流中是否存在岩石、混凝土块或发生浑浊现象，这可能意味着泄洪洞已发生破坏，或坝体与基础材料正在发生冲蚀。应注意泄洪水流变浑浊也可能只是由地震震动引起的库内沉积物悬浮。为了确定泄水浑浊的来源，通常需要进行反复检查确认。

2 大坝运行关键设备

（关键设备检查）大坝运行关键设备，包括震后用于控制库水位的闸门和阀门等，应及时检查其可操作性。闸门和阀门异常漏水可能与其变形和翘曲有关，将导致其无法正常启闭。应检查结构构件是否存在屈曲和损坏。应检查绞车、液压系统、控制系统及其支撑结构，如溢洪道工作桥的桥面和桥墩等是否存在可能导致闸门或起重设备无法操作的破坏。应检查备用电源的有效性。

3 压力管道

（压力钢管检查）压力管道故障或严重泄漏可能会导致下游坝面或坝脚的侵蚀破坏，对大坝安全有不利影响。应检查这些压力钢管及其控制进口闸门的状况，以确认其运行安全。

5.4 震后应急检测与监测

5.4.1 当缺少大坝工程地质资料或土石坝坝体填筑质量资料时，有条件时可补充工程地质勘察与钻探试验；当大坝存在可疑的工程质量缺陷或运行中出现重大工程险情，且已有资料不能满足震后安全检查与诊断需要时，可补充钻探试验和（或）隐患探测。

5.4.2 补充工程地质勘察和钻探试验，大型水库大坝应按 GB50487《水利水电工程地质勘察规范》的相关规定执行；中、小型水库大坝应按 SL55《中小型水利水电工程地质勘察规范》的相关规定执行。

5.4.3 采用物探方法进行大坝工程隐患探测时，应按 SL/T 291《水利水电工程物探规程》的相关规定执行。

5.4.4 对震后大坝安全加密监测并开展专题分析时，土石坝应按 SL 551《土石坝安全监测技术规范》，混凝土坝应按 GB/T 51416《混凝土坝安全监测技术标准》。

附录 A 地震预警报告

日期：年 月 日

时间：

经度： 纬度：

震源深度： 震级：

A.1 总体情况

- 1、震中的强度约为 7.4 级。
 - 2、震中 30 公里范围内烈度超过 6 度，大多数人能感到强烈地震。
 - 3、震中 120 公里范围内烈度超过 4 度，一些人能感到地震。
- [某城镇或地点] (14km, 烈度 6 度)：震损程度一般。

[某城镇或地点] (48km, 烈度 5 度)：震损程度轻微。

A.2 特殊说明

- 1、甲大坝 (16km, 7 度)。
可能发生震损。
- 2、乙大坝 (115km, 4 度)。
发生震损的概率低。

A.3 急办任务顺序

- 1、通过[联系电话]联系 XXXX，告诉他们在甲某大坝执行三级地震应急响应 (6 小时内检查)。
- 2、通过[联系电话]联系 XXXX，告知他们无需立即采取行动，并在乙某大坝启动四级地震响应。
- 3、请致电 XXXXX 打[联系电话]，告知已上述通知发出。。

注：此程序提供的报告结果和任务取决于所选的地震烈度的评估模型，以及涉及建筑物的重要性、脆弱性和优先级。

除非特别规定，否则本计划不考虑沉积物或地形对地震的放大作用。应注意，初步地震的震中、深度和震级可能存在影响预期结果的误差。

附录 B 震后安全检查响应分级表

B.1 （响应优先级确定依据）实施大坝影响响应行动的优先级通常取决于三个关键因素，即：

1、地震的峰值加速度或大坝实际的地震烈度，由坝址地震台网或地震部门公布的地震烈度图（附图 B.1）确定；

2、大坝对地震震动的敏感性（抗震性能），根据大坝的抗震能力来确定的。这一因素可以基于各类大坝历史震损案例进行判断。例如，均质坝和水力冲填坝的抗震能力低，而拱坝的抗震能力高。

3、大坝溃决的后果，是衡量大坝溃坝后果的一个标准，可以简单地基于大坝的风险等级。

B.2 （分级应急响应措施）优先级可以分为不同的级别，并为每个类别分配了不同的响应措施。当前使用的响应级别如下：

响应级别	地震烈度	应急响应措施
I	7 度或更高	立即检查大坝
II	6 度	立即检查大坝
III	5 度	6 小时内检查大坝
IV	4 度	在 18 小时内检查大坝
*上表已简化，并仅基于系数为 1 的情况，如大坝的地震烈度。		

B.3 （地震报告内容）地震报告会生成（自动），并可通过传真、电子邮件、短信或通过电话口头传达给所有需要的相关方。

该报告通常会提供以下信息：

- 1、地震详情（时间、位置、震级等）；
- 2、预计会产生的总体地震影响。在距离震中的不同半径下的估计的地震烈度；
- 3、按确定优先响应级别所需的检查资源（人员、物资等）。

地震预警报告的典型内容见附录 A，可以生成不同的报告，也可以根据大坝实际管理区域情况进行细分。

B.4 （信息融合）建议将系统提供的信息与区域内其他相关的数据与信息进行综合分析，以便为区域内大坝确定快速、高效和经济的地震响应检查计划，特别是针对那些无法实现 24h 有人值守的大坝。

附录 C 震后水库安全检查清单

C.1 一般说明

- 1、使用适当的文字和草图来充分描述所有的检查情况。
- 2、若某一检查项目名称不合适，请注明。
- 3、如果没有发现任何问题或震损，请如实记录。
- 4、若未进行检查，或无法进行检查，应说明原因。
- 5、应根据某一大坝的检查计划、规范要求及相关报告，根据实际情况对下述检查清单进行修改调整，开展震后检查时应与水库管理人员进行充分沟通。

C.2 震后通用检查清单

XXX大坝	
日期:	时间:
检查时水库运行状态	
库水位 (m)	
下泄流量 (m ³ /s)	
天气条件	
库容 (万m ³)	
地震期间的库水位上涨幅度 (m)	
检查组名单:	
根据感官的现场地质烈度描述 (参考修正的麦卡利强度等级)	

C.3 土坝震后检查清单

C3.1 大坝

检查对象		检查内容	情况描述
大坝	上游坝面	滑坡失稳	
		侵蚀	
		裂缝	
		塌坑	
		沉降	
		位移	

检查对象	检查内容	情况描述	
	护坡		
	掉块破损		
	其他异常情况		
	坝顶	裂缝	
		不均匀沉降	
		横向错动	
		拱起	
		防浪墙、路缘石、 护栏	
		变形	
		横向错动	
		裂缝	
	下游坝面	冲蚀（漫顶溃坝 时）	
		裂缝	
		塌坑	
		滑坡失稳	
		沉降	
		位移	
		其他异常情况	
	坝脚下游 侧	砂沸	
		泉眼	
		塌坑	
	坝肩	裂缝，结合缝张开	
		侵蚀	
		塌坑	
		滑坡失稳	
		其他异常情况	
	排水/管理 设施	照明设备	
总排水流量			
局部排水流量			
裂缝			
渗流			
结合缝错位、张 开、剥落			
落石			

C3.2 监测数据

检查对象	检查内容	情况描述
渗漏，坝脚排水沟，廊道，减压排水设施等	安装位置	
	估算渗流量	

检查对象	检查内容	情况描述
	渗漏量变化	
	渗漏水透明度	
	颜色	
	细粒组成	
	渗漏量测量方法	
	测量装置的情况	
	工作记录	
监测仪器情况	渗压计	
	表面变形观测点	
	内部变形观测点	
	倾斜仪	
	库水位观测设备	
	强震仪	
备注：		

C3.3 溢洪道

检查对象		情况描述		
溢洪道	进口段	塌方碎石		
		进口上方滑坡		
		边坡稳定性		
		边坡防护措施		
		进口淤堵		
	控制段结构	上方滑坡	塌方碎石	
			启闭操作检查	
		闸门	有无错位	
			锚固装置	
			其他情况	
		起重机或操作阀杆	操作检查	
			位移迹象	
			锚固装置	
		控制柜等操	其他情况	
	操作检查			

检查对象			情况描述	
	作装置	位移迹象		
		锚固装置		
	电源供应	其他情况		
		主要电源		
控制段 顶部		应急备用电 源		
		裂缝或应力不足区域		
闸墩/ 边墙		错动迹象		
		位移量（偏移量）		
		裂缝或应力不足区域		
		沉降		
		结合缝张开、错动		
		排水		
底板/ 衬板		回填土沉降		
		位移量（偏移量）		
		裂缝或应力不足区域		
		沉降		
		结合缝张开、错动		
工作桥		排水		
		桥墩变形		
		板、梁结构变形		
起重机		其他承载结构变形		
		操作检查		
		总体情况		
		结构变形		
泄槽		锚固装置		
		塌方碎石		
		泄槽上方滑坡失稳		
	边墙			位移量（偏移 量）
				裂缝或应力 不足区域
				沉降
				结合缝张开、 错动
				排水
		回填土沉降		
底板		位移量（偏移量）		
		裂缝或应力不足区域		
		沉降		
		结合缝张开、错动		
		排水设施		

检查对象			情况描述		
	排水廊道	通风、照明设施			
		错动			
		结合缝张开、错动			
		裂缝			
		排水管		渗漏量	
				位置	
	消力池	塌方碎石			
		上方滑坡失稳			
		边墙	位移量（偏移量）		
			裂缝或应力不足区域		
			沉降		
			结合缝张开、错动		
			排水管		
			回填土沉降		
			池底（如可见）		位移量（偏移量）
		裂缝或应力不足区域			
		沉降			
		结合缝张开、错动			
		排水管			
		侵蚀			
塌方碎石 边坡稳定性					
边坡稳定性					
护坡					
植被和其他障碍物					
备注：					
流态等。					

C3.4 其他泄水建筑物

检查对象			情况描述
其他泄水建筑物	泄流情况	混浊度	
		是否有结构碎块	
	进水段（若可见）	塌方碎石	
		上方滑坡	

检查对象		情况描述	
		边坡稳定性	
		护坡	
	树木雍堵		
泄洪涵管或隧洞		上方滑坡	
		塌方碎石	
		拦污栅	
管道或隧道		通风、照明设施	
		泄流量变化	
		接缝张开	
		混凝土剥落	
		钢衬凸起	
		落石	
阀门或闸门及其操作设备		操作检查	
		总体情况（位移迹象）	
		锚固装置	
	控制设施		操作检查
			位移迹象
			锚固装置
			总体情况
			远程操作功能
	电源		主要电源
			备用电源
	起重机		操作检查
			总体情况
			结构变形
			锚固装置
溢流堰	总体情况		
泄槽		塌方碎石	
		上方滑坡	
	边墙		位移量（偏移量）
			裂缝或应力不足
			沉降
			结合缝张开、错动
			排水
			回填土沉降
	底板		位移量（偏移量）
			裂缝或应力

检查对象			情况描述	
		不足		
		沉降		
		结合缝张开、错动		
		排水		
	消力池	塌方碎石		
		上方滑坡		
		边墙	位移量（偏移量）	
			裂缝或应力不足	
			沉降	
			结合缝张开、错动	
			排水	
			回填土沉降	
			底板（如可见）	
		裂缝或应力不足		
		沉降		
		结合缝张开、错动		
		排水		
冲蚀				
出口泄洪渠	塌方碎石			
	上方滑坡			
	边坡稳定性			
	护坡			
	植被或其他障碍物			
备注：				

C3.5 库区与上坝道路

检查对象		情况描述
库区	山体滑坡	名称
		位置
		总体情况
	是否阻碍入库流量	
林木阻塞		

备注:			
检查对象		情况描述	
上坝道路	公路	障碍物	
		路面状况	
	桥梁	桥面板、梁的结构情况	
		桥墩位移与结构情况	
		基础情况	
	其他承载结构情况		
备注:			

C.4 混凝土坝检查清单

C4.1 大坝

检查对象		情况描述	
大坝	上游面	裂缝	
		结合缝错位、张开、剥落	
	坝顶	错位	
		裂缝	
		结合缝错位、张开、剥落	
		防浪墙情况	
		照明设备	
	下游面	裂缝	
		结合缝错位、张开、剥落	
		渗流	

	下游坝趾	渗漏	
		冲刷、下切	
		裂缝及其他应力不足	
	大坝的下游情况	砂沸	
		泉眼	
		塌坑	
	廊道	照明、通风设备	
		总排水量	
		单点排水量	
		裂缝	
		渗流	
		结合缝错位、张开、剥落	
	监测仪器情况	渗压计	
		表面变形	
		垂线仪	
水库水位计			
强震仪			
备注：			

C4.2 坝肩

检查对象		情况描述	
坝肩	排水流量		
	山体滑坡		
	渗漏		
	渗漏位置		
	排水系统/检查用隧洞	照明、通风设备	
		总排水量	
		单点排水流量	
		裂缝	
		渗流	
		结合缝错位、张开、剥落	
		落石	
	监测仪器	渗压计	
		表面变形	
引张线仪			
备注：			



C4.3 溢洪道

使用表格同 C3.3。

D4.4 其他泄水建筑物

使用表格同 C3.4。

D4.5 库区与上坝道路

使用表格同 C3.5。

附录 D 震后险情上报单与诊断报告单

D.1 震后险情信息快速上报单

(编号: XX 局/XX 管理处—XX 年—XX 号)

水库名称	XX水库	管理单位	XX管理所	
所处位置	XX省XX市X县	地理坐标	经度	
			纬度	
库区地震动峰值加速度		库区地震动反应谱特征周期		
工程基本特性(坝型、特征水位、当前水位等)				
地震时间	XX年XX月XX日XX时XX分			
震级		震中距离		
现场人员伤亡及损失情况				
震后初步巡检情况	检查项目		情况描述	
	通讯设施损坏情况			
	大坝破坏情况			
	输、泄水建筑物破坏情况			
	其他补充情况			
初步判断进一步发生险情的可能性(极高、高、中、低)				
是否采取应急措施		具体措施		
报告人及电话		报告时间	年 月 日 时 分	
以下由信息接收部门填写				
接报部门		接报人		
接报时间	月 日 时 分	联系电话		

D.2 震后险情诊断报告单

(编号: XX 局/XX 管理处—XX 年—XX 号)

水库名称	XX水库	管理单位	XX管理所
抢险人员预计到达时间		抢险单位	
诊断结果	进一步发生险情可能性		
	溃坝后果影响程度		
	余震情况(频率、烈度)		
	主要不利因素(重点关注部位)		
建议应急措施			
建议避难场所	名称	位置	联系电话
处理部门		处理人	
处理时间	月 日 时 分	联系电话	

附录 E 震后安全检查报告建议提纲

- 1 概述
 - 1.1 编制目的与依据
 - 1.2 检查内容与要求
 - 1.3 检查步骤与专家组构成
- 2 工程基本情况
 - 2.1 工程重要性
 - 2.2 设计标准与主要建筑物级别
 - 2.3 工程抗震设防标准与主要抗震措施
 - 2.4 大坝安全现状与级别
 - 2.5 突发事件应急预案启动情况
 - 2.6 工程主要监测设施
 - 2.7
- 3 主要建筑物震损情况
 - 3.1 大坝
 - 3.2 溢洪道
 - 3.3 其他泄洪建筑物
 - 3.4 近坝岸坡
 - 3.5 电站厂房等其他建筑物
 - 3.6 库区与上坝道路
 - 3.7
 - 3.8 震后大坝溃坝风险与可能失效模式初步分析
- 4 震后运行管理情况
- 5 对策措施与管理（可选）
 - 5.1 工程措施
 - 5.2 非工程措施
 - 5.3 善后管理
- 6 综合评估
 - 6.1 检查结论
 - 6.2 后续建议
- 7 附录
 - 7.1 专家组签名表
 - 7.2 水库震损检查记录表
 - 7.3 水库工程主要震损位置图

参考文献

[1]

[2]

