

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

水库大坝震后安全检查技术指南

Guidelines for Post-earthquake Dam Safety Inspection

(报批稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

前 言

本标准按照《工程建设标准编写规定》（建标〔2008〕182号）的规定起草。

本标准共分为6章和5个附录，主要技术内容包括总则、术语、震后安全检查准备、震后即时检查、震后专业检查、应急处置措施等。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条16号，邮编100053），以便今后修订时参考。

本标准主编单位：水利部大坝安全管理中心

本标准参编单位：水利部 交通运输部 国家能源局南京水利科学研究院
长江勘测规划设计研究有限责任公司

水电水利规划设计总院

本标准主要起草人：高长胜、李宏恩、胡清义、颜天佑、杜效鹤、朱寿峰、何勇军、张士辰、周兴波、谷艳昌、肖浩波、谈叶飞、蒋金平、李 铮、李建贺、范志永、周 宁、王 芳、李 凯、王 辉、张 铸、游万敏、朱沁夏、柳雅敏、田振宇。

本标准主要审查人：刘志明。

目 次

1 总则	1
2 术语	1
3 震后安全检查准备	1
3.1 一般规定	1
3.2 地震信息收集	2
3.3 水库资料收集	2
3.4 地震影响范围估计	2
3.5 震后检查启动条件与险情分级	3
3.6 安全检查准备工作	3
4 震后即时检查	4
4.1 一般规定	4
4.2 基本要求	4
4.3 土石坝检查	5
4.4 混凝土坝及砌石坝检查	6
4.5 泄、输水建筑物检查	6
4.6 金属结构及启闭设施检查	7
4.7 检查记录与上报	8
5 震后专业检查	8
5.1 一般规定	8
5.2 基本要求	8
5.3 监测资料分析	9
5.4 震后应急检测与监测	10
5.5 检查报告编制	10
6 应急处置措施	10
6.1 一般规定	10
6.2 防洪安全隐患	10
6.3 结构安全隐患	11
6.4 渗流安全隐患	12
6.5 金属结构及供电设施隐患	13
附录 A 中国地震烈度表	14
附录 B 地震水库信息简况报告示例	17
附录 C 震后水库安全检查清单	18
附录 D 震后险情上报单与诊断报告单	27
附录 E 震后安全检查报告建议提纲	29
标准用词说明	31
引用标准名录	32
条文说明	33

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	1
3	Preparation for Post-earthquake Safety Inspection	1
3.1	General Requirements	1
3.2	Earthquake Information Collection	2
3.3	Reservoir Data Collection	2
3.4	Estimation of Earthquake Influence Range	2
3.5	Start-up Conditions of Post-earthquake Inspection and Risk Classification	3
3.6	Preparation for Safety Inspection	3
4	Post-earthquake Immediate Inspection	4
4.1	General Requirements	4
4.2	Basic Requirements	4
4.3	Earth-rock Dam Inspection	5
4.4	Inspection of Concrete Dam and Masonry Dam	6
4.5	Inspection of Water Discharge and Conveyance Structures	6
4.6	Inspection of Metal Structure and Opening and Closing Facilities	7
4.7	Inspection Records and Reporting	8
5	Post-earthquake Professional Inspection	8
5.1	General Requirements	8
5.2	Basic Requirements	8
5.3	Monitoring Data Analysis	9
5.4	Post-earthquake Emergency Detection and Monitoring	10
5.5	Generation of Inspection Report	10
6	Emergency Disposal Measures	10
6.1	General Requirements	10
6.2	Flood Control Safety Hazards	10
6.3	Structural Safety Hazards	11
6.4	Seepage Safety Hazards	12
6.5	Hazards of Metal Structure and Power Supply Facilities	13
	Appendix A Seismic Intensity Chart of China	14
	Appendix B Example for Earthquake Reservoir Information Brief Report	17
	Appendix C List of Post-earthquake Reservoir Safety Inspection	18
	Appendix D Post-earthquake Danger Report and Diagnosis Report	27
	Appendix E Recommended Outline of Post-earthquake Safety Inspection Report	29
	Explanation of Wording in This Standard	31
	List of Quoted Standards	32
	Explanation of Provisions	33

1 总则

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

1.0.2 本标准适用于已建水库大坝遭遇地震活动后的安全检查。

1.0.3 震后安全检查分为震后即时检查和震后专业检查，检查对象包括永久性挡水建筑物以及影响大坝安全的泄水、输水、过船等建筑物与其金属结构、近坝岸坡。

1.0.4 震后安全检查应以快速掌握水库运行性态、及时研判水库大坝安全、有效支撑应急处置为目标，并注重检查工作的时效性、针对性及可靠性。

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

2 术语

2.0.1 震后安全检查 post-earthquake safety inspection

针对地震后水库大坝可能出现的震损及其危害性进行调查与评判工作,分为震后即时检查与震后专业检查。

2.0.2 震后即时检查 post-earthquake immediate inspection

以水库运行管理人员为主在地震后立即开展的水库大坝现场安全检查。

2.0.3 震后专业检查 post-earthquake professional inspection

在震后即时检查基础上,以专业技术人员为主,有组织地对大坝震损及其危害进行有针对性的专业性安全检查与评估,通过专家经验及专业技术手段进一步研判各类震损对水库大坝防洪安全、结构安全、渗流安全、金属结构安全的影响程度,为后续水库开展专门安全评价、应急处置及震损加固决策提供技术支撑。

2.0.4 震后应急期 post-earthquake emergency response period

破坏性地震发生后,有关省、自治区、直辖市人民政府宣布的灾区进入震后应急的期限及震后应急期的起止时间,震后应急期一般为10日。

3 震后安全检查准备

3.1 一般规定

3.1.1 震后即时检查应对大坝已出现的震损或监测异常所反映震损部位的特征、程度与发展趋势作出初步判断，对发现的震损和有无溃坝可能性应及时上报。

3.1.2 震后专业检查宜在震后即时检查的基础上，在震后应急期内通过监测资料分析、安全检测、隐患探测等手段进一步判定水库大坝震损程度与安全状态。

3.1.3 水库大坝震后应按设计和规范要求加密巡视检查和监测频次，具有自动化监测系统的水库应及时启动应急召测，并在震后 14 日内持续进行加密监测。

3.2 地震信息收集

3.2.1 水库管理人员应及时收集坝址区下列地震情况及有关信息：

- 1 国家地震部门发布的地震监测详情，包括震级、震中位置和坝址的地震烈度等。
- 2 已布设地震台网水库大坝的地震响应监测资料。
- 3 地方政府地震应急响应级别。
- 4 临近坝址的救援人员、物资储备情况。
- 5 历史震害灾害资料。

3.2.2 应按国家地震主管部门公布的地震烈度图确定坝址区地震烈度，地震烈度图见附录 A 图 A。当无法快速获取地震烈度图时，可根据 GB/T 17742《中国地震烈度表》结合坝址区人员遭受震感实际情况预估坝址区的地震烈度，《中国地震烈度表》见附录 A 表 A。

3.3 水库资料收集

3.3.1 根据震后安全检查工作需要，应及时收集与水库大坝运行相关的资料。

3.3.2 开展即时安全检查应重点收集以下资料：

- 1 大坝工程概况、近期运行状态信息，包括库水位、降雨量、大坝安全监测等工情信息，以及泄水、发电、供电、通讯等设施运行情况。
- 2 水库近期巡视检查记录。
- 3 水库历史上发生险情、存在隐患以及震前有隐患征兆部位的相关记录。
- 4 大坝安全管理应急预案、水库调度规程。
- 5 发生溃坝险情水库下游可能受影响的城镇、公众、生命线工程等重要基础信息。
- 6 当地水行政管理部门发布的震区水库及震损情况通报、某次地震水库信息简况报告等，见附录 B。

3.3.3 开展专业安全检查除应掌握 3.3.2 条要求的资料外，还应重点收集以下资料：

- 1 详细的地震基本资料。
- 2 大坝工程地质勘察、设计与施工资料、工程特性表、工程图纸等。
- 3 大坝安全鉴定等有关工程安全状况评价资料。

- 4 水库大坝最新及历史安全监测资料与整编分析报告。
- 5 大坝安全检查、隐患处理、维修养护、运行大事记等水库运行管理资料。

3.4 地震影响范围估计

3.4.1 地震对水库大坝可能的影响范围宜按表 3.4.1 进行估计。

表3.4.1 震后影响区范围估计对照表

序号	震级	震中距离 (km)
1	>4.0	50
2	>5.0	75
3	>6.0	100
4	>7.0	150
5	>8.0	250

3.4.2 地震发生后宜按以下要求确定应开展震后安全检查的水库大坝：

- 1 按 3.4.1 条估计震中距离范围内的水库大坝。
- 2 水库大坝发生与地震相关的异常现象。
- 3 大坝安全监测系统反馈有疑似与地震相关的异常反应。
- 4 遭遇有感地震的病险水库。

3.5 震后检查启动条件与险情分级

3.5.1 依据坝址区地震烈度，宜按表 3.5.1 开展震后水库大坝安全检查。

表3.5.1 震后安全检查启动依据

序号	地震烈度	即时安全检查	专业安全检查
1	VII度或更高	立即开展	需要
2	VI度	立即开展	需要
3	V度	立即内开展	根据即时检查判定的震损程度确定
4	IV度或更低	3小时内开展	一般不需要，根据即时检查情况确定

3.5.2 应根据水库大坝存在的震损现象及程度，综合评价水库大坝震后险情等级。水库大坝震后险情等级可分为溃坝险情、高危险情、次高危险情及一般险情四类，宜参照以下标准进行综合评价：

- 1 溃坝险情水库：水库大坝及其主体工程发生漫溢，出现较大贯穿性裂缝、上下游坝坡大面积滑坡、大流量集中渗流等情况，短时间内有导致溃坝的险情。
- 2 高危险情水库：水库大坝及其主体工程发生漫溢或出现裂缝、上下游坝坡大面积滑坡、大流量集中渗流等情况，可能直接影响大坝及主要建筑物安全的险情。
- 3 次高危险情水库：水库大坝及其主体工程发生漫溢或出现裂缝、上下游坝坡大面积滑坡、大流量集中渗流等情况，但不影响主体工程安全运行。
- 4 一般险情水库：震后大坝出现轻微的渗漏问题、大坝及其他主体工程建筑物出现轻微的变形与沉陷等，对水库及主体工程建筑物安全运行基本无影响的险情。

3.6 安全检查准备工作

3.6.1 在已发布地震临震预报或已遭遇地震事件时,应按以下要求及时做好水库大坝震后安全检查准备工作:

1 根据地震信息及工程情况,预判水库大坝易受地震诱发破坏的部位及震损特征,确定大坝震后安全检查涉及的大坝、泄水建筑物等重点部位。

2 通过地震前后监测资料反映的异常情况,进一步分析水库大坝可能发生震损的位置。

3 根据水库大坝主要建筑物和附属结构重要性,以及一旦发生震损可能造成的危害后果严重性,并结合水库下游城镇、公众、重要基础设施等信息综合分析,合理确定水库大坝震后安全检查顺序。

4 检查通讯条件是否畅通,当现场通讯条件无法保障时,检查人员、专家组应配备卫星电话等通讯设备。

5 应检查上坝道路情况,当上坝交通中断时,对大型和防洪重点中型及重要小型水库(“头顶一盆水”水库),应在保证检查人员人身安全的前提下,确定及时到达坝址的替代方案,如船只、直升机等途径;当难以快速到达坝址现场时,可采用卫星遥感等手段对大坝及库区震损情况进行快速初步评估。

3.6.2 检查人员应及时掌握大坝典型震损特征、潜在破坏模式及震后大坝可能出现的运行性态变化。

3.6.3 开展震后安全检查应采用合理有效的防护和技术措施,保障检查人员的人身安全。

4 震后即时检查

4.1 一般规定

4.1.1 水库运行管理人员在震后应尽快组织开展震后即时检查，对大坝震后险情级别、溃坝风险进行快速评估，并及时发出预警。

4.1.2 即时检查范围应包括坝体、坝基、坝肩，泄、输水建筑物及其闸门和启闭机，以及对大坝安全有重大影响的近坝区岸坡和其他与大坝安全有直接关系的建筑物和设施等。

4.1.3 即时检查工作应突出重点和关键部位，重点关注土石坝坝坡稳定及渗流安全、混凝土重力坝坝基抗滑稳定及结构缝情况、拱坝左右岸坝肩稳定及结构缝情况、面板堆石坝防渗面板安全性态等；关键部位包括大坝上、下游坝面，坝脚及附近区域，溢洪道及涵洞进、出口部位，两侧岸坡稳定，上游水面附近以及历史存在安全隐患部位等。

4.2 基本要求

4.2.1 震后水库运行管理人员应立即对水库大坝及其主要建筑物进行全面检查，按照水库大坝安全管理应急预案有关规定评估大坝的溃坝风险，并采用以下应对措施：

1 检查发现水库震损达到溃坝险情或高危险情时，应按水库大坝安全管理应急预案要求及时做好溃坝突发事件预警，并报告水库主管部门、水行政主管部门和当地人民政府；当水库发生通讯中断无法上报时，应积极采取各种有效措施向下游公众发出预警，并持续尝试与上级主管部门建立通讯联系。

2 若发生可见震损，但经过检查人员判断无溃坝风险，则应在外观检查的基础上进一步开展详细检查和应急监测，并通过照片或视频等手段全面、准确记录检查结果。

4.2.2 检查人员应及时向上级管理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。

4.2.3 上游若有水库，应尽快取得联系并确认其震后安全性态；如果水库上游入库流量异常减小，应立即检查河道是否可能因滑坡产生堰塞坝导致上游堵塞。

4.2.4 发生余震后，应根据余震情况进行补充检查。

4.2.5 因水库大坝的部分震损可能滞后发生，震后 14 日内应持续开展现场复查。

4.3 土石坝检查

4.3.1 土石坝常见震损应包括裂缝、沉陷、滑坡、渗漏异常、液化等主要危及大坝结构安全、渗流安全的损坏。

4.3.2 土石坝结构安全主要震损检查应包括坝体裂缝、坝体护坡塌陷、坝体滑坡、近坝岸坡滑坡、坝基液化等，按以下要点开展：

1 坝顶：是否存在纵向裂缝、横向裂缝、错台、塌坑；防浪墙是否倾倒或存在贯穿性裂缝；防浪墙与大坝防渗体结合部位是否存在裂缝等。

2 上、下游坝坡：是否存错动或开裂、松动脱落、架空坍塌下滑；下游护坡是否陡坎或坍塌；坝脚反滤排水体是否存在裂缝、坍塌、滑移等。

3 防渗面板：分缝止水、周边缝止水是否破坏，坝体严重变形是否导致面板裂缝、错台、脱空；面板坝防渗面板是否存在挤压破坏、贯穿性裂缝、塌陷等。

4 坝坡稳定：是否引发上、下游坝坡、穿坝建筑物附近坝坡发生滑坡等。

5 近坝岸坡：是否存在两坝肩岸坡、溢洪道岸坡及输（泄）水洞进出口附近岸坡滑坡等。

6 坝体与混凝土建筑物连接处：坝体与两坝肩及穿坝建筑物接触处是否存在沉陷裂缝，土石坝与混凝土坝、溢洪道、船闸、涵管等建筑物连接部位，是否存在接触面附近因不均匀沉降而产生裂缝脱开、明显错台等。

7 坝基液化：坝脚临近区域是否出现局部或大范围翻砂、冒砂现象；临近坝体区域是否出现裂缝或滑坡迹象等。

8 滑坡涌浪：近坝库岸是否存在潜在滑坡，可能导致库区涌浪而影响大坝安全。

4.3.3 土石坝渗流安全主要震损检查应包括坝体坝基渗漏、穿坝建筑物接触渗漏及绕坝渗漏等，尤其应重点关注土坝与混凝土结构等结合部位的渗漏状况，按以下要点开展：

1 坝体坝基：大坝渗流量是否异常增加或减小；渗漏水是否出现浑浊或细颗粒带出；坝后侧是否存在管涌、冒水翻砂、塌陷或松软隆起，或伴有坝前漩涡现象；大坝渗压监测数据是否出现突变；防渗面板是否漏水、止水失效等。

2 下游排水体及反滤料：截渗和减压设施有无破坏、穿透、淤塞等现象；排水反滤设施是否有堵塞、排水不畅甚至失效，渗水有无骤增、骤减和浑浊现象等。

3 穿坝建筑物：是否存在坝下（内）埋管出口与坝体接触部位出现明显渗流，出水浑浊或有细颗粒带出；进水塔侧墙与坝体连接部位是否存在明显渗流；是否存在涵管漏水致使涵管处上、下游坝坡局部出现塌陷等。

4 绕坝渗漏：绕坝渗流量或渗流压力是否异常；坝体与岸坡结合部位是否出现明显漏水且有细颗粒带出；坝体与岸坡结合部位上、下游是否出现塌坑等。

4.4 混凝土坝及砌石坝检查

4.4.1 混凝土坝及砌石坝常见震损应包括坝体裂缝、坝体失稳、坝体坝基渗漏、排水导渗设施损坏与淤堵、坝肩异常变形、滑坡等主要危及大坝结构安全、渗流安全的损坏。

4.4.2 混凝土坝及砌石坝结构安全主要震损检查应包括坝体裂缝、坝基及坝肩损坏、近坝岸坡滑坡等，并按以下要点开展：

1 坝体：防浪墙有无裂缝、错动、沉陷、倾覆；相邻坝段之间是否存在错动；坝体结构缝是否张开或挤压破损；坝体混凝土或砌石结构是否存在横向裂缝、纵向裂缝；重力坝上部变坡段是否出现裂缝；下游坝趾附近是否有塌陷。

2 坝基及坝肩：基础岩体有无挤压、错动、松动和鼓出；坝体与基岩（或岸坡）结合

部位有无错动、开裂、脱离等；两岸坝肩区有无裂缝、滑坡、沉陷等情况；拱坝坝肩是否有明显的失稳趋势。

3 近坝库岸：是否有岸坡塌陷、裂缝、滑移迹象；高边坡或潜在滑坡体是否存在异常变形。

4 具备变形自动监测设施时，应根据监测资料初步查明发生异常变形的位置和程度。

4.4.3 混凝土坝及砌石坝渗流安全主要震损检查应包括坝体、坝体廊道、坝基、近坝库岸等渗漏，按以下要点开展：

1 坝体：上游止水设施是否完好、有无贯穿性裂缝；下游面有无新增渗水点；下游坝趾渗漏水量、颜色、浑浊度及其变化状况。

2 坝体廊道：有无新增漏水、射水、溶蚀、剥落；止水是否完好；排水孔有无堵塞；排水量、颜色、浑浊度及其变化状况。

3 坝基：坝基渗漏量是否存在异常增大或减小；渗漏量突变排水孔是否伴有泥沙污物排出；渗漏量突变附近坝体、坝基是否出现异常变形。

4 近坝库岸：两岸坝肩区绕坝渗漏是否加剧；库区水面有无漩涡、冒泡现象；岸坡地下水出露及渗漏情况有无异常；表面排水设施或排水孔工作是否正常。

4.5 泄、输水建筑物检查

4.5.1 泄、输水建筑物震后安全检查应重点关注建筑物泄洪能力是否因地震受到影响，并应关注相关建筑物与大坝连接位置的结构稳定和渗流安全。

4.5.2 溢洪道主要震损检查应岸以下要点开展：

1 进、出口段有无堵塞；两侧边坡有无滑坡或坍塌迹象，泄洪通道的进出口是否保持通畅；护坡是否有裂缝、沉陷、渗水；流态是否正常。

2 溢洪道控制段堰顶或闸室、闸墩、边墙、胸墙、溢流面、底板、工作桥等处有无裂缝、渗水，排水孔及伸缩缝是否完好。

3 泄槽、消能、掺气设施有无裂缝、异常变形及其他破损。

4 溢洪道与坝体连接部位有无异常变形和渗漏现象。

4.5.3 其他泄、输水建筑物主要震损检查应按以下要点开展：

1 进水口和引水渠道有无淤堵、裂缝及损坏；进水口边坡有无裂缝及滑坡。

2 进水塔（或竖井）有无裂缝、渗水或其他损坏现象；塔体有无倾斜或不均匀沉降。

3 可见范围内洞（管）身有无裂缝、坍塌、渗漏等现象；放水时洞内声音是否正常。

4 出水口水流形态、流量是否正常；出水口有无淤堵、裂缝及损坏；出水口边坡有无裂缝及滑坡体。

5 下游渠道及岸坡有无裂缝及滑坡等破坏现象。

4.6 金属结构及启闭设施检查

4.6.1 金属结构及启闭设施震后安全检查应重点针对闸门启闭、供电是否因地震受到影响，

压力钢管、闸阀等设施是否因地震发生灾害性破坏。

4.6.2 闸门主要震损检查应按以下要点开展：

- 1 闸门或拦污栅是否可以顺畅启闭，连接螺栓有无松动、变形、损伤或脱落。
- 2 门槽、门槛、埋件、锁定装置等是否发生异常变形等现象。
- 3 门叶梁格、吊耳、弧形闸门的支臂、滚轮支承、弧形闸门支铰等主要受力构件和支撑结构有无变形、损伤，焊缝有无开裂现象，运转是否正常。
- 4 翻板闸门、叠搭连锁闸门支撑墩、铰链等有无异常变形、损坏。
- 5 铸铁闸门门框和导轨有无变形、松动现象。
- 6 闸门止水是否存在明显损坏造成闸门漏水。

4.6.3 启闭机主要震损检查应以下要点开展：

- 1 启闭机、坝顶门机是否正常工作；制动、限位设备是否准确有效；电源、传动、润滑等系统是否正常；备用电源及手动启闭是否正常运行。
- 2 启闭机房是否存在因地震造成的异常变形、裂缝等结构破坏现象。

4.6.4 电气及自动控制设备震损应检查以下要点：

- 1 启闭机控制柜、配电柜震后是否能正常运行，配电柜进线三相电压、控制柜的闸刀开关、供电线路等是否正常。
- 2 各种电气设备接地体的两端连接是否有松动、脱落现象。
- 3 集中控制或自动化监控系统是否正常。

4.6.5 压力钢管及闸阀主要震损检查应按以下要点开展：

- 1 管壁是否有裂缝、凹陷、鼓包；管壁及焊缝区是否漏水，焊缝是否有开裂或表面裂纹；管体、支墩、镇墩有无异常变形；伸缩缝处是否有漏水，主阀与钢管连接处是否有漏水现象。
- 2 埋管的四周混凝土及沿线是否有渗水、变形和失稳，焊缝区是否渗漏情况，伸缩缝处是否渗水。
- 3 工作阀、检修阀工作是否正常，有无漏水现象；手动、电动装置是否完好。

4.6.6 除开展 4.6.2~4.6.5 条震损检查外，还应检查电站设施是否出现失稳、裂缝、渗漏、发电机跳闸、闸门或阀门故障，以及发电水路失效的指示；供电线路和备用电源装置及其他应急处置设备是否损坏。

4.7 检查记录与上报

4.7.1 检查情况应及时记录到震后水库大坝安全检查清单，可参考附录 C。

4.7.2 根据震后及时安全检查结果，应按 3.5 条评估确定震后水库险情等级并及时上报，震后险情上报单与诊断报告单可参考附录 D；若未发生明显震损时，也应上报“无损坏”的报告。

4.7.3 震后即时检查结束后应及时编制检查报告，当水库大坝已发生震损或出现异常现象，

应详细记录，报告提纲可参考附录 E。

4.7.4 水库震后采取的应急处置措施应参照水库大坝安全管理应急预案的有关要求执行。

全国团体标准信息平台

5 震后专业检查

5.1 一般规定

5.1.1 按表 3.5.1 确定是否开展震后专业检查，综合考虑工程规模、保护对象重要性、即时检查发现的震损险情级别等，组织专业技术人员对大坝震损及其危害进行安全检查与评估。

5.1.2 水库管理部门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，应组织专业技术人员开展现场安全检查，对大坝震损的程度、原因、发展趋势和水库大坝险情等级进行综合评估。

5.1.3 震后专业检查的范围与震后即时检查基本相同，检查重点应结合震后即时检查发现的相关震损，并对工程安全潜在风险高、成因不明的震损部位进行重点检查评估。

5.2 基本要求

5.2.1 震后专业检查应组建专家组，按以下要求开展现场安全检查工作：

1 根据水库大坝工程特性，专家组应由工程地质、水工结构、金属结构、安全监测、应急处置等专业技术人员组成，水库主管部门与水库管理人员做好协调配合。

2 专家组通过查阅资料、听取汇报等多种方式熟悉工程基本情况及震后运行性态。

3 专家组应熟悉大坝与其他建筑物典型震损特征及其可能破坏模式。

4 专家组如在震后能够快速抵达水库大坝现场，震后专业检查可与震后即时检查同步进行。

5.2.2 专家组在现场检查前应梳理分析震后即时检查发现的主要震损，综合分析大坝安全监测等相关资料暴露的震后异常，进一步评估大坝震损程度、潜在风险，确定检查顺序和采用的主要技术手段。

5.2.3 专家组应对大坝外观、运行状况、设备、监测设施、管理设施等进行全面检查和评价，填写大坝现场安全检查表，编制安全检查报告，提出震后大坝安全应急处置工作的重点和建议。现场专业安全检查清单，可参考附录 C 并基于工程情况进行优化调整。

5.2.4 震后专业检查的项目和内容、方法和要求、记录和报告等宜按照 SL258《水库大坝安全评价导则》的规定执行。土石坝宜按照 SL 551《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《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，并结合坝型特点调整检查项目。

5.2.5 根据现场安全检查需要，应及时搜集和整理水库最新的水文气象、工程特性、工程地质、设计与施工、安全监测、大坝安全状况、大坝运行管理等资料；现场应随时可以获得大坝的工程设计与运行管理资料。

5.2.6 水库大坝震损探测技术手段宜采用基于地球物理方法的无损探测技术及安全检测方法；当无损探测技术无法查明的震损隐患时，可采用其他方法联合探测。

5.3 监测资料分析

5.3.1 震后监测资料应按照下列要求进行分析：

1 通过震前震后变形、裂缝开度、应力应变、渗流压力、渗流量等效应量监测资料的对比分析，评估大坝安全性态是否正常或发生异常变化。

2 通过现场检查监测资料数据变化情况，评估监测系统受地震的影响程度。

3 可采用比较法、作图法、特征值统计法、数学模型法等方法对大坝安全监测资料分析。土石坝应按 SL 551 执行；混凝土坝应按 SL 601《混凝土坝安全监测技术规范》执行；浆砌石坝可参照规范 SL 601 执行。

4 应将即时检查发现的水库挡水、泄水建筑物震损和不同建筑物结合部位以及建筑物与坝肩结合部位等作为监测资料分析和巡视检查的重点。

5.3.2 应检查分析震后监测仪器性能是否稳定或完好，仪器观测精度是否满足设计或规范要求，自动监测系统运行是否稳定。

5.3.3 监测资料分析应包括下列主要内容：

1 在现场检查的基础上，采用历时过程线、分布图、相关图及特征值比较等对监测资料的合理性进行分析，并采用统计分析、确定性模型或混合模型开展定性、定量以及综合性正反分析，对工程结构、渗流等震损进行评估。

2 结合历次巡视检查资料，对比分析测点震前、震后监测数据，结合现场检查发现的外观异常部位、变化规律和发展趋势等，分析与工程安全的相关性。

3 利用监测过程线图或数学模型分析震损变形、渗流等随时间的变化规律，分析判断水库大坝震后运行性态有无异常以及发展趋势。

4 利用相关关系图或数学模型分析监测数据的主要定量关系、变化规律等，评估工程安全运行状况。

5 分析各监测效应量震后特征值和异常值，并与相同条件下的设计值、模型预报值，以及历年变化值进行对比，分析对大坝安全的影响。

5.4 震后应急检测与监测

5.4.1 采用物探方法进行大坝工程隐患探测时，应按 SL/T 291.1《水利水电工程勘探规程 第1部分：物探》的相关规定执行。

5.4.2 当缺少大坝工程地质资料或土石坝坝体填筑质量资料时，必要时可补充工程地质勘察与钻探试验；当大坝存在明显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，可补充钻探试验和隐患探测。

5.4.3 补充工程地质勘察和钻探试验，大型水库大坝应按 GB 50487《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 SL 55《中小型水利水电工程地质勘察规范》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 的规定执行，混凝

土坝应按 GB/T 51416 和 SL 601 的规定执行。

5.5 检查报告编制

5.5.1 综合震后即时检查、专业安全检查、监测资料分析等成果，编写《水库大坝震后安全检查报告》，编写大纲可参考附录 E。

5.5.2 编写的《水库大坝震后安全检查报告》，应给出以下结论：

1 大坝变形、渗流场是否稳定，土石坝的浸润线（面）及混凝土坝的坝基扬压力是否正常；大坝应力（压力）、应变是否超过规范或设计允许值，评价大坝安全性态。

2 震后安全检查或监测资料所反映大坝安全性态异常的部位、性质、特征和出现的时间、运行条件，以及异常情况处理情况与效果。

3 震后大坝安全监测系统运行是否正常。

4 给出可能影响大坝安全的潜在隐患以及对策建议等。

6 应急处置措施

6.1 一般规定

6.1.1 应急处置方案宜与永久治理措施相结合。

6.1.2 开展应急处置工作后，仍应加强安全监测和巡视检查，及时掌握处置效果。

6.2 防洪安全隐患

6.2.1 当出现可能溃坝险情、高危险情、大坝坝坡震损滑坡、防浪墙倾倒等导致坝顶高程不足，可能出现洪水漫顶溢流险情时，应及时采取相关措施控制险情，可优先考虑以下措施：

1 拓挖泄洪设施、降低溢流堰顶高度等增加泄洪能力。

2 当震后泄放库水时应注意库水位下降速率，避免库水位骤降引起上游坝坡或近坝库岸岸坡失稳。

3 及时修补防浪墙缺口、坝顶修筑子坝，以提升坝顶高程并防止坝面冲蚀。

4 当未及时在坝顶抢筑子坝时，应在坝顶及下游坝面构筑临时溢流保护措施。可在坝顶铺设土工织物、彩条布等防冲材料，并将土工织物固定于坝顶，或在其上用一层土袋铺压提升抗冲蚀能力。

6.2.2 当水库泄洪通道因震损导致阻塞无法泄洪时，可如下采用措施：

1 当泄洪通道下游因震损滑坡完全阻塞，短时间内难以疏浚时，应在大坝坝肩或库区垭口等合适位置及时拓挖临时泄流通道，断面尺寸应根据下泄流量估算。

2 当泄洪通道因震损滑坡局部阻塞时，应采取疏浚、拓挖等整治措施快速恢复泄洪通道。

3 当加大下泄洪水淘刷下游坝脚时，应对下游坝脚采取抛石固脚、增设或加高挡（导）墙等防护措施。

6.3 结构安全隐患

6.3.1 坝体裂缝应急处置应满足下列要求：

1 当震后不具备工程措施条件对坝体裂缝进行快速处置时，应采取覆盖防水塑料膜、彩条布或土工膜等措施，及时对裂缝进行缝口封闭。

2 裂缝处置前应设置必要的监测设施或标记，监测裂缝变化，加强坝面巡查，及时发现震后新出现的裂缝，同时可通过石灰水灌缝或开挖探坑进行检查，进一步探明裂缝性质和分布。

3 纵向裂缝应以防渗防水处理为主；横向裂缝应以补强加固为主，同时加强表面防水入渗处理。

4 对坝体与坝肩及穿坝建筑物接触处的沉陷裂缝，可采用开挖分层夯实回填进行处理，沉陷裂缝较严重时采用开挖回填与防渗处理相结合的方法进行处理。

5 对防浪墙与大坝防渗体接合部位裂缝，可采用充填式粘土灌浆方法进行处理，防浪

墙应与防渗体紧密连接。

6 对防浪墙或混凝土防渗面板的裂缝，当出现局部裂缝或破损时，可采用水泥砂浆或特种涂料等防渗堵漏材料进行表面处理；当出现的裂缝较宽或伸缩缝止水遭破坏时，可采用表面专业材料粘补或凿槽嵌补方法进行处置。

6.3.2 滑坡、塌陷震损应急处置应满足下列要求：

1 对因地震造成岸坡滑塌阻塞泄水建筑物进口的滑塌体及淤积物，应及时清除。

2 滑坡处理前，应用塑料薄膜、土工膜等覆盖封闭滑坡裂缝，严防雨水渗入裂缝内，同时在裂缝上方开挖截水沟，导流坡面雨水；采取人工巡查、应急监测等手段持续对滑坡体进行巡视、监测。

3 按“下部压重，上部减载”的原则，合理增加阻滑力，减小滑动力。根据滑坡成因、部位和工程条件，采取开挖回填、加培缓坡、压重固脚、导渗排水等措施综合处理。

4 对下游坝坡滑坡可综合采取开挖回填、加培缓坡、压重固脚、导渗排水等措施处理：

1) 若坝体同时出现震后渗漏问题时，可同步实施大坝防渗和下游排水反滤处理措施。

2) 对体积较小的滑坡体，可全部挖除，用坝体土料分层回填夯实；对体积较大滑坡体，可将松土部分挖除，用满足坝体填筑要求的土料分层回填夯实。

3) 对滑坡体底部前缘滑出坝脚以外的滑坡，可在滑坡段下部采取砌石固脚或抛石压脚的压重固脚措施，形成压坡体，有排水要求时，可考虑与排水反滤设施结合处置。

5 对坝坡塌陷，在紧急情况下应进行临时性的填塞封堵处理；当因地震造成坝坡出现陡坎、坍塌时，宜采用削坡、开挖回填方法进行处理，并做好坝面临时导渗、排水措施。

6 对两岸坝肩发生的滑坡，判断是否存在绕坝渗漏等现象，结合渗漏安全隐患处置措施，采取开挖回填、加培缓坡、压重固脚、导渗排水等措施进行处理。

7 对近坝岸坡不稳定滑坡体，应采取削坡减载、锚固或喷射混凝土支护等措施进行处理，对规模比较大的滑坡体，应结合震后永久加固设计开展专门分析论证后确定处理措施。

6.3.3 泄水建筑物结构异常变形应急处置应满足下列要求：

1 泄水建筑物结构发生变形时应及时进行补强加固，结构变形特别严重导致闸门和启闭设施卡阻而无法打开闸门时，应采取必要措施开辟新的泄洪通道，确保泄洪安全。

2 溢洪道底板及两侧翼墙或边墙变形严重时，应首先加固地基，待变形基本稳定后进行凿槽嵌补，采用水泥砂浆或环氧砂浆堵塞裂缝；伸缩缝漏水，可在渗水出口缝上凿槽，将渗漏水集中导开，可用速凝剂堵漏后用水泥砂浆或环氧砂浆等进行嵌补。

3 其他穿坝建筑物（涵洞等）变形严重导致产生裂缝漏水时，应结合渗漏安全隐患处置措施，进行应急处置。

6.4 渗流安全隐患

6.4.1 坝体坝基渗流安全隐患应急处置应满足下列要求：

1 上游坝坡临时截渗可采取抛填粘土（袋）构筑戗堤或铺设土工膜等措施进行处理；

当坝体出现较深塌陷时，可进行应急填土处理。

2 下游坝坡大面积散浸，未见坝坡失稳或渗水变浑，且上游坝坡不具备迅速采取截渗措施条件时，可在下游坝坡开挖导渗沟，铺设砂石滤料、土工织物或透水软管等导渗排水。

3 坝体下游坝坡因渗漏过于松软不宜采用导渗沟时，可在下游坡至坝脚采用滤层导渗法抢护，滤层设计应满足反滤要求，亦可采用修筑砂土或梢土后戗台抢护，并保证戗台材料透水性。

4 坝基震后渗漏，可选择采用坝前截渗、坝后排水反滤等措施进行处理：

1) 坝前防渗处理可根据应急物料、机械情况，以及工程和地质条件采取水平或垂直防渗等截渗措施。

2) 坝后排水反滤措施可采取排水减压井、滤层压盖、反滤围井、抛填导滤堆或增设排水暗管等措施。

6.4.2 穿坝建筑物接触渗漏应急处置应满足下列要求：

1 穿坝建筑物结合部位上游出现塌陷时，应清除坑内软土，重新回填填筑土料；当下游出现塌坑时，应清除坑内软土，按反滤要求回填反滤料。

2 根据接触渗漏的轻重程度，应在渗漏发生部位按反滤要求采取临水堵截、下游侧导渗、封闭围堰等措施进行处理。

6.5 金属结构及供电设施隐患

6.5.1 震后闸门面板、梁系结构、门槽、闸门行走支承装置和导向装置等出现严重变形影响闸门启闭时，应根据可调用的应急工程机械、装备、物料等及时恢复闸门启闭；应急启闭措施失效且必须尽快泄洪时，应采取措施及时另辟水库泄洪通道。

6.5.2 震后水库供电系统中断时，应及时启（调）用柴油发电机等备用电源恢复启闭设施供电，保障泄洪设施正常启闭；具备手动启闭条件闸门应及时人工手动开启。

附录 A 中国地震烈度表

表 A 中国地震烈度表 (GB/T 17742-2020)

地震烈度	评定指标								合成地震动的最大值	
	房屋震害			人的感觉	器物反应	生命线工程震害	其他震害现象	仪器测定的地震烈度 I_1	加速度 m/s^2	速度 m/s
	类型	震害程度	平均震害指数							
I (1)	—	—	—	无感	—	—	—	$1.0 \leq I_1 \leq 1.5$	1.8×10^2 ($< 2.57 \times 10^2$)	1.21×10^3 ($< 1.77 \times 10^3$)
II (2)	—	—	—	室内个别静止中的人有感觉, 个别较高楼层中的人有感觉	—	—	—	$1.5 \leq I_1 \leq 2.5$	3.69×10^2 ($2.58 \times 10^2 \sim 5.28 \times 10^2$)	2.59×10^3 ($1.78 \times 10^3 \sim 3.81 \times 10^3$)
III (3)	—	门、窗轻微作响	—	室内少数静止中的人有感觉, 少数较高楼层中的人有明显感觉	悬挂物微动	—	—	$2.5 \leq I_1 \leq 3.5$	7.57×10^2 ($5.29 \times 10^2 \sim 1.08 \times 10^3$)	5.58×10^3 ($3.82 \times 10^3 \sim 8.19 \times 10^3$)
IV (4)	—	门、窗作响	—	室内多数人、室外少数人有感觉, 少数人睡梦中惊醒	悬挂物明显摆动, 器皿作响	—	—	$3.5 \leq I_1 \leq 4.5$	1.55×10^1 ($1.09 \times 10^1 \sim 2.22 \times 10^1$)	1.20×10^2 ($1.77 \times 10^2 \sim 3.80 \times 10^2$)
V (5)	—	门窗、屋顶、屋架颤动作响, 灰土掉落, 个别房屋墙体抹灰出现细微裂缝, 个别老旧 A 1 类或 A 2 类房屋墙体出现轻微裂缝或原有裂缝扩展, 个别屋顶烟囱掉砖, 个别檐瓦掉落	—	室内绝大多数、室外多数人有感觉, 多数人睡梦中惊醒, 少数人惊逃户外	悬挂物大幅度晃动, 少数架上小物品、个别顶部沉重或放置不稳定器物摇动或翻倒, 水晃动并从盛满的容器中溢出	—	4.5	$4.5 \leq I_1 \leq 5.5$	3.19×10^1 ($2.23 \times 10^1 \sim 4.56 \times 10^1$)	2.59×10^2 ($1.77 \times 10^2 \sim 3.80 \times 10^2$)
VI (6)	A1	少数轻微破坏和中等破坏, 多数基本完好	0.02~0.17	多数人站立不稳, 多数人惊逃户外	少数轻家具和物品移动, 少数顶部沉重的器物翻倒	个别梁桥挡块破坏, 个别拱桥主拱圈出现裂缝及桥台开裂; 个别主变压器跳闸; 个别老旧支钱管道有破坏, 局部水压下降	河岸和松软土地出现裂缝, 饱和砂层出现喷砂冒水; 个别独立砖烟囱轻度裂缝	$5.5 \leq I_1 \leq 6.5$	6.53×10^1 ($4.57 \times 10^2 \sim 9.36 \times 10^1$)	5.57×10^2 ($3.81 \times 10^2 \sim 8.17 \times 10^2$)
	A2	少数轻微破坏和中等破坏, 大多数基本完好	0.01~0.03							
	B	少数轻微破坏和中等破坏, 大多数基本完好	≤ 0.1							
	C	少数或个别轻微破坏, 绝大多数基本完好	≤ 0.06							
	D	少数或个别轻微破坏, 绝大多数基本完好	≤ 0.04							
VII (7)	A1	少数严重破坏和毁坏, 多数中等破坏和轻微破坏	0.15~0.4	大多数人惊逃户外, 骑自行车的人有感觉, 行驶中的汽车驾乘人员有感觉	物品从架子上掉落, 多数顶部沉重的器物翻倒, 少数家具倾倒	少数梁桥挡块破坏, 个别拱桥主拱圈出现明显裂缝和变形以及少数桥台开裂; 个别变压器的套管破坏, 个别瓷柱型高压电气	河岸出现塌方, 饱和砂层常见喷水冒砂, 松软土地上地裂缝较多; 大多数独	$6.5 \leq I_1 \leq 7.5$	1.35 ($9.37 \times 10^1 \sim 1.94$)	1.20×10^1 ($8.18 \times 10^2 \sim 1.76 \times 10^1$)
	A2	少数中等破坏, 多数轻微破坏和基本完好	0.1~0.31							
	B	少数中等破坏, 多数轻微破坏和基本完好	0.09~0.27							

	C	少数轻微破坏和中等破坏,多数基本完好	0.05~0.10 8			设备破坏;少数支线管道破坏,局部停水	立砖烟囱中等破坏			
	D	少数轻微破坏和中等破坏,大多数基本完好	0.04~0.16							
VIII (8)	A1	少数毁坏,多数中等破坏和严重破坏	0.42~0.62	多数人摇晃颠簸,行走困难	除重家具外,室内物品大多数倾倒或移位	少数梁桥梁体移位、开裂及多数挡块破坏,少数拱桥主拱圈开裂严重;少数变压器的套管破坏,个别或少数瓷柱型高压电气设备破坏;多数支线管道及少数干线管道破坏,部分区域停水	干硬土地上出现裂缝,饱和砂层绝大多数喷砂冒水;大多数独立砖烟囱严重破坏	$7.5 \leq I_1 \leq 8.5$	2.79(1.95~4.01)	2.58×10^1 ($1.77 \times 10^1 \sim 3.78 \times 10^1$)
	A2	少数严重破坏,多数中等破坏和轻微破坏	0.29~0.46							
	B	少数严重破坏和毁坏,多数中等和轻微破坏	0.25~0.50							
	C	少数中等破坏和严重破坏,多数轻微破坏和基本完好	0.16~0.35							
	D	少数中等破坏,多数轻微破坏和基本完好	0.14~0.27							
IX(9)	A1	大多数毁坏和严重破坏	0.60~0.90	行动的人摔倒	室内物品大多数倾倒或移位	个别梁桥桥墩局部压溃或落梁,个别拱桥垮塌或濒于垮塌;多数变压器套管破坏、少数变压器移位,少数瓷柱型高压电气设备破坏;各类供水管道破坏、渗漏广泛发生,大范围停水	干硬土地上多处出现裂缝,可见基岩裂缝、错动,滑坡、塌方常见;独立砖烟囱多数倒塌	$8.5 \leq I_1 \leq 9.5$	5.77(4.02~8.30)	5.55×10^1 ($3.79 \times 10^1 \sim 8.14 \times 10^1$)
	A2	少数毁坏,多数严重破坏和中等破坏	0.44~0.62							
	B	少数毁坏,多数严重破坏和中等破坏	0.48~0.69							
	C	多数严重破坏和中等破坏,少数轻微破坏	0.33~0.54							
	D	少数严重破坏,多数中等破坏和轻微破坏	0.25~0.48							
X (10)	A1	绝大多数毁坏	0.8~1.0	骑自行车的人会摔倒,处不稳状态的人会摔离原地,有抛起感	—	个别梁桥桥墩压溃或折断,少数落梁,少数拱桥垮塌或濒于垮塌;绝大多数变压器移位、脱轨,套管断裂漏油,多数瓷柱型高压电气设备破坏;供水管网毁坏,全区域停水	山崩和地震断裂出现;大多数独立砖烟囱从根部破坏或倒毁	$9.5 \leq I_1 \leq 10.5$	1.19×10^1 (8.31~ 1.72×10^1)	1.19 ($8.15 \times 10^1 \sim 1.75$)
	A2	大多数毁坏	0.60~0.88							
	B	大多数毁坏	0.67~0.91							
	C	大多数严重破坏和毁坏	0.52~0.84							
	D	大多数严重破坏和毁坏	0.46~0.84							
XI (11)	A1	绝大多数毁坏	1.00	—	—	—	地震断裂延续很大;大量山崩滑坡	$10.5 \leq I_1 \leq 11.5$	2.47×10^1 ($1.73 \times 10^1 \sim 3.55 \times 10^1$)	2.57 (1.76~3.77)
	A2		0.86~1.00							
	B		0.90~1.00							
	C		0.84~1.00							
	D		0.84~1.00							
XII (12)	各类	几乎全部毁坏	1.00	—	—	—	地面剧烈变化,山河改观	$11.5 \leq I_1 \leq 12.0$	$> 3.55 \times 10^1$	> 3.77

注1:“—”表示无内容。

注2:表中给出的合成地震动的最大值为所对应的仪器测定的地震烈度中值,加速度和速度数值分别对应公式;括号内为变化范围。

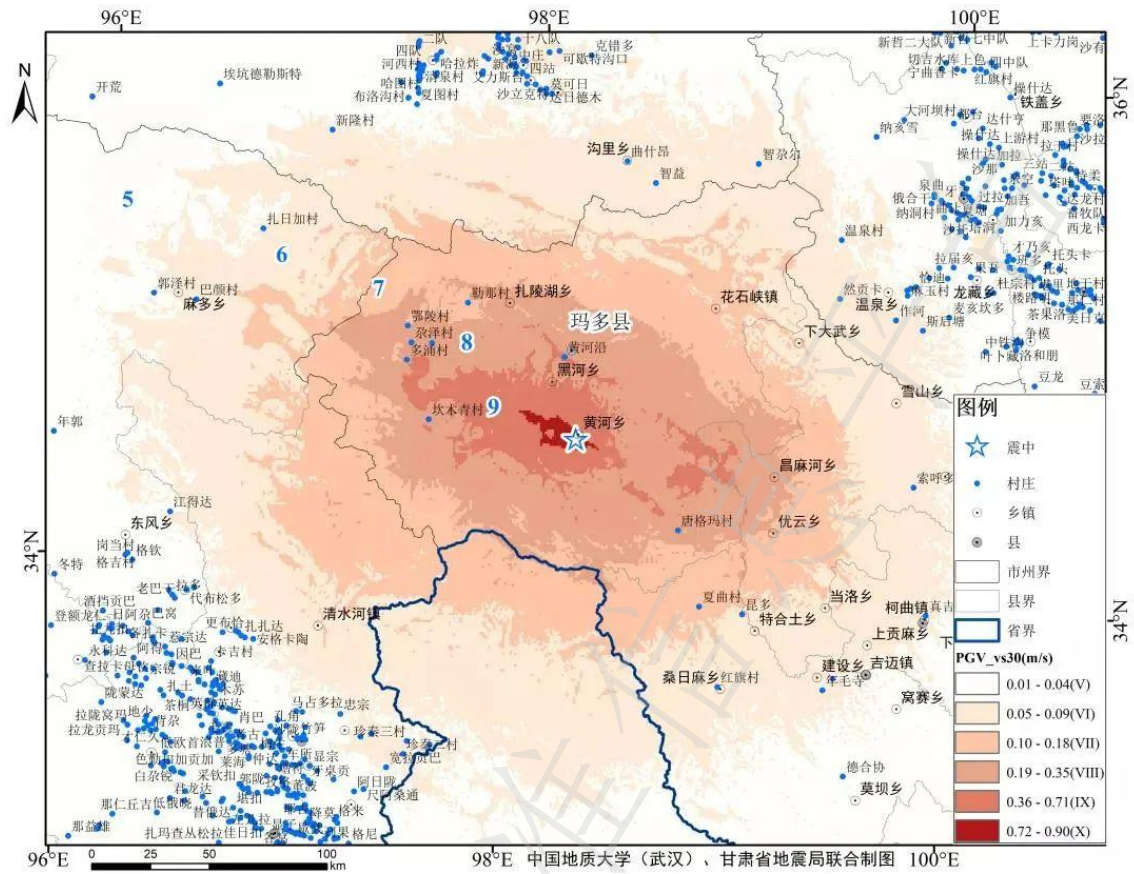


图 A. 地震烈度图范例 (本图根据 2021 年 5 月 22 日青海玛多 7.4 级地震绘制)

附录 B 地震水库信息简况报告示例

B.0.1 地震基本情况

中国地震台网正式测定：*年*月*日*时*分在 XX 省 XX 市 XX 县（北纬*度，东经*度）发生*级地震，震源深度*km。

B.0.2 震中周边水库简要信息

经查询“全国水库运行管理信息系统”，距震中 50km 范围内有*座水库（见附表 B.2-1-附表 B.2-3），基本情况为：

1 按照工程规模统计。大（1）型*座、大（2）型*座、中型*座、小（1）型*座、小（2）型*座。

2 按地区统计。XX 省*座、XXX 省*座。

3 按距震中距离统计。距震中 10 km 范围内无水库；距震中 10~20 km 范围内共*座，其中小（1）型*座、小（2）型*座；距震中 20~50 km 范围内共*座，其中大（1）型*座、大（2）型*座、中型*座、小（1）型*座、小（2）型*座。

4 按照是否为病险水库统计。*座水库中，病险水库共*座，属 XX 省，其中，小（1）型*座、小（2）型*座，已安全鉴定*座、已开工*座、主体工程完工*座、蓄水验收*座、*座无进展信息。

表 B.2-1 震中水库数量统计表

序号	震中距离/km	水库数量/座	大（1）型/座	大（2）型/座	中型/座	小（1）型/座	小（2）型/座
合计		*	*	*	*	*	*
1	0-10	*	*	*	*	*	*
2	10-20	*	*	*	*	*	*
3	20-50	*	*	*	*	*	*

表 B.2-2 震中病险水库数量统计表

序号	病险水库数量（座）	大（1）型/座	大（2）型/座	中型/座	小（1）型/座	小（2）型/座	按照运管系统分类病险水库进展
1	*	*	*	*	*	*	已安全鉴定
2	*	*	*	*	*	*	已开工
3	*	*	*	*	*	*	主体工程完工
4	*	*	*	*	*	*	蓄水验收

表 B.2-3 震中周边水库信息表

序号	水库名称	注册登记号	距离中心点(km)	所在地	工程规模	总库容(万 m ³)	最大坝高(m)	坝型	病险水库状态
1	XX 水库	XXX	*	XX 县 XX 镇	小(2)型	*	*	*	主体工程完成
...									

附录 C 震后水库安全检查清单

C.1 一般说明

震后水库安全检查清单应满足下列基本要求：

- 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，根据实际情况对表 C.2-C.4 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。
- 6 宜采用信息化手段对下述清单进行电子化处理。

C.2 震后通用检查清单震后通用检查清单可参照表 C.2。

表 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（参考附录A表A 中国地震烈度表（GB/T 17742-2020））	

C.3 土石坝震后通用检查清单

C.3.1 大坝

大坝震后通用检查清单可参照表 C.3.1。

表 C.3.1 大坝震后通用检查清单

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	
		水平位移	
		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、塌陷	
		防浪墙、路缘石、护栏	
		变形	
		横向错动	
		裂缝	
	下游坝面	冲蚀（漫顶时）	
		裂缝	
		塌坑	
		滑坡失稳	
		沉降	
		水平位移	
		其他异常情况	
	坝脚下游侧	散浸	
		管涌	
		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			

C.3.2 监测信息

监测信息震后检查清单可参照表 C.3.2。

表 C.3.2 监测信息震后检查清单

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	
	渗漏量变化	
	渗漏水透明度	
	颜色	
	细粒组成	
	渗漏量测量方法	
	测量装置情况	
	工作记录	
监测仪器和监测成果情况	库水位监测	
	降雨量监测	
	变形监测	
	渗流监测	
	地震监测	
	其他监测	
	...	
备注：		

C.3.3 溢洪道

溢洪道震后检查清单可参照表 C.3.3。

表 C.3.3 溢洪道震后通用检查清单

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	临近滑坡	塌方碎石
			塌方碎石
		闸门	启闭操作检查
			有无错位
			限位装置
			其他情况
		启闭机	操作检查
			位移迹象

检查对象			情况描述	
	控制柜等 操作装置	其他情况		
		操作检查		
		位移迹象		
	电源供应	其他情况		
		主要电源		
	应急备用电源			
控制段 堰顶	裂缝、塌陷			
	异常变形			
闸墩/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/衬 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			
工作桥	桥墩变形			
	板、梁结构变形			
	其他承载结构变形			
起重机	操作检查			
	其他情况			
泄槽	塌方碎石			
	泄槽上方滑坡失稳			
	边墙	位移量（偏移量）		
		裂缝		
		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			
	沉降			
	结合缝张开、错动			
	排水设施			
	排水廊道	通风、照明设施		

检查对象			情况描述	
消力池	排水管	错动		
		结合缝张开、错动		
		裂缝		
		渗漏量		
		位置		
	边墙	塌方碎石		
		上方滑坡失稳		
		池底（如可见）	位移量（偏移量）	
			裂缝	
			沉降	
			结合缝张开、错动	
			排水管	
			回填土沉降	
			位移量（偏移量）	
			裂缝	
		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：含流态等				

C.3.4 其他泄水建筑物

其他泄水建筑物震后检查清单可参照表 C.3.4。

表 C.3.4 其他泄水建筑物震后通用检查清单

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	
		边坡稳定性	
		护坡	
		树木阻塞	
	泄洪涵管或隧洞	滑坡	
		塌方碎石	
		拦污栅	
	管道或隧道	通风、照明设施	

检查对象		情况描述		
		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）		
		限位装置		
		控制设施		操作检查
				位移迹象
				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			
	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
				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				
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		
		沉降		
		结合缝张开、错动		
		排水		
		回填土沉降		
	底板（若 可见）	位移量（偏移量）		
		裂缝		
		沉降		

检查对象			情况描述
		结合缝张开、错动	
		排水	
		冲蚀	
	出口泄洪渠	塌方碎石	
		边坡稳定性	
		护坡	
		植被或其他障碍物	
备注:			

C.3.5 库区与上坝道路

库区与上坝道路检查清单可参照表 C.3.5。

表 C.3.5 库区与上坝道路震后通用检查清单

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

C.4.1 大坝

混凝土坝震后检查清单可参照表 C.4.1。

表 C.4.1 大坝震后检查清单

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	

检查对象		情况描述
		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
	监测仪器和监测成果情况	渗压计
表面变形		
垂线仪		
水库水位计		
强震仪		
备注：		

C.4.2 坝肩

坝肩震后检查清单可参照表 C.4.2。

表 C.4.2 坝肩震后检查清单

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	

检查对象		情况描述
		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：		

C.4.3 溢洪道

溢洪道震后通用检查清单可参照表 C.3.3。

C.4.4 其他泄水建筑物

其他泄水建筑物震后通用检查清单可参照表 C.3.4。

C.4.5 库区与上坝道路

库区与上坝道路震后通用检查清单可参照表 C.3.5。

附录 D 震后险情上报单与诊断报告单

D.0.1 震后险情信息快速上报单可参照表 D.0.1。

表 D.0.1 震后险情信息快速上报单

(编号: XX 局/XX 管理所—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	地震持续时间		
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			
水库大坝震损险情分级	<input type="checkbox"/> 溃坝险情水库 <input type="checkbox"/> 高危险情水库 <input type="checkbox"/> 次高危险情水库 <input type="checkbox"/> 一般险情水库			
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.0.2 震后险情诊断报告单可参照表 D.0.2。

表 D.0.2 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

注：附录 C~E 文件模板可通过扫描下侧二维码自行下载。



标准用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1)表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2)表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3)表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4)表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《中国地震烈度表》GB/T 17742

《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487

《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》SL 55

《水利水电工程勘探规程 第1部分：物探》SL/T 291.1

《土石坝安全监测技术规范》SL 551

《混凝土坝安全监测技术规范》SL 601

团体标准

水库大坝震后安全检查技术指南

T/CHES XXX—20XX

条文说明

全国团体标准信息平台

目 次

前言	36
1 总则	37
3 震后安全检查准备	38
3.1 一般规定	38
3.2 地震信息收集	38
3.3 水库资料收集	39
3.4 地震影响范围估计	39
3.5 震后检查启动条件与险情分级	40
3.6 安全检查准备工作	41
4 震后即时检查	42
4.1 一般规定	42
4.2 基本要求	42
4.3 土石坝检查	42
4.4 混凝土坝及砌石坝检查	44
4.5 泄、输水建筑物检查	46
4.6 金属结构及启闭设施检查	46
5 震后专业检查	47
5.1 一般规定	47
5.2 基本要求	47
5.3 监测资料分析	48
5.4 震后应急检测与监测	48
5.5 检查报告编制	48
6 应急处置措施	48
6.1 一般规定	48
6.2 防洪安全隐患	49
6.3 结构安全隐患	49
6.4 渗流安全隐患	50

Contents

Foreword	36
1 General provisions	37
3 Preparation for Post-earthquake Safety Inspection	38
3.1 General Requirements	38
3.2 Earthquake Information Collection	38
3.3 Reservoir Data Collection	39
3.4 Estimation of Earthquake Influence Range	39
3.5 Start-up Conditions of Post-earthquake Inspection and Risk Classification	40
3.6 Preparation for Safety Inspection	41
4 Post-earthquake Immediate Inspection	42
4.1 General Requirements	42
4.2 Basic Requirements	42
4.3 Earth-rock Dam Inspection	42
4.4 Inspection of Concrete Dam and Masonry Dam	44
4.5 Inspection of Water Discharge and Conveyance Structures	46
4.6 Inspection of Metal Structure and Opening and Closing Facilities	46
5 Post-earthquake Professional Inspection	47
5.1 General Requirements	47
5.2 Basic Requirements	47
5.3 Monitoring Data Analysis	48
5.4 Post-earthquake Emergency Detection and Monitoring	48
5.5 Generation of Inspection Report	48
6 Emergency Disposal Measures	48
6.1 General Requirements	48
6.2 Flood Control Safety Hazards	49
6.3 Structural Safety Hazards	49
6.4 Seepage Safety Hazards	50

前 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，水库大坝须能抵御坝址区的设防地震，满足设计设防目标要求，避免溃坝及不可控洪水下泄事件发生。抗震实践表明，震后水库大坝会发生不同程度的震损，因此有必要根据水库大坝震损情况采取应急处置措施，必要时启动水库紧急泄水或撤离下游公众。同时，根据《中华人民共和国防震减灾法》和《破坏性地震应急条例》，震后需对水库大坝等重要基础设施进行必要的评估工作，开展水库大坝震后安全检查非常有必要。

震后水库安全检查工作时间紧、任务重、技术要求高，然而在我国现行规范体系中，未对震后水库的安全检查程序与内容进行明确规定，缺少必要的规范依据。因此，通过《水库大坝震后安全检查技术指南》的编制和实施，可有力提升震后水库大坝安全检查的针对性和有效性，同时较其他行业，水库大坝震后安全检查的技术针对性与实用性要求高，部分震后检查流程、方法仍需实践检验，因此需要先采用团体标准的形式做出相关指导要求，待实践成熟后再通过制定行业标准进行规范。

本标准是在国际大坝委员会（ICOLD）《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，收集并参考了2008年汶川、2010年玉树、2013年雅安、2021年玛多、2022年泸定等多次地震后开展的水库大坝应急检查实践，增加了震损险情分级标准、应急处置措施、水库震后潜在破坏模式等内容，强化了震后大坝安全监测资料分析、即时应急处置等工作的重要性。本标准将为不同水库大坝管理机构制定震后水库检查程序提供参考，同时附录提供的检查清单、震后险情上报单、诊断报告单及安全检查报告提纲等将为记录水库震损与快速上报、初步评估大坝安全和制定应急处置措施提供依据。

1 总则

1.0.1 本标准针对土石坝、混凝土坝等不同坝型的水库大坝典型震损特征，推荐了适用于震后安全检查的程序、方法、检查要点及应急处置措施，对震损险情程度初步评判、险情预警与上报、检查报告编写提出了要求，有助于引导水库大坝安全管理人员快速实施震后安全检查工作，发现问题及时处置。本标准是在总结我国近年来多次地震后积累的水库大坝安全检查实践经验、文献研究资料、广泛调研和征求意见的基础上编制的。

1.0.2 本标准规定适用于已建水库大坝遭遇 4.0 级以上地震活动后的安全检查。地震震级表示地震本身的大小和等级，与震源释放的能量有关，地震烈度表示地震时地面及建筑物受影响的严重程度。通常把 2.5-4.7 级地震称为有感地震，大于 4.7 级地震称为破坏性地震，震级每相差 1 级，地震释放的能量相差约 30 倍。根据按破坏程度不同破坏性地震可分轻微破坏性地震（3.0 级 \leq 震级 $<$ 4.4 级）、一般破坏性地震（4.5 级 \leq 震级 $<$ 5.5 级）、严重破坏性地震（5.5 级 \leq 震级 $<$ 6.5 级）、造成特大损失的严重破坏性地震（震级 \geq 6.5 级）。本标准根据近年来震后水库大坝安全检查情况，水库大坝遭遇 4.0 级以下地震时，各类建筑物发生明显震损的可能性不大，因此本标准的适用范围为遭遇 4.0 级以上地震事件的已建水库大坝工程，具体的检查方式和内容还需结合坝址实际地震烈度进一步确定。

如无特别指出，本标准中“大坝”均指广义上的大坝，即不仅指永久性挡水建筑物，也包括泄水、输水、过船（木）等建筑物和金属结构，以及影响大坝安全的近坝岸坡。我国现行有关水库大坝的设计、施工、监（检）测等规范大多只适用于大中型水库的 1、2、3 级坝，应用本标准对小型水库 4、5 级坝进行安全检查时，可能存在引用标准与适用范围不相匹配的问题，此时，除特别说明外，小型水库大坝一般参照大中型水库大坝的相关规范执行。

1.0.3 震后安全检查分为震后即时安全检查和震后专业安全检查。即时安全检查一般由水库运行管理人员（水库巡查责任人或水库技术责任人）在震后快速启动，检查工作需突出重点并关注水库日常运行管理中的薄弱环节，初步分析监测资料变化异常，及时巡查水库大坝出现的震损破坏现象，对震损险情级别和发展趋势作出判断，及时上报、预警；震后专业检查一般在即时安全检查震之后开展，也可以同步开展，取决于震区交通通畅情况，检查工作由专业技术人员或专家队伍对大坝震损及其危害进行专业性的安全检查与评估，为水库震后应急处置、除险加固决策提供技术支撑。

1.0.4 根据《破坏性地震应急条例》，各类地震应急工作实行政府领导、统一管理和分级、分部门负责的原则，震后安全检查是水库地震应急工作的重要环节，相关工作开展也遵循该原则，各级水利、能源、建设、交通、农业等有关部门所辖水库大坝的检查工

作参照《水库大坝安全管理条例》的有关责任要求实施，有效快速掌握水库运行性态、研判水库溃坝风险、支撑应急处置是震后安全检查的主要任务目标。

全国团体标准信息平台

3 震后安全检查准备

3.1 一般规定

3.1.1 震后即时安全检查由能够快速到达水库坝址的管理人员或巡查、技术人员开展，特别是修建于上世纪 50~70 年代的水库大坝很多为“三无”和“三边”工程，大多无专门的抗震设计，遭遇破坏性地震后易发生裂缝、滑坡、渗流等震损，通过应急巡查初步掌握水库大坝的震损情况与程度，判断是否有溃坝风险，为是否启动下游公众撤离等应急处置措施提供直接依据，即时安全检查除目视检查外，必要时建议辅助简单的量测、测试及开挖探查。

3.1.2 震后专业安全检查由专业技术人员或专家队伍及时开展，对大坝震损及其危害进行专业性的安全检查与评估，与即时安全检查的侧重点有所不同，检查目的是进一步查明震损成因与险情程度，为水库震后加固处置提供决策与技术依据，但当震后专业技术人员或专家队伍能够快速抵达现场时，建议与水库现场人员联合实施震后即时安全检查，更好查明水库震损情况，判断水库溃坝风险。

3.1.3 在我国规范体系中，GB/T 51416《混凝土坝安全监测技术规范》、SL601《混凝土坝安全监测技术规范》、SL551《土石坝安全监测技术规范》等规范均要求地震后加密巡视检查和安全监测频次，但均未给出具体要求，建议水库运行管理单位结合震损工程实际开展加密检查与监测，当水库出现裂缝、滑坡、渗漏等明显震损时，建议在开展应急处置前实施连续检查、监测，以掌握相关震损变化趋势。

具有自动化监测系统的水库需及时启动应急召测，一方面可获取第一手的震后安全监测资料，通过埋设在大坝和地基中的监测仪器所获取的监测数据进行分析，及时获得大坝的抗震性能和震后运行性态，根据数据异常变化确定水库发生震损异常的部位，另一方面可通过数据质量情况初步掌握监测设施、系统受地震冲击的影响程度。

3.2 地震信息收集

3.2.1 历史震害资料包括：历史上发生过的地震及水库大坝震损情况；库区地质灾害及近坝库岸稳定情况；水库诱发地震资料。

3.2.2 地震烈度反映了坝址实际遭遇的地震冲击程度，是判断响应级别的重要依据，也是判断水库是否超设计运行工况的重要依据，国家地震主管部门公布的地震烈度图一般难以在震后第一时间给出，建议水库管理人员根据坝址区震感实际情况，对照地震烈度表对坝址区地震烈度进行初步估计。

3.3 水库资料收集

3.3.2 震损水库短时间内可能会产生较大灾害，应急处置应快速、高效，对基本资料的

精度和深度不需要有太高的要求。

水库大坝的安全监测资料对判断水库震后异常位置具有重要作用，以往小型水库雨水情及大坝安全监测设施严重缺失，自 2021 年《国务院办公厅关于切实加强水库除险加固和运行管护工作的通知》（国办发〔2021〕8 号）发布后，小型水库大坝安全监测和水雨情监测设施条件发生较大改观，收集相关监测资料非常必要。

安全监测资料主要包括：（1）大坝安全监测系统设计与埋设安装资料，包括监测设施的平面、剖面布置、埋设考证表等；（2）运行期的渗流、变形、压力（应力）、应变、环境量及水力学监测资料，环境量监测包括上下游水位、降雨量等；（3）历次大坝安全监测资料整编与分析报告。

“生命线工程”，是指水库下游对社会生活、生产有重大影响交通、通信、供水、排水、供电、供气、输油等工程系统。

3.3.3 我国水库大坝绝大多数修建于上世纪 50~70 年代，限于当时的历史条件，很多水库尤其是小型水库为“三无工程”或“三边工程”，原勘测、设计、施工资料可能匮乏，但 1999 年至今，我国对 7.3 万余座水库开展了除险加固工作，相关资料收集建议结合水库最近一次除险加固工作的设计、蓄水鉴定、竣工验收等资料。

1 地震基本资料。搜集当地及邻区的历史地震资料，以及其中最大地震时地面运动特性，包括：历次地震的时间、震中位置、震级、震源深度、震中烈度、场地烈度、震害记录、历史地震震中分布图及地震活动性评述等；

3 大坝安全状况资料主要包括：（1）历次大坝安全鉴定资料，包括大坝安全分析评价报告和鉴定报告书；（2）历次大坝安全鉴定结论的处理情况和效果资料；（3）运行中暴露的工程质量缺陷或安全隐患（如裂缝、滑坡、异常渗流）与事故（如闸门启闭故障）及处理情况资料，包括险情或事故发生时间、部位、性质、外界条件、发生发展过程、灾情等。

5 水库运行管理资料主要包括：（1）管理机构、管理队伍及管理制度；（2）水库调度运用方案、历年最高与最低运行水位及水库效益等资料；（3）水库应急管理资料，包括防汛抢险应急预案、大坝安全管理应急预案、防汛交通与通信设施、电力、报警设施等；（4）水库运行大事记，包括水工建筑物与金属结构设备历年的运行、监测及维护、检修、大修、技术改造等记录；（5）大坝存在的主要工程安全问题及安全管理问题。

3.4 地震影响范围估计

3.4.1 国际大坝委员会《地震后大坝检查指南》（B166 号）建议的 4.0~8.0 级地震对应的震后影响范围区估计的震中距离分别为 25km、50km、80km、125km、200km，考虑我国幅员辽阔，尤其是西部地区青海、新疆等地震多发省份分布水库数量较少，结合我

国水库应急管理实际，本标准对 4.0~7.0 级地震对应的震中距离做了适当调整，适当扩大了相应检查范围。

2008 年汶川“5·12”大地震中，地震震级为 8.0 级，多座高坝经受了强震的考验，包括紫坪铺面板堆石坝（坝高 156m）、沙坪碾压混凝土拱坝（坝高 131m）、碧口土质心墙堆石坝（坝高 105m）、宝珠寺混凝土重力坝（坝高 132 m）等，其中距震中约 252km 宝珠寺水电站，距震中约 240km 的碧口水电站均发生了不同程度的震损，因此，本标准针对 8.0 级地震对应的震后影响范围区估计的震中距离调整为 250km。

3.5 震后检查启动条件与险情分级

3.5.1 震后水库大坝是否需要启动专业安全检查需根据水库上级管理部门决策并充分考虑水库震损实际情况，本表内容建议作为参考依据。

3.5.2 2008 年汶川地震发生后，水利部组织了多个专家组对四川省 1996 座震损水库（表 1）开展了应急安全检查工作，震损水库按受损程度分为溃坝险情、高危险情、次高危险情及一般险情四级。根据各专家组现场检查核定，在 1996 座震损水库中有 69 座属溃坝险情水库，310 座水库属高危险情水库，1617 座水库属于次高危和一般险情水库，震损水库绝大部分集中在重灾区，越是接近震中的地区，水库受损的比例越高，并且震损的程度越高。本标准基本沿用了该分级方法，主要考虑便于将震后检查震损级别作为水库大坝应急预案响应级别的启动依据，不同震损级别一般与应急响应级别一一对应。按照 2012 年国务院发布的《国家地震应急预案》规定：地震灾害分为特别重大、重大、较大、一般四级，地震灾害应急响应相应分为 I 级、II 级、III 级和 IV 级，水库大坝应急管理预案均采用该响应分级标准。

表 1 汶川地震及其余震震损水坝基本情况简表

序号	省市	水坝总数 /座	震损水坝 /座	占各省（市）水坝总数比例（%）	占 8 省（市）震损水坝总数比例（%）	险情分类		
						溃坝险情	高危险情	次高危险情
1	四川	6678	1996	29.89	74.87	69	310	1617
2	重庆	2824	352	12.46	13.20		2	350
3	陕西	1036	126	12.16	4.73		17	109
4	云南	5422	51	0.94	1.91		2	49
5	甘肃	297	81	27.27	3.04			81
6	贵州	2105	12	0.57	0.45			12
7	湖北	5804	25	0.43	0.94			25
8	湖南	11435	23	0.20	0.86			23
合计		35601	2666			69	331	2266

3.6 安全检查准备工作

3.6.1 地震临震预报由省、自治区、直辖市人民政府依照国务院有关发布地震预报的规

定统一发布。

2 大坝正常运行期间收集的监测信息为震后对比分析提供了基值，进一步结合震后监测资料分析后，新发现的异常监测数据有助于快速锁定震损位置；

5 地震可能导致上坝道路因严重震陷、滑坡或落石而中断，从而导致大坝管理人员无法及时到达坝址，在应急预案中需充分考虑及时到达坝址的替代方案，例如使用直升机等。

3.6.2 大坝或坝基的破坏模式有多种形式，基于潜在破坏模式分析基础上，结合现场地震情况分析溃坝原因，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失效破坏模式及路径

建筑物类型		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		
	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			
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	渗漏	地震→坝体裂缝→渗漏	
		地震→灌浆帷幕破坏→渗漏	
		地震→坝体横缝止水破坏→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			
			金属结构破坏→闸门无法打开→未能及时泄水→漫顶
输泄水建筑物	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
穿坝建筑物	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→闸门无法打开→未能及时泄水

4 震后即时检查

4.1 一般规定

4.1.1 水库运行管理人员包括水库巡查责任人或技术责任人等，充分考虑能够最早到达现场检查人员所处的位置、可行性及处置能力。

4.2 基本要求

4.2.2 在做电话或无线电报告时，需要说明大坝名称、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。

4.2.3 严重的破坏性地震发生后库区山体滑坡易产生堰塞坝，阻塞水库的汇水通道。堰塞坝一旦漫顶，其溃决速度极快，将导致入库洪水激增，对大坝和其他建筑物带来巨大威胁，造成严重冲击连溃风险。山体滑坡还可能产生滑坡涌浪并造成大坝漫顶（如 1963 年意大利瓦伊昂大坝事故）。因此水库管理人员需要保持与相关单位、应急处置人员的实时联系，竭尽所能及时掌握上游水库及可能出现堰塞坝导致滑坡堵江的情况，做好水库启动应急处置、撤离措施的准备。

4.3 土石坝检查

4.3.1 据统计，2008 年四川汶川地震后，四川省高危险情以上水库共计 379 座，坝型以土坝（其中均质土坝占大部分，混合型土坝、黏土心墙坝、斜墙坝有一小部分）为主，其他坝型混凝土面板均质坝、混凝土支墩坝、闸坝、钢筋混凝土斜墙干砌条石坝、混凝土拱坝、拱坝、重力坝等。因此本标准关于土石坝安全的各项检查工作给出了详细的要点说明。

在汶川地震后四川省 1996 座震损水库中，地震造成的险情主要表现为大坝裂缝（1425 座）、大坝塌陷（687 座）、滑坡（354 座）、渗漏（428 座）、启闭设施损坏（161 座）、其他放水设施、溢洪道、管理房不同程度震损（422 座）等形式，其中 50% 以上的水库同时出现多种险情。

4.3.2 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、严重不均匀沉降、裂缝等震损问题。土坝坝体、坝基或坝肩内存在低强度、饱和、无粘性土时，在地震剪切作用下，震后也常导致孔隙水压力上升、抗剪强度下降，进而导致各类裂缝、变形等震损问题。因骨料质量、浇筑缝面结合、材料老化等问题造成的混凝土劣化也易发生震损破坏。

因此，土坝的表面震损裂缝、变形通常与结构内部破坏相关，需要对大坝的外观进行彻底检查。

1 以紫坪铺大坝为例，“5.12”汶川大地震使其产生了明显的地震变形。地震产生的最大沉降量达 90cm，位于大坝最大断面坝顶附近；坝坡向下游方向发生约 30cm 的水平位移。坝顶中部防浪墙测点最大沉降值为 683.9mm，由于余震和大坝应力变形重分布，2008 年 5 月 17 日(震后 5d)沉降量增大到 744.3mm，45d 后沉降变形最大值为 760.0 mm，后趋于稳定。地震使得坝体断面缩小，坝体边坡向内部收缩，尤以最大断面附近收缩较为明显，随着坝体高程的降低，收缩量减小。

土坝较大的表面位移通常可以通过外观检查发现。建议沿着土坝道路、防浪墙、护栏、纵向管道或其他平行于坝轴线的参照线进行检查，用以判断大坝的表面变形。需要检查坝顶是否存在凹陷或裂缝，这表明可能存在滑动、沉降或抬升。

土坝表面的裂缝表明存在潜在隐患，需确定裂缝的深度和方向，以判别形成原因与危害程度。建议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以判断滑坡的形态，需要仔细检查这些区域，以判断坝坡失稳的位置和范围。

2 需要检查土坝的上下游面和临近坝脚区域是否有隆起、塌陷或差异变形。

3 地震惯性力作用下，混凝土防渗面板的应力超限通常会导致混凝土面板局部拉压破坏，纵向施工缝的张开、渗流异常及不均匀沉降等问题。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，因此混凝土面板下部与坝基连接位置的震损情况一般需要专门的水下检查设备实施。

以紫坪铺大坝为例，“5.12”汶川地震使大坝面板间的垂直缝发生了挤压破坏，表现为面板间垂直缝两侧混凝土挤碎、面板间结构面挤压错台、面板挤压隆起与垫层脱空、横向挤压破坏、板间保角钢筋网与混凝土保护层分离、板中部受力筋折曲变形等震损现象。

4 此处所指滑坡包括可能影响大坝、主要建筑物、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，震后检查还需关注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，也可能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，山体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 坝肩和基础的关键区域通常处于水下，因此，需适当降低库水位进行检查。除对两坝肩岸坡滑坡、溢洪道、输（泄）水洞进出口滑坡情况进行详细检查外，对紧邻大坝上游侧及坝肩的区域进行检查也是必要的，重点检查库内是否存在塌陷、陷坑或库岸侵蚀等异常，水面是否存在漩涡等异常渗流情况。

山体滑坡是影响库岸稳定的最常见形式。滑坡的大小及所在位置通常是评估库岸安

全的主要因素，一个小滑坡就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。

6 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，临近的沟槽通常采用挖机或人工挖开以确定裂缝的深度。

7 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。

4.3.3 检查大坝下游坝面、坝脚、临近下游区域及坝肩是否存在集中渗漏或其他严重渗漏隐患。

1 土坝或基础未进行有效反滤保护时，震后渗漏可导致土颗粒流失，进而产生“管涌”破坏等渗漏等异常，同时砂性土质坝体或基础易产生的超静孔隙水压力降低了土体的强度，将导致砂沸等液化现象，严重时将导致坝坡失稳。

检查过程中需要对渗漏位置及砂沸等液化现象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，震后同样需要加密渗流监测的频率，并持续对可用的监测数据进行分析。

地震一般导致渗透压力数值的明显增大，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。

2 检查大坝排水系统流量增加或减少的现象，以判断排水体是否堵塞。针对排水管的排水量变化异常，无论是增加还是减少，都需要引起重点关注；建议通过监测资料分析是否由于下游排水体及反滤料淤堵，造成坝体浸润线抬高，局部位势集中，致使下游坝坡出现集中渗漏。

3 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是永久的，或者需要很长时间才能恢复。

4 当存在基岩溶蚀可能时，需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。

4.4 混凝土坝及砌石坝检查

4.4.1 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，砌石坝可近似被认为是具有接缝的混凝土坝。

4.4.2 混凝土坝震后检查的重点为是否存在应力超限导致的严重裂缝及因地震惯性力导致的失稳现象。有关说明如下：

1 大中型混凝土坝一般具有表面和内部变形监测设施，用于定期测量大坝变形状态，测量结果一般以通过绘制测值过程线以确定变形趋势，震后检查需关注突变变形的

情况；检查接缝位置有无过度张开、收缩和过大错动变形的迹象。

检查大坝原有裂缝震后的变化情况，注意和检查震后出现的新裂缝，并进一步确定其类型，如张拉、压碎或其他原因，并进行标记和测量，以便在后续检查中持续观测其变化情况；对坝面和廊道内的所有裂缝进行检查，检查廊道内裂缝是否与大坝表面裂纹关联，用以判断裂缝是否贯通。

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；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，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。

2 坝肩与基础的滑坡、塌陷等震损可以通过基础周围的外观检查进行识别，结合坝体裂缝震损情况，可以进一步判断基础可能存在变形。工程质量缺陷及接触部位处理不当可导致坝肩和基础部位的震损。不均匀沉降错位、滑动、渗流控制不足等因素均为坝肩或基础破坏的常见潜在机制。

检查坝体与基础接触部位是否存错动变形。当土石坝坝肩或基础存在软弱结构面时，如页岩、膨润土岩或断层沟槽等，易发生坝基或坝体失稳；同时当基础中存在软弱夹层且孔隙水压力过大时，易因扬压力过大造成坝基失稳；地震或其他因素造成的坝肩强度降低或失稳，也会对拱坝的整体稳定产生重大影响。

4.4.3 涉及混凝土坝及砌石坝渗流安全的主要震损检查有关说明如下：

1 检查大坝的渗漏情况以确定可能的渗漏来源，如浇筑面张开、止水失效、结构裂缝及砂浆侵蚀等。混凝土坝坝体内的渗漏主要沿横缝、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。

2 检查排水孔、基础和大坝中的排水沟等排水设施，确定是否正常工作及其渗流量是否有显著变化。将渗流量与震前观测到的渗流量进行比较，以确定该高程的渗流量是否发生了显著变化。可通过廊道内排水泵运行频率的变化判断坝基渗流量的变化，渗漏水是否变浑浊判断管涌破坏的可能性。地震震动可导致坝体与基础防渗墙接头开裂，甚至会导致灌浆帷幕破裂。另一方面，渗流量的小幅增加（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张开或裂缝中颗粒错位造成的。

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发生破坏或失效。如果扬压力过大或超过设计允许值，将可能导致坝体失稳。

3 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，坝肩或基础的渗漏产生这种渗漏通道或空隙，会导致坝肩与坝体结合部位脱空产生应力集中，造成局部坍塌或失稳将导致坝体沉陷裂缝，甚至大坝溃决；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。当有条件时，渗漏水发

生浑浊有必要取样进行化学成分检测，验证是否发生可溶岩溶蚀。

4.5 泄、输水建筑物检查

4.5.1 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紊乱的流态进行判断。同时检查闸门等启闭设施供电情况。

震后如需紧急降低库水位，需首先保障泄水建筑物结构安全，重点检查建筑物进水口（如进水塔、进水控制段等）的震损沉降或变形。

4.5.2 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，此时需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 大多数溢洪道由进水渠、控制段、泄槽和出水渠组成，其进口段通常淹没在水下，可能需要进行特殊的水下检查，出口消能设施应检查运行情况是否符合设计要求；泄洪通道的岸坡稳定性检查中的震后塌坑、砂沸或管涌的迹象也值得关注，泄洪通道临近位置的滑坡失稳可导致泄槽淤堵、控制闸及其闸门、启闭机等结构破坏。

2 由于坝顶的地震响应放大效应（“鞭梢效应”）显著，需检查进水塔、启闭机室等高耸建筑物的震后安全情况。

3 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。

4.5.3 震后应急泄洪过程中，观察泄洪水流中是否存在岩石、混凝土块或浑浊现象，以判断泄洪洞是否已发生破坏，并注意地震震动引起的库内沉积物悬浮也可能导致泄洪水流变浑浊，通常需要仔细检查确定泄水浑浊的原因。

4.6 金属结构及启闭设施检查

4.6.1 金属结构及启闭设施是大坝运行关键设备，包括用于控制库水位的闸门和阀门等，震后及时检查其可操作性以及是否能够正常启闭非常必要。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，致使闸门卡阻或堵塞，由此可能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。震后需尽快对闸门进行启闭操作测试，确保闸门可以正常启闭。

重点检查闸门及其结构构件、启闭机（含门机）、液压系统、控制系统及其支撑结构构件是否存在严重的震损破坏，是否存在异常漏水；溢洪道工作桥是否存在严重震损，可能导致闸门或起重设备无法操作；检查备用电源的有效性。

4.6.3 启闭机震损检查要点：

1 各类启闭机检查要点如下：

（1）螺杆式启闭机：1）启闭机运行是否平稳；2）螺杆有无因地震产生的弯曲变

形或裂缝等损伤；3) 减速机各传动齿轮有无轮齿折断、齿面磨损现象；4) 与螺杆连接的销轴、吊耳、吊具、吊座有无裂纹、损坏，吊具是否完整、连接牢固可靠；5) 机壳、机架、枕梁结构有无变形、裂纹、锈蚀情况，连接螺栓有无松动、断裂、缺失现象；6) 高度指示装置、上下行程开关动作是否正常，限位装置是否可靠。

(2) 卷扬式启闭机：1) 启闭运行是否平稳，有无卡阻、冒烟、焦糊气味、跳动、异常振动和响声；2) 机架、主要承重构件有无裂纹、脱落等震损；螺栓、螺母有无损坏或缺失；高强度螺栓有无裂纹或异常变形；3) 卷筒表面、幅板、轮缘、轮毂有无裂纹或损伤；4) 钢丝绳有无断股、变形；滑轮内钢丝绳是否有脱槽、卡槽现象；5) 减速机箱体、制动器制动轮有无裂纹、严重破损等异常；6) 联轴器联接螺栓、柱销、螺母等是否有缺损、破坏；7) 吊钩和吊具连接是否牢固，有无松动、脱落现象。

(3) 液压式启闭机：1) 油泵及液压系统运行是否平稳，有无振动、异常响声和异常温升；2) 液压缸的缸体、缸盖和活塞杆等有无裂纹、损伤、变形；油缸与支座、活塞杆与闸门连接是否牢固；各部位连接螺栓有无断裂、缺失、松动等异常；3) 油缸沉降量是否异常；4) 液压油有无浑浊、变色、异味、沉淀等异常现象，运行时有无异常温升；5) 油缸、油泵及液压系统有无泄漏现象；6) 系统压力表显示是否异常，其示值与电气控制屏上示值是否一致。

4.6.5 检查压力钢管及其控制进口闸门的状况同样必要，因为压力管道故障或严重泄漏可能会导致下游坝面或坝脚的冲刷破坏，对大坝安全运行产生不利影响。

5 震后专业检查

5.1 一般规定

震后专业安全检查的目的是通过专家经验及专业技术手段进一步研判各类震损对水库大坝防洪安全、结构安全、渗流安全、金属结构安全的影响程度，为后续水库开展专门安全评价、应急处置及震损加固决策提供技术支撑，为后续水库应急处置与震损加固决策提供技术支撑，与震后即时安全检查的侧重点不同。因此本标准重点对震后专业安全检查的专家组构成、监测资料分析、应急检测与监测提供具体要求，各大坝、泄洪等建筑物的检查范围、要点与震后即时安全检查的有关要求基本一致，本节有关条文不再赘述。

5.2 基本要求

5.2.1 震后专家组的构成除本条建议的专业组成外，建议根据实际需要相应调整。

5.2.2 当震后即时安全检查已发现不均匀沉降、塌陷、裂缝、滑坡、倾斜等异常变形及渗漏等震损现象时，需对大坝和金属结构进行安全检测。

5.2.5 大坝的工程设计与运行资料包括图纸、设计和施工文件及雨水情及安全监测数据。

5.3 监测资料分析

5.3.1 由于大坝设计参数往往与实际情况存在较大差异，坝体形体尺寸、材料特性、防渗性能也各有不同，因而变形、渗流压力、渗流量等效应量的绝对值也就各不相同，更无严格的评价标准。故在监测资料分析中需着重分析比对效应量在相同荷载条件下的当前实测值与其历史值的相对变化情况，切忌将效应量的实测绝对值大小作为安全评价的唯一判别标准。

5.3.3 比较法、作图法、特征值法及数学模型法的简要介绍如下：

1 比较法有监测值与监控指标比较、监测物理量的对比、监测成果与理论的或试验的成果比较等三种方法。

2 作图法根据分析的要求，绘出相应的过程线图、相关图、分布图以及综合过程线图（如将上游水位、降水量以及渗流压力和渗流量等画在同一张图上）等，可直观了解和分析监测值的变化大小和其规律，影响监测值的荷载因素和其对监测值的影响程度，监测值有无异常等。

3 特征值包括各物理量历年的最大值和最小值（包括出现时间）、变幅、周期、年平均值及年变化趋势等。通过特征值的统计分析，可以分析监测物理量之间在数量变化方面是否具有一致性和合理性。

4 数学模型法通过建立位移、渗流压力、渗流等效效应量与库水位、气温、时效等

原因量之间的关系，对监测资料进行定量分析，分为统计模型、确定性模型及混合模型。当监测资料系列较长时，常用统计模型。由于震后应急期时间紧，使用该方法时要尽量采用前期除险加固设计、安全鉴定期间建立的既有模型，快速开展相关工作。

5.4 震后应急检测与监测

5.4.3 现场检测采用的勘探方法和工艺以及对钻孔的处理不要对建筑物结构造成损伤和留下安全隐患。

5.5 检查报告编制

5.5.2 通过监测资料分析，可以从整体上对震后大坝安全性态是否正常作出定性评估，大坝是否安全还需要结合后续震后专门安全鉴定工作涵盖的渗流安全、结构安全、抗震安全计算复核综合确定。

6 应急处置措施

6.1 一般规定

水库震损导致的安全隐患主要包括：防洪安全隐患、渗流安全隐患、结构安全隐患、金属结构安全隐患等。由于通过震后应急检查难以在短期内对震损水库的安全性和震损成因做到全面掌握，本标准介绍的震后应急处置措施是针对典型震害在短时期内采取必要的措施，使大坝能够渡过随后可能来临的余震、暴雨和汛期。同时由于应急处置措施难以在短期内的对震损大坝做到彻底加固，每个震损水库工程都需配备专人观察水库的运行情况、震损现象的发展及应急处置效果，及时启动水库下游人员撤离的预案，以防止大坝溃决造成人员伤亡。

应急处置的主要目的是最大限度避免震后溃坝事故发生，减轻次生灾害造成的损失。当判断发生溃坝险情，马上发生溃坝时，需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需特别注意，由于泄、输水涵管可能因震损发生接触位置严重震损，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，若发生此类震损需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。

6.2 防洪安全隐患

6.2.1 水库水位是大坝承受的荷载条件之一。高水位与强烈地震组合的荷载条件对大坝安全是最严峻的考验。而且高水位条件下，地震易造成更大的涌浪，加剧坝体淘刷，甚至造成大坝漫顶，高水位运行条件可能极大加剧土石坝工程的震损问题。

一般严重破坏性地震发生后余震频发（超过 6.0 级的余震较为常见），加之可能叠加进入雨季和汛期等不利条件，震后及时降低水库水位对保障大坝安全是比较稳妥的办法。库水位的骤然下降易引起堤坝滑坡和崩岸，因此库水位下降要特别注意控制水位下降速度，一旦在库水位下降过程中出现坝坡崩塌和滑坡迹象，要立即稳定库水位，控制库水位下降速度。

此外，应当注意的是过度降低库水位可能造成水库宝贵的水资源浪费，会对震后公众生活用水和工农业生产造成不利影响，所以要在保障大坝安全的前提下，合理采用库水位运行措施，以尽可能兼顾正常生产生活用水的需要。

6.3 结构安全隐患

6.3.1 坝体裂缝应急处置要点

3 纵向裂缝具体实施措施：

- (1) 顺裂缝开挖成槽，槽深 0.3m~0.5m，槽内回填坝体相似土料，分层夯实；
- (2) 回填后覆盖防水塑料膜或土工膜，再填筑砂性保护层。

4 横向裂缝具体实施措施：

(1) 顺裂缝开挖成槽，槽深 0.3m~0.5m，沿裂缝方向每隔约 2~5m 开挖与裂缝相交成十字形的结合槽，槽内用塑性较高土体回填，含水率需略高于最优含水率，铺层厚度不大于 20cm，分层夯实，回填平整与坝坡齐平；填平后再铺一层厚 15cm 的塑性较高土体，夯实成龟背形；在坝体迎水侧加深加宽开槽，并确保迎水侧横缝封闭，与无缝坝体至少有 1m 的搭接；

(2) 对裂缝宽度和深度过大的横向裂缝，建议采用开挖回填与灌浆相结合的方法处理，先开挖回填裂缝上部，用回填粘土形成阻浆盖，后以粘土浆液灌浆处理；

- (3) 对难以开挖的裂缝或危及坝体稳定的内部裂缝建议采用灌浆法处理。

6.4 渗流安全隐患

6.4.1 坝体坝基渗流安全隐患应急处置要点。

2 导渗排水具体实施措施：

(1) 导渗沟具体尺寸和间距需要根据渗水程度和坝体土性确定；土工织物导渗沟内需选择符合滤层要求的土工织物，沟内需填满粗砂、碎石、砖渣等一般性透水材料；

(2) 紧急情况时，建议用土工织物包梢料捆成枕置于导渗沟内，其上需铺盖土料保护层。

- (3) 透水软管导渗沟内铺设渗水软管，渗水软管四周需充填粗砂。

- (4) 若开挖导渗沟后排水仍不显著，建议增挖竖沟或斜沟。

4 坝基渗漏具体实施措施：

(1) 当渗漏较轻时，建议采用抛填粘土（袋）构筑铺盖或铺设土工膜等水平防渗措施，与坝体截渗措施相同。当渗漏严重时，建议采用帷幕灌浆或设置防渗墙等伸入坝基的垂直防渗措施，截断渗漏通道。

- (2) 排水减压井、滤层压盖、反滤围井、抛填导滤堆或增设排水暗管等实施措施：

1) 排水减压井适用于坝后承压地基，为有效降低基础扬压力，一般挖穿或钻穿相对不透水坝后地面表层，形成排水明（暗）沟或减压井（沟），当相对不透水层较深厚或覆盖层深厚时需设置减压井。

2) 对渗水量较小的管涌，或普遍渗水的区域，建议在坝后地基加设滤层压盖等排水反滤措施，滤层设计需要满足反滤要求。

3) 对严重的管涌险情，应急处置建议以反滤围井为主，反滤材料优选砂石或土工织物，辅以可利用的其它材料。反滤铺筑前，需要先对处理范围内的软泥和杂物进行清

理；对涌水带沙较严重的管涌出口采用抛填块石保护；管涌范围内需分层铺填滤料，滤层顶部压盖保护。

4) 当坝后管涌口附近积水较深，不易形成围井时，需要采用水下抛填导滤堆，形成导滤排水。

5) 当下游坡脚附近出现分布范围较大的管涌群险情时，建议在出险范围外抢筑围堰，截蓄涌水以抬高水位，然后安设排水管加快排水速度。

6.4.2 穿坝建筑物极易因接触渗漏部位不断扩展造成严重的溃坝事故，因此需要引起高度重视。穿坝建筑物接触渗漏应急处置要点：

1 若短期内再次塌陷，需要考虑降低水库运行水位，并及时分析原因，采取相应加固措施处理。在降低库水位过程中，需控制水位下降速度，避免库水位下降过快引起大坝失稳。

2 临水堵截、下游侧导渗、封闭围堰等措施要点：

(1) 临水堵截

将建筑物两侧临水坡面的杂草、树木等清除之后，沿建筑物与坝身、坝基结合部位抛填粘土截渗，在靠近建筑物侧墙和涵管附近不建议用土袋等抛填，防止架空。

(2) 下游侧导渗

当接触渗漏轻微时，建议在渗漏出口处铺设临时反滤层或修筑反滤围井导渗；

(3) 封闭围堰

1) 当接触渗漏严重时，建议在建筑物出口处修筑围堰，将下游出口封闭，蓄水反压，此时围堰内水位不建议过高，避免围堰失稳造成二次灾害。

2) 当穿坝建筑物接触渗漏险情已无有效抢护措施时，需尽快根据地形、地质条件，在大坝上游侧适宜位置抢筑围堰，将建筑物进口及与坝体和坝基结合部位封闭其中。