

## 水库与水电站大坝安全评价体系对比研究

徐红, 江超

### A comparative study on dam safety evaluation systems for reservoirs and hydropower stations

XU Hong, JIANG Chao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12170/20230202001>

#### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

##### 我国水库大坝安全监测现状深度剖析与对策研究

Detailed analysis and countermeasure research on the present situation of reservoir dam safety monitoring in China  
水利水电工程学报. 2021(6): 97 <https://doi.org/10.12170/20210301001>

##### 大坝安全监测系统评价体系

Technical framework for dam safety monitoring system evaluation  
水利水电工程学报. 2019(4): 63 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.04.009>

##### 基于模糊神经网络的水电施工安全隐患评价

Evaluation method for hidden safety dangers of hydropower construction based on fuzzy neural network  
水利水电工程学报. 2020(1): 105 <https://doi.org/10.12170/20181031004>

##### 里运河堤防险工险段典型失效模式分析

Analysis of failure modes for typical dangerous sections of Li Canal levee  
水利水电工程学报. 2019(2): 104 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.02.015>

##### 基于安全监测的水闸健康诊断体系研究

Analysis of sluice health diagnosis system based on safety monitoring  
水利水电工程学报. 2018(5): 1 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.05.001>

##### 雅砻江流域水电站水足迹计算及分析

Calculation and analysis of water footprint of hydropower stations in Yalong River Basin  
水利水电工程学报. 2020(4): 41 <https://doi.org/10.12170/20190603003>



扫码进入官网, 阅读更多精彩内容



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20230202001

徐红, 江超. 水库与水电站大坝安全评价体系对比研究 [J]. 水利水电工程学报, 2024(2): 154-163. (XU Hong, JIANG Chao. A comparative study on dam safety evaluation systems for reservoirs and hydropower stations[J]. Hydro-Science and Engineering, 2024(2): 154-163. (in Chinese))

# 水库与水电站大坝安全评价体系对比研究

徐 红<sup>1</sup>, 江 超<sup>2</sup>

(1. 金昌市水利工程建设服务中心, 甘肃 金昌 737100; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 当前中国水库与水电站大坝采用不同的安全评价体系, 为借鉴水电站大坝安全定检有关经验做法, 查找水库大坝安全鉴定工作短板, 主要从组织体系与技术体系两方面横向对比分析了水库与水电站大坝安全评价体系。水库与水电站大坝安全评价组织体系虽差别较大, 但基本符合水利与能源系统大坝实际情况与特点; 技术体系均以现场检查与监测资料分析为基础, 分别按隐患类型、工程部位展开分项安全评价。建议从修订《水库大坝安全鉴定办法》、规范水库大坝安全监测工作、完善安全评价技术规范等方面进一步改进水库大坝安全鉴定工作。

**关键词:** 水库; 水电站; 大坝; 安全鉴定; 安全定检; 安全评价

中图分类号: TV697.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2024)02-0154-10

根据《2020 年全国水利发展统计公报》<sup>[1]</sup>, 中国已建成各类大坝 98 566 座(不含港、澳、台地区), 总库容 9 306 亿 m<sup>3</sup>。这些大坝分属多部门管辖, 根据全国大坝基础数据库, 水利部门管辖 97 402 座(占总数的 98.8%), 其次为能源部门 842 座(占比 0.9%), 此外还有少数大坝分属农业、交通、住建等部门。能源部门管辖大坝数量占比虽不足 1%, 但这些大坝库容与工程规模较大, 根据“国家能源局大坝安全监察中心”官网, 截至 2021 年底, 在国家能源局注册和备案的大坝总数达 638 座, 约占全国水电总装机容量的 77%、全国水库总库容的 57%。因此, 能源部门管辖的大坝是中国大坝的重要组成部分。行业内一般将水利部管辖的大坝称为水库大坝, 国家能源局管辖的大坝称为水电站大坝。两类大坝各具特点, 根据文献资料和“国家能源局大坝安全监察中心”官网数据总结如下: 坝型方面, 水库大坝以土石坝为主(占比 93%)<sup>[2]</sup>, 水电站大坝以混凝土坝为主(占比 70%); 库容方面, 水库大坝以小型水库为主(占比超过 95%)<sup>[3]</sup>, 水电站大坝以大中型为主(占比 70%); 坝高方面, 水库大坝以低坝为主(占比 93%)<sup>[4]</sup>, 水电站大坝以中高坝为主(占比 76%)。由此可见, 水库大坝具有数量多、土石坝多、库容小、坝高小等特点, 水电站大坝具有数量少、混凝土坝多、库容大、坝高大等特点。

为保障大坝安全, 水利部门与能源部门分别成立了专门的大坝安全管理机构, 并颁布了相应的管理办法与技术标准。《水库大坝安全鉴定办法》<sup>[5]</sup>(水建管[2003]271 号), 以下简称《鉴定办法》)和《水库大坝安全评价导则》(SL 258—2017)<sup>[6]</sup>为水库大坝安全鉴定主要指导性文件与标准。《水电站大坝安全定期检查监督管理办法》<sup>[7]</sup>(国能安全[2015]145 号, 以下简称《定检办法》)和《水电站大坝运行安全评价导则》(DL/T 5313—2014)<sup>[8]</sup>为水电站大坝安全定期检查主要指导性文件与标准。《鉴定办法》第七条规定, 水库大坝安全鉴定包括大坝安全评价、大坝安全鉴定技术审查和大坝安全鉴定意见审定 3 个基本程序。《定检办法》第

收稿日期: 2023-02-02

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2022YFC3005404); 南京水利科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(Y722006)

作者简介: 徐 红(1976—), 女, 甘肃金昌人, 高级工程师, 主要从事水利工程建设与管理方面的研究。

E-mail: xuhong\_jc@outlook.com 通信作者: 江 超(E-mail: chjiang@nhri.cn)

二条规定,水电站大坝安全定期检查(以下简称安全定检)是指定期对已运行大坝的结构安全性和运行状态进行的全面检查和安全评价。通过初步对比分析,水库大坝安全鉴定与水电站大坝安全定检对应,均为保障大坝安全运行的“体检”工作,安全评价则属于大坝安全鉴定(定检)工作的主要内容。

由于历史原因,水库大坝绝大多数为低坝,而水电站大坝大多为高坝大库,失事后果相对严重,因此,安全定检比安全鉴定要求更严格。考虑到水电站大坝和水库大坝整体特点和安全评价方面的差异,本文就两者评价体系进行横向对比,并借鉴安全定检的有关经验,对改进水库大坝安全鉴定工作提出建议。

# 1 水库大坝安全评价体系

## 1.1 安全鉴定工作组织体系

《鉴定办法》第五条规定了大坝安全鉴定周期要求,要求水库大坝首次安全鉴定应在竣工验收后5年内进行,以后应每隔6~10年进行1次。运行中如遭遇特大洪水、强烈地震或发生重大事故、出现影响安全的异常现象,应组织专门的安全鉴定。

《鉴定办法》规定的水库大坝安全鉴定基本流程如下:(1)鉴定组织单位(一般为水库主管部门)负责委托具有相应资质的安全评价单位对大坝安全状况进行分析评价,提出大坝安全评价报告和大坝安全鉴定报告书;(2)由鉴定审定部门(按水库规模及坝高分别为省、市、县级水行政主管部门)或委托有关单位组织并主持召开大坝安全鉴定会,组织专家审查大坝安全评价报告,通过大坝安全鉴定报告书;(3)安全评价单位按专家意见修改完善评价报告后,由鉴定审定部门审定并印发大坝安全鉴定报告书。

## 1.2 水库大坝安全评价技术体系

《水库大坝安全评价导则》为水库大坝安全评价的主要指导性规范,其适用范围为坝高15 m以上或库容100万m<sup>3</sup>以上的已建水库大坝。该规范明确水库大坝安全评价按工程质量、运行管理、防洪能力复核、渗流安全、结构安全、抗震安全、金属结构安全等7个分项进行综合评价,水库大坝安全评价技术体系见图1。每个分项划分成3个等级,其中工程质量评价划分为合格、基本合格和不合格;运行管理评价划分为规范、较规范和不规范;防洪、渗流、结构、抗震、金属结构安全评价划分为A、B、C级(分别对应为安全、基本安全和不安全)。根据各分项评价结论,水库大坝综合评定为一类坝、二类坝和三类坝等3个安全类别,各类大坝安全等级划分标准和评定标准见表1。

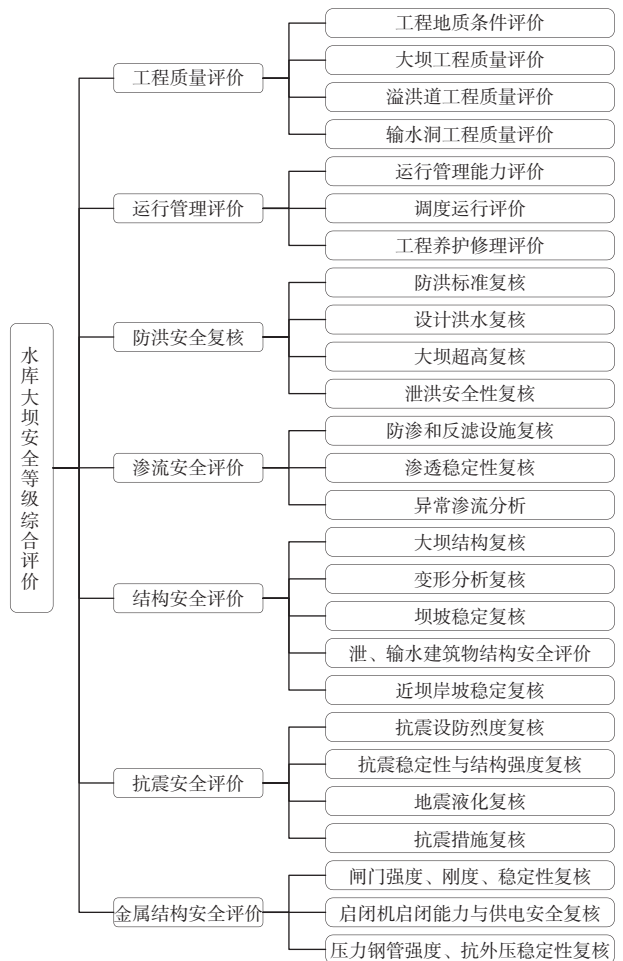


图1 水库大坝安全评价技术体系(以土石坝为例)

Fig. 1 Technical system for safety evaluation of reservoir dams (taking earth and rockfill dam as an example)

表 1 水库大坝安全类别划分标准与评定标准

Tab. 1 Classification and evaluation criteria for reservoir dam safety levels

安全类别	划分标准	评定标准
一类坝	实际抗御洪水标准达到《防洪标准》(GB 50201)规定,大坝工作状态正常;工程无重大质量问题,能按设计正常运行的大坝。	存在下列情形之一:1. 防洪、渗流、结构、抗震、金属结构专项评价均为A级,且工程质量合格、运行管理规范;2. 防洪、渗流、结构、抗震、金属结构专项评价有一至二项为B级,但工程质量合格、运行管理规范,存在问题可限期整改,将B级升为A级。
二类坝	实际抗御洪水标准不低于部颁水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准,但达不到《防洪标准》(GB 50201)规定;大坝工作状态基本正常,在一定控制运用条件下能安全运行的大坝。	存在下列情形之一:1. 防洪、渗流、结构、抗震、金属结构专项评价有一项以上(含一项)为B级;2. 防洪、渗流、结构、抗震、金属结构专项评价均为A级,但存在工程质量缺陷及运行管理不规范。
三类坝	实际抗御洪水标准低于部颁水利枢纽工程除险加固近期非常运用洪水标准,或者工程存在较严重安全隐患,不能按设计正常运行的大坝。	防洪、渗流、结构、抗震、金属结构专项评价有一项以上(含一项)为C级。

## 2 水电站大坝安全评价体系

### 2.1 安全定检工作组织体系

《定检办法》第四条规定了定检周期,定检一般每 5 年进行 1 次,首次定期检查后,定检间隔可以根据大坝安全风险情况动态调整为 3~10 年。首次定检应当在工程竣工安全鉴定完成 5 年期满前 1 年启动;工程建成后 5 年内不能完成竣工安全鉴定的,应在期满后 6 个月内启动首次大坝定检。大坝遭受超标准洪水或者破坏性地震等自然灾害及其他严重事件后,应对大坝进行特种检查,重新评定大坝安全等级。此外,《定检办法》还规定了定检时间跨度,定检时间以专家组首次会议为起始时间,以印发大坝定检审查意见为结束时间,一般不超过 1.5 年;对于工程相对复杂、安全问题突出、风险较高的大坝,定检时间可适当延长,但不得超过 2.5 年。

《定检办法》明确能源局大坝中心负责大坝定检工作,制定并实施大坝定检规划和年度计划,电力企业配合做好相关工作。定检工作流程如下:(1)能源局大坝中心根据大坝实际情况,组建大坝定检专家组;(2)专家组分析大坝以往运行状况和工作性态,提出定检工作重点,确定定检工作大纲,提出专题研究内容与要求;(3)电力企业按照专家组意见,提出运行总结报告、现场检查报告和专题研究评价报告;(4)专家组复核现场检查重点问题和重要部位,审查电力企业提出的相关报告,全面评价大坝安全状况,提出大坝定检报告;(5)能源局大坝中心对定检报告进行审查,并在 6 个月内形成定检报告审查意见。

### 2.2 水电站大坝安全评价技术体系

《水电站大坝运行安全评价导则》是指导水电站大坝安全运行评价的重要指导性规范,其适用范围为电力系统已投入运行的大、中型水电站大坝安全评价。该规范明确水电站大坝从防洪能力、坝基状况、结构安全、运行性态、边坡状况等 5 个方面综合评价安全等级,按混凝土重力坝、混凝土拱坝、碾压式土石坝 3 种坝型进一步划分成设计安全标准、防洪安全、坝基状况、坝体结构安全度、坝体结构运行性态、泄洪消能设施、金属结构、边坡安全性等 8 个分项,具体见图 2。



图 2 水电站大坝运行安全评价技术体系(以混凝土重力坝为例)

Fig. 2 Technical system for operational safety evaluation of hydropower station dams (taking concrete gravity dam as an example)

各分项评价划分为 a、a<sup>-</sup>、b、c 四个等级,其中 a 级表示满足规范要求或运行性态良好,c 级表示不满足规范要求或运行性态差,a 到 c 级等级逐渐降低。根据各分项评价结果将水电站大坝综合评定为三等四级,即正常坝(A 级或 A<sup>-</sup>级)、病坝(B 级)、险坝(C 级),水电站大坝安全等级划分标准和评定标准见表 2。

表 2 水电站大坝安全等级划分标准与评定标准  
Tab. 2 Classification and evaluation criteria for dam safety levels of hydropower stations

安全综合等级	划分标准	评定标准
正常坝 (A级或A <sup>-</sup> 级)	同时符合下列条件的大坝: 1. 防洪能力符合规范要求,或者非常运用情况下的防洪能力略有不足,但大坝安全风险低且可控。 2. 坝基良好,或者虽然存在局部缺陷但无趋势性恶化,大坝整体安全。 3. 大坝结构安全度符合规范要求,或者略有不足,但大坝安全风险低且可控。 4. 大坝运行性态总体正常。 5. 近坝库岸和工程边坡稳定或者基本稳定。	分项评价意见全为a级的,综合等级评定为A级正常坝。 分项评价意见有1个以上(含1个)a <sup>-</sup> 级,无b、c级的,综合等级评定为A <sup>-</sup> 级正常坝。
病坝(B级)	具有下列情形之一的大坝: 1. 正常运用情况下的防洪能力略有不足,但风险较低;或者非常运用情况下的防洪能力不足,风险较高。 2. 坝基存在局部缺陷,且有趋势性恶化,可能危及大坝整体安全。 3. 大坝结构安全度不符合规范要求,存在安全风险,可能危及大坝整体安全。 4. 大坝运行性态异常,存在安全风险,可能危及大坝安全。 5. 近坝库岸和工程边坡有失稳征兆,失稳后影响工程正常运用。	分项评价意见有1个以上(含1个)b级,无c级的,综合等级评定为B级病坝。
险坝(C级)	具有下列情形之一的大坝: 1. 正常运用情况下防洪能力不足,风险较高;或者非常运用情况下防洪能力不足,风险很高。 2. 坝基存在的缺陷持续恶化,已危及大坝安全。 3. 大坝结构安全度严重不符合规范要求,已危及大坝安全。 4. 大坝存在事故征兆。 5. 近坝库岸或者工程边坡有失稳征兆,失稳后危及大坝安全。	分项评价意见有1个以上(含1个)c级,综合等级评定为C级险坝。

### 3 水库与水电站大坝安全评价体系对比分析

上述可见,水库与水电站大坝安全评价体系既存在相似之处又有较大区别,下面主要从安全鉴定(定检)周期、工作流程、技术体系等方面进行对比分析。

#### 3.1 安全鉴定(定检)周期

水库与水电站大坝首次安全鉴定(定检)时间要求基本相同,均为竣工验收后 5 年内,但水电站大坝要求更加具体,规定一般在竣工验收后第 4 年启动,避免竣工安全鉴定与首次定检间隔时间过短,同时补充了特殊情况如不能及时竣工验收的水电站首次定检时间要求,要求在工程完建 5 年期满后 6 个月内启动。相比之下,水库大坝首次安全鉴定时间选择空间较大,可在竣工验收后立即进行,也能在竣工验收后第 5 年启动。

对于完成首次安全鉴定(定检)后的鉴定(定检)周期,水库大坝规定同样相对简单,可在 6~10 年中选择,且间隔时间总体更长。水电站大坝虽然也在 3~10 年中选择,但明确了定检间隔时间选择的依据,即充分考虑水电站安全风险,若安全风险较高,可在 3 年后启动第二轮定检;若安全风险较低,甚至可在第 10 年启动第二轮定检。水库大坝鉴定周期除可考虑安全风险外,各地经济发展水平也是需要重点考虑的因素,一般经济条件较好的地方或水库,鉴定周期普遍较短。

## 3.2 工作流程

水库大坝安全鉴定流程与水电站大坝安全定检工作流程完全不同。

**3.2.1 组织单位方面** 水库大坝安全鉴定一般由水库主管部门组织,负责筹措鉴定经费并委托有资质的安全评价单位对大坝安全状态进行全面评价;水电站大坝安全定检工作由能源局大坝中心负责组织,制定并实施大坝定检计划。

**3.2.2 评价工作开展方面** 水库大坝安全评价工作主要由委托的评价单位独立完成,评价单位参与现场安全检查并负责编写检查报告,负责开展地质勘察、质量检测、安全监测资料分析等基础工作,以及分项安全评价并综合评定大坝安全等级,提出大坝安全评价报告与大坝安全鉴定报告书。

水电站大坝运行安全评价更多依靠能源局大坝中心组建的专家组,专家组工作包括提出定检工作重点,确定定检工作大纲,指导电力企业现场检查。开展专题研究等,并根据大坝实际运行情况,结合定检有关成果,全面评价大坝安全状况,提出大坝定检报告。

**3.2.3 专家组方面** 水库大坝安全鉴定要求成立 2 次专家组,分别为鉴定工作启动阶段的现场安全检查专家组和鉴定成果审查阶段的专家组,后者在《鉴定办法》中称为“大坝安全鉴定委员会(小组)”。《鉴定办法》明确现场安全检查专家组由鉴定组织单位负责组建;《水库大坝安全评价导则》明确现场安全检查专家组由熟悉工程基本情况及水文、地质、水工、金属结构和管理等不同专业的专家组成,专家组负责现场安全检查工作,为大坝安全评价工作提供指导性意见。大坝安全鉴定委员会(小组)由鉴定审定部门负责组建,《鉴定办法》明确了专家组成员数量、职称等级、专业构成等要求,负责审查大坝安全评价报告、通过大坝安全鉴定报告书。2 次专家组成员可以部分相同,也可以完全不同,《鉴定办法》与《水库大坝安全评价导则》没有明确规定。

水电站大坝安全定检共成立 1 次专家组,在《定检办法》中称为“大坝安全定期检查专家组”,由能源局大坝中心在定检工作启动时组建,《定检办法》明确了专家数量、职称、工作经验要求,并要求至少有 1 名参加过拟定检水电站大坝上一次定检工作或熟悉该大坝的专家,直接参与大坝建设或管理的专家或电力企业推荐的专家总人数不超过专家组总人数的 1/3。专家组负责提出定检工作重点,确定定检工作大纲,现场核查大坝安全重点部位和重要事项,提出专题研究内容和技术要求,审查电力企业组织提出的专题研究报告,并根据大坝实际运行情况与有关技术资料,全面评价大坝安全状况,提出大坝定检报告。

综上所述,水库大坝安全鉴定虽成立 2 次专家组,但实际操作过程中现场安全检查专家组多由评价单位主导成立,大部分专家为评价单位人员,难以起到现场安全检查指导安全鉴定工作的重要作用;此外,前后 2 次专家组成员缺乏延续性,难以充分发挥专家组作用。水电站大坝安全定检工作专家组全程参加安全定检工作,承担更多任务与职责。

**3.2.4 成果审定方面** 水库大坝安全鉴定成果审查由审定单位按照《鉴定办法》要求组建大坝安全鉴定专家组,由专家组负责审查评价单位提出的大坝安全评价报告,并通过大坝安全鉴定报告书,最后由审定部门印发通过审查的大坝安全鉴定报告书。水电站大坝安全定检报告审查由能源局大坝中心负责,能源局大坝中心在 3 个月内对专家组提出的定检报告进行审查,并在 6 个月内印发定检报告审查意见。

总体上看,水库大坝安全鉴定流程相对简单,鉴定工作主要依靠委托的第三方专业机构完成,鉴定成果的质量主要取决于报告编制人的能力和水平;水电站大坝安全定检工作主要依靠能源局大坝中心组建的专家组完成,电力企业配合做好相关工作,更多依靠专家经验与智慧。

## 3.3 评价技术体系

**3.3.1 专项评价方面** 水库大坝安全主要从工程质量、运行管理、防洪安全、渗流安全、结构安全、抗震安全、金属结构安全等方面进行专项评价,水电站大坝安全则主要从大坝防洪、抗震、坝基、坝体结构安全(包括应力、稳定、渗流安全等)、泄洪消能设施安全、金属结构设备安全、近坝库岸和工程边坡安全等方面分项评价。与水电站大坝安全评价不同,水库大坝安全评价除关注工程自身安全外,还需要对运行管理能力

进行评价,且运行管理评价结果直接影响大坝安全综合评价结论。

水库大坝安全主要按常见隐患类型如防洪、渗流、结构、抗震等分别进行专项评价,水电站大坝安全则主要按工程部位如坝基、坝体、泄洪消能设施、近坝库岸等进行专项评价。与水库大坝安全评价不同,水电站大坝安全评价未单独进行渗流安全评价,而是将渗流安全评价作为坝基与坝体结构安全评价的主要内容。

泄、输水建筑物安全评价方面,水电站大坝将泄水建筑物单独作为一个专项进行安全评价,但不关注输水建筑物安全;水库大坝需同时评价泄水、输水建筑物安全性,未单独作为专项评价内容,但需要在工程质量、渗流安全、结构安全、抗震安全、金属结构安全等专项中分别评价。

边坡安全评价方面,水电站大坝安全评价更加重视,将其作为大坝安全综合评价的重要指标,设立专项进行评价;水库大坝则主要在结构与抗震安全评价专项中评价边坡稳定性,作为结构与抗震专项安全评价的重要内容。

**3.3.2 专题报告方面** 根据《水库大坝安全评价导则》,水库大坝安全评价专题报告主要有现场安全检查报告、现场安全检测报告、地质勘察报告、无损检测报告、监测资料分析报告、运行管理报告等,其中现场安全检查报告必须编制,其他专题报告根据安全评价工作需要编制。

《水电站大坝运行安全评价导则》附录B列出的水电站大坝安全评价主要专题报告有大坝运行总结报告、大坝现场检查报告、水下检查报告、监测系统评价报告、监测资料分析报告、水工金属结构安全检测和复核报告、混凝土(帷幕)老化病害检测报告、水质及析出物分析报告等,其中运行总结报告、现场检查报告必须编制,其他专题报告根据定检专家组意见编制。

水库与水电站大坝专题报告基本相同,主要为安全检查、安全检测、地质勘察、监测资料分析、运行情况等基础性工作报告,水电站大坝安全评价则更加重视大坝安全监测工作,一般还需要专题编制监测系统评价报告,《水电站大坝运行安全评价导则》附录C专门规定了监测系统评价的内容、依据与要求。

**3.3.3 评价方法方面** 根据《水库大坝安全评价导则》和《水电站大坝运行安全评价导则》,水库大坝安全评价方法主要有现场安全检查、安全检测、钻探试验、监测资料分析、历史资料分析、计算分析、经验类比等;水电站大坝安全评价方法主要有资料复查、现场检查、监测资料分析、安全检测、地质勘探、复核计算、专题研究、综合分析等。

可见,水库与水电站大坝安全评价方法基本相同,且均重视安全监测资料分析工作。《水库大坝安全评价导则》明确水库大坝安全评价要在现场安全检查和监测资料分析基础上,对各个分项进行评价;对有安全监测资料的水库大坝,应从监测资料分析入手,了解大坝安全性状;对运行状况正常,且工作条件、荷载及运行工况无明显变化的,可在监测资料分析基础上引用前期大坝安全鉴定结论。《水电站大坝运行安全评价导则》明确水电站大坝安全评价以大坝运行状况和监测成果为基础,综合复查复核成果、运行性态、后果危害性评定大坝安全等级,而大坝运行性态主要通过监测资料分析确定。

**3.3.4 现场安全检查方面** 《水电站大坝运行安全评价导则》明确水电站大坝安全评价应重视现场检查工作,对暴露的问题或异常现象,应从专业的角度进行现场确认和核实。《定检办法》规定水电站大坝安全检查工作由电力企业按照定检专家组意见,对大坝进行现场检查,并提出现场检查报告,定检专家组对大坝安全重点部位和重要事项进行现场核查。

《水库大坝安全评价导则》明确现场安全检查工作是水库大坝安全评价的基础,为安全评价工作提供指导性意见。《鉴定办法》明确现场检查工作由鉴定组织单位组织,应成立专家组并由专家组完成现场安全检查工作,检查报告一般由评价单位编制。

综上所述,水库与水电站大坝安全评价均重视现场安全检查工作,但现场安全检查工作开展方式存在较大差异。

**3.3.5 分等定级方面** 水库大坝各专项安全评价结论分为三个等级,根据各专项评价结论,大坝安全综合评价分为一类坝、二类坝、三类坝;水电站大坝各专项安全评价结论主要分为四个等级,根据各专项评价结

论,大坝安全综合评价分为 A 级坝、A-级坝、B 级坝、C 级坝,其中 A 级坝、A-级坝属于正常坝,B 级坝属于病坝,C 级坝属于险坝。

综合评价规则方面,均实行 C 级(c 级)“一票否决制”,即只要有 1 个专项评价结论为 C 级(c 级),综合评价等级即为三类坝(险坝)。

综上所述,水库与水电站大坝分等定级总体相同,不仅综合评价规则相同,且均划分成三种安全等级,只是水电站正常坝又分为 A 级正常坝和 A-级正常坝,水电站大坝分等定级划分相对更细。

### 3.4 经费投入

一方面,水库大坝大多是以防洪、灌溉功能为主的公益性工程,经营性收入普遍低于以发电为主的水电站大坝,导致安全鉴定经费总体没有安全定检投入充足。另一方面,安全定检一般以问题为导向,把经费重点投入到关键技术问题和重大病险上;安全鉴定工作则要求比较全面,但由于鉴定经费有限,往往不能就重点问题展开深入分析论证,致使鉴定结果质量普遍不高。

## 4 进一步改进水库大坝安全鉴定工作的建议

通过上述对比分析可见,水电站大坝安全定检有较多可供水库大坝安全鉴定借鉴的经验做法,结合笔者工作经历,提出以下进一步改进水库大坝安全鉴定工作的建议。

### 4.1 尽快修订《水库大坝安全鉴定办法》

《鉴定办法》自 2003 年颁布实施以来,在规范中国水库大坝安全鉴定工作、保障大坝安全运行等方面发挥了重要作用,但在实际操作中暴露出一些问题,需要尽快组织修订。

**4.1.1 鉴定周期** 竣工验收(包括除险加固工程竣工验收)是水库大坝安全鉴定的前提,但部分水库因各种原因长期无法竣工验收却已投入运用多年,这些水库若不及时安全鉴定将存在较大安全风险。建议修订安全鉴定工作启动的前提条件,对投入使用验收满 5 年未竣工验收的水库提出明确要求。

此外,完成首次安全鉴定后的周期为 6~10 年,操作空间较大,会出现病险较严重水库因鉴定经费短缺等原因拖延至第 10 年进行安全鉴定的现象,不利于管控水库大坝安全风险。建议细化首次鉴定后的鉴定周期,充分考虑风险理念,对风险大的水库缩短鉴定周期、风险小的水库可适当延长鉴定周期。

**4.1.2 鉴定实施期限与审定期限** 现有《鉴定办法》未规定安全鉴定实施期限,实际存在一些水库安全鉴定跨度时间过长,导致印发鉴定意见时已超过《鉴定办法》规定的鉴定周期。同样,审定部门收到鉴定成果审查申请后,应在规定时间内完成审定工作,否则也会出现鉴定结论不具实时性的现象。建议《鉴定办法》补充规定鉴定实施期限和审定期限。

**4.1.3 专家组** 水电站大坝安全定检专家组全程参与定检工作,包括现场安全检查报告审查与重点部位现场核查。《鉴定办法》仅规定了现场安全检查工作内容,未明确检查工作开展方式,《水库大坝安全评价导则》虽补充明确现场安全检查应成立专家组,并由专家组完成现场安全检查工作,但因缺乏相关规定,实际安全鉴定过程中常出现现场安全检查专家组与鉴定会专家组成员完全不同的情况,不能充分发挥现场安全检查指导安全评价的作用,不利于保证安全鉴定成果质量。建议《鉴定办法》补充现场安全检查专家组有关规定,参加评价报告审查的部分专家,应同时参加现场安全检查工作,既有利于保证安全鉴定工作的延续性与一致性,又能充分发挥专家作用,保障鉴定结果质量。

此外,《定检办法》考虑了定检工作的连续性,要求定检专家组至少要有 1 名参加过上次定检的专家,建议水库大坝安全鉴定可借鉴这一做法。

**4.1.4 收费标准** 当前水库大坝安全鉴定无收费标准,大部分水库安全鉴定经费极低,不利于保证安全鉴定成果质量。《定检办法》提及了定检工作收费情况,指出对运行大坝进行安全评价等技术服务,依照国家有关规定,实行公示基准价格的有偿服务。建议《鉴定办法》可补充明确相关收费标准,指导水库大坝安全

鉴定工作良性有序开展。

针对安全鉴定经费投入普遍不足的问题,在通过多方、多渠道筹措经费的同时,建议《鉴定办法》可借鉴水电站大坝安全定检工作经验,进一步强调和突出安全鉴定工作的重点,充分发挥经费投入的效益。

**4.1.5 水利部大坝中心** 《定检办法》规定能源局大坝中心负责水电站大坝安全定检工作,包括督促定检工作按期开展、制定并实施定检计划、组建定检专家组、落实大坝定检审查意见、监督病坝险坝整改情况等。《鉴定办法》规定水利部大坝中心负责对全国的水库大坝安全鉴定工作进行技术指导。由此可见,中国两个分属不同系统的大坝中心在大坝安全定检(鉴定)工作中扮演的角色不同。

《鉴定办法》虽进一步规范了水库大坝安全鉴定工作,但当前安全鉴定成果质量整体一般<sup>[9-10]</sup>,普遍存在“看病”不全、不准的现象,存在严重安全漏洞。与水电站不同,中国水库数量庞大,参照能源部门由水利部大坝中心负责全国所有水库大坝安全鉴定工作可行性差,但可由水利部大坝中心负责重要水库如大(1)型水库或坝高70 m以上大中型水库的安全鉴定工作,使其在水库大坝安全鉴定工作中发挥更多作用。

## 4.2 规范水库大坝安全监测工作

修订后的《水库大坝安全评价导则》高度重视安全监测资料分析工作,要求水库大坝安全评价工作要以现场安全检查和监测资料分析工作为基础,有监测资料的水库大坝,要从监测资料分析入手,了解大坝安全性状,并单独新增了安全监测资料分析章节。由此可见,安全监测资料分析是水库大坝安全评价的基础性工作,是合理评估水库大坝当前安全性状的有效方法。但是当前中国水库大坝安全监测工作现状不容乐观<sup>[11]</sup>,大部分水库甚至是较多大中型水库,或建设的安全监测设施不规范,或建成的监测设施沦为摆设,未正常开展监测,缺乏变形、渗流监测数据,无法通过监测资料来分析了解大坝安全性状,只能通过复核计算等方法来评价大坝安全性状。因缺乏实测安全监测数据,会导致复核计算成果可能与实际运行情况存在较大差异,不能真实反映大坝当前安全状况,影响大坝安全评价效果。

综上所述,规范水库大坝安全监测工作与水库大坝安全评价工作息息相关,建议有关部门加大工作力度,推动水库大坝安全监测工作制度化与规范化。

## 4.3 完善安全评价技术规范

《水库大坝安全评价导则》虽经过修订并于2017年发布实施,但仍在以下方面需要进一步完善:

(1)《水电站大坝运行安全评价导则》明确要对水电站大坝封堵结构进行安全评价,水库大坝同样有相当数量的水库在除险加固过程中对原有涵洞进行了封堵,或在建设过程中对导流洞进行了封堵,因未强调对封堵结构安全评价,只在结构安全评价指出“其他结构安全评价可按有关设计规范进行”,导致封堵体这一重要结构的安全评价常常被忽视。建议《水库大坝安全评价导则》补充封堵结构安全评价内容。

(2)《鉴定办法》明确水库大坝运行中遭遇特大洪水、强烈地震、工程发生重大事故或出现影响安全的异常现象后,应组织专门的安全鉴定。但专项鉴定工作重点、报告编写、等级评定等要求未明确,常导致专项鉴定成果质量缺乏统一的评判标准,建议《水库大坝安全评价导则》进一步明确细化。

(3)《水电站大坝运行安全评价导则》规定在水电站大坝安全等级评价前,宜对现有监测系统的可靠性、完备性进行评价,并在附录部分明确了监测系统评价的内容、依据和要求。修订后的《水库大坝安全评价导则》明确要进行监测系统完备性和监测资料可靠性评价,但内容较为简单。因安全监测专业性较强,大部分安全评价单位较难理解相关评价要点,鉴于《大坝安全监测系统鉴定技术规范》(SL 766—2018)<sup>[12]</sup>已经颁布实施,为监测系统完备性和监测资料可靠性评价奠定了较好的基础,建议《水库大坝安全评价导则》下一步修订引用相关内容。

## 5 结 语

通过对比分析可见,水利部门因水库数量众多、分布广泛,水库大坝安全评价组织体系相对简单,主要

工作由委托的安全评价单位完成;水电站大坝安全评价组织体系相对复杂,专家经验在安全评价过程中发挥至关重要的作用,主要因水电站大坝总体库大坝高,安全风险较高,各类技术问题更加复杂。总体上看,两套大坝安全评价组织体系基本符合水利、能源部门管辖大坝的实际情况与特点。

水库与水电站大坝安全评价技术体系方面,均以现场安全检查和监测资料分析为基础,并根据评价结论划分为三类大坝,但设置的评价分项差别较大,水库大坝按常见隐患类型如防洪、渗流、结构、抗震等分别进行评价,并对运行管理能力进行评价;水电站大坝则主要按工程部位如坝基、坝体、边坡等进行分项安全评价,更加注重对泄水、边坡结构的安全评价。因此,水库与水电站大坝安全评价技术体系总体相同但又各具特点,可以互为借鉴。

《定检办法》颁布时间相对较晚,有关细节考虑相对周全,有较多值得水库大坝安全鉴定借鉴之处。《鉴定办法》在专家组专业组成方面的规定,同样可供水电站大坝安全定检工作参考。随着社会经济的发展,大坝安全愈发受到重视与关注,有关部门应进一步完善管理制度与技术标准,查找大坝安全评价工作中存在的短板,促进大坝安全管理事业高质量发展。

## 参 考 文 献:

- [1] 中华人民共和国水利部. 2020年全国水利发展统计公报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. 2020 National statistical bulletin on water conservancy development[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2020. (in Chinese))
- [2] 郑小武. 土石坝的安全风险评估研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2014. (ZHENG Xiaowu. Study on safety risk assessment of earth-rock dam[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2014. (in Chinese))
- [3] 邓安军, 陈建国, 胡海华, 等. 我国水库淤损情势分析[J]. 水利学报, 2022, 53(3): 325-332. (DENG Anjun, CHEN Jianguo, HU Haihua, et al. Analysis of reservoir siltation in China[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2022, 53(3): 325-332. (in Chinese))
- [4] 中华人民共和国水利部, 中华人民共和国国家统计局. 第一次全国水利普查公报[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Communiqu for the first national water resources census[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2012. (in Chinese))
- [5] 王昭升. 《水库大坝安全鉴定办法》解读与实践认识[J]. 中国水利, 2008(20): 67-68. (WANG Zhaosheng. Method of Dam Safety Appraisal: explanations and practical application[J]. China Water Resources, 2008(20): 67-68. (in Chinese))
- [6] 中华人民共和国水利部. 水库大坝安全评价导则: SL 258—2017[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2017. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Guidelines on dam safety evaluation: SL 258-2017[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2017. (in Chinese))
- [7] 张伟, 沈海尧. 对《水电站大坝运行安全监督管理规定》有关大坝安全定期检查内容的解读[J]. 大坝与安全, 2015(2): 12-14. (ZHANG Wei, SHEN Haiyao. Interpretation of Regulation for Safety Supervision and Administration of Hydropower Dams in operation concerning periodic inspection[J]. Dam & Safety, 2015(2): 12-14. (in Chinese))
- [8] 国家能源局. 水电站大坝运行安全评价导则: DL/T 5313—2014[S]. 北京: 中国电力出版社, 2014. (National Energy Bureau of the People's Republic of China. Guide for safety assessment of large dams for hydropower station in operation: DL/T 5313-2014[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2014. (in Chinese))
- [9] 曾楚武. 水库大坝安全评价及病险土石坝治理对策研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010. (ZENG Chuwu. Study on safety evaluation of reservoir dam and treatment countermeasures of dangerous earth-rock dam[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010. (in Chinese))
- [10] 江超, 王丽俊. 小型水库大坝安全鉴定典型问题与工作建议[J]. 中国农村水利水电, 2021(12): 171-173, 180. (JIANG Chao, WANG Lijun. Typical problems and suggestions for dam safety identification of small reservoirs[J]. China Rural Water and Hydropower, 2021(12): 171-173, 180. (in Chinese))
- [11] 江超, 肖传成. 我国水库大坝安全监测现状深度剖析与对策研究[J]. 水利水运工程学报, 2021(6): 97-102. (JIANG Chao,

XIAO Chuancheng. Detailed analysis and countermeasure research on the present situation of reservoir dam safety monitoring in China[J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2021(6): 97-102. (in Chinese))

- [12] 中华人民共和国水利部. 大坝安全监测系统鉴定技术规范: SL 766—2018[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Technical specification for appraisal of dam safety monitoring system: SL 766-2018[S]. Beijing: China Water & Power Press, 2018. (in Chinese))

## A comparative study on dam safety evaluation systems for reservoirs and hydropower stations

XU Hong<sup>1</sup>, JIANG Chao<sup>2</sup>

(1. *Jinchang Water Conservancy Engineering Construction Service Center, Jinchang 737100, China*; 2. *Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*)

**Abstract:** Dam safety evaluation systems for reservoirs and hydropower stations currently differ in their approaches. To identify shortcomings in the dam safety appraisal of reservoirs and learn from the experience of periodic dam safety inspection at hydropower stations, a comparative analysis of the dam safety evaluation systems for reservoirs and hydropower stations was conducted. The analysis focused on two main aspects: organizational systems and technical systems. The organizational systems for dam safety evaluation in reservoirs and hydropower stations exhibit significant differences, but they align with the actual situation and the respective characteristics of dams in the water conservancy and energy sectors. The technical systems of both systems are based on site inspections and analysis of monitoring data. Safety evaluations are conducted separately for different types of hidden dangers and project sections. To improve the safety appraisal of reservoir dams, it is recommended to revise the "Measures for Safety Appraisal of Reservoir Dams", standardize dam safety monitoring practices, and enhance technical specifications for dam safety evaluation.

**Key words:** reservoirs; hydropower stations; dams; safety appraisal; periodic safety inspection; safety evaluation