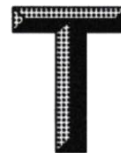


ICS 93.160

CCS P55



团 体 标 准

T/CI 1058—2025

水库溃坝洪水风险评估技术规范

Technical specification for reservoir dambreak floodrisk assessment

2025-06-20 发布

2025-06-20 实施

中国国际科技促进会 发 布

湖北科学技术出版社 出 版

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 基础资料收集与处理..... 2

5 溃坝方案设置..... 2

 5.1 溃坝原因..... 2

 5.2 溃坝型式..... 3

 5.3 计算方案设置..... 3

6 溃坝洪水风险分析..... 3

 6.1 溃口流量计算..... 3

 6.2 溃坝洪水演进计算..... 3

 6.3 溃坝洪水影响分析与损失评估..... 5

7 溃坝洪水风险评估..... 5

 7.1 危险性评估..... 5

 7.2 易损性评估..... 6

 7.3 风险综合评估..... 7

8 溃坝洪水风险评估制图..... 7

 8.1 制图要素..... 7

 8.2 制图要求..... 8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由珠江水利委员会珠江水利科学研究院提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：珠江水利委员会珠江水利科学研究院、广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院有限责任公司、广东省水文局梅州水文分局、广东华南水电高新技术开发有限公司、中国水利水电科学研究院、天津大学、长江水利委员会水文局、河海大学、广西大学、广东河海工程咨询有限公司、长江水利委员会长江科学院。

本文件主要起草人：宋利祥、查大伟、陶昌弟、陈嘉雷、唐金鹏、张丙夺、张雪、周俊烽、江显群、牛文静、冯仲恺、徐嫣、江平、文涛、潘文俊、张大伟、陈立华、胡豫英、蒋华波、刘宇、元媛、谢冰绮、季智灵、赵玉杰、李旭东、张婷、陈玉超、梁彬锐、杨晴宇、吴绍祝、崔占峰、周建银。

本文件为首次发布。

水库溃坝洪水风险评估技术规范

1 范围

本文件规定了水库溃坝洪水风险评估的内容、方法、成果和制图要求。

本文件适用于大、中型水库溃坝洪水风险评估，小型水库及有坝山塘可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款，其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

SL/T 164 溃坝洪水模拟技术规程

SL/T 483 洪水风险图编制导则

SL/Z 720 水库大坝安全管理应急预案编制导则

SL/T 829 水库大坝风险等级划分与评估导则

3 术语和定义

SL/T 164、SL/T 483 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

溃坝洪水 dam-break flow

堤坝或其他挡水建筑物溃决，发生水体突泄所形成的洪水。

[来源：SL/T 164，定义 2.0.1]

3.2

计算范围 analysis area

涵盖所有可能影响编制区域洪水淹没状态的来水和出流，能够明确界定洪水分析计算边界条件的范围。

[来源：SL/T 483，定义 3.15]

3.3

洪水影响分析与损失评估 flood impact analysis and flood damage assessment

分析统计洪水淹没区人口、分类资产受淹情况及计算洪水淹没损失的过程。

[来源：SL/T 483，定义 3.16]

3.4

洪水危险性评估 flood risk assessment

针对洪水孕灾环境和致灾因子，对洪水强度空间分布进行综合评估。

3.5

洪水易损性评估 flood vulnerability assessment

对承灾体在遭受不同强度洪水时可能造成的损害进行综合分析、诊断和评估。

3.6

洪水危险等级分布图 flood hazard level zonation map

基于洪水危险性评估结果，展示区域内洪水灾害自然属性空间分布的地图。

3.7

洪水易损等级分布图 flood vulnerability level zonation map

基于洪水易损性评估结果，展示区域内洪水灾害社会属性空间分布的地图。

3.8

洪水风险等级区划图 flood risk level zonation map

综合洪水危险性评估、洪水易损性评估结果，展示区域内洪水灾害自然与社会双重属性的空间分布的地图。

4 基础资料收集与处理

4.1 应按照 SL/T 483 的相关规定，确定水库溃坝洪水计算范围。

4.2 应按照 SL/T 483、SL/T 164 的相关规定，收集、处理水库溃坝洪水计算范围的基础资料。

4.3 宜收集省、市、县、村（社区）级行政区常住人口统计资料。

4.4 社会经济统计资料统计时限应为最近 3 年。

4.5 应收集水库最新的大坝安全鉴定、除险加固设计或大坝安全定期检查资料，掌握水库大坝性态最新信息。

4.6 应收集水库下游耕地分布、重要单位分布、水利工程分布、其他重要基础设施分布等承载体资料。

4.7 根据需要，可开展必要的现场检查和补充测量。

4.8 应复核基本资料的可靠性、一致性、代表性，对存在明显错误或系统偏差的资料，应予纠正或剔除。

5 溃坝方案设置

5.1 溃坝原因

5.1.1 溃坝原因主要分外力因素、工程因素、人为因素，详细分类可参照 SL/T 829 关于风险因素识别的相关规定。

5.1.2 对于存在多个坝体的水库，溃坝原因还包括为减轻溃坝洪水风险对某个副坝实施主动溃决。

5.2 溃坝型式

溃坝型式包括瞬时全溃、瞬时局部溃决、逐步溃决等。针对不同场景和坝型，溃坝型式选用原则如下：

- a) 遭遇战争、地震等极端突发事件，宜采用瞬时全溃型式；
- b) 其他情况下，对于重力坝、拱坝，整体浇筑的宜采用瞬时全溃型式，分块浇筑的宜采用瞬时局部溃决型式；对于土石坝，宜采用逐步溃决型式。

5.3 计算方案设置

应综合考虑溃决原因、上游来流状况、水库蓄水位、可能溃坝型式等，合理设置计算方案，主要包括 3 个类别：

- a) 基于设计工况的溃坝方案，宜考虑 3 种不同量级洪水：设计标准洪水、校核标准洪水以及超坝顶洪水；
- b) 基于历史典型事件的溃坝方案，宜选取具有代表性的历史典型场次大洪水或溃坝洪水；
- c) 基于极端突发事件的溃坝方案，主要指地震、战争等极端突发情形，宜考虑水库处于正常蓄水位状态。

6 溃坝洪水风险分析

6.1 溃口流量计算

6.1.1 溃口流量过程宜采用经验公式或数学模型计算。

6.1.2 对于瞬时溃决型式，湖泊型水库可考虑构建水库水位-库容关系零维模型与下游局部二维水力学模型进行耦合，河道型水库可考虑构建水库库区一维或二维水力学模型与下游局部二维水力学模型进行耦合。

6.1.3 对于逐渐溃决型式，宜采用可描述溃口发展物理过程的适宜模型，可按 SL/Z 720 执行。

6.1.4 利用数学模型计算的溃口流量过程宜与多种经验公式计算结果进行比较。

6.2 溃坝洪水演进计算

6.2.1 计算方法

6.2.1.1 溃坝洪水演进计算数值模拟可按 SL/T 164 执行。

6.2.1.2 溃坝洪水演进计算可采用一维-二维耦合或二维水力学模型计算。

6.2.2 计算断面设置和网格剖分

6.2.2.1 一维水力学模型断面宜按以下原则布置：断面间距应大于河宽，并根据区域特点和河道特征

确定最大间距，对于平原区河道断面间距宜小于 10 倍河宽，对于山区和丘陵区河道宜小于 5 倍河宽；河道形态变化较大处河段宜加密断面；河道中若存在对洪水演进有明显影响的建(构)筑物，宜予以概化（可考虑零维处理等）。

6.2.2.2 二维网格宜反映计算范围内地形地物的变化特征，在网格剖分过程中考虑主要河道、堤防、高出地面 0.5 m 的道路等作为内边界控制线，并对河道沿岸及人口经济密集区加密处理。

6.2.3 边界条件设置

6.2.3.1 溃坝洪水演进模拟上边界条件取溃口流量过程、水库入库流量过程与泄洪设施下泄流量过程的合理叠加。水库上游有影响洪水过程的水工程时，水库入库流量过程应考虑其正常或非正常运用的影响。

6.2.3.2 溃坝洪水演进模拟下边界条件一般可取水文控制断面的水位-流量关系或安全泄量对应水位、大水体的年最高水位(或年最高天文潮位对应的完整潮型)的多年平均值。

6.2.3.3 水库溃坝洪水与下游洪水存在遭遇组合规律时，宜合理选择偏于安全的组合方式。对于流域控制性水库，在汛期水库溃坝情况下，下游控制断面宜选择遭遇水库下游防洪保护目标相应防洪标准的洪水，如水库设计标准或校核标准或超坝顶洪水演进至下游控制断面后超出此洪水过程，应增加下游洪水量级直至适应。对于非流域控制性水库，在汛期水库溃坝情况下，下游控制断面洪水量级宜不小于 5 年一遇洪水标准，且避免出现水库坝址断面—控制断面区间洪水负值。

6.2.3.4 水库溃坝洪水与下游区间洪水无明确洪水组合方式时，可只考虑水库溃坝洪水的影响。

6.2.4 模型率定验证

6.2.4.1 对于洪水灾害资料较完备的区域，模型率定验证需满足以下要求：

- a) 需选取较为独立的两场以上洪水分别进行率定和验证（率定场次 $\neq$ 验证场次）；
- a) 优先选用具有水文极值代表性的历史洪水序列；
- c) 模型验证的精度应满足 SL/T 483 等相关要求。

6.2.4.2 对于洪水灾害资料较缺乏的区域，或流域下垫面、水系等近期发生较大变化的区域，难以进行率定验证时，宜按照本文件 6.2.5 的要求检验模型的合理性和可用性。

6.2.4.3 模型率定验证资料包括水文站实测水位过程、流量过程，调查洪痕高程，调查洪水淹没范围，溃口形状及发展过程，记录的工程调度过程数据等。

6.2.4.4 采用经率定验证的模型进行溃坝洪水计算，计算过程中若水位、流速、流量等指标出现异常或不合理，应检查地形、计算时间步长、网格质量、边界条件、工程调度规则等是否合理，必要情况下重新开始模型构建和率定验证工作。

6.2.5 计算成果及合理性分析

6.2.5.1 水库溃坝洪水演进模拟宜模拟完整的溃坝或下泄流量过程，以模拟范围内（时段 dT ）不新增 0.1 m 以上淹没水深的网格作为模拟结束条件并形成相应成果。

6.2.5.2 水库溃坝洪水计算成果应主要包括下列内容：

- a) 溃口流量及下游水文站或关键致灾断面水位、流量和流速变化过程；
- b) 溃坝洪水向下游的演进过程及洪峰到达各断面的时间；
- c) 下游重要影响区域的洪水扩散过程及相应水力要素变化过程。

6.2.5.3 溃坝洪水计算宜根据不同方案溃决历时、溃口尺寸、坝前水位等因素，分析溃坝洪水洪峰流量、特征点水位、洪水前锋到达时间、淹没范围、淹没历时等计算结果的变化过程。

6.2.5.4 洪水计算合理性分析宜包含以下几个方面：

- a) 模拟过程中，整个模拟区域中[(边界入流量-下游出流量-河槽变化量-地表洪量-下渗量-蒸发量)/入流量]小于 1%；
- b) 计算过程中的水位、流速、流量等指标是否出现震荡或发散；
- c) 河道水面线是否合理；
- d) 模拟淹没范围是否出现中断；
- e) 洪水到达时间分布是否符合洪水传播规律；
- f) 河道断面或二维网格是否出现负值水深；
- g) 桥涵等阻水构筑物附近水位、流量等要素是否符合基本规律；
- h) 水闸等水工程是否按预设调度规则计算；
- i) 洪水水深分布是否符合地形地势，淹没范围是否与历史近似量级洪水规律一致；
- j) 有物理模型试验成果时，应进行对比分析；
- k) 溃坝洪水方案是否比建筑物正常泄流方案的影响范围更大。

6.3 溃坝洪水影响分析与损失评估

应按照 SL/T 483 的相关规定，开展溃坝洪水影响分析与损失评估。

7 溃坝洪水风险评估

7.1 危险性评估

7.1.1 评价指标

溃坝洪水危险性评估评价指标包括洪水流速 (u_1)、淹没水深 (u_2)。

7.1.2 评价方法

7.1.2.1 评价指标处理

采用式 1 对洪水危险性评价指标进行标准化处理：

$$x_{is} = (x_i - x_{i,min}) / (x_{i,max} - x_{i,min}) \cdots \cdots (1)$$

式中：

x_i ——指标的一个原始数据；

$x_{i,max}$ 和 $x_{i,min}$ ——分别为指标原始系列数据中的最大值、最小值；

x_{is} —— x_i 经过标准化的值，其数值在 0~1 之间。

7.1.2.2 洪水危险性等级确定

溃坝洪水危险性评价指标（洪水流速、淹没水深）可分为 5 个等级标准，即极低危险等级、低危险等级、中等危险等级、高危险等级、极高危险等级。（见表 1）

表 1 洪水危险性评价指标的等级

危险性指标	1（极低危险）	2（低危险）	3（中等危险）	4（高危险）	5（极高危险）
$u_1/(\text{m/s})$	0~0.05	0.05~0.15	0.15~0.25	0.25~0.35	>0.35
u_2/m	0~0.30	0.30~0.45	0.45~1.20	1.20~1.50	>1.50

注：表中数据可结合不同区域实际情况进行调整。

7.1.2.3 洪水危险度计算

将上述 2 个评价指标按 5 个等级（由低等级到高等级）提取各等级标准的阈值，并将各指标阈值分别按标准化公式进行处理。

利用层次分析法计算出各指标权重 w_1 （洪水流速指标权重）、 w_2 （淹没水深指标权重），按式 2 可计算洪水危险度等级的阈值，并可得出洪水危险度等级标准，对评价单元进行洪水危险性评价。

$$FXD=w_1u_{1is}+w_2u_{2is} \cdots \cdots \cdots (2)$$

式中：
 FXD ——洪水危险度；
 u_{1is} 、 u_{2is} ——标准化处理后的洪水流速、淹没水深指标值。

7.2 易损性评估

7.2.1 评价指标

溃坝洪水易损性评估可选取人口（ u_3 ）、经济（ u_4 ）、居民地（ u_5 ）、农用地（ u_6 ）作为评价指标。

7.2.2 评价方法

7.2.2.1 按照本文件 7.1.2.1 对评价指标进行处理。

7.2.2.2 洪水易损度计算：

利用层次分析法计算得出的指标权重 w_3 （经济指标权重）、 w_4 （人口指标权重）、 w_5 （居民地指标权重）、 w_6 （农用地指标权重），按式 3 可计算洪水易损度。

$$YSD=w_3u_{3is}+w_4u_{4is}+w_5u_{5is}+w_6u_{6is} \cdots \cdots \cdots (3)$$

式中：
 YSD ——洪水易损度；
 u_{3is} 、 u_{4is} 、 u_{5is} 、 u_{6is} ——标准化处理后的经济、人口、居民地、农用地指标值。

7.2.2.3 洪水易损性等级标准确定：

基于正态分布假设，计算所有单元（网格或行政区划单元）易损度的平均值 α 和标准差 σ ，按如下原则确定易损度分布的累积概率阈值：

极低与低等的累积概率阈值： $F=20\%$ ；

低等与中等的累积概率阈值： $F=40\%$ ；
中等与高等的累积概率阈值： $F=60\%$ ；
高等与极高等的累积概率阈值： $F=80\%$ 。
其中， F 为基于正态分布假设的累积概率。根据 F 的值可以推求得到相应的洪灾易损度阈值：
极低与低等的阈值： $\text{norminv}(0.2, \alpha, \sigma)$ ；
低等与中等的阈值： $\text{norminv}(0.4, \alpha, \sigma)$ ；
中等与高等的阈值： $\text{norminv}(0.6, \alpha, \sigma)$ ；
高等与极高等的阈值： $\text{norminv}(0.8, \alpha, \sigma)$ ；
其中， norminv 为正态分布函数的反函数。

7.3 风险综合评估

洪灾风险综合评估是危险性评估和易损性评估的综合集成，通过构造风险等级分区矩阵，确定洪水危险等级与易损等级的不同组合对应的风险等级，以实现溃坝洪水风险综合评价。风险等级分区矩阵如图1所示。

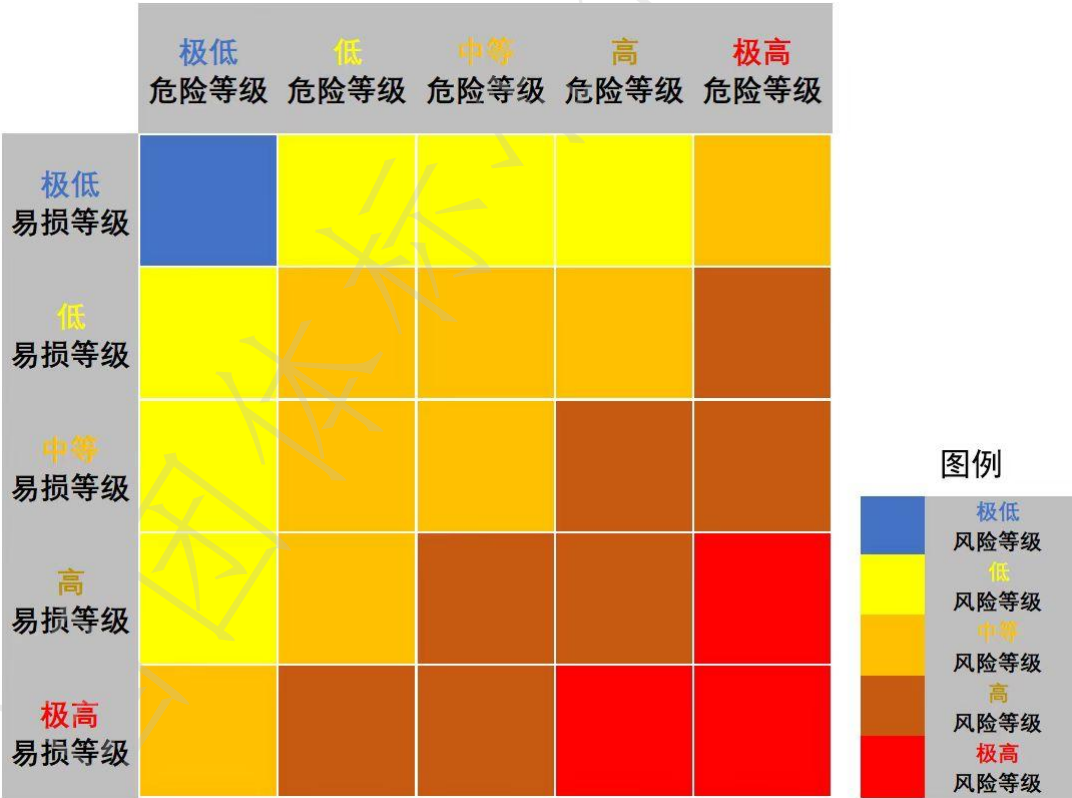


图1 风险等级分区矩阵

8 溃坝洪水风险评估制图

8.1 制图要素

8.1.1 制图要素包含基础地理信息、水利工程信息、洪水风险评估结果要素及其他相关信息。

8.1.2 基础地理信息包括行政区界、居民地、主要河流、湖泊、主要交通道路等信息。

8.1.3 水利工程信息包括水文测站、水库、堤防、水闸等工程信息。

8.1.4 洪水风险评估结果要素指通过洪水风险评估得到的反映洪水危险性、易损性和综合风险的，具有空间分布特征的信息，包括洪水危险等级、洪水易损等级、洪水风险等级等。

8.1.5 坐标系采用中国大地坐标系统 2000 (CGCS2000)，高程基准采用 1985 年国家高程基准。

8.2 制图要求

8.2.1 命名规则为：水库名称+洪水计算方案概要+评估图件类型。

8.2.2 基础地理要素图式应符合对应比例尺范围的国家地形图图式标准。

8.2.3 水利工程要素图式要求如下：

- a) 制图比例尺接近 1:50 000 时，水利工程专题要素应符合 SL 73.7 的规定；
- b) 其他情况下，可根据制图比例尺对符号大小进行适当调整，宜保留符号的形状、颜色等属性，符号尺寸的设置应显示清晰、大小适度、整体协调；
- c) 洪水风险评估结果要素图式应满足以下要求：
 - 1) 洪水危险等级分布图的洪水危险等级宜分为极低等、低等、中等、高等、极高等，用浅橙红至饱和橙红色系面状充填表示不同等级洪水危险程度[色系 RGB 值：极低等 (R:255、G: 217、B: 179)、低等 (R:245、G: 191、B: 115)、中等 (R:255、G: 153、B: 61)、高等 (R:245、G: 112、B: 0)、极高等 (R:245、G: 77、B: 25)]；
 - 2) 洪水易损等级分布图的洪灾易损等级宜分为极低等、低等、中等、高等、极高等，用浅棕至深棕色系面状充填表示不同等级洪灾易损程度[色系 RGB 值：极低等 (R:242、G: 224、B: 179)、低等 (R:224、G: 204、B: 133)、中等 (R:195、G: 160、B: 70)、高等 (R:153、G: 120、B: 25)、极高等 (R:122、G: 90、B: 13)]；
 - 3) 洪水风险等级区划图的综合风险等级宜分为极低等、低等、中等、高等、极高等，用蓝色至饱和红色系面状充填表示不同等级综合风险[色系 RGB 值：极低等 (R:68、G: 115、B: 197)、低等 (R:255、G: 255、B: 0)、中等 (R:255、G: 192、B: 1)、高等 (R:198、G: 90、B: 17)、极高等 (R:255、G: 0、B: 0)]；
 - 4) 可根据实际应用需要调整各洪水风险评估结果要素的等级划分区间，但等级数及各等级要素的充填色系应与以上要求一致。
- d) 溃坝洪水风险评估图地图版面应满足以下要求：
 - 1) 洪水风险评估结果要素图形对象应居中，按照美观、简洁、和谐的原则设置，可通过符号大小、颜色、文字标注等突出相关水利工程和重点保护对象；
 - 2) 图中应明确标示指北针、图例等辅助信息，根据需要还可增加编制单位、编制人员、编制日期等辅助信息；
 - 3) 指北针应为黑白色，形态简明朴素，置于图幅右上角，大小可根据图面尺寸确定；
 - 4) 图例宜置于图幅右下角，自上而下依次为点状图例、线状图例、面状图例、洪水风险评估结果要素等级图例；
 - 5) 溃坝洪水风险评估图图幅宜采用 A0、A3、1:50 000 标准分幅 3 种规格。

团 体 标 准

水库溃坝洪水风险评估技术规范

T/CI 1058—2025

*

湖北科学技术出版社出版发行
武汉市雄楚大街268号湖北出版文化城B座
13—14座 (430070)

总编室: (027) 87679429

湖北新华印务有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.875 字数 7千字
2025年6月第一版 2025年6月第一次印刷
书号: 155706 · 137 定价: 49元



版权专有, 侵权必究