

ICS 91.040.01

CCS P20

工程建设行业
团体标准

NAIC

T/NAIC 00X-2025

古代砖石拱桥隐患排查技术标准（征求意见稿）

Technical Standards for Hidden Danger Investigation of Ancient
Masonry Arch Bridges

2025年XX月XX日发布

2025年XX月XX日实施

中国民族建筑研究会 发布

目 录

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 基本规定	4
4.1 一般规定	4
4.2 隐患排查工作程序	5
5 孕灾环境排查	6
5.1 一般规定	6
5.2 排查方法	7
6 致灾因子排查	7
6.1 一般规定	7
6.2 排查方法	8
7 桥梁本体排查	8
7.1 一般规定	8
7.2 排查方法	9
8 隐患评估	10
8.1 一般规定	10
8.2 结构隐患评估	11
8.3 洪灾隐患评估	15
9 隐患处理措施	19
9.1 一般规定	19
9.2 隐患处理措施	19
附录 A （资料性）古代砖石拱桥初步隐患排查情况表	21
附录 B （资料性）古代砖石拱桥结构隐患排查表	22
附录 C （资料性）古代砖石拱桥洪灾隐患排查表	23
附录 D （资料性）土体的渗透系数值	24

前 言

本文件按照标准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。

本文件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。

本文件由中国民族建筑研究会提出并归口。

本文件主要起草单位：同济大学、东南大学。

本文件参与起草单位：

本文件主要起草人员：沈殷、戴仕炳、淳庆。

本文件主要审查人员：

本文件为首次发布。

1 范围

1.1 为规范古代砖石拱桥隐患排查的工作程序、环境排查、结构排查、隐患评估、保护措施建议等内容，做到安全、有效、适用，制定本文件。

1.2 本文件适用于由各级人民政府公布为文物保护单位和不可移动文物的古代砖石拱桥保护利用过程。

1.3 本文件适用于文物主管单位、使用管理者等相关责任人对古代砖石拱桥开展的灾害隐患排查和隐患评估工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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。

GB 50003 砌体结构设计规范

GB 50292 民用建筑可靠性鉴定标准

GB 55021 既有建筑鉴定与加固通用规范

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准

GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准

GB 50702 砌体结构加固设计规范

GB/T 39056 古建筑砖石结构维修与加固技术规范

GB/T 50357 历史文化名城名镇名村保护规划规范

WWT 0048 近现代历史建筑结构安全性评估导则

JTG D61 公路圬工桥涵设计规范

JTC/T H21-2011 公路桥梁技术状况评定标准

SL 373-2007 水利水电工程水文地质勘察规范

CJJ 11 城市桥梁设计规范

CJJ 39 古建筑修建工程质量检验评定标准（北方地区）

CJJ 70 古建筑修建工程质量检验评定标准（南方地区）

DB11/T 2087 古建筑砖石结构现场勘察技术规范

DB11/T 1955 古建筑维护与加固技术规范 石结构

DB11/T 1828 文物保护工程资料管理规程

DB11/T 1190.2 古建筑结构安全性鉴定技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 古代砖石拱桥 ancient masonry arch bridge

1949 年之前，由砖石块体和灰浆砌筑而成的砌体桥梁，包括拱券结构、拱上结构、下部结构等构件。

3.2 隐患排查 hidden danger investigation

实施一组工作活动，以评定可能对古代砖石拱桥的工作状态产生不利影响的因素或事件。

3.3 勘察 reconnaissance

对孕灾环境、致灾因子、桥梁本体的状况进行的现场检查、检测和调查等工作。

3.4 孕灾环境隐患 hidden danger of disaster environment

桥址处大气环流、水文条件、地形高差、植被条件、河床土质等可能导致桥梁损毁的灾害性环境要素。

3.5 致灾因子隐患 hidden danger of disaster factors

由降水、水位高度、水体流速、水体密度、漂浮物等产生的，能够对桥梁结构安全产生不利影响的因素。

3.6 桥梁本体隐患 hidden danger of bridge structure

在自然、人类活动等因素的影响下，古代砖石拱桥本体结构上存在的变形或位移、材料劣化、裂缝和其他残损等。

3.7 结构隐患评估 assessment of hidden danger of structure

根据调查、检测和分析验算结果，对潜在可能影响古代砖石拱桥结构安全性的风险进行定量评估。

3.8 洪灾隐患评估 assessment of hidden danger of flooding

根据现场调查以及排查结果，古代砖石拱桥遭遇洪灾风险的可能性进行定量评估。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 古代砖石拱桥排查工作应遵守以下基本原则：

- a) 排查工作应基于科学的方法和理论，采用合理的技术手段和程序。
- b) 排查工作应全面覆盖古代砖石拱桥的所有结构和构件及其环境，不留死角。
- c) 排查工作应由经过古代砖石拱桥洪灾隐患排查技术培训，并有类似工作经验的人

员执行。

- d) 在排查过程中，应优先考虑古代砖石拱桥的保护，避免因排查活动对古代砖石拱桥造成损害。
- e) 排查工作应尽量减少对古代砖石拱桥的干扰和破坏，应优先采用原位测试和无损检测技术，必要时可辅助进行微损检测技术。
- f) 排查工作应详细记录排查过程和结果，并编制正式的排查报告。
- g) 排查工作应包括对突发事件的应急响应措施，确保在发现重大隐患时能够迅速采取行动。

4.1.2 古代砖石拱桥的隐患排查工作，宜按照表 1 规定的周期组织隐患排查工作。

表 1 隐患排查周期

文物保护单位	排查周期
世界文化遗产	a) 宜安排排查人员每月进行一次隐患排查工作； b) 在特殊条件下，宜安排排查人员每周进行一次。
全国重点文物保护单位	a) 宜安排排查人员每月进行一次隐患排查工作； b) 在特殊条件下，宜安排排查人员每周进行一次。
省级文物保护单位	a) 宜安排排查人员每月进行一次隐患排查工作； b) 在特殊条件下，宜安排排查人员每周进行一次。
市县级文物保护单位	a) 宜安排排查人员每两月进行一次隐患排查工作； b) 在特殊条件下，宜安排排查人员每周进行一次。
尚未核定公布为文物保护单位的不可移动文物、历史建筑	a) 宜安排排查人员每季度进行一次隐患排查工作； b) 在特殊条件下，宜安排排查人员每周进行一次。

4.2 隐患排查工作程序

4.2.1 古代砖石拱桥隐患排查工作程序应包括下列内容：

- a) 前期调研：收集古代砖石拱桥的历史资料、设计施工资料、以往的检查和维修记录。
- b) 现场勘察：对古代砖石拱桥进行全面的视觉检查，记录裂缝、变形、侵蚀等损伤；对古代砖石拱桥的几何形状、尺寸和对齐情况进行精确测量；对古代砖石拱桥的周边环境进行详细记录。
- c) 孕灾环境排查：分别排查环境中可能导致古代砖石拱桥洪灾破坏的因素，包括大气环流、水文条件、地形特征、植被覆盖、土壤地质等因素。
- d) 致灾因子排查：分别排查可能导致古代砖石拱桥洪灾破坏的因素降水情况、水体水动力、漂浮物等因素。
- e) 桥梁本体排查：分别排查拱券、侧墙、桥墩等构件的承载能力、变形、构造和残损等排查项目的隐患风险。
- f) 结构隐患评估：综合桥梁本体隐患的排查结果，评估古代砖石拱桥当前的结构隐患风险。
- g) 洪灾隐患评估：综合孕灾环境、致灾因子和桥梁本体的隐患排查结果，评估古代

砖石拱桥周边环境的洪灾隐患风险。

h) 评估结果和报告：编制详细的评估报告，并提出相对应的处理建议。

4.2.2 现场检测所用仪器设备的适用范围和检测精度应满足砖石结构材料性能变形、损伤等检测项目的要求。检测所用仪器设备应处于检定或校准有效期内，并应处于正常状态。仪器设备使用环境应满足对应温度、湿度等条件要求。

4.2.3 现场检测的测区和测点应有可擦除的标注和编号，用于标注、编号的材料应对构件本体无危害。标注和编号宜保留一定时间。

4.2.4 现场检测获取数据的记录或信息应符合下列规定：

- a) 人工记录时，宜用专用表格，并应做到数据准确、字迹清晰、信息完整，不得涂改；当有笔误时，应进行更改并签字确认。
- b) 仪器自动记录的数据应保存，宜打印输出后经现场检测人员校对确认。
- c) 图像信息应标明获取信息的时间和位置。

4.2.5 现场取得的试样应及时标识并保存。

4.2.6 排查数据数量不足或数据出现异常情况时，应进行复查或补充检测。

5 孕灾环境排查

5.1 一般规定

5.1.1 古代砖石拱桥洪灾孕灾环境的排查，应包括下列内容：

- a) 大气环流类型、季风性质和所处气候区；
- b) 所处区域的产流模式；
- c) 周边地形地貌特征；
- d) 植被覆盖条件和植被类型；
- e) 地质结构和土壤渗流特性。

5.1.2 气象条件的排查，应包括下列内容：

- a) 季风气候特性；
- b) 大气环流区域；
- c) 干湿气候区。

5.1.3 水文条件的排查，应包括下列内容：

- a) 水资源总量；
- b) 降水总量。

5.1.4 地形条件的排查，应包括下列内容：

- a) 河流走向；
- b) 河岸类型；
- c) 场地坡度；

d) 场地高差。

5.1.5 植被条件的排查，应包括下列内容：

a) 植被类型；

b) 植被密度。

5.1.6 地质条件的排查，应包括下列内容：

a) 土壤土层结构；

b) 土壤类型。

5.2 排查方法

5.2.1 古代砖石拱桥洪灾孕灾环境的排查，宜采用下列方法：

a) 气象条件排查：现场调研、气象资料收集等。

b) 水文条件排查：现场调研、水文数据收集、无人机拍摄等。

c) 地形条件排查：现场调研、地形数据收集、无人机拍摄等。

d) 植被条件排查：现场调研、植被数据收集、无人机拍摄等。

e) 地质条件排查：现场调研、地质资料收集等。

6 致灾因子排查

6.1 一般规定

6.1.1 古代砖石拱桥洪灾致灾因子的排查，应包括下列内容：

a) 实时降水情况、近期降水情况和降水规律；

b) 桥梁所跨水体的动力状态和水体状态；

c) 常见漂浮物和潜在漂浮物。

6.1.2 降水条件的排查，应包括下列内容：

a) 1 h 降水量数据；

b) 6 h 降水量数据；

c) 24 h 降水量数据；

d) 近 30 天降水量数据；

e) 年平均降水量数据。

6.1.3 水力条件的排查，应包括下列内容：

a) 历史洪水位；

b) 正常水位；

c) 汛期水位变化；

d) 水体流量、流速、水体密度。

6.1.4 漂浮物的排查，应包括下列内容：

- a) 水面的常见漂浮物类型;
- b) 上游区域的潜在漂浮物类型, 如船舶、树木、大型包装物。

6.2 排查方法

6.2.1 古代砖石拱桥洪灾致灾因子的排查, 宜采用下列方法:

- a) 降水情况排查: 现场调研、气象资料收集等;
- b) 水体情况排查: 现场调研、水位计和流速计检测水体、计量装置测量水体密度等;
- c) 漂浮物排查: 现场调研、无人机拍摄等。

7 桥梁本体排查

7.1 一般规定

7.1.1 古代砖石拱桥桥梁本体的排查, 应包括下列内容:

- a) 拱券结构排查: 指排查古代砖石拱桥的拱券部分。
- a) 拱上结构排查: 指排查古代砖石拱桥拱券以上的结构部分, 包括侧墙、桥面、填料、望柱、栏板等。
- b) 下部结构排查: 指排查支撑古代砖石拱桥的基础部分, 主要包括桥墩、桥台等。

7.1.2 古代砖石拱桥拱券结构的排查, 应包括下列内容:

表 2 拱券结构的隐患排查

排查项目	记录内容
承载能力	a) 计算拱券抗力与效应的比值, 结构倾覆、滑移的验算, 应按现行行业标准《公路圬工桥涵设计规范》JTG D61 的有关规定执行。
构造	a) 记录拱券的砌筑方式。 b) 记录拱券的连接损坏情况, 如灰浆流失。
位移	a) 测量并记录拱券的垂直和水平位移量, 以及倾斜或偏移情况。 b) 记录拱券的错位情况。
裂缝	a) 记录裂缝的具体位置。 b) 测量裂缝的长度、宽度和深度, 以及裂缝的发展趋势。 c) 区分裂缝是结构裂缝还是非结构裂缝。
缺失	a) 记录缺失脱落的具体位置。 b) 测量缺失脱落的面积和程度以及发展趋势。
风化	a) 记录风化的具体位置和面积。 b) 记录风化的程度。

7.1.3 古代砖石拱桥拱上结构的排查, 应包括下列内容:

表 3 拱上结构的隐患排查

排查项目	记录内容
承载能力	a) 计算拱上结构抗力与效应的比值, 结构倾覆、滑移的验算, 应按国家现行有关规范的规定进行。
构造	a) 记录拱上结构的砌筑方式。 b) 记录拱上结构的连接损坏情况, 如灰浆流失。

位移	a) 测量并记录拱上结构的垂直和水平位移量，以及倾斜或偏移情况。 b) 记录拱上结构的膨胀情况。
裂缝	a) 记录裂缝的具体位置。 b) 测量裂缝的长度、宽度和深度，以及裂缝的发展趋势。 c) 区分裂缝是结构裂缝还是非结构裂缝。
缺失	a) 记录缺失脱落的具体位置。 b) 测量缺失脱落的面积和程度以及发展趋势。
风化	a) 记录风化的具体位置和面积。 b) 记录风化的程度。

7.1.4 古代砖石拱桥下部结构的排查，应包括下列内容：

表 4 下部结构的隐患排查

排查项目	记录内容
桥墩/桥台 稳定性	a) 记录桥墩/桥台是否存在滑移、倾斜、错位、沉降和冲刷掏空等现象。
桥墩/桥台 安全性	b) 记录桥墩/桥台是否存在开裂、风化、局部缺失等现象。

7.2 排查方法

7.2.1 古代砖石拱桥洪灾桥梁本体的排查，宜采用下列方法：

现场调研、三维激光扫描和倾斜摄影、超声波检测方法、回弹仪检测方法、裂缝测宽仪检测方法等。

8 隐患评估

8.1 一般规定

8.1.1 古代砖石拱桥的隐患评估应按孕灾环境、致灾因子、桥梁本体三个专项进行。孕灾环境和致灾因子专项应按排查项目分别划分两个层次；桥梁本体应按勘查项目、构件、构件集划分四个层次。每一层次宜划分为四个安全性等级，采用累计得分的方式进行评估。评估应从排查项目开始，并按表 5 逐层进行计算评定。

表 5 古代砖石拱桥的隐患定量评估体系

层次	五		四		三	二	一
层名	整体		专项		构件集	构件	排查项目
等级划分	A_{su} 、 B_{su} 、 C_{su} 、 D_{su}		A_u 、 B_u 、 C_u 、 D_u		A 、 B 、 C 、 D	a 、 b 、 c 、 d	a' 、 b' 、 c' 、 d'
隐患 评估 程序	洪灾 隐患 评估	由上一层次 计算得到该 项目等级	孕灾 环境	由上一 层次计 算得到 该项目 等级	—		按隐患及隐患 危险程度评定 该项目等级
			致灾 因子	由上一 层次计 算得到 该项目 等级	—		按隐患及隐患 危险程度评定 该项目等级
	结构 隐患 评估	取上一层次 的项目等级	桥梁 本体	由上一 层次计 算得到 该项目 等级	由上一 层次计 算均 值得到 该项目 等级	由上一 层次计 算得到 该项目 等级	按隐患及隐患 危险程度评定 该项目等级

8.1.2 每一等级对应百分制得分，古代砖石拱桥隐患定量评估得分应按下式计算：

$$P = \sum DP_i$$

式中：

P ——隐患定量评估得分；

D ——指标权重值；

P_i ——指标 i 的定量评估得分。

8.1.3 各层次得分值与等级换算方式应按表 6 执行。

表 6 各层次分值表

排查项目指标等级	a'	b'	c'	d'
	100	67	33	0
其余指标等级	A_{su}	B_{su}	C_{su}	D_{su}
	76~100	51~75	26~50	0~25

8.1.4 在进行洪灾隐患评估时，专项层次的权重值应按表 7 执行。

表 7 专项层次权重

评估项目	专项指标权重值
孕灾环境敏感性	0.20
致灾因子危险性	0.30
桥梁本体脆弱性	0.50

8.1.5 古代砖石拱桥隐患评估的评级标准应按下列要求执行。

- a) A_{SH} : 古代砖石拱桥安全；可能有极少数隐患应采取措施。
- b) B_{SH} : 隐患尚不明显影响古代砖石拱桥安全；有极少数隐患应采取措施。
- c) C_{SH} : 隐患已经影响古代砖石拱桥安全；应采取措施，且可能有极少数隐患必须立即采取措施。
- d) D_{SH} : 隐患已经严重影响古代砖石拱桥安全；必须立即采取措施。

8.2 结构隐患评估

8.2.1 古代砖石拱桥结构隐患评估应符合下列规定：

- a) 桥梁结构的隐患评估是对桥梁本体的隐患进行评估，应包括拱券结构、拱上结构、下部结构三个构件集的评估。
- b) 当对拱券结构进行评估时，应根据承载能力计算结果、构造排查结果、变形排查结果和残损排查结果进行评估。
- c) 当对拱上结构进行评估时，应根据承载能力计算结果、构造排查结果、变形排查结果和残损排查结果进行评估。
- d) 当对下部结构进行评估时，应根据沉降排查结果和残损排查结果进行评估。
- e) 构件集的隐患得分应按所包含构件的隐患得分的平均值计算，构件的隐患得分应按所包含勘查项目的隐患得分加权计算。

8.2.2 桥梁本体的构件和排查项目层次的权重值应按表 8 执行。

表 8 桥梁本体排查项目权重

构件集	权重值	构件的排查项目	权重值
拱券结构	0.55	承载能力	0.35
		构造	0.20
		位移	0.15
		裂缝	0.10
		缺失	0.15
		风化	0.05
拱上结构	0.15	承载能力	0.35
		构造	0.20
		位移	0.15
		裂缝	0.10
		缺失	0.15

		风化	0.05
下部结构	0.30	桥墩/桥台稳定性	0.40
		桥墩/桥台安全性	0.60

8.2.3 当按承载能力评定拱券结构构件的隐患等级时，应按表 9 的规定分别评定每一验算项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件承载能力的隐患等级。拱券结构倾覆、滑移的验算，应按国家现行有关规范的规定进行。

表 9 拱券结构承载能力排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	$R / (\gamma_0 S) \geq 1.00$
b'	$R / (\gamma_0 S) \geq 0.95$
c'	$R / (\gamma_0 S) \geq 0.90$
d'	$R / (\gamma_0 S) < 0.90$

8.2.4 当按构造评定拱券结构构件的安全性等级时，应按表 10 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件构造的隐患等级。

表 10 拱券结构构造排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	连接及砌筑方式正确，灰缝完好无脱落，无渗水现象
b'	连接及砌筑方式正确，仅有局部的表面缺陷，局部灰缝松散脱落，结构或构件局部出现轻微水渍
c'	连接及砌筑方式不当，构造有严重缺陷，较大范围灰缝松散脱落，结构或构件局部有渗水现象，伴有晶体析出
d'	连接及砌筑方式不当，构造有严重缺陷，灰缝基本完全松散脱落，丧失粘结作用，结构或构件多处有严重渗水现象，渗水处伴有大量晶体析出

8.2.5 当按位移评定拱券结构构件的安全性等级时，应按表 11 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件位移的隐患等级。

表 11 拱券结构位移排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	拱券无变形，无位移；拱脚无位移
b'	拱券存在轻微变形或出现横移、外倾；拱脚存在轻微水平、竖向位移和转角
c'	主拱券存在明显变形或沿顺桥向、横桥向出现较大位移；拱脚存在明显水平、竖向位移和转角
d'	主拱券存在严重变形或沿顺桥向、横桥向出现严重位移，严重影响结构安全；拱脚存在严重影响桥梁结构安全的错台、位移

8.2.6 当按裂缝评定拱券结构构件的安全性等级时，应按表 12 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件裂缝的隐患等级。

表 12 拱券结构裂缝排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	无裂缝或少量的非结构性裂缝。
b'	有少量结构性裂缝，局部出现网状裂纹，或出现非结构性裂缝，裂缝宽度较

	小
c'	有较多结构性裂缝，裂缝分布较为密集，大面积出现网状裂纹或非结构性裂缝，部分裂缝宽度明显
d'	有大量结构性裂缝，裂缝贯通截面或拱券结构严重断裂，大面积出现网状裂纹或非结构性裂缝使构件丧失完整性，裂缝宽度明显

8.2.7 当按缺失评定拱券结构构件的安全性等级时，应按表 13 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件缺失的隐患等级。

表 13 拱券结构缺失排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	无砌块脱落现象
b'	拱券小范围局部砌块脱
c'	拱券较大范围砌块脱落
d'	拱券大范围砌块脱落

8.2.8 当按风化评定拱券结构构件的安全性等级时，应按表 14 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件风化的隐患等级。

表 14 拱券结构风化排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	无风化现象
b'	局部有风化现象，砌体表面剥落
c'	大范围存在风化现象，砌体表面大量剥落
d'	出现严重的风化现象，砌体表面严重剥落

8.2.9 当按承载能力评定拱上结构构件的隐患等级时，应按表 15 的规定分别评定每一验算项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件承载能力的隐患等级。拱券结构倾覆、滑移的验算，应按现行行业标准 JTG D61 的有关规定执行。

表 15 拱上结构承载能力排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	$R / (\gamma_0 S) \geq 1.00$
b'	$R / (\gamma_0 S) \geq 0.90$
c'	$R / (\gamma_0 S) \geq 0.85$
d'	$R / (\gamma_0 S) < 0.85$

8.2.10 当按构造评定拱上结构构件的安全性等级时，应按表 16 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件构造的隐患等级。

表 16 拱上结构构造排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	连接及砌筑方式正确，灰缝完好无脱落，无渗水现象
b'	连接及砌筑方式正确，仅有局部的表面缺陷，局部灰缝松散脱落，结构或构件局部出现轻微水渍
c'	连接及砌筑方式不当，构造有严重缺陷，较大范围灰缝松散脱落，结构或构件局部有渗水现象，伴有晶体析出

d'	连接及砌筑方式不当，构造有严重缺陷，灰缝基本完全松散脱落，丧失粘结作用，结构或构件多处有严重渗水现象，渗水处伴有大量晶体析出
------	--

8.2.11 当按位移评定拱上结构构件的安全性等级时，应按表 17 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件位移的隐患等级。

表 17 拱上结构位移排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	侧墙无变形，无位移；拱上填料无沉陷或开裂现象
b'	侧墙出现轻微鼓肚现象；拱上填料出现轻微沉陷或开裂现象
c'	侧墙出现明显鼓肚现象，或明显倾斜、外移等变形现象；拱上填料出现明显沉陷或开裂现象
d'	侧墙产生严重鼓肚、倾斜、外移等现象，导致桥面出现严重塌陷或沉降；拱上填料出现较大范围沉陷或开裂，导致桥面出现塌陷或沉降现象

8.2.12 当按裂缝评定拱上结构构件的安全性等级时，应按表 18 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件裂缝的隐患等级。

表 18 拱上结构裂缝排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	无裂缝或少量的非结构性裂缝
b'	有少量结构性裂缝，局部出现网状裂纹，或出现非结构性裂缝，裂缝宽度较小
c'	有较多结构性裂缝，裂缝分布较为密集，大面积出现网状裂纹或非结构性裂缝，部分裂缝宽度明显
d'	有大量结构性裂缝，裂缝贯通截面或拱上结构结构严重断裂，大面积出现网状裂纹或非结构性裂缝使构件丧失完整性，裂缝宽度明显

8.2.13 当按缺失评定拱上结构构件的安全性等级时，应按表 19 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件缺失的隐患等级。

表 19 拱上结构缺失排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	无砌块脱落现象
b'	拱上结构小范围局部砌块脱落
c'	拱上结构较大范围砌块脱落
d'	拱上结构大范围砌块脱落

8.2.14 当按风化评定拱上结构构件的安全性等级时，应按表 20 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件风化的隐患等级。

表 20 拱上结构风化排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	无风化现象
b'	局部有风化现象，砌体表面剥落
c'	大范围存在风化现象，砌体表面大量剥落
d'	出现严重的风化现象，砌体表面严重剥落

8.2.15 当按稳定性评定下部结构构件的安全性等级时，应按表 21 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件稳定性的隐患等级。

表 21 桥墩/桥台稳定性排查项目评定标准

等级	评定标准
<i>a'</i>	桥墩和桥台无位移现象；桥墩和桥台无沉降；无冲蚀现象
<i>b'</i>	桥墩和桥台出现轻微下沉、倾斜滑动，发展缓慢或趋向稳定；桥墩和桥台轻微沉降，或金刚墙轻微倾斜；桥墩/桥台下部有局部冲蚀现象，部分外露但未漏出桥墩/桥台底面
<i>c'</i>	桥墩和桥台出现滑动、下沉、倾斜、冻拔等，桥台背部填土有沉降裂缝或挤压隆起，变形发展较快；桥墩和桥台沉降较大，或金刚墙明显倾斜；桥墩/桥台下部被冲空，露出桥墩/桥台底面
<i>d'</i>	桥墩和桥台不稳定，出现严重滑动、下沉、位移、倾斜、冻拔等，造成结构和桥面变形过大，变形导致不能正常通行；桥墩和桥台明显沉降，或金刚墙严重倾斜；冲刷深度过大，河床失效，承载力降低

8.2.16 当按安全性评定下部结构构件的安全性等级时，应按表 22 的规定分别评定每个排查项目的等级，并应取其中最低等级作为该构件安全性的隐患等级。

表 22 桥墩/桥台安全性排查项目评定标准

等级	评定标准
<i>a'</i>	桥墩/桥台无裂缝；桥墩/桥台排水良好；桥墩/桥台无砌块断裂或脱落现象
<i>b'</i>	桥墩/桥台有少量裂缝，裂缝宽度较小；桥墩/桥台排水不良，造成桥墩/桥台被渗水侵蚀；桥墩/桥台小范围砌体断裂，甚至脱落
<i>c'</i>	桥墩/桥台有较多裂缝，裂缝分布较为密集，裂缝宽度未超限；桥墩/桥台排水不畅，填土出现膨胀或冻胀现象，造成挤压隆起，变形发展较快；桥墩/桥台较大范围砌体断裂，脱落现象较多
<i>d'</i>	桥墩/桥台出现大量结构性裂缝，裂缝宽度超限，裂缝长度接近截面尺寸，存在变形失稳趋势；桥墩/桥台排水不畅，填土出现膨胀或冻胀现象，造成台身、翼墙等构件出现大面积鼓肚或砌体松动，甚至出现严重变形；桥墩/桥台大范围砌体断裂，脱落现象严重，严重影响桥梁结构安全

8.3 洪灾隐患评估

8.3.1 古代砖石拱桥的洪灾隐患评估应包括孕灾环境的隐患评估、致灾因子的隐患评估和桥梁本体的隐患评估。

8.3.2 孕灾环境的隐患评估应符合以下规定：

- a) 孕灾环境隐患评估应包括大气环流、水文条件、地形高差、植被条件、河床土质五个排查项目的评估。
- b) 当对大气环流隐患进行评估时，应根据气象排查报告、季风观测资料或特殊气象对古代砖石拱桥所处地区的影响的排查结果进行评估。
- c) 当对水文条件隐患进行评估时，应根据产水条件的排查结果或古代砖石拱桥所处地区的水文地质报告进行评估。
- d) 当对地形高差隐患进行评估时，应根据地形排查测绘报告进行评估。

- e) 当对植被条件隐患进行评估时，应根据植被覆盖的排查结果或古代砖石拱桥所处地区的植被覆盖评价报告进行评估。
- f) 当对河床土质隐患进行评估时，应根据河床土壤导水性质的排查结果或古代砖石拱桥所处地区的水文地质报告进行评估。

8.3.3 桥梁的孕灾环境排查项目层次的权重值应按表 23 执行。

表 23 孕灾环境排查项目权重

排查项目	权重值
大气环流	0.10
水文条件	0.30
地形高差	0.30
植被条件	0.15
河床土质	0.15

8.3.4 对孕灾环境中涉及安全的大气环流勘查项目进行鉴定时，应按表 24 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 24 大气环流排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	欧亚中高纬度大气环流未见异常；西太平洋副热带高压位置未见明显变动；季风作用较小；不出现极端气候
b'	欧亚中高纬度大气环流未见异常；西太平洋副热带高压位置少量变动；季风存在少量变化；不出现极端气候
c'	欧亚中高纬度大气环流少量变化，出现东北等区域的少量冷涡；西太平洋副热带高压位置出现南移；季风作用增强；不出现极端气候
d'	欧亚中高纬度大气环流变化；西太平洋副热带高压位置偏南；季风作用剧烈；出现极端气候

8.3.5 对孕灾环境中涉及安全的水文条件勘查项目进行鉴定时，应按表 25 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 25 水文条件排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	径流系数 <0.2
b'	$0.2 \leq \text{径流系数} < 0.4$
c'	$0.4 \leq \text{径流系数} < 0.7$
d'	径流系数 ≥ 0.7

8.3.6 对孕灾环境中涉及安全的地形高差勘查项目进行鉴定时，应按表 26 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 26 地形高差排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	地形存在明显起伏
b'	地形存在一定起伏

c'	地形相对平坦
d'	地形完全平坦

8.3.7 对孕灾环境中涉及安全的植被条件勘查项目进行鉴定时，应按表 27 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 27 植被条件排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	植被覆盖度 ≥ 70
b'	$50 \leq \text{植被覆盖度} < 70$
c'	$30 \leq \text{植被覆盖度} < 50$
d'	植被覆盖度 < 30

8.3.8 对孕灾环境中涉及安全的河床土质勘查项目进行鉴定时，应按表 28 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 28 河床土质排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	渗透系数 $\geq 10.0\text{m/d}$
b'	$1.0\text{m/d} \leq \text{渗透系数} < 10.0\text{m/d}$
c'	$0.1\text{m/d} \leq \text{渗透系数} < 1.0\text{m/d}$
d'	渗透系数 $< 0.1\text{m/d}$

8.3.9 古代砖石拱桥的致灾因子隐患评估应符合下列规定：

- a) 致灾因子隐患评估应包括 24 h 降水量、水位高度、水流流速、水体密度、漂浮物五个排查项目的评估。
- b) 当对 24 h 降水量隐患进行评估时，应根据气象排查报告、降水量数据的排查结果进行评估。
- c) 当对水位高度隐患进行评估时，应根据水位监测报告进行评估。
- d) 当对水流流速隐患进行评估时，应根据水流流速的排查结果进行评估。
- e) 当对水体密度隐患进行评估时，应根据地表水的排查结果进行评估。
- f) 当对漂浮物隐患进行评估时，应根据水面漂浮物的排查结果进行评估。

8.3.10 古代砖石拱桥的致灾因子排查项目层次的权重值按表 29 执行。

表 29 致灾因子排查项目权重

排查项目	权重值
24h 降水量	0.15
实时水位高度	0.30
实时水流流速	0.30
水体密度	0.15
漂浮物	0.10

8.3.11 对致灾因子中涉及安全的 24 h 降水量勘查项目进行鉴定时，应按表 30 的评级标准

进行评定其隐患等级。

表 30 24h 降水量排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	24 h 降水量 $< 10 \text{ mm}$
b'	$10 \text{ mm} \leq 24 \text{ h 降水量} < 25 \text{ mm}$
c'	$25 \text{ mm} \leq 24 \text{ h 降水量} < 50 \text{ mm}$
d'	24 h 降水量 $\geq 75 \text{ mm}$

8.3.12 对致灾因子中涉及安全的水位高度勘查项目进行鉴定时，应按表 31 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 31 水位高度排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	实时水位高度 < 1.1 倍年最低水位
b'	1.1 倍年最低水位 $\leq$ 实时水位高度 < 0.5 倍最小拱高度
c'	0.5 倍最小拱高度 $\leq$ 实时水位高度 $<$ 最小拱高度
d'	实时水位高度 $\geq$ 最小拱高度

8.3.13 对致灾因子中涉及安全的水流流速勘查项目进行鉴定时，应按表 32 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 32 水流流速排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	实时水流流速 $< 2 \text{ m/s}$
b'	$2 \text{ m/s} \leq$ 实时水流流速 $< 4 \text{ m/s}$
c'	$4 \text{ m/s} \leq$ 实时水流流速 $< 8 \text{ m/s}$
d'	实时水流流速 $\geq 8 \text{ m/s}$

8.3.14 对致灾因子中涉及安全的水体密度勘查项目进行鉴定时，应按表 33 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 33 水体密度排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	水体密度 $< 1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
b'	$1.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \leq$ 水体密度 $< 1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
c'	$1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \leq$ 水体密度 $< 1.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
d'	水体密度 $\geq 1.3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

8.3.15 对致灾因子中涉及安全的漂浮物勘查项目进行鉴定时，应按表 34 的评级标准进行评定其隐患等级。

表 34 漂浮物排查项目评定标准

等级	评定标准
a'	无大型漂浮物
b'	漂浮物体积小于 50 cm^3 ，且密度小于木材，硬度较低
c'	漂浮物体积大于 50 cm^3 ，但小于 1 m^3 ；或密度大于塑料；或硬度偏大
d'	漂浮物体积大于 1 m^3 ；或密度大于木材；或硬度较大

8.3.16 桥梁本体的隐患评估项目的评定标准应按照 8.2.2-8.2.16 的规定执行。

8.3.17 桥梁本体构件层次的权重值在进行洪灾隐患评估时，应按表 35 执行。

表 35 桥梁本体构件权重

构件集	权重值
拱券	0.45
拱上结构	0.15
下部结构	0.40

9 隐患处理措施

9.1 一般规定

9.1.1 古代砖石拱桥隐患处理措施应根据隐患排查及评估结果制定，遵循“分类分级、科学修复、预防为主、动态管理”的原则，确保文物安全与可持续保护。

9.1.2 古代砖石拱桥隐患处理应明确责任主体、实施步骤、验收标准及后续监测要求，确保措施有效性和可追溯性。

9.2 隐患处理措施

9.2.1 古代砖石拱桥结构隐患分级处理要求宜按下表执行：

表 36 古代砖石拱桥结构隐患分级处理要求

指标等级	描述	处理要求
A _{su}	安全	定期监测，每季度记录关键构件状态，无特殊处理要求。
B _{su}	隐患尚不明显	局部加固或修复，每半年复检一次。
C _{su}	隐患影响安全	立即限制荷载或部分封闭使用；制定专项加固方案，采用无损或微损技术（如环氧树脂填补裂缝、嵌缝加固、同材质砖石填补、表面防范风化保护等）；每季度监测变形及裂缝扩展情况。
D _{su}	隐患严重威胁安全	立即封闭桥梁，设置警示标志；启动应急抢险工程，采用临时支撑或构件替换；编制整体修复方案，经文物部门审批后实施。

9.2.2 古代砖石拱桥洪灾隐患处理应包括抗洪加固措施和监测预警措施，宜按下表执行：

表 37 古代砖石拱桥洪灾隐患处理措施

类型		处理要求
抗洪加固措施	桥墩防护	增设石笼或混凝土护基，防止冲刷掏空；加固桥墩与基础连接部位，采用锚杆技术。
	排水系统优化	疏通桥体周边排水沟渠，增设导流堰；桥面设置防滑排水孔，避免积水渗透。
监测预警措施		安装水位传感器与流速监测设备，实时传输数据至管理平台；汛期前检查漂浮物拦截设施，清理河道障碍物。

9.2.3 古代砖石拱桥综合管理措施宜按下表执行：

表 38 古代砖石拱桥综合管理措施

项目	管理措施
定期维护	a) 制定年度维护计划，包括防风化处理、植被清理及设备检修； b) 建立数字化档案，记录每次检查与修复数据。
公众参与	a) 设立文物保护宣传栏，普及火灾、洪灾防范知识； b) 鼓励社区志愿者参与日常巡查，设立隐患举报渠道。
责任落实	a) 明确属地政府、文物部门、使用单位的三方责任； b) 重大隐患处理需由省级文物主管部门备案并监督验收。

9.2.5 古代砖石拱桥隐患处理完成后，验收应符合现行国家标 GB/T 39056 的有关规定。应每年对处理措施效果进行后评估，动态调整管理策略。

附录A 古代砖石拱桥初步隐患排查情况表

(资料性)

年 月 日

基本信息	桥名		年代	
	地点		保护等级及编号	
	设防烈度		场地类别	
桥梁本体	桥梁长度 (m)		桥梁宽度 (m)	
	桥梁高度 (m)		桥孔数	
	每拱跨度 (m)		每拱高度 (m)	
	砌筑材料和方式		拱券状况	
	拱上结构状况		下部结构状况	
洪灾孕灾环境	季风类型		极端气候状况	
	径流系数		地形地貌	
	植被覆盖		土壤土质	
	河岸类型		河流走势	
洪灾致灾因子	24h 降水量 (mm)		洪水水位 (m)	
	洪水流速 (m/s)		洪水密度 (kg/m ³)	
	漂浮物类型		—	
主要问题	桥梁本体			
	孕灾环境			
	致灾因子			
排查单位:		排查人:		

附录B 古代砖石拱桥结构隐患排查表

(资料性)

年 月 日

基本信息	桥名		年代		
	地点		保护等级及编号		
	设防烈度		场地类别		
专项		构件集或构件		排查项目	
桥梁本体 隐患得分		拱券得分		承载能力评级	
				构造评级	
				位移评级	
				裂缝评级	
				缺失评级	
				风化评级	
		拱上结构得分		承载能力评级	
				构造评级	
				位移评级	
				裂缝评级	
				缺失评级	
				风化评级	
		下部结构得分		桥墩/桥台稳定性评级	
				桥墩/桥台安全性评级	
排查单位：			排查人：		

附录C 古代砖石拱桥洪灾隐患排查表

(资料性)

年 月 日

基本信息	桥名			年代	
	地点			保护等级及编号	
	设防烈度			场地类别	
专项		构件集或构件		排查项目	
孕灾环境隐患得分		--	--	大气环流评级	
				水文条件评级	
				地形高差评级	
				植被条件评级	
				河床土质评级	
致灾因子隐患得分		--	--	24h 降水量评级	
				实时水位高度评级	
				实时水流流速评级	
				水体密度评级	
				漂浮物评级	
桥梁本体隐患得分		拱券得分		承载能力评级	
				构造评级	
				位移评级	
				裂缝评级	
				缺失评级	
				风化评级	
		拱上结构得分		承载能力评级	
				构造评级	
				位移评级	
				裂缝评级	
				缺失评级	
				风化评级	
		下部结构得分		桥墩/桥台稳定性评级	
桥墩/桥台安全性评级					
排查单位：			排查人：		

附录D 土体的渗透系数值

(资料性)

土体名称	渗透系数 K	
	m/d	cm/s
淤泥		$10^{-7} \sim 10^{-6}$
淤泥质土		$10^{-6} \sim 10^{-5}$
黏土	<0.001	$<10^{-6}$
粉质黏土	0.001~0.01	$10^{-6} \sim 10^{-5}$
粉质壤土	0.005~0.05	$6 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-5}$
壤土	0.05~0.1	$6 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4}$
粉土	0.01	1×10^{-5}
砂壤土	0.1~0.5	$1 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$
新黄土(泥质)	0.001~0.01	$10^{-6} \sim 10^{-5}$
黄土	0.25~0.5	$3 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$
老黄土(砂质)	0.1~1.0	$10^{-4} \sim 10^{-3}$
粉砂	0.5~1.0	$6 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$
细砂	1.0~5.0	$1 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-3}$
中砂	5.0~20.0	$6 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-2}$
均值中砂	35~50	$4 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$
粗砂	20~50	$2 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-2}$
均值粗砂	60~75	$7 \times 10^{-2} \sim 8 \times 10^{-2}$
砂砾	50~150	$6 \times 10^{-2} \sim 1.6 \times 10^{-1}$
圆砾	75~200	$8 \times 10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$
卵石	100~500	$1 \times 10^{-1} \sim 6 \times 10^{-1}$
无充填物卵石	500~1000	$6 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^0$
粒径均匀的巨砾	≥ 1000	$\geq 10^0$