

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

河道崩岸预警技术导则

Technical guidelines for early-warning of riverbank
collapse

（报批稿）

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本资料	1
4.1 水文气象资料	1
4.2 地形地质资料	1
4.3 河床演变资料	2
4.4 工程资料	2
4.5 其他资料	2
5 崩岸监测	2
5.1 监测范围	2
5.2 监测内容	2
5.3 监测方法	2
5.4 监测要求	3
6 崩岸预测	3
6.1 预测范围	3
6.2 预测内容	3
6.3 预测方法	3
6.4 预测要求	4
7 崩岸预警	4
7.1 预警等级	4
7.2 预警报告	5
附录 A（规范性） 崩岸风险程度等级划分方法	6
附录 B（规范性） 崩岸严重性等级划分表	10
附录 C（资料性） 崩岸预警成果报告参考提纲	12
附录 D（资料性） 崩岸预警等级划分算例	14
参考文献	15

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。

本文件共分为7章和4个附录，主要技术内容包括基本资料、崩岸监测、崩岸预测、崩岸预警等。

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。

本文件由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国水利学会（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。

本文件主编单位：武汉大学。

本文件参编单位：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、长江水利委员会长江科学院、长江水利委员会水文局、中国水利水电科学研究院、黄河水利委员会河南黄河河务局、珠江水利委员会珠江水利科学研究院。

本文件主要起草人：夏军强、邓珊珊、假冬冬、尚钦、周美蓉、许全喜、陈前海、秦凯、段光磊、张幸农、史红玲、李东阳、张波、扶卿华、冯志勇、刘鑫、黄烈敏、刘佳嘉、严子奇。

河道崩岸预警技术导则

1 范围

本文件规定了冲积平原河道崩岸预警技术的内容与要求。

本文件适用于在崩岸险情发生前开展冲积平原河道的崩岸预警工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过本文件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。

GB 50707 河道整治设计规范

MZ/T 031 自然灾害风险分级方法

SL 188 堤防工程地质勘察规程

SL 257 水道观测规范

T/CHES 57—2021 河道崩岸监测规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

崩岸 river bank collapse

在近岸水沙与河床边界的相互作用下，河岸受到各种因素作用而发生坡脚冲刷与岸坡崩塌的现象。

3.2

崩岸预测 prediction of river bank collapse

在水文气象、地形等监测或预报成果的基础上，对潜在崩岸区域的风险程度、规模与严重性做出预测。

3.3

崩岸预警 early warning of river bank collapse

在崩岸险情发生前，根据崩岸预测结果，对潜在的崩岸险情提前作出警示。

3.4

崩岸预警等级 early-warning grade of river bank collapse

根据崩岸发生的风险程度与严重性等级，对不同区域设定相应的预警等级。

4 基本资料

4.1 水文气象资料

4.1.1 河道崩岸预警应收集气温、风况、降水、水位、流量、流速、输沙率、泥沙级配、波浪、冰情、地下水等实测与预报资料。

4.1.2 潮汐河口段应收集潮位、潮流流速、流向和含沙量过程线，以及涨、落潮的平均流量等实测与预报资料。

4.2 地形地质资料

4.2.1 河道崩岸预警应收集所在河段的地形地貌、地层分布、地质构造、河床组成、河岸土质类别、土

体物理力学性质、岸坡稳定性评价等成果。

4.2.2 河道崩岸预警的地形测量资料应符合 GB 50707 的规定。

4.2.3 河道崩岸预警应充分利用已有工程的地质勘察资料，必要时可进行工程地质勘察。地质勘察应符合 SL 188 的相关规定。

4.3 河床演变资料

4.3.1 河道崩岸预警应收集河床演变方面的历史文献和资料。

4.3.2 河道崩岸预警应收集河势图、河道地形图、纵横断面图、航测图、卫星照片等河道平面形态资料。

4.4 工程资料

河道崩岸预警应收集的工程资料包括：

- a) 与预警河段有关的堤防、水库、水利枢纽等资料；
- b) 穿堤、跨堤、穿河、跨河、拦河和临河建(构)筑物等资料；
- c) 港口、码头、船闸、涵闸等有关航运设施和取水排水工程等资料；
- d) 河道整治工程、航道整治工程等资料；
- e) 河道采砂、岸边水塘开挖、大型钻孔施工、坡面荷载等资料；
- f) 崩岸调查、监测、预测、预警等方面的历史资料。

4.5 其他资料

4.5.1 河道崩岸预警应收集临河侧滩地宽度、植被、滩地面积、耕地等土地利用资料和人口、城镇分布、工农业生产规模、固定资产等国民经济资料。

4.5.2 河道崩岸预警应收集与预警河段有关的地震、台风等自然灾害资料。

5 崩岸监测

5.1 监测范围

崩岸监测的范围应根据实际需求确定。

5.2 监测内容

5.2.1 崩岸监测的形式应包括崩岸巡查、常规监测与特别监测。

5.2.2 崩岸巡查的内容应按 T/CHES 57—2021 第 6 章的规定执行。

5.2.3 崩岸常规监测宜包括：

- a) 水位监测；
- b) 流量监测；
- c) 流场监测；
- d) 泥沙监测；
- e) 冰情监测（季节性冰冻河流）；
- f) 河岸地形监测；
- g) 护岸工程水毁情况监测。

5.2.4 在地震、台风等突发自然灾害情况下，应开展特别监测。监测内容应根据自然灾害类型、发展情况、环境条件与技术条件等综合确定。

5.3 监测方法

5.3.1 崩岸巡查的方法应按 T/CHES 57—2021 第 6 章的规定执行。

5.3.2 崩岸常规监测的方法应按 T/CHES 57—2021 第 7 章的规定执行。

5.3.3 崩岸特别监测的方法应根据实际需求、自然灾害的发展情况、环境条件与技术条件等综合确定。

5.3.4 崩岸监测宜采用卫星遥感影像解译、低空摄影、机器人水下探测及多波束水下地形扫描仪等先进的测量技术开展监测。

5.4 监测要求

崩岸监测的技术要求应遵守 SL 257 与 T/CHES 57 的相关规定。

6 崩岸预测

6.1 预测范围

崩岸预测的范围应根据实际需求确定。

6.2 预测内容

- 6.2.1 崩岸预测应对潜在崩岸区域的风险程度、规模和严重性进行预测。
- 6.2.2 崩岸风险程度预测应将潜在崩岸区域的风险程度划分为高、中、低三个等级。
- 6.2.3 崩岸规模预测应对潜在崩岸区域的崩岸长度、宽度与崩塌土方量进行预测，并确定其等级。
- 6.2.4 崩岸严重性预测应将潜在崩岸区域的严重性划分为高、中、低三个等级。

6.3 预测方法

- 6.3.1 崩岸预测应至少在汛前开展一次，宜汛前、汛中、汛后各一次。
- 6.3.2 崩岸预测应包括以下步骤：
 - a) 分析预警河段的河势与河床冲淤变化；
 - b) 选取潜在崩岸区域；
 - c) 确定崩岸的主要控制因素；
 - d) 预测崩岸风险程度；
 - e) 预测崩岸规模；
 - f) 预测崩岸严重性。
- 6.3.3 预警河段的河势变化与河床冲淤变化应分析以下内容：
 - a) 洲滩与岸线变化；
 - b) 深泓贴岸或主流顶冲的位置及变化；
 - c) 河床冲淤厚度与分布；
 - d) 河床纵剖面与横断面形态变化。
- 6.3.4 潜在崩岸区域不宜过少，应包括以下区域：
 - a) 历史上曾经发生过崩岸险情的重点险工险段；
 - b) 主流顶冲或近岸河床冲刷下切明显的区域；
 - c) 近期河势变化剧烈的区域；
 - d) 护岸工程明显损毁的区域；
 - e) 临河侧滩地宽度较窄，崩岸直接影响堤防安全的区域；
 - f) 重要涉水工程所在区域；
 - g) 湿陷或膨胀等特殊土质的区域；
 - h) 新建整治工程上下游未护岸段或守护薄弱岸段；
 - i) 其他有必要考虑的岸段。
- 6.3.5 崩岸主要控制因素的确定应按以下步骤执行：
 - a) 利用崩岸历史成果，按表 1 中列出的特征确定潜在崩岸区域的主要崩岸类型；
 - b) 利用收集的资料，按表 1 确定潜在崩岸区域的主要影响因素；
 - c) 按表 A.1-A.2 确定主要影响因素的代表性指标，包括定性与定量指标；
 - d) 按 A.2 条的规定，将定性指标进行量化；
 - e) 对所有定性与定量指标进行归一化；
 - f) 采用经验法、层次分析法、熵权法、机器学习等手段确定代表性指标的贡献度，并根据其贡献度从高到低进行排序。

表 1 冲积平原河道崩岸类型、特征与主要影响因素

崩岸类型	特征	共同影响因素	特别影响因素
窝崩	大面积河岸土体的崩塌，崩岸长度和宽度相当，平面上多呈Ω状	来水来沙条件变化、河床冲刷、主流变化、波浪、河岸土体组成、渗流、冻融、风化、植被、护岸工程、河道采砂、岸边开挖水塘蓄水、岸边大型钻孔施工、坡面荷载、地震等	深槽楔入、特殊水流结构、土体液化等
条崩	长距离河岸土体大幅度崩塌，崩岸长度远大于宽度		—
洗崩	局部河岸表层或小范围土体剥落	波浪、河岸土体组成、植被、护岸工程	—

6.3.6 崩岸风险程度的预测按以下步骤执行：

- 根据 6.3.5 条确定的贡献度排序，从代表性指标中选取排序靠前的多个指标作为预测指标。选取指标的贡献度之和不低于 80%；
- 根据指标的监测或预报数据，应按附录 B 确定崩岸风险程度等级。

6.3.7 崩岸规模预测按以下步骤执行：

- 列出历史崩岸的崩塌土方量，并从大到小进行排序；
- 确定前 1/3、2/3 位数处的崩塌土方量数值 $M_{1/3}$ 、 $M_{2/3}$ ；
- 利用经验法、动力学方法、机器学习方法等构建崩岸数学模型。崩岸数学模型的输入变量应能充分反映 6.3.6 条中确定的预测指标的变化。
- 开展模型率定与验证，使模型精度满足实际需求；
- 结合监测或预报数据，利用模型计算潜在崩岸区域的崩岸规模；
- 按表 2 确定崩岸规模等级。

表 2 崩岸规模等级划分表

崩塌土方量 M	$>M_{1/3}$	$M_{1/3} \geq M > M_{2/3}$	$M_{2/3} \geq M$
等级	大	中	小

6.3.8 崩岸严重性预测应按表 B.1—B.5 分别确定依据堤防布置、河势控导、重要涉水工程情况的严重性等级，然后取三者的最高级为最终的严重性等级。当潜在崩岸区域的主要崩岸类型为窝崩时，可适当提高崩岸严重性等级。

6.4 预测要求

- 崩岸预测应充分利用监测数据，及时更新预测结果。
- 崩岸预测中涉及的水文预报、水沙过程模拟等应遵守国家与行业规范的相关规定。

7 崩岸预警

7.1 预警等级

- 崩岸预警等级划分的基本原则应遵守 MZ/T 031 的规定。
- 崩岸预警等级应按表 3 划分为 I 至 III 级，其中 I 级表示最高级。

表 3 崩岸预警等级划分表

崩岸风险程度等级	崩岸影响严重性等级		
	高	中	低
高	I 级	I 级	II 级
中	I 级	II 级	III 级
低	II 级	III 级	III 级

7.2 预警报告

7.2.1 工作过程中，应及时整编相关资料，形成崩岸预警简报与成果报告。

7.2.2 起草崩岸预警报告前，应对各项内容的一致性、完整性和规范性进行控制与检验。

7.2.3 崩岸预警简报应包括：

- a) 时间；
- b) 河段概况；
- c) 来水来沙情况；
- d) 河床冲淤情况；
- e) 预警有效期；
- f) 预警位置与等级分布图；
- g) 崩岸防治建议。

7.2.4 崩岸预警成果报告的基本内容，参见附录 C。

附录 A
(规范性)

崩岸风险程度等级划分方法

- A.1 崩岸风险程度等级划分宜采用综合赋分、数值分析等方法。
- A.2 崩岸风险程度等级划分的综合赋分法，应按以下步骤进行。
- a) 按 6.3.6 条的规定选取崩岸预测指标。
- b) 按表 A.1-A.2 对崩岸预测指标进行赋分，各指标分值的取值范围均为 0~9。

表 A.1 崩岸主要控制因素中共同影响因素的赋分表

影响因素	代表性指标		赋分方法	
	指标	类型	指标使用方法	赋分标准
来水来沙条件变化	流量 m^3/s	定量	选其中之一	变化幅度越大，分值越高
	来沙系数 $(\text{kg}\cdot\text{s})/\text{m}^6$	定量		
	汛期水流冲刷强度 $\text{m}^8/(\text{kg}\cdot\text{s}^2)$	定量		
河床冲刷	近岸河床冲刷深度 m	定量	—	冲刷深度越大、分值越高
	水下坡比	定量	—	坡比越大，分值越高
主流变化	相对主流位置 (1-主流离岸距离/ 河宽)	定量	—	相对主流位置越小，分值越高
	摆动幅度 m/a	定量	—	主流摆动幅度越大，分值越高
波浪	波高 m	定量	—	波高越大，分值越高
河岸土体组成	土质类型	定性	联合使用	沙土河岸或垂向分层明显且含有软弱夹层的河岸，取最高分；硬质老黏土河岸取最低分。
	垂向分层情况	定性		
	抗冲强度 N/m^2	定量	—	抗冲强度越小，分值最高
渗流	地下水位 m	定量	—	地下水位越高，分值越高
	河道退水速率 m/d	定量	—	河道退水速率越大，分值越高

冻融	冻融循环次数	定量	—	冻融循环次数越多，分值越高
风化	风化程度	定性	—	风化程度越大，分值越高
植被	植被类型	定性	联合使用	木本植被、根系无锚固作用且覆盖密度大，分值最高；草本植被、根系加筋作用明显且覆盖密度大，分值最低
	根系作用	定性		
	植被覆盖程度	定性		
护岸工程	损毁情况	定性	—	护岸工程损毁越严重，分值越高；当护岸工程完全损毁或未修建护岸工程时，取最高分
河道采砂	采砂量t	定量	—	采砂量越大，分值越高
岸边开挖水塘蓄水	存在与否	定性	—	若水塘存在且蓄水，取最高分；不存在，取最低分
岸边大型钻孔施工	存在与否	定性	—	若施工存在，取最高分；不施工，取最低分
坡面荷载	单位面积荷载大小 kN/m ²	定量	—	荷载越大，分值越高
地震	等级	定量	—	6级以下的地震，等级越高，分值越大；6级及以上，均取最高分
台风	存在与否	定性	—	若台风存在，取最高分；不存在，取最低分
注：表中“—”表示对应的指标可单独使用				

表 A.2 崩岸主要控制因素中特别影响因素的赋分表

影响因素	代表性指标		赋分标准	
	指标	类型	指标使用方法	赋分标准
近岸深槽楔入	深槽离岸距离 m	定量	—	深槽离岸距离越小，分值越高
	深槽高程 m	定量	联合使用	高程越低且面积越大，分值越高
	深槽面积 m ²	定量		
特殊水流结构	局部回流/泡旋流存在与否	定性	—	若存在，取最高分；不存在，取最低分
土体液化	液性指数	定量	—	液性指数越高，分值越高

c) 根据各指标的贡献度,按公式 A.1 计算重要性系数 α_i ($i=1, 2, \dots, n$, n 为指标个数);

$$\alpha_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (\text{A. 1})$$

式中:

ω_i ——第 i 个指标的贡献度。

d) 按公式 A.2 计算各指标分值加权平均后的综合分值 S ;

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i s_i \quad (\text{A. 2})$$

式中:

s_i ——第 i 个指标的分值。

e) 按表 A.3 确定崩岸风险程度等级。

表 A.3 崩岸风险程度等级与综合分值的对应表

风险程度等级	高	中	低
综合分值的值域	[6, 9]	[3, 6)	(0, 3)

A.3 数值分析方法应按下列步骤进行。

a) 按 6.3.6 条的规定选取崩岸预测指标。

b) 确定不同等级下各崩岸预测指标的值域。定量指标根据历史崩岸情况确定不同等级的值域,定性指标的值域统一为 [6, 9]、[3, 6)、(0, 3), 对应表 A.4 中的 [c, d]、[b, c)、(a, b)。指标取值需保证等级越高时取值越大。

表 A.4 崩岸风险程度等级与分级指标值域表

风险程度等级	高	中	低
指标值域	[c, d]	[b, c)	(a, b)

c) 按公式 A.1 计算各指标的重要性系数。

d) 依据监测或预测数据,确定各指标的数值及其所属值域。

e) 按式 (A.3)–(A.6) 计算单个指标的评判矩阵 \mathbf{R} 。

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} \end{bmatrix} \quad (\text{A. 3})$$

$$r_{il}(x_i) = \begin{cases} 1 & (x_i \geq c) \\ \frac{x_i - b}{c - b} & (b < x_i < c) \\ 0 & (x_i \leq b) \end{cases} \quad (\text{A. 4})$$

$$r_{i2}(x_i) = \begin{cases} 0 & (x_i \geq c) \\ \frac{c-x_i}{c-b} & (b < x_i < c) \\ 1 & (x_i = b) \\ \frac{x_i-a}{b-a} & (a < x_i < b) \\ 0 & (x_i \leq a) \end{cases} \quad (\text{A. 5})$$

$$r_{i3}(x_i) = \begin{cases} 0 & (x_i \geq b) \\ \frac{b-x_i}{b-a} & (a < x_i < b) \\ 1 & (x_i \leq a) \end{cases} \quad (\text{A. 6})$$

式中:

x_i ——第 i 个指标值;

a 、 b 、 c 、 d ——第 i 个指标值相应各等级的界值;

n ——崩岸预测指标个数。

f) 根据重要性系数和指标评判矩阵, 按式 (A. 7)–(A. 9) 计算崩岸风险程度等级的综合决策向量 \mathbf{B} 。

$$\mathbf{B} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{R} \quad (\text{A. 7})$$

$$[B_1, B_2, B_3] = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n] \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} \end{bmatrix} \quad (\text{A. 8})$$

$$\mathbf{A} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \quad (\text{A. 9})$$

式中

\mathbf{A} ——重要性向量;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ ——指标重要性系数;

\cdot ——点积。

采用最大隶属度原则, 按式 (A. 10) 和式 (A. 11), 找出 \mathbf{B} 向量中分量最大者。

$$G = i \quad \text{当 } B_i = \max(B_1, B_2, B_3) \quad (\text{A. 10})$$

式中:

G ——崩岸风险程度等级的隶属类别。隶属类别 1、2、3 分别对应崩岸风险程度等级的 I、II、III。

当向量 \mathbf{B} 中出现两个相等最大分量 B_i 、 B_j 时, 有

$$B_i = B_j = \max(B_1, B_2, B_3) \quad (j > i) \quad (\text{A. 11})$$

则取 $G=i$ 。

附录 B
(规范性)
崩岸严重性等级划分表

B.1 按表 B.1 确定依据堤防布置情况的崩岸严重性等级。

表 B.1 依据堤防布置情况的崩岸严重性等级划分表

临水侧滩地宽度	堤防等级		
	1 级	2-3 级	4-5 级
<5 倍的崩岸宽度	高	高	中
5~10 倍的崩岸宽度	高	中	低
10~50 倍的崩岸宽度	中	低	低

注：表 B.1 第一列的临水侧滩地宽度与崩岸宽度的倍数关系，可依据预警河段河床演变特征与地形地貌条件适当调整。当临水侧滩地宽度大于最高倍数的崩岸宽度后，不设等级

B.2 按表 B.2 确定依据河势控导情况的崩岸严重性等级。当没有修建河势控导工程时，直接采用历史河势变化程度。按表 B.3 确定历史河势变化程度。按表 B.4 确定崩岸可能导致的河势控导工程损毁程度。

表 B.2 依据河势控导情况的崩岸严重性等级划分表

历史河势变化程度	崩岸可能导致的河势控导工程损毁程度		
	大	中	小
大	高	高	中
中	高	中	低
小	中	低	低

表 B.3 历史河势变化程度划分表

历史河势变化程度	顺直段、弯曲段、游荡段	分汊段
大	主流摆幅/平滩河宽 $\geq 20\%$	分流比变化 $\geq 10\%$
中	$20\% >$ 主流摆幅/平滩河宽 $\geq 10\%$	$10\% >$ 分流比变化 $\geq 5\%$
小	主流摆幅/平滩河宽 $< 10\%$	分流比变化 $< 5\%$

表 B.4 崩岸可能导致的河势控导工程损毁程度划分表

损毁程度	具体情况
大	大面积损毁或关键部位损毁，严重影响功能发挥
中	部分非关键部位发生损毁，轻微影响功能发挥
小	小部分非关键部位损毁，不影响功能发挥

B.3 按表 B.5 确定依据重要涉水工程的崩岸严重性等级。

表 B.5 依据重要涉水工程情况的崩岸严重性等级划分表

崩岸区域与涉水工程之间的距离	崩岸规模等级		
	大	中	小
<2 倍的平滩河宽	高	高	中

2~4 倍的平滩河宽	高	中	低
4~8 倍的平滩河宽	中	低	低
注：表 B.3 第一列的崩岸区域与涉水工程之间的距离与平滩河宽的倍数关系，可依据预警河段河床演变特征与地形地貌条件适当调整。当崩岸区域与涉水工程之间的距离高于最高倍数的平滩河宽后，不设等级			

附录 C
(资料性)
崩岸预警成果报告参考提纲

1 前言

- 1.1 任务来源
- 1.2 必要性及目的
- 1.3 主要依据标准
- 1.4 仪器安装埋设情况
- 1.5 监测实施情况
- 1.6 主要技术及分析方法

2 河段概况

- 2.1 地理位置
- 2.2 水文气象条件
- 2.3 地形地质条件
- 2.4 工程布置情况
- 2.5 历史崩岸情况
- 2.6 自然灾害情况

3 崩岸监测

- 3.1 崩岸巡查
 - 3.1.1 巡查时间与范围
 - 3.1.2 巡查结果
- 3.2 常规监测
 - 3.2.1 监测时间与范围
 - 3.2.2 水位过程
 - 3.2.3 流量过程
 - 3.2.4 流场
 - 3.2.5 输沙率过程
 - 3.2.6 冰情（若有）
 - 3.2.7 河岸地形变化
 - 3.2.8 护岸工程损毁情况
- 3.3 特别监测（若有）
 - 3.3.1 突发灾害情况
 - 3.3.2 监测内容与数据

4 崩岸预测

- 4.1 预测范围
- 4.2 预测时段
- 4.3 河势与河床冲淤变化
- 4.4 潜在崩岸区域
- 4.5 崩岸主要控制因素
- 4.6 崩岸风险程度
- 4.7 崩岸规模
- 4.8 崩岸严重性

5 崩岸预警

5.1 预警时段

5.2 预警位置与等级

6 崩岸防护措施与治理方案建议

附录 D
(资料性)
崩岸预警等级划分算例

某区域位于弯曲河段，平滩河宽 2 km，近 10 年内的最大年崩退宽度 300 m，崩岸类型多为条崩。根据崩岸成因分析，该处崩岸主控因素从贡献度高到低包括流量、相对主流位置、近岸河床冲深、河岸水下坡比、护岸工程损毁情况、河岸土体分层情况、退水速率、输沙率、植被，且贡献度如表 D.1。结合河流动力学与土力学方法，构建了崩岸数学模型，并在该处开展了率定与验证，模型精度满足需求。

根据资料分析，近期主流摆动幅度超过 1 km，最近时离岸距离不超过 100 m；近岸河床冲深幅度 2.5 m；河岸水下坡比 0.35；护岸工程略微有所破损；河岸土体组成为上部薄黏土层与下部厚沙土层组成的二元结构河岸。此外，该处堤外滩地宽度 2.0 km；临江堤防为 1 级堤防；附近未有重要涉水工程。根据水文预报情况，该年为丰水年，最大洪峰流量预测为 35000 m³/s，最大日退水速率预计约 0.6 m/d。根据构建的崩岸数学模型预测得的崩退宽度约 220 m，分析其崩岸预警等级。

表 D.1 某区域崩岸主控因素的贡献度

指标	流量	相对主流位置	近岸河床冲深	河岸水下坡比	护岸工程	河岸土体组成	退水速率	输沙率	植被
贡献度	0.20	0.16	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.05	0.02

a) 采用数值分析法划分该处崩岸风险程度等级，其步骤包括。

1) 选取贡献度靠前的 7 个主控因素指标为预测指标，包括流量、相对主流位置、近岸河床冲深、河岸水下坡比、护岸工程损毁情况、河岸土体分层情况、退水速率。总贡献率为 93%，满足大于 80%的要求。

2) 根据该区域的历史资料，确定不同等级下各指标的值域，见表 D.2。

表 D.2 某区域崩岸风险程度等级与指标值域表

指标 \ 等级 \ 值域	指标类型	高	中	低
流量	定量 (m ³ /s)	[25000, 45000]	[10000, 25000)	(3300, 10000)
相对主流位置	定量	[0.85, 1.0]	[0.7, 0.85)	(0.5, 0.7)
近岸河床冲深	定量 (m)	[3.0, 4.5]	[1.5, 3.0)	(0, 1.5)
河岸水下坡比	定量	[0.5, 1]	[0.33, 0.5)	(0.05, 0.33)
护岸工程损毁情况	定性 (赋分)	[6, 9]	[3, 6)	(0, 3)
河岸土体分层情况	定性 (赋分)	[6, 9]	[3, 6)	(0, 3)
退水速率	定量 (m/d)	[0.5, 2)	[0.25, 0.5)	(0, 0.25)

3) 按公式 A.1 计算各指标的重要性系数 α_i 。结果见表 D.3。

表 D.3 某区域崩岸预测指标的重要性系数

指标	流量	相对主流位置	近岸河床冲深	河岸水下坡比	护岸工程损毁情况	河岸土体分层情况	退水速率
重要性系数 α_i	0.215	0.172	0.161	0.140	0.118	0.108	0.086

即， $\mathbf{A} = (0.215, 0.172, 0.161, 0.140, 0.118, 0.108, 0.086)$

4) 确定各指标数值及其所属值域。结果见表 D.4。

表 D.4 某区域崩岸预测指标的数值及其所属值域

指标	流量	相对主流位置	近岸河床冲深	河岸水下坡比	护岸工程损毁情况	河岸土体分层情况	退水速率
数值	35000	0.95	2.5	0.35	1	9	0.6
所属值域	[25000, 45000]	[0.85, 1.0]	[1.5, 3.0]	[0.33, 0.5]	(0, 3)	[6, 9]	[0.5, 2)

5) 按式 (A.2)–(A.6) 计算分级指标评判矩阵 \mathbf{R} 为：

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0.667 & 0.333 & 0 \\ 0.118 & 0.882 & 0 \\ 0 & 0.333 & 0.667 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

6) 按式 (A.7)–(A.9) 计算得到分级综合决策向量 \mathbf{B} 为：

$$B = [0.705 \quad 0.216 \quad 0.079]$$

按式 (A.10) 和式 (A.11)，确定 \mathbf{B} 向量中分量最大者 $B_i=0.705$ 。则崩岸风险程度等级的隶属类别 $G=i=1$ ，对应崩岸风险程度等级为 I 级（高）。

b) 确定该处崩岸严重性等级，其步骤为。

1) 该处临水侧滩地宽度为预测崩退宽度的 9 倍，堤防等级为 1 级，查附表 B.1 可知根据堤防布置情况的崩岸严重性等级为高；

2) 该处位于弯曲河段，近期主流摆动幅度为 50% 的平滩河宽，查附表 B.3 可知该处河势变化剧烈程度等级为高。暂无河势控导工程。查附表 B.2 可知依据河势控导情况的崩岸严重性等级为高；

3) 该处附近无重要涉水工程；

4) 取三者的最高等级，确定该处崩岸严重性等级为高。

c) 崩岸风险程度等级为高，崩岸严重性等级为高，查表 3 可知该区域崩岸预警等级为 I 级。