

长江南京段八卦洲汉道天河口段崩岸成因分析及治理

邵雨辰¹, 张子龙¹, 杨 樾², 郭庆霞¹, 吕 慧¹, 付浩雁¹

(1. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210000; 2. 南京市长江河道管理处, 江苏 南京 210011)

摘要: 为探究长江南京段八卦洲汉道天河口段崩塌险情的主要原因, 基于现场调研资料和分析计算, 认为天河口段岸坡地质二元结构、抗滑稳定系数偏低、滩地回填土加载是导致工程段崩岸发生的主要原因。在此基础上, 提出了滩地削坡减载及袋装土+抛石防护的治理方案, 既提高了水下岸坡稳定性和岸坡的抗冲能力, 又减少了土方外运, 节省了工程造价。工程实施后, 崩塌段发生明显回淤现象, 未发生新的崩塌, 说明工程发挥了良好的防护效果。

关键词: 八卦洲汉道天河口段; 崩岸成因分析; 袋装土+抛石防护结构

中图分类号: TV856

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)09-0253-04

Analysis and Control of Causes of Bank Collapse in Tianhekou Section of Baguazhou Branch of Yangtze River in Nanjing

SHAO Yuchen¹, ZHANG Zilong¹, YANG Yue², GUO Qingxia¹, LYU Hui¹, FU Haoyan¹

(1. Nanjing Water Planning and Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210000, China; 2. Nanjing Yangtze River Management Office, Nanjing 210011, China)

Abstract: To investigate the main causes of the bank collapse risk at the Tianhekou section of the Baguazhou Branch of Yangtze River in Nanjing, based on the field survey data and analytical calculations, the results indicate that the dual geological structure of the bank slope, low stability factor against sliding, and loading from backfilled soil in the tidal flats are the primary causes of the bank collapse in the engineering section. On this basis, a control scheme involving slope cutting and load reduction in the tidal flats along with bagged soil and riprap protection is proposed, which not only enhances the stability and erosion resistance of the underwater bank slope, but also reduces the need for soil transportation, thereby saving the engineering costs. After the implementation of the project, there is a significant siltation phenomenon in the collapsed section, but without new collapses occurred, indicating that the project has achieved a good protective effect.

Keywords: Tianhekou Section of the Baguazhou Branch; cause analysis of bank collapse; bagged soil and riprap protection structure

0 引言

八卦洲汉道段位于南京河段中下段, 上起下关、下至西坝, 为鹅头分汉型河道, 左汉为支汉。八卦洲汉道左右岸为南京市的经济腹地, 在南京市社会经济发展中有着十分重要的地位。自上个世纪七八十年代, 南京开始对八卦洲汉道进行系统性整治, 经过南京长江集资整治工程、二期工程、八卦洲汉道河道

整治工程治理以后, 八卦洲汉道洲头崩退下移趋势得到遏制, 左汉分流比下降速率得到减缓, 各险工段岸坡基本稳定, 但八卦洲汉道右兴左衰的河势格局依然存在, 非汛期八卦洲左汉分流比稳定在11%~13%。从长远来看, 八卦洲汉道段河势仍将延续左汉缓慢衰退、右汉缓慢发展的演进趋势。

八卦洲天河口段位于八卦洲右汉左岸南京长江二桥附近, 长度约1.3 km, 岸线前沿水域深泓高程为-35 m, 岸坡的综合坡比1:2~1:3。八卦洲汉道河道整治工程对天河口段坡脚进行顺岸抛石加固, 工程实施后, 该段下游位置于2019年12月发生了一次崩岸险情(位置见图1)。根据此前研究成果, 长江崩

收稿日期: 2025-06-15

基金项目: 江苏省水利科技项目(2022011)——面向堤防防渗加固的回收GFRP粉末地聚物固结土材料设计与性能研究

作者简介: 邵雨辰(1988—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水利水运工程设计工作。

岸成因多与水流动力条件、河岸边界、土体结构和抗冲性能等自然因素有关^[1-2],但结合人为工程因素的案例研究较少。本文结合本次崩岸的自然因素和人为工程因素,探讨引发该段崩岸的主要原因,并因地制宜提出岸坡加固处理方案,为长江中下游崩岸防治提供参考和借鉴。本文技术路线如图9所示。



图1 八卦洲天河口段崩岸位置

1 八卦洲汉道的历史演变

从近百年的河势演变趋势来看,受上游梅子洲汉道河势变化的影响,八卦洲洲头后退,分流区主流与左汉进口的夹角逐渐增大(见图2),左汉入流条件不断恶化;从平面形态来看,左汉为向北凹进的弯道,呈现“凹冲凸淤”的特点,由于左汉北岸岸线未及时守护,岸线不断崩退使弯道曲率增加,增大了左汉阻力,亦是左汉萎缩的原因之一。

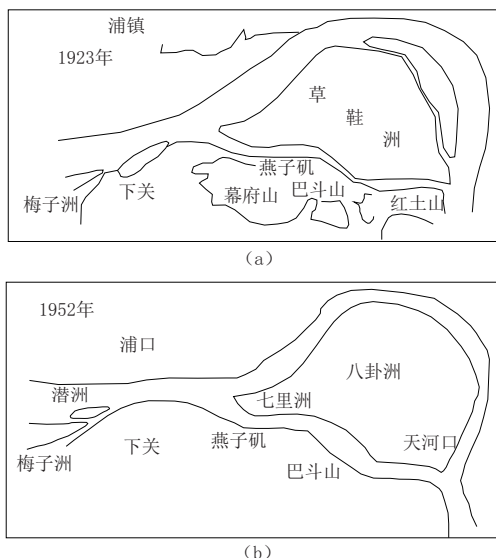


图2 八卦洲汉道河势演变图

2 工程河段基本情况

自20世纪80年代起,水利部门对八卦洲天河口岸段先后实施了多次平顺抛石护岸工程,如1983—1993年的集资整治工程、1998年大水后的二期河道

整治工程等,加固岸线长度1 266 m。经多年整治,该段河势基本稳定。2018年,南京市开始实施八卦洲汉道河道整治工程,对天河口段原有护岸前缘进行加固,加固范围长1 300 m^[1],采用聚丙烯网兜块石对坡脚进行加固,加固厚度为1.0~1.5 m。

3 八卦洲天河口段崩岸险情

2019年12月,为了提升八卦洲洲滩整体环境形象,当地对部分较为凌乱的洲滩岸线进行了回填覆绿。12月16日,二桥下游430 m处、约50 m长的八卦洲洲滩发生坍塌。险情发生后,南京市水利部门对崩岸段水上岸坡进行局部应急削坡(见图3)。



图3 坍塌区抢险处置后现场

2019年12月23日水下地形测量结果显示,坍塌区顺水流长约50 m,0 m线内凹约36 m,-5 m线内凹约30 m,-10 m线变化较小,-15 m线基本无变化。因上部坍塌、土方下滑,坍塌区水下-20 m以下河床明显外凸(见图4)。

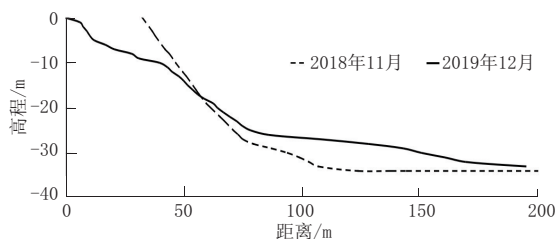


图4 坍塌区出险前后水下地形断面对比图

4 崩岸原因分析

4.1 天河口岸段地质情况

根据地勘资料,天河口工程段岸坡土体呈双层结构,上部为淤泥质粉质黏土、夹薄层松散~稍密状粉土夹粉砂、软~流塑状粉质黏土,下部为中密~密实状细砂。这种典型二元地质结构(见图5),上层黏性土在水流作用下较难被冲刷,下部粉细砂易冲刷启动,造成岸坡逐渐变陡,增加岸坡失稳崩塌的可能性^[2-6]。此外,上层黏性土多为软~流塑状,凝聚力

和内摩擦角较小(凝聚力 11.5 kPa,内摩擦角 14.1°),在岸坡逐渐变陡的条件下,易发生失稳崩塌。

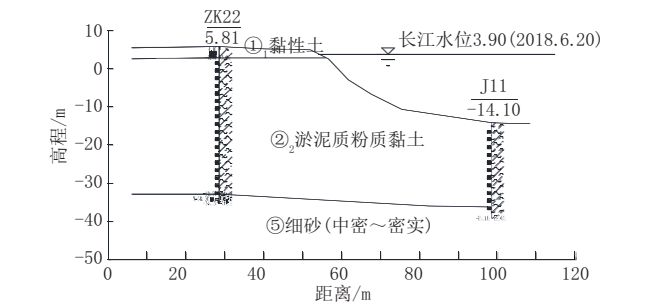


图5 八卦洲天河口段地勘剖面图

4.2 天河口岸段河床平面变化

自二期整治以来,天河口岸河床总体稳定,但受三峡工程清水下泄^[7-8]、岸坡二元地质结构的影响,岸坡坡脚仍存在一定程度的冲刷,加上近岸及滩顶存在一定的淤积,岸坡有变陡趋势。为提高岸坡抗冲刷能力、巩固以往河道整治效果,八卦洲汉道河道整治工程在天河口岸段采用 1.5 m 和 1.0 m 厚网兜块石对坡脚及岸坡进行加固,该项工程已于 2019 年上半年实施完毕。与 2018 年 11 月测图相比,2020 年 1 月测图中坡脚河床高程均有所抬高,这也表明天河口岸段护岸加固工程实施情况良好,防护效果较好,坡脚未进一步冲深(见图 6)。

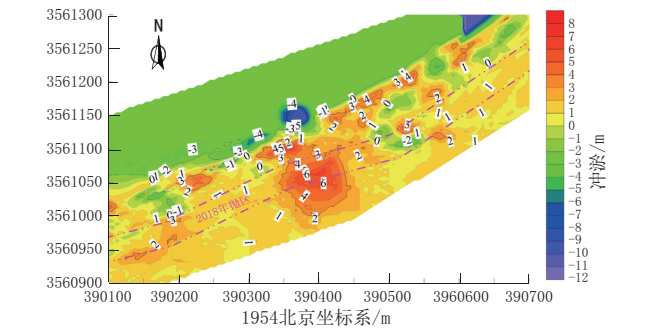


图6 2018年11月—2020年1月天河口岸段水下地形变化

4.3 天河口岸段原状水下岸坡稳定性复核

天河口岸段总长约 1.3 km,对出险前后 2018 年 11 月、2019 年 12 月测次测图进行分析,该段水下岸坡综合坡比大部分为 1:2~1:3,局部陡于 1:2,相较于 2018 年测图,2019 年 12 月测图显示本工程范围内滩地已填土垫高,平均垫高厚度为 2~3 m。

为分析天河口岸段水下岸坡稳定性,综合考虑各种不利情况,依据《水利水电工程边坡与挡土墙设计规范》的要求,运用理正岩土边坡计算模块对天河口岸段水下岸坡进行抗滑稳定计算,采用瑞典条分法,水位降落期抗滑稳定安全系数采用总应力法计算。水位条件按长江南京河段多年平均水位条件下

水位降落期工况计算,水位降幅按历史最大潮差 1.56 m 考虑。水位降落期抗滑稳定安全系数可按下式计算:

$$K = \frac{\sum(C_{cu}b \sec \beta + (S \cos \beta - u_i b \sec \beta)tg\phi_{cu})}{\sum W \sin \beta} \quad (1)$$

选取坍塌段上下游 THK11、15、22、23 和 26 断面进行天河口岸岸坡稳定计算。2018 年 11 月测次计算断面结果表明,天河口岸段整体岸坡基本稳定,但安全富裕度不高,紧邻坍塌段 THK22、23 和 26 断面抗滑稳定安全系数低于规范值,说明该段岸坡处于临界稳定状态。2019 年 12 月测次计算断面结果表明,八卦洲汉道河道整治工程虽在坡脚采用网兜块石,但在滩地垫高后,该段岸坡局部稳定性不升反降,坍塌段岸坡抗滑稳定安全系数已低于规范值且小于 1.0(见表 1),说明滩地填土垫高是岸坡崩塌的最直接原因。

表 1 八卦洲天河口岸段原状岸坡稳定计算结果表

序号	计算断面	抗滑稳定安全系数		
		2018 年 11 月 计算值	2019 年 12 月 计算值	规范值
1	THK11	1.276	1.239	1.1
2	THK15	1.123	1.096	1.1
3	THK22	1.059	0.946	1.1
4	THK23	1.085	0.958	1.1
5	THK26	1.023	0.980	1.1

5 天河口崩岸段治理

5.1 滩面削坡

为了消除滩地回填土对岸坡稳定的不利影响,平顺坍塌区岸线、改善水流条件,对坍塌区及上下游滩面进行削坡处理。坍塌区削坡总体维持原抢险处置削坡方案,对坍塌岸线后方滩地按 4.3 m 高程进行削坡,滩地后方高程 4.3 m 平台以上较陡坡面按 1:2.5 修坡,坡面撒草籽防护。为了减少土方外运,对削坡土方环保指标进行检测,各项指标均符合环保要求。土方装入土工袋,用于水上及水下岸坡防护,挖土装填土工袋后抛投投资约 200 元/m³,抛石投资约 300 元/m³,开挖土方利用约 8 000 m³,可节约工程投资约 80 万元。

5.2 岸坡加固

崩岸治理段水下岸坡加固遵循“守两肩、护周边”的加固原则^[9],对坍塌区内缘周边水上岸坡进行防护。结合滩面削坡土方,采用 1.0 m 厚袋装土进行防护,自 0 m 往上护至高程 4.3 m 平台,防护宽度为

9.0 m。坍塌段水下部分根据岸坡坡比的变化,采用抛石压载加固。压载体布置在-25 m等高线附近,分两级设置:前档压载体采用袋装土+抛石防护,其中袋装土厚1.5 m,外层抛石厚2.5 m,压载体厚4.0 m、宽24 m;后档采用水下抛石进行压载、厚1.0~2.0 m、宽12 m。上下游压载段总长200 m。为提高坍塌区口门外水下岸坡抗冲能力,拟采用1 m厚抛石对口门外水下岸坡进行防护(见图7)。加固后岸坡稳定性显著提高(见表2)。工程实施后,崩岸段口门内出现较明显淤积,岸坡未出现新的坍塌现象(见图8),证明该段崩岸治理取得预期成效。

表2 八卦洲天河口岸段加固后岸坡稳定计算结果表

序号	计算断面	抗滑稳定安全系数	
		整治后	规范值
1	THK22	1.14	1.10
2	THK23	1.11	1.10
3	THK26	1.12	1.10

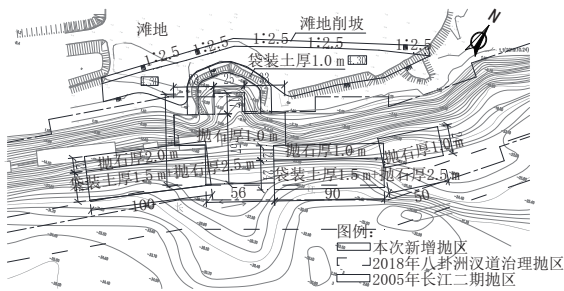


图7 八卦洲天河口崩岸段治理平面布置图

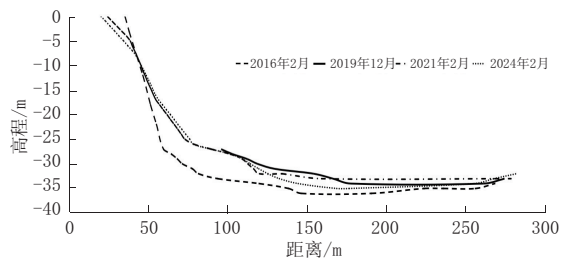


图8 八卦洲天河口崩岸段加固前后 THK24 断面对比图

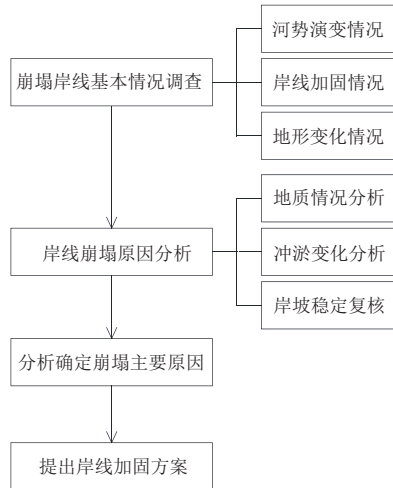


图9 技术路线图

6 结 语

(1)八卦洲汉道天河口段2019年上半年采用网兜块石加固后,坡脚未进一步冲深,说明塌坡非水下岸坡受冲刷所导致。近年来,崩塌岸线附近滩顶回填覆绿造成滩面抬高,导致岸坡整体变陡,且岸坡土质以淤泥质粉质黏土为主,岸坡整体抗滑能力偏低,通过岸坡稳定复核计算说明这是天河口段失稳坍塌的主要原因。本文尚未考虑在岸坡动态填土施工过程中对岸坡稳定的影响,在以后的岸坡失稳研究中可开展动态扰动条件下对岸坡稳定影响的相关工作。同时,长江险工段在实施岸坡加固后也应当注重日常管护,避免由于人为因素造成的崩岸险情,建立崩岸预警机制时应考虑人为因素,提升崩岸预警机制的预测能力和水平^[10-15]。

(2)工程提出了滩地削坡减载及袋装土+抛石防护的治理方案,既提高了水下岸坡稳定性和岸坡的抗冲能力,又减少了土方外运,节省了工程造价,工程加固实施后,崩岸段口门内出现较明显淤积,岸坡未出现新的坍塌现象,证明该段崩岸治理取得预期成效,可供类似工程借鉴。

参考文献:

[1] 岳红艳,余文畴.长江河道崩岸机理[J].人民长江,2002,33(8):20-22.

[2] 闻云呈,贾梦豪,张帆一,等.长江扬中河段典型岸段江岸稳定性研究[J].水道港口,2022,43(4):457-464;548.

[3] 罗京蕾,陈磊,石蓝星,等.长江南京河段八卦洲汉道河道整治工程效果分析与思考[J].江苏水利,2024(1):24-28.

[4] 余文畴.长江中下游河道崩岸机理中的河床边界条件[J].长江科学院院报,2008,25(1):8-11.

[5] 刘万利,李旺生,李一兵,等.长江中游戴家洲河段崩岸特性及护岸措施研究[J].水道港口,2013,34(2):133-138.

[6] 张幸农,蒋传丰,应强,等.江河崩岸问题研究综述[J].水利水电科技进展,2008,28(3):80-83;94.

[7] 长江勘测规划设计研究有限责任公司,南京市水利规划设计院股份有限公司.长江南京河段八卦洲汉道河道整治工程可行性研究报告[R].

[8] 高清洋,杨阳,程小兵,等.长江中下游护岸工程段崩岸原因分析——以彭兴洲—江心洲段为例[J].水道港口,2017,38(1):38-44.

[9] 章志强,臧英平,仲琳,等.三江口窝崩及抢护[J].水利水运工程学报,2011(2):71-76.

[10] 吴永新,王建中,朱立俊.长江南京河段治理理论与实践研究[M].南京:河海大学出版社,2016.

[11] 王龙,罗玉龙.崩岸机理研究进展[J].水利规划与设计,2013(2):49-51.

[12] 谷霄鹏.长江芜湖河段大拐崩岸段河道演变分析[J].水利规划与设计,2019(11):4-8.

(下转第261页)