

# 镇扬河段整治工程实施后 河道地形冲淤分析

罗 青, 王茂枚, 赵 钢, 徐 毅, 陈 楠

(江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017)

**摘要:**通过采用超高分辨率的浅水多波束系统对镇扬河道整治工程的水下地形进行定期监测,获取全覆盖、高精度的水下地形数据,通过分析多波束监测数据对工程现状进行定性描述。利用 GIS 空间分析功能对工程现状进行多维度的定量分析。通过分析结果可以发现异常现象并对其进行空间定位,以便及早采取对策,确保工程安全,同时掌握工程河段河势变化情况,为防洪抢险、河道综合整治、险工护岸等提供科学依据。

**关键词:**GIS; 多波束; 河道整治; 稳定性

中图分类号:TV82

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2021)S2-0044-05

## Analysis on River Course Topographic Flushing and Siltation After the Implementation of the Zhenyang River Regulation Project

LUO Qing, WANG Maomei, ZHAO Gang, XU Yi, CHEN Nan

(Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China)

**Abstract:** The underwater topography of Zhenyang river regulation project is regularly monitored by using ultra-high resolution shallow water multi-beam system to obtain full coverage and high-precision underwater topography data, and the project status is qualitatively described by analyzing multi-beam monitoring data. GIS spatial analysis function is used to make multi-dimensional quantitative analysis of the project status. Through the analysis results, abnormal phenomena can be found and spatially located, so as to take countermeasures as soon as possible to ensure the safety of the project, and grasp the changes of river regime in the project reach, providing scientific basis for flood control and rescue, river comprehensive regulation and dangerous engineering revetment.

**Key words:** GIS; the multi-beam; river regulation; stability

长江镇扬河段位于长江下游江苏省境内,上起三江口,下迄五峰山,全长约 73.3km,由仪征水道、世业洲汊道、六圩弯道、和畅洲汊道及大港水道 5 个部分组成,是长江中下游干流 16 个重点河段之一<sup>[1]</sup>。镇扬河段是长江黄金水道水上运输大动脉的组成部分,河道两岸在获得长江赐予宝贵资源和丰厚利益的同时,汊道主次交替、江岸坍塌导致的

灾害十分严重。长期以来,稳定河势、崩岸治理、防洪、防潮一直是保障镇扬河段两岸安全、支撑经济社会发展和资源环境命脉的重要任务<sup>[2]</sup>。目前镇扬河段已经实施了三期整治工程,三期工程在充分发挥一期、二期等整治工程作用的基础上,继续保持仪征水道的稳定,抑制世业洲左汊的发展,使镇扬河段河势进一步改善和趋于稳定。随着沿江两

收稿日期:2021-09-11

基金项目:江苏省水利科技项目(2020007,2018005);江苏省科技厅创新能力建设计划-省属公益类科研院所自主科研经费项目(BM2018028)

作者简介:罗青(1988—),女,工程师,硕士,主要从事水下测绘研究。E-mail:luoqing2021@foxmail.com

岸经济快速发展,对河势稳定、岸线利用的要求越来越高,密切关注镇扬河段河道整治工程现状能否满足两岸经济发展对河势稳定的要求,是否需要继续对镇扬河段进行治理就显得十分必要和非常迫切。有学者尝试将空间分析技术应用到护岸抛石效果分析中,李明益<sup>[5]</sup>对比了抛石断面分析与 GIS 分析的区别,研究表明 GIS 分析结果具有唯一性,避免了“断面法”分析统计结果不一致产生的纠纷;罗青<sup>[6]</sup>利用 GIS 空间分析技术对抛石增厚的空间分布以及抛石均匀度进行分析。GIS 空间分析可以精准发现并定位异常现象,以便及早采取对策,确保工程安全,同时掌握工程河段河势变化情况,可以为防洪抢险、河道综合整治、险工护岸等提供科学依据。为了及时发现可能危及工程安全的不良因素,本文拟采用具有高效率、高精度和高分辨率等优点的多波束测深技术<sup>[3]</sup>进行数据采集,利用功能强大的 GIS 空间分析功能<sup>[4]</sup>进行工程稳定性分析。

## 1 基本情况及研究方法

### 1.1 河道概况

本文以长江镇扬三期整治工程扬州市境内仪征水道工程为研究对象,仪征水道自三江口至泗源沟,长 10.5 km,外形微弯<sup>[7]</sup>。仪征水道进口有陡山节点的导流岸壁,加之三江口节点所起的挑流作用,在长期的演变过程中,其河道平面变化不大。由于上游龙潭水道经历了由顺直到弯曲急剧变化的过程,导致仪征水道左岸冲刷、右岸淤积及世业洲汉道分流点上提、下挫的变化。稳定左岸小河口—仪扬河口一线十分重要,它不仅可使仪征水道基本稳定的河势得以继续保持,同时也对阻止世业洲汉道分流区主流向左移动起着重要的导流作用。

### 1.2 工程概况

长江镇扬河段三期整治工程扬州市境内工程位于扬州市沿江的广陵区、开发区、邗江段及仪征市境内,由护岸工程和世业洲左汉河势控制工程组成,共分 12 个标段,其中仪征一标护岸工程、仪征二标护岸工程、仪征三标护岸工程、仪征四标护岸工程和河势控制一标位于仪征水道。本文以位于仪征水道的 5 个标段为研究对象。研究区位置示意图见图 1。

### 1.3 研究方案

每年汛前或汛后,使用 R2SONIC2024 多波束测深系统(用于 2~500 m 深度的水域,量程分辨率 1.25 cm)对工程进行全覆盖扫测,获取高精度点云

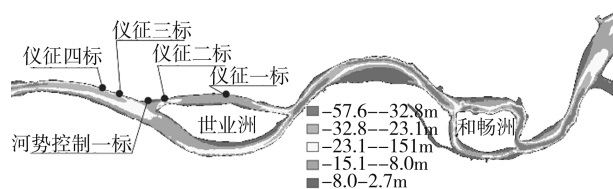


图1 镇扬河段河势及研究区位置

数据。利用 GIS 空间数据处理功能对点云数据进行克里金差值,生成栅格数据模型,通过栅格数据模型可以更直观、更形象地了解水下地形。对任意两期的栅格数据模型进行代数运算,可以获得这两期时间段的冲淤图。利用 GIS 空间分析功能可以多维度定量分析冲淤信息,获取冲淤面积、方量以及空间分布信息,实现异常现象的精准发现与定位。

## 2 河道地形监测与分析

### 2.1 工程监测概况

本文收集了仪征水道 5 个标段完工检测数据,并对完工后的标段用多波束系统进行定期监测,详细情况见表 1。

表1 研究标段监测情况

标段	完工检测时间	监测时间
仪征一标	2017 年 6 月	2018 年 8 月、2019 年 9 月、 2020 年 10 月
仪征二标	2019 年 1 月	2019 年 10 月、2020 年 10 月
仪征三标	2020 年 11 月	2020 年 10 月、2020 年 10 月
仪征四标	2018 年 5 月	2019 年 10 月、2020 年 10 月
河势控制一标	2019 年 1 月	2019 年 10 月、2020 年 10 月

### 2.2 多波束效果图分析

利用 Caris 软件对多波束点云数据进行处理,确保每期多波束水下地形图的图例和精度一致。通过对多波束水下地形图的直观分析,可以在一定程度上了解工程运行情况。对比历年水下地形图,通过图纹理和颜色(水深值)变化,判断工程是淤积还是冲刷。图 2 为仪征一标监测 3 年的多波束水下地形图,从图纹理上看,图 2(a)中部分区域可见抛石痕迹;图 2(b)中抛石痕迹基本消失,出现沙波;图 2(c)抛石痕迹几乎完全消失,出现明显沙波。从图 2(a)至图 2(c)的颜色变化上看,图 2(a)至图 2(c)水深越来越浅。综上,仪征一标完工后工程区以淤积为主。

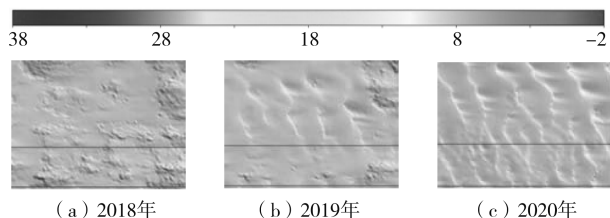


图2 仪征一标多波束水下地形

图3为仪征二标监测2年的多波束水下地形数据,图3(a)的深水侧工程边界清晰可见,而图3(b)的深水侧工程边界发生了明显的坍塌。说明仪征二标深水侧存在严重的冲刷情况,工程结构完整性遭到破坏。

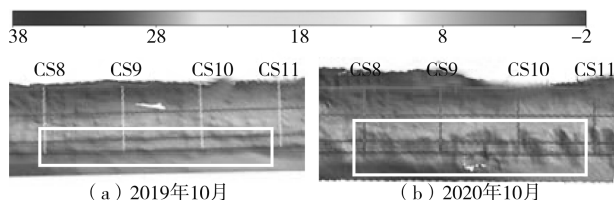


图3 仪征二标多波束水下地形

图4为河势控制一标2019年1月、2019年10月与2020年10月多波束监测水下地形图。图4(a)工程区域整体可以见明显抛石痕迹;图4(b)工程部分区域抛石痕迹减弱,出现沙波;图4(c)沙波纹理更为清晰。从图颜色上看,图4(a)至图4(c)颜色变化较小,但图4c更偏红。综上,可见河势控制一标工程整体以淤积为主,但淤积幅度不大。

### 2.3 GIS 空间分析

利用GIS空间数据处理功能生成工程任意两期的冲淤图。利用GIS空间分析功能对冲淤结果进行空间分析,定量描述工程冲淤变化,根据需求,可以精确提取工程冲刷范围以及冲刷方量。为后续采取对策,确保工程安全提供数据支撑。

#### (1) 仪征一标

根据2017年6月、2018年8月、2019年9月和2020年10月数据,对仪征一标进行冲淤分析,图5为仪征一标2019—2020年冲淤图,由图5可见,仪征一标工程区以淤积为主,最大淤积幅度为2.76 m,小部分面积存在冲刷情况,主要集中于CS6~CS7近岸区域,最大冲刷幅度为1.21 m。

表2为仪征一标2017—2020年冲淤变化表。由表2可见,2019—2020年工程淤积变化幅度相比2018—2019年有所增加,并且冲刷面积也大幅减小,说明工程区淤积明显,整体趋于稳定。

#### (2) 仪征二标

根据2019年1月、2019年10月和2020年

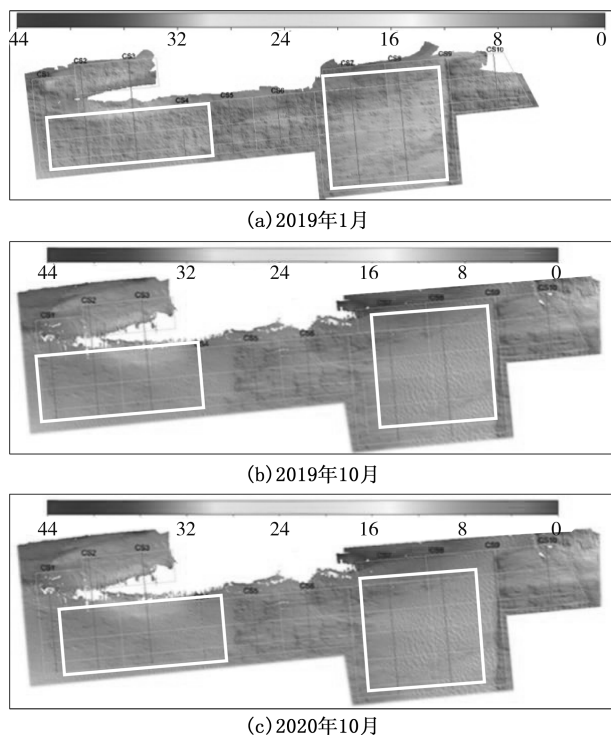


图4 河势控制一标多波束效果

10月数据,对仪征二标进行冲淤分析,图6为仪征二标2019—2020年冲淤图,由图6可见,仪征二标工程断面CS8~CS12范围内河槽一侧局部有冲刷,且冲深幅度较大,最大冲深约9.76 m,其他区域以淤积为主,最大淤积幅度4.45 m。表3为仪征二标2019年1月至2020年10月冲淤变化表。从表3可见,2019年10月至2020年10月工程区淤积幅度相比2019年1月至2019年10月有所减小而冲刷幅度有所增加。

#### (3) 仪征三标

根据2019年10月和2020年10月数据,对仪征三标进行冲淤分析,图7为仪征三标2019—2020年冲淤图,从图7可见,仪征三标工程整体以淤积为主,断面CS14~CS15范围内局部有较大淤积,最大淤积幅度约6.53 m,最大冲刷幅度约4.68 m。表4为冲淤变化表。淤积面积与淤积幅度比冲刷面积与冲刷幅度大,说明工程以淤积为主,工程稳定。

#### (4) 仪征四标

根据2018年5月、2019年10月和2020年10月数据,对仪征四标进行冲淤分析,图8为仪征四标2019—2020年冲淤图。由图8可见,仪征四标工程区冲淤平衡,最大冲刷幅度为2.98 m,最大淤积幅度为2.64 m。表5为仪征四标2018—2020年冲淤变化表。2019—2020年工程淤积幅度相比



图 5 仪征一标工程区冲淤(2019 年 9 月—2020 年 10 月)

表 2 仪征一标 2017—2020 年冲淤变化情况

仪征一标	淤积量/m <sup>3</sup>	淤积面积/m <sup>2</sup>	平均淤厚/m	冲刷量/m <sup>3</sup>	冲刷面积/m <sup>2</sup>	平均冲深/m
2017.06—2018.08	13 899.18	23 320.90	0.60	8 145.96	12 371.10	0.66
2018.08—2019.09	14 571.13	31 851.45	0.46	585.76	3 840.55	0.15
2019.09—2020.10	34 644.79	34 940.40	0.99	129.28	516.60	0.25
2017.06—2020.10	56 142.93	32 529.82	1.73	2 128.22	3 162.18	0.67

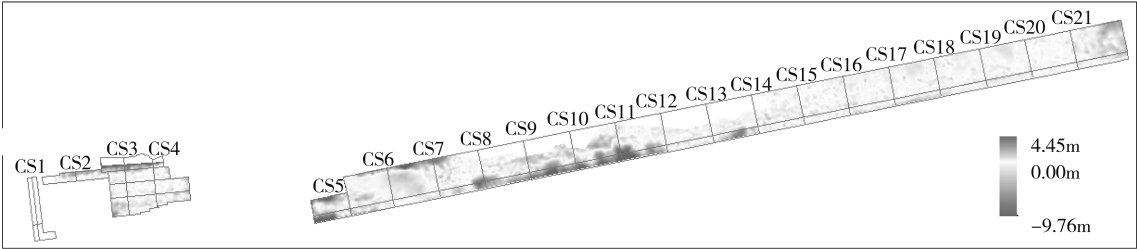


图 6 仪征二标工程区冲淤(2019 年 10 月—2020 年 10 月)

表 3 仪征二标 2019 年 1 月—2020 年 10 月冲淤变化情况

仪征二标	淤积量/m <sup>3</sup>	淤积面积/m <sup>2</sup>	平均淤厚/m	冲刷量/m <sup>3</sup>	冲刷面积/m <sup>2</sup>	平均冲深/m
2019.01—2019.10	39 472.53	78 081.85	0.51	24 906.52	66 782.15	0.37
2019.10—2020.10	28 008.27	76 900.85	0.36	62 376.31	67 522.15	0.92
2019.01—2020.10	44 294.45	83 130.79	0.53	63 876.55	61 292.21	1.04

表 4 仪征三标 2019 年 10 月至 2020 年 10 月冲淤变化情况

仪征三标	淤积量/m <sup>3</sup>	淤积面积/m <sup>2</sup>	平均淤厚/m	冲刷量/m <sup>3</sup>	冲刷面积/m <sup>2</sup>	平均冲深/m
2019.10—2020.10	125 108.16	173 389.03	0.72	5 756.29	36 129.97	0.16

表 5 仪征四标 2018—2020 年冲淤变化情况

仪征四标	淤积量/m <sup>3</sup>	淤积面积/m <sup>2</sup>	平均淤厚/m	冲刷量/m <sup>3</sup>	冲刷面积/m <sup>2</sup>	平均冲深/m
2018.05—2019.10	295.13	1 469.96	0.20	22 595.35	31 891.04	0.71
2019.10—2020.10	7 009.51	23 050.24	0.30	1 929.21	10 310.76	0.19
2018.05—2020.10	659.8	2 912.14	0.23	17 588.25	30 448.86	0.58

2018—2019 年有所增加而冲刷幅度有所减小,工程趋于稳定。

(5)河势控制一标

根据 2019 年 1 月、2019 年 10 月和 2020 年 10 月数据,对河势控制一标进行冲淤分析,图 9 为河势控制一标 2019—2020 年冲淤图,由图 9 可见,

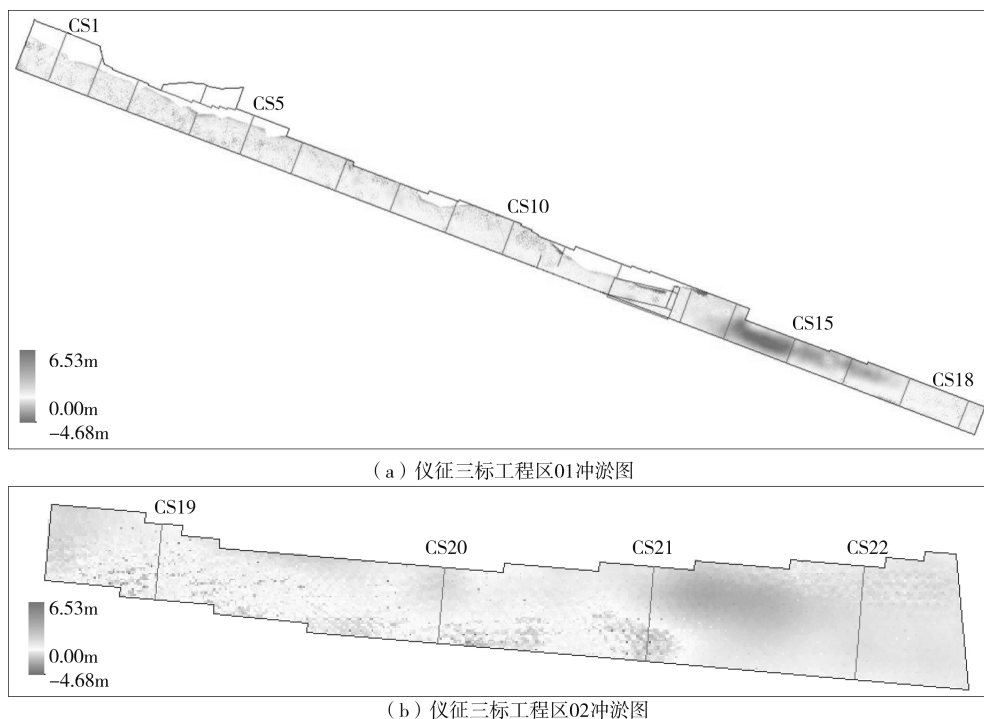


图 7 仪征三标工程区冲淤(2019 年 10 月至 2020 年 10 月)

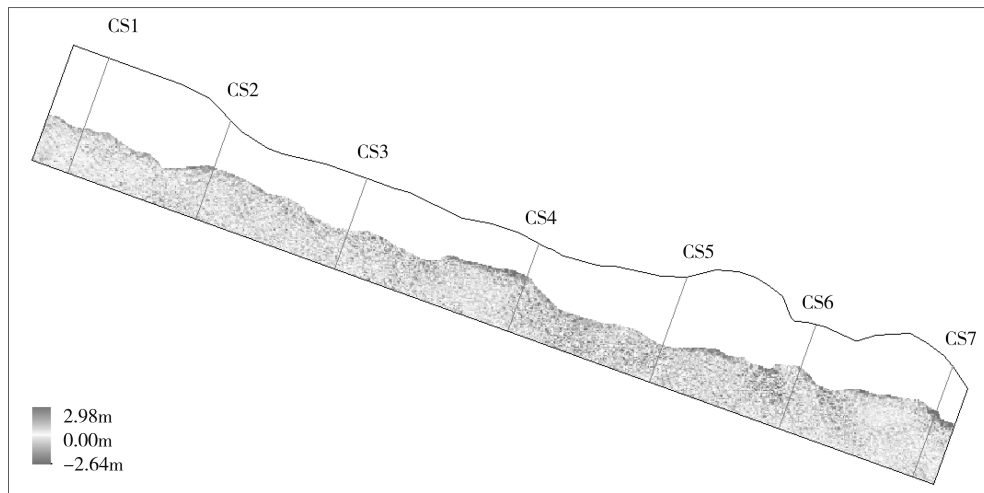


图 8 仪征四标冲淤(2019 年 10 月至 2020 年 10 月)

河势控制一标工程区整体以淤积为主,冲刷面积较少,工程区最大淤积幅度为 4.42 m,最大冲刷幅度为 3.78 m。表 6 为冲淤变化表。由表可见,2019 年 10 月至 2020 年 10 月的淤积幅度相比 2019 年 1 月至 2019 年 10 月有所增加,而冲刷幅度有所减少,工程区整体稳定。

通过冲淤分析结果,可以准确了解工程的冲淤幅度,冲淤面积及冲淤面积占比,对于以冲刷为主或冲刷威胁到工程稳定性的标段,可以进一步分析,精准定位标段冲刷的范围与空间位置,以便后续采取补充施工。由上文分析可知,仪征二标工程深水冲刷严重,工程边界发生垮塌,破坏了工程的完整性,

威胁到工程的稳定性。可以利用 GIS 空间分析功能定位垮塌的边界范围,如图 10 所示。根据定位可以实现施工的精准指导,最大程度降低施工成本<sup>[8]</sup>。

### 3 结 论

(1)仪征一标与三标以淤积为主,仪征四标冲淤相对平衡,仪征二标与河势控制一标虽以冲刷为主,但工程还处于稳定状态。

(2)工程整治后保持了仪征水道的稳定,世业洲左汊的发展得到一定程度的抑制,镇扬河段河势进一步改善和趋于稳定。

(下转第 96 页)

比的变化,加强落成洲汉道水下地形监测工作,及时发现近岸风险,做好应急筹备工作,一旦发生险情,立即采取应急措施。

#### 参考文献:

- [1] 曲红玲,张冉,马洪亮. 长江南京以下 12.5 m 深水航道治理工程落成洲河段整治效果[J]. 水运工程, 2021(1):150-155.

- [2] 凌哲,罗龙洪,吕馨怡,等. 新形势下长江镇扬河段世业洲左汉口门演变分析与思考[J]. 江苏水利, 2021(3):6-10, 14.
- [3] 谢瑞,姬昌辉,王永平. 长江扬中河段汉道分流比分析[J]. 人民长江, 2015(增刊1):86-88.
- [4] 单婷婷,杜德军,徐华,等. 长江下游天星洲河段水动力特性及近期演变研究[J]. 人民长江, 2021, 52(增刊1):5.

(上接第 48 页)

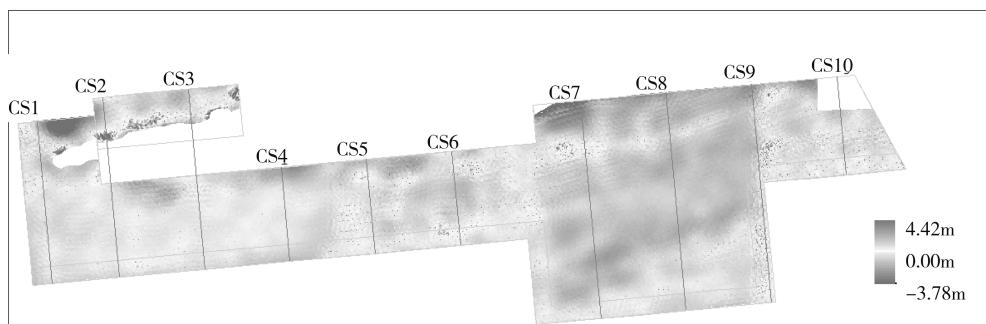


图 9 河势控制一标冲淤(2019 年 10 月至 2020 年 10 月)

表 6 河势控制一标 2019 年 1 月至 2020 年 10 月冲淤变化情况

河势控制一标	淤积量/ $\text{m}^3$	淤积面积/ $\text{m}^2$	平均淤厚/ $\text{m}$	冲刷量/ $\text{m}^3$	冲刷面积/ $\text{m}^2$	平均冲深/ $\text{m}$
2019.01—2019.10	34 895.28	92 844.39	0.38	15 263.70	69 043.61	0.22
2019.10—2020.10	69 416.80	157 266.59	0.44	212.87	2 294.41	0.09
2019.01—2020.10	91 028.89	137 440.51	0.66	3 629.07	22 120.49	0.16

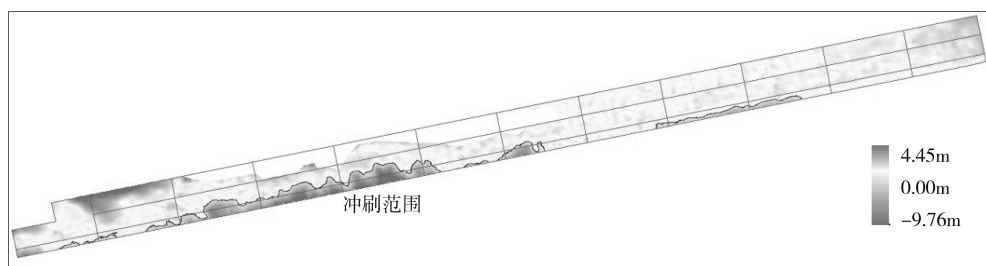


图 10 仪征一标冲刷范围

(3)利用 GIS 空间分析功能可以获取工程冲刷区域的空间信息以及冲刷方量,为后期的补充施工提供数据支撑,实现施工的精准指导,最大程度降低施工成本。

#### 参考文献:

- [1] 刘雅鸣. 深入贯彻实施长江流域综合规划着力推进流域水生态文明建设[J]. 人民长江, 2013, 44(10):14, 14.
- [2] 刘娟,刘宏,张岱峰. 长江镇扬河段近期河床演变趋势分析[J]. 长江和学院院报, 2003, 20(4):18-20.

- [3] 李家彪. 多波束勘测原理技术与方法[M]. 北京:海洋出版社, 1999:6.
- [4] 黄杏元,马劲松. 地理信息系统概论[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社, 2008:4.
- [5] 李明益. GIS 技术在长江扬中河段护岸抛石效果分析中的应用[J]. 水运工程, 2016(6):7-11.
- [6] 罗青,赵钢,王茂枚,等. 基于 GIS 空间分析的抛石护岸工程水下抛石效果评价[J]. 水运工程, 2021(2):182-187, 198.
- [7] 廖小永. 长江镇扬河段三期整治工程可行性研究报告[R]. 武汉:长江水利委员会长江科学院, 2010.