



沙颍河三八村切滩段航槽稳定性分析

胡应苗, 高 胜

(安徽省港航建设投资集团有限公司, 安徽 合肥 230051)

摘要: 以沙颍河阜阳闸站 1972—2016 年水沙原型资料为基础, 利用 SPSS、Matlab 等工具, 采用 R/S 分析和小波分析等方法, 研究三八村河段来水来沙特性及变化趋势; 基于 2017 年及 2019 年工程河段实测地形资料, 分析近期河势变化情况及河床冲淤特性, 揭示该河段河床演变的主要特点和规律。结果显示: 在径流量未发生系统增加或减少的前提下, 河道输沙量和含沙量均呈明显降低趋势; 预测工程河段输沙量与含沙量未来一段时间整体呈现减小的趋势; 自然演变条件下, 整治工程段河道滩地基本稳定, 主槽微冲, 冲刷幅度较小, 河道相对比较稳定; 工程不会根本上改变河段的冲淤特性, 从长远来看, 工程后弯道主流会逐渐趋向于新开河槽, 河床仍将保持冲刷下切的趋势。

关键词: 沙颍河; 水沙特征; 河床演变; 趋势分析

中图分类号: TV 147; U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)01-0183-06

Stability analysis of navigation channel in Sanba village beach cutting section of Shaying River

HU Ying-miao, GAO Sheng

(Anhui Port and Waterway Construction Investment Group Co., Ltd., Hefei 230051, China)

Abstract: Based on the prototype data of water and sediment from 1972 to 2016 at Fuyang sluice station of Shaying River, using tools such as SPSS, MATLAB, etc., and adopting R/S analysis and wavelet analysis methods, we study the characteristics and change trend of water and sediment from Sanbacun reach. Based on the measured topographic data of the project reach in 2017 and 2019, we analyze the recent changes of river regime and characteristics of riverbed erosion and deposition to reveal the main characteristics and laws of riverbed evolution in this reach. The results show that under the premise of no systematic increase or decrease of runoff, the sediment discharge and sediment concentration in the river course are obviously decreased; The sediment discharge and sediment concentration in the river reach of the project are predicted to be decreased in the future; Under the natural evolution condition, the floodplain of the river course of the project section is basically stable, the main channel is slightly scoured, the scour range is small, and the river course is relatively stable; The project will not fundamentally change the scouring and silting characteristics of the reach. In the long run, the main stream of the bend after the project tends to open a new channel, and the riverbed will still maintain the trend of scouring and cutting down.

Keywords: Shaying River; characteristics of water and sediment; evolution of river bed; trend analysis

1 工程概况

沙颍河发源于河南省伏牛山, 流经河南省平顶山、漯河、周口等地市, 自界首入安徽省阜阳市境内, 于颍上沫河口入淮河, 是淮河的最大的支流。干流河道全长 620 km, 总落差 665 m, 流域

面积 3.67 万 km^2 。受黄河泛滥影响, 颍河两岸滩地淤高, 一般高于堤外地面 1~2 m, 河槽宽 100~180 m, 河深 8~12 m, 河道弯曲段较多。作为国家航道网的主干航道, 目前沙颍河航道仅能区间通航, 航道等级严重偏低, 这不仅限制了其跨省

诸多优势的充分发挥，而且水运量长期以来增长缓慢，难以适应区域经济发展的迫切需要，制约了本地区经济的发展^[1-4]。为适应未来运量的增长需求、进一步完善腹地综合运输体系，对现有沙颍河航道进行升级是必要的^[5-8]。三八村等弯道切滩疏浚工程是本轮沙颍河航道整治工程的一部分。三八村弯道位于颍上闸下游 2 km，河槽呈“Λ”形弯曲，弯道弯曲半径较小，约 200 m，弯道长度约 3.3 km，不能满足本轮沙颍河航道整治Ⅳ级标准要求。本次设计该处航道弯曲半径取 300 m，对航道底宽作局部加宽处理。根据计算，加宽值为 18.7 m，取 19 m，该方案航道里程 2.7 km。工程方案布置见图 1。

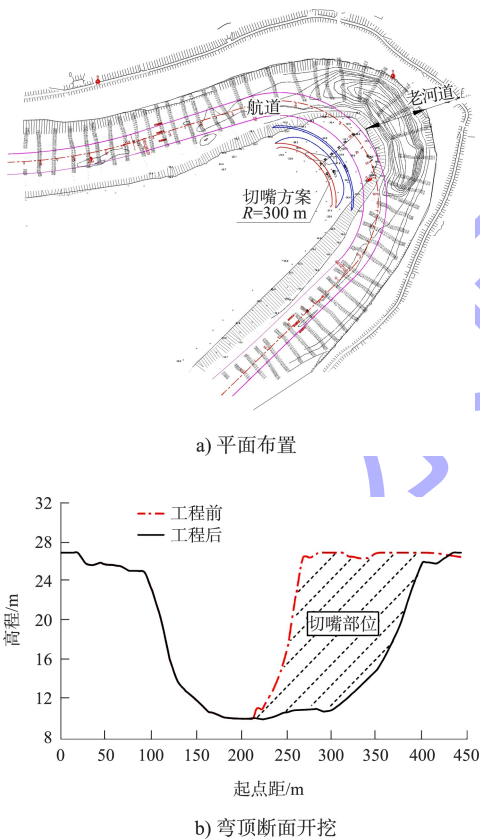


图 1 工程方案布置

对于航运而言，裁弯工程缩短了航程，增大了弯曲半径，可提高行船安全性，但同时会引起上、下游河势的调整变化，给河床演变带来诸多不确定性。为此，本文采用 R/S 分析和小波分析等方法，研究 1972—2016 年沙颍河三八村河段来水来沙特性及变化趋势，基于 2017 年及 2019 年

工程段实测地形资料，分析近期河势变化情况及河床冲淤特性，揭示工程前后河势变化规律，为类似工程提供技术参考。

2 水沙变化及趋势分析

2.1 阜阳闸站水沙历史变化趋势

水沙条件是河床演变的首要动力因子，对冲淤特性和河势稳定起重要的作用。三八村弯道位于沙颍河颍上闸下，因颍上闸为水位站不测沙，故选上游阜阳闸站资料分析三八村河段的来水来沙特性。将沙颍河阜阳闸站 1972—2016 年共 44 年系列径流量、输沙量和含沙量分年代进行统计，结果见图 2。

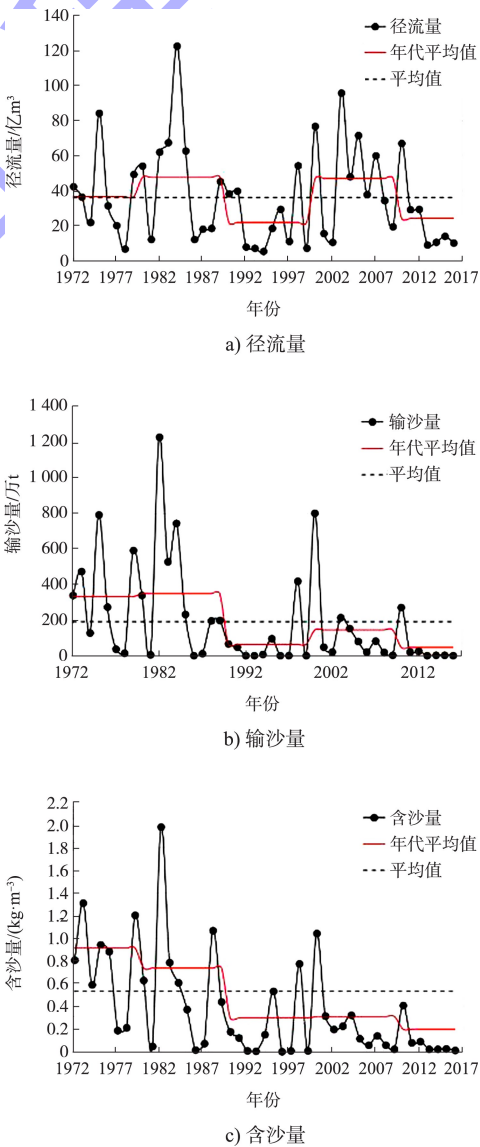


图 2 阜阳闸站水沙逐年变化

从水量的统计成果看: 1972—2016 年阜阳闸站多年平均径流量为 35.96 亿 m³, 不同年代径流量总体呈随机变化特征, 并无明显增加或减少的趋势。

从泥沙的统计成果看: 1972—2016 年阜阳闸站多年平均输沙量为 190.28 万 t, 多年平均含沙量为 0.53 kg/m³。各年代平均输沙量及含沙量随时间推移均呈明显递减趋势, 进入 2010 年之后, 含沙量基本维持在 0.2 kg/m³。

采用双累积曲线的方法, 点绘阜阳闸站 1972—2016 年逐年累积输沙量对径流量累积的关系(图 3), 以进一步判断水沙变化趋势的一致性。

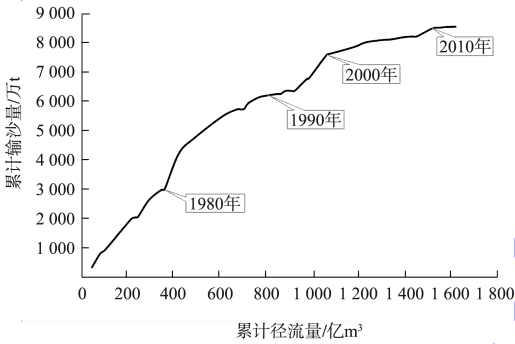


图 3 阜阳闸站逐年累积输沙量对径流量累积的关系

由图 3 可以看出, 随着时间的推移, 阜阳闸站输沙量和径流量双累积曲线的斜率大体上呈逐渐减少的趋势, 特别是在 2000 年以后累积曲线的斜率基本不变, 说明水沙搭配关系开始逐渐趋向稳定。

通过对阜阳闸站 1972—2016 年水沙原型资料的分析可以看出, 研究河段在径流量未发生系统增加或减少的前提下, 输沙量和含沙量均呈明显降低趋势, 来沙量减少可能与沙颍河上游闸坝拦沙、河道人工采砂及水土保持的作用持续发挥有关。

2.2 阜阳闸站来沙未来变化趋势

利用 MATLAB 软件对 1972—2016 年阜阳闸站水沙原型资料进行 R/S 分析^[9-10], 统计曲线如 4 所示。

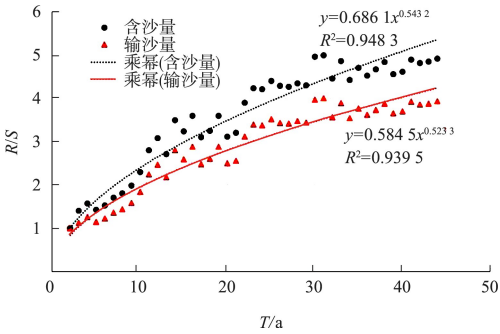


图 4 近 45 a 阜阳闸站来沙量 R/S 法统计量曲线

由图 4 可以看出, 输沙量与含沙量 R/S 法统计量结果拟合程度较好, R² 系数分别为 0.94、0.95, 计算结果及未来趋势分析见表 1。由表 1 可知, 输沙量时间序列的 Hurst 指数 $H=0.52>0.5$, 表明未来一段时间输沙过程具有持续性与正相关性, 即未来变化趋势将和输沙量历史总体趋势保持相同, 结合上述历史资料分析, 阜阳闸站输沙量在未来一段时间内整体上呈现减少的趋势; 含沙量时间序列的 Hurst 指数 $H=0.54$, 较输沙量的 Hurst 指数略大, 说明含沙量的正持续性较输沙量的程度相对较强, 阜阳闸站含沙量在未来一段时间内总体上呈现减少的态势, 阜阳闸站未来输沙量与含沙量变化趋势大体一致。

表 1 近 45 a 阜阳闸站来沙量 R/S 法分析结果及未来趋势判断

来沙量	H	R^2	历史趋势	未来趋势
输沙量	0.52	0.94	减少	减少
含沙量	0.54	0.95	减少	减少

2.3 水沙变化周期性研究

图 5 是阜阳闸站水沙变化的小波系数实部等值线图^[11]。图中实线代表正值, 对应着丰水期(多沙期); 虚线代表负值, 对应着枯水期(少沙期)。加粗实线, 即等值为 0 的地方是突变的时间点, 等值线疏密与指标的偏少和偏多时期是对应的。整体来看, 不同时间尺度下阜阳闸站水沙时间序列变化结构不同, 大尺度震荡里嵌套着更复杂的小尺度振荡。

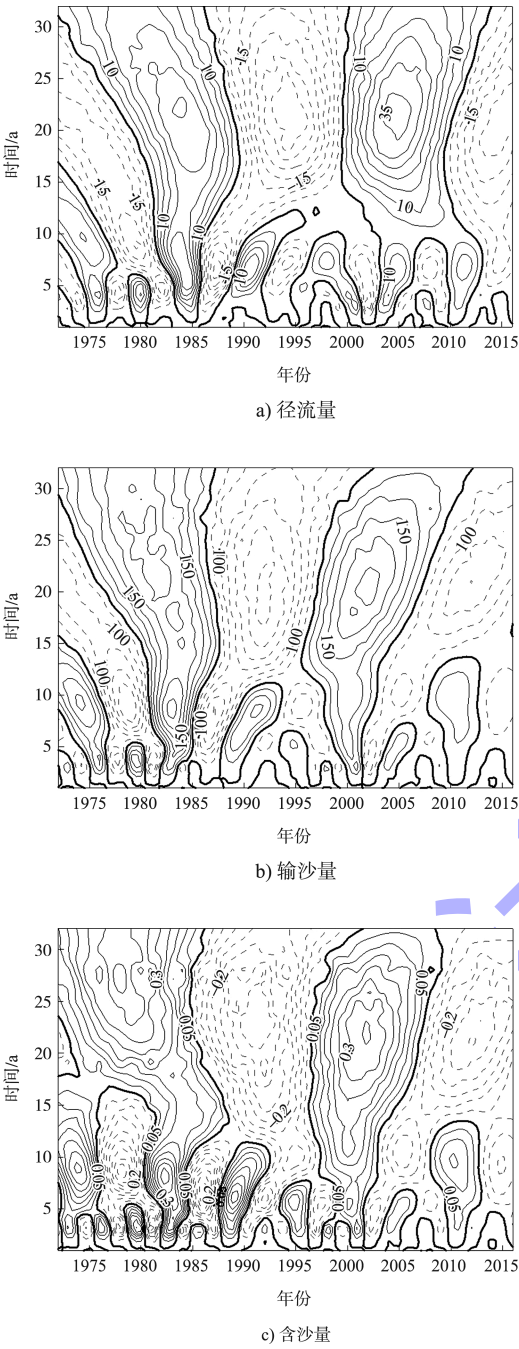


图 5 阜阳闸站水沙序列小波系数实部等值线

由图 5a) 可知，在径流过程中除存在 5 a 以下高频振动外，还存在 5~10 a 和 20~25 a 的振荡周期。其中 20~25 a 振荡周期在整个研究区域都很明显，具有全域性；以 22 a 为振荡中心，阜阳闸站径流过程出现了枯-丰-枯-丰-枯-丰 3 次的振荡，为第一主周期；且 2015 年负位等值线并未

封闭，表明 2015 年以后一段时间阜阳闸站将继续处于枯水期。

图 5b) 可知，总体上，左边的等值线密度大于右边，表明近 45 a 来，阜阳闸站输沙量总体上保持减少的趋势，这与对历史资料分析得到的结论相一致。在输沙过程除存在 5 a 以下高频振动外，还存在 5~10 a 和 18~23 a 的振荡周期。其中 18~23 a 振荡周期在整个研究区域都很明显，具有全域性，为第一主周期；18~23 a 周期上存在少-多-少-多-少 5 个循环；且在 2015 年负位等值线并未封闭，表明 2015 年以后一段时间将继续处于少沙期。

从图 5c) 可知，总体上和输沙量表现的规律是一致的，近 45 a 来，阜阳闸站含沙量总体上保持减少的趋势；含沙量存在 5~10 a 和 18~23 a 的振荡周期。其中 18~23 a 振荡周期在整个研究区域都很明显，具有全域性，为第一主周期；且在 2015 年负位等值线并未封闭，表明 2015 年以后一段时间将继续处于少沙期。

3 冲淤分析

3.1 断面比较

以三八村弯道为重点，利用 2017 年和 2019 年补测的局部弯顶断面资料，通过纵、横断面套绘，分析河道深泓位移和滩槽冲淤特点；结合断面法和数字高程模型，定量分析本河段冲淤量及滩槽冲淤分布，阐明自然条件和人类采砂影响下本河段冲淤变化规律。

断面图套绘可以比较直观地反映断面的横向和纵向变化，根据收集到的可套绘的 2017 年和 2019 年 2 次实测航道地形图进行河床演变的对比分析。2017—2019 年经历了 2017 年和 2018 年 1 000 m³/s 左右的洪水，三八村弯顶位置 K164+506.752~K165+310.099，共布设 26 个断面，断面间距约 50 m，具体位置见图 6。本河段 2017 年和 2019 年典型断面比较见图 7。

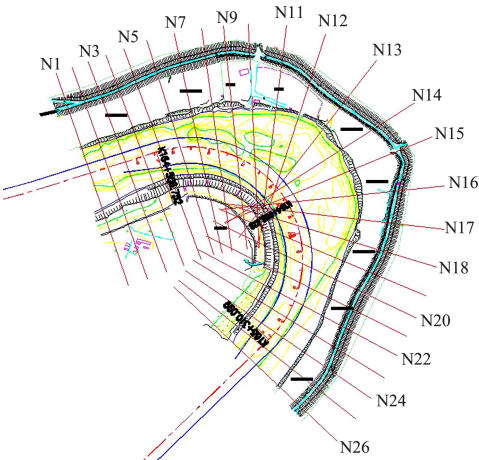
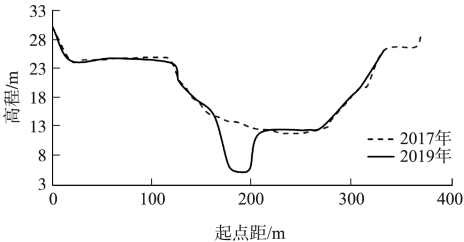
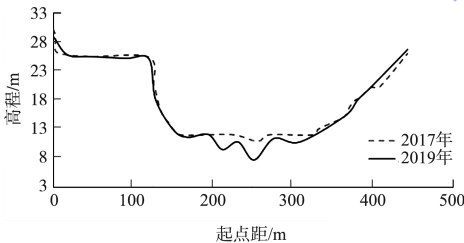


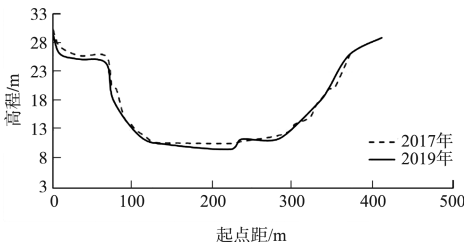
图 6 三八村弯顶断面分布



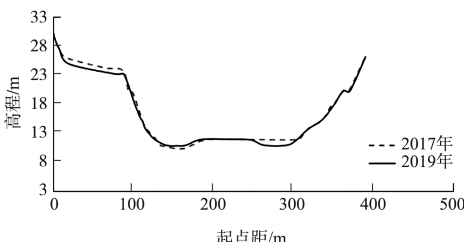
a) N7



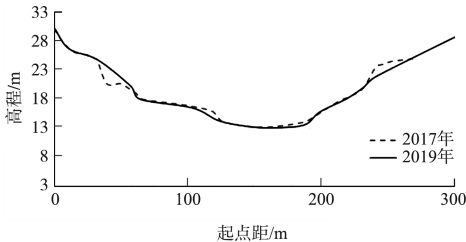
b) N11



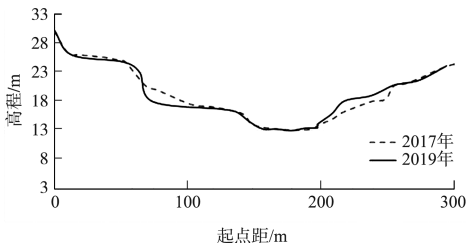
c) N13



d) N16



e) N22



f) N22

图 7 三八村弯顶典型断面套绘

由图 7 可知, 该河段断面滩地变化不大, 主槽略有冲刷。部分主槽断面 N7 和 N11 宽度变化不大而深度变化明显, 最大下切幅度在 3~7 m。由于 2017—2018 年沙颍河未发生较大的洪水, 河床明显下切很有可能与局部采砂有关, 另外河床底部出现的锯齿形边界也为这种观点提供了佐证。弯顶整治工程切嘴河段(N13~N16), 老河槽边滩略有回淤, 切嘴工程部位冲淤基本平衡。从整体上看, 该河段主槽、岸滩基本保持稳定, 除受局部采砂影响较大的断面外, 滩槽总体呈微冲状态, 河床相对比较稳定。

3.2 冲淤计算

3.2.1 断面法冲淤计算

根据已有 2017 年和 2019 年的地形资料分析, 本次断面法冲淤计算主槽和滩地冲淤分析采用的计算水位分别为 20 m 和 25 m, 冲淤量计算结果见表 2。

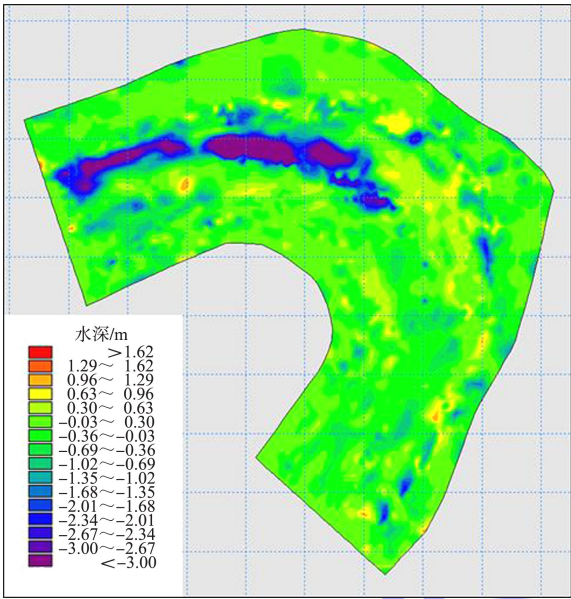
表 2 2017—2019 年三八村弯顶段冲淤计算结果			万 m ³
部位	2017 年容积	2019 年容积	冲淤量
主槽	138	149	-10.7
滩地	141	138	2.9
总河道	279	287	-7.9

注: +淤; -冲。

从表 2 可以看出, 2017—2019 年三八村弯顶整治工程段主槽整体表现为冲刷, 冲刷量为 10.7 万 m³, 主要是由于局部采砂坑造成的; 滩地微淤, 淤积量仅为 2.9 万 m³; 滩槽冲淤相抵, 河道整体表现为冲刷, 冲刷量为 7.9 万 m³。

3.2.2 地形法冲淤计算

采用三八村弯顶整治工程段河道 2017、2019 年两次断面地形成果对本段河道近期变化进行详细分析, 2019 年地形与 2017 年地形差值结果见图 8。



注: “+” 为淤; “-” 为冲。

图 8 2017—2019 年河段地形变化

由图 8 可知, 本段局部河底高程变化剧烈, 在弯道进口至弯顶断面之间出现多处深坑, 平均下切深度在 3 m 以上, 最大下切深度接近 7 m。相比而言, 其他区域的河床都比较稳定, 滩槽高程变化一般不超过 0.3 m, 以弯顶断面为例, 其老河槽处于微淤状态, 新河槽基本处于冲淤平衡的状态。

4 结论

1) 1972—2016 年工程河段径流量并无明显增加或减少的趋势, 河道输沙量和含沙量均呈明显降低的趋势, 2013 年以后含沙量基本稳定在 0.02 kg/m³; 利用 R/S 分析法, 预测工程河段含沙量和输沙量在未来一段时间内总体上呈现减少的态势。

2) 断面法和地形法冲淤计算结果表明, 自然

演变条件下, 三八村整治工程段河道滩地基本稳定, 主槽微冲, 冲刷幅度较小, 河道相对比较稳定; 通过地形对比、断面套绘和纵剖面形态分析, 表明本段河道近期河床剧烈变化不是河床自然演变造成的, 是人工违禁采砂造成的。人工采砂对河床演变的影响远大于自然演变的影响。近年, 本段河道来沙量少, 含沙量低, 并呈减少趋势, 河道天然来沙量难以及时有效地修复近期出现的深坑。

3) 从长远来看, 本次航道整治工程, 切嘴后弯道主流会逐渐趋向于新开河槽, 整个河段的河床稳定性不会受太大的影响。

参考文献:

[1] 傅阳. 河流航道整治线设计相关问题讨论[J]. 中国水运, 2019(11): 87-88.

[2] 戈国庆, 孙策, 耿卓, 等. 整治工程影响下大清河航道水流泥沙冲淤分析[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(27): 327-336.

[3] 刘磊, 柳军. 浅议河南省长江水系与淮河水系航运沟通[J]. 中国水运(下半月), 2019, 19(3): 33-34.

[4] 任恒杰, 张羽. 沙颍河周口段航运发展现状及提升建议[J]. 中国水运(下半月), 2019, 19(2): 35-36.

[5] 涂琳. 长江中游黑沙洲水道整治一期工程效果的分析[J]. 武汉船舶职业技术学院学报, 2018, 17(3): 24-28.

[6] 吕世升. 雷诺护垫在沙颍河安徽段航道整治工程中的应用[J]. 价值工程, 2018, 37(19): 137-138.

[7] 戴韵秋, 石朋, 胡健伟, 等. 气候变化和人类活动对流域径流的影响分析: 以沙颍河为例[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2018, 40(1): 15-19.

[8] 余山, 刘文龙. 长江中游航道整治技术研究[J]. 中国水运(下半月), 2017, 17(12): 155-156.

[9] 刘宇峰, 原志华, 孙铂. 近 15 年来西安市主要气候要素变化的 R/S 分析[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2016, 19(1): 73-78.

[10] 王翠, 李生宇, 雷加强, 等. 叶尔羌河流域气候变化特征及趋势分析[J]. 干旱区资源与环境, 2018, 32(1): 155-160.

[11] 邵雪杰, 顾圣平, 曹爱武, 等. 多沙河流水沙变化特征小波分析[J]. 长江科学院院报, 2017(5): 5-8.