

韩江三河坝 - 潮州供水枢纽段 河道冲淤规律及成因分析*

杨云平, 王建军, 李晓星, 徐俊锋, 王义安

(工程泥沙交通运输行业重点实验室//交通运输部天津水运工程科学研究所, 天津 300456)

摘 要: 以韩江三河坝 - 潮州供水枢纽段为研究对象, 利用 2002 ~ 2017 年实测地形资料, 分析了河道冲淤量及强度、断面及深泓变化, 基于河段区间泥沙输移平衡关系, 结合河道采砂情况, 确定了引起河道冲淤的主控因素。研究表明: ① 韩江三河坝 - 潮州供水枢纽段深泓整体为下切趋势, 2002 ~ 2017 年期间三河坝 - 高陂枢纽、高陂枢纽 - 东山枢纽及东山枢纽 - 潮州供水枢纽河段平均下切分别为 1.92 m、1.15 m 和 5.38 m; ② 2002 ~ 2008 年期间韩江三河坝 - 东山枢纽河段略有淤积, 2008 ~ 2017 年期间为冲刷趋势, 其中三河坝 - 高陂枢纽河段冲刷强度减小, 高陂枢纽 - 东山枢纽河段冲刷强度增加; ③ 2002 ~ 2017 年期间东山枢纽 - 潮州供水枢纽河段的河道均为冲刷趋势, 且冲刷强度先减小后增大; ④ 基于河段区间泥沙输移平衡理论, 结合河道采砂量, 研究认为河道采砂是引起三河坝 - 归湖河段河床冲刷下切的主控因素。

关键词: 河床冲淤; 采砂活动; 三河坝 - 州供水枢纽; 韩江

中图分类号: TV 184 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529 - 6579 (2019) 03 - 0040 - 08

Process of erosion-deposition and the cause analysis in Hanjiang River Sanhe Dam-Chaozhou Water Supply Project Section

YANG Yunping, WANG Jianjun, LI Xiaoxing, XU Junfeng, WANG Yi'an

(Laboratory of Engineering Sediment, Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering,
Ministry of Transport, Tianjin 300456, China)

Abstract: The river sediment volume and intensity, cross section and the thalweg change of Sanhe Dam-Chaozhou Water Supply Project section of the Hanjiang River were analyzed using the measured topographic data from 2002 to 2017. Based on the sediment transport balance, combined with the amount of river channel sand mining, the main controlling factors that cause the channel erosion and deposition are determined. The results are as follows: 1) The thalweg of the Hanjiang River Sanhe Dam-Chaozhou Water Supply Project section shows a downcutting trend. During the period from 2002 to 2017, the average downcutting values of the Sanhe Dam-Gaobei hydro-junction, Gaobei hydro-junction-Dongshan hydro-junction and Dongshan hydro-junction-Chaozhou Water Supply Project were 1.92 m, 1.15 m and 5.38 m, respectively. 2) Sanhe Dam-Dongshan hydro-junction had a slight deposition from 2002 to 2008 and an erosion trend from 2008 to 2017. The erosion intensity decreased in Sanhe Dam-Dongshan hydro-junction, but increased in the Gaobei-Dongshan hydro-junction. 3) During the period from 2002 to 2017, the river channel of Dongshan hydro-junction-Chaozhou Water Supply Project showed an erosion trend,

* 收稿日期: 2018 - 03 - 29

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费 (TKS170229); 交通运输部天津水运工程科学研究所科技发展基金 (KJFZJJ170101)

作者简介: 杨云平 (1985 年生), 男; 研究方向: 河道演变与航道治理技术; E-mail: yangsan520_521@163.com

通信作者: 王建军 (1980 年生), 男; 研究方向: 河道治理与航道整治技术; E-mail: wangjianjunb@126.com

and the erosion intensity decreased first and then increased. 4) Based on the theory of sediment balance in the river and in combination with the sand mining quantity, it is believed that the sand mining is the main controlling factor that causes the river bed down cutting.

Key words: Channel erosion and silting; sand mining activities; Sanhe Dam-Chaozhou Water Supply Project; Hanjiang River

近几十年来，极端自然条件和人类活动严重影响了河床变形^[1]。人类活动导致的扰动往往会迅速加速或改变自然过程和趋势，从而导致河道调整的时间尺度缩短^[2]。对于韩江下游河道而言，国内学者侧重于径流丰枯、周期性演化^[3-7]、泥沙输移量^[8]等方面开展了相关研究工作，明确了流域水、沙输移规律及其成因。在河道冲淤方面：1989～2008 年期间，韩江上下游呈现不同的冲淤变化趋势，上游河段呈淤积趋势，而下游河段呈冲刷趋势，并预计今后一段时期内，总体上仍将维持现有河势^[9]；1960～1998 年期间韩江下游及三河洲区域河床冲刷主要是人工无序挖砂所致^[10]；采砂活动已使得榴煌站平均水位下降了 0.6 m^[11]，也会对生态环境产生影响^[11-12]。在通航水位方面：利用 1974～2006 年资料，计算了不稳定流及河床下切条件下的韩江干流航道设计最低通航水位^[13]，并发现潮安站最低通航水位增加约 30%，北江、西江等均降低 30% 左右的特点^[14]。准确把握历史时期及近期河道、航道演变规律，是河势控制与航道整治工程取得预期效果的前提，只有摸清其调整的成因，其整治措施才更有针对性，治理效果才能事半功倍。随着韩江干流枢纽工程的建设，通库区航水深得到一定改善，给航道水深的提高带来了有利条件。近期，广东省航道局启动了“韩江三河坝至潮州港航道扩能升级工程”项目，拟在现行航道基础上，通过新建船闸或改建、改造已有枢纽船闸和航道整治、改造（改建、重建）不能满足通航净空尺度要求的桥梁等措施，将研究河段航道等级提升为 1 000 t 级（或 500 t 级）航道。已有研究成果总结了河库的近期（2008 年以前）冲淤演变，为支撑航道扩能升级工程的论证工作，仍需进一步开展韩江下游河床冲淤规律及其成因进行研究。

本文收集了 2002～2017 年期间 8 套地形图，系统分析了河道冲淤量、断面及深泓变化，基于河道泥沙输移平衡关系，结合河道采砂量分析，确定了韩江三河坝－潮州供水枢纽段河道冲淤的主控因素，为航道扩能升级工程提供支撑。

1 研究区域及资料

1.1 研究区域

韩江发源于广东省紫金县的七星寮，梅江为主干流，由西南向东北流经五华、兴宁、梅县至大埔的三河坝与汀江汇合后称韩江，而后折向南流，经丰顺、潮州、澄海、汕头等县市，于汕头、澄海两市汇入南海（图 1a）。本文研究区域为韩江三河坝－潮州供水枢纽河段，位于韩江下游，河道全长约 116 km，其中三河坝－高陂枢纽段约 28 km，高陂枢纽－东山枢纽段约 37 km，东山枢纽－潮州供水枢纽段约 51 km（图 1b）。

1.2 资料

收集了 2002～2017 年期间共 8 套地形资料，用于分析断面、深泓及河道冲淤变化，其中选取 2002 年 5～9 月、2008 年 11～12 月、2015 年 11 月和 2017 年 11 月地形计算河床冲淤量（表 1）。

2 三河坝－潮州供水枢纽段深泓及断面变化

2.1 河道断面变化

三河坝－潮州供水枢纽河段的河床选取 6 个代表断面，从深泓变化上看，断面的冲淤幅度较大。各断面变化特点为（图 2）：8[#]断面 2002～2008 年期间为左淤右冲，基本遵循天然河道的演变规律，2008～2015 年期间断面普遍冲刷，2015～2017 年期间断面右侧单向冲刷；10[#]断面 2002～2008 年、2008～2015 年和 2015～2017 年期间均为冲刷趋势；26[#]断面 2002～2008 年期间为左淤右冲，2008～2015 年期间为左冲右淤，基本遵循天然河道的演变规律，2015～2017 年期间左冲，右侧变化相对较小；30[#]断面 2002～2008 年期间冲淤变化不大，2008～2017 年期间断面单向冲刷，最大冲刷深度达 10 m 以上；44[#]断面 2002～2008 年期间为左淤右冲，2008～2017 年期间右侧整体冲刷趋势，最大冲刷深度达 5.0 m 以上；50[#]断面 2002～2012 年期间为单向下切趋势，2012～2015～2017 年期间经历了淤积转为冲刷的过程。整体上，2008 年

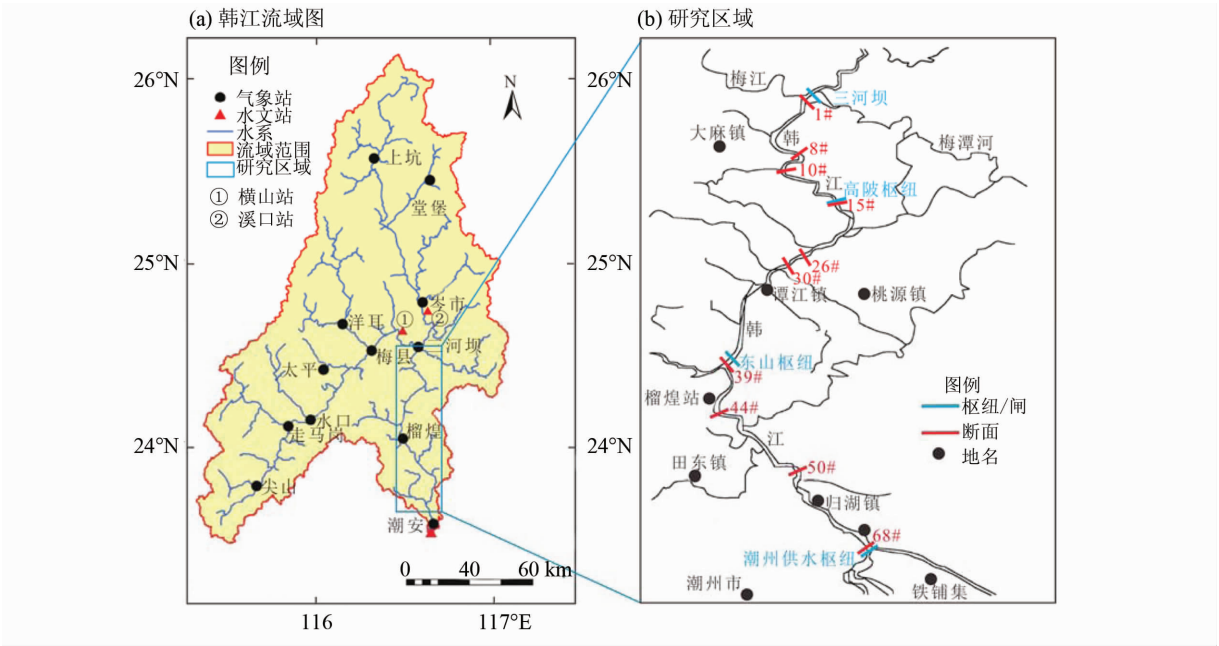


图 1 韩江中下游河道位置图及断面选取（据文献 [8]）

Fig. 1 Location map and section selection of the lower reaches of Hanjiang River

表 1 地形资料及研究内容对照表

Table 1 Comparison table of terrain data and research contents

序号	测量时间	地形范围	研究内容
1	2002 年 5 ~ 9 月	三河坝 - 潮州供水枢纽	断面、深泓、冲淤量及强度
2	2005 年 5 月	高陂枢纽 - 东山枢纽	断面、深泓
3	2008 年 11 ~ 12 月	三河坝 - 归湖镇	断面、深泓、冲淤量及强度
4	2010 年 3 月	三河坝 - 高陂枢纽, 东山枢纽 - 归湖镇	断面、深泓
5	2012 年 11 月	东山枢纽 - 归湖镇	断面、深泓
6	2013 年 12 月	东山枢纽 - 归湖镇	断面、深泓
7	2015 年 11 月	三河坝 - 潮州供水枢纽	断面、深泓、冲淤量及强度
8	2017 年 11 月	三河坝 - 归湖镇	断面、深泓、冲淤量及强度

以前断面形态变化基本遵循自然河流的演变规律，2008 年以来河道局部冲深明显，并表现为单向冲刷的特点。

2.2 深泓变化

绘制三河坝 - 潮州供水枢纽段的河道深泓变化图（图 3），分析表明：2002 ~ 2017 年期间三河坝 - 高陂枢纽河段的深泓纵向整体为下切趋势，河段平均下切深度为 1.92 m，其中 2008 ~ 2017、2015 ~ 2017 年期间分别下切 1.19 m 和 0.11 m；2002 ~ 2017 年期间高陂枢纽 - 东山枢纽河段深泓纵向整体为下切趋势，河段平均下切深度为 1.15 m，最大下切深度为 5.2 m，其中 2008 ~ 2017 年、2015 ~ 2017 年平均下切深度分别为 0.75 m 和 0.65 m；2002 ~ 2017 年期间，东山枢纽 - 潮州供水枢纽河段深泓纵向整体为下切趋势，河段平均下

切深度为 5.38 m，最大下切深度为 12.5 m，其中 2008 ~ 2017 年、2015 ~ 2017 年期间平均下切深度分别为 4.37 m 和 0.97 m（东山枢纽 - 归湖镇）。

3 三河坝 - 潮州供水枢纽段河道冲淤变化及成因

3.1 三河坝 - 高陂枢纽河段冲淤分析

三河坝 - 高陂枢纽河段河床冲淤变化特点为（表 2，图 4）：2002 ~ 2008 年期间河段总淤积量为 $12.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，平均淤积厚度为 0.012 m；2008 ~ 2015 年期间河床大幅冲刷，总冲刷量为 $538.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，平均冲刷深度为 0.71 m；2015 ~ 2017 年期间河床仍延续冲刷趋势，总冲刷量为 $49.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，平均冲刷深度为 0.15 m。整体上，三河坝 - 高陂枢纽河段由淤积转为冲刷，并继续维持冲刷趋势。

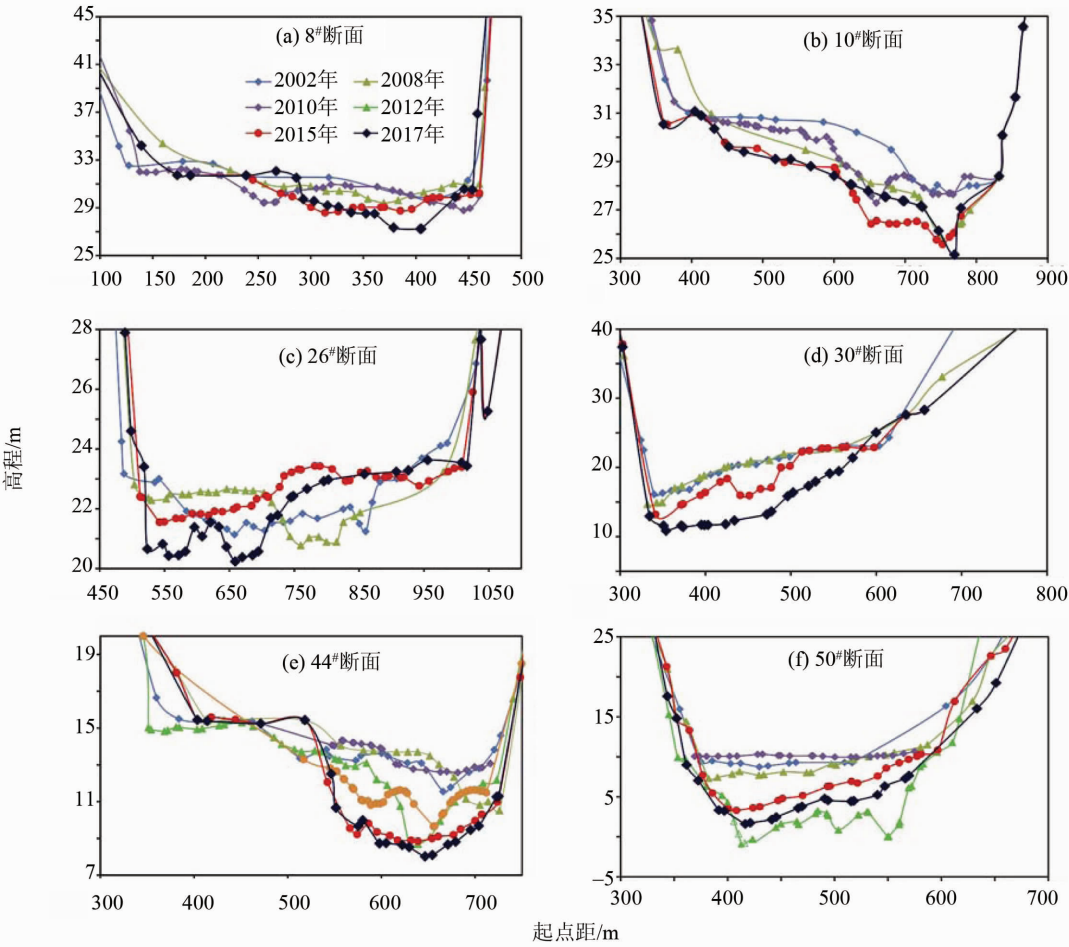


图 2 三河坝－潮州供水枢纽河段代表断面变化

Fig. 2 Represents the change of section in Sanhe Dam-Chaozhou Water Supply Project

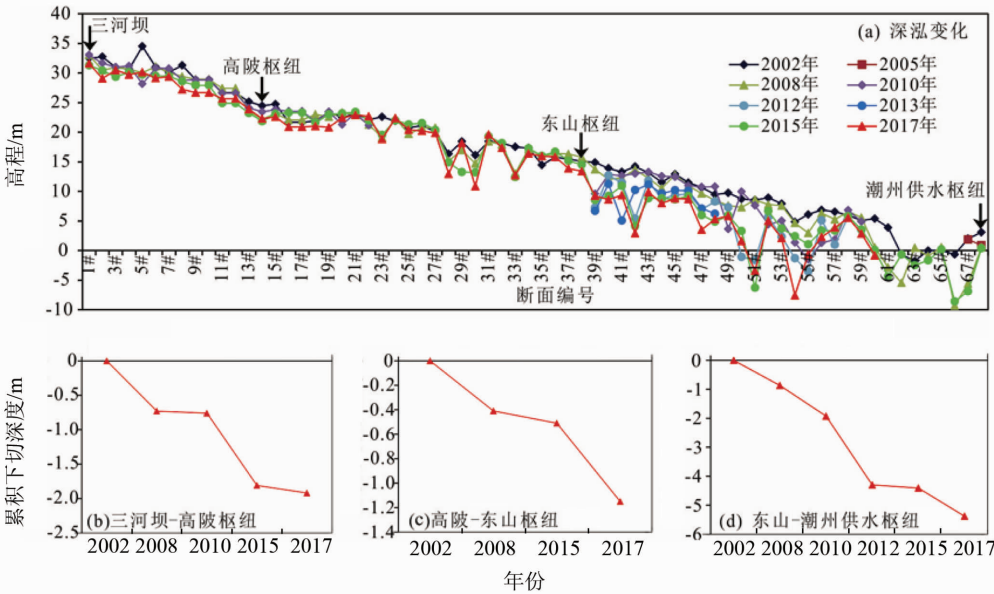


图 3 三河坝－潮州供水枢纽河段纵向深泓变化

Fig. 3 The longitudinal thalweg change in Sanhe Dam-Chaozhou Water Supply Project Section

表 2 三河坝 - 高陂枢纽河段河床冲淤量¹⁾

Table 2 The sediment erosion-accumulation in Sanhe Dam-Gaobei hydro-junction

年份	冲淤量/（10 ⁴ m ³ ）	年均冲淤量/（10 ⁴ m ³ · a ⁻¹ ）	平均冲淤幅度/m
2002 ~ 2008	+ 12. 8	+ 2. 13	+ 0. 012
2008 ~ 2015	- 538. 2	- 76. 88	- 0. 710
2015 ~ 2017	- 49. 2	- 24. 60	- 0. 150

1) 表中冲淤量和冲淤厚度，正值表示淤积，负值表示冲刷

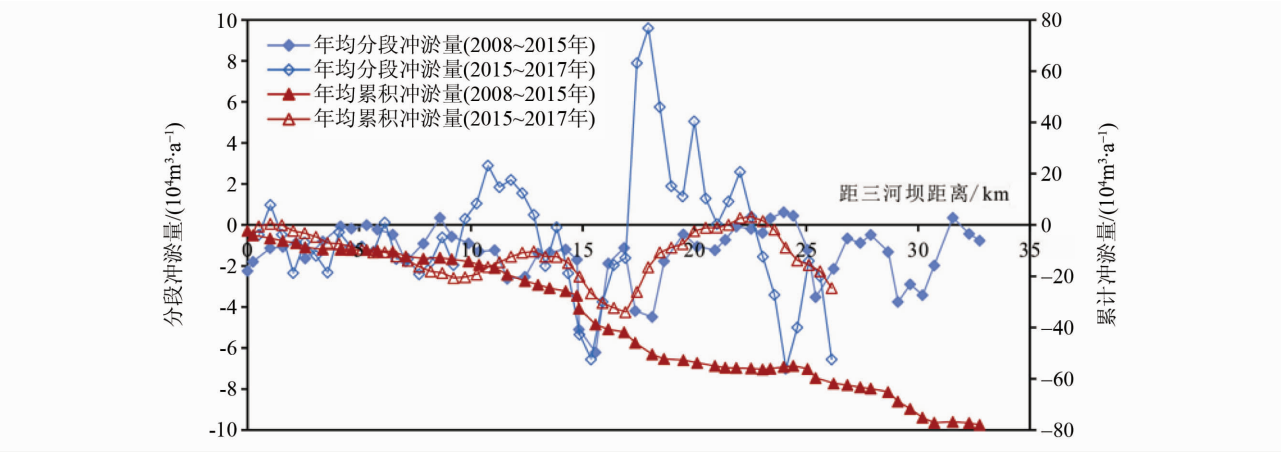


图 4 2008 ~ 2017 年三河坝 - 高陂枢纽河段冲淤量及累计冲淤量

Fig. 4 The amount of scouring and deposition and the cumulative amount of deposition in Sanhe Dam-Gaobei hydro-junction during 2008 ~ 2017

3.2 高陂枢纽 - 东山枢纽河段冲淤分析

高陂枢纽 - 东山枢纽河段冲淤变化特点为 (表 3, 图 5): 2002 ~ 2008 年期间河床总淤积量为 $38.5 \times 10^4 \text{ m}^3$, 河段平均淤积厚度为 0.04 m; 2008 ~ 2015 年期间河床为冲刷趋势, 总冲刷量为 $452.2 \times 10^4 \text{ m}^3$, 平均冲刷深度为 0.56 m; 2015 ~ 2017 年期间河床仍维持冲刷趋势, 总冲刷量为 $804 \times 10^4 \text{ m}^3$, 河段平均冲刷深度为 0.95 m。整体上, 高陂枢纽 - 东山枢纽河段由淤积转为冲刷, 且冲刷幅度有增大趋势。

3.3 东山枢纽 - 潮州供水枢纽河段冲淤分析

东山枢纽 - 潮州供水枢纽河段冲淤变化特点为

(表 4, 图 6): 2002 ~ 2008 年期间河床总冲刷量为 $1\,759 \times 10^4 \text{ m}^3$, 平均冲刷深度为 1.98 m, 其中冲刷幅度最大的位置在归湖韩江特大桥下游, 最大冲深达 11 m; 2008 ~ 2015 年期间河床总冲刷量为 $1\,584 \times 10^4 \text{ m}^3$, 平均冲刷深度为 1.75 m。其中东山枢纽 - 归湖韩江特大桥区间以冲刷为主, 归湖韩江特大桥下游淤积为主; 2015 ~ 2017 年期间河床总冲刷量为 $624 \times 10^4 \text{ m}^3$, 平均冲刷深度为 0.57 m。整体上, 东山枢纽 - 潮州供水枢纽河段为冲刷趋势, 冲刷强度较大。

表 3 高陂枢纽 - 东山枢纽河段河床冲淤量

Table 3 The sediment erosion-accumulation in Gaobei-Dongshan hydro-junction

年份	冲淤量/（10 ⁴ m ³ ）	年均冲淤量/（10 ⁴ m ³ · a ⁻¹ ）	平均冲淤幅度/m
2002 ~ 2008	+ 38. 5	+ 6. 43	+ 0. 04
2008 ~ 2015	- 452. 2	- 64. 60	- 0. 56
2015 ~ 2017	- 804. 0	- 402. 00	- 0. 95

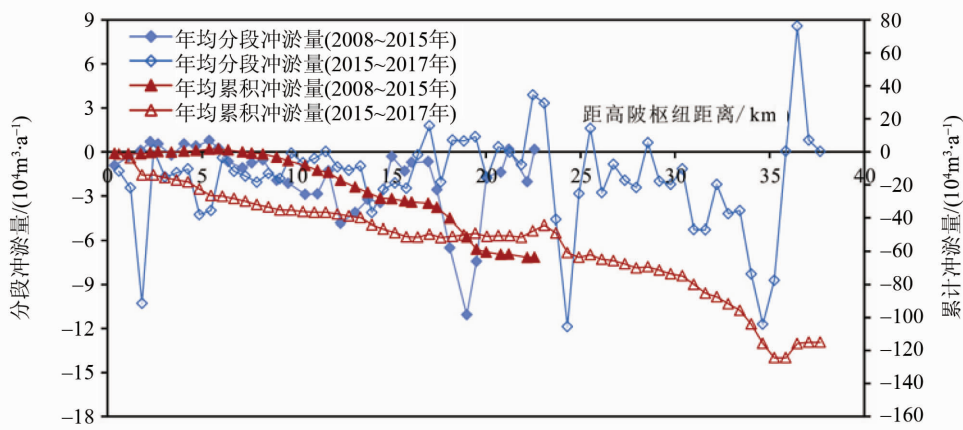


图 5 2008 ~ 2017 年高陂枢纽－东山枢纽冲淤量及累计冲淤量变化

Fig. 5 The amount of scouring and deposition and the cumulative amount of deposition in Gaobei-Dongshan hydro-junction during 2008 ~ 2017

表 4 东山枢纽－潮州供水枢纽河段河床冲淤量

Table 4 The sediment erosion-accumulation in Dongshan hydro-junction-Chaozhou Water Supply Project

年份	冲淤量/ (10^4 m^3)	年均冲淤量/ ($10^4 \text{ m} \cdot \text{a}^{-1}$)	平均冲淤幅度/m
2002 ~ 2008	-1759.0	-293.17	-1.98
2008 ~ 2015	-1584.0	-226.29	-1.75
2015 ~ 2017	-624.0	-312.00	-0.57

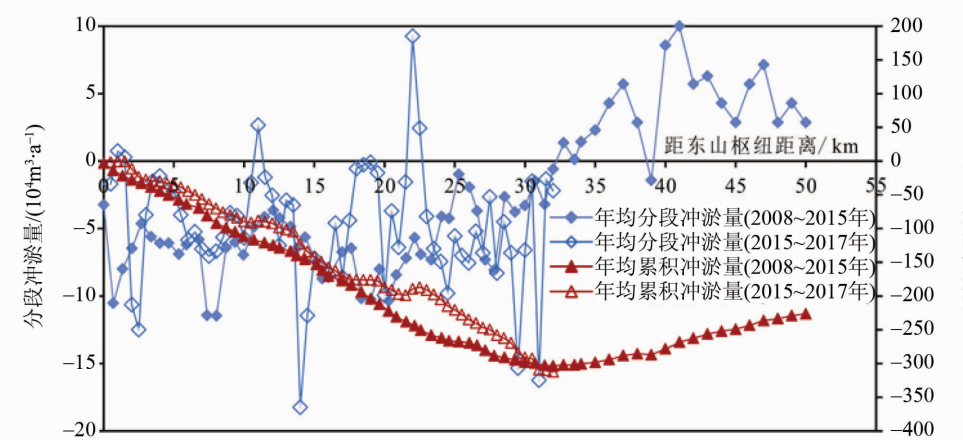


图 6 2008 ~ 2017 年东山枢纽－归湖河段冲淤量及累计冲淤量变化

Fig. 6 The amount of scouring and deposition and the cumulative amount of deposition in Dongshan hydro-junction-Guihu section during 2008 ~ 2017

3.4 冲淤成因分析

在自然河流演变过程中，水沙条件是引起河床冲淤的主要因素。随着人类活动的增加，枢纽工程的建设改变了水沙输移过程，或快或慢的改变了河床冲淤速度。采砂活动直接使得河床局部陡然加深，在冲淤图上出现不均匀冲刷坑。为了进一步探

讨韩江中下游河床冲淤的成因，主要从河道区间泥沙输移平衡角度出发，计算区间泥沙输移量和采砂量，明确河床冲淤的主控因素。

收集了 2008 ~ 2015 年横山站、溪口站和潮安水文站的输沙量资料，利用泥沙冲淤平衡方法计算自然条件下的河床冲淤量。2009 ~ 2015 年期间，

横山站、溪口站和潮安站输沙总量分别为 $654 \times 10^4 \text{ t}$ 、 $137.8 \times 10^4 \text{ t}$ 和 $872 \times 10^4 \text{ t}$ （图 7a），即三河坝－潮州供水枢纽河段自然条件下的河床冲刷量为 $80.2 \times 10^4 \text{ t}$ ，取泥沙淤积物干容重值为 1.30 t/m^3 ，

采用输沙量方法得到的河床冲刷量为 $61.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。2008～2015 年期间广东省水利厅公布的韩江规划采砂资料，此期间规划采砂总量为 $740.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ （图 7b）。

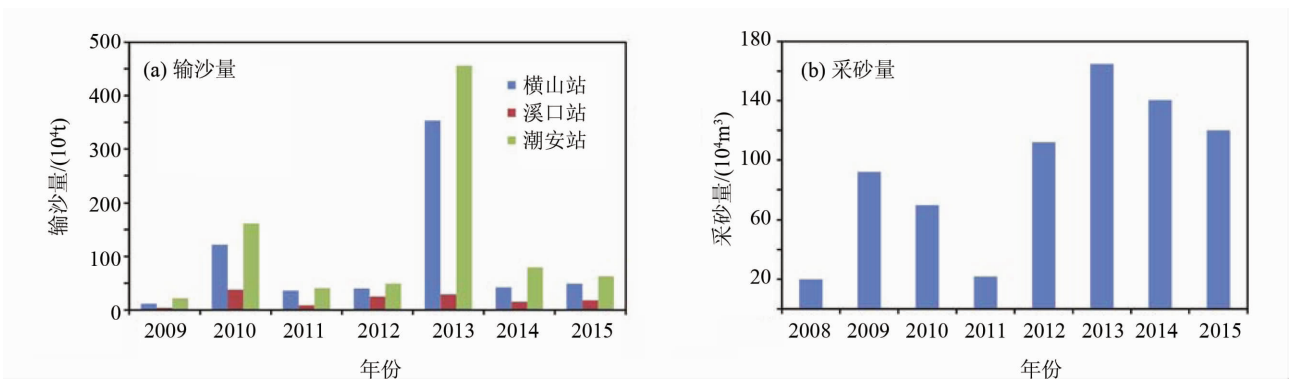


图 7 2008～2015 年期间韩江主要水文站输沙量及河道采砂量

Fig. 7 The sediment transport and the amount of sand in the main hydrological stations of Hanjiang during 2008～2015

实测资料分析表明，2008～2015 年期间三河坝－归湖河段的总冲刷量为 $2574.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，河床自然冲刷量为 $61.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，规划采砂量为 $740.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。河床自然冲刷占总冲刷量的比例为 2.39%，采砂占的比例为 28.78%。其余部分是无序采砂及航道整治工程作用产生的河床冲刷量。采砂活动的结果使得河床的河槽容积增加，增加河床冲刷量。航道整治工程作用使得工程影响区域的河床冲刷，冲刷的泥沙在向上游或下游输移过程中，淤积不完全集中在航槽内，使得航槽冲刷。若是在水文站附近实施航道整治工程，也可能会影响自然条件的冲刷量，从输沙量平衡方法计算的自然冲刷量的量值上看，这一作用是较小的。综上分析认为，韩江干流三河坝－归湖河段的河床冲刷下切主要是由河床采砂引起的。

4 结 论

本文通过对 2002～2017 年韩江三河坝－潮州供水枢纽河段河道冲淤量、深泓及断面的分析，基

于泥沙输移与河床冲淤关系，结合河道采砂活动，明确了引起近期河床冲淤变化的主控因素，取得的主要结论为：

- 1) 河道深泓上，三河坝－高陂枢纽、高陂枢纽－东山枢纽及东山枢纽－潮州供水枢纽河段均为下切趋势，2002～2017 年期间河床平均下切分别为 1.92、1.15 和 5.38 m。断面形态变化由自然演变特点，转变为以全断面冲刷为主要形式。
- 2) 2002～2008 年期间韩江三河坝－东山枢纽河段略有淤积，2008～2017 年期间为冲刷趋势，其中三河坝－高陂枢纽冲刷强度减小，高陂枢纽－东山枢纽河段冲刷强度增加。2002～2008 年、2008～2015 年及 2015～2017 年期间，东山枢纽－潮州供水枢纽河段河道均冲刷，且冲刷强度先减小后增大。
- 3) 基于河段区间泥沙输移平衡理论，计算了河道区间泥沙补给量，结合河道采砂量，分析认为韩江干流三河坝－归湖河段的河床冲刷下切主要是由河床采砂引起的。

参考文献：

[1] DANG M H, UMEDA S, YUHI M. Long-term riverbed response of lower Tedor River, Japan, to sediment extraction and dam construction [J]. Environmental Earth Sciences, 2014, 72(8):2971–2983.

[2] RINALDI M, SIMON A. Bed-level adjustments in the Arno River, central Italy [J]. Geomorphology, 1998, 22(1):57–71.

[3] 李俊伟. 基于小波变换的韩江年径流多时间尺度演变特征分析[J]. 广东水利水电, 2014(4):5–8.

LI J W. Analysis of urban drainage’s pump station planning discharge to Pancun pump station small plain catchment area [J]. Guangdong Water Resources and Hydro-

- power, 2014(4): 5-8.
- [4] 关帅,林颖妍,查悉妮,等. 基于 Copula 函数的韩江流域干支流洪水遭遇分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2015, 54(5): 130-137.
- GUAN S, LI Y Y, ZHA X N, et al. Copula function-based flood coincidence probability analysis for main-stream and tributary of the Hanjiang River Basin [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2015, 54(5): 130-137.
- [5] 李俊伟. 灰色趋势-逐步回归周期组合模型在韩江潮安站长期水文预报中的应用[J]. 广东水利水电, 2014(6): 25-29.
- LI J W. Application of the grey-stepwise regression period combinatorial model to long-term hydrological forecasting in Chaoan station of Hanjiang Basin [J]. Guangdong Water Resources and Hydropower, 2014(6): 25-29.
- [6] 缪连华. 韩江流域径流变化规律研究[J]. 广东水利水电, 2013(5): 41-43.
- MIAO L H. Study on runoff change law of Hanjiang River Basin [J]. Guangzhou Water Resources and Hydropower, 2013(5): 41-43.
- [7] 涂新军,陈晓宏,张强. 区域河川径流量时空变异特征及成因分析-以广东省为例[J]. 湖泊科学, 2011, 23(1): 104-111.
- TU X J, CHEN X H, ZHANG Q. Spatial-temporal variability patterns of regional runoffs series and their root cause analysis, Guangdong Province [J]. Journal of Lake Sciences, 2011, 23(1): 104-111.
- [8] 杨传训,张正栋,张倩,等. 1955-2012 年韩江入海径流量和输沙量多尺度变化特征[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2017, 49(3): 68-75.
- YANG C X, ZHANG Z D, ZHANG Q, et al. Characteristics of Multi-Scale Variability of Water Discharge and Sediment Load in the Hanjiang River During 1955-2012 [J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 2017, 49(3): 68-75.
- [9] 马奇国. 韩江流域河床近期变化分析[J]. 人民珠江, 2015(4): 36-39.
- MA Q G. Analysis on recent changes of riverbed in Hanjiang River Basin [J]. Pearl River, 2015(4): 36-39.
- [10] 黄汉禹,刘海洋. 韩江下游及三角洲河段河床变化分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2001, 40(增刊2): 10-14.
- HUANG H Y, LIU H Y. Analysis on river bed change in the lower reach and the delta reach of the Hanjiang river [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2001, 40(Suppl 2): 10-14.
- [11] 胡巍巍. 韩江中下游河道采砂对河流水文与生态环境的影响[J]. 湿地科学, 2016, 14(2): 157-162.
- HU W W. Impact of sand excavation in riverway on hydrology and ecological environment of middle and lower reaches of hanjiang river [J]. Wetland Science, 2016, 14(2): 157-162.
- [12] 胡巍巍. 人类活动对韩江水沙径流变化的影响[J]. 水土保持研究, 2016, 23(2): 157-161.
- HU W W. The influence of human activities on the runoff and sediment load changes of Hanjiang River [J]. Research of Soil & Water Conservation, 2016, 23(2): 157-161.
- [13] 徐锡荣,白金霞,陈界仁,等. 韩江干流航道设计最低通航水位探讨[J]. 水利水电科技进展, 2011, 31(6): 66-69.
- XU X R, BAI J X, CHEN J R, et al. On the lowest design navigable stage of main stream of Hanjiang River [J], 2011, 31(6): 66-69.
- [14] 徐强强,谢平,李培月,等. 广东省主要河流最低通航水位变异分析[J]. 水力发电学报, 2016, 35(7): 44-54.
- XU Q Q, XIE P, LI P Y, et al. Variation analysis of lowest navigable water levels in major rivers in Guangdong province [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2016, 35(7): 44-54.

(责任编辑 秦社彩)