

初论采沙对河床的影响及控制

毛 野

(河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:对河道采沙从流态变化和对河床的影响进行了分析. 分析表明: (a) 采沙使河床局部变形, 打破了水沙运动的平衡; 采沙坑对水流的作用类似于跌坎, 相应地横向次生流和平面流场也被迫调整. (b) 水流流态变化引起溯源冲刷, 进而导致河床全面调整, 影响河床稳定. 建议加强统一管理, 以科研成果为基础指导有序采沙, 力求变害为利.

关键词:采沙; 河床变形; 河床稳定

中图分类号: TV14

文献标识码: A

文章编号: 1000-1980(2000) 04- 0092-05

1 问题的提出和国内外研究状况

近年来, 长江等水系陆续出现了河道大规模盲目采沙, 严重危及河流堤岸的稳定和航道的安全. 1993 年以来, 浙江奉化江江塘 31.8 km 的堤岸因乱采乱挖沙石造成塌岸达 4.2 km; 长江南京段由于大量采沙船在江堤附近乱采江沙诱发了数十起崩岸塌江事故. 有关当局三令五申^[1]禁止河道采沙作业, 江苏等省更是立法明令禁止; 但在高额利润的驱使之下违令采沙时有发生. 应当肯定, 近十年来国家和各地政府对河道采沙的管理进行了整顿, 取得了可喜的成绩. 过去重点在于理顺关系和依法统一管理, 但今后如何科学地控制和管理尚待努力.

国内外对疏浚与河床演变的研究已有较长的历史^[2]. 近年来, 水利部曾经提出“百船计划”, 拟用大型采沙船进行河口与湖口疏浚. 但国内外关于河道采沙与河床形态的稳定及河床演变的研究较少. 对美国《工程索引》(EI) 1974~ 1994 年的土木专题文献库和 1995~ 1997 年的文献库进行的检索, 仅发现 3 篇文献^{[3]①②}. 美国 Chang H H 教授^[4]在 80 年代运用计算机数学模型对美国加利福尼亚州圣胡安溪因沙石采集引起的河床变形进行了研究, 并与原型实测资料进行了比较(参见图 7). 对中文科技期刊数据库 1989~ 1998 年光盘进行的检索也收获甚少. 目前对该课题尚处于议论多而缺乏研究的状况. 国内有关管理部门进行过调查研究, 将河道沙石作为矿产资源进行了勘察研究, 取得了一些资料和成果.

2 采沙引起的水力学问题

2.1 采沙坑的形状与位置

河道采沙的水下作业, 多用挖斗式和吸泥式两种采沙船. 采沙坑呈点、线和面状(参见图 1). 在河道中采沙坑的位置可能位于顺直河段的主航道, 也可能位于弯道上, 在分汊河段采沙坑常常位于江心洲附近.

2.2 纵向流态

图 2 为采沙坑河段的纵向流态示意图. 采沙坑对水流的作用类似于跌坎, 流动水面沿有明显跌落. 采沙坑上下游缘口处当地流速均有增加, 坑内缘口附近分别形成一个回流.

收稿日期: 1999-01-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59979005)的部分成果

作者简介: 毛野(1946—), 男, 江苏常州人, 水力学及河流动力学专业, 主要从事工程水力学及泥沙运动研究.

① Duder J N, Pearce G W. Sustainability of coastal sand extraction from a near shore bar, 11th Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering, Part 2, Australia, 1993. 559~ 566.

② Kwan R T F. Modeling of river morphology using MIKE 11, In: Dean Patterson edited Proceedings of the 2nd Australasian Conference on Computing for the Water Industry Today and Tomorrow, Australia, 1993. 117~ 121.

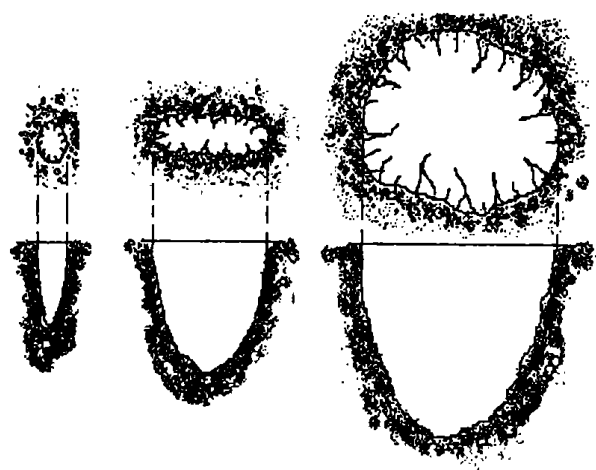


图 1 采沙坑类型
Fig. 1 Types of sandpits

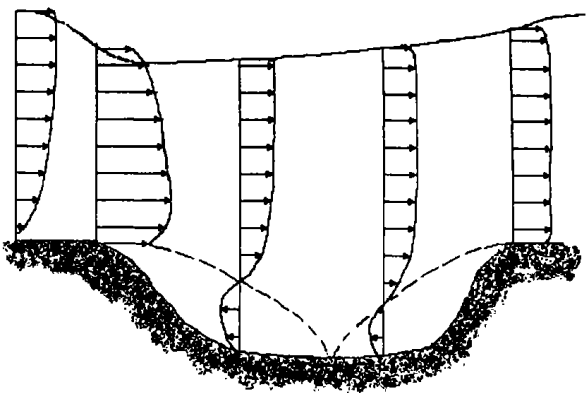


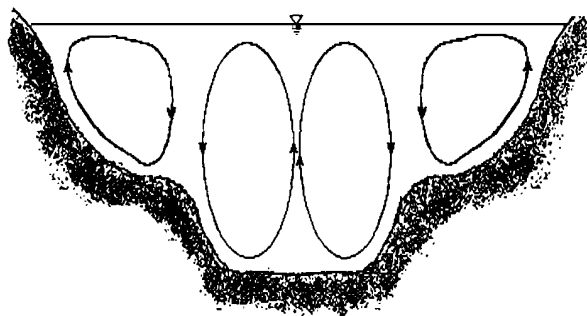
图 2 采沙坑河段纵向流态
Fig. 2 Longitudinal flow pattern in a sandpit

2.3 横向次生流的变化

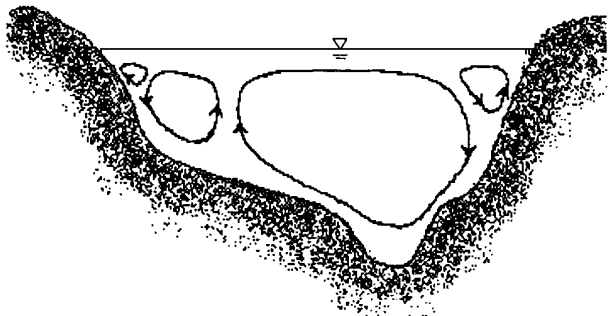
明渠水流与泥沙的运动具有明显的三维特征. 采沙使河床发生变形, 水流的横向次生流相应进行调整. 当采沙坑位于河道中间, 在一段时间内水流仍可维持平衡, 但次生流已有变形, 角部次生流在不断淘刷堤岸 (参见图 3(a)). 若采沙坑位于河道主流一侧, 则断面的次生流的变化较为明显, 可能形成类似于弯道水流的断面环流 (参见图 3(b)). 点状采沙坑对水流的影响有限; 线状采沙坑对纵向水流的影响较大, 但对横向次生流的影响有限. 因而研究的重点应以面状采沙坑对河床稳定的影响为主.

2.4 流场的变化

河道采沙导致平面流场发生变化, 特别是采挖分拣堆弃物直接影响水流流向和叉江的分流比. 如图 4 所示长江中游支江河段, 董市镇川门溪沙洲采区因采沙而降低了滩面高程, 以致在中洪水位时水流漫滩使左叉分流比增大, 董市镇一线堤岸的稳定受到严重威胁. 而凤凰滩采挖废弃卵石在江中改变了中枯水位流向, 给险工堤段带来险情后患^[1].



(a) 采沙坑在河道中部



(b) 采沙坑偏于河道一侧

图 3 河床有采沙坑时的横向次生流
Fig. 3 Transverse circulation with a sandpit in the riverbed

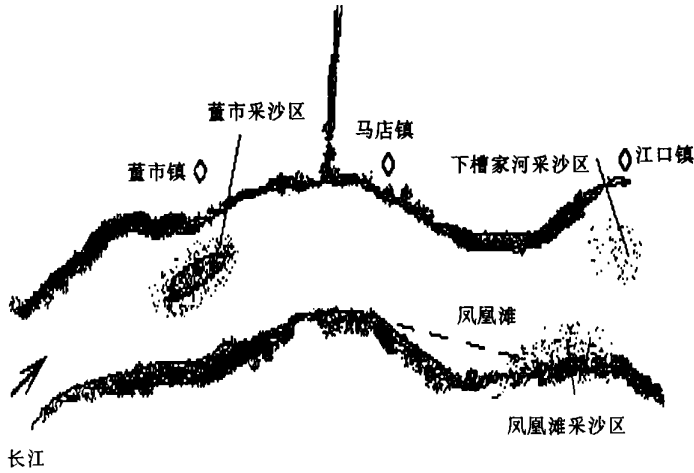


图 4 长江中游支江河段董市镇附近采沙区示意图

Fig. 4 Sketch of the Zhi Jiang section in the middle reaches of the Yangtze River

3 采沙对河床的影响

3.1 溯源冲刷

由于河床上有了线状或面状采沙坑的影响, 水流运动类似于“跌水”, 上下游缘口水面向下跌落呈弯曲状, 水流运动明显加速, 水流的挟沙能力有显著提高, 冲刷能力加强. 因缘口部位遭受水流冲蚀, 上游水面的弯曲点逐渐向上游移动, 床面不断冲蚀(参见图 5), 采沙坑的范围不断延展, 形成溯源冲刷.

3.2 河床的全面调整

在采沙坑的范围向上下游扩展的过程中, 横向次生流不断淘刷河床与堤岸的交界处, 使冲刷范围不断扩大. 水流挟带和冲刷的泥沙容易落入采沙坑而逐渐淤积.

河床进行全面调整是冲刷河床突出部位而回淤低洼处、采沙坑横断面不断展宽、范围不断扩大的过程, 最终使河床较为平顺. 这一调整过程在洪水的作用下会明显加快, 特别是采沙坑宽度的变化, 可能危及堤岸的安危(参见图 6). 采沙过程使水流波动, 波浪作用加剧, 也会影响堤岸基础的稳定和堤身的安全.

图 7 所示为美国学者 Chang H H 教授对加州圣胡安溪沙石采集坑引起的河床变形的研究结果. 断面 12 原先处于沙石采集坑的上游, 由于沙石采集引起河床溯源冲刷不断向上游延伸, 该断面也被冲刷, 同时采沙坑不断展宽. 特别值得关注的是 1978 年 3 月百年不遇的特大暴雨对河床演变的推进有着决定性的意义. 结果还表明, 计算机数值模拟与原型实测资料吻合较好, 可见计算机数值模拟是开展有关研究的有力工具.

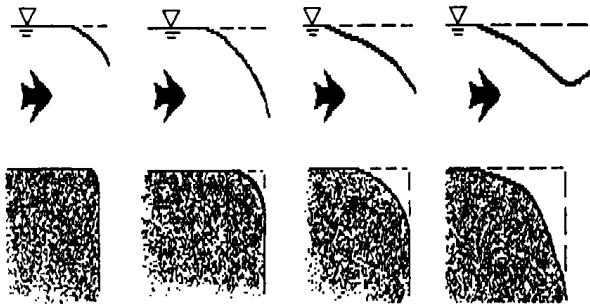


图 5 采沙坑上游缘口冲蚀示意图

Fig. 5 Sketch of erosion at the upstream edge of the sandpit

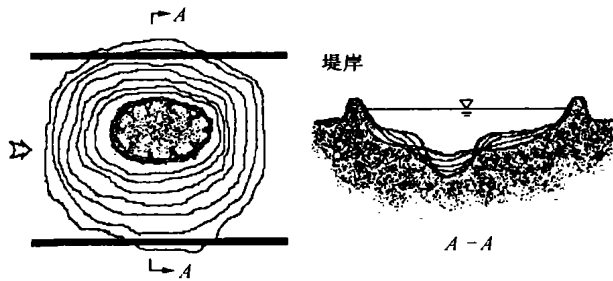


图 6 采沙坑引起的河床调整示意图

Fig. 6 Sketch of riverbed adjustment caused by the sandpit

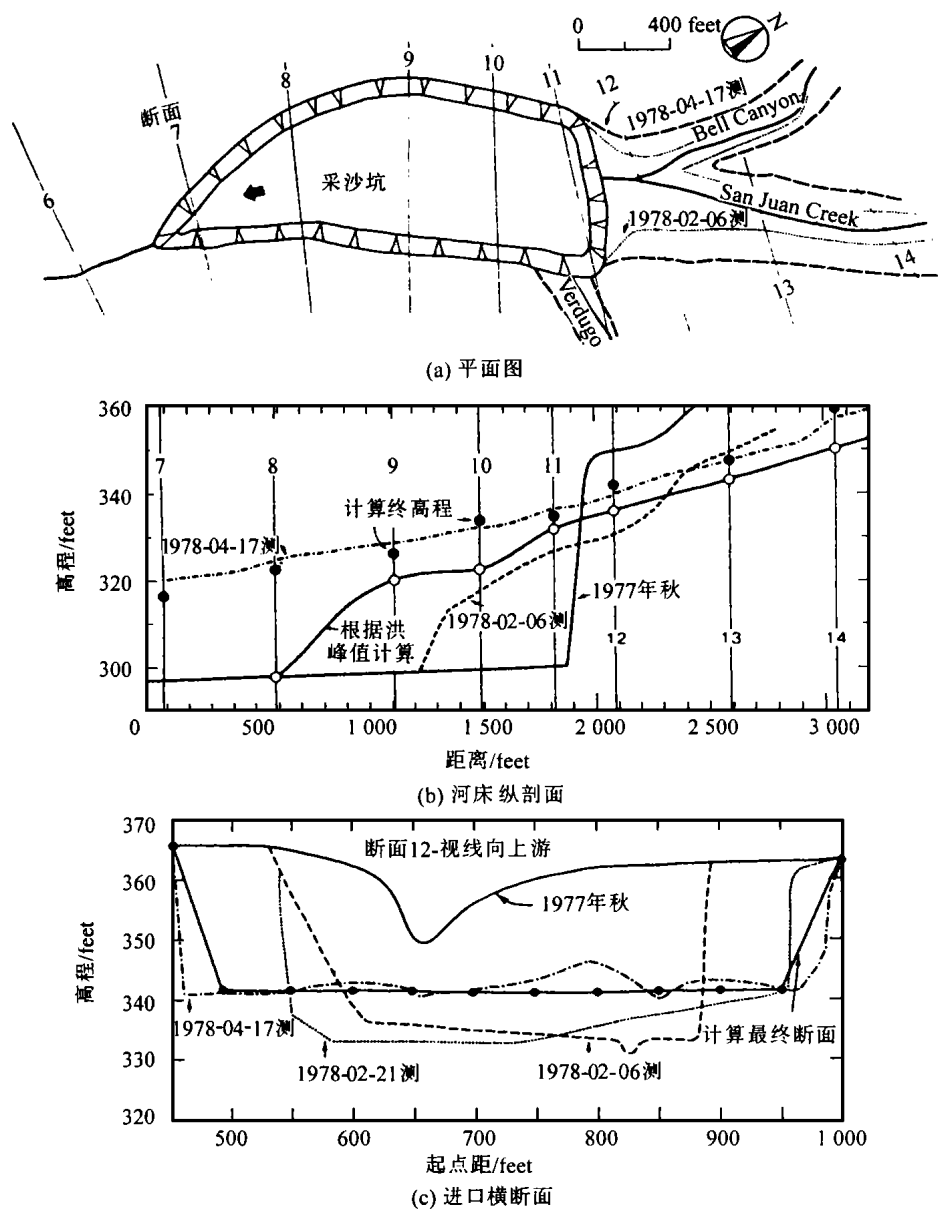


图 7 美国 Chang H H 教授对加州圣胡安溪沙石采集坑引起的河床变形研究结果

Fig. 7 Study result of riverbed deformation at San Juan Creek, California USA caused by a sandpit

4 今后的研究

采沙对河床影响的研究需结合具体河段深入进行, 取得成果后再扩大范围. 研究应深入考虑河道采沙对河床稳定与河流形态的影响, 研究以河床及河流形态相对稳定为前提所允许的河道采沙. 调查河流泥沙的分布、沙波运动、河流形态的变化, 近年来采沙情况及问题; 研究分析不同的采沙方式对河床稳定和河流形态的影响, 研究影响该河段河势稳定的敏感部位和流量; 根据对河床稳定的要求确定恰当的许可采沙方式和许可采沙时间.

为深入研究并有利于研究成果的转化, 有必要采用河段调查、模型试验和数值模拟相结合的研究方法从多方面进行研究. 在调研的基础上, 根据研究河段的河道地形地貌制作概化动床模型与河床局部演变模型, 以研究挟沙水流与河道的相互作用; 为该河段建立模拟水沙作用的三维计算机数学模型, 系统地进行不同采沙方式的数值模拟研究; 选择典型工况与原型资料及模型试验结果相对照. 将这些研究方法有机地相结合, 可互相启迪, 互为补充, 中间成果应进行交流以互相验证. 原型调查和物理模拟方法与计算机数值模拟相结合是研究课题顺利完成的保障. 所建立的计算机数值模型将成为有力的工具, 可快捷方便地模拟分析河道采沙的影响, 有利于对河道采沙的科学决策和管理.

5 采沙利用与控制

为了满足建筑业对沙石料的需要,世界各国广泛进行河道采沙,我国也不例外.沿长江从湖北宜昌到江苏镇江长约1300 km的水域年开采长江沙石量近几亿吨,产值达数十亿元,间接效益更可观.虽然在1990年由水利部、财政部和国家物价局颁发了《河道采沙收费管理办法》,但对河道采沙的管理因涉及多方利益,至今难以有效协调.对河道采沙进行严格管理,有目的、有计划并且有序地进行河道采沙以充分开发利用资源,实现变害为利的目标是国民经济实现可持续发展的迫切需要.

采沙坑将导致河流形态的调整,应对采沙产生的河床变化引导和控制,使之向有利的方向转化.首先应该控制作业范围,在影响河势稳定的部位设立禁采区.除了对采沙作业区进行指导外,还可考虑限制采沙船的采沙性能,从设备上控制采沙作业的范围和深度,使采沙作业不至于失控.

统一协调管理是河道采沙开发利用的前提.对河道采沙进行正确引导和积极领导,可利用采沙进行河道整治,控制河床演变,使河流泥沙天然资源能够造福于社会.对河道采沙的决策和领导应当以科学研究的结果为依据.要定性地弄清楚河道采沙对具体河床的稳定和演变的影响,还要能够对采沙定量指导.对河道采沙的效果定期进行评估和检查是十分必要的,应当根据水沙情况与河床的反应和变化适时调整河道采沙.

6 结 语

在河道中乱采沙石必然危及河床稳定与堤岸的安全;禁绝河道采沙则可能浪费了自然资源;科学地按照河床整治的要求合理地进行河道采沙,可除害兴利,疏浚河道,使淤沙变成沙石原料.大规模采沙使河床严重变形,水流流态发生变化.在采掘坑缘口附近局部水流流速提高,水流的挟沙能力加大,冲刷加剧,采掘坑范围不断扩大.采沙引起溯源冲刷,使横向次生流及全流场变化,并导致河床全面调整和变形,影响河流形态的稳定.有关问题亟待深入进行研究,为决策提供依据.同时要加强统一协调管理,有效控制河道有序采沙,以创造良好效益.

参考文献:

- [1] 水利部水利管理司,河北省水利厅.中国江河采沙管理[M].石家庄:河北人民出版社,1996.1~403.
- [2] 钱宁,张仁,周志德.河床演变学[M].北京:科学出版社,1987.499~530.
- [3] Macdonald A. Predicting channel recovery from sand and gravel extraction in Naugatuck River and adjacent floodplain[A]. In: Abt S R, Gessler J eds. Proceedings of the 1988 National Conference on Hydraulic Engineering[C]. USA: Colorado Springs, CO, 1988. 702~707.
- [4] Chang H H. Fluvial processes in river engineering [M]. New York: John Wiley & Sons, 1988. 355~366.

A Study on the Effect of Sand & Gravel Extraction on Riverbed and its Control

MAO Ye

(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: A study is carried out on the variation of the flow state and the effects of the sand & gravel extraction on the riverbed. The sand & gravel extractions force the riverbed to deform, resulting in the loss of equilibrium between the river flow and the riverbed. The action of a sandpit is similar to that of a drop pit; transverse circulation and the total flow field have to adjust themselves correspondingly. The variations of flow pattern cause headwater erosion, and the sand & gravel extraction will result in comprehensive adjustment of riverbed, affecting riverbed stability. It is suggested that united management be strengthened and sand & gravel extraction be controlled based on scientific studies on sand & gravel extraction.

Key words: sand & gravel extraction; riverbed deformation; riverbed stability