

入海河口闸下淤积机理及模拟技术研究进展

王向明¹, 张新周¹, 窦希萍¹, 赵晓冬¹, 徐雪松², 曲红玲³

(1. 南京水利科学研究院 港口航道泥沙工程交通行业重点实验室, 江苏 南京 210029; 2. 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230; 3. 江苏省交通规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210005)

摘要: 从闸下淤积的机理、物理模型试验和数值模拟技术3个方面, 概述了对闸下淤积问题的研究进展. 针对目前闸下淤积研究中存在的问题, 着重介绍了采用概化物理模型试验研究建闸河口闸下淤积的研究成果, 提出了建闸河口闸下淤积物理模型模拟的改进方法, 在不能取得理想模型沙的条件下, 闸下淤积特性试验应以满足闸下河道内淤积泥沙输移特征来确定模型的动力边界条件, 并指出下一步要加强潮汐条件下浑水异重流、浮泥运动对闸下淤积的影响研究.

关键词: 闸下淤积; 机理; 模拟技术; 黏性泥沙; 研究进展

中图分类号: TV148

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2013)02-0087-06

为了挡潮蓄淡、发展农业生产, 20世纪50年代起我国沿海修建了大量的挡潮闸, 目前有300多座. 我国潮汐河口建闸之多, 闸下河道淤积之严重, 均属世界罕见. 据统计, 仅江苏沿海修建的58座排水流量大于 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 的挡潮闸中, 基本淤废的有5座, 闸下严重淤积的有15座, 一般淤积的有20座. 海河流域35个建闸河口, 有22座淤积严重, 闸下河道的过水能力下降了60%^[1]. 在国外, 河口挡潮闸的大量兴建, 对航运、防洪排涝、鱼类及环境也造成了严重影响. 20世纪30至50年代, 美国不少人建议在旧金山湾建造挡潮闸, 1957年旧金山湾模型建成并试验证明了建造挡潮闸有许多害处, 因而没有建造. 日本和印度的中小河流, 闸下淤积也相当严重, 河口完全被堵塞. 从环境生态、经济效益上全面考虑, 河口建闸在国际上还有争议^[2].

由于河口动力条件复杂, 泥沙运动的影响因素众多, 对于闸下淤积机理的研究还不够深入. 现有的物理模型和数学模型等研究手段还无法对闸前近区泥沙的运动特性和淤积过程进行合理准确的模拟和预测, 有必要对国内外相关的研究成果进行认真总结, 以推进闸下淤积模拟技术的深入研究, 为挡潮闸淤积治理、闸址设计及沿海水土、港口航道等资源的综合利用提供科学依据.

1 闸下淤积机理

国外针对闸下淤积的研究成果较少, 主要集中在建闸对河口环境和生态影响的研究. 我国在20世纪50年代末即开展了闸下淤积成因分析研究工作. 窦国仁^[3]分析了射阳河建闸前后潮汐、潮流、径流等要素以及泥沙来源、泥沙输移数量和河段冲淤规律等的变化得出闸下淤积发生的条件和主要影响因素. 罗肇森等^[4]通过分析海相来沙资料, 得到与河床断面面积、泥沙因素、潮波变形等相关的平衡流量关系式. 金元欢等^[5]在分析我国主要建闸河口河道冲淤资料的基础上, 对不同物质组成、不同类型的河口, 以及同一河口闸上、闸下河道在不同时间内的冲淤特性, 作了较为系统的论述. 邢焕政^[6]认为海河闸下4 km以内普遍淤积, 其泥沙来源是河口本身水下三角洲和淤泥质暗滩. 辛文杰等^[1]认为由于水流挟沙能力和含沙量的不对称导致闸下河道发生持续性淤积. 伍冬领等^[7]研究了永宁江枢纽引航道和挡潮闸下淤积, 认为闸港泥沙淤积过

收稿日期: 2012-09-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51079088); 水利部公益性行业科研专项(200801016)

作者简介: 王向明(1961-), 男, 上海人, 高级工程师, 主要从事泥沙输移理论及河流模拟研究. E-mail: xmwang@nhri.cn

程主要是静水沉降过程,是由于泥沙粒径较细,易于絮凝。胡华峰等^[8]指出,口外风浪天涨潮携带的泥沙经潮流“接力”向里输运,淤积由上而下,并以淤槽为主。李大山等^[9]认为,在淤泥质海岸由于近岸波浪、水流作用,掀起了大量的细颗粒泥沙,从而形成了一条宽阔的沿岸浑水带,在一定条件下,由于含沙浑水与清水的密度差,在重力作用下浑水会潜入清水形成异重流。

目前,一般认为潮波变形是造成闸下淤积的基本动力因素,海相泥沙是闸下淤积的主要来源,河口不平衡输沙是闸下淤积的基本模式^[1]。潮波传入河口以后,在河道地形阻力影响下发生变形和反射,波形由前进波向驻波特性转换。如果在河口内建闸,将加剧潮波变形。潮波受闸阻挡发生全反射,使潮位过程线与流速过程线之间产生明显的相位差,并使高潮位抬高,低潮位降低,涨潮历时缩短,落潮历时增长。涨潮平均水深减小,落潮平均水深增大,从而使涨潮流速相对增大,落潮流速相对减小,涨潮挟沙能力增大,落潮挟沙能力减弱,河口地区广阔的泥质浅滩,在涨潮时提供了丰富的沙源,使涨潮期从河口带进大量泥沙,而在落潮期又不能全部带出,造成闸下河段的淤积。另外,闸下淤积的时空分布也具有一定的特征,表 1 为 1959—1995 年海河闸下 11 km 河道淤积量的沿程分布。从中可以看出近闸段(0~2 km)淤积最为严重,内深渊段(2.0~6.0 km)次之,外深渊段(6~8 km)及大沽沙口门(8~11 km)淤积相对较轻^[10],淤积强度从河口到近闸段逐渐增强。另外,闸下引河长度对于闸下淤积的过程和形态也有十分明显的影响。引河长度不同,河道内流动特征也不相同,从而影响泥沙的输移过程,文献[11]对长、短引河闸下淤积过程的不同进行了详细的论述,表明建闸河口的引河长度与闸下淤积情况及淤积形态密切相关。

表 1 1959—1995 年海河闸下河道淤积量沿程分布

Tab. 1 Distribution of siltation along the channel downstream of a sluice in the Haihe River (1959–1995)

距闸里程/ km	河 段	长度/ km	淤积量/ 万 m ³	累积淤积量/ 万 m ³	年平均淤积量/ 万 m ³	占淤积总量百分比/ %
0~2	近闸段	2	575.3	575.3	15.55	25
2~6	内深渊	4	872.0	1 448.2	23.59	39
6~8	外深渊	2	345.0	1 793.6	9.34	15
8~11	大沽沙口门	3	465.3	2 258.9	12.58	21

2 闸下淤积模拟技术

河口建闸后闸下游河段的河床变形过程比较缓慢,往往需要经过数年方能达到平衡状态。为了粗略估算建闸以后闸下游河床调整到平衡时的断面尺度,可根据实测资料的统计分析,采用河相关系建立经验公式来对闸下淤积进行预报,窦国仁^[3]进行了有益的探讨和研究。在进行河口建闸工程可行性论证时,也往往需要采用物理模型和数学模型进行模拟预测研究,以便更精确地预测闸下淤积的时空变化特征。

2.1 闸下淤积物理模型模拟

20 世纪 70 年代,窦国仁提出了全沙模型相似理论,为泥沙物理模型的设计和工程应用提供了理论支撑。此后,罗肇森等^[12]采用木粉作模型沙,对江苏射阳河闸下裁弯后河道淤积进行了浑水和局部动床模型试验。潘存鸿等^[13]采用塑料沙作模型沙进行动床模型试验,对钱塘江河口支流曹娥江口门建闸后的闸下淤积形态和淤积速率进行了研究。王明才等^[14]结合上海苏州河河口水闸工程整体水工模型试验,选用电木粉作模型沙进行了浑水定床物理模型模拟,研究了不同闸门宽度和底槛高程对河口淤积的影响。黄建维^[15]对永定新河闸位选址等开展了试验研究,得到淤积率与闸下河道长度的经验关系式。

目前,闸下淤积悬沙浑水物理模型中常用木粉和塑料沙作为模型沙,考虑闸下淤积相似时首先满足沉速相似,并以此确定模型沙粒径。通常情况下,模型水深基本在 5~10 cm,常用模型沙临界起动流速都在 6 cm/s 以上,达到河床淤积泥沙冲淤明显的大量运动的模型流速应在 8~10 cm/s 以上。而一般模型比尺条件下闸下河段模型流速较难达到该流速值。从闸下淤积的机理分析,闸下河口在潮流作用下河床面形成一个由悬

沙、高含沙浓度层、浮泥体和底质构成的沉积系统. 海域来沙必须经历多次潮起潮落搬运-沉积-再搬运-再沉积, 经历悬移质与底浮泥的多次冲淤交换和输运才能到达河道闸下. 而在物理模型中, 由于模型沙选择及模型变率的限制, 闸下附近河段潮流非常小, 泥沙沉降后难以再悬浮而到达闸前, 浑水动床物模复演和模拟闸下泥沙输移过程非常困难, 造成物理模型模拟闸下近区泥沙淤积的时空分布特征和实际情况并不一致.

2.2 闸下淤积的数学模型模拟

由于三维模拟技术的复杂性, 目前潮汐河口闸下淤积数学模型主要是一维和二维泥沙数学模型. 蒋建华等^[16]建立了纵向一维、垂向二维数学模型, 研究了甬江建闸前后的冲淤特性. 胡华锋等^[8]采用一维水沙数学模型, 预测了辛集闸闸下至河口段的河床冲淤变化趋势. 施春香^[17]运用平面二维潮流数学模型分析研究了王港闸下游河道非恒定流, 探讨王港闸下游河道淤积原因. 一般认为, 浑水的挟沙能力与水流流速通常成3次方或2次方关系. 闸门关闭时, 闸前流速几乎为零, 近似于静水, 挟沙能力必然也趋于零, 因此涨潮流实际上已无法将大量的泥沙输运到闸前. 前述现场观测资料显示, 河口建闸初期挡潮闸近区淤积最强, 采用现有的泥沙数学模型无法得到由河口至闸下淤积逐步增大的结果. 马进荣等^[18]分析了感潮河段闸下淤积机理及用平面二维悬沙数学模型模拟闸下淤积存在的缺陷, 提出采用分析模式预测近闸段的泥沙平均淤厚, 其余河段由平面二维悬沙数学模型预测淤积分布相结合的方法. 分析原因, 主要是由于目前对建闸河口闸下近区泥沙淤积过程认识的欠缺, 现有的计算模式也很难反映出闸下黏性泥沙运动特性及淤积过程.

3 闸下淤积概化物理模型试验

3.1 原型条件

概化模型以射阳河建闸河口地形条件为基础, 模型边界距离河口约6.5 km(外海-7 m等深线附近), 南北边界范围包括河口轴线南北向宽度约7.2 km范围内海域(图1). 进入河口后, 引河地形进行概化设计, 总长约77 km, 引河宽约660 m, 引河航道底宽约220 m, 底标高-4.0 m, 航道边坡1:8, 边滩底标高高约3.0 m.

概化物理模型共设计5种闸址(1#~5#闸址)分别距离河口约6.0, 12.0, 30.0, 48.4和57.2 km. 在选用原型的动力条件时, 也以射阳河口的实际情况为基础进行设计, 在射阳河枯季关闸外海潮汐过程水文组合的基础上进行概化潮位(图2中1#潮型), 然后采用相同的外海水动力条件, 研究不同闸址建闸河口水动力变化和泥沙淤积过程.



图1 概化物理模型河口区地形

Fig. 1 Topography of the generalized physical model

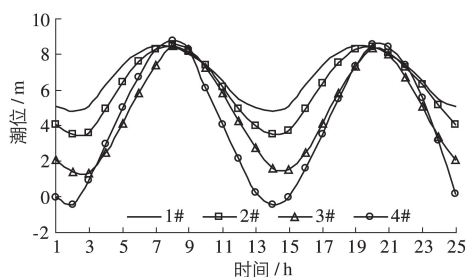


图2 概化物理模型设计潮型

Fig. 2 Designed tidal stencils of the generalized physical model

3.2 闸下淤积概化物理模型试验

如前所述, 由于模型沙选择及模型变率的限制, 浑水动床物理模型难以复演闸下泥沙输移过程. 采用原设计潮型(1#潮型)时, 泥沙很难被输送到闸前(图3). 而天然河道中, 近底新淤泥(起动流速在0.2~0.4 m/s)可在涨潮流作用下再起、再悬浮、向上游输移和淤积. 结合对闸下泥沙淤积机理的分析, 在模型试验中要保证悬沙输运-沉降-再悬浮-再输移过程的相似性, 只有通过加强潮动力来达到输沙相似或探索合适的模型沙来解决. 在没有合适模型沙的前提下, 在概化模型试验的基础上, 设计了另外3种潮型(2#~4#潮型), 观测潮动力强弱对闸下淤积过程的影响, 图4为4#潮型闸下淤积的情况, 图5为4种潮型下闸下

沿程淤积分布。

试验结果表明,采用动力较强的4#潮型,可模拟涨潮过程中闸下引河沿程含沙量自河口向闸逐渐增大的原型特征(图6),也可较好模拟建闸初期近闸下淤积较大的淤积分布规律。因此,在不能取得理想模型沙的条件下,闸下淤积特性试验应以满足河口内淤积泥沙再起启动输移特征来确定潮型。



图3 1#潮型近闸区域泥沙淤积

Fig. 3 Siltation downstream of the sluice of 1# tidal stencil



图4 4#潮型闸下淤积分布

Fig. 4 Siltation downstream of the sluice of 4# tidal stencil

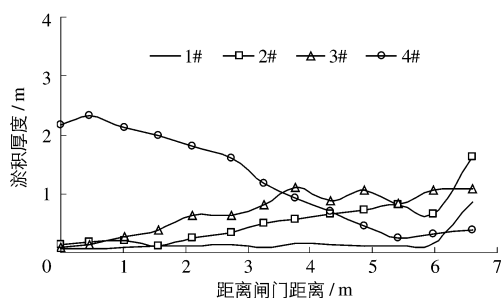


图5 不同潮型闸下淤积分布

Fig. 5 Change in sediment concentration downstream of the sluice

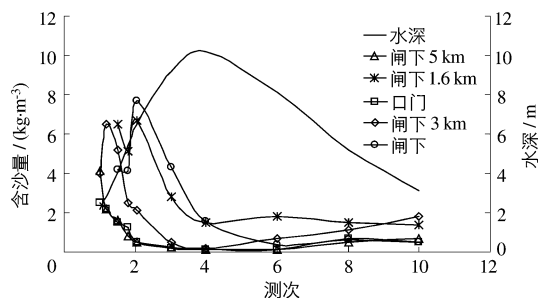


图6 涨落潮过程沿程含沙量观测

Fig. 6 Siltation downstream of the sluice of different tides

4 存在的问题

20 世纪 50 年代以来,国内对潮汐河口闸下淤积机理进行了较深入研究,但对于闸下尤其是近闸区域泥沙的运动形式和输运机理仍缺乏正确的认识。在模拟技术方面,从河相关系出发,采用经验关系式进行定性估算,还缺乏有理论支撑的定量研究。采用现有的物理模型设计方法和数学模型计算模式研究闸下淤积问题时,无法得到闸下近区泥沙淤积的过程和形态。闸下淤积机理和模拟技术的研究,还需要解决以下问题。

4.1 机理研究方面

(1) 异重流的影响。闸下河道近闸水域的静水段内水体含沙量很小,接近清水,该清水段与下游浑水交界面附近由于清、浑水比重的差异,极有可能形成异重流,异重流潜入清水底部继续向闸前运动。这样就造成了闸前淤积厚度最大,然后自闸下向河口逐渐递减的淤积形态。闸下异重流的存在条件和存在形态以及对闸下淤积过程的影响需要深入研究。

(2) 浮泥的影响。闸下淤积的泥沙来源主要是河口地区的黏性泥沙,在大风天气下,口外含沙量增大,这种黏性泥沙经絮凝沉降到床面后,在尚未密实之前,是具有显著流动性的浮泥层。由于潮波变形及径流量的匮乏,潮流掀起河底浮泥,使水体的含沙量沿程发生变化,并造成闸下河道淤积。

4.2 模拟技术方面

(1) 潮汐河口闸下泥沙输移的动力机制。闸下淤积是典型的三维水流泥沙运动,关闸时近闸段的行进流速几乎为零,垂向水流的作用如何? 闸下泥沙输移的主要动力是什么? 模型如何才能合理地反映闸下泥沙运动的实际物理过程等等,这些问题都有待进一步研究。

(2)物理模型的相似理论和试验方法.建闸河口泥沙在潮流作用下不断地起动、沉降、再悬浮和沉积,并向闸前输移,悬沙和近底高含沙量进行着强烈冲淤交换,河床淤积的重度也在不断变化,影响到底床黏性泥沙的再悬浮.目前常用的模型沙(电木粉、塑料沙等)很难全部满足天然泥沙的起动、沉降和再悬浮相似.此外,由于场地限制,河口物理模型往往设计成变态模型,变率对于闸下泥沙运动的影响也需要研究.

(3)数学模型中关键参数的计算模式.目前,大多数数学模型对于近底含沙量及挟沙能力的计算、黏性泥沙的沉积、再悬浮和固结过程的模拟等方面处理得不够完善或者过于简单,根据闸下泥沙运动的规律,需要建立浮泥挟沙能力公式以及浮泥层沉积、再悬浮模型,以便充分考虑河口河床的分层特性以及浮泥层对闸下淤积的影响.

5 结 语

对闸下淤积机理和模拟技术的研究进展进行了概述和分析,得到了如下结论:

(1)在闸下淤积机理方面,闸下淤积的泥沙来源、产生原因已经明确,但闸下泥沙输移的动力机制和运动特性仍不清楚,尤其是近闸区域泥沙淤积过程仍需深入研究.

(2)闸下淤积过程和淤积分布的模拟以对闸下淤积机理的清晰认识为前提,在闸下淤积物理模型设计和试验方法上均需进一步完善,尤其是模型沙的选择和变率影响的修正.数学模型需要对关键参数的计算模式进行改进,尤其是近底含沙量和挟沙能力的计算.

(3)若无法取得理想模型沙,闸下淤积特性试验应以满足河口内淤积泥沙再起动输移特征来确定潮型.

参 考 文 献:

- [1] 辛文杰, 张金善. 我国建闸河口闸下淤积问题及其对策[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2003. (XIN Wen-jie, ZHANG Jin-shan. Problem and countermeasure of siltation in the downstream area in China[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2003. (in Chinese))
- [2] 海河水利编辑部. 国内外潮汐河口挡潮闸下淤积问题及治理措施综述[J]. 海河水利, 1984(增刊1): 59-65. (Editorial Department of Haihe Water Resources. Overview of siltation downstream sluices and control measures in tidal estuaries all over the world[J]. Haihe Water Resources, 1984(Suppl1): 59-65. (in Chinese))
- [3] 窦国仁. 射阳河闸下淤积问题分析[C]//窦国仁论文集. 北京: 中国水利水电出版社, 2003: 112-135, 168-180. (DOU Guo-ren. Analysis about siltation downstream the sluice in Sheyang River[C]//Memoir of Dou Guo-ren. Beijing: China WaterPower Press, 2003: 112-135, 168-180. (in Chinese))
- [4] 罗肇森, 顾佩玉. 建闸河口淤积变化规律和减淤措施[C]//河流泥沙国际学术讨论会论文集. 北京: 海洋出版社, 1980. (LUO Zhao-sen, GU Pei-yu. Rules of sedimentation and measures to reduce siltation in the estuary with sluices constructed[C]//Proceedings of International Symposium on River and Sediment. Beijing: Ocean Press, 1980. (in Chinese))
- [5] 金元欢, 沈煊庭. 我国建闸河口冲淤特性[J]. 泥沙研究, 1991(4): 59-68. (JIN Yuan-huan, SHEN Huan-ting. Scouring and deposition characteristics of sluice construction estuary in China[J]. Journal of Sediment Research, 1991(4): 59-68. (in Chinese))
- [6] 邢焕政. 海河口岸线演变及泥沙来源分析[J]. 海河水利, 2003(2): 28-30. (XIN Huan-zheng. Analysis of coastal evolution and sediment sources in Haihe estuary[J]. Haihe Water Resources, 2003(2): 28-30. (in Chinese))
- [7] 伍冬领, 林炳尧, 余大进, 等. 永宁江枢纽引航道和挡潮闸港冲淤研究[J]. 泥沙研究, 2003(2): 69-72. (WU Dong-ling, LIN Bing-yao, YU Da-jin, et al. Fluvial processes of access channel and downstream of tidal barrage in Yongning estuary[J]. Journal of Sediment Research, 2003(2): 69-72. (in Chinese))
- [8] 胡华锋, 许足怀, 张华庆. 漳卫新河闸下淤积一维数学模型研究及应用[J]. 水道港口, 2005, 26(3): 149-153. (HU Hua-feng, XU Zhu-huai, ZHANG Hua-qing. Study on 1-D sediment silting model of downstream reach of barrage in Zhangweixin River and its application[J]. Journal of Waterway and Harbor, 2005, 26(3): 149-153. (in Chinese))
- [9] 李大山, 任汝述. 波浪作用下异重流运动特性研究[J]. 海洋工程, 1996, 14(4): 53-58. (LI Da-shan, REN Ru-shu. Research for special property of gravity current with the movement of wave[J]. The Ocean Engineering, 1996, 14(4): 53-58. (in Chinese))

- [10] 韩清波. 海河口治理方式初探[J]. 港工技术, 2005(1): 8-9. (HAN Qing-bo. Pretest of regulation ways in Haihe estuary [J]. Port Engineering Technology, 2005(1): 8-9. (in Chinese))
- [11] 徐雪松, 窦希萍, 陈星, 等. 建闸河口闸下淤积问题研究综述[J]. 水运工程, 2012(1): 116-121. (XU Xue-song, DOU Xi-ping, CHEN Xin, et al. Overview of siltation downstream estuarine floodgates[J]. Port & Waterway Engineering, 2012(1): 116-121. (in Chinese))
- [12] 罗肇森, 窦希萍. 射阳河内港区及航道整治标准与效果的计算分析[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 1991. (LUO Zhao-sen, DOU Xi-ping. Computational analysis of the standard and effect of port and waterway regulation in Sheyang River [R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 1991. (in Chinese))
- [13] 潘存鸿, 卢祥兴, 韩海骞, 等. 潮汐河口支流建闸闸下淤积研究[J]. 海洋工程, 2006, 24(2): 38-44. (PAN Cun-hong, LU Xiang-xing, HAN Hai-qian, et al. Siltation features in area downstream of tributary barrage in tidal estuary[J]. The Ocean Engineering, 2006, 24(2): 38-44. (in Chinese))
- [14] 王明才, 周琴, 傅宗甫, 等. 潮汐口水闸对河口淤积影响的试验研究[J]. 红水河, 2005, 24(3): 39-41. (WANG Ming-cai, ZHOU Qin, FU Zong-pu, et al. Experimental study about the influence of sluice on the sedimentation in tidal estuary [J]. Hongshui River, 2005, 24(3): 39-41. (in Chinese))
- [15] 黄建维. 永定新河防淤减淤工程模拟试验研究总报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2001. (HUANG Jian-wei. General report of model tests to prevent and reduce siltation in new Yongding River[R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2001. (in Chinese))
- [16] 蒋建华, 苏纪兰. 甬江建闸前后冲淤特性的初步数值模拟[J]. 海洋学报, 1995, 17(1): 121-129. (JIANG Jian-hua, SU Ji-lan. Preliminary numerical simulation of erosion and deposition characteristics before and after building sluice in Yong River [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1995, 17(1): 121-129. (in Chinese))
- [17] 施春香. 挡潮闸下游河道淤积原因分析及冲淤保港措施研究—以王港闸为例[D]. 南京: 河海大学, 2006. (SHI Chun-xiang. Analysis of the course of sedimentation in lower approach of the floodgate and research of the project of bring into the tidewater and eroding the sedimentation—take the Wanggang floodgate as an example[D]. Nanjing: Hohai University, 2006. (in Chinese))
- [18] 马进荣, 罗肇森, 张晓艳. 平面二维悬沙数学模型计算河口闸下淤积的缺陷及弥补方法[J]. 水利水运工程学报, 2007(6): 58-62. (MA Jin-rong, LUO Zhao-sen, ZHANG Xiao-yan. Study on limits and remediation of 2-D suspended sediment model of siltation downstream of estuary sluices[J]. Hydro-Science and Engineering, 2007(6): 58-62. (in Chinese))

Advances in study of siltation mechanism and simulation technique for channels downstream of sluices in estuaries

WANG Xiang-ming¹, ZHANG Xin-zhou¹, DOU Xi-ping¹, ZHAO Xiao-dong¹, XU Xue-song², QU Hong-ling³
(1. Key Lab of Port, Waterway and Sedimentation Engineering of the Ministry of Transport, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029; 2. CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230; 3. Jiangsu Provincial Communications Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210005, China)

Abstract: Advances in the study of siltation in the channels downstream of sluices are reviewed in the aspects of mechanism study, physical model tests and numerical simulation techniques, meanwhile the defects existing in the previous study are summarized and analyzed. Some research results of siltation in the channels downstream of sluices by using generalized physical models are introduced specially. Dynamic boundary conditions of physical models for the study of siltation downstream of sluices should be determined to satisfy the sediment transport characteristics. Finally, the improvement of methods and some key points in further studies are suggested in this paper.

Key words: siltation downstream of sluices; mechanism; simulation technique; cohesive sediment; advance in studies