

六垛南闸闸下淤积现状分析

刘 涛¹ 孙洪滨² 唐洪武¹ 周和平²

(1. 河海大学水利水电工程学院 江苏 南京 210098 ; 2. 江苏省灌溉总渠管理处 江苏 淮安 223200)

摘要 : 针对我国在滨海河口地区修建的挡潮闸在河口建闸后普遍存在的泥沙淤积问题 , 根据苏北灌溉总渠入海口六垛南闸等处的实测资料 , 分析该挡潮闸下潮汐引河通道冲淤特性 , 指出挡潮闸下引河的潮流特性、潮流挟沙特性及引河淤积的原因。认为对闸门进行科学合理的控制、有效利用上游有限的泄水量和闸下落潮水流拖淤来防淤减淤是较为简便易行且经济的措施。

关键词 : 挡潮闸 ; 泥沙淤积 ; 潮汐水流 ; 冲淤减淤 ; 闸门调度 ; 六垛南闸

中图分类号 : TV66 文献标识码 : B 文章编号 : 1006-7647(2008) 01-0054-04

Analysis of current situation of sediment deposition in downstream area of Southern Liuduo Gate//LIU Tao¹, SUN Hong-bin², TANG Hong-wu¹, ZHOU He-ping²(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China ; 2. Jiangsu Irrigation Canal Administration, Huai'an 223200, China)

Abstract : In consideration of the sediment deposition in Binhai Estuary after the construction of a tidal barrier gate in this area, an analysis was performed of scouring and silting characteristics in downstream channel of the tidal barrier gate based on the measured data at the Southern Liuduo Gate at ocean outfall of the general irrigation canal in North Jiangsu Province. The characteristics of sediment-laden tidal flow and the cause of channel deposition in the downstream area of the tidal barrier gate were pointed out. It is concluded that the rational control and effective utilization of limited discharge from the upstream and ebb-tide current from downstream area for sediment scouring and desilting is a simple and economical measure.

Key words : tidal barrier gate ; sediment deposition ; tidal flow ; scouring and desilting ; gate regulation ; Southern Liuduo Gate

1949 年以后 , 苏北沿海地区修建了许多挡潮闸 , 这些闸不仅抵御台风暴潮的袭击和防止咸潮上溯 , 而且拦蓄淡水用于河渠灌溉、洗盐碱地改良土壤 , 同时也提高了河道的排涝泄洪能力^[1]。河口建闸 , 改变了河口区域的水动力条件 , 使闸下游普遍发生了泥沙淤积。淤积造成河床抬高 , 过水面积减小 , 致使挡潮闸的泄流能力大幅度降低^[2]。苏北灌溉总渠下游入海河口的六垛南闸始建于 1952 年 , 工程设计行洪流量 800 m³/s , 下游引河底宽为 60 m , 底高程为 - 3.0 m。1981 年测得闸下河段槽深在 - 1.50 ~ - 2.10 m , 较建闸初(1953 年) 抬高 1 m 多 , 分析原因为上游来水量少、开闸放水机会不多 , 使闸下游泥沙淤塞严重。在与设计泄流条件接近的情况下 , 2003 年测量统计过闸泄流流量仅为 310 ~ 460 m³/s , 给上游防洪排涝带来很多不利因素。因此 , 研究挡潮闸泥沙淤积问题 , 探究闸下河口减淤防淤措施是水利工程中的一项重要课题 , 对于工农业生产发展有重要意义。

1 闸下河段淤积概况

六垛南闸位于黄海之滨的射阳、滨海两县交界处 , 距扁担港口 8 km , 负担泄洪、灌溉、排涝、航运、挡潮等重要任务。该闸于 1953 年 7 月竣工 , 当年所遇汛期中最大流量为 480 m³/s , 平均流速为 1.26 m/s。由于引河河床土质允许流速仅为 0.37 ~ 0.55 m/s , 因此在闸下游防冲槽外形成冲刷。1954 年汛期后测得下游河槽最深冲至 - 10.5 m。从挡潮闸建成至 1957 年间 , 由于上游来水量较大 , 闸下河段发生了冲刷 , 不仅河段的冲刷总量变化很大 , 而且各个河段的冲刷情况也不同。

近年来 , 随着苏北灌溉总渠沿线工农业生产的不断发展 , 用水量日益增加 , 六垛南闸开闸泄水次数日趋减少 , 1981 年水文观测显示此时闸下引河仅有一条宽约 30 m 的窄河槽 , 槽深在 - 1.5 ~ - 2.1 m , 河槽以上淤滩高程在 0.1 ~ 1.0 m。至 2002 年 , 引河各段面测量数据显示闸下引河段深泓高程平均抬高约

3.2 m,河段严重淤积使得下游河道过水断面面积急剧减小,泄流能力大大降低,严重影响防洪安全,也给引河段清淤工作带来了更大的困难。

资料显示^[3],1990~1993年,上游来水量较大,测得闸下断面深泓高程平均为-1.86 m,但闸下引河呈淤积趋势。在1995年之后,河段淤积趋势加快,引河深泓高程平均抬高了约0.15 m。2001年所测的典型断面数据显示,闸下引河段深泓高程平均上升了约3.19 m,河段普遍发生淤积。因此,自1995年以来,六垛南闸管理处已组织了4次大规模的清淤。由于淤积严重,清淤工程量较大,加之清淤后下泄水量很少,来年又重新淤积,行洪能力大为降低,工程效益严重衰减。

2 闸下淤积成因分析

闸下淤积的原因是错综复杂的,在海相来沙河口修建挡潮闸,建闸后多数发生泥沙淤积。若遇陆海双相来沙情况,则闸上、下游都产生淤积^[4]。

我国北方冲积平原地区多沙河流入海,大多形成淤质海岸,潮间带浅滩有的宽达10 km。而且这些海岸泥沙颗粒普遍较细,中值粒径 D_{50} 一般为0.005~0.009 mm,受到涨潮流和风浪的共同作用,海滩淤积极易被卷起,涌入河口,致使闸下游和河口地区普遍发生淤积。黄河夺淮后在江苏省沿海岸留下大量细粒泥沙,海口附近广大浅滩的泥沙平均中值粒径为0.005 mm,滩面坡度平缓,在风浪作用下,泥沙很容易被搅起并且被潮流所挟带而输运,随涨落潮落淤至闸下河段。因滨海地区蓄水灌溉,挡潮闸闭闸期很长,有的在10个月以上,长期闭闸使得泥沙大量淤积在下游河道。

2.1 建闸对潮汐双向流的影响

六垛南闸下游河口潮汐为半日潮,在一个太阴日以24 h 50 min计有两次高潮和两次低潮,有明显的日潮不等现象。潮波自口门传入闸下引河直至闸前,受到河床阻力因素的影响,能量沿程衰减,且潮波在引河内传播过程中不仅能量衰减,潮波本身也发生变形,由口门向上游,涨潮历时缩短,落潮历时沿程增加^[5],使涨潮平均流速大于落潮平均流速,因此落潮挟沙能力小于涨潮的挟沙能力,从而导致引河淤积。

2.1.1 建闸后上游来水的影响

六垛南闸担负苏北灌溉总渠最后一级控制,时常泄洪或有余水下泄,统计资料^[5-7]表明,在1985~1990年之间,年平均过闸水量为39.7亿 m^3 。上游径流量越大,落潮流速越大,涨潮流速越小,结果涨落潮流速比值随着上游径流的增大而减小。根据

1989年和1990年滨海站实测资料绘制的涨落潮平均流速比值与上游日平均下泄流量的关系曲线见图1。从图1中可以看出,随着流量的增加此比值相应减小,下泄日平均流量为65 m^3/s 时,涨落潮平均流速比值约为0.9,当日平均流量达到590 m^3/s 时此比值仅为0.5。

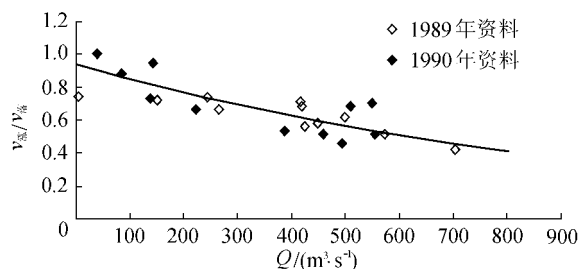


图1 涨落潮平均流速比值与上游日平均下泄流量曲线

1995年之前,上游来水在落潮期间自由下泄,在一般情况下,每天有部分多余水量排出。非汛期为了蓄水灌溉,闸门经常关闭,没有或很少有水量下泄,在汛期,为排洪经常开闸泄水,但并非每潮都开。一般年份的1~4月放水量最小,平均每月泄水1.8亿 m^3 ,7~10月过闸水量最大,月平均下泄水量在4亿~6亿 m^3 ,其中汛期某一个月泄水可达11.4亿 m^3 ,10月以后下泄水量又显著减少,一般略多于5~6月份的过闸水量,但接近全年的月平均水量,约为3.5亿 m^3 。

对开闸次数的统计表明,非汛期多数时间上游没有径流下泄,只有潮汐水流往返于闸下河段。遇有开闸泄水时机,每次开闸时间都较短,仅开闸1 h左右,因此上游泄水对闸下河道的冲淤作用也随着下泄水量的减少而越发减弱,闸下引河的淤积趋势越发明显。

2.1.2 建闸后潮汐对闸下引河的影响

通常河口地区风浪掀沙作用比较大,并且多为东南风向,涨潮时顺着风向大量泥沙被带入河口,在落潮时风力起到了顶托作用,流速减缓、泥沙大量沉淀,造成一种引河中“浑水进,清水出”的现象。在春秋两季,由于风力较强,风浪的掀沙作用更加显著,这是造成闸下游河段泥沙淤积的重要原因。

六垛南闸修建后,闸下引河成为纳潮的通道,潮型不同使得入河段的进潮量也不一样。依据2003年水文测验资料求得六垛南闸引河海口断面进出潮量,在大潮期间,海口断面的进潮量为240万 m^3 ,寻常潮期间的进潮量为192万 m^3 ,而逢小潮时的进潮量只有168万 m^3 。此外,河口地区因涨落潮流路的变化,滩冲槽淤造成泥沙大量搬运,往往也是河口河段淤积的主要原因。闭闸期间进入闸下引河段的进潮量主要取决于涨潮潮差的大小,海口断面每潮进

潮量与海口涨潮潮差的关系见图 2。

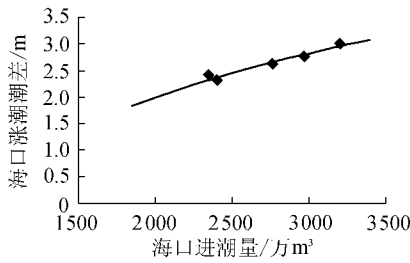


图 2 闭闸情况下进潮量与海口涨潮潮差的关系

开闸期间的进潮量,一方面与涨潮潮差有关,另一方面也与前一落潮时段的放水情况有关,落潮期间放水越多,涨潮时由海口进入的水量就越少。2003 年实测资料表明,在海口涨潮潮差 2 m 左右条件下,上一落潮期间开闸放水 1 000 万 m³ 可使下一涨潮期间的进潮量减少 50% 左右。海口断面实测进潮量与过闸水量的关系见图 3。

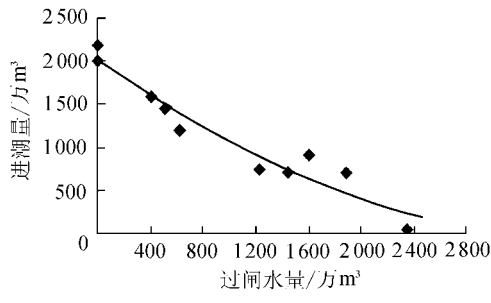


图 3 海口断面进潮量与过闸水量的关系

2.2 建闸对泥沙运动的影响

黄河夺淮后在江苏省海岸留下大量细粒泥沙,自黄河北徙,淮河、里下河等地沿海冲淤水源不足。20 世纪 80 年代中期以来,国家实施南水北调计划,淮河和长江的水资源被大量调入淮北地区,进入淮河和里下河下游的水量仅为 60 年代的 20%,用于沿海挡潮闸冲淤水源更是奇缺^[6]。河口挡潮闸的兴建,往往加快了闸下引河的淤积。淤泥质河口建闸后,由于组成河口的物质细小,一般极易在适当的潮流作用下起动,尤其在建闸后,闸下河口河道的潮波产生变形并使涨潮流强度相对增强,而落潮流强度则相对减弱。这样,涨潮流携带较多的泥沙进入口内直至闸下,落潮流则又无法将其全部带出口门时,造成闸下河道的淤积^[7]。

2.2.1 闸下河段泥沙的来源

六垛南闸上游河段流速较小,一般约在 0.5 m/s 以内,水流的冲刷能力很弱,上游径流的平均含沙量在 0.47 kg/m³ 左右,水流中所含泥沙和河床质泥沙都很少,即使在开闸放水期间,下泄的泥沙量也不多。因此可以确定,造成闸下河道淤积的大量泥沙不是来自上游,其主要来源一是由边滩河床冲起,二是海口外边输运流入。

海口到六垛南闸的两岸滩地,高程较低,虽然滩面有一些浅水固根植物,但涨落潮流的运动仍能冲动滩面的泥沙,使一部分泥沙流入河道,加大了闸下河段的淤积量。

由于进入河道中的泥沙由海口直接流入或经滩地中转而流入,致使河床泥沙粒径以及口门处泥沙粒径基本相同。又由于河床泥沙在往复潮流作用下经常上下搬运以及悬沙与床沙不断交换,闸下整个河段河床断面的泥沙粒径都比较接近^[8]。

河床泥沙由容易起动的粉沙淤泥组成,据现场观测资料,潮流平均流速约为 0.46 m/s 时,就有大量泥沙由河床起动随水流运动,流速减小时泥沙重新落淤。这部分泥沙是河流中悬沙的主体,约占全部悬沙的 3/4。这部分泥沙只能造成河段的局部淤积,造成河段普遍淤积的泥沙主要是来自于河段外,即直接由海口流入或经滩地中转而流入。对六垛南闸下游河床分段取样的泥沙进行粒径分析可知,在靠近闸门处和闸下引河中段泥沙的平均粒径基本一致,约为 0.006 mm,在距离六垛南闸约 7.5 km 的海口处泥沙的平均粒径约为 0.007 mm,从中可以看出,闸下至海口的泥沙粒径非常相近,这说明对泥沙来源的判断是正确的。

2.2.2 建闸后泥沙的搬运

海口附近的广大浅滩,其组成物质一般是 0.005 ~ 0.008 mm 的粉砂质黏土,河口河道所发育的地面坡降较平缓,在 1:5 000 ~ 1:20 000 之间。平缓的纵比降有利于涨潮流挟沙进入口内,因泥沙很细,滩面坡度平缓,在波浪的作用下,泥沙更容易被搅起且由潮流所挟带,随涨落潮流水流落淤于闸下河段^[9]。六垛南闸下游引河口位于黄海侵蚀性海岸,海口处有大片淤泥沙滩地,在波浪掀沙作用下,口门沙滩呈一片浑水,经常保持着较高浓度的含沙量,这些含沙量较高的海水,每日进入河道两次。根据潮量回淤理论可以估算闸下河段的泥沙淤积^[2]。

$$W = \frac{1}{\gamma_o} Q \bar{S}_f \epsilon \quad (1)$$

式中: W 为泥沙淤积量, m³; γ_o 为口门进潮量, m³; Q 为引河纳潮量, m³; $\bar{S}_f$ 为口门涨潮平均含沙量, kg/m³; ϵ 为淤积率。

$$\epsilon = 1 - \frac{T_e}{T_f} \left[\frac{v_e}{v_f} \right]^4 \quad (2)$$

式中: T_e , T_f 分别为涨、落潮历时; v_e 和 v_f 分别为涨、落潮平均流速。

测验资料表明,闸下的涨潮平均含沙量为 0.8 ~ 1.2 kg/m³,落潮的含沙量相对较低。经计算闭闸期间每潮随涨潮流入整个闸下引河段的泥沙近 2 万 t。

海口外进入河道的泥沙数量随潮量的大小和潮流的强弱而改变。闭闸期间,涨潮潮差越大,相应进入河道的泥沙就越多。根据实测数据绘制的涨潮潮差与进入沙量的关系曲线见图 4。开闸期间,进入河道的泥沙数量不仅与潮流因素有关,而且还与过闸流量及过闸总水量有关,过闸水量越多涨潮时进入河道的泥沙数量越少。寻常潮期间过闸水量与进入河口泥沙数量关系曲线如图 5 所示。

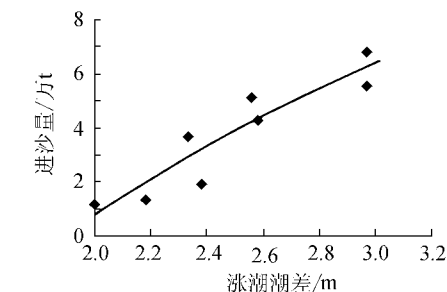


图 4 闭闸期间涨潮进沙量与涨潮潮差的关系

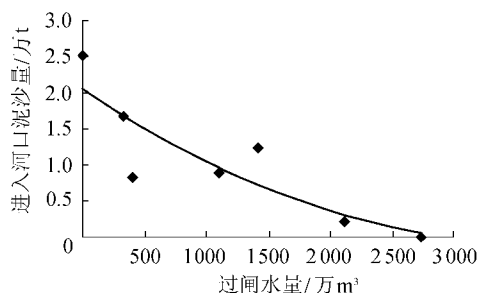


图 5 寻常潮期间过闸水量与进入河口泥沙数量的关系

3 冲淤减淤措施及实践

闸下淤积的严重性早已引起人们的重视,为此科研工作者也进行着不懈的努力。水力冲淤、机船拖淤耙淤等各种措施对于挡潮闸的防淤减淤正发挥着它们各自的作用。因此,根据六垛南闸河口的情况提出以下针对性的冲淤减淤措施。

3.1 水力冲淤

上游有径流下泄,一方面能够加大落潮水量和落潮流速,使落潮流从引河内带出更多的泥沙;另一方面可以减小进入河段的水量和涨潮流速,以减少涨潮流带入河段的泥沙。在 1957 年秋冬季节,六垛南闸经常开闸放水,有较为充足的水量下泄,使整个闸下河段都有不同程度的冲刷,其他闸的经验也证实了这点。而近期来水偏少,开闸机会不多。因此,可以结合有利的气象条件,同时积蓄上游来水,在保证上游河道安全的前提下适当抬高上游水位,集中水流选择恰当时机进行大流量蓄水冲淤。该措施需要周期性的进行,对维持下游引河的通畅将会起到很好的作用。

此外,利用汛期所泄水量集中冲淤,使泄水期间下河段水流流速大于淤沙起动流速,对清除闸下淤积十分有效,且冲淤时闸下潮位越低,冲淤流量越大,冲刷效果就越好。

3.2 机船拖淤

当上游水源不足,长期闭闸而造成引河淤积严重时,就需采用机船拖淤措施在引河内进行机械搅动,使落淤泥沙悬浮,并随落潮水流带出引河。机船拖淤方法针对在靠近闸下的纯淤积河段,且落淤泥沙比较坚硬时,需充分利用落潮水流,辅之以机械动力,在落潮时采用机船拖耙在引河中来回拖动,促使已淤积在床面的泥沙起动悬浮扬起,增加落潮流的含沙量,以达到在挡潮闸下游防淤减淤之目的^[10-11]。建议如能在开闸泄水的同时再结合机船拖耙等搅沙措施,水体含沙量将充分饱和,可大幅度提高冲沙效率,效果会更加显著^[12-13]。

3.3 科学的闸门运行管理

制定科学的闸门放水程序,利用有限的水源达到最理想的放水冲淤效果。通常闸门调度是“涨平关、落平开”,即当潮水涨至与闸之上下游水位相平时即关闸;之后,闸下水位逐渐由涨而落,当落潮至闸之上下游水位相平时即把闸门打开^[14]。窦国仁等研究射阳河闸下淤积问题时提出汛期冲淤、平时防淤、枯期减淤的闸门控制原则^[15]。根据“束水攻沙”的理论,采取大潮大放、小潮小放或不放,在不影响闸身安全的情况下,待闸上下水位差较大后开闸冲淤,增加冲刷动力。试验表明,开闸前闸上下水位差从 0.5 m 增大到 0.8 m 时,单位水体带走的沙量可增加 40%。枯水期要尽可能有条件地开闸放水,否则会造成河道泥沙板结,更难于冲刷。

4 结 语

本文对江苏省灌溉总渠六垛南闸的闸下淤积问题进行了分析与讨论。建闸后因上游泄水量的减少,使得闸下游引河缺少水源冲刷,同时由于潮汐作用,涨潮水流带入闸下引河段的泥沙数量大于落潮水流从河段内带走的沙量,因而造成闸下引河的泥沙淤积。研究表明:有效利用有限的泄水,同时科学合理地管理控制闸门,进行束水攻沙,再结合拖淤耙淤等机械辅助措施,三者相互结合将能对挡潮闸的防淤减淤产生比较理想的效果,不失为一种经济且简便易行的方法,为相应河口闸下淤积问题的解决提供借鉴。

(下转第 61 页)

时间越长,其最终静止水位越低。通过与草墩河节制闸至澎河节制闸渠段进行纵向比较可以看出,渠段越长,由两端节制闸同时关闭造成渠道出现漫溢事故的可能性越大,因此要求退水闸运行的时间也越长。综合考虑渠道运行中各种因素,在加大流量的情况下,同时关闭澎河节制闸和澧河节制闸时,澎河退水闸必须开启1h左右。

4 结 论

- a. 设计流量下,同时关闭草墩河和澎河节制闸或同时关闭澧河和澎河节制闸,即使不启动两节制闸间的退水闸,也不会出现漫溢事故,加大流量下必须启动退水闸才能避免漫溢事故。
- b. 加大流量下,同时关闭草墩河节制闸和澎河节制闸,必须同时启动两节制闸间的澧河退水闸和澎河退水闸,且两退水闸的运行时间至少应为3h才能避免该渠段出现漫溢事故。
- c. 加大流量下,同时关闭澧河和澎河节制闸,澎河退水闸至少开启1h才能有效避免漫溢事故的发生。
- d. 同时关闭某一渠段两端的节制闸,不管是否启动退水闸,在不发生漫溢的情况下,都会引起该渠段间水位长时间的振荡,同时渠段越长,所要求退水闸运行的时间也越长。

参考文献：

[1]章晋雄,牛争鸣.南水北调中线输水渠道系统的仿真研究[J].系统仿真学报,2002,14(12):1588-1590.

(上接第57页)

参考文献：

[1]杜国翰,彭润泽,吴德一,等.北方河口挡潮闸淤积问题试验研究[C]//中国水利水电科学研究院.中国水利水电科学研究院科学研究论文集:泥沙分册.北京:水利电力出版社,1983:74-92.

[2]黄建维,张金善.我国河口挡潮闸闸下淤积综合治理技术[J].泥沙研究,2004(3):46-53.

[3]江苏省灌溉总渠管理处.六垛南闸水文观测资料汇编(1990~1993)[R].淮安:江苏省灌溉总渠管理处,1993:236-587.

[4]罗肇森,顾佩玉.建闸河口淤积变化规律和减淤措施[C]//中国水利学会.河流泥沙国际学术讨论会论文集.北京:光华出版社,1980:1-10.

[5]王宏江.泥质河口闸下冲淤特性及冲淤量的分析预报[J].海洋工程,2002,20(4):78-84.

[6]张文渊.苏北沿海挡潮闸下淤积的原因及其对策[J].泥沙研究,2000(1):73-76.

[2]丁志良,谈广鸣,陈立,等.输水渠道中闸门调节速度与水面线变化研究[J].南水北调与水利科技,2005,3(6):46-50.

[3]黄国兵,王才欢.南水北调中线工程穿黄隧洞水力学试验研究[J].人民长江,1998,29(5):3-5.

[4]The ASCE Task Committee on Irrigation Canal System Hydraulic Modeling. Unsteady-flow modeling of irrigation canals[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 1993, 119(4):615-630.

[5]阮建新,王长德.渠道运行最优控制与运行模拟仿真[J].人民长江,2003,34(10):30-32.

[6]槐文信,赵明登,董汉毅.河道及近海水流的数值模拟[M].北京:科学出版社,2005.

[7]管光华.大型渠道自动控制建模及鲁棒控制研究[D].武汉:武汉大学,2006.

[8]魏文礼,王德意.计算水力学理论及应用[M].西安:陕西科学技术出版社,2001.

[9]SWAMEE P K. Sluice-gate discharge equation[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 1992, 118(1):56-60.

[10]HENRY H R. Discussion of diffusion of submerged jets by M. L. Albertson, Y. B. Dai, R. A. Jensen, and H. Rouse[J]. Transaction of ASCE, 1950, 115:687-694.

[11]方神光,王开,吴保生.大型输水渠道中过水建筑物的新处理方法[J].南水北调与水利科技,2006,4(6):56-58.

[12]吴泽宇,黄会勇,唐景云,等.南水北调中线一期工程可行性研究:调度及水力学专题研究报告[R].武汉:长江水利委员会长江勘测规划设计研究院,2005.

(收稿日期 2007-01-17 编辑:方宇彤)

[7]金元欢,沈焕庭.我国建闸河口冲淤特性[J].泥沙研究,1991(4):59-68.

[8]栾加友.射阳港拦门沙演变规律探讨[J].海岸工程,1998,17(3):14-17.

[9]薛鸿超,顾家龙,任汝述.海岸动力学[M].北京:人民交通出版社,1980.

[10]徐和兴,徐锡荣.潮汐河口闸下淤积及减淤措施试验研究[J].河海大学学报:自然科学版,2001,29(6):30-35.

[11]杜国翰,彭润泽,吴德一,等.渤海湾淤泥质河口挡潮闸泥沙淤积问题[C]//中国水利学会.河流泥沙国际学术讨论会论文集.北京:光华出版社,1980.

[12]杜国翰,彭润泽.河口挡潮闸淤积与机船拖淤[J].水利学报,1980(1):65-70.

[13]施世宽.东台沿海挡潮闸淤积成因及减淤防淤措施[J].中国农村水利水电,1999(1):20-22.

[14]朱留正,李浩麟,冯敏亮,等.辽河口筑闸对航道冲淤影响的分析[R].南京:南京水利科学研究院,1963.

[15]窦国仁,凌永宁,陈志昌,等.射阳河闸下淤积问题分析[R].南京:南京水利科学研究院,1963.

(收稿日期 2007-03-05 编辑:方宇彤)