



# 长江中游戴家洲河段航道整治 二期工程方案研究

刘旺喜

(长江航道局, 湖北 武汉 430010)

**摘要:** 戴家洲河段为长江中游著名的浅险水道之一, 航道走右汉, 经过前期不断治理, 航道条件逐步改善, 但航道尺度仍难达到规划标准。针对戴家洲河段的河床演变特点及碍航特性, 建立平面二维水沙数学模型, 在计算分析河床演变趋势的基础上, 对航道整治二期工程方案进行系统研究, 提出推荐方案。数值模拟成果表明, 整治方案的实施将有效增加直水道上浅区的流速, 有利于汛后冲槽, 从而改善该浅区的航道条件。

**关键词:** 戴家洲河段; 河床演变; 数值模拟; 航道整治工程方案

中图分类号: U 611

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)10-0148-06

## Research on the second phase scheme of Daijiazhou waterway regulation engineering in the middle reach of the Yangtze River

LIU Wang-xi

(Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** Daijiazhou river reach is one of the famous shallow risks in the middle reach of the Yangtze River waterway, and its waterway locates in the right branch. After the early regulation, channel conditions improve gradually, but the channel dimensions are still difficult to achieve the planned standard. Based on the characteristics of riverbed evolution and navigation-obstruction, this paper establishes a two-dimensional mathematical model of water and sediment, calculates and analyzes the riverbed evolution trend, researches systematically the second phase scheme of waterway regulation project, and proposes the recommended scheme. Numerical simulation results show that the implementation of the regulation scheme will effectively increase the current velocity of the shallow area on the direct channel, which is conducive to scour after the flood, and thus improves the navigation condition of the shallow area.

**Keywords:** Daijiazhou river; riverbed evolution; numerical simulation; navigational channel regulation scheme

戴家洲河段位于长江干线武汉—安庆航段内, 上起鄂城、下迄回风矶, 全长约 34 km, 是长江中游重点碍航河段之一。该河段由巴河水道和戴家洲水道组成, 其中, 巴河口以上段为巴河水道, 顺直放宽, 长约 14 km, 池湖港心滩将巴河水道分为两槽, 左为巴河通天槽、右为池湖港航槽; 巴河口以下段为戴家洲水道, 长约 20 km, 微弯分

汉, 左汉习称圆水道、右汉习称直水道, 目前两汉分流比接近<sup>[1]</sup> (图 1)。

历史上戴家洲河段曾出现过 2.28 m 的最小水深。1954 年至今共 56 届枯水期, 有 24 届发生浅情。尤其是 2002 年至今, 直水道发生严重淤积, 不得不连续 8 年开辟圆水道作为枯水主航道, 而圆水道进口受巴河边滩冲淤的影响, 进口容易发生浅

收稿日期: 2015-03-26

作者简介: 刘旺喜 (1965—), 男, 高级工程师, 从事航道整治技术研究、航道建设管理工作。

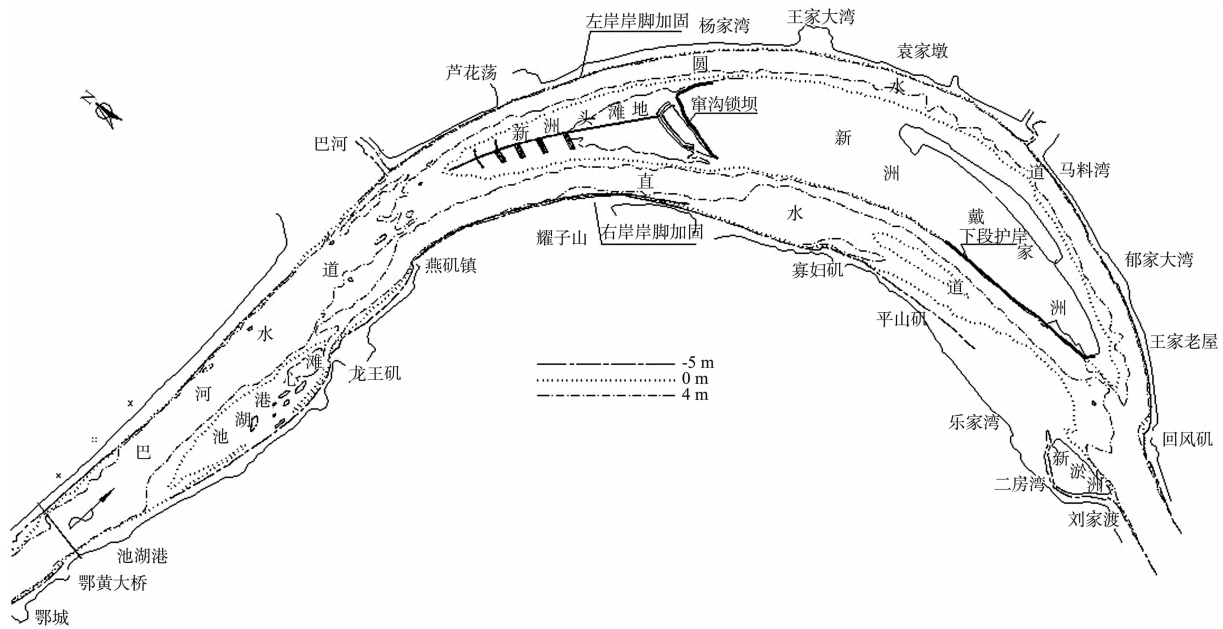


图 1 戴家洲河段河势

情,同时圆水道内航道较窄,出口流态较差,航行条件也不理想。2009年3月开始实施的戴家洲河段航道整治一期工程<sup>[2]</sup>,旨在通过新洲头滩地布置鱼骨坝来改善河道基本条件,适当调整并稳定直水道分流比,延长直水道进口段的凹岸边界。从一期工程实施以来戴家洲右缘的变化看,整个戴家洲右缘呈持续崩退的状态<sup>[3]</sup>。因此2010年底开始实施戴家洲下段右缘守护工程,以遏制其不断崩退的趋势。

2014年以前,戴家洲河段枯水期最小维护尺度为 $4.0\text{ m} \times 100\text{ m} \times 1\ 050\text{ m}$ (水深 $\times$ 航宽 $\times$ 弯曲半径,下同),保证率98%。根据《长江干线航道建设规划(2011—2015年)》,戴家洲河段所在的武汉至安庆河段的航道建设目标为 $4.5\text{ m} \times 200\text{ m} \times 1\ 050\text{ m}$ ,保证率98%。戴家洲河段实施一期工程、右缘下段守护工程后,基本具备系统治理、实现规划航道尺度的河势条件。考虑到近几年直水道内滩槽变化较为迅速,为避免错失系统治理时机,应及早开展全面的研究工作,深入认识已建和拟建整治工程实施后、新边界条件下河道的演变规律<sup>[4]</sup>。

本文在分析戴家洲河段河床演变特点及碍航特性的基础上,建立了戴家洲河段平面二维水沙数学模型,计算分析河床演变趋势、提出航道整

治工程方案,可为后续研究提供更为科学全面的技术支撑。

## 1 河床演变特性及航道条件分析

### 1.1 河床演变特点

上段巴河水道顺直放宽,主流位于左槽,左岸侧存在巴河边滩,边滩不断下移、上提变化。

下段戴家洲水道在近期演变中除少数枯水期以圆水道为主航道外,基本以直水道为全年主航道。由于戴家洲水道中新洲头滩地的变化与两汉航道条件密切相关,按其变化特点主要经历了3个阶段:第1阶段(1954—1974年)是河道调整时期,新洲头滩地处于调整之中,直水道河道形态较差,浅区水深较浅,但分流比不断增加;第2阶段(1975—2001年)是河道相对稳定时期,新洲头滩地相对稳定,直水道河道形态较好,浅区水深增加;第3阶段(2002—2008年)是河道向不利方向发展时期,新洲头滩地不稳定,直水道河道形态变差,水深大幅减小。

2009年3月实施了戴家洲河段航道整治一期工程。工程实施后,巴河水道新洲头部低滩恢复完整,在一定程度上抑制了巴河边滩的下移,从而间接限制巴河浅滩附近的河宽,巴河水道滩槽格局稳定后,航道条件整体趋于改善。戴家洲水

道圆水道航道条件变化不大,直水道进口航道条件有所好转,然而受戴家洲右缘冲退的影响,直水道上浅区滩槽格局较差,深槽交错,枯水期水深仍难以满足。

### 1.2 航道条件

本河段河床不易稳定,改槽频繁,综观本河段历史演变和近期演变过程,可以看出,该河段的碍航特性主要表现在以下3个方面:

1) 航槽不稳定。由于巴河水道下段及戴家洲水道进口主流摆动,枯水期主航道经常发生变化,近年来枯水期主航道频繁改槽,给船舶的安全航行带来隐患。2) 水深不足。巴河通天槽出口浅滩位于巴河水道出口放宽段,在退水期水流归槽后,易在巴河通天槽出口形成碍航沙埂,影响直水道的进流条件。直水道内浅区水深小、范围长,4.5 m×200 m 断开长度达几公里。圆水道进口过渡段多个缺口,多处出浅。由于航槽不稳定,水深不足而发生海损事故19起,尤以船舶搁浅事故为多。3) 局部航道较为弯曲,存在不良流态。圆水道出口左岸回风矶突出江中230 m,造成附近航道较为弯曲,流态不良,给船舶安全航行造成隐患。

### 1.3 三峡工程蓄水运行对本河段的影响

三峡工程蓄水运行后,坝下游自宜昌至上荆江河段总体体现为河床冲刷,各重点水道总体有“悬移质粒径增加”的现象。随着时间的推移,这种含悬移质粒径较大的水流逐渐下移,流速较出库时有所降低,在进入中下游各水道后,由于流速的降低,大粒径的泥沙颗粒将难以起动,逐渐开始淤积在中下游航道的深槽中。随着大粒径沙粒的逐渐淤积,水流呈不饱和状态,势必引起水道深槽两侧的边(心)滩的冲刷,本河段新洲滩头后退、滩地刷低的趋势将会更加明显,这将不利于直水道航道条件的稳定。

## 2 认识性试验研究

### 2.1 模型的建立与验证

戴家洲河段的上、下游分别为沙洲水道和黄

石水道,考虑上、下游水道演变之间的关联性,将数学模型的上边界取在沙洲水道的进口黄柏山(航道里程962 km)、下边界取在黄石水道出口的天然节点西塞山(航道里程903 km),全长约59 km。计算区域曲线网格根据椭圆型微分方程生成,区域内横向网格(断面)共布置350条,纵向布置150条。水流方向网格间距为50~150 m,垂直水流方向网格间距为10~25 m,网格线正交性较好。

定床模型采用2006年9月、11月、2008年3月、2010年2月4个测次的实测水文地形资料进行率定与验证,动床模型验证的初始地形采用2007年2月地形、验证时段为2007年2月至2010年2月。验证结果表明,水面线、典型断面流速、分流比、地形冲淤变化计算值与实测值误差符合规范要求,所建数学模型能较好地反映戴家洲河段的水流泥沙运动规律,能够应用于对演变趋势的模拟及方案的研究。

### 2.2 水流运动特性模拟与分析

通过模拟不同地形条件下、不同流量级的水位流场情况,认识戴家洲河段不同边界条件对水流运动特点的影响,尤其是通过计算一期工程前后水流条件变化特点,进一步认识一期工程的作用。

计算采用2006年9月、2008年3月、2010年2月和2011年2月共4套地形,每套地形分别选用了枯水(8 700 m<sup>3</sup>/s)、中水(12 000 m<sup>3</sup>/s)、多年平均流量(22 431 m<sup>3</sup>/s)和洪水流量(50 000 m<sup>3</sup>/s)进行水流条件的模拟,组合出12套水流条件模拟结果,并给出特定质点的运动轨迹(即流线),类似于原型观测中的流向线。

1) 在地形条件稳定的情况下,随着来流变化,河段水流特性相应调整。中枯水流量下水流坐弯,圆水道分流比占优,随着流量的增大,水流出现大水取直的现象,位于凸岸侧的直水道分流比大于圆水道。尽管如此,由于圆水道河宽较小,直水道较大,典型断面各级流量下流速资料均显示,圆水道水流集中,流速大于直水道。

2) 不同地形条件下, 中枯水期水流条件受地形影响较大, 因而不同年份流速分布情况以及左右汉分流比等均有一定的差异, 尤其是直水道内中部存在散乱淤积浅埂, 该区枯水受地形影响, 水流分散程度差异较大。随着流量的增加, 地形的影响趋于减弱, 加上河道两岸河势较为稳定, 因此水流分布情况不同年份差异趋于减小。

总体来说, 一期工程实施后, 直水道分流比各级流量均有不同程度的增大, 直水道进出口水流条件有所改善, 但中部中枯水期水流分散的情况依然存在。

### 2.3 戴家洲右缘崩退试验

戴家洲右缘中部滩缘的稳定能控制直水道上浅区河宽, 对保证浅区退水期水流集中冲刷航槽有十分重要的作用。崩退方案见表 1。本模型开展了典型年冲淤计算, 典型年仍是采用的 2005 年的水沙条件。

表 1 戴家洲右缘崩退方案

方案	横向崩退距离/m	纵向崩退距离/m	崩后高程/m
方案 1	100	5 850	0.34
方案 2	150	5 850	0.34

通过计算分析可以发现: 戴家洲右缘崩退后, 对直水道汉内冲淤影响幅度最大, 对巴河水道及圆水道的影响较小。直水道汉内冲淤分布情况对航道条件不利: 一是中上段的淤积不利于汉道中部浅滩航道条件的改善; 二是上段深槽淤积, 下段近左岸河槽冲刷, 容易造成上下深槽交错, 对航道条件也是不利的, 且崩退范围越大, 这种交错冲淤的现象越明显。可见, 戴家洲右缘的崩退对直水道中部浅滩水深条件的改善是不利的, 甚至会造成该汉航道条件的进一步恶化。

### 3 河床演变趋势预测

趋势计算的起始地形为 2010 年 2 月, 进口水沙条件为实测 2005—2009 年汉口站水文泥沙条件, 其中, 2006 年为特枯水年, 最大含沙量出现在 2005 年汛期, 最大流量出现在 2007 年汛期。出口断面水位通过 5#断面实测水位值和黄石站水

位值插值计算。根据计算分析, 预测戴家洲河段演变趋势:

1) 河势格局将继续保持稳定。本河段两岸建有防洪大堤, 右岸为山矾、山地, 左岸大部分岸段进行了人工护岸, 近几十年来, 巴河水道顺直放宽、戴家洲水道微弯分汉的河势格局一直未变。

2) 受上游来沙减少的影响, 河段各年均处于冲刷状态, 冲刷量随时间趋于减小, 从沿程累积冲刷量的变化情况来看 (图 2), 巴河水道冲淤变幅较小, 冲刷主要集中在戴家洲微弯分汉段。

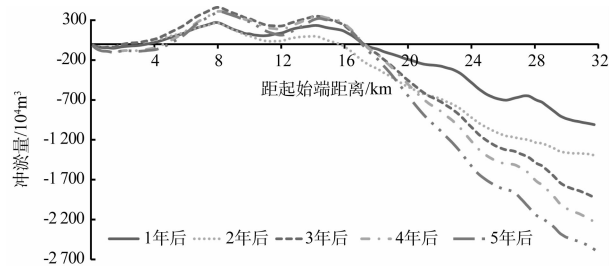


图 2 各年年末戴家洲水道沿程累积冲淤量

3) 今后几年内, 戴家洲水道航道条件仍然存在不稳定因素, 直水道难以恢复成枯期主航槽。随着上游来沙的进一步减小, 新洲和戴家洲右缘将延续崩退的状态, 使直水道平面形态向宽直方向发展, 枯水期弯道特性仍将较弱, 航道条件仍较差, 巴河通天槽出口过渡段浅区和直水道内的上、下浅区仍将继续存在, 戴家洲右缘中段的崩岸也将威胁滩槽格局稳定, 对航道条件产生不利的影响。

系列年内戴家洲河段直水道内 3 处碍航浅滩均不能满足规划航道尺度要求。巴河浅区、直水道出口浅区水深有保证, 但宽度始终不够 200 m 的宽度, 直水道上浅区的航道条件最差, 4.5 m 等深线始终断开。

### 4 航道整治方案研究

一期工程鱼骨坝使新洲头滩地得到了一定程度的恢复, 有效延长了直水道进口段弯曲航槽的凹岸边界, 有利于保持直水道一次弯曲航槽的形态, 有利于直水道向有利方向发展; 在建的戴家

洲右缘下段守护工程确保了直港出口的稳定，为后续工程的实施奠定了良好的基础。

因此，针对直水道存在的碍航问题进行了多组次的单种方案试验和组合方案试验，并最终形成2种优化方案：方案1的工程平面布置是对戴家洲右缘中上段进行护岸守护，长度约6 047 m，

同时在凸岸侧直港汉道内部中上段修建3条潜丁坝工程，长度分别为178、225和296 m（图3）；方案2的平面布置与方案1相似，仅直港内潜丁坝规模与方案1存在差异，3条潜丁坝长度略大于方案1。分别为219、250和326 m，坝头高程与方案1相同、坝根高程分别较方案1低0.9、0.93和1.08 m。

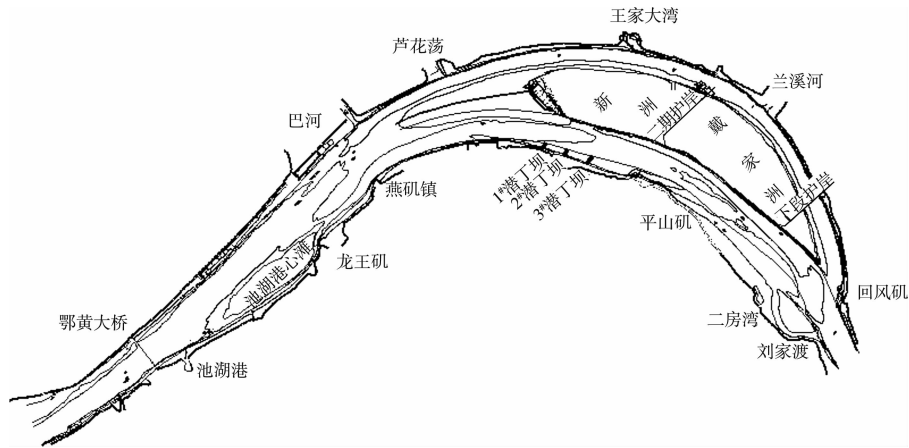


图3 方案1 整治工程平面

1) 定床计算效果。

工程方案的定床模拟计算以2010年2月地形为基础，分别开展设计流量（7 310 m<sup>3</sup>/s）、整治流量（11 900 m<sup>3</sup>/s）、多年平均流量（22 431 m<sup>3</sup>/s）和洪水流量（50 000 m<sup>3</sup>/s）各级流量下的水流计算，并对比分析其效果。

从分流比变化看（表3），2个方案均具有一定的阻水作用，会造成直水道分流比的减小：随着流量的增大，工程对直水道分流比的影响程度均减小，且方案2对分流比的影响始终要强一些。

表3 方案实施前后直水道分流比变化

流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	无方案 分流比/%	方案1 分流比/%	差值/%	方案2 分流比/%	差值/%
7 310	44.84	44.22	-0.62	44.16	-0.68
12 000	52.35	52.13	-0.22	52.11	-0.24
22 431	57.64	57.52	-0.12	57.5	-0.14
50 000	61.06	61.02	-0.04	61.00	-0.06

从水面线变化来看，由于方案1、2均布置有潜丁坝工程，潜丁坝工程具有一定的壅水作用，因此方案的实施有可能对沿程水位造成一定的影响。随着流量的增大，工程对水位的影响逐渐减小，整治流量及其以上流量级下，2个方案引起的

水面线变化的差别已基本可以忽略。

从断面流速分布的变化情况来看，方案2与方案1相比，枯水流量下其作用略大于方案1，随着流量的增加，2个方案除了在工程区域附近差异略大（4#断面），往上游或下游，差异均较小，相差幅度不超过±0.002 m/s。从流速等值线的变化情况看，潜丁坝工程对流速的影响为坝体上下游区域内流速减小，而工程左侧直水道河槽内流速增加，同时，由于工程增加了直水道内的过流阻力，因此圆水道内流速也有一定幅度的增加。2个方案比较而言，流速变化范围、大小基本一致，但在较低流量下，方案2虽然高程偏低，但长度偏长，对流速的影响范围及强度略大。

2) 动床计算效果。

①计算条件。

计算起始地形为2010年2月，并对工程位置可冲层厚度进行调整（假定工程位置河床基本不可冲）。

进口水沙条件为实测2005—2009年汉口站水文泥沙条件。模型出口水位通过与黄石水位站的水位相关关系求得。

从不同时期各方案对应特征流量的直水道分流比与无工程对比情况看(表4),工程实施后,戴家洲水道直水道仍保持冲刷发展的趋势。与无工程对比,2套方案实施的前2年过后,直水道分流比略有减小,其主要原因在于这2个方案均在直水道内设置了潜丁坝工程,在河段冲刷发展初期,工程有一定的阻水作用,但与试算方案相比减小幅度不大。与方案2相比,方案1的束水作用略强一些,直水道中部浅滩附近冲刷强度略大一些。

表4 不同时期工程前后各特征流量下直水道分流比变化

流量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	方案	分流比/%				
		1年后	2年后	3年后	4年后	5年后
7 310	无工程	45.38	45.28	45.46	45.51	45.59
	方案1	45.16	45.27	45.47	45.54	45.62
	方案2	45.13	45.25	45.45	45.53	45.60
11 900	无工程	53.38	53.53	53.65	53.71	53.76
	方案1	53.35	53.45	53.58	53.72	53.78
	方案2	53.32	53.43	53.57	53.71	53.77
22 431	无工程	58.31	58.33	58.38	58.42	58.55
	方案1	58.16	58.30	58.38	58.43	58.56
	方案2	58.15	58.29	58.37	58.42	58.55

从有无工程的对比情况来看,各方案实施后,直水道上浅区除工程掩护区域有所淤积外,其余的区域冲刷幅度均有明显增加,其中,上浅区冲刷加剧的特点最为明显,2个方案基本没有差别。从不同方案直水道河槽、上浅区冲刷幅度对比情况来看,无论是3年后、还是5年后,与无工程情况对比,各方案的实施均能一定程度上加大直水道及其上浅区的冲刷幅度;从2个方案的对比情况来看,各方案对直水道河槽平均累积冲刷幅度影响的差异极小,仅方案1要略弱一些。

从有无工程直水道内浅滩4.5 m等深线贯通对比看,各方案实施后,直水道内水流的弯道特性增强,工程针对的直水道上浅区的航道条件有明显改善,方案1偏高偏短、方案2偏矮偏长,但在航道条件上的综合效果差别极小。

总体来看,2个方案在动床效果上的差别极小,定床效果上方案2对水流作用略强一些,但差别也不大,考虑到方案2坝体较长,对有效通航宽度、通航安全等方面的影响要大一些,因此,本数模研究项目推荐方案1。

表5 3年、5年后各方案直水道河槽及上浅区平均累积冲淤厚度 m

计算条件	无工程	方案1	方案2
3年后直水道上浅区平均累积冲淤厚度	-0.72	-1.15	-1.17
3年后河槽平均累积冲淤厚度	-2.54	-2.63	-2.63
5年后直水道上浅区平均累积冲淤厚度	-1.06	-1.33	-1.34
5年后河槽平均累积冲淤厚度	-2.71	-2.92	-2.92

## 5 结语

1) 2个方案在动床效果上的差别极小,定床效果上方案2对水流作用略强一些,但差别也不大,考虑到方案2坝体较长,对有效通航宽度、通航安全等方面的影响要大一些,因此,本数模研究项目推荐方案1。

2) 方案1实施后,戴家洲右缘中段护岸确保直水道左边界的稳定,防止其崩退造成直水道上浅区交错型浅滩的恶化;直水道内的丁坝工程将有效增加直水道上浅区的流速,有利于汛后冲槽,从而改善该浅区的航道条件。不过,工程后,巴河浅区、直水道出口浅区的航道条件变化不明显,部分年份仍需辅以一定的维护措施才能保证规划尺度。

## 参考文献:

- [1] 谢鉴衡. 河床演变与整治[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996.
- [2] 蔡大富, 李青云. 长江中游戴家洲河段航道整治工程方案研究[J]. 水运工程, 2008(12): 105-109.
- [3] 蔡大富. 长江中游戴家洲河段航道整治一期工程效果分析[J]. 水运工程, 2011(2): 91-96.
- [4] 天津水运工程科学研究院. 长江中游戴家洲河段航道整治二期工程工程可行性研究报告[R]. 天津: 天津水运工程科学研究院, 2011.

(本文编辑 郭雪珍)