



温州七都大桥（北汊桥）对 瓯江河口水动力的影响

王 俊¹, 王顺中¹, 徐 群¹, 高 晨²

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 河海大学 港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 通过定床模型试验, 比较温州七都大桥建桥前后瓯江口水位、流速、流向、汉道分流比等水动力因素的变化, 对大桥建成后附近水域流态的变化及防洪、通航条件等的影响进行分析和预测。试验结果表明, 大桥建成后对瓯江口的防洪排涝不会产生明显影响, 不会改变七都南北汉道的性质, 对港区航道影响较小。

关键词: 温州七都大桥; 瓯江口; 南北汉道; 定床模型试验

中图分类号: U 44; U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)02-0116-07

Influence of Wenzhou-Qidu bridge (north bridge) on hydrodynamics of Oujiang estuary

WANG Jun¹, WANG Shun-zhong¹, XU Qun¹, GAO Chen²

(1. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. College of Harbor, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the fixed bed model test, we compare the changes of hydrodynamic factors of Oujiang estuary including the water level, flow, flow, branch channel's diversion ratio before and after construction of Wenzhou-Qidu bridge, analyze and forecast the variation of flow pattern and near the bridge and the influence on flood control and navigation. The result shows that the construction of the bridge has no significant effect on flood control and drainage of Oujiang and will not change the nature of the seven North-South branch channels, and has little affect on the port channel.

Key words: Wenzhou-Qidu bridge; Oujiang estuary; north-south branch channel; fixed bed model test

温州成为我国沿海对外开放城市之一, 是浙江省三大中心城市之一, 商品经济相当发达, 而地处温州市区东北部的乐清, 则是温州经济模式的发源地。为了更好地加强温州和乐清之间的连接, 正在建设中的七都大桥(南汊桥)连接七都岛和温州学院东路, 将南汊桥从七都岛延伸到104国道形成跨越南北瓯江的过江通道(北汊桥)。大桥的建成将能改善城市交通日趋拥堵状况、完善温州市交通布局; 同时也将对瓯江口水环境产生影响, 其中包括防洪、七都南北汊道潮量分流比、港口航道、通航条件等的影响。为此通过河

工模型试验, 研究大桥建设与瓯江口水环境的相互影响, 论证大桥工程的可行性, 为桥梁提供设计参数和技术支持。

1 工程概况

温州市七都大桥(北汊桥)工程位于瓯江七都涂北汊进口, 其平面线位如图1所示, 分为方案1(下游方案)和方案2(上游方案)2个桥线位图, 方案2较方案1七都侧起点向上游移40 m, 永嘉侧上移110 m左右。桥型采用双塔斜拉桥形式, 2个方案的桥型相同, 但根据桥位线的不同, 桥

收稿日期: 2012-07-11

作者简介: 王俊(1978—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事河口海岸工程研究。

墩在平面布置上略有所不同。主桥墩共2个, 间距360 m, 每个桥墩迎水面为4个直径2.5 m的柱形墩; 主墩两侧各2个副桥墩, 副桥墩为2个直径2.0 m的柱形墩; 副桥墩两侧近岸边为引桥, 每个桥墩迎水面为2个直径1.8 m的柱形墩。

2 工程河段水沙特性及河床演变概况

瓯江发源于浙、闽二省交界处的仙霞岑, 海拔高程1 921 m, 曲折东流。沿程汇入楠阴溪、宣

于溪、好溪、小溪和楠溪江等支流后, 进入滨海平原。进入平原后, 又受山体矶头制约, 曲折东流, 自梅岙以下, 沿程河宽增加, 江道急折, 温州以下在两岸矶头约束下, 江道发育宽窄相间, 形成江心屿、七都涂及灵昆岛呈三级汊道形式入海。大桥桥址位于瓯江七都北汊入口七都头附近(图1)。七都北汊是入海主航道, 该河段上接杨府山河段, 下接龙湾河段, 受径流和潮流作用, 泥沙运动复杂。

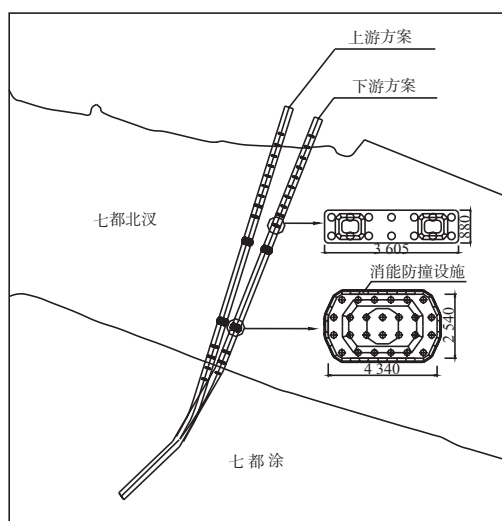
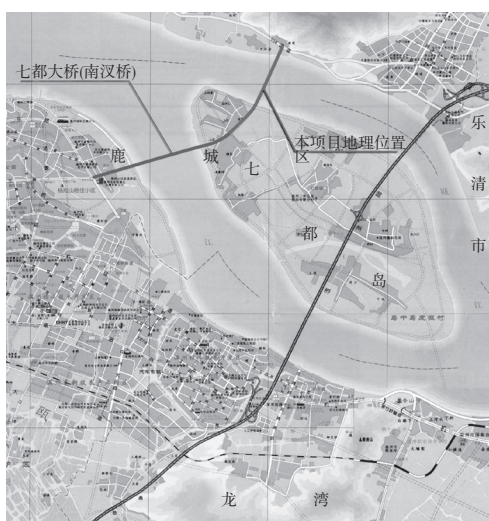


图1 七都大桥(北汊桥)工程方案布置

2.1 径流

瓯江属山溪性潮汐河流, 源短流急, 洪峰骤涨骤落, 峰量大, 历时短。据垵仁站(控制流域集水面积88%)多年(1950—2004年)实测资料, 实测最大洪峰流量22 800 m³/s(1952年), 最小流量10.6 m³/s(1967年), 洪枯水之比达2 000多倍^[1]。1955年实测洪峰流量13 100 m³/s, 同年最小流量12 m³/s, 年内洪枯水比达1 100倍。

2.2 潮汐和潮流

瓯江河口附近海区潮汐属正规半日潮。潮汐比值($H_{K1}+H_{O1}$)/ $H_{M2}<0.5$ (H_{K1} 为主太阴太阳合成日分潮 K_1 的振幅; H_{O1} 为太阳日分潮 O_1 的振幅, H_{M2} 为主太阴半日分潮 M_2 的振幅)。一昼夜两潮, 潮高不等现象较为明显, 一般春分-秋分间夜潮高于日潮, 秋分至翌年春分间, 夜潮低于日潮^[2]。本海区内, 落潮历时大于涨潮流时, 潮差大, 是我国显著的强潮海区之一。河口潮差由温州湾经口

门向内逐渐增大, 至龙湾附近达最大, 然后向上游沿程递减, 在温州湾内潮差变化较小。瓯江河口内的落潮流速一般大于涨潮流速。最大涨潮流速出现的时刻在中潮位附近, 最大落潮流速出现的时刻在低潮位附近。

2.3 泥沙

瓯江流域来沙大多在汛期输入河口及口外, 根据天然悬沙实测资料分析, 在枯水期, 河口区的含沙量分布呈“中部大, 两头小”的特征, 梅岙以上水较清, 黄华以下除大风浪天气以外, 水也较清, 而龙湾至礁头河段, 涨、落含沙量峰值高达5~6 kg/m³, 平均含沙量在2~3 kg/m³。这些大含沙量水体又称“最大浑浊带”, 中间沙峰位于温州附近。瓯江河口河床组成分选作用明显, 梅岙以上河段粒径粗, 梅岙以下至口门多为中细沙, 河口河床组成沿程逐渐变细, 是床沙以流域来沙组成为主的主要标志。瓯江河口河床组成粒

术规程》^[6]所要求的精度。

2011年7月16—17日,长江口水文水资源勘测局在杨府山断面、七都北汊断面(桥址断面)、七都南汊断面(状元断面)、龙湾断面共4个断面进行了水文测验,共布置11条垂线,进行了大潮

的同步流速、流向等测验,模型以此为基础进行流速、流向验证。大部分测点的潮流速和流向的过程、相位和峰值模型与实测基本吻合,基本满足JTS/T 231-2^[6]所要求的精度。模型中各验证潮位点和流速点的位置见图3。

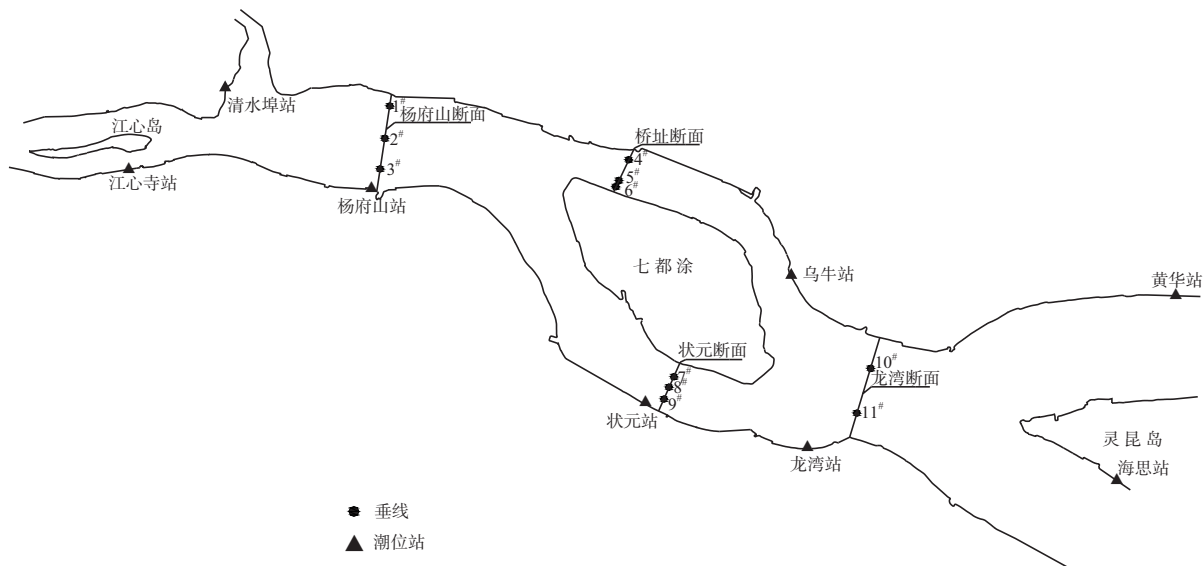


图3 2011年水文测验潮位、流速测点布置

4 建桥对水动力的影响

4.1 试验工况

温州七都大桥所在河段处于瓯江河口的过渡段,既受上游洪峰影响,又受下游潮汐顶托作用。防洪试验中,上游边界施放1%,2%,5%频率洪水,下游边界控制潮型由数学模型提供七里、海思站与洪水流量相应的潮位过程。水流试验中,上游边界施放多年平均、50%频率洪水,下游边界控制潮型采用2011年验证大潮。

4.2 潮位变化

建桥后,江心寺、杨府山和状元河段高低潮位略有抬高,其中江心寺高低潮位抬高0~0.01 m,杨府山高低潮位抬高0.01~0.03 m,状元高低潮位均抬高0.01~0.04 m;乌牛和龙湾高低潮位略有降低,其中乌牛高低潮位降低0.01~0.04 m,龙湾高低潮位降低0~0.02 m。在特大洪水(100 a一遇)时高潮位桥上游有0.10~0.12 m的升高,下游有0.09~0.10 m的降低,低潮位桥上游有0.05~0.06 m的升高,桥下游有0.04~0.05 m的降低。由此可见,大桥方案实施后对潮位的影响是局部和有限

的,对沿江防洪排涝影响较小。建桥后洪水位变化见表2。

表2 100 a一遇流量建桥后洪水位变化 m

站位	高潮位		低潮位	
	方案1壅高	方案2壅高	方案1壅高	方案2壅高
龙湾	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01
乌牛	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03
状元	0.03	0.02	0.01	0.04
桥下游400 m处	-0.10	-0.09	-0.05	-0.04
桥上游400 m处	0.12	0.10	0.06	0.05
杨府山	0.02	0.03	0.02	0.01
江心寺	0.01	0	0.01	0

4.3 七都南北汊道潮量分流比变化

建桥后,七都北汊涨落潮潮量有所减小,南汊涨落潮潮量有所增加。由于受到大桥桥墩对水流的阻力作用,七都北汊涨落潮分流比均有所减少,但减少幅度不大。方案1实施后北汊涨落潮分流比减少了1.39%~2.27%,方案2实施后北汊涨落潮分流比减少了0.87%~1.71%,方案2减少幅度略小于方案1。因此,大桥方案的实施不会改变瓯江七都南北汊道的性质,对瓯江七都南北汊道的影响不大。

4.4 流速变化

根据建桥前后各测点流速的变化可以看出,建桥对流场的影响主要在桥位近区。建桥后流速变化有以下特点:1)龙湾、杨府山港区流速基本不变,乌牛港区流速略有减小。2)桥上游航道涨潮流速略有增加,落潮流速略有减少;桥下游航道涨潮流速略有减少,落潮流速略有增加,离桥越远,航道流速变化幅度越小。建桥后周边港区、航道的流速变化见表3,图4。

表3 建桥后周边港区涨落潮流速变化 m/s

项目		方案1		方案2	
		落潮	涨潮	落潮	涨潮
杨府山港区	1 [#]	-0.01	0.01	-0.01	0
	2 [#]	-0.01	0.01	-0.01	0.01
乌牛港区	19 [#]	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
龙湾港区	24 [#]	0.01	-0.01	0.01	-0.01
	25 [#]	0.01	-0.01	0.01	-0.01

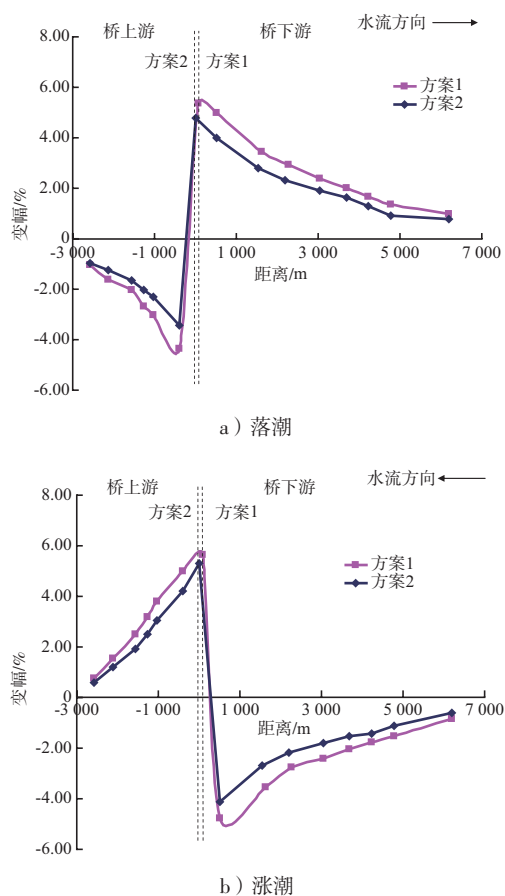


图4 桥区上、下游航道流速沿程变化

5 建桥对通航条件的影响

大桥工程实施后将改变原有水体的潮流结

构,影响船舶的通航条件。影响主要有流速流态的变化和通航宽度的变化。

5.1 桥区流速变化

建桥后,主、副桥孔内测点涨落潮流速均有明显增加。方案1主、副桥孔间的涨落潮流速增加的幅度为4.43%~5.63%,方案2主、副桥孔间的涨落潮流速增加的幅度为4.27%~5.31%。从通航条件来看,在航道水深满足船舶吃水深度条件下,通航流速要小些为好,由此可知,方案2对于船舶通航流速条件要好于方案1。

5.2 通航流态变化

方案1桥位轴线走向的方位角为22°(即桥轴线法线方向方位角为112°),航道轴线走向的方位角为106°,根据桥位走向与航道走向的方位角可以看出桥位和航道交角为84°,即桥轴线法线方向与航道走向形成6°的交角。方案2桥位轴线走向的方位角为17°(即桥轴线法线方向方位角为107°),航道轴线走向的方位角为106°,根据桥位走向与航道走向的方位角可以看出桥位和航道交角为89°,即桥轴线法线方向与航道走向基本一致。具体位置关系见图5。

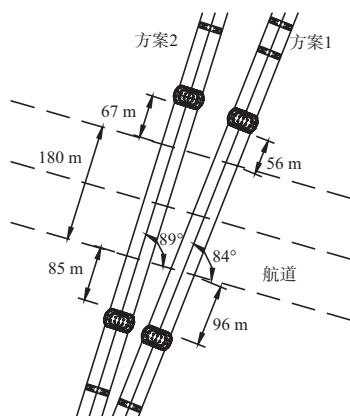


图5 桥址、主桥墩和航道位置关系

建桥前后的流向变化对通航的流态影响不大,建桥后由于桥墩的导流作用,使涨落潮流向更归顺于航道,有利于通航条件的改善。相对于方案1而言,方案2实施后使水流方向和航道走向的夹角最小,对通航条件的改善效果更好。建桥前后桥位附近流向变化见表4,建桥前后流态见图6。

从模型中可以观测到,七都北汊内在涨潮时段,桥区上、中、下段水流流态比较平顺,水流

表4 建桥前、后桥位附近流向变化

位置	方案	流速与航道轴线夹角/(°)	
		涨急	落急
桥上游400 m	无桥	-6	-5
	方案1	-5	-4
	方案2	-3	12
主桥孔	无桥	-4	-4
	方案1	-3	-3
	方案2	-1	-1
桥下游400 m	无桥	4	4
	方案1	3	3
	方案2	2	1

注: 夹角统计以逆时针旋转为+, 顺时针旋转为-。

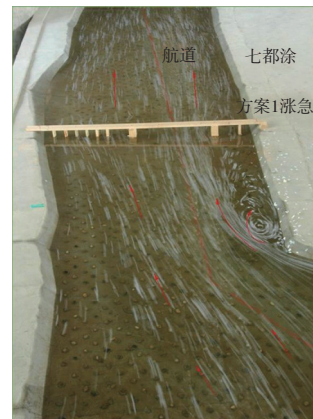
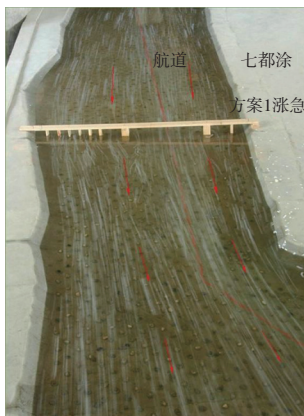
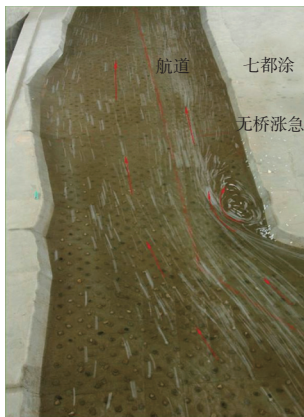


图6 工程前后桥区流态

方向与航道基本一致; 落潮时段, 桥区上段靠近七都头的区域出现约200 m × 200 m的回流, 回流区接近航道边缘, 且在落潮期间一直存在, 对此区域航行船舶操控带来难度, 构成安全隐患, 有关部门应予以重视。

5.3 通航宽度

瓯江七都北汊段的进港航道宽度为180 m。方案1两主桥墩间最短距离为340 m, 航道离通航孔两侧主桥墩最短距离为56 m; 方案2两主桥墩间最短距离为340 m, 航道离通航孔两侧主桥墩最短距离为67 m。两种方案均满足进出港船舶的通航宽度要求, 相比较而言, 方案2的主桥墩离航道更远, 更有利于船舶的安全通行。

6 结语

1) 模型验证试验结果表明, 沿程各潮位站各同步的潮位过程和相位与实测吻合良好, 潮位实测值与模型值的差小于0.1 m, 各测流点涨落潮流速过程和相位与实测吻合良好, 满足JTS/T 231-2—2010^[6]的精度要求, 模型的潮汐水流运动与天然基本相似, 模型可以用来预报工程方案实施后的潮汐水流运动。

2) 流速结果显示, 建桥后, 沿江高低潮位在桥位附近的局部有较大变化外, 其他站位变化较小, 对瓯江口的防洪排涝不会产生明显影响, 不会改变瓯江口各汊道潮波传播特性; 不会改变瓯江七都南北汊道的性质, 对瓯江七都南北汊道的影响不大; 龙湾、杨府山港区流速基本不变, 乌

牛港区流速略有减小,桥上游航道涨潮流速略有增加,落潮流速略有减少;桥下游航道涨潮流速略有减少,落潮流速略有增加,离桥越远,航道流速变化幅度越小,主航孔处幅度最大,流速增大幅度在6%以内,对周边港区航道影响较小。

3) 试验流态表明,大桥方案实施后,由于桥墩的导流作用,使涨落潮流向更归顺于航道,有利于通航条件的改善。相对于方案1而言,方案2实施后使水流方向和航道走向的夹角最小,对通航条件的改善效果更好。七都北汊内在涨潮时段,桥区上、中、下段水流流态比较平顺,水流方向与航道基本一致;落潮时段,桥区上段靠近七都头的区域出现约200 m×200 m的回流,回流区接近航道边缘,且在落潮期间一直存在,对此区域航行船舶操控带来难度,构成安全隐患,有关部门应予以重视。

参考文献:

- [1] 徐群,王俊,蒋燕. 瓯江南口工程专题物理模型试验研究成果汇编[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2008.
- [2] 全国海岸带和海涂资源综合调查温州试点工作队. 全国海岸带和海涂资源综合调查—温州试点区报告文集[G]. 上海: 华东师范大学出版社, 1981.
- [3] 王顺中, 王俊, 徐群. 沈海高速公路浙江境温州乐清至瑞安段改扩建工程跨瓯江大桥定床物理模型试验研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2009.
- [4] 李浩麟, 王顺中. 瓯江河口及口外滩槽演变分析[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2007.
- [5] 韩海骞, 熊绍隆, 朱军政, 等. 杭州湾跨海大桥对钱塘江河口水流的影响[J]. 东海海洋, 2002(4): 23-25.
- [6] JTS/T 231-2—2010 海岸与河口潮流泥沙模拟技术规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)

~~~~~

(上接第110页)

从比选结果可以看出,在主体工程投资方面,分散式输水系统由于需在闸室墙增设输水廊道,相同长度闸室情况下,闸室投资增加约20%;但由于大大简化了闸首结构布置,相应减少了工程投资,主体结构总投资较集中输水方式增加约7.5%。若考虑到采用集中输水系统方案,闸室增设10 m长镇静段,造价还将增加123万元,则分散输水系统主体结构造价仅较集中输水系统增加约4%,造价相差较小。

## 5 结语

宝应船闸作为沟通京杭运河与里下河地区的口门,设计水头7.8 m属于中等水头船闸,南水北调工程实施后,该闸常年水头差在6~7 m,对输水系统设计提出了较高的要求。本次从输水系统水力特性、过闸船舶停泊条件、工程投资等几方面对目前国内中等水头船闸常用的集中输水方案以及在欧美等国较多采用的闸墙长廊道短支孔分

散输水方案进行对比分析。对比分析可以看出,分散输水系统虽增加了闸室工程投资,但由于可不设镇静段,缩短了闸室长度,简化了闸首结构设计,总体来说投资增加并不显著,该输水形式可充分发挥船闸使用容量、减少闸室灌水时间,改善闸室内船舶停靠条件、增加长远经济效益,具有较高的性价比,可为今后中等水头船闸输水系统选型提供参考。

#### 参考文献:

- [1] JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范[S].
- [2] 宣国祥,宗慕伟. 宝应船闸输水系统布置和水力计算分析[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2009.
- [3] 江苏省水利勘测设计研究院. 宝应船闸扩容改造工程施工图设计项目竞聘文件[R]. 扬州: 江苏省水利勘测设计研究院, 2010.
- [4] 江苏省水利勘测设计研究院. 宝应船闸扩容改造工程施工图设计[R]. 扬州: 江苏省水利勘测设计研究院, 2009.

(本文编辑 郭雪珍)