



淮河入海水道二期滨海枢纽永久 与临时结合的通航布置方案

江涛¹, 潘畅², 王立锋³

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007;

2. 华侨大学 建筑学院, 福建 厦门 361021;

3. 苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 210019)

摘要: 扩建滨海枢纽二期渡槽为不断航需开辟临时导航航道, 根据航道网规划要求, 要考虑临时船闸永久使用。根据施工导航期和永久通航期的航路组织、现状和预测船型、货运量预测、船舶安全航行等要求, 确定永久与临时结合的船闸和临时连接段航道规模及通航布置方案。结合临时导航期和永久通航期的河道地形、流量和水位分析不同部位的通航水流条件。结果表明, 该布置方案通航水流条件均满足要求。根据项目特点提出下一阶段需重点研究的方向, 对类似永久与临时结合通航方案的布置具有借鉴意义。

关键词: 滨海枢纽; 永久与临时结合; 航路组织; 布置方案; 通航水流条件

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)03-0122-07

Navigation layout scheme combining permanent and temporary use for Binhai Hydro-junction Phase II of Huaihe River Sea-entering Channel

JIANG Tao¹, PAN Chang², WANG Li-feng³

(1.CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2.School of Architecture, Huaqiao University, Xiamen 361021, China; 3.JSTI Group, Nanjing 210019, China)

Abstract: In view that temporary navigation channels need to be opened up during the expansion of the navigable aqueduct of Binhai Hydro-junction Phase II for continuous navigation, following the requirements on channel network planning, we consider combining temporary navigation lock with permanent use. According to the requirements on route organization, current situation and prediction of ship type, freight volume prediction, and safe navigation of ships in the construction navigation period and permanent navigation period, we determine the scales of the navigation locks combining permanent and temporary use, the channel scale of the temporary connection section, and the navigation layout scheme. Then, we analyze the navigable flow conditions at different parts in terms of river topography, flow rate, and water level in different periods. The results show that the navigable flow conditions of the proposed layout scheme all meet the requirements. On the basis of the characteristics of the project, the key research directions in the next stage are proposed, and they can serve as a reference for the layout of similar navigation schemes combining permanent and temporary use.

Keywords: Binhai Hydro-junction; combination of permanent and temporary use; route organization; layout scheme; navigable flow condition

收稿日期: 2021-05-17

作者简介: 江涛(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程、岩土工程设计工作。

淮河入海水道位于江苏省淮安市、盐城市境内,西起洪泽湖二河闸,东至滨海县扁担港入黄海,全长 162.3 km,与苏北灌溉总渠平行布置,形成“两河三堤”格局,分别建设有淮安枢纽和滨海枢纽立交地涵(“上槽下洞”——上部京杭运河和连申线渡槽通航,下部淮河入海水道涵洞泄水)横跨淮河入海水道。一期设计排洪流量 2 270 m³/s,使洪泽湖防洪标准达到 100 a 一遇;二期工程在一期工程基础上扩能升级,设计排洪流量 7 000 m³/s,可使洪泽湖防洪标准提高到 300 a 一遇,并为通航创造优良条件。在滨海枢纽二期建设过程中,渡槽将断航,需建设临时船闸克服入海水道与连申线、苏北灌溉总渠的水位差以确保通航。相关文献^[1-2]的临时船闸均为水利枢纽建设过程中临时通航使用,在枢纽及永久船闸建成后将拆除,文献^[3]的临时船闸为解决枯水期临时通航使用。

丁军等^[4]针对滨海枢纽一、二期地涵合建和分建 2 个方案进行比选,提出二期地涵贴近一期地涵分建为最优方案;赵一晗等^[5]针对滨海枢纽二期工程施工导航线路方案进行比选,提出地涵西侧临时导航结合永久方案为最优方案。本文基于文献^[4-5]中滨海地涵及导航线路的研究成果,根据施工导航期和永久通航期的船型、通过能力要求及航路组织等要求确定船闸规模和平面布置方案,并通过数模论证方案的通航水流条件。

1 工程概况

滨海枢纽为淮河入海水道的第 4 级枢纽(图 1),是解决入海水道与连申线的十字交汇、维持连申线航运、满足入海泄洪及渠北地区排涝要求的重要节点工程,二期工程的实施须以连申线不断航为前提。二期立交地涵(通航渡槽)工程建设规模为 40 孔 6.0 m×6.5 m 泄水孔,4 孔一连,顺水流长 93.15 m,上部通航渡槽槽宽 70 m,垂直水流方向长 293.4 m。

京杭运河至连申线之间的淮河入海水道和苏

北灌溉总渠分别为规划的 II 级航道和 V 级航道,现状淮河入海水道不通航,苏北灌溉总渠现状为 V 级。淮河入海水道以南的连申线为规划的 III 级航道,现状已达标,淮河入海水道以北的连申线规划为 II 级航道,目前在大套船闸以南至滨海枢纽段达到 III 级标准,大套船闸以北至灌河段为 IV~V 级。



图 1 淮河入海水道

根据规划^[6],连申线与淮河入海水道通过滨海西船闸连接,在滨海枢纽二期工程建设期间为保证连申线不断航,且克服连申线与淮河入海水道之间水位差,需建设滨海西船闸和滨海南船闸作为临时导航兼做永久通航使用。枢纽周边环境见图 2。

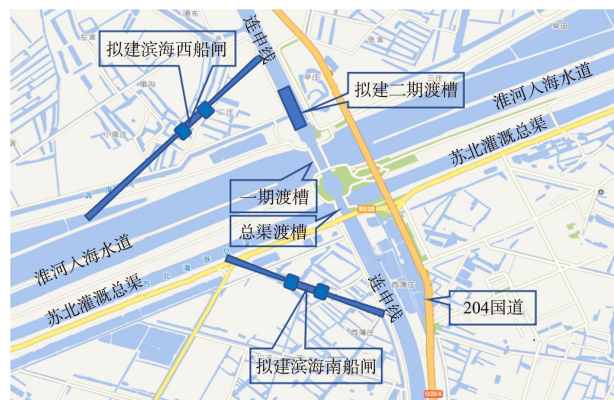


图 2 滨海枢纽二期周边环境

2 布置原则和思路

2.1 总体布置原则

1) 妥善处理临时通航和永久通航之间的关

系，避免重复建设；

- 2) 保证临时导航期和永久通航期船舶(队)进出船闸畅通和航行安全；
- 3) 便于调度和管理运营；
- 4) 尽量减少征地、拆迁及土方开挖工程量，降低工程造价。

2.2 总体布置思路

- 1) 确定临时导航期和永久通航期的航路组织；
- 2) 根据临时导航期和永久通航期的货运量预测、过闸船型、通航安全等角度确定船闸建设规模；
- 3) 临时导航期南船闸和西船闸之间的连接段

航道须满足通航安全要求。

3 导航方案规模确定及航路组织

3.1 船型

3.1.1 临时导航期船型

结合连申线在淮河入海水道南北的航道通航现状，确定临时导航期的代表船型为 500 吨级和 1 000吨级货船，见表 1。

3.1.2 永久通航期船型

结合报告^[7]确定滨海西船闸代表船型为 2 000 吨级货船、100 TEU 集装箱船、1 顶 2×2 000 t 顶推船队；滨海南船闸代表船型为 500 吨级货船，见表 1。

表 1 滨海枢纽临时导航期和永久通航期船型

时段	船闸	船型	总长/m	型宽/m	吃水/m
施工导航期	滨海西船闸	500 t 货船	42~45	8.8	2.2~2.5
	滨海南船闸	1 000 t 货船	47~58	11.0	2.7~3.1
永久通航期	滨海西船闸	2 000 t 货船	63~68	13.8	3.0~3.3
		100 TEU 集装箱船	65~68	13.8	2.5~3.0
	滨海南船闸	1 顶 2×2 000 t 顶推船队	182	16.2	2.6
	滨海南船闸	500 t 货船	42~45	8.8	2.2~2.5

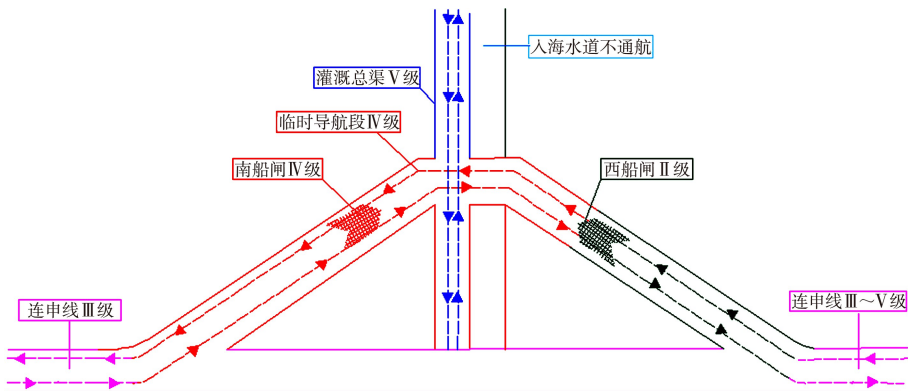
3.2 船闸规模

根据连申线淮河入海水道以北段现状船闸单向通过能力，确定滨海南船闸尺度 180 m×23 m×4 m (闸室有效长度×闸室有效宽度×门槛最小水深)可满足临时导航期要求。根据淮河入海水道二期配套通航工程的预测货运量、过闸船型尺度和比例，确定滨海西船闸尺度 230 m×23 m×5 m，可满足临

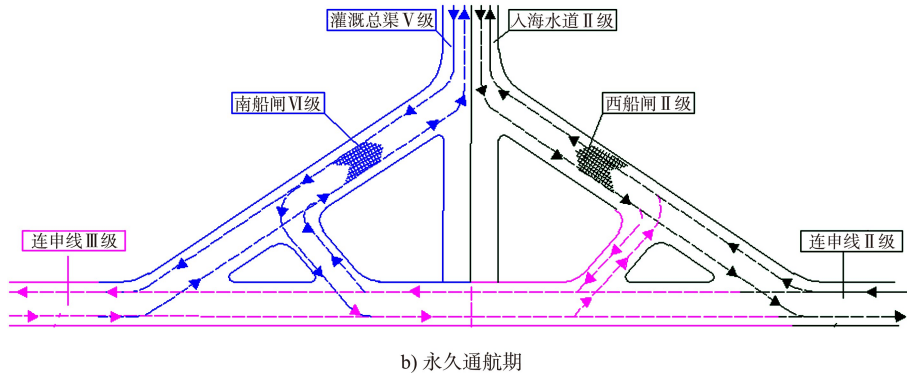
时导航期和永久通航期 2035 年的单向通过能力要求，在 2035 年之后建设二线即可满足远期 2050 年单向通过能力要求。

3.3 航路组织

根据滨海枢纽临时导航和永久通航要求确定航路组织，见图 3。



a) 临时导航期



注:箭头方向指上、下行航路。

图3 航路组织

4 布置方案

4.1 滨海西船闸方案

滨海西船闸布置在淮河入海水道北侧,上、下游引航道采用对称布置,船闸及引航道中心线与连申线航道中心线夹角为 64.2° ,与入海水道中心线夹角 25.8° 。根据施工导航期和永久通航期船

型尺度,依据规范^[8]确定引航道尺度的要求值,结合地形条件、周边环境确定设计值(表2)。由于永久通航期船闸最大反向水位差达 1.41 m ,故闸首采用三角门。为满足永久通航远期通过能力要求,预留了二线船闸闸位,一、二线船闸中心线距离为 130 m ,引航道底边线距离为 201 m 。

表2 滨海西船闸引航道通航技术参数

时段参数	直线段长度/m		宽度/m		水深/m		转弯半径/m		弯曲段宽度/m		
	上游	下游	上游	下游	上游	下游	上游	下游	上游	下游	
施工导航期	要求值	≥ 116	≥ 116	≥ 50.6	≥ 50.6	≥ 3.75	≥ 3.75	≥ 232	≥ 232	≥ 55.2	≥ 55.1
	设计值	158	800	51.5~76.5	84.8~89.8	5.0~6.5	5.0	330	560	76.5	89.8
永久通航期	要求值	≥ 364	≥ 364	≥ 81	≥ 81	≥ 4.95	≥ 4.95	≥ 550	≥ 550	≥ 86	≥ 86
	设计值	1 520	800	81.3	81.2~86.2	5.0	5.0	600	560	86.2	86.2

4.2 滨海南船闸方案

滨海南船闸布置在苏北灌溉总渠南侧,上、下游引航道采用对称布置,船闸及引航道中心线与连申线航道中心线夹角为 67.0° ,与苏北灌溉总

渠中心线夹角 30.0° 。根据施工导航期和永久通航期船型尺度,确定引航道尺度的要求值,结合地形条件、周边环境确定设计值(表3)。

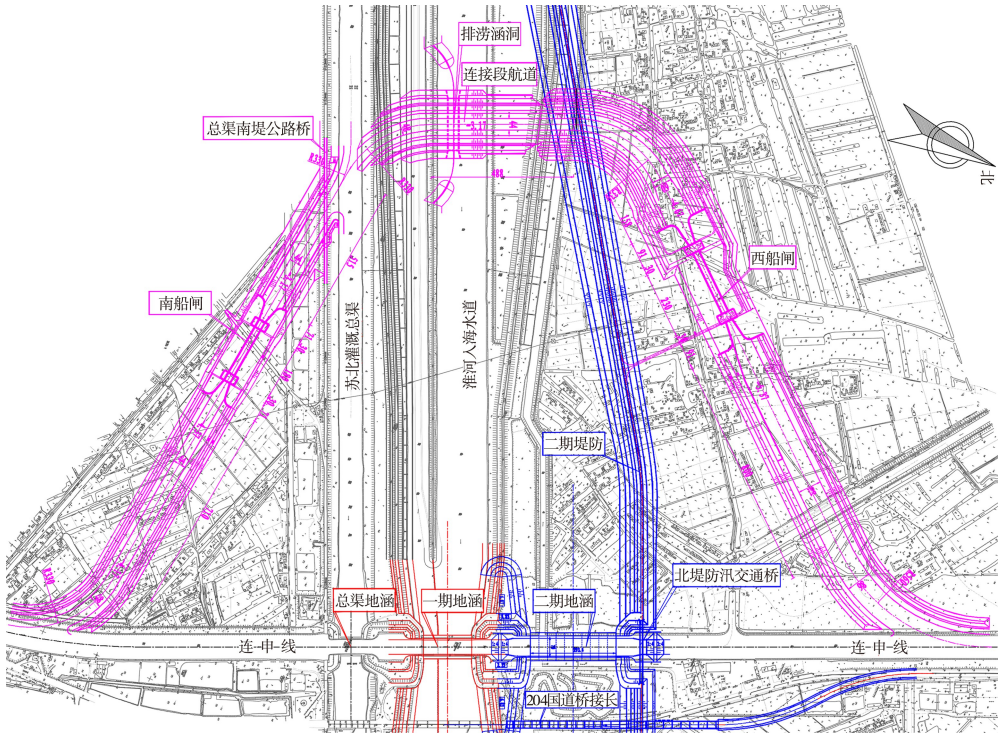
表3 滨海南船闸引航道施工导航期和永久通航期通航技术参数

技术指标	直线段长度/m		宽度/m		水深/m		转弯半径/m		弯曲段宽度/m	
	上游	下游	上游	下游	上游	下游	上游	下游	上游	下游
要求值	≥ 116	≥ 116	≥ 50.6	≥ 50.6	≥ 3.75	≥ 3.75	≥ 232	≥ 232	≥ 55.4	≥ 55.4
设计值	515	710	51.5~55.5	51.5~55.5	5.0	4.0	330	330	55.5	55.5

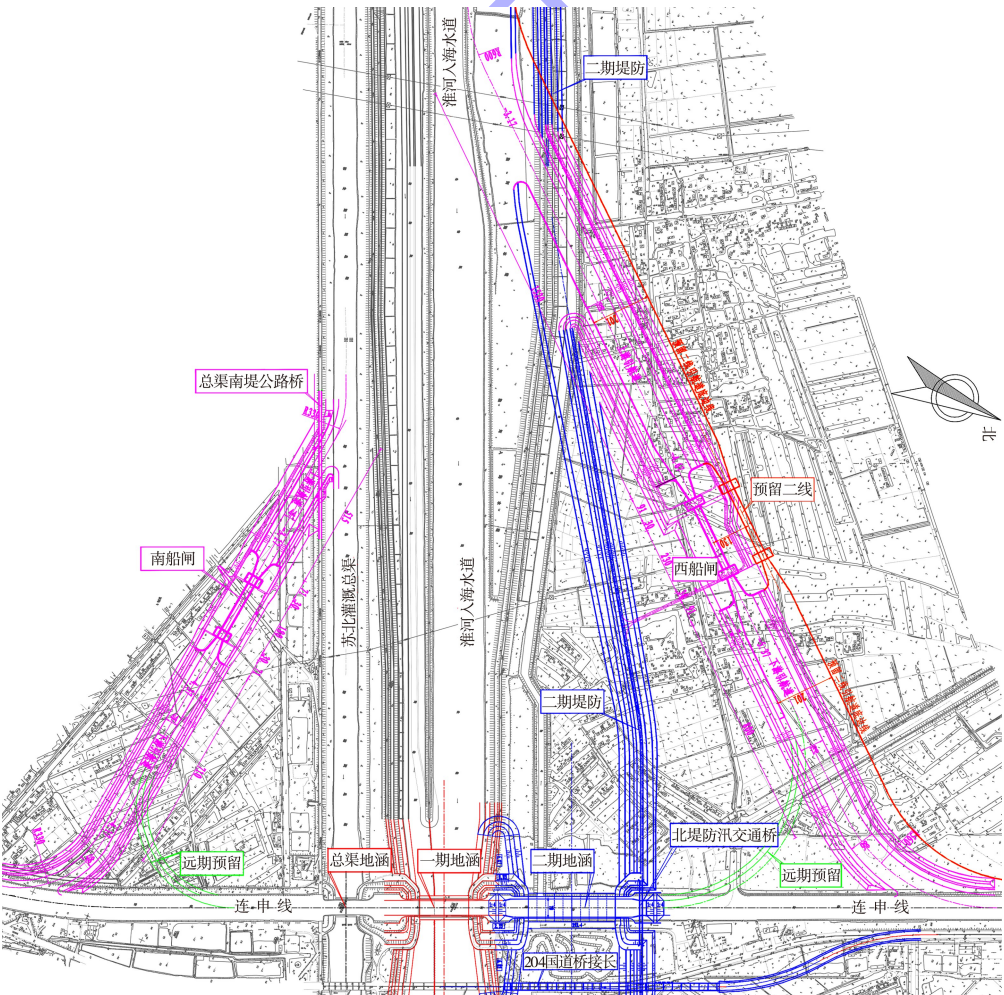
4.3 两船闸间临时连接段航道方案

两船闸间临时连接段航道等级为IV级,航道尺度要求不小于 $3.5\text{ m}\times 50.0\text{ m}\times 232.0\text{ m}$ (航道最小水深 \times 航道底宽 \times 弯曲半径),采用斜坡结构,

实际航道水深 5.0 m ,航道设计底宽 51.5 m ,弯曲半径不小于 330.0 m ,断面系数为 7.35 ,直段部分距连申线航道中心线 $1\ 788\text{ m}$ 。方案布置见图4。



a) 临时导航期



b) 永久通航期

图4 方案布置

5 通航水流条件

结合工程所在河道条件、航道和船闸布置、最高和最低通航水位工况,采用软件分别建立临时导航期和永久通航期的二维数学模型。考虑滨海枢纽工程实际情况、模型计算的精确性,采用三角网格对重点区域加密处理。

5.1 临时导航期

1)连申线(二期地涵北侧)以及连申线与滨海西船闸连接段,其中滨海西船闸闸门处、二期地涵北侧围堰处为固定不过流边界;连申线流量改道下泄,因此北侧几乎无来流,基本为静流状态,可不分析通航水流条件。

2)连申线(一期地涵南侧)以及连申线与滨海南船闸连接段,其中滨海南船闸闸门处、二期地涵南侧围堰处为固定不过流边界;连申线上游无来流,同样为静流状态,可不分析通航水流条件。

3)临时连接段航道与苏北灌溉总渠交汇段,总渠上游为自由出流段,下游通过总渠地涵立交下穿过连申线;航道上、下边界为南船闸和西船闸的闸门处。结合施工导航期灌溉总渠尽可能不参与泄洪且下泄流量较小的条件(最高通航水位 5.50 m 时流量为 50 m³/s,最低通航水位 2.00 m 时流量为 20 m³/s),建立模型分析其通航水流条件(图 5)。施工导航期最大横向流速 0.1 m/s 出现在最高通航水位工况下的交汇区域,满足设计规范要求,详细流速计算成果见表 4。

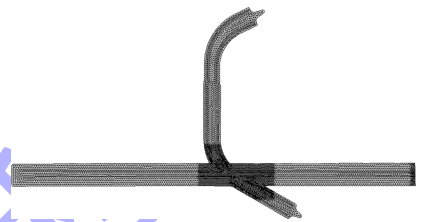


图 5 施工导航期连接段航道与总渠交汇段模型

表 4 施工导航期连接段航道与总渠交汇段流速

通航水位	位置	河面宽/m	流速/(m·s ⁻¹)	横向流速/(m·s ⁻¹)
最高(5.50 m)	临时导航段(非交汇区域)	80~96	0.03~0.08	0.01
	临时导航段(交汇区域)	80~84	0.03~0.07	0.03~0.11
	灌溉总渠(非交汇区域)	115~118	0.03~0.11	0.01
	灌溉总渠(交汇区域)	115~116	0.02~0.11	0~0.05
最低(2.00 m)	临时导航段(非交汇区域)	59~75	0~0.06	0.01
	临时导航段(交汇区域)	59~63	0~0.06	0~0.05
	灌溉总渠(非交汇区域)	95~98	0.01~0.05	0.01
	灌溉总渠(交汇区域)	95~96	0.01~0.05	0~0.03

5.2 永久通航期

1)苏北灌溉总渠与滨海南船闸上游引航道的入海水道不连通,总渠上游为自由出流段,下游通过地涵立交下穿过连申线,在总渠最高通航水位流量 50 m³/s、最低通航水位流量 20 m³/s 时,其引航道的最大横向流速为 0.01 m/s,总渠与船闸上游引航道交汇区最大横向流速为 0.03 m/s,满足通航要求。

2)淮河入海水道与滨海西船闸上游引航道的入海水道上游为自由出流段,下游通过一、二期地涵立交下穿过连申线,最高通航水位流量为 4 756 m³/s 时,淮河入海水道与船闸上游引航道交汇处最大横向流速为 0.2 m/s,最大纵向流速为 1.9 m/s;船闸上游引航道最大横向流速为 0.1 m/s,最大纵向流速为 0.8 m/s。最低通航水位时上游无

来流,可不分析通航水流条件。

3)连申线与滨海西船闸、滨海南船闸下游引航道的连申线上下游均为自由出流段,最高通航水位 2.41 m 时流量为 250 m³/s,最低通航水位 -0.20 m 时流量为 50 m³/s,建立模型分析其通航水流条件(图 6)。永久通航期最大横向流速 0.19 m/s 和最大纵向流速 0.56 m/s 均出现在最高通航水位工况下的连申线航道区域,满足设计规范要求,计算成果见表 5。

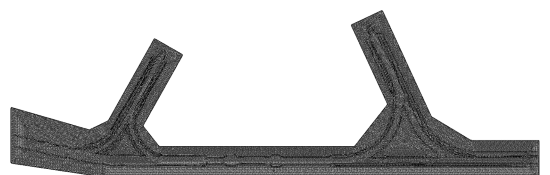


图 6 永久通航期连申线与滨海西、南船闸模型

表5 永久通航期模型连申线与滨河西、南船闸流速

通航水位	位置	河面宽/m	流速/(m·s ⁻¹)	横向流速/(m·s ⁻¹)
最高(2.41 m)	滨海西船闸下游引航道	115~120	0.04~0.09	0.01
	连申线(非通航渡槽区域)	112~117	0.28~0.56	0.07~0.19
	滨海南船闸下游引航道	80~84	0.05~0.10	0.01
最低(-0.20 m)	滨海西船闸下游引航道	102~108	0.04~0.08	0.01
	连申线(非通航渡槽区域)	99~103	0.15~0.27	0.01~0.03
	滨海南船闸下游引航道	59~63	0.02~0.06	0.01

6 结语

1)在“两河三堤”且十字交汇的现有立交通航渡槽区域扩建二期渡槽时须保证航道不断航,在临时导航设施设计过程中要按照航道网规划要求综合考虑多方面因素尽量做到永久和临时相结合,避免后期重复投资。

2)导航设施布置要适应临时导航期和永久通航期的航路组织、现状和预测船型、货运量预测、船舶安全航行等要求。

3)滨海枢纽二期扩建永久和临时结合通航方案的通航水流条件数学模型模拟结果显示,布置方案能满足不同时段、流量和水位的通航水流条件要求,方案可行。

4)连申线是江苏省内重要的南北向水运通道,滨海枢纽二期渡槽建成后,与总渠渡槽、一期渡槽共同形成近600m的长渡槽,且总渠渡槽和一期渡槽的宽度较二期渡槽缩窄近10m,渡槽内船舶交汇行驶过程中直立渡槽岸壁对船行波反射有进一步叠加作用,其通航水流条件将异常复杂,建议下阶段开展渡槽整体物理模型和船舶模型研究。

参考文献:

[1] 杨本新,李亚非.三峡工程二期施工期临时通航船闸设计简介[J].人民长江,1997,28(10):36-38.

[2] 国家电力公司中南勘测设计研究院.五强溪水电站采用临时船闸解决施工期通航的研究与实践[R].长沙:国家电力公司中南勘测设计研究院,2002.

[3] 王秀红,曹民雄,张幸农,等.长洲枢纽至界首河段箱式拦河坝及临时船闸坝址研究[C]//第十六届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集.北京:海洋出版社,2013:1383-1388.

[4] 丁军,丁兆晖.淮河入海水道二期滨海枢纽工程总体布置方案研究[J].中国水利,2015(10):25-27,30.

[5] 赵一晗,全道斌.淮河入海水道二期工程滨海枢纽施工导航方案研究[J].中国水运(下半月),2013,13(2):162-164.

[6] 江苏省人民政府.江苏省干线航道网规划(2017-2035)[R].南京:江苏省人民政府,2018.

[7] 江涛,董霞.淮河入海水道二期工程航道通航条件影响评价报告技术咨询报告[R].北京:中交水运规划设计院有限公司,2019.

[8] 中交水运规划设计院有限公司.船闸总体设计规范:JTJ 305—2001[S].北京:人民交通出版社,2001.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第117页)

参考文献:

[1] 谭维炎,胡四一.天然河道一维不恒定流计算的守恒格式[J].水科学进展,1990,1(1):22-32.

[2] 葛华.水库下游非均匀沙输移及模拟技术初步研究[D].武汉:武汉大学,2010.

[3] 施勇.长江中下游水沙输运及其调控数学模型研究[D].南京:河海大学,2006.

[4] 白玉川,万艳春,黄本胜,等.河网非恒定流数值模拟的研究进展[J].水利学报,2000,31(12):43-47.

[5] CAO Z, JIAN M, PENDER G, et al. Flow resistance and momentum flux in compound open channels[J]. Journal of hydraulic engineering, (ASCE), 2006, 132(12): 1272-1282.

[6] XIA X L, LIANG Q H, MING X D, et al. An efficient and stable hydrodynamic model with novel source term discretization schemes for overland flow and flood simulations [J]. Water resources research, 2017, 53(3): 3730-3759.

(本文编辑 武亚庆)