

# 滨海枢纽立交工程河道 过水断面观测及变化特征分析

徐晨轩<sup>1,2</sup>, 赵才全<sup>1,2</sup>, 卞达芝<sup>1,2</sup>, 韩 阳<sup>1,2</sup>, 李 猛<sup>1,2</sup>

(1. 江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223001; 2. 江苏省淮河入海水道工程管理处, 江苏 淮安 223001)

**摘要:**河道过水断面观测是工程管理中重要的基础工作, 测量成果直接反映工程水下部分情况。以滨海枢纽立交工程为研究对象, 分别对滨海枢纽工程南北偏泓进行全生命周期监测上下游河道冲淤量, 对河道断面变化进行特征分析, 研究成果可为相关工程管理提供参考。

**关键词:**滨海枢纽; 过水断面; 观测数据; 变化特征

中图分类号: TV123

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(20245)02-0028-0007

## Observation and change characteristic analysis of river channel cross-section of water flow in Binhai Hub Interchange project

XU Chenxuan<sup>1,2</sup>, ZHAO Caiquan<sup>1,2</sup>, BIAN Dazhi<sup>1,2</sup>, HAN Yang<sup>1,2</sup>, LI Meng<sup>1,2</sup>

(1. General Irrigation Canal Management Office of Jiangsu Province, Huai'an 223001, China;

2. Huaihe River into the Sea Waterway Project Management Office of Jiangsu Province, Huai'an 223001, China)

**Abstract:** The observation of river channel cross-section of water flow is an important basic work in engineering management, and the measurement results directly reflect the underwater part of the project. Taking the Binhai Junction Interchange Project as the research object, the scouring and silting amounts of the upstream and downstream river channels of the north and south partial flood channels of the Binhai Junction Project are monitored throughout their life cycles respectively, and the characteristics of the river section are analyzed. The research results can provide reference for related project management.

**Key words:** Binhai Hub; cross-section of water flow; observation data; change characteristic

## 1 概 述

以滨海枢纽立交工程为研究对象, 滨海枢纽立交工程引河由南偏泓和北偏泓组成。河道过水断面观测即水下部分观测, 本工程常年水深6 m, 上下游水流流速小于1 m/s。根据相关观测技术规范<sup>[1-2]</sup>, 分别对南北偏泓进行全生命周期监测上下游河道冲淤量, 对河道断面变化进行特征分析, 研究成果可作为工程管理维修养护河道护坡等关键部位的参考依据。

## 2 工程概况

滨海枢纽立交工程, 位于盐城市滨海县境内, 淮河入海水道与通榆河交汇处, 是淮河入海水道近期工程五大枢纽之一, 建成于2003年, 为I级水工建筑物, 采用上槽下洞结构型式, 使入海水道与通榆河正交, 上槽供通榆河南北向通航, 下洞作淮河入海水道东西向行水, 涵洞共23孔, 单孔尺寸6 m×6.5 m, 上下游引河段设隔水墙, 分别称为南偏泓、北偏泓, 其中南偏泓7孔, 北偏泓16孔, 该

收稿日期: 2024-09-18

作者简介: 徐晨轩(1993—), 男, 工程师, 本科, 主要从事水闸工程运行管理工作。E-mail: 2424128288@qq.com

设计使入海水道高水行洪以及偏泓涝水穿越通榆河入海。设计泄洪流量 2 270 m/s,其中南偏泓设计泄洪流量 727 m/s,北偏泓设计泄洪流量 1 543 m/s,校核泄洪流量 2 890 m/s。工程具有泄洪、排涝、航运等综合效益,设计防洪标准为 100 a 一遇。

滨海枢纽工程运行以来,对渠北地区排涝发挥了效益,保证了通榆河输水、航运功能的实现。2003 年、2007 年滨海枢纽工程 2 次启用泄洪,有效地缓解了淮河干流和洪泽湖的防洪压力,发挥了巨大的防洪减灾效益。

### 3 河道过水断面观测

#### 3.1 观测方法

对固定断面桩顶高程应按四等水准要求观测。起点距可采用过河索、经纬仪、全站仪、GPS 等观测,断面从左岸断面桩开始,由左向右顺序施测,如从右岸向左岸开始施测要加以说明。

#### 3.2 观测要求

建筑物引河在工程竣工后 5 年内,每年汛前、汛后各观测 1 次,以后可在每年汛前或汛后观测 1 次。如遇工程泄放大流量或超标准运用、单宽流量超过设计值、冲刷或淤积严重且未处理等情况,应增加测次。

#### 3.3 准备工作

测量前,根据待测引河水深范围、流速大小选择合适仪器设备,进行必要的外观检查和精度校准,确保读数准确、精度达标;检查河床断面桩的外观以及是否有缺失,确保河床断面桩完整可靠;组织测量人员进行业务培训,熟练操作仪器设备,登船需正确穿戴救生衣,满足观测要求。测量引河流

速,确保观测人员和仪器设备安全。

#### 3.4 观测步骤

观测步骤主要包括“定、测、记、算、校、核”。

(1)“定”:引河河道过水断面观测采用过河索法,使用测深锤测深。施测方向从左岸断面桩开始,至右岸断面桩结束,起点距从左岸断面桩起算,向右为正,向左为负。从固定断面左岸断面桩至右岸对应断面桩,架设测量钢丝线,固定于两岸断面桩,防止钢丝线发生较大位移。

(2)“测”:待测量船移动到测量位置,使用测深锤下垂至河床底,确定测深锤线水面刻度,精读水深至 0.01 m。

(3)“记”:记录测深锤此刻水深值。

(4)“算”:查询引河水位,减去测量水深值,算出测量点河底高程。

(5)“校”:校对观测方法观测时间是否合理,校对固定断面桩顶高程引用是否有误,校对引用引河水位是否有误,校对各项数值计算是否有误,校对数值图表是否一一对应等。

(6)“核”:核对测量图表有无异常突变,是否需对异常点进行复核和计算,是否在观测说明中列出,原因分析是否合理,措施建议是否有针对性。

如使用无人船测深或船只搭载测深仪进行测量,按照仪器设备使用说明书规范操作。

#### 3.5 固定断面

滨海枢纽工程南北泓共用河床断面桩进行河道过水断面观测,上游河床共布置 8 个断面为 C.S.1~C.S.8 上,从闸孔中心线(0+000)向上游(0+410)范围布设;下游河床共布置的 8 个断面为 C.S.1~C.S.8 下,从闸孔中心线(0+000)向下游(0+440)范围布设,断面布置情况见图 1。

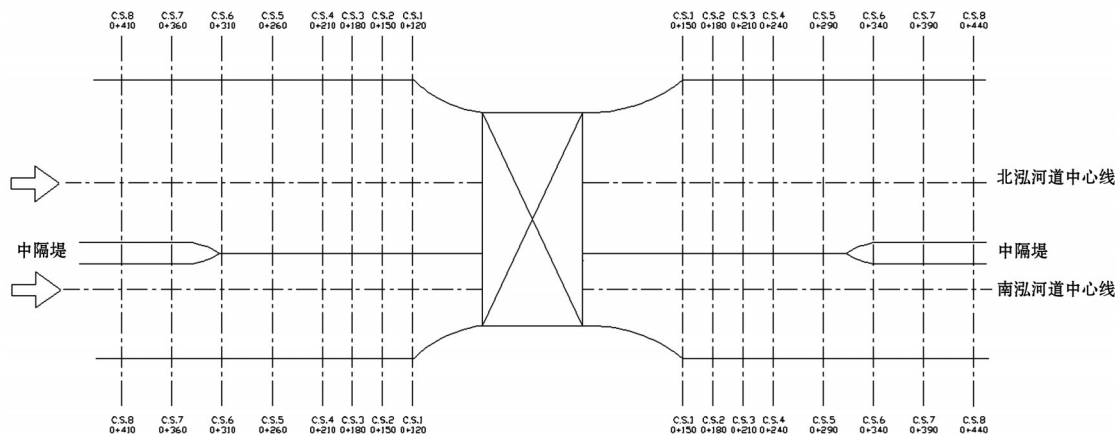


图1 滨海枢纽工程河道断面布置示意

4 南偏泓河床断面变化规律

2005—2022 年南偏泓河床间隔冲淤量见表 1、表 2,2005—2022 年南偏泓河床累计冲淤量见表 3,表中各项数据正为冲刷,负为淤积。

南偏泓 7 孔闸门全年开启,泄洪排涝通过下游入海口的海口枢纽挡潮闸工程控制运用,调节水位流量,调节运用较频繁,每天约 1.5 次。涵洞过流面积 273 m<sup>2</sup>,C.S.1 上标准断面积为 423 m<sup>2</sup>,涵洞过流面积约占标准断面面积的 64.5%。由表 3 数据可

表 1 南偏泓上游河床间隔冲淤量								单位:m <sup>3</sup>
年份	C.S.1-2 上	C.S.2-3 上	C.S.3-4 上	C.S.4-5 上	C.S.5-6 上	C.S.6-7 上	C.S.7-8 上	上游累计
2005	-465	-540	-870	-1 875	-1 250	-575	-800	-6 375
2006	-195	-180	15	300	300	275	225	740
2007	-300	-270	-720	-6 550	-6 300	-2 225	-1 825	-18 190
2008	-180	-465	-750	3 725	5 000	1 825	1 575	10 730
2009	165	180	705	1 175	375	125	25	2 750
2010	-165	90	-15	-325	-225	-125	-25	-790
2011	-15	-285	-135	0	-325	-200	100	-860
2012	300	150	-60	-425	-175	-25	-450	-685
2013	-345	-45	15	75	225	175	225	325
2014	150	0	-45	150	-200	-300	-100	-345
2015	300	270	-30	-400	25	225	200	590
2016	-345	-330	-105	-175	-300	-100	-75	-1 430
2017	420	120	-165	-50	325	150	100	900
2018	-510	-375	-195	50	125	150	0	-755
2019	270	45	75	175	250	350	425	1 590
2020	150	105	-480	-325	500	625	725	1 300
2021	-930	-540	690	725	-275	-825	-775	-1 930
2022	135	165	-285	-525	50	775	700	1 015

表 2 南偏泓下游河床间隔冲淤量								单位:m <sup>3</sup>
年份	C.S.1-2 下	C.S.2-3 下	C.S.3-4 下	C.S.4-5 下	C.S.5-6 下	C.S.6-7 下	C.S.7-8 下	下游累计
2005	-465	-540	-870	-1 875	-1 250	-575	-800	-6 375
2006	-195	-180	15	300	300	275	225	740
2007	-300	-270	-720	-6 550	-6 300	-2 225	-1 825	-18 190
2008	-180	-465	-750	3 725	5 000	1 825	1 575	10 730
2009	165	180	705	1 175	375	125	25	2 750
2010	-165	90	-15	-325	-225	-125	-25	-790
2011	-15	-285	-135	0	-325	-200	100	-860
2012	300	150	-60	-425	-175	-25	-450	-685
2013	-345	-45	15	75	225	175	225	325
2014	150	0	-45	150	-200	-300	-100	-345
2015	300	270	-30	-400	25	225	200	590
2016	-345	-330	-105	-175	-300	-100	-75	-1 430
2017	420	120	-165	-50	325	150	100	900
2018	-510	-375	-195	50	125	150	0	-755
2019	270	45	75	175	250	350	425	1 590
2020	150	105	-480	-325	500	625	725	1 300
2021	-930	-540	690	725	-275	-825	-775	-1 930
2022	135	165	-285	-525	50	775	700	1 015

表3 南偏泓河床累计冲淤量												单位:m <sup>3</sup>
年份	上游河床	下游河床	合计	年份	上游河床	下游河床	合计	年份	上游河床	下游河床	合计	
2005	-6 375	-13 125	-19 500	2011	-11 995	-17 765	-29 760	2017	-12 640	-24 360	-37 000	
2006	-5 365	-11 940	-17 575	2012	-12 680	-20 885	-33 565	2018	-13 395	-23 730	-37 125	
2007	-23 825	-12 005	-35 830	2013	-12 355	-21 505	-33 860	2019	-11 805	-21 345	-33 150	
2008	-13 095	-16 940	-30 035	2014	-12 700	-21 610	-34 310	2020	-10 505	-14 365	-24 870	
2009	-10 345	-15 570	-25 915	2015	-12 110	-24 585	-36 695	2021	-12 435	-20 215	-32 650	
2010	-11 135	-16 245	-27 380	2016	-13 540	-24 240	-37 780	2022	-11 420	-22 080	-33 500	

知,南偏泓于2016年出现了较大累计淤积量,达到37 780 m<sup>3</sup>。其中,上游淤积量为13 540 m<sup>3</sup>,其比例占到了3.4%的河床标准容积;下游淤积量为24 240 m<sup>3</sup>,其比例占到了5.8%的河床标准容积。出现这一变化规律是由于2007—2016年南偏泓无较大流量泄洪,故河床淤积量出现逐年增加。南偏泓上游累计淤积量年平均达到12 110 m<sup>3</sup>,其比例占到了10.2%的河床标准容积;下游累计淤积量达到19 028 m<sup>3</sup>,其比例占到了12.6%的河床标准容积。由于下游是上游标准断面的1.27倍,且涵洞过水面积束窄,C.S.1下断面约为涵洞过水面积的1.89倍,对断面过水流速有一定影响。下游河床冲淤量较多,淤积量变化较为明显。

5 北偏泓河床断面变化规律

2005—2022年北偏泓河床间隔冲淤量见表4、表5,2005—2022年北偏泓河床累计冲淤量见表6,表中各项数据正为冲刷,负为淤积。

北偏泓16孔闸门全年开启,泄洪排涝,通过上下游的枢纽工程调节水位流量,调节运用较少,每周约1.5次。涵洞过流面积624 m<sup>2</sup>,C.S.1上标准断面面积为858 m<sup>2</sup>,涵洞过流面积约占标准断面面积的72.7%。由表4数据可知,北偏泓于2018年出现了较大累计淤积量,达到37 260 m<sup>3</sup>。其中,上游淤积量为18 820 m<sup>3</sup>,其比例占到了6.8%的河床标准容积;下游淤积量为18 440 m<sup>3</sup>,其比例占到了6.9%的

表4 北偏泓上游河床间隔冲淤量									单位:m <sup>3</sup>
年份	C.S.1-2上	C.S.2-3上	C.S.3-4上	C.S.4-5上	C.S.5-6上	C.S.6-7上	C.S.7-8上	上游累计	
2005	-315	-465	-675	-1 825	-2 900	-3 625	-3 850	-13 655	
2006	630	540	360	525	900	875	575	4 405	
2007	-555	-555	-270	3 450	2 925	-425	-400	4 170	
2008	-150	-255	-630	-4 950	-4 700	-1 475	-1 300	-13 460	
2009	-270	-270	-270	-575	-725	-575	-500	-3 185	
2010	180	90	135	200	350	225	25	1 205	
2011	90	180	495	1 300	1 275	1 450	1 650	6 440	
2012	-180	-300	-675	-1 350	-1 425	-1 675	-1 700	-7 305	
2013	-150	-150	-30	-425	-500	-50	300	-1 005	
2014	135	315	165	425	950	850	575	3 415	
2015	315	360	435	750	325	200	350	2 735	
2016	-525	-585	-510	-1 075	-1 275	-1 225	-1 300	-6 495	
2017	270	225	240	675	750	675	575	3 410	
2018	-240	-60	180	175	175	225	50	505	
2019	360	150	-150	-125	-100	-100	200	235	
2020	720	705	720	1 325	1 525	1 500	1 175	7 670	
2021	-255	-180	-150	-225	-500	-950	-525	-2 785	
2022	120	210	225	125	275	750	475	2 180	

表5 北偏泓下游河床间隔冲淤量

单位:m<sup>3</sup>

年份	C.S.1-2下	C.S.2-3下	C.S.3-4下	C.S.4-5下	C.S.5-6下	C.S.6-7下	C.S.7-8下	下游累计
2005	-735	-900	-1 590	-2 300	-2 025	-2 250	-1 500	-11 300
2006	495	465	660	1 050	775	775	750	4 970
2007	-645	-420	-345	-875	-625	-1 200	-800	-4 910
2008	225	195	105	-25	125	1 325	900	2 850
2009	-405	-390	-285	-200	-325	-725	-600	-2 930
2010	-195	-210	-105	-450	-450	-200	-575	-2 185
2011	585	525	255	575	700	700	850	4 190
2012	-375	-315	-225	-475	-325	-525	-650	-2 890
2013	-45	-75	-45	50	-200	-200	-100	-615
2014	360	465	405	-250	-425	400	250	1 205
2015	-135	-150	-120	750	1 025	425	525	2 320
2016	-255	-375	-300	25	-50	-725	-975	-2 655
2017	30	60	120	-375	-625	150	450	-190
2018	-330	-315	-405	-1 225	-1 300	-1 200	-1 525	-6 300
2019	675	525	405	1 300	1 725	1 550	1 500	7 680
2020	675	810	930	925	800	650	600	5 390
2021	105	60	-60	325	-125	-25	100	380
2022	-150	-15	90	175	550	275	-150	775

表6 北偏泓河床累计冲淤量

单位:m<sup>3</sup>

年份	上游河床	下游河床	合计	年份	上游河床	下游河床	合计	年份	上游河床	下游河床	合计
2005	-13 655	-11 300	-24 955	2011	-14 080	-9 315	-23 395	2017	-19 325	-12 140	-31 465
2006	-9 250	-6 330	-15 580	2012	-21 385	-12 205	-33 590	2018	-18 820	-18 440	-37 260
2007	-5 080	-11 240	-16 320	2013	-22 390	-12 820	-35 210	2019	-18 585	-10 760	-29 345
2008	-18 540	-8 390	-26 930	2014	-18 975	-11 615	-30 590	2020	-10 915	-5 370	-16 285
2009	-21 725	-11 320	-33 045	2015	-16 240	-9 295	-25 535	2021	-13 700	-4 990	-18 690
2010	-20 520	-13 505	-34 025	2016	-22 735	-11 950	-34 685	2022	-11 520	-4 215	-15 735

河床标准容积。出现这一变化规律是由于2007—2018年北偏泓泄洪时长较短,约为南偏泓泄洪时长的12%,故河床淤积量逐年增加变化趋势更显著。北偏泓上游累计淤积量平均达到16 524 m<sup>3</sup>,其比例占到了6.0%的河床标准容积;下游累计淤积量达到10 289 m<sup>3</sup>,其比例占到了3.9%的河床标准容积。由于下游是上游标准断面的0.96倍,且涵洞过水面积束窄,C.S.1下断面约为涵洞过水面积的1.42倍,对断面过水流速有一定影响,上游河床冲淤量变化较为明显。

## 6 成果分析

### 6.1 观测目的

观测是为了监测特定时期引河的特征断面,了

解引河河床现状。

### 6.2 观测分析

根据实测的河道断面数据,计算河道断面淤积变化量(表7、表8),河道各断面间不同程度淤积,远闸断面较近闸端明显。2003—2005年,枢纽累计淤积44 455 m<sup>3</sup>,其比例占到了5.5%的河床标准容积,2007年行洪结束后,河床有一定程度的回淤,回淤18 995 m<sup>3</sup>,其比例占到了2.3%的河床标准容积。从2005年至今,累计淤积量平均变化速率为266 m<sup>3</sup>/a,累计淤积量最大为74 385 m<sup>3</sup>,占标准断面比重为13.4%,发生于2018年。通过绘制历年滨海枢纽工程河床累计冲淤量示意图(图2)可知,2005—2007年,冲淤量变化较大;2007—2017年冲淤量变化波动,淤积量趋于持平;2018—2020年冲淤量出现波动,



表7 南偏泓河床每三年间隔淤积变化量统计 单位: $\text{m}^3$ 

年份	上游河床	下游河床	合计
2005—2008	-6 720	-3 815	-10 535
2008—2011	1 100	-825	275
2011—2014	-705	-3 845	-4 550
2014—2017	60	-2 750	-2 690
2017—2020	2 135	9 995	12 130
2020—2022	-915	-7 715	-8 630

表8 北偏泓河床每三年间隔淤积变化量统计 单位: $\text{m}^3$ 

年份	上游河床	下游河床	合计
2005—2008	-4 885	2 910	-1 975
2008—2011	4 460	-925	3 535
2011—2014	-4 895	-2 300	-7 195
2014—2017	-350	-525	-875
2017—2020	8 410	6 770	15 180
2020—2022	-605	1 155	550

趋势为冲刷。

工程运用情况:南偏泓排涝水运用频繁,北偏泓保灌溉水量运用较少,南偏泓约为北偏泓运用频率的7倍。

从总体上看,河道无较大冲刷,淤积严重,淤积量区间为 33 155~74 385  $\text{m}^3$ ,工程泄洪流量集中在

汛期,其他时段无较大泄洪流量是导致河道淤积的主要原因。南偏泓每天运用排涝水,南偏泓河道中心线向北靠中隔堤侧河床有淤积,原因初步分析为坡比不一致,中隔堤坡度垂直,护坡有一定坡度。

滨海枢纽工程上、下游河床间隔冲淤量见图2和图3,滨海枢纽工程河道断面比较见图4。

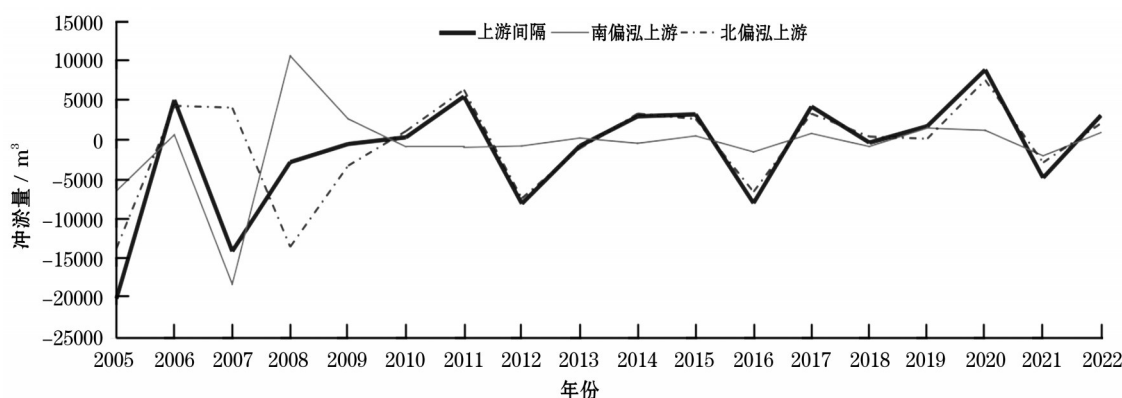


图2 滨海枢纽工程上游河床间隔冲淤量

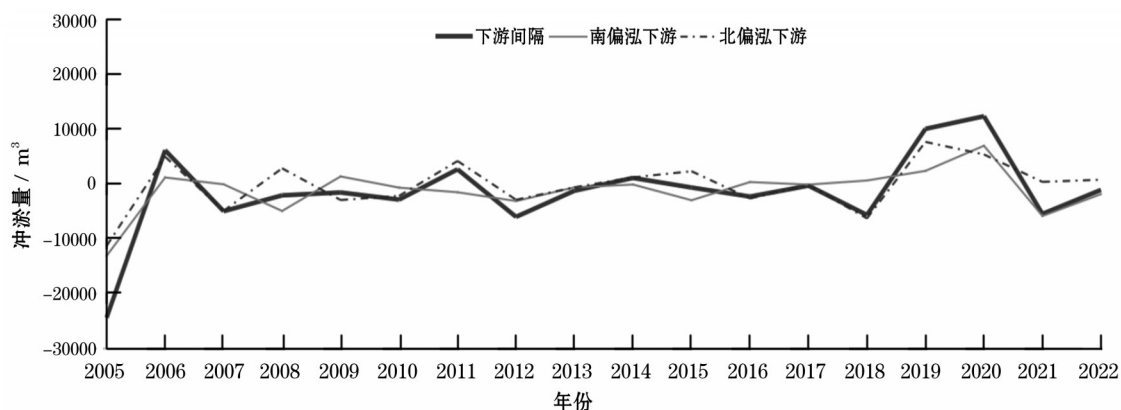


图3 滨海枢纽工程下游河床间隔冲淤量

## 7 结 语

本文以滨海枢纽工程为研究对象,为分析立交地涵上下游河道断面特征变化,采用过河索法和测

深锤等方法,对滨海枢纽工程上下游冲淤量进行了监测分析。研究表明:每年河床冲淤量变化很小,符合河道淤积变化规律,上下游引河断面与标准断面接近,对断面过水流速影响较小<sup>[3-4]</sup>。通过滨

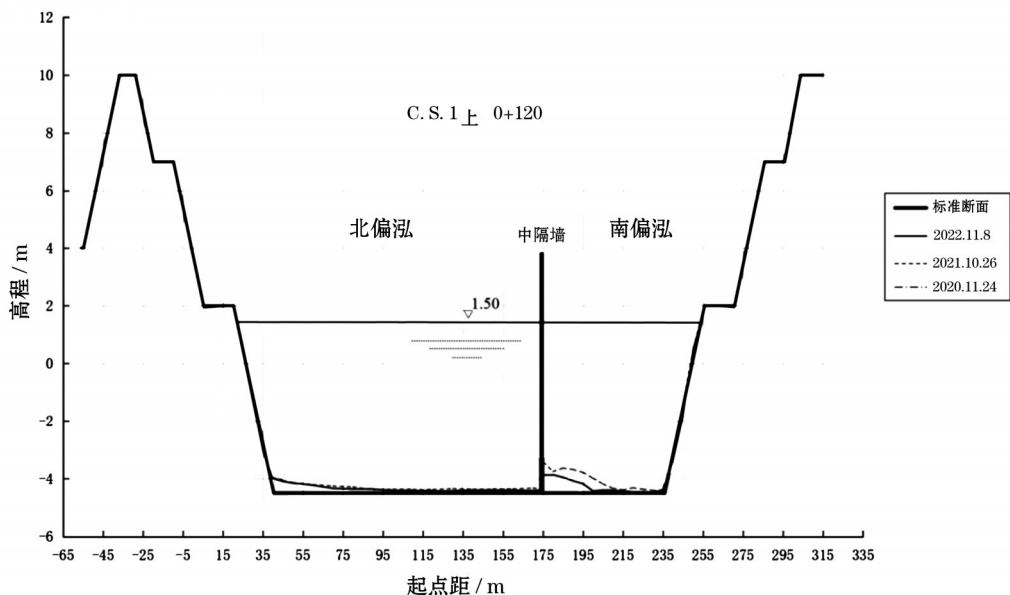


图4 滨海枢纽工程河道断面比较

海枢纽工程河道断面特征变化监测分析案例,为水利工程进行河道断面特征变化监测提供了成果分析思路和技术参考<sup>[5]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 江苏省水利厅. 水利工程观测规程: DB32/T 1713—2011 [S]. 南京: 江苏省质量技术监督局, 2011.

- [2] 中华人民共和国水利部. 水闸安全监测技术规范: SL 768—2018 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [3] 李猛, 刘智, 万青, 等. 安全监测系统在海口闸工程中的应用分析[J]. 江苏水利, 2024(9): 43–47.
- [4] 徐晨轩, 张政凯, 万青. 滨海枢纽工程底板测压管观测应用分析[J]. 中国水能及电气化, 2024(6): 34–40.
- [5] 梁豪杰, 夏晶, 唐颖, 等. 高良涧闸安全监测现状分析与对策研究[J]. 江苏水利, 2023(12): 60–63.

(上接第 27 页)

地带, 直线距离约为 300 km, 但是由于南北不同流域、气候分区, 导致 2 站的年际旱涝特征差异较大。

(2) 泗洪站的年际降水序列中, 非典型的年际旱涝周期以 2 a、3 a 周期为主, 占比都是 43.5%; 4 a 周期较少见, 占比仅为 13.0%; 连续升降的最大时长是 3 a, 仅在第二时段出现过 1 次。由于本站的分段特征不是很明显, 做长期预报时, 可以不用考虑气候转折点的影响。

(3) 无锡站的年际降水序列中, 非典型的年际旱涝周期以 2 a 为主, 占比是 58.3%; 3 a 次之, 占比是 25.0%; 4 a 周期相对较少见, 占比是 16.7%。连续升降的最大时长是 3 a, 仅出现在第一时段和第三时段; 第二时段连续升降的最大时长是 2 a, 其中连续 2 a 下降的情况出现过 1 次。由于本站的分段特征明显, 做长期预报时必须考虑气候转折点的影响, 才能做到有的放矢, 提高预报效率。

(4) 泗洪站位于温带湿润气候与亚热带季风气

候的过渡带, 年际旱涝的周期性变化特征相对复杂, 其变化规律还需要进一步研究。无锡站属于亚热带季风气候, 年际旱涝的周期性变化特征相对简单, 规律性较明显, 相关分析数据成果可为区域水旱灾害防御提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 秦建国, 吴朝明, 姚华, 等. 气候突变点前后无锡站年际降雨序列历史演变特征[J]. 人民长江, 2021, 52(3): 76–80.
- [2] 桑燕芳, 王中根, 刘昌明. 水文时间序列分析方法研究进展[J]. 地理科学进展, 2013, 32(1): 20–30.
- [3] 薛联青, 章郁涵, 刘远洪. 干旱区与湿润区旱涝急转演变特征对比研究[J]. 水资源保护, 2024, 40(4): 1–8.
- [4] 秦建国, 张涛, 孙磊, 等. 气候转折期前后无锡站年际旱涝周期水文特征对比分析[J]. 水文, 2017, 37(6): 51–57.
- [5] 秦建国. 非典型周期和气候突变的识别与判定[J]. 水文, 2020, 40(1): 23–28.