

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2026.20250188

新形势下东江中下游及三角洲网河区水面线计算研究

程 聪, 陈 飞, 高慧琴

(中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510610)

摘要:河道水面线是堤防、水闸、泵站等水利工程建设的重要基础依据。近年来,东江中下游河段河势发生较大变化,河口地区极端风暴潮频发,设计潮位呈不断上升趋势。在边界条件发生变化的新形势下,为研究东江中下游及三角洲网河区水面线,采用最新实测地形资料和设计潮位成果,基于 MIKE11 软件建立一维水动力数学模型,在利用 2022 年 6 月和 2020 年 6 月实测资料对模型进行率定和验证的基础上,计算东江中下游及三角洲网河区水面线。结果表明,模型率定和验证的最高水位误差在 0.1 m 以内,能较好地模拟水动力情况。东江中下游干流河道下切导致相同流量下水位呈下降趋势,三角洲网河区下游设计潮位升高导致水位上升,水面线变化符合实际情况。研究成果可为东江中下游及三角洲网河区堤防、水闸、泵站等工程设计提供参考。

关键词: MIKE11; 水动力数学模型; 东江三角洲; 水面线

中图分类号: TV147⁺.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-7709(2026)01-0078-05

Study on Water Surface Profile in the Middle and Lower Reaches of Dongjiang River and Delta River Network Area Under the New Situation

CHENG Cong, CHEN Fei, GAO Hui-qin

(China Water Resources Pearl River Planning, Surveying & Designing Co., Ltd., Guangzhou 510610, China)

Abstract: The river water surface profile serves as a fundamental basis for the construction of hydraulic engineering structures including levees, sluice gates, and pumping stations. In recent years, the river regime in the Middle and Lower Reaches of the Dongjiang River has changed greatly, and the extreme storm surges occur frequently in estuaries, resulting in a rising trend of the design tidal level. To study the water surface profile of the middle and lower reaches of the Dongjiang River and delta river network area under the new situation of changing boundary conditions, a one-dimensional hydrodynamic mathematical model is built based on MIKE11 software with the latest measured terrain data and design tide level. The floods in June 2022 and June 2020 are used to calibrate and verify the model. The water surface profiles of the middle and lower reaches of the Dongjiang River and the delta river network areas are calculated. The maximum water level error of calibration and verification of the model is within 0.1 m, and it can simulate the hydrodynamic conditions well. That the undercutting of the middle and lower reaches of the Dongjiang River leads to a downward trend in the water level under the same flow, and the rising design tidal level leads to the rise of water level in the lower reaches of the river network area. The change of water surface profile is in line with the actual situation. The research results can provide reference for the engineering design of embankment, water gate and pumping stations in the Dongjiang River and delta network river area.

Key words: MIKE11; hydrodynamic mathematical model; Dongjiang River delta; water surface profile

1 概况

东江发源于江西省寻乌县,干流由源头至石龙河段长约 520 km,至狮子洋总长约 562 km,东江干流在东莞石龙分东江北干流和东江南支流,

再形成河网注入狮子洋,北干流河长 42 km,南支流河长 39.5 km。石龙以下称东江三角洲,主要水道有厚街水道、东莞水道、赤滘口河、中堂水道和倒运海水道等(图 1)。改革开放以来,东江流域中下游河段受人类活动影响显著,围河造地、无序采砂等现象时有发生,使得河床形态和河道两

收稿日期: 2025-02-05, **修回日期:** 2025-04-10, **接受日期:** 2025-04-15

作者简介: 程聪(1993-),男,硕士、工程师,研究方向为水利规划设计等, E-mail: 370826661@qq.com

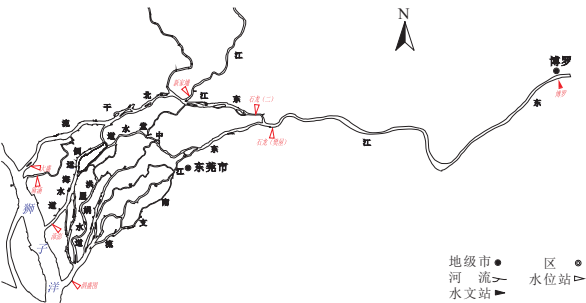


图 1 东江中下游及三角洲水系图

Fig. 1 Water system map of the middle and lower reaches of Dongjiang River and Delta River Network Area Basin

岸地形发生一定的变化^[1]。为保证东江流域水利规划、水利工程建设的顺利进行,东江三角洲流域的水面线已经 1964、1982、1987 年等数次计算与修订。2004 年,为适应 1980 年代以来东江干流及三角洲河道所发生的变化,广东省水科院在新的实测地形和水文资料的基础上,重新对设计洪潮水面线进行分析计算,形成 2005 年水面线成果^[2]。近年来,受人类活动和上游来水来沙条件改变影响,东江干流及三角洲网河区河道地形变化较大,局部河段存在明显的河道下切现象;同时,近年珠江河口风暴潮频发,设计潮位呈不断上升趋势。鉴此,本文在边界条件变化的新形势下,基于 MIKE11 软件对东江中下游及三角洲设计水面线进行复核计算,并进行合理性分析。研究成果可为东江中下游及三角洲网河区防洪(潮)治理提供参考。

2 边界条件变化

2.1 设计潮位上升

近年来,随着海平面上升和风暴潮频发,珠江河口地区的设计潮位呈不断上升趋势。林焕新等^[3]延长水位系列资料复核珠江三角洲设计潮位,认为设计潮位变化趋势与河口洪潮水位上升趋势一致;黄华平等^[4]采用 Mann-Kendall 法分析了珠江河口横门站与黄金站逐年最高潮位数据,表明横门站和黄金站最高潮位系列呈显著上升趋势。

珠江河口站点先后完成多次较大规模的设计潮位复核,本文将东江三角洲大盛、泗盛围潮位站最高潮位系列延长至 2020 年,两站历次设计潮位成果的差异见图 2、表 1。由图 2、表 1 可知,与 1995 年设计潮位成果相比,本文复核大盛站各频率设计潮位升高 0.15~0.86 m,泗盛围站各频率设计潮位升高 0.17~1.00 m,且重现期越大,上升趋势越显著。

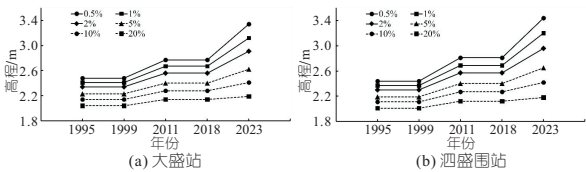


图 2 历年设计潮位变化

Fig. 2 Design tide level change over the years

表 1 本次复核设计潮位与 1995 年成果对比
Tab. 1 Comparison of the re-evaluated design tidal levels with the 1995 benchmark results

站名	各级频率下设计值/m						备注
	0.5%	1%	2%	5%	10%	20%	
大盛	3.34	3.12	2.91	2.62	2.41	2.19	本次复核
	2.48	2.41	2.34	2.23	2.14	2.04	1995 成果
	0.86	0.71	0.57	0.39	0.27	0.15	差值
泗盛围	3.44	3.20	2.96	2.65	2.42	2.18	本次复核
	2.44	2.37	2.30	2.19	2.11	2.01	1995 成果
	1.00	0.83	0.66	0.46	0.31	0.17	差值

注:为方便与原成果比较,表中数据采用 2005 年前珠基换算关系。

2.2 河床形态变化

采用 1999 年(东干、北干和南支地形资料为 2014 年实测)和 2022 年实测大断面地形资料分析三角洲网河区的冲淤情况,冲淤演变分布见图 3。图 3 中,正数表示淤积,负数表示冲刷。由图 3 可看出,东江北干流上段(至倒运海水道河口)冲刷趋势明显,断面平均冲刷深度为-2.11 m,下段呈微淤趋势,断面平均淤积深度为 0.15 m。东江南支流上段(至东莞水道河口)呈微冲趋势,断面平均冲刷深度为-0.45 m,下段呈微淤趋势,断面平均淤积深度为 0.65 m。

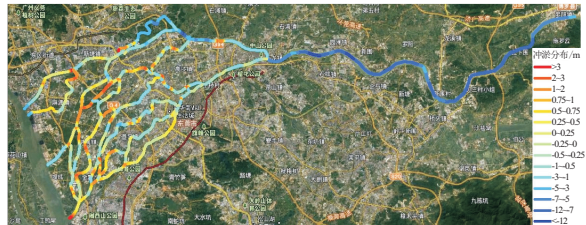


图 3 冲淤演变分布图

Fig. 3 Erosion and deposition evolution distribution map

三角洲河道整体上呈淤积趋势。其中中堂水道上段呈冲刷趋势,断面平均冲刷深度为-0.80 m,下段呈淤积趋势,断面平均淤积深度为 1.23 m;潢涌河冲淤相间,整体为微冲趋势,断面平均淤积深度为-0.08 m;倒运海水道中段淤积深度较大,上段和出海口段呈冲刷趋势;麻涌河、洪屋蜗水道整体呈淤积趋势,断面平均淤积深度分别为 0.44、0.23 m;谷涌河、赤滘口河整体呈冲刷趋势,断面平均冲刷深度分别为-0.52、-0.58 m。

3 水面线计算研究

3.1 计算方法

基于实测河道大断面地形资料,采用 MIKE11 水动力模块建立东江中下游及三角洲网河区一维水动力模型,在利用实测数据对模型率定验证的基础上,计算东江中下游及三角洲网河区水面线。

MIKE11 水动力模块采用一维非恒定流基本方程——圣维南偏微分方程来描述水流在明渠中的运动^[5],即:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial y}{\partial x} + gAS_f - uq = 0 \quad (2)$$

式中, A 为过流面积, m^2 ; t 为时间, s ; Q 为流量, m^3/s ; x 为沿水流方向的水平坐标, m ; q 为河道旁侧入流, m^3/s ; α 为动量修正系数; g 为重力加速度; y 为水位, m ; S_f 为摩阻比降; u 为流速, m/s 。

3.2 模型建立与率定

3.2.1 计算范围

模型计算范围东至东江博罗,北至增江麒麟咀,西南至大盛、漳澎、泗盛围等。模型共设置 76 条河段,40 个汉口。主要河道包括东江干流博罗至石龙段、东江北干流、东江南支流、倒运海水道、中堂水道、潢涌河、麻涌水道、淡水河、民田水道、寮厦水道、洪屋蜗水道、谷涌河、窖口河、东莞水道、南丫水道、厚街水道,模型计算范围及河网概化图见图 4。

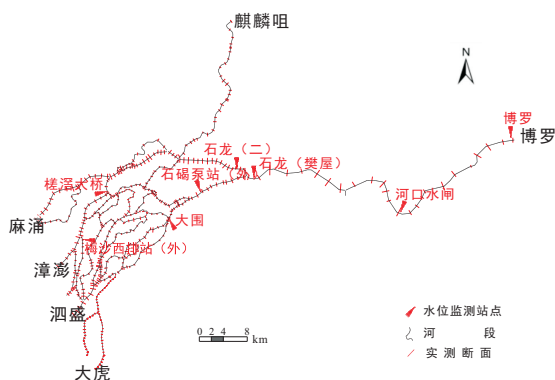


图 4 模型计算范围及河网概化图
Fig. 4 Model calculation reach and river network generalisation map

3.2.2 地形资料

模型布置 469 个断面,在河道地形变化较大、主要支流汇入口等位置适当加密,地形均采用 2022 年 7 月最新实测大断面资料。

3.2.3 水文边界

上游取东江博罗、增江麒麟咀为流量边界。下游取大盛、麻涌、漳澎、泗盛围为潮(水)位边界。

支流沙河、石马河流量边界以点源形式输入。

3.2.4 模型率定验证

结合河道断面形状、河床特征等实际情况,参考《水力计算手册》^[6],东江三角洲河道的糙率设置在 0.025~0.048 之间,考虑到 2022 年 6 月博罗实测洪峰流量 $6\,890\text{ m}^3/\text{s}$,接近东江 5 年一遇设计洪峰流量,2020 年 6 月博罗实测洪峰流量 $5\,900\text{ m}^3/\text{s}$,略大于东江多年平均洪峰流量,且 2020 年 6 月实测资料较少,采用 2022 年 6 月实测水位资料进行率定,并以 2020 年 6 月实测资料进行验证,率定结果见图 5、6 及表 2。由图 5、6 及表 2 可知,各站模拟水位与实测水位变化趋势基本一致,最高水位的模拟值与实测值差值在 0.1 m 以内,模型可较好地模拟实际水动力情况。

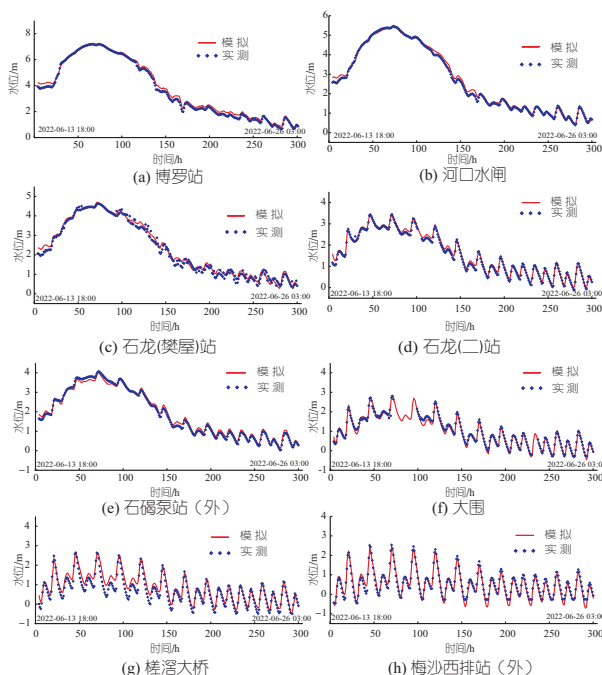


图 5 2022 年 6 月实测水位过程率定图

Fig. 5 Water level calibration map for June 2022

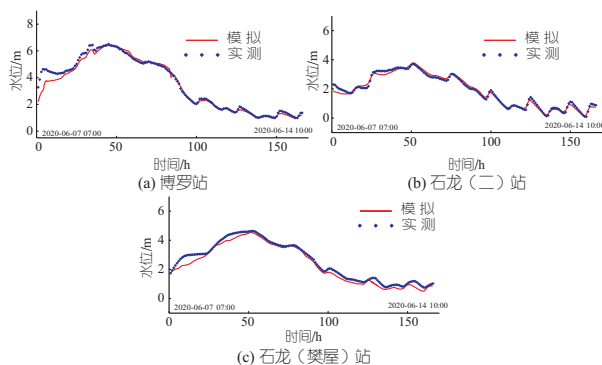


图 6 2020 年 6 月实测水位过程验证图

Fig. 6 Water level validation map for June 2020

3.3 水面线计算

东江中下游及三角洲水面线计算分为以东江洪水为主、外海潮位相应和外海潮位为主、东江洪

水相应两种工况,设计水面线取两者计算结果外包。以洪为主时东江博罗取各频率设计洪峰流量,

表 2 2022 年 6 月和 2020 年 6 月最高水位验证表

站点名称	2022 年 6 月			2020 年 6 月		
	最高水位/m			最高水位/m		
	实测	模拟	差值	实测	模拟	差值
博罗	7.19	7.20	0.01	6.51	6.42	-0.09
河口水闸	5.46	5.45	-0.02			
石龙(樊屋)	4.63	4.70	0.07	4.63	4.54	-0.09
石龙(二)	3.44	3.42	-0.02	3.72	3.78	0.06
石碣泵站(外)	4.07	4.01	-0.06			
大围	2.81	2.79	-0.02			
槎滘大桥	2.64	2.64	0.00			
梅沙西排站(外)	2.54	2.46	-0.08			

表 3 水文边界条件

工况		站点名称	流量/(m ³ ·s ⁻¹)						水位/m					
			0.5%	1%	2%	5%	10%	20%	0.5%	1%	2%	5%	10%	20%
以东江洪水为主、外海潮位相应	东江博罗	东江博罗	13 000	11 970	10 910	9 420	8 250	7 300						
		增江麒麟咀			1 840									
		石马河	500	530	470	410	350	310						
	沙河	沙河			720									
		大盛、麻涌									2.73			
		漳澎									2.73			
		泗盛围									2.72			
	东江博罗	东江博罗			5 500									
		增江麒麟咀			1 840									
		石马河			240									
洪水相应	沙河	沙河			720									
		大盛、麻涌							4.10	3.88	3.67	3.38	3.17	2.95
		漳澎							4.13	3.9	3.67	3.37	3.15	2.92
		泗盛围							4.15	3.91	3.67	3.36	3.13	2.89

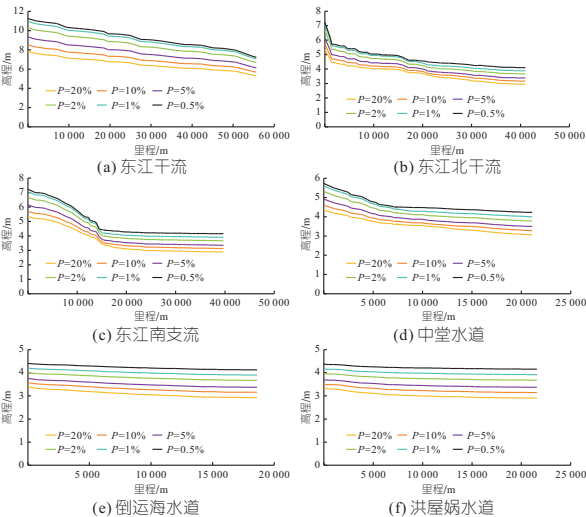


图 7 东江中下游及三角洲部分河道水面线成果

Fig. 7 Water surface profile of the Middle and Lower Reaches of Dongjiang River and Delta River Network

4 合理性分析

外海潮位取年最高潮位均值,以潮为主时外海潮位取潮位站点各频率设计潮位,东江博罗取多年平均洪峰流量。增江、沙河均取多年平均洪峰流量,水文边界条件见表 3。

设计洪水采用 1984 年《东江流域三库联合调洪报告》^[7]成果,设计潮位采用《珠江河口综合治理规划(2021~2035 年)》^[8]复核成果。本文共计算了 0.5%、1%、2%、5%、10%、20%等 6 个频率的现状水面线,东江中下游及三角洲部分河道水面线成果见图 7。由图 7 可看出,东江博罗以下干流各频率设计水位在 5.33~11.26 m 之间,东江北干流各频率设计水位在 2.95~7.23 m 之间,东江南支流各频率设计水位在 2.89~7.23 m 之间。

4.1 与山竹台风期间实测值对比

台风山竹期间,大盛站和泗盛围站最高潮位分别为 3.91、4.01 m(85 高程),接近 100 年一遇设计潮位。将收集到的东江三角洲水闸外江水位实测资料与本文计算以潮为主 100 年一遇设计水位对比,结果见表 4。由表 4 可看出,各站实测值与模拟值的差值在 0.11~0.16 m 之间。考虑到台风期间东江博罗站最大流量为 1 380 m³/s,未达到多年平均流量 5 500 m³/s,因此计算值比实测值偏大与实际吻合。

表 4 本文计算成果与山竹台风期间实测值对比

站点名称		所在河道	台风山竹期间最高		
			水位(85 高程)		
			实测	模拟	差值(模拟-实测)
海口庙水闸		厚街水道	3.97	4.13	0.16
石鼓水闸		厚街水道	3.88	3.99	0.11
塘板水闸		厚街水道	3.85	3.97	0.12

4.2 与 2005 年水面线成果对比

表 5 为本文计算成果与 2005 年水面线成果对比。由表 5 可看出:①在以洪为主水文条件下,与 2005 年成果相比,本文计算各频率设计水位均有所下降,变化范围为 $-4.13\sim 0.56$ m,越往上游水位降幅越大,水位下降原因是河段地形大幅下切;②在以潮为主水文条件下,与 2005 年成果相比,本文计算各频率设计水位变化范围为 $-3.98\sim 1.07$ m,河段上游水位均有所下降,且越往上游水位降幅越大,这是河段地形大幅下切所致;本文计算桔头洲—石龙汉口河段水位相比 2005 年成果有所升高,这是由于外海设计潮位升高所致,且设计频率越低升高幅度越大,这与潮位站设计潮位变化趋势是一致的。

表 5 本文计算成果与 2005 年水面线成果对比

Tab. 5 Comparison of the current computed water levels with the 2005 benchmark results

河段	差值(本文计算成果-2005 年成果)/m	
	以洪为主	以潮为主
东江干流	$-4.13\sim 0.13$	$-3.98\sim 0.90$
东江北干流	$-0.52\sim 0.56$	$0.10\sim 1.07$
东江南支流	$-0.77\sim 0.49$	$0.14\sim 1.01$
潢涌河	$-0.41\sim 0.04$	$0.17\sim 0.93$
中堂水道	$-0.74\sim 0.43$	$0.09\sim 1.01$
倒运海水道	$-0.04\sim 0.54$	$0.14\sim 1.04$
洪屋蜗水道	$0.09\sim 0.36$	$0.15\sim 1.01$
赤溜口河	$-0.33\sim -0.11$	$0.14\sim 0.98$
麻涌河	$0.10\sim 0.51$	$0.17\sim 0.97$

5 结论

a. 采用最新实测地形资料和设计潮位成果,基于 MIKE11 软件建立东江中下游及三角洲网河区一维水动力数学模型,在利用实测数据对模型率定验证的基础上,计算东江中下游及三角洲网河区水面线。

b. 模型率定和验证的最高水位误差在 0.1 m 以内,能较好地模拟实际水动力情况,东江中下游及三角洲网河区各频率设计水面线可为该地区的堤防、水闸、泵站等工程设计提供参考。

c. 计算成果与山竹台风期间东江三角洲河道水闸实测水位值对比,差值在 $0.11\sim 0.16$ m 之间,台风期间东江博罗站未达到多年平均流量,计算结果比实测值偏大是符合实际的。

d. 计算成果与 2005 年成果相比,由于河道地形大幅下切,东江干流下游河段及三角洲部分河段水面线有所下降;三角洲网河区下游河道由于设计潮位升高导致水面线上升。计算结果符合实际情况。

参考文献:

- [1] 黄长伟. 东江干流中下游河床近期演变特征及趋势分析[J]. 广东水利水电, 2022(12): 37-42. (HUANG C W. The recent evolution and future trend of middle and lower reaches of Dongjiang River[J]. Guangdong water resources and hydropower, 2022(12): 37-42. (in Chinese))
- [2] 倪培桐,黄健东,唐造造,等. 东江干流及三角洲河段设计洪潮水面线计算报告[R]. 广州:广东省水利水电科学研究院,2004. (NI P T, HUANG J D, TANG Z Z, et al. Design flood-tide water surface profiles of the Dongjiang River main stream and its deltaic reaches[R]. Guangzhou: Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, 2004. (in Chinese))
- [3] 林焕新,黎开志,易灵,等. 珠江三角洲主要测站设计潮位变化趋势及复核成果[J]. 人民珠江, 2013, 34(增刊 1): 41-44. (LIN H X, LI K Z, YI L, et al. Variation trends and re-evaluation of design tidal levels at key gauging stations in the Pearl River Delta[J]. Pearl river, 2013, 34(S1): 41-44. (in Chinese))
- [4] 黄华平,靳高阳,尹开霞,等. 非一致性条件下珠江河口设计潮位计算研究[C]//2022 中国水利学术大会论文集(第一分册). 北京, 2022: 213-218. (HUANG HUAPING, JIN GAOYANG, YIN KAIXIA, et al. Calculation of design tidal levels in the Pearl River Estuary under non-stationary conditions[C]//Proceedings of the 2022 China Hydraulic Engineering Academic Conference (Vol. 1). Beijing, 2022:213-218. (in Chinese))
- [5] 张涛,单既连,张永平,等. 基于 MIKE11 的平原河道水面线分析计算[J]. 水利规划与设计, 2017(9): 32-34, 71. (ZHANG T, SHAN J L, ZHANG Y P, et al. Analysis and calculation of water surface profiles in plain rivers based on MIKE11[J]. Water resources planning and design, 2017(9): 32-34, 71. (in Chinese))
- [6] 李伟. 水力计算手册[M]. 2 版. 北京:中国水利水电出版社,2006. (LI, W. Hydraulic computation handbook[M]. 2nd ed. Beijing: China Water & Power Press,2006. (in Chinese))
- [7] 丘镜璇,方书容. 东江流域三库联合调洪报告[R]. 广州:广东省水利水电科学研究院,1984. (QIU J X, FANG S R. Dongjiang River Basin three-reservoir joint flood control operation report[R]. Guangzhou: Guangdong Provincial Water Resources and Hydropower Research Institute,1984. (in Chinese))
- [8] 水利部珠江水利委员会. 珠江河口综合治理规划(2021~2035 年)[Z]. 广州:水利部珠江水利委员会, 2022. (Pearl River Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources. Comprehensive management plan for the Pearl River Estuary (2021-2035)[Z]. Guangzhou: Pearl River Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources,2022. (in Chinese))