

珠江河口水安全形势与对策研究

刘培^{1,2} 黄鹏飞² 王未²

- (1. 水利部珠江河口治理与保护重点实验室, 广东广州 510611;
2. 珠江水利委员会珠江水利科学研究所, 广东广州 510611)

摘要: 珠江河口位于粤港澳大湾区的核心区域, 其水安全保障对粤港澳大湾区高质量发展意义重大。当前珠江河口供水安全亟待提高、防洪安全形势严峻、水质安全有待提升、局部岸线滩涂生态功能退化, 水安全问题不容乐观。系统分析珠江河口面临的水安全问题, 科学研判未来形势要求, 进一步提出今后工作建议, 为珠江河口水安全保障提供支撑, 助力珠江河口高质量发展。

关键词: 珠江河口; 水安全; 高质量发展; 综合治理

水安全概念, 涵盖社会发展所需的高质量水资源、可持续维系水环境健康、确保人民生命财产免受水旱灾害与水环境污染等方面^[1], 自提出以来, 受到国内外学者的广泛关注^[1-3]。水安全问题涉及供水安全、防洪安全、水质安全和水生态安全等问题^[1], 学科过程多元, 变化机制复杂。近年来, 粤港澳大湾区水安全形势严峻, 如“城市看海”现象频发^[4]、咸潮上溯威胁供水安全^[5]和水生态环境退化^[6]等。变化环境下水安全问题已成为粤港澳大湾区高质量发展面临的重大挑战。

珠江河口位于粤港澳大湾区的核心区域, 是世界上水系结构和动力特性最复杂、人类活动最显著的河口之一^[7]。珠江河口水安全问题的驱动因素复杂(见图1), 既有三江八口、河网水系交错、径潮交织等内在驱动, 也有全球气候变化和剧烈人类活动等外在影响^[5]。其中, 全球气候变化导致风暴潮等极端天气频发、海平面加速上升^[8], 河口防潮形势严峻。快速城市化和滩涂高强度开发利用显著改变了水生态环境。因此, 科学研判珠江河口水安全面临形势, 深度剖析其水安全重大问题, 对珠江河口区域水安全保障与高质量发展有重要的参考意义。

本文细致分析当前珠江河口存在的重大水安全问题(见图2), 结合珠江河口高质量发展等形势要求, 探讨未来河口综合治理的方向与技术体系。研究将进一步丰富和发展水安全问题评估成果, 为珠江河口水安全保障提供借鉴。

1 珠江河口面临的水安全问题

1.1 供水安全问题

珠江河口供水安全亟待提高, 既面临咸潮上溯加速的外在威胁, 也存在多市供水水源单一的潜在风险。近年来, 在珠江三角洲河床下切、拦门沙萎缩显著、海平面加速上升、珠江河口潮动力整体呈增大趋势等不利因素的综合影响下^[5], 咸潮上溯呈加剧的趋势。2020年12月, 西江梧州站和北江石角站平均流量之和达3580 m³/s, 咸界上溯至中山市的全禄水厂, 平岗泵站连续5天不可取水, 平均取淡概率仅有46%, 比历史同等流量的取淡概率减小20%。2020年10月以来, 东江流域持续干旱少雨, 旱情形势达到特枯年程度。2021年东江新丰江、枫树坝、白盆珠三大水库蓄水量比多年同期减少8成, 博罗来水总量低于历史最枯1963年, 东江三角洲发生严重咸潮, 东莞市主要水厂取水口氯化物严重超标, 400万人供水受影响; 广州东部水厂取水口氯化物超标, 影响了增城、黄埔与天河等

基金项目: 国家重点研发计划 2021YFC3001000。

作者简介: 刘培(1986—), 女, 高级工程师, 副所长, 主要从事河流河口治理、洪涝灾害防御等方面的研究工作。

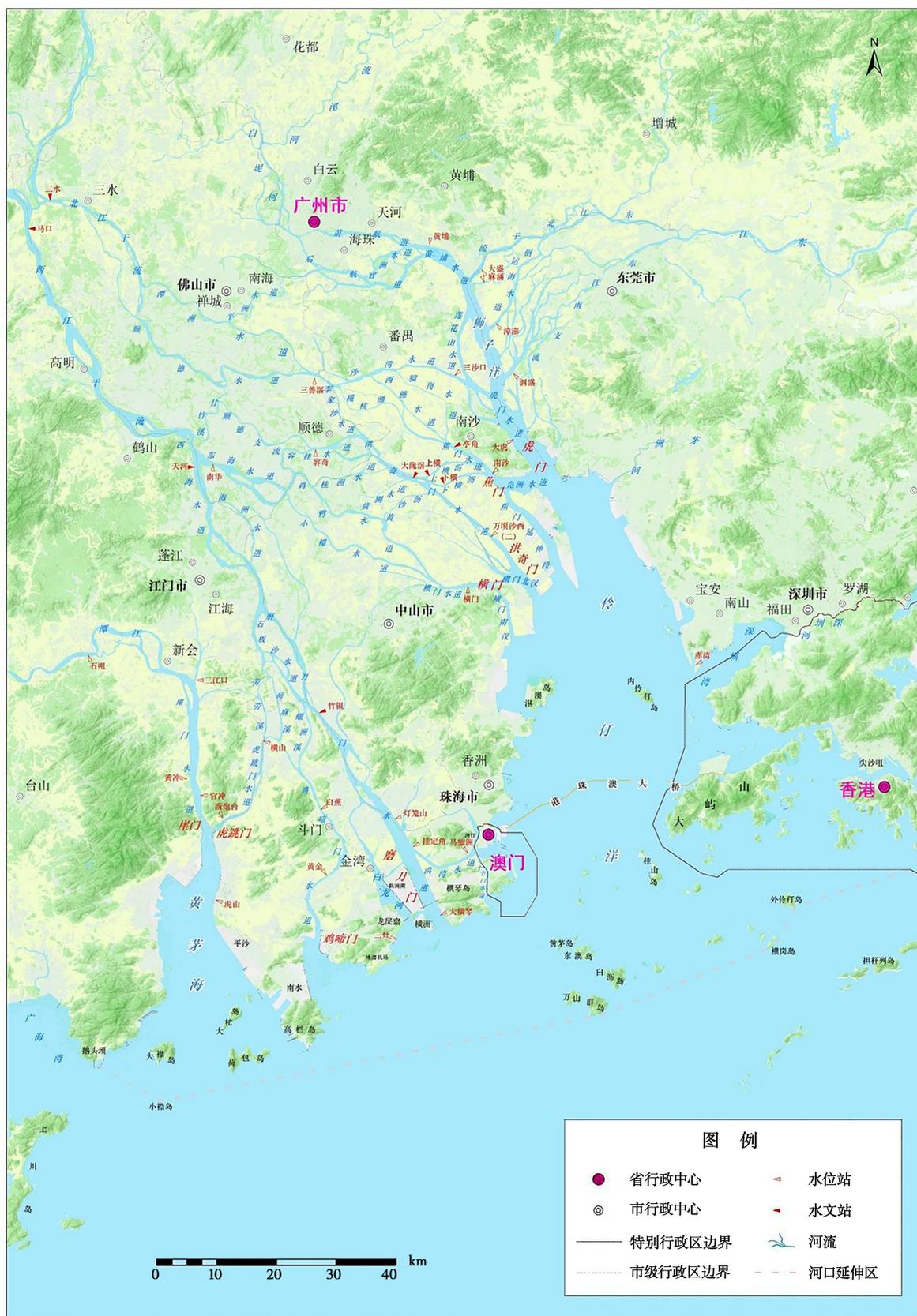


图1 珠江河口水系示意图

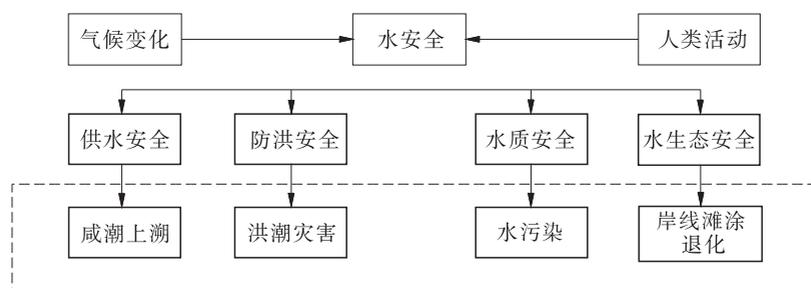


图2 珠江河口水安全形势示意图

区域供水安全^[9]。咸潮上溯加剧影响枯季供水安全。

另外，珠江河口附近城市供水水源单一，河道供水约占总供水的70.4%^[5]。河口附近城市取水设施尚未完善，备用水源建设不足，且城乡供水管网尚未互联互通。而河道供水受到中上游径流情势和咸潮上溯的显著影响，因此单一的供水结构存在一定风险隐患。

1.2 防洪安全问题

珠江河口防洪安全形势严峻，洪潮灾害接连突破历史极值。当前珠江河口流域洪水归槽明显、节点分流比变化^[10]，流域汇流机制发生改变，同频率下设计洪峰流量急剧增加，河口防洪压力增大。如思贤滘原50年一遇设计洪峰流量为60 700 m³/s，洪水全归槽后洪峰流量达到67 800 m³/s。2022年5月以来，珠江流域连续遭遇11场强降雨过程，降雨范围广、强度大、历时长，累积降水量为1961年以来同期最多。珠江流域230条河流发生超警洪水，其中西江和北江先后发生6次编号洪水，为中华人民共和国成立以来最多；北江遭遇1915年以来最大洪水，多处水位流量超历史极值。

另外，全球气候变化背景下海平面加速上升，1980—2020年我国南海沿海海平面上升速率为3.5 mm/y^[11]，河口风暴潮等极端天气频发。21世纪以来，珠江河口地区相继遭受“黑格比”（2008年）、“天鸽”（2017年）、“山竹”（2018年）等强台风风暴潮袭击，实测最高潮位接连突破历史极值，珠江河口200年一遇设计潮位比原成果抬高0.17~0.74 m，致使已建海堤的设防标准被动下降，防潮短板突出。

1.3 水质安全问题

珠江河口水质安全有待提升，部分河段水质不够优。大湾区地处我国改革开放的前沿地带，经济社会高速发展的同时，废污水年排放量比20世纪80年代末废污水排放量增加3倍多，水环境污染严重，节水减排任务重。据统计，至2018年，珠江三角洲总长3 207.1 km河流里，水质为劣V类占比约13.8%^[12]。此外，受到未经处理或处理不当的入河排污口等点源污染、航运、水体养殖及集水区垃圾倾倒等面源污染综合影响，珠江河口部分河涌黑臭水体现象频现^[6]。经过整治，目前区域黑臭水体数量有所下降，但仍有相当数量的河涌尚未消除黑臭。

1.4 水生态安全问题

珠江河口滩涂发育减缓，局部岸线滩涂生态功能退化。如伶仃洋西滩淤积强度由20世纪的0.06 m/a，减缓为近期的不足0.01 m/a。滩涂发育减缓既有自然水沙情势变化的制约，也有强人类活动开发的影响^[13]。一方面，河口上游来沙量持续减少，根据实测资料统计，20世纪80年代、90年代上游多年平均来沙量分别为9 288万t和7 500万t，到2000—2009年、2010—2017年则分别减少为3 476万t、2 659万t。另一方面，滩涂开发利用强度相对较高，部分河滨带生态空间被挤占。近20年来珠江河口湿地面积减少了410 km²，减幅20%，局部水生态遭到破坏。河口水域生态群落结构也发生较大变化，部分水域鱼类产卵场受到威胁，渔获种类大幅减少，鱼类低值化、低龄化、小型化日趋严重。

2 珠江河口综合治理面临形势

2.1 新时期发展阶段提出了新目标

《粤港澳大湾区发展规划纲要》提出到 2035 年将大湾区建设成为充满活力的世界级城市群、具有全球影响力的国际科技创新中心、“一带一路”建设的重要支撑、内地与港澳深度合作示范区、宜居宜业宜游的优质生活圈的战略定位和建设国际一流湾区，打造高质量发展典范的目标。依托粤港澳良好合作基础，充分发挥前海深港现代服务业合作区、横琴粤澳深度合作区等重大合作平台作用，探索协调协同发展新模式。

把握新阶段，珠江河口综合治理必须以满足人民日益增长的美好生活需要为根本目的，着力解决河口地区水安全保障能力不平衡不充分问题，全面维系河口供水安全、防洪安全、水质安全和水生态安全，支撑粤港澳大湾区高质量发展。

2.2 应对全球气候变化与“双碳”目标提出了新挑战

根据 IPCC（联合国政府间气候变化专门委员会）第六次评估报告^[14]，未来 20 年全球温度升高幅度将达到 1.5℃，低洼沿海地区的气候风险将加剧。“黑天鹅”“灰犀牛”事件呈易发多发之势，洪潮灾害的突发性、异常性、不确定性将更为突出。根据《2020 年中国海平面公报》，1980—2020 年中国南海沿海海平面上升速率为每年 3.5 mm，高于同时段全球平均水平。预计未来 30 年，广东沿海海平面将上升 60~170 mm。未来海平面上升趋势还将进一步加剧，给河口地区防潮安全带来严重威胁。珠江河口治理需增强忧患意识，警惕极端气候对洪潮灾害风险防控提出的新挑战，强化底线思维，着力锻长板、补短板、固底板，提升河口水旱灾害防御能力，做好超标准洪水、超强风暴潮、特枯年咸潮等风险防控。

2015 年 12 月，《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）设定了全球碳排放量到 2030 年控制在 400 亿 t，到 2080 年实现碳中和。2020 年 9 月，习近平总书记在第七十五届联合国大会上提出“中国的二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。《国民经济和社会发展的第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出“落实 2030 年应对气候变化国家自主贡献目标，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案”和“锚定努力争取 2060 年前实现碳中和”。河口综合治理是生态环境改善不可分割的保障系统，是实现经济社会高质量发展和“双碳”目标的重要影响因素。珠江河口水安全保障应紧密结合“双碳”目标，深入贯彻党中央决策部署，找准实施路径，助推实现“双碳”目标。

3 今后工作建议

新时期珠江河口面临复杂多变的供水安全、防洪安全、水质安全和水生态安全问题，为助力高质量发展战略、应对新挑战，需从以下方面完善水安全保障工作。

(1) 形成“上补、中蓄、下阻”咸潮防控布局。

为有效应对咸潮上溯持续加剧的新形势，保障河口区枯水期供水安全，通过加强流域枯水期水量调度、完善区域取蓄供水体系，筑牢供水安全保障三道防线，探索口门防咸抑咸工程措施，减缓咸潮上溯，减轻枯水期水量调度压力，逐步形成“上补、中蓄、下阻”咸潮防控布局。“上补”主要通过流域上游骨干水库群枯季水量调度，加大下泄流量，增加下游取水口取淡概率；“中蓄”主要通过三角洲河网区取水口布局优化和水源工程群的调蓄，提升取水口取淡概率和供水水库的蓄淡能力；“下阻”主要通过探索拦门沙保护与修复、挡咸工程等措施，降低咸潮上溯范围和强度。

(2) 完善珠江河口防洪（潮）工程与非工程体系。

珠江河口地区主要涉及流域防洪规划确定的珠江三角洲滨海防潮保护区，以及珠江下游三角洲防洪保护区。通过协调流域与区域防洪体系，基于流域整体观，统筹优化系统防御策略，推进水库（群）优化调度^[15]，建设生态化海堤，局部区域堤防达标加固，完善珠江河口防洪（潮）工程体系；

通过打造数字孪生流域，加强“四预”体系建设，完善洪水预测预报预警系统，制定超标准洪水防御预案，科学布局临时蓄滞洪区，加强报道宣传引导，完善珠江河口防洪（潮）非工程体系。

（3）有序推进水污染综合治理。

针对区域点源、面源污染分布特点，追溯污染源，加强工业、城镇和农村水污染治理，开展河涌内源治理。加大工业集聚区水污染治理力度，完善废水收集处理设施。建设完善再生水利用实施，提升工业再生水利用水平。提高企业废水循环利用率，鼓励实现废水零排放。

加快补齐城镇污水收集和处理设施短板，逐步实现生活污水的全覆盖收集和处理，逐步提高污水处理标准。因地制宜对现有合流制排水系统实施全面截污和雨污分流改造，城镇新区建设均实行雨污分流。推进初期雨水收集、处理和资源化利用。持续开展农村人居环境整治行动，推进农村“厕所革命”，加强农村生活垃圾治理和污水治理，建立美丽宜居乡村。强化畜禽养殖业水污染防治，提高养殖场污水处理及废物利用水平。采用先进的农业灌溉技术和耕作方式，推进种植业面源污染防治。调查评估河涌水体水质和底泥污染状况，合理制定并实施清淤疏浚方案，推广污染底泥无害化、减量化和资源化处理处置。加强水体及河岸的垃圾清理，整治城市蓝线及河湖管理范围内的非正规垃圾堆放点，建立健全垃圾打捞转运和无害化处理体系。

（4）加强岸线滩涂生态修复。

按照突出安全功能、生态功能，兼顾景观功能的次序，因地制宜地开展珠江河口岸线滩涂保护修复，塑造魅力滨水河湾、保护重要河口生境。在此基础上，发挥珠江河口集聚粤港澳大湾区现代港口物流业、战略性新兴产业、现代服务业、现代海洋产业等优势，形成珠江河口黄金水岸。伶仃洋、黄茅海河口湾两岸水沙动力差异大，东岸以潮汐动力为主，水深条件好，滩涂分布少，岸线滩涂多用于开发利用；西岸以径流动力为主，滩涂湿地发育，岸线呈海湾的自然风貌，具备较好保护修复条件。

参考文献

- [1] 夏军, 石卫. 变化环境下中国水安全问题研究与展望 [J]. 水利学报, 2016, 47 (3): 292-301.
- [2] Mishra B K, Kumar P, Saraswat C, et al. Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions [J]. Water, 2021, 13 (4): 490.
- [3] 高真, 黄本胜, 邱静, 等. 粤港澳大湾区水安全保障存在的问题及对策研究 [J]. 中国水利, 2020 (11): 6-9.
- [4] 陈文龙, 徐宗学, 宋利祥, 等. 基于流域系统整体观的城市洪涝治理研究 [J]. 水利学报, 2021, 52 (6): 659-672.
- [5] 杨芳, 陈文龙, 卢陈, 等. 粤港澳大湾区咸潮防控理论框架研究 [J]. 水资源保护, 2022.
- [6] 赵玲玲, 夏军, 杨芳, 等. 粤港澳大湾区水生态修复及展望 [J]. 生态学报, 2021, 41 (12): 5054-5065.
- [7] 许伟, 刘培, 黄鹏飞, 等. 珠江河口复杂河网的水资源调度研究 [J]. 水资源保护, 2021.
- [8] 翟盘茂, 周佰铨, 陈阳, 等. 气候变化科学方面的几个最新认知 [J]. 气候变化研究进展, 2021, 17 (6): 629-635.
- [9] 胥加仕. 2021年珠江流域抗旱保供水工作实践与启示 [J]. 中国水利, 2022 (1): 8-11.
- [10] 黄伟杰, 刘霞, 卢陈, 等. 珠江河口口门洪水分流比变化及成因 [J]. 长江科学院院报, 2021, 38 (12): 66-71.
- [11] 自然资源部. 2020年中国海平面公报 [R]. 北京: 自然资源部, 2021.
- [12] 陈文龙, 刘万根, 张康, 等. 粤港澳大湾区水资源安全战略思考 [J]. 中国水利, 2022 (5): 54-57.
- [13] 梁海涛, 徐辉荣, 黄德治. 珠江河口滩涂保护与利用方案浅析 [J]. 广东水利水电, 2011 (1): 26-30.
- [14] IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. In Press. 2022.
- [15] 陈文龙, 徐宗学, 刘培, 等. 粤港澳大湾区洪潮涝灾害与防御策略 [M]. 南京: 河海大学出版社, 2020.