

水域水岸水量水质统筹的水资源保护空间区划体系构建

——以广东省为例

吕喆英¹, 陈晓宏^{1,2,3}, 袁泽¹, 刘智勇^{1,2,3}

(1. 中山大学土木工程学院 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海), 519082, 珠海;

2. 广东省华南地区水安全调控工程技术研究中心, 510275, 广州;

3. 华南地区水循环与水安全广东普通高校重点实验室, 510275, 广州)

摘要:目前水资源保护规划尚无区划抓手, 保护目标的划定主要依据水功能区划或水环境功能区划, 而这两类区划均仅划定了水域保护的单一水质目标, 不能完整反映水域、水岸、水量、水质保护要求, 难以有效保护水资源的自然属性和社会服务功能。为此, 研究提出构建广东省水资源保护空间区划体系: 统筹考虑河湖水资源保护的水域、水岸基本空间范围以及流域水资源量质特征、水体功能属性和地域空间差异, 构建了“地理分区-功能分类-管控分级”和水量水质耦合的全域全要素区划体系。保护因素上, 构建控制断面生态基流和最小下泄水量指标和目标; 地理分区按河口区、河网区、内陆区划分; 功能分类依据感潮河网、非感潮河道、湖泊水库等水体类型细化; 管控分级对接融合水环境功能区划、水功能区划、岸线保护与利用规划等既有区划成果。该区划体系可为水资源系统保护与合理开发利用提供依据, 并可为其他区域水资源保护提供参考。

关键词:水资源保护; 空间分区管控; 流域管理; 广东省; 水域空间; 水岸; 空间区划体系

Construction of water resources protection space zoning system for water areas, shores, water quantity, and water quality coordination: a case study of Guangdong Province

LYU Zheyang¹, CHEN Xiaohong^{1,2,3}, YUAN Ze¹, LIU Zhiyong^{1,2,3}

(1. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Zhuhai), School of Civil Engineering, Sun Yat-sen University, Zhuhai 519082, China; 2. Guangdong Engineering Technology Research Center of Water Security Regulation and Control for Southern China, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 3. Key Laboratory of Water Cycle and Water Security in Southern China of Guangdong High Education Institute, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: At present, there is no zoning grasp for water resources protection planning. The protection objectives are mainly based on water function zoning or water environment function zoning. The zoning only delineates a single water quality target for water area protection and fails to fully reflect the protection requirements for water areas, shores, water quantity, and water quality. The safeguarding of water resources' inherent natural properties and societal service functions remains operationally challenging. To this end, this study proposed to construct a water resources protection space zoning system. It comprehensively considered

收稿日期: 2025-08-28 修回日期: 2026-01-25

作者简介: 吕喆英, 博士, 主要从事水文与水资源研究。

通信作者: 陈晓宏, 教授, 主要从事水文与水资源研究。E-mail: eescxh@mail.sysu.edu.cn

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFC3001000)。

the water area of river and lake water resources protection, the basic spatial range of shores, the quality characteristics of water resources in the watershed, the functional attributes of water bodies, and the regional spatial differences and constructed a comprehensive territorial zoning system based on “geographical division, functional classification, and control classification” and water quantity and water quality coupling. In terms of protection factors, the ecological base flow and the minimum discharge water index and the target of the control section were constructed. The geographical division was divided into the estuary area, river network area, and inland area. The functional classification was refined according to the types of water bodies, such as tidal river network, non-tidal river channel, and lake reservoir. Management and control classification docking integrated existing zoning results, such as water environment function zoning, water function zoning, and shoreline protection and utilization planning. This zoning system can provide a scientific basis for the protection, rational development and utilization of water resources, and also can serve as a valuable reference for water resources protection in other regions.

Keywords: water resources protection; space zoning management and control; watershed management; Guangdong Province; water area space; shore; space zoning system

中图分类号: TV213.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-1123(2026)05-0058-10

DOI: 10.3969/j.issn.1000-1123.2026.05.008

随着人类社会对水资源的不断开发利用,水资源保护的概念与内涵持续演进,其规划内容通常涵盖水质与污染源现状评估、趋势预测及相应的保护与防治措施。然而,受限于水资源禀赋条件、持续增长的经济社会规模与发展阶段特征,叠加全球气候变化带来的不确定性,我国当前面临水灾害、水资源、水生态、水环境问题以及极端天气事件频发等突出问题。传统水资源保护多以单一目标为导向,侧重于水量调配与水质达标,难以应对这些挑战。根据新时期治水要求,2025年年底国务院办公厅印发《落实水资源刚性约束制度考核办法》,明确提出要强化水资源节约集约安全利用,把水资源开发利用控制在承载力范围内,使有限的水资源有效支撑和保障高质量发展。这一政策标志着水资源管理已从单一的目标导向全面转向刚性约束考核阶段。如何将“承载力范围”这一宏观约束落实到具体的江河湖库空间上,尤其是落实到水资源保护过程中,成为当前亟待解决的关键问题。

广东省作为经济、人口和水利大省,水资源时空分布不均,水资源开发强度高,河网水系复杂,河口咸潮、生态流量保障、水岸带保护等问题交织,对水资源精细化管理提出了严峻挑战。探索建立一套系统完整、空间落地、管控有效的水资源保护区划体系,可为水资源系统保护与合理开发利用提供依据,并为其他区域水资源保护提供参考。因此,本研究构建了广东省水资源保护区划体系,从水域、水岸、水量、水质全范围

全要素保护水资源的自然属性和社会服务功能,以期提升水资源保护效果。

一、水资源保护区划现状

水资源保护是实现水资源可持续利用的重要基础。《中华人民共和国水法》第十四条明确规定,开发、利用、节约、保护水资源和防治水害,应当按照流域、区域统一制定规划。中共中央办公厅、国务院办公厅2016年11月印发《关于全面推行河长制的意见》,2017年12月印发《关于在湖泊实施湖长制的指导意见》,明确河湖长制的六大任务:加强水资源保护、加强河湖水域岸线管理保护、加强水污染防治、加强水环境治理、加强水生态修复和加强执法监管。河长制湖长制的实施,进一步强化了流域水环境治理的制度保障,推动形成了责任明确、协同治理的水资源保护管理机制。2025年6月,《中共中央办公厅、国务院办公厅关于全面推进江河保护治理的意见》明确提出,到2035年实现“江河生态环境质量全面改善,水生态系统健康稳定”“江河保护治理体制机制更加完善,人水关系更加和谐”等水资源保护目标,为新形势下水资源保护与治理体系建设提出了更高要求,也进一步促进了水资源保护工作的深化与细化。

当前水资源保护实践缺乏系统性区划支撑,主要依赖水功能区划单一水定义水域水质目标,导致保护体系呈现双重割裂:一方面,忽视“水的问题在水域,根源在岸上”的客观规律,未能界定陆域保护范围与目标,致

使岸线侵占、面源污染等陆域活动对水域生态的胁迫效应持续加剧;另一方面,现有区划聚焦水质管控,对维系河流健康的生态流量等关键水量要素缺乏刚性约束。这种“水域-陆域”“水质-水量”的保护缺位,制约了水资源自然属性与社会服务功能的协同实现。

1. “重水轻岸”,水岸保护目标与范围缺位

水资源保护区划并非单一的水(环境)功能区划,而是水岸区域(包括水体及其毗邻陆域)影响水资源质量和功能的空间范围保护属性区划。现有水功能区划由于职能边界和技术手段限制,未能实现水域与水岸空间的纵深整合,水岸带的生态缓冲功能尚未得到充分体现。水岸保护是关键,岸上的土地利用、植被覆盖、开发活动(如农业面源污染、城镇径流、工业排污口、非法侵占岸线等)是影响水域水质和水生态健康的关键因素。同时现行水资源功能区划对水域及陆域的保护边界划分也过于单一,未能充分体现水资源的保护需求和多元功能。经过十多年发展,广东省河湖水体的自然属性、社会服务功能有所改变,区域发展和人民生活对水的需求也已发生显著变化,原有规划的功能属性已不适用。

2. “重质轻量”,水量保护指标与目标匮乏

水利部2017年修订的《水功能区监督管理办法》提出“协调上下游、左右岸、干支流关系”以及“兼顾生态用水需求”等原则性要求,但在实际管理实践与区划成果中,水量维度的保护目标仍显薄弱。现行水功能区划缺乏关键控制断面(如重要水文站、敏感生态节点、取水口上游)应保障的最小生态流量指标和目标,对水资源可利用总量的空间分配、枯水期流量保障、河流连通性维护等水量维度的保护考虑不足。这导致在实际管理中,过度取水、水电开发不当调度、枯季断流等现象难以得到有效遏制,威胁河流生态系统健康(如影响鱼类洄游、致使湿地萎缩)、饮用水安全(如加剧咸潮上溯)和下游用水需求,无法实现水资源量质属性的协同保护。

3. 水资源保护制度与考核机制亟待协同完善

目前,水资源保护缺乏统一的空间载体以及全要素的统筹协调机制,进一步反映并加剧了管理制度与考核机制层面的协同困境。广东省水资源保护在制度建设与管理考核方面均面临显著挑战,亟须协同完善。在制度建设层面,生态环境、自然资源、水利、住建等多部门的管理职能边界仍不够清晰,水利部门主导的水资源保护专项机制亦不够健全,配套制度存在明显短板。在管理考核层面,尽管2020年广东省河长制湖长制工作要

点已明确将水生态建设与河湖健康维护作为重点,但考核指标体系未能同步更新。具体而言,生态流量达标率、跨界河流治理成效、水生态保育与水源涵养成效、地下水管理与保护状况等反映新形势下水资源保护核心目标的关键指标,尚未被系统性地纳入水资源保护工作考核及河长制湖长制评价体系。因此,根据新形势下对水源涵养能力提升和生态流量刚性约束的新要求,亟须协同加强地表与地下水资源保护的制度支撑与考核管理,构建覆盖全面、导向明确的“制度-考核”闭环。

二、水资源保护空间区划

本研究针对水资源保护空间区划现存问题,基于流域综合管理与生态服务,统筹考虑河湖水资源保护的水域、水岸基本空间范围以及流域水资源量质特征、水体功能属性和地域空间差异,构建了“地理分区-功能分类-管控分级”和水量水质耦合的全要素区划体系。地理分区识别流域空间的异质性,确保管理策略与河口区、河网区、内陆区的不同水文本底相适配,解决政策“一刀切”的问题;功能分类精准匹配生态系统服务需求,将水量、水质、水岸空间等全要素指标通过感潮或非感潮等属性锚固至具体水体,解决传统管理中“重质轻量、重水轻岸”的要素割裂问题;管控分级构建刚性约束执行机制,通过对接水资源刚性约束制度考核要求划定分级保护强度,将科学区划转化为可考核、可落地的行政抓手。三者由宏观到微观、由自然属性到行政管理环环相扣,实现水资源保护从“行政边界分治”向“空间单元统筹”的治理变革,形成与生态保护红线、环境质量底线相协调的空间管控方案(见图1)。

1. 地理空间分区

广东省水资源禀赋虽总量丰富,但存在突出的时空分布不均及供需不平衡等问题。珠三角等经济核心区人均水资源占有量远低于粤北山区;年内70%降水量集中于汛期,导致粤西雷州半岛、粤东潮汕平原等区域频受季节性缺水困扰。为应对这些挑战,并充分考虑广东省内东江、西江、北江、韩江(包含粤东诸河)、鉴江(包含粤西诸河)等不同流域单元独特的水文情势,本研究依据流域水文特征及地貌,衔接广东省国土空间规划,将广东省水资源保护空间分为三类重点管控区域,即河口区、河网区和内陆区(见图2)。

(1) 河口区

河口区界定为受潮汐动力显著影响且咸淡水强烈混合的河海过渡区域,空间范围涵盖珠江口、韩江口及

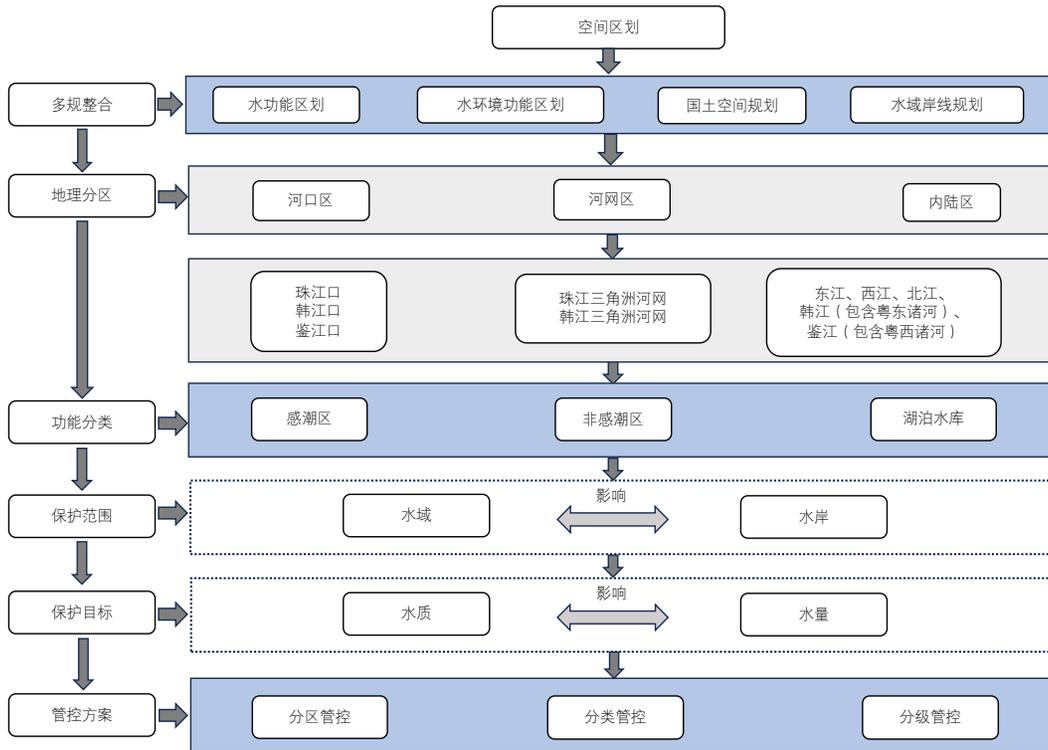
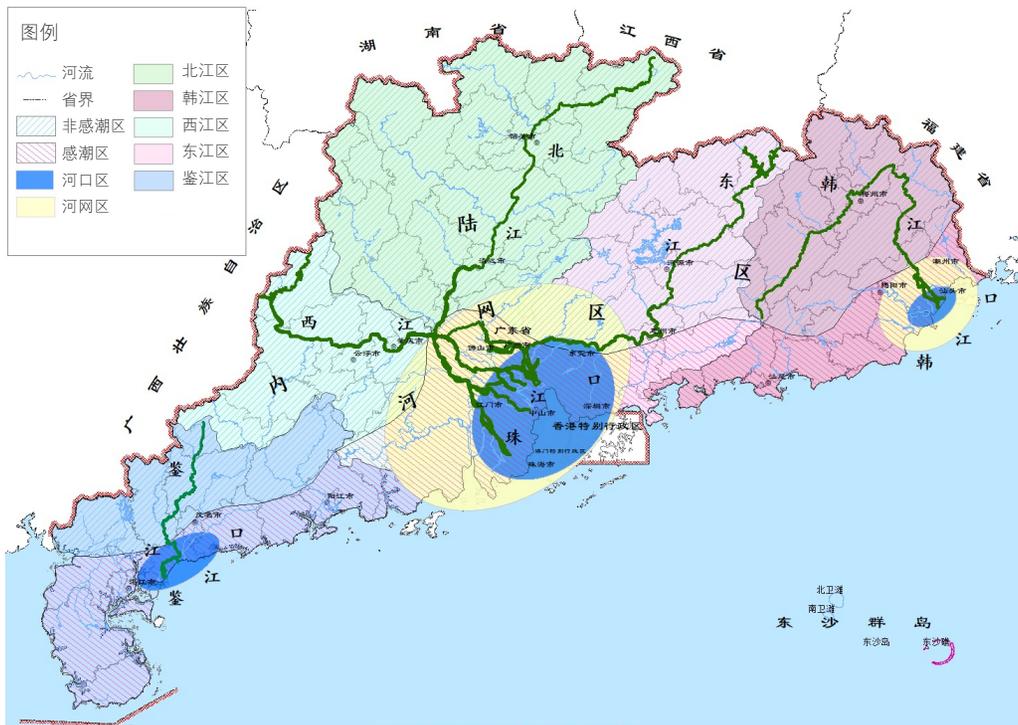


图1 广东省水资源保护空间区划框架及管控方案



注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的标准地图制作,审图号为GS(2024)0650号,底图无修改。

图2 广东省水资源保护地理空间区划

鉴江口等主要入海口门。该区域不仅是流域洪水的最终泄放通道,更是物理化学环境剧烈变化的生态敏感带。河口区的范围通常从潮汐影响的上限(潮区界)开

始,向下游方向延伸至河流泥沙形成的沿岸浅滩外边界。针对该区域复杂的动力环境,重点管控咸潮上溯与高强度开发之间的矛盾。依据国土空间规划中的洪

涝风险控制线与海洋生态红线,识别伶仃洋西部滩涂等关键咸淡水交汇带,将其作为刚性保留空间,以维持河口纳潮输沙的自然节律与生态系统弹性。

(2) 河网区

河网区往复流与工程调控密集区主要覆盖珠江三角洲及韩江三角洲平原,该区域水系高度发达,呈现典型的平原感潮河网特征。基于其特有的往复流水动力特征以及高度人工化的水利工程(闸泵群)调度环境,该区域是自然径流与潮汐动力相互顶托的交汇区,水体自净能力受水动力条件制约明显。为解决高强度经济开发与水域空间萎缩的“人水争地”矛盾,依据潮汐动力主导程度的差异,进一步识别强感潮与弱感潮区域,将管控重点聚焦于提升水系连通性与换水效率,并通过水陆空间的系统耦合,确保在高度城市化背景下维持河网的自净与调蓄功能。本研究依据潮汐主导程度将河网区细分为强感潮亚区与弱感潮亚区。强感潮亚区受潮汐主导,需实施闸泵群联合调度,保障枯水期生态基流;弱感潮亚区以径流为主,重点强化河道疏浚与咸潮防控,以缓解水质季节性波动与供水压力失衡。

(3) 内陆区

内陆区是水源涵养核心区,是流域的径流形成区与生态屏障,地势落差大,重力流特征显著,从根本上决定

广东省水资源水质与水量状况。内陆区涵盖西江、北江、东江、鉴江、韩江中上游及粤东、粤西山区河流和水库,按地貌细分为山地区、丘陵区。山地区需强化水源涵养林保护,禁止矿产开发(衔接国土空间规划“重点生态功能区”);丘陵区需推进小流域综合治理,防治水土流失,优化水源涵养并缓解干旱。

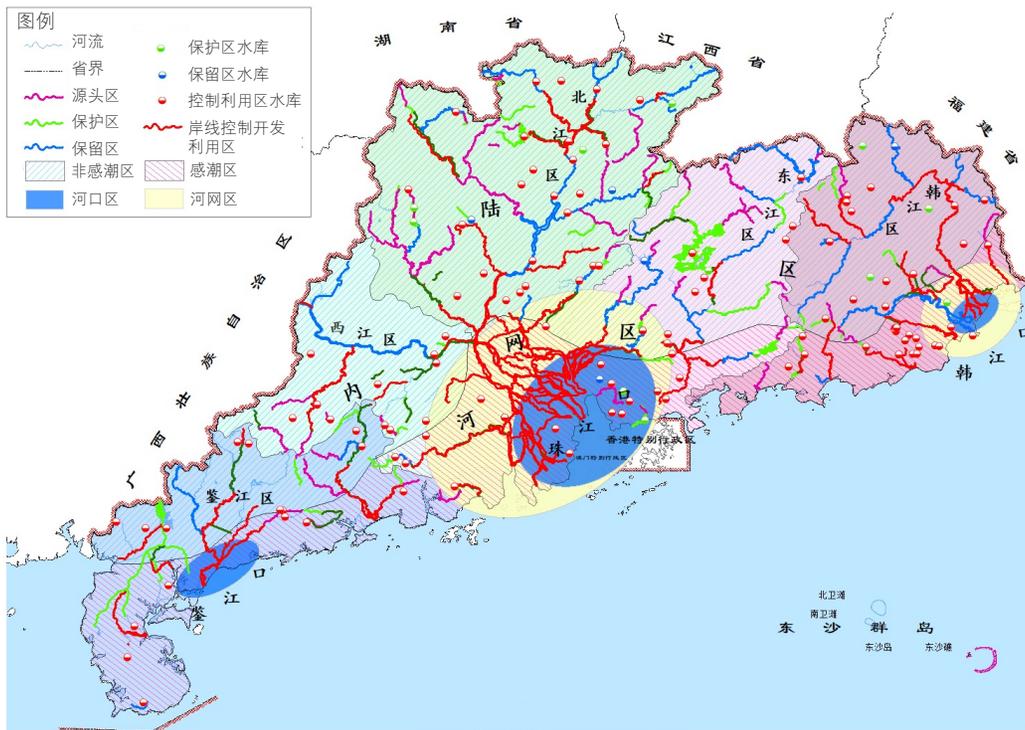
本研究内陆区保育对象包括广东省内重要水源涵养区、生态敏感区及典型流域源头区域,如东江、西江、北江等主要河流的源头区、重要水库集水区及生态公益林分布区,以《广东省地表水环境功能区划》和《广东省水功能区划》为主要依据,确保水源涵养区的水质、水量及生态基流满足区域用水需求。同时,统筹考虑流域上下游、左右岸的协同保护,建立跨区域协调机制。

2. 水体功能分类

在地理分区基础上,本研究根据水体的物理输移特性、生态系统服务供给能力以及对人类干扰的响应差异,将全域水体细分为感潮河网类、非感潮河道类及湖泊水库类。这种分类方式旨在从机理特征层面为水质与水量的耦合管控提供精细化载体。广东省水资源保护水体功能分类见图3。

(1) 河口区

河口区是径流与潮汐动力强烈作用的非线性耦合区,



注:该图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的标准地图制作,审图号为GS(2024)0650号,底图无修改。

图3 广东省水资源保护水体功能分类

其水体特征受海洋潮汐动力主导,物质输移呈现出明显的非对称性。分类逻辑聚焦于“潮汐动力边界”,将水体识别为强感潮动态单元。河口区水体功能分类有别于传统的静态分区,因此河口区划应侧重于维系动力平衡。通过识别水道主槽的行洪输沙潜力与滩涂区域的生境调节功能,以国土空间规划中的生态保护红线区划分为依据,划分水道主槽保护区、滩涂保留区,建立潮周期水量交换监测体系。通过管控咸淡水交互界面,实现对咸潮入侵风险的精细化表征,从而保障区域供水安全与生态系统弹性。结合河口地区生态环境建设和经济社会发展要求,提出伶仃洋、黄茅海河口湾等水域以及主要岛屿岸线、滩涂的保护与利用方案,旨在平衡岸线和滩涂资源的保护与利用,在保障生态安全的前提下支撑河口区域经济社会发展,实现资源可持续管理。

(2) 河网区

河网区以平原感潮河网为代表,其水力坡度极缓,水流呈现典型的往复流特征。该区域的污染物迁移受滞留效应主导,水环境容量高度依赖于水力连通性。在生态系统服务维度,该区承担了城市高强度开发压力下的“负荷消减”与排涝功能。河网区划的分类逻辑在于从“静态水质达标”转向“提升动态换水效能”。通过对河网水动力死角的识别,划定重点水空间保护区,保障水陆界面在往复流过程中的自净能力和空间弹性。建立潮周期“水量-盐度-泥沙”动态监测体系,预警咸潮入侵,建立潮周期水量交换监测体系,使水资源保护及控制开发利用最大化。

非感潮河道参照《河湖岸线保护与利用规划编制指南(试行)》引入“三线空间”约束,通过划定临水控制线、堤顶控制线与外缘边界线,构建水陆交错带的物理屏障,进一步细化岸线保护区、保留区与控制利用区的功能分区。湖泊水库侧重于战略储备功能,基于回水边界与集水区地形,建立“汇水区—缓冲带—核心水面”的系统保护链条。

(3) 内陆区

内陆区以河流中上游及山区水系为主,呈现明显的重力流驱动特征,遵循典型的“源-汇”理论。内陆区多为保护区、保留区、饮用水水源地、重要河湖,水体细分为非感潮河道、湖泊水库,主要功能为供水、灌溉、生态调节、生物栖息。区划衔接《广东省主要河道水域岸线保护与利用规划》划定“三线空间”(临水控制线、堤顶控制线、外缘边界线),并严格按照《广东省主要河道水域岸线保护与利用规划》划分岸线保护区(生态敏感

段)、保留区(远期预留空间)。在湖泊水库保护方面,本研究对高州水库、鹤地水库等重点单元实施分类空间限制,其空间边界按水库坝顶高程与回水线平行的等高线共同界定,并通过集水区内的退耕还林等生态修复手段,实现对入库径流的源头调控与质量优化。

3. 水质水量双统筹

水资源保护区划的核心在于实现“水质-水量”双梯度的空间耦合与协同约束。本研究改变以往水质、水量目标割裂的管控模式,通过识别水文动力过程对水化学演变的驱动作用,构建起“水质为目标、水量为基础、节点为锚固”的协同管控体系,将水质目标内化为水量的质量约束,将水量目标外化为水质的稀释载体。

(1) 水质目标设定与空间落地

水质保护目标的设定不再局限于限定断面的污染物浓度,而是强调水体在特定空间单元内的功能属性。本研究严格对应水体功能分类(感潮河网、非感潮河道、湖泊水库),执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的分类约束。在落地路径上,通过将水质目标区与“三线一单”(生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单)和水环境优先保护区进行空间叠合,实现污染控制措施从末端断面到陆域汇水单元的精准传导。这种耦合机制确保了岸线开发强度与产业准入类别能够直接响应水质目标的刚性要求,为流域污染物削减提供了明确的空间响应单元。

(2) 水量目标设定与空间管控节点

水量目标的设定旨在维持流域的自然水文循环与基本生态服务功能。在非感潮河道,以关键控制断面的生态基流或最小下泄流量作为流量底线,这不仅是水量的保障,更是维持水体自净动力与水生生物生境连通性的物理前提。生态基流基于省级下达的控制断面生态基流指标(如重要水文站、取水口上游)确定,作为对应河段或区域的刚性水量约束;最小下泄水量基于省级下达的控制断面最小下泄水量指标确定,并据此推算地级市行政区边界断面水量指标,用于协调上下游水量分配,保障河口区压咸、河网区换水等需求。水量目标以上述方法确定后,将其明确衔接于地理分区(如河口关键口门、河网区闸控节点、内陆区控制断面)和功能分类中的特定空间位置,以此确定空间管控节点,实现目标的空间锚定。

三、空间区划保护范围

传统水资源保护规划往往局限于水体本身的物

理边界,忽视了滨水带作为汇水陆域与受纳水体之间关键生态过渡带的作用。这种“重水轻岸”的空间局限性,导致陆域开发活动对水生生态系统的胁迫效应(如岸线侵占、面源污染)难以在空间层面得到有效拦截。因此,界定水陆衔接、功能连续的保护范围,是落实水资源刚性约束制度、实现流域综合管理从宏观目标向微观落地转化的技术前提。水域保护范围的划定旨在维护流域生态系统服务的物理载体,确保水文循环的连续性与连通性。陆域保护范围的划定是实现“水陆统筹”的核心,其本质是根据不同地理分区的主导功能需求,为河流预留必要的生态缓冲阈值与防洪弹性空间。本研究基于水资源空间区划构建的“地理分区-功能分类-管控分级”和水量水质耦合的水资源保护区划体系,结合广东省水资源保护规划、《广东省水功能区划》及《广东省国土空间规划(2021—2035年)》等已有规划成果,划定了广东省水资源“水域-陆域”衔接的保护范围,具体划分原则如下。

1. 水域保护范围划分原则

(1) 河口区水域保护范围

河口区多为开发利用区,易受咸潮侵袭。本研究水域保护范围衔接《广东省地表水环境功能区划》和《广东省水功能区划》中的保护区、《广东省主要河道水域岸线保护与利用规划》中的岸线保护区、《广东省国土空间规划(2021—2035年)》中的生态保护红线区涉水区域而划定,在严守自然保护地、生态保护红线和环境质量底线的基础上,统筹考虑陆域与海域、保护和开发的关系,加强对红树林、盐沼、重要河口等陆海连续分布的特殊空间保护。

(2) 河网区、内陆区水域保护范围

河网区与内陆区水域保护范围结合《广东省地表水环境功能区划》及《广东省水功能区划》等已有涉水规划成果的保护范围而划定,针对江河源头、重要饮用水水源地保护区、重要城市河段、重要支流、重要湖库等河流敏感岸线和敏感水域区域,进

行水环境与水生生态保护。

2. 陆域保护范围划分原则

陆域保护范围衔接水域保护范围,以水岸保护范围为主。水岸保护范围的划定衔接《广东省主要河道水域岸线保护与利用规划》中的岸线保护区划定原则。有堤防的河道,其水岸保护范围执行“堤防外缘边界线”(见图4);没有堤防的河道,其水岸保护范围执行100年一遇洪水位水面线(见图5);水库以坝顶高程与回水线平行的等高线范围划定外缘边界线(见图6)。

(1) 河口区陆域保护范围

河口区陆域保护范围衔接水域河口保护区范围,以及《广东省海岸带综合保护与利用总体规划》中的严格保护岸线与限制开发岸线。严格保护岸线针对自

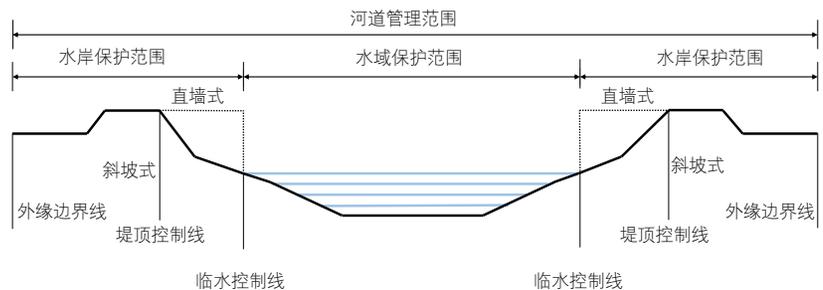


图4 有堤防河道空间区划水域陆域保护范围

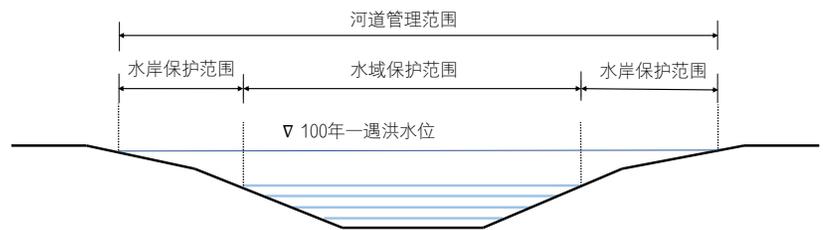


图5 无堤防河道空间区划水域陆域保护范围

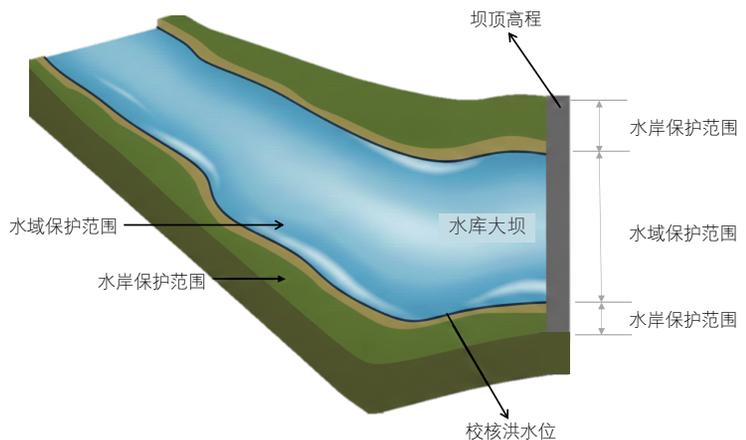


图6 水库空间区划水域陆域保护范围

然形态保持完好、生态功能与资源价值显著的自然岸线以及军事设施利用的海岸线划定,主要包括优质沙滩、典型地质地貌景观、重要滨海湿地、红树林、珊瑚礁等所在岸段。

(2) 河网区、内陆区陆域保护范围

河网区、内陆区陆域保护范围的划定结合《广东省主要河道水域岸线保护与利用规划》中的岸线保护区划定原则。有堤防的河道与《广东省主要河道水域岸线保护与利用规划》划定的外缘边界一致;无堤防且未批复堤防规划断面的河道参照水利部门岸线规划的水域保护范围以及广东省地域特征,按水岸保护范围执行100年一遇洪水位水面线划定外缘边界;水库或者河道型水库库区段按照水库坝顶高程与回水线平行的等高线范围划定外缘边界;已建堤防的湖泊岸线陆域保护范围的外缘边界按堤防相关规定划定,未建堤防岸线的则依据设计洪水位或历史最高洪水位与岸边的交界线确定边界,亦可基于二者间的水位值合理设定。

四、空间区划成果及管控方案

1. 水资源保护空间区划成果

本研究通过对广东省典型流域水文特征、生态服务及流域综合管理进行分析,基于传统水功能区划现状,提出了涵盖水域、水岸、水量、水质全要素的水资源保护空间区划体系。与现行单一侧重水质达标的水功能区划相比,本研究区划体系实现了从单一目标到多目标的转变。表1以东江流域为例,详细展示了空间区划体系与技术细节。

2. 管控方案

基于前述构建的“地理分区-功能分类-管控分级”空间区划框架及明确的“水域-陆域”保护范围,为切实提升广东省水资源保护的系统性、精准性与可操作性,亟须配套制定差异化的空间管控实施方案。本研究的管控方案紧密衔接地理分区与功能分类的空间特征,并依托“省一流域一市”多级协同的管理架构,从分区、分类、分级三个维度提出针对性管控要求、措施与机制,旨在将空间区划确立的保护目标与边界转化为可执行、可监督、可考核的落地行动,最终实现水域、水岸、水量、水质四要素的协同保护与可持续利用,为水美城乡建设和粤港澳大湾区高质量发展提供坚实的水资源保障。

(1) 分区管控要求

河口区:建立咸潮活动期动态管控机制,实施取

水口避咸调度,严格控制围填海工程,保留15%潮间带作为生态缓冲空间。同步构建“水量-盐度”联动模型(如磨刀门主干道模型),保障枯季生态基流与咸淡水交汇带Ⅱ类水质底线,破解咸潮上溯与水质恶化问题。

河网区:推行“一围一策”治理模式,即因地制宜,每个联围制定一个方案,并实施闸泵联合调度。通过科学调度,保障内河涌生态基流,确保感潮河段日均换水率不低于30%。强化感潮河段水体日均换水率约束,同步建立“水量-盐度-泥沙”动态监测预警体系,应对水质季节性波动与供水失衡风险。

内陆区:落实生态流量省级监管,山区河流开发利用率控制在25%以内,丘陵区重点监控农业面源污染。协同推进水源涵养林保护与小流域治理(如南岭区、东江中游崩岗治理),耦合提升枯水基流与水质自净能力(如万绿湖Ⅱ类水质+生态水位红线108.5m)。

(2) 分类管控措施

感潮河网:编制咸潮上溯应急预案,建立珠江口八大口门水量分配模型,保障磨刀门等关键通道的泄洪纳潮能力。

非感潮河道:实施“三线三区”(外缘边界线、堤顶控制线、临水控制线,保护区、保留区、控制利用区)岸线用途管制,临水控制线内禁止新建建筑物,保留区实行占补平衡制度。将生态流量保障纳入岸线管控(如北江清远段),约束总磷 $TP \leq 0.2 \text{ mg/L}$ 等水质目标落地。

湖泊水库:开展生态水位红线划定,大型水库实施分层取水改造,集水区推行“生态补偿-节水农业”捆绑机制(如鹤地水库),协同减少面源污染增量与用水负荷。

(3) 分级管控机制

建立“省一流域一市”三级管控体系:省级层面制定七大水系生态廊道保护导则,流域机构负责跨市河流水量调度,地市编制“一河一策”实施方案。创新“空间准入+指标约束”双控模式,将水功能区纳污红线、岸线开发强度等指标纳入国土空间规划“一张图”,实现涉水空间开发“带图审批、依标监管”。同步完善流域生态环境损害赔偿、跨界断面水质双向补偿等制度,构建水资源空间管控长效机制。

五、结论

本研究针对当前水资源保护规划缺乏区划抓手、传统水功能区划或水环境功能区划保护目标单一,从

表1 广东省东江流域水资源保护空间区划

分类		河口区			河网区				内陆区			
水体功能分类		强感潮区			非感潮区		弱感潮区	非感潮区				
起点		省界下3 km	赤光镇	佗城镇	仙塘镇黄沙	紫金古竹江口	惠城横沥	博罗	仲恺潼湖	太园泵站	东莞石龙	东莞石龙
终点		枫树坝水库	佗城镇	仙塘镇黄沙	紫金古竹江口	惠城横沥	博罗	仲恺潼湖	太园泵站	东莞石龙	东莞大盛	樟村社区
长度(km)		8	65	71	41	75	47.5	8	11.5	35	42	10.2
水域功能区名称及保护目标	水域功能区名称	东江干流龙川保留区	东江干流佗城保护区	东江干流河源保留区	东江干流古竹饮用农业用水区	东江干流博罗-惠阳保留区	东江干流惠州饮用农业用水区	东江干流博罗-潼湖缓冲区	东江东深供水水源地保护区	东江干流石龙饮用农业用水区	东江北干流新塘饮用渔业用水区	东江南支流万江饮用农业用水区
	水质现状 ^①	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ~Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
	水功能区划保护目标 ^①	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
	水环境功能区划保护目标 ^①	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ~Ⅲ	Ⅱ
陆域保护范围及保护目标	陆域保护范围 ^②	外缘边界线	外缘边界线	外缘边界线	外缘边界线	外缘边界线	外缘边界线	外缘边界线	外缘边界线	外缘边界线	100年一遇洪水水面线	100年一遇洪水水面线
	陆域保护目标	生态保护红线、规划预留	生态保护红线	生态保护红线、规划预留	规范开发、重要设施	生态保护红线、规划预留	规范开发、重要设施	规范开发、重要设施	水源地	规范开发、重要设施	规范开发、重要设施	规范开发、重要设施
	陆域开发限制 ^③	限制开发	禁止开发	限制开发	控制开发利用	限制开发	控制开发利用	控制开发利用	禁止开发	控制开发利用	控制开发利用	控制开发利用
	国土空间规划保护目标	生态保护红线区	生态保护红线区	生态保护红线区	/	生态保护红线区	/	/	/	/	/	/
控制断面最小下泄流量	控制断面名称	龙湾河白沙仔	枫树坝水库	/	江口	下矾角、东新桥	西湖村	/	/	/	石龙桥、东岸	九龙潭
	最小下泄流量 ^④ (m ³ /s)	2.93	30	/	270	290、40	/	/	/	/	208、320	20
水量分配(亿m ³)		/	17.63	/	/	25.33	/	/	/	20.95	13.62	20.95

注：①执行《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)；②有堤防的河道执行《广东省主要河道水域岸线保护与利用规划》，无堤防且未批复堤防规划断面的河道执行100年一遇洪水水面线划定外缘边界；③设定为禁止开发与限制开发的，岸线保护工程除外；④以省级下达的控制断面生态基流指标/最小下泄水量作为对应河段或区域的刚性水量约束。

而导致水资源自然属性与社会服务功能难以有效保障的问题，构建了“地理分区-功能分类-管控分级”三位一体的区划体系，实现了从单一要素管控向系统治理的范式转变。在技术实现上，空间区划体系衔接了水功能区、水环境、国土空间及水域岸线等既有规划，科学划定了“水域-水岸”保护范围，并建立起覆盖水域、水岸、水量、水质的全要素协同治理框架。通过识别河口区、河网区、内陆区三大地理单元的本底差异，将宏观保护目标精准转化为具备内在生态逻辑的空间管控单元，为流域系统治理提供了科学的空间载体与理论支撑。

参考文献：

- [1] 水利部水资源司. 水资源保护实践与探索[M]. 北京：中国水利水电出版社，2011.
- [2] 黄锦辉，连煜，宋世霞. 中国水资源保护科研发展历程回顾[J]. 水利规划与设计，2020(10):58-61+84.
- [3] MAKANDA K, NZAMA S, KANYERERE T. Putting water resource protection into practice: A decision support system to assess compliance with predefined protection limits for water resources in developing countries[J]. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2025, 60: 102538.

- [4] YUAN L, ZHOU Z J, HE W J, et al. A fuzzy logic approach within the DPSIR framework to address the inherent uncertainty and complexity of water security assessments[J]. *Ecological Indicators*, 2025, 170: 112984.
- [5] VARADY R G, ZUNIGA-TERAN A A, GARFIN G M, et al. Adaptive management and water security in a global context: definitions, concepts, and examples[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2016, 21: 70–77.
- [6] 黄国锋, 贺斌, 谢志宜, 等. 广东省农业源污染对水环境的影响及其空间分异格局[J]. *生态环境学报*, 2023, 32(12): 2207–2215.
- [7] 董斯齐, 黄翀, 李贺, 等. 粤港澳大湾区2015—2019年入海河口水质变化趋势[J]. *水资源保护*, 2021, 37(5): 48–55.
- [8] 金春久, 王超, 范晓娜, 等. 松花江干流水质模型在流域水资源保护管理中的应用[J]. *水利学报*, 2010, 41(1): 86–92.
- [9] KARIMI A, ARDAKANIAN R. Development of a dynamic long-term water allocation model for agriculture and industry water demands[J]. *Water Resources Management*, 2010, 24(9): 1717–1746.
- [10] 国务院办公厅关于印发《落实水资源刚性约束制度考核办法》的通知[J]. *中华人民共和国国务院公报*, 2026(1): 35–37.
- [11] 杨锋. 淮河流域“十五五”水安全保障规划编制思路对策与措施[J]. *中国水利*, 2025(15): 12–18.
- [12] LAI Z, MA R, GAO G, et al. Impact of multichannel river network on the plume dynamics in the Pearl River estuary[J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 2015, 120(8): 5766–5789.
- [13] 朱瑞, 杨芳, 万东辉, 等. 珠江口磨刀门水道咸潮入侵下区域供水风险评估与预警要素研究[J]. *中国科学: 技术科学*, 2025, 55(2): 339–358.
- [14] 张灵, 吴恩捷, 潘浩桦, 等. 1960—2020年珠江流域跨季节尺度干旱时空变化[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(13): 77–84.
- [15] 张济显, 艾丽莎, 杨盈, 等. 水文连通性视角下面向水质改善的感潮河网生态流量研究[J]. *水生态学杂志*, 2025, 46(5): 63–77.
- [16] 王高远, 陈天, 王岱蕾. 流域综合规划的国际经验及对完善流域空间规划治理的启示[J]. *西部人居环境学刊*, 2025, 40(1): 173–181.
- [17] 周广金, 童亚莉, 王凌青, 等. 国土空间规划中水生态空间及保护线的多维识别技术与应用[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(12): 3102–3117.
- [18] HUANG P, SHI H, WANG Z. Integrated zoning and spatial heterogeneity of coastal watershed-nearshore waters[J]. *Remote Sensing*, 2023, 15(14): 3597.
- [19] 罗凡, 罗育池, 陈宇华, 等. 广东沿海城市农业面源氮磷污染排放特征及控制对策研究[J]. *环境污染与防治*, 2024, 46(11): 1688–1694.
- [20] 彭文斌, 狄亚轩, 邝嫦娥, 等. 环长株潭地区城市更新与生态韧性的耦合作用及其影响因素[J]. *自然资源学报*, 2025, 40(6): 1569–1585.
- [21] 张建云, 金君良. 国家水网建设几个方面问题的讨论[J]. *水利发展研究*, 2023, 23(11): 1–7.
- [22] 张敏, 陈钰祥, 罗军, 等. 珠江河口枯季咸潮上溯特征与机制分析[J]. *海洋预报*, 2021, 38(5): 8–16.
- [23] 张妍妍, 王振北, 朱洪涛, 等. 我国南部地区城市水生态环境问题解析及综合整治对策: 以深圳市为例[J]. *环境工程学报*, 2022, 16(11): 3629–3643.
- [24] 孙小兵, 王海滨. 综合治理视角下的水资源管理与生态保护策略探析[J]. *人民黄河*, 2025, 47(S1): 54–55.
- [25] 刘培, 苏波. 珠江河口综合治理规划实施评估及修编建议[J]. *中国水利*, 2023(13): 9–13.

责任编辑 张瑜洪