

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2022.06.003

长江下游段岸线保护范围界定研究

侯利军^{1,2}, 杨善印¹, 陈 达^{1,2}, 达 波^{1,2}, 吴 腾^{1,2}, 廖迎娣^{1,2}

(1. 河海大学港口海岸与近海工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学长江保护与绿色发展研究院, 江苏 南京 210098)

摘要: 为了推进长江岸线保护的精细化管理和规划, 初步探索了长江下游段岸线保护范围的界定方法。结合《中华人民共和国长江保护法》和河湖岸线保护相关文献、标准及法规, 综合考虑水利行业河道岸线行政管理范围和“河岸线-河岸带-缓冲带”保护范围, 提出了长江下游段岸线保护范围界定与规划方法, 指出长江岸线河岸带和缓冲带范围需综合考虑岸线生态、水文功能和后方陆域利用方式予以界定。对扬州段长江岸线界定结果表明, 提出的岸线保护界定方法具有较好的可操作性, 与现行岸线管理办法有较好的关联性, 可用于长江下游段岸线保护范围的界定。

关键词: 长江下游段; 保护范围; 河岸线; 河岸带; 缓冲带; 岸线管理

中图分类号: TV213.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2022)06-0018-07

Study on definition of shoreline protection scope for the lower reaches of the Yangtze River

HOU Lijun^{1,2}, YANG Shanyin¹, CHEN Da^{1,2}, DA Bo^{1,2}, WU Teng^{1,2}, LIAO Yingdi^{1,2}
(1. College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Yangtze Institute for Conservation and Development, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to improve the refined management and planning of the Yangtze River shoreline, the definition method for the shoreline protection scope of the lower reaches of the Yangtze River is preliminary explored in this paper. Referring to the Yangtze River Protection Law as well as the relevant literatures, standards and regulations, a defining and planning method for the shoreline protection scope of the lower reaches of the Yangtze River is proposed. In this method, both the shoreline administration scope for hydrological departments and a “shoreline-riparian zone-buffer zone” based protection scope are considered comprehensively. For the riparian zone and buffer zone, they can be obtained in consideration with ecology and hydrological functions of shorelines and utilization modes of hinterland areas. Based on the Yangtze River coastline in the Yangzhou section, the application analysis of the proposed definition method indicates that this method has a good correlation with the current shoreline management methods and shows good operability. The proposed methods can provide a support for the formulation of the shoreline protection plan for the lower reaches of the Yangtze River.

Key words: the lower reach of the Yangtze River; protection scope; shoreline; riparian zone; buffer zone; shoreline management

长江岸线是沿江各省经济发展的重要载体。随着长江大保护战略的实施,岸线利用强度逐步下降,岸线生态环境稳步恢复,岸线利用逐渐由量的增长向效率提高转变^[1]。吴宸晖等^[2]结合国际上河流生态修复经验,系统分析了长江大保护面临的主要挑战,并从法律、制度、机制、技术等角度提出长江流域生态修复建议。廖迎娣等^[3]结合长江江苏段岸线情况,提出了长江岸线生态修复评价指标体系。卢纯^[4]进一步提出当前应探索创新“长江大保护”顶层设计、科技引领、监测评价体系、立法保护与监督等关键问题。值得注意的是,为了加强长江流域生态环境保护和修复,国家颁布了《中华人民共和国长江保护法》,该法律第二十六条明确提出要合理划定河湖岸线保护范围,但目前尚未建立岸线保护范围界定方法。

岸线字面意思为一条线,实则则为带状区域,目前就岸线带状区域有着不同的界定方法。从水利行业行政

基金项目: 江苏省水利科技项目(2020016);中国长江三峡集团有限公司科研项目(202103320);中央高校基本科研业务费专项(B200204042)

作者简介: 侯利军(1981—),男,研究员,博士,主要从事长江岸线保护研究。E-mail: hlj2932@hhu.edu.cn

通信作者: 陈达(1978—),男,教授,博士,主要从事长江生态保护研究。E-mail: chenda@hhu.edu.cn

引用本文: 侯利军,杨善印,陈达,等. 长江下游段岸线保护范围界定研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2022,50(6):18-24.

HOU Lijun, YANG Shanyin, CHEN Da, et al. Study on definition of shoreline protection scope for the lower reaches of the Yangtze River[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2022, 50(6): 18-24.

管理角度,《全国河道(湖泊)岸线利用管理规划技术细则》规定,岸线管理范围为外缘控制线和临水控制线之间的带状区域。2019年,水利部进一步出台了《河湖岸线保护与利用规划编制指南(试行)》(以下简称《指南》)。《指南》提出以岸线带状区域的边界线定义岸线管理范围,包括临水边界线和外缘边界线,并规定其划定原则。

此外,国内外学者提出以“河岸带”表征河岸岸线带状区域。为了保护河湖及其岸线生态,常在河岸带种植永久性植被,形成河岸植被带^[5,6]。河岸植被带是鸟类等动物的重要栖息地,约90%的鸟类栖息地位于距离河岸线150~170m的植被带^[7],约70%的脊椎动物栖息地也分布于此^[8]。同时,河岸植被带可有效减小两岸地表污染物流入河流,保护水体和岸线生态水文功能。世界上许多国家已将其作为保护河岸生态系统的重要措施^[6,9]。美国、瑞典、爱尔兰等国相关标准规定,河岸植被带宽度一般在30m内^[10]。此外,相关研究表明,防止河岸侵蚀所需河岸带宽度一般低于50m,而野生动物栖息地保护所需宽度较大,甚至达到300m^[10]。目前,我国尚缺乏有关河岸带范围的相关规定和标准。

尽管就岸线带状区域已有多种界定方法,但就长江岸线保护范围的探索和研究仍然很少,缺乏具有可操作性的界定方法。基于此,本文通过系统调研和分析,在现有相关文献、岸线规划指南、标准等基础上,提出了综合考虑岸线行政管理和生态保护的长江岸线保护范围界定和规划方法。

1 界定方法

当前,岸线带状区域主要以水利行业的管理范围为主,但岸线保护范围需要全面考虑河道岸线生态因素。综合考虑岸线行政管理、岸线生态与水文功能和后方陆域利用对长江及其岸线生态系统的影响,从岸线生态保护角度和岸线行政管理角度分别界定长江下游段岸线保护范围,并取两者较大值作为目标保护范围。具体界定方法如下:

a. 基于岸线生态保护角度,以“河岸线-河岸带-缓冲带”界定长江岸线保护范围。图1所示为“河岸线-河岸带-缓冲带”长江岸线空间布置示意图。如图1所示,河岸线以《指南》中的临水边界线表征,是一条线,用于确定岸线长度。河岸带可定义为临水边界线以外一定宽度内的带状区域,以保障长江生态环境为目标,基于河岸带生态、水文功能确定其宽度。缓冲带是为减轻河岸带生态环境风险所布置的缓冲区域,根据后方陆域利用方式的环境污染风险程度确定其宽度。

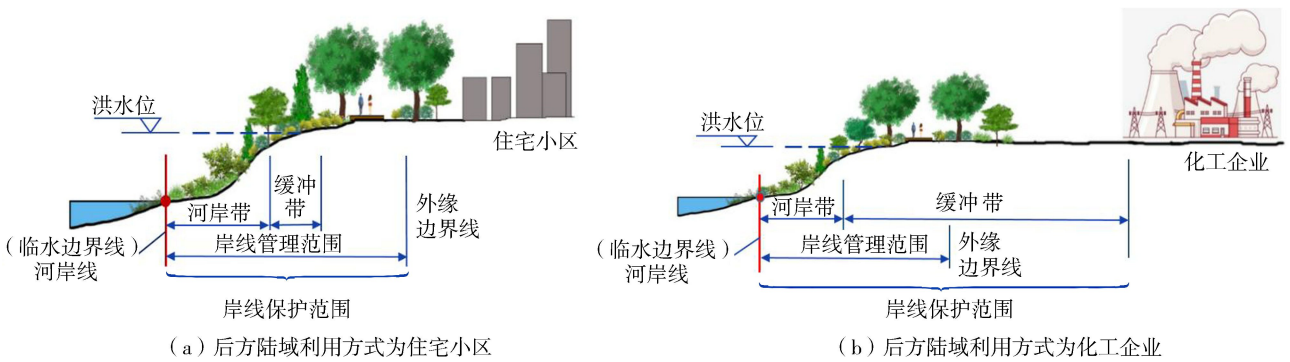


图1 基于“河岸线-河岸带-缓冲带”的长江岸线空间示意图
Fig.1 Spatial diagram of Yangtze River shoreline based on “shoreline-riparian zone-buffer zone”

b. 基于岸线行政管理角度,根据《指南》,长江岸线管理范围为临水边界线与外缘边界线之间的区域,两条边界线的确定方法见《指南》规定。

对于不同的岸线后方陆域利用方式,其河岸带和缓冲带的宽度范围不同,岸线保护范围也不尽相同。如图1所示,由于化工厂的污染风险要远高于住宅小区,而缓冲带主要作用为缓解后方陆域利用对河岸带以及长江水体的影响,因此化工厂利用方式下的缓冲带宽度要远大于住宅小区利用方式下的宽度。相应地,对于化工厂利用方式,河岸带与缓冲带的总宽度可能大于岸线行政管理范围,故岸线保护范围取河岸带与缓冲带的总宽度,而对于住宅小区利用方式,则可能相反。也就是说,长江岸线保护范围(2种界定方式下的岸线范围较大值)与后方陆域利用方式相关,特别是在有较大生态安全风险的高污染利用方式情况下尤为显著。

1.1 河岸带界定

1.1.1 河岸带宽度确定方法

综合考虑长江岸线生态、水文功能需求确定相应的河岸带宽度:①根据《长江经济带生态环境保护规划》确定目标长江岸线所处分区,明确该岸段后方陆域利用方式;②结合后方陆域利用方式,确定该段岸线河岸带的生态、水文功能,并根据相关文献或标准确定生态河岸带的合理宽度。

1.1.2 河岸带生态功能及要求宽度

河岸带的生态水文功能主要体现在控制河岸侵蚀、防洪、截留地表径流泥沙和养分、保护河流水质、调节微气候及水温、维护河流生物多样性和生态系统完整性、提高河岸景观质量。1991年,美国农业部林务局(USDA-FS)制定了河岸带区划标准,规定净化水质的效应标准为:移除50%以上的氮和农药、60%的磷以及75%的泥沙。黄沈发等^[11]基于农田径流对河道水质的污染,提出以径流污染物去除率80%为控制指标,确定河岸带的最佳宽度。

河岸带宽度的影响因素众多,如坡度、植被类型、土壤性质、气象因子、水文因素等。植被带的坡度影响径流侵蚀程度和污染物截留效率,与植被带宽度基本呈线性关系,坡度每增加1%,宽度则需要增加0.12~0.42m以抵消增大的地表径流冲刷^[12]。当坡度大于15%时,可能形成坡面集中水流,从而影响植被带对泥沙和污染物的截留效果。根据坡度对河岸植被生态功能的影响研究结果,董凤丽^[13]建议合理坡度为2%~8%,美国国家环境保护局建议坡度不应高于15%。

对于长江岸线,在确定基于生态、水文功能的河岸带宽度时,可以保守地忽略临水控制线两侧坡度大于15%的岸坡贡献,而在坡度为2%~8%的岸坡上确定其宽度。同时,还应适当考虑长江两岸空间因素,合理布置草-灌木-乔木植被结构,充分发挥河岸带生态、水文功能。

目前,河岸带宽度确定方法主要有经验值法(固定宽度法)、简单数学模型法(单因子、多因子统计回归模型)、复杂机理模型法(基于动态机制的数学模型)和基于GIS的数学模型法等^[5,14]。由于缺乏相关数据,本文结合相关文献、标准和法规等,总结分析满足不同生态水文功能的河岸植被带宽度,采用经验值法界定长江下游段岸线河岸带宽度。

根据长江下游岸线特征和自然环境条件,河岸带生态水文功能主要体现为防止河岸侵蚀、泥沙截留、减氮减磷、河流生物多样性、调节微气候和生态系统保护。需要指出,长江下游防洪主要依靠水利工程长江大堤,故防洪功能未列入岸线生态水文功能。结合相关文献,表1汇总了实现各生态、水文功能一般所需的河岸带宽度。如表1所示,在各类功能中,防止河岸侵蚀所需河岸带宽度较小,野生动物栖息地保护所需宽度较大,一般在50~300m。

一般而言,长江岸线的利用方式主要包括城镇生活、农业、生态自然、仓储(一般产品、尾矿库、其他污染性产品)、工业(化工、冶金、其他污染性工业、非污染性工业)等用途。对于各类岸线利用方式,基本均需考虑河岸侵蚀防护、减氮、泥沙截留、无脊椎动物生物多样性和微气候调节等生态功能。对于农业和部分工业,需要考虑减磷功能。对于湿地公园和鱼类保护区等,需要考虑鱼类栖息地保护的功能。对于沿江公园、湿地公园、森林公园和野生动物保护区等,需要考虑鸟类等野生动物栖息地保护的功能。表2汇总了不同陆域利用方式下的河岸带宽度分类选取指标。

1.2 缓冲带界定

1.2.1 缓冲带宽度确定方法

为了保障河岸带生态、水文功能和保护河流生态,需要综合考虑后方陆域利用方式,特别是化工、危化仓储等可能发生重大污染事故的利用方式,对河流及河岸带生态环境的影响,确定相应的缓冲带宽度。

常规的陆域利用方式包括:城镇生活、农业、生态自然、仓储(一般产品、尾矿库、其他污染性产品)、工业(化工、冶金、其他污染性工业、非污染性工业)等用途。缓冲带宽度的确定方法如下:①针对不同的陆域利用方式,根据相关法律、法规和标准确定相应的生态风险安全间距,包括防火间距和防泄漏污染间距等;②对比上述防火间距和防泄漏污染间距宽度,取两者的较大值作为缓冲带宽度。对于江滩地段,若划定的缓冲带范围仍小于江滩区域,建议将缓冲带外边线取为江滩外边线。

表 1 基于生态、水文功能的河岸带宽度

Table 1 Width of riparian zone based on ecological and hydrological functions

生态、水文功能	文献	文献的建议宽度 /m	标准、法规 来源国家	标准、法规 建议宽度 /m	综合建议 宽度 /m
防止河岸侵蚀	CRJC ^[10]	0 ~ 50	美国 ^[26-27]	10 ~ 20	10 ~ 30
	诸葛亦斯等 ^[15]	10 ~ 20	澳大利亚 ^[28]	5 ~ 10	
			加拿大 ^[29]	10 ~ 15	
泥沙截留	Swift 等 ^[16]	55 ~ 100(坡度大于 3°林地)	瑞典 ^[10]	10 ~ 30	50 ~ 100
	Mankin 等 ^[17]	8.3 ~ 16.1(草+灌木)	爱尔兰 ^[10]	10 ~ 25	
减氮功能	Dhondt 等 ^[18]	30	美国 ^[26-27]	5 ~ 30	20 ~ 40
	王敏等 ^[19]	19(坡度 2% ~ 5%)			
	诸葛亦斯等 ^[15]	>40	澳大利亚 ^[28]	5 ~ 10	
	Fennessy 等 ^[20]	20 ~ 30	加拿大 ^[29]	5 ~ 65	
减磷功能	Swift 等 ^[16]	50	瑞典 ^[10]	10 ~ 30	20 ~ 50
	诸葛亦斯等 ^[15]	>40			
	Mander 等 ^[21]	20 ~ 28	爱尔兰 ^[10]	10 ~ 25	
河流生物多样性及生态系统完整性维持	无脊椎动物生物多样性	饶良懿等 ^[5]			30 ~ 50
		Erman 等 ^[22]			
		Newbold 等 ^[23]			
	野生动物栖息地保护	CRJC ^[10]	美国 ^[26-27]	30 ~ 500	150 ~ 200
		诸葛亦斯等 ^[15]	澳大利亚 ^[28]	10 ~ 30	
		Spackman 等 ^[24]	加拿大 ^[29]	30 ~ 200	
	鱼类等水生生物栖息地保护	CRJC ^[10]	美国 ^[26-27]	30 ~ 500	40 ~ 75
			澳大利亚 ^[28]	5 ~ 30	
		诸葛亦斯等 ^[15]	加拿大 ^[29]	30 ~ 50	
调节微气候	Meleason 等 ^[25]	5 ~ 30	澳大利亚 ^[28]	5 ~ 10	5 ~ 30

表 2 不同陆域利用方式下的河岸带宽度

Table 2 Width of riparian zone for different utilization types

利用方式	生态、水文功能	建议宽度 /m	河岸带宽度
城镇生活、农业、生态自然、仓储、工业	河岸侵蚀防护、减氮、泥沙截留、无脊椎动物生物多样性、调节微气候	50 ~ 100 (基本宽度)	结合陆域利用方式,确定河岸带生态水文功能及需求宽度,综合选取最大值作为河岸带宽度
农业和机加工工业	减磷(附加)	20 ~ 50	
湿地公园和鱼类保护区	鱼类栖息地保护(附加)	40 ~ 75	
沿江公园、湿地公园、森林公园和野生动物保护区	鸟类等野生动物栖息地保护(附加)	150 ~ 200	

1.2.2 相关法律、法规和标准规定

《中华人民共和国长江保护法》第二十六条规定:禁止在长江干支流岸线 1km 范围内新建、扩建工业园区和化工项目。禁止在长江干流岸线 3 km 范围内和重要支流岸线 1km 范围内新建、改建、扩建尾矿库。《长江经济带发展负面清单指南(试行)》指出:禁止在长江干支流 1 km 范围内新建、扩建工业园区和化工项目;禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色等高污染项目。

结合上述《中华人民共和国长江保护法》和《长江经济带发展负面清单指南(试行)》的相关规定可知,与其他高污染工业相比,国家对化工企业的管控更严,这主要是由于化工企业发生有害或有毒物质泄露的危害性更大,甚至会引发严重爆炸事故。对于造纸、制革、电镀、印染、有色金属、农药、氮肥、焦化、建材、制药等高污染性工业,其污染方式主要是废水偷排或不达标排放,而在达标排放的情况下,污染是有限的。在废水等污染物泄露情况下,可通过缓冲带截留、吸附地表径流和地下渗流携带的污染物,需要结合专业评估确定相应的缓冲带宽度。

GB 50016—2014《建筑防火设计规范》规定了甲类、乙类厂房与重要公共基础建筑之间的防火间距不应小于 50 m;民用建筑与重要基础建筑之间的防火间距没有明确规定,可参照民用建筑间防火间距,最大为 14 m。GB 50160—2008《石油化工企业设计防火标准》规定石油化工企业与通航江河岸线的防火间距为 25 ~ 80 m,结合 GB 50016—2018《建筑防火设计规范》可取防火间距为 50 ~ 80 m。对于尾矿库和其他污染物仓储企业和工业企业,防火要求一般低于化工企业,因此与岸线的防火间距可保守地取为 50 ~ 80 m。考虑火灾对

河岸带生态的破坏以及受损河岸带生态水文功能下降对长江生态系统的影响,建议将防火间距取为至长江河岸带外边线的距离。

根据上述法律、法规及相关标准的要求,可确定部分后方陆域利用方式相应的长江岸线缓冲带宽度(表3),其余仍需进一步通过专业评估确定。

表3 后方陆域不同利用方式下的缓冲带宽度
Table 3 Width of buffer zone for different utilization types

陆域利用方式		防火间距(基于防火规范)/m	防泄漏污染间距/m	缓冲带宽度/m
	城镇生活	14	0	14
	农业	0	0	0
	生态自然	0	0	0
工业	化工	50~80	1 000 *	1 000
	冶金工业	50~80	专业评估	专业评估(初步 50~80)
	其他污染性工业	50~80	专业评估	专业评估(初步 50~80)
	非污染性工业	14	0	14
仓储	一般产品	14	0	14
	化工品	50~80	1 000 *	1 000
	尾矿库	50~80	3 000 *	3 000
	煤、矿石散货等扬尘货品	50~80	专业评估	专业评估(初步 50~80)

注:其他污染性工业主要包括造纸、制革、电镀、印染、有色金属、农药、氮肥、焦化、制药、火电等高污染性工业;*该缓冲带宽度是根据《中华人民共和国长江保护法》的条文规定得到。

此外,对于可能发生重大爆炸事故的化工园区等,可根据预估的TNT当量估算防爆或防污染泄露影响半径。根据近年来典型特大化工爆炸事故调查分析报告,表4汇总了爆炸TNT当量以及建筑受损与环境影响半径。由表4可见,爆炸对环境与建筑的损伤程度与爆炸TNT当量密切相关,同时还与周围建筑密集程度相关。尽管目前收集数据较少,不足以得到相关关系,在未来收集较多数据后,可得到相对可靠的化工爆炸影响半径。但是对于化工园区,仍要考虑可能出现的爆炸事故,缓冲带宽度应在1 km以上,甚至更宽。

表4 典型特大化工爆炸影响范围
Table 4 Scope of typical super large chemical explosions

利用方式	事故	TNT 当量 /t	建筑严重受损半径 /km	地表水污染半径 /km	土地污染半径 /km
化工园区	江苏响水化工爆炸 ^[30]	260	2.1	2.0	0.3
化工码头	天津港8·12瑞海公司危险品仓库爆炸 ^[31]	450	4.1	2.3	2.5

2 应用实例

选取长江扬州段典型岸线为例,应用提出的长江岸线保护范围和河岸带、缓冲带的界定方法进行实例分析。

基于提出的“河岸线-河岸带-缓冲带”长江岸线保护范围界定方法,需要界定河岸线(临水边界线)、河岸带外边线和缓冲带外边线3条线。另一方面,基于岸线行政管理,还涉及外缘边界线。对比缓冲带边界线和水利行业行政管理的外缘边界线,确定较外侧的线作为岸线保护范围外边线。对于岸线行政管理的边界线,采用水陆边界线作为临水边界线;根据岸线的水利行业管理范围规定,扬州段堤防多为2级堤防,根据《指南》取长江大堤堤后15 m控制线为外缘边界线。

图2所示为不同利用方式下岸线的相关边界线。对于化工仓储企业利用方式,根据表2和表3,取河岸线后方50 m作为河岸带外边线,取河岸带边界线后1 km为缓冲带外边线。如图2(a)所示,基于水利行政管理的岸线边界线在缓冲带范围内,即缓冲带外边线为岸线保护范围边界线。

对于造纸厂利用方式,根据表2和表3,造纸厂为高污染企业,其缓冲带宽度需通过专业研究确定。一般来说,造纸厂都独立配置污水处理厂,在达标排放的情况下,所造成的污染较轻。结合常规森林公园、保护区等的河岸带宽度约在200 m之内,故简化地取这类污染企业利用岸线的缓冲带宽度为200 m。如图2(b)所示,缓冲带外边线基本与基于岸线行政管理的外缘边界线相近,取较外侧的线作为岸线保护范围外边线。

对于造船厂利用方式,根据表2和表3,造船厂为工业利用,河岸带宽度取为50 m,缓冲带宽度取上限为



图 2 典型扬州段长江岸线相关边界线

Fig. 2 Boundary lines of typical Yangtze River shoreline in the Yangzhou section

80 m。如图 2(c) 所示,长江大堤距河岸线较远,岸线外缘边界线在缓冲带外边线之外,故取外缘边界线作为岸线保护范围外边线。

对于农业耕地利用方式,根据表 2 和表 3,由于该区域植被覆盖较好,河岸带宽度可取 100 m,由于后方陆域没有其他利用,缓冲带宽度可取 0 m,河岸带和缓冲带外边线重合。如图 2(d) 所示,岸线外缘控制线基本与缓冲带边界线相近,取两者较外侧的线作为岸线保护范围外边线。

对于村庄利用方式,根据表 2 和表 3,河岸带宽度可取为 75 m,缓冲带宽度取为 14 m。如图 2(e) 所示,岸线外缘边界线在缓冲带边界线之外,取该线作为岸线保护范围外边线。

对于森林湿地公园利用方式,河岸带需考虑野生动物保护,根据表 2 和表 3,河岸带宽度取为 200 m,缓冲带宽度可取为 0 m,河岸带和缓冲带外边线重合。如图 2(f) 所示,岸线外缘边界线在缓冲带外边线之外,即取外缘边界线为岸线保护范围外边线。

3 结 论

a. 提出了基于“河岸线-河岸带-缓冲带”的长江下游段岸线保护范围界定方法,河岸线取为水利行业行政管理的临水边界线,河岸带和缓冲带范围考虑生态、水文功能和后方陆域利用方式确定。结合相关文献、标准、法律法规等,建议了河岸带和缓冲带的合理宽度范围。

b. 长江岸线保护范围建议取基于“河岸线-河岸带-缓冲带”和岸线行政管理分别界定的岸线保护范围的较大值。提出的岸线保护范围综合考虑了生态、水文功能和陆域利用方式的影响,有利于长江岸线及生态系统的保护与修复,符合《中华人民共和国长江保护法》的相关规定。

c. 扬州段长江岸线界定结果表明,提出的岸线保护范围和岸线利用界定方法具有较好的适用性和可操作性,可用于下游段长江岸线保护范围的划定。

参考文献:

- [1] 陈达,钟菁,吴腾,等. 江苏省长江岸线利用率影响因素分析[J]. 水资源保护,2022,38(3):17-24. (CHEN Da, ZHONG Jing, WU Teng, et al. Factors influencing utilization rate of Yangtze River shoreline in Jiangsu Province[J]. Water Resources Protection,2022,38(3):17-24. (in Chinese))
- [2] 吴宸晖,鞠茂森. 河流生态修复的国际经验及对长江大保护的启示[J]. 水资源保护,2021,37(3):136-144. (WU Chenhui, JU Maosen. International experience of river ecological restoration and its enlightenment to the Yangtze River protection[J]. Water Resources Protection, 2021, 37(3): 136-144. (in Chinese))
- [3] 廖迎娣,张欢,侯利军,等. 江苏长江岸线生态修复评价指标体系研究[J]. 生态学报,2021,41(10):3910-3916. (LIAO Yingdi, ZHANG Huan, HOU Lijun, et al. Discussion on evaluation indicator system of ecological remediation along the shoreline of Yangtze River in Jiangsu Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(10), 3910-3916. (in Chinese))
- [4] 卢纯. “共抓长江大保护”若干重大关键问题的思考[J]. 河海大学学报(自然科学版),2019,47(4):283-295. (LU Chun. Reflection on several key issues regarding the “Making Efforts to Protect the Yangtze River Together” project[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2019, 47(4): 283-295. (in Chinese))
- [5] 饶良懿,崔建国. 河岸植被缓冲带生态水文功能研究进展[J]. 中国水土保持科学,2008,6(4):121-128. (RAO Liangyi, CUI Jianguo. Research advances on the eco-hydrological functions of riparian buffer[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(4): 121-128. (in Chinese))
- [6] 夏继红,鞠蕾,林俊强,等. 河岸带适宜宽度要求与确定方法[J]. 河海大学学报(自然科学版),2013,41(3):229-234. (XIA Jihong, JU Lei, LIN Junqiang, et al. Requirements for suitable width of riparian zone and determination methods [J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2013, 41(3):229-234. (in Chinese))
- [7] WENGER S. A review of the scientific literature on riparian buffer width, extent and vegetation[M]. Georgia: University of Georgia Press, 1999.
- [8] FRY J, STEINE R F R, GREEN D M. Riparian evaluation and site assessment in Arizona[J]. Landscape and Urban Planning, 1994, 28(2): 179-199.
- [9] 孙金伟,许文盛. 河岸植被缓冲带生态功能及其过滤机理的研究进展[J]. 长江科学院院报,2017,34(3):40-44. (SUN Jinwei, XU Wensheng. Research advances in ecological functions and filtration mechanism of riparian buffer[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2017, 34(3): 40-44. (in Chinese))
- [10] CRJC. Buffer for Agriculture[EB/OL]. [2006-12-10]. <http://www.crjc.org/buffers>.
- [11] 黄沈发,唐浩,鄢忠纯,等. 3种草皮缓冲带对农田径流污染物的净化效果及其最佳宽度研究[J]. 环境污染与防治,2009,31(6):53-57. (HUANG Shenfa, TANG Hao, YAN Zhongchun, et al. Study on purification effect and optimum width of three types of sward riparian buffer zone for runoff clarification and nutrient removal[J]. Environmental Pollution and Control, 2009, 31(6): 53-57. (in Chinese))
- [12] SWIFT L W. Filter strip widths for forest roads in the Southern Appalachians[J]. Southern Journal of Applied Forestry, 1986, 10(1): 27-34.
- [13] 董凤丽. 上海市农业面源污染控制的滨岸缓冲带体系初步研究[D]. 上海:上海师范大学,2004.
- [14] 周丽丽,殷培红,耿润哲,等. 河岸缓冲带划定及影响因素研究进展[J]. 环境污染与防治,2020,42(8):1044-1048. (ZHOU Lili, YIN Peihong, GENG Runzhe, et al. A review: riparian buffer zone delineation and the key factor[J]. Environmental Pollution and Control, 2020, 42(8): 1044-1048. (in Chinese))
- [15] 诸葛亦斯,刘德富,黄钰铃. 生态河流缓冲带构建技术初探[J]. 水资源与水工程学报,2006,17(2):63-67. (ZHUGE Yisi, LIU Defu, HUANG Yuling. Primarily discussion on structuring technology of buffer zone in eco-stream[J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2006, 17(2): 63-67. (in Chinese))
- [16] SWIFT D W, NORTON R L. Measures for protecting upland water quality: assessment of forestry buffer strips[R]. Edinburgh: Scotland Northern Ireland Forum for Environmental Research (SNIFFER), 1993.
- [17] MANKIN K R, NGANDU D M, BARDEN C J, et al. Grass-shrub riparian buffer removal of sediment, phosphorus and nitrogen from simulated runoff[J]. Journal of the American Water Resources Association, 2007, 13(5): 1108-1116.
- [18] DHONDT K, BOECKX K, VERHOEST N E, et al. Assessment of temporal and spatial variation of nitrate removal in riparian zones[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2006, 116(1/2/3): 197-215.
- [19] 王敏,吴建强,黄沈发,等. 不同坡度缓冲带径流污染净化效果及其最佳宽度[J]. 生态学报,2008,28(10):4951-4956. (WANG Min, WU Jianqiang, HUANG Shenfa, et al. Effects of slope and width of riparian buffer strips on runoff purification[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008,28(10): 4951-4956. (in Chinese))

[J]. Hydro-Scienceand Engineering,2017(2):1-9. (in Chinese))

[7] 唐彤芝,刘建,刘培贵,等.多通道负压排水水力夯实技术试验[J]. 河海大学学报(自然科学版),2017,45(4):324-330. (TANG Tongzhi,LIU Jian,LIU Peigui,et al. Experimental study of new technology of multi-channel vacuum drainage dynamic compaction[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences),2017,45(4):324-330. (in Chinese))

[8] 秦网根,蔡正银,关云飞,等.不同地基处理方式下组合式板桩码头结构的受力变形分析[J]. 河海大学学报(自然科学版),2020,48(2):158-162. (QIN Wanggen,CAI Zhengyin,GUAN Yunfei,et al. Forced deformation analysis of combined sheet-pile wharf structure after different foundation treatments[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences),2020,48(2):158-162. (in Chinese))

[9] 张秀勇,王海龙,李杰.碎石桩复合地基在大丽高速公路软土地基处理中的应用[J]. 河海大学学报(自然科学版),2021,49(5):455-459. (ZHANG Xiuyong,WANG Hailong,LI Jie. Application of gravel pile composite foundation in improving soft subgrade of Da-Li Highway[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences),2021,49(5):455-459. (in Chinese))

[10] 应舒,陈平山.真空预压法中塑料排水板弯曲对固结的影响[J]. 岩石力学与工程学报,2011,30(增刊2):3633-3640. (YING Shu,CHEN Pingshan. Effects of bended plastic drainage plates on consolidation caused by vacuum preloading[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2011,30(Sup2):3633-3640. (in Chinese))

[11]王婧,苏林王,李涛.塑料排水板弯曲通水量对比试验研究[J]. 长江科学院院报,2017,34(2):17-22. (WANG Jing,SU Linwang,LI Tao. Comparative study on flow capacity of prefabricated vertical drains in different bending forms[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute,2017,34(2):17-22. (in Chinese))

[12] 高长胜,杨守华,张凌,等.高性能塑料排水板通水性能模型试验研究[R]. 南京:南京水利科学研究院,2014.

[13] 唐彤芝,徐锴,吴月龙,等.大变形吹填土地基排水体不良状态分析与对策研究[J]. 建筑技术开发,2015,42(8):40-45. (TANG Tongzhi, XU Kai, WU Yue-long, et al. Analysis and countermeasures for defective water drainage structure of hydraulically filled foundation with large deformation[J]. Building Technique Development,2015,42(8):40-45. (in Chinese))

[14] 张耀,曹小平,王春芬,等.材料力学[M]. 北京:清华大学出版社,2015.

[15] 李炜.水力计算手册[M]. 2 版. 北京:中国水利水电出版社,2006.

[16] 中交天津港湾工程研究院有限公司. 水运工程塑料排水板应用技术规程:JTS206-1—2009[S]. 北京:人民交通出版社,2009.

(收稿日期:2022-05-24 编辑:胡新宇)

(上接第 24 页)

[20] FENNESSY M S, CRONK J K. The effectiveness and restoration potential of riparian ecotones for the management of non-point source pollution, particularly nitrate[J]. Critical Reviews in Environmental Control, 1997, 27(1): 285-317.

[21] MANDER U, KUUSEMETS V, LOHMUS K. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments [J]. Ecological Engineering, 1997, 8(4): 299-324.

[22] ERMAN D C, NEWBOLD J D, ROBY K B. Evaluation of streamside buffer strip for protecting aquatic organisms [D]. California: University of California-Davis, 1977.

[23] NEWBOLD J D, ERMAN D C, ROBY K B. Effects of logging on macro invertebrates in streams with and without buffer strips [J]. Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 1980, 37(7): 1076-1085.

[24] SPACKMAN S C, HUGHES J W. Assessment of minimum stream corridor width for biological conservation: species richness and distribution along mis-order streams in Vermont, USA[J]. Biological Conservation, 1995, 71(3): 325-332.

[25] MELEASON M A, QUINN J M. Influence of riparian buffer width on air temperature at Whangapoua Forest, Coromandel Peninsula, New Zealand[J]. Forest Ecology & Management, 2004, 191(1/2/3): 365-371.

[26] HAWES E, SMITH M. Riparian buffer zones: functions and recommended widths[R]. Connecticut: Yale School of Forestry and Environmental Studies, 2005.

[27] WENGER S. A review of the scientific literature of riparian buffer width, extent and vegetation[R]. Georgia: Institute of Ecology, University of Georgia, 1999.

[28] PRICE C, LOVETT S, LOVETT J. Managing riparian widths-Fact Sheet 13[R]. Canberra: Land and Water Australia, 2005.

[29] LEE P, SMYTH C, BOUTIN S. Quantitative review of riparian buffer width guidelines from Canada and the United States[J]. Journal of Environmental Management, 2004, 70: 165-180.

[30] 国务院事故调查组. 江苏响水天嘉宜化工有限公司“3·21”特别重大爆炸事故调查报告[EB/OL]. [2019-11-15]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-11/15/content_5452468.htm.

[31] 国务院事故调查组. 天津港“8·12”瑞海公司危险品仓库特别重大火灾爆炸事故调查报告[EB/OL]. [2016-02-05]. http://www.gov.cn/foot/2016-02/05/content_5039788.htm.

(收稿日期:2021-11-22 编辑:刘晓艳)