

DOI: 10.5846/stxb201812052663

俞孔坚,王春连,李迪华,袁弘,李文豪,洪敏.水生生态空间红线概念、划定方法及实证研究.生态学报,2019,39(22): - .

Yu K J, Wang C L, Li D H, Yuan H, Li W H, Hong M. The concept, methodology and a case study in defining the ecological redline for the hydro-ecological space. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(22): - .

水生生态空间红线概念、划定方法及实证研究

俞孔坚^{1,2,3,*}, 王春连^{2,3}, 李迪华^{1,2}, 袁 弘^{2,3}, 李文豪^{2,3}, 洪 敏^{2,3}

1 北京大学建筑与景观设计学院, 北京 100871

2 北京大学景观设计学研究院, 北京 100871

3 北京土人城市规划设计股份有限公司, 北京 100080

摘要:我国面临着多方面、复杂的水生态问题:洪涝、干旱、水质污染、水生生境丧失以及人水关系日益疏远等等。解决这些问题,不能依赖单一目标的灰色工程方法,而必须从维护和保育水生态系统的完整性出发,来系统地解决问题。为此,如何定义一个相对完整的水生态系统的边界、划定维护其安全和健康的底线,即水生生态空间红线,是用生态方法综合解决水问题的基础性工作。本研究提出了以保护水生态系统的综合生态服务为核心的水生生态空间红线概念;提出了以水生生态安全格局构建为基础的水生生态空间红线划定方法和“水生生态问题分析-水生生态过程模拟和评价-水生生态安全等级划分-水生生态安全格局判定-水生生态空间红线的划定”技术流程,分别划定水资源供给保护、水文调节保护、水生生命支持和水文化保护四种类型的水生态保护空间红线,在此基础上,整合为综合的水生生态空间红线,它呈现为对水生生态过程具有关键意义的点、线、面和空间联系所构成的空间格局,并以雁栖湖流域为例进行了实证研究。

关键词:水生生态空间红线;水生态系统;水生生态安全格局;雁栖湖流域

The concept, methodology and a case study in defining the ecological redline for the hydro-ecological space

YU Kongjian^{1,2,3,*}, WANG Chunlian^{2,3}, LI Dihua^{1,2}, YUAN Hong^{2,3}, LI Wenhao^{2,3}, HONG Min^{2,3}

1 College of Architecture and Landscape Architecture, Peking University, Beijing 100871, China

2 The Graduate School of Landscape Architecture, Peking University, Beijing 100871, China

3 Turenscap, Beijing 100080, China

Abstract: China is now facing multiple and interwoven water problems such as flooding, drought, water pollution, aquatic habitat loss and increasingly alienated human-water relationship. The solution to these problems should go beyond the single-minded engineering approach and be sought from bringing integrative hydro-ecosystem service through systematic restoration of its health and protection of its integrity. In such context, defining a relatively complete hydro-ecosystem boundary, as a bottom line for safeguarding its security and health, would lay an essential foundation for solving water issues ecologically, and also has strategic implication for current nation-wide buildup of Sponge City and Sponge National Landscape in the future. This article for the first time raises the concept of “Hydro-ecological Space Red Line”, The article also proposed the red line defining methodology that is derived from hydro-ecological security pattern, specifies its technical procedure of “Hydro-ecological problem analysis-hydro-ecological process modelling and assessment-hydro-ecological security level

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0401105);国家自然科学基金面上项目(51678002);水利部水规总院委托项目;国家自然科学基金(51078004);国家水体污染控制与治理科技重大专项项目(2012ZX07307001-03);环保公益性行业科研专项(201209027)

收稿日期:2018-12-05; **网络出版日期:**2019-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kjiyu@urban.pku.edu.cn

classification-hydro-ecological security pattern identification-hydro-ecological red line drawing", and develops four red line types (for securing water supply, sustaining hydrological regulation function, supporting aquatic wildlife and conserving water cultural services, respectively). An integrative hydro-ecological red line was then formed, represented as a spatial pattern composed of landscape elements including patches, lines and areas as well as their spatial relationships that are critical in supporting hydro-ecological process. Taking Yanqi Lake as an example, an empirical study was carried out.

Key Words: Hydro-Ecological Space Red Line; Hydro-Ecosystem; Hydro-Ecological Security Pattern; Yanqi Lake Basin

水是生态和环境的主导要素,是生态系统结构和功能的重要组成部分,同时也是保障国家可持续发展的战略性资源。中国当前的水资源、水环境问题严峻^[1],并具有综合性特征,表现为水质恶化、水资源短缺、地下水位下降、城市内涝、水生生物多样性减少等^[2]。水生态问题的综合性表明其不仅仅是水体本身的问题,更主要是由于水生态系统的结构和功能遭到破坏,导致生态系统服务下降或丧失。因此解决水问题,需要创新思维,从系统的角度出发,不仅关注水体本身,更重要的是关注整个水生态系统,通过划定红线严格保护与水生态系统相关的水生态空间,进而保护系统的结构和功能,维护关键的生态系统服务^[3-4]。

生态保护红线是2014年1月环保部印发的《国家生态保护红线—生态功能基线划定技术指南》^[5]提出的,水生态保护红线是生态保护红线的核心之一。2017年2月,环境保护部、发展改革委联合印发了《生态保护红线指南》^[6],但该指南中涉水生态保护红线要求不明确,未体现河湖水域和滨水带等涉水部分的生态保护红线划定要求和内容,关于饮用水水源地水源保护、水土保持、水源涵养等类型划分方法有待进一步完善^[7]。水生态保护红线的研究目前处于起步和探索阶段,尚文绣、王忠静等(2016)^[8]提出水生态红线的框架体系和划定方法,将红线分为水量红线、空间红线和水质红线,提出空间红线划定的指标主要从生态需水的空间需求和地貌结构两个方面考虑,是从狭义的水生态系统本身来考虑水生态空间的。王晓红、杨晴、杨建永等^{[7][9-10]}在《水生态保护红线类型和划定技术路径》中提出了水生态空间保护红线的类型包括水域岸线保护、洪水蓄滞、饮用水源保护、水土保持、水源涵养保护等5类,虽然涵盖了主要的水生态空间范围,但缺少从生物多样性保护角度以及水文化保护方面去考虑水生态空间的范围。因此本文在总结已有研究的基础上,基于保护水生态系统完整性角度,提出水生态空间红线的概念、类型、划定方法,以及实证研究。对于加强水生态系统的保护和修复,维护国家水生态安全,实现经济社会发展与资源环境相协调,特别是对“海绵城市”和“海绵国土”^[11-12]的建设,具有重要的理论意义和紧迫的现实意义。

1 水生态空间红线概念及类型

1.1 水生态空间红线概念

已有研究将水生态空间定义为生态-水文过程提供场所、维持水生态系统健康稳定、保障水安全的各类生态空间,包括河流湖泊等水域空间、为涵养水源的陆域空间以及行洪、蓄滞洪等涉及的区域范围,是国土空间的核心构成要素,对其他类型的空间起到重要的支撑和保障作用^[7]。本文在此基础上进一步提出水生态空间是保护水生态系统结构稳定、水生态过程完整以及水生态功能完善,起关键意义的点、线、面和空间联系所构成的空间格局。这一定义是基于景观安全格局概念(Landscape Security Pattern),尤其是生态安全格局(Ecological Security Pattern)^[13-14]概念提出来的。

“红线”一般是指不可逾越的界限。正式用于城市规划,泛指宏观规划用地范围的标志线。近年来,“红线”被原国土资源部、原环保部、水利部、国家林业局等各部门广泛应用,红线是严格管控事物的空间界线,总量、比例或限值。

水生态空间红线是保护水生态空间范围内具有重要生态功能、必须强制性严格保护的区域,是维护国家水生态安全和健康的底线。与已有相关概念的关系如表1。

表 1 水生态空间红线与已有相关概念的关系

Table 1 Relationship between Hydro-Ecological Space Red Line and Related concepts

相关概念 Related concepts	提出时间 Propose time	与水生态空间红线的关系 Relationship of Hydro-Ecological Space Red Line
水生态红线 Hydro-Ecological red line	2016 年,2017 水利部水利水电规划设计总院 ^[8-9]	尚文绣、王忠静等研究表明水生态红线包括水量红线、水质红线、空间红线。即水生态空间红线是水生态红线的主要组成部分。另外水利部水利水电规划设计总院提出的水生态红线等同于水生态空间红线
生态保护红线 Ecological red line	2014 年原环保部提出 ^[5]	水生态空间红线是生态保护红线的核心之一
水资源“三条红线” “Three Red Lines” of Water Resources	2011 年国务院中央 1 号文件中提出 ^[15]	用水总量控制、用水效率控制和水功能区限制纳污的红线,主要从水量和水质方面进行的数量控制,缺乏对水生态系统空间范围的限制
河道蓝线 River blue line	2005 年 11 月住建部提出 ^[16]	它用于保护城市的江、河、湖、库、湿地等地表水体保护和控制的地域界线,但它只在规划区范围内进行了划定,没有被城市规划覆盖的地方就不受蓝线保护。另外河道蓝线主要考虑水域部分,对陆域部分考虑比较少,达不到完整水生态系统保护范围
河长制中涉及到的河湖管理范围 River and Lake Management Scope in governor of River System	2003 年首次提出,2014 年水利部认可	管理权属和职责范围局限于江河湖泊的水体与河道本身,忽视了水作为生态系统核心控制因子的意义和作用,直接导致了水系统的完整性、连续性的破坏

1.2 水生态空间红线的类型

水生态空间红线的保护目标是保护完整的水生态系统,继而提供可持续的生态系统服务,依据千年生态系统评估^{[[17-18]]},将生态系统服务可划分为供给服务、调节服务、生命支持服务和文化服务四大类。水生态空间红线也相应的分为以下四个类型,具体保护目标和空间范围如表 2。将四个类型的水生态空间红线叠加即可形成综合的水生态空间红线。

表 2 不同类型水生态空间红线的保护目标和范围

Table 2 Protective target and range of different types hydro-ecological space red line

红线类型 Red line types	生态功能 Ecological function	主要保护目标 Major protection objectives	空间范围 Space scope
水资源保护红线 Securing water supply	水源供给保护	地表水源地及保护区和地下水保护区	√明确地表水源保护区及其缓冲区边界 √明确地下水适宜补给区以及地下水保护区
	水源涵养	保护关键的水循环过程	√明确水源涵养保护范围
水文调节红线 Sustaining hydrological regulation function	雨洪调蓄	调蓄雨洪旱涝	√明确具有雨洪调蓄能力的水体、湿地、蓄滞洪区等的边界
	雨污净化	保障水体水质	√明确水体周边缓冲区边界,缓冲区宽度满足基本纳污净化需求
	地下水回补	保护地下水位	√明确高适宜下渗区范围
水生命支持红线 Supporting aquatic wildlife	生物多样性维持	保护水域系统及其缓冲区内的生境及相关生态过程的关键地段	√明确以水为核心的关键性生物栖息地保护范围
	水土保持	保护水土保持重要生态功能区,水土流失敏感区植被	√确定水土流失敏感区范围
水文化保护红线 Conserving water culture	文化遗产	保护因水而生的文化遗产以及人的体验过程	√明确遗产点、遗产廊道范围
	游憩	保护因水而生的游憩资源及体验过程	√明确游憩资源点、游憩廊道范围

(1)水资源供给保护红线:主要对地表水和地下水源供给以及水源涵养功能进行保护。水生态系统提供的淡水资源保证了人们生产生活的用水,对地表水和地下水源以及江河源区的冰川、湿地和沼泽以及山林

等具有水源涵养功能的区域划定红线加强保护,是社会经济的可持续发展所必须的资源保障。

(2) 水文调节红线: 主要对雨洪调蓄、水质净化、地下水回补等调节功能的保护。河流廊道、湖泊、沼泽等湿地对河川径流起到重要的调节作用,可以削减洪峰、滞蓄雨水、补充地下水、减少洪涝造成的经济损失;同时其提供的水体维持了良好的污染物质的物理化学代谢环境,提高环境的净化能力。因此需要划定水文调节红线保护河流廊道、湖泊、沼泽等具有调节功能的区域,保证水生态系统在雨洪调蓄、水质净化功能的正常发挥。

(3) 水生命支持红线: 主要包括水土保持和水生物栖息地生境的保护,其对土壤水分循环以及动植物繁衍和生物多样性保护具有重要作用。划定水生命支持红线,防止水土流失,保护了土壤和生物栖息地环境,进而保护了植物、水生生物、两栖类动物以及与水相关(以水域为栖息地、觅食地等)的生物多样性。

(4) 水文化保护红线: 水生态系统还具有历史文化、科普教育、审美启智、娱乐和生态游憩等价值。水文化保护红线主要对水文化遗产点及其遗产廊道、临水的关键风景和游憩资源及地方乡土景观进行保护,从而保护了最珍贵的历史遗产与文化资产,和最美丽的滨水景观。

1.3 水生态空间红线的认识

红线的划定不能仅仅停留在技术层面,而应该结合我国当前社会经济和环境情势,上升到理念、政策层面来理解;同时,又要在实际操作中保障其科学性和可操作性。因此,水生态空间红线既是理念线、政策线,也是科学线和管理线。

理念线: 水生态空间红线是一根“理念线”,在研究、制定和执行这条红线的过程中,使其在行业内外进行一次理念更新,促使人们重新认识和关注水资源、水生态和水环境问题,改变传统的治水观念,提倡以生态文明为指导的“人水和谐”理念。

政策线: 水生态空间红线还是一条政策线、战略线;它对涉及国土空间的各行各业都具有一定的战略指导意义,也表达了国家重视水环境、解决水问题的决心^[19]。

科学线: 水生态系统是复杂的生态系统,必须从科学角度严谨的辨析具体的管控内容和管控方式,水生态空间红线的划定必须要有扎实的理论基础,是科学研究成果的集成,所以它也是一条科学线。

管理线: 水生态空间红线的划定是基于我国社会经济发展的切实国情、同时还对应着相应的社会管理能力和行政管理机构的权属。它必须是真正能管住的和不得不管的底线。盲目的扩大水生态红线的管控范围,使之与相应的管理水平相脱节,只会使得红线流于空谈。因此,水生态空间红线的划定不仅仅是一个边界,更应该包括配套管理体系。

2 水生态空间红线划定方法

2.1 技术流程和框架体系

水生态空间红线是基于水生态系统完整性保护提出的,因此在红线划定时不能仅仅保护水体本身,应该从更广泛的景观尺度或流域尺度去考虑水生态空间范围。景观格局与生态过程及其尺度依赖性研究的核心内容,景观格局是生态过程的载体,生态过程包括众多塑造格局的动因和驱动力,景观格局与生态过程相互作用,驱动着景观的整体动态,并呈现出一定的景观功能特征,这种功能与人类需求相关联,构成人类生命支持系统的核心——生态系统服务^[20-21]。因此红线的划定,首先根据服务功能类型反推维持该服务所需的景观格局和生态过程,然后在依据不同类型水生态问题现状分析、水生态过程模拟和评价的基础上,结合国家已出台的与生态以及水相关的规划和区划成果,明确影响水生态过程的关键控制指标,并根据指标的生态阈值对水生态安全进行等级划分,从而构建出不同安全水平的水生态安全格局(Hydro-ecological security pattern),它是由河流、湖泊、湿地、生物栖息地和其他自然区域共同构成的相互连接的生态网络,用以保障国家水生态安全及水生态系统服务的可持续性。将底线生态安全格局范围(及最低安全标准下的空间格局)作为水生态空间红线划定的基础。同时辅以一定的管控措施,确保水生态空间红线的划定和实施,如图1。

从水生态空间红线划定的技术流程和框架体系中(图2)可以看出,水生态空间红线划定的关键是水生态安全格局的识别,基于生态安全格局判别的一般方法论^[13-14],提出水生态安全格局划定方法如下:

(1)水生态过程中源的确定:通过适宜性分析确定每个水生态过程的源,例如河流、湖泊作为洪水运动过程的源,生物栖息地作为生物活动和物种扩散的源。

(2)水生态过程分析:通过模型模拟各种单一生态过程,通常用阻力面模拟水平运动扩展过程。例如雨洪水运动过程、面源污染扩散过程、生物空间运动过程等。

(3)单一水生态安全格局识别及等级划分:针对单一水生态过程,判别具有关键意义的景观格局,包括源间连接、缓冲区、战略点、辐射道等。通过诸如表征动态过程的阻力面的拐点及指标生态阈值判别安全等级,划分出低、中、高三种不同的安全水平。

(4)综合水生态安全格局:综合叠加各种水生态过程的安全格局,并将低水平(底线)生态安全格局作为红线划定的基础。

(5)水生态红线划定:通过科学方法在低水平生态安全格局范围基础上,结合具体地区的社会、经济等实际情况,进一步确定红线范围。

(6)水生态红线管控:制定相应的管控措施。

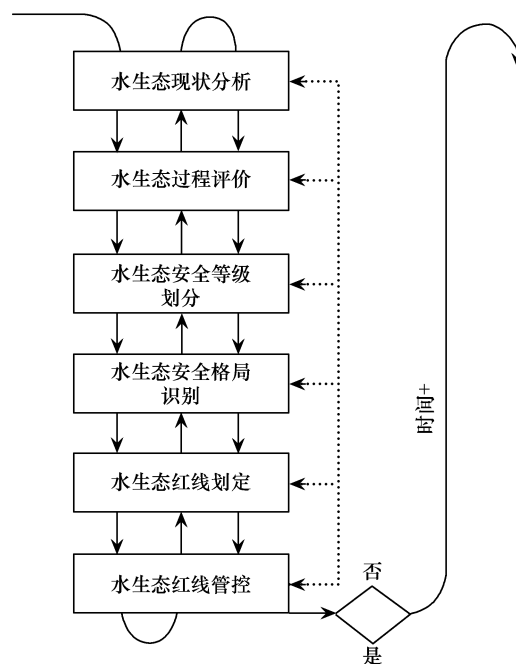


图1 空间红线划定的技术流程

Fig.1 Technological process of delineating spatial redline

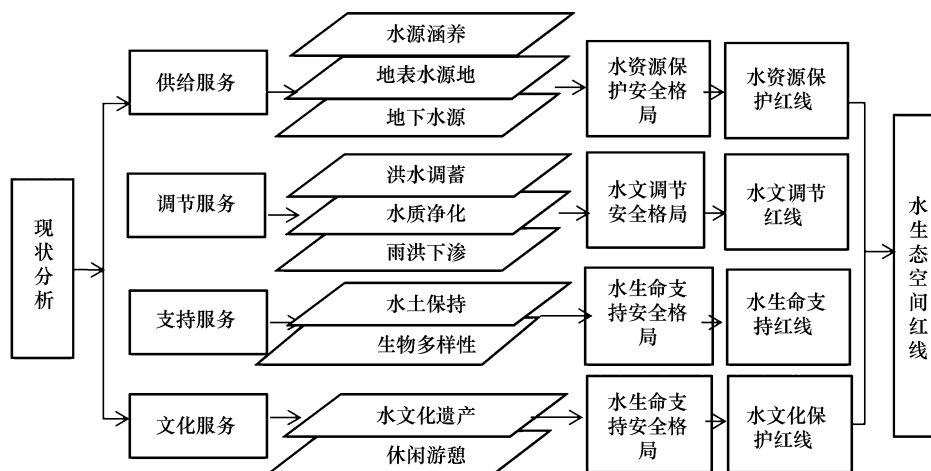


图2 水生态空间红线框架体系

Fig.2 The frame of hydro-ecological space red line

2.2 不同类型水生态空间红线划定方法

(1)水资源保护红线

主要对水源涵养功能以及地表水和地下水源地进行保护。因此流域上游高植被覆盖度区域、以及具有水源涵养功能沼泽、湿地分布区是水源涵养安全格局的重要组成。地表水源和地下水源地保护安全格局判定方法是将主要饮用水源地作为水源保护的“源”,根据水源地所处的小流域等级、自然属性、土地开发利用现状以及社会功能来确定地表水源地缓冲区的范围和保护级别,并与《饮用水水源地保护划分技术规范》^[22]相互

协调。

(2) 水文调节红线

主要对洪水调蓄、水质净化、雨洪下渗功能进行保护。因此,根据地形图和地形高程数据,判别现状具有调蓄洪水功能的区域,包括各级河流、湖泊、水域、坑塘和低洼地,其次根据水文过程模拟,确定径流汇水点作为控制水流的战略点,同时结合历时洪涝灾害分析及国家《全国蓄滞洪区建设与管理规划》^[23]中明确划定的蓄滞洪区、重要湖泊、湿地以及滨河缓冲带范围,划定不同安全水平的洪水调蓄安全格局。利用水质模型模拟非点源污染迁移过程及土地利用类型的非点源污染影响,依据河湖的水环境功能和水质目标来确定缓冲区的范围和保护级别。流域内的汇水区域的土壤类型和土壤质地等水文地质条件的高适宜下渗区,是调节地下位的重要组成,主要依据适宜性评价方法去划定。

(3) 水生命支持红线

主要是对水土保持和生物栖息地的保护。水土保持安全格局根据降水侵蚀力、坡度、土壤质地和植被覆盖度等指标对流域水土流失敏感性进行评价,然后根据不同的敏感度确定水土保持的关键区域,同时协调《全国水土保持规划(2015—2030)》、《全国水土保持区划》^[24-25]。生物多样性保护安全格局的判定主要依据物种水平运动过程的评价方法:首先,通过分析选择以水域及周边环境作为重要栖息地、觅食地等相关的重要濒危珍稀生物作为指示物种;根据物种分布信息明确其分布范围,根据该物种的生态习性,利用植被类型图、土地利用、数字高程等数据分析判别该物种的潜在栖息地分布范围。作为物种保护的源。其次,建立最小阻力面,应用 MCR 最小累计阻力模型模拟研究区指示物种穿越不同土地覆被的过程。根据阻力面识别和构建每一个指示物种的安全格局(包括栖息地的源、廊道和辐射道),不同生物有不同的廊道宽度要求,大量的景观生态学研究已经提供了比较充分的数据来支持其宽度的界定。最后,将几个物种的安全格局叠加整合,判定生物保护安全格局^[26-27]。

(4) 水文化服务红线

包括对水文化遗产和游憩等功能的保护。水文化遗产保护及游憩安全格局判定方法相似,由水文化遗产点及连接它们的线形要素构成,适宜采用水平生态过程评价方法。首先,将各级文物保护单位以及风景名胜等游憩资源点作为文化遗产或游憩安全格局分析的“源”。其次,根据景观阻力面以及各类景观距水文化遗产点或游憩资源点的距离,进行文化遗产或游憩廊道的适宜性分析。最后,整合遗产点和廊道网络体系,构建不同水平的水文化安全格局^[28-30]。

2.3 水生态空间红线落地的原则和标准

(1) 划定的原则

系统性原则:水生态空间红线划定是一项系统工程,应在不同区域范围内,根据保护对象的功能与类型分别划定,通过叠加分析综合形成水生态空间红线。

协调性原则:水生态空间红线划定应与主体功能区规划^[31]、生态功能区划^[32]、土地利用总体规划^[33]、城市蓝线^[16]等区划、规划相协调,共同形成合力,增强生态保护效果。要与经济社会发展需求和当前监管能力相适应,预留适当的发展空间和容量空间,合理确定生态功能红线的面积规模。

强制性原则:水生态空间红线一旦划定,必须实行严格管理。牢固树立生态保护红线的观念,制定和执行严格的环境准入制度与管理措施,做到不越雷池一步,否则就应该受到惩罚。

动态性原则:水生态空间红线划定之后并非永久不变,红线面积可随生态保护能力增强和国土空间优化适当增加。当红线边界和阈值受外界环境的变迁而发生变化时,应当适时进行调整从而确保基本生态功能供给。

(2) 划定标准

底线水生态安全格局作为水生态空间红线划定的基础,其空间辨识标准也就成为生态保护红线划定的核心标准。在具体红线落地过程中,主要包括山体、各类廊道和水体及其缓冲区、以及重要的斑块边界。

1) 河湖缓冲区宽度标准,这类标准线在许多规划中都有提到,但是本研究确定的依据是从河流廊道、湖体具体承载的生态功能出发,结合已有研究和水文模拟结果,确定的缓冲区宽度线,例如,研究已经明确在滨河、滨湖一定宽度范围内能够满足一定比率的 N、P 等污染物的净化,在一定宽度范围内能满足一定的生物栖息需求。

2) 山体保护线标准,山体兼具生物栖息、水源涵养、水土保持等多重功能,但是究竟山体保护线以哪根线为依据并不明确,水生态空间红线的划定是以底线水生态安全格局为基底,辅助参考的是等高线、坡度两个因素来具体划定,最后落线尽量采取明显的地物边界线或者等高线,以方便操作。

3) 相关规划规范明确的一些标准线,尽量与相关规划已划定的一些边界线相结合,作为水生态空间红线落地标准。

4) 地块边界线为核心的斑块线,镶嵌在建设用地中的斑块之所以会被纳入生态安全格局之内除了它在格局中的位置,另一方面取决于该地块本身的土地利用覆被条件(现状还是林地或者农田),所以,这类斑块的生态保护红线落地就以地块边界为依据即可。

(3) 划定技术要点

1) 以底线生态安全格局为基本参考^[34]。

2) 以土地利用现状中的地块为基本单元,边界划定尽量不破坏完整的地块;以地块内水生态安全格局的比例,进行四舍五入。

3) 利用明确的线性标志物为边界(地块边界、道路、挡土墙、高差分界线、等高线等)。

4) 就近面积补偿,如上一斑块在落地时面积减少,则下一斑块可酌情增加面积,尽量实现面积总量平衡。

5) 红线划定与具体的土地利用导则相结合,例如,纳入红线范围内的建设用地是否需要腾退,取决于具体的导则,而不是简单的一刀切。

6) 近期目标与远期目标相结合,红线的划定既要考虑近期的区域发展需求和土地利用现状冲突,也要考虑远期生态保护和社会经济发展目标。

7) 明确红线内各地块的主导功能。

3 实证研究

3.1 研究区概况

雁栖河流域位于怀柔区东北,流域地势西北高东南低,海拔高度最高 1600m,最低 81m。林草覆盖率 90% 左右。流域内主要有雁栖河(干流)和长园河(支流)2 条沟道,由北而南蜿蜒汇入北台上水库(雁栖湖),流域总面积 128.23km²。人口规模较小,主要集中平原区。流域的水资源开发利用已经严重超过了适宜的开发利用程度,各种水环境、水生态问题严峻。研究如何通过划定水生态空间红线保护和修复水生态系统,是雁栖河流域生态健康与安全的重要保证,也是雁栖湖生态示范区建设成败的关键。

3.2 不同水生态过程的生态安全格局识别

水资源保护安全格局识别主要考虑水源涵养和水源地保护等生态过程,首先利用 SPOT 遥感影像数据对在雁栖河流域上游进行归一化植被覆盖度指数计算,根据植被覆盖度指数的高低划分为不同的水源涵养安全水平(图 3)。其次将长园河、雁栖河、北台上水库主要饮用水源地作为水源保护的“源”,根据水源地所处的小流域等级、自然属性、土地开发利用现状以及社会功能以及地表水源保护区规划来确定地表水源地缓冲区的范围和保护级别(图 4)。

水文调节安全格局主要考虑洪水调蓄、地下水回补等生态过程,根据土地利用图和地形高程数据,判别具有调蓄洪水功能的区域,包括各级河流、湖泊、水库、坑塘等。其次,水文过程模拟。根据北京市怀柔区 1980—2010 年多年降雨数据及相关研究,确定了 10 年一遇、50 年一遇、100 年一遇雨洪安全水平。通过 SCS 模型和 GIS 空间分析技术,估算出不同降雨强度下的径流量,通过无源淹没方法,根据径流量算出每个子流域

的淹没区范围。同时结合国家《防洪规划》中明确划定的蓄滞洪区、重要湖泊、湿地以及滨河缓冲带范围,划定不同安全水平的洪水调蓄安全格局(图5)。

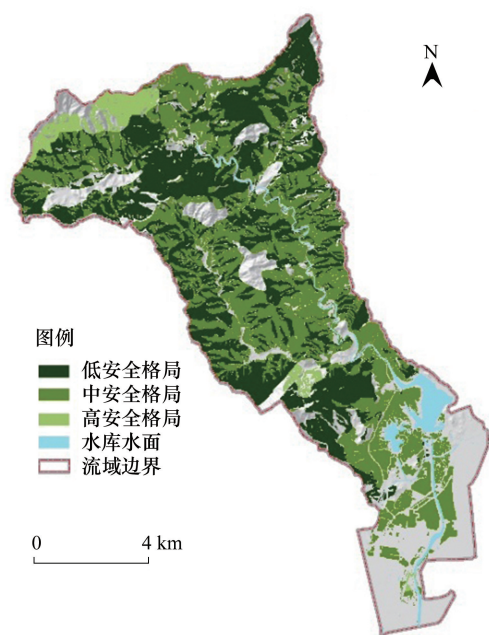


图3 水源涵养安全格局

Fig.3 Water conservation security pattern

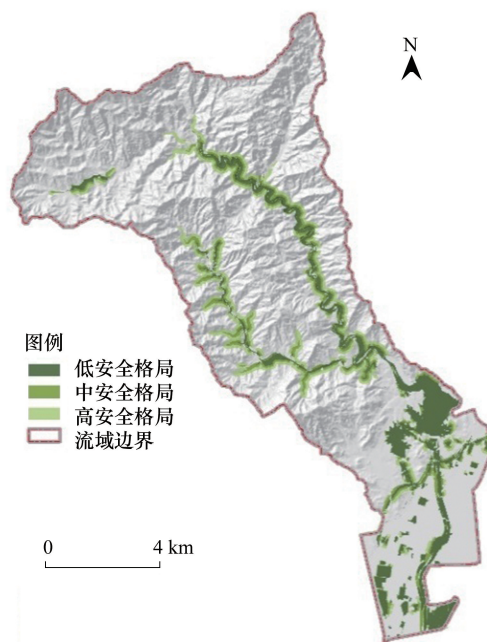


图4 水源地保护安全格局

Fig.4 Water source protection security pattern

水土保持安全格局根据雁栖流域水土流失情况和土地利用状况,参考北京市土壤侵蚀的相关研究获得的数据情况,选取了降水侵蚀力、坡度、土壤质地和植被覆盖度作为评价指标,各指标的分级、赋值和权重由专家打分法获得,对雁栖湖流域水土流失敏感性进行评价,进而确定水土保持安全格局(图6)。

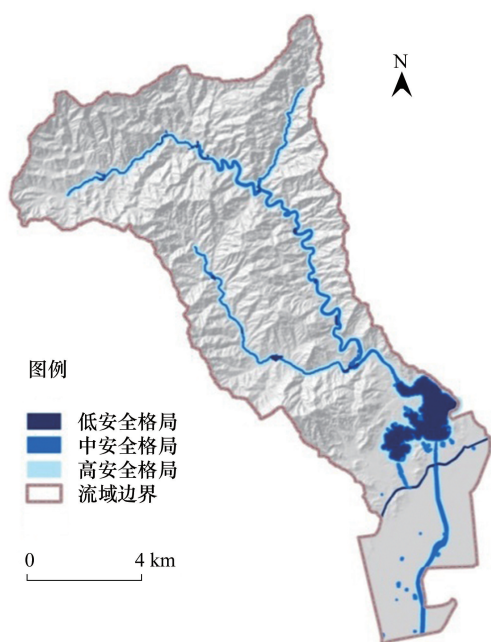


图5 雨洪调蓄安全格局

Fig.5 Stormwater storage security pattern

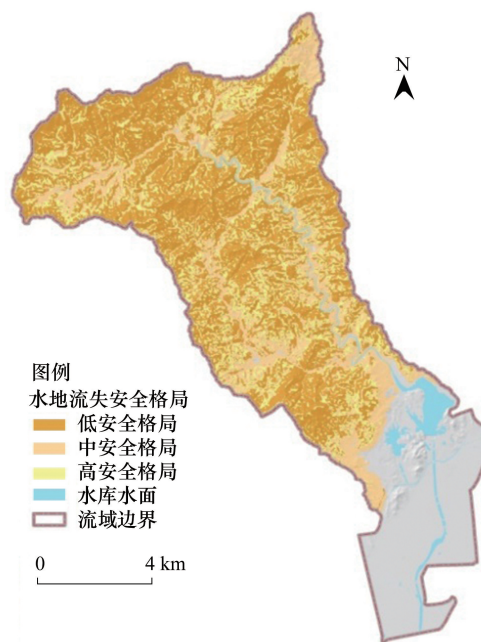


图6 水土保持安全格局

Fig.6 Water and soil conservation security pattern

生物多样性保护安全格局主要考虑以水生态空间为栖息地或觅食地的生物生态过程,主要根据场地调研选择大雁和蟾蜍作为指示物种,根据该物种的生态习性,利用植被类型图、土地利用、数字高程等数据分析判别该物种的潜在栖息地分布范围。作为物种保护的源。其次,建立最小阻力面,应用 MCR 最小累计阻力模型模拟研究区指示物种穿越不同土地覆被的过程。根据阻力面识别和构建每一个指示物种的安全格局(包括栖息地的源、廊道和辐射道)(图 7),最后,将单个物种的安全格局叠加整合,判定生物保护安全格局。

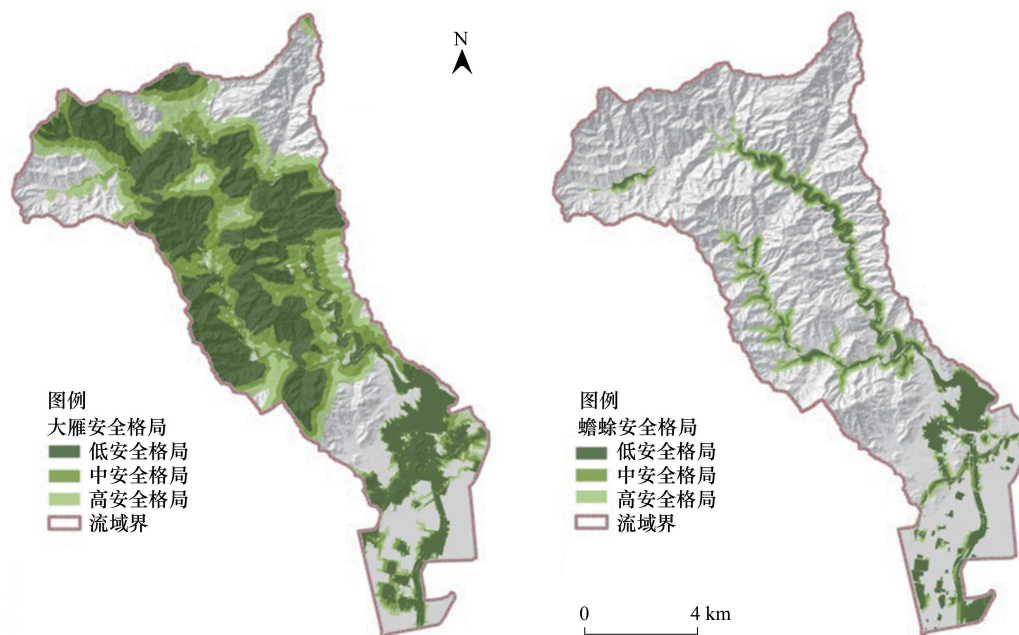


图 7 生物多样性保护安全格局(左:大雁;右:蟾蜍)

Fig.7 Biodiversity security pattern (left: Wild goose; right: Toad)

水文化保护安全格局,雁栖河流域的水文化景观有雁栖湖、民俗村、观音寺、碑、京密引水渠、慕田峪长城等,从中选取具有历史意义的、具有建筑或工程上的重要性、具有生态地理以及水文学重要性的作为水文化景观的源;分析区域内潜在的遗产廊道。雁栖河流域潜在的有助于建立乡土文化遗产廊道主要包括乡村道路、堤顶路、水系等;确定乡土文化景观体验的阻力因子与阻力系数。本研究以面状的土地覆盖类型与线型的道路为阻力因素,去制定相关的阻力系数,并建立最小累计阻力模型,从而确定水文化保护生态安全格局(图 8)。

3.3 综合水生态安全格局和水生态空间红线的划定

基于以上水资源保护、水文调节、水生命支持、水文化保护方面的安全格局,建立综合的水生态安全格局,以上 4 种生态服务在生态安全格局构建时被认为具有同等重要性,被赋予相同的权重,将 4 个安全格局进行叠加,通过析取运算取最大值,最终确立雁栖湖流域水生态安全格局(图 9)。其中底线生态安全格局总面积为 9627.1 公顷,占区域总面积的 74.3%。

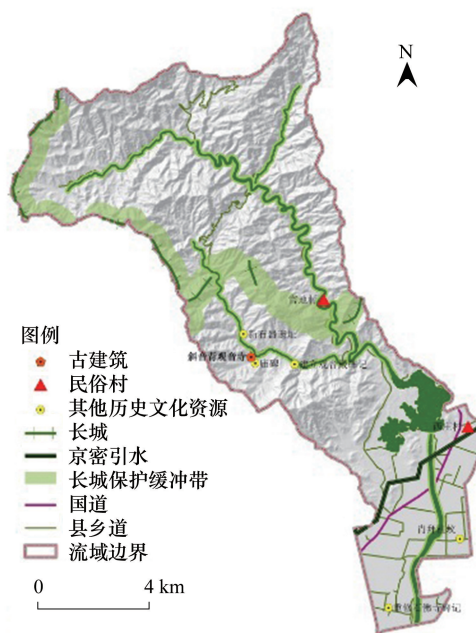


图 8 水文化保护安全格局

Fig.8 Water Culture Protection security pattern

在底线水生态安全格局的基础上,根据前文水生态空间红线落地的原则和方法,确定雁栖河流域水生态空间红线总面积为 10698.9 公顷(图 10),占区域总面积的 83%。主要分布在山区、雁栖湖及其缓冲区、雁栖河及其缓冲区。

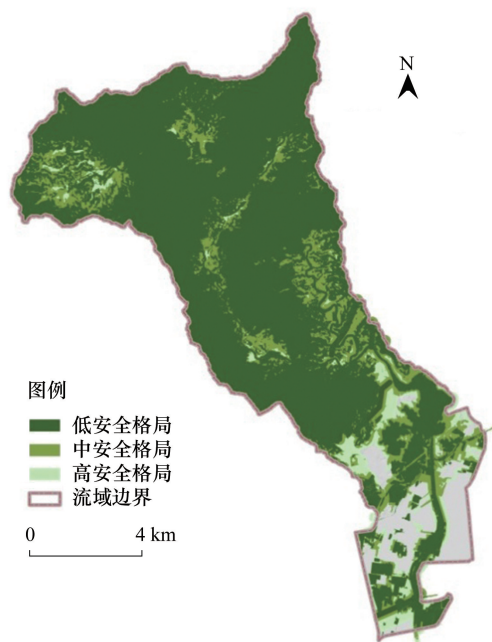


图 9 综合水生态安全格局

Fig.9 Water ecological security pattern

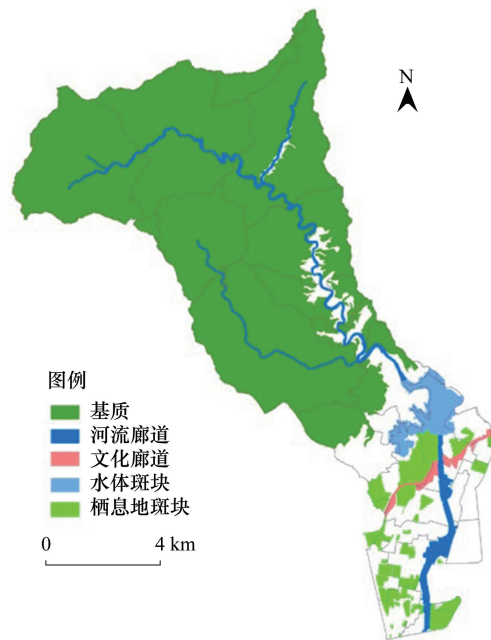


图 10 水生态空间红线范围

Fig.10 Red-line scope of water ecology space

4 结语

本文从全国水生态问题的严重性、已有的水生态保护空间严重不足、现有的生态保护红线不足以维护应有的水生态系统的安全和健康、水务执法部门的确权化界标准等几个方面的问题作为水生态空间红线概念提出的背景,阐明划定水生态空间红线的重要性和必要性;以生态系统服务为核心,以生态安全格局和水生态系统理论为基础提出的水生态空间红线概念,是一种广义的红线,其多目标的综合性突破了传统的部门管辖界线;它以尊重生态系统的完整性和全面的价值观原则,是由对水生态过程起关键意义的点、线、面和空间联系所构成的空间格局。

文中提出了基于“水生态问题分析-水生态过程模拟和评价-水生态安全等级划分-水生态安全格局判定-水生态空间红线的划定”的技术流程和方法体系,从水源涵养、水源地保护、雨洪调蓄、地下水补充、水质净化、水土保持、水生物保护、水文化遗产和游憩等水生态过程分析,结合国家已出台的与水有关的规划、区划,来综合构建水生态安全格局,而不仅仅是对点、线、面单个对象或单个过程的保护。并以雁栖湖流域为例,运用该方法进行了水生态空间红线的划定。水生态空间红线是当前全国范围内轰轰烈烈开展的“海绵城市”建设,以及未来更宏大的“海绵国土”建设的基础。

本文主要研究的是水生态保护的空间红线,对于完整的水生态系统保护来说,还需要一定的数量红线来约束,包括对水量的保护以及对水质的保护。另外,对于水生态保护红线划定工作而言,切实可行的管控措施是非常必要的,国家各部门应有长期的监测和监管,使水生态红线能真正起到保障水生态系统服务功能的持续发挥。

参考文献 (References):

- [1] 王浩.《中国水资源问题及其科学应对》(中国科协第十三次大会上的报告). (2011-09-21). <http://tech.qq.com/a/20110926/000398.htm>.
- [2] 俞孔坚. 美丽中国的水生态基础设施:理论与实践. 鄱阳湖学刊, 2015, (1): 5-18.
- [3] 欧阳志云.中国生态环境现状及趋势剖析.景观设计学,2016,4(05):30-37.
- [4] 李双成.生态系统服务研究思辨.景观设计学,2019,7(01):82-87.
- [5] 中华人民共和国环境保护部.《国家生态保护红线——生态功能基线划定技术指南(试行)》.北京:中华人民共和国环境保护部,2014.
- [6] 中华人民共和国环境保护部,国家发展改革委.生态保护红线划定指南.北京:中华人民共和国环境保护部,国家发展改革委,2017.
- [7] 王晓红,张梦然,史晓新,邱冰,高丽娜,马晓莹.水生态保护红线划定技术方法.中国水利,2017,(16):11-15.
- [8] 尚文绣,王忠静,赵钟楠,邱冰,郑志磊.水生态红线框架体系和划定方法研究.水利学报,2016,47(7):934-941.
- [9] 杨晴,张梦然,赵伟,张建永,王晓红,翟媛.水生态空间功能与管控分类.中国水利,2017,(12):3-7,21-21.
- [10] 张建永,杨晴,王晓红,孙翀,翟媛.水生态保护红线类型与划定技术路径.中国水利,2017,(16):6-10.
- [11] 俞孔坚,李迪华,袁弘,傅微,乔青,王思思.“海绵城市”理论与实践.城市规划,2015,39(6):26-36.
- [12] 俞孔坚.论生态治水:“海绵城市”与“海绵国土”.人民论坛·学术前沿,2016,(21):6-18.
- [13] Yu K J. Security patterns and surface model in landscape ecological planning. Landscape and Urban Planning, 1996, 36(1): 1-17.
- [14] Yu K J. Security Patterns in Landscape Planning with A Case Study in South China. Harvard, MA, USA: Graduate School of Design, Harvard University, 1995.
- [15] 国务院.《关于实行最严格水资源管理制度的意见》.北京:国务院办公厅,2012.
- [16] 中华人民共和国建设部.《城市蓝线管理办法》.北京:中华人民共和国建设部,2005.
- [17] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Washington, DC: Island Press, 2003.
- [18] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Our Human Planet: Summary for Decision-makers. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [19] 俞孔坚.生态安全格局与国土空间开发格局优化.景观设计学,2016,4(05):6-9.
- [20] 苏常红,傅伯杰.景观格局与生态过程的关系及其对生态系统服务的影响.自然杂志,2012,34(5):277-283.
- [21] Pieranunzi, D., Steiner, F. R., & Rieff, S. Advancing Green Infrastructure and Ecosystem Services through the SITES Rating System. Landscape Architecture Frontiers, 2017, 5(1), 22-39.
- [22] 国家环境保护总局. HJ 338—2007 饮用水水源保护区划分技术规范.北京:中国环境科学出版社,2007.
- [23] 中华人民共和国水利部.全国蓄滞洪区建设与管理规划.北京:中华人民共和国水利部,2009.
- [24] 水利部,国家发改委,财政部.全国水土保持规划(2015-2030).北京:水利部,国家发改委,财政部,2015.
- [25] 国务院.全国水土保持区划(试行).北京:国务院,2012.
- [26] 俞孔坚.生物保护的景观生态安全格局.生态学报,1999,19(1):8-15.
- [27] 朱强,俞孔坚,李迪华.景观规划中的生态廊道宽度.生态学报,2005,25(9):2407-2412.
- [28] 俞孔坚,李伟,李迪华,李春波,黄刚,刘海龙.快速城市化地区遗产廊道适宜性分析方法探讨——以台州市为例.地理研究,2005,24(1):69-76.
- [29] 俞孔坚,李迪华,刘海龙,北京大学景观设计学研究院.“反规划”途径.北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [30] 李博,黄梓茜.“反规划”途径:理论、应用与展望.景观设计学,2016,4(05):18-29.
- [31] 国务院.全国主体功能区划(2015-2030).北京:国务院,2015.
- [32] 环境保护部,中国科学院.全国生态功能区划.北京:环境保护部,中国科学院,2008.
- [33] 国务院.《全国土地利用总体规划纲要(2006-2020)》.北京:国务院,2008.
- [34] 俞孔坚,王思思,李迪华,乔青.北京城市扩张的生态底线——基本生态系统服务及其安全格局.城市规划,2010,34(2):19-24.