

DOI: 10.14188/j.ajsh.2022.01.009

## 广西黑水河湿地生物多样性现状与保护对策

乐永宣<sup>1,2</sup>, 韦善豪<sup>2\*</sup>, 史正涛<sup>1</sup>, 李美凤<sup>2</sup>, 黄英兰<sup>2</sup>, 陈雪莲<sup>2</sup>, 孙宝莲<sup>2</sup>

(1. 云南师范大学 地理学部, 云南 昆明 650000;

2. 广西民族师范学院 广西生态环境资源研究中心, 广西 崇左 532200)

**摘要:** 广西黑水河湿地属于珠江水系, 上游河段流经越南, 系国际性河流, 是中国 17 个生物多样性保护的关键地区之一, 属于中越边境生物区, 生态位保护具有跨国意义。2021 年 1 月, 采用路线法对黑水河湿地的生物多样性保护现状进行全流域实地考察, 结果表明: 黑水河湿地的生境类型多样, 不仅汇集了繁多的生物种类, 还孕育着生境交错地带特有的生物类群; 湿地鱼类和鸟类物种多样性水平较高, 湿地生物多样性等级属于一般水平, 具有一定典型性和稀有性; 黑水河湿地生物多样性保护和利用受到水质下降、生态环境污染、生物入侵及资源管理不到位等不利因素的影响, 应该加强流域生境修复, 健全相关法律法规, 建立生物资源数据库, 以湿地公园为依托, 有效管理、合理开发利用湿地生物资源。

**关键词:** 黑水河湿地; 生物多样性; 现状; 保护; 利用

**中图分类号:** K903

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3491(2022)01-0073-11

## Biodiversity status and protection countermeasures of Heishui River wetland in Guangxi

LE Yongxuan<sup>1,2</sup>, WEI Shan hao<sup>2\*</sup>, SHI Zheng tao<sup>1</sup>, LI Mei feng<sup>2</sup>, HUANG Ying lan<sup>2</sup>, CHEN Xue lian<sup>2</sup>, SUN Bao lian<sup>2</sup>

(1. Department of Geography, Yunnan Normal University, Kunming 650000, Yunnan, China;

2. Guangxi Ecological Environment Resources Research Center, Guangxi Normal University for Nationalities, Chongzuo 532200, Guangxi, China)

**Abstract:** The wetland in the Heishui River basin in Guangxi belongs to the Pearl River water system, and its upper reach flows through Vietnam, which is an international river. The ecological niche has the transnational protection significance because it is one of the 17 key areas for biodiversity protection in China, located in the biological area along the border between China and Vietnam. The whole basin field investigation of the wetland biodiversity protection current situation was carried out by route method in January 2021. The results show that there are various types of wetland habitats in the Heishui River basin, which not only gathers a wide variety of organisms, but also breeds biological groups unique for the habitat staggered areas. Wetland fish and bird species diversity is observed at higher levels, wetland biodiversity level belongs to the general level, with certain typicality and rarity. The biodiversity protection and utilization are affected by harmful factors such as water quality declining, ecological and environmental pollution, biological invasion and inadequate resource management. We should strengthen the habitat restoration, improve the relevant laws and regulations, establish a biological resources database, and effectively manage and rationally develop and utilize the wetland biological resources

收稿日期: 2021-05-31 修回日期: 2021-08-24 接受日期: 2022-02-21

作者简介: 乐永宣(1999-), 女, 硕士生, 研究方向: 自然地理学研究。E-mail: 1813640136@qq.com

\* 通讯联系人: 韦善豪(1969-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 地理科学与区域开发等研究。E-mail: weishanhao@163.com

基金项目: 广西壮族自治区 2020 年国家级大学生创新创业训练计划项目(202010604032); 广西黑水河湿地资源保护与开发利用研究; 广西自然科学基金面上项目(2016GXNSFAA380136); 广西民族师范学院国家基金培育项目(2020GP007)

引用格式: 乐永宣, 韦善豪, 史正涛, 等. 广西黑水河湿地生物多样性现状与保护对策[J]. 生物资源, 2022, 44(1): 73-83.

Le Y X, Wwei S H, Shi Z T, et al. Biodiversity status and protection countermeasures of Heishui River wetland in Guangxi [J]. Biotic Resources, 2022, 44(1): 73-83.

based on wetland parks.

**Key words:** Heishui River wetland; biodiversity; current situation; conservation; utilization

## 0 引言

湿地是指天然或人工、长久或暂时的沼泽地、湿原、泥炭地或水域地带,河流湿地是流域内的各种补给水源及其周边过湿土壤所形成的各种湿地的总称<sup>[1]</sup>,在维护流域的水量平衡、生态保护和调节区域气候<sup>[2]</sup>等方面发挥极其重要的作用。湿地位于人类最重要的资源和生存空间,即水-陆生态系统交汇作用的过渡地带<sup>[3]</sup>。湿地内受边缘效应中正效应的影响,生存环境更为复杂,孕育着过渡地带特有的物种,因此流域湿地内生物多样性较丰富,湿地生物资源的保护与利用研究更具独特的科学价值。

湿地生物资源是湿地资源的重要组成部分,主要包括湿地植物,野生动物(如鱼类、鸟类等)和微生物等。湿地生物资源多样性与人类生产生活和社会发展息息相关<sup>[4]</sup>。我国流域尺度的湿地生物资源研究主要集中在黄河流域、长江流域、青海湖流域和松花江流域,而珠江流域湿地相关研究较少,特别是对在珠江上游的河流湿地<sup>[5]</sup>,研究更少。

黑水河属于珠江上游水系,发源于广西靖西市,是一条国际性河流。河流呈西北-东南走向,水质较好、水量充沛,水生生态系统较为完整<sup>[6]</sup>,生物资源丰富多样。黑水河湿地生态系统的健康关乎珠江上游和桂西南边境地区城镇的发展,但近年受区域自然因素和旅游开发等人为因素的共同影响,黑水河湿地生物资源受到了一定威胁,如物种数量减少、湿地环境受到污染等。湿地与流域内江河、湖泊相互作用,通过湿地生态廊道,不同湿地斑块可以连接成更大的湿地生态系统<sup>[7]</sup>,而当地科研基础薄弱,积累的相关生物本底调查数据较少,且上游与下游缺乏湿地生物资源基础信息交流,针对黑水河流域内湿地生物多样性评价的研究尚为空白,为促进对黑水河流域湿地生物资源的科学保护与管理,亟需从流域尺度上对黑水河流域湿地内的生物资源及其多样性进行统计分析。本研究于2021年1月开展流域尺度的考察,首次揭示了广西黑水河流域湿地生物多样性现状及保护与管理中存在的问题,并提出相关保护对策,对促进湿地生物资源多样性保护具有重要的理论与现实意义。

## 1 研究区概况

### 1.1 地理位置

黑水河位于广西壮族自治区西南部,属于珠江

水系-西江支流-郁江支流-左江的支流。发源于广西靖西市新靖镇环河村渔翁撒网东侧石山脚下的大龙潭(23.14'76.70"N,106.41'84.58"E),向东南流经靖西市岳圩镇西流进入越南、从大新县硕龙镇德天村东流回到中国境内,途经广西大新县、龙州县、江州区,于龙州县响水镇驮怀屯汇入左江(22.39'54.41"N,107.16'57.89"E)。其部分河段是中国与越南的界河,是中越边境地区重要的跨国河流。

### 1.2 自然环境条件

研究区地处桂西南喀斯特地区,地势西北高,东南低。山峰海拔高度在500~700 m,相对高度100~300 m<sup>[8]</sup>。区域内发育有多条断裂带<sup>[9]</sup>,裂隙发育,因而喀斯特地貌广布,是典型的喀斯特河流湿地。

黑水河流域属于亚热带季风气候,常年气温较高,多年平均气温约为20.3℃。该流域年降雨量充沛,年平均降水量为1362 mm,干湿季分明,夏季炎热多雨,春秋易发生不同程度的干旱<sup>[10]</sup>。黑水河流域湿地水源补给的主要支流如图1所示,包括靖西市境内的庞凌河、龙潭河和鹅泉河,大新县境内的归春河、明仕河、下雷河及榄圩河。黑水河流域面积共6025 km<sup>2</sup>(包括越南境内的505 km<sup>2</sup>),河长192 km,多年平均年径流量47.5亿 m<sup>3</sup><sup>[11]</sup>,河道坡降1.32‰,黑水河上游建有广西靖西龙潭国家湿地公园,中游建有广西大新黑水河国家湿地公园。

黑水河流域土壤成土母质多样,土壤类型主要有石灰土、赤红壤、潮土、水稻土和新积土等<sup>[10]</sup>。黑水河流域湿地内主要的植被类型包括常绿季雨林、常绿落叶阔叶混交林、矮林与灌丛等<sup>[7]</sup>。

### 1.3 社会经济状况

黑水河流域地跨广西壮族自治区靖西市、大新县、龙州县和江州区等地,干流主要流经靖西市和大新县。靖西市位于广西壮族自治区西部,面积3322 km<sup>2</sup>,现辖11个镇、8个乡,分布有壮族、侗族、布依族和土家族等民族,全市常住人口约48.91万人,壮族人口约47.59万人,占97.3%<sup>[12]</sup>,是全国典型的壮族人口聚居地。靖西市水资源丰富,矿产资源以铝土、硫和锰矿为主;旅游资源包括自然田园风光、民族风情、军事遗游、名胜古迹等,是边境旅游和生态旅游的理想胜地。

大新县属于广西壮族自治区崇左市管辖,南毗越南,是中国通往越南及东南亚各国的陆路大通道

之一。县域面积 2 755 km<sup>2</sup>, 现辖 5 个镇、9 个乡及 1 个华侨农场, 截至 2020 年, 境内居住着壮族、瑶族、苗族、水族等少数民族, 全县常住人口约 28.25 万人<sup>[13]</sup>。大新县水能资源较为丰富, 矿产以锰矿为代表, 有“中国锰都”之称, 还是全国六大龙眼基地之一, 全域生态旅游发展迅速。蔗糖、矿产、水果和旅游是大新县的四大支柱产业。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

本研究采用的 DEM 数据源于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn>), 即原始分辨率为 30 m 的 ASTER GDEM 高程数据; 湿地生物资源数据主要参考大新黑水河国家湿地公园和靖西龙潭湿地公园管理局提供的生物资源本底数据<sup>[11,14]</sup>、《大新县志》<sup>[9]</sup>《靖西县志》<sup>[10]</sup>以及当地近三年的统计年鉴。通过实地调研和采样分析, 对黑水河流域湿地生境类型、重要水域的湿地水质基本情况和湿地资源保护和开发利用实际现状进行了解。

### 2.2 研究方法

本研究主要采用野外调查、统计分析和指数模型法。基于黑水河流域基础资料, 利用 ArcGIS 10.4 软件和 ENVI 5.3 软件提取流域信息和重要河流湿地分布信息。借鉴《全国湿地资源调查与监测

技术规程(试行)(林湿发[2008]265号)》<sup>[15]</sup>湿地调查方法与内容, 2021 年 1 月采用路线法, 自上游向下游进行实地考察, 考察采样点分布如图 1 所示, 采用 DZB-718L 便携式多参数水文分析仪对水体 pH 值, 水温, 溶解氧含量, 电极电导率进行监测。

根据现有湿地生物本底资料, 对流域内湿地生物资源现状进行统计分析; 采用鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数(genus-family index)方法<sup>[16]</sup>和广西重点调查湿地的生物多样性评价指标体系(百分制), 对黑水河流域湿地生物多样性进行评价; 结合历年水文监测数据<sup>[17]</sup>、现场采样水质检测结果和周边大气污染排放情况, 初步分析了黑水河流域湿地生物多样性的影响因素。

## 3 流域湿地的生物多样性现状

### 3.1 湿地生境现状

#### 3.1.1 湿地生境多样性

经实地调查得知, 黑水河流域湿地是典型的原始内陆湿地和喀斯特地貌永久性河流湿地, 湿地生境类型丰富多样。黑水河流域湿地主要类型如表 1 所示, 流域内有河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和人工湿地 4 个湿地类, 包括永久性河流湿地、洪泛平原湿地、喀斯特溶洞湿地、永久性淡水湖、灌丛沼泽湿地和库塘 6 种湿地型。

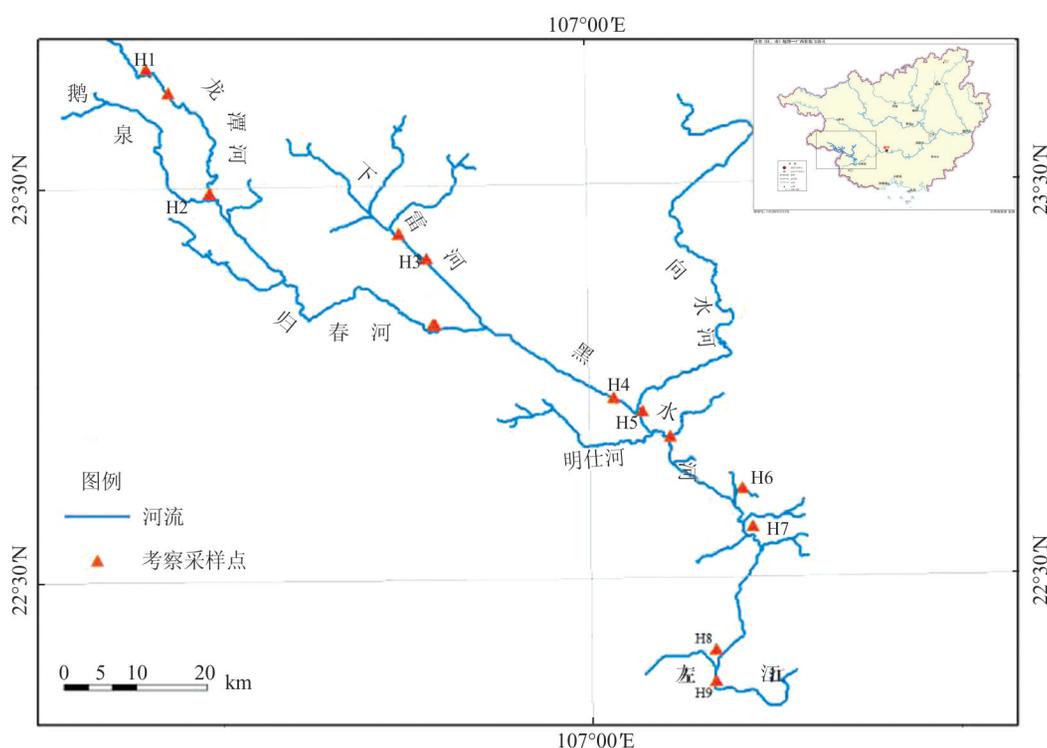


图 1 黑水河流域考察采样点分布图

Fig. 1 Distribution diagram of investigation and sampling points in Heishui River basin

表1 黑水河湿地生境类型与分布  
Table 1 Habitat types and distribution of wetlands in Heishui River

湿地类	湿地型	分布地区	国家级湿地面积/hm <sup>2</sup>
河流湿地	永久性河流	全河段	359.81
	洪泛平原湿地	安平村、上利村	14.03
	喀斯特溶洞湿地	靖西市	1.57
湖泊湿地	永久性淡水湖	新靖镇	10.13
沼泽湿地	灌丛沼泽	上利村、安平村及格强 电站至弄在屯河岸两侧	82.06
人工湿地	库塘	靖西市	42.94

3.1.2 湿地水环境受威胁现状

黑水河湿地水源补给包括地下水、地表径流和大气降水,黑水河落差小、水体流动缓慢,如表2所示,湿地水体呈弱碱性,水体透明度高,水温较稳定。实地调查发现,当地居民在龙潭水库附近洗衣服、游泳等,直接将含磷洗衣粉、洗洁精等排入湿地水体,不利于鱼类和水生植物生存。现场测得靖西市龙潭河与鹅泉河交汇处溶解氧含量低至3.03 mg/L,水体有明显臭味,威胁着湿生植物和鱼类的生存。

根据崇左市生态环境局公布的历年水文监测数据发现<sup>[17]</sup>,黑水河流域湿地主要的水体污染物包括氨氮、挥发酚、锰、动植物油及生化需氧量超标等,使得湿地动植物赖以生存的水环境受到污染。冬春季(10月至次年4月)降水相对较少,黑水河进入汛后枯水期,又正值甘蔗榨季主生产期,工农业需水量增多,枯水期用水紧缺;河流上游来水量少,河流纳污能力降低,工业排污河段水质下降明显。根据大新县中心水文站历年水质监测资料显示,下雷河附近水质污染较严重,2015~2020年下雷河弄欣断面均有监测到氨氮含量和五日生化需氧量不同程度地超标。其中,2020年2月弄欣断面氨氮超标2.38倍<sup>[17]</sup>,2019年7月下雷河巷口断面锰含量超标17.6倍,五日生化需氧量超标0.17倍,交屯断面五日生

化需氧量超标0.3倍。此外,畜禽养殖业和水产养殖业也会增加水体化学需氧量。

3.2 湿地生物资源多样性

黑水河流域湿地地处桂西南喀斯特地区,是中国17个生物多样性保护的关键地区之一,流域内山岭河谷交错,相对高差较大,是重要生物迁徙交流通道;还属于中越边境生物区,生态位具有跨国保护意义。该流域湿地不仅汇集了繁多的生物种类,还孕育了生境交错地带特有生物类群,是一个具有国际意义的生物多样性关键地区。根据流域内各湿地公园提供的生物资源本底调查(2018—2019年版)资料<sup>[11,14]</sup>,结合湿地公园公示和宣传栏资料,统计整理出黑水河湿地的生物资源多样性现状。根据统计出的广西黑水河流域鸟类和鱼类名录,采用鸟兽物种多样性测度的G-F指数方法<sup>[16]</sup>计算该流域湿地的鱼类和鸟类物种多样性指数,最后参考广西重点调查湿地的生物多样性评价指标体系<sup>[18]</sup>对黑水河流域湿地生物多样性进行综合评价。

3.2.1 植被资源

黑水河流域湿地植物区系属于热带-亚热带,具有较为明显的亚热带区系向热带区系过渡的特点,是我国热带北缘岩溶森林生态系统的典型代表<sup>[19]</sup>,具有生态系统多样性的特点。湿地上游地下河涌出

表2 黑水河流域湿地部分采样点水质情况(2021年1月)  
Table 2 Water quality at some sampling points of wetland in Heishui River Basin (January 2021)

编号	采样点	地理位置	pH	温度/°C	溶解氧/mg·L <sup>-1</sup>	电极电导率/μs·cm <sup>-1</sup>
H1	大龙潭水库	23.14N, 106.41E	7.920	16.4	8.65	645
H2	龙潭-鹅泉河	23.12N, 106.42E	7.510	17.5	3.03	809
H3	甫厚屯	22.88N, 106.80E	7.525	18.7	6.86	808
H4	安平渡口	22.72N, 107.04E	7.839	17.1	7.81	554
H5	格强大坝	22.70N, 107.06E	7.815	16.5	8.61	622
H6	武能河	22.66N, 107.10E	7.639	21.2	6.48	402
H7	榄圩河	22.57N, 107.21E	8.006	21.5	6.86	380
H8	那渡	22.40N, 107.18E	7.910	22.1	7.15	387
H9	驮怀屯	22.39N, 107.16E	8.131	21.5	6.26	404

形成大龙潭水库,地表径流形成龙潭河,构成了典型的桂西南“森林-湖(库)-河流-地下河”复合生态系统,湿地中下游是以河流湿地特征为主的“湿地-森林”复合生态系统。

根据植被型组-植被型-群系分类系统,黑水河湿地植被类型被划分为4个植被型组,10个植被型,31个群系(见表3)。截至2019年,已知维管束植物525种,其中国家Ⅱ级重点保护植物9种,如蚬木(*Excentrodendron hsienmu*)、广西火桐(*Erythropsis kwangsiensis*)和金毛狗蕨(*Cibotium barometz*)等<sup>[11,14]</sup>。湿地植物主要划分为挺水植物群落、浮水植物群落和沉水植物群落。黑水河湿地常见挺水植物有菰(*Zizania latifolia*)、香蒲(*Typha orientalis*)、芦苇(*Phragmites australis*)、菖蒲(*Acorus calamus*)、慈菇(*Sagittaria trifolia*)等;常见浮水植物有凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)、满江红(*Azolla imbricata*)、菱(*Trapa natans*)、马兰(*Kalimeris indica*)等<sup>[11]</sup>。沉水植物对水体、河道具有净化作用<sup>[20]</sup>,常见沉水植物如金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、苦草(*Vallisneria natans*)及靖西海菜花(*Ottelia acuminata*)等<sup>[19]</sup>,靖西海菜花是海菜花的变种,对水质要求较高,具有水质指示意义,是广西特有沉水植物。

黑水河湿地的植被资源按开发方式主要包括防风固堤植物、降污植物、绿肥植物、食用植物、药用植物、饲用植物及观赏植物等。湿地周边常见植物有圆叶节节菜(*Rotala rotundifolia*)、樟(*Cinnamomum camphora*)、枫杨(*Pterocarya stenoptera*)、腺柳(*Salix chaenomeloides*)和台湾泡桐(*Paulownia kawakamii* Ito)等;国家级珍稀植物如蛇足石杉(*Huperzia serrata*)、马尾杉(*Phlegmariurus phlegmaria*)、龙眼(*Dimocarpus longans*)等。

### 3.2.2 动物资源

根据流域内各湿地公园提供的生物资源本底调查报告(2018—2019年版)<sup>[11,14]</sup>,黑水河湿地已知野生动物有鱼类、鸟类、哺乳动物、底栖动物、两栖动物、爬行动物共366种。根据国家林业和草原局2021年4月颁布的《国家重点保护野生动物名录》<sup>[21]</sup>,有国家重点保护野生动物36种,其中,国家Ⅰ级重点保护动物2种,即黑叶猴(*Trachypithecus francoisi*)与中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*),国家Ⅱ级重点保护野生动物34种,超过28种动物被列入2019年发布的《濒危野生动植物种国际贸易公约》(the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES)附录Ⅱ中。

(1)鱼类。黑水河流域湿地鱼类多样性指数相对较高,目前已知鱼类有85种,分属于7目31科(含亚科)67属<sup>[11,14]</sup>。黑水河湿地鱼类基本情况如表4所示,以鲤形目种类最多,其数量占到鱼类种数的69.42%;其次是鲈形目和鲇形目,分别占总数的15.3%和10.6%。

通过整理分析流域内湿地鱼类名录<sup>[11,14]</sup>,结果显示流域内常见鱼类有桂华鲮(*Sinilabeo decorus decorus*)、倒刺鲃(*Spinibarbus denticulatus*)、子陵吻鰕虎鱼(*Rhinogobius giurinus*)、越南鲇(*Silurus cochinchinensis*)、鳊(*Siniperca chuatsi*)、棒花鱼(*Abbottina rivularis*)、中国斗鱼(*Macropodus opercularis*)等,其中桂华鲮是黑水河湿地标志性鱼类。湿地鱼类特有种分布区域较小,有靖西金线鲃(*Sinocyclocheilus*)和斑鳢(*Mystus guttatus*)等2种国家Ⅱ级保护鱼类。靖西金线鲃是广西黑水河湿地特有濒危洞穴鱼类,倒刺鲃、小口白甲鱼(*Onychostoma lini*)、靖西云南鳅(*Yunnanilus jinxiensis*)、长沟泉水鱼(*Pseudogyrinocheilus longisulcus*)、巴门平唇鲮(*Cophecheilus bamen*)等11种属于广西特有鱼类<sup>[20]</sup>。

(2)鸟类。黑水河流域已知湿地鸟类178种<sup>[11,14]</sup>,隶属于15目47科114属。以雀形目(Passeriformes)、雁形目(Anseriformes)、隼形目(Falconiformes)、鸱形目(Cuculiformes)、鸱形目(Ciconiformes)最为常见,其中雀形目的物种数量最多,占黑水河湿地鸟类种数的58.4%,多达104种。鹤形目(Gruiformes)、鸡形目(Galliformes)、鸽形目(Columbiformes)、鸮形目(Tytonidae)和鸢形目(Piciformes)次之,鸱鸢目(Gaviiformes)、夜鹰目(Caprimulgiformes)、戴胜目(Uppuiformes)、佛法僧目(Coraciiformes)与鸨形目(Charadriiformes)种数所占比例较少。

黑水河流域鸟类多样性较丰富,区系结构复杂,按居留类型划分,以留鸟、夏候鸟和冬候鸟为主;也有少量的旅鸟,如斑胁田鸡(*Porzana paykullii*)和泽鹧(*Tringa stagnatilis*)。常见鸟类有黑冠鵙(*Gorsachius melanolophus*)、白鹭(*Egretta garzetta*)、牛背鹭(*Bubulcus ibis*)、长尾缝叶莺(*Orthotomus sutorius*)、红隼(*Falco tinnunculus*)等。黑水河湿地已知国家重点保护鸟类27种,其中国家Ⅰ级保护鸟类1种,即中华秋沙鸭;有国家Ⅱ级保护动物26种,如小鸊鷉(*Podiceps ruficollis*)、小鸬鹚(*Centropus bengalensis*)、褐翅鸬鹚(*Centropus sinensis*)、凤头鹰(*Accipiter trivirgatus*)、赤腹鹰(*Accipiter soloensis*)、雀鹰(*Accipiter nisus*)、灰背隼(*Falco columbarius*)、燕隼(*Falco sub-*

表3 广西黑水河湿地植被分类系统  
Table 3 Wetland vegetation classification system of the Heishui River in Guangxi

植被型组	植被型	群系组	
阔叶林湿地 植被型组	落叶阔叶林湿地植被型	(1) 枫杨群系(Form. <i>Pterocarya stenoptera</i> )	
	常绿阔叶林湿地植被型	(2) 樟群系(Form. <i>Cinnamomum camphora</i> )	
草丛湿地 植被型组	莎草型湿地植被型	(3) 水莎草群系(Form. <i>Juncellus serotinus</i> )	
		(4) 水毛花群系(Form. <i>Scirpus triangulatus</i> )	
		(5) 李氏禾群系(Form. <i>Leersia hexandra</i> )	
	禾草型湿地植被型	(6) 菰群系(Form. <i>Zizania latifolia</i> )	
		(7) 芦苇群系(Form. <i>Phragmites australis</i> )	
		(8) 铺地黍群系(Form. <i>Panicum repens</i> )	
	杂类草湿地植被型	(9) 水蔗草群系(Form. <i>Apluda mutica</i> )	
		(10) 菖蒲群系(Form. <i>Acorus calamus</i> )	
		(11) 慈菇群系(Form. <i>Sagittaria trifolia var. sinensis</i> )	
		(12) 水蓼衣群系(Form. <i>Hygrophila salicifolia</i> )	
		(13) 过江藤群系(Form. <i>Phyla nodiflora</i> )	
	灌丛湿地 植被型组	落叶阔叶灌丛湿地植被型	(14) 圆叶节节菜群系(Form. <i>Rotala rotundi folia</i> )
			(15) 鸭跖草群系(Form. <i>Commelina communis</i> )
		常绿阔叶灌丛湿地植被型	(16) 细叶水团花群系(Form. <i>Adina rubella</i> )
			(17) 野牡丹群系(Form. <i>Melastoma candidum</i> )
浮叶湿地植被型		(18) 菱群系(Form. <i>Trapa bispinosa Roxb</i> )	
		(19) 凤眼莲群系(Form. <i>Eichhornia crassipes</i> )	
		(20) 槐叶苹群系(Form. <i>Salvinia natans</i> )	
漂浮植物湿地植被型		(21) 水鳖群系(Form. <i>Hydroch aris dubia</i> )	
		(22) 满江红群系(Form. <i>Azolla imbricata</i> )	
		(23) 大藻群系(Form. <i>Pistia stratiotes</i> )	
浅水植物湿地 植被型组		沉水植物湿地植被型	(24) 狐尾藻群系(Form. <i>Myriophyllum verticillatum</i> )
			(25) 金鱼藻群系(Form. <i>Ceratophyllum demersum</i> )
			(26) 石龙尾群系(Form. <i>Limnophila sessiliflora</i> )
			(27) 靖西海菜花群系(Form. <i>Ottelia acuminata var. jingxiensis</i> )
			(28) 苦草群系(Form. <i>Vallisneria natans</i> )
			(29) 菹草群系(Form. <i>Potamogeton crispus</i> )
			(30) 黑藻群系(Form. <i>Halophial verticillatta</i> )
		(31) 竹叶眼子菜群系(Form. <i>Potamogeton malaianus</i> )	

表4 黑水河湿地鱼类种类概况  
Table 4 The types of wetland fish in Heishui River

目名	科数(含亚科)	种数	比例/%
鳗鲡目(Anguilliformes)	1	1	1.17
脂鲤目(Characiformes)	1	1	1.17
鲤形目(Cypriniformes)	16(含12亚科)	59	69.42
鲇形目(Siluriformes)	4	9	10.6
鲮形目(Cyprinodontiformes)	1	1	1.17
合鳃鱼目(Synbranchiformes)	1	1	1.17
鲈形目(Perciformes)	7	13	15.3
合计	31	85	100

buteo)、领角鸮(*Otus bakkamoena*)等。此外,有20种鸟类是广西重点保护的湿地鸟类,如大山雀(*Parus*

major)、凤头鸚(*Melophus lathamii*)、三宝鸟(*Eurystomus orientalis*)和戴胜(*Upupa epops*)等。

(3)两栖、爬行、底栖动物。湿地两栖类动物已知1目6科13种,主要是无尾目(Salientia)的蛙科(Ranidae)、蟾蜍科(Bufonidae)与姬蛙科(Microhylidae)等;爬行动物共3目11科37种;底栖动物2门4类21种,常见有中华小长臂虾(*Palaemonetes sinensis*)、溪蟹(Potamidae)、河蚌(*Corbicula fluminea*)、钉螺(*Oncomelania hupensis Gredler*)等。流域湿地两栖爬行类受到威胁的物种<sup>[11,14]</sup>如表5所示,有5种国家II级保护动物,如虎纹蛙(*Hoplobatrachus chinensis*)、大壁虎(*Gekko gekko*)等,大壁虎(俗称蛤蚧)近年来由于过度捕捉,现存数量剧减;有9种湿地两

栖爬行动物被列入2019年发布的CITES附录II。地龟(*Geoemyda spengleri*)和山瑞鳖(*Palea steindachneri*)被评定为世界自然保护联盟(International Union For Conservation Of Nature, IUCN)濒危珍稀物种。

(4)哺乳类黑水河湿地有哺乳纲6目14科31种<sup>[11,14]</sup>,以啮齿目(Rodentia)和翼手目(Chiroptera)为主,其中灵长目(Primates)的黑叶猴(*Trachypithecus francoisi*)和猕猴(*Macaca mulatta*)栖息在湿地周边的石山峭壁、疏林岩山上,是黑水河流域湿地重要的珍稀兽类,分别为国家I级(濒危)和II级(易危)保护动物。

黑水河湿地类型和生境类型多样,异质性高,其优质的栖息环境孕育了丰富的动物资源,有多种珍稀濒危、特有、国家重点保护野生动植物,且具有经济、食用、药用、观赏和科研保护等多重价值。

### 3.3 湿地生物多样性评价

#### 3.3.1 湿地鱼类、鸟类的G-F指数分析

根据黑水河流域湿地鱼类和鸟类物种名录,基于信息测度的Shannon-Wiener指数计算属的物种多样性 $D_G$ 、科的多样性 $D_F$ 以及G-F指数<sup>[22]</sup>。G-F指数的测度范围为0~1,其中非单物种的科越多,G-F指数越高,多样性程度越高。若一个地区仅有1个物种,或者仅有几个分布在不同科的物种,则该地区G-F指数为0<sup>[16]</sup>。具体计算方法如下:

(1)F指数 $D_F$ (科的多样性指数):

$$D_F = \sum_{i=1}^n D_{Fk}, \text{其中 } D_{Fk} = - \sum_{k=1}^m D_{Fk} p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中, $p_i = s_k / S_k$ ,  $S_k$  = 黑水河流域湿地鱼类或鸟类名录中k科i属的物种数,  $S_k$  = 名录中k科中的物种数,

$n = k$ 科中的属数,  $m$  = 名录中鱼类或鸟类的科数。

(2)G指数 $D_G$ (属的多样性指数):

$$D_G = - \sum_{j=1}^p D_{Gi} = - \sum_{j=1}^p q_j \ln q_j \quad (2)$$

式中, $q_j = s_j / S$ ,  $s_j = j$ 属中的物种数,  $S$  = 名录中鱼类或鸟类的物种数,  $p$  = 名录中鱼类或鸟类的属数。

(3)G-F指数:

$$D_{G-F} = 1 - \frac{D_G}{D_F} \quad (3)$$

经计算得出,黑水河流域湿地鱼类多样性指数结果为: $D_F = 9.2974$ ,  $D_G = 4.1041$ ,  $D_{G-F}$ 指数为0.5585,可见鱼类的F指数(family index)偏高,受到单种属较多影响,属的多样性指数G指数(genus index)略高,相对小流域而言,黑水河鱼类多样性指数是比较高的。鸟类多样性指数结果: $D_F = 24.2188$ ,  $D_G = 4.5406$ ,  $D_{G-F}$ 指数为0.8125,科的多样性指数F指数很高,属的多样性G指数略高,该流域湿地鸟类在科、属水平上都较为丰富;G-F指数高达0.8以上,表明该流域湿地鸟类多样性较高,湿地的鸟类种数较多。

#### 3.3.2 湿地生物多样性综合评价

采用广西重点调查湿地的生物多样性评价体系(百分制)<sup>[18]</sup>,以物种多样性(50分)和生态系统多样性(50分)作为一级指标,物种多样性的二级指标包括物种多度(20分)、物种相对丰度(20分)、物种稀有性(10分);生态系统多样性的二级指标包括物种地区分布(20分),生境类型(20分)和人类威胁(10分),根据湿地维管束植物、湿地鸟类、生境多样性、生境稀有性、直接威胁和间接威胁等三级指标,逐项打分获得二级指标的总分,汇总二级指标的分值得到黑

表5 黑水河流域两栖爬行类受威胁物种

Table 5 The threatened species of amphibian and reptilian in Heishui River basin

物种名称	IUCN级别	CITES保护级别	国家保护级别
虎纹蛙( <i>Hoplobatrachus chinensis</i> )	LC	II	II
大壁虎( <i>Gekko gekko</i> )	NT	II	II
地龟( <i>Geoemyda spengleri</i> )	EN	II	II
山瑞鳖( <i>Palea steindachneri</i> )	EN	II	II
园斑蝥( <i>Daboia russelii siamensis</i> )	LC	II	—
渔游蛇( <i>Xenochrophis piscator</i> )	—	II	—
眼镜蛇( <i>Naja naja atra</i> )	—	II	—
舟山眼镜蛇( <i>Naja atra</i> )	VU	II	自治区级
眼镜王蛇( <i>Ophiophagus hannah</i> )	VU	II	II

注:EN, 濒危;VU, 易危;NT, 近危;LC, 无危

Note: EN, endangered; VU, vulnerable; NT, near threatened; LC, least concern

水河湿地生物多样性的评价分值。计算公式如下:

$$R = \sum_{i=1}^3 A_i + \sum_{j=1}^3 B_j \quad (4)$$

式中:R为总得分;A<sub>i</sub>为物种多样性第i个二级指标分值;B<sub>j</sub>为生态系统多样性第j个二级指标分值。根据R值的大小,生物多样性等级划分标准为:R=86~100分,表示生物多样性很好;R=71~85分,表示生物多样性较好;R=51~70分,表示生物多样性一般;R=36~50分,表示生物多样性较差;R≤35分,表示生物多样性差<sup>[18]</sup>。

根据该评价指标体系,结合广西黑水河流域湿地生物资源现状,对各指标进行赋值,如表6所示,物种多样性得分37分,生态系统多样性得分30分,广西黑水河流域湿地生物多样性R值为67分,51≤R≤70,生物多样性等级为一般水平,且具有一定的典型性和稀缺性。

## 4 讨论

### 4.1 湿地生物多样性的影响因素

黑水河流域湿地的生物资源与周边城镇发展息息相关,近年由于自然因素、周边城镇人口增长和经济发展,湿地生物多样性保护与利用面临着物种数

量减少、生境破坏和生物入侵等问题,主要是由于湿地环境污染、人类乱捕滥伐、外来物种入侵、自然灾害威胁与资源管理不到位等因素影响。

#### 4.1.1 湿地环境污染

黑水河流域湿地除了水体环境受到污染外,湿地内还存在着农业面源污染、固体废弃物污染和大气污染。黑水河湿地沿岸农田广布,大面积种植甘蔗,近年为了提高产量而过度使用杀虫剂、除草剂和化肥造成农业面源污染<sup>[23]</sup>。固体废弃物主要包括工业废渣废料、生活垃圾倾倒和农药、饵料包装袋等。土壤环境中的污染物通过植物根系被吸收和富集,又经过食物链被湿地野生动物富集在体内。此外,湿地环境中的塑料垃圾容易被鱼类、鸟类误食导致死亡或致畸。

湿地周边大气污染源来自锰矿公司、化工厂和制糖厂。主要的废气污染物包括二氧化硫、硫酸雾、烟尘、粉尘、氮氧化物、氨、颗粒物、氟化物和挥发性有机物<sup>[24]</sup>,通过大气沉降、传输作用进入湿地生态系统;再经过呼吸作用进入生物体中;有毒物质被湿地植物枝叶截留、吸收,浓度超过植物耐受限度时,湿地植物生长受阻、产量下降,甚至引起枯萎死亡。湿地生态系统虽然具有一定自我净化功能,但过量的

表6 广西黑水河流域湿地生物多样性评价指标体系的赋值标准

Table 6 Assignment criteria of wetland biodiversity evaluation index system in Guangxi Heishui River basin

一级指标	二级指标	三级指标	赋值标准
物种多样性(37)	物种多度(17.5)	湿地维管束植物(10)	≥500种(10);200~499种(7.5);101~199种(5);≤100种(2.5)
		湿地鸟类(7.5)	≥200种(10);70~199种(7.5);30~69种(5);≤30种(2.5)
	物种相对丰度(12.5)	湿地维管束植物(7.5)	数量占所在生物地理区的比例≥30%(10);20%~29%(7.5);10%~19.9%(5);<10%(2.5)
		湿地鸟类(5)	数量占所在生物地理区的比例≥70%(10);50%~69.9%(7.5);20%~49.9%(5);<20%(2.5)
	物种稀有性(7)	湿地维管束植物(3)	有全球性珍稀濒危植物(5);有国家I级保护植物(4);有国家II级保护植物(3);有区域性重点保护植物(2)
		湿地鸟类(4)	有全球性珍稀濒危鸟类(5);有国家I级、II级保护鸟类(4);有国家III级保护鸟类(3);有区域性重点保护鸟类(2)
物种地区分布(8)	湿地维管束植物(4)	50%以上属于仅有极少产地的地方性物种(10);50%以上属广布的地方性物种(7);50%以上属广布种(4)	
	湿地鸟类(4)	50%以上属于仅有极少产地的地方性物种(10);50%以上属广布的地方性物种(7);50%以上属广布种(4)	
生态系统多样性(30)	生境稀有性(4)	生境稀有性(4)	世界范围内唯一或极重要湿地(8);国家或生物地理区范围内唯一或极重要湿地(6);地区范围内稀有或重要湿地(4);常见湿地类型(2)
		生境多样性(12)	生态系统结构复杂、有多种类型(12);组成成分与结构与复杂,类型较多(9);组成结构简单,类型较少(6);结构简单,类型单一(3)
	人类威胁(6)	直接威胁(3)	很少有人类侵扰,对资源保护不构成威胁(5);有人类侵扰活动存在,资源的有效保护受到一定威胁(3);人类活动侵扰较为严重,资源的有效保护受到较大威胁(1)
间接威胁(3)		与未开发生境毗邻(5);周边尚有未开发生境(3);已被开发的区域环绕(1)	

污染物进入湿地环境,不利于湿地生态环境修复与恢复,直接或间接导致湿地生物资源减少。

#### 4.1.2 乱捕滥伐

非法采集、狩猎、过渡捕猎直接导致了生物资源数量减少,大部分湿地两栖爬行类动物具有重要的经济价值,如蛇类和大壁虎的加工产品具有较高药用和食用价值的,人们片面地追求经济效益而大量捕杀,导致其数量剧减。此外,开荒、采伐和放牧等人类活动也破坏了动物栖息地和植物的生长环境。

#### 4.1.3 外来物种入侵

由于外来物种入侵潜力大、引种不当和网箱养殖逃逸等原因,导致湿地范围内受到动物入侵威胁,主要有短盖巨脂鲤、食蚊鱼、尼罗罗非鱼<sup>[19]</sup>、巴西龟,以及福寿螺、非洲大蜗牛等,外来动物与土著动物间存在食物等生存条件的竞争,对土著动物种群有一定威胁。

植物入侵主要表现为侵占生态位和争夺营养,主要的入侵植物物种如空心莲子草、大藻、白花鬼针草和地毯草等,有害入侵物种会妨碍本土植物物种的生长,改变本地物种的原生生态环境,不利于生物多样性保护和湿地资源的可持续利用。

#### 4.1.4 生物资源利用与管理不到位

黑水河湿地内主要规划建设有靖西龙潭国家湿地公园和广西大新黑水河国家湿地公园。靖西龙潭国家湿地公园位于广西靖西市,2013年获得试点批复建设。广西大新黑水河国家湿地公园位于大新县雷平镇,2019年12月25日正式成为“国家湿地公园”。湿地公园建设有利于促进湿地景观修复或重建、野生动植物栖息地保护及湿地生态旅游发展等,发挥湿地生态、社会和经济效益,但与湿地资源保护之间存在着一定的矛盾与冲突,如修建道路、水库大坝和旅游基础设施,一定程度上侵占或阻断生物生存空间,对湿地的结构和功能造成影响。

湿地资源管理过程中,生物资源监测、保护工作不到位。湿地公园的宣传工作尚未全面展开,公众对湿地动植物的认识和保护意识还不够;湿地公园及河道内毒鱼、电鱼和网鱼等违法活动对生物多样性构成威胁。旅游景区管理不够规范,如游客乱扔垃圾,公园内占道经营,未按要求合法经营的烧烤摊、农家乐等商业活动,存在潜在的湿地污染风险。由此可见,黑水河湿地生物资源的保护力度和利用深度等都亟须进一步提升。

### 4.2 湿地生物多样性保护与利用对策

#### 4.2.1 加强流域湿地生境恢复

流域湿地生态系统是一个统一的整体,保护湿

地生态环境就是保护生物资源多样性。湿地生态修复要因地制宜地采取自然恢复和生态工程措施,合理修建蓄水保土工程,封滩育草,在河道两侧建立生态隔离带。

在湿地重点生态功能区,要严格拦截工业污水和生活污水等外源性污染进入,减少农业面源污染。退耕还湿、退耕还林,恢复动植物栖息地生境,保护原有湿地植物,严格监控入侵物种,定期清理外来有害物种。建立跨境生物廊道,重点保护珍稀濒危湿地动植物,优化其生存环境;对归春河跨境河段,要加强与越南相关部门的交流合作,共同建立湿地生物资源保护方案。

#### 4.2.2 建立健全相关法律法规

建立健全黑水河流域湿地生物资源保护法律法规,一方面对湿地生物资源进行严格保护与管理,禁止一切违法捕杀、偷猎和破坏湿地的行为,加强立法监管;规范污染物排放,加大对周边企业的监管力度,明确相关企业、工厂污染物排放标准。另一方面,根据《广西湿地保护修复制度实施方案》和《大新县旅游发展总体规划》进行科学规划,制定合理的湿地生物资源保护与利用方案。

按照《广西大新黑水河国家湿地公园管理办法》与《广西靖西龙潭国家湿地公园总体规划》的要求,健全相关法律法规并形成完备的湿地保护管理体制。切实推行河长制,推动建立生物资源保护绩效考核机制,提高执法力度;明确各河段保护责任、开发利用的生态底线,加强流域内各管理部门间的信息交流,协同做好湿地污染综合防治、湿地生态保护修复和执法监督等工作。

#### 4.2.3 建立生物资源基础信息数据库

加强流域内动植物资源本底调查专项工作,对湿地生态环境和物种数量动态变化进行监测,建立全流域湿地生物资源基础信息共享数据库<sup>[5]</sup>,为湿地发展提供有效服务和交流平台。

#### 4.2.4 以湿地公园为依托,有效保护生物资源

黑水河流域湿地应以国家湿地公园为依托,坚持保护性开发和可持续利用原则,实现生物多样性保护和社会经济的协调发展。积极争取国家和地方政府对湿地保护的补贴资金,拓宽湿地保护资金渠道,推进湿地公园建设。引进专业人才,优化生物资源科研监测及管理队伍。积极开展科普宣传活动,树立公众参与保护的意识,引导社会各界共同参与湿地生物的保护。

#### 4.2.5 合理开发利用湿地生物资源

黑水河流域生物景观资源具有明显地域特色,

依托丰富多样的湿地生物资源自西北向东南构成了“靖西龙潭湿地公园-鹅泉-古龙山大峡谷-德天跨国瀑布-明仕田园风景区-恩城自然保护区-广西大新黑水河国家湿地公园(含骆越田园自驾游营地、水上石林、新和漂流)-国际如意岛生态景区”多景观的生态旅游路线,流域内特有珍稀动物,受到动物摄影爱好者和观鸟爱好者的青睐。应该结合湿地生物资源和景观资源,发展生态旅游,开展如民俗体验、农家乐、露营、湿地骑行和观鸟等旅游项目,形成边境跨国河流湿地生态旅游这一品牌。

此外对不同功能的植物资源进行适度开发利用,充分发挥经济植物资源的作用,充分挖掘特有和珍稀濒危植物在经济、科学、文化、教育等方面的价值。同时要充分挖掘黑水河流域的跨区区位优势,与越南方面开展深度合作,科学发展生态养殖业和生态旅游业,不断拓宽国际市场。

## 5 结 论

黑水河流域湿地生态系统的健康对珠江流域上游发展和中越边境生态安全都有重要作用。本研究基于黑水河流域基础资料及对流域湿地进行实地考察,揭示了黑水河流域湿地生物多样性的现状,采用G-F物种多样性指数对湿地鸟类、鱼类物种多样性进行评价,参照广西重点调查湿地的生物多样性评价指标体系对黑水河流域湿地生物多样性进行综合评价;并对湿地生物多样性的影响因素、湿地生物资源开发管理对策等方面进行讨论。因研究条件和资料所限,目前还没有对黑水河流域生物多样性的变动趋势、演变机理、开发利用等方面进行深入研究,这将是后续研究努力的方向。本研究为广西黑水河流域湿地生态环境、生物多样性保护及经济社会发展提供相应的科学依据。

## 参 考 文 献

- [1] 郗敏,刘红玉,吕宪国. 流域湿地水质净化功能研究进展[J]. 水科学进展, 2006, 17(4): 566-573.  
Xi M, Liu H Y, Lü X G. Research progress on water purification function in watershed wetland [J]. *Advances in Water Science*, 2006, 17(4): 566-573.
- [2] 吴燕锋,章光新. 流域湿地水文调蓄功能研究综述[J]. 水科学进展, 2021, 32(3): 458-469.  
Wu Y F, Zhang G X. Research on hydrological regulation and storage function in river basin wetland [J]. *Advances in Water Science*, 2021, 32(3): 458-469.
- [3] 吕宪国. 湿地生态系统保护与管理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [4] 赵魁义,陈毅峰,姜彦景. 湿地生物多样性保护[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.  
Zhao K Y, Chen Y F, Lou Y J. *Wetland biodiversity protection* [M]. Beijing: China Forestry Press, 2008.
- [5] 梁晨,穆泳林,智烈慧,等. 珠江流域湿地保护优先格局构建与保护空缺识别[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2021, 57(1): 142-150.  
Liang C, Mu Y L, Zhi L H, *et al.* Systematic conservation planning of freshwater wetlands in Pearl River Basin [J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science Edition)*, 2021, 57(1): 142-150.
- [6] 侯珏. 天生丽质藏深闺——“探访广西湿地”之大新黑水河国家湿地公园[J]. 广西林业, 2016(10): 35-38.  
Hou J. Natural beautiful hide in boudoir—visiting Daxin Heishui River National Wetland Park in Guangxi [J]. *Guangxi Forestry*, 2016(10): 35-38.
- [7] 吕宪国,姜明,韩守江. 三江平原湿地生物多样性变化及可持续利用[M]. 北京: 科学出版社, 2009.  
Lü X G, Jiang M, Han S J. *Wetland biodiversity change and sustainable use in the Sanjiang plain* [M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [8] 付学浩. 广西靖西地区岩溶水富水性分析[D]. 昆明: 云南大学, 2019.  
Fu X H. Karst groundwater abundance analysis in Jingxi region of Guangxi [D]. Kunming: Yunnan University, 2019.
- [9] 童健飞,大新县志编纂委员会. 大新县志[M]. 上海: 上海古籍出版社, 1989.  
Tong J F, Daxin County Annals Compilation Committee. *Daxin county chronicles* [M]. Shanghai: Shanghai Ancient Books Press House, 1989.
- [10] 靖西县县志编纂委员会. 靖西县志[M]. 南宁: 广西人民出版社, 2000.  
Jingxi County Annals Compilation Committee. *Jingxi County Annals* [M]. Nanning: Guangxi People's Press House, 2000.
- [11] 广西林业勘测设计院. 广西大新黑水河国家湿地公园总体规划(2015-2019年)[R]. 崇左: 广西壮族自治区大新县林业局, 2014.  
Guangxi Forestry Survey and Design Institute. *General Planning of Guangxi Daxin Heishui River National Wetland Park (2015-2019)* [R]. Chongzuo: Forestry Bureau of Daxin County in Guangxi Zhuang Autonomous Region, 2014.
- [12] 广西百色靖西市人民政府. 靖西市第七次全国人口普查主要数据公报[EB/OL]. [2021-07-07]. <http://www.jingxi.gov.cn/xxgk/jcxxgk/zwdt/tzgg/t9415820.shtml>.

- Baise Jingxi Municipal People's Government in Guangxi. Main Data Bulletin of Jingxi City Seventh National Census [EB/OL]. [2021-07-07]. <http://www.jingxi.gov.cn/xxgk/jcxxgk/zwdt/tzgg/t9415820.shtml>.
- [13] 广西崇左市大新县人民政府. 大新县第七次全国人口普查主要数据公报[EB/OL]. [2021-06-15]. <http://www.daxin.gov.cn/xxgk/jcxxgk/tjxx/tjxx/t9192681.shtml>. Daxin County People's Government, City Chongzuo, Province Guangxi. Daxin County Seventh National Census Main Data Bulletin[EB/OL]. [2021-06-15]. <http://www.daxin.gov.cn/xxgk/jcxxgk/tjxx/tjxx/t9192681.shtml>.
- [14] 广西林业勘测设计院. 广西靖西龙潭国家湿地公园总体规划(2014—2018年)[R]. 靖西: 靖西龙潭国家湿地公园管理局, 2013. Guangxi Forestry Survey and Design Institute. General plan of Jingxi Longtan National Wetland Park, Guangxi (2014—2018) [R]. Jingxi: National Wetland Park Administration of Longtan in Jingxi, 2013.
- [15] 国家林业和草原局湿地管理司令 265号. 全国湿地资源调查与监测技术规程(试行)[S]. 北京: 国家林业和草原局, 2008. No. 265 document from Wetland Management Commander of State Forestry and Grassland Administration. National technical regulations for wetland resources investigation and monitoring (Trial) [S]. Beijing: State Forestry Administration, 2008. 12.
- [16] 蒋志刚, 纪力强. 鸟兽物种多样性测度的G-F指数方法[J]. 生物多样性, 1999, 7(3): 220-225. Jiang Z G, Ji L G. G-F index method for measuring bird and animal species diversity [J]. Chinese Biodiversity, 1999, 7(3): 220-225.
- [17] 广西崇左市生态环境局. 2020年2月崇左市水环境质量状况[EB/OL]. [2021-02-09]. <http://sthjj.chongzuo.gov.cn/xxgk/hjzl/shjzlkbg/t4228977.shtml>. Chongzuo City Bureau of Ecological Environment, Guangxi. Water environment quality status of Chongzuo City in February 2020 [EB/OL]. [2021-02-09]. <http://sthjj.chongzuo.gov.cn/xxgk/hjzl/shjzlkbg/t4228977.shtml>.
- [18] 国家林业和草原局. 中国湿地资源广西卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015. State Forestry Administration, Tan W F. China Wetland Resources (Guangxi Volume) [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2015.
- [19] 覃世赢. 广西靖西龙潭国家湿地公园湿地资源现状及保护对策[J]. 内蒙古林业调查设计, 2016, 39(3): 79-81, 94. Qin S Y. Analysis on the situation of wetland resources and conservation countermeasures for Dragon Pool National Wetland Park in Jingxi of Guangxi Autonomous Region [J]. Inner Mongolia Forestry Investigation and Design, 2016, 39(3): 79-81, 94.
- [20] 郭雅倩, 薛建辉, 吴永波, 等. 沉水植物对富营养化水体的净化作用及修复技术研究进展[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(3): 58-68. Guo Y Q, Xue J H, Wu Y B, *et al.* Research progress on purification effects and restoration technologies of submerged macrophytes on eutrophic water [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2020, 29(3): 58-68.
- [21] 国家林业和草原局农业农村部. 国家重点保护野生动物名录[EB/OL]. [2021-02-05]. <http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210205/122418860831352.html>. Ministry of Rural Agriculture of the State Forestry and Grassland Administration. List of Wildlife under State Key Protection [EB/OL]. [2021-02-05]. <http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210205/122418860831352.html>.
- [22] 李士超, 李亭亭, 汪正祥, 等. G-F指数测度万朝山兽类物种多样性[J]. 生态科学, 2018, 37(4): 72-80. Li S C, Li T T, Wang Z X, *et al.* Mammalian species diversity in Wanchaoshan nature reserve, Hubei Province of central China based on G-F index. [J]. Ecological Science, 2018, 37(4): 72-80.
- [23] 赵丹, 王颖, 于平平, 等. 蔗价放开, 百亿甘蔗市场迎来新机会[J]. 营销界, 2020(27): 64-71. Zhao D, Wang Y, Yu P P, *et al.* Sugar price liberalization, the market of ten billion sugar cane ushered in a new opportunity [J]. Marketing Industry, 2020(27): 64-71.
- [24] 广西崇左市生态环境局. 2021年1月重点污染源监测[EB/OL]. [2021-01-12]. <http://sthjj.chongzuo.gov.cn/xxgk/wryjgxxgk/zdwryjbx/t7630314.shtml>. Chongzuo City Bureau of Ecological Environment, Guangxi. Monitoring of key pollution sources in January 2021[EB/OL]. [2021-01-12]. <http://sthjj.chongzuo.gov.cn/xxgk/wryjgxxgk/zdwryjbx/t7630314.shtml>.

□

(编辑: 张丽红)