

长江流域湿地保护、修复与生态管理策略

王学雷 吕晓蓉 杨超¹

(中国科学院 精密测量科学与技术创新研究院/

环境与灾害监测评估湖北省重点实验室 湖北 武汉 430077)

【摘要】: 从长江流域生态系统长期演化的视角,分析了长江流域自然与湿地环境演变特征,归纳了长江流域湿地资源概况,分别总结了长江源区、三峡库区湿地区、中游湖泊群以及长江三角洲湿地的区域性特征及其面临的威胁因素,论述了典型重要湿地区域湿地保护与生态工程建设的示范案例,在此基础上探讨了长江流域湿地保护、修复与生态管理的对策和建议,旨在助力于长江大保护,为长江流域湿地的保护和科学管理提供依据。

【关键词】: 长江流域 湿地演变 威胁因子 保护修复 管理策略

【中图分类号】:X37 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2020)12-2647-08

长江是我国第一大河,干流全长6300km,流经11个省级行政区,长江水资源总量高达9755亿 m^3 ,约占全国河流径流总量的36%,是维护长江流域湿地生态系统平衡的原动力。长江流域横跨祖国东中西部,地形呈三级阶梯分布,包含高原、山地、平原和盆地等多种地貌类型,流域总面积达180万 km^2 ,GDP占全国的42%,国土面积不到全国的1/5,养育了全国1/3的人口^[1]。由于特殊的地理位置,长江流域湿地对维护长江经济带生态安全具有重要意义,其生态和战略地位都很显著。

长江流域孕育了类型丰富的湿地资源,拥有独特的湿地景观,为诸多珍稀物种提供了栖息和繁殖场所,生物多样性极为丰富。独特的生态系统在调节气候、涵养水源、降解污染、补给地下水等方面发挥着重要作用。长江流域湿地是陆地水循环的天然“海绵”,也是我国重要的“绿色水库”。

长江流域是我国重要的粮食生产基地,工农业发展给区域湿地环境带来巨大压力。同时三峡工程改变了中下游河流水文过程,影响着河道地形和江湖关系演变。近年来湿地生态面临一系列问题,极端灾害天气频发,湿地萎缩、湿地功能退化、生物多样性降低。如何正确把握长江流域湿地保护和治理方向,有效地开展湿地保护与科学管理越来越受到关注。本文通过分析长江流域自然演变历史,梳理流域湿地环境演变的规律,基于流域的区域性特征,归纳不同区段的湿地生态特征、威胁因子及典型的生态示范工程,提出基于流域管理的长江湿地保护与管理策略。

1 长江流域自然与湿地环境演变

长江上游、中游和下游河段在第三纪中晚期已经分别形成雏形,而完全贯通则发生在长江第一湾被袭夺及三峡段贯通之后,很多学者对金沙江是否被袭夺进行了研究,初步表明金沙江改向时间大约在1.4百万年或以后^[2];陈进等通过探讨山地发育模式、

¹作者简介:王学雷(1965~),男,研究员,主要研究方向为流域生态与湿地环境.E-mail:xlwang@apm.ac.cn

基金项目:国家自然科学基金项目(41571202、41801100);中国博士后科学基金项目(2020M682526)

平均剥蚀速率及该区域沉积物相关的研究成果,认为长江三峡贯通的时间在 1.1 百万年至 1.2 百万年或者稍后^[3,4]。长江完全贯通之后,上、中、下游表现出明显的特征差异,其自然与湿地演变也各不相同(图 1)。

1.1 长江源区

长江源区地处青藏高原腹地,全区面积达 15.84 万 km²。河网水系复杂,西源沱沱河、北源楚玛尔河以及南源当曲共同组成了长江的 3 个主流。长江源区拥有中国最大的沼泽湿地群,沼泽面积约 1.43 万 km²,集中分布于源区东部和南部,以当曲流域最为发育,主要是高寒沼泽化草甸。近年来,由于气候变化和人为干扰加剧,湿地植被和土地退化、沼泽湿地萎缩、生物多样性减少。有学者利用遥感方法研究长江源区湿地动态演变,结果表明 1986~2000 年长江源区湿地退化明显,主要是由高寒沼泽草甸湿地向高寒草甸湿地、裸地和高寒草原演变^[5]。



图 1 长江流域水系及湿地分区示意图

2005 年以来,多个科考队通过对长江源头的冰川、湖泊、沼泽湿地等展开实地考察,发现长江源区沼泽湿地正呈斑块状退化,萎缩速度加快^[6]。在源头山间宽谷平原区,沼泽湿地从两侧山麓向中心地带退化,在山前冲洪积平原区,由山前冲洪积扇顶部向中部、细土平原带退化,在河流阶地呈面状退化。随着沼泽湿地退缩,三江源区植被也由藏蒿草组成的沼泽化草甸将向由矮蒿草、杂毒草组成的高山草甸及稀疏的灌丛草甸过渡,进而导致地区干旱、洪水泛滥、土壤沙化、荒漠化过程加剧等严重生态问题^[7]。

1.2 长江中下游

从长时间尺度来看,长江中下游河道及江湖关系发生多次巨变,上新世末以来,长江携带大量泥沙在江汉平原沉积,加之人工建造堤坝,形成了今日的高堤防和高洪水位的态势^[8]。现代长江中下游河段逐步形成了上荆江弯曲分汉型、下荆江蜿蜒型和城陵矶以下的分叉型 3 种河型,河床演变规律各异^[9]。总体上,荆江河段的变迁主要表现为向北分流、主河道位置南移、自由弯曲摆动、江水向南分流等方面^[10]。长江江湖历史演变研究表明,荆江地区经历了从古云梦泽逐步演变发展为蜿蜒型河道的过程^[11]。

历史上长江中下游流域就密布有许多通江、浅水草型的淡水湖泊^[12]。秦汉以前长江中下游流域的湖泊沼泽湿地连绵不断,伴随长江的周期性泛滥和河流冲淤作用,形成了众多浅滩和沙洲。随着流域农业发展及堤坝的修建,先秦时期的“云梦泽”开始破碎,到魏晋时已被分割成若干大小湖泊,经济社会不断发展,湿地的围垦面积逐渐扩大,天然湿地萎缩,防洪功能下降,新中国成立后长江中下游湖泊总面积进一步减少^[13]。大规模水利工程建设改变了河流自然状态下的水文连通性,部分湿地丧失了季节性淹没的特征,大量滩地、浅水湖泊和沼泽等天然湿地消失。

1.3 长江河口

长江入海水流量、泥沙含量、海平面升降及海潮变化等都是长江入海口及三角洲形成发育的重要影响因子^[14,15]。长江三角洲孕育了类型丰富的河口湿地,水利工程的修建对长江河口生态环境产生了明显影响,建坝蓄水后,湿地逐渐萎缩,滩地土壤盐渍化,河流携带泥沙能力下降导致三角洲从淤积型向侵蚀型转化^[16]。

随着“3S”技术的发展,很多学者利用遥感手段对长江河口湿地演变进行了研究,结果表明近60年来长江入海口湿地总体呈现出减少趋势,其中水田和滩涂湿地减少并向建筑用地转变,养殖池及居工用地增加,围海填海活动导致滩涂萎缩,长江河口区不断淤积,自然湿地转变为人工湿地,人工湿地转变为建筑用地等非湿地^[17,18]。

2 长江流域湿地资源与生态特征

2.1 湿地资源概况

据第二次全国湿地资源调查,长江流域具有5类25型湿地,总面积达945.68万 hm^2 ,占全国湿地总面积的17.64%,自然湿地面积为751.39万 hm^2 ,流域湿地率5.25%。其中近海与海岸湿地仅分布在长江下游崇明东滩的入海口,占全流域湿地面积的7.47%;河流湿地贯穿全流域,占全流域湿地的29.07%;湖泊湿地主要分布在中下游区域,占全流域湿地的19.28%,其中36.44%分布在长江中游区域;沼泽湿地主要分布在上游区域,占全流域湿地的23.64%。人工湿地主要分布在中下游区域,占全流域湿地面积的20.54%^[19](图2)。

长江流域的湿地资源具有以下特征:①空间分布不均,区域差异显著;②资源总量大,人均占有量少;③类型丰富,重要湿地多;④生物多样性丰富,珍稀物种多;⑤河湖关系密切;⑥人类活动对湿地的影响明显;⑦上游源区以沼泽湿地为主,中下游以河湖湿地为主。

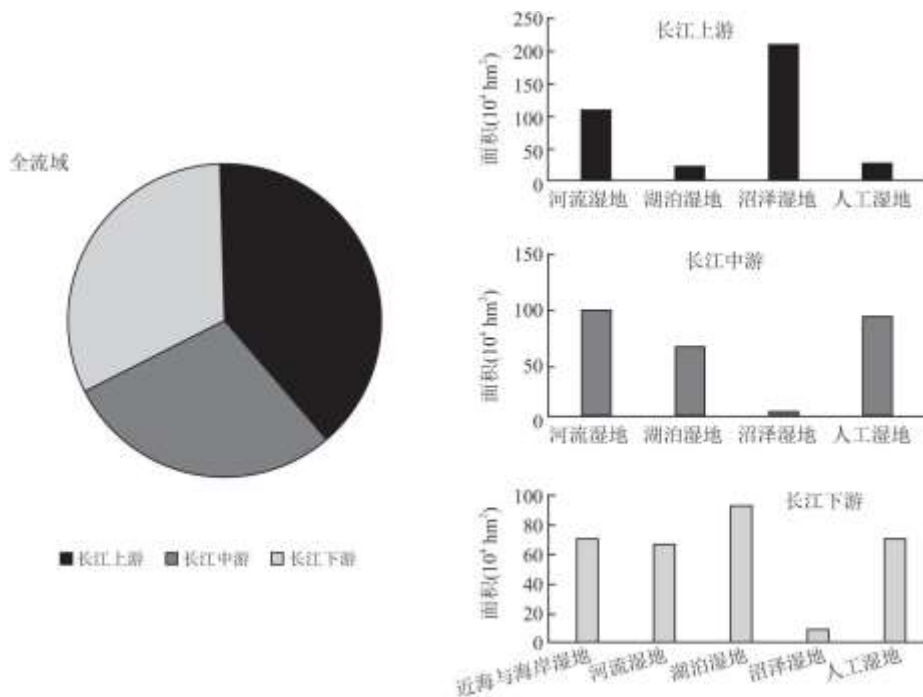


图2 长江流域湿地资源概况

2.2 湿地区域性生态特征及威胁因素

长江流域湿地资源在不同区段表现出不同特点,并面临着不同的威胁因素。根据自然环境演变的区域性特征,可将其划分为4个典型湿地区:长江源湿地区、三峡库区湿地区、中下游河湖湿地区及河口三角洲湿地区(图1)。

(1) 长江源区湿地

长江源区位于青藏高原腹地,具有明显的高原特征,是长江流域的主要水源涵养区,也是对人类活动和气候变化响应的敏感区域。长江源区湿地主要包括河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地3类,其中,河流湿地包括季节性和永久性,湖泊湿地包括永久性淡水湖和永久性咸水湖,沼泽湿地主要为沼泽化草甸^[20]。源区湿地总面积高达1136133hm²,其中沼泽湿地面积最大,为1104500hm²,占源区湿地总面积的97.3%,占整个长江流域沼泽湿地总面积的93.21%。长江源区沼泽湿地中,沼泽化草甸湿地面积占该类湿地总面积的88.36%,占整个长江流域沼泽化草甸湿地总面积的99.96%,河流和湖泊湿地占比最小,占源区湿地总面积的2.7%,主要分布于当曲流域及楚玛尔流域^[21]。

在人类活动和气候变化的双重作用下,长江源头湿地开始退化,主要表现为:沼泽湿地萎缩、源头水量减少、湿地植被群落结构改变、生物多样性降低。长江源区湿地资源面临的自然威胁因素主要包括全球变暖、极端灾害天气增加、冰川消融、水土流失及鼠害泛滥4个方面,人类活动因素包括人工开渠排水、滥采乱挖、无序旅游、基础设施建设、过度放牧等方面^[22,23]。

(2) 三峡库区湿地

三峡水库周期性蓄水放水使库区岸带形成了具有独特功能、结构和景观特征的干湿交替的湿地生态系统。水位的周期性变化使得库区消落带具有水位反季节、连片面积大、地形复杂等特点。原来是陆地部分的土壤长期被浸泡后释放出营养物质对水体造成污染,植物群落遭到淹没之后发生新的演替,生物多样性受到威胁^[24]。

在自然和人为因素的共同作用下,库区湿地生态系统表现出很强的生态脆弱性和不稳定性^[25]。由于库区干流江段落差大、含沙量高、水流较急,生藻类和水生高等植物数量很少。伴随水利工程的长期运行和城市化发展,三峡库区湿地面临着人地矛盾突出、环境容量不足的问题,加之船舶工业、库区农业发展等污染源的存在,三峡库区水环境状况堪忧,水土流失也使消落带湿地遭受破坏。合理利用和保护消落带独特的湿地资源,是三峡水库蓄水后面临的重要问题。

(3) 中游湖泊群湿地

长江中游流域水系发达,湖泊、库塘众多,是我国湖泊最多的地区,鄱阳湖、洞庭湖、洪湖等著名湖泊都位于该区域,是我国最具代表性的由长江及其众多支流泛滥而成的河湖湿地区。特有的地貌类型孕育了丰富的湿地类型,以长江中游为主的“长江及其周围湖群”是世界自然基金会所确定的具有全球意义的生态区之一^[26]。根据卫星遥感解译结果,长江中游区域河流湿地面积达4836.82km²,湖库湿地面积达11000.98km²^[27]。

长江中游湿地资源类型多、面积大,有着巨大的社会和环境效益。长江中游湖泊群是洪水的天然调节水库,在蓄水防洪方面发挥着巨大作用。长江中游湿地面临着以下几方面的威胁:①湖区人口增加,人地矛盾突出;②工农业污染排放;③过度捕捞;④围湖造田和农业开发;⑤外来物种入侵。随着社会经济的快速发展和人口增加,人类活动对湿地的干扰越来越明显,长江中游湿地出现面积缩小、自然灾害频繁、功能退化的现象^[28]。

(4) 河口三角洲湿地

长江三角洲是长江入海前形成的冲积平原,该区域湿地资源丰富,不仅有多样的内陆湿地,还有广阔的滨海湿地,兼具了河口湿地和海岸带湿地的特征,生物多样性丰富^[29]。其中,内陆湿地主要包括河湖湿地、沟渠湿地、养殖池塘及沼泽湿地,滨海湿地主要包括滩涂湿地、浅海与河口水域等^[30]。长江三角洲地处我国东部经济最发达的地区,其湿地资源开发利用程度高,生态环境脆弱,受人类活动影响明显^[31]。

在自然因素人类活动双重影响下,长江河口湿地生态环境面临着严峻的挑战,湿地受到过度开垦、围填海活动、湿地资源过度利用、灌溉工程、污水排放、渔业农业施肥等人类活动的影响,开始出现面积减小、功能退化等问题^[32, 33]。此外,全球变暖可能使未来海平面上升,三角洲地区更易遭受流域洪水、海洋风暴潮等因素的侵扰,并由此产生海岸侵蚀、地面下沉、湿地盐碱化等一系列环境问题^[34],这些因素对长江三角洲湿地生态系统构成威胁,直接影响到长三角区域的社会经济可持续发展。

3 典型重要湿地保护与生态工程建设

长江流域湿地区域差异性大,空间异质性强。结合湿地资源的地域性特点,在长江流域湿地保护、生态修复与湿地农业相结合方面进行了大胆探索,摸索出了适合长江流域区域特色的湿地保护修复与利用模式。以下重点介绍上游若尔盖及三峡库区、中游洞庭湖区及长江故道等在湿地保护与生态工程示范模式。

3.1 上游若尔盖泥炭湿地恢复模式

若尔盖高原沼泽泥炭湿地区对气候变化响应敏感,是典型的生态脆弱区。受气候变化和人类活动的双重影响,湿地中出现大量的排水沟,高原泥炭沼泽湿地出现面积减小、水位下降、草场退化、水文和植被条件变化等问题^[35]。

2000年以来,国家先后在若尔盖高原实施了以填、堵排水沟壑为主要措施的多项湿地保护与修复的示范工程,通过土石坝、土石袋、混凝土重力坝和木板坝等方式实现拦堵排水沟壑目的。此外,在若尔盖高原自然河曲上通过构筑堤坝扩大集水单元上河曲的过水面积,实施人工降雨和引水灌溉等措施^[36];在湿地植被恢复方面,实施轮牧、围栏封育等措施^[37]。目前,若尔盖高原正在实施泥炭湿地保护恢复工程,取得显著生态效果。

3.2 三峡库区消落带林泽-基塘模式

基于三峡库区消落带独特湿地环境特点,找到适合湿地保护与利用的生态友好型途径十分紧迫。2008年以来,重庆大学湿地研究团队与开县澎溪河湿地自然保护区合作,在三峡库区消落带成功实施一系列湿地生态农业工程,其中最为典型的是在白夹溪实施的基塘工程和林泽工程。

基塘工程通过顺应消落带水位的周期性变化,选择适应水位变化的植物^[38],基塘中的植物生长季节结束后被收割实现其经济价值,同时避免在水下腐烂造成二次污染^[39];林泽工程选择耐淹且具有经济价值的乔木或灌木在消落带进行种植,在夏季为消落带动物提供食物,冬季挺出水面的乔木为越冬鸟类提供栖息地^[40]。二者结合形成林泽-基塘复合工程,在基塘内种植莲藕等经济作物,放养白鲢等鱼类,同时在塘基上种植耐淹树木。

3.3 洞庭湖湿地保护生态模式

洞庭湖是我国第二大淡水湖,湖区湿地呈现出独特的同心环带状特征,由湖盆中心敞水带、过水洲滩季节性淹没带、湖区外环渍水低地带三部分构成^[41]。面对洞庭湖湖泊生态与湖垸农业的问题,湖区已逐步建立了“稻萍鱼”,“桑基鱼塘”,“麻基鱼塘”等丰富的湿地农业模式^[42]。针对坑内洪涝渍害严重、低洼地面积大、湖洲周期性浸水等问题,实施了减少泥沙淤积、退田还湖等生态修复方案,以及发展湖洲荻林、垸田洼地稻鱼麻、林农复合等适应滨湖区发展的生态农业工程^[43, 44]。

3.4 中游长江故道湿地保护模式

天鹅洲故道作为长江中游典型的牛轭湖故道湿地,兼具有河流与湖泊湿地生态系统的特征,湖北长江天鹅洲豚类和湖北石首麋鹿两个国家级自然保护区共同依赖故道存在,分别维持着江豚与麋鹿两个珍稀濒危物种的生存,生态地位显著^[45]。湿地面积缩小、植被退化、水体污染是天鹅洲麋鹿自然保护区内湿地生境质量下降和麋鹿种群增长速度减缓的原因,恢复湿地功能、扩大野生放养面积等措施有利于恢复麋鹿和江豚栖息地的恢复,通过水利工程手段实现补水蓄水、优化植被群落结构是恢复麋鹿生境的有效途径^[46]。同时,故道排水、人工草场、湿地引水管渠等多项湿地保护与恢复工程的修建也是有效途径。

4 流域湿地保护与管理策略

4.1 贯彻长江大保护理念,实施湿地生态修复工程

党的十九大报告提出要“强化湿地保护和恢复”,赋予了新时代湿地工作的新使命。要有效的遏制长江流域湿地环境恶化、恢复自然湿地生态,必须要积极实施湿地生态修复工程。应把握美丽中国和长江经济带建设带来的机遇,结合不同区域湿地特征,以自然恢复为主与人工修复相辅的方式,合理布局生态修复工程,重点开展上游沼泽湿地退化修复、三峡库区消落带湿地植被修复、中游河湖联系恢复和水体修复、中下游岸坡恢复,构建全流域河湖林田和谐共生的局面。

4.2 完善湿地保护体系制度,健全流域管理体制机制

构建完善的湿地保护体系是保护和管理湿地的最直接手段之一。流域内重要湿地已基本纳入了保护体系,但仍存在未被重视的敏感和脆弱地带,保护体系覆盖程度还不够,应进一步建立和完善湿地保护体系和制度,逐步形成以湿地自然保护区和湿地公园为主体,国际重要湿地为重点的多层次相结合的湿地保护体系。同时应进一步健全流域湿地管理体制,完善湿地权属管理制度,加强行政区间合作,建立良性协调机制。

4.3 实施重要区域针对性管理,因地制宜制定保护措施

针对长江流域湿地资源空间分布不均、区域差异显著、典型湿地和珍稀物种多等特征,识别长江流域湿地区面临的不同威胁因素,因地制宜制定保护和修复措施。优先修复干扰强度大、破碎化严重、服务功能退化的典型湿地区。强化湿地分级管理,基于流域尺度,对生态环境脆弱、战略地位突出、珍稀物种所在区域进行重点管理和保护。使不同类型、不同特征的湿地都得到相应的保护。

4.4 实施江湖联通生态工程,严格自然湿地用途控制

应充分认识长江中下游湿地区域河湖联通的重要性,根据水文气象要素的演变特征,适当建设疏浚引水工程,在汛期江湖联通,汛末拦洪蓄水,提高湖区湿地生态系统的承载能力。此外,严格管制湿地区域的硬化性利用,提高项目准入标准。

4.5 优化调整湿地利用模式,开展湿地生态农业工程

湿地是自然资源,也是生产要素,在实现全流域湿地保护的前提下,应充分利用湿地资源发挥其社会效益。湿地保护与发展不是对立的,保护湿地应从根本上协调经济发展与生态环境保护之间的关系。合理利用湿地资源,推动区域产业绿色升级,鼓励发展湿地生态农业和生态旅游产业,建立适合不同区段湿地特征的利用模式,促进区域可持续发展。

参考文献:

-
- [1]陈凤学. 长江湿地保护势在必行[J]. 经济, 2016(33):36-38.
- [2]杨达源. 长江三峡的起源与演变[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1988(3):466-474.
- [3]陈进. 长江演变与水资源利用[M]. 长江出版社, 2012.
- [4]XIANG F, ZHU L, WANG C, et al. Quaternary sediment in the Yichang area: Implications for the formation of the Three Gorges of the Yangtze River[J]. *Geomorphology*, 2007(3-4):249-258.
- [5]潘竟虎, 王建, 王建华. 长江、黄河源区高寒湿地动态变化研究[J]. 湿地科学, 2007(4):298-304.
- [6]王辉, 甘艳辉, 马兴华, 等. 长江源区气候变化及其对生态环境的影响分析[J]. 青海科技, 2010(2):11-16.
- [7]郭廷锋, 张陆军, 辛元红. 长江源区沼泽湿地退化的地质原因及发展趋势研究[J]. 青海国土经略, 2009(6):34-36.
- [8]潘庆燊. 长江中下游河道演变趋势及对策[J]. 人民长江, 1997(5):23-25, 48.
- [9]PAN Q S, HU X Y. Bifurcated channel stretches regulation in Middle and Lower Yangtze river[J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2005, 22(3):13-17.
- [10]杨达源. 近五千年以来长江中下游干流的演变[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1989(3):167-173.
- [11]罗海超. 长江中下游河道演变及整治的研究与展望[J]. 长江科学院院报, 1992(3):32-38, 52.
- [12]杨达源, 李徐生, 张振克. 长江中下游湖泊的成因与演化[J]. 湖泊科学, 2000(3):226-232.
- [13]雷昆. 长江中下游流域湿地演变历史及保护展望[J]. 绿色中国, 2005(4):34-35.
- [14]陈中原, 杨文达. 长江河口地区第四纪古地理古环境变迁[J]. 地理学报, 1991(4):436-448.
- [15]LIU J, SAITO Y, KONG X, et al. Sedimentary record of environmental evolution off the Yangtze River estuary, East China Sea, during the last~13,000 years, with special reference to the influence of the Yellow River on the Yangtze River delta during the last 600 years[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2010(29):2424-38.
- [16]姜翠玲, 严以新. 水利工程对长江河口生态环境的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2003(6):547-551.
- [17]孙楠, 朱渭宁, 程乾. 基于多年遥感数据分析长江河口海岸带湿地变化及其驱动因子[J]. 环境科学学报, 2017, 37(11):4366-4373.
- [18]艾金泉. 基于时间序列多源遥感数据的长江河口湿地生态系统长期演变过程与机制研究[J]. 测绘学报, 2020(1):133.
- [19]张阳武. 长江流域湿地资源现状及其保护对策探讨[J]. 林业资源管理, 2015(3):39-43.

-
- [20]张继平,张懿锂,刘峰贵,等.长江源区当曲流域高寒湿地类型划分及分布研究[J].湿地科学,2011(3):218-226.
- [21]李荆.长江源区湿地现状及保护对策[J].青海环境,2010(3):132-135.
- [22]刘华,鞠洪波,邹文涛,等.长江源典型区湿地对区域气候变化的响应[J].林业科学研究,2013(4):406-413.
- [23]李凤霞,伏洋,肖建设,等.长江源头湿地消长对气候变化的响应[J].地理科学进展,2011(1):49-56.
- [24]王顺克.三峡库区湿地保护与可持续利用对策[J].重庆环境科学,2003(12):111-114.
- [25]王学雷,蔡述明,任宪友,等.三峡库区湿地生态建设与保护利用[J].长江流域资源与环境,2004(2):149-152.
- [26]李晓文,郑钰,赵振坤,等.长江中游生态区湿地保护空缺分析及其保护网络构建[J].生态学报,2007(12):4979-4989.
- [27]杨龔,林国俊,王伶俐,等.长江中游区湿地现状及保护对策分析[J].人民长江,2019(7):59-63,70.
- [28]FENG L,HU C,CHEN X,et al.Dramatic inundation changes of China's two largest freshwater lakes linked to the Three Gorges Dam[J].Environmental Science & Technology,2013(47):9628-34.
- [29]姚志刚,陈玉清,吕晓雪.长江三角洲湿地现状与保护研究[J].江苏林业科技,2005(2):36-41.
- [30]LIU X,CHEN J,MAHER B A,et al.Connection of the proto-Yangtze River to the East China Sea traced by sediment magnetic properties[J].Geomorphology,2018(303):162-71.
- [31]孙楠.利用 GF-1 和 Landsat 遥感数据监测长江口海岸带湿地近 40 年变化及其驱动因子分析[D].杭州:浙江大学,2018.
- [32]周念清,王燕,夏明亮.长江口的演化与发展趋势[J].水土保持通报,2007(3):132-137.
- [33]SUN N,ZHU W,CHENG Q.GF-1 and Landsat observed a 40-year wetland spatiotemporal variation and its coupled environmental factors in Yangtze River estuary[J].Estuarine, Coastal and Shelf Science,2018(207):30-9.
- [34]XU X,TAN Y,CHEN S,et al.Changing patterns and determinants of natural capital in the Yangtze River Delta of China 2000-2010[J].Science of the Total Environment,2014(466):326-37.
- [35]朱耀军,马牧源,赵娜娜,等.若尔盖高寒泥炭地修复技术进展与展望[J].生态学杂志,2020,1-9.
- [36]李志威,王兆印,张晨笛,等.若尔盖沼泽湿地的萎缩机制[J].水科学进展,2014(2):172-180.
- [37]ZHANG X,LIU H,BAKER C,et al.Restoration approaches used for degraded peatlands in Ruergai (Zoige),Tibetan Plateau,China,for sustainable land management[J].Ecological Engineering,2012(1):86-92.
- [38]YUAN X,ZHANG Y,LIU H,et al.The littoral zone in the Three Gorges Reservoir,China:challenges and opportunities [J].Environmental Science and Pollution Research,2013(20):7092-102.

-
- [39]LI B, YUAN X, XIAO H, et al. Design of the dike-pond system in the littoral zone of a tributary in the Three Gorges Reservoir, China[J]. Ecological Engineering, 2011(37):1718-25.
- [40]LI B, XIAO H, YUAN X, et al. Analysis of ecological and commercial benefits of a dike-pond project in the drawdown zone of the Three Gorges Reservoir[J]. Ecological Engineering, 2013(61):1-11.
- [41]庄大昌, 董明辉. 洞庭湖湿地观光农业资源开发利用模式研究[J]. 中国生态农业学报, 2002(2):124-126.
- [42]李元沅, 黄益国, 刘劲凡, 等. 洞庭湖区“麻—鱼—稻”生态系统矿质养分平衡研究[J]. 土壤通报, 1993(1):14-17.
- [43]杨新荣, 吴忠才. 基于湿地保护的生态农业发展模式研究——以洞庭湖区为例[J]. 农业经济问题, 2012(6):97-103.
- [44]彭佩钦, 赵青春, 蔡长安. 洞庭湖区的湖垸农业与可持续发展对策[J]. 生态环境, 2004(1):139-141.
- [45]李鹏飞, 温华军, 沙平, 等. 石首麋鹿国家级自然保护区湿地生境退化与保护对策[J]. 绿色科技, 2012(6):249-251.
- [46]张怀胜, 艾劲松, 温华军, 等. 石首麋鹿栖息地环境生态现状及其保护[J]. 气象科技进展, 2018(5):109-112.