

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.05.014

水生态保护与修复规划关键技术

朱党生,张建永,李 扬,史晓新

(水利部水利水电规划设计总院 北京 100120)

摘要 结合全国主要河湖水生态保护与修复规划编制工作,提出了水生态保护与修复规划的主要内容、关键环节和技术路线,重点针对水生生态分区体系、水生态状况评价指标体系、水生态保护与修复措施体系等规划关键技术进行了研究。

关键词 水生生态系统;保护与修复;规划;关键技术

中图分类号 X171.4 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2011)05-0059-06

Key technologies for aquatic ecosystem protection and rehabilitation planning

ZHU Dang-sheng, ZHANG Jian-yong, LI Yang, SHI Xiao-xin

(General Institute of Water Recourses and Hydropower Planning and Design, Ministry of Water Resources, Beijing 100120, China)

Abstract: Based on the national aquatic ecosystem protection and rehabilitation planning for main rivers and lakes in China, the main content, key links, and planning procedure for the aquatic ecosystem protection and rehabilitation planning were proposed. Some key technologies were studied, focusing on the aquatic ecological regionalization in China, the aquatic ecological evaluation index system, and the measurement system of aquatic ecosystem protection and rehabilitation.

Key words: aquatic ecosystem; protection and rehabilitation; plan; key technology

水生生态系统是指自然生态系统中由河流、湖泊等水域及其滨河、滨湖湿地组成的河湖生态子系统,其水域空间和水、陆生物群落交错带是水生生物群落的重要生境,与包括地下水的流域水文循环密切相关。良好的水生生态系统在维系自然界物质循环、能量流动、净化环境、缓解温室效应等方面功能显著,对维护生物多样性、保持生态平衡有着重要作用。

我国江河湖泊数量众多,水生生态类型丰富多样,随着我国经济社会快速发展,我国不同区域出现了众多不同的水生态问题,如:江河源头区水源涵养能力降低,部分河湖生态用水被严重挤占,绿洲和湿地萎缩、湖泊干涸与咸化、河口生态恶化,闸坝建设导致生境破碎化和生物多样性减少,地下水下降造成植被衰退、地面沉降等,严重威胁水资源可持续利用。

实施水生态保护与修复是贯彻落实科学发展观

和新时期治水思路,建设社会主义生态文明的重要举措。水利部于 2004 年印发了《关于水生生态系统保护与修复的若干意见》,开展了部分城市及河流的水生态保护与修复试点工作^[1]。2008 年部署开展全国主要河湖水生态保护与修复规划编制工作^[2]。近期的中央水利工作会议指出:“水生态环境恶化压力加大”是面临的新情况、新问题之一,强调水是生命之源,生产之要,生态之基,要求到 2020 年基本建成水资源保护和河湖健康保障体系。结合已有工作基础,研究水生态保护与修复规划的关键技术,对指导和推动我国河湖水生生态系统保护与修复规划工作意义重大。

1 规划主要内容与技术路线

水生态保护与修复规划的主要任务是以维护流域生态系统良性循环为基本出发点,合理划分水生

态分区 综合分析不同区域的水生态系统类型、敏感生态保护对象、主要生态功能类型及其空间分布特征,识别主要水生态问题,针对性地提出生态保护与修复的总体布局 and 对策措施^[3]。

1.1 规划主要内容

a. 水生态状况调查。河湖水生态状况调查在现有资料收集和分析基础上,针对典型河湖和重要生态敏感区开展水生态补充调查监测,内容包括:主体功能区划、生态功能区划有关资料,河湖水资源开发利用及水污染状况,重点水工程的环境影响评价资料,有关部门的统计资料及行业公报,相关部门完成的生态调查评价成果和遥感数据,经济社会现状及发展资料等。

b. 水生态状况评价。结合水生态分区和水生态要素指标,评价规划单元水生态状况,明确河湖水生态面临的主要胁迫因素和驱动力,分析水生态问题的原因、危害及趋势。

c. 水生态保护与修复总体布局。根据水生态状况评价、水生态问题分析和影响因素识别,明确主要生态保护对象和目标,提出不同类型水生态系统保护和修复措施的方向和重点,从流域及河流水生态保护与修复全局出发,进行河湖水生态保护与修复总体布局。

d. 水生态保护与修复措施配置。根据水生态系统保护与修复的总体布局,结合水生态保护与修复措施体系,提出包括生态需水保障、生态敏感区保护、水环境保护、生境维护、水生生物保护、水生态监测、水生态补偿及水生态综合管理等各类水生态保护与修复工程与非工程措施配置方案。

e. 制订规划实施意见。结合已有工作基础,提出规划实施意见及优先实施项目。

1.2 规划技术路线

水生态保护与修复规划技术路线示意图见图 1 所示。

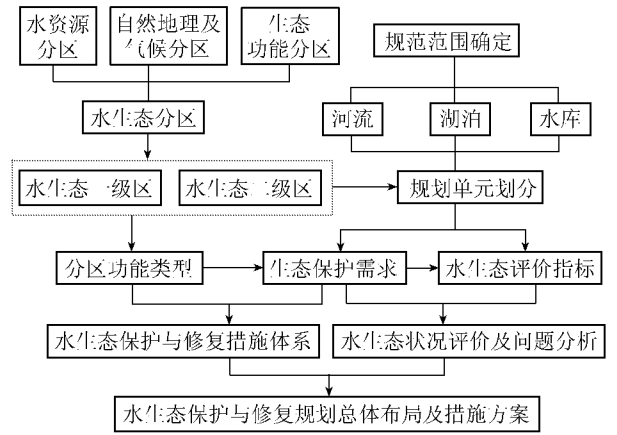


图 1 水生态保护与修复规划技术路线示意图

1.3 规划工作关键环节

a. 把握好规划的目标定位。规划要充分考虑水生态系统结构和功能的系统性、层次性、尺度性。从流域尺度提出水生态保护与修复的总体原则和目标,结合生态分区,进一步从河流廊道尺度及河段尺度,合理确定规划单元,明确其主要水生态功能和生态保护需求,并据此确定水生态保护与修复的重点和具体目标,进行水生态保护和修复措施总体布局。规划要避免将河段简单地从自然生态系统中割裂开来,进行人工化设计^[4]。

b. 注重“点、线、面”结合。其中“点”为具体河段的生态保护对象;“线”为河流廊道,主要根据水生态分区划分确定;“面”为生态分区或者流域。要以流域为对象,在全流域或生态功能区域层次上,把握水生态系统结构上的完整性和功能上的连续性。“点、线、面”相互结合、相互支撑、立体配套,处理好流域、河流廊道及具体河段不同空间尺度下水生态保护与修复措施的配置。

c. 处理好保护与修复的关系。要坚持保护优先,合理修复,针对人类活动对河湖生态系统的影响,着力实现从事后治理向事前保护转变,从人工建设向自然恢复转变,加强重要生态保护区、水源涵养区、江河源头区、湿地的保护。注重监测、管理等非工程措施,注重对各类涉水开发建设活动的规范和控制,从源头上遏制水生态系统恶化趋势。重点针对生态脆弱河流和地区以及重要生境开展水生态修复,河流修复的目标应该是建立具有自修复功能的系统^[5]。

d. 协调好与相关规划的关系。要以流域综合规划为依据,处理好开发与保护的关系,从流域角度提出水生态保护和修复的重点河段和区域,注重与最严格的水资源管理“三条红线”的衔接和协调,注重河湖连通性的维持和重要生境的保留维护。与水污染防治规划、水功能区划等相衔接,突出生态敏感区及保护对象的水质要求和保护。与国家主体功能区规划、生态功能区划等相衔接,注重河流廊道、生境形态等多自然河流的维护和修复,强化生态需水保障。

2 水生态分区体系

我国幅员辽阔,河流众多,水工程纷繁复杂,各流域气候、水文分异复杂,流域内部的生态和水文特征迥然不同。

结合主体功能区规划、生态功能分区和水资源分区,以水生态系统为对象,综合考虑区域水文水资源特征、河流生态功能以及水工程的影响,利用 GIS 技术划分水生态分区,明确其生态功能定位。在此基础上进行规划单元划分,是水生态保护与修复规划



图2 全国水生态分区示意图

的重要基础工作。全国水生态分区示意图见图2。

水生态分区通过寻找每个生态要素的不连续性和一致性来描绘其异同^[6]。分区的指导思想是使区域内差异最小化,区域间差异最大化,并遵循以下原则:

a. 区域相关性原则:在区划过程中,应综合考虑区域自然地理和气候条件、流域上下游水资源条件、水生态系统特点等关键要素,既要考虑它们在空间上的差异,又要考虑其具有一定相关性,以保证分区具有可操作性。

b. 协调性原则:水生态区的划定应与国家现有的水资源分区、生态功能区划、水功能区划等相关区划成果相互衔接,充分体现出分区管理的系统性、层次性和协调性。

c. 主导功能原则:区域水生态功能的确定以水生态系统主导功能为主。在具有多种水生态功能的地域,以水生态调节功能优先;在具有多种水生态调节功能的地域,以主导调节功能优先。

全国水生态分区采取二级区划体系,一级水生态分区满足我国水资源开发利用和水生态保护的宏观管理和总体布局需要;二级水生态分区满足区域或河流廊道水生态功能定位,保护与修复目标确定及措施布置的需要。针对具体区域,还可根据生态

功能类型和保护要求,在二级水生态分区基础上进一步划分三级水生态分区。

根据全国由西向东形成的三大阶梯地貌类型,结合地理位置、气候带以及降雨量分布及区域水生态特点,将全国划分七大水生态一级分区,即东北温带亚湿润区、华北东部温带亚湿润区、华北西部温带亚干旱区、西北温带干旱区、华南东部亚热带湿润区、华南西部亚热带湿润区和西南高原气候区。

在水生态一级区内,依据地形、地貌、气候、降雨、生态功能类型及经济社会发展状况,以全国水资源三级区套地市为单元,将全国划分为34个水生态二级分区。水生态分区以习惯地理地貌名称命名。

不同水生态功能类型反映了区域不同的水生态系统结构和特征。水生态分区的水生态功能主要有水源涵养、河湖生境形态修复、物种多样性保护、地表水利用、拦沙保土、水域景观维护、地下水保护7种类型。

3 水生态状况评价指标体系

根据水生态分区及其功能类型,分析规划河段水生态保护需求。结合水工程规划设计关键生态指标体系研究与应用等有关成果^[7]以及《水工程规划设计生态指标体系与应用指导意见》^[8],分析提出了

水生态状况评价指标。水生态保护需求及对应主要评价指标见表 1。

表 1 水生态保护需求及对应主要评价指标

水生态功能	生态保护需求	主要评价指标
水源涵养	江河源头区及重要水源地保护	水源地保护程度
河湖生境形态修复	河湖生态需水保障	生态基流
		敏感生态需水
		生态需水满足程度
	河湖连通性维护	横向连通性 纵向连通性 垂向透水性
物种多样性保护	重要湿地维护	重要湿地保留率
	河湖水域珍稀、濒危水生生物及重要经济鱼类的保护	珍稀水生生物存活状况
		鱼类物种多样性
地表水利用	河湖水功能区保护	“三场”及洄游通道状况
		外来物种威胁程度
	水功能区水质达标率	水功能区水质达标率
拦沙保土	水土保持综合治理	土壤侵蚀强度
水域景观维护	自然、人工的水域景观的维护及构建	景观维护程度
地下水保护	地下水水位控制	地下水埋深 地下水开采系数

在进行水生态现状评价以及阶段性保护与修复目标制定时，应根据规划区域的水生态特点、尺度特征和保护要求，合理选取评价指标。为便于规划操作，进一步明确了各指标的定义、内涵和评价方法。

a. 水源地保护程度主要针对重要江河源头区、重要水源地的保护状况，从水质、水量和管理角度进行评价，通过定性和定量相结合的方法评定其安全状态及保护程度。

b. 生态基流是指为维持河流基本形态和基本生态功能的河道内最小流量。由于我国各流域水资源状况差别较大，在基础数据满足的情况下，应采用尽可能多的方法计算生态基流，对比分析各计算结果，选择符合流域实际的方法和结果。

对于我国南方河流，生态基流可选择不小于 90% 保证率最枯月平均流量和多年平均天然径流量的 10% 两者之间的大值，也可采用 Tennant 法取多年平均天然径流量的 20% ~ 30% 或以上。对北方地区，生态基流应分非汛期和汛期两个水期分别确定，一般情况下，非汛期生态基流应不低于多年平均天然径流量的 10%，汛期生态基流可按多年平均天然径流量的 20% ~ 30% 取定。

c. 敏感生态需水是指维持河湖生态敏感区正常生态功能的需水量及过程，在多沙河流，要同时考虑输沙水量。生态敏感区包括：具有重要保护意义的河流湿地及以河水为主要补给源的河谷林，河流

直接连通的湖泊、河口、土著、特有、珍稀濒危等重要水生生物或重要经济鱼类栖息地、“三场”分布区等。敏感生态需水取各类生态敏感区需水量及输沙需水量过程的外包线。

d. 生态需水满足程度是指敏感期内实际流入生态敏感区的水量满足其生态需水目标的程度。可用评价敏感期内实际流入保护区的多年平均水量与保护区生态目标需水量之比表征。

e. 横向连通性是指河流生态要素在横向空间的连通程度，反映水工程建设对河流横向连通的干扰状况，一般可用具有连通性的水面个数（面积）占统计的水面总数（总面积）之比表示。

f. 纵向连通性是指河流生态要素在纵向空间的连通程度，反映水工程建设对河流纵向连通的干扰状况，一般可根据河流中闸、坝等阻隔构筑物的数量来表述。

g. 垂向透水性用以表征地表水与地下水的连通程度，反映河流基底受人为干扰的程度。可用泥沙粒径比例或者河道透水面积比例表述。

h. 重要湿地保留率是指规划区域内重要湿地在不同水平年的总面积与 20 世纪 80 年代前代表年份的湿地总面积的比值。

i. 珍稀水生生物存活状况指在规划区域内珍稀水生生物或者重要经济鱼类等的生存繁衍、物种存活质量与数量的状况，一般通过调查规划或工程影响区域的水生生物种数、数量等反映存活状况的特征值，经综合分析后进行表述。

j. 鱼类物种多样性是指在规划范围内鱼类物种的种类及组成，是反映河湖水生生物状况的代表性指标。在监测能力和条件允许的情况下，可对鱼类的种类、数量及组成进行现场监测。

k. “三场”及洄游通道状况是指水生生物生存繁衍的栖息地状况，尤其关注鱼类产卵场、索饵场、越冬场及鱼类的洄游通道状况。可通过调查了解规划范围内主要鱼类产卵场、索饵场、越冬场状况，调查内容包括鱼类“三场”的分布、面积及保护情况等。

l. 外来物种威胁程度是指规划或工程是否造成外来物种入侵及外来物种对本地土著生物和生态系统造成威胁的程度。针对规划河段实际，一般选择外来鱼类、水生生物作为外来入侵物种评价指标。

m. 水功能区水质达标率是指规划范围内水功能区水质达到其水质目标的水功能区个数（河长、面积）占总数（总河长、总面积）的比例。水功能区水质达标率宏观反映了河湖水质满足水资源开发利用、生态保护要求的总体状况。

n. 湖库营养化指数是反映湖泊、水库水体富营养化状况的评价指标，主要包括湖库水体透明度、氮

磷含量及比值、溶解氧含量及其时空分布、藻类生物量及种类组成、初级生物生产力等。

o. 水资源开发利用率是某水平年流域水资源开发利用量与流域内水资源总量的比例关系。水资源开发利用率反映流域的水资源开发程度,结合水资源可利用量可反映出社会经济发展与生态环境保护之间的协调性。

p. 土壤侵蚀强度是以单位面积、单位时段内发生的土壤侵蚀量为指标划分的侵蚀等级,通常用侵蚀模数表达。土壤侵蚀强度可用来表征区域水土流失状况及其变化情况。

q. 景观维护程度是指各级涉水风景名胜区、森林公园、地质公园、世界文化遗产名录和规划范围内的城市河湖段等各类涉水景观,依照其保护目标和保护要求,人为主观评定其景观状态及维护程度。

r. 地下水埋深是指地表至浅层地下水水位之间的垂线距离。地下水埋深和毛管水最大上升高度决定了包气带垂直剖面的含水量分布,与植被生长状况密切相关。

s. 地下水开采系数为一定区域地下水的实际开采量与地下水可开采量(允许开采量)的比值。地下水超采不仅会引发环境地质灾害,而且由于破坏了地表水和地下水之间的转换关系,还会威胁到一些水生生物的生存及其生境质量。

4 水生态保护与修复措施体系

在水生态状况评价基础上,根据生态保护对象和目标的生态学特征,对应水生态功能类型和保护需求分析,建立水生态修复与保护措施体系(图3),主要包括生态需水保障、水环境保护、河湖生境维护、水生生物保护、生态监控和管理等五大类措施,针对各大类措施又细分为14个分类,直至具体的工程、非工程措施。

a. 生态需水保障是河湖生态保护与修复的核心内容,指在特定生态保护与修复目标之下,保障河湖水体范围内由地表径流或地下径流支撑的生态系统需水,包含对水质、水量及过程的需求。首先应通过工程调度与监控管理等措施保障生态基流,然后针对各类生态敏感区的敏感生态需水过程及生态水位要求,提出具体生态调度与生态补水措施。

b. 水环境保护主要是按照水功能区保护要求,分阶段合理控制污染物排放量,实现污水排放浓度和污染物入河总量控制双达标。对于湖库,还要提出面源、内源及富营养化等控制措施。

c. 河湖生境维护主要是维护河湖连通性与生境形态,以及对生境条件的调控。河湖连通性,主要考虑河湖纵向、横向、垂向连通性以及河道蜿蜒形

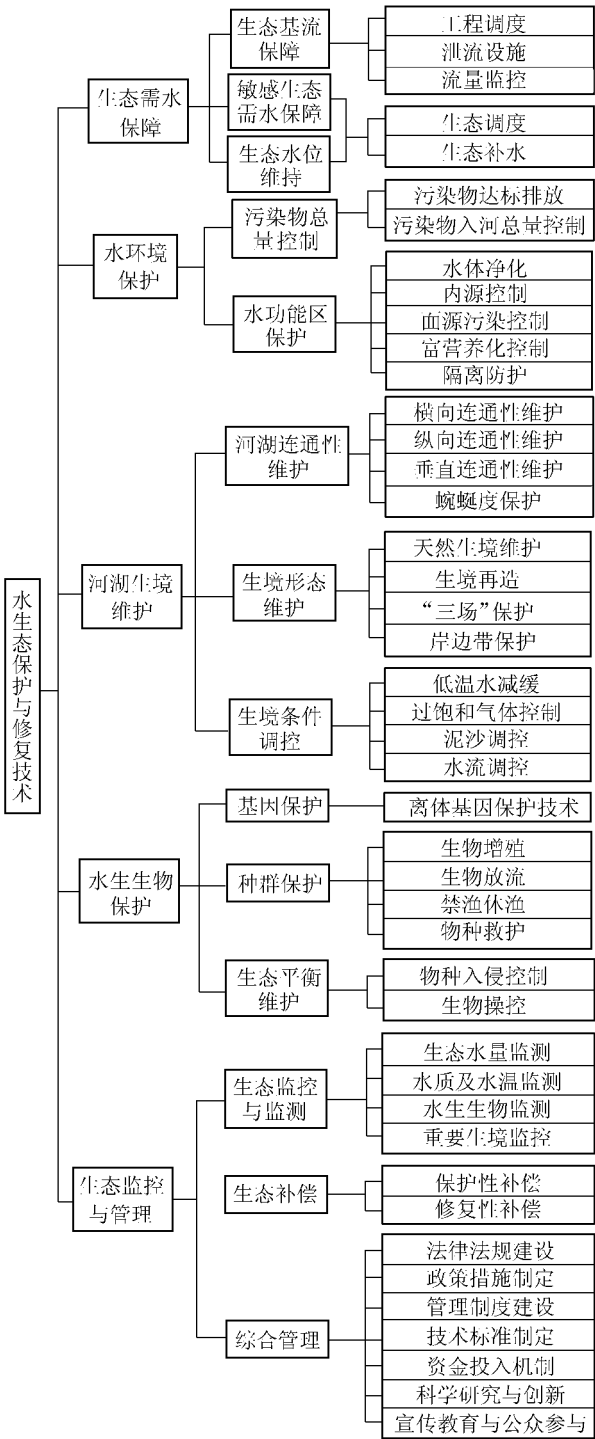


图3 水生态保护与修复措施技术体系

态。生境形态维护主要包括天然生境保护、生境再造、“三场”保护以及岸边带保护与修复等。生境条件调控主要指控制低温水下泄、控制过饱和和气体以及水沙调控等。

d. 水生生物保护包括对水生生物基因、种群以及生态系统的平衡及演进的保护等。水生生物保护与修复要以保护水生生物多样性和水域生态的完整性为目标,对水生生物资源和水域生境进行整体性保护。

e. 生态监控与管理主要包括相关的监测、生态

补偿与各类综合管理措施,是实施水生态事前保护、落实规划实施、检验各类措施效果的重要手段。要注重非工程措施在水生态保护与修复工作的作用,在法律法规、管理制度、技术标准、政策措施、资金投入、科技创新、宣传教育及公众参与等方面加强建设和管理,建立长效机制。

5 结 语

笔者分析了水生态保护与修复规划的主要内容、关键环节和技术路线,对规划关键技术进行了重点研究,提出了水生态分区体系、水生态状况评价指标体系以及水生态保护与修复措施体系。研究成果已在水利部组织编制的全国主要河湖水生态保护与修复规划及相关区域规划中得到了应用。应该看到,水生态保护与修复工作是与流域水文过程、物理化学过程、生物过程关系密切的复杂系统工程,有关理论研究和实践工作正处于起步和快速发展阶段。水生态保护与修复规划技术和方法需在今后水生态系统保护和修复实践及相关研究中进一步检验和完善。

(上接第 27 页)

根据解译成果和现场调查发现,湿地总面积为 130.0 km²。湿地范围内土地利用类型面积变化比较明显的是耕地、灌木林、高覆盖度草地和沼泽地。其中耕地明显增加,灌木林地有所减少,高覆盖度草地增加而沼泽地明显减少,湿地边缘地带的灌木林地和牧草地由于人为开发逐渐转为耕地。

5.2 流域湿地变化趋势及原因分析

从以上流域湿地面积动态变化情况可以看出,最能表征湿地结构和功能的沼泽地面积持续减少,盐碱化程度增加,这些现象均表现出湿地生态环境有退化趋势。对比湿地分布区 3 期遥感影像可以看出,沼泽地面积减少主要是由于沼泽地向高覆盖度草地退化。灌木林地的减少主要是由于一些灌木林地被开垦为耕地的原因。

通过以上分析可以看出,湿地总体上呈现退化趋势,湿地景观不稳定性有所增加。说明多年来流域盲目开垦土地、不合理引水灌溉、过度放牧以及快速城镇化等问题,已使湿地生态系统受到威胁。应加强保护,保护湿地资源,维护湿地生态系统生态功能。

6 结 语

通过对流域的土地利用、覆被变化进行动态分析,能对流域的生态环境变化趋势有一个宏观把握。对流域生态环境现状进行评价,能够了解流域的生态环境质量状况。对流域陆生生态关注区的动态变

参考文献:

[1] 程晓冰. 全国水资源保护政策及概况[J]. 今日国土, 2008 (22): 42-45.

[2] 水利部. 关于全国主要河湖水生态保护与修复规划任务书的批复(水规计[2008]562号)[R]. 北京: 水利部, 2008.

[3] 水利部水利水电规划设计总院. 全国主要河湖水生态保护与修复规划技术大纲[R]. 北京: 水利部水利水电规划设计总院, 2009.

[4] 王浩, 唐克旺, 杨爱民, 等. 水生态系统保护与修复理论和实践[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010: 5-29.

[5] 孙东亚, 赵进勇, 董哲仁, 等. 流域尺度的河流生态修复[J]. 水利水电技术, 2005, 36(5): 11-15.

[6] LOVELAND T R, MERCHANT J M. Ecoregions and ecoregionalization: geographical and ecological perspectives[J]. Environmental Management, 2004, 34: 1-13.

[7] 朱党生, 张建永, 廖文根, 等. 水工程规划设计关键生态指标体系[J]. 水科学进展, 2010(4): 136-142.

[8] 水利部水利水电规划设计总院. 关于印发《水工程规划设计生态指标体系与应用指导意见》的通知(水总环移[2010]248号)[R]. 北京: 水利部水利水电规划设计总院, 2010. (收稿日期: 2011-08-15 编辑: 高渭文)

化进行单独分析,能够对重点关注区的动态变化情况有一个趋势性把握,从而为提出切实合理的保护措施奠定基础。

由于受资料的限制,在陆生生态关注区没有获得更高分辨率的遥感影像,并且由于在陆生生态关注区生态监测资料的匮乏,无法对陆生生态关注区的动态变化机理进行更深入的揭示和研究,如果在这两方面进行补充和完善,可以进一步分析陆生生态关注区趋势性变化的生态机理和原因。

参考文献:

[1] SL45—2006 江河流域规划环境影响评价规范[S].

[2] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1615-1621.

[3] 周广胜, 张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探[J]. 植物生态学报, 1995(3): 193-200.

[4] 朱党生, 周奕梅, 邹家祥. 水利水电工程环境影响评价[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.

[5] 王家骥, 常仲农, 许慧, 等. 非污染生态影响评价技术手册培训教材[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.

[6] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[7] 刘胜祥, 薛联芳. 水利水电工程生态环境影响评价技术研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.

[8] 邹家祥, 薛联芳. 环境影响评价技术手册: 水利水电工程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009. (收稿日期: 2011-02-20 编辑: 高渭文)