

适用于遥感影像的水生态空间 多功能分类体系研究

唐寅¹, 王中根^{1*}, 王婉清¹, 黄火键², 袁勇²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101;
2. 水利部水利水电规划设计总院, 北京 100120)

摘要:水生态空间分类体系是研究水生态空间变化的重要前提。目前,水生态空间分类体系一般都基于特定的研究或者管理目的,没有相对统一的划定标准。因此,这些水生态空间分类体系间的可比性及可操作性就存在一定的局限。鉴于此,论文结合遥感观测技术,基于系统论提出了适用于遥感影像的水生态空间多功能分类体系。该分类体系具有一定的理论基础,同时也兼具遥感技术的可操作性和可比性,能为研究水生态空间的面积动态变化提供理论基础和技术保障。此外,研究还结合生产管理经验和专家咨询等方法,建立了适用于Landsat卫星遥感数据的各类水生态空间的解译标志。最后,以中国为例,运用2015年的Landsat卫星遥感数据,划定了中国各类水生态空间的分布,并得到了不同水生态空间类型所占的面积比,这为进一步研究中国水生态空间的演化规律奠定了坚实基础。

关键词:水生态空间;遥感影像;分类体系;系统论;多功能

生态文明建设是中国的一次重大战略部署,其重点工作主要包括优化国土空间开发格局,加快建设美丽中国,使蓝天常在、青山常在、绿水常在,实现中华民族永续发展^[1-3]。水生态空间是国土空间的核心构成要素,是生态空间的关键组成部分^[4]。水生态空间的管控是国土空间用途管制在水生态空间的具体落实,是中国生态文明建设国家战略的重要组成部分^[5]。摸清中国水生态空间的演变规律及其影响因子,可为建立一套符合要求的水生态空间管控指标体系提供重要参考。因此,研究中国水生态空间的长期演变规律,就能指导和推动中国水生态空间管控的相关工作,为水生态空间保护与合理利用提供长期性、全局性和战略性的技术指导,对实现生态文明建设的战略目标具有十分重要的现实和战略意义。

水生态空间的分类是研究水生态空间演变规

律的重要前提。它既影响分类结果的表达,也决定了分类数据的应用领域。通过水生态空间分类,不仅能掌握各种水生态空间类型的基本属性,而且还可以明确各类型水生态空间的分布特点和区域结构,从而为进一步分析水生态空间的差异性奠定基础^[6]。然而,目前的水生态空间分类体系一般都是服务于特定的研究或者管理目的,没有相对统一的划定标准^[7]。因此,现存的水生态空间分类体系间的可比性及其自身的可操作性就存在一定的局限,不利于研究中国水生态空间的演变趋势及其影响因素。为了支撑水生态空间管控工作,提出一种具有可操作性和可比性的水生态空间分类体系就显得尤为迫切。因此,本文尝试以系统论为理论基础,结合具有可操作性和可比性的遥感技术,提出一套能有效利用遥感数据的水生态空间多功能分类体系。

收稿日期:2019-04-08;修订日期:2019-10-10。

基金项目:中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA19030204)。[Foundation: Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences (Class A), No. XDA19030204.]

第一作者简介:唐寅(1986—),女,贵州贵阳人,助理研究员,主要从事水文水资源研究。E-mail: tangyin@igsrr.ac.cn

*通信作者简介:王中根(1973—),男,河南潢川人,研究员,主要从事水文水资源研究。E-mail: wangzg@igsrr.ac.cn

引用格式:唐寅,王中根,王婉清,等. 适用于遥感影像的水生态空间多功能分类体系研究 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(3): 454-460. [Tang Yin, Wang Zhonggen, Wang Wanqing, et al. Multifunctional classification of aquatic habitats for remote sensing data. Progress in Geography, 2020, 39(3): 454-460.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2020.03.010

1 水生态空间一般分类体系

在水生态空间变化的研究中,水生态空间分类体系的研究是基础和关键的一个环节。截至目前,已经有一些学者和管理者对水生态空间的分类体系进行了探讨。

水生态空间的描述最早是源于流域水生态空间的自然属性等,流域水生态空间因成因、组成介质、地球化学环境、地貌部位等的不同而具有不同的结构和功能。国内有部分学者据此对水生态空间进行了相应的分类^[7]。该分类体系具体包括:按成因可将水生态空间分为天然、半天然和人为;按地貌组成介质可将水生态空间分为生物质、非生物质及复合质;按地球化学环境可将水生态空间分为表生和深部;按地貌部位可将水生态空间分为坡面系统和河流系统;按可变性可将水生态空间分为固定和弹性;按可视性可将水生态空间分为显性和隐性。

水生态空间除了具有自然属性外,还具有社会属性,是国民经济发展的基石。随着国民经济发展对环境质量不断提高的要求,管理者从生产实践的角度,统筹考虑未来的水生态空间管控要求,明确了对水生态空间功能的需求,据此提出了一套适用于水生态空间管控的分类体系。该体系从国土空间开发利用格局和经济社会活动对水生态空间保护和利用的功能需求,以及从河流水域空间和岸线空间自然生态和社会服务功能进行分类用途管理要求的2个角度出发而提出。基于前者,可将水生态空间分为防洪、供水、水生态保护、旅游、航运、养殖、水源涵养保护与水土保持等。基于后者则可将水生态空间分为水域空间、岸线空间、陆域涉水空间等。总的来看,该分类体系明确了水生态空间的防洪、供水、水土保持、岸线及其他涉水功能5个主要功能需求^[8-9]。

可以看到,现有的无论是基于理论的还是基于管理经验的水生态空间分类体系都是相对完备的,但在这些分类体系中,如何明确每一类水生态空间的界限,或者说如何划定每一类水生态空间则比较模糊。此外,现存分类体系中各类型水生态空间之间的可比性也不是很清楚。这些就导致所得到的水生态空间分类结果几乎无法进行直接对比和验证,从而导致研究水生态空间的动态变化相对困难。

2 基于遥感影像的水生态空间分类体系的构建

2.1 水生态空间分类体系的构建原则

(1) 科学性原则

研究以系统论作为水生态空间分类体系构建的理论基础。按照系统论的观点,水生态空间的实质是受人类活动扰动的自然系统中多要素相互作用与影响形成的与水相关的生态经济系统^[10-11]。水生态空间是一个具有多层次结构和功能的复合体,存在要素—结构—功能的因果链,即水生态空间内土壤、水文、植被、生物等要素互相关联,经过自然演化过程或人为作用,形成不同的水生态空间类型,如湿地、河流、湖泊等,各要素间的比例关系或组成可称为水生态空间结构。水生态空间结构的多样化,带来不同的结构效应,决定着相应的水生态空间的功能。因此,水生态空间的划分,一方面需要遵守不同层次的空间结构决定水生态空间功能多层次性的原则;另一方面,水生态空间的功能还需同时考虑可持续发展的3大维度,包括经济、社会和生态。概括来看,这些水生态空间结构应具有经济、社会及生态功能;具体来看,这些功能应主要包括环境调节、生态维持、空间承载、生活保障、文化休闲、物质生产和经济发展等。

(2) 可行性原则

随着对地观测技术的发展,遥感获取地表地物属性特征的能力使其被广泛地应用于土地利用分类和全球变化等大尺度的科学研究中^[12-13]。此前,基于遥感数据构建的土地利用分类系统就解决了不同部门土地利用数据无法衔接等问题,为土地利用的生产管理提供了可靠的技术保障。水生态空间作为一类重要的地表特征物,能在一定程度上被遥感影像识别。因此,本文拟借鉴土地利用分类体系的成功经验,基于遥感影像构建具有一定可操作性和可比性的水生态空间的分类体系。水生态空间的划分还应该简单易懂,同时能满足相关生产管理部门需求。

(3) 完整性原则

水生态空间与其他空间最大的区别在于与水相关,水最常见的3种相态(固态、液态和气态)中固态和液态都能形成具有不同结构和功能的水生态空间。因此,在水生态空间的划分时应充分考虑水的相态,以确保水生态空间划分的完整性。

2.2 水生态空间分类体系

依据以上原则,本文将水生态空间的结构就划分为水域、陆域及水陆交错3类水生态空间,并进一步细分为冰川雪地、河渠、湖泊、水库坑塘、湿地、河湖岸线及海岸线等7类水生态空间(图1)。各类型水生态空间的具体含义如下:①冰川雪地水生态空间是指常年被冰川和积雪所覆盖的水生态空间,通常位于高山和高海拔地区;②河渠水生态空间是指天然形成或人工开挖的河流及主干常年水位以下的生态空间,主要位于山谷间,呈不规则条带状,边界清晰;③湖泊水生态空间是指天然形成的积水常年水位以下的生态空间,主要位于地势低洼地带,呈现自然的团块状;④水库坑塘水生态空间是指人工修建的蓄水常年水位以下的生态空间,主要位于水源地和农耕区,水库一侧有明显的直边(为拦水坝),坑塘呈有格网状纹理及不规则面状;⑤湿地水生态空间是季节性积水或常年积水,并生长湿生植物的水生态空间,主要位于地势平坦低洼、排水不畅、长期潮湿区域,呈现表面有植被覆盖的团块状;⑥河湖岸线水生态空间是指河、湖水生态空间平水期水位与洪水期水位之间的水生态空间,分布于河湖水生态空间的边界区域等,呈不规则条带状和小块状;⑦海岸线水生态空间是指沿海大潮高潮位与低潮位之间的潮浸生态空间,分布于滨海地区,呈宽条带状延展。

可见,在以上分类体系中,不同的水生态空间类型存在于不同的空间区域,并且具有各自特有的、可识别的空间信息特征,这些将有助于通过遥感影像识别不同类型的水生态空间^[14-15]。

2.3 水生态空间 Landsat 卫星遥感影像的解译标志

遥感影像能够记录地物的光谱信息和空间信

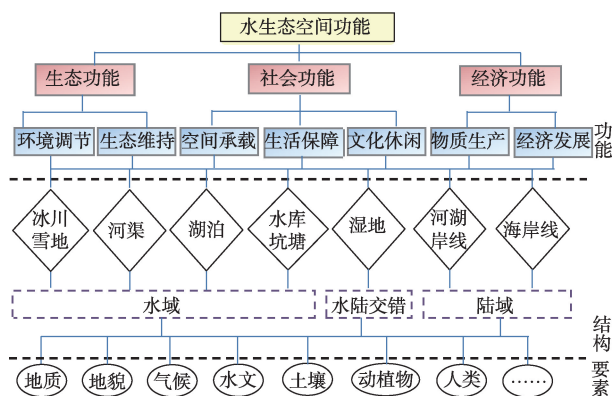


图1 基于遥感影像的水生态空间多功能分类体系
Fig.1 Multifunctional classification of aquatic habitats for remote sensing data

息。为了加深对基于遥感影像的水生态空间多功能分类体系及其可行性的认识,本文选取了时间分辨率为16 d、空间分辨率为30 m的Landsat卫星遥感数据为例,详细地分析了不同水生态空间类型在该遥感影像中的光谱信息特征及空间信息特征,并结合生产管理经验和专家咨询等方法进一步建立不同水生态空间类型的Landsat卫星遥感影像解译标志(表1)。解译标志是识别遥感影像中目标空间范围(如河渠水生态空间)所依据的影像光谱或者空间信息特征,通过解译标志就能判读出Landsat卫星遥感影像中目标区域所属的水生态空间类别^[16]。

3 实例研究

3.1 研究数据与方法

本文收集了时间分辨率为16 d、空间分辨率为30 m的Landsat卫星遥感数据,并以2015年的数据为例,分析了中国各类型水生态空间的分布及面积

表1 各类型水生态空间 Landsat 卫星遥感影像的解译标志
Tab.1 A guide for interpreting aquatic habitat marks of Landsat data

类型	光谱或者空间信息特征	解译标志
冰川雪地	位于高寒地区,光谱呈亮蓝色或深蓝色	
河渠	呈不规则条带状、边界清晰,光谱呈蓝色或黑色	
湖泊	呈现自然的团块、边界清晰,光谱呈深蓝色或浅蓝色	
水库坑塘	水库一侧有明显的直边(为拦水坝),光谱呈黑色或蓝色,坑塘呈有格网状纹理、呈不规则面状,光谱呈青黑色或粉紫色	
湿地	分布在湖库四周的低洼地,有绒毛状地湿生或水生植被,边界光谱呈深紫色	
河湖岸线	分布于江河湖畔等,呈不规则条带状和小块状,光谱呈粉红色、黄褐色或灰褐色	
海岸线	分布于滨海地区,呈宽条带状延展,光谱呈紫灰色、黄褐色或蓝绿色	

特征。为了最大限度探明水生态空间的分布,同时保证数据的可比性,选用了9—10月的遥感观测影像进行处理。首先对原始的遥感影像进行预处理,主要步骤包括几何校正、辐射定标、大气校正、影像拼接及裁剪等处理^[17-19];基于预处理后的影像,根据表1提供的解译标志进行监督分类,然后进行人工目视解译,通过局部放大遥感影像,同时结合其他高分辨率的影像信息(如谷歌地图)及专家咨询等,对分类结果进行进一步的修改和校正;最后对分类结果精度进行验证,技术路线如图2所示。

3.2 结果与分析

通过2015年中国水生态空间分布图可以看到(图3),中国水生态空间的分布呈现一定的区域规律:冰川雪地水生态空间主要分布在西北部地区;河渠水生态空间主要分布在中部和东部地区;湖泊水生态空间主要分布在青藏高原地区;水库坑塘水生态空间主要分布在东部沿海区域;湿地水生态空间主要分布在东北部和西部部分区域;河湖岸线水生态空间主要分布在东北部和中部河渠水生态空间的附近区域;海岸线水生态空间则主要分布在东部沿海的局部区域。此外,本文还计算了不同水生态空间的面积,结果表明,2015年,中国水生态空间的面积大约为34.8万km²。其中,冰川雪地水生态空间所占面积约为6.8万km²,河渠水生态空间所占

面积约为3.5万km²,湖泊水生态空间所占面积约为7.6万km²,水库坑塘水生态空间所占面积约为4.0万km²,湿地水生态空间所占面积约为7.6万km²,河湖岸线水生态空间所占面积约为4.8万km²,海岸线水生态空间所占面积约为0.6万km²。为了验证结果的合理性,本文以定义相对统一并且调查数据比

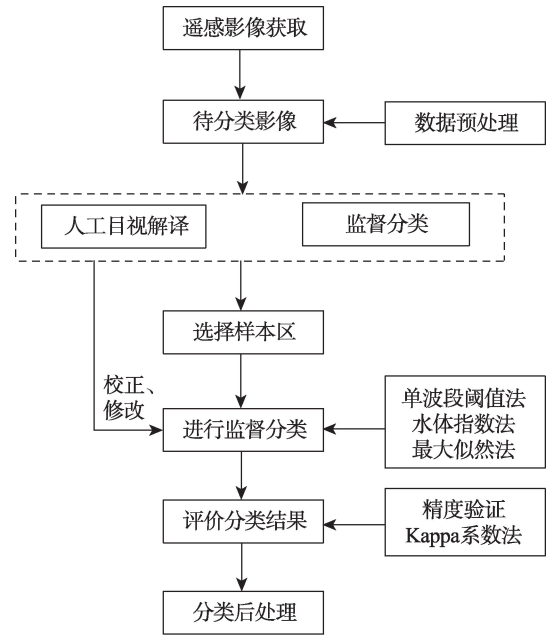
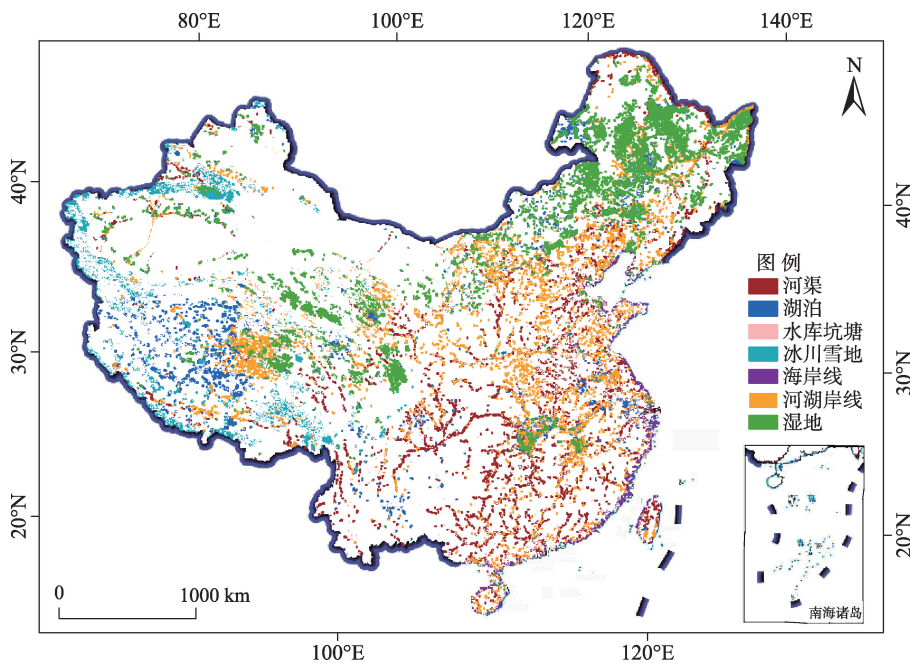


图2 技术路线

Fig.2 Technical roadmap of the study



注:本图基于自然资源部标准地图服务网下载的审图号为GS(2019)1831号的标准地图制作,底图无修改。

图3 中国2015年水生态空间分布

Fig.3 Spatial distribution of aquatic habitats in China, 2015

较全面的湖泊水生态空间为例,将解译得到的湖泊水生态空间面积与已发表的相关数据进行对比。结果表明,本文解译得到的湖泊水生态空间面积与已发表的数据误差在2%~7%间^[20-23],研究结果具备一定的合理性。

通过获取的水生态空间面积数据,研究进一步分析2015年不同水生态空间类型所占总水生态空间的面积比(图4)。可以看到,2015年全国范围内占比面积最大的水生态空间类型为湖泊水生态空间和湿地水生态空间,占比均约为21.8%;其余依次为冰川雪地水生态空间(占比约为19.6%)、河湖岸线水生态空间(占比约为13.7%)、水库坑塘水生态空间(占比约为11.4%)、河渠水生态空间(占比约为10.1%);占比面积最小的为海岸线水生态空间,占比约为1.7%。各类型水生态空间面积比例数据可为水生态空间的结构优化和管控提供重要的数据支撑。

4 结论与讨论

本文以系统论为理论基础,结合具有可操作性和可比性的遥感技术,提出了一套能有效利用遥感数据的水生态空间多功能分类体系。与目前基于理论或者管理经验提出的水生态空间分类体系相比,结合遥感影像的水生态空间多功能分类体系能够较好地解决水生态空间各类型的划定、彼此间的比较以及水生态空间的面积变化等问题。研究在充分挖掘遥感影像数据优势的基础上,结合土地利用分类中运用较为广泛的系统论,利用水生态空间要素—结构—功能的因果链的关系,从功能主体性的角度出发,综合考虑水生态空间的经济功能、社

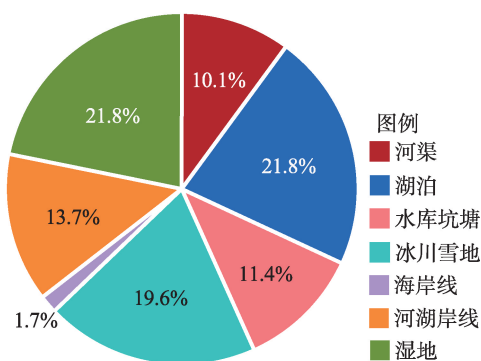


图4 中国2015年各类型水生态空间所占面积比例

Fig.4 Areal ratio of each type of aquatic habitat in China, 2015

会功能、生态功能及其具体的7个细化功能,明确决定这些功能的各类型水生态空间的结构,从而构建了适用于遥感影像数据的水生态空间多功能体系。同时,基于构建的分类体系,以Landsat卫星遥感数据为例,进一步建立了适用于该影像的各类水生态空间的解译标志,为生产管理中的推广运用提供了一定的应用示范。最后,将提出的分类体系运用到全国水生态空间的划定中,得到了2015年各类水生态空间的空间分布范围及所占面积,为进一步研究中国水生态空间的演变规律奠定了坚实的基础。

但值得注意的是,该分类体系仍存在一些难以回避的问题,由于要兼顾遥感影像的适用范围,该分类体系主要反映了水生态空间的面积动态变化,对于水生态空间的三维空间变化、水生态空间质的变化以及地下水生态空间等的变化都难以给出具有可操作性的技术方案和具有可比性的研究结果。此外,由于不同时期、不同数据源的遥感影像存在同物异谱和同谱异物等问题,因此,在实际使用中仍需结合实地调查、专家咨询等方法进一步提高水生态空间类型的判别精度。近年来,新一代传感器的成功发射提供了更为丰富的具有不同时空分辨率的数据源,这为基于遥感影像进行水生态空间划分提供了机遇,但同时也带来了一定的挑战。不同的研究区域和观测尺度,各类型水生态空间的分布和结构特征存在差异,如何从海量数据源中选择适合分辨率的影像以揭示这种差异值得进一步研究。

参考文献(References)

- [1] 傅伯杰, 刘国华, 陈利顶, 等. 中国生态区划方案[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 1-6. [Fu Bojie, Liu Guohua, Chen Liding, et al. Scheme of ecological regionalization in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1): 1-6.]
- [2] 刘伟, 杨晴, 张梦然, 等. 构建以流域为基础的水生态空间管控体系研究[J]. 中国水利, 2018(5): 27-31. [Liu Wei, Yang Qing, Zhang Mengran, et al. Studies on establishment of water ecological space control system based on river basin. *China Water Resources*, 2018(5): 27-31.]
- [3] 傅伯杰. 新时代自然地理学发展的思考[J]. 地理科学进展, 2018, 37(1): 1-7. [Fu Bojie. Thoughts on the recent development of physical geography. *Progress in Geography*, 2018, 37(1): 1-7.]
- [4] 李胜华, 罗欢, 吴琼, 等. 珠江河口水生态空间管控研究意义及研究进展[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学

- 版), 2018, 39(4): 56-60. [Li Shenghua, Luo Huan, Wu Qiong, et al. Research significance and progress of Pearl River estuary water ecological space management and control. *Journal of North China University of Water Resources and Electric Power (Natural Science Edition)*, 2018, 39(4): 56-60.]
- [5] 杨晴, 赵伟, 张建永, 等. 水生态空间管控指标体系构建 [J]. *中国水利*, 2017(9): 1-5. [Yang Qing, Zhao Wei, Zhang Jianyong, et al. Establishment of control indicator system for water ecological space. *China Water Resources*, 2017(9): 1-5.]
- [6] 高俊峰, 高永年, 张志明. 湖泊型流域水生态功能分区的理论与应用 [J]. *地理科学进展*, 2019, 38(8): 1159-1170. [Gao Junfeng, Gao Yongnian, Zhang Zhiming. Theory and application of aquatic ecoregion delineation in lake-basin. *Progress in Geography*, 2019, 38(8): 1159-1170.]
- [7] 邓伟, 严登华, 何岩, 等. 流域水生态空间研究 [J]. *水科学进展*, 2004, 15(3): 341-345. [Deng Wei, Yan Denghua, He Yan, et al. Study on ecological storeroom of water in the watershed. *Advances in Water Science*, 2004, 15(3): 341-345.]
- [8] 杨晴, 张梦然, 赵伟, 等. 水生态空间功能与管控分类 [J]. *中国水利*, 2017(12): 3-7. [Yang Qing, Zhang Mengran, Zhao Wei, et al. Function of ecological storeroom of water and its classification for management and control. *China Water Resources*, 2017(12): 3-7.]
- [9] 朱党生, 张建永, 王晓红, 等. 推进我国水生态空间管控工作思路 [J]. *中国水利*, 2017(16): 1-5. [Zhu Dangsheng, Zhang Jianyong, Wang Xiaohong, et al. Work thoughts on management and control of aquatic ecological space in China. *China Water Resources*, 2017(16): 1-5.]
- [10] 刘沛, 段建南, 王伟, 等. 土地利用系统功能分类与评价体系研究 [J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2010, 36(1): 113-118. [Liu Pei, Duan Jiannan, Wang Wei, et al. Study on systems of the land-use system functional classification and evaluation. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2010, 36(1): 113-118.]
- [11] 刘超, 许月卿, 刘焱序, 等. 基于系统论的土地利用多功能分类及评价指标体系研究 [J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2018, 54(1): 181-188. [Liu Chao, Xu Yueqing, Liu Yanxu, et al. Research on land use functions classification and evaluation system based on system theory. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2018, 54(1): 181-188.]
- [12] 张景华, 封志明, 姜鲁光. 土地利用/土地覆被分类系统研究进展 [J]. *资源科学*, 2011, 33(6): 1195-1203. [Zhang Jinghua, Feng Zhiming, Jiang Luguang. Progress on studies of land use/land cover classification systems. *Resources Science*, 2011, 33(6): 1195-1203.]
- [13] 杨大文, 徐宗学, 李哲. 等. 水文学研究进展与展望 [J]. *地理科学进展*, 2018, 37(1): 36-45. [Yang Dawen, Xu Zongxue, Li Zhe, et al. Progress and prospect of hydrological sciences. *Progress in Geography*, 2018, 37(1): 36-45.]
- [14] 骆成凤. 中国土地覆盖分类与变化监测遥感研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2005. [Luo Chengfeng. Remote sensing study of land cover classification and change in China. Beijing, China: Graduate School of Chinese Academy of Sciences, 2005.]
- [15] 陈婧, 史培军. 土地利用功能分类探讨 [J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(5): 536-540. [Chen Jing, Shi Peijun. Discussion on functional land use classification system. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2005, 41(5): 536-540.]
- [16] 甄霖, 曹淑艳, 魏云洁, 等. 土地空间多功能利用: 理论框架及实证研究 [J]. *资源科学*, 2009, 31(4): 544-551. [Zeng Lin, Cao Shuyan, Wei Yunjie, et al. Land use functions: Conceptual framework and application for China. *Resources Science*, 2009, 31(4): 544-551.]
- [17] 许西盼, 曹卫彬, 刘娇娣, 等. 基于遥感影像的土地利用分类系统的设计: 以石河子垦区为例 [J]. *新疆农业科学*, 2010, 47(1): 204-210. [Xu Xipan, Cao Weibin, Liu Ji-aodi, et al. Design of the land-use classification system based on remote sensing image: A case study of Shihho-tze reclamation area. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2010, 47(1): 204-210.]
- [18] Paracchini M L, Pacini C, Jones M L M, et al. An aggregation framework to link indicators associated with multi-functional land use to the stakeholder evaluation of policy options [J]. *Ecological Indicators*, 2011, 11(1): 71-80.
- [19] Hermanns T, Helming K, Schmidt K, et al. Stakeholder strategies for sustainability impact assessment of land use scenarios: Analytical framework and identifying land use claims [J]. *Land*, 2015, 4(3): 778-806.
- [20] 李玲玲, 宫辉力, 赵文吉. 1996—2006年北京湿地面积变化信息提取与驱动因子分析 [J]. *首都师范大学学报(自然科学版)*, 2008, 29(3): 95-101. [Li Lingling, Gong Hui-li, Zhao Wenji. Change detection and driving factor analysis of Beijing wetlands from 1996 to 2006. *Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition)*, 2008, 29(3): 95-101.]
- [21] 马荣华, 杨桂山, 段洪涛, 等. 中国湖泊的数量、面积与空间分布 [J]. *中国科学: 地球科学*, 2011, 41(3): 394-401. [Ma Ronghua, Yang Guishan, Duan Hongtao, et al. China's lakes at present: Number, area and spatial distribution. *Scientia Sinica Terrae*, 2011, 41(3): 394-401.]
- [22] 杨桂山, 马荣华, 张路, 等. 中国湖泊现状及面临的重大

问题与保护策略 [J]. 湖泊科学, 2010, 22(6): 799-810. [Yang Guishan, Ma Ronghua, Zhang Lu, et al. Lake status, major problems and protection strategy in China. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(6): 799-810.]

[23] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥. 等. 20世纪80年代末以来中

国土地利用变化的基本特征与空间格局 [J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14. [Liu Jiyan, Kuang Wenhui, Zhang Zengxiang, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 3-14.]

Multifunctional classification of aquatic habitats for remote sensing data

TANG Yin¹, WANG Zhonggen^{1*}, WANG Wanqing¹, HUANG Huojian², YUAN Yong²

(1. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. General Institute of Water Resources and Hydropower Planning and Design, Ministry of Water Resources, Beijing 100120, China)

Abstract: Classification is the key to understanding changes in aquatic habitats. Most of the existing classifications were proposed for different purposes such as specific research and management needs and there are no commonly applied criteria for the classification, thus their operability and comparability are limited. Therefore, the purpose of this study was to propose a multifunctional classification system of aquatic habitats that embraces the advantages of remote sensing data based on the system theory, so that the classification can be practical and comparable. Additionally, this study provided the interpreting marks of different types of aquatic habitats for Landsat remote sensing data. Based on the interpreting marks, this study obtained the spatial distribution and areal ratio of different types of aquatic habitat in China by using the Landsat remote sensing data in 2015. The multifunctional classification of aquatic habitats for remote sensing data is the foundation for understanding changes in aquatic habitats.

Keywords: aquatic habitat; remote sensing data; classification; system theory; multifunction