

西藏自治区生态空间的分类与范围及人类活动影响

魏子谦^{1,2}, 徐增让^{1,2}, 毛世平³

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 西藏自治区那曲市林业和草原局, 那曲 852000)

摘要: 生态空间的划定是落实主体功能区制度, 确定三种空间、三条红线的重要环节。目前生态空间概念界定尚未有共识、分类体系仍不统一。以西藏自治区为例, 探索了生态脆弱区省级生态空间分类体系构建、空间范围识别及人类活动强度模拟的方法。结果表明: (1) 按照生态系统类型西藏生态空间可分为林地、草地、湿地、未利用地等4个一级类, 13个二级类和29个三级类。按照管制强度可分为I级严格管制区、II级限制开发区和III级动态管制区。(2) 识别得到西藏生态空间面积约为105.45万km², 占西藏总面积的87.7%, 与其国家重要生态安全屏障的功能定位一致。(3) 模拟了西藏人类活动强度, 生态空间内受人类胁迫水平整体较弱, 约92%的区域人类活动强度指数低于0.0447。本研究可为高寒生态脆弱区省级生态空间划定及管理提供科技支撑。

关键词: 国土空间; 生态空间; 分类体系; 人类活动强度; InVEST模型

21世纪以来, 中国经济增长和城镇化严重挤压了农业空间和生态空间, 土地利用规划与城市规划在开发利用农业空间与城市空间方面发挥了巨大作用, 但是生态空间保护利用规划与管理依然薄弱^[1-3]。党的十八大提出“促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”。2015年中央出台了《生态文明体制改革总体方案》, 提出“划定生产空间、生活空间、生态空间, 建立空间规划体系, 健全国土空间用途管制制度。”2016年12月中央办公厅、国务院办公厅印发《省级空间规划试点方案》, 明确了省级空间规划“三区三线”空间划分和管控重点。省级空间规划的主要任务有整合《土地利用现状分类》《城市用地分类与规划建设用地标准》等, 形成空间规划用地分类标准。按照严格保护、宁多勿少原则划定生态保护红线, 按照最大程度保护生态安全、构建生态屏障的要求划定生态空间; 划定永久基本农田, 统筹考虑农业生产和农村生活需要, 划定农业空间; 按照基础评价结果和开发强度控制要求, 兼顾城镇布局和功能优化的弹性需要, 从严划定城镇开发边界, 有效管控城镇空间。以“三区三线”为基础, 整合形成协调一致的空间管控分区^[4]。2019年5月《中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》要求将主体功能区规划、土地利用规划、城乡规划等融合为国土空间规划, 实现“多规合一”^[5]。

目前, 生态空间的概念仍未达成共识^[6]。Rowe^[7]和Zonneveld^[8]提出“土地空间(land space)”, 认为土地空间为一组具有土壤、地形、植被等相同特征的相邻土地单元。国

收稿日期: 2019-05-10; 修订日期: 2019-08-19

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK060300); 国家自然科学基金项目(41571496, 41971263); 国家重点研发计划项目(2016YFC0503403); 西藏重大科技专项(Z2016C01G01/04)

作者简介: 魏子谦(1996-), 女, 天津人, 硕士, 研究方向为自然资源信息科学。E-mail: weizq.18s@igsnr.ac.cn

通讯作者: 徐增让(1971-), 男, 陕西凤翔人, 副研究员, 研究方向为资源利用与生态保护。E-mail: xuzr@igsnr.ac.cn

外与“生态空间 (ecological space)”相近的概念有“生态区域 (ecoregion)^[9-11]”“生态国土空间 (ecological land space)^[9,12]”等。Orie Loucks^[13]首次提出了“生态区域”一词。Crowley^[14]根据气候植被特征绘制了首张加拿大生态区域图, Bailly等^[10-11]绘制了美国、北美地区、世界大陆和世界海洋的生态区域图。“生态国土空间”被认为是以提供生态服务为主, 对生态过程至关重要的土地空间, 主要分为河流、湖泊、沼泽地、滩涂、冰川、冰雪地、裸地、沙地、盐碱地、林地、天然草地、其他草地等^[9,11-12,15-16]。高延利^[2]认为生态空间指以提供生态服务或生态产品为主的国土空间, 可分为森林、草地、荒漠、冻原等。国内有学者采用“生态用地 (ecological land)”概念^[3,6]。生态用地是以保护生态系统、提供生态服务、具有一定自我调节、修复、维持能力的用地类型, 生态用地可分为完全生态用地、半生态用地、弱生态用地。完全生态用地包括林地、草地、水域及未利用地。半生态用地包括耕地、园地等。弱生态用地包括人工牧草地、公共服务用地中的公园及绿地、水库、坑塘和沟渠等^[6]。许尔琪等^[17]把具有关键生态功能的区域定义为核心生态空间, 中国核心生态空间可分为水源涵养、土壤保持、防风固沙、洪水调蓄、河岸防护和生物多样性保护等6类。生态空间的识别方法也处于探索阶段, 主要有: (1) 通过与土地利用现状、地理国情普查、林业调查等土地分类体系衔接识别生态空间范围^[19]。(2) 依据生态系统服务功能重要性和敏感性识别生态空间^[20]。(3) 通过整合主体功能区、生态功能区划、国家级公益林区划、水土保持区划等, 识别重要生态功能区进而界定核心生态空间^[3,17]。基于土地的主体功能, 构建了“三生用地”分类体系, 提取了“三生用地”的分布范围。中国生态用地面积为603.7万km², 占国土面积的62.89%, 主要分布在中西部^[3]。1990-2010年, 因农田开垦、城镇化等, 中国生产、生活空间扩张, 生态空间缩小^[6]。

主体功能区划将国家、省级国土空间划分为优先开发、重点开发、限制开发和禁止开发等4类区域^[20], “三生”空间明确了生产、生活、生态空间格局^[3], 为“双评价”提供了功能分区方案。省级国土空间“双评价”主要针对农业空间、城镇空间开展, 对生态空间重点评价生态保护等级和生态保护优先序。可见, “双评价”是国土空间规划的基础, 而空间功能分区则是“双评价”的前提。在空间功能四分法 (主体功能区)、三分法 (“三生”空间) 的基础上, 鉴于人类生产生活空间与自然生态保护空间的功能差异显著^[21-22], 本文提出人类活动主导和自然生态主导的空间二分法, 构建生态空间分类体系、识别生态空间, 对实施国土空间用途管制、保护生态安全具有重要意义。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

西藏自治区位于青藏高原腹地, 平均海拔4000 m以上, 素有“世界屋脊”之称; 是长江、雅鲁藏布江、印度河等大江大河源头, 有“亚洲水塔”之称; 是西风带、亚洲季风带的交汇区, 有“北半球气候调节器”之称; 是中国东部乃至东南亚地区水源涵养、土壤保持、生物多样性保护的关键地区, 是中国两屏三带国家重要生态安全屏障的重要组成部分。因此, 摸清西藏自治区自然生态本底, 识别生态空间范围, 提出生态空间分级管理方案, 模拟生态空间人类活动强度, 为生态空间科学管控提供方法支撑^[23]。

1.2 研究方法

1.2.1 生态空间分类体系与分布范围识别

与现有多种土地分类体系衔接,以生态功能指向为判据,构建生态空间分类体系。运用GIS技术实现多源数据集成、生态系统服务和生态脆弱性评估,并与国家级、省级城镇空间、农业空间相协调,识别西藏地区生态空间范围。其中,生态系统服务量化:对土壤保持、水源涵养、防风固沙、生物多样性四种生态系统服务的物理量进行极差归一化,再求算术平均,得到区域生态系统服务综合指数。

$$X_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (1)$$

$$M = \frac{1}{4} \sum_i^4 X_i \quad (2)$$

式中: X_i 为归一化以后的区域生态系统服务量; x_i 为服务量原始值; x_{\min} 、 x_{\max} 分别为区域内该生态系统服务量最小值、最大值; M 为区域生态系统服务综合指数。

1.2.2 人类活动强度模拟方法

InVEST模型中栖息地质量模块将土地利用状况与威胁源建立联系,根据不同生境对威胁源的响应程度,评估不同景观格局下的生态现状,具有空间分析能力强、评价结果精确度高、投入成本低等特点,所得结果能客观反映实际生态环境状况。在西藏,对生态环境产生影响的人类活动主要有城镇化、农牧业、旅游和交通四种^[24]。对生态空间的影响主要为道路和旅游活动。本文基于InVEST栖息地质量模块,考虑城乡聚落、农业、道路等人类活动,模拟西藏自治区人类活动强度的空间分布。再将其与生态空间范围叠加,得到西藏生态空间人类活动胁迫状况。其中,人类活动强度指数(D_{ij})计算见式(3):

$$D_{ij} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \frac{w_r}{\sum_{r=1}^R w_r} r_y \times i_{rxy} \times \beta_x \times S_{jr} \quad (3)$$

式中: w_r 为第 r 种威胁的权重; r_y 为源于栅格 y 处的第 r 种威胁水平; i_{rxy} 为 r 威胁从威胁源 y 到栅格 x 的衰减率; β_x 为可达性(易受扰动水平); S_{jr} 为栖息地 j 对 r 威胁的敏感性。

1.2.3 数据来源

数据来源如表1所示,在进行GIS融合叠加处理前,需统一坐标系统和属性结构。

2 结果分析

2.1 生态空间分类与分区

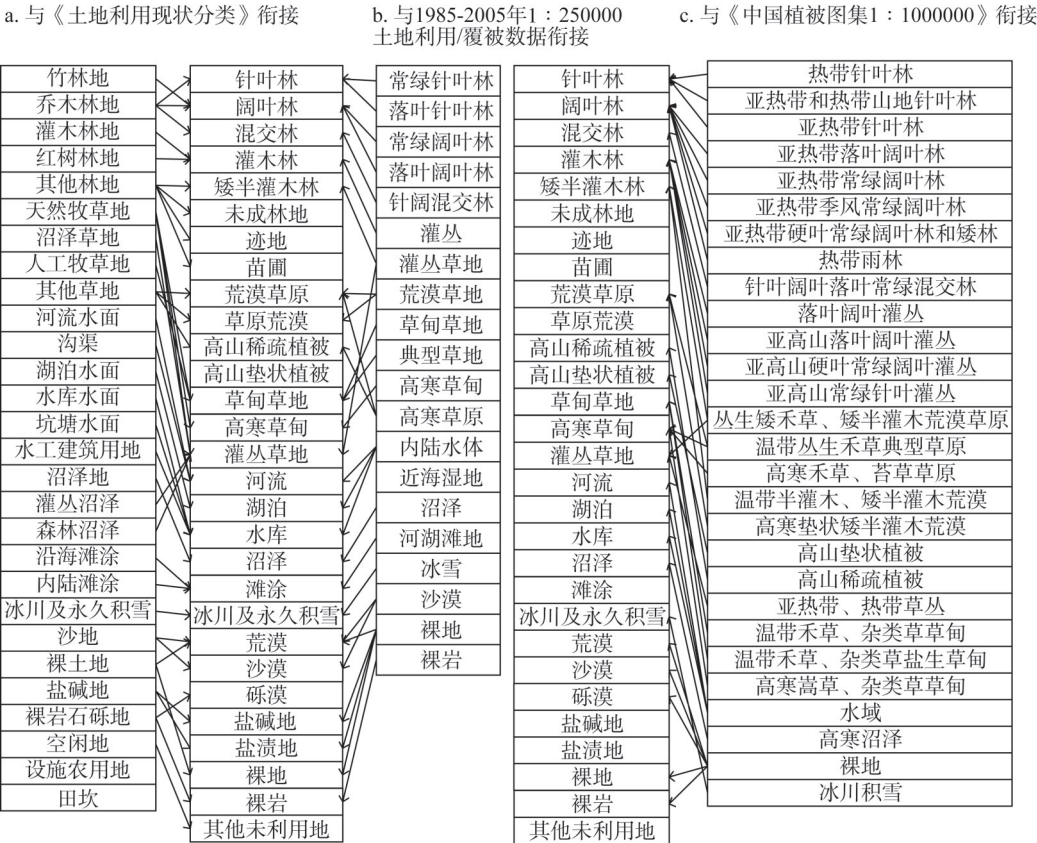
2.1.1 生态空间分类

生态空间是城镇空间与农业空间以外,以保障生态安全、提供生态服务为主导功能的国土空间。构建生态空间分类体系需考虑区域生态安全保障的需求,维持生物多样性、生态系统完整性和稳定性,兼顾生态系统服务重要性及生态系统脆弱性。另外生态空间分类应兼顾普适性与区域性。参照《土地利用现状分类(GB/T 210-2017)》^[25]、地理国情普查^[26]、林业调查、城乡规划等土地分类体系,集成生态系统类型^[27]、土地覆被类型^[25]等多源数据,拟定生态空间分类体系。整合土地斑块在不同分类体系中的类型属性,建立生态空间分类体系与已有土地分类体系的映射关系(图1)。

表1 主要数据及来源

Table 1 Source of the main data applied in the study

数据名称	数据来源
土地利用现状分类 (GB/T 21010-2017) ^[25]	2017年由国土资源部组织修订的国家标准《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2017)
地理国情普查数据 ^[26]	《中国地理国情蓝皮书(2017版)》北京测绘出版社
1985-2005年1:250000土地利用/覆被数据	1980年、2005年1:250000土地覆被数据由地球系统科学数据共享平台(www.geodata.cn)提供
中国植被图集 ^[27]	《1:1000000中国植被图集》北京科学出版社
中国生态系统服务空间数据集 ^[29]	2010年中国生态系统服务空间数据集, Science Data Bank, DOI: 10.11922/sciencedb.458.
西藏生态脆弱性分布数据 ^[30]	西藏自治区人民政府. 藏政发[2014]108号《西藏自治区主体功能区规划》
西藏政区	国家基础地理信息测绘数据, 网址http://www.ngcc.cn/
西藏道路	公路数据来自Open street map,https://www.openstreetmap.org/
人口、GDP、载畜量数据	2017年西藏统计年鉴



注：图中生态空间分类体系中已经剔除了已有系统中的农业和城镇空间。

图1 生态空间与不同分类体系的映射关系

Fig. 1 Relationship of ecological space with the existing land classification systems

在省级尺度着眼于农业生产、城乡建设及生态保护三大类空间，未将农业生产用地中防护林、城镇建设用地中绿地纳入生态空间中。此外，考虑到高寒生态脆弱区生态空

间的划定口径与别的省区应有差异，此分类体系中一级类草地及其所属的二级、三级类，只适用于高寒草地区，不建议在非高寒草地区推广。如灌丛草地、草甸草地、高寒草甸等在其他省份可全部划入生态空间，而这些地类在西藏多作为牧场，故本研究仅将位于生态系统脆弱区的部分划归生态空间。据此，西藏自治区生态空间可划分为4个一级类，13个二级类和29个三级类（表2）。

表2 西藏自治区生态空间分类指标体系
Table 2 Classification index system of ecological space of Tibet

一级类	二级类	三级类	描述	是否具有普适性	
林地（不包括用材林、经济林、薪炭林）	乔木林	针叶林	自然或半自然针叶乔木植被，高度>2 m，郁闭度>30%	是	
		阔叶林	自然或半自然阔叶乔木植被，高度>2 m，郁闭度>30%	是	
		混交林	针阔混交天然林和人工林，高度>2 m，郁闭度>30%	是	
	灌木林	灌木林	高度约2 m，郁闭度>40%的多年生灌木型木本植物	是	
		矮半灌木林	高度<1 m，无明显主干的木本植物，地上部为1年生，地下部为多年生	是	
	其他林地	未成林地	造林时间不超过三年的人工新造林地	是	
		迹地	采伐之后还未重新种树的土地	是	
		苗圃	培育苗木的园地	是	
草地（不包括非生态脆弱区的高寒草甸、草甸草地及灌丛草地）	荒漠草原	荒漠草原	覆被度5%~20%，以丛生小禾草为主的旱生草原	否	
		草原荒漠	在荒漠的自然基础上经植树种草等人工改造的草原	否	
	高山植被	高山稀疏植被	覆被度4%~20%，分布在海拔>3000 m的草本植被	否	
		高山垫状植被	生长在高寒地区呈半球状或莲座状凸起的垫状植物丛	否	
	脆弱区牧草地	草甸草地	位于生态脆弱区内覆盖度>30%，以草本植物为主的各类草地	否	
		高寒草甸	位于生态脆弱区内覆盖度在>20%，以高海拔寒生植物为主的草地	否	
		灌丛草地	位于生态脆弱区内覆盖度<40%灌丛高度<2 m的草地	否	
	湿地（不包括养殖水面）	水域	河流	指河流常水位岸线之间的带状或线状水体	是
湖泊			指天然积水区常水位岸线所围成的面状水体	是	
水库			指人工积水区常水位岸线所围成的面状水体	是	
沼泽		沼泽	地势平坦低洼，长期潮湿多积水且表层生长湿生草本植被的土地	是	
		滩涂	河流沿岸或湖泊周边的滩地，包括边滩、心滩等	是	
		冰雪地	冰川及永久积雪	指表层常年被冰雪覆盖的土地	是
未利用地		荒漠	荒漠	植被覆盖度在5%以下，表面松散的壤质荒漠	是
			沙漠	植被覆盖度在5%以下的沙地、流动沙丘	是
	砾漠		植被覆盖度在5%以下以石砾为主的荒漠	是	
	盐碱地	盐碱地	指表层裸露物以盐碱为主或生长有天然耐盐植物的土地	是	
		盐渍地	在深1 m的地表土层内，易溶盐含量大于0.3%的土地	是	
	裸地	裸地	地表为土质、植被覆盖度在5%以下的无植被地段	是	
		裸岩	地表以岩石或石砾为主、植被覆盖度在5%以下的裸露石山、戈壁	是	
	其他未利用地	其他未利用地	是		

注：数据来源于文献 [15,18,25,27,31-34]。

2.1.2 生态空间分区

对生态空间进行分区分级管理是落实国土空间用途管制、实施清单管理、协调人地关系的重要手段^[28]。参考高延利^[2]，可将生态空间细分为三个区进行分级管理：以生态保护红线区域为Ⅰ级生态空间，涵盖了禁止开发区及部分自然保护地，是保障国家生态安全的底线和生命线，具有特殊重要生态功能，按照禁止开发区的要求严格保护。生态红线以外为Ⅱ、Ⅲ级生态空间，评价生态系统服务与生态脆弱性^[28]，将重要生态功能区和主要生态脆弱区划为Ⅱ级生态空间，按照限制开发区的要求管理，制定产业和项目准入名录，明确允许、限制、禁止的产业和项目清单。其余生态空间为Ⅲ级生态空间，执行更宽松的生态管理要求，允许更多种类的开发利用。另外Ⅱ、Ⅲ级生态空间边界与生态保护红线边界不同，在符合相关管理要求时，允许与农业空间、城镇空间进行动态转化（表3）。

表3 生态空间分区
Table 3 Zonal system of ecological space

生态空间分区	包含范围	管制要求
Ⅰ级生态空间	生态保护红线区域	原则上按照禁止开发区要求进行管理，实施强制性的生态保护措施
Ⅱ级生态空间	重要生态系统功能区或生态脆弱区	原则上按照限制开发区的要求管理，允许符合区域产业和项目准入条件的项目进驻
Ⅲ级生态空间	其他生态空间	执行更宽松的管理要求，制定准入条件，允许更多种类的开发利用

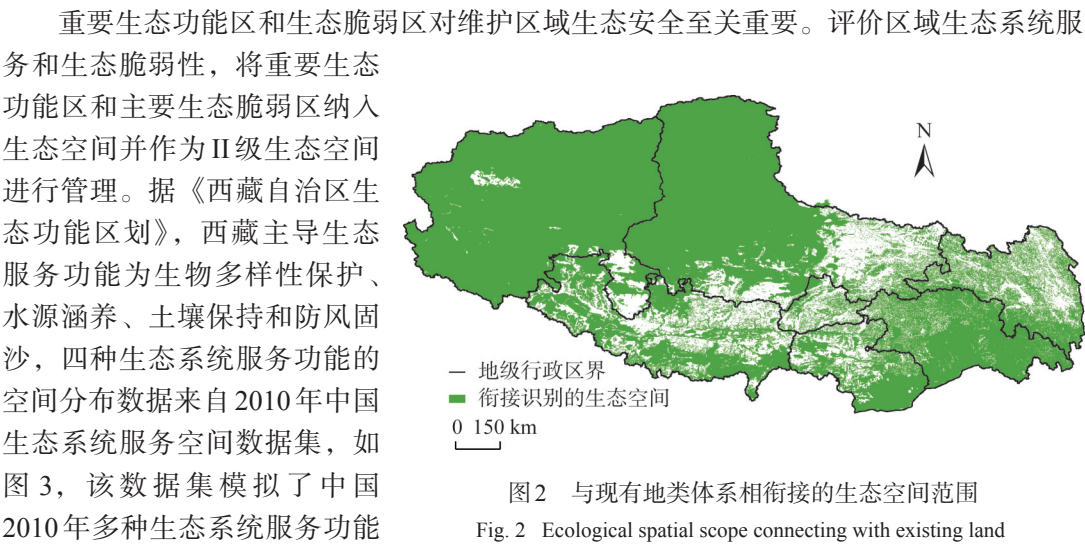
2.2 生态空间范围划定

2.2.1 依据土地主导功能初步确定生态空间范围

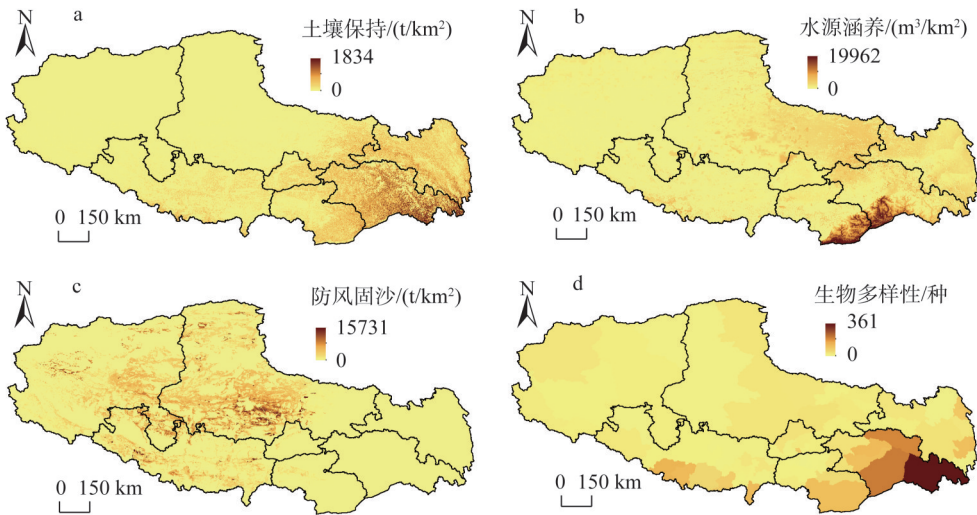
集成西藏自治区1985-2005年25万土地利用/覆被数据、中国植被数据^[31]等，依据生态空间分类体系与已有植被、土地覆被等分类体系的映射关系（图1），确定土地斑块的主导功能，以主导功能为生态用地判据，提取生态空间地类单元，初步确定生态空间范围（图2）。

2.2.2 识别重要生态功能区、生态脆弱区,纳入生态空间管理

重要生态功能区和生态脆弱区对维护区域生态安全至关重要。评价区域生态系统服务和生态脆弱性，将重要生态功能区和主要生态脆弱区纳入生态空间并作为Ⅱ级生态空间进行管理。据《西藏自治区生态功能区划》，西藏主导生态服务功能为生物多样性保护、水源涵养、土壤保持和防风固沙，四种生态系统服务功能的



的空间分布（分辨率250 m）。本文采用标准差分级的方法，按照生态系统服务重要性分成5个等级（图4）。将生态服务综合指数>0.147的重要生态服务区域划入生态空间。结合《西藏自治区生态功能区划》（图5），将主要生态脆弱区也纳入生态空间。



注：各类生态服务数据来源于中国生态系统服务空间数据集^[29]。

图3 西藏自治区主要生态系统服务分布

Fig. 3 Spatial distribution of main ecosystem services in Tibet Autonomous Region

2.2.3 与城镇、农业空间相协调,划定生态空间

生态空间应与国家级、省级城镇空间、农业空间相协调。考虑未来社会经济发展需要，将城镇发展和农业空间从生态空间中扣除，优化人类活动空间，留足自然生态空间。利用高分遥感影像、Google Earth数据辅助生态空间识别与三生空间的协调。为减少生态空间的破碎程度，按250 m距离对相同属性临近地块进行聚合处理，移除面积小于5 km²的孤立碎斑，划定生态空间的范围。将识别出来的生态空间按照生态空间分类、分区要求进行重分类，结果如下：

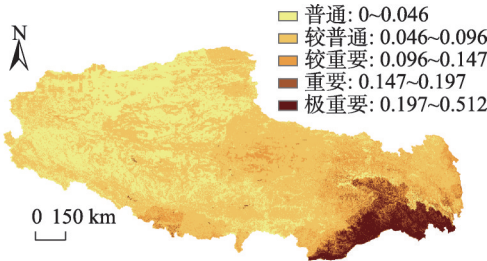


图4 西藏生态系统服务综合指数

Fig. 4 Comprehensive index of ecosystem services in Tibet

西藏自治区生态空间面积为1054518 km²，约占其国土面积的87.7%，其中阿里地区生态空间面积最大，达32.87万 km²，其次是那曲地区31.47万 km²和林芝地区10.43万 km²（图6）。生态空间分类中，一级类中草地面积为75.8万 km²，占71.88%，未利用地约占16.28%，林地和湿地分别占生态空间的6.78%和5.06%。二级类主要类型为高山植被和荒漠草原，高山植被占生态空间的41.29%，荒漠草原占15.79%，荒漠占14.80%（图7、图8）。按照管制强度分级，一级生态空间面积约为41.8万 km²，占生态空间比例约39.6%。其中阿里和那曲地区的国家级禁止开发区面积最大，为29.1万 km²，约占一级生态空间的69.6%。二级生态空间面积约34.2万 km²，占生态空间比例约32.5%，多分布在一级生态

空间的外围。三级生态空间约为 29.4 万 km^2 ，占生态空间的 27.9% (图 9)。

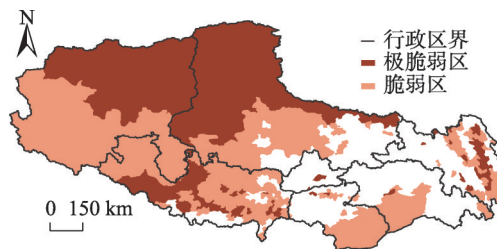
2.3 人类活动及对生态空间的影响

虽然生态空间的主导功能是生态保护与生态服务供给，但日益增强的人类活动对生态空间的渗透、影响也不容忽视^[35-36]。对生态空间的生态变化及人类活动进行监测预警是维护生态安全的重要手段。基于 InVEST 栖息地质量模型，考虑城乡聚落、道路、耕作等人类活动，模拟了西藏人类活动强度指数空间格局 (图 10)。

西藏人类活动强度指数超过 0.09 的区域基本属于城镇空间、农业空间，土地利用类型多为建设用地和农用地，覆被类型多为聚落，农田和牧场，涵盖了国家级及省级重点开发区，城镇、农业空间人类活动强度指数总体低于全国平均水平。与人类生产生活空间相比，生态空间内人类活动强度整体较弱，强度指数低于 0.0223 的面积约为 47.3 万 km^2 ，占生态空间的 44.9%，活动强度在 0.0223~0.0447 的区域约为 49.7 万 km^2 ，占比 47.1%，活动强度大于 0.0447 的区域面积仅占 8%。尽管如此，人类活动由保护区外向保护区内渗透，已不同程度地延伸进了国家级、省级禁止开发区^[37]。生态空间内的人类活动强度大对生态安全是一个潜在威胁，应该得到管理者和学者的关注。

3 结论与讨论

空间功能分区是我国地理学及国土规划学科的传统优势领域，同时也是一个巨系统复杂性问题的。近 20 年来，以主体功能区、“三生”空间为代表的国土空间功能分区在理论和方法上都取得长足进展。相对于城镇空间和农业生产空间，生态空间的规划管理研究仍很薄弱。而在重要生态安全屏障区和主要生态脆弱区，生态空间范围划定及用途管制是国土空间格局优化的关键。目前生态空间概念界定尚未有共识、分类体系仍不统一。为了抓住主要矛



注：数据来自《西藏自治区主体功能区规划》。

图 5 西藏地区生态脆弱性分布

Fig. 5 Spatial distribution of ecological vulnerability in Tibet



图 6 西藏地区生态空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of ecological space in Tibet

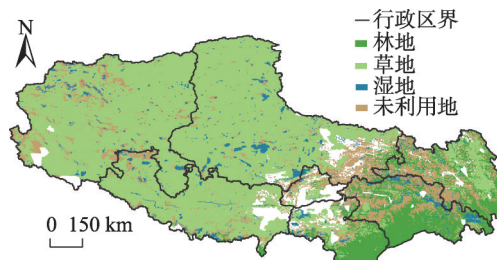


图 7 西藏自治区生态空间一级分类

Fig. 7 The primary classification of ecological space in Tibet

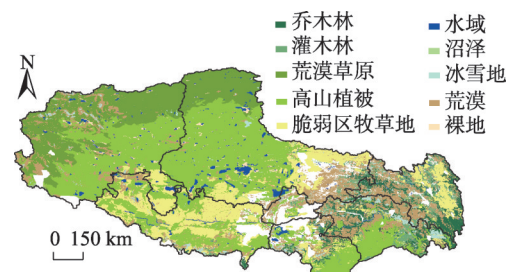


图 8 西藏自治区生态空间二级分类

Fig. 8 The secondary classification of ecological space in Tibet

盾,本文采用人类活动、自然生态二分法,分析人类活动与自然生态的空间关系,探索西藏自治区生态空间分类、确定生态空间范围,分析人类活动强度及对生态空间的影响,以推进生态空间的用途和强度管制。结果表明:(1)西藏生态空间可分为林地、草地、湿地、未利用地等4个一级类,13个二级类和29个三级类。按管制强度由严格到宽松,生态空间可分为I级、II级和III级管制区。(2)基于土地主导功能,考虑重要生态功能区、主要生态脆弱区,识别出西藏生态空间面积约105.45万km²,占国土面积的87.7%。(3)模拟了人类活动强度及对生态空间的影响。研究可为高寒生态脆弱区省级生态空间划定及空间用途管制提供参考。

按照《省级空间规划试点方案》,空间规划涉及三类空间、三条红线、多个部门的利益权衡,多利益主体博弈是生态空间能否落地的关键。另外,生态空间的定义及分类口径在不同时期、不同地区及不同管制情景下有所不同,使得生态空间的划定具有一些不确定性。未来还需在以下方面深化研究:(1)生态红线与生态空间的关系:生态红线区域是I级生态空间,目前仅依据主体功能区划把国家级、省级禁止开发区作为生态红线区域。生态红线区域确定仍需提高科学性和权威性。生态红线与生态空间的关系仍需深化研究。(2)由于部分自然保护地,尤其是国家重点生态功能区部分地段城乡聚落、农牧业利用强度较大,若将国家重点生态功能区都划归生态空间,会使部分传统畜牧业生产区、部分人口密度较大的城乡聚落地区发展受到掣肘,这对区域协调发展不利。因此,“三生”空间、人地关系必须统筹协调。(3)从空间用途管制角度看,西藏作为国家重要生态安全屏障区,须优化人类活动空间、留足生态空间,在生态空间实施分区活动准入清单制度,严格控制人类活动类型及强度。(4)衡量人类活动强度的指标较多,限于数据获得性,目前仅城乡居民地、耕地、道路等部分指标可量化,未来仍需探索牧场及放牧强度量化方法,提高人类活动强度模拟精度。

参考文献(References):

- [1] 匡文慧. 新时代国土空间格局变化和美丽愿景规划实施的若干问题探讨. 资源科学, 2019, 41(1): 23-32. [KUANG W H. Issues regarding spatial pattern change of national land space and its overall implementation on beautiful vision in new era. Resources Science, 2019, 41(1): 23-32.]
- [2] 高延利. 加强生态空间保护和用途管制研究. 中国土地, 2017, 12(5): 16-18. [GAO Y L. Strengthening the study of ecological space protection and use control. China Land, 2017, 12(5): 16-18.]
- [3] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局. 资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338. [ZHANG H Q, XU E Q, ZHU H Y. An ecological-living-industrial land classification system and its spatial distribution in China. Resources Science, 2015, 37(7): 1332-1338.]

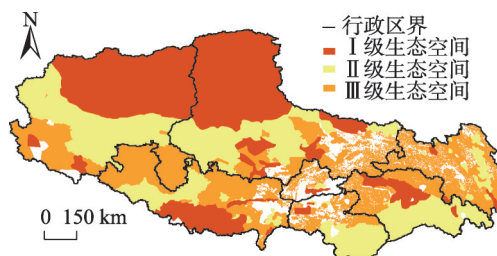


图9 生态空间管控分区

Fig. 9 The governance zone of ecological space in Tibet

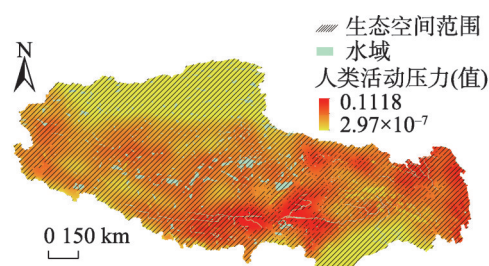


图10 西藏人类活动强度及在生态空间的分布

Fig. 10 Spatial distribution of human activity intensity in the ecological space in Tibet

- [4] 中共中央办公厅、国务院办公厅. 省级空间规划试点方案. 人民日报, 2017-01-09(02). [The Central Committee of the Communist Party of China, the State Council. Provincial spatial planning pilot program. People's Daily, 2017-01-09 (02).]
- [5] 中共中央、国务院. 关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见. 人民日报, 2019-05-24(02). [The Central Committee of the Communist Party of China, the State Council. Some opinions on the establishment of a territorial spatial planning system and supervision of its implementation. People's Daily, 2019-05-24.]
- [6] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析. 地理学报, 2017, 72(7): 1290-1304. [LIU J Y, LIU Y S, LI Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of "production-living-ecological" spaces in China. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(7): 1290-1304.]
- [7] ZONNEVELD I S. The land unit: A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, 1989, 3(2): 67-86.
- [8] ROWE J S. Soil, site and land classification. *The Forestry Chronicle*, 1962, 38(4): 420-432.
- [9] CAPOTORTI G, ANZELLOTTI I, ATTORRE F, et al. Ecological classification of land and ecosystem mapping. Towards the implementation of action 5 of the European biodiversity strategy to 2020 in Italy. *Annali di Botanica*, 2014, 4: 9-16.
- [10] BAILEY R G, ZOLTAI S C, WIKEN E B. Ecological regionalization in Canada and the United States. *Geoforum*, 1985, 16(3): 265-275.
- [11] BAILEY R G. Identifying ecoregion boundaries. *Environmental Management*, 2004, 34(s1): 14-26.
- [12] WANG J, HE T, LIN Y. Changes in ecological, agricultural, and urban land space in 1984-2012 in China: Land policies and regional social-economical drivers. *Habitat International*, 2018, 71: 1-13.
- [13] LOUCKS O. A forest classification for the maritime provinces. *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science*, 1962, 259(Part 2): 85-167.
- [14] CROWLEY J. Biogeography. *Canadian Geographer*, 1967, 11: 312-326.
- [15] DALE V H, BROWN S, HEAUBER R A, et al. Ecological principles and guidelines for managing the use of land. *Ecological Applications*, 2000, 10(3): 639-670.
- [16] XIE L, FLYNN A, TAN-MULLINS M, et al. The making and remaking of ecological space in China: The political ecology of Chongming Eco-Island. *Political Geography*, 2019, 69: 89-102.
- [17] 许尔琪, 张红旗. 中国核心生态空间的现状、变化及其保护研究. 资源科学, 2015, 37(7): 1322-1331. [XU E Q, ZHANG H Q. Land use structure and change of important ecological space in China and protection research. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1322-1331.]
- [18] 张合兵, 于壮, 邵河顺. 基于多源数据的自然生态空间分类体系构建及其识别. 中国土地科学, 2018, 32(12): 24-33. [ZHANG H B, YU Z, SHAO H S. Construction of classification system and identification of ecological spatial based on multi-sources data. *China Land Science*, 2018, 32(12): 24-33.]
- [19] 迟妍妍, 许开鹏, 王晶晶, 等. 京津冀地区生态空间识别研究. 生态学报, 2018, 38(23): 8555-8563. [CHI Y Y, XU K P, WANG J J, et al. Identifying regional ecological space in Beijing, Tianjin, and Hebei. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38 (23): 8555-8563.]
- [20] 樊杰. 中国主体功能区划方案. 地理学报, 2015, 70(2): 186-201. [FAN J. Draft of major function oriented zoning of China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(2): 186-201.]
- [21] VITOUSEK P M, MOONEY H A, LUBCHENCO J, et al. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 1997, 277 (5325): 494-499.
- [22] ERB K H, KRAUSMANN F, GAUBE V, et al. Analyzing the global human appropriation of net primary production - processes, trajectories, implications. An introduction. *Ecological Economy*, 2009, 69(2): 250-259.
- [23] 黄麟, 曹巍, 徐新良, 等. 西藏生态安全屏障保护与建设工程的宏观生态效应. 自然资源学报, 2018, 33(3): 398-411. [HUANG L, CAO W, XU X L, et al. The ecological effects of ecological security barrier protection and construction project in Tibet Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(3): 398-411.]
- [24] 郑华, 欧阳志云, 赵同谦, 等. 人类活动对生态系统服务功能的影响. 自然资源学报, 2003, 18(1): 118-26. [ZHENG H, OUYANG Z Y, ZHAO T Q, et al. The impact of human activities on ecosystem services. *Journal of Natural Resources*

- es, 2003, 18(1): 118-26.]
- [25] 中国土地勘测规划院, 国土资源部地籍管理司. 土地利用现状分类. 北京: 中国标准出版社, 2017: 1-17. [Chinese Academy of Land Survey and Planning, Department of Cadastral Management, Ministry of Land and Resources. Classification of Land Use Status. Beijing: China Standard Press, 2017: 1-17.]
- [26] 中国测绘科学研究院. 中国地理国情蓝皮书(2017版). 北京: 测绘出版社, 2018: 117-209. [Chinese Academy of Surveying and Mapping Sciences. Blue Book on China's Geographical Situation (2017). Beijing: Surveying and Mapping Publishing House, 2018: 117-209.]
- [27] 中国科学院中国植被编辑委员会. 中国植被图集: 1:1000000. 北京: 科学出版社, 2001: 198-231. [Vegetation Map Editorial Board of Chinese Academy of Sciences. Vegetation Map of China (1:1000000). Beijing: Science Press, 2001: 198-231.]
- [28] 熊善高, 秦昌波, 于雷, 等. 基于生态系统服务功能和生态敏感性的生态空间划定研究: 以南宁市为例. 生态学报, 2018, 38(22): 7899-7911. [XIONG S G, QIN C B, YU L, et al. Methods to identify the boundary of ecological space based on ecosystem service functions and ecological sensitivity: A case study of Nanning city. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): 7899-7911.]
- [29] 张路 肖焱, 郑华, 等. 2010年中国生态系统服务空间数据集. Science Data Bank, 2017. [ZHANG L, XIAO Y, ZHENG H, et al. Ecosystem services dataset of China (2010). Science Data Bank, 2017.]
- [30] 于伯华, 吕昌河. 青藏高原高寒区生态脆弱性评价. 地理研究, 2011, 30(12): 2289-2295. [YU B H, LYU C H. Assessment of ecological vulnerability on the Tibetan Plateau. Geographical Research, 2011, 30(12): 2289-2295.]
- [31] 冉有华, 李新, 卢玲. 基于多源数据融合方法的中国1 km土地覆盖分类制图. 地球科学进展, 2009, 24(2): 192-203. [RAN Y H, LI X, LU L. China land cover classification at 1 km spatial resolution based on a Multi-Source data fusion approach. Advances in Earth Science, 2009, 24(2): 192-203.]
- [32] 欧阳志云, 张路, 吴炳方, 等. 基于遥感技术的全国生态系统分类体系. 生态学报, 2015, 35(2): 219-226. [OUYANG Z Y, ZHANG L, WU B F, et al. An ecosystem classification system based on remote sensor information in China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(2): 219-226.]
- [33] 张月朋, 常青, 郭旭东. 面向实践的生态用地内涵、多维度分类体系. 生态学报, 2016, 36(12): 3655-3665. [ZHANG Y P, CHANG Q, GUO X D. Management-oriented ecological land's conception and multi-dimensional classification system in China. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12): 3655-3665.]
- [34] 宫丽彦, 程磊磊, 卢琦. 荒地的概念、分类及其生态功能解析. 自然资源学报, 2015, 30(12): 1969-1981. [GONG L Y, CHENG L L, LU Q. Analysis of the definition, classification and ecological function of wasteland. Journal of Natural Resources, 2015, 30(12): 1969-1981.]
- [35] WITTEMYER G, ELSEN P, BEAN W T, et al. Accelerated human population growth at protected area edges. Science, 2008, 321(5885): 123-126.
- [36] 张洪云, 臧淑英, 张玉红, 等. 人类土地利用活动对自然保护区影响研究: 以黑龙江省为例. 环境科学与技术, 2015, 38(11): 271-276. [ZHANG H Y, ZANG S Y, ZHANG Y H, et al. Research on the impact of land use activities on nature reserves: Heilongjiang province as a case. Environmental Science & Technology, 2015, 38(11): 271-276.]
- [37] 徐增让, 靳茗茗, 郑鑫, 等. 羌塘高原人与野生动物冲突的成因. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1521-1530. [XU Z R, JIN M M, ZHENG X, et al. Causes for human-wildlife conflict on Changtang Plateau in Tibet. Journal of Natural Resources, 2019, 34(7): 1521-1530.]

Classification, scope and the impact of human activities of ecological space in Tibet Autonomous Region

WEI Zi-qian^{1,2}, XU Zeng-rang^{1,2}, MAO Shi-ping³

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Naqu Forestry and Grassland Administration, Naqu 852000, Tibet, China)

Abstract: The delimitation of ecological space is an important basis for the scientific management of territorial space and the maintenance of regional ecological security. Since the beginning of the 21st century, China has undergone an unprecedented rapid urbanization process, and the territorial spatial pattern has changed dramatically. However, during this period, a series of disorderly processes of territorial spatial development have resulted in the squeezing of ecological space and many severe regional ecological problems, such as land desertification, biodiversity reduction, ecosystem degradation, which restricts the realization of the goal of sustainable development. The definition of ecological space is mainly put forward by domestic scholars in recent years, and the corresponding concepts in other countries are ecoregion, ecological land space, and green space etc., and the classification system of ecological space is also not unified. Taking the Tibet Autonomous Region (TAR) as an example, we explored the classification system, spatial distribution, attribution of the patches, and human activities intensity of ecological space on provincial scale in the study. The results are as follows. (1) The classification system of ecological space can be composed by 3 hierarchal systems. According to various ecosystems and dominant functions, there are 4 land categories in the primary-class system, 13 sub-categories of land in the second-class system and 29 sub-categories of land in the third-class system. And according to the ecological governance intensity from the strictest regulation to the relatively relaxed regulation, ecological space can be divided into I-level, II-level and III-level areas. (2) Guided by the current spatial planning and governance system, the link between the classification system of ecological space and the existing land classification system such as the land cover and land use classification, ecosystem type was built; the spatial distribution of ecological space, and the attribution of the patches within the space was identified. Besides, the key ecosystem services functional area and the main ecological frangible area were also identified and included into the ecological space. The existing land classification system, the ecosystem services functional area and frangible ecosystem, and the various space can be integrated in GIS environment. The total ecological space of TAR is about 1054500 km², accounting for 87.7% of the total area. (3) Finally, human activities within the ecological space in Tibet were simulated in order to control the human activities intensity of ecological space and to maintain the ecological security.

Keywords: land space; ecological space; classification system; human activity intensity; INVEST model