

# 青海祁连山生态功能区生态承载力测算与保护研究

王浩, 张腾飞, 张爱儒  
(青海大学, 青海 西宁 810000)

**摘要:** 基于青海祁连山所涉及的15个县的数据, 文章分别从气候、生态、社会以及经济4个要素层运用生态足迹模型对祁连山生态功能区生态承载力进行测算。结果得出, 在生态足迹上, 天峻县最高, 不同土地类型中化石能源又为最高。在生态承载力上, 天峻县同样最高, 而在不同土地类型中草地最高。在生态盈亏上, 大部分区县基本能够承载耕地、林地、草地、水域产品的消费。生态盈余较多的县有4个, 基本能承载生态足迹的有5个, 产生生态赤字的有6个。依据测算结果, 立足于生态优先政策与产业生态化, 提出重点保护区、一般保护区以及承接转移发展区3种发展模式。

**关键词:** 祁连山; 生态功能区; 生态承载力; 生态足迹模型; 产业生态化

**中图分类号:** F205 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2177(2025)01-066-08

在推进中国式现代化全局中, 青海的生态安全尤为重要。青海的“3个最大”省情定位更是决定了青海发展的生态底色。作为国家生态保护屏障之一, 青海祁连山生态功能区生态系统脆弱, 自然系统对污染物的分解能力远低于其他地区, 且处于我国第二大内陆河——黑河流域的源头, 生态环境污染影响很容易扩大到其他区域。如何立足青海祁连山生态功能区生态、经济、社会、环境与资源实际, 改变传统粗放式发展模式是青海祁连山生态功能区提高生态承载力和实现可持续发展所必须考虑解决的重要问题。所以, 本文基于生态承载力对青海祁连山生态功能区产业生态化模式研究, 对落实生态功能区科学发展、推动区域协调发展、转变生态经济发展方式具有重要的现实意义, 同时还可以为西部欠发达地区保护生态环境、提升生态承载力和产业生态化发展提供参考借鉴。

国内关于生态承载力的研究主要涉及生态系统服务价值评估<sup>[1]</sup> (如范振林等, 2021)、生态安全和生态预警<sup>[2]</sup> (如冯玮琛, 2021) 以及影响因素<sup>[3]</sup> (杨安乐等, 2023) 等方面, 也有部分学者针对生态保护区管理制度<sup>[4]</sup> 进行探讨, 如刘宇翔等 (2022) 认为中国的国家公园存在管理不规范的问

题。目前生态承载力研究方法主要为状态空间法<sup>[5]</sup> (如王希庆和李晓研, 2010)、生态足迹模型<sup>[6-7]</sup> (顾康康, 2012、崔宁波等, 2021)、能值分析理论<sup>[8]</sup> (魏晓旭和颜长珍, 2019)、PSR模型<sup>[9]</sup> (杨枝茂, 2019)、模糊综合评价法<sup>[10]</sup> (如智尹等, 2021)、主成分分析法、自然植被净第一性生产力估测法等。其中, 在生态足迹法上, 一些学者通过扩展生态足迹成分<sup>[11]</sup> (刘利花等, 2020) 与结合净初级生产力<sup>[12]</sup> (王琦等, 2018)、能值理论<sup>[13]</sup> (张云兰, 2019) 等方法使生态足迹法得到进一步完善。此外部分学者将遥感与地理信息技术引入, 为生态承载力的研究提供了新的视角<sup>[14]</sup> (如张华等, 2021; 杨安乐等, 2023)。而目前有关祁连山生态保护区的研究多是集中于甘肃境内, 以青海祁连山生态保护区为研究对象的成果还是有所欠缺, 基于此种情况, 本文对青海祁连山生态功能区生态承载力展开研究。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

数据来源于青海省历年统计年鉴、青海祁连山生态功能区各州、县统计年鉴、各州国民经济和

收稿日期: 2024-12-9

基金项目: 国家社科基金一般项目—青海祁连山生态功能区保护和建设问题研究 (19BJY042); 青海省哲学社会科学重点基金资助项目 (23ZD003)

作者简介: 王浩 (2001-), 男, 汉族, 江西丰城人, 硕士研究生, 研究方向: 农村发展与区域经济学。

通信作者: 张爱儒 (1969-), 男, 汉族, 甘肃景泰人, 二级教授, 博士研究生, 研究方向: 区域经济学。

社会发展统计公报、《中国县城建设统计年鉴》、《中国县域统计年鉴》以及田野调查、座谈访谈研究结果，采集整理青海祁连山生态功能区2010—2022年15个县连续13年各评价指标原始数据。

### 1.2 指标体系构建

在选择指标体系时，既要考虑五大原则：科学性、全面性、可操作性、层次性和动态性，同时也要考虑认识上的差异，以确保生态承载力的准确描述和计量。由于青海祁连山生态功能区生态承载力系统的独特性，本文采用“目标—制约—要素—指标”的框架构建指标体系。制约层分为自然资源生态承载力和社会经济承载力2个子系统，具体又可分为气候资源要素、生态资源要素、社会发展要素和经济发展要素4个三级层次。最终选择28个指标作为四级层次，构成了青海祁连山生态功能区生态承载力评价指标体系（见表1）。

表1 青海祁连山生态功能区生态承载力评价指标体系  
Tab.1 Evaluation index system for ecological carrying capacity of qinghai qilian mountain ecological functional area

一级指标 Primary index	二级指标 Secondary index	三级指标 Three-level index	四级指标 Four-level index
生态承载力 评价	自然资源生态承载力	气候资源要素	年降水量
			日照时长
			年平均气温
			年扬沙天气数
		平均风速	
		平均相对湿度	
		生态资源要素	人均耕地面积
	人均草地面积		
	人均水域面积		
	草场退化面积		
	鼠害发生面积		
	有效灌溉面积		
	人均林地面积		
	社会经济承载力	社会发展要素	牲畜头数
人口密度			
普通中学在校学生数			
经济发展要素		普通中学专任教师数	
		公路里程	
		第三产业从业人员数	
		GDP密度	
社会发展要素	人均GDP		
	农牧民人均纯收入		
	地方财政收入		
	固定资产投资		
	全社会消费品零售总值		
	第一产业增加值		
	第二产业增加值		
第三产业增加值			

### 1.3 测度方法

(1) 生态足迹

$$EF = Nef = \sum A_i = \sum \left( \frac{C_i}{P_i} \right) \quad (1)$$

其中， $EF$ 为总生态足迹； $N$ 为人口数； $ef$ 为人均生态足迹； $A_i$ 为人均 $i$ 中交易商品折算的生物生产面积； $P_i$ 为 $i$ 种消费商品平均生产能力； $C_i$ 为 $i$ 种商品人均消费量。

(2) 生态承载力

$$EC = N \times ec \sum [A_j \times R_j \times Y_j], \quad (j=1, 2, 3, 4) \quad (2)$$

其中， $EC$ 为总生态承载力； $N$ 为总人口； $ec$ 为人均生态承载力； $A_j$ 为 $j$ 人均生物生产面积； $R_j$ 为 $j$ 生物生产面积均衡因子； $Y_j$ 为 $j$ 产量因子。

(3) 生态盈余测算

生态盈亏指耕地生态承载力与耕地生态足迹的差额，公式如下：

$$\frac{ED}{ER} = EC - EF = N \frac{ed}{er} \quad (3)$$

其中， $ED$ 为生态赤字， $ER$ 为生态盈余， $ed$ 为人均生态赤字， $er$ 为人均生态盈余。

## 2 青海祁连山生态功能区生态承载力分析

### 2.1 均衡因子与产量因子

在生态足迹分析中，自然资本被模型化为生态生产性土地。由于资源和地理差异，土地生产力在全球范围内变化显著。均衡因子是转换系数，用于将不同土地类型的生产力标准化至全球平均水平，计算为特定类型土地生产力与全球平均值的比率。产量因子则衡量特定地区同类土地相对于全球平均的生产力，表示为地区与全球平均生产力的比值，用于比较和调整土地面积。

均衡因子和产量因子参数值分别参考《中国生态足迹报告2012》与Wackernagel<sup>[15]</sup>（1999）研究成果，具体参数值如下表所示。

### 2.2 生态足迹测度结果

根据模型公式1、生态足迹法产量和均衡因子及生物、能源资源账户生态足迹，计算得到2010—2022年调整后的青海祁连山生态功能区各县人均生态足迹。通过耕地、林地、草地、水域、化石能源和建筑用地中生态生产性均衡因子，对青海祁连山生态功能区各县人均生态足迹进行调整（见表2）。

表2 生态足迹模型产量因子与均衡因子值

Tab.2 Yield factors and equivalency factors for the ecological footprint model

土地类型 Land type	耕地 Plowland	牧草地 Grassplot	林地 Forest land	建筑用地 Building land	水域 Waters	化石燃料 Fossil fuel
均衡因子参数	2.39	0.51	1.25	2.39	0.41	1.25
产量因子参数	1.66	0.19	0.91	1.66	1.00	0.00

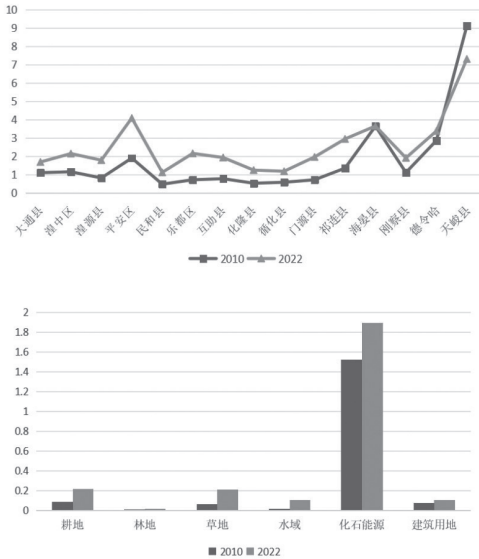


图1 2010、2022年祁连山生态功能区人均生态足迹  
Fig.1 Per capita ecological footprint of the qilian mountain ecological functional area in 2010 and 2022

2010—2022年青海祁连山生态功能区15个县的人均生态足迹整体呈上升趋势，其中天峻县最高，除此，平安区、海晏以及德令哈也较为突出。从增长幅度上看，平安区、乐都区、祁连县以及天峻县变化较为明显，但天峻县为负增长，此外海晏县几乎无变化。从生产性土地类型来看，化石能源类人均生态足迹最大，皆位于每人1.5 hm<sup>2</sup>以上，且远超过于青海祁连山生态功能区其他土地类型人均生态足迹。林地类型人均生态足迹最低，2010年与2022年数值皆不足每人0.02 hm<sup>2</sup>，与其他土地类型人均生态足迹存在极大差距，这与当前气候偏低，本身植被生长期短，且难以生长，高大的林木更是生长艰难，较少的林木资源相应产生的生态足迹随之变低。草地由于较矮，所需生长气候要求略低于林木，分布相对较广，从而其所产生的生态足迹也会略高于林木。从不同土地类型生态足迹升降趋势来看，总体呈上升趋势，不同土地类型人均生态足迹

皆发生上升现象。其中水域类型人均生态足迹增长幅度最大，从2010年的0.018 6上升至2022年的0.104 7，上升463%。化石能源类型人均生态足迹虽然上升明显，但相对增幅低于水域，从2010年—2022年共上升24.48%。林地类型与建筑用地类型所产生的人均生态足迹涨幅相差不大，均为42%左右。余下2类土地类型，耕地类型人均生态足迹从2010—2022年增长大约150%，而草地类型人均生态足迹从2010年到2022年大约增长231%（见图1）。

2.3 生态承载力测算结果

根据青海祁连山生态功能区各州土地类型面积和模型公式2，考虑到生物多样性保护的需要，结合世界环境与发展委员会报告文献，对青海祁连山生态功能区生态承载力进行计量测算时，计算过程中扣除生物多样性保护12%的面积，最终得出2010—2022年青海祁连山生态功能区各县生态承载力结果。

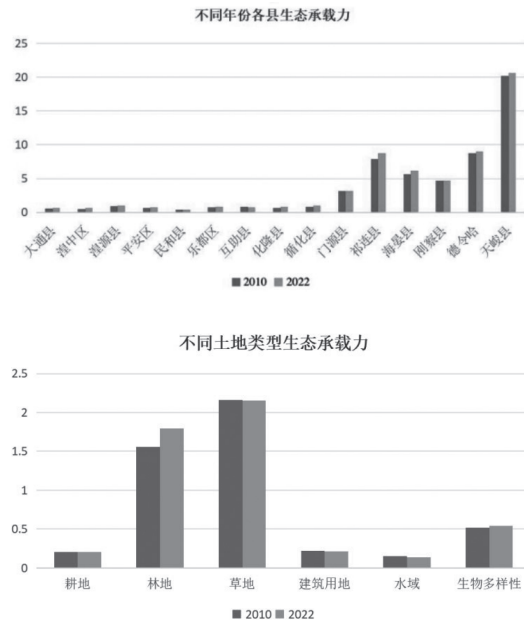


图2 2010、2022年祁连山生态功能区人均生态承载力  
Fig.2 Per capita ecological carrying capacity of the qilian mountain ecological functional area from 2010 and 2022

由图2可知，从各县生态承载力来看，总体呈现上升趋势，且各县增长较为平稳，无大幅度上升现象。从具体数值来看，天峻县人均生态承载力最高，2010年与2022年皆位于每人20 hm<sup>2</sup>以上。其次是德令哈与祁连县，且两者相差不大。人均生态承载力分别位于每人8.5 hm<sup>2</sup>左右与每人8.8 hm<sup>2</sup>左右。除海晏县、刚察以及门源县2010年与2022

年均位于每人3 hm<sup>2</sup>以上之外，其余9县人均生态足迹皆位于每人1.5 hm<sup>2</sup>之下，生态承载力较小。

从不同土地类型来看，除林地生态承载力发生明显上升外，其余类型生态承载力便阿虎不大，虽有一些土地类型生态承载力发生下降现象，但幅度过于微小，以至于可以忽略不计。具体来看，草地生态承载力最高，2010年与2022年皆位于每人2 hm<sup>2</sup>以上。其次为林地，其生态承载力为2010年与2022年皆位于每人1.5 hm<sup>2</sup>以上，但未超过每人2 hm<sup>2</sup>。生态承载力最低的为耕地，2年数值皆不足每人0.3 hm<sup>2</sup>。生物多样性生态承载力虽然本身数值不高，但确实高于耕地的生态承载力。

### 2.4 生态盈亏分析

根据2010—2022年青海祁连山生态功能区各县生态足迹和生态承载力，计算得出2010年与2022年青海祁连山生态功能区各县生态盈余与赤字情况，（见图3）。

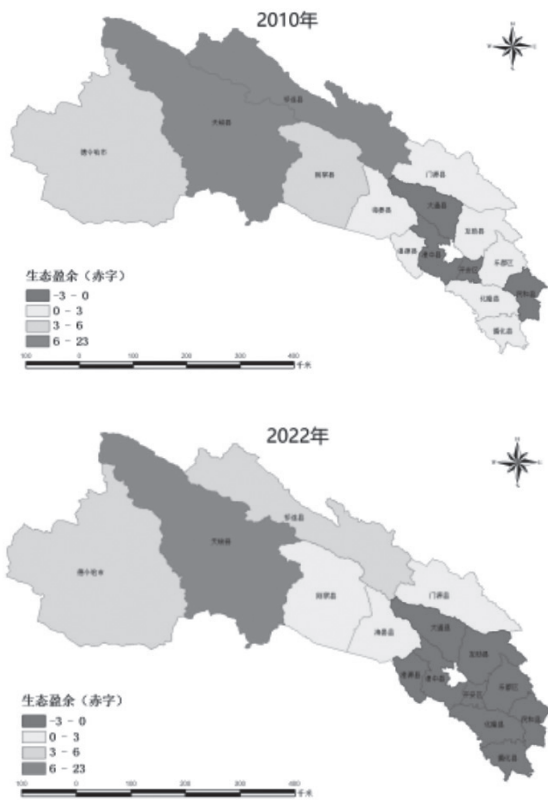


图3 2010、2022年青海祁连山生态功能区生态盈余/赤字分布图

Fig.3 Distribution map of ecological surplus/deficit in the qinghai qilian mountain ecological functional area in 2010 and 2022

2010年，生态盈余较多的县有4个，分别为天

峻县、祁连县、刚察县以及德令哈，其中天峻县与祁连县盈余最多。基本能承载生态足迹的县为海晏县、湟源县、门源县、互助县、化隆县、乐都区以及循化县。呈现明显生态赤字的县有4个，分别为大通县、民和县、湟中区以及平安区。

2022年，生态盈余较多的县个数下降为3个，分别为天峻县、祁连县以及德令哈，其中天峻县仍然盈余最多。基本能承载生态足迹的县同样仅有3个，分别为海晏县、门源县、刚察县。呈现明显生态赤字的县由4上升为9个，分别为大通县、民和县、湟中区、平安区、湟源县、互助县、化隆县、乐都区以及循化县，其中平安区生态赤字最为严重。

对2010年—2022年生态盈亏取平均值，得出2010—2022年青海祁连山生态功能区生态盈余较多的县为天峻县、祁连县、刚察县以及德令哈市。基本能够承载生态足迹的县有海晏县、门源县、化隆县和循化县。而呈现出明显生态赤字的区县则为民和县、湟中区、互助县、大通县、湟源县、乐都区以及平安区。

### 2.5 生态足迹分析评价

青海祁连山生态功能区内大多数县的耕地和林地生态承载力远超同类土地生态足迹，表明该区能够完全满足农林产品的需求。除大通县、湟中区、湟源县和平安区外的草地和水域面积承载力均大于生态足迹，基本能够满足草地和水域产品的消费需求。然而，该区的化石能源用地和建筑用地在生态足迹中占有一定比例，其中建筑用地的承载力与生态足迹基本持平，而化石能源用地由于不可再生性，各县的化石能源需求均存在生态赤字。

2010—2022年，虽然青海祁连山生态功能区各县人均生态足迹和生态承载力总体上升，但部分县人均生态承载力增速低于人均生态足迹，导致生态赤字的出现。这也间接表明这些地区的可持续发展压力相对增加，生态承载能力下降。因此，在今后的发展过程中，青海祁连山生态功能区需要通过生态产业发展，实现产业生态化，减少人类生产社会活动对生态的影响；同时，优化生态资源配置，提高青海祁连山生态功能区生态承载力，保护生态环境，促进生态足迹下降和生态承载力的提高，扩大生态盈余空间，推动青海祁连山生态功能区可持续

发展。

### 3 青海祁连山生态功能区产业生态化保护模式选择

根据青海祁连山生态功能区的生态特性和承载力,结合经济社会发展实际情况,确定生态保护和发展的方向和优先级。青海祁连山生态功能区可以分为3个生态区域类型:核心保护区、一般保护区和转移发展区。为优化产业生态,需构建生态产业系统,选适生态模式,尊重自然调节与生产力优势。在生态承载力内,优先发展畜牧与旅游生态化,生态工业则需按功能特性与承载力规划。

#### 3.1 重点保护区产业生态化模式选择

重点保护区是青海祁连山生态安全格局的核心,禁止重污染经营活动,涵盖大通县、湟中区、湟源县、平安区、民和县、互助县。区域内草原、雪山、针叶林交织,生物多样性丰富,地貌多变,保留原始风貌。鉴于其生态承载能力弱,应优先发展畜牧与旅游生态化,限制生态工业发展。

#### 3.2 一般保护区产业生态化模式选择

一般保护区为青海祁连山生态功能区的基础,兼顾生态保护与适度发展,涉及海晏县、门源县、乐都区、化隆县和循化县。该区域以高寒、干旱草原为主,生物多样性较丰富,有畜牧业传统,具备一定生态承载能力。应优先发展畜牧与旅游生态化,同时可适当发展生态工业。

#### 3.3 承接转移发展区产业生态化模式选择

承接转移发展区是青海祁连山区域中,兼顾生态保护与城镇化的关键区域,涵盖天峻县、祁连县、刚察县以及德令哈县。此地矿产丰富,农牧结合,耕地集中,灌区开发条件优,生态承载能力较强。在优先发展畜牧与旅游生态化的同时,也支持生态工业的发展。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

由生态足迹测算结果显示,青海祁连山生态功能区生态足迹整体呈上升趋势,从各县数值来看,天峻县生态足迹最高,且远超其他县。平安区、海晏县以及德令哈生态足迹虽不及天峻县,但相比其余县仍然较为突出。从不同土地类型来看,化石能

源生态足迹最高,林地最低,符合现实情况。不同土地类型增长幅度虽各有不一,但大多较为明显。

由生态承载力测算结果显示,青海祁连山生态功能区生态承载力同样整体呈上升趋势,但增长较为平稳。其中天峻县生态承载力最高,余下除德令哈、祁连、门源、海晏以及刚察外,其余9县生态承载力皆过低。从不同土地类型来看,林地与草地生态承载力最为突出,其中草地生态承载力最高,这与草地对生长气候要求低于林地,从而分布范围更广有关。

依据生态盈亏测算结果,首先,青海祁连山生态功能区大部分区县基本能够承载耕地、林地、草地、水域产品的消费。而化石能源用地由于该类资源具有不可再生性,因此各县的化石能源均为生态赤字。其次,综合来看生态盈余较多的县为天峻县、祁连县、刚察县以及德令哈。基本能承载生态足迹的县为海晏县、门源县、乐都区、化隆县和循化县。具有明显生态赤字的县为大通县、湟中区、湟源县、平安区、民和县以及互助县。

基于青海祁连山生态功能区生态承载力要求,按生态区域选择产业生态化发展模式,将青海祁连山生态功能区分为生态保护区、生态发展区和生态转移区3类生态发展区域;在每一类生态发展区域,选择生态畜牧业、生态工业和生态旅游业3种产业生态化发展模式;青海祁连山生态功能区3类生态发展区域在优先选择畜牧业产业生态化发展模式和旅游业产业生态化发展模式的基础上,在生态保护区限制发展生态工业,一般发展区适度发展生态工业,生态转移区允许发展生态工业。

### 4.2 建议

#### 4.2.1 转变畜牧产业生产发展方式,实现畜牧产业生态化

选择畜牧业产业生态化模式,促进草场资源流转和畜牧业集约化发展。在青海祁连山生态功能区,生态保护始终是首要考虑因素,推进绿色发展和集约发展,实现生态系统良性循环。通过加快草原草场经营权流转,鼓励牧户转变传统数量型畜牧业生产方式,严防超载过牧,依托当地畜牧业资源优势,改良品种,发展高效生态畜牧业,实行以草定畜、饲牧结合、专业分工、科学放牧,走集约化发展的畜牧业产业生态化道路。建立牧民合作组

织, 推广联户联牧经营方式, 鼓励发展“牧场+农户”等不同形式的农民专业合作社。利用大型龙头企业、国有农场和专业大户发挥其带头作用, 实现“合作社+农户”等高效畜牧业的发展路径。通过创新经营模式, 提高畜牧业应对市场风险的能力和生产效率, 促进畜牧业产业生态化良性发展。

科学规划青海祁连山生态功能区畜牧业布局, 促进草畜平衡。根据生态特性和承载力, 合理确定草地载畜量, 调整利用时间与强度, 制定标准化利用规范。重点保护区因生态承载力弱, 实行保护性放牧; 一般保护区在保护生态基础上, 适度发展畜牧业, 纠正超载过牧, 强化生态保护, 推动生态畜牧业发展, 优化聚落布局, 利用生态优势发展经济, 促进生态修复, 实现人与自然和谐; 承接转移发展区生态多样, 农牧结合, 耕地集中, 生态承载力较强, 需按草畜平衡核定载畜量, 严格禁止超载, 确保可持续发展。

#### 4.2.2 因地制宜发展生态工业, 实现工业产业生态化

##### (1) 农畜产品精深加工产业生态化模式

在青海祁连山生态功能区的一般与承接区, 应利用农牧资源, 发展绿色有机农畜产品, 聚焦肉类、乳品等精深加工, 扶持龙头企业, 推动技术改造与规模化, 获取有机认证, 将生态优势转为产业与经济优势, 实现农畜产品加工生态化。

##### (2) 汉藏药材精深加工产业生态化模式

挖掘青海祁连山重点与一般保护区的汉藏药材资源, 保护并利用冬虫夏草等特色药材, 构建生态化繁育体系、规模化基地及种质库。传承并创新制药工艺, 加强产品研发, 推动精深加工, 发展生物药品与保健品产业。加大扶持, 推进药材标准化与质量认证, 实现汉藏药材精深加工产业生态化。

##### (3) 清洁能源产业生态化模式

青海祁连山生态功能区可以根据各县生态承载力实际, 因地制宜发展清洁绿色环保能源产业。在青海祁连山生态功能区的不同生态发展区域, 可以规划建设分散式光伏电站, 积极发展光伏电站、户用光伏系统和风力发电; 还可以充分利用青海祁连山生态功能区水资源蕴藏的巨大势能, 在条件允许的地区适度发展小水电, 形成多能互补、安全可靠、清洁高效的能源供应和服务产业。在政策扶持

方面, 青海省及青海祁连山生态功能区各级政府可以通过制定财税、金融、土地等优惠政策, 减轻企业负担, 简化审批程序, 提高服务效率, 促进青海祁连山生态功能区清洁能源产业发展, 实现清洁能源产业生态化。

#### 4.2.3 发挥旅游资源优势, 实现旅游产业生态化

大力发展生态旅游是青海祁连山生态功能区旅游产业生态化发展的内在需求和外在选择。祁连山生态功能区是青海地区的生态保护和旅游发展的重要平台, 也是黑河流域主要径流形成区, 生态承载力低, 旅游资源开发具有挑战性, 必须在整体保护、局部开发的基础上, 尊重自然与客观规律, 合理发展生态旅游, 限制生态旅游流量, 缓解生态压力, 坚守保护第一位原则。一般保护区和承接转移发展区, 生态承载力较好, 必须在先规划、后开发, 保护优先的原则下, 重点发展生态旅游产业。青海祁连山生态功能区的各种自然生态景观和人文景观少受到人类活动的影响和干扰, 原始、神秘、神奇, 这些原生态的自然人文景观是青海祁连山生态功能区发展旅游产业生态化的现实依据。祁连山生态功能区坚持发展生态旅游有利于实现生态保护和经济发展共赢, 是产业生态化模式的最佳选择。

#### 参考文献

- [1] 范振林, 李娜, 李维明. 甘肃省祁连山国家公园生态系统服务价值评估[J]. 当代经济, 2021(12): 70-77.  
FAN Zhenlin, LI Na, LI Weiming. Evaluation of Ecosystem Service Value in the Qilian Mountain National Park, Gansu Province[J]. Contemporary Economics, 2021(12): 70-77.
- [2] 冯祎琛. 国家公园生态安全预警研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2021: 33-45.  
FENG Yichen. Research on Ecological Security Early Warning in National Parks[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2021: 33-45.
- [3] 杨安乐, 张小平, 李宗省, 等. 气候变化和人类活动对祁连山国家公园植被净初级生产力的定量影响分析[J]. 生态学报, 2023, 43(5): 1-9.  
YANG Anle, ZHANG Xiaoping, LI Zongxing, et al. Quantitative Analysis of the Impact of Climate Change and Human Activities on Net Primary Productivity of Vegetation in the Qilian Mountain National Park[J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(5): 1-9.

- [4] 刘宇翔, 李嘉. 中国国家公园生态旅游发展策略研究[J]. 林业建设, 2022 (5): 13-17.  
LIU Yuxiang, LI Jia. Research on Eco-tourism Development Strategies in Chinese National Parks[J]. Forestry Construction, 2022 (5): 13-17.
- [5] 王希庆, 李晓研. 生态承载力的理论研究及实际应用: 以青岛市为例[J]. 科技信息, 2010 (32): 762-763.  
WANG Xiqing, LI Xiaoyan. Theoretical Research and Practical Application of Ecological Carrying Capacity: A Case Study of Qingdao City[J]. Sci-Tech Information, 2010 (32): 762-763.
- [6] 顾康康. 生态承载力的概念及其研究方法[J]. 生态环境学报, 2012, 21 (2): 389-396.  
GU Kangkang. The Concept and Research Methods of Ecological Carrying Capacity[J]. Journal of Eco-Environment, 2012, 21 (2): 389-396.
- [7] 崔宁波, 巴雪真. 黑龙江省耕地生态安全压力与农业经济发展的脱钩分析[J]. 水土保持研究, 2021, 28 (5): 308-315.  
CUI Ningbo, BA Xuezhen. Decoupling Analysis of Ecological Security Pressure and Agricultural Economic Development in Heilongjiang Province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28 (5): 308-315.
- [8] 魏晓旭, 颜长珍. 生态承载力评价方法研究进展[J]. 地球环境学报, 2019, 10 (5): 441-452.  
WEI Xiaoxu, YAN Changzhen. Research Progress on Evaluation Methods of Ecological Carrying Capacity[J]. Journal of Earth Environment, 2019, 10 (5): 441-452.
- [9] 杨枝茂. 河南省耕地生态环境承载力评价研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40 (10): 195-200.  
YANG Zhimao. Evaluation of Ecological Environment Carrying Capacity of Cultivated Land in Henan Province[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40 (10): 195-200.
- [10] 智尹, 张育庆, 王焱. 自然保护地生态承载力时空分异研究: 以大连金石滩为例[J]. 生态学报, 2021, 41 (12): 4 676-4 684.  
ZHI Yin, ZHANG Yuqing, WANG Yao. Research on the Spatial: Temporal Differentiation of Ecological Carrying Capacity in Protected Areas: A Case Study of Jinshitan, Dalian[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41 (12): 4 676-4 684.
- [11] 刘利花, 张丙昕, 刘向华. 粮食安全与生态安全双视角下中国省域耕地保护补偿研究[J]. 农业工程学报, 2020, 36 (19): 252-263.  
LIU Lihua, ZHANG Bingxin, LIU Xianghua. Research on Compensation for Cultivated Land Protection in Chinese Provinces from the Dual Perspectives of Food Security and Ecological Security[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36 (19): 252-263.
- [12] 王琦, 易桂花, 张廷斌, 等. 基于生态足迹模型的四川省耕地资源评价[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27 (1): 80-87.  
WANG Qi, YI Guihua, ZHANG Tingbin, et al. Evaluation of Cultivated Land Resources in Sichuan Province Based on the Ecological Footprint Model[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27 (1): 80-87.
- [13] 张云兰. 人类命运共同体背景下西南喀斯特地区生态安全评价[J]. 安全与环境学报, 2019, 19 (6): 2 226-2 234.  
ZHANG Yunlan. Ecological Security Evaluation of the Karst Region in Southwest China in the Context of a Community with a Shared Future for Mankind[J]. Journal of Safety and Environment, 2019, 19 (6): 2 226-2 234.
- [14] 张华, 宋金岳, 李明, 等. 基于GEE的祁连山国家公园生态环境质量评价及成因分析[J]. 生态学杂志, 2021, 40 (6): 1 883-1 894.  
ZHANG Hua, SONG Jinyue, LI Ming, et al. Evaluation and Cause Analysis of Eco-environmental Quality in the Qilian Mountain National Park Based on GEE[J]. Chinese Journal of Ecology, 2021, 40 (6): 1 883-1 894.
- [15] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 1999, 29 (3): 375-390.

## Measurement and Protection of Ecological Carrying Capacity in the Qinghai Qilian Mountain Ecological Function Zone

WANG Hao, ZHANG Tengfei, ZHANG Airu

(Qinghai University, Xining Qinghai 810000, China)

**Abstract:** Based on data from 15 counties within the Qinghai Qilian Mountain region, this paper utilizes the ecological footprint model to measure the ecological carrying capacity of the Qilian Mountain ecological function zone, focusing on four key elements: climate, ecology, society, and economy. The results indicate that Tianjun County has the highest ecological footprint, with fossil energy being the highest among different land types. Similarly, Tianjun County also exhibits the highest ecological carrying capacity, with grassland being the highest among different land types. In terms of ecological surplus and deficit, most counties can basically support the consumption of farmland, forestland, grassland, and water area products. There are four counties with significant ecological surpluses, five counties that can basically support their ecological footprints, and six counties that experience ecological deficits. Based on these findings, and with a focus on ecological priority policies and industrial ecologization, this paper proposes three development modes: key protection zones, general protection zones, and transfer and development reception zones.

**Keywords:** Qilian Mountains, ecological function zone, ecological carrying capacity, ecological footprint model, industrial ecologization

---

**Fund projects:** General Project of National Social Science Fund - Research on Protection and Construction of Ecological Functional Zone in Qilian Mountains, Qinghai Province (19BJY042); Supported by Key Foundation of Philosophy and Social Sciences of Qinghai Province (23ZD003)

**Correspondence author:** ZHANG Airu (1969-), male, Han nationality, from Jingtai, Gansu, associate professor, PhD student, research direction: regional economics.