

DOI: 10.5846/stxb202211193347

周侃, 张健, 宋金平, 樊杰. 青藏高原生态屏障区环境基本公共服务的非均衡性及其成因——基于青海村镇居民点的实证分析. 生态学报, 2023, 43(10): 4010-4023.

Zhou K, Zhang J, Song J P, Fan J. Disequilibrium and its causes on the environmental basic public services in the Qinghai-Tibet Plateau ecological barrier zone: An empirical analysis of the villages in Qinghai Province. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(10): 4010-4023.

青藏高原生态屏障区环境基本公共服务的非均衡性及其成因

——基于青海村镇居民点的实证分析

周侃^{1,2}, 张健^{1,2}, 宋金平³, 樊杰^{1,2,*}

1 中国科学院地理科学与资源研究所区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101

2 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049

3 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875

摘要: 环境基本公共服务是青藏高原生态屏障区生态环境治理及农牧民人居环境品质提升的关键环节, 揭示其配置均衡状态及失效原因, 对提升青藏高原环境基本公共服务均等化水平、降低生态屏障区内人类活动的生态环境胁迫风险具有重要意义。以青海省 4315 个村镇居民点为对象, 选取生活垃圾处理、生活污水处理、卫生户厕改造 3 项特征指标, 定量测度村镇环境基本公共服务配置非均衡性, 运用有序多分类及二元逻辑斯蒂回归模型解析非均衡性的生成原因。结果显示: 青海环境基本公共服务水平总体偏低, 处于低和极低等级的村镇居民点占 37.13% 和 37.84%; 环境基本公共服务非均衡性受配置成本、人口社会、经济收入和基层管理因素的多重影响, 自然地理的高寒性和交通区位的偏远性是生成非均衡性的重要因素; 人口社会因素的规模报酬递增效应使非均衡性加剧, 大分散、小聚居的农牧民定居点通常是服务配置的弱势区域, 经济收入和基层管理因素分别是非均衡性加剧的内因和外因。建议在青藏高原生态屏障区实施递进式均衡配置模式及适应性管理, 建立就地消纳与跨区处理结合的弹性生活垃圾处置体系, 推广耐低温分散化污水处置模式和生态化处置技术体系, 适应高寒环境的户厕改造技术研发和农牧民环境伦理教育并重提升卫生户厕配置率。

关键词: 环境基本公共服务; 非均衡性; 生成原因; 适应性管理; 青藏高原生态屏障区

Disequilibrium and its causes on the environmental basic public services in the Qinghai-Tibet Plateau ecological barrier zone: An empirical analysis of the villages in Qinghai Province

ZHOU Kan^{1,2}, ZHANG Jian^{1,2}, SONG Jinping³, FAN Jie^{1,2,*}

1 Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: The environmental basic public services are key to the governance of the ecological environment in the Qinghai-Tibet Plateau ecological barrier zone and improvement of the living environment of farmers and herdsmen. Hence, the research into the disequilibrium and its causes on the environmental basic public services has a pivotal role in the

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究(2019QZKK0406); 国家自然科学基金项目(41971164); 国家自然科学基金重点项目(42230510)

收稿日期: 2022-11-19; **采用日期:** 2023-03-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fanj@igsnr.ac.cn

equalization of environmental basic public services and alleviating the environmental stress risks of human activities in the ecological barrier zone on the Qinghai-Tibet Plateau. This paper proposed a method to quantitatively measure the disequilibrium on the environmental basic public services at the village scale by selecting three characteristic indicators: domestic waste treatment, domestic sewage treatment, and sanitary toilet renovation, taking 4315 villages in Qinghai Province as an example. Further, the causes of disequilibrium were diagnosed by the ordinal logistic regression model and binary logistic regression model. The results show that: the level of environmental basic public services was generally low in Qinghai Province, with 37.13% and 37.84% of villages at low or extremely low levels. The allocation rates of domestic waste treatment, domestic sewage treatment, and sanitary toilet renovation were 47.76%, 11.05% and 34.74% respectively, of which the unbalanced allocation of domestic sewage treatment facilities was the most prominent and was the primary indicator limiting the equalization of basic public services for the environment in village and town settlements. The disequilibrium on the environmental basic public services was attributed to multiple factors such as cost, population and society, economy, and management. Alpine environment and transportation location were important factors leading to disequilibrium. Moreover, the disequilibrium was exacerbated by the returns to scale effect of population and society factors. As a result, settlements of farmers and herdsmen, featuring dispersed at large scale and clustered at small scale, usually belonged to low level of environmental basic public services. Furthermore, economy and management were respectively endogenous and the external factors that contributed to the deepening of disequilibrium. The main policy implications are as follows. It is recommended to adopt a progressive equilibrium allocation model in the Qinghai-Tibet Plateau ecological barrier zone and implement adaptive management of environmental risks. In addition, greater efforts are needed to establish a flexible domestic waste treatment system that combines elimination on the spot with cross-region treatment, promote the ecological disposal technology systems and decentralized domestic sewage treatment models that are low temperature resistant, and pay equal attention to the development of toilet renovation technology adapted to the alpine environment and enhancement of environmental ethics education on farmers and herdsmen.

Key Words: environmental basic public service; disequilibrium; causes analysis; adaptive management; Qinghai-Tibet Plateau ecological barrier zone

环境是人类赖以生存和发展的基础,安全、宜居、健康的环境质量是人们的基本需求之一^[1-2]。环境基本公共服务作为保障公民生存和发展的基本环境质量而提供的公共服务产品^[3],主要由政府通过公共财政投入进行供给,是国家基本公共服务体系的重要组成部分^[4]。不同地区间、城乡间、群体间都能获得与经济社会发展水平相适应、环境品质结果大致均等的环境基本公共服务,是实现全面乡村振兴、城乡融合发展的重要目标^[5-6]。但由于农村公共投入长期优先用于生产生活密切相关的道路设施、灌溉和饮水设施等,导致污水处理、垃圾处置、卫生户厕等环境基础设施薄弱^[7-8],造成农村环境基本公共服务配置不足,尤其是在青藏高原生态屏障区,村镇层面环境基本公共服务的非均衡现象更为突出^[9]。随着区内常住人口与外来游憩人口规模迅速增长,农牧民生活与消费水平提高^[10-11],各类人为污染物产生量快速增长,环境基本公共服务配置的非均衡性导致局部环境污染处理不及时,不仅制约当地人居环境改善、侵害居民生命和健康安全,还将对青藏高原生态屏障区本就脆弱的生态系统造成不可逆的影响^[12]。综上所述,研究环境基本公共服务配置的非均衡性问题及导致服务供给失效的阻滞因素,不仅关系到农牧民环境基本公共服务均等化水平提升与人居环境质量改善,还对青藏高原生态屏障区内的环境压力缓解与生态风险防范具有重要意义^[13]。

国内外学者对各类环境基本公共服务配置的研究主要聚焦在各类污染处理工艺改进、设施布局的生态环境效应等环境工程与生态学领域^[14-18]。近年来,随着环境基本公共服务均等化的提出,众多学者从公共管理学^[19]、经济学^[20]、农学^[21]、地理学^[22]等多学科领域开展大量研究,研究尺度覆盖社区^[23]、城市^[22]、国家^[24]、洲际^[25]乃至全球^[26],主要从生态效益、经济效益与社会效益等综合视角,评价环境基本公共服务均等化水

平^[27],探索环境基础设施布局模式与实现路径^[28-29]、设施布局的可持续性^[30]等。其中,针对城市群^[31]、都市圈^[32]、大城市^[33]等城市化地区和平原农业区^[8]的环境基本公共服务配置研究是重点^[12],但针对高原山地型农业和牧业地区的环境基本公共服务配置研究相对薄弱,主要通过现象定性描述与初步统计分析,对农村环境基本公共服务配置的难易程度或设施资源数量及因素^[9]、设施服务范围与处理效率^[34]、设施布局公平性^[35]等方面进行实证研究,初步揭示了农村生活源和农业面源污染治理体系不完善^[36-37]、固废收集与水体污染物管网建设^[38]滞后、设施建设资金缺口大^[39]等突出问题,并初步提出了城乡一体化生活污染防治^[40]、环境设施配套的投融资模式^[41]、多元主体的服务供给模式^[42-43]等改善策略。然而,相关研究未能顾及青藏高原生态屏障区内特殊的自然地理禀赋和农牧区社会经济条件,迫切需要揭示气候条件高寒性、生态环境敏感性、人口分布零散性背景下的环境基本公共服务非均衡性,并深入探讨非均衡性的地域分异特征及配置失效成因,为因地制宜提升青藏高原生态屏障区的环境基本公共服务均等化水平奠定基础。

综上所述,针对领域相关研究在青藏高原生态屏障区的实证研究空白,以及村镇环境基本公共服务非均衡性、供给失效的微观成因机制解析不足,本研究以定量揭示生态屏障区环境基本公共服务的非均衡性及成因作为科学问题,以青海省 4315 个村镇居民点为研究对象,选取生活垃圾处理、生活污水处理、卫生户厕改造 3 项环境基本公共服务配置作为特征指标,构建生态屏障区村域环境基本公共服务和社会经济数据集,在多尺度刻画非均衡性基础上,运用逻辑斯蒂回归模型测度环境基本公共服务配置失效成因及其要素间的异质性,并探讨权衡服务效能与生态效益的递进式均衡配置模式,制定适合生态屏障区聚落分布分散性及农牧民产污特征的生态环境风险适应性管理路径,以期增强青藏高原环境基础设施的综合承载能力、营造高质量农牧区人居环境提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 案例区概况

本研究案例区青海省位于东经 89°25′—103°04′、北纬 31°39′—39°11′,土地总面积 $72.23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。青海省地处青藏高原东北部,其范围及高程分布如图 1 所示,全省海拔 3000m 以上的区域面积占总面积的 84.6%,辖区内包括青东河湟谷地、青海湖湖滨地带、柴达木盆地、青南高原等自然区域类型,是长江、黄河、澜沧江等

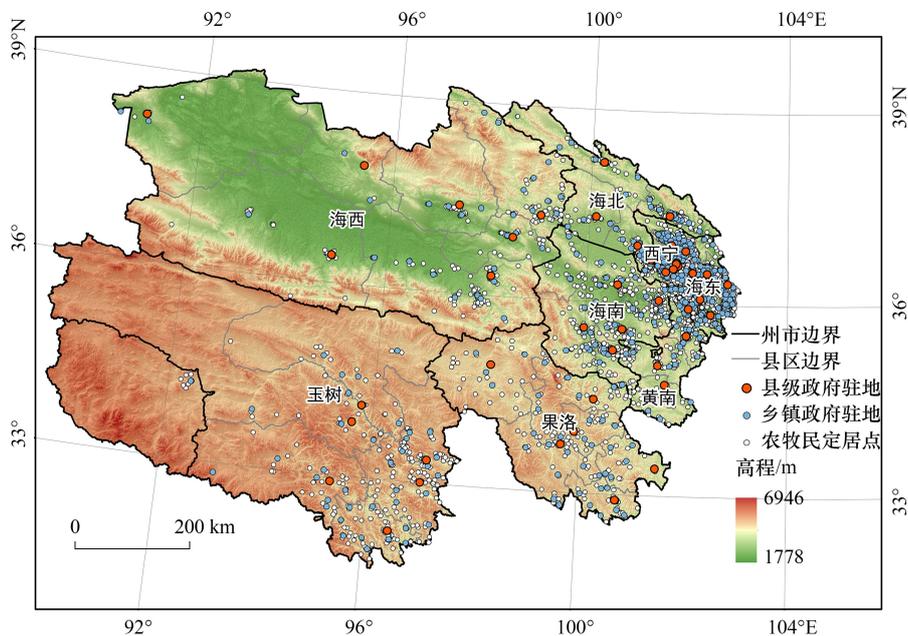


图 1 青海省高程与各类村镇居民点分布图

Fig.1 Elevation and distribution of various village settlements in Qinghai Province

大江大河发源地,是维系全国乃至亚洲水生态安全命脉的关键地带与生态屏障^[44]。2021年,青海省常住人口 592.4×10^4 人、国内生产总值3346.63亿元,其中,农牧民常住人口 231.5×10^4 人、第一产业占GDP的比重为7.30%。青海省人口与GDP分别占全国的0.42%和0.29%,人均GDP为56493.15元,人口密度仅为8.2人/ km^2 。青海省城乡聚落布局分散、经济规模较小,村镇层面环境基础设施建设相对滞后,且城市与县城环境基本公共服务对农牧区的辐射带动作用能力弱,存在设施运维能力偏低、适用高寒气候条件的处置技术和管理薄弱等问题。因此,以青海省作为案例区研究青藏高原生态屏障区环境基本公共服务配置问题具有较强代表性,对提升其自然生态环境稳定性和生态服务功能、改善农牧区人居环境和民生福祉具有现实意义和应用价值。

1.2 数据获取与处理

本研究以村镇居民点为基本研究单元,涉及的数据主要包括以下两类:①基础地理要素数据,包括数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)和各级行政区划图,来源于中国科学院资源环境科学数据中心,DEM栅格数据精度为 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 。②社会经济与环境基本公共服务配置数据,主要来自青海省第三次全国农业普查台账(2016年度),该数据集以全省366个乡镇、4315个村镇居民点为普查对象,涉及村镇社会经济、基础设施、基本公共服务等各类要素,在采集得到社会经济与环境基本公共服务配置数据后,进一步与基础地理信息数据空间关联匹配,并对其中部分缺失的少数民族聚居、村镇居民点常住人口等数据,前往省级、市州级统计部门进行补充搜集并校核。

由于历次国家制定的农村人居环境整治行动与规划中,生活污水垃圾治理、村容村貌、农村厕所革命均是改善农村人居环境行动方案的重点领域^[45-47],提升农村生活污水治理水平、提升农村生活垃圾治理水平、普及农村卫生户厕均被作为环境基本公共服务配置的3项核心考核目标^[48-49]。因此,村镇基层环境基本公共服务配置水平的定量测度,依据全国农业普查中的村镇居民点内“生活垃圾是否集中处理”、“生活污水是否集中处理”、“卫生户厕改造是否完成”3个相关普查选项进行单要素赋值,选择“是”则该要素赋值“1”,选择“否”则该要素赋值“0”。然后,对单项要素赋值做累加处理即得到环境基本公共服务(Environmental basic public service, EBPS)配置水平,EBPS取值范围为 $[0, 3]$ 。当 $\text{EBPS} = 3$ 时,表明该村镇居民点的生活垃圾处理服务、生活污水处理服务以及卫生户厕设施配置完善,总体环境基本公共服务配置水平“高”;相反地,当 $\text{EBPS} = 0$ 时,则代表三类设施还未配置,环境基本公共服务配置水平“极低”。

进一步地,采用各层级行政区划对村镇居民点环境基本公共服务配置状况汇总统计,便可测算出乡镇、县域、地市及省域等各尺度的EBPS(即辖区内全部村镇居民点的EBPS平均值),以及单项环境基础设施要素的配置率(如辖区内实现生活垃圾集中处理的村镇居民点数量占全部村镇居民点的比重),从而实现青藏高原生态屏障区内各层级环境基本公共服务配置的非均衡性表达。

1.3 计量模型与变量设置

由于村镇居民点的环境基本公共服务配置水平分为“极低、低、中、高”4个有序递增的等级,故以EBPS作为被解释变量进行非均衡性的成因解析时,可采用有序多分类逻辑斯蒂回归模型(Ordinal Logistic Regression Model)^[50-51]。模型表达式如下:

$$\ln \left[\frac{P(z \leq j | x_i)}{1 - P(z \leq j | x_i)} \right] = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i \quad (1)$$

式中, $j = 1, 2, 3, 4$,表示环境基本公共服务配置水平的4个分级值; $P(z \leq j | x_i)$ 为配置水平 j 及以下类别的累积概率; β_0 为截距项; x_i 为影响配置水平的各类解释变量; β_i 为回归系数。基于文献梳理与回顾^[49, 52-54],结合对青海省典型村镇居民点实地调研,影响环境基本公共服务配置的主要因素包括配置成本、人口社会、经济收入和基层管理4类因素、合计9个变量。其中,地形地貌、民族聚居、贫困村和基层领导受教育属性为分类变量,其余均为连续变量。各类因素和变量的涵义与算法、统计特征如表1所示。

表 1 模型变量名称、含义和统计性描述

Table 1 Names, connotation and statistical descriptions of variables in the model

因素类型与变量名称 Factor types and variable names	涵义与算法 Connotation and algorithm	分类或分级阈值 Classification or grading threshold	频数/个 Frequency	比重/% Proportion	
配置成本因素 Cost factors	海拔高程分级	采用 DEM 测算的本村范围内平均海拔分级	<2500m	339	7.86
		2500—3000m	1496	34.67	
		3000—3500m	1244	28.83	
		3500—4000m	629	14.58	
		≥4000m	607	14.07	
地形地貌属性	本村地形地貌特征,如村内有多种地势特征的,按所占面积最大的一类进行确认	平原	389	9.02	
		丘陵	192	4.45	
		山区	3734	86.54	
最远居民点交通距离分级	按村委会到本村最远自然村或居民定居点的交通距离分级	<1km	1367	31.68	
		1—5km	1979	45.86	
		5—10km	254	5.89	
		10—20km	250	5.79	
		≥20km	465	10.78	
人口社会因素 Population and society factors	民族聚居属性	少数民族人口数占全村人口总数达到 30%以上的村	少数民族聚居村	2355	54.58
			汉族聚居村	1960	45.42
	常住人口规模分级	按本村普查年的常住人口数量分级	<500 人	1273	29.50
			500—1000 人	1488	34.48
			1000—1500 人	851	19.72
经济收入因素 Economy factors	贫困村属性	普查年以人均纯收入为主要标准认定的	非贫困村	2838	65.77
		在贫困线以下的村,以及普查年摘帽情况	已摘帽贫困村	410	9.50
			未摘帽贫困村	1067	24.73
	全年村集体收入分级	按普查年全年村集体收入分级	0 万元(无集体收入)	1139	26.40
			1—5 万元	1813	42.02
基层管理因素 Management factors	基层行政管理人员数量分级	按年末负责管理村级行政事务的村干部人数分级	1—2 人	338	7.83
			3—4 人	1380	31.98
			5—7 人	1714	39.72
			8—9 人	554	12.84
			≥10 人	329	7.62
基层领导受教育属性	村党支部书记和村委会主任的最高受教育水平	未上学	56	1.30	
		小学	946	21.92	
		初中	1865	43.22	
		高中或中专	1161	26.91	
		大专及以上学历	287	6.65	

为进一步分解村镇居民点环境基本公共服务配置影响因素的要素差异,可根据生活垃圾处理服务、生活污水处理服务以及卫生户厕改造是否实现来设置二分类变量,即“1”表示已实现该要素设施配置,“0”则表示未实现配置。故而采用二元逻辑斯蒂回归模型(Binary Logistic Regression Model)进行分析^[55-56]。模型表达式如下:

$$\ln \left[\frac{P(y = 1 | x_i)}{1 - P(y = 1 | x_i)} \right] = \alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i x_i \quad (2)$$

式中, $P(y = 1 | x_i)$ 表示实现某要素设施配置的概率,取值范围为 $[0, 1]$; k 表示变量个数; α_0 为截距项; x_i 为影响配置水平的各类解释变量; α_i 为回归系数。

2 结果与分析

2.1 环境基本公共服务配置的非均衡性特征分析

2.1.1 总体非均衡性

青海省村镇居民点的环境基本公共服务配置水平总体偏低,各地州市总体配置水平的非均衡性十分突出(表2)。从省级层面来看,青海全域 EBPS 指数的均值仅为 0.94,全省配置水平等级为高和中的村镇居民点数量仅占 5.65% 和 19.37%,参照国家层面生活垃圾、污水集中处理、卫生户厕基本实现全覆盖的高水平配置要求,青海环境基本公共服务的总体与要素非均衡性明显,与全国均等化的高水平配置目标仍然存在明显差距。其中,环境基本公共服务配置水平极低的居民点数量和比重分别为 1602 个和 37.13%,覆盖常住人口 127.76 万人,占全省总人口的 30.35%,进一步反映了青藏高原生态屏障区环境基本公共服务的覆盖范围小、配置水平低的非均衡现状。地州市层面的对比显示,仅西宁市和海北州的 EBPS 指数均值大于 1,海西州和海南州以 0.99 和 0.96 略高于全省平均水平;而海东、玉树、黄南和果洛 4 地州的 EBPS 指数均值处于极低水平,其中,黄河流域的果洛州 EBPS 指数均值仅为 0.13,反映出位于河湟谷地和三江源地区的村镇居民点配置水平低,是未来环境基本公共服务均等化配置的重点区域。

表 2 青海省及地州市的村镇居民点环境基本公共服务配置水平

Table 2 The level of environmental basic public service of village settlements in Qinghai Province

地区 Region	极低 Extremely low		低 Low		中 Medium		高 High		EBPS 指数均值 Average
	数量 Quantity	比重/% Proportion	数量 Quantity	比重/% Proportion	数量 Quantity	比重/% Proportion	数量 Quantity	比重/% Proportion	
	西宁市	238	24.71	371	38.53	263	27.31	91	
海东市	655	41.07	604	37.87	274	17.18	62	3.89	0.84
海北州	39	17.26	107	47.35	73	32.30	7	3.10	1.21
黄南州	113	42.48	100	37.59	52	19.55	1	0.38	0.78
海南州	174	36.33	186	38.83	84	17.54	35	7.31	0.96
果洛州	166	87.83	21	11.11	2	1.06	0	0.00	0.13
玉树州	85	32.20	134	50.76	34	12.88	11	4.17	0.89
海西州	132	39.64	110	33.03	54	16.22	37	11.11	0.99
全省	1602	37.13	1633	37.84	836	19.37	244	5.65	0.94

EBPS: 环境基本公共服务 Environmental basic public service

2.1.2 要素非均衡性

青海省生活垃圾处理设施、生活污水处理设施、卫生户厕 3 项环境基本公共服务要素的配置率依次为 47.76%、11.05% 和 34.74%,实际服务人口比重依次为 56.32%、17.86% 和 36.60%。县域尺度单要素配置率进一步反映了青海省环境基本公共服务配置水平偏低、要素非均衡性突出的特点(图 2)。其中,除西宁市中心城区各要素足额配置、基本实现环境基本公共服务均等化以外,其他县域均处于非均等化配置状态,尤其是位于果洛、黄南和玉树等三江源地区县域,污水处理设施和卫生户厕配置难度大、成本高。

结合现行生活污水处理工艺及县域适用性调查进一步发现,青海省一般采用厌氧-好氧(A/O)、厌氧-缺氧-好氧(A₂O)、序批式活性污泥法(SBR)、循环活性污泥法(CASS)、氧化沟法、缺氧调节池与生物曝气等处理工艺,需建设污水收集管网和污水处理厂,建设和运行费用较高、操作相对复杂需要专人维护,导致生活污水处理设施的短板约束最为突出,是制约青海环境基本公共服务均等化的首要领域(图3)。总之,青海

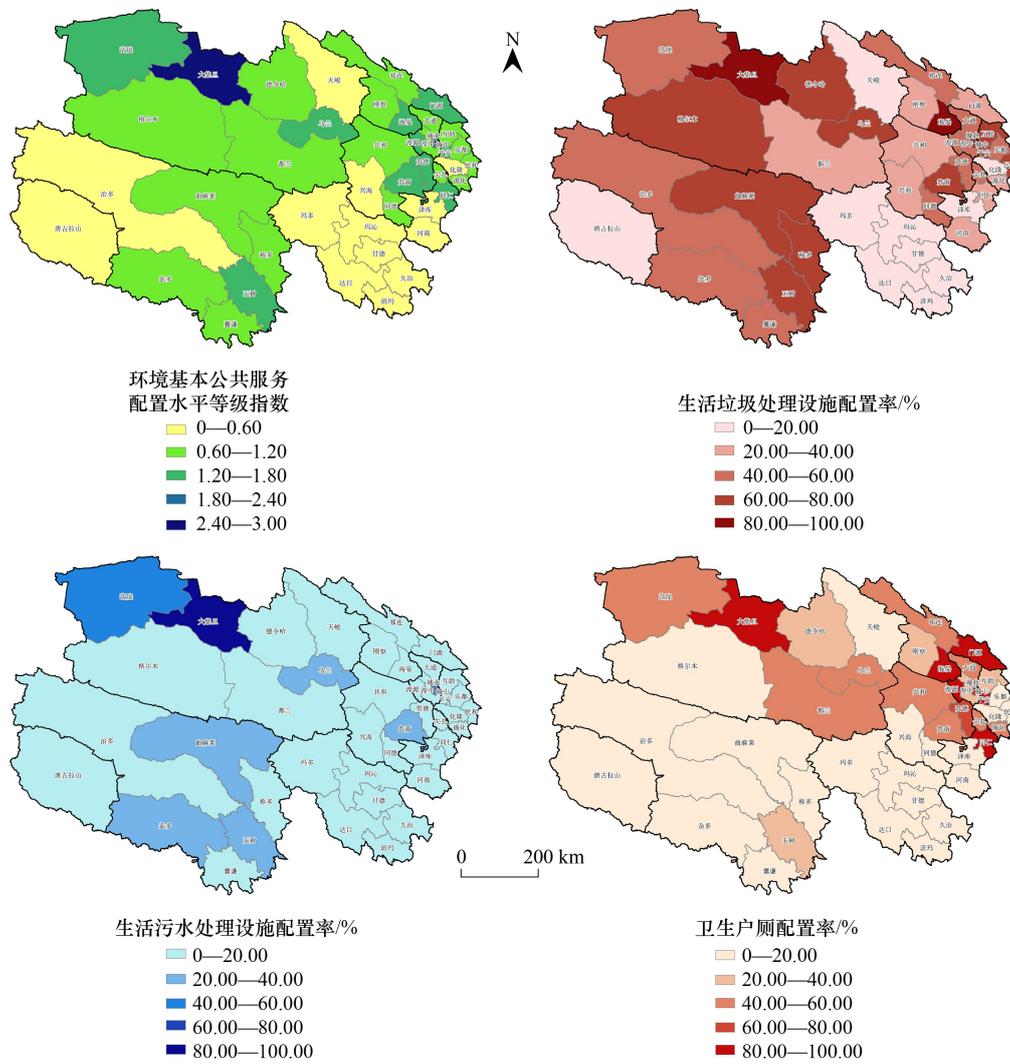


图 2 县域尺度村镇居民点环境基本公共服务配置水平分布图

Fig.2 Distribution of the level of environmental basic public service of village settlements at the county scale

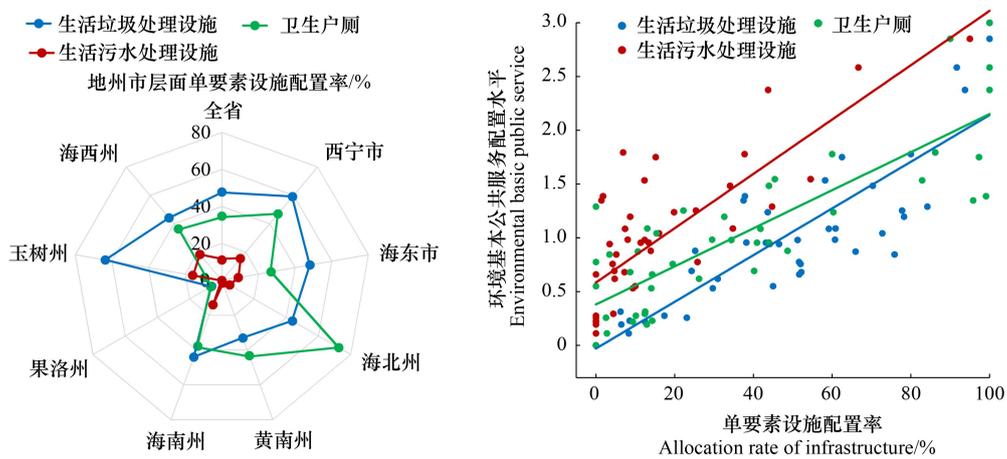


图 3 村镇居民点环境基本公共服务的单要素配置水平

Fig.3 The allocation level of each element of environmental basic public service of village settlements

省作为“中华水塔”腹地,因强紫外线、低温及低氧等高寒自然特性,以生活污水处理设施为代表的环境基本公共服务配置失效引发的潜在环境污染风险令人担忧。

2.2 环境基本公共服务配置非均衡性的生成原因解析

2.2.1 基于有序多分类逻辑斯蒂回归模型的总体估计

本研究在通过平行性检验、判定适合于采用有序多分类逻辑斯蒂回归模型后,进一步进行拟合度检验。总体估计模型的似然估计值($-2 \log \text{likelihood}$)为 8239.680,卡方值(chi-square)为 697.340,且模型在 $P = 0.001$ 上显著,由此表明模型拟合效果较好,可用于环境基本公共服务配置非均衡性的影响因素及生成原因解析。如表 3 所示,村镇居民点的配置成本、人口社会、经济收入和基层管理因素通过显著性检验。具体分析如下:

表 3 有序多分类逻辑斯蒂回归模型的总体估计结果

Table 3 Parameter estimation for ordinal logistic regression model

因素类型与变量名称		系数	标准误	Wald 值	显著性	优势比	95%置信区间 [下限,上限] 95% Confidence interval [Lower bound, Upper bound]
Factor types and variable names		Coefficient	Standard error	Wald	Significance	Odds ratio	
配置成本因素	海拔高程分级	-0.179 ***	0.031	33.520	0.000	0.836	[0.787, 0.888]
Cost factors	地形地貌属性 (山区)						
	平原	0.289 ***	0.101	8.184	0.004	1.335	[1.095, 1.627]
	丘陵	0.136	0.140	0.942	0.332	1.145	[0.871, 1.506]
	最远居民点交通距离分级	-0.237 ***	0.028	72.600	0.000	0.789	[0.747, 0.833]
人口社会因素	民族聚居属性 (汉族聚居)						
	少数民族聚居	-0.333 ***	0.063	27.842	0.000	0.717	[0.634, 0.811]
Population and society factors	常住人口规模分级	0.235 ***	0.025	89.075	0.000	1.265	[1.205, 1.329]
经济收入因素	贫困村属性(未摘帽贫困村)						
	非贫困村	0.572 ***	0.070	66.461	0.000	1.771	[1.544, 2.032]
	已摘帽贫困村	0.525 ***	0.111	22.502	0.000	1.691	[1.361, 2.101]
Economy factors	全年村集体收入分级	0.058 **	0.025	5.238	0.022	1.060	[1.008, 1.114]
基层管理因素	基层行政管理人员数量分级	0.149 ***	0.031	22.739	0.000	1.161	[1.092, 1.234]
	基层领导受教育属性(未上学)						
	小学	0.330	0.289	1.310	0.252	1.391	[0.79, 2.449]
	初中	0.748 ***	0.286	6.837	0.009	2.113	[1.206, 3.701]
	高中或中专	0.797 ***	0.289	7.602	0.006	2.218	[1.259, 3.909]
	大专及以上学历	1.201 ***	0.305	15.566	0.000	3.325	[1.831, 6.039]
Management factors							
卡方检验			697.340		显著性		0.000
-2 对数似然值			8239.680		Nagelkerke's R^2		0.164

*** 显著性水平为 0.01, ** 显著性水平为 0.05, * 显著性水平为 0.1; 括号内的类别为该变量的参照组

(1) 配置成本因素。海拔高程对环境基本公共服务配置水平有显著负向影响,海拔高程每提升 1 个等级,则 EBPS 属高等级的概率将降低 16.42%;与山区村镇居民点相比,平原区和丘陵区 EBPS 属高等级的概率将分别提升 33.54%和 14.51%;同时,最远居民点交通距离分级每提升 1 个等级,EBPS 属高等级的概率将降低 21.10%。这说明,如若当地处于高海拔、山区地貌且交通距离偏远,则在增加各类环境处理装置、配套管网建设成本的同时,还会加大生活垃圾收集、转运等日常运营支出,这无疑给高原农牧区本就薄弱的地方公共财政造成进一步增负。自然地理的高寒性和交通区位的偏远性,增加设施配置成本并造成集中治理失效,是导

致青藏高原生态屏障区环境基本公共服务非均衡性的重要原因。

(2) 人口社会因素。民族聚居和常住人口规模均通过显著水平为 0.01 的假设检验,对环境基本公共服务配置水平具有显著正影响。各类常规的环境基础设施通常为一体式装置与技术,通过资金、设备、技术、人力等资源投入进行规模化作业^[57],环境基本公共服务效率随着投入增加而增加,产生规模报酬递增效应^[58],因而人口分布较密集居民点可能会优先得到设施配置^[59]。从模型估计结果来看,在其它条件不变的情况下,少数民族聚居村与参照类汉族聚居村相比,EBPS 属高等级的概率将降低 28.32%;常住人口规模每提升 1 个等级,实现高水平配置的可能性将提升 26.53%。图 4 也进一步显示,青藏高原生态屏障区村镇居民点布局分散、常住人口规模小,少数民族大分散小聚居,造成环境基本公共服务配置规模效应偏低,吸引政府或社会资本投入机会相对较小,且难以规模化和标准化运行,进一步加剧环境基本公共服务的非均衡性。

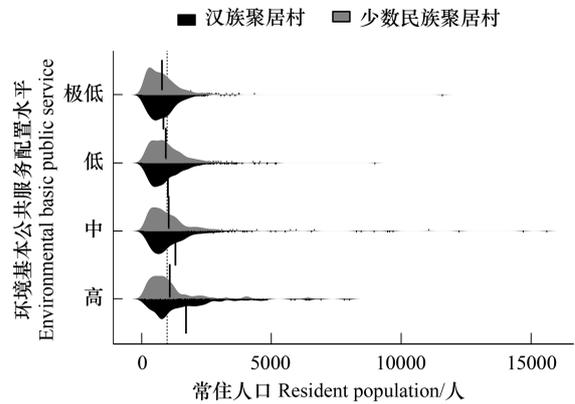


图 4 村镇居民点环境基本公共服务配置水平的社会因素对比
Fig.4 Comparison on the society factors in the level of environmental basic public service of village settlements

(3) 经济收入因素。模型估计结果显示,以未摘帽贫困村作为参照系,在非贫困村、已摘帽的贫困村实现高水平配置的概率将分别提升 77.10%、69.10%,全年村集体收入额每提升 1 个等级,实现高水平配置的概率将增加 6.02%,以上均通过了显著水平为 0.05 的假设检验。与既有研究结论一致,贫困是环境基本公共服务配置的障碍因素^[60],村镇经济与收入水平提升意味着农牧民对环境公共产品的配置意愿和支付能力提高。值得注意的是,在脱贫政策支持下,贫困村不仅摆脱了生产生活贫困状态,针对其人居环境基本要求而配套的环境设施及专项整治,对改善青藏高原生态屏障区环境基本公共服务配置水平发挥了积极作用。

(4) 基层管理因素。基层行政管理人员数量和领导受教育水平均呈现显著正向影响。管理人员数每提升 1 个等级,实现高水平配置的概率将增加 16.10%;以未上学的村领导作为参照系,村领导接受过初中、高中或中专、大专及以上学历时,该村镇实现高水平配置的概率将依次提升 111.30%、121.80%、232.50%。由此表明,行政管理的人力配置和素质差异也会导致环境基本公共服务的非均衡性生成。当村镇基层行政人员越多、受教育水平越高时,其环境基本公共服务管理投入越大,推进环境公共服务工作意愿也越强烈^[61],加之高素质管理者对环境管理知识与政策的接受程度和应用能力较高,也将有利于提高村镇环境基本公共服务配置水平。

2.2.2 基于二元逻辑斯蒂回归模型的要素估计

为考察非均衡性成因的稳健性及其在不同环境基本公共服务要素间的差异性,除对总体样本进行估计外,分别对生活垃圾处理设施、生活污水处理设施、卫生户厕进行二元逻辑斯蒂回归估计。三组要素子模型的似然估计值依次为 5403.84、2682.66 和 5303.672,卡方值依次为 552.547、298.067 和 255.708,采用 Hosmer-Lemeshow 检验显示显著性均小于 0.001,表明各模型拟合效果均较好。

要素估计模型结果如表 4 所示,配置成本、人口社会、经济收入和基层管理因素对各要素配置非均衡性成因的解释整体较为稳健,要素间成因的差异性主要表现如下:子模型 1 中,除基层管理因素行政管理人员数量的影响不显著外,其他因素下各变量的作用效应与总模型基本一致。其中,最远居民点交通距离对生活垃圾处理设施配置的限制性更加突出,该变量每提升 1 个等级,实现生活垃圾处理设施配置的概率将降低 18.42%。此外,与汉族民族聚居村镇相比,少数民族聚居的村镇实现生活垃圾设施配置的可能性将下降 29.63%。以上均表明在少数民族广布的偏远农牧区,生活垃圾处理设施体系配置成本高,生活垃圾转运距离远对日常运行效率的显著制约,以村镇为单位逐步发展在地化垃圾处理工艺将是提升配置水平的重要取向。

表 4 二元逻辑斯蒂回归模型的要素估计结果
Table 4 Parameter estimation for binary logistic regression model

因素类型与变量名称 Factor types and variable names	子模型 1(生活垃圾处理设施) Model-1(Domestic waste treatment facility)			子模型 2(生活污水处理设施) Model-2(Domestic sewage treatment facility)			子模型 3(卫生户厕) Model-3(Sanitary toilet)		
	系数 Coefficient	显著性 Significance	优势比 Odds ratio	系数 Coefficient	显著性 Significance	优势比 Odds ratio	系数 Coefficient	显著性 Significance	优势比 Odds ratio
配置成本因素	-0.135***	0.000	0.874	-0.232***	0.000	0.793	-0.139***	0.000	0.870
Cost factors									
平原	0.300***	0.010	1.350	0.515***	0.001	1.674	0.086	0.454	1.089
丘陵	0.674***	0.000	1.962	0.093	0.691	1.098	-0.449***	0.008	0.639
最远居民点交通距离分级	-0.203***	0.000	0.816	-0.154***	0.006	0.857	-0.194***	0.000	0.824
民族聚居属性(汉族聚居)	-0.351***	0.000	0.704	-0.377***	0.001	0.686	-0.207***	0.004	0.813
常住人口规模分级	0.279***	0.000	1.322	0.243***	0.000	1.275	0.036	0.205	1.037
贫困人口属性(未摘帽贫困村)	0.383***	0.000	1.467	0.652***	0.000	1.920	0.545***	0.000	1.725
已摘帽贫困村	0.665***	0.000	1.944	0.166	0.484	1.181	0.195	0.141	1.215
全年村集体收入分级	0.090***	0.002	1.095	0.112***	0.007	1.119	-0.001	0.962	0.999
基层行政管理人数数量分级	0.033	0.346	1.034	0.152***	0.005	1.164	0.231***	0.000	1.260
基层领导受教育属性(未上学)	-0.082	0.794	0.921	0.594	0.421	1.811	0.863**	0.039	2.371
初中	0.445	0.152	1.560	0.504	0.492	1.655	1.079***	0.009	2.942
高中或中专	0.509*	0.100	1.664	0.487	0.508	1.628	1.139***	0.006	3.125
大专及以上	0.681**	0.041	1.976	1.494**	0.044	4.455	1.111***	0.010	3.036
卡方检验			552.547			298.067			255.708
显著性			0.000			0.000			0.000
-2 对数似然值			5403.837			2682.663			5303.672
Nagelkerke's R ²			0.161			0.134			0.080

*** 显著性水平为 0.01, ** 显著性水平为 0.05, * 显著性水平为 0.1; 括号内的类别为该变量的参照组

对子模型 2 的估计结果对比发现,海拔高程、民族聚居属性变量对生活污水处理设施配置的影响在各要素中最为敏感。海拔高程每提升 1 个等级,少数民族聚居的村镇实现生活污水处理设施配置的可能性将分别下降 20.73%、31.42%。由此可见,少数民族聚居、海拔越高的村镇居民点,由于高原低温低氧条件,加之生活污水水量小、收集难度增大,通过污水管网、污水处理站、氧化塘等对村镇内生活污水统一处理的供给方式越有可能失效。基于此,探索并优先推广经济高效的小规模污水处置模式以及耐低温生态化的处置技术体系,对青藏高原生态屏障区生态环境保护至关重要。

在子模型 3 的估计结果中,基层管理因素对卫生户厕配置均具有显著正向影响。村镇行政管理人员数量每提升 1 个等级,实现卫生户厕配置的概率将提升 26.01%;与基层领导未上过学的村镇相比,随着村党支部书记和村委会主任受教育水平提升,实现卫生户厕配置的可能性呈现梯度递增趋势。结合实地调查发现,青藏高原农牧民环境卫生知识与生活常识普遍缺乏,村镇卫生户厕改造与普及受传统观念阻滞,对厕改必要性、房屋或院落内厕所建设感到不适,当基层管理资源持续投入,对厕改过程、步骤、改后优点及补贴优惠政策宣传教育和技术帮助后,农牧民对卫生户厕的配置意愿及村镇普及率将显著提升。此外,当地常住人口规模对卫生户厕配置的积极影响并不显著,表明以住户为基本单元的卫生户厕造价低、配套后的粪污处理及设施设备管护主要依托农牧民自身投入,故与其他要素相比,卫生户厕配置的规模报酬递增不明显。

各子模型估计结果显示,海拔高程、地形地貌、最远居民点交通距离、民族聚居属性等是影响不同环境基本公共服务要素配置的共性因素,反映出高寒低氧环境、高原山地地貌、偏远交通区位、少数民族散居对青藏高原生态屏障区环境基本公共服务非均衡配置的主控作用。此外,各要素配置影响因素的差异性也值得关注:垃圾处理设施及收转运体系的日常运维成本较高,其配置水平对最远居民点交通距离、常住人口规模等变量更为敏感;而污水处理设施由于高海拔山区的设施建设及管网配套难度大,海拔高程、地形地貌、民族聚居属性等变量作用更显著;卫生户厕配置的积极性通常受农牧民传统生活观念阻滞,基层管理人员文化素质提升有助于强化厕改引导和宣传效果,因而相较于其他要素,基层领导的受教育水平对卫生户厕配置影响较突出。

3 讨论

3.1 净零胁迫导向下的生态环境风险适应性管理

按照不同环境基本公共服务要素间的差异性,以净零胁迫为导向,积极推进生活垃圾、生活污水、卫生户厕的资源化利用和可持续治理:①鉴于最远居民点交通距离对生活垃圾处理设施配置的限制性突出,偏远村镇会显著降低日常收转运体系运行效率并加重处置成本,建议营造减量化、弹性化、资源化的生活垃圾全过程处理系统,形成就地消纳与跨区处理相结合的弹性生活垃圾设施支撑体系;②因海拔高程、民族聚居属性变量对生活污水处理设施配置的影响在各要素中最为敏感,优先推广耐低温的小规模污水处置模式和生态化处置技术体系尤为重要,建议充分利用青藏高原太阳能、风能、地热等清洁能源优势,探索太阳能一体化膜生物反应器、无动力蒸发式污水处理系统、地下渗滤系统和生态大棚处理系统等分散式处理模式;③尽管卫生户厕配置的规模报酬递增不明显,但通过村镇基层管理资源持续投入扭转农牧民的户厕配套意愿、增加环卫常识并提供厕改政策宣传教育和技术帮助,有利于改善卫生户厕配置非均衡性,建议在加快研发适应高原低温干旱环境的卫生户厕适用技术和产品的同时,实施入户改厕类型与建造方案的定制式精准培训模式,积极开展农牧民环境卫生观念宣传教育,树立基层管理人员的柔性引才理念,通过兼职聘用、周末工程师、技术咨询、挂职锻炼等方式提升卫生户厕普及率。

3.2 基于服务效能与生态效益权衡的递进式均衡配置模式

环境基本公共服务非均衡性及生成原因表明,与东部和中部城市化地区和平原农区相比,青藏高原生态屏障区内环境设施建设难度大、成本高,城市与县城环境基础设施对零散布局的村镇居民点辐射带动作用弱,加之地方政府自身财政实力整体薄弱,在城镇环境基本公共服务配置所需资金都无法保障的情况下,无法满

足农牧区配置范围和资金需求,导致一般性的环境基本公共服务设施配置模式难以在青藏高原复制推广,应根据其城乡聚落分散性及农牧民产污特征,提出兼顾生态效益、社会效益、经济效益的零胁迫、均等化、低成本环境基本公共服务设施配置优化方案。因此,应结合不同层级政府的行政事权和职能,实施基于服务效能与生态效益权衡的递进式均衡配置模式:①国家和省级层面,加大环境基础设施配置的财政资金投入力度,扭转长期存在的城乡二元结构,以环境质量改善、农牧民满意度为导向,适度提高青藏高原生态屏障区内环境基础设施建设资金配套标准;②市县层面,发挥环境基本公共服务供给的规模报酬递增效应,以城乡结合部、乡镇政府驻地、中心村落、旅游景区等人口相对密集区为重点,通过扩大环境基本公共服务供给率,提升集中式处理设施的服务效能解决均等化的基本盘和配置主体;③村镇层面,明确服务效能与生态效益权衡下的均衡配置优先序及类型(图5),优先在生态系统服务功能十分重要的关键地带开展均衡配置,筛选费用低、管护简便的配置设备与生态处理技术,积极探索在地化垃圾处理和污水分户无害化处理模式。

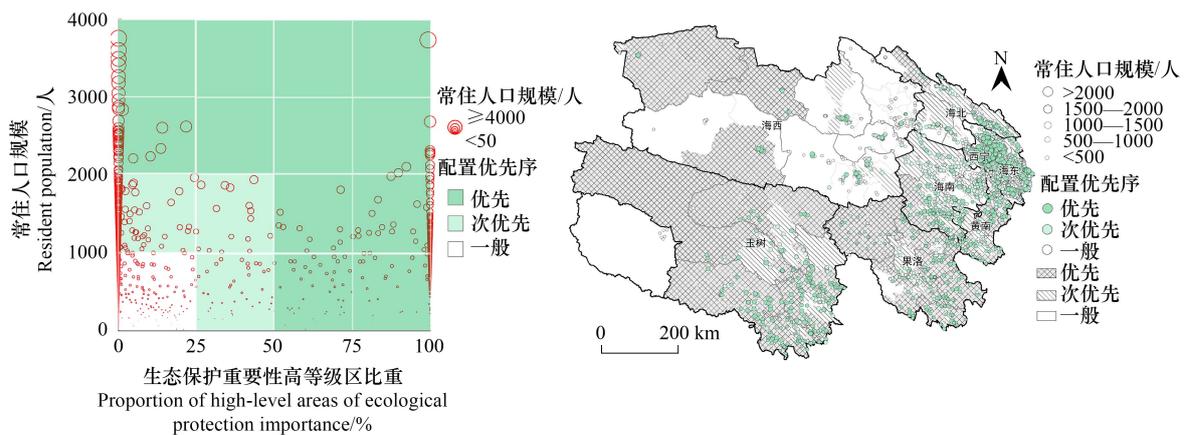


图5 服务效能与生态效益权衡下的均衡配置优先序及类型分布

Fig.5 Priorities and distribution of equilibrium allocation under a combination of service effectiveness and ecological benefit

4 结论

本文以揭示青藏高原生态屏障区内的村镇环境基本公共服务非均衡性及其生成原因为科学目标,以青海省4315个村镇居民点为研究对象,选取生活垃圾处理、生活污水处理、卫生户厕改造3项特征指标,采用环境基本公共服务配置水平指数(EBPS)及要素配置率算法,多尺度定量测度村镇环境基本公共服务的总体和要素非均衡性,并定量解析了非均衡性的生成原因,为配置模式优化和生态环境风险适应性管理奠定基础。主要研究结论:

(1) 青海省村镇环境基本公共服务配置水平总体偏低,全域EBPS指数均值仅为0.94,配置水平等级为高和中的村镇居民点数量仅占5.65%和19.37%,对比全国环境基本公共服务均等化的高水平配置目标仍存在明显差距;生活垃圾处理设施、生活污水处理设施、卫生户厕配置率依次为47.76%、11.05%和34.74%,生活污水处理设施的非均衡配置凸显,是制约村镇居民点环境基本公共服务均等化的首要领域,其中,果洛、黄南和玉树等关键地带因其高寒的自然特性,环境基本公共服务配置失效引发的潜在生态环境风险令人担忧,是未来均等化配置的重点区域。

(2) 有序多分类和二元逻辑斯蒂回归估计模型表明,青藏高原生态屏障区环境基本公共服务非均衡性受配置成本、人口社会、经济收入和基层管理因素的多重影响。其中,自然地理的高寒性和交通区位的偏远性,增加设施配置成本并造成集中治理失效,是生成非均衡性的重要原因,当地海拔高程、居民点交通距离每提升1个等级,EBPS属高等级的概率将降低16.42%、21.10%;环境基本公共服务供给的规模报酬递增效应造成非均衡性加剧,少数民族居民点的大分散、小聚居特性导致设施配置优先序较低。此外,经济与收入水平提升意

意味着农牧民对环境基本公共服务设施的配置意愿和支付能力提高,村镇基层行政人员越多、受教育水平越高也利于提高村镇配置水平,表明经济收入、基层管理分别是增大非均衡性的内部和外部驱动因素。

(3) 在科学认知青藏高原生态屏障区环境基本公共服务的非均衡性问题基础上,面向新时期农村人居环境基础设施持续完善的目标要求,应将问题导向与目标导向相结合开展分类施策,以生活污水与垃圾治理、村容村貌提升、农村厕所革命为重点,形成基于服务效能与生态效益权衡的均衡配置模式,探索实施净零胁迫导向下的生态环境风险适应性管理模式,积极推进生态屏障区内生活垃圾、生活污水、卫生户厕的资源化利用和可持续治理,实现与农牧民生产生活方式相适应的、经济高效的环境基本公共服务均等化。

未来值得深化研究的方向包括:通过不同人口规模的典型村镇居民点入户调查与模型估计,验证并揭示村镇层面环境基本公共服务配置的规模报酬递增效应及机制;进一步探索青藏高原区域统筹治理、城乡统筹治理、片区集中治理、村镇就地治理等差异化模式,基于区域环境功能开展环境基本公共服务供给的情景模拟,定制相应的适应性管理途径;本研究已初步发现,农牧民的环境自觉及环境伦理转变对改善环境基本公共服务非均衡性具有促进作用,未来可在基层环境管理政策与个体激励机制研究的基础上,在青藏高原生态屏障区进一步探索化整为零、微循环再造的分布式、在地化、资源化的多主体环境协同治理新模式。

参考文献 (References):

- [1] 陆张维, 吴次芳, 岳文泽, 冯科, 黄木易. 杭州市主城区居住生态环境评价. 生态学报, 2010, 30(11): 2856-2863.
- [2] 杨雪, 张文忠. 基于栅格的区域人居自然和人文环境质量综合评价——以京津冀地区为例. 地理学报, 2016, 71(12): 2141-2154.
- [3] 刘子刚, 刘喆, 卫文斐. 我国环境保护基本公共服务均等化问题和实现途径. 环境保护, 2015, 43(20): 47-50.
- [4] 陈海威. 中国基本公共服务体系研究. 科学社会主义, 2007(3): 98-100.
- [5] 刘彦随. 中国新时代城乡融合与乡村振兴. 地理学报, 2018, 73(4): 637-650.
- [6] 张克俊, 杜婵. 从城乡统筹、城乡一体化到城乡融合发展: 继承与升华. 农村经济, 2019(11): 19-26.
- [7] 周林洁. 城乡统筹视角下的农村环境基础设施建设. 城市发展研究, 2009, 16(7): 127-129.
- [8] 彭文英, 徐丰. 北京市农村环境基础设施现状问题及村民需求分析. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(S2): 104-107.
- [9] 张惠远. 青藏高原区域生态环境面临的问题与保护进展. 环境保护, 2011, 39(17): 20-22.
- [10] 樊杰, 徐勇, 王传胜, 牛亚菲, 陈东, 孙威. 西藏近半个世纪以来人类活动的生态环境效应. 科学通报, 2015, 60(32): 3057-3066.
- [11] 鲍超, 刘若文. 青藏高原城镇体系的时空演变. 地球信息科学学报, 2019, 21(9): 1330-1340.
- [12] 韩智勇, 旦增, 孔垂雪. 青藏高原农村固体废物处理现状与分析——以川藏 5 个村为例. 农业环境科学学报, 2014, 33(3): 451-457.
- [13] 周侃, 刘汉初, 樊杰, 虞虎. 青藏高原国家公园群区域人类活动环境胁迫强度与空间效应——以三江源地区为例. 生态学报, 2021, 41(1): 268-279.
- [14] 王惠, 刘研萍, 陶莹, 刘新春. 厌氧氨氧化菌脱氮机理及其在污水处理中的应用. 生态学报, 2011, 31(7): 2019-2028.
- [15] 刘佳玉. 城市复杂建成环境下绿色基础设施对雨水径流的水质水量影响及规划布局研究. 国际城市规划, 2018, 33(3): 32-40.
- [16] 芦会杰. 典型生活垃圾处理设施恶臭排放特征及污染评价. 环境科学, 2017, 38(8): 3178-3184.
- [17] Mato R R A M. Environmental implications involving the establishment of sanitary landfills in five municipalities in Tanzania: the case of Tanga municipality. Resources, Conservation and Recycling, 1999, 25(1): 1-16.
- [18] Iqbal A, Zan F X, Liu X M, Chen G H. Integrated municipal solid waste management scheme of Hong Kong: a comprehensive analysis in terms of global warming potential and energy use. Journal of Cleaner Production, 2019, 225: 1079-1088.
- [19] 宫笠俐, 王国锋. 公共环境服务供给模式研究. 中国行政管理, 2012(10): 21-25.
- [20] 卢洪友, 祁毓. 环境质量、公共服务与国民健康——基于跨国(地区)数据的分析. 财经研究, 2013, 39(6): 106-118.
- [21] 孙翔, 黄如晖, 朱婧霖, 孙婷, 刘峥, 冯庆革, 韩彪. 基于 DEA 模型的农村生活垃圾处理工程环境及经济效益评估. 农业工程学报, 2018, 34(16): 190-197.
- [22] 赵海霞, 蒋晓威, 董雅文, 崔建鑫. 城市污水处理设施空间格局优化研究——以江苏省淮安市为例. 地球科学进展, 2014, 29(3): 404-411.
- [23] Rahmayanti H, Ananda S. Analysis of environmental infrastructure sustainability of low cost apartment. International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, 2017, 8(2): 1-13.
- [24] Massoud M A, Tarhini A, Nasr J A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. Journal of Environmental Management, 2009, 90(1): 652-659.

- [25] Pires A, Martinho G, Chang N B. Solid waste management in European countries: a review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(4): 1033-1050.
- [26] Powell J T, Chertow M R, Esty D C. Where is global waste management heading? An analysis of solid waste sector commitments from nationally-determined contributions. *Waste Management*, 2018, 80: 137-143.
- [27] 乔巧, 侯贵光, 孙宁, 夏建新. 环境基本公共服务均等化评估指标体系构建与实证. *环境科学与技术*, 2014, 37(12): 241-246.
- [28] 向俊杰, 陈威. 论环境基本公共服务供给侧结构性改革的逻辑起点与方向. *生态经济*, 2018, 34(2): 209-215.
- [29] 崔建鑫, 赵海霞. 城镇污水处理设施空间优化配置研究. *中国环境科学*, 2016, 36(3): 943-952.
- [30] 党艺, 余建辉, 张文忠. 环境类邻避设施对北京市住宅价格影响研究——以大型垃圾处理设施为例. *地理研究*, 2020, 39(8): 1769-1781.
- [31] 刘蕴芳, 龙颖贤, 蒋松华, 周丽旋. 粤港澳大湾区重大环保基础设施一体化发展战略研究. *环境保护*, 2019, 47(23): 35-41.
- [32] 李栋, 蔡博峰. 基于距离-密度关系的典型垃圾处理设施布局指数研究. *环境工程*, 2016, 34(2): 10-13, 26.
- [33] 陶玉丽. 基于 Malmquist-Tobit 城市环境基础设施效益评价研究——以 35 个大中城市为例[D]. 天津: 天津商业大学, 2019.
- [34] 韩智勇, 梅自力, 税云会, 陈细会, 白峰. 云贵高原农村地区生活垃圾特性与管理分析. *农业环境科学学报*, 2013, 32(12): 2495-2501.
- [35] 鞠昌华, 张卫东, 朱琳, 孙勤芳. 我国农村生活污水治理问题及对策研究. *环境保护*, 2016, 44(6): 49-52.
- [36] 李秋秋, 王传胜. 西藏城镇化及其环境效应研究. *中国软科学*, 2014(12): 70-78.
- [37] 郑盛华, 陈尚洪, 陈红琳, 杨泽鹏, 敖玉琴, 刘定辉. 川西北高原农业面源污染分析与防控技术对策——以阿坝藏族羌族自治州为例. *中国农学通报*, 2022, 38(27): 60-65.
- [38] 党晓飞, 欧阳峰. 西藏城镇生活垃圾处理现状与对策——以山南扎囊县为例. *广东农业科学*, 2009, 36(2): 88-89.
- [39] 周向红, 薛美琴, 马超峰. 西部地区农村安全饮用水和环境卫生服务供给问题及对策研究——以青海和云南为例. *环境卫生学杂志*, 2013, 3(4): 279-283.
- [40] 张敏, 韩智勇, 姜磊, 谢梓骏, 张国治, 贺莉, 程静思, 潘科, 陈柏桦, 施国中. 我国部分地区农村生活垃圾处理现状及模式. *中国沼气*, 2016, 34(2): 89-95.
- [41] 李冠杰. PPP 模式: 农村环境基础设施治理的新选择——以陕西省为考察对象. *农业经济*, 2017(12): 35-37.
- [42] 李丽丽, 李文秀, 栾胜基. 中国农村环境自治治理模式探索及实践研究. *生态经济*, 2013, 29(11): 166-169, 193.
- [43] 孟根图娅, 尹雪峰. 放牧区生活垃圾特点与治理实践——以内蒙古自治区克什克腾旗西部区域为例. *环境工程技术学报*, 2020, 10(3): 487-493.
- [44] 孙鸿烈, 郑度, 姚檀栋, 张德铨. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设. *地理学报*, 2012, 67(1): 3-12.
- [45] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 农村人居环境整治三年行动方案. (2018-02-15) [2022-11-16]. http://www.gov.cn/zhengce/2018-02/05/content_5264056.htm.
- [46] 农业农村部. 关于印发《农村人居环境整治村庄清洁行动方案》的通知. (2019-01-20) [2022-11-16]. http://www.moa.gov.cn/nybg/b/2019/201901/201905/t20190503_6288214.htm.
- [47] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 农村人居环境整治提升五年行动方案(2021-2025 年). (2021-12-05) [2022-11-16]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-12/05/content_5655984.htm.
- [48] 卢洪友, 袁光平, 陈思霞, 卢盛峰. 中国环境基本公共服务绩效的数量测度. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(10): 48-54.
- [49] 罗万纯. 中国农村生活环境公共服务供给效果及其影响因素——基于农户视角. *中国农村经济*, 2014(11): 65-72.
- [50] 王士君, 浩飞龙, 姜丽丽. 长春市大型商业网点的区位特征及其影响因素. *地理学报*, 2015, 70(6): 893-905.
- [51] 林李月, 朱宇, 柯文前, 王建顺. 基本公共服务对不同规模城市流动人口居留意愿的影响效应. *地理学报*, 2019, 74(4): 737-752.
- [52] 刘莹, 王凤. 农户生活垃圾处置方式的实证分析. *中国农村经济*, 2012(3): 88-96.
- [53] 付文凤, 姜海, 房娟娟. 农村水污染治理的农户参与意愿及其影响因素分析. *南京农业大学学报: 社会科学版*, 2018, 18(4): 119-126, 159-160.
- [54] 彭超, 张琛. 农村人居环境质量及其影响因素研究. *宏观质量研究*, 2019, 7(3): 66-78.
- [55] 李春林, 刘森, 胡远满, 徐岩岩, 孙风云. 基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析. *生态学报*, 2014, 34(3): 727-737.
- [56] 王介勇, 刘彦随, 陈玉福. 黄淮海平原农区农户空心村整治意愿及影响因素实证研究. *地理科学*, 2012, 32(12): 1452-1458.
- [57] 何强, 张承辉, 姜文超, 魏武强. 中国西部小城镇环境基础设施技术需求分析. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(2): 58-62.
- [58] Pérez-López G, Prior D, Zafra-Gómez J L. Temporal scale efficiency in DEA panel data estimations. An application to the solid waste disposal service in Spain. *Omega*, 2018, 76: 18-27.
- [59] 聂二旗, 郑国砥, 高定, 陈同斌. 中国西部农村生活垃圾处理现状及对策分析. *生态与农村环境学报*, 2017, 33(10): 882-889.
- [60] 钱文荣, 应一迪. 农户参与农村公共基础设施供给的意愿及其影响因素分析. *中国农村经济*, 2014(11): 39-51.
- [61] 王金霞, 李玉敏, 黄开兴, 陈煌. 农村生活固体垃圾的处理现状及影响因素. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(6): 74-78.