

引用格式: 黄晶, 薛东前, 代兰海. 农产品主产区村镇建设资源环境承载力空间分异及影响因素: 以甘肃省临泽县为例[J]. 资源科学, 2020, 42(7): 1262-1274. [Huang J, Xue D Q, Dai L H. Spatial differentiation and influencing factors of resource and environmental carrying capacity in main agricultural production areas: Taking Linze County of Gansu Province as an example[J]. Resources Science, 2020, 42(7): 1262-1274.] DOI: 10.18402/resci.2020.07.04

农产品主产区村镇建设资源环境承载力 空间分异及影响因素 ——以甘肃省临泽县为例

黄晶¹, 薛东前¹, 代兰海^{1,2}

(1. 陕西师范大学 地理科学与旅游学院, 西安 710119;

2. 河西学院 历史文化与旅游学院, 张掖 734000)

摘要:农产品主产区在保障农产品供给安全的前提下,需要适度的村镇建设活动,资源环境承载力评估为其实现可持续发展提供科学依据。本文以甘肃省临泽县为例,构建了一套适用于农产品主产区村镇建设资源环境承载力评价的思路方法,分析了承载力空间分异特征及影响因素。研究表明:①村镇建设资源环境承载力评价需从村镇建设活动对资源环境的需求和资源环境对村镇建设活动的支撑两个维度来构建指标体系,农产品主产区应重点关注耕地资源、水资源的承载能力和耕地环境、水环境、生态环境的容纳能力。②临泽县村镇建设资源承载力大于环境承载力,综合承载力整体偏低;村镇建设承压状态两极分化严重,耕地资源以盈余为主,水资源和环境以超载为主;空间上,综合承载力和环境承载力呈现明确的“南高北低”分异格局,且形成“沙河镇耕地资源低承载、高承压”“廖泉镇水资源低承载、高承压”“新华镇水资源高承载、低承压”显著集聚区。③村镇建设资源环境承载力及承压状态空间分异是由资源环境本底、发展需求强度和政府治理力度共同决定的,提高资源环境承载能力的关键在于充分发挥政府治理的润滑力,转变经济发展方式、提高资源利用效率、加强生态环境整治。

关键词:农产品主产区;资源环境承载力;空间分异;影响因素;临泽县

DOI: 10.18402/resci.2020.07.04

1 引言

资源环境承载力是指一定时期特定地域范围内的资源结构满足持续需求和环境功能维持稳定状态的条件下,资源环境系统所能承受人类社会经济建设活动的最大能力^[1]。资源环境承载力是衡量地域可持续发展的重要依据,是战略决策尤其是国土空间优化布局的基础,是中国政府高度关注的政治议题及社会各界聚焦的科学命题。

承载力原为力学概念,诞生于工程机械领域,指物体在不受任何破坏时所能承受的最大负荷。

1934年,被生态学家Errington正式引入后,在生物学、地理学、资源科学与环境科学等领域得到发展,早期承载力概念的主要特点是关注极限容纳量,如某一地域系统对外部环境变化的最大承受能力和某一生境所能支撑的物种最大数量^[2,3]。20世纪60—70年代,随着全球资源耗竭和环境恶化问题的出现,承载力研究范围迅速扩展到了整个生态系统,概念由绝对上限走向相对平衡,理念由静态平衡转到动态变化再到系统可持续发展,内容由现象描述转向机制分析,杰出代表为1972年Meadows等

收稿日期: 2020-01-08; 修订日期: 2020-05-11

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD1100101); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2019TS023)。

作者简介: 黄晶,女,陕西安康人,博士研究生,研究方向为村镇建设资源环境承载力。E-mail: 919124323@qq.com

通讯作者: 薛东前,男,内蒙古包头人,博士,教授,研究方向为城市与区域发展。E-mail: xuedq@snnu.edu.cn

2020年7月

所著的《增长的极限》^[4,5]。20世纪90年代以后,关注社会经济发展与资源环境之间关系的研究开始出现,一方面关注人口增长与经济社会可持续发展的关键制约因素,另一方面关注人类生产生活活动对资源、环境、生态系统稳定性的影响^[1]。虽然资源环境承载力概念源于国外,但自90年代之后国外对其的专门研究很少出现,这跟欧美发达国家人口压力较小、自身拥有相对丰富的资源储备有关。

对中国而言,面临着工业化、城镇化及资源环境整体匮乏的现实国情,开展资源环境承载力研究具有重要的现实意义。中国对于资源环境承载力的研究始于21世纪初^[6],由最初的能量承载力和畜牧承载力,到水资源、土地资源承载力^[7-9],再逐步发展到环境承载力^[10]、生态承载力^[11]及资源环境综合承载力^[12]。概念从基于种群个体最大生物量的生态承载力,到基于人口与资源关系的资源承载力和基于人口与环境关系的环境承载力,再到面向地域可持续发展的资源环境承载力。评价对象由单一资源环境要素向多要素或综合要素发展^[13],评价方法由农业生态区法^[14]、供需平衡法^[15]等静态向系统动力学、多目标规划^[16,17]等动态转变,以及虚拟水、虚拟耕地、能值分析^[18-20]等模拟研究方法兴起。实践应用方面,在国土空间开发^[9]、灾后重建^[21]、地域可持续发展^[22,23]等领域得到广泛应用。

尽管国内外关于资源环境承载力的研究成果已经相当丰富,研究方法从定性到与定量相结合、从静态评价到动态模拟;研究对象从单一到综合,由传统的单项承载力发展到资源环境综合承载力,并形成了基于单一限制因子^[24]、多因素综合^[25]、承压状态^[26]、相对思维^[27-29]等多种资源环境承载力评价研究范式。但从研究尺度来看,全部聚焦在全国、区域、流域以及城市地区,深入到村镇尺度进行资源环境承载力的研究才刚刚起步,还处于探索阶段。

随着新农村建设、美丽乡村建设以及乡村振兴战略的提出,中国村镇地区加快了建设步伐,为了解决村镇发展的不充分、不平衡或村镇建设过程中对资源环境的过度消耗问题,有必要对村镇建设资源环境承载力进行评估。因此,本文提出了村镇建设资源环境承载力概念,是指村镇所辖地区范围内

生态环境不受危害且维持稳态前提下,资源禀赋和环境容量所能够支撑农业生产、村镇建设、村民活动等的能力。中国是传统的农业大国,农产品主产区在国土空间开发中限制进行大规模高强度的工业化、城镇化活动,但除了保障国家农产品供给安全外,也需要适度的建设。如何平衡限制与发展之间的矛盾,如何保证村镇建设活动在允许的范围之内,这些是农产品主产区需要重点考虑的关键科学问题,而村镇建设资源环境承载力评价能够为其实现可持续发展提供良好支撑。因此,本文的主要任务为:第一,以国家农产品主产区甘肃省临泽县为案例,构建一套适宜于农产品主产区村镇建设资源环境承载力评价的方法体系,并分析承载力空间分异特征;第二,基于村镇建设资源环境支撑与压力之间的关系,划分承压状态类型;第三,分析承载力和承压状态空间分异成因,提出未来改善重点方向。通过农产品主产区的案例研究来丰富村镇尺度资源环境承载力理论成果,并为国土空间规划提供依据。

2 研究区概况与评价方法

2.1 研究区概况

临泽县位于甘肃省河西走廊中部,是张掖盆地的重要组成部分。县境内海拔1356~2170 m,地势南北高、中间低,南部为祁连山区,北部为合黎山剥蚀残山区,中部为黑河水系冲积形成的走廊平原区。其中中部土地肥沃、水草茂盛、物产丰富,是临泽县精华地带,也是人口分布的主要地带。临泽县现下辖7个镇(沙河镇、新华镇、平川镇、板桥镇、蓼泉镇、鸭暖镇、倪家营镇),71个行政村,总人口14.6万人,其中农业人口12.53万人,占85.82%。2018年,全县土地利用总面积272910.24 hm²,其中耕地51065.55 hm²,占18.71%;林地2363.04 hm²,占0.87%;草地22160.79 hm²,占8.12%;水域3818.61 hm²,占1.40%;城乡建设用地3845.97 hm²,占1.41%;未利用地189656.28 hm²,占69.49%;可利用土地资源十分有限(图1)。临泽县属大陆性荒漠草原气候,降水稀少、蒸发量大,是中国西北典型的干旱农区,水资源以地表水为主,泉水、地下水为辅,

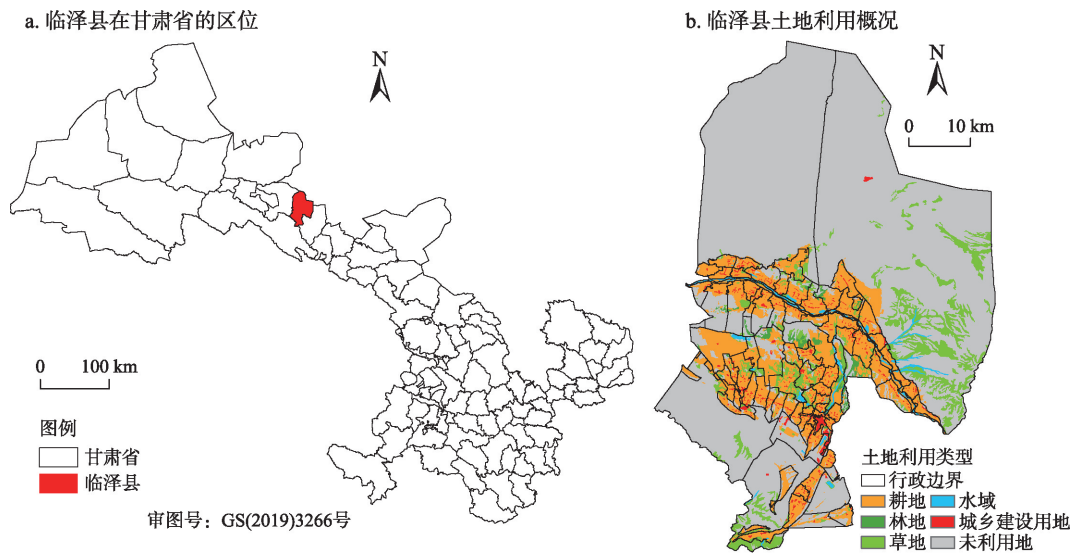


图1 临泽县区位及2018年土地利用图

Figure 1 Location and land use of Linze County in 2018

黑河及其支流梨园河纵横流经全境,平均径流量分别为10.5亿 m^3 和2.3亿 m^3 。

临泽县是传统的灌耕农业区,粮食作物、蔬菜瓜果、肉牛肉羊、林木花卉品种丰富,其中玉米种子占到全国大田玉米用种量的13%以上,曾获“全国粮食单产冠军县”称号,被誉为“花果之乡”。在《全国主体功能区规划》中临泽县属国家限制开发区域的农产品主产区,在《甘肃省主体功能区规划》中临泽县属甘肃省甘州—临泽重点开发区域,明确限制进行大规模工业化、城镇化活动,重点开发农牧产品及其加工业。近年来随着乡村振兴战略的提出,临泽县也加快了建设步伐,作为国家农产品主产区,在水土资源十分稀缺、生态环境脆弱的情况下,如何做到既保障国家农产品安全,又适度进行村镇建设?这需要对临泽县村镇建设资源环境承载力进行研究。

2.2 评价指标体系构建

农产品主产区主要功能是农业生产、生活活动,村镇建设资源环境承载力评价需重点考虑水、耕地资源和耕地环境、水环境、生态环境等资源环境系统,并从生产生活对资源环境的需求和资源环境对生产生活的支撑两个维度出发构建指标体系(表1)。

本文参考中国地质调查成果《资源环境承载力评价方法探索与实践》^[30]中农业型地区资源环境承载力评价的指标体系,再根据临泽县各村经济社会与资源环境基础数据的可获得性来构建本研究评价指标体系。选取村庄可利用土地总面积、耕地面积、建设用地面积反映耕地资源承载力;选取村庄可利用水资源总量、生活用水量、农业用水量、生态用水量反映水资源承载力;选取海拔高度与坡度、耕地产出、化肥使用量反映耕地环境承载力;临泽县地质灾害发生率较低,因此未予考虑,选取林地、草地、水域面积占比、垃圾处理率反映生态环境承载力;临泽县地表水全部为II类、地下水全部为III类,地区间并无差异,以污水处理率、卫生厕所普及率反映水环境承载力。其中土地资源数据及粮食产量、卫生厕所改造数据来源于《2018各镇经济社会发展提要本》;可利用水资源总量来源于水文局《2018年度计划用水总量控制表》;用水定额均来源于《甘肃省行业用水定额(2017版)》,其中生活用水定额为40L/人/天,农业用水定额为800 m^3 /亩/年,生态用水定额为2L/ m^2 /天;海拔高度与坡度通过DEM提取;化肥使用量来源于《2018临泽县统计年鉴》;生活垃圾处理率和污水处理率来源于环保局和《2018各镇经济社会发展提要本》。

表1 农产品主产区村镇建设资源环境承载力评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of resource and environment carrying capacity in agricultural areas

子系统	指标层	具体指标说明	功效性		
资源系统	耕地资源	支撑	土地资源规模	村镇可利用土地总面积/hm ²	正指标
			耕地资源规模	村镇耕地总面积/亩	正指标
		压力	建设用地规模	村镇居住用地总面积/亩	负指标
			村镇非居住建设用地总面积/亩	负指标	
	水资源	支撑	水资源规模	村镇可利用水资源总量/万 m ³	正指标
			压力	生活用水规模	村镇生活用水总量 m ³
			农业用水规模	村镇农业用水总量 m ³	负指标
			生态用水规模	村镇生态用水总量 m ³	负指标
环境系统	耕地环境	支撑	地形地貌	村镇平均海拔高度/m、平均坡度/°	负指标
			耕地产出	村镇粮食产量/t	正指标
		压力	农业污染	村镇化肥使用量/t	负指标
			水环境	支撑	水质类别
	压力	环境污染	村镇污水处理率、卫生厕所普及率/%	负指标	
		生态环境	支撑	生态保护	村镇林地、草地、水域面积占比/%
	村镇垃圾处理率/%			正指标	
	压力		生态破坏	村镇地质灾害发生率/频次	正指标

2.3 研究方法

2.3.1 基于多因素综合的资源环境承载力评估方法

基于多因素综合的资源环境承载力评价认为资源环境承载力不仅取决于单一限制因素,而是由多种因素共同决定资源环境承载力大小,符合综合效应原理^[24]。综合临泽县各村庄资源、环境子系统支撑和压力指标,采用熵权法和测度村庄的资源环境承载力大小。耕地资源承载力指数 $FRCC_i$ 的计算方法如式(1)所示:

$$FRCC_i = \sum_{j=1}^n FR'_{ij} \times W_{FRj} \quad (1)$$

式中: FR'_{ij} 为 i 村庄耕地资源子系统 j 指标标准化值; W_{FRj} 为熵权法得出的耕地资源子系统 j 指标权重值。

水资源承载力指数 $WRCC_i$ 和环境承载力指数 ECC_i 的计算方法如式(2)、(3)所示:

$$WRCC_i = \sum_{j=1}^n WR'_{ij} \times W_{WRj} \quad (2)$$

$$ECC_i = \sum_{j=1}^n E'_{ij} \times W_{Ej} \quad (3)$$

式中: WR'_{ij} 为 i 村庄水资源子系统 j 指标标准化值; W_{WRj} 为熵权法得出的水资源子系统 j 指标权重值; E'_{ij} 为 i 村庄环境子系统 j 指标标准化值; W_{Ej} 为熵

法得出的环境子系统 j 指标权重值。

资源环境综合承载力指数 $RECC_i$ 的计算如下:

$$RECC_i = FRCC_i \times W_{FR} + WRCC_i \times W_{WR} + ECC_i \times W_E \quad (4)$$

式中: W_{FR} 为熵权法得出的耕地资源承载力权重值; W_{WR} 为熵权法得出的水资源承载力权重值; W_E 为熵权法得出的环境承载力权重值。

本文利用GIS自然断点法将资源环境承载力指数划分为高、中、低3级。

2.3.2 基于承压状态的资源环境承载力评估方法

基于承压状态的资源环境承载力评价以“承载体”与“压力体”互馈状态为承载力评价的核心,重点探究经济社会活动对资源环境的承载压力状态^[26]。根据临泽县各村庄资源、环境子系统支撑与压力的比值关系构建村镇建设资源环境承压状态模型。耕地资源承压状态指数 $FRPS_i$ 的计算如下:

$$FRPS_i = \frac{\sum_{j=1}^n FRP'_{ij} \times W_{FRPj}}{\sum_{j=1}^n FRS'_{ij} \times W_{FRSj}} \quad (5)$$

式中: FRP'_{ij} 为 i 村庄耕地资源 j 压力指标标准化值; W_{FRPj} 为熵权法得出的耕地资源 j 压力指标权重值; FRS'_{ij} 为 i 村庄耕地资源 j 支撑指标标准化值; W_{FRSj} 为

熵权法得出的耕地资源 j 支撑指标权重值。

水资源承压状态指数 $WRPS_i$ 的计算方法如下:

$$WRPS_i = \frac{\sum_{j=1}^n WRP'_{ij} \times W_{WRPj}}{\sum_{j=1}^n WRS'_{ij} \times W_{WRSj}} \quad (6)$$

式中: WRP'_{ij} 为 i 村庄水资源 j 压力指标标准化值; W_{WRPj} 为熵权法得出的水资源 j 压力指标权重值; WRS'_{ij} 为 i 村庄水资源 j 支撑指标标准化值; W_{WRSj} 为熵权法得出的水资源 j 支撑指标权重值。

环境承压状态指数 EPS_i 的计算方法如下:

$$EPS_i = \frac{\sum_{j=1}^n EP'_{ij} \times W_{EPj}}{\sum_{j=1}^n ES'_{ij} \times W_{ESj}} \quad (7)$$

式中: EP'_{ij} 为 i 村庄环境 j 压力指标标准化值; W_{EPj} 为熵权法得出的环境 j 压力指标权重值; ES'_{ij} 为 i 村庄环境 j 支撑指标标准化值; W_{ESj} 为熵权法计算得出的环境 j 支撑指标权重值。

当 $FRPS_i/WRPS_i/EPS_i=1$,表示承压状态为平衡型;当 $FRPS_i/WRPS_i/EPS_i<1$,表示承压状态为盈余型;当 $FRPS_i/WRPS_i/EPS_i>1$,表示承压状态为超载型。

2.3.3 空间差异测度方法

目前国内使用最为普遍的差异测度方法为基尼系数、泰尔指数和变异系数等。泰尔指数的优点在于可将差异分解为地区间差异和地区内差异。计算公式如下:

$$\begin{aligned} J &= \sum_{i=1}^n T_i \ln(nT_i) \\ J_k &= \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_k} (T_i/T_k) \ln(n_k T_i/T_k) \\ J_r &= \sum_{k=1}^m T_k J_k \\ J_s &= \sum_{k=1}^m T_k \ln\left(T_k \frac{n}{n_k}\right) \end{aligned} \quad (8)$$

式中: J 为县域村镇总泰尔指数; n 为县域村庄总个数; T_i 为 i 村庄承载力指数占县域承载力指数的比重; J_k 为 k 乡镇总泰尔指数; m 为县域乡镇总个数; n_k 为 k 乡镇村庄个数; T_k 为 k 乡镇承载力指数占县域承载力指数的比重; J_r 和 J_s 分别表示乡镇内泰尔指数

和乡镇间泰尔指数。

本文采用泰尔指数和冷(低值)热(高值)点聚类分析法研究空间分异特征。

3 结果与分析

3.1 村镇建设资源环境承载力及空间分异

3.1.1 耕地资源承载力及空间分异

承载力总泰尔指数0.017,乡镇内泰尔指数0.013,乡镇间泰尔指数0.004(表2),表明耕地资源承载力空间差异以乡镇内为主。承载力指数值0.27~0.79(图2a),均值0.58,表明耕地资源承载力整体处于中偏上水平。①承载力较高的村庄遍布在黑河两岸乡镇及南部倪家营镇,耕地丰富,人均耕地面积多数达到4亩;部分人少地多的村庄形成显著的高值区。②承载力较低的村庄主要集中在城区周边,人均住房面积和建设用地相对较多,以及部分人多地少(人均不足2亩)的村庄,如南台村、梨园村靠近丹霞景区以餐饮、住宿业为主,五三村、西关村靠近城区,人均耕地不足1.5亩;沙河镇形成显著的低值区(图2d)。

3.1.2 水资源承载力及空间分异

承载力总泰尔指数0.008,乡镇内泰尔指数0.005,乡镇间泰尔指数0.003(表2),表明水资源承载力乡镇内、乡镇间差异相当。承载力指数值0.38~0.78(图2b),均值0.68,表明水资源承载力整体较高;①承载力较高的村庄分两种情况:一是人口较少且耕地灌溉面积不多,因此用水量较少的村庄,二是耕地较多因此享有更多水资源分配总量的村庄;新华镇因地下水资源丰富形成显著的高值区。②承载力较低的村庄主要集中在廖泉镇、平川镇,人口较多,且以耗水量较大的蔬菜、林果业种植为主,因此形成显著的低值区(图2e)。

表2 临泽县村镇建设资源环境承载力空间分异泰尔指数
Table 2 Theil index of resources and environmental carrying capacity of villages and towns in Linze County

承载力	总泰尔指数	乡镇内泰尔指数	乡镇间泰尔指数
耕地资源	0.017	0.013	0.004
水资源	0.008	0.005	0.003
环境	0.205	0.078	0.127
综合承载力	0.025	0.008	0.017

2020年7月

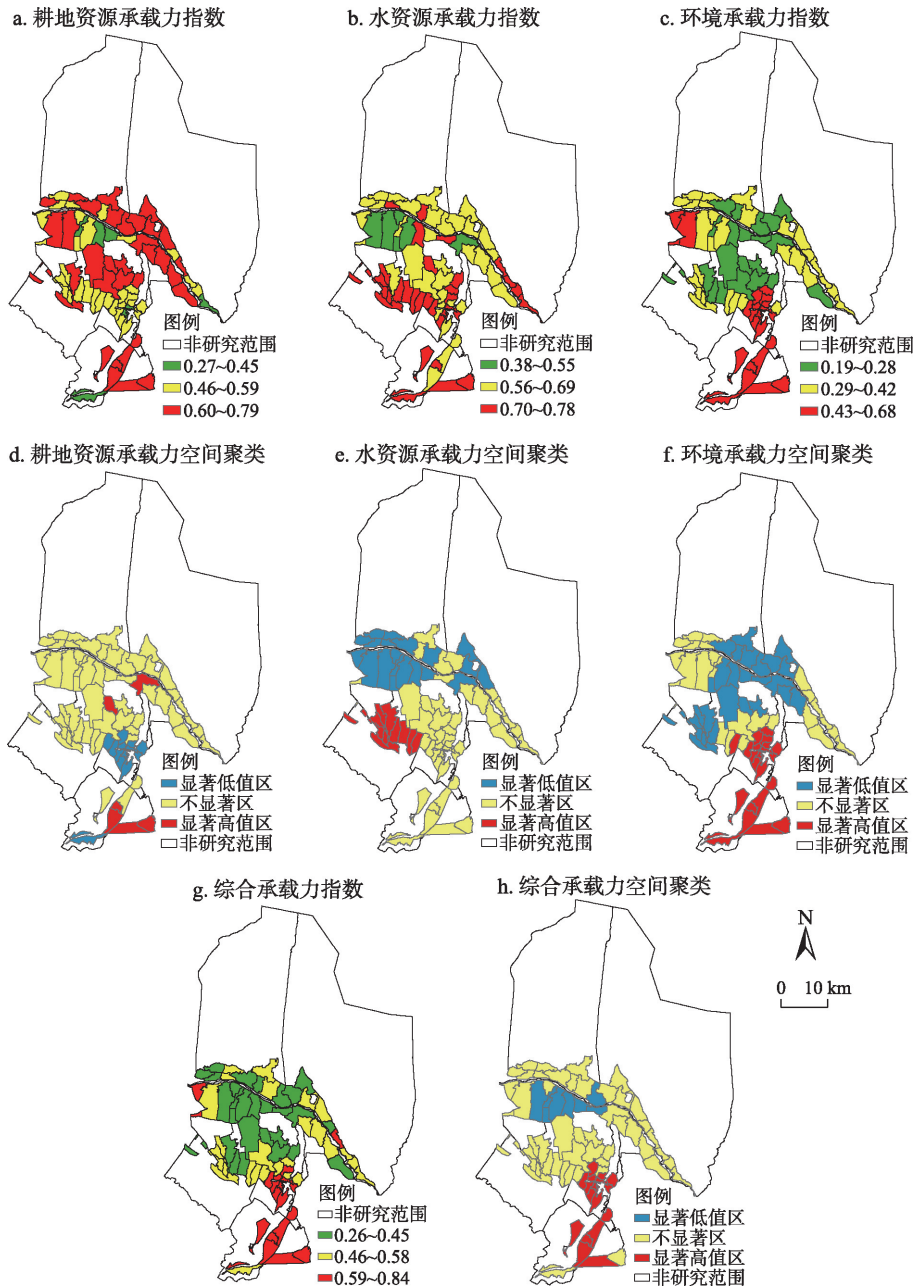


图2 2018年临泽县资源环境承载力空间分异图

Figure 2 Spatial difference of carrying capacity of resources and environment in Linze County, 2018

3.1.3 环境承载力及空间分异

承载力总泰尔指数 0.205, 乡镇内泰尔指数 0.078, 乡镇间泰尔指数 0.127(表2), 表明环境承载力空间差异以乡镇间为主。承载力指数值 0.19~0.68(图2c), 均值 0.36, 表明环境承载力整体较低; ①承载力较高的村庄集中在城边沙河镇及倪家营镇(垃圾、污水处理设施较齐全, 处理率达 90%, 卫生厕所普及率均达 50%, 其中倪家营镇达 90%), 以

及个别林地面积较多、生态环境较好的村庄, 因此形成显著的高值区。②承载力较低的村庄年化肥使用量较多, 耕地污染较大, 垃圾、污水处理率和卫生厕所普及率较低, 新华镇尤为突出, 形成显著的低值区(图2f)。

3.1.4 综合承载力及空间分异

承载力指数值 0.26~0.84(图2g), 均值 0.51; 总泰尔指数 0.025, 乡镇内泰尔指数 0.008, 乡镇间泰尔

指数0.017(表2);表明综合承载力整体提升空间较大,空间上呈现“南高北低”的分异格局,空间差异以乡镇间为主。①承载力较高的村庄以倪家营镇和城区周边村庄为主,倪家营镇因丹霞景区驱动经济社会全面发展,城区周边沙河镇环境整治力度较大综合承载力也较高,因此形成显著的高值区。②承载力较低的村庄集中在北部核心地区,显著低值区均为环境承载力低值区,表明环境承载力对综合承载力影响较大(图2h)。

总体而言,临泽县当前水土资源承载力大于环境承载力,综合承载力偏低;从泰尔指数来看,空间差异呈现:环境承载力>综合承载力>耕地资源承载力>水资源承载力。具体来讲,耕地资源、水资源承载力整体较高,空间差异较小,其中耕地资源以乡镇内差异为主,水资源乡镇内和乡镇间差异相当;环境承载力整体较低,总体差异、乡镇内差异和乡镇间差异都最大,且以乡镇间差异为主;综合承载力呈现南部高于北部、乡镇间差异大于乡镇内差异的空间分异格局。

3.2 村镇建设资源环境承压状态及空间分异

根据支撑指数与压力指数的比值关系,将村镇建设资源环境承压状态划分为5种类型,分别为强盈余型、弱盈余型、近平衡型、弱超载型和强超载型。其中,盈余型和超载型代表发展不充分和发展过度两种状态,强和弱代表发展的程度;一般村镇建设和资源环境承载很难维持绝对的平衡状态,因此本文将比值关系靠近1的村镇识别为近平衡型(表3)。

3.2.1 耕地资源承压状态及空间分异

根据耕地资源压力与支撑指数的比值关系,村庄承压状态可划分为强超载、弱超载、近平衡、弱盈余和强盈余5种类型(图3a)。①超载型共18个村庄(含强超载8个、弱超载10个),占比25.35%,分布在城区周边、丹霞景区周边及人多地少的廖泉镇,村庄居住和建设用地占地面积较多;沙河镇因地处临泽县城附近,人多地少,自身耕地资源紧张,再加上近年来美丽乡村建设等用地需求扩张,进一步加剧了耕地资源承压状态,因此形成显著的高值区,未来村镇建设过程中要注意保护耕地资源(图

表3 村镇建设资源环境承压状态类型划分

Table 3 Classification of pressure state of resources and environment of villages and towns in Linze County

承压状态指数值	承载状态	承载类型
≤ 0.8	盈余	强盈余型
(0.8,0.9]		弱盈余型
(0.9,1.0]	平衡	近平衡型
(1.0,2.0]	超载	弱超载型
> 2.0		强超载型

3d)。②近平衡型共3个村庄,占比4.23%,分布在城区周边超载型村庄外围;③盈余型共50个村庄(含强盈余43个、弱盈余7个),占比70.42%,分布在除新华镇和廖泉镇外的所有乡镇。

3.2.2 水资源承压状态及空间分异

根据水资源压力与支撑指数的比值关系,村庄承压状态可划分为弱超载、近平衡、弱盈余和强盈余4种类型(图3b)。①超载型共35个村庄(全部为弱超载),占比49.30%,全部分布在黑河南岸;廖泉镇整体及平川镇部分村庄以耗水量较大的蔬菜、特色林果业规模种植为主,导致水资源承载压力较大,因此形成显著的高值区(图3e)。②近平衡型共15个村庄,占比21.13%,以平川镇和倪家营镇为主;③盈余型共21个村庄(含强盈余13个,弱盈余8个),占比29.58%,主要集中在新华镇和板桥镇。新华镇因地下水资源丰富,且以相对耗水量较小的玉米种植和畜牧养殖为主,水资源承载压力相对较小,因此形成显著的低值区(图3e)。表明未来村镇建设过程中要根据各地实际需求进一步优化水资源分配格局。

3.2.3 环境承压状态及空间分异

综合水、土、生态环境压力与支撑指数得到比值关系,村庄环境承压状态可划分强超载、弱超载、近平衡、弱盈余和强盈余5种类型(图3c)。①超载型共56个村庄(含强超载14个、弱超载42个),占比78.87%,除南部倪家营镇外,遍布其余各镇;廖泉镇及平川镇东部个别村庄因产业发展过分依赖农药化肥,且生态环境本底较差,导致环境承载压力较大,因此形成显著的高值区,意味着未来村镇建设过程中要注重环境保护,减少农业污染(图3f)。②近平衡型共5个村庄,占比7.05%,以倪家营镇为

2020年7月

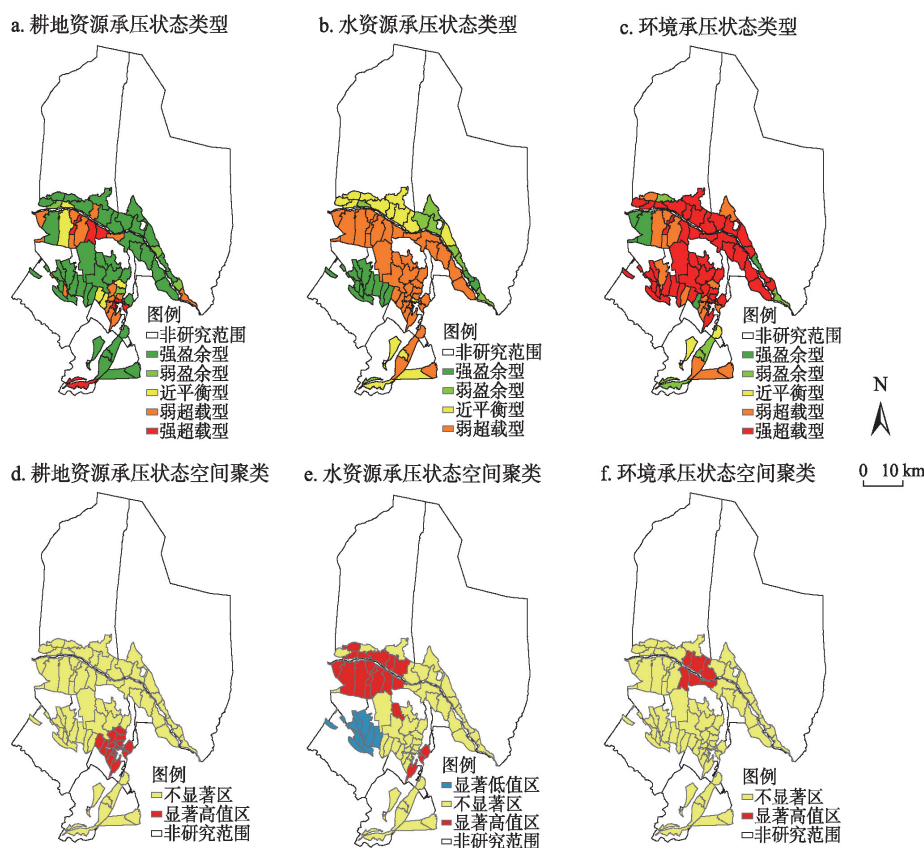


图3 2018年临泽县村镇建设资源环境承压状态空间分异图

Figure 3 Spatial difference of pressure state of villages and towns in Linze County, 2018

主。③盈余型共10个村庄(含强盈余4个、弱盈余6个),占比14.08%,村庄林地较多或环境治理改善较好(倪家营镇)。

总体而言,临泽县当前资源环境承压状态两极分化严重,耕地资源以盈余为主、水资源和环境以超载为主。空间上,形成“沙河镇耕地资源高承压、新华镇水资源低承压、廖泉镇水资源高承压”显著集聚区。

3.3 村镇建设资源环境承载力空间分异影响因素

资源环境承载力大小受多种因素共同影响,本文为了更加明确地揭示不同因素对临泽县资源环境承载力空间分异的影响,采用多元线性回归分析方法,从资源环境本底、发展需求强度和政府治理力度三方面分析因子作用程度。回归分析具体以村庄综合承载力为因变量(Y),以高程(X_1)、坡度(X_2)、耕地面积(X_3)、亩均粮食产量(X_4)、水资源量(X_5)、用水总量(X_6)、林草地面积占比(X_7)、常住人

口(X_8)、建设用地面积(X_9)、垃圾处理率(X_{10})、污水处理率(X_{11})、卫生厕所普及率(X_{12})、化肥使用量(X_{13})作为自变量。为了消除不同指标之间差距过大的影响,首先对数据进行标准化无量纲处理,然后对所有变量进行多重共线性诊断和显著性检验,得到各变量的方差膨胀因子 VIF 均小于2,显著性 P 值均小于0.05,变量之间不存在共线性,表明各指标均可作为解释变量。多元线性逐步回归模型诊断结果显示, R^2 为0.998>0.5,模型拟合度较好,表明所选取的因子能够较好地解释资源环境承载力的空间分异特征,各因子对承载力空间分异的作用程度不同(表4)。

3.3.1 资源环境本底是承载力空间分异的基础因素

高程(X_1)、坡度(X_2)等自然地理基础及耕地面积(X_3)、亩均粮食产量(X_4)、水资源量(X_5)、林草地面积占比(X_7)等资源环境条件是农业生产生活的重要支撑,回归系数分别为-0.102、-0.124、0.138、

表4 临泽县村镇建设资源环境承载力空间分异影响因子作用程度

Table 4 Degree of spatial differentiation influencing factors on resources and environment carrying capacity of villages and towns in Linze County

变量(X_i)	标准化系数($Beta$)	方差膨胀因子(VIF)	显著性(P 值)
高程(X_1)	-0.102	1.606	0.003
坡度(X_2)	-0.124	1.172	0.006
耕地面积(X_3)	0.138	1.011	0.024
亩均粮食产量(X_4)	0.178	1.060	0.015
水资源量(X_5)	0.233	1.291	0.022
用水总量(X_6)	-0.177	1.123	0.025
林草地面积占比(X_7)	0.624	1.019	0.000
常住人口(X_8)	-0.217	1.043	0.000
建设用地面积(X_9)	-0.392	1.015	0.003
垃圾处理率(X_{10})	0.269	1.197	0.036
污水处理率(X_{11})	0.261	1.210	0.003
卫生厕所普及率(X_{12})	0.307	1.236	0.004
化肥使用量(X_{13})	-0.262	1.318	0.000

0.178、0.233、0.624。可以看出,高程和坡度对承载力起负向影响,且影响程度相对较弱,这是因为临泽县村庄全部集中分布在中部走廊平原区,地势平坦、高程和坡度差异较小有关;林草地面积占比对临泽县承载力影响最大,其次为水资源、耕地资源和粮食产量,这与临泽县地处西北干旱地区,生态环境十分脆弱、水资源紧张、土地资源有限的总体现状相吻合。同时启示村庄在未来发展建设过程中要加强生态环境保护,通过植树造林、生态修复等手段提高村庄整体承载力。

3.3.2 发展需求强度是承载力空间分异的助推因素

常住人口(X_8)、建设用地面积(X_9)、用水总量(X_6)、化肥使用量(X_{13})等是反映经济社会发展需求强度的因子,回归系数分别为-0.217、-0.392、-0.177、-0.262。可以看出,经济社会发展需求对承载力起负向影响作用,即需求强度越大,承载压力越大,越会弱化已有承载能力,从而推动承载力空间分异的形成。其中,建设用地面积对临泽县承载力影响程度最大,其次为常住人口、化肥使用量和用水量,这也与实地调研结果相吻合,如存在建新不拆旧、一户多宅的村庄,宅基地面积多数在300~600 m²,建设用地过度消耗导致耕地资源承载压力相对较大;土地沙化严重,发展蔬菜种植的村庄用水量需求量大,导致水资源承载压力较大,地下水位

下降严重;规模种植的村庄过分依赖农药、化肥和地膜,规模养殖的村庄牲畜粪便处理方式多为堆放或回田,农业污染和环境污染严重。同时启示村庄在未来发展建设过程中要注重闲置宅基地的整治利用、进一步优化水资源分配格局、转变农业生产方式等手段提高村庄整体承载力。

3.3.3 政府治理力度是承载力空间分异的润滑因素

垃圾处理率(X_{10})、污水处理率(X_{11})、卫生厕所普及率(X_{12})是反映政府治理强度的因子,回归系数分别为0.269、0.261、0.307。可以看出,政府治理对承载力起正向影响,说明合理的治理对承载力的提升起润滑作用,这与已有研究结论^[31]一致。其中,卫生厕所普及率对临泽县承载力空间分异影响程度最大,其次为垃圾处理率和污水处理率,这与临泽县目前卫生厕所普及率整体较低、地区之间差异较大,污水管网和垃圾处理设施配套空间分配不均衡有关。同时启示村庄在未来发展建设过程中要充分发挥政府治理能力,加强农村厕所革命,完善污水管网和垃圾处理等基础设施配套和空间分配格局,通过合理规划提高村庄整体承载力。

4 讨论与结论

4.1 讨论

4.1.1 村镇建设资源环境承载力评价的必要性

资源环境承载力从经济—社会—资源—环境

2020年7月

系统相互作用角度,探讨资源环境所能支撑的社会经济发展规模,为地域可持续发展奠定了坚实的基础,其概念从提出至今被广泛应用到全国、区域或城市地区资源环境承载力研究。中国是一个传统的农业大国,村镇数量非常多,至今仍然有近1/4的人生活在村镇,村镇发展不平衡不充分问题突出。在乡村振兴战略背景下,中国广大的村镇地区加快了建设步伐,为了避免村镇建设过程中无序、过度、分散开发对资源环境的过度消耗,有必要从村镇尺度探究资源环境承载问题,为村镇合理适度建设和健康可持续发展提供科学依据。因此,在资源环境承载力概念的基础上,本文提出了村镇建设资源环境承载力概念,村镇建设资源环境承载力是在资源环境承载力概念基础上的衍生和扩展,它从微观视角更加强调村镇尺度人类生产、生活活动对资源环境的需求和资源环境对人类生产、生活活动的支撑,是对以往全国、区域或城市地区研究成果的补充与深化。

4.1.2 村镇建设资源环境承载力评价的适用性

不同主体功能类型村镇建设资源环境承载力评价应有所差异,指标选取要因地制宜,既要综合体现村镇建设需求与资源环境供给的关系,更重要的是体现地域功能的独特性。农产品主产区村镇建设资源环境承载力评价指标体系的构建要重点体现农业生产生活活动对水资源、耕地资源的影响,重点关注水环境、耕地环境和生态环境的容量。承载能力与承压状态空间分异的原因与村镇资源环境本底、建设活动强度、政府治理力度密切相关,如临泽县村镇建设用地扩张加剧造成的耕地资源压力,化肥农药过度使用造成的土地环境变迁,垃圾和污水处理对水、土、生态环境的改善等。承载力评价结果为国土空间规划提供科学依据,如临泽县城区周边沙河镇耕地资源少、承载力低、承压状态大的村庄,可考虑作为城镇化扩展区。一户多宅、居住用地较多而耕地承载力低、承压状态大的村庄,可通过制定宅基地腾退制度,鼓励进行宅基地复垦复耕;对水资源、农药、化肥过度依赖,水土环境承载力低的村庄,可通过推广膜下滴灌、全膜沟灌等农业高效节水技术,以及农家肥、有机肥

替代化肥等手段,减少资源消耗和环境污染,且要在合理评估发展需求现状的基础上重新调整水资源分配格局。对于生态环境承载力较低的村庄,要集中进行环境整治和生态保护修复,适度开展造林工程等。

4.1.3 村镇建设资源环境承载力评价的不稳定性

随着全球化和信息化的发展,不同尺度之间和不同区域之间的资源环境相互作用不断加强,融合研究才能更准确的评价资源环境承载力。同时,资源环境处于持续变化中,承载力具有不确定性和不稳定性,而人类生产生活活动、规模的持续变化使得承载对象表现出更加强烈的动态性^[12],因而需要加强资源环境承载力的动态研究。此外,科技进步以及政府治理活动所产生的润滑作用能够有效提升资源环境承载力,因此研究承载力除了分析资源环境系统对人类社会经济活动的支撑力和人类活动对资源环境系统施加的压力外,还应注重科技进步和政府管理活动所产生的润滑力^[11]。但限于村镇尺度数据获取的困难性,本文只探讨了临泽县当前资源环境承载力、承载状态空间分异特征及影响因素,对长时间的动态变化和支撑力—压力—润滑力的交互影响和作用机理还需后续深入探讨。

4.2 结论

以农产品主产区临泽县为案例,构建适宜于农产品主产区村镇建设资源环境承载力评价的指标体系,研究承载力空间分异及成因。结论如下:

(1)临泽县村镇建设资源承载力大于环境承载力,综合承载力整体偏低且呈现“南高北低”的空间分异格局。耕地资源承载力整体较好,沙河镇形成显著的低值区;水资源承载力整体较高,廖泉镇形成显著的低值区,新华镇形成显著的高值区;环境承载力整体偏低,北部形成显著的低值区,南部形成显著的高值区;综合承载力以中低值为主,呈现“南部高于北部”的空间分异格局。

(2)临泽县村镇建设资源环境承压状态两极分化严重,耕地资源以盈余为主,水资源和环境以超载为主。沙河镇形成显著的耕地资源承压状态高值区,廖泉镇形成显著的水资源承压状态高值区,新华镇形成显著的水资源承压状态低值区,廖泉镇

及平川镇东部形成显著的环境承压状态高值区。

(3) 村镇建设资源环境承载力及承压状态空间分异是由资源环境本底、发展需求强度和政府治理力度共同决定的。其中资源环境本底是基础因素、发展需求强度是助推因素、政府治理力度是润滑因素。提高资源环境承载能力的关键在于充分发挥政府治理的润滑力,一方面,转变经济发展方式、加快发展现代农业,减少农业发展对水资源、农药化肥的依赖,提高农业综合生产能力和可持续发展能力;另一方面,推进农村闲置宅基地复垦、进一步优化水资源空间分配格局,提高耕地资源和水资源利用效率,加强生态环境整治。

参考文献(References):

- [1] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践[J]. 资源科学, 2017, 39(3): 379-395. [Feng Z M, Yang Y Z, Yan H M, et al. A review of resources and environment carrying capacity research since the 20th Century: From theory to practice[J]. Resources Science, 2017, 39(3): 379-395.]
- [2] 牛方曲, 封志明, 刘慧. 资源环境承载力综合评价方法在西藏产业结构调整中的应用[J]. 地理学报, 2019, 74(8): 1563-1575. [Niu F Q, Feng Z M, Liu H. Evaluation of resources environmental carrying capacity and its application in industrial restructuring in Tibet, China[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(8): 1563-1575.]
- [3] 封志明, 李鹏. 承载力概念的源起与发展: 基于资源环境视角的讨论[J]. 自然资源学报, 2018, 33(9): 1475-1489. [Feng Z M, Li P. The genesis and evolution of the concept of carrying capacity: A view of natural resources and environment[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(9): 1475-1489.]
- [4] Meadows D H, Meadows D L, Randers J, et al. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind[R]. New York: Universe Books, 1972.
- [5] 王亮, 刘慧. 基于PS-DR-DP理论模型的区域资源环境承载力综合评价[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 340-352. [Wang L, Liu H. The comprehensive evaluation of regional resources and environmental carrying capacity based on PS-DR-DP theoretical model[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(2): 340-352.]
- [6] 黄贤金, 周艳. 资源环境承载力研究方法综述[J]. 中国环境管理, 2018, 10(6): 36-42. [Huang X J, Zhou Y. Summary on evaluating methods for carrying capacity of resources and environment[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2018, 10(6): 36-42.]
- [7] 封志明, 杨艳昭, 游珍. 中国人口分布的土地资源限制性和限制程度研究[J]. 地理研究, 2014, 33(8): 1395-1405. [Feng Z M, Yang Y Z, You Z. Research on land resources restriction on population distribution in China[J]. Geographical Research, 2014, 33(8): 1395-1405.]
- [8] 封志明, 刘登伟. 京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力[J]. 自然资源学报, 2006, 21(5): 689-699. [Feng Z M, Liu D W. A study on water resources carrying capacity in Jingjinji region[J]. Journal of Natural Resources, 2006, 21(5): 689-699.]
- [9] 周侃, 樊杰, 王亚飞, 等. 干旱半干旱区水资源承载力评价及空间规划指引: 以宁夏西海固地区为例[J]. 地理科学, 2019, 39(2): 232-241. [Zhou K, Fan J, Wang Y F, et al. Evaluation of water resources carrying capacity and its guidelines for spatial planning in arid and semi-arid region: A case in Xiji-Haiyuan-Guyuan area of Ningxia[J]. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(2): 232-241.]
- [10] 曾维华, 杨月梅, 陈荣昌, 等. 环境承载力理论在区域规划环境影响评价中的应用策[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(6): 27-31. [Zeng W H, Yang Y M, Chen R C, et al. Application of environmental carrying capacity in environmental impact assessment in planning[J]. China Population, Resources and Environment, 2007, 17(6): 27-31.]
- [11] 范小杉, 何萍. 生态承载力环评: 研究进展·存在问题·修正对策[J]. 环境科学研究, 2017, 30(12): 1869-1879. [Fan X S, He P. Research advances, defects and countermeasures for environmental impact assessment of ecological carrying capacity[J]. Research of Environmental Sciences, 2017, 30(12): 1869-1879.]
- [12] 吕一河, 傅微, 李婷, 等. 区域资源环境综合承载力研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2018, 37(1): 130-138. [Lv Y H, Fu W, Li T, et al. Progress and prospects of research on integrated carrying capacity of regional resources and environment[J]. Progress in Geography, 2018, 37(1): 130-138.]
- [13] 樊杰, 周侃, 王亚飞. 全国资源环境承载能力预警(2016版)的基点和技术方法进展[J]. 地理科学进展, 2017, 36(3): 266-276. [Fan J, Zhou K, Wang Y F. Basic points and progress in technical methods of early-warning of the national resource and environmental carrying capacity (V 2016) [J]. Progress in Geography, 2017, 36(3): 266-276.]
- [14] FAO. Potential Population Supporting Capacities of Lands in the Developing World[R]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1982.
- [15] Arrow K, Bolin B, Costanza R, et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment[J]. Science, 1995, 268(5210): 520-521.
- [16] 谭术魁, 韩思雨, 周敏. 土地城市化背景下武汉市资源环境承载力仿真研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(11): 1824-

2020年7月

1830. [Tan S K, Han S Y, Zhou M. Simulation study on the bearing capacity of resources and environment in Wuhan under the background of land urbanization[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(11): 1824-1830.]
- [17] 杨子江, 韩伟超, 杨恩秀. 昆明市水资源承载力系统动力学模拟[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3): 594-602. [Yang Z J, Han W C, Yang E X. A system dynamic model and simulation for water resources carrying capacity in Kunming[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(3): 594-602.]
- [18] Ane M. The carrying capacity imperative: Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning[J]. Land Use Policy, 2010, 27(4): 1038-1045.
- [19] Qiang W L, Liu A M, Cheng S K, et al. Agricultural trade and virtual land use: The case of China's crop trade[J]. Land Use Policy, 2013, 33: 141-150.
- [20] Chen G Q, Han M Y. Virtual land use change in China 2002-2010: Internal transition and trade imbalance[J]. Land Use Policy, 2015, 47: 55-65.
- [21] 樊杰. 玉树地震灾后恢复重建: 资源环境承载能力评价[M]. 北京: 科学出版社, 2010. [Fan J. Restoration and Reconstruction of Yushu Earthquake: Evaluation of Resource and Environment Carrying Capacity[M]. Beijing: Science Press, 2010.]
- [22] 袁磊, 闻珊珊, 杨昆. 快速城市化区域资源环境承载力与建设适宜性分析: 以昆明市呈贡区为例[J]. 生态科学, 2019, 38(1): 218-225. [Yuan L, Wen S S, Yang K. Analysis of resources and environment carrying capacity and construction suitability in rapid urbanization region: Taking the Chenggong, Kunming as example[J]. Ecological Science, 2019, 38(1): 218-225.]
- [23] 沈春竹, 谭琦川, 王丹阳, 等. 基于资源环境承载力与开发建设适宜性的国土开发强度研究: 以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(6): 1276-1286. [Shen C Z, Tan Q C, Wang D Y, et al. Research on land development intensity based on carrying capacity of resources and environment and suitability of development and construction: A case study of Jiangsu[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(6): 1276-1286.]
- [24] 靳相木, 李陈. 土地承载力研究范式的变迁、分化及其综论[J]. 自然资源学报, 2018, 33(3): 526-540. [Jin X M, Li C. Paradigm shift in the study of land carrying capacity: An overview[J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(3): 526-540.]
- [25] 雷勋平, 邱广华. 基于熵权TOPSIS模型的区域资源环境承载力评价实证研究[J]. 环境科学学报, 2016, 36(1): 314-323. [Lei X P, Qiu G H. Empirical study about the carrying capacity evaluation of regional resources and environment based on entropy-weight TOPSIS model[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2016, 36(1): 314-323.]
- [26] 靳亚亚, 靳相木, 李陈. 基于承压施压耦合曲线的城市土地承载力评价: 以浙江省32个城市为例[J]. 地理研究, 2018, 37(6): 1087-1099. [Jin Y Y, Jin X M, Li C. Applying supporting-presuring coupling curve to the evaluation of urban land carrying capacity: The case study of 32 cities in Zhejiang Province[J]. Geographical Research, 2018, 37(6): 1087-1099.]
- [27] 黄宁生, 匡耀求. 广东相对资源承载力与可持续发展问题[J]. 经济地理, 2000, 20(2): 52-56. [Huang N S, Kuang Y Q. The carrying capacity of resources and the problems of sustainable development in Guangdong Province[J]. Economic Geography, 2000, 20(2): 52-56.]
- [28] 黄常锋, 何伦志, 刘凌. 基于相对资源承载力模型的研究[J]. 经济地理, 2010, 30(10): 1612-1618. [Huang C F, He L Z, Liu L. The model of relative carrying capacity of resources[J]. Economic Geography, 2010, 30(10): 1612-1618.]
- [29] 黄常锋, 何伦志. 相对资源承载力模型的改进及其实证分析[J]. 资源科学, 2011, 33(1): 41-49. [Huang C F, He L Z. Model modifications and empirical analysis of the relative carrying capacity of resources[J]. Resources Science, 2011, 33(1): 41-49.]
- [30] 李瑞敏, 杨楠, 李小磊, 等. 资源环境承载能力评价方法探索与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2019. [Li R M, Yang N, Li X L, et al. Exploration and Practice of Evaluation Methods for Carrying Capacity of Resources and Environment[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2019.]
- [31] 岳文泽, 王田雨. 资源环境承载力评价与国土空间规划的逻辑问题[J]. 中国土地科学, 2019, 33(3): 1-8. [Yue W Z, Wang T Y. Logical problems on the evaluation of resources and environment carrying capacity for territorial spatial planning[J]. China Land Science, 2019, 33(3): 1-8.]

Spatial differentiation and influencing factors of resource and environmental carrying capacity in main agricultural production areas:

Taking Linze County of Gansu Province as an example

HUANG Jing¹, XUE Dongqian¹, DAI Lanhai^{1,2}

(1. School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China;

2. School of History, Culture and Tourism, Hexi University, Zhangye 734000, China)

Abstract: Under the premise of ensuring the security of national agricultural product supply, the main agricultural production areas in China need moderate development and necessary village and town construction activities, and the resources and environment carrying capacity provides good support for their sustainable development. Taking Linze County of Gansu Province as an example, this study developed a set of approaches and methods suitable for the evaluation of the carrying capacity of resources and environment for the construction of villages and towns in the main agricultural production areas, to provide a scientific basis for the development of the main functions of villages and towns. The results suggest that: (1) The evaluation of the carrying capacity of rural construction resources and environment in main agricultural production areas needs to construct an indicator system from two dimensions: the demand impact of rural construction activities on resources and environment and the carrying capacity feedback of resources and environment on rural construction activities. We should focus on the carrying capacity of cultivated land resources and water resources and the carrying capacity of cultivated land environment, water environment, and ecological environment. (2) The overall carrying capacity of resources in Linze County is larger than that of the environment, and the comprehensive carrying capacity shows a spatial pattern of generally higher in the south and lower in the north. There is a serious polarization in the state of pressure. The cultivated land resources are mainly in surplus, and the water resources and the environment are mainly overloaded. (3) The carrying capacity of resources and environment and the spatial differentiation of pressure state in the construction of villages and towns are determined by the local resources and environment, the intensity of development demand, and the strength of governance. The key to improve the carrying capacity of resources and environment is to give full play to the moderating capacity of governance structures, change the mode of economic development, improve the efficiency of resource utilization, and strengthen the remediation of the ecological environment.

Key words: main agricultural production areas; resource and environmental carrying capacity; spatial differentiation; influencing factors; Linze County