

# 黄土丘陵沟壑区农村居民点空间重构 ——以榆中县为例

谢作轮<sup>1</sup>, 赵锐锋<sup>1</sup>, 姜朋辉<sup>2,3</sup>, 刘海猛<sup>1</sup>, 祝 稳<sup>1</sup>

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070; 2. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023;  
3. 江苏省地理信息技术重点实验室, 南京 210023)

**摘要:** 农村居民点空间优化研究是进行农村居民点用地空间重构的依据。以兰州市榆中县为例, 运用GIS空间分析能力, 计算农村居民点的影响力来划分居民点类型, 应用加权Voronoi图的空间分割功能实现宏观上农村居民点的空间重构, 确定各搬迁居民点的安置去向, 同时计算各个加权Voronoi图之中的居民点的相对“居住场势”的大小, 实现微观上搬迁农户的空间效用增加。结果表明: 榆中县共有中心居民点面积6082.60 hm<sup>2</sup> (1107个居民点) 占61.25%; I类保留型居民点面积2707.55 hm<sup>2</sup> (4083个居民点) 占27.26%; II类保留型居民点面积235.68 hm<sup>2</sup> (679个居民点) 占2.37%; 零星居民点面积905.26 hm<sup>2</sup> (2854个居民点) 占9.12%。通过加权Voronoi图的宏观空间分割结合微观的“居住场势”测算, 使得居民点空间重构的方案更加合理。

**关键词:** 农村居民点; 空间重构; “居住场势”; 加权Voronoi图; 榆中县

DOI: 10.11821/dlyj201405012

## 1 引言

农村居民点空间重构是乡村土地利用研究的重点, 通过农村居民点的空间重构研究, 可以探索完善农村聚落空间重构理论方法<sup>[1-4]</sup>。中国乡村地域广大, 农村人口众多, 伴随着经济发展与城镇化速度加快, 农村发展进入了新的阶段。在这个发展过程中出现了居民点快速无序扩张、村庄空心化、土地闲置及不合理利用等现象, 因此, 对农村居民点进行空间重组就显得尤为必要和十分迫切<sup>[5-7]</sup>。众多学者在量化描述农村居民点空间分布<sup>[8-10]</sup>、农村居民点空间发展变化的驱动力<sup>[11,12]</sup>、农村居民点适宜性评价的基础上, 将农村居民点划分为中心居民点、保留型居民点、搬迁型, 从而定性地实现居民点的空间优化<sup>[13-15]</sup>。此外, 部分学者从发挥Voronoi图的空间分割功能在规划中的应用, 明确居民点搬迁合并的方向对居民点空间重构进行了研究<sup>[16,17]</sup>。对于黄土丘陵沟壑区农村居民点的空间重构研究目前主要通过对农村居民点的进行定量描述和影响力研究, 划分不同居民点类型, 实现居民点的空间优化<sup>[18-19]</sup>。但这些空间优化的研究没有指明零星居民点的搬迁去向, 可操作性不强。同时, 黄土丘陵沟壑区由于地形破碎, 自然条件变化强烈, 若直接将应用于均质的平原区与农村居民点空间重构的加权Voronoi图用于指导黄土丘陵沟壑区农村居民点空间

收稿日期: 2013-05-21; 修订日期: 2013-11-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(41261047; 41201196); 中国清洁发展机制基金赠款项目 (1213007); 西北师范大学青年教师科研能力提升计划骨干项目 (NWNULKQN-11-11)

作者简介: 谢作轮 (1990-), 男, 浙江平阳县人, 硕士研究生。研究方向为土地信息系统应用及土地生态。

E-mail: xiezl\_1990@sohu.com

通讯作者: 赵锐锋 (1976-), 男, 甘肃漳县人, 副教授, 主要从事土地利用与干旱区湿地生态方面的研究。

E-mail: zhaorf@nwnu.edu.com

重构, 是不合理的。鉴于此, 本研究以榆中县为例, 通过应用加权 Voronoi 图对中心居民点影响范围进行空间分割, 指导搬迁的方向; 结合农村居民点“居住场势”研究, 实现农村居民点的空间优化, 为黄土丘陵沟壑区农村建设用地整治提供参考, 同时探索适合于黄土丘陵沟壑区农村居民点空间重构的方法。

## 2 研究区概况

榆中县位于甘肃省中部(图 1), 介于 103° 49' 15" E-104° 34' 40" E, 35° 34' 20" N~36°26'30" N 之间, 海拔 1358~3671 m。全县南北长 96.90 km, 东西宽 66.40 km, 总面积 3301.64 km<sup>2</sup>, 下辖 8 个镇、12 个乡、268 个行政村, 人口 43.66 万人, 其中农业人口 38.82 万人, 占总人口的 88.91%。区内地形地势复杂、由生产生活条件迥异的 3 个区域组成: 南部为石质高寒山区, 气候湿润; 中部川区, 光照充足, 水源丰富, 是传统农业区; 北部山区, 干旱少雨, 沟壑纵横, 植被稀疏, 农村生产生活条件差。

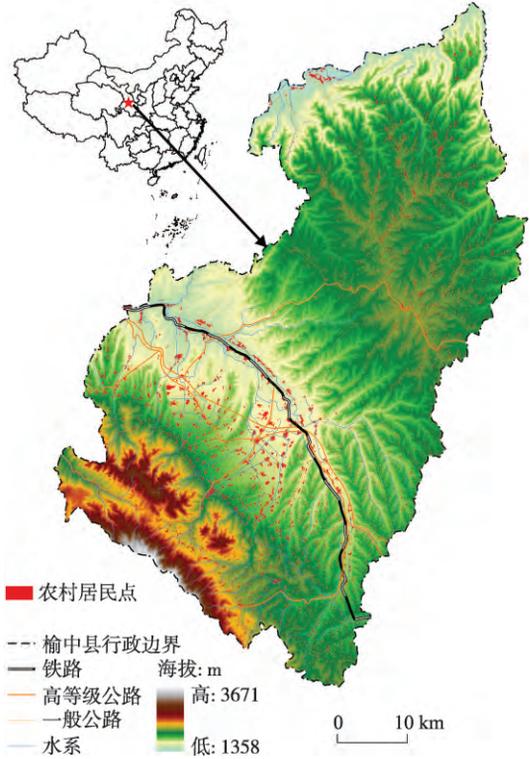


图 1 2008 年榆中县农村居民点空间分布  
Fig.1 The spatial distribution of villages in Yuzhong county in 2008

## 3 数据来源及研究方法

### 3.1 数据来源

遥感数据选用 2008 年 7 月法国 SPOT5 卫星影像, 其多光谱波段影像分辨率 10 m, 全色影像分辨率为 5 m, 共涉及 5 景 SPOT 影像。DEM (30 m) 数据主要来源于中国科学院国际科学数据服务平台。辅助数据主要有研究区 1:5 万地形图, 主要的社会经济数据来源于《甘肃发展年鉴》、《甘肃农村年鉴》以及《兰州年鉴》。在地形图上采集控制点, 用 ERDAS 软件对 SPOT 影像进行二次多项式法几何校正, 双向线性内插法, RMS 误差控制在 1 个像元内。将 SPOT 全色和多光谱影像利用主成分替换法融合, 获得研究区 5 m 分辨率的影像。依据榆中县的地物特征建立解译标志, 人机交互的提取农村居民点、耕地、道路、河流沟渠等信息。通过 GPS 实地定位调查, 居民点的总体解译精度达到 88.6%, 符合研究要求。

### 3.2 研究方法

**3.2.1 组合赋权法** 指标赋权方法的选择是综合评价的关键之一, 为克服主观赋权法的主观随意性和客观赋权法对数据的过分依赖的不足, 本文采用 Delphi 法与熵权法组合赋权, 综合确定指标权重<sup>[20]</sup>。

$$e_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \tag{1}$$

$$p_{ij} = d_{ij} / \sum_{i=1}^m d_{ij} \tag{2}$$

$$w_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^n e_j \quad (3)$$

$$z_j = k_1 w_j + k_2 h_j \quad (4)$$

式中:  $e_j$  是指标  $j$  的信息熵;  $d_{ij}$  是标准化之后的样本  $i$  的第  $j$  个指标分值;  $p_{ij}$  是第  $j$  个指标下第  $i$  个系统的特征比重;  $m$  是样本个数;  $n$  是指标数;  $w_j$  是指标  $j$  的熵权权重;  $h_j$  是指标  $j$  的 Delphi 权重;  $k_1, k_2$  依据榆中县实际状况, 通过 Delphi 法确定, 其中  $k_1=0.6$ 、 $k_2=0.4$ ;  $z_j$  是指标  $j$  的组合权重。

**3.2.2 农村居民点影响力** 参考相关研究<sup>[21-24]</sup>, 结合榆中县实际特点, 选取坡度、坡向、海拔、距水源距离、现状规模、距建制镇距离和道路通达度作为影响因子。通过以下模型计算农村居民点影响力, 依据自然断点法将农村居民点划分为中心、I 类保留型居民点和零星居民点。

$$Q_j = \sum_{i=1}^n U_i Z_i \quad (5)$$

式中:  $U_i$  是指标  $i$  的分值;  $Z_i$  是指标  $i$  的组合权重;  $Q_j$  是居民点  $j$  的影响力大小。

**3.2.3 加权 Voronoi 图** Voronoi 图作为一种空间分割方法, 在与距离相关的空间影响分析中应用较多<sup>[25-27]</sup>。利用加权 Voronoi 图对农村居民点进行空间布局优化, 使零散的农村居民点就近安置, 可以最大限度的降低农民搬迁之后的环境陌生感<sup>[17]</sup>。

设  $P=\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$  是二维欧式空间中多边形  $S$  内的一个点元集合,  $\lambda_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 是给定的  $n$  个正实数, 即  $\lambda_i$  是对应点  $P_i$  的权重, 由  $n$  个点元生成的 Voronoi 图将多边形  $S$  分为  $n$  个子区域:

$$V_n(p, \lambda_i) = \bigcap_{i \neq j} \{p | d(p, p_i) / \lambda_i < d(p, p_j) / \lambda_j\} (i=1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

对本研究中生成的加权 Voronoi 顺序编号, 编号由 V1 至 V1107。

**3.2.4 居住场势** 由于居民点的空间重构是在空间“居住场势”不均衡的情况之下出现的居民点的空间移动使得居民获取的空间效用增加。在应用加权 Voronoi 图进行农村居民点布局优化的过程中往往会出现在同一个 Voronoi 图之内出现了“居住场势”条件明显高于 Voronoi 图对应的中心居民点的“居住场势”的情况。对于这样的居民点要求其搬入中心居民点是不合理的, 也违背了空间优化是为改善农村居民居住条件, 实现居住的空间效用最大化的原则。故将经济地理区位研究中的空间场势引入, 优良的居住条件对应着, 较高的“居住场势”<sup>[28]</sup>。“居住场势”计算公式<sup>[29]</sup>:

$$N_{ij} = M_{ij} / \sum_{i=1}^n M_{ij} \quad (7)$$

$$W_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m N_{ij} \quad (8)$$

式中:  $N_{ij}$  指的是第  $i$  个居民点的第  $j$  个因素的所决定的“居住场势”;  $M_{ij}$  指的是第  $i$  个居民点的第  $j$  个因素的分值,  $n$  是参与计算的居民点个数,  $m$  是因子的个数,  $W_i$  是指第  $i$  个农村居民点的相对“居住场势”大小。

## 4 结果与分析

### 4.1 榆中县农村居民点空间分布特征

**4.1.1 农村居民点分布与高程的关系** 榆中县海拔介于 1358~3671 m 之间, 区域内海拔高

表1 不同高程下农村居民点统计表

Tab. 1 Distribution of rural settlements at different elevations

海拔(m)	农村居民点 总面积(hm <sup>2</sup> )	所占比例	平均居民点 大小(hm <sup>2</sup> )	最小居民点 面积(hm <sup>2</sup> )	最大居民点 面积(hm <sup>2</sup> )	居民点个数
>3500	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00	0
3250-3500	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00	0
3000-3250	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00	0
2750-3000	62.17	0.63%	0.99	0.04	9.13	63
2500-2750	450.30	4.53%	1.08	0.03	35.70	418
2250-2500	2354.82	23.71%	0.66	0.03	26.91	3586
2000-2250	3018.16	30.39%	0.71	0.04	59.70	4254
1750-2000	2834.32	28.54%	1.69	0.03	58.70	1677
1500-1750	978.04	9.85%	2.64	0.04	50.02	371
<1500	233.28	2.35%	1.88	0.04	75.33	124

差达到2313 m,属于典型的黄土丘陵沟壑区。不同海拔高度上的居民点分布状况见表1。

由表1可知海拔在2500 m以下有10012个农村居民点,总面积9418.62 hm<sup>2</sup>,占榆中县居民点总面积的94.84%。在海拔大于3000 m以上地区,没有居民点分布。由于榆中县海拔低于1750 m区域仅仅分布于宛川河谷地的低洼处和黄河谷地,区域范围较小,故实际分布的农村居民点较少。所以榆中县的农村居民点随着海拔的增加而逐渐变小,在海拔超过3000 m以上区域没有农村居民点分布。

**4.1.2 榆中县农村居民点分布与坡度、坡向的关系** 榆中县地势起伏较大,依据第二次全国土地调查对坡度的分类,坡度级别从一级到五级均有分布。榆中县农村居民点分布于坡度坡向的关系见表2。

由于地处黄土高原丘陵沟壑区,榆中县内坡度小于2°的平地少。因此在这一坡度上的居民点在总的数量上也比较少。由表2可知榆中县还有5505.62hm<sup>2</sup>的农村居民点分布在坡度大于15°区域。当坡度大于15°时,由于建设成本的增加,不利于配套交通等基础设施并不利于人们的生产生活<sup>[15]</sup>。榆中县还有1951.82 hm<sup>2</sup>的农村居民点分布在坡度大于25°区域,这部分区域由于坡度大,对这一区域的开发会引起严重的水土流失,并引发泥石流等地质灾害。榆中县有7047.26 hm<sup>2</sup>的农村居民点分布在北坡上,这个与在这个地区由于降水稀少,致使水分成为农业发展的限制性因素,由相关研究可知<sup>[30]</sup>这一区域北坡的土壤含水量大于南坡。故人们的农业生产活动逐渐向北坡集中,因此北坡的居民点数量明显大于南坡。

**4.1.3 榆中县农村居民点分布与交通条件、水源条件的关系** 道路是人们生产生活中获取

表2 不同坡度、坡向下农村居民点统计

Tab. 2 Distribution of rural settlements at different slopes and aspects

坡度范围	个数	总面积(hm <sup>2</sup> )	平均面积(hm <sup>2</sup> )	坡向	个数	总面积(hm <sup>2</sup> )	平均面积(hm <sup>2</sup> )
≤2°	183	27.94	0.15	北坡	3957	7047.26	1.78
2°- 6°	1283	1211.48	0.94	东北坡	1566	880.48	0.56
6°- 15°	4056	3186.05	0.79	东坡	1524	762.55	0.50
15°- 25°	3937	3553.80	0.90	东南坡	762	315.26	0.41
>25°	1034	1951.82	1.89	南坡	580	223.37	0.39
—	—	—	—	西南坡	705	295.94	0.42
—	—	—	—	西坡	1179	370.37	0.31
—	—	—	—	西北坡	220	35.85	0.16

物质、能量和信息的主要通道,对农村居民点形成有着重要的影响。本文选取了榆中县境内的国道、省道、县乡公路以及比较大的田间生产道路。由表3可知榆中县农村居民点的分布与道路分布关系密切。距离公路500 m范围内的农村居民点总面积最大,分布最多,占到全县居民点总面积的30.62%。距离公路越远,农村居民点总面积越小,数量越少,距离公路2500 m以外的农村居民点总面积为967.96 hm<sup>2</sup>占全县居民点的9.67%,这部分居民点交通不便,不利于生产生活活动的开展。河流的对于农业生产活动有着重要影响,从而影响了以农业生产活动为主的农村居民点的空间分布。经过分析发现,54.065%的居民点分布在距离河流1000m的范围之内,随着距离增加居民点数量逐步减少。

表3 道路、河流不同缓冲距离内农村居民点统计

Tab. 3 Distribution of rural settlements at different roads and river buffer distance

道路缓冲范围 (km)	居民点面积 (hm <sup>2</sup> )	占总面积比 例(%)	个数	河流缓冲范围 (km)	居民点面积 (hm <sup>2</sup> )	占总面积比 例(%)	个数
<0.5	3040.48	30.62%	3393	<1.0	5368.54	54.06%	4105
0.5-1.0	2472.88	24.90%	2046	1.0-2.5	2409.06	24.26%	2465
1.0-1.5	1523.97	15.35%	1468	2.5-4.0	584.74	5.89%	799
1.5-2	1048.33	10.56%	1127	>4.0	1568.76	15.80%	3124
2-2.5	877.47	8.84%	1036	—	—	—	—
>2.5	967.96	9.75%	1423	—	—	—	—

#### 4.2 农村居民点综合影响力

经过计算得到榆中县农村居民点的综合影响力因子的权重(表4),计算得到榆中县农村居民点的综合影响力,依据自然断裂法将农村居民点划分为零星居民点、I类保留型居民点和中心居民点(表5)。其中,全县中心居民点1107个,面积6082.60 hm<sup>2</sup>,中心居民点分布较多的有乡镇有城关镇、定远镇、和平镇、金崖镇、连搭乡、清水驿乡、夏官营镇、小康营乡和新营乡。这些乡镇位于宛川河谷地和榆中的南山地区。这一区域有宛川河及其支流和高崖水库、马坡水库和龛谷水库的水源保证,境内由连霍高速榆中段、312国道、309国道、101省道和309省道组成便捷的交通网。使得这个区域的居民点交通便利,靠近城镇和水源,基础设施配套齐全,经济活动的交流频繁,故这一区域的中心农村居民点的数量和面积上都占了多数。I类保留型居民点4083个,面积2707.55 hm<sup>2</sup>,该类型的居民点现阶段的聚焦功能相对较弱,具备一定的经济规模和影响,基础设施配套不太完善,将来发展中可能会被中心居民点兼并,也有可能发展成另一个中心居民点。零星居民点5303个,面积1140.95 hm<sup>2</sup>,属于搬迁类居民点,分布较多的乡镇主要是位于榆中北山地区的中连川乡、贡井乡、哈岷乡、龙泉乡等乡镇,这一区域由于水资源匮乏,境内又只有309国道没有形成高效的交通网。加上区域内地势起伏,居民点多为独立院户,分布散

表4 农村居民点综合影响力评价指标及权重

Tab. 4 Evaluation indexes and their weights for comprehensive influence of rural settlements land

目标层	准则层	指标层	Delphi 权重	熵权法权重	综合权重	
农村居民点综合影响力	自然条件	坡度	0.11	0.1470	0.1248	
		坡向	0.12	0.1435	0.1294	
		海拔	0.11	0.1463	0.1245	
	社会经济条件	距水源距离	现状规模	0.15	0.1464	0.1486
			现状规模	0.16	0.1233	0.1453
		距建制镇距离	现状规模	0.18	0.1468	0.1667
			道路通达度	0.17	0.1467	0.1607

表5 各类型居民点统计表

Tab. 5 Statistics of various types of rural settlements

乡镇名称	中心居民点		I类保留型居民点		零星居民点	
	面积(hm <sup>2</sup> )	个数	面积(hm <sup>2</sup> )	个数	面积(hm <sup>2</sup> )	个数
城关镇	689.46	89	79.99	193	17.63	166
定远镇	375.93	48	132.39	125	20.32	121
甘草镇	204.44	63	211.91	418	65.96	309
高崖镇	202.65	66	90.49	183	36.51	169
贡井乡	45.70	13	225.46	196	143.08	525
哈岷乡	57.89	18	137.19	91	65.66	240
和平镇	471.59	80	158.36	161	21.44	149
金崖镇	383.02	51	37.20	67	26.62	109
连塔乡	645.38	98	97.55	169	21.88	116
龙泉乡	115.46	54	136.58	346	65.76	414
马坡乡	314.18	63	147.25	156	46.86	268
青城镇	220.87	25	23.23	65	8.53	66
清水驿乡	461.60	84	165.29	296	62.23	289
上花盆乡	103.77	29	218.25	192	57.04	224
韦营乡	54.63	28	140.82	401	54.44	285
夏官营镇	631.71	59	54.04	125	15.14	109
小康营乡	610.55	84	82.63	175	17.29	122
新营乡	358.01	108	181.05	309	53.06	319
园子岔乡	112.10	37	191.59	178	77.41	249
中连川乡	23.67	10	196.27	237	264.64	1054
合计	6082.60	1107	2707.55	4083	1140.95	5303

乱,且内部基础设施缺乏,部分居民已搬迁至新的住宅区,内部土地闲置严重。

#### 4.3 农村居民点“居住场势”评价

农村居民点之间的“居住场势”不均衡性是推进农户实施移民搬迁的背景,为获取更多的空间效用,农户由低“居住场势”的居民点向高“居住场势”的居民点移动<sup>[29]</sup>。由于“居住场势”的大小是用来衡量农村居民点搬迁意愿。因此参考有关农村居民点迁居意愿的相关研究<sup>[31-33]</sup>和考虑到榆中县的实际状况及数据的可获得性选择农村居民点人口数量、人均耕地面积和六通情况(通邮、通电、通电话、通公路、通有线电视、通自来水)来反映居民点内部条件记为 $W_n$ ,选取距建制镇距离、道路通达度和平均海拔来反映居民点的外部环境条件记为 $W_w$ 。

选取居民点“居住场势”差异较大,且居民点类型较齐全的V29和V50的Voronoi图所包含的居民点为例,根据公式(1)、(2)计算,得到这两个Voronoi图内农村居民点“居住场势”的相对大小(表6)。将“居住场势”位次数大于对应中心居民点的零星居民点划定为II类保留型居民点。结合评价结果用图2表示27个居民点“居住场势”的高低情况。在图2中越靠近左下角的居民点“居住场势”越大。由图2可知编号29的泰森多边形中的SJB026和SJB030居民点由于“居住场势”比较高,虽然现状规模比较小以及居民点的影响力均比较小,但是由于有优良的居住环境,这种非自愿性移民搬迁是不合理的,故将这两个居民点划入到II类保留型居民点。

依次计算榆中县各个对应Voronoi图内的农村居民点“居住场势”的大小,结果表明:全县共有679个零星居民点的“居住场势”大于其对应中心居民点的“居住场势”。这部分居民点由于具有良好的区位条件不会搬迁至其所对应的中心居民点,因此将这部分

表6 不同居民点“居住场势”的评价值

Tab. 6 The appraisal value for “residential field and power” of different rural settlements

泰森多边形编号	居民点类型	居民点代码	人口(人)	人均耕地面积* (667m <sup>2</sup> )	六通状况	建制镇距离(km)	道路通达度	平均海拔(m)	W <sub>n</sub>	位次数值**	W <sub>w</sub>	位次数值**
V29	C	JY010	4	2.26	6	5.3	8.66	1941	0.0187	27	0.0371	16
V29	C	JY023	10	2.26	7	5.5	8.52	1929	0.0282	22	0.0372	15
V29	C	JY024	10	2.26	7	5.22	8.66	1952	0.0282	23	0.0369	17
V29	C	SJB010	3	16.13	6	6.3	7.41	1948	0.0306	12	0.0373	13
V29	C	SJB015	3	16.13	6	6.42	8.09	1985	0.0306	13	0.0388	4
V29	B	SJB017	5	16.13	6	5.94	8.64	2031	0.0331	11	0.039	2
V29	C	SJB018	3	16.13	6	6.24	7.95	1997	0.0306	14	0.0383	8
V29	C	SJB019	3	16.13	6	6.25	8.1	2007	0.0306	15	0.0386	7
V29	C	SJB020	3	16.13	6	6.09	7.58	2020	0.0306	16	0.0376	12
V29	C	SJB022	3	16.13	6	5.93	8.64	2047	0.0306	17	0.039	1
V29	C	SJB026	7	16.13	6	6.41	8.09	1979	0.0356	9	0.0388	5
V29	C	SJB030	9	16.13	6	6.2	8.29	2014	0.0381	6	0.0389	3
V29	A	SJB033	40	16.13	9	6.08	8.29	2042	0.0502	4	0.0388	6
V29	B	SJB034	20	16.13	6	5.23	7.81	1938	0.0519	3	0.0355	22
V29	B	SJB035	22	16.13	8	5.04	7.86	2004	0.0583	2	0.0356	21
V50	C	SJB004	2	16.13	6	4.88	6.74	1982	0.0293	21	0.0334	26
V50	B	SJB007	3	16.13	6	5.95	8.07	2025	0.0306	18	0.0381	10
V50	B	SJB014	3	16.13	6	5.26	7.36	1998	0.0306	19	0.0353	25
V50	C	SJB016	3	16.13	6	4.86	6.74	1981	0.0306	20	0.0333	27
V50	C	SJB025	6	16.13	6	6.07	7.79	2046	0.0343	10	0.038	11
V50	B	SJB029	9	16.13	6	5.7	7.65	1996	0.0381	7	0.0367	18
V50	B	SJB032	12	16.13	6	5.89	7.58	2045	0.0419	5	0.0373	14
V50	A	SJB038	85	16.13	9	6.01	8.31	1955	0.1395	1	0.0381	9
V50	C	YJH001	3	5.94	6	5.45	6.96	2038	0.0209	25	0.0353	24
V50	C	YJH008	2	5.94	6	5.52	7.17	2058	0.0197	26	0.0359	20
V50	C	YJH019	4	5.94	6	5.54	6.96	2034	0.0222	24	0.0354	23
V50	B	YJH033	14	5.94	7	5.57	7.17	2056	0.0367	8	0.036	19

注: 居民点类型代码ABC分别代表中心居民点、I类保留型居民点和零星居民点,\*用行政村的人均耕地面积代替农村居民点的人均耕地面积,\*\*表示居民点“居住场势”的评价值越低,即W值越大,在表中的位次数值相应越小。

居民点划入到II类保留型居民点中。

#### 4.4 农村居民点空间重构

全县共有1107个中心居民点,总面积6082.60 hm<sup>2</sup>;4083个I类保留型农村居民点,总面积2707.55 hm<sup>2</sup>;679个II类保留型居民点,面积235.68 hm<sup>2</sup>;2854个零星居民点,总面积905.26 hm<sup>2</sup>。选取榆中县中部的清水驿乡作为例子说明整理前后的用地效益分析(图3)。在优化之前清水驿乡共有275个零星居民点,这部分居民点搬迁至居民点对应的加权Voronoi图内的中心居民点,经过空间重构之后清水驿乡的居民点密度由4.20个/km<sup>2</sup>降低到2.48个/km<sup>2</sup>,平均居民点面积由重构前的1.03 hm<sup>2</sup>增加到1.59 hm<sup>2</sup>,居民点小散乱得到一定程度上的改观。

## 5 结论

(1) 本文采用加权Voronoi图对中心居民点的影响范围进行空间分割,实现宏观上搬

迁方向的优化。在此基础上,进一步研究从乡村居民点微观上的内外部条件差异入手,通过构建指标体系,衡量各个 Voronoi 图之中农村居民点“居住场势”的相对大小,实现宏观和微观相结合,从而使优化方案更加合理。

(2) 榆中县共有 4624 个零星分布的农村居民点需要在近期内实现,整村搬迁,这些居民点占地面 905.26 hm<sup>2</sup>,零星居民点分布较多的区域是榆中北山地区的中连川乡、贡井乡以及哈岷乡等乡镇。

(3) 榆中县共有保留型居民点 4762 个,其中 II 类保留型居民点 679 个,这部分居民点规模不大,但是由于所处的区位条件优越,居住适宜性

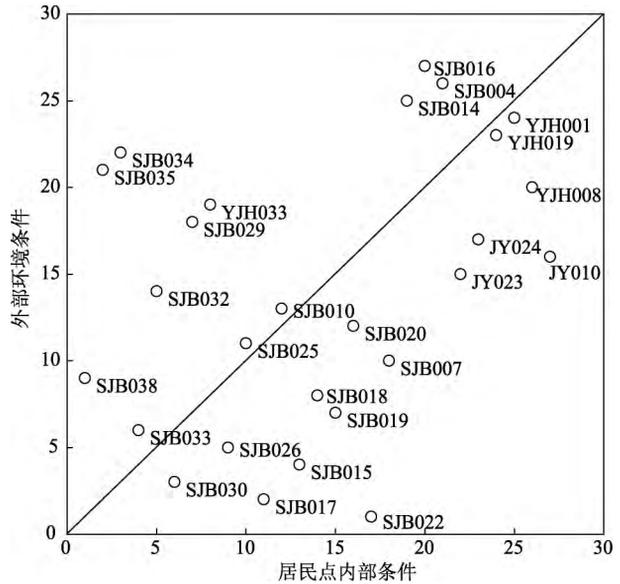


图2 不同村庄“居住场势”评价结果图

Fig.2 The appraisal map showing “residential field and power” of different villages

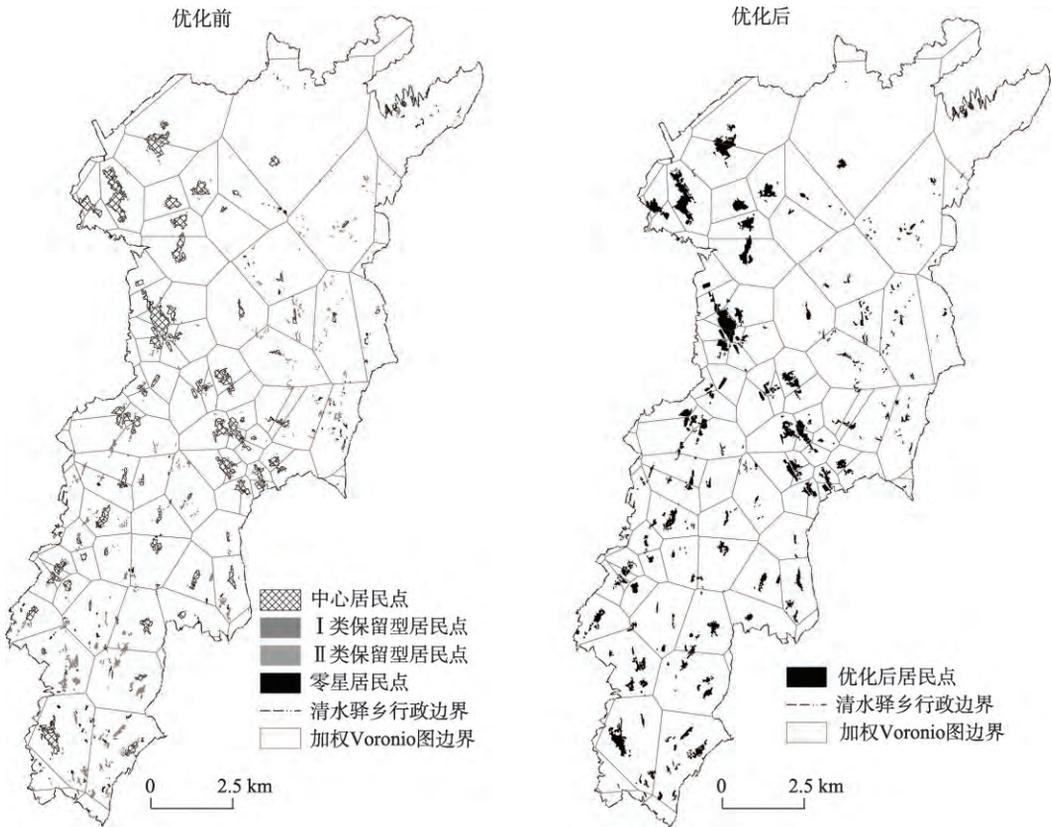


图3 榆中县清水驿乡农村居民点空间重构图

Fig. 3 The space reconstruction of rural settlements in Qingshuiyuan township of Yuzhong county

高,短期内不适宜将他们合并入中心居民点。在今后的发展中这部分居民点有可能会迁往条件更加优越的居民点而不是对应的中心居民点,也有可能在对中心居民点迁入对应零星居民点过程中不断扩张并和这些保留型居民点相连成片。I类保留型居民点4083个,这部分居民点本身具有一定的规模,随着经济发展,发展成为中心居民点的潜力,也有可能逐步萎缩,最后被其他中心居民点兼并。

(4)榆中县有1107个中心居民点,交通便利,靠近城镇和水源,基础设施配套齐全,在未来的发展中,邻近的中心居民点逐步扩张,最后相连成片发展成为集镇。

## 参考文献(References)

- [1] Nigel Thrift, Rob Kitchin. International encyclopedia of human geography. Elsevier Science & Technology, 2009:429-441.
- [2] David Watts, Brian Ilbery, Damian Maye, et al. Implementing Pillar II of the common agricultural policy in England: Geographies of the rural enterprise scheme and processing and marketing grant. *Land Use Policy*, 2009, 26(3): 683-694.
- [3] 何仁伟,陈国阶,刘邵权,等.中国乡村聚落地理研究进展及趋向. *地理科学进展*, 2012, 31(8): 1055-1062. [He Renwei, Chen Guojie, Liu Shaoquan, et al. Research progress and tendency of Chinese rural settlements geography. *Progress in Geography*, 2012, 31(8): 1055-1062.]
- [4] Cao Kai, Huang Bo, Wang Shaowen, et al. Sustainable land use optimization using boundary-based fast genetic algorithm. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2012, 36(3), 257-269.
- [5] 宋伟,陈百明,张英.中国村庄宅基地空心化评价及其影响因素. *地理研究*, 2013, 32(1): 20-28. [Song Wei, Chen Baiming, Zhang Ying. Typical survey and analysis on influencing factors of village-hollowing of rural housing land in China. *Geographical Research*, 2013, 32(1): 20-28.]
- [6] 杨忍,刘彦随,陈秧分.中国农村空心化综合测度与分区. *地理研究*, 2012, 31(9): 1697-1706. [Yang Ren, Liu Yansui, Chen Yangfen. Comprehensive measure and partition of rural hollowing in China. *Geographical Research*, 2012, 31(9): 1697-1706.]
- [7] 朱晓华,陈秧分,刘彦随,等.空心村土地整治潜力调查与评价技术方法:以山东省禹城市为例. *地理研究*, 2010, 65(6): 736-744. [Zhu Xiaohua, Chen Yangfen, Liu Yansui, et al. Technique and method of rural land consolidation potential investigation and assessment: A case study of Yucheng City, Shandong Province. *Geographical Research*, 2010, 65(6): 736-744.]
- [8] 马晓冬,李全林,沈一.江苏省乡村聚落的形态分异及地域类型. *地理学报*, 2012, 67(4): 516-525. [Ma Xiaodong, Li Quanlin, Shen Yi. Morphological difference and regional types of rural settlements in Jiangsu Province. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(4): 516-525.]
- [9] 肖飞,杜耘,凌峰,等.江汉平原村落空间分布与微地形结构关系探讨. *地理研究*, 2012, 31(10): 1786-1792. [Xiao Fei, Du Yun, Ling Feng, et al. Spatial pattern of villages in Jianghan Plain and its relationships with the micro-topography. *Geographical Research*, 2012, 31(10): 1786-1792.]
- [10] 沈陈华.丹阳市农村居民点空间分布尺度特征及影响因素分析. *农业工程学报*, 2012, 28(22): 261-268. [Shen Chenhua. Spatial distribution scale characteristics of rural settlements and analysis on influencing factors in Danyang City. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(22): 261-268.]
- [11] 王介勇,刘彦随,陈玉福.黄淮海平原农区典型村庄用地扩展及其动力机制. *地理研究*, 2010, 29(10): 1833-1840. [Wang Jieyong, Liu Yansui, Chen Yufu. Spatial expansion pattern and its dynamic mechanism of typical rural settlements in Huang Huai Hai Plain. *Geographical Research*, 2010, 29(10): 1833-1840.]
- [12] 张娟锋,任超群,刘洪玉,等.基于四维驱动力的农村居民点整理模式分析:以北京市通州区为例. *地理研究*, 2012, 31(10): 1815-1824. [Zhang Juanfeng, Ren Chaoqun, Liu Hongyu, et al. Analysis of the land consolidation's models of rural residential areas based on 4-D dynamics: A case study of Tongzhou District in Beijing. *Geographical Research*, 2012, 31(10): 1815-1824.]
- [13] 秦天天,齐伟,李云强,等.基于生态位的山地农村居民点适宜度评价. *生态学报*, 2012, 32(16): 5175-5183. [Qin Tiantian, Qi Wei, Li Yunqiang, et al. Suitability evaluation of rural residential land based on niche theory in mountainous area. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(16): 5175-5183.]
- [14] 谢炳庚,曾晓妹,李晓青,等.乡镇土地利用规划中农村居民点用地空间布局优化研究:以衡南县廖田镇为例. *经济地理*, 2010, 30(10): 1700-1705. [Xie Binggeng, Zeng Xiaomei, Li Xiaoqing, et al. Research spatial layout optimization of rural residential land in land use planning at township: A case of Liaotian Town in Hengnan County. *Economic Geography*, 2010, 30(10): 1700-1705.]

- [15] 刘晓清, 毕如田, 高艳. 基于GIS的半山丘陵区农村居民点空间布局及优化分析: 以山西省襄垣县为例. 经济地理, 2011, 31(5): 822-826. [Liu Xiaoqing, Bi Rutian, Gao Yan. The analysis of spatial distribution and optimization on rural settlement in upland half a mountainous using GIS technology. Economic Geography, 2011, 31(5): 822-826.]
- [16] 邹利林, 王占岐, 王建英. 山区农村居民点空间布局与优化. 中国土地科学, 2012, 26(9): 71-77. [Zou Lilin, Wang Zhanqi, Wang Jianying. Spatial distribution and optimization of rural residential land in the mountainous area. China Land Science, 2012, 26(9): 71-77.]
- [17] 邹亚锋, 刘耀林, 孔雪松, 等. 加权Voronoi图在农村居民点布局优化中的应用研究. 武汉大学学报(信息科学版), 2012, 37(5): 560-563. [Zou Yafeng, Liu Yaolin, Kong Xuesong, et al. Optimization of rural residential land based on weighted-voronoi diagram. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2012, 37(5): 560-563.]
- [18] 马利邦, 郭晓东, 张启媛. 甘谷县乡村聚落时空布局特征及格局优化. 农业工程学报, 2012, 28(13): 217-225. [Ma Libang, Guo Xiaodong, Zhang Qiyuan. Spatio-temporal distribution and optimization of rural settlements in Gangu County of loess hilly area. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(13): 217-225.]
- [19] 郭晓东, 马利邦, 张启媛. 陇中黄土丘陵区乡村聚落空间分布特征及其基本类型分析: 以甘肃省秦安县为例. 地理科学, 2013, 33(1): 45-51. [Guo Xiaodong, Ma Libang, Zhang Qiyuan. The spatial distribution characteristics and the basic types of rural settlement in loess hilly area: Taking Qin'an County of Gansu Province as a case. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(1): 45-51.]
- [20] 戎郁萍, 赵敏, 朱玲玲, 等. 三种客观赋权法分析草地管理措施对土壤有机碳含量的影响. 生态学杂志, 2012, 31(4): 987-993. [Rong Yuping, Zhao Min, Zhu Lingling, et al. The impact of grassland management practices on soil organic carbon: An analysis with three objective weighting methods. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(4): 987-993.]
- [21] 徐保根, 赵建强, 薛继斌, 等. 村级土地规划中的农村居民点用地方式适宜性评价. 中国土地科学, 2012, 26(1): 27-31. [Xu Baogen, Zhao Jianqiang, Xue Jibin, et al. Feasibility assessment on the rural residential land use types in the land use planning at village-level. China Land Science, 2012, 26(1): 27-31.]
- [22] 孔雪松, 刘耀林, 邓宣凯, 等. 村镇农村居民点用地适宜性评价与整治分区规划. 农业工程学报, 2012, 28(18): 215-222. [Kong Xuesong, Liu Yaolin, Deng Xuankai, et al. Suitability evaluation and consolidation division of rural residential areas in villages and towns. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(18): 215-222.]
- [23] 李鑫, 甘志伍, 欧名豪, 等. 农村居民点整理潜力测算与布局优化研究: 以江苏省江都市为例. 地理科学, 2013, 33(2): 151-156. [Li Xin, Gan Zhiwu, Ou Minghao, et al. Potential estimation and layout optimization of rural residential land consolidation: A case study on Jiangdu City in Jiangsu Province. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(2): 151-156.]
- [24] 郭月婷, 廖和平, 徐建刚. 三峡库区农村居民点用地适宜性评价. 农业工程学报, 2012, 28(5): 252-259. [Guo Yueting, Liao Heping, Xu Jiangan. Evaluation on suitability of rural residential land in Three Gorges Reservoir region. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(5): 252-259.]
- [25] 覃瑜, 师学义. 利用Voronoi图的城乡居民点布局优化研究. 测绘科学, 2012, 37(1): 136-138. [Qin Yu, Shi Xueyi. Optimizing spatial distribution of residential areas based on voronoi diagram. Science of Surveying and Mapping, 2012, 37(1): 136-138.]
- [26] 王丽, 邓羽, 刘盛和, 等. 基于改进场模型的城市影响范围动态演变: 以中国中部地区为例. 地理学报, 2011, 66(2): 27-31. [Wang Li, Deng Yu, Liu Shenghe, et al. The study of urban spheres of influence based on improved field model and its applications: A case study of Central China. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(2): 27-31.]
- [27] 谢顺平, 冯学智, 王结臣, 等. 基于网络加权Voronoi图分析的南京市商业中心辐射域研究. 地理学报, 2009, 64(12): 1467-1476. [Xie Shunping, Feng Xuezhi, Wang Jiechen, et al. Radiation domain of commercial centers in Nanjing based on analysis of road network weighted Voronoi diagram. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(12): 1467-1476.]
- [28] 李君. 农户居住空间演变及区位选择研究[D]. 郑州: 河南大学, 2009. [Li Jun. The study on spatial evolution and location selection of rural household's residence: A case study of Gongyi City, Henan Province [D]. Zhengzhou: Henan University, 2009.]
- [29] 李君, 陈长瑶. 村域“居住场势”非均衡态势下的山区农户移民搬迁研究: 基于河南省巩义市温堂69村户搬迁农户的实证分析. 经济地理, 2010, 30(7): 1164-1169. [Li Jun, Chen Changyao. The research of the mountain household's residential relocation on the basis of village residential field and power. Economic Geography, 2010, 30(7): 1164-1169.]
- [30] 段争虎, 肖洪浪, 宋耀选, 等. 黄土高原西部兰州市郊地貌驱动的土壤水分变化及对植物的影响分析. 中国沙漠, 2006, 26(4): 522-526. [Duan Zhenghu, Xiao Honglang, Song Yaouxuan, et al. Soil water variation in different terrains and influence on plant in Lanzhou Suburb on Western Loess Plateau. Journal of Desert Research, 2006, 26(4): 522-526.]
- [31] 李君, 李小建. 农村居民迁居意愿影响因素分析. 经济地理, 2008, 28(3): 454-458. [Li Jun, Li Xiaojian. Study on influence factor of rural residents' migration intention. Economic Geography, 2008, 28(3): 454-458.]

- [32] 孙田野, 马才学, 郭洁雯. 基于Logit模型的非自愿性移民迁徙分析. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(1): 110-114. [Sun Tianye, Ma Caixue, Guo Jiewen. Analysis of involuntary resettlement and migration based on logit model. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(1): 110-114.]
- [33] 聂鑫, 汪晗, 郭洁雯, 等. 微观福利视角小的库区移民搬迁意愿调查. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(9): 159-164. [Nie Xin, Wang Han, Guo Jiewen, et al. The investigation of reservoir resettlement's relocation will from microeconomic welfare way. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(9): 159-164.]

## The rural residential space reconstruction in Loess Hilly Regions: A case study of Yuzhong county in Lanzhou

XIE Zuolun<sup>1</sup>, ZHAO Ruifeng<sup>1</sup>, JIANG Penghui<sup>2,3</sup>, LIU Haimeng<sup>1</sup>, ZHU Wen<sup>1</sup>

(1. Geography and Environmental College of Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 3. Jiangsu Provincial Key Laboratory of Geographic Information Science and Technology, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** Rural residential space reconstruction is one of the important measurements and techniques to restructure the rural land use so that it is also significant to arable lands protection. The method of rural residential space reconstruction in Loess Hilly Regions is significantly different from that in other regions of China. This paper aimed at finding out the appropriate method for rural residential space reconstruction in Loess Hilly Regions, in which Yuzhong county was taken as the study area. Firstly, the spatial distribution of rural residential lands in Yuzhong county was described with GIS spatial analysis tools. Then the space partitioning capabilities of weighted Voronoi diagram and the rural “residential field and power” were used to implement the space reconstruction of rural settlement in Yuzhong county. The settlement was divided into three types: central settlement, retention type residential settlement and scattered settlement depends on the rural settlement influence. The weighted Voronoi diagram was used to draw the influence scope of central settlement. The diagram was also used to describe the relocation of scattered settlements. Then the relative value of rural “residential field and power” was calculated. Those scattered settlements, where the “residential field and power” was higher than the corresponding central settlement, were classified as class II retention-type settlements. The result shows that Yuzhong county has 1077 central settlements. The settlement occupies 6082.6 hectares of the lands, which accounts for 61.25% of the county lands for residential area. There are 40831 retention-type settlements, a total of 2707.55 hectares of land, accounting for 27.26% of the rural settlement lands in the county. The area of II retention-type settlements is 235.68 hectares. It involves 679 settlements and accounts for 2.37% of the area. There are 2854 scattered settlements, a total of 905.26 hectares of the lands, accounting for 9.12% of the rural settlement land in the county. This research combines the weighted Voronoi diagram space partition function with the rural “residential field and power”, making the residential space reconstruction scheme more reasonable. The study of rural residential optimization is the basis of rural residential land space reconstruction. Voronoi diagram space partition function with the rural “residential field and power”, making the residential space reconstruction scheme more reasonable. The study of rural residential optimization is the base of rural residential land space reconstruction.

**Key words:** rural residential areas; space reconstruction; residential field and power; weighted Voronoi diagram; Yuzhong county