

# 基于点轴理论的农村居民点布局优化

孔雪松<sup>1,2</sup>, 金璐璐<sup>1</sup>, 郗昱<sup>1</sup>, 张怡然<sup>1</sup>, 徐媛<sup>1</sup>

(1. 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079; 2. 武汉大学教育部地理信息系统重点实验室, 武汉 430079)

**摘要:** 为合理确定农村居民点整治范围和布局优化方向, 揭示农村居民点布局的点-轴空间作用机制。该文系统分析了村镇增长极点(城镇、中心村和基层村)与发展轴(道路)对农村居民点规划布局的空间作用机制, 引入空间引力修正模型, 测算村镇之间的相互作用值, 采用加权 Voronoi 图划分各增长极点空间作用范围, 结合道路与地形对农村居民点的综合作用, 构建面向点-轴空间作用的农村居民点布局优化体系。研究以大冶市大箕铺镇为例进行实证研究, 通过点-轴空间综合作用分析与测算, 将大箕铺镇农村居民点用地空间划分为城镇化型、内部改造型、迁村并点型(包括中心村建设、村中心建设)3种模式; 通过不同优化模式的空间引导与整合, 实现村镇层次农村居民点科学规划与合理布局。

**关键词:** 农村地区; 土地利用; 优化; 点-轴空间; 农村居民点; 引力模型; 加权 Voronoi 图

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2014.08.023

中图分类号: F311

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2014)-08-0192-09

孔雪松, 金璐璐, 郗昱, 等. 基于点轴理论的农村居民点布局优化[J]. 农业工程学报, 2014, 30(8): 192-200.

Kong Xuesong, Jin Lulu, Qie Yu, et al. Layout optimization of rural settlements based on point-axis theory[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(8): 192-200. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

农村居民点空间布局不仅反映了农村聚落的生产关系与社会文化, 而且决定了农村土地利用系统的功能结构与综合效益, 其布局优化是当前新农村建设和农村土地整治的重要内容<sup>[1]</sup>。然而, 当前农村居民点空间布局整体上较为分散, 居民点内部集约化程度不高, 分散性一定程度上加大了农村基础设施和环境改善的成本, 低水平的居民点利用则造成大量的土地资源闲置和浪费, 因此, 如何通过新农村建设引导农村居民点合理集约发展, 实现农村居民点由大散居、小聚居的状态转向规范有序、合理科学的新农村, 已成为当前农村土地利用亟待解决的现实问题。

鉴于农村居民点空间布局对于乡村经济社会可持续发展的重要性, 国内学者围绕农村居民点空间特征<sup>[2-5]</sup>、演变机制<sup>[6-9]</sup>和空间优化与重构<sup>[10-14]</sup>等方面开展了较为深入的研究, 并结合农户意愿<sup>[15-16]</sup>、地形地貌特征<sup>[17-19]</sup>以及区位条件<sup>[20]</sup>等因素

制定农村居民点布局优化方案, 丰富了农村居民点布局优化研究的内容和方法体系。农村居民点是农村人地关系互动的核心和农村社会的基本单元, 与城镇用地布局不同, 其空间布局具有明显的点状分布和沿轴线发展特征。然而, 现有研究在规划层次上缺少基于村镇体系视角的农村居民点布局优化引导, 在优化模式上没有较好地统筹不同增长极点(城镇、中心村和基层村)与发展轴(道路、水系)的空间作用关系, 这在一定程度上降低了研究对于农村居民点空间布局优化的实际指导性。基于此, 本研究从点-轴空间作用视角, 运用空间引力模型构建村镇体系并识别村镇增长极点, 综合加权 Voronoi 图、发展轴空间作用与地形分析, 确定村镇层次农村居民点布局优化模式与方向, 并以大冶市大箕铺镇为例进行实证研究, 实现村镇层次农村居民点科学规划与合理布局, 以期为农村居民点整治与新农村建设提供决策支持。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

大箕铺镇位于湖北省大冶市东南部(29°24'~29°48'N, 114°18'~114°42'E), 距大冶市7 km, 北临大冶湖, 南与新阳县接壤, 106国道、315省道穿境而过, 河金省道、川气东送工程纵贯全境, 区位独特, 交通发达, 资源丰富, 全镇以工业发展为主,

收稿日期: 2013-10-06 修订日期: 2014-03-27

基金项目: 国家基础科学人才培养基金(J1103409); 中国博士后科学基金特别资助项目(2013T60746)

作者简介: 孔雪松(1979-), 男, 江苏扬州人, 博士后, 讲师, 主要研究方向为土地利用规划与土地信息系统。武汉 武汉大学资源与环境科学学院, 430079。Email: xuesongk@gmail.com

兼具现代农业和休闲旅游发展特色，是湖北省重点老苏区、黄石市新农村建设试点镇和大冶市城乡一体化试点镇（图 1）。该镇属典型的丘陵地带，三面环山，一面临湖，呈北低南平，东西高的地势；境内气候温和、湿润，年平均气温 17℃，冬寒期短，年均降水量 1 385 mm，水利条件优越，有利于农作物生长。全镇镇域面积为 102 km<sup>2</sup>，现辖 24 个行政村，1 个农科所，246 个村民小组；2011 年，全镇总人口 6.36 万人，农民人均纯收入为 5 226 元，农村居民点总面积为 766.89 hm<sup>2</sup>，居民点斑块平均规模为 2.92 hm<sup>2</sup>，总体上呈现出大散居、小聚居的空间分布特征。

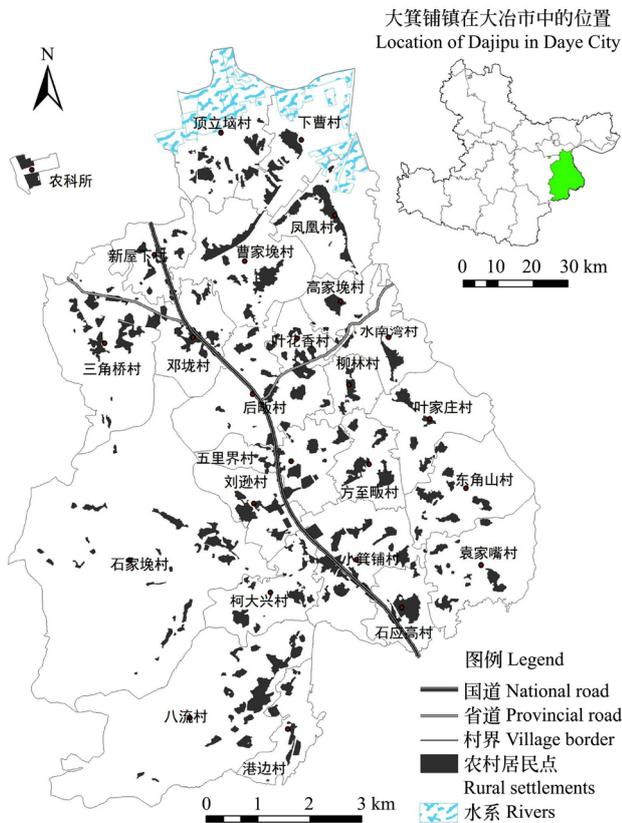


图 1 研究区位置与农村居民点布局

Fig.1 Location of study area and layout of rural settlements

## 1.2 数据来源与处理

本研究基础数据主要来源于大冶市国土资源局提供的 2010 年大箕铺镇土地利用变更调查图，制图比例尺为 1:10 000，按照第二次土地调查类型进行分类；其他主要资料包括大箕铺镇土地利用总体规划（2010—2020）、大冶市统计年鉴（2010 年）和大冶市农村经济统计（2010 年）等；采用村长访谈和农户调研的形式，先后于 2012 年 9 月和 2013 年 1 月对全镇 25 个行政村（所）进行调查，获取农户耕作半径、乡镇企业规模、农村居民点图

斑人口与户数等数据，以土地利用变更调查数据为基础，构建农村居民点基础数据库，基于 ArcGIS 10.1 工作平台进行数据处理与空间分析。

## 2 研究方法

### 2.1 空间引力测算与增长极点识别

由于人口规模 and 经济发展水平的差异，不同村镇在农村居民点布局优化中的导向作用明显不同，这种导向作用大小可以通过测算相互之间的空间引力进行表征。本文利用修正后的引力模型计算各村镇间的引力作用值<sup>[21]</sup>，选取人口规模、GDP 和企业发展指数 3 个指标，运用层次分析法建立一级判断矩阵计算权重值，进行一致性检验，检验公式如下：

$$CR = CI / RI \quad (1)$$

式中：CR 为判断矩阵的随机一致性比率；CI 为判断矩阵的不一致程度指标；RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标，经计算 CI 为 0，RI 为 0.58，满足  $CR = 0 < 0.1$  的一致性检验条件<sup>[22]</sup>。经计算，人口规模、GDP 和企业发展指数的权重分别为 0.297、0.540 和 0.163，将各指标进行标准化后进行空间引力测算<sup>[23]</sup>，其测算公式如下：

$$F_{ij} = K \times \frac{\left( \sum_{k=1}^m W_{ik} \times M_{ik} \right) \times \left( \sum_{l=1}^n W_{jl} \times M_{jl} \right)}{D_{ij}^b} \quad (2)$$

式中： $F_{ij}$  为  $i$ 、 $j$  两地之间的作用引力，N； $M_{ik}$ 、 $M_{jl}$  分别为  $i$ 、 $j$  两地的  $k$ 、 $l$  指标的质量，kg； $W_{ik}$ 、 $W_{jl}$  分别为  $i$  地  $k$  指标和  $j$  地  $l$  指标的权重； $D_{ij}$  为两地之间的距离，m； $K$  为经验常数； $b$  为度量距离的摩擦系数，表征引力的距离衰减速度，即  $b$  越大，则引力随距离增加衰减的越快；反之，则越慢；本文参考相关研究， $K$  和  $b$  取值分别为 1 和 2<sup>[21,24]</sup>。

在实际应用中，可将公式（2）中的质量内涵进行拓展和延伸，如将评价区域内的人口规模或经济规模等同质量，进而计算两地引力值。本文以各个行政村居民点中心作为引力模型中的质点，利用 ArcGIS 10.1 软件计算各个居民点中心之间的欧氏距离，导出生成距离矩阵；同时，以行政村为评价单元，根据统计调查数据，分别计算各村人口规模、GDP 和企业发展指数的质量，加权计算各村的质量，该综合质量类似牛顿万有引力模型的物体质量，采用最小最大值法分别对距离和综合质量进行归一化，代入式（2）即可求得不同行政村之间的引力值，生成空间引力矩阵；以各村庄的综合质量为指标，使用  $K$  均值算法实现空间聚类，划分村镇

组团,以每个组团中引力值最大的村为中心村(镇),确定大箕铺镇的不同增长极点(城镇、中心村和基层村)。

## 2.2 基于加权 Voronoi 图的增长极点空间影响范围划分

Voronoi 图在空间分析和优化中具有明显优势<sup>[25-26]</sup>,在村镇空间引力作用测算的基础上,确定不同等级增长极点,考虑到各增长极点的实际影响范围的差异,以及农村居民点布局对于生产和生活空间的要求,构建 Voronoi 图加权指标(表 1)。结合农户调研中的需求分析,本文选取增长极点、生活通达度和生产便捷度 3 项综合指标,并构建子指标,通过特尔菲法确定不同指标的影响权重;对指标进行极值标准化处理,将其导入 ArcGIS 10.1 软件中,采用拓展工具 Weighted Voronoi 生成加权 Voronoi 图,划分出各个增长极点对于农村居民点布局的实际影响范围。

表 1 Voronoi 图加权指标与权重  
Table 1 Indicators and weights of Voronoi

| 目标层<br>Target level | 准则层<br>Criteria level | 权重<br>Weights | 指标层<br>Index level | 权重<br>Weights |
|---------------------|-----------------------|---------------|--------------------|---------------|
| 综合因素<br>A           | 增长极点<br>$B_1$         | 0.421         | 城镇 $C_1$           | 0.405         |
|                     |                       |               | 中心村 $C_2$          | 0.375         |
|                     |                       |               | 基层村 $C_3$          | 0.220         |
|                     | 生活通达度<br>$B_2$        | 0.271         | 居民点平均邻近距离 $C_4$    | 0.470         |
|                     |                       |               | 居民点距主干道平均距离 $C_5$  | 0.255         |
|                     |                       |               | 居民点距城镇平均距离 $C_6$   | 0.275         |
|                     | 生产便捷度<br>$B_3$        | 0.308         | 地形地貌 $C_7$         | 0.217         |
|                     |                       |               | 平均耕作半径 $C_8$       | 0.457         |
|                     |                       |               | 耕居面积比 $C_9$        | 0.111         |
|                     |                       |               | 有效灌溉面积 $C_{10}$    | 0.215         |

## 2.3 发展轴导向下的待整治农村居民点识别与优化

道路、水系是农村居民点形成和发展变化的重要影响因子,农村居民点布局呈现以道路、水系为轴向的分布特征<sup>[27]</sup>。本文在多层缓冲分析的基础上,比较分析大箕铺镇境内交通线路对农村居民点空间分布的影响程度。考虑到大箕铺镇水系较少,且对农村居民点布局不具有明显的轴向作用,而一般道路只对农业生产有影响,故本研究中发展轴仅选取较高等级道路,以 106 国道和 315 省道为中心轴线,建立 500 m 间隔道路缓冲区。为便于统计分析,运用 ArcGIS 10.1 软件中的要素转点功能将农村居民点图斑转化为点,再通过要素标识对各居民点图斑进行赋值,赋值的大小反映该图斑的居住条件,离道路越近的农村居民点,交通越便捷,所赋

分值越大;道路缓冲区赋值为 0~8,对应距离逐渐递减的 9 个道路缓冲层,道路缓冲距离大于 4 000 m 的区域均赋值为 0,为体现道路等级的差异性,国道和省道分别赋予权重 0.65 和 0.35。此外,地形是自然环境因素中的主导因素之一,直接影响着农村居民点空间分布模式,按照  $\leq 6^\circ$ 、 $> 6^\circ \sim 15^\circ$ 、 $> 15^\circ \sim 25^\circ$  和  $\geq 25^\circ$  的标准对坡度进行分级,分别赋值 5、4、3 和 2。

综合考虑道路与地形的影响,计算道路和地形综合影响下的农村居民点分值,以反映农村居民点空间分布的适宜度高低,选取分值较低且分散的零星居民点作为迁村并点的对象,结合加权 Voronoi 图确定的增长极点空间影响范围以及城镇用地发展控制范围,综合确定农村居民点布局优化模式和方向。

## 3 增长极点导向下的农村居民点优化方向

### 3.1 村镇组团划分与增长极点识别

以人口规模、GDP 和企业发展指数为评价指标,测算各行政村综合质量,采用  $K$  均值空间聚类,将大箕铺镇 24 个行政村划分为 5 个组团(考虑到农科所相对独立的行政设置与位置,不参与分组),分组情况如表 2 所示。

表 2 大箕铺镇行政村分组组团  
Table 2 Groups of administrative villages in Dajipu

| 组团<br>Groups | 中心村(镇)<br>Key villages (towns) | 基层村<br>Basic-level villages |
|--------------|--------------------------------|-----------------------------|
| I            | 小箕铺村                           | 东角山村、方至畈村、刘逊村、石应高村、袁家嘴村     |
| II           | 后畈村                            | 邓垅村、五里界村、三角桥村、叶花香村、新屋下村     |
| III          | 下曹村                            | 顶立脑村、曹家垅村、凤凰村               |
| IV           | 水南湾村                           | 高家垅村、柳林村、叶家庄村               |
| V            | 八流村                            | 港边村、柯大兴村、石家垅村               |

根据修正后的空间引力测算模型,计算各行政村之间的相互引力值,以划分的组团为单元,选取总引力值最大的村庄作为该组团的中心村(镇),其余村作为基层村。以第 I 组团为例,其内部行政村之间的空间引力矩阵如表 3 所示,其中,小箕铺村的总引力值最大,因此选择小箕铺村作为第 I 组团的中心村,其余村为基层村。同理,确定下曹村、水南湾村和八流村为中心村,后畈村为大箕铺镇镇区所在地,作为中心镇建设。在农村居民点布局优化过程中,以中心村(镇)为重点建设方向,加强基础设施建设,利用优越的生产、生活条件,引导周围适宜度低且分散的零星居民点向其集聚。

表 3 第 I 组团行政村空间引力矩阵

Table 3 Spatial gravity matrix of I village group

| 行政村<br>Villages | 东角山村<br>Dongjiaoshan | 方至畝村<br>Fangzhifan | 刘逊村<br>Liuxun | 石应高村<br>Shiyinggao | 小箕铺村<br>Xiaojipu | 袁家嘴村<br>Yuanjiazui | 总引力值<br>Total gravity values |
|-----------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| 东角山村            | /                    | 5 773.72           | 950.64        | 2 201.51           | 3 485.59         | 3 600.41           | 16 011.87                    |
| 方至畝村            | 5 773.72             | /                  | 2 444.53      | 1 358.31           | 4 741.33         | 1 277.95           | 15 595.84                    |
| 刘逊村             | 950.64               | 2 444.53           | /             | 769.39             | 3 942.41         | 528.42             | 8 635.39                     |
| 石应高村            | 2 201.51             | 1 358.31           | 769.39        | /                  | 6 559.19         | 6 335.68           | 17 224.08                    |
| 小箕铺村            | 3 485.59             | 4 741.33           | 3 942.41      | 6 559.19           | /                | 2 643.44           | 21 371.96                    |
| 袁家嘴村            | 3 600.41             | 1 277.95           | 528.42        | 6 335.68           | 2 643.44         | /                  | 14 385.90                    |

3.2 基于加权 Voronoi 图的增长极点影响范围划分

行政村组团的划分以及增长极点的识别明确了农村居民点布局优化的总体方向，然而，由于各行政村人口和经济规模的差异，各增长极点对于农村居民点实际作用范围是需要科学划定的。根据前述的加权 Voronoi 图的增长极点空间影响范围划分方法，综合评价不同增长极点的生活通达度和生产便捷度的高低，生成增长极点加权 Voronoi 图，如图 2 所示，各增长极点对于农村居民点优化布局的实际影响范围与其行政范围明显不同，这种布局打破了行政村的范围限制，其实质是对村镇空间的一种重构，这种重构兼顾了农村居民点布局需求以及各行政村在村镇中的地位，有利于村庄之间的统筹发展，为农村居民点布局优化指明了方向。

3.3 农村居民点轴系综合值测算与待整治识别

根据道路的缓冲区划分和赋值方法，分析大箕铺镇不同轴分值下的农村居民点分布特征（表 4）。结果表明，农村居民点空间分布与道路存在密切联系，农村居民点斑块数和面积呈现出道路导向发展特征，道路综合轴分值高于 4 的农村居民点斑块数共计 166 个，占总数量比例的 63.12%，对应的农村居民点面积 483.01 hm<sup>2</sup>；而道路综合轴分值等于低于 1 的农村居民点仅有 16 个，占总数量比例的 6.08%，该轴分值范围内农村居民点斑块平均规模仅为 1.31 hm<sup>2</sup>，远小于其他区，基本为交通不便且较为零散的农村居民点。随着坡度的增加，农村居民点斑块数、规模和平均斑块大小快速减小，坡度分值为 5（坡度 ≤6°）的农村居民点规模达到 633.90 hm<sup>2</sup>，占总面积的 82.66%，符合农村居民点空间布局对于坡度的自主寻优的过程和规律。



图 2 大箕铺镇增长极点加权 Voronoi 图  
Fig.2 Weighted Voronoi of growth points in Dajipu

表 4 道路和坡度不同分值区农村居民点分布特征

Table 4 Spatial characteristics of rural settlements in different areas regarding to values of road and slope

| 因子<br>Factors           | 分值区<br>Values | 斑块数<br>Number of patches | 总面积<br>Total area/<br>hm <sup>2</sup> | 平均规模<br>Mean area/<br>hm <sup>2</sup> |
|-------------------------|---------------|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 道路赋值<br>Values of road  | ≤1            | 16                       | 20.91                                 | 1.31                                  |
|                         | >1~2          | 19                       | 75.68                                 | 3.98                                  |
|                         | >2~3          | 21                       | 52.77                                 | 2.51                                  |
|                         | >3~4          | 41                       | 134.52                                | 3.28                                  |
|                         | >4~5          | 32                       | 112.47                                | 3.51                                  |
|                         | >5~6          | 39                       | 159.55                                | 4.09                                  |
|                         | >6~7          | 43                       | 113.18                                | 2.63                                  |
|                         | >7~8          | 52                       | 97.81                                 | 1.88                                  |
| 坡度赋值<br>Values of slope | 5 (≤6°)       | 199                      | 633.90                                | 3.19                                  |
|                         | 4 (>6°~15°)   | 49                       | 117.83                                | 2.40                                  |
|                         | 3 (>15°~25°)  | 13                       | 14.10                                 | 1.08                                  |
|                         | 2 (≥25°)      | 2                        | 1.06                                  | 0.53                                  |

综合考虑道路、地形对农村居民点布局的影响，通过特尔斐法确定道路和坡度对农村居民点影响程度的权重，分别为 0.518 和 0.482，根据道路和地形的综合值计算方法，得出大箕铺镇农村居民点

综合分值在 0~6.554 之间, 分值越低, 其交通状况与地形条件相对越差, 亟待改善。采用 ArcGIS 10.1 中的 Natural Breaks 法将分值划分为低 (0~2.805)、中 (>2.805~4.647) 和高 (>4.647~6.554) 3 个等级。根据大冶市土地整治规划 (2011—2020) 中关于农村居民点重点整理区规模标准的要求, 选取中、低分值区小于 1 hm<sup>2</sup> 的零星居民点作为迁村并点的对象, 该类农村居民点图斑共计 47 个, 面积为 23.98 hm<sup>2</sup>, 大多位于镇西南部较偏远区的石家垅村、八流村以及镇东南部的袁家嘴村。

## 4 农村居民点整治方向与优化模式

### 4.1 整治方向

农村居民点整治方向可总体划分为农村居民点城镇化与农村居民点集约化<sup>[28-30]</sup>, 农村居民点城镇化在空间上表现为城镇用地的扩展对近郊区农村居民点的吸收与兼并, 以及农村居民点通过迁村并点形式向城镇集中的过程。农村居民点集约化则在空间上表现为农村居民点的相对集聚与功能优化, 是指以村庄重组的形式整合农村居民点, 促进农村居民点适度有序向中心村或村落中心集中, 实现村庄社会资源合理流动与优化配置的过程。当前, 农村居民点集约化主要通过村庄内部改造与迁村并点的形式进行, 农村居民点集约化过程既是空间布局上的优化过程, 也是村庄社会文化的整合过程, 通过促进集约用地, 体现农村社区发展效率, 从而获得较大的社会经济效益。村镇层次农村居民点整治应以基层村发展为基础、以中心村 (镇) 建设为导向, 在合理的空间范围内进行重组与优化布局。这里以综合值较低且较为零散的农村居民点为迁村并点对象, 以加权 Voronoi 图确定的增长极点影响范围为空间约束, 迁移的方向可以是该村的村中心所在地或该居民点所属组团的中心村所在地。具体整治方向依据图斑所处位置确定, 若需要搬迁的居民点在加权 Voronoi 图中处于中心村的影响范围, 则该居民点将考虑迁移并进入到中心村附近; 若需要搬迁的图斑处于基层村的影响范围内, 则该居民点将考虑整体搬迁、集中安置到基层村的村中心附近, 促进搬迁居民点向中心村 (镇) 和村中心 (基层村) 方向适度集中, 同时考虑 106 国道和 315 省道的轴向发展作用, 适当向交通干道集聚, 进而确定农村居民点优化模式。

### 4.2 优化模式

根据前述的农村居民点整治思路和布局优化方法, 通过不同图层的属性关联和叠置分析, 得到

大箕铺镇农村居民点布局优化图 (图 3) 和不同优化模式下的农村居民点分布特征 (表 5), 具体通过 3 种模式实现农村居民点布局优化。

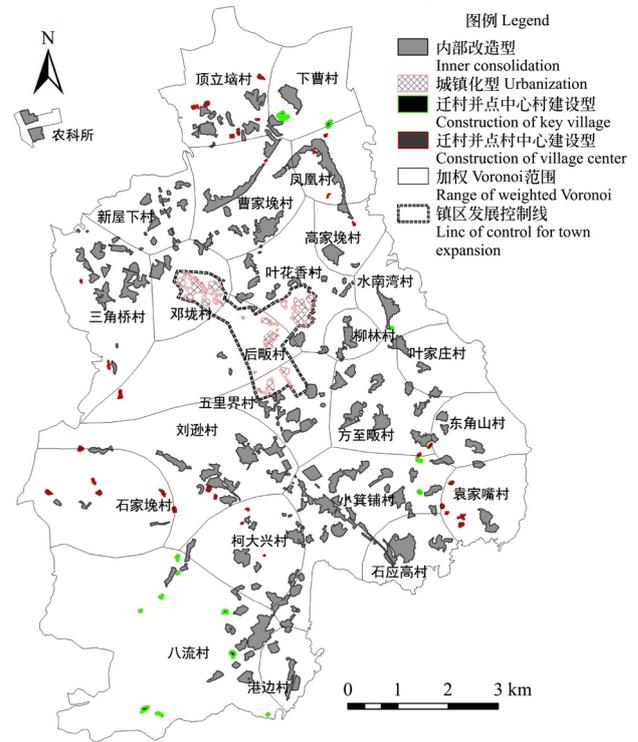


图 3 大箕铺镇农村居民点空间布局优化

Fig.3 Spatial optimization of rural settlements in Dajipu

表 5 大箕铺镇不同优化模式下的农村居民点分布特征

Table 5 Spatial characteristics of rural settlements in different optimization modes in Dajipu

| 优化模式<br>Optimization modes | 斑块数<br>Number of patches | 总面积<br>Total area/hm <sup>2</sup> | 最小斑块规模<br>Area of minimum patch/hm <sup>2</sup> | 最大斑块规模<br>Area of maximum patch/hm <sup>2</sup> | 平均斑块规模<br>Mean area/hm <sup>2</sup> |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| 内部改造型                      | 194                      | 686.73                            | 0.06  | 26.53   | 3.54                                |
| 城镇化型                       | 22                       | 56.18                             | 0.16  | 13.86   | 2.55                                |
| 迁村并点中心村建设型                 | 15                       | 7.85                              | 0.18  | 0.98  | 0.52                                |
| 迁村并点村中心建设型                 | 32                       | 16.13                             | 0.09  | 0.93  | 0.50                                |

#### 1) 城镇化型

城镇化型是指通过城镇规划将城镇周边的农村居民点纳入到城镇发展体系, 完善配套设施, 实现城乡统筹发展。该类型农村居民点与城镇间的距离较近, 与城镇之间的空间引力作用大, 受城镇的辐射和影响较明显。考虑到土地利用规划中已明确城镇用地扩展控制范围, 这里不受增长极点影响范围的限制, 将镇区控制线与居民点图层叠加, 确定控制线范围内农村居民点城镇化数

量和规模。大箕铺镇城镇化型农村居民点共计 22 个斑块, 总规模为  $56.18 \text{ hm}^2$ , 对于这类农村居民点, 应在充分尊重农户意愿的基础上, 采取镇改街、村改居或农转非的方式, 调整土地产权, 将其直接纳入城镇建设, 通过居民点城镇化推动农户就业和保障体系城镇化。

### 2) 迁村并点型

迁村并点型是指将地理环境较差与空间相对分散的农村居民点合并迁建至地理环境较好、基础设施较完善的区域, 形成空间相对集聚、功能较齐全的新农村聚落。根据农村居民点道路和坡度综合值分级, 同时考虑农村居民点整治的可行性, 将位于中、低分值区且图斑面积小于  $1 \text{ hm}^2$  的农村居民点作为整治搬迁对象, 共有 47 个待搬迁居民点图斑, 总面积为  $23.98 \text{ hm}^2$ ; 其中, 中心村建设型和村中心建设型农村居民点面积分别为  $7.85$  和  $16.13 \text{ hm}^2$ , 平均斑块规模分别为  $0.52$  和  $0.50 \text{ hm}^2$ 。中心村建设型农村居民点主要分布于八流村、小箕铺村和下曹村, 而村中心建设型农村居民点主要分布于石家垅村、袁家嘴村和顶立垸村, 居民点用地条件相对较差, 通过迁村并点有序推进零散农村居民点向村中心或中心村合并, 完善配套基础设施, 进而推进现代农业产业化、规模化经营。

### 3) 内部改造型

内部改造型是指在农村居民点现有布局的基础上, 通过村庄规划挖潜内部潜力、改善布局, 提高农村居民点集约节约用地水平, 即农村居民点城镇化和迁村并点范围之外的农村居民点, 该类农村居民点用地整体适宜性和集聚度较高, 但内部集约水平相对较低, 整治搬迁难度较大。该类农村居民点有 194 个, 总面积为  $686.73 \text{ hm}^2$  (表 5)。在农村居民点布局优化过程中, 应将内部挖潜与外部控制相结合, 注重对农户宅基地房前屋后的空闲地进行改造, 加大内部空心村和一户多宅用地的整治, 同时严格控制农村居民点外延式新建, 切实提高农村居民点用地集约节约水平。

## 5 结 论

1) 通过空间引力模型测算村镇增长极点之间的强弱关系, 将大箕铺镇划分为 5 个村组团, 并识别出 1 个中心镇、4 个中心村和 19 个基层村; 综合考虑不同等级道路在农村发展中的轴向作用, 选取对区域经济带作用的国道和省道作为重点发展轴线, 较好地体现了农村居民点空间分布的轴向发展特征。

2) 在村镇增长极点划分的基础上, 综合考虑村镇生产、生活用地特征, 选取增长极点、生活通达度和生产便捷度 3 项指标, 构建评价指标体系, 并运用加权 Voronoi 图识别行政村实际影响范围, 打破了传统的行政界限约束, 为农村居民点布局优化指明发展方向。

3) 综合考虑点-轴空间作用、地形特征与整治难易度, 将大箕铺镇农村居民点用地空间划分为就地城镇化型、内部改造型和迁村并点型 (包括中心村建设、村中心建设) 3 种模式。在具体实施中, 应以城镇化型和迁村并点型为重点, 进一步划分不同整治标准, 通过不同模式的空间引导与整合, 促进村镇层次城乡建设用地统筹发展, 实现农村居民点有序城镇化和集约化发展。

在实际的农村居民点整治过程中, 政策因素、经济成本和农户意愿等直接影响农村居民点布局优化效果, 进一步的研究应在点-轴空间作用分析的基础上, 融入整治意愿和权属调整的思考, 提高农村居民点布局优化的实际可操作性。

### [参 考 文 献]

- [1] 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[J]. 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[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(18): 215—222. (in Chinese with English abstract)
- [2] 李云强, 齐伟, 王丹, 等. GIS 支持下山区县域农村居民点分布特征研究——以栖霞市为例[J]. 地理与地理信息科学, 2011, 27(3): 73—77.  
Li Yunqiang, Qi Wei, Wang Dan, et al. Research on spatial distribution characteristics of rural settlements in mountainous areas at county level based on GIS: A case study in Qixia city[J]. Geography and Geo-information Science, 2011, 27(3): 73—77. (in Chinese with English abstract)
- [3] 胡燕, 胡玉福, 邓良基, 等. 基于 GIS 的石角镇农村居民点空间分布特征分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 315—320.  
Hu Yan, Hu Yufu, Deng Liangji, et al. The analysis of spacial distribution characteristics of rural settlement in Shijiao town based on GIS[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(16): 315—320. (in Chinese with English abstract)
- [4] 周伟, 曹银贵, 王静, 等. 三峡库区近 30a 农村居民点格局变化与特征分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 294—300.

- Zhou Wei, Cao Yingui, Wang Jing, et al. Analysis on pattern changes and traits of rural residential areas during 30 years in Three Gorges Reservoir Area[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(4): 294—300. (in Chinese with English abstract)
- [5] 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[J]. 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[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(22): 261—268. (in Chinese with English abstract)
- [6] 李君, 李小建. 综合区域环境影响下的农村居民点空间分布变化及影响因素分析——以河南巩义市为例[J]. 资源科学, 2009, 31(7): 1195—1204. Li Jun, Li Xiaojian. Study on the effect factors and distribution changes of rural residential under the multiple regional environment: A case study of Gongyi city in Henan province[J]. Resources Science, 2009, 31(7): 1195—1204. (in Chinese with English abstract)
- [7] Liu Yansui, Liu Yu, Chen Yangfen, et al. The process and driving forces of rural hollowing in China under rapid urbanization[J]. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20(6): 876—888.
- [8] 曹浩成, 谭雪兰, 段建南, 等. 长株潭农村居民点时空格局的演变研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(23): 181—185. Cao Haocheng, Tan Xuelan, Duan Jiannan, et al. Analysis of the temporal and spatial evolution of rural settlements in Changzhutan[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(23): 181—185. (in Chinese with English abstract)
- [9] 周国华, 贺艳华, 唐承丽, 等. 中国农村聚居演变的驱动机制及态势分析[J]. 地理学报, 2011, 66(4): 515—524. Zhou Guohua, He Yanhua, Tang Chengli, et al. Dynamic mechanism and present situation of rural settlements evolution in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(4): 515—524. (in Chinese with English abstract)
- [10] 陈秧分, 刘彦随, 杨忍. 基于生计转型的中国农村居民点用地整治适宜区域[J]. 地理学报, 2012, 67(3): 420—427. Chen Yangfen, Liu Yansui, Yang Ren. Identification of China's suitable regions for rural residential land consolidation based on livelihoods transformation[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(3): 420—427. (in Chinese with English abstract)
- [11] 朱雪欣, 王红梅, 袁秀杰, 等. 基于 GIS 的农村居民点区位评价与空间格局优化[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 326—333. Zhu Xuexin, Wang Hongmei, Yuan Xiujie, et al. Evaluation and optimization of spatial distribution of rural settlements based on GIS[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(6): 326—333. (in Chinese with English abstract)
- [12] Long Hualou, Liu Yansui, Li Xiubin, et al. Building new countryside in China: A geographical perspective[J]. Land Use Policy, 2010, 27(2): 457—470.
- [13] 刘建生, 郟文聚, 赵小敏, 等. 农村居民点重构典型模式对比研究——基于浙江省吴兴区的案例[J]. 中国土地科学, 2013, 27(2): 46—53. Liu Jiansheng, Yun Wenju, Zhao Xiaomin, et al. Typical patterns of rural settlements readjustment: A comparative study in Wuxing district, Zhejiang province[J]. China Land Sciences, 2013, 27(2): 46—53. (in Chinese with English abstract)
- [14] 双文元, 郝晋珉, 余述琼, 等. 基于压力论的农村居民点用地适宜性评价与空间格局优化模式[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(5): 146—155. Shuang Wenyuan, Hao Jinmin, Yu Shuqiong, et al. Suitability evaluation and spatial structure optimization model based on the pressure on rural residential land[J]. Journal of China Agricultural University, 2013, 18(5): 146—155. (in Chinese with English abstract)
- [15] 孔雪松, 刘艳芳, 邹亚锋, 等. 基于农户意愿的农村居民点整理潜力测算与优化[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 296—301. Kong Xuesong, Liu Yanfang, Zou Yafeng, et al. Calculation of land consolidation potential and optimization of rural residential areas based on households' willingness[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(8): 296—301. (in Chinese with English abstract)
- [16] 曲衍波, 姜广辉, 张凤荣, 等. 基于农户意愿的农村居民点整治模式[J]. 农业工程学报, 2012, 28(23): 232—242. Qu Yanbo, Jiang Guanghui, Zhang Fengrong, et al. Models of rural residential land consolidation based on rural households' willingness[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(23): 232—242. (in Chinese with English abstract)
- [17] 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[J]. 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 technology[J]. Economic Geography, 2011, 31(5): 822—826. (in Chinese with English abstract)
- [18] 焦贝贝, 石培基, 刘春芳, 等. 黄土高原低山丘陵区农村居民点分布与地形因子关系研究——以兰州市七里河区为例[J]. 资源科学, 2013, 35(8): 1719—1727. Jiao Beibei, Shi Peiji, Liu Chunfang, et al. The

- distribution of rural settlements in relation to landform factors in low hilly land on the loess plateau[J]. *Resources Science*, 2013, 35(8): 1719 - 1727. (in Chinese with English abstract)
- [19] 王玉东, 郝晋珉, 杨立, 等. 平原区农村居民点用地空间整治分类研究——以河北省曲周县为例[J]. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(3): 13-18.  
Wang Yudong, Hao Jinmin, Yang Li, et al. Classification of rural residential land for spatial consolidation in the plain area: A case study in Quzhou county, Hebei province[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(3): 13-18. (in Chinese with English abstract)
- [20] 双文元, 郝晋珉, 艾东, 等. 基于区位势理论的农村居民点用地整治分区与模式[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(10): 251-261.  
Shuang Wenyuan, Hao Jinmin, Ai Dong, et al. Zoning and mode of rural residential land consolidation based on location potential theory[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2013, 29(10): 251-261. (in Chinese with English abstract)
- [21] 杨立, 郝晋珉, 王绍磊, 等. 基于空间相互作用的农村居民点用地空间结构优化[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(10): 308-315.  
Yang Li, Hao Jinmin, Wang Shaolei, et al. Spatial structure optimization of rural residential land based on spatial interaction[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2011, 27(10): 308-315. (in Chinese with English abstract)
- [22] 孔雪松, 刘艳芳, 谭传凤. 嘉鱼县土地利用结构与效益变化的耦合效应分析[J]. *资源科学*, 2009, 31(7): 1095-1011.  
Kong Xuesong, Liu Yanfang, Tan Chuanfeng. Correlation analysis of the changes of land use structure and land use efficiency: A case study of Jiayu County in Hubei province[J]. *Resources Science*, 2009, 31(7): 1095-1011. (in Chinese with English abstract)
- [23] 张晓平, 朱道林. 城乡建设用地增减挂钩政策下的农村居民点斑块整理模式评价[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(1): 244-249.  
Zhang Xiaoping, Zhu Daolin. Evaluation for consolidation model of rural residential patches based on policy of linked change of rural-urban construction land[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2012, 28(1): 244-249. (in Chinese with English abstract)
- [24] 顾朝林, 庞海峰. 基于重力模型的中国城市体系空间联系与层域划分[J]. *地理研究*, 2008, 27(1): 1-12.  
Gu Chaolin, Pang Haifeng. Study on spatial relations of Chinese urban system: Gravity Model Approach[J]. *Geographical Research*, 2008, 27(1): 1-12. (in Chinese with English abstract)
- [25] 刘仙桃, 郑新奇, 李道兵. 基于 Voronoi 图的农村居民点空间分布特征及其影响因素研究——以北京市昌平区为例[J]. *生态与农村环境学报*, 2009, 25(2): 30-33.  
Liu Xiantao, Zheng Xinqi, Li Daobing. Voronoi diagram-based research on spatial distribution characteristics of rural settlements and its affecting factors: A case study of Changping district, Beijing[J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2009, 25(2): 30-33. (in Chinese with English abstract)
- [26] 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[J]. *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[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(12): 1467-1476. (in Chinese with English abstract)
- [27] 李君, 李小建. 综合区域环境影响下的农村居民点空间分布变化及影响因素分析——以河南巩义市为例[J]. *资源科学*, 2009, 31(7): 1195-1204.  
Li Jun, Li Xiaojian. Study on the effect factors and distribution changes of rural residential under the multiple regional environment: A case study of Genii city in Henan province[J]. *Resources Science*, 2009, 31(7): 1195-1204. (in Chinese with English abstract)
- [28] 张娟锋, 刘洪玉, 虞晓芬. 北京市农村居民点用地特征与整理方向分析[J]. *中国土地科学*, 2012, 26(2): 44-49.  
Zhang Juanfeng, Liu Hongyu, Yu Xiaofen. Characteristics and direction for rural residential area readjustment in Beijing[J]. *China Land Science*, 2012, 26(2): 44-49. (in Chinese with English abstract)
- [29] 张正峰, 杨红, 吴沅箐, 等. 上海两类农村居民点整治模式的比较[J]. *中国人口·资源与环境*, 2012, 22(12): 89-93.  
Zhang Zhengfeng, Yang Hong, Wu Yuanqing, et al. A comparative study for two village land readjustment patterns on the suburb of Shanghai[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2012, 22(12): 89-93. (in Chinese with English abstract)
- [30] 谷晓坤, 代兵, 陈百明. 中国农村居民点整理的区域方向[J]. *地域研究与开发*, 2008, 27(6): 95-99.  
Gu Xiaokun, Dai Bing, Chen Baiming. The regional directions of land consolidation in rural residential areas in China[J]. *Areal Research and Development*, 2008, 27(6): 95-99. (in Chinese with English abstract)

## Layout optimization of rural settlements based on point-axis theory

Kong Xuesong<sup>1,2</sup>, Jin Lulu<sup>1</sup>, Qie Yu<sup>1</sup>, Zhang Yiran<sup>1</sup>, Xu Yuan<sup>1</sup>

(1. School of Resource and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

2. Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** A rural settlement, with the spatial characteristics of point distribution and axis development, is an important land-use type that refers to construction in rural areas in China. Growth points (including town, key village and basic-level village) and development axis (including roads and river systems) play an important role in spatial optimization of rural settlements. To study the effects of point-axis on arranging the spatial layout of rural settlements, this paper analyzed the spatial action of point-axis on rural settlements using an improved gravity model. Three indexes, including population, gross domestic product, and development index of enterprise, were selected to calculate the gravity values among villages. The weights for population, gross domestic product, and development index of enterprise in the gravity model are 0.297, 0.540, and 0.163, respectively. The spatial gravity matrix of the villages was acquired using the gravity model. Five village groups were constructed and a key town, four key villages, and nineteen basic-level villages were identified. An index system, including growth point, life availability, and production convenience, was constructed to evaluate the action sphere of different growth points based on a weighted Voronoi diagram. The results show that there is an apparent difference between the action sphere of growth points and their administrative scopes. The action sphere of key villages (town) is greater than that of basic-level villages. The restriction of administrative scope was broken and the urban-rural construction was reconstructed using the weighted Voronoi diagram. Roads are important factors, which guide the development direction of rural settlements. A 500 m interval for roads is implemented to construct buffer layers by ArcGIS 10.1. The values range from zero to eight in nine buffer layers of roads, and the values range from two to five in four grades of slope. The layer with closer distances between rural settlements and roads holds a higher value. The layer, which is farther than 4000 m in road buffer, is assigned a value of zero. The interaction values of roads and slope for each rural settlement were calculated and three grades were classified based on Natural Breaks method. Rural settlements, with values between 0 and 4.647, were regarded as the potential consolidation objects. Considering the area of rural settlements, three optimization modes, including urbanization, removing and merging, and inner consolidation, were proposed for spatial optimization in Dajipu. Additionally, the mode of removing and merging was further sub-divided into two modes (construction of key village and construction of village center). The area of rural settlements for inner consolidation, urbanization, key village construction, and village center construction are 686.73 hm<sup>2</sup>, 56.18 hm<sup>2</sup>, 7.85 hm<sup>2</sup> and 16.13 hm<sup>2</sup>, respectively. The modes for urbanization, removing and merging, are pivotal for land consolidation of rural settlements. Both of them play an important role in coordinating urban-rural development, whereas inner consolidation improves the level of intensified land use. Meanwhile, the spatial optimization of rural settlements should gather to the main roads properly. The results show that the proposed method can make the spatial optimization of rural settlements more scientific and intelligent with the consideration of growth point and axis action. It can offer an assist to decision-making in spatial optimization of rural settlements and New Countryside Construction.

**Key words:** rural areas; land use; optimization; point-axis space; rural settlements; gravity model; weighted Voronoi diagram

(责任编辑: 张俊芳)