

村镇路网通达性与空间出行研究——以武汉市李集镇为例¹

查凯丽^{1,2}, 刘艳芳^{1,2,3}, 孔雪松^{1,2}, 田雅丝^{1,2}, 刘耀林^{1,2,3}

(1. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北武汉 430079; 2. 武汉大学教育部地理信息系统重点实验室, 湖北武汉 430079; 3. 武汉大学地理空间信息技术协同创新中心, 湖北武汉 430079)

【摘要】: 道路网络是乡村地区社会经济发展的基础。综合道路网络分析和通达性分析方法, 构建路网密度、公路可达性、接近中心性、直达性等指标研究了武汉市李集镇村镇范围内各行政村路网通达性空间格局, 并结合农户调查将路网通达性与村民空间出行进行关联分析。结果表明: (1) 境内部分行政村道路密度低、断头路较多, 导致局部地区通达性较差; (2) 受地理区位和公路覆盖两方面因素影响, 境内行政村接近中心性呈现出明显的核心-边缘分布模式; (3) 高等级道路覆盖不足, 未能形成完善的路网体系, 极大限制村民的对外出行效率、出行范围, 显著影响居民出行满意度, 并阻碍地区农业机械化推广和农业产业规模化发展。最后, 结合路网通达性特征和居民出行需求, 提出李集镇道路网络整治建议, 研究结果对完善农村地区道路体系研究、指导新农村建设有一定意义。

【关键词】: 村镇空间 路网通达性 生产生活 空间出行

【中图分类号】: F301.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227 (2018) 12-2663-10

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201812003

通达性是指交通网络中节点之间相互作用的机会大小, 反映了一个地方能够从另外一个地方到达的容易程度^[1]。这一概念被广泛运用于交通地理学相关研究中, 随着道路基础设施的逐步完善, 各地方之间的联系加强, 国内外学者对路网通达性的研究逐渐形成完善体系^[2], 在国家、城市群、省际省域等较大尺度范围内, 学者主要关注铁路^[3]、公路^[4-6]、城际快速列车^[7-9]和高铁^[10]等道路网络的通达性格局、时空演变特征; 在城市和城区尺度, 研究多集中在基于道路网络分析医疗^[11]、学校^[12]、金融网点^[13]等基础设施的通达性与效应; 在农村地区范围内, 对路网通达性及其效应则关注较少, 我国农村道路受地形地貌、居民点布局等因素影响较大, 空间形态较为复杂, 现有对农村道路通达性研究主要集中在运用缓冲区分析^[14]、网络分析^[15]、基于栅格成本距离^[16]等方法分析农村道路布局特征、路网特征与农村居民点可达性, 还有部分学者尝试借鉴区域通达性研究中成熟的思想和方法, 结合农村道路特征, 设计新的指标对农村路网通达性水平进行研究^[17, 18]。

农村道路是交通网络中的最后一环, 但却是农村人口对外联系、获得社会服务的最重要的一环, 农村地区居民空间出行问题一直是国内外学者比较关注的方面, 将出行问题与可达性进行关联分析是地理学重要的研究内容, 国外学者主要通过分析各

¹收稿日期: 2017-09-04; 修回日期: 2017-11-07

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41371429)

作者简介: 查凯丽 (1991~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为交通地理与区域规划. E-mail: bnutashi@163.com

通讯作者 E-mail: yaolin610@163.com

类型服务设施的空间可达性探究交通供给是否满足不同类型的空间出行需求^[19,20]，国内学者对农村地区医疗、教育设施可达性也有较多的研究^[21]，但很少从路网角度分析农村居民的空间出行。农村道路网络是村民空间出行的基础，直接影响农村居民空间出行效率，因此，本文以武汉市黄陂区李集镇为例，结合道路网络数据和实地农户调查数据，将村镇空间范围内道路网络通达性特征与农村居民空间出行进行关联分析，探究村镇空间道路基础设施对农村居民生产与生活的支撑程度。

1 研究区与数据

1.1 研究区概况

李集镇位于湖北省武汉市黄陂区西北部，李集镇下辖 2 个居委会和 53 个村委会，镇内总面积为 170.90km²，共计有 2.82 万户、8.96 万人口，是黄陂区人口较为集中的区域之一。李集镇位于黄陂区木兰山文化旅游区范围内，境内有云雾山 5A 级风景区，具有独特的区位优势。李集镇还具有丰富的物产资源，是黄陂区典型的农业大镇、山林大镇，农业产值位于黄陂区前列。但李集镇农业的产业化程度较低，旅游风景区经济辐射面小，农民人均收入不高，处于黄陂区落后水平，这与李集镇较为薄弱的道路设施或许有一定关联，该区域内道路分布不均，主要依托于祁泡线（祁家湾-泡桐）和 310 国道这两条主要交通干线，其余多为乡村小路（图 1），在农户调研过程中，村民对交通状况颇有微词。因此，本文以李集镇为例，试图探究道路设施对农民生产生活的支撑程度，以指导区域道路基础设施建设与完善。



1.2 数据来源

李集镇空间数据来源于 2012 年黄陂区 1:10000 农村土地调查数据库, 根据文章研究需要, 选取并分为居民点 (村庄和建制镇)、农用地 (耕地、园地和设施农用地)、河流水库 (河流水面和水库水面) 3 种类型作为文章分析的基础空间数据。

道路网络数据来源于 SPOT6 遥感数据, 经过几何校正、特征提取、规则分类、监督分类等处理后, 结合 Google 地图、百度地图以及《湖北及周边省区公路里程地图册 (2013) [平装]》等资料, 提取并构建李集镇交通网络数据库 (2013 年), 研究区内道路类型包括主干道、次干道、小路和铁路。

村民空间出行等数据来源于 2014 年 4 月份分组实地调查, 调查采用结构化问卷、随机调查方式展开, 内容涉及调查村民的基本信息, 日常出行活动、出行地点与频次, 对村内生活生产环境问题的意见等方面, 共计发放问卷 879 份, 回收 824 份, 有效问卷率达 93.7%。

2 研究方法

2.1 路网通达性指标构建与计算

对农村道路网络通达性的分析应结合村民日常生产生活出行需求构建评价指标, 以反映真实的通达性水平, 通过对现有研究成果的分析, 结合村民劳作、就业、购物、医疗、教育等方面出行需求特点, 文章从路网密度、可达性和直达性 3 个方面构建通达性评价指标。以行政村为评价单元, 借鉴已有研究中^[16]将分布分散、形态各异的农村居民点特征考虑在内的情况, 提取行政村内居民点面积重心作为点, 为便于网络分析, 将提取的重心点适当偏离使重心落在道路网络上组成“点-线”网络, 借助 ArcGIS10.0 中网络分析功能进行通达性指标计算。

2.1.1 路网密度

农村田间道路分布不均, 断头路较多, 路网密度低, 导致区域道路通达度不够, 用路网密度刻画区域道路通达性基础条件, 分析区域整体通达性和每一行政村局部通达性水平, 村内路网密度的高低直接影响村民进行劳作和对外出行的便捷性, 公式如下:

$$P = L / A \quad (1)$$

式中: P 为路网密度; L、A 分别为行政村内道路总长度和行政村面积。

2.1.2 可达性

(1) 公路可达性系数。农村地区多为短小曲折的小路, 其出行效率不高, 而主干道、次干道等较高级别公路因其直达性高、道路质量好能承载较高的通行能力, 因此, 文章构建公路可达性指标分析各行政村对外通行便捷性。可达性评价方法中, 利用最短路径模型求可达性是衡量彼此连接程度的重要指标, 公路可达性用行政村居民点中心到达主干道和次干道的最短路程刻画, 为更好表明各行政村可达性在村镇道路网络中所处的水平, 引入公路可达性系数 (B_i), 公式如下:

$$B_i = d_i / \bar{d} \quad (2)$$

式中： B_i 表示公路可达性系数，其值小于1，则行政村的公路可达性优于镇域平均水平，反之，公路可达性差于镇域平均水平； d_i 为行政村*i*中心到达公路的最短路程； \bar{d} 为各行政村中心到达境内公路的平均最短路程。

(2) 接近中心性。多中心评价模型是网络科学领域重要研究方法，为交通网络中心性研究提供基础^[22]，文章借鉴多中心评价模型中的接近中心性指标测算行政村在村镇路网中的相对可达性，接近中心性表示一个行政村节点与其他所有节点接近的程度^[13]，值越大，相对可达性越高，公式如下：

$$C_i^c = (N - 1) / \sum_{j=1, j \neq i}^N d_{ij} \quad (3)$$

式中： C_i^c 表示行政村*i*的镇域中心度； N 是镇域“点-线”网络中行政村的个数； d_{ij} 表示行政村*z*与行政村*y*之间通过道路网络连接的最短路程。

2.1.3 直达性

多中心评价模型通过测度网络中两个节点的最短路径相对于两点直线路径的偏离程度，作为衡量网络中节点通行效率的指标，偏离程度越小，直达性越好，表示通行效率越高^[23]。村镇空间中，除了分析行政村在整个镇域范围内的交通直达性外，镇中心是村民外出进行社会经济活动的主要场所，有必要计算镇中心直达性以分析从行政村到镇中心的通行效率，公式如下：

$$C_i^s = d_i^{Eucl} / d_i \quad (4)$$

式中： C_i^s 为行政村*i*的镇中心直达性； d_i^{Eucl} 为行政村*i*到达镇中心的欧式距离； d_i 为行政村*i*通过镇域道路网络到达镇中心的最短路程。

$$C_i^{ts} = \frac{1}{N - 1} \sum_{j=1; j \neq i}^N d_{ij}^{Eucl} / d_{ij} \quad (5)$$

式中： C_i^{ts} 为行政村*i*的镇域直达性； d_{ij}^{Eucl} 为行政村*i*和行政村*j*之间的欧氏距离； d_{ij} 为行政村*i*到达行政村*j*的最短路程。

2.2 空间出行分析

按出行距离的远近可将村民空间出行分为村内出行、镇内出行和镇外出行，不同距离的空间出行对道路交通体系的需求有所差异，根据两次实地问卷调查各行政村被调查村民日常出行活动及其对交通基础设施存在问题的意见，分别从出行强度和出行满意度两个方面进行空间出行分析(表1)。

3 路网通达性分析

3.1 路网密度分析

李集镇54个行政村中有27个路网密度高于4km/km²，主要位于西部和南部，公路沿线部分行政村路网密度甚至高于5km/km²。境内还有一半的行政村路网密度低于4km/km²，主要集中在东部彭家冲村、驻程岗村、珍珠岭村、郑林湾村和仰山庙一带，路网

密度不及 $3\text{km}/\text{km}^2$ ，此外，西南部徐岗村、荣寨村、长安集和潘家寨村也形成较为明显的低密度中心，对局部路网通达性产生一定限制。

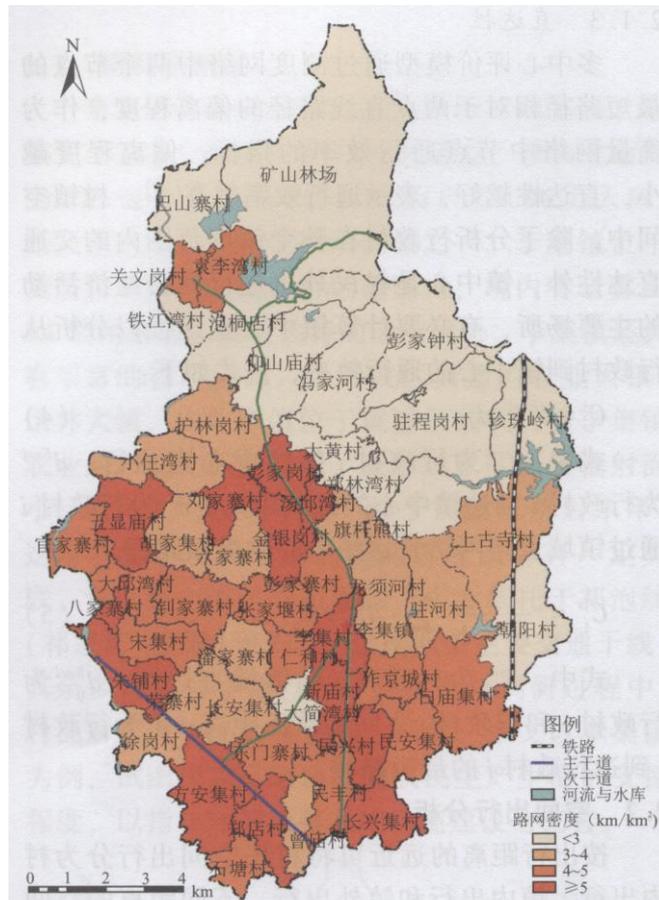


图 2 各行政村路网密度

Fig. 2 Identity of road network of administrative villages

3.2 可达性分析

图 3(a) 反映了主干道和次干道网络共同决定的行政村公路可达性空间格局，行政村通过农村小路与公路网络(主干道、次干道)衔接距离越短，行政村居民对外出行越便捷，李集镇境内公路较少，未能形成完善的公路网络，导致境内超过一半的行政村公路可达性水平差于境内平均水平，东部 9 个行政村和以五显庙、胡家集为中心的 5 个行政村是境内明显的低水平连片区，对村民出行产生极大的限制。

接近中心性体现了每个行政村在全镇范围内通过道路网络与其他所有行政村接近的程度，值越高，表明该行政村在道路网络中的中心性水平越高，在镇域内部的可达性越高。从图 3(b) 看出，李集镇各行政村接近中心性呈现出明显的核心-边缘分布模式。地理区位因素对各行政村接近中心性影响较大，距离镇中心较近的行政村到达镇域内其他所有行政村的平均距离较小。从表 2 通达性指标相关系数来看，公路可达性格局对接近中心性分布模式也有一定影响，二者之间相关系数为 0.333, 在 0.05 水平上显著相关，从图中可以看出，公路将接近中心性的次核心延伸至公路沿线泡桐店村、民丰村和方安集村，完善的公路网络对提高行政村空间可达性有一定促进作用，未来发展中李集镇需进一步拓展公路的空间达到范围，建设完善的公路网络，提升整体可达性。

表 2 路网通达性指标相关系数

Tab. 2 Correlation coefficients between accessibility variables of road network

通达性指标	路网密度	公路可达性系数	接近中心性	镇中心直达性	镇域直达性
路网密度		-0.364 **	0.333*	0.211	0.179
公路可达性系数	-0.364*		-0.489 **	-0.334*	-0.497 **
接近中心性	0.333*	-0.489 **		0.172	0.068
镇中心直达性	0.211	-0.334*	0.172		0.752**
镇域直达性	0.179	-0.497 **	0.068	0.752**	

注：*在 0.05 水平（双侧）上显著相关；**在 0.01 水平（双侧）上显著相关。

3.3 直达性分析

基于道路网络最短通行路径的直达性指标反映了行政村节点之间的通行效率，若某一行政村节点能以最短的直线距离到达任一其他行政村，该行政村直达性最佳，村民出入效率越高。从图 3(c)可以看出，李集镇大部分行政村镇中心直达性较高，镇中心直达性高于 0.85 的行政村达到 27 个，主要位于公路沿线，西北方向和镇域东部也形成明显的高值轴线。

图 3(d)镇域直达性反映了行政村节点在整个村镇空间中的直达性水平，空间格局表现出明显的公路轴线指向性，镇域直达性与公路可达性之间相关系数为-0.497,从图中看出，除五显庙、白庙集外，镇域直达性高值中心几乎全部位于公路沿线，而公路未及的区域镇域直达性则较低，表明公路对境内空间出行效率有显著影响，公路可达性较好的行政村在镇域范围内的直达性也较高，除公路影响外，行政村内部路网空间结构对镇域直达性也有一定影响，荣寨村、长安集和潘家寨 3 个行政村内部道路网络不完善，断头路较多，导致在局部形成明显的低值区。

通过对李集镇各行政村路网通达性空间格局的分析发现，公路可达性是影响李集镇路网通达性的决定因素，对各行政村接近中心性、镇中心直达性和镇域直达性水平都有显著影响，李集镇公路网络不完善，空间上存在较多的公路可达性低水平区，导致通达性水平较低；此外，部分行政村路网密度和连通性较低，断头路较多，对局部和全域通达性也产生较大的限制。

4 路网通达性与空间出行关联分析

4.1 通达性与村民出行强度

村民出行强度反映了行政村村民对外联系的频繁程度，农村地区居民日常出行可根据出行范围分为村内出行、镇内出行和镇外出行，村内出行一般是前往农田从事农业活动，镇内出行一般出于社会交往和寻求购物、医疗、教育服务等目的，镇外出行范围较大，出行目的更加复杂多样。李集镇各行政村镇内出行强度平均值为 3.46,镇外出行强度平均值为 1.21,镇内出行强度明显高于镇外出行强度。从表 3 可以看出，镇内外出行强度与路网通达性相关性不高，表明村民出行意愿和强度受路网格局影响较小。

李集镇境内有 4 个高频次到访村，分别是李集村、泡桐店村、五显庙村和方安集村，有各自的集市，且配备有学校、医疗诊所等基础服务设施，共同组成较为完善的社会经济服务体系。从图 4 可以看出，4 个出行中心各自拥有一定范围的服务腹地，李集村腹地范围最广，泡桐店村次之；腹地范围内直达性较好，但公路可达性有较大的差距，五显庙及其腹地范围内的公路可

达性明显不及其他出行中心。

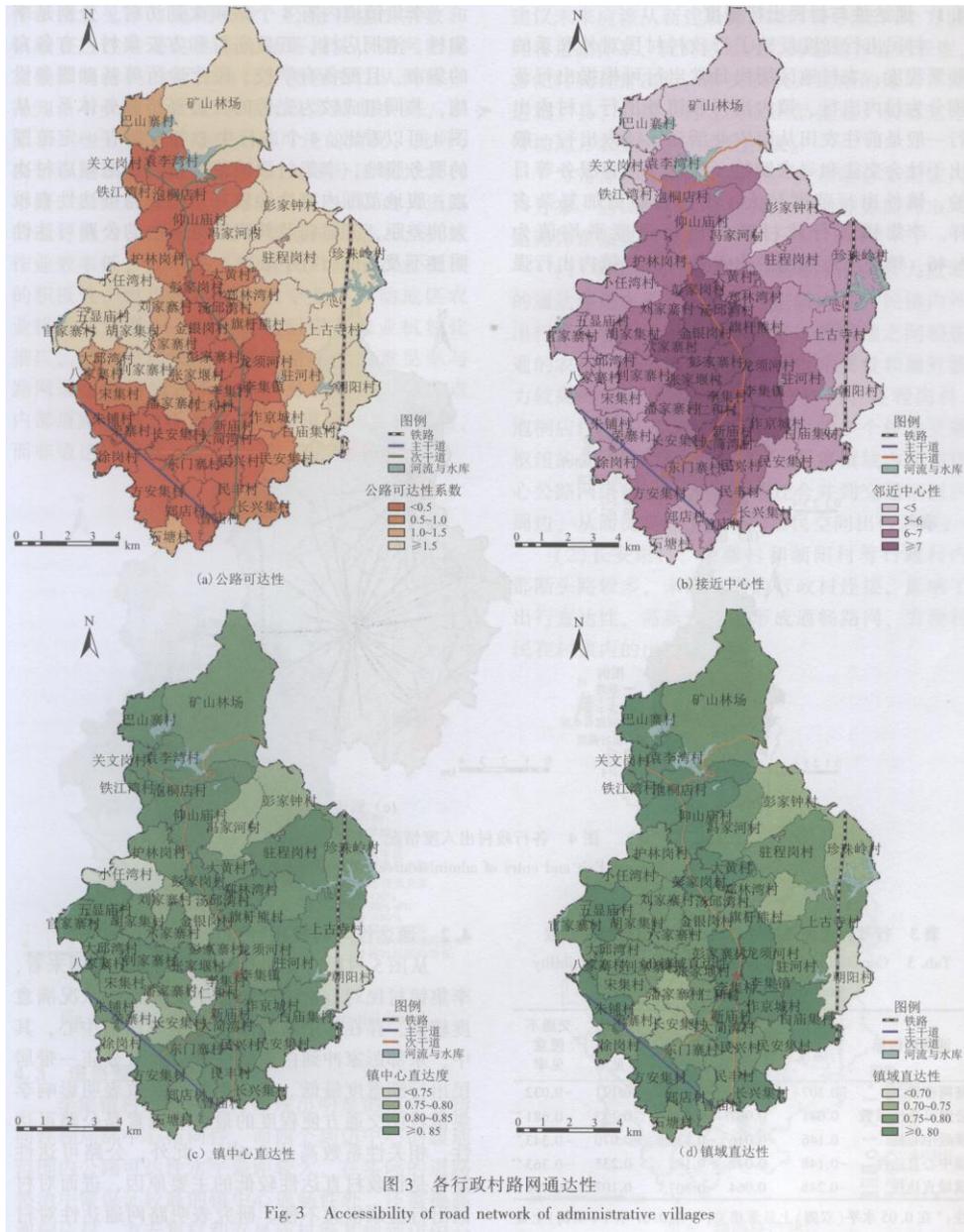


图 3 各行政村路网通达性
Fig. 3 Accessibility of road network of administrative villages

4.2 通达性与村民出行满意度

从图 5 村民对交通基础条件的意见反馈来看，李集镇村民对日常生活中交通出行状况满意度较低，存在多个交通不便意见率高值中心，其中，东部彭家冲到白庙集一带以及五显庙一带居民出行满意度最低。表 3 相关性系数表明影响李集镇村民交通方便程度的最显著因素是公路可达性，相关性系数高达 0.681，此外，公路可达性差也是行政村直达性较低的主要原因，进而对村民出行造成很大不便。研究表明路网通达性对村民出行强度和出行意愿影响较小，但对村民出行满意度影响显著。

此外，李集镇境内超过一半的行政村对生产劳作道路和居民点内部道路满意度较高，劳作不便意见率与路网密度、公路可达性系数和镇域直达性等通达性指标显著相关，路网密度直接影响村民的劳作出行方便程度，从调研中得知，不少村民反映田间有较多的断头路，以至于一些劳作区域存在无路可进的情况；此外，由于李集镇境内公路较少，大部分区域为农村小路，路

面质量较差，宽度多在 2m 以内，道路的通行能力无法承载大中型拖拉机进入，机械作业效率低、成本高，影响农户使用农业机械的积极性，也很少出现农机专业户带动地区农业机械化发展，一定程度上阻碍了农业机械化推广。村民对居民点内部道路状况的意见率与路网通达性指标并不相关，可能是因为居民点内部道路狭窄、不平整主要是道路的质量问题，而非通达性问题。

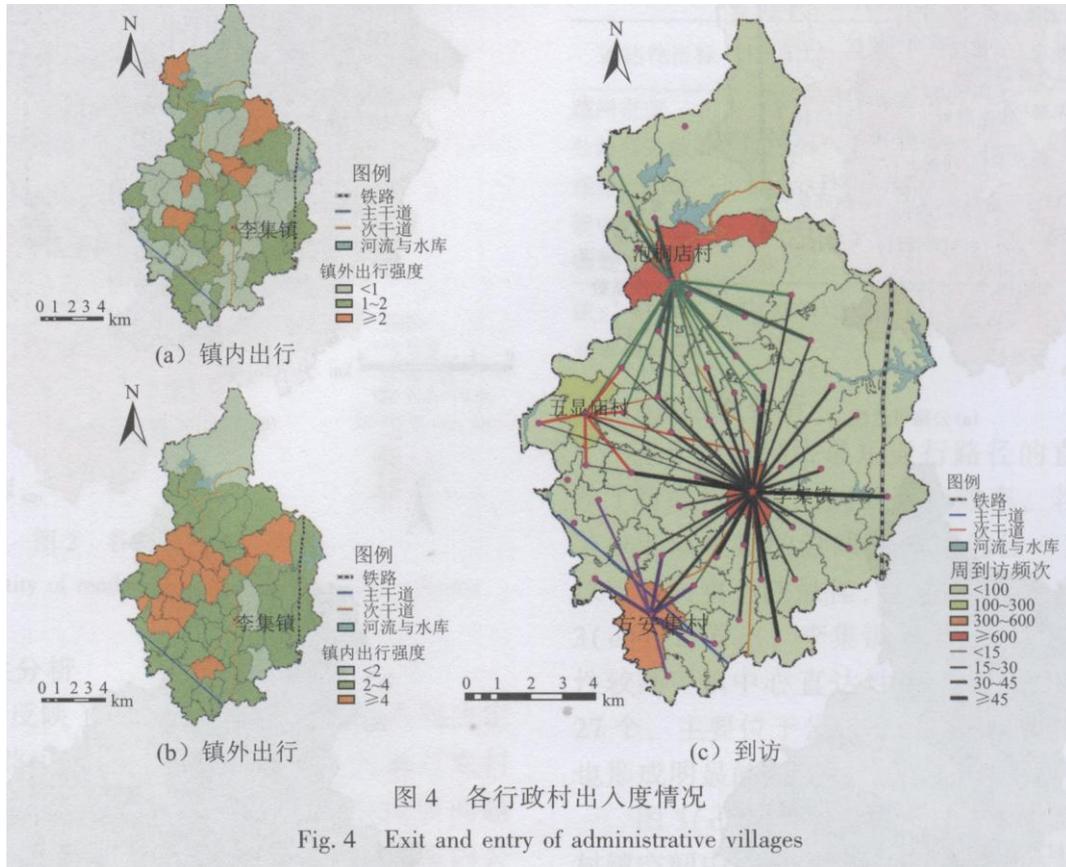
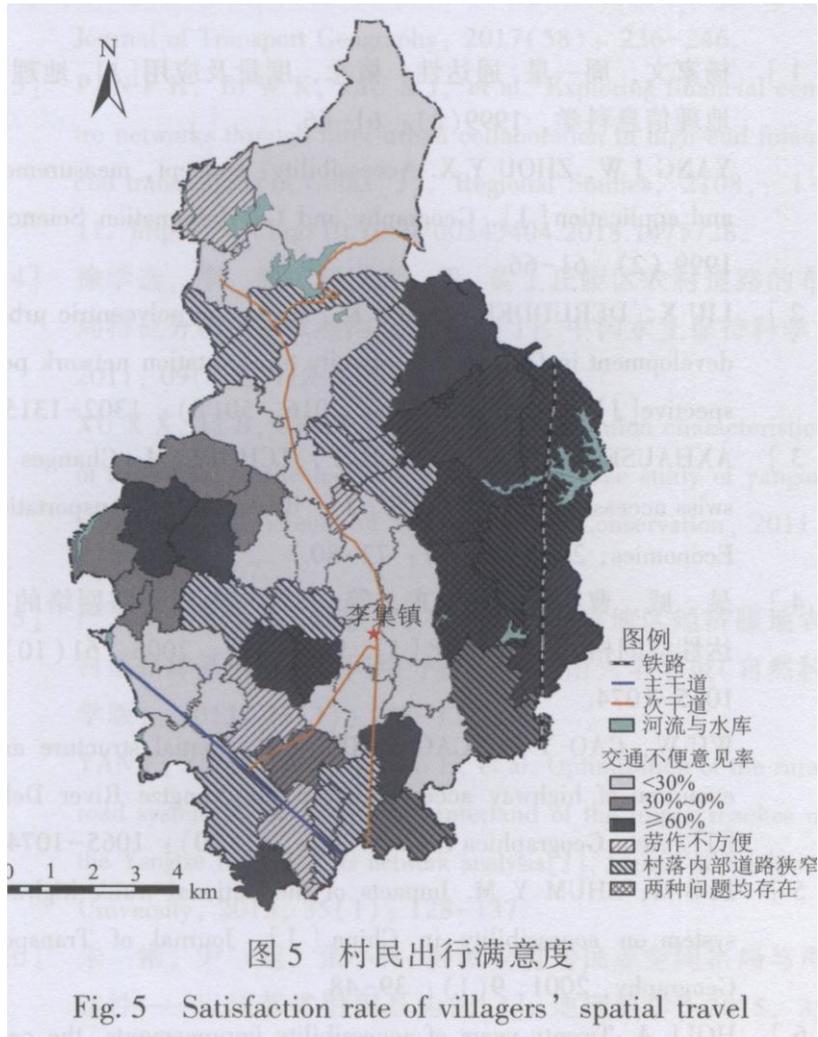


表 3 行政村道路通达性与村民空间出行相关系数

Tab. 3 Correlation coefficients between road accessibility and villagers * spatial travel

通达性指标	镇内出行强度	镇外出行强度	劳作不便意见率	村落内部道路意见率	交通不便意见率
路网密度	0.207	-0.194	-0.289*	-0.171	-0.032
公路可达性系数	0.041	0.067	0.343 *	0.113	0.681 **
接近中心性	0.146	-0.016	-0.139	-0.070	-0.343*
镇中心直达性	-0.148	0.042	-0.182	0.235	-0.363 **
镇域直达性	-0.248	0.064	-0.307*	0.107	-0.472 **

注*在 0.05 水平（双侧）上显著相关；**在 0.01 水平（双侧）上显著相关。



4.3 道路整治建议

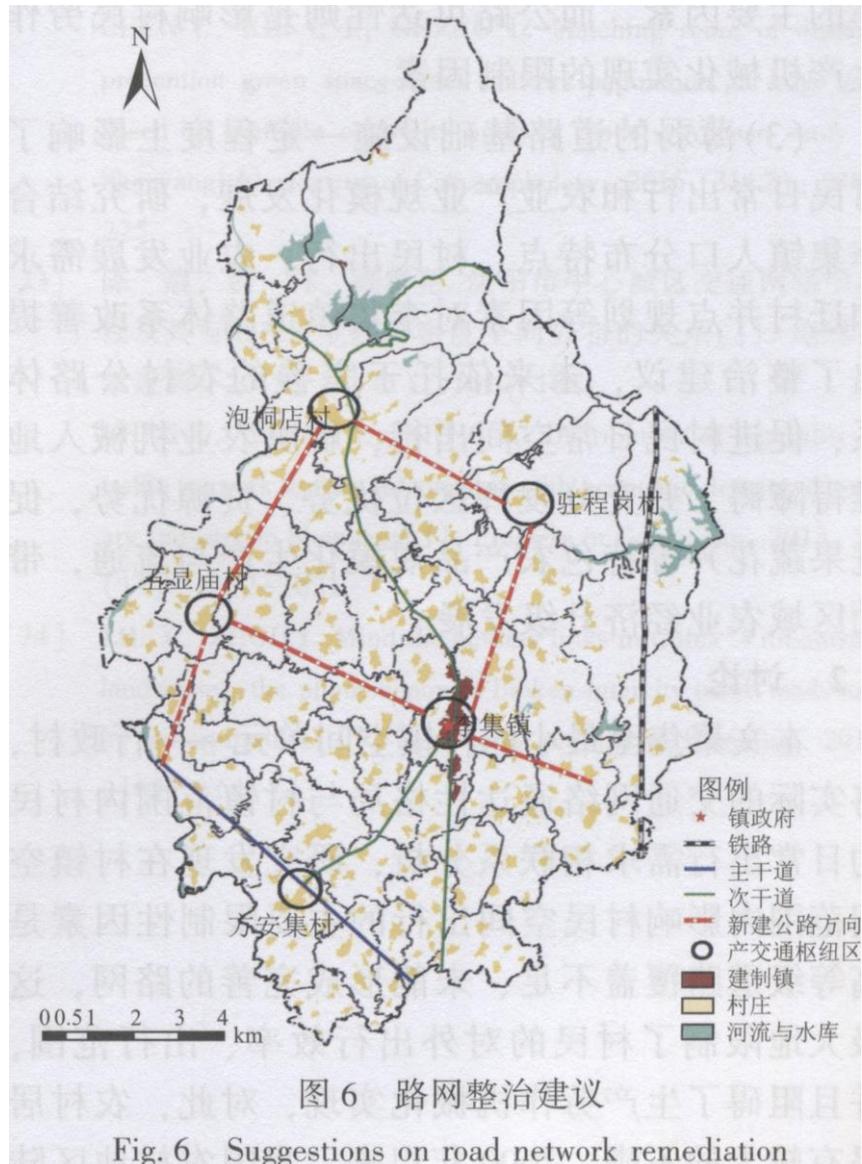
李集镇村民空间出行体现出明显的镇中心指向性和局部中心指向性，而四个到访中心的腹地范围内公路可达性水平差距较大，在实际的道路整治中需保证较高的镇中心通畅性外，还需提高泡桐店村、方安集村和五显庙村等其他到访中心腹地范围内的通畅性。从前面的分析中可以看出，李集镇目前的道路体系存在的主要问题是高质量公路分布较少，且存在较多的断头路，薄弱的道路基础设施难以满足居民出行需求，因此，建议未来应该从新建公路和减少断头路两个方面完善道路体系，提高区域内公路总量和通达程度，方便村民日常出行，解决农机人地难的障碍，促进城、县、乡镇、村之间农产品流通，从而充分带动地方农业经济产业化发展。

为完善李集镇路网体系，文章结合李集镇人口分布、居民出行、迁村并点规划等方面对未来道路体系做具体规划：

(1) 李集镇东部、五显庙周边存在较大范围的通达性低水平区，而这些区域内的村民镇内外出行强度较大，因此，建议将这些区域之间相连通的农村小路提档升级，建设道路质量和通行能力较高的等级公路，形成以李集村、驻程岗村、泡桐店村、五显庙村和方安集村这 5 个村为交通枢纽的公路网络体系(图 6)，并将镇域内距离核心公路网络较远的居民点搬迁合并到交通枢纽区周边，从而提高整个区域内居民空间出行效率；

(2) 长安集村、荣寨村和朝阳村等行政村内部断头路较多，未能与周边行政村连接，影响了出行直达性，需新建道路形成

通畅路网，方便村民在村镇内的出行。



5 结论与讨论

5.1 结论

文章从农村地区村民生产与生活出行需求出发，综合采用道路网络分析和通达性分析方法，构建相关指标研究了村镇空间范围内各行政村路网通达性空间格局，并结合实地问卷调查结果，对村民空间出行强度、出行满意度进行量化分析，研究结果表明：

(1) 李集镇部分行政村道路密度低、断头路较多，导致局部地区直达性较差；公路可达性存在较多的低值区，对接近中心性、直达性等空间格局也产生影响，公路网络不完善是李集镇道路网通达性的主要限制性因素。

(2) 将路网通达性与村民空间出行反馈进行关联分析,探究村镇空间范围内道路基础设施对村民日常生产与生活出行的影响。结果表明村民在镇域内部的出行尚且多通过农村小路,公路是否覆盖对村民出行强度影响较小,但对出行满意度影响较大,尤其在公路可达性较低的区域,交通不满意度较高;劳作出行不便是李集镇村民日常出行中明显存在的问题,与路网密度和公路可达性系数相关性较高,路网密度是决定劳作出行效率的主要因素,而公路可达性则是影响村民劳作生产机械化实现的限制因素。

(3) 薄弱的道路基础设施一定程度上影响了村民日常出行和农业产业规模化发展,研究结合李集镇人口分布特点、村民出行、农业发展需求和迁村并点规划等因素对李集镇道路体系改善提出了整治建议,未来依托于完善的农村公路体系,促进村民日常空间出行,解决农业机械人地难得障碍,并充分发挥区位优势、资源优势,促进果蔬花卉等特色农产品规模化生产与流通,带动区域农业经济升级发展。

5.2 讨论

本文聚焦至最小的村镇空间单元——行政村,将实际的交通网络通达性格局与村镇范围内村民的日常出行需求相联系分析,研究发现在村镇空间范围内影响村民空间出行的主要限制性因素是高等级道路覆盖不足、未能形成完善的路网,这极大地限制了村民的对外出行效率、出行范围,并且阻碍了生产劳作机械化实现,对此,农村居民有较大的不满。2000年以来,我国农村地区陆

续完成了村村通工程建设,但道路质量不高,且道路网络不完善,不能满足现在的发展需求,道路等级、道路网络体系完善度仍然对部分农村地区生产与生活产生很大的限制,当前正在进行土地整治,不仅需要将视角落在居民点和农用地整治方面,也需要结合农村居民实际的出行特征和农业生产需求对道路基础设施进行改进,提高农村道路的通行能力,实现真正高效的新农村建设。文章的不足之处是只从道路网络的通达性特征进行分析,未能将道路宽度、路面完好情况等反映道路质量的因素纳入分析内容,而在实际的问卷调查中,很多村民反映除了尚未通路、外出行程绕远外,还存在路面坏掉、路太窄等质量问题,未来的研究中仍需进一步优化分析数据与指标,针对村民日常生产生活需求,切实提出提高农村地区出行效率的道路整治方案^[24]。

参考文献:

[1] 杨家文,周一星. 通达性:概念,度量及应用[J]. 地理与 地理信息科学, 1999(2): 61-66.

YANG J W, ZHOU Y X. Accessibility: concept, measurement and application [J]. Geography and Geo-Information Science, 1999 (2) : 61-66.

[2] LIU X, DERUDDER B, WU K, Measuring polycentric urban development in China: An intercity transportation network perspective [J]. Regional Studies, 2016, 50(8) : 1302-1315.

[3] AXHAUSEN K W, FOELICH P, TCHOPP M. Changes in swiss accessibility since 1850 [J]. Research in Transportation Economics, 2011, 31(1) : 72-80.

[4] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化[J]. 地理学报, 2006, 61(10): 1065-1074.

WU W, CAO Y H, CAO W D, et al. Spatial structure and evolution of highway accessibility in the Yangtze River Delta [J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(10) : 1065-1074.

[5] LI S M, SHUM Y M. Impacts of the national trunk highway system on accessibility in China [J]. Journal of Transport Geography, 2001, 9(1) : 39-48.

[6] HOLL A. Twenty years of accessibility improvements, the case of the Spanish motorway building programme [J]. Journal of Transport Geography, 2007, 5(4) : 286-297.

[7] GUTIERREZ J. Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border [J]. Journal of Transport Geography, 2001, 9(4) : 229-242.

[8] 魏立华, 丛艳国. 城际快速列车对大都市区通达性空间格局的影响机制分析——以京津唐大都市区为例[J]. 经济地理, 2004, 24(6) : 834-837.

WEI L H, CONG Y G. The influence of inter-cities express passenger train on spatial structure of metropolitan area: a case of jingjingtang[J]. Economic Geography, 2004, 24(6) : 834- 837.

[9] WANG L, LIU Y, SUN C, et al. Accessibility impact of the present and future high-speed rail network: a case study of jiangsu province, China [J] • Journal of Transport Geography, 2016 (54) : 161-172.

[10] 钟少颖, 郭叶波. 中国高速铁路建设对城市通达性影响分析[J]. 地域研究与开发, 2013, 32(2): 46-51.

ZHONG S Y, GUO Y B. The impact of accessibility of railway network with the high-speed railway construction in China[J]. Areal Research and Development, 2013, 32(2) : 46-51.

[11] 孙瑜康, 吕斌, 赵勇健. 基于出行调查和 GIS 分析的县域公共服务设施配置评价研究——以德兴市医疗设施为例 [J]. 人文地理, 2015(3) : 103-110.

SUN Y K, LV B, ZHAO Y J. A study of country public service facilities distribution assessment based on behavior investigation and GIS: a case study of medical facilities in Dexing [J]. Human Geography, 2015(3) : 103-110.

[12] GUZMAN L A, OVIEDO D, RIVERA C. Assessing equity in transport accessibility to work and study: the bogota region [J]. Journal of Transport Geography, 2017(58) : 236-246.

[13] PAN F H, BI W K, LIU X J, et al. Exploring financial centre networks through inter-urban collaboration in high-end financial transactons in China[J]. Regional Studies, 2108 , : 1 - 11. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1475728>.

[14] 徐学选, 李波, 郑世清, 等. 黄土丘陵区农村道路的布局特征分析——以燕沟流域为例[J]. 中国水土保持科学, 2011, 09(2) : 112-115.

XU XX, LI B, ZHENG S Q, et al. Distribution characteristics of rural road in the loess hilly plateau: a case study of yangou watershed [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2011, 9(2) : 112-67.

[15] 严飞, 张仕超, 魏朝富, 等. 长江上游地区经济腹地农村道路体系的优化与网络分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013,

35(1) : 128-137.

YAN F, ZHANG S C, WEI C F, et al. Optimization of the rural road system in the economic hinterland of the upper reaches of the Yangtze River and its network analysis[J]. Journal of Southwest University, 2013, 35(1) : 128-137.

[16] 朱彬, 尹旭, 张小林. 县域农村居民点空间格局与可达性——以江苏省射阳县为例[J]. 地理科学, 2015, 35 (12) : 1560-1567.

ZHU B, YIN X, ZHANG X L. Spatial pattern and accessibility of rural settlements—A case study on Sheyang county in Jiangsu province [J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(12): 1560-1567.

[17] 李星星, 李同昇. 乡村地区路网通达性研究——以陕西省丹凤县为例[J]. 人文地理, 2012(3) : 78-85.

LI X X, LI T Y. Study on road network accessibility in rural areas — A case study of Danfeng county, Shanxi province [J]. Human Geography, 2015(3) : 78-85.

[18] 潘裕娟, 曹小曙. 乡村地区公路网通达性水平研究——以广东省连州市12个乡镇为例[J]. 人文地理, 2010(1): 94- 99.

PAN Y J, CAO X S. Comprehensive accessibility level of rural road network—A case study of Lianzhou city, Guangdong province [J]. Human Geography, 2010(1) : 94-99.

[19] SMITH N, HIRSCH D, DAVIS A. Accessibility and capability: the minimum transport needs and costs of rural households[J]. Journal of Transport Geography, 2012, 21(2) : 93—101.

[20] HINE J. Accessibility of health services for aged people in Rural Ireland [J]. International Journal of Sustainable Transportation, 2015, 9(5) : 389-395.

[21] 王劲轲, 毛熙彦, 贺灿飞. 西南山区乡村公共服务设施空间布局优化研究——以重庆市崇龛镇小学为例[J]. 农业现代化研究, 2015, 36(6) : 1055-1061.

WANG J K, MAO X Y, HE C F. Spatial optimization of rural public service in southwestern China: A case study of elementary schools in Chongkan Town, Chongqing[J]. Research of Agricultural Modernization, 2015, 36(6) : 1055-1061.

[22] 陈晨, 修春亮, 程林. 基于多中心性评价模型的大城市避灾绿地-交通网络-人口匹配性空间分异——以沈阳市中心城区为例[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 219-225.

CHEN C, XIU C L, CHENG L. Matching score of disaster prevention green space-street network -population in large city based on multiple centrality analysis model: A case study of Shenyang[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(2): 219- 225.

[23] 陈晨, 程林, 修春亮. 沈阳市中心城区交通网络中心性及其与第三产业经济密度空间分布的关系[J]. 地理科学进展, 2013, 32(11) : 1612-1621.

CHEN C, CHENG L, XIU C L. Distribution of centrality of traffic network and its relationship with economic density of tertiary industry in Shenyang[J]. Progress in Geography, 2013, 32 (11) : 1612-1621.

[24] LIU X, ZHOU J. Mind the missing links in China' s urbanizing landscape: the phenomenon of broken intercity trunk roads and its underpinnings [J]. Landscape and Urban Planning, 2017 (165) : 64-72.