

城市交通生态系统空间冲突测度及影响因素研究

胡西武 郭玮¹

(青海民族大学 经济与管理学院, 青海 西宁 810007)

【摘要】: 城市交通生态系统是由人口、车辆、道路、绿地、空气、地域组成且不断发生空间冲突和进行空间耦合的特定空间结构。测度城市交通生态系统空间冲突, 分析其影响因素, 可以为优化城市交通生态提供决策依据。为此, 选用我国 2011—2017 年 31 个省会城市(不含港澳台地区)的环境保护和城市建设数据, 计算城市交通运输系统和空气承载系统的耦合度和耦合协调度, 测度城市交通生态系统空间冲突水平, 并运用地理探测器(GeoDetector)识别其影响因子。结果表明: (1) 31 个省会城市交通运输系统与空气承载系统作用程度较高(耦合度均值为 0.675, 处于磨合阶段)且空间冲突明显(耦合协调度均值为 0.430, 处于中度协调耦合)。(2) 31 个省会城市交通生态系统空间冲突时空分异明显。从时间上看, 2014—2017 年比 2011—2013 年的耦合度和耦合协调度均值分别高出 0.067 和 0.020; 从空间上看, 西部地区耦合度均值最高(0.688), 东部地区耦合协调度均值最高(0.459)。(3) 城市交通生态系统空间冲突的显著影响因素是地形地貌和经济地带。

【关键词】: 交通生态 空间冲突 耦合协调 生态经济 高质量发展

【中图分类号】: F291.1; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)06-108-07

城市交通生态是一个由道路、土地、能源、环境和人组成的复合系统^[1], 是生态宜居城市建设的重要组成部分。随着经济的发展, 城镇化推进, 汽车数量持续上升, 城市人口不断增多, 城镇交通压力日渐加大, 空气污染、交通拥堵等“城市病”正成为影响人民群众追求美好生活和建设生态宜居城市的重要掣肘。为此, 北京、上海、西安、杭州等地积极落实党的十九大报告中提出的“形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式”要求, 提出了建设“生态宜居城市”的发展目标。城市交通生态问题又是生态宜居城市建设亟须解决的重要现实问题。研究城市交通生态系统空间冲突, 测度空间冲突水平并分析其影响因素, 对于推动生态宜居城市建设, 优化城市交通空间布局具有重要意义。

1 文献综述

近年来, 交通生态问题成为国内外学者关注的热点。众多学者在交通环境影响^[2,3]、道路生态作用^[4,5]、交通生态足迹^[6]、交通生态区域^[7]、道路生态品质^[8]、生态驾驶行为^[9]等方面进行了大量研究。Forman & Alexander^[10]、王如松^[1]、姜玉梅等^[11]、Karlson 等^[12]、王汉新^[13]、马勇等^[14]对道路交通、生态环境及可持续发展等进行了多角度、综合性研究, 但学术界对交通生态系统耦合问题关注不多。

“耦合”是源于物理学的术语, 用以表述两个(或以上)系统相互影响的现象, 耦合作用越大说明系统之间相互作用力越大, 一般用耦合度和耦合协调度来表示^[15]。刘耀彬等^[16]、黄金川和方创琳^[17]、孙黄平等^[18]、Yao 等^[19]研究了城市化与生态环境耦合问题, 刘浩等^[20]、贺三维和邵玺^[21]、Liu & Wang^[22]研究了土地利用与城市化的时空耦合问题, 董沛武和张雪舟^[23]、翁钢民和李凌雁

¹作者简介: 胡西武, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为生态经济与可持续发展。E-mail: 2827617701@qq.com

基金项目: 国家自然科学基金项目“聚落景观基因重构、空间剥夺及其对生态移民返乡行为的作用机理研究——以三江源地区为例”(42061033); 青海民族大学 2022 年度校级规划项目“青海省创建全国碳达峰碳中和先行区实现路径研究”(2022GH02); 青海民族大学科研创新团队项目“三江源生态经济科研创新团队”(2019KYCXTD033)

^[24]、王成和唐宁^[25]研究了产业与生态的耦合问题，余菲菲等^[26]、郭向阳等^[27]、刘安乐等^[28]研究了旅游与交通耦合问题。但交通生态系统耦合问题的研究成果鲜有报道。

“空间冲突”是社会“冲突”与地理空间相结合的产物，是在空间资源的利用中产生的矛盾，源于空间资源稀缺性和空间功能外溢性，其发展过程呈现倒“U”型形态，冲突状况可分为多个层次^[29]。Brody 等^[30]、彭佳捷等^[31]、徐建春等^[32]、廖李红等^[33]、陈晓等^[34]对石油开发、城市群发展、土地利用、“三生”共存、生态风险等空间冲突进行了研究。但从空间冲突视角研究交通生态系统耦合问题的成果较少。

城市交通生态系统是一个涉及生产、生活、生态，涵盖人口数量、车辆流量、空气质量、基础设施多要素的复合空间，既体现了“生产—生活—生态”空间功能体系^[35]，又包含着空间冲突和交互耦合问题。本文基于“生产—生活—生态”三生融合的交通生态系统视角，构建城市交通生态系统空间耦合理论框架和指标体系，并运用地理探测器对影响因子进行识别，进而为城市交通生态系统优化治理提供科学依据。

2 研究框架、研究方法和数据来源

2.1 研究框架

城市交通生态系统是一个由城区人口、通行车辆、道路桥梁、废气粉尘、绿地生态、气候条件等组成的多功能复合系统。在这个“生产—生活—生态”一体化的生态体系中，交通运输子系统(由城区人口、通行车辆、道路桥梁等要素组成)和空气承载子系统(由废气粉尘、绿地生态、气候条件等要素组成)存在着相互冲突、彼此耦合的关系。一方面，交通运输子系统产生的尾气、粉尘等，对空气承载子系统产生重要的胁迫；另一方面，空气承载子系统的废气消解、粉尘净化能力，影响限制车辆及人口的扩张。这两个子系统的空间冲突必然导致城市交通生态系统的紊乱，突出表现为交通拥堵和空气污染。同时，这两个子系统在城市交通生态系统里必然要进行空间耦合，其耦合协调度直接关系到整个交通生态系统的正常运行。因此，通过构建评价体系，测算城市交通生态系统耦合度及耦合协调度，识别其主导影响因子，进而进行空间重构，优化交通生态系统功能，具有十分重要的理论和现实意义(图 1)。

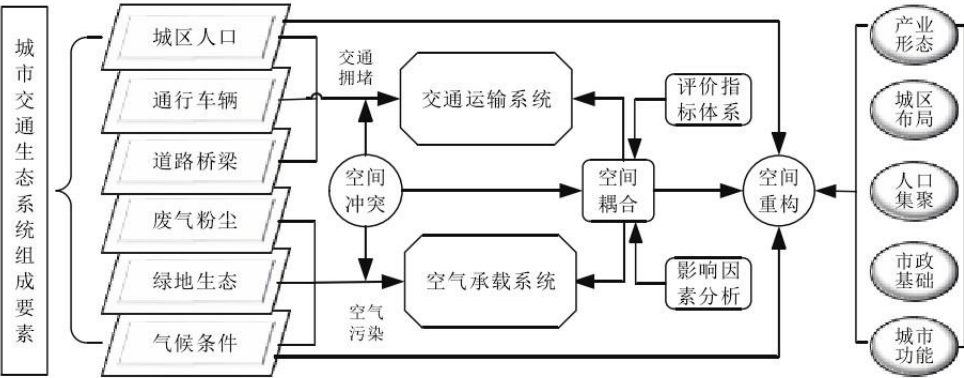


图 1 城市交通生态系统空间耦合研究框架

2.2 研究方法

2.2.1 空间耦合度模型

空间耦合度模型是测度空间冲突的重要工具和方法。空间耦合度模型由耦合度与耦合协调度两个模型组成，耦合度决定了系统由无序走向有序的趋势，耦合协调度反映了系统之间耦合协调作用程度。通过交通生态系统耦合度与耦合协调度模型，可以全面评价城市交通生态系统状况及空间冲突水平。为此，文中提出了城市交通生态系统中交通运输子系统与空气承载子系统耦合度模型：

$$SC = 2 \times \frac{\sqrt{f_1(t) \times f_2(t)}}{\sqrt{[f_1(t) + f_2(t)]^2}} \quad (1)$$

式中： $SC \in [0, 1]$ ，表示交通运输子系统和空气承载子系统的耦合度； $f_1(t)$ 表示交通运输子系统； $f_2(t)$ 表示空气承载子系统； t 表示时间。耦合度 SC 越大，表明系统之间影响力越强，空间联系越紧。 SC 可以分为四个等级： $0 < SC \leq 0.3$ ，为低水平耦合阶段； $0.3 < SC \leq 0.5$ ，为拮抗阶段； $0.5 < SC \leq 0.8$ ，为磨合阶段； $0.8 < SC < 1$ ，为高水平耦合阶段^[36, 37]。

在此基础上，构建交通运输子系统和空气承载子系统的空间耦合协调度模型：

$$\begin{cases} SD = \sqrt{SC \times ST} \\ ST = a \times f_1(t) + b \times f_2(t) \end{cases} \quad (2)$$

式中： SD 为交通运输子系统和空气承载子系统的空间耦合协调度， ST 为交通运输子系统和空气承载子系统的综合性评价指标； a 、 b 为待定系数，各取值 0.5。

将式(1)代入式(2)，得到：

$$SD(i, j) = \sqrt[4]{f_1(t) \times f_2(t)} \quad (3)$$

式中： $SD(i, j) \in [0, 1]$ ，表示交通运输子系统和空气承载子系统的协调程度，是判断整个城市交通生态系统运行状况的重要指数。其值越大，两个子系统耦合协调作用力越大，空间冲突协调能力越强。 SD 可以分为四个等级： $0 < SD \leq 0.4$ ，为低度协调耦合； $0.4 < SD \leq 0.5$ ，为中度协调耦合； $0.5 < SD \leq 0.8$ ，为高度协调耦合； $0.8 < SD < 1$ ，为极度协调耦合^[36, 37]。

2.2.2 地理探测器

地理探测器(GeoDetector)是用于探测空间分异性并揭示其背后驱动因子的一种新的统计学方法和操作软

件^[38, 39]，具有因子探测、交互作用探测、风险区探测和生态探测四个功能^[39]。因子探测功能可以探测 Y 的空间分异性并探测某因子 X 多大程度上解释了属性 Y 的空间分异，用 q 值度量，表达式为：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST}, SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, SST = N \sigma^2 \quad (4)$$

式中： $h=1,2,\dots,L$ 为变量 Y 或因子 X 的分层，即分类或分区； N_h 和 N 分别为层 h 和全区的单元数； σ_h^2 和 σ^2 分别是层 h 和全区的 Y 值的方差； SSW 和 SST 分别为层内方差之和及全区总方差。 q 的值域为 $[0,1]$ ，值越大说明 Y 的空间分异性越明显。如果分层是由自变量 X 生成的， q 值越大表示自变量 X 对属性 Y 的解释力越强，反之则越弱^[39]。

2.2.3 综合权重确定法

采取熵值法和层次分析法相结合的组赋权法确定权重。首先采用熵值法确定权重，然后采用层次分析法确定权重，最后用二者乘积占乘积之和的比重作为最终权重。熵值法的具体过程如下：选取 n 个样本， m 个指标—无量纲化处理形成新的指标 z_{ij} —计算第 j 项指标下第 i 个样本占该指标的比重—计算第 j 项指标的熵值—计算信息效用值—计算各项指标的权重值。层次分析法具体过程如下：专家(邀请全国 22 个专家，其中学者教授 14 人，交通和环保部门专家 8 人)根据每一层次内各个因素的相对重要性，两两比较评分，形成矩阵，采用和积法计算权重向量，并进行一致性指标计算与检验。

2.3 数据来源

研究数据来源于 2011—2018 年《中国统计年鉴》和各省份统计年鉴，以及《中国环境年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《中国交通年鉴》《中国环境公报》《中国机动车环境管理年报》。

3 结果与分析

3.1 城市交通生态系统空间冲突测度体系

根据科学性、全面性和可操作性原则，从人口、资源、环境和发展(PRED)等角度加以考察分析^[40, 41, 42, 43]，围绕城市交通生态系统六大要素，从压力、承压和潜力三个层面，构建了一个由 24 个指标组成的城市交通运输子系统与空气承载子系统空间冲突的测度体系，并采取熵值法和层次分析法相结合的组赋权法确定权重(表 1)。通过测量两个系统间的耦合度和耦合协调度，反映二者的空间作用与空间冲突状况。耦合度反映二者相互联系程度及空间作用强度，耦合协调度反映二者整体协同程度和空间冲突状况。

表 1 城市交通生态系统空间耦合指标体系

分目标层	准则层	指标层	要素	权重
交通运输子系统(0.139)	压力类(0.084)	A ₁ 主城区人口密度/(人/平方千米)	人口	0.031
		A ₂ 主城区民用汽车密度/(辆/万平方千米)	车辆	0.013
		A ₃ 私人汽车占民用汽车的比重/%	车辆	0.027
		A ₄ 平均车流量/(辆/小时)	车辆	0.013
	承压类(0.020)	A ₅ 建成区路网密度/(千米/平方千米)	道路	0.008
		A ₆ 人均道路面积/平方米	道路	0.003
		A ₇ 人均轨道交通里程/米	道路	0.006
		A ₈ 市政道路每千米桥梁数量/座	道路	0.003

空气承载子系统 (0.861)	潜力类 (0.035)	A ₉ 主城区人口增速/%	人口	0.013
		A ₁₀ 民用汽车保有量增速/%	车辆	0.018
		A ₁₁ 城市道路长度增幅/%	道路	0.001
		A ₁₂ 人均道路面积增幅/%	道路	0.003
	压力类 (0.584)	B ₁ 机动车废气及颗粒物排放/(吨/平方千米)	空气	0.381
		B ₂ 工业废气及粉尘排放量/(吨/平方千米)	空气	0.089
		B ₃ 生活废气及粉尘排放量/(吨/平方千米)	空气	0.058
		B ₄ 环境空气质量污染综合指数	空气	0.056
	承压类 (0.116)	B ₅ 建成区绿地率/%	绿地	0.066
		B ₆ 优良空气天数比例/%	空气	0.012
		B ₇ 年均降雨量/毫米	地域	0.020
		B ₈ 日均风速大小/(米/秒)	地域	0.018
	潜力类 (0.161)	B ₉ 主要工业废气及粉尘排放增幅/%	空气	0.069
		B ₁₀ 机动车废气及粉尘排放增速/%	空气	0.079
		B ₁₁ 市区环境空气综合污染指数增幅/%	空气	0.010
		B ₁₂ 主城区优良空气天数增加幅度/%	空气	0.003

3.2 城市交通生态系统空间冲突水平测度

根据式(1)~(3)计算出2017年31个省会城市交通运输系统与空气承载系统耦合度和耦合协调度(表2)。

根据计算结果,绘制2017年31个省会城市交通运输系统与空气承载系统耦合度和耦合协调度示意图(图2)。

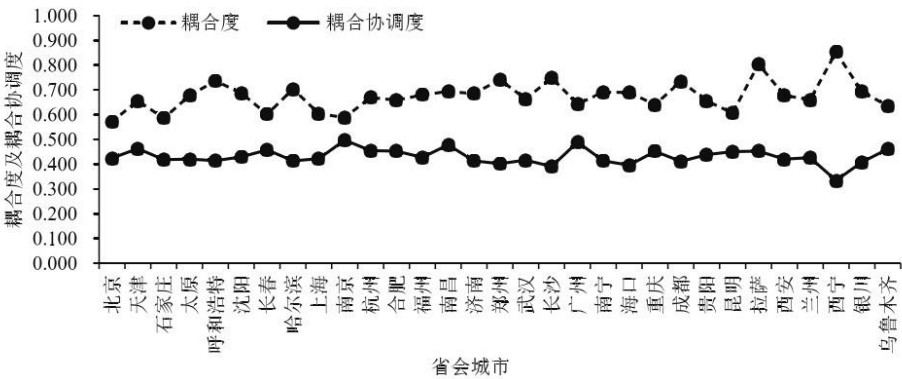


图 2 2017 年 31 个省会城市交通生态系统空间耦合示意图

从交通生态系统耦合度来看,2017 年 31 个省会城市均高于 0.5,其中耦合度最高的城市有西宁(0.853)和拉萨(0.804),最低的城市有北京(0.571)、石家庄(0.586)和南京(0.589);处于高水平耦合阶段的城市有西宁和拉萨;其他城市处于磨合阶段。31 个省会城市交通生态系统耦合度均值为 0.675,整体上处于磨合阶段,交通运输系统与空气承载系统之间作用程度较高。从交通生态系统耦合协调度来看,31 个省会城市均高于 0.3,其中耦合协调度最高的城市有南京(0.497)、广州(0.489)和南昌(0.478),最低的城市有西宁(0.334)、长沙(0.391)和海口(0.396);处于低度协调等级的城市有西宁、长沙和海口,其他城市处于中度协调等级。31 个省会城市交通生态系统空间耦合协调度均值为 0.430,整体上处于中度协调耦合,交通运输系统与空气承载系统空间冲突明显。

3.3 城市交通生态系统空间冲突时空分异特征

3.3.1 城市交通生态系统空间冲突时间分异特征

表 2 2017 年 31 个省会城市交通生态系统耦合度和耦合协调度计算结果

城市	交通运输子系统	空气承载子系统	耦合度	耦合协调度	协调度等级	城市	交通运输子系统	空气承载子系统	耦合度	耦合协调度	协调度等级
北京	0.088	0.575	0.571	0.424	中度协调	武汉	0.106	0.456	0.664	0.416	中度协调
天津	0.126	0.512	0.656	0.463	中度协调	长沙	0.107	0.384	0.749	0.391	低度协调
石家庄	0.090	0.445	0.586	0.418	中度协调	广州	0.136	0.623	0.643	0.489	中度协调
太原	0.110	0.402	0.678	0.420	中度协调	南宁	0.115	0.462	0.691	0.413	中度协调
呼和浩特	0.116	0.352	0.736	0.414	中度协调	海口	0.102	0.470	0.690	0.396	低度协调
沈阳	0.113	0.452	0.687	0.429	中度协调	重庆	0.118	0.526	0.640	0.452	中度协调
长春	0.115	0.569	0.602	0.458	中度协调	成都	0.118	0.409	0.735	0.411	中度协调
哈尔滨	0.109	0.357	0.704	0.413	中度协调	贵阳	0.120	0.512	0.655	0.439	中度协调
上海	0.080	0.544	0.604	0.422	中度协调	昆明	0.112	0.568	0.607	0.451	中度协调
南京	0.125	0.686	0.589	0.497	中度协调	拉萨	0.132	0.432	0.804	0.453	中度协调

					调						调
杭州	0.126	0.538	0.670	0.455	中度协调	西安	0.111	0.418	0.678	0.420	中度协调
合肥	0.125	0.519	0.658	0.453	中度协调	兰州	0.114	0.410	0.660	0.426	中度协调
福州	0.118	0.501	0.680	0.427	中度协调	西宁	0.091	0.206	0.853	0.334	低度协调
南昌	0.131	0.553	0.694	0.478	中度协调	银川	0.111	0.382	0.694	0.408	中度协调
济南	0.111	0.432	0.685	0.413	中度协调	乌鲁木齐	0.118	0.523	0.635	0.461	中度协调
郑州	0.112	0.368	0.742	0.402	中度协调	—	—	—	—	—	—

按照上述方法，对 2011—2016 年 31 个省会城市交通生态系统耦合度进行测算。发现自 2011 年以来，31 个省会城市交通生态系统耦合度均值保持在 0.6 以上，整体在波动中呈上升趋势；耦合协调度均值保持在 0.4 以上，整体在波动中保持平衡（图 3）。

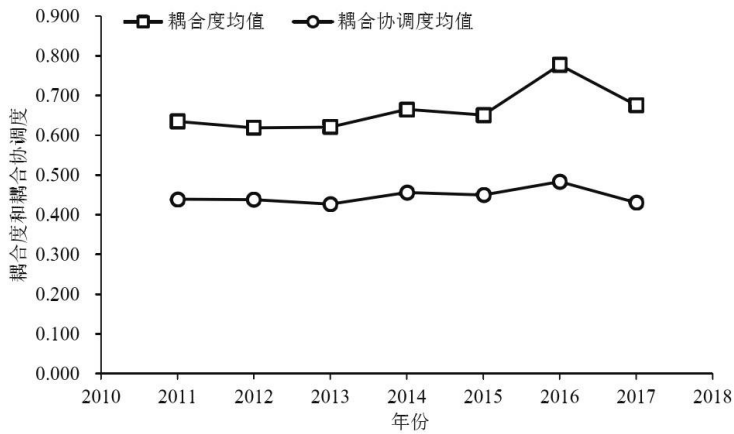


图 3 31 个省会城市交通生态系统耦合度和耦合协调度时间分布图

以自然断裂法将交通运输系统与空气承载系统耦合度和耦合协调度分为两类，并分为 2011—2013 年和 2014—2017 年两个时段进行比较，前一时段耦合度和耦合协调度均值分别为 0.625、0.434，后一时段耦合度和耦合协调度均值分别为 0.692、0.455。 χ^2 检验均显著（表 3）。可见，2014—2017 年相比 2011—2013 年城市交通生态系统耦合度和耦合协调度均有明显改善，反映了 2014 年我国新型城镇化启动以及“大气十条”实施，对城市交通生态系统的促进作用明显。

表 3 31 个省会城市交通生态系统耦合度和耦合协调度时间分异频数表

组别	耦合度				耦合协调度				合计
	实际频数		期望频数		实际频数		期望频数		
	SC<0.704	SC≥0.704	SC<0.704	SC≥0.704	SD<0.440	SD≥0.440	SD<0.440	SD≥0.440	
2011—2013 年	83	10	70	23	51	42	39	54	93
2014—2017 年	81	43	94	30	39	85	51	73	124
合计	164	53	164	53	90	127	90	127	217
显著性	x ² =16.48, P=0.000				x ² =11.97, P=0.001				—

3.3.2 城市交通生态系统空间冲突空间分异特征

从东部、中部和西部地区来看，31 个省会城市交通生态系统耦合度空间分布呈现不均衡的特点。西部地区的省会城市交通生态系统耦合度相比最高(图 4)，而东部地区的城市交通生态系统耦合协调度相比最高(图 5)。

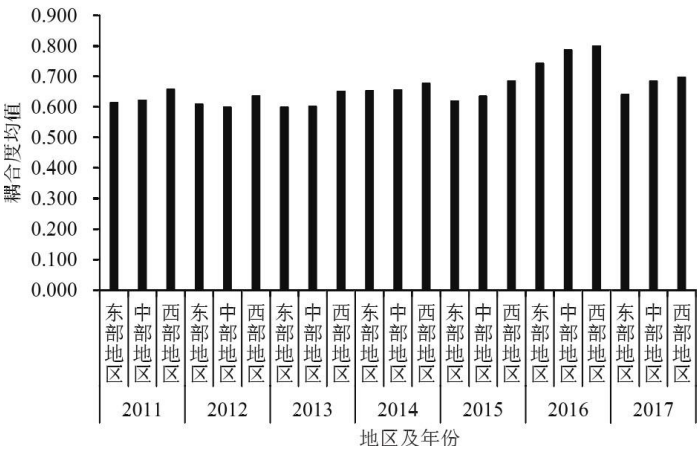


图 4 31 个省会城市交通生态系统耦合度空间分布图

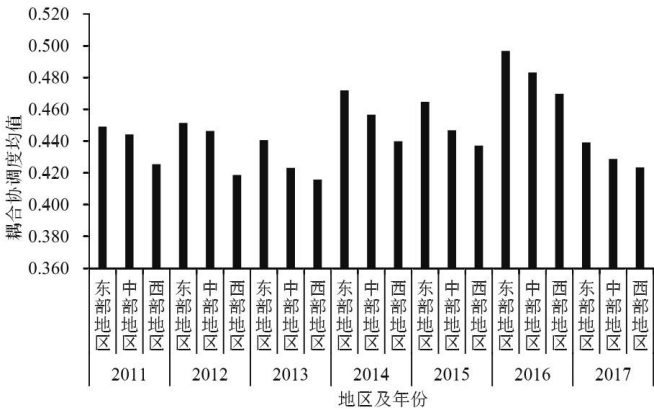


图 5 31 个省会城市交通生态系统耦合协调度空间分布图

以自然断裂法将交通运输系统与空气承载系统耦合度和耦合协调度分为两类，并将 31 个省会城市分为东部、中部和西部三个区域进行比较，三个区域耦合度均值分别为 0.641、0.657、0.688，耦合协调度均值分别为 0.459、0.447、0.433。 χ^2 检验均显著(表 4)。可见，西部地区城市交通生态系统耦合度最高，反映了西部地区生态脆弱而形成交通与生态更高的关联性；东部地区城市交通生态系统耦合协调度最高，反映了东部经济水平较高而形成了更强的交通生态协调能力。

表 4 31 个省会城市交通生态系统耦合度和耦合协调度空间分异频数表

组别	耦合度				耦合协调度				合计
	实际频数		期望频数		实际频数		期望频数		
	SC<0.704	SC≥0.704	SC<0.704	SC≥0.704	SD<0.440	SD≥0.440	SD<0.440	SD≥0.440	
东部地区	64	13	58	19	21	56	32	45	77
中部地区	46	10	42	14	28	28	23	33	56
西部地区	54	30	64	20	41	43	35	49	84
合计	164	53	164	53	90	127	90	127	217
显著性	x ² =9.48, P=0.009				x ² =9.93, P=0.007				—

3.4 城市交通生态系统空间冲突影响因子探测

3.4.1 变量设定和数据处理

有学者研究认为，城市交通、空气质量与地形地貌、人均 GDP、区域发展水平^[16,44]等因素显著相关。为此，文中以城市交通生态系统耦合度和耦合协调度为因变量，以地形地貌、人均 GDP、经济地理分区三个因素为自变量，分析其对交通生态系统空间冲突的影响。为便于比较分析，文中对 31 个省会城市进行分别归类。根据地形地貌，分为高山台地(平均海拔 1000 米以上，以高山地形为主)、以山地丘陵(平均海拔 500~1000 米，以山地及丘陵地形为主)和平原河谷(平均海拔 500 米以下，以平原河谷地形为主)三大类；人均 GDP 根据自然断裂法，分为高、中、低三大类；根据所处的经济地带，分为东部城市、中部城市和西部城市三大类。

3.4.2 地理探测结果

以 2011—2017 年 31 个省会城市交通生态系统耦合度和耦合协调度为因变量，以地形地貌、地理位置、经济地带为自变量进行因子探测(表 5)。

表 5 31 个省会城市交通生态系统空间冲突影响因子地理探测结果

Y ₁ (耦合度)	X ₁ (地形地貌)	X ₂ (经济地带)	Y ₂ (耦合协调度)	X ₁ (地形地貌)	X ₂ (人均 GDP)	X ₃ (经济地带)
----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------	-------------------------	-----------------------

q 统计量	0.091	0.057	q 统计量	0.113	0.083	0.081
P 值	0.004	0.012	P 值	0.000	0.003	0.011

结果表明，对城市交通生态系统耦合度影响显著的因素是地形地貌($q=0.091$, $P=0.004$)和经济地带($q=0.057$, $P=0.012$)，表明地形地貌和经济地带可以分别解释交通生态系统耦合度的 9.10%和 5.70%。对城市交通生态系统耦合协调度影响显著的因素是地形地貌($q=0.113$, $P=0.000$)、人均 GDP($q=0.083$, $P=0.003$)和经济地带($q=0.081$, $P=0.011$)，表明地形地貌、人均 GDP 和经济地带可以分别解释交通生态系统耦合协调度的 11.30%、8.30%和 8.10%。同时进行交互作用探测，发现因素之间交互作用显著，且均表现为双因子增加。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 31 个省会城市交通生态系统耦合整体情况较好。

31 个省会城市中交通生态系统耦合度处于磨合阶段的有 29 个(西宁、拉萨处于高水平耦合阶段)，耦合协调度处于中度协调等次的有 28 个(西宁、长沙和海口处于低度协调等级)。城市交通生态系统的内部影响和冲突相互磨合趋向缓和，交通运输系统和空气承载系统的空间协调能力提升空间较大。

(2) 31 个省会城市交通生态系统耦合时空分异明显。

从时间上看，2011—2013 年和 2014—2017 年这两个时段的城市交通生态系统耦合度和耦合协调度分异明显，后一时段相对于前一时段耦合度均值明显高出 0.067，耦合协调度均值明显高出 0.020，可见 2014 年国家启动的新型城镇化、“大气十条”治理对城市交通生态影响显著。从空间上看，东、中、西部城市交通生态系统耦合度和耦合协调度空间分异明显，西部地区耦合度均值明显高出中部和东部地区 0.031、0.046，东部地区耦合协调度均值明显高出中部和西部地区 0.012、0.026。

(3) 城市交通生态系统空间冲突显著影响因素是地形地貌和经济地带。

通过地理探测器因子探测，发现显著影响城市交通生态系统耦合度的主导因子是地形地貌和经济地带，显著影响城市交通生态系统耦合协调度的主导因子是地形地貌、人均 GDP 和经济地带。地形地貌和经济地带是影响城市交通生态系统耦合度和耦合协调度的共同因子。

4.2 讨论

党的十八大报告强调要实现“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”。党的十九大报告进一步提出了“人与自然和谐共生”“像对待生命一样对待生态环境”的新要求。而建立和谐、健康、高效的交通生态系统，提升城市交通生态系统空间耦合协调度，则是对人民群众追求美好生活新期待的重要回应。因此，需要根据城市交通生态系统耦合度的主导影响因素，结合城市经济发展水平和协调能力、地形地貌及气候特点，通过产业形态、城区布局、人口聚集、市政基础、城市功能等方面的空间重构，不断优化城市交通生态。

(1) 以高质量发展为路径，重构城市产业形态。

不同的产业形态决定了不同的交通生态，城市产业结构和产业形态是影响城市交通生态系统的决定性因素。要以高质量发展为路径，坚持“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念，结合本地资源禀赋，不断深化供给侧结构性改革，推动产业结构调整，培育绿色产业形态，为交通生态系统提供方向引领和实体支撑。要继续坚持党的十八大以来的绿色发展、创新发展和高质量发展方向，进一步丰富高质量发展的经济形态，巩固高质量发展的产业结构，形成高质量的城市交通生态系统。

(2)以产城一体化为导向，优化城区空间布局。

合理的城市空间布局是城市交通生态系统良性运行的前提。要坚持“以产兴城，以城促产，产城融合”，以产城一体化为发展方向，以产业社区为基本单元，合理布局产业空间、居住空间、交通空间及生态空间，优化产业社区内部空间结构，努力实现职住平衡，提高出行效率，减轻交通负担，缓解生态压力。要合理规划调整新旧城区、新老中心、多个业态的空间布局，推动形成“多轴带、多圈层、多中心”的疏朗有序的城市空间格局，避免产城空间分离、职住空间分割、通勤空间失衡。

(3)以城乡统筹为着眼点，引导人口合理分布。

人口是城市经济社会发展的基础，人口的空间布局是城市交通生态优化的关键。要坚持“人随产业走、服务随人走”，把握新型城镇化的新要求、新特征，完善利益调节机制，调控中心城区人口，有序吸纳农村人口，合理布局区域人口，引导人口向新城和新市镇集聚，避免人口过度“扎堆”。要注重提升城市郊区及城乡接合部的人口集聚能力，通过产业布局调整、公共资源优化、市政配套跟进、人居环境改善，吸引城市新兴居民和农村富裕居民，形成城市人口承载的新的重要区域。

(4)以耦合协调度为抓手，强化市政基础建设。

市政基础设施是城市交通生态的重要依托和城市交通生态系统耦合协调的关键要素。要坚持“保障民生需求、绿色智慧引领、提升承载能力”的建设方向，通过旧城改造与新区增容、路网畅通工程与综合管廊建设、城市生态公园与小区绿化美化等多项措施，提升城市交通运输效率、空气承载能力和交通生态容量。对于基础建设相对薄弱的西部地区，要进一步巩固新型城镇化成果，构建立体交通路网、多层生态绿网、智能指挥通信网、风险监测预警网，不断增强交通生态耦合协调能力。

(5)以生态宜居为落脚点，提升城区服务功能。

生态宜居是城市建设的总体目标，也是广大市民追求美好生活的重要诉求。要自觉把生态文明理念融入城市建设和交通生态系统建设的各方面和全过程，针对自身生态建设的压力、承载力及潜力，花大力气保护水资源，下大功夫改善空气质量，用大代价创造绿化美化环境，提升城市生态净化能力。东部地区人口密度大、交通压力大，更要在空气治理、污水防治、汽车尾气及粉尘排放管理上加大力度，全面提升城市的就业生活、教育医疗、休闲娱乐、生态养生等服务功能。

参考文献:

[1]王如松.以五个统筹力度综合规划首都生态交通[J].中国特色社会主义研究,2004(4):32-34.

[2]Von Rozycki C,Koeser H,Schwarz H.Ecology profile of the German high-speed rail passenger transport system,ICE[J].The International Journal of Life Cycle Assessment,2003,8(2):83-91.

[3]Van Der Ree R,Jaeger J A G, Van Der Grift E, et al.Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function:Road ecology is moving toward larger scales[J].Ecology and Society,2011,16(1):48-58.

-
- [4]Fahrig L,Rytwinski T.Effects of roads on animal abundance:An empirical review and synthesis[J].Ecology and Society, 2009, 14(1):21-40.
- [5]Cambi M,Certini G,Neri F,et al.The impact of heavy traffic on forest soils:A review[J].Forest Ecology and Management, 2015, 338:124-138.
- [6]徐建平, 林晓言. 中国城市客运交通生态足迹测算——以北京市为例[J]. 城市问题, 2015(9): 74-80.
- [7]Van der Ree R,Smith D J,Grilo C.Handbook of Road Ecology[M].New Jersey:Wiley-Blackwell, 2015.
- [8]徐文珍, 谢怀建. 城市道路生态品质提升研究[J]. 城市发展研究, 2013(8): 54-59.
- [9]Qian G B,Chung E.Evaluating effects of eco-driving at traffic intersections based on traffic micro-simulation[C].The Planning and Transport Research Centre (PATREC), 2011.
- [10]Forman R T T,Alexander L E.Roads and their major ecological effects[J].Annual Review of Ecology and Systematics, 1998, 29(1):207-231.
- [11]姜玉梅, 郭怀成, 郁亚娟, 等. 城市生态交通系统综合评价方法框架浅析[J]. 城市问题, 2007(4): 27-30.
- [12]Karlson M,Mörtberg U,Balfors B.Road ecology in environmental impact assessment[J].Environmental Impact Assessment Review, 2014, 48:10-19.
- [13]王汉新. 城市生态交通系统理论与实现途径[J]. 科技管理研究, 2016(1): 246-251.
- [14]马勇, 李丽霞, 任洁. 神农架林区旅游经济—交通状况—生态环境协调发展研究[J]. 经济地理, 2017(10): 215-220, 227.
- [15]王海鹰, 秦奋, 张新长. 广州市城市生态用地空间冲突与生态安全隐患情景分析[J]. 自然资源学报, 2015(8): 1304-1318.
- [16]刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005(1): 105-112.
- [17]黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J]. 地理研究, 2003(2): 211-220.
- [18]孙黄平, 黄震方, 徐冬冬, 等. 泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制[J]. 经济地理, 2017(2): 163-170, 186.
- [19]Yao L,Li X L,Li Q,et al.Temporal and spatial changes in coupling and coordinating degree of new urbanization and ecological-environmental stress in China[J].Sustainability, 2019, 11(4):1-16.
- [20]刘浩, 张毅, 郑文升. 城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价——以环渤海地区城市为例[J]. 地理研究, 2011(10): 1805-1817.
- [21]贺三维, 邵玺. 京津冀地区人口—土地—经济城镇化空间集聚及耦合协调发展研究[J]. 经济地理, 2018(1): 95-102.

-
- [22]Liu W,Wang J.Evaluation of coupling coordination degree between urban rail transit and land use[J]. International Journal of Communication Systems,2019,34(2):1-8.
- [23]董沛武,张雪舟.林业产业与森林生态系统耦合度测度研究[J].中国软科学,2013(11):178-184.
- [24]翁钢民,李凌雁.中国旅游与文化产业融合发展的耦合协调度及空间相关分析[J].经济地理,2016(1):178-185.
- [25]王成,唐宁.重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化[J].地理研究,2018(6):1100-1114.
- [26]余菲菲,胡文海,荣慧芳.中小城市旅游经济与交通耦合协调发展研究——以池州市为例[J].地理科学,2015(9):1116-1122.
- [27]郭向阳,穆学青,明庆忠.云南省旅游经济与交通系统耦合空间态势分析[J].经济地理,2017(9):200-206.
- [28]刘安乐,王成,杨承玥,等.边疆山区旅游城市的交通与旅游发展耦合关系——以丽江市为实证案例[J].经济地理,2018(1):196-203.
- [29]周国华,彭佳捷.空间冲突的演变特征及影响效应——以长株潭城市群为例[J].地理科学进展,2012(6):717-723.
- [30]Brody S D,Grover H,Bernhardt S,et al. Identifying potential conflict associated with oil and gas exploration in Texas state coastal waters:A multicriteria spatial analysis[J].Environmental Management,2006,38(4):597-617.
- [31]彭佳捷,周国华,唐承丽,等.基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度——以长株潭城市群为例[J].自然资源学报,2012(9):1507-1519.
- [32]徐建春,周国锋,徐之寒,等.城市雾霾管控:土地利用空间冲突与城市风道[J].中国土地科学,2015(10):49-56.
- [33]廖李红,戴文远,陈娟,等.平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析[J].资源科学,2017(10):1823-1833.
- [34]陈晓,刘小鹏,王鹏,等.旱区生态移民空间冲突的生态风险研究——以宁夏红寺堡区为例[J].人文地理,2018(5):106-113.
- [35]李广东,方创琳.城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析[J].地理学报,2016(1):49-65.
- [36]Li Y F,Li Y,Zhou Y,et al. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment[J]. Journal of Environmental Management,2012,98:127-133.
- [37]李志龙.乡村振兴—乡村旅游系统耦合机制与协调发展研究——以湖南凤凰县为例[J].地理研究,2019(3):643-654.
- [38]Wang J F,Li X H,Christakos G,et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region,China[J]. International Journal of Geographical Information Science,2010,24(1):107-127.

-
- [39]王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017(1): 116-134.
- [40]徐盈之, 韩颜超. 基于状态空间法的福建省各市环境承载力比较分析[J]. 华东经济管理, 2009(8): 7-11.
- [41]徐振宇, 韩禹, 庞毅. 中外对比视角下的北京城市交通拥堵治理思考[J]. 城市发展研究, 2012(10): 142-144, 148.
- [42]陈永林, 谢炳庚, 杨勇. 全国主要城市群空气质量空间分布及影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2015(11): 99-103.
- [43]丁镭, 刘超, 黄亚林, 等. 湖北省城市环境空气质量时空演化格局及影响因素[J]. 经济地理, 2016(3): 170-178.
- [44]李超, 戴雪荣. 上海城市地貌形变的生态环境效应及应对策略[J]. 长江流域资源与环境, 2011(S1): 81-86.