

基于居民出行的低碳交通结构优化研究^{*}

宋丹丹

(河南交通职业技术学院 汽车学院, 河南 郑州 450000)

摘要: 优化城市交通结构可有效降低交通碳排放。文中采用基于居民出行的碳排放模型测算 2017—2019 年郑州交通碳排放量,并运用碳排放最低目标函数构建城市交通碳排放优化模型,最后对促进郑州低碳交通发展提出措施与建议。

关键词: 城市交通;低碳交通;结构优化;居民出行

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)04-0026-03

近些年,伴随经济社会的快速发展,城市交通排放逐年增长,碳排放问题日益凸显。不同交通方式直接影响城市碳排放量,不断调整、完善城市交通结构与出行方式,可有效降低城市交通系统的碳排放量。为实现低碳低消耗、绿色可持续发展的经济发展目标,在保障城市居民正常出行需求的基础上,优化交通结构、提高城市交通出行效率成为实现城市低碳交通发展目标的基本途径和关键渠道。该文以郑州市交通碳排放为例,运用基于居民出行的碳排放方法测算交通碳排放量,以低碳交通为目标构建城市交通碳排放优化模型,并利用 MATLAB 软件中的 Linprog 函数完成郑州交通碳排放优化,为郑州市交通结构优化提供理论基础。

1 交通碳排放模型

目前,对于交通碳排放的研究较多。该文采用基于居民出行的碳排放方法,计算模型为:

$$F_i = D \times T_i \times S_i \times M_i \quad (1)$$

式中: F_i 为第 i 种交通出行方式的碳排放量(kg); D 为居民总出行量(人); T_i 为第 i 种交通出行方式的居民出行距离(km); S_i 为第 i 种交通出行方式的分担率(%); M_i 为第 i 种交通出行方式的碳排放因子[kg/(人·km)]。

按照式(1)测算郑州市 2017—2019 年各种交通出行方式的碳排放量,结果见表 1。

2 减排目标下交通碳排放优化模型

以交通碳排放量最小为目标函数,即要求在整

表 1 郑州市 2017—2019 年不同交通出行方式的碳排放量

年份	不同交通出行方式的碳排放量/万 t			
	私家车	出租车	公交车	轨道交通
2017	1 012.741	20.736	55.093	4.517
2018	1 148.346	21.642	63.565	5.916
2019	1 272.365	22.726	73.667	7.246

个出行周期内城市交通碳排放总量最小,将交通出行方式的发展规模、居民出行需求、能源消耗量、出行可达度、环境污染和土地利用等作为约束条件,建立如下城市交通碳排放优化模型:

$$\min F(x) = \sum_{i=1}^n M_i x_i \quad (2)$$

式中: $F(x)$ 为城市交通碳排放总量(kg)。

约束条件如下:

(1) 满足交通出行方式的发展规模(不同交通出行方式的周转上下限),即:

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max} \quad (3)$$

式中: $x_i^{\min}$ 、 $x_i^{\max}$ 分别为城市交通规划中第 i 种交通出行方式的周转下限和上限(人·km)。

(2) 满足居民出行需求,要求规划的交通运转总量大于居民出行需求量,即:

$$\sum_{i=1}^n x_i \geq D \quad (4)$$

式中: D 为城市居民总出行需求量(人·km)。

(3) 满足能源消耗量,要求城市交通能源消耗总量不超过能耗限制,即:

$$\sum_{i=1}^n e_i x_i \leq S_{\text{energy}} \quad (5)$$

^{*} 基金项目: 河南省社科联项目(SK1-2021-2537);2020 年度河南省高等职业学校青年骨干教师培养计划资助项目(2020GZGG084);2021 年河南交通职业技术学院校级科研项目(2021-YJXM-020)

式中: e_i 为第 i 种交通出行方式的能耗因子 $[\text{mJ}/(\text{人} \cdot \text{km})]$; S_{energy} 为城市交通所能承载的能耗限制量 (mJ) 。

(4) 满足居民出行可达度, 保证居民出行到达目的地的合理性和便捷性, 即:

$$\frac{\sum_{i=1}^n V_i x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \times t \geq R \tag{6}$$

式中: V_i 为居民选择的第 i 种交通出行方式的平均速度 (km/h) ; t 为城市居民的平均出行时间 (h) ; R 为城市的等效行驶半径 (km) 。

(5) 满足城市交通环境污染要求, 即:

$$\sum_{i=1}^n p_{i,a} x_i \leq AP_a \tag{7}$$

式中: $p_{i,a}$ 为第 i 种交通出行方式排放的第 a 种有害气体的排放因子 $[\text{g}/(\text{人} \cdot \text{km})]$, $a=1$ 表示 HC, $a=2$ 表示 CO, $a=3$ 表示 NO_x ; AP_a 为第 a 种有害气体的允许排放限值。

(6) 满足城市交通用地要求, 要求交通用地面积符合城市交通用地限制, 即:

$$\frac{\sum_{i=1}^n l_i x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \leq LR \tag{8}$$

式中: l_i 为城市交通中第 i 种交通出行方式的人均占地面积 $(\text{m}^2/\text{人})$; LR 为城市交通用地限制面积 $(\text{m}^2/\text{人})$ 。

3 郑州市交通碳排放优化

为验证城市交通结构对交通碳排放的影响, 利用交通出行结构优化模型对郑州市城市交通结构进行优化。以《郑州市统计年鉴 2019》、城市交通运行等相关数据为基础数据, 各参数取值见表 2~8。

在城市交通低碳排放的目标下, 采用 MATLAB 中 Linprog 函数对优化模型进行求解, 得出优化后各种交通出行方式的周转量: 私家车为 100.047 8 亿人 · km/年, 出租车为 15.558 1 亿人 · km/年, 公交车为 55.638 9 亿人 · km/年, 轨道交通为 60.122 8 亿人 · km/年。优化前后不

表 2 不同交通出行方式的碳排放因子 $\text{kg}/(\text{人} \cdot \text{km})$

交通方式	碳排放因子	交通方式	碳排放因子
私家车	0.146 9	公交车	0.019 8
出租车	0.110 2	轨道交通	0.017 6

表 3 不同交通出行方式下各有害气体的

排放因子 $\text{kg}/(\text{人} \cdot \text{km})$

交通方式	各有害气体的排放因子		
	HC	CO	NO_x
私家车	0.08	1.22	0.19
出租车	0.07	0.80	0.22
公交车	0.21	1.56	1.33
轨道交通	0.23	1.62	1.01

表 4 城市交通有害气体限值 $\text{万 t}/(\text{年} \cdot \text{km}^2)$

有害气体	限值	有害气体	限值
HC	0.016 2	NO_x	0.008 9
CO	0.045 4		

表 5 不同交通出行方式的占地面积 $\text{m}^2/\text{人}$

交通方式	占地面积	交通方式	占地面积
步行	8.00	出租车	36.72
自行车	0.82	公交车	2.62
私家车	30.62	轨道交通	1.92

表 6 居民选择不同交通方式的出行距离 km

交通方式	出行距离	交通方式	出行距离
私家车	14.57	公交车	9.05
出租车	12.85	轨道交通	18.06

表 7 不同交通出行方式的周转量 $\text{亿人} \cdot \text{km}/\text{年}$

交通方式	周转量	交通方式	周转量
私家车	512.563 7	公交车	287.894 6
出租车	13.229 4	轨道交通	23.095 5

表 8 不同交通出行方式的分担率 $\%$

交通方式	分担率	交通方式	分担率
私家车	58.869	公交车	30.593
出租车	1.312	轨道交通	9.226

同交通方式的周转量、分担率对比见图 1、图 2。从中可见, 优化后私家车所占交通出行比例明显减少, 公交车所占比例略有降低, 而轨道交通、出租车等公共交通出行方式的占比增幅明显。

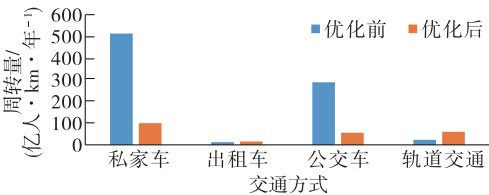


图 1 优化前后不同交通出行方式周转量对比

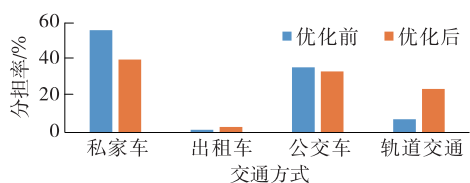


图2 优化前后不同交通出行方式分担率对比

如表9所示,优化后交通碳排放总量降低。可见,优化城市交通出行结构,大幅增加轨道交通出行比重,保持公共交通与出租车现有水平,大大减少私家车出行,可有效降低郑州市交通碳排放量。

表9 优化前后不同交通出行方式的碳排放量 万 t

排放模型	各交通方式的碳排放量				交通碳排放总量
	私家车	出租车	公交车	轨道交通	
优化前	1 272.365	22.726	73.667	7.246	1 376.004
优化后	925.289	52.464	69.457	23.725	1 070.935

4 减排措施

4.1 大力发展公共交通,倡导低碳出行

根据上述交通结构优化结果,应继续大力发展城市公共交通。根据表2,私家车的碳排放因子为0.146 9 kg/(人·km),轨道交通的碳排放因子仅为0.017 6 kg/(人·km),不断降低私家车比重,增加公共交通特别是轨道交通占比,可有效降低城市交通碳排放量。可通过合理布局、大力发展轨道交通,并鼓励居民优先选择公共交通出行,减少私家车运行比重,降低郑州市交通碳排放。

4.2 改善路网结构,缓解路段拥堵,减小出行距离

提高路网规模,改善路网结构,延长公共交通运行线路,扩大公共交通规模,改善路段拥堵,提高城市公共交通运行能力和服务质量,这些都能有效改善居民出行满意度,让更多的人更愿意选择公共交通出行。

4.3 制定符合城市交通自身特点的交通政策

有效的交通管理政策的制定能促使城市交通优化效果的更好发挥,其前提是根据实际交通发展状况和发展阶段来实施。如限行、限购等措施,如果单一地只是限行政策,可能会促使经济条件好的家庭购买第二辆车;限购只是在短时间内降低了私家车的增长,暂缓了路段拥堵和交通碳排放,并未从根本上解决居民的出行需求和意愿。建议根据实际交通资源配置情况,统筹各方面配套政策与需求,以取得较好的交通出行优化效果。

5 结语

基于交通减排目标优化城市交通出行结构可有效降低城市交通碳排放。通过对郑州城市交通结构进行优化研究与实证分析,提出大力发展公共交通、倡导低碳出行,改善路网结构、缓解路段拥堵、减小出行距离,制定符合城市交通自身特点的交通政策等措施建议,为发展郑州市低碳交通提供借鉴。

参考文献:

- [1] 张聪,贾凤娇.基于居民出行的城市交通碳排放特征及节能减排策略[J].交通与运输,2020(3):76-79.
- [2] 郑州市统计局,国家统计局郑州调查队.郑州统计年鉴2019[M].北京:中国统计出版社,2019.
- [3] 住房和城乡建设部城市交通基础设施监测与治理实验室,中国城市规划设计研究院,百度地图慧眼.2020年度全国主要城市通勤检测报告[EB/OL].[2020-05].<https://huiyan.baidu.com/cms/report/2020tongqin>.
- [4] 陈立武.低碳目标下城市交通结构优化研究[D].长沙:长沙理工大学,2018.
- [5] 陈伟迪.面向城市客运系统节能降碳的出行结构优化[D].北京:北京交通大学,2020.

收稿日期:2021-10-30

(上接第25页)

- [8] 秦雅琴,李秋谷,谢济铭.驾驶人风险感知研究综述[J].昆明理工大学学报(自然科学版),2021,46(5):125-138.
- [9] MCGOWAN A M, BANBURY S P. Evaluating interruption-based techniques using embedded measures of driver anticipation[C]//A Cognitive Approach to Situation Awareness: Theory and Application. Routledge, 2004:176-192.
- [10] 赵炳强.驾驶员动态视觉特性及其影响[J].公路交通

科技,1998,5(2):15-18.

- [11] 黄迎秋.山区与城市道路交通环境下驾驶员视觉搜索过程分析[D].西安:长安大学,2013.
- [12] 于晓雅.动态视野及其影响因素研究[D].北京:北京工业大学,2013.
- [13] 袁伟.城市道路环境中汽车驾驶员动态视觉特性试验研究[D].西安:长安大学,2008.

收稿日期:2021-10-19