

空气污染下居民出行风险感知影响因素实证研究

智路平^{1,2}, 张华歆¹, 周溪召², 吴 旻³

(1. 上海海事大学 交通运输学院, 上海 201306; 2. 上海理工大学 管理学院, 上海 200093;

3. 上海海事大学 经济管理学院, 上海 201306)

摘要: 从非集计视角对空气污染环境下居民出行风险感知的影响因素进行研究. 从风险发生可能性和风险后果严重性来观测风险感知; 以 AQI (air quality index) 指数、出行者社会经济属性及其对 AQI 信息关注度作为显变量构造结构方程模型, 验证其主效应, 进而验证 AQI 信息的调节效应. 实证结果表明: 空气污染会显著增加出行者的风险感知; 40 岁以上中年人群比青年人群对空气污染的风险感知明显减小; AQI 信息对出行者风险感知的调节作用显著, 尤其是在空气污染较为严重时更明显; 与敏感人群同行会促使出行者查询 AQI 信息, 增加出行者的风险感知.

关键词: 空气污染; 风险感知; 潜变量; 结构方程模型; 调节作用

中图分类号: U 121

文献标志码: A

Empirical Study on the Influencing Factors of Residents' Travel Risk Perception Under Air Pollution

ZHI Luping^{1,2}, ZHANG Huaxin¹, ZHOU Xizhao², WU Yang³

(1. College of Transport & Communication, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China;

2. Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

3. School of Economics & Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: People have to face the risk of serious air pollution in their daily travel. The influencing factors of residents' travel risk perception in air pollution environment were studied from the disaggregate perspective. The risk perception was taken as a latent variable, which was described from the two aspects of the subjective probability of risk and the assessment of the severity of consequences. The AQI (air quality index), travelers' social and demographic characteristics and their attention about AQI were taken as observed variables. Two structural equation models were established to verify the main effect of the above mentioned three observed variables and the moderation effect of AQI information on the travelers' risk perception. The empirical results show that: air pollution will significantly increase travelers' risk perception; the risk perception of middle aged travelers above 40 years old is much less than that of young people; the moderation effect of AQI information on travelers' risk perception is significant, especially when air pollution is very

收稿日期: 2017-09-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61273042); 上海理工大学人才引进启动项目(YJRC201601)

第一作者: 智路平(1982-), 男, 工程师. 研究方向: 交通运输规划与管理. E-mail: zhi19821027@163.com

serious; travelers who walk with sensitive people will increase the risk perception due to querying AQI information.

Keywords: *air pollution; risk perception; latent variable; structural equation model; moderation effect*

空气污染已经成为我国近几年面临的重要环境议题.大范围严重的空气污染使得人们的出行面临很大的风险,主要包括:健康受到严重威胁、城市交通拥堵日益严重、交通事故高发等.严重空气污染带来的诸多交通问题给交通管理部门提出了新的挑战.

出行者的主观风险感知是出行者做出行为决策的重要内在推动因素.对出行者风险感知的影响因素进行研究,不论从理解微观个体出行行为层面,还是从宏观制定合理交通政策层面,都可以提供较好的理论基础和实证依据.因此,对该议题进行研究具有较好的现实意义和必要性.

一些学者对个体出行风险感知进行了研究. Sjöberg 等^[1]的研究表明,个人主观的风险感知主要由其判断风险发生可能性的大小,以及风险发生后果的严重性两部分组成. Rundmo 等^[2]主要应用描述性分析和结构方程模型(SEM)对出行者采用私人交通和公共交通的风险感知问题进行研究. Elias 等^[3]通过收集以色列的意向调查(SP)数据,探讨各种风险感知因素在推动出行者上下班出行从小汽车向公共交通转移方面所产生的影响. Elias 等^[4]就地面交通系统遭遇恐怖袭击情况下的居民出行行为问题进行研究,认为人们对恐怖袭击的恐惧情绪和风险感知因素是理解以色列居民公交出行行为的核心要素. Nordfjærn 等^[5]证明除出行费用、时间等因素会影响人们的出行方式外,出行者的人格特性、风险认知等因素也是预测个体出行方式的重要因素. 樊博等^[6]对雾霾与公众情绪的关系进行检验分析,认为雾霾的变化会显著影响公众情绪的变化,雾霾影响下的公众情绪和公众的风险感知具有长期稳定的均衡关系. 另外,还有一些研究侧重于驾驶员风险感知同其驾驶行为之间关系的议题^[7-8]. 上述研究中的风险,主要是指出行过程中遭遇交通事故(如碰撞、抛锚等)、犯罪和恐怖袭击等风险. 对空气污染带来的出行风险,目前相关研究较少. 另外,负面信息的发布对出行者的主观风险感知也会带来影响. 目前关于信息对出行影响的研究,多指交通诱导信息等. 对空气污染这类环境信息的影响,相关研究较少.

空气污染对出行行为影响的研究多侧重于用集计视角. Semenza 等^[9]采用随机电话抽样调查的方法就居民对气温和空气污染的感知及行为进行分析研究. Noonan^[10]分析了亚特兰大地区空气质量警告对人们出行的影响. Tribby 等^[11]应用回归分析方法,发现发布空气质量预警信息这样的“软性”政策对降低小汽车使用的效果并不理想. 李聪颖等^[12]的研究表明,雾霾对采用不同出行方式的出行者影响程度不同,居民的出行态度受自身过去经验和对出行能力的认知影响较大.

本文从非集计研究视角,探讨空气污染环境下出行者主观风险感知的影响因素. 其中,风险感知作为潜变量,空气污染状况(AQI (air quality index)指数)、出行者社会经济属性和出行者对 AQI 信息关注度作为显变量,建立探讨出行者风险感知影响因素的 SEM 模型. 主要研究内容包括:空气污染对居民出行风险感知的影响程度;空气污染信息对出行者的风险感知影响程度;不同社会经济属性的出行者其出行感知差异识别.

1 SEM 模型框架

使用 SEM 进行变量分析. SEM 是一种实证分析模型,通过寻找变量之间内在的结构关系,去验证某种结构关系或模型的假设是否合理、模型是否正确. 其中,潜在变量是无法直接观测的,只能通过观测变量间接获得其相关信息.

本文假设:a. 空气污染这一外部环境因素会影响出行者的风险感知;b. 空气污染信息会影响出行者的风险感知,并发挥一定的调节作用.

基于以上假设,提出风险感知的影响因素:a. 出行者的社会经济属性变量,如性别、年龄、教育水平、是否有车等;b. 表示空气污染程度的环境变量,用 AQI 来代表;c. 出行者对空气污染信息的关注度,包括“一周平均查询频率”和“与敏感人群同行时是否关注 AQI”2 个变量. 风险感知作为潜变量,由出行者主观判断的风险发生可能性大小和风险后果严重性两部分构成^[1].

首先检验 AQI 指数 A_n 、出行者社会经济属性 D_n 和其对 AQI 的关注度 M_n 这 3 个显变量对风险感知的主效应影响,如图 1 所示,主效应模型包括两部分:a. 3 个显变量与风险感知潜变量的因果关系;b. 观测变量与潜变量的测量关系。

潜变量与显变量因果关系可表示为

$$L_n = \Gamma_1^L A_n + \Gamma_2^L D_n + \Gamma_3^L M_n + \zeta_n^L, \quad \zeta_n^L \sim N(0, \sum \zeta_n^L) \quad (1)$$

观测变量与潜变量的测量关系可表示为

$$I_n = \Lambda^I L_n + \varepsilon_n^I, \quad \varepsilon_n^I \sim N(0, \sum \varepsilon_n^I) \quad (2)$$

式中: L_n 为潜变量; $\Gamma_1^L, \Gamma_2^L, \Gamma_3^L$ 为各显变量对潜变量的影响系数; ζ_n^L 为随机项,服从正态分布; $\sum \zeta_n^L$ 为随机项方差表达式; I_n 为观测变量; Λ^I 为潜变量

对观测变量的影响系数; ε_n^I 为随机项,服从正态分布; $\sum \varepsilon_n^I$ 为随机项方差表达式。

在上述显变量的主效应显著的基础上,检验 AQI 信息对风险感知的调节作用,研究框架如图 2 所示。

该模型与主效应不同之处主要在于将出行者对 AQI 的关注作为调节变量,构造其与 AQI 指数的交叉项,将式(1)调整为式(3)。

$$L_n = \Gamma_1^L A_n + \Gamma_2^L D_n + \Gamma_3^L M_n + \Gamma_4^L A_n M_n + \zeta_n^L, \quad \zeta_n^L \sim N(0, \sum \zeta_n^L) \quad (3)$$

式中, Γ_4^L 为交叉项对潜变量的影响系数。

观测变量与潜变量的测量关系与式(2)相同。采用极大似然估计法(ML)进行参数估计。

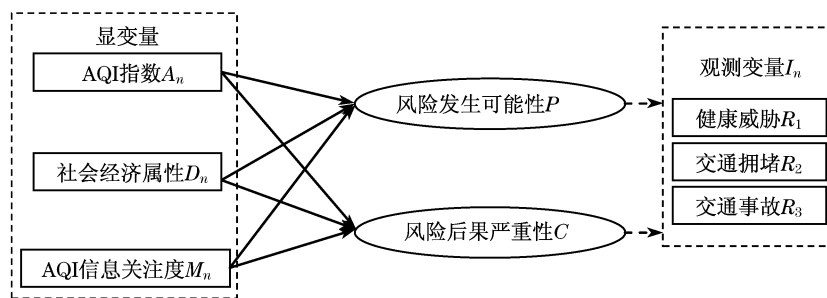


图 1 主效应模型

Fig.1 Model of main effects

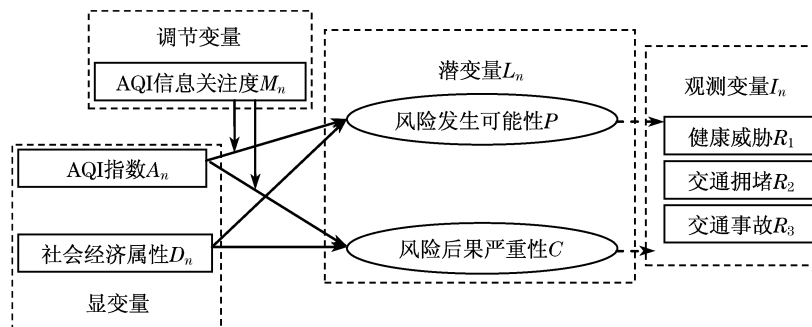


图 2 调节效应模型

Fig.2 Model of moderation effects

2 实验设计和数据

设计调查问卷,于 2015 年 9~10 月期间进行发放,收集相关数据。共收集问卷 391 份,剔除完全重复、信息不全、随意勾选等无效问卷,共有 385 份有效问卷。问卷发放采用街边调查和网络调查两部分,街边调查主要在上海市龙阳路地铁站、世纪大道地

铁站和人民广场 3 处进行。

问卷包括 3 个部分:a. 受访者在不同空气污染环境中的主观风险感知;b. 受访者的个人社会经济属性;c. 受访者对空气污染信息的关注度。

风险感知变量主要由受访者主观评估,从健康威胁、交通拥堵、交通事故这 3 种风险发生的可能性和后果的严重性进行测量。应用李克特(Linkert)五度法,其中,1 表示完全不可能/完全不严重,5 表示

可能性极大/极其严重,受访者在1~5范围内对上述3种风险打分。

受访者对空气污染信息的关注度从两方面来度量:a.一周内查询AQI信息的频率,用以度量受访者掌握空气污染信息的程度;b.与敏感人群同行时是否会关注AQI信息,这里的敏感人群指老人、幼

儿或有基础疾病的同行者,以此度量其有敏感人群同行时对空气污染信息的掌握程度。以上两变量也均用李克特(Linkert)五度法评估,1表示从不查询/完全不符合,5表示频繁查询/完全符合。所有影响因素如表1所示。

表1 SEM模型解释变量
Tab.1 Explanatory variables of SEM

分 类	变量名	定 义	变量类型
风险感知变量	风险发生可能性	P_1 :健康威胁的风险	1~5,连续变量; 1表示完全不可能 5表示极有可能
		P_2 :交通拥堵的风险	
		P_3 :交通事故的风险	
	风险后果严重性	C_1 :健康威胁的后果	1~5,连续变量; 1表示完全不严重 5表示极其严重
		C_2 :交通拥堵的后果	
		C_3 :交通事故的后果	
空气污染变量	AQI指数*	良好(基准)	哑变量,0为否,1为是
		A_1 :轻度污染(101~150)	
		A_2 :中度污染(151~200)	
		A_3 :重度污染(201~300)	
对AQI信息关注度		A_4 :严重污染(>300)	
		M_1 :一周内查询频率	
		M_2 :敏感人群同行会关注	
社会经济属性	年龄	<20岁(基准)	哑变量,0为否,1为是
		AGE_1 :21~30岁	
		AGE_2 :31~40岁	
		AGE_3 :41~50岁	
	教育水平	AGE_4 :>50岁	哑变量,0为否,1为是
		高中教育(基准)	
	是否有车	EDU :大学及以上	哑变量,0为否,1为是
		没有(基准)	
	性别	CAR :有车	哑变量,0为否,1为是
		女性(基准)	
		GEN :男性	

注:*根据AQI指数分级标准来进行划分。

3 描述性统计分析

受访者特征统计信息如表2所示(见下页)。385份样本中,218人为男性,167人为女性。年龄最小受访者19岁,最大68岁,平均年龄33岁,方差9.9

岁。87.5%的受访者接受了大学及以上教育,74%的受访者拥有至少1辆小汽车。接近19%的人会经常查询AQI信息,并有75%受访者在与敏感人群同行时会关注AQI信息。

此次调查样本的性别比例分布合理,平均年龄与2010年上海市第六次人口普查的平均年龄(35

岁)较为接近,网络调查数据占总数据的 40.4%. 由于网络调查的受访者大部分具备年轻和高教育水平的特征,所以,样本年龄稍偏年轻,且教育程度偏高. 尽管存在上述特点,此次调查数据的采集具备随机性的特点,且 18~60 岁各年龄段和受教育人群数据均已采集到,因此,可以认为此次调查的数据能够用来分析 18~60 岁人群在空气污染时其总体主观风险感知状况.

对调查结果进行分析,被调查对象的平均风险感知分布状况如表 3 所示.

从表 3 中可以看到,随着污染程度的加剧,人们总体感知到更大的风险,尤其是当污染程度达到重度以上程度时,两类风险感知变量的平均值均有明显增长.

4 SEM 模型实证分析

应用软件 MPLUS 7.0 进行参数估计. 参数估计包括 2 个步骤:a. 将出行者对空气污染信息的关注度作为直接影响因素,验证该变量对风险感知的主效应;b. 当上述变量的主效应显著后,构造 4 个 AQI 指数变量与 2 个信息关注度的交叉项,检验 AQI 信息对风险感知的调节作用. 主效应参数估计结果如表 4 和表 5 所示(见下页). *P-value* 为显著型指标,表中黑体字为具有统计学上显著性的值.

表 2 受访者特征统计
Tab.2 Statistic characteristics of responders

特征大类	特征细分	个数	百分率/%
性别	女性	167	43.3
	男性	218	56.7
年龄	≤20	25	6.5
	21~30	161	41.8
	31~40	110	28.6
	41~50	66	17.1
	>50	23	6.0
	其他	48	12.5
教育水平	大学及以上	337	87.5
是否有车	否	100	26.0
	是	285	74.0
AQI 信息查询	从不查询	6	1.6
	偶尔查询	177	46.0
	一般查询	130	33.8
	经常查询	59	15.3
	频繁查询	13	3.3
	完全不符合	10	2.6
与敏感人群 同行时会关 注 AQI 信息	比较不符合	21	5.5
	一般	64	16.6
	比较符合	140	36.4
	完全符合	150	38.9

表 3 平均风险感知分布状况
Tab.3 Distribution of average risk perception

风险感知	测量变量	优良	轻度污染	中度污染	重度污染以上
风险发生可能性	健康威胁	2.33	3.59	4.18	4.50
	交通拥堵	2.45	2.82	2.64	3.71
	交通事故	2.37	2.91	2.54	3.74
风险后果严重性	健康威胁	2.38	3.54	4.04	4.36
	交通拥堵	2.72	2.72	2.59	3.63
	交通事故	2.40	2.68	2.59	3.73

由表 5 可见,健康威胁、交通拥堵和交通事故这 3 个风险感知观测变量在用来观测出行者风险发生可能性和后果严重性上均显著,该潜变量的选取有效.同时,SEM 模型的总体拟合结果 McFadden ρ^2 为 0.116,对于现实数据的实证研究,该拟合结果比较满意. 观察表 4 中的拟合参数可知:

a. 社会经济属性变量对风险感知的影响显著.

对于风险可能性和后果严重性,男性均相比女性感知更少的风险;有车人群相比无车人群感知更

少风险,但其风险感知减少的程度很轻微(−0.017 和 −0.011),这说明小汽车在减少人们对空气污染带来的出行风险感知方面作用较小. 教育水平均不显著. 上述结果与研究预期一致.

研究发现,年龄对风险感知的作用显著,但随着年龄的增大,其参数不断降低. 可见,年龄越大,其感知的风险越小,尤其在超过 40 岁以后,年龄对出行风险感知的负效用明显加强. 这说明人们对空气污染带来的风险感知会随着年龄的增长而降低. 在 60

表 4 SEM 模型主效应模型参数拟合结果
Tab.4 Parameter estimate results of main effect SEM

变 量			估计值			
			风险发生可能性	<i>P-value</i>	风险后果严重性	<i>P-value</i>
社会经济属性	性别	女性	参照基准			
		男性	− 0.103 *	0.069	− 1.683 *	0.092
	年龄	18~20	参照基准			
		21~30 岁	− 0.146	0.200	− 0.183 *	0.086
		31~40 岁	− 0.200 *	0.086	− 0.140	0.197
		41~50 岁	− 0.413 ***	0.001	− 0.457 ***	0.000
		>50 岁	− 0.684 ***	0.000	− 0.755 ***	0.000
	教育水平	高中	参照基准			
		大学及以上	− 0.002	0.662	− 0.002	0.735
	是否有车	否	参照基准			
是		− 0.017 ***	0.002	− 0.011 **	0.021	
空气污染	良好	参照基准				
	轻度污染	0.511 ***	0.000	0.220 **	0.040	
	中度污染	0.564 ***	0.000	0.418 ***	0.000	
	重度污染	1.005 ***	0.000	0.791 ***	0.000	
对 AQI 信息关注度	严重污染	0.687 ***	0.000	0.474 ***	0.000	
	平均查询频率	0.057 *	0.080	2.736 ***	0.006	
	敏感人群同行关注	0.125 ***	0.000	4.128 ***	0.000	
McFadden ρ^2			0.116			
极大似然函数值			− 5 400.097			

注: * 表示 10% 显著性, ** 表示 5% 显著性, *** 表示 1% 显著性.

表 5 SEM 主效应模型测量变量估计结果
Tab.5 Measurement estimation results
of main effect SEM

观测变量	风险发生可能性	风险后果严重性
健康威胁可能性	1.000	
交通拥堵可能性	1.379 (0.000)	
交通事故可能性	1.459 (0.000)	
健康威胁后果		1.000
交通拥堵后果		1.467 (0.000)
交通事故后果		1.555 (0.000)

注: 括号内为 *P-value* 值

岁以内的成人群体中,对空气污染环境中出行更为敏感的是 40 岁以下青年人,而非 40~60 岁中年人.这与研究预期相反,这或许是因为我国目前 40 岁以下青年人,较多的为独生子女,社会阅历较中年人少,承担的社会家庭责任还不大,其对空气污染可能带来的负面影响会更加敏感.

b. 空气污染会明显增加出行者的风险感知.

由表 4 可见,4 个污染程度变量对 2 类风险感知变量均有显著正效应,且在污染程度达到重度时,其正效用达到最大.这说明空气污染会使人们感受到更多的出行风险,且污染程度越严重,感知风险的程度也越高.

c. 更高的 AQI 信息关注度,带来更高的风险感知.

2 个 AQI 关注度变量,其符号都为正号,说明不论是总体查询频率,还是在与敏感人群同行时对 AQI 的关注,都会增加风险感知.并且,AQI 信息带来的风险感知,很大程度是源于对后果严重性的判断(2.736 和 4.128).AQI 信息对风险感知的主效应是显著的.

在主效应模型的基础上,增加 4 个 AQI 变量和 2 个 AQI 信息变量的交叉项,检验 AQI 信息对风险感知的调节作用.调节效应模型的参数估计结果如表 6 和表 7 所示(见下页).

表 6 SEM 模型调节效应模型参数拟合结果
Tab.6 Parameter estimate results of moderation effect SEM

变 量			估计值				
			风险发生可能性	<i>P-value</i>	风险后果严重性	<i>P-value</i>	
社会经济属性	性别	女性	参照基准				
		男性	− 0.110 *	0.055	− 0.099 *	0.063	
	年龄	18~20	参照基准				
		21~30 岁	− 0.135	0.239	− 0.174 *	0.100	
		31~40 岁	− 0.190 *	0.104	− 0.132	0.222	
		41~50 岁	− 0.383 ***	0.002	− 0.435 ***	0.000	
		>50 岁	− 0.636 ***	0.000	− 0.721 ***	0.000	
		高中	高中	参照基准			
	大学及以上		− 0.002	0.723	− 0.001	0.781	
	否		参照基准				
	空气污染	是	是	− 0.016 ***	0.003	− 0.011 **	0.027
良好			参照基准				
轻度污染		轻度污染	0.155	0.764	0.100	0.833	
		中度污染	1.200 **	0.043	1.224 **	0.026	
		重度污染	1.040 ***	0.006	0.784 **	0.025	
		严重污染	0.600 *	0.099	0.440	0.191	
平均查询频率		平均查询频率	0.213 **	0.022	0.231 ***	0.008	
		敏感人群同行关注	0.018	0.783	0.007	0.913	
对 AQI 关注交叉项		良好×查询频率	良好×查询频率	参照基准			
			轻度×查询频率	− 0.133	0.310	− 0.141	0.242
	中度×查询频率	中度×查询频率	− 0.142 *	0.310	− 0.222 *	0.087	
		重度×查询频率	− 0.079	0.491	− 0.065	0.539	
	严重×查询频率	严重×查询频率	− 0.236 **	0.025	− 0.203 **	0.036	
		良好×敏感人群	参照基准				
	轻度×敏感人群	轻度×敏感人群	0.180	0.135	0.124	0.262	
		中度×敏感人群	− 0.050	0.732	− 0.039	0.771	
	重度×敏感人群	重度×敏感人群	0.054	0.478	0.048	0.493	
		严重×敏感人群	0.186 **	0.016	0.147 **	0.039	
McFadden ρ^2			0.125 4				
极大似然函数值			− 5 334.660				

注：* 表示 10% 显著性，** 表示 5% 显著性，*** 表示 1% 显著性，括号内为 *P-value* 值。

表 7 SEM 调节效应模型测量变量估计结果
Tab.7 Measurement estimation results of
moderation effect SEM

观测变量	风险发生可能性	风险后果严重性
健康威胁可能性	1.000	
交通拥堵可能性	1.372 (0.000)	
交通事故可能性	1.444 (0.000)	
健康威胁后果		1.000
交通拥堵后果		1.474 (0.000)
交通事故后果		1.557 (0.000)

注：* 表示 10% 显著性，** 表示 5% 显著性，*** 表示 1% 显著性，括号内为 *P-value* 值

由表 6 和表 7 可见，与主效应模型类似，该调节效应模型的观测变量显著，且总体拟合结果达 0.125 4，拟合结果满意。参数拟合结果表明，出行者社会经济属性变量对其风险感知的影响与主效应模型结果一致。除此之外，AQI 信息对风险感知发挥着较显著的调节作用，主要表现在：

a. AQI 信息查询频率越高，风险感知越大；当污染严重时，AQI 信息有降低风险感知的调节作用。

根据表 6 可知，变量“AQI 查询频率”的参数分别为 0.213 和 0.231，这表明该变量从总体上发挥

着增加风险感知的作用.并且,其相应4个交叉变量中,参数符号全部为负,中度污染和严重污染对应交叉项参数显著,分别为-0.142和-0.236.这说明AQI查询频率虽然会增加风险感知,但在污染程度较为严重时,其又会发挥着降低风险感知的调节作用.这是与研究预期的另一个不同.这或许是因为,出行者得知空气污染状况时,会有不安全的心理感知.AQI查询频率变量符号为正且显著,进一步说明,得知空气污染信息会增加出行者的风险感知.但在污染严重到一定程度时,获取较为全面的AQI信息,反而有助于出行者为抵御空气污染风险作出充分准备,因此,会有降低风险感知的作用.由此可见,完善空气污染的信息发布机制,能够作为交通管理者诱导出行者合理出行的有效管理方法.

b. 与敏感人群同行时对AQI的关注会增加风险感知,其作用主要体现在调节效应上.

根据表6可知,“与敏感人群同行时关注AQI”变量对风险感知变量全部不显著,但严重污染×敏感人群的交叉项参数符号为正且显著.这说明该变量对出行者风险感知的影响主要体现在其调节作用上,此时主效应失效.这与研究预期结果一致.说明出行者的风险感知不仅取决于其自身对风险的主观判断,而且还受到同伴的影响;与敏感人群同行,会令出行者更加关注外部空气质量状况,此时的空气污染信息会增大其风险感知.

5 结 论

对空气污染环境下出行者风险感知的主要影响因素进行研究,通过建立SEM模型,用风险发生可能性和风险后果严重性这2个潜变量描述风险感知,探讨AQI指数、出行者的社会经济属性和出行者对AQI信息关注度对风险感知的作用.主要研究结论:

a. 用健康威胁、交通拥堵和交通事故这3个变量作为出行者的出行风险感知观测变量,经验证该变量有效.

b. 40~60岁中年群体相比青年群体其风险感知明显降低;男性相比女性、有车群体相比无车群体感知更少的风险.

c. 出行者查询AQI的频率提高会增加风险感知;但当空气污染较严重时,AQI信息则发挥着降低

风险感知的调节作用.

d. 与敏感人群同行会促使出行者查询AQI信息,此时的AQI信息完全发挥着调节作用,增加出行者的风险感知.

研究结果表明,完善空气污染信息发布机制,可以作为有效的交通诱导方法.本研究存在数据年龄偏年轻、教育程度偏高、对老年人数据收集不够等不足.接下来将应用计划行为理论,丰富空气污染下出行者的心理变量,进一步探索空气污染对出行行为的影响机制,研究不同空气污染信息发布机制在诱导交通行为上的作用.

参考文献:

- [1] SJÖBERG L, MOEN B E, RUNDMO T. Explaining risk perception; an evaluation of the psychometric paradigm in Risk Perception Research [M]. Trondheim, Norway: Rotunde Publications, 2004.
- [2] RUNDMO T, NORDFJÆRN T, IVERSEN H H, et al. The role of risk perception and other risk-related judgements in transportation mode use [J]. Safety Science, 2011, 49 (2): 226 - 235.
- [3] ELIAS W, SHIFTAN Y. The influence of individual's risk perception and attitudes on travel behavior [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2012, 46(8): 1241 - 1251.
- [4] ELIAS W, ALBERT G, SHIFTAN Y. Travel behavior in the face of surface transportation terror threats [J]. Transport Policy, 2013, 28(1): 114 - 122.
- [5] NORDFJÆRN T, RUNDMO T. Personality, risk cognitions and motivation related to demand of risk mitigation in transport among Norwegians [J]. Safety Science, 2015, 73: 15 - 22.
- [6] 樊博, 杨文婷, 孙轩. 雾霾影响下的公众情绪与风险感知研究——以天津市微博用户为分析样本 [J]. 东北大学学报(社会科学版), 2017, 19(5): 489 - 496.
- [7] ZHOU L Z, ZHONG S Q, MA S F, et al. Prospect theory based estimation of drivers' risk attitudes in route choice behaviors [J]. Accident Analysis & Prevention, 2014, 73: 1 - 11.
- [8] DE OÑA J, DE OÑA R, EBOLI L, et al. How to identify the key factors that affect driver perception of accident risk a comparison between Italian & Spanish driver behavior [J]. Accident Analysis and Prevention, 2014, 73: 225 - 235.
- [9] SEMENZA J C, WILSON D J, PARRA J, et al. Public

- perception and behavior change in relationship to hot weather and air pollution [J]. Environmental Research, 2008, 107(3): 401 - 411.
- [10] NOONAN D S. Smoggy with a chance of altruism: using air quality forecasts to drive behavioral change [R]. Washington DC; American Enterprise Institute, 2011.
- [11] TRIBBY C P, MILLER H J, SONG Y, et al. Do air quality alerts reduce traffic an analysis of traffic data from the Salt Lake City metropolitan area, Utah, USA [J]. Transport Policy, 2013, 30(3): 173 - 185.
- [12] 李聪颖, 黄一哲, 李敢, 等. 雾霾天气对出行行为的影响机理研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2015, 47(5): 728 - 733.
- (编辑: 石 瑛)

(上接第 55 页)

- [11] CHEN L H, PENG F Z. Closed-loop gate drive for high power IGBTs[C] // Proceedings of the 24th Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition. Washington, DC, USA: IEEE, 2009: 1331 - 1337.
- [12] JI S Q, LU T, ZHAO Z M, et al. Series-connected HV-IGBTs using active voltage balancing control with status feedback circuit [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2015, 30(8): 4165 - 4174.
- [13] KIM B, JU H J, KO K C, et al. Active clamping circuit to suppress switching stress on a MOS-Gate-Structure-Based power semiconductor for pulsed-power applications [J]. IEEE Transactions on Plasma Science, 2011, 39(8): 1736 - 1742.
- [14] FINK K, BERNET S. Advanced gate drive unit with closed-loop di_c/dt control[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2013, 28(5): 2587 - 2595.
- [15] BARAIA I, BARRENA J A, ABAD G, et al. An experimentally verified active gate control method for the series-connection of IGBT/Diodes [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2012, 27(2): 1025 - 1038.
- [16] WANG Z Q, SHI X J, TOLBERT L M, et al. A di/dt feedback-based active gate driver for smart switching and fast overcurrent protection of IGBT modules[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2014, 29(7): 3720 - 3732.
- (编辑: 石 瑛)