

图5 董奉山隧道间夹岩加固示意图

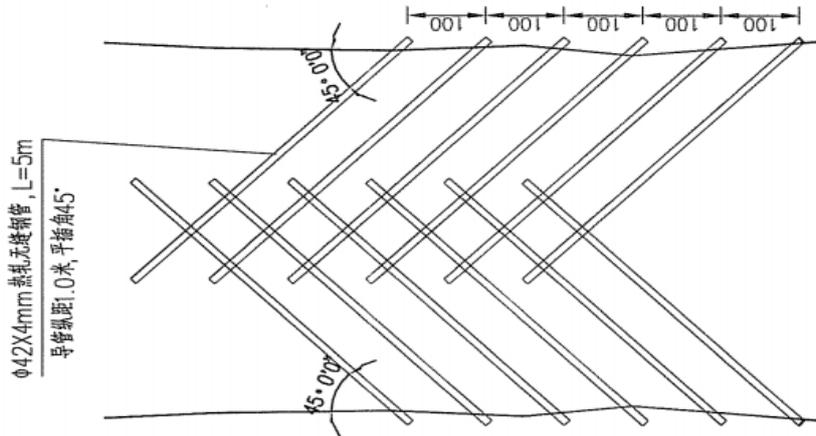


图6 董奉山隧道两洞间加固导管俯视图

## 2.7 初期支护

V围岩采用 D25 中空注浆锚杆, 注浆压力控制在 0.5-1MPa, 锚杆垫板与基面密贴。钢筋网片在系统锚杆施做后安装。搭接长度不小于一个网格长度。网片与锚杆焊接牢固。

隧道初期支护采用型钢支护。主路隧道采用工 25b 工字钢, 临时钢架采用工 16 工字钢, 纵向间距为 60cm。辅路隧道 FS5x 围岩钢架采用工 20b 工字钢, 成环设计, 纵向 60cm 一榀。钢架加工好后试拼。钢架和围岩间有空隙时用 C25 砼楔块顶紧。采用注浆锚杆对钢架进行定位, 防止钢架偏移。钢架根部锁脚固定。安装钢架前清除底部脚渣。

隧道初支采用 C25 喷射混凝土, 湿喷机械手施喷。开挖后, 先初喷厚度 4cm C20 喷射混凝土, 再施做锚杆钢筋网, 立钢架, 再复喷至设计厚度。喷射依次自下而上进行, 先喷钢架位置喷成龙骨状, 再喷平, 拱顶每次喷层厚度控制在 4~8cm, 边墙 10~15cm, 间隔 30-50min。喷射压力控制 0.3~0.5MPa 范围内。喷嘴与受喷面距离控制在 1.0~1.2m。纵向按蛇形状, 一圈压半圈。

湿喷料按配合比拌和, 严格控制外掺剂的掺量, 确保喷射混凝土的强度和回弹量。

## 2.8 二次衬砌及明洞工程

进洞后及时施工二衬。明洞段二衬施工尽量避开雨季。二衬浇筑连续一次成型, 在与洞门连接部位预埋连接筋, 以增强洞门墙的稳定。明洞两侧按规范和设计要求铺设防水板和土工布, 洞门回填应与地形相结合, 回填后及时施工防护和绿化。

仰拱开挖后及时清理干净, 钢筋安装采用定位卡保证间距均匀。仰拱两侧二衬预埋钢筋接头错开。仰拱模板采用定型整体式模板。端模安装时注意预埋止水带和防水板。仰拱回填砼在仰拱砼达到设计强度的 70%后一次性浇筑。

清除锚杆等凸出物, 水泥砂浆抹平。固定土工布, 水泥钉间距拱部 0.5m, 拱腰 0.7m, 边墙 1.0m。热熔器将防水板固定在土工布上的 PVC 垫片上。防水板焊接采用超声波焊接。防水板铺设完成后进行充气质量检验, 充气压力为 0.25MPa, 质量检验合格标准为: 5 分钟内气压下降值小于 0.2MPa。防水层接缝与衬砌施工缝错开 0.5m 以上。

二衬台车模板由专业厂家设计、验算、加工, 安装验收合格后使用。台车长度为 12m, 主路隧道台车面板采用 12mm 钢板确保刚度。模板安装前保证面板平顺, 涂刷隔离剂。施工缝处预埋好中埋式和被贴式橡胶止水带。

两侧对称交错浇筑混凝土, 浇筑速度不得过快, 用插入式振动器将混凝土边浇筑边振捣, 附着式振捣器辅助振捣密室。混凝土拆模后洒水养护。

二衬施工注意事项:

(1) 防水板铺设前清除外露的锚杆头等硬物, 保证混凝土表面平顺; (2) 防水板保留一定的松散系数, 在断面变化处增加固定点; (3) 铺设防水板与掌子面爆破开挖留有一定安全距离; (4) 绑扎钢筋和浇筑混凝土时注意保护好防水板不被破坏; (5) 防水板工作区内禁止烟火, 做好消防准备; (5) 浇筑时两边混凝土高差控制在 1m 范围内, 对称浇筑。

## 2.9 洞口段软弱围岩爆破施工

由于洞口段地质条件差等情况, 隧道进洞后都遇到中~微风化凝灰熔岩岩层, 采用弱爆破、短进尺, 小药量爆破

方式，爆破时采用多段位非电雷管。起爆顺序：掏槽眼→掘进眼→内圈眼→底板眼→周边眼。

### 2.10 软弱围岩爆破施工安全措施

(1) 隧道开挖前做好超前地质预报，采用小药量控制爆破；(2) 洞口段开挖时，如需放炮，做好排架上面挂设轮胎和竹夹板，以防飞石伤人；(3) 及时做好超前支护稳定后再开挖；(4) 及时检测锚杆拉拔力等初期支护质量；(5) 做好监控量测并及时分析，发现问题及时采取措施加固。

## 3 监控量测和超前地质预报

### 3.1 超前地质预报

超前地质预报可以提前探明前方地质情况，为隧道施工参数选择提供可靠的依据，避免施工过程中引发或诱发地质灾害，保证施工的安全和顺利进行。应贯穿于施工全过程，而且应当坚持“有疑必探、先探后掘”的原则。

### 3.2 监控量测项目

隧道出口端属于浅埋小净距段落，岩层软弱破碎，施工时易产生坍塌、掉块和冒顶。加强监控测量，确保洞口浅埋段的施工安全。隧道监控量测必测项目包括地表沉降观测；拱顶下沉；周边收敛；爆破振动监测；临近建筑物基础沉降；孔隙水压；涌水量监测。

必要时可以采用围岩压力、钢架内力、爆破震动、孔隙水压力、水量等手段监控隧道变化情况。经爆破振动量测，确定隧道口 200 多米的灵光堂、300 多米的 303 电台铁塔，附近村民家中测量都属于安全范围。

## 4 结语

我通过董奉山隧道出口端进洞和浅埋段施工、质量控制要点进行学习、不断总结。按以上技术施工、质量控制，施工过程中未出现异常。实践证明，本文四洞并进特长、特大跨境、小净距隧道施工技术及其质量控制方法是可行的。

### [参考文献]

- [1] 赵永国, 张稚光, 韩常领. 既有公路下超浅埋、偏压小间距隧道的设计与施工技术[J]. 中外公路, 2009(04).
- [2] 陈宇, 曾建雄, 刘建国, 吴锡平, 张旭玲. 既有公路下超浅埋软弱土层四车道隧道施工技术研究[J]. 铁道标准设计, 2005(10).
- [3] 丁常国. 特大跨超浅埋隧道施工技术[J]. 地下空间, 2002(03).

作者简介：邹青（1987-），男，毕业于兰州理工大学，土木工程专业，就职中铁五局集团机械化工程有限责任公司，项目总工。

## 大学生群体出行特征空间分异研究

梁维维

山东建筑大学 交通工程学院, 山东 济南 250101

**[摘要]**在城市大学生人数众多、学校周边生活设施不完善、出行方式日趋多样化的背景下, 研究以济南市为例, 将城市分为中心城区、新区和外围区进行样本数据调查, 通过统计分析及构建多元有序 Probit 回归模型、多元线性回归模型探索了高校大学生出行特征和出行行为影响因素的空间分异。研究发现对于出行频率, 中心城区最高, 外围区次之, 新区最低; 区位、性别、年级通过了显著性检验; 而且区位与之呈负相关, 性别、年级与之成正相关; 专业未通过显著性检验。对于出行距离, 性别对总出行距离和购物出行距离影响显著, 而年级和专业对其影响不显著; 区位、出行目的与出行距离呈正相关, 性别、出行方式与出行距离呈负相关; 不同区位大学生出行距离具有显著差异, 且距离比值近似为 1:2:3。出行方式在各个区位的影响都十分显著。

**[关键词]** 区位; 大学生; 出行特征; 空间分异

DOI: 10.33142/sca.v3i1.1524

中图分类号: F299.2;TU984.113

文献标识码: A

## Study on the Spatial Differentiation of College Students' Group Travel Characteristics

LIANG Weiwei

School of Traffic Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan, Shandong, 250101, China

**Abstract:** Under the background of the large number of college students in the city, the imperfect living facilities around the school and the increasingly diversified travel modes, this paper takes Jinan City as an example, divides the city into central urban area, new area and peripheral area for sample data investigation. Through statistical analysis and construction of multiple ordered probit regression model and multiple linear regression model, this paper explores the spatial differentiation of College Students' travel characteristics and influencing factors of travel behavior. The study found that for the travel frequency, the central urban area is the highest, the peripheral area is the second, and the new area is the lowest; the location, gender and grade have passed the significance test; moreover, the location has a negative correlation with it, gender and grade have a positive correlation with it; the major has not passed the significance test. For the travel distance, gender has a significant impact on the total travel distance and shopping travel distance, while grade and major have no significant impact on it; location, travel purpose and travel distance are positively correlated, gender, travel mode and travel distance are negatively correlated; the travel distance of college students in different locations is significantly different, and the distance ratio is approximately 1:2:3. The impact of travel mode in each location is very significant.

**Keywords:** location; college students; travel characteristics; spatial differentiation

### 引言

国外学者关于居民出行的行为特征研究开展较早。关于老年人户外活动频率及主要活动的出行距离等方面的相关研究, 运用定性与定量分析相结合的方法, 得出老年人出行特性和相关影响因素。关于建成环境与出行行为之间的关系研究, 主要基于日常行为分析不同类型社区居民的出行距离、出行方式及出行频率等方面的差异, 侧重从微观层面探讨建成环境对出行行为的影响。

国内研究多针对城市居民<sup>[1-4]</sup>、中小学生的出行特征<sup>[5-7]</sup>, 也有学者从不同区位/建成环境的角度以北京、上海等为对象对居民出行特征进行对比分析<sup>[8-10]</sup>。国内关于大学生行为的研究主要集中在大学生旅游、消费、就业、创业、出行等方面。关于大学生出行的研究, 多为针对特定区域内的大学生, 采用问卷调查、实证分析、构建模型等方法, 分析出行方式和出行路线的地域性差异, 出行行为特征及影响因素等<sup>[11-12]</sup>。

综上所述, 较少研究考虑从不同区位的角度分析大学生出行特征和影响因素的空间分异。研究基于济南市不同区位高校大学生出行调查数据, 试图构建回归模型对大学生群体出行特性和出行影响因素的空间分异进行探讨, 进一步提出措施以提高大学生出行质量。

### 1 研究内容

#### 1.1 调查区域与样本分析

研究选择工作日以及周末作为调查时间, 调查区域定位为济南市所辖三个行政区(历下区、历城区和长清区), 涵盖中心城区、新区和外围区, 共选取了 6 所高校。本次实地调查发放回收问卷和网上调查问卷共计 769 份, 在剔除信

息填写不完整或有明显错误的问卷之后,有效问卷 706 份,有效率达 91.8%。



图 1 调查区域

样本中男女比例为 51%: 49%。大一占 18%, 大二占 14%, 大三占 24%, 大四占 38%, 大五占 2%, 研究生占 4%。在所有受访者中,理工类占 65%, 经管类占 17%, 法学占 3%, 文艺类占 4%, 其他占 11%。

### 1.2 出行空间分异

来自于同一空间范围内的人们由于受到相同环境的影响,使得他们在交通出行行为的表现形式上存在某种程度上的相似性,而与其它空间范围内的群体之间产生了差别,这种现象称为空间分异。出行空间分异,即交通出行特征在城市空间的分布表现出了分异的现象<sup>[14]</sup>。

研究从不同区位统计分析不同性别、年级、专业下的大学生出行频率、出行目的、出行方式、出行距离等出行特性的空间分异现象,为量化大学生出行特性和出行影响因素的空间分异,以调查数据为基础,选取的变量描述如表 1 所示,选择出行频次和出行距离作为因变量分别建立多元有序 Probit 模型、多元线性回归模型,分析不同要素对其产生的影响,解释不同区位大学生出行特性影响因素是否存在显著性差异,系统揭示不同区位下大学生出行的空间分异。

表 1 回归分析中的变量属性

类别	变量	变量描述
个人属性	性别	1: 男生, 2: 女生
	年级	1~5: 大一~大五, 6: 研究生
	专业	1: 经管, 2: 理工, 3: 艺术, 4: 法学, 5: 其他
出行特征	出行频率	0: 0次/周, 1: 1~2次/周, 2: 3~4次/周, 3: 5次及以上/周
	出行距离	/Km
	出行目的	1: 休闲活动, 2: 市内出游, 3: 聚餐, 4: 回家, 5: 兼职、实习, 6: 社会实践, 7: 上校外辅导班, 8: 其他
	出行方式	1: 公交, 2: 共享单车(含自行车), 3: 网约车(含出租车), 4: 电动车, 5: 私人汽车, 6: 步行

## 2 大学生出行特性空间分异

### 2.1 出行频率

大学生工作日平均出行次数 0.95 次/人,有出行行为的大学生平均出行次数 1.82 次/人;周末分别为 0.69 次/人和 1.21 次/人。工作日男生平均出行 0.86 次,女生平均出行 1.05 次。周末男生平均出行 0.64 次,女生平均出行 0.76 次。整体而言,工作日高于周末,女生高于男生,大四明显多于其他年级。就不同区位而言,中心城区大学生出行频率最高,外围区次之,新区最低。中心城区高于整体水平,而新区和外围区都低于整体水平。

## 2.2 出行目的

不同区位大学生在工作日和周末出行均以休闲活动为主。女生回家比男生多，对家庭的依赖性比男生大。大四兼职或实习高于其它年级。不同区位的大学生出行目的构成略有差异，但总体趋于一致。

## 2.3 出行距离

中心城区男生比女生多 450m，比女生高出 8.15%；新区男生比女生多 150m，比女生高出 1.31%；外围区女生比男生多 1860m，比男生高出 10.98%。对于同一个区位出行距离，性别差异不明显。但对于不同区位，出行距离存在显著差异；三者平均出行距离比值接近 1：2：3。

中心城区大学生 90%以上出行集中在 10km 内，新区大学生出行活动基本可在 20km 范围内完成，主要分布在 5~6 公里以内和 13~16km 之内；外围区大学生出行活动基本可在 30km 内完成，除约 25%的出行需求可在长清大学城 3km 内得到满足外，其余约一半出行在 20km 以外。

## 2.4 出行方式

不同区位大学生均以公交出行为主，其次是步行、自行车和出租车等，而电动车和私家车出行仅占少数。新区大学生公交出行率为 60.91%，中心城区为 46.57%，外围区为 43.60%。女生比男生更多地选择公交和步行出行，男生出租车、自行车出行比例高于女生，这表明女生比男生更加注重出行安全，而男生对自由出行要求更高。

表 2 大学生出行方式构成 (%)

	公交	出租车	步行	电动车	自行车	私家车	其他
中心城区	46.57	6.87	22.84	1.94	17.76	2.69	1.34
新区	60.91	11.59	10.23	1.59	9.56	4.34	1.78
外围区	43.60	12.80	14.80	3.20	16.50	6.40	2.70

注：共享单车包含在自行车中。

在不同出行距离下公交出行占比在 30%~70%，2km 内步行占比超 40%，出租车出行在 5~10km 内占 20.14%，网约车出行在 10~15km、>20 km 范围内均占 15%左右。大学生出行频率随出行距离增加而下降。

## 3 大学生出行影响因素空间分异

### 3.1 出行者特性对大学生出行的影响

利用方差分析的方法，通过对样本均值差别的显著性检验，分析区位、性别、年级、专业属性四种因素对出行特征分析指标（出行目的、出行距离、出行方式）影响的显著性大小。

通过方差分析可以看出，四种因素都对出行特征具有显著的影响。在出行目的当中，四者均影响显著；在出行距离中和出行方式中，专业显著性不明显。其中，区位在出行距离和出行方式中影响显著，性别、年级对出行距离和出行目的影响显著，专业对出行目的影响显著。

表 3 因素方差分析表

分析指标	区位		性别		年级		专业	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
出行目的	2.930	0.054	7.623	0.006	3.803	0.002	2.451	0.044
出行距离	383.058	0.000	20.079	0.000	4.194	0.001	1.851	0.117
出行方式	11.554	0.000	2.939	0.087	2.979	0.011	1.025	0.393

### 3.2 大学生出行频率影响因素分析

对原始数据进行处理，选取信息完整的样本进行分析，基本符合回归建模的样本要求。将出行频率作为因变量，个人属性及出行属性作为解释变量进行回归建模分析。建立多元有序 Probit 模型分析影响大学生工作日出行频率的影响因素。模型如下：

$$y^* = \beta_i X_i + \varepsilon_i \tag{1}$$

其中， $\beta_i$  为带估参数， $X_i$  为解释变量， $\varepsilon_i$  是服从标准正态分布的随机误差。

$$y_i = \begin{cases} 1, & y^* \leq \alpha_1 \\ 2, & \alpha_1 < y^* \leq \alpha_2 \\ 3, & y^* > \alpha_2 \end{cases} \tag{2}$$

式中，为决定样本组别的组别分类样本点，即临界值（阈值），y 对 X 的条件概率的计算方程组为：

$$\begin{cases} P(y=1|X) = P(y^* \leq \alpha_1) = \phi(\alpha_1 - \beta X) \\ P(y=2|X) = P(\alpha_1 < y^* \leq \alpha_2) = \phi(\alpha_2 - \beta X) - \phi(\alpha_1 - \beta X) \\ P(y=3|X) = P(y^* \leq \alpha_2) = 1 - \phi(\alpha_2 - \beta X) \end{cases} \quad (3)$$

出行 1 次的概率为

$$P_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\alpha_1 - \beta X} e^{-t^2/2} dt \quad (4)$$

出行 2 次的概率为

$$P_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\alpha_1 - \beta X}^{\alpha_2 - \beta X} e^{-t^2/2} dt \quad (5)$$

出行 3 次的概率为

$$P_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\alpha_2 - \beta X}^{\infty} e^{-t^2/2} dt \quad (6)$$

表 4 有序 Probit 模型估计结果

出行频率	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
区位	-0.631	0.098	-6.470	0.000	-0.823	-0.440
性别	0.444	0.148	3.000	0.003	0.154	0.733
年级	0.420	0.059	7.140	0.000	0.304	0.535
专业	-0.091	0.059	-1.550	0.122	-0.206	0.024
对数似然比			103.600			
虚拟判定系数			0.059			
Prob > chi2			0.000			

通过对相关参数分析发现，区位、性别、年级通过了显著性检验，而且区位与出行频率呈负相关，性别、年级与之成正相关。专业未通过显著性检验。表明区位、性别、年级对大学生出行频率影响强烈。专业未通过显著性检验的可能解释是：在变量设置赋值上，没有将变量的内在逻辑进行有效区分。例如在专业的赋值上，不同专业之间不存在高低之分，赋值却有意进行等级设置<sup>[3]</sup>。

### 3.3 大学生出行距离影响因素分析

研究选择出行距离作为因变量，个人属性作为自变量进行多元回归建模分析。因距离与各因素不成线性相关，对距离取对数处理。构建模型如下：

表 5 大学生出行距离影响因素分析

模型	总出行距离		Sig.	休闲活动出行距离		Sig.	购物出行距离		Sig.
	β	Std. Err		β	Std. Err		β	Std. Err	
常量	0.515	0.127	0.000	0.236	0.174	0.176	0.193	0.378	0.610
区位	0.915	0.037	0.000	1.013	0.057	0.000	0.838	0.098	0.000
性别	-0.277	0.052	0.000	-0.298	0.076	0.000	-0.238	0.158	0.134
年级	0.018	0.022	0.392	0.027	0.030	0.373	0.096	0.066	0.147
专业	0.010	0.024	0.689	0.051	0.033	0.121	-0.077	0.097	0.430

通过模型分析发现，区位对出行距离影响显著，尤其是对购物出行距离，回归系数跃升为 1.013；随着区位外延出行者出行距离增加。性别对总出行距离和购物出行距离影响显著，女生休闲活动、购物出行距离多于男生。而年级和专业对出行距离影响不显著。

中心城区出行平均距离为 0.97km，新区为 2.22km，外围区为 2.57km。F 值为 367.81，F-crit 为 3.00，P<0.01。可见不同区位大学生出行距离的确存在明显差异，说明不同变量对大学生出行距离的影响可能存在显著差异，需分区位建模来研究不同区位大学生出行距离的影响因素的空间分异。这与马静研究的北京居民购物出行影响因素空间异质