

# 淮安市公交乘客上下车行为特性分析

王敏<sup>1</sup>, 许琳<sup>2</sup>, 黄旭<sup>1</sup>, 朱红建<sup>1</sup>, 吴鼎新<sup>1,3</sup>

(1.淮阴工学院 交通工程学院, 江苏 淮安 223003; 2.南通理工学院 商学院, 江苏 南通 226002;

3.东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:**实施公交优先是缓解交通拥挤、降低空气污染的重要举措。为提高出行者使用公共交通的比例,除优化车辆运行外,还需优化公交系统,包括乘客使用公交车的便利性。然而现有研究并没有深入讨论乘客上下车行为对公共交通运行的重要作用。文中基于江苏淮安公交车运行现状,从上车时间、下车时间、公交车结构特征等方面探索乘客上下车行为特征,并对如何提高城市公交车上下车效率提出建议。

**关键词:**城市交通;公共交通;乘客上下车行为;时间特性;车辆结构特征

中图分类号:U492.4

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2018)06-0032-06

国内外许多学者对公交车乘客上下车行为特性进行了研究。吴鼎新等从乘客个人因素分析,发现乘客的性别、年龄、职业对其公交车上下车行为有显著影响;王剑梅研究发现客观因素如踏步级数和踏步高度、车门形式和车门宽度,主观因素如天气、携带行李情况等都会影响乘客上下车效率;王希认为乘客上下车时间是公交出行延误的一个主要原因,并提出了减少乘客上下车时间的优化方案;曹守华等发现乘客上车时间具有分段特性,并建立了分段式数学模型;Richard P. Guenther 等认为按照乘车距离长短确定票制的形式对乘客上下车行为有一定影响;Wiggenraad H. K. Lam 等研究发现列车车门宽度对乘客上下车时间有重要影响;Peard M. 研究乘客在站台上和车厢内的行为特性,认为该因素影响乘客的上下车时间;文献[9]认为公交车站乘客上下车行为受车型和售票方式的影响;Jaiswal S. 等研究发现公交车在大型公交停靠站的停靠时间与停靠站内等待的乘客数量成正相关关系;徐康明等提出快速公交专用道和站台收费方式可确保快速公交系统高运能和快速;韩宇等认为影响乘客上下车效率的主要是人为因素,乘客群体层次差异对整体效果有一定影响;郑宣传发现上下车乘客的平均速度服从对数正态分布。通过分析公交乘客上下车行为特性,可最大程度减少乘客的上下车时间及公交车停车等待时间,并能较大程度上减少乘客出行的时间成本,对提高公交乘客上下车效率具有重大意义。该文基于公交车车型、车门宽度、车门类别、踏步级数及踏步高度等相关参数观察乘客上下车模式,采

集上下车时间数据进行特性分析。

## 1 淮安市公共交通现状

### 1.1 人口、交通发展情况

近年来,随着淮安市经济的快速发展及城镇化、机动化进程的不断加快,城市人口数量每年以 3% 左右的幅度增加,截至 2016 年城镇人口已达 291.84 万人(见图 1)。

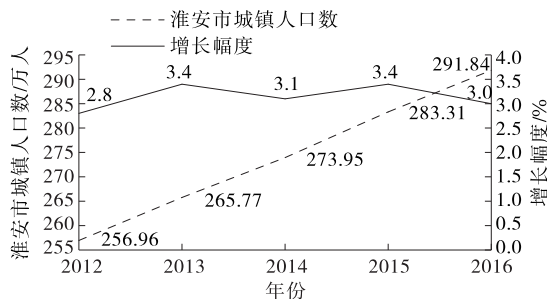


图 1 淮安市城镇人口统计

城市人口的增加和生活水平的提高,使人们对交通的需求增加,对出行时间成本和出行效率的要求也提高。同时私家车数量快速增加,如图 2 所示,淮安市全市的私家车数量从 2013 年的 24.696 3 万辆增加到 2016 年的 39.762 3 万辆,增加 61% 左右;市区从 12.545 7 万辆增加到 27.161 1 万辆,增加 116.5%。另外,由于市场的需求,出租车数量逐年增加,截至 2016 年达到 26 446 辆,比 2013 年增加 9 258 辆。汽车保有量的增加,给城市交通带来巨大压力,车、路矛盾日益激化,引起交通拥堵及环境污染,严重影响人们的日常生活。

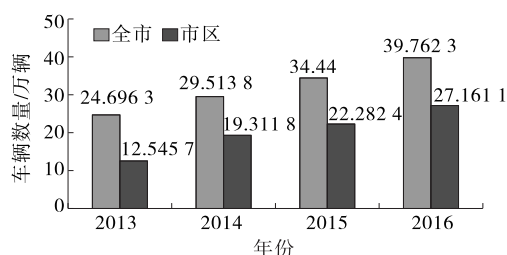


图2 淮南市全市与市区私家车统计

## 1.2 案例调查

2017年5月—2018年3月,选取节假日、工作日不同时间段,对淮南市淮海路及周围辐射路线多个公交站点进行调查,选取淮南市二院、新亚广场、汽车总站等具有代表性、客流量较大的站台进行实地观测。初步调查发现乘客上下车呈现如下规律:

(1) 乘客上下车时间与上下车乘客数量的关系。当上下车乘客很多时,乘客会呈扇形挤在门口,乘客之间会发生拥挤,个人上下车时间变长,导致整体时间也变长。乘客上下车尤其是上车时,数量相等的乘客自觉排成一队或两队有序上车所花时间远小于一拥而上挤在门口上车所花时间。

(2) 乘客上下车时间与车内剩余空座位的关系。车内剩余空座位充足时,乘客上车速度较平缓;车内剩余座位数量不多时,先上车的乘客速度会相对加快;已上车的乘客将空座位坐满时,由于车内较拥挤,后方乘客上车速度会降低,所花时间会增加。

(3) 乘客上下车时间与其携带行李数量的关系。乘客随身携带行李的体积较小且重量较轻时,其对上下车时间的影响可忽略不计;而携带的行李过大、过重时,其上下车时间将增加。

(4) 乘客上下车时间与公交车结构的关系。1) 公交车踏步级数。淮南市公交车上下车有1、2级踏步之分,乘客通过1级踏步上下车的时间少于2级踏步的时间,对于自身状况不太好的乘客尤为明显。2) 公交车车门宽度。在一定范围内,公交车车门较宽,乘客上下车拥挤程度较轻,花费时间相对较少。3) 公交车车门类别。淮南市公交车车门有推拉门、折叠门、内摆门3种。车门类别主要对第一位下车乘客有影响,对乘客下车时间影响差异不大,主要是3种车门的便捷性和开关时间有所差异。4) 车内通道宽度。乘客上车时,车内通道越宽,越容易造成车内拥挤,所花时间相对较少。

(5) 乘客上下车时间还受诸多非交通系统因素的影响。1) 自然因素。正常条件下,晴天或阴天

时,天气对乘客上下车的影响可忽略不计。而在下雨或下雪等恶劣天气时,乘客在上下车时会有收伞或撑伞等动作,会延长其上下车时间。2) 乘客自身因素。一是乘客性别,男士步幅较大,上下车速度相对于女士较快;二是乘客年龄,根据年龄将乘客分为儿童、青少年、中年人和老年人,青少年的上下车速度比其他3个年龄段的快,儿童与老年人相对较慢;三是乘客身体状况,部分乘客由于自身原因,上下车有所不便,如走路不稳的儿童、孕妇及身体有缺陷、年龄大的乘客,其所花时间相对于正常人偏多。

## 2 数据处理与分析

### 2.1 上车时间分析

#### 2.1.1 性别分析

乘坐公交车的男性乘客占41.80%,女性乘客占58.20%。据观察,公交车、私家车和出租车的男性驾驶员数量多于女性,男性更偏向于使用私家车出行,公交车的女性乘客较多。把男、女乘客上车时间划分不同时间段,用直方图反映其分布次数,并拟合正态曲线(见图3),观察男、女乘客上车时间分布。对男、女乘客上车时间数据进行统计分析(见表1),观察男、女乘客上车时间特征,比较上车时间在性别方面的差异。

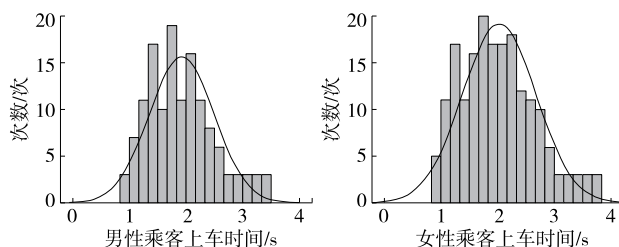


图3 公交车男、女乘客上车时间分布

由图3和表1可知:男、女乘客上车时间在各个时间段都有分布,男性乘客上车时间集中在1.46~2.28 s,女性集中在1.52~2.44 s;男、女乘客上车时间偏度均大于零,呈右偏态,主要集中在平均数左边;峰度均小于零,与正态分布相比较平坦,呈现平缓;平均数和百分位数男、女差异较小。

将男、女乘客上车时间调查数据分成2个组别,进行非参数检验,选择K-S检验分布,检验结果显示公交乘客上车时间服从泊松分布。选择显著水平 $\alpha=0.05$ 进行卡方检验,结果见表2。由表2可知: $P$ 值为0.434,大于 $\alpha=0.05$ ,接受原假设,即不同性别公交乘客的上车时间不存在显著性差异。

表 1 公交车男、女乘客上车时间描述

s

性别	平均上车时间	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值	百分位数		
							25	50	75
男	1.928 5	0.585 1	0.542	-0.241	0.95	3.44	1.46	1.86	2.28
女	2.022 5	0.652 0	0.430	-0.408	0.89	3.78	1.52	1.98	2.44

表 2 公交车男、女乘客上车时间卡方检验

项目	数值	df	显著性 (P 值)
皮尔森卡方	168.370	166	0.434
概似比	225.565	166	0.001
线性对线性关联	1.186	1	0.276

### 2.1.2 年龄分析

将调查对象分成儿童、青少年、中年和老年 4 个年龄段,分析不同年龄段乘客上车时间差异。上车

乘客中 4 个年龄段的占比分别为 12.07%、21.16%、36.53%和 30.34%,中年人最多,老年人次之,儿童最少。各站台不同年龄段乘客分布不同,如淮安汽车总站中年人居多,新亚公交站青少年居多,市二院公交站老年人远比其他公交站多。对各年龄段乘客上车时间数据进行统计分析(见表 3),并比较各年龄段乘客上车时间(见表 4),观察各年龄段乘客上车时间特征,比较上车时间在乘客年龄方面的差异。

表 3 公交车各年龄段乘客上车时间描述

s

年龄	平均上车时间	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值	百分位数		
							25	50	75
儿童	2.042 8	0.595 4	0.232	-0.740	1.16	3.31	1.500 0	2.120 0	2.380 0
青少年	1.612 2	0.505 2	0.659	-0.336	0.89	2.84	1.212 5	1.520 0	1.977 5
中年人	1.973 8	0.581 4	0.825	0.536	0.92	3.71	1.585 0	1.845 0	2.262 5
老年人	2.218 1	0.637 8	0.094	-0.577	1.07	3.78	1.702 5	2.230 0	2.680 0

表 4 公交车各年龄段乘客上车时间比较

年龄	对比年龄	标准错误	P 值	95%信赖区间	
				下限	上限
青少年	儿童	0.123 0	0.001	0.174 0	0.657 8
	中年	0.113 1	0.646	-0.170 4	0.274 5
	老年	0.115 9	0.132	-0.403 3	0.052 8
中年	青少年	0.093 2	0.000	-0.547 2	-0.180 5
	老年	0.096 6	0.000	-0.781 2	-0.401 1
老年	青少年	0.083 7	0.007	-0.391 9	-0.062 7

由表 3 可知:青少年上车平均时间最短,中年人次之,老年人最慢。4 个年龄段乘客偏度都大于零,呈右偏态,儿童上车时间集中在 1.5~2.38 s,青少年集中在 1.212 5~1.977 5 s,中年人集中在 1.585~2.262 5 s,老年人集中在 1.702 5~2.68 s。峰度只有中年乘客上车大于零,呈现尖峰;另外 3 个年龄段都小于零,呈现平峰。

由表 4 可知:青少年与另外 3 个年龄段相比,P

值小于显著水平  $\alpha=0.05$ ,表明青少年的上车时间与另外 3 个年龄段存在显著差异;儿童乘客上车时间与中、老年人相比,P 值大于显著水平  $\alpha=0.05$ ,表明儿童与中、老年乘客上车时间不存在显著差异;中年乘客上车时间与老年人相比,P 值小于  $\alpha=0.05$ ,表明中年与老年乘客上车时间存在显著差异。

由于在性别方面公交乘客上车时间服从泊松分布,在此只进行卡方检验,显著水平  $\alpha$  取 0.05。结果显示,P 值为 0.11,大于  $\alpha=0.05$ ,接受原假设,即各年龄段乘客上车时间之间没有显著差异。

### 2.2 下车时间分析

#### 2.2.1 性别分析

男、女乘客下车时间分布见图 4、见表 5。由图 4 和表 5 可知:男性乘客下车时间略短于女性乘客,男性乘客下车时间集中在 1.2~1.77 s,女性乘客集中在 1.23~1.85 s;男、女乘客下车时间偏度都大于零,呈右偏态,女性乘客右偏态情况比男性强;男、女乘客下车时间最小值与最大值范围较大,据现场调查,部分下车时间过长是由于乘客携带体积较大的

行李或堆放婴儿车;男、女乘客下车时间峰度都大于零,呈现尖峰,女性乘客陡峭程度更高,主要集中在 1.53 s。

将 400 名男、女乘客(各 200 名)的下车时间绘制散点图(见图 5),观察男、女乘客下车时间差异。从图 5 来看,男、女乘客下车时间在各时间段均有分布,且分布较均匀。

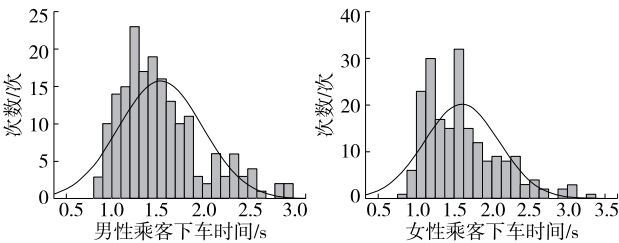


图 4 公交车男、女乘客下车时间分布

表 5 公交车男、女乘客下车时间描述

性别	平均下车时间	中位数	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值	百分位数		
								25	50	75
男	1.540 1	1.44	0.464 84	0.984	0.551	0.80	2.97	1.200 0	1.440 0	1.770 0
女	1.616 3	1.53	0.526 43	1.387	2.894	0.84	4.22	1.230 0	1.530 0	1.857 5

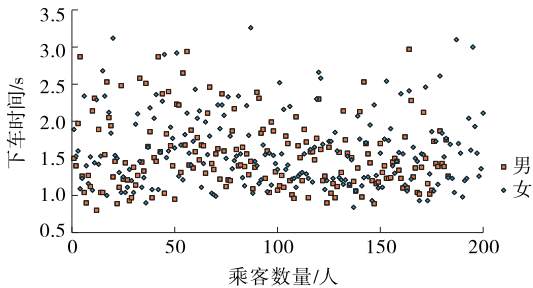


图 5 公交车男、女乘客下车时间分布

把男、女乘客下车时间调查数据分成 2 个组别进行非参数检验,选择 K-S 检验分布。结果显示,公交乘客下车时间服从泊松分布。进行卡方检验,

显著水平  $\alpha$  取 0.05。结果显示, $P$  值为 0.254,大于  $\alpha=0.05$ ,接受原假设,即不同性别公交乘客的下车时间不存在显著差异。

2.2.2 年龄分析

各年龄段乘客下车时间统计分析见表 6。由表 6 可知:青少年乘客下车平均时间最短,中年人次之,儿童最慢。4 个年龄段乘客偏度都大于零,呈右偏态,儿童下车时间集中在 1.562 5~2.377 5 s,青少年集中在 1.12~1.54 s,中年人集中在 1.14~1.70 s,老年人集中在 1.47~2.22 s。峰度只有儿童乘客小于零,呈现平峰;另外 3 个年龄段都大于零,呈现尖峰,其中老年乘客陡峭程度最大。

表 6 公交车各年龄段乘客下车时间描述

年龄	平均下车时间	中位数	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值	百分位数		
								25	50	75
儿童	2.021 2	2.085	0.573 76	0.049	-0.623	0.98	3.12	1.562 5	2.085 0	2.377 5
青少年	1.369 1	1.350	0.329 81	0.951	1.042	0.80	2.43	1.120 0	1.350 0	1.540 0
中年人	1.477 0	1.390	0.410 72	1.099	1.178	0.89	2.90	1.145 0	1.390 0	1.700 0
老年人	1.872 7	1.750	0.562 94	1.117	2.056	1.02	3.26	1.470 0	1.750 0	2.220 0

对各年龄段乘客下车时间进行卡方检验,显著水平  $\alpha$  取 0.05。结果显示, $P$  值为 0.018,小于  $\alpha=0.05$ ,拒绝原假设,各年龄段乘客的下车时间存在显著差异。

2.3 公交车车门特征分析

淮安市公交车车门有折叠门、内摆门和推拉门 3 种。折叠门由于可靠性、舒适性较差,一般用于农工班线 and 小型公交,且折叠门密封性不强,若工作时

间过长,会出现关闭不严的情况。内摆门相对于折叠门开门快、通道宽、乘客上下车方便,且内摆门内侧安装上下车扶手,乘客上下车方便、安全性高。但内摆门打开时需要一定的旋转空间,开门时乘客不能靠近车门,只有车门完全打开后乘客才能下车。另外,当车内乘客较多时,内摆门打开会有一定挤压危险。推拉门由两扇门组成,车门打开时两扇门沿滑轨滑到车体外,其开关不占用车内面积,乘客可站

立在车门附近且没有安全问题,车门一打开即可下车,效率更高。

200 名乘客通过 3 种车门的下车时间见图 6、表 7。由图 6、表 7 可知:3 种车门的下车时间为 0.5~3.0 s,在 1.5 s 附近分布密集;推拉门的下车时间集中在 1.36~1.81 s,内摆门集中在 1.44~1.75 s,折叠门集中在 1.55~1.86 s;乘客在推拉门下车的用时最少,内摆门门次之,折叠门最慢;乘客从推拉门下车的时间分布呈现轻微左偏态和较缓的平峰,内摆门和折叠门的时

间分布则呈现右偏态和较陡的尖峰。

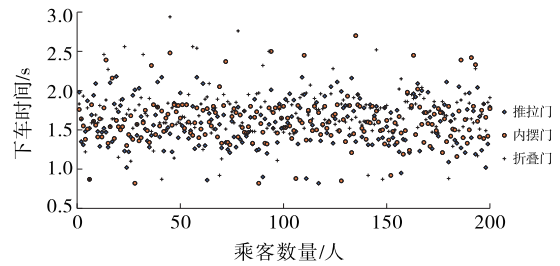


图 6 公交车不同类别车门时乘客下车时间分布

表 7 公交车不同类别车门时乘客下车时间描述

车门类别	平均下车时间	中位数	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值	百分位数		
								25	50	75
推拉门	1.588 3	1.57	0.295 0	-0.022	-0.511	0.82	2.18	1.360 0	1.570 0	1.810 0
内摆门	1.607 1	1.59	0.292 8	0.761	2.686	0.82	2.70	1.440 0	1.590 0	1.750 0
折叠门	1.713 0	1.69	0.316 8	0.416	2.486	0.87	2.94	1.552 5	1.690 0	1.860 0

将 3 种车门的乘客下车时间调查数据分成 3 个组进行非参数检验,选择 K-S 检验分布。结果显示,不同类别车门的乘客下车时间服从泊松分布。进行卡方检验,显著水平  $\alpha$  取 0.05。结果显示, $P$  值为零,小于  $\alpha=0.05$ ,拒绝原假设,不同类别车门的公交乘客下车时间存在显著差异。

## 2.4 踏步级数分析

### 2.4.1 上车分析

400 名乘客在 1、2 级踏步公交车的上车时间见图 7、表 8。由图 7 和表 8 可知:乘客通过 1 级踏步的上车时间少于 2 级踏步,1 级踏步的上车时间集

中在 1.69~2.06 s,2 级踏步集中在 2.01~2.527 5 s。初步判定 1、2 级踏步公交车的乘客上车时间存在显著差异。

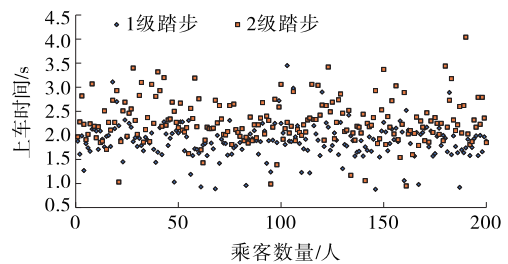


图 7 公交车不同踏步级数时乘客上车时间分布

表 8 公交车不同踏步级数时乘客上车时间描述

踏步级数/级	平均上车时间	中位数	标准差	最小值	最大值	百分位数		
						25	50	75
1	1.879 6	1.89	0.367 1	0.88	3.45	1.690 0	1.890 0	2.060 0
2	2.281 7	2.22	0.459 2	0.95	4.04	2.020 0	2.220 0	2.527 5

根据上述分析,乘客上下车时间服从泊松分布,故直接进行卡方检验,显著水平  $\alpha$  取 0.05。结果显示, $P$  值为 0.001,小于  $\alpha=0.05$ ,拒绝原假设,乘客通过 1、2 级踏步的上车时间存在显著差异。

### 2.4.2 下车分析

400 名乘客通过 1、2 级踏步的下车时间见图 8 和表 9。由图 8 和表 9 可知:乘客通过 1 级踏步下车花费的时间少于 2 级踏步,1 级踏步下车时间集中在 1.03~1.93 s,2 级踏步集中在 1.68~2.06 s。

初步判定公交乘客通过 1、2 级踏步的下车时间存在显著差异。

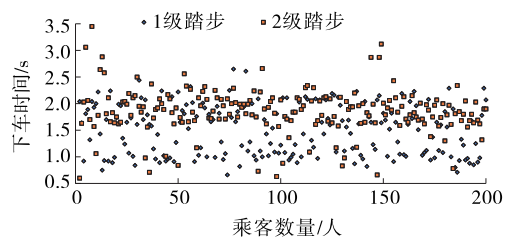


图 8 公交车不同踏步级数时乘客下车时间分布



表 9 公交车不同踏步级数时乘客下车时间描述

踏步级数/级	平均下车时间	中位数	标准差	最小值	最大值	百分位数		
						25	50	75
1	1.501 5	1.55	0.475 2	0.66	2.65	1.030 0	1.550 0	1.927 5
2	1.850 7	1.87	0.433 5	0.60	3.45	1.680 0	1.870 0	2.067 5

对不同踏步级数的乘客下车时间进行卡方检验,显著水平  $\alpha$  取 0.05。结果显示, $P$  值为 0.019,小于  $\alpha=0.05$ ,拒绝原假设,乘客通过 1、2 级踏步的下车时间存在显著差异。

3 结论

该文基于淮安市实际运行的公共交通实测数据,从上车时间、下车时间及公交车结构特征等方面对公交乘客上下车行为进行分析,主要结论如下:1) 公交乘客上下车时间服从泊松分布。2) 公交乘客上车时间在性别方面没有差异。在年龄方面,青少年的上车时间与儿童、中年人、老年人存在显著差异,儿童的上车时间与中、老年人没有显著差异,中年人的上车时间与老年人存在显著差异。3) 公交乘客下车时间在性别方面没有差异。在年龄方面,儿童、青少年、中年人和老年人 4 个年龄段的下车时间存在显著差异。

为进一步推动公交优先,大力提高公交车乘坐率,提出以下建议:基于公交车现有结构,公交车下客门使用推拉门,乘客上下客门均采用 1 级踏步,以提高乘客上下车速度;为方便婴儿车、部分残疾人士和携带较大行李者上下车,在后门安装斜踏板,提高上下车效率。

参考文献:

[1] 王炜.坚持公交优先 打造畅通城市:东南大学交通学院院长王炜谈如何缓解城市交通拥堵[J].道路交通管理,2012(3).

[2] 吴鼎新,段雪彬.淮安市公交乘客上下车时间特性分析[J].物流工程与管理,2017,39(12).

[3] 王剑梅.城市公交车上下车效率研究[D].西安:长安大学,2015.

[4] 王希.城市公交站点延误统计分析及对策研究[D].西安:长安大学,2007.

[5] 曹守华,袁振洲,赵丹.城市轨道交通乘客上车时间特性分析及建模[J].铁道学报,2009,31(3).

[6] Richard P Guenther, Kumares C Sinha. Modeling bus delays due to passengers boardings and alightings[J].

Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board,1983,915.

[7] William H K Lam, Chung-Yu Cheung. A study of crowding effects at the Hong Kong light rail transit stations[J].Transportation Research Part A:Policy & Practice,1999,33(5).

[8] Pead M. The impact of boarding and alighting passenger on the dwell time at railway stations[D].Birmingham:Aston University,2007.

[9] Transportation Research Board. Highway capacity manual 2000[S].

[10] Jaiswal S, Bunker J, Ferreira L. Operating characteristics and performance of a busway transit station[A]. Proceedings 30th Australasian Transport Research Forum[C].2007.

[11] Jaiswal S, Bunker J M, Ferreira L. Modeling the relationships between passenger demand and bus delays at busway stations[A]. The 90th Transportation Research Board Annual Meeting[C].2009.

[12] 徐康明,解建华,冯浚.快速公交车站运营模式的优势与效益分析[J].城市交通,2006(6).

[13] 韩宇,韩宝明,李得伟.地铁站乘客上下车效率影响因素分析[J].城市轨道交通研究,2007(7).

[14] 郑宣传.基于图像处理的地铁车站乘客微观行为特征提取技术与乘客上下车行为仿真研究[D].北京:北京交通大学,2014.

[15] 淮安统计年鉴[EB/OL]. <http://tjj.huaian.gov.cn/tjnj/list.html>,2018-04-10.

[16] 曹守华.城市轨道交通乘客交通特性分析及建模[D].北京:北京交通大学,2009.

[17] 吴洋,罗霞.公交车辆站停时间与乘客行为的关系[J].西南交通大学学报,2007,42(2).

[18] 张鹏,张国武.城市轨道交通乘客下车时间特性分析与建模[J].城市轨道交通研究,2011(11).

[19] 晏莉颖,孟祥佩.宁波城市轨道交通乘客上下车时间特性分析与建模[J].铁道运输与经济,2016(4).

[20] 王亚飞.城轨交通站台乘客上下车运动和实验研究[D].北京:北京交通大学,2016.