

学区外小学生通学定制接送车交通模式研究 ——以浙江省金华市环城小学为例

龚迪嘉, 张嘉慧

(浙江师范大学城乡规划系, 浙江 金华 321004)

摘要: 优质教育资源小学的生源分布远超学区范围, 高比例小汽车接送引发的校园周边通学时段常发性交通拥堵、环境品质下降、社会不公平等问题不容忽视。以浙江省金华市环城小学学生定制接送车服务为例, 探求低碳、公平、高效、可推广的小学生通学出行方案。通过实地踏勘、问卷调查和访谈等方法, 对该交通模式的运营机制和社会、经济、环境效益进行定量分析。结果表明, 该模式以较低的成本为学区外学生提供了便捷、舒适、安全的交通服务, 实现了交通公平与效率的双赢以及环境的正向改善。基于模式推广潜在问题的分析, 从多元主体协同参与机制构建、定制接送车线路设计和运营管理优化、校园周边交通环境重塑等维度提出优化方案。

关键词: 交通管理; 辅助公共汽车; 学区外小学生; 通学交通; 定制接送车; 金华市

Specialized Student Shuttle Bus for Pupils from Outside the School District: A Case Study of Huancheng Primary School in Jinhua, Zhejiang Province

Gong Dijia, Zhang Jiahui

(Urban and Rural Planning Department, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang 321004, China)

Abstract: Since the pupils in schools of high-quality education resources often come from other school districts, their commuting trips by private vehicle cause unacceptable problems in traffic congestion, lower air quality and social inequality for surrounding neighborhoods. Taking the specialized student shuttle bus service of Huancheng Primary School in Jinhua, Zhejiang Province as an example, this paper seeks a low-carbon, fair-minded and effective school commuting mode that can be implemented. With the data from the on-site survey, mailing questionnaire, and interview, the paper analyzes the operation structure, social, economic, and environmental effect of such travel mode. The results show the specialized student shuttle bus service provides a convenient, comfortable and safe transportation service with lower cost for pupils outside their school district in the commuting trips, which can be a win-win situation in traffic fairness and efficiency and also a positive promotion in environment. Through analyzing the potential implementation problems, the paper proposes the solutions in the multiple stakeholders participation, specialized student shuttle bus service routes and operation management, travel environment improvement around the school, and etc.

Keywords: traffic management; auxiliary bus; pupils outside the school district; pupils commuting to school; specialized student shuttle bus; Jinhua

收稿日期: 2018-11-08

基金项目: 金华市社科联 2018 年一般课题“优质教育资源小学学生上下学交通模式的调研与优化”(YB2018078)

作者简介: 龚迪嘉(1984—), 男, 上海人, 硕士, 讲师, 主要研究方向: 公共交通、步行与自行车交通、交通与空间一体化规划设计。E-mail: frankgong3393@126.com

0 引言

优质教育资源在城市中的非均衡分布以及在中心城区的相对集中, 吸引了大量学区外生源。已有研究表明, 家校距离增加是导致非机动车比例下降的首要原因^[1-2], 家校

距离在 2 km 以上小汽车出行分担比例加速上升、3 km 以上小汽车常成为首选方式^[3], 且重点小学学生小汽车通学出行比例远超普通小学^[4]; 出行方式选择还受家庭和交通环境因素的影响, 家庭成员的出行方式选择偏好及其对不同方式安全性的认可度对学生出

行方式选择有较大影响^[5]，步行和自行车通学比例与学校周边人口密度、道路安全设施的完善程度成正相关关系^[6]。

超出步行合理距离的通学出行、城市机动化的迅速推进以及中心城区空间资源紧张导致的道路安全设施欠完善，正共同促使越来越多的家长选择小汽车接送孩子上下学。通学期间校园周边交通的高度集聚造成了常发性拥堵，小汽车数量的增加带来环境污染、能源过度消耗的同时也对无车家庭的学童出行带来了安全隐患，不利于社会公平。

在实现教育资源均等化前，有必要及时合理引导，寻求一种兼具便捷性、舒适性、安全性、社会公平和环境友好的交通服务，扭转通学出行小汽车接送比例增长的趋势，提升学区外小学生通学出行品质，促进城市交通可持续发展。

1 研究述评

城市规划的核心之一是维护利益分配中的公平、正义，尤其应将包括儿童在内的弱势群体的应有权利作为城市发展的核心要素之一^[2]。1996年联合国儿童基金会和联合国人居署共同制定了“国际儿童友好城市方案”（Child Friendly Cities Initiative, CFCI），指出政府应在公共事务中将儿童纳入决策体系中^[7]，相关研究也从此走向系统化和成熟化，包括儿童在城市中的独立移动性研究^[8]、儿童友好城市的评价框架研究^[9]等。加拿大温哥华要求家庭住宅与配套的学校、日托中心和杂货店在0.5英里（约0.8 km）范围内，并设有安全的步行路线联系^[1]；英国的“步行巴士”（Walking bus）以成人护送方式构建特殊的儿童安全路径；荷兰代尔夫特的“儿童出行路径”则通过修建更安全和更具趣味性的人行道和自行车道以营造适宜儿童的交通环境^[10]；美国图森生活街道联盟（Living Streets Alliance）组织在联系社区和学校的道路上，用街头绘画和种植装饰道路并在人行道边墙上做社区壁画，以降低车辆速度并创造新的游玩空间^[11]。然而，无论是城市发展阶段、教育资源分布均衡度还是小学生通学出行距离，国内外都有着巨大差异，国外的研究成果难以直接应用于中国中长距离通学出行品质的改善。

近年来中国在特定城市展开通学调研的基础上，提出了初步的设计引导，例如基于

长沙市中心区小学生放学特征及路径空间问题分析提出的详细设计导则^[12]，基于深圳市中小学生通学交通数据提出的交通政策^[3]等。此外，还实践了一些旨在缓解通学期间交通拥堵的措施，如2016年春季起长沙市中心城区学校实施不同年级、不同学校的错时放学制度^[13]，通过“削峰填谷”的交通需求管理，减少小汽车交通高度聚集带来的负面影响；宁波市德培小学将5 000 m²地下停车场改造成地下接送系统，实现人车分离、组织单向交通，以解决校门口长期的交通拥堵问题，提升儿童通学出行的安全性^[14]。

从中国已有研究成果分析，提出普适性的儿童交通友好城市的设计理论尚早，仍需进行更多基于案例的调查、分析与思考。既有实践也仅限于局部改善，无论是供给侧改革还是需求侧调控，都未涉及如何让家长放弃小汽车接送的核心问题，反而是为小汽车接送提供更便利的环境，极易引发潜在的小汽车交通增量。因此，亟须针对通学出行全过程进行深入的案例研究，以寻求一种便捷、舒适、安全、公平、环境友好的通学出行服务。浙江省金华市环城小学的学生定制接送车（以下简称“定制接送车”）交通服务经过2年试点后，因其低成本、高效益，获得了家长、学校以及市教育、交通部门的一致认可。本文通过实地观察、问卷调查和访谈等方法进行深入研究分析，提出优化方案。

2 环城小学学区外学生定制接送车交通模式

环城小学位于金华市老城区中心，是该市教育资源最为优质的小学之一，其生源范围远大于政府划定的学区。本文针对环城小学学生进行抽样问卷调查（抽样率为50%），图1显示了实际居住地^①位于学区范围外的学生（占总样本量的68.5%）的住址分布，家校最大直线距离已达6 km，远超合理步行范围。

2.1 定制接送车的形成与运营

定制接送车是接送学生往返于住区和学校，介于校车和定制公交之间，主要针对学区外学生提供的一种交通服务。校车适用的规范、车辆配置、主导方等均有较严格的要求，而定制接送车则缺乏明确的规范指导，就现状而言更接近于定制公交，但与定制公

交的差异主要体现在服务对象、线路长度、主导方和参与方式上(见表1)。2017年9月起开行的定制接送车Z线为金华市北部的柳湖花园、丽泽花园和玉泉小区中就读于环城小学的一、二年级学生提供通学接送服务(见表2和图2)。

定制接送车线路的形成基于家长对学生通学出行安全与便捷的诉求和共享出行的理

念。每学期开学前,家长通过微信群交流,确定有接送需求的学生群体,将学生名单、住址等信息提供给金华市公交集团有限公司(以下简称“公交公司”),由公交公司就车型选择、线路与车站设置、驾驶员选派等事项进行设计并与家长代表协商、修改后确定实施方案,签订合同后即进入正式运营阶段(见图3)。

日常运营中,除学生乘坐定制接送车外,每车每日安排3~4位陪同家长随车保障学生路途安全,以2周为周期轮流值乘。由于定制接送车沿途经过多个住区,在始发站出发时,当班的陪同家长会在微信群提醒其他家长于指定地点送离或接回孩子。

2.2 定制接送车的优势

1) 家长视角。

环城小学学生进校时间为8:00—8:20,结合问卷调查中的家长单位地址和出行方式数据,推算家长从小学到工作岗位的平均出行时耗约为10 min,考虑家长上班时分布可知,在不乘坐定制接送车的前提下,无法送孩子上学的家长比例占38.9%,送孩子上学后上班可能会迟到的家长比例为37.7%。假定定制接送车于7:40发车(参考Z线),若孩子乘坐定制接送车上学,家长仅需将其送至车站,陪同至孩子上车后即可上班,则无法送孩子的家长比例下降34%,可送孩子上学的家长比例上升71.7%(见图4)。

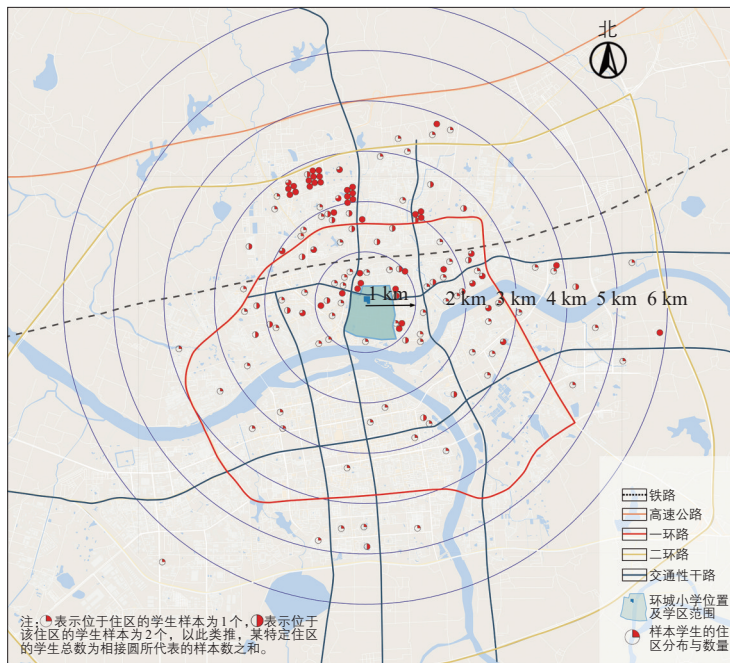


图1 环城小学区位及学区外生源分布

Fig.1 Location of Huancheng Primary School and the spatial distribution of pupils outside the school district

资料来源:基于百度地图自绘。

表1 校车、定制公交与定制接送车的异同比较

Tab.1 Similarities and differences of school bus, special-service bus and specialized student shuttle bus service

交通方式	服务群体	运营范围	适用规范	车辆配置	主导方	参与方式
校车	学生	学区内	《校车安全管理条例》 ^[15]	按国家标准设计制造的专用车型	学校	以一学期为限签订合同
定制接送车		学区外(线路长度<6 km)	《城市定制公交服务规范》	旅游巴士、普通公共汽车	家长	
定制公交	不限(以通勤人群为主)	不限(线路长度通常5~15 km)			有资质的客运企业	市民每日(周)提出出行需求

表2 定制接送车Z线基本情况

Tab.2 Basic information of line Z route of specialized student shuttle bus

接送年级	车型	学生乘客数/人	陪同家长人数/人	上学时间			放学时间			距离/km	运送速度/(km·h ⁻¹)
				出发	到达	时耗/min	出发	到达	时耗/min		
一年级	39座旅游巴士	30	上午3 下午4	7:40	8:05	25	15:50	16:10	20	5.8	25
二年级	27座公共汽车	21	上午3 下午4	7:40	8:00	20	15:55	16:10	15	5.0	26

环城小学的放学时间为 15:30—16:20, 16:10 是家长能接到孩子的最晚下班时刻, 而一般单位下班时间为 17:00—18:00, 家长若接送须请假离岗。若孩子乘坐定制接送车离校, 家长只需委托熟人(亲戚、邻居等)带孩子从下车站回家即可。

学生乘坐定制接送车通学时, 家长仅需将孩子送至或带离接送车车站, 其接送时耗约为小汽车的 1/6, 公共汽车的 1/10。问卷数据对此予以了印证, 学生家长对定制接送车交通省时省力的特点较认同, 约占定制接送车优势认知的 45%。

2) 学生视角。

本文采用特尔斐法评价不同交通方式的便捷性、舒适性、安全性(见图 5)。结果表明, 定制接送车拥有最高的便捷性, 源于车站常设置于住区出入口和校门附近, 学生仅需步行较短距离即可乘车。定制接送车的舒适度远优于公共汽车, 源于其能确保一人一座且中途停站少, 而公共汽车在早高峰时段满载系数高, 无法保证有座。就安全性而言, 定制接送车得分仅次于小汽车, 由于学生在车内可自由移动空间少, 每座配备安全带, 每天配有 3~4 名陪同家长专门看护, 其整体安全性高于其他方式。总体而言, 定制接送车为小学生通学出行提供了便捷、舒适、安全的交通服务。

3 定制接送车效益分析

3.1 社会效益

长期以来, 教育部门划定学区的目的即是引导小学生就近入学, 因而未主动提供通学接送交通服务, 然而教育制度不完善导致的资源非均衡分布至今仍客观存在。理论上, 每个学生都有平等追求优质教育资源的权利, 但现实中优质教育资源的稀缺和不同家庭可移动性(mobility)的差异, 降低了优质小学对部分学生的可达性。小汽车接送比例持续增长进一步加剧了这种社会不平等现象。从出行全过程分析, 定制接送车线路非直线系数小、停站少且可使用公交专用车道, 为学生提供与小汽车出行品质相近的通学交通服务, 尊重了不同家庭出行选择权的公平与公正, 大大提升了学区外学生的可移动性, 从而实现该群体公平享受优质教育资源的基本权利。

小汽车是典型的具有负外部效应的商品, 并非政府需保障与坚持公平性的基本出

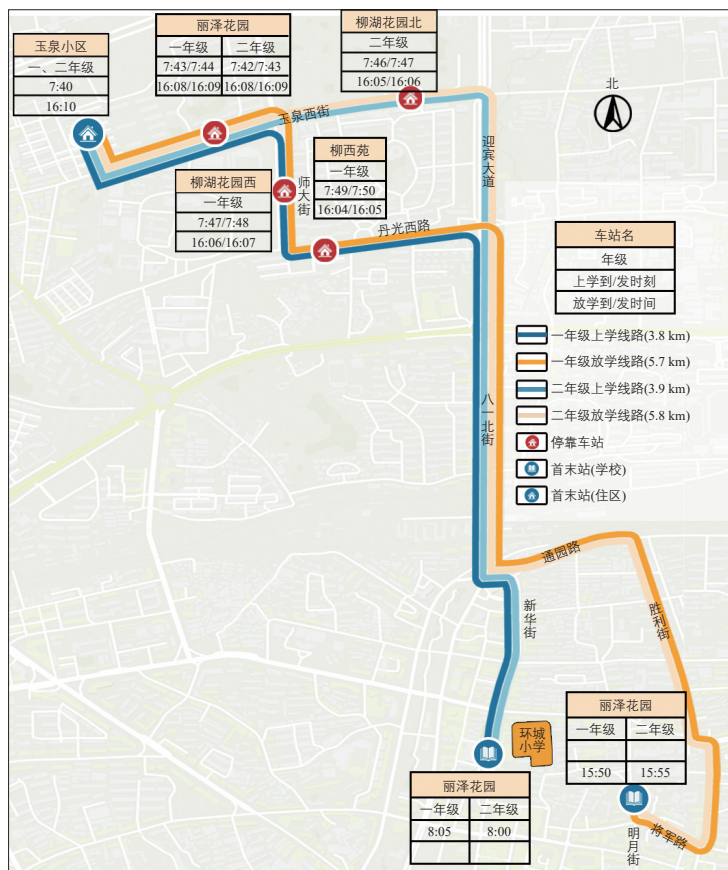


图 2 定制接送车 Z 线线路、车站及时刻表

Fig.2 Line Z route, stations and schedule of specialized student shuttle bus

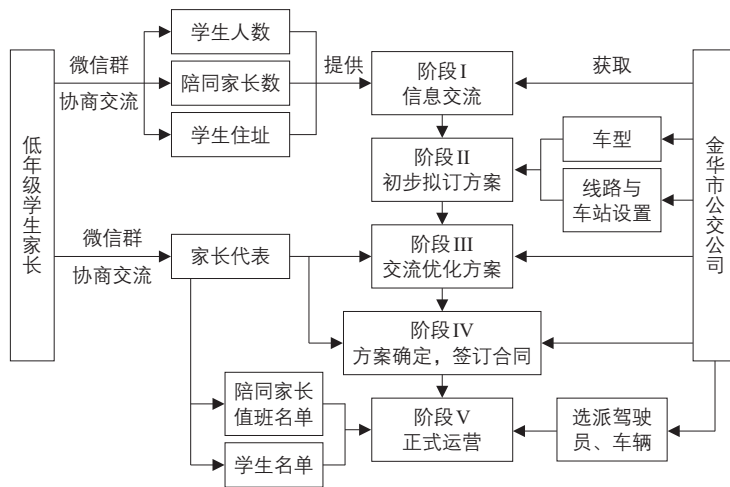


图 3 定制接送车 Z 线的形成过程

Fig.3 Formation process of Line Z route of specialized student shuttle bus

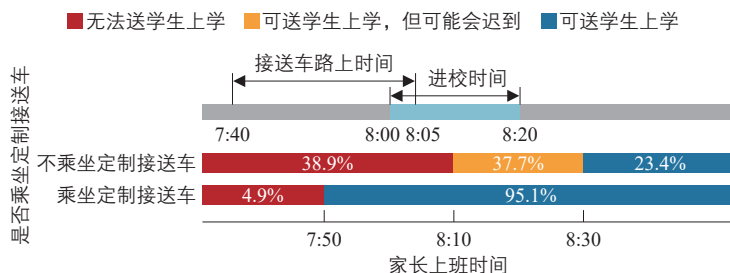


图 4 家长上班时间及接送可能性差异

Fig.4 Differences among the working hours of parents and the possibilities of picking-up and dropping-off of pupils

行服务,在道路时空资源紧张时(如通学时段的校园周边),社会有权限制其使用,否则短时小汽车的高度聚集将导致周边道路服务水平急剧下降,所有交通方式的延误增大(见图6)。同时,车辆低速甚至怠速运行时污染物排放系数增大,引发周边环境质量急剧降低。上述后果均须由所有学生及家长共同承担,有悖于社会公平。定制接送车因行驶于公交专用车道,实现了固定路权上的有效移动^[6],并能确保学生在离校门较近的地点上下车,学生不必承担由小汽车带来的交通拥堵和环境污染,有助于实现交通公平和效率的双赢。

3.2 经济效益

定制接送车的线路、车站、运营时刻表等均由家长与公交公司共同商议确定,运营后家长还可视运营效果随时与公交公司沟通,以合理调整线路。服务供给方(公交公

司)与需求方(学生家长)直接对接,供需精准匹配,简化了交易层级,降低了社会交易的成本。

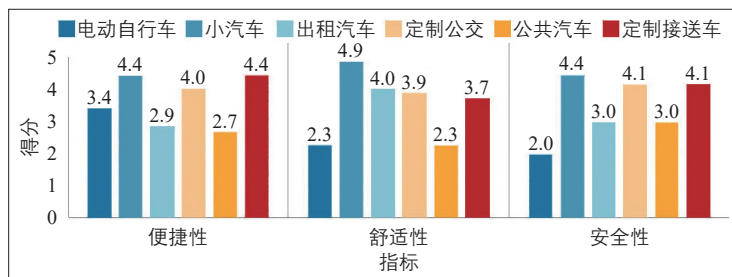
定制接送车实行按学期缴费制度(1 500元·人⁻¹),折合单程仅0.75元,费用为出租汽车的1/19、小汽车的1/7(上学)或1/20(放学)、公共汽车的1/7,在所有机动化交通方式中费用最低。

定制接送车通过共享行程、交通工具和道路基础设施,提升了资源利用效率,产生的个人和社会成本低于私人小汽车,使家长以最低的时间和费用成本满足学生通学出行需求。不同于传统发展模式,定制接送车交通实现了出行需求满足与交通设施增长的脱钩^[7],代表了城市共享出行可持续发展的未来。

3.3 环境效益

研究对比了采用不同接送交通方式的能耗、排放与空间资源占用情况(见图7)。在所有机动化交通方式中,小汽车在能耗、排放、空间资源占用上,总量和人均数量均最大,即便其便捷、舒适、安全,从环境效益视角分析,仍不应鼓励该交通方式的过度使用,而定制接送车的上述指标总量和人均数量均最少,是满足小学生通学出行的优质交通方式。

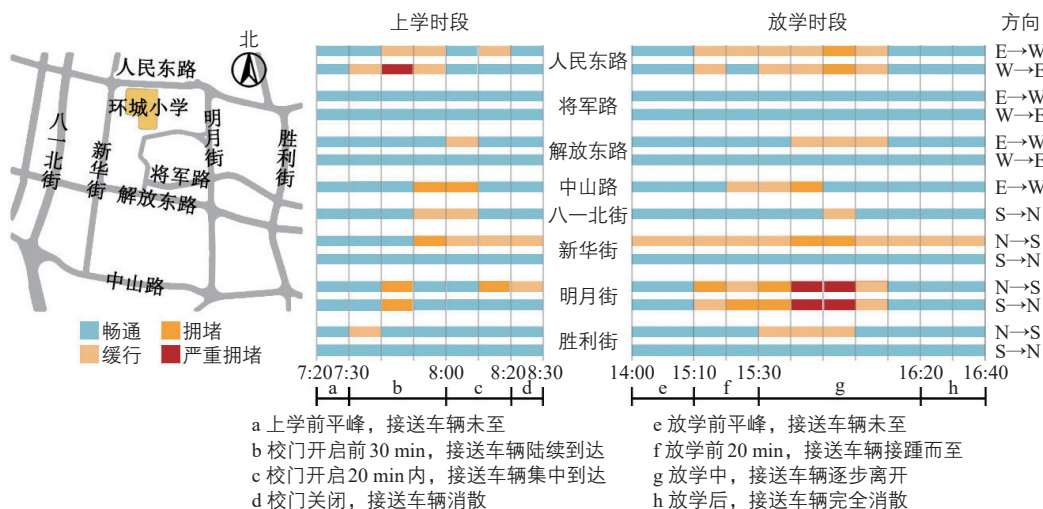
问卷针对乘坐接送车通学学生的家长调查“若不乘坐接送车将选用何种替代交通方式”,结果家长选择小汽车、电动自行车和出租汽车的比例分别为76.1%、15.2%和8.7%。基于此计算接送车单次接送可节省441 MJ



注:图中数值是经专家多轮打分后分数趋于一致时所取的平均值,0代表最差,5代表最优。

图5 不同接送交通方式的便捷性、舒适性、安全性比较

Fig.5 Convenience, comfort, and safety of different travel modes adopted for picking-up and dropping-off of pupils



注:每一条道路(除单行线外)都对应两个方向,例如E→W为东向西,S→N为北向南。

图6 通学时段校园周边道路饱和度

Fig.6 The roadway degree of saturation around the school during peak hours

资料来源:高德地图(2018.6.27)。

能耗、减少CO排放272.9 g、HC+NO_x排放47.2 g、PM排放6.6 g、CO₂排放60.7 kg、道路动态空间2 564.6 m²，换算成一学期的节省量则更可观(见表3)。可见，定制接送车对城市发展具有明显的环境正效应，是具有较强发展潜力的交通服务。

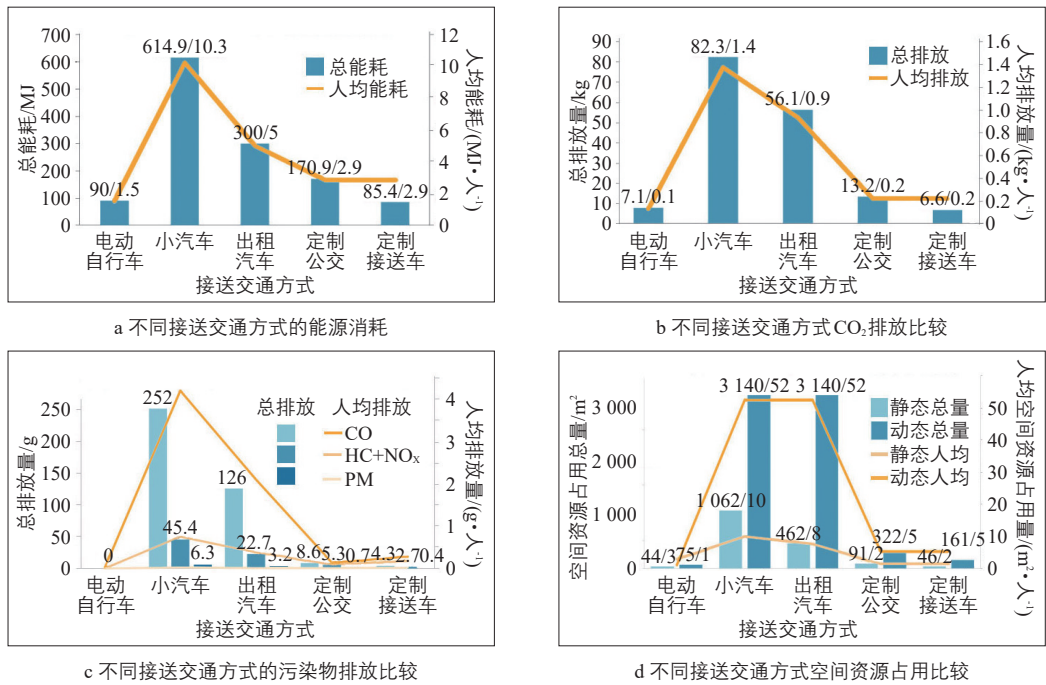
4 定制接送车交通模式推广的潜在问题

4.1 定制与运营过程中的参与主体

就现状而言，家长与公交公司双方零散

地协商单条线路运营事项效率较高，但当线路数量逐步增加时，鉴于中心城区道路资源紧张，校园周边交通环境在缺乏统一管理的条件下，出入交通的多流线冲突和停车资源的稀缺，易产生负外部效应，同时协商的总交易成本将变得极高，反而降低了定制接送车交通模式的运作效率。

访谈和问卷调查结果表明，81%的家长提出希望学校能作为统筹管理的部门，参与到接送车的定制环节中。其中，33%的家长希望学校搭建交流平台供家长、学校、公交



注：1)以运送30个家庭(学生及家长)为计算标准，计算人均数值时，除定制接送车方式人数取30外(家长实际上不乘坐定制接送车)，其余方式人数均取60人；2)由于公共汽车乘客的出行目的和距离多元化，难以计算，故不纳入比较分析；3)总能耗(MJ)=能源密度(kg·L⁻¹)×单位车辆百公里能源消耗量(L·(100 km)⁻¹)×转化系数(kg标准煤·kg⁻¹)×行驶里程(km)×热值系数(MJ·kg标准煤⁻¹)×100×车辆数(辆)，人均能耗(MJ·人⁻¹)=总能耗(MJ)÷人数(人)，各交通方式的基本参数来源于文献[18]；4)CO₂总排放量(kg)=每车每公里排放CO₂气体(kg·(辆·km)⁻¹)×行驶路程(km)×车辆数(辆)，人均CO₂排放量(kg·人⁻¹)=CO₂总排放量(kg)÷人数(人)，各交通方式的基本参数来源于文献[19]；5)污染物总排放量(g)=每车每公里排放污染物(g·(辆·km)⁻¹)×行驶路程(km)×车辆数(辆)，人均污染物排放量(g·人⁻¹)=污染物总排放量(g)÷人数(人)，各交通方式的基本参数来源于文献[20]；6)空间资源占用：静态总量(m²)=停车位长度(m)×宽度(m)，动态总量(m²)=平均车头间距(m)×车道宽度(m)。

图7 不同接送交通方式的环境影响比较

Fig.7 Environmental impact on different travel modes adopted for picking-up and dropping-off of pupils

表3 若不乘坐接送车家长选择的替代交通方式

Tab.3 Alternative travel modes chosen by parents whose children don't take the specialized student shuttle bus

选择比例/%	等效交通方式	能耗/MJ	污染物排放量/g			CO ₂ 排放量/kg	占用道路动态空间/m ²
			CO	HC+NO _x	PM		
76.1	小汽车×23	471.4	193.2	34.8	4.8	63.1	2 407.0
15.2	电动自行车×5	15.0	0	0	0	0.63	5.9
8.7	出租汽车×2	40.0	84.0	15.1	2.1	3.7	314.0
	定制接送车×1	85.4	4.3	2.8	0.4	6.6	161.0
	定制接送车单次接送节省量	441.0	272.9	47.2	6.6	60.7	2 564.6
	定制接送车一学期接送节省量	4.0×10 ⁴	2.4×10 ⁴	4.3×10 ³	590	5.5×10 ³	2.3×10 ⁵

公司三方交流租车信息，但学校不参与定制的具体环节，这样既提高了交流效率，满足家长便捷定制接送车的服务诉求，也不会让校方增加过多负担。48%的家长希望学校帮助联系公交公司约租接送车并参与签订学校、家长、公交公司的三方协议，家长认为由“权威部门”（学校）作为交通服务的组织者和提供方最为可靠，最能满足学生安全、便捷的通学出行需求，同时“搭便车效应”^[21]更反映出家长在该问题上低成本获取交通服务的诉求，但该期望显然偏于理想化，学校并无义务为学区外学生提供接送交通服务。因此，有必要探求介于现状和理想之间且可操作性较高的多元主体协同参与机制。

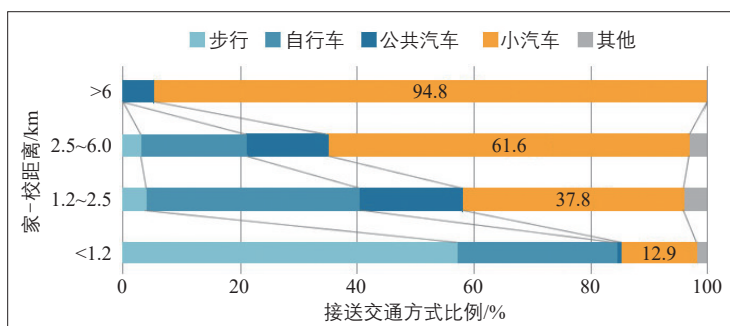


图8 不同家校距离下的接送交通方式
Fig.8 Travel modes by distances to school

4.2 中长距离小汽车出行方式转移的意愿

问卷调查了不同家校距离下，现状家长接送孩子的交通方式(见图8)。随着家校距离的增加，使用小汽车接送的比例迅速上升，从1.2~2.5 km的38%骤升至6 km以上的95%，逐渐占据主导地位。原因主要有：首先，公共汽车因车内拥挤、衔接步行距离长等原因难以满足小学生便捷、舒适、安全的通学出行需求，电动自行车不适合长距离出行。小汽车无步行到站和候车时耗、出发时刻可灵活确定、舒适度高，在中长距离接送需求上，是传统交通方式难以替代的；其次，家长使用小汽车接送时，孩子始终在自己视线范围内，消除了安全顾虑，而目前的定制接送车并未将车辆位置和学生在途的行为状态实时传送给家长，这也是小汽车接送者在方式转移方面的潜在担忧。

在问及现状服务水平下小汽车车主对定制接送车的接受度时，接受和不接受的人数近似各占50%，即使是愿意接受的小汽车车主，也并非无条件接受，其中希望明确约定家长分工和临时换班制度、明确每日接送时间和地点、清晰界定意外事故责任各占1/3左右，上述诉求均需在定制接送车交通服务合同中进一步明确。

4.3 校园周边道路交通环境

1) 步行环境。

优质资源小学多位于老城区内，历史上建成的道路空间难以适应大规模机动化出行需求，存量空间也仅适应于渐进式改造。环城小学正门位于马路里中段，校门向东的马路里道路宽度约6 m，东侧约330 m处与明月街(支路)呈T字形交叉，交叉口附近因设置公共停车场以及有金华府城隍庙、人民大会堂等交通吸引点，出入交通较频繁，交通秩序不佳。校门向南的马路里道路宽度约3~5 m不等，南侧约220 m处与将军路(支路)呈T字形交叉。为确保小学生在学校管辖的核心区步行安全，校方分别在校门东侧23 m处以及南侧10 m和80 m处的马路里道路上设置3对阻车桩，阻止机动车驶入核心区(见图9)。

从通学时段的多次实地观察发现，学生的主要出行路径为马路里东侧路段，然而该路段近50%未设置人行道，其余为有效宽度仅1 m的单侧人行道，完全不满足通学期间学生和家长的步行需求，从而被迫占用机动



图9 校园周边地区道路交通环境现状
Fig.9 Traffic condition of roadways around the school
资料来源：基于百度地图自绘。

车道步行，引发人车干扰严重，存在安全隐患。目前定制接送车线路的停靠点都位于明月街，小学生约需步行7 min才能到达。在家长对接送车停车地点评价的问卷调查中，马路里人车混行不安全、步行距离偏长被家长列为前两大问题，分别占35%和27%，第三位为明月街人行道拥挤(占20%)。经实测，明月街人行道仅2.5 m宽，由于周边有中心医院等吸引点，背景人流量本身较大，因此通学期间人行道上人流密度接近饱和。由于明月街为双向2车道，定制接送车停车待客也会影响其他车辆正常通行。

校园周边的步行环境欠佳是家长对孩子乘坐定制接送车通学的最大担忧之一，学生通学出行需要“门到门”的安全性，若校园周边的步行环境难以改善，接送车交通本身的品质提升所带来的效益将归零，方式转移至定制接送车的决策难以实现。

2) 停车供需关系。

环城小学周边300 m范围内有6处小汽车停车场(库)，除银泰商场停车库位于地下外，其余5处均位于地面。从通学时段使用情况看，学校附近小汽车停车位供给相对充足，这亦是吸引家长选用小汽车方式接送的重要因素之一。由于现状地面停车位按次收费，故家长倾向于提前较长时间到达并优选离学校更近的地面停车位停放。学校南侧的银泰商场距离适中(实际步行距离约220 m)，多次实测发现，即使该商场停车费率较低(5元·(2h)⁻¹)仍不是家长的优选方案，放学时段商场停车率仅为1/3左右(见图10)。

5 优化思路与方案

5.1 多元主体协同参与机制构建

在原有家长与公交公司双方协商的基础上，引入校方参与协同治理。由学校搭建互联网交流平台(APP)，功能包括：1)介绍定制接送车项目，提供已参与该项目的家长对项目评价的查询，作为新入学学生家长决策的重要参考；2)为家长提供报名平台，并依据一定的匹配规则在该平台上进行学生相关信息匹配，将成功匹配的信息提交公交公司作为设计出行方案的依据；3)发布接送车运营中的实时位置和孩子的在途行为状态。通过学校的轻度参与，将有效减少家长自主匹配学生信息的烦琐程序，亦可提升公交公司设计初步方案的效率。就方案协商、定

稿、合同签订和正式运营的各环节而言，依然维持由家长和公交公司双方主导，仅在接送车运营中增加信息实时发布环节。机制构建的详细方案见图11。

5.2 定制接送车线路设计与运营管理优化

1) 开行区段。

以环城小学为例，通学距离在6 km以内的学生数量比例达99%。考虑运营经济性和与出行距离的适配性，定制接送车的服务对象宜为距环城小学直线距离2.5~6.0 km范围，2.5 km以内推荐采用非机动车方式接送，6 km以上由于学生住区位置分散且数量较少，难以满足开行定制接送车的基本要求，推荐家长通过协商采用小汽车合乘或参与6 km以内的定制接送车服务(家长仅需将孩子接送至定制接送车车站)，有效减少小汽车出行距离，缓解校园周边的交通拥堵，减少空间占用和环境污染。

2) 线路、车站、票价。

根据生源分布特征，定制接送车的线路类型分为一站直达式或多站串联式。前者适用于单个车站500 m范围内学生高度集聚的情形；后者适用于需多个车站500 m范围内的学生数相加才满足定制接送车载客要求的情形，但考虑到便捷性目标，建议沿途设站不超过4站，且连续停靠住区的首站与末站间实际行车距离≤1.5 km(见图12)，而非如公共汽车那样均匀站距停靠，以有利于在中心区路段根据道路拥堵情况灵活选择路径，确保运营准点率。

公交公司基于丰富的运营经验，选择最适合作为定制接送车的2~3种车型，以金华市为例，公交公司可提供17座和35座两种车型作为备选。为尽量降低人均排放与空间资源利用，优先选用35座车型。为保障运营经济性，开行线路的最少人数应满足车辆

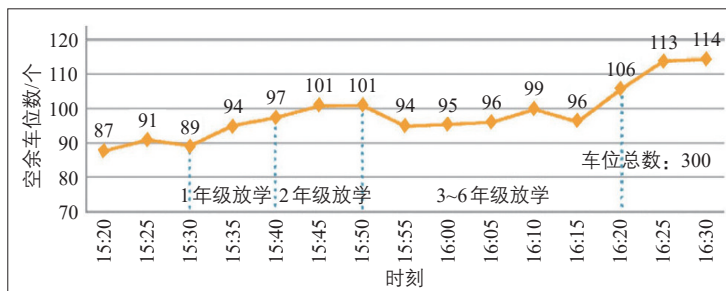
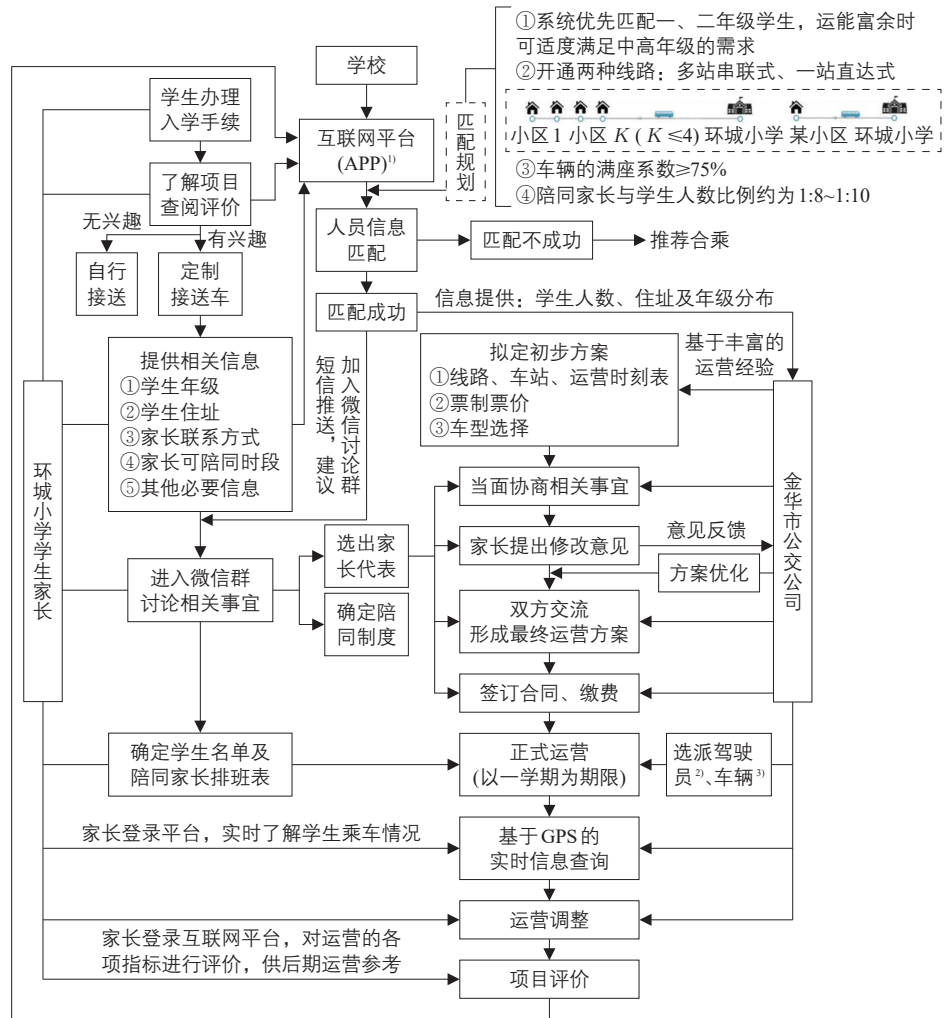


图10 放学时段银泰商场停车库空余车位数量

Fig.10 Available parking space in the Yintai shopping mall garage during peak hours after school



1)APP三大功能模块：项目介绍和评价、人员信息匹配、运营中实时监控与发布；2)驾驶员要求：身心健康，25~60岁，取得校车驾驶资格并具有3年以上驾驶经历，最近连续3个积分周期内满分记录^[15]；3)车内配置参照校车标准，专人专座，每座安装安全带，车内安装多角度高清监控，外观以黄色为主，以提高车辆可辨识度。

图 11 多方主体协同参与机制

Fig.11 Multiple stakeholders participation structure

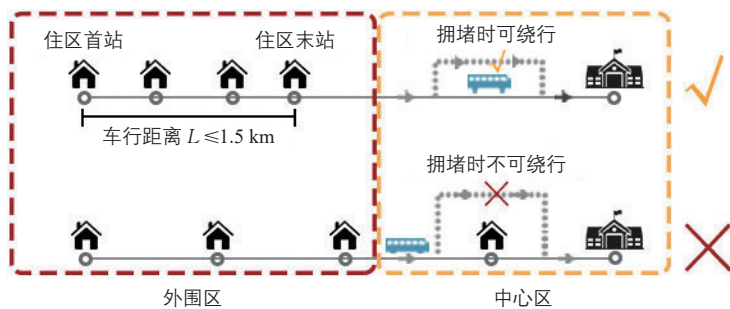


图 12 定制接送车线路模式选择

Fig.12 Selection of specialized student shuttle bus route mode

满座系数 $\geq 75\%$ ，考虑到陪同家长与学生人数的合理比例约为1:8~1:10(该数据源于对家长问卷调查的结果)，则35座和17座车型适用的最低乘客数分别为26人和13人(其中学生分别为23人和11人，陪同家长3人和2人)，满载时学生31人和15人，陪同家长4人和2人。具体的线路设计方法和示例见图13和

图 14。

定制接送车车站应选址于住区主要人行出入口50 m范围内，宜设置专用候车亭(特殊情况下至少应在地面划定专用等候区)，学生等候区范围建议设置为2.5 m(宽) \times 8.0 m(长)，候车亭内设置APP功能展板，宣传定制接送车交通服务。候车亭建议采用活泼的红黄蓝作为主色调，辨识度高，为学生提供轻松的候车氛围，同时为用路者提供清晰可辨的场所标志。

秉持定制接送车票价不高于当地城市定制公交相同里程票价的基本原则，建议家校距离为2.5~4.0 km和4.0~6.0km，20座以上(含)车型单程票价分别定为1元、2元，20座以下车型分别定为2元、3元。

3) 交通运营与管理。

在家长与公交公司签订的运营合同中，

应清晰注明家长的陪同周期与换班制度、不同路段发生事故或安全问题的责任主体及追责方法。

改变人工点名确认学生是否上车的方式，使用IC卡或脸部识别自动签到技术，实时统计上车人数，并将学生是否上车的信息同步反馈给家长，缩短该环节占总出行时耗的比例，并依托GPS和APP上的直播平台让家长实时掌握车辆位置和学生在途行为状态。

学期结束后，由乘坐定制接送车学生的家长在APP上对运营效果进行分项评价，并给出意见和建议，供其他家长在决策是否选择定制接送车交通服务时参考，同时为公交公司改善服务提供依据。

5.3 校园周边道路交通环境重塑

无论从出行安全还是社会公平的视角而言，最大限度确保学校周边步行友好的道路交通环境，减少小汽车出入、停放所造成的干扰，是交通重塑的基本原则。路权分配应优先满足对城市交通运行效率有正面影响、带有公益性的、涉及社会公平的交通方式，

停车空间的分配亦是如此^[22]。

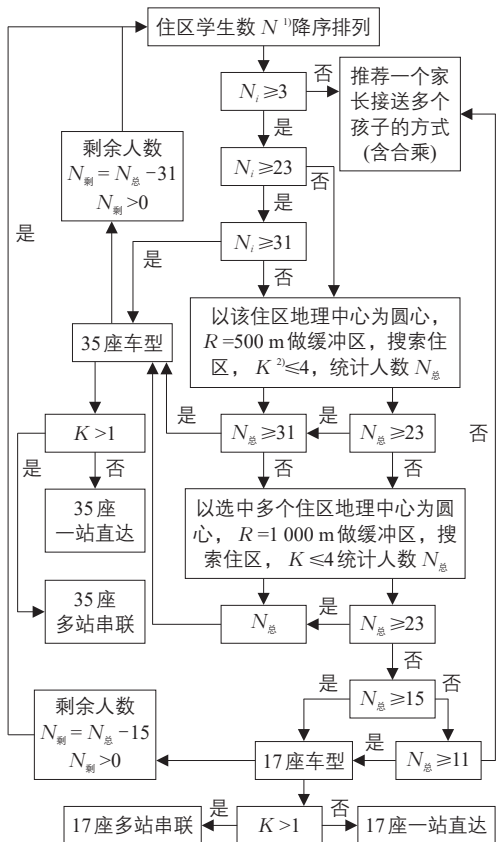
1) 道路空间的交通稳静化设计。

校门外道路是学生通学的必经之路，也是步行与包括定制接送车在内的其他交通方式转换的重要路径。基于交通稳静化理念，取消路内停车带，通过道路曲线化设计，限制机动车速度，并在通学期间(7:50—8:20, 15:00—16:20)实行交通管制，禁止机动车驶入，保障学生及家长步行交通安全和优先通行权。在步行廊道上加装3 m高雨棚，并设置透水地面铺装，提升步行环境品质。环城小学校门外的马路里改造方案见图15。

2) 停车资源的时空配置和差异化收费。

定制接送车的上落客地点应选择在校园附近交通吸引点较少的道路路侧，有条件者应选择在与稳静化设计的道路直接相连的路外停车场内，并尽可能减少学生步行距离。针对环城小学，将定制接送车的上落客点调整至城隍庙停车场和将军路停车场，可分别安排6条始发终到线路(见图15)。调整后，上落客点与学校出入口之间步行连续，无须过街，且距离缩减至200 m以内，大大提高了通学的安全性与舒适度。

针对距离学校出入口300 m内的停车场，建议在通学时段内调整使用主体。引入



1) N 为住区学生人数; 2) K 为住区数量。

图13 定制接送车线路设计流程

Fig.13 Design procedure of specialized student shuttle bus routes

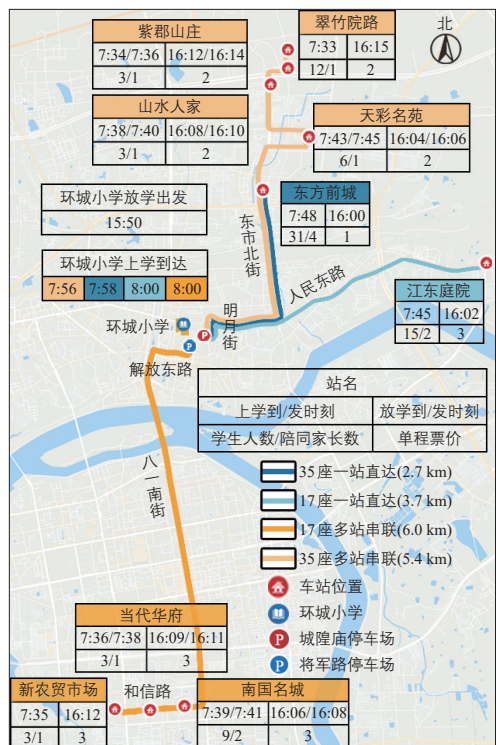


图14 定制接送车线路设计示例

Fig.14 Design examples of specialized student shuttle bus routes

资料来源：基于百度地图绘制。

地面、地下差异化的停车费率(前者应明显高于后者),减少地面小汽车交通流,将更多地面空间分配给步行方式。同时,与周边商业配建的地下停车库实现错时共享,引导家长接送时优先选择附近有空余车位的地下停车库。建议环城小学周边地面停车场收费提升至 $10\text{元}\cdot(30\text{min})^{-1}$,而银泰商场地下停车库仍按 $5\text{元}\cdot(2\text{h})^{-1}$ 收费。

6 结语

教育资源在城市中的均衡分布是解决小学生通学交通难题的治本之举,但要全面实现该目标仍任重道远。面对优质小学学区外生源比例和小汽车接送比例双高的现状所引发的一系列问题,金华市环城小学定制接送车交通服务的创新实践提供了一个低成本、高效益的解决思路。多元主体的协同参与、智能化与制度化的运营管理、校园周边道路交通环境的重塑等,将有助于形成“定制—运营—改善(评价)”良性闭环,实现交通公平与效率的双赢以及环境的正向改善,具有较强的可操作性和可推广性。各城市可根据学区外学生住区分布的实际情况、家长对接送交通的特定诉求、公交公司能提供的车型与线路、学校周边道路交通环境改善的可行性等,适当调整参数,形成具有本地特色的

定制接送车交通服务,以公平、共享、环境友好、低成本实现高品质交通运行,构建儿童交通友好的城市。

注释:

Notes:

① 考虑到人户分离情况的存在,此处用学生实际居住地而非生地(户口所在地),更能客观地反映通学出行距离。

参考文献:

References:

- [1] McDonald N C. Children's Travel: Patterns and Influence[D]. Berkley: University of California, 2005.
- [2] Müller S, Tscharktschiew S, Haase K. Travel-to-School Mode Choice Modeling and Patterns of School Choice in Urban Areas[J]. Journal of Transport Geography, 2008, 16(5): 342-357.
- [3] 林焘宇,肖作鹏.深圳小学生上学交通特征及方式选择影响因素[J].交通与运输(学术版),2017(2):90-94.
Lin Taoyu, Xiao Zuopeng. The Varying School Travel Mode Choices and Its Influence Factors: the Case of Shenzhen, China[J]. Traffic & Transportation, 2017(2): 90-94.
- [4] 何峻岭,李建忠.武汉市中小学生学习上下学交

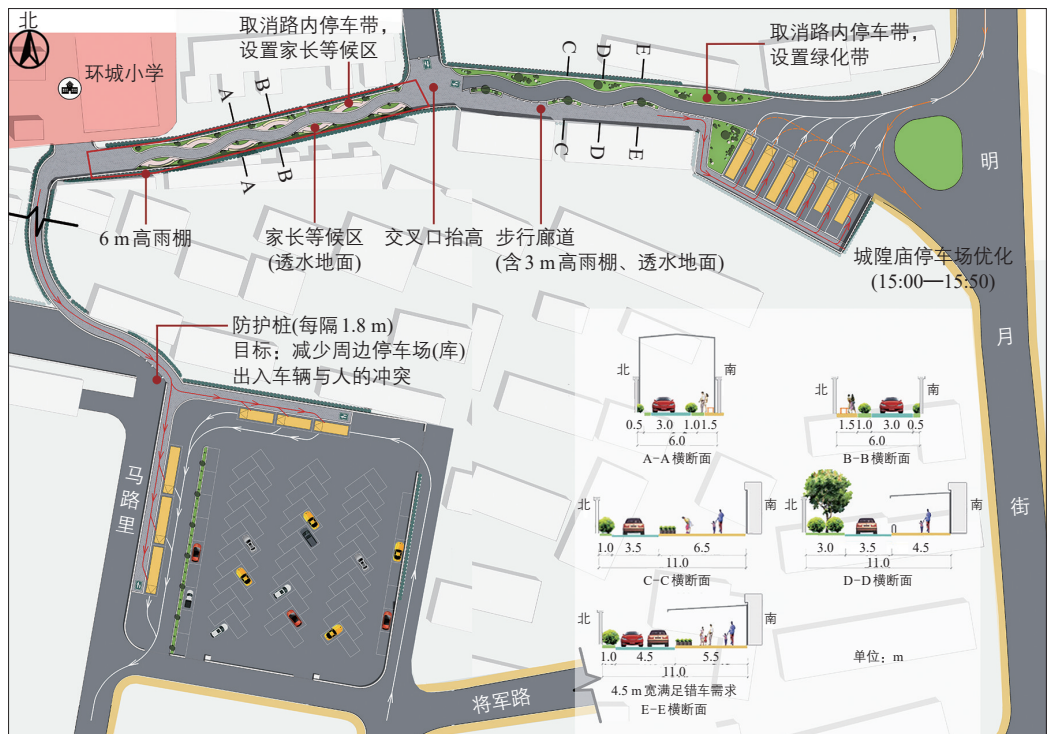


图15 校园周边地区道路交通环境改善

Fig.15 Travel environment improvement on roads around the school

- 通特征分析及改善建议[J]. 城市交通, 2007, 5(5): 87-91.
- He Junling, Li Jianzhong. Analysis and Improvement Suggestions on Elementary and Secondary School Commuting Traffic Characteristics in Wuhan[J]. Urban Transport of China, 2007, 5(5): 87-91.
- [5] 张蕊, 林霖, 杨静. 学龄儿童出行方式特征及其影响因素[J]. 城市交通, 2014, 12(2): 78-83.
- Zhang Rui, Lin Lin, Yang Jing. School-Age Children Travel Mode Characteristics and Affecting Factors[J]. Urban Transport of China, 2014, 12(2): 78-83.
- [6] Ewing R, Schroeder W, Greene W. School Location and Student Travel: Analysis of Factors Affecting Mode Choice[J]. Transportation Research Record, 2004, 1895(1): 55-63.
- [7] Moore-Cherry N. Creating Child-Friendly Cities: Reinstating Kids in the City[J]. Planning Theory & Practice, 2014, 15(1): 144-146.
- [8] M. 欧伯雷瑟-芬柯, 吴玮琼. 活动场地: 城市——设计少年儿童友好型城市开放空间[J]. 中国园林, 2008, 24(9): 49-55.
- Oblasser-Finke M, Wu Weiqiong. Playground: City—Child-Friendly Design of Urban Open Space[J]. Chinese Landscape Architecture, 2008, 24(9): 49-55.
- [9] Woolcock G, Gleeson B, Randolph B. Urban Research and Child-Friendly Cities: A New Australian Outline[J]. Children's Geographies, 2010, 8(2): 177-192.
- [10] 林瑛, 周栋. 儿童友好型城市开放空间规划与设计: 国外儿童友好型城市开放空间的启示[J]. 现代城市研究, 2014, 29(11): 36-41.
- Lin Ying, Zhou Dong. The Planning and Design of Child-Friendly City Open Space: Enlightenment of the CFC's Open Space Aboard[J]. Modern Urban Research, 2014, 29(11): 36-41.
- [11] Kaboom.org. Playful Gardens, Tucson, AZ [EB/OL]. 2018[2018-11-02]. https://kaboom.org/playbook/case_studies/playful_gardens.
- [12] 沈瑶, 张丁雪花, 李思, 等. 城市更新视角下儿童放学路径空间研究: 以长沙中心城区案例为基础[J]. 建筑学报, 2015(9): 94-99.
- Shen Yao, Zhang Dingxuehua, Li Si, et al. A Spatial Study on School-Age Children's Routes Between School and Home After Class Against the Backdrop of Urban Redevelopment as Exemplified in Central Changsha[J]. Architectural Journal, 2015(9): 94-99.
- [13] 长沙市人民政府. 2016年春季开学起长沙中心城区学校实施错时放学制[EB/OL]. 2016[2018-11-02]. http://www.changsha.gov.cn/xxgk/szfxgkml/zxbd/cslh2016_31783/ljlh/jy2016/201601/t20160121_875728.html.
- [14] 宁波晚报. 宁波晚报观察团来到梅竹路公交首末站和鄞州德培小学[EB/OL]. 2018[2018-11-02]. http://daily.cnnb.com.cn/nbwb/html/2018-01/11/content_1091727.htm?div=0.
- [15] 中华人民共和国国务院. 校车安全管理条例[EB/OL]. 2012[2018-11-02]. http://www.gov.cn/zwggk/2012-04/10/content_2109706.htm.
- [16] 张开翼. 城市交通公平研究综述[C]//中国城市规划学会. 持续发展、理性规划: 2017中国城市规划年会论文集. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [17] 诸大建. 后汽车时代城市的共享出行问题: 基于循环经济视角的思考[J]. 城市交通, 2017, 15(5): 12-19.
- Zhu Dajian. Urban Sharing Travel in Post-Car Era: A Discussion Based on Circular Economy[J]. Urban Transport of China, 2017, 15(5): 12-19.
- [18] 柴泾哲. 城市交通能耗及碳排放测算研究[J]. 价值工程, 2015, 34(7): 243-244.
- Chai Jingzhe. On the Measurement and Calculation of Urban Traffic Energy Consumption and Carbon Emissions[J]. Value Engineering, 2015, 34(7): 243-244.
- [19] 潘海啸. 城市空间布局与绿色低碳交通[M]. 上海: 同济大学出版社, 2015.
- Pan Haixiao. Urban Spatial Structure and Green Transport for Low Carbon City[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2015.
- [20] GB 18352.3—2005 轻型汽车污染物排放限制及测量方法(中国 III、IV 阶段)[S].
- [21] 曾军平. 集体行动的个体异质效应研究[J]. 财经研究, 2004, 30(3): 58-66.
- Zeng Junping. A Study on the Heterogeneous Effect of Individual on Collective Action[J]. Journal of Finance and Economics, 2004, 30(3): 58-66.
- [22] 周江评. “高昂”停车费不足以补偿负外部性: 交通经济学视角审视停车难题[N]. 中国交通报, 2017-08-10(3).