

需求响应捷运服务在低密度地区的探索性研究

Exploratory Research of Demand Responsive Rapid Transit System in Low Density Areas

朱 洪 何 婷 ZHU Hong, HE Ting

摘 要 在客运需求较分散的低密度区域,以需求响应捷运服务来替代部分传统公共交通服务的必要性越来越明显。在移动互联网、无人驾驶和智慧出行等技术不断发展的大背景下,需求响应捷运服务迎来了新的机遇,可以灵活选择不同外观和容量的车型,实现差异化服务。探索研究需求响应捷运服务的意义在于为替代小汽车出行寻找更有竞争力的绿色出行方式,促进交通领域“双碳”目标的实现,适应数字化转型背景下多样化的出行需求。在试图探索一种适用于低密度区域的新交通服务模式的基础上,改变传统交通规划以“线”为主体的思维方式,从“面”的角度思考交通系统的规划,同时为无人驾驶等新技术设计一个城市交通的应用场景。针对长三角示范区低密度的特性,以金泽镇为例进行需求响应捷运系统概念设计,评估系统的运行效益,对该系统的规划进行探索性研究,以期为城市交通可持续发展提供一种新的选择。

Abstract In areas where passenger demand is relatively dispersed, the necessity of replacing some of the traditional bus services with a demand-responsive rapid transit system is becoming more and more obvious. The evolving technologies provide new opportunities for its development. The appearances and capacities of vehicles can be flexibly designed, and the transport services can be very differentiated and personalized. The significance of developing a demand-responsive rapid transit system is to find a true replacement for car trips, achieve carbon neutrality goals in the transportation sector, and meet the requirements of diversified transport needs in the digital era. This paper attempts to explore a new transport mode suitable for low-density areas and create urban application scenarios for new technologies such as driverless cars. In view of the characteristics of low density in the Yangtze River Delta Demonstration Area, this paper takes Jinze Town as an example to carry out the preliminary design of a demand-responsive rapid transit system, evaluates its operating benefits, and conducts an exploratory study on its system planning, which are expected to provide a new choice of sustainable urban transport mode.

关键词 需求响应;捷运;个性化;数字化;探索性

Key words demand responsive; rapid transit; customization; digitalization; exploration

文章编号 1673-8985 (2023) 06-0131-06 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20230617

作者简介

朱 洪

上海市城乡建设和交通发展研究院
副院长,教授级高级工程师,硕士
simonwx@126.com

何 婷

WSP科进柏诚上海公司
董事助理,硕士

过去几十年,国内交通基础设施的建设主要集中在骨干道路和轨道交通领域。这些交通基础设施的建设一定程度上满足了城际出行和以城市高密度核心区为起讫点的出行需求。但是在城市近郊区、远郊区,以及半城

市化区域,传统集约化公共交通模式普遍存在吸引力不足、载客率低、严重亏损等与可持续发展违背的情况,而这些区域也是小汽车出行水平最高的地方,拉高了城市交通领域碳排放的平均指标。仅仅将城市中心的交通

系统向外延伸无法完美匹配外围区域的出行特征和需求,因此更需要探索一种为这些区域专门设计的更为有效的捷运服务模式。目前,无人驾驶车辆技术已经获得了长足的进步和突破,但仍然缺乏在城市中的应用场景设计。城市作为一个高度组织的系统,新的技术永远只有融入到完整的系统中去才能发挥出巨大的效用,因此在研究无人驾驶车辆的同时,急需研究无人驾驶车辆在城市中广泛的、系统性的、高度组织的、精密的应用场景。这项工作不是由汽车制造商来完成,而应该由城市规划师首先完成顶层设计,并提出相关产业发展的指导性建议。

1 探索研究需求响应捷运服务的目的

1.1 为替代小汽车出行寻找更有竞争力的绿色出行方式

在过去几十年中,小汽车对我们的生活方式产生了巨大的影响,尤其是很大程度上改变了城市化区域的形态和密度。我们按照小汽车出行的需要设计城市,这带来的结果是使小汽车出行的优势更加明显,大量的郊区区域被开发,从而导致交通拥挤向更多的区域和更大的范围扩散,使常规公交系统的运营效率更难以维持。

20世纪70年代以后,上海及国内其他大城市均经历了从中心向外围的快速城市化过程,城市居住人口以面状的形式逐渐从中心扩散到周边外围区域,而大容量的公共交通网络主要还是呈现出从中心向外围放射的线形形态。随着周边部分轨道交通节点区域的集中发展,外围次级中心的密度及经济影响力逐渐增强,整个城市逐渐发展成为一个远远超越主城区范围的超大城市。扩散的人口首先填充了公交走廊周边的区域,通勤交通依旧呈现出明显的潮汐特征。小汽车的大量普及使放射性客运走廊中间的郊区地带也逐渐被填满,虽然这些区域没有良好的公交服务,但是依然可以依靠小汽车来完成出行。虽然城市规划鼓励高密度发展,并将新的建设尽量控制在有良好公共交通服务的走廊区

域,但是实际上很多新的开发都在建成区域的边缘,并且不一定被局限在公交走廊的范围内。这导致大部分原本可以通过步行或非机动车完成的出行,由于距离的增加及公交服务水平低等原因,向小汽车方式转移。

超大特大城市一直致力于引导小汽车有节制地出行,同时不断改善公共交通服务。但是在城市实际发展过程中,总是存在一些办公或商业地块的开发单位要求获得更便利的小汽车出行条件。由于缺少一种交通方式能够有效替代小汽车,迫使公交系统必须不断调整和优化使其能够与小汽车竞争,但是往往事与愿违。在较小的城市中,较短的出行高峰时段和较小的交通需求集中的区域,无法支撑传统公交的运营效率,对小汽车的依赖程度更高。以长三角示范区为例,建设用地3 000—4 500人/km²的低密度发展无法支撑公共交通的高频率发车,因此公交服务水平相对较低,从而导致这些区域交通出行更依赖小汽车。

1.2 促进交通领域“双碳”目标的实现

交通是加速气候变化的主要影响因素之一。控制城市交通领域碳排放的措施包括减少或控制出行需求,用清洁能源动力的车辆替换现有的各类车辆,以及将出行需求更多地往能源效率更高的公共交通模式引导^[1]。优化交通出行结构是从源头上实现交通减排的重要举措,需要作为一个长期战略来持续实施。但是受城市空间结构的影响,交通出行结构具有明显的地域差别性,也需要制定因地制宜的优化目标。优化供给结构是另一个减碳路径,主要通过优化供给匹配来提高运输效率,进而提升减排效益。提高公共交通出行比重的初衷是为了提高整体运输效率,当公交运输效率低下时,往往有违初衷。需求响应捷运服务是对优化供给结构的一种探索,以使用者需求为导向,在低密度区域或低需求时段,研究符合个性化出行路径与时间要求的智慧出行服务,从而实现供给与需求精准匹配的高效运行。

1.3 适应数字化转型背景下多样化的出行需求

数字化转型越来越成为推动经济社会发展的核心驱动力,必将重塑交通服务模式和市民出行方式。一方面,生活数字化将丰富市民的日常活动,从而强化市民出行个性化趋势。市民出行目的多样化,对交通服务提出差异化要求,不仅要关注出行时间,还要更关注出行的个性化体验。另一方面,治理数字化也为兼顾高效和个性化服务提供了技术支撑,需求侧实现智慧引导,供给侧实现精准调度,促使个性出行与集约服务实现无缝衔接。在数字化转型背景下,传统的公共交通运营模式将得到进一步创新变革的机会,高品质的个性化供给与智慧出行服务将实现融合,相对于小汽车出行,更有竞争力的需求响应捷运服务迎来了发展机遇。

2 需求响应捷运服务的发展前景

2.1 发展现状

目前国内已经有很多个性化公交服务的尝试性项目,基本上都以“定制公交”或“拼车”的形式出现。乘客通过软件提交出行需求信息,通过大数据平台进行信息汇总和处理,计算得出最优的运营线路和接送客顺序,力争使乘客和运营企业的综合效益最大化^[2]。但是大部分项目都未能取得预期的效果,主要原因是运营线路和停靠站点数量的不固定使公交的出行时间变得更加不可靠,同时由于车辆数的限制导致很多出行需求无法被快速响应^[3]。这给需求响应捷运服务的发展带来了一些质疑,例如英格兰地面公交国家战略的报告中得出了“需求响应式公交永远无法取代高频的城市公交和城际公交线路”的结论^[4]。但是需求响应捷运服务并不等同于现有的需求响应公交,伴随无人驾驶技术的发展、5G技术的全面应用,以及将系统设计得更具人性化,其未来发展的前景依然可以期待。

英国戴文垂市是第一个将需求响应捷运服务作为一种新交通模式纳入城市综合交通规划中的城市,在一份由科林布坎南(Colin

Buchanan) 公司在2006年前后完成的研究报告中,用交通模型系统地分析了这种新交通模式对城市交通出行的潜在影响。其规划编制了一个由长50 km的网络和50个站点组成的需求响应系统。交通模型计算分析的结果是在合理票价的情况下,预期将会有一半的小汽车出行向新系统转移。

戴文垂市是一个现状以小汽车出行为主导的小城市,其所面临的规划和交通问题与国内很多市郊区域或小城市非常相似:即使传统公交网络的规模较大,其载客率也比较低;城市规划有大量向外扩张的建设计划,既需要解决交通拥挤和停车问题,又需要确保城市中心的活力和竞争力。通过增加公交车频率、改善公交车内品质等提高传统公交服务水平的手段显然无法真正意义上替代小汽车,反而在低密度区域导致了非常低的公交运营效率以及能源的浪费。戴文垂市研究的结论是:规划需求响应捷运系统可以替代城镇公共汽车服务;在交通拥挤更加普遍和严重的城镇引入该系统能够支撑城市可持续发展的扩展^[5]。

受当时通信等技术条件的限制,戴文垂市2006年编制的需求响应系统方案最终采用的是以高架结构为主的形式,虽然现在看起来这种形式对城市景观造成了很大的干扰,但在当时被认为是能够实现需求响应捷运系统效用的最好形式。如今17年过去了,重新审视当年设计的需求响应捷运系统方案,网络的交通效用依然成立,但是由于出现了更先进的通信和智能控制技术,现在可以找到更好的形式嵌入城市发展肌理。

需求响应捷运服务是一个仍然在不断探索和优化变革中的新模式,国内外尚没有区域范围较大规模的系统建成,未来更加大胆的构想需要交通规划专业人员的共同探索。虽然已建成的项目一般都在小范围使用,并且基于稳定的路径^[6];但是随着技术的发展,未来在运行范围、专用空间形式、运营模式,以及与智慧出行融合等方面都将会不断取得突破。

2.2 期望的功能定位

需求响应捷运服务是一种以使用者需求为导向的,以弹性的线路和班次使用中小型车辆合乘的运营模式;可在低密度区域或低需求时间段,提供符合个人化出行线路与时间要求的公共交通服务;结合个体交通与公共交通特性,提供能够满足出行需求在空间和时间上分布多样化的、高效率的共享交通系统。

理想的需求响应捷运服务具备以下特点:一是根据需求即时响应,按需提供灵活的供给,灵活设置运营路径,实现点到点直达服务;二是基于智能控制和无人驾驶的轻型新能源车辆,设置专属通行空间,确保较高的通行能力,在通行廊道上可以实现较小的车头时距;三是运营模式由“固定线路服务”转变为“动态共享网络服务”,根据乘客起讫点需求,提供即时的路径选择。

需求响应捷运服务是在一定范围内提供的个性化、高品质、点到点的公共出行服务,是以公交优先为主导的城市综合交通体系的组成部分。相对于私人小汽车,它应该更高效集约、更加便捷直达,并且能够与传统公交系统实现自由衔接,因此更具竞争力。它是无人驾驶汽车的一个应用场景,由于对系统容量进行了规划和布局,设置的专属路权相对于网约车和出租车更能得到供给服务的保证。相对于中小运量轨道系统,它的服务更倾向于个性化的直达服务,更适合布局在需求比较分散的区域;在主要的廊道上设置较小的车头时距,兼顾服务品质和运输效率的提升。虽然个性化是需求响应捷运服务的重要特征,但它也可以是集约化出行服务的一个环节,在轨道站点无法通过步行覆盖的低密度区域可以更加高效地为轨道交通汇集分散的客流;在人口密度相对较低的镇村,它也可以与常规公交融合拓展服务范围,提升公交服务的可达性。

2.3 未来的实施性探讨

需求响应捷运服务的实现不仅是交通系统的问题,还涉及对路权、周边用地红线及空

间问题的审视。若将需求响应捷运系统看成一种单纯的交通设施,并且要求其从设计到实施都能够完全嵌入现在的交通空间范围,则该系统的可实施性确实还存在很多疑问。这些问题包括专用路权保障、法律法规配套、技术层面、财务层面等方面。

专用路权保障问题包括是否能在已经非常拥挤的道路用地红线范围内再挤出空间设置该系统的专用通道;平面交叉口如何避免与其他交通模式的交织;站点以及车辆存储和维护设施的空间在哪里。法律法规层面的问题包括无人驾驶车辆在无跟车管理人员的情况下是否允许在城市道路上与其他模式车辆混行;涉及无人驾驶车辆的交通事故责任认定制度尚未完善。技术层面的问题包括对无人驾驶车辆的安全性及通信调度系统的可靠性的技术认定等。财务层面的问题包括该系统是否能实现自负盈亏,以及启动资金来源等。

城市交通系统的发展,从马车时代到汽车、轨道交通时代,每一次交通模式的变化都是由技术进步带来的,而这种变化往往不是交通领域单方面的调整。在无人驾驶技术、通信和控制技术不断发展的今天,我们需要思考在不久的将来会不会产生一种新的交通模式,推动整个城市规划朝着更加高效和可持续发展的方向发展。

3 长三角示范区需求响应捷运服务规划研究

3.1 研究背景

长三角示范区所在地域湖荡水网密布纵横,是长三角区域重要的水源涵养地区,境内蓝绿空间占比高。同时历史文化名镇、特色小镇、风貌保护区众多,是江南水乡古镇集聚地区,是世界文化遗产大运河的重要区段^[7]。

长三角示范区的交通规划思路是构建由高速铁路、城际轨道、城市轨道、中低运量公交等系统构成的示范区公共客运系统。目前由高速铁路和城市轨道构成的交通骨干系统已基本形成。城际轨道规划在示范区范围内主要沿沪湖、通苏嘉两条示范区创新功能轴布局。

长三角示范区的公交规划包括中运量公交、区域公交、常规公交等系统,以服务示范区各组团内部短途出行为主,并为高铁、城际及城市轨道交通提供接驳。规划提出发展需求响应式公交作为一种特色公交服务,但尚无明确的具体实施方案。

3.2 概念方案

系统设计目标一是为示范区内客流量相对较低的轨道交通站点输送其周边更大范围区域的客流;二是为示范区内部的出行提供一种更高效的捷运服务,以替代客流量不足的传统地面公交服务模式。

总体构想是将需求响应捷运服务覆盖所有轨道交通站点周围步行无法覆盖的区域,从“面”上捕捉外围的轨道客流需求,为末端的轨道线网输送客流,既提高外围低密度乡村区域轨道交通的服务可达性,也能够增加轨道交通末端段的客流量。如图1所示,根据示范区实际的区位及人口分布情况,建立若干个组团式的需求响应捷运服务网络,并通过构建廊道与距离最近的一个或两个轨道交通站点相连。

从示范区各乡镇中,选取金泽镇域组团进行初步的概念方案设计。路网布局依托主要干道,站点设置覆盖金泽所有村,延伸轨道交通服务,实现村村通“公交”。金泽镇共有建成

镇区及村级单元50余个,城际铁路系统在金泽镇区单元和西岑单元分别规划有一个城际铁路车站,其余村镇单元均不在轨道交通站点步行覆盖范围内,传统的公交线路无法为所有人口聚集的村镇提供接驳轨道交通站点的服务。在设施规划层面,金泽镇需求响应捷运服务规划布局如图2所示,专属通道覆盖镇区所有的道路,大约总长100 km,连接所有不同人口规模的居民点。专用的通道以单向为主,在有出行需求的居民点均可灵活设置50—200个直达站点。按照重车辆和轻基建的理念,即要求设计一种能够满足系统要求的高性能车型,而尽量降低通道的建设成本,以降低网络扩张的难度,赋予网络自动生长的能力。在运营层面,乘客从任意一个车站上车均可直达轨道交通站点,无固定运营线路,按照乘客的实际需求选择直达的路径。

3.3 需求预测和网络容量估算

根据青浦区总体规划,金泽镇定位为上海西部生态旅游型特色城镇。规划方案实施后,预计小汽车出行量的50%将转向需求响应捷运服务系统,该系统高峰小时客流量约为7 500人次。假设平均出行距离6 km,平均车速30 km/h,车头时距能达到2—3 s,则该系统网络的理论运能将达到3万—4万人次/h,预

测高峰小时的实际客流量7 560人次约为理论网络最大运能的20%—30%,因此该系统容量足以满足高峰小时出行需求以及应对未来出行量的增长。需求响应捷运服务的运能供给根据实际出行需求实时响应,每小时的供给容量可以在0—40 000人次的区间内按需变化,即金泽镇全天的小时出行需求量在0—7 560人次之间变化,则系统供给的运能也在同一区间内变化,除车辆调度产生的车辆空驶之外,其他的无效供给可以降低为零,从真正意义上实现提高公交服务水平的同时提高运输效率。

假设平均载客率为2人,满足高峰小时7 560人次的客流量预计需要的车辆数为866辆,车辆成本将占总建设成本最大的比例。控制系统需要实现对数量较多的小型车辆的实时控制和调度。

需求响应捷运系统的设计希望将自动驾驶车辆的优势最大限度地发挥出来。传统小汽车在道路上行驶,根据道路交通出行安全的需要,车辆之间需要保持足够的安全距离,这使得一条车道的通行能力受到很大的制约。而无人驾驶车辆的优势是车辆的车头时距可以根据车辆及控制系统的性能达到远远小于普通小汽车车头时距的水平,从而大幅度提高一条通道的通行能力。也就是说,需求

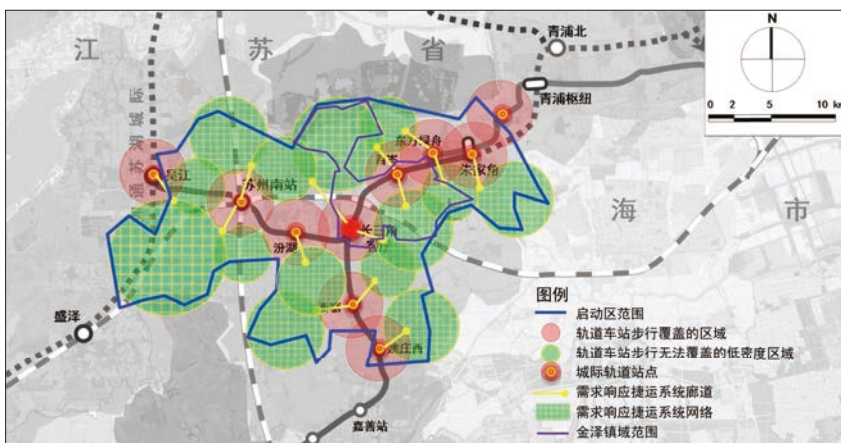


图1 长三角示范区需求响应捷运系统规划构想

Fig.1 Conceptual plan of demand responsive rapid transit system in the Yangtze River Delta Demonstration Zone

资料来源:笔者自绘。

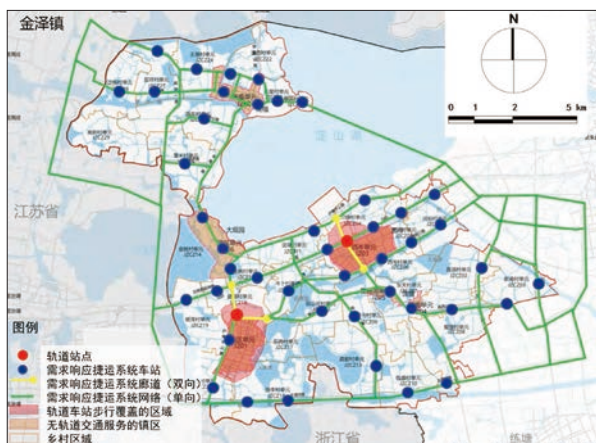


图2 金泽镇域需求响应捷运系统概念方案设计

Fig.2 Conceptual design of demand responsive rapid transit system in Jinze Town

资料来源:笔者自绘。

响应捷运系统的设计目标之一是大幅度地提高交通空间的使用效率。假设车头时距为2 s,则在100 km总长度的网络内,瞬时最大理论车辆数可以达到5 300辆,一小时的网络理论运能可以达到42 000人次,一小时断面流量2 500人次;若车头时距为3 s,则瞬时网内车辆最大值为3 700辆,一小时的网络理论运能为29 000人次,一小时断面流量1 700人次。以金泽镇为例,高峰小时的出行量为7 560人次,需求响应捷运系统网络的车头时距控制要求可以放宽到12 s,网络小时运能7 882人次能够满足高峰小时的出行需求(见表1)。因此,车辆的性能及其控制系统的能力将决定需求响应捷运系统网络的运能,车辆及其控制系统的设计也是非常重要的组成部分。以整体的系统设计为前提,进一步提出车辆和控制系统的的设计要求。

3.4 效益评估

需求响应捷运服务作为一种新的交通模式,其设计目标之一是能够弥补现有的各类可替代交通模式的不足,主要包括小汽车、出租车和普通地面公交。需求响应捷运系统比小汽车更节能环保、可持续,比出租车更灵活自由、随叫随到,比公交车更个性、省时、无障碍。

表1 金泽镇域需求响应捷运系统初期运营概念方案主要指标

Tab.1 Main parameters of conceptual design of demand responsive rapid transit system in Jinze Town

类型	指标名称	指标值	单位
系统规模	通道总长度	100	km
	车站数量	50	个
	总车辆数	866	辆
	平均每个车站泊位数量	3	个
系统性能	平均车速	40	km/h
	车头时距	12	s
	平均候车时间	<2	min
出行需求	平均出行距离	6	km
	平均载客率	2	人/辆
	高峰小时需求	7 560	人次
系统运能	一小时网络最大运能	3 941	辆
		7 882	人次
	一小时平均断面单向流量	236	辆
		473	人次

资料来源:笔者自制。

若金泽镇需求响应捷运服务系统能够建成,能够获得明显的社会效益、经济效益和环境效益。通过有无该系统的比较分析,预测需求响应捷运服务系统的出行分担率将达到40%,系统建成后将能减少1.8万人次/d的小汽车出行量(见图3)。需求响应捷运服务系统能够达到接近小汽车、高于出租车的服务水平,因此预测通过差异化的分级定价机制,系统收入将可以覆盖系统运营及建设成本,为公共交通系统摆脱财政补贴依赖提供了可能。

需求响应捷运服务系统的车辆完全采用绿色能源,能够有效减少非绿色能源出行的比例。该系统将采用高标准的无障碍设计,为各

类人群提供更为公平的出行条件。采用专属通道空间的设计手段为实现100%的交通安全提供保障,全系统零交通事故是需求响应捷运客运系统的重要设计目标之一。

3.5 服务的扩展

金泽镇主城区是城市化程度较高的区域,距离轨道站点较近,既有公交配套相对成熟,需求响应捷运系统可作为远期提升个性服务的储备方案。该区域路网和建筑密度也相对较高,在路权保障方面更需要对道路红线内的空间进行精细化的设计,局部区域可探索更贴近建筑和目的地的捷运服务。金泽镇主城区拓展方案概念设计如图4所示。

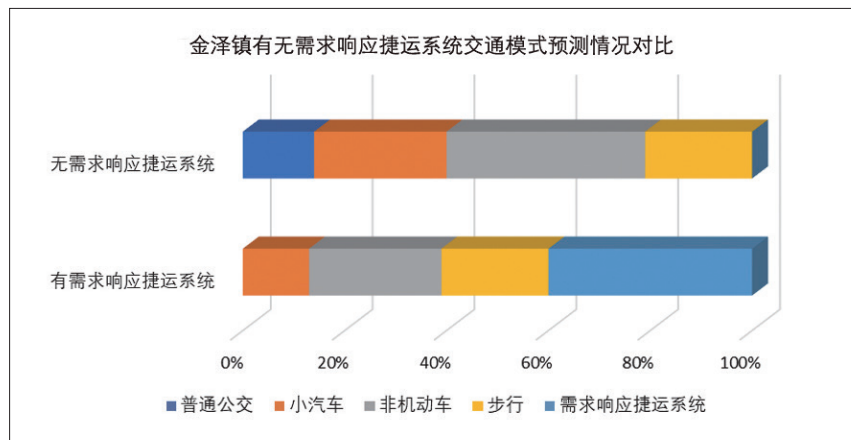


图3 金泽镇有无需求响应捷运系统交通模式预测

Fig.3 Transport mode prediction in different schemes in Jinze Town

资料来源:笔者自绘。

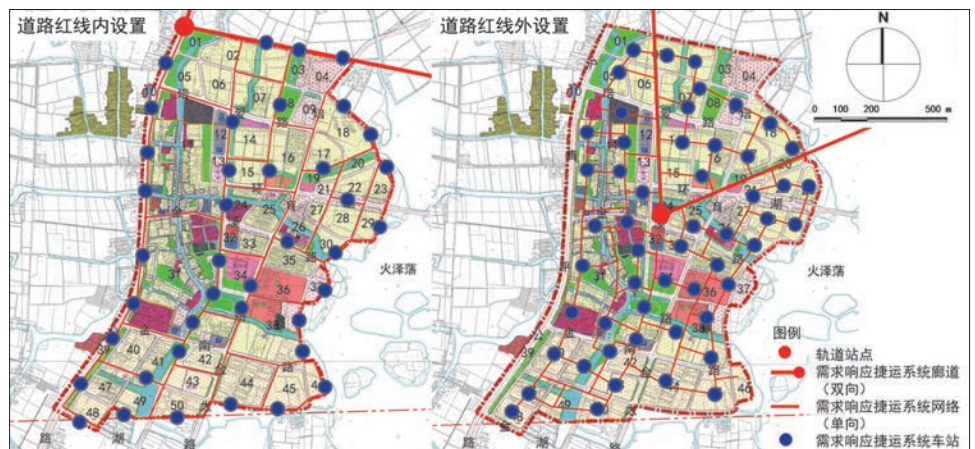


图4 金泽镇主城区拓展方案概念设计

Fig.4 Conceptual design of the demand responsive rapid transit system in Jinze Town's urbanized area

资料来源:笔者自绘。

在道路红线内,该系统的单向通道覆盖所有的市政道路,需要对道路空间进行精细化设计,因此选择在道路断面内设计一条宽度2.5 m左右的专用通道。由于建成区内道路交叉口及地块机动车出入口的密度较高,该系统的专用道局部建议采用浅埋下穿的方式。

在道路红线外,因该系统本身是一种需要和步行交通更加贴近的模式,结合地块及建筑物进行一体化设计是比较理想的设计形式,既有利于站点更加靠近最终目的地,也有利于避免与道路机动车辆的交织。在将该系统引入地块内部之前,需要先设计一种空间尺寸、噪声、震动等各方面都不会对建筑物及步行环境产生负面影响的车辆;同时还探讨对地块规划设计条件进行部分调整的可能性。

4 结论与展望

面对人们对美好生活的向往,在数字化转型的新形势下,城市交通服务要有所突破,需要在两个方面进行努力:一是基于需求响应的精细化供给和多样化服务;二是基于全出行链的集约运送与个性送达的无缝衔接。需求响应虽然是需求响应捷运系统的一个重要特点,但是它更强调个性化服务、灵活性供给和最优配置,提供点到点的服务。需求响应捷运系统可以单独成网,也可以是集约化公交的尾端扩展(近期主要通过站点换乘实现转换);未来,更有可能实现需求响应捷运与集约通道的无缝转换(远期通过车辆智能灵活编组运行构建集约通道),真正实现门到门的零换乘服务。将来的发展重点是在集约化快速系统的基础上加载需求响应捷运系统,形成更有竞争力的门到门公交服务,替代小汽车出行,在满足高效运行的同时兼顾个性化需求。

世界正在快速地发生改变。从气候变化到资源的稀缺;从个体经济、共享经济、低碳社区到人工智能和全自动化。这些趋势迫使我们改变规划和设计城市的方法,改变我们建造的基础设施,以及改变我们从一个地方

到另一个地方的出行方式。需求响应捷运系统作为一种城市交通应用场景,其探索性研究有利于创新具有可持续性发展的交通问题解决方

参考文献 References

- [1] 薛美根,刘明珠.基于大数据分析的上海公交转型发展路径分析[C]//2019年中国城市交通规划年会论文集.北京:中国建筑工业出版社,2019. XUE Meigen, LIU Mingshu. Analysis of Shanghai Public Transport Transformation and Development Path Based on Big Data Analysis[C]//Proceedings of the 2019 China Urban Transportation Planning Annual Conference. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.
- [2] 涂强,汪洋.基于网约车出行需求分析的公交廊道规划策略研究[C]//2021年中国城市交通规划年会论文集.北京:中国建筑工业出版社,2021. TU Qiang, WANG Yang. Research on Bus Corridor Planning Strategy Based on Car-hailing Travel Demand Analysis[C]//Proceedings of the 2021 China Urban Transportation Planning Annual Conference. Beijing: China Architecture & Building Press, 2021.
- [3] 刘向龙,李香静,刘好德,等. MaaS理念下城市轨道交通发展策略思考[J]. 交通与港航, 2022(2): 3-8. LIU Xianglong, LI Xiangjing, LIU Haode, et al. Development strategies of urban public transport based on the MaaS concept[J]. Communication & Shipping, 2022(2): 3-8.
- [4] 英国交通部. 地面公交重振旗鼓: 英格兰地面公交国家战略[Z]. 2021. Department for Transport, UK. Bus back better: national bus strategy for England[Z]. 2021.
- [5] BUCHANAN M. Why we need a transport revolution (speech in Napier University, Edinburgh)[Z]. 2005.
- [6] Mineta Transportation Institute. Automated Transit Networks (ATN): a review of the state of the industry and prospects for the future[Z]. 2014.
- [7] 上海市青浦区人民政府. 青浦区金泽镇总体规划(2017—2035) [Z]. 2018. People's Government of Qingpu District, Shanghai. Comprehensive plan and general land-use plan of Jinze Town, Qingpu District (2017-2035)[Z]. 2018.