

武汉市公共汽(电)车线网结构优化

代琦, 宋同阳, 孙小丽

(武汉市交通发展战略研究院, 湖北 武汉 430014)

摘要:以武汉市2015—2017年开展的公共汽(电)车线网调整实施评估为例,在城市空间拓展、功能提升和交通系统复杂多元化的大背景下,系统梳理公共汽(电)车线网功能、空间布局和服务效率问题。结合国内外先进城市公共汽(电)车发展新形势和武汉市发展需求,采取三大协同策略:以功能融合促公共交通一体化,以空间差异化促资源均等化,以运营协同促品效提升。多措并举打造普及、便捷、高效的公共汽(电)车网络,全面落实公共交通优先战略,努力将武汉塑造为轨道交通+公共汽(电)车+非机动车交通引领型的绿色出行楷模。

关键词:公共汽(电)车交通;线网结构;协同优化;武汉市

Structural Optimization of Bus Network in Wuhan

Dai Qi, Song Tongyang, Sun Xiaoli

(Wuhan Institute of Transportation Development Strategy, Wuhan Hubei, 430014, China)

Abstract: Taking the implementation evaluation of bus network adjustment in Wuhan from 2015 to 2017 as an example, this paper systematically reviews the functions, spatial layout and service efficiency of bus network under the background of urban space expansion, function upgrading and complex and diversified transportation system. Based on the new trend of bus development in advanced cities both at home and abroad and the development needs of Wuhan, the paper proposes three strategies of promoting the integrated public transportation with functional coordination, the equalization of resources with spatial differentiation, and the improvement of product efficiency with operation coordination. To develop Wuhan as a green travel model led by rail transit + bus + non-motorized traffic, more measures should be taken to build a universal, convenient and efficient bus network, and comprehensively implement the strategy of public transportation priority.

Keywords: bus transit; network structure; coordinated optimization; Wuhan

收稿日期: 2019-06-25

作者简介: 代琦(1983—),女,湖北武汉人,硕士,高级工程师,主要研究方向:城市交通、公共交通规划。E-mail: 65263581@qq.com

自2015年启动公共汽(电)车(以下简称“公共汽车”)线网优化调整以来,武汉市分期分批新辟和调整线路共计356条次,其中调整线路267条,新增66条,取消重复线路23条,目标是构建层次分明、功能明确、衔接顺畅的快、干、支、微四级线路层次。武汉市现有公共汽车线路500余条,运营里程超过8000 km。2016—2018年,在轨道交通新增线路4条、里程新增120 km背景下,公共汽车客运量维持在400万人次·d⁻¹稳定水平,占城市公共交通出行比例56%。公共汽车在城市客流运输、优化城市环境、提升城市品质方面发挥了重要作用^[1]。

1 上一轮线网调整的重点和成效

1) 明功能、分层次,优化线网结构。

线网结构实现直达型向换乘型转变,提高公共交通网络运营整体效益(见图1)。公共汽车线路平均长度从调整前的18.3 km下降至16.7 km,减少8.8%^[2]。

2) 降重复、强接驳、增覆盖,优化线网布局。

结合轨道交通线路开通,调减中心城区需求下降线路、运营周转困难的低效线路以及重复系数高线路(见图2)。增加与地铁接驳和服务新建小区、产业园区线路。线网重

复系数从4.05降低至3.17；中心城区线网密度从3.33 km·km⁻²提升至3.53 km·km⁻²；与轨道交通接驳线路从287条增加至397条；中心城区车站实现500 m全覆盖，线网指标全面提升。

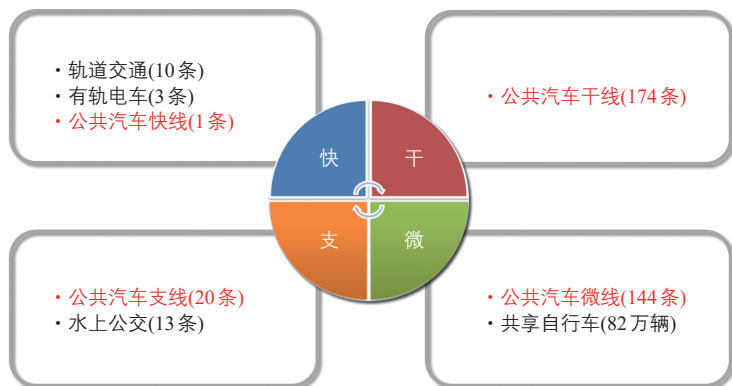


图1 武汉市四级公共交通体系

Fig.1 Hierarchy of public transportation system in Wuhan

资料来源：《武汉市国家“公交都市”建设示范工程验收自评报告》。

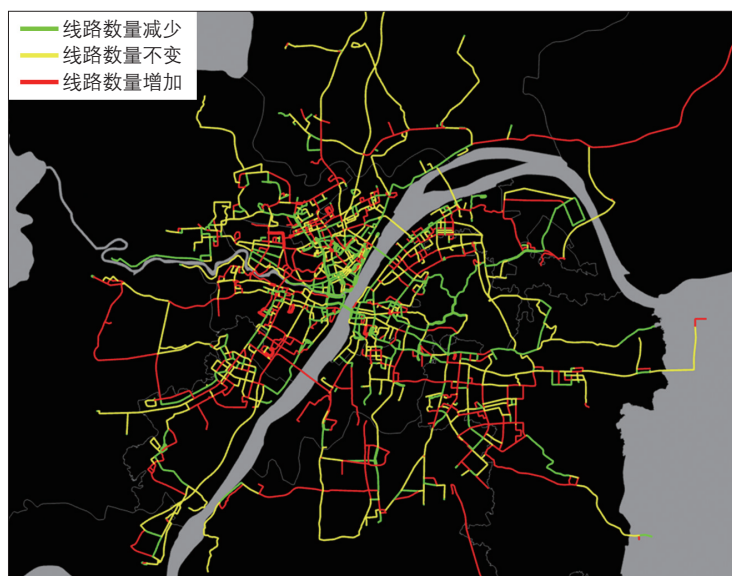


图2 武汉市2015—2017年公共汽车线路调整情况

Fig.2 Bus lines adjustment in Wuhan from 2015 to 2017

资料来源：文献[2]。

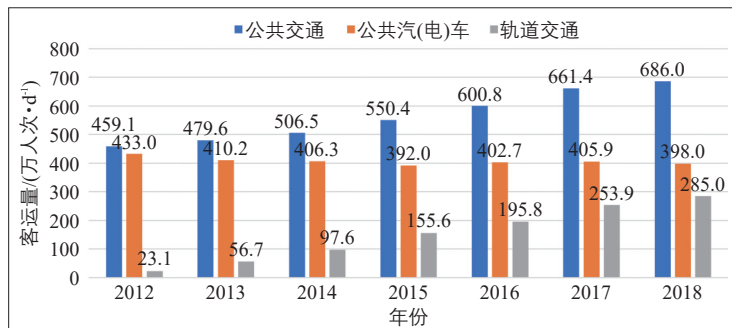


图3 武汉市历年公共交通客运量变化情况

Fig.3 Passenger volume of public transportation in Wuhan in different years

资料来源：《武汉市交通运输年鉴》(2019卷)。

3) 实施换乘优惠，降低出行成本。

2016年1月1日，武汉市开始对公共汽车和水上公交实施换乘优惠。实施换乘优惠政策有效支撑了线网优化调整，在降低平均线路长度、提高线路覆盖率、提高运营效率、缓解道路交通拥堵的同时，尽量降低线路调整对居民出行费用、时间等综合效益的影响。2017年，换乘优惠使用者为2.8亿人次，市民减少出行支出约3亿元。

4) 客流稳定，乘客满意度提升，综合效益凸显。

2016年以来，在每年开通2条地铁线路、网约车飞速发展、共享单车迅猛增加的情况下，武汉市实现公共汽车客运量近3年保持在400万人次·d⁻¹(见图3)，成为中国超大城市中公共汽车客流不下降的唯一城市。同时，乘客满意度也保持在85%以上，公交行业社会认可度逐年提高^[3]。

5) 运营效率提升，运营成本下降。

车均行驶里程逐年下降。2017年车均日行驶里程为163 km·辆⁻¹·d⁻¹，较2015年下降2%，有效控制车辆运营成本(见图4a)。每车的发车班次也在稳步增长，从2016年4.4班·辆⁻¹·d⁻¹增加至4.6班·辆⁻¹·d⁻¹，车辆利用效率提高(见图4b)。

2 现阶段公共汽车线网面临的问题

1) 与交通功能演变对应的网络结构有待优化升级。

现状公共汽车线路大于15 km的线路占比52%，与公共汽车承担中、短距离及接驳出行定位存在差距，与轨道交通共线的公共汽车线路也需要进一步优化调整。在武汉三镇分区差异化的轨道交通网络运营水平下，汉口、武昌的均质性公共汽车网络供给结构亟待调整，汉阳则亟须提升公共汽车网络覆盖和加密发车班次。

2) 与城市空间拓展对应的网络布局有待加密完善。

新城线网覆盖较差。近3年，新城公共汽车线路快速增加，但是仅达到主城的1/2~1/3，新洲、蔡甸、江夏等区域公共汽车覆盖仍然较少，需要大力提升新城公共汽车服务，实现城乡居民公共交通服务均等化。

主城局部新区覆盖不足。例如汉口常码头北部、汉阳晴川大道、武昌南部、光谷南部等区域已有大量居民入住，但仍缺乏公共

汽车线路。

核心区以外的三镇联系需加强完善。主要体现在新建桥梁和外围桥梁上公共汽车线路覆盖不足，市民跨江出行主要依靠小汽车。

3) 与乘客诉求对应的线网出行时效性有待提高。

线网加速扩张，发车间隔增加。2015—2017年，武汉市公共汽车线网长度从1 750 km增加至2 838 km，年增长率为27.3%；车辆运力配置从8 310辆增至9 049辆，年增长率仅为4.4%，运力增长速度不及线网长度增长速度；2019年线路早晚高峰发车间隔为8.7 min，较2018年7.8 min增加11.5%。

乘客对运行时间、线网优化、乘车舒适性和服务品质有更高的要求。根据调查结果，在乘客量持续增长的大趋势下，2018年公共汽车乘客满意度较2017年出现下降，且乘客对高峰候车时间和全程出行时耗两项指标最不满意。

4) “地铁送到站，公共汽车送到家”的一体化出行衔接有待加强。

武汉市94%的轨道交通车站周边200 m范围有公共汽车接驳服务。从区域来看，主城整体衔接较好，但是在谏家矶、藤子岗等区域仍有衔接空白；新城中临空副城东西湖片区衔接较好，75%的轨道交通车站有5条以上公共汽车线路衔接，长江新城、光谷副城和南部江夏区域1/3的轨道交通车站接驳公共汽车线路在3条以下。从接驳效果上看，主城区轨道交通车站接驳线路较丰富，公共汽车换乘轨道交通的客流占整体换乘客流的68%；新城中接驳公共汽车线路最多的临空东西湖、黄陂区域地铁换乘公共汽车客流占6大新城换乘客流的50%以上。已成熟运营的轨道交通线路接驳情况较好；新近开通的轨道交通车站有待加强。

5) 与多样化线路需求对应的运力投放有效性有待提高。

现状线路客流强度分布跨度大，客流特征多样；车辆高峰发车间隔为5~10 min，与多样化线路客流需求匹配度有待提升。运营效益方面，一批保障民生服务的填补空白线路运力大量富余，一批网络内部重复性线路相互分流客源导致运营效益不高。运力配置方面，局部道路拥堵导致车速低、车辆周转慢，早、晚高峰时段白沙洲、民族大道出现公共汽车运力不足现象。

3 未来发展趋势

1) 轨道交通网络快速增长、城市空间结构升级，要求公共汽车线网转变发展定位、主动寻求客流新增长点。

2016年初—2019年3月，武汉市轨道交通运营里程从125 km增加至318 km，增幅154%，日客运量从120万人次·d⁻¹增加至370万人次·d⁻¹，增幅208%。与之形成鲜明对比的是，公共汽车线网规模增幅达62%，而日

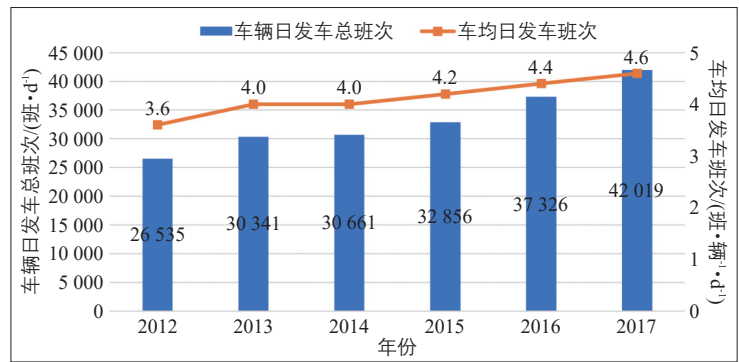
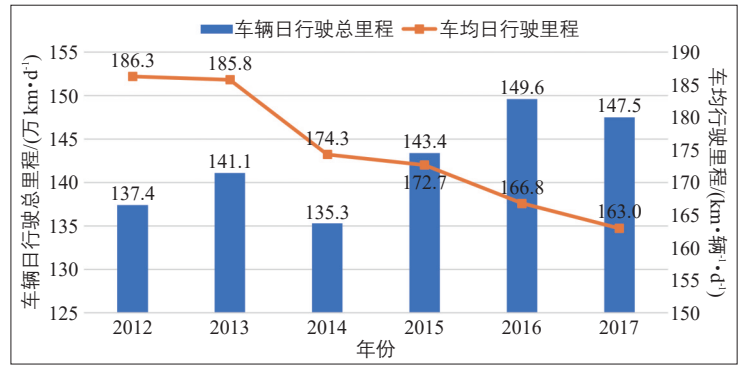


图4 武汉市公共汽车交通历年发展情况

Fig.4 Annual development trend of bus network in Wuhan

资料来源：文献[2]。

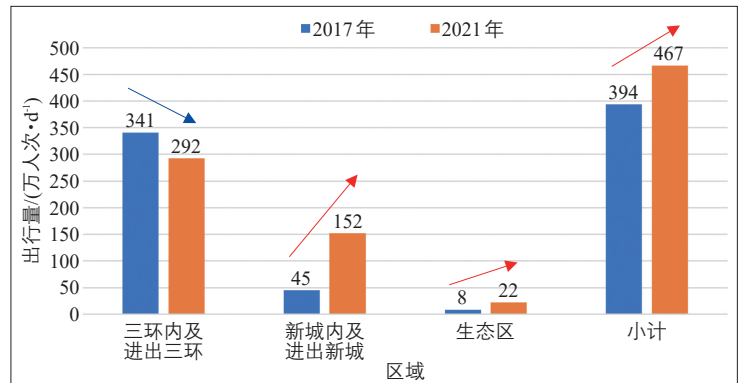


图5 武汉市公共汽车交通分区域客流需求变化

Fig.5 Changes of passenger flow demand in different bus subareas of Wuhan

资料来源：文献[4]。

客运量增幅仅为2%。公共汽车客流吸引潜力不足，随着武汉市轨道交通第三、四期建设规划线路大规模开通及网约车、共享汽车、共享单车交通发展，公共汽车出行总量不会大幅增加，同时随着中心城区人口饱和、轨道交通网络化服务，公共汽车客流需求下降；新城区人口增长，轨道交通轴线服务，公共汽车客流需求上升，呈“广、散、小”分布特征(见图5)。公共汽车线网亟待根据与轨道交通网络关系、与不同区域客流空间分布特征细分市场，重新审视功能定位。

2) 乘客对出行自由度和运营效率要求日益提高，要求公共汽车线网转变组织形式，重点关注线路之间协同和线网整体可达性。

借鉴国外城市的公共汽车线网改革运动，结合武汉市已基本形成的换乘型公共汽车线网结构，武汉市将进一步优化换乘站与客流转换节点、城市功能节点的匹配性，通过整合重复系数高的长大干线，重点打造一批发车频率高、可靠性好的高品质线路，有效解决乘客候车时间长的难题，使乘客可以快速到达线网内任意目的地。公共汽车线路设计不为满足单一群体的个性化需求，而是为了发挥系统整体最大效益。

3) 为实现服务高品质和运营可持续目标，要求公共汽车线网转变运营模式，加强与网络客流、服务功能的适应性。

随着社会经济发展，市民对出行服务的多元化需求和品质化要求日益提高。香港存在的多元多样的非专营巴士服务值得借鉴，包括居民巴士服务偏僻区域或居民人数无法支撑常规专营巴士线路的社区，采取与运输公司接洽协议开办模式；港铁巴士服务与地铁站接驳换乘人群，由港铁自行运营，以公交IC卡实现与地铁免费换乘；旅游大巴(包车)服务旅游景点和大型活动集体运输^[5]。这些灵活的公共交通服务极大地提高了公众出行便利性。2017年香港公共汽车日客运量达到615万人次·d⁻¹(包含专营巴士、公共小巴、居民巴士和港铁巴士4类)，占公共交通客运总量的48%^[6]。

表1 武汉市公共汽车线网发展目标

Tab.1 Development objectives of bus network in Wuhan

目标	战略指标	2017年公交都市验收指标	2021年发展目标
普及	公共汽车站300 m覆盖率	主城区500 m覆盖率100%	主城、新城建成区300 m覆盖率90%
	公共汽车线网密度	主城区3 km·km ²	主城、新城建成区4 km·km ²
	公共汽车路网比例	45%	70%
便捷	一次换乘可达率		>90%
	线路换乘时间		<10 min
	高频线网发车间隔		<5 min
	高峰拥挤度<80%的车辆比例		85%
高效	线路平均长度		16 km
	主城区停靠线路小于15条的车站		90%
	公交专用车道设置率	主城区>20%	主城、新城建成区>25%
	车公里载客量		2.7人次·车公里 ⁻¹

资料来源：文献[4]。

表2 武汉市公共汽车线网功能定位

Tab.2 Functionality of bus network in Wuhan

城市公共交通系统	运行速度	发车间隔/min	组织模式	功能定位
轨道交通	快	2~5	定走廊、单线路	提供中长距离骨干运输服务
公共汽车快线/BRT/有轨电车	快	2~5		
公共汽车	高频干线	中	定走廊、多线路	在地铁未覆盖或运力不足的高密度区域及地铁直达性不佳的高客流走廊，提供中长距离骨干运输服务
	普频干线	中		
	普频辅线	慢	定商业圈、医疗圈、学校圈功能节点和接驳站点，以线串点	在中等密度区域、中等客流走廊或人口及就业高增长区域，提供中短距离运输和接驳骨干线网服务
	低频辅线			
定制公共汽车	快	提前撮合预定或即时响应	定站点、单线路	在客流相对集中和固定的起终点，提供直达的撮合式服务

资料来源：文献[4]。

4 发展目标与应对策略

4.1 发展目标

落实公共交通优先战略、突出公共交通基础地位、强化品质效益导向，规划形成与城市高质量发展要求匹配、与乘客多样化出行需求适应，与轨道交通网络建设计划协同的普及、便捷、高效型公共汽车网络。将武汉市塑造为轨道交通+公共汽车+非机动车引领型的绿色出行楷模，使之成为超大城市绿色交通典范(见表1)。

4.2 总体对策

对策一：以功能融合促公共交通一体化。正视轨道交通里程增长、非机动车复兴的影响，打造短距离以非机动车为主，中短距离以公共汽车为主、中长距离以轨道交通为主的一体化公共交通体系，全面提升公共交通整体竞争力。

对策二：以空间差异化促资源均等化。结合空间特征、轨道交通网络特征，分区域、差异化整合轨道交通+公共汽车网络，锚固换乘枢纽，实现公共交通服务均等化。

对策三：以运营协同促品效提升。在线路、车站等空间设施规划基础上，增加车型大小、发车间隔运营指标形成覆盖公共汽车出行体验的全要素规划方案。增强运力供给的适应性和灵活性，提高公共汽车出行服务质量和效率，提升服务针对性和精准性。



图7 区域划分方法及结果

Fig.7 Regional division method and results

资料来源：文献[4]。

5 三大协同举措

5.1 功能协同

分级分类、深融合，系统构造功能协同的大公共交通网络体系。配合地铁2021年主城成网，新城通线的建设进程，公共汽车线网在快、干、支、微4级线网结构的基础上，综合考虑与轨道交通的网络关系、线路组织形式、线路运营模式因素，打造主辅结

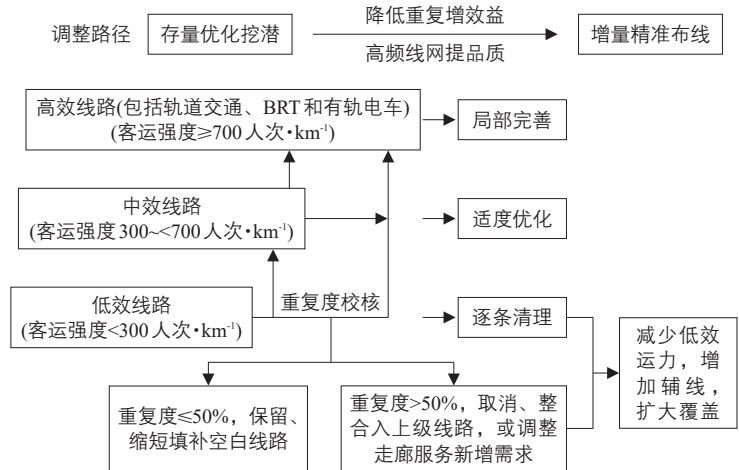
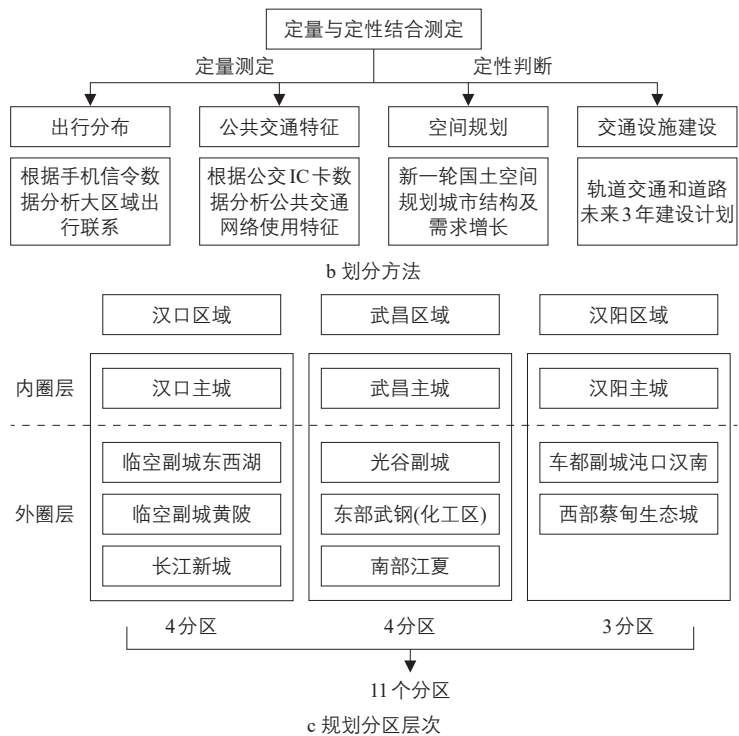


图6 公共汽车线网调整策略

Fig.6 Bus network adjustment strategies

资料来源：文献[4]。



合、功能融合、品效协同的扁平式线网结构(见表2)。

本轮线网调整以合理平衡社会效益和经济效益为基础,采取存量优化挖潜和增量精准布线两大策略优化配置线路资源(见图6)。

结合公共汽车主干线功能定位和服务特点,以武汉市大区联系为基础,借助大数据手段分析轨道交通服务不足的高需求区域、人口及就业岗位高增长区域和长距离出行需求方向,在干线走廊通过合并高重复性线路组织适量高频干线便捷换乘,增加高频率、高品质线路的覆盖。

结合公共汽车辅助线功能定位和服务特点,以武汉市空间功能分区为基础,借助大

数据手段分析公共汽车换乘枢纽,公共汽车覆盖热点区域、薄弱区域和短距离出行需求方向,以线串点,在提供“站到门”和“门到门”服务的同时兼顾运营效益提升。

5.2 空间协同

5.2.1 公共汽车协同区域划分

通过定量与定性结合进行区域的测定与划分,将武汉市划分为“三区域、两圈层”(见图7)。

5.2.2 公共汽车线网架构

结合武汉市主城功能提升,新城轴向拓展的空间发展要求和轨道交通线网建设计划,分区域、分层次、差异化架构公共汽车网络(见表3和图8)。

5.2.3 分区方案

都市发展区内汉口总人口381.8万人,其中主城为强核心辐射型区域,临空副城东西湖片区已连绵化发展,黄陂片区为组团型发展状态,长江新城目前为比较落后的离散型发展。随着副城及长江新城的快速开发,汉口人口仍将快速增长。未来3年,仅东西湖片区将新增一条轨道交通线路,主城区及黄陂、长江新城轨道交通线路均维持稳定。汉口核心区在有可替代线路基础上,转移富余运力至服务薄弱区域,提高运力投入有效性。

都市发展区内武昌总人口418.1万人,其中主城为多中心辐射型区域,光谷副城连绵化发展,南部新城为组团型发展,东部新城主要为工业区。武昌主城及光谷副城人口将快速增长。未来3年仅武昌主城区将新增3条轨道交通线路,主城区以外线路均维持稳定。武昌保持现状线路高效率服务水平,重点增加东湖高新区方向干线,全面增加公共汽车辅线规模,加强与即将开通轨道交通线路车站接驳,满足市民短距离多样化出行需求。

都市发展区内汉阳总人口98.9万人,其中主城为强核心辐射型区域,车都副城连绵化发展,西部蔡甸中法生态城为离散型发展状态。汉阳人口增长将主要集中于主城区。未来3年车都副城、西部新城各新增一条轴向线路,主城区线路维持稳定。配合新城轨道交通线路开通,在保障与新城多方向服务基础上,缩短跨城干线长度并与换乘枢纽衔接。全面增加辅线规模,加强与已开通和即将开通轨道交通车站接驳,满足市民短距

表3 分区域公共汽车线网结构

Tab.3 Sub-regional bus network structure

区域	线网结构	线网功能
主城区	普及式	主城干线串连重点功能区、枢纽站,构成高效骨干网;接驳辅线、区域辅线构成全覆盖辅线网
跨城区	轴辐式	串联主城区与新城区间重要轴线,行驶于高、快速路,主要锚固重要枢纽
新城	核辐式	枢纽站为发展核心,布设各层级公共汽车线网,以交通带动周边开发,引导城市转型发展
风景生态区	低碳游憩式	主城旅游景点、生态休闲区导入旅游大巴直达服务,提供低碳、环保公共交通选择

资料来源:文献[4]。

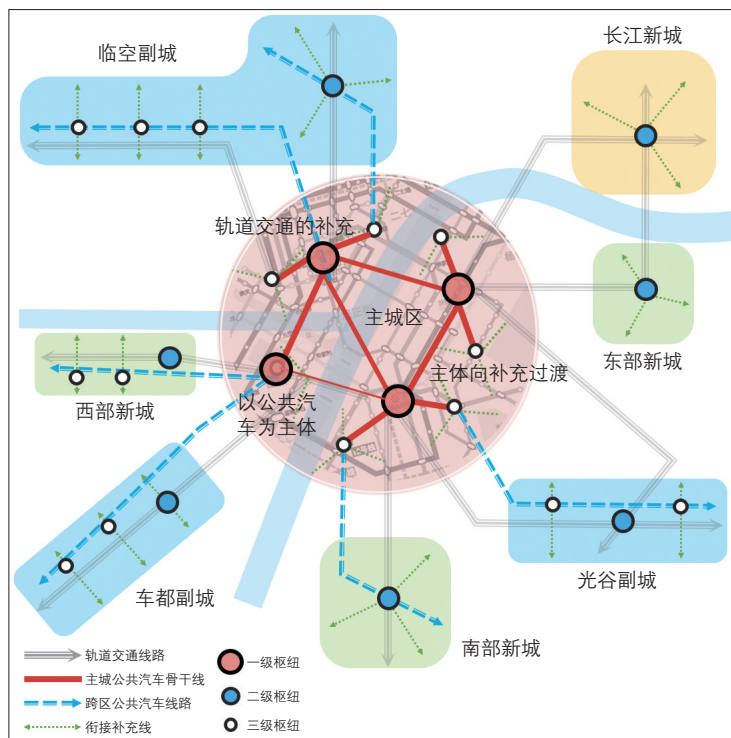


图8 公共汽车线网架构及功能定位

Fig.8 Bus network structure and functional orientation

资料来源:文献[4]。

表4 武汉市分区域公共汽车交通规划策略

Tab.4 Bus planning strategies in different bus subareas of Wuhan

分区	轨道交通发展阶段	公共汽车交通功能定位	规划策略	
汉口	汉口主城	网络成熟阶段	轨道交通的补充和延伸 完善辅线：增强与地铁接驳能力，增强中短距离服务精准性，重点在古田、后湖区域增加覆盖	转型干线：整合低效干线、降低重复，提高与轨道交通差异化服务的干线品质；转移运力
	临空副城东西湖	骨干线路培育和轴线建设阶段	公共交通的主体	增强接驳辅线：以轨道交通和跨城干线为骨架，加强接驳辅线覆盖
	临空副城黄陂	轴线培育阶段		
长江新城	轴线培育阶段	提质跨城干线：在轨道交通轴线覆盖不足的次级客运走廊，提档升级干线，提供高品质服务		
武昌	武昌主城	网络建设阶段	由主体功能向补充和延伸功能转换 提质干线：在地铁施工走廊，提档升级干线，提供高品质服务，保障公共汽车竞争力；整合低效干线、降低重复	完善辅线：增强对地铁的接驳能力，增强中短距离服务精准性，重点在白沙、南湖区域增加覆盖
	光谷副城	轴线培育阶段	公共交通的主体	增强接驳辅线：以轨道交通和跨城干线为骨架，加强接驳辅线覆盖
	南部江夏	轴线培育阶段		
东部武钢(化工区)	无轨道交通	完整的公共交通系统	提质轨道交通延伸功能的跨城干线：在主要客运走廊，提供高品质干线服务接驳武汉火车站枢纽和5号线车站	
汉阳	汉阳主城	骨干网络成熟阶段	增强辅线：增加与轨道交通接驳线路，增强中短距离服务精准性，重点在四新、临长江和临汉江区域增加覆盖	增强干线：在轨道交通骨干线覆盖不足的次级客运走廊、四新区域，提供高品质干线服务
	车都副城沌口(汉南)	骨干线路培育和轴线建设阶段	公共交通的主体	增强接驳辅线：以轨道交通和跨城干线为骨架，加强接驳辅线覆盖
	西部蔡甸(生态城)	轴线建设阶段		

资料来源：文献[4]。

离多样化出行需求。

各区域公共汽车交通规划策略见表4。本次方案重点调整主城和3个副城的相关线路，该范围涉及线路395条，本次保留线路306条，调整及新增线路133条(占比33%)，规划线路总量415条(新增5%)。其中重点减少主城镇间干线数量10%，增加汉阳和武昌辅线数量超过16%。

5.3 运营协同

通过高、中、低发车频率组合，车型多样化配置，满足高密度、多车型灵活运营要求。根据客流需求和城市发展需要筛选87条主干线，组成高频干线网，锚固54座区域换乘枢纽，线网长度约700 km，平均发车间隔4.6 min，实现武汉市2021年轨道交通+高频公共汽车干线超过1 000 km的骨干网络布局。在车型选择上，针对需求覆盖面广、单线客流需求小的发展趋势，增加小型和微型公共汽车配置，保障较高发车频率与运能供

给的匹配性，提高公共汽车服务品质。根据干线和辅助线的分区域客流特征和发车频率要求，分类制定车型系数(指不同类型的公共汽车运营车辆按统一的标准当量折算成的标台车辆数)，有效指导运营公司制定车辆购买计划。

6 结语

公共汽车系统为市民提供最基础的公共服务，同时面临轨道交通、网约车、共享单车等多种交通方式的竞争和市民多元化、品质化的出行需求，因此公共汽车线网优化调整是永恒的主题。应结合各城市空间布局发展和公共交通系统发展阶段，定制个性化的公共汽车线网调整策略和规划方案，同时将反映运营服务需求的发车间隔、车辆类型等指标反馈至前期线网规划，综合考虑经济效益和社会效益平衡关系，实现服务品质和运营效益双提升的目标。

(下转第79页)