

快速城市化下大城市公交线网规划的困境与对策

徐正全 杨宇星 魏增超 吴晓飞

【摘要】随着近年来快速城市化和空间蔓延，大部分城市公交线网多采用原有核心城区的公交线路简单外延来满足外围地区发展，引发线路过长、供需不匹配、布局不均衡等网络层面的问题，也导致公交线网布局难以正确引导用地发展、公共交通运行效率低下。本文采用“自顶而下”的研究方法，分别从线网系统合理模式研究、线网优化实施的对策与方法、“四位一体”的保障措施等三个层面，建立全方位的大城市公交线网优化方法体系，提出了大城市公交线网规划的思路和实施对策。

【关键词】公交线网；多层次；发展模式；城市化；制度保障

0.引言

除了几个特大城市，国内绝大部分大城市的轨道交通等大、中运量公交系统发展相对滞后、骨干难以成网，导致常规公交线网在满足公交出行需求、支撑用地拓展中处于首要地位，依然是城市公共交通服务中最重要的组成部分，也决定了其优化的合理性对于公交系统运营效率、服务水平的提升起到举足轻重的作用。

近年来我国大城市正处在区域化、城市化、机动化快速发展时期，一方面城市人口快速增长、机动车保有量日益增加、小汽车出行比例也随之增加，另一方面城市空间快速拓展、圈层状的城市蔓延趋势明显。为满足城市公交出行需求、转变交通发展模式、支撑城市用地发展，近年来在公交优先战略的指导下，我国各城市大力发展公共交通发展，公交线网不断扩容，使公交出行比例不断提升，客流量迅猛增加。但由于公交线网缺乏合理的整体规划，线路随着城市空间拓展简单外延，引发线路过长和局部区域过于集中等一些共性的问题，导致公交运行效率低下，服务水平难以提升，竞争力和吸引力不足。

公交线网优化是一项长期且复杂的系统工程，大城市的公交线网优化尤为复杂，需充分考虑大城市公共交通发展特点，提出切实可行的公交线网优化方法体系。针对上述问题，本文通过对大城市公交线网发展进行调查研究，梳理常规公交发展面临的困境及导致这一困境的原因，基于此提出大城市公交线网优化方法，分别从线网系统合理模式研究、线网优化实施的对策与方法、“四位一体”的保障措施等三个层面，建立全方位的大城市公交线网优化方法体系，提出了大城市公交线网规划的思路和实施对策。

1.大城市公交线网发展困境及原因

1.1 公交线网发展面临的困境

目前我国许多大城市在城市空间快速拓展的同时，轨道等大、中运量公交系统的建设滞后、难以成网，常规公交线网依然在满足公交出行需求、支撑用地拓展中处于首要地位。随着城市空间结构的拓展、城市尺度大幅增长，城市公交出行需求呈现多层次分布，但公交公司从运营成本最低、最易实施的角度出发，并没有按需分层设置公交线网，主要利用原有的

公交线路向外围延伸来解决新区公交覆盖问题，造成了大量的长线公交功能混杂，既承担城乡公交、快线等长线功能、也承担公交干线功能，还在核心城区走街串巷，承担支线功能。以南昌为例，公交线网中超过 90%的线路为核心向外围延伸，这种依赖原有核心城区线路外延的方式覆盖外围新城市化地区的方式，导致公交需求与供应的极度不平衡。

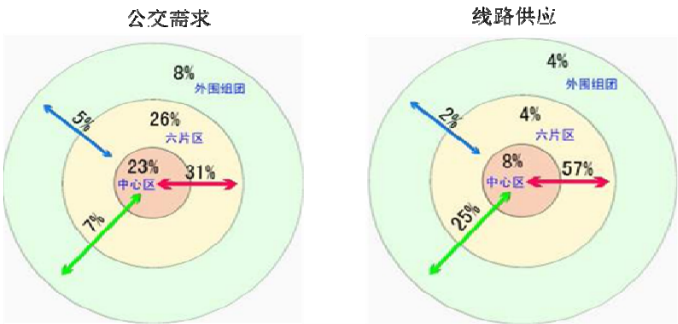


图 1 南昌公交需求与供给对比图

在公交配车数等设施不足的情况下，线路不断拉长，一方面导致线网布设内密外疏，外围地区线网服务水平难以保证；另一方面降低了发车频率，导致同一线路中心城区段供应能力不足，出现候车时间长、车辆拥挤无法上车等问题，外围组团段候车时间长，车辆利用率低，公交资源浪费等问题。

1.2 原因剖析

单一的功能混杂的长线公交供应无法满足多层次的公交需求，再加上缺乏枢纽场站和路权优先、路网不完善、缺乏分线路成本核算和分线路定向补贴机制，导致公交运营成本相对较低，但服务水平也相对较低，无法满足政府、市民、公交运营企业的发展要求。

（1）传统的公交线网模式与构架难以适应大城市空间拓展

公交线网模式应与城市的空间结构、用地模式相适应，并支撑和引导城市空间拓展和用地开发。目前我国各大城市已进入快速城市化时期，但大部分轨道等大运量骨干公交体系还没有形成。随着城市空间的发展，传统的单一层次的公交线网外延的发展模式针对性不强，未能考虑城市空间发展、客流需求变化，导致大多数城市公交线网结构呈现“功能层次相对单一、空间分布极不均衡、换乘设施严重不足、方式衔接难以实现”等弊端，难以难以适应大城市空间拓展、引导用地精明增长。

（2）公交场站、优先路权等配套设施不足制约了线网优化的实施

公交枢纽场站是公交线路间换乘衔接的纽带，直接影响公交线网模式的实现程度。但目前我国各大城市由于土地价值日益增长，导致公交场站落地难度日益增强，尤其是对枢纽设施重要性重视不够，枢纽规模严重不足，布局不合理，在选址上往往迁就用地而不重视同大型客运枢纽、轨道交通、重要客流集散点及用地的协调；同时路权优先等措施不足，地面公交往往迁就小汽车，配套设施的不足严重制约了线网优化的实施。

（3）公交管理运营体制机制难以为线网优化提供保障

公交管理运营体制机制是保障合理、科学的公交线网模式实现最为关键的因素，但由于

公交管理体制机制牵涉面广，同时受到我国大环境的体制机制的影响，尚未建立相应的法规制度，管理部门众多，管理程序复杂，补贴机制缺乏针对性、激励性，导致规划的合理科学的线网模式、优化方案难以实施。

2. 公交线网模式规划及实施策略

2.1 公交线网发展模式

如何构筑与多中心城市发展结构相适应的公交线网模式是未来公共交通规划面临的最重要的问题，本文基于文献的总结及实际项目经验的积累，提出构建多层次公交线网结构，围绕此核心思路，提出“枢纽分级、服务分区”战略导向及“建立综合评价体系，引导走廊聚集及逐条分析、逐层调整、优化成网”的实施对策。

2.1.1 线网分层：构建多层次的公交线网引导多中心城市空间拓展

多中心是大城市空间结构的发展必然趋势，公交线网模式的演变与城市空间结构的重构密不可分，引导城市空间结构的合理拓展，核心点是构建多层次、功能清晰、结构合理的、有序的一体化公交线网模式。以南昌市为例，依据南昌市城市总体规划，未来南昌市将呈现“双城、八片、五组团”的城市空间结构，为实现多层次、功能清晰、结构合理的有序公交线网模式引导开敞的、多中心的城市空间结构的建立，公交线网模式及各层级功能规划如下表所示。

表 1 南昌市各层级公线网功能定位及调整原则

	功能定位	布局原则
城乡 公交	外围重点城镇与中心城区（非核心区）之间公交联系	1. 布设在中心城区与外围重点城镇联系的干线道路上； 2. 不进入核心区，通过轨道、公交枢纽完成接驳换乘； 3. 外围重点城镇设置换乘点，其他普通城镇通过支线完成与城乡公交的接驳换乘。
快线	外围五组团与双核之间的快速公交联系	1. 串联双核至外围组团，与双核两大枢纽换乘； 2. 布设在外围组团至核心区的主干道上，进入 BRT 主通道，并采用大站快车，路权优先等措施保证快线功能； 3. 串联若干轨道及 BRT 换乘枢纽，实现与轨道、公交干线及支线的接驳。
干线	主干线：核心城区与“六片”之间放射型公交主走廊及“六片”间的公交主走廊。	1. 放射状主干线布设在核心城区与外围“六片”范围连接的主干道上，保证线形平顺性，可进入 BRT 主通道； 2. 串联商业区、居住区等客流集散点及片区次中心； 3. 串联若干轨道或公交枢纽，实现与快线及支线换乘。
	次干线：所有相邻片区之间的公交次走廊	
支线	城市各片区内部公交联系和接驳功能	围绕片区内的若干轨道、公交换乘枢纽，在次干道和支路网上，采用星形、环形等形态布设。

2.1.2 枢纽分级：依托不同功能枢纽构建多层次公交线网结构

不同层次间的公交线网不能通过公交枢纽的衔接换乘，将导致线网失灵，分层次理念成为空话，因此枢纽是公交线网的重要节点，也是线网布设的基本依据，决定了线网的整体布局形式。但目前我国大部分城市公交枢纽结构单一，功能混乱，导致换乘难度加剧的同时，资源极大浪费。基于此，本文提出在进行线网布设时必须对枢纽进行分级分类，依据枢纽的级别功能与分布协调公交线路与枢纽的关系。

2.1.3 服务分区：依托 TOD 理念不同城市功能提出不同公交发展模式

针对目前城市交通拥堵严重，开发强度越来越大，公交社区的概念已深入人心，公交社区，即以公共交通为主要出行特征。位于大容量快速公交(地铁、轻轨)站点周边步行可达(5-10min，约 400—800m 半径)区域内，可以提供混合功能服务的社会生活共同体。以城市多中心以及高密度的土地开发模式为基准，以高效率、大容量的公交枢纽为发展中心，提出“服务分区”概念，在条件允许地区构建公交社区，通过公交导向开发逐步引导城市用地布局向更加集约化的多中心格局演变。

2.2 线网优化实施战略

2.2.1 目标引导：依托公交线网综合评价体系，制定分区域目标，引导多层次线网实施[4]

本文以技术指标、交通功能及经济效益为三个基本要素，以乘客、政府及企业的关注范畴为着眼点，构建单条线路及区域网络两个层面的公交线网评价体系，多视角，全方位剖析公交线网。在此基础上，从城市发展和用地规划的角度，提出适合和支撑城市未来发展的公共交通发展总体目标，建设一个与城市空间结构、土地利用规划紧密结合、相互促进，能够促进城市化发展，并为城市社会经济的可持续发展提供保障的公共客运交通体系。

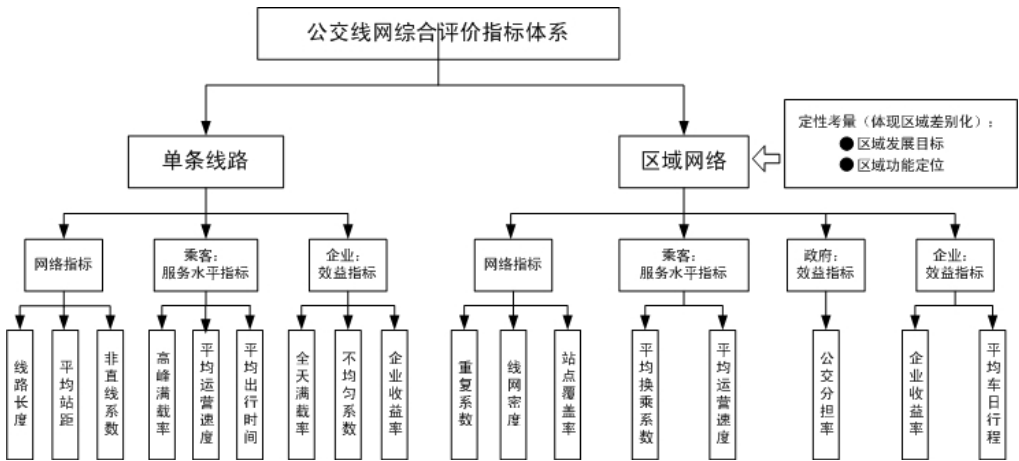


图 2 公交线网评价指标体系

2.2.2 骨干走廊聚集：依托骨干公交在客流走廊聚集，引导城市空间轴向拓展

结合城市空间结构特征，应强化城市发展轴作为大城市用地空间扩展轴、交通集散轴及城市形象轴不可替代的地位，提高轴向土地使用强度和用地功能混合度，通过公交骨架线网的布设培育轴向客流，实现客流向公交走廊聚集，支撑城市空间拓展^[3]。

2.2.3 逐条分析，逐层调整、优化成网：优化调整多层次，分功能的公交线网体系[2]

单一功能层次的公交线网向多层次线网结构的优化调整，必须改变原有的单一的追随客流走向的线网调整方式。在公交线网模式和结构规划的基础上，依托“逐条分析，逐层调整、优化成网”的方法手段实施公交线网的调整。

逐条分析：诊断每一条线路的症结所在。通过现场踏勘及相关交通调查，在了解每一条线路的走向，高峰上下客量及 OD 基础上，对每一条线路进行综合评价，评估并提出优化

建议。

逐层调整：依托城市空间结构，分功能布设多层次线网。在逐条分析的基础上，依托城市空间结构，进行公交线网分层，在此基础上，逐层分析其功能定位、需求及分布。本文以南昌市公交快线为例进行分析，具体如图 3-6 所示。

优化成网：建立多层次、有序的一体化公交系统。在逐层布设的基础上，初步搭建公交总网络，进行综合评价与优化，反馈至各层及各线路再调整。

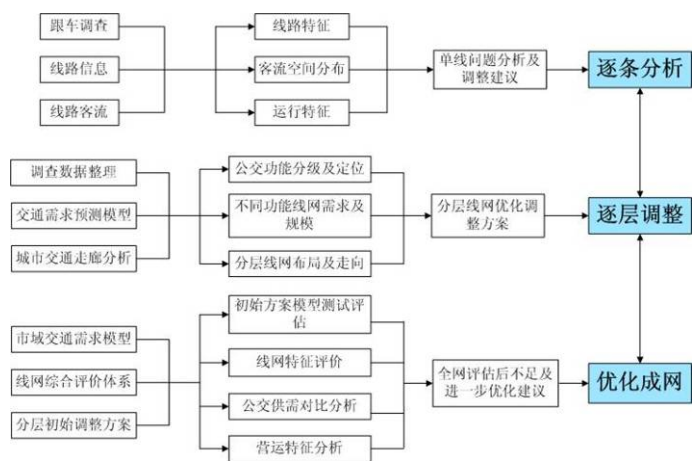


图 3 公交线网优化技术路线

3.多层次公交线网优化实施对策

3.1 城乡公交:重“点”截断，均匀布设

随城市化进程加速，外围乡镇与城市中心区之间的公交需求日益强烈，构建串联中心城区与城镇快捷联系的城乡公交骨干线路，引导“轴线+葡萄串”城乡空间结构发展极具重要性。

城乡公交是否进入市中心是城乡公交规划的重点问题，本文以南昌市为例，进行了此问题的相关分析。结合南昌市“双核、八片、五组团”的城市空间结构，本文提出城乡公交不进入市中心，结合轨道、BRT 等在城市边缘规划换乘枢纽，实现城乡公交由城市核心区-各城镇模式到城市边缘枢纽-外围重点城镇模式的转变。

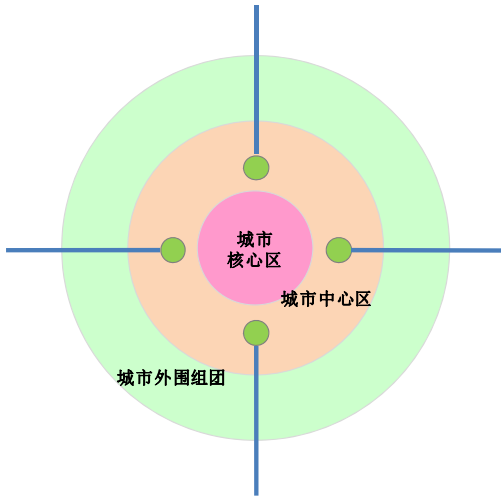


图 4 城乡公交概念图

目前我国大部分城市城乡公交都采用均一、简单的布设方法，即城市核心区与外围各分散布局的乡镇几乎均布设公交线路以加强覆盖，此种布设将导致重点城镇与市区间运力不足，其他城镇运力过剩，运力资源配置不合理。因此本文将采用重点城镇与中心区布设城乡快线，重点城镇与一般城镇布设接驳线路的方法，实现城乡公交资源整合。

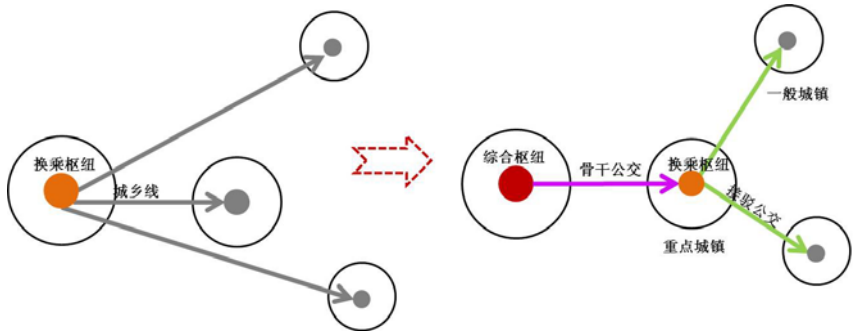


图5 城乡公交优化示意图

3.2 公交快线：走廊集聚，速度提升

随着城市化进程加深，城市形态向多中心、组团式转化，城市沿发展轴带大幅度延展同公交乘客期望的短出行时间相矛盾。因此需要构建公交快线网络，依托公交快线保证城市外围至中心区的公交出行时间，打造“半小时通勤圈，一小时生活圈”，以支撑城市间拓展。

公交快线是城市高效、快捷联系通道，布局时应综合考虑城市空间结构、公交廊道走向等多方面内容，本文以南昌市为例，阐述公交快线布局思路。

首先应结合“两横两纵”的城市发展轴带，依托公交快线打造与城市公交走廊布局相适应、与客流需求相匹配的“井”字型公交复合主走廊，优化城市交通结构。



图6 南昌市城市轴向结构

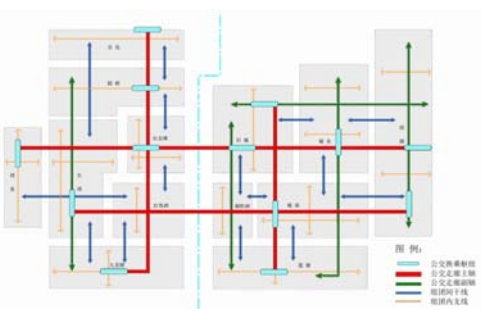


图7 南昌市“井”字形公交主走廊

其次依托 BRT 网络，促进公交快线依托快速公交走廊与核心城区联系，协调轨道交通线路，近期运用公交快线为轨道线路培育客流，远期重点加强对轨道交通的接驳功能。在此基础上，识别公交走廊放射轴向，测算每个轴向客流需求规模，协调轨道、BRT 布局，根据公交客流需求布设相应的公交快线网络。



图 8 公交快线轴向识别示意图



图 9 公交快线布局方案

3.3 公交主干线：走廊加密，构筑公交骨干网络

城市公交主干线是公交快线的补充，与公交快线共同构筑公交复合走廊，同时加密公交次走廊，形成城市公交骨干线网。

公交主走廊的加密补充是公交主干线布局思路之一。依托城市发展轴向及公交快线的布设，依据需求预测，加密公交主走廊，构建与客流密度相适应的梯度线网结构。

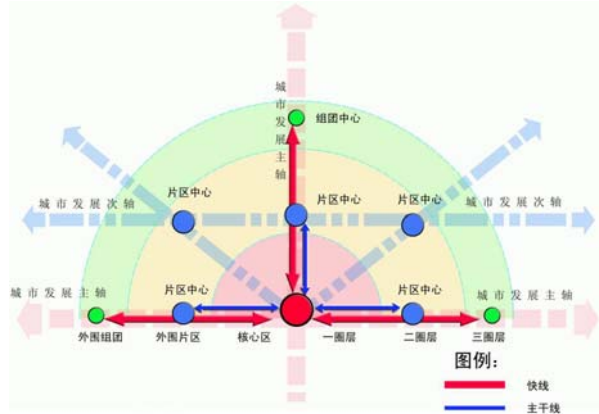


图 10 主干线公交主走廊加密示意图

公交次走廊的覆盖，构建公交骨干网络是公交主干线布设的另一思路。通过客流分析，覆盖与城市发展轴向正交的城市横向公交次走廊，保证核心区相邻组团间公交直达，与公交快线共同构筑公交骨干线网。

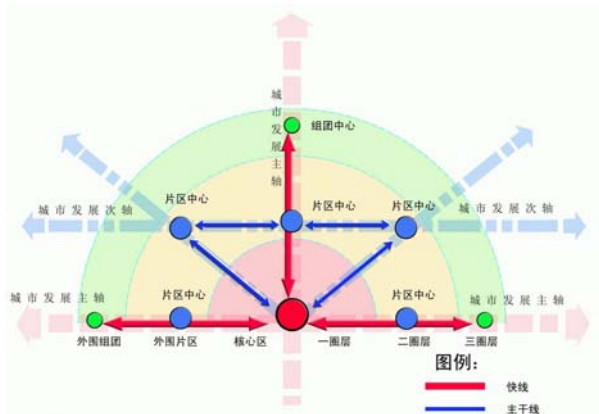


图 11 主干线公交次走廊覆盖示意图

3.4 公交次干线：串联客流集散点，补充骨干公交网络

城市公交骨干网络侧重对城市空间拓展的支撑作用，沿城市干线性道路运行，缺少对次要客流点的公交覆盖，存在服务空白区和薄弱区。需要建设公交次干线，弥补公交骨干网络覆盖不足。根据客流变化灵活调整公交次干线，串联外围片区之间、组团之间及外围片区与组团之间的次要客流集散点，填补骨干网络的服务空白区和薄弱区。

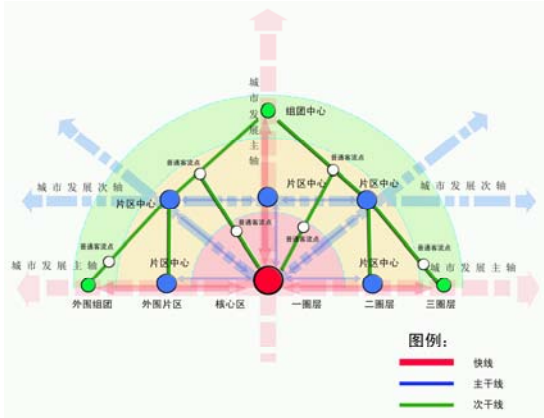


图 12 公交次干线布局示意图

3.5 公交支线：增加公交覆盖率，打造公交社区

公交支线的作用之一就是增加公交覆盖率，填补公交空白区；其二，也是目前各大城市应对高强度的土地开发所青睐的做法，即通过布设公交支线，构筑公交社区。针对上述作用，公交支线以区域差异化为原则，以保障各片区内部任意一点 15 分钟可达轨道、公交换乘枢纽为目标，以片区、组团为独立单位，结合公交换乘枢纽采用星形或环形布局方式调整公交支线，全面提升片区公交覆盖率，优化接驳换乘，打造公交社区引导土地高强度开发。

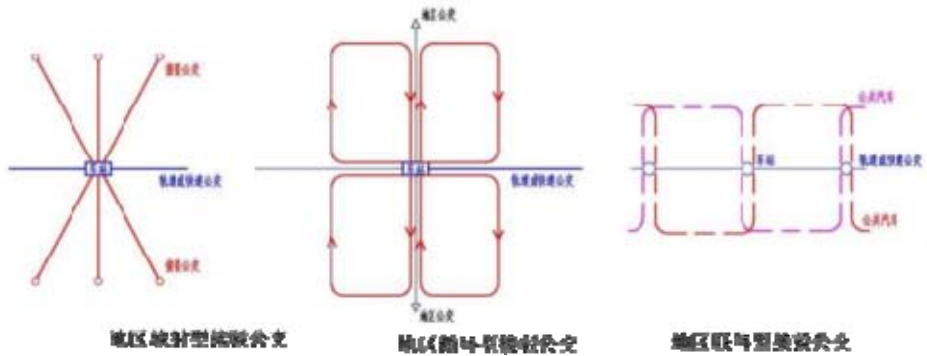


图 13 公交支线布局示意图

4. 公交线网优化方案的实施保障体系

目前我国大城市公交线网优化方法体系已日趋成熟，但是大部分城市却面临“规划方案易完成，建设方案难实施”的困境，究其原因，缺乏相应的配套措施和完善的体制机制保障^[1]。本文在总结文献及实际项目经验的基础上，提出了以枢纽为核心的场站建设、以 BRT、专用道为抓手的路权优先及以导向性补贴为切入点的体制改革和制度完善三个层面，全方位的配套保障措施，支撑公交线网优化方案得以全面实施。

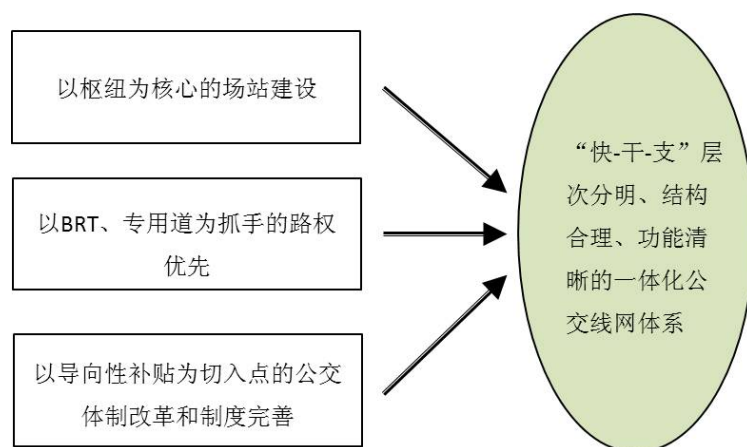


图 14 公交线网优化保障措施体系示意图

4.1 推进以枢纽为核心的场站建设

以枢纽为核心的公交场站是多层次公交线网间换乘衔接的纽带，因此在公交线网优化的同时，同步差别化的推进不同等级的公交场站及枢纽建设。

本文前面提出将公交枢纽分为三级，在枢纽建设时，一级枢纽应全市统筹，功能置换，尽快落实市级重大公交枢纽的规划用地，加快推进枢纽的建设运行，促进城市公交线网结构优化；二级枢纽应依托轨道交通的建设计划，协同一体建设配合轨道站点的公交换乘枢纽，实现多模式公交系统无缝衔接；三级区域枢纽应结合旧城改造、新城建设，加强与各区主管部门沟通，协调落实片区公交枢纽规划方案，促进常规公交对城市发展的引导与支撑。

场站用地落实一直是制约各大城市公交发展的主要因素，尤其是中心城区场站设施建设，建议优化公交管理条例，纳入新建和旧改用地落实公交场站建设要求，如增加大型商业综合体（5万平方米以上）、居住小区（2万人以上）招拍挂条件中公交首末站配建要求。

4.2 以 BRT、专用道为抓手的路权优先

BRT 是实现公交客流走廊聚集，形成公交主走廊，引导城市空间拓展的关键手段之一，随着 BRT 规划技术日益精湛，目前以广州模式为主的 BRT 系统，在提升公交竞争力，缓解城市交通拥堵方面作用举足轻重。公交专用道是提升公交运行速度，实现公交快线“快”的唯一途径，是构建公交复合走廊的参与主体，与 BRT 共同构筑的路权优先，承担着公交“快、准、好”的战略任务

4.3 以导向性补贴为切入点的体制改革和制度完善

国有主导、多方参与、有序竞争的格局，将成为城市公共交通发展的主导方向，在此公交管理模式下，管理制度的完善是公共交通特许经营发展的关键环节，各种特许经营政策措施的落实包括资金、用地、交通设施、监管等均依靠完善的管理制度保障实施。

表 2 监管体制下的管理制度

主体	类型	管理制度
政府管理部门	运营管理	完善和落实特许经营、竞争性招标制度
		制定公共交通年度实施计划编制管理制度
		制定公共交通票价滚动调整制度
	监管考核	制定公共交通企业指标考核体系
		规范公交服务监管方式及公众投诉制度
	补贴制度	成本规制，制定导向性、差异化财政补贴制度
	资金筹措	建立政策性亏损评估制度
公交运营企业	管理制度	拓宽资金来源，建立公共交通发展专项基金制度
		制定企业内部的商业发展计划
	运营制度	制定公交企业管理制度
		制定企业内部的运营考核制度
		制定科学的公交运营计划

5.结论

本文总结了大城市公交线网存在的共性问题，并深入剖析造成这些问题的原因，在此基础上，建立提出了大城市“快-干-支”分层次的公交线网发展战略及“单条分析、逐层调整、优化成网”的规划方法，进而形成大城市公交线网规划体系。同时从设施保障及体制保障两方面更新公交线网保障体系。

【参考文献】

- [1] 王振报, 陈艳艳, 陈绍辉, 田启华..公共交通系统一体化整合规划[J]. 交通工程. 2011, 9 (18)
- [2] 朱海清.城市常规公交线路优化方法研究[D]. 东南大学硕士学位论文. 2003: 9-20
- [3] 樊钧, 李锋, 钮卫东.大城市公交线网优化与发展方法初探[J]. 中国大城市交通规划研讨会论文集.2010: 564-566
- [4] 胡启洲.城市常规公共交通系统评价方法研究[D]. 东南大学硕士学位论文. 2008: 70-88
- [5] 林群, 张晓春等.南昌市城市公交线网规划[R].深圳: 深圳市城市交通规划设计研究中心, 2012
- [6] 梁雪峰, 王广州.城市巴士交通管制政策的理论与实践——公共垄断、放松管制与竞争性招标[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007: 204-208

【作者简介】

徐正全, 男, 同济大学交通运输工程学院在职博士生, 深圳市城市交通规划设计研究中心, 高级工程师。电子信箱: xzq@sutpc.com

杨宇星, 男, 硕士, 深圳市城市交通规划设计研究中心, 南昌分院院长, 规划四所所长, 高级工程师。电子邮箱: yyx@sutpc.com

魏增超, 男, 硕士, 深圳市城市交通规划设计研究中心, 助理工程师。电子邮箱: wzc@sutpc.com

吴晓飞, 男, 硕士, 深圳市城市交通规划设计研究中心, 助理工程师。电子邮箱: wxf@sutpc.com