

中小城市四种轨道交通制式选择对比-以宣城市为例

李海峰 徐琦 杨子煜 秦逸成 宁宛茹 汪云霞 陶云培
合肥工业大学土木与水利工程学院
DOI:10.32629/btr.v3i3.2987

[摘 要] 随着城市化进程的加快,城市轨道交通发展取得了长足的进步,发展轨道交通已经成为解决城市交通问题的主要手段,轨道交通系统逐步向多层次、多模式方向发展。本文主要是通过分析城市轨道交通的主要功能以及轨道交通对中小城市发展的作用与意义,研究比较了常见的轨道交通系统制式的特征、优缺点和适用范围;以宣城市为例,提出新型轨道交通制式的设想及建议。为宣城市线网规划在轨道交通制式选择方面提供借鉴。

[关键词] 中小城市; 轨道交通; 制式; 规划

前言

21世纪世界经济迅速发展,城市人口和规模不断扩大,城市的交通方式也逐渐升级。城市轨道交通具有运输量大、舒适性高、能源利用率高、对环境污染小的优势,并以其快速、安全、便捷成为管理城市交通的首选方案。轨道交通是引导城市发展成长、提升城市品质与形象的重要基础设施,对于促进城市与城市之间的联合发展具有十分重要的意义。

目前中国城市根据《中小城市绿皮书》的定义,城市市区常住人口为50万以下的为小城市,市区常住人口为50~100万的为中等城市。《中小城市绿皮书》指出,今后十至二十年将是我国快速推进城市化的时期。而城市化的提高应该首先以改善交通环境为主,以提高中小城市和城镇对产业和人口的承载能力,进而推进城市化。发展轨道交通就是一个十分优良的改善交通环境的措施。

轨道交通有多种类型,本文选择地下铁路、轻轨铁路、单轨铁路和磁悬浮铁路分析研究。每一种交通制式都有其优缺点,有的客运量大但建造成本和运营成本高,有的建造成本和运营成本相对较低,但客运量较小,不同的轨道制式适用于不同的环境。中小城市因经济实力和客流水平,有着最为合适的轨道制式。

1 发展中低运量轨道交通对于中小城市的意义

目前,我国主要城市的轨道交通都是以大运量的模式为主,但大运量的轨道交通造价高、建造周期长、而且后期的运营成本高。对于中小城市,并没有大量的客流量,而且经济水平不高,不具备发展大运量轨道交通的条件和意义。但是中低运量的轨道交通造价相对较低,建设周期相对较短,布设灵活,且运量相对公交来说较高等原因,适合中小城市修建。

1.1 加快地区的城市化发展

随着我国现在的城市发展进度,城市郊区化现象越来越显著,中低运量的轨道交通作为中小城市的主要交通方式,可以显著减小各个城区之间、城镇与主城区之间时间上的距离。加强了各个地区之间的联系,提高交通效率。优化了地区之间的投资环境,带动沿线区域的发展,提高城镇化水平。

1.2 改善交通挤塞

城市规模如今发展较大,大量人口进入城市,居住人口增多,道路拥堵问题不断出现中低运量的轨道交通速度快,出行方便,客运量较公交大。建造中低运量轨道交通可以较好的缓解交通压力,很好的解决高峰时期人流量大的问题,改善交通堵塞现象。

1.3 优化城市结构

中小城市单一的常规公交不能很好的满足人们的交通需求,中低运量

的轨道交通能很好的解决这一问题,促进人和物资的沟通流转,疏散城市中心的功能,增强城市与其他地区的交流,促进新兴商业区的发展,也带动了周边地区的公共设施和教育的发展,优化了城市的空间结构、产业结构、城市的商业布局。

1.4 丰富交通方式层次提升城市形象

目前对于中小城市来说,单一的常规公交是其主要的公共交通方式,这样缺乏运量相对较大的中低运量轨道交通,城市轨道交通可以提高城市公交线网层次。巧妙的线路布局也是城市的一道风景线,高架式的线路设计使城市运输方式变得立体,与地面的线路结合增加了城市的动态美感。乘客能多角度的观赏城市景观。所以说发展城市中低运量轨道交通提升了城市形象,丰富了交通线路层次。

2 四种常见轨道交通系统制式的特点及分析

由《城市公共交通分类标准CJJ/T 114-2007》可知,城市轨道交通的分类大概有以下七种:地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统和市域快速轨道系统。

表1 城市交通制式特征表

制式	小类	客运能力/(万人次/h)	备注
地铁系统	A型车辆	4.5~7	高运量适用于地下、地面或高架
	B型车辆	2.5~5	大运量适用于地下、地面或高架
	Lb型车辆	2.5~4	大运量适用于地下、地面或高架
轻轨系统	C型车辆	1.0~3.0	中运量适用于高架、地面或地下
	Lc型车辆	1.0~3.0	中运量适用于高架、地面或地下
单轨系统	跨座式单轨车辆	1.0~3.0	中运量适用于高架
	悬挂式单轨车辆	0.8~1.25	中运量适用于高架
有轨列车	单厢或铰接式有轨电车(含D型车)	0.5~1.0	低运量适用于地面(独立路权)、街面混行或高架
	导轨式胶轮电车	-	-
磁浮系统	中低速磁浮车辆	1.5~3.0	中运量适用于郊区高架
	高速磁浮车辆	1.0~2.5	中运量适用于郊区高架
自动导向轨道系统	胶轮特制车辆	1.0~3.0	中运量主要适用于高架或地下
市域快速轨道系统	地铁车辆或专用车辆	-	适用于市域内中、长距离客运交通

其中,交通制式的采用在我国城市甚至世界城市中都不尽相同,例如重庆市的单轨、上海机场的磁悬浮系统,南京、武汉的地铁,大连、长春的轻轨等等,由此可见,选择何种交通制式对于一个城市的发展至关重要。

本文重点对地下铁路、轻轨铁路、单轨铁路和磁悬浮铁路分析研究,对比结果如表2。

表2 四种常见轨道交通系统制式的情况对比

制式	地下铁路	轻轨铁路	单轨铁路	磁悬浮铁路
运能/(万人次)	2.5~7	1~3	0.8~3	1.5~3
运行速度/(km/h)	30~45	30~45	25~35	30~40
适用范围/(km)	30~60	20~50	15~30	20~200
建设费用/(亿元/公里)	5.0~8.0	3.0~5.0	2.5~3.0	2.0~2.5
建设周期/(年)	3.0~5.0	3.0~4.0	2.0~3.0	2.5~3.0
优点	1. 大都市一般地价昂贵，铁路建于地下，可以节省地面空间。 2. 运输能力比地面公共汽车大7~10倍，适合人口众多的大城市。 3. 速度快，行驶的最高时速普遍80公里。	1. 轻轨为新兴交通系统，所以在地铁和有轨电车的基础上，追求速度、容量、降噪、舒适为目标。 2. 轻轨每公里的造价是地铁的1/2到1/5，对于一些由于资金和客流量造不了地铁却要发展轨道交通来缓解城市交通压力的城市，轻轨是不错的选择。 3. 能源消耗方面较低，是公共汽车的3/5，私家车的1/6，使用的是清洁的电能。	1. 占用空间较小，不占占地面积。 2. 在空间上占用的垂直距离更小，因为单轨铁路多以高架的形式建设，所以地面上只需建设托路桥墩的空间。 3. 单轨的轮胎是橡胶材质，行驶在混凝土的路面上比较安静。 4. 单轨是在自己特定的轨道上行走，与其他交通工具以及行人是分开的，因此具有很好的安全性，同时也不受交通堵塞的影响，对城市交通压力的缓解作用显著。 5. 单轨的转弯半径以及爬坡能力较好，十分适合复杂的地形。	1. 运行速度非常快，中低速的最高速度也可达100公里/小时。 2. 无噪音，不排出有害的气体，有利于环境保护。 3. 由于不需要车轮，所以不存在轮胎摩擦产生的磨损，减少了维护工作量和运营成本。 4. 使用寿命长，磁悬浮列车的寿命可达35年，而普通列车只有20~25年。
缺点	1. 建造成本高，铁路工程战线长，影响范围广，由于要钻挖地底，地底建造比地面成本高。 2. 兴建地铁的前期时间较长，由于需要规划和政府审批，甚至还需要试验，从开始规划到付诸行动施工需要非常长的时间，短期几年，长期十几年也是有可能的。	对于车辆和线路的消耗和减重有较高要求。	1. 因为单轨是特定轨道行驶，因此修建单轨的同时必须兴建道路。 2. 轨道结构较为复杂，因此列车的最小运行间隔会受到限制，能力富裕较少，缺乏面对复杂多变客流情况的弹性。	1. 如果突然停电，靠滑动摩擦很危险。 2. 磁悬浮列车通常是高架的，如果发生事故救援很困难。
适用性分析	1. 适用于城市市区人口规模大于200万人的大城市。 2. 适用于高架线、地面线和地下线。	轻轨具有运量大、安全、准时准点、快速、造价低等特点，对街道干扰也较小，是解决中大城市交通问题的理想交通工具。	单轨具有占地少、噪音小、整体安全性能较高，能有效利用道路下、拥有巨大优势，但隔离带、污染小等特点，因此单轨在客流量中等以及较大城市中是不错的选择，同时单轨独特的爬坡能力使其在地形较复杂的城市脱颖而出，可以认为单轨在我国城市的交通状况上是不错的选择。	磁悬浮技术在高速的情况下优势明显，但中低速的情况下，与其他系统相比，没有什么突出的优点，因此应慎重选择中低速磁悬浮列车。

3 轨道交通制式选择-以宣城为例

3.1现代宣城道路及公共交通现状

从“十一五”起，宣城市城市道路建设进入快车道，确定了“三环八射”的道路骨干路网建设思路，到十三五更提升为“四环十二射”。截至目前，道路框架已基本形成，先后建设青弋江大道等主干干道65条计104公里，改扩建陵阳路城市道路20条，人均道路面积达27.37平方米，在全省处于领先位次。2018年9月通车的宛陵路实现了“一环”通车，2019年年底闭合的水阳江大道闭合段北段实现了“二环”通车。市政桥梁建设方面也成倍增长。

现状宣城市中心城区道路总长度为129.18公里，其中主干路网密度为1.30公里/平方公里，次干路为1.69公里/平方公里，支路网密度仅0.25公里/平方公里。

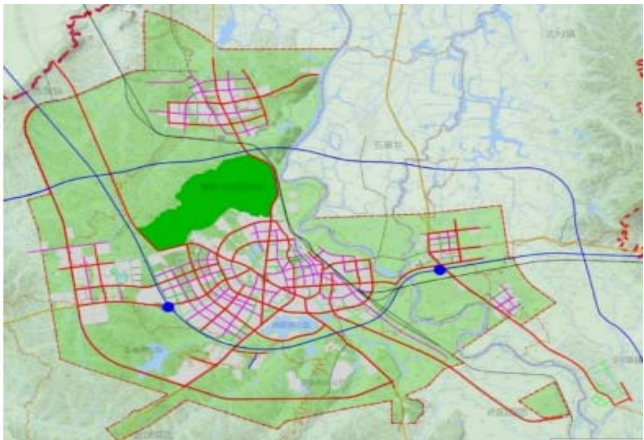


图1 现状中心城区道路网

宣城市已开通公交线路16条(含2条夜班线)，营运总里程235公里；拥

有公交车283辆/343标台。中心城区现状公交车拥有率仅8.2标台/万人，远低于规范建议的10~12标台/万人的指标。



图2 宣城市公交线网分布图

宣城市建成区范围内公交300米覆盖率为59.6%，500米覆盖率为86.8%，宣城市主城区现状公交站点覆盖率相对较高，站距较短，公交相对较为便利，但外围片区的居民至公交站点步行距离较长，说明公交站点布局有待进一步加密。

公交车辆总体数量不足导致许多公交线路车辆配置较少，发车频率相对较低，宣城市常规公交线路平均发车间隔为10分钟，发车频率低，致使乘客候车时间较长，降低了公交吸引力。

3.2未来宣城发展展望

3.2.1宣城市城市交通总体规划

根据《宣城市城市总体规划(2016-2030)》，宣城将要打造“四廊两联”的交通网络，四廊：主要城镇发展轴线和交通廊道相结合，形成“井”字形的快速交通网络，向外对接四个区域板块，向内串连七个空间单元(一核六极)。两联：作为“四廊”的补充，强化市域内部关联，形成两条主要的内部联系通道。通过“四廊两联”的快速交通网络，促进和支撑“一核六极”的城镇体系和“三区四边”的功能区划。在市域铁路形成“主次枢纽、十二线十五射”的铁路网格。市域水运形成以芜申运河(宣城段)、水阳江、青弋江、汪联河等干线航道为主的22条航道网络，同时规划设置7个港区。

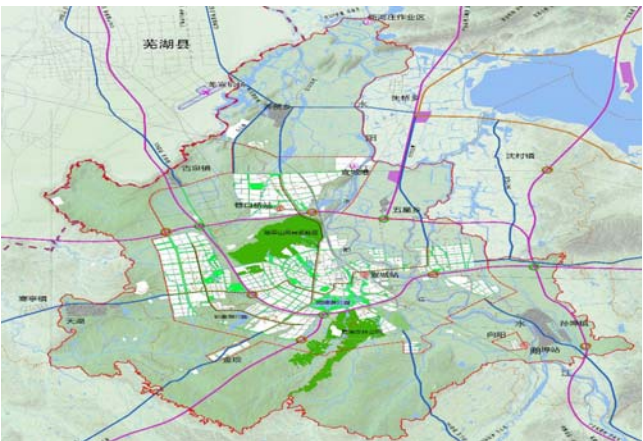


图3 市区综合交通规划图

3.2.2宣城所处“长三角”发展优势

G60科创走廊沿线是中国经济最具活力、城镇化水平最高的区域之一。G60科创走廊包括：上海、杭州、合肥、苏州、嘉兴、金华、湖州、芜湖、

宣城9个城市，覆盖面积超过7万平方公里。G60科创走廊旨在集合科技产业、加强基础设施互联互通、推广科创走廊“零距离”综合审批制度改革成果等方面，建成长三角地区独具品牌特色的协同融合发展平台。

经济发展的同时也为宣城带来基础设施互联互通。在立体交通网络方面，围绕打造皖苏浙省际交汇区域综合交通枢纽，宣城市与其他城市签约《长三角地区打通省际断头路合作框架协议》，自此宣城逐渐成为皖苏浙交通中心枢纽，2018年4月芜黄高速开工建设，2018年12月杭黄高铁和广宁高速相继开通运营，2019年1月宣绩铁路可研获批，扬绩高速溧阳段和宁宣杭高速高淳段、临安段等三条省际“断头路”开工建设，芜宣机场、水阳江航道也开始加快建设。到2017年底，全市高速公路通车里程近400公里。



图4 G60科创走廊交通区位图

3.2.3城市客运水平展望

(1)城市人口规模扩大，出行总量持续增加，城市交通需求迅速增长

根据城市总体规划，2030年中心城区人口规模将会增长到100万人。出行总量将接近450万人次/日。人口规模的增加伴随着市民出行需求的增加。

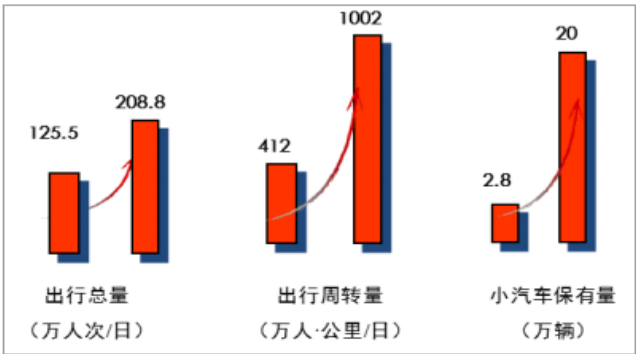


图5 出行总量发展态势图

(2)用地规模扩大，空间结构发生变化，出行需求时空分布发生变化

由于与周边城市的协同发展，宣城在未来十年将会扩大城市中心，将更多的城乡地区划为经济开发地带，带动周边产业组团发展。城市发展的同时也带动着市民的富裕化，市民对于交通出行会从基本需求转向为舒适性和快捷性，这就要求城市有足够的交通支撑。同时城市中心的扩大化会使得市民对中远距离出行的需求增加，对于交通机动化的需求增加，这些同样要求城市有足够的交通支撑。

3.3中低运量轨道交通在宣城市的适应性

宣城市正步入小汽车快速发展时期，总量仍然较小，自行车和步行等依然是城市居民出行的主导方式，与发达国家城市相比，机动化水平仍然

相对较低。根据国际一般规律，未来10-15年，小汽车将加快进入宣城市居民家庭，城市交通发展将进入极为敏感而关键的时期。

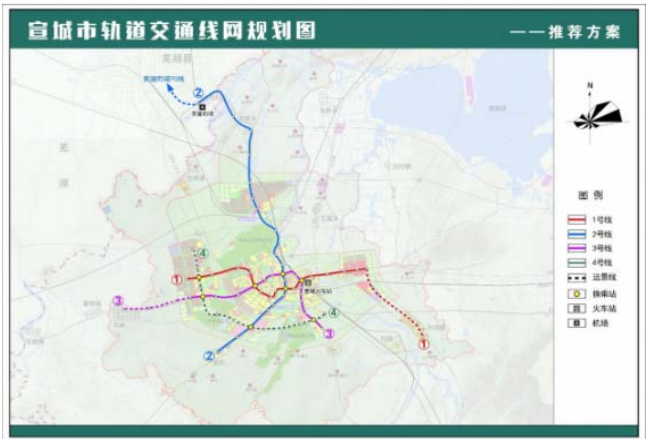


图6 宣城市轨道交通线网规划图(推荐方案)

分析宣城市轨道交通线网规划图，宣城市轨道交通线近期建设规划项目1、2、3号线远期高峰小时断面流量在0.88~1.10万人h之间，属于中运量系统等级；4号线远期高峰小时断面流量为0.39万Mh，属于中低运量系统等级。地下铁路属运量较大系统制式，不适宜宣城市的轨道交通；单轨系统能力富裕较少，缺乏面对复杂多变客流情况的弹性，亦不适合宣城市轨道交通；中低速磁浮运营速度相对较高适用于城市外围站间距相对较大，速度要求较高且具备点到点之间存在大型客流集散地的轨道交通线路，综合考虑项目的功能定位和宣城的城市布局及规模，也不予考虑。因此从客流规模来看，轻轨铁路比较适应宣城市城市轨道交通。

4 结论

轨道交通的发展，是一个国家综合国力的体现，是一个城市现代化进程中必须经历的。建设轨道交通是落实城市发展战略，支撑宣城全域共同发展的必要措施。宣城市新一轮总体规划进一步明确了城市发展目标：建设皖苏浙省际交汇区域中心城市，聚力打造“现代产业之城、综合枢纽之城、文化生态之城、平安幸福之城”。因此，规划和发展与之适宜的轨道交通很重要。

中小城市客流难以适应大运量轨道，国外多数城区人口100万以下的城市，根据实际需求和城市概况，选择建设了LRT、新交通、有轨电车、快速公交等中低运量公共交通系统。如德国人口在100万人以上的城市多有地铁，30万人以上的城市里全部有有轨电车、LRT或导向巴士；法国人口在100万人以上的城市多有地铁，人口100万人以下的17个城市里建有LRT、有轨电车或快速公交。因此，发展中低运量的轨道交通是中小城市的不二选择。

【参考文献】

- [1] 闵国水, 曾琼. 中小城市发展中低运量城市轨道交通系统制式选择研究[J]. 铁路技术创新, 2016, (6): 57.
 - [2] 薄文, 尹勤旺. 中小城市的综合交通枢纽的规划研究%Research on Comprehensive Transportation Hub Planning of Small and Medium-sized City[J]. 华中建筑, 2014, 32(08): 142-146+174.
 - [3] 李忠锋. 新城区轨道交通发展必要性和时机选择[D]. 天津大学, 2016.
 - [4] 陈宇宏. 浅谈我国城市地铁建设趋势[J]. 建筑工程技术与设计, 2016, (22): 173.
- 合肥工业大学2019年省级大学生创新创业训练计划项目资助(项目编号: S201910359303)。