

# 有轨电车线网编制方法探讨

宗传苓, 戴子文, 谭国威, 陈振武

**【摘要】** 本论文通过对有轨电车的特点进行介绍, 明确其适用范围, 总结归纳国内外对有轨电车线网规划编制的研究成果, 发现有轨电车线网编制方法的不统一。本论文明确提出了有轨电车线网编制包含的主要内容及方法, 线网研究重点为顶层设计、结合城市开发土地融资、协调与地铁大运量系统关系、充分利用轨道发挥运能等。结合深圳市发展有轨电车实践经验进行实证分析, 为我国有轨电车线网编制提供参考。

**【关键词】** 有轨电车; 线网规划; 编制方法

## 0. 引言

随着小汽车快速发展, 越来越多的城市面临着交通拥堵问题, 在如此背景之下提出公交优先发展战略, 国内越来越多城市迫切希望建设地铁大运量交通来解决交通拥堵问题。然而, 由于城市财力、人力、物力、客流都难以达到建设地铁标准, 有轨电车的发展却能够满足大城市新区、中等城市中运量公交交通需求。目前, 我国对有轨电车研究目前还处于起步阶段, 相关的经验及标准还不完善, 其中有轨电车线网规划的编制便是当前需要研究的问题之一。国内多个城市正开展有轨电车线网编制前期研究, 因无统一参考标准, 造成编制版本不一致, 政府部门难以把握好审批尺度, 因此国家也将出台相关政策规范有轨电车线路建设规划, 本文期冀通过实际参与项目方法总结, 为有轨电车线网规划编制提供参考依据。

## 1. 有轨电车特点及适应性描述

有轨电车具有运能适中、投资省、工期短、能耗低、道路条件适应性强、低成本实现轨道功能、运营组织灵活的特点。这些特点决定了有轨电车的适用范围, 特别是运能适中, 决定了有轨电车的运能, 中运量等级难以适应大城市中心区域交通需求。同时, 参考欧洲和北美发达国家公共交通发展历程, 主流中等城市及大城市新区都形成以有轨电车线网为主的公共交通方式, 这些成功案例为国内发展有轨电车提供参考范本。因此, 本次研究根据有轨电车特点及国外成功经验, 对有轨电车适应范围进行界定, 明确有轨电车主要用于大城市新区(50-150万)及中等规模城市(50-150万人)。

## 2. 有轨电车国内外线网编制研究概况

目前, 国外对有轨电车已经实用化了, 部分城市已经形成有轨电车网络化运营, 典型城市有墨尔本、苏黎世、斯特拉斯堡。国内对现代有轨电车还处于研究阶段, 已经建设的现代有轨电车有长春、大连、天津和上海四个城市, 然而有多个城市仍然处于线网规划、论证阶段。目前, 国内多个规划设计院对有轨电车线网编制提出各自的编制方法, 并未形成统一规划标准。当前, 有轨电车线网编制主要参考城市轨道交通线网规划编制标准<sup>[1]</sup>, 以轨道线网规划的编制经验作为依据, 但是有轨电车与地铁系统两侧存在本质区别, 有轨电车为地面公

交系统，与常规交通方式共同组成地面交通系统。因此，用轨道线网规划标准作为有轨电车线网编制依据存在不恰当的地方，很有必要针对有轨电车线网编制方法及编制深度进行分析。

国内已经建成有轨电车城市有上海、天津、大连、长春；完成有轨电车线网规划编制的城市有苏州、沈阳、深圳、杭州等城市；还处于有轨电车线网规划编制研究的城市有广州、佛山等城市。从已经建成及正在编制的有轨电车线网来看，苏州高新区、沈阳浑南新区线网沿用地铁线网编制办法，根据主要客流通道，按照一条轨道运营一条线路的模式，并未充分考虑共轨运营线路，造成有轨电车线网建设规模较大，轨道运能未能充分挖掘。王灏等<sup>[2]</sup>比较综合系统的研究了现代有轨电车，然而对于有轨电车线网编制具体内容及方法并未系统总结，只是针对单条线路具体详细规划设计进行阐述。

国外对有轨电车研究比较深入，德国颁布了《德国联邦轻轨运输系统建设和运行规范》<sup>[3]</sup>等技术标准，该标准对有轨电车的线路规划、设计、运营人员使用、线路建设规划、运营维护及相关处罚法律法规都进行了详细说明，涵盖有轨电车的规划、运营管理、管理政策等。Robert R.Clark<sup>[4]</sup>详细介绍了有轨电车的优缺点，各种技术参数、设计的断面形式、站点的设置，但在城市线网规划编制方法及编制具体内容缺少必要的介绍。

纵观国外的文献资料，对有轨电车网络编制方法及编制具体内容无详细论述。大部分文献提出城市规划目标，由目标确定具体对策，结合城市规划、城市经济、房地产业发展编制网络，之后直接落实到具体每条线路详细规划。

根据笔者收集的文献，有轨电车网络编制、运营比较成功的案例为法国斯特拉斯堡的有轨电车，整个有轨电车线网将轨道运能发挥最大化，将城市主要客流发生吸引点串联起来，形成由主中心向外放射状线网，强化主中心首位度。该城市市域面积 1351km<sup>2</sup>，人口 70.2 万；市区面积 222km<sup>2</sup>，人口 27.7 万。1994 年开通第一条有轨电车线路，短短 10 年时间，现在已拥有 6 条线路，ABCDEF 线，运营总里程 55.8km，铺轨里程 38.7km，设站 67 座。有轨电车在该市的公共交通系统中扮演着极其重要的角色，是该城市公共交通出行的主要承担者。在 1994 年开通的第一条线之后，在短短三年公共交通的乘客量增长了 43%。整个线网成功之处是灵活的运营组织模式，吸引了更多的客流。线路 A/D 和 B/C/F 都有一个共同的轨道交于中央枢纽站 Homme de Fer 中。线路 E 大部分是沿着其他线路共轨运营，只有 1.4 公里为独立轨道，其中 Gare Centrale 站是穿越主火车站地下站。整个网络充分利用共轨运营组织方式，常规路段一条轨道运营两条线路，特殊路段运营三条线路。具体线路运营图见图 1。

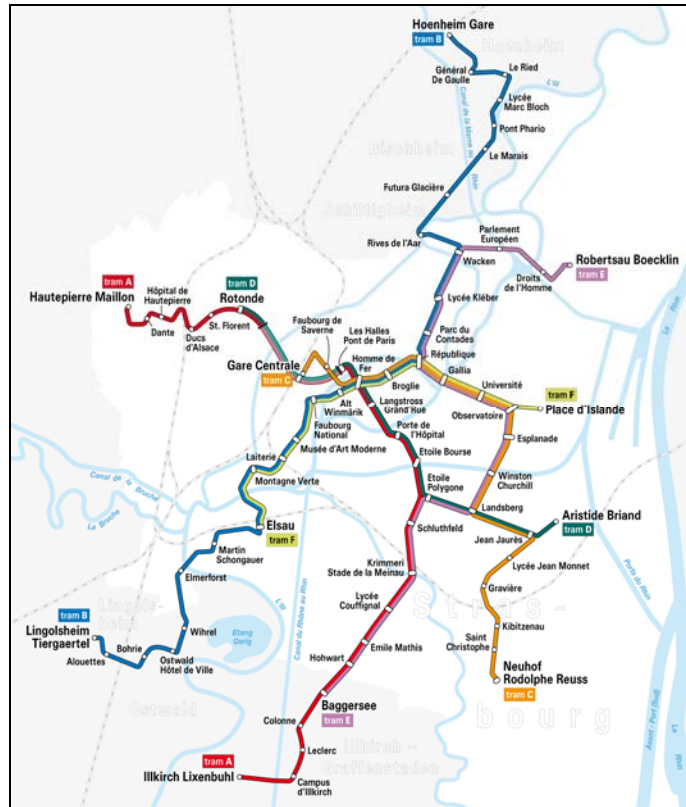


图 1 法国斯特拉斯堡有轨电车线网

### 3. 有轨电车线网编制方法

#### 3.1 有轨电车线网规划编制主要内容

有轨电车线网规划主要包含的内容可以参考轨道交通编制标准提出的主要内容，分别是城市 and 交通现状分析；交通需求分析；有轨电车规划建设必要性分析；有轨电车功能定位及目标；线网方案；车辆基地规划；用地控制规划。但是有轨电车不同于地铁系统，为地面公交系统，因此需要增加交叉口信号优先控制方式、分期实施及运营组织规划、与其他交通方式协调关系等内容。

#### 3.2 有轨电车线网规划重点

##### 3.2.1 顶层目标设计

有轨电车线网规划重点集中于线网方案，其中线网方案不同于地铁系统，因为有轨电车定位为中运量系统，有轨电车主要适用于中等城市或大城市的外围新区，采用的主要敷设方式为地面敷设，与其他交通方式共同组成地面交通系统。因此，有轨电车线网规划初级阶段迫切需要解决一个重要问题，明确未来城市发展目标，制定有轨电车顶层规划目标，由目标确定发展策略，明确具体考虑事项，顶层目标制定流程见图 2。

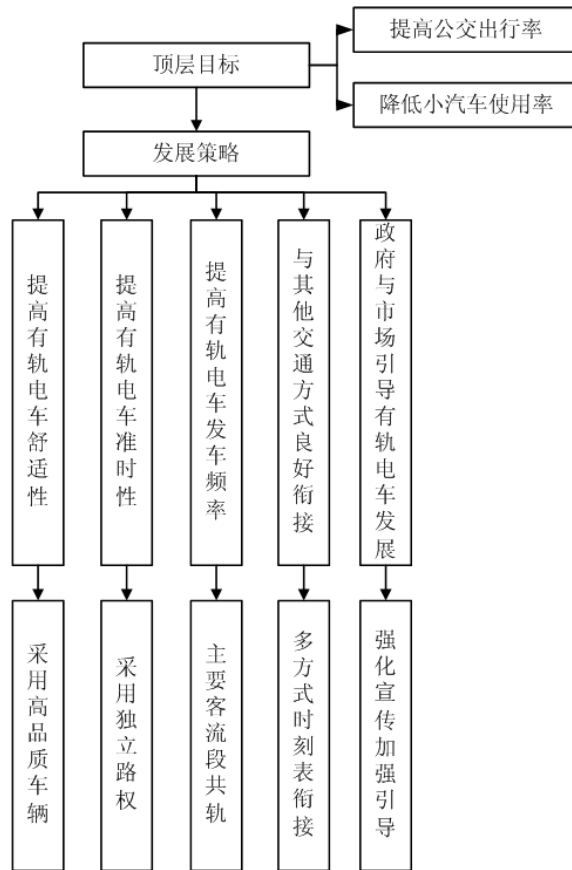


图 2 有轨电车顶层目标设计流程图

有轨电车线网规划因不同城市特征，决定了城市顶层发展目标，由目标确定了有轨电车发展模式，从而形成有轨电车线网编制方法及内容的不同。例如，城市对准时性、舒适性、发车间隔上的要求，决定了线网规划需要重点考虑采用独立路权、共轨运营发展模式；对准时性要求低、对城市品质要求高可采用共享路权、无网供电、非共轨运营模式。

### 3.2.2 引导城市发展，结合土地投融资

明确城市或者新区发展目标及策略之后，线网编制重点研究与城市规划、房地产行业发展匹配关系，满足城市建设重点片区交通需求，有轨电车线路走向与城市规划、片区规划发展方向相匹配，部分远期线路应当超前于城市规划，融入 TOD 发展理念，有效的引导城市沿着有轨电车线路发展，促进房地产行业有序发展，带动片区经济发展。

线网编制中应当充分研究政府对未来发展片区规划意图，将政府发展意图纳入有轨电车线网规划中，为后期有轨电车建设土地融资解决后顾之忧。线网编制阶段需要明确有轨电车站车辆段具体位置，重点分析车辆段上盖物业开发价值，有轨电车建设成本较大（1-1.5 亿元/km），并且运作模式不同于地铁系统，需要通过物业开发弥补建设成本及运营成本。

### 3.2.3 结合客流需求、协调轨道及常规公交关系，剥离有轨电车通道

根据城市客流需求预测，选择新区或中等城市客流量大的通道，将主要的客流聚集起来，通过中等运量的有轨电车输送地铁网络上或者城区中心、市中心。对于已经建成或者已经编制规划的地铁线网，需要以现有轨道线网为基础，将已有轨道线网规划作为上位规划。有轨

电车线网编制过程中，深入研究有轨电车与地铁线网、常规公交之间的关系，确定不同运量系统之间的功能层次，剥离出有轨电车辆轨道。

### 3.2.4 强化主中心，降低建设规模、充分运用共轨运营，提出分期运营线路

有轨电车主要适用于大城市新区及中等城市，线网规划编制过程中建议尽量降低建设规模，强化主中心首位度，采用单中心往外放射，充分利用共轨运营模式。在主要客流通道上铺设轨道之后，需要对具体运营组织线路进行规划研究，根据城市不同阶段发展情景提出不同时期运营组织方案，以便于指导分期建设规划的实施。

## 4. 案例实证分析

基于以上的有轨电车线网编制方法，本文以深圳市坪山新区有轨电车线网规划案例进行实证分析。

深圳坪山新区位于深圳东部发展轴带，坪山新区距离福田 34km，距离龙岗中心 14km。新区主要发展片区为碧岭片区、坪山新老中心、坑梓片区、竹坑片区 4 个片区，呈现 X 型轴带发展。线网规划阶段主要是加强对土地开发的控制和引导，促进产业结构调整，将坪山新老中心培育成核心城区，同时培育坑梓、碧岭、竹坑片区作为新的增长点，辐射惠阳，促进深惠一体化。明确新区城市发展目标，提出新区有轨电车目标为建立以轨道及有轨电车主骨干公交系统，构建独立路权路中敷设，快速接驳轨道及高铁，发挥轨道运能最大化，围绕新老中心放射的有轨电车网络。

根据客流需求预测结果，远期（2030 年）坪山新区主要需求通道呈“X”状，东纵路需求量最大，单向高峰高断面达到 4~5 万人次/h；深汕公路（中心区段）次之，单向高峰高断面 2~2.5 万人次/h；中山大道单向高峰高断面为 2~3 万人次/h；坪山河北侧金牛路、丹梓西路（坑梓段）的需求量也比较大，单向高峰高断面为 2~2.5 万人次/h；深汕路（北段）、兰景北路通道单向高峰高断面为 1~1.5 万人次/h。具体客流需求见图 3 所示。

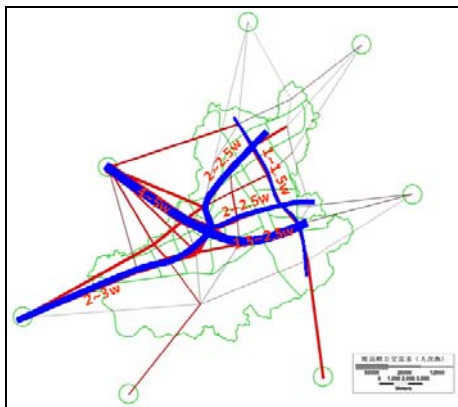


图 3 远期 2030 年客流需求走廊



图 4 有轨电车线路网络图

通过对坪山新区整体客运公共交通网络架构的分析，结合功能层次分析法，将各层次公共交通系统功能进行划分，依据轨道交通在坪山新区的布局规划，剥离出适合发展有轨电车的通道，在此基础上构建坪山新区有轨电车的网络形态，分析出适合坪山新区的有轨电网友

络架构。

根据客流需求及功能层次划分,明确线网架构,结合远期的用地规划、人口和岗位分布、客流走廊、客流集散点等分析,对坪山新区有轨电车进行线网方案设计提出铺轨线路方案。坪山新区整体架构以新中心为源点,向坑梓、碧岭、燕子岭三个方向放射,竹坑至坑梓纵向需求也达到了中运量公共交通通道规模要求,形成 56.9 公里铺轨方案。根据主要客流通道敷设轨道,并提出线路运营组织方案,具体线路走向见表 1 及图 4。根据坪山新区不同阶段发展目标提出分三期建设,一期形成建成 1 号线铺轨 19.7km,运营 19.7km,二期建成 1、2、3 及 4 号线,铺轨 36.3km,运营 57.8km;三期完成整个线网建设,铺轨 56.9km,运营 94.9km。

表 1 坪山新区规划有轨电车线路一览表

推荐方案	运营长度 (km)	铺轨长度 (km)	经过主要道路
1 号线	19.7	56.9	深惠路-横坪公路-金碧路-中山大道-龙坪路-松坪路
2 号线	15.6		沙砾路-人民路-光祖路-深汕路-龙坪路-松坪路
3 号线	16.5		沙砾路-人民路-光祖路-深汕路-龙坪路
4 号线	23.7		深惠路-横坪公路-金碧路-中山大道-金牛路
5 号线	9.2		兰竹路-金牛路
6 号线	10.2		创景路-翠景路-龙兴路
合计	94.9		

## 5. 结语

有轨电车为中运量系统,主要服务于中等城市及大城市新区,从建设成本、运营成本、服务客流等方面都决定了有轨电车线网需要重点考虑多线共轨,发挥轨道运能,降低建设成本及规模。因此,在有轨电车线网编制过程中重点研究铺轨通道、共轨运营组织方案,串联城市大的客流发生吸引点,结合城市经济、房地产行业等发展,围绕主中心向外放射,提出不同阶段建设规划及运营组织方案,以发挥运能最大化。

### 【参考文献】

- [1].GB/T50546-2009.城市轨道交通线网规划编制标准[S].2009.
- [2].王灏,田振清,周楠森,王燕凯.现代有轨电车系统研究与实践[M].北京:中国建筑工业出版社,2011
- [3].G.H.Hafter,OBE,Rail Transport Consultant. German Federal Regulation on the construction and operation of light rail transit systems.
- [4].Robert R.Clark. General Guidelines for the Design of Light Rail Transit Facilities in Edmonton[R]. 1984
- [5].Lorraine Thomas. Light Rail System Strasburg, France[J]. University of Pennsylvania, Earth and Environmental Sciences
- [6].<http://www.libnet.sh.cn:82/gate/big5/www.istis.sh.cn/list/list.aspx?id=3349>
- [7].Light rail and metro systems in Europe. ERRAC Project report
- [8].陈小鸿.城市客运交通系统[M].上海:同济大学出版社,2008
- [9].李东屹.新型轨道交通捷运系统在郊区新城中的适应性分析-----以上海临港新城为例[J].交通与运输.2011(5):51~53.
- [10].Buck Consultants International The Hague. LiRa Final report[M]. The International Network of Light Rail Cities.

### **【作者简介】**

宗传苓，男，硕士，深圳市城市交通规划设计研究中心，轨道院院长，高级工程师。电子信箱：zcl@suptc.com

戴子文，男，硕士，深圳市城市交通规划设计研究中心，助理工程师。电子信箱：dzw870608@126.com

谭国威，男，硕士，深圳市城市交通规划设计研究中心，轨道一所所长，高级工程师。电子信箱：tgw@suptc.com