

试论有轨电车与轻轨系统的相互关系

王建

(广州市地下铁道设计研究院, 广州 510010)

【摘要】有轨电车与轻轨作为城市快速轨道交通方式被许多城市所青睐,但由于二者定义的不确定性,在实际工程中给技术人员造成了一定困扰。本文较全面的介绍了国内及国际上对轻轨的定义,同时对这两种交通形式的发展历史、关键技术指标等方面的分析研究,并试图在此基础上揭示其两者关系。最后提出应将轻轨系统进行多种层次划分及有轨运输划分主要因素的建议。

【关键词】有轨电车; 轻轨; 轨道交通

Discussion of the Correlation Between the Tramway and Light Rail System

WANG Jian

(Guangzhou Metro Design and Research Institute, Guangzhou 510010, China)

Abstract: As the ways of rapid rail transit, the tramway and light rail transit (LRT) system are in favor with lots of cities. Because of the confusion of their definition, it is a puzzle for engineers in many present projects. This paper introduces the definition of light rail in nation and international roundly. At the same time by the analysis and study of their development and key technique, the paper attempts to reveal the correlation between the tramway and light rail system. At last, gives the proposal of partition of LRT and rail transit.

Keywords: tramway; light rail; rail transit

中等运量的轨道交通系统,即有轨电车、轻轨等为国内不少大、中城市所青睐。但在工程系统定位上存在有轨电车与轻轨或其他系统比较、选择的问题。随着对国内外有轨电车及轻轨系统的了解,笔者发现国内对有轨电车、轻轨定义不十分明确,工程上对此认识相差较

大,甚至互相矛盾(如轻轨必须全部高架;采用地面敷设方式的是有轨电车)。因此本文试图从两者发展过程、关键技术指标进行分析,揭示其相互关系。

1 系统划分标准

城市公共交通客运方式按轨道形式一般可分为两种:有轨交通及无轨交通。其中有轨交通种类较多,如传统的有轨电车、轻轨、地铁、独轨、缆车、磁浮交通、自动导向系统等。各个系统有着不同的断面运能。

从行车专业上分析,断面运能主要由列车载客量、编组数及发车间隔共同决定。列车载客量由车辆长度、宽度及座位布置方式决定。列车一般为定型产品,可调余地较少,而列车编组数变化范围相对较大。对于中等及大运量系统而言,列车车辆造价巨大,因此存在合理配置的问题。而发车间隔主要受线路敷设方式(全封闭、全开放)、列车驾驶模式及安全距离所控制。一般而言,对运能的调整首先选择合理的发车间隔,在充分利用信号系统条件下,再调整编组数,达到“高密度、短编组”的目的。

因此不同的运量要求就决定了系统的线路敷设方式及线路标准、列车防护系统功能、信号系统功能、列车构造等方面有很大区别,最终反映在工程造价上有显著差异。根据既有资料,国外轻轨造价为地铁的1/3~1/5。

作为城市轨道交通工程的前期工作,首先应明确工程功能、系统定位及规模,如果系统定位时不同专业在选取标准上互相矛盾,会给整个工程带来颠覆性变化。虽然各种不同系统在其合理成本一效益条件下,有不同的技术指标及参数,但往往有部分参数(包括运量)出现重叠。因此希望仅通过一个指标就能区分出来,是十分困难的。文献2中根据断面运量提出了不同系统的划分标准:

(1) 小运量系统: 主要指有轨电车系统,断面运能为4 000~8 000人/h;

收稿日期: 2004-02-19

修改日期: 2004-04-13

(2) 中运量系统：主要指轻轨系统，断面运能为1~3万人/h；

(3) 大运量系统：主要指地铁系统，断面运能为3~6万人/h。

但从实际工程的定性、认识上却反映了单指标(断面运量)划分标准的不确切性：大连现代有轨电车系统项目建议书中显示该工程远期最大断面客流为27 526人/h，运量与轻轨系统相当；但在线路敷设方式上，线路沿地面布设，在路口与其他交通车辆混行，符合人们对传统有轨电车的认识。无法套用划分标准，反映了工程在系统定性上有一定的混乱。新加坡武吉班让轻轨系统(Bukit Panjang LRT system)为全自动无人驾驶，发车间隔2~6 min，但断面运量为4 000人/h，与有轨电车系统相当。

2 有轨电车与轻轨系统

2.1 有轨电车与轻轨发展历程

有轨电车是19世纪下半叶在马拉轨道车基础上发展起来的一种城市交通形式，二次世界大战前在全世界范围广泛使用。随着汽车工业的发展及人们对公共交通理解上的偏差，有轨电车作为公共交通工具逐渐被汽车所代替，只有少量城市将其作为旅游观光工具。但汽车数量的过度增加，导致交通堵塞严重，行车速度下降，空气及噪音污染也逐渐日趋严重。因此对新型地面交通工具的需求日益迫切，于是出现了所谓的轻轨系统。

轻轨系统是从有轨电车基础上发展起来的，但在线路、车辆、信号、供电等方面充分地运用了高新技术，经过了脱胎换骨的改造。它的技术发展主要经历了3个层次：

(1) 旧车改进阶段：将既有有轨电车分阶段改造，并对既有线路采取隔离措施(设置专用道、高架或地下)。

(2) 新线建设阶段：利用城市废弃的铁路线路，并采用新型有轨电车修建而成的交通系统，如法国巴黎的RER系统。此阶段车辆设计制造引入诸如铰接式车体、斩波调速等新技术。

(3) 系统创新阶段：将轻轨作为独立系统进行开发，主要是针对车辆构造。如加拿大开发的线性电机车辆和英国伦敦船坞地(Docklands)轻轨车辆。车辆低地板比例从30%发展到70%，直至目前的100%。

需要特别指出的是新型有轨电车与轻轨车辆已没有多大区别^[1]。

2.2 有轨电车与轻轨定义

目前国际上对传统的有轨电车系统尚无统一的称呼及定义：美国称为trolley、streetcar，而在英国、荷兰、

瑞士等多数国家则称为tram、tramway。一般认为其特点是线路直接敷设在城市市区街道上，与其他交通方式混行，并且无交通优先权。

1979年国际公共交通联合会轻轨委员会在赫尔辛基大会给轻轨作出定义：轻轨为轨道运输的一种形式，可有传统电车、行驶于专用车道等不同发展阶段，每一阶段可以是最终阶段，但亦可保留进化到下一个更高阶段的可能性，是相对于重轨(指轴重，如地铁)而言运量较小的一种运输形式。

1989年美国运输研究学会将轻轨定义为：一种电力驱动的城市轨道运输系统，其特点为可以单节或多节车厢行驶于地面、高架或地下的隔离专用车道，有时行驶于街道上，可使用低站台或高站台上下乘客。

3.3 有轨电车与轻轨系统的差异

1989年美国运输研究学会在调查国内轻轨运输安全状况时，为统一研究标准提出根据线路敷设情况进行轻轨路权划分等级的建议，共分为3种形式10种类别，参见表1。

从以上各种定义中可以看到轻轨与有轨电车在路权使用上有明显差异，轻轨路权包含3种形式：A型路权(全线专用路权)、B型路权(部分专用路权、部分共用路权)及C型路权(无专用路权)3种。而传统有轨电车仅有C型路权。

有轨电车对轻轨系统的比较表在许多专业文献^{[1][2]}中均有列出，考虑对新型有轨电车、轻轨发展速度及既有工程经验的掌握程度，本文选自有较强时效性及专业性的文献^[5]，参见表2。

表1 路权分类表

形式	类别	说明
A(专用路权)	a	沿线路与任何其他交通方式包括行人隔离，主要措施有高架、地下、地面设全线隔离带
	b-1	仅在指定道口容许行人、车辆根据交通灯指示通过，其他路段用路缘石及栅栏隔离(郊区)
B (部分专用路权)	b-2	仅在指定道口容许行人、车辆根据交通灯指示通过，其他路段用路缘石及栅栏隔离(市区)
	b-3	仅在指定道口容许行人、车辆根据交通灯指示通过，其他路段用路缘石或附加栅栏隔离(市区)
	b-4	仅在指定道口容许行人、车辆根据交通灯指示通过，其他路段用斜面坡度隔离(市区)
	b-5	与市政道路侧用路缘石隔离，另一侧与人行道顺接。行人可自由穿过轻轨轨道，机动车在指定位置根据交通灯指示通过
	c-1	与机动车(包括摩托车)、自行车混行，行人在指定位置根据交通灯指示通过
C (无专用路权)	c-2	与机动车(不包括摩托车、自行车)混行，行人在指定位置根据交通灯指示通过
	c-3	与行人混行，机动车不得驶入

表2 有轨电车、轻轨、地铁比较

比较项目	有轨电车	轻轨	地铁
断面运能 (人/h)	2000~15000	10000~30000	25000~60000
线路	地面	地面、高架、地下	地下、地面、高架
轨道	大多数混行	主要为专用路权, 但有混合轨道(平交道口)	全部专用路权
站间距 (m)	500	500~2000	500~2000
车站设施	无	地面站设风雨棚 及护栏、高架站为 半封闭、地下站可 设施齐全	地面半/全封闭、高架站 为半封闭、一般高架站、半 封闭地面站空调无大系 统,其他车站(包括全封闭 地面站)可设施齐全
信号	根据信号 人工驾驶	地面人工驾驶、平 交道口简单信号控 制、高架/地下具 有ATS/ATP	ATS/ATP(ATO)
最小发车 间距(s)	90	90	90
旅行速度 (km/h)	17~18	25~30	约 35
编组	1~2	2~4	5~10
最小曲线 半径(m)	20~50	20~50	150~200

从表2可以看出：当有轨电车采用专用路权(相应道口享有交通先行)，车辆编组数量增加后，断面运能可达到轻轨运能的低值。当断面客流继续增大时(轻轨高值)，旅行速度要随之增加，发车间隔减少，需设置较完整信号系统。如发车间隔过小或编组较大(通过路口时间增加)影响到地面交通或仍不能满足断面客流时(地铁高值)，应采取道口立体隔离、增加旅行速度、增加编组数等措施。而曲线半径的不同主要由车辆构造决定，其他制约因素较少。

3 有轨电车与轻轨的关系

在国内许多关于轨道交通的文献中，将有轨电车(或现代有轨电车)作为一个独立系统与轻轨进行比较，但也有部分国内外专家、工程技术人员发表了不同的意见：

- 正是有轨电车不断地进行现代化技术改造，诞生了轻轨交通。现代有轨电车只是轻轨交通的一种类型^[3]。
- 轻轨交通系统的车道基本上以平面方式布设。依照地区环境,其车道与其他车辆或行人共同使用的称为“电车”，若以路缘石围离与其他车辆隔离者称为“轻轨”^[4]。
- 轻轨为相对重轨而言运量较少的一种电力驱动系统，使用完全专用路权或无专用路权，高或低站台，单节或多节车厢。就是目前称为的有轨电车(美国公共运输协会对轻轨术语定义)。
- 简单来说：轻轨=有轨电车^[7]。

4 结论

- (1) 由于轻轨与有轨电车在车辆技术上的继承关系，轻轨在路权上对有轨电车的包容性，笔者认为有轨电车系统只是轻轨系统的一个特例，或称有轨电车为轻轨系统中简化了部分配置及功能的系统。
- (2) 为避免以后实际工程及理论分析上在定义及认识上的混乱，将轻轨系统运能划分标准进行扩充，同时根据不同的路权形式、系统运能、旅行速度进行细分：有轨电车作为轻轨系统低等级形式出现，而轻轨作为中、高等级形式出现。
- (3) 有轨交通系统选择、划分标准应围绕断面运能、旅行速度、车辆(包括行走方式)三要素。除舒适性要求功能外，其他功能直接或间接受这三个要素所控制。

参考文献

1 蔡君时. 城市轨道交通[M]. 上海: 同济大学出版社, 2003.

2 何宗华. 城市轻轨交通工程设计指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993.

3 隋悦家. 现代有轨电车及其车辆的发展[J]. 城市车辆, 2001, 5: 36~39.

4 沙梦麟. 轻轨交通系统分析[J]. 城市轨道交通研究, 2000, 3: 9~11.

5 汉堡城市交通运输咨询公司. 地铁、轻轨及列车编组[R]. 中国高效轨道交通系统的建设与管理—中德联合研讨会, 2002.

6 美国公共运输协会. Glossary of Transit Terminology-Light Rail[EB/OL].http://www.apta.com/research/info/online/glossary.cfm

7 北美轻轨信息网. What is Light Rail? [EB/OL]. http://www.lightrail.com/definition.htm.

作者简介

王建(1971—), 男, 广州市地下铁道设计研究院工程师。Email: wangjian@dtsjy.com

更正

2003年第1期54页左17行第16字及倒12行第5字“小”改为“大”。