

德国城市轨道交通的各种制式系统

Georg Puettner (德国)

(资深专家,曾任德国杜塞尔多夫地区铁路公司总经理)

摘要 鉴于中国的城市轨道交通建设已进入了加速发展的
的大好时期,但由于地铁项目投资巨大,工期长,而且运营、
维护成本也很高,地铁不可能满足中国所有城市轨道交通发
展的需求,故而必然会转向采用投资较少的其他轨道交通制
式。为此,介绍了欧洲大都市轨道交通系统的主要特征,重
点阐述了德国城市轨道交通的各种制式系统,包括区域线、
市域线、地铁、轻轨等现代城市轨道交通的各方面情况,以供
中国同行参考。

关键词 德国,区域线,市域线,地铁,轻轨

中图分类号 U 12

Diversified Modes of Urban Rail Transit System in Germany

Georg Puettner

Informative abstract The construction of urban rail transit
(URT) has entered an accelerated development period in Chi-
na. But considering the huge investment, the long construction
period, the high operation and maintenance cost, subway can-
not be considered as the only mode of URT system in China.
Other modes of URT could also be planned and constructed be-
cause of their low investment compared to subway. This paper
introduces the main features and technological standards of
URT in Europe, especially the diversified modes in Germany,
including regional railway, suburban railway, subway, light rail
and other modes of modern URT, as well as the application and
development trend of different modes of URT in Europe. The
author holds that light rail transit (LRT) has considerable po-
tentialities for future development and will attract more cus-
tomers because of its flexibility and versatile features, such as
the shorter construction period, wide-range application, higher

carrying capacity, lower cost and the compatibility. Conse-
quently, LRT can provide sustainable and environment-friendly
transport service for a whole community. This paper can also be
taken as a reference for counterpart researches in China.

Key words Germany, regional railway, suburban railway,
subway, light rail transit

0 概述

中国的城市轨道交通建设已进入了加速发展的
的大好时期。大都市的地铁系统如北京、上海和广州
等地铁系统运作良好,并在不断地规划和修建新的
地铁线路。但地铁项目投资巨大,工期长,而且运营
和维护成本也很高。地铁不能满足中国所有城市轨
道交通发展的需求,城市轨道交通的进一步发展必
然转向采用具有同样运输能力但所需投资较少的其
他系统。采用欧洲发展区域交通和市域交通以及高
运能轻轨系统的成功经验将会加速中国城市轨道交
通的发展。

欧洲大都市的公共轨道交通是一个全面的系
统,由区域线、市域线、地铁、轻轨等多种轨道交通制
式来共同提供运输服务,有些城市还包括有轨电车,
彼此间协调运作并获得了好评。各轨道交通系统均
具备最优化的运输特点及能力。欧洲大都市轨道交
通系统的主要特征如表1所示。本文主要介绍德国
城市轨道交通的各种制式系统。

表1 欧洲大都市轨道交通系统的主要特征

特征参数	轨道交通制式			
	轻轨(LRT)	地铁	市域线(S-Bahn)	区域线
用途	城市交通	城市交通	城市和郊区交通	郊区和区域交通
平均运行里程/km	50	80	120	160
运行速度/(km/h)	30	40	50	65
最大运行速度/(km/h)	80	80	120	160
平均站间距离/km	0.4~0.6	0.6~1.0	1.0~2.5	5~30
平均运行时间/min	30	40	60	90

1 区域线系统

区域线系统不仅为城市及大都市区提供运输服务,同时也为以上地区外的农村提供服务。现代列车设计时速已达到 160 km/h,且车站也越加现代化,因此区域线系统获得了广泛认可,乘客数量不断增加。

区域线系统发展的目标是,把区域线系统建成吸引包括农村居民在内的全体居民的、功能齐备的公共交通运输方式。区域线系统甚至将成为城市及其郊区以外地区经济发展和就业增长的基础。

城市和大都市区的活力在很大程度上依赖于所提供的全面协调的公共交通质量。只有做到区域线、市域线、地铁、轻轨及道路公交之间的紧密衔接,才能使其真正成为具有吸引力的、经济的公共交通,并且实现城市群及农村区域的经济繁荣。

为了提升吸引力和竞争力,区域线应不断创新且不断降低成本。在降低成本方面,采取的措施包括为适应区域交通发展要求而采用有成本效益的列车和简便的运作方法。从这种意义上来说,车辆投资、维护及运营成本成为关键的影响因素。

1.1 发展轻型列车

由于历史发展的原因,区域线系统采用两类列车:①重型列车,用于长途运输;②新发展的更加经济的轻型列车,如 Desiro 和 Talent 列车(见图 1、图 2)。发展轻型列车的目标在于,生产出成本远低于传统柴油电动车组,且寿命成本与性能相当的公共汽车接近。



图 1 德国德累斯顿的 Desiro 列车

1.2 减少投资和运营费用

减少施工期成本以及降低维护、维修和运营费的方法有多种。

1.2.1 降低设计荷载

对此就要对传统的有关制造列车的安全理念作

出修改,即:旨在提供高耐压缓冲器和耐冲击前部结构。这种修改不仅针对区域轨道交通,也针对市域轨道交通以及地铁和轻轨。传统的过时的安全理念正被主动应对型安全措施所取代,且新型安全措施不降低整体安全级别。以下新概念代表了此方面的当前技术发展水平:



图 2 德国的 Talent 列车

- 采取措施以吸收碰撞时产生的冲击力并分散冲击产生的能量,即设置能量吸收区及防冲击装置;
- 改进基础设施以减少碰撞危险,如改进列车防撞系统和线路控制系统;
- 增强列车制动能力;
- 采用轻轨、有轨电车和汽车发展过程中已获认可的构件和生产原理。

1.2.2 降低列车使用寿命要求

若降低现有对于列车使用寿命的要求,那么仍将有很大的成本节约余地。长距离运输中所使用的常规列车,其设计寿命一般为 30 年或 40 年。在使用寿命期内,其维护及升级所需的费用相当大。若缩短原定使用寿命,也将降低寿命周期成本。对此,多数欧洲运输公司多年前已开始付诸实践。这些公司通常在公共汽车运行 8 到 12 年后就将其淘汰,然后采用最先进的车辆进行替换。寿命周期成本就是要求在公共汽车维护、修理及改进费用达到最大值时就实行淘汰。

1.2.3 减少工作人员

进一步降低运营成本的关键在于工作人员的数量。简便的运营模式如单人操作车辆、无人车站(如今已普遍采用)、更少的运行工作人员(用于操作铁路平交道口等),将成为降低成本的重大潜力所在。这一点已在市政及私人轨道和货运交通实践中得到了证实。但对于当前中国来讲这一点并不是至关重要的,因为中国目前工资水平比较低廉。但未来工

资水平将发生改变。

1.2.4 选择合适的列车

列车行业在性能目标的引导下,为区域轨道交通发展出了创新的、有成本效益的列车。在这个过程中,出现了许多不同的列车设计,可供挑选,如摆式列车、Lint 列车(见图 3、4)等。



图3 摆式列车(1997年)



图4 Lint 列车(2005年)

2 市域线(S-Bahn)系统

市域线是最环保的运输方式,为大都市市中心及商业和居民区间提供运输服务,此区间不仅人口密度高而且是高频率的运输通道,同时也为郊区居民服务。在市中心区域,市域线列车在隧道中运行,发车密度高,且与地铁及轻轨线路建立了紧密衔接。

这种运输服务最初是和长途铁路运输共用轨道设施。后来,这种运输需求越来越多,这就要求使用独立的线路。以前,德国将这种运输功能和运行方式称为“城市和郊区轨道”。这种轨道网络源于既有铁路线及连接线,分布广泛。市域线路在市区设置的车站较少,但在郊区的所有居民及工作中心所设的车站相对较多。

最初,市域线不仅与长途运输共用轨道设施,而且采用中型长途铁路车辆(如柏林、汉堡及慕尼黑),

不久后长途铁路线附近城市的交通利用率不断上升,这样列车发车间隔就不得不降低,并导致长途运输时间延长,这势必影响到市域线的运输。因此,市域轨道运输与长途铁路运输不可避免要分离。这样,就可以为线路选择不同类型的牵引方式(接触网、第三轨以及柴油动力)。市域轨道运输的关键元素既不是牵引系统也不是列车配置,而是运输功能。

市域线的市区主要车站(多数是隧道)到大都市区(多数是高架)之间的短途有轨快速运输要切实做到完全不受外界干扰。同时,轨道交通设计用车所需宽门数量较多,并且需要有更加优异的加减速性能。

市域线系统实质上深受长途铁路运输影响。与长途铁路运输类似,市域线系统设计采用全信号保护,且列车间最小时间间隔大约为 90 s。

在柏林、法兰克福、汉堡、慕尼黑以及斯图加特,市域线系统已经发展成为对角交叉或切向连接的网络。在市区范围内,市域线系统与地铁功能重叠,共同提供城区交通服务。德国的市域线实例见图 5、6。



图5 最高时速为 140 km/h 的市域线



图6 人口密集区的市域线

3 地铁(U-Bahn)系统

地铁是城市轨道交通制式中的一种,它连接城

市群的人口高密度区与市中心和商业区,具有性能优越及出行便捷快速的特点。地铁系统所运送的乘客数量最多(日常以及高峰期),且地铁网络将市中心和重要区域联系起来。多数地铁网络采用三角形布局、格子状布局或交叉型布局。三角或格子状布局的地铁系统通常会有一条环状连接线。

地铁通常采用专用线路,在市中心区域,地铁列车主要在隧道或高架轨道运行;在人口相对较少的区域,从节约成本考虑地铁线路也可以采用地面线路,但只能是专用线路。

由于第三轨供电具有相对简易且高电流的特点,因此第三轨供电(见图7)为德国多数地铁系统所采用,但有些地铁系统也采用接触网。



图7 慕尼黑到 Garching 的地铁线采用第三轨供电

地铁主要运行在隧道中,因此最尖端的通信系统代表了地铁发展的水平。一些地区如慕尼黑和纽伦堡采用自动系统,此系统无需列车驾驶人员。

人口相对较少区域的地铁线平均站间距离为800~1 200 m(少数会达到1 500 m),支线及分布各处的运输服务(公共汽车和有轨电车)弥补了这些地区的运输需求。地铁系统站间距相对较大、到站等待时间较短且不受其他运输方式影响,所有这些使得地铁列车平均行驶速度可达到35~40 km/h。国际水平的地铁线单向运量可达8万人/h。

所有的地铁系统均为乘客提供便捷的——无阶梯——与站台等高的车底平台。高候车平台以及高地板车辆共同创造出理想的上下车条件,使得车门与候车平台间缝隙及高差较小(见图8、9)。除了所有以上这些便利条件外,地铁还具备快速上下车、正点到达以及到站停留时间短等特点。

德国的柏林、汉堡、慕尼黑以及纽伦堡等城市拥有完全封闭的地铁系统。以上4个城市的地铁系统

每年运送乘客数量超过了10亿人次,相当于德国公共运输公司年运送乘客数量的14%。



图8 汉堡地铁



图9 慕尼黑地铁

上述这4个地铁系统的运营商成功地实现了许多技术创新:

1) 在整车设计方面,开发者及业主正修改原有双端双节车概念,赞成采用头尾相通的列车。汉堡地铁采用4节客车编组,柏林地铁则采用6节客车编组,慕尼黑地铁也采用多节客车编组的方式。两节客车之间采用宽过道连接,这增强了乘客的安全感,也便于乘客可均匀分布于整个列车。

2) 通过采用轻质材料以及减少不必要或过时的规格,轻质地铁车辆设计已取得进展。轻型列车设计采用大型整体结构铝制挤压型材或不锈钢板,客车车壁采用碳纤维或玻璃纤维塑材。通过轻型车辆设计——不论是采用铝合金还是不锈钢——车辆的质量明显低于 560 kg/m^2 的世界平均水平:慕尼黑B2型地铁和纽伦堡地铁车为 525 kg/m^2 ;慕尼黑C型地铁车为 495 kg/m^2 ;汉堡DT4型地铁车为 510 kg/m^2 ;柏林H型地铁车为 540 kg/m^2 。

3) 车辆内部设备及装置按各城市的具体要求量身定做。上下车门通常位于车辆的端部,车门宽敞足以容纳轮椅、婴儿车以及自行车上下。

4) 在设计过程中,设计师对于车辆材料和表面质地给予了特别关注,以应对可能的故意破坏及乱涂乱画。

5) 新型车辆的驱动系统通常于单轴上横向装配三相电机,或为纵向安装于两个车轴齿轮箱上的每个转向架装配一台电机。

6) 数据总线传送所有与列车及车辆控制有关的信息,包括旅客信息。

7) 采用电控门是另一项重大进步,其特点在于采用了触摸感应技术,可做到连续调整换向且响声极小。

8) 现代地铁车辆装配了自检系统,可记录下车辆在运行过程中发生的故障。这样,车检工厂就可在维修过程中做到有的放矢,节约维修成本。

9) 车辆生产过程中已经考虑了环保问题以及作废处理的问题。减少外部噪声也就自然降低了车辆内部的噪声等级,这也会提升乘客的乘坐舒适度。最新地铁列车运行速度达到 60 km/h 左右时,车厢内噪声分贝数达到 63 dB(A)。此噪声值接近标准长途列车噪声等级,代表了最新技术发展水平。

10) 客车车厢安装了双向对讲机,这样在发生紧急事故时,乘客可与驾驶员或控制中心通话,也代表了最新技术发展水平。

11) 地铁车辆由于采用了新型耐火及抗毒材料,从而提高了防火能力。地铁车辆制造过程须遵守相关防火保护规定。

德国地铁系统在车辆工程、信号技术及通信技术方面已达到了国际先进的技术标准。然而,为了进一步提高运营效率,并通过提高乘坐舒适度来吸引更多的客源,未来仍有许多工作要做,以促进地铁系统的发展。

有关降低能耗的其他因素具有与制造轻型车辆同等重要的意义。这些因素包括能源回收。自动化操作自然会带来最佳效果。

车辆工程发展的趋势是制造轻小型且高性能的动力电子装置构件。因此,IGBT(绝缘栅门极晶闸管)变换器已逐渐取代了GTO(门极可关断晶闸管)变换器。

大众偏好的巨大变化促成了一个新的趋势,那就是车辆的乘客区应易于重新设计。因此,电气装置、气动装置及电子装置需安置于车底板下方,而不能位于驾驶位后方的设备箱,或座位下方,或乘客区其他箱子内。

许多人不了解公共交通的优势,因此竭力购买小汽车作为日常出行工具,甚至还可以容忍长时间的交通拥堵。因此,必须致力于创建连续的信息链,不仅在家就可以得到有关出行规划的全部信息(通过互联网),而且在车站以及列车内(车载屏幕)也可以得到这些信息。有关各方正全力在上述区域创建连续信息链,并推广到地铁及轻轨网络上。

复杂的售票系统会给旅客乘坐带来不便。现代售票系统实现了非现金购票(公交卡),这也成为增强地铁系统及公共交通吸引力的重要因素。

4 轻轨(Stadtbahn)

过去 25 年里,轻轨经历了有趣的发展过程,特别是在德国以及一些西欧、北美国家。发展轻轨的理由众所周知:城市太小不适合采用地铁系统,而愈加繁忙的汽车运输加上现有交通模式运输能力不足导致出现交通堵塞现象,这样既有地表有轨电车运行也变得越加困难。

1968 年,法兰克福、斯图加特、汉诺威、克隆以及埃森等城市为了阻挡私家车的发展趋势,改进并延长了各自的有轨电车系统,从而使“Stadtbahn”一词有了新的定义。新建常规地铁系统耗资巨大,因此投资回报更高的运输方式应运而生。最初,通过在交通瓶颈的地面线路区修建隧道,从而改变了有轨电车行驶路线。由此,“地下电车轨道”(德语“U-Strab”)一词产生。这些城市开始沿着交通最为繁忙的线路修建地下线隧道,特别是市区里交通状况日益恶化的地区。修建隧道对于解决交通问题是非常有益的。其他城市如杜伊斯堡、米尔海姆、波鸿、多特蒙德、波恩及杜塞尔多夫随后也开始修建城市地下线路。因此,德国轻轨系统实际上是地区电力轨道,它源于有轨电车,运载能力介于有轨电车与地铁系统之间。根据各城市的交通网络条件以及发展要求,轻轨系统通常与地铁线路或有轨电车线路衔接。

与新建常规地铁系统相比,扩大轻轨系统的最大优势在于:轻轨项目的开发时间较短,单线线路区间或网络能在最短时间内实现最大的运营价值。这是因为各完整轨道或隧道区段可与现有网络整合并投入使用。相比而言,地铁网络只有发展形成相当大的规模后,才能实现其运营价值。

一般而言,有轨电车与轻轨混合运输的方式(轻轨网络由原有有轨电车线路发展而来),需要获得技

术支持。例如,仅轻轨网络采用高站台而有轨电车系统仍采用街道路面作为候车平台。若轻轨列车采用可折叠台阶,乘客就可从低平台甚至是街道路面直接上下车;另一种正在使用的解决方法就是,把现有混合运输所用站台沿纵向分成高低区(见图10)。



图10 站台沿纵向分成高区和低区

4.1 轻轨系统的特点

轻轨系统具有以下特点:

1) 地下车站站台高度约为 900 mm(见图11),某些地面线车站也采用高站台(见图12)。



图11 轻轨车站 900 mm 高站台



图12 杜塞尔多夫轻轨地面线车站高站台

2) 街区其他地表车站(经常和地表有轨电车共用),由于某些原因不能采用高站台而采用了特别搭

乘设施,例如轻轨列车采用可移动阶梯,以方便乘客在街区以及 35 cm 高的站台搭乘列车(见图13)。

3) 采用高架接触网供电。

4) 在专用路线区段,轻轨车速有时可高于普通地表有轨电车。

5) 与地表有轨电车 2.20~2.40 m 车身宽度相比,轻轨车辆对车身宽度的要求更高,达到 2.65~2.80 m。

6) 线路最小曲线半径可达 25 m。

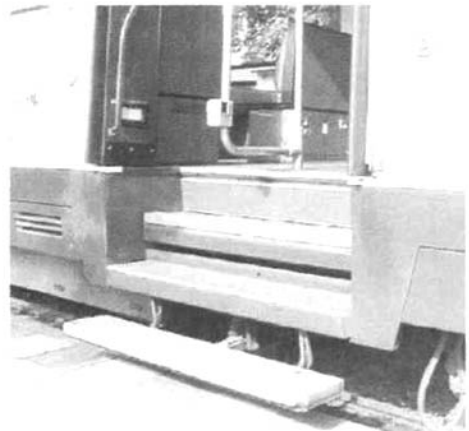


图13 采用可移动阶梯的轻轨列车

7) 轻轨可采用完全专用道(包括地面、高架和隧道线路),或道路区的“独立轨道”(见图12);或将轨道埋于混合交通道路上,如图14所示,轻轨线路比街区路面略高(5 cm),采用特别颜色标注,发生交通事故时,轻轨线路也可用作道路交通。



图14 轻轨轨道埋于混合交通道路上

4.2 轻轨车辆的特点

上述这些轻轨系统的特点决定了需设计轻轨专用列车(LRV)。多数轻轨车辆有以下共同特点:

1) 轻轨车辆车体比常规地表有轨电车宽,达到了 2.65~2.80 m。

中小型通信信息施工企业发展战略分析

李 春

(中国铁路通信信号上海工程公司,200436,上海//副总经理,总工程师)

摘 要 以作者所在的中小型通信信息施工企业为例,分析了施工企业发展可选择横向拓展和纵向拓展两种战略。针对中小型通信信号施工企业的纵向拓展,提出必须打造和提升总承包项目管理、系统解决方案的提供、设计、调试测试开通等方面的系统技术核心竞争能力。

关键词 通信信息, 施工企业, 发展战略, 核心竞争力

中图分类号 F 406

Development Strategy of Small and Middle Information & Communication Enterprises

Li Chun

Abstract Taking a national enterprise of information & communication as an example, this paper analyzes the development strategy of enterprise's construction, including the horizontal development and the vertical development. As for the vertical development, people have to build and upgrade the core competitiveness of the overall management for the contracted project, the design, the commissioning test and other systematic technology.

Key words information & communication, construction enterprise, development strategy, core competitiveness

Author's address China Railway Signal & Communication Shanghai Engineering Company, 200436, Shanghai, China

美国战略管理学教授迈克尔·希特对企业战略定义为:“企业战略是企业设计用于开发核心竞争力和获取竞争优势而整合与协调企业一系列资源和行动的谋划”。通信信息施工企业因其使命和所面临的环境不同,企业战略各相径庭。下面以交通行业通信信息施工企业为例,谈点个人对中小型通信信息施工企业发展战略的制定、实施和管理过程的一些想法。

1 企业所面临的行业市场环境和可实施的蓝海战略分析

笔者所在的交通通信信息施工企业,具有国家

2) 由于对于供电提出了更高要求(高速),且为了实现与长途列车相当的乘车舒适度,车底板距地面高度上升到 900~1 000 mm。

3) 车辆出入口处必须采用可移动阶梯。轻轨线路发展的最终目标过去是现在仍然是处处采用高站台,但是要从根本实现这个目标则必须经历较长的时间或采用完全新型的轻轨系统。

4) 列车设有双头机车,这就无需采用循环线路或回路来实现车向调转。在隧道部分,这点显得非常重要。但同时也增加了每列车的成本,因为不仅需要两节机车,而且列车两侧都要设门。

5) 铁路列车的轴重达 20 t,地铁列车及轻轨列车的轴重为 16 t,而有轨电车特别是低底板电车站轴重仅 10 t,最大为 12 t。

6) 轻轨车辆也运行于普通道路区段,因此电力供应只能通过高架电力线传输给位于车顶的受电弓。

7) 轻轨交通运输的特点就是为人们提供便捷

理想的通往大城市群中心地区的交通运输,并通过快速运输把周边地区与这些中心城市连接起来。这就导致站间距离介于 500~1 500 m,因此车辆就需要具备良好的加速能力。然而,部分轻轨运行区间与城市其他交通方式混用,因此车辆也需具备良好的减速能力。白天交通运输需求变化较大,因此轻轨列车编组长度至少要达到 120 m。

5 结语

综上所述,城市轨道交通应是一个全面的系统,包括区域线、市域线、地铁、轻轨(有些城市还包括有轨电车)等制式,这些制式应设置合理、功能齐备、互相衔接。

若将德国的城市轨道交通网络与中国相比较,显然中国对区域线与市域线的不同功能与特性认识不够,因此造成了地铁制式的“扩大化”,不必要地提高了造价。

(收稿日期:2007-07-17)