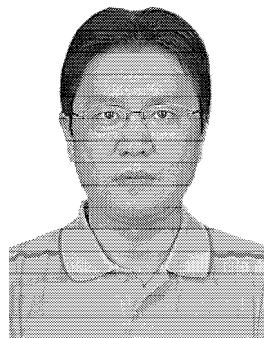


基于结构化生命周期的城市轨道交通 交通车辆系统分析

肖彦君

(中国铁道科学研究院 城市轨道交通中心, 北京 100081)



作者简介: 肖彦君(1965-), 男, 研究员, 主要从事机车的研究。

摘 要: 通过对城市轨道交通车辆系统应用结构化生命周期理论进行分析, 提出了系统全生命周期内总体规划阶段的车辆选型、设计阶段的2条接口主线、制造阶段的工艺控制与试验、调试阶段各系统接口匹配到运营维护阶段的最终实际验证等5个关键阶段的工作要点, 以利于车辆系统从城市轨道交通规划直到最终运营的全生命周期有效控制。

关键词: 生命周期; 结构化; 总体规划; 车辆设计; 制造试验; 车辆联调; 运营维护; 城市轨道交通

中图分类号: U260.11; U293.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-128X(2014)04-0061-04

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.04.016

Analysis and Evaluation of Structural Life Cycle for Urban Rail Transit Vehicle

XIAO Yan-jun

(Urban Rail Transit Center, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the structured life cycle theory analysis of urban rail transit vehicle systems application, five key stages in whole life cycle of urban rail transit vehicle systems were put forward, including vehicle selection of overall planning stage, two main interfaces of design stage, process control and testing of manufacturing stage, various systems interface matching of commissioning stage and final actual verification of operation maintenance stage, which were helpful to implement vehicle system whole life cycle effective control from urban rail transit planning to last operation.

Keywords: life cycle; structuring; general planning; vehicle design; manufacture and test; vehicle test; operation maintenance; urban rail transit

0 引言

基于“绿色”发展目标, 国内各城市积极发展城市轨道交通^[1], 并把轨道交通与城市总体规划、沿线建设布局和改善城市交通状况有效结合起来。城市轨道交通车辆是实现该功能的核心, 因此, 有必要对车辆系统的总体“生命”特点进行研究分析, 以实现对车辆系统从城市轨道交通规划直到最终运营的全生命周期有效控制。

1 城市轨道交通车辆结构化生命周期模型

“结构化”对于系统建设的含义是, 采用一组规范的步骤、准则和工具完成某项工作^[3]。结构化生命周期法将整个系统的建设开发过程分成若干阶段, 每个阶段进行若干活动, 每项活动应用一系列标准、规范、方法和技术, 完成符合给定规范的系统建设项目。结构

化生命周期法的主要原则包括: 用户参与原则, “先逻辑、后物理”原则, “自顶向下”原则, 工作成果描述标准化原则等。

城市轨道交通车辆作为典型的运输设备产品, 不仅有产品的生命周期内涵, 也具有独特的结构化生命周期特点。按照结构化生命周期法, 城市轨道交通车辆的结构化生命周期主要由车辆总体规划、车辆系统设计、车辆制造试验、车辆联调、车辆运营维护等阶段组成, 见图1。

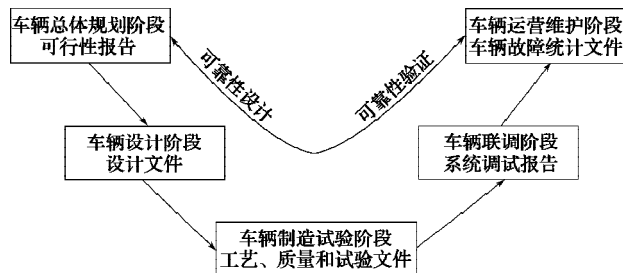


图1 城市轨道交通车辆生命周期

2 车辆总体规划阶段分析

车辆总体规划与城市总体规划、线路选择和未来运营技术经济性等密切相关。城市总体规划是客流预测的基础,线路选择对车辆总体性能会有要求,运营技术经济性直接决定总体投资规模,关系到城市轨道交通可持续发展。总之,这些因素直接影响着车辆总体的制式与选型,也是城市轨道交通建设初期总体规划重点关注的内容,应做深入的专项研究,特别是对客流的预测分析,要慎重考虑尖峰客流和远期高峰小时最大断面客流低概率事件,形成科学决策。

目前国内外城市轨道交通车辆制式已经由常规轮轨单一制式发展到多元制式,不同城市选择的制式不尽相同,同一城市根据实际线路情况选择的制式也各有特色。国内正在运营的城市轨道交通车辆制式主要有:地铁轻轨A/B/C型车、跨座式单轨、自导向新交通、直线电机、磁悬浮、有轨电车、低地板车等,其中常规轮轨关系的A/B型车目前应用最广、线路数量最多、通车里程最长。各城市需要因地制宜地选择合适的车辆制式以适应其总体线网规划层次,比如主干线、支线、辅助线、主城区、市郊结合区、机场等特殊区域。

车辆选型的基本原则主要基于“安全可靠、技术成熟、舒适快捷、经济适用”。第一要满足安全可靠,不仅指运行平稳、性能可靠,还包括信号、供电、通信等关键设备技术成熟度,是否具备在紧急突发情况下的二次救援能力等;第二要充分适应客流、线路特征、现网协调和工程施工,特别是适应线路特征,包括线路平面曲率、坡度变化等,需要尽可能选择转向架中心轴距与线路曲线吻合,同时也要考虑车辆选型带来的限界、坡道和曲线在不同地质条件下的工程可实施性;第三要满足乘客舒适度和对周边环境的影响,包括噪声、振动和景观等;第四要全面考虑车辆全生命周期的经济性,包括车辆采购成本、运营维护成本和

潜在的土建成本等。

从目前载客量相当的A型车6辆编组和B型车8辆编组(以下简称A6、B8)的综合效益对比分析来看,A6列车约4 500万元,B8列车约4 800万元,B型车初期采购成本显然较高;A6列车重量约220 t,B8列车重量约260 t,根据港铁运营经验,车辆每轻1 t,年节约电能约8 000 kW·h,由此可计算A6列车比B8列车在同等条件下年节电可达32万kW·h,节能效果显著;在检修维护方面,因为车厢数量的减小也必然带来检修任务量的减少,同时总体设备的减少也降低了设备故障率,还有因为车辆整车长度的降低,也降低了站台和车辆段建设成本。

3 车辆设计阶段分析

车辆设计阶段是在车辆制式和选型的基础上进行的对车辆总体目标细化后的标准化具体目标,即在总体设计的基础上,对总体方案内容细化后进行详细设计,确定车辆主要技术参数。车辆设计阶段是决定车辆未来运营品质的关键环节,在设计过程中应充分尊重用户从运营维护角度对车辆设计提出的建议。

车辆在设计过程中要遵循2条主线:车辆系统内部接口的融合(如表1)和车辆与外部系统的接口匹配(如表2)。车辆内部系统的融合可实现车辆自身系统功能,车辆与外部接口的匹配可实现车辆总体功能与其他系统功能。车辆内部接口主要包括:车辆与电气系统、空气制动系统、辅助电源系统、列车广播与旅客资讯系统、客室电动门系统、电气牵引系统与空气制动系统、转向架机械接口、车体与转向架间机械接口、司机室机械接口、客室设备机械接口、列车控制及监控系统的电气接口、司机台人机接口、车辆各电气系统测试接口以及车辆内部电磁兼容措施等。车辆外部接口主要包括车辆与信号、通信、供电、车站旅客资讯、屏蔽门、轨道等系统接口。

表1 车辆系统内部接口技术分析矩阵表

接口任务	转向架	牵引电机	VVVF 逆变系统	制动系统	车门	空调	车钩	受电弓	辅助系统	车载信号系统	车载网络系统	车体	照明
动力学性能	X	X		X								X	
电磁兼容性		X	X					X	X	X	X		
安全性	X	X	X	X				X		X			
噪声指标		X	X	X		X			X				
轮对磨损	X			X									
舒适度	X					X					X	X	X
驾驶模式		X	X	X						X	X		
车辆救援							X			X	X		
紧急疏散					X	X				X			X
水密性		X	X		X		X	X				X	
美观性					X							X	X
全寿命质量	所有部件均应满足车辆制造所规定的寿命周期												
防火性能	车辆制造所用的所有材料、配件和电线、电缆均应满足防火要求												
湿热准则	所有设备均应能适应温度、湿度、盐分和腐蚀性物质等要求												

注: X表示车辆安装的配属设备、车辆重要的设计参数和车辆运行整定值与内部相关系统的接口