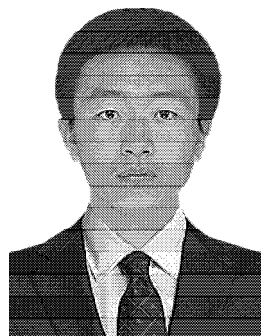


广州地铁B型高速城轨列车 架修及大修优化

赵伟龙, 陈志宏

(广州市地下铁道总公司 运营事业总部, 广东 广州 511430)



作者简介: 赵伟龙(1989-), 男, 主要从事城市轨道交通车辆维护、维修研究。

摘要: 由于B型高速城轨列车的速度特点, 列车的架修、大修周期和运营里程不能按维修计划形成良好的匹配, 故此根据广州地铁3号线北延段B型高速城轨列车的使用状况, 结合系统部件的寿命影响因素, 对列车系统部件进行了归类分析, 从而提出以部件可靠性为依据的B型高速城轨列车架修、大修优化方案并成功实施。

关键词: 城轨列车; 架修; 大修; B型车; 广州地铁3号线; 城轨高速

中图分类号: U239.5; U269 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2014)03-0078-03

Overhaul and Erection Maintenance Optimization for Guangzhou Metro B-type High-speed Urban Transit Train

ZHAO Wei-long, CHEN Zhi-hong

(Operation Business Division, Guangzhou Metro Corporation, Guangzhou, Guangdong 511430, China)

Abstract: Because of the speed characteristics of B-type high-speed urban transit train, overhaul and erection maintenance period of the train could not match planned operation mileage well. According to the operation situation of B-type high-speed urban transit train in Guangzhou metro line 3 north-extending line and combined system and components life length impact factors, train components was classified and analyzed, and overhaul and erection maintenance optimized project based on components reliability for B-type high-speed urban transit train was put out, which had been implemented successfully.

Keywords: urban transit train; erection maintenance; overhaul maintenance; B-type train; Guangzhou metro line 3; high-speed urban transit

随着城市化规模的扩大, 城市人口和产业不断向城区外移, 促成了远离中心城区的新型产业区和生活区的建立, 从而带动了高速城市轨道交通的迅速发展。为了减少旅行时间, 解决人们出行时对高速交通工具的迫切需求, 国内城轨列车的设计最高运行速度已经达到120 km/h, 并且在广州地铁3号线和3号线北延线得到成功应用。随着技术的日趋成熟, 120 km/h的高速城轨列车将会越来越多地应用于城市轨道交通中, 如上海地铁16号线采用的120 km/h高速列车也已于2013年开始运营。本文将以广州地铁3号线北延线为例, 对120 km/h城轨列车的架、大修模式进行分析, 并提出优化方案。

1 列车维修计划介绍

广州地铁3号线北延段采用B型高速城轨列车(广

州地铁第2批采购的B型车, 下文中用B2型车代替), 由南车株洲电力机车有限公司研发制造, 列车设计速度120 km/h。根据列车的运行时间和运行里程, 南车株洲电力机车有限公司提供的维修手册中将列车维修计划分为7个维修等级: 双周检、月检、半年检、年检、两年检、架修、大修, 各维修等级与里程和定检周期的对应关系如表1。

表1 列车定检计划

定检等级	双周检	月检	半年检	年检	两年检	架修	大修
里程 / 万 km	0.5	1	6	12	24	60	120
定检周期	15 天	1 个月	6 个月	12 个月	24 个月	5 年	10 年

广州地铁B2型车的实际运营中, 具有以下特点:

- ①列车运行速度快, 设计时速120 km/h;
- ②线路长, B2型车运营于3号线和3号线北延线2条线路, 3号线长32.8 km, 3号线北延线长约32 km;
- ③行车密度高, 根据不断增长的客流量需求, 列

收稿日期: 2014-03-10

车行车密度大幅提高, 目前 3 号线列车平均行车间隔约 3.8 min, 3 号线北延线列车行车间隔 4.7 min;

基于以上原因, B2 型车列车里程上升过快, 列车日均运营里程约 620 km, 3 号线北延段首列车从 2010 年 3 月份开始运营到 2012 年 9 月份, 运营里程即已经达到 55 万 km。列车运行里程比预计维修周期提前近 2 年半到达架修期。如按维修计划要求, 需在 2012 年底开展 B2 型车的整车架修工作。

然而根据各系统的使用状况, 空调、客室门、空气压缩机等多数系统部件都未到达预计寿命更换周期,

部件使用状态也维持在一个低的故障率水平, 如按正常模式开展架修, 势必造成部件的过修, 降低系统的整体使用寿命。

2 优化解决方案

2.1 城轨列车系统分类

城轨列车是一个机电一体化设备, 功能齐全, 组成的部件多种多样, 根据其实现的功能, 可将列车部件分为如下 15 个系统(表 2)。

表 2 城轨列车部件系统分类

序号	系统类别	包含部件
1	车钩及缓冲装置	机械车钩, 电气车钩, 缓冲装置
2	车门	客室门, 司机室侧门及紧急疏散门上的机械及电气部件
3	车体及内装	底架, 车顶, 车内
4	供风	空气压缩机组, 空气干燥单元, 空气过滤设备, 列车上的管道布置, 压缩空气储存单元, 电缆连接
5	气制动	制动控制单元, 辅助控制单元, 基础制动单元
6	贯通道	侧护板, 折棚, 渡板和踏板, 顶护板, 车钩磨耗板, 拉簧
7	空调	空调机组, 机组安装减振座及密封装置, 空调机组与车辆的连接器及其电缆; 废排风机及其安装减振座, 废排风机与车辆的连接器及其电缆; 客室内或车底的空调电气控制部分; 风道及客室送风口; 司机室送风单元
8	转向架/轮对	除牵引电机、制动执行机构、闸片/闸瓦、制动管路、电缆和电器连接器外的转向架/轮对上的设备; 与车体的链接部件; 轴端接地装置和轮缘润滑装置
9	受电弓	受电弓弓头, 上框架, 下框架, 升降弓装置, 高压电缆连接, 避雷器, 绝缘子, 位置传感器
10	乘客信息	广播, 电子地图等
11	辅助系统	辅助逆变器, 蓄电池充电机, 蓄电池, 车间电源插座
12	列车控制及诊断	司机显示器, CFSU, KLIP, 终端电阻, 火灾报警系统
13	牵引/电制动	从受电弓后端至牵引系统、辅助系统前端的高压主电路, 以及高速断路器、牵引逆变器(各接触器、电抗器、电容器、传感器、逆变模块、斩波模块等)、牵引电机、制动电阻、牵引系统速度传感器、牵引控制单元、司机控制器等
14	照明	头灯组件, 运行灯组件, 客室荧光灯组件
15	有接点控制电路	车上电气柜; 车底低压箱中的继电器、接触器、接线、接线排、二极管、指示灯、按钮、开关、行程开关

介于列车的功能实现, 各系统部件的内部元件寿命都有其各自的相似性, 比如乘客信息系统、辅助系统、列车控制及诊断等系统的各部件, 主要由电子板、电阻、电容等组成, 其系统寿命和可靠性主要受系统运行时间影响; 又如转向架/轮对系统, 使用寿命和可靠性主要取决于列车运行里程, 受使用时间的影响较小。所以, 根据列车系统部件的寿命受影响因素的不同, 城轨列车部件系统可分为如下三大类:

L1 类: 以列车运行里程计算寿命的系统部件, 主要是转向架/轮对、牵引电机;

L2 类: 以动作次数计算寿命的系统部件, 主要包括继电器、行程开关、车门系统、气制动系统;

L3 类: 以运用时间计算寿命的系统部件, 包括空调、辅助、乘客信息等大部分系统部件。

通常一个系统内并非所有部件都归为一类, 可能既包括 L1 类部件, 又包含 L3 类部件, 此时可根据系统内主要部件进行区分。如转向架上会带有橡胶缓冲器等 L3 类部件, 但转向架主要部件都归为 L1 类; 或者将系统进行拆分, 比如牵引/电制动系统中的牵引电机, 单独拆分后归为 L1 类。

2.2 针对寿命影响因素的维修方案

通过以上部件分类, 可以根据部件寿命的影响因素, 制定针对部件的维修模式, 从而将车辆的架、大修细化为部件的架、大修。

对于 L1 类部件, 只按列车里程确定其维修周期。以广州地铁 B2 型车为例, 当列车运行里程到达 60 万 km 或 120 万 km 时, 只对 L1 类部件系统开展架、大修, 列车运营时间到达 5 年或 10 年时, 再对 L3 类部件开展架、大修。

而对于 L2 类部件, 则需要根据使用状况对其动作次数进行评估, 计算出到达维护周期的时间, 但不单独作为一项部件维修再次扣车, 而是根据其时间寿命靠近 L1 类或者 L2 类从而结合在一起进行维修。

通过对以上 3 种类型的系统部件分别制定完成架、大修周期后, 再对 3 份架、大修计划表进行整合。在较接近的时间段内, 两类或三类部件一起展开架、大修作业, 降低扣车和部件重复拆装的次数。

3 实施策略

3.1 L1 类部件的维修计划

根据广州地铁 B2 型车的运行现状, 列车运营约 32

个月(约2.5年),里程即达到60万km,需针对L1类系统部件展开架修作业。假设后期运营条件不变,则每间隔2.5年或5年,需针对转向架/轮对、牵引电机开展架修或大修作业。

3.2 L2类部件的维修计划

L2类系统部件主要包括继电器、行程开关、车门系统、气制动系统等部件,动作频率最高的是与列车停靠站功能相关的部件。广州地铁3号线北延线线路总长32 km,共计13个站,列车平均每运行2.7 km停站1次,列车运营到60万km到达L1类系统部件架修期时,列车停靠站次数不超过25万次。

气动控制继电器在列车运营中动作频率最高,但当列车运行里程达到60万km时,其动作次数也不会超过100万次,根据西门子和斯密特提供的继电器的寿命曲线图,继电器的机械动作寿命和电气动作寿命至少可达到300万次;参照广州地铁B2型车车门设计、制造厂家的技术资料,微动塞拉门系统能可靠运行150万次循环以上;对于气制动系统,参照广州地铁3号线的使用状态,气制动系统可靠运用至少可达到60万次。

所以,在B2型车中L2类系统部件在到达60万km的运用里程时,都处于状态稳定期,可不进行更换或维护。根据列车的运用现状,可运用到下一个60万km修程再进行架修。参照维修手册中维修时间周期,与L3类系统部件一同开展架、大修。

3.3 具体实施

由于受场地条件、人员配置和供车数量等限制,在实际架、大修过程中,需在列车达到维修周期节点之前开展架、大修,否则存在相同时段内多列车同时到达维修限度的情况,受并行作业能力限制,不能同时开展,造成列车利用率降低。在整个维修周期中,所

有列车的里程都应控制在规程要求上限之内。如按列车里程从高到低对所有共 n 列车进行编号,分别为 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$,则架、大修开始时每列车应满足如下条件:

$$S_n + \frac{365}{250} \times t \times (n-1) \times (d-d_1) < S_{\max} \quad (1)$$

式中:

S_n ——架、大修开始时,第 n 列车的运营里程, km;

250——全年工作日天数,天;

t ——列车日运营里程, km/天;

d ——架、大修库停时间,天;

d_1 ——重复扣车时间,天;

$S_{\max}$ ——规程要求维修里程上限, km;

根据式(1),可以推导出各列车所允许的架、大修开始里程上限公式为:

$$S_n = S_{\max} - \frac{365}{250} \times t \times (n-1) \times (d-d_1) \quad (2)$$

通过式(2),分别计算出 n 列车所允许的架、大修开始里程上限,架、大修的开始时间根据实际里程最先到达计算限度里程时间的列车开展。如 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 车的计算架、大修开始里程上限分别为 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ 。假设 a_3 车实际运营里程最先到达 S_3 ,则在 a_3 车里程到 S_3 时,需要对里程最高的首列车 a_1 车开展架、大修工作,其余列车按里程从高到低依次开展。

根据目前3号线北延线列车运营状态,部分列车到达50万km时,即需要开始架修,此时运营约2.5年左右。按此工况运营,到达L2、L3类部件的架修期限5~6年时,列车里程相应达到110万km,达到L1类部件的大修里程要求。据此,列车部件的架、大修最终计划如表3所示。

表3 列车架、大修计划

周期(里程)	2.5年(60万km)	5年(120万km)	7.5年(180万km)	10年(240万km)
维修级别	L1: 架修(走行部专项修); L2、L3: 无	L1: 大修; L2、L3: 架修	L1: 架修(走行部专项修); L2、L3: 无	L1: 大修; L2、L3: 大修

4 结语

此方案现已经成功应用于B2型车的架修模式中,在2012~2013年共完成了25列车的走行部专项修工作。经专项修后,列车最高无故障运营里程已接近30万km,各系统性能状态稳定。此维修方式有效降低了L2、L3类部件的维护频率,避免过度维修造成使用寿命缩短,

并可在较低的维修成本下保证列车的质量。现已经计划在广州地铁3号线增购的120 km/h高速列车架、大修中继续采用此方案。

参考文献:

- [1] 南车株洲电力机车有限公司. 广州市轨道交通3号线北延段维修手册[S]. 株洲: 南车株洲电力机车有限公司, 2010.

