

# 广州地铁3号线列车维修里程分析

贺翔, 邱伟明, 徐礼文, 褚海良

(广州地铁集团有限公司 运营事业总部运营三中心, 广东 广东 511430)

**摘要:** 广州地铁3号线列车进行深度维修过程中, 主要涉及的扣修时间长的走行部部件维修包括齿轮箱轴承、轴箱轴承、轮饼。为了避免列车架大修出现扣修时间长的部件维修与架大修维修里程不匹配的现象, 以广州地铁3号线北延段列车B2型车为例, 对轮饼磨耗、齿轮箱轴承维修、轴箱轴承维修与架大修修程进行分析。

**关键词:** 齿轮箱轴承; 轴箱轴承; 轮饼维修; 架大修修程

**中图分类号:** U231; U269.6 **文献标识码:** B

**doi:** 10.13890/j.issn.1000-128x.2017.03.027

## 0 引言

齿轮箱、轮对和轴箱轴承的维修级别依次为齿轮箱→轮对→轴箱轴承, 即更新齿轮箱轴承时必须同时退卸轮对和轴箱轴承, 更新轮对时必须退卸轴箱轴承, 每退出一次轴箱轴承需送检。

涉及列车扣停时间最长、安全性要求最高的为走行部三大部件: 齿轮箱轴承、轴箱轴承及轮饼。根据现有的运用情况, 三大部件的维修里程均不一致, 其中除了轴箱轴承维修能与现有的架大修扣修里程匹配外, 齿轮箱轴承维修里程及轮饼的到限里程均与架大修扣修里程不一致, 将导致列车重复扣停, 且部件维修可行性极低。本文针对各部件维修与架大修维修匹配度问题, 从成本、维修可行性、列车扣停时间等多方面进行分析, 寻找最佳的维修模式。

## 1 B2型车的维修现状

B2型车现运用里程约为130万km。现阶段架大修模式为: 50万~80万km架修I, 110万~150万km架修II, 180万~200万km大修。目前B2型车正在陆续进行架修II。架修I、架修II过程走行部关键轴承维修主要针对轴箱轴承拆解送检, 大修过程主要针对轴箱轴承拆解报废及齿轮箱轴承维修。

轮饼更新: 平均磨耗 $0.44\text{ mm}/10^4\text{ km}$ , 一条全新轮对的轮对磨耗至可更新的运营里程为113万km, 磨耗到限的运营里程为154万km。

轴箱轴承维修: 能够匹配现有的架大修维修里程, 目前轴箱轴承采用50万~80万km拆解送检、110万~150万km拆解送检, 180万~200万km报废处理。后续的扣修模式需匹配架大修维修里程, 200万km内必须进行报废处理。目前B2型车有一列车装有轴承在线监测设备, 该车目前已经运用至120万km仍未拆解过轴箱轴承, 根据在线监测设备的检测数据, 该车的轴承状态良好, 未出现报警情况, 而从架修I、架修II过程中对轴箱轴承的状态评估来看, 拆下送检的轴箱轴承状态良好, 可考虑在后续的维修过程中提高轴箱轴承维修里程, 减少送检次数。

齿轮箱轴承维修: 目前齿轮箱轴承的维修里程为160万~200万km, 还未进入齿轮箱轴承的维修里程。

现行各维修规程的缺点:

①轮饼运用至790mm的里程为113.6万km, 在架修II过程中未更新轮饼, 后续在154.5万km因轮径到限需再次扣车, 在160万~200万km的齿轮箱轴承维修过程中需再次退卸轮饼, 部分轮饼可能因退卸后配合孔径的变化无法再次压入原轮轴。

②现行的架大修维修模式为: 50万~80万km架修I, 110万~150万km架修II, 180万~200万km大修。列车在一个大修周期内需扣车3次。后续可考虑按照80万~100万km架修, 160万~190万km大修的模式进行扣修可减少一次扣停。

③齿轮箱轴承维修里程数过大, 根据现有的维修模式, 齿轮箱轴承维修的里程数应该结合大修180万~200万km扣修, 轴承的安全性能得不到保障。根据目前B1型车运用经验(约170万km), 已经出现齿轮箱小齿轮轴承保持架破碎、大齿轮轴承剥落等故障, 齿轮箱轴承的维修里程数应相应降低来保障轴承的安全性。本文针对齿轮箱轴承分120万~160万km维修及160万~200万km维修模式进行讨论。

## 2 维修模式分析

### 2.1 维修里程组合

针对前面提到的不同维修里程数, 将架大修扣修

模式、齿轮箱轴承维修里程、轴箱轴承维修里程、轮对更新的里程进行不同的组合（如表 1 所示），通过对不同组合（如表 2~ 表 5 所示）的对比，来寻找列车全寿命周期内（35 年，约 650 万 km）最佳的维修模式。

表 1 不同组合的维修里程 10<sup>4</sup>km

| 模式       | 组合一                                    | 组合二                                    | 组合三                      | 组合四                      |
|----------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 架大修扣修模式  | 架修 I（50~80），架修 II（110~150），大修（180~200） | 架修 I（50~80），架修 II（110~150），大修（180~200） | 架修（80~100），大修（160~190）   | 架修（80~100），大修（160~190）   |
| 齿轮箱维修里程  | 120~160                                | 160~200                                | 120~160                  | 160~200                  |
| 轴箱轴承维修里程 | 50~80 拆解送检，110~150 拆解送检，180~200 拆解报废   | 50~80 拆解送检，110~150 拆解送检，180~200 拆解报废   | 80~100 拆解送检、160~190 拆解报废 | 80~100 拆解送检，160~190 拆解报废 |
| 轮对更换里程   | 113~155                                | 113~155                                | 113~155                  | 113~155                  |

表 2 组合一中不同的维修里程组合

| 项目                     | 架修 I  | 架修 II   | 大修      | 二次架修 I  | 二次架修 II | 二次大修    | 三次架修 I  | 三次架修 II | 三次大修    | 全寿命    |
|------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 里程 /10 <sup>4</sup> km | 50~80 | 110~150 | 180~200 | 240~270 | 300~340 | 370~390 | 430~460 | 500~510 | 560~590 | 约 630  |
| 齿轮箱轴承更新                | ×     | √       | ×       | √       | ×       | √       | ×       | √       | ×       | 满足使用要求 |
| 轮对更新                   | ×     | √       | ×       | √       | ×       | √       | ×       | √       | ×       | 满足使用要求 |
| 轴箱轴承维护                 | √     | √       | √（报废）   | √       | √       | √（报废）   | √       | √       | √（报废）   | 满足使用要求 |

表 3 组合二中不同的维修里程组合

| 项目                     | 架修 I  | 架修 II   | 大修      | 二次架修 I  | 二次架修 II | 二次大修    | 三次架修 I  | 三次架修 II | 三次大修    | 全寿命    |
|------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 里程 /10 <sup>4</sup> km | 50~80 | 110~150 | 180~200 | 240~270 | 300~340 | 370~390 | 430~460 | 500~510 | 560~590 | 约 630  |
| 齿轮箱轴承更新                | ×     | ×       | √       | ×       | ×       | √       | ×       | ×       | √       | 满足使用要求 |
| 轮对更新                   | ×     | √       | ×       | √       | ×       | √       | ×       | √       | ×       | 满足使用要求 |
| 轴箱轴承维护                 | √     | √       | √（报废）   | √       | √       | √（报废）   | √       | √       | √（报废）   | 满足使用要求 |

表 4 组合三中不同的维修里程组合

| 项目                     | 架修     | 轮对到限临修 I | 大修      | 二次架修    | 二次大修    | 轮对到限临修 II | 三次架修    | 三次大修    | 全寿命    |
|------------------------|--------|----------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------|
| 里程 /10 <sup>4</sup> km | 80~100 | 130~150  | 160~190 | 250~280 | 340~370 | 390~410   | 430~460 | 520~550 | 约 630  |
| 齿轮箱轴承更新                | ×      | √        | ×       | √       | ×       | √         | ×       | √       | 满足使用要求 |
| 轮对更新                   | ×      | √        | ×       | √       | ×       | √         | ×       | √       | 满足使用要求 |
| 轴箱轴承维护                 | √      | √        | √（报废）   | √       | √       | √（报废）     | √       | √       | 满足使用要求 |

表 5 组合四中不同的维修里程组合

| 项目                     | 架修     | 轮对到限临修 I | 大修      | 二次架修    | 二次大修    | 轮对到限临修 II | 三次架修    | 三次大修    | 全寿命    |
|------------------------|--------|----------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|--------|
| 里程 /10 <sup>4</sup> km | 80~100 | 130~150  | 160~190 | 250~280 | 340~370 | 390~410   | 430~460 | 520~550 | 约 630  |
| 齿轮箱轴承更新                | ×      | ×        | √       | ×       | √       | ×         | ×       | √       | 满足使用要求 |
| 轮对更新                   | ×      | √        | ×       | √       | ×       | √         | ×       | √       | 满足使用要求 |
| 轴箱轴承维护                 | √      | √        | √（报废）   | √       | √       | √（报废）     | √       | √       | 满足使用要求 |

注释：打“√”代表进行相应部件维修；打“×”代表不进行相应部件维修。

通过不同的组合，可以直观地看出在列车全寿命期间的扣停时间、各部件维修与架大修的可匹配度及主要部件轴承的安全性。

2.2 各部件维修与扣修匹配度分析

从表 2 中轴箱轴承、齿轮箱轴承、轮对更新及扣修的完全可匹配度分析，组合一的可匹配度为 4 次，组合二的可匹配度为 1 次，组合三的可匹配度为 4 次，组合四的可匹配度为 1 次。可匹配的程度高，说明轮饼的更新与齿轮箱轴承的维修同步性一致。如果齿轮箱轴承维修与轮饼更新不一致，将会出现轮轴压装过程中部分轮饼的内孔配合尺寸破坏导致轮饼无法压入原轴，同时也会增加轮饼退卸的次数。轮饼退卸次数增多也会增加轮轴的报废率，目前轮轴压装过程中的报废率约占 10%。

2.3 维修成本分析

列车全寿命期间，涉及到主要维修成本包括：轮对准备人工成本、轮轴费用（报废所产生的费用）、拆装构架人工成本、拆装构架紧固件费用、轴箱轴承送检费用、轴箱轴承更新费用、轮饼更新费用、齿轮箱维修费用、扣车成本。

各修程对应的扣修天数如表 6 所示，组合一、组合二共计扣修天数都为 312 天，组合三、组合四共计扣修天数都为 287 天。

表 6 各修程的扣修时间 天

| 修程   | 架修 I | 架修 II | 大修 | 架修 | 临修 |
|------|------|-------|----|----|----|
| 扣修时间 | 13   | 41    | 50 | 41 | 7  |

综合各项成本计算，得到不同组合下的单列车全寿命期间的扣修成本如表 7 所示。由综合经济成本来

分析, 组合三、组合四采用的扣修模式相比组合一、组合二能节约近 300 万元的成本。

表 7 不同组合的维修成本

| 项目        | 组合一     | 组合二       | 组合三       | 组合四       |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 轮对更新次数    | 4       | 4         | 4         | 4         |
| 齿轮箱轴承更新次数 | 4       | 3         | 4         | 3         |
| 轴箱轴承送检次数  | 6       | 6         | 6         | 6         |
| 轴箱轴承更新次数  | 3       | 3         | 2         | 2         |
| 轮饼拆卸次数    | 4       | 6         | 4         | 7         |
| 总的成本 / 元  | 3 829 万 | 3 810.2 万 | 3 530.7 万 | 3 521.7 万 |

2.4 综合对比分析

①从经济成本分析, 采用组合三、组合四的架修、大修及临修的扣修模式相对于组合一、组合三的架修 I、架修 II、大修的扣修模式有着极大的经济成本优势。从轴箱轴承的状态来分析, 目前轴箱轴承状态良好, 将扣修里程数延长并减少一次扣修, 安全上的隐患性极低, 具备调整的可行性。目前广州地铁已经立项将 B 型车的深度维修模式变更为架修、大修及临修的扣修模式。

②从走行部关键部件的安全性分析, 组合三采用的 120 万 ~160 万 km 进行齿轮箱轴承维修相对于组合四采用的 160 万 ~200 万 km 进行齿轮箱维修, 齿轮箱轴承的安全性有着极大的提升。基于目前 B1 型车齿轮箱已经出现涉及走行部安全的故障: 小齿轮轴承保持架破碎、大齿轮轴承滚子剥离等, 在维修成本仅相差 9 万元的前提下, 齿轮箱维修里程提升至 120 万 ~160 万 km 有极大的必要性。

③从各部件的维修里程与列车扣修的匹配度来分析, 组合一及组合三的可匹配次数高, 轮饼的更新与齿轮箱轴承的维修同步性一致。轮饼退卸次数降低很大程度地降低了对轮轴与轮饼配合面的损坏。

3 结语

本着为后续广州地铁 B2 型车架大修计划、齿轮箱维修里程、轮对更换计划的总体维修策略、全寿命架大修总的维修及扣车成本的考虑, 采用架修 (80 万 ~100 万 km)、大修 (160 万 ~190 万 km) 及临修的扣修模式, 齿轮箱轴承维修里程为 120 万 ~160 万 km, 轴箱轴承维修里程为 80 万 ~100 万 km 送检, 160 万 ~190 万 km 报废的组合模式, 在各部件的维修里程与列车扣修的匹配度、部件的安全性能及维修的经济成本上有着很好的优势。目前广州地铁已经立项确定将 B2 型车架大修维修模式变更为架修 (80 万 ~100 万 km)、大修 (160 万 ~190 万 km), 齿轮箱维修公里数变更为 120 万 ~160 万 km, 确保后续 B2 型车架大修资源利用的最大合理化。

参考文献:

[1] 西门子 (中国) 有限公司. 广州地铁三号线维修手册 [Z]. 株洲: 西门子 (中国) 有限公司, 2005.  
[2] 路泽歆. 地铁电动客车维修策略探析 [J], 都市轨道交通, 2015 (4): 109-111.

作者简介: 贺 翔 (1987-), 男, 硕士, 工程师, 从事城市轨道交通车辆运用维护工作。

广告索引

- 深圳市宝创科技有限公司 (封 2- 前插 1)
- 无锡东电化兰达电子有限公司 (前插 2)
- 广州金升阳科技有限公司 (前插 3)
- 咸阳亚华电子电器有限公司 (前插 4)
- 湖南中车时代电动汽车股份有限公司 (前插 5-6)
- 三菱电机机电 (上海) 有限公司 (前插 7)
- 中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司 (前插 8-9)
- 株洲庆云电力机车配件工厂有限公司 (前插 10)
- 汕头华兴冶金设备股份有限公司 (前插 11)
- 宁夏银利电气股份有限公司 (前插 12)
- 株洲中车时代电气股份有限公司 (中插 1)
- 湖南中车时代通信信号有限公司 (中插 2)
- 株洲中车时代电气股份有限公司半导体事业部 (中插 3)
- 株洲中车时代装备技术有限公司 (中插 4-5)
- 襄阳中车电机技术有限公司 (中插 6-7)
- 宝鸡中车时代工程机械有限公司 (中插 8)

- 宁波中车时代传感技术有限公司 (中插 9)
- 株洲中车时代电气股份有限公司铁道事业部 (中插 10)
- 株洲时代新材料科技股份有限公司 (中插 11)
- 株洲时代电气绝缘有限责任公司 (中插 12)
- 上海意兰可电力电子设备有限公司 (后插 1)
- 深圳通业科技股份有限公司 (后插 2)
- 雷莫电子 (上海) 有限公司 (后插 3)
- 温州市龙电绝缘材料有限公司 (后插 4)
- 上海鹰峰电子科技有限公司 (后插 5)
- 舟山市普陀庆丰铁路通信仪表厂 (后插 6)
- 中车株洲电力机车研究所有限公司风电事业部 (后插 7)
- 北京石竹科技股份有限公司 (后插 8)
- 珠海金电电源工业有限公司 (后插 9)
- 宁波中车新能源科技有限公司 (后插 10)
- 湖南省宁乡县中南散热器有限公司 (后插 11)
- 安徽省康利亚股份有限公司 (后插 12)
- 江苏瑞铁轨道装备股份有限公司 (封 3)
- 深圳市中电华星电子技术有限公司 (封 4)