

广州地铁2号线车辆国产与进口
受电弓设计对比分析

傅 骏, 梁旭彤

(广州市地下铁道总公司 车辆中心, 广东 广州 510310)



作者简介：傅 骏（1986-），男，现从事地铁车辆运营检修技术管理工作。

摘 要：通过对2种受电弓所带碳滑板磨耗的实际数据对比，从受电弓设计方面进行分析，对比2种受电弓的相同点和不同点，推测各项不同点在实际运用中对磨耗的影响。总结出2种受电弓的优点，提出了受电弓设计、检修的几点建议。

关键词：受电弓；碳滑板；磨耗；地铁车辆；广州地铁2号线

中图分类号：U264.3⁺7；U231 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-128X(2012)03-0062-03

The Contradistinctive Analysis of Domestic and Imported Pantograph
Design in Guangzhou Metro Vehicles Line 2

FU Jun, LIANG Xu-tong

(Center of Vehicle, Guangzhou Metro Corporation, Guangzhou, Guangdong 510310, China)

Abstract: According to practical test data of domestic and imported pantograph carbon slider wearing, difference and sameness were analyzed on pantograph design, and influence of the differences on actual carbon slider wearing was evaluated. Advantages and disadvantages of the two kinds of pantographs were summarized, and suggestions for pantograph design and maintenance were provided.

Key words: pantograph; carbon slider; wear; metro vehicle; Guangzhou metro vehicles line 2

0 引言

广州地铁2号线采用刚性接触网，配属车辆采用2种受电弓：一种为国内生产，以下简称国产受电弓；另一种为德国生产，以下称进口受电弓，分别装在不同的地铁A型车辆上。统计后对比这2种受电弓装配碳滑板磨耗数据，无明显规律性。以2号线实际运营情况来看，在2种受电弓上装配的碳滑板更换新件的周期约为5个月，导致生产工作安排频繁，成本消耗较大。2种受电弓设计有相同及不同的方面，本文从不同点是否影响磨耗的角度进行分析。

1 碳滑板磨耗情况对比

根据现场统计2010年10月至2011年6月碳滑板磨耗数据，经过整理后得出进口受电弓、国产受电弓所装配shunk/Hc型号碳滑板（浸金属型）表现出的磨耗情况（见如下分析）。

1.1 磨耗率对比

进口受电弓碳滑板在奇、偶数端磨耗率大小（单位：mm/万km）表现出奇数端小于偶数端情况，相差超过0.5。国产受电弓从数据上来看却是奇数端大于偶数端，不过相差小于0.1；同端比较，奇数端进口受电弓磨耗率小于国产受电弓，偶数端进口受电弓大于国产受电弓，相差约为0.2~0.3。磨耗率数据见表1。计算磨耗数据方差，可看出进口受电弓磨耗表现出劣于国产受电弓的情况，见表2。

表1 2号线进口受电弓与国产受电弓碳滑板磨耗率大小

装车位置	进口受电弓	国产受电弓
奇数端	1.46	1.69
偶数端	1.97	1.61

表2 2号线进口受电弓与国产受电弓各型滑板磨耗率方差

装车位置	进口受电弓	国产受电弓
奇数端	0.15	0.05
偶数端	0.19	0.13

收稿日期：2011-10-20

触力变化不敏感,可以保持较平稳的接触力。单层金属簧片只能对受电弓上下振动进行缓冲,而橡胶支撑元件还能对受电弓侧向振动起到缓冲作用。在列车加速、高速运行时,国产受电弓缓冲装置相对进口缓冲装置可更有效减小振动,提高弓头的跟随性。

接触压力、接触网抬升量(刚性网较小)在一个跨度区间内周期性变化,故整条线弓网接触压力变化应比较频繁。在实际检修中,进口受电弓接触力的调整频率要高于国产受电弓,且多为下限超标。从两个方面来理解:一方面,现有的接触力[进口受电弓、国产受电弓均为 $(120 \pm 10) \text{ N}$]可能对于弓网系统来说过高,弓网之间的接触力使受电弓受到过多的冲击导致结构受力变化,需要调整;另一方面由于国产受电弓的支撑力由空气气囊提供,气囊中的调压阀精度偏差为 $\pm 0.002 \text{ MPa}$,气压每变化 0.01 MPa 就会使接触压力变化 10 N ,也就是说,国产受电弓支撑力保持情况更好使得受电弓刚度更大。

进口受电弓、国产受电弓底座安装位置都是在B车的2位端,同样采用基本为口字型硬性支撑结构,与车头连接处为4个角端,但底座支撑结构尺寸不同。进口受电弓底座在列车纵向方向、横向方向比国产受电弓分别多 200 mm 和 300 mm ,多出面积约 0.57 m^2 。由于2种受电弓几何中心位置均在车体中轴线上,所以与车体刚性连接面积大的受车体振动影响较大,即在同等车体振动情况下,进口受电弓运行平稳性不如国产受电弓。

2) 电气部分

电气部分不同点见表6。

表6 国产与进口受电弓不同点(电气部分)

对比项目	进口受电弓	国产受电弓
额定电流	安培数操作电流:1 400 A	额定工作电流:1 050 A
受流导线布置	每条碳滑板每侧都有1根,传动结构肘接处每侧有2根,传动结构与底座连接每侧有2根,所有受流编织导线的横截面形状为圆形	每条碳滑板每侧都有1根横截面形状为圆形的导流编织线,传动结构肘接处每侧、传动结构与底座连接每侧有2根宽面的导流编织线
牵引系统	列车速度:0~35 km/h, 列车平均加速度:1.0 m/s ² 列车速度:0~80 km/h, 列车平均加速度:≥ 0.6 m/s ²	列车速度:0~35 km/h, 列车平均加速度:1.06 m/s ² 列车速度:0~80 km/h, 列车平均加速度:0.62 m/s ²

根据参数对比,进口受电弓额定电流数比国产受电弓高约350 A,虽然实际工作中电流大小受当时车辆电气负载影响,但总体考虑,同一线路影响车辆电气负载的因素基本一致,实际工作中进口受电弓电流大小仍应高于国产受电弓一定数值。

相同额定电压,不同额定电流,则进口受电弓电阻小于国产受电弓。根据电阻热公式 $Q=I^2RT$,电阻发热受电流影响更大,即使碳基材质滑板的耐高温性较

好,但滑板运用时间约为5个月,运用时间约860 h,即 T 值非常大,电流差异大小的影响将被放大。相对来说,更大电流在受电弓碳滑板产生更多的热量,使碳条与接触网接触表层组织软化程度也更大。对于碳基滑板与刚性接触网的磨耗,主要还是以机械磨耗中的硬粒磨耗为主,组织发生软化的程度大小,会对磨耗率大小产生影响。更大的电流,将造成更大磨耗。

由于受流导线采用镀锌金属导线,在数量上一致,仅在横截面积方面的差异应不会对整体电阻产生较大差异。

进口受电弓、国产受电弓同在一条线上运营,各区间加速度、速度信号指令一致,牵引系统加速度能力也一致,车辆运行速度方面对碳滑板磨耗影响应可以忽略。

以上分析了各种设计不同点对2种受电弓运用产生的影响。从弓网匹配性角度来看,机械方面的差异对弓网间产生接触硬点影响较大。进口受电弓整体刚度比国产受电弓小,有利于缓冲弓网硬点处冲击,但弓底座平稳性不如国产受电弓,弓头处缓冲装置结构简单,采用四弓联动方式,在动态接触中,容易比进口受电弓产生更多的接触硬点。在电气设计上,进口受电弓碳条发热量大于国产受电弓。对于碳基滑板与刚性接触网的磨耗,主要还是以机械磨耗中的硬粒磨耗为主,碳层组织发生软化的程度大小,会对磨耗率大小产生影响,国产受电弓应优于进口受电弓。

以上磨耗对比未考虑2种受电弓实际运用环境差异的影响,主要指作为载体的车辆运行平稳性差异。弓网耦合动力学的理论分析,是假设受电弓运行时无振动,但实际检修中应考虑车辆运行引发的振动对受电弓的影响。即使车辆一系弹簧、二系弹簧和受电弓本身阻尼对减振可起到较大作用,但2种车型的平稳性设计会造成2种受电弓磨耗情况还需考虑在内,应是下一步分析的方向。

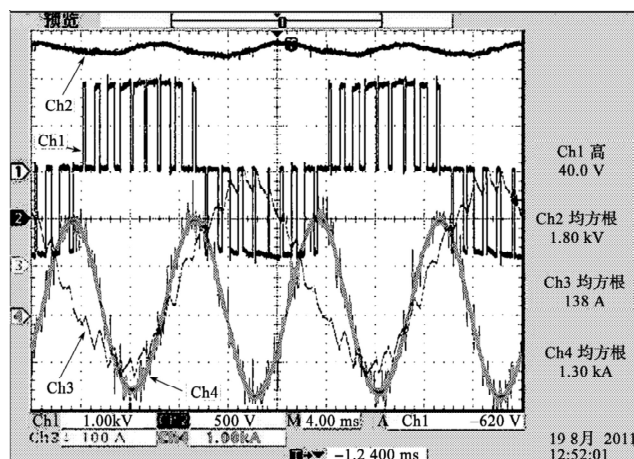
3 建议

3.1 设计方面

从对比情况来看,在同一接触网和线路情况下,进口受电弓、国产受电弓设计各有优劣,是2种受电弓碳滑板磨耗大小无明显规律的原因。由于投入运用后,设计方面几乎不能再作改动,想在运营时达到较好的匹配效果,在设计时应尽量多采用有利于磨耗的设计。对于后续受电弓设计,有以下几点建议:

①受电弓弓头设计影响弓网接触,应采用可靠性高的方式,应优先考虑两弓联动或更好的方式。弓头减振设计对滑板实际磨耗影响较大,应在注重可靠性同时兼顾使用效果。

②受电弓底座支撑尺寸应尽量小,尺寸形状可借鉴高速铁路上应用的三角形底座形状。(下转第74页)



Ch1 ——输入电压；Ch2 ——中间电压；Ch3($\times 10$) ——输入电流；Ch4 ——二次电流

图5 变流器性能试验波形图2

6 结语

TGA9B型主变流器在设计过程中充分考虑了高原环境条件对变流器的影响,满足高原运用环境如低温低压以及盐雾环境对主变流器的使用要求。TGA9B型主变流器的成功研制,使得具有完全自主知识产权的主变流器作为核心部件第一次成功运用在高原电力机车上,填补了国内的空白。

参考文献：

- [1] 翁星方. 北京地铁国产化列车IGBT牵引逆变器[J]. 机车电传动, 2008(4).
- [2] 康明明, 樊运新. HX_D1C型大功率交流传动电力机车概述[J]. 电力机车与城轨车辆, 2011, 34(3).
- [3] 杨世铭, 陶文铨. 传热学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.

(本篇文章为南车株洲电力机车研究所有限公司2011年度学术交流论文)

(上接第64页)

③提供给弓头的支撑力应尽量保持稳定,有利于弓网的长期运用,也可减少日常调整工作强度。

④弓体整体电阻应尽量小,减少电阻热。

3.2 运用方面

为进一步掌握其运用技术,还须通过更多的工作来完成,建议可通过以下几个方面进行。

1) 结合现场

在双弓耦合作业与接触线匹配中,往往后弓会受到前弓与接触线振动的影响而造成振动的叠加,使本身接触环境进一步恶化,表现形式通常为出现打火等现象。所以对以后的受电弓打火情况的观察,还要注意打火受电弓是否为车辆前进方向的后弓,如果现象统一,则可进一步确认弓网的运行情况。

由于受电弓在B车,在轮对圆跳动情况跟踪时,还须特别关注B车轮对跳动情况。

2) 掌握弓网系统性能

对弓网系统的整体性能资料的掌握是必要的,这对正确评估碳滑板磨损是否异常也有很大帮助。例如确定接触线材质,接触线刚度,在经常打火区域接触线磨损、布置方式等。受电弓方面也应收集更多资料,可以通过简单的测试来比较各种滑板的硬度、重量、

金属成分含量。

对弓网检测方式也需要了解,目前弓网检测车对接触线硬点检测仍有一定局限性。虽然检测车可以进行不同速度下弓网参数的测量,但由于与实际车辆重量(包括载重)相差太远,即使是在同一条线路上,两者与道床引起的振动差异应不能忽略。另外,对检测车使用何种弓头、何种滑板、检测时受流多大应该进行了解。

3) 进行相关测试

经过上文分析,磨损大小与机械设计方面关系较大,如有条件,建议进行相关弓网动力学试验,则可从弓网接触力、弓头加速度、弓网振动、滑板温升等测试结果中更详尽地了解2种不同受电弓的运用情况,同时也可对弓网关系优化提供依据。

参考文献：

- [1] 梅桂明, 张卫华. 刚性悬挂接触网动力学研究[J]. 铁道学报, 2003, 25(2): 24-29.
- [2] 毕继红, 张峰, 刘峰涛. 刚性悬挂接触网—受电弓系统内高动力分析[J]. 沈阳理工大学学报, 2007, 26(4): 91-94.
- [3] 松山晋作. 受电弓的受流摩擦学[J]. 东洋电机技报, 1997(91): 52-60.