

地铁车辆运行抖动问题分析及研究

门敬尧

济南轨道交通集团第一运营有限公司

[摘要] 济南地铁自商业运营后, 车辆在运行过程中出现存在抖动的问题。本文以济南地铁3号线运行品质为例, 从车辆状态、控车方式及线路状态等方面进行分析, 并对抖动问题探讨相关解决方案。

[关键词] 地铁车辆; 抖动; 运行状态; 线路质量

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.2509

近期, 济南地铁接到部分乘客及列车司机反馈, 3号线列车在运行过程中存在车辆抖动、较大异音等不良状态, 经检修人员添乘列车, 确认存在该情况。虽然目前列车在高速运行过程中出现抖动未造成相关影响, 但是这对旅客乘车舒适度、车下悬挂部件紧固件连接及车轮踏面磨耗存在着一系列不良影响及安全隐患, 是亟待解决的一项问题。

一、调查情况

(一) 列车基本情况

2019年列车由生产单位制造完成后, 经运输到段后预验收检查合格, 交付运营公司接管。

截至2021年6月, 该车已安全运行约21万公里。自运营接管以来, 检修中心一直按照检修规程开展日检及计划修作业, 先后开展双周检34次、三月检7次、定修1次。

该车自投入运营以来, 未出现过严重设备故障。之前的设备故障多为PIS系统、烟火报警系统的一般故障。先前开展的技术改造主要涉及各系统软件升级, 车下各悬挂部件及转向架部件无大型整改。

(二) 列车在某区间运行情况

通过对列车运行状态进行跟踪测试, 为便于了解运行平稳度, 采用观察半瓶矿泉水液面波动状态的方法, 判断车辆抖动程度。发现列车在70km/h及以上速度工况下偶有轻度抖

动。具体情况如下:

通过对不同列车在区间内上下行运行时车辆状态观察, 发现车辆在高速通过小半径弯道及高速通过直线区段时会产生轻微抖动, 进出站等低速运行时未见明显异常。

(三) 库内检查情况

首先, 在库内对列车车下各吊挂部件及转向架状态进行检查。经检查确认, 全部转向架上部件及车下各吊挂部件状态良好, 连接螺栓及防松标记无错位, 防松铁丝无断开; 车下制动电阻风机等运动部件运行平稳, 无异响异振, 状态正常。

其次, 检查各车空气制动系统, 未见异常。重点对制动盘及闸片进行全面检查, 且对一节车厢全部制动闸片进行拆解, 仔细排查闸片、制动盘磨耗表面状态, 各磨耗表面顺滑、状态正常; 检查夹钳等基础制动动作部件, 外观状态正常, 操作制动施加、缓解, 夹钳动作正常、无异响异振, 各项技术状态良好。

(四) 下载车辆正线运行数据

图1为某列车17:39—17:41在下行区间运行数据变量曲线图。从车辆数据中可以看到, 列车在该时间区段内以ATO模式运行, 列车正常响应信号系统发出的牵引、制动指令等级, 在出站时列车持续加速运行至85km/h, 保持该速度运行

表1 车在某区间客室抖动情况统计

序号	运行方向	弯道半径/直线区段	通过速度		客室监测位置	客室状态
			ATO模式	人工驾驶模式		
1	下行	R1500	ATO模式	45km/h	03车	无抖动
			人工驾驶模式	44km/h	03车	无抖动
直线		ATO模式	70km/h	03车	轻微抖动	
		人工驾驶模式	71km/h	03车	轻微抖动	
3		R1200	ATO模式	80km/h	03车	轻微抖动
			人工驾驶模式	83km/h	03车	轻微抖动
4		直线	ATO模式	85km/h	03车	无抖动
			人工驾驶模式	82km/h	03车	无抖动
5		R2000	ATO模式	90km/h	03车	轻微抖动
			人工驾驶模式	92km/h	03车	轻微抖动
6	R2000	ATO模式	90km/h	03车	轻度抖动	
		人工驾驶模式	88km/h	03车	轻度抖动	
7	直线	ATO模式	70km/h	03车	无抖动	
		人工驾驶模式	67km/h	03车	无抖动	
8	R1200	ATO模式	89km/h	03车	轻微抖动	
		人工驾驶模式	93km/h	03车	轻微抖动	
9	直线	ATO模式	85km/h	03车	轻微抖动	
		人工驾驶模式	84km/h	03车	轻微抖动	
10	R1500	ATO模式	53km/h	03车	无抖动	
		人工驾驶模式	50km/h	03车	无抖动	

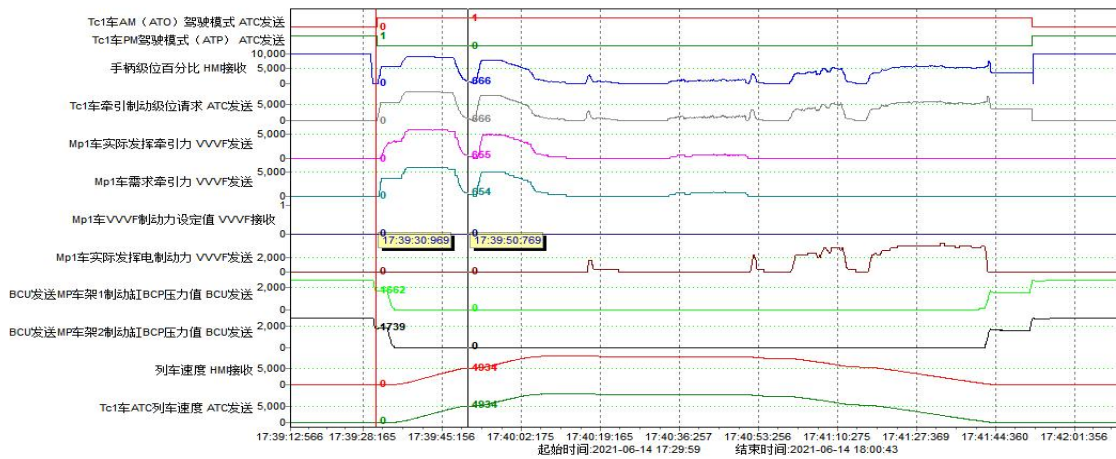


图 1 列车运行数据变量曲线图

约1分钟后，临近进站，列车开始减速，在减速至6km/h前，列车一直由电制动发挥作用，夹钳动作空气制动施加为6km/h至列车停稳，持续了约4秒钟。从数据分析来看，车辆响应、工作状态正常，列车在区间运行加速、减速时均由牵引系统发挥作用力，空气制动处于完全缓解、不发挥作用状态，无机械部件的接触、摩擦，无触发列车抖动的潜在条件。

下载分析对比其他时段该列车在下行相同区间内列车运行数据变量曲线图，列车运行数据一致，车辆状态正常。

下载分析对比其他列车在下行相同区间内相同时段运行数据变量曲线图，列车运行数据一致，车辆状态正常。

(五) 轮对测量数据

组织列车使用不落轮镟床检查1、2、3号车车轮数据基本一致，各项数据符合要求，踏面外观未见异常损伤，状态正常。

(六) 区间线路概况

结合3号线正线铺轨综合示意图，对区间正线轨道数据进行确认，区间正线总长度为2112.4m，最大坡道16%，弯道有3处，具体情况如下：下行方向第一个弯道（上下行均为R1500）；下行方向第二个弯道（上下行均为R1200）；下行方向第三个弯道。

二、故障原因分析

通过电客车检查情况及测量数据来看，各列车车下各部件状态正常，转向架轮对尺寸符合要求，据此可初步排除列车设备状态不良原因直接导致运行抖动。

通过电客车在区间运行抖动情况统计发现，车辆抖动多在高速通过较小半径弯道或高速通过直线区段时出现。现3号线线路全部为地下段，当车辆高速运行时车辆两侧空气流速

较快，会对车辆产生侧向冲击，将导致列车发生轻微抖动。

车辆在弯道运行时，车轮对轨道冲击增大，轮轨接触状态及轮轨配合有一定影响。如轨道存在波浪形磨损等情况，也会造成列车通过时产生轻微抖动。

通过正线添乘发现，当乘车人员所处位置不同时，对客室内车辆抖动感受程度有差异。身处转向架上方，感觉车辆抖动相对明显。

三、防范及整改措施

综上所述，并结合调研其他地铁单位经验，得知列车运行时，各部件状态正常情况下，也可能会因车轮、轨道状态及弯道等因素耦合，出现轻微程度振动或抖动，如在车体抗震参数范围内，短时不会影响行车安全。但是，车辆运行振动也会带来一定安全隐患，影响到各部件的紧固状态，甚至产生不可逆的裂纹损伤。针对列车运行振动或抖动问题，车辆部将从以下方面进行持续跟踪、分析，全力防范安全隐患。

一是持续进行列车运行品质跟踪，积累数据，常态化分析振动或抖动变化趋势。

二是将此问题纳入车辆专业课题研讨，组织各线路专业工程师参与技术调查和分析，借此机会拓展现有专业工程师的知识面，提升专业问题处理能力。

三是协同工建专业，进一步了解列车运行抖动区间的轨道几何参数和外观状态，合作开展轮轨关系的研讨，形成合力共同解决轮轨关系不良引起的运行品质问题。

参考文献

[1] 严隽堯. 车辆工程 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1999 (10).

表 2 1 号车车轮径测量数据表

测量位置	轮径值 (mm)	同轴轮径差 (mm)	同架轮径差 (mm)	同车轮径差 (mm)	轮对内侧距 (mm)
3车1架1轴左	φ 838. 21	0. 13	1. 00	1. 19	1353. 85
3车1架1轴右	φ 838. 34				
3车1架2轴左	φ 838. 92	0. 29	0. 68		1353. 87
3车1架2轴右	φ 839. 21				
3车2架1轴左	φ 838. 70	0. 30	0. 68	1353. 62	
3车2架1轴右	φ 838. 40				
3车2架2轴左	φ 838. 02	0. 58	0. 68	1353. 96	
3车2架2轴右	φ 838. 60				