

试
验
检
测出口乌兹别克斯坦客运电力机车
动力学性能试验陈国胜¹, 储高峰²

(1. 南车株洲电力机车有限公司 技术中心, 湖南 株洲 412001;

2. 中国铁道科学研究院 机车车辆研究所, 北京 100081)



作者简介: 陈国胜(1966-), 男, 硕士, 高级工程师(教授级), 长期从事机车车辆转向架的开发研究。

摘 要: 介绍了出口乌兹别克斯坦客运电力机车转向架的技术特点和技术参数, 对机车运行安全性、动荷特性和运行平稳性试验结果进行了分析。结果表明, 由于采用了驱动装置弹性悬挂技术, 该机车各项动力学性能指标满足设计要求, 特别是其横向性能较为优良。

关键词: 乌兹别克斯坦; 客运电力机车; 弹性悬挂; 动力学性能; 试验

中图分类号: U260.14; U260.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)05-0047-03

Dynamics Performance Test for UTY Passenger Electric Locomotive

CHEN Guo-sheng¹, CHU Gao-feng²

(1. R&D Center, CSR Zhuzhou Electric Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China;

2. Locomotive & Car Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Technic characteristic and technic parameter of the bogie for UTY passenger locomotive were introduced, and the test results on the safety, dynamic characteristic and the stability of the locomotive was analyzed. The results showed that with the drive unit using flexible suspension, the dynamics performance indexes of the locomotive met the designing requirement, especially the good transverse performance.

Key words: UTY; passenger electric locomotive; flexible suspension; dynamics performance; test

0 前言

出口乌兹别克斯坦客运电力机车系统集成了西门子的变流、网络控制和俄罗斯的制动、信号系统等技术, 使机车完全满足乌兹别克斯坦铁路宽轨距、多曲线路况, 以及最低气温达 -40°C 、最高气温高达 50°C 的恶劣使用环境要求。该机车采用了驱动装置弹性架悬式 C_0 转向架新技术, 为国内首创, 设计速度达到了 160 km/h 。2010年9月14日至17日在乌兹别克斯坦铁路运营线乌兹别克斯坦车站至撒马尔罕车站间进行了机车的动力学性能试验, 试验线路区段包括直线、 $R600\text{ m}$ 曲线、直向通过道岔以及侧向通过道岔等线路工况。线路试验表明, 该机车动力学性能完全满足使用要求。

1 机车转向架主要技术特点及主要技术参数

1.1 主要技术特点

乌兹别克斯坦客运电力机车转向架采用 C_0-C_0 轴

式, 牵引电机的布置采用对置方式。采用对置的设计理念旨在保证转向架的簧间质量质心尽量靠近转向架的几何中心, 减少转向架的摇头转动惯量^[1] (见图1)。

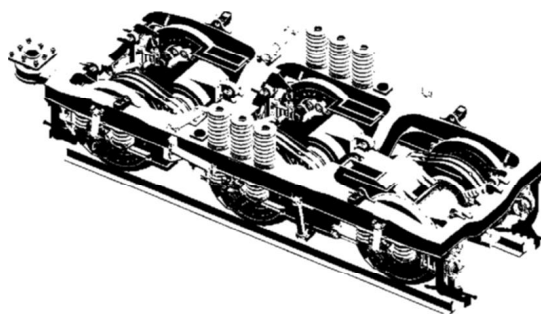


图 1 转向架结构布置

驱动单元(包括牵引电机、齿轮箱总成和六连杆空心轴等)的悬挂采用弹性架悬方式, 即电机一端通过单个橡胶关节悬挂于构架端(横)梁, 另一端通过2根吊杆悬挂于构架端(横)梁, 使驱动系统大部分的横向惯量及摇头惯量与整个构架解耦, 从而降低了簧间质量的横向惯量和摇头惯量。国内目前主要的架悬式

收稿日期: 2011-03-01

转向架电机悬挂方式基本属于刚性架悬，虽然部分转向架电机悬挂点采用橡胶关节结构，但不能实现驱动单元与构架间的相对运动，不属于运动学意义上的弹性架悬。采用弹性架悬结构，当转向架运行中构架横向或摇头振动时，驱动单元可实现相对于构架的横向运动。因此，从横向及摇头来说，相当于大部分的架悬质量可以从簧间质量中释放出来，有利于改善转向架的横向动力学性能^[2-3](见图2)。

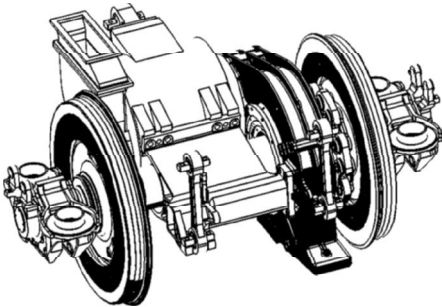


图2 驱动装置结构布置

驱动系统采用轮对空心轴驱动方式，齿轮箱为承载式，轴承采用油润滑，以适应机车160 km/h速度等级的要求；轴箱轴承采用免维护的单列圆柱滚子轴承单元(CRU160×270)。

一系悬挂系统采用单拉杆轴箱定位+螺旋弹簧方式，一、三轴安装垂向减振器；二系悬挂系统采用高圆螺旋弹簧+橡胶垫结构，辅以各向减振器；牵引装置采用低位推挽牵引杆牵引，以提高机车的粘着重量利用率；基础制动采用轮盘制动方式。

1.2 主要技术参数

出口乌兹别克斯坦客运电力机车转向架主要技术参数见表1。

表1 转向架主要技术参数

参数名称	参数值
轴式	C ₀ -C ₀
最高运行速度 /km·h ⁻¹	160
轨距 /mm	1 520
轴重 /t	21
轴距 /mm	2 100/2 300
转向架端轴距 /mm	15 870
轮径（新 / 全磨耗）/mm	1 250/1 150
轮对内侧距 /mm	1 440
踏面形状	锥型（俄罗斯 GOST-11018 标准）
传动方式	单侧直齿轮、双侧六连杆弹性驱动
传动比	4.478
电机悬挂方式	弹性架悬
一系弹簧静挠度 /mm	38.9
二系弹簧静挠度 /mm	136.7
牵引方式	推挽式单杆低位牵引
基础制动	轮盘制动
机车通过最小曲线半径 /m	125（速度 V ≤ 5 km/h）

2 动力学试验结果

2.1 测试方法及评价标准

测试方法执行TB/T 2360—1993“铁道机车动力学性能试验鉴定方法及评定标准”，评价指标为乌国铁与株机公司签订的合同中规定的指标。安全性指标按表2执行，平稳性指标按表3执行。

表2 安全性评价指标

评价指标	限度值	备注
脱轨系数 Y/Q	1.2	持续时间 ≥ 0.05 s
轮重减载率 $\Delta Q/\bar{Q}$	0.65	
轮轴横向力 $\sum Y$	10+P _{st} /3=78.6 kN	以 2 m 移动平均数据考核；P _{st} 为被试机车静轴重 21 t

表3 平稳性评价指标

评价指标	限度值		
	垂向	横向	纵向
振动加速度最大值(0.1~20 Hz 滤波)	0.40g (3.92 m/s ²)	0.30g (2.94 m/s ²)	0.15g (1.47 m/s ² , 恒速状态)

表4 运行安全性试验结果(第1轴)

线路工况	速度级 /km·h ⁻¹	脱轨系数		轮重减载率		轮轴横向力 /kN	
		平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
直线	80	0.20	0.42	0.23	0.39	16.3	36.4
直线	100	0.25	0.50	0.26	0.43	21.5	43.5
直线	120	0.27	0.52	0.31	0.48	23.4	44.5
直线	140	0.30	0.52	0.39	0.58	28.1	48.8
直线	160	0.32	0.58	0.41	0.55	27.3	45.1
R600 m 曲线	60	0.60	0.84	0.29	0.47	37.1	62.5
R600 m 曲线	80	0.55	0.89	0.32	0.51	38.5	70.0
R600 m 曲线	100	0.64	0.92	0.44	0.58	50.7	76.5
侧向道岔	25	0.57	0.86	0.33	0.63	51.2	75.4
直线道岔	80	0.33	0.68	0.28	0.45	26.5	58.4
直线道岔	100	0.37	0.63	0.31	0.48	32.2	60.3

2.2 运行安全性试验结果

在直线线路试验工况下，各测试参数的评定最大值及对应速度级如下：第一轴脱轨系数0.58(160 km/h)；第一轴轮重减载率0.58(140 km/h)；第一轴轮轴横向力48.8 kN(140 km/h)；第六轴脱轨系数0.59(160 km/h)；第六轴轮重减载率0.59(140 km/h)；第六轴轮轴横向力36. kN(160 km/h)(见表4、表5)。

在R600 m的曲线试验工况下，各测试参数的评定最大值及对应速度级如下：第一轴脱轨系数0.92(100 km/h)；第一轴轮重减载率0.58(100 km/h)；第一轴轮轴横向力76.5 kN(100 km/h)；第六轴脱轨系数0.36(100 km/h)；第六轴轮重减载率0.48(100 km/h)；第六轴轮轴横向力23.2 kN(80 km/h)(见表4、表5)。

在直向通过道岔试验中，各测试参数的评定最大值及对应速度级如下：第一轴脱轨系数0.68(80 km/h)；第一轴轮重减载率0.48(100 km/h)；第一轴轮轴横向力60.3 kN(100 km/h)；第六轴脱轨系数0.29(100 km/h)；第

六轴轮重减载率0.47(100 km/h) ;第六轴轮轴横向力 28.7 kN(100 km/h) (见表4、表5)。

横向振动加速度最大值0.91 m/s² ;车体纵向振动加速度0.31 m/s² (见表8)。

在侧向通过道岔试验中,各测试参数的评定最大值如下:第一轴脱轨系数0.86;第一轴轮重减载率0.63 ;第一轴轮轴横向力75.4 kN ;第六轴脱轨系数0.28;第六轴轮重减载率0.32;第六轴轮轴横向力19 kN (见表4、表5)。

2.3 动荷特性试验结果

机车动荷特性试验

主要测试构架、轴箱的各向振动加速度以及一、二系的垂向横向位移,测试结果见表6、表7。测试结果未见异常。

2.4 运行平稳性试验结果

在直线线路试验工况下,各项测试参数的评定最大值及其对应速度级如下:车体垂向振动加速度最大值3.25 m/s² (160 km/h) ;车体横向振动加速度最大值1.67 m/s² (160 km/h) ;车体纵向振动加速度0.66 m/s² (160 km/h) (见表8)。

在R600 m曲线试验工况下,各项测试参数的评定最大值及其对应速度级如下:车体垂向振动加速度最大值2.05 m/s² (100 km/h) ;车体横向振动加速度最大值1.29 m/s² (100km/h) ;车体纵向振动加速度0.49 m/s² (100 km/h) (见表8)。

在直向通过道岔试验中,各项测试参数的评定最大值及其对应速度级如下:车体垂向振动加速度最大值2.41 m/s² (100 km/h) ;车体横向振动加速度最大值1.64 m/s² (100 km/h) ;车体纵向振动加速度0.62 m/s² (100 km/h) (见表8)。

在侧向通过道岔试验中,各项测试参数的评定最大值如下:车体垂向振动加速度最大值0.57 m/s² ;车体

表5 运行安全性试验结果(第六轴)

线路工况	速度级 / km · h ⁻¹	脱轨系数		轮重减载率		轮轴横向力 /kN	
		平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
直 线	80	0.12	0.19	0.19	0.30	9.3	15.0
直 线	100	0.15	0.23	0.24	0.37	10.4	19.1
直 线	120	0.19	0.32	0.31	0.47	11.7	22.1
直 线	140	0.25	0.43	0.40	0.59	15.7	34.7
直 线	160	0.31	0.59	0.44	0.57	19.7	36.0
R600 m 曲线	60	0.15	0.28	0.19	0.32	10.7	22.7
R600 m 曲线	80	0.17	0.31	0.24	0.39	9.6	23.2
R600 m 曲线	100	0.25	0.36	0.33	0.48	9.7	20.8
侧向道岔	25	0.15	0.28	0.18	0.32	9.6	19.0
直线道岔	80	0.15	0.25	0.25	0.44	9.6	16.8
直线道岔	100	0.17	0.29	0.29	0.49	11.1	28.7

表6 振动加速度试验结果

线路工况	速度级 / km · h ⁻¹	构架垂向振动 加速度 /m · s ⁻²		构架横向振动 加速度 /m · s ⁻²		轴箱垂向振动 加速度 /m · s ⁻²		轴箱横向振动 加速度 /m · s ⁻²	
		平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
直 线	80	13.1	36.3	7.5	24.3	98.7	308.6	38.6	149.0
直 线	100	14.6	39.1	8.8	27.3	112.3	377.5	50.6	196.7
直 线	120	17.0	37.5	9.9	23.1	133.6	369.0	58.4	181.0
直 线	140	19.2	39.1	11.3	23.6	139.0	329.0	65.7	151.1
直 线	160	20.0	24.2	10.5	13.0	142.3	238.6	49.1	75.3
R600 m 曲线	60	12.6	24.0	7.9	16.9	91.0	237.9	37.0	79.5
R600 m 曲线	80	13.5	26.7	8.8	18.9	107.3	227.3	47.7	145.3
R600 m 曲线	100	16.1	27.8	10.2	14.6	119.8	192.0	56.5	118.0
侧向道岔	25	13.8	29.2	9.1	22.7	100.0	174.4	37.8	73.6
直线道岔	80	21.5	38.7	13.6	24.4	164.9	314.7	78.4	179.8
直线道岔	100	26.1	43.6	16.2	28.8	211.4	413.1	101.4	180.0

表7 动态位移试验结果

线路工况	速度级 / km · h ⁻¹	一系垂向 位移 /mm		一系横向 位移 /mm		二系垂向 位移 /mm		二系横向 位移 /mm	
		平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
直 线	80	6.5	14.5	2.9	6.6	8.7	16.8	8.6	17.4
直 线	100	7.0	16.9	2.7	5.9	10.2	20.2	10.8	21.4
直 线	120	8.2	16.2	2.9	6.2	13.2	29.8	13.4	26.8
直 线	140	10.6	16.5	3.1	4.9	16.5	21.9	15.2	21.7
直 线	160	11.8	15.9	4.2	5.5	17.9	26.9	14.8	26.3
R600 m 曲线	60	6.8	11.8	4.0	9.7	8.1	17.4	10.4	17.7
R600 m 曲线	80	6.7	13.1	4.0	7.5	8.5	16.6	13.0	30.3
R600 m 曲线	100	9.3	11.5	4.7	6.2	12.1	15.9	25.2	32.7
侧向道岔	25	6.5	12.3	6.9	11.8	9.1	21.7	14.3	31.6
直线道岔	80	7.7	10.5	3.7	6.8	9.6	15.8	12.5	22.0
直线道岔	100	8.7	15.8	4.0	7.6	10.9	18.5	13.3	24.0

3 结论

乌兹别克斯坦铁路线路较差,缺乏维护保养,没有
在既有线路上进行列车运行速度160 km/h的相关试验,
要在这样的线路条件下进行160 km/h速度级的机车运
行试验,存在风险和较大的挑战。由于南车株洲电力机

(下转第53页)

设定,可进行开环或闭环测试,同时具有对独立功能单元(如功率因数补偿控制系统)的测试功能,操作界面如图 7。

该软件能够记录所有测试数据并形成通用格式的记录文件用于统计分析。此外,它还具备自动测试功能,可按照设定步骤自动运行,连续产生、输出各类信号,对获取的数据进行评判并形成测试报告。

4 结语

目前该测试台已完成试制、试验,并通过了评审鉴定。在以 SS3B 机车电子控制柜为对象的性能测试中,该测试台可在毫秒级周期内完成机车主电路系统状态的计算,能够准确地模拟出电路系统在不同状态之间转换时的瞬态过程,相比既有类似设备,在测试精度和响应速度方面有很大提升。

下一步将在两方面继续深入研究:一是对测试软件进行完善,通过增加状态参量、优化模型构建方法,继续提升系统的测试精度和瞬态响应能力;二是基于

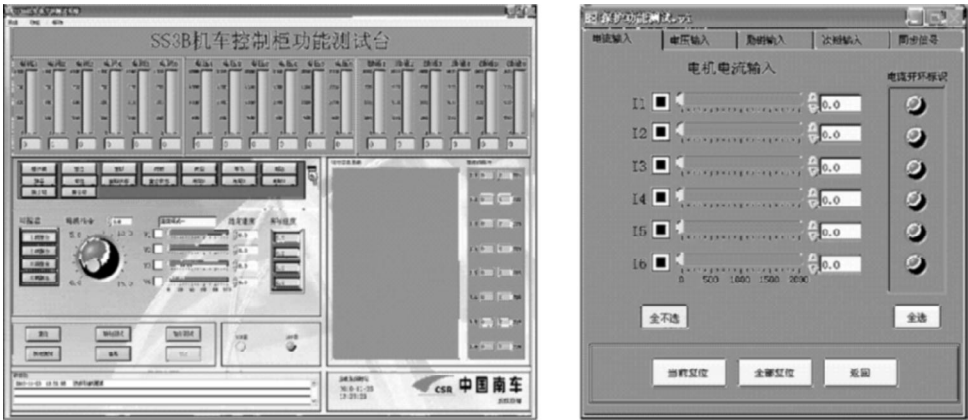


图 7 操作主界面(左)与功能测试界面(右)

已有的软硬件基础,拓展应用范围,研究针对其他设备的测试应用。

参考文献:

[1] 刘友梅. 韶山 3 型 4000 系电力机车[M]. 北京:中国铁道出版社,1996.

[2] 李进进,等. 7 200 kW 六轴交流传动电力机车网络控制系统功能测试台[J]. 机车电传动, 2010(3).

[3] 原小六,等. 基于 PCI 的电子柜虚拟测试台的设计与应用[J]. 计算机测量与控制,2007, 15(9).

[4] 刘可安,等. 电力机车电子控制柜测试系统[J]. 机车电传动, 1999(2).

(上接第 49 页)

表 8 车体加速度试验结果

线路工况	速度级 / km · h ⁻¹	车体垂向振动 加速度 /m · s ⁻²		车体横向振动 加速度 /m · s ⁻²		车体纵向振动 加速度 /m · s ⁻²	
		平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
直 线	80	1.17	1.84	0.57	0.91	0.21	0.41
直 线	100	1.43	2.16	0.75	1.13	0.30	0.53
直 线	120	1.77	2.77	0.90	1.31	0.37	0.66
直 线	140	1.93	2.78	1.13	1.64	0.45	0.66
直 线	160	2.25	3.25	1.10	1.67	0.51	0.66
R600 m 曲线	60	0.85	1.29	0.59	1.00	0.18	0.32
R600 m 曲线	80	1.12	1.67	0.75	1.17	0.23	0.42
R600 m 曲线	100	1.47	2.05	0.91	1.29	0.33	0.49
侧向道岔	25	0.31	0.57	0.50	0.91	0.16	0.31
直线道岔	80	1.36	2.04	0.84	1.32	0.31	0.54
直线道岔	100	1.64	2.41	1.08	1.64	0.37	0.62

车有限公司研制的客运电力机车采用了新型的驱动装置弹性架悬技术,并且结合乌兹别克斯坦铁路线路实际情况进行了大量的动力学性能分析及优化计划,为

试验的顺利进行提供了前提和可靠的基础。试验结果表明,该机车各项动力学性能指标满足设计和用户合同要求,特别是机车的横向安全性和平稳性优良,解决了客运机车高速运行时的横向失稳问题。

参考文献:

[1] 张红军,陈喜红,孙永鹏,等. 我国 200 km/h 速度等级高速客运机车转向架平台设计分析[J]. 铁道学报, 2007, 29 (4): 101-106.

[2] 罗 赞,孙永鹏,张红军,钟文生. 架悬 C₀-C₀ 轴式机车电机布置及悬挂的研究[J]. 铁道学报, 2006, 28 (6): 41-45.

[3] 陈国胜,罗 赞,廖志伟,邹文辉. 弹性架悬式驱动装置的研究[J]. 机车电传动, 2011 (1): 6-9.