

研
究
开
发

弹性架悬式驱动装置的研究

陈国胜¹, 罗 赟², 廖志伟¹, 邹文辉¹

(1. 南车株洲电力机车有限公司, 湖南 株洲 412001;

2. 西南交通大学 牵引动力国家重点实验室, 四川 成都 610031)



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:研究了驱动装置刚性架悬式电力机车及驱动装置弹性架悬式电力机车的动力学性能, 结合交流传动高速转向架的动态特性对弹性架悬式驱动装置的齿轮箱和悬挂横梁进行了结构强度分析研究。结果表明, 驱动装置弹性架悬式机车的动力学性能优于刚性架悬式机车, 其在高速客运机车上具有明显的技术优势; 并且弹性架悬式驱动装置主要部件可适应高速转向架的动态特性, 满足其对结构强度的要求。

关键词: 电力机车; 高速牵引; 转向架; 弹性悬挂; 驱动装置

中图分类号: U260.332

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2011)01-0006-04

Research on the Drive Gear of Bogie with Spring Suspension

CHEN Guo-sheng¹, LUO Yun², LIAO Zhi-wei¹, ZOU Wen-hui¹

(1. CSR Zhuzhou Electric Locomotive Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China;

2. Traction Power State Key Laboratory, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031, China)

Abstract: This paper researched the dynamics characteristic of the locomotive with the drive gear by spring suspension and the locomotive with the drive gear by rigid suspension, and researched the strength of structure of the gearbox and suspension-beam for the drive gear with spring suspension by dynamical characteristic of the high-speed bogie with AC traction motor. The result is that the dynamics indexes of the locomotive with the drive gear by spring suspension should be excelled compare with the locomotive with the drive gear by rigid suspension; the drive gear with spring suspension has the technical advantage for high-speed locomotive, the main parts of the drive gear with spring suspension should be adapted for dynamical characteristic of the high-speed bogie and satisfy with structure strength.

Key words: electric locomotive; high-speed traction; bogie; spring suspension; drive gear

0 引言

运行速度大于120 km/h的客运电力机车转向架一般采用架悬式驱动装置, 如SS₈、SS₉、SS_{7E}电力机车、DF₁₁内燃机车。这些机车的驱动装置刚性或通过橡胶球关节直接连接在构架上^[1-2]。10多年的准高速客运电力机车的实际应用和最近的研究表明, 采用驱动装置刚性悬挂的机车, 当运行速度大于120 km/h的时候均存在横向失稳的现象, 对线路极其敏感, 并且通过优化悬挂参数也难以提高机车的横向稳定性和平稳性。

随着我国铁路高速重载的快速发展, 研制160~200 km/h速度等级的交流传动客运电力机车已成为必然, 这将面临选择什么样的驱动装置结构型式^[3]的

问题。半体悬式或体悬式驱动装置结构复杂, 不利于机车的维护检修; 况且, 驱动装置悬挂在车体上给机车横向稳定性和平稳性带来不确定性影响^[4]。刚性架悬式驱动装置事实上已不适应高速客运电力机车。因此, 160~200 km/h速度等级的交流传动客运电力机车不能采用传统意义上的轮对空心轴电机架悬式驱动装置。

1 弹性架悬式驱动装置技术优势

所谓弹性架悬式驱动装置, 即驱动装置一侧通过装有橡胶关节的2个吊杆摆式地悬挂在构架横梁上, 在另一侧通过一简单的装有橡胶关节的悬挂臂与构架横梁相连。由于吊杆足够长使得驱动装置整体与构架间的横向刚度较小, 解除了其一端的横向约束, 从而减少了簧间质量和转动惯量^[5]。研究结果表明^[1], 簧间

收稿日期: 2010-09-13; 收修改稿日期: 2010-11-01

质量和转动惯量过大正是造成驱动装置刚性架悬式机车横向失稳的主要原因。

研究表明^[3],驱动装置刚性架悬式机车失稳临界速度约180 km/h,驱动装置体悬式机车失稳临界速度约为240 km/h,驱动装置半体悬式机车失稳临界速度为180~240 km/h,驱动装置弹性架悬式机车失稳临界速度可达350 km/h。

为了比较驱动装置弹性架悬式与刚性架悬式机车直线及曲线运行性能,以下的分析均以电机架悬式C₀-C₀六轴客运电力机车为例。

1.1 直线运行性能

如图1~图3所示,驱动装置弹性架悬式机车与驱动装置刚性架悬式机车相比,其横向和垂向平稳性指标有较大的改善,且最大轮轴横向力显著降低。

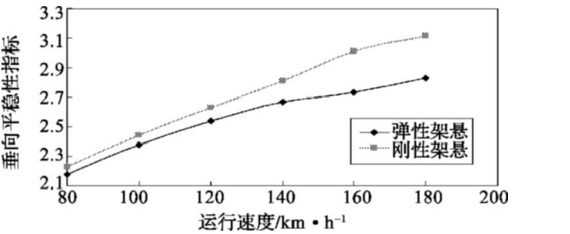
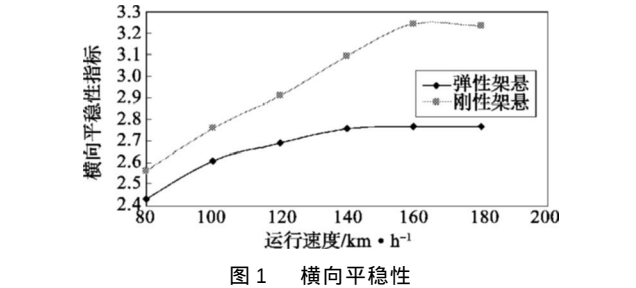


图2 垂向平稳性

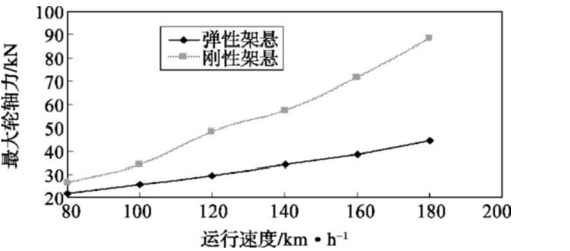


图3 轮轴力

1.2 曲线通过性能

如表1所示,通过R400 m小半径和R800 m中等半径曲线时,驱动装置弹性架悬式机车除了R400 m小半径垂向平稳性指标和垂向加速度超过驱动装置刚性架悬式机车外,其他各动力学指标都比驱动装置刚性架悬式机车显著改善,尤其是横向性能。

表1 曲线通过性能

曲线半径	驱动装置 悬挂方式	速度 /km·h ⁻¹	平稳性指标		加速度 / m·s ⁻²		轮轨力 / kN		脱轨 系数	轮重 减载率
			横向	垂向	横向	垂向	轮轴横向	外侧垂向		
R400 m	刚性架悬	80	2.85	2.95	1.70	2.03	88.52	174	0.77	0.67
R400 m	弹性架悬	80	2.67	2.98	1.34	2.75	66.46	163.9	0.68	0.60
R800 m	刚性架悬	120	2.82	3.10	1.82	2.40	77.77	169	0.69	0.63
R800 m	弹性架悬	120	2.46	2.89	1.52	2.39	52.76	162.3	0.54	0.58

综上所述,驱动装置弹性架悬式机车其临界速度、直线运行性能及曲线运行性能均优于驱动装置刚性架悬式机车^[6]。

2 弹性架悬式驱动装置结构分析

2.1 结构特点和组成

弹性架悬式驱动装置典型结构如图4、图5所示,它主要由牵引电机、齿轮传动装置、六连杆空心轴装置、悬挂横梁等组成。这些部件连接为一整体弹性地与转向架构架连接。该驱动装置通过牵引电机→小齿轮→大齿轮→齿轮毂→传动盘→六连杆→空心轴→非齿侧传动盘→六连杆→车轮(见图6),实现机车的牵引;

的牵引;齿轮毂(包括空心轴)通过两侧的轴承支撑在齿轮箱上,齿轮的搅动带动润滑油通过进油孔进入轴承,再通过回油孔回流到齿轮箱,齿轮箱的密封通过迷

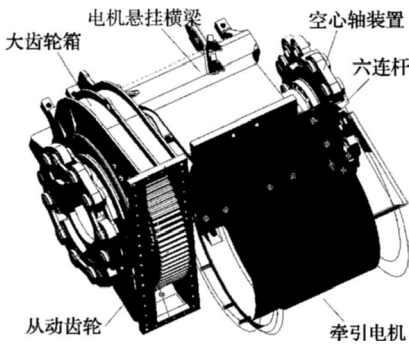


图5 传动装置

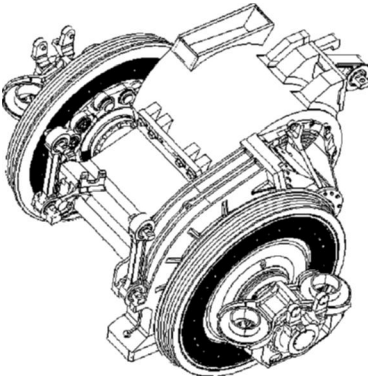


图4 轮对驱动装置

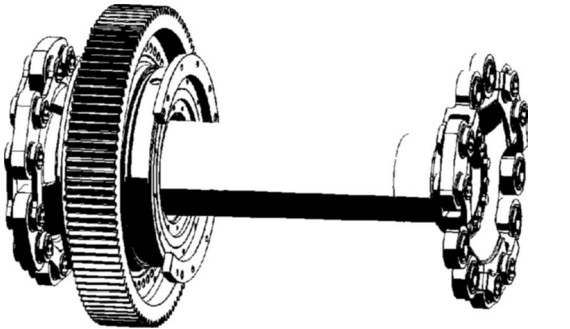


图6 六连杆空心轴传动装置

宫结构来实现。因此该驱动装置齿轮箱为承载式结构,传动轴承为油润滑(见图7),显著区别于刚性架悬式驱动装置的非承载式传动齿轮箱结构。

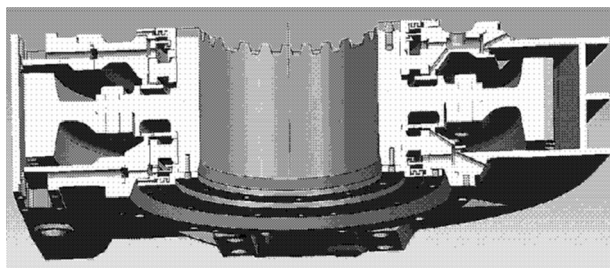


图7 传动装置润滑与密封结构

该驱动装置既可用于2轴高速转向架,也可用于3轴高速转向架^[4,7]。同一转向架该驱动装置可完全互换。不管用于2轴转向架还是3轴转向架,该驱动装置除了传递牵引制动力以外,还承受垂向、横向及纵向的振动冲击力。

2.2 齿轮箱及悬挂横梁强度分析

对于弹性架悬式驱动装置,牵引电机、齿轮箱和悬挂横梁是主要的承力部件,它们主要传递牵引制动力和承受整个驱动装置的振动冲击力。由于电机端吊挂横向和纵向刚度远远大于非电机端吊挂刚度,因此整个驱动装置的横向和纵向振动冲击主要由电机承受,齿轮箱和悬挂横梁仅考虑垂向的振动冲击。对于交流传动高速转向架,齿轮箱和悬挂横梁的强度分析主要应考虑电机短路扭矩+5g垂向振动冲击的极限载荷工况以及启动扭矩+3g垂向振动冲击的常用最大载荷工况。这里以表2所示的驱动装置参数为例对齿轮箱和悬挂横梁进行强度计算。

表2 驱动装置参数

参数名称	数值
驱动装置质量 / kg	4 427
电机启动扭矩 / N·m	9 027
电机短路扭矩 / N·m	45 135
车轴中心距吊挂距离(电机端) / m	1.2
车轴中心距吊挂距离(非电机端) / m	0.612
车轴中心距驱动装置质心距离 / m	0.392
摆杆吊点与电机轴的水平距离 / m	1.163 6
齿轮传动比	95/21
齿轮模数	10

2.2.1 齿轮箱强度计算

齿轮箱材料采用球墨铸铁GSJ-400-18-LT(EN1563),材料特性为:弹性模量 $E=1.5 \times 10^5$ MPa,泊松比 $\nu=0.3$,抗拉强度 $\sigma_b=400$ MPa,屈服强度 $\sigma_s=240$ MPa。

从图8、图9所示的应力分布情况可以看出,极限工况下齿轮箱最大von-Mises应力值为239.62 MPa,远远小于材料的抗拉强度。

同理,在考虑电机启动扭矩+3g的垂向振动冲击载荷情况下得到的最大von-Mises应力值为59.5 MPa,也远远小于屈服强度。

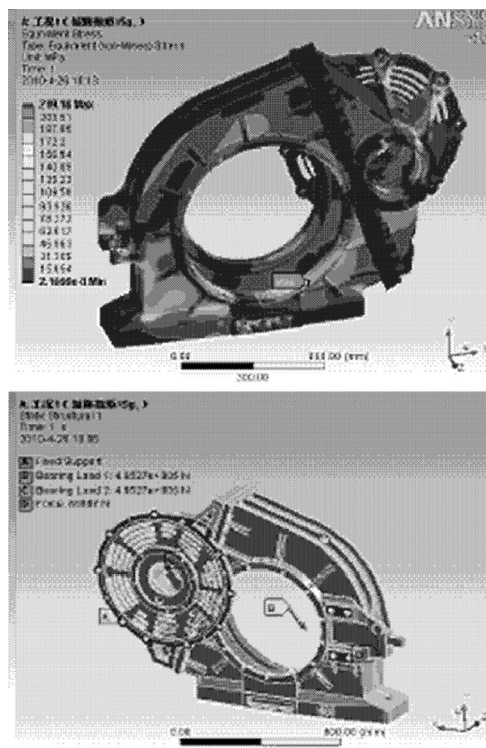


图8 短路扭矩+5g 载荷工况及应力分布

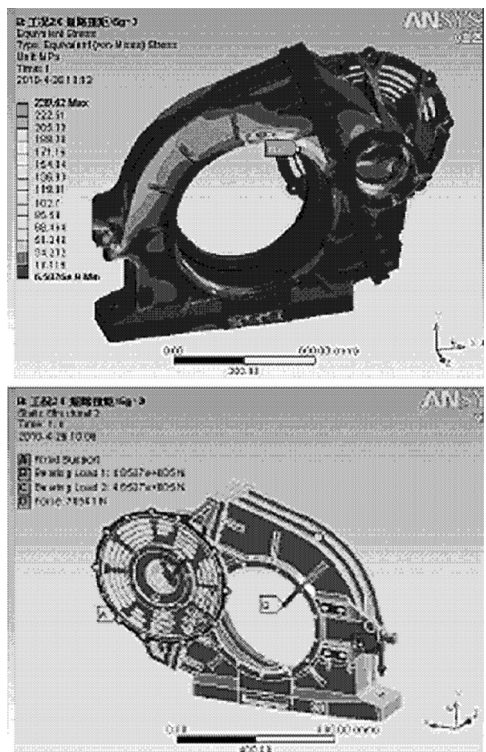


图9 短路扭矩+5g 载荷工况及应力分布

2.2.2 悬挂横梁强度计算

为了达到减重的目的,悬挂横梁采用G-AlSi7Mg铸造铝合金,材料的抗拉强度 $\sigma_b \geq 230$ MPa,屈服强度 $\sigma_{0.2} \geq 180$ MPa。

从图10可以看出,极限工况下悬挂横梁最大von-Mises应力值为189.23 MPa,小于材料的抗拉强度。从图11可以看出,在考虑电机启动扭矩+3g的垂向振动冲击载荷情况下得到的最大von-Mises应力

值为113 MPa, 也小于屈服强度。

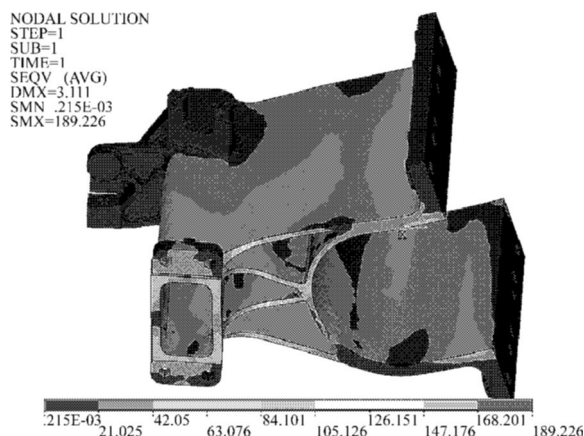


图10 极限工况应力分布

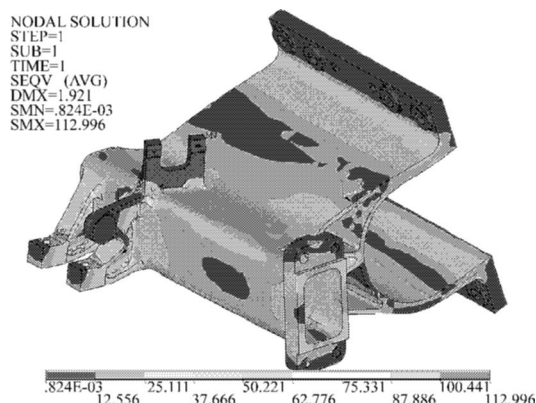


图11 启动扭矩+3g的垂向振动冲击工况应力分布

综上所述,选择合适的材料和结构,弹性架悬式驱动装置承载式齿轮箱和悬挂横梁可以满足高速交流传动机车转向架对其强度的要求。

3 结论

驱动装置弹性架悬式机车其动力学性能优于刚性架悬式机车,其在高速客运机车上具有明显的技术优势;弹性架悬式驱动装置相比较于刚性架悬式驱动装置其在结构上的显著特点是齿轮箱为承载式结构以及传动轴承采用油润滑。

弹性架悬式驱动装置的牵引电机、齿轮箱和悬挂横梁是主要的承力部件,它们除了承受牵引电机扭矩外,还承受整个装置的振动冲击力。分析表明,通过结构优化,弹性架悬式驱动装置主要承力部件可适应高速转向架的动态特性,满足其对结构强度的要求。

参考文献:

- [1] 罗世辉,罗 赞. SS₉型电力机车动力学性能研究[R]. 成都: 西南交通大学, 2004.
- [2] 陈 康,罗 赞,金鼎昌. 2B₀架悬式动力车运行平稳性和蛇行稳定性的研究[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(1): 28-33.
- [3] 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.
- [4] 罗 赞,陈 康,罗世辉,等. 200 km/h动力车驱动制动单元悬挂参数的研究[J]. 铁道学报, 2003, 25(6): 27-31.
- [5] 罗 赞,罗世辉,金鼎昌. 架悬式机车驱动装置悬挂参数及结构的研究[J]. 中国铁道科学, 2005, 26(5): 57-60.
- [6] 罗 赞,罗世辉,金鼎昌. 采用弹性和刚性架悬式驱动装置的机车横向性能比较[J]. 机车电传动, 2005(3): 41-43.
- [7] 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.

(上接第5页)

最大启动粘着系数试验测试换算结果最大启动粘着系数为0.375,在最大粘着系数处保持时间6 s,仍有较大的上升空间,主要是由机车功率限制等原因,试验结果如图1所示;持续运行粘着系数测试试验结果为粘着系数可以持续运行于0.33以上,持续时间约为200 s,如图2所示。

4 结语

从上述试验结果可以看出,120 km/h交流传动内燃机车粘着控制性能较好,具有持续粘着系数0.33以上的运行能力,最大启动粘着系数也具有较大的上升空间,说明采用的基于加速度微分粘着控制方法切实有效,得到了厂商的好评,值得推广。

参考文献:

- [1] 李江红,马 健,彭辉水. 机车粘着控制的基本原理和方法[J]. 机车电传动, 2002(6): 4-8.
- [2] 李江红,胡照文. 影响铁路机车运行品质的因素分析[J]. 机车电传动, 2010(3): 53-54.
- [3] 李江红,陈华国,胡照文. 国产化北京地铁车辆的粘着控制[J]. 机车电传动, 2005(6): 40-42.
- [4] Kiyoshi Ohishi, Ken Nakano, Ichiro Miyashita, Shinobu Yasukawa. Anti-slip Control of Electric Motor Coach Based on Disturbance Observer[C]. Coimbra: 1998 5th International Workshop, 1998: 580-585.
- [5] Yosuke Takaoka, Atsuo Kawamura. Disturbance Observer Based Adhesion Control for Shinakanser[C]. /AmC 2000 proceedings, 6th International Workshop on 30 March-1 April, 2000: 169-174.
- [6] 彭辉水,陈华国,曾 云,等. 基于加速度微分粘着控制方法的仿真研究[J]. 机车电传动, 2010(2): 26-27.