

抗侧滚扭杆安装方式对城轨车辆 曲线通过性能影响

毕 鑫, 罗世辉, 马卫华

(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: 毕 鑫 (1985-), 男, 博士研究生, 研究方向为机车车辆系统动力学。

摘 要: 采用动力学软件 Simpack 建立了某型地铁车辆的整车模型, 通过比较抗侧滚扭杆的不同安装方式, 主要分析了其对车辆进出缓和曲线时轮重减载率和脱轨系数的影响。得出结论: 根据 UIC505-5 规范, 在满足车体的抗侧滚性能指标下, 抗侧滚扭杆采用弹性安装方式, 可以改善进出缓和曲线时轮重减载率和脱轨系数, 提高车辆曲线通过的安全性指标。

关键词: 抗侧滚扭杆; 弹性安装; 刚性安装; 轮重减载率; 脱轨系数; 城轨车辆

中图分类号: U264.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2011)06-0058-03

Impact of Installing Mode of Anti-roll Torsion Bar to Metro Vehicle through the Curve

BI Xin, LUO Shi-hui, MA Wei-hua

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

Abstract: By using of the dynamic software Simpack, a certain type of metro vehicle model was established, and different anti-roll torsion bar installation ways were compared, influence of which to the wheel load reduction rate and derailment coefficient on the transition curve was analyzed. According to UIC505-5 specifications, it was concluded that: when the body's anti-roll performance was met, using flexible installation can ease vehicle accessing curve with lower wheel load reduction rate and derailment coefficient, and improve the safety of vehicle through the curve.

Key words: anti-rolling torsion bar; flexible installation; rigid installation; wheel load reduction rate; derailment coefficient; metro vehicle

0 引言

随着城轨车辆运行速度的提高, 人们对车辆的运行安全性和平稳性提出了更高的要求。空气弹簧由于具有大柔度、低刚度、径向变形能力强、高度不随载荷变化等优点, 因而在城轨车辆上得到了广泛的应用, 可显著改善乘坐舒适度^[1-2]。但是, 空气弹簧的应用降低了车辆的抗侧滚性能, 影响行车安全性。为了弥补车体抗侧滚性能差的缺点, 国内外普遍采用加装抗侧滚扭杆装置来提高车体的抗侧滚性能。

文献[3-6]主要分析了扭杆装置的结构设计, 研究了扭杆装置对车辆的侧滚角度、柔度系数、倾覆系数、浮心高度的影响; 文献[7-8]中提出扭杆装置中各个关节

的连接采用橡胶支撑球铰连接, 可以隔离高频振动, 文献[9]对抗侧滚扭杆的材料研究及应用进行了介绍。

上述文献分别论证了扭杆装置对车辆的各项动力学性能的影响, 但是均没有详细讨论扭杆装置安装方式对车辆进出缓和曲线时脱轨系数和轮重减载率的影响。

动力学计算发现, 车辆在进出缓和曲线时, 当扭杆装置采用刚性安装的方式, 对轮重减载率和脱轨系数产生了一定的不利影响。针对上述现象, 本文考虑了扭杆装置采用弹性安装和刚性安装 2 种方案, 建立了某型地铁车辆的整车模型, 对比分析了不同方案对车辆进出缓和曲线时引起的轮重减载率和脱轨系数的影响, 最后从平稳性指标方面进一步研究在安装座处增设弹性橡胶垫后对车辆的影响。

1 抗侧滚扭杆装置的结构和功能

文献[3]中提出的国产化的抗侧滚扭杆装置如图 1

收稿日期: 2011-05-09; 收修改稿日期: 2011-09-27
基金项目: 自然科学基金项目 (51005190); 教育部博士点新教师基金项目 (20090184120006)

所示, 抗侧滚扭杆装置由连杆、扭转臂和扭杆等组成。扭杆和扭臂采用压装式, 扭杆通过固定在转向架上的支撑座与构架相连, 连杆与固定在车体上的连接座相连。扭杆装置仅限制车体的侧滚运动, 由于车体的横摆振动和侧滚振动是耦合在一起的, 所以扭杆装置在限制车体侧滚振动的同时, 对车体的横向振动也有一定的影响。因此在高速进出缓和曲线时, 车体由于惯性作用会有一个保持原来运动状态的趋势, 但是转向架已经进入曲线, 这时车体产生相对转向架的侧滚振动, 受到抗侧滚扭杆装置的抑制, 进而对轮重减载率和脱轨系数产生影响。

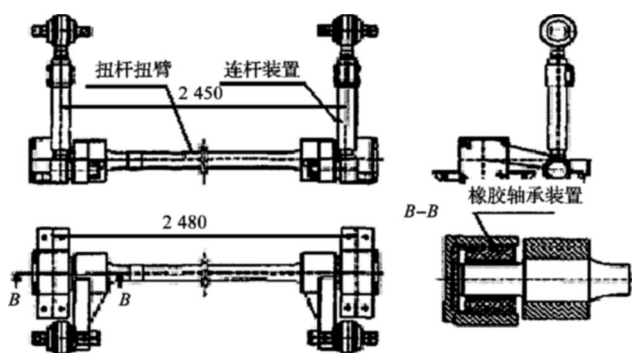


图1 抗侧滚扭杆装置结构

2 装有抗侧滚扭杆装置的车辆动力学模型

为了研究抗侧滚扭杆装置安装方式对车辆动力学性能的影响, 本文采用多体动力学软件Simpack建立了某型城轨车辆的模型, 其整车模型和扭杆模型如图2和图3所示。

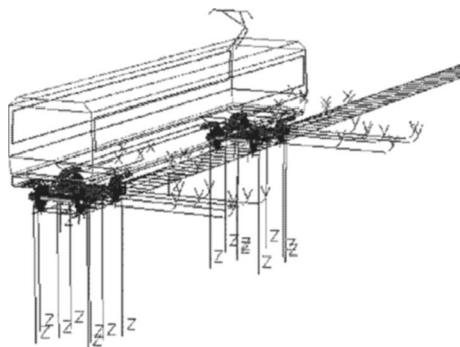


图2 车辆的整车动力学模型

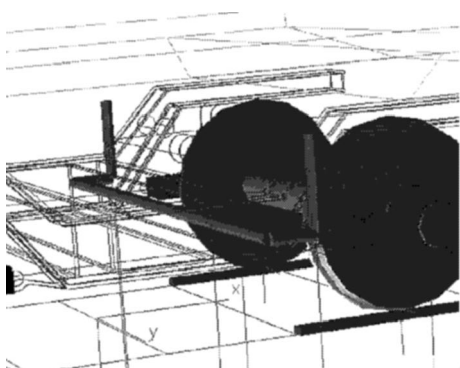


图3 扭杆模型

车辆分成3个主要部分: 车体、2个构架、4个轮对。

车体、构架和轮对都有6个自由度。由于抗侧滚扭杆采用刚性和弹性安装, 其区别只是安装座位置处是否采用弹性橡胶垫, 其余结构都是一样的, 所以可以建立通用的动力学模型, 只改变安装座处的刚度就可以实现弹性和刚性的切换。

考虑到安装座实际空间的限制, 弹性方案时, 弹性节点的刚度采用 $1e7 \text{ N/m}$, 在整个变形的过程中, 最大变形量在 2 mm 内。

3 刚性连接和弹性连接的方案对比分析

抗侧滚扭杆装置的安装方式的不同主要影响车辆进出缓和曲线时车辆的轮重减载率和脱轨系数, 因此本文主要从轮重减载率和脱轨系数两方面进行比较, 最后从柔度系数和平稳性指标两方面验证2种方案。

曲线设置, 以 $R300$ 曲线为基准。曲线由直线段、进缓和曲线段、圆曲线段、出缓和曲线段和直线段组成, 缓和曲线长度取 60 m , 超高取 120 mm , 顺坡率为 2% 。这里以 80 km/h 通过准静态曲线, 比较2种方案对轮重减载率、脱轨系数和柔度系数的影响。直线工况, 以美国5级不平顺为线路激励, 比较加装弹性橡胶垫和刚性安装对车辆平稳性的影响。

3.1 轮重减载率

由于在曲线上轮重减载率最大值发生在第一轮对内侧, 所以这里仅给出第一轮对内侧的计算结果, 如图4所示。未安装抗侧滚装置时, 在整个曲线段均没有出现瞬间增大的峰值, 过渡比较平滑, 而安装该装置以后, 无论采用弹性安装还是采用刚性安装方式, 均出现瞬间增大的现象。弹性方案与刚性方案相比较, 轮重减载率从刚性安装时最大减载率 0.49 降到 0.42 , 减小了 14% 。这是因为采用弹性安装, 可以延缓在车辆进出缓和曲线时, 由于惯性的作用车体侧滚运动受到刚性的抗侧滚装置的冲击作用, 减低了瞬间的冲击力, 提高了车辆通过曲线的安全性指标。

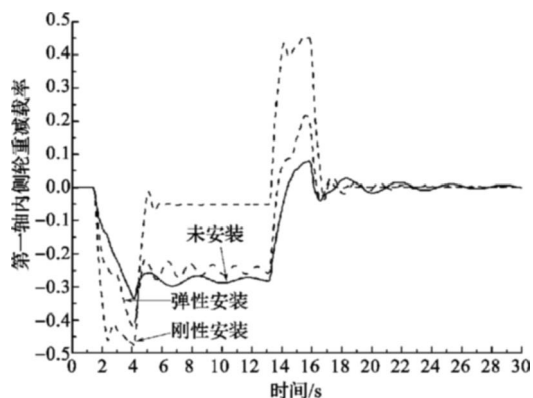


图4 轮重减载率

3.2 脱轨系数

计算工况和前文一致, 由于导向轮对的脱轨系数最大, 这里仅给出导向轮对的脱轨系数时间历程图, 如图5所示。未安装扭杆装置时, 脱轨系数比较低, 仅

为0.32,而加装扭杆装置以后,刚性安装方案为0.49,弹性安装时为0.43,相对减小了12%。虽然未安装可以明显改善脱轨系数,但这样会出现车辆柔度系数超标的情况,采用弹性安装可以在一定程度上缓解抗侧滚扭杆装置对脱轨系数增加的趋势。这是由于导向轮在出缓和曲线的时候,车体和构架之间受到扭杆装置抗侧滚的限制,进而引起轮对垂向力的重新分配,外侧车轮的垂向力减小,内侧车轮的垂向力增加,而导向力没有多大变化,进而导致导向轮的脱轨系数增大。采取弹性安装可以减小瞬间的冲击力,缓解脱轨系数的增加。

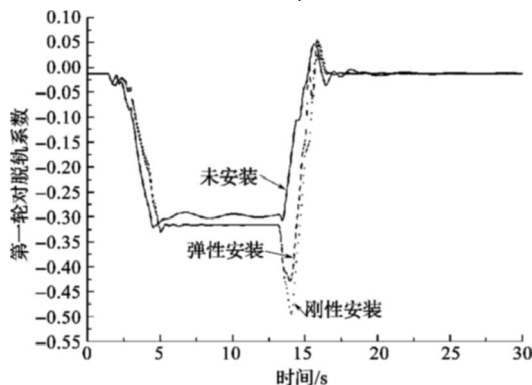


图5 脱轨系数

3.3 柔度系数

车辆以5 km/s的速度通过曲线,模拟车辆停靠曲线区段工况,对比分析弹性方案,刚性方案和未加装侧滚扭杆3种方案在曲线上的柔度系数变化情况,计算结果如图6所示。

由图6可知,如果取消抗侧滚扭杆装置,在空车工况下,柔度系数达到0.48,超过UIC505-5规范中规定的0.4。采用抗侧滚扭杆装置后,无论是采用刚性安装还是采用弹性安装,柔度系数均小于0.1。

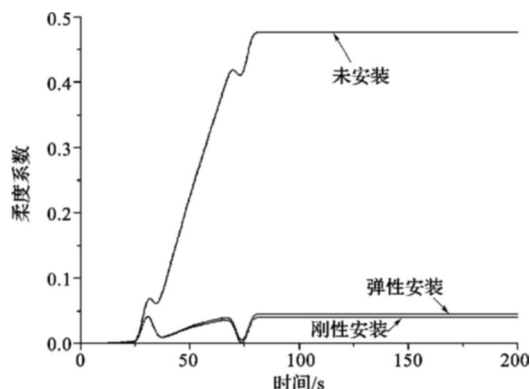


图6 车体的柔度系数

3.4 弹性安装刚度选择

计算弹性节点的径向刚度对轮重减载率和脱轨系数的影响,同时给出弹性节点不同径向刚度对应的变形量,计算结果如图7所示。从图7(a)可以看出,弹性节点径向刚度对轮重减载率的影响比较小,但是从图7(b)可以看出,小的节点径向刚度对应弹性节点的变形量较大,这里的计算工况采用稳态曲线通过,考虑到轨道不平顺的影响将会更大。考虑实际制造要求和

轨道不平顺的影响,这里选用径向刚度值为 $1e7$ N/m,最大变形量在2 mm以内。

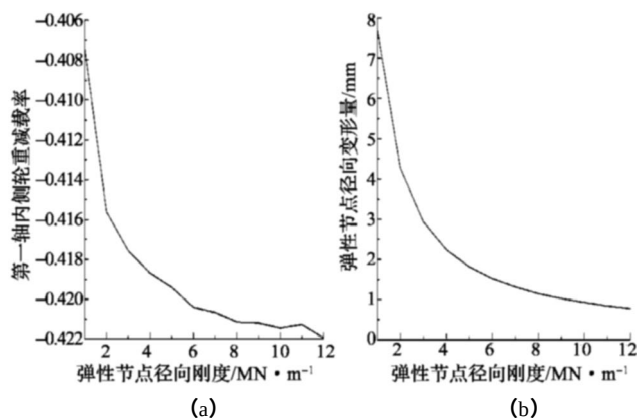


图7 弹性节点径向刚度选用

3.5 平稳性对比

比较未安装、弹性安装、刚性安装3种方案对车辆平稳性的影响,计算结果如图8所示。不加装抗侧滚扭杆装置,车体的横向和垂向平稳性指标都比加装扭杆装置以后好,但是从上面的计算可以看出,不满足柔度系数的要求。相对刚性方案,弹性方案可以改善低速时车辆的横向平稳性指标,而高速时,2种方案对横向的平稳性影响相当;对于垂向平稳性,2方案几乎相当,都在优级指标之内。

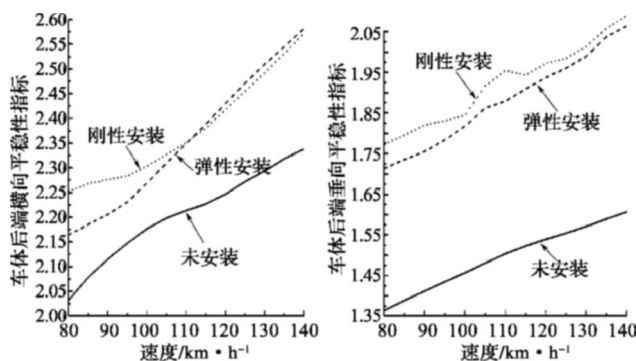


图8 车体横向和垂向平稳性指标

4 结语

①抗侧滚扭杆装置的安装,可以有效地降低车辆的柔度系数,保证曲线通过的限界要求。

②扭杆安装方式的不同,给车辆曲线通过带来不同的影响,主要是进出缓和曲线时对轮重减载率和脱轨系数的影响比较大。弹性安装可以在一定程度上改善由于加装抗侧滚扭杆装置引起车辆进出缓和曲线时轮重减载率和脱轨系数瞬时峰值,提高曲线通过的安全性。

③弹性节点径向刚度应该根据具体的车辆和线路等级,通过动力学计算分析,充分考虑车辆的各项动力学指标来合理选用。

参考文献:

- [1] 严隽髦. 车辆工程 [M]. 北京:中国铁道出版社,2008.
- [2] 刘增华,李 芾,黄运华. 空气弹簧及其在轨道车辆上的应用 [J]. 铁道车辆,2009(12): 45-48.

(下转第78页)

显示屏黑屏,影响行车安全;代码819(298次)、820(87次)、821(647次)、782(117次)累积造成3件机破(表5),出现该类代码的机车号范围集中分布在330~430之间,均为2010年12月后配属江岸机务段的新车,说明330号以后新造机车对当前线路适应不佳。以上结论与江岸机务段同期临修状况相符,在2011年6月17日铁路机车项目联合办公室于株机公司召开的HXD1B型电力机车质量工作会议上也有反映。

目前,铁道部举办的交流机车运用环境测试试验已在大同、武汉北进行,相信在有所结论和措施明确后,能够为HXD1B型电力机车提供更稳定的运行环境。

表3 清洗滤网后,主逆变器温度高故障代码数量变化趋势

CodeID (A)	月 份	A 代码 出现数(S)	本月全部 代码数(T)	每百万代码中 A 代码 出现比例(S/T)
235	3 月	185	216 919	853
235	4 月	34	164 493	207
235	5 月	2	240 259	8.32
235	6 月	2	294 640	6.79
236	3 月	188	216 919	867
236	4 月	46	164 493	280
236	5 月	2	240 259	8.32
236	6 月	6	294 640	20.4
237	3 月	96	216 919	443
237	4 月	22	164 493	134
237	5 月	0	240 259	0
237	6 月	0	294 640	0
243	3 月	188	216 919	867
243	4 月	27	164 493	164
243	5 月	1	240 259	4.16
243	6 月	0	294 640	0

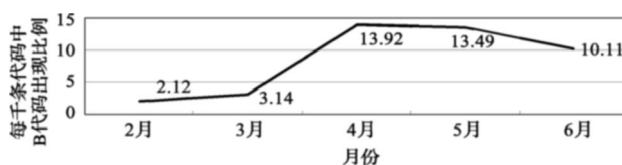


图7 显示器温度超限故障趋势图

表4 显示器温度超限故障代码统计

CodeID (B)	月 份	本月 B 类代 码出现数(S)	本月全部 代码数(T)	每千条代码中 B 代码 出现比例(S/T)
960~965	2 月	271	127 675	2.12
960~965	3 月	681	216 919	3.14
960~965	4 月	2 290	164 493	13.92
960~965	5 月	3 240	240 259	13.49
960~965	6 月	2 979	294 640	10.11

(上接第60页)

用[J]. 电力机车与城轨车辆, 2003, 26(6):24-27.

[3] 王忠杰. 广州地铁3号线车辆抗侧滚扭杆装置的国产化研制[J]. 城市轨道交通研究, 2008(9):40-42.

[4] 段华东. 抗侧滚扭杆对轨道车辆抗侧滚性能的影响研究[J]. 电力机车与城轨车辆, 2007, 30(5): 14-16.

[5] 朴明伟, 李 繁, 兆文忠. 抗侧滚扭杆利弊及技术对策[J]. 铁道机车车辆, 2008, 28(2):39-42.

表5 机车质量故障代码(记为B)

CodeID	中文故障代码	数据来源
960	显示器1:1.显示器内部温度超限(大于60℃)	中央控制单元诊断数据
961	显示器1:2.显示器内部温度超限(大于70℃)	中央控制单元诊断数据
962	显示器1:3.显示器内部温度超限(大于80℃)	中央控制单元诊断数据
963	显示器2:1.显示器内部温度超限(大于60℃)	中央控制单元诊断数据
964	显示器2:2.显示器内部温度超限(大于70℃)	中央控制单元诊断数据
965	显示器2:3.显示器内部温度超限(大于80℃)	中央控制单元诊断数据
819	Line current: 一次侧电流与回流电流差异过大	牵引控制单元诊断数据
820	Line current: 一次侧电流过高->HEV	牵引控制单元诊断数据
821	一次侧电流过高(断开受电弓自动开关)	牵引控制单元诊断数据
782	PW1H:辅逆1与辅逆2电压差异过大	牵引控制单元诊断数据

3 结束语

本文提出了基于HXD1B型电力机车诊断系统数据的故障排查方法,并证明了该方法的可行性与有效性,在此基础上给出部分反映机车质量的重点故障代码。

江岸机务段配属HXD1B型电力机车尚不足2年,目前已建立相应机车数据记录下载分析制度:专职技术人员24 h检查机车安全。下阶段计划进一步完善重点故障代码,并提高其作为扣车检修依据的合理性,寻找代码与故障现象之间的相关性。此外,为解决技术人员全面检查机车数据时信息量较大、容易遗漏的问题,相关软件正在研发中。

参考文献:

- [1] 张 普. 西门子SIBAS32自动控制系统在HXD1型电力机车上的应用[J]. 电气技术, 2009(3): 121-124.
- [2] 翟启斌. HXD1B型电力机车故障分析与对策[J]. 机车电传动, 2010(3): 68-71.
- [3] 中国南车集团株洲电力机车有限公司. HXD1B型交流传动电力机车维修手册[M]. 株洲:中国南车集团株洲电力机车有限公司, 2009.
- [4] 尚 森. 模块化设计思想在工业产品造型设计中的运用[J]. 包装工程, 2007, 28(4).
- [5] 李 凌, 徐 伟. 密封式电磁继电器加速寿命试验最优方案设计与分析[J]. 低压电器, 2010(4): 13-16.
- [6] 姜建东, 付茂海, 李 蓓. 客车转向架抗侧滚扭杆装置特性分析[J]. 铁道机车车辆, 2004, 24(5): 4-7.
- [7] 尹显骥, 章 鹏. 轨道车辆抗侧滚扭杆装置的设计[J]. 电力机车与城轨车辆, 2005, 28(3): 21-22.
- [8] 姜卫星, 沈培德. 我国高速客车转向架抗侧滚扭杆的研制[J]. 铁道车辆, 1996, 34(6): 1-5.
- [9] 郭红锋, 缪惠勇, 等. 空气弹簧及抗侧滚扭杆可靠性设计技术及应用[J]. 机车电传动, 2009(3): 27-31.