

研
究
开
发

转臂轴箱定位节点位置对机车 动力学性能影响分析

姚 远, 张红军, 罗 赟

(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: 姚 远 (1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事机车车辆设计及理论研究工作。

摘 要: 利用 SIMPACK 建立某出口 2B₀ 机车动力学模型, 分析了转臂轴箱定位节点的纵向位置对机车动力学性能的影响。研究表明节点纵向位置对机车横向稳定性有较显著影响, 而对机车直线和曲线通过性能影响不大。得出了在动力学模型中, 需要把转臂作为一个单独元件考虑, 以减小计算误差的结论。

关键词: 轴箱定位; 机车动力学; 转臂轴箱; 建模方法

中图分类号: U260.11; U260.33 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-128X(2007)03-0027-03

Analysis on Influence of Locating Node Position of Tumbler Axle-box on Locomotive Dynamic Performance

YAO Yuan, ZHANG Hong-jun, LUO Yun

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

Abstract: The dynamic model of a 2B₀ locomotive for export is built with software SIMPACK to analyze the influence of longitudinal position of the locating node for tumbler axle-box on locomotive dynamics. The research indicates that the longitudinal position of the node could heavily influence the locomotive's lateral stability, while it barely influences the performance of straight-line operation and curve negotiation. The conclusion is achieved that it is necessary to take the tumbler as an independent unit in the dynamic model to reduce the calculation errors.

Key words: axle-box locating; locomotive dynamic; tumbler axle-box; modeling method

0 引言

转臂式轴箱定位是将轴箱与定位拉杆合为一体, 组成转臂结构。轴箱转臂定位是通过转臂一端的节点与构架安装座相连。节点由 2 个锥形橡胶关节组成, 用于提供轴箱定位的纵向刚度并且和一系弹簧共同提供一系横向刚度, 传递轮对与构架间的纵向和横向作用力。轴箱垂向弹性则由一系弹簧提供。转臂式轴箱定位具有结构简单、落轮方便的优点, 并可方便地更换节点的橡胶关节, 调整和改变轴箱纵横定位弹性参数, 实现对转向架动力学性能的调节, 有利于转向架模块化和新转向架的试制。转臂式轴箱定位大量应用在城市轻轨、地铁和城际干线车辆^[1]。近年来, 转臂轴箱定位开始应用于机车转向架, 如法国 TGV-A 高速列车动车转向架, 我国出口哈萨克斯坦的 200 km/h 机车。本文

利用 SIMPACK 动力学软件, 从转臂轴箱定位的节点纵向安装位置入手, 分析该定位方式对机车动力学性能的影响。

1 计算模型简述

针对某 2B₀ 架悬式出口机车, 采用转臂式轴箱定位结构, 如图 1。利用多刚体动力学软件 SIMPACK, 建立动力学计算物理模型, 见图 2。模型考虑了车体、2 个构架、4 个轮对、转臂轴箱、一系与二系弹簧和减振器等。牵引电机刚性架悬在构架上。模型共 15 个刚体, 50 个自由度。其中轮对的垂向和侧滚运动是由横移决定的, 不是独立自由度; 转臂轴箱仅考虑点头和摇头自由度。模型主要参数: 转向架轴距 2.9 m; 转向架中心距 10.65 m; 轨距 1 520 mm; 轮径 1 250 mm; 轴箱转臂长 450 mm; 轴箱横向自由间隙 0.5 mm, 弹性间隙 8 mm; 一系弹簧纵、横向刚度都为 1.147 kN/m; 单轴箱拉杆纵、横向刚度分别为 17 kN/mm 和 4 kN/mm; 一、二系静挠度分别为 59.5 mm 和 154.4 mm; 轴重 22 t。

收稿日期: 2006-09-07; 收修改稿日期: 2007-03-06

基金项目: 长江学者和创新团队发展计划资助 (IRT0452)

本文计算中,采用美国AAR标准6级轨道不平顺。锥形踏面为GOST-11018标准锥形踏面,其等效锥度在0.05左右;磨耗型踏面采用俄罗斯标准磨耗型踏面,等效锥度在0.12左右。轨头为P65钢轨,轨底坡为1:40。用数值积分方法求解,充分考虑轮轨接触几何关系和蠕滑关系的非

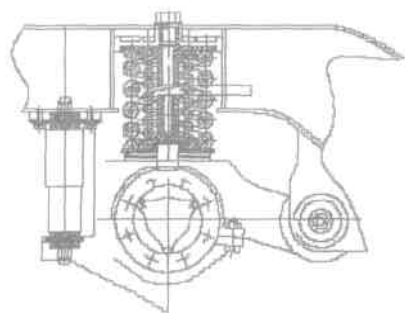


图1 转臂式轴箱定位结构

图2 2B₀ 架悬机车的物理模型

线性、轮对自由横动量和轴箱横向止挡的非线性、二系横向止挡刚度的非线性以及各减振器的卸荷特性^[2]。

本模型主要特点是将转臂轴箱作为一个单独刚体,一端通过三向力元件同转向架构架相连,另一端用可绕Y轴转动铰来模拟转臂轴箱与轮对连接。与以往忽略转臂或拉杆定位元件,直接将关节弹性参数等效到一系悬挂刚度的传统建模方法相比,本模型充分考虑到转臂连接形式和节点纵向位置对机车动力学性能的影响^[1]。

2 转臂节点纵向位置对机车横向稳定性的影响

机车非线性运行稳定性计算时,本文截取一段长度为50 m的不平顺时域谱作为激励,让机车以一定的速度通过不平顺后,在直道上继续运行300 m,通过各刚体位移的收敛和发散情况来判断机车是否失稳。这里读取机车轮对横向位移极限环振幅,当其小于轴箱横向自由间隙0.5 mm时,机车的运行速度为机车蛇行运动限定速度。

图3为该机车在300 m时第一轮对横向位移极限环,可见磨耗型踏面机车较锥形踏面机车具有更高的限定速度,即具有更好的横向稳定性。

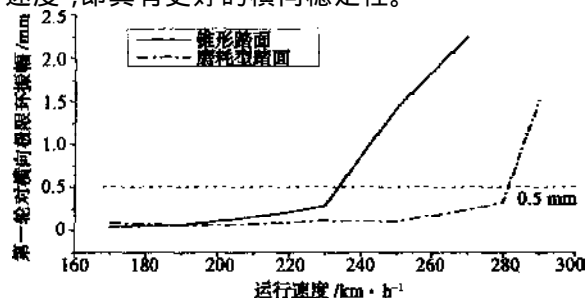


图3 第一轮对横向位移极限环

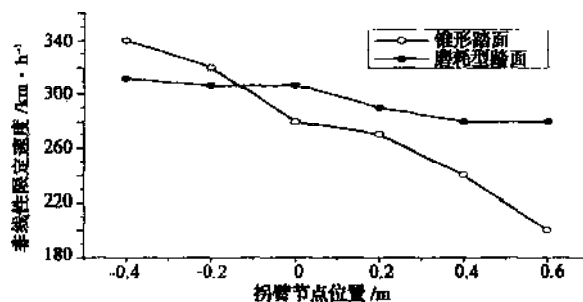


图4 非线性限定速度随转臂节点位置变化

图4是转臂轴箱式转向架动力学模型得出的不同节点位置,机车蛇行运动限定速度的曲线。图中横坐标为节点纵向位置,并以轴箱轴线为原点,正值表示转臂同构架相连的节点在轮对的内侧,负值表示节点在轮对的外侧。负值在结构上较难实现,但在理论上探讨具有价值。由图可见,随着节点位置由正向负变化,机车的蛇行运动限定速度增大。限定速度随节点纵向位置的变化近似为线性。这种变化规律可以形象地理解为转向架轴距变化对机车运行稳定性的影响,但其引起这种速度变化的机理还值得深入探讨。

另外还可以看出,转臂轴箱纵向位置对锥形踏面机车蛇行运行稳定性的影响比磨耗型踏面机车显著。

为更好地理解转臂轴箱定位的特点,在当量参数相同的条件下,将转臂更换为单拉杆轴箱定位,如“中华之星”动力车转向架轴箱的定位方式。轴箱单拉杆定位动力学建模时,将拉杆作为一个单独元件,一端用铰同轴箱相连,可绕Y、Z轴转动,另一端用三向力元件同构架连接。其机车直线运行稳定性如图5。由图可知,机车的蛇行限定速度不随拉杆与构架相连关节的纵向位置变化,拉杆关节纵向位置对机车运行稳定性无影响。实际上单拉杆轴箱定位时,动力学分析可忽略拉杆元件的影响,但转臂轴箱定位方式则不能简化,否则将带来较大的计算误差。

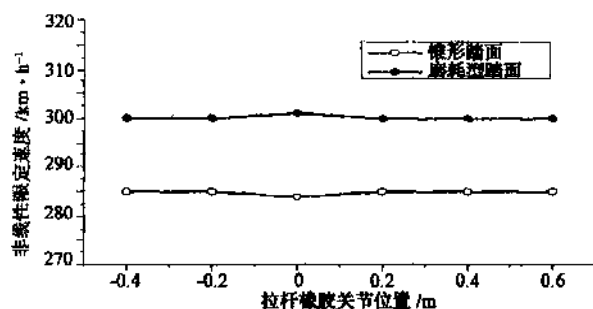


图5 非线性限定速度随拉杆关节位置变化

若转臂轴箱定位利用前面所述传统模型建模,磨耗型和锥形踏面的机车蛇行稳定性计算速度较本文轴箱转臂长450 mm的精确模型计算结果,分别大9%和13%左右。其计算结果偏大较多,存在风险。

3 转臂节点纵向位置对机车直线运行性能的影响

机车以180 km/h的速度在直线线路上运行时,机车

前司机室横向平稳性指标的计算结果如图6。由图6可见,对于转臂式轴箱定位转向架,锥形踏面机车横向平稳性不随转臂节点位置变化,而磨耗型踏面机车随转臂关节节点内移,横向稳定性指标增大较显著,应引起重视。图7为采用锥形踏面时,机车横向动力学性能指标,由图7可知直线运行时,随转臂节点位置变化机车横向动力性能变化很小。

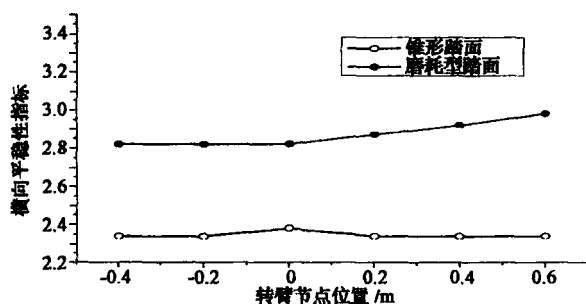


图6 横向平稳性随转臂节点位置变化

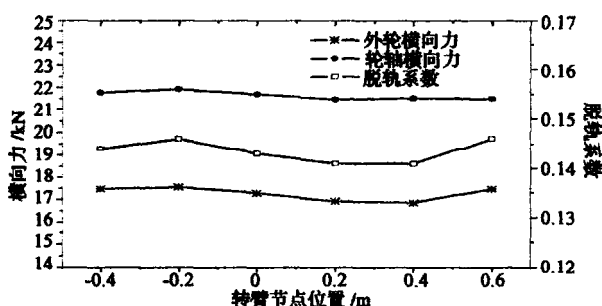


图7 锥形踏面机车横向动力学性能随节点位置变化

4 转臂节点纵向位置对曲线通过性能的影响

为了讨论转臂节点纵向位置变化对曲线通过性能的影响,选用磨耗型踏面分别通过大半径和小半径曲线2种工况,比较脱轨系数 Y/Q 值、轮对横向力等曲线通过性能指标。曲线通过计算是在一条由20 m直线—150 m缓和曲线—200 m圆曲线—150 m缓和曲线—20 m直线组成的具有不平顺的轨道上进行的。计算工况见表2。

表2 有不平顺线路机车曲线通过计算工况

工况	圆曲线半径/m	外轨超高/mm	欠超高/mm	通过速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	轨距加宽/mm	线路等级
1	2 000	105	-98	180	0	AAR6
2	300	150	-117	80	0	AAR5

由于线路采用了不平顺,对计算结果进行2m平滑处理。机车通过曲线时第一轮对的动力学指标最大值见表3、4。

表3 工况1机车曲线通过动力学指标最大值

节点位置/m	脱轨系数	轮轴横向力/kN	车轮力/kN	外轮磨耗功率/ $\text{kN} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	轮重减载率
0.6	0.461	48.0	61.5	15.5	0.332
0.4	0.451	47.5	60.6	15.1	0.342
0.2	0.441	46.3	57.2	16.1	0.364
0	0.440	45.4	55.5	15.5	0.320
-0.2	0.437	43.2	54.9	15.8	0.354
-0.4	0.429	42.7	53.6	15.4	0.357

表4 工况2机车曲线通过动力学指标最大值

节点位置/m	脱轨系数	轮轴横向力/kN	车轮力/kN	外轮磨耗功率/ $\text{kN} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	轮重减载率
0.6	0.53	52.6	74.1	28.1	0.527
0.4	0.53	52.8	74.2	28.8	0.536
0.2	0.53	53.0	74.3	29.5	0.523
0	0.53	53.1	74.5	30.2	0.532
-0.2	0.53	53.5	74.8	30.8	0.530
-0.4	0.53	53.6	74.9	30.7	0.527

由表3、表4数据可知,在曲线半径大的工况1时,机车脱轨系数、轮轴横向力和外轮横向力都随节点位置内移而增大,因此节点内移将降低机车曲线通过性能,但不显著;在曲线半径小的工况2时,脱轨系数、轮轴横向力和车轮横向力基本不随节点位置变化,但外侧车轮磨耗随节点位置内移而减小,可降低轮轨磨耗。由表3、表4的计算数据可以看出,转臂轴箱节点纵向位置对机车曲线通过性能略有影响,但不显著。

5 结论

动力学建模方式对转臂式轴箱定位转向架的计算精度有较大影响。传统建模方法的机车稳定性计算速度较精确模型值要大。若按本文转臂长450 mm计算,锥形踏面机车大13%左右,磨耗型踏面机车要大9%左右。为提高计算精度,转臂轴箱定位机车的动力学模型需将转臂作为一个单独元件考虑,不可简化。

机车非线性限定速度随转臂节点纵向位置的增大,呈递减关系。锥形踏面机车的非线性限定速度随转臂长度变化比磨耗型踏面机车要敏感。当转臂节点在轮对内侧时,增加转臂长度将降低机车的非线性横向稳定性。

机车在直线运行时,转臂节点纵向位置的变化,对锥形踏面机车直线横向平稳性影响不显著,但对磨耗型踏面机车影响较大。随转臂节点内移,磨耗型踏面机车的横向平稳性指标变大。直线上,其他横向动力学性能指标随节点位置变化影响很小,可以不考虑。

机车通过曲线时,转臂节点纵向位置对曲线通过性能略有影响,但不显著。曲线半径较大时,节点内移将降低机车曲线通过性能;曲线半径较小时,曲线通过性能影响不大,但随节点位置内移,可降低轮轨磨耗。

参考文献:

- [1] 赵云生. 转臂式轴箱定位的准高速客车动力性能分析[J]. 铁道机车车辆, 1995(3).
- [2] 罗 赟, 陈 康, 金鼎昌. $2B_0$ 动力车踏面外形对悬挂参数选配的影响[J]. 铁道学报, 2004(5).
- [3] 马卫华, 罗世辉, 王自力. 基于多刚体动力学的机车横向稳定性分析方法研究[J]. 机车电传动, 2005(5).