

SS7E 型电力机车轴箱拉杆的改进

张春良, 许呈祥, 黄友剑, 唐先贺

(株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘要:以 SS7E 型电力机车轴箱拉杆的结构改进为例, 详细介绍了轴箱拉杆的结构及性能特点。静刚度及疲劳试验表明, 与老结构产品相比, 新结构产品能够满足主机厂提出的新技术参数要求, 并具有良好的耐疲劳性能和使用可靠性。

关键词:轴箱拉杆; 结构改进; 静刚度; 疲劳性能

轴箱拉杆是广泛用于我国韶山系列电力机车和东风系列内燃机车转向架的轴箱定位装置。近些年来, 主机厂根据实际使用情况, 对 SS9 及 SS7E 型机车轴箱拉杆的性能参数进行较大修改, 并由株洲时代新材料科技股份有限公司按照新的参数重新进行设计和开发。本文以 SS7E 轴箱拉杆为例, 介绍轴箱拉杆结构改进及刚度调节方法。

1 产品介绍

1.1 安装方式

轴箱拉杆(见图 1)为一种结构紧凑的轴箱定位装置, 主要作用为传递牵引力及制动力, 并能在机车以较高速度运行时, 提供足够的横向刚度, 以保证机车运行时的横向稳定性。

1.2 结构特点

老结构轴箱拉杆总装示意图 2。每个轴箱拉杆由一个连杆体、4 个橡胶垫、4 个挡圈、2 个拉杆组件和 4 个端盖组合而成, 其中橡胶垫和拉杆组件为金属-橡胶复合元件(以下简称橡胶件)外, 其余 3 种均为金属部件。

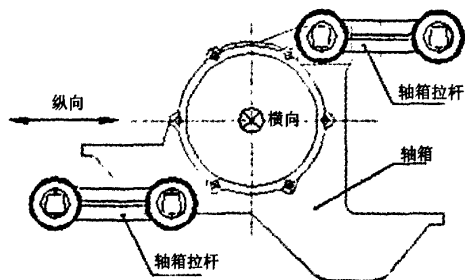
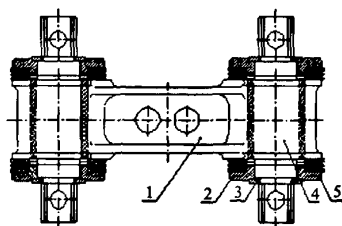


图 1 轴箱拉杆安装示意



1—连杆体; 2—橡胶垫; 3—挡圈; 4—拉杆组件; 5—端盖。

图 2 老结构轴箱拉杆总装示意

1.3 性能参数

轴箱拉杆最主要的两个性能参数为横向刚度和纵向刚度(见表 1)。

表 1 新老结构轴箱拉杆刚度要求

项 目	横向刚度/(kN·mm ⁻¹)	纵向刚度/(kN·mm ⁻¹)
新技术要求	3.3±0.5	20±2
老技术要求	无系统刚度要求, 只有单个部件的刚度要求	
老结构产品		
实测值	1.8	40

2 新老性能参数对比及老结构产品缺陷分析

近些年来, 各主机厂根据轴箱拉杆的实际使用情况, 对 SS7E 型机车轴箱拉杆的性能参数进行较大修改, 同时因为轴箱拉杆原有老产品结构方面尚存在一些缺陷, 因此我们按照新的参数重新进行了结构设计和开发。

2.1 新老性能参数对比

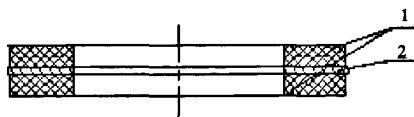
由表 1 中横向刚度和纵向刚度的匹配可知, 老结构产品不能满足新结构产品的性能参数要求, 主要表现在老结构产品的横向刚度偏小, 纵向刚度偏大。

2.2 老结构产品缺陷分析

2.2.1 橡胶垫

老结构橡胶垫的结构如图 3 所示。

老结构橡胶垫是由 2 层橡胶夹 1 层钢板组成的,这样的设计主要存在 2 个问题。第一,组装后,由于橡胶垫的预压缩大,导致橡胶鼓出太多,容易形成应力集中(见图 4 和图 5,最大应力为 4.89 MPa),从而影响疲劳性能。第二,当提高橡胶硬度时,将加大组装难度,且橡胶脆性加大,大预压缩时更容易破坏失效。



1—隔板;2—橡胶。

图 3 老结构橡胶垫示意

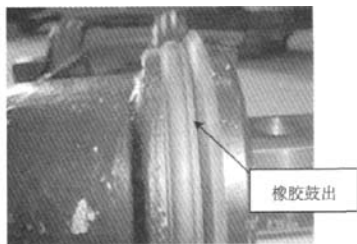


图 4 组装状态的橡胶垫

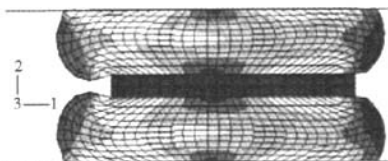


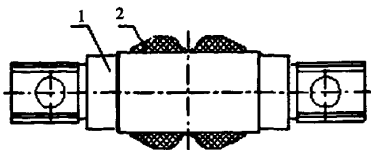
图 5 组装状态橡胶垫承载特性

2.2.2 拉杆组件

老结构拉杆组件的结构如图 6 所示。

试验与分析表明,拉杆组件压入连杆体时,是橡胶与连杆体安装孔之间相对运动,而橡胶是弹性体,因此压入的轴向相对位置不易控制,容易造成产品性能的不稳定。

由于拉杆组件压入连杆体时,橡胶在径向受到较大的预压缩,压入刚性外套后应力集中较大(见图 7 应力分布图,最大应力 3.76 MPa);同时,还很容易被挤压、剪切破坏,尤其是当橡胶硬度偏低(强度也较低)或当橡胶硬度偏高时(脆性较



1—芯轴;2—橡胶。

图 6 老结构拉杆组件结构示意图

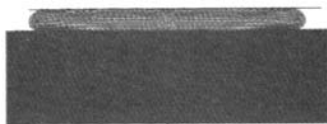


图 7 老结构拉杆组件工作承载特性

大),在压入时就更容易损坏。

另外,橡胶硬度偏低,一般来讲,其强度、耐热性等性能就会偏低,这也将直接影响产品的使用寿命和可靠性。

3 参数调节及结构改进

根据分析可知,轴箱拉杆的横向刚度主要由橡胶垫和拉杆组件的弯曲刚度决定,而纵向刚度主要由拉杆组件的径向刚度决定。因此,要提高横向刚度,就必须提高橡胶垫和拉杆组件的弯曲刚度;要降低纵向刚度,就必须降低拉杆组件的径向刚度。

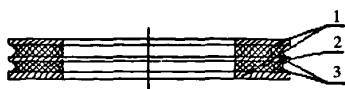
3.1 提高横向刚度

3.1.1 橡胶垫

提高橡胶垫的弯曲刚度既可提高橡胶硬度,也可改变橡胶垫的结构形式。因为橡胶材料综合性能比较好的邵尔 A 型硬度范围为 50~70 度,所以在不改变橡胶垫结构形式的前提下,仅靠调整橡胶硬度来调节橡胶垫的弯曲刚度有一定局限性,而且试验也证明了图 3 所示的老结构橡胶垫无法达到 $3.3 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 的横向刚度要求,因此必须采用新结构橡胶垫。

新结构橡胶垫(见图 8)为 3 层钢板夹 2 层橡胶。由于 2 块端板对橡胶的约束作用,致使新结构橡胶垫的弯曲刚度较老结构橡胶垫大为增加。

分析与试验证明,橡胶垫采用新结构,轴箱拉杆的综合横向刚度完全可以达到新技术要求 $3.3 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$,并且通过调节橡胶的硬度,甚至可以达到 $6 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 以上。



1—端板;2—隔板;3—橡胶。

图 8 新结构橡胶垫示意

3.1.2 拉杆组件

提高拉杆组件的弯曲刚度将同时提高径向刚度,这与降低轴箱拉杆的纵向刚度是相矛盾的。但试验证明,拉杆组件弯曲刚度的变化对轴箱拉杆横向刚度的影响远远小于橡胶垫的弯曲刚度,即使拉杆组件的弯曲刚度有所降低,通过提高橡胶垫的弯曲刚度,就已经能够满足提高轴箱拉杆横向刚度的要求,因此在这里不再讨论提高拉杆组件弯曲刚度的问题。

3.2 降低纵向刚度

经测试,图 6 所示老结构拉杆组件的径向刚度为 $40 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 左右,由此可推测出轴箱拉杆(每轴箱)的纵向刚度为 $40 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 左右。

因为生产拉杆组件所用橡胶材料的邵尔 A 型硬度已经降低到 45~50 度,已经没有再降低的空间,所以只有重新设计拉杆组件的结构,方可降低其径向刚度。图 9 为拉杆组件新结构示意,其特点见表 2。

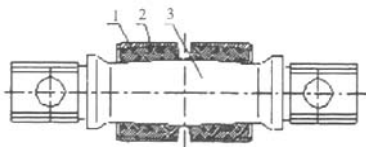


图 9 新结构拉杆组件示意

表 2 新结构拉杆组件特点

特 点	作 用
外套形式	增加整体金属外套,改善组装性能。
胶层厚度	在保证芯轴强度的基础上,适当降低芯轴直径,增加橡胶层厚度。
橡胶自由面数量	金属外套为两截结构,因而橡胶自由面数量由 2 个增加为 4 个。
预压缩方式	采用径、轴预压缩相结合的方式,使橡胶最终得到较小的径向刚度。

4 参数调节及结构改进结果

4.1 组装工艺性

拉杆组件增加整体金属外套后,其压入连杆体时,组装工艺性得到了很大的提高,因橡胶直接压装而损坏,从而影响轴箱拉杆总体性能的现象

也大为减少。

4.2 外观

橡胶垫改为图 8 所示的 3 层钢板夹 2 层橡胶的新结构后,由于 2 块端板对橡胶的约束作用,组装后的橡胶鼓出不仅较少,而且也变得均匀(见图 10)。

4.3 应力集中现象

采用新结构后,橡胶垫和拉杆组件的应力集中问题较老结构大为减少,最大应力显著下降(见图 11 和图 12 及表 3)。

4.4 静刚度

表 4 为橡胶垫和拉杆组件均采用新结构后的 2 次静刚度试验结果。

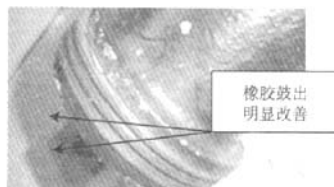


图 10 新结构组装状态的橡胶垫

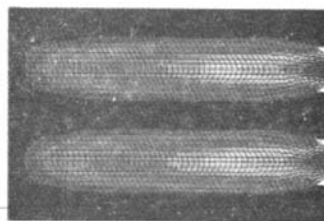


图 11 新结构橡胶垫工作承载特性



图 12 新结构拉杆组件承载特性

表 3 新老结构橡胶垫和拉杆件最大应力对比

项 目	橡胶垫	拉杆组件
老结构最大应力/MPa	4.89	3.76
新结构最大应力/MPa	3.25	2.43
新结构最大应力变化率/%	-33.5	-35.3

表 4 静刚度试验结果

项 目	邵尔 A 型硬度/度		刚度/($\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$)	
	橡胶垫	拉杆组件	纵向	横向
技术要求	—	—	3.3 ± 0.5	20 ± 2
1 次试验值	58	65	3.57	21.5
2 次试验值	58	65	3.80	20.7

(下转第 38 页)

表 1 橡胶促进剂 NS 检测结果

项 目	天津有机 化工一厂	山东单县化工 有限公司	山东阳谷华泰 化工有限公司	品牌产品质量 行业自律规范	采用标准
外观	灰白色颗粒	奶白色颗粒	淡黄色粉末	奶白色或淡黄褐色粉末、粒状	HG/T 2744—1996
初熔点/℃	106.1	106.7	107.2	≥105.0	GB/T 11409.1—1995
加热减量/%	0.10	0.10	0.09	≤0.40	GB/T 11409.4—1989
灰分含量/%	0.20	0.14	0.15	≤0.40	GB/T 11409.7—1989
筛余物含量/%	—	—	0	≤0.10	GB/T 11409.5—1989
甲醇不溶物含量/%	0.18	0.17	0.22	≤0.50	HG/T 2744—1996
纯度/%	98.30	98.35	98.41	≥97.0	按品牌产品质量行业 自律规范
游离胺/%	0.12	0.10	0.12	≤0.50	按品牌产品质量行业 自律规范

表 2 橡胶防老剂 4020 检测结果

项 目	圣奥集团	品牌产品质量行业自律规范	采用标准
外观	灰褐色颗粒	灰紫色至紫褐色球形颗粒	HG/T 3644—1999
初熔点/℃	45.1	≥44.0	GB/T 11409.1—1995
加热减量/%	0.04	≤0.50	GB/T 11409.4—1989
灰分含量/%	0.07	≤0.30	GB/T 11409.7—1989
纯度/%	99.4	≥96.0	按品牌产品质量行业自律规范
凝固点/℃	46.2	≥46.0	GB/T 11409.2—1995

表 3 橡胶防老剂 RD 检测结果

项 目	天津科迈化工有限公司	品牌产品质量行业自律规范	采用标准
外观	深棕色颗粒		GB/T 8826—2003
软化点/℃	88.5	86~98	GB/T 11409.3—2003
加热减量/%	0.14	≤0.30	GB/T 11409.4—1989
灰分含量/%	0.06	≤0.30	GB/T 11409.7—1989
二聚体和三聚体含量/%	39.89	≥35 ¹⁾	按品牌产品质量行业自律规范
甲苯不溶物含量/%	0.09	≤0.50	按品牌产品质量行业自律规范

注:1)高效液相色谱法指标,方法省略。

熊伟华

(上接第 26 页)

4.5 耐疲劳性能

表 5 为新结构产品的疲劳试验考核结果。疲劳后的产品外观保持良好,橡胶垫与拉杆组件均无任何橡胶与金属剥离、橡胶发粘,橡胶本体开裂等现象。

5 结论

综上所述,SS7E 型轴箱拉杆采用新的橡胶垫和轴箱拉杆后,其性能已经完全满足了新的技术要求,而且 2 个橡胶部件的硬度都在橡胶综合性能较好的邵尔 A 型硬度 55~70 度范围内,这对

表 5 疲劳试验结果

项 目	测试值
疲劳前横向刚度/(kN·mm ⁻¹)	3.57
疲劳后横向刚度/(kN·mm ⁻¹)	3.22
横向刚度变化率/%	-8.1
疲劳前纵向刚度/(kN·mm ⁻¹)	20.7
疲劳后纵向刚度/(kN·mm ⁻¹)	19.1
纵向刚度变化率/%	-7.7

注:疲劳试验条件为横向振幅±7.5 mm,频率 4 Hz,屈挠 200 万次;纵向振幅±0.9 mm,频率 4 Hz,屈挠 200 万次。

产品的可靠性是非常有利的。

参考文献:略