

橡胶产品在城市轨道交通中的应用

黄友剑¹, 赵熙雍², 李金卫²

(1. 中南大学, 湖南 长沙 410075; 2. 株洲时代新材料科技股份有限公司, 湖南 株洲 412007)

摘要:现代城市轨道交通结构已大量使用橡胶产品作为减振降噪元件。本文详细介绍了橡胶产品在城市轨道交通中的应用情况, 内容包括产品结构、使用工况、功能特性及产品的减振降噪效果。

关键词:橡胶; 城市轨道交通; 减振降噪

1 前言

随着我国城市轨道交通事业的迅猛发展, 轨道交通的振动和噪声污染日益成为影响城市环境的突出因素, 过量的振动和噪声严重影响城市居民正常的工作和休息。为减少城市轨道对轨道上部或周围物业的干扰, 改善机车车辆的动力学性能及提高旅客乘坐火车的舒适性, 在轨道结构设计中引入橡胶产品, 以达到减振降噪的目的。本文将根据弹性元件在城市轨道结构中使用部位的不同, 对产品的结构特性、功能特点、使用工况及减振降噪效果进行介绍, 与同行共勉。

2 减振降噪型钢轨

当列车车轮在钢轨轨顶滚动时, 由于钢轨腹板的厚度较薄, 轨腰产生振动, 噪声因振动向空气辐射而产生。为最大限度减小钢轨腹板振动引起的噪声, 在钢轨腹部硫化一层高阻尼橡胶板, 同时, 为增加振动质量, 改善振动衰减, 在橡胶板上再硫化一层钢板, 以实现减振降噪的目的。当然, 这种橡胶型钢轨的关键技术除产品结构具有良好的减振能力外, 还要求橡胶与钢轨、橡胶与铁板之间的粘结性要足够好, 如果出现橡胶剥离, 就会影响减振效果。

为降低列车通过轨道所引起的噪声, 降低车辆通过钢轨时钢轨腹板的振动频率, 提高轨道结构的减振降噪效果, 设计钢轨时应将轨身提高, 并尽可能增加钢轨的轨腰厚。根据实验测试, 这种钢轨的降噪效果可达 5dB, 它是未来地铁、轻轨用

钢轨的一种发展趋势(见图 1)。

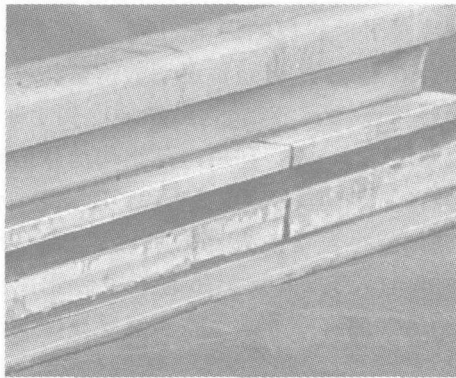


图 1 减振降噪型钢轨

3 扣件

3.1 高弹性钢轨扣件

扣件是轨道结构中的重要部件, 其作用是固定钢轨, 保持轨距, 防止钢轨发生相对于轨枕的纵、横向移动, 并提供轨道适当的弹性, 以满足减振降噪的要求。为使扣件具有良好的弹性刚度(一般在 $10 \sim 15 \text{ kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 之间), 设计扣件时, 在轨下垫和铁垫板间分别设置橡胶板, 以实现垂直方向具有良好的弹性。因此扣件的弹性主要是由橡胶垫提供的, 下面就这两种橡胶垫分别进行介绍。

3.1.1 轨下橡胶垫板

为增加扣件系统的稳定性, 提高橡胶垫板的接触刚度, 轨下橡胶垫板采用沟槽形式。这种沟槽结构能有效地增加接触面积, 提高橡胶弹性, 减小车辆通过钢轨时产生的压应力。因此, 为实现橡胶垫板的良好弹性, 我们不仅对材料配方, 产品

成型工艺有特定要求,而且对产品结构也应进行优化。经过理论分析和大量实践,在成型的橡胶垫板上表面设置沟槽 9 条,下表面设置沟槽 8 条,轨下橡胶垫板的静刚度约为 $35\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

3.1.2 垫板间橡胶垫板

铁垫板间的弹性垫设计是弹性扣件设计中的核心技术。它对减轻钢轨的高频振动,减小钢轨振动噪声的传播起重要作用。与轨下橡胶垫板不同,铁垫板间的橡胶垫板要求表面压应力小,弹性好(刚度是轨下橡胶垫板 1.5~2 倍),因此,为实现弹性良好,橡胶垫板采用圆柱形结构,同时,为提高减振性能,产品设计时应将圆柱根部优化成弧面,这对振动衰减有利。

3.2 轨道减振器扣件

为降低地铁和轻轨交通的振动和噪声,减少振动噪声对附近居民的影响,目前国内已开发出一种减振效果良好、高架桥上用的钢轨扣件,即轨道减振器扣件(见图 2)。这种扣件结构上采用橡胶与金属的复合结构,利用产品结构的压剪特性,使其具有很低的垂直静刚度,根据理论分析和大量实验研究,将轨道减振器的垂直静刚度设计为 $10\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 左右,可使产品的减振性能优良,疲劳性能好,并能有效地满足铁路降噪减振的需要。

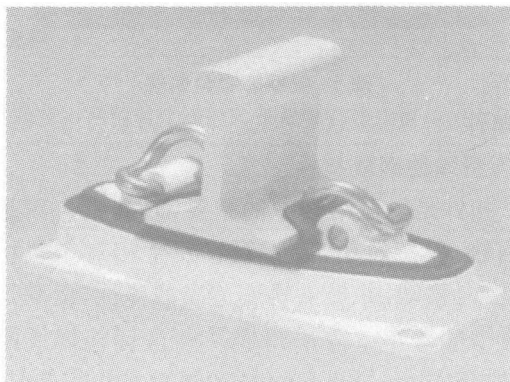


图 2 轨道减振器扣件

国外发达国家已在地铁、轻轨上大量使用轨道减振器;我国也已在 20 世纪 90 年代初进行过简单仿制,并在上海、广州地铁上进行了试用。根据地铁运营测试结果,减振效果约为 8dB。但国产减振器随着使用时间的延长,轨道减振器的减振性能会大大降低,因此,为使减振器具有良好的减振性能,必须努力降低产品的动静刚度比,优化橡胶材料的耐久性、抗老化性等综合性能以及确保产品成型工艺的稳定性。国内、外大量实验表

明,这种减振器的减振性能一般介于扣件与浮置板之间。

4 轨下基础

4.1 弹性短轨枕轨道用橡胶件

弹性短轨枕轨道又称低振动轨道(见图 3),由瑞士人 Roger Sonnevile 发明,目前已在美国、英国、德国、法国、和日本等国采用,而我国也已在广州地铁 2 号线上成功使用。它由短轨枕、橡胶包套、微孔橡胶垫板组成。其中橡胶包套外部结构呈方盆形,材料采用丁苯橡胶;而微孔橡胶垫板所用的材料是三元乙丙橡胶,经发泡加工制作成一个封闭的蜂窝状结构的减振垫块。它具有耐久性好,维修量小,减振效果较好等优点。

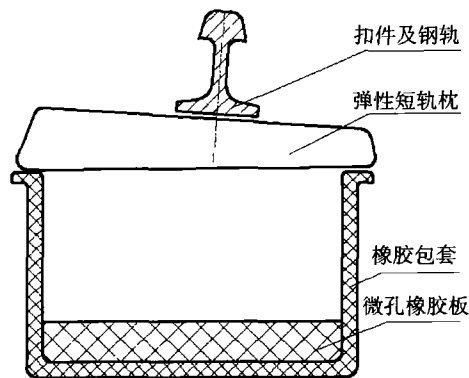


图 3 弹性短轨枕轨道

弹性短轨枕轨道的减振原理是:地铁列车产生的振动能量通过扣件及铁垫板上、下橡胶垫的部分消耗后,传递给轨枕基础,然后通过轨枕底的微孔橡胶垫板的弹性变形来消耗掉大部分振动能量,同时轨枕周边的振动能量则通过橡胶包套来缓冲,从而系统地达到减振耗能的效果。根据轨道落锤实测结果,振动加速度级可望减小 8~12dB,适用于减振要求较高的地段。

4.2 浮置板轨道用橡胶件

浮置板轨道又称质量弹簧系统,由浮置板、橡胶支座、钢轨及扣件组成(见图 4),其中,橡胶支座采用天然橡胶制成,包括横向和侧向两种橡胶支座。设计橡胶支座时,为确保轨道结构具有理想的减振效果,横向支座的静刚度取值为 $10 \sim 16\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$,侧向支座的静刚度一般取值为 $3 \sim 4\text{kN} \cdot \text{mm}^{-1}$ 。

浮置板轨道的减振原理是:将浮置板轨道的钢轨间接地固定在一个重而坚固的钢筋混凝土制

成的整体道床上,再将道床安置在减振橡胶支座上,由于整体道床能提供足够的惯性质量来抵消机车车辆通过时产生的动荷载,只有静载和小量残余动载能通过侧向橡胶支座传到基础结构中去,从而达到减振降噪的目的。根据测试,浮置板轨道的减振效果一般可达15~16dB,适用于减振要求高的地段。

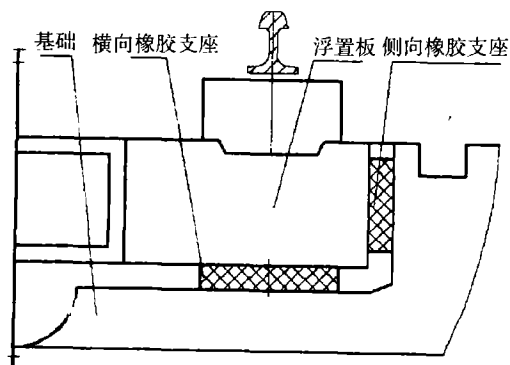


图4 浮置板轨道

4.3 浮置板用橡胶泥—钢弹簧减振器

钢弹簧-橡胶泥隔振器是安装在轨道交通浮置板道床上的一种减振器(见图5),是浮置板道床的核心部件。其减振原理是:将具有一定质量和刚度的混凝土道床浮置在钢弹簧隔振器上,构成质量—弹簧—隔振系统,利用钢弹簧良好的隔振性能和橡胶泥优良的阻尼特性,实现缓和冲击,隔离振动的目的。该类减振器的隔振效率可达80%~90%,是防止轨道因列车运行引起振动和噪声传播的最有效的解决方案之一。

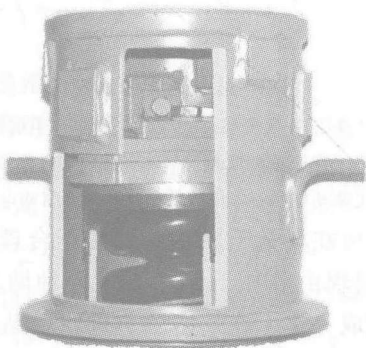


图5 橡胶泥-钢弹簧减振器

与橡胶件相比,钢弹簧—橡胶泥隔振器,具有三维弹性,结构简单的优点,而且无需横向限位装置,就能设计出很高的横向稳定性。因此,横向刚度可独立设计的这种橡胶泥减振器可有效增加系统的各向稳定性和安全性,并可提高抑制和吸收

振动和噪声的能力。2002年,钢弹簧—阻尼隔振器首次从国外引进并成功用于深圳地铁一号线;而国内也已着手进行产品研制,并取得了重大的技术突破,产品整体性能已接近国外同类产品。

5 结论

上面介绍的这几类弹性元件是国内已开发或正在开发使用的城市轨道交通用减振器,相信随着人民生活水平的提高,城市轨道交通对减振降噪将会提出更高的要求,因此,城市轨道交通大面积、大范围使用橡胶元件将给橡胶产业的工程化应用提供一个新的、更为广阔的应用领域,而中国轨道交通产业也必将迎来一个新的、更富生机的春天。

超细碳酸钙在橡胶中的应用

超细碳酸钙是指原生粒子粒径在0.02~0.1 μm之间的碳酸钙,由日本率先研制,是一种最廉价的纳米材料,它所具有的特殊的量子尺寸效应、小尺寸效应、表面效应,使其与常规粉体材料相比在补强性、透明性、分散性、触变性和流平性等方面都显示出明显的优势,尤其是活性超细碳酸钙,具有功能填料的特点,从而大大拓宽了其应用范围,其增韧补强效果极大地改善和提高了相关行业产品的性能和质量。

橡胶工业是我国超细碳酸钙行业最大的用户之一。添加了超细碳酸钙的橡胶产品,其硫化胶伸长率、抗撕裂性能、压缩变形和耐屈挠性能,都明显好于添加普通碳酸钙的产品。此外,超细碳酸钙还具有良好的补强和增白作用,可制得透明和半透明的橡胶产品。超细碳酸钙的颗粒越细,与橡胶互相浸润的比表面积越大,以致使碳酸钙颗粒分散越困难,特别是粒径在0.1 μm以下时,由于表面能的增大,橡胶混炼时容易生热而引起粘辊,因此在应用中欲使其发挥真正的优势,克服不足,要调整配方设计,组分搭配要合理,共混时加料顺序和操作温度等条件要优化,或通过选择其他适宜的助分散剂,来提高共混及分散效果。此外,橡胶用超细碳酸钙其吸收油值越高,碳酸钙对橡胶的浸润性和补强性越好,通过实际应用发现,在不同晶形的超细钙中,以链锁状超细碳酸钙对橡胶的补强效果最好。

金山