

温州市域快速轨道交通高架线路减振降噪综合措施

杜运国 苟长飞 邱海慧

(温州市铁路与轨道交通投资集团有限公司, 325088, 温州//第一作者, 正高级工程师)

摘要 针对温州市域快速轨道交通项目,分析了列车运行噪声和振动对环境影响的特点,提出了减振降噪的综合措施。从车辆选型、优化高架段桥梁梁型、选用高阻尼减振支座、采取轨道减振降噪措施等方面进行源强控制;通过设置声屏障进行噪声传播控制;优化调整轨道周边地块规划,提高周边建筑隔音性能来进一步降低噪声振动的环境影响。实际应用效果表明,上述减振降噪综合措施切实有效。

关键词 市域快速轨道交通;减振降噪;高架线路

中图分类号 U211.3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.08.042

Comprehensive Measures for Reducing Vibration and Noise of Urban Rapid Rail Transit Elevated Line in Wenzhou

DU Yunguo, GOU Changfei, QIU Haihui

Abstract Taking Wenzhou urban rapid rail transit project, the impact characteristics of operational vibration and noise on the environment is analyzed, and comprehensive measures for vibration and noise reduction are proposed. Source strength is controlled by vehicle selection, elevated section bridge beam type optimization, and high damping bearing selection, track vibration and noise reduction. Transmission is controlled by setting noise barrier. The planning of surrounding plots is adjusted and optimized and sound insulation of surrounding buildings is enhanced to further reduce environmental impact caused by noise and vibration. Practical application results show that the above comprehensive measures for reducing vibration and noise are concretely effective.

Key words urban rapid rail transit; vibration and noise reduction; elevated line

Author's address Wenzhou Mass Transit Railway Investment Group Co., Ltd., 325088, Wenzhou, China

随着人们对生活质量要求的日益提高,轨道交通振动和噪声对环境的污染问题越来越引起公众的关注。控制轨道交通的振动和噪声对环境的污染,已经成为轨道交通领域亟待研究和解决的重要

问题。业内学者从车辆构造^[1]、轮轨关系^[2-3]、桥梁结构^[4-7]等角度,对城市轨道交通减振降噪问题进行了大量研究。

市域快速轨道交通(以下简为“市域快轨”)串联了城市重要组团,其速度高于地铁、轻轨等常规轨道交通,线路敷设方式又以地面和高架线路为主,故其振动和噪声对周边环境的影响更不容忽视。本文依托温州市域轨道交通项目,从源强控制、传播控制及受体改善等角度对市域快轨的减振降噪技术措施进行研究。

1 工程概况

温州市轨道交通由“市域快轨线+大运量城市轨道交通线”的双层次网络构成。温州市域快轨线有S1线、S2线及S3线,全长155.26 km。本文主要以S1线(见图1)为例,对市域快轨高架线路减振降噪措施进行论述。



图1 温州S1线走向示意图

2 环境影响

2.1 噪声影响

根据噪声源影响特点,市域快轨高架段线路的列车运行噪声对外环境影响较大。主要噪声源分析结果见表1。根据《环境影响报告书》及《声环境质量标准》^[8],在未考虑环境噪声现状值且开阔无遮挡情况下,S1线高架段及地面段的典型路段噪声达标距离见表2。由表2可知,在未采取措施的情

况下,如无建筑遮挡,则 S1 线正线区间两侧 200 m 范围内基本不能满足声环境功能区 2 类区和 1 类区的标准限值要求。

表 1 S1 线高架段的噪声源分析表

类别	主要噪声源	主要影响因素
轮轨噪声	列车行驶时钢轨和车轮表面粗糙不平产生滚动噪声	列车运行速度、轮轨表面粗糙度
	车轮经过钢轨接缝、道岔处或其它不连续部位时产生的“撞击声”	钢轨接缝、道岔型式
	列车在小半径曲线上运行或过道岔时,轮轨轴向相互作用产生高频的“尖啸声”	轨道曲率半径、道岔型式
桥梁结构噪声	因车轮和轨道表面不规则产生振动,并向桥梁各构件传递振动能,激发梁部、墩台等振动,形成二次辐射噪声	桥梁结构型式、道床结构类型、线路曲线半径

表 2 市域快轨噪声标准及达标距离

轨面 地面 高差 /m	声功 能区 类别	标准值/dB		达标距离/m					
		昼	夜	初期		近期		远期	
				昼	夜	昼	夜	昼	夜
15	4b 类	70	60	8	50	16	71	21	81
	3 类	65	55	27	122	52	146	64	158
	2 类	60	50	78	200	124	200	138	200
	1 类	55	45	155	200	200	200	200	200
10	4b 类	70	60	6	49	15	69	20	78
	3 类	65	55	26	112	51	136	63	149
	2 类	60	50	76	200	115	200	129	200
	1 类	55	45	145	200	200	200	200	200

2.2 振动影响

轨道交通环境振动影响的主要因素有列车类型、运行速度、线路结构、地质条件及建筑物类型等。根据《环境影响报告书》及《城市区域环境振动标准》^[9],预测当列车沿 S1 线侧向经过时的室外地表振动达标距离:在高架段距外轨中心线 24 m 范围外的区域,地表振动可满足“居民、文教区”标准要求;在高架段距外轨中心线 8 m 范围外的区域,地表振动可满足“混合区、商业中心”及“工业集中区”标准要求。列车的振动在经桥梁传至地面后已有很大的衰减,如两侧建筑与线路距离超过 20 m,则列车振动基本不会对两侧的物业有振动影响。

2.3 S1 线的环境影响特点

由上述分析可知:S1 线工程对环境的影响以噪声为主,其振动影响相对较小。根据文献[10],当

列车速度为 60 ~ 200 km/h 时,列车运行噪声主要为轮轨噪声。而 S1 线的设计速度为 120 km/h,故可推论其高架段的列车运行噪声主要为轮轨噪声。此外,列车运行引起的桥梁振动也会向周边环境辐射噪声。

3 减振降噪措施

3.1 源强控制

3.1.1 车辆选型

温州市铁路与轨道交通投资集团有限公司联合中车青岛四方机车车辆股份有限公司对原有的 A 型车辆系统优化,研发出温州市域线专用动车(以下简为“市域动车”)。市域动车在轮轨关系、车辆外型与结构、机电设备等方面均进行了降噪优化,以尽量减少对沿线环境的影响。其中,在车轮上安装降噪阻尼环的措施,取得了较显著的降噪效果。当市域动车以 140 km/h 速度通过空旷平直线路时,其连续噪声不超过 80 dB。

3.1.2 高架段的梁型与支座优化

对 S1 线高架段桥梁的体量及下部结构尺寸进行了分级和细化处理,优化梁形结构及支座,在部分区段按需求增加了箱内纵向隔板。这些措施有效降低了桥梁的低频二次噪声。

S1 线优化后的高阻尼减振支座可视为单自由度质量与弹簧系统,能起到竖向隔振及减振的作用。合理采用与桥梁相适应的减振支座,可有效减少结构振动对基础及周围环境的影响。

3.1.3 轨道的减振降噪

温州市域快轨线轨道的减振设计原则是综合治理、分级减振。具体轨道的分级减振处理措施见表 3。

表 3 温州市域快轨线轨道的分级减振处理措施

减振等级	分级原则	减振措施
一般减振	不超标地段	不特别处理
中等减振	超标 0 ~ < 8 dB	采用双层非线性压缩型减振扣件
高等减振	超标 8 ~ < 15 dB	采用橡胶隔振垫
特殊减振	超标 15 dB 以上	采用液体阻尼钢弹簧浮置板轨道

除了分级减振处理措施,温州市域快轨线的轨道还采用了以下特殊减振部件来减振降噪。

1) 无缝线路。温州市域快轨线采用跨区间无缝线路,取消了钢轨接头,将道岔与区间轨道焊联,

提高了线路的平顺性,以达到减振降噪的目的。

2) 减振扣件。根据相关的技术标准及运营特点,温州市域快轨线的轨道减振扣件在地铁双层非线性压缩性减振扣件的基础上进行了优化设计。该减振扣件采用了与 WJ-7B 一致的弹条,锚固螺栓的钉孔距采用了直列式 382 ± 1 mm,扣件静刚度为 $16 \sim 20$ kN/mm(见图 2)。

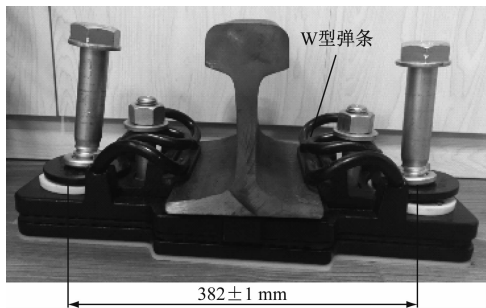


图2 温州市域快轨线的轨道减振扣件

3) 可动心道岔。为减少因道岔有害空间而产生的振动,温州市域快轨线将可动心道岔用于桥上跨区间无缝线路,可有效降低振动产生的噪声。

4) 降噪钢轨。S1 线在曲线半径 ≤ 500 m 的路段还使用了迷宫式约束阻尼降噪钢轨。该阻尼降噪钢轨由迷宫式约束板和迷宫式联结板及其中间的阻尼层组成(见图 3),可增大钢轨振动的衰减率,有效降低轮轨噪声。

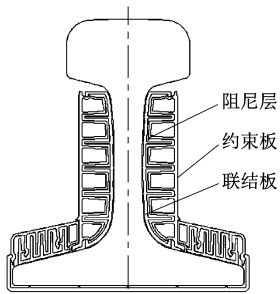


图3 迷宫式约束阻尼降噪钢轨

3.2 噪声传播的控制措施

根据声环境质量控制标准,温州市域快轨线按噪声限值控制要求,分段采用直立式、半封闭式及全封闭式声屏障。声屏障结构技术成熟且隔音效果良好;通透隔声板采用厚度不小于 20 mm 的加筋亚克力板,其计权隔声量 ≥ 30 dB,面密度 ≤ 24 kg/m²;金属单元板采用铝合金复合吸声板,其降噪系

数 ≥ 0.7 ,计权隔声量 ≥ 30 dB,面密度 ≤ 40 kg/m²。采用声屏障后,市域快轨沿线噪声得到了有效降低。

3.3 其他措施

在城市规划中进一步优化线路走向。在高架段,市域快轨应以路中敷设为主,可利用中央绿化带及道路两侧防护绿带来减少振动和噪声对周边建筑的影响。此外,对邻近线路的民用房屋,应合理利用城市规划设计或结合旧村置换,避免房屋离线路过近;对无法搬离线路附近的房屋,可安装隔声窗进行降噪。

4 结语

S1 线对环境的影响以噪声为主,振动影响相对较小;列车轮轨噪声和桥梁振动二次辐射噪声会对两侧房屋产生较大影响;当列车设计运行速度为 120 km/h 时,高架段的列车运行噪声主要为列车行驶时车轮和钢轨相互作用引起的噪声。S1 线等温州市域快轨线采取了一系列减振降噪措施,从实际效果来看,采取源强控制、噪声传播控制等综合措施,可有效降低市域快轨振动和噪声对环境的影响。

参考文献

- [1] 温玉君. 城市轨道交通系统的减振降噪措施[J]. 城市轨道交通研究, 2005(6): 77.
- [2] 谢咏梅, 辜小安, 刘扬. 地铁环境影响评价中轨道隔振措施应用效果研究[J]. 环境工程技术学报, 2012(2): 162.
- [3] 李建斌. 城市轨道交通轨道减振降噪设计研究[J]. 石家庄铁道大学学报(自然科学版), 2011(1): 73.
- [4] 许永富, 尹铁锋, 冯立力, 等. 宁波轨道交通高架线综合降噪效果测试与分析[J]. 都市快轨交通, 2016(5): 94.
- [5] 许代言, 刘林芽. 轨道交通双箱单室箱型梁结构改进后减振降噪效果分析[J]. 城市轨道交通研究, 2017(8): 32.
- [6] 方小华, 谷爱军, 吴建峰. 轨道交通简支箱梁桥振动传递特性分析[J]. 都市快轨交通, 2013(3): 84.
- [7] 谷爱军, 张宏亮, 李文会, 等. 城市轨道交通高架线噪声控制问题分析[J]. 都市快轨交通, 2013(4): 6.
- [8] 中华人民共和国环境保护部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 声环境质量标准: GB 3096—2008[S]. 北京: 环境科学出版社, 2008.
- [9] 国家环境保护局. 城市区域环境振动标准: GB 10070—1988[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.

(收稿日期: 2018-06-05)