

德国铁路噪声实时监测系统研究现状

宣晓梅¹, 辜小安^{2*}, 伍向阳², 刘兰华², 韩立¹, 朴爱玲¹, 张毅超¹

(1. 中国铁道科学研究院研究生部, 北京 100081;

2. 中国铁道科学研究院集团有限公司节能环保劳卫研究所, 北京 100081)

摘要:分析了德国铁路噪声在线监测的应用背景,介绍了德国铁路噪声实时监测系统的研究现状,包括测量站点的选取原则、技术结构和具体信息,列车声压级曲线时域连续变化图、单次列车通过声压级曲线图、单次列车通过参数表和等效声压级曲线图/表等测量结果的表达方法,以及无效数据的处理方式等,为我国建立铁路噪声自动监测系统提供参考。

关键词:客货共线铁路;噪声;实时监测;德国

中图分类号:X839.1

文献标志码:A

文章编号:1006-2009(2020)05-0006-03

Research Status of Real-time Railway Noise Monitoring System in Germany

XUAN Xiao-mei¹, GU Xiao-an^{2*}, WU Xiang-yang², LIU Lan-hua², HAN Li¹, PIAO Ai-ling¹,
ZHANG Yi-chao¹

(1. Graduate Department, China Academy of Railway Science, Beijing 100081, China; 2. Energy Saving & Environmental Protection & Occupational Safety and Health Research Institute, China Academy of Railway Sciences Co., Ltd., Beijing 100081, China)

Abstract: The application background and research status of on-line railway noise monitoring system in Germany were introduced in this paper, including site selection principle, technological structure and specific information, time domain continuous variation diagram of sound pressure level curve, sound pressure level curve of single train, the expressions of single train parameter list and equivalent acoustic pressure level curve/list, and invalid data processing. It provided a reference for the establishment of automatic railway noise monitoring system in China.

Key words: Mixed passenger and freight railway; Noise; Real-time monitoring; Germany

2019年4月,德国首次上线使用铁路噪声实时监测系统,截至目前已覆盖2/3的货运线路,标志着德国在铁路噪声方面已经形成了比较成熟的全网噪声在线实时监测系统。近几年,我国铁路科研部门虽然也开展了铁路噪声自动监测方面的研究^[1],但尚未在运营线路推广使用。德国铁路规模化使用噪声在线监测技术,对铁路沿线噪声进行连续稳定监测的运营经验可供我国借鉴。

1 德国铁路噪声在线监测应用背景分析

降低铁路噪声一直是可持续交通发展政策的核心问题。依据欧盟《环境噪声指引 2002/49/EC》^[2]的要求,德国绘制了用于评价环境噪声暴露

的战略噪声地图,并制定了相应的噪声治理计划。根据德国铁路噪声保护法中禁止重型货车运行的法律规定,从2020年12月起,德国铁路网将完全禁止高噪声货车运行^[3]。《欧洲消减铁路噪声战略意见书》中提出的降低铁路噪声技术要点的第一条即应优先从噪声源头控制噪声的产生和扩散^[4]。因此,德国联邦政府提供了高达1.52亿欧元的资金,支持货车更换低噪声的制动系统,以达

收稿日期:2019-09-04;修订日期:2020-06-15

基金项目:中国铁道科学研究院科研计划基金资助项目(J2018Z006,2017YJ109)

作者简介:宣晓梅(1978—),女,吉林榆树人,高级工程师,博士研究生,主要从事环保领域研究工作。

*通信作者:辜小安 E-mail: 13910859951@qq.com

到从源头控制噪声的目的。在此背景下,为了掌握铁路交通噪声现状,德国建立了全网噪声在线监测系统,希望以直观、透明和易于理解的方式呈现铁路交通噪声的长期趋势,监测结果不仅可以检验更换低噪声制动系统后的实际降噪效果,而且便于公众参与和监督管理,也为下一步噪声行动计划的实施积累了宝贵数据。

2 德国铁路噪声实时监测系统

2.1 测量站点建立

2.1.1 测量站点的选取原则

噪声在线监测测量站点的选择须综合考虑线路列车运行的车流量、测点周围环境、基础设施结构和噪声控制措施等事项。

(1) 车流量。测量站点选取首先要考虑线路列车运行车流量的大小,应选择货运繁忙、车流量较大的路线。目前德国的测量站点覆盖了 2/3 以上的铁路货运量,足以代表整个货运铁路的噪声排放水平。

(2) 测点周围环境。为了确保测量站点能够生成有效可用的数据,选址应避免受到周围环境反射面的影响和背景噪声的干扰。因此,测量站点设置应避免建在建筑物旁边或者嘈杂的环境中。

(3) 基础设施结构。基础设施结构的类型会影响声音的产生和传播,应选择相同的轨道和轨枕类型,便于测量结果的横向对比分析。

(4) 噪声控制措施。所有的测量站点均选在未设置噪声防治措施的地点,便于直观获取来自噪声源的数据,以及对各个测量站点的结果进行对比分析。

2.1.2 测量站点的技术结构

为了确保噪声监测系统能够提供永久有效和可比较的测量结果,所有的测量站点构造均相同,并且具有相同的技术和评估分析程序。测量站点最重要的组件包括传声器、车轴计数器和控制单元。

(1) 传声器。用于测量列车通过时的噪声声压级,全线采用符合德国标准化学会发布的《电声学.声级计.第一部分:规范》(DIN EN 61672-1:2003)的 1 型传声器,测点位于距离轨道中心线 7.5 m、轨面以上 1.2 m 处。

(2) 车轴计数器。识别运行线路并采集列车通过的具体参数,如列车行驶方向、驶入时间、通过

时间、速度及列车长度等。

(3) 控制单元。负责接收传声器和车轴计数器的数据,经过计算后传输到中央服务器进行存储。

2.1.3 噪声测量站的具体信息

目前德国铁路网共有 19 个噪声在线监测测量站。2019 年 4 月,安德尔纳(Andernach)等 6 个测量站首次投入使用,截至目前,已有 16 个测量站在运营,还有 3 个测量站开始运作,即将投入使用。点击德国铁路噪声在线监测交互地图,或者通过测量站列表,均可获取相应站点的测量结果。

2.2 测量结果

德国铁路噪声实时监测使用的测量量包括 AF 计权声压级 $L_{AF}(t)$ 、AF 计权声压级最大值 L_{AFmax} 、列车通过暴露声压级 TEL 和等效声压级 $L_{m,T}$ 等。噪声监测原始数据及列车通过参数信息等数据经过处理后,形成便于观察和统计的测量结果。通过噪声实时监测系统,可以得到列车声压级曲线时域连续变化图、单次列车通过声压级曲线图、单次列车通过参数表和等效声压级曲线图/表。

2.2.1 列车声压级曲线时域连续变化图

该图代表了每个传声器的快档 AF 计权声压级 $L_{AF}(t)$ 随时间变化的历程。在显示端可以选择观察从当前时间点到 10 min、30 min、1 h、6 h、12 h 和 24 h 周期内列车声压级随时间的演变图。以安德尔纳测量站为例,某 1 h 周期内所通过列车的声压级曲线连续变化见图 1(a)(b)。由图 1 可见,该周期内轨道 1 和轨道 2 分别有 6 辆列车通过,均在图中以竖线表示。当列车通过时,声压级显著升高,随后恢复到正常水平,直至下一辆列车通过。每辆列车通过时的声压级均不相同,该条线路是客货混线,不同的车型、速度、车辆长度等因素决定了不同的列车声压级。

2.2.2 单次列车通过声压级曲线图

对于轨道上通过的每一辆列车,其声压级随时间的变化、测量时间 T 和通过时间 T_p 均可体现在单次列车通过声压级曲线图中。单次列车通过声压级的数据是后续计算列车通过暴露声压级的基础。以安德尔纳测量站某辆驶向宾根(Bingen)的客车为例,当列车通过时,其实时声压级曲线见图 2,测量时间 T 约为 17 s,其中灰色区域代表列车的暴露时间 T_p 为 6.8 s。在实际测量中, T 应足够长,至少要包括比 T_p 时间段内列车通过声压级低

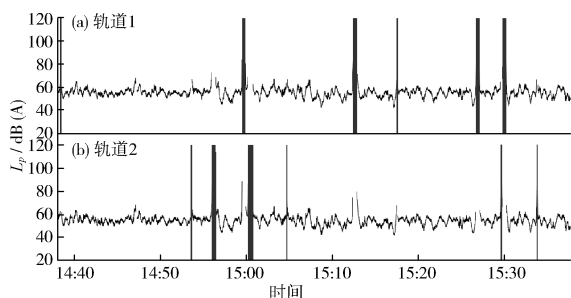


图1 列车声压级曲线连续变化

Fig. 1 Continuous variation of sound pressure level curve of train

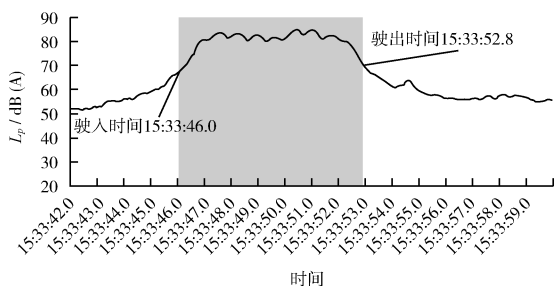


图2 单次列车通过声压级曲线

Fig. 2 Sound pressure curve of single train

10 dB(A)的声能。图2中列车驶入和驶出时的声压级分别为67.7 dB(A)和70.3 dB(A),而测量首尾的声压级分别为55.2 dB(A)和55.4 dB(A),满足上述要求。

2.2.3 单次列车通过参数表

当列车通过时,利用传声器和车轴计数器,车辆的基本参数将被测量,包括驶入时间、占用轨道、行驶方向、火车类别、持续暴露时间、列车长度和速度等,同时还能提供列车通过最大声压级和暴露声压级数据,后者可用于后续计算等效声压级。参数表还会对测量的有效性进行判别,此处有效性表示噪声测量为基于《轨道机车车辆发射噪声测量标准》(DIN EN ISO 3095: 2013)^[5]进行的有效测量。

2.2.4 等效声压级曲线图/表

为了便于对比分析,等效声压级以图和表的形式给出,等效时间指日间(6:00—22:00)、夜间(22:00—次日6:00)和24 h(6:00—次日6:00)。等效声压级可用于衡量一定时间周期内的平均声辐射,显示端可以选择观察每日或每月的平均声辐射情况。每日等效声压级曲线图可以显示每日的等效声压级和客货车运量,为后续相关分析提供基础数据。每月等效声压级曲线图可以显示最大周

期内每月的客货车流量及月等效声压级。

2.2.5 全系统监测噪声对比图

将系统内16个测量站自开通以来的等效声压级平均值绘制成全系统监测噪声对比图,可以发现德国客货混线铁路的噪声平均值在69 dB(A)~76 dB(A)之间。

2.3 测量有效性

2.3.1 无效数据

为了保证测量结果的准确性,必须严格按照方法规定的原则布点,同时保证不受其他外部噪声源的影响。若上述两项要求中有一项不被满足,则属于无效测量。如当列车在测量站点的位置交会时,无法进行符合标准的测量,因而属于无效测量,此类数据会被隐藏,在实时监测图中以红色竖线突出显示。当遇到不良的天气条件(如大雨等)或过高的背景噪声时,也会导致测量无效。此外,由于实时数据是未经处理的来自传感器的数据,即使没有列车通过,其他的现场噪声振动源(如施工现场、轨道混响等)也有可能触发车轴计数器,此类数据在后续计算处理中也将被排除。

2.3.2 无效数据的处理

在德国噪声自动监测系统设计中,未根据标准规定测量得到的数据将被剔除并被替换为最相似的有效数据,由此提高了长期评估数据的准确性和有效性。假设因为大雨导致一辆长货车的通过数据过大无效,而路线上实际运行的列车属于低噪声列车时,这些过大数据若进入等效声压级的计算,则将导致结果失真。若将过大数据替换为根据标准规定测量得到的类似货运列车的运行噪声数据,并带入等效声压级计算,则更能反映真实情况。

3 结语

目前我国已有部分城市陆续建设了环境噪声自动监测系统,为准确掌握城市噪声污染现状并采取相应的治理措施提供了基础资料^[6-7]。而在铁路噪声自动测试领域,特别是在高速铁路车外噪声自动监测方面,目前还缺少运用实例。我国铁路环境噪声测试依旧以现场测试为主^[8],测得的样本数量难以全面代表高速铁路网噪声影响状况。随着全国环境监测现代化建设步伐的加快,在实现水和环境空气自动监测之后^[9],采用在线自动噪声监测系统将成为未来噪声监测领域的发展趋势。

(下转第47页)