

轨道交通车辆段上盖物业环境振动影响实测与分析

柴博

中国铁路设计集团有限公司 机环院

摘要: 随着城市轨道交通项目的建设和发展,充分利用土地垂向空间、提高城市土地利用率的地铁车辆段上盖物业开发逐渐成为趋势,相关项目逐渐增多。研究轨道交通车辆段列车运行引发的振动影响,对车辆段上盖物业综合开发及减振措施设计有重要意义。本文通过对轨道交通车辆段库内和上盖振动环境的实测数据和分析,评价轨道交通上盖物业的振动环境,为轨道交通车辆段上盖物业综合开发环境影响评价和减振设计提供参考。

关键词: 轨道交通; 上盖物业; 环境振动; 实测分析

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.041

引言

随着我国城市化进程的发展,城市人口的不断增长,城市轨道交通发展迅速。根据中国城市轨道交通协会发布的数据,截至至2022年12月31日,中国大陆地区累计有55个城市开通城市轨道交通运营线路308条,运营线路总长度10287.45公里,其中地铁运营线路8008.17公里。据不完全统计,全国轨道交通累计投运车辆段和停车场共计489座^[1]。随着城市轨道交通项目的建设和发展,充分利用土地垂向空间、提高城市土地利用率的轨道交通车辆段上盖物业开发逐渐成为趋势,相关项目逐渐增多。

轨道交通车辆段运营中,地铁列出运行产生振动传递到上盖建筑,易引起上盖建筑结构振动和二次结构噪声,车辆段列车运行振动产生主要集中在早晨发车和晚间收车时段,此时段人们对振动和噪声尤其敏感。因此,轨道交通车辆段上盖物业振动影响分析,是轨道交通车辆段上盖物业综合开发环境影响评价和减振设计的重点和难点。

本文采用实测分析的方法,通过对建有上盖的轨道交通车辆段库内和上盖振动环境实测数据研究,分析总结轨道交通车辆段上盖物业车致振动的规律,评价轨道交通车辆段上盖物业的振动环境,为轨道交通车辆段上盖物业综合开发环境影响评价和减振设计提供参考。

一、轨道交通车辆段库内振动实测

本次分析研究选取某城市轨道交通上盖物业车辆段库内线进行了现场实测分析,选取实测库内线为立柱式检查坑结构,采用DJK5-1式扣件,50kg/m钢轨,线路焊接为无缝线路,采用多通道振动噪声测试系统。

(一) 测点布置

振动测试选择轨道交通库内存车线布置4个测点。分别位于运用库门位置立柱式检查坑轨旁0.5m和轨旁3.5m,库内存车线中部立柱式检查坑轨旁0.5m和轨旁3.5m。

(二) 测试结果

实测结果见表1.2-1、表1.2-2。

表1 2-1车辆段库内端部振动测试结果

轨旁距离 (m)	VL _{zmax}	加速度幅值	轨旁距离 (m)	VL _{zmax}	加速度幅值
0.5	53.40	0.0035	3.5	50.91	0.0018
0.5	64.98	0.0076	3.5	52.77	0.0011
0.5	57.71	0.0016	3.5	49.95	0.0007
0.5	43.66	0.0005	3.5	48.89	0.0006

表1 2-2车辆段库内中部振动测试结果

轨旁距离 (m)	VL _{zmax}	加速度幅值	轨旁距离 (m)	VL _{zmax}	加速度幅值
0.5	53.40	0.0039	3.5	49.49	0.0045
0.5	66.87	0.0098	3.5	55.32	0.0028
0.5	51.66	0.0004	3.5	46.05	0.0002
0.5	50.36	0.0004	3.5	49.28	0.0004

(三) 数据分析

(1) 结果分析

从监测结果可以看出, 轨道交通库内存车线端部测点VLzmax振级在48.9~64.9dB之间, 中部测点VLzmax振级在46.0~66.8dB之间, 实测振级最大值为66.87dB。

(2) 库内线振动分布规律分析

通过对比分析库内存车线4个测点的分布规律, 库内线车致振动在垂直轨道方向存在明显衰减, 在顺轨方向的规律不明显。

通过监测数据的时域、频域分析, 车辆段库内轮轨和桩基处各测点沿水平顺轨方向振动响应在低频时存在差异, 随频率的增加差异逐渐减小, 趋于吻合。车辆段库内端部和中部各测点沿水平垂轨方向振动响应逐渐衰减, 但衰减的幅度与频率的高低有关^[2]。

二、轨道交通上盖平台振动实测

上盖平台监测选取已建成轨道交通上盖物业小区的上盖平台进行了实测, 库内线为立柱式检查坑结构, 无缝线路, 车辆进出库限速为5km/h, 振动监测采用AW6256B型环境振动分析仪。

(一) 测点布置

车辆基地平台上方振动测点全部位于平台层, 测点1~测点3于列车入库的库门位置分别布设在南部(Z3)、中部(Z2)、北部(Z1), 测点4布设于库中上盖建筑基础位置(Z4)。

(二) 测试结果

表2 2-1车辆段上盖物业振动监测结果表

出、入库时间	监测结果			
	Z1	Z2	Z3	Z4
入库22: 56	54.5	59.7	53.0	61.7
入库23: 02	53.4	57.3	52.3	53.1
入库23: 15	54.5	55.9	57.0	58.8
入库23: 24	/	56.8	58.7	58.3
入库23: 35	53.3	61.7	50.0	53.2
入库23: 44	/	56.3	61.3	55.9
入库23: 56	54.0	56.4	50.4	61.3
出库5: 10	52.5	55.5	59.5	59.0
出库5: 17	51.3	55.0	60.2	57.4
出库5: 23	52.6	57.1	50.9	55.8
出库5: 29	52.7	56.1	55.3	60.1
出库5: 35	57.4	63.8	53.3	60.5
出库5: 41	51.8	57.3	51.1	59.1
出库5: 47	54.5	55.6	54.6	61.8
出库5: 53	56.6	60.5	52.2	60.6
出库5: 59	56.3	54.8	58.2	62.5
出库6: 05	56.1	63.2	53.2	59.4

(三) 数据分析

(1) 达标分析

根据监测结果, 轨道交通上盖平台4个振动测点在早晚列车出入库高峰的夜间时段环境振动的实测值为50.0~63.8dB, 4个测点的实测平均值分别为54.1dB、57.8 dB、54.8 dB、58.7 dB, 4个测点的实测振动最大值分别为57.4dB、63.8dB、61.3 dB、62.5 dB。各测点列车出、入库环境振动实测值见表2.3-2。

表2 3-2车辆段上盖平台环境振动监测结果

单位: dB

监测时间	出、入库	监测结果 (VLzmax)			
		Z1	Z2	Z3	Z4
23: 00~24: 00	入库	53.3~54.5	56.3~61.7	50.0~61.3	53.1~61.7
5: 00~6: 00	出库	51.3~56.6	55.0~63.8	50.9~60.2	55.8~62.5

由监测结果可知, 上盖物业开发平台VLzmax可满足《城市区域环境振动标准》(GB10070-88)“居民、文教区”标准(昼间70dB、夜间67dB)。

(2) 振动规律分析

1) 运用库上盖振动分布规律分析

位于根据上盖中部的Z2、Z4两测点振动实测平均值、最大值均大于运用库两侧的Z1、Z3测点, 其中位于中部运用库边缘上盖处的测点Z2振动平均值较两侧相同

位置测点Z1、Z3大约4dB。

同为中部的Z2、Z4两测点实测值相差很小（不足1dB），库中建筑物结构处测点（Z4）实测振动平均值略大于平台测点（Z2）。

2) 早晚出入库振动规律分析

对比各测点夜间列车入库与早间列车出库振动实测数据可以看出，各测点早间出库实测平均值均大于夜间列车入库，其中建筑物结构处测点（Z4）早间出库实测值大于夜间列车入库2.1 dB，最为明显。

三、上盖物业振动分析与评价

（1）根据库内线、上盖平台环境振动测试结果，库内线轨旁、上盖物业平台的环境振动 V_{Lzmax} 均可满足《城市区域环境振动标准》（GB10070-88）“居民、文教区”标准（昼间70dB、夜间67dB）。由于库内存车线运行速度较低，轨道平顺且为架空轨道，根据实测振动数据，上盖物业车辆段库内线车致振动的影响较小，列车通过时振动环境影响可满足标准要求。

（2）根据实测数据，列车出库的最大铅垂向z振级平均值略大于入库，这与刘文武^[3]等人的研究结果一致。库内存车线列车运行振动影响在垂直线路方向存在明显的衰减趋势，在延线路方向不同测点的差异较小。对于上盖平台，平台中部受车致振动的影响较大，平台两侧振动影响较小；延线路方向差异不明显。

（3）由于轨道交通车辆段咽喉区、试车线、库内线的振源特性存在差异，根据相关研究结果，咽喉区与试车线车致振动量级相当均大于库内线^[4]。结合目前国内常用的轨道交通上盖物业开发模式，上盖物业开发多数位于库内线上方，距离咽喉区、试车线均较远。冯青松等人的研究指出，在上盖物业建筑的振动评价中应考虑不同振源的叠加影响，库内吊车运行产生的振动问题也不能忽视^[5]。

（4）上盖物业环境振动除振动影响外还会引发上

层二次结构噪声影响，二次结构噪声较振动更为复杂，可能对居民造成更大的干扰和影响。

四、结论与展望

本文采用实测分析的方法，通过对建有上盖的轨道交通车辆段库内和上盖振动环境实测数据研究，分析总结轨道交通车辆段上盖物业车致振动的规律。主要结论如下：

（1）上盖物业开发受库内线车致振动影响较小，由于库内存车线运行速度较低，轨道平顺且为架空轨道，库内线车致振动对上盖物业开发环境影响可满足相应标准要求。

（2）列车出库振动甄姬略大于入库，平台中部受车致振动影响大于两侧。

（3）后续轨道交通上盖物业开发需重点关注不同振源的叠加影响和上盖建筑的二次结构噪声影响。

参考文献

[1]城市轨道交通2022年统计和分析报告[r]. 中国城市轨道交通协会. 2023.

[2]张磊磊, 柴博. 地铁车辆段库内振动测试及分析[J]. 交通科技与管理, 2022(15): 0043-0045.

[3]刘文武, 罗信伟, 冯青松, 等. 地铁下沉式车辆基地振动测试与评价[J]. 噪声与振动控制, 2019, 39(6): 140-146.

[4]邹林志, 杜麒麟, 黄涛, 等. 地铁上盖物业咽喉区道岔段振动测试与分析[J]. 四川环境, 2018, 37(3): 41-47.

[5]冯青松, 王子玉, 刘全民, 等. 双振源激励下地铁车辆段上盖建筑物振动特性[J]. 交通运输工程学报, 2019, 19(4): 59-69.

中国铁路设计集团有限公司科技开发重点课题, 课题名称: 城市轨道交通车辆段上盖物业开发的环境振动预测方法、减振技术研究(2019JC221201)