专栏：职业性噪声、振动暴露及其健康危害
Special column: Occupational noise and vibration exposures and their health hazards

某市轨道交通列车车厢内噪声水平调查与分析

杨颖华，侯雪波，宁勇，张霞，高剑晖，张琳，王凯，苏瑾

上海市疾病预防控制中心，上海 200336

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2020.19765

摘要：

[背景] 轨道交通（简称“轨交”）列车运行时可产生较强的噪声，车厢内乘客噪声暴露水平的高低，不仅影响其乘坐的舒适性，更会对其心理和生理健康产生不同程度的影响。

[目的] 了解某市轨交列车车厢内噪声水平，探讨客流量和广播对车厢内噪声水平的影响。

[方法] 在2018年11月15—28日工作日7:00—15:00，使用个体噪声剂量计分别对某市10条轨交线路列车车厢内噪声水平进行检测，分别计算每条轨交线路检测8 h全时段（7:00—15:00）、高峰时段（7:00—9:00）、平峰时段（9:00—15:00）、广播时段和无广播时段列车车厢内噪声等效声级。采用配对t检验比较高峰和平峰时段、广播和无广播时段列车车厢内噪声等效声级的差异。

[结果] 10条轨交线路检测全时段列车车厢内噪声等效声级的均值范围为74.6~80.9 dB（A）。高峰和平峰时段列车车厢内噪声等效声级的均值范围分别为74.7~81.1 dB（A）和74.4~80.8 dB（A），两者之间的差异无统计学意义（t=-1.564，P=0.125）。广播和无广播时段列车车厢内噪声等效声级的均值范围分别为74.2~80.7 dB（A）和74.7~81.2 dB（A），两者之间的差异无统计学意义（t=-1.640，P=0.102）。

[结论] 参考美国环境保护署和世界卫生组织推荐的噪声暴露限值标准，某市10条轨交线路在正常乘坐情况下发生听力损失的风险较低。客流量和广播对轨交列车车厢内噪声水平可能无实质影响。

关键词：轨道交通；列车车厢；噪声等效声级；客流量；广播

Investigation and analysis on noise levels in metro carriages in a city YANG Ying-hua, HOU Xue-bo, NING Yong, ZHANG Xia, GAO Jian-hui, ZHANG Lin, WANG Kai, SU Jin (Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract:

[Background] A running metro train produces intense noise, which may not only reduce passengers' comfort in carriages, but also adversely affect their psychological and physical health to varying extents.

[Objective] This study is designed to assess the noise levels in metro carriages and explore the effects of passenger flow and station broadcast on the noise levels in a city.

[Methods] The noise levels in the carriages of 10 metro lines in the city were measured with a noise dosimeter from 7:00 to 15:00 on weekdays from 15-28 November, 2018, and the equivalent continuous A-weighted sound pressure levels (L_{Aeq}) of total measuring time (8 h, from 7:00 to 15:00), peak (from 7:00 to 9:00) and off-peak (from 9:00 to 15:00) time, broadcast and non-broadcast time were calculated for each line respectively. Paired t-test was applied to compare the L_{Aeq} between peak and off-peak time and between broadcast and non-broadcast time.

[Results] The mean 8 h L_{Aeq} in the detected carriages of the 10 metro lines ranged from 74.6 to 80.9 dB (A). The mean L_{Aeq} of peak time and off-peak time were 74.7-81.1 dB(A) and 74.4-80.8 dB(A), respectively, and no significant difference was observed between the two time periods (t=-1.564, P=0.125). The mean L_{Aeq} of broadcast and non-broadcast time were 74.2-80.7 dB(A) and 74.7-81.2 dB(A), respectively, and no significant difference was observed between the two time periods (t=-1.640, P=0.102).

[Conclusion] According to the exposure limit recommended by the US Environmental Protection Agency and the World Health Organization, the risk of hearing loss is relatively low for the passengers on the 10 metro lines in the selected city. Passenger flow and broadcast may not have substantial effects on the noise levels in metro carriages.

Keywords: metro; carriage; equivalent continuous A-weighted sound pressure level; passenger flow; broadcast

组稿专家
陈青松（广东药科大学公共卫生学院），
E-mail：qingsongchen@aliyun.com

基金项目
上海市制修订地方标准项目（沪质技监标[2018] 291号）

作者简介
杨颖华（1974—），女，博士，副研究员；
E-mail：18616838682@163.com

通信作者
苏瑾，E-mail：sujin@scdc.sh.cn

利益冲突 无申报
收稿日期 2019-11-11
录用日期 2020-02-12

文章编号 2095-9982(2020)04-0354-04
中图分类号 R128
文献标志码 A

▸引用
杨颖华，侯雪波，宁勇，等.某市轨道交通列车车厢内噪声水平调查与分析[J].环境与职业医学，2020，37（4）：354-357.

▸本文链接
www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19765

Funding
This study was funded.

Correspondence to
SU Jin, E-mail: sujin@scdc.sh.cn

Competing interests None declared
Received 2019-11-11
Accepted 2020-02-12

▸To cite
YANG Ying-hua, HOU Xue-bo, NING Yong, et al. Investigation and analysis on noise levels in metro carriages in a city[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2020, 37(4): 354-357.

▸Link to this article
www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2020.19765

随着城市现代化交通网络的不断发展，轨道交通（以下简称“轨交”）已成为公众出行的主要交通方式之一。轨交在缓解城市交通拥堵、方便公众出行的同时，也对公众产生健康影响，其中噪声污染是主要的健康风险之一。轨交列车运行时可产生较强的噪声，车厢内乘客噪声暴露水平的高低，不仅影响其乘坐的舒适性，更会对其心理和生理健康产生不同程度的影响[1-2]。近年，轨交列车车厢内噪声污染问题引起人们的广泛关注，美国、加拿大的学者对轨交列车车厢内噪声水平开展了多项调查研究[3-5]，提出轨交列车车厢内噪声存在导致乘客发生听力损失等健康危害的风险。

我国对轨交噪声的研究多数是从工程角度对噪声源进行探讨[6-7]，对轨交列车车厢内噪声水平的调查研究较少。本研究拟对某市10条轨交线路的列车车厢内噪声水平开展检测和分析，并探讨客流量和广播对车厢内噪声水平的影响，为优化轨交环境卫生管理、制定轨交噪声暴露限值提供技术依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究选择某市10条轨交线路（地铁）的列车车厢作为研究对象。该市轨交日均客流量超过一千万人次，部分轨交线路日均客流量达到一百万人次，运营早高峰时间为7:00—9:00，晚高峰为17:00—19:00，乘客通勤时间单程约0.5~1 h。

1.2 研究方法

1.2.1 检测时间 在2018年11月15—28日的工作日期间，每天对1条轨交线路的列车车厢噪声进行8 h连续检测，检测时段选择7:00—15:00，涵盖每条轨交线路的早高峰时段。

1.2.2 检测仪器 本研究使用的噪声检测仪器为个体噪声剂量计（Quest NoisePro，3M，美国），测量范围为40~110 dB。检测前使用校准器对噪声剂量计进行校准，噪声剂量计设置为A计权、S（慢）档。

1.2.3 检测方法 参考GB 14892—2006《城市轨道交通列车噪声限值和测量方法》[8]，在每辆列车的前、中、后三节车厢分别设置1个检测点，检测点位于车厢中心，地板上方1.2 m处，记为1次检测。研究期间每天7:00—15:00，检测人员往返于每条轨交线路对列车车厢内噪声进行检测。检测人员上车，列车启动后立即使用噪声剂量计每隔5 s读取一个瞬时声级值，直至终点站或目的地下车，连续读取若干数据，完成1次检测，再乘反方向的车返回，开始第2次检测。如此循环往复，分别记录8 h全时段、高峰时段、平峰时段的检测情况。同时，检测人员记录列车进出各站点时间、车厢内广播时间等信息。

1.3 统计学分析

利用噪声剂量计随机软件导出每条轨交线路各次检测记录的列车车厢内噪声瞬时声级值，使用Excel 2010建立数据库。

参照GB/T 18204.1—2013《公共场所卫生检验方法 第1部分：物理因素》[9]中噪声等效声级的计算公式，使用Excel 2010计算每条轨交线路检测8 h全时段（7:00—15:00）、高峰时段（7:00—9:00）和平峰时段（9:00—15:00）、广播时段和无广播时段列车车厢内噪声等效声级，其中高峰时段和平峰时段选择相同的列车行驶区间的检测数据计算噪声等效声级。

使用SPSS 21.0对数据进行统计分析。所有计量数据为正态分布，采用$\bar{x}\pm s$表示。采用配对t检验比较高峰和平峰时段、广播和无广播时段列车车厢内噪声等效声级的差异。检验水准α=0.05，双侧检验。

2 结果

2.1 全时段轨交列车车厢内噪声水平

如表1所示，10轨交线路检测8 h全时段列车车厢内噪声等效声级的均值范围为74.6~80.9 dB（A），噪声瞬时声级最大值的均值范围为84.2~92.6 dB（A），噪声瞬时声级最小值的均值范围为60.5~68.0 dB（A）。

表1 某市轨交8 h全时段列车车厢内噪声水平（$\bar{x}\pm s$）/dB（A）
Table 1 Eight-hour noise levels in metro carriages in selected city

线路编号 No. of metro line	检测次数 Detection frequency	8 h等效声级 8 h equivalent sound pressure level	瞬时声级最大值 Maximum instantaneous sound pressure level	瞬时声级最小值 Minimum instantaneous sound pressure level
1	10	78.6±1.4	91.2±1.3	63.3±2.1
2	8	74.6±1.4	84.2±0.7	61.9±2.1
3	8	76.1±1.4	86.9±0.2	63.5±2.0
4	18	75.9±2.6	87.3±2.6	62.0±3.7
5	10	77.9±1.4	90.0±2.0	60.5±3.0
6	7	79.2±1.8	90.2±1.1	66.1±1.7
7	12	80.4±1.3	91.8±1.3	64.8±2.4
8	6	79.3±0.8	89.3±0.6	66.4±1.9
9	8	77.8±1.4	87.8±0.6	68.0±2.2
10	12	80.9±1.2	92.6±1.5	67.6±1.3

2.2 高峰和平峰时段轨交列车车厢内噪声水平

如表2所示，10条轨交线路高峰时段列车车厢

内噪声等效声级的均值范围为74.7~81.1 dB（A），平峰时段列车车厢内噪声等效声级的均值范围为74.4~80.8 dB（A）。高峰和平峰时段列车车厢内噪声等效声级的差异无统计学意义（t=-1.564，P=0.125）。

表2 某市轨交高峰和平峰时段列车车厢内噪声水平（$\bar{x}\pm s$）/dB（A）

Table 2 Noise levels of peak time and off-peak time in metro carriages in selected city

线路编号 No. of metro line	高峰时段 Peak time		平峰时段 Off-peak time	
	检测次数 Detection frequency	等效声级 Equivalent sound pressure level	检测次数 Detection frequency	等效声级 Equivalent sound pressure level
1	2	78.5±1.4	3	79.4±1.4
2	2	74.7±1.1	4	74.4±0.8
3	2	74.9±1.1	5	76.4±1.0
4	2	76.4±1.3	12	76.6±0.7
5	2	77.0±1.1	5	77.4±1.1
6	1	78.5±1.7	2	79.8±1.2
7	2	81.1±0.9	4	79.7±0.1
8	2	78.3±1.1	3	79.5±0.5
9	2	79.8±1.1	4	79.4±0.5
10	2	81.0±0.9	7	80.8±0.4

2.3 广播和无广播时段列车车厢内噪声水平

如表3所示，10条轨交线路广播时段列车车厢内噪声等效声级的均值范围为74.2~80.7 dB（A），无广播时段列车车厢内噪声等效声级的均值范围为74.7~81.2 dB（A）。广播和无广播时段列车车厢内噪声等效声级的差异无统计学意义（t=-1.640，P=0.102）。

表3 某市轨交广播和无广播时段列车车厢内噪声水平（$\bar{x}\pm s$）/dB（A）

Table 3 Noise levels of broadcast time and non-broadcast time in metro carriages in selected city

线路编号 No. of metro line	检测次数 Detection frequency	广播时段等效声级 Equivalent sound pressure level of broadcast time	无广播时段等效声级 Equivalent sound pressure level of non-broadcast time
1	10	78.5±1.4	78.1±1.3
2	8	74.2±1.3	74.7±1.5
3	8	76.3±1.7	76.1±1.3
4	18	75.7±3.0	75.9±2.7
5	10	77.6±2.0	77.3±1.4
6	7	79.2±2.3	79.3±1.8
7	12	79.5±1.7	80.6±1.5
8	6	79.5±1.2	79.1±0.9
9	8	77.9±1.8	77.4±1.4
10	12	80.7±1.4	81.2±1.3

3 讨论

轨交作为现代化城市的公共交通工具，在给人们的工作、生活带来便捷的同时，运行中产生的噪声污染及其健康危害问题也不容忽视。Neitzel等[3]研究结果显示，美国纽约轨交列车车厢内噪声等效声级的均值为79.3 dB（A），瞬时声级最大值为97.8 dB（A）；Yao等[4]研究结果显示，加拿大多伦多轨交列车车厢内噪声等效声级的均值为76.8 dB（A），瞬时声级最大值的均值为113.3 dB（A）；曲春燕等[10]对北京轨交列车车厢内噪声的检测结果显示，列车车厢内噪声等效声级的均值范围为75~82 dB（A），瞬时声级最大值的均值范围为88~99 dB（A）。本研究对某市10条轨交线路列车车厢内噪声进行检测，结果显示列车车厢内噪声等效声级的均值范围为74.6~80.9 dB（A），与上述研究的相关结果接近；本研究瞬时声级最大值的均值范围为84.2~92.6 dB（A），略低于上述研究的相关结果。

过度噪声暴露会导致人体产生听力损失等健康危害。为了保护公众免受噪声的影响，美国环境保护署[11]和世界卫生组织[12]推荐：噪声暴露水平每日24 h在70 dB（A），8 h在75 dB（A），2.5 h在80 dB（A），0.8 h在85 dB（A），0.25 h在90 dB（A）的情况下，一般不会发生听力损失。本研究的10条轨交线路列车车厢内噪声等效声级的范围为74.6~80.9 dB（A），其中仅有2条轨交线路列车车厢内噪声等效声级略高于80 dB（A）。由于乘客连续乘坐时间一般为0.5~1 h，因此，参考上述噪声暴露限值标准，乘客正常乘坐本研究的10条轨交线路发生听力损失的风险较低。10条轨交线路列车车厢内噪声瞬时声级最大值的范围为84.2~92.6 dB（A），但车厢内噪声瞬时声级持续超过80 dB（A）的时间较短，一般不会超过30 s，持续超过90 dB（A）的时间更短，因此乘客出现急性听力损失的风险也较低。但是，部分乘客习惯在列车车厢内佩戴耳机听音乐或者打电话，常需要把耳机音量调高，导致乘客噪声暴露水平在车厢内噪声水平基础上再增加5~20 dB（A）[13]，在这种情况下发生听力损失的风险会明显增加。

本研究对相同行驶区间的高峰和平峰时段列车车厢内噪声等效声级进行比较，发现两者之间差异无统计学意义。虽然高峰时段客流量较平峰时段明显增加，但车厢内乘客多在休息、看书、玩手机，大声交谈等人为制造噪声的行为较少，因此客流量的增加不会明显改变车厢内噪声水平。本研究还对广播和无广播时段列车车厢内噪声等效声级进行比较，发现两者之间差异也无统计学意义。广播时段列车刚启动出站或准备减速进站，而无广播时段列车处于高速运行之

中，广播时段列车行驶自身产生的噪声水平较无广播时段低，因此广播时段的广播噪声与列车行驶噪声叠加后，较无广播时段的列车行驶噪声并无明显变化。上述研究结果表明，客流量、车厢内广播等对轨交列车车厢内噪声水平可能无实质影响。

目前我国暂无针对轨交列车车厢内噪声水平的卫生标准，仅在GB 37488—2019《公共场所卫生指标及限值要求》[14]中提出“公共交通工具客舱环境噪声宜小于70 dB（A）”的推荐性要求，但根据本次轨交列车车厢内噪声水平检测结果，达到这个要求尚有差距。因此，政府部门应综合考虑轨交建设、运行的自身特点，结合列车车厢内噪声水平检测结果，开展健康风险评估，制定科学、合理的轨交列车车厢内噪声暴露限值，从而为完善轨交环境卫生管理，保护公众免受轨交噪声危害提供重要依据。

本次研究尚存不足之处，如检测时段未涵盖晚高峰，未对列车车厢内噪声源开展频谱分析等，有待今后进一步研究与探讨。

参考文献

[1] PASSCHIER-VERMEER W，PASSCHIER W F. Noise exposure and public health [J]. Environ Health Perspect，2000，108（S1）：123-131.

[2] GERSHON R R，QURESHI K A，BARRERA M A，et al. Health and safety hazards associated with subways：a review [J]. J Urban Health，2005，82（1）：10-20.

[3] NEITZEL R，GERSHON R R，ZELTSER M，et al. Noise levels associated with New York City’s mass transit systems [J]. Am J Public Health，2009，99（8）：1393-1399.

[4] YAO C M，MA A K，CUSHING S L，et al. Noise exposure while commuting in Toronto-a study of personal and public transportation in Toronto [J]. J Otolaryngol Head Neck Surg，2017，46（1）：62.

[5] PHAN L T，JONES R M. Chicago transit authority train noise exposure [J]. J Occup Environ Hyg，2017，14（6）：D86-D91.

[6] 于喜林，郭海洋，刘厚林，等. 城市轨道交通车辆内部噪声分析研究 [J]. 电力机车与城轨车辆，2009，32（3）：14-15，19.

[7] 郭建强，孙召进，刘宗财，等. 地铁车内噪声影响因素分析与改善 [J]. 噪声与振动控制，2017，37（5）：84-87.

[8] 城市轨道交通列车噪声限值和测量方法：GB 14892—2006 [S]. 北京：中国标准出版社，2006.

[9] 公共场所卫生检验方法 第1部分：物理因素：GB/T 18204.1—2013 [S]. 北京：中国标准出版社，2014.

[10] 曲春燕，韩宇晨，浦丕浩，等. 北京部分地铁线路乘车人噪声暴露水平的初步研究 [J]. 听力学及言语疾病杂志，2013，21（1）：45-48.

[11] US Environmental Protection Agency. Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety [R]. Washington，DC：Environmental Protection Agency，1974.

[12] BERGLUND B，LINDVALL T，SCHWELA D H，et al. Guidelines for community noise [R]. Geneva：World Health Organization，1999.

[13] 蒋从双，姚琨，秦勤，等. 地铁车厢内噪声对不同类型耳机佩带舒适音量的影响 [J]. 听力学及言语疾病杂志，2017，25（4）：374-377.

[14] 公共场所卫生指标及限值要求：GB 37488—2019 [S]. 北京：中国标准出版社，2019.

（**英文编辑**：汪源；**编辑**：汪源；**校对**：王晓宇）