

交通噪声对儿童影响的研究综述

张 珍, 张 圆

(沈阳建筑大学建筑生态物理技术与评价辽宁省重点实验室, 辽宁沈阳 110000)

摘要: 作为城市最普遍存在的环境噪声, 交通噪声对儿童的健康成长会产生负面影响。通过对 13 个国家 67 项实证研究的文献分析, 发现交通噪声对儿童影响主要表现在以下三个方面: 在身体健康方面, 交通噪声影响儿童的听觉、睡眠和心率血压等; 在认知能力方面, 影响儿童的阅读表现、记忆力、数学能力、注意力等, 但目前对各种认知能力的研究深入程度不一; 在心理健康方面, 交通噪声引发儿童烦恼、心理压力和行为问题。通过对文献的梳理与总结, 发现目前的研究存在如下问题: 评价指标各异, 难以形成统一结论; 相关因素众多, 混淆变量干扰研究结论; 研究范式不同, 研究结论存在差异。基于问题提出相关对策: 构建标准化指标体系与规范化研究范式; 深入运用社会学方法, 明确社会环境因素对儿童的影响; 开展交通噪声与交通空气污染综合影响的研究, 厘清后者对结论的混淆。

关键词: 交通噪声; 儿童; 影响; 研究存在的问题与对策

中图分类号: TU112

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2018)-04-0354-08

DOI 编码: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2018.04.011

The effect of traffic noise on children: a review

ZHANG Zhen, ZHANG Yuan

(Liaoning Key Laboratory of Architectural Eco Physics Technology and Evaluation, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110000, Liaoning, China)

Abstract: As the most common environmental noise in urban areas, traffic noise has a negative impact on the healthy growth of children. In this paper, 65 studies in 13 countries are analyzed. It is found that the effects of long term exposure to traffic noise on children is mainly in three aspects: firstly affecting children's physical health, e.g. impairing children's hearing, disturbing their sleep and influencing their heart rate and blood pressure; secondly affecting their cognitive abilities, such as children's reading performance, memory, mathematics ability and attention; and thirdly affecting children's mental health to result in children's annoyance, pressure and behavior problems. Literature review finds that the following problems exist in current studies: 1. different evaluation indexes and research paradigms lead to differences in research conclusions and 2. too many related factors interfere the research conclusion. Aiming at these problems, some countermeasures are put forward: the standardized index system and research paradigm should be constructed, and the sociological methods should be deeply used to make clear the impact of social environment on children. Moreover, a comprehensive study of traffic noise and traffic related air pollution should be conducted to clarify the confusion of traffic related air pollution to the conclusion.

Key words: traffic noise; children; effect; existing problems and countermeasures

0 引 言

交通噪声作为城市最普遍的环境噪声, 对居民的生活与健康产生负面影响。在生理层面, 危害居民的身体健康, 使人听力受损, 引发病变^[1-4]; 在精神层面, 引起烦恼和压力^[5], 增加心理疲劳, 不利于精神愉悦, 是影响环境恢复性的消极因素^[6]。中国科学院院士吴硕贤于 2012 年在《建筑环境声学的前沿领域》一文中, 提出“将建筑环境中噪声与

振动对人的健康、心理及行为的影响纳入噪声控制学的研究范围”, 指出“应将更多的注意力放在研究噪声和振动对建筑空间使用者行为及环境心理的影响上”^[7]。儿童处于成长的关键阶段, 听觉系统尚未发育健全, 相比成人更容易受到交通噪声的影响^[8-10]。英国, 土耳其, 巴西, 中国的香港、台湾、广东、福建、南京、上海等地的大量调查显示, 交通噪声是学校(幼儿园)和住所最主要且显著的室外噪声源^[11-15], 对儿童产生普遍影响。研究交通噪声对儿童心理与行为的影响具有迫切与现实的意义。

我国交通噪声对儿童影响的研究开展较早, 王季卿等^[16]于上世纪 80 年代对上海、南京两地的学校噪声状况的调查显示, 交通噪声对学校声环境的影响最大, 其后的实验研究发现, 当交通噪声声压

收稿日期: 2017-08-28; 修回日期: 2017-12-18

基金项目: 辽宁省自然科学基金指导计划项目(201602635)

作者简介: 张珍(1990-), 女, 河南三门峡人, 硕士研究生, 研究方向为城市环境健康与小学声环境。

通讯作者: 张圆, E-mail: jzdxzhy@163.com

级达到 50 dB 时, 儿童的课堂行为受到了较大干扰, 为国家相关标准的制定提供了依据。同时期, 王绍汉等^[17]、蔡琳娜等^[18]通过实验研究了道路的交通噪声对教师和学生的健康状况以及心算能力等的影响。之后的研究多将学习空间音质作为研究对象, 研究空间音质对信息传达的影响^[19-22], 而对空间使用者——儿童的关注则较少。直到近几年, 学者们才开始就环境噪声对儿童的影响展开了探索, 多以小样本的实验室研究为主, 且研究内容集中在环境噪声对儿童短时记忆的影响, 如数字短时记忆^[23]、言语短时记忆^[24]、汉语词组短时记忆^[25]、视觉短时记忆^[26]。目前国内交通噪声对儿童影响的实证研究较为缺失, 且研究缺乏大样本的数据支持, 不能形成系统全面的研究结论。

国际上对于交通噪声对儿童的影响进行了长期和持续的研究, 并获得丰富的研究成果。本文通过对国际声学领域、心理学的前沿研究进行梳理分析, 从研究对象、研究内容、研究范式、研究成果四个方面分别予以研究总结, 为我国开展交通噪声对儿童行为与身心影响的研究提供方法依据, 为城市管理和环境设计提供理论和数据支持。

1 交通噪声对儿童身体健康的影响

1.1 听觉系统及听觉能力

听觉是仅次于视觉的重要感觉通道, 人类获取信息的 15% 是通过听觉完成的^[27]。长期暴露于高交通噪声环境中将引发儿童听觉系统的损伤, 产生听阈转移、听力下降和耳鸣等后果^[28-29]。数据显示, 长期的飞机噪声暴露与儿童的高频听力损伤呈正相关^[30], 与噪声性听力丧失显著相关, 会使学龄儿童耳蜗周围的器官受损^[31]。

儿童听觉能力处于发育阶段, 会受到更普遍的影响。听觉能力包括听觉注意力、听觉辨别力、听觉理解能力等^[32]。听觉注意力, 是指人在精神集中的状态下, 用听觉获取信息的能力。儿童听觉选择注意力尚不成熟, 听觉选择注意力的提升贯穿整个童年^[33], 因此相较于成人, 儿童听觉注意力更容易受到交通噪声的干扰^[34]。听觉辨别力是指对声音差异的辨别能力。相较于成人, 在噪声环境中, 儿童更容易产生听觉掩蔽现象, 忽略有价值的语音信息^[35]。长期追踪调查发现, 居住在道路旁公寓内的儿童, 楼层越低、居住时间越长, 听觉辨别能力受到的损害越大^[36]。听觉理解能力, 是理解语音信息的能力。在 13 岁以前, 儿童的听觉理解力随年龄

而增长, 年龄越小, 受交通噪声的不利影响越明显^[37]。

1.2 心率与血压

在对其它社会环境变量进行控制的前提下, 研究人员对学龄前儿童和学龄儿童分别进行了调查研究。

针对学龄前儿童(3~7岁), 将住所和幼儿园附近 24 小时内的等效声压级作为因子, 与儿童的舒张压、收缩压、心率等指标进行相关分析。发现位于交通噪声嘈杂区域(>60 dB)的幼儿园, 其儿童的平均舒张压、收缩压、心率均高于安静区域幼儿园儿童的平均水平^[38]。对儿童在住所和在幼儿园时段的等效声压级分别测量, 道路交通噪声和儿童收缩压依然显著相关, 位于嘈杂住所的儿童比位于安静住所的儿童心率平均高 2 节拍/分钟, 前者的收缩压比后者平均高 5 mmHg^[39]。

以学龄儿童为研究对象, 德国对 8~14 岁儿童的大样本、跨地区、普查式的研究运用主观评价与声学测量相结合的方式表明, 交通流量主观评价为“高”、“极高”的儿童组比交通流量主观评价为“低”的儿童组, 舒张压和收缩压分别高 1.8 mmHg 和 1.0 mmHg; 位于高交通噪声和低交通噪声住区内的儿童, 道路交通噪声每提高 10 dB, 血压分别平均升高 1.0 mmHg 和 0.6 mmHg^[40]。针对美国 6~14 岁非裔儿童的研究发现, 交通噪声对血压的影响与儿童的年龄相关, 对于 6~10 岁年龄段的儿童, 血压与住所的交通噪声呈显著的正相关^[41]。飞机噪声对儿童心率血压的影响研究结果存在差异, 美国洛杉矶机场附近学校的对比研究表明, 吵闹学校的学生平均血压高于安静学校的学生^[42]。由 S. A. Stansfeld 等^[43]开展的跨文化、大样本的 RANCH 跨国研究, 以英国、西班牙、荷兰三个国家 89 所小学的 2 884 名儿童为研究对象, 关注了飞机噪声和道路交通噪声对儿童身体健康、认知能力、心理健康等多个方面的影响。其中, 对英国和荷兰机场附近的 9~11 岁儿童的研究表明, 学校的飞机噪声暴露与儿童血压和心率不显著相关; 而住所白天和夜间的飞机噪声暴露都与儿童血压显著相关。

1.3 睡眠时长与质量

与成人相比, 儿童需要更多的睡眠时间。夜间睡眠质量不佳会引起白天的情绪低下、易疲劳、学习注意力降低等症状, 长时间睡眠质量不佳则会影响儿童生长发育和智力发展^[44-45]。

运用电生理学法对 6~11 岁儿童的研究表明, 55 dB 的连续性和间歇性交通噪声均会干扰儿童睡

眠, 65 dB 的交通噪声会使儿童觉醒; 儿童的觉醒敏感反应比成人低 10 dB 左右, 随着声压级的提高, 进入睡眠状态的时间增加, 且深度睡眠的时间减少; 研究还发现, 即使经过一年的时间, 儿童和成人都不会对道路交通噪声的干扰产生习惯^[46]。综合运用深度访谈、睡眠日志和腕动电子追踪等方法对 9~12 岁的儿童及其父母的睡眠进行研究, 发现儿童的睡眠质量和白天嗜睡问题, 与道路的交通噪声显著相关^[47]。

2 交通噪声对儿童认知活动的影响

2.1 阅读表现

学校是儿童提升认知能力的主要场所, 研究发现, 对于铁路交通噪声, 暴露于高噪声下与暴露于低噪声下的儿童, 其标准化阅读测试的成绩存在显著差异^[48]。道路交通噪声对阅读速度具有显著影响, 对阅读理解能力未发现显著相关^[49], 且影响存在性别差异。在不同的噪声情况下, 女孩的标准化阅读成绩一般都比男孩更好, 在中、高噪声环境中更为明显^[50]。而飞机噪声对儿童阅读的影响则发现有更为具体的规律, 在控制各种社会文化环境因素后, 学校长期暴露于飞机噪声与儿童的平均阅读分数无关, 但是与困难项目阅读障碍相关^[51]。RANCH 跨国研究证实, 长期的飞机噪声暴露, 与阅读障碍呈线性关系(相关系数 $P=0.0097$)^[52]。另外有研究发现, 听力正常的儿童长期暴露于飞机噪声时, 即使在安静的条件下依然表现出显著的阅读缺陷^[53]。

住所的交通噪声也对儿童阅读能力产生影响。对高速公路旁高层公寓内的儿童的跟踪观察表明, 楼层越低、居住时间越长, 阅读能力越容易受到损害^[37]; 伦敦西区暴露于飞机噪声中的儿童的阅读测试结果发现, 住所飞机噪声暴露与儿童的阅读不显著相关^[54]。

2.2 记忆力

学界对交通噪声与儿童记忆的关系, 进行了多角度的探索。

按照内容存储时间, 记忆分为短时记忆和长时记忆。德国慕尼黑新、旧机场转换期间长期跟踪观察和数据收集的结果发现, 新机场启用后, 受到噪声干扰的儿童, 长时记忆变差, 旧机场关闭后, 原本受到噪声干扰的儿童, 长时记忆转好, 短时记忆也有所改善^[55]。伦敦希思罗机场附近的调查显示, 控制其它变量后, 长期的飞机噪声暴露与儿童的短时记忆和长时记忆均显著相关^[48]。而实验室研究和

跨国研究分别表明铁路交通噪声及道路噪声与儿童长时记忆和短时记忆均无显著相关^[52,56]。

情景记忆是记忆影像的一种形式, 分为线索记忆、识别记忆、概念回忆、信息回忆等。RANCH 跨国研究表明, 道路交通噪声与线索记忆的提升呈线性关系, 与识别记忆无显著相关; 飞机噪声暴露与识别记忆的损伤呈线性关系, 与线索记忆无显著相关^[57]; 在控制社会的经济变量后, 长期的飞机噪声暴露仍然与儿童的识别记忆呈线性关系^[58], 道路交通噪声与儿童的概念回忆和信息回忆呈线性关系^[59]; 将交通空气污染物二氧化氮含量作为控制变量, 对于学校, 飞机噪声暴露依然与较差的识别记忆和概念回忆显著相关, 与信息回忆相关^[59]。

研究也关注了交通噪声对其它类型记忆的影响。奥地利通过对样本精细的挑选, 将社会经济条件完全一致, 暴露声压级相差 10 dB 的 123 名儿童分为两组, 实验研究表明, 长期飞机噪声暴露与有意记忆和无意记忆均显著相关^[60]。而 RANCH 跨国研究证明了飞机噪声和道路交通噪声均与前瞻记忆无显著相关^[57]。

2.3 数学能力

研究显示, 道路交通噪声对儿童的数学能力有一定的影响。运用实验方法对 187 名 12~13 岁的儿童进行数学基础、数学推理测试实验, 调查了低(55~66 dB)、中(66~77 dB)、高(72~80 dB)三类道路交通噪声对学校内儿童数学能力的影响, 数据表明, 暴露于低道路交通噪声与暴露于高道路交通噪声的儿童数学基础能力具有显著差异, 但并未发现道路交通噪声对学生的数学推理能力具有显著影响^[49]。飞机噪声虽然对儿童的数学能力有关, 但是关联会被其他社会经济因素混淆。对希思罗机场周围三个行政区 123 所学校的 11 000 名 6 年级儿童进行标准化数学测试, 发现长期飞机噪声影响与儿童在数学方面的表现相关, 但对人口、社会经济和学校因素等因素进行控制后, 这种相关关系会被混淆^[61]。

2.4 注意力

注意力是指心理能量在感觉事件或心理事件上的集中, 是儿童其它认知能力的基础。学界关于交通噪声对儿童注意力的影响的研究只进行了有限的探索。少数的研究涉及交通噪声对儿童持续注意的影响, 但并没有发现两者有相关关系。对伦敦希思罗机场附近的儿童的调查研究, 控制其它社会文化变量后, 没有发现飞机噪声暴露与持续注意力显著相关^[54]。RANCH 跨国研究也表明飞机噪声和

道路交通噪声与持续注意力都不相关^[52]。而飞机噪声似乎对视觉注意力产生影响, 南非的研究对年龄9~13岁的174名暴露于高飞机噪音区公立学校的学生进行认知测试, 结果表明高飞机噪声暴露与视觉注意显著相关^[62]。

3 交通噪声对儿童心理健康的影响

交通噪声对儿童心理健康的影响尚处于探索阶段, 目前已有的研究成果表明, 交通噪声与儿童烦恼、压力及行为问题有一定的关联。

3.1 引发儿童噪声烦恼

多个国家地区的研究从不同角度证实了交通噪声在一定程度上会引发儿童烦恼。儿童烦恼受交通噪声大小、儿童自身年龄、交通噪声暴露时间等的影响。RANCH 跨国研究发现, 学校飞机噪声声压级为 50 dB 时, 严重烦恼的儿童为 5.1%, 当声压级上升到 60 dB, 百分比上升到 12.1%; 住所呈现相似规律, 且英国、荷兰、西班牙三个国家的结果一致; 同时研究还关注了道路交通噪声与儿童烦恼的关系: 学校道路交通噪声越高, 儿童表现越烦恼, 且在声压级低于 55 dB 时, 儿童很少烦恼^[63]。德国的研究发现, 对于儿童, 道路交通噪声烦恼存在年龄差异, 8~10 岁儿童中因道路交通噪声产生烦恼的占 5.1%, 而在 11~14 岁儿童中则占 16.4%^[64]。在南非进行的持续三年(2009~2011 年)的流行病学前瞻性实地研究发现, 随着飞机噪声暴露时间的增长, 儿童的烦恼程度增高^[65]。

3.2 引起儿童心理压力

多项研究证实了交通噪声会使儿童产生压力, 该角度的研究常以静息血压、唾液和尿液中的应激激素分泌含量为指标, 衡量交通噪声对儿童心理压力的影响。长期飞机噪声和道路交通噪声的暴露与儿童尿液和唾液中应激激素(唾液皮质醇、过夜尿皮质醇)指标的升高有关^[66-67]。该研究不仅关注生理压力指标, 也引入心理量表进行心理压力评估。分别对新建机场周围住宅区内 9~11 岁的儿童进行建成前后的数据收集, 测量儿童的静息血压、隔夜肾上腺素、非肾上腺素等的含量, 并且采用儿童自我报告评估的方式, 测量儿童的自觉压力。数据表明, 机场投入使用后, 儿童的静息血压、隔夜肾上腺素、非肾上腺素等的含量, 以及自觉压力分数都在 2 年内升高了, 即使交通噪声在未达到听力损伤时, 已经使儿童产生心理压力^[68]。

3.3 引发儿童行为问题

长处和困难问卷量表(The Strengths and Difficulties Questionnaire, SDQ), 用于评估 3~17 岁儿童的行为问题。运用 SDQ 的研究证实了交通噪声与儿童的部分行为问题的相关性, 包括情绪症状、行为障碍、多动/注意力缺陷等。德国慕尼黑儿童自填 SDQ 问卷的结果显示, 住所外部道路的交通噪声与儿童多动症/注意力缺陷和情绪症状相关, 夜间住所外部的道路交通噪声与儿童的睡眠行为障碍相关^[68]。德国另一项研究由父母代填 SDQ 问卷, 评估儿童行为问题, 结果表明夜间住所道路的交通噪声暴露与 SDQ 总得分、情绪症状得分和行为障碍得分均显著相关^[69]。RANCH 研究中三个国家的结果显示, 飞机噪声与儿童多动症/注意力缺陷得分显著相关, 道路的交通噪声与儿童行为障碍得分的下降显著相关^[70]。丹麦的研究表明, 胚胎时期交通噪声暴露可能与儿童的行为问题相关。该项研究收集了 46 940 名儿童从胚胎时期到 7 岁所居住过的所有住所地址信息, 研究住宅道路的交通噪声与 7 岁儿童的行为问题的关系, 父母代填 SDQ 问卷的结果表明, 胚胎时期暴露于道路交通噪声与 7 岁时的儿童行为问题无关, 儿童早期住所道路的交通噪声可能与其行为问题相关, 特别是与多动症/注意力缺陷有关^[71]。

以上的研究都表明, 交通噪声可能与儿童的多动症/注意力缺陷有关, 学界对儿童注意力缺陷多动障碍进行了更为深入的研究。美国精神病协会制定的注意力缺陷/多动(Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, ADHD)诊断量表^[72], 专门用来诊断儿童注意力缺陷相关症状。巴西的研究由老师填写 ADHD 量表, 研究表明学校道路的交通噪声暴露与 ADHD 量表得分显著相关^[73]。塞尔维亚运用 ADHD 量表的研究发现, 学校和住宅的交通噪声水平与儿童整体执行能力没有显示相关。进一步的分析表明, 住所的道路交通噪声暴露与男孩的执行能力平均得分呈现负相关, 另外分析还表明, 儿童的家庭经济状况也是影响儿童执行能力的重要因素^[74]。

4 存在的问题与对策

4.1 存在的问题

(1) 评价指标各异, 难以形成统一结论

国际声学领域与心理学领域对交通噪声对儿童的影响进行了长期持续的研究, 各个国家和地区

的研究人员运用不同的评价指标在各个方面进行了探索。交通噪声对睡眠影响的研究采取的指标分别有入睡时间和深睡眠时间^[46]、腕动次数和觉醒次数^[47]；对心理压力影响的指标分别有应激激素(肾上腺素、非肾上腺素、唾液皮质醇、过夜尿皮质醇)^[66-67]、静息血压与心理量表得分^[68]等。

目前除了听力、血压、心率、应激激素等少数生理指标较为明确外，其它方面的评价指标均以研究人员自定义为主，不同的研究采用不同的评价指标。评价指标各异且层次不分明是交通噪声对儿童影响研究所面临的重要问题。

(2) 相关因素众多，混淆变量干扰研究结论

由于影响儿童生理和心理指标的主客观因素较多，而且往往是同一指标会同时受到多个因素影响，研究分析比较困难。相关因素对研究结论产生混淆^[51,61]。

目前研究关注到的相关因素共有两类：① 社会文化环境因素，社会文化环境既包括个体生活所处环境的经济条件和生活设施，也包含个体所处的国家或民族的文化环境。经过细分发现包含以下三个层级：国家地区层面，儿童所在国家或地区经济文化、社会习俗差异等；家庭层面，儿童所处社会经济政治地位、母亲受教育程度、所在学校教育水平、教室隔音效果、家庭语言等因素；儿童个体层面，儿童的性别、年龄、对交通噪声的敏感程度、有无长期疾病史，个体注意力水平、睡眠质量、情绪状态等。② 交通空气污染因素，交通噪声与交通空气污染来自同一污染源，且处于同一空间，交通空气污染和交通噪声都会对儿童的健康成长产生影响^[75]。目前相关研究较少，且研究存在局限性，例如，交通空气污染物种类缺失，交通空气污染物浓度梯度设置不全面等。

(3) 研究范式不同，研究结论存在差异

随着研究的深入，各个国家和地区对研究方法展开了积极而有意义的尝试与探索，并取得了阶段性进展。研究方法呈现出从经典测量方法到多种方法综合应用的趋势。如对儿童身体健康的影响，早期的研究主要通过仪器测量儿童的心率^[38]、血压反应^[39]，之后的研究逐渐增加了关于主观调查和深度访谈等社会调查的研究方法，更全面地了解研究对象的情况^[40]；对儿童睡眠的影响，从自然观察法^[46]发展到运用电子记录和追踪装置^[47]来监控儿童的睡眠，以获取更为准确的睡眠质量信息；对儿童认知活动的影响，传统方法通过严格的情境抽样和被试样本抽样，在自然情境或实验室条件下对被试儿童进行认知活动测试^[47-49]，近年来实验室研究与自

然观察相结合的大样本现场实验法^[51,53]，逐渐成为主流的研究方法。

然而目前交通噪声对儿童影响的研究尚没有形成统一规范化的研究范式。研究范式的不一使得同一指标的不同研究成果难以进行比较，很多指标的研究难以形成科学结论，阻碍了研究的进一步发展及深化。

4.2 对 策

(1) 构建标准化指标体系与规范化研究范式

构建层级清晰、科学有效的标准化评价指标具有重要的意义，可以推进交通噪声对儿童影响研究的进程。应当充分总结研究经验，基于各种物理、心理、社会和生理参数进行多学科分析，获取、提炼、修正不同层级的评价指标，并对指标进行科学整合，构建标准化的、多层次的评价指标体系。

制定统一规范的研究范式对于研究结果的可比性和再现性具有重要意义。交通噪声对儿童影响的研究范式的多样化造成利用现有数据来进一步发展新理论存在诸多困难。因此，应以目前所取得的研究成果为基础，进一步发展和优化研究方法，梳理总结形成统一规范的研究范式，为进一步的研究提供技术支持。

(2) 深入运用社会学方法，明确社会文化环境因素对儿童的影响

目前交通噪声对儿童影响的不少指标的研究，难以得到清晰的结论，其主要原因是多种主客观因素综合影响了儿童的生理、心理指标。已有研究对社会文化环境因素的调查呈现全面化的趋势。然而各项因素对研究结论的影响作用则只进行了有限的探索，将家庭经济地位、母亲受教育程度、所在学校教育水平等社会文化环境因素作为控制变量^[60]，将夜间睡眠质量作为调节变量^[76]，将注意力、记忆^[77]、噪声烦躁^[67]作为中介变量，分析其影响作用，但研究未得到明确结论。

应当深入运用问卷调查、行为观察、经典量表、现场实验等社会学观察测量方法，进一步深入挖掘交通噪声对儿童生理和心理的影响机制，全面提取与归纳混淆因素；运用统计方法、经典数学模型等具体技术手段，明确各项混淆因素对研究结论的影响作用，总结提出应对各项因素的具体处理方式，以获得交通噪声与儿童各项指标之间更为清晰明确的影响关系。

(3) 开展交通噪声与交通空气污染综合影响的研究，厘清后者对结论的混淆

交通空气污染是交通噪声对儿童影响研究重

要的干扰因素, 交通噪声与交通空气污染存在于同一空间, 都对儿童健康成长产生影响。少有研究涉及到厘清交通空气污染对研究结论的混淆, 仅点状分布在血压^[77-78]、阅读^[79]、行为问题^[73]、线索与识别记忆^[80-81]等几个方面, 且未形成明确结论。而交通噪声对儿童影响的其它方面尚未进行研究。

应当对学校、住所的交通空气污染状况和交通噪声状况进行详尽的、多梯度的测量, 展开交通噪声与交通空气污染对儿童影响的综合研究, 深入探讨交通空气污染、交通噪声对儿童影响结论的混淆作用, 获取交通噪声对儿童影响的坚实证据。

5 结语

目前国际上交通噪声对儿童影响的研究取得了丰富成果。交通噪声对儿童影响的研究主要集中在美国、德国、英国、荷兰、西班牙等发达的欧美地区。然而, 中西方存在着巨大的文化差异, 且中国正处于以城市密度激增为特征的城市化快速发展时代, 高密度是中国特大城市和超大城市的典型特征, 城市状况与欧美地区差异较大。交通噪声干扰是高密度城市面临的主要环境问题之一。因此, 借鉴国际上较为成熟的研究方法, 依托其坚实的理论基础, 针对中国高密度的城市现状, 开展交通噪声对儿童的影响研究, 具有积极的实践意义。

参 考 文 献

- [1] HUANG J, DENG F, WU S, et al. The impacts of short-term exposure to noise and traffic-related air pollution on heart rate variability in young healthy adults[J]. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2013, **23**(5): 559-564.
- [2] ROSWALL N, ERIKSEN K T, HJORTEBJERG D, et al. Residential Exposure to Road and Railway Noise and Risk of Prostate Cancer: A Prospective Cohort Study[J]. *Plos One*, 2015, **10**(8): 1-13.
- [3] SØRENSEN M, ANDERSEN Z J, NORDSBORG R B, et al. Long-term exposure to road traffic noise and incident diabetes: a cohort study[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2013, **121**(2): 217-222.
- [4] FORASTER M, KÜNZLI N, AGUILERA I, et al. High blood pressure and long-term exposure to indoor noise and air pollution from road traffic[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2014, **122**(11): 1193-1200.
- [5] ROSWALL N, HØGH V, ENVOLDBIDSTRUP P, et al. Residential exposure to traffic noise and health-related quality of life—a population-based study[J]. *Plos One*, 2015, **10**(3): 1-13.
- [6] 张圆. 城市开放空间声景恢复性效益及声环境品质提升策略研究[J]. *新建筑*, 2014(5): 18-20.
ZHANG Yuan. Research on soundscape restorative benefits of urban open space and promotion strategy of the acoustic environment quality[J]. *NEW ARCHITECTURE*, 2014(5): 18-20.
- [7] 吴硕贤, 赵越喆. 建筑环境声学的前沿领域[J]. *华南理工大学学报* (自然科学版), 2012, **40**(10): 28-31.
WU Shuoxian, ZHAO Yuezhe. Frontiers of architectural and environmental acoustics[J]. *Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition)*, 2012, **40**(10): 28-31.
- [8] COCH D, SANDERS L D, NEVILLE H J. An event-related potential study of selective auditory attention in children and adults[J]. *Cognitive Neuroscience Journal*, 2005, **17**(4): 605-622.
- [9] BUSS E, III J W H, GROSE J H. Monaural informational masking release in children and adults[J]. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2005, **118**(1): 1605-1613.
- [10] PICHORAFULLER M K, SCHNEIDER B A, DANEMAN M. How young and old adults listen to and remember speech in noise[J]. *J. Acoust. Soc. Am.*, 1995, **97**(1): 593-602.
- [11] SHIELD B, CONETTA R, DOCKRELL J, et al. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England[J]. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2015, **137**(1): 177-188.
- [12] GREENLAND E E, SHIELD B M. A survey of acoustic conditions in semi-open plan classrooms in the United Kingdom[J]. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2011, **130**(3): 1399-1410.
- [13] JOHN J, THAMPURAN A L, PREMLET B. Objective and subjective evaluation of acoustic comfort in classrooms: A comparative investigation of vernacular and modern school classroom in Kerala[J]. *Applied Acoustics*, 2016, **104**: 33-41.
- [14] 粟春燕. 中小型教室声环境初探[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
LI Chunyan. The primary reasearch on middle and small size classroom's acoustical environment[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.
- [15] 徐欢, 欧达毅. 福清市中小学教室声环境调查与评价[J]. *建筑科学*, 2016, **32**(4): 77-86.
XU Huan, OU Dayi. Investigation and evaluation of classroom acoustical environment in primary and secondary schools in fuqing city[J]. *Building Science*, 2016, **32**(4): 77-86.
- [16] 王季卿, 施琦华, 钟祥瑞. 交通噪声对中小学学生课堂行为的影响[J]. *声学学报*, 1992, **17**(4): 248-255.
WANG Jiqing, SHI Qihua, ZHONG Xiangzhang. Effects of traffic noise on pupils' behavior in classroom[J]. *ACTA Acustica*, 1992, **17**(4): 248-255.
- [17] 王绍汉, 蔡琳娜, 阎辉, 等. 教室噪声卫生标准的研究—交通噪声对师生教学与健康的影响[J]. *环境科学*, 1990(4): 2-7.
WANG Shaohan, CAI Linna, YAN Hui, et al. Influence of traffic noise on teaching and the teacher and students health[J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 1990(4): 2-7.
- [18] 蔡琳娜, 韩云涛, 阎辉. 低声级交通噪声对小学生心算能力影响的研究[J]. *中国学校卫生*, 1991, **12**(5): 13-14.
CAI Linna, HAN Yuntao, YAN hui. The effect of low noise traffic noise on mental arithmetic ability of primary school students[J]. *Chinese School Health*, 1991, **12**(5): 13-14.
- [19] 宋拥民, 祝培生, 盛胜我. 教室室内最佳混响时间的研究[J]. *声学技术*, 2009, **28**(1): 48-52.
SONG Yongmin, ZHU Peisheng, SHENG Shengwo. Research on optimal reverberation time in classrooms[J]. *Technical Acoustics*, 2009, **28**(1): 48-52.
- [20] 宋拥民. 声压级对教室语言清晰度的影响[C]//中国声学学会 2007 年青年学术会议论文集(下), 2007.
SONG Yongmin. Influence of sound pressure level on speech articulation in classroom. proceedings of the 2007 young academic conference of the acoustical society of china (2), 2007.
- [21] 彭健新. 三种干扰噪声对汉语语言清晰度的影响[J]. *振动与冲击*, 2005, **24**(6): 98-101.
PENG Jianxin. Effect of different kinds of noise sources on chinese speech intelligibility[J]. *Journal of Vibration and Shock*, 2005, **24**(6): 98-101.
- [22] 彭健新. 不同信噪比条件下发音速率对室内汉语语言清晰度的影

- 响[J]. 振动与冲击, 2010, **29**(10): 95-98.
- PENG Jianxin. Effect of speaking rate on chinese speech in room with different signal to noise ratios[J]. Journal of Vibration and Shock, 2010, **29**(10): 95-98.
- [23] 潘学丰, 孟子厚. 噪声干扰对数字短时记忆注意力的影响[C]//2009 全国环境声学学术会议, 2009.
- PAN Xuefeng, MENG Zihou. The Interference of Noise on the Numeral Short-term Memory[C]//National Conference on Environmental Acoustics, 2009.
- [24] 彭建新, 王丹, 严南杰, 等. 教室内噪声和混响对儿童的言语短时记忆的影响[C]//中国声学学会全国声学学术会议, 2014.
- PENG Jianxin, WANG Dan, YAN Nanjie, et al. The effects of noise and reverberation on verbal short-term memory for children in classrooms[C]//National acoustical Symposium of Acoustical Society of China, 2014.
- [25] 蒋鹏, 彭建新. 教室噪声和混响对儿童汉语词组短时记忆的影响[C]//2015'中国西部声学学术交流会议论文集, 2015.
- JIANG Peng, PENG Jianxin. Effects of noise and reverberation on Chinese phrase short-term memory in children[C]//Proceedings of the Symposium on acoustic Science in Western China, 2016.
- [26] 彭建新, 蒋鹏. 噪声和混响对儿童视觉短时记忆的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2016, **44**(7): 130-134.
- PENG Jianxin, JIANG Peng. Effects of noise and reverberation on children's visual short-term memory[J]. Journal of South China University of Technology(Natural Science Edition), 2016, **44**(7): 130-134.
- [27] 翁玫. 听觉景观设计[J]. 中国园林, 2007, **23**(12): 46-51.
- WENG Mei. On the design of soundscape[J]. Chinese Landscape Architecture, 2007, **23**(12): 46-51.
- [28] TWARDDELLA D, PEREZ-ALVAREZ C, STEFFENS T, et al. The prevalence of audiometric notches in adolescents in Germany: the Ohrkan-study. Noise Health, 2013, **15**(67): 412-419.
- [29] PARK B, CHOI H G, LEE H J, et al. Analysis of the prevalence of and risk factors for tinnitus in a young population[J]. Otol Neurotol, 2014, **35**(7): 1218-1222.
- [30] KENDALL B. GREEN PH.D, BERNARD S. Pasternack Ph.D, Roy E. Shore Ph.D. Effects of aircraft noise on hearing ability of school-age children[J]. Archives of Environmental Health, 1982, **37**(1): 24-31.
- [31] CHEN T J, CHEN S S. Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of school-age children[J]. International Archives of Occupational & Environmental Health, 1993, **65**(2): 107-111.
- [32] 王辉. 特殊儿童感知觉训练[M]. 南京: 南京大学出版社, 2012.
- WANG Hui. Sensory Training for Special Children[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2012.
- [33] MAXWELL L E, EVANS G W. The effects of noise on preschool children's pre-reading skills[J]. J Environ Psychol, 2000, **20**(1): 91-97.
- [34] FINEGOLD L S, FINEGOLD M S. Development of exposure response relationships between transportation noise and community annoyance[C]//Japan Net-Symposium on Annoyance, Stress and Health Effects of Environmental Noise, 2002.
- [35] CRANDELL C C, SMALDINO J J. Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment[J]. Lang Speech Hear Serv Sch, 2000, **31**(31): 362-370.
- [36] COHEN S, OTHERS A. Apartment noise, auditory discrimination, and reading ability in children[J]. Journal of Experimental Social Psychology, 1973, **9**(5): 407-422.
- [37] MANLOVE E E, FRANK T, VERNON-FEAGANS L. Why should we care about noise in classrooms and child-care settings?[J]. Child Youth Care Forum, 2001, **30**(1): 55-64.
- [38] REGECOVÁ V, KELLEROVÁ E. Effects of urban noise pollution on blood pressure and heart rate in preschool children[J]. Journal of Hypertension, 1995, **13**(4): 405-412.
- [39] BELOJEVIC G, JAKOVLJEVIC B, STOJANOV V, et al. Urban road-traffic noise and blood pressure and heart rate in preschool children[J]. Environment International, 2008, **34**(2): 226-231.
- [40] BABISCH W, NEUHAUSER H, THAMM M, et al. Blood pressure of 8-14 year old children in relation to traffic noise at home-results of the German Environmental Survey for Children (GerES IV)[J]. Sci Total Environ, 2009, **407**(22): 5839-5843.
- [41] BELOJEVIC G, EVANS G W. Traffic noise and blood pressure in low-socioeconomic status, African-American urban schoolchildren[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2012, **132**(3): 1403-1406.
- [42] COHEN S, EVANS G W, KRANTZ D S, et al. Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field[J]. American Psychologist, 1980, **35**(3): 231-243.
- [43] KEMPEN E V, KAMP I V, FISCHER P, et al. Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project[J]. Occupational & Environmental Medicine, 2006, **63**(9): 632-639.
- [44] World Health Organization Europe. Night noise guidelines for Europe[S]. WHO, 2009.
- [45] HCN. The influence of night-time noise on sleep and health (2004/14E)[C]//The Hague: Health Council of the Netherlands; 2004.
- [46] EBERHARDT J L. The influence of road traffic noise on sleep[J]. Journal of Sound & Vibration, 1988, **127**(3): 449-455.
- [47] ÖHRSTRÖM E, HADZIBAJRAMOVIC E, HOLMES M, et al. Effects of road traffic noise on sleep: Studies on children and adults[J]. Journal of Environmental Psychology, 2006, **26**(2): 116-126.
- [48] BRONZAFT A L, MCCARTHY D P. The effect of elevated train noise on reading ability[J]. Environment & Behavior, 1975, **7**(4): 517-527.
- [49] LJUNG R, SÖRQVIST P, HYGGE S. Effects of road traffic noise and irrelevant speech on children's reading and mathematical performance[J]. Noise & Health, 2009, **11**(45): 194-198.
- [50] PAPANIKOLAOU M, SKENTERIS N, PIPERAKIS S M. Effect of external classroom noise on school children's reading and mathematics performance: correlation of noise levels and gender[J]. International Journal of Adolescent Medicine & Health, 2015, **27**(1): 25-29.
- [51] HAINES M M, STANSFELD S A, BRENTNALL S, et al. The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health[J]. Psychological Medicine, 2001, **31**(8): 1385-1396.
- [52] STANSFELD S A, BERGLUND B, CLARK C, et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study[J]. Lancet, 2005, **365**(9475): 1942-1949.
- [53] EVANS G W, MAXWELL L. Chronic noise exposure and reading deficits the mediating effects of language acquisition[J]. Environment & Behavior, 1997, **29**(29): 638-656.
- [54] MATSUI T, STANSFELD S, HAINES M, et al. Children's cognition and aircraft noise exposure at home--the West London Schools Study[J]. Noise & Health, 2004, **7**(25): 49-58.
- [55] HYGGE S, EVANS G W, BULLINGER M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren[J]. Psychological Science, 2002, **13**(5): 469-474.
- [56] KLATTE M, MEIS M, SUKOWSKI H, et al. Effects of irrelevant speech and traffic noise on speech perception and cognitive performance in elementary school children[J]. Noise & Health, 2007, **9**(36): 64-74.
- [57] STANSFELD S A, HEAD J, CLARK C, et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition-Authors' reply[J]. Lancet,

- 2005, **366**(9487): 715-716.
- [58] FROMM S H, CARRASQUILLA C, LUCAS C. Does traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? a secondary analysis of the united kingdom sample from the ranch project[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2012, **176**(4): 327-337.
- [59] LERCHER P, EVANS G W, MEIS M. Ambient noise and cognitive processes among primary school children[J]. *Environment and Behavior*, 2003, **35**(6): 725-735.
- [60] HAINES M M, STANSFELD S A, HEAD J, et al. Multilevel modelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow Airport London[J]. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 2002, **56**(2): 139-144.
- [61] SEABI J, GOLDSCHAGG P, COCKCROFT K. Does aircraft noise impair learners' reading comprehension, attention and working memory? a pilot study[J]. *Journal of Psychology in Africa*, 2010, **20**(1): 101-104.
- [62] VAN KEMPEN E E, VAN KAMP I, STELLATO R K, et al. Children's annoyance reactions to aircraft and road traffic noise[J]. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2009, **125**(2): 895-904.
- [63] BABISCH W, SCHULZ C, SEIWERT M, et al. Noise annoyance as reported by 8- to 14-year-old children[J]. *Environ Behav*, 2012, **44**(1): 68-86.
- [64] SEABI J. An epidemiological prospective study of children's health and annoyance reactions to aircraft noise exposure in South Africa[J]. *Int J Environ Res Public Health*. 2013, **10**(7): 2760-2777.
- [65] EVANS G W, LERCHER P, MEIS M, et al. Community noise exposure and stress in children[J]. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2001, **109**(3): 1023-1027.
- [66] HAINES M M, STANSFELD S A, JOB R F, et al. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children[J]. *Psychological Medicine*, 2001, **31**(2): 265-277.
- [67] EVANS G W. Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress[J]. *Psychological Science*, 1998, **9**(1): 75-77.
- [68] TIESLER C M, BIRK M, THIERING E, et al. Exposure to road traffic noise and children's behavioural problems and sleep disturbance: results from the GINIplus and LISApplus studies[J]. *Environmental Research*, 2013, **123**(5119): 1-8.
- [69] DREGER S, MEYER N, FROMME H, et al. Environmental noise and incident mental health problems: A prospective cohort study among school children in Germany[J]. *Environmental Research*, 2015, **143**(Pt A): 49-54.
- [70] STANSFELD S A, CLARK C, CAMERON R M, et al. Aircraft and road traffic noise exposure and children's mental health[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2009, **29**(2): 203-207.
- [71] LEZAMA V, CHAUCA L, MARCHENA M, et al. Comment on "exposure to road traffic noise and behavioral problems in 7-year-old children: a cohort study"[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2016, **124**(2): A28- A35.
- [72] Sears, W., & Thompson, L. *The ADD book. New understandings, new approaches for parenting your child*[M]. London: Little, Brown and Co, 1998.
- [73] FORNS J, DADVAND P, FORASTER M, et al. Traffic-related air pollution, noise at school, and behavioral problems in barcelona schoolchildren: a cross-sectional study[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2016, **124**(4): 529-535.
- [74] BELOJEVIC G, EVANS G W, PAUNOVIC K, et al. Traffic noise and executive functioning in urban primary school children: The moderating role of gender[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2012, **32**(4): 337-341.
- [75] CHEN S Y, WU C F, LEE J H, et al. Associations between Long-Term Air Pollutant Exposures and Blood Pressure in Elderly Residents of Taipei City: A Cross-Sectional Study[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2015, **123**(8): 779-784.
- [76] STANSFELD S, HYGGE S, CLARK C, et al. Night time aircraft noise exposure and children's cognitive performance[J]. *Noise & Health*, 2010, **12**(49): 255-262.
- [77] CLARK C, MARTIN R, VAN K E, et al. Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: the RANCH project[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2006, **163**(1): 27-37.
- [78] BILENKO N, VAN R L, BRUNEKREEF B, et al. Traffic-related air pollution and noise and children's blood pressure: results from the PIAMA birth cohort study[J]. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2015, **22**(1): 4-13.
- [79] LIU C, FUERTES E, TIESLER C M T, et al. The associations between traffic-related air pollution and noise with blood pressure in children: Results from the GINIplus and LISApplus studies[J]. *International Journal of Hygiene & Environmental Health*, 2016, **217**(4-5): 499-505.
- [80] CLARK C, CROMBIE R, HEAD J, et al. Does Traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? a secondary analysis of the united kingdom sample from the ranch project[J]. *American Journal of Epidemiology*, 2012, **176**(4): 327-337.
- [81] KEMPEN E V, FISCHER P, JANSSEN N, et al. Neurobehavioral effects of exposure to traffic-related air pollution and transportation noise in primary schoolchildren[J]. *Environmental Research*, 2012, **115**(5): 18-25.