

石河子市道路交通噪声昼夜分布特征与影响因素敏感性研究

李阳慧明

新疆生产建设兵团生态环境第五监测站, 中国·新疆 石河子 830000

摘要: 论文对拥有 50 多万人口的县级市道路交通开展噪声昼间、夜间监测, 阐述了城市昼、夜噪声不同道路类型分布特征, 探讨了交通流量、车型大小等因素与噪声的相关性, 并通过各因素回归性分析, 结合对城市社会生活特点的挖掘, 探讨噪声影响因素对噪声值的敏感性, 最后对噪声污染防治提出了有针对性的建议。

关键词: 噪声污染; 交通噪声; 城市道路交通

Research on Day Night Distribution Characteristics of Road Traffic Noise and Sensitivity of Influencing Factors in Shihezi City

Huiming Liyang

The Fifth Monitoring Station of Ecological Environment of Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: This paper carries out daytime and nighttime noise monitoring on the road traffic in county-level cities with a population of more than 500000, expounds the distribution characteristics of urban daytime and nighttime noise in different road types, discusses the correlation between traffic flow, vehicle size and noise, and through the regression analysis of various factors, combined with the mining of the characteristics of urban social life, discusses the sensitivity of noise influencing factors to noise values, and finally puts forward targeted suggestions on the prevention and control of noise pollution.

Keywords: noise pollution; traffic noise; urban road traffic

1 背景

噪声污染狭义的是指在环境中存在的、干扰人们正常生活或对人类健康造成危害的声音。世界卫生组织 (WHO, 2018) 已明确将噪声污染列为仅次于大气污染的第二大环境健康风险^[1]。长期暴露在噪声环境中可能引发听力损伤, 导致愤怒^[2]、焦虑等负面情绪^[3], 导致睡眠质量下降等多种健康问题。随着中国城市化加速和人口的聚集, 噪声污染也逐步被人们关注, 中国环境噪声污染防治年度报告显示, 2020 年全国城市声环境功能区夜间总达标率为 74.3%、2022 年为 78.3%、2023 年为 87.0%。

2023 年二季度, 石河子市各类功能区昼间达标率为 75%、夜间达标率为 62.5%, 该城市夜间噪声达标率远低于 2020 年、2022 年、2023 年全国水平。道路交通噪声作为城市功能区噪声的主要贡献之一, 亟待深入研究。论文以石河子市为例, 通过 2023 年 5 月昼、夜间城市道路交通噪声监测数据, 通过统计学分析方法, 分析交通噪声昼间、夜间变化趋势和规律, 交通噪声的影响因素, 为石河子市城市功能区噪声改善提出行之有效的措施, 为城市噪声污染防治提供基础研究案例。

2 数据与方法

2.1 研究区域与数据来源

石河子市是新疆维吾尔自治区下辖县级市, 东距新疆维吾尔自治区首府乌鲁木齐市 150 公里, 地处天山北麓中段, 准噶尔盆地南部。城区面积 460km², 截至 2022 年底, 石河子市总人口 56.81 万人。监测数据均为 2023 年 5 月工作日的实测数据。

2.2 道路基本情况及监测点位设置

根据《石河子市城市总体规划 (2012—2030 年) 》, 截至 2020 年, 石河子市中心城区主干道 28 条、次干路 45 条、支路约 120 条。本研究选择 20 条道路开展 38 个点位的昼、夜间监测, 覆盖城市全部等级道路, 其中监测主干路 4 条、次干路 11 条、支路 5 条, 对于长度超过 3km 的道路加密布点监测, 布点原则按照主干路每条布点 3 个、次干路每条布点 2 个、支路每条布点 1 个。

2.3 测量方法与质量控制

2.3.1 监测方法

本研究采用手工监测, 方法依据 GB3096—2008《声环境质量标准》和 HJ 640—2012《环境噪声监测技术规范城市声环境常规监测》。

在两路口之间的路段，距离路口大于 50m。噪声监测设备点位设置于机动车道外侧 20cm、监测点位高度距地面为 1.5m，传声器指向交通源。监测时，测点避开非道路交通源干扰。每个点位监测 20min，并同步统计车流量。

2.3.2 质量保证和质量控制

设备选用爱华 6288+ 多功能声级计，测量范围为 20 至 132dB (A)，满足本次道路交通实际监测结果在 21.8dB (A) 至 100.8dB (A) 监测期间，多功能声级计和声级校准器等设备均在校准有效期内，噪声监测时，均在测量前和测量后使用声级校准器校准和校验，监测期间风速均 < 1m/s，无雨雪天气。

3 结果与讨论

3.1 昼间噪声

昼间监测的所有点位交通噪声监测范围为 47.8 至 66.1dB (A) 之间，昼间噪声值均未超过 GB3096—2008《声环境质量标准》的 4A 类昼间 70dB (A) 标准要求，见表 1。

表 1 昼间监测结果表（单位：dB (A)）

道路类型	监测值范围		最大值 Lmax	最小值 Lmin
主干路	47.8	66.1	86.7	21.8
次干路	54.9	65.8	85.6	31.4
支路	52.9	65	92.7	30.8

从图 1 可以看出，从各路段整体数据分析，主干路存在最低值 47.8dB (A) 和最高值 66.1dB (A) 两个潜在离群值。以上分析可以得出，主干路表现出最大变异度。极差为 18.3dB (A)，数据相对分散，但各路段主要噪声分布在 54.8dB (A) 至 65.8dB (A) 之间分布相对集中。

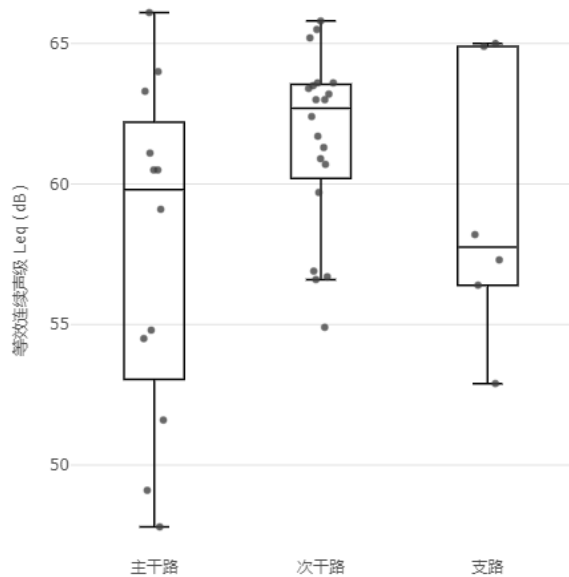


图 1 昼间道路类型监测值分布图

3.2 夜间噪声

夜间监测的所有点位交通噪声监测范围为 58.5dB (A)

至 71.8dB (A) 之间，其中主干路夜间噪声值在 59.4dB (A) 至 71.8dB (A) 之间、次干路夜间噪声值在 58.5dB (A) 至 70.7dB (A) 之间、支路夜间噪声值在 58.9dB (A) 至 69.7dB (A) 之间。夜间噪声值均超过 GB3096—2008《声环境质量标准》的 4A 类昼间 55dB (A) 标准要求，主干路、次干路、支路超标倍数分别为 1.20 倍、1.22 倍和 1.18 倍，见表 2。

表 2 夜间监测结果表

道路类型	监测值范围 dB (A)		超标 倍数	最大值 LmaxdB (A)	最小值 LmindB (A)
主干路	59.4	71.8	1.20	97.2	38.4
次干路	58.5	70.5	1.22	100.8	26.8
支路	58.9	69.7	1.18	92.5	45.2

从图 2 可以看出，从各类型路段数据分析，主干路夜间分布较集中，存在 71.8dB (A) 和 59.4dB (A) 两个潜在离群值；次干路夜间数据波动较大，并呈现 58~60dB (A) 和 66~75dB (A) 两个集中区域，中位数最高，为 67.7dB (A)、极差最大，为 16.6dB (A)，并出现最大值 75.1dB (A)。

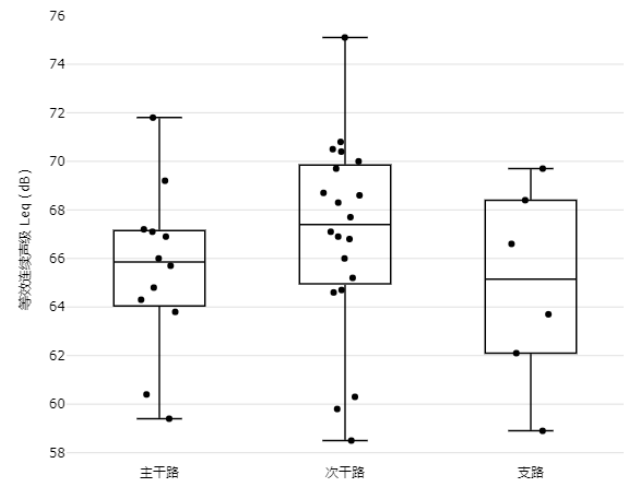


图 2 夜间道路类型监测值分布图

3.3 昼间车流量与噪声值

从表 3 可以看出，对车流量、车型进行噪声相关性分析，所有道路车流量与噪声值均呈现正相关，大型车占比与噪声的相关性普遍高于车流量因素，大型车是主要噪声源。车流量与噪声影响: 每增加 10% 大型车占比，噪声上升 4.3dB (A) (p < 0.001)；车流量每增加 1 个对数单位，噪声上升 2.0dB (A)。

3.4 夜间车流量与噪声值

3.4.1 夜间噪声值特点

从表 4 可以看出，次干路夜间等效声级最高，均值 67.2dB (A)，标准差 3.9dB (A)，表明其噪声波动大于昼间（昼间标准差 2.8dB (A)，可能与夜间货运车辆集中通行有关。主干路噪声波动最小，标准差 3.2dB (A)，但平均声级 65.4dB (A) 仍显著高于昼间 58.2dB (A)，反映

夜间交通噪声整体升高。支路噪声均值 64.9dB（A），标准差 3.7dB（A），波动性介于主干路与次干路之间，可能与夜间社区车辆活动差异有关。大型车流量从高到低依次是次干路>支路>主干路，次干路夜间占比达 22.4%（昼间 10.2%），主干路 18.6%（昼间 8.7%），支路 19.8%（昼间 11.7%），与昼间数据比较分析可知，夜间大型车车流量均高于昼间。次干路夜间大型车比例最高，可能与夜间货运车辆分流至次干路相关。

表 3 昼间噪声值统计分析表

分析类型	指标	主干路	次干路	支路	各路段统计
描述性统计	平均 Leq（dB）	58.2	61.3	59.6	60.1
	Leq 标准差	6.2	2.8	5.1	4.9
	大型车平均占比（%）	8.7	10.2	11.7	9.8
相关性分析	流量 -Leq 相关系数	0.62*	0.58**	0.41	0.53***
	车型占比 -Leq 相关系数	0.71**	0.68**	0.55*	0.63***
回归分析	流量系数（β）	0.021	0.018	0.025	0.02
	车型占比系数（β）	3.8***	4.2***	5.1**	4.3***

注：***p < 0.001（极显著），**p < 0.01（高度显著），*p < 0.05（显著）。

表 4 夜间噪声值统计分析表

分析类型	指标	主干路	次干路	支路	全路段统计
描述性统计	平均 Leq（dB）	65.4	67.2	64.9	66.3
	Leq 标准差	3.2	3.9	3.7	3.8
	大型车平均占比（%）	18.6	22.4	19.8	20.5
相关性分析	流量 -Leq 相关系数	0.48*	0.52**	0.61*	0.55***
	车型占比 -Leq 相关系数	0.67**	0.73***	0.59*	0.69***
回归分析	流量系数（β）	0.015	0.017	0.022	0.018
	车型占比系数（β）	4.1***	5.3***	3.8**	4.7***

3.4.2 夜间噪声值相关性特征

所有道路夜间车流量与噪声均呈正相关，但相关性强弱与昼间有所不同，支路相关性最强，由于夜间支路中小型车减少，流量变化直接影响噪声值。次干路相关性次之，主干路相关性最弱，由于主干路多为商业街，夜间流量基数大，边际效应随之降低所致。

所有道路夜间大型车占比与噪声的相关性普遍高于流量因素，夜间相关性高于昼间。通过昼间、夜间车型占比与噪声强度相关系数可以得出，大型车是夜间主要噪声源。

由表4回归分析结果可知,次干路对大型车占比最敏感。

通过回归分析可以得出，大型车占比影响为每增加 10%，噪声上升 4.7dB（A），高于昼间的 4.3dB（A）；车流量影响为车流量每增加 100 辆 / 小时，主干路噪声上升 1.5dB（A），次干路 1.7dB（A），支路 2.2dB（A）。

3.5 昼间和夜间噪声特征对比分析

3.5.1 昼间和夜间等效声级特征

主干路夜间等效声级为 65.4±3.2dB（A），较昼间 58.2±6.2dB（A）显著升高 7.2dB（A）（t=8.34，p < 0.001），标准差降低 48.4%，表明夜间货车路线固定化使噪声分布趋于集中。次干路夜间等效声级为 67.2±3.9dB（A），较昼间 61.3±2.8dB（A）升高 5.9dB（A），并呈现最大声级值，超出 GB 3096—2008 夜间限值 12.2dB（A），其标准差上升

39.3%（F 检验 p=0.032），反映晚间车流量集中导致的噪声特征。支路夜间等效声级为 64.9±3.7dB（A），较昼间 59.6±5.1dB（A）升高 5.3dB（A），标准差降低 27.5%，符合城市人口密度较低区域交通量夜间较少的特征。

从表 5 可以看出，主干路夜间大型车占比从昼间 8.7% 增加至 18.6%（χ²=25.7，p < 0.001），与城市夜间货运车绕行政策具有相关性。次干路大型车比例达 22.4%，较昼间提升 120%），与城市北部和东侧工业园区等大型货运车辆原料产品进出场相关。支路大型车占从昼间 11.7% 增长至夜间 19.8%，增长了 69%，显示部分支路夜间过境货运车辆仍由市区通过。

表 5 昼间和夜间各路段交通量对比

道路类型	昼间大车占比	夜间大车占比	对比分析
主干路	8.7%	18.6%	占比 ↑ 114%（夜间货运绕行主干路）
次干路	10.2%	22.4%	占比 ↑ 120%（测点“市三中门口”达 21.1%）
支路	11.7%	19.8%	占比 ↑ 69%（部分支路夜间仍承担货运）

3.5.2 相关性特征对比

各路段昼间和夜间车流量、车型与噪声相关性分析可

以得出，主干路车流量相关系数从昼间 0.62 ($p < 0.05$) 降至夜间 0.48 ($p < 0.05$)，次干路车流量相关系数从昼间 0.58 降至夜间 0.52，符合夜间流量基数增加，时边际效应递减的规律。支路相关性提升 49% ($0.41 \rightarrow 0.61$, $p < 0.05$)，印证中小型车减少、大型车增加导致流量变化敏感性增强。

次干路大型车占比相关性由昼间 0.68 增至 0.73 ($p < 0.001$)，通过回归分析，夜间车型占比系数 $\beta_{5.3} >$ 昼间 4.2，可以初步判断次干路夜间为“货运主导型噪声”。主干路大型车占比昼间 0.67、夜间 0.71，均保持较高的相关性，表明大型车对主干路的影响昼间和夜间均较稳定。

从表 6 可以看出，主干路：流量系 β 数从昼间 0.021 降低至夜间 0.015，降低了 29%，每万辆车噪声增量从 21dB(A) 降至 15dB(A)，反映夜间交通流趋于稳态。次干路：车型系数 β 从昼间 4.2 提升至夜间 5.3，提升了 26%，10% 大型车占比导致噪声增幅达 5.3dB (95%CI[4.8,5.8])，显著高于昼间 (4.2dB, 95%CI[3.7,4.7])。支路：流量系数 β 从昼间 0.020 提升至夜间 0.022，提升了 10%，每 100 辆车噪声增幅由 2.0dB(A) 升至 2.2dB(A)，与道路阻抗夜间降低的物理特性一致。

表 6 昼间和夜间各路段回归分析

道路类型	敏感指标 (昼/夜)	系数变化	实际影响
主干路	流量 β : 0.021/0.015	系数 ↓ 29%	每万辆车增量噪声：昼间 21dB → 夜间 15dB
次干路	车型 β : 4.2*/5.3***	系数 ↑ 26%	10% 大型车占比噪声： 昼间 +4.2dB → 夜间 +5.3dB
支路	流量 β : 0.020/0.022	系数 ↑ 10%	每 100 辆车增量噪声：昼间 2.0dB → 夜间 2.2dB

3.6 结论

夜间交通噪声超标。监测期间，石河子市夜间全路段交通噪声连续等效 A 声级均值均大于昼间，其中昼间噪声值均未超过 GB3096—2008《声环境质量标准》的 4A 类昼间 70dB(A) 标准要求，夜间噪声值均超过 GB3096—2008《声环境质量标准》的 4A 类昼间 55dB(A) 标准要求，夜间监测点位超标率 100%，其中主干路、次干路、支路超标倍数分别为 1.20 倍、1.22 倍和 1.18 倍。

夜间最大值超过昼间。监测期间，各类型道路夜间交通噪声瞬时最大值均超过昼间，其中次干路夜间数据波动较大，并呈现 58~60dB(A) 和 66~75dB(A) 两个集中区域，

中位数值最高 67.7dB(A)、极差最大 16.6dB(A)，并出现最大值 75.1dB(A)。

车流量、大型车占比与噪声成正相关。监测期间，所有道路车流量与昼间、夜间噪声值均呈现正相关，但相关性强度昼间与夜间有所不同，昼间主干路车流量与噪声强度相关性最强、夜间支路车流量与噪声强度相关性最强；所有道路昼间和夜间大型车占比与噪声的相关性普遍高于流量因素，昼夜间大型车占比相关性强度也不相同，昼间大型车占比与噪声强度相关性主干路最强、夜间昼间大型车占比与噪声强度相关性次干路最强。

4 对策建议

综上所述，由于夜间噪声强度明显高于昼间，结合县级市道路交通两侧 10~15 米范围均有住宅分布，导致夜间道路周边临近道路交通一侧噪声普遍偏高，交通噪声成为夜间功能区噪声主要贡献源，存在以下两方面原因，一是夜间交通流量小，但车速较昼间快；二是大型车夜间流量增加，在次干路、支路上穿城而过，进一步增加了噪声贡献；三是随意鸣笛，使得非稳态噪声较高。

需从以下四个方面予以治理。

城市交通部门需优化道路交通灯配置、采取交通监控对夜晚车辆限速行驶。

增设警示标志、特别是夜间反光标识牌等，对鸣笛、急刹等对重点道路进行限制或者禁止。

在居民住宅集中区域设置大型车辆限行区、国道路口等进市区重点路段设置绕城标志，减少绕城车辆进入市区。

加大宣传教育力度，加强超速行驶、鸣笛、急刹警示教育。

形成政府主导、社会共建的优美生活环境。

参考文献：

[1] 世界卫生组织.欧洲环境噪声指南[R].哥本哈根:世界卫生组织欧洲区域办事处,2018.

[2] 石勇兵,William Hal Martin,隋音,等.中国的噪声性听力损害是一个潜在严重的公众健康问题[J].中华耳科学杂志,2016,14(6):713-718.

[3] 许黎,吴晶心.长期噪声暴露对普通人群心电图影响的系统评价[J].医学综述,2014,20(23):4356-4358.

作者简介：李阳慧明（1982-），女，中国陕西米脂人，硕士，副高级工程师，从事环境监测、污染防治等研究。