

柴莹莹, 孟晓杰, 马书明, 等.民用机场航空器噪声影响评价关键问题及对策 [J].环境工程技术学报, 2022, 12(6): 1867-1874.

CHAI Y Y, MENG X J, MA S M, et al. Key issues and countermeasures of aircraft noise impact assessment in civil airports [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(6): 1867-1874.

民用机场航空器噪声影响评价关键问题及对策

柴莹莹¹, 孟晓杰^{1*}, 马书明², 赵仁兴³, 于华通⁴

1. 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 中国环境科学研究院

2. 大连理工大学环境学院

3. 河北科技大学

4. 北京尚云环境有限公司

摘要 为了更好地指导民用机场航空器噪声环境影响评价实践, 对机场航空器噪声影响评价案例进行分析与总结, 发现航空器噪声环境影响评价工作中存在评价范围确定合理性不足、噪声标准适用性不强、噪声预测模式相对落后及噪声防治措施不全面等问题。针对以上问题, 推荐了合理的评价范围划定方法、噪声评价标准, 提出了噪声预测模式发展方向, 汇总了较全面、较先进的噪声防治措施, 并针对未来航空器噪声影响评价提出了建立我国航空器噪声源数据库、开发航空器噪声预测软件及加快制定适应性强的技术导则和标准等建议。

关键词 民用机场; 航空器; 噪声影响评价; 评价范围; 评价量

中图分类号: X827 文章编号: 1674-991X(2022)06-1867-08 doi: 10.12153/j.issn.1674-991X.20220553

Key issues and countermeasures of aircraft noise impact assessment in civil airports

CHAI Yingying¹, MENG Xiaojie^{1*}, MA Shuming², ZHAO Renxing³, YU Huatong⁴

1. State Environment Protection Key Laboratory of Regional Eco-Process and Function Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences

2. School of Environmental Science and Technology, Dalian University of Technology

3. Hebei University of Science & Technology

4. Beijing shangyun environment Co., Ltd.

Abstract In order to guide the environmental impact evaluation practice of aircraft noise in civil airports, by analyzing and summarizing the cases of airport aircraft noise impact assessment, it was figured out that there were some problems in aircraft noise environmental impact assessment, such as insufficient rationality in determining the assessment scope, the weak applicability of noise standard, the relative backwardness of the noise prediction model, and the non-comprehensive of noise prevention and control measures. In view of the above problems, the reasonable evaluation-scope delimiting method and noise evaluation standards were recommended, the development directions of the noise prediction model were proposed, and more comprehensive and advanced noise prevention measures were summarized. The suggestions were given on future aircraft noise impact assessment, such as establishing an aircraft noise source database, developing aircraft noise prediction software and speeding up the formulation of technical guidelines and standards with strong adaptability.

Key words civil airport; aircraft; noise impact assessment; assessment range; assessment value

十八大以来, 我国民航业经历了飞速发展阶段, 基础设施建设能力大幅提高, 民用运输航空业务规模快速增长, 民航事业发展态势既体现出了快速增

长的基本特征, 其发展方向也呈现多样化, 如救援、勘探、播种、医疗、人工降雨、运动训练等。根据《2021年民航机场生产统计公报》发布数据, 截至2021年

收稿日期: 2022-05-31

基金项目: 国家环境保护标准项目(2014-66)

作者简介: 柴莹莹(1987—), 女, 工程师, 硕士, 主要从事机场环境影响评价工作, 592952458@qq.com

* 责任作者: 孟晓杰(1975—), 女, 正高级工程师, 博士, 长期从事机场环境影响评价研究, 690785448@qq.com

底,我国千万级机场达到 40 个,8 个机场跻身全球五十大大机场行列。同时,随着公众对环境保护工作要求的不断提高,机场建设和运营过程中的环境管理问题受到越来越多的关注。机场周边居民因为噪声污染问题进行投诉和信访的情况频频发生,机场的航空器噪声影响已经成为较为普遍的环境问题。

我国环境影响评价相关研究最早起步于 1995 年,通过较为坚实的法律基础,逐渐形成了一套较为完整的行政法规体系,包括一系列行业环境影响评价规范^[1]。HJ/T 87—2002《环境影响评价技术导则民用机场建设工程》以及 GB 9660—88《机场周围飞机噪声环境标准》、GB 9661—88《机场周围飞机噪声测量方法》等文件较好地指导了机场航空器环境影响评价工作,但随着我国环境保护技术的进步,环境保护要求不断提高,以上文件均出台较早,在实施过程中也暴露出与现行法律法规不相符、预测模式较落后、实用性较差等问题。笔者结合机场环境影响评价工作经验,针对机场航空器噪声影响评价中存在的 key 问题进行全面分析并提出解决对策,旨在为机场航空器噪声影响评价实践工作及相关标准的修订提供参考。

1 机场航空器噪声影响评价范围

现行的 HJ/T 87—2002 规定航空器噪声现状调查(评价)范围为机场跑道两侧各 1~2 km,跑道两端延长线各 5~8 km 的区域,由于各机场的类型、飞行架次、跑道构型均差距较大,该导则对机场环评实践的指导存在一定局限性。2021 年 12 月,生态环境部发布了 HJ 2.4—2021《环境影响评价技术导则 声环境》(简称《声导则》),按飞行架次规定了运输机场航空器噪声影响推荐评价范围,按有无直升机给出了通用机场航空器噪声影响推荐评价范围,体现了航空器噪声的特点,更具有操作性。但由于各机场飞行程序、各航向承担飞行量的比例不同,可能存在一些特殊情况。为优化评价范围的划定,假定某单跑道机场年起降架次为 15 万,跑道长度为 3 km,按不同飞行程序、不同航向起降比例设置 4 个情景,将飞机噪声预测软件 Integrated Noise Model 7.0d (INM7.0d) 计算得到的噪声影响范围与推荐的评价范围进行对比,示意见图 1,对比数据见表 1。可见,采用推荐的评价范围所围面积约比 INM7.0d 计算的 70 dB 等声级线所围的矩形面积增加 161%~387%,评价范围的扩大可能造成声环境保护目标调查工作量增加。

在实际应用中,由于气象、用地等限制因素,部

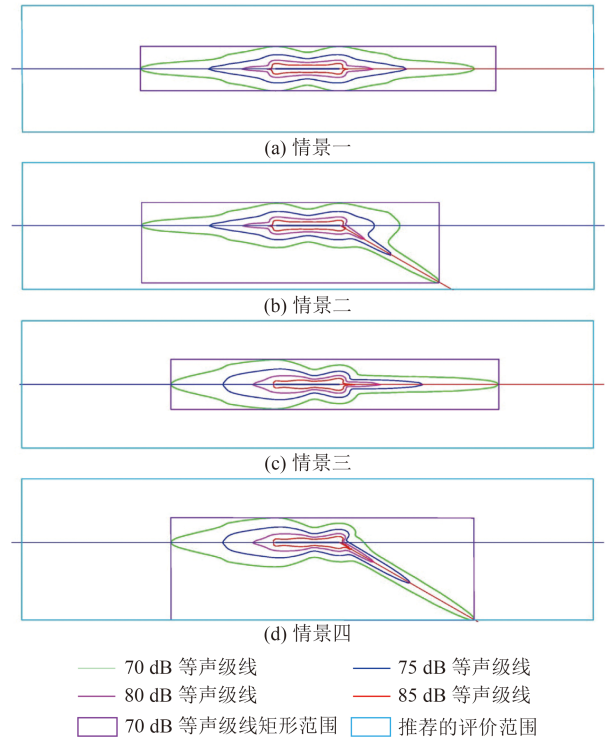


图 1 不同情景下噪声影响范围与推荐评价范围对比示意
Fig.1 Schematic diagram of noise impact range and evaluation range recommended under different scenarios

表 1 不同情景下噪声影响范围与推荐评价范围对比
Table 1 Comparison of noise impact range and evaluation range recommended in HJ 2.4-2021 under different scenarios

情景	情景设定	70 dB 等声级线影响范围			推荐评价范围面积/ km ²	面积增加百分比 ¹⁾ /%
		跑道两侧距离/ km	跑道两端距离/ km	所围矩形面积/ km ²		
情景一	不同航向起飞降落比例为 1:1, 起飞后直飞	各 1.04	各 6.39	33.53	163.22	387
情景二	不同航向起飞降落比例为 1:1, 起飞后侧偏 30°	分别为 1.04、2.71	分别为 6.38、4.68	53.36	163.22	206
情景三	不同航向起飞降落比例为 1:9, 起飞后直飞	各 1.17	分别为 4.96、7.54	36.97	163.22	342
情景四	不同航向起飞降落比例为 1:9, 起飞后侧偏 30°	分别为 1.15、3.69	分别为 4.96、6.37	70.00	182.52	161

1) 指推荐评价范围的面积较 70 dB 等声级线影响范围所围矩形面积增加的百分比。全文同。

分机场主降跑道比次降跑道承担的飞行量大很多,飞行程序也呈现多种多样,笔者选取我国国内 6 个典型机场,对其噪声影响范围与推荐评价范围进行对比,结果见表 2。可见,推荐评价范围比 70 dB 等声级线影响范围所围矩形面积增加约 14%~139%,可能会造成声环境保护目标调查工作量增加。

表 2 国内典型机场噪声影响范围与
推荐评价范围对比

Table 2 Comparison between noise actual impact range and
evaluation range recommended of typical domestic airports

机场 代号	70 dB等声级线影响范 围所围矩形面积/km ²	推荐评价 范围面积/km ²	面积增加 百分比/%
机场1	78.87	168.66	114
机场2	115.49	159.87	38
机场3	76.36	182.63	139
机场4	74.78	111.50	49
机场5	108.63	123.43	14
机场6	46.17	168.66	114

为了合理降低前期声环境保护目标调查工作
量,同时保证噪声评价的最低要求,在推荐外扩参考
距离的基础上,建议按机场类型分别设置民用机场
航空器噪声评价范围最低的外扩距离,具体参考值
见表 3。

表 3 航空器噪声建议评价范围

Table 3 Recommended evaluation range for aircraft noise

机场类别	距离跑道两端 距离/km	距离跑道中心线两侧 距离/km
干线、枢纽运输机场	≥8	≥2
其他运输机场	≥6	≥1
通用机场	≥3	≥0.5

此外,“对于全部跑道均为平行构型的多跑道机
场,机场噪声评价范围应是各条跑道外扩一定距离
后的最远范围形成的矩形范围”。此种评价范围的
划定方法较适用于跑道错开幅度不大的机场,对于
大幅错开的平行构型多跑道机场(如成都双流国际
机场)等特殊情况,建议对其进行进一步细化,增加
“对于大幅错开的平行构型多跑道机场,评价范围应
为各条跑道外扩一定距离后形成的矩形的合集”。

2 种划定方法示意图见图 2。

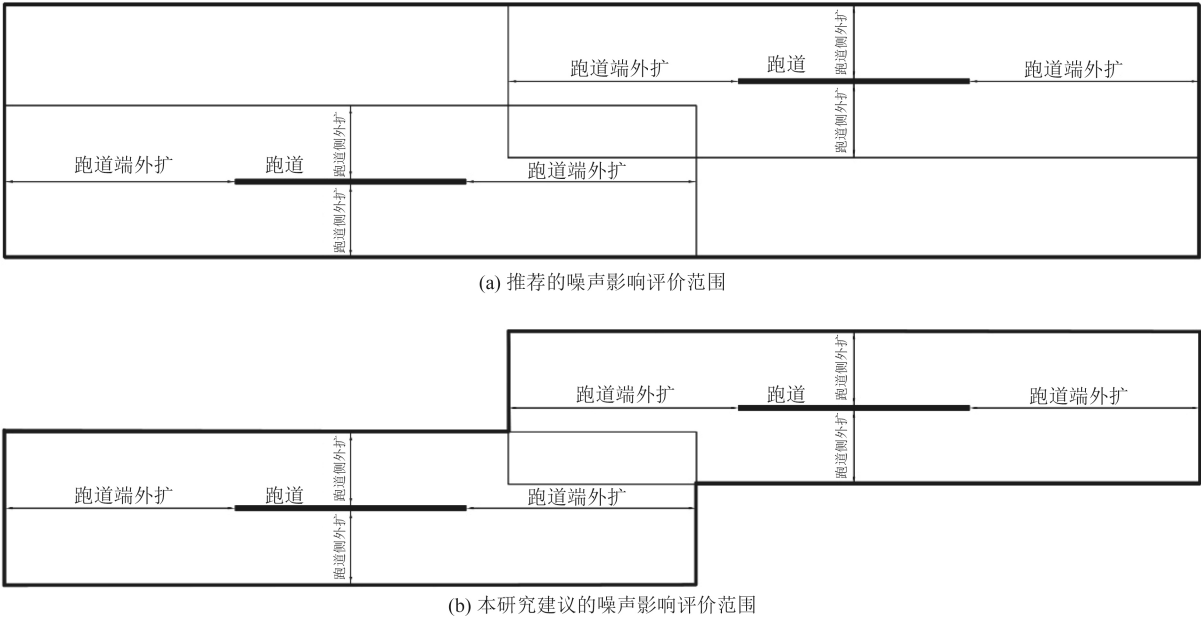


图 2 大幅错开的平行构型多跑道噪声影响评价范围 2 种划定方法示意

Fig.2 Schematic diagram of two delineation methods for the noise impact assessment scope of multiple runways in parallel
configuration that are greatly staggered

2 机场航空器噪声评价量及限值

目前,我国现行的机场航空器噪声评价标准为
GB 9660—88,评价量采用国际民航组织(ICAO)推
荐的计权等效连续感觉噪声级(L_{WECPN}),计算公式
如下:

$$L_{WECPN} = \overline{L_{EPN}} + 10 \lg(N_1 + 3N_2 + 10N_3) - 39.4$$

式中: N_1 为白天(07:00—19:00)对某预测点产生噪声
影响的飞行架次; N_2 为晚上(19:00—22:00)对某预测

点产生噪声影响的飞行架次; N_3 为夜间(22:00—次
日 07:00)对某预测点产生噪声影响的飞行架次;
 $\overline{L_{EPN}}$ 为 N 次飞行有效感觉噪声级能量平均值($N =$
 $N_1 + N_2 + N_3$), dB。

该评价量采用能量平均的方法,反应航空器噪
声全天平均每秒对人的冲击^[2],且考虑了人群白天、
夜间对噪声敏感性差异,自 GB 9660—88 发布以来,
该评价量在机场环境影响评价、机场竣工环境保护

验收中发挥了非常重要的作用。《机场周围飞机噪声环境质量标准》(三次征求意见稿)中,将昼夜等效声级(L_{dn})作为航空器噪声的评价量,该评价量将夜间航空器噪声增加 10 dB(A) 的补偿量后得到的一昼夜等效连续 A 声级,同样考虑了人群夜间对噪声的敏感性。 L_{WECPN} 为基于噪度的评价参数,而 L_{dn} 则是建立在响度基础上的评价量,为了实现二者的转换,不少学者致力于 L_{WECPN} 与 L_{dn} 的换算^[3-5],目前,常用的换算关系为: $L_{dn} \approx L_{WECPN} - 13$ 。由于机场航空器噪声具有间歇性和强度高的特点,采用等能量原理相加平均计算噪声值的方法容易掩盖单次飞行产生的高噪声对人群的影响,同时也未能考虑航空器噪声对特殊人群的危害差异^[6],因此,本研究考虑在 L_{WECPN} 、 L_{dn} 评价量的基础上,补充单次飞行事件评价量,以衡量单次飞行噪声对人群的影响。

目前,ICAO 所推荐的噪声评价量 L_{WECPN} 在美国、英国、德国、荷兰、瑞典等欧美国家均未得以采用。各国使用的评价量和评价标准多种多样,但均考虑了航空器噪声强度、持续时间、航线、人群对昼间和夜间噪声的不同感受等因素。如,美国主要采用 L_{dn} 作为机场航空器噪声的评价量,英国采用噪声事件数指数(NNI),德国采用平均烦恼声级(Q),荷兰采用总噪声负载(B),瑞典则采用等效昼夜干扰数(EDD)^[7-8]。在评价单次飞行产生高噪声对人群的影响时,各国多采用最大 A 声级(L_{Amax})、暴露声级(SEL)或有效感觉噪声级(L_{EPN})作为补充评价量^[9]。由于我国城市区域环境噪声的评价量是基于 A 声级的等效声级,为了与环境噪声评价量相统一,建议航空器噪声评价量采用基于 A 声级的 L_{dn} 作为评价量,视情况将 L_{Amax} 或 SEL 作为单次飞行噪声补充评价量。

目前,国际上出于对人体健康的考虑,多以噪声引起的主观烦恼和睡眠干扰作为判断噪声影响的程度。对于课堂教学等特殊场合,航空器噪声的影响主要表现为淹没或掩盖语音从而干扰正常通话,因此有些国家也将语音干扰作为噪声评判依据。根据相关研究,当 L_{dn} 大于 65 dB(A) 时,大约 13% 的暴露人口会受到严重困扰,美国联邦航空管理局(FAA)规定,航空器噪音排放产生的 L_{dn} 必须低于 65 dB(A)。对于睡眠干扰及语音干扰,已不适于采用时间平均度量相关指标,应采用单次飞行事件噪声评价量。

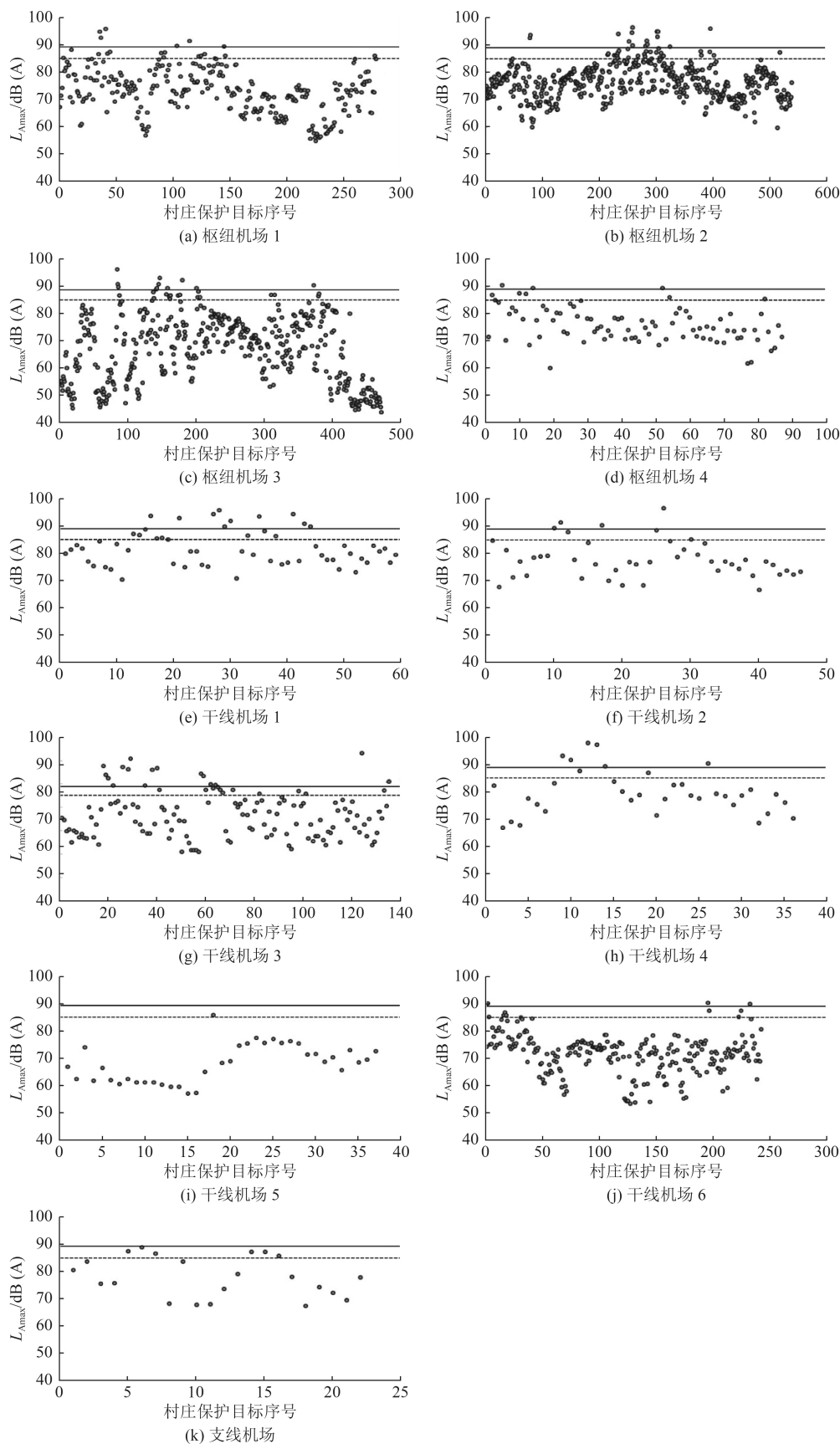
针对睡眠干扰,1997 年 6 月,美国联邦航空噪声跨机构委员会(FICAN)通过对成年居民的研究,提出了睡眠干扰剂量-响应预测曲线,绘制了 SEL 与唤

醒人数的百分比曲线。研究表明,当噪声为 90 dB(A) 时,受睡眠干扰的人数约占 10%。美国国家标准学会(ANSI)在 ANSI/ASA S12.9-2008《环境噪声的描述和测量用量值和程序》中研究了噪声对室内居民睡眠的影响,结果表明当噪声低于 90 dB(A) 时,受睡眠干扰的人数为 5%~6%^[10],这与 FICAN 研究结果相近,考虑典型住宅结构噪声隔离量约为 15~20 dB(A),保守起见,建议 SEL 标准值设置为 105 dB(A)。

对于语音干扰,相关研究显示单个噪声事件的 L_{Amax} 为 50 dB(A) 时,学校或培训机构教室中听力正常的学生能理解全部内容的 90%,对于有听力障碍或语言障碍的学生还应保证 15 dB(A) 的信噪比(航空器噪声与环境噪声的差值)^[11]。考虑到典型住宅设置封闭窗户的隔声量一般为 20 dB(A),因此建议将学校、培训机构等声环境保护目标白天 L_{Amax} 限值设置为 70 dB(A)。

我国香港在《香港规划标准与准则》中对直升机噪声的 L_{Amax} 进行了规定,即住宅区白天(07:00—19:00) L_{Amax} 限值为 85 dB(A)。其他国家和地区未对 L_{Amax} 设置限值,但个别机场出于对淘汰落后机型、航线控制的考虑,提出了 L_{Amax} 限值要求,由机场自主实施,其中伦敦希思罗机场采用的限值较低,白天为 97 dB(A),夜间为 89 dB(A)。为讨论居民区 L_{Amax} 的合理限值,选取 4 个枢纽机场、6 个干线机场及 1 个支线机场噪声预测数据进行讨论,具体见图 3。从图 3 可以看出,4 个枢纽机场近期目标 L_{Amax} 年均值大于 89 dB(A) 的居民点分别为 6、15、24 和 3 个,分别占评价范围内居民点总数的 2.2%、2.8%、5.1% 和 3.4%;大于 85 dB(A) 的居民点分别为 18、41、27 和 9 个,分别占评价范围内居民点总数的 6.5%、7.6%、5.7% 和 10.3%。此外,6 个干线机场 L_{Amax} 大于 89 dB(A) 的居民点分别为 10、4、16、6、0 和 3 个,分别占评价范围内居民点总数的 15.9%、8.7%、11.9%、16.7%、0% 和 1.2%;大于 85 dB(A) 的居民点分别为 19、7、27、8、1 和 10 个,分别占评价范围内居民点总数的 30.2%、15.2%、20.0%、22.2%、1.0% 和 4.1%。支线机场 L_{Amax} 无大于 89 dB(A) 的居民点,大于 85 dB(A) 的居民点为 6 个,占评价范围内居民点总数的 27.3%。当 L_{Amax} 控制在 89 dB(A) 以下时,居民夜间睡眠受到干扰的人数可控制在 5% 以内,受影响的声环境保护目标数基本在总声环境保护目标数的 10% 以内。

综上所述,航空器噪声日均评价量采用 L_{dn} ,单次飞行噪声评价量根据评价时段及评价对象分别设置,航空器噪声评价量及推荐限值具体见表 4。



注: 实线代表伦敦希思罗机场夜间 L_{Amax} 限值要求, 虚线代表《香港规划标准与准则》中直升机噪声 L_{Amax} 限值要求。

图3 典型机场不同 L_{Amax} 限值下超标声环境保护目标的对比

Fig.3 Comparison of environmental protection targets exceeding standard values at different L_{Amax} limits in typical airports

表 4 航空器噪声评价量及建议限值

Table 4 Aircraft noise evaluation

value and recommended limits		dB(A)	
评价量	符号	居民区	文教区
日均噪声评价量	$L_{WECPN}^{1)}$	75 ²⁾	70 ²⁾
	L_{dn}	57 ³⁾	62 ³⁾
单次飞行补充噪声评价量	夜间 SEL	105	— ⁴⁾
	日间 L_{Amax}	89	70

1)单位为dB; 2)限值参考GB 9660—88 机场周围区域飞机噪声环境质量标准; 3)限值参考《机场周围区域飞机噪声环境质量标准》(三次征求意见稿); 4)文教区一般夜间办公或从事教学活动的情况较少, 因此不予设置限值。

3 机场航空器噪声影响评价方法

机场航空器噪声影响预测是评估机场选址, 有效预防和减轻机场噪声影响的先决条件。科学精准的航空器噪声影响预测对后续噪声污染防治措施的选取可起到强有力的支撑作用。现阶段, 用于机场噪声影响预测比较先进的方法和工具主要包括 FAA 提出的 INM(integrated noise models)、美国国防部(DOD)支持开发的 NOISEMAP、Wyle 实验室开发的 NMsim、德国的 soundPLAN 和波音公司的 BCOP (Boeing Clime Out Program)等。

国内使用较多的 INM 模型经多年的升级, 已从 INM3.0 升级到 INM7.0d, FAA 已将其整合到航空环境设计工具(aviation environmental design tool, AEDT)中, 形成了一套全面评估航空相关噪声的软件工具。INM 模型主要应用于民航机场的噪声预测, 能够使用机场的基本信息、航空器性能数据、航班信息等进行机场周围区域噪声预测, 并绘制等声级线图。针对 INM 模型缺少军机数据的弱点, DOD 支持开发了 NOISEMAP 模型, 其内置大量军用航空器性能数据库, 主要用于军用机场的噪声预测。NMSim 模型用于计算多种交通噪声, 该模型的机场噪声预测功能可作为 INM 和 NOISEMAP 模型的有效补充。soundPLAN 用于欧洲航空器噪声模拟预测, 通过网格计算给出机场周围航空器噪声等声级线。日本运输部民航局则支持开发了 JCAB 模型, 将其用于日本本国机场的噪声预测及分析。

INM 模型在我国应用最为广泛, 但该模型需输入大量的详细且复杂的参数, 许多参数因无法及时准确获得导致不能给出接近真实环境的机场噪声预测结果。特别是多跑道机场, 其噪声预测问题更加复杂, 为了提高预测的可靠性同时简化预测过程, 徐涛等^[12]将不同跑道的航迹及机型进行聚类, 并将聚类得出的中心航迹和代表机型数据导入 INM 计算

噪声值, 得到改进的噪声数据库, 之后通过贝叶斯分类算法构建多跑道机场噪声预测模型, 该模型仅需输入航班号、机型、航迹、目的地、出港点等数据即可快速得到噪声预测结果, 大大简化了计算过程。同时, 徐涛等^[13]尝试将集成学习方法引入机场噪声预测中, 提出一种基于空间拟合和神经网络的机场噪声预测集成模型, 其在解决机场噪声预测问题上准确性更高、容错性更强。林泽龙^[14]通过 GIS 技术实现了机场噪声影响预测的可视化, 同时大幅度降低工作量, 提高了预测精度。虽然, 我国在改进噪声预测模型上做了各种尝试, 并取得了一定成效, 但改进模型的方法并未得到广泛应用, 且目前尚未开发出适合我国航空器使用现状的噪声预测软件及相应的数据库, 我国自主研发航空器噪声预测模型之路任重而道远。

4 航空器噪声影响减缓措施

根据国内外噪声治理的经验^[15], 可将机场噪声控制措施分为源头控制、传播途径控制、末端治理 3 个类型。

4.1 机场噪声源头控制

机场噪声源头控制措施分为技术类措施、工程类措施及管理类措施, 其中工程技术类措施包括设计多级进近的起飞消音程序、研发低噪声航空器等; 工程类措施包括调整机场位置、平面布置、跑道构型(多跑道)、优化跑道方位角等; 管理类措施包括实施机场周边土地利用规划控制、限制航空器夜间运行^[16]、优化起降跑道和起降比例、减少或限制高噪声航空器等。

国产飞机在研发过程中不断加大噪声控制研究, 新舟 700 是国内首次在全新研制的涡桨支线飞机中全面、系统地开展噪声控制设计, 在噪声顶层设计要求制定、动力装置选型、发动机减振安装设计、声学材料选型等方面进行改进, 极大降低了飞机噪声源^[17]。成都新机场项目初选的芦葭场址, 对成都市区、资阳市区均不会造成明显的噪声影响, 但跑道延长线正对简阳市区上空, 飞机起降经过城市上空在所难免, 为了降低对简阳市区居民的噪声影响, 场址选择向西移动 4.3 km 至芦葭镇西北部区域, 同时对比了链式跑道构型与侧向跑道构型噪声等声级线预测结果, 选定侧向跑道构型, 大大减轻了飞机对简阳市区的噪声影响^[18]。海口美兰国际机场改扩建工程则通过优化机场平面布置降低机场噪声对周边声环境保护目标的影响, 噪声影响预测结果显示其拟建跑道北侧海口经济学院噪声超标, 因此建议将拟建跑道向南平移 400~500 m, 将两跑道之间部分功

能转移到跑道两端,从而有效减少飞机噪声对大学校区的影响,同时高效利用跑道两端噪声较高区域。太原机场跑道西北端为太原市区,东南端为人口较少的农村,为减少噪声影响人数,机场将起飞优先跑道设计为西北向东南,降落优先跑道为设计东南向西北,大大减少了受噪声影响的人数^[19]。广州、乌鲁木齐等地的大型机场则通过推动实施飞机连续爬升/下降运行程序等低噪声飞行程序来实现较好的降噪效果。

此外,有些机场如伦敦希思罗机场、德国法兰克福机场^[20]等将经济手段作为间接管理措施治理机场噪声,按照噪声级别、起降时段及机型收取不同等级的噪声治理费用,同时对低噪声机型实施噪声费减免以鼓励研发和使用低噪声飞机,通过市场调节引导航空公司、机场管理方等参与噪声治理。

4.2 机场噪声传播途径控制

机场的噪声传播途径控制措施主要包括设置林草声屏障、机场试车场地设置噪声隔音或消音装置。荷兰首都阿姆斯特丹的史基浦机场是世界上海拔最低的机场之一,地势平坦开阔,飞机噪声毫无阻挡地在地表传播,使得 28 km 以外的居民都不堪其扰。2013 年,机场围绕跑道建造了 1 个面积 36 hm² 的景观公园,公园由一系列凸起的山脊形篱笆和凹陷的沟渠组成,其上覆盖植被,沟渠和山脊间隔与噪声的波长大致相同,如同波峰和波谷,改变了地表低频噪声传播的方向,将声音分散出去,极大降低了对周边居民的噪声影响,成为设置植被声屏障的成功案例。根据相关调查,植被覆盖率越高,噪声递减趋势越明显,韩国仁川机场选址于绿色植被遍布的小岛,明显降低了噪声影响的扩散。

4.3 机场噪声末端治理

机场噪声末端治理措施包括声环境保护目标搬迁、敏感建筑功能置换以及加装隔声窗等。目前,环境影响评价单位多按照飞机噪声等声级线图划定声环境保护目标搬迁区域及加装隔声窗措施区域,由于底图精度的问题,难以判断处于以上 2 个区域边界处的声环境保护目标应采取的降噪措施,因此,建议存在声环境保护目标超标情况的,应绘制超标声环境保护目标与等声级线关系局部放大图,比例尺不低于 1:5 000。

此外,Sreenath 等^[21]认为向公众公开航空器噪声信息也十分重要,可以让公众提前知晓机场噪声情况从而避免公众对机场噪声的片面理解和负面认识。Vinkx 等^[22-23]汇编了航空器噪声数据并推荐了用于与公众沟通噪音数据的指标。目前,国外多数

机场开通了机场噪声的投诉渠道并公开处理结果,以便公众及时表达对机场噪声的诉求,接受社会大众的监督。

5 结论与建议

5.1 结论

(1)为避免增加不必要的声环境保护目标调查工作,民用机场航空器噪声影响评价范围按机场类型分别确定,各类机场航空器噪声影响评价范围在满足最低评价要求的基础上增加一定灵活度。建议干线、枢纽运输机场航空器噪声评价范围为跑道两端最小外延 8 km,跑道两侧最小外扩 2 km;其他运输机场跑道两端最小外延 6 km,两侧最小外扩 1 km;通用机场则两端最小外延 3 km,两侧最小外扩 0.5 km。

(2)为统一评价量,便于城市规划和建筑设计,考虑单次飞行产生的高噪声对人群的影响,选择昼夜等效声级(L_{dn})作为机场航空器日均噪声评价量,另外选择最大 A 声级(L_{Amax})和暴露声级(SEL)作为补充评价指标用于评价单次飞行事件的噪声级,并根据评价时段的不同,给出了噪声推荐限值。

(3)科学精准的航空器噪声预测对后续噪声污染防治措施的选取可起到强有力的支撑作用。国内使用较多的噪声预测模型是由美国航空管理局支持开发的 INM 模型,近年来国内学者对该模型作出了一定改进、优化,但并未得到广泛应用,且尚未开发出适合我国国情的航空器噪声预测软件及相应的数据库。

(4)我国机场噪声治理工作起步相对较晚,但已有不少成功案例,总结国内国际噪声治理的经验,噪声防治措施分为源头控制、传播途径控制、末端治理 3 个类型,机场可根据噪声预测结果及实际情况选择合适噪声防治措施。

5.2 建议

(1)目前民用机场噪声预测多采用 INM 模型,而随着我国航空事业的飞速发展,新舟 60、ARJ21、C919 等机型陆续投入试飞,其在国内机场使用频率也将越来越大,上述航空器非 INM 模型内置标准机型,仅能根据航空器类型(螺旋桨、喷气等)、发动机(型号、功率、数量)、航空器最大起飞重量等参数选取类比机型开展噪声影响预测工作,从而影响模型预测分析的准确性。因此,应加强航空器噪声的基础研究,建立我国航空器噪声-功率-距离(NPD)数据库,在此基础上开发适用于我国航空器现状的噪声影响预测软件。

(2)新的《噪声污染防治法》(2021 年 12 月)提出

“结合机场远期航空器噪声预测等声级线图,提出周边土地利用规划建议,合理划定噪声敏感建筑禁止建设区和限制建设区。在禁止建设区域禁止新建与航空无关的噪声敏感建筑物。在限制建设区域确需建设噪声敏感建筑物的,应当对噪声敏感建筑物进行建筑隔声设计”。而对于禁止建设区和限制建设区并没有明确的标准进行规定。此外,针对超标声环境保护目标提出的搬迁、功能置换或建筑物隔声等措施建议没有相应的标准规定,在实际操作过程中多由机场环评审批部门自行确定,导致审批时尺度不完全统一。因此,应加快航空器噪声污染控制相关标准的出台,为划定禁止建设区、限制建设区,实施搬迁、隔声措施提供指导。

(3)相比于国外发达国家的机场噪声治理进程,我国机场噪声治理工作起步相对较晚,GB 9660—88、HJ/T 87—2002 等文件均出台较早,随着我国航空业的飞速发展,以上标准文件已不适应我国航空器噪声的管理要求,因此,应加快相关新的标准、规范的出台以更好地指导我国航空器噪声管理。

参考文献

- [1] 林逢春, 陆雍森. 中国环境影响评价体系评估研究[J]. *环境科学*, 1999, 12(2): 8-11.
LIN F C, LU Y S. Evaluation of the environmental impact assessment system in China[J]. *Research of Environmental Sciences*, 1999, 12(2): 8-11.
- [2] 蔡靖, 张宇辉. 机场噪声预测评价方法综述[C]//第七届全国交通运输领域青年学术会议论文集. 北京: 中国交通运输协会, 2007.
- [3] 张慧娟, 郝大力, 王辰辉, 等. 机场噪声标准评价量关系分析[J]. *噪声与振动控制*, 2018, 38(3): 128-131.
ZHANG H J, HAO D L, WANG C H, et al. Analysis and comparison of airport noise evaluation standards[J]. *Noise and Vibration Control*, 2018, 38(3): 128-131.
- [4] 汪贇, 白煜, 沈松, 等. 机场周围区域飞机噪声监测方法对比研究[J]. *中国环境监测*, 2018, 34(5): 113-118.
WANG Y, BAI Y, SHEN S, et al. Comparison of the monitoring methods of aircraft noise in the vicinity of airports[J]. *Environmental Monitoring in China*, 2018, 34(5): 113-118.
- [5] 王维. 我国机场噪声评价量与噪声影响的定量关系[J]. *应用声学*, 2004, 23(1): 8-11.
WANG W. A quantitative relation between the airport noise metric used in China and the airport noise impact[J]. *Applied Acoustics*, 2004, 23(1): 8-11.
- [6] 王艳华, 冯霞, 徐涛. 机场噪声评价量分析与比较[J]. *噪声与振动控制*, 2013, 33(2): 178-182.
WANG Y H, FENG X, XU T. Analysis and comparison of airport noise metrics[J]. *Noise and Vibration Control*, 2013, 33(2): 178-182.
- [7] 沈颖, 陈荣生. 机场周围飞机噪声评价参数及标准初探[J]. *噪声与振动控制*, 1999, 19(2): 34-36.
- [8] 杨青青, 郝晓帆, 解江, 等. 航空器噪声环境影响评定方法发展趋势研究[J]. *航空标准化与质量*, 2017(3): 25-31.
YANG Q Q, HAO X F, XIE J, et al. Research on development trend of aircraft noise evaluation methods in the environmental impact[J]. *Aeronautic Standardization & Quality*, 2017(3): 25-31.
- [9] 肖慧慧, 王超, 徐肖豪. 机场飞机噪声评价量及其限值的探讨[J]. *噪声与振动控制*, 2011, 31(2): 134-137.
XIAO H H, WANG C, XU X H. Discussion on aircraft noise evaluation parameters in airport and their limited values[J]. *Noise and Vibration Control*, 2011, 31(2): 134-137.
- [10] PEARSONS K S, BARBER D S, TABACHNICK B G. Analyses of the predictability of noise-induced sleep disturbance[R]. Defense Technical Information Center, 1990.
- [11] LIND S J, PEARSON K, FIDELL S. Sound insulation requirements for mitigation of aircraft noise impact on highline school district facilities volume I[R]. America: BBN Systems and Technologies, 2005.
- [12] 徐涛, 胡惠裕. 关于多跑道机场噪声优化预测方法[J]. *计算机仿真*, 2016, 33(12): 62-68.
XU T, HU H Y. Optimization of multi-runway airports noise prediction[J]. *Computer Simulation*, 2016, 33(12): 62-68.
- [13] 徐涛, 苏瀚, 杨国庆. 基于空间拟合和神经网络的机场噪声预测集成模型[J]. *中国环境科学*, 2016, 36(4): 1250-1257.
XU T, SU H, YANG G Q. Airport noise prediction ensemble model based on space fitting and neural network[J]. *China Environmental Science*, 2016, 36(4): 1250-1257.
- [14] 林泽龙. 基于GIS的机场噪声预测评估[J]. *中国科技信息*, 2018(15): 40-41.
- [15] 王雨晨. 基于国外机场噪声管理经验对我国现阶段机场噪声治理的启示[J]. *科技创新导报*, 2019, 16(20): 12-13.
- [16] ICAO. Aircraft noise[EB/OL]. [2022-03-15]. <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/noise>.
- [17] 刘成学. 机场噪声干扰公众生活问题的综合治理策略[J]. *交通科技与管理*, 2021(34): 163-164.
- [18] 曾庆华, 徐志胜. 基于降低飞机噪声影响的机场场址与跑道构型优化研究[J]. *环境影响评价*, 2017, 39(6): 31-33.
ZENG Q H, XU Z S. Study on airport site and runway layout optimization to reduce aircraft noise impact[J]. *Environmental Impact Assessment*, 2017, 39(6): 31-33.
- [19] 赵仁兴, 尹建坤, 马丽霞. 协调机场及周边土地利用规划减少飞机噪声影响[J]. *环境影响评价*, 2015, 37(2): 61-65.
ZHAO R X, YIN J K, MA L X. Coordinate land use planning for airport and its surroundings to reduce noise influence[J]. *Environmental Impact Assessment*, 2015, 37(2): 61-65.
- [20] 孙宏, 黄赶祥, 周杰松. 法兰克福机场噪声收费制度研究[J]. *科技和产业*, 2015, 15(7): 86-89.
SUN H, HUANG G X, ZHOU J S. Study on Frankfurt Airport noise charge system[J]. *Science Technology and Industry*, 2015, 15(7): 86-89.
- [21] SREENATH S, SUDHAKAR K, YUSOP A. Sustainability at airports: technologies and best practices from ASEAN countries[J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, 299: 113639.
- [22] VINKX K. Effective communication using aircraft noise visualisations will improve the noise debate[EB/OL]. [2022-3-15]. <https://to70.com/effective-communication-using-aircraft-noise-visualizations-will-improve-the-noise-debate/>.
- [23] GASCO L, ASENSIO C, de ARCAS G. Communicating airport noise emission data to the general public[J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 586: 836-848. □