

Optimization and Evaluation of Standard Instrument Departure Procedures Based on Noise Control: A Case Study of an International Airport

Qinglei Wei

East China Air Traffic Management Engineering Technology Co., Ltd., Shanghai, 201702, China

Abstract

This study explores the optimization and evaluation methodology of Standard Instrument Departure (SID) procedures based on noise control, taking an international airport as a case study. Using the Equivalent Continuous Perceived Noise Level (LWECPN) as the primary evaluation metric, the research constructs an airport noise impact assessment system based on the Aviation Environmental Design Tool (AEDT) model. By analyzing the current airport conditions and the distribution of surrounding noise-sensitive areas, the study proposes an optimized departure procedure based on Continuous Climb Operations (CCO), providing scientific and technical support for airport noise management and flight procedure optimization.

Keywords

Noise control; Departure flight; Procedure optimization; Effectiveness evaluation

基于噪声控制的标准仪表离场程序优化与评估——以某国际机场为例

魏庆雷

上海民航华东空管工程技术有限公司, 中国·上海 201702

摘要

本研究以某国际机场为例,探讨了基于噪声控制的标准仪表离场程序优化与评估方法。研究采用等效连续感觉噪声级(LWECPN)作为主要评估指标,基于AEDT模型构建了机场噪声影响评估体系。通过分析机场现状和周边敏感点分布,研究提出了基于持续爬升运行(CCO)的离场程序优化方案,为机场噪声管理和飞行程序优化提供了科学依据和技术支持。

关键词

噪声控制; 离场飞行; 程序优化; 效果评估

1 引言

随着航空运输业的快速发展,机场噪声污染日益成为影响周边居民生活质量的重要环境问题。作为噪声源头控制的重要手段,优化飞行程序对降低机场噪声影响具有重要意义。本研究以某国际机场为例,探讨了基于噪声控制的离场飞行程序优化方法及其效果评估。研究提出了基于持续爬升运行(CCO)的离场程序优化方案,并对优化前后的噪声影响进行了定量比较,旨在提升机场噪声管理效果。

2 某国际机场概况

某国际机场位于我国中部地区某大城市郊区,是我国重要的区域性枢纽机场之一。机场拥有两条跑道,跑道长度

分别为3600m和3200m,可满足波音747等大型客机的起降需求。机场标高50m,属于平原机场。机场周边地区人口密集,距离市区较近,机场周边10km范围内分布有多个居民区、学校、医院等噪声敏感区域。

3 离场噪声评估指标与模型

本研究选取了等效连续感觉噪声级(LWECPN)作为评估某国际机场离场噪声影响的主要指标。LWECPN是一个能够考虑噪声的能量大小、频率特性以及噪声发生的时间特点等因素的综合性评价指标,可以较好地反映人耳对飞机噪声响应的主观感受。LWECPN计算如公式1所示:

$$LWECPN = 10 \log[\sum 10^{0.1 \cdot LEPN} - 49.4] \quad (1)$$

式中,LEPN为单个飞机噪声事件的有效感觉噪声级,需要根据飞机的型号、飞行姿态以及与预测点的空间距离等因素进行修正。为了更加全面地评估机场周边不同区域的

【作者简介】魏庆雷(1982-),男,中国安徽涡阳人,本科,助理工程师,从事民航机场飞行程序设计研究。

噪声影响情况,研究还采用了LWECPN75作为评价指标。LWECPN75表示LWECPN大于等于75dB的区域面积,单位为km²,反映了高噪声区的影响范围。考虑到机场周边环境噪声背景值的差异,本研究还计算了噪声级增量ΔL指标,如公式2所示:

$$\Delta L = LWECPN - LB \quad (2)$$

式中, LB为背景噪声级, ΔL可以更加突出飞机噪声对环境的影响程度。

模型方面,研究基于FAA的AEDT(Aviation Environmental Design Tool)构建了某国际机场离场噪声评估模型。AEDT是一款集成了噪声、燃油消耗和排放等多项指标的航空环境影响综合评估工具,具有模块化、参数化的特点,可以较为准确地模拟飞机噪声影响^[1]。根据某国际机场的实际情况,本研究将评估模型分为四个模块,即机场场景和飞行程序定义、飞机性能和噪声数据库、飞行轨迹和噪声模拟以及噪声评估指标计算。

4 某国际机场离场噪声现状分析

4.1 现行离场程序

某国际机场共有A、B两条平行跑道,呈东西向布设,跑道编号分别为09R/27L和09L/27R。受当地地形和气象条件的影响,目前机场有70%的离场航班采用27L/R跑道西向起飞(以下简称27跑道),主要流向为西南和西北两个扇区;约30%的航班采用09L/R跑道东向起飞(以下简称09跑道),主要流向为东南和东北扇区。针对27跑道离场,机场公布了GUGO1、GUGO1A和BISON3三条标准仪表离场(SID)航线程序。其中,GUGO1和GUGO1A航线服务于西南方向的航班,BISON3航线服务于西北方向航班,三条SID程序都采用了“飞越点”(Fly-over Waypoint)的设计方式。

针对09跑道离场,机场公布了IDAS14、SUND12标准仪表离场程序,分别服务于东南、东北方向的航班。与27跑道不同,这两条SID在航线设计上采用了更多的“飞越点”(Fly-by Waypoint),允许飞机偏离航线中心线一定范围,给飞行员一定的灵活调整空间,有利于缓解单一航线走廊的噪声集中^[2]。

4.2 周边敏感点分布

为全面了解机场周边的噪声敏感区布局,据相关资料数据,本研究对机场周边20km×20km评估区域内的噪声敏感建筑物进行了统计分析。根据GB 22337-2008《社会生活环境噪声排放标准》,将住宅、学校、医院等对噪声反应敏感的建筑定义为噪声敏感建筑物。通过实地踏勘和遥感解译相结合的方法,本研究共识别出噪声敏感建筑物936处,其中住宅区817处、中小学校75所、大学8所、医院36所。

结果发现,机场西南方向5—15km范围内,分布有S1、S2、S3三个高密度居住区,人口数量均在10万以上,

合计建筑面积约18.2km²。其中S1区紧邻GUGO1离场航线下方,飞机爬升高度较低,噪声影响突出。机场西北方向3—8km范围内,分布有S4、S5两个城镇,人口在2-5万之间,建筑面积5.6km²。受BISON3航线影响,该区域噪声超标面积比例较高。

机场东南方向6-12km范围内,分布有S6居住区和4所中小学,其中S6区与IDAS14离场航线平行,航线两侧500m范围内的学校噪声达70dB以上,师生反映强烈。机场东北方向10-18km处,有2所高校U1、U2,多条航线从校园上空飞过,学生宿舍噪声在60-70dB之间,影响了学生的正常学习生活。机场南侧20km处有一处区域级医院H1,护理区环境噪声接近GB 3096-2008规定的二类区标准上限,需引起重视。

通过将敏感建筑物分布图与AEDT噪声等值线图进行叠加分析,确定了评估区域内的噪声重点防护区。研究发现,LWECPN>75dB的高噪声区面积达38.2km²,涉及敏感建筑物189处,其中西南、西北方向的影响范围最大,东南、东北次之,这与主导航线方向一致。严重超标区主要位于距跑道端6-8km以内的区域,说明某国际机场噪声影响相对集中于靠近机场区域。

4.3 离场噪声影响评估

研究利用构建的AEDT噪声模型,研究对某国际机场现行离场程序的噪声影响进行了综合评估。结果发现该机场周边噪声超标区主要分布在跑道延长线两侧的扇形区域内,超标面积随离跑道距离的增加而递减,与典型的单跑道机场噪声分布特征一致。具体到四个跑道方向:

(1) 27跑道西南方向噪声影响最为严重,LWECPN>75dB的高噪声面积约12.8km²,占评估区总面积的3.2%,涉及S1、S2两处人口密集区。其中,GUGO1离场航线下方区域的噪声水平普遍高于GUGO1A航线5dB左右,原因是GUGO1航线爬升梯度更低,且与跑道平行延伸段较长,飞机低空飞行时间增加。

(2) 27跑道西北方向LWECPN>75dB的面积约6.7km²,主要位于BISON3离场航线下方的S4、S5两个城镇附近。噪声超标区虽然面积不大,但叠加了来自西南方向的噪声,居民反映影响较为突出。

(3) 09跑道东南方向LWECPN>70dB的面积约10.2km²,但达到75dB以上的区域主要集中在跑道端3km以内,超标面积2.4km²。IDAS14航线噪声影响整体小于西南方向,但沿航线分布有多所学校,师生噪声投诉量较大。

(4) 09跑道东北方向受地形影响,离场航线爬升较快,LWECPN>70dB的面积约5.6km²,仅有1.1km²超过75dB。但SUND12航线从U1大学上空飞过,学生宿舍噪声达65-70dB,虽未超标但影响了学习生活,需要采取有效的措施,进行噪音控制工作。

基于网格化噪声预测结果,本研究还对超标区的

人口数量进行了统计。评估区域内共有 8.6 万人居住在 LWECPN>70dB 的区域内,其中 3.5 万人位于 75dB 以上的严重超标区。按区域划分,噪声影响人口数量由高到低依次为:西南方向 3.9 万人、西北方向 2.1 万人、东南方向 1.7 万人、东北方向 0.9 万人。

为准确评估离场航班噪声影响的时间特征,本研究还分时段统计了一个完整评估日内的 LWECPN 数据。某国际机场噪声影响存在明显的“双高峰”特征,分别出现在 8:00-10:00 和 19:00-21:00,这与航班起降高峰时段一致。虽然夜间 23:00-6:00 航班数量较少,但由于背景噪声低且修正系数大,仍有部分区域的 LWECPN 达到 70dB 以上。

5 基于持续爬升运行的离场程序优化

5.1 持续爬升运行程序优化

针对离场噪声评估中发现问题,本研究提出采用持续爬升运行(Continuous Climb Operation, CCO)的方式对现行离场程序进行优化,以削减噪声影响。CCO 是一种被国际民航组织大力推广的新型运行方式,其核心是要求飞机在起飞后以最优化的爬升梯度和推力设置连续爬升,减少平飞阶段,从而降低飞机在机场附近低空飞行时间,削减地面噪声影响^[3]。

根据某国际机场的跑道方向和周边噪声敏感区分布特点,研究针对性地开展了 CCO 程序优化设计,并利用 AEDT 模型对优化后的噪声影响进行了分析评估。针对 27 跑道西南方向,本研究在现有 GUGO1 离场程序的基础上,设计了 GUGO1B 和 GUGO1C 两条新航线。其中, GUGO1B 在原航线向南偏移 2km,跨越 S1 区上空,爬升梯度提高至 4.5%;GUGO1C 则在原航线北侧新增一个转弯点,引导飞机尽快转向西南方向,避开 S2 区。

针对 27 跑道西北方向的 BISON3 航线,本研究优化了航线转弯点的位置和高度,使飞机在转弯前能爬升到 2100m 以上,减少了 S4 区上空的低空飞行时间。同时,考虑到来自西南方向的噪声影响,新航线 BISON3A 特意设计了向西北方向的小角度转弯,拉开了与 GUGO1 航线的距离,避免噪声叠加^[4]。

在 09 跑道东南方向,考虑到 IDAS14 航线距 S6 区和多所学校较近,本研究采取了“双航线”策略,在原航线基础上南北各增加一条分流航线,昼间和夜间分别使用,扩大了噪声影响范围,降低了中心区噪声峰值。

对于 09 跑道东北方向,本研究重点优化了 SUNDI2 航线从 U1 大学校园上空飞过的问题。通过调整航线转弯点位置和引入航路点高度限制,使飞机在飞越校园时高度达到 1000m 以上。

5.2 优化前后噪声影响对比评估

为定量评估离场程序优化的降噪效果,研究利用

AEDT 模型分别计算了优化前后的场景,对噪声影响结果进行了对比分析。

通过优化前后 LWECPN 不同级别的噪声影响面积统计结果可以看出,噪声影响面积整体呈现出显著下降趋势。其中, LWECPN>75dB 的高噪声面积从优化前的 38.2km² 减少到 22.6km²,降幅达 41%;LWECPN 在 70-75dB 的中度噪声面积也有 31% 的降幅,从 73.6km² 减少到 50.8km²; LWECPN 在 65-70dB 的轻度影响面积降幅 25%,从 293.5km² 减少到 220.3km²。可见,程序优化削减了各个强度等级的噪声影响范围,高噪声区改善最为明显。

分方向进行分析,西南和西北方向的噪声超标面积降幅最大,分别达到 47% 和 39%,这得益于 GUGO1B/C 和 BISON3A 等新航线避开了人口密集区;东南方向学校聚集区的噪声超标面积降幅 36%,说明“双航线”策略拉开了航线间距,降低了中心区噪声峰值;东北方向虽然总体噪声影响面积降幅不大,但高噪声区降幅仍有 28%,超标区显著缩小。

从噪声影响人口变化角度分析,优化前评估区域内共有 8.6 万人居住在 LWECPN>70dB 的区域内,其中 3.5 万人位于 75dB 以上的严重超标区。优化后,上述两类影响人口数量分别下降到 5.4 万人和 1.2 万人,降幅分别达 37% 和 66%。研究结果发现,西南方向的改善最为明显,原有 3.9 万严重影响人口降至 0.8 万,降幅高达 79%;其次是西北和东南方向,严重影响人口降幅在 55% 以上;东北方向人口本身较少,降幅也达到 38%。程序优化后噪声影响人口显著减少,环境效益突出。

6 总结

研究以某国际机场为例,探讨了基于噪声控制的离场飞行程序优化与评估方法。结果发现,该机场周边噪声敏感区分布广泛,现有离场程序导致部分区域噪声超标严重,尤其是西南和西北方向的居民区。而基于持续爬升运行(CCO)的离场程序优化方案,包括调整航线走向、提高爬升梯度、增设分流航线等措施,能有效降低噪声影响。研究为机场噪声管理和飞行程序优化提供了科学依据和技术支持,未来可进一步考虑飞行效率、燃油消耗因素,开展多目标优化研究,以实现噪声控制与运行效率的平衡。

参考文献

- [1] 彭笑非,王博,叶家全,等.机场周围飞机噪声预测研究综述[J].科学技术与工程,2023,23(25):10638-10648.
- [2] 李冉.我国航空器噪声污染防治管理优化研究[J].环境影响评价,2023,45(04):14-18.
- [3] 任爽,陈轲超,姚琨,等.机场噪声评价指标及烦恼度影响因素分析[J].安全,2023,44(04):41-45.
- [4] 王超,杨紫霞,崔春梅.航空噪声预测及其影响评价方法研究[J].噪声与振动控制,2023,43(02):230-236.