

◇ 研究报告 ◇

某军用机场飞机噪声暴露的模化研究*

丁文杉^{1†} 蔡良才¹ 刘 洲¹ 王海服¹ 丁 飞¹ 杜宜霖²

(1 空军工程大学机场建筑工程系 西安 710038)

(2 陕西省公路局 西安 710000)

摘要 针对军用机场飞机飞行训练方式复杂多变,飞机噪声影响存在范围大、不均匀及单次事件噪声突出的特点,本文结合某军用机场实地调研测试资料,综合考察了现行评价指标对该机场飞机噪声暴露的模化效果,指出了现行指标在反映军用飞机瞬时噪声和高峰时段噪声对人的冲击影响方面的不足,提出了相应的改进措施建议,给出了高峰时段 L_{WECPN} 和最大 A 声级 L_{Amax} 两个改进指标,并分析确立了各评价指标的标准限值。最后结合调研机场的数据资料对评价指标的有效性进行了验证。论文的研究成果对军用机场飞机噪声暴露的拓展研究和通用评价指标体系的构建具有很好的参考作用。

关键词 军用机场,飞机噪声,评价指标, L_{WECPN} , L_{Amax}

中图分类号: X827 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-310X(2015)03-0266-06

DOI: 10.11684/j.issn.1000-310X.2015.03.013

Noise exposure modeling of a military airport

DING Wenshan¹ CAI Liangcai¹ LIU Zhou¹ WANG Haifu¹ DING Fei¹ DU Yilin²

(1 Department of Airport Engineering, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

(2 Shaanxi Provincial Highway Bureau, Xi'an 710000, China)

Abstract For flight training ways of a military airport is complex, the aircraft noise is on a large scale, uneven and single events noise is observable, the modeling effect of the current noise evaluation index on noise exposure of the military airports is examined based on the test data from the military airport field in this paper. Then, the deficiency of existing evaluation indexes in military aircraft instantaneous and peak time of noise impacts on people is pointed out, and the corresponding improvement measures are put forward. Peak time L_{WECPN} and L_{Amax} improvement indicators are given, and the evaluation index standard limit is established and settled. Finally, combining with the data of investigated airport, the validity of the evaluation index is verified. It provides a reference for noise exposure research and evaluation index construction of military airport.

Key words Military airport, Aircraft noise, Evaluation index, L_{WECPN} , L_{Amax}

2014-06-19 收稿; 2015-01-28 定稿

*军队后勤科研项目 (KJY13028)

作者简介: 丁文杉 (1991-), 女, 山东人, 硕士研究生, 研究方向: 噪声与振动。

† 通讯作者 E-mail: dingdingsws@163.com

1 引言

长期以来,飞机噪声问题一直是困扰军民航空发展的重要制约因素。为了准确把握飞机噪声辐射规律,科学合理地预防和治理飞机噪声污染,就必须定量分析噪声暴露对周围环境及人体健康的影响关系,由此而兴起了关于飞机噪声暴露的模化研究。所谓模化,就是通过建立某种指标来定量描述飞机噪声对人的影响作用关系。迄今为止,世界各国或组织已使用了数十种方法来评价飞机噪声,各种指标都具有其特点和局限性,难以找到一种完全通用的成熟理论与方法^[1]。

我国对飞机噪声暴露的模化采用《国际民用航空公约——附件16》^[2]所推荐的计权等效连续感觉噪声级 L_{WECPN} ,该指标是对飞机噪声级、飞行次数、飞行时间以及人对飞机噪声的社会反应与主观评价等心理因素的综合表达^[3]。军用机场不同于民航部门,其飞机飞行是按照飞行训练大纲的要求来安排的,以完成各阶段飞行训练任务为目的,所以其飞行活动具有很大的随机性,这种随机性导致军用机场飞机噪声环境影响存在如下特点:(1)噪声影响范围大。军用飞机以起落航线为主,飞机噪声不但影响跑道两端,对跑道两侧也有较大影响,加上军用飞机本身噪声就比较大,而且还存在多机编队起飞的情况,所以军用机场飞机噪声影响范围要比同等飞行量的民用机场大。(2)噪声影响具有不均匀性。飞行时间和训练科目安排的随意性会导致不同时间段内的飞行强度具有明显的差异,从而导致飞机噪声呈现出均匀性。(3)单次飞行事件噪声影响突出。军用机场一般都位于农村,平时非常安静,当飞机飞过时,周围环境从相对安静的状态迅速转入高噪声状态,然后又迅速回到安静状态,这种不定时的剧烈变化往往要比相对平稳的较高噪声级更让人难以忍受,而军用飞机编队起飞会使得这种噪

声起伏更加明显。因此,军用机场的单次飞行事件噪声影响要比民用机场更加突出。

鉴于军用机场与民航部门之间的显著差异性,仅仅借用民航的飞机噪声评价量是否能够满足军用要求,值得进行深入的研究与验证。论文以某军用机场调研测试结果为依据,开展军用机场飞机噪声评价指标研究,以期对军用机场飞机噪声通用评价指标体系的构建提供科学依据。

2 军用机场飞机噪声评价指标使用现状

2.1 现行军用机场飞机噪声评价指标

我国现行军用机场飞机噪声评价指标为计权等效连续感觉噪声级 L_{WECPN} 。该指标既考虑了在24 h的时间内,飞机通过某一固定点所产生的总噪声级,同时也考虑了不同时间内的飞机对周围环境所造成的影响。其计算公式为^[4]

$$L_{WECPN} = \bar{L}_{EPN} + 10 \lg(N_1 + 3N_2 + 10N_3) - 39.4, \tag{1}$$

式中: $\bar{L}_{WECPN}$ —— N 次飞行的有效感觉噪声级的能量平均值,dB; N_1 、 N_2 、 N_3 ——白天、傍晚、夜间的飞行架次,通常取全年平均值。

2.2 评价指标使用效果分析

为了衡量 L_{WECPN} 指标对飞机噪声问题描述的准确性,论文依托空军某机场日常飞行实地调研了飞机噪声影响与人们主观反应情况。采用局部布点取样,选取村庄、学校和医院等人口相对集中区域,并参照机场近期的飞机噪声预测等值线图进行布点。通过在各站点征集具有正常听力水平和民事行为能力自愿者,向其发放调查问卷,考察飞机噪声对居民日常生活的影响程度,同时利用声级计测量各点的噪声。调查问卷将影响程度共分为四个等级,见表1。

表1 飞机噪声对居民日常生活影响的调查问卷
Table 1 The questionnaire of noise impact on residents' daily life

影响情况	飞机噪声扰民程度	忍耐程度	是否投诉
影响很大	严重干扰居民的生活	无法忍受	肯定会投诉
影响较大	让居民经常产生烦恼	勉强还能忍受	可能会投诉
影响较小	偶尔会让居民产生烦恼	基本不妨碍正常生活	可能会投诉,但概率比前者要小
没有影响	对居民生活完全没有影响	没有此类烦恼存在	不会投诉

此次调查共布设站点 11 个, 每个站点发放调查表 100 份, 共计 1100 份, 回收 1052 份, 回收率 95.6%, 对每个站点回收的调查表分别进行分析, 剔除没选、多选以及重名的废表, 统计出有效表的总数量和各影响等级的有效表数量, 计算该点附近居民可能投诉的概率, 简称投诉概率 P 。计算公式如下:

$$p = \frac{m}{n} = \frac{\sum n_i p_i}{\sum n_i}, \quad (2)$$

式中: m ——投诉人数; n ——站点总调查人数, 即有效表总数量; n_i ——各影响等级统计人数, 即各影响等级的有效表数量; p_i ——各影响等级的投诉概率, 采用专家判断法进行确定, 聘请包括环评专家、社会学专家和心理学专家各 2 名, 组成专家组, 由专家组结合其工作经验和相关知识, 参考前面对影响等级的定义, 对各影响等级的投诉概率给出其理想期望值, 然后利用层次分析法进行加权平均。

求出所有站点的投诉概率后, 以各站点数据为源数据, 可以插值得到场区任意一点的投诉概率, 进而得到整个场区的投诉概率分布图, 图 1 是投诉概率和近期噪声预测等值线图的叠加效果图。该图可清晰的展现飞机噪声对机场周围居民生活的影响状况。

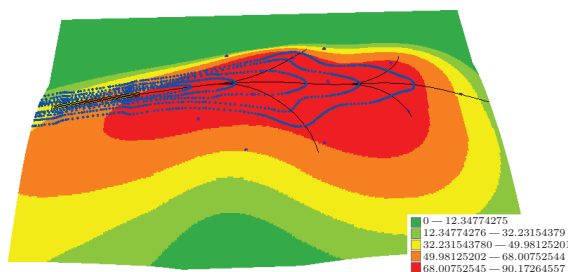


图 1 投诉概率和噪声等值线叠加效果图

Fig. 1 Complaints probability and noise contour map overlay effect

可以发现在 70 dB 的 L_{WECPN} 等值线以外, 仍然存在着许多投诉概率极大的区域。根据《机场周围飞机噪声环境标准》(GB9660-88) 的规定^[5], 噪声级小于 70 dB 的区域为一类区域, 可用作特殊住宅区, 居住、文教区等。这说明在 70 dB 等值线以外的区域飞机噪声的影响是可以忽略的, 显然这与调研情况不尽相符, L_{WECPN} 指标并没有完全准确地反映机场周围居民受飞机噪声影响的真实情况。

1985 年中科院声学所等单位对首都机场 388 人的调查结果显示, 当 L_{WECPN} 为 80 dB 时, 对飞机

噪声感到烦恼的约占 54%, 对看书和思考感到有影响的占到 30%, 对飞机噪声认为需要采取措施的占 34%。虽然我国的标准为 70~75 dB, 但调查结果表明即使 L_{WECPN} 低于 70 dB, 仍有 24% 的人有反应。

2.3 现行军用机场飞机噪声评价指标的不足

从前面调研的结果可以看出, L_{WECPN} 指标虽然一定程度上满足了对机场周围区域的长期噪声环境进行整体评价的需要, 为机场区域发展和土地利用规划的确定提供了定量参考依据, 但该指标在描述人们对噪声的主观感受时却存在些许不足。究其原因, L_{WECPN} 指标是对最大噪声级、持续时间和噪声事件数等影响因素的综合, 是对总暴露声能量的平均, 它无法反映单个因素突出作用的影响^[6-7]。飞机起飞着陆产生的噪声若按等能量原理相加再平均成每秒钟对人的冲击, 声能可能并不大, 但一次高声级飞机噪声事件就足以影响人的健康(如心脏病突发)、讲话(如学校上课、打电话等)和睡眠等, 而这恰恰是人们产生烦恼和抱怨的直接原因。

军用机场的飞机飞行受飞行计划、训练科目、气象条件等多种因素的影响, 并不像民航那样均匀, 往往是一段时期几乎没有飞行, 而另一段时期却飞行甚密, 前一批次是单机飞行, 后一批次却是编队飞行, 且各时期所飞科目并不相同, 所用航线也可能略有差异, 这就造成军用机场的飞机噪声出现明显的不均匀性, 高峰时期尤其是飞夜航科目时期对机场周围环境的影响要比按照全年平均计算所得的噪声大得多, 某一飞行计划或飞机组合的变化可能并不会对 L_{WECPN} 产生多大的影响, 但却能导致机场周围居民所承受的噪声影响产生很大变化。

3 军用机场飞机噪声评价指标改进建议

针对军用机场现行飞机噪声评价指标的不足, 在考虑保留 L_{WECPN} 指标的合理性, 兼顾已有研究成果继续利用的可能性的基础上, 提出评价指标改进建议。

3.1 调整飞行计算的时间基数

军用飞机飞行训练具有明显的不均匀性, 造成机场周围噪声环境时好时坏。现行飞机噪声评价量的计算通常都是在全年范围内进行平均, 势必会忽视这种不均匀性的影响, 而居民对于噪声的烦恼不会在如此长的时间内平均, 因此提出调整飞行计算

的时间基数,通过计算高峰时段的 L_{WECPN} 来表现这种影响。

该指标的计算是建立在对机场飞行训练密度的把握基础之上,选取具有代表性的飞行密度大的时间段进行分析,计算飞机噪声在高峰时段平均每秒钟对人的冲击。高峰时间段的选择不宜太长或太短,太长则不能充分表现飞行密度不均匀性的影响,太短则过分突出该影响,缺乏整体代表性,一般以1~3个月为宜。

该指标的计算公式和全年平均 L_{WECPN} 公式形式相同,参数意义略有不同。前者使用的是高峰时段平均每天不同时间段的飞行架次,后者使用的是全年平均每天不同时间段的飞行架次。

3.2 增加最大A声级 L_{Amax}

由于 L_{WECPN} 的单独使用会掩盖飞机噪声最明显的特征,即单次飞行产生的高噪声对人的冲击影响,那么就考虑增加一个指标来反应这种特征的影响。论文参考《声环境质量标准》^[8]和《工业企业厂界环境噪声排放标准》^[9]对夜间突发、偶发噪声的限制要求,推荐采用最大A声级 L_{Amax} 来辅助评价飞机噪声对人的影响,以期能较好的解释人们的烦恼和抱怨现象。A计权声级是对频率进行计权后求得的总声压级。 L_{Amax} 评价指标的加入使得机场飞机噪声评价不仅考虑了飞机飞行一天噪声总能量平均一秒对人体的影响,而且考虑了一次飞行产生的巨大噪声的影响,比较全面的对机场噪声环境做出了评价,并且可以直接应用国家建筑隔声标准对需做出隔声处理的建筑物进行隔声设计,为机场飞机噪声防治奠定了基础。

4 改进指标评价标准的确立

4.1 高峰时段 L_{WECPN}

高峰时段 L_{WECPN} 与全年平均 L_{WECPN} 的物理意义相同,其严格意义上来说就是一个评价量 L_{WECPN} ,所以它们采用相同的评价标准,如表2所示。可以预见,由于飞行架次的取值时间基数不一样,高峰时段 L_{WECPN} 在同一计算点的计算值要比全年平均 L_{WECPN} 大,同一等值线所包含的噪声影响区域要比全年平均 L_{WECPN} 影响区域大。

4.2 最大A声级 L_{Amax}

最大A声级 L_{Amax} 的限制标准,尚没有现成的规范可查。考虑到飞机噪声对人的影响集中表现在

令人产生烦恼上,论文基于前面的调研成果,从投诉概率和测量声压级的关系来研究 L_{Amax} 的限制标准。

表2 评价量 L_{WECPN} 的限制标准
Table 2 Limit standard of evaluation of L_{WECPN}

适用区域	标准值(L_{WECPN})
一类区域	≤ 70 dB
二类区域	≤ 75 dB

统计部分站点的投诉概率和所测量的平均 L_{Amax} ,关系如图2所示。可见,随着声压级增大的站点其投诉概率也相应增大。从曲线的走势来看,当声压级达到65 dB时,曲线斜率明显增大,投诉人数急剧增长。这说明65 dB是居民对飞机噪声烦恼程度的一个拐点。

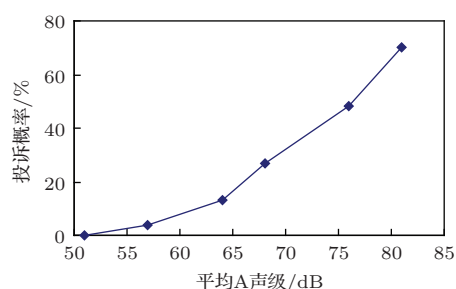


图2 投诉概率与噪声水平的关系

Fig. 2 Relation of complaints probability to noise level

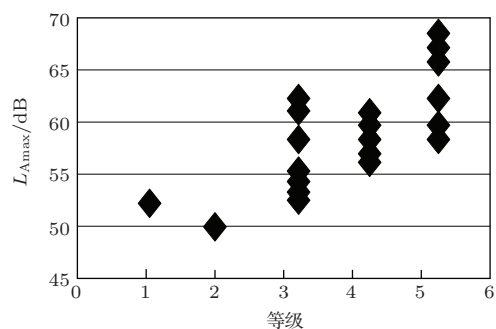


图3 室内飞机噪声与居民主观评价的关系^[10]

Fig. 3 Relation of aircraft noise to indoor residents subjective evaluation^[10]

另外,同济大学声学所在虹桥机场附近进行了现场飞机噪声测试和初步主观评价^[10],具体方法是随机抽样了50家居民,在室内门窗关闭的情况下测量飞机起降经过的最大A声级,并对户主做了初步

主观评价调查,调查把飞机噪声对居民生活的影响程度分为5个等级,其中:1为无影响,2为影响较小,3为影响一般,4为影响较大,5为影响很大。其结果如图3所示。从图3中可以看出当 L_{Amax} 在55 dB以下时,对居民生活的影响程度不大,超过55 dB,影响显著增大。

需要指出的是前面65 dB是户外噪声级,后面55 dB为室内噪声级,对于普通民居来说,室内外声压级差刚好在10 dB左右,这说明两者研究结果是吻合的,所以论文把65 dB作为机场周围居民区户外噪声限制值,55 dB为室内噪声限制值。参考《声环境质量标准》和《工业企业厂界环境噪声排放标准》,将该限制值作为居民住宅、文教机关用地标准,其它类型区域按噪声环境要求严格程度依次作

5 dB增减,给出机场周围飞机噪声 L_{Amax} 限制标准建议值,见表3。

5 多指标使用效果分析

为了验证改进评价指标的有效性,结合前面调研得到的某军用机场飞机飞行数据和各站点测量数据,论文给出了各站点全年平均 L_{WECPN} 、高峰时段 L_{WECPN} 和最大A声级 L_{Amax} 的噪声值,如表4所示。其中前两个评价指标是利用飞行数据和评价量计算公式计算出来的, L_{Amax} 是直接测量得到的。

从表4中可以看出,11个站点中,全年平均 L_{WECPN} 仅3个超标,而居民投诉概率却有8个达到50%以上,说明评价指标难以准确衡量人们对飞机噪声的主观感受;高峰时段 L_{WECPN} 除在A点、B点

表3 评价量 L_{Amax} 的限制标准
Table 3 Limit standard of evaluation of L_{Amax}

标准划分		适用地区	室外	室内
0	康复疗养区等需要特别安静的区域		60	50
1	居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公等需要保持安静的区域。 乡村居住环境可参照执行该类标		65	55
2	商业金融、集市贸易或居住、商业、工业混杂,需要维护住宅安静的区域		70	60
3	以工业生产、仓储物流为主要功能,需防止工业噪声对周围环境产生影响的区域		75	65
4	交通干线两侧一定距离之内		80	70

表4 各站点评价指标值及超标情况
Table 4 Different stations of evaluation index value and the condition of exceedance

序号	站点名称	全年平均 L_{WECPN}	超标状况	高峰时段 L_{WECPN}	超标状况	L_{Amax}	超标状况	投诉概率
1	A	63	否	69	否	80	超标	75%
2	B	62.5	否	68.5	否	67	超标	51%
3	C	80	超标	86	超标	88	超标	85%
4	D	52	否	58	否	59	否	35%
5	E	72	超标	78	超标	79	超标	81%
6	F	77.5	超标	83.5	超标	82	超标	79%
7	G	66.5	否	72.5	超标	75	超标	69%
8	H	61.7	否	67.7	否	63	超标	38%
9	I	67.2	否	73.2	超标	74	超标	71%
10	J	63.4	否	69.4	否	65	超标	46%
11	K	65.1	否	71.1	超标	73	超标	75%

与其对应投诉概率为75%、51%之间有些出入外,其它都较好的解释了飞机噪声对人的作用影响,分析其原因,主要是因为这两个站点设在学校,调查对象以学生为主,这个群体无论是白天学习还是晚上睡觉均受到飞机干扰,烦恼程度相对集中;最大A声级 L_{Amax} 与投诉概率的契合度最好。

6 结论

军用机场飞机噪声环境影响评价应该综合考虑其军用特点,不能简单等同于民用机场的飞机噪声环境影响评价。基于对军用飞机飞行训练方式及其噪声影响特点的深入分析,结合国内相关研究和实地调研资料,综合考察了现行机场飞机噪声评价指标在某军用机场的使用效果,指出其具有合理性的同时存在些许不足。具体表现为:难以准确反应飞机噪声对人的瞬时冲击影响;全年平均计算时间基数会削弱高峰时段飞机噪声的影响,而这些恰恰是导致高烦恼率、高投诉率的直接原因。

针对评价指标的不足,论文给出了两点改进建议:一是调整飞行计算的时间基数,用高峰时段 L_{WECPN} 代替全年平均 L_{WECPN} ;二是增加一个反映冲击噪声的指标——最大A声级 L_{Amax} 。借鉴相关噪声标准,结合相关研究成果,论文给出了相应评价量的标准限值。最后结合调研机场的数据资料对评价指标的有效性进行了验证,结果表明高峰时段 L_{WECPN} 既保留了全年平均 L_{WECPN} 对区域长期噪声环境进行客观评价与控制的优点,又在一定程度上更加准确的反映了人们对噪声的主观感受,而 L_{Amax} 与居民主观反应的契合度最好,这将有利于我们准确掌握机场周围居民与机场部门之间的

潜在冲突状况,及时采取措施,防患于未然。由于时间精力所限,论文研究成果仅在调研机场得到了应用,其科学性和普遍适用性尚需在今后的工作中进一步验证,这也为军用飞机噪声暴露研究和评价指标体系的构建提供有益的参考。

参 考 文 献

- [1] 高岩文,倪燕. 噪声评价量综述[J]. 云南环境科学, 2005, 24(3): 21-23.
GAO Yanwen, NI Yan. Summary on noise assessment value[J]. Yunnan Environmental Science, 2005, 24(3): 21-23.
- [2] ICAO, ANNEX 16 VOLUME I, International standards and recommended practices, aircraft noise[S].
- [3] 唐狄毅,李文兰,乔渭阳,等. 飞机噪声基础[M]. 西安:西北工业大学出版社, 1995.
- [4] 钱炳华. 机场飞机噪声防治[M]. 西安:空军工程学院, 1990.
- [5] GB9660-88. 机场周围飞机噪声环境标准[S].
- [6] 杜浩,郑汝海. 机场内部噪声现状多指标评价与防治研究[J]. 四川环境, 2007, 26(6): 58-62.
DU Hao, ZHENG Ruhai. Noise pollution assessment and mitigation schemes for interior of airfield[J]. Sichuan Environment, 2007, 26(6): 58-62.
- [7] 沈颖,陈荣生,季天剑. 夜间单个飞机噪声事件对机场周围居民睡眠的影响分析[J]. 噪声与振动控制, 2000, (4): 30-32.
SHEN Ying, CHEN Rongsheng, JI Tianjian. Effects of single event aviation noise on awakenings from sleep at night[J]. Noise and Vibration Control, 2000, (4): 30-32.
- [8] GB 3096-2008. 声环境质量标准[S].
- [9] GB 12348-2008. 工业企业厂界环境噪声排放标准[S].
- [10] 韩星南,俞悟周,李奇. 飞机噪声影响的评价探讨[J]. 声学技术, 2005, (z1): 39-40.
HAN Xingnan, YU Wuzhou, LI Qi. The discussion of airplane noise evaluation[J]. Acoustic technology, 2005, (z1): 39-40.