

文章编号: 1002-0268 (2000) 04-0073-03

飞机噪声评价体系研究

沈 颖, 陈荣生, 谢实海
(东南大学, 江苏 南京 210018)

摘要: 我国现有的飞机噪声评价体系考虑因素较多, 测算复杂, 加上与城市区域环境噪声评价体系完全不同, 使用中带来诸多不便。论文建立一套新的飞机噪声评价体系, 即联合使用等效声级 L_{eq} 和单个事件暴露声级 L_{se} 作为评价指标, 将机场噪声限制标准分 3 个时间段分别设置, 晚上的标准比白天的严格 5dB, 夜间的标准比白天严格 10dB。另外还推导了单个噪声事件评价指标 L_{eqn} 和 L_{se} 的换算关系。采用新的评价体系可以将机场周围飞机噪声与其他交通噪声叠加, 真实反映机场周围声环境。

关键词: 飞机噪声; 评价指标; 限制标准

中图分类号: X738 文献标识码: A

The Study of Evaluation System of Aircraft Noise

SHEN Ying, CHEN Rong-sheng, XIE Shi-hai
(Southeast University, Jiangsu Nanjing 210018 China)

Abstract: Because of considering many factors, surveying and calculating of aircraft noise become more complex. And there are some difference between our existing evaluation system of aircraft noise and city region environment noise evaluation. The article puts forward a new evaluation method of aircraft noise. Equal efficiency noise level L_{eq} and single-event noise exposure Level L_{se} are regarded as evaluation index, and set up different criterion in three period, criterion in evening is 5dB bigger than in daytime, and criterion in night is 5dB bigger than in evening. Also the article founds the formula L_{eqn} and L_{se} . The new method can reflect sound environment around airport really by adding aircraft noise to the traffic noise.

Key words: Aircraft noise; Evaluation index; Criterion

长期以来, 飞机噪声一直引人关注。虽说飞机噪声在过去 20 年有很大降低, 大型民航客机的噪声已下降了 10dB 以上, 可是在机场周围及航线下所经过地带的噪声干扰仍然不轻^[1]。因此, 合理评价飞机噪声以指导机场选址及周围土地利用显得尤为重要。

1 我国现有的飞机噪声评价体系分析

我国城市区域环境噪声的评价指标是基于 A 声级 (L_A) 的等效声级 (L_{eq})。而机场周围飞机噪声的评价指标是基于有效感觉噪声级 (L_{epn}) 的计权等效连续感觉噪声级 (L_{wcpn})^[2,3]。理由是 L_{eqn} 与飞机噪声对人的影响的相关性比 L_A 的好。但在实际使用中却产生了诸多问题:

1. 各评价领域间难以横向比较, 相互借鉴研究成果。我国环境工作者们为了客观和公正地评价噪声对居民的影响, 进行了广泛的社会调查和实验室研究, 取得了大量的有关噪声暴露问题和人群主观反应之间相关关系的研究成果^[4~7]。机场噪声评价却因为选用了完全不同的评价指标而不能使用这些已有的研究成果。
2. 不能综合评价机场周围居民的噪声环境。机场周围噪声一般是由多种不同类型的噪声源组成 (飞机、汽车等), 居民对噪声的感受取决于人耳收到噪声的真实剂量——不同噪声源产生的综合效应。若将飞机噪声与其他噪声分开单独评价, 势必使评价结果偏小, 不能反映居民遭受噪声干扰的真实大小。

另外，作者认为等能量原理不适于评价飞机噪声对人的影响。

$L_{w\alpha pm}$ 是采用能量平均的方法，反映飞机噪声全天平均每秒钟对人的冲击。虽然世界上大多数国家和组织采用的评价参数都是基于等能量原理，但由于它既没有心理声学，也没有生物声学的基础，仍有令人怀疑之处^[8]。

飞机噪声包含逐次突发的高声级事件，期间又被非常安静的状态隔开。而一般飞机场的航班一天也就几十架次，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，但一次飞机噪声高声级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）、睡眠等。因此等能量原理并不适用于评价飞机噪声对人的影响。尤其是在夜间，睡眠的干扰与最大声级和噪声事件数最相关。

在噪声评价中完全抛弃等能量概念是不现实的，目前还没有一种成熟的理论能完全代替它。不过我们可以通过对夜间频繁及偶尔出现的噪声设立峰值限制来弥补等能量原理的不足。

2 新的飞机噪声评价体系的建立

环境噪声的共性决定了飞机噪声评价方法应与环境噪声评价方法统一，而飞机噪声的个性又要求其评价方法区别于一般环境噪声评价方法。飞机噪声合理的评价方法就是其共性和个性之间的矛盾统一，既要真实反映飞机噪声的根本特点，又不能与一般区域环境噪声评价方法相隔离。为此笔者建立了一种新的飞机噪声评价方法。

2.1 评价指标的选用

为与城市区域环境噪声评价统一，本文采用等效声级 L_{eq} 作为飞机噪声的评价指标。

a) 单个噪声事件声级度量单位的选择

对单个噪声事件采用以平均能量为基础的单声事件暴露声级 L_{se} ，它定义为声压保持不变，持续时间为 1s 的一个 A 加权声级，该声级具有的声能与实际接受到的来自一已知噪声事件的声能相等。即

$$L_{se} = 10\lg\left[\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt / t_0\right] \tag{1}$$

式中， $p(t)$ 是作为时间 t 的函数的 A 加权声压；
 $p_0=2\times 10^{-5}\text{Pa}$ ，为参考声压；
 $t_0=1\text{s}$ ，为参考时间。

在实践中可用公式

$$L_{se} = 10\lg\left[\frac{1}{t_0}\int_{-\infty}^{+\infty} 10^{0.1(L_A(t))} dt\right] \tag{2}$$

式中， $L_A(t)$ 是作为时间函数的 A 加权声压级。
国际民航组织推荐的单个噪声事件的声级度量单位是有效感觉噪声级 (L_{epn})，计算过程冗长。而 L_{se} 容易测定计算。

b) 对许多噪声作用事件累加规则的选择

多个噪声作用事件根据声级相加的等能量原理累加，即单个噪声作用事件的平均值加上 $10\lg N$ ，而对晚上、夜间的惩罚体现在不同的允许标准上。

$$L_{eq} = AL_{eq} + \Delta = L_{se} + 10\lg N - 10\lg S + \Delta \tag{3}$$

式中， L_{eq} ——等效声级；
 AL_{eq} ——飞机等效声级；
 L_{se} ——单个事件声暴露级的能量平均；
 N ——在规定时间内飞行架次数；
 S ——规定时间段的总秒数，这里取 3 个时间段，白天（7~19 点） $S=12\times 3600=43\ 200\text{s}$ ；傍晚（19~22 点） $S=10\ 800\text{s}$ ；夜间（22~7 点） $S=32\ 400\text{s}$ ；
 Δ ——校正值。

根据式（1）、（3），可得

$$\begin{aligned} AL_{eq} &= 10\lg \frac{\sum_{i=1}^N \int_1^2 10^{0.1(L_{Ai}(t))} dt}{N} + 10\lg N - 10\lg S \\ &= 10\lg \frac{\sum_{i=1}^N \int_1^2 10^{0.1(L_{Ai}(t))} dt}{S} \end{aligned} \tag{4}$$

由式（4） AL_{eq} 的物理概念与 $L_{w\alpha pm}$ 相似，表示飞机噪声在规定时间段内平均每秒钟对人的冲击（A 声级）。这与我国环境噪声评价标准 L_{eq} 的物理概念完全相同。但为什么还要增加一个分贝校正值呢？

Finegold 等在美国调查了 28 个区域的 400 个点，得到了每个点日夜等效声级与人群高烦恼比例的关系。其中有 173 对来自飞机噪声的影响，170 对来自道路交通噪声的影响，还有 57 对来自铁路噪声的影响，由此得出结论：居民区对交通噪声的反应与噪声源类型有关，在相同声级情况下，飞机噪声更令人烦恼^[9]。

因此，作者参考国内外文献并结合实际调查，得出一种比较简单的换算方法，即机场周围飞机噪声的等效声级应增加分贝校正值（见表 1）。经检验，该法换算误差小于 3dB，可以满足使用要求。

c) 增加一个评价指标——单个事件暴露声级 L_{se}

最能体现飞机噪声特点的是单个噪声事件，而不是象高速公路一样的平均噪声级。单个噪声事件能打断学校上课、打扰睡眠、降低交谈的理解力。而评价指标 L_{eq} 和 $L_{w\alpha pm}$ 均是噪声数据的一种能量平均值，掩

盖了飞机噪声最明显的特征——单个事件产生的高噪声对人的影响。为此，本文将该指标 L_{se} 与指标 L_{eq} 联合起来作为新评价体系的指标，并制定相应的阈限值以限制机场周围土地的利用。

飞机噪声的分贝校正值 表 1

L_{eq}	校正值 Δ	
	(dB)	
50	6	56
55	7	62
60	8	68
65	9	74
70	10	80
75	11	86
80	12	92

注：飞机噪声的 L_{eq} 加上分贝校正值，即可直接使用城市各类区域环境噪声评价标准

飞机单个事件暴露声级的限制，不仅可以更合理规划机场周围不同类型的土地，而且可以在不同时间段限制高噪声飞机进场，有效控制飞机噪声的影响。

2.2 评价指标在不同时间段采用不同的限制标准

我国城市各类环境噪声标准仅考虑夜间的噪声加权（夜间的噪声标准比白天低 10dB），而没有考虑晚上的噪声加权。但飞机噪声评价方法更充分地考虑到晚上时间段对居民区休息的重要性。它不仅增加 10dB 的夜间惩罚，另外还增加了 5dB 的晚上惩罚（19:00~22:00）。本文将机场噪声限制标准分 3 个时间段分别设置，晚上的标准比白天的严格 5dB，夜间的标准比白天严格 10dB。当然新增的指标“单个事件暴露声级”（ L_{se} ）也应分 3 个时间段分别设置限制标准，具体值的确定尚待进一步的研究。如表 2。

机场周围区域环境噪声标准 表 2

标准 划分	适用地区	昼间		晚上		夜间	
		7:00~19:00		19:00~22:00		22:00~7:00	
		L_{eq}	L_{se}	L_{eq}	L_{se}	L_{eq}	L_{se}
0 级	疗养区、高级别墅区、高级宾馆区等特别需要安静的区域	50		45		40	
1 级	居住、文教机关为主的区域。乡村居住环境可参照执行该类标准	55		50		45	
2 级	居住、商业、工业混杂区	60		55		50	
3 级	工业区	65		60		55	

单位: dB(A)

现有的机场周围飞机噪声评价标准中采用时间加权再迭加的方法考虑不同时间段噪声给人带来的不同感受，而本文是分 3 个时间段分别制定标准。该法在

使用中不会增加额外的工作量，却比原来的方法更合理，因为人们不可能因为白天处于比较安静的环境，晚上就能承受更多的噪声。

3 推导 L_{epn} 和 L_{se} 的换算关系

我国现有的飞机噪声评价体系中度量单个飞机噪声事件的指标是有效感觉噪声级 L_{epn} ，而本文建立的新的飞机噪声评价体系中采用的是单个事件暴露声级 L_{se} 。为此，作者推导了它们之间的换算关系式。

已知 $L_{pn} \approx L_A + 13$ ，由公式(2)

$$\begin{aligned} L_{se} &= 10\lg\left[\int_{-\infty}^{+\infty} 10^{0.1(L_A(t))} dt\right] \\ &\approx 10\lg\left[\frac{1}{T_0}\int_{t_1}^{t_2} 10^{0.1(L_A(t))} dt\right] \\ &\approx L_{Amax} + 10\lg[(t_2 - t_1)/2t_0] \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} L_{epn} &= 10\lg\left[\frac{1}{T_0}\int 10^{0.1L_{pn}(t)} dt\right] \\ &\approx L_{pnmax} + 10\lg[(t_2 - t_1)/2T_0] \\ &\approx L_{Amax} + 13 + 10\lg[(t_2 - t_1)/2t_0] - 10\lg T_0 \end{aligned} \tag{6}$$

公式(5)、(6)中 t_1, t_2 指一次噪声事件 A 计权声压级最大值 L_{Amax} 或 L_{pnmax} 下 10dB 的时间间隔， $T_0 = 10s, t_0 = 1s$ 。由此可得

$$\begin{aligned} L_{epn} &= L_{se} + 13 - 10\lg T_0 = L_{se} + 3 \\ \text{或 } L_{se} &= L_{epn} - 3 \end{aligned} \tag{7}$$

作为评价机场周围飞机噪声的指标， L_{epn} 的测量和计算过程冗长，而单个事件噪声暴露级可直接用积分式声级计测定计算，因此在实际使用中，可先得到 L_{se} ，再利用公式(7)求算 L_{epn} 。

4 算例

下面用一个简单的例子证明指标 L_{eq} 评价飞机噪声的可行性。首先假设所有评价指标均不考虑晚上和夜间的加权。

$$\begin{aligned} L_{wepn} &= L_{epn} + 10\lg N - 39.4 \\ L_{eq} &= AL_{eq} + \Delta = L_{se} + 10\lg N - 10\lg S + \Delta \\ &= L_{epn} + 10\lg N - 39.4 - 10 - 3 + \Delta \\ &= L_{weqn} + \Delta - 13 \end{aligned} \tag{9}$$

美国 FAA 使用的飞机噪声评价指标是昼夜等效声级 L_{dn} ，并规定机场附近居民区必须满足 $L_{dn} \leq 65$ 。当不考虑夜间的时间加权时， $L_{eq} = L_{dn}$ ，我们取 $L_{ed} = 65dB$ ，用插值法查表 2，得 $\Delta = 7.4$ ，代入式(9)，得 $L_{weqn} = 70dB$ ，正好与我国机场周围居民区噪声限制标准吻合。

这个例子不仅证明了我国对机场周围居民区飞机

噪声的限制标准与美国的相同,同时也证明了指标 L_{eq} 不仅简单易用,而且与我国原有的飞机噪声评价指标效果一样。

5 结论

为将飞机噪声与城市区域环境噪声评价指标统一,本文建立了一个新的飞机噪声评价体系,即联合使用等效声级 L_{eq} 和单个事件暴露声级 L_{se} 作为评价指标,将机场噪声限制标准分 3 个时间段分别设置,晚上的标准比白天的严格 5dB,夜间的标准比白天严格 10dB。另外本文还推导了单个噪声事件评价指标 L_{epn} 和 L_{se} 的换算关系。

新的评价体系不仅可以 将机场周围飞机噪声与其他交通噪声叠加,真实地反映机场周围声环境,而且充分考虑到单个飞机噪声事件对人的影响,更合理地评价飞机噪声对人的影响。

参考文献:

[1] 王季卿. 对下世纪我国环境噪声控制规划的刍议. 噪声与振动控制, 1999 (4): 6—7.

[2] 国家环境保护局. GB3096—93 城市区域环境噪声标准.

[3] 国家环境保护局. GB9660~9661—88 机场周围飞机噪声环境标准及测量方法. 1998

[4] 沈颖, 陈荣生等. 飞机噪声对教学活动的影响研究. 重庆交通学院学报, 2000 (4) .

[5] 赵仁兴. 环境噪声对居民的影响. 噪声与振动控制, 1994 (5): 20—24.

[6] 王季卿. 中小学教室内噪声和师生反应的调查. 环境科学学报, 1996 16 (2): 245—247

[7] 王绍汉, 蔡琳娜. 教室噪声标准的研究. 环境保护, 1990 (4): 14—16.

[8] 程明昆. 环境噪声学进展. 应用声学, 1995, 14 (3): 1—6

[9] Edgar A G Shaw. Noise environments outdoors and the effects of community noise exposure. Noise Control Eng. J. 1996, 44 (3): 109—119.

公路路基路面施工监理指南《修订版》即将发行

为适应广大读者的需要, 编著者特根据交通部 1998 年以来新出版的规范及试验方法对此书进行了全面的修订, 并增编和新编了一些新的内容, 使本指南具有更大的参考价值与适用性。

本修订版修订与增编的主要内容有:

1. 在路基工程质量监理一章中: 编入了土工合成材料的应用, 对挡土墙的结构型式进行了修改;
2. 路面基层、底基层质量监理一章中, 参照即将出版的新规范《公路路面基层施工技术规范》进行了全面的修改;
3. 原版指南各章中的“完工验收质量管理”一节, 按 1998 年版《公路工程质量检验评定标准》进行了全面的修改;
4. 增编了普通混凝土配合比设计的内容, 修改了滑模摊铺混凝土配合比设计;
5. 改编了碾压混凝土路面施工;
6. 增编了新型沥青混凝土路面——SMA;
7. 在路基、路面现场试验与检测一章中 7.9~7.13 节的试验方法, 全部按新出版的《公路工程沥青及沥青混合料试验法》录入以供广大读者查阅;
8. 在本次修订版中特请交通部公路所环保室高级工程师刘书套新编了“公路工程环境保护监理与监测”一章以供广大读者参考使用。

编著者希望修订后的《公路路基路面施工监理指南》更能适应广大读者的需要; 希望此书在我国公路建设、施工、监理工作中能发挥作用。