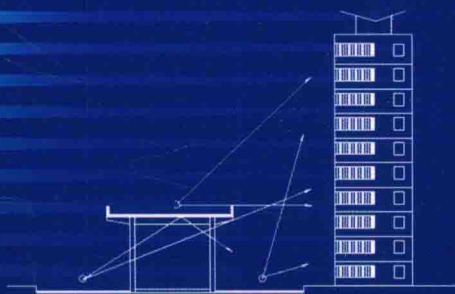


噪声环境影响评价 与 噪声控制实用技术

周兆驹 编著

环境噪声评价量与环境噪声标准
噪声源与噪声传播的衰减
噪声控制措施
噪声控制声学技术
常见噪声源的噪声特性与控制技术
建设项目噪声环境影响评价
交通建设项目噪声环境影响评价
工业建设项目噪声环境影响评价
民用建筑项目噪声环境影响评价



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



噪声环境影响评价与噪声 控制实用技术

周兆驹 编著



机械工业出版社

噪声环境影响评价与噪声控制是声环境控制的两个重要方面。详细介绍了公路、铁路、城市轨道交通、机场等交通建设项目，火力发电厂、水泥厂、钢铁企业、机械厂、氮肥厂、酒厂、淀粉厂等工业建设项目，住宅小区、旅馆等民用建设项目的噪声源、噪声控制措施、噪声环境影响预测方法及技术要点，并提供了典型案例。除了介绍吸声、隔声、消声、减振与阻尼的技术原理、控制设备及工程设计方法外，还说明了电动机、柴油发电机、风机、空气压缩机、泵、辊磨（立磨）、球磨机、冷却塔、热泵等常见噪声源的特性、控制技术及其工程实例。

本书提出了噪声控制总体规划的概念，说明了行政管理、城市规划、建筑设计、工业设计、声景观设计等方面的噪声控制方法。

本书适合从事噪声环境影响评价或噪声控制的技术人员使用，也可供建设项目设计工程师、环境保护或劳动保护管理者，高等学校环境科学、环境工程、城市规划、建筑环境与设备等专业的师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

噪声环境影响评价与噪声控制实用技术/周兆驹编著. —北京：机械工业出版社，2016.10

ISBN 978-7-111-54574-3

I. ①噪… II. ①周… III. ①环境噪声评价②噪声控制—实用技术
IV. ①X827②TB535

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 192853 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：赵 荣 责任编辑：赵 荣 责任校对：陈延翔

封面设计：张 静 责任印制：常天培

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2016 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 30.75 印张 · 835 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-54574-3

定价：79.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066 机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294 机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

前 言

噪声环境影响评价与噪声控制技术是声环境控制的两个重要方面，相互有所区别又联系紧密。在建设项目噪声环境影响评价工作中，重点是评估建设项目噪声源对环境的影响，但同时需要提出可行的噪声控制措施来控制噪声的污染；在噪声控制工程中，重点是通过技术手段降低噪声源对环境的影响，但也常常需要运用环境影响评价方法进行噪声控制设计。

随着建设项目环境保护设施与主体工程“同时设计、同时施工、同时运行”要求的加强，噪声控制工程普遍被置前，促使噪声评价与噪声控制两方面工作更加融合。由于建设项目机器设备尚未安装运行，因此不能对噪声源进行现场监测分析，传统的噪声控制方法呈现出明显的局限性，需要结合环境影响评价方法进行噪声控制设计。对于一些大型建设项目，噪声源众多，环境条件复杂，运用环境影响评价方法进行噪声控制设计更显必要。

目前我国从事噪声环境影响评价工作的人员绝大多数未经历过噪声控制工程实践，不少人刚跨出学校门就开始编写环境影响报告书，因此难以提出有针对性的、切实可行的噪声控制措施。而另一方面，专门从事噪声控制设计的人员，多数人已经习惯于对具体噪声源进行噪声控制的传统方法，不善于从项目整体环境全局考虑噪声控制措施，也不知道如何应用环境影响评价的方法科学地进行噪声控制。显然，对于前者，需要加强噪声控制技术知识的学习；对于后者，需要加强噪声环境影响评价知识学习。本书即是为此目的而写，力图为两方面从业人员提供一本各自有所裨益的学习材料和技术指南。

本书根据作者30余年从事噪声控制科研与工程设计经验、噪声环境影响报告书编写与技术评审心得，结合国家有关标准、规范和声学基础理论等而编写。全书力求突出科学性、实用性。考虑到不少从业人员并未系统学习过声学基础理论，因此在内容上适当安排了一些基本知识介绍，但并不追求严格的数学定义，力求内容通俗易懂，方便阅读。本书还列举了一些工程噪声治理实例和噪声环境影响报告书案例，可供参考。

书中引用了国内一些公开资料，其中部分资料已说明了作者或研究人，但难以逐一注明所有资料的出处和作者，特此向他们表示感谢。

本书写作过程中得到了王亚平、石红蓉、盖磊、李文、葛楠等人的帮助，机械工业出版社赵荣编辑及有关人员在本书的出版中付出了许多劳动，在此一并感谢。

限于本人能力和水平，书中难免有疏漏和不当之处，敬请读者批评指正。

周兆驹

目 录

前言

第一章 环境噪声评价量与环境噪声标准	1
第一节 环境噪声评价量	1
第二节 环境噪声和振动控制标准	9
第三节 环境噪声控制法规与技术政策	23
第四节 环境噪声和振动测量	26
第二章 噪声源与噪声传播的衰减	33
第一节 噪声源的分类与调查	33
第二节 噪声源的源强与测量	39
第三节 噪声在户外传播的衰减	47
第四节 噪声在室内传播的衰减	52
第三章 噪声控制措施综述	59
第一节 噪声控制的行政管理措施	59
第二节 城市规划中的噪声控制设计	63
第三节 建筑设计中的噪声控制设计	67
第四节 工业设计中的噪声控制设计	70
第五节 噪声控制的总体规划	75
第六节 “声景学”在城市环境噪声控制中的应用	85
第四章 噪声控制声学技术	90
第一节 吸声降噪	90
第二节 隔声降噪	117
第三节 声屏障	140
第四节 消声器	159
第五节 振动控制	188
第五章 常见噪声源的噪声特性与控制技术	211
第一节 动力设备的噪声控制	211

第二节	风机的噪声控制	218
第三节	空气压缩机的噪声控制	228
第四节	泵类机械的噪声控制	235
第五节	粉碎机械的噪声控制	239
第六节	冷却塔的噪声控制	244
第七节	热泵机组的噪声控制	252
第六章	建设项目噪声环境影响评价概述	255
第一节	噪声环境影响评价的一般性规定	255
第二节	声环境现状调查与评价	261
第三节	声环境影响预测与评价	265
第四节	噪声防治对策	271
第七章	交通建设项目噪声环境影响评价	274
第一节	公路建设项目噪声环境影响评价	274
第二节	铁路建设项目噪声环境影响评价	329
第三节	城市轨道交通建设项目噪声环境影响评价	359
第四节	机场建设项目噪声环境影响评价	375
第八章	工业建设项目噪声环境影响评价	390
第一节	火力发电厂噪声环境影响评价	390
第二节	水泥厂噪声环境影响评价	425
第三节	钢铁企业噪声环境影响评价	440
第四节	机械厂噪声环境影响评价	450
第五节	化工与轻工业厂噪声环境影响评价	453
第九章	民用建筑项目噪声环境影响评价	459
第一节	建筑施工噪声源	459
第二节	住宅小区噪声环境影响评价	463
第三节	旅馆建筑噪声环境影响评价	478
参考文献		482
后记		485

第一章 环境噪声评价量与环境噪声标准

正确地选用环境噪声评价量与控制标准是环境影响评价及噪声控制工作的基础。本章介绍常用环境噪声评价量、国家环境噪声控制标准及其测量方法，重点说明容易混淆的一些评价量间的差别、环境噪声标准的适用范围、环境噪声测量的技术关键等；简要介绍国家有关环境噪声控制的法律法规、技术政策，并分析其要点。有关环境振动的内容也包括在本章内。

第一节 环境噪声评价量

环境噪声评价量有数十种，但在我国最常用的评价量为声压级、频带声压级、A声级、等效（连续）A声级、累积百分声级、噪声评价数以及由等效（连续）A声级衍生的昼间等效A声级、夜间等效A声级等；对于机场周围区域，则采用计权等效连续感觉噪声级 L_{WECPN} 。

不少技术人员由于不了解这些评价量的来历和物理意义，常常将一些评价量相互混淆，如将等效声级与声压、声压级、A声级混淆，所以有必要对这些评价量做一些阐述。

一、声压级 L_p 和频带声压级 $L_{p,oct}$

描写声音强度的物理量有“声压”和“声强”。在“声压”的基础上，定义了声压级 L_p 和频带声压级 $L_{p,oct}$ ，它们都是客观评价量。

1. 声压 P

当空气中有声波传播时，空间各处空气时而变密，时而变疏，因而大气压强较没有声波时发生了变化，这个变化值（逾量压强）称为声压，用 P 表示，单位是“帕斯卡”，简称为“帕”，符号为Pa， $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$ 。

要注意声压值只是声扰动后大气压强的变化值，并不是大气压强值，它比大气压强本身值要小很多。如大气压强为1标准大气压，其值为 $1.013 \times 10^5\text{Pa}$ ；而人大声喧哗时，离其近处的声压值不过 $0.5 \sim 1\text{Pa}$ ，相差十万倍。 1000Hz 的声音，声压值达到 $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$ 时，人耳就能感觉到。

声压是描写声音强度的量，声压高，声音强。在声场中，不同地点的声压值一般是不相同的，所以讲声压必须指明是什么位置的声压。

2. 有效声压（均方根声压）

由于空气受声波扰动时，疏密状态变化很快，因此声压值也在时时刻刻变化。不论是人耳，还是测量仪器都无法跟上这种变化，人耳或测量仪器能够反应的只是声压的有效值，称为有效声压，或者称为均方根声压，其定义式为

$$P_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P^2 dt} \quad (1-1)$$

式中， P_{rms} 为有效声压（Pa）； t 为时间（s）； T 为周期（s）。

本书后面讲的声压均指有效声压，为方便起见，仍称为“声压”，并且依旧用“ P ”表示。相对有效声压而言，前面定义的声压称为“瞬时声压”。

有效声压的概念可与交流电有效电压相类比，交流电的电压随时都在变化，但电流的热效

应等只和其有效值相关。与有效电压不同的是，交流电瞬时电压变化是正弦波，因而其有效值为常数，如 220V；但正弦波的声波只有声学实验室才有，在日常生活中我们接触到的声波都不是正弦波，因此有效声压值不是常数，仍会随时间变化。

与声压相对应的另一个量是声强。声强定义为：在垂直于声波传播方向上，单位时间内通过单位面积的声能，用 I 表示，单位是“ W/m^2 ”。在自由声场中，声强和声压的关系式为

$$I = \frac{P^2}{\rho_0 C} \quad (1-2)$$

式中， I 为声强 (W/m^2)； P 为声压 (Pa)； $\rho_0 C$ 为空气特性阻抗，在常温常压下，约为 $400N \cdot s/m^3$ 。

声强与声压一样是描写声音强度的物理量，而且就描写声场而言，声强是更好的物理量，但由于声强测量比声压测量麻烦，测量仪器也贵许多，因此在实际工程中，更多使用的仍是“声压”，而不是“声强”。

3. 声压级 L_p

人耳刚能听到的声音声压值（听阈）与最高能忍受的声音声压值（痛阈）相差一百万倍，因此用声压数值大小表示声音强弱很不方便。另一方面，人对声音强弱的感觉并不与声压数值大小成正比，而与其对数值有关。因此，引入了对数标度，即“级”来表示。声压级以符号 L_p 表示，单位“分贝”，写为 dB，定义式为

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_{ref}} \quad (1-3)$$

式中， P 为声压 (Pa)； P_{ref} 为基准声压或参考声压， $P_{ref} = 2 \times 10^{-5} Pa$ ，相当于 1000Hz 时，正常人耳刚能听到的声音的声压值。

引入声压级后，人对声音听阈值为 0dB，痛阈值为 120dB，声音的标度范围被大大压缩了，表示和测量都较为方便。

4. 频带声压级 $L_{p,oct}$

只有一个频率的声音称为纯音，含有多个频率的声音称为复音，我们听到的噪声都是复音。许多噪声，如风机噪声、水泵噪声等，含有从 20 ~ 20000Hz 所有音频范围频率的声音，如果一个一个频率进行表示将非常繁琐，也没有必要，于是引入了“频带”的概念。

最常用的频带是 1 倍频程频带（简称为“倍频带”），它的上限频率 $f_{上}$ 是下限频率 $f_{下}$ 的 2 倍。整个音频范围可划分为 22.5 ~ 45Hz、45 ~ 90Hz、90 ~ 180Hz 等十个倍频程频带。

用区间范围表示频带仍有不便，于是又引入了中心频率 $f_{中}$ ：

$$f_{中} = \sqrt{f_{上} f_{下}} \quad (1-4)$$

用 $f_{中}$ 表示频带，如 45 ~ 90Hz 那个倍频程频带用其中心频率 63Hz 表示。整个音频范围可用 31.5Hz、63Hz、125Hz、250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz、4000Hz、8000Hz、16000Hz 十个中心频率表示。在噪声环境影响评价中，技术导则要求考虑 63 ~ 8000Hz 八个倍频程频带。

声音在某一频带中的声压级就称为频带声压级，我们说“噪声 1000Hz 声压级是 85dB”，实际是说“噪声在 1000Hz 为中心频率的那个倍频程频带的声压级是 85dB”。由于倍频程的英文单词是“octave”，所以倍频带声压级还经常写作 $L_{p,oct}$ 。

一个噪声，将组成它的各频率成分及各频率声音的声压级表示出来，称为噪声的“频谱”。如果制作成图，这个图就称为“频谱图”。分析噪声的频谱，称为“频谱分析”。不少型号的声级计具有频谱分析功能，如 B&K2230、AWA6270A 等。通过仪器频谱分析，可以方便

地得到噪声各频带的频带声压级。

对于稳态噪声，可以通过拨动声级计的带通滤波器开关逐个频带进行分析；但对于非稳态噪声，必须进行瞬时频谱分析，具有瞬时频谱分析功能的测量仪器称为“实时分析仪”。不少现代声级计具有实时分析功能，如 B&K2250 声级计等。

在声学中，500Hz、1000Hz 倍频带被称为“中频”，2000Hz 及以上倍频带被称为“高频”，250Hz 及以下倍频带被称为“低频”。一个噪声，如果其高频成分明显，就称为“高频噪声”，如果其低频成分明显，就称为“低频噪声”。

噪声控制工程中，在对噪声进行频谱分析时，倍频带分析有时还嫌太粗糙。例如，某气流噪声有明显的啸叫声，为寻找到啸叫的频率，通常需要进行 1/3 倍频程或更小（如 1/8、1/24）倍频程分析。1/3 倍频程的上限频率 $f_{上}$ 是下限频率 $f_{下}$ 的 $2^{1/3}$ 倍（1.26 倍），在 1 个倍频程频带中，含有 3 个 1/3 倍频程频带。

5. 总声压级

一个噪声，组成它的各个频带声压级的总和称为这个噪声的总声压级。计算公式为：

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{pi}} \right) \quad (1-5)$$

式中， L_{pi} 为第 i 个倍频程频带声压级（dB）； N 为频带的个数。

总声压级是“单一值”，与声音频率无关。例如，某噪声主要由 4 个频带噪声组成：250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz，声压级分别为 85dB、90dB、88dB、75dB，则该噪声总声压级经上式计算后为 92.5dB。

在声学中，总声压级还可以指几个不同声音的合成值。如在某处，一个噪声的声压级为 80dB，另一个噪声的声压级为 86.5dB，则该处噪声的总声压级用上式计算后为 87.4dB。

对于只有两个声压级的“相加”，式（1-5）可改写为：

$$L_p = 10 \lg (10^{0.1L_{p1}} + 10^{0.1L_{p2}}) \quad (1-6)$$

设 $L_{p1} \geq L_{p2}$ ，经过适当变换得：

$$L_p = L_{p1} + 10 \lg \left(1 + 10^{-\frac{L_{p1}-L_{p2}}{10}} \right) = L_{p1} + \Delta L_p \quad (1-7)$$

注意 ΔL_p 的值只与两个声压级差值有关，因此可事先计算出并列成表供查询，从而省去在工程中进行指数和对数运算的麻烦。

表 1-1 为两个声音合成时声压级差值与增值的关系。表中第一列为差值的整数部分，第一行则为差值的小数部分，而其他数据则为总声级比大的那个声压级增加的值。以上面所述 80dB、86.5dB 两个声音合成为例，它们的差值为 6.5dB，在表的第一列找到“6”，在表的第一行找到“0.5”，两者对应行和列的交点处数值为“0.9”，此值即为“增值”，将它和大的那个声压级（86.5dB）相加，得 87.4dB，即为总声压级。

在声压级合成计算中，有两点重要结论：一是两个声压级合成时，它们的“和”比大的声压级最大大 3dB，此时应为两个声压级相同时；二是当两个声压级差超过 10dB 时，小的声压级可以忽略不计。由此可知：在噪声治理工程中，治理重点应为声压级高的那个噪声源；而对同一个噪声源而言，治理重点应为声压级高的那个频带，因此频谱分析是噪声治理工程中的一项重要工作。

三个声压级合成，可先将其中两个声压级通过查表方法得到它们的“和”，再将“和”与第三个声压级相加，得到总声压级。更多个声压级合成方法也相同，利用表 1-1 逐个“相

加”。在工程中采取“从大到小”的顺序，这样比较小的声压级有可能不需要再“相加”。

表 1-1 两个声音合成时声压级差值与增值的关系 (单位: dB)

差值	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2
2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8
3	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5
4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2
5	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
6	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
10	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
11	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
12	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
14	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

二、A 声级 L_A 和等效 (连续) A 声级 L_{Aeq}

人的听觉器官对不同频率声音主观感觉不相同，如同样声压级的 2000Hz 高频声音听起来要比 200Hz 低频声音响。为了模仿人的这种听觉响度频率特性，引入了主客观相结合的评价量 A 声级，并在此基础上定义了等效 (连续) A 声级等评价量。

1. A 声级 L_A

人的听觉器官对高频声敏感，对低频声不敏感。设计了 A 计权网络去模仿人的这种听觉响度频率特性，对不同频率声音采用了不同修正值，表 1-2 为其倍频程频带修正值。由表可知：一个噪声经过 A 计权网络，它的 250Hz 倍频带的声压级要被削去 8.6dB，而它的 2000Hz 倍频带的声压级则反被增加 1.2dB。

表 1-2 倍频程频带 A 计权修正值

中心频率/Hz	修正值/dB	中心频率/Hz	修正值/dB
31.5	-39.4	1000	0.0
63	-26.2	2000	+1.2
125	-16.1	4000	+1.0
250	-8.6	8000	-1.1
500	-3.2	16000	-6.6

将经过 A 计权网络修正后所得到的各频带声压级叠加起来，所得到的值称为 A 声级，记作 L_A ，单位为 dB (A)；要注意 A 声级和总声压级一样，是一个单一值。对一个噪声而言，不能说其“总 A 声级”是多少。

声级计可以直接读出噪声的 A 声级，但在噪声控制工程或环境影响评价工作中有时需要由各倍频程频带声压级计算 A 声级。例如，噪声在传播过程中，各频带噪声的衰减是不相同的，需要各自计算衰减量，最后再由各频带衰减后的值叠加得到噪声衰减的 A 声级值，计算公式为：

$$L_A = 10 \lg \left[\sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_{Pi} + \Delta L_i)} \right] \quad (1-8)$$

式中， L_{Pi} 为第 i 个倍频程频带声压级 (dB)； ΔL_i 为第 i 个倍频程频带的 A 计权修正值 (dB)，

见表 1-2; N 为倍频程频带数量。

许多环境影响评价人员对于噪声强度没有一个量的概念, 因此不能及时发现噪声计算中的错误。如某水泥熟料生产线的环境影响报告书中, 列出厂界环境噪声预测值才有 25dB (A), 远低于家用电冰箱的噪声水平, 对于这样一个厂区范围并不大的高噪声生产企业而言, 根本是不可能的。所以, 了解一些噪声的强度及其引起的人的主观感受是必要的, 可帮助我们對噪声预测值的合理性进行判断。表 1-3 为一些环境中声音的 A 声级值。

表 1-3 一些环境中声音的 A 声级值

声 源	A 声级/dB	主观感觉	声 源	A 声级/dB	主观感觉
微风下, 树叶沙沙声	10	安静	大声说话	70	较吵
轻声耳语	20		机加工车间	80	
乡村安静夜晚	30		喷水织机车间	90	很吵
家用电冰箱(1m)	40		大型离心风机房	100	
安静的办公室	50	大型罗茨风机房	110		
一般说话	60	较静	大型柴油发电机组	120	无法忍受

除了 A 声级, 还有 B、C、D 声级, 分别是噪声经过 B、C、D 计权网络后得到的值。其中 C 计权, 仅在很低频率时才对噪声进行修正, 因此 C 声级值常常可以代表噪声的“总声级”。一个噪声, 如果其 A 声级远小于其 C 声级, 说明这个噪声呈明显低频特性; 反之, 如果两者几乎相等, 说明这个噪声呈明显中高频特性。通过测量 A 声级和 C 声级, 可以判断噪声的频率特性。D 声级用于评价航空噪声, 而 B 声级已基本不用。一般的声级计, 都能测量 A、C 两种声级。

2. 最大声级 L_{\max}

大多数情况下, 噪声的 A 声级是随时间变化的。将在规定的测量时间段内或对某一独立噪声事件, 测得的 A 声级最大值, 称为“最大声级”, 用 L_{\max} 或 $L_{A, \max}$ 表示。

在我国环境噪声标准中, 对于突发噪声的强度, 采用最大声级这个量进行限制。所谓“突发噪声”是指突然发生的, 持续时间较短, 强度较高的噪声。如锅炉排气、工程爆破、机车短促鸣笛等产生的较高噪声。突发噪声又可称为偶发噪声。

3. 等效(连续) A 声级 L_{Aeq}

对于稳态噪声, A 声级是一个很好的评价量; 但对于随时间起伏变化较大的噪声, 如交通噪声、城市环境噪声等, 不同时刻 A 声级相差较大, 噪声水平难于表征, 于是引入了等效(连续) A 声级, 简称为“等效声级”, 记为 L_{Aeq} 或 L_{eq} , 它是规定测量时间段内, 各时刻 A 声级的能量平均值, 定义式为:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1 L_A} dt \right) \quad (1-9)$$

式中, L_A 为各时刻 A 声级 [dB (A)]; T 为规定的测量时间段(等效时间)(s)。

积分式声级计可以直接显示 L_{Aeq} , 普通声级计可采取等时间间隔采样, 利用下式进行手算或由计算机算出:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{Ai}} \right) \quad (1-10)$$

式中, L_{Ai} 为第 i 次测量的 A 声级值 [dB (A)]; N 为总采样数, 对环境噪声测量 $N = 100$ 或 200。

4. 声暴露级 L_{AE}

声暴露级 L_{AE} 是描述单个噪声事件的物理量, 例如一列火车通过观察点是单个噪声事件, 其定义为: 声级保持不变, 持续时间为 1s 的一个 A 计权声级, 它所具有的能量与实际接受到的已知单个噪声事件的能量相等。数学定义式为:

$$L_{AE} = 10 \lg \int_{t_1}^{t_2} 10^{0.1 L_A(t)} dt \quad (1-11)$$

式中, $L_A(t)$ 为瞬时 A 声级值; t_1 和 t_2 为噪声事件作用的时间段, 在这时间段内 L_A 与最大声级的差不超过 10dB。

注意声暴露级定义与等效声级是不同的, 虽然也是对整个测量时间进行积分, 但并不像等效声级那样对测量时间段的能量进行平均, 而是按照基准持续时间 1s 取平均 (图 1-1)。因此声暴露级相当于总能量, 与测量持续时间无关, 而等效声级是测量时间段能量的平均值, 与测量时间有关。

以火车噪声为例, 假设在 $t_1 \sim t_2$ 这段测量时间内只有一列火车驶过, 如果背景噪声很低, 则测量时间越长, L_{Aeq} 值越小, 但 L_{AE} 值不变。声暴露级对于描写像火车噪声这样由若干个事件组成的噪声是较好的评价量, 它还可以直接比较瞬时噪声。

由声暴露级也可以方便求出等效声级。设在时间 T 内, 发生了 n 个噪声事件, 则等效 A 声级为:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{AE,i}} \right) \quad (1-12)$$

式中, $L_{AE,i}$ 为第 i 个噪声事件的暴露声级 [dB (A)]。

如果在时间 T 内, 只发生了 1 个噪声事件, 则上式变为 $L_{Aeq} = L_{AE} - 10 \lg T$ 。

5. 昼间等效声级 L_d 和夜间等效声级 L_n

为了说明环境噪声在昼间与夜间两个不同时段的污染情况, 引入昼间等效声级 “ L_d ” 和夜间等效声级 “ L_n ” 两个评价量, 它们分别是昼间、夜间的规定时间测得的等效连续 A 声级。

考虑到噪声在夜间要比昼间显得更 “吵闹”, 所以在评价一天 (24h) 噪声污染情况时, 将夜间噪声加上 10dB, 再与昼间噪声平均, 这样得到的昼夜平均值称为昼夜等效声级, 记为 L_{dn} 。计算公式为:

$$L_{dn} = 10 \lg \left[\frac{16 \times 10^{0.1 L_d} + 8 \times 10^{0.1 (L_n + 10)}}{24} \right] \quad (1-13)$$

昼间和夜间时间由当地政府划定, 上式适用于昼间 16h, 夜间 8h; 如果昼间 17h, 夜间 9h, 上式做相应改动。

三、累积百分声级 L_N

等效连续 A 声级表示了环境噪声的平均水平, 但抹杀了噪声的变化特性。如一个街道通行条件好、车流量大; 而另一街道, 通行条件差、车流量小, 车辆频繁鸣笛。它们的等效连续 A 声级可能相同, 但噪声分布差别较大, 为此又定义了累积百分声级。

累积百分声级又称为统计百分声级。累积百分声级 L_N 表示测量时间的百分之 N 所超过的噪声级。例如在测量时间内有 10% 时间噪声级超过 80dB (A), 则记 $L_{10} = 80 \text{dB (A)}$, 它相当于

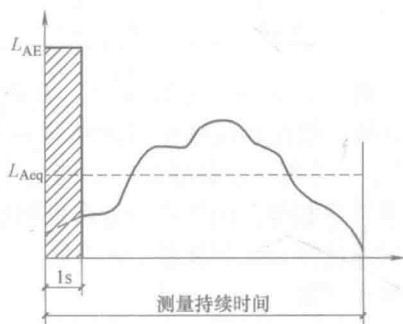


图 1-1 L_{AE} 和 L_{Aeq} 的定义

噪声的平均峰值。除 L_{10} 外,常用的还有 L_{50} 、 L_{90} 。其中 L_{50} 相当于噪声平均值, L_{90} 相当于噪声的背景值。

在上述两条街道中,后一条街道的 L_{10} 大于前一条街道,而 L_{90} 则小于前一条街道,表明两条街道有不同特点的交通噪声。

在测试数据符合正态分布时,累积百分声级和等效连续 A 声级间有下列关系:

$$L_{Aeq} = L_{50} + \frac{(L_{10} - L_{90})^2}{60} \quad (1-14)$$

现在市场上所售环境噪声监测仪大多数能直接给出统计噪声级。如果使用普通声级计,则需要进行等时间间隔读取瞬时 A 声级,再将按规定取的 100 个数(或 200 个数)从大到小排列,第 10 个数(或第 20 个数)的值即为 L_{10} ;第 50 个数(或第 100 个数)值为 L_{50} ;第 90 个数(或第 180 个数)值为 L_{90} 。

在《声学 环境噪声测量方法》(GB/T 3222—1994)中,要求测量的是 L_5 、 L_{50} 、 L_{95} 。

四、有效感觉噪声级 L_{EPN} 和计权等效连续感觉噪声级 L_{WECPN}

航空噪声评价有自己特有的评价量,有效感觉噪声级 L_{EPN} 用于飞机噪声源强评价,而计权等效连续感觉噪声级 L_{WECPN} 用于机场周围区域声环境质量评价。它们的测量和计算过程较为复杂,详细计算可参阅《机场周围飞机噪声测量方法》(GB 9661—1988)。

1. 噪度 N_a

噪度是完全与人对噪声感觉“吵闹”程度相联系的一个量,单位为“呐”,记为“noy”。它定义为:中心频率为 1000Hz 的倍频带上,声压级为 40dB 噪声的噪度为 1noy,如果一个噪声听起来的吵闹程度是 1noy 的 N 倍,则其噪度为 $Nnoy$ 。

对于一个复合声,其噪度要通过相应计算方法确定。

2. 感觉噪声级 L_{PN}

将噪度 N_a 换为用“dB”表示,称为感觉噪度级。定义为:

$$L_{PN} = 40 + 10 \log_2 N_a \quad (1-15)$$

在工程中,感觉噪度级由测量 A 声级获得:

$$L_{PN} = L_A + 13 \quad (1-16)$$

航空噪声中,含有明显的纯音信号,需要对感觉噪声级进行修正,修正后的感觉噪声级称为“经纯音修正的感觉噪声级”,记为 L_{TPN} 。

$$L_{TPN} = L_{PN} + C \quad (1-17)$$

式中, C 为修正值,按照规定方法确定。

L_{TPN} 的最大值称为“最大纯音修正感觉噪声级”,记为 $L_{TPN,max}$ 。

3. 有效感觉噪声级 L_{EPN}

对感觉噪声级进行纯音和持续时间修正后得到的声级称为“有效感觉噪声级”,定义为:

$$L_{EPN} = 10 \lg \left(\sum_{i=0}^{2T_d} 10^{0.1L_{TPN,i}} \right) - 13 \quad (1-18)$$

式中, T_d 为从出现最大纯音修正感觉噪声级前 10dB 开始,到峰值下降 10dB 所持续的时间。

上式计算的是一次飞行事件的有效感觉噪声级,对 N 个飞行事件的有效感觉噪声级进行能量平均(类似等效 A 声级定义方法),称为“平均有效感觉噪声级”,记为 \bar{L}_{EPN} 。

$$\overline{L_{EPN}} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 L_{EPN,i}} \right) \quad (1-19)$$

4. 计权等效连续感觉噪声级 L_{WECPN}

飞机不同时间段的飞行,对人的影响是不同的,夜间比白天严重,需要进行“加权”,并由此得到“计权等效连续感觉噪声级”,记为 L_{WECPN} ,单位“dB”。

$$L_{WECPN} = \overline{L_{EPN}} + 10 \lg(N_1 + 3N_2 + 10N_3) - 39.4 \quad (1-20)$$

式中, N_1 为白天的飞行次数; N_2 为傍晚的飞行次数; N_3 为夜间的飞行次数。

时间划分由当地政府确定,我国东部地区可认为 7:00~19:00 是白天,19:00~22:00 是傍晚,22:00~7:00 是夜间。

L_{WECPN} 是国际民航组织 (ICAO) 建议采用的评价量,较好反映了飞机噪声特点,但其指标生僻,又由于是在“噪度”基础上提出的,测量与计算过程复杂。世界上的一些国家,除了中国和巴西,并未以其为评价量。如美国以 L_{dn} 、日本和一些欧洲国家以 L_{den} 为评价量, L_{den} 是考虑了昼间、傍晚、夜间计权后的等效声级。

我国也有不少学者主张以 L_{dn} 为飞机噪声评价量。 L_{WECPN} 与 L_{dn} 换算关系如下:

$$L_{dn} = L_{WECPN} - 13 \quad (1-21)$$

五、噪声评价曲线和噪声评价数

在评价室内环境噪声时,常常对噪声的频谱有一定要求。如在剧场、电影院、会堂、录音棚、播音室内,我们希望各个频带噪声都不要超过相应的限值。A 声级或等效 A 声级均为单一值,反映不出这个要求,于是引入了噪声评价曲线 NR。

噪声评价曲线 NR 为一组曲线,每根曲线的号数用其上 1000Hz 的声压级值表示,这个值称为噪声评价数,简称为 NR 值。NR 值从 0 到 130,常用的 NR 值为 15~40。

在工程中查曲线并不方便,不能准确得到相应各倍频带声压级值,通常采用查表方法。表 1-4 为常用噪声评价曲线与其对应的各倍频带声压级值。如甲等剧场观众厅背景噪声标准为不大于 NR25,则从该表中 NR25 所在行可以方便得到所对应的各倍频带声压级值。如 250Hz 倍频带噪声级不得超过 35dB、2000Hz 倍频带噪声级不得超过 19dB 等。

在同一根曲线上各频带噪声可认为具有相同的干扰程度。由表中数值可知,高频段的频带声压级要低于低频段的频带声压级,这实际上反映地是人 against 高频声敏感、对低频声不敏感这一听觉特性。

评价一个噪声的 NR 值,也可通过此表获得。首先要列出从 31.5Hz 到 8000Hz 共 9 个倍频带声压级,再将该噪声的各倍频带声压级和表中相同频带的声压级进行对比,就高不就低,所能接触到的最高一条评价曲线的数值为该噪声的 NR 值。例如某噪声 2000Hz 倍频带声压级为 26dB,满足 NR30 要求,若其他倍频带声压级值均小于 NR25 对应的值,则该噪声的 NR 值为 NR30 而不是 NR25。

噪声评价曲线 NR 是 1961 年国际标准化组织 (ISO) 推荐的,我国大多数室内环境背景噪声标准也采用它。在一些国家 (如美国) 还采用噪声评价曲线 NC,它是美国在 20 世纪 50 年代提出的,后来发现其对含有“隆隆”单调的低频声及“啞啞”的高频声的评价还不够合理,为此对 NC 曲线的高频端及低频端进行了修正。改进后的评价曲线称为最佳噪声评价曲线,即 PNC 曲线。

表 1-4 常用噪声评价曲线与其对应的各倍频带声压级值 (单位: dB)

NR 评价曲线	倍频带中心频率/Hz								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NR0	55	35	22	12	4	0	-4	-6	-7
NR5	58	39	26	16	9	5	1	-1	-2
NR10	62	43	30	20	14	10	6	4	3
NR15	65	47	35	25	19	15	11	9	8
NR20	69	51	39	30	24	20	16	14	13
NR25	72	55	43	35	29	25	21	19	18
NR30	75	59	48	39	34	30	26	24	23
NR35	79	63	52	44	38	35	32	29	28
NR40	82	67	56	49	43	40	37	35	33
NR45	86	71	61	53	48	45	42	40	38
NR50	89	75	65	58	53	50	47	45	44
NR55	93	79	70	63	58	55	52	50	49
NR60	96	83	74	68	63	60	57	55	54
NR65	100	87	78	72	68	65	62	60	59
NR70	103	91	83	77	73	70	67	65	64
NR75	106	95	87	82	78	75	72	70	69
NR80	110	99	92	86	82	80	77	76	74
NR85	113	103	96	91	87	85	82	81	79
NR90	117	107	100	95	92	90	87	86	84
NR95	120	111	105	100	97	95	92	91	89
NR100	123	115	109	105	102	100	97	96	94
NR105	127	119	113	110	107	105	103	101	100
NR110	130	122	118	115	112	110	108	106	105
NR115	134	126	122	119	117	115	113	111	110
NR120	137	130	127	124	121	120	118	116	115

第二节 环境噪声和振动控制标准

环境影响评价与噪声控制工程中都需要准确地选择国家环境噪声标准。在应用这些标准时,应该特别注意标准建立的目的、适用范围及采用的评价量。本节除对环境噪声标准进行介绍和说明外,还介绍了环境振动标准和建筑物室内背景噪声标准。

一、环境噪声标准

环境噪声标准包括质量标准和排放标准,《声环境质量标准》、《机场周围飞机噪声环境标准》是质量标准,《工业企业厂界环境噪声排放标准》、《社会生活环境噪声排放标准》、《建筑施工场界环境噪声排放标准》、《铁路边界噪声限值及其测量方法》等是排放标准。

1. 《声环境质量标准》(GB 3096—2008)

该标准是在原《城市区域环境噪声标准》(GB 3096—1993)基础上修订的。规定了各类声环境功能区的环境噪声限值,见表 1-5。标准还同时规定了夜间突发噪声,其最大声级超过环境噪声限值的幅度不得高于 15dB(A)。

该标准为保障城乡居民正常生活、工作和学习的声环境质量而制定,采用等效连续 A 声级作为评价量。

表 1-5 环境噪声限值 [单位: dB(A)]

类别	昼间	夜间	类别	昼间	夜间
0类	50	40	3类	65	55
1类	55	45	4类	4a类	70
2类	60	50		4b类	70

城市区域的声功能区可从当地噪声区划图中查出,该噪声区划图由当地政府制定。声环境功能区是按照区域的使用功能特点和环境质量要求划定的,分为以下五种类型:

0类声环境功能区:是指康复疗养区等特别需要安静的区域。由于标准要求非常安静,在城市建成区很难达到,因此许多城市没有划定该类区域。

1类声环境功能区:是指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能,需要保持安静的区域。

2类声环境功能区:是指以商业金融、集市贸易为主要功能,或者居住、商业、工业混杂,需要维护住宅安静的区域。

3类声环境功能区:是指以工业生产、仓储物流为主要功能,需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。

4类声环境功能区:是指交通干线两侧一定距离之内,需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响的区域,包括4a类和4b类两种类型。4a类为高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通(地面段)、内河航道两侧区域,穿越城区的既有铁路干线及其改、扩建工程;4b类为铁路干线(铁路专用线除外)两侧区域。

在城市已划定声环境功能区的地方,应按照功能区类别执行相应标准。如某居住区位于1类声功能区,应执行1类区标准;但若该居住区因规划改动安置到2类声功能区,则应执行2类区标准。也有特殊情况,如该居住区被安置到3类声功能区,则当地政府环境保护主管部门可调整为执行2类区标准,以更好地保护小区居民。

对于尚未划定声功能区的城市或城市区域,由当地政府环境保护行政主管部门确定执行标准。对于乡村区域,一般不划分声环境功能区。根据环境管理的需要,县级以上人民政府环境保护主管部门可按以下要求确定乡村区域适用的声环境质量要求:

- 1) 位于乡村的康复疗养区执行0类声环境功能区要求。
- 2) 村庄原则上执行1类声环境功能区要求,工业活动较多的村庄以及有交通干线经过的村庄(是指执行4类声环境功能区要求以外的地区)可局部或全部执行2类声环境功能区要求。
- 3) 集镇执行2类声环境功能区要求。
- 4) 独立于村庄、集镇之外的工业、仓储集中区执行3类声环境功能区要求。
- 5) 位于交通干线两侧一定距离(参考GB/T 15190规定)内的噪声敏感建筑物执行4类声环境功能区要求。

与旧《城市区域环境噪声标准》相比,新《声环境质量标准》主要修改内容如下:

第一,扩大了标准适用区域。原《城市区域环境噪声标准》只适用于城市区域,乡村区域只是参照执行,而《声环境质量标准》适用于城乡所有区域。

第二,明确了乡村不同区域声环境质量要求。

第三,明确了交通干线的定义,对交通干线两侧4类区环境噪声限值作了调整。在原《城市区域环境噪声标准》中未明确交通干线定义,通常由当地环境部门根据车流量自行确定。新标准《声环境质量标准》的附录A则明确了各类交通干线的定义,包括铁路、高速公路、一级公路、二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通、内河航道等。新标准还将“4”类细分为“4a”和“4b”类,注意“4b”类仅适用于2011年1月1日起环评文件通过审批的新建铁路,且不包括穿越城区的进行改、扩建的既有铁路干线。

第四,将环境质量标准与测量方法标准合在同一个标准中。

2. 《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008)

该标准是在《工业企业厂界噪声标准》(GB 12348—1990)基础上修订的,规定了工业企业和固定设备厂界环境噪声限值。

(1) 标准的噪声限值 标准包括两部分, 第一部分是工业企业厂界环境噪声限值, 第二部分是固定设备通过建筑物结构传播至噪声敏感建筑物室内时的噪声限值。

标准第一部分: 厂界环境噪声限值标准, 见表 1-6。和声环境质量标准一样, 采用等效连续 A 声级作评价量。标准同时规定了夜间频发噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 10dB (A), 夜间偶发噪声最大声级超过限值的幅度不得高于 15dB (A)。

表 1-6 工业企业厂界环境噪声排放限值 [单位: dB (A)]

类别	昼间	夜间	类别	昼间	夜间
0	50	40	3	65	55
1	55	45	4	70	55
2	60	50			

标准第二部分: 噪声通过房屋结构传播影响声环境敏感点的限值标准。噪声既可以通过空气传播, 也可以通过房屋结构传播, 不少固定噪声源对室内环境的影响主要是结构声, 又称为固体声。例如安装于高层住宅地下室的水泵, 其空气声的影响范围是有限的, 受影响较大的是相邻的房间; 而通过基础、墙板、楼板等房屋结构传播的固体声却可影响到相距很远的房间。

固体声主要是低频噪声, 容易引起人的烦恼, 但在用 A 声级评价时数值却较低, 与人的心理感觉差异较大, 因此不仅需要对固体声的等效 A 声级作出限制, 而且有必要对低频时噪声的频带声压级也作出限制。与旧标准相比, 标准中对结构传播固定设备室内噪声排放作出限制, 其限值分别见表 1-7、表 1-8。

表 1-7 结构传播固定设备室内噪声排放限值 (等效声级) [单位: dB (A)]

房间类型 时段	A 类房间		B 类房间		
	昼间	夜间	昼间	夜间	
噪声敏感建筑物 所处声环境功能区 类别	0	40	30	40	30
	1	40	30	45	35
	2、3、4	45	35	50	40

表 1-8 结构传播固定设备室内噪声排放限值 (倍频带声压级) (单位: dB)

噪声敏感建筑物 所处声环境功能区类别	时段	房间类型	倍频带中心频率/Hz				
			31.5	63	125	250	500
0	昼间	A/B 类房间	76	59	48	39	34
	夜间	A/B 类房间	69	51	39	30	24
1	昼间	A 类房间	76	59	48	39	34
		B 类房间	79	63	52	44	38
	夜间	A 类房间	69	51	39	30	24
		B 类房间	72	55	43	35	29
2、3、4	昼间	A 类房间	79	63	52	44	38
		B 类房间	82	67	56	49	43
	夜间	A 类房间	72	55	43	35	29
		B 类房间	76	59	48	39	31

标准中 A 类房间是指以睡眠为主要用途, 需要保证夜间安静的房间, 包括住宅卧室、医院病房、宾馆客房等; B 类房间是指主要在昼间使用, 需要保证思考与精神集中、正常讲话不被干扰的房间, 包括学校教室、会议室、办公室及住宅中除卧室以外的房间等。

标准虽然名为《工业企业厂界环境噪声排放标准》, 但对安装有固定设备且造成噪声污染的任何单位均适用。例如某学校有一个自备采暖锅炉房, 某宾馆有一个空调用冷却塔, 尽管学