



Urban Forest
Acoustics

城市森林声学

〔法〕V. 布古陆 著

陈峻崎 杨晓晖 南海龙 张 博 译



科学出版社

城市森林声学

〔法〕V.布古陆 著

陈峻崎 杨晓晖 南海龙 张博 译

科学出版社

北 京

图字：01-2015-2061

内 容 简 介

本书是由法国著名木材科学专家 Voichita Bucur 教授撰写的一本全面介绍城市森林声学的专著。该专著着重对声音在森林中的传播及其影响因素、森林对噪声的消减作用、城市交通噪声的消除、城区与郊区的噪声消除与居住环境等方面的理论做了详细论述，同时还对树木特征监测的声学传感器、噪声与树木的关系、声学方法在森林火灾监测与控制上的应用、城市树木的经济价值等做了简要介绍。

本书可为国内城市林业的发展、城市绿色基础设施规划等提供新的思路与方法，也非常适合相关研究领域专家及政府相关管理部门决策者阅读和应用，同时也可作为高等学校城市林业方向的指导教材。

Translation from English language edition: Urban Forest Acoustics by Voichita Bucur

Copyright© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006

Springer-Verlag Berlin Heidelberg is a part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

图书在版编目 (CIP) 数据

城市森林声学/ (法) 布古陆 (Bucur, V.) 著; 陈峻崎等译. — 北京: 科学出版社, 2016

书名原文: Urban Forest Acoustics

ISBN 978-7-03-048797-1

I. ①城… II. ①布… ②陈… III. ①森林-影响-城市噪声-研究 IV. ①TB533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 136859 号

责任编辑: 张会格 韩学哲 贺密青 / 责任校对: 刘亚琦

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 铭轩堂

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 6 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2017 年 1 月第二次印刷 印张: 9 3/4

字数: 200 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

译者序

据世界卫生组织调查,噪声污染已经成为当代城市居民心目中的三大公害之一,严重影响着人们的身心健康和生活质量。噪声对人、动物乃至建筑物都能产生危害,因而控制噪声是城市建设的一项重要课题。森林衰减噪声并不是一个新的话题,但是有关森林控制噪声的系统研究却并不多见。《城市森林声学》(*Urban Forest Acoustics*)是为数不多的有关森林声学的专著,书中对树木的声学特征、城市噪声源的特征、用植物材料衰减噪声等问题都做了详细的阐述。当然本书的内容并不局限于森林对噪声的衰减,还详细介绍了利用声波对城市森林进行经营管理的方法,如用声波探测森林火灾、估测林木蓄积量、监测白蚁危害等,在全国都在开展森林多功能经营的大背景下,利用城市森林来衰减噪声也成为森林多功能经营的重要内容,本书可为从控制噪声角度开展森林经营提供理论与技术支撑。正是看到了这一点,译者才尽最大努力将本书翻译成中文,希望能为林业工作者带来一些启示,也希望能为有志于相关研究的学者提供一些方法和案例。

本书共有9章,其中第一章、第二章、第三章、第五章由杨晓晖翻译,第四章、第六章、第七章由陈峻崎翻译,第八章由南海龙、杨晓晖翻译,第九章由张博、陈峻崎翻译。

本书是在北京市科技计划“北京森林多功能经营技术与示范”(项目编号:Z141100006014031)和公益性行业专项“森林对PM_{2.5}等颗粒物的调控功能与技术研究”(项目编号:201304031)的资助下完成的。在翻译过程中,科学出版社的张会格编辑给予了无私帮助和充分理解,在此表示感谢。

由于译者水平有限,书中难免存在疏漏和理解偏差,恳请广大读者批评指正。

前言

一般来说，树木是一种被广为称赞的象征性个体，它可以为人们提供休闲场所及精神和情感上的慰藉，且寿命远超过人类。种树是一种对未来充满信心的独特行为，可以为人类社会留下一些宝贵的遗产，并鼓励人们采取同样的做法。在城市中植树已经有几个世纪的历史，都市广场上栽植树木已经成为社区和城市居民引以为荣的事。树木显著增加了建筑环境的景观美化程度。

城市树木改善了建筑和土木工程方面的一些功能，为社区提供了绿色基础设施。树木通过降低光强、柔化刺耳的交通噪声和混凝土风景，为居民创造了一个漫步、骑行和工作的适宜环境。树木增强了城区内各种鸟类、松鼠等小动物的活动空间，这对维持不同类型生态系统的功能极其重要。在建筑物周围适宜的地方栽植树木，可以通过遮阴或影响风速和风向降低空调使用或取暖的花费，具有浓密持久针叶的常绿树可以提供防风效能，而落叶树则允许太阳在冬季照射到房屋上，树群的枝条和叶片越浓密，其防风效果越好。研究表明，树木可以去除空气中的污染物，因此常被看成是去除大气中温室气体的最为重要的潜在资源。树木在环境保护和公共健康方面也具有一定贡献，可以取得一定的经济效益和社会效益，并鼓励积极的社会交流。

在现代的概念中，城市森林是指城市和城郊区所有的树木和植被。

本书的编写动机来自于我们常会问到的有关城市整体环境的问题，即噪声、气候、空气质量和水质等方面的问题。

本书由9章组成，第一章将城市树木的概念与森林树木的概念进行比较，并对城市环境中不同树木的树木学特征进行了简短的描述。第二章介绍了森林中声音的传输及影响这一传输的因子，同时简单介绍了噪声实地观测设备。第三章介绍了树木特征（直径、树高、机械和遗传特征）和声学传感器。第四章重点为植物对噪声的衰减，不包括地表面的衰减，以及树木、叶片、树干和枝条的散射，本章的最后一部分讨论了林分中的反射和衰减。第五章描述了一个非常现代的话题，即公路、铁路和航空噪声的防护。第六章强调了考虑声景含义的必要性，声景具有一定的环境、历史和文化价值，应用这一概念可以生成城市规划的声音图，大面积植被区、树带、公共花园及公园所产生的城市声景具有一定的积极意义。第

七章对噪声、动物、昆虫和树木间的关系以及探测这些生物机体在不同发展阶段是否存在的声学方法进行了简短的讨论。第八章简短地描述了声学在林火探测和防控中应用的潜力。最后，用城市树木相关的一些经济学分析来结束本书似乎是比较适宜的（第九章）。

致谢

首先感谢法国南锡Champenoux的国立农业研究所（INRA France）林业研究中心和南锡第一大学科学学院木材研究实验室为本书的编写提供了设备，同时感谢本书中所引用到的组织和个人允许我使用其图表。在文献查阅过程中，法国许多图书馆的工作人员给予了我许多无私的帮助，如法国南锡第一大学图书馆的Marie Annick Bruthiaux，南锡国立林水学校图书馆的Marie Jeanne Lionnet、David Gasparotto和那时还是巴黎索邦大学学生的Bruno Spandonide。非常感谢Helmut Resch教授和David Gasparotto对本书定稿提出的修改建议，也要感谢我的同事Laurent Chrusciel博士、Stéphane Dumarcay博士、博士生Youcef Irmouli和Anthony Dufour，以及我们的秘书Corinne Courtehoux和 Catherine Antoni为本书电子文件的完成所做的日常协助，感谢我的姐姐Despina Spandonide 在本书写作过程中给予的持续的热情鼓励。同时也要感谢Constantin Spandonide的慷慨协作，感谢他花费了很多宝贵时间绘制了本书中的所有图件。

最后，我希望将我最诚挚的谢意和钦佩送给Springer Verlag的工作人员，他们与我一起努力完成了本书，通过现代通信媒介让我们度过了一段令人愉快的专业时光。

Voichita Bucur
2006, Champenoux

目 录

译者序

前言

第一章 概述 1

第二章 城市森林中的噪声 5

2.1 声音传输 5

2.1.1 定义和理论基础 5

2.1.2 影响声音传输的因子 11

2.2 噪声测定设备 12

2.2.1 仪器和噪声源 12

2.2.2 现场测试 14

2.3 小结 20

第三章 树木特征和声学传感器 22

3.1 形态学特征 22

3.2 力学特征 24

3.2.1 设备和仪器 24

3.2.2 树木的力学特征 26

3.2.3 树木内部损坏的探测 27

3.3 基因型特征 31

3.4 营林实践 33

3.5 小结 35

第四章 用植物材料衰减噪声 36

4.1 植物材料衰减噪声的物理因素 36

4.2 地表对噪声的衰减 37

4.3 林木对噪声的散射作用 43

4.3.1 树干对噪声的散射作用 45

4.3.2 树冠和树叶对噪声的散射作用 53

4.3.3 林分内噪声的混响 79

4.3.4 大气状况	83
4.4 屏障的声音衰减作用	86
4.4.1 心理效果	86
4.4.2 没有植被的固体屏障	87
4.4.3 有植被的固体屏障	89
4.5 小结	92
第五章 交通噪声的控制	94
5.1 道路交通噪声	97
5.2 铁路运输的噪声	103
5.3 飞机噪声	106
5.4 小结	108
第六章 噪声衰减和居民区	110
6.1 城市区	110
6.2 城郊区	113
6.3 小结	117
第七章 城市森林环境中的噪声、鸟类和昆虫	118
7.1 森林环境中鸟类的声学沟通	120
7.2 城市树木白蚁灾害的探测	121
7.3 小结	123
第八章 林火控制声学	124
第九章 经济效益	126
参考文献	128
附录 1 符号	138
附录 2 理论基础	141
附录 3 频率计权	143
附录 4 标准	144
附录 5 单位	146

第一章 概 述

为了与森林中的树木区分，将城市景观中以个体的形式在街道、公园或花园中出现，以城市化前森林的残存组分存在，或是在城市废弃场地上人工种植及天然萌生的团块状存在的树木称为城市树木。

城市林业的概念最初是在 20 世纪 60 年代在加拿大提出的，并被定义为旨在与城市活动及其居民相结合的一种全球化的树木管理的实践方法。在制定城市和郊区居住区发展规划时，一种主要的挑战是管理本地森林树木及外来树木，因为处于城市环境中，树木会产生衰退（图 1.1），可通过管理改变其大小和形状，同时使其成为无损的树木（从病理学的观点来看）。在某一特定地点保留树木时应该采用较好的选择原则，这取决于城市的形态。一般来说，用于城市树木选择和栽植的原则包括：每个树种或林分的特定属性及营林过程中各树种的生长需求，在

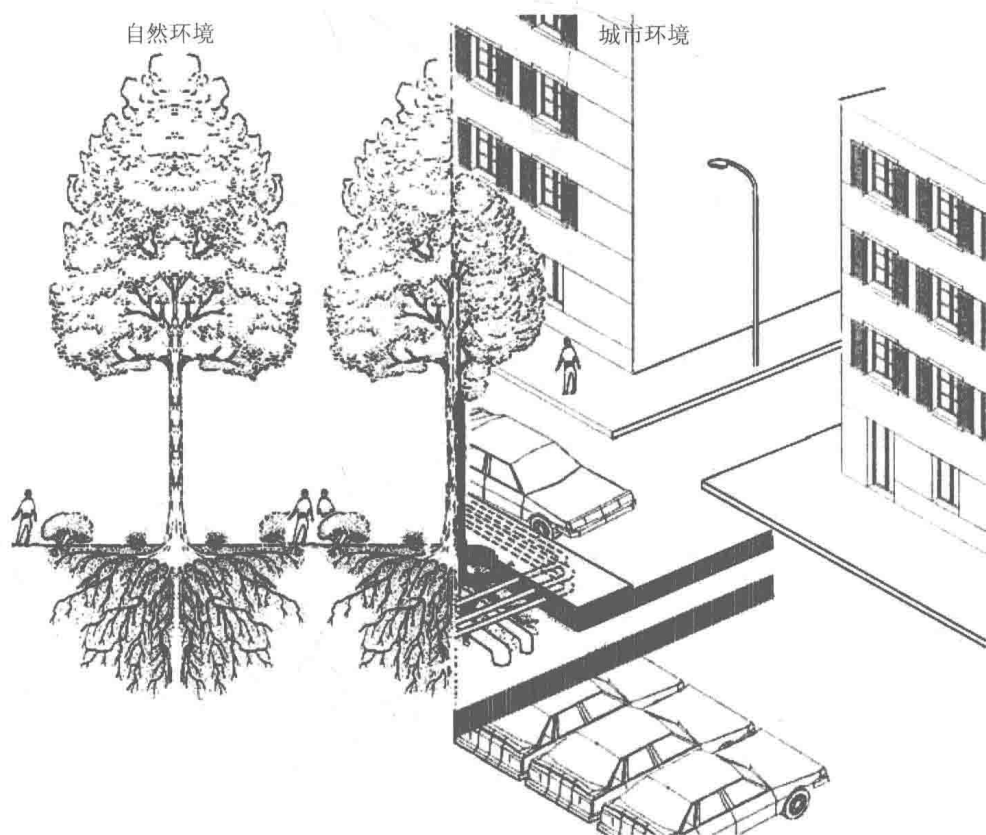


图 1.1 自然环境和城市环境中生长的树木

空气、水分、土壤养分和光照充分满足的情况下，树木是一种长寿的植物个体（300 年、900 年或 2000 年）。世界上许多城市的绿化和环境部门，它们的政策是保护和发展这些扮演重要社会、美学、文化、教育或气候角色的绿色遗产。向公众宣传环境保护的重要性和必要性现在已被广泛接受。绿化城市区的管理要求采用一种广泛的政治、管理和技术方法（Council of Europe, 2004）。物种的选择和技术上的创新（容器苗技术和自动灌水技术等）是树木更新策略中的关键内容。

按照植物的系统分类，树木可以分为两大类：① 常绿类，即所谓的常绿的、针叶树或软木；② 落叶类，即所谓的阔叶树或硬木。成年的软木有一个挺直的主干，侧枝向外伸展形成一个圆锥形或圆柱状的树冠；而硬木的形状则是有一个由较长树枝形成的宽大的圆形树冠。图 1.2 对各种树木的形态进行了概化。为了明确不同树木间的差异，植物学家采用由两部分组成的拉丁学名对其进行命名，即属名加种名，如 *Abies alba*。树木名称中采用的词汇通常有几种起源：拉丁语、凯尔特语和希腊语等 [如 *alba* 源自拉丁语，即“白”的意思（Aymonin, 1986）]。*Abies alba* 的通用名是冷杉，通用名是历史上一直沿用的名称，在本书中植物的拉丁学名和通用名都会被用到。



图 1.2 树木的形态（Hosie, 1969）

经加拿大自然资源部加拿大林务局允许使用，版权 2005 年

在过去的一个世纪里,大量的参考书和手册已经提供了大量对单株树木或一个林分进行管理的生态学和营林学方面的信息,在管理过程中必须考虑单株树木和一个林分的特定属性。城市和郊区树木选择的主要原则与每个树种的生长和经营需求密切相关。根据树种在林分中的地位,可以将其分为形成良好冠层可均匀获取阳光的优势木、处于相同冠层高度的亚优势木、处于冠层下部被周边树木遮挡的中间木及处于主冠层以下的受压木。

对每一个树种而言,必须考虑的形态学和自然特征包括高度、胸径、生长速率(幅向生长)、活冠幅率(冠幅高度除以树高)、密度(单位面积上的株数)及总体健康状况(树木活力、病虫害状况)。

Zimmermann 和 Brown (1980)、Wilson (1984) 和 Mattheck (1996; 1998) 的研究成果完全可以为读者提出的有关树木生物学和力学功能方面的问题提供一个满意的答案。

对某一特定地点而言,确定本地树种和植物对准确预测树木的生长状况是十分必要的。一些物种,如观赏性苹果和樱桃的引进可以促进现有植被的快速发展以满足居民日益增长的社会和经济需求。

街道上的树木种群组成变化很大,通常由硬木和混交的软木/硬木组成,其密度约为每公里 10 株,直径为 10~60 cm。落叶树具有较高的水分蒸发能力,可以降低街道的温度;混交林因包含了常绿树种,其噪声衰减效率较高。城市形态的多样性决定了街道上林分的结构与格局,并与自然环境和城市,以及毗邻的居民区和郊区的管理政策密切相关。表 1.1 给出了温带区一些树种的树木学特征。

表 1.1 森林环境下生长的不同树种的树木学特征

拉丁名	树种 中文名	高度/m	年龄/年	
			成熟期	寿命
落叶树				
<i>Acer pseudoplatanus</i>	槭树	30	25	200~500
<i>Aesculus hypocastanum</i>	七叶树	25	24	200
<i>Fagus silvatica</i>	欧洲水青冈	45	30	300
<i>Liriodendron tulipifera</i>	鹅掌楸	60	30	500
<i>Quercus robur</i>	栎树	25	45	2000
<i>Betula pendula</i>	桦树	15	10	100
<i>Populus alba</i>	白杨	10	5	50
<i>Tillia cordata</i>	椴树	35	20	500
针叶树				
<i>Picea abies</i>	云杉	50	50	400
<i>Abies alba</i>	冷杉	50	15	200
<i>Pinus strobus</i>	东部白松	80	50	200
<i>Pinus contorta</i>	黑松	33	未知	150
<i>Thuja plicata</i>	侧柏	60	未知	400
<i>Larix decidua</i>	落叶松	35	未知	600
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	扁柏	50	未知	400
<i>Sequoia sempervirens</i>	红杉	120	未知	2000

资料来源: Hora, 1981; Aymonin, 1986

第一次世界大战和第二次世界大战后城市化的迅速发展改变了城区的小气候，原始林逐渐被人造结构和建筑所取代，从而提高了城市的热量储存能力。街道上，以及公园、花园和绿地上的树木是天然的空调，且在有限的范围内也是噪声衰减器。Mecklenberk 等（1972）注意到树木的噪声衰减能力与种植区树木种植的密度和宽度直接相关。如表 1.2 所示，噪声衰减效率在混交区为 0.36 dB/m，而在纯林中仅为 0.17 dB/m。

表 1.2 中国南京街道上不同树木格局的噪声衰减效果

参数	街道			
	第一条	第二条	第三条	第四条
街道宽度/m	40	42	28	30
树木格局	落叶的	混交的	落叶的	混交的
树木行数	6	4	2	4
绿带宽度/m	35	35	2	4
冠层高度/m	4~25	4~22	4~25	4~20
冠层投影/%	80~85	80~85	85~90	80~85
树种	P.a	M.g、S.c、P.t、C.i、E.j.	P.a.	M.g、C.d、C.i.
噪声衰减/dB	6	4	1	8
效率/（dB/m）	0.24	0.31	0.10	0.36

注：P.a.,二球悬铃木 (*Platanus acerifolia*)；M.g.,水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)；S.c.,圆柏 (*Sabina chinesis*)；P.t.,海桐 (*Pittosporum tobira*)；C.i.,美国山核桃 (*Carya illinoensis*)；C.d.,喜马拉雅雪松 (*Cedrus deodara*)；E.j.,大叶黄杨 (*Euonymus japonica*)

资料来源：Mao et al., 1993

有关城市环境中噪声衰减的文献信息 1970~1990 年大量散布在森林和农业的相关研究中，但此后就变得非常少，相比之下过去 20 年有关声学的研究文献则将重点主要放在模型的开发上，本书的目的就是要向读者展示充分了解这两个方面的必要性。

第二章 城市森林中的噪声

城市森林中的噪声来自不同的声场源,且在周边环境能够察觉到。这种声场的声强可用如下参数描述:干扰强度、额外压力、粒子速率、密度变化或折射率变化、声波在物体表面产生的稳定压力、膨胀收缩交替产生的温度变化和声波可能被吸收能量等。理论上可将声源分为三种基本类型,即单点声源、偶极子声源(或双极子声源,即等同于两个相同的单点声源)和四极子声源(由两个偶极子声源组成,分为纵向极子声源和横向偶极子声源)。由丙烷枪发射产生的声源就是单点声源。

为研究森林对声音的散射作用, Rogerse 等(1992)对一把有显著低频声能的丙烷枪和林内距声源 10 m 处的扩音器进行了试验。观察结果表明,接收到的信号主要包括两部分:① 声波直接从声源传播到传声器的直接信号带;② 因林木存在而产生的消散信号带。林分内的声音消散现象非常复杂且难以精确预测。为对林分内导致声音消散现象的各种因子[生物物质、林分密度(株数/hm²)、树高、树木直径、树冠的大小和形状、叶片(针叶)的大小和形状等]的影响进行详细评估,目前业界普遍接受将“逾量衰减”作为一个通用参数,包括声音的吸收、分散、反射和折射。

在物理学术语中噪声的描述与其类型有关,其中声谱是最佳的表达方式之一。一般利用三种技术测量噪声,即记录波形以确定干扰声波的频率组分、确定噪声控制时进行的窄带分析和宽带分析。在大多数情况下,利用倍频带程分析就能精准地完成上述任务。

本章前半部分首先介绍开展理论和实践分析必需的几个声学概念,随后讨论影响声音传输和声音消散现象的因素。后半部分介绍测量噪声的设备。

2.1 声音传输

2.1.1 定义和理论基础

声音是由空气中的扰动产生的,这种扰动引起空气分子交替性的压迫和位移。在声学领域,声学字典(Morfey, 2001)、基本参考书(Stephens and Bate, 1966; Beranek and Vèr, 1992; Fahy and Walker, 1998; Harris, 1998)、显示噪声水平数据的杂志(*Acta Acustica*、*J Acoust Soc Am*、*J Sound Vibr*、*Noise Control Eng J*),以及美国国家标准局和国际标准化组织的标准(附录 4)中将噪声定义为人们不希望听到的外来声音。一个声波可以由单频波(纯音)形成,也可以由一种单频波

及与其相关或不相关的谐波混合形成。

许多参数都可用来描述声音在空气中的传输，本书中筛选出了 12 个参数。

(1) 声压，即高于或低于大气压的压力变化，用帕斯卡 (Pa) 表示。通常人们可以听到的音频为 15 Hz~16 kHz，其中对 3~6 kHz 的声音最为敏感。一个年轻人可察觉到的最低压力为 20 μ Pa，而正常的大气压为 101.3×10^3 Pa。

(2) 空气中的声速 (c , m/s), 计算公式为

$$c = \sqrt{\frac{1.4P_s}{\rho}} \quad (2.1)$$

式中, P_s 为环境压力 (Pa); ρ 为空气密度 (kg/m^3)。空气中的声速受温度影响。温度与声速相互影响的理论见附录 3。

在实际应用中声速计算的近似方程为

$$c = 331.4 + 0.607\theta \quad (2.2)$$

式中, θ 为环境温度 ($^{\circ}\text{C}$)。更为精确的计算公式如下:

$$c = 331.4 \sqrt{\frac{T}{273}} = 331.4 + \sqrt{1 + \frac{\theta}{273}} \quad (2.3)$$

式中, T 为热力学温度 (K)。在 20°C 常温时, 声速为 344.8 m/s。

(3) 声强 (W/m^2), 是指在特定方向上测得的通过特定区域传输的声能。在自由空间中, 声强与声源辐射到空气中的总能量有关, 同时也与声压有关。某一点上的声强是一个向量, 具有最小值和最大值。当其平面垂直于传输方向时, 声强最大, 当其平面与传输方向平行时, 声强为零。声强与声压也有关系, 在没有反射面环境中的任何一点, 空气中自由传输声波的声压 (平面、柱状或球形) 与最大强度 $I_{\max}$ 有关, 其相关关系如下:

$$I_{\max} = \frac{p_{\text{rms}}^2}{\rho \cdot c} \quad (2.4)$$

式中, p_{rms} 为声压 (Pa 或 N/m^2) 的均方根 (rms); ρ 为空气密度 (kg/m^3); c 为空气中的声速 (m/s); $\rho \cdot c$ 为空气的特性阻抗 ($\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)。

(4) 声功率级, 用来衡量从一个声源发出的总声学能量 (dB re W_0), 基准声功率级为 10^{-12}W , 其数学计算公式为

$$L_w = 10 \lg W / W_0 \text{ (dB re } W_0) \quad (2.5)$$

式中, W 为声功率; W_0 为基准声功率, 在 20 μ Pa ($2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$) 的参考压力下基准声功率的标准值为 10^{-12} W 。声功率和声功率级的换算关系见表 2.1。由表 2.1 可知, 当功率比小于 1 时会导致负的功率级。附录 4 列出了国际上各种确定噪声源声功率级的方法。

表 2.1 声功率级 (dB) 和声辐射功率 (W) 的线性、指数和对数值

声辐射功率/W		声功率级 (L_w) /dB	
一般表示法	指数表示法	对应于 1 W	对应于 10^{-12} W
100 000	10^5	50	170
1 000	10^3	30	150
100	10^2	20	140
10	10^1	10	130
1	1	0	120
0.1	10^{-1}	-10	110
0.01	10^{-2}	-20	100
0.001	10^{-3}	-30	90
0.000 01	10^{-5}	-50	70

资料来源: Beranek, 1960; 1992

(5) 声强级[用 IL 或 L_I (dB) 表示], 衡量在一个与声源一定距离处某点产生的声学干扰, 定义为两个声源强度比率的对数值, 其计算公式如下:

$$IL = L_I = 10 \lg \frac{I_1}{I_{ref}} \quad (2.6)$$

式中, I_{ref} 为基准强度 10^{-12} W/m^2 (如果基准不同, 必须明确注明基准值的数值)。声强级取决于与声源的距离和在空气传输路径中的损失 (ISO 3740、ISO 3744, 见附录 4)。

(6) 声压级[用 SPL 或 L_p (dB) 表示], 是指实际测得的声压与基准声压间比率的对数值:

$$L_p = 10 \lg \frac{\overline{P^2(t)}}{P_{reference}^2} = 20 \lg \frac{p_{rms}}{P_{reference}} \quad (2.7)$$

式中, $p_{reference}$ 为声音在空气中传输的基准声压 $20 \mu\text{Pa}$ ($2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$), 因为其对应于 1 kHz 纯音的声压均方根, 该声音恰能被人耳听到。声压均方根对应于声波的声压波动, 可由下式计算得出:

$$\overline{p^2(t)} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} p^2(t) dt \quad (2.8)$$

式中, T 为平均时间, 与压力波动周期相比其数值很大, 因此应把随机波动扩大至无穷大, 其统计特性不随时间的变化而改变。由于该参数是压力的平方, 因此将均方根与该波动联系在一起, 声压均方根 p_{rms} 由均方压力开方而得。实际应用过程中声压均方根 p_{rms} 的变动范围很大, 为 $10^{-5} \sim 10^3 \text{ Pa}$ 。因此, 经常采用其对数值。

表 2.2 所示为与声压级对应的声压均方根的波动值。不同声源 (风、汽车、火车等) 产生的不同频率音频的声压级见表 2.3。

表 2.2 典型声压均方根波动及其声压级

来源	均方根声压波动 p_{rms}/Pa	声压级 L_p/dB re $2\times10^{-5} Pa$
距喷气式飞机引擎 3 m	200	140
距空气锤 2 m 处	2	100
对话	0.02	60
夜间居民区	0.002	40
植物叶片的沙沙声	0.000 2	20
听力临界点	0.000 02	0

资料来源：Fahy and Walker, 1998；经允许使用

表 2.3 不同噪声源的倍频带中心频率数据

声源	不同频率/Hz								声压级 (SPL)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	/dB
距鸟儿 33 m 处	—	—	—	—	—	50	52	54	57
蝉	—	—	—	—	35	51	54	48	57
距大狗 17 m 处	—	50	58	68	70	64	52	48	72
距剪草机 1.7 m 处	85	87	86	84	81	74	70	72	86
手枪射击 82 m 处	—	—	—	83	91	99	102	106	106
一般海况 距海浪 3 m 处	71	72	70	71	67	64	58	54	78
林中风 16 km/h	—	—	—	33	35	37	37	35	43
大卡车	83	85	83	85	81	76	72	65	86
客车	72	70	67	66	67	66	59	54	71
摩托车	95	95	91	91	91	87	87	85	95
雪地汽车	65	82	84	75	78	77	79	69	85
距火车 33 m 处	95	102	94	90	86	87	83	79	94
汽车鸣喇叭 5 m 处	—	—	—	92	95	90	80	60	97
商用涡轮螺旋桨飞机	77	82	82	78	70	56	—	—	79
武装直升机	92	89	83	81	76	72	62	51	80

资料来源：Egan, 1988

图 2.1 所示为不同噪声声源的声压（ μPa ）与声压级（dB）（基准 $20 \mu Pa$ ）的关系。必须避免把声功率级（Bels）与声压级（dB）混淆。前者是测量从声源辐射出来的声功率，而后者则与声源的能量、距离声源的远近和声源附近空间环境的声学特性有关。

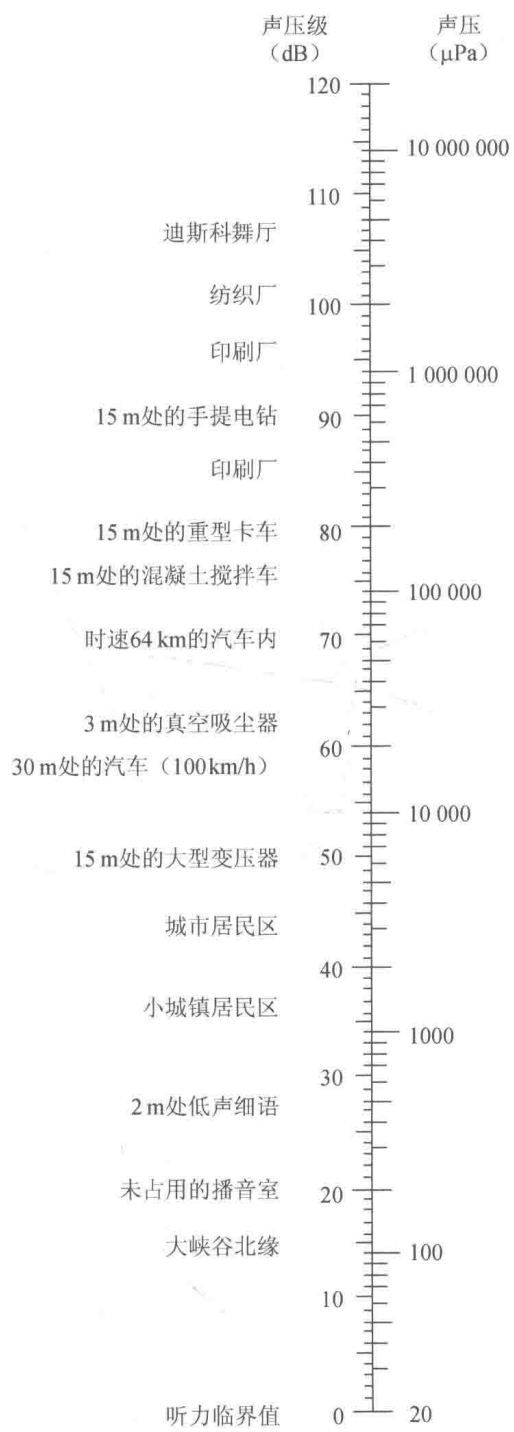


图 2.1 不同噪声声源及相应的声压级 (dB) 与声压 (μPa) (Harris,1998)

经美国声学学会允许使用, 版权 2005