

ZAOSHENG YU
ZAOSHENGBING
FANGZHI

张家志 编著

噪声与

噪声病防治

人民卫生出版社

噪声与噪声病防治

张家志 编著

人民卫生出版社

责任编辑 范君媿

噪声与噪声病防治

张家志 编著

人民卫生出版社出版
(北京市崇文区天坛西里10号)

北京新华印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092毫米32开本 7³/₄印张 169千字
1983年11月第1版 1983年11月第1版第1次印刷
印数: 00,001—8,300

统一书号: 14048·4414 定价: 0.81元

[科技新书目53—82]

前 言

随着现代工业和交通运输业的发展，噪声已成为生产中常见的职业性危害，也是污染环境的重要公害。近几年来，控制噪声和防治噪声对机体的危害已经列入我国环境保护部门的重要议事日程。党和政府组织了科学技术力量、社会力量进行了大量工作，噪声的综合治理工作发展很快，但目前国内尚缺乏关于噪声对机体危害及其防治的专门书籍。为了适应我国当前大力开展噪声污染与人体健康关系的普查和防治噪声病的需要，编者根据个人在实际工作中的体会，并参阅了国内外大量文献，在有关领导的鼓励支持下，将原有的较分散的讲稿加以系统整理与充实，写成此书。

本着理论联系实际的原则，本书对噪声的基础理论、噪声病的防治、噪声作业和环境噪声的调查方法以及测试技术等作了较系统的阐述，同时也介绍了噪声治理原则及典型经验。本书不仅适合于劳动卫生职业病防治和环境保护工作人员使用，也可供科研、教学人员参考。盼望它能对开展噪声控制及噪声病防治工作起着一定的作用。

本书共分五章。

第一章：主要介绍声学基础知识，对初学者是个入门。

第二章：从人体的听觉性出发，较系统地阐述了发生噪声性耳聋的病理学，同时也涉及了有关的各个系统、器官的改变及其功能损伤的原因，紧接着对噪声所引起的“特异性”噪声病和“非特异性”噪声病的症状和体征有所了解。

第三章：阐述了生产性噪声调查的具体方法、调查程

序、操作技术人员的训练要素和调查资料的统计处理方案，使读者深入浅出地了解噪声作业的调查方法和技术，从而为开展噪声作业的调查研究工作提供方便。

第四章：阐述了环境噪声的调查方法和控制措施，使读者了解环境噪声与生产性噪声之间的密切关系以及在治理上相辅相成的作用。

第五章：介绍了噪声治理的基本原理和方法，并举出应用实例，使读者初步掌握噪声治理要点，并增强工作信心。

本书在编写过程中，承大连医学院预防医学教研室夏元洵教授及中国医学科学院卫生研究所姚安子同志审阅指正，贾美芝同志协助绘图，编者在此一并致以衷心的感谢。

本书在编写过程中虽经再三修改，但是，毕竟限于个人学识及经验，谬误之处在所难免，热诚地希望读者给以批评指教。

张家志

1982年1月于北京

目 录

第一章 声音与噪声的基本知识	(1)
第一节 声音(噪声)的物理性质及参数	(1)
一、声音.....	(1)
二、声音的物理特性.....	(1)
三、噪声.....	(5)
四、噪声的物理参数.....	(7)
第二节 噪声的主观评价	(12)
一、人耳与等响曲线.....	(12)
二、人耳与A声级.....	(17)
第三节 噪声测量方法与分析	(18)
一、仪器.....	(18)
二、测量方法.....	(22)
三、噪声测量图示.....	(25)
四、工业企业中部分机器总噪声级分类表.....	(30)
第二章 噪声病	(39)
第一节 概述	(39)
第二节 特异性噪声病——听觉器官的损伤	(41)
一、耳部的结构.....	(41)
二、声音的传导途径.....	(48)
三、噪声性耳聋及其病因学.....	(50)
四、噪声性耳聋的病理学.....	(59)
第三节 非特异性噪声病	(67)
一、噪声对中枢神经系统的影响.....	(67)
二、噪声对心血管系统的影响.....	(94)

三、噪声对视觉器官的影响	(104)
四、噪声对消化系统的影响	(107)
第四节 噪声与其他因素对机体的联合作用	(108)
一、噪声与毒物对机体的联合作用	(108)
二、噪声与振动对妇女特殊生理功能的影响	(110)
第五节 噪声病的预防和治疗	(110)
一、积极开展工业噪声危害的普查工作	(111)
二、噪声作业的禁忌症	(111)
三、噪声病的治疗和处理	(112)
四、接触噪声作业者的工间休息	(112)
五、个体防护	(114)
第三章 噪声作业调查方法	(120)
第一节 概述	(120)
第二节 噪声作业调查程序	(121)
一、现场调查及具体内容	(121)
二、现场测量仪器的选用和校正	(123)
三、现场测量条件	(123)
第三节 体格检查	(124)
一、噪声接触史和病史的调查	(125)
二、检查项目与评定标准	(128)
第四节 噪声作业调查资料处理	(141)
一、噪声资料处理步骤	(141)
二、噪声资料处理项目及方法	(141)
三、等效连续声级的计算与应用	(145)
四、听力计计量值修正测听结果的方法	(152)
第五节 噪声作业调查实例	(154)
第四章 环境噪声	(177)
第一节 概述	(177)

第二节 环境噪声的调查方法.....	(179)
一、城市区域环境噪声调查	(179)
二、交通噪声调查方法	(184)
第三节 环境噪声的控制措施.....	(185)
一、采取有效的控制方法	(185)
二、环境噪声标准	(186)
第五章 噪声治理	(188)
第一节 概述	(188)
第二节 噪声容许标准	(189)
第三节 噪声治理典型材料介绍.....	(195)
声学术语	(200)
参考文献	(205)
附录1: 工业企业噪声卫生标准 (试行草案)及其	
通知	(209)
附录2: 工业企业噪声检测规范 (草案)	(213)
附录3: 等效连续A声级的计算方法	(217)
附录4: 一些主要国家的现行噪声标准	(218)
附录5: 听力零级	(232)
附录6: ISOR-389推荐的五国气导零级	(234)
附录7: 国际标准 (草案) ISO/DIS7029	(235)

第一章 声音与噪声的基本知识

第一节 声音（噪声）的物理性质及参数

一、声音

世界上声音的种类之多不可胜计，可以说人类处于各种声音的范围之中。有的声音可以使人心旷神怡，有的却使人感到烦恼。而且同一种声音，人们在不同情况下，可以产生截然不同的感受。研究声音的产生、传播、接受和影响的科学称为“声学”。我国是对声学有突出贡献的国家之一，早在第一世纪东汉王充在“论衡”中就对声音的波动性质提出与水波类比的概念，宋代张载更提出“声音形气相轧而成”的论点，说明了物理振动或气流冲动而发声的原理。后来经过人们长期反复实践与探讨，对声音不仅有了较全面的认识，并发现和掌握了声能在科学技术、农业和医学等方面的用途，如声能可用来测量特殊液面及检查机器内部的损伤，研究地声做为地震预报手段，超声波可用于诊断和医治多种疾病等。随着科学的进展，声音将在为人们服务方面发挥更大的作用。

二、声音的物理特性

声音是由物质的振动而产生，振动的物体是声音的声源。振动在弹性介质中（气体、液体、固体），以波的形式进行传播，这种弹性波叫做声波，但人们所听到的声音，通常来自空气所传播的声波。

现将声音的几个主要物理特性介绍于下：

（一）声音的频率

声源在每秒内振动的次数称为频率，通常用“ f ”表示之。其单位是赫兹，简称“赫”（1秒内振动几次就是几赫）。完成一次振动的的时间叫周期，用“ T ”表示。因振动的速度不同而产生频率不同的声音，俗称声音的高低或音调。拉胡琴时可以听到琴声，有高有低，这取决于琴弦的松紧和手指捺弦部位的远近。“松紧”或“远近”造成弦声的低和高。这是为什么呢？我们可用“频率”来解释，振动快就是频率大，发出的声音就高；反之，就低。声音的高低通常称为“音调”(pitch)。人们的嗓音也有高低之差，儿童和女性的声带较短，所以音调就高，相反男性声带较长，所以音调较低。女性比男性的声带短些，振动较快，大约250~550赫，而男性为90~140赫。人们是否对所有物质振动而发出的声音都能听到呢？人的听觉器官的感受能力只限于一定的频率范围之内，人们只能听到频率为20~20000赫的声音。小于20赫称为次声，大于20000赫称为超声，人耳都听不见。上述听觉范围的低限和高限是根据一般人的情况而选定的。动物具有不同于人类的听觉范围，如狗可以听到38000赫的声音。生物学家通过实验证实老鼠可以听到16赫以下的声音。如地震之前可见到老鼠搬家的现象，可能因老鼠已听到了低频的预震声音，引起了鼠群的惊恐而相继逃离。

（二）声音的强度

声音有大小即强弱之分。如用手拨动一头固定的钢条，钢条的振幅大小随用力的大小而异，并且显示振幅的大小与声音的强弱一致。振动振幅大，发出的声音就强；反之则弱。声音的强弱即大小的程度，叫做“响度”。注意不要把响度和音调，即强度和频率，两者混为一谈。

（三）声音的波长

声波在介质中，振荡一个周期所传播的距离即为波长。因为从一介质到另一介质时，声速要改变，所以波长也随之成比例地改变。波长用希腊字母 λ 表示。设 C 是声速， T 是周期， f 表示频率，则：

$$\lambda = C \cdot T = \frac{C}{f} \quad (1)$$

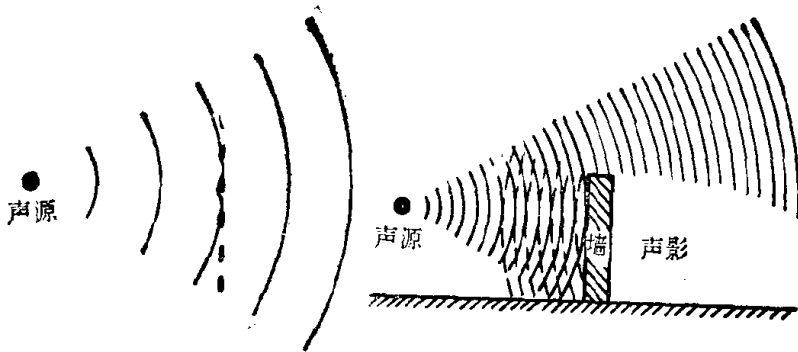
(四) 声音的传播

物体振动时听到声音，通常要靠空气介质的传播到达人耳。如果把一只钟放在玻璃罩里，当把罩内的空气逐渐抽出，这时钟的滴嗒声便逐渐减弱，空气接近抽完时钟声也就不见了。这说明声音不能在真空中传播。除空气外，固体和液体亦能传播声音。例如将手表放在桌子的一角上，把耳朵贴在桌子的另一角，即可听到清晰的表声。这是由于声音可以借固体介质（木头）传播的结果。液体能传播声音的例子很多，如游泳潜入水中的人可以听到水中的撞击声。

声波在传播中遇到另一种介质或障碍物时，可发生折射、反射和绕射现象，与光波的情况相类似。此时，波长是影响声波传播的一个重要参数。例如当声波遇到障碍物时，波长比障碍物的尺寸大很多，声音便很少受到障碍物的影响可以绕过它继续传播。

图1说明，声波通过栅栏时，栅栏对它只有很小的阻扰，声波可以照样继续传播。声音绕过障碍物时发生的弯曲现象就是绕射。

声波在传播中到达两种介质交界面时，一部分声波透入第二介质，但其传播的方向一般会发生改变，这称为声波的折射；另一部分声波被阻挡而返回第一介质，这称为声波的反射。北京天坛的回音壁就是利用声波的反射原理建筑的。



这是平面图，图中方形黑点表示栅栏的横断面

这是短波长的声音被墙反射，并形成了声影

图1 通过栅栏的声波

回音壁是一堵环形墙壁，当有人靠近墙壁的地方小声说话，就会在另一地方的墙壁附近清楚地听到他的谈话声，好像面对面讲话似的。其原理如图2所示。一个声音假如从图中A

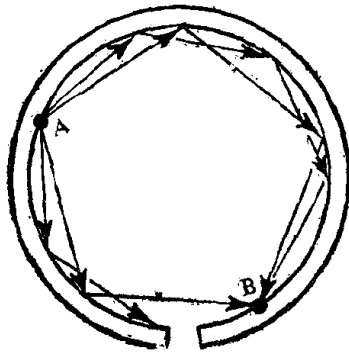


图2 天坛回音壁声反射示意图

点发出，环形墙壁就对它发生特殊反射，这反射使声音沿着环形墙传播（图中箭头表示），其声能减弱有限，因而其他的地方，如B点上就能清楚地听到这个声音。当一个声音发出以后，四周墙总要反射多次才能消失。

(五) 声音的速度 (声速)

声音通过某一介质传播的速度叫声速。在不同介质中,声速是不同的,下表介绍几种介质的声速:

不同介质中的声速 (常温下)

空气	水	钢	铅	橡胶	软木	松木	砖
343	1500	5000	1300	40~60	450~530	2500~3500	3600
米/秒	米/秒	米/秒	米/秒	米/秒	米/秒	米/秒	米/秒

声速不是固定不变的,声速还随介质温度的变化而改变。空气在 0°C 时声速为331.5米/秒,每增加 1°C ,声速增加0.607米/秒。声速一般用“C”表示。

三、噪声

物体的振动产生声音,各种不同的声音可分为噪声和乐音两类,它们各有其特殊的波形,有的为简单摆动式的波形,称之为单音,单音是最简单的音响,只含有一种频率的音调,一般音叉的音调可视为单音。当几个简单的波形融合成为复杂的波形,即包含许多频率的音调,这些音调的波形将决定声音的性质。

什么是噪声?它与乐音有什么不同?

从物理学观点来看,当各种不同频率,不同强度的声音无规律的杂乱组合,则构成噪声,如汽车的轰隆声,工厂里机器的尖叫声,它的波形图是无规律的非周期的曲线;乐音是包含许多频率的声音,而这些频率都具有一定的周期性和节奏性,它的波形图是有规律的周期性的曲线;噪音与乐音如图3所示。钢琴、提琴、手风琴、琵琶以及笛、箫、黑管等



运货卡车的噪声——不整齐的、复杂的曲线



风琴的乐音——规律的、波浪式曲线

图3 噪音与乐音

乐器发出的声音就是乐音。

不过从生理学观点来看，凡是使人烦恼的、讨厌的、不需要的声音都叫噪声。因此，从这个意义来说，噪声和乐音就很难区分了。例如从收音机里传出的广播节目对正在学习或思考问题的人来说，却是一种干扰，就成了讨厌的噪声。因此广义地讲，凡是人们不需要的声音都是噪声。

几乎在任何地方总存在着噪声。噪声可来自远近的很多声源。经过许多物体反射后，可使部分噪声成为无定向性。某一环境中所有这些噪声的组合，统称为环境噪声。

在工业生产中的噪声源也很多，一般可归纳为空气动力性噪声、机械（结构式）噪声和电磁性噪声三种。

空气动力性噪声：是由于发生压力突变而引起气体扰动所产生的。如各种风机、空气压缩机、喷气式飞机等。

机械（结构式）噪声是由于固体振动而产生的。在撞击、摩擦交变的结构应力作用下，机械的金属板、轴承、齿轮

等发生振动，就产生机械性噪声，如各种车床、电锯、球磨机、织布机、纺纱机等产生的噪声就属于此类。

电磁性噪声是由于磁场脉冲，磁场伸缩引起电气部件振动而发出的声音，如变压器和发电机产生的噪声。

四、噪声的物理参数

噪声的物理参数通常是指声压（声压级）声强（声强级）等。

声压是指声波传播时在垂直于其前进方向的单位面积上引起的大气压的变化，用 P 表示。其单位是牛顿/米²，或用微巴表示，1微巴=0.1牛顿/米²。如用一灵敏仪器来测量离电车喇叭百米远的大气压力变化，当喇叭发声时，可测得大气压力有微小的起伏，这是由于每个振动周期都可使空气介质发生一次压缩和膨胀的疏密交替的变化。空气压强瞬间增至最高点的部分称为声压振幅。声压振幅的 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍（即较大于其中点或平均振幅）称为有效声压，简称声压。声压是表示声音强弱的物理量。

当声波传到人耳时，刺激听觉神经，便会引起中枢听觉分析器的声音感觉。引起听觉的声波频率虽然约为20~20000赫之间，但上述范围内的任一频率的声波，必须在它的声压超过最小值时，才能引起听觉，这个最小值叫做听阈压。不同频率的声波，各有不同的听阈压。但人耳对1000~4000赫的频率最敏感。1000赫声波的听阈压是 2×10^{-5} 牛顿/米²。当声压超过某一最大值时就引起痛觉，这一最大值就叫做痛阈压，是20牛顿/米²。各频率的痛阈压相差不大。如上所述，从听阈到痛阈，声压的绝对值相差一百万（ 10^6 ）倍。因此用声压的巨大绝对值来表示声音的强弱是很不方便的。并

且在事实上，人耳是不能把 10^6 个等级的声压差异精确地分辨出来的。生理学的研究结果指出，人耳对两个不同声强的声音感觉近似地与两个声强比的对数成正比。于是便采用对数量——级，来表示声音的大小，这就是声压级。声压级的单位是分贝（dB），它的数学表达式为：

$$L_p = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (2)$$

式中 L_p ——声压级（分贝）；

P ——声压（牛顿/米²）

P_0 ——基准声压，为 2×10^{-5} 牛顿/米²，是1000赫纯音的听阈压。

例如 $P = P_0$ 时，代入公式(2)，则声压级为0分贝。如 $P = 20$ 牛顿/米²（痛阈压），同样代入公式(2)，则声压级为120分贝。由此可见，有了声压级后，就把声压的上百万倍的变化范围简化为0~120分贝的变化范围。声压值每增大10倍，只相当于声压级增加20分贝。因此，当声压值是20分贝时，表示比基准声压大10倍，40分贝表示比基准声压大100倍，60分贝就相当于比基准声压大1000倍。即使声压高达数百牛顿/米²的火箭发射噪声，也不过达到160分贝声压级。分贝作为声压级的实用单位，已为人们所公认。根据两个功率比值的常用对数，得出的单位叫贝尔，分贝是贝尔的十分之一，因此分贝就是10乘以两个功率比值的常用对数的单位。

分贝既然是对数单位，那么分贝的计算必须按照能量迭加法则进行运算。设有两台机器，一台机器是98分贝，另一台是96分贝，那么两台机器相加，声压级不是194分贝，应按对数加法，先算出两台机器声音的分贝差，然后利用图4

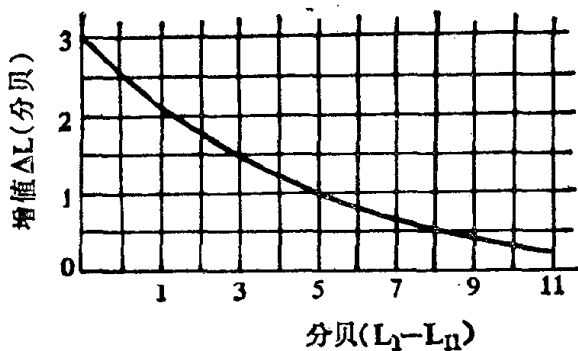


图4 分贝和的增值图

或表 1 找出声音分贝差 ($L_I - L_{II} = 2$ 分贝), 相对应的增值 $\Delta L = 2.1$ 分贝, 然后加在分贝数高的 L_I 上, 得到 $L_{总} = 98 +$

表 1 分贝和的增值表

I 和 II 的级差 $L_I - L_{II}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I 或 II 较高的 级的增值 ΔL (dB)	3.0	2.5	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4

$2.1 = 100.1$ (分贝)。在车间里, 如果同时有几个强度和频率均不同的噪声源存在的话, 它的总噪声强度的计算也同样用上述方法逐次求二个分贝值之和, 但要按分贝值由大到小的顺序逐个地进行。如果欲求几个声源的平均分贝值, 则可从最后的分贝和中减去 $10 \lg n$ 。例如车间内有 4 个不同声源, 其声强分别为: $L_1 = 103$ 分贝, $L_2 = 96$ 分贝, $L_3 = 98$ 分贝, $L_4 = 101$ 分贝。首先求 $L_1 - L_4$ 的增值。即 $103 - 101 = 2$ 分贝, 查表 1 或图 4, 得增值为 2.1 分贝。因此 L_1 和 L_4 的分贝和 $L_{1,4}$ 为 $103 + 2.1 = 105.1$ 分贝。然后再求 $L_{1,4} - L_3 =$