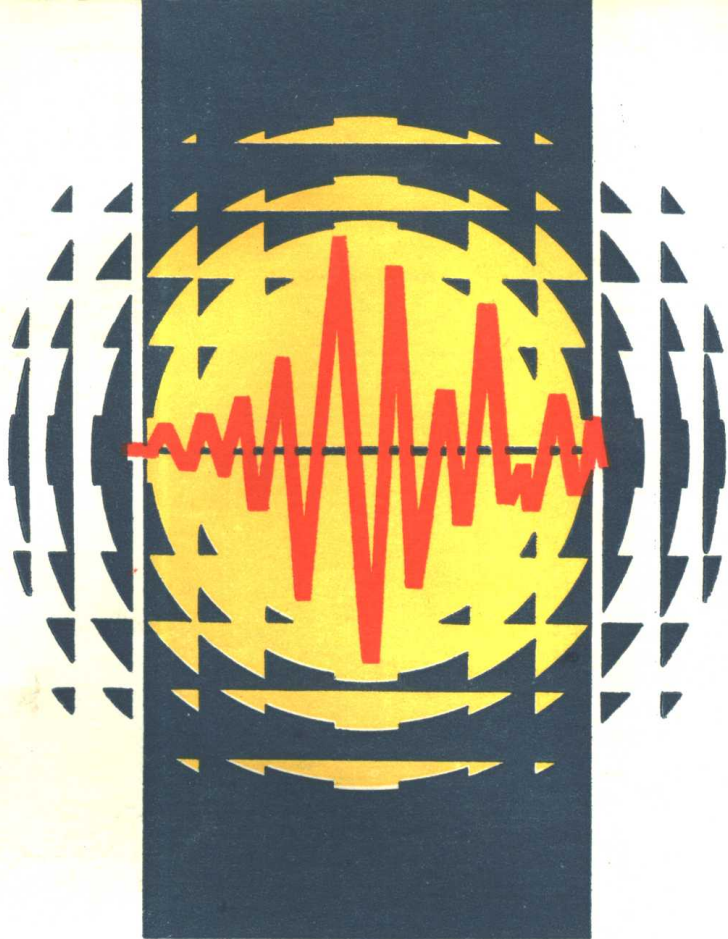




噪声测量和控制

江苏科学技术出版社

噪声测量和控制

龚秀芬 孙广荣 吴启学

江苏科学技术出版社

内 容 介 绍

噪声污染是当前重大公害之一。在环境保护和劳动保护方面, 都迫切需要开展噪声监测和治理工作。

本书着重讲述声波和噪声的基本性质及其传播规律, 噪声的评价, 噪声测量的基本方法和噪声控制的基础知识。内容深入浅出, 便于初学者理解基本概念和方法, 掌握噪声测量和噪声控制技术。

本书适于具有中等文化水平以上的环境保护和劳动保护工作者学习; 也可供其他音频声学工作者参考。

噪 声 测 量 和 控 制

龚秀芬 顾广荣 吴启宇

出版 江苏科学技术出版社

发行 江苏省新华书店

印刷 淮海印刷厂

787×1092毫米 1/32 印张 5.125 插页 1 字数 112,320

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

印数 1—3,330册

书号 15196·160 定价 1.02元

责任编辑 王永发

目 录

第一章 绪 论

§1.1 噪声和人类	1
§1.2 噪声是社会四大公害之一	1
§1.3 为控制噪声而努力	3

第二章 噪声的物理特性

§2.1 声音的产生	5
§2.2 频率、声速和波长	7
§2.3 声压、声强和声功率	9
§2.4 分贝和级	12
§2.5 噪声与频谱	14
§2.6 声音的迭加	23
§2.7 声音的传播	27
2.7.1 声波的衰减	27
2.7.2 声波的反射	31
2.7.3 声波的干涉	34
2.7.4 声波的折射	35
2.7.5 声波的绕射	37
§2.8 室内声场	38

第三章 人耳听觉特性与噪声评价量

§3.1 听觉机构简介	42
§3.2 听阈与痛阈	45
§3.3 等响曲线与响度级	47
§3.4 响度与感觉噪声度	49
§3.5 脉冲声的响度感觉	54

§3.6 噪声的掩蔽效应	53
§3.7 噪声的基本评价量	57
3.7.1 计权声级	57
3.7.2 噪声评价曲线 NRC	60
3.7.3 等效连续声级 L_{eq}	62
3.7.4 统计声级 L_B	63
§3.8 其他主要评价量	65
第四章 噪声的测量	
§4.1 概述	71
§4.2 声级计	75
4.2.1 测试传声器	77
4.2.2 放大器	80
4.2.3 滤波器	81
4.2.4 检波器和指示器	83
4.2.5 声级计的主要附件	85
§4.3 公共噪声测量	86
4.3.1 城市交通噪声的测试	87
4.3.2 机动车辆噪声测量	88
4.3.3 城市区域环境噪声测量	89
§4.4 工业企业噪声卫生标准监测	90
§4.5 机件噪声测试方法	91
4.5.1 自由声场测试方法	92
4.5.2 扩散声场测试方法	94
4.5.3 工程方法	97
4.5.4 比较方法	99
第五章 噪声控制基础	
§5.1 噪声容许标准	100
5.1.1 听力保护的噪声容许标准	100
5.1.2 环境噪声容许标准	101
5.1.3 噪声评价曲线	103
§5.2 噪声控制概述	103

5.2.1 降低声源噪声.....	104
5.2.2 控制噪声传播的途径.....	104
5.2.3 个人防护.....	106
§5.3 吸声处理.....	106
5.3.1 吸声减噪量的确定.....	107
5.3.2 吸声材料和吸声结构.....	111
§5.4 消声器.....	119
5.4.1 概述.....	119
5.4.2 阻性消声器.....	124
5.4.3 扩张式消声器.....	127
5.4.4 共振式消声器.....	132
5.4.5 有源消声器(电子吸声器).....	136
§5.5 隔声.....	138
5.5.1 单层墙的隔声.....	139
5.5.2 双层墙的隔声.....	142
5.5.3 注意门、窗的隔声.....	144
5.5.4 隔声屏障.....	145
5.5.5 设计隔声罩的注意事项.....	146
§5.6 隔振和阻尼.....	147
5.6.1 隔振.....	148
5.6.2 阻尼.....	153
附录1 声压比值与分贝差数换算表.....	156
附录2 声压平均值与标准偏差.....	158

第一章 绪 论

随着现代工业、交通运输事业的迅速发展,各种机器设备、交通运载工具的数量急剧增加,功率也越来越大。以工业噪声和交通噪声为主而造成的城市环境污染日趋严重,它破坏人们生活的环境,危害人体健康,影响人们从事正常的工作和生产活动,噪声已成为当今四大公害之一。研究噪声的污染规律、寻找产生噪声的原因,从而有效地控制和治理噪声,已成为人们愈来愈迫切的要求。本书将系统介绍噪声的基本特性、噪声污染的评价量和测量方法、噪声的允许标准及其控制原理。

§1.1 噪 声 和 人 类

声音是我们生活中不可缺少的东西,但是在我们周围的环境中,存在着一些不需要的、使人烦躁和讨厌的声音。这些声音就叫噪声。一定强度的噪声会对人体产生危害,很强的噪声还会产生破坏作用。图 1.1 列举了一些不同强度的声音、人们对它的感觉以及它对人体的危害情况。

§1.2 噪声是社会四大公害之一

从图 1.1 可知,噪声强度在 85 分贝以上时,对人体的健康将有危害,最常见的是听觉的损伤。人们在较强的噪声环境

语言 通 讯 受 干 扰	严重危害	很痛苦	160分贝	导弹发射 核爆炸
		痛苦	140分贝	喷气机起飞
	听觉较快受 损害 耳聋	难忍受	120分贝	球磨机旁 锅炉车间
		很吵闹	100分贝	纺织车间
	长期听觉受 损 耳聋	吵闹	80分贝	公共汽车内 一米远大叫
		一般	60分贝	一米远讲话 一般办公室
	安 全	安静	40分贝	一般建筑物 轻声耳语
		很安静	20分贝	郊区静夜 安静住宅
			0分贝	刚好听到

图 1.1 各种来源的声音分贝数及其危害

中工作和生活时会感到刺耳难受，时间久了会使听力下降和听觉迟钝，甚至引起噪声性耳聋。据调查，在铆工、锻工和发动机车间的工人中患噪声性耳聋者可达 90%，突然而来的极其强烈的噪声(如 150 分贝)可使人鼓膜破裂、内耳出血而引

起暴振性耳聋。

噪声不仅影响人们正常工作、妨碍睡眠和干扰谈话,而且还能诱发多种疾病。噪声作用于人的中枢神经系统会引起头晕脑胀、反应迟钝、注意力分散,是造成各种意外事故的根源。噪声还影响到人的整个器官,造成消化不良、恶心呕吐,致使肠胃发病率增高。近年来又发现,噪声对心血管系统有明显影响,长期在高噪声车间工作的工人患有高血压、心动过速、心率不齐和血管痉挛等症状的可能性,要比无噪声时高几倍。

此外,强烈的噪声影响,会使仪器设备不能正常运转,灵敏的自控、遥控设备会失灵或失效。特强的噪声还能破坏建筑物。

综上所述,噪声的危害是多方面的,它已成为发展生产、保护环境和造福人民的严重威胁,成为社会的四大公害之一。

§1.3 为控制噪声而努力

噪声给人带来了各种各样的影响和危害,但噪声的污染与大气、水质等其他环境污染一样也是可以治理和控制的。

在制定城市规划时应注意合理布局,噪声大的车间厂房、铁路或机场等建筑应尽量远离居民生活区。新建厂房要合理选择位置,尽量减少对居民的影响。

降低噪声的根本方法是降低噪声源的噪声。改进产品设计、进行工艺改革以尽量减小噪声。此外还可采用减振、吸声、隔声和消声等措施来降低噪声源的噪声。采用个人防护措施可使用防声耳塞、耳罩、帽盔等工具,这对在噪声较大的岗位上工作的人来说十分必要,它可使强烈的噪声不致进入耳内造成危害。

对城市内的机动车辆、高音喇叭、有线广播也要加强管理,以降低市区噪声。搞好城市绿化不仅可美化环境,还有消声降噪的作用,使环境安静。

目前,我国已颁布了《环境保护法》、《城市区域环境噪声标准》和《工业噪声卫生标准》,只要各级领导重视,大家动手,积极地运用各种减噪措施,噪声是可以被人们控制的。

第二章 噪声的物理特性

§2.1 声音的产生

在我们生活的环境中充满着各种各样的声音：人们的谈话声、喇叭里的广播声、街道上的各种车辆声、工厂的汽笛声和各种机器声，还有空中的飞机声等等。人们的一切活动离不开声音。正因为有了声音，人们才能交谈，才能生活并从事生产和社会实践活动。如果没有声音，整个世界将处于难以想象的寂静之中。可见声音对于人类是何等的重要！那么，声音是怎样产生的呢？空气中的各种声音，不管它们具有何种形式，它们都是由于物体的振动所引起的。敲鼓时听到了鼓声，同时也能摸到鼓面在振动。喇叭发出声音是由于纸盆或音膜在振动。人能讲话那是由于喉头声带的振动。汽笛声、喷气飞机的轰鸣声，是因为排气时气体振动而产生的。总之，物体的振动是产生声音的根源。发出声音的物体称为声源。声源发出的声音必须通过中间媒质才能传播出去。人们最熟悉的传声媒质就是空气。除了气体外，液体和固体也都能传播声音。

那么，声音是怎样通过媒质传播的呢？

图 2.1 表示纸盆在它原来静止位置附近来回振动时，带动了同它相邻近的空气层质点，使它们产生压缩或膨胀的运动。由于空气分子间有一定的弹性，这一局部地区的压缩或

膨胀又会去影响和促使下一邻近空气层质点发生压缩或膨胀的运动。如此由近及远相继影响，就会把纸盆的这一振动以一定的速度沿着媒质向各方向传播开去。这种振动传到我们的耳朵，引起耳内鼓膜的振动，通过听觉神经使我们感觉声音。这种向前推进着的空气振动称为声波。有声波传播的空间叫声场。需要指出的是，当声振动在空气中传播时空气质点并不被带走，它只是在原来位置附近来回振动，所以声音的传播是指振动的传递。

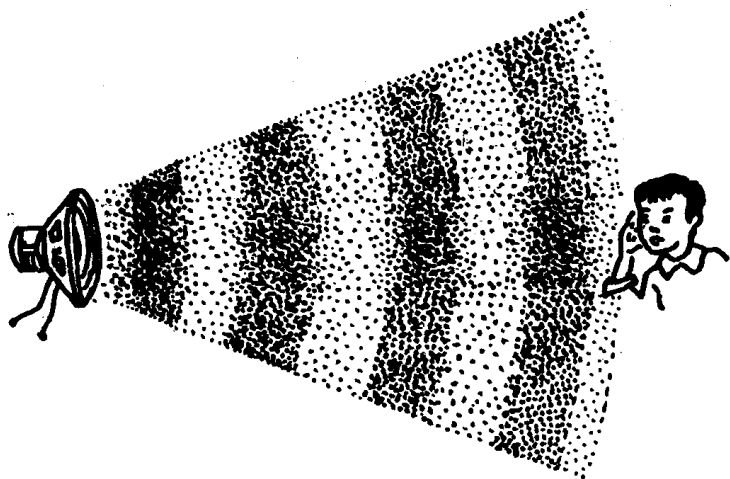


图 2.1 振动与声波

物体振动产生声音，如果物体振动的幅度随时间的变化象图 2.2 所示的正弦曲线那样，那么这种振动称为简谐振动。物体作简谐振动时周围的空气质点也作简谐振动。物体离开静止位置的距离称位移 x ，最大的位移叫振幅 a ，图上所示的简谐振动位移与时间的关系可表示为

$$x = a \sin(2\pi ft + \varphi), \quad (2.1)$$

式中 f 为频率, $(2\pi ft + \varphi)$ 叫谐振动的位相角或周相, 它是决定物体运动状态的重要物理量, φ 表示 $t = 0$ 时的位相角叫初位相。振幅 a 的大小决定了声音的强弱。

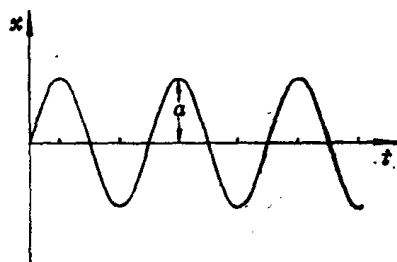


图 2.2 位移 x 与时间 t 的关系

§2.2 频率、声速和波长

1. 频率

物体在 1 秒钟内振动的次数称为频率, 单位为赫兹, 简称赫。频率 1 赫就等于 1 秒钟内作 1 次振动。每秒钟振动的次数愈多, 其频率也愈高, 人耳听到的声音就愈尖, 或者说音调愈高。每秒钟振动的次数愈少, 频率就愈低, 听到的声音较低沉, 或者说音调愈低。

人耳并不是对所有频率的振动都能感受到的。一般说来, 人耳只能听到频率为 20—20000 赫的声音, 通常把这一频率范围的声音叫音频声。低于 20 赫的声音叫次声, 高于 20000 赫的声音叫超声。次声和超声人耳都不能听到, 但有一些动物却能听到, 例如老鼠能听到次声, 而蝙蝠则能感受到超声。

2. 声速

振动在媒质中传播的速度叫声速。在任何一种媒质中的声速取决于该媒质的弹性和密度。声音在空气中的传播速度还随空气温度的升高而增加, 每升高 1°C , 声速增加约

0.6米/秒。在 20°C 的正常条件下空气中的声速为 343 米/秒。声音在不同的气体中传播的速度略有不同，例如在氧气中为 316米/秒。声音在不同的媒质中传播的速度也是不同的，在液体和固体中的传播速度一般要比在空气中快得多，例如在水中声速为 1450 米/秒，而在钢中则为 5000 米/秒。

3. 波长

声波中两个相邻的压缩区或膨胀区之间的距离称为波长 λ ，单位为米。波长、频率和速度间存在如下的关系：

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT, \quad (2.2)$$

其中 T 为周期，是物体来回振动一次所需的时间。因此波长是声音在一个周期的时间中所行进的距离。由(2.2)式看到，波长和频率是成反比的，频率愈高、波长愈短；频率愈低，波长愈长。音频范围的下限频率为 20 赫，在空气中相应的波长为 17.2 米。音频范围的上限频率为 20000 赫，对应的波长为 1.7 厘米。图 2.3 是空气中声波的频率与波长的换算图表。

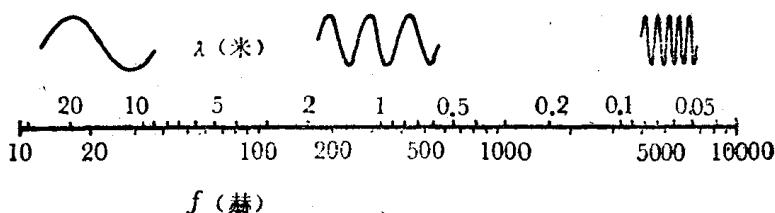


图 2.3 频率与波长关系

4. 特性阻抗

媒质的密度 ρ 和声速 c 的乘积称为媒质的特性阻抗，写为 ρc ，单位是瑞利，它等于 $1\text{ 千克/米}^2 \cdot \text{秒}$ 。声波在媒质中的反射、透射等传播特性均与媒质的特性阻抗有关，因此它是一

个有用的声学参数。对于不同的媒质, ρc 具有不同的数值, 它是媒质的常数。空气在 20°C 和标准大气压时, $\rho = 1.21$ 千克/米³, $c = 343$ 米/秒, 因而 $\rho c = 415$ 瑞利。

§2.3 声压、声强和声功率

1. 声压

大气静止时的压强为大气压力。当有声波存在时局部空气产生压缩或膨胀, 在压缩的地方压强增加, 在膨胀的地方压力减小, 这样就在原来的大气压上又迭加了一个压力的变化。这个迭加上去的压力变化是由于声波而引起的, 称为声压, 用 p 表示。一般说, 声压与大气压相比是极微弱的。声压的大小与物体的振动状况有关, 物体振动的振幅愈大, 则压力的变化也愈大, 因而声压也愈大, 我们听起来就愈响, 因此声压的大小表示了声波的强弱。

当物体作简谐振动时(如图 2.2 所示), 空间中各点产生的声压也是随时间作简谐变化, 某一瞬间的声压叫做瞬时声压。在一定时间间隔中将瞬时声压对时间求方均根值即得有效声压。一般用电子仪器测得的声压就是有效声压。因而习惯上所指的声压也往往是指有效声压, 表示为 p_e , 它与声压幅值 p_A 之间的关系为 $p_e = p_A / \sqrt{2}$ 。

衡量声压大小的单位在国际单位制中是帕斯卡, 简称帕,

$$1 \text{ 帕} = 1 \text{ 牛顿/米}^2。$$

过去常采用微巴作声压单位,

$$1 \text{ 微巴} = 1 \text{ 达因/厘米}^2 = 0.1 \text{ 帕}。$$

日常生活中所遇到的各种声音用帕表示时又有多大呢? 下面列出几个数据:

正常人耳能听到的最弱声音	2×10^{-5} 帕
普通谈话声(1米远处)	2×10^{-2} 帕
公共汽车内	0.2 帕
织布车间	2 帕
柴油发动机、球磨机	20 帕
喷气飞机起飞	200 帕

从以上列举的数据可以看到，正常人耳刚能听到的最弱声压为 2×10^{-5} 帕，称为人耳的“听阈”。当声压达到 20 帕时，人耳就会产生疼痛的感觉，20 帕为人耳的“痛阈”。“听阈”与“痛阈”的声压之比为一百万倍。

2. 声强

声波的强弱可以用好几种不同的方法来描述，当然最方便的一般是测量它的声压，这要比测量振动位移、振动速度更方便更实用。但是有时我们却需要直接知道机器所发出的声功率是多少，这时就要用声能量和声强来描述。

任何运动的物体包括振动物体在内都能够做功，通常说他们具有能量，这个能量来自振动的物体，因此声波的传播也必然伴随着声振动能量的传递。当振动向前传播时，振动的能量也跟着转移。在声传播方向上单位时间内垂直通过单位面积的声能量，称为声音的强度或简称声强，用 I 表示，通常采用的单位是瓦/米²。声强的大小可用来衡量声音的强弱，声强愈大，我们听到的声音也愈响；声强愈小，我们感觉到的声音也愈轻。声强与离开声源的距离有关，距离越远，声强就越小。这种现象在生活中是常见的，例如火车开出月台后，愈走愈远，传来的车声也愈来愈轻。

3. 声功率

声功率定义为声源在单位时间内辐射的总能量，用 P 来

表示,通常采用瓦作为测量声功率的单位。声强和声源辐射的声功率有关,声功率愈大,在声源周围的声强也大,两者成正比,一般存在着

$$I = \frac{W}{S}$$

的关系。如果声源辐射球面波,也就是说声源球面对称地向各方向发射声波,那么在离声源距离为 r 处的球面上各点的声强是相同的,因而声源的声功率与声强间存在着关系

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}。 \quad (2.3)$$

从这个式子可以知道,声源辐射的声功率是恒定的,但声场中各点的声强是不同的,它与距离的平方成反比。如果声源放在地面上,声波只向半空间辐射,这时

$$I = \frac{W}{2\pi r^2}。$$

声功率是衡量声源声能输出大小的基本量。声压常依赖于很多外在因素,诸如接收器的距离、方向、声源周围的声场条件等,而声功率是不受上述因素影响的一个基本物理量,可广泛用于鉴定和比较各种声源。但是在声学测量技术中,到目前为止,可以直接测量声强和声功率的仪器比较复杂和昂贵,但它们可以在某种条件下利用声压测量的数据进行计算而得到。当声音以平面波或球面波传播时声强与声压间的关系为

$$I = \frac{p^2}{\rho c}。 \quad (2.4)$$

利用公式(2.3)和(2.4)根据声压的测量值就可以计算声强和声功率。