

噪声的危害及防治

方
丹
群

中国建筑工程出版社

噪声的危害及防治

方 丹 群

• 国 内 发 行 •

中国建筑工程出版社

本书是介绍噪声防治基本知识的普及读物，共分四章。第一章介绍同噪声有关的声学基本知识；第二章介绍噪声对人的身体、工作、生活等方面以及对建筑物的损害；第三、四两章介绍防治噪声的一般原理、方法和应用实例，内容侧重于工业噪声。

本书可供从事建筑、环境保护、劳动保护等工作的工人、干部和技术人员参考。

噪声的危害及防治

方丹群

·国内发行·

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：31/2 字数：74千字

1975年1月第一版 1975年1月第一次印刷

印数：1—13,330册 定价：0.23元

统一书号：15040·3205

毛主席语录

路线是个纲，纲举目张。

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

前 言

近年来，在美国和苏联两个超级大国以及一些发达的资本主义国家里，噪声已经成了严重影响人民正常生活和身体健康的公害之一。

由于垄断资本集团疯狂追逐高额利润，资本主义生产的无政府状态进一步加深，工业布局紊乱，城市畸形发展，人口高度集中，噪声危害就越来越大。特别是在那些震耳欲聋的情况下工作和生活的劳动人民，他们的听力和健康经常受着严重的威胁。资本主义制度所造成的公害，伴随着残酷的剥削，更加深了劳动人民的痛苦和灾难。资本家关心的只是利润，不管人民死活，对于治理公害，他们是漠不关心的。资产阶级政客们为了笼络人心，争取选票，或者迫于社会舆论，有时也装模作样发几声呼吁，或者提出一些噪声容许标准之类的控制措施，但是他们不可能认真实行。日趋反动和腐朽的资本主义制度不可能彻底解决公害问题。

我国是一个发展中的社会主义国家，工业和各项事业都要有很大的发展。遵照毛主席的教导，“我们的责任，是向人民负责”，“一切从人民的利益出发”，党和国家一贯重视劳动条件的改善和环境的保护。建国以来，特别是无产阶级文化大革命以来，广大工农兵群众、革命干部和革命的科学技术工作者，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在发展生产的同时，积极开展了防治噪声和其他污染的工作，取得了很大成绩。

保护和改善环境，消除工业“三废”和其他污染，这是关系到保护人民健康和为子孙后代造福的大事，关系到巩固工农联盟的大事，关系到多快好省地发展社会主义生产的大事。我们要把这个问题提到路线的高度来认识，认真对待。

现代工业、交通的发展会产生噪声和其他污染，但对我们来说，决不是不可防治的。只要我们坚持毛主席的无产阶级革命路线，加强党的领导，充分发挥社会主义制度的无比优越性，相信群众，依靠群众，重视并采取积极的防治措施，就一定能在高速度地发展社会主义经济的同时，预防并消除噪声和其他污染，为人民从事社会主义革命和社会主义建设事业，提供良好的环境。

为了普及噪声防治基本知识，适应广大工农兵群众防治噪声的需要，特编写本书。第一章介绍声波和噪声，它对以后各章节是基础，对初学者是个入门；第二章介绍噪声的危害，使读者认识防治噪声的必要性；第三、四两章介绍防治噪声的基本原理和方法，并举出应用实例，使读者初步了解防治噪声的方法和途径，增强防治噪声的信心。

由于编者水平有限，错误和不当之处在所难免，欢迎读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 声波和噪声	1
一、振动和声波	1
二、声波的传播特性	5
(一) 声波的反射、折射、绕射和干涉	5
(二) 声波的辐射和衰减	6
三、什么是噪声	8
四、噪声的物理量度	9
(一) 噪声的强度	9
(二) 噪声的频谱	14
五、噪声的主观评价	20
六、噪声测量	23
(一) 噪声测量仪器	23
(二) 噪声测量方法	27
第二章 噪声的危害	32
一、噪声可以使人耳聋	32
二、噪声引起多种疾病	37
三、噪声影响正常生活	39
四、噪声降低劳动生产率	42
五、噪声损害建筑物	43
第三章 噪声防治的原理和方法	45
一、概述	45
二、噪声容许标准	47
三、吸声	50
四、消声器	58
(一) 阻性消声器	59

(二) 抗性消声器.....	63
(三) 阻抗复合消声器和微穿孔板消声器.....	68
五、隔声.....	70
六、隔振与阻尼.....	83
(一) 隔振.....	83
(二) 阻尼.....	87
七、个人防护.....	88
第四章 噪声防治实例	91
一、机组噪声防治.....	91
二、车间和工厂区噪声防治.....	99

第一章 声波和噪声

一、振动和声波

我们的周围是充满声音的世界。

街道上，车声隆隆，喇叭尖叫；工厂里，机器的转动声，物件的撞击声响成一片；草原上，风声在呼啸；海洋里，浪涛在怒吼。在我们的地球上，不论是有生命的或者无生命的各个角落里，到处都充满着声音。

正是由于声音，人们才能互相谈话，表达思想感情，广播电台播送的新闻、音乐和革命歌曲，我们才能听得见，我们的生活才有声有色，丰富多采，生气勃勃。如果没有声音，这一切就都是不可想象的了。

声音同人们的生活是这样的紧密相关，那么，声音究竟是什么呢？它是怎样发生又怎样传播的呢？

人们在长期的生产斗争和科学实验的实践中发现，声音是物体机械振动的传播。

你去拨一下琴弦，弦就会左右振动，振动的同时，也就发出了声音。弦不停地振动，声音不断地发生，弦振动的程度减弱了，声音也就变小了，弦停止振动，声音也就没有了。你用鼓槌去敲鼓，就会听到鼓声，这时你用手去摸摸鼓面，就会发觉鼓面在振动，如果你用力压着鼓面使它不能振动，再敲鼓就不响了。你拿大锤去砸钢板，就会听到很大的声响，这时，如果用手去摸钢板，就会因强烈振动而感到手发

麻。

我们稍微留心地考查一下所听到的声音，就会发现它们的根源都来自于物体的振动。我们把能够发出声音的物体叫做声源。但声源可不一定非是固体的不成。气体和液体也一样会因振动而发声。比如说，笛子就是靠空气柱的振动发声，汽笛就是靠蒸气通过汽笛时振动发声的，海水的波浪声，就是液体振动的结果。

声源振动发出声音，如果没有介质传播，我们也无法听到。如果把一个钟放在一个带抽气机的大玻璃瓶里，当瓶里空气没有抽出时，钟的滴答声听得很清楚，当空气逐渐被抽出时，滴答声就逐渐小了，当空气抽到真空时，钟声也就听不见了。在这里，明显地看出来，传播声音的介质是空气。在空气中，某物体发生机械振动，就会使周围的空气发生相应的振动，周围空气的振动，又会使它邻近的空气发生振动，这样，物体的振动以声波的形式被空气传播到四面八方。如果这个振动传到我们的耳朵，会使耳朵里的鼓膜同样发生振动，这种振动，通过我们的听觉神经使我们感觉到它，这就是声音。

声音不仅在空气中可以传播，通过其他物体也能够传播。我们把耳朵贴在铁轨上倾听，可以听到远得看不见的奔驰的火车声。夜间侦察的侦察员，有时把耳朵贴在地上，来探听周围有无敌人移动的脚步声，或者有无骑兵的马蹄声。这说明，声音在钢铁和大地中比在空气中传播得更好。所以，钢铁和大地等物体，也是传播声音的介质。

总之，振动的物体是声音的声源，振动在弹性介质（气体、固体和液体）中，以波的方式进行传播，这个弹性波就叫做声波，一定频率范围的声波作用于人耳就产生了声音的感觉。

我们以图 1 为例，形象地说明一下振动和声波。

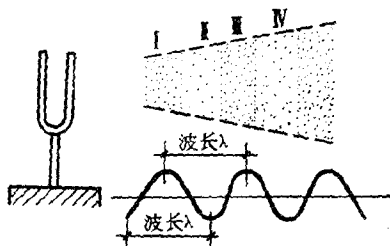


图 1 振动和声波

敲一下图 1 中的音叉，它就会一来一往地摆动。这个有规则的摆动就叫振动。音叉往返一次算作一次振动，每秒振动的次数叫频率，用 f 来表示，单位是赫。是不是所有的振动人耳都听得见？不是。对人来说，只有频率为 $20 \sim 20000$ 赫的振动，才能产生声音的感觉。低于 20 赫的声波叫次声，高于 20000 赫的声音叫超声，次声和超声人耳都听不见。可是动物就不一样，如狗可以听到 38000 赫的超声，老鼠可以听到 16 赫以下的次声。因此，当海洋里发生大风暴，风浪发出的次声登陆了，人听不到，老鼠却听到了，他们预感到生命危险，就会成群结队地逃跑。

如图 1 所示，当音叉先向右边振动时，右边邻近处的空气受到压挤，形成一个密集 I，这个密集 I 的空气又去压挤右边邻近 II 处的空气，使 II 处的空气又趋向于密集。

当音叉又向左边振动时，留给右边一个大空隙，I 处的空气就充满了这个大空隙，突然变稀了，形成一个稀疏。这时 II 处的空气已经成为一个密集，II 处的空气继续向右挤压，使 III 处的空气趋向密集。

当音叉又向右边振动时，I 处的空气又受到压缩而成为

密集，Ⅱ处的空气在压挤Ⅲ处的空气的过程中，自己便成为一个稀疏，把Ⅲ处的空气压挤成一个密集。

这样，由于空气的弹性和惯性，振动的音叉使周围的空气质点时而成为密集，时而成为稀疏，这个密疏的过程，在空气中以声波的方式顺序地从音叉附近的质点传到远处的质点，从扰动的地方以一定速度向各个方向传播。

需要提醒一下，在空气中传播的声波只是这个密集、稀疏的波动形式，空气本身并不传走，它只是在原地振动。这如同水波一样，在水上的飘浮物只是来回振动，并不传走，传走的只是水波的波动形式。

声波在一定介质中传播的速度叫声速，用 c 来表示，单位是米/秒。在常温(20℃)和标准大气压下，空气中的声速是344米/秒。但声速不是固定不变的，当温度发生变化时，声速也随着发生变化，在0℃时，声速 $c = 331.5$ 米/秒，每增加1℃，声速增加0.607米/秒。在不同介质中，声速也是不一样的。如在水中的声速是1450米/秒，钢铁中是5000米/秒，在玻璃中是5000~6000米/秒，而在橡胶中却只有30~50米/秒。

在声波中，两个相邻的密集或两个稀疏之间的距离叫波长，用 λ 来表示，单位是米。

声波波长 λ ，声速 c ，频率 f 是声波的三个基本量，它们之间的关系为

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

在常温下，在空气中，当 $f = 20$ 赫时， $\lambda = 17.2$ 米，当 $f = 20000$ 赫时， $\lambda = 1.72$ 厘米。因此，在常温下，空气中人耳可听声波的波长在1.72厘米~17.2米之间。从公式(1)可以看出，声音的频率高，波长就短，频率低，波长就长。

二、声波的传播特性

(一) 声波的反射、折射、绕射和干涉

当声波遇到障碍物时，就象皮球碰在墙上一样，会发生反射。当声波波长比障碍物表面尺寸小时，很容易地就反射回去，在障碍物后面形成一个声影区。高频声波长短，比低频声容易反射得多。在噪声控制中，人们用屏障的方法将高频声反射回声源，就是基于这个原理。

在一个封闭的房子里，声波向四面八方传播，碰到墙、顶棚、地面、家具等就会发生反射现象。反射声的存在，会使原来的声音加强。由于反射声的存在，当声源停止发声后，短时间还能听到声音，这叫做混响声。在噪声控制中，用吸声材料和吸声结构在房屋内表面作饰面就是为了减弱这个因反射而产生的混响声，从而使整个房屋的噪声降低。

声波在传播过程中，遇到不同声阻抗率^①的界面时，如从空气入射到钢板上，除了反射外，还将发生折射现象。当介质存在温度差时，声阻抗率 ρc 也会发生相应的变化，声波亦将发生折射现象。例如，白天，太阳的照射使地面和地面附近空气的温度比上层的高，于是地面附近声速快，而上层声速慢，这样，声音就向上折；夜晚，地面温度下降很快，靠近地面的空气温度下降得也很快，而上层空气温度下降较慢，上层空气温度高，声速快，于是声音就折向地面。因此，夜晚人们可以清楚地听到很远的声音。

①声阻抗率是介质的密度 ρ 和该介质中的声速 c 的乘积，单位是瑞利，如：空气的声阻抗率为 $344 \times 1.20 = 413$ 瑞利，钢板的声阻抗率为 $5000 \times 7800 = 390 \times 10^5$ 瑞利。

当有风时，亦将发生声音的折射现象。一般地说，因为地面上有障碍物，地面的风速总要比上层空间的小。因此，在顺风时，声音在上层传播得快，向下折射，而在逆风时，声音在地面传播得快，向上折射。这就是顺风说话，老远的就可听见，而逆风说话，人们很不容易听见的道理。

声波在传播过程中，遇到障碍物或孔洞时，当波长 λ 比障碍物或孔洞大得多时，会发生绕射现象。低频声波波长达十来米，所以很容易绕射过去。如果墙上有孔洞，很容易发生低频的“漏声”。

在建筑规划和设计时，应当注意到声波的反射、折射、绕射现象，以达到理想的声学效果。

声波在传播时，还可以互相叠加，这叫做声波的干涉。当两个频率相同的声波以同样相位到达某一点时，两个声波加强，合成振幅为二波振幅之和，当二波相位相反，则相互减弱或完全抵消，合成振幅为二波振幅之差。

（二）声波的辐射和衰减

当声源的尺寸与波长比较起来很小的时候，声波成球面波的形状从声源较均匀地向各个方向辐射，如图2a，没有方向性，这种声源叫做点声源。当声源的尺寸比波长大时，辐射出的声波以略微发散的声束传播着。波长与声源的尺寸相比较越小，声束的发散角越小，其方向性越强。当声波波长与声源尺寸相比非常小时，声波几乎以不发散的声束成平面波的形状从声源向外传播，如图2b。我们知道，低频声波波长长、高频声波波长短。因此，在某一声源的背面，与正面相比，听起来低音相差不大，而高音差得很远。

在大多数实际情况下，可以近似地认为声波在声源附近具有球面波形状。球面波的强度与离开声源距离的平方成反

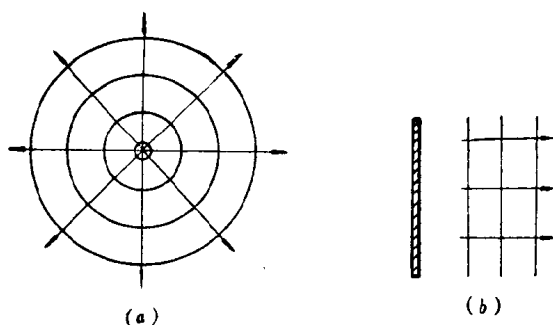


图 2 声波的辐射
a — 球面波； b — 平面波

比而降低，即当离声源的距离增为 2、3、4、5 倍时，声音的强度将相应地减为 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{9}$ 、 $\frac{1}{16}$ 、 $\frac{1}{25}$ 。这是因为声源每秒钟发出的能量是一个恒量，离开声源的距离越大，能量的分布面也越大，因此，通过单位面积的能量就越小。这也就是离声源距离越近，声音越强，离声源的距离越远，声音越弱的原因。这叫做声波的距离衰减。

在距离声源很远的地方，以及在通道和管子中，声波一般成平面波的形状传播。

另外，声波在远距离中传播时，总有一部分能量被空气吸收，由于空气吸收而引起的声衰减与声波的频率、空气的温度、湿度有关。高频声波比低频声波衰减得快，因此，我们听到远来的飞机声音主要是低频成分。但随着飞机距我们的距离越近，高频成分也就逐渐增加了。

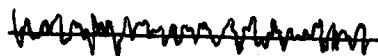
如果空间中放有吸声材料，或安放消声器，声波将有大幅度的衰减。

三、什么是噪声

人们的日常生活是离不开声音的。因为有声音，人们才能交谈和开会，因为有声音，人们才能听广播和唱歌，对于人们的社会实践活动来说，声音是非常重要的，不可缺少的。但任何事物都是一分为二的，当人们睡觉或需要安静时，声音就成为不需要的了；当声音达到一定的强度时，对人们的身体健康还有危害。这种声音就是噪声。

噪声的定义是什么？它与乐音有什么区别呢？

从物理学观点讲，噪声就是各种不同频率和声强的声音的无规律的杂乱组合，如汽车的轰隆声，机器的尖叫声等等，它的波形图是没有规则的非周期性的曲线，如图 3a 所示；乐音是有规律的振动产生的，它的波形图是周期性的曲线，如图 3b 所示。钢琴、胡琴、提琴、琵琶等弦乐器，笛、箫、黑管等管乐器发出的就是乐音。



(a)



(b)

图 3 噪声和乐音的波形图

a—噪声，b—乐音

从生理学观点讲，凡是使人烦躁的、讨厌的、不需要的声音都叫噪声。从这个意义上来说，噪声和乐音就很难区分了。如：一个人演奏钢琴，理应属于乐音，但对正在睡觉或思考问题的邻居来说，就成了讨厌的噪声。

噪声的起源很多，就工业噪声而言，主要有空气动力性噪声、机械性噪声、电磁性噪声三种。

空气动力性噪声是由于气体振动产生的，当气体中有了涡流，或发生了压力突变等，引起气体的扰动，就产生了空气动力性噪声。通风机、鼓风机、空气压缩机、燃汽轮机、喷射器、喷气飞机、火箭以及锅炉排气放空所产生的噪声就属于此类。

机械性噪声是由于固体振动而产生的。在撞击、摩擦、交变的机械应力作用下，机械的金属板、轴承、齿轮等发生振动，就产生了机械性噪声。如织布机、球磨机、碎石机、电锯、车床等产生的噪声就属于此类。

电磁性噪声是由于电机的空气隙中交变力相互作用而产生的。如电机定转子的吸力、电流和磁场的相互作用、磁致伸缩引起的铁心振动等等。发电机、变压器产生的噪声就属于此类。

噪声作为声波的一种，它具有声波的一切特性。

四、噪声的物理量度

（一）噪声的强度

我们听起来，有的声音大，有的声音小，那么究竟用什么尺度来衡量声音的大小呢？

原来，声波是疏密波，它使空气时而变密，时而变稀。