

# 物理性 污染控制

马娟 俞小军 / 主编

WULIXING  
WURAN KONGZHI



电子科技大学出版社

# 物理性 污染控制

马娟 俞小军 / 主编

WULIXING  
WURAN KONGZHI



电子科技大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

物理性污染控制 / 马娟, 俞小军主编. — 成都:  
电子科技大学出版社, 2016.12  
ISBN 978-7-5647-4119-8

I. ①物… II. ①马… ②俞… III. ①环境物理学  
IV. ① X12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 324062 号

## 物理性污染控制

马娟 俞小军 主编

---

出版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗雅

责任编辑: 王坤 唐祖琴

主页: [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

电子邮箱: [uestcp@uestcp.com.cn](mailto:uestcp@uestcp.com.cn)

发行: 新华书店经销

印刷: 四川永先数码印刷有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 14.25 字数 365 千字

版次: 2016 年 12 月第 1 版

印次: 2016 年 12 月第 1 次印刷

书号: ISBN 978-7-5647-4119-8

定价: 45.00 元

---

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

# 前 言

物理学的基本原理是科学技术发展的理论基础，而物理学原理的应用，在给人类带来光明、带来现代化和光辉未来的同时，也带来了环境污染问题。如今的时代是人与机器共存的时代，人们利用物理学的基本原理，创造了各种机器为人类服务，物质文明得以不断提高。今天，巨大功率的喷气飞机可以载人在几十小时内绕地球一周，巨大的火箭发动机把宇航员送入太空，然而就在这种巨大进步的同时，伴随而来的是不断增长的噪声。巨大的喷气噪声使人听力受损，连续的机器噪声、道路交通噪声使人难以入睡，长期失眠，发生疾病，降低工效，产生失误，甚至精神失常等。人们利用热力学的基本原理制造了内燃机和各种制冷设备，从而造成了空气污染和臭氧层变薄。目前，全世界大约拥有 10 亿台电冰箱和数以亿计的空调器，这些设备的制冷剂是破坏臭氧层的氟利昂。臭氧层像一个保护人类的“生命之伞”，把来自太阳的对人体有害的紫外线辐射挡住，它与人类生存息息相关。臭氧层被破坏，紫外线的大量辐射会造成白内障增加、皮肤癌、免疫系统失调、农作物减产，以及影响海洋浮游植物的生长，破坏海洋食物链。有人认为，物理学原理的应用与环境质量的明显退化成正比，例如，如果我们对热和热力学毫无所知，当然就不会制造出内燃机，空气污染也就会减少。这只看到了问题的一个方面，问题的另一个方面是我们能够应用物理学原理来消除污染，从而控制和改善环境，因此编写此书。

本书主要从日常生活中经常遇到的噪声、振动、放射性污染、电磁辐射污染、热污染、光污染这几个方面展开介绍，结合自身的研究提出了相应的控制方法、技术手段和措施，并就物理性因素的利用和环境的改善展开叙述，最后辅以相关的工程案例分析，具有一定的学术价值和应用价值。

全书共八章，简单介绍了噪声污染及其控制、振动污染及其控制、放射性污染及其控制、电磁辐射污染及其防治、热污染及其控制、光污染及其控制与物理性因素的利用和环境的改善等内容。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请各位专家、读者不吝赐教。

编 者



# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
第一节 物理性污染及其分类 .....	(1)
第二节 物理性污染及其研究内容 .....	(3)
思考题与习题 .....	(4)
<b>第二章 噪声污染及其控制</b> .....	(5)
第一节 概述 .....	(5)
第二节 噪声的评价和标准 .....	(9)
第三节 噪声的测试技术 .....	(24)
第四节 噪声控制技术——吸声 .....	(29)
第五节 噪声控制技术——隔声 .....	(44)
第六节 噪声控制技术——消声 .....	(53)
思考题与习题 .....	(63)
<b>第三章 振动污染及其控制</b> .....	(64)
第一节 概述 .....	(64)
第二节 振动评价标准 .....	(65)
第三节 振动的控制 .....	(74)
第四节 振动控制的材料分类和选择 .....	(85)
思考题与习题 .....	(92)
<b>第四章 放射性污染及其控制</b> .....	(93)
第一节 概述 .....	(93)
第二节 放射性污染监测与防治标准 .....	(95)
第三节 放射性污染防治 .....	(100)
第四节 放射性废物处理技术 .....	(103)
思考题与习题 .....	(115)

<b>第五章 电磁辐射污染及其防治</b> .....	(116)
第一节 概述 .....	(116)
第二节 电磁辐射的测量及标准 .....	(126)
第三节 电磁辐射污染防治技术 .....	(127)
思考题与习题 .....	(137)
<b>第六章 热污染及其控制</b> .....	(138)
第一节 概述 .....	(138)
第二节 温室效应 .....	(141)
第三节 热岛效应 .....	(146)
第四节 环境热污染及其防治 .....	(150)
第五节 热污染评价与标准 .....	(160)
思考题与习题 .....	(163)
<b>第七章 光污染及其控制</b> .....	(164)
第一节 概述 .....	(164)
第二节 眩光的产生、危害、防治 .....	(171)
第三节 光环境的质量评价 .....	(183)
思考题与习题 .....	(189)
<b>第八章 物理性因素的利用和环境的改善</b> .....	(190)
第一节 噪声的利用 .....	(190)
第二节 余热利用与环境改善 .....	(192)
第三节 光的认识与应用 .....	(196)
第四节 电磁波辐射及其应用 .....	(203)
第五节 辐照技术的利用 .....	(212)
第六节 核技术的应用 .....	(217)
思考题与习题 .....	(218)
<b>参考文献</b> .....	(219)

# 第一章 绪 论

## 第一节 物理性污染及其分类

环境是人类进行生产和生活活动的场所，是人类生存和发展的物质基础。在人类生存的环境中，各种物质都在不停地运动着，运动的形式有机械运动、分子热运动、电磁运动等。物质的运动都表现为能量的交换和转化，这种物质能量的交换和转化，构成了物理环境。

物理环境与大气环境、水环境、土壤环境同样是人类生存环境的重要组成部分。物理环境对支持人类生命、生存及其活动十分重要。人是自然的系统，而且是开放的系统。因此，人和其他的系统、周围的物理环境的相互作用表现在机体的新陈代谢上，即机体与环境不断进行着物质、能量和信息的交换和转移，使机体与周围物理环境之间保持着动态平衡。

### 一、物理性污染及其特点

环境污染从污染源的属性角度可以分为三大类型：物理性污染、化学性污染、生物性污染。

物理性污染是由于物理因素（声、光、电、热、振动、放射性等）的原因产生的物理方面的作用，它是属于物理范畴的一类新型污染。

物理性污染不同于化学性污染和生物性污染，比如它不同于水污染、大气污染、土壤污染，往往是人的眼睛看不见的，因为它没有形状；也是人的手摸不到的，因为它没有实体。因此，人们又把物理性污染称为无形污染。物理性污染涉及面广，从工厂到矿山，从城市到农村，从陆地到海洋，从生产场所到生活环境，无处不在。

物理性污染同化学性污染和生物性污染有相同点，就是这些污染都危害人们的身体健康，这种危害有长期的遗留性，主要表现在这些污染引起的慢性疾病、器质性病变和神经系统的损害。

物理性污染同化学性污染和生物性污染的不同点：化学性污染和生物性污染是环境中有了有害的物质和生物，或者是环境中的某些物质超过正常含量；而引起物理性污染的声、光、热、电磁场等在环境中是永远存在的，它们本身对人无害，只是在环境中的量过高或过低时，才造成污染或异常。例如，声音对人是必需的，但是声音过强，又会妨碍或危害人的正常活动；反之，环境中长久没有任何声音，人就会感到恐怖，甚至会疯狂。

物理性污染同化学性污染和生物性污染相比，不同之处还表现在以下两个方面：一是物理性污染是局部性的，不会迁移、扩散，区域性或全球性污染现象比较少见；二是物理

性污染在环境中不会有残余物质存在，在污染源停止运转后，污染也就立即消失。

## 二、物理性污染的分类

### (一) 噪声污染

噪声污染是严重的环境污染之一，随着现代工业化程度的不断提高，环境噪声污染也日益加剧，严重影响广大人民群众的身心健康。

从物理学角度看，噪声是由许多不同频率和强度的声波杂乱无章组合而成的。《环境噪声污染防治法》中对环境噪声做如下定义：环境噪声是指在工业生产、建筑施工、交通运输和社会生活中所产生的干扰周围生活环境的声音。噪声污染是指所产生的环境噪声超过国家规定的环境噪声排放标准，并干扰他人正常生活、工作和学习的现象。

### (二) 振动污染

机械振动是指物体或物体的一部分沿直线或曲线并经过平衡位置所做的往复的周期性的运动。按振动系统中是否存在阻尼作用，振动分为无阻尼振动和阻尼振动；按照振动系统所加作用力的形式，振动又可分为自由振动和强迫振动。

振动和噪声一样，是当前一大公害。过强的振动使机器和工具等设备的部件损耗增大，而且振动本身可以形成噪声源，以噪声的形式影响和污染环境。

### (三) 放射性污染

放射性污染是指因人类的生产、生活活动排放的放射性物质所产生的电离辐射超过放射环境标准时，产生放射性污染而危害人体健康的一种现象。放射性污染物主要指各种放射性核素，其放射性与化学状态无关。每一种放射性核素都能发射出一定能量的射线，这种射线是人觉察不到、看不见和摸不着的，必须采用特殊仪器才能测定出来。这种射线如宇宙射线、 $\alpha$ 射线、 $\beta$ 射线、 $\gamma$ 射线、中子辐射、X射线、氡等可引起物质的电离辐射，因此放射性污染也称为电离辐射污染。

放射性物质包括天然放射物质和人工放射物质，天然放射物质包括宇宙辐射、地球表面的放射性物质、空气中存在的放射性物质、地面水系中含有的放射性物质和人体内的放射性物质。而人工放射物质主要包括核武器试验时产生的放射性物质，生产和使用放射性物质的企业排出的核废料以及医用、工业用的X射线源及放射性物质镭、钴等。

随着核科学技术的不断发展和深入，核能得到大量开发和利用，核能的利用给人类带来了巨大的物质利益和社会效益，但同时也给人类环境增添了人工放射性物质，对环境造成了新的污染。因此人工放射物质是造成放射性污染的主要来源。

### (四) 电磁辐射污染

无线电通信、微波加热、高频淬火、超高压输电网站等的广泛应用，给人类物质文化生活带来了极大的便利，但也会产生大量的电磁波，当电磁辐射过量时，就会对人们的生活、工作环境以及人体健康产生不利影响，称之为电磁辐射污染。电磁辐射已成为当今危害人类健康的致病源之一。电磁辐射污染与放射性污染相比，其特点是辐射的量子能量在 $1.2 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-4} \text{V}$ ，这种量子能量远不足以使物体电离，所以不属于电离辐射范围。

影响人类生活环境的电磁污染源可分为天然和人为的两大类。天然的电磁污染是由某些自然现象引起的，如雷电，除了可能对电器设备、飞机、建筑物等直接造成危害外，还

会在广大地区从几千赫到几百兆赫以上的范围内产生严重的电磁干扰。其他如火山喷发、地震、太阳黑子活动引起的磁暴等都会产生电磁干扰，这些电磁干扰对通信的破坏特别严重。

人为的电磁波污染主要有脉冲放电、工频交变电磁场、射频电磁辐射，如无线电广播、电视、微波通信等各种射频设备的辐射。研究表明，电磁波的频率超过 100kHz 时，就会对人体构成潜在威胁。

### （五）热污染

随着社会生产力的迅速发展，人们的生活水平不断提高，能源的消耗日益增加，人们在利用能源过程中，不仅会产生大量有毒有害气体，而且还会产生二氧化碳、水蒸气、热水等对人体虽无直接危害但对环境却产生不良增温效应的物质，这类物质引起的环境污染即为热污染。

热污染发生在城市、工厂、火电站、原子能电站等人口稠密和能源消耗大的地区。根据污染对象的不同，可将热污染分为水体热污染和大气热污染。

人类活动消耗的能源最终会转化为热的形式进入大气，并且能源消耗的过程中释放大量的副产物（如二氧化碳、水蒸气和颗粒物质等）会进一步促进大气的升温。当大气升温影响到人类的生存环境时，即为大气热污染。

当人类排向自然水体的温热水使所排放水体的温升超过一定限度时，就会破坏所排放水体的自然生态平衡，导致水质变化，威胁到水生生物的生存，并进一步影响到人类对该水体的正常利用，即为水体热污染。

人们尚未用一个量值来规定其环境热污染程度，这表明热污染尚未引起人们的足够重视。

### （六）光污染

光污染是现代生活中伴随着新技术的发展而出现的环境问题。当光辐射过量时，就会对人们的生活、工作环境以及人体健康产生不利影响，称之为光污染。

狭义的光污染指干扰光的有害影响，其定义是“已形成的良好的照明环境，由于逸散光而产生被损害的状况，又由于这种损害的状况产生的有害影响”。逸散光指从照明器具发出的，使本不应是照射目的物体被照射到的光。干扰光是指在逸散光中，由于光量和光方向，使人的活动、生物等受到有害影响，即产生有害影响的逸散光。广义光污染指由人工光源导致的违背人的生理与心理需求或有损于生理与心理健康的现象，包括眩光污染、射线污染、光泛滥、视单调、视屏蔽、频闪等。

按照波长不同，光污染可分为可见光污染、红外光污染及紫外光污染。

## 第二节 物理性污染及其研究内容

### 一、物理性污染

物理运动的强度超过人的耐受限度，就形成了物理性污染。

物理性污染不同于大气、水、土壤环境污染，后三者是有害物质和生物输入环境，或

## · 物理性污染控制 ·

者是环境中的某些物质超过正常含量所致。而引起物理性污染的声、光、热、放射性、电磁辐射等在环境中是永远存在的，它们本身对人无害，只是在环境中的强度过高或过低时，会危害人的健康和生态环境，造成污染或异常。

物理性污染亦不同于化学性、生物性污染。物理性污染一般是局部性的，在环境中不残留，一旦污染源消除，物理性污染即消失。

## 二、物理性污染的研究内容

物理性污染的主要研究内容包括物理性污染机理及规律、物理性污染评价方法和标准、物理性污染测试和监测、物理性污染的环境影响评价、物理性污染控制基本方法和技术。其重点是环境噪声污染、环境振动破坏、电磁辐射污染控制工程基础理论和技术对策。

物理性污染虽然能够利用技术手段进行控制，但是，采取各种控制技术要涉及经济、管理和立法等问题，所以要对防治技术进行综合研究，获得最佳方案。物理学的基本原理不仅能用来测量环境污染的程度，而且能用于控制污染改善环境，为人类创造一个适宜的物理环境。

## 思考题与习题

1. 何谓物理环境？
2. 天然物理环境由哪些要素构成？
3. 人工物理环境是如何形成的？它与天然物理环境有何关系？
4. 简述各种人工物理环境的特点和影响。
5. 什么是物理性污染？其特点是什么？
6. 简述物理性污染的主要研究内容。

# 第二章 噪声污染及其控制

## 第一节 概 述

### 一、噪声的定义

声音在人们生活中起着非常重要作用。人类正是依赖于声音才能进行信息的传递，才能用语言交流思想感情，才能传播知识和文明，才能听到广播，欣赏优雅的音乐和悦耳的歌曲。此外，随着科学技术的发展，人们还利用声音在工业、农业、医学、军事、气象、探矿等领域为人类造福，由于声音的应用如此重要，人们无法设想没有声音的世界。但是，有些声音并不是人们所需要的，它们损害人们的健康，影响人们的生活和工作，干扰人们的交谈和休息。例如，机器运转时的声音、喇叭的声音以及各种敲打物件时所发出的声音，不但不需要并且会引起烦躁与厌恶。即使是美妙的音乐，但对于睡觉的人来说则是一种干扰，是不需要的声音。

如何判断一个声音是否为噪声，从物理学角度来说，振幅和频率杂乱断续或统计上无规则振动的声音称为噪声。从环境保护的角度来说，判断一个声音是否为噪声，要根据时间、地点、环境以及人们的心理和生理等因素确定。所以，噪声不能完全根据声音的物理特性来定义。一般认为，凡是干扰人们休息、学习和工作的声音，即不需要的声音统称为噪声。当噪声超过人们的生活和生产活动所能容许的程度，就形成噪声污染。

我国制定的《中华人民共和国环境噪声污染防治法》中把超过国家规定的环境噪声排放标准，并干扰他人正常生活、工作和学习的现象称为环境噪声污染。声音的单位是声压级，记为 dB，用于表示声音的大小。

按照国家标准规定，住宅区的噪音，白天不能超过 50dB，夜间应低于 45dB，若超过这个标准，便会对人体产生危害。那么，室内环境中的噪声标准是多少呢？国家《城市区域环境噪声测量方法》中第 5 条 5.4 规定，在室内进行噪声测量时，室内噪声限值低于所在区域标准值 10dB。

### 二、噪声来源及其种类

#### （一）按噪声源的物理特性分类

噪声主要来源于物体（固体、液体、气体）的振动，按其产生的机理可分为空气动力性噪声、机械噪声、电磁噪声三种。

1. 空气动力性噪声。叶片高速旋转或高速气流通过叶片，会使叶片两侧的空气发生压力突变，激发声波，如通风机、鼓风机、压缩机、发动机迫使气体通过进、排气口时发

## · 物理性污染控制 ·

出的声音即为空气动力性噪声。

2. 机械噪声。物体间的撞击、摩擦、交变的机械力作用下的金属板、旋转的动力不平衡以及运转的机械零件轴承、齿轮等都会产生机械性噪声，如锻锤、织机、机车等产生的噪声。

3. 电磁噪声。由于电机等的交变力相互作用产生的声音。如电流和磁场的相互作用产生的噪声，如发动机、变压器的噪声。

### (二) 按噪声源的时间特性分类

环境中出现的噪声，按声强随时间是否有变化，大致可分为稳态噪声和非稳态噪声两种。

1. 稳态噪声。稳态噪声的强度不随时间变化，如电机、风机和织机的噪声。

2. 非稳态噪声。噪声的强度是随时间而变化的，有的是周期性噪声，有的是无规则的起伏噪声，如交通噪声；有的是脉冲噪声，如冲床的撞击声。

### (三) 按城市环境噪声分类

城市环境噪声主要来源于交通、工业、建筑施工以及社会活动等方面。现代城市中环境噪声的主要来源如下。

1. 交通噪声。城市交通业日趋发达，给人们工作和生活带来了便捷和舒适，同时随着公路和铁路交通干线的增多，机车和机动车辆的噪声已成了交通噪声的元凶。交通噪声主要来自是汽车、飞机、火车和轮船等交通工具在启动、停止及运行时发出的噪声。这些噪声具有流动性大、污染面广、控制难等特点。

2. 工业噪声。指工业生产劳动中产生的噪声。主要来自机器和高速运转设备。这也是室内噪声污染的主要来源。由于各种动力机、工作机做功时产生的撞击、摩擦、喷射以及振动；可产生 70 ~ 80dB 以上的声响。

3. 建筑施工噪声。主要来自建筑施工现场产生的噪声。在施工中要大量使用各种动力机械，要进行挖掘、打洞、搅拌，要频繁地运输材料和构件，从而产生大量噪声。建筑施工现场噪声一般在 90dB 以上，最高达到 130dB。

4. 社会生活噪声。主要来自商业、体育比赛、游行、集会、娱乐等各种社会活动中产生的喧闹声以及收录机、电视机、洗衣机等各种家电的嘈杂声，这类噪声一般在 80dB 以下。

此外，家用电器直接造成室内噪声污染。随着人们生活现代化发展，家庭中家用电器的噪声对人们的危害越来越大。据检测，家庭中电视机、收录机所产生的噪音可达 60 ~ 80dB，洗衣机为 42 ~ 70dB，电冰箱为 34 ~ 50dB。近几年家庭卡拉 OK 机广泛流行，有些人不顾及他人的感受，沉醉于自我享受之中，这无形中又增加了噪声的污染强度。

## 三、噪声污染的特点及其危害

### (一) 噪声污染的特点

噪声污染与水、大气污染不同，一般噪声污染具有以下几个方面的特点。

1. 噪声具有一定的主观特性。从噪声的环境保护的定义看出，噪声是人们不需要的声音的总称，因此一种声音是否属于噪声，除其本身的物理特性之外，主要与判断者有



关。如优美的音乐对于欣赏者来说是美妙的声音而对于思考问题的人来说却是噪声。从这个角度来说，任何声音都可以成为噪声。

2. 噪声污染具有瞬时性，或称为暂时性。噪声污染在环境中不会有残留的污染物质存在，噪声源停止发声后，噪声随即消失。

3. 噪声污染具有不确定性。声音在空气中传播时衰减很快，它的影响面不如大气污染和水污染那么广，具有局部性。但是在某些情况下，噪声的影响范围很广，如发电厂高压排气放空时，其噪声可能干扰周围几千米外的居民的安宁。

4. 噪声污染具有隐蔽性。噪声一般不直接致命或致病，它的危害是慢性的和间接的。

## (二) 噪声的危害

噪声的危害不仅表现在对人的影响上，还在一定程度上影响物质结构。噪声对人的影响主要表现在社会影响（听力损失和干扰语言交流）和心理影响（引起烦恼、干扰睡眠、影响工作效率等）两个方面。噪声危害的具体表述如下。

1. 听力损伤。噪声对人体的危害最直接的是听力损害。有关资料表明：当人连续听摩托车声 8h 以上听力就会受损；若是在摇滚音乐厅，半小时后，人的听力就会受损；若在 80dB 以上的噪声环境中生活，耳聋的可能性可达 50%。对听力的影响，是以人耳暴露在噪声环境前后的听觉灵敏度来衡量的，这种变化称为听力损失，即指人耳在各频率的听力阈值升移，简称阈值偏移，以声压级 dB 为单位。听力损失可能是暂时的，也可能是永久性的。暂时性听力损失包括暂时性阈值偏移，永久性听力损失包括永久性阈值偏移和听觉创伤。

例如，当你从较安静的环境进入较强烈的噪声环境中，立即感到刺耳难受，甚至出现头痛和不舒服的感觉，停一段时间，离开这里后，仍感觉耳鸣，马上（一般在 2min 内）做听力测试，发现听力在某一频率下降约 20dB 阈移，即听阈提高了 20dB。由于噪声作用的时间不长，只要你到安静的地方休息一段时间，再进行测试，该频率的听阈提高减少到零，这一噪声对听力只有 20dB 暂时性阈移的影响。这种现象叫作暂时性阈值偏移，又称听力疲劳，听觉器官未受到器质性损害。如果人们长期在强烈的噪声环境下工作，日积月累，内耳器官不断受噪声刺激，恢复暴露前的听阈，便可发生器质性病变，成为永久性阈值偏移，这就是噪声性耳聋。噪声性耳聋有两个特点：一是除了高强度噪声外，一般噪声性耳聋都需要一个持续的累积过程，发病率与持续作业时间有关，这也是人们对噪声污染忽视的原因之一；二是噪声性耳聋不能治愈，因此，有人把噪声污染比喻成慢性毒药。短暂地暴露于非常强烈的噪声环境中所导致的永久性听力损失称为听力损伤。

2. 噪声对睡眠的干扰。睡眠是人们必不可少的。人类有近 1/3 的时间是在睡眠中度过的。人们在安静的环境下睡眠，能使大脑得到休息，从而消除疲劳和恢复体力。噪声会影响人的睡眠质量，强烈的噪声甚至使人无法入睡，心烦意乱。实验研究表明，人的睡眠一般分四个阶段，依次为：瞌睡阶段、入睡阶段、睡着阶段、熟睡阶段。睡眠质量好坏，取决于熟睡阶段的时间长短：时间越长，睡眠越好。一般研究表明，噪声促使人们由熟睡向瞌睡阶段转化，缩短睡眠时间；有时刚要进入熟睡便被噪声惊醒，使人不能进入熟睡阶段，从而造成多梦，睡眠质量不好，不能很好地休息。同时噪声还能使人惊醒。当睡眠被干扰后，工作效率和健康都会受到影响。研究表明，连续噪声和突然的噪声对人睡眠的影响是不一样的。连续噪声可以加快熟睡到轻睡的回转，使人多梦，并使熟睡的时间

## · 物理性污染控制 ·

缩短；突然的噪声可以使人惊醒。一般来说，40dB 大连续噪声可使 10% 的人受到影响；70dB 可影响 50%；而突发性噪声在 40dB 时，可使 10% 的人惊醒，到 60dB 时，可使 70% 的人惊醒。长期干扰睡眠会造成失眠、疲劳无力、记忆力衰退，以致产生神经衰弱症候群等。

3. 噪声对交谈、思考的干扰。在噪声环境下，人们之间的交谈、通信被妨碍是常见的。这种妨碍，轻则降低交流效率，重则损伤人们的语言听力。研究表明，30dB 以下的噪声环境属于非常安静的环境（如播音室、医院等应该满足这个条件）；40dB 是正常的环境（如一般办公室应保持这种水平）；50~60dB 则属于较吵的环境，此时脑力劳动受到影响，谈话也受到干扰。当打电话时，周围噪声达 65dB 时，对话有困难；在 80dB 时，则听不清楚；在噪声达 80~90dB 时，距离约 0.15m 也得提高嗓门才能进行对话。如果噪声分贝数再升高，则不可能进行对话。因为人们思考也是语言思维活动，其受噪声干扰的影响与交谈是一致的。

4. 噪声对人体的生理影响。噪声是一种恶性刺激物，长期作用于人的中枢神经系统，可使大脑皮质的兴奋和抑制失调，条件反射异常，出现头晕、头痛、耳鸣、多梦、失眠、心慌、记忆力减退、注意力不集中等症状，严重者可产生精神错乱。这种症状，药物治疗效很差，但当脱离噪声环境时，症状就会明显好转。噪声可引起植物神经系统功能紊乱，表现为血压升高或降低，心率改变，心脏病加剧。噪声会使人唾液、胃液分泌减少，胃酸降低，胃蠕动减弱，食欲不振，引起胃溃疡。噪声对人的内分泌机能也会产生影响，如：导致女性性机能紊乱，月经失调，流产率增加等。噪声对儿童的智力发育也有不利影响，据调查，3 岁前儿童生活在 75dB 的噪声环境里，他们的心脑功能发育都会受到不同程度的损害，在噪声环境下生活的儿童，智力发育水平要比安静条件下的儿童低 20%。噪声对人的心理影响主要是使人烦恼、激动、易怒，甚至失去理智。此外，噪声还对动物、建筑物有损害，在噪声下的植物也生长不好，有的甚至死亡。

(1) 损害心血管。噪声是心血管疾病的危险因子，噪声会加速心脏衰老，增加心肌梗死发病率。医学专家经人体和动物实验证明，长期接触噪声可使体内肾上腺分泌增加，从而使血压上升，在平均 70dB 的噪声中长期生活的人，心肌梗死发病率增加 30% 左右，特别是夜间噪声会使发病率更高。调查发现，生活在高速公路旁的居民，心肌梗死率增加 30% 左右。调查 1101 名纺织女工，高血压发病率为 7.2%，其中接触强度达 100dB 噪声者，高血压发病率达 15.2%。

(2) 对女性生理机能的损害。女性受噪声的威胁，还可以导致女性性机能紊乱，有月经不调、流产及早产等。专家们曾在哈尔滨、北京和长春等 7 个地区经过为期 3 年的系统调查，结果发现噪声不仅能使女性患噪声聋，且对女性的月经和生育均有不良影响。另外可导致孕妇流产、早产，甚至可致畸胎。国外曾对某个地区的孕妇普遍发生流产和早产做了调查，结果发现她们居住在一个飞机场的周围，祸首正是起降的飞机所产生的巨大噪声。

(3) 噪声还可以引起神经系统功能紊乱、精神障碍、内分泌紊乱甚至使事故率升高。高噪声的工作环境，可使人出现头晕、头痛、失眠、多梦、全身乏力、记忆力减退以及恐惧、易怒、自卑甚至精神错乱。

5. 噪声对儿童和胎儿的影响。研究表明，噪声会使母亲产生紧张反应，引起子宫血

管收缩，以致影响供给胎儿发育所必需的养料和氧气。噪声还影响胎儿的体重。此外因儿童发育尚未成熟，各组织器官十分娇嫩和脆弱，不论是体内的胎儿还是刚出世的孩子，噪声均可损伤听觉器官，使听力减退或丧失。据统计，当今世界上有7000多万耳聋者，其中相当部分是由噪声所致；专家研究已经证明，家庭噪音是造成儿童聋哑的主要原因，若在85dB以上噪声中生活，耳聋者可达5%。

噪声会影响少年儿童的智力发展；在噪声环境下，老师讲课听不清，使儿童对讲授的内容不理解，长期下去，显然影响到增长知识，显得智力发展缓慢。有人做过调查，吵闹环境下儿童智力发育比安静环境中的低20%。

6. 噪声对视力的损害。噪音会严重影响听觉器官，甚至使人丧失听力，尽人皆知。然而，耳朵与眼睛之间有着微妙的内在“联系”，当噪音作用于听觉器官时；也会通过神经系统的作用而“波及”视觉器官，使人的视力减弱。试验表明：当噪声强度达到90dB时，人的视觉细胞敏感性下降，识别弱光反应时间延长；噪声达到95dB时，有40%的人瞳孔放大，视模糊；而噪声达到115dB时，多数人的眼球对光的适应有不同程度的减弱，所以长时间处于噪声环境中的人很容易发生眼疲劳、眼痛、眼花和视物流泪等损伤现象。

研究指出，噪音可使色觉、色视野发生异常。调查发现，在接触稳态噪声的80名工人中，出现红、绿、白三色视野缩小者竟高达80%，比对照组增加85%。所以驾驶员应避免噪声干扰，否则易造成行车事故。

噪声对视力的影响在日常生活中随处可见，比如在安静明亮的商店购物时，显得愉快和镇静，买东西能做到精挑细选，购买齐全。而在高音喇叭大声播放快节奏的音乐时购物，往往烦躁不安，眼花缭乱，甚至会混乱交易，该买的未买；买了的因识别不细也不满意。其中的主要原因就是噪声影响视力造成的。

7. 噪声对动物的影响。噪声对自然界的生物也是有影响的。如强噪声会使鸟类羽毛脱落，不产卵，甚至会使其内出血或死亡。科学家们已经全面研究了噪声对生物和人类的影响。如小白鼠在160dB的环境中，几分钟就会死亡，可见噪声对动物影响之大。

8. 噪声对物质结构的影响。140dB以上的噪声，可使墙震裂、瓦震落、门窗破坏，甚至使烟囱及古老的建筑物发生倒塌，钢产生“声疲劳”而损坏。强烈的噪声使自动化、高精度的仪表失灵，火箭发射的低频率的噪声引起空气振动，可能使导弹和飞船产生大幅度的偏离，导致发射失败。

极强的噪声危害更是骇人听闻，它能使人听觉器官发生急性外伤，使整个机体受到严重损伤，引起耳膜破裂出血，双耳完全变聋，语言紊乱，神志不清，脑震荡和休克，甚至死亡。

## 第二节 噪声的评价和标准

### 一、声学基础知识

#### (一) 声压与声压级

当没有声波存在、大气处于静止状态时，其压强为大气压强 $p_0$ 。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，在膨胀的地方压强减少，这样就在原来的大气压上又叠加了一个变化的压强。这个叠加上去的变化压强是由于声波而引起的，称为声压，用  $p$  表示。一般情况下，声压与大气压相比是极弱的。声压的大小与物体的振动有关，物体振动的振幅愈大，则压强的变化也愈大，因而声压也愈大，听起来就愈响，因此声压的大小表示了声波的强弱。

当物体做简谐振动时，空间各点产生的声压也是随时间做简谐变化，某一瞬间的声压称为瞬时声压。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即是有效声压。因此习惯上所指的声压往往是指有效声压，用  $p_e$  表示，它与声压幅值  $p_A$  之间的关系为

$$p_e = \frac{p_A}{\sqrt{2}} \quad (2-1)$$

衡量声压大小的单位在国际单位制中是帕斯卡，简称帕，符号是 Pa。

正常人耳能听到的最弱声压为  $2 \times 10^{-5}$  Pa，称为人耳的“听阈”。当声压达到 20Pa 时，人耳就会产生疼痛的感觉，20Pa 为人耳的“痛阈”。“听阈”与“痛阈”的声压之比为二百万倍。

由于正常人耳能听到的最弱声音的声压和能使人耳感到疼痛的声音的声压大小之间相差二百万倍，表达和应用起来很不方便。同时，实际上人耳对声音大小的感受也不是线性的，它不是正比于声压绝对值的大小，而是同它的对数近似成正比。因此如果将两个声音的声压之比用对数的标度来表示，那么不仅应用简单，而且也接近于人耳的听觉特性。这种用对数标度来表示的声压称为声压级，它用分贝来表示。某一声音的声压级定义是：该声音的声压  $p$  与一某参考声压  $p_0$  的比值取以 10 为底的对数再乘以 20，即

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad (2-2)$$

式中， $L_p$  为声压级，分贝 (dB)； $p_0$  为参考声压，国际上规定  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Pa，这就是人耳刚能听到的最弱声音的声压值。

当声压用分贝表示时，巨大的数字就可以大大地简化。听阈的声压  $2 \times 10^{-5}$  Pa，其声压级就是 0dB。普通说话声的声压是  $2 \times 10^{-2}$  Pa，代入式 (2-2) 可得与此声压相应的声压级为 60dB。使人耳感到疼痛的声压是 20Pa，它的声压级则为 120dB。由此可见，当采用声压级的概念后，听阈与痛阈的声压之比从 100 万倍的变化范围变成 0 ~ 120dB 的变化。所以“声压级”的大小能衡量声音的相对强弱。

## (二) 声强与声强级

声波的强弱可以用好几种不同的方法来描述，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。但是有时却需要直接知道机器所发出噪声的声功率，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，通常说它们具有能量，这个能量来自振动的物体，因此声波的传播也必须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，单位是  $W/m^2$ 。声强的大小可用来衡量声音的强弱，声强愈大，人耳听到的声音愈响；声强愈小，人耳感觉的声音愈轻。声强与离开声源的距离有

关, 距离越远, 声强就越小。例如火车开出月台后, 愈走愈远, 传来的声音也愈来愈轻。

与声压一样, 声强也可用“级”来表示, 即声强级  $L_I$ , 它的单位也是分贝 (dB), 定义为

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (2-3)$$

式中,  $I_0$  为参考声强,  $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$ , 它相当于人耳能听到最弱声音的强度。

声强级与声压级的关系是

$$L_I = L_p + 10 \lg \frac{400}{\rho c} \quad (2-4)$$

媒质的声阻抗  $\rho c$  随媒介的温度和气压而改变。如果在测量条件时, 恰好  $\rho c = 400 \text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 则  $L_I = L_p$ 。对一般情况, 声强级与声压级相差一修正项  $10 \lg \frac{400}{\rho c}$ , 数值是比较小的。

例如, 在室温  $20^\circ\text{C}$  和标准大气压下, 声强级比声压级约小  $0.1 \text{dB}$ , 这个差别可略去不计, 因此在一般情况下认为声强级与声压级的值相等。

### (三) 声功率与声功率级

声功率为声源在单位时间内辐射的总能量, 用符号  $I$  表示, 通常采用瓦 (W) 作为声功率的单位。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。它们的关系为

$$I = \frac{W}{S} \quad (2-5)$$

$S$  为波阵面面积。如果声源辐射球面波, 那么在离声源距离为  $r$  处的球面上各点的声强为

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (2-6)$$

从上式可以知道, 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, 声波只向空中辐射, 这时

$$I = \frac{W}{2\pi r^2} \quad (2-7)$$

声功率是衡量噪声源声能输出大小的基本量。声压常依赖于很多外在因素, 如接收者的距离、方向、声源周围的声场条件等, 而声功率不受上述因素影响, 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, 它们可以在某种条件下利用声压测量的数据进行计算得到。当声音以平面波或球面波传播时声强与声压间的关系为

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \quad (2-8)$$

因此, 利用公式根据声压的测量值就可以计算声强和声功率。

声功率用级来表示时称为声功率级  $L_W$ , 单位也是 dB, 功率为  $W$  的声源, 其声功率级

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0} \quad (2-9)$$