

高等学校试用教材

环境噪声学

HUANJING ZAOSHENGXUE

张邦俊 翟国庆 编著

潘仲麟 审

浙江大學出版社

环境噪声学

张邦俊 翟国庆 编著
潘仲麟 审

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

环境噪声学 / 张邦俊, 翟国庆编著. — 杭州: 浙江大学出版社, 2001. 9

ISBN 7-308-02809-7

I. 环... II. ①张...②翟... III. ①环境声学—基础理论②环境噪声—噪声控制—基础理论 N. TB53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 065048 号

责任编辑 石国华

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江上虞印刷厂

开 本 850mm×1168mm 1/32

印 张 10.25

字 数 257 千字

版 次 2001 年 9 月第 2 版

印 次 2001 年 9 月第 2 次

印 数 1501—4500

书 号 ISBN 7-308-02809-7/TB·019

定 价 15.00 元

内 容 提 要

本书着重阐述了环境声学及噪声控制的基础理论,深入浅出地介绍了声波传播的物理规律和噪声控制技术的基本原理和方法.

全书共 10 部分:绪论、声波的物理基础、环境噪声的评价、噪声测量技术、声环境影响预测、噪声控制技术概述、室内声场和吸声降噪、消声器、隔声技术、隔振及阻尼减振.

本书物理概念清晰、内容广泛、实用性强. 可作为高等院校环境科学、环境工程、环境保护、城市科学、环境物理、建筑物理等专业不同层次的教学用书,也可供环境保护、城市规划、建筑设计、音响工程等领域的技术人员参考.

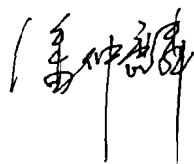
序

现代科学技术、现代工业和交通运输业的发展,给人类带来进步和幸福,同时也带来了环境污染的负面影响,环境噪声就是其中之一. 随着社会经济的飞速前进和人们对高质量生活的不断追求,噪声污染问题更为突出,因此,需要不断地去研究和探讨噪声控制技术,为人们创造一个安静舒适的声环境.

噪声控制技术的研究首先需要弄清楚噪声污染的机理,这就要求掌握一定的声学基础理论知识. 声环境是人类生存环境的重要组成部分,它是指影响人们的身心健康、工作效率和生活舒适程度的声学因素. 声音的过高和过低对人都有可能造成伤害,因此我们必须从人的安全、效率、舒适的角度对声环境给出定量的评价,其次需要研究提供合适声环境和消除噪声不良影响的技术途径与工程措施,《环境噪声学》正是全面介绍环境噪声及其控制技术的有关理论和方法、反映这个领域的最新发展的一部著作. 它包括物理概念和定律、声环境的定量评价和测量、噪声影响的预测和计算、噪声控制构件的原理和设计等各个方面,是供环境科学与工程专业的学生学习“噪声控制工程”课程的好教材,也可作为其他专业师生和相关

科技与工程工作者的参考书。

本书是在《环境声学 and 噪声控制》一书(杭州大学出版社,1997年版)的基础上修订编著而成,作者累积多年来使用该教材的教学经验,结合工程实践,博采众长,精益求精,使本书更具特色。本书的出版必将对环境声学 and 噪声控制工程的教学和科研起着良好的作用。



2001 年秋
于浙江大学,西溪

目 录

1 绪论	(1)
1.1 环境噪声的定义.....	(1)
1.2 噪声的危害.....	(2)
1.2.1 噪声对心理和行为的影响.....	(3)
1.2.2 噪声对健康的影响.....	(3)
1.3 环境噪声控制学研究内容.....	(4)
1.3.1 噪声的物理基础.....	(4)
1.3.2 噪声的评价方法.....	(5)
1.3.3 噪声预测.....	(5)
1.3.4 噪声的控制和治理.....	(5)
2 声波的物理基础	(7)
2.1 声波的概念.....	(7)
2.1.1 声波的产生和传播.....	(7)
2.1.2 描述声波的物理量.....	(8)
2.2 声波方程.....	(13)
2.2.1 声传播中的三个基本方程.....	(13)
2.2.2 声压波动方程.....	(17)
2.2.3 平面波 球面波 柱面波.....	(18)
2.3 声场中的能量.....	(20)
2.3.1 声能量 声能量密度.....	(20)
2.3.2 质点振动速度 声阻抗率.....	(21)
2.3.3 声功率 声强.....	(23)

2.4	声强级 声压级 声功率级	(24)
2.4.1	级和分贝	(24)
2.4.2	声强级与声压级的关系	(25)
2.5	声波的干涉	(26)
2.5.1	叠加原理	(26)
2.5.2	声波的相干性	(27)
2.5.3	不相干声波的叠加	(28)
2.5.4	声压级的叠加	(30)
2.6	声波的反射 透射 衍射	(33)
2.6.1	声波的反射和透射	(33)
2.6.2	声波的衍射	(36)
2.7	声传播中的发散规律	(37)
2.7.1	点声源在自由空间的辐射	(37)
2.7.2	声源的指向性辐射	(38)
2.7.3	半自由空间中的声辐射	(38)
2.7.4	半自由空间中的线声源	(39)
2.7.5	面声源的传播特性	(41)
2.8	声传播中的其他衰减	(43)
2.8.1	空气吸收的附加衰减	(44)
2.8.2	地面吸收的附加衰减	(46)
2.8.3	气象条件对声传播的影响	(47)
习题 2		(48)
3	环境噪声的评价	(51)
3.1	人的听觉特性	(51)
3.1.1	听觉构造简介	(51)
3.1.2	声音的主观感受	(53)
3.2	人耳的频率响应与等响曲线	(58)
3.2.1	响度级	(58)

3.2.2	等响曲线	(59)
3.2.3	响度	(60)
3.2.4	频率计权	(61)
3.3	噪声基本评价量	(65)
3.3.1	A 声级	(65)
3.3.2	等效连续 A 声级	(65)
3.3.3	暴露声级 L_{AE}	(67)
3.3.4	噪声暴露量 $E_{A,T}$	(67)
3.3.5	累计百分声级 L_N	(68)
3.3.6	噪声评价曲线 NR	(70)
3.3.7	语言干扰级 SIL	(73)
3.3.8	昼夜等效声级 L_{dn}	(73)
3.3.9	噪声污染级	(74)
3.4	噪声允许标准	(74)
3.4.1	城市区域环境噪声标准	(74)
3.4.2	工业企业噪声标准	(75)
3.5	声环境质量评价	(78)
3.5.1	区域环境噪声评价	(78)
3.5.2	交通噪声评价	(81)
习题 3		(82)
4	噪声测量技术	(84)
4.1	噪声的测量仪器	(84)
4.1.1	接收设备	(85)
4.1.2	中间设备	(88)
4.1.3	读出设备	(91)
4.2	声级计	(92)
4.2.1	声级计的结构	(92)
4.2.2	声级计的校准	(94)

4.2.3	声级计的主要附件	(95)
4.2.4	数字声级计	(96)
4.3	声强的测量	(96)
4.3.1	声强测量的原理	(96)
4.3.2	声强测量仪器	(99)
4.4	噪声测量方法和分析技术	(99)
4.4.1	噪声测量注意事项	(99)
4.4.2	频谱分析	(101)
4.4.3	噪声源的鉴别	(102)
4.4.4	数字测量及模数转换	(103)
4.4.5	相关技术和谱密度	(104)
4.4.6	快速傅里叶变换(FFT)	(106)
4.4.7	小波分析技术	(108)
4.4.8	声场计算模拟	(108)
4.4.9	噪声信号实时分析系统	(109)
4.5	环境噪声测量	(110)
4.5.1	城市区域环境噪声测量	(110)
4.5.2	道路交通噪声测量	(111)
4.5.3	航空噪声测量	(112)
4.5.4	工业企业噪声测量	(114)
	习题 4	(117)
5	声环境影响预测	(119)
5.1	声环境影响预测的意义	(119)
5.2	噪声预测的常用方法	(120)
5.2.1	用物理声学 and 几何声学原理预测算法	(120)
5.2.2	实验室缩尺模型的方法	(120)
5.2.3	计算机模拟方法	(121)
5.2.4	灰色系统的预测方法	(121)

5.3	工业企业噪声的预测	(122)
5.3.1	预测的准备阶段	(122)
5.3.2	工业企业噪声预测的一般模式	(123)
5.3.3	以车间建筑作为声源的预测模式	(124)
5.3.4	工厂噪声预测的一种简化模型	(129)
5.4	道路交通噪声的预测	(136)
5.4.1	噪声源模型	(137)
5.4.2	交通噪声的传播环境	(140)
5.4.3	交通噪声预测实例	(144)
5.5	区域环境噪声的预测	(147)
5.5.1	灰色系统法——噪声污染未来状况的预测 ...	(147)
5.5.2	回归分析法——分析噪声和其他因素之间 的关系	(150)
5.6	建设项目环境影响评价中推荐的噪声预测计算 模式	(151)
5.6.1	公路交通噪声预测模式	(151)
5.6.2	铁路噪声预测模式	(153)
5.6.3	机场飞机噪声预测模式	(156)
5.6.4	工业噪声预测模式	(157)
5.7	小结	(159)
	习题 5	(159)
6	噪声控制技术概述	(161)
6.1	噪声控制基本原理与原则	(161)
6.1.1	噪声控制的基本原理	(161)
6.1.2	噪声控制的一般原则	(162)
6.1.3	噪声控制的基本程序	(162)
6.2	噪声源分析	(163)
6.2.1	机械噪声	(163)

6.2.2	气流噪声	(164)
6.2.3	电磁噪声	(164)
6.3	城市环境噪声控制	(165)
6.3.1	城市环境噪声源分类	(165)
6.3.2	城市规划与噪声控制	(168)
6.3.3	噪声管理	(172)
6.3.4	城市绿地降噪	(174)
	习题 6	(175)
7	室内声场和吸声降噪	(176)
7.1	室内声场	(176)
7.1.1	扩散声场中的声能量密度和声压级	(176)
7.1.2	室内声衰减和混响时间	(180)
7.1.3	吸声降噪量	(183)
7.1.4	室内简正方式	(185)
7.2	材料的声学分类和吸声特性	(188)
7.2.1	吸声材料和吸声结构	(188)
7.2.2	吸声系数和吸声量	(189)
7.2.3	吸声系数的测量	(190)
7.3	多孔材料	(194)
7.3.1	多孔材料的吸声原理	(195)
7.3.2	影响多孔材料的吸声特性的因素	(195)
7.3.3	空间吸声体	(198)
7.4	共振吸声结构	(199)
7.4.1	薄膜与薄板共振吸声结构	(200)
7.4.2	穿孔板共振吸声结构	(202)
7.4.3	微穿孔板吸声结构	(205)
7.4.4	薄塑盒式吸声体	(208)
	习题 7	(209)

8 消声器	(211)
8.1 消声器的分类、评论和设计程序.....	(211)
8.1.1 消声器的分类	(211)
8.1.2 消声器的基本要求	(211)
8.1.3 消声器声学性能评价量	(212)
8.1.4 消声器的设计程序	(214)
8.1.5 消声器的压力损失	(215)
8.2 阻性消声器	(221)
8.2.1 阻性消声器原理	(221)
8.2.2 阻性消声器的种类	(222)
8.2.3 气流对阻性消声器性能的影响	(225)
8.2.4 阻性消声器的设计	(227)
8.3 抗性消声器	(228)
8.3.1 扩张室式消声器	(228)
8.3.2 共振式消声器	(233)
8.3.3 干涉式消声器	(236)
8.4 阻抗复合式消声器	(239)
8.4.1 阻性-扩张室复合消声器.....	(239)
8.4.2 阻性-共振腔复合消声器.....	(241)
8.5 微穿孔板消声器	(242)
8.5.1 消声原理	(242)
8.5.2 消声量的计算	(243)
8.6 扩散消声器	(244)
8.6.1 小孔喷注消声器	(244)
8.6.2 多孔扩散消声器	(246)
8.6.3 节流减压消声器	(247)
8.6.4 其他类型消声器	(248)
8.7 应用实例	(250)

习题 8	(253)
9 隔声技术	(254)
9.1 隔声的评价	(255)
9.1.1 隔声量	(255)
9.1.2 空气隔声指数	(256)
9.1.3 插入损失	(257)
9.2 单层匀质密实墙的隔声	(258)
9.2.1 质量定律	(258)
9.2.2 吻合效应	(262)
9.2.3 单层隔声墙的频率特性	(263)
9.3 双层隔声结构	(265)
9.3.1 双层结构的隔声特性	(265)
9.3.2 双层结构的隔声性能	(266)
9.3.3 多层复合隔声结构	(271)
9.4 隔声间	(271)
9.4.1 隔声间的降噪量	(272)
9.4.2 隔声门	(272)
9.4.3 隔声窗	(278)
9.5 隔声罩	(282)
9.5.1 隔声罩的插入损失	(282)
9.5.2 隔声罩的设计要点	(282)
9.6 声屏障	(283)
9.6.1 声屏障的插入损失	(284)
9.6.2 声屏障的设计要点	(285)
习题 9	(286)
10 隔振及阻尼减振	(288)
10.1 振动对人体的影响和评价	(288)
10.1.1 振动对人体的危害	(288)

10.1.2	局部振动标准·····	(290)
10.1.3	整体振动标准·····	(291)
10.1.4	环境振动标准·····	(292)
10.2	振动控制的基本方法·····	(293)
10.2.1	振动的传播规律·····	(293)
10.2.2	振动控制基本方法·····	(293)
10.3	隔振原理·····	(295)
10.3.1	振动的传递和隔离模型·····	(295)
10.3.2	隔振的力传递率·····	(297)
10.4	隔振元件·····	(300)
10.4.1	金属弹簧减振器·····	(301)
10.4.2	橡胶减振器·····	(303)
10.4.3	橡胶隔振垫·····	(305)
10.4.4	其他隔振元件·····	(306)
10.5	阻尼减振·····	(307)
10.5.1	阻尼减振原理·····	(307)
10.5.2	阻尼材料·····	(308)
10.5.3	阻尼减振措施·····	(309)
习题 10	·····	(311)

1 绪 论

1.1 环境噪声的定义

我们生活在一个丰富多彩的有声世界中,声音在我们的生活中起着十分重要的作用.比如说话是人们互相交流信息最直接最经常的手段,它就是通过声音作为媒介来实现的;声音使人们能够欣赏到美妙的音乐,倾听大自然的淙淙流水,婉转鸟语;利用声音(包括“超声”),人们还可以探测水下奥秘,诊断人体疾病;……可以说,大自然和人类不可以没有声音.

但是有些声音却是人们所不需要的.如工厂车间里机器的运转声、城市道路上汽车的嘈杂声、建筑工地设备的轰鸣声、商业市井人群的喧哗声等等,这些声音会影响人们的正常工作、学习和休息,使人烦躁不安,甚至影响人的健康.有些平时我们所需要和喜欢的声音,在一定的场合也会被看成噪声,如晚上需要休息的时候,从邻居家传出来大音量的音乐声就成为干扰噪声了.我们把人们所不需要的、会产生不利影响的聲音叫做噪声.

噪声污染和大气污染、水污染及固体废物污染一起被称作环境方面的四大公害,噪声污染在城市几乎无处不在,并且正在向乡村扩展.环境噪声污染和大气污染及水污染相比,有很大的不同.噪声是一种物理的污染,它一般只产生局部的影响,不会造成区域性或全球性的污染,而且噪声污染不像水污染会有残留污染物.当

噪声源一停止发声,噪声污染也随之消失. 尽管这样,因为它对人造成多方面的危害,所以噪声问题还是越来越引起人们的重视,我们正化费巨大的人力和物力,对噪声公害进行控制与治理.

正如前述,人们所不需要的声音称为噪声. 在《中华人民共和国环境噪声污染防治法》中,是这样定义环境噪声的: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.

从物理上来说,噪声是一种声音能量所造成的污染. 音乐等能给人愉悦感觉的声音,它们在频率、强度等方面都是有规律的,而噪声是指由各种频率和强度都无规则的声波的组合. 噪声污染是工业化所带来的直接后果,随着工业发展和城市化进程的加快,噪声污染所涉及的范围仍在不断扩大. 但是经过环境保护工作者和声学工作者多年的努力,在许多方面,噪声的不利影响得到了有效的控制. 学习噪声污染的基本知识和基本规律,掌握噪声控制的主要方法,是本课程的主要目的.

1.2 噪声的危害

噪声对人的不利影响表现在心理和生理两个方面. 当噪声比较大时,可以造成人的心理烦恼,影响人的工作学习和休息;当噪声非常大时,会影响到人的健康,特别是对听力造成很大的危害. 以下简单介绍噪声的主要危害.