



21世纪环境工程类高职教材
教育部高等学校环境工程专业
教学指导委员会推荐教材

高等专科学校
高等职业技术学院
环境工程专业新编系列教材

噪声控制工程

高红武 主编

武汉理工大学出版社

内容简介

本书分为9章,第1章为绪论,着重介绍噪声污染和危害;第2章为声学基础,是学习后续章节的基础;第3、4章为噪声测量和噪声评价;第5章是噪声控制概论;第6至9章是噪声控制技术部分,对吸声、隔声、消声及阻尼与隔振原理和实用技术作了阐述,在每章后附有现场工程实例。

本书可作为高等专科学校、高等职业技术学院环境工程、环境管理及环境类相关专业的教材,也可作为在职环境保护人员的培训教材和相关领域技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

噪声控制工程/高红武主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2003,7

ISBN 7-5629-1969-0

I. 噪…

II. 高…

III. 噪声控制-高等学校:技术学校-教材

IV. TB535

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 107058 号

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://cbs.whut.edu.cn>

E-mail:wutp@public.wh.hb.cn

印刷者:安陆市鼎鑫印务有限责任公司

发行者:各地新华书店

开 本:787×960 1/16

印 张:13.5

字 数:254 千字

版 次:2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5629-1969-0/X·17

印 数:1—3000 册

定 价:18.50

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

高等专科学校
高等职业技术学院
环境工程专业新编系列教材
编审委员会

顾问: 孙俊逸 宫学栋 宋振东 彭长琪
黄东峰 黎松强 王宜明

名誉主任: 张晓健

主任: 胡亨魁 雷绍锋

副主任: 王红云 吕小明 周国强 李连山
高红武 蔡德明

委员: (按姓氏笔划排列)

王红云	田子贵	吕小明	冯雁
刘晓冰	刘永坚	李连山	陈剑虹
宋振东	林锦基	张晓健	张明顺
陈湘筑	吴国旭	吴晓琴	邱梅
赵建国	周国强	胡亨魁	宫学栋
徐扬	高红武	曾育才	梁红
彭长琪	黎松强	雷绍锋	蔡德明

总责任编辑: 刘永坚 吴晓琴

秘书长: 徐扬

01504

出版说明

由于人类面临的环境问题日益严重,大量影响人类生存和发展的环境问题亟待解决,“环境科学”也就应运而生。当然,与其他发展历史久远的成熟学科相比,环境科学及其分支学科环境工程学都很年轻,又属于多学科交叉融会的横断学科,因此至今尚未成熟。反映到教育领域,国内大专院校的环境工程专业大都是近年才陆续创设、开办,也是一个非常年轻的专业。随着人们对环境问题的深刻关注和了解,环境科学的重要性日益突显,社会对环境工程专业人才的需求大大增加,环境工程专业得到了迅速发展。然而,正因为环境工程专业的年轻和多学科交叉的特点及其突出的实用性特色,使得教材建设的难度很大,以致专业教材严重匮乏。教材成了制约学科和专业发展的重要因素。

为解决教学急需,武汉理工大学出版社在教育部高等学校环境工程专业教学指导分委员会的大力支持和直接指导下,经过广泛深入地调研,决定组织编写、出版一套高等专科学校、高等职业技术学院环境工程专业新编系列教材。此举得到了众多相关院校的热烈响应。全国十多所大专院校积极参加编写;教育部高等学校环境工程专业教学指导委员会秘书长、清华大学张晓健教授担任系列教材编审委员会名誉主任,教学指导委员会大专组组长胡亨魁教授担任编审委员会主任;全套教材各门课程的编写大纲、具体内容均由教学指导委员会审订,并将此系列教材确定为教学指导委员会向全国推荐的重点教材。

高等专科和高等职业教育的培养目标是培养在第一线从事生产、服务和管理的应用型、技能型人才,其教学模式和教学方法有其自身特定的规律,不能套用或简单压缩本科教学的模式和方法。本套教材的编写主要满足三个方向的培养要求:一是从事一线环境污染控制工艺设计、设备生产、设施运行管理与维护的专门人才;二是从事一线生态保护的专门人才;三是一线环境管理的专门人才。为此,教材编写特别强调应用性和实践性,各门课程的理论教学把握以够用为度的原则。全套教材对原有课程体系和教学内容进行了优化整合,精简了理

论教学时数,增加和强化了实践性教学环节。编写内容上特别注重吸取近年来国内外环境治理工程的新技术、新方法,力求与世界先进的环境保护理论和环境工程技术的发展保持同步。

由于本套教材的实用性特色,所以它不仅是一套全日制高等专科学校、高等职业技术学院的专业教材,也可以用于环境保护行业的管理干部和技术干部的职业培训,还可供环境保护的工程技术人员参考。

本套教材是迄今为止全国的第一套专科环境工程专业系列教材,环境工程学科又处在不断发展的过程中,因此,尽管我们的编审者殚精竭虑、尽心尽力,新教材的不足之处也在所难免。我们诚挚地期望使用教材的师生在教学实践中对教材提出批评和建议,以便我们不断修订、完善,精益求精!

武汉理工大学出版社

2003年7月

前 言

《噪声控制工程》是教育部高等学校环境工程专业教学指导分委员会大专教学指导组规划编写的“高职高专环境工程专业系列教材”之一。

噪声危害人类健康,要控制噪声污染,必须在了解噪声允许标准和评价噪声的基础上,对噪声进行测量,掌握噪声的特性,再根据降噪原理确定降噪措施,才能既经济又有效地对噪声进行治理,使之达到国家允许标准。因此按照高职高专高等技术应用型人才的培养要求,教材编写中突出了实践性和应用性的特点;内容上力求实现将理论教学与实践教学有机结合,提高理论教学与实践教学的互动效果;编写风格尽可能做到语言简练、深入浅出、概念明确、内容翔实。教材紧密结合我国环境噪声污染控制的现状,反映了当前国内外的水平,所涉及的标准均为最新颁布实施的国家标准,具有较强的实用性。

本书共分9章,分别介绍绪论、声学基础、噪声测量技术、噪声评价方法及标准、噪声污染控制概论、吸声处理技术、隔声技术、消声技术以及阻尼与隔振技术等内容。在有条件的院校,可根据本书噪声测量的内容开设一定的实验。在学时允许的条件下,还可以做噪声控制技术的课程设计。本教材的教学学时安排建议如下表所示。

序号	章 节	建议学时
1	绪论	2~4
2	声学基础	4~6
3	噪声测量技术	4~6
4	噪声评价方法及标准	4~6
5	噪声污染控制概论	4~6
6	吸声处理技术	5~6
7	隔声技术	5~6

续表

序号	章 节	建议学时
8	消声技术	5~6
9	阻尼与隔振技术	2~4
	合计	35~48

本书由高红武担任主编,并编写第1、5章及噪声控制技术部分实例,张晓玲任副主编,编写第2、3、6章。第7章由黄东峰编写,第4、8、9章由马春梅编写,全书由朱嘉安教授、王宜民教授审稿,在此表示感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中内容难免存在疏漏和错误,恳请读者批评指正。

编者

2003年5月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 噪声及其污染	(1)
1.1.1 噪声污染	(1)
1.1.2 噪声污染的主要特点	(2)
1.2 环境噪声源及其分类	(3)
1.2.1 噪声的来源	(3)
1.2.2 噪声的分类	(3)
1.2.3 环境噪声源的分类	(3)
1.3 噪声的危害	(5)
1.3.1 听力损伤	(5)
1.3.2 对睡眠的干扰	(7)
1.3.3 对交谈、通讯、思考的干扰	(7)
1.3.4 对人体的生理影响	(8)
1.3.5 对心理的影响	(8)
1.3.6 对儿童和胎儿的影响	(9)
1.3.7 对动物的影响	(9)
1.3.8 噪声对物质结构的影响	(9)
1.4 噪声控制技术的发展	(10)
2 声学基础	(12)
2.1 声波的基本性质	(12)
2.1.1 机械振动	(12)
2.1.2 波动	(14)
2.1.3 声压、特性阻抗	(17)
2.2 声音的量度	(18)
2.2.1 声波的能量、声强	(18)

2.2.2	声级、计权 A 声级	(20)
2.2.3	声级的计算	(23)
2.3	声音的频谱	(28)
2.3.1	频谱	(28)
2.3.2	倍频程与频带	(31)
2.3.3	频带声压级	(33)
2.4	声音的传播特性	(34)
2.4.1	声波传播的一般规律	(34)
2.4.2	扩散衰减	(36)
2.4.3	地面构筑物对声波的衰减	(39)
3	噪声测量技术	(43)
3.1	噪声测量仪器	(43)
3.1.1	声级计	(43)
3.1.2	频谱分析仪	(48)
3.1.3	电平记录仪与磁带记录仪	(51)
3.1.4	计算机控制测量仪器	(52)
3.2	噪声测量方法	(55)
3.2.1	环境噪声测量方法	(55)
3.2.2	工业企业噪声测量方法	(62)
3.3	噪声测量技能训练	(65)
4	噪声评价方法及标准	(69)
4.1	人耳的听觉特性	(69)
4.1.1	声音的接受与人耳的功能	(69)
4.1.2	人耳的听觉特性与等响曲线	(70)
4.2	噪声的评价量和评价方法	(75)
4.2.1	A 声级	(75)
4.2.2	等效 A 声级	(75)
4.2.3	昼夜等效声级	(77)
4.2.4	累积百分声级(统计声级)	(77)
4.2.5	噪声污染级	(78)
4.2.6	交通噪声指数	(79)
4.2.7	噪声评价数	(79)
4.2.8	感觉噪声级	(82)
4.2.9	噪声冲击指数	(85)
4.2.10	更佳噪声标准曲线	(86)

4.3	噪声允许标准	(87)
4.3.1	环境噪声标准	(87)
4.3.2	健康保护和听力保护标准	(90)
4.3.3	声源噪声控制标准	(91)
5	噪声污染控制概论	(93)
5.1	城市环境噪声管理——噪声控制法规	(94)
5.1.1	交通噪声污染防治	(94)
5.1.2	工业噪声和建筑噪声污染防治	(94)
5.1.3	社会生活噪声的污染防治	(95)
5.1.4	城市规划噪声管理	(96)
5.2	工业噪声技术管理	(98)
5.2.1	减少工作时间和劳动过程	(98)
5.2.2	加强对设备的维修和管理	(98)
5.2.3	更新机械设备和生产工艺	(98)
5.2.4	合理布置或调整设备的安装布局	(98)
5.3	噪声污染工程控制	(99)
5.3.1	声源控制	(99)
5.3.2	在传播途径上降低噪声	(100)
5.3.3	对接受者的防护	(101)
5.4	噪声控制的工作程序	(104)
5.4.1	调查噪声源	(104)
5.4.2	确定减噪量	(104)
5.4.3	选定噪声控制方案	(104)
5.4.4	降噪效果的鉴定和评价	(105)
5.5	几种工业噪声源及其控制	(105)
5.5.1	鼓风机噪声及其控制	(105)
5.5.2	空压机噪声及其控制	(107)
5.5.3	球磨机噪声及其控制	(108)
5.5.4	电动机噪声及其控制	(109)
5.5.5	泵噪声及其控制	(109)
6	吸声处理技术	(111)
6.1	吸声系数和吸声量	(111)
6.1.1	吸声系数	(111)
6.1.2	吸声量	(112)
6.2	吸声材料和吸声结构	(113)

6.2.1	吸声材料	(113)
6.2.2	吸声结构	(119)
6.3	吸声减噪量的计算	(128)
6.3.1	室内声场简介	(128)
6.3.2	室内声场的声能密度和声压级	(128)
6.3.3	混响时间	(131)
6.3.4	吸声减噪效果的计算	(132)
6.3.5	吸声减噪计算实例	(133)
6.4	吸声技术的应用	(135)
6.4.1	吸声降噪设计的原则	(135)
6.4.2	吸声降噪设计的程序	(135)
6.4.3	吸声降噪应用实例	(136)
6.4.4	吸声减噪实例	(137)
7	隔声技术	(141)
7.1	隔声技术基础	(141)
7.1.1	声波的反射和透射系数	(141)
7.1.2	单层隔声构件的隔声量	(143)
7.1.3	单层隔声构件的频率特性	(147)
7.1.4	双层隔声结构	(151)
7.2	门窗和孔隙对隔声的影响	(154)
7.2.1	门窗对隔声的影响	(154)
7.2.2	孔洞、缝隙对隔声的影响	(156)
7.3	常见隔声构件的隔声性能	(157)
7.3.1	分隔墙	(157)
7.3.2	隔声屏	(158)
7.3.3	隔声罩	(159)
7.4	隔声技术应用	(160)
7.4.1	隔声技术应用的广泛性	(161)
7.4.2	隔声材料功能的多样性	(162)
7.4.3	隔声技术应用实例	(162)
8	消声技术	(164)
8.1	消声器简介	(164)
8.1.1	消声器性能的评价	(164)
8.1.2	消声器声学性能的评价	(165)
8.1.3	消声器的种类	(166)

8.1.4	消声器的设计程序	(166)
8.2	阻性消声器	(167)
8.2.1	直管式阻性消声器	(167)
8.2.2	多通道的阻性消声器	(169)
8.2.3	气流对阻性消声器性能的影响	(172)
8.2.4	阻性消声器的设计原则	(174)
8.3	抗性消声器	(175)
8.3.1	扩张性的消声器	(175)
8.3.2	共振腔消声器	(179)
8.4	消声器的应用	(181)
8.4.1	阻性消声器的应用	(181)
8.4.2	抗性消声器的应用	(182)
8.4.3	阻性-共振腔复合型消声器的应用	(182)
8.4.4	阻抗复合消声器的应用	(183)
8.4.5	消声器应用实例	(184)
9	阻尼与隔振技术	(187)
9.1	隔振	(187)
9.1.1	隔振的基本概念	(187)
9.1.2	隔振的力传递率	(189)
9.1.3	隔振降噪值的估算	(190)
9.1.4	隔振材料与减振器	(191)
9.2	阻尼	(193)
9.2.1	阻尼减振技术中的几个基本概念	(193)
9.2.2	阻尼材料	(195)
9.3	隔振和阻尼的应用	(197)
9.3.1	隔振材料和减振器的工程应用	(197)
9.3.2	阻尼的应用	(198)
9.3.3	隔振与阻尼技术应用实例	(198)
参考文献		(202)

1 绪 论

本章提要

人类处在声音的包围之中,声音对人类社会的各项社会实践都非常有用。但有些声音的存在影响人们正常工作和健康,是人们不需要的声音,称为噪声。环境噪声是指在生产、建筑施工、交通运输和社会生活中所产生的影响周围生活环境的声音。噪声污染是世界四大污染之一,对人的生活、健康危害很大。本章主要学习噪声及其污染,噪声污染的危害、特点,噪声控制技术的发展。

1.1 噪声及其污染

1.1.1 噪声污染

人的生活、工作都离不开声音。我们从日常的生活中可以体会到声音总是有3个表征量,即音量的大小、音调的高低与音色的不同。这些都是与声音的物理特性密切相关的。这些声音中有些是人们需要的、想听的,如语言上的相互交谈或是音乐欣赏;而有些声音则是工作中、生活中不想听的,这些声音就称为“噪声”,其中也包括有人想听而干扰你休息的音乐声。心理学的观点认为噪声和乐声是很难区分的,它们会随着人们主观判别的差异而改变,因此噪声与好听的声音是没有绝对界限的。在《中华人民共和国环境噪声污染防治法》中,环境噪声是指在生产、建筑施工、交通运输和社会生活中所产生的影响周围生活环境的声音。

噪声污染是当代的世界性问题。古代就有噪声污染问题,噪的解释:《说文》为扰也;《玉篇》为群呼烦扰也。这是两千年以前的记载,仅指因人声喧哗而成为烦扰人的噪声;而近代的噪声污染则是大规模工业化的后果,随着各种机械设备、交通工具的急剧增加,噪声污染问题也越来越严重,它已经成为当今社会的四大公害之一。

1.1.2 噪声污染的主要特点

噪声污染与水、气、固废等物质的污染相比,具有其显著特点:

1.1.2.1 环境噪声是感觉公害

噪声对环境的污染与工业“三废”一样,是一种危害人类的公害,但就公害性质来说,噪声属于感觉公害。通常,噪声是由不同振幅和不同频率组成的无调嘈杂声。但有调或好听的音乐声,在它影响人们的工作和休息,并使人感到厌烦时,也认为是噪声。所以,对噪声的判断也与个人所处的环境和主观愿望有关。因此,对噪声评价的显著特点,是与受害人的生理与心理因素有关的。环境噪声标准也要根据不同的时间、不同的地区和人所处的不同行为状态来制定。

1.1.2.2 环境噪声是局限性和分散性的公害

所谓局限性是指一般的噪声源只能影响它周围的一定区域,而不会像大气污染能飘散到很远的地方。环境噪声扩散影响的范围具有局限性。

分散性主要是指环境噪声源分布的分散性。

1.1.2.3 环境噪声具有能量性

环境噪声是能量的污染,它不具备物质的累计性。噪声是由发声物体的振动向外界辐射的一种声能。若声源停止振动发声,声能就失去补充,噪声污染随之终止,危害即消除。不像其他污染源排放的污染物,即使停止排放,污染物在长时间内还是残留着,污染是持久的。噪声的能量转化系数很低,约为 10^{-6} ,即百万分之一。换句话说,1kW 的动力机械,大约只有 1mW 变为噪声能量。

1.1.2.4 环境噪声具有波动性和难避性

声能是以波动的形式传播的,因此噪声特别是低频噪声具有很强的绕射能力,可以说是“无孔不入”。突发的噪声是难以逃避的,“迅雷不及掩耳”就是这个意思。人耳不会像眼睛那样迅速闭合来防止光污染,也不会像鼻子遇到异味能屏气以待,即使在睡眠中,人耳也会受到噪声的污染。由于噪声以 340m/s 的速度传播,因此即使闻声而逃,也避之不及。

1.1.2.5 噪声具有危害潜伏性

有人认为,噪声污染不会死人,因而不重视噪声的防治。大多数暴露在 90 dB(A)左右噪声条件下的职工,也认为能够忍受,实际上这种“忍受”是以听力偏移为代价的。噪声的危害不可低估。

1.2 环境噪声源及其分类

1.2.1 噪声的来源

噪声是声的一种,它具有声波的一切特性,主要来源于物体(固体、液体、气体)的振动。通常我们把能够发声的物体称为声源,产生噪声的物体或机械设备称为噪声源,能够传播声音的物质称之为传声介质。人对噪声有吵闹的感觉,同噪声的强度和频率有关,频率低于 20Hz 的声波称为次声,超过 20kHz 的称之为超声,次声和超声都是人耳听不到的声波。人耳能够感觉到的声音(可听声)频率范围是 20~20 000Hz。物理学上通常用频率、波长、声速、声压、声强、声功率级及声压级等概念和量值来描述声的一般特性。

1.2.2 噪声的分类

噪声因其产生的条件不同而分为很多种类,既有来源于自然界的(如火山爆发、地震、潮汐和刮风等自然现象所产生的空气声、地声、水声和风声等),又有来源于人为活动的(如交通运输、工业生产、建筑施工、社会活动等)。生活中噪声主要有过响声、妨碍声、不愉快声、无影响声等。过响声是指很响的声音,如喷气发动机排气声、大炮轰鸣声等;妨碍声是指一些声音虽不太响,但妨碍人们的交谈、思考、学习和睡眠;摩擦声、刹车声、吵闹声等称不愉快声;人们生活中习以为常的室外风声、雨声、虫鸣声等称无影响声。

环境中出现的噪声,按辐射噪声能量随时间的变化可分为稳定噪声、非稳定噪声和脉冲噪声。按噪声的频率特性可分为高频噪声、低频噪声、宽带噪声、窄带噪声等。

1.2.3 环境噪声源的分类

影响城市声环境质量的噪声源按人的活动方式分为以下几类:

1.2.3.1 交通噪声

交通工具(如汽车、火车、飞机等)是活动的噪声源,对环境影响较广。我国城市交通噪声主要是汽车行驶中发出的噪声。随着城市规模逐渐扩大,人口密度(社会活动)增加,交通运输量不断增长,城市环境噪声污染日益加重。我国城市道路交通噪声统计结果表明,噪声等效声级范围在 68~76dB(A)之间,有 3 390 万人受到公路交通噪声影响,其中 2 700 万人生活在高于 70dB 的噪声严重污染的环境

中。汽车噪声除喇叭外,主要来自发动机、冷却风扇、进排气、轮胎等。当车速超过50km/h时,轮胎与路面接触所产生的噪声就成为交通噪声的主要组成部分。

1.2.3.2 工业噪声

工业噪声按其产生的机理可分为气体动力性噪声、机械噪声、电磁性噪声三种。

1. 气体动力性噪声

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、排气口时传出的声音,此为气体动力性噪声。

2. 机械噪声

它是由固体结构物振动产生的。物体间的撞击、摩擦、交变机械力作用下的金属板、旋转机件的动力不平衡,以及运转的机械零件轴承、齿轮等都会产生机械噪声,如锻锤、织机、机床、机车等产生的噪声。

3. 电磁性噪声

由电磁振动、电机等的交变力相互作用产生的噪声,如电流和磁场的相互作用产生的噪声,发动机、变压器的噪声。

工厂噪声不仅直接危害生产工人,也影响附近的居民。工业噪声中,电子工业和轻工业噪声在90dB(A)以下;纺织厂噪声为90~110dB(A);机械工业噪声为80~120dB(A),凿岩机、大型球磨机达120dB(A),风铲、风铆、大型鼓风机在130dB(A)以上。表1.1所示为常见工业设备的噪声范围。

表 1.1 常见工业设备噪声范围

设备名称	声级范围(dB(A))	设备名称	声级范围(dB(A))
飞机发动机	107~140	冲床	74~98
振动筛	93~130	砂轮	91~105
球磨机	87~128	风铲(镐)	91~110
织布机	96~130	轧机	91~110
鼓风机	80~126	冲压机	91~95
引风机	75~118	剪板机	91~95
空压机	73~116	粉碎机	91~105
破碎机	85~114	磨粉机	91~95
蒸汽锤	86~113	冷冻机	91~95
柴油机	107~111	抛光机	96~100
锻机	89~110	刨床	96~100
木工机械	85~120	挤压机	96~100
电动机	75~107	卷扬机	80~90
发电机	71~106	退火炉	91~100
水泵	89~103	拉伸机	91~95
车床	91~95	细纱机	91~95

1.2.3.3 建筑施工噪声

建筑施工的噪声如表 1.2、1.3 所示。

表 1.2 建筑施工机械噪声声级(dB(A))

机械名称	距离声源 10m		距离声源 30m	
	范 围	平 均	范 围	平 均
打桩机	93~112	105	84~103	91
地螺钻	68~82	75	57~70	63
铆 枪	85~98	91	57~70	86
压缩机	82~98	88	78~80	78
破路机	80~92	85	74~80	76

表 1.3 施工现场边界上的噪声级(dB(A))

场地类型	居民建筑	办公楼等	道路工程等
场地清理	84	84	84
挖土方	88	89	89
地 基	81	78	88
安 装	82	85	79
修 整	88	89	84

1.2.3.4 社会噪声

社会活动噪声和家庭生活噪声普遍存在,如宣传用高音喇叭、家庭收音机、电视机、音响、厨房切菜等对邻居干扰的噪声。缝纫机噪声为 50~80dB(A),电视机噪声为 60~83dB(A),电扇噪声为 30~65dB(A),洗衣机噪声为 50~80dB(A)。

1.3 噪声的危害

噪声广泛地影响着人们的各种活动,如影响睡眠和休息,妨碍交谈,干扰工作,使听力受到损害,甚至引起神经系统、心血管系统、消化系统等方面的疾病。实际上,噪声是影响面最广的一种环境污染。噪声的危害主要表现在以下方面:

1.3.1 听力损伤

噪声对听力的损害是噪声危害中认识得最早的一种影响。早在 1886 年,英