

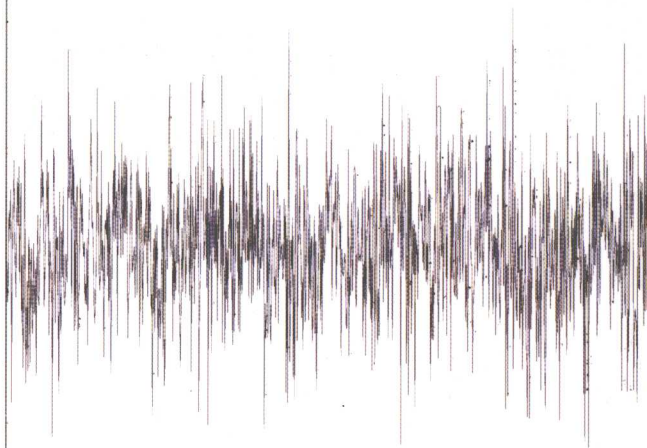


面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

环境噪声控制工程 (第二版)

Environmental Noise Control Engineering

毛东兴 洪宗辉 主编



高等教育出版社



面向 21 世纪课程教材

环境噪声控制工程 (第二版)

Huanjing Zaosheng Kongzhi Gongcheng

毛东兴 洪宗辉 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,在《环境噪声控制工程》(洪宗辉,2002)的基础上修订改编而成。本书详细地论述了声环境影响评价与控制的基本原理、方法和措施,注重实际应用能力的培养,并尽可能反映近年来国内外环境噪声控制领域中的最新成果和动态,以及相关规范和标准的内容。全书共分十二章,第一章至第四章介绍了环境噪声原理和动态,以及相关规范和标准的基础知识,第五章和第六章阐述了声环境影响评价和规划管理,第七章至第十二章详细论述了环境噪声与振动控制的原理和实用技术,包括吸声、隔声、消声和隔振,以及环境噪声控制中常用的声屏障与低噪声路面等的运用和降噪效果。

本书是高等学校环境科学与环境工程专业的教材,也可供从事环境保护、城市规划、建筑设计等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境噪声控制工程/毛东兴,洪宗辉主编.—2版.—北京:
高等教育出版社,2010.1
ISBN 978-7-04-028465-2

I. 环… II. ①毛…②洪… III. 环境噪声—噪声控制—
高等学校—教材 IV. TB53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 225031 号

策划编辑 陈文 责任编辑 谭燕 封面设计 张楠
责任绘图 尹莉 版式设计 张岚 责任校对 王效珍
责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landaco.com
经销	蓝色畅想图书发行有限公司		http://www.landaco.com.cn
印刷	化学工业出版社印刷厂	畅想教育	http://www.widedu.com
		版次	2002年6月第1版
			2010年1月第2版
开本	787×960 1/16	印次	2010年1月第1次印刷
印张	20	定价	25.70元
字数	350 000		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28465-00

第二版前言

环境噪声污染是国内外影响最大的公害之一，随着经济和技术的飞速发展，环境噪声的特征发生了显著的变化，环境噪声的控制技术也取得了长足的进步，人们对环境噪声的科学认识，以及相应的管理法规、标准等也更加科学合理。为更好地反映环境噪声控制领域的最新发展动态，以及相关规范、标准的要求，使教材内容与实际应用和发展趋势的关系更加紧密，本书在《环境噪声控制工程》（洪宗辉，2002）的基础上修订改编而成。

本次修订改编在基本保持原书框架和特色的基础上，增加并更加侧重噪声环境影响评价与控制方面的内容，如增加了声屏障、低噪声路面，以及声环境规划等章节和内容，而相对缩减了一般环境噪声控制方面知识的比例；在知识更新上尽可能反映最新的国际研究成果、动态和应用技术，并与相关规范、标准等相呼应，使所介绍的知识更加贴近实际应用和发展趋势。

本书取消了原书中“环境噪声控制应用实例”和“声学实验”两章的内容，这些内容在本书的一些章节中有所介绍。同时，在章非娟与徐竟成主编的《环境工程实验》一书中对环境噪声控制应用实验按照实验课程的教学要求进行了编写。实验教学内容的调整可以更好地适应课程的设置。

本书的指导思想是以工程实用为主，并给予必要的理论基础知识，力求使学生通过本课程的学习，清晰地掌握基本概念，具备根据工程实际情况灵活运用基本原理来解决实际问题的能力。

为适应各学校授课时数的不同，书中前后章节虽有联系，但各章节均有一定的独立性，在教学中可根据实际授课时数适当取舍。

本书的编者有：潘仲麟（第一章）、张邦俊（第二章）、翟国庆（第三、四章）、洪宗辉（第五、六章）、毛东兴（第七、八、九章）、王佐民（第十、十一、十二章）。

我们诚恳地欢迎使用本书的师生和其他读者对书中的不妥和错误之处提出宝贵意见。

作者

2009年8月

第一版前言

随着现代工业、交通运输业和城市建设的发展,环境噪声污染已成为国内外影响最大的公害之一。为适应环境保护事业发展的需要,我国许多高等学校设立了环境科学和环境工程专业,并开设了环境噪声控制课程。鉴于十余年来我国环境声学学科的发展,尤其是交通噪声预测、治理技术取得的较大进展,建设项目环境影响评价申报制度的实施,各类环境噪声标准体系的建立,原《环境噪声控制工程》(郑长聚,1988)教材因出版时间较早,内容已显陈旧。为了满足21世纪的教学需要,同济大学和浙江大学在原教材的基础上,集多年教学和科研经验,以及近年来国内外的最新研究成果编成此书。

编写本书的指导思想是以工程实用为主,并给予必要的理论基础知识,力求使学生通过本课程的学习,具有一定的实际工作能力,对环境噪声控制工程不拘泥于套用公式和图表,而能够视工程实际情况,根据噪声控制原则,举一反三地进行思考和设计。

本书列出了一些常用的数据,对一些复杂的计算公式还给出了图表,以便于工程设计时查阅。书中所列工程设计实例、声学标准、噪声环境影响评价方法,可供设计时参考。

为适应各学校授课时数的不同,书中前后章节虽有联系,但各章节均有一定的独立性,在教学中可根据实际授课时数适当取舍。建议教师在注重课堂讲授的同时,开设一些声学实验和课程设计。

本书的编者有:王佐民(第一、二、四章)、毛东兴(第三、十二章)、洪宗辉(第五、十一章)、潘仲麟(第六章)、张邦俊(第七、八、十章)、翟国庆(第九章)。

我们诚恳地欢迎使用本书的师生和其他读者对书中的不妥和错误之处提出宝贵意见。

作者

2000年12月

目 录

第一章	绪论	1
1.1	噪声及其危害	1
1.2	环境声学的研究内容	5
1.3	我国声环境状况	6
1.4	环境声学进展	7
第二章	声波的基本性质及传播规律	9
2.1	声波的产生及描述方法	9
2.2	声波的叠加.....	14
2.3	声波的频率和噪声的频谱.....	16
2.4	声波的反射、透射和衍射.....	19
2.5	声源的辐射.....	22
2.6	声波在传播过程中的衰减.....	24
	习题	27
第三章	噪声源的测量	30
3.1	基本声学量——声压的测量.....	30
3.2	声源的频谱测量.....	34
3.3	声强及声功率测量.....	37
3.4	测量仪器.....	50
	习题	58
第四章	环境噪声与振动的评价及测量方法	59
4.1	噪声的评价量.....	59
4.2	振动的评价量.....	79
4.3	评价标准和法规.....	83
4.4	环境噪声测量方法	102
4.5	环境振动测量方法	112
第五章	声环境影响评价	115
5.1	声环境影响评价的目的和意义	115
5.2	声环境影响评价工作程序和方法	115

5.3	声环境影响评价工作等级和基本要求	118
5.4	声环境现状调查和评价	121
5.5	声环境影响预测	123
5.6	公路(道路)交通噪声预测模式	135
5.7	铁路噪声预测模式	137
5.8	机场飞机噪声预测模式	140
5.9	工业噪声预测模式	141
	习题	143
第六章	声环境规划与环境噪声控制	144
6.1	声环境规划的目的和意义	144
6.2	声环境规划的内容和要点	144
6.3	噪声控制的基本原理与原则	148
6.4	环境噪声源及其规划控制	151
	习题	159
第七章	吸声降噪技术	160
7.1	吸声材料的分类和吸声性能评价量	160
7.2	多孔性吸声材料	168
7.3	共振吸声结构	175
7.4	室内声场和吸声降噪	184
	习题	196
第八章	隔声降噪技术	198
8.1	隔声性能的评价量	198
8.2	单层均质密实墙的隔声	207
8.3	双层结构隔声性能	214
8.4	组合墙的隔声量	220
8.5	隔声间	224
8.6	隔声罩	232
	习题	233
第九章	声屏障	234
9.1	声屏障的基本原理	234
9.2	声屏障插入损失的计算	236
9.3	声屏障设计程序	246
9.4	声屏障插入损失的测量	249
9.5	声屏障工程的环保验收	253

第十章 消声器	255
10.1 消声器的类型及性能评价.....	255
10.2 阻性消声器.....	257
10.3 抗性消声器.....	263
10.4 微穿孔板消声器.....	268
10.5 新型面板材料.....	271
10.6 扩散消声器.....	274
10.7 消声器性能测量方法.....	278
习题.....	281
第十一章 低噪声路面	282
11.1 低噪声路面简介.....	282
11.2 多孔性低噪声沥青路面.....	284
11.3 骨架密实型低噪声沥青路面.....	287
第十二章 隔振与阻尼减振	289
12.1 振动控制的基本途径.....	289
12.2 隔振原理.....	292
12.3 隔振元件.....	297
12.4 阻尼减振.....	301
习题.....	307
主要参考文献	308

第一章

绪 论

环境噪声污染是当今世界公认的环境问题之一。从 20 世纪 50 年代起,随着工业、运输业的迅猛发展,噪声也随之增加,污染日益严重。在城市化发展的今天,城市快速道路、高架复合道路、轨道交通、大型健身娱乐场所、空调系统等相继出现,几乎人人都受到噪声的影响。据统计,环保部门收到的污染投诉,很大一部分与噪声有关。环境噪声控制不仅已成为环保部门的紧迫任务,而且也是落实科学发展观,构建和谐社会的重要内容。

1.1 噪声及其危害

声音带给人们各种信息。依靠语言声音的交流,人类的知识才能得以连续地传递、积累和发展。和谐的声音,对人们来说是一种美的享受。然而,有些声音是人们不需要的,称为噪声。噪声可能是强度和频率杂乱无序的声音,也可能是节奏和谐的音乐。

噪声影响人们的正常工作和休息,危害人体健康。研究表明,噪声的危害是多方面的。

1.1.1 噪声对人体的影响

1. 噪声对听力的影响

人在较强的噪声环境下暴露一定时间后,会使听力下降。研究表明,长期接触 80 dB 以上的噪声,听力就有可能受到损害,在大于 85 dB 的噪声环境中工作 20 年,将有 10% 的人出现耳聋,环境噪声大于 90 dB 时,耳聋患者的比例将超过 20%。

人从高强噪声环境回到安静场所停留一段时间,听力尚能恢复,这种现象称为暂时性听阈偏移,也称为听觉疲劳。但长期在高强噪声环境中工作,不断地受高强噪声刺激,听力就不能恢复,内耳感觉器官会发生器质性病变,导致所谓的噪声性耳聋或永久性听力损失。

所谓听力损失，是指某耳在一个或几个频率的听阈比正常耳的听阈高出的值（dB）。听力损失 10~25 dB 尚能完全恢复；听力损失 25 dB 以上，经数小时或数十小时尚能恢复，为暂时性耳聋；不能完全恢复的，即为永久性耳聋。听力损失 15~25 dB 时，尚接近正常；25~40 dB 则是轻度耳聋，这时听清 1.5 m 外的讲话就会有些困难；听力损失 40~65 dB 是中度耳聋，无法听清 1.5 m 外的大声讲话；65 dB 以上则是重度耳聋，听清大声喊叫都有些困难。据统计，当今世界上有 7 000 多万耳聋患者，其中相当一部分是由于噪声所致。专家研究证明，家庭室内噪声是造成儿童耳聋的主要原因。

2. 噪声对人的生理和心理的影响

噪声对人的生理影响除前面介绍的听觉系统外，还涉及对人的心血管系统、消化系统、神经系统和其他脏器的影响及危害。

美国匹兹堡一心理学家的研究发现，在洛杉矶机场附近学校就读的孩子与在较“安静”的学校就读的孩子相比，前者血压较高，做数学作业的速度较慢。不少人认为，20 世纪生活中的噪声是造成心脏病的一个重要原因。

噪声能引起消化系统方面的疾病。早在 20 世纪 30 年代，就有人注意到长期暴露在噪声环境下的工作者其消化功能有明显的改变。在某些吵闹的工业行业里，溃疡的发病率比安静环境下的发病率高 5 倍。

在神经系统方面，神经衰弱是最明显的症状，噪声引起失眠、疲劳、头晕、头痛、记忆力减退等症状。古代教会用钟声惩处异教徒，第二次世界大战期间法西斯分子用噪声折磨战俘，就是利用噪声使受害者的神经错乱。

噪声引起的心理影响，主要是使人烦恼、激动、易怒，甚至失去理智。因噪声干扰引发的厂群纠纷、邻里纠纷十分常见，甚至导致极端的命案。据报道，在 20 世纪 90 年代，某日浙江几位青年聚会，打开音响放大音量听音乐，隔壁的陈某抱怨声音太大，双方发生争吵，陈某当即用刀刺死一青年。

研究表明，噪声会使孕妇产生紧张反应，引起子宫血管收缩，影响胎儿发育所必需的营养和氧气供给。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，不论是孕妇体内的胎儿还是刚出生的婴儿，噪声均可损伤听觉器官，使听力减退或丧失。

1.1.2 噪声干扰人的正常生活

1. 噪声对睡眠的干扰

睡眠对人是极为重要的，它能使人的新陈代谢得到调节。人的大脑通过睡眠得到充分休息，睡眠可消除人的体力和脑力疲劳。

睡眠受噪声的影响，在不同阶段有所不同。人的睡眠一般分为五个阶段：I、I（REM）、II、III和IV。开始第I阶段只是有些模糊、朦胧。第I（REM）阶段仍是朦胧并有眼球的迅速转动。第II阶段才入睡，但仍似睡非睡，有些模糊。第III阶段较熟，第IV阶段最熟，脑电波活动减少，人得到了休息。一般年轻人，进入第I阶段需要5 min，I（REM）要20 min，而后便逐渐入睡。II约45 min，熟睡阶段III、IV共约20 min，以后又回到I或I（REM），周而复始。每一个周期大约是90 min。年纪渐大，半睡状态增加，熟睡阶段缩短，做梦总是在半睡状态I（REM）。噪声对睡眠的影响有两个方面：一是缩短熟睡阶段III、IV，使人很快回到I或I（REM），甚至难以入睡；二是有时会惊醒，特别是噪声有变化时，容易被惊醒。产生这些影响在噪声级为50 dB时已比较严重，所以应以50 dB作为最高限度。在有些工厂，工人受噪声伤害十分严重，甚至引起神经衰弱、血压升高。其实在工作场所噪声虽高，经过一夜休息完全可以恢复。只是若夜间也不能很好地休息，即使噪声级只有60~70 dB，由于睡眠受到较大干扰，问题也会很严重。通常在30 dB声环境中，睡眠可不受干扰，对休息也是如此。

在一般房间，开窗时室外噪声传入房间噪声级可降低10 dB，所以城市噪声（在建筑物前1 m测量）如果是50~70 dB，夜间降低10 dB，就可以满足白天工作、夜间睡眠的需要。如果城市噪声达到70~90 dB（如在繁华街市上），则必须采取措施才能满足需要（例如采用隔声性能较好的门窗）。

根据以上介绍可得适合人的噪声环境如表1-1所示。

表 1-1 适合人的噪声环境

情况	声级/dB (A)
体力劳动（听力保护）	70~90
脑力劳动（语言清晰度）	50~70
睡眠、休息	30~50

不要求把噪声彻底消除，只要求达到不发生伤害或干扰的最低值。人不习惯于无声的环境，真正无任何声音时，反而使人感到不安。

2. 噪声影响语言交流

通常情况下，人们相对交谈距离为1 m时，平均声级大约为65 dB。但是，环境噪声会掩蔽语言声，使语言清晰度降低。噪声级比语言声级低很多时，噪声对语言交谈几乎没有影响；噪声级与语言声级相当时，正常交谈受到干扰；噪声级高于语言声级10 dB时，语言声会被完全掩蔽；当噪声级大

于90 dB时，即使大声叫喊也难以进行正常交谈。

用口头语言交流不是听得见、听不见的问题，而是听得清、听不清，或听得懂、听不懂的问题。聆听质量一般用可懂度表示。可懂度是指任意 100 个音节（字）所能听懂的百分数。可懂度最好的情况大概是说 100 句话可以听懂 95 句以上，这相当于音节可懂度 80% 以上。一般音节可懂度在 60% 以上时，语言交流的情况较好。如果音节可懂度低到 30%，此时基本上就听不懂了。可懂度可用于评价当面谈话的质量，也可用于评价电话通信的质量。由于脑力劳动大多通过语言进行（或直接或间接），所以可懂度也适用于脑力劳动。

语言频谱的范围是 200~6 000 Hz。如果只包括可懂度必需的频率，则是 500~4 000 Hz，这就是电话系统设计的要求，也是破坏交谈最有效的频率范围。不过因为技术上的原因，用白噪声（频谱在一定范围内平直，各频率强度相同）就很有效。有时为了保密，或隐蔽谈话而不致影响邻居（面谈或使用电话），250~2 500 Hz 噪声最有效，有时就用具有大量谐波的 500 Hz 噪声最为简便。

图 1-1 表示了语言可懂度受噪声的影响，30 dB 的白噪声不能影响面对面的交谈，60 dB 白噪声对 65dB 的正常谈话也影响不大，不过一般室内谈话声音比面对面谈话稍低一些，而女声只要 60 dB 就可交谈。在 90 dB 白噪声下，高声（80 dB）交谈也几乎听不清，大声喊（95 dB）才能听懂。但语言声过大有可能发生畸变，戴上耳塞把语言声和噪声同时降低，可以得到满意的可懂度（图中虚线）。图 1-1 中几条干扰线（30 dB、60 dB 和 90 dB 白噪声）形状都相似，所以中间值可用内插法求得。大体上说，语言交谈在同

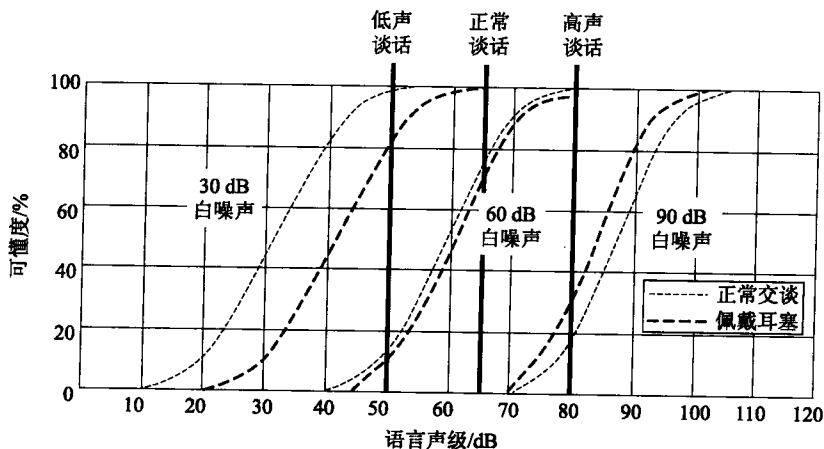


图 1-1 语言可懂度受噪声的影响

样声压级白噪声影响下仍可进行,白噪声声压级高 5 dB 就听不清了。比语言声级低 10 dB 的白噪声对谈话基本无影响。

总之,噪声对人的影响和危害是多方面的,有些是可用科学实验、临床观察、流行病学的方法来加以调查验证的,有些则比较困难,尚无有效的客观方法来调查分析,尤其是某些心理上的影响,尽管受害者诉述甚多,但也只能采取一般性的调查方法,难免掺杂各种人为或生理因素。曾有报道,伦敦某机场附近居民因飞机噪声入精神病院治疗的人较远离机场的人要多,这一报道引起轩然大波。后来查明,住院患者多为 45 岁以上的女性,据统计男性和女性精神病住院率并无差异。分析得出 45 岁以上女性住院患者多为丧偶、离异妇女和未婚女性。此外还涉及经济条件和社会救济等问题。因此,很难说飞机噪声是唯一或主要造成精神病的原因。

此外,噪声还会引起劳动生产率下降;高噪声可使自动化、高精度的仪表失灵;强噪声可将墙震裂、瓦震落、门窗震坏,甚至使烟囱及建筑物倒塌。

1.2 环境声学的研究内容

1.2.1 环境声学

环境声学是 1974 年第八届国际声学会议上正式使用的术语,是环境物理学的一个分支学科。它从物理学的角度探讨声环境质量的变化规律,以及评价、控制和改善声环境质量的技术措施。

为了改善人类的声环境,保证语言清晰易懂、音乐优美动听,从 20 世纪初开始,人们对建筑物内的音质问题进行研究,促进了建筑声学的形成和发展。50 年代以来,随着工业生产、交通运输的迅猛发展,城市人口急剧增长,噪声源也越来越多,所产生的噪声也越来越强,造成人类生活环境的噪声污染日益严重。因此,不仅要在建筑物内改善音质,而且要在建筑物内和建筑物外的一定空间范围内控制噪声,防止噪声的危害。因此,环境噪声控制工程是环境声学的重要组成部分。

这些问题的研究涉及物理学、生理学、心理学、生物学、医学、建筑学、音乐、通信、法学、管理学等许多学科,经过长期的研究,成果逐渐汇集,形成了一门综合性的学科——环境声学。

1.2.2 主要研究内容

环境声学主要是研究声音的产生、传播和接收,及其对人体产生的生

理、心理效应；研究声环境质量评价的理论和办法；研究控制和改善声环境质量的技术和管理措施。本书主要研究声环境质量评价、噪声控制，以及改善声环境质量的技术和管理措施。

声是一种波动，它在传播过程中，遇到障碍物会发生反射和衍射现象，在不均匀的介质中或由一种介质进入另一种介质时，还会发生折射和透射现象。声波在介质中传播，由于介质的吸收作用等，会随传播距离的增加而衰减。对于声的这些认识，是环境噪声控制工程的理论基础。

在噪声控制中，首先是降低噪声源的辐射。工业、交通运输业可选用低噪声的生产设备和生产工艺，或是改变噪声源的运动方式（如用阻尼减振等措施降低固体发声体的振动，用降低流速、减少涡流等措施降低液体和气体噪声源辐射）。其次是控制噪声的传播，改变声源已经发出的噪声的传播途径，如采用吸声、隔声等措施。再次是采取防护措施，如处在噪声环境中的工人可佩戴耳塞、耳罩或头盔等护听器。

噪声控制在技术上虽然已经相当成熟，但是由于现代工业、交通运输业规模很大，要采取噪声控制措施的企业和场所为数甚多，因此在处理噪声的问题时，需要综合权衡技术、经济、效果等问题。

噪声对人的影响同噪声的声级、频率、连续性、发生的时间有关，而且同接收者的听觉特性、心理、生理状态等因素有关。所以，研究噪声对人的影响，既要研究一般影响，也要研究各种特殊情况下的影响，为制定噪声的相关标准提供依据。

1.3 我国声环境状况

1.3.1 声环境质量现状

根据声环境质量标准，我国目前声环境状况总体较好。2007年，全国72%的城市区域声环境质量处于好或较好水平，环境保护重点城市区域声环境质量处于好或较好水平的占75.2%。全国58.6%的城市道路交通声环境质量为好，环境保护重点城市道路交通声环境质量处于好或较好水平的占92.9%。城市各类功能区昼间达标率为84.7%，夜间达标率为64.1%。

但是，环境噪声控制形势依然严峻，集中表现在：高速公路、包括高速公路、高速铁路和城市高架、轻轨、快速路的迅速发展，使交通噪声的污染日趋严重，并由城市蔓延到乡村；随着城市化进程的加快，第三产业的快速发展，使得社会生活噪声的污染日益严重。

控制噪声污染已受到国际社会的关注。国际标准化组织已接受 A 声级为评价噪声的标准，并规定 90 dB (A) 为保护人体听力和健康的最高限，这个标准已为世界各国普遍接受。

为了控制噪声污染，我国早在 20 世纪 80 年代制定了声环境质量标准和环境噪声排放标准等一系列标准，把区域分为五类，以保证居民的安宁。在各种产品的噪声控制方面，除了对一般高噪声产品采取限制措施外，还要求生产者在产品的铭牌上标明噪声指标，以鼓励生产者在降低产品噪声的工作中的主动性。

此外，国家和地方环境保护管理部门的监督检查，以及环境声学知识的普及等，也都是改善声环境质量工作的重大措施。

1.3.2 噪声控制技术

声学系统一般是由声源、传播途径和接收器三个环节组成，如图 1-2 所示。

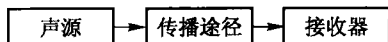


图 1-2 声学系统组成框图

因此，控制噪声污染必须从上述三个环节分别采取控制噪声的技术措施。

首先应在声源处抑制噪声。这是最根本的措施，包括降低激励力，减小系统各环节对激励力的响应，以及改变操作程序或改造工艺过程等。

其次在声传播途径中控制噪声。这是噪声控制中的普遍技术，包括隔声、吸声、消声、隔振等措施。

最后在接收器上加载保护设施隔离噪声。在某些情况下，由于噪声特别强烈，在采用上述两种措施后仍不能达到要求，或者工作过程中不可避免地有噪声时，就需要从接收器保护的角度采取措施。对于人，可佩戴耳塞、耳罩、有源消声头盔等；对于精密仪器设备，可将其安置在隔声间内或隔振台上。

改善声环境要求加强基础研究、技术措施和组织管理。在采取措施时，重点应放在声源上，但在声源改变较为困难，甚至不可能时，则要更多地注意传播途径和接收器。此外，还要注意经济、技术和规范（或标准）问题，有时还要注意建筑艺术和设计艺术等问题。

1.4 环境声学进展

环境声学是一门新兴的年轻学科。目前，国内外环境声学基础研究正在不断深入，声品质、声景观和低频声对人体的生理和心理效应等领域的研究

都在积极地进行。

声品质的研究是环境声学中一项新兴的研究领域。声品质研究强调人是听觉事件的最终接收者，然而没有现成的仪器可以直接获得人们的主观感知反应，需要借助心理学、心理声学的研究方法。

目前，国内外关于声景观的研究尚处于起步阶段，还未形成系统理论和方法。声景观是把个别声音的组合作为一个整体的声环境进行捕捉，而声环境也不是孤立的，它是整体环境的一个组成要素。从声景观的角度出发，声音不仅仅带有自身的物理特性，还带有社会性、历史性、环境性的意义，并且根据人的个体差异，还附加有不同价值和文化的含义。

近年来，噪声控制研究受到普遍重视，对声源的发声机理、发声部位和特性，以及振动体和声场的分析计算，在理论方法和实验技术方面都有重大发展，因而有力地促进了噪声控制技术的发展。

在现有降低噪声的手段方面，空心加气混凝土砌块在国外已广泛使用，在中国微穿孔板在消声管道中也已逐渐推广，在厅堂建筑中也开始使用。最近受到关注的是有源降噪的技术。这种技术虽然是 20 世纪 50 年代的产物，但过去一直未能得到充分的发展。

现在，由于电子计算机技术的日趋成熟，解决一些技术问题已无困难。在英国，一个大型加压站的噪声，由于加了一个反声（大小相近，相位相反的声音）系统，而降低了 11 dB，改善了周围环境。不过现在关注较多的还是小型系统，在头盔内使用有源降噪技术可把噪声降低 15~20 dB，而且所需费用不高，这方面的研究还在不断发展。

近年来，人们对弹性波（声波）在周期性复合结构中的传播产生了浓厚的研究兴趣，这种周期性复合结构称为声子晶体。声子晶体是一种新型的声学功能材料，对声子晶体的研究引起了各国研究机构的极大关注。声子晶体的研究是在天然晶体和光子晶体研究的基础上提出的新课题，是对天然晶体概念的延伸和超越。声子晶体能够抑制或禁止一定频率范围的弹性波的传播，当声子晶体中存在点或线缺陷时，弹性波会被限制在点缺陷处，或只能沿线缺陷方向传播。由于声子晶体具有这些与传统隔声材料不同的特性，其隔声量相比传统隔声材料具有明显的优势，声子晶体的隔声量可以突破隔声质量定律。基于这种特性，声子晶体具有广泛的应用前景，例如新型的隔声降噪材料、弹性波滤波器、波导管等。

第二章

声波的基本性质及传播规律

2.1 声波的产生及描述方法

2.1.1 声波的产生

从物理学的观点看，声波是一种机械波，是机械振动在弹性介质中的传播，因此它的产生和传播必须具备两个条件：一是声源的机械振动，二是声源周围存在弹性介质。

图 2-1 表明了声波的产生机理。把连续的弹性介质划分为 A、B、C、D 等介质元，每个介质元中包含大量具有质量的介质分子。在宏观上，每个介质元可以看成是一个质点，质点之间存在弹性作用，即各质点间看作是以小弹簧相互连接。

设某一声源的振动对弹性介质的某一局部区域产生扰动，使该区域的介质元 A（质点 A）离开平衡位置开始向右运动，质点 A 的运动带动了相邻的质点 B，压缩了这部分弹性介质，被压缩的介质产生反抗压缩的力再作用于质点 A，使 A 向左回到原来的平衡位置，由于惯性，A 到达平衡位置后继续向左运动，压缩左侧相邻介质，左侧的介质被压缩后也会产生反抗压缩的力，再使质点 A 向右回到平衡位置，可见，由于介质的弹性和质点的惯性，使得最初受到声源扰动的质点 A 在其平衡位置附近振动。由于同样的原因，被质点 A 带动

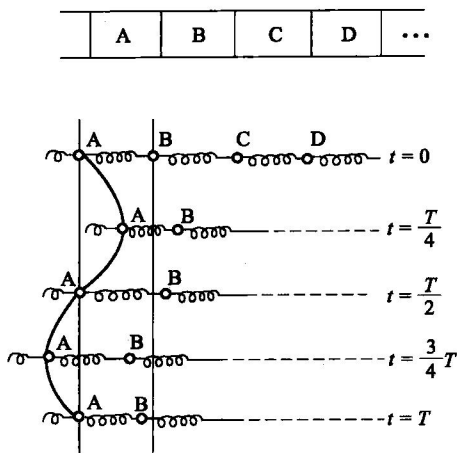


图 2-1 声波的产生机理