

主编 马大猷

噪声与振动 控制工程 手册

 机械工业出版社
China Machine Press



噪声与振动控制工程手册

主 编 马大猷

副主编 孙家麒 程明昆 章奎生 吕玉恒 方庆川

编 委

(按姓氏笔划排列)

丁国强	马大猷	方庆川	吕玉恒
孙家麒	张向慧	沈 嶷	陈克安
金志春	战嘉恺	胡俊民	章奎生
程明昆	董金英	辜小安	



机械工业出版社

随着物质文化生活水平的提高，人们追求安静、舒适、文明、温馨的环境，迫切要求解决噪声与振动的影响控制问题。

本手册从噪声与振动控制技术的基本理论着手，系统地阐述了隔声、吸声、消声、隔振、阻尼抑振以及最新的有源噪声振动控制技术与数字技术，汇集了大量的噪声与振动控制标准规范、测试方法、声源特性、控制设备、产品材料以及工程实例等，是一部具有科学性、综合性、新颖性、实用性、权威性的大型工具书，也是作者们几十年来在此领域工作实践的成果汇编，体现了当前国内噪声与振动控制技术水平，能满足各类噪声与振动控制设计计算、测量分析、设备选型、施工安装、工程配套等需要。

本手册可供工程设计、环境保护、劳动保护、安全卫生等领域从事设计、生产制造、监测评价、工程管理等的工程技术人员及有关专业师生使用、参考。

图书在版编目（CIP）数据

噪声与振动控制工程手册/马大猷主编. —北京：机械工业出版社，2002.9

ISBN 7-111-10830-2

I. 噪... II. 马... III. ①噪声控制②振动控制 IV.TB53

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 063468 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：曾红 武江

封面设计：姚毅 责任印制：何全君

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

1 000mm×1 400mm B5·37 印张·5 插页·1890 千字

0 001—5 000 册

定价：96.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

20 世纪 50 年代起, 噪声已成为一种主要的环境污染源。它不仅影响人们正常的工作、学习和休息, 而且危害到人的身体健康。为消除噪声污染, 20 世纪下半叶, 广大声学科技工作者经过长期不懈的努力, 在噪声控制研究和工程实践中, 做出了令人瞩目的成绩, 不仅使噪声污染得到有效的控制, 同时促进了工业的发展和产品的进步, 令飞机和汽车的性能得到很大的改进, 喷气客机的噪声由过去的 120 多分贝降低到目前的 80 多分贝, 几乎每十年降低 10 分贝; 使家用电器变得更安静, 冰箱和空调噪声已降低到 40 分贝甚至 30 分贝……。

进入 21 世纪, 随着人们环保意识的加强和生活环境的改善, 声质量已成为共同关注的问题。人们不仅要求工作和生活环境更安静、舒适, 同时希望声音变得和谐, 听起来不再令人讨厌。然而新世纪新形势, 已使过去出版的一些噪声控制技术的书籍和工程手册, 不能满足广大从事噪声控制和环保工作的工程技术人员需要。本手册编写的目的, 正是试图为广大读者提供一册知识更新、内容更全面的噪声控制工程技术的参考用书。

本手册的编写人员都是多年从事噪声控制的声学工作者, 具有丰富的工程实践经验, 手册中许多内容是他们实践经验的结晶; 同时也广泛吸收了国外研究成果和先进技术。手册共分 13 篇, 涉及噪声控制的各个方面。第 1 篇是基础知识的介绍, 第 2 篇叙述了日常遇到的各类噪声源及它们的特性; 第 3 篇列出了我国至今颁布的有关噪声的各种标准, 便于读者查阅; 第 4 篇介绍了有关噪声和振动测量的方法和仪器设备; 第 5 篇至第 7 篇主要论述噪声控制通常采用的技术措施, 即隔声、吸声和消声器; 第 8 篇讲述的是振动控制技术; 第 9 篇是环境噪声, 着重介绍噪声的评价方法、声屏障的设计原理和噪声的环境影响评价方法及步骤; 第 10 篇系统介绍了近年来受到重视的有源噪声与振动控制新技术; 第 11 篇是声源的降噪技术; 第 12 篇给出了若干噪声控制工程的实例; 第 13 篇详细介绍了我国市场上能够提供的各种噪声与振动控制产品及测试设备, 便于工程技术人员的选用。

由于噪声与振动控制工程技术发展迅速, 肯定会有一些新的控制原理和新技术未能纳入手册之中, 编写过程中也难免会出现错误, 欢迎广大读者提出宝贵意见, 以便在第 2 版中加以补充和纠正。出版社编辑人员在编辑过程中认真审核, 付出了艰辛的劳动, 有关公司为手册提供了详实的资料和财力支持, 在此对他们表示诚挚的谢意。

马大猷

2002 年 7 月于北京

目 录

前言

第1篇 基础知识

第1章 术语	3	5.3 声屏障的衰减	31
1.1 声波及其传播	3	5.4 地面的吸收影响	32
1.2 振动与冲击	4	5.5 气象条件对声波传播的影响	32
1.3 生理和心理声学	5	第6章 管道中的声波	34
1.4 建筑声学	6	6.1 刚性管中的驻波和共振	34
1.5 噪声及其控制	7	6.2 均匀有限长管道中的声场	35
1.6 噪声测量	9	6.3 非均匀有限长管道中的声场	36
第2章 单位、级	11	6.4 管道的输入阻抗	38
2.1 国际单位制(SI)	11	6.5 管道中高次波的传播	39
2.2 声学单位	12	6.6 非刚性管道中的声场	40
2.3 级和分贝	13	6.7 管道中声学测量技术的进展	40
第3章 常用符号和常数	16	第7章 房间内的声波	43
3.1 常用符号	16	7.1 室内声场的分析方法	43
3.1.1 拉丁字母		7.2 大房间内的声场	43
(按汉语拼音方案发音)	16	7.3 小房间内的声场	45
3.1.2 希腊字母		7.4 狭长房间内的平面波声场	47
(括号内为汉语拼音)	16	7.5 耦合房间内的声场	48
3.2 工程计算用声学常数	17	7.6 室内几何声学	49
第4章 声波的物理性质	18	第8章 听觉心理和语言清晰度	51
4.1 振动与声波	18	8.1 听觉器官	51
4.2 声波的特性	19	8.2 听觉的基本特性	53
4.3 声波的传播	21	8.3 响度与响度级	54
4.4 声波的反射、折射、散射和衍射	23	8.4 掩蔽效应	55
4.5 复杂声波的干涉和共振	25	8.5 听觉反射	56
4.6 声波方程	26	8.6 房间内声音的主观感觉	56
4.7 平面声波	27	8.7 噪声引起的听力损失	59
4.8 球面声波	27	8.8 强噪声引起的损伤	59
4.9 柱面声波	28	8.9 语音清晰度	60
第5章 声波在大气中的传播	29	第9章 声学试验室及设备	62
5.1 声波的发散衰减	29	9.1 自由声场和消声室	62
5.2 空气的物理特性	30	9.2 混响声场和混响室	62
		9.3 高噪声室	63

9.4 声学模型试验	63	10.5 厅堂内声场模拟	67
第10章 噪声控制中的数字技术	65	10.6 扩声系统的音质模拟	67
10.1 数字信号	65	10.7 自适应有源噪声控制	68
10.2 噪声信号的实时频率分析	65	10.8 大型厂内外噪声的预测	68
10.3 声强的测量	66	10.9 噪声源的识别	68
10.4 脉冲测量	66	参考文献	69

第2篇 噪声源

第1章 概述及简单声源	73	3.6 燃烧噪声	97
1.1 单极声源的辐射	73	3.6.1 燃烧吼声	97
1.2 偶极声源的辐射	74	3.6.2 振荡燃烧噪声	98
1.3 四极声源的辐射	75	3.6.3 工业燃烧系统的噪声	98
第2章 机械噪声源	76	3.7 激波噪声	100
2.1 机械噪声	76	3.7.1 冲击波	100
2.1.1 撞击噪声	76	3.7.2 激波轰声	100
2.1.2 周期作用力激发的噪声	77	3.7.3 阀门激波噪声	101
2.1.3 摩擦噪声	77	第4章 交通运输工具噪声	103
2.1.4 结构振动辐射的 结构噪声	77	4.1 汽车噪声	103
2.1.5 转动系统的振动	79	4.1.1 汽车噪声的构成	103
2.2 齿轮噪声	80	4.1.2 汽车总体噪声	105
2.3 轴承噪声	81	4.2 铁路噪声	106
2.4 电磁噪声	81	4.2.1 线路噪声	107
2.4.1 直流电机的电磁噪声	81	4.2.2 站场噪声	111
2.4.2 交流电机的电磁噪声	82	4.2.3 工厂噪声	112
2.4.3 变压器的电磁噪声	83	4.3 地铁噪声	112
2.5 液压泵与管路系统的噪声	83	4.3.1 车辆噪声	112
2.5.1 液压泵噪声	83	4.3.2 高架结构噪声	116
2.5.2 阀门噪声	84	4.3.3 车辆内部噪声	118
2.5.3 管路噪声	84	4.3.4 车站噪声	119
2.6 建筑施工机械噪声	86	4.3.5 地基噪声和振动	121
2.6.1 建筑施工机械噪声分类	86	4.3.6 车辆段和修理厂噪声	124
2.6.2 建筑施工机械噪声频谱	89	4.3.7 其他噪声	124
第3章 空气动力性噪声	90	4.4 飞机噪声	124
3.1 波动方程	90	第5章 社会活动噪声源	128
3.2 喷射噪声	91	5.1 家用电器及用具噪声	128
3.3 涡流噪声	93	5.2 公寓楼内生活噪声	129
3.4 旋转噪声	94	5.3 社会噪声	
3.5 周期性进排气噪声	96	(集会、舞会、OK音乐等)	130
		参考文献	130

第3篇 标准规范篇

第1章 标准目录	133	2.4 家用电器噪声限值标准	144
第2章 标准限值及适用范围	136	2.5 噪声控制限值标准	144
2.1 环境噪声限值标准	136	2.6 环境振动限值标准	146
2.2 交通运输噪声限值标准	137	2.7 人体振动限值标准	146
2.3 通用机械设备噪声 限值标准	143	2.8 交通运输振动限值标准	148
		2.9 家用电器振动限值标准	149

第4篇 测 量

第1章 噪声和振动测量概述	153	3.9 振动测量的校准	218
1.1 噪声和振动测量目的	153	3.9.1 激光干涉技术	218
1.2 测量注意事项	154	3.9.2 其他的绝对方法	219
1.3 附件的选用	157	3.9.3 背靠背比较校准方法	219
第2章 噪声测量仪器	160	3.9.4 应用校准激励器进行校准	219
2.1 噪声测量基本系统	160	3.10 频率响应的测量	220
2.2 传声器	161	第4章 噪声测量方法	221
2.3 声级计	166	4.1 噪声测量的准备工作和 注意事项	221
2.4 积分声级计和个人声暴露计	169	4.1.1 名词术语	221
2.5 噪声统计分析仪	172	4.1.2 测量条件	221
2.6 滤波器和频率分析仪	174	4.1.3 背景值修正	222
2.7 实时分析和数字信号处理	177	4.1.4 测量过程	222
2.8 声强测量	182	4.2 边界排放噪声测量	223
2.9 声校准器	187	4.2.1 工业企业厂界噪声测量方法	223
第3章 振动测量仪器	193	4.2.2 建筑施工场界噪声测量方法	223
3.1 振动传感器	193	4.2.3 铁路边界噪声测量方法	224
3.1.1 位移传感器	194	4.2.4 道路交通噪声测量方法	224
3.1.2 速度传感器	196	4.3 区域环境噪声测量	224
3.1.3 加速度传感器	198	4.3.1 城市区域环境噪声普查方法	225
3.1.4 振动传感器的选择与安装	201	4.3.2 城市区域环境噪声 (五类功能区)测量方法	225
3.2 振动前置放大器	204	4.3.3 城市港口及江河两岸区域 环境噪声测量方法	226
3.2.1 电荷放大器	204	4.3.4 机场周围飞机噪声测量 方法	226
3.2.2 电压前置放大器	205	附录 A	229
3.2.3 NEXUS 系列适调放大器	207	附录 B	230
3.3 通用振动计	207	附录 C	230
3.4 振动测量用滤波器	208	附录 D	230
3.5 振动分析仪	208		
3.6 机器的振动监测	210		
3.7 激振器与激振技术	210		
3.8 人体响应振动计和环境振级计	214		

附录 E	231	4.5.2 生产环境(车间)噪声测量	239
附录 F	231	4.6 交通工具噪声测量	239
附录 G	231	4.6.1 机动车辆噪声测量	240
4.4 工业产品噪声测量	232	4.6.2 铁路车辆噪声测量	245
4.4.1 风机和罗茨鼓风机	232	4.6.3 城市轨道交通车辆噪声 测量	247
4.4.2 容积式压缩机噪声测量	235	4.6.4 船舶噪声测量	249
4.4.3 冷却塔噪声测量	237	4.6.5 飞机噪声测量	251
4.5 工业企业噪声测量	238	参考文献	252
4.5.1 机器设备噪声测量	238		

第 5 篇 隔 声

第 1 章 空气声隔声	255	1.10.1 门的隔声	314
1.1 隔声的定义	255	1.10.2 窗的隔声	333
1.2 单层匀质薄板的隔声性能	255	1.11 不同构件的组合隔声量	358
1.3 单层复合结构的隔声	261	1.12 管道隔声和管道包扎	360
1.4 双层板结构的隔声	266	1.13 隔声罩	363
1.5 各类轻型构造的隔声特性	270	1.14 隔声间与测听室	368
1.6 高隔声量结构	271	1.15 隔声屏	372
1.7 孔洞缝隙对构件隔声性能的影响	276	1.16 隔声设计	373
1.8 构件的空气声隔声性能 实验室测定和单值评价	277	第 2 章 撞击声隔声	383
1.9 部分板、墙隔声性能实测结果	281	2.1 楼板撞击声的特性	383
1.10 门窗隔声	314	2.2 楼板撞击声隔声	384
		参考文献	391

第 6 篇 吸 声

第 1 章 吸声材料(结构)及其基本类型	395	1.7.2 驻波管法吸声系数和声阻 抗的测量(详见 GBJ 88—1985 《驻波管法吸声系数与声 阻抗率测量规范》)	400
1.1 吸声和吸声材料	395	第 2 章 多孔吸声材料	403
1.2 吸声机理	395	2.1 构造特征和吸声特性	403
1.3 吸声材料(结构)的基本类型	395	2.1.1 构造特征	403
1.4 吸声材料的作用	395	2.1.2 吸声特性	403
1.5 综合性能要求	395	2.2 多孔吸声材料吸声性能的 影响因素	403
1.6 表示材料吸声性能的量	396	2.2.1 流阻	404
1.6.1 吸声系数	396	2.2.2 孔隙率	406
1.6.2 声阻抗	397	2.2.3 结构因子	407
1.7 吸声系数和声阻抗率的测量	399	2.2.4 厚度	408
1.7.1 混响室法吸声系数和单个 物体吸声量的测量(详见 GBJ 47—1983《混响室法吸 声系数测量规范》)	399		

2.2.5 体积密度	409	3.2.10 施工注意事项	434
2.2.6 背后空气层的影响	410	3.3 微穿孔板共振吸声结构	434
2.2.7 面层的影响	410	3.4 狭缝共振吸声结构	436
2.2.8 温度和吸水、吸湿的影响	413	3.4.1 结构形式	436
2.3 多孔吸声材料的基本类型	413	3.4.2 吸声原理	436
2.3.1 纤维材料	413	3.4.3 共振频率计算	436
2.3.2 颗粒材料	422	3.5 薄板共振吸声结构	438
2.3.3 泡沫材料	423	3.5.1 结构形式	438
2.3.4 帘幕、植绒	424	3.5.2 吸声原理	438
第3章 共振吸声结构	426	3.5.3 共振频率计算	438
3.1 单个共振器	426	3.6 膜状材料	440
3.1.1 结构形式	426	3.7 特殊吸声结构	441
3.1.2 吸声原理	426	3.7.1 空间吸声体	441
3.1.3 共振频率	426	3.7.2 吸声尖劈	443
3.1.4 设计要点	426	第4章 吸声降噪	446
3.2 穿孔板共振吸声结构	427	4.1 吸声降噪适用条件的分析	446
3.2.1 结构形式	427	4.2 室内任意点的吸声降噪量	446
3.2.2 吸声原理	427	4.2.1 计算公式	446
3.2.3 吸声性能的影响因素	427	4.2.2 设计程序	447
3.2.4 共振频率计算	427	4.3 室内平均降噪量	448
3.2.5 穿孔板穿孔率	430	4.4 A声级吸声降噪量	449
3.2.6 共振时的吸声系数	431	4.5 扁平房间的吸声降噪	450
3.2.7 共振吸声频带宽度	432	附录 吸声材料(结构)吸声系	
3.2.8 板后空腔设计	433	数表	451
3.2.9 双层穿孔板结构	433	参考文献	466

第7篇 消 声 篇

第1章 消声器的分类、原理与特性 ..	469	2.1.2 空气动力性能的评价	502
1.1 消声器的分类及形式	469	2.1.3 气流再生噪声特性的评价	503
1.1.1 消声器的定义与用途	469	2.2 消声器性能的测量	503
1.1.2 消声器的分类及形式	469	第3章 消声器的设计与计算	506
1.2 消声器的原理与特性	471	3.1 消声性能的设计计算方法	506
1.2.1 阻性消声器	471	3.1.1 阻性消声器的计算方法	506
1.2.2 抗性消声器	489	3.1.2 抗性消声器的计算方法	508
1.2.3 复合式消声器	494	3.1.3 共振性消声器的计算方法	511
1.2.4 排气放空消声器	498	3.1.4 排气放空消声器的计算方法	512
第2章 消声器性能的评价与测量	502	3.2 消声器压力损失的计算方法	515
2.1 消声器性能的评价指标	502	3.2.1 摩擦压力损失的计算	515
2.1.1 声学性能的评价	502	3.2.2 局部压力损失的计算	515

3.3 气流对消声器性能的影响	518	4.4.2 空调系统设备的选择	536
3.3.1 气流对消声器内声衰减 规律的影响	518	4.4.3 合理控制空调系统的 气流速度	537
3.3.2 气流再生噪声对消声 性能的影响	518	4.4.4 消声器的选择与布置	538
3.3.3 气流对消声器空气动力 性能的影响	520	4.5 空调系统消声设计计算实例	538
3.4 消声器的设计技术要点	520	4.5.1 空调系统消声设计计算内容	538
3.4.1 影响消声器性能的主要因素	520	4.5.2 空调系统消声设计计算实例	538
3.4.2 各类消声器的设计技术要点	520	第5章 系列化消声器的设计	541
第4章 通风空调系统的消声设计	524	5.1 系列化消声器的设计原则	541
4.1 风机噪声的计算	524	5.2 系列化消声器的设计实例	542
4.1.1 风机声功率级的估算	525	5.2.1 T701—6型通风空调系统 消声器系列	542
4.1.2 风机频带声功率级的计算	526	5.2.2 ZDL型通风系统消声器 系列	543
4.1.3 轴流风机声功率级估算	527	5.2.3 DZ型中低压离心风机 消声器系列	544
4.2 管道系统的噪声自然衰减	527	5.2.4 ZP ₁₀₀ 型通风空调系统 消声器系列	546
4.2.1 直管道自然衰减	527	5.2.5 ZWB _{50/100} 、ZWA _{50/100} 型 弯头消声器系列	546
4.2.2 弯头自然衰减	527	5.2.6 ZKS型通风空调系统 消声器系列	559
4.2.3 三通自然衰减	529	5.2.7 LFS型消声器系列 (IAC公司)	560
4.2.4 变径管自然衰减	529	5.2.8 IAC系列消声器	563
4.2.5 风口末端的反射损失	530	5.2.9 P型圆盘式消声器系列	568
4.2.6 房间声衰减	531	5.2.10 F型高压离心风机消声器 系列	569
4.3 风管系统的气流再生噪声	532	5.2.11 D型罗茨鼓风机配套消声器 系列	570
4.3.1 直管道的气流再生噪声	532	参考文献	572
4.3.2 弯头气流再生噪声	532		
4.3.3 三通气流再生噪声	533		
4.3.4 变径管气流再生噪声	534		
4.3.5 阀门的气流再生噪声	534		
4.3.6 风口的气流再生噪声	534		
4.4 空调系统的消声设计	536		
4.4.1 空调用房室内噪声允许标准	536		

第8篇 振动控制

第1章 振动控制基本原则	577	1.2.4 对防振对象采取的振动 控制措施	579
1.1 振动的环境影响	577	1.2.5 其他振动控制方法	579
1.2 振动控制的基本方法	577	第2章 振动危害和容许标准	580
1.2.1 振源控制	577	2.1 振动对人的危害或影响	580
1.2.2 振动传递过程中的控制	578	2.2 振动对建筑物的危害	580
1.2.3 隔振措施	578		

2.3 振动对精密仪器、设备的影响	580	6.1.3 积极隔振工程的简易计算	630
2.4 振动产生噪声	580	6.1.4 隔振设计举例	631
2.5 振动的容许标准	580	6.2 建筑设备隔振	646
2.5.1 对人体振动允许值	581	6.2.1 空调设备的隔振设计	646
2.5.2 对建筑物内人体的振动标准	586	6.2.2 管道隔振	652
2.5.3 我国城市区域环境振动标准	587	6.3 锻锤的隔振设计	654
2.5.4 精密仪器、设备的允许 振动标准	587	6.3.1 锻锤的隔振计算	654
2.5.5 对建筑物的允许振动标准	589	6.3.2 锻锤隔振基础的设计步骤	657
第3章 地面振动衰减	590	6.3.3 设计举例	
3.1 影响地面振动衰减的因素	590	5t 模锻锤隔振基础设计	658
3.2 防振距离	590	6.3.4 有关锻锤隔振新理论、 新观念介绍	659
第4章 动力设备的扰力	594	第7章 消极隔振	661
4.1 旋转运动设备	594	7.1 振源——地面振动特性	661
4.1.1 风机、水泵和电机的 扰力计算	594	7.2 消极隔振设计方案	662
4.1.2 金属切削机床的扰力	595	7.2.1 支承式	662
4.2 旋转往复运动设备	596	7.2.2 悬挂式	663
4.2.1 扰力产生的机理	596	7.3 支承式消极隔振体系的 基本方程	663
4.2.2 扰力值资料	599	7.4 隔振体系计算公式	664
4.3 锻锤	607	7.4.1 单自由度体系隔振计算	664
4.4 压力机	609	7.4.2 体系在正弦波作用下的 水平振动计算	664
第5章 隔振设计与实施基本方法	615	7.5 消极隔振设计步骤	668
5.1 隔振设计资料	615	7.6 消极隔振设计举例	669
5.2 隔振方式与设计原则	615	第8章 隔振器材和隔振器	672
5.2.1 隔振台座的设置	615	8.1 要求与分类	672
5.2.2 隔振方式的选择	615	8.1.1 一般要求	672
5.2.3 在考虑隔振方式时, 同时 应考虑下列要求	616	8.1.2 分类	672
5.3 隔振参数选用的步骤	617	8.1.3 设计与选型	672
5.4 隔振体系的固有频率	618	8.2 钢圆柱螺旋弹簧隔振器	672
5.4.1 耦合情况	619	8.2.1 弹簧钢材的力学性能	672
5.4.2 隔振体系的固有频率	619	8.2.2 钢圆柱螺旋压缩弹簧 的计算	673
第6章 积极隔振	625	8.3 橡胶隔振器和橡胶隔振垫	679
6.1 旋转运动和往复运动对设备 的积极隔振	625	8.3.1 橡胶隔振器(垫)设计与 选用原则	679
6.1.1 简谐干扰力作用下隔振 台座振幅	625	8.3.2 压缩型橡胶隔振器的设计	680
6.1.2 旋转运动和往复运动设备 隔振设计步骤	629	8.3.3 剪切型橡胶隔振器	683
		8.3.4 压剪型橡胶隔振器	683

8.3.5 橡胶隔振垫	685	8.9 玻璃纤维	696
8.4 机床隔振器	686	8.9.1 玻璃纤维的性能	696
8.5 全金属钢丝绳隔振器	687	8.9.2 玻璃纤维在隔振工程中 应用	696
8.5.1 全金属钢丝绳隔振器 的特点	687	8.10 弹性吊架	697
8.5.2 定型产品的结构与特性	688	8.11 管道补偿软连接装置	698
8.5.3 钢丝绳隔振器安装方式 与特点	689	8.11.1 橡胶软连接管	698
8.6 空气弹簧	690	8.11.2 全金属补偿软连接管	700
8.6.1 空气弹簧的特点	690	8.11.3 帆布、塑料类软接管	703
8.6.2 空气弹簧的结构与分类	691	第9章 隔振测量与评价	704
8.6.3 空气弹簧的应用	692	9.1 隔振测量的目的和意义	704
8.6.4 部分国产空气弹簧性能 简介	693	9.2 隔振器特性的测量	704
8.7 海绵隔振垫	693	9.2.1 隔振器的静刚度测量	704
8.7.1 普通乳胶海绵	693	9.2.2 隔振器动态特性的 测量方法	705
8.7.2 聚氯乙烯海绵	695	9.3 隔振效果的测量与评价	708
8.8 软木板	695	9.3.1 传递率、插入损失和 振级落差定义	709
8.8.1 软木板的力学性能及 设计要点	695	9.3.2 插入损失和振级落差的 测量	709
8.8.2 设计举例	695	参考文献	711

第9篇 环境噪声

第1章 噪声的评价方法	715	1.16 复合噪声评价	733
1.1 响度级和响度	715	1.17 噪声暴露预报	733
1.2 噪度和感觉噪声级	718	第2章 环境噪声限值规定	734
1.3 A声级	725	2.1 指导性限值	734
1.4 语言干扰级	726	2.2 工业噪声	734
1.5 噪声评价标准	726	2.3 道路交通噪声	734
1.6 噪声评价数	727	2.4 铁路噪声	736
1.7 D声级	728	2.5 飞机和机场噪声	737
1.8 等效声级	728	2.5.1 飞机噪声	737
1.9 昼夜等效声级	728	2.5.2 机场噪声	739
1.10 累积分布声级(统计声级)	729	2.6 机动车辆噪声限值	740
1.11 交通噪声指数	729	2.7 工作场所噪声暴露限值	740
1.12 噪声污染级	729	第3章 声屏障的声衰减计算	742
1.13 有效感觉噪声级	729	3.1 一般计算方法	742
1.14 计权等效连续感觉噪声级	731	3.1.1 声屏障声衰减的计算	742
1.15 噪声与次数指数	732	3.1.2 地面衰减的计算	744

3.2 常用的计算方法	745	第4章 噪声环境影响评价	751
3.2.1 绕射声衰减 ΔL_d 的计算	745	4.1 评价目的、意义	751
3.2.2 透射降低量 ΔL_t 的计算	746	4.2 噪声环境影响评价工作的程序 及评价等级划分	751
3.2.3 反射降低量 ΔL_r 的计算	747	4.3 评价方法及步骤	753
3.2.4 障碍物的声衰减	749	参考文献	771
3.2.5 地面声吸收衰减	749		

第10篇 噪声与振动有源控制

第1章 概述	775	2.4.1 局部有源静区	788
1.1 有源噪声与振动控制技术的 发展历程	775	2.4.2 有源声屏障	789
1.1.1 有源噪声控制的提出与 早期发展	775	第3章 有界空间声场的有源控制	790
1.1.2 管道噪声有源控制	776	3.1 管道声场的有源控制	790
1.1.3 自适应有源噪声控制	777	3.1.1 平面波的有源控制	790
1.1.4 有源声控制	778	3.1.2 有限长管道中的有源 噪声控制	791
1.1.5 有源力控制	778	3.1.3 管道噪声有源控制物理 机制	792
1.1.6 有源振动控制	779	3.2 三维封闭空间中简谐平稳声场 的有源控制	793
1.1.7 有源声学结构	779	3.2.1 声势能的最小化	793
1.2 有源控制系统概述	780	3.2.2 低模态密度声场中的次级声 源和误差传感器布放规律	794
1.2.1 有源控制系统	780	3.3 误差传感器布放	794
1.2.2 决定控制效果的各种因素	781	3.3.1 误差传感策略	794
第2章 自由声场有源噪声控制	782	3.3.2 全空间和局部空间有源控制 中的虚拟误差传感	796
2.1 有源噪声控制的理论基础	782	第4章 结构声辐射有源控制	798
2.1.1 惠更斯原理及其应用	782	4.1 结构声辐射功率的计算	798
2.1.2 振动结构声辐射的集中 参数模型	783	4.1.1 基于远场径向声强积分 计算声功率	798
2.2 基于单极子源的自由声场 有源控制	783	4.1.2 基于结构振速空间傅里叶 变换计算声功率	798
2.2.1 两单极子的最小声功率	783	4.1.3 基于结构振动模态响应 计算声功率	799
2.2.2 基于单极子源阵的自由 声场有源控制	784	4.1.4 基于结构表面振速计算 声功率	799
2.2.3 单极子源阵控制平板声辐射	785	4.2 利用声源进行声辐射有源控制	799
2.3 基于多极子源的自由声场 有源控制	786	4.2.1 利用点声源进行声辐射 有源控制	799
2.3.1 用多极子源表示单极子源	786		
2.3.2 基于声功率最小化的有源 控制	787		
2.4 自由声场中局部有源静区	788		

4.2.2 利用分布声源进行声辐射 有源控制	800	6.2.1 多通道滤波-X LMS 算法 及性能分析	819
4.3 利用振动输入进行声辐射 有源控制	801	6.2.2 多通道滤波-U 算法	820
4.3.1 一般步骤	801	6.3 有源反馈控制系统	821
4.3.2 算例	801	6.3.1 模拟反馈控制	821
4.3.3 物理机制	802	6.3.2 基于内模型控制的自适应 反馈有源控制	822
4.4 误差传感策略及系统优化	802	6.4 自适应有源控制器的实现	822
4.4.1 误差传感策略	802	6.4.1 外围电路	822
4.4.2 次级源及误差传感器布 放优化	803	6.4.2 数字信号处理器	824
4.5 进入封闭空间的透射声 有源控制	804	第 7 章 工程应用实例	825
4.5.1 结构-声耦合封闭空间中 声势能的有源最小化	804	7.1 有源控制技术的主要应用方向	825
4.5.2 控制机理与结论	805	7.1.1 管道噪声有源控制及有源 消声器	825
4.5.3 封闭空间中双层平板声 透射的有源控制	806	7.1.2 有源抗噪声耳罩和受话器	825
第 5 章 有源振动控制	807	7.1.3 变压器、电站噪声有源 控制	826
5.1 结构模态有源控制	807	7.1.4 车厢内部噪声有源控制	826
5.1.1 有限结构振动动能的有源 最小化	807	7.1.5 飞机、直升机舱室噪声 有源控制	826
5.1.2 算例	808	7.1.6 舰船辐射噪声的有源控制	827
5.2 弯曲波有源控制	808	7.1.7 家电辐射噪声的有源控制	827
5.2.1 弯曲波的有源前馈控制	809	7.1.8 有源吸声器	827
5.2.2 弯曲波的有源反馈控制	809	7.1.9 有源声屏障	827
5.3 有源隔振	810	7.1.10 有源减振基座	827
5.3.1 单自由度系统周期振动 的有源隔离	810	7.1.11 声场主动控制	827
5.3.2 接收结构振动的有源隔离	811	7.2 管道噪声有源控制	827
5.3.3 随机外力激励振动的有源 隔离	812	7.2.1 离心机风扇噪声的有源 控制	827
第 6 章 自适应有源控制结构与 算法	814	7.2.2 有源消声器应用于车辆 排气噪声的有源控制	828
6.1 自适应有源前馈控制	814	7.3 有源耳机和有源头靠	829
6.1.1 滤波-X LMS 算法及性能	814	7.3.1 三种有源耳机的性能比较	829
6.1.2 次级反馈的影响及 滤波-U 算法	816	7.3.2 基于虚拟误差传感的 有源头靠	830
6.1.3 次级通路建模	817	7.4 舱室噪声有源控制	831
6.2 多通道自适应有源前馈控制	819	7.4.1 螺旋桨飞机舱室有源 噪声控制	831
		7.4.2 车厢噪声有源控制	833
		7.5 讨论	833

7.5.1 适合应用有源控制技术 的环境	833	7.5.2 进一步的研究	833
		参考文献	834

第 11 篇 声源降噪技术

第 1 章 概述	839	第 6 章 锅炉鼓风机引风机降噪	876
第 2 章 冷却塔降噪	840	6.1 G6—41 系列锅炉鼓风机和 Y6—41 系列锅炉引风机	876
2.1 BLS 系列冷却塔	840	6.2 G4—59 和 G6—54 型锅炉 鼓风机	877
2.2 BLSS 系列冷却塔	842	第 7 章 混流式通风机降噪	879
2.3 BLSSS 系列静音型冷却塔	842	7.1 SWF 系列高效低噪声混流式 通风机	879
2.4 FBLSSS 系列方形逆流式 静音型冷却塔	845	7.2 HL ₃ -3A 系列节能型混流式 通风机	883
2.5 DBNL ₃ 系列逆流式冷却塔	845	第 8 章 罗茨鼓风机降噪	889
2.6 CDBNL ₃ 系列逆流式冷却塔	848	8.1 3LWD 型高效节能低噪声三叶 罗茨鼓风机	889
2.7 DBHZ 系列横流式冷却塔	848	8.2 SSR 型低噪声三叶罗茨鼓 风机	889
2.8 CDBHZ 系列组装横流式 玻璃钢冷却塔	850	第 9 章 空压机降噪	897
第 3 章 轴流风机降噪	853	第 10 章 木工机械降噪	898
3.1 DZ 系列轴流风机	853	10.1 MB504B 型木工平刨	898
3.2 BYG 型高效率低噪声可调式 轴流通风机	853	10.2 MJ104—B 型木工圆锯机	898
3.3 dZBY 系列隔爆低噪声轴流 通风机	859	第 11 章 MT05—450 型切面机降噪	900
3.4 DQ35—11 系列轴流通风机	861	第 12 章 DZG 系列滚筒机 (球磨机) 降噪	901
3.5 SF 系列节能低噪声轴流风机	863	第 13 章 小型电动机降噪	902
3.6 JT—LZ 系列冷却塔专用风机	865	13.1 YDFW 系列三相异步风机 电动机	902
第 4 章 离心风机降噪	868	13.2 YYWD 型外转子单相三速 异步电动机	902
4.1 11-62-02 系列离心风机	868	参考文献	903
4.2 ZDT9 型单进风轴向可变低 噪声离心通风机	869		
4.3 DT9 型多翼式离心通风机	872		
第 5 章 DF3-90-1A 系列玻璃钢 屋顶通风机降噪	874		

第 12 篇 噪声控制工程实例

第 1 章 通风系统的噪声控制实例	907	1.3 实例 3 计算机世界新址空调 系统噪声控制	911
1.1 实例 1 微穿孔板消声器在 通风空调系统中的应用	907	1.4 实例 4 上海第九丝织厂空调 风机噪声治理	911
1.2 实例 2 通风系统有调噪声 消除	909	第 2 章 热泵机组噪声治理实例	913

2.1 热泵机组噪声源特性	913	4.3.1 实例 1 大功率柴油发电 机组进气噪声控制	927
2.2 热泵机组噪声控制要点	914	4.3.2 实例 2 1250kW 柴油发电 机组噪声治理	929
2.2.1 风机消声	914	4.3.3 实例 3 120kW 柴油发电 机房噪声控制	931
2.2.2 压缩机隔声处理	914	第 5 章 锅炉房噪声控制与节能实例	934
2.2.3 隔声吸声消声装置	914	5.1 锅炉房噪声源	934
2.2.4 隔振	914	5.2 锅炉房特点	935
2.3 热泵机组噪声控制实例	914	5.3 治理措施	935
2.3.1 实例 1 保龄球馆热泵机组 噪声治理	914	5.4 噪声控制实例	937
2.3.2 实例 2 购物中心热泵机组 噪声治理	916	5.4.1 实例 1 锅炉房噪声综合 治理	937
2.3.3 实例 3 热泵机组隔声间 和隔声棚	918	5.4.2 实例 2 鼓引风机隔声罩 独立通风降噪	939
2.3.4 实例 4 上海假日别墅 冷热源机组噪声治理	919	5.4.3 实例 3 鼓引风机隔声罩 连通散热节能降噪	939
2.3.5 实例 5 风冷机组噪声 控制工程	920	5.4.4 实例 4 负压式冷却通风 节能降噪	940
第 3 章 冷却塔噪声控制实例	922	5.4.5 实例 5 引射式通风降温 降噪	940
3.1 冷却塔噪声控制措施	922	5.4.6 实例 6 移动式消声器降低 燃油锅炉噪声	941
3.2 冷却塔噪声控制实例	923	5.4.7 实例 7 圆筒式消声器降低 燃油锅炉噪声	942
3.2.1 实例 1 上海金山石化有线 电视台冷却塔噪声治理	923	5.4.8 实例 8 可移动消声隔声箱 治理燃油锅炉噪声	942
3.2.2 实例 2 新菱 SC-175 冷却 塔噪声治理	924	第 6 章 风机噪声控制实例	943
3.2.3 实例 3 龙都宾馆 150t (吨) 冷却塔噪声控制	925	6.1 实例 1 回转鼓风机噪声控制	943
第 4 章 发电机房噪声控制实例	926	6.2 实例 2 炼铁厂球团车间 鼓风机噪声控制	945
4.1 发电机组主要噪声源	926	6.3 实例 3 排风机振动与噪声 综合治理	949
4.1.1 排气噪声	926	第 7 章 空气压缩机房噪声控制实例	950
4.1.2 进气噪声	926	7.1 噪声源	950
4.1.3 风扇噪声	926	7.1.1 进气噪声	950
4.1.4 燃烧噪声	926	7.1.2 排气、管道和储气罐噪声	950
4.1.5 机械噪声	926	7.1.3 排气放空和阀门噪声	950
4.1.6 电磁噪声	926	7.1.4 机体噪声	950
4.2 发电机组噪声治理要点	926	7.1.5 驱动机构噪声	951
4.2.1 降低内燃机进排气噪声	926		
4.2.2 降低冷却风扇噪声	927		
4.2.3 降低发电机组机械噪声、 燃烧噪声和电磁噪声	927		
4.3 发电机组噪声控制实例	927		

7.2 空气压缩机噪声控制途径	951	9.4.3 实例3 发电厂噪声控制	969
7.3 噪声控制实例	951	第10章 印刷行业噪声墨雾控制	972
7.3.1 实例1 制药厂空压机站 噪声治理	951	10.1 印刷行业噪声概况	972
7.3.2 实例2 用通风散热隔声 结构降低空压机房噪声	953	10.1.1 打版机噪声	972
7.3.3 实例3 新建(160m ³ /min) 空压站噪声控制	955	10.1.2 轮转印刷机噪声	972
第8章 热力站水泵房振动噪声 控制实例	959	10.2 噪声控制实例	973
8.1 实例1 热力站振动与噪声 治理	959	10.2.1 实例1 轮转印刷机车间 噪声控制方法	973
8.2 实例2 水泵噪声与振动治理 ..	960	10.2.2 实例2 轮转印刷机噪声、 飞墨、高温综合治理	976
第9章 几种隔声屏障的应用	962	10.2.3 实例3 打版机噪声控制	977
9.1 隔声屏障的作用及特点	962	10.2.4 实例4 磨板房噪声控制	978
9.2 隔声屏障分类	962	第11章 混凝土振动台噪声治理实例	979
9.2.1 按应用场所不同分类	962	11.1 实例1 铁道兵某厂混凝土 轨枕制造车间噪声治理	979
9.2.2 按结构形式不同分类	962	11.2 实例2 北京第一构件厂混凝土 短向圆孔板振动成形噪声控制 ..	981
9.2.3 按材质不同分类	963	第12章 飞机发动机试车台噪声 控制实例	982
9.2.4 按声学原理分类	963	12.1 垂直进气消声板	983
9.3 隔声屏障的材质结构和 声学性能	964	12.2 导流片	983
9.4 隔声屏障的应用实例	965	12.3 水平进气消声板	983
9.4.1 实例1 苏州桥隔声屏障的 设计与实施	965	12.4 引射筒间消声板	983
9.4.2 实例2 室内声屏障的应用 ..	968	12.5 排气塔墙面消声板	983
		12.6 排气塔消声筒	983
第13篇 噪声与振动控制设备			
第1章 概述	987	2.2.6 Z02型中低压离心风机 消声器系列	997
第2章 消声器	988	2.2.7 KZY型双层阻性消声器	999
2.1 消声器概述	988	2.3 高压离心通风机消声器	1000
2.2 中低压离心通风机消声器	988	2.3.1 F型高压离心通风机 消声器系列	1000
2.2.1 ZP ₁₀₀ 型消声器系列	989	2.3.2 Z03型中高压离心风机 消声器系列	1001
2.2.2 ZP ₂₀₀ 型消声器系列	989	2.4 罗茨鼓风机消声器	1003
2.2.3 ZP ₃₀₀ 型片式消声器	989	2.4.1 D型罗茨鼓风机配套消声器 系列	1003
2.2.4 T701—6型通风空调风机 配套消声器系列	989		
2.2.5 ZDL型中低压离心通风机 消声器系列	993		