

噪声控制与消声设计

〔日〕福田基一 奥田襄介 合著 张成译

国防工业出版社

噪声控制与消声设计

〔日〕 福田基一 合著
奥田襄介
张 成 译
郭 博 王恒凯 校

国防工业出版社

内 容 简 要

本书主要介绍声学基础知识、声级、噪声评价、机械噪声、机械声源控制措施、机械防振、消声设计、声线路、消声器原理和计算、隔声措施、室内吸声措施。全书共分十二章,每章末有实例示范,此外,书中还介绍了噪声测定方法。它是一本理论性强且有实用价值的综合论述噪声控制方面的参考书。

本书可供环境保护技术研究人员、工程设计人员及大专学校的师生参考。

騒音対策と消音設計

福田基一、奥田襄介 共著
共立出版株式会社 1973年

*

噪声控制与消声设计

〔日〕 福田基一 合著
奥田襄介

张 成 译

郭 博 王恒凯 校

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 9¹¹/₁₆ 239 千字

1982年4月第一版 1982年4月第一次印刷 印数: 0,001—8,000册

统一书号: 15034·2280 定价: 1.25元

译者的话

随着我国工农业和城市交通运输业的蓬勃发展，噪声危害人体健康，骚扰环境安宁日趋严重，已引起各级领导和有关部门的密切重视。为尽快改善我国的噪声危害状况，为人民创造一个安静、优美、舒适的工作和生活环境，必须壮大、健全一支环境声学科科研技术队伍，迅速提高他们的治理噪声技术水平。翻译本书的目的就在于此。

本书初版发行于1967年，正是日本首次颁布公害治理基本法律的一年，带有一定程度的普及、培训性质。随着防治公害要求提高和技术进步，本书曾多次再版发行，每次都增加了新的内容，又具有一定程度的总结、提高性质。该版已是第五版，发行于1973年。目前，声学单位有些变化，例如方(A)现统称dB(A)。

著者福田基一，从事噪声控制技术工作多年，他以严密推理，由浅入深，简明扼要地阐述了声学基础和机械、建筑、交通等各领域防治噪声的措施，设计方法，设计程序，设计要则。本书内容丰富，图文并茂。为阐明原理，帮助读者理解，书中运用了大量的试验资料和例题，特别是八、九两章——消声器原理理论剖析，它使抗性消声器、阻性消声器、共鸣消声器等各种形式的消声器取得内在有机联系，为设计消声器和改进消声器提供了理论根据，加速了设计进程。

为提高译文质量和水平，译本曾打印俄文，送交中国科学院声学研究所李炳光、冯理正同志，上海同济大学声学研究室，上海工业建筑设计院章奎生同志，机械部一院噪声控制研究室汪明清等同志，南京大学声学研究所吴启学等同志和西安冶金建筑工程学院吴迺珍同志等审阅，提出不少宝贵的意见，在此特表示

感谢。

译文中对原著错误之处作了更改。为便于读者理解，在尊重原著的基础上，对某几处图表和段落也作了相应修改。因译者水平有限，定有不少谬误和不妥之处，望读者批评指正。

原 序

随着噪声占公害的比例日益增长,公众的抱怨指责日趋严厉。

本书自最初发行以来,数年中,公众对公害的认识已有显著提高,与此同时,科技人员在治理环境污染技术方面也取得了惊人的进步。观势确有落后形势之感。

工程学是世人的一门学问,是为人类的幸福而开发的生产技术,也是为保护人类生活环境而开发的治理技术。

本书就是从这样的立场出发而发行的。

本书最初发行于1967年,这正是日本首次颁布公害治理基本法而值得纪念的一年。

以该法律为准,在各个领域相继颁布了限制法,第二年1968年颁布了噪声限制法,1971年确立了噪声环境标准,同年又颁布了在特定工厂配设治理公害机构的法律。据此同年年底进行第一次治理公害管理者国家考试,有10万多人踊跃参加考试。1972年进行第二次国家考试时,考者更多。

幸运的是本书自初版以来已达五次重版,借此机会对各章内容进行充实提高并改题出版。

因要修改之处甚多,不得不压缩到最低限度,有关全面修改将待下次进行。

例如频率单位国际上已改为Hz(赫兹),而前书应用c/s(周/秒)应改为Hz,但书中出现次数实有90处之多,涉及大部分图版要加更改,需增加经费,况且又非本质问题,因此本次更改暂免(译版已把c/s改为Hz)。

本书特加了八、九两章消声器理论解析,这是其他书籍尚未发表过的内容。另外对振动与噪声的关系及噪声评价等方面也作

了充实，重新出现初版噪声测定方法，增添了各种JIS(日本工业标准)噪声限制法和环境标准等，以充实各章。

本书若能对关心噪声的人们有所助益实感幸甚。

最后，向本书执笔时参考刊登文献的著者和出版时承受协助的诸位表示衷心感谢。

福田基一

奥田襄介

1973年1月

目 录

绪论 噪声公害概论	-
第一章 声学基础知识	4
1.1 噪声	4
1.2 声源	5
1.3 声传播	5
1.4 声压与大气压	6
1.5 瞬时声压	8
1.6 媒质体积弹性模量	9
1.7 波动方程	10
1.8 声速	12
1.9 声压与质点速度	14
1.10 声强	15
1.11 频率、相位、波长	17
1.12 驻波	19
1.13 声音的三要素	21
1.14 日本噪声法令和标准	21
第二章 声级	24
2.1 声压级	24
2.2 声压级的合成与分解	25
2.3 本底噪声中被测声源的确定	27
2.4 声功率级	29
2.5 声音随距离的衰减	29
第三章 噪声评价	32
3.1 噪声评价意义	32
3.2 响度级	32
3.3 噪声级	34

3.4 噪声响度	39
3.5 语言干扰级	41
3.6 噪声评价标准—NC 数	42
3.7 噪声评价数等级—N 数	43
3.8 感觉噪声级	46
3.9 计算例	48
第四章 机械噪声	49
4.1 机械噪声源	49
4.2 燃烧噪声	50
4.3 内燃机排气声	52
4.4 机械噪声	57
4.5 齿轮噪声	58
4.6 轴承噪声	61
4.7 流体噪声	62
4.8 气流装置噪声	64
4.9 通(鼓)风机噪声	68
4.10 水力机械噪声	73
4.11 电磁噪声	74
4.12 机械振动与噪声的一般关系	76
第五章 机械声源控制措施	79
5.1 重视声源控制措施	79
5.2 固体声的声源控制措施	79
5.3 齿轮声源控制措施	81
5.4 轴承声源控制措施	83
5.5 气动设备声源控制措施	83
5.6 压缩机、鼓风机等管系声源控制措施	84
5.7 湍振声源防止措施	87
5.8 旋转失速声源防止措施	87
5.9 在气蚀状态下的声源防止措施	88
5.10 声源控制措施汇总	89
第六章 机械防振	91
6.1 振动与噪声	91

6.2	防振基础理论	93
6.3	减振	95
6.4	防振措施原理	97
6.5	防振措施的各主要因素	99
6.6	固有振动频率实例	100
6.7	非联合支承	102
6.8	倾斜支承	104
6.9	动力吸振	106
6.10	减振橡胶	107
6.11	空气弹簧	112
6.12	计算例	113
第七章	消声设计	116
7.1	消声设计程序	116
7.2	消声方法及应用	117
7.3	允许噪声级	117
7.4	需要消声频率特性推算	118
7.5	计算例	123
第八章	声线路	130
8.1	声学基本参数	130
8.2	声线路计算 I——集中常数线路	133
8.3	声线路计算 II——分布常数线路	143
8.4	辐射阻抗	149
8.5	计算例	152
第九章	消声器的原理和计算	157
9.1	管道辐射噪声	157
9.2	消声器原理	159
9.3	消声器种类	160
9.4	抗性消声器一般计算式	161
9.5	单级膨胀消声器	165
9.6	多级膨胀消声器	189
9.7	插入损失(IL)与透过损失(TL)	193
9.8	共振消声器	196

9.9 其他抗性消声器	203
9.10 吸声消声器(阻性消声器)	205
9.11 气流、温度的影响	209
9.12 除考虑消声效果外,消声器应考虑的问题	210
9.13 计算例	211
第十章 消声器的基本实验资料	225
10.1 积累基础实验资料	225
10.2 空腔形状影响	226
10.3 空腔内部分隔的影响	229
10.4 空腔多级连接时的影响	231
10.5 空腔内吸声材料的影响	233
10.6 尾管长度的影响	235
10.7 尾管直径的影响	239
10.8 尾管数目的影响	239
10.9 无尾管排气孔直径和数目的影响	240
10.10 鱼尾管(鱼尾式)	241
10.11 消声器实例	242
第十一章 隔声措施	244
11.1 隔声	244
11.2 单层墙隔声	245
11.3 吻合效应	247
11.4 多层墙隔声	247
11.5 缝隙漏声	248
11.6 室内用隔声墙隔开时的效果	249
11.7 屏障和挡板效果	249
11.8 隔声设计注意事项	251
11.9 计算例	255
第十二章 室内吸声措施	258
12.1 室内声压级	258
12.2 混响时间	260
12.3 房间吸声降噪	261
12.4 吸声结构	263

12.5 计算例	266
附录 噪声测定 (日本工业标准)	271
〔1〕 JIS Z 8731-1966 噪声级测定方法	271
〔2〕 JIS C 1502-1970 指示声级计	276
〔3〕 JIS C 1503-1969 简易声级计	283
〔4〕 特定工厂噪声限制标准	286
〔5〕 噪声环境标准	288
参考文献	289

绪论 噪声公害概论

1. 噪声公害特征

随着科学技术的发展, 不断出现许多附带问题, 由于文明程度提高而出现的公害问题, 对工程技术和社会方面都是个大课题。

噪声公害特征之一, 是属有限性公害, 有明显的噪声源存在, 引起的抱怨也是多种多样的。公害引起的苦恼总数的 50% 以上与噪声有关。

噪声公害的第二个特征, 是声波刺激引起的感觉公害, 这与大气污染和水质污染等的物质公害不同, 那是因为噪声引起的烦恼主要是主观的、感情的、精神的东西。防治噪声人员必须熟知这一点。

2. 噪声实况

在日本, 主要方面的噪声实况例举如下: 夜间郊区公园 20 方, 白天专用住宅区 30 方, 白天公园 40 方, 办公室 50 方, 距离一米远对话 60 方, 繁闹商店街道 70 方, 日产电车内 80 方, 地下铁道车箱内 90 方, 列车通过桥梁 100 方。

大部分工厂噪声都受到噪声限制法的限制。例如属于第 4 种区域 (工业区) 的工厂, 夜间在工厂厂界线上限制在 55~65 方以下, 白天 65~70 方以下; 属于第 2 种区域 (普通住宅区) 的工厂限制在夜间 40~50 方以下, 白天 50~60 方以下。

汽车噪声, 其左方 7 米处大约 70~85 方, 高级轿车 65~75 方, 大型卡车 85~90 方。

新干线的列车噪声, 离开 20 米是 85 方左右, 200 米 70 方左右, 500 米 60 方左右。

飞机场附近, 起飞降落时的噪声, 侧面 1 公里和前进方向 5

公里以内的范围在 80 方以上。

3. 噪声影响

经过许多人调查, 结果表明: 当本底噪声超过 40 方时, 开始影响睡中人的内分泌作用, 本底噪声 50 方以上将影响教室和会议室倾听注意力, 60 方将妨碍会话, 70 方妨碍听电话。

随着噪声增大, 对人的精神和人体的影响也逐渐增大。由于精神安宁和情绪受到扰乱, 从而产生头痛等各种病症, 并影响注意力集中。对身体影响是增加了血液中肾上腺素, 刺激脑下垂体和付肾质而产生内分泌失调, 也危害胃功能。另外听力受损时, 将得噪声性耳聋症, 短时间的引起暂时性耳聋症, 事后尚可恢复, 但造成长时间和永久性耳聋症时就不能恢复。

人上了年纪自然地听力衰退, 这叫老年性耳聋症, 其特征是从高频声开始逐渐听力衰退。而职业性耳聋症的特征是以 4000Hz 为中心的听力衰退。

为保护听力, 一天中经受噪声的时间必须尽可能缩小。例如用倍频程分析仪分析噪声时, 超过 90dB(分贝)的声音, 500Hz(赫兹)的声音一天中控制在 8 小时以内, 1000Hz 的一天中控制在 2 小时内, 3000Hz 的一天中控制在 30 分钟内, 否则就有伤害听力之虞。

100dB 时, 听力保护允许值: 500Hz 噪声一天中是 2 小时, 1000Hz 是 40 分钟, 3000Hz 是 30 分钟。

不仅工厂内部要免受噪声危害, 也有必要为汽车路旁和飞机场附近的居民创造一个安宁的环境。

4. 防治噪声的必要性和意义

可喜的是人们逐渐地认识到噪声对人们的精神、身体影响较大, 同时对家庭生活社会生活和工作场所危害也大。

世界上, 英国早在 1960 年制定了防治噪声法, 甚至伦敦都厅法也有噪声限制。美国纽约、芝加哥、洛杉矶等各城市同样地也制定了噪声防止条例, 对环境保护的关切日趋提高。

在日本除了前述有关法令外, 在车辆保安标准中还新增了汽

车噪声限制，另外在道路运输法等方面也作了大致有关规定。由于解决噪声治理技术较难，社会上还存在许多难以解决的问题，在工程学方面的防治噪声学至今尚未确立。

以下各章，为解决这一尚未确立的领域，试图开拓一门新工学来奠定噪声控制学基础，开创消声理论就是这个意图。

本书若能对社会有所贡献，著者甚感无上荣幸。

第一章 声学基础知识

1.1 噪 声

所谓噪声是不希望声的总称。

按其含意来称呼噪声时，一般有如下四种类别：

- (1) 过响声。
- (2) 妨碍声。
- (3) 不愉快声。
- (4) 可忽视噪声。

例如，噪声防止条例等所规定的噪声多数属于上面分类的过响声。无论音量多么小，妨碍人的行动目的的声音 应该是噪声。妨碍交谈和会议、妨碍学习、妨碍睡眠等有害于人的欲求、愿望、目的的声响都可称为噪声。

又如断锯刀轧之类的不愉快声和突然发生的声音，给人以厌恶之感，这也属于噪声。

因为噪声是不希望声的总称，所以把可忽视噪声也归纳到噪声领域。例如在我们生活中已融洽而又习惯了的声音多数是可忽视噪声。房间一角偶而有电冰箱的声音，虽已习惯，那毕竟还是属于可忽视噪声。工厂的各种机械声，即使声音很小，但不等于没有声音。另有个特殊例子，如摩托车疾驰时的声音，对周围的人来讲是极不愉快的声音，但对乘坐的人来讲也许是愉快的声音。

这样一来对噪声下定义就难了，总之大家认为过响的不愉快的声音是客观的噪声，然而主观地依照个人所处的环境、爱好、性格、目的及其他来判断同一声音有时为噪声，有时又并非噪声，要作出这样一个规定显然是困难的。

一般说来，在工程学方面对事物总是客观地来处理，大多数人所不希望的声音就为噪声。过响声成为噪声的可能性大，小到非

常小的声音不是噪声。为规定噪声,必须从客观实际出发来评定,而且还要考虑到测定简便才有实用性。关于这一点请参阅第三章。

1.2 声 源

敲打物体会发出各种独特的声音。例如使劲敲大鼓,立即用手接触鼓皮,就会感到鼓皮在很快地振动。由此得知,发出声音时,通常存在有声源振动体,声音就由此而起。

相反有振动体未必一定能发出可闻声。比如,按螺旋弹簧,手一离开,虽仍然产生强烈的振动,而多数不发出可闻声。要发出可闻声是有一定条件的,比如振动次数必须在每秒20次到20000次的范围时,才能成为可闻声。

发音时,通常在其声源有振动机构存在,但也有振动体不存在的时候。如压力气体喷射时的声音和爆炸时的声音,并非有振动物体的存在。

发生噪声时,必须首先作声源调查,认真研究声源控制方式,使声源发生的噪声控制到最小程度,而后采取确切的控制措施。

1.3 声 传 播

声音传播时,必须要有传声媒质存在。在声源附近媒质的微小部分受到声源振动的激励,逐次地把力传给邻近的微小部分,该微小部分称为质点。

上述微小部分(质点)不是像风一样飞出。而是媒质的一个质点像弹簧那样富有弹性,被弹了的那个质点,弹动了之后又依靠惯性力越过原来位置来回振荡,周而复始。

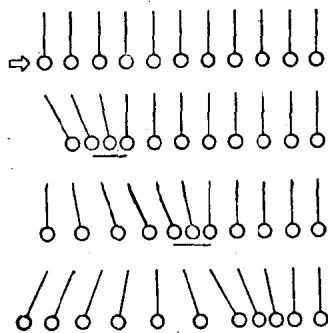


图1.1 悬球帘摆子振动

该现象如同图1.1端点悬球帘现象相似。被敲打的球一个接