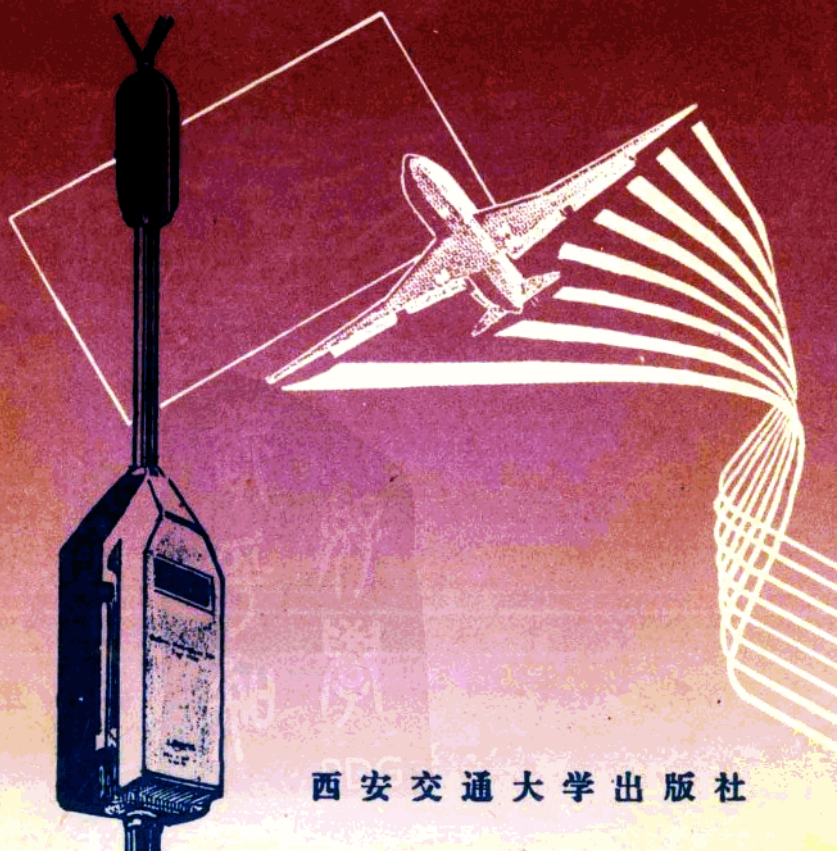


现代声学噪声 测量技术

邵宗安 主编



西安交通大学出版社

现代声学噪声测量技术

邵宗安 主编

西安交通大学出版社

内容简介

本书共分七章,主要内容包括:噪声物理性质、噪声的物理量度、心理声学 and 噪声评价指标、噪声测量基本方法、噪声测量技术的新发展与新应用、声学测量仪器等。

本书可作为高等院校的教材,也可供工程技术人员参考。

(陕)新登字 007 号

现代声学噪声测量技术

邵宗安 主编

西安交通大学出版社出版

(邮政编码:710049)

西安凯色林印刷厂印装

陕西省新华书店经销

开本 787×1092 1/32 插页:2 印张:6.875 字数:150 千字

1994 年 5 月第 1 版 1994 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—3000

ISBN7-5605-0658-5/TH·35 定价:9.50 元

前 言

10年前,“噪声测量”和“噪声治理”在国内某些高等院校里尚未引起人们高度重视。然而,时过境迁,随着改革开放的深入,我国国民经济和交通运输事业快速发展,工业和交通噪声测量,机场和高速公路噪声评估,以及降噪措施的选择等,已不仅是摆在我们面前的热门话题,而且是需要我们致力研究并妥善解决的实际的课题。

近年来,我国政府有关部门及工程界人士,在噪声工程领域做了大量的工作。在一些地区和部门,噪声测试分析、噪声治理已经起步,并取得相当的成绩。一些专家学者,撰写论文专著,普及噪声工程理论,开展学术、经验交流,对指导工程实践,起到良好的作用。但是,就总的情况来看,这一技术领域在我国,主要的困难不在理论,而在于实践。本书著者积若干年之教学经验,认为有必要向国内读者提供一本能反映现代噪声测试技术(主要是国外技术)的参考书,其重点是介绍噪声评价指标、测试技术和仪器配置,以期对国内噪声工程实践有所裨益。

本书第1,2,3章讲述噪声信号的基本物理性质和物理量度。由于国内已有相当多的声学原理专著可供读者阅读,所以本书只是根据后面章节的需要,扼要地编撰这一部分内容。第4章介绍噪声评价指标,参照国外现状和我国的发展趋势,对交通噪声、航空噪声、语言干扰的有关指标作了较为详细的介绍。但为便于读者理解,噪声评价曲线(NR曲线)及有效感觉噪声级(L_{EPN}),则放在第5章的办公室噪声及航空噪声中结合实例讲述。

第5章是噪声测量基本方法。在分节介绍各项测量方法的同时,还列出具体的测量仪器配置,并指出可供参考的国际标准,从而增加内容的实践性。第6章根据国外及国内最近的科技动态,介绍噪声测试分析技术的新发展。鉴于这些新技术的潜力,估计将很快地在国内得到应用和推广。第7章以丹麦必凯仪器公司近期生产的仪器为例,分类介绍噪声测试设备。由于篇幅所限,只能选择一部分有代表性的仪器作重点介绍。对专用性较强,使用面较窄的仪器(例如BK4206型双传声器阻抗测量管),以及目前仍相当广泛地使用,但必凯公司已经停止生产的仪器(例如BK4418型建筑声学分析仪已被2143分析仪与软件5305所取代而停产),则未列入。

本书由西安公路学院测试分析中心集体编写,主编邵宗安。编写分工如下:

第1,2,3,4,6章:邵宗安;第5章:邵宗安、张维峰;第7章:李其付。陈慧明、刘万峰参加部分文稿及插图的整理工作。

本书由西安交通大学张升陞教授审阅。此外,在编辑过程中,著者根据需要选用了若干必凯公司的资料图表,在这方面,得到该公司斯文·约翰森先生及施乃平先生的支持和帮助。在本书的选材上,必凯上海服务站徐少华先生,必凯北京咨询部刘光华先生,给予著者很多方便,并提出许多宝贵的意见,编著者谨此对上述有关人士表示衷心的感谢!本书的编写属初次尝试,必然存在不少问题,敬请读者批评指正。

编 者

1993年9月

目 录

前言

第 1 章 绪论

- 1.1 声测量的分类及噪声测量的意义 (1)
- 1.2 噪声信号的特性 (2)
- 1.3 噪声测量技术要点 (6)

第 2 章 噪声的物理性质

- 2.1 声波的产生 (9)
- 2.2 声波方程 (11)
- 2.3 声速、质点振动速度和声特性阻抗 (13)
- 2.4 声场 (14)
- 2.5 声波的反射和折射、衍射和驻波 (17)

第 3 章 噪声的物理量度

- 3.1 分贝制与声功率级、声强级和声压级 (21)
- 3.2 声压级的运算 (24)
- 3.3 噪声的频谱 (29)
- 3.4 声波在传播过程中的衰减 (31)

第 4 章 心理声学 and 噪声评价指标

- 4.1 人的听觉器官 (38)
- 4.2 人耳听觉的掩蔽效应 (40)
- 4.3 响度级、等响曲线和响度 (43)
- 4.4 脉冲声的响度 (45)
- 4.5 人耳听觉能力的损失 (46)
- 4.6 计权声级 (48)

4.7	等效连续声级 L_{eq} 、声暴露级 SEL	(50)
4.8	昼夜平均声级 L_{dn} 、噪声污染级 L_{NP} 和交通噪声指数 TNI	(52)
4.9	感觉噪度、感觉噪声级 PNL 噪声 及其数量指数 NNI	(53)
4.10	环境噪声容许标准	(54)
4.11	保护听力免受损伤的噪声标准	(56)
4.12	语言干扰评价指标	(60)

第5章 噪声测量基本方法

5.1	声功率的测量	(62)
5.1.1	声压级测量法	(64)
5.1.2	声压与声强的关系	(78)
5.1.3	声强测量法	(82)
5.2	听力测定	(96)
5.3	瞬态声测量	(99)
5.4	工厂车间和办公室的噪声测量	(103)
5.5	产品噪声、质量控制和机械状态监测	(108)
5.6	交通噪声测量	(113)
5.7	航空噪声测量	(124)

第6章 噪声测量技术的新发展与新应用

6.1	选通声强	(136)
6.2	声场空间变换——STSF	(139)
6.3	噪声源定位	(143)
6.4	能量流测量	(150)
6.5	结构空腔声学特性测量与声-固耦合分析	(153)
6.6	水下声测量	(160)

6.6.1	水下声波的特点	(160)
6.6.2	水听器	(161)
6.6.3	水下声测量的应用	(164)

第7章 声学测量仪器

7.1	概述	(166)
7.2	传声器、前置放大器及声强探头	(168)
7.3	便携式噪声测量分析仪器	(178)
7.3.1	BK2230—2236 型声级计	(178)
7.3.2	BK1624、1625、和 1627 型滤波器组	(185)
7.3.3	BK4435 型噪声级分析仪	(188)
7.3.4	BK4436 型噪声剂量计	(189)
7.3.5	BK4437 型声强分析仪	(190)
7.3.6	便携式频率分析仪——214X 系列	(190)
7.4	实验室用声学测量分析系统	(194)
7.4.1	BK2123/2133 型实时频率分析仪	(194)
7.4.2	BK3550 系列多通道动态信号分析系统	(196)
7.4.3	BK2012 型电声分析仪、电话及电声测量系统	(198)
7.4.4	建筑声学测量系统、5305 型建筑声学程序	(200)
7.5	校准及校准用仪器	(201)

附录 A		(201)
------	-------	-------

国际标准规定的几种声功率级测量方法(声压法)

附录 B

分贝和比率换算表

附录 C

由压力梯度估算质点速度

参考文献

第1章 绪 论

1.1 声测量的分类及噪声测量的意义

“声测量”与“噪声测量”的涵义不是等同的。按信号的特点和使用场合,可将声测量归纳为下列几类:

(1)环境噪声及工业噪声测量,包括交通噪声、航空噪声,脉冲声、工厂车间及建筑工地等噪声的测量;

(2)建筑声学测量,主要是处理与房屋建筑有关的声学问题。在修建大型剧院、音乐厅或讲演厅堂时,建筑声学测量是一项重要内容;

(3)电声测量,测量对象主要是传声器、扬声器、电话及其它各种音响设备;

(4)产品质量控制,原本属于工业噪声、电声测量中的部分内容。但由于产品质量控制越来越受到社会的重视,噪声测量已用于质量控制,并逐渐发展成为一个新的声测量领域;

(5)水声学测量。

噪声是人类社会日常活动中以声音形式出现的一种声响,引起人们不舒适,产生烦躁感,因此它是一种为人们所不希望、不喜欢但经常又是难以避免的声音。

随着人类社会的发展以及人们物质生活水平的提高,人类生存环境的噪声也在不断增加。近年来,交通噪声、航空噪声和工业噪声在许多国家呈稳定上升趋势,逐渐在世界范围内酿成

“噪声公害”，或称“噪声污染”。针对这种情况，许多发达国家开始致力于噪声污染的治理，并为此制订了相当多的国家法规和国际标准。

治理噪声必不可少的第一步是测量噪声，其目的是给被测对象和噪声一个物理量度，并将测量结果与有关允许标准进行比较，作出“可以接受”或“不可接受”的结论。如果属于后者，就应重新设计或修改设计，或是用隔声、吸声、减振或隔振的办法，进行噪声治理。另一方面，制订噪声标准是一项很重要的、科学性 & 政策性很强的工作。一般说来，工程标准应当相对简单实用；而研究性标准可以较为详细。

从另一个角度看问题，噪声也有可资利用的一面。例如，用测量机电产品噪声的方法，可以检测产品是否有质量问题，这是产品质量控制的一个重要手段；凭借水下噪声测量，可以捕鱼、导航以及搜索、跟踪潜艇和其它水下、水面舰艇，判断其方位、航向、航速，这在军事上是非常有价值的。

1.2 噪声信号的特性

工程界通常用一些基本物理参数来描述噪声信号的性质。这些物理量对于定频率和定振幅的噪声信号是比较简单的，但对于变频率和变振幅的信号，则较为复杂。纯音是最简单的噪声信号，如图 1.1 所示，纯音有固定的周期 T ，对应着一个固定的频率 f ，而其振幅则按正弦变化。纯音是其它各种信号的最基本成分。

正弦信号的振幅有如图 1.1 所示的几种表示方法。正弦信号与其它类型信号一样，其振幅的均方根值(rms)与信号具有的能量成正比。因此，均方根值是一个最常用，也是最重要的振幅

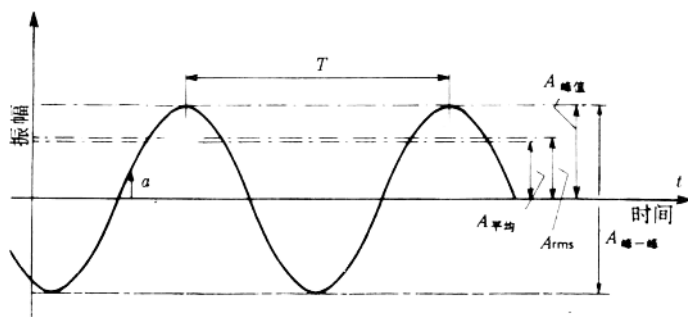


图 1.1 正弦信号振幅的几种表示方法

量度单位,其定义是

$$A_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt} \quad (1-1)$$

式中 T ——平均时间;

$a(t)$ ——瞬时振幅。

另一个量度振幅的单位是

$$A_{平均} = \frac{1}{T} \int_0^T |a| dt \quad (1-2)$$

还有 $A_{峰值}$ 表示最大振幅。

对所有类型的信号均可采用下面两个参数作为波形的量度:

$$\text{峰值因数} \quad F_c = \frac{A_{峰值}}{A_{rms}} \quad (1-3)$$

$$\text{形状因数} \quad F_f = \frac{A_{rms}}{A_{平均}} \quad (1-4)$$

正弦信号的这两个因素有如下简单关系:

$$A_{rms} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} A_{平均} = \frac{1}{\sqrt{2}} A_{峰值} \quad (1-5)$$

因而它的峰值因数 $F_c = 1.414 (\doteq 3\text{dB})$, 而形状因数 $F_f = 1.11 (\doteq 1\text{dB})$ 。

单个噪声信号通常由相位随机的频率成分组成, 对于这种信号, 研究相位的意义不大。但是, 在研究反射或吸收表面、驻波以及结构振动时, 信号之间的相位关系就具有重要意义。

实际上, 大多数声信号不是正弦信号, 而是频率和振幅均随时间变化的信号。对于这些信号, A_{rms} , $A_{平均}$ 和 $A_{峰值}$ 之间不存在简单的数学关系, 但它们仍然是描述信号特征的重要参数。例如, 严格地说 $A_{峰值}$ 不能用于随机噪声, 但是, 在研究冲击、脉冲和短周期噪声时, 却是非常重要的参数。

纯正弦波本身是一个单频率成分, 在频率域中是一条直线, 如图 1.2(a) 所示。如果将两个正弦信号相加, 且其中一个信号的频率是另一个的三倍, 则可得到图 1.2(b) 所示的波形, 在频率域中是两条直线。图 1.2(c) 所示的方波是更为复杂的周期信号, 在频率域中为无限条间隔相等的直线, 表示无限多奇次谐波成分。

实际生活中经常遇到的随机噪声有如图 1.2(d) 所示的特点。随机噪声信号由多种频率成分组成, 这些频率成分没有谐波关系, 因此随机噪声是非周期的, 具有连续频谱。最典型的随机噪声是“白噪声”, 它有完全平坦的连续频谱。随机噪声不能用频率、振幅和相位简单地描述, 而是要用统计分析方法或是傅立叶分析方法进行研究。

汽车是很值得研究的噪声源。汽车发动机(内燃机)产生典型的周期性噪声, 含有大量的与发动机转速有关的谐波成分; 而

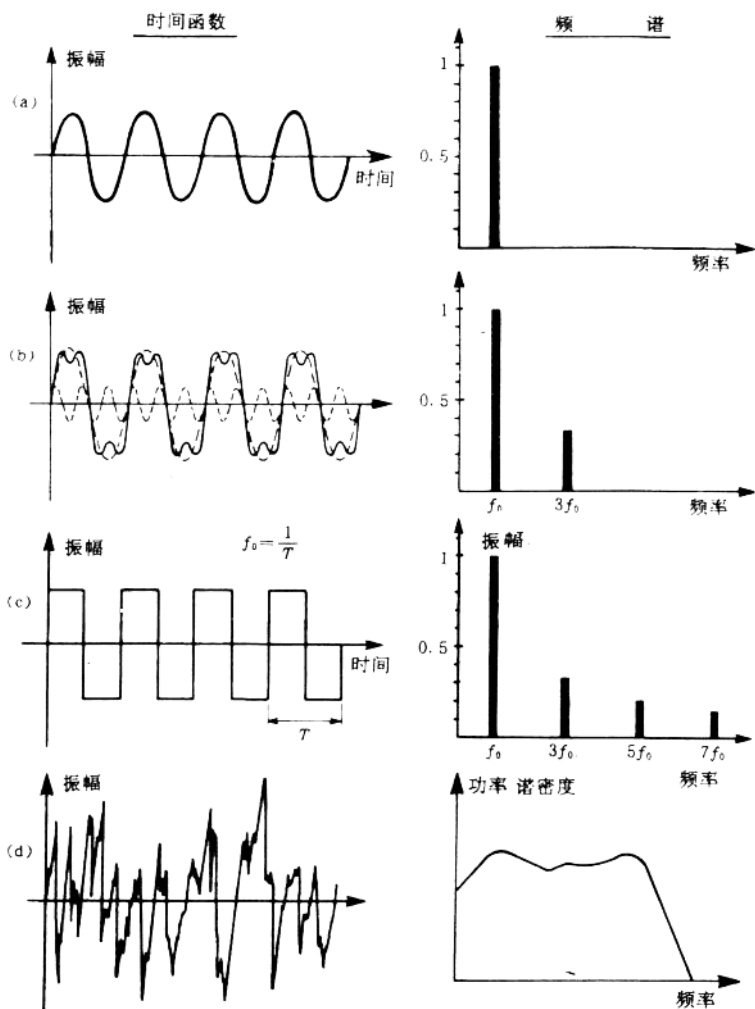


图 1.2 声信号和它们的频谱

- (a) 纯正弦信号(简单周期信号); (b) 两个正弦信号的合成;
 (c) 方波信号(复杂周期信号); (d) 随机噪声(复杂非周期信号)

在道路上高速行驶的汽车轮胎,却发出频谱很平直的非周期噪声。因此汽车的行驶噪声是一种复杂的复合噪声。

1.3 噪声测量技术要点

噪声的测量与其它许多技术领域的测量一样,必须精确可靠、实施方便,否则测量工作就不具有实用价值。高质量的测量工作必须以下列几方面条件为前提:

1. 正确的理论指导

从事噪声测试分析工作的工程技术人员,应有必需的声学 and 振动知识,应当熟悉“工程信号处理”、“频率分析”和“噪声及振动测试”等技术领域的主要内容。信号处理及频率分析是噪声测试分析的重要环节。一方面,噪声的频率组成对噪声的噪度和响度以及对语言的遮掩效应等都有决定性的影响,另一方面,噪声治理和环境保护又要求工程技术人员能处理隔声、吸声和减振降噪诸多与信号处理紧密相关的实际问题。目前这些技术领域已有相当多的专著可供读者参考,本书不再详细地讨论这些问题。

2. 恰当的测量和分析方法

首先要对被测对象及其声学环境的噪声性质有一个初步的判断,要弄清楚即将测量的是稳定噪声还是非稳定噪声,是长周期还是短周期噪声。同时,要仔细研究有关的噪声标准,尽可能熟悉标准规定的测量指标、方法以及对测量工作的各种要求。在进行研究性的噪声测试时,应根据具体情况,正确地选用测量指标和评价方法,例如,是选用等效连续声级、声暴露级还是感觉噪声级,是用统计分析方法还是用频率分析方法,或者两种方法同时采用,都应作出科学合理的选择。此外,为了提高试验效率,

减少不必要的试验次数并最有效地利用试验数据,应尽可能地采用合理的试验设计方法,制订合理的试验程序。

应当看到,噪声测试技术是一门正在发展的学科,这其中,新技术、新方法还在不断出现。本书第6章介绍的“选通声强”、“声场空间变换”、“噪声源定值”以及“能量流测量”等,已被实践证明是有实用价值的新技术。可以预见,随工程界坚持不断的努力与探索,更多的新方法、新技术还会继续涌现。

3. 正确选择仪器组成合理的测试分析系统

首先要了解仪器是否具备符合有关噪声标准的能力,仪器的功能、精度是否满足试验要求。在测量交通噪声和航空噪声时,需要测量等效连续声级,应当选用积分声级计,例如BK2230型声级计。如果还要作统计分析或是频率分析,则可选择模件式积分声级计(例如BK2231型声级计),再配以相应的模件、滤波器和图表打印机等。如果希望把测量值转换成数字信号存储起来供计算机处理,则可选用有数字接口的声级计,例如BK2236型声级计。

在选用传声器和声强探头时,一方面要注意它们的工作频率范围、灵敏度等主要特性是否满足要求,同时还要注意它们与声级计和声强分析仪的匹配。必凯的声级计和分析仪对传声器和声强探头的型号均有明确的要求。

应根据测试工作的需要在便携式仪器和实验室型仪器之间作出正确选择。实验室型仪器体积较大、较笨重,需要交流供电,而且对环境条件有一定要求,往往不便于现场操作,与轻便小巧、电池供电的便携式仪器相比,这是它的弱点。但是,实验室型仪器功能强,能配用多种软件进行多功能分析,并可做多种形式的后处理,显示屏幕大,图象清晰,这又是便携式仪器所比不上

的。BK 各型声级计、2140 系列频率分析仪属于便携式仪器,而 2133 型实时频率分析仪和 3550 型多通道动态信号分析系统则属于实验室型仪器。

对于测试分析仪器的实时性亦要正确对待。如果仅限于测量稳定噪声,就没有必要购买实时频率很高的分析系统,因为这种系统配置价格较贵。最后,选择仪器配置时,应考虑测试技术的发展,使配置的系统具有一定柔性,以便能适应今后的发展。