

噪声

(日)(社)计量管理协会

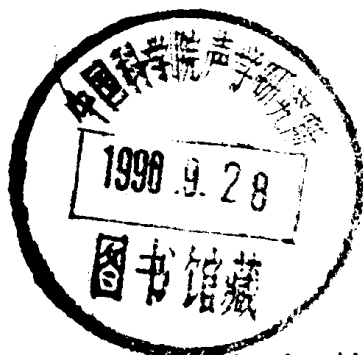
宋永林 译

中国计量出版社

与振动测量



宋永林 译



中国计量出版社

1014200

内 容 提 要

本书分三篇。基础篇介绍波动、振动和声波的基础，噪声和振动对生理和心理的影响。噪声篇介绍噪声测量、测量设备和有关防止噪声、减声的测量，噪声测量诸论和评价值的计算。振动篇介绍振动测量和测量设备，振动能级计，振动测量方法和振动测量事例等。

本书可供从事噪声和振动以及防止公害的工作人员、环境计量人员，也可作为有关专业学生的教科书。

騒音と振動の計測

(社)計量管理協会

コロナ社 1986. 8

噪声与振动测量

(日)(社)計量管理協会

宋永林 译

责任编辑 陈艳春

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 787×1092/32 印张 10.5 字数 236 千字

1990年3月第1版 1990年3月第1次印刷

印数 1—5 000

ISBN 7-5026-0301-8/TB·249

定价 5.00 元

序 言

当今所谓的舒适时代，它不仅是单纯地没有公害，而是意味着如何积极地创造一个幽静而愉快的生存和生活的环境。

从计量管理的角度，如何努力提供这种舒适的环境条件，那就是设法在防止公害方面，积极应用预防的测量技术。在这个观点下，社会上曾出版了一些有关这方面的技术书籍，如有关大气污染和水质污浊等方面的“公害测量技术指导书”。当今对大气和水质的公害，可说是有很大改善。

本书是从噪声和振动的基本知识讲起，直到实际的测量技术，测量数值的分析，测量数值的处理。它是基于最新的技术情报而编成的。当然，也参考了最新的 JIS 和有关公害法规。

本书适用于从事噪声和振动以及防止公害的工作者，可作为学生的教科书，也可用于环境计量人员国家考试的参考书。

本书是由噪声和振动计测技术委员会（1977年度；委员长：守田 荣，委员：大熊植靖，加藤芳三，久保田喜八郎，清水和男，时田保夫，服部昭三，古川宣一，松井昌幸，松浦 尚，守田 荣，山本照二；参加执笔：吉田甚一郎）调查研究执笔编成的，在 1978 年出版的“噪声和振动计测

指导书”基础上，加以全面修改而定稿。因此，对 JIS 和规程制定、修改关系不大的部分，仍保留了相当部分，在此对委员和执笔人各位表示谢意。

1986 年 6 月 (社) 计量管理协会

目 录

基 础 篇

第 1 章 有关波动、振动和声波的基础	(1)
1.1 振动和波动及其基本量	(1)
1.1.1 正弦波	(1)
1.1.2 复合波和波形	(3)
1.1.3 声波下的质点运动和声压	(6)
1.1.4 <u>声强和声压级</u>	(8)
1.1.5 <u>噪声级</u>	(11)
1.1.6 <u>分贝 (dB)</u> 的计算	(13)
1.2 声波的发生和声源	(16)
1.2.1 振动体的声源和共振	(16)
1.2.2 空气直接扰动下所发生的声音	(18)
1.2.3 辐射阻抗和音响输出	(19)
1.2.4 声源的方向性	(21)
1.2.5 声源的功率级	(24)
1.3 声波的传播	(26)
1.3.1 声的传播速度和波长	(26)
1.3.2 声波的距离衰减	(29)
1.3.3 空气中的吸声衰减	(34)
1.3.4 声波的反射、折射、绕射和穿透	(36)

1.4 有关公害振动的基本量.....	(42)
1.4.1 地面振动的产生和传播	(42)
1.4.2 振动量及其表示	(49)
1.4.3 加速度能级和振动能级	(55)
1.5 简单振动系统和等效回路.....	(57)
1.5.1 自由振动	(57)
1.5.2 强迫振动	(61)
1.5.3 衰减率和共振的锐度 Q 值等	(67)
1.5.4 机械系统和电系统的对应关系	(69)
第2章 噪声、振动对生理和心理的影响	(72)
2.1 噪声和振动的影响	(72)
2.2 听觉和噪声性听力衰减	(73)
2.2.1 听器	(73)
2.2.2 听觉曲线	(75)
2.2.3 噪声性障听和允许范围	(77)
2.3 音声和噪声对收听的干扰	(81)
2.3.1 音声	(81)
2.3.2 屏蔽和清晰度试验	(82)
2.3.3 噪声对听取音声的干扰	(84)
2.4 噪声对一般生活的干扰	(85)
2.4.1 对生活干扰的一般情况	(85)
2.4.2 对睡眠的干扰	(87)
2.5 振动的感觉和影响及其评价	(89)
2.5.1 振动的感觉	(89)
2.5.2 振动对身心的影响	(92)
2.5.3 ISO 的振动暴露界限	(95)

噪 声 篇

第3章 噪声测量的溯源——噪声的标准传递系统	(97)
-------------------------------------	------

3.1 概论	(97)
3.2 音响标准	(98)
3.2.1 标准麦克风(传声器)	(98)
3.2.2 音响标准原理(相互校准法原理)	(100)
3.2.3 标准供给	(101)
3.2.4 二次校准	(103)
3.3 计量法规定的噪声计检定制度	(106)
3.3.1 法定计量单位	(106)
3.3.2 法定计量器	(107)
3.3.3 接受检定的义务	(107)
3.3.4 检定合格的条件	(107)
3.3.5 型式批准制度	(109)
3.3.6 检定证书和有效期	(109)
3.4 噪声计的检定方法	(110)
3.4.1 型式试验	(110)
3.4.2 精密噪声计的检定方式	(110)
3.4.3 普通噪声计的检定方式	(111)
第4章 噪声的测量设备	(112)
4.1 概论	(112)
4.2 噪声计	(113)
4.2.1 麦克风(传声器)	(113)
4.2.2 电阻衰减器	(116)
4.2.3 放大器	(116)
4.2.4 频率补偿回路	(117)
4.2.5 整流回路和指示设备	(118)
4.2.6 电源	(118)
4.2.7 校准器	(118)
4.2.8 防风挡板(屏)	(120)
4.3 噪声计的种类	(120)
4.3.1 精密噪声计和普通噪声计	(121)
4.3.2 汽车用普通噪声计	(122)

4.3.3 积分噪声计	(123)
4.4 频率分析器	(125)
4.4.1 倍频器和 1/3 倍频分析器	(126)
4.4.2 窄带分析器	(134)
4.5 能级记录仪	(137)
4.6 磁带录音机	(139)
第 5 章 噪声测量方法	(141)
5.1 测量计划	(141)
5.2 噪声能级的测量	(142)
5.2.1 术语的含义	(143)
5.2.2 测量器	(146)
5.2.3 测量方法	(150)
5.2.4 测量点的选择	(161)
5.2.5 暗噪声的影响	(162)
5.2.6 环境条件对测量的影响	(164)
5.3 音响功率能级的测量	(164)
5.3.1 消声室法	(165)
5.3.2 半消声室法	(166)
5.3.3 检查法	(166)
5.3.4 混响法	(166)
5.3.5 置换法	(167)
5.4 频率分析	(168)
5.4.1 使用设备和分析程序	(168)
5.4.2 分析时应注意事项	(170)
5.4.3 分析结果的表示方法	(171)
5.4.4 不同分析方法的比较	(172)
5.4.5 频带能级的总和	(175)
第 6 章 有关防止噪声和降噪的测量	(179)
6.1 测量计划	(179)
6.1.1 防止噪声计划	(179)

6.1.2 调查与测量	(180)
6.2 屏帐的遮声效果	(184)
6.2.1 屏帐	(184)
6.2.2 挡板	(186)
6.3 吸声材料和吸声效果	(188)
6.3.1 材料的吸声性	(188)
6.3.2 内装材料的吸声效果	(191)
6.3.3 吸声率的测量	(196)
6.4 墙壁的遮声效果	(201)
6.4.1 表示遮声性能的量	(201)
6.4.2 遮声结构和穿透损失	(204)
6.4.3 遮声性能的测量	(208)
6.5 底板(楼板)冲击声的遮声效果	(213)
6.5.1 测量装置	(213)
6.5.2 底板冲击声发生器装置的安装	(214)
6.5.3 测量位置	(215)
6.5.4 测量	(215)
6.5.5 遮声等级	(215)
第7章 噪声测量诸论和评价价值计算	(218)
7.1 概论	(218)
7.2 环境噪声测量	(219)
7.3 工场和作业场等噪声测量	(222)
7.4 地面交通机关的噪声测量	(225)
7.4.1 新干线铁路噪声测量	(225)
7.4.2 汽车噪声测量	(228)
7.5 建筑噪声测量	(231)
7.6 飞机的噪声测量	(233)

振 动 篇

第8章 振动测量的溯源	(236)
-------------------	-------

8.1 概论	(236)
8.2 振动标准	(236)
8.2.1 校准拾音放大器	(238)
8.2.2 振动拾音放大器的校准	(240)
8.3 振动级计的校准、检定和检查	(250)
第9章 振动测量仪器	(254)
9.1 概论	(254)
9.2 振动测量器的组成要素	(255)
9.2.1 振动拾音放大器的原理	(256)
9.2.2 振动拾音放大器简介	(259)
第10章 振动级计	(266)
10.1 振动级计的 JIS 规定	(266)
10.2 振动级计的简介	(267)
10.3 振动测量的辅助设备	(270)
10.4 振动级计的使用和保管	(272)
第11章 振动测量方法	(274)
11.1 测量计划	(274)
11.1.1 测量项目	(275)
11.1.2 测量计划	(277)
11.1.3 测量目的和准备	(278)
11.2 振动能级的测量方法	(280)
11.2.1 适用范围	(281)
11.2.2 测量条件	(281)
11.2.3 测量点的选择	(285)
11.2.4 测量器使用方法	(286)
11.2.5 记录设备的选择	(294)
11.2.6 指示的读数方法, 整理方法和表示方法	(294)
11.2.7 测量结果应附加的事项	(301)
11.3 振动的频率分析	(301)
11.4 振动测量的误差	(304)
11.4.1 频率响应	(304)

11.4.2 噪声	(305)
11.4.3 测量系统的非线性	(305)
11.4.4 非正常信号的不准确性所带来的误差	(306)
第12章 振动测量举例	(307)
12.1 工厂方面的振动	(307)
12.2 建筑工地振动	(313)
12.3 道路交通振动	(316)
12.4 铁路交通振动	(319)
12.5 其它测量	(322)
参考文献	(324)

基 础 篇

第1章 有关波动、振动 和声波的基础

1.1 振动和波动及其基本量

1.1.1 正弦波

图 1.1 的右侧波形是正弦波，如将时间轴的 0 点取在如下图所示处，则可通过

$$a = A \sin \omega t \quad (1.1)$$

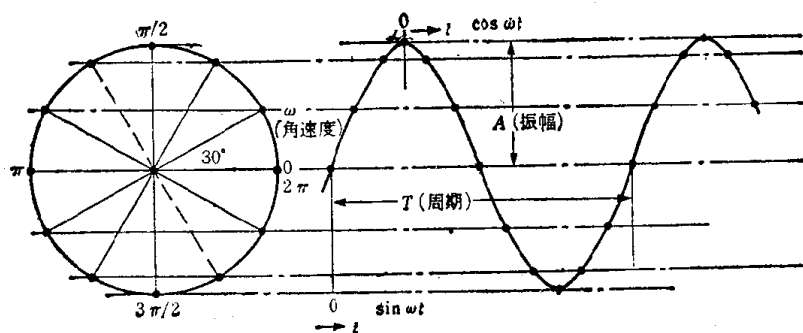


图 1.1 正弦波

来表示。其中 A 是振幅，如将频率取为 $f(\text{Hz})$ ，则 $\omega = 2\pi f$ 。图中的 T 为周期，左图上的点是在圆上旋转一周的时间，右图正好是一个波形的终点的时间。因此它们的相互关系是 $T = 1/f$ 。例如频率为 1000 Hz (Hz 是一秒钟的循环数，称为赫兹) 的波形，则 $T = 1/1000 \text{ s}$ 。左图圆上的点旋转一周是 T 秒，即以 2π 角在 T 秒下旋转。也即是 $(2\pi/T) = 2\pi f = \omega$ 是其点的旋转速度，因此称它为角速度。余弦 $\cos \theta$ 可变换成 $\cos \theta = \sin(\theta + \pi/2)$ ，因此右侧波形也可写成 $\cos \omega t = \sin(\omega t + \pi/2)$ 。这是将右图的 C 点象上侧那样，取其时间轴为 $\pi/2$ 。即只要开始到 90° ，则即可用 $\cos \omega t$ 的形式来表示。

声波和振动等是通过振幅本身来表示，多数是使用有效值。所谓有效值是指瞬时值的平方在一周内的均方根 (root mean square, Tms)。如将有效值取为 A_e ，则

$$A_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2 dt} \quad (1.2)$$

正弦波的有效值 A_e 为

$$\begin{aligned} A_e &= \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (A \sin \omega t)^2 dt} \\ &= \sqrt{\frac{4A^2}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t dt} \\ &= \sqrt{\frac{2A^2}{\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 \omega t dt} \end{aligned} \quad (1.3)$$

将右边积分后，则可得如下关系式。即

$$A_e = \sqrt{\frac{2A^2}{\pi} \cdot \frac{\pi}{4}} = \sqrt{\frac{A^2}{2}} = \frac{A}{\sqrt{2}} \quad (1.4)$$

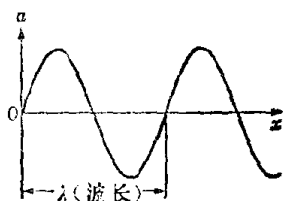


图 1.2 正弦波的波长

图 1.1 的正弦波是将横轴取作时间，这个图也可相同于图 1.2，即将横轴取作距离。这时距离为 x ，时刻为 t ，则瞬间振幅 a 即可写成

$$a = A \sin(\omega t - kx) \quad (1.5)$$

其中 k 为波长常数， $k = \omega/c = 2\pi/\lambda$ 。则可用下式表示

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.6)$$

1.1.2 复合波和波形

我们生活周围实际所存在的波，不论是声波或地面波，象上述的单纯地正弦波，几乎是不存在的。也就是说多数是复合波，即起码是由两个以上成分组成的。

复合波问题，一般说是一个复杂的组成，最简单的例子也是一个倍音关系的两个波形，根据相互之间的不同相位改变其波形。所以其中的相位是一个非常重要的量。图 1.3 是在基波上含有 3 次谐波（基波的 3 倍频率波）的波形，相对基波都分别相差 90° 相位。随着波形移动，其峰值（复合波的振幅）也随之变化。

相同频率的正弦波，尽管由几个波合成，其波形仍是相同频率的正弦波。然而只要是频率稍有不同，两个正弦波的合成波，就会出现象图 1.4 那样的拍频现象。它的变化是在 1s 内，在原有正弦波之差值下进行等次数的振动，只不过其振幅有大有小而已。

但是象图 1.3 例那样，只包含基波及其倍数振动的波形，即所谓仍是周期波形的情况实际上是极少的，而实际存

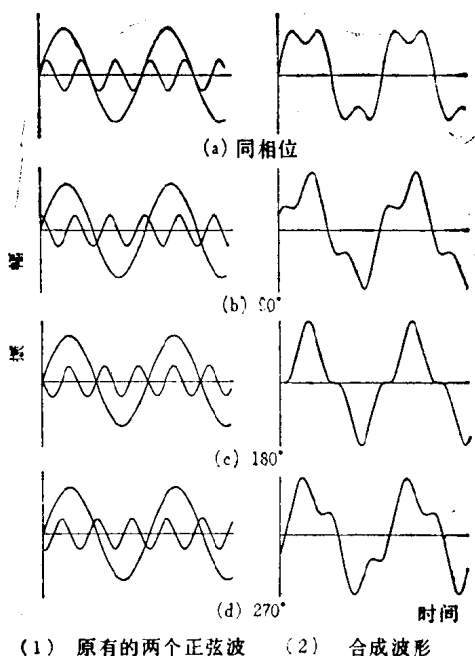


图 1.3 正弦波合成 (基波和 3 次谐波的相位影响)

在的普通波，既或是再简单地情况，它也是一个相互没有倍音关系的周期波形的集合。作为一个整体很难找出一个周期性的重复，通常是在一个波上再加上一个非周期的波动，而且是随着时间的变化，它所形成的冲击波也急剧的变化。例如从鼓风机等所发出的叶片声来看，它既包含叶片旋转的周期性清音（乐音），也包含从整个叶片所发出来的噪音性涡音，尤其是从喷气发动机所发出来的声音，其中几乎就没有周期性的声音，而只是噪音性声音。

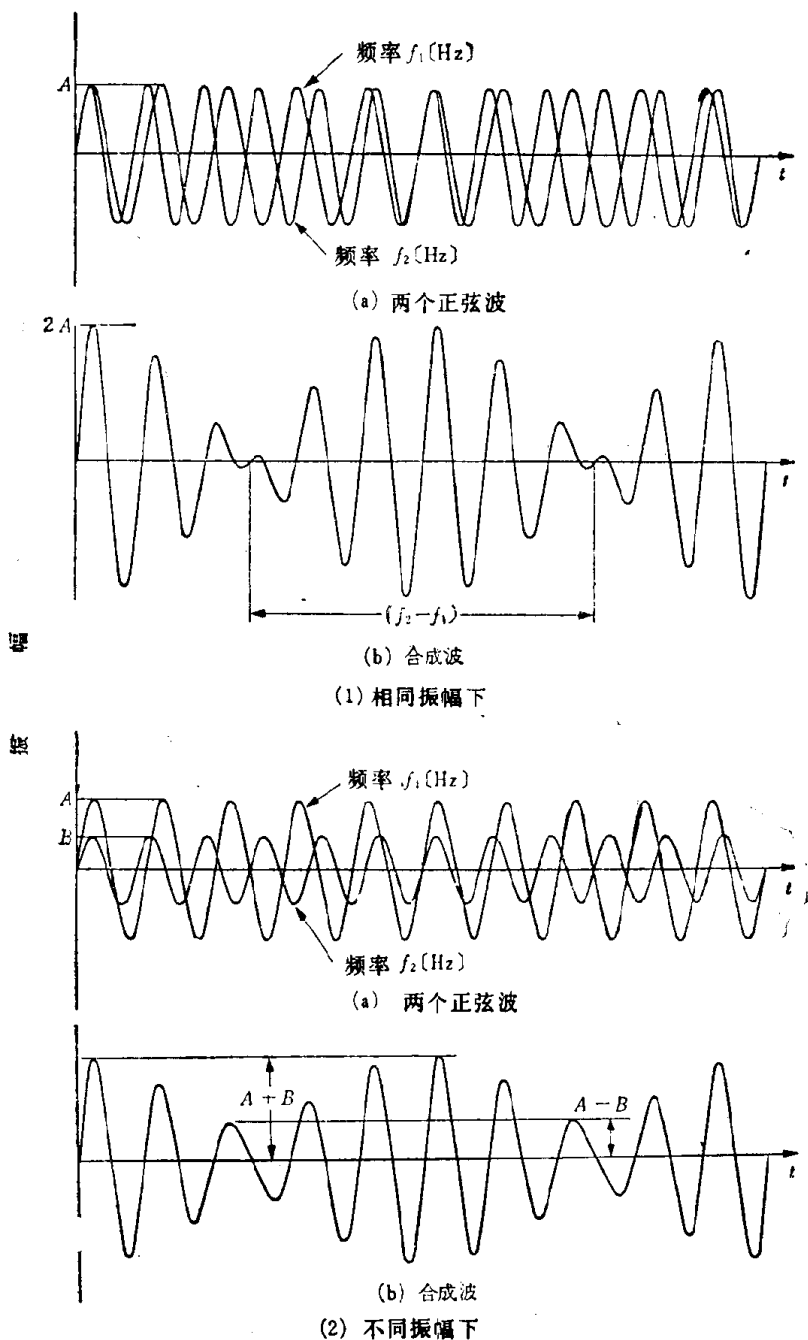


图 1.4 拍频现象 (频率稍有不同的正弦波合成)