

测 声



〔丹麦〕布鲁尔—开雅

张美娥 译 章句才 校

· 计 量 出 版 社

952/109

测 声

〔丹麦〕布鲁爱尔 开 雅

张美娥 初译

章句才 审校

计 量 出 版 社

1981

内 容 提 要

本书介绍了噪声测量方面的基本知识,包括声和噪声的定义、噪声测量的重要性、测量仪器、测量方法、声级太高时怎么办等,是一本噪声测量方面的科普性读物。

本书可供计量部门、工矿企业从事噪声测量工作的人员及声学爱好者参考。

Measuring Sound

Brüel & Kjær, DENMARK

测 声

〔丹麦〕布鲁爱尔 开 雅

张美娥 初译 章句才 审校



计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售



开本 787×1092 1/32 印张 1 1/8

字数 23 千字 印数 1—10 000

1981年7月第一版 1981年7月第一次印刷

统一书号 15210·88

定价 0.18 元

科技新书目: 5—186

引 言

这本小册子回答了新手对噪声测量程序所提出的一些基本问题，并对以下提问作简要解释：

为什么要测量声音？

声音是什么？

测量声音使用什么单位？

我们听到什么？

使用什么仪器测量声音？

什么是计权网络？

表头响应特性的含义是什么？

什么叫频率分析？

声音是怎样传播的？

我们应在哪儿测量？

传声器在声场中如何放置？

反射声对测量的影响有多大？

背景噪声如何考虑？

环境怎样影响我们的测量？

如何作测量报告？

应该使用哪些标准？

什么叫噪声图？

什么是噪声评价？

什么是噪声剂量？

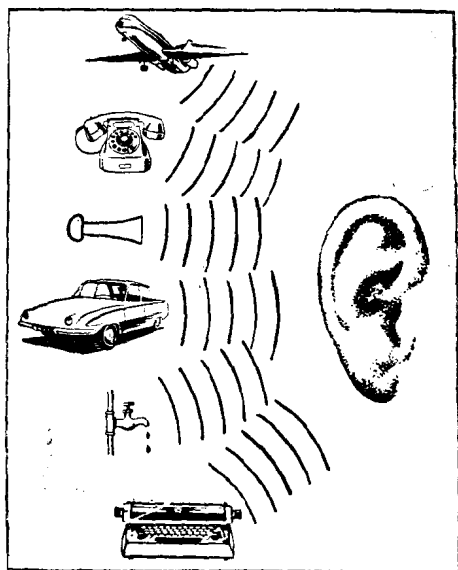
噪声级太高了怎么办？

声音与人类

声音在日常生活中是一个平凡的角色，人们很少评价它的全部作用。

它能使我们欣赏音乐、倾听鸟鸣、和亲友交谈。电话铃声、敲门声、汽笛声给人以提示或警告。阀门的颤抖声、轮子的“吱吱”声、心脏的跳动声还可帮助人们评价质量和诊断疾病。

但是，在现代社会中，它也常常来烦扰我们。有许多声音让人感到不快、讨厌，我们称之为“噪声”。噪声令人烦扰的程度不仅取决于它本身的特性，还决定于人们对它所持

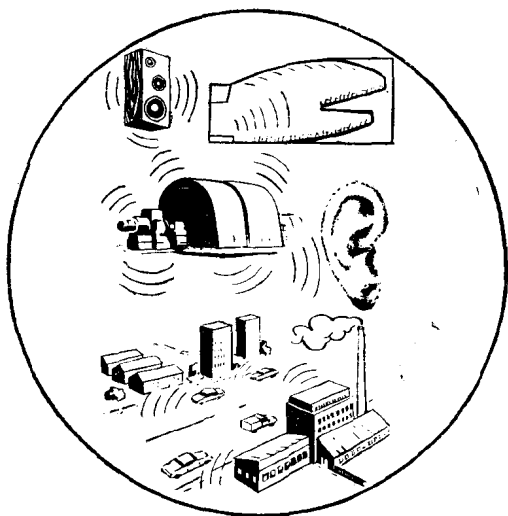


的态度。例如，对于一个飞机设计师来说，他新设计的喷气飞机起飞的声音，将是一种悦耳的音乐。而对居住在飞机跑道附近的人们却是一种震耳欲聋的痛苦。烦扰人的声音也不一定需要很响，地板的“吱吱”声，唱片旋转的“沙沙”声，水龙头的滴水声等在烦扰人方面也许和响雷没什么两样。

最糟的是声音能够产生损伤和破坏。轰声能震破窗户玻璃，震落墙壁泥灰。而当声音损坏了最精巧、敏感且专门用来接收它的“仪器”——人的耳朵时，那就是最大的不幸了。

为什么要测量声音？

测量声音的益处很多。通过测量声音，你可以改进建筑物与扬声器系统的音质，从而使我们增进在音乐厅或家庭里欣赏音乐的乐趣。



通过测量声音，我们能对令人烦恼的声音作精确的科学分析。虽然由于各人生理和心理上的差别，目前还不能科学地测定每个人的烦恼程度。但是，声的测量确实给我们提供了不同条件下比较噪声的客观方法。

声音测量能明确指出引起听觉损伤的响声，并提醒人们采取正确的措施。而且测听试验还能评定个人的听觉灵敏度，可以说，声音测量是听力保护计划中的重要一环。

从飞机场到工厂，从公路到住宅，直到录音棚，声音的测量和分析都是降噪计划中强有力的诊断工具，也是改善我们生活质量的一种手段。

声音是什么？

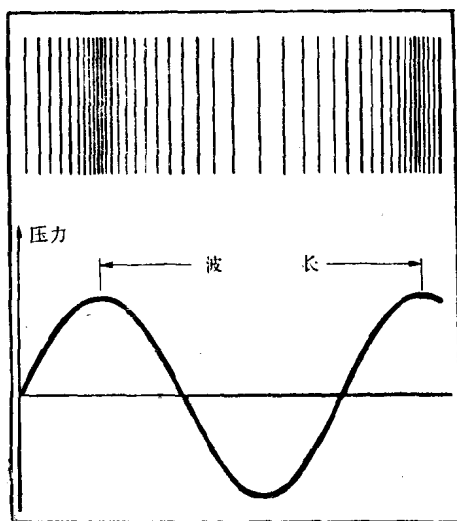
声音的定义，为人耳在空气中、水中或其它媒质中能够检测出的任何压力变化。测量空气中压力变化最普通的仪器是气压计。不过这种气压计测量的是由气候引起的压力变化，对于人耳来说，它的变化慢得难以检测，因此这种压力变化不符合我们的声音定义。但是假如大气压的这种变化再快一点（至少每秒20次），这时人耳就能检测到，它也能够称作声音了（气压计不能反应得这么快，所以就不能用来测量声音）。每秒钟压力变化的次数叫声音的频率，用每秒多少周、或用目前国际上统一的名词——赫芝* (Hz)来表示。人耳听觉的频率范围大概从20赫延伸到20000赫。钢琴最低音到最高音之间的频率范围是27.5赫—4186赫。

也许你已经具有声音速度的概念，因为你懂得如何确定闪电离你多远这一熟悉的规则：根据你看见闪光到听见雷声之间的时间，按每公里3秒计算距离，这数值相当于每小时

* 赫芝简称为赫，以下均用赫——译者注

1224公里。在声学测量中，这一速度用340米/秒来表示。

知道了声音的速度和频率，我们就能求出波长。它是空气中从一个波峰到下一个波峰之间的直线距离。波长=速度/频率。20赫时的波长是17米。20千赫时，波长只有1.7厘米。



分 贝

健康人的耳朵能够听到的最弱声音的压力为百万分之二十帕*(或20微帕)。它比正常大气压(一个大气压等于1公斤/厘米²或10吨/米²)小5 000 000 000倍。20微帕的压力变化是微乎其微的，它使人耳鼓膜产生的位变比原子直径还要小。

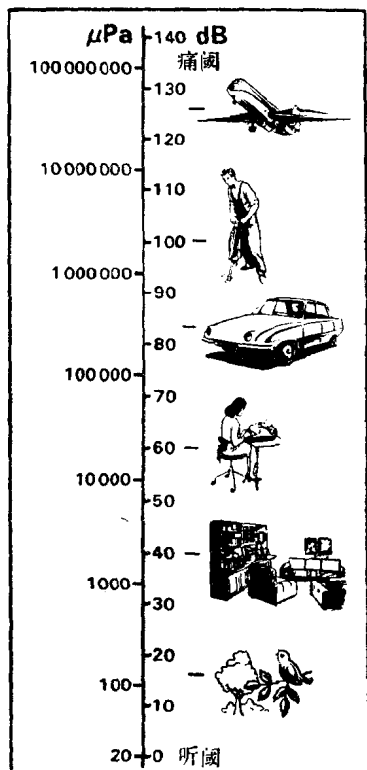
* 1帕=1牛顿/米²——译者注

惊人的是，人耳能够容许声压比这个数值增加一百万倍以上！这样，如果我们仍用帕作单位来测量声音，最终就得使用相当大的繁琐数字，为了避免这一点，想出了另外一个刻度，这就是分贝(dB)。

分贝刻度以20微帕的听阈作为起始点或参考压力，定义为零分贝。用帕表示的声压每增加10倍，我们就给分贝刻度上增加20分贝。于是200微帕相当于20分贝，2000微帕就相当40分贝，以此类推，这样分贝刻度就将以一百万比一的范围压缩到120分贝的范围。

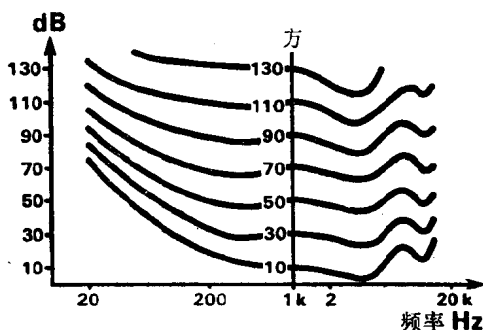
在右图中，你可以看到分别用帕和分贝表示的各种熟悉声音的声压和声压级。

分贝刻度的另一用处，是它给出的相对响度要比用帕斯卡刻度更接近于人的感觉。这是因为人耳反应对应于声压的百分数变化，这和分贝刻度相对应。1分贝是人耳能听得出来的声压级的最小变化。假如声压级增加一倍，则使它提高3分贝，而要使声音响一倍，则需增加10分贝。



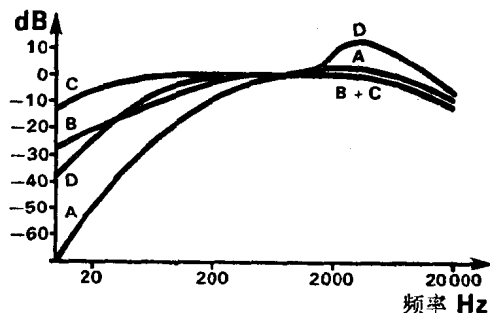
我们听到什么？

确定一个声音主观响度的因素很复杂，这是目前人们仍在继续研究的课题。上述因素之一是人耳并不是对所有频率都一样灵敏，在2000—5000赫范围内最灵敏，而在很高和很低频率处最不灵敏。这种现象在低声压级比在高声压级更为明显和复杂。图中曲线族表示任何频率上产生与1000赫纯音相同响度所需的声压级。例如，一个50赫纯音如果要和一个70分贝的1000赫纯音有相同的主观响度，那么它的声压级应比70分贝高15分贝。



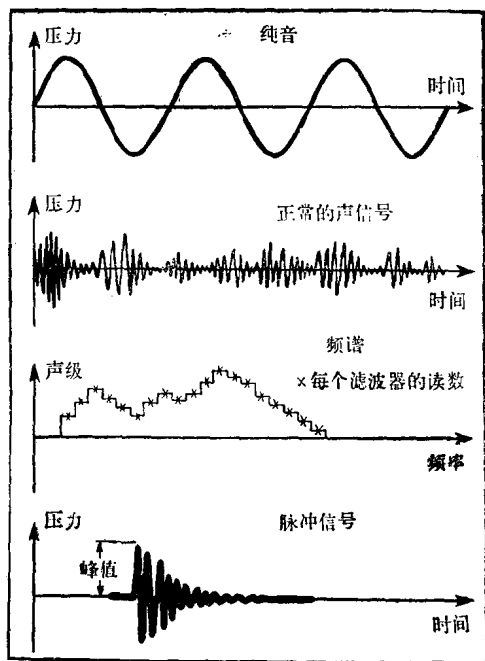
建立一种灵敏度随频率变化而模拟人耳听觉的电路似乎比较简单，事实上也已经做到。目前已有三条国际标准化的特性曲线，叫做A，B，C计权网络。A网络近似于低声压级的等响曲线，B网络近似于中等声压级，而C近似于高声压级。但由于B，C网络与主观试验之间给不出较好的相关性，所以唯有A网络广为使用。还有一条最近已标准化的D计权专用特性曲线，它主要用于飞机噪声的测量。B，C两计权网络给不出预期结果的原因之一，是因为等响曲线以纯音作为

实验依据，而平常大多数声音并非纯音而是非常复杂的信号。



要想取得复杂信号更详尽的资料，可以把20赫—20千赫的频率范围分割成倍频程或1/3倍频程的段。电子滤波器可以做到这一点，它能剔除选择频带以外的所有频率的信号。例如：中心频率为1000赫的倍频程滤波器，它可通过待测的707—1410赫范围内的声音，而剔除其他一切声音。这种在许多频带上进行信号分析的过程称为频率分析。将结果绘成图表就叫做频谱图。

如果声音的持续时间短到小于1秒，这种声音就称为脉冲声。例如打字机或锤击的噪声。由于声音越短促，人耳的感觉越不灵敏。这样在响度评价方面就出现了别的问题。研究人员通常认为，持续时间短于70毫秒（一秒的千分之七十），感受的响度就要降低。现在已经有标准化的电路，它的灵敏度随着持续时间的缩短而降低。这一电路称为“脉冲”特性。但是，虽然响度随信号的缩短而降低，可听力损伤的危险性未必减低。由于这一原因，有些声级计具有测量信号峰值而与持续时间无关的电路。



声 级 计

声级计是一种对声音的反应与人耳大致相同的仪器。它能够给出一个客观的、可再现的声级测量。

声信号由高质量的传声器转换成相应的电信号，由于信号很小，在表头能读出它以前，必须加以放大。经过一级放大器后的信号可送到计权网络(A,B,C或D)或可外接的倍频程、1/3 倍频程滤波器网络，经过另一级放大以后，信号就提高到足以使表头进行工作。表头指示的RMS值是由RMS检波器确定的，表上读出的值称为声级(dB)。声信号

也可以由声级计的输出插口送到记录仪、噪声剂量计等其他仪器。

RMS 的意思是均方根，它是算术平均值的一种类型。由于 **RMS** 值和声信号的总能量直接有关，所以它在声学测量中非常重要。有的声级计还有确定脉冲信号峰值的峰值检流器和保持表针最大偏转的保持电路。保持电路不论对峰值的最大偏转，还是对 **RMS** 值的最大偏转都适用。

由于声级计是一种精密仪器，故备有对它进行精确校准的设施。校准时只要将便携式声学校准器直接耦合在传声器上就可进行。声学校准器实际上是一个微型扬声器，它能产生一精确的已知声压级，以此来调节声级计。

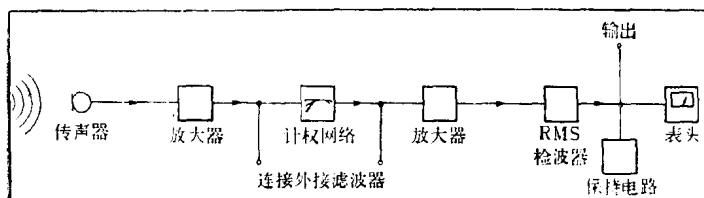
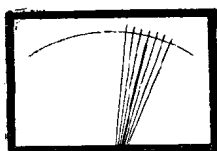


表 头 反 应

在声级发生变化时，我们总是希望表针也随之变化。但是，如果声级变化太快，表针就会乱晃动，以至于无法取得有意义的读数。为此，采用两种表头反应特性。

“快”——它给出一个快速反应的特性，使我们能测量起伏不太快的噪声。

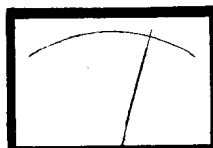
“慢”——它给出一个比较迟钝的反应特性，帮助我们得出表针起伏的平均值。不然，将无法读数。



快



慢



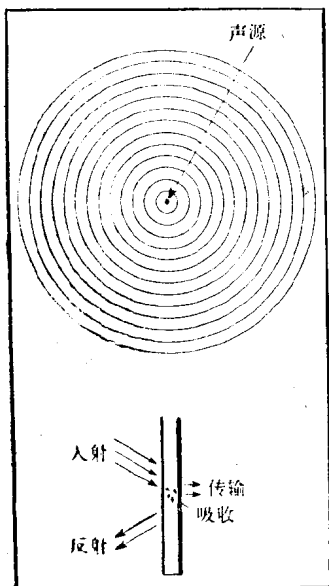
脉冲和
峰值

当用“快”反应特性测量时，如果表针照样摆动，就转换到“慢”反应位置。

如果用“慢”反应的摆动仍很大，可估计一个平均读数，也可以在报告里记下最大和最小读数。

如果测量脉冲声，那就要用脉冲声级计。有些标准里要求测量峰值，也有的要求测量“脉冲”时间常数。在任何情况下，使用“保持”特性都容易读数。

声音的传播



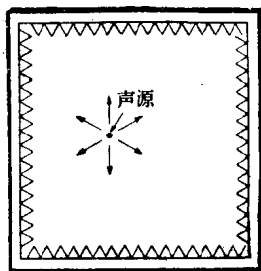
空气中声音的传播可与水波相比拟。它们向四面八方均匀地传播，其幅度随着距离的增加而减小。在空气中其距离增加一倍，幅度减小一半。对声压级来说就降低 6 分贝。因此，如果你从离声源 1 米增加到 2 米，声压级就降低 6 分贝；再离开到 4 米，声压级就降低 12 分贝；离开 8 米时降低 18 分贝，等等。

但是，只有在声传播的路上没有反射物或障碍物时上述

衰减规律才是正确的。这种理想的条件称为自由场条件。要是声传播路上有反射物，声音就会一部分被反射回去，一部分被吸收，其余的通过该物体传输过去。反射、吸收和传输的多少决定于物体的吸声性能、大小以及声音的波长。一般地说，要想对声音有明显的干扰，反射物的尺寸必须大于一个波长。例如：在10000赫、波长为3.4厘米时，甚至象测试传声器这样小的物体都会干扰声场。可是在100赫、波长为3.4米时，要想隔离这样的声音就会困难得多了。你也许曾经留心过隔壁房间演奏乐器的情形，它的低音是很难挡住的。

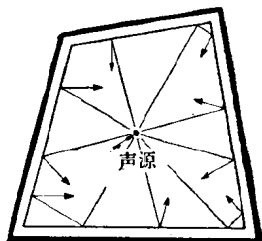
消 声 室

如果要在自由场条件也就是在完全没有反射物的地方测量，那就应在旗杆尖上（或类似物）或在消声室里进行。消声室内所有的墙壁、天花板、地板都装有高效率的吸声材料来消除反射。这样就可以在没有任何反射声干扰的情况下测量噪声源任意方向的声压级。



混 响 室

混响室与消声室相反。它的所有表面都尽量做得坚硬而又能充分反射声波，各墙面都不平行。因这种房间内的声能分布均匀，就形成一个所谓“扩散”声场。

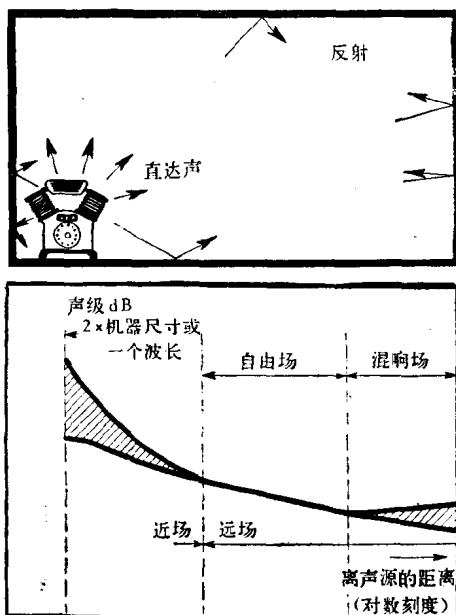


在这里可以测量声源辐射的总声功率输出。但由于多次反射，所以要给出某个方向上的声压级就没有实际意义。混响室的造价比消声室便宜，它在机器噪声研究中得到广泛的应用。

实际的房间

实际上，大多数声音测量既不在消声室也不在混响室，而是在介于二者之间的房间中进行的。在这样的环境中测量声源的噪声辐射时，寻找正确的测量位置很不容易。

测定单个声源的噪声辐射时，可能产生几种误差。首先，如果测量太靠近机器，则测点位置稍有变动就会引起声级的明显变化。当测量距离小于机器所发射最低频率的波



长，或小于机器最大尺寸的两倍时（这两个距离哪个大就算哪个），都会出现这种情况。这个区域称为机器的近场。可能的话，测量应尽量避开这个区域。

另外一种误差是由于测点离机器太远而距墙壁或其他物体太近，在这里反射声和直达声一样强，也不可能进行正确的测量。这个区域称为混响场。混响场与近场之间的区域是自由场，这可从离声源的距离增加一倍，声压级降低 6 分贝来检验。测量就应该在这个区域进行。不过，很可能因声场混响很强或房间太小而不存在这种自由场区域。

当在这种实际房间中测量时，应注明传声器的距离、方向 and 高度。例如：74 dB (A) 正对着空调机前面距离 3 米，高 1 米。

在声场中的传声器

测试传声器性能应满足很高的标准。首先，它应具有均匀的频率响应，也就是说传声器在所有频率上都应有同样的灵敏度。其次，传声器对所有角度来的声音要同样灵敏，这叫做全指向性。这在扩散场中测量时特别重要。

B 和 K 传声器具有三种特有的型号：自由场型、压力型、无规入射响应型。自由场传声器对于传声器放入声场前的声压有均匀的频率响应。要注意任何传声器都会干扰声场，只不过声场传声器在设计时已补偿了它自己对声场的干扰。而压力传声器设计得对实际存在的声压（当然也包括传声器本身的干扰）有均匀的频率响应。最后，无规入射传声器是设计得对所有角度同时到达的声信号都有均匀的响应。例如在高度混响或扩散声场中就是这种情况。

在自由场中测量时，自由场传声器膜片应正对声源，而