

前 言

本标准等效采用国际标准 ISO 9613-2:1996《声学 户外声传播的衰减 第2部分:一般计算方法》,以便使户外声传播衰减的计算方法和国际一致,有利于国际贸易、技术和经济交流。

本标准与 GB/T 17247.1《声学 户外声传播的衰减 第1部分:大气声吸收的计算》构成系列标准。

本标准的编写格式和表达方法执行 GB/T 1.1—1993 的规定。

本标准的附录 A 和附录 B 是提示性的,仅供参考。

本标准由全国声学标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:电子工业部第三研究所、中国科学院声学研究所、北京大学、北京市气象局及天津助听器厂。

本标准主要起草人:杨锦刚、李沛滋、栾桂冬、米季德、章汝威、唐惠德。

ISO 前言

国际标准化组织(ISO)是由各国标准化委员会(ISO 成员国)组成的世界范围的联合组织。国际标准的制定工作通常由 ISO 技术委员会来完成。每个成员国在对某技术委员会所确定某项标准感兴趣时,有权参加该技术委员会。与 ISO 有联系的政府和非政府国际性组织也可参加该项工作。ISO 与国际电工委员会(IEC)在电工标准化的各个方面均保持密切合作。

各技术委员会采纳的国际标准草案应分发给各成员国进行投票表决。国际标准草案至少需要 75% 的成员国投票赞同,才能作为国际标准出版发行。

国际标准 ISO 9613 是技术委员会 ISO/T C43(声学)、分委员会 SC 1《噪声》负责制定的。

ISO 9613 在总题目《声学 户外声传播的衰减》下包括以下部分:

——第 1 部分:大气声吸收的计算

——第 2 部分:一般计算方法

第 1 部分局限于大气吸收过程的计算。第 2 部分为各种物理机制衰减的较为近似和经验的计算方法。

ISO 9613 这部分的附录 A 和附录 B 是提示的附录。

中华人民共和国国家标准

声学 户外声传播的衰减 第 2 部分：一般计算方法

GB/T 17247.2—1998
eqv ISO 9613-2:1996

Acoustics—Attenuation of sound during propagation outdoors
—Part 2: General method of calculation

1 范围

本标准规定了计算户外声传播衰减的工程法,以预测各种类型声源在远处所形成的环境噪声级。此方法可预测已知噪声发射声源在有利于传播的气象条件下的等效连续 A 声级(在 ISO 1996 第 1 部分到第 3 部分已描述)。

这些条件正象在 ISO 1996-2:1987 的 5.4.3.3 所规定的那样是对顺风传播,或等效地用于已趋稳定的经常发生在晚上的以地面为基础的中等逆温下传播。水表面的逆温条件不包括在内,这种情况由本标准预测的声压级可能会高一些。

此方法也可预测在 ISO 1996-1 和 ISO 1996-2 规定的长期平均 A 声级,长期平均 A 声级包含着各种气象条件的声级。

本标准规定的方法特别包括倍频带算法(用 63 Hz~8 kHz 的标称频带中心频率)以计算发源于点声源或点声源组的声衰减,这些声源可以是移动的或者是固定的,算法中提供规定的项目有以下的物理效应:

- 几何发散
- 大气吸收
- 地面效应
- 表面反射
- 障碍物引起的屏蔽

有关经过房屋群、树叶和工业场所传播的附加资料可见附录 A。

实际上此方法可应用于各式各样的噪声源和噪声环境,它可以直接或间接应用于有关路面、铁路交通、工业噪声源、建筑施工活动和许多其他以地面为基础的噪声源等大多数场合,但它不能应用于在飞行的飞机,或对采矿、军事或相似操作的冲击波。

应用本标准,有几个参数必须已知,相应于声源和环境的几何状况,地表面特性和以倍频带声功率级表示的与传播方向一致的声源强度。

注:若只已知 A 计权声功率级,500 Hz 的衰减可用作估计最终衰减。

方法的准确度和它在实际应用中的限制在第 9 章中加以描述。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有的标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 3241—82 声和振动分析用的 1/1 和 1/3 倍频程滤波器

国家技术监督局 1998-03-18 批准

1998-10-01 实施

- GB 3785—83 声级计的电、声性能及测试方法
- ISO 1996-1:1982 声学 环境噪声的描述与测量 第1部分:基本量及步骤
- ISO 1996-2:1987 声学 环境噪声的描述与测量 第2部分:与土地使用有关的数据采集
- ISO 1996-3:1987 声学 环境噪声的描述与测量 第3部分:噪声限度的应用
- ISO 9613-1:1993 声学 户外声传播的衰减 第1部分:大气声吸收的计算

3 定义

本标准除采用 ISO 1996-1 中的定义外还采用下列定义(见表 1 的符号和单位)。

3.1 等效连续 A 计权声压级 L_{AT} equivalent continuous A-weighted sound pressure level L_{AT}
 L_{AT} 由式(1)定义:

$$L_{AT} = 10 \lg \left\{ \left[\left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{dB} \dots\dots\dots(1)$$

式中: $p_A(t)$ ——瞬时 A 计权声压, Pa;
 p_0 ——基准声压(20 μ Pa);
 T ——规定的时间间隔, s。

A 频率计权在 GB 3785 中已规定。

注: 时间间隔 T 应足够长, 以平均变化的气象参数, 本标准考虑到两种不同情况, 即短期顺风 and 长期总平均。

3.2 等效连续顺风倍频带声压级 $L_{fT}(DW)$ equivalent continuous downwind octave-band sound pressure level $L_{fT}(DW)$

$L_{fT}(DW)$ 由式(2)定义:

$$L_{fT}(DW) = 10 \lg \left\{ \left[\left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T p_f^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{dB} \dots\dots\dots(2)$$

式中: $p_f(t)$ ——声源顺风瞬时倍频带声压(Pa), 下标 f 代表倍频带滤波器的标称频带中心频率。

注: 倍频带滤波器的电特性至少符合 GB 3241 中的 2 型要求。

3.3 (屏障的)插入损失 insertion loss(of a barrier)

在规定位置的接收处, 有屏障(已插入)和无屏障的两种情况下, 而其他影响声传播条件无明显变化的声压级之差值。

表 1 符号和单位

符号	定义	单位
A	倍频带衰减	dB
C_{met}	气象校正	dB
d	点声源到接收点的距离(见图 3)	m
d_p	投影到地平面上的声源至接收点之间的距离(见图 1)	m
$d_{s,o}$	声源和障碍物的反射点之间的距离(见图 8)	m
$d_{o,r}$	障碍物上反射点与接收点之间的距离(见图 8)	m
d_{s1}	声源到(第一)绕射边的距离(见图 6 和图 7)	m
d_{r1}	(第二)绕射边到接收点的距离(见图 6 和图 7)	m
D_1	点声源的指向性指数	dB
D_2	屏蔽衰减	dB
c	第一与第二绕射边之间的距离(见图 7)	m
G	地面因子	—
h	声源到接收点的平均高度	m
h_s	点声源离地高度(见图 1)	m
h_r	接收点离地高度(见图 1)	m
h_m	传播路程的平均离地高度(见图 3)	m

表 1 (完)

符号	定 义	单 位
H_{\max}	声源的最大尺寸	m
l_{\min}	反射面的最小尺寸(长度与高度)(见图 8)	m
L	声压级	dB
α	大气衰减系数	dB/km
β	入射角	rad
ρ	声反射系数	—

4 声源的描述

本标准的公式适用于点声源的声衰减。广义的噪声源例如路面和铁路交通或工业区(它可能包括有一些设备或设施以及在场地的内的交通往来)将用一组分区表示,每一个分区有一定的声功率及指向特性,在每一个分区内以一个代表点的声音所计算的衰减用来表示这一分区的声衰减。一个线源可以分为若干线分区,一个面积源可以分为若干面积分区,而每一个分区用处于中心位置的点声源表示。

另一方面,点声源组可以用处在组的中部的等效点声源来描述,特别是声源具有:

- 有大致相同的强度和离地面的高度;
- 到接收点有相同的传播条件;
- 从单一等效点声源到接收点间的距离 d 超过声源的最大尺寸 H_{\max} 二倍 ($d > 2H_{\max}$)。

假若距离 d 较小 ($d \leq 2H_{\max}$),或分量点声源传播条件不同时(例如加屏蔽),其总声源必须分为若干分量点声源。

注:除了上述的实声源以外,也可以引入虚声源以描述如 7.5 所述的从墙和顶篷(不是地面)的声反射。

5 气象条件

本标准的顺风传播条件在 ISO 1996-2:1987 的 5.4.3.3 中加以规定,即:

- 连接主声源中心和指定的接收区的中心方向的 $\pm 45^\circ$ 角以内的风向,这时风从声源向接收点方向吹;
- 风速大致在 (1~5)m/s 之间,离地高度为 (3~11)m 的范围内测量。

在本标准中,计算平均顺风声压级 $L_{AT}(DW)$ 的公式包括第 7 章中给出的衰减公式,是在这些限制以内的气象条件的平均值,这里“平均”意思是 3.1 定义的短时间间隔的平均。

这些公式等效地对以地面为基础的中等逆温条件下的平均传播也适用,例如经常发生在晴朗而无风的夜晚。

6 基本公式

接收点位置的等效连续顺风倍频带声压级 $L_{rT}(DW)$ 对每个点声源和它的虚源,从 63 Hz 到 8 kHz 标称中心频率的 8 个倍频带用式(3)计算:

$$L_{rT}(DW) = L_w + D_c - A \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: L_w ——由点声源产生的倍频带声功率级(dB),基准声功率为 1 pW;

D_c ——指向性校正(dB),它描述从点声源的等效连续声压级与产生声功率级 L_w 的全向点声源在规定方向的级的偏差程度。指向性校正 D_c 等于点声源的指向性指数 D_i 加上计及到小于 4π 球面度(sr)立体角内的声传播指数 D_0 ,对辐射到自由空间的全向点声源, $D_c = 0$ dB;

A ——从点声源到接收点的声传播时,倍频带衰减。

注

- 1 斜体的字母符号 A 表示本标准的衰减,注意不要和用正体字母 A 表示的频率计权混淆。
- 2 式(3)中的声功率级可以从测量中加以确定,举例,像 GB/T 14367—93 系列(机器用)或 ISO 8297(工业性工厂用)描述的那样。

式(3)的衰减项 A 由式(4)给出:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc} \dots\dots\dots(4)$$

- 式中: A_{div} ——几何发散引起的衰减(见 7.1 条);
 A_{atm} ——大气吸收引起的衰减(见 7.2 条);
 A_{gr} ——地面效应引起的衰减(见 7.3 条);
 A_{bar} ——加屏障引起的衰减(见 7.4 条);
 A_{misc} ——其他多方面效应引起的衰减(见附录 A)。

式(4)中前四项的一般计算方法在本标准已作出规定,对最后一项 A_{misc} 的三个有贡献的资料(由于通过树叶、工业场所和房屋群面积中传播引起的衰减)在附录 A 中给出。

等效连续 A 计权顺风声压级根据式(3)和式(4)对每个点声源,它们的虚源和每个倍频带计算的有贡献的时间均方声压相加而得,如式(5)规定的那样:

$$L_{AT}(DW) = 10 \lg \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^8 10^{0.1[L_{Tf(i)} + A_f(j)]} \right] \right\} \text{dB} \dots\dots\dots(5)$$

- 式中: n ——贡献项(声源和路程);
 j ——从 63 Hz 到 8 kHz 中的 8 个标称倍频带中心频率的序号;
 A_f ——指标准 A 计权(见 GB 3785)。

长期平均 A 计权声压级 $L_{AT}(LT)$ 根据式(6)加以计算:

$$L_{AT}(LT) = L_{AT}(DW) - C_{met} \dots\dots\dots(6)$$

式中: C_{met} ——第 8 章描述的气象校正值。

式(1)到式(6)各项计算和重要性在下列章节中加以解释,对衰减项更详细的论述可见附录 B 的参考文献。

7 衰减项的计算

7.1 几何发散(A_{div})

几何发散是点声源在自由场中传播的球面扩展引起的衰减,由式(7)计算:

$$A_{div} = [20 \lg(d/d_0) + 11] \text{dB} \dots\dots\dots(7)$$

- 式中: d ——由声源到接收点的距离, m;
 d_0 ——参考距离,为 1 m。

注: 式(7)中的常数将声功率级与全向点声源在 1 m 参考距离 d_0 处的声压级联系起来。

7.2 大气吸收(A_{atm})

经传播的距离 d (m) 由于大气吸收的衰减 A_{atm} (dB) 由式(8)给出:

$$A_{atm} = \alpha d / 1000 \dots\dots\dots(8)$$

式中: α ——大气衰减系数,以分贝每千米表示(见表 2)。对未包含于表 2 中的大气环境下的 α 值,见 ISO 9613-1。

表 2 倍频带噪声的大气衰减系数 α

温度 ℃	相对湿度 %	大气衰减系数 α , dB/km							
		标称频带中心频率, Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
10	70	0.1	0.4	1.0	1.9	3.7	9.7	32.8	117.0
20	70	0.1	0.3	1.1	2.8	5.0	9.0	22.9	76.6
30	70	0.1	0.3	1.0	3.1	7.4	12.7	23.1	59.3
15	20	0.3	0.6	1.2	2.7	8.2	28.2	88.8	202.0
15	50	0.1	0.5	1.2	2.2	4.2	10.8	36.2	129.0
15	80	0.1	0.3	1.1	2.4	4.1	8.3	23.7	82.8

注

- 1 大气衰减系数与声音频率、环境温度和空气相对湿度有密切关系,而与环境压力关系很小。
- 2 为了计算环境噪声级,应采用与当地有关的环境气候变化范围决定的平均大气衰减系数。

7.3 地面效应 (A_g)

7.3.1 一般的计算方法

地面衰减 A_g 主要是由于从声源到接收点之间直达声和地面反射声的干涉引起的,向下弯曲传播的路线(顺风)保证衰减主要由接近于声源和接近接收点的地面决定。这种计算地面效应的方法仅仅在地面近似平坦、且水平或恒定倾斜时,方可应用。对地面衰减规定了三种不同的区域(见图 1):

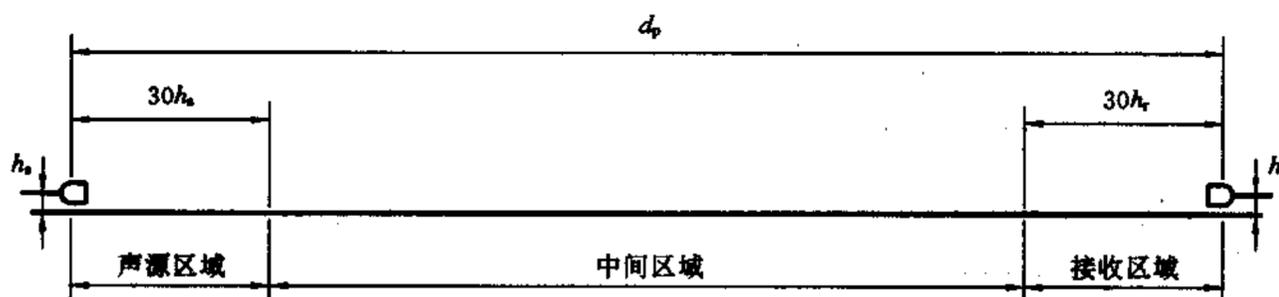


图 1 确定地面衰减的三个不同区域

- a) 声源区域 是从声源向接收点延伸 $30h_s$ 的距离,最大值为 d_p (h_s 是声源高度, d_p 是投影到地平面上的声源至接收点之间的距离);
- b) 接收区域 是从接收点向声源反延伸 $30h_r$ 的距离,最大值为 d_p (h_r 是接收点高度);
- c) 中间区域 是声源区域至接收(区域中间的距离,当 $d_p < (30h_s + 30h_r)$ 时,声源区域和接收区域重叠,没有中间区域。

按照此示意图,地面衰减不随中间区域尺寸而增大,主要与声源区域和接收区域的性质有关。

每一种地面区域的声学性质由地面因子 G 计算。三种反射表面规定如下:

- a) 坚实地面 包括铺筑过的路面、水、冰、混凝土以及其他低疏松的地面,例如在工业城市各处经常出现的夯实地面,可以认为是坚实的。坚实地面 $G=0$ 。

注:水上逆温情况不包括在本标准中。

- b) 疏松地面 包括被草、树或其他植物覆盖的地面,以及其他适合于植物生长的地面,例如农田。疏松地面 $G=1$ 。

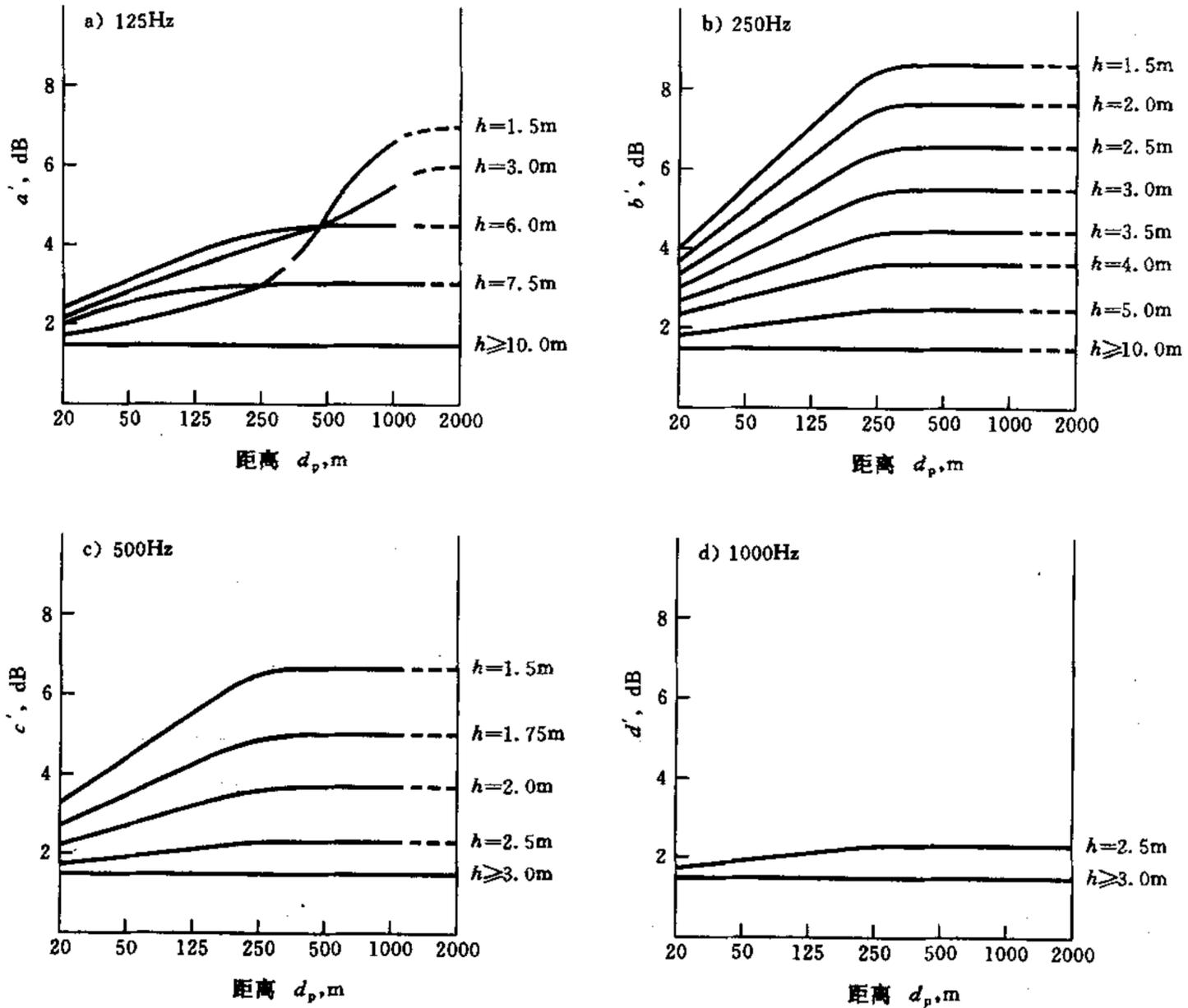
- c) 混合地面 如果地面由坚实地面和疏松地面组成,则 G 取 0 到 1 之间的值,该值是疏松范围的分数的。

为了计算规定倍频带的地面衰减,首先用表 3 中的公式分别计算由该区域地面因子 G_s 决定的声源区域的分衰减 A_s 、由地面因子 G_r 决定的接收区域的分衰减 A_r 、以及由地面因子 G_m 决定的中间区域的

分衰减 A_m 。表 3 中的函数 a' , b' , c' 和 d' 亦可由图 2 的曲线直接得到。该倍频带的总地面衰减由式(9)得到:

$$A_{gr} = A_s + A_r + A_m \quad \dots\dots\dots(9)$$

注:在有建筑物的区域中地面对声传播的影响可能会改变(见 A3)。



分别对地面衰减 A_g 影响的函数 a', b', c' 和 d' 由表 3 的公式计算而得。
图 2 表示声源到接收点之间的距离 d_p 和声源或接收点高度 h

表 3 用于计算地面分衰减 A_s, A_r 和 A_m (倍频带) 的表达式

标称频带中心频率 Hz	A_s 或 A_r ¹⁾ dB	A_m dB
63	-1.5	-3q ²⁾
125	-1.5+G×a'(h)	-3q(1-G _m)
250	-1.5+G×b'(h)	
500	-1.5+G×c'(h)	
1 000	-1.5+G×d'(h)	
2 000	-1.5(1-G)	
4 000	-1.5(1-G)	
8 000	-1.5(1-G)	

注:

$$a'(h) = 1.5 + 3.0 \times e^{-0.12(h-5)^2} (1 - e^{-d_p/50}) + 5.7 \times e^{-0.09h^2} (1 - e^{-2.8 \times 10^{-6} \times d_p^2})$$

$$b'(h) = 1.5 + 8.6 \times e^{-0.09h^2} (1 - e^{-d_p/50})$$

$$c'(h) = 1.5 + 14.0 \times e^{-0.46h^2} (1 - e^{-d_p/50})$$

$$d'(h) = 1.5 + 5.0 \times e^{-0.9h^2} (1 - e^{-d_p/50})$$

1) 为计算 A_s , 取 $G=G_s$ 和 $h=h_s$ 。计算 A_r , 取 $G=G_r$ 和 $h=h_r$ 。各种地面的 G 值见 7.3.1。
 2) $q=0$ 当 $d_p \leq 30(h_s+h_r)$
 $q=1 - \frac{30(h_s+h_r)}{d_p}$ 当 $d_p > 30(h_s+h_r)$
 式中 d_p 为投影到地平面上的声源至接收点之间的距离

7.3.2 计算 A_{gr} 的另一种方法

在下列特定条件下:

- 在接收点仅计算 A 声级
- 声波越过疏松地面传播, 或大部分为疏松地面的混合地面(见 7.3.1)
- 声音不是纯音

任何形状的地面, 地面衰减可由式(10)计算:

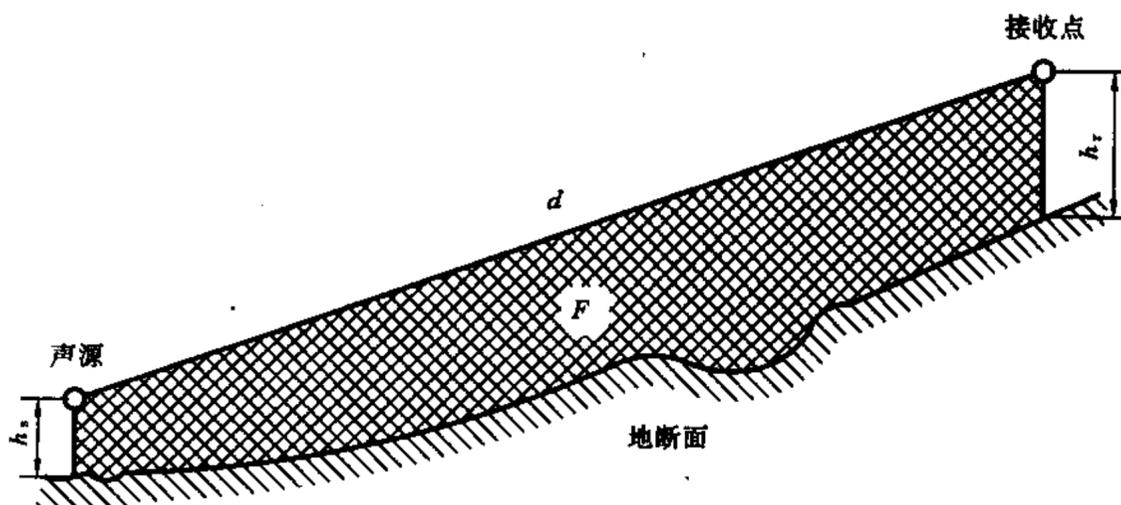
$$A_{gr} = 4.8 - (2h_m/d)[17 + (300/d)] \geq 0 \text{ dB} \dots\dots\dots(10)$$

式中: d ——声源至接收点的距离, m;

h_m ——传播路程的平均离地高度, m。

平均离地高度 h_m 可由图 3 所示的方法计算。若从式(10)得出的 A_{gr} 为负值, 则用零代替。

注: 式(10)对短距离而言, 预计无衰减, 用式(9)可更准确。



$$h_m = \text{面积 } F/d$$

图 3 估计平均高度 h_m 的方法

由于声源附近的地面反射引起声源功率级的明显增加,所以用式(10)计算地面衰减时,式(3)中的指向性校正 D_c 将计入一项 D_n 。

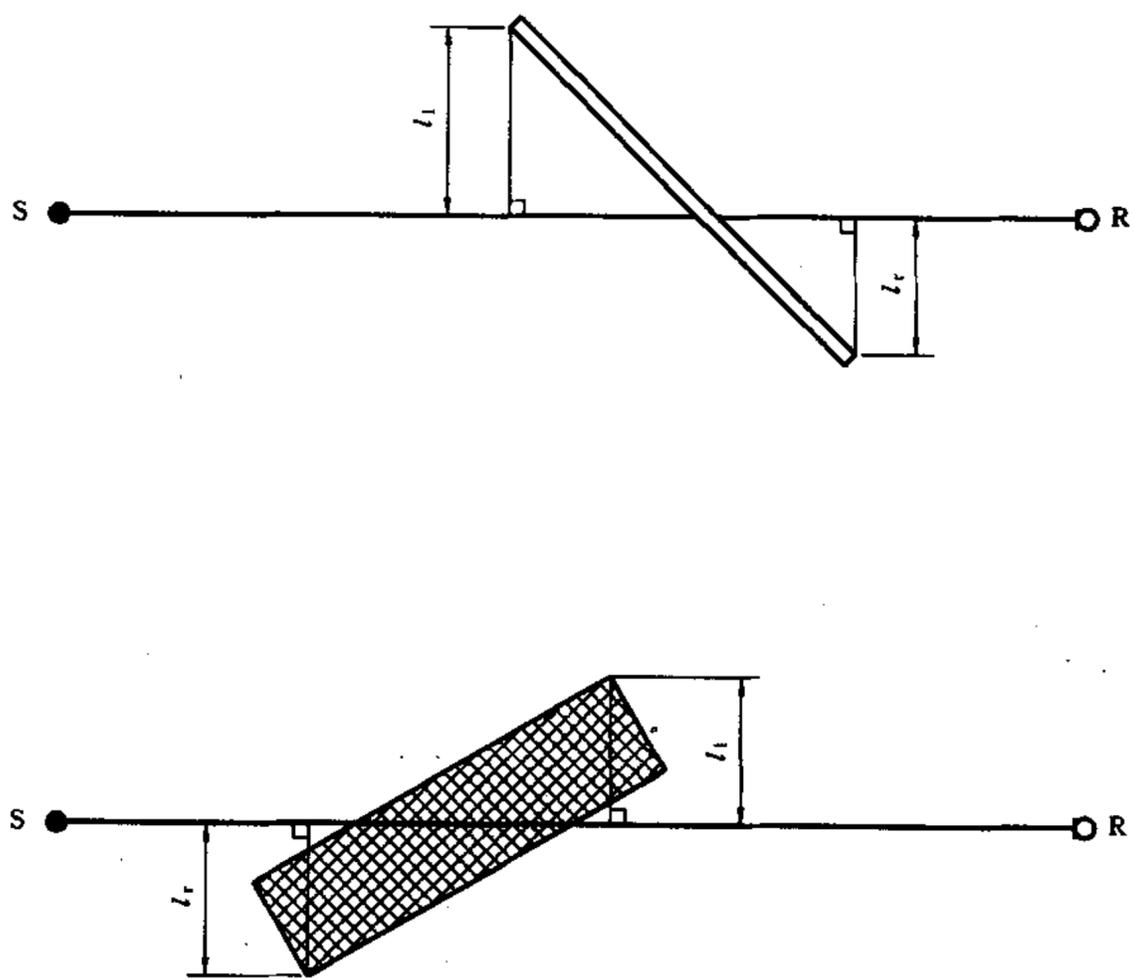
$$D_n = 10 \lg \{1 + [d_p^2 + (h_s - h_r)^2] / [d_p^2 + (h_s + h_r)^2]\} \text{dB} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中: h_s ——声源离地高度, m;
 h_r ——接收点离地高度, m;
 d_p ——投影到地平面上的声源至接收点之间的距离, m。

7.4 屏蔽(A_{bar})

当一物体满足如下条件时,可当作一屏蔽障碍物(常称为屏障):

- 表面密度至少 10 kg/m^2 ;
- 物体有密闭的没有大的裂缝或缺口的表面(因而,忽略诸如化工厂中工程设备的影响);
- 物体在垂直于声源到接收点连线方向上的投影大于拟研究频带的标称频带中心频率的声波波长,换句话说($l_1 + l_2$) $> \lambda$ (见图 4)。



注:仅当物体在垂直于声源到接收点连线方向上的投影大于波长; $l_1 + l_2 > \lambda$ 时,物体被认为是屏蔽障碍物。

图 4 在声源(S)和接收点(R)间两障碍物的平面图

凡是满足这些条件的物体将用一具有垂直边界的屏障表示。屏障上边界可以是倾斜的直线。

对本标准来说,用屏蔽 A_{bar} 表示的衰减以插入损失给出,越过屏障上边界和绕过垂直边界的绕射两者都可能是重要的(见图 5)。顺风声传播越过上边界绕射的影响(dB)计为

$$A_{bar} = D_s - A_{gr} > 0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

而绕过垂直边界绕射的影响计为

$$A_{bar} = D_s > 0 \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: D_s ——每一倍频带的屏蔽衰减(见式(14));

A_{gr} ——屏障不存在(即移走屏障)时的地面衰减(见 7.3 条)。

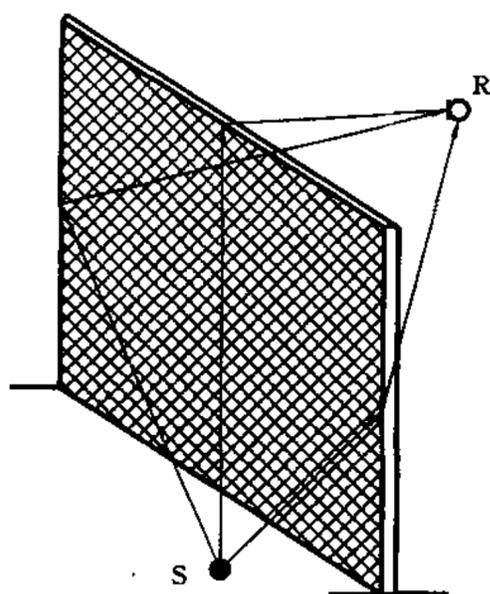


图5 在屏障上不同的声传播路线

注

- 1 当用式(12)确定的 A_{bar} 代入式(4)求总衰减 A 时,式(4)中两个 A_{bar} 项将抵消。式(12)中的屏蔽衰减 D_s 已计入了屏障存在时的地面效应。
- 2 对远距离和高屏障,由式(12)计算的插入损失未经实验充分证实。
- 3 附近有高建筑物(距地面超过 10 m)的工厂,在有多声源和高噪声源两种情况时,对长期平均声压级(用式(6)),用式(13)计算插入损失。
- 4 如果声从一路面低于地表面的公路发射,由于地表面的影响,可能有由式(12)表示的附加衰减。

为了计算屏蔽衰减 D_s ,假定从声源至接收点只有一条有效的声传播路线。如果这个假设不符合实际,则应分开计算其他传播路线(如图 5),且各条路线对平方声压的贡献在接收处相加。

对该路线的屏蔽衰减 D_s ,以 dB 计,用式(14)计算。

$$D_s = 10 \lg [3 + (C_2/\lambda)C_3zK_{met}] \text{ dB} \dots\dots\dots (14)$$

式中: C_2 等于 20,包括地面反射的影响;在特殊情况下,可将地面反射作为虚声源单独地考虑,则取 $C_2=40$;

对单绕射(见图 6), C_3 等于 1;

对双绕射(见图 7):

$$C_3 = [1 + (5\lambda/e)^2] / [(1/3) + (5\lambda/e)^2] \dots\dots\dots (15)$$

λ ——标称频带中心频率的声波波长, m;

z ——绕射声与直达声之间的路程差,用式(16)和(17)计算, m;

K_{met} ——气象影响的修正因子,由式(18)给出;

e ——在双绕射情况下两个绕射边界之间的距离(见图 7)。

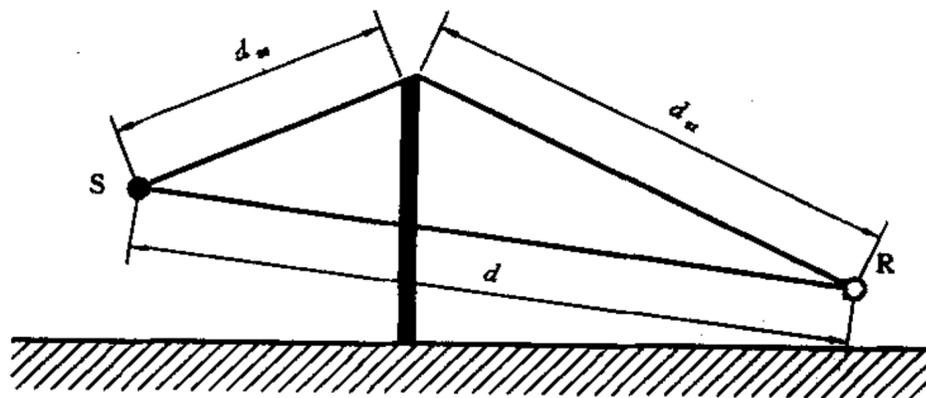


图6 确定单绕射路程差的几何量

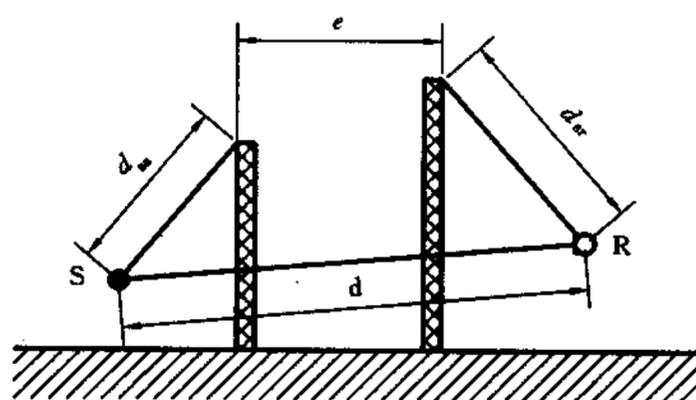
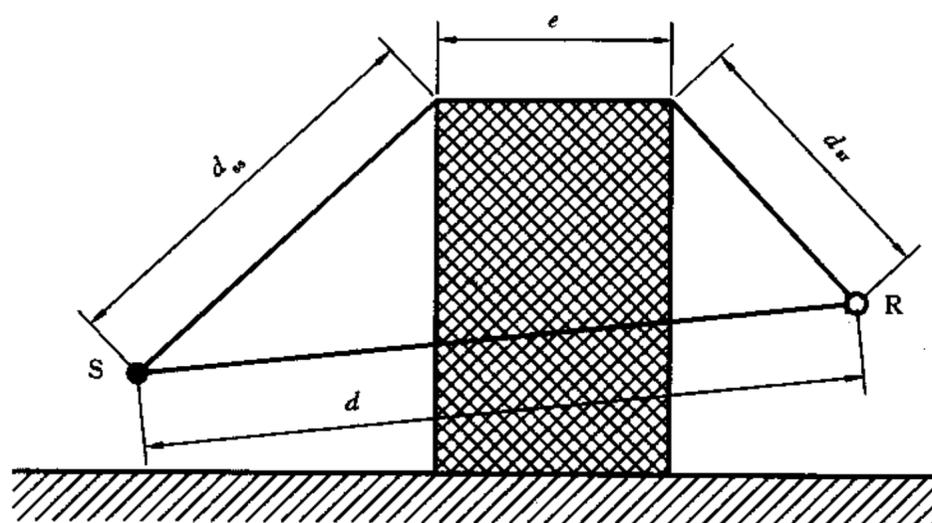


图 7 确定双绕射路程差的几何量

对如图 6 所示的单绕射,借助式(16)计算路程差 z :

$$z = [(d_{sr} + d_{rs})^2 + a^2]^{1/2} - d \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中: d_{sr} ——声源到(第一)绕射边的距离, m;

d_{rs} ——(第二)绕射边到接收点的距离, m;

a ——声源和接收点之间的距离在平行于屏障上边界的分量, m。

如果声源 S 和接收点 R 之间的观测线在屏障上边界的上面通过,则 z 为负号。

对如图 7 所示的双绕射,路程差 z 由式(17)计算。

$$z = [(d_{sr} + d_{rs} + e)^2 + a^2]^{1/2} - d \quad \dots\dots\dots(17)$$

式(14)中的气象条件修正因子 K_{met} 由(18)式计算。

$$K_{met} = \exp[-(1/2000) \sqrt{d_{sr}d_{rs}d/(2z)}] \quad \text{当 } z > 0 \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$K_{met} = 1 \quad \text{当 } z \leq 0$$

对环绕屏障的横向绕射则取 $K_{met}=1$ (见图 5)。

注

- 1 当声源至接收点距离小于 100 m 时,可取 $K_{met}=1$ 用式(14)计算可达到 1 dB 的准确度。
- 2 式(15)提供从单绕射($e=0$)情况 $C_3=1$ 至充分分开的双绕射($e \gg \lambda$)情况 $C_3=3$ 的连续变化。
- 3 由于从声源到接收点的声传播路线附近其他声硬表面的反射或者由于声硬屏障和声源之间的多次反射,声屏障的影响可能小于由式(12)至(18)的计算结果。

在任何频带上,屏蔽衰减 D_s 在单绕射(即薄屏障)情况不取大于 20 dB 的值,在双绕射(即厚屏障)情况不取大于 25 dB 的值。

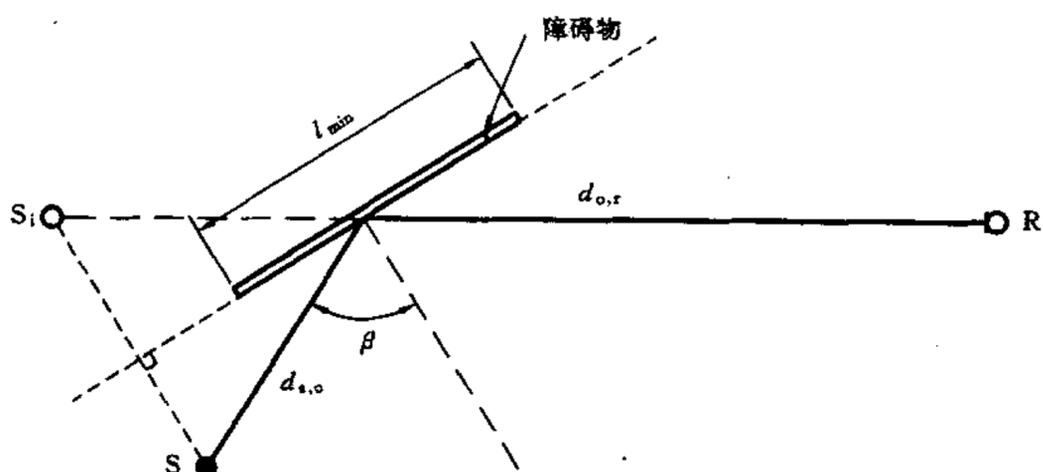
对两个屏障的屏蔽衰减,如图 7 下部所示,用式(14)的双绕射公式计算,对多于两个屏障的屏蔽衰减,通过选择两个影响最大的屏障而忽略其他屏障的影响,也可以用式(14)作近似计算。

7.5 反射

此处借助虚声源研究反射。从户外顶篷以及或多或少从垂直平面,诸如建筑物的外表面来的反射波,会增加在接收点的声压级。此处不包括地面反射波的影响,因为已计算在 A_{gr} 里面。

障碍物的反射应在满足下面条件时,在所有倍频带计算:

- 可以建立如图 8 所示的镜面反射;
- 障碍物表面的声反射系数的值在该倍频带大于 0.2;



注:连接声源 S 和接收点 R(从障碍物处反射)的路程为 $d_{s,o} + d_{o,r}$,此处入射角 β 等于反射角,反射声好象来自虚声源 S_i 。

图 8 障碍物的镜像反射

——对研究的倍频带,与其标称频带中心频率声波波长 λ (m)相比此表面足够大,以满足关系式:

$$1/\lambda > [2/(l_{min} \cos \beta)^2][d_{s,o} d_{o,r} / (d_{s,o} + d_{o,r})] \dots\dots\dots (19)$$

式中: λ ——在该倍频带标称中心频率 f (Hz)的声波波长(m)

$$\left(\lambda = \frac{c}{f} \right)$$

$d_{s,o}$ ——声源和障碍物上反射点之间的距离, m;

$d_{o,r}$ ——障碍物上反射点和接收点之间的距离, m;

β ——入射角, rad(见图 8);

l_{min} ——反射表面的最小尺寸(长或高), m(见图 8);

c ——声速, 此处取 340 m/s。

如果对已知的倍频带这些条件的任何一个不满足时,则可以忽略反射。

分别运用实声源和虚声源,虚源的声功率级 $L_{w,im}$ 由式(20)计算:

$$L_{w,im} = L_w + 10 \lg(\rho) + D_{lr} \text{ (dB)} \dots\dots\dots (20)$$

式中: ρ ——在角 β 的障碍物表面的声反射系数(≥ 0.2)(见图 8);

D_{lr} ——像声源在接收点的指向性指数。

如果声反射系数的具体数据得不到,其值可以用表 4 估算。

对虚声源,式(4)的衰减项以及式(20)中的 ρ 和 D_{lr} ,按照反射声的传播路程确定。

表 4 声反射系数 ρ 的估算

物体	ρ
平直硬墙	1
带有窗和小附加部分或凹处的建筑物的墙	0.8
工厂墙面具有 50% 的开口, 设备或管	0.4
有硬表面的圆柱体(罐, 井)	$\frac{D \sin(\phi/2)^{1.1}}{2d_{sc}}$ 式中: D ——圆柱体直径; d_{sc} ——从声源到圆柱体中心 C 间的距离; ϕ ——SC 线和 CR 线间的补角
开放式设备(管, 塔等)	0
1) 此表达式只适用于 d_{sc} (从声源 S 到圆柱体 C) 甚小于 d_{cr} (从圆柱体到接收点)(见图 9)	

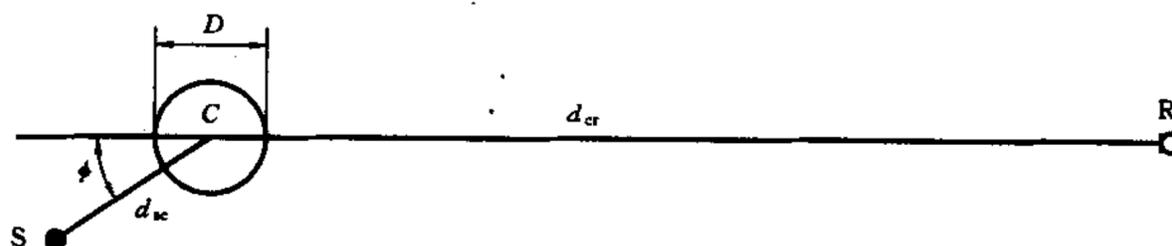


图 9 一个圆柱体声反射系数的估算

8 气象校正(C_{met})

如第 5 章所述,应用式(3)可直接导出当从声源到接收点的气象条件有利于声传播时在接收处的平均 A 声级 $L_{AT}(DW)$ 。接收到的这个声级可以说是最大声级,它是否满足社区噪声规定具有重要意义。可是,常常也需要一个长期平均 A 声级 $L_{AT}(LT)$,长期指时期 T 为几个月或 1 年。在这个时期中总会包含有利于传播的或不利于传播的各种气象条件,这时,可以使用式(6)中气象校正 C_{met} 经由式(3)计算得的 $L_{AT}(DW)$ 求得 $L_{AT}(LT)$ 的值。

对一个输出实际不随时间而变化的点声源,可用式(21)和式(22)计算式(6)中的 C_{met} 值(dB)

$$C_{met} = 0 \quad \dots\dots\dots(21)$$

当 $d_p \leq 10(h_s + h_r)$

$$C_{met} = C_0 [1 - 10(h_s + h_r)/d_p] \quad \dots\dots\dots(22)$$

当 $d_p > 10(h_s + h_r)$

式中: h_s ——声源高度, m;

h_r ——接收点高度, m;

d_p ——声源和接收点在地平面上投影之间的距离, m;

C_0 ——与当地气象统计的风速及风向, 及温度梯度有关的常数, dB。

在短距离 d_p 上,气象条件对声传播的影响不大,在较长的距离上,当声源和接收点的高度都较大时,这种影响也不大,式(21)和式(22)近似计及这些因素如图 10 所示。

对由若干个点声源组成的声源,式(21)和式(22)中的 h_s 表示主声源的高度,而 d_p 则为那个主声源中心到接收点的距离。

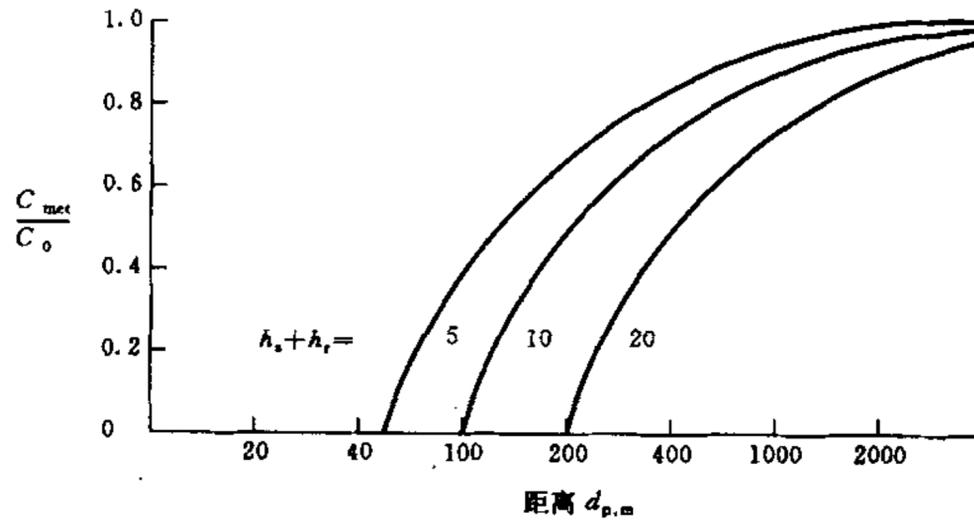


图 10 气象校正 C_{met}

注

- 1 式(21)和式(22)中的 C_0 值可由本地气象统计的基本分析估算。例,如果在有关的时期内有 50%的时间出现第 5 章中所说的有利于传播的气象条件,而在另外的 50%的时间内,衰减大于 10 dB,则 C_0 将近似为 +3 dB。
- 2 计算 C_0 的气象条件可由当地气象主管部门给出。
- 3 经验指出,实际上 C_0 的值常在 0 到约 +5 dB 的范围内,超过 2 dB 的值是少见的。因此,要求 C_0 的准确度为 ± 1 dB,只需要基本的本地气象统计资料。

9 方法的准确度和限制条件

沿传播路线上气象条件的变化将使在固定声源和接收点之间户外声传播的衰减发生起伏。只考虑像第 5 章中所指定的传播的中等顺风条件。

附录 B 提供的信息支持由第 4~8 章中对宽频带噪声源的计算方法,顺风平均 A 声级 $L_{AT}(DW)$ 的计算值和测量值之间的一致程度,符合表 5 中的计算的估算准确度,这些准确度的估计只适合于在第 3~8 章中所规定的各方程的适用条件范围,而与确定声功率时的不确定度无关。

注:表 5 中的准确度估计是对顺风条件的平均(如第 5 章中的规定)而言。不要期望用某地某日的测量来校对这些数据。

在相同的条件下,计算平均顺风倍频带声压级及纯音声压级时的估计误差可能会稍大于表 5 中所给出的宽频带噪声源 A 声级的估计误差。

本标准不提供当距离 d 大于 1 000 m 时的准确度估计。

本标准中所考虑的气象条件限于以下两种情况:

- a) 如第 5 章中所定义的中等顺风传播条件,或其他等效条件;
- b) 在几个月内或几年内出现的各种气象条件。

式(1~5)及式(7~20)(因而也是表 5)的应用限于情况 a 的气象条件。情况 b 仅与使用式(6),(21)和(22)有关。当然,对个别方程的应用也会有若干(非气象的)限制,如式(9)限于近似平坦地面。这些特别的限制在随同相应方程的正文中叙述。

表 5 应用式(1)到式(10)所计算的宽频带噪声的 $L_{AT}(DW)$ 的估算准确度

高度, h^1	距离, d^1	
	$0 < d < 100$ m	100 m $< d < 1$ 000 m
$0 < h < 5$ m	± 3 dB	± 3 dB
5 m $< h < 30$ m	± 1 dB	± 3 dB

注
 这些估算值是在没有反射的影响或由屏蔽引起的衰减的情况下作出的。
 1) h ——从声源到接收点的平均高度;
 d ——声源与接收点间的距离

附录 A
(提示的附录)
其他类型的衰减(A_{misc})

式(4)中的项 A_{misc} 包括其他作用对衰减的贡献,他们不可能用第 7 章中所规定的计算衰减的一般方法来得到。这些贡献包括:

A_{fol} , 通过树叶的传播衰减;

A_{site} , 通过工业场所的传播衰减;

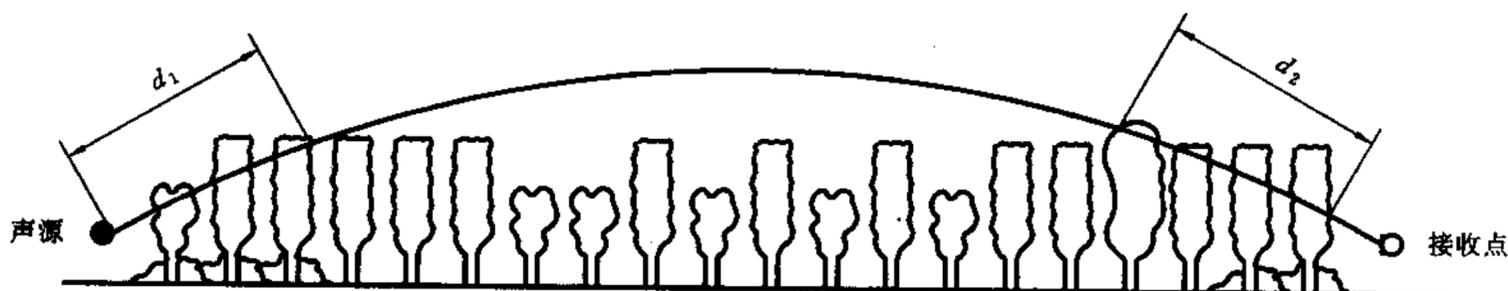
A_{house} , 通过房屋群区的传播衰减;

所有的衰减都在此考虑。

为了计算这些衰减的附加贡献,可以将弯曲顺风传播路程近似为一半径为 5 km 的圆弧,见图 A1。

A1 树叶(A_{fol})

树和灌木的叶只产生小量衰减,除非树叶足够密使其能阻断沿传播路线的视线,即不能透过树叶看穿一个短距离。在声源附近的植物,或在接收点附近的植物,或两者均有的情况都可以使声波衰减,见图 A1。



注: $d_t = d_1 + d_2$

为了计算 d_1 和 d_2 , 可假设弯曲路径的半径为 5 km

图 A1 通过树叶传播的衰减随通过树叶的传播距离 d_t 而线性增加

表 A1 中的第一行给出当通过总长度为 10 m 到 20 m 之间的密叶时所期望的由密叶引起的衰减,第二行为 20 m 到 200 m 之间的值,当通过密叶的路径长度大于 200 m 时,可使用 200 m 的衰减值。

表 A1 倍频带噪声通过密叶距离 d_t 传播时的衰减

传播距离 d_t m		标称频带中心频率, Hz							
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
$10 \leq d_t \leq 20$	衰减 dB	0	0	1	1	1	1	2	3
$20 \leq d_t \leq 200$	衰减系数 dB/m	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.12

A2 工业场所(A_{site})

在工业场所,由于设备(或其他物体)对声波的散射可能产生传播衰减,记为 A_{site} 。如果在 A_{bar} 中,或在声源辐射特性中没有考虑,则当在此考虑。设备项包括各种管道,阀门、箱体,及结构单元等。

因为 A_{site} 的值与场所的类型很有关系,因此推荐以测量来确定其值。但表 A2 中的值可作为此衰减的估计。衰减随通过设备的弯曲路径的长度 d_s (见图 A2) 而线性增加,以 10 dB 为其极大值。

表 A2 倍频带噪声通过工厂设备传播的衰减系数

标称频带中心频率, Hz	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
$A_{site}, \text{dB/m}$	0	0.015	0.025	0.025	0.02	0.02	0.015	0.015

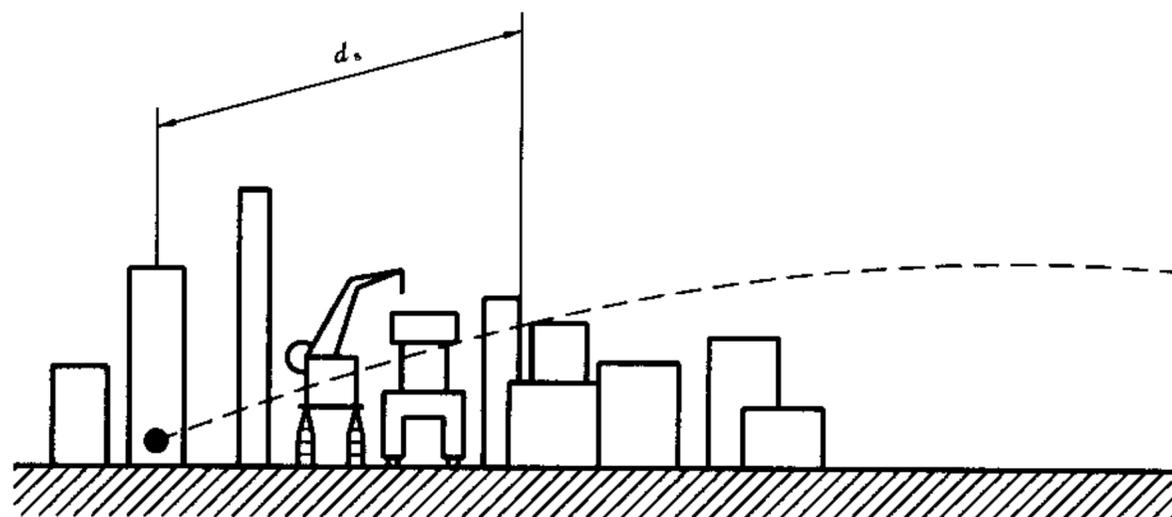


图 A2 衰减 A_{site} 随通过工厂设备的传播距离 d 而线性增加

A3 房屋群 (A_{haus})

A3.1 当声源或接收点, 或两者均位于房屋群中时, 由于房屋的屏蔽作用将产生声衰减。但这种作用可以在很大程度上为在房屋之间的传播及从邻近的别的房屋的反射所补偿。由屏蔽和反射两种作用所引起的 A_{haus} , 在特殊情况下, 至少在原则上可以用在 7.4 和 7.5 中所描述的关于 A_{bar} 和反射两者的处理方法来计算。因为 A_{haus} 的值依赖于具体情况, 因此计算结果可以在实践中验证。另外还有一个更有用的方法, 那就是在现场或用模型测量其影响, 这种方法对多重反射的情况特别有用, 因为这时计算的准确度特别使人担忧。

A3.2 对不超过 10 dB 的 A_{haus} 的近似 A 声级值也可按式 A1 估算。这里有两个分开的贡献

$$A_{haus} = A_{haus,1} + A_{haus,2} \dots\dots\dots (A1)$$

A3.3 用式 A2 可计算 $A_{haus,1}$ 的平均值

$$A_{haus,1} = 0.1 B d_b \text{ dB} \dots\dots\dots (A2)$$

式中: B ——沿声传播路线上的建筑物的密度, 等于以总的地面面积(包括房屋所占面积)去除房屋的总的平面面积所得的商;

d_b ——通过房屋群区的声路线长度, 可用类似于图 A1 中所表明的方法确定。

路线长 d_b 可包括声源附近的部分 d_1 和接收点附近的部分 d_2 如图 A1 所示。

当声源很小, 而且可以从声源经房屋彼此之间的走道直接看到接收点时, 可置 A_{haus} 为零。

注: 在房屋区域内的个别特殊位置上的 A 声级与用式(A1)及(A2)预估的平均值之间的差值可以大到 10 dB。

A3.4 如果靠近公路, 铁路或其他相似的过道有成排整齐排列的建筑屋时, 则可将一附加项 $A_{haus,2}$ 包括在内(倘使这一项小于在同一位置上与建筑物的平均高度等高的一个屏障的插入损失):

$$A_{haus,2} = -10 \lg[1 - (p/100)] \text{ dB} \dots\dots\dots (A3)$$

式中: p ——相对于在建筑物邻近的公路或铁路的总长度的建筑物正面的长度的百分数, 其值小于或等于 90%。

A3.5 在房屋群区内(如式(A2)所计算)的 $A_{haus,1}$ 值, 与 A_{gr} 值存在下述关系, A_{gr} 是由地面所引起的衰减(如式(9)或式(10)的计算)。

设 $A_{gr,b}$ 为在房屋群区内的地面衰减, 及 $A_{gr,0}$ 为假如将房屋移去后的地面衰减(如式(9)或式(10)的计算)。对通过房屋群区的传播, 常假设式(4)中的 $A_{gr,b}$ 为零。可是, 如果 $A_{gr,0}$ 的值大于 A_{haus} , 则略去 A_{haus}

的影响,在式(4)中就只包括 $A_{gr,0}$ 的值。

上述的关系只有在房屋密度 B 的一定范围内才有意义。低密度时, A_{gr} 的值是主要的。高密度时 A_{hou} 是主要的。

附录 B

(提示的附录)

参 考 文 献

- [1] GB 3240—82 声学测量中的常用频率
- [2] GB/T 14259—93 声学 关于空气噪声的测量及其对人影响的评价的标准的指南
- [3] GB/T 14367—93 声学 噪声源声功率级的测定 使用基础标准与制定噪声测试规范的准则
- [4] GB/T 3767—1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方近似自由场的工程法
- [5] ISO 8297:1994, Acoustics—Determination of sound power levels of multisource industrial plants for the evaluation of sound-pressure levels in the environment—Engineering method.
- [6] IEC 804:1985; Integrating averaging sound level meters, and Amendment 1:1989 and Amendment 2:1993.
- [7] IEC 1260:1995, Electroacoustics—Octave-band and fractional-octave-band filters.
- [8] ANSI S1. 26:1978, Method for the calculation of the absorption of sound by the atmosphere (American national standard)
- [9] BRACKENHOFF H. E. A. et al. Guidelines for the measurement and prediction of environmental noise from industry. Interdepartmental Commission on Health, Report HR-IL-13-01, Delft, April 1981. (In Dutch)
- [10] KRAGH J. et al. Environmental Noise from Industrial Plants, General Prediction Method. Danish Acoustical Institute Report No. 32, Lyngby, 1982 (In English)
- [11] VDI 2714:1988, Guidelines; Sound propagation outdoors. Verein Deutscher Ingenieure. (In German)
- [12] VDI 2720-1: 1996, Guidelines; Outdoor noise control by means of screening. Verein Deutscher Ingenieure. (In German)
- [13] Engineering Equipment Material Users Association, Publication 140, London, 1985.