

KONGTIAOSHEBEI
XIABHENGSHIJI

空调设备消声设计

1635
41

中国建筑工业出版社

86.3635
141

空调设备消声设计

[日]空调设备噪声研究协会 编

板本 守正 审定

常玉燕 译

中国建筑工业出版社

本书译自1976年日本空调设备噪声研究协会编写的《空調設備の消音設計》。全书共七章，系统阐述了空调设备的消声设计方法，包括噪声评价标准、空调设备噪声特性、空调设备噪声控制方法以及各种消声装置的设计计算等。书中图表、数据比较丰富，并通过大量例题，阐明了消声设计程序，是一本比较实用的空调系统消声设计参考书。

本书可供建筑声学专业和供热通风专业设计科研人员以及高等和中等专业学校有关专业的师生参考。

空調設備の消音設計
空調設備騒音研究会 編
理工学社—1976

* * *

空调设备消声设计
常玉燕 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市顺义县印刷厂印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：4 1/2 字数：131 千字

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷

印数：1—12,230册 定价：0.62元

统一书号：15040·3872

序

目前, 空调设备日益普及, 它可以满足生产对环境的要求, 给人带来舒适。同时也应该看到, 在我们身边又出现了一个新的噪声源。空调设备安装结束以后, 噪声问题往往比较突出。所以要求在建筑设计阶段就采取必要的噪声控制措施。

当我们进行空调系统的消声设计时, 必须搞清系统中各种机械 设备产生的 噪声之特性, 以及 各种消声器的消声性能, 同时还应掌握有关气体流动方面的资料。

《空调设备消声设计》一书, 内容丰富, 资料全面, 数据、单位、公式等前后基本统一, 并通过大量例题, 阐明了消声设计程序, 通俗易懂。还可以运用许多图表进行系统的计算。进行空调系统的消声设计时, 仅参考这一本书就基本够用了。

研究协会的各位先生在百忙之中编写了这本有益的实用参考书, 在此表示感谢! 希望广大技术人员参考此书, 进行消声设计, 有效地解决空调系统产生的噪声。

日本大学副教授工学博士

板本 守正

1976 年 1 月

前 言（节译）

随着人们对噪声问题的普遍关心，空调系统的噪声控制越来越成为一个不可忽视的问题，并成为鉴定空调质量的指标之一。但由于声学现象很复杂，空调设备又种类繁多，所以并非轻而易举就可以解决的。尤其是建筑物交付使用以后，一旦出现问题，处理起来就更加困难。目前，普遍地在确定建筑方案的同时就制定出噪声控制措施。

由于声学技术及声学测量技术的不断提高，ISO（国际标准化组织）、IEC（国际电气技术委员会）和JIS（日本工业标准）的规范都相应作了修改。目前正加强对噪声评价、消声设计法等方面的研究，并取得了很大成果，噪声控制方法特别是空气传声的消声设计方法已基本确定。但是，当我们进行空调设备的消声设计时，有关声学方面的大量资料摆在眼前，却往往不知从何入手。主要是这些资料大多属于纯学术性的，比较高深。在工作实践中，我们深深感到迫切需要一种通俗易懂、方便实用的参考书。为此，我们编写了这本《空调设备消声设计》，此书具有以下几个特点：

1. 通过实例，系统地阐明对各种传播途径的噪声应采取的控制措施及具体的消声设计方法。

2. 尽量避免长篇大论，只作必要的简单说明。

3. 凡复杂公式全部列出计算表，设计人员只须按表中顺序进行简单计算即可。

4. 不光是消声设计法，就连各个局部再生噪声的校核方法，也都作了具体介绍。

5.收集了大量资料。对以前的资料、数据，全部作了相应修改，以适用于新的频率分析仪。

.....

空调设备噪声研究协会

宗岡 博生

田中 康雄

中田 勉

西 健男

佐藤 英治

生田 綽克

濱田 彰

一九七六年一月

目 录

第一章 噪声的评价和噪声允许值	1
1-1 噪声的评价	1
1. 用方(A)评价	1
2. 用NR数评价	1
3. 用NC数评价	3
4. 各种噪声评价数之间的关系	3
5. 分贝的合成与分解	7
1-2 室内噪声允许值	9
1-3 室外的噪声标准	9
1-4 有意义噪声的允许值	12
第二章 噪声的控制	16
2-1 噪声的产生与传播方式	16
2-2 室内噪声的控制	18
1. 室内声场和辐射系数	18
2. 假定占有系数	22
3. 通风系统的消声设计原则	25
4. 隔声结构的设计	25
2-3 室外噪声的控制	31
1. 噪声的距离衰减	31
2. 使用隔声屏隔声	35
3. 面向室外的进风口或排风口的噪声控制	39
4. 用隔声结构控制室外噪声	39
第三章 噪声源	44
3-1 机械设备的噪声	44
1. 通风机	44
2. 空调机	49
3. 冷却塔	51

4. 其它机械设备	51
3-2 气流产生的噪声	52
1. 风管内产生的噪声	52
2. 送风口或回风口处产生的噪声	60
3-3 入射到风管内的其它噪声	63
1. 串音和入射系数	63
2. 从风管道壁传入风管内的噪声	65
3-4 固体传声	67
第四章 通风系统噪声的自然衰减	69
4-1 管道分支(三通)的噪声自然衰减(分配比系数)	69
4-2 末端的反射损失	70
第五章 通风系统的消声器	72
5-1 铺贴吸声材料的风管及其演变	72
1. 铺贴吸声材料的风管	72
2. 蜂窝式及片式消声器	74
3. 声流式消声器	75
5-2 弯头	75
1. 直角弯头(铺贴吸声材料)	75
2. 消声弯头	77
3. 圆风管用消声弯头	78
5-3 室式消声器	78
5-4 其它消声器	82
1. 膨胀式消声器	82
2. 简易蜂窝式消声器	83
5-5 消声器的压力损失	84
1. 铺贴吸声材料的风管	84
2. 直角弯头(铺贴吸声材料)	85
3. 消声弯头	85
4. 圆风管用消声弯头	85
5-6 消声器设置地点的选择及注意事项	86
1. 消声器使用注意事项	86
2. 连续弯头的消声	87

3. 防止吸声材料飞散	88
4. 消声器的再生噪声与消声效果之间的关系	89
第六章 通风系统的消声设计	91
6-1 要求消声的送风口(或回风口)的占有系数	91
1. 假定 ND_i 及 $ND_{i(k)}$	91
2. 临界距离和有效送风口(或回风口)数量	92
3. 假定 ND_{ij} 或 $ND_{i(k)j}$	94
6-2 通风机噪声的消声设计	94
1. 计算室内的平均吸声系数	94
2. 消声设计的计算实例	95
6-3 气流噪声的校核	102
6-4 串音的消声设计	105
6-5 向室外辐射的通风机噪声的消声设计	110
第七章 基本知识	113
7-1 术语	113
7-2 透射损失	119
1. 隔声材料的种类和特性	119
2. 综合透射损失	123
3. 透射损失表	125
7-3 吸声系数	129
1. 吸声材料的种类和特性	129
2. 吸声系数表	133
7-4 国内规定	144

第 一 章

噪声的评价和噪声允许值

1-1 噪 声 的 评 价

1. 用方^① (A) 评价

噪声可用声级计¹⁾测定的方(A)值评价。

表1-4示出噪声以方(A)为单位时对周围环境的影响。此A声级较为接近人耳对噪声的感觉,而且测量和表示起来都比较简便,故一般使用方(A)作为评价噪声的标准²⁾³⁾⁴⁾。

我们一般采用JIS(日本工业标准)规定⁵⁾的方法测量噪声级。C声级基本上代表噪声的声压级(全频带声压级),因此也测量方(C)。

例如,图1-1中某地铁通风口测定的噪声级为74方(A),对照表1-4,即可看出其噪声级是很高的。

2. 用NR数评价

图1-1表示用频率分析仪测出的倍频带噪声频谱。以图中噪声频谱的NR最大值作为此噪声的NR数^②。

表1-4还示出了用NR数评价的噪声对周围环境的影响。表中NR数与方(A)相对应。

当按1/3倍频带测量时,须将与表1-2中的各个倍频带相对应的三个1/3倍频带声压级合成以后再填入图中。

图1-1中也标出了旧的倍频带,以便能将过去用NC评价曲线表示的数改为用NR数表示。

① 方(A)应与响度级单位加以区别,详见第七章7-1节。——译注

② 日本正逐渐由NC数改用ISO(国际标准化组织)推荐的NR数评价噪声。

某地铁通风口的噪声测量

测点详图

大楼
(地面以上约30m高)

测点 (高出地面1.2m的大楼墙面上)

人行道

通风口(进风口截面平均风速4.2m/s)

5980

1250

Z 300

行车道

地下空调机房内轴流风机规格

出力: 11 kW

静压: 65 mmH₂O

风量: 450 m³/min

× 2 台

天气,阴,微风

测量条件

两台轴流风机开机时,

测点选在民房房基线上

测量仪器

声级计 A 公司 a 型

频率分析仪 B 公司 β 型

电容式话筒 B 公司 βM 型

高速录音机 B 公司 β L 型

精密声级计B公司 $\beta\omega$ 型

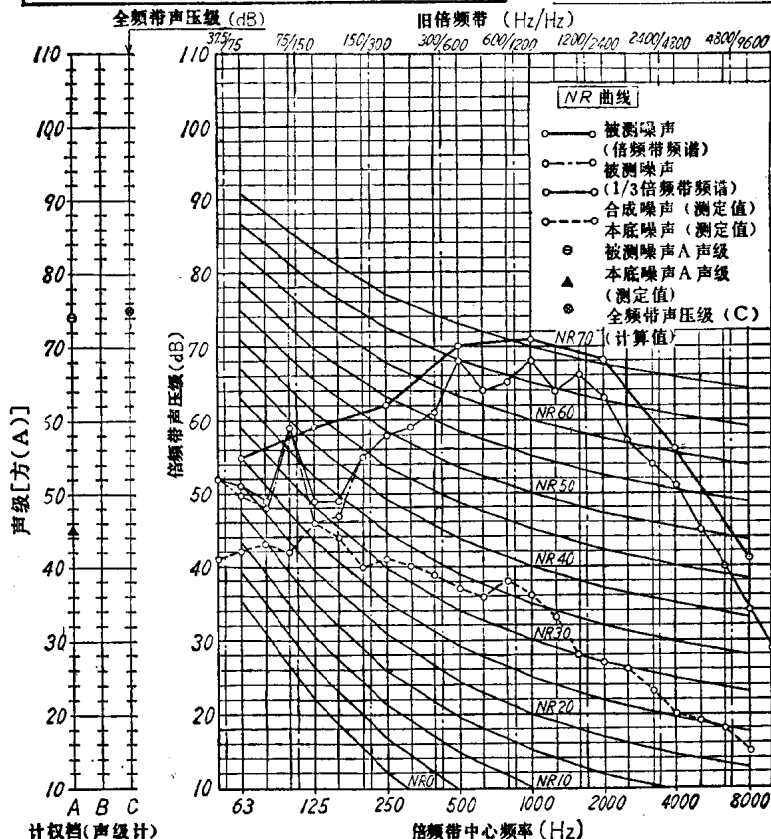


图 1-1 某地铁通风口的噪声测量

例如, 图1-1中某地铁通风口的噪声用NR数评价为NR71。

3. 用NC数评价

与用NR数评价相同, 在图1-2中示出了各倍频带声压级, 以图中噪声频谱的NC最大值作为此噪声的NC数⁶⁾。

图1-2中所示的NC曲线是按新的倍频带改画的曲线(噪声评价曲线), 此图中还标有旧倍频带。如图1-3所示, 实际上NR数与NC数并无多大差别, 但频率分析仪的带通滤波器的结构经改造只适用于NR噪声评价数, 故已不用NC数评价噪声了^①。

4. 各种噪声评价数之间的关系

(1) NR数与方(A)的关系^②

$$\text{NR数} = \text{方}(A) - 5 \quad (1-1)$$

(2) NC数与方(A)的关系^③

$$\text{NC数} = \text{方}(A) - 6 \pm 2 \quad (1-2)$$

我们将图1-3中的NR曲线与NC曲线进行了比较。NR数或NC数在20~50这一范围内(室内噪声允许范围), 两种曲线相差3分贝, 故可视为NR数与NC数基本相等。

(3) 根据倍频带频谱求方(A)值

如果已知噪声的倍频带频谱, 则可算出声级方(A)值。

按表1-1对各倍频带进行修正后⁴⁾¹²⁾, 再应用图1-4将它们合成, 由此得出的数值则为方(A)值。

计算实例如表1-2所示。经计算得知图1-1中地铁通风口的声级为74方(A), 与实测值一致(按倍频带测量时, 因存在时间

① 根据倍频带声压级推算旧频带声压级时, 请参考有关文献^{7), 8)}。

② 参考文献⁹⁾中指出(1-1)式对空调机械设备噪声的精确度为93.3%, 可另外建立如下关系式⁹⁾:

$$\text{NR数} = \text{方}(A) - 2 \pm 3 \quad (1-3)$$

该文献还谈到对包括非机械设备噪声在内的各种噪声频谱进行分析, 一般可建立如下关系式:

$$\text{NR数} = \text{方}(A) - 3 \pm 1.5 \quad (1-4)$$

③ 引自文献¹⁰⁾, 这个公式的精确度如何不太清楚。文献¹¹⁾指出一般办公室可应用下式:

$$\text{NC数} = \text{方}(A) - 5 \quad (1-5)$$

年 月 日 上午 时 分
 天气
 测量单位
 测量条件
 测量仪器
 声级计
 频率分析仪

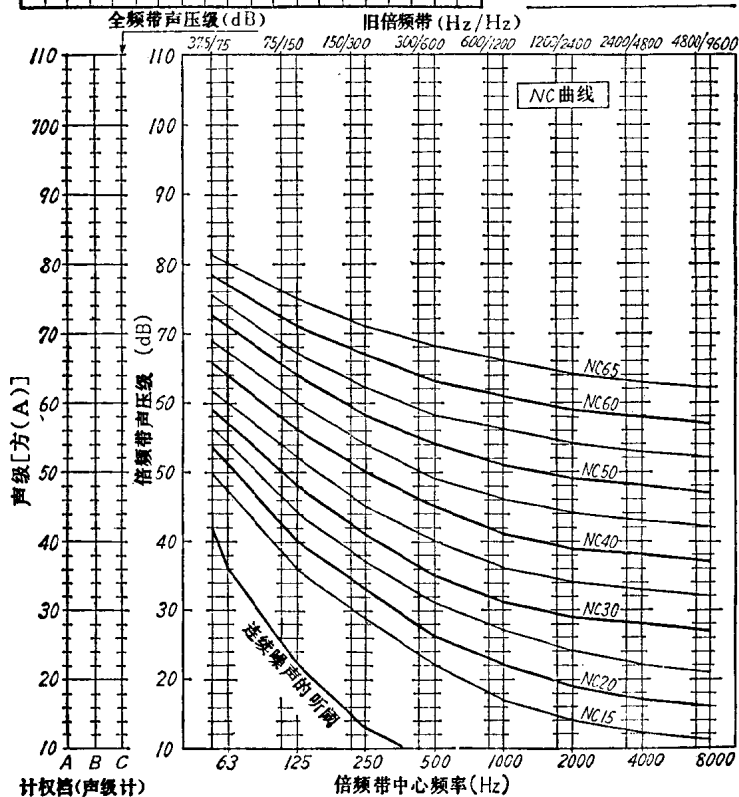


图 1-2 NC曲线

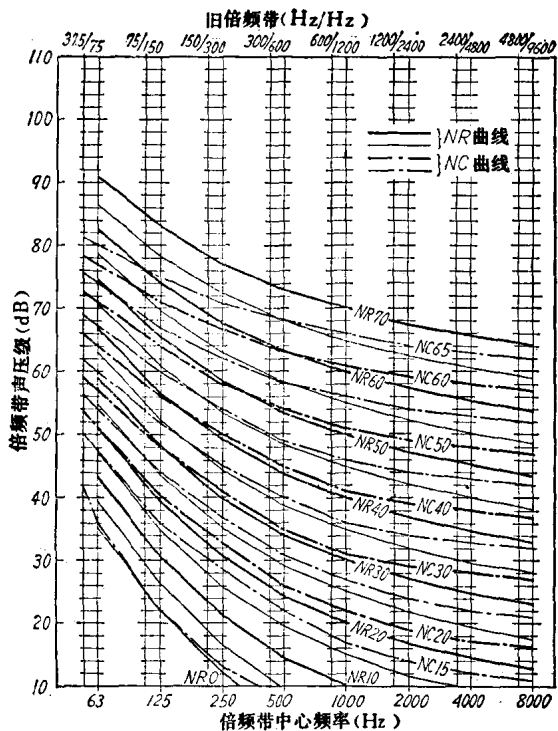


图 1-3 NR曲线与NC曲线的比较

根据倍频带频谱求方(A)值时的修正值

表 1-1

倍频带中心频率 (Hz)	修正值(应扣除数) (dB)	旧 倍 频 带 (Hz)	修正值(应扣除数) (dB)
63	26	37.5~75	28
125	16	75~150	19
250	9	150~300	11
500	3	300~600	5
1000	0	600~1200	1
2000	-1	1200~2400	-1
4000	-1	2400~4800	-1
8000	1	4800~9600	0

分贝合成实例（根据图1-1中的测量结果）

表 1-2

倍频带中心频率 (Hz)	1/3倍频带中心频率 (Hz)	1/3倍频带声压级 (dB) (图1-1)	合成操作	倍频带声压级 (dB) (合成)	根据倍频带频率求方 (A) 值		合成
					修正值 (表 1-1)	修正后	
63	40	51					
	50	52	+2.1				
	63	50	-54.1				
	80	48	-55.1	55	26	29	
125	100	59	+0.2				
	125	46	-59.2				
	160	47	-59.4	59	16	43	
	200	55	+2.6				
250	250	58	-59.8				
	315	59	+1.8				
	400	61	-62.4	62	9	53	
	500	68	+1.2				
500	500	68	-68.8				
	630	64	+0.8				
	800	65	-70.0	70	3	67	
	1000	68	+1.0				
1000	1000	68	-69.8				
	1250	64	+1.8				
	1600	66	-70.8	71	0	71	
	2000	63	+0.3				
2000	2000	63	-67.8				
	2500	57	+1.8				
	3150	54	-68.1	68	-1	69	
	4000	51	+0.3				
4000	4000	51	-55.8				
	5000	45	+1.8				
	6300	40	-56.1	56	-1	57	
	8000	34	+0.3				
8000	8000	34	-41.0				
	10000	29	+0.3				
			-41.3	41	1	40	

74.3
74方 (A)
-73.3 +1.0

误差，噪声大小有变化，所以计算值一般不会与实测值完全一致）。另外，此例中NR数为NR71，又可根据(1-1)式求出方(A)值。即： $71+5=76$ 方(A)，与计算值略有出入。由此看出应用(1-1)式求出的数值稍高于实际的声级。

5. 分贝的合成与分解¹⁸⁾

(1) 分贝的合成 图1-4为合成计算图。应用此图求两个声压级的合成值非常简便。此图示出的附加值应与大声压级相加[这些附加值是小声压级一方给出的量●(分贝)]。当两个声压级之差大于10分贝时，一般可以不相加。

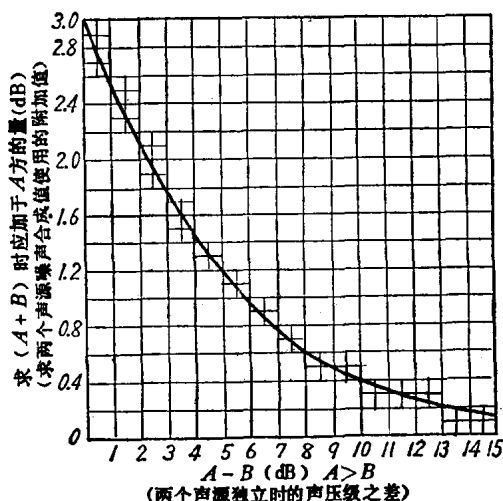


图 1-4 分贝合成计算图

例如，当80分贝的噪声与78分贝的噪声合成时，其声压级差为

$$A - B = 80 - 78 = 2$$

应用图1-4则可得

$$\text{合成声压级} = A + 2.1 = 82.1 \text{ 分贝}$$

- 除声压级外，声级、频带声压级、声功率级等以分贝为量度单位合成时，也使用此附加值。声级合成时，单位用方表示。

图1-1中所示的地铁通风口声级是按1/3倍频带测定的。将此噪声按倍频带声压级合成，则如表1-2所示。表内还列出了根据倍频带频谱求出的方(A)值。一般不满1方者四舍五入，所以此例为74方(A)。同样，如不按表1-1修正而直接合成则为75分贝。它代表全频带声压级。

(2) 分贝的分解 当已知两个噪声的合成声压级和其中一个噪声的声压级时，可应用图1-5求出另一个噪声的声压级。

例如，测得某机器的噪声为85分贝，停机后该点本底噪声为80分贝，则

$$(A+B)-(B)=85-80=5 \text{ 分贝}$$

根据图1-5可知在该测点机器本身产生的声压级为

$$\text{方}(A)=85-1.6=83.4 \text{ 分贝}$$

但是，图1-5给出的修正值不太准确，当合成噪声与其中一个噪声的声压级之差小于3分贝(或方)时，最好不要应用图

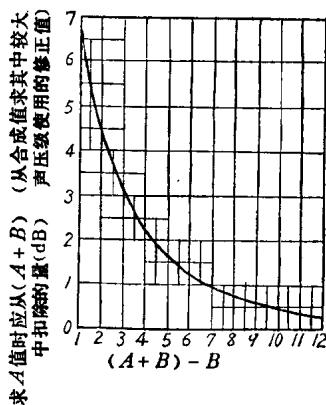


图 1-5 分贝分解计算图
(B为本底噪声)

1-5 分解计算另一个噪声的声压级，而采用表1-3中列出的修正值。

(3) 本底噪声的影响

如果本底噪声与合成噪声之差在3~10方范围以内，则可应用表1-3⁴⁾⁵⁾推算被测噪声的声级。当进行频谱分析时，要分别对各个频带加以修正，然后推算出被测噪声的声压级(分贝)。

当本底噪声与合成噪声之差不足3方(或分贝)，只知被测噪声小于本底噪声时，使用图1-5中的修正值不太理想。在本底噪声小于合成噪声10方(或分贝)以上的地点，最好进行实测。

例如，图1-1中50~200赫范围内的修正值为本底噪声的修正值。