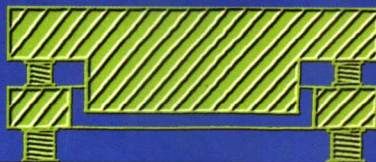


空调系统

消声与隔振设计

项端祈 著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是空调系统消声与隔振设计的专著,内容包括设计程序、允许噪声和振动标准、空调系统的消声设计、风机盘管和冷却塔的噪声控制、设备基础和管道隔振,以及机房的噪声降低等八个方面。本书除简要阐述消声、隔振的基本原理、计算方法和操作程序外,还较为详细地介绍达到预期噪声指标的具体技术措施、专业配合方式和施工操作要点,并列举工程设计示例供设计参考。在附录内还提供大量的相关资料和近年新产品的性能参数。本书主要供建筑设备(暖通)专业和环境、声学工作者参考使用,也可供大专院校师生和环保部门有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

空调系统消声与隔振设计/项端祈著. —北京:机械工业出版社, 2005.1
ISBN 7-111-15706-0

I. 空... II. 项... III. ①空气调节设备—噪声控制②空气调节设备—隔振措施 IV. TU834.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第124058号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵荣 版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

责任编辑:王黎庆 封面设计:张静 责任印制:李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005年2月第1版第1次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·19.5印张·3插页·460千字

0001-3000册

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646
68326294、68320718

封面无防伪标均为盗版

序言

马大猷

噪声和振动是空气调节系统的使用者所受到的最严重的干扰。大型的会议场所、文娛场所、体育运动场所等都需要空调系统，保证其中适合于人们政治活动、学术活动和工作、娱乐，供给温度适宜的新鲜空气。这是舒适环境和身体健康所必需，影响极为深广。如果伴随的噪声和振动过高，厅堂就会失去其优点，甚至不能使用。因而暖气（也包括冷气）、通风系统的噪声和振动极为重要，不可掉以轻心。一般噪声控制和振动隔离已是成熟的技术，不难应用。但是空调系统的噪声和振动有其特点，不是一般噪声和振动控制技术所能解决，工业化国家早已关注。世界上第一本采暖通风系统噪声控制的专著是1938年由美国采暖通风学会邀请当时最著名的声学家努特森写作的，影响深远，大大促进了通风系统的发展，以及大型厅堂的修建。在过去我国工业落后，一时还顾不到，也缺乏解决振动噪声的技术，一差就是六、七十年。我国从1950年以来，噪声控制科学与技术有极大的发展，早已达到国际水平，噪声问题几乎都可解决。这时谈起大型厅堂空调系统的噪声振动问题，似已稍晚，但能得到重视，也很适时。特别是能邀请项端祈同志负责编写，端祈同志在建筑声学工作近五十年，经验十分丰富，颇有成绩，负责这项工作自得心应手，游刃有余。我国大型厅堂的噪声和振动控制工作也必大有发展。

马大猷

2004. 7

前 言

无论在工业还是在民用建筑中,为创造适合于工作、生活的舒适环境而建立人工气候,目前均采用空调系统。建筑环境的内容是多方面的,除了人工气候以外,还有光环境、生态环境和声环境等。如果空调系统所用的设备未作消声、隔振设计,通常会超出允许噪声限值,从而使建筑声环境受到污染。因此,如何合理而有效地控制空调、制冷设备的噪声与振动,是建立人工气候和良好声环境的重要方面。

此外,控制空调系统的噪声与振动,还可起到延长设备使用年限、保护建筑结构、补偿因介质压力改变引起的变形,以及使空调用房内的仪器设备免受振动的损坏并提高测试和加工精度。

空调系统的设计是建筑设备(暖通)专业的任务,而消声与隔振技术则属于声学(物理学)、生理学与建筑结构学等学科的范畴。有关这方面的技术资料和信息,分散于各专业的刊物内,专业性很强而难以沟通;虽在某些设备专业的书刊内,也常能找到有关消声、隔振的章节,但毕竟缺乏系统性和专业技术的深度,以及工程设计所必须的相关资料 and 操作程序,使设备专业的工程师无所适从。由此而使为数较多的工程的空调噪声超标以致影响使用,特别是近年所建音质要求较高的演艺建筑,出现这类问题的不胜枚举。笔者几十年来参与工程设计实践,长期与设备和结构工程师协作,以在空调消声、隔振工程设计方面所获得的经验和资料作为编写本书的素材,希望起到各专业间沟通的桥梁作用。为设备专业提供一本较为系统并结合工程实践而又便于掌握的实用设计专著。

本书以空调系统消声与隔振的实践活动为基点,简要阐明设计原理、依工程进展的设计程序 and 与各专业配合的操作方式,并以工程设计为主要内容,详细介绍消声、隔振的计算方法,实现预期设计目标的途径和技术措施,合理地选用和配置消声、隔振装置,以及施工、安装过程中应注意的问题。为便于设计人员领会和掌握设计方法和操作程序,在每章内均设有算例和工程设计示例,在附录内还列有大量的相关资料和产品性能,供设计参考使用。

在近半个世纪的工程实践中,曾得到本院诸多设备工程师的支持和帮助。在本书列举的部分工程设计示例中,本院建声研究室的王峥、陈金京和薛长健

工程师，北京市环保局王昌井工程师曾参与工作；本书的全部文稿均由刘春海同志打印；马大猷教授 90 高龄还为本书作序，笔者谨此深表谢意。

本书的写作过程，正值国内演艺建筑和奥运场馆声学设计的繁忙时期，限于投入的时间、精力和水平，难免有疏漏和不当之处，请读者指正、见谅。

项端祈

于北京市建筑设计研究院

建筑声学研究室

2004. 8

目 录

序言 前言

第1章 空调系统消声与隔振设计

的程序和评价标准 1

1.1 概述 3

1.2 空调系统消声与隔振设计的程序 及内容简述 3

1.2.1 空调系统消声与隔振设计的 程序 3

1.2.2 设计程序的内容简述 3

1.3 允许噪声标准(噪声限值)—— 单值和噪声评价曲线 6

1.3.1 A计权声级 6

1.3.2 等效连续A声级(L_{eq}) 6

1.3.3 噪声评价曲线——频带声压 级NC、PNC和NR曲线 6

1.3.4 语言干扰评价标准 9

1.4 各类空调用房的噪声限值 (允许噪声标准) 10

1.4.1 一般建筑的噪声限值 (允许噪声标准) 10

1.4.2 特殊建筑的噪声限值 (允许噪声标准) 11

1.4.3 工厂车间的噪声限值 (允许噪声标准) 12

1.4.4 室内靶场的噪声限值 (允许噪声标准) 12

1.5 振动的评价标准 13

1.6 城市区域环境噪声与振动标准 和工业企业厂界噪声标准 17

1.6.1 城市区域环境噪声标准 17

1.6.2 城市区域环境振动标准 17

1.6.3 工业企业厂界噪声标准 18

第2章 空调系统的消声设计 19

2.1 概述 21

2.2 空调系统的选择 21

2.2.1 集中系统 21

2.2.2 半集中系统 21

2.2.3 分散系统(或称局部分散系 统) 21

2.2.4 集中式和分散式组合系统 22

2.3 空调系统主要设备的噪声源 和声压级(声功率级)的叠加 23

2.3.1 通风机噪声 23

2.3.2 电动机噪声 26

2.3.3 空调机组和空气压缩机的 噪声 27

2.3.4 空调设备声压级 (声功率级)的叠加 28

2.4 空调系统的自然声衰减 31

2.4.1 管道系统的声衰减 31

2.4.2 距房间出风口(声源)某点的 声压级计算 35

2.4.3 管壁的透射损失 37

2.5 空调系统的气流噪声 38

2.5.1 管道系统的气流噪声声功 率级 38

2.5.2 空调系统管道内气流速度的 允许值 44

2.5.3 大型厅堂控制气流噪声的

新举措	45	3.5.2 共振消声器的声衰减量 计算	85
2.5.4 空调系统的消声计算 和气流噪声的审核	48	3.5.3 改善共振消声器特性的 措施	86
2.6 消声工程设计示例	52	3.5.4 共振消声器的设计准则	87
2.6.1 南宁民族艺术宫音乐厅空调 系统的消声设计	52	3.6 特殊消声器	88
2.6.2 北京宜家家具城销售厅(展 厅)的空调噪声治理	54	3.6.1 微穿孔板消声器	88
第3章 空调系统的消声器	57	3.6.2 复合消声器	90
3.1 概述	59	3.6.3 有源消声器(电子消 声器)	92
3.2 阻性消声器	59	3.7 消声器的评价和配置	94
3.2.1 阻性消声器的消声特性 和形式	59	3.7.1 消声器的评价和选择	94
3.2.2 阻性消声器声衰减量的 计算	60	3.7.2 消声器的配置	95
3.2.3 阻性消声器的设计准则	64	3.8 消声器设计和应用的 工程示例	96
3.2.4 阻性消声器的系列产品 及其消声性能	65	3.8.1 北京饭店宴会厅的消声器 设计	96
3.3 抗性消声器	75	3.8.2 中国电影博物馆空调系统 消声器设计	97
3.3.1 抗性消声器的消声特性 和形式	75	3.8.3 首都体育馆新风入口 消声	99
3.3.2 抗性消声器声衰减量的 计算	75	3.8.4 某住宅区地下停车场的 排风消声	100
3.3.3 改善抗性消声器特性的 措施	78	第4章 风机盘管系统的噪声 控制	105
3.3.4 抗性消声器的设计准则	79	4.1 概述	107
3.4 室式消声器	80	4.2 风机盘管系统的噪声	107
3.4.1 室式消声器的消声特性 和形式	80	4.2.1 各类风机盘管的 噪声测定	107
3.4.2 室式消声器声衰减量的 计算	80	4.2.2 风机盘管噪声测定结果的 分析	109
3.4.3 室式消声器的设计准则	81	4.3 风机盘管系统噪声控制的 途径	110
3.4.4 室式消声器在不同流速下的 实测衰减量及其在工程中的 应用	81	4.3.1 研制低噪声风机盘管	110
3.5 共振消声器	84	4.3.2 选择有利于减低噪声的 配置方式	111
3.5.1 共振消声器的消声特性 和形式	84	4.3.3 追加消声装置	112
		4.4 风机盘管系统新风和排气串音的	

控制	113
4.5 防止对城市噪声的污染	
和风机盘管的选择	116
4.5.1 防止对城市噪声的污染	116
4.5.2 风机盘管的选择	116
4.6 风机盘管噪声控制示例	117
4.6.1 奥斯罗克大酒店客房	
空调机组的噪声控制	117
4.6.2 北京饭店(新楼)客房	
风机盘管的噪声控制	121
第5章 冷却塔的噪声控制	123
5.1 概述	125
5.2 机械通风冷却塔的噪声源	
和噪声级估算	126
5.2.1 冷却塔的噪声源	126
5.2.2 冷却塔噪声级的估算	128
5.3 冷却塔噪声的测量和评价	131
5.4 冷却塔噪声的频谱测定和结果	
分析	132
5.4.1 国内外各类冷却塔噪声的	
频谱测定	133
5.4.2 冷却塔噪声频谱测定结果的	
分析	133
5.5 冷却塔的噪声控制	134
5.5.1 合理地确定冷却塔的位置	
——塔距的声衰减	134
5.5.2 设计和选用低噪声冷却塔	136
5.5.3 隔声屏障对控制冷却塔噪	
声的作用	137
5.6 冷却塔噪声控制工程示例	141
5.6.1 北展宾馆冷却塔消声减噪	
工程	141
5.6.2 北京首都宾馆冷却塔的	
噪声治理	144
5.6.3 上海宾馆冷却塔的噪声	
治理	145
5.6.4 德国盖尔斯特英韦克电厂	
冷却塔噪声控制	145

第6章 空调设备的基础隔振	149
6.1 概述	151
6.2 空调、制冷设备的基础隔振	
设计	154
6.2.1 隔振与噪声减低量	154
6.2.2 隔振要求的确定	154
6.2.3 基座板(质量块)重量	
和形式的选择	155
6.2.4 双层基座板隔振系统	156
6.3 隔振装置的设计和选择	157
6.3.1 弹簧隔振器的计算	157
6.3.2 弹性隔振材料的计算	159
6.3.3 隔振装置的比较和选择	160
6.3.4 隔振装置与基座板(质量块)	
的连接构造	171
6.3.5 隔振装置施工安装程序	172
6.4 空调设备基础隔振的标准化设计	
与单体设计	174
6.4.1 空调设备基础隔振的	
标准化设计	174
6.4.2 空调设备基础隔振设计	
标准化准则	175
6.4.3 空调设备隔振的	
单体设计	176
6.4.4 特殊隔振要求和相应的	
隔振设计	176
6.5 “浮筑”隔振	178
6.5.1 “浮筑”隔振地面	178
6.5.2 “浮筑”隔振结构	180
6.5.3 “浮筑”隔振地面的施工	
程序	180
6.5.4 悬吊隔振装置	181
6.6 空调设备隔振工程设计示例	183
6.6.1 一般工程的隔振设计	
示例	183
6.6.2 有特殊隔振要求的设计	
示例	188

第7章 空调设备的管道隔振 193

7.1 概述 195

7.2 软接管的类别和规格 195

7.2.1 橡胶软接管 195

7.2.2 不锈钢金属波纹软管 200

7.2.3 帆布软接口 202

7.3 管道隔振与噪声减低量 203

7.3.1 不锈钢金属波纹软管隔振
与减噪的关系 2037.3.2 管道的固定方式与减低噪
声的作用 2047.3.3 软管单向与双向配置
对减低噪声的作用 2047.3.4 橡胶软管隔振与减低噪声的
关系 205

7.4 管道隔振构造 205

7.4.1 管道吊置在楼板上的隔振
构造 2057.4.2 管道架设在墙上或固定
在墙上的构造 2067.4.3 管道穿过楼板或墙体的
隔振构造 206

7.5 软管设计、施工、安装要点 207

7.6 软接管隔振与减噪的
工程示例 2087.6.1 毛泽东纪念堂冷冻机用不锈
钢软接管的隔振减噪设计 2087.6.2 华侨公寓工程水泵用
不锈钢金属波纹软管的隔振
减噪设计 2087.6.3 上海沪西电影院给水系统用
可曲挠型橡胶软管的隔振
作用 2107.6.4 北京饭店工程水泵采用一般
工业用橡胶软管的减噪

作用 210

第8章 空调机房的噪声控制 211

8.1 概述 213

8.2 空调机房位置的选择和防噪声
规划 2138.3 空调机房围护结构的
隔声设计 214

8.3.1 墙体和楼板隔声 214

8.3.2 机房门、窗的隔声 218

8.3.3 墙和窗组合的墙体 224

8.4 机房内的噪声减低 225

8.4.1 吸声减噪的原理和计算
方法 225

8.4.2 吸声减噪的设计程序 229

8.4.3 吸声材料(结构)的选择 229

8.5 空间吸声体的应用 233

8.6 隔声罩的设计和应用 235

8.6.1 隔声罩噪声减低量的
计算 235

8.6.2 隔声罩的设计准则 236

8.6.3 隔声罩的应用及系列
产品 236

附录 241

附录 A 空调系统消声与隔振的
声学术语和声学符号 243

附录 B 低噪声通风机 247

附录 C 消声器系列 263

附录 D 消声弯头 273

附录 E 低噪声、超低噪声、静音冷
却塔 283

附录 F 隔振器 291

参考文献 300

第 1 章

空调系统消声与隔振设计的程序和评价标准

- 1.1 概述
- 1.2 空调系统消声与隔振设计的程序及内容简述
- 1.3 允许噪声标准(噪声限值)——单值和噪声评价曲线
- 1.4 各类空调用房的噪声限值(允许噪声标准)
- 1.5 振动的评价标准
- 1.6 城市区域环境噪声与振动标准和工业企业厂界噪声标准

1.1 概述

空调系统的消声与隔振设计是建筑设计中噪声控制的重要内容。对大量性的民用建筑来说,如住宅、旅馆、医院、学校和写字楼建筑,控制噪声是确保正常工作、休息的基本要求;对厅堂建筑则是获得良好听闻的必要条件;在商业和服务性建筑中,超过允许限值的噪声,会影响顾客的滞留时间,从而减少营业量;而在工业建筑中,控制强噪声与振动,使之在允许的范围内,是保护工人健康和听觉器官的强制性措施。此外,减低空调系统中某些设备的噪声(如冷却塔、排风机等)也是建立良好声环境所必须的。

当着手进行空调系统的消声与隔振设计时,应首先对该项工作的内容、专业关系和设计程序有一明晰的了解,使各专业在方案设计阶段(最晚在初步设计阶段)就应考虑消声与隔振要求。这样有利于分工协作,顺利推进工作,避免不必要的重复劳动或返工,以提高工效和取得成效。

按建筑工程设计程序:在民用建筑中,建筑专业先行,而在工业建筑中,则以工艺和结构专业先行。无论哪个专业先行,在初步设计阶段,设备专业就应配合各专业立即介入,进行方案设计,提出本专业的各种要求,包括机房位置、系统方式和管道走向,并开始空调、制冷设备的消声与隔振设计。经各专业协调后,进行初步设计。

1.2 空调系统消声与隔振设计的程序及内容简述

1.2.1 空调系统消声与隔振设计的程序

空调系统消声与隔振设计,在设备专业初步设计阶段时开始,在扩大初步设计阶段时作详细的设计和计算,并绘制施工图。根据工程设计实践的经验,常用的设计程序如图 1-1 所示。

1.2.2 设计程序的内容简述

(1) 制定允许噪声标准

标准的制定是通过人们长期的生活和工作实践,大量的试验研究确定下来的;制定允许噪声标准的目的是保护人体健康和创造良好的听闻条件,因此,前者作为法定标准,在设计中必须执行。而后者则通常作为推荐值建议采用。允许噪声标准随空调用房的功能和要求的不同而不同。

目前,在国际上表征噪声标准的值统一采用 A 声级[记为 L_A (单位为 dB)]和 NR 或 NC 噪声评价曲线,在空调系统的消声与隔振设计中,首先要根据空调用房的功能和要求,确定室内允许噪声标准,然后采取相应的控制技术。

(2) 噪声控制的内容和途径

空调、制冷设备的噪声控制主要包括消声与隔振两方面:消声的任务是要降低沿通风管道传播的风机噪声,即减低风机的空气传声;隔振的内容是隔离所有的空调、制冷设备沿建筑结构传递的振动,以及由该振动辐射的噪声,即控制固体传声。

消声设计是针对通风机的噪声控制,而隔振设计则包括所有空调、制冷设备的噪声控制。但无论是消声与隔振,其最终目的都是使空调用房达到所确定的允许噪声标准。

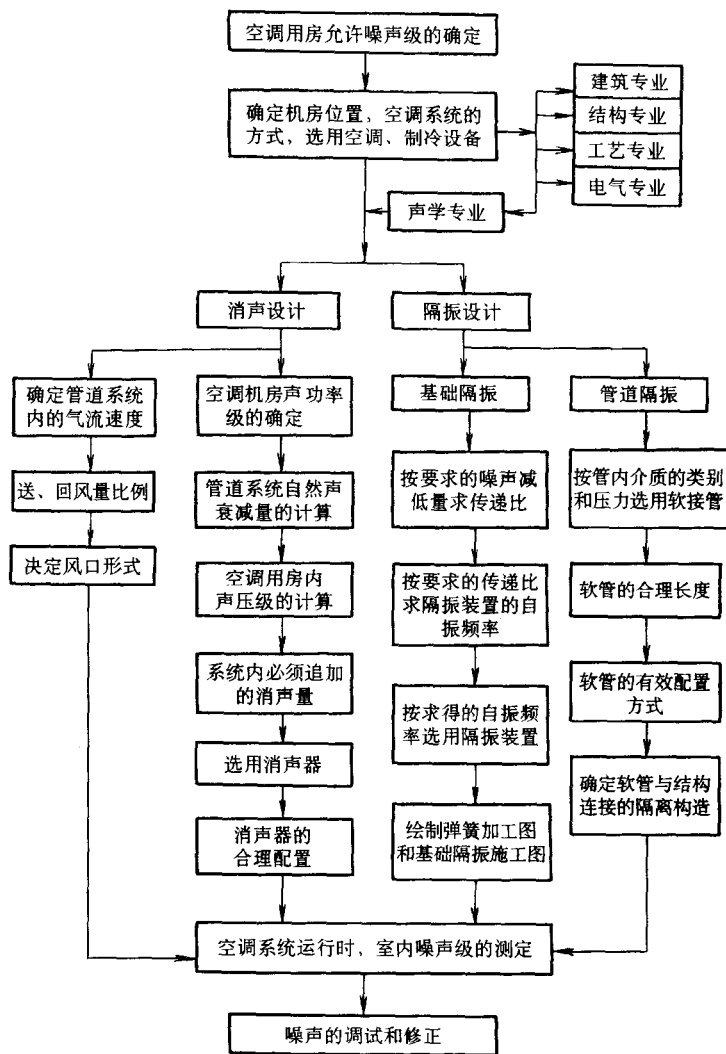


图 1-1 空调系统消声与隔振设计程序

(3) 消声设计

消声设计包括空调系统的消声设计和毗邻房间之间的串音处理，以及控制气流噪声和送、回风量平衡四方面：

1) 空调系统的消声设计 首先要测定或计算风机的声功率级，然后计算管道系统声功率级的自然衰减量，两者的差值即为空调用房出风口的声功率级；再以出风口为声源，计算离出风口某一距离(要求的工作面)的声压级，将求得的室内声压级减去室内允许噪声级，其差值即为系统所必需的消声量，根据该消声量选择适当的消声器，并作合理的配置。

2) 串音处理 通过同一管道，将风口引向毗邻房间，该管道即成为传播声音的通道，使房间相互间的隔声量降低。解决的措施是：增加相互毗邻出风口之间的距离并追加消声结构，对隔声要求较高的房间，可设计独立的管道系统。

3) 控制气流噪声 气流在管道和消声器内激发的振动,产生附加噪声,它使系统的自然声衰减降低,使消声器不能充分发挥其消声性能。控制气流噪声的根本措施是限制管道内的气流速度,它包括限制主风道、支风道和出风口(送、回风)的气流速度。根据空调用房允许噪声标准的要求,在空调系统方案设计时,就应确定气流的速度和相应的风口形式。

4) 送、回风量的平衡 在空调系统设计中,确定送、回风量的比例,通常采用一些经验值,一般回风量小于送风量,这是考虑到部分送风量通过房间的缝隙逸散的情况而采取的做法。但工程实践表明,有些建筑,如音乐厅、歌剧院,特别是录音、播音建筑,由于空调用房为了隔声的目的,送风量逸散的因素很小,如果采用一般空调用房的送、回风比例,就会引起回风噪声超标的情况,因此,必须根据具体情况确定送、回风量的比例。在录音、播音建筑中应采用1:1的送、回风量比,即送回风采用同样的风量。

(4) 隔振设计

空调、制冷设备的隔振设计包括设备的基础隔振和管道隔振两部分。

1) 设备基础隔振 基础隔振是将设备配置在弹性基座上实现的。它首先要根据空调用房要求的噪声减低量求出绝对传递比(或称传递系数),由求得的绝对传递比和设备的扰动频率可求得隔振装置所必须的自振频率,再由要求的自振频率选用隔振装置,最后绘制基础隔振施工图。这一工作以前由结构和声学专业配合设备专业完成。目前已有三个专业协同编制的标准设计图。设备专业可根据所选定的设备,选用标准图即可。

2) 管道隔振 当设备基础作隔振处理后,管道必须做相应的隔振处理。管道隔振是通过在设备与管道间的软连接(即软接管)实现的。通风机与风管的软连接通常采用帆布接口,而水泵、冷冻机和空压机的软接管则需根据管内介质的类别、压力、流速和温度分别进行选择,然后确定其合理长度和有效的配置方式。

管道隔振与基础隔振不同之处在于管道隔振后(即采用软接管),只能隔离设备本身的振动传递,而管内介质的振动随介质的流动仍能通过管道传递。因此,管道的隔振效果远不如基础隔振有效。对此,应使所有固定管道和管道穿墙及穿楼板的部位都作隔振的辅助措施。这一工作由建筑专业配合设备专业进行,以确定标准的构造和节点大样,供设备专业选用。

(5) 环境噪声的治理

空调、制冷设备的消声与隔振,首要任务自然是保证空调用房达到所确定的允许噪声标准,但也不能忽视对周围环境的噪声干扰。这关系到机房的位置和降噪措施,新风、排气口的位置和消声处理,冷却塔、锅炉房的位置和噪声治理等内容。其中有关机房位置、管道消声属设备专业的工作,而机房内的减噪设计、冷却塔的隔声屏障以及围护结构的隔声则属于建筑与结构专业的范围,但设备专业应密切配合进行治理。

(6) 空调用房的噪声监测和调试

空调、制冷设备的消声与隔振设计的最终目的是使空调用房内的噪声级达到允许噪声标准。因此,工程竣工、空调系统负载运行时,需进行室内噪声频谱(63~8000Hz)和A声级(dB)的测定以及出风口流速的测定,并将测定结果分别与噪声评价曲线NR(或NC、PNC)和单值标准 L_A (dB)以及限定的气流速度相对照。如果测定值超过允许噪声标准(超标),则应找出原因,进行修改,直至达到标准(达标)为止。

应该指出:空调用房内的噪声状况是由多种噪声传递途径所决定,因此,在噪声测定时,需排除其他噪声干扰,其中主要是环境噪声和建筑物内部的工程设备噪声的影响。为了

确切地测定空调、制冷系统消声与隔振的实际效果，在多数情况下，选择在夜间进行测定。

1.3 允许噪声标准(噪声限值)——单值和噪声评价曲线

目前，在民用建筑物内，常用的允许噪声标准为 A 计权声级(dB)和噪声评价曲线(即频带声压级)；对工业建筑(车间)和城市环境的噪声通常采用等效连续 A 声级。

1.3.1 A 计权声级

A 计权声级， L_A (dB)，简称 A 声级。由于它与人们的主观评价有较好的相关性，因此被广泛用作噪声的单值评价指标。它是在声级计的放大线路中，插入 A、B、C 三个计权网络，A 网络是模拟人耳对 40 方纯音的响应，与倒置的 40 方等响曲线相接近，它使接收、通过的低频声音有较大的衰减(这是因为人耳对低频声的灵敏度较差)。B 网络是模拟人耳对 70 方纯音的响应，与倒置的 70 方等响曲线相接近，它使接受、通过的低频声音有一定的衰减。C 网络与倒置的 100 方等响曲线相接近，在整个可听频率范围内有近乎平直的特性。声级计的读数称声级，单位为分贝(dB)，如用 A 网络测得的声级称为 A 声级。

设置计权网络的原意是，对低于 55dB 的声音用 A 声级计量，对于 55~85dB 的声音用 B 声级计量，对于 85dB 以上的声音用 C 声级计量。但近年来的研究发现，无论多大声级的声音，用 A 声级测得的结果都与入耳对声音的响度感觉相近。因此，目前把它作为评价噪声的单值参数，使用更为广泛。

1.3.2 等效连续 A 声级(L_{eq})

评价噪声对人体的影响时，不但要考虑该噪声的大小，同时还应考虑噪声作用时间。相同的噪声级，由于作用时间不同，人们所受的噪声影响是不相同的。但是，如果一个人 A 声级 90dB 的噪声环境下，一天工作 8h，而另一人则在一天 8h 中，2h 在 90dB 噪声环境下工作，5h 在 95dB 环境下工作，又在 100dB 下工作 1h，就不易比较二者所受的噪声影响的大小。为此，引入等效连续 A 声级的概念。等效连续 A 声级的定义是：在声场中一定点的位置上，用某一段时间内能量平均的方法，将间歇暴露的几个不同的 A 声级噪声，以一个 A 声级表示该段时间的噪声大小。这个声级即为等效连续声级，单位仍为 dB。

等效连续声级可用式(1-1)表示：

$$L_{eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \right) \int_0^T 10^{0.1 L_A} dt \quad (1-1)$$

式中 L_{eq} ——等效连续声级(dB)；

T ——某段时间的时间量；

L_A ——变化声级的瞬时值(dB)。

1.3.3 噪声评价曲线——频带声压级 NC、PNC 和 NR 曲线

在噪声控制工程设计中，仅有单值 A 声级是不够的，因为它不能确切地反映噪声的频谱特性；不同的频带声压级谱，可能有相同的 A 声级。同时，噪声控制经常是按噪声频谱来控制的，因而需要按频带声压级定出标准。为使用方便，用频带声压级曲线及其代号来规定。

频带声压级曲线(即噪声评价曲线)很多,但常用的有三组:NC 评价曲线、PNC 评价曲线和 NR (或称 N)评价曲线。NC 被广泛用于英、美和日本等国,PNC 和 NR 在欧洲通用。其中 NC 和 NR 两组曲线并列列为国际标准化组织(ISO)推荐的评价曲线。两组曲线的形状和数值相近,NR 曲线实际上是取自于 NC 曲线而来的。NC、PNC 和 NR 噪声评价曲线分别如图 1-2、图 1-3 和图 1-4 所示。

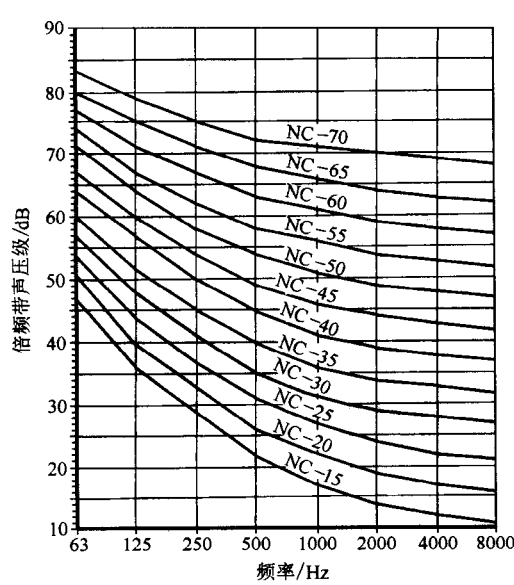


图 1-2 NC 噪声评价曲线

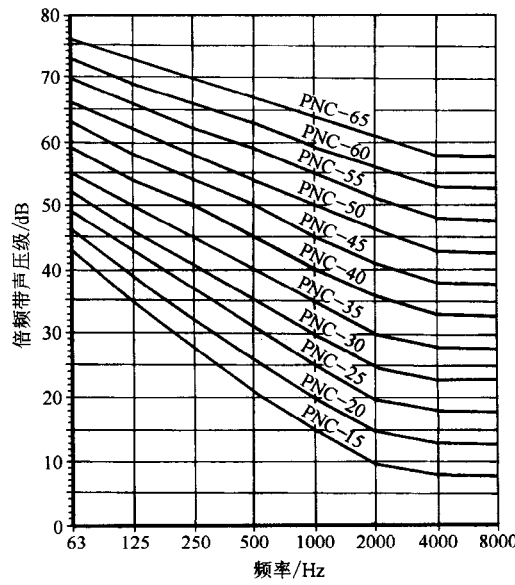


图 1-3 PNC 噪声评价曲线

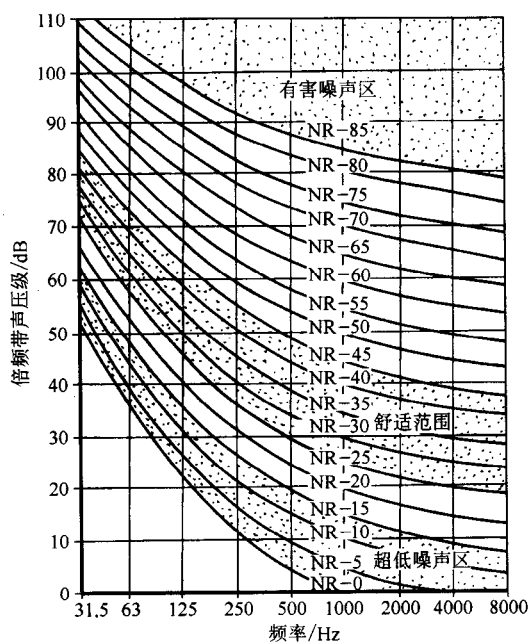


图 1-4 NR(或称 N)噪声评价曲线

上述三组噪声评价曲线对应的倍频带声压级值分别如表 1-1、表 1-2 和表 1-3 所示。

表 1-1 NC 噪声评价曲线对应的倍频带声压级 (单位: dB)

评价曲线 (NC-)	倍频带中心频率 (Hz) 声压级/dB							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
NC-15	47	36	29	22	17	14	12	11
NC-20	51	40	33	26	22	19	17	16
NC-25	54	44	37	31	27	24	22	21
NC-30	57	48	41	35	31	29	28	27
NC-35	60	52	45	40	36	34	33	32
NC-40	64	56	50	45	41	39	38	37
NC-45	67	60	54	49	46	44	43	42
NC-50	71	64	58	54	51	49	48	47
NC-55	74	67	62	58	56	54	53	52
NC-60	77	71	67	63	61	59	58	57
NC-65	80	75	71	68	66	64	63	62

表 1-2 PNC 噪声评价曲线对应的倍频带声压级 (单位: dB)

评价曲线 (PNC-)	倍频带中心频率 (Hz) 声压级/dB							
	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
PNC-15	43	35	28	21	15	10	8	8
PNC-20	46	39	32	26	20	15	13	13
PNC-25	49	43	37	31	25	20	18	18
PNC-30	52	46	41	35	30	25	23	23
PNC-35	55	50	45	40	35	30	28	28
PNC-40	59	54	50	45	40	36	33	33
PNC-45	63	58	54	50	45	41	38	36
PNC-50	66	62	58	54	50	46	43	43
PNC-55	70	66	62	59	55	51	48	48
PNC-60	73	69	66	63	59	56	53	53
PNC-65	76	73	70	67	64	61	58	58

表 1-3 NR (或 N) 噪声评价曲线对应的倍频带声压级 (单位: dB)

评价曲线 (NR-)	倍频带中心频率 (Hz) 声压级/dB								
	31.5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
NR-0	55	35	22	12	4	0	-4	-6	-7
NR-5	58	39	26	16	9	5	1	-1	-2
NR-10	62	43	30	21	14	10	6	4	3
NR-15	65	47	35	25	19	15	11	9	8
NR-20	69	51	39	30	24	20	16	14	13
NR-25	72	55	43	35	29	25	21	19	18
NR-30	76	59	48	39	34	30	26	25	23
NR-35	79	63	52	44	38	35	32	30	28
NR-40	82	67	56	49	43	40	37	35	33