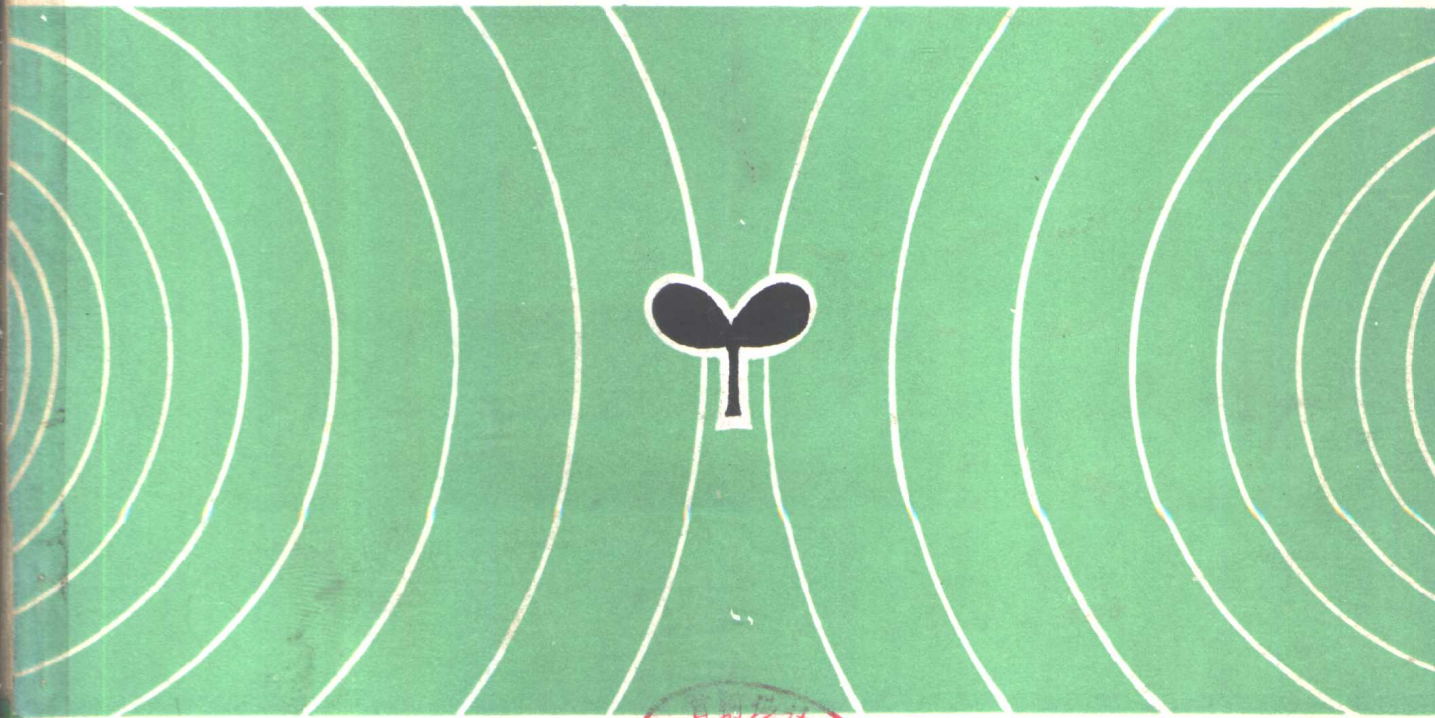


3501401

环境声学 与噪声控制

—第一届全国环境噪声及控制工程学术会议论文选编—



中国环境科学学会环境工程学会

一九八三年十二月

50.95

环境声学与噪声控制

——第一届全国环境噪声及控制工程学术会议论文选编——

本选编文章选自1982年9月由中国环境科学学会环境工程学会、中国环境科学学会环境声学学术委员会、中国声学学会联合召开的第一届全国环境噪声及控制工程学术会议的论文，在编辑过程中得到孙家琪、陈潜、王湜贤、洪宗辉、夏德荣、朱勤学、徐之江和顾德俊等同志的协助，特此致谢！

BB2-10/83

中国环境科学学会环境工程学会噪声控制工程专业学组

目 录

· 综 述 ·

1. 环境声学的研究工作……………中国科学院声学研究所 马大猷 (1)
2. 我国噪声控制十年进展……………北京市劳动保护科学研究所 方丹群 (5)
3. 我国城市环境噪声研究进展……………中国科学院声学研究所 李炳光
天津市环境监测站 陈光华 (13)
北京市环境监护局 孙吉民
4. 国内外空间吸声体发展与应用……………上海工业建筑设计院 章奎生 (22)
5. 近代振动隔离技术发展述评……………上海交通大学 严济宽 (37)
6. 噪声对人体影响的研究……………中国环境科学研究所 封根泉 (47)
北京市劳动保护科学研究所 方丹群

· 环境声学 ·

7. 北京市陶然亭小区环境噪声的空间分布
……………北京市劳动保护科学研究所 方丹群等 (58)
8. 中关村小区环境噪声调查与评价……………中国科学院声学研究所 陈定楚等 (62)
9. 混合小区环境噪声对居民冲击影响的研究…北京环境物理研究中心 战嘉恺等 (67)
10. 北京幸福楼小区火车环境噪声的空间分布特性
……………北京环境物理研究中心 陈 潜等 (76)
11. 幸福楼小区火车环境振动测量分析……………北京环境物理研究中心 孙家其等
铁道部劳动卫生研究所 焦大化等 (80)
国防科委总后防检所 张鲁西等
12. 环境噪声管理系统工程……………北京市环境保护局科技处 孙吉民 (83)

· 交通噪声 ·

13. 交通噪声特性及其测量取样偏差……………中国科学院声学研究所 李炳光 (88)
14. 城市交通噪声最佳测试时间与测点位置的探讨…福建省环境保护科研所监测站 (94)
厦门市环境保护监测站
15. 低噪声污染汽车喇叭声学性能参数的研究
……………中国科学院声学研究所 李健山 (98)
北京劳动保护科学研究所 任文堂

16. 低噪声内燃机车设计原则的探讨.....北方交通大学 杨玉致 (101)

· 工厂噪声 ·

17. 工厂噪声控制中几种消声减噪结构的研究.....中国科学院声学研究所 冯瑞正 (108)

18. 炼油化工厂噪声控制设计概述.....上海化工设计院 梁其和等 (111)

· 机械噪声 ·

19. 木工压刨机床隔声罩与降噪途径的探讨.....同济大学声学研究室 王焜贤 (120)

20. BLS 型低噪声冷却塔的研究.....上海交通大学 任世瑤 (127)

21. 玉石切磨机械噪声低减的研究.....北京市劳动保护科学研究所 柳至和等 (134)

22. 压缩机噪声的估算与评价.....北京市劳动保护科学研究所 周 迪 (139)

23. 风机房噪声控制.....机械工业部设计总院 李芳年 (144)

24. 铸工车间噪声控制.....机械工业部设计总院 汪明清 (148)

· 吸声 · 消声 · 隔声 ·

25. 通风散热吸声隔声结构及其应用.....北京市劳动保护科学研究所 董金英等 (156)

26. 组合式隔声控制间.....中国建筑科学研究院物理所 张敬凯 (159)
北京市环保局器材站 张雨生

27. 轻型隔声构件.....中国建筑科学研究院物理所 郑永生 (163)
四机部第十设计研究院 张春生

28. 国标 J 649《隔声门》图集的研制.....四机部第十设计研究院 张春生 (175)
中国建筑科学研究院物理所 郑永生

29. 小型汽油机排气消声器系列和设计方法的研究
.....北京市劳动保护科学研究所 任文堂 (186)
天津市内燃机研究所 赵伸等

30. 小孔群消声器消声性能及降低其背压的试验研究
.....北京市劳动保护科学研究所 王文奇等 (194)

31. 微穿孔板消声器的理论公式探讨.....北京市劳动保护科学研究所 潘敦银等 (198)

32. 冲击机械应用橡胶隔振垫的隔振效果预报.....上海市民用建筑设计院 徐之江 (206)

33. 阳台降噪初探.....上海市市政工程研究所 刘启龙 (209)

34. 混合声场中声源分辨的简易测量.....同济大学 龚农斌 (216)

35. BJ-1 型减振合金的研制及在机械噪声控制中的应用
.....北京市劳动保护科学研究所 庄文雄等 (219)
北京冶金研究所 陶志刚

环境声学的研究工作

马 大 猷

(中国科学院声学所)

1982年3月,我到西德访问,以后又到英国参观了南安普顿大学和剑桥大学,5月份到美国参加了国际噪声控制会议。总的印象是目前国际上在声学这个领域内工作很活跃。下面,我着重谈谈噪声控制方面的动向,供大家工作时参考。

从1978年起,有人提出:“八十年代应该是从声源来控制噪声的年代”。当然,利用隔声、吸声等传统的控制途径仍然是必不可少的,工作也是大量的,即使是相当成熟的方法在实际使用时也还有发展的余地,但是更需要从对声源的基本原理的了解,提出新的观点。

一、气流噪声

气流喷注噪声是城市和工业噪声污染的主要声源之一。我国对气流噪声的性质已进行了一系列的研究工作,获得了重要关系:一方面是气流噪声对气室压力的依赖关系;另一方面是A声级对喷口直径的关系。

第一,在与喷注方向垂直、距喷口一米处的声压平方在低压力时与压力差的四次方成正比,在阻塞压力上下(气室压力 p_1 在1,893大气压力 p_0 上下),与压力差的2.3次

方成比例,而在高压时与压力平方成比例。用公式表示,在 $0.01 < R - 1 < 100$ 的范围内,声压级

$$L = 80 + 20 \log \frac{(R-1)^2}{R-0.5} + 20 \lg d$$

式中, $R = p_1/p_0$ 为气室压力与大气压之比, d 为喷口直径(以毫米计)。根据这个关系,加大喷口面积(或 d^2)可以降低 R ,因而降低 L 。这是扩散消声的原理,潜力很大。

第二,喷注噪声的烦扰作用可用A声级评价,A声级的相对值在小喷口时由喷口直径的三次方决定,因而用多数小喷口代替一个大喷口可使A声级大大降低。用公式表示,在与喷注垂直方向的A声级为:

$$L_A = L + 10 \lg \frac{2}{\pi} \left[\tan^{-1} x - \frac{x}{1+x^2} \right]$$

L 为同样喷口面积的总声压级; $x = 0.165d$ (C/V); d 为喷口直径(以毫米计); C 为喷口处声速; V 为喷注速度。在 x 值小于1时,上式近似为

$$L_A \approx L + 10 \lg \frac{4}{3\pi} x^3$$

这是小孔消声的原理。用扩散或小孔或二者结合的原理可以做出构造简单的消声器,使气流噪声降低30~40分贝。

二、撞击噪声

英国的理查兹 (Rihards) 在研究撞击噪声方面做了许多有意义的工作。他认为物体撞击时有二个最主要的声源。当一个锤子打到非弹性体上时, 锤子受到阻力突然停止所产生的噪声称为加速度噪声, 而被打击的物体由于受击而发生振动, 这一振动发出的声音叫作自鸣噪声。理查兹进行了许多测量, 得到以下几个结论。

第一, 加速度噪声等于锤子运动时所带动的等体积的空气所具有的动能的一半。在打到弹性体时它的大小与锤子的速度从 V_0 变到 0 的时间有关。这个关系可以用图 1 的曲线来表示:

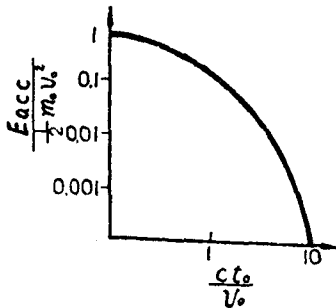


图 1 锤子打击时速度与时间的关系

其中 E_{acc} 是加速度噪声的能量, m_0 是与锤子等体积的空气质量, V_0 是锤子的运动速度, C 是声速, t_0 是锤子运动停止的时间。时间增加, 则噪声级很快下降。假如 Ct_0/V_0 从 1 增加到 10, 噪声级约可降低 30 分贝。理查兹将这一结论应用于冲床的降噪, 使冲床的噪声下降了 30 分贝。这样大幅度的下降用通常的方法是难于实现的。这个例子说明, 研究一个噪声问题的基本原理是很必要的。

第二, 自鸣噪声与很多因素有关。可以定性地用以下的式子来表示:

$$L = 10 \lg N + 20 \lg F + 20 \lg Tf + 10 \lg \frac{A\sigma}{f} + 10 \lg \eta + C$$

其中: N 为每秒钟打击的次数; F 为打击所用的力; Tf 为转移导纳, 即单位力使物体产生的振动的大小; A 代表声级的计权因子; σ 表示物体的辐射效率; f 为频率; η 是被击物体的阻尼常数; C 是常数。

这一公式给出了控制自鸣噪声的途径。例如控制 η 就可以控制噪声。理查兹在他的实验室中做了一个表演: 把一块铁块扔进一个整块金属做成的筒中, 铁块与筒的撞击声相当大。但如果用一个金属带编成的筐子来代替整块金属筒, 则由于金属带之间存在摩擦, 阻尼较大, 铁块丢入时声音就降低很多。

三、内燃机噪声

在现代社会中, 交通噪声对人们的干扰最为严重。因此, 内燃机噪声一直很受注意。在发动机噪声方面, 英国的普莱耶德 (Priede) 教授提出了一种与众不同的观点。他认为小车虽然噪声小但由于速度很快, 实际上噪声与载重车很相近。这与传统看法不同的结论是很惊人的。他还着重研究了影响发动机噪声的几个主要因素。测量表明, 不论是几冲程的汽油机、柴油机、发动机噪声与发动机重量有线性关系, 这一结论对设计低噪声发动机有指导意义。在保证强度的前提下应当使发动机重量尽量降低。欧洲共同体建议 1985 年把汽车噪声降低 5 分贝, 普莱耶德的结论使这一建议有了实现的可能。

四、轮胎噪声

当车辆速度超过 70 公里/小时, 轮胎噪声是影响车辆噪声的主要因素。西德在这方

面进行了大量研究工作。轮胎噪声与轮胎的花纹有关，各种轮胎花纹发出噪声的机理至今尚在研究中。西柏林技术大学的实验室把一个很小的传声器固定在轮胎的纹道中，然后在混响室中建立噪声场测得传声器所接收到的声音的大小，根据互易原理，可以得到轮胎纹道中对声音的放大作用，并可对各种形状的纹道进行比较。

柏林高等工业学校还对公路进行了模拟。他们将所研究的轮胎放在一个可转动的大轮上，并使二轮之间的压力等于车重。当所研究的轮胎转动时，相当于行驶在公路上了。

降低车辆噪声是各汽车制造厂所关心的问题，因而研究所得汽车制造厂的慷慨资助。英国南安普顿大学经费的十分之九来自工厂资助。

五、有源降噪法

早在50年代美国的声学专家奥尔逊(Olsen)就曾提出过有源降噪法。但由于某些技术上的障碍，一直没有取得实际的进展。直至七十年代初，由于电子工业的突飞猛进，延时、反相等技术问题很容易解决，使有源降噪成为可能。如果存在某一声场，用传声器接收该声场的声音，经过放大、控制，再放出一个与原声场位相相反的声音，则二个声音便互相减弱甚至完全抵消。用数学式子来表示：

$$A \cos(\omega t) + A \cos(\omega t + 180^\circ) = 0$$

有源降噪的原理虽很简单，但只有在很小的局部范围内或自由空间这二种极限情况下才有可能实现。英国南安普顿大学和法国马赛的技术物理中心都研制出防噪声耳罩。耳罩中放一个传声器和一个声源。由于在耳罩范围内声音的位相几乎相同，可以用传声器拾起再加以放大、反相再传入耳罩，把噪

声基本抵消。这种耳罩约化100美元就可做到。明年第十一届国际声学会议，会议时国际噪声控制会议将讨论有源降噪问题。

但是，如果要在一个较大的有限区域内应用有源降噪法，问题就比较复杂。因为只要有一点反射声存在，相位关系就不那么简单。英国的一个输油管加压站曾把有源降噪法用于降低大型压缩机的噪声。他们化了二十万英镑使噪声下降了11dB。但总的说来，在大范围的声场中应用这种方法的可能性较小。

六、声强测量

声强测量在近五年内发展很快，目前市场已有仪器出售。

声强测量的原理很简单：二个相同的传声器相隔很小的距离 Δl 。利用一个延时装置，可以测得二个传声器中间点(平均点)的

平均声压和质点速度。平均声压 $\bar{p} = \frac{p_1 + p_2}{2}$ ，

质点速度与声压差的关系为： $p_1 - p_2 = \rho f u \Delta l$ 。

再对时间求平均，就可得到强度 $I = \frac{1}{T} \int \bar{p} u dt$ 。

声强测量有许多优点。首先它可用于判断噪声源的位置，求得机器及其部件的噪声发射功率。其次，它不需要混响室、消声室等特殊设备就能方便地进行某些测量。例如，过去必须在混响室中才能测量材料的吸声系数，而用声强方法来进行测量就相当简单了。用一个声源向吸声材料发声，只要测得入射强度与反射强度，就可求得反射系数；如果测得透射强度就能求得透射系数。更重要的是声强方法解决了过去无法解决的问题。吸声材料在实验室中测量算得的混响时间与现场使用时的结果不同，而欲在现场对材料的吸声系数进行测量过去是毫无办法的。声强测量恰能方便地解决这一问题。

不过目前声强测量仪器价格昂贵，各国仪器制造厂都在设法降低它的成本。

七、计算机的应用

利用软件来控制计算机也可完成多种测量。用软件可以使一个仪器增加许多用途。在现代声学测量中使用计算机是很必要的，我们必须朝这个方向努力，才能提高我们的工作效率。利用微型计算机控制测量系统的基本线路如图2所示：

用不同软件可以使这个系统作不同工作，例如：程序控制分析器（包括阻尼和共振测量、自动分析等），远距离仪器联结、控制和数据提取，绘图，储存，三维系统产生

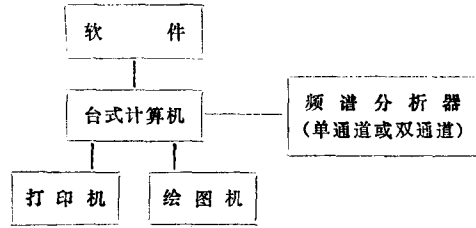


图2 微型计算机控制测量系统的基本路线

速度谱，时间谱、温度谱、转动设备的诊断，气流噪声评价，声强测量，相关测量，相干性，以及一般等声强线、等响线的绘制等。这样一个系统几乎可以负担一切声学测量工作。这比用各种专门仪器要方便和灵活，很有发展前途。但如专门作某种测量，速度可能比专门设备慢。

我国噪声控制十年进展

方丹群

(北京市劳动保护科学研究所)

五十年代以来,随着现代工业和科学技术的发展,一门新兴的科学技术——噪声控制学应运而生。当时,马大猷教授首先提出并组织领导了在我国进行噪声控制的研究工作。但由于当时国内工业刚开始建设,噪声控制的研究,仅是作了一些基础的工作。

六十年代以来,社会对噪声控制的需要日益增加,噪声控制的研究工作得到较大的发展,到了七十年代,这个发展进入昌盛时期,此时已拥有一批设有噪声研究机构的单位。如中国科学院声学研究所、北京市劳动保护科学研究所、清华大学、同济大学、上海交通大学、上海工业建筑设计院、上海民用建筑设计院、北京市建筑设计院等,许多设计部门,增设了噪声控制研究机构或加强了研究工作,如机械工业部设计总院、航空工业部四院、电子工业部十院、北京钢铁设计总院、中国船舶工业总公司第九设计院、铁道部劳卫所、太原工学院、上海生理所、上海劳保所、上海化工设计院、北京经济学院、浙江大学、湖南大学、武汉风机消声器研究所等,各地环保、劳保、卫生部门以及大、中型企业,纷纷加强了噪声工作。这一切使噪声控制的专业技术人员由五十年代末的十多个人跃为具有各级研究技术人员数百人的一支队伍。他们在气流噪声与消声器、隔声、吸声、机械噪声与减振和个人防

护等各方面分别作出了贡献,对我国城市环境噪声和工业企业噪声进行了大规模的调查研究,取得了可靠的科学数据;在噪声对生理、心理影响方面进行了大量的研究工作,取得重大进展,为我国拟制了一系列的噪声标准规范,在我国建立了噪声控制设备制造工业,使我国的噪声控制产品向系列化、标准化、商品化发展。

七十年代后半期,八十年代初,噪声的学术空气更为活跃。1978年初,在广州召开的全国环境声学学术会,收到论文162篇。1979年5月,北京召开的第二届全国声学学术会议上发表了52篇噪声方面的文章。82年5月,在上海召开的第三届全国声学学术会议上,有关噪声、噪声控制、噪声对人体生理影响的论文达164篇,而本次在黄山召开的全国第一届环境噪声与控制工程学术会议上,收到的论文170篇。全国性的专业刊物——“噪声与振动控制”的出版,更加标志我国噪声控制学的繁荣和发展。当前,我国噪声正在从普查为主转入治理为主;从少数声学单位的科学研究为主转入到各部门广泛应用于工程实践为主;从单机、单项治理为主,转入区域性的环境综合治理和工业企业的综合治理为主。这标志着我国噪声控制工作进入一个新阶段。以下就从各个方面略述我国噪声控制十年进展。

一、喷注噪声与扩散， 小孔消声器

第二次世界大战之后，气流喷注产生的强大的噪声引起了声学界的注意，Lighthill提出了著名的表示噪声功率的八次方定理。在Lighthill的基础上，马大猷、李沛滋等对喷注噪声进行了深入的研究，创造性的导出了用A声级表示的喷注噪声作为气室压力函数的公式：

$$L_A = 80 + 20 \lg \frac{D}{D_0} + 20 \lg \frac{M_0}{M} + 10 \lg \frac{(P - P_0)^4}{P_0^2 (P - 0.5P_0)^2} + 10 \lg \left[\frac{2}{\pi} \left(\tan^{-1} x_A - \frac{x_A}{1 + x_A^2} \right) \right]$$

式中D为喷口直径(mm)，D₀为1mm，P和P₀分别为喷注驻压和环境大气绝对压力，x_A = $\frac{5f_A D}{r} \frac{C}{C_0}$ 在阻塞时 x_A = 0.165D/D₀。

修改了斯托罗哈尔关系，提出一个喷注湍流噪声的频谱关系，谱级为

$$Y = \frac{4}{\pi} \frac{1}{\left(x + \frac{1}{x}\right)^2}$$

x是修改了的斯托罗哈尔数，Y是相对谱级

$$Y = \frac{1}{W} \frac{d_w f}{df} \frac{V}{5D} \frac{C_0}{C}$$

$$x = \frac{5fD}{V} \frac{C}{C_0}$$

式中C₀是周围的声速，C是喷注的局部声速，W_f是单位频率中的声功率，f为频率。

在以上理论的指导下，马大猷、李沛滋等研究了多孔材料的出流和小孔扩散消声理论，导出了有关的计算设计公式，研制成功了实用的扩散消声器和小孔消声器，并得到推广应用。

二、微穿孔板消声器

为了在一个较宽的频率范围内消除空气动力噪声，同时又使消声器具有耐高温、耐蒸气和耐腐蚀气体的侵蚀的特性，近年来噪声控制工作者一直在探索纯金属结构的宽频带消声器。金属微穿孔板消声器就是我国在这方面独创的一个新成果。

马大猷教授对微穿孔板吸声结构进行了深入的理论探讨，导出了金属微穿孔板吸声结构的相对声阻和相对声质量的计算公式。

$$r_A = \frac{0.335}{d^2} \frac{t}{p} k_r$$

$$M_A = 0.29 + (10^{-3}) \frac{f}{p} k_m$$

式中 r_A、M_A 分别为声阻常数和声质量常数

$$k_r = \sqrt{1 + \frac{x^2}{3^2}} + \frac{\sqrt{2} x}{8} \cdot \frac{d}{L}$$

$$k_m = 1 - \frac{1}{\sqrt{9 + \frac{x^2}{2}}} + 0.85 \frac{d}{f}$$

$$x = 0.21d\sqrt{f}$$

指出了微穿孔板是高声阻，低声质量的吸声元件，赵松龄也进行了较系统的理论分析工作，作者与冯瑀正、孙家其、潘敦银等对微穿孔板消声器进行了大量的理论推导实验研究与推广应用工作，主要是：

研制成功第一台微穿孔板消声器。对微穿孔板消声器在高速气流(20~120m/sec)下的消声性能进行了实验研究，并与阻性消声器作了对比，导出了消声量与气流速度的关系的经验公式。

微穿孔板消声器

$$\Delta L = 70 - 34 \lg v \text{ (dB)}$$

$$20 \leq v \leq 120 \text{ (m/sec)}$$

玻璃棉消声器

$$\Delta L = 102 - 54 \lg v \text{ (dB)}$$

$$20 \leq v \leq 120 (\text{m/sec})$$

研究中发现微穿孔板消声器，在高速气流下比阻性消声器消声性能好得多，消声器体积也小得多。进而发现微穿孔板消声器阻损比阻性消声小得多。

在此基础上，研制成功多种吸声结构组

$$TL = 6.14 l \left\{ \frac{2kx}{R(r^2 + x^2)} - k^2 + \sqrt{\left[\left(k^2 - \frac{2kx}{R(r^2 + x^2)} \right)^2 + \frac{4k^2 r^2}{R^2(r^2 + x^2)^2} \right]^{1/2}} \right\}$$

近似计算公式为：

$$TL = \sqrt{\frac{B}{P}} \frac{l_r}{R(r^2 + x^2) - \frac{x}{R}}$$

式中，R—小管半径

l—穿孔板长度

k—波数 P—穿孔率

ξ—微穿孔板壁面的相对声阻抗率

r—微穿孔板壁面的相对声阻率

x—微穿孔板壁面的相对声抗率

三、消声器系列化、元件化、商品化

六十年代，我国的声学工作新开始研究生产实践中实用的单个消声器，如北京劳保所研究矿井局扇消声器，燃气轮机消声器，高炉放风阀排气放空阻抗复合消声器，鼓风机消声器，电动机消声器等等。一些建筑设计和研究部门如建研院物理所、北京市建筑设计院等，则在不同的建筑中研究设计了各种通风空调消声器，这些工作开创了我国工业消声器研究的历史。

七十年代初，上海工业建筑设计院章奎生对鼓风机噪声进行了系统的研究，先后研制成功T701-6型低中压通风机消声器系列，D型罗茨鼓风机消声器系列，并首先使其成

件以及通风空调，鼓风机、空压机、内燃机等与系列化微穿孔板消声器和复合消声器，并在工业实践中得到推广使用。

最近又导出了微穿孔板消声器理论计算公式：

理论公式为：

为产品。之后又继续研究成功F型高压鼓风机消声器系列，K型空压机配套消声器系列，Z型轴流风机配套消声器系列等。

在此前后，北京市劳保所研制成功多种鼓风机、通风机、燃气轮机、空压机用的XZ型、ZP型、IXY型等系列化消声器、共数十种通风机、鼓风机用的系列化的消声隔声箱，并迅速的将以上研究成果变为产品。

科学院声学所、中国建筑科学研究院建筑物理所等也分别研制成功多种实用的系统化消声器和元件。

清华大学和北京市劳保所还研制成功各类汽车，拖拉机消声器，并迅速用于实践。

上海工业建筑设计院与北京市劳保所又研制成功一系列发电厂锅炉排气放空的节流降压与小孔喷注复合消声器，并在国内广泛使用。

与此同时，同济大学声学研究室在消声器的理论计算，气流对消声器消声性能的影响方面进行了大量工作，北京市劳保所与北京市建筑设计院分别对阻性消声器的计算公式进行了探讨，并将经验公式分别发表在《空气动力性噪声与消声器》一书与《建筑学报》上，清华大学等提出管内声场计算的差分方法，同济大学声学研究室、中国建研院物理所、北京市劳保所还分别研究探讨了消声的测试评价方法和实验装置。

这二十年广泛深入的研究工作，使我国消声器的研究工作逐渐向成熟的方向发展。有力的促进了消声器的系列化、元件化和商品化。

四、隔声技术

隔声在我国研究的历史上较早，它是从建筑声学角度进行的。建研院物理所、科学院声学所、清华大学、同济大学、北京市建筑设计院等单位对隔声结构，隔声测试方法进行了大量的研究工作，为发展我国隔声技术奠定了基础。

建研院物理所对于国产各种隔声构件进行了综合分析，给出了我国的隔声构件传递损失总表。

同济大学声学研究室对上海近千户住宅进行了调查，分析了近年来我国正在推广使用的构件的隔声性能，提出了利用单墙复合构造的准双墙，从而使重量减轻1/3，而隔声量却略有增加。

清华大学等对石膏板等轻墙结构，进行了详细的实验研究，对石膏板的层数，填充材料，龙骨类型以及空气层厚度和隔声量的相关性进行了探讨，找出了提高石膏板隔墙的隔声能力的途径；同济大学声学研究室对提高轻板隔墙隔声性能进行了一系列实验研究，提出了一系列提高轻板隔墙隔声性能的方法。

北京市建筑设计院探讨了楼板撞击隔声的问题对圆孔空心预制板等进行了深入的研究，提出楼板冲击声标准的意见，并在对浮筑楼板大量调查研究的基础上提出居住建筑中浮筑楼板的配置方式和提高撞击隔绝性能的途径。

建研院物理所，电子工业部第十设计院等对隔声门进行了深入探讨，提出了隔声门标准图集。上海民用建筑设计院对隔声门现

场隔声性能进行了探讨，提出采用增加1~2道带有橡皮条的轻型门(包括声锁)提高隔声量的方法。

最近在隔声测试标准规范方面，同济大学声学研究室提出建筑构件隔声性能的单值评价方法，科学院声学所提出测量小试件隔声量的新方法——混响室和隔声消音箱法，并建立了垂直入射的隔声测量装置，同济大学声学研究室提出隔声测试规范的修改意见，建研院物理所、清华大学、同济大学、北京市建筑设计院等则提出了我国的住宅隔声标准。

近年来对工厂机器的隔声进行了大量的工作。

清华大学研究了多种机器隔声罩，如玉器研磨机、制钉机等隔声罩的推广应用迈出了第一步。

七十年代初，清华大学、北京劳保所、科学院声学所对震捣台隔声罩进行了探讨研究之后，北京市劳保所陆续研制了琴弦机、电动机、大型风机燃气轮机隔声罩式活动隔声间，空压机隔声罩，近年来又研制成功多种隔声吸声屏和隔声帘幕等，并在现场推行使用，上海机电设计院研制出控制城市环境噪声的自然通风透明隔声窗，取得A声级15~20分贝(A)的效果。

近年来，上海交通大学振动冲击噪声研究室研制成功，并投入生产的活动可拆装式隔声间，不仅隔声效果好，而且能够通风换气，使隔声间的应用前进了一大步。

早在1957年，魏荣爵、余崇智就在《物理学报》发表了国产吸声材料吸声系数测定的初步报告，分析了国内若干吸声材料的驻波管法吸声系数，并对吸声系数的含义以及几种不同方法测试的声系数间的转换以进行了讨论。

之后科学院声学所、建研院物理所对吸声材料的流阻，吸声系数等进行了深入细致

的研究, 得出一系列基础数据。

六十年代以来, 超细玻璃棉、泡沫塑料以及其它多种新型吸声材料在我国出现并投入生产, 建筑研究院物理所、同济大学、科学院声学所、中央广播事业局、北京市劳保所等单位纷纷组织力量, 对国产吸声材料进行测试分析, 并将吸声材料应用于建筑声学设计与噪声控制之中, 作者曾于七十年代将这些宝贵的资料加以综合分析整理并在《噪声的危害及防治》和《空气动力性噪声与消声器》两书中发表。

七十年代以来, 清华大学对空间吸声体的声学性能进行了探讨, 在混响室进行了不同面积、不同布置与不同高度对空间吸声、体吸声特性影响的实验, 以及在不同状况下对室内声压级的影响的实验, 以及在不同状况下, 对室内声压级的影响, 为空间吸声体的使用提供了有用的依据, 并用于针织车间的噪声控制实践。

太原工学院研究了菱形空间吸声体, 并在工业中推广应用, 取得较好的效果。

上海工业建筑设计院研制成功工业实用的浮云式空间吸声体, 并利用正交法, 对空间吸声体的吸声系数、混响时间降低量和噪声降低量进行分析, 得出面积比为25~33%的空间吸声体的吸声效率最高的结论。

北京市劳保所研制成功 ZK 型空间吸声体, 进一步探讨了空间吸声体应用面积的定量关系, 得出的面积比与减噪量之间的关系为:

$$Y = 6.5 \lg x - 3.5$$

提出面积比为40%左右为最佳。

81年同济大学声学研究室采用简化模型法对典型的板状, 立方体状和三棱柱状等空间吸声体作了理论分析和实验研究, 提出了在扩散声场条件下几种典型空间吸声体的平均吸声系数的计算公式, 为工程实践设计空间吸声体提供了理论依据。

上述研究成果已广泛地应用于钢铁厂、化工厂、发电厂和纺织厂等噪声控制工程实践。如何更经济合理地设计空间吸声体的研究又为促进吸声减噪更广泛应用创造了有利条件。

五、工业噪声与城市噪声普查

六十年代初, 我同有些单位, 如劳保所、声学所等对工业噪声进行了调查, 并发表了一些调查报告, 如北京市劳保所发表的六十个工厂的噪声调查等, 但这一阶段都是用总声压级表示噪声大小。

七十年代以来, 我国对工业噪声的调查形成高潮, 发表了一系列调查报告和文章, 如某纺织厂噪声调查, 机械工业噪声调查, 炼油厂噪声调查……等等。

北京市劳保所对国内钢铁、石油、化工、机械、建筑材料、电子、纺织、铁路交通, 印刷、食品、造纸等行业109个工业企业的车间噪声和典型机器噪声进行了测试分析, 得出我国工业企业的A声级分布表, 以及我国工业企业车间噪声A声级的分布及波动范围图, 并对实测的近千条噪声频谱进行分析, 发现随着 $L_c - L_A$ 差值的不同, 频谱分类和利用 $L_c - L_A$ 差值估计噪声频谱的方法。

近三年来, 我国进行了更大规模的工业噪声普查, 据统计, 全国约有一半省(市)和十多个工业部委等进行了全面噪声普查、或重点噪声普查, 总计达两千多工业企业, 基本上摸清了我国工业噪声现状。

对城市环境噪声, 在七十年代进行了城市交通噪声调查。这一工作, 开始有科学院声学所、清华大学、中国计量院、北京市劳保所、同济大学、南京大学……等, 之后, 发展到全国各有关部门。到目前为止, 全国已有七十多个城市进行了环境噪声调查, 初步摸清了我国的城市噪声概况。最近, 声学

所、同济大学、北京环境物理研究中心,又深入到对城市小区环境噪声调查测试评价……所有这些调查表明,我国工厂车间操作带噪声超过90分贝(A)的场合约占30~40%,我国工人中大约有20~30%的人,即约两千万多人,在超过90分贝(A)的噪声环境中工作,约有一亿多人在超过环境噪声标准的环境中生活。

六、噪声标准

在1975年到1978年期间,北京劳保所、北京耳鼻喉科研究所等五个单位组成《工业噪声标准研究》协作组。协作组对数百个工业企业噪声进行了测试分析,从中选出十九个工厂上百处噪声环境,对不同声级工作下的工龄的一万零二十一名职工的听力、心血管和神经系统功能进行了研究、研究中排除了各种非噪声伤害因素。经分析综合,发现噪声聋、心电图ST-T改变和神衰症状群的阳性率随噪声级的增高呈指数曲线增加的规律:

$$Y_{\text{噪声聋}} = 0.0076 e^{0.148(L_A - 80)}$$

$$Y_{\text{心电图ST-T改变}} = 0.13 e^{0.058(L_A - 80)}$$

$$Y_{\text{神衰症状群}} = 0.149 e^{0.028(L_A - 80)}$$

根据以上研究,结合我国经济技术现实状况,1979年由卫生部和国家劳动总局批准颁发的我国《工业企业噪声卫生标准》(暂行草案)为:生产车间和作业场所的工作地点的噪声标准为85分贝(A)。如果现有工业企业暂时达不到标准,可适当放宽,但不得超过90分贝(A)。对于每天接触噪声不到八小时的工种,可根据接触噪声时间减半,允许声级提高3分贝(A)的原则提高声级,但最高不得超过115分贝(A)。

从1979年起,由北京市劳保所、中国环境科学研究院、建研院物理所、科学院声学所、上海工业建筑设计院、上海民用建筑设计院、上海化工设计院、机械工业部设计研究总院、

航空部设计规划院、电子工业部第十一设计院、冶金部北京钢铁设计总院、冶金部重庆钢铁设计院等十三个单位组成的《工业企业噪声控制设计标准》协作组,进一步研究噪声的生理效应,开展了噪声对脑电、心电影响的电子计算机分析,发现随着噪声级的增高,大脑讯息传递功能呈线性下降。其关系为:

$$Y = 6.65 - 0.06L_A$$

式中:Y—自发脑电功能指数。

协作组还对低、中噪声车间(洁净精密加工)噪声进行了系统调研。对一千一百五十四名操作者进行主观评价,得出噪声烦恼效应与噪声级有线性相关关系:

$$\text{高烦恼率 } HA\% = -98.5 + 1.96L_A$$

对交谈与电话通话影响的高干扰率为

$$HI\% = -402 + 246 \lg L_A$$

根据上述研究,提出工业企业设计噪声控制标准为:

(1) 生产车间噪声级不宜超过85分贝(A),因技术经济条件所难于达到此标准的,可适当放宽,但不得超过90分贝(A)。

(2) 在高噪声车间为工人设置的屏蔽场所的噪声级,不宜超过75分贝(A)。

对有电话通讯要求的观察值班室,室内声级不得超过70分贝(A)。

(3) 精密装配线、精密加工车间,其工作地点的噪声级,不宜超过65分贝(A),最高不得超过75分贝(A)。

(4) 工业企业中的主控制室、集中控制室、通讯室、计算机房,室内背景噪声不宜超过55分贝(A),最高不得超过60分贝(A)。工业企业的计算机房,其正常工作条件下的噪声级,不得超过70分贝(A)。

(5) 厂区内的办公室,噪声不宜超过65分贝(A),最高不得超过70分贝(A)。厂部办公室、设计室、会议室、卫生室、教室等脑力劳动工作场所,其室内噪声不宜超过50分贝(A),最高不得超过60分贝(A)。

(6) 厂界噪声限制值为:

厂界毗邻区域 的环境类别	噪声限制值 [分贝(A)]	
	日 间	夜 间
居住区	50	40
混合区	60	50
工业区	65	55

为达到以上标准,协作组提出了相应的工业企业噪声控制的总体设计、隔声设计、消声设计、吸声设计和隔振设计的原则和方法。

1982年,在马大猷教授的指导下,经大量测试、评价和研究工作,由中国科学院声学所主编,北京劳保所、同济大学声学研究室和北京市环境监测站共同编制的《中华人民共和国城市区域环境噪声标准》已由国务院环办正式颁布,其具体规定为:

适 用 区 域	昼 间	夜 间
特殊住宅区	45	35
居民、文教区	50	40
一类混合区	55	45
商业中心区、二类混合区	60	50
工业集中区	65	55
交通干线道路两侧	70	55

在1975年到1983年间,我国还陆续公布了《机动车辆允许噪声标准》、《运输船舶舱室噪声标准》和《车床噪声标准》等。近年来,在城乡建设环保部的主持下,正在拟制《中华人民共和国环境噪声控制法》。

七、噪声控制试点

为了贯彻噪声标准,在原国家劳动总局的领导下,北京市劳保所、建研院物理所、科学院声学所、上海化工设计院、北京经济学院等单位与有关省(市)劳动部门密切配合,在全国十三个省(市)进行工业企业噪声控制试点。这次试点的时间是1980年~1982年,总投资200余万元。试点的工厂有北京新华印刷

厂、北京钢厂、北京玉器总厂、北京化工二厂、北京电影洗印厂、北京751电厂、北京内燃机总厂、北京义利食品厂、上海化工厂、上海球磨铸铁厂、西安变压器电炉厂、西安铣刀厂、南昌手表厂、国营746厂、南京汽车制造厂、无锡柴油机厂、杭州缝纫机厂、杭州钢铁厂、杭州发电设备厂、杭州油脂化工厂、浙江麻纺厂、哈尔滨电缆厂、昆明重机厂、昆明电工厂、云南电子管厂、云南轴承厂和重庆钢铁公司等近40个工业企业。

试点涉及了冶金、化工、机械、轻工、纺织、电子、电力、印刷和食品等各类行业,治理设备包括了通用的动力设备如鼓风机、气体压缩机、泵和电机等,也包括了专用的加工设备如弧焊机、磨玉机、锉球机、滚筒清砂机和手动砂轮机,同时包括技术上难解决的设备。如空气锤等。试点规模很大,有的是单台机器,有的是整个车间或整个工厂。试点表明,工业企业经过治理,大部分可以达到噪声标准要求。这一工作有力地推动了我国工业噪声治理,从而把单机单项治理推向工厂车间综合治理,并大大地刺激和促进了我国噪声控制设备制造工业的发展。

八、减振和声源控制

为了控制固体声的传输,上海交通大学、上海民用建筑设计院、科学院声学所、中国船舶工业总公司第九设计院、上海工业建筑设计院、航天工业部702所和北京市建筑设计院等单位在隔振理论、各种隔振器、隔振垫设计、阻尼涂料、粘弹性阻性胶等方面进行了大量的试验研究工作。这些研究成果,已应用于实际。在我国已有一批工厂生产各种系列化的隔振器以及阻尼涂料。值得指出的是,近年来,我国又研制成功万能橡胶隔振垫、弹簧吊钩以及避震喉等新产品,而且已在发展之中。

上海钢铁研究所在高阻尼铁基合金,北京冶金研究所在锰铜锌合金等方面的研制,为从声源上降低噪声迈开了新的一步。

上海交大研制了低噪声冷却塔,从改善风扇等方面降低噪声。上海市劳保所对鞋钉和制钉工艺中的冲头、挤方、切断、打棒和进丝进行系统研究,改进结构设计,使单机噪声降低10分贝(A)。中国船舶工业总公司第九设计院利用制流控噪板,改进锯片,降低了木工圆锯噪声。北京市劳保所和上海钢铁研究所利用磁性橡胶条阻尼圈、复合阻尼钢片等大大降低了磨玉机噪声;北京劳保所、上海劳保所、上海交大和上棉十七厂等分别对织布机噪声进行控制,使单机噪声降低了8~10分贝(A);北京市劳保所、上海民用建筑设计院和同济大学声学研究室分别对冲床噪声控制进行研究,均取得显著进展。此外在低噪声风机、低噪声电机以及低噪声齿轮、轴承等方面,我国也获得一系列新的成果。这一切都标志着我国噪声控制的研究已进入到对声源加以控制的新阶段。

九、其 它

十年来,我国的声学振动仪器从无到有,不仅研制成功了各类声级计、脉冲声级计、频谱仪、自动记录仪、各种测振仪等并已广泛地投入市场。从开始的江西吉安红声器材厂一家已发展为十三家工厂能生产噪声振动测试仪器,近年来,又向自动监测、轻便超小型、数字化方向发展。在这方面,科学院声学所、同济大学声学研究室、南京大学、北京市劳保所都进行了大量工作。

在噪声控制设备制造工业方面,更是有了突飞猛进的发展。十多年前,全国没有一个生产噪声控制设备的工厂,现在据不完全统计,生产各类消声器、隔声罩、吸声体的工厂已有80余家,生产减振器的工厂9家。

其中如无锡减震器厂、江苏靖江减振器厂、北京四季青噪声控制设备厂、北京消声器厂、北京北安河消声器厂、上海金山永联消声器厂、长沙消声器厂、长沙噪声控制设备厂、长沙消声隔声设备厂、杭州发电设备厂、北京电力设备厂、沈阳沈河噪声控制设备厂、天津空气滤清器厂、江苏南通消声设备厂、浙江临安环保设备厂、浙江黄岩治理噪声设备厂、陕西西安消声除尘设备厂、广州环保设备厂、成都噪声控制设备厂、武汉鼓风机厂、福建福安闽东噪声控制设备厂等已初具规模。

南京大学声学所、北京市劳保所在电子消声器方面的研究也取得一定进展,拓宽了消声频率,并准备应用到实际中。

值得高兴的是,我国已经有了自己的《噪声与振动控制》杂志,这份由马大猷教授为顾问,严济宽副教授为主编,梁其和、王季卿、田千里、方丹群、庄表中、徐之江为副主编的刊物已正式出版两年。她的诞生与发展,对我国噪声控制事业有重要的推进作用。

十年来,我国已出版了一批由我国自己学者编著的噪声控制书籍。如陈绎勤教授的《噪声与振动控制》,笔者的《噪声的危害及防治》、《空气动力性噪声与消声器》,笔者与王文奇、孙家其、陈潜合著的《噪声控制技术》,车世光、项端祈编的《噪声控制技术与设备》,徐之江、谢贤宗译的《工业噪声控制参考手册》,郑长聚的《实用工业噪声控制技术》,中国建研院物理所编的《建筑围护结构隔声》和陈秀娟的《工厂噪声控制》及上海环保局主编的《工业噪声防治实例汇编》等。

写到最后,必须声明的是由于作者了解的情况不够,难免挂一漏万,希望本文作为抛砖引玉,由大家共同总结概括我国噪声控制的进展,以便回顾过去,总结经验教训,进一步促进我国噪声控制研究的深入和噪声控制工业的发展。

我国城市环境噪声研究进展

李炳光

(中国科学院声学研究所)

陈光华

(天津市环境监测站)

孙吉民

(北京市环境保护局)

近代城市建设中由于交通运输, 工业生产的发展带来了噪声污染问题, 噪声污染已经成为城市环境中的三大公害之一(还有大气、水污染)。我国城市噪声问题十分突出, 已越来越被人们所重视。近年来城市中噪声扰

民的社会纠纷诉讼事件在增加, 十几个城市的不完全统计噪声诉讼件占环境污染诉讼件的比率: 79年是29.7%, 80年是34.6%, 81年增到44.8%。现将上海等14个城市80(或81)年的噪声诉讼事件列于表1。

表1 我国14城市80(或81)年噪声诉讼件统计表

城市	北京	上海	天津	广州	重庆	大连	沈阳	南京	苏州	长春	长沙	银川	兰州	呼和浩特
件数	269	885	888	519	109	279			154	125	45	66	37	
占环境诉讼总数%	36	37	50	40	15.9	62	50	46	33.7	34	20	31	50	73.7

79年以来, 我国人民政府已逐渐重视了城市环境噪声污染问题, 开始了城市环境噪声问题的调查研究, 各城市逐步建立了城市噪声监测和研究机构, 两年多来不仅进行了近70个城市环境噪声的调查, 各地区的高等院校及科研单位在城市噪声分布规律、噪声评价和控制等方面也开展了研究工作。国家正式颁布了城市区域环境噪声标准和车间噪声标准, 机动车辆噪声标准外, 还在制定其

它运输工具和工业设备、民用设备的产品噪声标准。据不完全统计全国已有十几个城市制定了地方环境噪声标准和管理条例。例如82年北京颁布了两个交通法规, 明确规定机动车喇叭声105分贝(10米处)的标准和夜间不准鸣笛的法令。总之, 我国城市噪声污染已很严重, 近年已被重视, 城市环境噪声的研究得到初步开展, 并获得了一些成果。

现将我国城市环境噪声研究方面几个主