



国外环境声学概况

程明昆

(中国科学院物理研究所)

从工业革命以来,工厂和城市的噪声不断增长。随着人口的增加,受噪声影响的人越来越多,特别是现代工业、交通运输和宇宙航行事业的发展,噪声的声级越来越高。在美国、苏联等一些国家的大城市,近十年来噪声增加了10分贝,平均每年增高一分贝。噪声已成为破坏人类生活环境、危害人体健康、影响日常工作和生产活动的因素,以至在一些资本主义国家,发展成为城市的第三大“公害”。据日本公害诉讼案件统计,噪声案件列为首位。

噪声污染已引起国际上普遍重视。近年来人们开展对城市噪声污染规律和环境噪声评价方法的研究,把以往噪声控制研究、心理声学 and 生理声学有机地联系在一起,在七十年代形成声学的的一个分支学科——环境声学,即研究噪声污染规律、噪声的产生、传播和控制以及对人体健康影响机理的一门学科。

1974年在第八届国际声学会议上,“环境声学”这一术语已正式采用,而且把环境声学作为这次会议议程的重点。

国外声学动态

国外环境噪声研究开展得比较早。1929年,美国密执安州庞蒂亚克城就制订了控制噪声的法令。1930年,美国纽约市进行了大规模的城市噪声调查,花了近半年时间,测量了1万个数据。到了六十年代,由于噪声污染日趋严重,城市噪声引起更多国家的重视,例如英国伦敦于1964年,日本东京于1965年及1973年,加拿大温哥华于1971年以及其他国家的一些大城市,都相继进行了城市噪声调查,其中以温哥华地区调查的规模最大,面积达559平方英里,包括工业区、商业区、郊区和农村,历时4个月,测量了1万个点。

目前美国有31个联邦机构(如环境保护局、宇航局、运输部、住房与城市发展部以及

表一: 日本全国公害控诉案件统计表

年度 种 别	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
大气污染	4,962	5,621	5,843	7,558	12,911	13,798	15,096	14,234	12,145
水质污染	2,197	3,014	3,782	4,665	8,913	11,676	14,197	15,726	14,496
土壤污染	—	—	—	—	67	262	408	466	478
噪声振动	8,833	12,205	12,110	17,786	22,568	22,591	28,376	28,632	24,195
地面下沉	31	41	41	13	11	937	74	93	84
恶 臭	3,494	5,073	5,622	7,983	14,997	17,750	21,576	19,674	17,140
共 计	19,517	25,954	27,398	38,005	59,467	70,0014	79,727	78,825	68,538

[注] 振动比例很小。如74年噪声20,972件,振动为3,223件

农业部等)都制订了有关噪声研究的规划。美国的许多部门和大学,设有环境噪声研究的专门实验室(或研究室)。如国家航空与宇宙航行局,就有6个从事噪声研究的实验室。美国联邦政府用于噪声控制的经费也逐年增加。如1970年比1968年增长3倍,其中90%用于飞机噪声控制。为了达到美国环保局1976年规定的汽车噪声标准(即载重量为1万磅以上的汽车,1978年噪声要降低到83分贝,1982年要降为80分贝),估计每年用于降低汽车发动机噪声的研究经费为二亿二千五百万美元。而降低飞机噪声所需的研究经费更多,比如用于降低JT-3D和JT-8D两种飞机发动机噪声的研究经费估计要花费50亿美元。

其他一些国家环境噪声研究的人员和经费也在逐年增加。比如英国的南安普敦大学于1963年成立声与振动研究所,具有300人的规模,包括医学、纯理论数学和其他专业的人材。

国外有关环境声学的学术活动也在逐年增多。美国于1971年成立了噪声控制工程协会。在它的发起和组织下,从72年开始,每年召开一次全国噪声控制工程会议和国际噪声控制工程会议,在会议录中发表噪声标准与法令,噪声监测方法与设备,地面运输噪声、飞机噪声、工业噪声、建筑噪声对人的影响及其控制,振动污染控制,社会噪声及其评价等研究内容。

噪声在历届国际声学会议文集中所占比例也越来越大。在74年第八届国际声学会议上,发表了717篇论文,有关噪声及其影响的占120篇。并且专门组织了一个运输噪声专业会议,出版专刊。

另外,有关环境声学内容的杂志和书籍也相继增多。

国外环境声学研究的主要内容有:

1. 环境噪声质量评价方法与城市噪声污染规律:

噪声的标准如何制定,这是一个非常复杂的问题。它同人们的生活习惯,生活环境有关,也同声源的特性有关。它不仅决定于噪声引起的生理反应,同时取决于人们的心理反应。

由于人类生活环境丰富多采,环境噪声质量评价方法也就各有千秋,到目前可能有近百种之多。常用的就有十几种,诸如噪声评价数,噪声污染级,感觉噪声级,噪声标准曲线(NC),A声级等等,而且新的评价方法还在不断出现。近年来,新出现和试行的评价标准之多,简直使声学界的人士眼花缭乱,莫衷一是。尽管数量很多,但大体上可以分为三类:一类是针对声源的;一类是针对环境的;一类是针对噪声对人的影响的。

由于评价方法太多,难以比较,加上一些评价必须进行频谱分析,用起来麻烦。因此近年来趋向于采用A声级,A声级是按照人对频率的响度感觉计权的,因而能较好地反映人们对噪声吵闹的感觉,而且测量简单。表2是日本根据A声级的评价方法制订的环境噪声一般标准。

表2 日本的环境噪声标准 单位:分贝A

地 区	白天	早、晚	夜间
需要特别安静的地区 (如疗养地等)	45以下	4J以下	35以下
居民区	50以下	45以下	40以下
居住、工业、商业 混杂区	60以下	55以下	50以下

由于噪声环境非常复杂,只用A声级不可能准确地评价不同噪声对人的影响。于是人们根据噪声对人的影响同能量成比例的原理,提出了等效声级的评价方法,它是噪声的能量平均,因而能够客观的反映人们实际接受的噪声能量。例如等效声级 $L_{eq}(24)$,是表示一天24小时A声级的能量平均值。昼夜等效声级 L_{dN} ,也是表示24小时A声级的能量平均值。不过平均时,夜间(晚10点到

早7点)A声级要加上10分贝的计权。这是因为噪声在晚上显得比白天更吵,它的影响比白天约高10分贝。

美国环保局根据等效声级法研究噪声影响的结果,在1974年指出:城市环境声级 $Leq(24)$ 大于70分贝,对人的健康是有害的, L_{dN} 超过55分贝,被认为是很吵的。美国现有1300万人的生活环境超过70分贝,有一亿人生活环境超过55分贝。美国规划到1992年,生活在城市噪声级70分贝以上的人要降到一百万以下;超过55分贝的人要降到四千万以下,并于1975年提出了新的环境噪声标准(见表3)

表3 美国环境保护局保护健康和安宁的噪声标准

影响	噪声	区域
听力损失	$Leq(8) \leq 75$	工作和学校场所
	$Leq(24) \leq 70$	其他区域
户外活动的	$L_{dN} \leq 55$	居住区、农场和其他经常活动的户外区域
干扰与烦恼	$Leq(8) \leq 55$	活动时间有限的户外区域,如校园或运动场
屋内活动的	$L_{dN} \leq 45$	住宅内
干扰与烦恼	$Leq(24) \leq 45$	其他室内区域,如学校等

此外,国外正在积极从事城市噪声污染规律的研究,比如交通噪声、区域噪声的预测,以及城市噪声控制的方法等。

2. 噪声对人体的影响:

首先,噪声会引起职业性耳聋。对这一点,人们早在100年前就有所认识。近20年来,对于噪声性耳聋的研究有了很大进展。所谓噪声性耳聋,是指500、1,000、2,000赫三个频率的平均听力损失超过25分贝。在不同噪声级下长期工作,耳聋发病率的统计结果见表4

据英国1972年的统计,全国有100万人工作在85分贝以上的环境中,而其中超过90分贝的有60多万人。美国则更多。

目前,大多数国家的听力保护标准定为90分贝,有少数国家(如瑞典等)则规定为

表4 工作四十年后噪声性耳聋发病率(%)

噪声级(分贝)	国际统计(ISO)	美国统计
80	0	0
85	10	8
90	21	18
95	29	28
100	41	40

85分贝。

然而人耳最易损伤的频率是4,000赫,虽然有的人没有产生噪声性耳聋,4,000赫的听力损伤却相当严重。美国等一些国家近期研究结果指出,要想长期工作之后听力不发生有害的影响(4,000赫的永久听阈改变 $PTS \leq 5$ 分贝),那么环境噪声级 $Leq(24)$ 应该小于70分贝。

如今虽然能够根据每天接受的噪声剂量累积,来预测一定噪声级下,经过一定年限,听力损伤的百分率,然而对具体的个人还无法预测。

其次,噪声会影响睡眠。连续噪声可以加快熟睡到轻睡的迴转,使人多梦,熟睡的时间缩短。突然的噪声可使人惊醒。研究结果表明,40分贝的连续噪声使10%的人受到影响,70分贝即可影响50%;突然的噪声在40分贝时可使10%的人惊醒,60分贝时则可使70%的人惊醒。

此外,噪声会影响人们交谈、工作和休息,会使人烦恼、愤怒、紧张,甚至会引起内分泌心血管和中枢神经系统方面的疾病。长期的心理影响又会造成上述的生理变化。噪声对人体健康影响的研究单靠声学家是很难进行的,它必须有生理学家、心理学家和医学家的密切协作。因此,目前国外这方面的许多学者加入了噪声对人的影响的研究行列。

另外,次声对人的生理影响也引起了人们的关注。

3. 工业噪声:

工业噪声是环境噪声的主要来源,三一

○工厂的机械噪声和管道、排气放空噪声对工人及附近居民的影响很大。因此工厂环境噪声的质量评价，机械噪声的消除以及噪声的研究，都是重要的课题。比如日本规定在需要保持安静的居民区，工厂边界处的噪声白天应为45—50分贝；在主要工业区，白天工厂边界噪声应为65—70分贝。

消除工业噪声的根本途径是减少机器设备本身的噪声。工业噪声源主要有两大类：一类是气动源，如风机、风扇、排气放空等。如航空工业的风洞试验设备，排气噪声可影响方圆十几里；一类是振动源，如铆枪、凿岩机、锻锤等冲击噪声，也是很高的。

气流噪声与振动噪声辐射机理以及同降低工业噪声有关的消声器、隔声、吸声、隔振、阻尼等的研究，是目前世界各国噪声控制研究的基本内容。传统的噪声控制方法在美国等一些国家已普遍推广。如美国把不同机器设备的噪声控制手段与价格的估计都规格化了。如空气调节器的噪声，若用消声器，降低18分贝，需2,000美元；燃气透平、交流发电机噪声，用隔声罩，降低54分贝，需5万万美元。

如今许多国家的电机产品，都有了噪声指标。

4. 运输噪声：

运输工具(如汽车、飞机等)是活动声源，因此对环境的影响面最广。运输噪声可分为地面运输噪声与航空噪声两大类。

统计结果表明：城市噪声70%以上来自交通噪声。因此地面运输噪声是城市噪声的主要来源。如美国仅洛杉矶市就有汽车400万辆。它不仅造成了空气污染，也带来了噪声污染。因此，研究交通噪声的规律，提出合理的城市规划，改进交通管理，制订城市交通噪声和车辆噪声的限制标准，以及研究低噪声的汽车，特别是低噪声的发动机，是目前国外地面运输噪声研究的主要内容。在日本，由于人口密度大，车辆密度大，地面运输噪声影响更加突出。表5是1973年世界主

要国家汽车统计数。

表5 世界主要国家汽车统计数(1973年)

国名	汽车总数	每100人占有台数	每平方公里占有台数
美国	124,478,000	59.2	19.3
日本	24,631,000	22.7	193.5
法国	16,725,000	32.1	41.6
英国	15,598,000	27.9	69.6

从表5中可明显地看出，日本的汽车密度占世界第一位。因此，它对车辆噪声的研究更加重视，对各种车辆不同行驶状态，都规定了限制标准，例如1975年规定：3.5吨以上和200马力以上的卡车，加速行驶噪声为89分贝。欧洲共同市场六国在1970年颁布了汽车噪声标准，从72年起，大于200马力的为92分贝，而英国则进一步规定大于200马力的为89分贝(从75年开始)。这里补充说明一下，上述的标准都是按照国际标准组织(ISO)的车辆测试规范R362的规定制订的，即测量噪声距汽车7.5米，而美国则是15米。

航空噪声是目前国外特别重视的研究课题。这是因为它的噪声最强(如喷气和火箭发动机的排气噪声，飞行器的附面层噪声以及超声速飞行时产生的轰声等)。一架大型客机的喷气发动机噪声可达100千瓦，足以驱动一辆卡车。土星5号月球探测器运载工具辐射的声功率超过1亿瓦，相当于一艘大型航空母舰的动力。

这样强的噪声，干扰范围显然很大。如宇航运载工具发射场地的噪声，使20英里以外的地区都感到吵闹。而超声速飞机的轰声，在数万平方英里的地面范围内都可听到。

美国由于航空运输的发展，航空噪声污染非常严重。比如芝加哥的俄亥俄国际机场，一年飞机起落69万9千次，每天乘客达10万人。它相当于一整天24小时头顶上飞机的嗡嗡声不断。由于公众的强烈反对，噪声问题已妨碍了美国近十年来任何大型航空港的建

立。英法合作的协和式飞机通航权，也迟迟得不到美国国会的批准。

为了控制航空噪声，美国等一些国家提出新型飞机的噪声检测规则和限制标准，并正把这些规则和标准推广到现有飞机。根据国际民航组织规定的标准，波音 707, 727, DC-8 等飞机的噪声已经超标，不合乎要求。日本规定，若不降低发动机的噪声，到 80 年将不准这类飞机在东京等国际机场降落。

虽然对航空港噪声规定了种种限制标准，包括飞机起落方式、限制客机在某些区域超声速飞行等，对控制飞机噪声有一定效果，但是根本途径还是发展低噪声的飞机。

从五十年代到七十年代，飞机噪声降低了 20 分贝，这是很大的成就。主要办法就是将涡轮喷气发动机改为涡轮风扇发动机，以

及在进气管道加吸声处理。值得指出的是，涡轮风扇发动机的出现，是由于从理论研究上得到了喷气噪声能量(声功率)同气流速度 8 次方成正比例的关系。当前国外主要是通过研究喷气发动机进排气管道的声学处理和改变空气动力流的几何形状，来降低发动机噪声。

除了上述的四个方面的研究工作外，在噪声的个人防护以及噪声测试分析仪器研制方面，也做了不少工作。比如目前国外的噪声测试分析仪器，已进入第三代，朝着超小型、数字化、自动化方向发展。目前国外生产声学仪器设备的主要厂家有：丹麦的 B.K 公司，美国的通用无线电公司，英国的达威公司，日本的丽闻公司等。

环境污染遥测新技术

一、遥测技术用于跟踪环境污染物

美国环境保护局最近研究成功并选择性地应用遥测技术于跟踪环境污染物，遥测技术有如下几个方面的内容：

(一) 跟踪发现污染源，及污染物从发源地到周围环境中的转移和运行情况；

(二) 监测人类及其它被污染物周围污染物质的浓度；

(三) 测定人类吸收污染物的数量；

(四) 鉴定设在各污染源上的控制装置的效果。

上述任务可以用四种基本方法来完成：

(1) 卫星监测；(2) 空中遥测；(3) 固定点连续监测；(4) 采样。这四种方法中，以卫星监测的透视性最好，但其准确性差，许多监测内容不能解决。空中遥测透视性比卫星略差，但鉴别性良好。地面固定点连续监测准确性较

好，但只能测一点。最准确的办法是采样，从周围环境中采得足够的样品，带回实验室进行分析。但采样法透视性差，费劳力多。四种方法各有优缺点。因此，对待不同的监测目的，可采用不同的手段。例如：要测定一个工厂排放到水体中的污染物，可用采样器在排放口采样带回实验室分析。又如要测定河流中各种污染源，用采样法不仅消耗大量人力物力，更重要的是可能漏测重要的污染源，在这种情况下，可用空中遥测，飞机飞临河流上空，只要用 1—2 天时间即可精确地测定污染源。

二、激光技术的应用

最近美国利用激光射线技术作为环境污染的遥测工具，在飞机上装置“激光射线区域剖析器”可以精确地测定地面轮廓；采矿区环境污染的程度；河流无定点污染；污泥进行陆