

# 中国古代已知听觉有频率下限

## ——谈《老子》一书中所说“大音希声”

吕作昕

(浙江省温州第六中学)

人耳所能感受的声音，有频率的下限和上限。频率高于20000Hz的“超声”和低于20Hz的“次声”，人类是听不到的。人们总以为超声和次声是近代才发现，但事实上，我们中国人在很早就知道有这种人耳所感受不到的声音的存在。公元前400年左右，我国战国时代初期出现的《老子》一书中有这样的话：“视之不见名曰微，听之不闻名曰希”，“大音希声，大象无形”。值得注意的就在“听之不闻名曰希”和“大音希声”这两句话。

古代“声”和“音”二字有别。“声”是泛指能让听觉器官感受到的物理现象，而“音”字则是指音调高低。和老子同时代的文子(据说是老子的弟子)在《文子》一书中提到：“音之数不过五，五音之变不可胜听也”。比《老子》还早些的《管子》一书《地员》篇中也有“呼音中角”、“呼音中商”这样的文字。这都说明，“音”是指宫、商、角、徵、羽等音调的高低。从这里可知，《老子》所说的“听之不闻”的“大音”，当是指音调高低超过人类听觉器官感受范围的声音。

那么，它究竟是指频率过高的超声还是指频率太低的次声呢？根据宋末元初学者吴澄的看法，《老子》所说的“大音”该是指“次声”而言。

古人注释的《老子》，最流行的有晋代王弼注释本和吴澄的《道德真经注》。对“大音希声”，王弼着重指出是“不可得闻之音也”，这很正确。但何以不可得闻，王弼的注释则较含糊。可是吴澄的《道德真经注》却颇能“一矢中的”。针对“大音希声”的希字，他指出：“声之大者，其声反稀而疏，不可闻”。何谓“稀而疏”？《道德真经注》在“听之不闻名曰希”句下还指出：“声之繁密者，耳听之而易闻。希谓稀疏，希则间阔无声，故听之不闻”。细读吴澄的注释，可知他所说“繁密”之声，就是指振动很繁密、振动频率足够高的声音。他以为只有振动频率足够高

的声音，人类才易听闻到。而吴澄所说“稀疏”、“间阔”之声，则是指一定时间内振动次数很稀少，两次振动相距时间较长的声音。这就是频率过低的声音。他以为这种频率过低的声音(即现代所说“次声”)人耳就听不到。吴澄的注释确能揭示“听之不闻名曰希”和“大音希声”二语的真谛。

老子何以把频率很低的声音名为“大音”呢？这是由于古人看到音调较低的声音总来自外形较大或较长的发声体的关系。1978年，从湖北“曾乙侯”墓(下葬于公元前433年)中发掘出一套编钟，其中外形最大、发音最低的几个钟，架上就刻有“大羽”、“大宫”之类的字。相反，形体最小、发音最高的几个，架上则有“少商”、“少羽”等字。音调中等的，宫、商诸字之前则不加“大”或“少”字。又如，古时常把音调较低的琴弦叫做“大弦”。汉初刘安所著《淮南子》“泰簇”篇曾提到“小弦急而大弦缓”，缓即振动慢，音调也低。从编钟的低音部加“大”字和琴上音调低的弦称“大弦”的情况可知，称较低音调的声音为“大音”，是古代的普遍方法。

综观以上各点，可知老子所说“听之不闻名曰希”、“大音希声”，就是说振动过于缓慢、稀疏的音调，人耳是听不到的。这种听不到的低音，即近代所说的“次声”。中国人在春秋战国之际已知有“次声”存在，已发现人类听觉有频率下限，这在物理学史上是件大事。

这个结论决非捕风捉影。因为中国当时的声学知识确已达到相当水平。根据《管子》“地员”篇已从数理角度提出音乐上的“三分损益律”可知，当时中国人已能对五音的精密高度作出科学的论断。从《周易》中“同声相应，同气相求”一语和《庄子》中“调瑟，置一于室，置一于堂，鼓宫宫动，鼓角角鸣，音律同矣”的记载可知，当时对共鸣也有深刻的理解。而近年“曾侯

乙”编钟的出土,又以更多的事实证明,当时声学的知识和技术,已远远超过古籍的记载。在这样的基础上,就完全可能发现“次声”的存在。同时,古人在调弦等的实践上,也确可发现,当大弦过长、振动过慢时,即使振幅相当大,也无法听到它的声音,于是就有“大音希声”的认识。

把“大音希声”和《老子》所说“大象无形”,“大方无隅”等语联系起来看,又可知,老子对听觉有频率下限和次声存在的认识,还有他的哲学理论基础。

《老子》一书贯穿着这样的观点:事物发展超过一定限度,就要走向它的反面。例如,物体有形状,一个球体,当它极微小时,当然无法看出它是个球形,这就是“视之不见名曰微”。只有当球体足够大时,它的球形才能为人观察到。但当球体的直径增大为几百几千公里时,离它

很近的人就无法了解它的形状了。这就是“大象无形”。总结了许多类似事例后,老子得到了“事物发展超过一定限度,就要走向它的反面”的结论。“大音希声”的认识,也建立在这个理论基础上,并反过来巩固了这个理论观点。

注意“音”与“声”之别,是理解“大音希声”的关键,近人注译《老子》一书者不少,可惜都未加以注意。如复旦哲学系所编《老子注译》,对四字的注解只是“大的声音反而没有声音”;北京大学哲学系许抗生同志在《帛书老子注释与研究》一书中也说“大音希声”是“声音太大反而听不到声音”和“最大的声音无音响”。他们都未能说明“大音希声”的物理意义。不过,十三世纪时的吴澄却能从发声体振动的繁密和稀疏着眼,阐明《老子》中二语的本意。吴澄的再发现,在物理学史上也值得重视。

## 微微秒时间间隔的晶格动力学

声学声子和光学声子的寿命以及寿命随温度、频率的变化影响固体的许多性质。例如,声学声子寿命对绝缘体、半导体和非晶固体的热输运性质的影响是极为重要的。光学声子的衰减动力学过程和光学声子与其它激发的耦合,对半导体的热电子输运,绝缘体中非平衡高频声学声子的产生等问题都起十分重要的作用。因此对声学及光学声子寿命的研究已成为固体物理中基本的和极感兴趣的课题。

高温下或在有短的平均自由程的材料中,声学声子激发的寿命通常是微微秒的范围。而频率为5—10 THz的光学声子的寿命则是毫微微秒量级。最近两年,用微微秒与毫微微秒激光脉冲实时地研究超短时间声子的激发,已取得相当的进展。

### 声学声子

过去的十五年中,声学声子在固体中传布的许多研究工作,是在液氮温度下,采用热脉冲技术进行的<sup>[1]</sup>。在低温及高频调制测量条件下,介质与半导体中声学声子的寿命是 $10^{-7} \sim 10^{-6}$ s。在较高温度下,声子的寿命与平均自由程大大缩短。因此,实验上研究具有超短寿命与短平均自由程的声子必须采用另外的方法。

Maris等人设计的新实验是<sup>[2]</sup>:将脉冲宽度为 $0.2 \text{ ps}$ 的激励光源聚焦到一个有吸收的传感器薄膜上,薄膜的表层由于吸收而变热,从而产生热应力,由此建立的应变波(即声子脉冲)向薄膜内部传布。与此同时,用另一个探测脉冲来探测由于声波应变引起的传感器反射率的变化。测量时采用400GHz频率,并在室温下进行。他们研究了声学声子在厚度为 $600 \text{ \AA}$ 的a-

SiO<sub>2</sub>薄膜中的衰减。结果表明,上述方法可在相当宽的频率与温度范围内来测量声学声子的衰减,测量结果有助于阐明非晶态材料中的热输运性质,特别是解释热导率的“平台区”。

### 光学声子

虽然远红外线性光谱,非线性光学及Raman谱已提供了光学声子衰减过程的大量的信息,但至今,由于时间分辨率的限制,还不能一个个地测量光学声子振子。最近,Auston等<sup>[3,4]</sup>在电光材料中观察到了毫微微秒光脉冲的传布,在 $10^{13}$ 频谱区内产生一个远红外辐射脉冲的Cherenkov锥。

利用上述技术,他们在LiTaO<sub>3</sub>中实现了横光学声子的第一个相干激发与检测<sup>[4]</sup>。实验中采用2fs的脉冲,一个用于产生辐射场,另一个是检测脉冲。为了减少在晶格共振附近强的吸收随频率变化的影响,发生器与检测器之间的距离是 $7 \mu\text{m}$ 。最低的横光学声子(6THz)的阻尼时间是通过振子衰减率直接测量的。(朱美芳 编译)

## 参 考 文 献

- [1] Preceeding of Fifth International Conference on Phonon Scattering in Condensed Matter, Urbana, Illinois, (1986), (Springer-Verlag, to be published).
- [2] H. J. Maris, C. Thomsen and J. Tauc in Ref. [1]; see also *Phys. Rev. Lett.*, **53**(1984), 989.
- [3] D. H. Auston, K. P. Cheung, J. A. Valdmanis and D. A. Kleinman, *Phys. Rev. Lett.*, **53**(1984), 1555.
- [4] K. P. Cheung and D. H. Auston, *Phys. Rev. Lett.*, **55** (1985), 2152.