

中国古代在声学上的几项发现

吕作昕

(浙江省温州市第六中学)

中国古代在“声学”方面有许多杰出成就。1987年,河南舞阳县贾湖新石器遗址出土的制作用于8000年前的骨笛,已具有和今天相似的音阶结构,能吹奏悠美的乐曲,从这不难看出中国古代声学知识的实际水平^[1]。本文介绍古籍中记载的中国古代在声学上的几项发现。

一、关于低频声的远距离传播

笔者在《中国古代已知听觉有频率下限》一文中^[2],曾说明中国人在春秋时就已知有人耳所听不到的“次声”的存在。《老子》所说“听之不闻名曰希”,“大音希声”,指的就是“次声”。

次声波的一个重要特性是它易于作远距离传播。在大气中,有的次声在传播数千公里之后,被吸收的还不到万分之几分贝。次声这种能作远距离传播的特性,中国人在汉代以前就有所认识,这不能不说是使后人惊奇的事。

有关这方面的记载,见于《说苑》及《考工记》。汉代刘向在《说苑》一书卷十七“杂言”篇中曾说:“声近徐而远闻”。同书卷七“政理”篇又提到:“有声之声,不过百里;无声之声,延及四海”。“声近徐而远闻”,就是认为“声音振动愈慢,可听到的距离愈远”。其实,中国人在春秋之前就已有这种认识。成书于春秋之前的《周礼·考工记》中就多处提到这个问题。该书“凫人为钟”一节曾说短的钟“其声疾而短闻”,而长的钟则“其声舒而远闻”。“声疾”是指声音振动快,频率高,结果是传播距离短,只能让短距离处听到。“声舒”是什么意思呢?关于这个,汉代郑玄注释《考工记》时曾指出:“舒,徐也。声舒即不疾”。“不疾”也就是振动慢而频率低。所以《考工记》中说“钟长则声舒而远闻”和刘向所说“声近徐而远闻”一样,都是说发声体振动愈慢,频率愈低,声音就愈能向远处传播,让远处听到。由于古人在调弦实践中已认识到发声体振动过于缓慢时,所发声音是人耳

听不到的,已知有“听之不闻”的“希声”或“无声之声”存在。在这样认识基础上,他们自然而然就有振动更缓慢的“无声之声”传播将更远的推论,因此就有《说苑》中“有声之声,不过百里;无声之声,延及四海”之语。“声舒而远闻”或“声近徐而远闻”以及“无声之声,延及四海”之说,都是说明低频声波可远距离传播。这确实是中国古人在声学上的一大发现。

二、关于低频声波有害于人的健康

近代的人们已经知道较强的低频次声是有害于人体健康的。较强的次声会使人呕吐和头晕目眩;更强的次声可导致人体内出血,致人于死。导致内出血并损害人的内脏的原因,在于低频次声可以使人胸腔发生谐振而产生强烈振荡。值得注意的是,古代中国人也已认识到强烈的低频声波有害于健康。

据《左传》记载^[3]:鲁昭公21年,即周景王24年(公元前521年),景王决定铸造一个振动频率极低的超级巨钟。当时,管音乐的乐官(伶)州鸠就发表过这样的意见:“王其以心疾死乎(周景王他将以患心脏的病而死吗)”,“钟,音之器也,……小音不窕(小音即高音,不过于窕细),大音不樞(大音即低音,不过于樞粗),则和于物(就能跟周围事物相和谐)。物和则嘉成(跟事物相和谐才成为嘉乐),故和声入于耳而藏于心,心忆则乐(心中安定就觉得舒服)。窕则不咸(太窕细的声音使人觉得心中不充实),樞则不容(太樞粗的声音使人觉得心中容纳不下),心是以感(人的心就遭受到一种医家所称的“外感”)。感实生疾(这种“感”就会引起疾病)。今钟樞矣,王心弗堪(景王的心是不堪承受的),其能久乎(他的寿命还能长久吗)?”当时许多人都劝景王不要铸造这样的巨钟,但景王却不听劝告,还是铸造了。结果,据《左传》记载,第二年,景王25年,“王以心疾崩”。

当时的《国语》一书还明确地指出，这种超级巨钟会发出一种“耳所弗及”也即耳朵不能听到的低音，使人产生一种强烈的震动感。据《国语》中“周语”部分记载，对景王所铸“大林”即“大铃”或大钟，单穆公也曾经进谏过。古时研究音调的高低，常用一条长约 2.33 m 的弦，让它作长短、松紧的变化，以发出高低不同的声音。这样的弦所发出的人耳可闻的范围的声音，叫做“一钧”。单穆公认为景王所铸巨钟的发声是超过“一钧”的下限，为“耳所弗及”的。他向周景王进谏说：“钟不过以动声”，“夫钟声以为耳也。耳所弗及，非钟声也”。又说：“耳之察和也（耳朵所能觉察到的和谐的声音），在清浊之间（在最高的清音和最低的浊音之间），其察清浊也，不过一人之所胜（它所能觉察的高音和低音，不超过一个人耳朵所能承受的范围）。是故先王之制钟也，大不出钧，重不过石（所以先王所制的钟，所发大音或低音，不超过一钧的范围，重量不超过一石）。……今王之作钟也，听之弗及，无益于乐而伤民财，将焉用之？夫乐不过以听耳，而美不过以观目。若听乐而震，观美以眩，患莫大焉”^[4]。这里最后一句的意思是“如果听音乐只是使身体感受到一种强烈的震动，观看美色只产生一种晕眩感，对身体的后患是很大的”。据《国语》说，对这些忠谏，“王不听，卒铸大钟。二十四年，钟成，……二十五年，王崩”。

当然，景王所铸巨钟，发出的不可能全是“耳所弗及”的次声。它的声音中必然要包含频率是基音频率整数倍的可听到的多种的“泛音”。但作为振幅最大、频率最低的基音的“次声”，其“声强”将是最大的，足以损害人体的健康。吉联抗同志在《春秋战国音乐史料》一书注释中也提到这样的事实：有些考古出土的大钟，撞击后用测音器材进行测试，发现它除包含多种泛音外，还包含有频率过低、人耳听不到的“次声”。

《左传》与《国语》是最普通的古籍。尽管周景王之死未必真的和巨钟所发“次声”有直接联系，但二书的有关记载却确实证明了这一点，中

国古代在春秋时就已发现“耳所弗及”的低频次声有害于人体健康。这个发现是在公元前 521 年之前，在物理学史上也是不可忽视的一件事。

三、关于乐音中的基音与泛音

许多乐器在振动发声时，除发出频率最低、振幅最大、足以决定该声音调的“基音”外，同时会发出若干个频率是基音的整数倍，音调远比基音高但振幅小得多的“泛音”。“基音”与“泛音”组成“复合音”进入人耳，但由于基音的振幅大，“声强”也大，对听觉器官的“音调感”就起了决定性的作用，而“泛音”的情况则决定了“音品”。以上“基音”与“泛音”的存在，可以通过测音器材的测试而得知。

值得注意的是，中国古代已经知道许多声音都是“复合音”，它包含着“基音”与“泛音”。

汉初《淮南子》“说言训”篇有如下的论述：“徵音非无羽音也，羽音非无徵音也。五音莫不有声，而以徵羽定名者，必胜者也”。东汉高诱注释该书时，对上文还进一步加以说明：“徵音之中有羽声，而以徵音名之者，徵，以著言者也”。以上的话如用语体文改写，是说：“徵音中并非没有羽音；羽音中并非没有徵音。五音中没有不包含着其它音调的声音的，而以徵音、羽音来命名它，是从占优势（胜者）或占显著（著者）的成份来说的”。这里所说声音中的“胜者”或“著者”，即指振幅最大的基音；而徵音中的羽音或羽音中的徵音，即指频率是基音整数倍的各种泛音。

总之，古时的中国人确已了解到许多乐器所发的声音都是一种“复合音”，它在发出在声音中占主要地位的“基音”的同时，还发出多种“泛音”。之所以能知道这种情况，可能是对于弦的振动进行细心观察和实验的结果。上面已提到古代常用一条长约 2.33 m 的弦，让它作长短、松紧的变化，以研究声音的音调高低。这种装置也即现代所说的“弦测音计”。从这样长的弦上，古人是可以看到一条弦除作频率较低的全弦振动外，弦上也可以分段而出现几个“结点”，

（下转第 55 页）