

音乐与物理

叶云秀

(续前)

十把小提琴与一把小提琴

虽然弦乐器通过阻抗匹配装置加大了声音的传递,但一把小提琴还是敌不过一个管乐器,更敌不过一个合适大小的鼓。因此在交响乐演奏或其他演奏时,往往小提琴的数量远超过其他乐器的数量。不用说,这当然是为了使小提琴的声音能与其他乐器的声音相平衡。那么应该多少把小提琴能做到这一点呢?

如果有十把小提琴演奏同样的曲调,即齐奏(同频率),那么它产生的总强度与同样演奏的一把小提琴相比是多少呢?我们知道,声强 I 正比于幅度 a 的平方,即 $I = ka^2$ 。如果十把小提琴同相位演奏,声波振幅都为 a ,则合成波的振幅 A 应为 $10a$,总强度 $I = kA^2 = k(10a)^2 = 100 \cdot ka^2$ 。即得到的合强度是一把小提琴时的 100 倍。而事实上,并非如此。这是因为:十个小提琴手演奏同一曲调时,他们演奏的初相角不可能完全相同,而纯粹是随机的,因而振幅相加时就不是简单的数值和(同方向矢量),而是随机初相角的矢量和。图 4 表示了典型的随机相位的幅度相加,合成后的振幅为 A ,对这些随机相位的等幅度作数学处理后得 $I = na^2$,这里 $n = 17$ (即可以设有 17 把小提琴齐奏)。

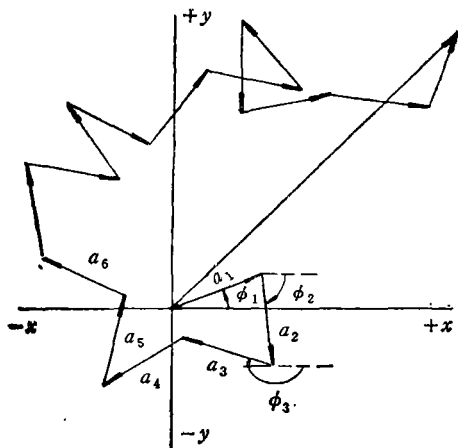


图 4 具有随机初相角的幅度相加

大家知道,几个音乐家以同样类型的乐器齐奏时合成的声音音质与从单个乐器出来而放大若干倍的声音音质是不同的。例如,两个小提琴手演奏同样乐调时产生的谐音结构是不会完全相同的,因为两个乐器的结构不可能完全相同;两个演奏者拉弓的方式也不可能完全一样。所有的音乐家在齐奏时,除了他们演奏的基音的初相角是随机的以外,产生的频率也会稍有不同。这样,在基音之间,在第二谐音之间,第三谐音之间……,将产生不同频率的“拍音”,这使得小提琴组演奏出来的波形更为复杂。一些同类乐器演奏同样的乐调时产生的合成频率所构成的音乐叫做齐声效应。所以,多个小提琴合奏除了平衡其他管弦乐器的声音外,它所产生的齐声效应使音乐的音质更丰富。

这样,在基音之间,在第二谐音之间,第三谐音之间……,将产生不同频率的“拍音”,这使得小提琴组演奏出来的波形更为复杂。一些同类乐器演奏同样的乐调时产生的合成频率所构成的音乐叫做齐声效应。所以,多个小提琴合奏除了平衡其他管弦乐器的声音外,它所产生的齐声效应使音乐的音质更丰富。

黑盒子

在剧场或音乐厅中,我们常常会看到在舞台两旁适当的高度上有如图五所示的扬声器的安排——黑盒子。它们可不是随便安排的。它们的安排必须使声音主要集中于坐着观众的这部分空间,而不是均匀地分布在大厅中,更不能集中到别的地方去。怎样安排才能做到这一点?这还得从音乐声波在适当条件下会产生衍射说起。当声波到达有一小孔或小缝的屏上时,如小孔或小缝的线度小于该声波的波长,则经过孔或缝的波就会发散开去,似乎这孔或缝成了新的波源,这就叫做衍射,如我们通常的门,其宽 b 大约 88cm 宽,对于 $\lambda \gg b$ 的声波将被强烈地衍射。对应于 $\lambda = 88\text{cm}$ 的声波,其频率为 392HZ,它对应于音乐音阶的中度 G 调,因此我们预料,低于中度 G 的声调将被衍射到门后旁边很宽的地方,即你坐在门旁墙壁后,你也能清楚地听到门外低于这个频率的声音。而较高频率的声调将直接通过门,只有很小的一部分弯到墙后阴影里。

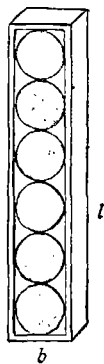


图 5 通常的扬声器安排

大部分扬声器是圆形的,它的线度通常小于大部分音频的波长,所以从扬声器传出的声波与从一圆孔衍射的声波非常相似。由于衍射,声强在有的角度上有极大,有的角度上有极小(零),它们的强度分布可以用图六表示出来,称为耳垂图。 S_1 、 S_2 为小孔(扬声器),以 SC 为轴,则在 θ_1 范围内有极大分布,在等于 θ_1 处有零强度;过 θ_1 后又有一些小的极大(附加耳垂)。衍射角 θ_1 也即第一极大后的零强度处的角取决于波长和孔直径, $\theta_1 = 1.22 \frac{\lambda}{b}$,波长 λ 越短,孔径

