

# 千锤打锣一锤定音

武际可

(北京大学力学与工程科学系, 100871)

**摘要** 文章从中国乐器中声音最大的几件乐器开始, 谈到锣的制造。从板的振动的复杂性, 提出要使锣的声音好听, 就要使参与板振动的各种振型分离。并且使比较关心的振型发生振动, 其余振型不参加振动。其关键技术是使锣的中间部分相对变薄, 和增加面内压力。

**关键词** 锣 乐器 振动 振型

在数以百计的中国古乐器中, 钟和鼓是很特别的两种乐器。每一座古庙里有钟鼓楼, 每一座城里也有相当规模的钟鼓楼和鼓楼。

究其原因, 大约是因为在所有的中国古乐器中, 这两种乐器的音量最大, 传得最远, 据说北京大钟寺的永乐大钟可以声闻十里之外。所以它们除了用来奏乐外, 还用来传达号令, 通达信息。寺庙里和城市里的钟鼓楼就是作这种用处的。寺庙里僧侣开饭, 就要敲“斋钟”; 直到民国年间, 学校里上下课报时还是用打钟的方式; 古时计时不方便, 城市里设专人报时, 在夜间通过敲钟或击鼓报时, 就称为“打更”。

古时候, 不像现在, 有扩音机、电喇叭、电话、手机等通讯手段。要在战场上指挥部队, 全凭军官的嗓门喊。所以选将的标准, 嗓门大是一个很重要的条件。《三国演义》上描写张飞一出场, 是“声若巨雷, 势如奔马。”就是为后来张飞统帅千军万马张目。不过, 主将的嗓门再大, 在战场上他的命令也很难让每个战士听到。何况打战时厮杀和人的喊声混成一片。就是“声如洪钟”的主将也是无能为力了。

正是因为钟鼓的声音大可以传得远的特点, 所以在军队作战中, 还充分利用它们。特别是鼓, 用作进攻的号令。主将命令击鼓, 三军便呐喊前进。成语“鸣鼓而攻之”、“一鼓作气”、“鼓噪前进”、“鼓足干劲”、“偃旗息鼓”、“旗鼓相当”等, 都是从鼓的这种用处引申出来的。

前面说, 军队进攻的号令用击鼓。而退却的号令就不能再用击鼓了, 否则容易造成混乱,



图1 北京大钟寺永乐大钟



图2 北京鼓楼

而要另想办法。人们自然想到可以用敲钟的办法。钟固然声音大，可以传得远。但是它太重，不像木和皮制的鼓，可以由人抬到战场上。像前面提到的永乐大钟，重量有 46.5 吨，要移动它一步都是非常困难的事。钟是金属制造的，金属的比重不像木头，要大得多，只要是有了一定音量的钟，就得有数百公斤的重量。也许有人会问，不可以把钟铸得小一点吗？是可以铸得小一点，不过太小的钟，音量也小了，敲击它，响声和摇铃铛差不多，传不远。还是不能用来发号令。

适应既要音量大，又要重量轻的要求。这便产生了“锣”。由于重量轻，音量又大，在许多场合锣便逐渐取代钟的地位。钟鼓便逐渐演化变成锣鼓。到现今为止，有各种用途的锣，其种类不下数十种。有大锣、小锣、掌锣、云锣等。锣最早产生在中国，现今世界上大型管弦乐队里的几十种乐器中，惟一来自中国的乐器就是锣。



图 3 发通知打锣

锣和钟一样，除了作为一般乐器使用外，还作为传达讯号来用，特别是由于它便于移动，用来传达军事号令。所以古书上描写打战时，说“鸣金收军”，这里的“金”其实就是锣。

“鸣金收军”就是以敲锣下达命令，让部队退下来。在中国几千年的历史上，锣还被大量应用于召集集会，卖艺的打锣开场等不同的用处。记得还在民国时期，故乡的村长要向全村通知什么事，总是拎一面锣，站在村子的高处，先敲一阵锣以引起注意，然后再大声喊叫。

怎样制造一面锣，使它音量大、传得远，而且还好看？这里面大有讲究。

首先，既然声音是物体的振动带动周围的空气运动所形成的。所以要使物体发出大声音就要使物体的范围大，使它运动时能够尽量多地影响周围的空



图 4 大锣

气。从这一要求来说，大的钟和鼓都是很不错的。它们都有很大的体积，振动时能够带动很大体积的空气同时振动。所以它们发出的声音也很大。在管乐器中的号角也能够满足这一要求。吹号时，整个号管中的空气都随之振动。所有后来号角也可以在战争中传送命令。所谓

鼓角齐鸣，就表述的是这种情形。

在众多的古乐器中，弦乐器虽然委婉动听，但因为发声时振动的只是一根弦。带动的空气很少，所以音响也小。鼓所以声音大，是因为发声时，整个鼓皮都振动起来带动鼓皮两侧的空气。面的振动比起线的振动带动的空气多多了。锣正是取鼓的这种优点。也是以一张铜合金的板振动发声。鼓和锣是以膜或板振动发声，它们属于同一类。属于这一类的乐器还有铙、镲、钹等，不过由于发声时振动体的面积无法与锣和鼓相比，所以声音也就小多了。

看来，要使锣发出较大的声音，就首先要把锣的锣面做得足够大。

其次，要问的是，有足够面积的锣就是一面好锣了吗？当然不一定。要是这样简单的话，取一张足够大的圆的铜板就可以了，还要专门制做锣吗？

其实，一张好锣它不但声音大、传得远，还要好听。锣面适当大，当然声音也会大起来。相应地也会传得远。但是要使锣发出来的声音好听，除了要选择好的铜合金材料外，还要有一些技术问题，制作一面好锣的关键恐怕也就在这里。

我们前面说过，锣和鼓的发声是靠板和膜的振动来发声的。而板和膜的振动是非常复杂的。密度张力和长度给定的弦，总会产生一个固定频率的振动，从而发出一个固定高度的声音。而板则不同，即使敲击一块形状规则，厚度和密度都均匀的板，各种频率的振动会一齐产生，这些频率之间又不谐和，所以最终发出的是很难听的噪音。

在敲击一个物体时所产生的振动称为这个物体的固有振动，上面说的密度张力和长度给定的弦，它的固有频率就只有一个，或者这个频率的倍数。所以弦振动所产生的声音是很和谐的。而板这种物体的固有频率是非常多的，习惯上，把这种物体称为固有频率密集的对象。就是说敲击它们所产生的自由振动有许多相近频率的振动产生。而每一个固有频率对应于一个固有的振动形式，称为振型。

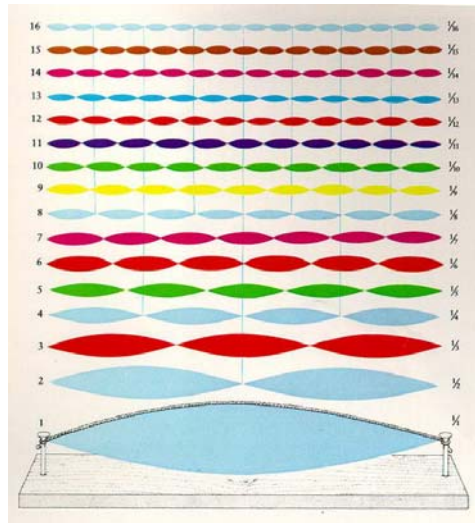


图 5 弦振动的振型

将图 5 与图 6 对照，会发现弦的振动是很简单的，而板振动的振型是非常复杂的。

要打造锣，使它发声好听，实质是要使板的一些不希望要的振型不产生振动，或虽然产生振动但能量很小，由它发出的声音不大。为此就要适当改变板的刚度，使我们想要的振型变软，易于发生，使不想要的振型变硬而不易发生。通常锣做得中间薄而边框厚。而且要对称，就是希望中间部分易于发声，而边界部分基本不发声。

不过，单凭在中间部分减薄边界部分加厚的办法，还是不足以使中间部分振动而边界部分不振动。这是因为，中间部分不能减得过薄。否则会使锣的声音变得单薄音量也大为减小。为此还需要想法在中间部分增加平面内的压力。如果说，把锣打造成型，是“千锤打锣”的话，那么想法在中间部分增加平面内的压力的几锤，就是“一锤定音”。它是打造锣最重要的几锤。

还是来看弦的振动，我们知道，在相同的密度与长度下，弦的张力愈大，弦的振动频率愈高。减小张力会使频率降下来。进一步，拿一根弹性杆来看，增加两端的拉力，会使振动频率增加，减小张力，也会使它的频率降下来。现在如果把这根杆的张力进一步减小，减小为负值，即由张力变为压力，振动频率还会进一步降低。不过这个压力要加得恰到好处，不能过大，过大了，超过它的临界压力，直杆就变为弯曲的杆了，压力反而释放了，等于没有加压力。

回过头来看打锣，如果在把我们前面成型的锣的中间部分放在铁砧上，并且适当重地打几锤，这时，中间部分还会继续变薄，由于铜合金的延展性，同时它的面积会扩大。但是锣的边界部分是比较厚的，约束它不容许它扩大，于是这部分便从自然状态变为受压状态。由于处于受压状态的锣的中间部分频率会进一步降低，我们就使这部分的振动与锣的其余部分的振动有相当不同的固有频率。在敲击锣时，我们听到的就主要是这个频率。

由于最后把锣放在铁砧上的这几锤，轻重、部位、均匀度都起很重要的作用。因为它可以决定成品锣最后振动频率的高低、振动的纯粹程度和和谐程度，所以是十分关键的技术。这就是所谓“千锤打锣一锤定音”。

参考文献：《振动理论》，刘延柱编，上海交通大学出版社，1997年

英文译名：Thousands hammer to forge a gong, one hammer harmonizing it

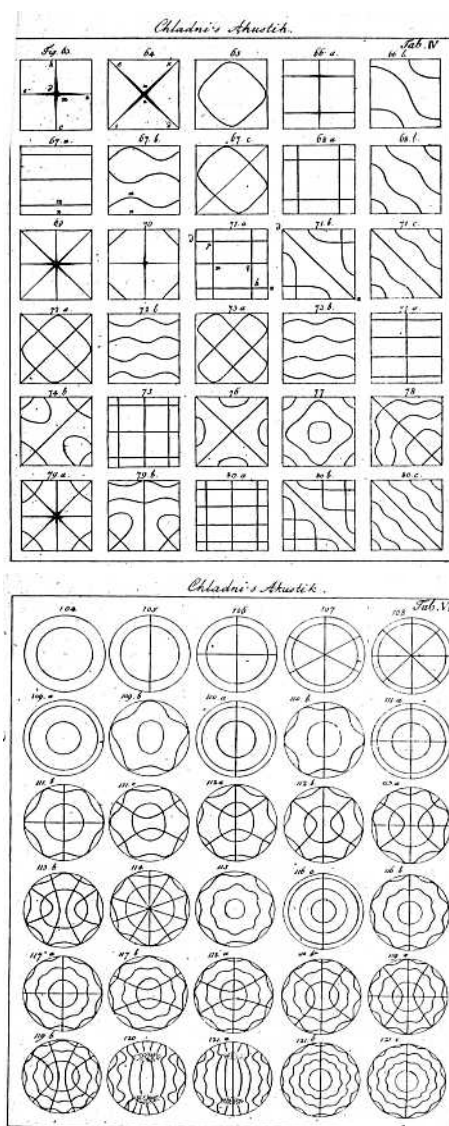


图6 方板与圆板振动的振型