开 头 的 话

当你随着琴声学唱歌的时候，当你坐在收音机前听广播的时候，你想过没有，有一位好朋友正在帮助你呢！这位好朋友就是声音,是优美的声音。

在我们的生活中，谁也离不开声音。老师用优美的语言给大家讲课，音乐家演奏出动人的乐曲陶冶人们的性格。当我们排着整齐的队伍行军的时候，军乐声能给我们增添勇气和力量。

但是，噪声却是人类的大敌，它会使人烦躁不安，甚至影响人的健康。

什么是声音呢？

怎么传到耳朵里的呢？

为什么交响乐使人心情愉快，嘈杂声令人烦恼呢？

在这本书里，我们就一起来研究这些有趣的问题。我们将一边做些有趣的小实验，一边来研究其中的道理，再结合这些道理讲一些故事，介绍一下这些原理的用途。

让我们动手动脑学好声学吧！

需要全本请访问 www.ertongbook.com

一　形形色色的声源

风声、雨声、雷声、流水声向我们描绘着大自然的千变万化 机器的轰鸣声、车辆的奔驰声 ,歌声、笑声、音乐声告诉我们社会主义祖国在前进。

那么，声音是怎么产生的呢？

锣鼓发声的秘密

拿一个锣来，把它敲响，再用手去摸锣面，就会感觉到锣在振动。用力按住锣，锣不振动了，锣声也消失了。

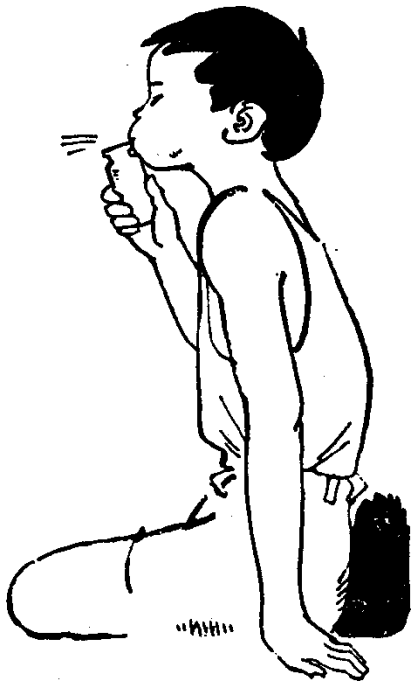
拿一个鼓来，在鼓皮上放些砂子，鼓被敲响时你会发现，那砂粒由于鼓面的振动跳起来了。

原来，锣鼓发声的秘密就在于振动，锣鼓振动了，就发出了声音。振动发声的那个物体就叫声源。

听！那滴嗒声是钟摆振动产生的，那叩门声是门扇振动产生的，敲击各种固体，几乎都会发出声音。

向盛着半盆水的脸盆里倒水，听！水发出了哗哗的响声。

找一个空玻璃瓶，把它放在嘴边，对着瓶口用力吹气。听！玻璃瓶发出了声音。用笔帽也可以做这个实验。



振动的液体能发声，振动的气体也能发声。流水哗哗，北风呼啸，就是水和空气振动时发出来的声音。

这些实验说明，振动着的固体、液体、气体都是声源。

敲瓷碗的启示

你能查出瓷碗有没有裂纹吗？这并不难。敲一下瓷碗，就能听出它的好坏：好瓷碗能发出清脆响亮的声音，坏瓷碗却只能发出浑浊声。声音传出了瓷碗内部的信息，使我们找出了看不见的裂纹。这说明，我们可以根据听到的声音来判断声源的情况。不信，你再试一试。

找三个同样的瓷碗，先用筷子敲一敲，它们的响声是差不多的。往一个碗里装上水，另一个碗里装上面粉或砂土，再敲一敲，听！它们发出的声音完全不同了。

前面讲过，物体振动会发出声音。被敲的物体发出什么



样的声音，这和振动物体本身的情况有关。敲锣是锣音，打鼓是鼓声，再使劲敲锣也敲不出鼓声来，因为锣鼓的构造不同。

完整的瓷器和有损伤的瓷器被敲击后振动情况不同，完好的瓷器各部分能一起振动，有了裂纹，各部分就振不到一起了，这样它们发出的声音就不同了。碗中装有空气、水和固体，也是由于内部情况不同，才发出了不同的声音。

摸清了这个规律，我们就能用敲击听声的办法探测物体内部的情况了。劳动人民在这方面积累了丰富的经验。

工人检查机器的时候，常常用锤子敲敲要检查的部位，凭声音来判断机器有没有损伤，连接处有没有松脱，这就是简单的敲击探伤法。

有经验的人挑西瓜的时候，常常拿起西瓜，用手指弹几下或用手拍一拍，根据声音来判断瓜的生熟——生西瓜敲起来声音清脆，这是因为瓜瓤里的组织紧密造成的；熟西瓜敲起来声音发闷，因为里边的组织已经软化了，变松了；烂西瓜里边是一包水，它的声音是‘噗噗’的，自然是与众不同了。

医生在诊断人体内的一些疾病的时候，也应用这种办法。常见的叩诊办法是把左手放在病人的胸、背部，用右手指叩击

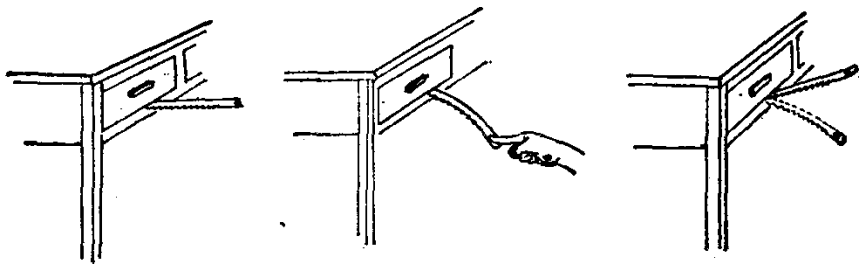
左手中指，仔细听那响声，就能诊断一些疾病。因为人体的肌肉、肝、心和含有气体的肺、装有水和食物的胃肠，被叩击后会发出不同的声音。生病以后，不该含气的部位含了气，不该存水的地方有了水，或者该含气的组织里少了气……这就会使叩诊音发生变化，根据变化听出病变的信息，弄清病情。

撞击探测法在工业生产和现代技术上都有广泛的应用。例如，用现代地震探测技术可以探听地球内部的情况；用现代声撞击探测技术可以探知工件内部的详细情况。

锯　条　琴

各种声音有什么不同呢？首先是声音的强弱不同，这叫声强。

找一根废钢锯条，把它夹紧在抽屉缝里，伸出来的部分要长一些。用手指拨动锯条，让锯条弯得厉害些，一松手，听！　发出了较强的声响。如果你只是轻轻地拨动一下，锯条来回振动得不很大，声音就小多了。



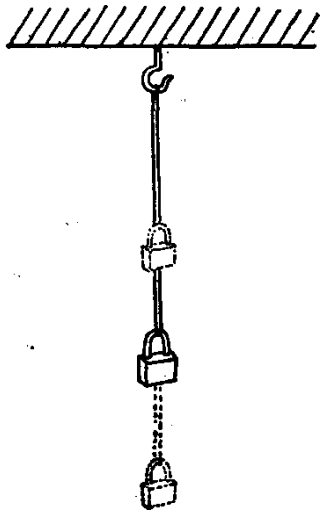
需要全本请访问 www.ertongbook.com

仔细观察一下那根锯条的运动情况。当你没有拨动锯条时，锯条的位置叫平衡位置（如上页图中的左图所示），当你拨动锯条，例如把锯条先向下弯，弯到一定的位置，然后拿开手锯条就开始返回平衡位置，过了平衡位置继续向上弯，一直到某一位置，锯条又返回平衡位置，到了平衡位置，就完成了一次振动。再做一个实验，可以看得更清楚：

用皮筋拴一把小锁，把皮筋的另一端挂在支架上，把小锁向下一拉，看！小锁头就一上一下地振动起来了。你能看出锁头怎样完成一次振动吗？

在物理学里，把振动物体离开平衡位置的最大距离叫做振幅。用力拨动它，它的振幅就大；轻轻拨动它，它的振幅就小。你能从图中量出锯条和小锁的振幅吗？

锯条琴的实验告诉我们，声强和声源的振幅有关系，声源振幅越大，声音越强 声源振幅越小，声音越弱。



声音的强弱用声级表示，它的单位叫分贝。小电钟的声级是 40 分贝，普通谈话的声级是 70 分贝，气锤噪声是 120 分贝，喷气式飞机噪声是160分贝，巨大的火箭噪声是 195 分贝。

在空气中，人类刚刚可以听到的最弱的声音是零分贝，它的能量很小，这种声音造成的压力变化只有蚊子落到人手上时所感受的压力变化的千分之一。目前还没有任何仪器能达到人

耳这样高的灵敏度。人听得见的这种最弱的声音极限，在声学中就叫‘听阈’〔阈，yù，范围的意思〕。

当人站在飞机发动机旁或者凿岩机旁，隆隆的噪声会使人耳产生疼痛的感觉，这种声音的能量很大，在声学中叫做“痛阈”。这时的声级大约是120分贝，它的压强变化是零分贝时的一百万倍呢！

各种声源的声级

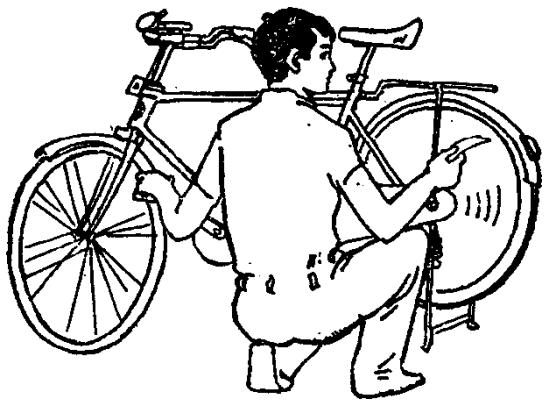
声级(分贝)	声　源　(距测点1-1.5米)
10-20	静夜。
20-30	轻声耳语，很安静的房间。
40-60	普通室内谈话声。
60-70	普通谈话声，较安静的街道。
80	城市街道，收音机，公共汽车内。
90	重型汽车，泵房，很吵的街道。
100-110	织布机，电锯。
110-120	柴油发动机，球磨机。
120-130	高射机枪，风铲。
130-140	大炮，喷气式飞机。
160以上	火箭，导弹，飞船。

自行车弹琴

声音不但有强弱，而且有高低。声音的高低程度叫做音调。不同的音调是怎样产生的呢？让我们先做个小实验。

找一张旧年历卡片（或者有弹性的硬纸板），一辆自行车。把自行车支起来，一只手转动自行车的脚踏板，另一只手拿着硬纸片，让纸片的一头伸到自行车后轮的辐条中。先慢慢转，这时可以听到纸片的‘轧轧’声，再加快转速，纸片发出的声调就会变高；当转速达到一定程度时，纸片就会尖叫起来了。

很明显，纸片音调的变化，是和纸片每秒钟振动的次数有关系：车轮旋转比较慢的时候，同一时间内纸片跟车条的接触次数比较少，也就是说，每秒钟纸片振动的次数比较少。反过来，车轮转得快时，纸片每秒钟振动的次数就多了。



振动着的物体在 1 秒钟里完成全振动的次数叫做频率。频率的单位叫赫兹(简称赫),也叫周／秒(读做‘ 周每秒 ’)。大钢琴最低音的频率是 27 赫兹,最高音的频率是 4000 赫兹,它包含了这么广的频率范围，当然能演奏丰富多彩的乐曲了。

人讲话的音调也有高低。成年男子的声带长而厚，基本振动频率低，只有 100-300 赫兹；女子的声带短而薄，基本振动频率比较高,一般是 160-400 赫兹，所以女子说话的音调都比男子高一些。儿童的声带比较短薄，童音音调比较高。少年的声带正在发育,都有一段‘ 变音 ’的时期,在这个时期应注意保护声带。

勤劳的蜜蜂用 440 赫兹的频率飞出去采蜜，当它们满载而归的时候，翅膀振动的频率降到 330 赫兹,有经验的养蜂员听到蜜蜂的‘ 歌声 ”,就能知道它们是否采到了蜜。

人对于高音和低音的听觉有一定的限度，频率过高和频率过低的振动都不能引起听觉。大多数人能听到的声音频率范围在 20-20000 赫兹之间。频率低于 20 赫兹的叫次声，频率高于 20000 赫兹的叫超声。

有的动物能听到或发出超声，狗能听见 38000 赫的超声，蝙蝠能发出和听到 25000 -70000 赫的超声。蝙蝠就是利用超声波来‘ 看 ’东西的。

有的动物则能听到次声。老鼠就能听到 16 赫以下的次声，当海洋里发生大风暴和海啸的时候，次声登陆了，人听不到，老鼠却听到了，它们预感到了危险，就会成群结队地逃跑。

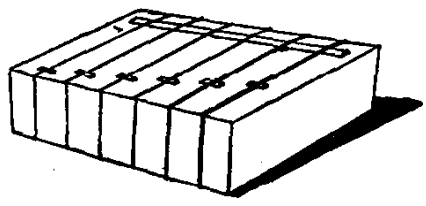
超声和次声在工农业和军事上有着广泛的用途。

纸盒六弦琴

扬琴上有许多琴弦，打击不同的琴弦便能奏出变化多端的乐曲来，它的音调是怎样变化的呢？让我们做个纸盒六弦琴，研究一下琴弦的秘密。

找一个结实的小纸盒子，再找六根皮筋，把皮筋一根根地套在小纸盒上，让它们相互间保持相等的距离。裁一张硬纸，折成一根长的三棱柱，放在六根皮筋下边，把皮筋支起来。再做六个小三棱柱当“码子”，依次卡到六根弦下，使六根弦长短不一。用手指弹一弹，你会听到六根弦发出不同的音调。适当移动“码子”，可以弹出几个标准音，把‘码子’粘牢，就能弹出优美的乐曲了。如果盒子过大，也可以把橡皮筋剪断，用图钉或穿孔打结的办法固定到纸盒的两侧。

仔细观察一下你的六弦琴，你会看出，这六根弦振动部分的长短不同，而且紧张程度也很不同。音调高的，皮筋的振动部分又紧又短；音调低的，皮筋就比较长而且松。可见，皮筋振动的频率和它的长度、松紧程度有关系。



琴弦长度和音调的关系早就引起了人们的注意。我国战国时代就有‘大弦小声，小弦大声”的记

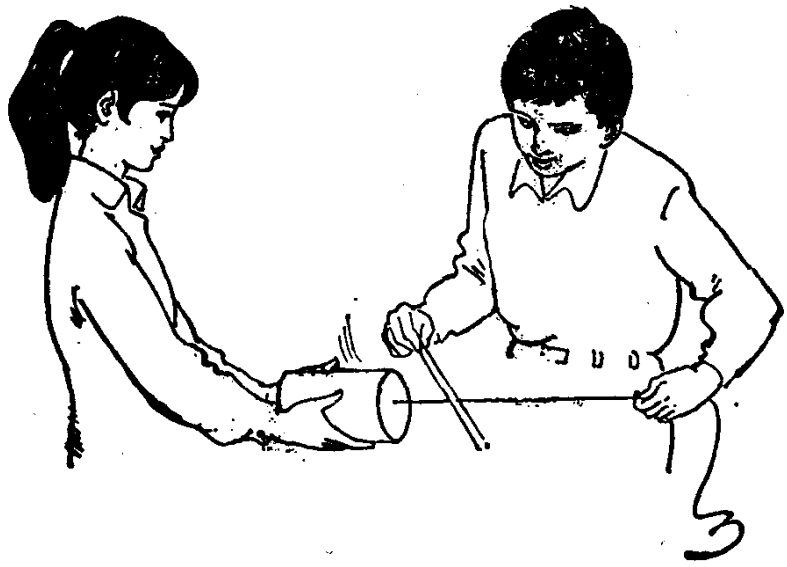
载。古希腊的数学家毕达哥拉斯，专门对琴弦做了研究。他发现，琴弦的长度符合数学规律时，琴就能发出和谐美好的声音。

毕达哥拉斯用的是三弦琴，他计算出，当三根弦的长度适合下列比例式时，琴声最和谐：

$$1:\frac{4}{5}:\frac{2}{3}。$$

也就是说，第一根弦是 1 ，第二根弦是$\frac{4}{5}$，第三根弦是$\frac{2}{3}$。

找一个纸盒(木盒、铁盒也可以),一支铅笔头,一段小线，一点松香和一把尺子。在盒的一侧开一个小孔，让小线穿进去，在盒里拴上铅笔头，用松香擦擦小线，让它跟胡琴的弦那样变涩。把盒子放好或请一位同学拿住它，你用一只手拉紧小线，另一只手拿着尺子在小线上摩



需要全本请访问 www.ertongbook.com

擦。听！你的胡琴发出了声响。改变小线的长度和松紧状况，土胡琴的音调也就随着发生了变化——可惜，它的声音并不优美。

你能根据这把“纸盒胡琴”，说明用二胡演奏各种乐曲的原理吗？

暖水瓶唱歌

音调的高低和声源的构造有着密切的关系，固体声源是这样，气体和液体的声源也是这样。

当你往暖水瓶里灌开水时，你听到的声音会随着灌水的情况发生变化：开始音调低，慢慢音调就高了，等到快灌满时音调最高。这就是暖水瓶的歌声。

暖水瓶唱歌的道理很简单：灌水的时候，瓶里的空气受到振动，发出声音，这部分空气就是声源。开始的时候，里边的空气多，空气柱长，它振动起来比较慢，频率低，发出的音调也就低了。水越灌越多，空气越来越少，空气柱越来越短了。短空气柱和短琴弦一样，是急脾气，振动得快，频率高，音调也就变高了。

找一个细口的药瓶做实验更能说明这个原理：

往细口药瓶里灌进水，让它将满未满。用嘴向瓶口里吹气，听！是音调比较高的叫声。把水倒出一些，再吹，那音变低了 再倒出些水，声音更低。如果把水倒光，那瓶子的歌声就非常低沉了。



很明显，小药瓶里空气柱的长短决定着它振动的频率。

你吹过笛子吗？笛子虽然没有弦，却有一条看不见的空气柱。这条空气柱受到外力吹动的时候，它就会按一定的频率振动而发出声音。改变空气柱的长度就能发出不同的声调。你把嘴唇放在吹口上，用一股又扁又窄的气流去吹动笛子里的气柱，笛子就唱歌了。把笛子的六个孔全堵上，笛子里的空气柱最长，发出最低的一个音。如果你把离吹口最远的一个孔放开，空气柱就减短了一截，笛子的音调就高一些。吹笛子的人不断地堵住或者放开笛子上的气孔，改变里边空气柱的长短，就能演奏出优美的乐曲。

笛子的音调不但和气柱的长短有关，而且和演奏者吹气的状况有关。原来一个低音 do，指法不变，运用‘超吹’的奏法，可以发出高音 do。

笛子的历史很悠久了。前些年，朝鲜发现了一根四千年前的笛子。那是用一根鸟腿骨做成的竖笛，笛管上有十三个孔，各孔之间相距 7-10毫米，呈一条直线，靠两端的孔又稀又小。

用竹管做的笛也有很长的历史。唐代大诗人李白的诗中就有“谁家玉笛暗飞声，散入春风满洛城”的佳句。玉笛就是一种竹管乐器。

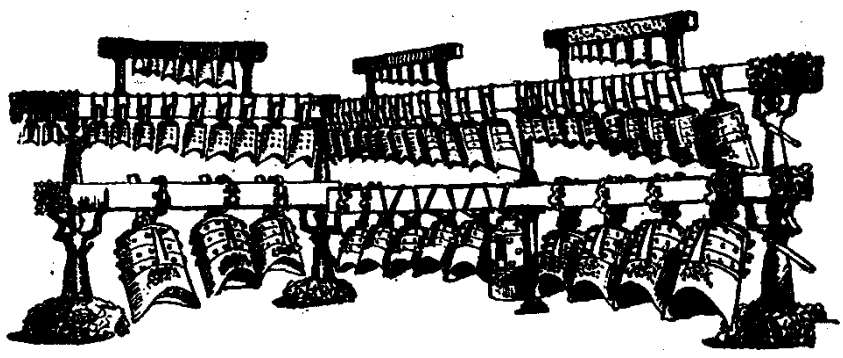
石 头 乐 器

人类最早的乐器不是琴，也不是笛子。用弦做琴，用管造笛都比较复杂。最简单的乐器就是石头。

找大大小小的几块石头，用绳子把它们拴上，挂起来，用木棍分别敲一敲，每个石头都会发出不同音调的声音来。这就是远古时代的石头乐器。

在我国古代的乐器中，有一种特磬〔qìng〕，是用石或玉雕成，用架子支起来，敲击发声。这是一种打击乐器。商代已经出现了三个一组的编磬——三个磬分别发出三种音调，组合起来敲打能演奏乐曲。

1978年4月，解放军某部在湖北随县修建营房时，发现了一座大型古墓，墓主人是战国初期曾国的一位名叫“乙”的人。此人酷爱音乐，在他的墓中出土的乐器有磬、鼓、瑟、琴、笙、[illegible]和一套铜制编钟，吸引了考古学家和声学家。





这套编钟由 8组 65个钟组成，分上中下三层，排成曲尺型，总重量 5000多公斤。钟架下面两层彩绘精美的方木横梁，由六个仪容俊美的青铜武士分层托举着，钟架横梁的每端都有透雕蟠螭的青铜套，承重的底座是三个雕花的圆型铜座。用这架埋在地下将近 2400年之久的编钟演奏《楚商》、《洪湖水浪打浪》等古今乐曲时,美妙动听的乐声,余音袅袅,动人心弦。人们惊叹：原来并不是现代音乐家才懂得和声的立体感，我们的祖先早在战国初期就开始探索了！

仔细看看这 65个钟，大大小小，都有一定的几何形状。大钟的频率低，发音浑厚而低沉；小的频率高，发音清脆而高亢。每一口钟，都代表一个音调，配合起来就能奏出动人心弦的乐曲了。现在我们做个小实验，来研究一下编钟的原理：

找 8只玻璃杯,分别盛上不同量的水,由少到多地依次排列，用筷子敲打，使杯子依次发出 1(多) 2(来) 3(咪) 4(发) 5(索) 6(拉) 7(西) i (多)的音调。然后用这套杯子奏出歌曲。

你能结合这个小实验，说明战国编钟的原理吗？

口琴和笛子

编钟演奏的乐曲为什么悦耳动听，木棍敲石头的声响为什么不好听？除了声强和声调的区别之外，各种声音还有什么不同呢？

找一把口琴,再找一只笛子,分别用它们吹出c调do。

你会听出，口琴和笛子的声音仍然不同。

是的，不同的乐器即使鸣奏同一个音阶，依然有区别：大提琴深厚低沉，小提琴纤柔悠扬，笛子清脆婉转，军号激昂嘹亮……

不同的人即使演唱同一首歌，说同一句话，人们仍然能区分出每个人的声音。

原来，不同的声源发出的声音具有不同的品质，这种品质我们叫它音品或音色。

据分析，除了音叉，绝大多数声源发出的声音都不是单独一种频率的纯音，而是以一种频率为基础，伴随其他频率的复合音。例如,小提琴琴弦作 500 赫兹振动时,除了发出 500 赫的声音以外，还有许多较弱的声音，这些声音的频率都是 500 赫的倍数。在复合音中，那声音最强、频率最低的音叫基音，那些伴随基音的，频率是基音频率整数倍的叫泛音。基音决定声音的音调，泛音影响声音的音色。泛音的振幅总是小于基音，泛音也叫谐音。

你听过钢琴和黑管的演奏吧？如果钢琴和黑管的基音都

是 100 赫兹，那么钢琴发出的声音包含着 16 个谐音，而黑管只有 10 个谐音，它们的音品当然不同了。

把你自制的纸盒六弦琴拿来，往纸盒里放些砂子，再去弹一弹，你会听到六弦琴的音品变了。

把你的“锯条琴”插到门框的缝隙中，让它露在外边的长度仍保持原长，它的频率是没有变化的。弹一弹，你会听到，它的音品和插在抽屉上的时候不同了。

乐器的音品决定于乐器的发音方法、各部分的质料、结构和各种附件的配合方式，演奏技巧对音品也有影响。

胡琴能发出美妙的声音，不但和弦有关，而且和它的蛇皮筒很有关系。把二胡的蛇皮换成桐木板，音品会完全改变，它既不象二胡，又不象板胡，就是因为膜面的质料不同的缘故。把钢琴的音板去掉，音色就会变得单调、郁闷。

每个人的音品是由他的身体决定的，听话听音，根据不同的音品就能辩别是谁在说话。现代化的分析仪器能按频率把各种声音描绘成“声纹”，利用这种声纹就可以从人群中找出某个特定的人。专家们正在研究这一发现，不久的将来，也许可以用‘声纹’来破案呢！

音调、声强和音品是构成声音的三要素，千变万化的声音都是由这三要素构成的。如果我们掌握了每种声音的三要素，就能制造出各式各样的音响效果了。

1980 年 11 月初，首都文艺界 150 多位声效专家在首都剧场排演厅聆听了一台特殊的表演——表演者是一个长方形的扁木盒。这奇特的盒子居然发出了各种各样的声音：风雨

需要全本请访问 www.ertongbook.com