

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中小学音乐知识文库

— 音乐与自然



前言

音乐是怎样产生的？第一件乐器是什么？它是谁创造的？这个问题谁也回答不出来，不过有些古老的传说却很值得人深思。

比如德国新苔斯洛夫出版社编了本小册子叫作《万物之始》在这本书中有两节和我们这里所讨论的主题有关。一节叫作“什么时候开始有音乐？”，另一节则是“第一件乐器是什么？”在“什么时候开始有音乐？”这节中，该书写道：“当我们在森林里漫步时，树叶沙沙作响，小溪欢快地流淌，听起来真像一支乐曲，而细雨敲打窗户，鸟儿放声歌唱，不也是美妙的音乐吗？古时候，人们已经开始注意到自然界这种令人心旷神怡的音乐声响。”

那么第一件乐器是什么呢？《万物之始》这本书中讲了希腊的一个传说。传说中讲笛子是牧神发明的。一天牧神在河边的芦苇中发出叹息声，这时，他听到呼吸穿过这芦苇的声音，仿佛是一曲哀歌。他折断了一些芦苇，把这些长短不一的芦苇绑在一起，然后用嘴吹，于是制成了一件乐器。这传说中的牧神叫潘，他人身羊足，头上长着角，这芦苇则是潘所恋的仙女绪任克斯变的。牧神制成的这种乐器是排箫。至今排箫在英文中依然叫“Pan's pipe”，意思是“潘的乐管”。神话当然并不是真事，但人们又常常借助神话这类魔幻幻想的方式来表述真事。上面这希腊神话也是如此，它所讲述的真事是：最早的音乐凭借的是自然物，发出的是自然声响。

中国也有一些与音乐有关的动人传说，“子期听琴”就是其中之一。传说中讲钟子期和俞伯牙通过音乐结成密友，后来子期病故，俞伯牙悲痛万分竟把琴摔碎，并吟诗道：

摔碎瑶琴凤尾寒，子期不在对谁弹。

春风满面皆朋友，欲觅知音难上难。

此后中国对至交好友有个特殊的称呼叫“知音”。因为钟子期在听俞伯牙抚琴时听出他“意在高山、意在流水。”至今《流水》之曲仍是一支有名的琴曲，高山、流水都不是人工所成，而是自然中的声色。这说明，不仅音乐的声响与自然有关，就连音乐所表现的意境也和自然紧密相连。

音响也好，意境也好，都有它所遵从的规律性，也可以说都有其“道”。我国著名哲学家老子在他《道德经》一书中写了这样几句话：“人法天，天法地，地法道，道法自然。”这里的“法”指的是“效法”，“自然”一词则指宇宙间一切不是由人工所创出的东西，“道法自然”这四个字，把“音乐与自然”的关系又向上提升了一级。从这句话继续引伸下去就是音乐规律所效法的是自然的规律。

音乐效法自然，反过来可以说自然中蕴含着音乐，由此产生了这本书的主题：音乐与自然。

高科技时代的音乐与自然 (代结语)

当代有个新名词叫“高科技”，有个时髦说法是：“我们生活在高科技

时代”。的确，各种高科技手段不仅进入人们的日常生活，也进入了艺术领域、进入了音乐。音乐电脑系统出现在各种高科技展览中心，年青人则必听“电子音乐”。与之相对，从卓别林拍摄《摩登时代》这部电影始，就向人们提出下面这个问题：“科技发展是否破坏自然和背离自然？”，在科技高度发展的西方世界，某些人中甚至出现了对高科技的逆反心理，而一些电子音乐的大音量、强刺激也确实使不少心理学家担心。

科学技术从来是一把双刃剑：它既能帮助人利用自然、开发自然，若发挥不当又有可能让人背离自然、破坏自然，但是，宇宙在演化社会在变化、进化，这本身即是一种不可抗拒的自然律。谁能违反这不以人们意志为转移的自然律让科技停住脚？谁又能让艺术保持不变，把科技永远排斥在外？

事实上，《摩登时代》中反映的畸形图画和当代出现的种种不正常现象与其将其归咎于文明，不如说是愚昧的罪过。因为是愚昧把人变成“科技”的奴隶，一旦人真正认识了自然，打破了愚昧的枷锁，从自然中获得了自由，一定会在高科技帮助下产生出优秀的音乐作品。其未来前景已在我们面前展开：

首先，高科技会帮助我们认识音乐和自然更深层的联系。当代物理学研究中，科学家发现了“混沌”现象，“混沌”一词原本是古今智者研究宇宙和宇宙的发展所提出的，它反映了无序中所产生的有序——自组织，在当代音乐研究中人们发现音乐的信息结构恰好处在介乎无序与有序之间的临界态；又称自组织临界现象。这不禁让人想到了毕达哥拉斯、开普勒这些先哲的天才预见——音乐和自然的同构，想到那些“大宇宙——行星世界”和“小宇宙——音乐世界”为主题的音乐作品。

在分析这些现象时，计算机这类高科技手段当然是不可缺少的工具，不仅如此，将计算机合成的特殊音响加入乐器世界，则将音乐这“小宇宙”大大扩大。本文作者之一有幸听到一首名为《回到地球》的国外计算机音乐作品，顾名思义，这乐曲表现的是星际航行、宇宙的神秘、与外星人的交往等等，这乐曲的旋律歌唱性不强，但借助计算机功能所产生的丰富的音色变化，和使用微音律所编织成的复杂的旋律结构，确实使人仿佛看到那浩瀚的太空、陌生的星球，想到远方的生命或有智能的生物，以及这一切背后那深不可测的宇宙奥秘。在这些奥秘中最大的奥秘是人自身。人是自然所创造的，而人又仿造自然创造了音乐。

在商品经济高度发展的当代，在一些人眼中，“金钱”可以换来一切。孰不知艺术创造（包括音乐创造）并不是用金钱可以换来的，也决不应是金钱的附属品，它远远高于金钱和世俗的偏见。它的产生是由于随着社会的进步，“人终于成为与自己的社会结合的主人，从而也就成为自然界的主人，成为自己本身的主人——自由的人”（恩格斯），而不仅“自然向人生成”（康德），“人也按照美的规律来建造”（马克思）。

当人懂得了上面的“自然律”，在自然中取得了较大的“自由”和愉悦，“音乐和自然”这个主题将化出更新更美的“大”、“小”宇宙“交响曲”。让我们每个人都为这个交响曲奉献一个音符吧！因为音乐和自然属于我们大家。

音乐与自然

一、音乐发源于自然

前言中讲了有关音乐与自然的一些神话传说，神话传说是以某种独特的方式反映现实的。它可以启迪我们的心智，激发我们去认识音乐与音乐之间的紧密联系，并提供其间的一些蛛丝马迹。但是，若真要探究音乐如何发源于自然，则不能凭借传说，而必须认真地考察音乐发生和发展的历史。

“音乐”这个词是个常用词，也是人们，无论男女老幼，都十分熟悉的一个词，无须多作解释。但是，如要真正弄清音乐与自然的关系，还需要从音乐一词出发，把它的含意弄个明白。翻开辞海找到“音乐”这个条目，我们会看到条目下有这样一段解释：

“音乐是艺术的一种。通过有组织的乐音所形成的艺术形象来表达人的思想感情，反映现实生活，音乐的基本要素是旋律和节奏，其他重要表现手段有和声、复调、管弦乐法等。音乐是‘时间艺术’，必须通过演奏和演唱才能为听众所感受和产生艺术效果……”

无须多加解释，从这段话中不但可以了解音乐一词的含意，还了解了音乐的组成及它的基本要素，它要表达的内容是什么，以及它的艺术感染力或者说是艺术效果是怎样产生的，从下面叙述中大家会看到，这一切无不与“自然”有关。

（一）乐音源于自然

大家都知道，各种东西都有其基本构成单位，元素由原子构成，化合物的基本构成单位是分子，生物的基本构成单位是细胞，音乐与之类似，也有自己的“原子”或“细胞”，这就是乐音。

乐音指比较和谐和悦耳的声音，它原本存在于大自然之中。人们走进森林，会听到莺啼燕啭、百鸟合鸣；人们走到水边，会听到流水潺潺，浪花飞溅；人们走进山涧洞穴，敲击那洁白的钟乳石柱，会听到叮咚之声在空穴中回响。苏东坡在他的《石钟山记》中记载了这种大自然中的乐音。这石钟山下有许多‘石穴罅’（xià，缝隙）水扬起激波，就会激起如钟鼓一样的乐声。在两山之间、将入港口处，则有大石当中流，可坐百人，空中而多窍，与风水相吞吐时，也会发出“窾（kuān）坎镗（tāng）嗒”的钟鼓声，苏轼把这些自然乐音与周景王时所铸的无射钟和魏献子的歌镜相比拟，足见其乐声之动听。

无独有偶，在突尼斯有一眼泉，被称作“音乐泉”，音乐泉流出之处和石钟山的地貌非常相似，那里也有一座空心岩，水流过这里会被分成千百条细流，细流间相互撞击和鸣，发出千变万化的音响。

自然界的乐音远不止于此，春季百鸟的歌唱，夏日的蛙鸣，秋日的蝉声无不具有音乐性，受这些乐音的激发，我们的祖先自然还会展开那大自然所赋予的歌喉引吭高歌。

和现代音乐合成器由人工来控制音响不同，这些自然乐音，包括人的歌喉，其音响的构成遵循的是不以人意声为转移的自然规律（物理法则）。它

的音高由基音决定，音色则取决于谐波的构成，谐波的频率和基音构成某种比例关系。基音的强度最强，谐波的强度则随着与其频率与基频频率之比的增大而减弱，基频的频率、谐波的构成，都不由人所决定，要受振动和波的物理所控制，就是人的歌喉，歌唱者所控制的也只是发声方法，并不能改变物理规律。这形形色色的乐音传进人的耳朵中，又通过自然赋予人的听觉器官自然反应，使人“听”到了各种各样的悦耳的音响。这种自然乐音，像苏东坡在他的《前赤壁赋》中说的那样：“耳得之而为声”，“取之不尽、用之不竭，是造物者之无尽藏也。”但是，人类是不是只能永远“被动地”享受这种自然造物慷慨赠予的自然乐音呢？不管由于什么原因，总之我们的祖先并没有作这样的选择而是发挥了人独有的创造性，在制造种种劳动工具的同时，也制造出了自己的“奏乐”工具——乐器。

不过，人通过乐器产生的“乐音”，是不是完全与自然一刀两断了呢？当然不是。有许多乐器后面都伴随着和自然乐音有密切关联的动人传说。前面讲的希腊神话中排箫是由芦苇的自然鸣响引发而来，中国则流传着由竹管的自然鸣响引发出笛子的故事。

传说在苗岭九狮山一带，有个地方叫鬼国。这里的水族儿女人人有副好嗓子，常常放声歌唱。鬼国的老皇帝名叫阿奔，因为生来嗓子沙哑，十分嫉妒别人的美丽歌喉，他下了一道禁歌命令，凡是唱歌的人都要被砍头。九石山岩头有个寨子叫楠竹寨，楠竹寨中有个年轻的篾匠名叫竹郎，还有个美丽的乡村姑娘名叫雅妹。竹郎和雅妹十分喜爱唱歌，他们不管皇帝的禁令，走到哪里唱到哪里。

有一天竹郎和雅妹坐在坡上对歌，忽然听到一阵悦耳的响声。便循声去寻找，找来找去发现是风吹空竹发出的声响。竹郎想到了一个新鲜的办法，他取了一节竹子，把它钻空，又在上边挖了七个洞。竹郎用嘴去吹，出来的声音十分动听，还可吹出不同的曲调，在雅妹的敦促下，竹郎给这乐器取名叫笛。

尽管后来竹郎被凶狠的皇帝用毒酒害死，雅妹也为了抗拒皇帝的求婚撞死在金殿，“竹笛”这由自然乐音的启发而产生的乐器却留了下来，直到现在。

传说历来是用不着去考证其真伪的，但传说又总有其“真理的”内核，当听到我们祖先的伟大创造编钟所发出的那种特有的浑厚动人心弦的鸣响时，再对比苏东坡的《石钟山记》，有谁能在这一巧夺天工的人的创造与“自然造化”所产生的奇迹之间划出一条不可逾越的鸿沟？在听到民间艺人声情并茂地吹奏出《百鸟朝凤》中的各种鸟鸣时，又有哪个能强辩说这乐声不是源于自然中的百鸟鸣唱？嵇康的《琴赋》中曾这样写道：

依记那高耸的树木啊，
背靠那巍巍的山岗；

……

包含天地的醇和啊，
吮吸日月的光芒

（原文：惟倚梧之所生兮
托峻岳之崇岗

.....

含天地之醇和兮，

吸日月之休光。)

乐音正是这样紧密地和自然联在了一起。

(二) 音律与宇宙的和谐

乐音本身是和谐悦耳的，但乐音的随意串接，并不就是音乐。从乐音到音乐需要通过一个阶梯，这个阶梯是音的阶梯，所以被称作音阶。音阶顾名思义是一串按音高次序排成的楼梯——音列，会唱歌的人都认识简谱上的 1、2、3、4、5、6、7，读出来是 do、re、mi、fa、so、la、si，电影《音乐之声》中还专有个歌叫《do、re、mi》。但是，这音阶是怎么来的呢？为什么从古到今，从南到北、从西到东，唱歌也好、奏乐也好，都要用这一串音？尽管音的称呼在各种文化中并不相同，这串音的选用和其中的规则也不尽相同。对这些规则，音乐中有个专门名词——音律。在各种律制中，这一个个台阶间的关系大同小异，其所以如此，答案只能有一个，音阶的关系有一种自然倾向。

最自然的阶梯自然是八度音，也就是弦长的比数是二比一的两个音之间的关系。相隔八度之间的基频频率比也是二比一，其谐波的频率则有许多相互重合，这两个音同时奏响，在人的耳中听来十分合谐统一，所以不论哪一个民族、哪种文化，也不分哪种律制，以八度音作基本分段单位，再分阶梯这点是共同的，八度音之外，就是五度音。相隔五度的两个音的弦长比是二比三，从数学上看它形式简单，从物理上看，也有一些相重的谐波，两个音同时传入耳中也很谐和，以上这种自然的和谐性是音阶的基础。正因为此，由五度相生关系产生的五声音阶 do、re、mi、so、la (由 1 5 2 6 3) 是古代最常见的一种音律，但只以五声作乐，旋律的变化未免太单调，所以无论中外，又都逐渐走向七声音阶，最后进入十二律。

从七声音阶开始，这音的阶梯中有了许多不谐合关系。这是自然的另一面。要知道自然界不总是风和日丽，也常有电闪雷鸣，一个音列中的各音之间既有协和关系，又有不协和关系，是协和与不协和的统一体。

为了把音列中的十二个音都组织在同一种自然关系下，东西方的律学家先后分别提出了十二平均律。我国古代大学者朱载堉，明仁宗第六代孙，在 1567—1581 年间完成了十二平均律计算，并制作出十二平均律管。稍后，1691 年萨古森的风琴演奏者维尔克迈斯特在他的《音乐的律法》一书中介绍了平均律。巴赫则在 1722 年完成了《十二平均律钢琴曲集》，以其音乐实践说明平均律的实用性。

从表面上看，十二平均律中各音的关系似乎并不合乎自然阶梯，因为这里没有一对音高比（八度除外）是简单的整数比，但自然中事物的数量关系多种多样。十二平均律应用的是自然界中很常见的等比关系，细胞分表明一分为二，二分为四，四分为八，是一种等比关系，其比数为二。十二平均律的相邻两个音的频率比也相等，不过比数不是二，而是 $12\sqrt[12]{2}=1.059463\dots\dots$ ，朱载堉在十六世纪能算出这样复杂的比数，实在是了

不起。不仅如此，他还继承了中国古代乐律理论中的合理成份，以十二律对十二节气，分别以春分、夏至、秋分、冬至来比喻十二律中的蕤钟（第二律）、蕤宾（第五律）、南吕（第八律）和黄钟（第十一律）。

律学家看到音律中有着自然规律：数学和物理；一些科学家则认为，自然规律中有着音乐，宇宙的音乐。开普勒是其代表。

长时期以来，人们受自己的视觉蒙蔽，把地球看成了世界的中心，认为太阳和其他天体都围绕着地球运行。公元 1540 年，哥白尼在犹疑了三十年之后，终于决定将他的“天体运行说”手稿公开发表。公元 1543 年，在哥白尼即将离开人世前一小时终于看到自己这划时代的著作印出。在这作品中，哥白尼用诗一般的语言宣告：“在所有这些行星中间，太阳傲然坐镇。在这个最美丽的庙堂中，我们难道还能把这发光体放到别的更恰当的位置使它同时普照全体吗？”在提出日心说的同时，哥白尼也提出了宇宙的和谐，他说，过去的地心说“不能认识或解决主要问题——宇宙的形状及其各部分的不均匀称性（按：和谐性）。这就好象一个艺术家为了画像从不同的模特儿身上选取手、脚、头和身体其他部分，每一部分都画得很好，但不属于同一个人的身体，大小不能互相配合，结果不是人，而是一个怪物了。”从这段话可看出，哥白尼对地心说否定的理由之一是它的不和谐性，与之相反，若把太阳作为中心，则“在这个序列中（按：指日心说中行星的排列次序），我们发现宇宙妙不可言，以及各种运动和轨道大小之间所明明白白显示出来的和谐结合。”（重点号全为本书作者所加）。

现在轮到开普勒出场了。开普勒是日心说的拥护者，因为他原本就认为宇宙应该是和谐的，而现在哥白尼又在杂乱无章的天体运动中找到了简单而和谐的规律。在哥白尼日心说指引下，开普勒提出了那著名的行星运动三定律。这三条定律如今已进入了中学课本，它的基本内容如下：

1. 太阳行星的轨道是椭圆，太阳位于椭圆的一个焦点处；
2. 太阳与行星的连线在相等的时间内所扫过的面积相同；
3. 行星绕日运动周期（ F ）的平方与行星轨道椭圆半长轴（ D ）成正比。

开普勒的前两个定律发表在他《火星之论述》一书中，而论述他第三定律的那本书，开普勒将其命名为《宇宙的和谐》。在开普勒眼中，天体的运动不再是某种冷冰冰、无生命的周而复始的运转，与之相反，它是一首多声部的天上音乐。离太阳较近的火星、金星、地球，唱的是高音：金星是女高音，地球是男高音，火星则是男高音的假声在歌唱，离太阳远的木星、土星、唱的则是男低音，请注意在这乐曲中没有天王星、海王星、冥王星，因为它们尚未被人发现。各星球的乐曲也各不相同。轨道圆圆的金星只唱一个音；轨道稍显出椭圆样子的地球唱着“343”；水星呢，轨道较扁，离太阳时而远，时而近，于是便唱出一长串从低到高又从高到低的音列。

据说开普勒是从一首名为《和谐的序曲》的古老乐曲中受到启发的，而他自己则以他的宇宙理论谱写了一部奇特的行星音乐之声。开普勒把这行星音乐记在了乐谱上，几个世纪后，当代音乐家威利·卢福和钢琴家罗杰斯又将这天体运动变成可以听得见的音乐。这工作是在美国普林斯顿大学计算中心完成的。在计算机的帮助下，这项工作并不十分复杂。首先根据开普勒定律算出行星和太阳的距离随时间的变化，然后再根据某种数学关系把距离的变化转化成音高的变化，这便成了一首乐曲，不过究竟怎样把距离变化和音

高变化联系起来，办法并不只有一个。所以同一个天体运动可以变化出许许多多支乐曲，换句话说，在这种严密的计算中实际上已将创作者本人的某种意图包容了进去，因而不可避免地具有了创作者的个性。而换一位音乐家来作这工作很可能会是另一种风格。

宇宙中不只有太阳一个恒星，夜空中那布满苍穹的万点繁星都是恒星。由于地球在不断自转和公转，人们在不同的时辰、不同的地区不同的季节所看到的星空各不相同。为了帮助人们在某个特定的时间、季节找到某个星座，或某颗星，天文学家绘制出不同地区、不同时间下的星图。把分布在天空中的恒星利用一定的方法绘在平面上。和行星与太阳的距离变化可以变成乐曲一样，星图上各个星之间的距离变化也可以通过某种方法变成乐曲，例如现代作曲家约翰·凯济的《南方练习曲》就是用在星图上划线的方法作出来的。

在星图上划线已有了几分随意性。有的作曲家则采取了更为“彻底”的方法。人们早已认识到，世界上并不只有一环紧扣一环的因果关系，偶然性在事物的发生和发展过程中也起着重要作用。为了体现自然中这种“偶然性”的存在，有些作曲家采取了一种“自然”的或者说是“随机”的作曲法。在这种作曲法中“骰子”起了很大作用，因此又可称“骰子”作曲法，具体作法是这样的：作曲家使用一种木制的盘，盘上刻有五线谱表，谱表上则钻有许多插孔，每个插孔都编了号，在作曲时，作曲家根据掷出的骰子数，将音符的插件插在相应的插孔处，曲子中的每个音符都靠这种方法得出。可以想象，用这种“纯自然”的随机方式创作出来的音乐，很可能是非常奇特的，不过，不要以为只有现代作曲家才会用这种方式创作，实际上，早在十八世纪，举世公认的音乐天才莫扎特就曾用这种方式创作了一首名为《倚音》的作品，在这首乐曲的封面上，还专门用文字注明该乐曲是用掷骰子的方法创作而成的。另一位奥地利大音乐家海顿，也曾应用过这种方法进行音乐创作。

（三）音乐的节奏、速度与自然

音乐不只有旋律这一个要素。任何乐曲都是依着一定的节拍进行的，同时通过音响的轻、重、缓、急形成一定的节奏。节奏支撑着乐曲的进行，同时也是乐曲结构的基本要素。没有节奏的旋律构不成音乐，而不伴有音乐旋律的打击乐却早在远古时就已存在。从历史记载和当代文化未充分发展的一些偏僻地区的情况看，打击乐是最先产生的音乐，或者说人类对音乐节奏的认识早于对音律的认识。

打击乐和音乐的节拍、节奏是如何产生的呢？这更难以考据，但是反过头来看，节拍和节奏又是非常自然的，音乐怎么可能没有节拍或者说不按着一定的节奏来进行呢？当猿人直立起来走出森林时，那左、右交替的步伐不自然形成一种 2/4 或 4/4 的节律吗。不同速度的 2/4 或 4/4 节拍，如今仍是音乐中最常应用的两种节拍形式。和节奏有关的不仅是人的行进，伐木工人在森林中挥起斧头伐木，树木倒地后大家一起“吭唷、吭唷”地抬木头，海边的人家在夜深人静时听到的周而复始的惊涛拍岸，城市的居民在雨后听到那从屋檐上滴下的点点雨滴，不都有着它特定的节奏？

节奏是音乐不可缺少的要素这点几乎无须由理论家来论证，而是自然而又自然的事实。常用的音乐节奏的慢也和自然有关，常人的心跳（或者说脉搏跳动）是每秒 60—80，这相当于音乐的中庸节奏，比这慢的节奏 Adagio

或 Andante，常表现安详、抑郁或忧伤的情绪；而表现激情，热情、狂喜等则会用快速的 Allegro 或 presto，比如贝多芬的《热情》和《悲怆》两个著名奏鸣曲的最后都应用了一泻千里的急速进行，前者最快时是 $\text{♩} = 92$ ，后者更高，达 $\text{♩} = 100$ 。

进行曲采取队列进行的步速，节日中的欢呼跳跃应用节奏急促的音乐，葬礼上的音乐则相反，节奏沉重缓慢。以快速节奏表达狂喜的一个典型例子是舞蹈《快乐的啰嗦》的伴奏曲。这舞曲节奏越来越快，舞蹈的欢乐气氛也越来越浓，当舞蹈者高扬手臂以表达奴隶挣脱锁链后的狂喜时，舞曲节奏之急促也达到了人动作所能达到的最高频率。

人的自然步伐是左、右、左、右的往复，所以二拍四拍是最早产生的音乐节奏。不过要是只有 $2/4$ 、 $4/4$ 这样的节奏，未免失之于单调，于是出现了 $3/4$ 拍和它的变体 $6/8$ ，3 是奇数，起于左脚，又落左脚，依乐而和时，似乎有点不自然，但只要两小节一计，便又成了周期性的变化， $6/8$ 则根本不存在上述问题，其他的复杂节拍不再一一而论。总之复杂节拍的诞生，既不违背人自然动作的节奏习惯，又满足人在追求规律性的同时又希望有变化的两方面的愿望。

而今音乐作品中，节拍、节奏的变化已成为表现情绪的一种重要工具，节拍要以数计，所以在应用节拍、节奏变化时，必不可免地要依据数目的自然特性。把 $3/4$ 分母、分子同乘 2，变成比数相同，但每小节之节拍数不同的 $6/8$ 拍应用的就体现了分数的自然特性——分子、分母同乘一数，其分数值不变。中国苏南民间吹打击乐《十八六四二》则把数的自然特性应用得非常自如。

从曲子的名称看，十、八、六、四、二是一个等差数列、早在古希腊时代，数列就是科学家们很感兴趣的一种自然数的关系。等差数列是最简单的一种，它的特点是数列中各相邻两数的差彼此相等。有趣的是这个苏南吹打乐不仅曲名是一个等差数列，乐曲的拍节结构所依照的也是这等差数列。只不过这里的数目所表示的并非通常的拍节数，而是别有其算法。全曲中数列的变化有许多方式，民间艺人给它们起了专门的名称，其中有些名称也用的是自然物。如节拍数递减的称作《蛇脱壳》，它生动地借助自然物描述了一次比一次少的特征，有如蛇一层一层脱壳的节奏特点。还有一种节奏，其特征是由少变多，又由多变少，艺人们称它作《金橄榄》。这名称中有形，以橄榄表示节奏点数由少到多又由多变少，也有色，以金色比喻其音乐性的光彩照人。可以说颇为生动、贴切。

音乐存在节奏合乎人的自然，而节奏也会在某种程度上影响人的自然，比如餐厅中常常有音乐伴奏，曲目的选择则很讲究。宴席通常在节奏缓慢的抒情音乐伴奏下进行，这音乐使人悠然自得，大家边进食、边聊天，愉快和谐。情侣们坐在有抒情音乐伴奏的餐馆中，更增加了几分柔情蜜意。但是快餐店却万万不能用这样的音乐带，否则用餐者进餐速度上不去，其结果是餐桌老是空不出来，于是快餐店的生意会大受影响。事实上快餐店老板们早就注意到音乐节奏对人的行为节奏的影响，他们总选用快节奏的轻音乐作餐馆的环境音乐，在这种音乐节奏的影响下，用餐者的进食速度自然而然地快了起来。

不同的节奏的音乐还可以在人的想象中引出不同的自然景色。如蒙古族民歌中的长调，那舒缓的节奏使人感受到大草原的广阔，一望无垠，而《鄂

尔多斯舞曲》后半部中节奏欢快、急促，则使人仿佛看到草原上有一群骏马在跳跃、奔腾。朝鲜族的舞蹈除了有乐器伴奏外，还伴有长鼓的击节。当收获季节到来，人们会和着长鼓的节奏，跳起欢乐的丰收舞。其中最欢快的节奏要数×.× ××|○× ○×|鼓点了。当长鼓快速击出这节奏时，不仅欢乐之情跃然于鼓声之中，人们也仿佛看到那一捆捆金黄的稻子飞快地垛成了高高的金黄色的谷堆。

尽管以上的这些例子，已相当充分地说明了节奏和自然的关系，但若是只有这类事实，音乐节奏与自然的联系还是显得太一般了。事实上大自然与音乐节奏间的奇妙联系并不止于此，正像行星运动与音阶和音乐旋律有着奇妙的关联一样，在茫茫的星空中也有着音乐节奏。

许多读者或许还不知道，在群星之中有一种特殊的恒星叫作“脉冲星”，科学家们也是直到本世纪六十年代末才对“脉冲星”有了些认识。为什么叫脉冲星呢？因为这种恒星发出的辐射并不是稳定的，而是和人的脉搏相仿，是脉冲式的，有固定的周期，辐射脉冲很短促，一般是每0.03—4秒一次，也可说是每分钟辐射15—200次左右，音乐的节奏速度就在这范围之内，这种特殊的星星当然引起天文学家们的注意。

本书作者之一有幸在1980年时听到一位著名的脉冲星专家讲有关这种恒星特殊性的学术报告。这位名叫戴斯勒的天文学教授在报告中别出心裁，把调制这种恒星辐射的脉冲讯号转化成声频信号，向大家播放，这讯号听起来简直就像是迪斯科音乐的节奏。戴斯勒给他配上迪斯科的旋律，二者也配合得天衣无缝。可以这样说，如果脉冲星不是发现于六十年代，而是发生在迪斯科音乐产生之前，人们会真的认为，迪斯科的节奏得之于“天启”，或着说是“大自然的启示”。不过尽管迪斯科特殊节奏的产生与脉冲星并没有什么直接的联系，但这种自然节律与音乐节奏的相似性不仍然值得人惊讶不已吗？

《音乐源于自然》这一节就要结束了，尽管作者已用了相当多的笔墨阐述了命题，说明从乐音到音律，从音乐的旋律到音乐节奏无一不能追溯到自然这个源头，但只能说是刚勾画出从自然之源到音乐之流的一个侧面，现在还是让我们用科学家和艺术家的几段话为这个论题作一总结。首先是著名英国物理学家卢瑟福在研究原子光谱时说：“如今我们在光谱线的絮语中听到的声音，是从原子中响出的真正的天籁，是各种完整关系的和音，是尽管形形色色，但却在逐渐加强的秩序与和谐。”另一段话则是著名诗人歌德所说，他把艺术中任何完美性都看作是自然界的崇高美的一个小小的表现。于是他认为“因此，艺术家感谢大自然赋予他生命，并将一个新的第二自然回赠给它，然而这个第二自然用感情和思想创造的，是按人类的方式完成的。”

是的，象构成自然万物的原子一样，大自然中响彻和谐和多彩的天籁，而音乐家和一切艺术家一样，把自己按照人类方式所创造的新的第二自然回赠给它，这第二自然则是音乐家的音乐作品。

转引自《艺术与科学》，[苏]米·贝京著，文化艺术出版社出版，P231。

同上，P254。

二、与自然有关的音乐作品

乐音、音乐均源于自然，在自然又赋予音乐家以无尽的创作灵感。从古代到今世，从东方到西方，有多少著名的音乐家被自然之美激起一泻千里的创作灵感，又有多少音乐名作把丰富多彩的自然美景融于动人心弦的音符之中。自然的赠予与人的第二自然的回赠，本身就构成一首动人的音乐史诗。

在西方，早在巴洛克时期，亨德尔（1685—1759）就写了《水上音乐》，在他著名的清唱剧《弥西亚》中则有《田园交响曲》。浪漫时期与自然有关的音乐作品更是数不胜数，约翰·施特劳斯（1825—1899）的《蓝色多瑙河》是人们十分熟悉的，这乐曲以圆舞曲的形式表现了美丽的多瑙河诗一般的意境。而柴科夫斯基的钢琴套曲《四季》则以音乐的诗句写出了一年四季自然景象，从初春生机盎然的雪松草到冬日那一望无际的大雪原。

历史进入了二十世纪，这个时期的音乐被称作“新音乐”，因为在我们这个世纪，作曲家的观念和以前相比有了很大变化，他们不再把“调性”当成一个重要的结构因素，他们的作品中节奏也变得比以前复杂，并将不和谐统统作为表现工具。但形式上的这种种变化丝毫没有影响音乐中“自然”这主题的重要地位，我们随手便可拈来新音乐时期中与自然有关的各种作品，如德彪西的《大海》，拉威尔的《水的游戏》，兴德米特的《世界的和谐》或称《宇宙和谐》等等。

以自然为主题作乐并不分东方、西方。从中国古曲、民间乐曲以及作曲家的作品中都不难举出许多与自然有关的曲目。从《高山流水》到《春江花月夜》，从《二泉映月》到《平湖秋月》，从《雨打芭蕉》到《百鸟朝凤》，无不与自然有关，就连许多曲牌的取名都和自然有关，比如：《鹧鸪飞》、《一枝花》、《寄生草》等。

好了，以上事实已足以说明自然是如何激发着作曲家的灵感，又深入到作曲家的音乐作品之中。为了更好地了解这与自然有关的音乐世界，让我们还是进入音乐所创造的“第二自然”之中，去领略那里的高山、流水、花、草、树木、走兽、飞鸟，以及春、夏、秋、冬吧。

（一）音乐中的流水和高山

在描写与自然这个主题有关的音乐作品中，涉及“水”的作品占有重要地位：这多半是因为流水不仅是一种视觉能感受得到的美丽景色，也是听觉能捕捉得着的悦耳音响。这种声色交溶的自然景色很易激发起音乐家的创作灵感，无论是那清清的山泉、静静的小溪、平如镜的湖泊，还是那奔腾不息的河流、直泻而下的瀑布、波涛汹涌的大海都会以种种方式化作跳动的音符，绘出一幅幅音乐的图画。

最古老的与水有关的音乐作品是哪一曲，现已无从考证，但中国的古曲《流水》至少可算得上其中之一。这曲原本是古琴曲《高山流水》中的一段，现所传的谱是从《神奇秘谱》这琴曲集中得到的，据这曲集中所说的“《高山》、《流水》……本只一曲。……至唐，分为两曲。”这里只谈《流水》。《流水》一曲现流传较广的是四川琴人张孔山的传谱，载于《天闻阁琴谱》

中，据人说，张孔山以其超人的琴技，特别是“七十二滚沸”的奏法，描写了流水的奔腾澎湃。

如果说《流水》一曲描写的是流水的动态，那么瞎子阿炳（华彦钧，1893—1950）的二胡曲《二泉映月》则描写了流水的静态，听着二胡的演奏，你会觉得自己仿佛来到了清清的泉边，看见泉水静静地流淌，明月在其中映出倒影，这水月交融会引起你无穷的遐想。

《春江花月夜》这首民族管弦乐曲也有水、有月，但给出的是又一种意境，这乐曲由琵琶曲《夕阳箫鼓》改编而成，也有人称作《浔阳夜月》，在这乐曲中既有“春江潮水连海平，海上明月共潮生……江天一色无纤尘，皎皎空中孤月轮。”（张若虚《春江花月夜》，唐）的水月交融的静态，又有白居易《琵琶行》中所描绘的流水澎湃之动态：“大弦嘈嘈如急雨，小弦切切如私语，嘈嘈切切杂乱弹，大珠小珠落玉盘。”最后是“银瓶乍破水浆迸，铁骑突出刀枪鸣，一曲收拨当心画，四弦一声如裂帛。”有趣的是白居易这首诗中所应用的描绘也均借助于自然音响。

古筝曲《渔舟唱晚》，也是与水有关的，但水面上多了些渔舟。不过自然原本是要人来欣赏的，而人在自然画图中，有时也能为自然增添上几分光彩。请大家设想一下，在那静静的江南水乡，夕阳西下、晚霞映照，在水面上一只只渔舟归航，鱼儿在舟上跳动，渔人在舟上唱起了渔歌，难道不正是一幅美丽无比的自然画卷吗？

是河水哺育了人类文明，世界各大文明古国无不在大河边发源：中国的黄河、长江，印度的恒河，埃及的尼罗河，美索不达米亚的幼发拉底河等等。当代的一些强国文明的发展也与河流相连，如俄罗斯的伏尔加河，美利坚的密西西比河，英国的泰晤士河等。流水与人类文明相连，流水中的诗情画意也中外相通，各国音乐中都有不少与“水”有关的传世之作，特别是欧洲的“水”，由于近世音乐家多出于欧洲，几乎欧洲的条条河流都进入了音乐作品之中。

在关于河流的音乐中，流传得最广的恐怕当属奥地利作曲家约翰·施特劳斯的《蓝色多瑙河》了，几乎在每个舞会上，人们都会合着这首舞曲翩翩起舞，而它的主旋律 13 5 | 5—5 | 5……，凡懂点音乐的人几乎都能哼出。据说施特劳斯是根据匈牙利诗人贝克（1817—1879）歌颂多瑙河的诗篇的意境写出这首圆舞曲的。但是，如果这位作曲家没有亲身领略过多瑙河的自然美，他的心灵决不会与贝克的诗篇发生共鸣，这诗篇的意境也不会通过这位作曲家的手，化作那动人心弦的乐符流传至今。

美丽的莱茵河也是音乐家们偏爱的主题。舒曼的第三交响曲的标题是《莱茵》，舒曼是在莱茵河畔杜塞尔多夫城完成此曲的。莱茵的风光，莱茵地区的民间传说，给舒曼以极大感染，促使他写出了充满莱茵河传奇色彩的《莱茵》之曲。

可以说每个国家都有由自己的河流引发的音乐作品。捷克作曲家斯美塔那（1824—1884）的交响诗套曲《我的祖国》中之第二首写的便是家乡的河流——伏尔塔瓦河。这是条小小的支流，最后汇入易北河中。它的名称其他国家的人并不熟悉，但对斯美塔那来说，伏尔塔瓦河哺育了他，也孕育了他的音乐作品。斯美塔那这套曲由六首交响诗组成，其中五首与捷克自然景物有关，除了伏尔塔瓦河，有波希米亚的平原与森林，有布拉格附近的布兰尼克山，还有捷克的古城堡和古代城市。

关于河流的音乐有着各种风格，现代英国作曲家兰伯特（1905—1951）作的《格兰德河》一曲，将爵士乐风味和古典音乐相融合。乐队编制不用木管，而采用爵士乐中的打击乐器，并将女低音独唱、合唱、钢琴与乐队合奏结合在一起。

俄罗斯的著名民歌《伏尔加船夫曲》，冼星海的《黄河大合唱》则把自然与人结合了起来。让自然流淌的河水作为历史的见证，诉说人民的苦难、希望与欢乐的憧憬。

水流千里归大海，大海无边无际，大海里的波涛翻滚都给人无穷的乐思。德彪西题为《大海》的交响诗以他独特的印象派风格，描述了从黎明到中午的海上风光，海上那浪花的游戏和风与海的对话。现代英国作曲家伏昂·威廉斯（1872—1958）则借助美国诗人惠特曼关于大海的诗篇写了《大海交响曲》，不仅描绘了那翻滚的《海浪》（第三乐章），那《海与船的歌》（第一乐章），还写了人在《夜中海滨独步》（第二乐章），和海上的《探险家》（第四乐章）。

大约是由于英国紧靠海的缘故，所以海对英国作曲家有特殊的感染力，一位叫埃尔加的作曲家还用音符为海绘出了一幅幅“海景图”。这以《海景图》为题的音乐作品，是包括五首歌曲的声乐套曲，在埃尔加笔下，大海是宁静的。这里有“安睡的海洋”（第一首），有“生长珊瑚的地方”（第四首），有宁静的“海上安息日之晨”（第三首），以及“游泳者”（第五首）。

山与水紧相连，水借山势而一泻千里，山则因水色而更显得明秀，所以中国的古曲“高山”、“流水”连成一曲。西方作曲家则有不少专门写山的作品。这里的山有仙女们聚集的仙山，如英国作曲家巴克斯的《在仙山中》，也有现实中险峻的山峰，如理查·施特劳斯的《阿尔卑斯山》交响诗。施特劳斯的这首作品描写了登山者攀登阿尔卑斯山的情境，有“夜间”、“高攀”、“险境”、“山巅”等十二个段落，还大量应用了不协和音，并使用了模拟风声和窗鸣的音响，这在当时是不多见的，近代法国作曲家玛蒂依（1910—1976）亲登阿尔卑斯山顶，写下了以《山顶》为标题的第四交响曲，卷首还有这样的诗句：“奋力登高山，遑遑何所寻？宇宙先驱者，但求遇神圣。世事多忙碌，安得此纯真！”这诗句充分表达了音乐家希望复归大自然的心情。

山有不同的风貌，写山之曲也有不同的风格。美国作曲家格罗菲（1892—1972）以交响组曲的形式写了《大峡谷》这游记音乐，描写了清晨太阳照射在峡谷的悬崖断壁间的奇景：阳光在荒漠上辉映出变化不定的色彩，山谷中有崎岖的荒径，驴子在荒径上踉踉前进；太阳落山，晚霞辉映，突然间电光闪闪大雨倾盆；最后雨住云消；托出明月，皎皎清光照耀美丽的峡谷。法国作曲家丹弟（1851—1931）则以交响诗形式描绘了《夏日山中》。乐曲是根据法国作家庞普路纳的散文诗写成的，描绘了夏日山中的清晨、中午和黄昏的景色。无独有偶，求斯特与山有关的作品《山中所闻》也是交响诗，其构思同样是根据文学作品——雨果的诗，这诗反映了雨果面对自然界的凝思。中国作曲家则用自己的独特风格在音画《黔岭素描》中描绘出中国的山色，中国作曲家的“民族音乐之笔”，描绘出贵州特有的石骨嶙峋、暗河与溶洞相伴的地貌（地质学中称岩溶地貌或喀斯特地貌）。

（二）音乐中的花草树木

当春天到来的时候，百花盛开、万紫千红，绿草茵茵、绿树成荫，到处生机盎然，即使是秋风萧瑟，或是大雪纷飞，也有那笑向秋风的菊花和傲对冬雪的松梅。花草树木不断引出文人墨客的诗情画意，也给音乐家以无尽的音乐灵感。

论花，柴可夫斯基《花的圆舞曲》（胡桃夹子组曲）中的最后一组，是脍炙人口的花的曲目。这作品以圆舞曲的轻快节奏，和优美动人的旋律，使人仿佛回旋于万紫千红的花丛之中。可与这作品相比美的是法国作曲家拉威尔（1875—1937）的《花之语》（又称《高贵而动情的圆舞曲》），还有由美国诗人鲁宾逊（1869—1935）的诗篇《不谢之花》激发出的莫里斯的第三交响曲，它有时也称作《不谢之花》。

和草原有关的当首推俄国作曲家鲍罗廷的交响诗《在中亚细亚大草原上》。它的浓郁的东方色彩和迷人的旋律，把人的思绪引入一望无际的中亚草原之中。没有绿草如茵不能衬托出繁花似锦，而草原又使人联想起同样是绿色的森林。森林与森林不同，巴克斯的《十一月的树林》写的是秋风瑟瑟落叶飘零，萧斯塔科维奇的合唱《森林之歌》与之相反，以生气勃勃的音符唱出让大地披上绿色森林外衣的欢愉情绪。斯美塔那的《波希米亚的平原与森林》（《我的祖国》交响诗套曲之四）激荡人们怀古之情。中国作曲家刘敦南的《山林之歌》则以中国风格的音乐语汇写出了浓郁的民族风情。

至于描写田园风光的乐曲更是数不胜数，亨德尔的《田园交响曲》是他清唱剧《弥赛亚》的一部分，以田园的幽静衬托耶稣诞生在农家马厩中，巴赫的《田园交响曲》与亨德尔的作品异曲同工，同样是以耶稣诞生为背景的清唱剧中的一段，采用了牧歌的曲式。贝多芬的《田园交响曲》是完整的交响乐，在田园风光中加入流水声、风声、雨声和牧人的歌声，罗桑恩的《田园》是他第二交响曲的别名，作者自称，此曲源于他乡居生活的感受。英国的伏昂·威廉斯也有首交响曲（第三交响曲）以田原为名。曲中描述了青山环绕、花草错杂、和风拂面、鸟雀高鸣的景象，还加入了无词独唱。

（三）与动物有关的音乐

不仅自然界的湖光山色，潺潺流水、密密的丛林无一不激发着作曲家的灵感，就是那空中的飞鸟，林中的走兽、水中的游鱼也会激发出作曲家的无穷乐思。

最为人所熟知的与动物有关的音乐无疑要数法国作曲家圣桑的《动物狂欢节》了。这乐曲作于1886年，是由两架钢琴和九件乐器奏出的室内乐组曲，全曲一共十四乐章，更确切地说是十四首乐曲形成套曲：1.引子与狮王进行曲；2.母鸡与公鸡；3.驴群；一群急驶的动物；4.乌龟；5.象；6.袋鼠；7.水族馆；8.长耳朵的角色；9.林中杜鹃；10.鸟舍；11.钢琴家；12.动物化石；13.天鹅；14.终曲。

从这首套曲中，我们不仅能领略作曲家那充满灵感的创意和娴熟的作曲技巧，还可体验到作曲家对这种动物活动习性的细致的观察和深刻的把握，每首乐曲中，我们都能领会到作曲家如何以他那高超的点睛之笔形象地刻划出要表现的动物之神态。狮是兽中之王，狮子的进行曲节奏庄严，极有王者的气派，为描述象那缓慢沉重的步伐，圣·桑让低音提琴奏出声音轻重、节奏缓慢的音乐主题。袋鼠的乐曲轻快，用了与休止符交替进行的、带装饰音

的跳音，像袋鼠一样有跳跃性。《水族馆中》这首乐曲也很有特色，圣·桑应用了充满流动、色彩多变的音乐音响，让人仿佛看到各种水族生物在水中自在遨游，鳞光闪烁。

长耳朵的角色有一半是拟人，讽刺音乐批评家，曲中以戏谑的形式模仿驴叫，用竖笛模仿林中杜鹃的啾啾鸣声，同样是拟声，但旋律悦耳动听，这套曲的《天鹅》为终曲前的最末一曲，由大提琴和两架钢琴来演奏。乐曲平静舒缓，旋律优美动人，使人仿佛看到美丽的天鹅以高雅姿态昂首遨游于水中的情景。

海顿也曾以音乐为动物画像，他的《青蛙四重奏》以相邻二弦交换奏出同音，声似蛙鸣。而《云雀四重奏》则让小提琴奏出云雀的鸣啾。舒曼题为《蝴蝶》的十二首钢琴小曲，色彩缤纷，如一群蝴蝶，故得名。《野蜂飞舞》是里姆斯基·科萨科夫歌剧《萨尔丹沙皇的故事》歌剧的幕间曲。在这故事中，王子变成只野蜂，飞来飞去，叮刺那些讨厌的人。乐曲的旋律如野蜂嗡嗡鸣飞旋，就连《蜘蛛》这既无声又无色的昆虫，也成了音乐中的一个角色，法国的鲁塞尔写了首名为《蜘蛛的盛宴》的交响组曲，全曲共分五个乐章，描写在公园中夏日午后，一群蚂蚁在搬运花瓣，蝴蝶在旁翩翩起舞，旁边一只蜘蛛则张起了蛛网，一只蝴蝶投入蛛网。太阳西沉，小生物蜉游大量卵也一个个进入蛛网，成了蜘蛛的美餐。有趣的是，这乐曲的作者鲁塞尔所以创作此曲是因为读了法国昆虫学家法布尔的著作《昆虫生活的研究》后，产生了创作灵感，也可说是受了自然的激发。

这些以动物为主题的作品中，人都退陷在后，就连歌剧斯特拉文斯基创作的童话剧《狐狸》，剧中角色也全是动物：狐狸、猪、山羊、公鸡。圣·桑作品中的长耳朵是以象征性手法描写人，苏联作曲家普罗科菲夫却独出心裁，把人作为一个角色写入他以动物为题材的交响童话《彼得和狼》。

这首交响童话描写少先队员彼得在一些善良小动物的协助下，机智勇敢地捉住了凶恶的大灰狼，在这为儿童所作的音乐作品中，为了让孩子们易于捕捉角色的特征，作曲家让每个角色都具有自己的音乐形象和独特的音乐主题，并分别由一件或几件乐器表示。比如：用长笛表现小鸟，鸭子用双簧管表现，表现大灰狼的是圆号，表现爷爷的是大管，而主人公彼得则用弦乐代表。人物的旋律特征也很鲜明：三支圆号齐奏，以描绘大灰狼的贪婪、狡猾；彼得的音乐旋律轻快、节奏有跳跃性，用以勾画出一个可爱、活泼的少先队员形象。最后以激昂的定音鼓和大鼓代表猎人的射击。有趣的是，当彼得、爷爷和猎人扛着狼走向动物园时，人们不仅能听到小鸟的兴奋歌唱，还可隐约听到狼肚子中被吞食下的小鸭子的悲哀的呻吟。

（四）与宇宙有关的作品

人类对宇宙的思索最早是以神话史诗的形式体现的。这些史诗大都伴有音乐，因此说许多民族最早的音乐作品是史诗，而史诗中最古老的内容之一是开天辟地、宇宙起源是决不会过份的。荷马是位古希腊的盲歌者，他唱出了一首首至今脍炙人口的希腊神话传说，这神话以宇宙起源为开端，我国许多少数民族的神话传说也往往以史诗形式保存至今。在这些故事中同样有宇宙的起源。

在文艺复兴以后，人类对宇宙的思索方式从神话转为科学，它对音乐的

影响依旧，只是形式也有了新的变化，前面曾讲过，开普勒从《和谐的序曲》这首古老乐曲中得到启发提出了他“宇宙的和谐”的科学思想，他的宇宙和谐思想又反过来影响了音乐家，把“和谐的宇宙”作为音乐作品的主题。兴德米特（1895—1963）就是其中具代表性的一个。和开普勒一样，兴德米特也是个德国人，他14岁时进法兰克福音乐学院，1915—1923年任法兰克福歌剧院首席乐师，1927年任柏林高等音乐学教授，希特勒上台后他离开德国，于1937年辗转到了美国，战后往返于欧美之间。他倾向于无调性音乐，但又不同意十二音体系的作法，认为违背了美学原理。

交响曲《宇宙的和谐》是兴德米特的代表作之一。这个作品也有人译作《世界的和谐》，因为在结语中Welt一词既可作“宇宙”又可作“世界”理解，不过具体对这个曲目理当译作“宇宙”才切合主题。交响曲共分三个乐章：一、乐器的音乐；二、人的音乐；三、宇宙的音乐。后来兴德米特又把这交响曲发展为描写开普勒生平的歌剧，由作曲家自撰脚本，剧中描述了这位发现行星运行三定律，为牛顿发现万有引力定律打下基础的伟大科学家的一生。

霍尔斯特（英 1874—1934）的《行星组曲》，也有的人译作《行星》，是与宇宙有关的又一作品，这是首交响组曲，作于1915年，描述太阳系的行星。太阳系有九大行星，这乐曲用七个乐章，描述除地球和最遥远的冥王星外的七大行星。此外每个乐章都有一个拟人化的副标题。这七乐章分别是：1.火星，战争发动者；2.金星，和平使者；3.水星，插翅信使；4.木星，欢乐使者；5.土星，老年使者；6.天王星，巫士；7.海王星，神秘主义者。这里火星和水星的拟人化标题源于罗马神话，火星原文为Mars，原是战神之名，而水星Mercury原是罗马神话中的传信使，头带插翅盔，脚踏飞行靴。其他各星则是作者的想象，每一乐章都有自己独特的人格化的音乐形象。比如《战争发动者》用铜管乐的强烈吹奏来表现，《和平使者》的音乐则平静而缓慢。《欢乐使者》一曲气氛欢乐，《巫士》则以低音部为主，以象征巫术的深不可测。

太阳系原本只是宇宙的很小一部分，到了现代，人们对宇宙的概念有所扩大，关于宇宙的音乐自然也不能再只限于太阳系。美国作曲家克拉姆（1929—）的作品《大宇宙》就是这样，它又名《黄道十二宫》，这是一个钢琴幻想曲集，第一集作于1922年，由十首幻想曲组成，每一曲对应十二宫之一宫，写到这应把黄道十二宫解释一下。黄道是地球上的人所观察到的太阳在一年间位置变化所画出的大圆圈。为了标识太阳在这大圆圈上的位置，天文学家把黄道分成了十二段，每一段都用这段中的一个星座来命名，这十二个星座分别是：白羊、金牛、双子、巨蟹、狮子、室女、天秤、天蝎、人马、摩羯、宝瓶和双鱼，这些星座名多半与希腊、罗马的神话传说有关，克拉姆的幻想曲自然是以它们命名。1973年克拉姆出了作品第二集，依旧照以上所说顺序绕黄道转了一圈。这位音乐家是个典型的现代派，他创作手法颇为奇特，常使用乐器音域范围的两端：极低音和极高音，或者是应用声乐中的尖声怪叫。他用的乐律也比十二律分得更细。此外，他还应用一些特殊的音响，比如在钢琴弦上夹上布块、纸片、链条，让音色起变化，或者干脆用手或物件直接去“拨”钢琴的琴弦等等。这样一来，在多数人听来这作品很不悦耳，但又的确表现了宇宙间光怪陆离的变化。

与“宇宙”相并列的主题是宇宙的发展与变化。法国作曲家米约（1892

—1974)为独幕芭蕾舞剧《世界的创造》所作的音乐表现了这个主题。舞剧开始于混沌初开,巨神主持创世规划,接着是杂乱的物质开始运动,树木生出,动物生长。在动物的集体舞蹈中忽有两个肢节相连的形体从地中涌出,接着所有的物体化作人形乱成一团。最后众生隐去,独留夏娃和亚当,人类世纪从此开始。米约的音乐创作吸取了爵士音乐的营养,并以之作为基调。这独特的音乐语汇很好地表达了创世过程中光怪陆离的变化。

除上述作品外,本世纪有位匈牙利作曲家名叫巴尔托克,出了本钢琴曲集《小宇宙》,虽名叫宇宙,集子中的曲目并不以“宇宙”为主题,事实上,这里是以小宇宙比喻音乐世界。钢琴曲集的风格是本世纪的新音乐派,全部应用全音关系。曲集从简单的五指练习开始,逐渐由浅入深,引入奇异的节奏、多重调性,最后是复杂的匈牙利风格舞曲。它象征着音乐小宇宙和世界大宇宙一样奇妙复杂。

(五)与气象有关的音乐

在大地山川与日月星辰之间是蓝天上的风云变幻,时而晴空万里、和风拂面,时而乌云密布、电闪雷鸣。无论是“千里冰封万里雪飘”的冬天,还是“赤日炎炎似火烧”的夏日景象,都可以激发人的音乐灵感,创造出与气象有关的作品。德彪西的交响曲套曲《夜曲》的第一曲写的就是气象现象——云。对这首曲子,德彪西自己是这样写的:“天空永恒不变景象,缓慢而庄重的云彩的进行逐渐溶入白色渲染着的灰暗的痛苦之中”。在这作品中,德彪西应用了高音木管吹出柔美的乐声。它既重复又有变化,使乐中之云和天上之云一样变幻不定,让人难以捉摸。

肖邦的《a小调钢琴练习曲》,别名是《冬之风》。这乐曲中右手反复弹奏——固定音型,使人听起宛如冬日那瑟瑟寒风。风与雨相连,肖邦的《降D大调前奏曲》被称作《雨点前奏曲》。肖邦作此曲时正旅属地中海西部的马略卡岛。他听到雨点敲击屋顶的嗒嗒作响有感,写下了这首前奏曲。作品中肖邦的连绵不断的A^b模仿雨点之淅淅沥沥,故以雨点为名,与雨相关的还有勃拉姆斯的小提琴奏鸣曲作品七十六号,这曲子被称作《雨水奏鸣曲》。该乐曲最末一乐章引用了音乐家本人所作之《雨水歌》的曲调,歌词乃是德国作家格罗特所写,歌词是这样的:“雨声淅沥忆起我旧时歌曲。每当屋外细雨,我们在门前同唱此曲。能否再闻此歌声,伴随一样的雨声,在我纯洁的童年,它曾湿润过我的心灵。”词是雨水,钢琴伴奏也以连绵不绝琴声象征淅沥的雨声。

贝多芬的《田园交响乐》中有《暴风雨》乐章,而他的第十七号钢琴奏鸣曲的别名就叫《暴风雨》。据贝多芬传记撰写人兴德勒说,该作品反映的是莎士比亚《暴风雨》一剧中的情境。暴风雨当然和细雨不同,《暴风雨》奏鸣曲开始时那急促的旋律进行则确实有风狂雨骤的气势。

不过最能激发音乐家乐思的自然现象莫过于春夏秋冬的四季变换,不少著名音乐家都写过以“四季”为题的套曲。格拉祖诺夫(俄,1865-1936)的《四季》原是一独幕芭蕾舞剧的伴奏曲。这剧每季一景:先是冬季,描写冰、霜、雹相聚,嬉戏于雪花之中;接着地神到来,烧起树枝,于是大地转

暖，冬季隐去，和风、鲜花、鸟雀随春天来到，并在阳光下欢舞；入夏后鲜花铺大地，处处五谷丰登；夏过秋至，秋风瑟瑟，落叶飘飘，星光闪烁，透过林梢……。后来格拉祖诺夫又将乐曲抽出，编成一部同名交响诗。美国作曲家哈德利（1871—1937）所作的《四季》是交响曲（即他的第二交响曲）。全曲分四乐章，每乐章代表一个季节，也从瑟瑟寒冬开始，以落叶飘零的秋季结束。

海顿的《四季》是清唱剧，取材自苏格兰诗人汤姆逊的同名诗集，依季节分成四部。由于海顿是在教堂的唱诗班中开始他的音乐生涯的，所以他的《四季》与众不同，具有浓厚的宗教气氛，并表达了对大自然的无比崇敬。德国作曲家施波尔（1784—1859）也以《四季》为题写了交响曲。这是他的第九交响曲。曲分两部：第一部从冬季经初春季节到春季，第二部则从夏季经入秋季节至秋季。意大利作曲家维瓦尔地（1678—1741）的《四季》是他小提琴协奏曲《和声与创意的尝试》前四部的合称（全协奏曲共十二部）。从春开始，一季一部曲，春、秋二季用大调，夏、冬则为小调。全曲均为巴罗克风格，充满了诗情画意。

和上面说的几部作品不同，柴可夫斯基的钢琴套曲《四季》的曲数是十二，而不是四，即每月一曲，这作品原是他就《小说家》杂志之约而作。该刊约他在一年中每月为刊物写首与当月气候特征有关联的钢琴小品，并配上俄罗斯诗人的诗作作为题词。比如《四月》是描写俄罗斯春日景色的抒情曲，副标题是松雪草，所附的题诗（马伊科夫之作）如下：

淡青的松雪草啊！初春残雪倚偎在你身边。

往昔的忧苦，只剩下最后几点泪滴，

来日的幸福，却将带来新的梦幻。

该乐曲以诗末尾之意境为基调，情绪欢愉，绘出大地复苏，松雪草返青，松鼠、白兔等小动物奔跑跳跃的美丽音响图画。

至于说专写一季的曲目更是数不胜数。写春日有《春天交响曲》（舒曼），《春天奏鸣曲》（贝多芬），有门德尔松富于春之气息的《春之歌》（无词歌之一）。在舒伯特的乐笔下天鹅将死的绝唱，唱的是《春天的想望》，斯特拉文斯基则以其怪诞的音乐语言，包括光怪陆离的节奏和噪声，写出《春之祭》。夏季的曲目不像春日的那样五彩缤纷，但也有迪利厄斯的管弦乐小品《夏夜在河上》。巴克斯的交响诗《十一月的树林》描写了凄凉的秋天，狂风过处，树叶飞落。冬天则不仅有《冬日的风》（肖邦的a小调钢琴练习曲），《冬日的梦》柴可夫斯基第一交响曲，舒伯特的《冬之旅》声乐套曲，描写了失意者在冬日所作的孤独旅行，其中也有些歌曲写出了冬日的自然之景：那“风雨的早晨”（第十八首）和那若有若无的“虚幻的太阳”（第二十三首）。

有关自然的音乐作品数不胜数，决不止我们这里所举的这些例子，当然音乐是一种听觉艺术，如何以听觉感受唤起对大自然的感受与热爱呢？这把我们引入了下一章，音乐作品中的自然声响。

三、音乐作品中的自然声响

在上一章中大家已可看到音乐家是何等热爱大自然，又如何运用各自奇妙的乐思来表现大自然，不过对自然的表现可有不同的层面。上章中讲的更多的是在乐曲整体这个层面上，即将自然景观溶于乐曲的主题和意境之中，这一章要讲的问题则进了一步，深入到音响的层面。当然，音乐不是拟音，同一种自然意境可以有不同的表现方式。但反过来说，对某一种自然意境的表现又并非可以随心所欲的，它所应用的音乐音响只能在一定范围之内。比如，表现静静的田野这一主题，显而易见，当然不会用激越的打击乐，也不会应用快速急行的旋律。下面我们会看到作曲家如何在这既自由又有一定限制的音乐世界中驰骋，用自己的音符再现大自然中的丰富音响。

画画历来有写实与写意之分，以音乐表现自然音响也是如此，有写实和写意两种方法，写实是直接模仿自然中的音响，写意则是间接的，即音乐音响本身并不与要描绘的自然音响相似，但却给人以这种自然音响的意境。如前所述，写实与写意不能截然分开，意与实的结合是音乐家以音乐表达自然音响时所追求的最高境界。

（一）以写实手法表现自然音响

对表现自然音响而言，写实式的拟音当然是较初级的形式，但唯其如此，又更接近自然，显得质朴，这是民间音乐中应用较多的手法。自然音响中最富音乐性的要数鸟鸣，中国民间有一首为人熟知的乐曲《百鸟朝凤》，它可称是以写实手法表现自然音响的一个典型例证，乐曲中以唢呐吹奏主旋律，与之相间对各种飞鸟的鸣叫声进行模仿，这里有布谷声、莺啼鹃啼，百灵叫，画眉鸣，惟妙惟肖，生动形象，使人宛如身处百鸟之中。

唢呐曲《雁落沙滩》中也有对自然音响的模仿。这是首陕西民间乐曲，色彩浓郁。在该曲中的一对唢呐模拟群雁飞鸣的情景，中国民乐《黄莺亮翅》也应用了这种写实手法，将黄莺的鸣叫声、扑翅声均融于音乐之内。

大约是因为鸟的鸣叫太富于音乐性了，中国古史中甚至把发明音乐和制定音律的功劳也归于鸟音——凤凰之鸣。《吕氏春秋·古乐篇》中曾这样写到：“昔黄帝令伶伦为律，……听凤鸣，以别十二律。”黄帝、伶伦都是传说中的人物。但传说中往往有现实，这传说中包含的现实是，鸟音对音乐的产生有很大影响。唯其如此，以鸟音入乐不分中外。

早在十八世纪，海顿就写了《鸟鸣四重奏》（海顿《第三十九弦乐四重奏》的别名），以弦乐器模仿鸟的和鸣。本世纪的法国作曲家梅西安（1908—）的音乐创作更是独具一格。梅西安喜爱大自然，尤其喜爱鸟鸣，他认为鸟的鸣叫声中蕴藏了大量的优美旋律，因此常到树林中用录音采集鸟的鸣叫，并翻成乐谱记下。1956年梅西安完成了《异邦鸟》，该曲是为钢琴和乐队而作。1956—1958年间，他又写了个钢琴曲叫《Catalogue of birds》。“Catalogue”一词原意是目录册，用音乐建立起《鸟的目录册》，顾名思义就是集鸟鸣声之大成。

引入音乐作品的自然音响并不只有鸟的鸣叫，德国作曲家理查·施特劳斯的作品交响诗《堂·吉诃德》曾用双簧管模拟羊的叫声，还把鼓风机应用到配乐之中，以模拟风车转动。熟悉塞万提斯这举世闻名的文学作品《堂·吉

诃德》的人，都知道这位骑士曾与风车大战，又把羊群当作了敌人的大军与之鏖战的一幕幕喜剧场面。想到这些场景定能体会理查·施特劳斯的绝招——自然音响——是如何为自己的音乐作品增添色彩。

上面引的作品有些是色彩型的，有些喜剧的因素，柴可夫斯基《1812 序曲》表现的则是气势磅礴的正剧，但同样应用了自然音响——大炮声，众所周知，这序曲是部洋溢爱国主义激情的音乐作品。1812 年，拿破仑在欧洲发动侵略战争，大举伐俄。俄国人民奋起反击，于当年冬天，大败法军于莫斯科，《1812 序曲》是柴可夫斯基为这反侵略之战胜利七十周年而作，决不是一种标新立异或哗众取宠。而且，不是柴可夫斯基这样的音乐大师，决不会想出以这种自然音响来壮其声势，但是，当这炮声应用于音乐中，即便是一名普通听众也会感觉到它的出现是那样自然，甚至会发现没有炮声的加入，的确表现不了这场众志成城的反侵略战争之宏伟气势。

（二）写意手法是表现自然音响的重要方式

写实手法毕竟有其局限性，弄得不好会成为一种音响的大杂烩，何况音乐艺术从本质上说是写意的而不是写实的。它与口技、电影、戏剧的拟音或大擂拉戏式的拟人等技艺不同，是通过写意方式给听众的感染，让人们透过音乐的旋律、节奏、情绪去“联想”，甚至只是用心灵去“感受”那自然界中的某种音响。而并非用“耳”来听到真实的音响。

仍以中国古曲《高山流水》为例，这首乐曲的表现手法从本质上看是“写意”而非“拟音”。它通过独特的音乐语言把听者带入大自然，仿佛“看见”那高耸入云的青山，“听见”那山中的流水。所以钟子期听出的只是俞伯牙，意在高山，意在流水。若真是拟音，作流水声，那每个人都听得出来，又何必非是“知音”呢？

这种写意的音乐语言在某种程度上比“写实”更富有感染力，无怪乎当美国的《旅行者号》飞船担负着寻找外星人的重任飞上太空时，在它所携的“地球之音”唱片之上便录有《流水》之曲。

这是个镀金唱片，配有瓷唱头和钻石唱针。只要不遇特殊意外，它能在宇宙间连续播放 10 亿年之久。唱片是这样开始的：

“这是来自一个遥远的小小星球的礼物，它是我们这个世界的音响，是科学形象、音乐、思想和感情的缩影……这个地球之音是为了向这辽阔无垠而又令人敬畏的宇宙寄去我们的希望、我们的决心和我们对那遥远世界的良好祝愿。”

在这唱片上除了有风雨雷电、鸟鸣兽吼，人哭婴啼等自然音响外，共录入 27 首世界名曲。巴赫、莫扎特、贝多芬的作品自然在其内，与之相伴的便是古琴曲《流水》。人们希望和当年伯牙以琴曲《流水》觅到知音一样，这旅行者号上的《流水》之曲也会为地球人在茫茫宇宙间找到智慧的太空知音。

贝多芬的《田园交响曲》也是以写意手法表现自然音响的极好例证，这乐曲中也用管乐摹仿鸟声，但与《百鸟朝凤》中的摹仿不同，与其说是“音似”，不如说是“神似”，正因为用的是写意手法，同样一种自然音响，由于着眼点不同，在不同的作曲家笔下，就有了不同的韵味。比如，同样是“春之歌”，门德尔松的乐曲情绪明快，让人似乎听到了春天的清泉跳跃，小鸟啼啭。而在格里格的《致春天》中的“春之声”，却是风和日丽的春光下那

静静田野和悠悠清泉。

李贺的《李凭箜篌引》一诗中所描述的唐代乐师李凭演奏箜篌的高超技艺也充分体现了音乐表达自然音响的写意手法，李贺是唐朝著名的浪漫主义诗人，在描写李凭的演奏时他用了“昆山玉惊凤凰叫”“石破天惊逗秋雨”“老鱼跳波瘦蛟舞”等词句、凤凰、蛟龙等都是想像中的动物，对它们的叫声、舞步只能写意，就是石破天惊之声，老鱼跳波之响，也非箜篌真能模仿出的自然声响，只可能以写意方法来表现。

（三）意与声的对立统一

在音乐中塑造自然界的声像时，拟声与写意二者是对立的统一，除了一些特殊的情境，作曲家们是不会以真实的自然音响入乐的；反过来说，即使是用写意手法来表现，所使用的音乐语言也应与想要表现的自然音响特征有某种联系，否则很难引起听者对所表现之“意”的联想。对此心理学中有个专门术语叫“联觉”。音乐家在作曲时应用联觉把自己对自然的声与色的感受化作音符的变化，乐思的跳动。而成功的作品则能通过自己的音乐调动起听者的联觉，把这音符的变化、乐思的跳动还原为他想象中的自然的声与色。

仍以《流水》之曲为例。意在流水是抽象的，这意要通过乐符表现，古琴的琴音本身使人能想起出了山谷中的涓涓流水。再加上一些特殊的指法，如前面说过的“七十二滚拂法”，则又把琴音与流水奔腾之意联系起来。钢琴协奏曲《黄河》中也有这种声音结合的表现手法。如“黄水谣”的前半部应用了不少分解和弦式装饰音，它并非写实性的拟声，和旋律的进行配合得十分自然（比如第一小节 | 5 3 5 | 成了 | 5 165321 6 5 3 5 |”）但确实使人觉得听到了黄河流从高处而下奔腾不息。

柴可夫斯基钢琴套曲《四季》中的十一月《雪橇》用的是类似的手法：在乐曲最后一段中，与左手舒缓的主旋律相配合，右手奏出急促跳动的十六分音符。这音乐不仅使人仿佛看到那一望无垠的大雪原，也似乎“听”到马儿拖着雪橇在奔跑，马身上悬挂着的串铃在叮当作响，这种声与意的结合给人的感染比加入真实的铃声更深。

事实上音乐作品大多应用声与意相结合的方式来表达自然音响。《伏尔加船夫曲》即使不加入歌词，那沉缓有力的节奏，和那反复出现的 5 3 6 3 1 的旋律，也使人仿佛听到船夫们艰难地拉着纤一步步行进的沉重脚步声和叹息声。在前面讲过的与气象有关的音乐中，声与意的结合尤为突出。肖邦的《冬之风》的音乐语汇，不能用来表达“雨点”，反之，他的《雨点前奏曲》中描述雨点淅淅沥沥的音符也不能表达冬天瑟瑟寒风之意。海顿的《时钟交响曲》中，以不紧不慢的整齐节奏来体现时钟嘀嗒，这节奏若用在《雪橇》曲中则会让人感到莫名其妙。

联觉还可以扩展到视觉。前面提到了德彪西的《云》，这乐曲就是以既重复又变化的听觉形象，唤起同样飘忽不定的云的视觉形象。德彪西的另一首作品，钢琴曲《阿拉伯风》则以更加曲折的方式体现了这种音与意的结合。这里的“风”指“风格”。“阿拉伯风”原是中世纪阿拉伯建筑上用的名词。

箜篌，中国古代弹拨乐器。有卧式、竖式两种，卧式似瑟而略小，竖式为竖琴前身。

它是一种将人物、神怪、花卉、鸟兽等以小棕树叶盘旋交织配合在一起形成的装饰性建筑。这些装饰物中大部分是自然物，德彪西把以自然物为主的视觉艺术用音乐这种听觉艺术表现了出来，为了描绘建筑装饰的盘旋交织，平曲的旋律也是既重复又有变化，从高到低，又从低到高，除了几处应用了色彩性的和声，多数情况下左右平均用单音，有时形成一条旋律线，有时又互相交错，生动地体现了阿拉伯建筑图案中那些自然物之间的盘旋交织。

联觉使自然界中的声情与画意紧密结合，翻开古代文赋，随手便可拈来这种自然界中声情画意的生动描述，陶渊明的《归去来辞》中有“木欣欣以向荣，泉涓涓而始流。”王勃的《滕王阁序》中伴着“落霞与孤鹜齐飞，秋水共长天一色”的自然之景的是“渔舟唱晚”、“雁阵惊寒”的自然之声，柳宗元游小石城山，看见一处“有若门焉，窥之正黑。投之以石，洞然有水声。其响之激越良久而已。”（《小石城山记》）范仲淹登岳阳楼，不仅记下“衔远山、吞长江、浩浩荡荡、横无际涯”的“岳阳楼之大观”，也写了“阴风怒号、浊浪排空。……“薄暮冥冥、虎啸猿啼”的自然之声，欧阳修的《秋声赋》把秋色与秋声连在一起。他听到有声自西南来，“初淅沥以潇飒。忽奔腾而砰湃。”与这种悲凉的秋声相应的是“其色惨淡，烟霏云敛”的秋色，以山水诗著称的孟浩然《春晓》一诗是人们熟悉的。“春眠不觉晓，处处闻啼鸟。夜来风雨声，花落知多少。”寥寥二十个字，既写了春晓之声：“鸟雀鸣噪，夜来风雨”，又写了春晓之景：“落花满地”。

以上这些作品用的当然是文学语言，但充分说明声与画之连系，二者通过联觉结合在一起，从而使音乐不仅能表现自然中的音响——听觉形象，还能由音乐形象引出自然界的视觉形象，俄罗斯作曲家穆索尔斯基的《荒山之夜》就是一幅生动的音乐素描画，它充分体现了以音乐的声与意引出对自然的视觉形象的力量。

《荒山之夜》的构思基于俄国名作家果戈里的小说《圣约翰之夜》，小说中描写的是巫婆的安息日。乐谱出版时其卷首有这样一段文字：“地下传出鬼灵之声，显现一群黑暗的幽灵，幽灵之王切尔诺鲍格出场。众幽灵颂赞其王并举行追思弥撒。众幽灵狂欢作乐。远方传来教堂的钟声。东方黎明。”在这描述中有声：从“鬼灵之声”到“教堂钟声”；有景：伴随鬼灵之声的“生灵狂舞和与教堂钟声相应的”东方黎明，鬼魂消失。鬼本身并不是自然存在之物，但都是人面对荒山僻野想像出来的形象，是自然的延伸。而穆索尔斯基的音乐绘声绘景，写出了一首具浪漫色彩的交响诗。

穆索尔斯基的另一部作品《图画展览会》或译作《展览会中的图画》同样是以音与画交融的手法描绘自然的完美体现。这作品中的第七首题为《蛋壳中的小鸡的芭蕾舞》或称《未曾出壳的小鸡的舞蹈》仅这标题就充分显示了这位音乐大师对自然的丰富想像力。壳中的小鸡这自然现象谁也不曾见过，穆索尔斯基却竟然写出了它的音乐，找到了它的音乐语汇。

至于贝多芬的《田园交响曲》则完全达到描绘大自然的声、意、情、美的水乳交融。作者先是以伴奏的连音表现出潺潺流水；这平静突然被定音鼓敲击出的“富声”和低音弦乐器奏出的“轰鸣声”所打破，生动地体现了暴风雨到来前的不安，继而，急风骤起，雨点突落，打破了暂时的宁静。这时风在高音的短笛上呼啸，留在定音鼓上轰鸣。但这场暴风雨来得猛也去得快，不一会儿便是晴空万里、云开日出。经过暴雨的洗涤，大自然显得更加美丽。

以上这富戏剧性的自然景象的变化，贝多芬都用恰当的音乐语言来表

现。那极其纯朴的田园主题；那近似民间舞曲的谐谑曲所表现的村人之欢聚；那暴风雨的骤起以及那暴风雨过后天更晴朗的感情升华，无一不是声情画意的完美结合，没有贝多芬的大手笔是决达不到这境界的。

四、关于音乐与自然的种种思考

当我们游历了音乐中的自然世界之后，自然会引发出这样一个问题，究竟应如何看音乐与自然这个问题呢？事实对人而言，在各种关系中，人与自然的关系是最基本的一种关系。马克思曾说，植物、动物、石头、空气、光这些自然物是“自然科学的对象”。他同时又指出自然界也是艺术的对象。唯其如此，古今中外的学者、艺术家，几乎无一不思考过音乐与自然这个命题，当然他们各自有不同的着眼点。音乐家以音乐的眼光看自然，科学家则从自然的角度看音乐，哲人们与他们均不同，居高临下，从宇宙观的角度看这两方面的对立统一。但百川从四面八方汇入大海，哲人、音乐家、科学家的种种看法也汇入同一个大海——人类的智慧之海。

（一）中国哲人的思考 ——音乐与自然的对立统一

在哲人那里原本不存在音乐与自然的分裂，不过，因思考方式的差异乃至时代的不同，他们对音乐和自然的对立统一之着眼点及论述的角度也各不相同，其中都有值得令人深思的一些方面。

1. 道家

中国古代哲学家老子、庄子均属道家，统称老庄，道家的思想原本崇尚自然，所以，在中国哲人中关于音乐和自然的论述主要出自老庄和后世道家学者。

在历史学家看来，老子这个人至今仍有许多未解之谜，尽管如此，《老子》这部书却的确确是道家的代表作。《老子》一书共八十一章，谈到音乐的只有四章，每章与之有关的只一句话，即第二章中的“音声相和”，第十二章中的“五音令人耳聋”，第三十五章中的“乐与饵，过客止”，以及第四十一章中“大音希声”。

首先让我们看“音声相和”之语。它全句是这样的：“故有无相生，难易相成，长短相形，高下相倾，音声相和，前后相随。”如何理解这里有关音与声的关系呢，这段话中，有无，难易等等都是既相对又紧密相联的，可见《老子》是将音与声看作一对概念，声是一般声响，音则是音乐声响，二者的关系和长短、高下、前后这些关系一样。具体到音与声的不同，《礼记》的《乐记》中是这样说的：“声相应，故生变，变成方，谓之音。”翻成白话，它的意思是“声”是自然音响，按一定规律（方）变化，就成了“音”，由于老子崇尚绝对自然，所以在他看来，一成方，就违背了自然，所以“五音”是令人“耳聋”的，而只有合乎“道”的“希声”之乐——大音，才不会由美变丑，才是永恒的美。

老子认为“五音令人耳聋”，甚至把乐看成“食饵”，要人避开，这看法当然过于极端，多数人未必同意。但老子的看法的核心是应让音乐合乎自然，并把“希声”之大音当作大乐，即最高之乐，这些则给人以深刻的启迪。

庄子对音乐和自然的看法比老子少一点哲学的抽象，多一点人情之常

理，更易为人所理解，他同样痛斥儒家所提倡的礼乐和其他文化艺术，认为会使人迷惑，丧失了“民之常性”。并把文采（视觉艺术）当作是把自然中的五色弄乱的结果，而音乐（听觉艺术）则是把自然中的五声弄乱产生的，甚至要把乱了自然之声的音律“擢乱”，把产生非自然音响的乐器竽瑟等“铄绝”，对通音律的人呢，则应把他们的耳朵统统塞住。这些话说得十分绝对，不过从实际看，庄子并非真是“绝对”地否定美、艺术乃至音乐。他只是认为常人所说的“美”虽可算美，却不能与“大”相比（美则美矣，而未大焉）。这“大”才是庄子眼中绝对的美，即没有任何美能与之相比，真正好的音乐也应是这样，它是与道合一的自然，用庄子的话来说就是“至乐无乐”，庄子在他的《天地篇》中说，道存在于事物的深处，金石不得到它便不能发生声响，但它是无形的（视乎冥冥），又是无声的（听乎无声）就在这冥冥无形、幽幽无声的道中，人们看到了自然的规律，听到了自然的和谐。这“无声之中独闻和”的音乐，就是“道”的音乐。对道家而言，它有两个显著特点，一是“自然”，毫无刀砍斧凿的痕迹；二是大全，即无所不包。

庄子的《齐物论》一篇中提出了几个不同的概念，一是“人籁”，一是“地籁”，一是“天籁”。人籁是靠人吹气发声的“比竹”，即“排箫”一类的乐器，地籁是大地上靠风吹发声的孔穴，而天籁则是“顺应天性，不赖他物，自己发声又自己停止的声响。”庄子认为这最后一种音乐才是“自然”，是音乐美的最高境界，亦即《庄子》中所说的至美的音乐。

庄子在《天运篇》中具体描绘了这种至善至美的音乐——黄帝的《咸池之乐》。文中说，这乐演奏的地点在大自然中（洞庭之野），乐的内容是自然——“阴阳之和”，“日月之明”，它的形式是未经规范成五音，组织入十二律的自然形式：“其座无尾，其始无首”，“能短能长，能柔能刚”。一句话它是“听之不闻其声，视之不见其形，充满天地，包裹太极的宇宙之乐。”庄子的论著常常是寓言式的，这里庄子是借“咸池之乐”寓他理想中的天籁——宇宙之乐。公允地说，庄子并没有全盘否定世俗的有声之乐，只是认为它应合乎“民之常性”，“中纯实而反（意指返）乎情，乐也”，即合乎人的纯朴本性——自然，才是乐。

在魏晋南北朝时期，由于社会动荡，学术思想也比较活跃，不再是“唯尊儒术”。在某种程度上道家的影响甚至超过了儒家，音乐思想中也是这样。比如阮籍《乐论》一书中就提出音乐的本质在于表现“天地之体”，“万物之性”。音乐的成功与否取决于它是“合乎体，得其性”，还是“远其体，失其性”。用现在的话来说就是合乎自然呢，还是离开自然。嵇康的《声无哀乐论》中也继承了道家的“道法自然”的思想，说“推类辨物，当先求自然之理”。并提出“音声有自然之和，而无系于人情。”要求音乐自由抒发“民之常性”。他还从“法天贵真”崇尚自然的思想出发深入探讨了音乐的自然之理——音乐表现力。

2. 儒家的礼乐思想与自然

儒家以礼乐作为其政治思想的一部分。乐与礼法结合，应当说是偏离了自然，但一件事往往有两个方面。儒家之所以认为可以通过礼乐来达到一种完善的政治，却又是以音乐与自然的关系为基础的：即认为音乐能够诱导和

原文为：“五色不乱，孰为文采，五声不乱，孰应六律。”

发展人自然本性中“善”的一面。

比如，孔子对音乐的审美要求：“尽善尽美”。论语中就有“子谓《韶》，尽美矣又尽善矣。”这里“韶”即“韶乐”，孔子夸这种音乐尽善尽美，这尽善尽美即是孔子对理想艺术色括理想艺术的一种追求。追求尽善尽美是不是违背自然呢？并不是这样，因为在儒家看来音乐美的要求是“和平”，或者说“乐要比和”——音乐形式要和谐，情绪表现要平和，这样君子听了之后可以“平其心”，心平则可“德和”。这种和当然有它的道德内涵，比如“思无邪”是孔子最崇尚的。据《论语》中记载，孔子曾说《诗》三百，一言以蔽之，“思无邪”。与之相应，孔子又提出“乐而不淫，哀而不伤。”“中声以为节”，就是让音乐具有道德内涵，不能淫邪。毋庸讳言，孔子及后来的儒家学者所说的礼乐，强调的当然是“礼”，即音乐的教化作用，而并非自然，但从另一方面看，孔子所以把礼乐并提，却是因为他了解人的自然本性可以以乐教化，即能通过“乐和引导”人和。正是在孔子这思想的基础之上，才有后来荀子《乐论》中的“乐（yùe）者，乐（lè）也，”“人情之所不可免也”。由于音乐是人喜乐之情的自然流露，才可能以乐教化，通过“乐和”引导，以达到人和；这种教化也是自然的，其效果要比说教和强制要有效得多。

荀子接下去说：“故人不能不乐，乐则不能无形，形而不为道则不能无乱”，“先王恶其乱也，故制‘雅’、‘颂’之声以道之。”说白了就是，以合乎人的常理，反映人喜乐的自然之情的雅颂之声来诱导，以达到政治思想上的教化，从今人看来，儒家所主张的道德未见得很合理，但是，依据音乐与社会和人的自然关系和其间的客观规律来发挥音乐在教人方面的良性功能却是很值得深思并加以借鉴的。

中国封建时代，政治异常复杂，秦代以后的学者心情常很矛盾，当官的多尊儒，隐居的多崇道，但后者又往往像出山以前“躬耕于南阳”的诸葛亮，并不能完全忘却国家大事，他们常常借音乐回归自然，或者抚琴，或者吹箫，比如陶渊明归隐田园时便是“悦亲戚之情话，乐琴书以消夏”。然后乘车至郊外，欣赏“木欣欣以向荣，泉涓涓而始流”的自然美景。但在欣赏音乐和自然的同时，又会联想到世情。白居易在浔阳江上听琵琶，感受着“间关莺语花底滑，飞泉幽咽水下滩”的自然音响，引起的却是对弹琵琶女子的身世和自己郁郁不得志的感叹，欧阳修听到自然界的秋声，觉得“凄凄切切，如助予之叹息”。

其实不只是中国，在欣赏外国关于自然的音乐作品时，也会感到“人”是无处不在的。这里，自然是“人”所感受到的自然，所以当音乐家运用音符来描绘自然时，也将自己的感受写进乐符之中，有时音乐家还会有意识的托物比兴，以对自然的描绘来表达自己的志向、感叹等等。“托物比兴”是诗人常用的手法，音乐家和诗人是相通的，只不过音乐语言比诗的语言更抽象，所表达的感情与心境也更内在，更朦胧罢了。

（二）从古希腊到文艺复兴

无论中外，不分东西，在各种学科尚未独立的古代，学者们总要思考美与丑，秩序与自由、自然与人这些带根本性的哲学问题，于是音乐与自然这个命题，也自然而然成为哲人们思索的内容之一。

1. 古希腊

希腊学者中，历史可考的最早讨论音乐与自然关系要推毕达哥拉斯学派，这个学派把数作为万物之本源，于是便很自然地用“数”把音乐和自然统在了一起。

毕达哥拉斯派证明用三条弦发出某一个乐音以及它的第五度音和第八度音时，它们是和谐的。这是因为他们的长度之比是 6 : 4 : 3。六与四之比是“三”比“二”，六与三之比是“二”比“一”，加上“四”与“三”之比。这里有了头四个自然数，1, 2, 3, 4。4 + 3 + 2 + 1 = 10，10 是人的双手指数，双脚的脚趾数，自然数以十进位，所以在毕达哥拉斯派看来“+”是最完美的数，换句话说，音乐的和谐产生出了十这个最完美的数。不过毕达哥拉斯期走远了一些，他的学派把数看得异常神秘，建立了近似宗教性的“数的神秘主义”。为了适应这种神秘主义，这学派的人有的认为天体的数目应该是十个，有的则说有十个本原，把它们排成了平行的两列：有限和无限，奇和偶，一和多，左和右，阳和阴，静和动，直和曲，善如恶，正方和长方。尽管如此，毕达哥拉斯观点的本质：音乐与自然在“数学抽象形式”上相结合这看法却站住了脚，并给科学家和音律学家以启迪。

稍后的赫拉克利特（鼎盛期在公元前 504—509）是又一个提出音乐与自然的关系的希腊哲学家，不知因为什么原因，音乐研究的文献中对他谈得不多。众所周知，是赫拉克利特首先提出了辩证法的天才思想。他认为世界上一切存在之物，“不是任何神所创造，也不是任何人所创造；它过去、现在、将来都永远是一团永恒的活火”。在赫拉克利特那里，音乐和自然遵从相同的相反相成的规律，他说：“相反的东西结合在一起，不同的音调造成最美的和谐……自然也追求对立的東西，它是用对立的東西制造出和谐，而不是用相同的東西……联合相反的东西造成协调，而不是联合一致的东西。艺术也是这样作的，显然是模仿自然，绘画在画面上混合着白色和黑色、黄色和红色的成分，造成酷似原物的形象，音乐混合音域不同的高音和低音、长音和短音，造成一支和谐的曲调”。“结合物是既完整又不完整，既协调又不协调，既和谐又不和谐，从一切产生一，从一产生一切……”就是在两千多年之后的今天，当我们重读这些睿智的言语时，依然会为其中的深刻哲理所感动。而正是在这相反相成之中，我们看到了音乐与自然的对立和统一。

2. 文艺复兴时代

在被称作“需要巨人并产生巨人”的文艺复兴年代，自然与音乐，或从更广义的角度看，自然与艺术，是艺术家和哲学家们都不会放过的一个重要论题。

对于文艺复兴正如美国当代著名哲学教授桑迪拉纳所说：“没有一个时代是永恒不变的，但某些时代比大多数时代更富于变化。文艺复兴将自己看作是向正常理智状态的最终回复，似乎是一个复归。”但是“文艺复兴远不是一种重建，它成了在整个前锋线上的急速冲击……文艺复兴是一股狂涛，它在不到三个世纪的时间里消融于科学时代的不尽急流中。”在文艺复兴的

以上论述引自《西方哲学原著选谈》商务印书馆，1981。

引自 G.桑迪拉纳编著的《冒险的时代》一书，光明日报出版社，1989，下同，不另说明。

冲击范围中，包括艺术和自然这一命题。

列奥纳多·达·芬奇堪称是文艺复兴时代的代表人物，尽管达·芬奇从未直接涉及过“音乐与自然”这个命题，但他对艺术（主要指绘画与雕塑艺术）与自然的论述，却似乎无一不适用于音乐与自然。

在达·芬奇眼中，“宇宙是一个逻辑上井然有序的整体”。艺术家本应象哲学家一样，是超越激情之上的，比如画家所凭借的是几何学透视的比例、力学这些手段，它们都代表了在自然内部起作用的法则。

达·芬奇眼中的宇宙是一种具有美学的严密性的宇宙，力则成了各种自然力如生命的形式，脉搏、波浪、潮汐的律动，流水的漩涡等等都是宇宙的组成，就连欢乐和痛苦也是宇宙的真实组成部分。而人则是宏观宇宙中的小宇宙。他认为“自然中没有无因之果……必然性是自然的女主妇和向导，是自然的主旋律”。他说“人曾被古人称作小宇宙，这个说法确实很恰当。”而自然呢，“它变幻莫测，以创造新的生命序列和形式为乐。”大自然，比时间“消融更快，更迅速的进行创造。”

作为艺术形式之一的“绘画”在达·芬奇眼中是“大自然的亲生儿子。……更准确地说是在大自然的第三代儿女，因为所有看得见的事物是从大自然那获得它们的存在，而绘画则由这些事物产生。”是的，达·芬奇的思想是何等的深邃，只要把绘画一词改作音乐，他的论述就成为本书主题的有力论据。

为“日心说”而殉难的布鲁诺则提出“普遍理智指导自然产生万物”的思想。这里的理智相当于规律，布鲁诺甚至称它为“内在的艺术家”，说它之“产生万物，犹如我们的理智相应的产生各种观念事物那样，……我们称它作内在的艺术家。”在布鲁诺看来，技艺和艺术只能在自然赋予形式的东西上进行制作，比如石料。同样，这里的艺术指的并非音乐，而是雕刻，但其基本思想，艺术的材料是自然赋予的，同样适用于音乐。

比达·芬奇稍后的弗兰西斯·培根，他那“知识就是力量”的名言，至今鼓舞着人类去追求科学。值得一提的是，培根并没有把知识——人对自然的认识——看作是冷冰冰的，无生命的，与之相反，他曾这样说：“人的理智并不是干燥的光，而是有意志和感情灌注在里面的，……总之，情感是无数的，而且有时是以觉察不到的方式来渲染人的理智。”众所周知，音乐是最能影响人情感的艺术形式之一，那么按培根的话推论，它也将以觉察不到的方式来影响人的理智及其对自然的认识。

（三）当代

这里不是讲哲学史，无需一一列举从古以今各种有关音乐与自然的观点，但值得注意的是，在当代对自然的研究和对音乐的研究又重新汇合在那古老的命题——宇宙的和谐。这种汇合当然并非团团转圜又回到起点，而是否定之否定的螺旋式上升。

首先，人们对宇宙，无论是“大宇宙”还是“小宇宙”的认识，都大大前进了一步，就大宇宙而言，人们不仅不再把地球看作宇宙的中心，还知道连太阳系也不过是茫茫宇宙间的一个很小部分。其次，人们的研究工具也大大发展了，可以用大型射电望远镜去捕捉遥远的星际发出的信号，还可以发射人造飞行体到星空中遨游探测，甚至让人登上月球。

就小宇宙论，人们对物质结构的认识从宏观形态进入了原子层次甚至更

微细的基本粒子层次；对生命的探索也不再停留在解剖学和细胞学上，而是在研究更深层的遗传基因，除此之外，人们还在设法认识自己，特别是自己的智能，并设法用计算机这类高技术来实现人的局部智能。

音乐和自然在这人类认识的更高层面上会合，并再次体现出这大、小宇宙的和諧性。

1. 一条永恒的金带

1979年，有一部获普利策大奖的书轰动了美国，这就是当代人工智能专家道格拉斯·霍夫施塔特的《GEB——一条永恒的金带》。而今这书已被译作许多种文字流传全世界。

书名中的“G”，指本世纪伟大的数学、数理逻辑专家哥德尔（Gdel），“E”指当代杰出的画家埃舍尔（Escher），“B”则是巴赫（Bach）这最负盛名的古典音乐大师。这本书指出有一条永恒的金带把数理逻辑、绘画、音乐等不同领域间的共同规律连在一起，构成了人工智能和生命遗传机制的基础。这本书所涉及的内容过于深奥，已超出了本书的论述范围。但值得注意的是，霍夫施塔特的这条金带从更深的层次上把音乐（巴赫的作品）和自然（人的智能、遗传机制）连了起来。

巴赫是人们熟悉的音乐大师，并以高超的对位技巧闻名于世，GEB书中提到的是巴赫用弗里德利希国王给他的主题发展而成的作品《音乐的奉献》。在这乐曲中巴赫将卡农的技巧发展到顶峰，曲中的音乐神不知鬼不觉地变调，使听众有不断升调的感觉，但奇妙的是，这样的升调最后竟回到了原调上，形成了一个“怪圈”，巴赫的音乐中充满了这种技巧，但很少有人注意到它和自然的关系。其实在大自然最伟大的杰作之一遗传信息（DNA）的串接中就存在着这类怪圈。

这怪圈与各层面间的相互缠绕有关。事实上自然界中的事物都并非只有单一层面，物质有从基本粒子到原子到分子到有机化合物大分子的层次结构，生物有从细胞到组织到器官到生物整体的层次结构，天空中卫星、行星、恒星构成太阳系这样的星系，星系又组成星团、星协、总星系。与之相似，音乐也有多个层面，由简谐波构成乐音，由乐音纵向构成和声、对位关系，横向连接成序列构成旋律，最后形成一支乐曲。

在自然界中人们不能从行星、恒星的性质推出宇宙的性质，也不能在基本粒子的性质和物质性质之间建立简单的递推关系，音乐也是一样，它各个层面上的元素间相互缠绕，各层面之间相互缠绕，均形成各种怪圈，巴赫音乐中的怪圈源于自然界和人自身智能的怪圈，这就是《一条永恒的金带》中所勾画的大、小宇宙的主题。

2. 对称和不对称

卡农结构中有时是把主题音乐变作它的倒影（低音变高音，高音变低音），有时则把主题按照时间顺序颠倒（以首为尾，以尾为首），这后一种卡农被称作逆行卡农，有的人甚至以自然物比拟，称它作“蟹”式卡农，这种倒影式的变化和时间顺序的颠倒同样反映了自然界的某种关系。自然界中充满了对立物，倒影本身不是自然界中光的反射现象吗？此外，许多自然具有对称性或反对称性。李政道先生在“93科学与艺术讨论会”上专门谈了这个问题。他还特别谈到自然定律中的对称性往往是复合的，而不是单一的，比如在物理学中粒子和反粒子的交换对称性必须配合以右和左的交换，过去

和未来的交换。换句话说，如果同时作下面的三个交换：

粒子与反粒子相互交换，
右与左相互交换，
过去与未来相互交换。

这时所有的物理定律都是对称的。这说明自然界和谐不是单调的而是多色的，用培根的话来说，就是“没有一个极美的东西不是在调和中有着某些奇异。”

自然的美是丰富的，是通过奇异向更高级的和谐境界发展，音乐的美也是这样，巴赫的乐曲当然不是绝对的对称或反对称，可以设想一下这种只有绝对的对称或反对称的音乐，它将是练习曲，而不是卡农或赋格。巴赫的作品正是通过某种非对称的奇异性跨入那更高级的音响的和谐世界。总之，可以说科学和艺术的很多内容是基于对称与不对称之间的相互影响与作用，而其源头是一个，都在自然之中。

3. 偶然性与音乐

自然界的规律是复杂的，除了必然性的因果律支配外，还有着反映偶然性的随机变化。严格说来，这二者不能绝对分开，音乐家的创作灵感就带有一定的随机性，但又受种种必然性因素支配：他生活的年代，他本人的经历，他的性格、气质等等，但这节讲的偶然性是指以随机变化来支配音符连接，构成一种特殊的音乐。

前面曾讲过莫扎特以掷骰子方式产生的作品“倚音”，以及凯奇用星图画线的方法创作了《南方练习曲》，这都是一些偶然性音乐，如今有了电子计算机后，方法简便多了，计算机原本有产生随机数程序，作曲家要作的只是把这些随机数按照一定的规则化作音符，甚至直接控制音响，此外每个作曲家还可自己创造一些规则，产生出自己的随机数列，比如把自然界的一些无规信号，如宇宙噪音等转化成音乐信号，有的现代作曲家甚至还利用排列组合创造出像，中国文学作品中的璇玑图、回文诗这样的音乐作品。图中给出的威伯恩的《钢琴变奏曲》就是其中一例。

转引自史。福科《科技人才品格结构》，P139。

转引自《音乐世界趣谈》，P105，石峰编著。

<p>E F *C^b E C D *^bD E C D^b B *C G *G E *F *D F F *F D E^b D^b E ^bA A F G E *F ^bG G^b E F D E</p>	<p>*G A^b B *F G B G *G A F^b G^b B B^c A *A A^b B D A^b B B G^b A C C *C D^b B B^b E ^bB B C^b A A *C</p>
<p>C *C A B^b A^b B B C^b A^b B G A ^bB B G A *F^b A D *D B *C^b B C *C D^b B C A B A^b B^b G^b A F G</p>	<p>E F *F D^b E G ^bE E F^b D D *F D^b E E C^b D F *F G^b A E F A F *F G^b E E *G *C D^b E B C E</p>

第一行是原型，先按P的方向，然后倒回，再按I从上至下，再倒回，共十一种变型。

这类先锋派风格的艺术和现代派的绘画一样未必人人都欣赏，但将自然界中的偶然性引入音乐之中开辟了一个新的音乐与自然结合的方向，这点却是无庸质疑的，它必定会对音乐发展产生影响，并产生成功的作品。

五、音乐与自然规律 ——关于音乐声学 and 乐器声学

其实，音乐与自然的关系不在于哲人们持什么看法，或音乐家、科学家对此有什么见解，音乐所本的自然规律才是其实在的基础，这包括两个问题，一是音乐声学；二是乐器声学。下面分别进行讨论。

（一）音乐声学基础知识

音乐是一种艺术形式，一切艺术都包括两个方面，一是艺术表现，一是艺术感知，音乐这种艺术也概莫能外，它通过乐器（包括人的歌喉）所发出的声音来表现，依靠人耳之听觉来欣赏。这声音的产生和听觉的感知之间有什么关系呢？这是我们要讨论的第一个问题——音乐声学。

1、声音的产生与主客观参量的对应关系

关于声音的产生，国外有一个古老的命题：森林里倒了一棵大树，但没有人听见，这算不算有声音？这个命题首先点出了声音产生的两个必要条件，即声源和接收系统。所谓声源，就是能发出声响的本源。以音乐为例，一件正在演奏着的乐器就是声源，而观众的听觉器官就是接收系统。从哲学的角度讲，声源属于客观世界，而接收系统则属于主观世界，声音的产生正是主观世界对客观世界的反映。

但如果只有声源和接收系统，是否就能接到声音呢，并不是这样。如果没有传播媒介，人耳仍不能听到声音。一般来讲，物体都是在有空气的空间里振动，那么空气也就随之产生相应的振动，产生声波。正是声波刺激了人们的耳膜，并通过一系列机械和生物电的传导，最终使我们产生了声音的感觉。如果物体在真空中振动，由于没有传播媒介，就不会产生声波，人耳也就听不到声音。由此，我们可以说，任何声音的存在都离不开这三个基本条件：1) 声源；2) 媒介；3) 接收器。

先来看看产生声音的客观方面——声源——都有哪些特征。

当我们弹一个琴键，通过钢琴机械传动装置，琴槌敲击琴弦，这时如果我们用手触弦，就会明显感到琴弦在振动。当我们拉一把二胡或小提琴时，也会感到琴弦的振动。振动是声源最基本的特征，也可以说是一切声音产生的基本条件。但如果没有我们手对琴键施加压力，使琴槌敲击琴弦，也不会产生振动。实际上，一个声源得以存在，还依赖于两个基本条件：其一是能够激励物体振动的装置（称激励器）；其二是能够使装置运动起来的能量；演奏任何一件乐器都不能缺少这两个条件。例如，当我们敲锣打鼓时，锣槌或鼓槌便是激励器，能量则由我们的身体来提供。一架能自动演奏的电子乐器，也同样少不了这两个条件：电子振荡器就是激励器，能量则由电源来提供。

人们常用“频率”（frequency，振动次数/1秒）来描述一个声源振动的速度。频率的单位叫“赫兹”（Hz），是以德国物理学家赫兹（H.R.Hertz）的名字命名。频率低（即振动速度慢）时，声音听起来低，反之则高。人耳对振动频率的感受有一定限度，实验证明：常人可感受的频率范围在 20—

20,000Hz 左右, 个别人可以稍微超出这个范围。音乐最常用的频率范围则在 27.5Hz—4186Hz (即一架普通钢琴的音域) 之间。超出此范围的乐音, 其音高已不能被人耳清晰判别, 因而很少用到。语言声的频率范围比音乐还要窄, 一般在 100Hz—8,000Hz 范围内。

声音的强度与物体的振动幅度有关: “幅度越大, 声音越强, 反之则弱。”声学中用“分贝”(dB) 作为计量声音强度的单位。通过实验, 人们把普通人耳能听到的声音强度定为 1 分贝。音乐上实际应用的音量大约在 25 分贝 (小提琴弱奏)—100 分贝 (管弦乐队的强奏) 之间。音乐声学中称声音强度的变化范围为“动态范围”, 动态范围大与小, 常常是衡量一件乐器的质量或乐队演奏水平的标志: 高质量乐器或高水平乐队能奏出动态范围较大的音乐音响, 让人们听起来痛快淋漓, 较差的乐器或乐队则无法做到这一点。图为普通人耳对音高和音强的最大可闻阈及音乐常用的音高和音强的范围。表为日常生活中几种典型音响的强度 (分贝)。

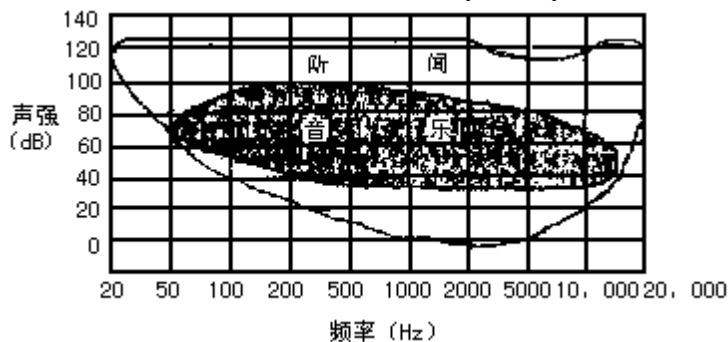


图 1

飞机起飞 (60 米处)	120dB
打桩工地	110dB
喊叫 (1.5 米处)	100dB
重型卡车 (15 米处)	90dB
城市街道	80dB
汽车内	70dB
普通对话 (1 米)	60dB
办公室	50dB
起居室	40dB
卧室	30dB
录音棚	20dB
落叶声	10dB
	0dB

大多数物体在振动时, 除了存在整体振动外, 还伴随有不同部位的局部振动。一般把物体作整体运动时产生的声音叫做“基音”(Fundamental tone), 局部振动产生的声音叫做“泛音”(Harmonics)。基音能量一般最强, 因而往往决定一个乐音的主观音高。

声音可根据其所包含泛音的情况而分为“纯音”和“复合音”。所谓“纯音”(Pure tone), 是指声音中只含有基音振动成份, 例如我们样音用的音叉所发出的声音就是纯音。当声音中既有基音又有泛音时, 就称“复合音”

(Compoundtone)。一般情况下，所有乐器（包括人声）发出的音都是复合音。如果泛音的频率与基音呈倍数关系，这个复合音听起来就比较圆润，否则就比较粗糙。按照习惯分类方法，将前者称为“乐音”，后者称“噪音”。大多数管弦乐器发出的声音都属乐音范畴。

不同种类的乐器，其音响效果各不相同，我们把能代表某种声音特征的因素称为“音色”（Tone color 或 Timbre）。决定一件乐器音色的重要因素是声音的“频谱”。“频谱”（Spectrum）是指声音中所含泛音的数量以及各个泛音在强度上的相对关系。声音的频谱可以用专门的分析仪器显示出来。图 2 是钢琴与单簧管的频谱比较，如图所示：二者的基音频率都是 100H_z ，但泛音数量及各个泛音的强度（dB）却不一样，由此便导致音色上的差别。

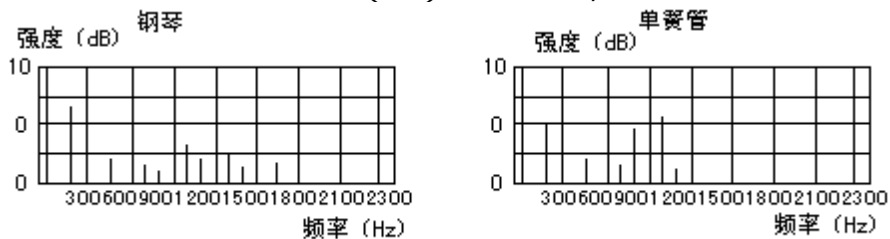


图 2

除频谱外，另一个对音色有重要影响的因素是声音振动波形的包络（Envelope），尤其是包络的起始（俗称“音头”）和结束（俗称“音尾”）两个部分最重要，这个过程尽管非常短暂，而且几乎都是噪音成份，但对乐器的音色起着重要作用。有人曾做过实验，把一个小提琴音响中的起始瞬态过程去掉，其结果听起来很象管风琴的音响。许多电子乐器在模仿自然乐器声响时，由于只注意对频谱的模仿，但忽略了声音的起始瞬态过程这个问题，因而听起来总是不自然。这一点在弦乐器上尤其明显。

综上所述，可以认为，一个声源的基本特征可以由以下几个参量进行描述，即频率、声强、频谱和波形包络。

接下来再来看看产生声音的主观方面——人耳接收系统——具有哪些结构特征，以及与声源都有哪些对应关系。

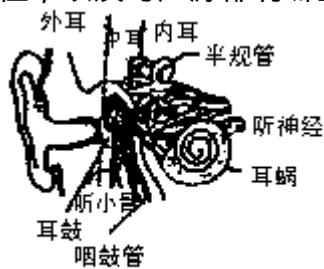


图 3

图 3 为人耳剖面图。声波首先刺激耳鼓，通过听骨传到耳蜗，然后再由联结耳蜗的神经束将信号传至大脑中主管听觉的区域。通过研究，人们发现：耳廓具有集聚声波的功能，外耳道则对 $1000\text{—}4000\text{H}_z$ （约为小字二组 b—小字四组 b）左右的声波产生共振。所以，人们往往对这一频段内的声波反应更敏锐。中耳内的听骨对声压亦有放大作用。耳蜗中的基底膜上长有很多听觉神经纤毛，目前对这些纤毛的作用尚存不同见解。上个世纪的著名德国科学家黑尔姆霍兹（H.vonHelmholtz）认为这些纤毛与声波的频率之间有对应关系：长纤毛感应低频，短纤毛感应高频。但后人通过更精细的解剖研究发

现：耳蜗内的听觉纤毛数量约为 3 百万根，已大大超过人耳所能接收的频率赫兹数（约 2 万 H_z ），对于这些纤毛的作用还有待进一步的验证。

实验证明，人耳对声波的接收并不是一个简单的被动过程，或者说是对客观事物的“真实写照”，这一点是人耳与声音测量仪器之间的最大区别。例如，在音高识别方面，一般情况下，如果某一个音的频率数比另外一个多一倍，那么在听觉上就会产生“高了一个八度”的印象。可是在高音区（1000 H_z 以上）和低音区（150 H 以下），情况就有了变化：当人耳感觉两个音符合一个八度关系时，用仪器测量二者的频率就会发现，两个音已不是严格的倍数关系，而是比一倍稍多一点。

在音量的感觉上也有相似的情况：在大型管弦乐队以 ff 力度全奏之后，接着一个木管乐器以 ff 力度独奏，二者的声压比可达到 100 : 1，我们人耳却感觉不到那么大的差距。此外人们对音高和音乐响度的感知并非完全独立。力度的改变会引起音高感觉的变化：早在 1935 年，美国科学家司蒂文斯（Stevens）通过实验指出：在不改变频率的情况下，只改变声音的强度，人们也会感到音高有所改变。当时他使用纯音作为测试信号，他的结论是：当强度从 40 增加到 90dB 时，将会产生大约一个全音（200 音分）的音高变化。其变化规律是：随着强度的增加，在人听来低频音会而变得更低，高频音会变得更低，中频（1000—2000 H_z ）音只有微小变化。人们有时称此为“司蒂文斯定律”。后人在对司氏定律作验证工作时发现：如果用复合音作测试，其音高变化幅度要小一些。图 4 是德国科学家特尔哈特（Terhardt）1979 年对 15 位参试者测试所得结果。

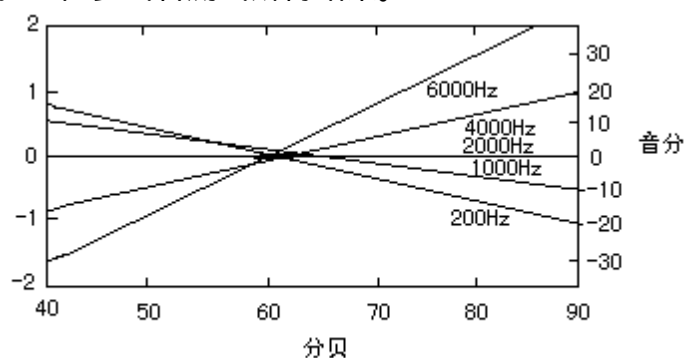


图 4

从人道主义的角度讲，不能用活体作人耳听觉系统的精细研究，所以至今还有许多关于人耳听觉特殊现象找不到确切答案。其中，人耳对低音的外推能力就是一例。我们或许都有戴耳机听音乐的经历，从耳机构造来讲，由于其振膜面积太小，根本不可能发出较低的声频（仪器测试也证明了这一点）。但我们人耳却依然能感觉到音乐中低音声部的鸣响，这就是人耳所具有的一种特殊能力。另外，人耳还具有“高度指向性”能力的接收系统。例如，在聆听一部交响曲时，我们往往可以把注意力完全集中在某一个声部或某一件乐器上，对其它乐器的音响“充而不闻”。此时，我们的耳朵就象装上了一个“自动滤波器”，只让有用的信号进入，其它无用的声音信息则被“拒之门外”，今天再先进的仪器也无法做到这一点。

人耳对音色的辨别能力也有许多奥秘之处，其中较为突出的是“模糊识别”功能。例如，对于各种各样的二胡发出声响，如果用仪器测试，其结果往往大相径庭，但我们的听觉系统却可以把它们都归为二胡类。再有，当一

个患了感冒，发音往往会有很大变化，但人们仍然能够凭借音色特征辨认出这个人的声音。

表 2 是客观量与主观量之间的相互关系。

表 2

客观量	主观量			
	音量	音高	音色	时值
声压	+++	+	+	+
频率	+	+++	++	+
频谱	+	+	+++	+
包络	+	+	++	+
时值	+	+	+	++

注：+相关性小；++相关性中；+++相关性很大

从表中可看出，每个客观量都有与之相关性最大的主观量与之对应，却又会或多或少影响到其他并不与之直接相应的主观量比如声压会影响到音色，而频率也会影响到音量。

由于种种原因，人们对于产生声音的主观因素人耳听觉系统的研究，远不如象对客观因素声源及媒介物研究那样全面和深入。从某种意义上说，这种状况也妨碍了音乐声学的深入发展，因为音乐声学这门学科与人的听觉密不可分，单纯从物理声学角度去解释声音的属性并不能满足音乐工作者的要求，甚至会导致一种错误的认识，以为主观听觉就是对客观声波的如实反映，将人耳等同于测量仪器，因而凡事务求精确，圆满，其实这反而背离了科学研究的真谛。

2. 音阶、律制与音准感

音乐声学注重从数理角度研究音阶和律制问题，而不去探讨其起源和发展史。目前我国音乐中最常用的音阶是大、小调音阶和我国的三种传统音阶，即新音阶、古音阶和清商音阶（又称燕乐音阶）。关于这些音阶的历史形成以及它们之间在音程方面的差异可参见有关的专门著作（如缪天瑞《律学》，人民音乐出版社，1983年增订版），在此不赘言。这里主要介绍的是与律学研究的听觉心理及音准感方面的最新研究成果。

古今中外的律学研究都在关心这样一个问题：如何找到最符合人类音准要求的律制，尽管有上下数千年的探索，但直到今天，什么是“最理想”、“最和谐”、“最纯净”的律制，人们依然众说纷纭。这种状况不能不引起人们的思考：从理论角度讲，各种律制的数学表达方式早已被我们的先人阐述清楚；从实践角度来讲，全世界的音乐活动从未因律制理论的不统一而中断，那么今天的律学研究对音乐实践来说究竟在起着什么作用？各种各样的律制理论又是如何与实践相联系的？

既然律学研究属于音乐声学的的一个分支，就决定了这个学科也要重视人耳听觉特性的研究，特别要研究不同律制的音高差异在人的听觉中将产生什么影响？因为各种各样的律制理论正是通过人的听觉而与音乐实践相导通。不深入了解人耳对音高差的分辨能力，就不能真正搞清楚各种律制对音乐实践产生什么样的影响，从而真正体现出律学研究与实践的紧密联系。解决上述问题的关键，是要搞清两个基本问题：其一是了解人耳的音差分辨阈，即人耳所能察觉到的最小音高差异；其二是了解人们在音乐生活中判断音准

的尺度，可简称为音准感。

笔者之一为此曾在 1988—1989 年期间进行了一系列人耳听觉的实验工作，受试者共 145 名，全部是专业音乐工作者，其中大多数是从事指挥和乐队演奏，因为他们的音准感往往对他人的音准感有直接的影响。以下是此次实验工作取得的结果（有关实验的详细情况已发表在《中国音乐学》1992 年第 3 期）：

对大多数音乐家来说，音差分辨阈值为 6 至 8 音分。个体差异中存在的极端值分为 2 音分和 50 音分。

与常人相比，音乐家对音高差异具有较强的分辨能力，尤其是存在于中、低间区的音高差异。

后天的听觉指向性的训练对人耳的音差分辨能力有一定影响。

多数音乐家的同一性音准感具有 -10 至 +10 音分的宽容性。或者说对音准容解误差是 ± 10 音分。

多数音乐家的和声性音准感具有 -38 至 +14 音分的宽容性。

在各音乐专业中，指挥家的音准宽容度相对较小。

在上述这些感知中还包括了和声性音准感，这实际上把音乐声学的层面上升了一步，从单个乐音，上升到音群，对音准的感知则上升到对音乐美感的感受，这当中之主客体的相互作用更为突出，正如马克思所说：“对于没有音乐感的耳朵说来，最美的音乐也毫无意义。”受过训练的耳朵，似乎不再是自然的耳朵，但通过学习能发现音乐中更深的美，却是一种自然规律。

（二）乐器声学

乐声是由各种乐器发出的，音色的不同是由于乐器各异，所以对音乐声学的研究和对乐器声学的探讨密不可分。

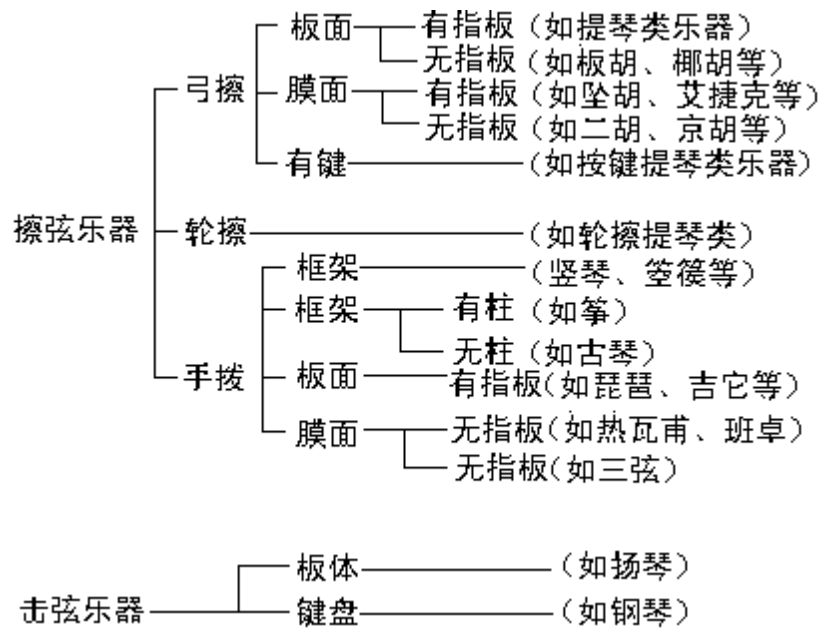
1. 乐器的分类

当今世上，从全球范围看，所用的乐器可谓五花八门，数不胜数，为讨论的方便，需要适当分类。

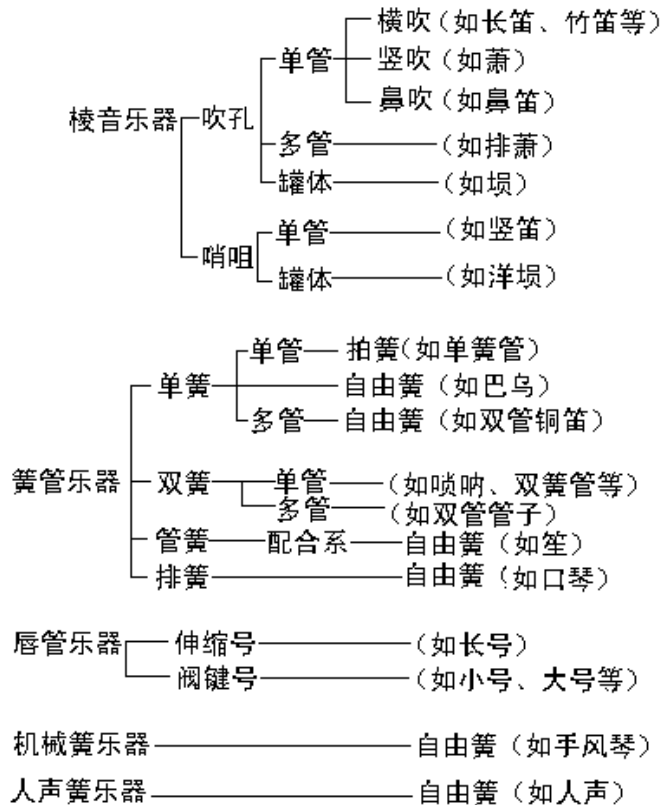
关于乐器的分类方法，目前最常用的有两种：一种是传统的、根据乐器的演奏方式分类，将乐器分为人声乐器、弦乐器、管乐器、键盘乐器和打击乐器等。每一类还可进一步细分，如弦乐器可分为拉弦乐器、拨弦乐器等。另一种是根据乐器的振动特征分类，可分为弦鸣乐器、气鸣乐器、体鸣乐器、膜鸣乐器和电声乐器。每一类还可进一步细分，如气鸣乐器可分为边棱音乐器、簧管乐器、唇振动乐器、机械簧乐器和人声乐器等等。这种分类方法首先由美籍德国音乐学家萨克斯（C.Sachs）和奥地利音乐学家堆恩博斯特尔（E.M.von Hornbostel）提出。实际上，无论哪种方法都不可能对世界上的乐器作一准确无误的分类，因为世界的乐器各式各样，演奏方法和振动方式也千变万化，有时一件乐器上就同时存在多种振动方式。不过相比较而言，根据乐器振动特征来分类更具有音乐声学研究的特点，因而笔者将依照这种分类体系来介绍乐器。

为使大家对这种分类体系有一个总体认识，先将分类框架作一总的介绍：

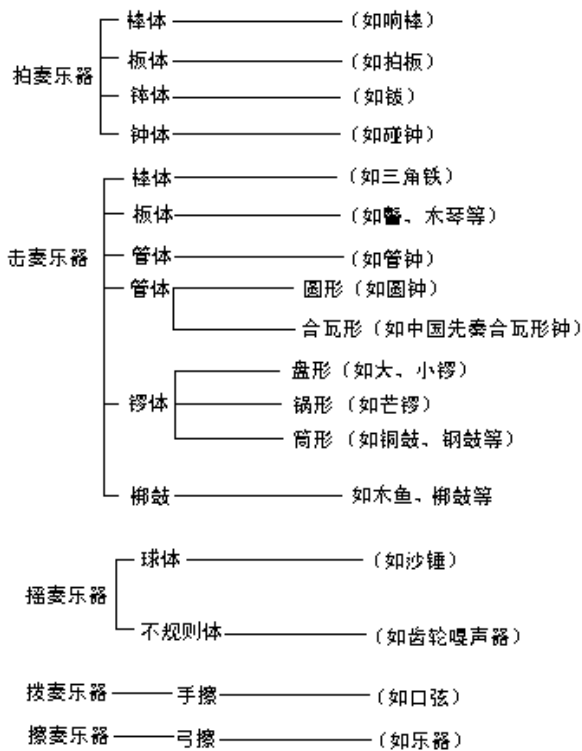
1. 弦鸣乐器（Chordophones）



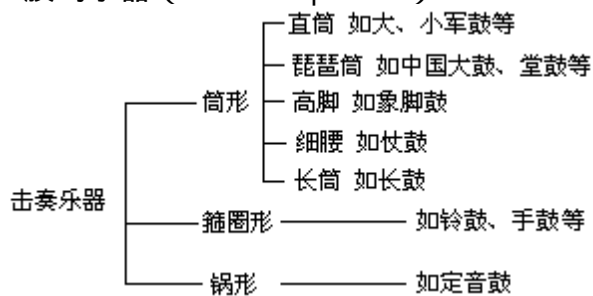
2. 气鸣乐器 (Aerophones)



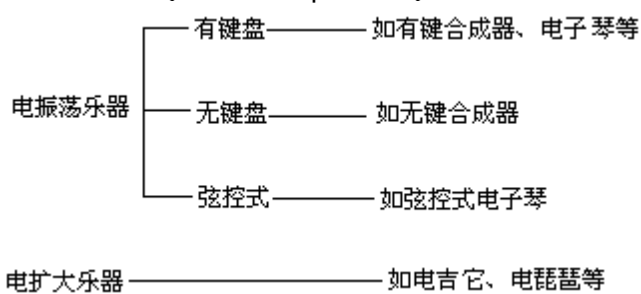
3. 体鸣乐器 (Idiophones)



4. 膜鸣乐器 (Membranophones)



5. 电声乐器 (Electronphones)



2、各类乐器的基本发音原理

(1) 弦鸣乐器

以弦振动为声源的乐器，称为弦鸣乐器。

弦，实际就是一根绷紧的线状物。乐器上使用的弦，大多是以丝、肠衣、尼龙或金属等材料制成。据振动频率的高低决定弦鸣乐器的高低。物理学家

推出在理想情况下弦振动的频率，它通常用下式来表示：

$f(\text{基频}) = \sqrt{gT/\pi\rho} \cdot (1/Ld)$ ，(L、d—分别为弦的长度和直径；
—常量；T、—分别为弦的张力和密度；g—重力加速度)

从上式可以看出弦振动的特点：弦的振动频率弦的长和直径成反比，与弦的张力的平方根成正比；与弦的密度的平方根成反比。换言之，弦越长或越粗、张力越小、密度越大，其振动频率就越低。反之，就越高。

根据弦振动的这个特点，我们就可以通过改变弦的长度、粗细、质量和张力中的任何一项或数项，就可以改变发音高度。

一根弦在振动时，会同时存在多种不同的振动方式。第一种是横振动，有时用肉眼都能观察出来。它的振动方向与弦长方向相垂直。第二种是纵振动，振动方向与弦长方向相一致，振动起来就象弹簧在运动。第三种振动是扭转振动，一般是受到外力的摩擦（如弓子）而产生的振动。上述三种振动中，横振动的能量最强，产生的声波构成乐音的主要成份。其它振动产生的声波能量相对较小，而且以高频泛音成份为主，它们与基音并不构成倍数关系，因而多属噪音成份，然而这种噪音成份也是构成弦鸣乐器音色的一个重要组成部分可使音色饱满。当然噪音成份应控制在一定范围内，初学小提琴或二胡的人，拉出的声音很难听，从音乐声学的角度讲，最主要的原因就是弦的纵振动和扭转振动的成份太多。

擦弦乐器

以弓和弦的摩擦作为声源激励的乐器，称为擦弦乐器。

各种擦弦乐器在形制上有很大差异，但从结构上一般皆可概括为以下几个部分：1) 系弦；2) 琴马；3) 共鸣体 4) 弓子。其发音原理，首先由弓毛摩擦琴弦，产生振动，通过琴马传至共鸣体，声能由此而得到扩大。从音乐声学角度讲，演奏擦弦乐器时，音高变化主要由弦的长度决定，音量变化主要由弓子的压力和运行速度决定，音色变化则主要由弓子触弦的位置、运行方式决定。

拨弦乐器

以手指或拨子拨弦作为声源激励的乐器，称拨弦乐器。

同擦弦乐器一样，不管是哪种形制，在结构上依然可大致分为系弦、琴马、共鸣体等部分。其发声原理，首先由手指或拨子拨动琴弦，使琴弦产生振动，通过琴马传至共鸣体，声能由此而得到扩大。从音乐声学角度讲，演奏拨弦乐器时，音高变化主要由弦的长度决定，音量变化主要由手指或拨子施加给弦的压力和拨弦速度决定，音色变化则主要由手指或拨子触弦位置及弹奏方式决定。

击弦乐器

以特定锤状物敲击琴弦作为声源激励的乐器，称击弦乐器。

从结构上讲，击弦乐器可分为两大类，一类由系弦、琴马、共鸣体和击锤等部分构成，如扬琴；另一类则多了一套键盘传动系统，如钢琴。其二者的发声原理相同，都是由击锤敲击琴弦，使琴弦产生振动，通过琴马传至共鸣体，声能由此而得到扩大。从音乐声学角度讲，演奏击弦乐器时，音高变化主要由弦的长度决定，音量变化主要由击锤敲击弦的力度和速度决定，对于有键盘系统的击弦乐器来说，由于其击弦位置相对固定（钢琴一般在有效弦长的 1/7—1/9 处），音色变化则主要由触键的力度和方式决定，对于无键盘系统的击弦乐器来说，因为其击弦位置不固定，故还可以通过改变击弦的

位置来改变音色。

(2) 气鸣乐器

以气流激励物体产生振动作为声源的乐器，称为气鸣乐器。

由于气体难以被肉眼察觉，因此给人们直观地了解器鸣乐器的发声原理带来了一定困难。另外，从声学角度讲，气鸣乐器的发声过程的确要比其它乐器要复杂一些。在介绍气鸣乐器发声原理之前，有必要先解释几个与之有关的名词。

空气柱：指管状物中的气体振动时形成的气团，它的长度对乐器的音高起决定作用。

边棱音：当一股气流以一定角度射向一个带有尖锐边缘的管子入口时，气流被分为两股，形成上下两个分离的气体涡漩，涡漩之间随之产生空吸，导致相互碰撞。如果气流不断，涡漩之间的碰撞也就会持续下去，涡漩碰撞发出的声响就称为边棱音。

耦和：一般来讲，气鸣乐器激励声源的振动频率与腔体内空气柱的振动频率并不一致，前者的频率受气流的强度、喷射角以及振动体质量的影响，后者则取决于腔体的长度或体积的大小。当激励声源的振动引起空气柱振动时，二者在振动频率上会发生相互调制，这一调制过程就称为耦和。

开管：指两端开口的管子。

闭管：指一端开口，另一端封闭的管子。同样长度的管子，闭管的基音要比开管的低一个八度，二者的音色也不相同。

边棱音乐器

以边棱音作为声源的乐器，称为边棱音乐器。

绝大多数边棱音乐器都是依靠边棱音产生的振动，带动特定共鸣腔体内的空气，经过二者的耦和而发音。长笛、竹笛、箫等乐器的发音都属于这种原理。边棱音本身振动发出的声响很小，而且含有较多的高频噪声，通过共鸣腔体的耦和，声音才会变大，音色也会变得圆润。从音乐声学角度讲，演奏边棱音乐器时，音高变化主要由共鸣腔体的长度或体积，以及气流的速度和喷射角度决定，音量变化主要由气流的速度决定，音色变化则主要由演奏者吐气的方式决定。

簧管乐器

以簧振动作为声源的乐器，称为簧管乐器。

乐器上的簧，是指用金属或植物制成的弹性薄片。一端被夹在共鸣腔体的封口处或簧室内，另一端不固定。当气流通过封口或簧室时，簧片就会产生振动而发声。同边棱音乐器相似，簧片振动产生的声音很小，且含有较多的高频噪声，因而也需通过共鸣腔体的耦和来增大音量，改变音色。从音乐声学角度讲，演奏簧管乐器时，音高变化主要由共鸣腔体的长度或体积，以及簧体的体积和质量决定，音量变化主要由气流的速度决定，音色变化则主要由演奏者吐气的方式决定。

理论上讲，可以把簧看作扁形的棒，那么其基频的计算公式可用棒的公式代替，为： $f=0.17\eta/1\sqrt{Q/\rho}\sim 0.53\eta/1\sqrt{Q/\rho}$ （ η —簧的材料厚度； l —材料长度； Q —材料弹性常数； ρ —材料密度。）

从振动方式上讲，乐器中的簧有两种，一种是自由振动式簧，如笙、口琴和手风琴中的簧都属于此类；另一种是拍打振动式簧，单簧管、双簧管、

唢呐等乐器上的簧片均属此类。上面的公式只适于自由振动式簧片的频率计算，拍打振动式簧片由于其形状复杂，很难求出一个较为准确的公式。

唇管乐器

以唇振动作为声源的乐器，称唇管乐器。

唇管乐器的发音原理是：空气通过双唇间的缝隙喷入号咀时，双唇会产生振动而发声，唇的振动声经过共鸣腔体的耦和得以增强音量、改变音高和音色。理论上讲，唇振动与簧振动原理是一样的。演奏唇管乐器时，音高变化主要由共鸣腔体的长度或体积，以及双唇的形态决定，音量变化主要由气流的速度决定，音色变化则主要由演奏者吐气的方式、是否加弱音器等因素决定。

弱音器的作用，就是对唇管乐器的声波加以阻碍，使共鸣腔体内的声波不能直接向外辐射，从而抑制了共鸣腔体内的空气振动，音量减弱。另外，共鸣腔体内的气流在通过弱音器时，还会产生边棱音效应，从而增强了高频泛音，改变了音色。

人声乐器

以人的声带作为激励声源的发音器官，称为人声乐器。

从乐器声学角度看，人声乐器属于气鸣乐器中的簧管乐器。声带相当与簧片、呼吸系统产生策动外力，口腔、咽腔、胸腔和头腔属于共鸣腔体。声带可以看作一对自由式振动的簧片，发声时，喉内肌和喉外肌同时收缩，声带被拉紧、拉长，两片声带靠拢，肺部气流从两片声带之间的缝隙中喷出，从而激发声带发声。声带的振动，经过各共鸣腔体的耦和使声音的音量增强，同时亦改变了音高和音色。从乐器声学的角度讲，人声乐器发音时，音高变化主要靠演唱者声带和共鸣腔体的生理构造以及演唱时气流的位置调节来决定，音量变化主要由演唱者的肺活量及气流喷出的速度决定，音色变化则主要由演唱者对各共鸣腔体的运用来决定。所谓不同流派或唱法，主要是对呼吸系统以及各共鸣腔体的控制与运用上存在差异。

(3) 体鸣乐器

以物体的整体振动作为声源的乐器，称为体鸣乐器。

绝大多数体鸣乐器都没有共鸣系统，因而乐器结构较为简单，这是与其它种类乐器的显著不同之处。从振动方式上，体鸣乐器可分为板振动和棒振动两大类，有极少数的体鸣乐器加有共鸣系统（如木琴）。

板振动乐器

以敲击片状弹性材料作为激励声源的乐器，称为板振动乐器。

板振动乐器的发声原理比较简单：当板受到外力作用后，板体本身的弹力以及板受到激发后产生的惯力就使板体产生振动，发出声响。板振动以横振动为主，并掺杂了纵振动和扭曲振动。板振动而产生的泛音与基音其频率大多不是倍数关系，但通过调音师的处理，可以尽量减少不协和泛音的能量，从而使乐器发出圆润、有具体音高的乐音。

均匀板的频率，取决于材料的厚度、平面半径以及材料的密度。板越厚、半径越大、材料密度越小，其频率就越低，反之则越高。

有些乐器从形状上看不象“板”（如钟类乐器），但从声学角度讲，它们发声原理依然属于板振动范畴。例如，对中国先秦合瓦形钟能发出两个不同音高的乐音这个现象，就可以用板振动理论予以解释：板在振动时，除了整体振动外，还存在分段振动，分段振动能产生不同于整体振动产生的音高。

合瓦形的钟体结构较利于增强分段振动的能量，并能较合理地抑制钟体振动延续的时间。

棒振动乐器

以敲击棒状弹性材料作为激励声源的乐器，称为棒振动乐器。

与板振动相同，当一根状弹性材料受到外力激发后，棒体本身的弹力以及棒受到激发后产生的惯力就使棒体产生振动，发出声响。棒振动以横振动为主，并掺杂了纵振动和扭曲振动。一端被固定的棒，其振动而产生的泛音与基音其频率大多不是倍数关系；两端都被固定的棒，各泛音的振动小节有重合的点，其频率比按 1、2、3……的规律排，故能发出较纯正的乐音。

棒的频率变化，如果是矩形体，则取决于不同的厚度、长度、宽度和材料的密度；如果是圆柱体，则取决于不同的长度、截面半径和材料的密度。例如，对一根矩形棒来说，棒体越长、越宽、越厚、密度越小，发音的频率就越低，反之则越高。

(4) 膜鸣乐器

以膜振动作为声源的乐器，称为膜鸣乐器。

大部分膜鸣乐器都有共鸣腔体，且多数不能产生有明确音高的乐音。膜振动与弦振动相似：以张力作为弹性恢复的主要力源。然而膜是面，振动产生的泛音与基音在频率上不是整数比的关系。膜振动的频率与膜的半径、张力、材料密度和厚度有关，一般对于可以定音的膜鸣乐器，则主要采取改变张力的方法变化音高。一张厚度均匀的圆形膜的基频计算公式为： $f=0.3827 \times \sqrt{T/\rho} \cdot 1/a$ （ a —圆形膜的半径； T —张力； ρ —材料密度）。

上述公式表明：圆形膜的基频与张力成正比，与半径和材料密度成反比。对于两面都绷上膜的乐器，其发音高度不仅与正面膜有关，同时还与反面膜的张力以及共振腔体有关。

膜鸣乐器的音量取决于外力激励膜面的强度以及激励的位置，适度激励膜面，使膜的弹性模量处于最佳状态时，才能使膜振动达到最大振幅，即音量最大。激励强度过大、过小，或者激励的位置不对，都不能获得较大的音量。

膜鸣乐器的音色变化，主要与激发工具的硬度有关，较硬的激发工具能产生较明亮的音色，较软的激发工具则产生较柔和的音色。

5. 电声乐器

在介绍电声乐器发声原理之前，有必要先弄清几个与之有关的名词。

电振荡：当一些电子元器件通过一定方式的组合，接通电源后而产生的电流振动，就称为电振荡。能够产生电振荡的电子元器件的组合称为振荡电路，一般包括电阻、电容、晶体管和电感元件等。

电扩声：当一些电子元器件通过一定方式的组合，接通电源后使原来输入的声音信号或电信号得以放大，就称为电扩声。能够对信号起放大作用的电子元器件组合称为放大电路。

MIDI：取自英文 Musical Instrument Digital Interface 四个单词的第一个字母，意为“乐器数字接口”，其实质含义是一种电子乐器之间沟通联系的编码标准。无论什么厂家、型号的电子乐器都可以通过 MIDI 进行各种方式的连接，从而实现一个人对多台电子乐器的统一操纵。

电振荡乐器

以电振荡作为激励声源的乐器，称为电振荡乐器。

目前人们能见到的各种电子琴、电子合成器、电子鼓机等都属于电振荡乐器。图 5 是一架普通的电子合成器的工作原理框图：

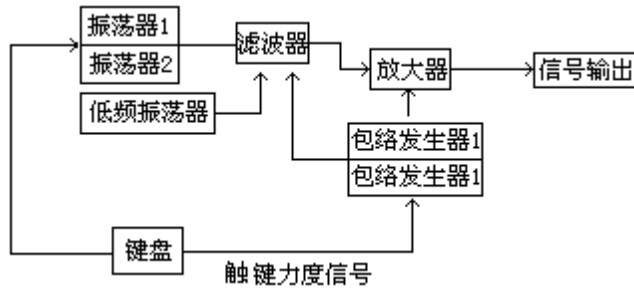


图 5

说明：当演奏者按下键盘中的某一琴键时，琴键下面的电路就将信号传送给振荡器 1 和振荡器 2，产生相应的音高振荡频率；手指触键的力度信号也会同时传给包络发生器 1 和包络发生器 2，并通知滤波器和放大器产生相应的音量及音色的变化；最后，声音信号通过放大器输出。图中低频振荡器的作用，是能够根据演奏者的需要，对所有其它部分——振荡器、滤波器和放大器——进行调制，从而使合成器能够发出颤音的效果。

目前，国外生产的电子合成器以及较高档的电子琴都有 MIDI 接口，相互间可串接使用。目前较流行的使用方法是使用一台计算机通过 MIDI 接口来控制所有相关的电子乐器和音响效果发生器，从而能够方便地产生丰富多彩的音乐音响效果。

电扩声乐器

利用电子手段改变声音的音量和音色的乐器，称为电扩声乐器。

目前我们常见的电吉它、电琵琶等，都属于电扩声乐器。其声源仍是机械振动，不是电振荡。只是利用电子放大手段改变了原来乐器发音的音量和音色，这是与电振荡乐器发生原理的最大不同之处。

从结构上讲，电扩声乐器大体可分为声源、拾音头、放大器和音箱四部分。声源就是用来演奏的乐器，拾音头的作用是将声源的机械振动转换为电流振动，是决定乐器音质优劣的关键器件，分压电式、磁电式和机电式几种，应根据不同的乐器声源性质来选择。例如，使用钢丝弦的乐器，一般多使用磁电式拾音头。放大器的作用是将电流信号进行放大，最后通过扬声器放出声音。

所有这一切乐器声响，不论是弦、管、簧片、电振荡，都源于同一个自然律：振动方程和它的本征解，这两个词是高等数学中的术语，一般读者没有必要深究，为了给大家一点形象的东西，我们在这里给出两端固定的琴弦，在理想情况下能产生什么样的频率（用数学术语讲，即是本征频率）。它的表示式是这样的，对第 n 阶谐波来讲，振动是：

$$(A_n \sin \frac{n}{l} at + B_n \cos \frac{n}{l} at \sin \frac{n}{l} x) \quad n \text{ 可以} = 1, 2, 3, \dots。 \text{ 这里的 } l \text{ 是弦}$$

的长度， a 是与弦的张力下单位长度的质量 有关的一个量： $a^2 = T/\mu$ 。而 A_2 、 B_3 这些系数，换句话说，各谐波的强度与位相（综合成音色）则取决于演奏者是以怎样的方式使弦振动的。而音高（基频）则由发生振动的那部分琴弦的长度 l 决定，而这一切又都由振动与波的自然法则所确定。

六、音乐与自然科学研究

上章中“音乐与自然规律”的讨论必然会导出本节中“音乐与自然科学研究”这个命题，不过必须指出音乐与自然科学研究这个题目包括多个层面，对它的讨论则有不同的角度。在上一章的讨论中，音乐是“受体”，换句话说我们讨论的是人们如何通过发现音乐中的种种自然规律来推动对音乐的研究；这一章中则与之不同，音乐和自然科学的作用正好掉了个个儿，是说音乐如何帮助科学的发展和应用。这个问题本身又有许多层面，其最基础的层面是物理的层面；声音的发出和感知，这是声学所研究的内容，可以说在声学的发展中音乐曾起过（现依旧起着）巨大作用，上章的声学规律有不少是从乐音的研究中得出来的。其最高层面是哲学的层面，是从自然观世界观的角度来认识音乐这门艺术与科学间的总体关系。对本章要讨论的主题，前者过于具体，其中不少内容上章及其他章中已经谈过，毋庸重复；后来则又过于抽象，有的属于哲学或美学的范畴，超出了这本书的范围。所以本节选择了居于这二者之间的角度——从音乐和科学两个学科本身来讨论究竟科学研究有哪些方面得益于音乐。

（一）寻找和发现自然的和谐美

翻开科学史可以看到有许多重大发现与科学家对科学美的追求有关。这种美通常被称作自然美。用当代科学家彭加勒的话说：“我的意思是说那种深奥的美，这种美在于各个部分的和谐秩序，并且纯理智能够把握它。正是这种美使物体也可以说使结构具有让我们感官满意的彩虹一样的外表。没有这种支持，这些倏忽即逝的梦幻之美结果就是不完美的，因为它是模糊的，总是短暂的。”

生物学家海克尔也曾说：“观察满布星斗的天空和一滴水中的显微生命，我们就会赞叹不止，研究运动物质中的奇妙作用，我们就会满怀敬畏之情；崇拜宇宙中无所不包的实体定律的价值，我们就会肃然起敬——凡此种种，都是我们感情生活的组成部分，都与‘自然宗教’的概念相符。”这里海克尔用了“自然宗教”这个词。这是历史上许多科学家在理解自然的和谐关系时所取的一种角度——把自然本身当作一种有生命力的令人崇拜的对象。爱因斯坦则始终把自然界的和谐和秩序作为美的规律来理解。

1. 和谐美的构成。

究竟什么是自然界的和谐美呢？一些科技美学家把它归为以下一些方面。

（1）整体

性

整体是由部分所组成，但整体的各要素间并不相互独立。任何一个要素脱离了总体就会失去它在整体中所具有的功能，显而易见一个人的任何一部分脱离了人体就不再具有它原有的功能：砍断手不能抓取物体，离开腿

转引自《科学技术之光》，P5，人民出版社，张相轮，凌继尧编著。

同上，P35。

脚不能走路，离开了颈项的头，再不能思维……。物质世界也一样具有整体性，就是说物质系统是个完整的有机的整体。

(2) 生长性

一切现实的系统，从本质上说是动态的、开放的。由于物质世界中各种事物间总在互相作用，它们自身也不断进行着新陈代谢。这些都表现出了自然界的生长性。

(3) 自组织性

物质系统在特定的条件下通过外部环境的约束和选择，会呈现出一种自组织的状态，形象地说，就像生物进化中的遗传和变异，生物世界中通过自然选择和各物种间的相互作用，会形成相对固定的生物群落，与此同时又有着你盛我衰，此时枯彼时荣的变化。

(4) 统一性

整个物质世界是个统一体，微观世界和宏观世界，生命世界和非生命世界，人的世界和自然界都是一个统一体，一个多样性的统一体，这里处处都体现出客观世界作为一个有机整体的合规律性，而在这种总体的合规律性下体现出整个宇宙的和谐。和谐并不是单调的、绝对的，在这里对称的破损，有序中的无序也可能成为更高层面上的和谐因素。

人类对自然和谐美的认识经历了一个漫长的进程，在这认识过程中，音乐和其他艺术的和谐美对科学家的启发在科学史上留下了一个又一个的佳话。在前面的章节中有些内容已涉及到这个问题，比如开普勒和朱载堉的发现等。下面让我们再看些实例。

2. 科学定律中的自然和谐美

其实，人类最初有关美的认识本来源于自然界，比如结构上的对称、和谐和韵律美。自然界的美是客观的，人类认识了这种客观存在，又用艺术形式（包括音乐形式）来体现这种自然美，比如音乐中音响的和谐、美的韵律等。这种美的艺术创造又反过来影响人类对自然界的认识，促使科学家去寻找科学理论，亦即自然规律中的和谐美，在科学发展史中有许许多多这样的例证。

化学元素周期律的发现是化学史上一个里程碑。在没有建立起周期表之前，化学元素世界看起来杂乱无章一片混乱，到了十九世纪上半叶，人们已经知道的元素有五十多种，这些元素之间的关系是什么？其性质有什么规律？这是当时的科学家很想知道的问题。从化学教科书中大家早已知道最后这个问题为俄国科学家门捷列夫的元素周期表所解决。但相当多的人并不知道，在门捷列夫之前，已有人作过周期表的尝试，而启发他的不是别的，正是音乐中的八音律。

有个名叫纽兰兹（1837—1898）的人，按照原子量从小到大排列当时已为人所知的各种元素，发现每隔七个元素便有重复的物理化学性质出现，这使他联想到音乐中的 do、re、mi、fa、soo、la、si、do 的往复循环上升。于是他排出了一个八音律元素表，八个元素一排。可惜的是当时有许多元素尚未被发现，此外元素排列本身还有些复杂因素，所以他的八音律元素表有不少缺欠。最后经过门捷列夫的调整和其他人的努力，才有了今天这个元素周期表。门捷列夫的周期表基本上仍是八个一排，其中为某些当时尚不知道的元素留下了空位。在门捷列夫的表中同一列的元素性质相似，却又有差别，

就像音乐中音名相同，八度不同的乐音，尽管音阶中音的个数和周期表中的列数并不相同，周期表中还有些复杂情况，但周期表中旋转楼梯式的往复又升高的变化形式和音阶中不同八度中音符变化形式确实属同一类型。将周期律提出的部分功劳归于音乐看起来是毫不过份的。

化学元素周期律所反映的是一种排列形式，物理研究中与此不同，常常要用数学公式来表示物理定律。在推导物理公式时，不少物理学家常希望这公式能体现出一种数学形式的美。一些研究科学美学的人常常用麦克斯韦方程和哈密顿方程组为例。这两个方程组一个描述的是电和磁的相互变化，另一个描述的是力和运动的世界，它们的形式是这样的：

麦克斯韦方程：

微分方程

$$\begin{cases} \nabla \cdot \vec{E} = 4\pi\rho \\ \nabla \cdot \vec{B} = 0 \\ \nabla \times \vec{E} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0 \\ \nabla \times \vec{B} - \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} \end{cases}$$

积分方程

$$\begin{cases} \oiint \vec{E} \cdot d\vec{\sigma} = 4\pi Q \\ \oiint \vec{B} \cdot d\vec{\sigma} = 0 \\ \oint \vec{E} \cdot d\vec{e} = -\frac{1}{c} \iint \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{\sigma} \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{e} = \frac{1}{c} I + \frac{1}{c} \iint \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \cdot d\vec{\sigma} \end{cases}$$

哈密顿方程

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial p} = \frac{dq}{dt} \\ \frac{\partial H}{\partial q} = -\frac{dp}{dt} \end{cases}$$

物理学家特别欣赏这些方程，因为它们具有某种对称的美。

这里不准备对上面这些符号作什么注解，因为凡是学过高等数学物理的人都知道这些方程的含义，而数理行当以外的人只需要欣赏这些符号串的形式。为了更能玩味其中的和谐美，读者可以试着把方程组变成艺术图案，比如等号可以作为图案中心， ∇ 可以看成心形，把 \oiint 画成一个苹果，把 \oint 看作一朵花。所有的英文字母都使用早期外文书刊中的大写花样。作了这种变化后，只要懂点艺术的人都能看出其中的美：既有对称的美，又有对称破损的变化，在其他科学领域中，人们也不难找到这种数学公式的美。

值得一提的是这公式的建立者麦克斯韦本人是个喜欢艺术的人，在他建立这个方程组时，美学原则在他思想中的确起了一定的作用。在麦克斯韦之前已有了一些电磁学的实验定律，根据这些定律可以推出前三个方程。这一来，式一、二、可成对，第三个方程却成了单，麦克斯韦从科学理论的和谐美出发，假设了第四个方程的存在。这方程后来为实验所证明。这事实反过来证明和音乐世界一样，科学世界中的确有着某种美的形式。

3. 黄金分割律的启示

寻找自然的和谐美并非从今日始。早在古希腊时代，这个问题就被提了

出来。毕达哥拉斯的“数的神秘主义”即是希望从数学关系中找出某种能体现自然和谐美的形式，黄金分割律就是其体现。黄金分割律是指把一个长度为 a 的线段分成不相等的两部分： X 和 $a-X$ 。这种分割的完美性体现在：两段中长的那段（ X ）和短的那段（ $a-X$ ）之比，恰恰等于整个线段长（ a ）和长的那段（ X ）的比，用公式来表示就是： $\frac{X}{a} = \frac{a-X}{X}$ ，变换一下可以得到一个二次方程： $X^2+aX-a^2=0$ 。由此可以推出 $\frac{X}{a}$ 的比值是 $\frac{1}{2}(\sqrt{5}-1)$ $=0.61803398\dots\dots$ 。这比值是个无穷小数，通常只取到小数点后三位，即 0.618 。从数的神秘主义观点看， 0.618 体现了完美，所以达·芬奇把它称为“黄金分割”。

近年来我国音乐界很注意黄金分割律。并从此研究了一些乐曲的结构，并把它们统统概括为黄金分割比。严格说来，由于黄金分割是无理数，除了正五角星这样的几何图形外，平常很难遇到这个比值。乐段的划分只能得到有理数，更不可能是黄金分割，事实上，严格计算义勇军进行曲中的分段，可以从零点六一一直到零点七五，这事实告诉我们，我们既要看到自然定律与音乐规律中的连系，另一方面又切忌简单化，自然定律是多种多样的，音乐世界中的规律更是丰富多采，二者之间很少有两点一线式的简单关系，对音乐的判断依据是美，对自然定律判断依据是真，二者也不可划等号。此外自然科学定律，特别是经典性定律常常以精确的数字表示，如上面已说，黄金分割率是个无穷小数；而音乐中的感知并不要求这种精确性，其间的模糊度十分大。所以聂耳的义勇军进行曲所追求的并不是抽象的黄金分割比，而是具体曲式分割中的适度不均衡量。它既避免由完全均衡造成的四平八稳，又不会造成过度不均衡，至比例失调。前者无法产生义勇军进行曲所要达到的鼓动作用，后者则会使乐曲失之于怪诞。

总之，在探求音乐与自然规律的联系时，无论从哪一方为出发点，都不可简单化。音乐中有自然规律，但音乐的美不是某条精确的自然定律所能包容的；自然定律中有着和音乐相似的和谐美，但衡量自然定律的最终判断依据应该是“真”。比如美的形式多种多样，狄拉克方程中若没有负号，同样有和谐美，二者之不同只是对称和反对称的不同，而决定有负号存在是因为这样公式才为真。反过来从音乐角度看，和精确的科学定律不同，音乐中的美是很难精确计量的。音乐进行的速度无论是 *Andante* 还是 *Allereto* 都有一个变化范围，每个演奏者对它的处理也各不相同。一切服从于对“美”的表现怎样更有利。

黄金分割律所体现的是均衡与不均衡的对立统一，而对立统一本身就是一个重要的自然规律：运动在引力和斥力的相互作用中出现。能量间相互转换又保持总体的守恒，生物既有遗传性又有变异性等。音乐中也存在着不少这种对立统一。比如：音乐的各音之间既要有一定关联又不能完全相关；音乐旋律要求既有多重变化，又不能混乱，既有一定的重复性，又不能成为单调的车轮辘式的颠来倒去（后者是八音盒式的玩具音乐而不是音乐作品）等等。由于时代的不同，作曲家个人风格的差异以及音乐作品的曲式要求各不相同，在这种均衡与不均衡，关联与不关联的对立统一中强调的方面不同，表现方式更是多种多样。可自然界不也是如此吗？它总是在纷繁多样中呈现出一定的秩序性。

（二）音乐与生命科学

1. 动物听音乐

每个人都有听觉器官，人靠听觉器官接收音乐信号的能力是与生俱来的，不过人对音乐的理解当然不仅仅靠耳朵，也不仅仅限于条件反射，那是不是只有人才能欣赏音乐呢？并非如此。动物同样会“欣赏”音乐，当然这里的欣赏一词是比喻，因为人所能看到的是动物对音乐有所响应，至于它们听懂了多少，只有去问动物自己，对此人类到目前为止还无从得知。

在马戏团中，各种动物会和着音乐进行表演，这多半与驯兽者的暗示或指挥有关，但看着这些动物那活泼的神态，以及它们的动作与音乐的极自然的配合，不得不使人相信，音乐的确进入了它们的耳朵。对它们产生了影响。对这，本文作者之一有一亲身经历，在西德访问时，曾于假期中为一位外出度假的教授夫人带狗，同时被获准可以到其家中弹钢琴。开始时，她总担心那条卷毛狮子狗会在旁捣乱，事实却并非如此。这只平时十分调皮、到处乱窜乱闯的小狗，一听到钢琴声就安安静静蹲在琴边，既不吵闹也不乱跑，像是一个忠实的听众。

更有趣的是音乐对牛也起作用。“对牛弹琴”这成语几乎家喻户晓，据说古代音乐家公明仪姜弹琴，一次他看见一头牛在那里吃草，他便为牛弹了一曲。谁知这牛似乎什么也没听见。依旧低头吃它的草，于是便留下了这句成语，从此讽喻对愚蠢的人讲他听不懂的深刻道理。现代的一些实验却证明了“对牛弹琴”是有作用的，当然这并不是说牛真的理解了音乐中的深刻内涵。

国外的学者曾作过这样的试验：在其他饲养条件完全不变的情况下，给牛播放和谐音乐，牛听音乐的结果是心肌和呼吸活动都有所增强，脑电图也有所变化。特别令人注意的是牛的产乳量由每日五十斤增加到五十六到五十八斤，可如果给牛听的不是音乐而是噪声，情况就大不一样了。心肌、大脑、肌肉、呼吸等活动都低于正常指标，日产乳量下降到四十六公斤。

人类有个最大的本事就是在认识自然后还能利用自然。如今已有人在考虑怎样通过“对牛弹琴”来使牛多产奶，甚至加速产生出牛黄这种珍贵药材。如果这项试验获得成功，会有很大的经济效益和社会效益。

事实上不光是可以对牛弹琴。有报导说让鸡听乐，会使产蛋率增加，对母羊唱歌，可以使母羊认下不是自己生出的小羊羔，让它吃自己的奶，换句话说音乐能为失去生母的羊羔孤儿找到慈祥的养母。

中国有句成语叫“成也萧何，败也萧何”。它讲的是个历史典故，即刘邦创建汉朝时，推荐韩信，让他封侯拜相的是萧何，后来协助高祖除掉韩信的也是萧何。音响也有“成”“败”两重作用，比如“驱鼠”就属于后一种作用。

俄罗斯传说中曾有过用音乐驱鼠的故事，传说以前有一个村庄鼠害盛行，老百姓不堪其扰，后来来了个风笛手，对着老鼠吹响了风笛，竟把这大群老鼠带出了村庄。传说只是讲讲而已，况且真要驱鼠不能用风笛这种优美的音乐，而要用嘈杂的音响——噪声。至于如何恰如其份地应用噪声，既能把老鼠赶走，又不妨碍人则还是个有待研究的问题。

2. 植物与音乐

动物具有听觉，对音乐有所反映是很易理解的。令人惊异的是，没有听觉被人认为是“无知无情”的植物居然也能欣赏音乐。不仅如此，有时让它们欣赏音乐后还会产生奇妙的效果。促进这些植物的生长。

在西双版纳生长着一种会听音乐的树。当人们在树旁播放音乐，树的枝干就会随音乐的节奏而摇曳起动，树梢上的树枝树叶，则会像傣族少女在舞蹈中扭动肢腕一样，随音乐作 180° 的转动。音乐停止，小树如同一个有经验的舞人，立即停止舞蹈，静了下来。有人对这“音乐树”作了细致观察：在播放轻音乐或抒情歌曲时，小树的舞蹈跳得越发起劲，音乐越优美动听，舞蹈越婀娜多姿；但当响亮的进行曲奏起，或是让小树听某种嘈杂或震耳的音响，小树的“舞蹈”马上会停下来。

对植物听音响所产生的效果，也有不少有趣的报道。据说，法国科学家曾作过如下的试验：通过耳机向正在生长中的番茄播放优美的轻音乐，每天播放三小时。欣赏音乐的番茄竟长到四公斤之重，成了当年的“番茄大王”。不光是番茄，其它不少植物也似乎有音乐细胞，英国科学家用音乐刺激法，培育出了十好几斤重的大卷心菜；苏联人用类似的办法种出了五斤重的萝卜，像足球那么大的甘薯和篮球大小的蘑菇。58 年时，我国有人用超声波音乐处理小麦、玉米、水稻和棉花，其结果是小麦的种子出芽率、水稻出苗率都大大提高，各种作物的生长期则有所缩短，并增了产，棉花则提前吐絮，并提高了结桃率。

这些事情听起来很神，不少试验结果还有待用科学方法进一步验证。但从科学上看，它们并非天方夜谭，而是有一定的理论依据的。

科学研究表明，音乐是一种有节奏的弹性机械波，它的能量在介质中传播时，还会产生一些化学效应和热效应。当音乐对植物细胞产生刺激后，会促使细胞内的养分受到声波振荡而分解，并让它们能在植物体内更有效地输送和吸收。这一切都有助于植物的生长发育并使它增产。我国一些科学家通过研究发现：在一般情况下，苹果树中的养料输送速度是每小时平均几厘米；在和谐的钢琴曲刺激下，速度提高到了每小时一米以上。科学家还发现，适当的声波刺激会加速细胞的分裂，分裂快了自然就长得快，长得大。

不过任何事都有个限度，中国有句成语叫“过犹不及”说的就是这个意思。过强的声波也是这样，不但无益反而有害，它会使植物细胞破裂以至坏死，噪声的破坏力当然更大。美国科学家曾作过某种“对照实验”，把 20 多种花卉均分成两组，分别放置在喧闹与幽静两种不同环境中，进行观察对比。结果表明，噪音的影响能使花卉的生长速度平均减慢百分之四十左右。人们还发现这样的现象，在噪声强度为 140 分贝以上的喷气式飞机机场附近，农作物产量总是很低，有不少农作物甚至会枯萎，同样是这个道理。

许多人还指出摇滚乐对动植物有巨大危害，美国的科学家曾作过一些实验：在摇滚乐作用下，植物会枯萎下去，动物会渐渐丧失食欲。它对人的危害也相当厉害，不仅能导致人听力下降、精神萎靡、或诱发出胃肠溃疡等疾病，甚至有人认为有些地区（如美国）青年人自杀率增高，闹事频繁，都与摇滚乐的风行有关，对此下面还要论及。

3. 听觉与视觉

和上面的讨论中物理学家受音乐的启迪得到帛象的自然规律不同，这里讲的生命活动是自然界中最高级的活动，也可说是自然造物的最大奇迹，音乐又是生命活动的升华，是最高级的生命形式——人——所创造的一种高级文化形式，现在种种事实证明音乐对人的生命活动有各种影响。对此，下章中有关音乐医疗的论述将会专门加以介绍，这里只讲音乐能帮助人弥补生活中的一些缺憾。

无庸讳言，双目失明是人生中一大缺陷。幸好大多数盲人听觉十分灵敏，所以有些学校中采取了以“听觉”来补偿“视觉”的作法。

美国匹兹堡大学利用音乐来帮助盲人学习化学课程。我们知道，上化学课时总离不开视觉的观察，例如，我们经常以溶液中是否改变了颜色、出现了浑浊或沉淀物等现象来判定是否发生了某种化学变化，但双目失明的学生却无法做到这一点。那么如何让双目失明的同学能够和普通人一样学习化学这门课程呢？方法终于被人们找到了：用音乐！或许你已经注意到了，盲人虽然看不到东西，但听觉却非常敏锐。考虑到这一点，科学家首先制作了同一种特殊装置，它能使每种化学物质都能发出一个带有特定音高的乐音，当两种化学物质发生反应时，就会同时发出许多乐音：有尚无发生化学反应物质的音高，也有已经发生反应而生成了另外一种物质的乐音音高，这些乐音混杂在一起，就象一首乐曲，失明同学可以凭借其超常的听觉来判断到底出现了哪些化学反应。

人们有时还可反过来用视觉来补充听觉。从生命科学的角度看，人的听觉和视觉虽是两种不同的感知，却有着一定的联系。在心理学中这称作“通感”。视觉中，不同的颜色给人以不同的感受；有的显得明朗，有得则看起来很暗淡；有的使人感到温暖，有的则给人阴冷之感，不同的旋律和音色也会使人产生不同的感觉。

据说，早在公元一至二世纪，希腊科学家托勒密就曾有过这方面的设想，此后对音乐与色彩的联系有着各种讨论，后来，阿其那修斯·柯诃尔则提出音乐是光形象的模仿者。这种种看法影响了音乐家，俄国著名作曲家斯克里亚宾和里姆斯基—科萨科夫把音调和色彩的作为声与光结合的基础，他们都认为调性有着鲜明的色彩性，但互相间具体应如何对应，却各有不同的看法。斯克里亚宾认为，随着升降号的增多，光的频率也越来越增高，而波长则越来越短，从而色彩从红色一端向紫色那端移动，里姆斯基—科萨科夫的对应方法不同：五度相生的前五个音 C, G, D, A, E, 全是亮色，其后成为暗色，到 bE 、 bB 时最暗，直到 F 才恢复到稍亮的颜色。也有些人把音色与颜色相对应。比如，认为长笛对应银白色、蓝色，单簧管是玫瑰色调，响亮的小号给以红色的鲜亮感，而音色浑厚的大提琴则给人以棕色。斯克里亚宾将色与声对应后这样写道：需要光对位法，光有自己的曲，则声也有自己的曲调，假入曲调可以从声开始，却以光继续，这是多么激动人心啊，俨然又发现了一个新大陆。

声光对应表

调性	里姆斯基	斯克里亚宾
C 大	白	红
G 大	棕、金色	橙、玫瑰色
D 大	黄、明朗地	黄、辉煌

A 大	玫瑰色、明朗	绿
E 大	蓝宝石般的色彩	湛蓝
B 大	铁青、暗	同上
F 大	灰、绿	湛蓝
D 大	暗淡	紫
A 大	暗紫色	紫红
E 大	黑、沉闷	铁色、有光泽
B 大	同上	同上
F 大	同上	红

随着高科技的发展，人们开始利用激光技术来完成色彩音乐，使人们在聆听音乐的同时，欣赏光的颜色与亮度的不断变化，得到一种特殊的艺术享受。这种色彩音乐如今在中国已到处可见，特别是在歌舞厅中。遗憾的是，它们中绝大多数并没有依赖于光与声的自然关系，以至于让人耳乱、眼乱、心也乱。这倒真像老子说的那样，五色使令目盲，五音令人耳聋。

现在已有一些人在进行新的光、声关系的研究。如有人曾根据音调色彩同构对应原理 研制了音调色彩同构，其中仿照十二平均律，建立了十二平均色序列，序列从红到紫红，十二个色彩的乐频与十二平均律的音频一样，是等比序列，音的和弦也与色的配置相应，尽管这还是一种尝试，但对它的研究会 对听觉和视觉的相通和相异，音乐与美术的联系和区分，以及艺术欣赏中视觉应遵从什么规律等许多问题的研究有所促进，而最终是使人对生命科学的探讨，大大前进一步。但在今天，如何遵从人“统觉”的自然规律，真正作到光、声和谐，混然一体，还有很长的一段路。

七、音乐与人的日常生活

自然一词无论中外，既表示自然界，又表示一种自然的状态。所以，虽然人常作为自然的对立物存在，人的日常生活又是自然的一部分。音乐在生活的许多方面都扮演一定的角色，但本章中所讨论问题既不面对音乐会这类欣赏音乐的特殊场合，也不描述音乐在人类历史的不同阶段所起的作用这类重大问题，这里只谈人的日常生活。事实上在现代，音乐已渗透人类生活的各个方面，并起着不可忽略的作用，与人类日常生活有关的音乐分为两种，一是背景音乐，一是实用音乐。

背景音乐顾名思义是作为一种背景而存在，它并不自今日始。比如西方音乐有一种形式称室内乐，名为室内乐，并不是与‘室外乐’相对，而是有别于那些在教堂、剧院、音乐厅中演奏的音乐，它通常在宫廷或贵族家中表演，作为酒会、宴会的伴奏，这类音乐实际上就是一种背景音乐。因为人们这时并不是在聚精会神地欣赏音乐，参加宴会者，或在进餐、或在交谈、或互相敬酒，音乐不过是一种陪衬，给人以高雅、和谐气氛，甚至只不过是显示某种特殊气派。

今天由于有了录音机、放声设备这类高科技产品，使得背景音乐范围大大扩展，录音机等携带方便，播放也很简单，应用背景音乐变得十分便当，不仅商店、餐厅应用背景音乐，甚至家庭聚会，郊外野游、火车、轮船、旅游车都常播放背景音乐。只不过因播放场合之不同，其功能不尽相同罢了。

实用音乐与此不同，它虽不是纯欣赏性音乐，但也不是一种淡淡的背景，更不是某种陪衬，它的存在是为了实实在在地完成一件具体任务。比如仪仗队的音乐是为了使仪仗队步伐整齐，又有气派；治疗音乐则是作为医疗的辅助手段，或帮助人早日康复，或使人保持身心健康。

当然背景音乐和实用音乐之间不可能划出一条明显的界线，背景音乐也有其功能或者说实用价值，而有些实用音乐，因它毕竟不是音乐会上的正式演奏，也并非应用场合上的主角，其实也还是一种背景，所以这里的划分主要是为了叙述方便，而不是一种严格的理论区分。

（一）音乐的心理功能与背景音乐

作为背景也好，实际应用也罢，其中都有一定的科学道理。它所依据的是客观存在的音乐的心理功能。

1. 听觉的生理过程和心理过程。

音乐演奏所产生的声波，是一种物理过程，而人听到音乐则经历一个复杂的生理过程，音波首先为耳廓（即我们通常说的耳朵）所聚集，进入耳朵之外的外耳道，外耳道走到头是一层崩紧的薄膜叫鼓膜，声波使鼓膜来回振动，这振动传给听骨，进入内耳的耳蜗管。顾名思义，这耳蜗的样子有点像蜗牛，管中充满了淋巴液，并由一个膜——叫基底膜——分成两部分，其间由小孔连通。振动就这样通过淋巴液的传导引起基底膜的振动。基底膜由近两万四千条横行纤维组成，起听觉感知的作用的科蒂氏器官就位于基底膜之

上。这科蒂氏器官末端具有细毛的听细胞（又称毛细胞），毛细胞一受到刺激，相应的听神经纤维便发生冲动。此外声波还可以通过颅骨直接传入内耳，就这样，由物理振动所产生的声波，变成了听神经上的刺激信号。

音乐之声波作为一种物理能量，对人体的生理活动可产生种种作用。比如乐音有规律的振动进入人体后，会使人体的颅腔、胸腔等也产生有规律的振动。这种振动使得人的整个机体处于和谐有序的状态：肌肉会和谐地收张，心律、脉搏会和谐地跳动，呼吸节奏、胃肠运动也都变得和谐有序，这基本上是物理作用。乐音的声波对中枢神经的刺激会改善新陈代谢。它使内分泌中有益的激素增加，从而使人体的新陈代谢得到一定的调整。

声音直接作用的是人耳，但感受到音乐的是人的大脑，人们早已知道，大脑分为结构相似的左右两半脑。在现代，通过美国神经生理学家罗杰·斯佩里的研究，人们进一步认识到：人的左右半脑，既有分工，又相互配合，形成一个统一的指挥机关，左半脑司抽象思维，有人称其为“语言脑”，司语言处理、阅读、书写、运算及时间感觉；右半脑司形象思维，有人甚至称之为“音乐脑”，因为它处理表象运动。形象、记忆、空间关系主管情感、音乐。近年的研究证明，这两半脑合作十分密切。美国心理学家劳仑斯甚至曾提出：“只有当大脑右半球也充分得到利用时，这个人才最有创造力。”

音乐在调节左右半脑活动以及调动右半脑方面起着重要作用。比如，一般人日常活动主要应用右手，左手则常常闲着。支配左手的是右半脑，这样右半脑则活动得少。演奏乐器却不然，常常要双手并用在拉弦乐器中，左手比右手还要忙。这一来右半脑相应地活跃了进来，右脑的活跃也使两半脑之间的联系更多，从而提高了大脑皮层的兴奋度，其益处是很大的。有时人们运用语言脑工作了较长时间，有些疲累，可以听点音乐，让音乐脑活跃一下而语言脑则暂时放松。总之参加音乐活动（无论主动还是被动），都会使两半脑更均衡地发展。

事实上音乐形态的各要素和它的纵横结构都会引起心理上的种种反应，产生相应的心理功能。

2. 音阶、调式、旋律的作用

如前所述，乐音最富特点的性质，要属音高。不同的音高经过组织形成音高体系，即某种乐律，在具体的音乐作品中，依据构成乐曲的基础音列，又形成不同的调式，其中以一音为中心，其余音与中心音间具有依存关系，不同的音阶、调性，给人的感觉（即心理反应）是不同的。

在古希腊，人们认为自然音阶给人的感觉是平静和纯朴，半音音阶则给人以柔和冷静的感觉，包含 1/4 音的变音音阶与前二者不同，会给人们怪诞的感觉。根据这种看法，在古希腊，敬奉不同的神祇时所用的音乐是不同的，对太阳神阿波罗的礼赞，希腊人应用庄严、威武的多利亚调式（mi 调式），而敬海神时则应用令人兴奋的弗里几亚调式（re 调式）。

后世的人虽然不再采取这种绝对的态度，但依然很注意音乐调性的作用。比如不少俄罗斯民歌有一种独特的忧郁感，这和它应用小调式是分不开的。而同样具俄罗斯风格的民歌，应用的是大调，给人的感受就大不一样，下面是两首俄罗斯民歌的前八小节。

其一、田野静悄悄

3 · 6 1 7 6 | 5 6 7 1 6 - | 3 6 5 · 3 | 6 7 6 3 · 2 3 |

二、纺织姑娘

5 — 3 | 6 — 5 | 5 — • | 4 — • | 5

7 3 | 6 — 5 | 3 — • | 3 — • |

前一首《田野静悄悄》用的是小调式，其内在的忧郁之情融合于旋律之中，后一首用的则是大调，平静但不忧郁。

中国古曲常用五声音阶，但《阳关三叠》和《满江红》二曲因调式不同，其情绪也大异。以现代方式分类，《阳关三叠》属小调式，即

$\underline{6\ 1}\ \underline{3\ 2} | 1\ 2\ 2 - |$ 的小调式旋律恰当地表达出依依惜别之忧情，而《满

江 红 》 属 大 调 式 的 旋 律 ：

$3\ 5\ \underline{5\ 6}\ 1 | 2\ 3\ 2\ 1\ \underline{6} | 5 \cdot \underline{6}\ 1\ 2\ 3\ 5 | 2 - - - |$ 则使人感受到在这

英雄慷慨悲歌中，一种豪侠之气包蕴其内，这一切很难用数学定理、物理定律来证明，但对听者产生的感受是真实的，客观存在的。

调性之外，旋律本身也起着相当大的作用，不同的旋律所表现的情绪各不相同。如《音乐心理学》中所说：“柔美的旋律线表现事物的温和柔婉，刚劲的旋律线表现事物的遒劲挺拔。”《蓝色多瑙河》乐曲中：

1 3 5 | 5 — 5 | 5 — 3 | 3 — | 那上行音型加八度大跳，让人感到一种动感和朝气，而聂耳所作的《铁蹄下的歌女》与之相反，那曲折下行的曲调表现出了旧中国歌女那悲惨的命运与酸楚的心情。

当然，对旋律不能作简单的解释，或把一种旋律特点和某种心理感受以直线相连。但上面的种种例证说明，音乐旋律的表现力是有其客观基础的，这就是人对某种旋律的自然反应。

3. 节奏、速度、音量

前面讲过节奏与自然，并举过《快乐的啰嗦》等例证，当时所强调的是音乐本身的表现功能，本节中要谈的是问题的另一个方面，人对不同节奏速度的音乐之心理反应。去过舞会的人都会有如下的体验，跳探戈舞和跳圆舞曲感觉不相同，即使同是圆舞曲，跳快三步和慢三步也决非同一种感受。舒缓的节奏传达平静的情绪，富于活力的节奏往往传达兴奋的情感；而反过来听到舒缓节奏的音乐也会有利于人恢复和保持平静的心情，而快的音乐节奏与动律会使人保持活力，甚至兴奋起来。要想让一个人的心情平静下来，或是让他休息一下，甚至小睡片刻，却让他处在快节奏的音乐下，可以说是南辕而北辙；一个人心情很沮丧，想让他振作起来，或者是有人休息够了，想兴奋起来投入工作，这时让他听慢节奏的摇篮曲也可说是一种天大的笑话。不要说是对懂音乐的人行不通，就是对乐盲都很难作到。因为节奏比旋律的影响更直接，并不需要听者有音乐修养或俗语所说的具“音乐细胞”。

音量的效果更为鲜明，摇篮曲总是轻声哼唱才能让孩子入睡，要是大声嚷嚷，不要说是醒着的孩子无法入睡，就是睡着了也会被吵醒。进行曲相反，要有足够的，好让人雄纠纠气昂昂大踏步前进。教堂音乐要避免过度的大音量，使人能感受到上帝之神圣，以及人类这被上帝逐出伊甸乐园的亚当和夏娃子孙对上帝的敬畏；迪斯科舞厅中恰恰相反，是用超强度的音响给人以极强的刺激，使人兴奋起来。后者超过一定限度后，已大大违背人的自然状态。但这非自然状态的产生是建立在音乐与人的生理心理过程的客观联系及其遵从的自然规律之上的。

就连音乐的织体、曲式、和声等规则的产生，也不是人生造出规则强加于音乐之上，而是以客观存在的心理反应为基础。比如，《音乐心理学》中所说：“（复调音乐）音层多而厚时，或线条多而穿插交织复杂时，往往造成浓厚的音响色彩，容易引起较强烈、复杂的情绪、情感反应。反之，音少而薄时，或线条清晰流畅时，则音响色彩较清澈透明，容易引起较单纯、宁静的情绪、情感。”而“音响协和的和弦可给人以安宁感、静态感，不协和的和弦则给人以紧张感、动态感，充满要求解决的动力。”可见复调音乐的规则或和声规则等等都是和人的心理活动的逻辑相契合的。

3. 背景音乐

如上所述，同是音乐却不可笼统而论，即使并不是从欣赏的角度说，不同旋律、节奏、音量的音乐所产生的效果也大不一样，因此对背景音乐的选择大有讲究。

为了创造一种高雅、舒适的氛围，西方的许多高级餐厅或公共场合的休息厅都播放音乐。这类音乐是一种陪衬，所以是真正的背景音乐，来往的人或用餐者都不会真正着意去听。在上述这类场合下多半播放抒情性的轻音乐，音量也从不放得很大，我国有些老年活动站中在打太极拳的同时也播放背景音乐。这时多半是幽雅的中国古曲，节奏舒缓，打太极拳的人并不着意于听乐，也不会依音乐拍节而动，但幽雅的古曲给太极拳的内在的气韵，在一定程度上也增强了太极拳的运动效果。

音乐茶座中音乐的作用则进了一步。这里的音乐既是人们品茶或品尝其他饮料、谈天的一种背景环境，又不单单只是背景，而是音乐爱好者们着意欣赏的。因此，音乐的音量可以稍大些，曲目的选择范围也可有所扩大，有些音乐茶座甚至允许听者点播乐曲，当代的卡拉 OK 乐厅还允许客人自己登台。

著名的音乐之城维也纳有个与众不同的著名音乐茶座。它设在花园之中，每逢晚间开放。这个茶座十分高雅，来者个个衣冠楚楚，茶座的收费自然也很高昂。和前面讲的茶座不同，这里实际上是以音乐欣赏为主了。并由专职的花园乐团演奏，花园茶座在奥地利，奏的音乐当然以奥地利音乐为主，事实上这乐团最擅长的是奏园舞曲，特别是两个施特劳斯的作品。每当一曲奏响，会有许多宾客离席起舞。

快餐店也常放背景音乐，音乐的音量虽不能过响，但如前所述，节奏却要快。音乐过响会赶跑顾客，但节奏要是不快，而是像太极拳背景音乐那样舒缓，顾客的食速自然会放缓。于是快餐变成慢餐，生意也要赔本。

当代一些高级自选商场常播放抒情音乐作为背景音乐，让顾客悠闲地在商店中走来走去，从容挑选。若是放节奏快的乐曲会让顾客有一种急促感，播放嘈杂的现代音乐则情况更糟，让人无法在商店里多呆，生意自然会清淡。商店开张，或有了新奇商品时则又是一回事了。可以在商店门口播放音响较大、风格奇特的音乐以招揽顾客。其实一些专向外国人出售中国纪念品的商店也可发挥一下背景音乐的作用。比如配以中国古典或民间风格的背景音乐。它既与周围的气氛很协调，又增添外国人对中国文化的兴趣，可说是一举两得。

用音乐促旅游，也是背景音乐的一大作用。可以想见维也纳的花园茶座对奥地利的旅游事业的巨大促进作用，德国和奥地利这两个音乐发达国家都开始专门组织音乐旅游，比如慕尼黑的旅游界专门为古典音乐爱好者提供一

种音乐旅游，其旅游点均是历史上著名的管风琴演奏区；有时还会让爱好音乐的旅游者，组织起乐队，加入音乐演奏之中。

近年来还出现了一些音乐制品。这是一些用具，在完成功能的同时也发出悦耳的音响，这音响当然还构不成音乐作品，但却给人以愉悦，所以也可算是一种“特殊”的背景音乐，最常见的音乐制品当然要属音乐门铃，有人来访有时是乐事，有时却是一种打扰。门铃发出悦耳的音乐声却能缓和打扰的气氛，不像敲门声和单调的长音那样让人烦躁。复杂点的音乐门铃还可以哼唱不同的歌曲。日本有人发明了一种既保险又会唱歌的音乐锁。它由锁和八音盒两部分组成。当有客人触动它，它会向主人报告客人来啦。主人开锁，它则用美妙的音乐和歌声向客人表示欢迎和问好。这样它既会吓走偷盗者，又会使客人感到愉悦。

加拿大英格内库特电话公司研制了一种以乐声代替铃声的音乐电话，有人来电话，就会播放音乐，直到通话时音乐才中断，至于播什么音乐可由用户自行选择。苏联人则研制成功一种会唱歌的黑板。这种音乐黑板上画有音谱表和音符。教师用教具接触这些音符，黑板便会发出和这音符相应的音调，写上悦耳的乐曲，用教具接触一个个音符，黑板会奏出动人的音乐。

下面的这个音乐制品更加有趣，捷克斯洛伐克的发明家研制出一种“音乐蜡烛”。烛中有一条光音线。当人把蜡烛点亮，光脉冲沿光导线传，接通蜡烛底部的光电晶体管，这光电晶体管与一个带有音乐录音的微型装置相连，于是人们便听到了音乐声。试想，在圣诞夜点燃了一根会唱“平安夜，圣诞夜”的圣诞歌曲的蜡烛，该是多么有趣啊。

还有几种很有前途的音乐产品：一是音乐楼梯，印度的建筑界会同音乐界制成某种特制的花岗岩楼梯，它的排列和键盘乐一样。沿着这种楼上上下下，会像弹琴一样发出某种旋律，我国则有厂家开始生产一种音乐积木，它一共十六块，一般大小，全是直角三角形。其中十四块积木上标着不同的音阶符号，也就是说，它们每块各发一音，可以重复两次，积木之间由铆榫嵌合。铆榫上有铜片，所以铆榫嵌合时，铜片也就相互接触。此外还有一块有电源的积木和一块作尾巴的积木。当你将各积木按自己的意原排列起来，加上电源积木，再加上尾，它就会奏起相应的小曲。

下面的几个音乐产品，似乎更有实际价值：一是音乐牙刷。这牙刷是由一位法国牙科医生发明的。每把牙刷中录制了30首乐曲，每首乐曲可持续一分半钟到两分钟。刷牙时，只要按动牙刷柄上的微型开关，音乐就开始了。刷一次牙不过一两分钟，这样一个月内天天可听到不同的乐曲。更有意思的是，如果你刷牙的姿势不正确，非但听不到音乐，还会听到刺耳的噪声，只有在你刷牙姿势最佳时，才能享受到最优美的乐声。这样一来，使用这牙刷，既可纠正刷牙姿势，又对牙齿进行了“声波按摩”，与此同时，还欣赏了优美的音乐。真可谓“一举三得”。

音乐床和音乐的奶瓶也都是一举数得的用具。睡在瑞士生产的一种“音乐床”上，这床会奏出轻柔的催眠曲，催你入睡；而当你清晨沉睡不醒，它又会奏出欢快的唤醒曲，音乐声从弱至强，直到把你唤醒为止。音乐奶瓶和音乐床异曲同工，不过面对的是吃奶的婴儿。这奶瓶塑成有趣的动画人物的样子，底座内有录音盒或带响的幼儿玩具，用这奶瓶喂婴儿奶，会同时响起

悦耳的音乐或串铃、拨郎鼓的响声，准保让小毛头吃得好吃个饱。

（二）实用音乐

实用音乐与前面讲的背景音乐不同之处在于音乐的应用性上升到主要地位。在背景音乐中音乐是在幕后起作用，在实用音乐中，音乐从幕后转入台前，公开显示出自己的实际效用。

音乐应用的方面很多，但大致可分成两大类。一类是在各种仪式中应用，称仪式音乐。二类则是用作调节心理、进行治疗，称音乐治疗。

1、仪式音乐

仪式音乐是最古老的音乐之一。甚至可以这样说，音乐是在仪式中产生的。当然，随着时代的演变，仪式本身也有很大的变化。在古代，仪式常带有神秘主义的味道：或是祭天、祭地，或是面对鬼神。在这些仪式中，人们把音乐看作是符咒一样的东西，借助它可以与另一个世界进行通话。至今，基督教中作弥撒，佛教中的佛事，道教的道场，都有其特殊的音乐。当王权代替了神权，音乐便成了宫廷仪式的重要组成部分，甚至有时帝王出行也要有乐队开道。传说中周穆王西行（公元前 989 年左右）就带领了一支庞大的乐队，并伴有歌舞。

中国古代礼乐并称，也是说乐与礼仪分不开，乐中有时还伴以舞。如，人们常说的“六乐”，或作“六代之乐”（又称六舞或“六代之舞”）是周代礼乐制度的重要组成部分，便是主要用于祭祀的。比如《咸池》相传始于尧，用于祭地；《大韶》相传始于舜，用于祭祀四方；祭祀山川的《大夏》之乐，则相传始于夏。其余的有的祭天，有的祭日、月、星辰，还有的则用于祭祀祖先。孔子所推崇的“韶乐”，也是“礼”的一部分。

唐代有《秦王破阵乐》，这是宫廷乐舞，传说它来源于李世民为秦王攻破刘武周立大武功，于是军中传起了《秦王破阵乐》。到李世民即位后，令魏征等编制歌辞，吕才调协音乐，他自己亲制《破阵舞图》，于是排成了一个一百二十八人披甲执战的大型乐舞，这虽然也属宫廷舞，但与《霓裳羽衣》这类乐舞不同，常在欢迎外国使节的仪式上演出，以显示大唐的武功武德，实际上已是一种仪式性乐舞，其乐当然就成了仪式性音乐。

仪式的方面很多，为了实现不同的仪式功能，也就产生了不同的仪式性音乐，人们最熟悉的仪式性乐曲自然是本国的国歌，它在各种隆重的仪式中应用：升旗仪式，开幕典礼，迎宾仪式，大的庆典活动等等。各国国歌并非都是同一种风格，中国国歌雄壮，德国国歌肃穆，但都代表了一个独立国家的神圣不可侵犯。国有国歌，军也有军歌，在中国《解放军进行曲》常用于阅兵式，作为阅兵仪式音乐；而运动员入场式则常用《运动员进行曲》这些也都是功能性音乐。不仅国家，一些民族的民俗活动也有其特定的音乐，从来源看，均与特定的仪式（祭祀、婚丧、交谈）等有关，只不过随着时代的发展，其仪式的功能已大大减弱。在现代社会中，个人和家庭生活中也有一些特定的仪式，结婚仪式就是其中之一。人们熟知的结婚进行曲同样是人们熟悉的仪式音乐，它的旋律：

出现在不同国度（包括中国）的结婚仪式中，甚至一听到这音乐，人们便会想到隆重的结婚仪式：新郎身着黑色礼服，新娘身披白色婚纱，二人并

肩缓缓走进结婚礼堂的庄严场面，这音乐则几乎成了婚礼的一部分，并作为神圣的婚姻结合的见证。

国外，传统的结婚典礼在教堂进行，与之相应《结婚进行曲》的旋律也很庄重，中国传统的婚礼与之不同，是世俗的人的结合，伴随新娘的花轿的音乐也完全不同。常是热闹非凡的唢呐曲《百鸟朝凤》。

对中国人来说，葬礼上的音乐是缓慢、沉重、悲伤的，如泣如诉，催人泪下。

西方人在葬礼上有时会用贝多芬的《葬礼进行曲》。这是贝多芬《第十二号钢琴奏鸣曲》第二乐章的别称，这乐曲中那缓慢整齐的节奏，和数小节维持不变的音符，同样能很好地完成葬礼的仪式功能。

（三）音乐医疗

仪式功能固然重要，但毕竟是外部形式，音乐的医疗功能则是治病救命的，更有其特殊意义，在本章开始，曾讲了音乐的生理和心理功能，从这些论述中可知，音乐的医疗功能并非无源之水，无本之木，而是有其科学道理。它以生理功能为基础，心理功能为落脚点，最终起到辅助医疗的作用。

1. 音乐医疗的历史沿革

把音乐作为一种辅助医疗手段是从本世纪中叶开始的，系统的音乐治疗科学则到当代才建立。尽管如此，人类应用音乐手段治病，却已有了很长的历史。

在中外传说和史籍中有不少关于音乐与人体关系的论述和以音乐医病的故事，其中最有趣的是关于阿波罗的神话传说。众所周知阿波罗是古希腊神话中的智慧之神和光明之神，传说中讲他同时兼管音乐与医药，他还“真的”用音乐治过病：用同时拨奏诗琴（里拉）的两根弦的方法，使箭伤的创痛得以减轻。无独有偶，圣经的《旧约》中也记载过音乐治病的事例：大卫通过弹奏竖琴（一种和里拉有几分相似的乐器）治愈了所罗门王的忧郁症。

神话传说总是以曲折隐喻的方式来反映现实的。看来古希腊人和希伯莱人以其天才的直觉发现了音乐和医疗关系的一些端倪，并把它以传说的形式表现了出来，古希腊著名学者亚里士多德则进了一步，他通过科学的观察发现，一些情绪失去控制的病人听了音乐后，“就会心醉神迷，于是恢复到原来的正常状态”。毕达哥拉斯也认为适当地欣赏音乐有助于身心健康。他还指出，不同的旋律所针对的病症不同，比如他说：“有同于医治心中情欲的旋律，有医治忧郁和内心病症的旋律，……还有别的：医治愤怒、生气、内心变化的旋律，还有另一种歌曲可以治疗人的性欲。”

现代，随着音乐和医学科学的发展，音乐治疗的理论也进一步发展，特别是李赫登塔尔的《音乐医生》（李赫登塔尔，1807）一书和1846年克梅特《音乐对于健康和生活的影 响》的文章，从心理学、生理学的角度科学地论述了音乐与健康的关系，以及音乐在疾病防治与医疗中所起的作用。这两个著作不仅确立了“音乐医疗”这一概念，也提出了这一学科的有关课题，从而使音乐医疗成为一门学科。

本节材料除参考《音乐心理学》附录部分外，有些实例引自《音乐治疗丛书·中国音乐治疗学会首届学术交流会议文献汇编》。

本世纪中叶，音乐治疗在有些国家（如美国）已成为一门专门职业，音乐治疗的理论也进一步发展。西方许多国家，如美国、日本、西欧和北欧一些国家，从 50 年代末起，先后成立了旨在发展音乐治疗的组织，有些大学开设了专门研究机构，很多医院使用音乐疗法，1979 年后还多次举行世界性的音乐医疗学术会议。

中国很早就有记述音乐医疗思想的典籍。不仅如前所述有些古医书中曾以五音对五脏，元代一位叫朱霞享的医生还明确指出：“乐者，亦为药也”。但现代意义上的音乐医疗却起步较晚，八十年代起才开始发展，中国音乐治疗学会则直到 1989 年才正式成立。尽管如此，在一些热心者的活动下，音乐治疗学的研究与实践活动发展得很快，有些音乐家依据中医理论中五音与五脏、季节的关系，专门创作了为音乐医疗所用的音乐。（比如石峰创作的音乐医疗专用的五行音乐），也有些研究人员将中医的针灸疗法与音乐医疗结合起来：比如在让患者听音乐的同时，又让音乐以脉冲电流的形式作用于人体的疾患部位或穴位。

2. 音乐治疗与自然规律

音乐能发挥医疗功能是以“音乐对人的良性作用”这自然规律为基础的。只不过这里的听者不是寻常的听众，而是病人，音乐所要起的良性作用也不是一般作用，而是医疗作用。尽管后者是借助音乐通常的功能——欣赏功能来完成的。音乐究竟是如何产生医疗功能呢？这尚是一个有待进一步研究的问题。本书不准备系统讲解与此有关的种种学说，只想根据科学家们已经得到的一些研究成果说明音乐有可能产生什么良性作用。

首先，音乐可以通过大脑的边缘系统，调节植物神经大脑皮质功能以及躯体运动，从而促进身心健康；

其次，音乐可以通过脑干的网状结构调节中枢神经系统的活动水平，过于兴奋时使之安定下来，而于抑郁时使之兴奋，总之既调整了中枢神经的活动水平，以保持人的神经安定，又调节内脏和躯体的活动节奏，使之协调一致。

此外，从物理方面，音乐的音波振动还可使各器官的活动节奏协调一致，从而也调节、诱导并改善有病变器官的功能，在化学方面音乐则可提高神经细胞的兴奋性，通过神经和神经体液的调节和其他生化反应，使人体的新陈代谢得到调节。

总之，音乐的良性功能是全面的。现在音乐医疗不只限于精神和神经病科，也不只限于医院（包括内科、外科、妇产科、儿科、肿瘤科等等），但仍需承认，音乐治疗只是一种辅助手段，它并非万能。

此外对不同的病人选取的音乐处方也不应相同。医病要对症下药，音乐医疗则要对症播放乐曲。例如，对睡眠障碍症的处方应是《二泉映月》、《平湖秋月》……这些抒情乐曲；抑郁症的患者则应开《喜洋洋》、《江南好》这类欢快音乐的处方。两种处方调个个儿，非乱套不可，失眠者更加兴奋得难以入睡，而抑郁者说不定又添几分愁肠。另外也有文化差异，病人完全不能理解的音乐效果会大大降低，在不懂音乐的人听来，不少音乐和乱七八糟的音响之间似乎没多大差别。对听惯了西洋音乐的“老外”，不少中国民间音乐作品显得有点古怪，疗效也会大大降低。

下面是一种音乐处方，它未见得是最佳的处方，但可以作为说明的例证，

在这种处方中把治病音乐大致分成两大类：

第一大类

A 组：节奏平稳、调性明朗、舒展、优美、速度力度适中、起伏变化不大，频率居中。如：《溜冰圆舞曲》、《蓝色的多瑙河》等。

D 组：热情、火爆、节奏激烈、起伏变化较大、低频成份丰富，高低频结合、速度快力度强。如《丰收锣鼓》、《迪斯科》、《西班牙斗牛舞曲》等。

E 组：雄壮、庄严、平稳有力，明朗，多为大调式，速度不快，力度较强。如：《运动员进行曲》、《解放军进行曲》等。

第二大类

C 组：活泼、愉快、节奏紧凑、调性明朗，速度较快、力度较强，频率范围大，要考虑大小调兼顾，如《彩云追月》、《蓝色探戈》等。

F 组：平稳、松散、调性模糊、游离、缓慢，力度弱，如《天涯歌女》等。

依据自己的音乐常识便可预料这不同的音乐应针对那一种病人，以及它们应作如何的搭配。有时在听音乐的同时还可以配以相应的电针刺激信号，会发挥更大的医疗效果，据从事音乐医疗的人总结，D 组音乐的电疗对坐骨神经痛、梨状肌综合症等疼痛可收到明显的镇痛效果；A 组音乐给人的刺激较弱，具有调节血原的作用，《仲夏夜之梦》等轻快、明朗的音乐，可以改善血液循环，减轻或消除血管性头痛、头昏、失眠等病症。

以上种种都是被动式的音乐治疗，在当代还发展起主动音乐治疗，组织病人学习音乐、参与音乐活动，以改善病人的精神状态，使紧张的病人松弛、镇静，抑郁的病人欢快、活泼、开朗。

