

音乐声学与长笛演奏

Yinyue Shengxue yu Changdi Yanzou

陈苗 著

吉林美术出版社 | 全国百佳图书出版单位

音乐声学与长笛演奏

陈苗 著

图书在版编目 (CIP) 数据

音乐声学与长笛演奏 / 陈苗著. -- 长春 : 吉林美术出版社, 2017. 9

ISBN 978-7-5575-3099-0

I. ①音… II. ①陈… III. ①音乐声学②长笛—吹奏法 IV. ①J611.1②J621.16

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第217838号

音乐声学与长笛演奏

Yinyue Shengxue Yu Changdi Yanzou

作 者 陈 苗
责任编辑 于丽梅
装帧设计 瑞天书刊
开 本 710mm×1000mm 1/16
字 数 200千字
印 张 14
印 数 1—1000册
版 次 2018年9月第1版
印 次 2018年9月第1次印刷
出版发行 吉林美术出版社
地 址 长春市人民大街4646号
网 址 www.jlmspress.com
印 刷 廊坊市海涛印刷有限公司

ISBN 978-7-5575-3099-0

定价: 56.00元

前言

音乐是一门抽象的艺术，但就其发声方式而言，音乐也是一门具象的艺术。音乐的演唱或演奏，其操作的实质就是追求好的声音。简言之，音乐即声音，事实上，声音有乐音和噪音之分，好听的声音即指乐音，其成分为规则有序的泛音列，与基音频率成整数倍；噪音则无序，且与基音频率的关系无规。音乐表演时所运用的各种技术，就是力图规避噪音，追求简单有序的乐音。

音乐的思想感情在很大程度上都是通过乐音来表达，不论是什么乐器，没有好的音色，再优秀的音乐作品都是无法表现出来的。长笛的音色是指长笛演奏传达的听觉色彩，优美动听的音色多是由长笛演奏者的音色听觉和鉴赏力决定的。与此同时，与长笛演奏的音色有着密切关系的还有气息与音准，质量低劣的音响是无法将音乐的乐思表达出来的，只能使良好的愿望化为乌有。因此，音色对于长笛演奏者是非常重要的，只有保证了良好的音色，音乐才能得以较好地呈现。

音色是演奏者与听众交流的桥梁，对于演奏者来说，掌握好的音色是极为重要的，要想吹出优美的音色，使音乐作品具有感染力必须具备正确的口型、呼吸、娴熟的技巧等因素。在长笛演奏的音色控制中，气息的运用起到了至关重要的作用。在演奏情绪欢快的音乐作品时，气息要流畅饱满，保证音色优美、纯净；在演奏情绪伤感、愤怒的作品时，气息控制要强弱结合，使音色表现更加紧张、激烈和忧郁，听起来更为深入人心。演奏者自身的思想情绪也左右着音色的变化，内心的喜怒哀乐也会体现在音乐作品中。演奏技巧在音色控制中起着举足轻重的作用，演奏者具备了演奏技巧，领悟了音乐作品的思想内涵，才能使音色更为优美动听。

如今，长笛越来越受到听众的喜爱，它优美的音色和丰富的表现力感染着无数听众，只有不断提高演奏技巧，丰富音乐表现手法，将自身的知识水平和艺术涵养融于作品的风格、内容、情感中，才能使音色变化更加丰富，音响更加和谐统一，音乐的色彩也才能更加绚丽多姿。

本书由来自潍坊学院的陈苗老师独自撰写，共计 20 万字。在写作过程中，一些同行专家、学者的有关著作、论文，扩展了我的视野，提高了我的专业认识与水平，并吸取了他们的一些研究成果，在此谨致诚挚的谢意。限于作者水平，书中难免有许多不妥之处，恳请同行专家、学者和广大读者惠予批评指正。

目 录

第一章 声学数理基础概念.....	1
第一节 基本物理量.....	1
第二节 速度和加速度.....	2
第三节 矢量和标量.....	2
第四节 力、能量和功率.....	3
第五节 一个简单的振动系统.....	4
第六节 波的传播.....	10
第七节 声波.....	16
第八节 声场.....	30
第二章 心理声学.....	33
第一节 耳朵的物理结构.....	33
第二节 等响现象.....	35
第三节 声音定位.....	38
第四节 音高.....	40
第五节 临界频带.....	43
第三章 音阶、音律和单调.....	44
第一节 大调音阶、小调音阶.....	45
第二节 和声.....	46
第三节 毕达哥拉斯音阶.....	47
第四节 准音阶.....	48
第五节 平均调性平均律.....	48
第六节 等平均律.....	49
第七节 现代演出中其他定音方式.....	51
第八节 定调标准.....	52
第四章 声波的产生与辐射.....	55
第一节 声波的基本原理.....	56
第二节 管乐器组中空气柱振动的声波.....	57

第三节 管乐器组中簧片激声器产生的声波.....	61
第四节 管乐器组中唇簧激声器产生的声波.....	64
第五节 建立时间和恢复时间.....	67
第五章 长笛重奏表演艺术研究.....	68
第一节 长笛.....	68
第二节 长笛与弦乐器.....	73
第三节 长笛与钢琴.....	76
第四节 长笛与室内乐.....	77
第五节 长笛与交响乐.....	81
第六章 长笛演奏的基本技巧.....	84
第一节 姿势.....	85
第二节 呼吸.....	91
第三节 吐音.....	100
第四节 音色.....	106
第五节 演奏技巧与表现.....	110
第七章 长笛基础练习方法探索.....	112
第一节 正确练习长笛的方法和途径.....	113
第二节 养成良好正确的练习习惯.....	117
第八章 长笛在管弦乐队中的演奏.....	118
第一节 长笛在管弦乐队中的运用.....	118
第二节 管弦乐队中的长笛演奏者应具备的能力.....	135
第三节 提升长笛演奏者的音乐修养与文化底蕴.....	152
第九章 提高长笛演奏者的表演技能.....	157
第一节 长笛的表演技能.....	158
第二节 影响长笛表演技能的因素.....	163
第三节 提高长笛演奏者的表演技能.....	169
第十章 长笛艺术之于中国.....	180
第一节 明清时期.....	181
第二节 近现代时期.....	182

第三节 中国长笛艺术发展的核心人物.....	183
第十一章 长笛艺术在中国的发展.....	191
第一节 现代中国的长笛艺术发展.....	191
第二节 中国长笛艺术发展的积极与消极因素.....	192
第三节 关于长笛演奏与教学的思考.....	194
第四节 长笛艺术在中国永续发展的思考.....	201

第一章 声学数理基础概念

学习声乐声学必须对基本的数学物理基础有一个比较直观的概念。这些概念在数学、普通物理学中是最基本的，而那些更深入的概念，对于了解音乐声学来说则是不必要的。本章前 4 节对需要了解的基本物理量如长度、质量、时间的概念，以及与这些物理量相关的速度、加速度、功率和能量等概念进行解释。在第 5、6、7、8 节通过构造振动系统模型以及对模型的分析来引入声音在不问媒介中的传播规律，进一步讨论、解释声场、声压、分贝的概念，通过大量的定性分析，描述直达声的特性，声场环境性质及声波的干涉。

第一节 基本物理量

长度是用来描述扩展和扩充区域范围的基本物理量。如一条大街长 200 米，一个操场有 200 平方米，一个大桶有 200 立方米的容积。诸如这些走过的距离、位移、空间的大小等术语，都可以简单的用大小尺寸通过相应的单位——长度、宽度等来进行描述。本书中长度的单位为米，学位符号 m。

质量是指物质的量多少，与它的体积大小无关。相同体积的空气与水相比较，空气的质量要小得多。我们对质量的直观认识就是它的重量，其实这是两个不同的概念。在外太空中给定质量的物体可能没有重量，原因就是地球上存在重力加速度，而在外太空则不一定有重力加速度的存在。因此严格的说，对质量的测量、要通过物体的惯性来描述，惯性是指物体在不受外力的作用下，保持静止或匀速直线运动的趋势，因此质量越大的物体，其惯性也大。质量的国际单位是千克，单位符号 kg。

时间，简单的说，就是描述我们生活经历间隔的量度。时间的国际单位是秒，单位符号 s。

第二节 速度和加速度

一个物体沿着直线运动，我们就可以说此物体具有速度，并且通过它在单位时间内的位移来描述其速度，国际单位为米每秒。如果一个物体的速度为 2m/s ，那么 10s 后，此物体移动了 20m 的距离。速度公式如 1—1。

$$\text{速度}(v) = \text{位移}(m) / \text{时间}(s) \quad 1-1$$

如果物体在运动的过程中，不管什么原因，物体运动速度越来越快，那么我们称此物体具有正加速度或速度的增加；向样如果物体运动速度越来越慢，那么我们称此物体具有负加速度，此时就不是速度的增加而是速度的减小。因此可以看出加速度是用来描述单位时间速度的变化的物理量，正负代表速度的增加或减小。加速度的国际单位为米每秒的平方，符号为 m/s^2 。如果一个物体的加速度为 2m/s^2 ，从静止开始，那么 1s 后速度为 2m/s ， 2s 后为 4m/s ， 3s 后为 6m/s ，速度一直增加下去。加速度公式如 1—2。

$$\text{加速度}(a) = \text{速度的变化}(m/s) / \text{时间}(s) \quad 1-2$$

第三节 矢量和标量

矢量是指同时具有大小和方向的物理量，如速度、加速度都是矢量，因为在描述速度时，不仅要指出速度的大小，同时还有说明速度的方向；描述加速度时，也同样要指出加速度的大小和方向。而对于如长度、质量、时间等物理量，它们没有与之相关的方向可言，因此我们把这类物理量称为标量。

第四节 力、能量和功率

当我们推动一个物体时，可以说我们对物体施加了力的作用。根据牛顿第二定律，如式 1—3，我们可以得到力的大小为物体的质量与在此力作用下的加速度的乘积。换句话说，如果我们可以沿给定方向对物体施加恒定的力的作用，那么在此方向上，物体可以得到一个恒定的加速度。力的国际单位为牛顿，符号为 N。

$$\text{力}(N) = \text{质量}(kg) \times \text{加速度}(m/s^2) \quad 1-3$$

地球对处于其引力场中物体的吸引力我们称之为重力，因此重力同样可以产生加速度，称之为重力加速度。其大小为 $9.8 m/s^2$ ，这意味着一个自由落体的物体从静止下落 1s 后速度为 $9.8 m/s^2$ ，2s 后速度为 $19.6 m/s^2$ ，速度一直增加下去。

压强是用于测量力作用于单位面积上时的强度，单位为帕斯卡 (IN/m²)，符号为 Pa。可以看出，当给定的力作用于较小的区域上时，产生的压强就越大；而作用在较大区域上时，则产生较小的压强。

能量和功的基本单位是相同的，但是这两个物理量的概念却有着较大的区别。一般情况下，我们认为能量是指做功的能力，或者说有多少能量转化为有用的功。功被定义为在给定的力的大小与在此力的方向上物体的位移的乘积，单位为焦耳，符号为 J。例如一个恒定的力、大小为 1 牛顿，作用在物体上并在力的方向上移动了 10 米，那么我们就可以说这个力对物体做了功，功的大小为 10 焦耳。

能量的形式还有其他一些类型。譬如说我们讲质量为 1 千克的物体从参考面垂直向上提升了 10 米，那么此时这个物体就具有了 10J 的势能，意味着当这个物体回到参考面时势能会做 10 焦耳的功。另外，再譬如弹簧，当将其拉伸或压缩后，它同样也会具有相应的势能，这个热能是使得弹簧回到平衡状态时做的功。弹簧上的势能可以利用 1—4 来描述。

$$\text{势能} = (1/2)kx^2 \quad 1-4$$

其中 k 为弹簧的弹性系数, x 为弹簧压缩或拉伸时离开平衡位置的距离, 弹性系数用以描述弹簧的恢复力强度, 单位为牛每米。

物体在运动时我们称其具有动能。譬如一个高速运动的物体撞击到路面时, 由于它所具有的动能做的功, 可能会将墙面撞个洞。运动物体的动能可用式 1—5 描述。

$$\text{动能} = (1/2)mv^2 \quad 1-5$$

其中 m 为物体的质量, 单位为千克, v 为物体所具有的速度, 单位为米每秒。

同样热也是能量的一种形式, 但是它属于热力学的范畴, 对于本章中涉及的振动模型以及声音传播来说, 没有太多的必要对它进行更深入的讨论。

功率是指在单位时间内所做的功的大小。举例来说, 我们知道一个给定物体移动给定距离所需要的功的多少, 如果使用一个功率比较低的机器来实现, 那么可能要消耗一天的时间来完成; 而如果使用一台功率较高的机器来实现, 那么可能仅仅需要几个小时就可以完成。功率的单位为瓦特, 等于功每秒, 符号为 W 。

第五节 一个简单的振动系统

图 1—1a 示出了在重力的作用下, 一个悬挂于弹簧下方的具有一定质量的物体处于静止状态。此时物体所受到的重力与物体所受的弹簧力相平衡, 此时我们称物体处于平衡状态。如果我们对弹簧下的物体施加一个外力作用, 使得物体产生偏离平衡位置的位移, 然后我们撤去此外力作用, 那么由于物体受到弹簧的作用力与所受重力不同, 因此会产生运动、这种运动使得物体在原来的平衡位置上下波动, 在理想状态下, 此运动将一直进行下去。考虑到在实际情况, 运动将会逐渐停止。

图 1—1b 示出了物体受外力作用, 向上偏离平衡位置, 位移为 x 。此时由于弹簧被压缩, 因此它具有大小为 $(1/2)kx^2$ 焦耳的势能, 当外力撤去后, 物体受到的重力与弹簧力不平衡, 物体将会向下运动, 并到达 1—1a 所示的原平

衡位置，但此时物体仍然具有运动速度，因此仍然会保持向下运动的趋势，呈现出 1—1c、1—1d 所示状态。其中在图 1—1c 状态中，物体具有最大的速度，此时它具有最大的动能，大小为 $(1/2)mv^2$ 焦耳。当运动到 1—1d 状态中，物体受到的合力与运动方向相反，因此物体速度为零，物体具有最大的势能，由于受力方向向上，因此物体又将向上运动，到达图 1—1e 所示状态，如此反复循环。我们称这种运动为振动，在这个过程中实际就是动能和势能相互转换的过程，直至运动停止。

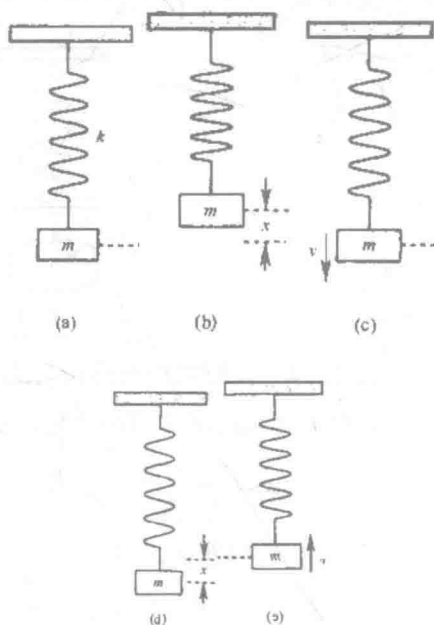


图 1—1 弹簧振子的振动系统

我们知道在此系统中，物体的质量越大，那么振动也越缓慢；弹性系数越大，振动则越快。根据测量，得到物体质量、弹性系数与振动频率的经验公式，更准确的公式可以通过数学的方法得到，见式 1—6。

$$\text{频率} = \left(\frac{1}{2}\right) \sqrt{\frac{k}{m}} \quad 1-6$$

频率指的是在一秒钟振动次数，单位为 $1/s$ ，国际单位为赫兹，符号为 Hz 。

一、其他的振动系统

如图 1—2 所示, 其他的一些振动系统, 他们的振动频率同样可以通过数学方法得到, 其个图 1—2a 的摆振动系统的振功频率为式 1—7:

$$\text{频率} = \left(\frac{1}{2\pi} \right) \sqrt{\frac{g}{l}} \quad 1-7$$

其中 l 是摆线的长度, g 为重力加速度。可以看出摆线越长, 振动系统的频率就越小。只外也可以得出如果 g 改变也可以引起震动频率的改变, 因此对于给定长度的摆系统来说, 在地球上的振动频率一定高于此摆在月球上的振动频率, 原因就是月球上的重速度小于在地球上的重力加速度。

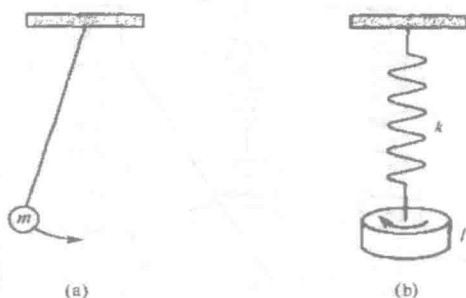


图 1—2 其他的一些振动系统

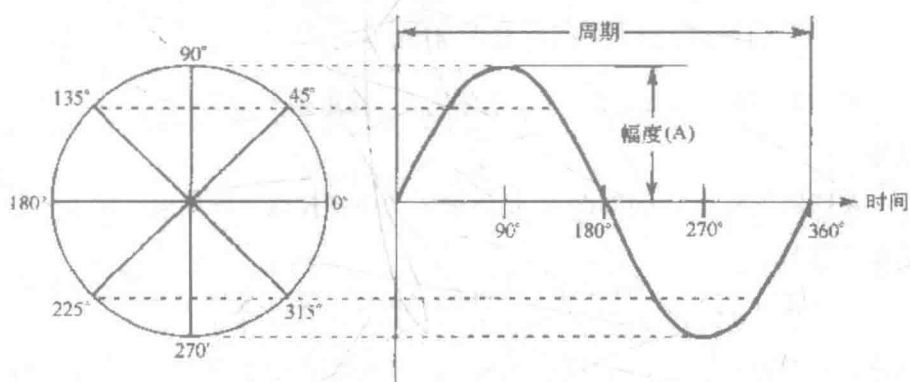
图 1—2b 所示为一个扭动振动系统, 它的振动频率如式:

$$\text{频率} = \left(\frac{1}{2\pi} \right) \sqrt{\frac{k}{I}} \quad 1-8$$

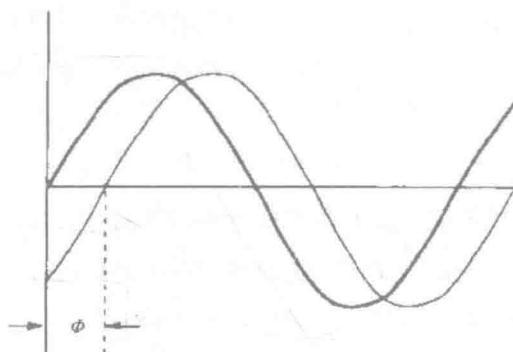
其中 k 为弹簧的旋转系数, I 为惯性旋转力矩。在此不再对此公式中的参数进行更深入的解释, 目的就是让大家可以看出公式 1—7、1—8 与公式 1—6 的相似性。

二、简谐振动

有一种周期振动, 它的位置或物理量 x 随时间 t 的变化遵从正弦(或余弦)规律, 这种周期振动就叫做简谐运动。简谐振动时物体在弹性恢复力作用下所进行的最简单的周期振动。用数学式表示, 为公式 1—9。弹性恢复力的特征是力的大小和被其作用的物体的位移成正比, 力的方向则指向被作用物体的平衡位置。以上我们讨论的振动系统在理想状态下, 都可以看作是简谐振动, 图 1—3 用以表示它们的振动规律。



(a)



(b)

图 1—3 简谐振动的振动规律

其中正弦波的周期就是振动系统完成一次振动所需的时间，意即振动系统的周期；正弦波的幅度则表示物体振动过程中与平衡位置的位移大小；图 1—3b 中所示有相位(ϕ)描述了相同频率下两个振动系统的时间关系。

其中振动频率与振动周期的关系可用公式 1—9 表示：

$$\text{频率}(f) = 1/\text{周期}(T) \quad 1-9$$

可以看出它们互为倒数。

三、简谐振动的三要素

图 1—3 可以写成：

$$\begin{aligned}
 X &= A \sin(\omega t + (\phi_0)) = A \sin(2\pi f t + (\phi_0)) \\
 &= A \sin(2\pi / T + (\phi_0)) = A \sin \phi
 \end{aligned}
 \tag{1-10}$$

式 (1—10) 中 A 、 ϕ 、 T (或频率 f 、或角频率 ω)，是简谐振动的三要素。

A 叫做振幅 (Amplitude)，是简谐振动中物体或物理量运动时历平衡点的最大位移。

ϕ 做位相 (Phase) 或位相角 (Phase Angle)，表示各时刻简谐振动的运动状态，它与周期 T (或 f 或 ω) 和 ϕ_0 关， ϕ_0 叫做简谐振动的初相位 (Initial phase angle)，它决定于物体的初始状态。

T 叫周期 (Period)。每经历一个周期 T 的时间，简谐振动充分回复到原来的状态。也就是说，从任何时刻开始，经过一个周期，简谐振动有完全相同的状态。

四、阻尼振动

我们讨论的振动系统往往都是在理想状态下的，而实际环境中的振动系统往往是会逐渐停止的，其原因就是在振动系统的振动过程中能量会不断的消耗，转化为热能或其他能量，从而导致振动的停止。因此在实际环境中振动多为阻尼振动系统，可用下列运动方程 1—11 表示：

$$\text{幅度}(x) = A e^{-t/T} \sin(\omega t) \tag{1-11}$$

式中 $e^{-t/T}$ 描述了实际振动过程中幅度的衰减趋势，如图 1—4 所示。根据式 1—11 可以得出从 $t=0$ 开始经过时间 T 后，幅度减小为原来幅度的 63%，而后按照指数方式逐渐衰减直至停止。

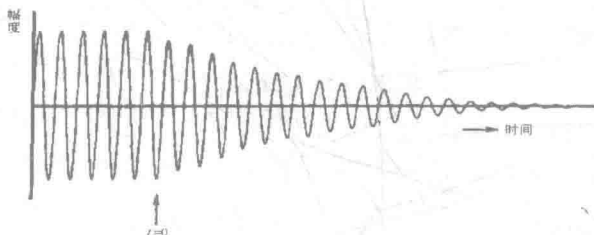


图 1—4 阻尼振动

阻尼振动有时是有益的，有时是有害的。地震仪记录地动时如果不衰减或衰减很慢，那么记录接连的两个地震就会重叠起来；如果阻尼过大，那么又会测不出周期来。

在音乐声学中，如果乐器的振动衰减过快，延续时间过短，则传递出来的能量很小；但有时完成太少也会引起麻烦。如圆钟衰减太慢，只能在寺庙中、教堂里使用，延时很长，传声很远，而作为具有音阶的乐器的编钟，则是用两块铸件对起来的扁钟，使声音不致相扰而“不成律”。演奏吉他或其他拨弦乐器时，常常在弹奏后用手迅即压住琴弦，得短促音，也是使弦的振动迅即衰减。手风琴的振簧衰减较快，而钢琴的琴弦振动衰减较慢，因此在近处听两者声响相差不大，而在远处则只能听到钢琴声。如果振动系统的阻尼太大，就不能振动了，叫做过阻尼。

五、振动的叠加或合成

当两个不同频率但频率接近的波进行叠加时，会产生如图 1—5 所示的“拍”的效果。图 1—5a 中波的振动频率为 16Hz 和 18Hz，当两个波进行叠加时，同相增强，反相抵消，结果形成图 1—5b 所示波形，可以看出合成波形的包络是一个 2Hz 的“拍”，从听觉上能够感觉出每秒出现两次的强弱变化。

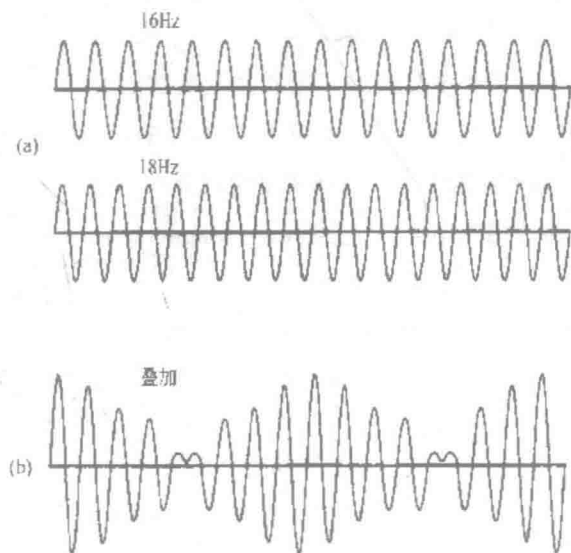


图 1—5 “拍”的效果