



©〔美〕威廉·布雷德·怀特 / 著

钢琴调律与有关技术

(修订版)

人民音乐出版社

钢琴调律与有关技术

〔修 订 版〕

〔美〕威廉·布雷德·怀特著

王 可 茂译

人民音乐出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢琴调律与有关技术 / (美) 怀特 (White, W.B.) 著;
王可茂译. -2 版 (修订本). - 北京: 人民音乐出版社,
2006. 2

ISBN 7-103-03131-2

I. 钢… II. ①怀… ②王… III. 钢琴 调音
IV. J624.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 002852 号

责任编辑: 王 华
责任校对: 张 婷

William Braid White
Piano Tuning and Allied

本书版权由北京版权代理有限公司代理

人民音乐出版社出版发行

(北京市海淀区翠微路 2 号 邮政编码: 100036)

[Http://www.people-music.com](http://www.people-music.com)

E-mail: copyright@rymusic.com.cn

新华书店北京发行所经销

北京美通印刷有限公司印刷

A5 7 印张

2006 年 2 月北京第 2 版 2006 年 2 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5,045 册 定价: 14.00 元

版权所有 翻版必究

凡购买本社图书, 如有缺页、倒装等质量问题
请与本社出版部联系调换。电话: (010) 68278400

第 五 版 序

本论著的第一版刊行于 1917 年。第二和第三版各间隔约十年。现在第四版问世仅三年,就有出第五版的必要了。

我利用这次机会仔细地检查了全文,澄清了原来含混的段落,简化和缩写了一些说明,并纠正了一些失误。最重要的是我这次还详述了各种实用的核查及检测方法,使调律师可以在他进行工作的过程中,以此来一步一步地确定其工作的准确性。这些检测方法的大部分是我在理论和实践的研究过程中得出的。

我还增补了一些附录,讨论平均律的前身——古典的中庸全音平均律调律,以及其他一些同样使人感兴趣的事情。

我仔细地修订了本书有关机械的章节,以使之更简单、明了和易懂。图例得到了改进,以使之更加实用。本版还附有本书中使用的技术及音乐术语的用语解说。

以现在的形式出现的这本书,是我一生研究和实践的成果,我想可以把它看作是对这个领域里有定论的知识的准确阐释。

威廉·布雷德·怀特

1946年1月于芝加哥

中 译 本 序

我国社会上的钢琴拥有量日增,尤以近十年来增长迅速。钢琴是一种需要定期或经常调律和检修的乐器,本书的出版无疑是需要的。像本书这样内容系统完备的钢琴调律专著,在我国尚属首版。

书是为读的;但有些是要“用”的,即要经常查阅,以对症下药地解决遇到的问题,起工作手册的作用。这种书必须实用,能解决实际问题。

本书正是这样一部书。内容从基本原理、有关知识和数据,到各种问题的症结及其解决方法 and 操作要领等,均有系统、翔实和深入浅出的阐述。章节结构布局分明,检索方便。

怀特的这一著作最早成书于 1917 年,后来在几经再版、多次印行中做过一些修订补充。本书系据 1971 年版本译出,距今近 20 年,但由于钢琴的结构和用料等近百年来无大改变,故至今不失其实用价值,仍为不少国家普遍采用。

此书不仅有助于培训和提高调律专业技术人员的技术素质,也可以对多数不具备调律技术的钢琴拥有者掌握这门技能提供便利。

关肇元

1990 年 6 月

译 者 的 话

本书的中译本第一版是在 1992 年出版。因为当时时间仓促及多方面的原因,以致书中存在着诸多的疏漏和纰缪。趁这次再版,重新进行了仔细订正,对几处原著的明显笔误,改正后加写了译注。

十年时间只是历史的一瞬间,我国的钢琴工业却得到了长足的发展,已跃居于世界上的钢琴生产大国之列。钢琴调律师已纳入“国家职业大典”,其队伍也更加壮大,组织更趋完善。希望这次再版能对钢琴调律工作的进一步规范和调律师素质的培养,起到有益的作用。

在本书第一版的翻译过程中,曾经刘抗、吴慧明老师校订,书稿曾蒙关肇元老师审阅,并承张茂林老师协助,在此表示衷心感谢。

王可茂

2004 年元月 于青岛

目 次

第一章	音阶的构成	(1)
第二章	钢琴弦的振动	(20)
第三章	平均律	(39)
第四章	平均律的调律方法	(53)
第五章	调律的机械技术	(70)
第六章	现代钢琴	(82)
第七章	音板与弦	(96)
第八章	钢琴“击弦机”及其设计、构造与调整	(109)
第九章	槌头及其与音质的关系	(134)
第十章	钢琴的修理	(144)
附录一	钢琴为什么走调	(161)
附录二	提升钢琴音高的方法	(164)
附录三	关于使用测定钢琴调律准确性的康恩 半音频闪仪	(166)
附录四	中庸全音平均律	(172)
用语解说		(180)
参考文献		(205)
图解目录		(208)
索 引		(210)

第一章 音阶的构成

钢琴调律的定义 钢琴调律,简称“调律”,通常是指调整钢琴弦的张力,使之在被激发时能各自发出符合音乐艺术要求的、音乐音阶的准确音的过程。这里所说的“音乐音阶”,包括了按正确顺序排列起来的所有这些音,“调律”的目的就是要使一架钢琴以尽可能的准确程度发出这些音来。

研究乐音的必要性 为了正确理解前面所述之问题,开始必须简单地对声音的性质做一般的研究,并对乐音的性质做特别的研究。这当然要涉及声学科学,但这并不是特别费解的论述,也不难理解论述与后文的关系。

声音 电车开过轨道交叉点时,人们经常听到一系列嘎吱嘎吱的撞击声,于是认为是轨道铺得不平,或是由于车轮损坏的缘故。这一系列声音最显著的特征是它特有的、刺耳而间歇的性质。一方面,这些声音不连贯、多变而零乱,另一方面,它们常常刺激神经。

有这种特点的声音通常称为“噪声”。

再则,当听一个乐队在后台定音时,那种异常混杂的声音通常让听者觉得像是一大团噪声。然而我们知道,实际听到的是许多个别声音的总和,它们各由一件乐器发出,本身完全不是噪声,而是乐音。由此

可以得出结论,许多实际上是乐音甚至是悦耳的声音,当它们无秩序、无规则地凑合到一起时,也会变成噪声。

再假定你听到轮船或火车鸣笛的声音。这里所获得的印象就很不同。这声音是确定而且连续的,它有自己的形式与状态,并在发音的整个过程中一直持续保持着同一种形式。那么,任何符合上述定义,也就是具有连续性并有确定形式的声音,都可称之为“乐音”。因此,连续性、持续性和确定性是乐音区别于噪声的特征。

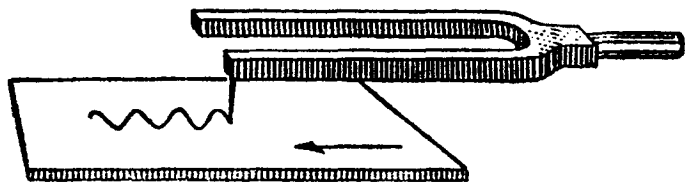
声音与听觉 稍加思考即可明白,我们只有听到了声音,才能意识到它。实际上,如果不凭借听觉,纵然存在着所有确实作用于我们耳朵的物质力量,那也会什么声音都听不到。因此,作为被听到的一种东西,声音是一种心理上的感觉。

做波形运动的声音 我们有必要讨论和分析那些能引起听觉的物质力量的性质,并且掌握必要的声音的物理基本原理。研究支配这些力的规律的性质,以及鉴别产生这些力的物体的状态,是物理声学的课题。我们将在论题所需范围内,跟这门科学打交道。

声音是怎样产生的 每位读者大概都熟悉一种叫“音叉”的器具,这是一条被弯成U字形的短钢棒,它附有可以握住的柄。把这样的音叉在膝上敲一下再举到耳边,即会感到一种声音。它虽然强度中等,但具有持续、明显的特点,相当悦耳,确实谁都会毫不犹豫地称之为“乐音”。这实际上是一个乐音的很好的例子。从物理上讲,它是由什么产生的呢?一个简单的实验即可正确回答这个问题。

当声音还在持续时,轻触音叉的前端,就可发现它是在很快地振动着。在放大镜下,可以看得见这种微弱而很快的往复运动。为了确认

这种通常看不见的运动的存在,只要拿一块玻璃,把它移过蜡烛火苗的上方,将一面熏黑,然后用少许蜡将一根非常小的针粘在音叉的一个叉臂端,使音叉与玻璃平行放置,此时细针对两者都呈直角。



第 1 图

现将音叉弄响,并使针尖轻触玻璃被熏黑的一面。握住音叉不动,由另一人纵向移动玻璃片,针尖即描出一条连续的波状线。每一个波形都具有在技术上被称为正弦曲线的那种特殊的左右对称的形状。^①把实验装置调整得足够精确,我们便能查明,在任一给定时间内被描出的这种小波形有多少。

每一波形都对应于音叉的一次钟摆式的往复运动。如果玻璃的运动是均匀的,仔细检查这条波状线便可看到,每一起伏都具有相同的长度与幅度。由此表明这些振动是有周期的,也就是说,其重复的间隔是均匀的,并且都属简单往复运动的类型。

从这个实验得出的结论是,乐音的物理原因是某个适当物体按某一固定频率^②振动的运动。

再假设听听锯木场的声音。当圆锯片开始切入一块木头时,我们听到一连串刺耳的吱吱声,这种声音几乎立刻呈现出虽然粗糙但却相当确定的乐音的特性。随着锯片更深地切入木中,声音起而又伏。当锯片穿木而出时,声音一瞬间尖声呼啸地响起来,然后立即消逝。这个

① 见第 184 页。

② 见第 6 页及第 202 页。

现象的原因何在呢？

圆锯片是一个在其圆边均匀地刻有许多齿的钢盘。假定有 50 个这样的齿，那么，锯片每转一周，每个齿便会切木一次。如果锯片以每秒四周的速度转动，则这一秒内便有 4×50 ，也就是 200 次齿切木头。这就是说，木头每秒内受 200 次切割。因此，锯片的转动在一秒内就受到那么多次的轻微阻碍。所以，锯片周围的空气层也就恰恰受到同样次数的前后推移，这是因为每一锯齿的进出都引起周围空气的交替压缩和稀薄。可以用如下描述来说明这个过程。假定我们让五个男孩前后站成一列，每一男孩把伸出的手搭在他前面男孩的肩上。推一下排末的男孩。他向前跌，就推动前面的男孩，然后恢复自己的位置。前面的男孩也前跌，推动第三个男孩，又恢复自己的位置。第三个前跌，推动第四个，并恢复自己的位置。第四个前跌推动第五个，并恢复自己的位置。第五个前面没有人，因此他向前跌倒，就不能恢复自己的位置。这个实验以男孩们的交替前跌与恢复位置来说明空气的交替压缩与稀薄的状态。空气比男孩们更具弹性，因而形成像我们见到的那种音叉上的针尖所描出的波状运动。现在很清楚，随着锯片转速的加快，这些波动就会迅速地足以融成一个持续的乐音。如果锯片以不规则而经常变化的速度转动，那些波动便不能融合，于是我们就只感受到应称之为噪声的那一连串不连贯、断续而刺耳的声音。由此我们再次认识到，发音体的有规则的重复运动，是产生乐音的必要条件。

声音的传播 这个实验所说明的还不止于此。^① 它首先说明一个物体被激发而进行有规则间隔的运动时，是怎样直接影响周围的空气前后振动，形成交替的压缩与稀薄的脉冲的。它还说明，这种声音运动能在空气中传播到任何一个距离。这就如虽然每个男孩只稍有移动并立即恢复其

^① 该实验由享有盛名的廷德尔(Tyndall)于 1873 年在伦敦作关于声音的讲学时首次进行。

位置,但从一排男孩一端开始的冲击却会传到另一端。同样,每个空气微粒只受到音叉或弦的一个运动所给予的轻微推动或挤压,也把它传给相邻的微粒。音叉或弦每次回摆时,每个空气微粒便返回而填补它前进运动时所留下的微小真空,从而引起一个反向运动,这种运动也传递给了相邻的微粒。如此下去,一直达到听者的耳朵。^① 然而每个微粒仅是稍微前后振动而已。那么,这种传播方式显然有赖于空气的存在。实际上,不管耳朵方面有无问题,即使我们有着健全的听觉器官,如果没有空气,声音对我们就不会存在。为此,弄响一只闹钟,然后把它放入装有气泵的玻璃罩中。



第 2 图

如果摇动泵的把手,开始把其中的空气抽出,那么随着罩内空气越来越少,闹钟的铃响声便越来越弱,直到空气达到一定的稀薄程度时,铃声便完全消失。但此时还能看到闹钟的铃锤仍在继续动着。换言之,如果声音还存在,我们要听到它,就必须有空气或类似水那样的媒介,把声音运动从振动着的物体传播到耳朵。

^① 见第 2 图。

乐音的特性 至此,我们可以一般地讨论乐音及支配其变化的规律了。要指出的第一点是,乐音以其令人感觉到的连续性而区别于噪声;换言之,乐音是由发音体的周期性振动所引起的。因此,就有可能测定引起任一给定乐音的运动周期性,即测出这一乐音的“频率”。

我们还会看到,测定乐音的第二种特性,即测定其相对的强弱(或称为强度)也是可能的。

最后,我们还会看到各个乐音在特点或音质方面的差异,并且,在物理方面测量这些差异也是可能的。

强度^① 让我们从前面谈到的第二种特性,即从强度或音量开始。如果用小提琴弓来激发音叉,并当运动还在持续时就用放大镜来察看,便看到随着音量逐渐变弱,音叉前端摆动的幅度越来越小,直到运动与声音同时消失为止。如果在声音这样消逝的时候再用琴弓摩擦音叉,便可看到音叉前端的运动幅度随着声音的加强而增大。事实上,通过实验已经发现,声音的强度不仅随发音体运动的幅度而变化,而且其变化接近幅度变化的平方。例如,假定使一钢琴弦以 1/50 英寸的振幅振动,而另一相同频率的钢琴弦以 1/25 英寸的振幅振动,则第二根弦的振幅是第一根的两倍,而强度大约是为四倍。

我们说“大约”,是因为上述机械操作与实际听到的效果并不完全吻合。事实上,对响度的感觉与引起它的力学原因并非总是一致的;这是因为我们对某些乐音的听辨能力不如对另外的一些那么好。例如,

① 必须对声能的物理强度与所听到的音量加以区别。后者取决于前者,但二者并非线性关系。它们之间实际上是对数关系。设 I_1 和 I_2 分别为强度不同的声能,而 L_1 和 L_2 分别为被听到的相应的音量,则: $L_1 : L_2 = \log_{10} I_1 : \log_{10} I_2$ 这里,能量的物理量用物理单位计算,而音量则用感觉单位计算。

众所周知,即使各自的振幅一样,但频率低的声音听起来总不如频率高的那么响。频率低的声音听起来总比其应有的要弱,而频率高的听起来总比其应有的要响。^①

关于声音强度,还有一个要点要讲,即一个声音的响度跟听者与发音体的距离的平方成反比。因此,如果其他条件相同,则在 50 英尺处听到的声音就是在距 50×2 即 100 英尺处听到的声音的四倍。不过要记住,发音体和听者靠近其他物体的情况,会使听到的响度效果有所改变。这实际上与“共鸣”有关,关于这一点,我们在后面还要谈及。

音高与频率 用于音乐艺术的音阶中,某一乐音所占的位置是由其“音高”决定的。“音高”这个词与感觉有关,而并非物理测定。一个乐音的“音高”是由耳朵判定的它与某一标准音相比的位置,是它的相对低沉或尖锐,“高”或“低”。

当然,“音高”的这种特点取决于该声音的频率,也就是取决于音叉、弦、空气柱或其他物体单位时间内产生的振动次数。频率与音高并不总是线性关系,因为很响或很弱的声音会引起与其频率很不相符的音高感觉。通常这两个词是互换使用的,但我在本书中谈及声音实际产生的物理原因时,总用“频率”一词。“音高”这个词只有在与对声音的感觉,即与听到的声音相联系时才用。这样说定之后,我们用下面两段文字来表述这些物理事实:

声音的频率是按发音体在单位时间内的振动次数来测定的。

“音高”是声音的一种感觉特性,它起因于该声音的频率,通常与之相对应并以此作为标准。

这两段文字与美国标准协会(American Standards Association)在

^① 见弗莱彻(H. Fletcher)所著《语言与听觉》。纽约 1929 年。

1936 年采纳的定义实质上是一致的。

时间单位 测量振动的速度时,习惯上以“秒”作为时间单位。

振荡、振动、周期 至此,我把产生声音的运动称为“振荡”(Oscillation)。话虽如此,但声学中表示谐和运动的一个完整周期时,习惯用“振动”(Vibration)一词,即一个周期由两个一往一复的振荡组成。因此,一次“振动”是两次“振荡”。一次或往或复的振荡都是半次振动。^①最近开始有了以“周”(cycle)一词来表示一次完整的振动的方便办法。周/秒(C. P. S. -cycles per second)这一符号也已用来表示声音的频率,亦即发出该声音每秒所需的周数。我采纳了这种方便办法。

可闻度范围 实验表明,人类听觉的音域有着相当明确的界限。可以作为乐音听辨的最低音,大概是钢琴最低的 A(A₁),据美国标准协会 1936 年采纳的标准,其频率为 27.50 周/秒。除非受过专门训练或有专用设备,一般人似乎不大可能听辨更低频率的声音。比这个 A₁ 更低的乐音,对于人类来说大概实际并不存在,当人们以为听到这样的音时,其实听到的根本不是那些音,而是它们的“谐音”(harmonics)^②。偶尔使用的 64 英尺管风琴音管,名义上发出比 27 周/秒更低的音,但作为明确的单个音,这些音是听不清的。它们可以而且的确作为该管的上方谐音或和弦的上方音的依稀可辨的基础而起作用,但它们作为单独的音是听不到的。这是因为耳朵仅仅是将这些脉冲分隔开来,而不能作为连续的感觉来辨认的缘故。实际上,我们可以有把握地说,包

① 在本段之前,因是作为普通用语(而不是作为物理概念)使用,译者都统一使用了“振动”一词。——译注

② 见第 22 页。

括基音的 A_1 是一般可听到的最低乐音。调到 A_1 的钢琴弦所发的声音通常是强劲和饱满的,但这意味着,在钢琴上听到的那个音不是 27.50 周/秒的纯基音振动,而是该频率与其自然谐音的混合。以后还要涉及到这些谐音,因为它们对于正确研究我们的论题至关重要。

人耳可听到的最高音也有类似的界限。这里除经验之外,又有种种看法上的差异。按 1936 年的标准音高,钢琴的最高音 C_{88} ^① 的频率是 4186.009 周/秒。但听比它高两个八度即 16,744 周/秒的音,也并不特别困难。高于这个界限,能听得出什么的人就比较少了,但音乐家与声学家却能听得比这高许多。^②

音乐的音域 可闻界限虽有 11 个八度,但音乐的音域比这要窄得多。现代钢琴基本上包括了音乐所用的所有的音,众所周知,它是七个八度加上一个小三度,即从 A_1 到 C_{88} 的 88 个连续的音。

请注意,如果可闻音的范围设定在 27 到 32,000 周/秒之间,则可能的各不相同的乐音数目就十分庞大。我们知道,经过训练的耳朵,完全可以在音域的最低音区^③辨别彼此相差不到 4 周/秒的音。

多年来,世界上最有才华的声学家之一、巴黎已故的鲁道夫·科涅格博士一直从事于一架所谓万用音调计(universal tonemeter)的制作。它包括一套极好的、频率范围从 16 到 21,845.3 周/秒的 150 个音叉。

① 为避免混淆,本书此后在音名后下方以脚码数字来表示此音在音阶中的位置。每一数字对应于从低音端往上数的琴键序数。这样,钢琴的最低音用 A_1 表示,C 就依次为 C_4 , C_{16} , C_{28} , C_{40} (中央 C), C_{52} , C_{64} , C_{76} , C_{88} 。

② 多年以前,在我对声学还未产生兴趣,耳朵怎么说也是未经训练的时候,曾用高斯顿哨(Galton whistle)进行过测试,我听到了 24,000 周/秒的音。这比钢琴的最高音高出两个半八度,接近² F_{118} 。这已足够达到多数经过训练的听觉的较高极限了,但有的声学家持有调到 C_{124} 即频率为 33,488 周/秒的音叉。

③ 见“用语解说”中“音域”。

这架令人赞叹的精密仪器的最低音之间彼此只相差 0.5 周/秒,而在乐音音区内的差值绝不超过 4 周/秒。由此显而易见,可能有的乐音数量远比构成钢琴全音域和作曲原料的 88 个音要多得多。我们所熟悉的整个音阶源于古希腊。所谓“自然”音阶(diatonic),大调与小调,只不过是稍经变化的古希腊音阶或“调式”(mode)中的两种。我们将要涉及到的平均律半音音阶是所有近代音乐的基础,而它仅始于 16 世纪。就时代而言,近代音乐是一门年轻的艺术。^①

乐音是算术关系 我们已知一个乐音是一个定量,因为它是在给定时间内由振动运动的固定周数产生的。故而所有乐音之间必具频率的算术比。

公元前 6 世纪,著名希腊数学家和哲学家毕达哥拉斯(Pythagoras)提出了将乐音彼此间的谐和形成简易算术比的定理。^② 如果查看一下现今使用的音阶,就会发现各个音之间的关系虽然看似复杂,其实相当简单。下面就来看看这是怎么回事。

同度 我们都可辨别一个单音^③,并在再次听到它能够记得它。

① 有关这个问题的历史,请阅格罗夫(Grove)的《音乐与音乐家辞典》、赫尔姆霍兹的《音的感觉》(英文版)、赫尔姆霍兹著作的英译者埃利斯(A. J. Ellis)的《音乐音高的历史》以及第十四版《不列颠百科全书》中已故托维爵士有关音乐的卓著论文。

② 毕达哥拉斯对声音的物理性质并无所知。因此,他考虑的不是振动或频率。他是根据测定发音弦的长度来获取他的结论的。请见第二章。由此他得出了著名的“五度循环(Circle of fifths)”,请见第三章第 46 页及其后。

③ “音符”(“note”)一词常被不正确地用来指构成音阶的乐音。正确的名称当然是“音”(“tone”),本书一直以此意义使用这个词。“音符”是指书写或印刷品中用以表示音的符号。“全音”(“whole tone”)一词仅用于音乐理论中,指的不是一个声音,而是指自然大调的第一、二级间,二、三级间,四、五级间,五、六级间,六、七级间的音程。关于这个问题,还请参见第 12 页、13 页及“用语解说”。