

钢琴弦的非理想性与钢琴调律

文/杨 拯

一、什么是钢琴弦的非理想性

一根理想的钢琴弦应该是垂顺而不扭曲、密度均匀、粗细均匀、劲度合理、没有生锈，具备良好声学潜质，同时获得有效的悬挂和支撑的直金属线。其横振动中的分段振动所产生的泛音频率基本符合理论值，纵振动、扭转振动、倍频振动所产生的泛音，不影响琴弦的“基本”音色。

1. 钢琴弦是不完全垂顺的

近圆柱体的琴弦发生扭曲是不容易看出来的。如果我们在张弦前涂上与琴弦纵向平行的“斑马线”状的多色标记，就很容易看出张弦后琴弦是否扭曲了。

所有钢琴制造厂家的张弦工作都是由人工参与完成的，由于劲度和其它各种原因，琴弦不可能完全服帖地按照人的意志悬挂。尤其悬挂后琴弦在压弦条处的纵向扭曲和别弦钉处的横向扭曲，加上钢琴的铁支架和音板由于种种原因发生的应力变化，不可避免地影响了有效弦长的完全垂顺。

2. 钢琴弦的密度、粗细是不完全均匀的

钢琴弦热加工后的冷却过程是造成钢琴弦密度、粗细不完全均匀的主要原因。在电子显微镜的微观世界里，可以看出钢琴弦的粗细会有明显差别。

我们试着拉伸条状的橡皮泥，可以发现总是在最“薄弱”的地方开始变细。同理，在张弦和调律过程中，钢琴弦也会在“薄弱”处发生物理变形，只不过这种变形没有橡皮泥那么明显。

3. 钢琴弦如果保养不当可能会生锈

为了达到某种音效，部分优质钢琴弦是没有在外观做防锈处理的，斯坦威牌钢琴使用的琴弦就是其中之一。由于保养不当而导致琴弦生锈，必然会对琴弦的振动产生影响。尤其是严重生锈的钢琴

弦，振动时所产生的泛音已经不可能与理论值一致，导致我们无法依靠理论拍频分配出正确的十二平均律，对同度、八度的调律同样会带来影响。

4. 钢琴弦并不是绝对的直线

科学家斯蒂芬·威廉·霍金先生说宇宙中没有直线，装配后的钢琴弦（裸弦）从数学角度来说只能是近似直线，而非绝对直线。为了让低音缠弦安全、合理地振动而不产生杂音，缠弦在别弦钉和弦枕处是呈阶梯状过渡的，在制造原理上缠弦就不是直线。

钢琴弦有金属记忆能力，根据吴红江翻译的《美国注册钢琴技师-RPT资格考试教材》一书中，美国专家Susan Graham所述“琴弦在制造前盘绕成圈，并对这个形状保留了记忆，如果你从一台使用了80年的老琴上拆下一根琴弦并扔在地上，它将回复曲线。这个盘成圈的倾向表明，无论琴弦在哪里改变方向-弦码、弦枕、弦钮等等，它都倾向于圆形的弯曲而非更尖锐的角度，结果是有效弦的边界模糊不清，接触不实，弦振动能量传导不好，声音微弱而且模糊不清，调律的稳定性受到影响”。

5. 钢琴弦应当获得有效的悬挂和支撑

品质再好的钢琴弦，如果在弦轴、压弦条、弦枕、弦码、别弦钉、挂弦钉处，没有获得有效合理的悬挂和支撑，最终也不会发出好的声音。

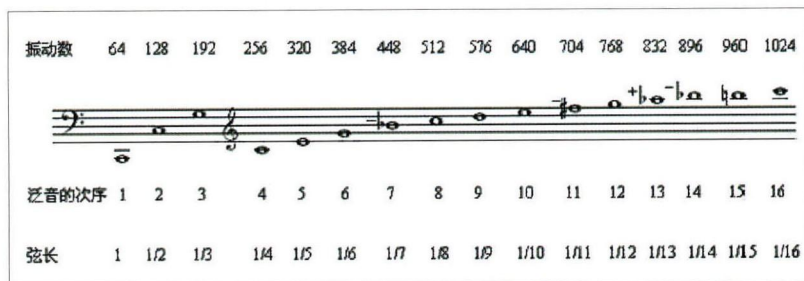
因为制造工艺而导致同音组琴弦有效弦长不一致，而音高需要一致时，弦的张力就会变得不完全一致，进而可能导致同音组钢琴弦音色不完全一致。

综上所述，理想的钢琴弦是不存在的。钢琴弦的非理想性对调律实践的影响主要体现为种种原因引起的钢琴弦劲度不同。而现有的制造工艺和物理规律，影响了理想钢琴弦的形成。

二、钢琴弦的非理想性与泛音

1. 以大字组C为基音的理想弦泛音列

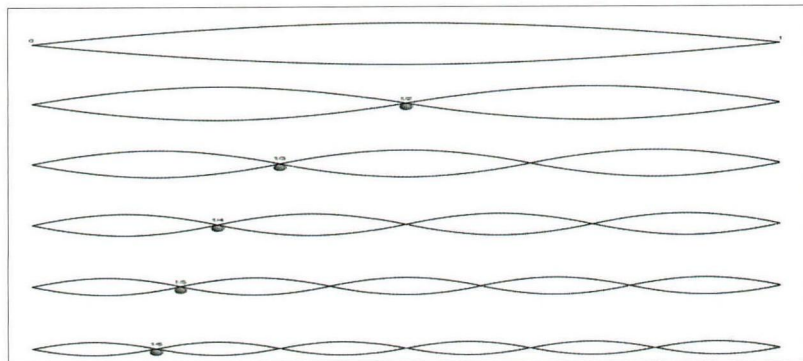
图例一：



2. 泛音频率的高低和钢琴弦的劲度有关

琴弦在分段振动时，驻波中始终静止不动的各点称为波节，这个点在独立泛音上是不参与发音的。点的多少是由钢琴弦劲度的不同而变化的，劲度越大，这个点也越大，所产生的泛音频率也就越高。因为不同品牌的钢琴和不同音区的钢琴弦，泛音频率在不同程度上偏离了理想值，所以会对调律过程中应用的理论拍频产生影响。

图例二：



低音缠弦的“阶梯状”过渡而造成的“线密度(PL)”不同，进而导致非理想性钢琴弦造成泛音频率偏离理想值的程度也不同。这个“值”和琴弦的制作方法有关。

三、钢琴弦的非理想性和假拍

威廉·布雷德·怀特先生说：“假拍是由于弦的各部分出现了不均等的紧张度，对应于那里谐音打乱了它的和谐型的缘故。这样的不均等的紧张

度，有的是由于挂弦时把琴钢丝拧反了，或者是琴钢丝粗细不均匀的结果。”还因为“构造安装的缺陷、琴弦本身的欠缺和支撑的不合理，第二、第

三，或者其他谐音互相以差别极小的频率振动所引起”。以上基本解释了钢琴弦非理想性和假拍的关系。

调律过程中，默记住假拍的速度，拍频始终不变的就是假拍，假拍是钢琴调律的敌人，有时会在调律过程中消失，有时如影随形。

笔者认为，在听觉意义上的中音

区的假拍一般在一秒一次左右，低音区、高音区一般在一秒一次或两次左右，这主要由于第二、第三谐音所引起的假拍声强较大，容易听见，另外也说明了听觉意义上的假拍速度是有上限的。中高音区的其他谐音也会产生假拍，只是由于声强过小而听不清楚。

在调低音区八度时，调律实践意义中已经没有拍的琴弦，可能会在高音部听到一些细细碎碎、速度很快、分为几个层次的拍音，我们常常误认为是假拍，其实这些拍是真拍。这些真拍往往让初学调律者感到困惑。

四、钢琴弦的非理想性与钢琴调律中的常用基本音程

在钢琴调律实践中都是按照理想弦所产生的各种理论拍频作为依据的。而钢琴弦的非理想性会对同度、八度、四度、五度、三度、六度产生一定的影响。

1. 钢琴弦的非理想性对同度、八度造成的影响

钢琴弦的同度所产生的泛音列频率理想状态下应该完全一致，即应该完全“平行”“融合”。纯八度状态下所产生的两组泛音，理想状态下应该全部呈两倍关系。在实践中，往往会发现有些同度、八度调不纯。

(1) 有些钢琴弦因为非理想性而产生了假拍，如果这些假拍始终无法消除，那么对应的同度、八度可能是调不纯的。

(2) 钢琴弦劲度、有效弦长不同，会导致同度的泛音不一致或八度的泛音不呈两倍关系，而造成同度、八度调不纯。

(3) 在钢琴的低音区，同音组为双弦的两根琴弦，如果“阶梯状过渡”不一致（主要表现为芯弦露出的长度不一致），可能会导致两根琴弦无法“融合”，进而造成同度、八度无法“融合”。

2. 钢琴弦的非理想性对基准音组中四度、五度理论拍频造成的影响

在对基准音组分律时，四度是利用吻合谐音的冠三根四来实现的，五度是利用吻合谐音的冠二根三来实现的。

由于钢琴弦的非理想性，四度和五度完成了教科书上的规定拍频后，实际的宽进和窄出有可能并不是平均律所需要的宽出或窄进2音分。

3. 钢琴弦的非理想性对三度、六度理论拍频造成的影响

在对基准音组分律时，大三度是利用吻合谐音的冠四根五来实现的，大六度是利用吻合谐音的冠三根五来实现的，所产生误差的原理和四度、五度一样。

4. 生锈后的琴弦对钢琴调律的影响

生锈的琴弦可以分为三个等级，部分生锈、全部生锈、全部严重生锈。有的琴弦部分生锈后依然能基本保持原有的音色，全部严重生锈的琴弦对音色还是有影响的，声音会变得暗哑。分段振动的状态因为生锈的程度和部位不尽相同，显得更为复杂，对同度、八度，基准音组的分律都产生一定影响。按照教科书上的理论拍频完成的基准音组分律，得出的结果往往是错的。

不除锈而进行分律，往往是靠“猜”的。

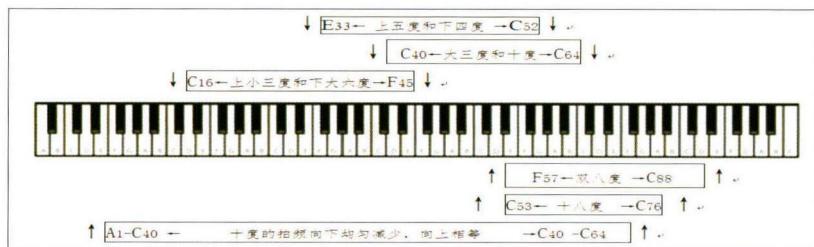
五、钢琴弦的非理想性与钢琴调律中的检验音程

威廉·布雷德·怀特先生有一套不错的检验方法，其中C40以下可以用大三度—十度来检验；从F57向上的双八度检验；C52到C78的十八度检验

(大三度加两个八度)等等，以上检验方法虽然在理论上完全成立，但是几乎所有的检验方法都会受到钢琴弦的非理想性的影响。

例如用三个八度检验八度时，虽然三个八度准确了，有时最上面的一个八度却有明显的误差，会产生相互矛盾的情况。下面列出怀特先生的检验方法。

图例三：



六、钢琴弦的非理想性与音准曲线

内行的调律师一定对音准曲线非常熟悉。在八度扩展中，冠音的音高是由根音的第一泛音来确定的，理想弦的各次泛音的频率应与基频为整倍数，由于受钢琴弦劲度、均匀度等因素的影响，泛音会略高于基频的整倍数，从造成了高音逐渐偏高，低音逐渐偏低，同时产生了音准曲线。对于不同的钢琴品牌，上述情况都会因钢琴弦的非理想性程度不同而产生的音准曲线也不尽相同。

七、钢琴弦的非理想性在不同品牌钢琴中基准音组分律中的应用

当代应用于全世界的十二平均律基准音组分律法大概有：四度、五度分律法（其中包括双向循环法，上四、下五循环法，上五、下四循环法）；五度、八度分律法；三度、五度分律法；三度、六度分律法；分叉二枝分律法等等，其中所涉及到的应用拍频都是通过理想性钢琴弦计算出来的，最终的“矢的”自然也一样，在本质上都是殊途同归。而问题恰恰在于很少能见到实际操作中的完美者，其中主要体现为四度、五度、三度、六度之间的相互矛盾。

关于基准音组的拍频，目前的仪器是无法精

准测量的，只能靠钢琴调律师的耳朵去识别。经过实践，简单地作以下归纳：部分品牌钢琴的基准音组应用拍频接近理论值，部分品牌的基准音组应用拍频高于或者低于理论值。

我们如何在实际操作中界定呢？“量子力学把研究对象及其所处的环境看作一个整体，它不允许把世界看成由彼此分离的、独立的部分组成的。”本文中所有上述和下述内容都需要整体看待。

我们以“上四、下五”法对一台实验钢琴按教科书理论拍频取拍，直到F-A、A-C（关键参考音程）这两个大三度出现，辨别这个大三度快于还是慢于6.91拍，如果明显慢了则说明这台钢琴弦的劲度较小，所有的四度、五度拍频都要相应放慢，可以有一个不大的变量，反之同理，并可以狭义地归结为“慢则慢、快则快”。

此时的三度、六度在顾及四度、五度的情况下允许全体略偏快或略偏慢。需要注意的是四度、五度的加快或者放慢，是个非常微小的量，同时还需考虑琴弦生锈或其他它因素造成的个别琴弦特别不理想的情况，这对调律师的听觉记忆和操扳能力提出了很高的要求。

以上方法对基准音组分律的最终结果并不是“混沌理论”或“模糊数学”，同样要求四度、五度是缓慢加快的，三度、六度是均匀加快的，一般不打破这个平衡。

钢琴是和声乐器。正确的三度、六度拍频是大三和弦、小三和弦、增三和弦、减三和弦等和弦产生“色彩和声”的重要因素，四度、五度拍频的多寡因在和声特征中相对属于“空洞”而其次。一流钢琴家对“和声色彩”非常敏感。改变四度、五度的速度保证三度、六度拍频的基本正确，从“和声色彩”上来说是可行的。

钢琴弦的非理想性似乎把钢琴调律变得更为复杂，但不论钢琴弦处于何种状态，教科书上的各种理论拍频始终是其重要参考。

以下是实践得出的不同品牌钢琴的基准音组为了尽量使之符合三度、六度拍频，所产生的四度、五度拍频特征：

1. 某南方钢琴厂某低端型号钢琴 偏快

2. 某北方钢琴厂某低端型号钢琴 偏慢

3. 某沿海地区钢琴厂某低端型号钢琴 基本符合

4. 某合资钢琴厂某低端型号钢琴 基本符合

5. 斯坦威三角钢琴 正常

此外会有一些极个别国产钢琴会出现极端情况，即四度、五度、三度、六度彻底紊乱，无论用何种方式进行分配，都没有比较理想的结果。

八、钢琴弦的非理想性与音乐中的美

美和丑，正能量和负能量，力和斥力，物质和暗物质，在世界上是一直并存的，如果我们不能改变宇宙的规律，钢琴弦的非理想性似乎也永远存在。

交响乐队中，许多把小提琴在一起演奏时，正是因为手指控制音的微弱差异，和提琴弦的非理想性，才呈现出饱满的立体感和一种声学美。钢琴的弦也存在相同的道理。

在钢琴的低音区，如有没有非理想性钢琴弦造成的假拍，低音区可能会失去层次感、金属感而显得空洞，这些假拍在某种程度上成为了低音琴弦一种美的特征。

艺术（音乐）和美是任何时代的大哲学家都没有绕开的两个命题。我们应当以美为标准辩证地看待钢琴弦的非理想性，以美为标准即可。■

