秦敏静

摘要：触感是评价钢琴品质的一项重要指标。立式钢琴可调式键盘触感，是将可调节触感的人性化结构装置安装在普通的钢琴键盘上，能有效地根据演奏者对触感的需求进行触键力度调整。这种可调式键盘触感的研究，是以键盘机械的动、静阻力与力臂之间的力学关系为基础，运用键盘机械的传动原理，找出影响钢琴触感的重要因素，总结出可调式键盘机械的触感调整方法，为本课题的研究提供一定的理论依据。本课题的创新之处在于将可调式键盘触感这一结构应用于钢琴的批量生产中，标志着中国钢琴制造产业的工艺研发与技术创新能力，为国产钢琴占领国际市场打下坚实的基础。

关键词：立式钢琴  可调式键盘  触感

触感是指演奏者手指弹奏键盘时，作用在琴键上力传递给击弦机械时所感受到的一种力量的反应能力。这种反应能力，是钢琴键盘通过击弦机上的联动杠杆及弦槌所完成的一系列击弦运动所产生的。因此良好的键盘触感，能够使演奏者在手指触键时，感受到触键力度的不同层次，从而满足了演奏者对音乐表达的最佳演奏效果。

一、立式钢琴可调式键盘触感结构的研究意义

现代钢琴键盘的结构设计，已经成为固定的程式化制造形式。钢琴键盘的配重是按照国家统一标准中每个音区的重量要求进行的。从现代钢琴所使用的受众群体来看，不仅是成年人在使用钢琴，更多的幼年儿童也在使用钢琴。而按成年人使用要求设计的标准化的键盘配重，没有考虑到不同年龄段的使用者在弹奏钢琴时对触键力度的具体要求。4-5岁的幼儿由于手部骨骼发育不完全，手指力量不足，弹奏为成年人力度配重的键盘，确实有一定难度。许多琴童为使钢琴奏出强有力的声音，手指关节等部位出现严重变形，久而久之养成不良的触键习惯。另外，成年人在弹奏水平日益增长后，对于键盘的触键要求也会发生变化。尤其是针对专业练习用的钢琴键盘，通常比一般钢琴的键盘触感重一些，目的是加强对手指灵活性的锻炼。立式钢琴可调试键盘触感，将键盘的配重工艺控制在可以调整的状态下，随时可以根据演奏者不同弹奏力度的需要进行调整。这种人性化的键盘配重装置，在保证击弦机和键盘内部结构不发生任何变化的情况下，实现了立式钢琴的键盘手感可调性的配重功能。

    中国钢琴制造产业已具备了专业化的键盘机械生产能力，钢琴触感的个性化需求已经能够在钢琴产品中得以实现。福州和声钢琴有限公司生产的哈曼尼133型号的精品R系列的钢琴（图1），即是将触感的可调式理论应用到钢琴生产实践中，该技术已获得国家专利,并产生良好的触键效果，使钢琴的品质得到全面的提升。

 二、立式钢琴可调式键盘触感结构的理论依据

一架钢琴在出厂前，钢琴的键盘配重已调整完毕，也即是说钢琴的触感基本确定。但调律师可根据演奏者对钢琴触感的具体要求，通过对击弦机各项指标做相应调整，可以在比较微小的力度范围内进行改变。但这种调整方式并不会有效改变触键力度，只有在琴键上使用砝码对铅块重新进行重量测量，并调整铅块的数量及位置后，触感才会有较大程度的改观。可调式键盘配重装置的使用，使复杂的砝码配重工作简单化，因此它在钢琴使用中具有很高的实用价值。

1、可调式键盘结构的理论依据

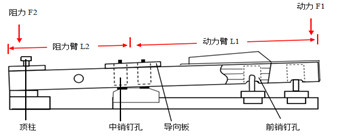
    琴键是钢琴键盘机械的一级杠杆，由键杆、前销钉孔、中销钉孔、导向板、顶柱组成（图2）。可调式键盘结构的理论依据可追溯至静力学原理的应用，根据杠杆力臂关系公式可得出： 动力（F1）×动力臂（L1）= 阻力（F2）×阻力臂（L2），在钢琴键盘上具体应用为：

动力（F1）——键盘的触键力度

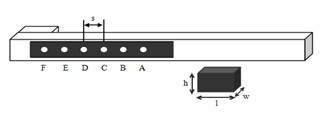
动力臂（L1）——琴键前端至中销钉的距离

阻力（F2）——键盘机械的静阻力与摩擦力

阻力臂（L2）——滑块到中销钉的距离          



    由于钢琴中销钉至琴键前端的距离不变，即动力臂L1不变，键盘机械的静阻力与各部分的摩擦力不变，即阻力F2不变。依照静力学等式，当移动滑块位置改变阻力臂L2时，手指所要施加在琴键上的力F1也应根据阻力臂L2长短的改变而发生变化，从而使钢琴触键重量产生相应的改变。键盘机械的静阻力，即导致琴键完成完全下键与抬起的整个过程所需的力值，该力值也称为键盘机械的静力特性。击弦机工作时各个零部件的重量、摩擦力、弹簧的硬度以及杠杆臂的正确比例都会对键盘机械静阻力产生影响。我们通过测量琴键前端下键的力值得出，在良好的键盘机械中，磨擦值一般不超过10g。在手指触键力度达到35—40g时．琴键克服各种阻力开始下沉，当琴键完全沉下去时，阻力在高音区达到50g左右，在低音区达到80g左右。以PP力度弹奏时，在琴键上所施加的力大约在80到100克左右，键盘机械的静阻力不应再低于这个值的30％。 【注】



可调式键盘配重结构，以键盘机械静阻力的基本要求做重量的调配限制，以键杆的底部空间做形态限制，在保证键盘机械正常工作，且不影响击弦效果的基础上设置滑块与滑轨。滑块与滑轨的档位孔为凸钮嵌入式设计，不会由于长时间的弹奏产生滑块移位的问题，一般家庭只要掌握一些钢琴结构的基本常识即可自行调整滑块位置。 【注】

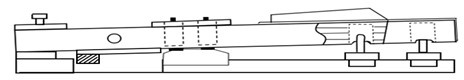
 2、可调式键盘结构的配重关系

    这种具有可调节其触键重量的键盘结构，是在钢琴88个键子的下面后端安装了一个可以前后调节键盘配重的滑块（图3），滑块可在滑轨的六个档位之间滑动，每个档位都有不同的触键力度的改变。根据不同人群对弹奏钢琴键盘配重的需求，轻松地调节配重滑块位置，满足演奏者的力度要求。

 可调式键盘配重结构较以往的铅块配重方式不同，它用滑块代替不可移动的铅块，通过调整滑块位置随时调节琴键的力臂关系，从而有效地改变触键重量。在琴键中销钉到卡钉之间的键杆底部装有滑轨，轨道设有的六个档位，各档位孔之间的距离为12mm，滑轨上设置有长（l）26.6mm、宽（w）22mm、高（h）9.5mm的长方体滑块，滑块净重14g，选用尼龙材料，滑块内部包有配重铁块，滑块上两面塑有凹槽与滑块的凸边结合，以滑块中的顶珠方式与档位孔接触定位，可通过移动键杆底部滑块的位置来改变触键重量。（图4）

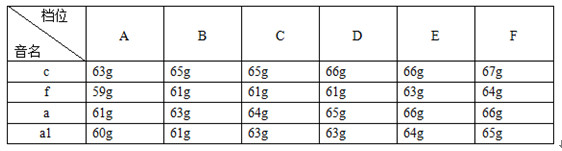
 可调试键盘配重结构的特点，是在击弦机和键盘不做任何改动的情况下，通过移动滑块调整键盘的杠杆比例关系，配合击弦机的正常运动来实现演奏者所需要的触键感觉。

一般情况下，滑块设置在c档位的位置，此时钢琴的触键重量大约为正常值52g左右；将滑块移动至最靠近中销钉的档位A时，此时键子的触感最轻，档位越靠近卡钉时，琴键触感则越重。六个档位的重量可调范围为5g。以下对哈曼尼立式钢琴（H-133T6-R）的琴键进行实际测量：



    在该型号的钢琴中、高两个音区，各选取两琴键个，分别为小字组a、c、f和小字一组a1。由于低音区琴键所需的下沉力度比中高音区明显，不足以说明问题，固不作为测量样本。

    首先选取一组总重为68g的砝码，其中包括30g、20g、10g、5g、2g、1g砝码各1个。取出待测的琴键，将滑块调整至六个档位孔中最靠近中销钉的A档位，调整好后将琴键安装回原位。踩下右踏板，使制音器不再施力于琴键。将砝码轻轻放至琴键最前端，选取砝码的是按照重量由小到大的原则依次试用。直至琴键缓慢下沉至最低端，记下此时的砝码克数。完成后将琴键再次取出，将滑块调至B档位，按以上测量方法完成对B档位的触感力度的测量。然后以相同的方法完成对C、D、E、F档位的触感测量，测量数据如下：



根据测量数据可见，c键、f键、a键六个档位的触感变量为5g，a1键六个档位的触感力度变量为4g。由于人工测量存在误差，因此可得出结论：可调节键盘触感装置六个档位的变量约为5g。

    该装置使触键重量成为可控的变量，从而满足了不同年龄段的演奏者对力度的要求，使触感的调整更便捷有效，也使钢琴成为更加人性化的乐器。

 三、影响立式钢琴触感的主要因素

影响钢琴的触感因素有很多，主要由键阻力、下键深度、键盘机械的灵活性等方面决定。对于触感的调整主要从以下几个方面进行论述：

 1、键阻力与触感的关系

钢琴的键阻力主要来自于击弦机的动、静阻力及键盘机械各部分的摩擦力， 它决定了钢琴的触键重量。国家标准的键阻力要求，从高音区到低音区在55g-130g之间均匀过度。钢琴的键阻力在出厂时均已设定，如果想通过改变键阻力大小来增减触键重量，则需要调整卡钉前后位置、增减配重铅块的数量或调整勺钉前后位置等方法达到配重要求。调整铅块的配重工作较为复杂，但对于改变钢琴触键重量也最为有效，触感可调式键盘以解决键盘配重的问题为出发点，在便于操作的基础上，利用滑块改变力臂长度的杠杆原理，成功解决了钢琴键盘配重的后期调整问题。

    2、下键深度与触感的关系

下键深度与触感的关系直接影响演奏者的音乐表现力。国家标准下键深度9.5mm-10.5mm，根据不同人群的不同演奏需要可在这个范围之内做相应调整。一般情况而言，较深的下键更有利于音乐情感的表达，较浅的下键则更易于手指跑动，适合演奏欢快轻巧的音乐作品。因此不同的下键深度的调整，可在一定范围之内改变琴键的触感。

3、键盘机械的灵活性与触感的关系

键盘机械各部分的连接是否符合要求，关系到键盘机械的灵活度，击弦机是否能够在接收到琴键传递的能量后立即作出灵敏的反应会直接影响弦槌的击弦效果。例如：转机器轴架松动会使弦槌偏离击弦轨迹，从而无法敲击同音弦组的三根弦；攀带脱落则会导致击弦后弦槌不能迅速归位，无法连续击弦等等。这些由于键盘机械在工作中所出现的问题，对钢琴触感会产生巨大的影响。

4、断联与触感的关系

立式钢琴和三角钢琴内部结构不尽相同，三角琴的手感要优于立式钢琴。如何在立式钢琴的弹奏过程也能够达到三角琴的触键感，断联的调整尤为重要。断联是调整钢琴弹奏手感的一种重要方法，通过断联的调整，可以在按下琴键的过程中，能感受到琴键不同层次的力度变化。在断联调整的正常尺寸范围内，改变断联尺寸的大小，会使键盘的触键感觉发生变化。因此，在键盘机械正常工作中，通过调整断联可以达到改变触感的目的。

5、键杆比例与触感的关系

键子的中销钉是一级杠杆的支点，它的位置决定了琴键的杠杆比，该比例能使键前端的触键力与键尾的键盘机械阻力保持平衡。由于触键力度的大小在钢琴触感中起到了至关重要的作用，因此在立式钢琴中，除个别大型立式钢琴会根据击弦机的位置增加键杆长度外，为满足钢琴的触感要求，琴键前端至中销钉的距离F1与键尾至中销钉的距离F2的比例关系约为3:2。即F1: F2≈3:2。

钢琴键杆后端末尾处通常安装铅块，用来平衡琴键两端的受力情况，增加琴键前端的触键力度要求。钢琴琴键的铅块位置由一级杠杆力的平衡性决定，琴键前后所受的压力平衡对钢琴触感有直接影响。立式钢琴通常将铅块设置在键尾至中销钉的后键杆部分，三角钢琴由于后键杆较长，因此将铅块设置在前键杆处，从而减轻触键重量。由此可见，钢琴琴键的杠杆关系对钢琴触感有重要影响。

 四、立式钢琴可调式键盘触感的应用

由于钢琴的受众范围不断扩大，钢琴触感也有了新要求，主要体现在弹奏者的年龄差异、钢琴的不同功用以及不同风格钢琴作品的演绎三方面。因此，钢琴触感需求的多样化、个性化要求，使钢琴触感调整的必要性日益凸显出来。

1、可调式键盘对儿童演奏群体的适应性

随着钢琴在一般家庭中的普及，钢琴教育出现早龄化现象。许多家长早在孩子三四岁时便开始了钢琴教育。但由于儿童的手部骨骼、肌肉发育不完善，因此适合儿童力度要求的钢琴触感，对儿童弹奏钢琴时的发力方法与正确手型的养成有重要影响。

手指动作大部分由屈肌系统和骨间肌系统两个肌肉系统控制,屈肌系统发育最早，但是这些肌肉不利于控制精细的手指动作且容易引起腕部的劳损，所以对于训练一个好的钢琴手指肌能来说却并不适合。骨间肌系统位于手掌中,在弯曲关节时起辅助和支持的作用。它灵活且易于控制,适合作为钢琴演奏的手指控制肌肉。

由于屈肌系统发育早，当儿童感觉到钢琴触感较重，无法克服琴键重量时便会使用该肌肉系统作为发力的主要方式。因此，要想使骨间肌从支持性肌肉成为主要运动者,必须减轻钢琴键盘的配重，改变钢琴触键重量。调整触键重量能够使孩子依靠骨间肌奏响钢琴，从而提高对骨间肌的运用。随着年龄的增长，骨间肌慢慢发育完善，弹奏钢琴时，骨间肌的使用也在长期的培养中占支配地位，此时再加重触键重量则不再会影响触键的发力方法。 由此可见，一架陪伴孩子成长的钢琴，其触感的可调性十分重要，可调式键盘则可以根据儿童年龄的增长与手部发育状况的改变随时对键盘配重作出相应调整。

2、可调式键盘对不同使用群体的适应性

    钢琴作为一种能够与人产生交流的大型键盘乐器，不同目的的演奏群体对其触感的要求也不尽相同。那些对钢琴演奏有专业要求的演奏者来说，钢琴的触感偏轻有助于手指的跑动触键练习，有人则偏好触感较重的钢琴，以锻炼手指肌群的控制力与抗疲劳能力，从而提高手指的灵活性。可调式键盘可根据演奏者的练习要求，将滑块从中间位置向卡钉方向移动，从而增加触键重量。 而作为钢琴音乐爱好者，通常并非是自幼对钢琴演奏进行专业训练的群体。该类人群并不刻意追求正确的触键方式与手指的灵活性，对于钢琴作品的演奏偏向于个人的情感表达，他们对于触感的要求一般表现为，触键轻且能在自己的手指发力强度范围内明确表达强弱音即可。因此，轻触键则更适合此类人群。触感可调式键盘可将滑块往中销钉方向移动，通过缩短阻力臂的方式达到减轻触键重量的目的。当演奏者的钢琴水平有所提高时，即可向卡钉方向移动滑块，适当增加触键重量来达到练习的目的。

3、可调式键盘对不同风格音乐作品演奏的适应性

在音乐作品的表达上，有些音乐家对钢琴触感有所要求。例如：演奏悲情色彩的慢板乐曲时，音符绵长深沉，音乐情绪的低沉带动演奏者手指的下键方式也较为坚实、沉重，这势必会增强演奏音量。但是，作为慢板乐曲，情绪的起伏也应从音量的强弱变化上体现出来。因此，钢琴触感应能够在有力、沉重的触键下表现出相对的弱音，从而使声音的变化更有层次。轻触感的钢琴由于太容易碰触发声，手指稍用力则会有强音效果，所以不利于丰富情感的表达，较重的触感则更加适合该类型作品，可以使演奏者在音乐作品整体的悲愤情绪下，依然能够通过手指的力度表现出强弱音的起伏感。演奏抒情乐曲时，轻触键则更能使手指在轻松、平和的状态下表达出舒心惬意的情感。演奏者越放松，手指越舒展，其心境也会与音乐所传达出的意境更加贴切。

由于琴键配重的固定性以及触感调整的复杂性，一般情况下，演奏者不会为了一首乐曲而调整键盘触感。可调式键盘的优势就在于其触感调整的便捷与有效，演奏者可以在掌握钢琴结构基本知识的情况下，自行调整触键重量，从而使钢琴触感能够满足不同风格音乐作品的要求。

结语：良好的钢琴演奏触感一直是钢琴制造者追求的目标之一。近几年来，中国钢琴制造产业的巨大进步，标准化的键盘机械加工手段，为钢琴演奏触感的品质提升，提供了有力的保障。钢琴的使用无论是专业练习还是休闲娱乐，用户都希望能拥有一架触感、音质、外观都适合自己的钢琴。因此，钢琴的需求向着“多样化”、“个性化”的趋势发展。这种可调式键盘触感结构的出现，即是在满足“多样化”的演奏者需求的同时，来使钢琴达到个性化的音质与触感的演奏要求。

【参考文献】

[1] H•A•捷亚柯诺夫/著，关肇元，金菊生/译：钢琴制造 [M]，轻工业出版社，第一版，1960。

[2] 秦敏静：钢琴制造工艺基础理论/著 [M]，春风文艺出版社，第一版，2013.

[3] 林建忠 黄苏东《一种立式钢琴键盘手感调节装置》专利号【ZL201220294772.7】

[4] 李忠： 立式钢琴触感的调整 [J]，《淮北煤师院学报》（哲学社会科学版）2001-8

[5]《Physics of the Piano》  Nicholas  J. Giordano, Sr . Hubert James Distinguished

Professor of Physics Purdue University , OXFORD university press

[6] U.Laible 《Fachkunde Klavierbau》 Verlag Erwin Bochinsky Frankfurt am Main,1993