

From the Clavichord to the Modern Piano: Technological Innovations in the Production of Western Keyboard Instruments and the Transformation of Their Works

Chang, Chiao-Chun

School of Education, Qilu Institute of Technology, Jinan, Shandong, 250200, China

Abstract

The harpsichord, with its metal pipes and plucking mechanism, shaped the rigorous expression of polyphonic music from the Renaissance to the Baroque period. For example, the complex contrapuntal textures in Bach's "The Well-Tempered Clavier" rely heavily on its even tonal quality. Although the hammered mechanism of the fortepiano expanded the tonal layers, it was limited by its dynamic range and could only meet the emotional expression needs of small chamber music. After the 18th century, the modern piano achieved groundbreaking expansion in dynamics and tone through improvements in the action mechanism, upgrades to the resonance system, and innovations in materials, driving music from polyphonic textures toward homophonic music, giving rise to new forms such as sonatas and concertos, and promoting the shift of emotional expression from formulaic to personalized.

Keywords

Harpsichord; Modern Piano; Keyboard Instruments; Manufacturing Technology; Innovation and Transformation of Works

从羽管琴到现代钢琴：西方键盘乐器的制作技术革新与作品转型

张乔竣

齐鲁理工学院教育学院，中国·山东 济南 250200

摘要

羽管琴凭借金属音管与拨弦机制，塑造了文艺复兴至巴洛克时期复调音乐的严谨表达；，如巴赫《平均律钢琴曲集》中复杂的对位织体便充分依托其均匀音色。古钢琴的击弦结构虽拓展了音色层次，却受限于动态范围，仅能满足小型室内乐的情感传递需求。18世纪后，现代钢琴通过击弦机改进、共鸣系统升级及材料革新，实现了动态与音色的突破性拓展，驱动音乐作品从复调织体向主调音乐转型，催生了奏鸣曲、协奏曲等新体裁，推动情感表达从程式化走向个性化。

关键词

羽管琴；现代钢琴；键盘乐器；制作技术；革新与作品转型

1 引言

从文艺复兴时期羽管琴的清脆共鸣支撑起复杂的复调织体，到巴洛克时代古钢琴的细腻音色适配室内乐的私密表达，再到19世纪现代钢琴的丰富动态，点燃浪漫主义音乐的激情。乐器技术与音乐作品始终处于互动共生的状态，技术为艺术设定边界，艺术又反过来推动技术突破。羽管琴的拨弦机制使其难以呈现细腻的动态渐变，这促使巴洛克作曲家在复调织体中追求线条的交织美感；而古钢琴击槌的初步尝试，为后来情感化表达埋下伏笔，却因技术瓶颈未能充分释放潜力。直到现代钢琴的击弦机与共鸣系统革新，才真正

打破了音乐表达的技术桎梏，让贝多芬的英雄性激情、肖邦的诗意哀愁得以具象化呈现。

2 羽管琴时代的制作技术与音乐表达范式

2.1 羽管琴的核心制作技术特征

羽管琴（Harpsichord）作为文艺复兴至巴洛克早期的主流键盘乐器，其制作技术决定了其独特的声学属性。共鸣箱采用轻质云杉板材，这种木材因纹理均匀、传导声波效率高成为首选，内部音梁分布遵循放射状结构，从音板中心向四周扩散，确保声波快速传导且衰减均匀。音管部分选用黄铜材质，通过精确计算管长与孔径比例控制音高，不同音域的音管采用阶梯式排列，既节省空间又保证各音区音量平衡。击弦机制以拨片和杠杆为核心，当琴键被按下时，末端的羽管或皮革拨片拨动琴弦，随即通过复位弹簧使拨片脱

【作者简介】张乔竣（1982-），中国台湾，博士，副教授，研究方向钢琴艺术史。

离,这种结构导致琴弦振动持续时间固定,无法通过按键力度改变音量。

2.2 技术约束下的音乐作品表达逻辑

在织体结构上,由于单音音量无法变化,作曲家通过复调织体实现音乐的层次感,多条旋律线以同等重要的地位交织,形成严谨的对位关系,每个声部既独立成章又相互呼应。如文艺复兴时期的键盘幻想曲,通过不同音区的主题模仿与对位,在有限的动态范围内构建丰富的音响层次,这与羽管琴各音区音量均匀的技术特点高度契合,使听众能清晰捕捉每一条旋律线索。在装饰音运用上,为弥补动态变化的不足,作曲家大量使用颤音、波音、回音等装饰音,通过音高的快速波动增强音乐的表现力与张力。这些装饰音并非单纯的技巧点缀,而是基于羽管琴音色特性的音乐语言重构,使固定音量的单音产生虚拟动态的听觉效果,丰富了音乐的情感层次。同时,由于调音系统的限制,作品多集中在C大调、G大调等少数几个关系调上,调性转换以近关系调为主,形成了巴洛克早期音乐调性稳定性优先的创作原则,避免因远关系转调产生不协和感。

2.3 技术与作品的理论耦合:以对位法理论为支撑

羽管琴技术与复调作品的互动关系,可通过文艺复兴时期的对位法理论得到印证。扎利诺在《和声规范》中提出的对位五法则,包括一音对一音、二音对一音等具体规则,强调旋律线的独立性与和声的协和性,这一理论与羽管琴的技术约束形成了完美的理论呼应。羽管琴无法通过音量突出某一旋律线,因此需要对位法确保各声部的清晰可辨;而对位法对和声结构的严谨要求,又与羽管琴调音系统中协和音程的优先性相匹配,二者共同构建了复调音乐的创作体系。

这种技术与理论的耦合,使得羽管琴时代的音乐作品呈现出结构重于情感的美学特征,音乐表达以逻辑严谨的对位关系为核心,而非个人情感的自由抒发^[1]。

3 古钢琴到现代钢琴的制作技术革新路径

3.1 古钢琴的技术突破与局限

巴洛克中期出现的古钢琴(Clavichord),在制作技术上实现了对羽管琴的局部突破,尤其在动态表现力上迈出了关键一步。其核心创新在于击弦机制采用金属击槌和琴弦直接接触的结构,当琴键按下时,末端的金属击槌敲击琴弦,通过改变按键力度可轻微调整音量,形成了动态敏感度的雏形,让演奏者能更细腻地传递情感。共鸣箱采用拱形音梁设计,这种结构能更好地汇聚振动能量,增强了低频共鸣,使音色相较于羽管琴更为柔和温润,适合表达细腻的情感,常被用于家庭音乐演奏场景。然而,古钢琴的技术局限依然明显。金属击槌缺乏缓冲装置,直接与琴弦硬性接触,导致击弦时容易产生刺耳的杂音,且击槌与琴弦的接触时间过长,使音色缺乏明亮度与穿透力。

3.2 现代钢琴的击弦机技术革命

18世纪末至19世纪初,现代钢琴的诞生标志着键盘乐

器制作技术的革命性突破,其核心在于击弦机系统的创新,这一系统被视为钢琴的心脏。克里斯托弗·埃拉尔于1821年发明的双擒纵机构,通过两个独立的擒纵装置相互配合,使击槌在敲击琴弦后能迅速脱离,避免了琴弦的二次振动,同时允许演奏者快速重复按键,极大提升了乐器的演奏灵活性,尤其适合演奏快速音阶与颤音段落。击槌表面包裹多层羊毛毡,通过调整毡的厚度与密度,实现了从柔和到明亮的音色变化,解决了古钢琴杂音与音色单一的问题。

制琴师通过增加转击器和制音器等部件的精密配合,使击槌运动轨迹更稳定,击弦精度大幅提升。制音器的独立控制设计,让演奏者可通过踏板自由选择制音时长,延长或缩短音符的共鸣,丰富了音乐的节奏层次与和声效果。这种多部件协同的击弦机系统,将机械传动效率与演奏者的操控性完美结合,使现代钢琴不仅具备动态优势,更拥有了细腻的音色调控能力。正如乐器制作家施坦威在《钢琴制作原理》中指出:双擒纵机构的发明,不仅是技术的进步,更是将演奏者的情感转化为音响的桥梁。

击弦机的杠杆比优化使按键力度与击槌速度形成线性关系,演奏者可通过精准控制按键力度,实现从pp到ff的大幅度动态变化,(极弱)到ff(极强)的大幅度动态变化,这种动态控制的精准度是羽管琴与古钢琴无法企及的。这一技术突破彻底打破了羽管琴与古钢琴的动态限制,为音乐作品的情感表达提供了全新的技术支撑,让作曲家能更自由地塑造音乐的戏剧冲突。正如乐器制作家施坦威在《钢琴制作原理》中指出:双擒纵机构的发明,不仅是技术的进步,更是将演奏者的情感转化为音响的桥梁。

3.3 共鸣系统与材料工艺的协同升级

共鸣箱采用厚重云杉实木替代传统的薄板材,音梁结构改为交叉式斜向音梁,云杉实木的年轮密度均匀,振动传导性能优异,能更好地放大琴弦振动;音梁结构改为交叉式斜向音梁,这种结构比传统音梁更具稳定性,同时增强了共鸣箱的振动传导效率与稳定性,使低频共鸣更为饱满,高频音色更为通透。琴弦采用高碳钢材质,这种材料强度高、韧性好,通过增加弦径与张力,提升了琴弦的振动能量,配合铸铁框架的使用,解决了高张力琴弦对琴身结构的破坏问题,音域也随之扩展至7个八度,覆盖了从超低音到超高音的完整频谱。材料工艺的进步还体现在琴键的配重设计上,采用分级配重技术,根据不同音区琴弦的张力差异,使高音区琴键较轻、低音区琴键较重,这种设计符合人体工学原理,提升了演奏的舒适度与精准度让演奏者在长时间演奏中不易疲劳,同时提升了演奏的舒适度与精准度^[2]。

4 制作技术革新驱动的音乐作品转型

4.1 织体结构:从复调主导到主调优先

由于现代钢琴可通过音量变化突出主旋律,让主旋律在众多声部中脱颖而出,作曲家开始采用主旋律+伴奏的主调织体,使音乐表达更具层次感与方向性。如古典主义时

期的钢琴奏鸣曲，第一乐章多采用奏鸣曲式，以鲜明的主旋律在不同调性上展开，伴奏部分通过和弦与音型的变化烘托主旋律，这与现代钢琴能清晰区分主旋律与伴奏音量的技术特点直接相关，使音乐的叙事性更强。主调织体的发展还催生了织体对比手法，作曲家通过在不同段落切换密集与稀疏的织体、厚重与轻盈的音色，增强音乐的戏剧冲突与情感起伏。贝多芬的《月光奏鸣曲》第一乐章，以轻柔的三连音伴奏衬托忧伤的主旋律，营造出静谧的氛围；第二乐章转为明快的舞曲织体，带来轻松愉悦的感受；第三乐章则以厚重的和弦织体与快速的音阶形成强烈对比，展现出激烈的情感碰撞^[3]。

4.2 体裁演变：从室内乐小品到大型独奏体裁

羽管琴与古钢琴由于动态与音量限制，作品多为小型室内乐小品，如组曲、舞曲等，篇幅较短且情感表达相对单一。而现代钢琴凭借强大的表现力，催生了钢琴奏鸣曲、钢琴协奏曲、钢琴幻想曲等大型独奏体裁。钢琴奏鸣曲在古典主义时期达到成熟，海顿、莫扎特、贝多芬等作曲家通过三乐章或四乐章结构，在广阔的音域与动态范围内展开音乐主题的发展与对比，每个乐章既相互独立又形成有机整体，形成了结构宏大、情感丰富的体裁特征。钢琴协奏曲则充分利用了现代钢琴的音量优势，与管弦乐队形成平等的对话关系，打破了以往协奏曲中乐队仅作为伴奏的局面。莫扎特的钢琴协奏曲将钢琴的华丽技巧与乐队的丰富音色相结合，通过协奏和独奏的交替，展现了乐器间的音色碰撞与情感互动，如《第20号钢琴协奏曲》中钢琴与乐队的激烈对抗；而贝多芬的《第五钢琴协奏曲皇帝》，更是以钢琴的强大动态主导整个作品，开篇的钢琴华彩段气势磅礴，体现了现代钢琴在大型音乐体裁中的核心地位。

4.3 情感表达：从程式化到个性化的美学转向

现代钢琴的技术特性还推动了音乐情感表达从程式化向个性化的转型。羽管琴与古钢琴的动态限制，使巴洛克时期的音乐情感表达多遵循 Affektenlehre（情感论），即通过固定的音乐动机表达特定的情感类型，如用快速音阶表达喜悦，用缓慢下行旋律表达悲伤，这种表达具有一定的规范性与普遍性。而现代钢琴的动态与音色变化，使作曲家能够突破这种程式化表达，将个人独特的情感体验直接融入音乐创作，让音乐成为个人内心世界的写照。浪漫主义时期的钢琴作品最能体现这一转型，肖邦的夜曲通过细腻的音色控制与

微妙的动态变化，如弱音踏板的运用与触键力度的精细调整，表达了含蓄而深沉的个人情感，充满了诗意与忧郁；李斯特的钢琴狂想曲则以夸张的动态对比与华丽的技巧，展现了强烈的情感爆发如大跳音程、快速琶音等，展现了强烈的情感爆发与吉普赛音乐的自由奔放。

4.4 技术与作品转型的理论支撑：音乐形态学视角

阿多诺在《音乐社会学》中提出，乐器的技术可能性构成了音乐创作的‘物质基础’，作曲家的创作活动则是对这一基础的能动超越，这一观点为理解二者关系提供了重要理论依据。现代钢琴的击弦机与共鸣系统技术，为音乐形态提供了新的物质载体，改变了音乐的声音组织方式；而作曲家通过对这些技术可能性的挖掘与创新，创造出全新的音乐语言，赋予技术以艺术生命。例如，现代钢琴的快速重复音技术，催生了颤音群音型化伴奏等音乐形态；其广阔的音域使跨音区对比成为常见的音乐手法。这些音乐形态的创新，既是对钢琴技术特性的适应，也是作曲家创作能动性的体现，共同构成了技术与作品转型的理论逻辑。例如，现代钢琴的快速重复音技术，催生了颤音群音型化伴奏等音乐形态，如肖邦《革命练习曲》中的快速八分音符音型，营造出紧张激烈的氛围^[4]。

5 结论

从羽管琴到现代钢琴的发展历程，不仅是键盘乐器制作技术的革新史，更是音乐作品表达范式的转型史。羽管琴的技术约束塑造了复调音乐的严谨逻辑，使其成为文艺复兴理性精神的音乐载体；古钢琴的局部突破开启了动态探索的序幕，为情感表达埋下伏笔；而现代钢琴的全面革新则推动了主调音乐、大型体裁与个性化情感表达的蓬勃发展，点燃了浪漫主义音乐的激情。

参考文献

- [1] 闫嘉瑞.钢琴调律与木材学的关联及影响探究[J].上海轻工业,2025,(05):166-168.
- [2] 李咏雪.音乐剧制作中钢琴演奏与灯光音响的协同效果研究[J].中国音乐剧,2025,(03):9-14.
- [3] 金占峰.钢琴演奏技巧与电脑音乐制作的交叉学科分析[J].艺术品鉴,2023,(29):172-175.
- [4] 陈睿明.论西方木管乐器双簧管哨片制作基本流程[J].佳木斯教育学院学报,2013,(11):77-78.