

# 浅论钢琴复合弦轴板制造的工艺及优势与不足

岳浪舟

四川文化艺术学院 四川 绵阳 621000

**摘要：**本文聚焦于钢琴弦轴板制造工艺，详细阐述了材料选择、加工处理、切割工艺以及胶合工艺等关键环节。分析了弦轴板在耐用性、稳定性及握钉力等方面的优势，同时也指出其存在成本较高、工艺复杂等不足。旨在为钢琴制造行业提供关于复合弦轴板制造的全面认识，促进钢琴制造工艺的进一步发展。

**关键词：**钢琴；复合弦轴板；制造工艺；优势；不足

## 1 引言

钢琴作为乐器之王，其音质和稳定性至关重要。弦轴板作为钢琴的核心部件之一，对音准的稳定性起着决定性作用。多层复合弦轴板作为一种先进的制造技术，在钢琴制造领域得到了广泛应用。深入了解弦轴板的制造工艺及其优势与不足，对于提高钢琴制造质量、推动钢琴行业发展具有重要意义。

## 2 钢琴弦轴板制造工艺

### 2.1 材料选择

(1) 木材选择：高档钢琴多选用高海拔硬木，如坚硬的枫木、山毛榉、色木、槭木等，密度大于 $0.65\text{g/cm}^3$ ，具有密度高、稳定性好、易加工的特点，可保证弦轴板强度和耐用性。木材生长受土壤肥力、光照、水分等多种因素影响。如笔者老家四川盆地（海拔约500米），自然生长的15年枫木树干直径约15-22.5厘米；西藏林芝巴松措（海拔约3480米），15年枫树树干直径约9-12厘米，若土壤肥力差或环境恶劣，直径更小。不同地区因土壤、气候等差异，木材密度有别，海拔越高生长环境越恶劣，生长周期越长，材料密度越高。同区域光照、迎背风面等也会使木材密度有微小差异，即使同一棵树因南北面树枝分布差异，木材密度也不均匀。

理想弦轴板木材要求纹路间距一致、无树结等缺陷，但现实中树木生长受自然因素影响，年轮有疏密之分，木材自身缺陷难改变。

(2) 胶黏剂选择：传统动物胶（如皮胶、骨胶）用于高端钢琴，其弹性好，但易虫蛀易老化耐潮性差。合成树脂胶（如环氧树脂、酚醛树脂）是现代主流选择，具有高强度、耐潮、耐老化等优点。PVA白乳胶成本低，但长期负载性能较弱，需配合其他工艺使用。

### 2.2 木材加工处理

#### 2.2.1 干燥加工

(1) 自然干燥：将木材堆放在通风良好、干燥的场

所自然风干。这种方法简单、成本低，但周期长，一般需要数年时间，且容易开裂，降低木材利用率，受环境影响大，难以精确控制干燥程度。

(2) 人工干燥：常采用窑干方式。把木材放入干燥窑内，通过控制窑内温度、湿度和通风条件加速干燥过程。干燥初期，温度控制在 $40\text{-}50^\circ\text{C}$ ，湿度较高；随着干燥进程推进，温度逐渐升高到 $60\text{-}80^\circ\text{C}$ ，湿度逐渐降低。干燥过程中要根据木材种类、厚度等因素精准调整参数，整个过程可能持续数天或数周<sup>[1]</sup>。干燥后的木材含水率应控制在6%-8%，可使用木材含水率检测仪进行检测。

#### 2.2.2 切割工艺

钢琴弦轴板制造中常用径切工艺。

(1) 径切工艺原理：将原木沿半径方向（即木髓到树皮的方向）进行切割，使锯切面与年轮呈 $60^\circ\text{-}90^\circ$ 夹角，暴露木材的径向纹理，如虎斑纹、银光纹等，常见于橡木、枫木、山毛榉等硬木树种。

(2) 径切工艺步骤：首先进行原木分切，将原木先锯成四等份，形成楔形木块，再对每个楔形块沿半径方向平行锯切，得到径切板材，枫木密度需 $\geq 0.75\text{g}/\text{立方厘米}$ <sup>[2]</sup>。然后对径切板材进行二次缓慢干燥处理，以减少内应力，避免变形。最后进行后续加工，单层厚度控制在1.5-3mm，层板表面刨光至平整，粗糙度 $\leq 0.1\text{mm}$ 。

(3) 径切材特点：稳定性高，木材收缩膨胀率低（径向收缩约5%，弦向收缩约10%），不易变形开裂；纹理美观，呈现笔直的条纹或独特的“虎斑纹”；耐用性强，纤维排列紧密，耐磨且适合精细加工；但成本较高，出材率较低（约30%-40%），加工耗时。与其他切割方式相比，径切纹理为直纹、射线花纹，稳定性极高，出材率低；弦切纹理为波浪纹、山形纹，稳定性一般，出材率高（50%-60%）；旋切纹理为大花纹（单板贴面），稳定性低，出材率最高。

#### 2.2.3 弦轴板胶合工艺

(1) 板材筛选与涂胶：根据钢琴型号和规格，精确设计弦轴板尺寸和形状。选择纹理均匀顺直、疏密统一的板材，通过肉眼观察木材纹理、敲击木板辨别音高确定密度等方法进行筛选。对处理好的板材进行双面均匀涂胶，胶量约150-180g/平方米。粘黏剂过多易渗入木材纤维孔，在后期转取弦轴孔时，弦轴孔壁容易碳化，影响弦轴板与轴钉之间的摩擦力，粘黏剂过少，粘接不牢固容易开层，同样容易影响弦轴板与轴钉之间的摩擦力。

(2) 拼装与压制：将涂胶后的板材进行拼装，相邻层木纹方向垂直，增强各向同性，促使弦轴板各个位置密度均匀。多层结构通常为18-22层，总厚度为30-50mm。然后进行冷压（0.5-1.0Mpa压力）或热压（80-120°C）固化，常温固化需4-48小时，热压可缩短至2-4小时。

(3) 质量检测：确保弦轴板高密度与硬度，胶合强度需抵抗弦轴的径向压力，标准为 $\geq 8\text{Mpa}$  (ASTM D905标准)。同时要具备良好的环境适应性，通过湿度循环测试（如20%-80%RH下无分层）。对于耐用性和稳定性要求较高钢琴的弦轴板，其表面层还加入了碳纤维或金属增强层，这种工艺被称为复合弦轴板，在后期容易有效阻隔环境空气的湿气进入钢琴弦轴板。

### 3 钢琴复合弦轴板制造工艺的优势

#### 3.1 稳定性优势

##### 3.1.1 抗变形能力卓越

优质弦轴板采用多层木材胶合且相邻层木纹方向垂直的独特结构，实木层数一般不少于5层，不多于22层，层数越多，就会增加粘胶剂用量，层数越少，木材自身的缺陷就会凸显加大。通常选用17-19层，既能保证合适的抗压强度，又能保持弹性。多层弦轴板这一精妙设计赋予了它强大的抗变形能力，有效抵抗琴弦的张力，克服了环境湿度和温度影响。木材作为一种天然材料，其物理性质会随环境湿度和温度的变化而改变，易出现收缩或膨胀现象。而复合弦轴板的这种结构，使各层木材的应力相互制约，有效抵消了不同方向上的收缩和膨胀应力。与单层弦轴板相比，在长期使用中，复合弦轴板能始终保持稳定形状。单层弦轴板在环境变化时，易因木材形变导致弦轴板对弦轴钉的握钉力降低，也是常说的弦轴板与弦轴钉的摩擦力降低，从而导致音准稳定性偏差，影响演奏效果。复合弦轴板则凭借其稳定性，为钢琴音准提供了可靠保障，让演奏者能持续长时间弹奏出准确和谐的音乐。

##### 3.1.2 环境适应能力出色

复合弦轴板良好的稳定性使其具备强大的环境适应能力。无论是在干燥的北方，空气湿度低，木材易失水

收缩；还是潮湿的南方，空气湿度高，木材易吸水膨胀；亦或是温度变化大的地区，复合弦轴板都能凭借独特结构保持相对稳定的性能。在干燥环境里，单层弦轴板可能因过度失水开裂，缩短钢琴使用寿命，握钉力降低；潮湿环境中，单层弦轴板吸水膨胀变形，弦轴板与弦轴钉接触的摩擦力增大，影响调律师的音准修复。复合弦轴板通过多层木材相互作用，缓冲了环境变化对木材的影响，减少了弦轴板因温度和湿度导致开裂、变形等问题，延长了钢琴的使用寿命，为钢琴在不同地区的使用提供了有力支持。

### 3.3 材料利用优势

#### 3.3.1 木材利用率显著提高

径切工艺虽能保证木材纹理直且稳定性好，但出材率较低。复合弦轴板采用多层木材胶合方式，巧妙解决了这一问题。它能充分利用不同部位、不同纹理的木材，通过合理筛选和组合，将原本可能被废弃的木材部分也利用起来。例如，木材边角料或纹理不规则部分，在单层弦轴板制造中可能无法使用，但在弦轴板制造中，可与其他木材搭配胶合，发挥应有作用。这种方式提高了木材整体利用率，降低了生产成本，符合可持续发展理念，减少了对森林资源的浪费。

#### 3.3.2 木材选择范围有效拓展

由于复合弦轴板对木材稳定性的要求通过多层胶合结构得到一定弥补，木材选择更加灵活。传统钢琴制造为保证弦轴板稳定性和耐用性，多选用优质枫木、山毛榉等木材，单层实木要求极高，但这些木材资源有限、价格较高。复合弦轴板使一些稳定性稍差、或有瑕疵木材有了用武之地。比如将有瑕疵的地方去掉，取其完好部位进行粘接；又如某些水曲柳、色木，虽木材密度不如山毛榉、枫木，但采用特殊工艺增强稳定性特性，通过复合弦轴板多层胶合结构，将稳定性好的木材结合，既保证弦轴板稳定性，又拓展了木材使用范围，为钢琴制造带来更多可能。

#### 3.3.3 木材自身缺陷有效控制

钢琴弦轴板对木材的要求是高密度硬木，这种硬木生长的海拔越高越有优势，但是海拔越高其自然环境越恶劣，生长的周期越漫长，木材的获取成本越高。复合多层弦轴板的工艺，能够有效提高弦轴板的强度，增强其稳定性。比如，可以使整个弦轴板的板材密度相对均匀，整个板材上对安装的弦轴钉摩擦力相对统一。

### 4 钢琴复合弦轴板制造工艺的不足

#### 4.1 成本较高

##### 4.1.1 材料成本居高不下

复合弦轴板制造对材料要求严格，需选用多层优质木材。这些木材要纹理均匀、质地坚硬、稳定性好，采购成本较高。优质木材生长周期长、资源稀缺，价格自然不低。此外，高端钢琴为追求更高品质和独特音色，会使用特殊胶黏剂或增强材料，如碳纤维等。这些特殊材料成本远高于普通材料，进一步提高了弦轴板材料成本，导致钢琴市场价格相对较高。

#### 4.1.2 工艺成本投入较大

复合弦轴板制造工艺复杂，涉及多个环节，每个环节都需精确控制工艺参数。木材干燥处理是关键环节，需根据不同木材特性和干燥要求，精确控制温度、湿度和时间等参数，过程需长时间控制和监测，人工干燥设备运行和维护也需成本。切割工艺和胶合工艺需高精度设备和熟练技术工人。高精度设备保证木材切割精度和胶合质量，熟练工人能熟练操作设备、解决生产问题<sup>[4]</sup>。复杂工艺要求、高精度设备投入以及技术工人培训和管理成本，使复合弦轴板工艺成本居高不下。

#### 4.2 工艺复杂

##### 4.2.1 技术要求专业多元

复合弦轴板制造是综合性技术，需掌握木材学、结构学、胶黏剂化学、结构力学等多种专业知识。木材选择要了解不同木材物理和化学性质及对弦轴板性能的影响；干燥处理要根据木材特性和要求精确控制参数，否则易致木材开裂、变形。切割工艺要求将木材切割成合适尺寸和形状，保证弦轴板结构合理；胶合工艺要选合适胶黏剂，掌握正确方法和参数，确保各层木材牢固粘结且不影响后期工艺加工。胶黏剂的选择、粘接固化方式、时间把控都应严格要求，每个环节都需专业知识和技能，对技术人员素质要求很高。

##### 4.2.2 质量控制难度较大

复合弦轴板制造工艺复杂，涉及环节和因素多，质量控制难度大。每个生产环节都需严格质量检测，如木材含水率检测、弦轴板尺寸精度检测、表面质量检测等。木材含水率影响弦轴板稳定性和耐用性，需精确控制；弦轴板尺寸精度需根据铁板参数设定，防止影响钢琴装配，微小偏差都可能导致质量问题；表面质量检测要检查弦轴板有无瑕疵、裂纹等，确保外观美观。防止弦轴板在后期环境中因湿度变化或温度变化造成影响的封边处理。任一环节质量问题和加工工艺都可能影响弦轴板整体性能，因此需建立完善质量控制体系，加强生产

过程监控和管理，但这增加了质量控制难度和成本。

#### 4.3 对环境的影响

##### 4.3.1 木材资源消耗压力

尽管复合弦轴板制造提高了木材利用率，但钢琴生产市场扩大使复合弦轴板需求增加，仍需大量木材，对森林资源造成压力。若木材采伐不合理，缺乏科学规划和管理，会导致森林资源过度消耗，破坏生态平衡。森林是地球生态系统重要组成部分，具有调节气候、保持水土、提供生物栖息地等功能。过度采伐木材会影响森林生态功能，导致水土流失、土地沙漠化等问题，威胁人类生存和发展。

##### 4.3.2 化学物质排放污染

木材干燥处理和胶合工艺会使用干燥剂、胶黏剂等化学物质，这些物质使用过程中可能挥发到空气中，污染环境。一些胶黏剂含甲醛等有害物质，长期接触危害人体健康，对大气环境产生负面影响。此外，生产过程产生的废水、废渣需妥善处理。废水含化学物质和木材碎屑等污染物，直接排放会污染土壤和水源，破坏生态环境平衡。因此，钢琴制造企业需采取有效环保措施，减少化学物质排放，加强废水、废渣处理，降低对环境的影响。

#### 结语

钢琴复合弦轴板制造工艺具有稳定性、结构性能和材料利用等方面的优势，能够提高钢琴的音准稳定性、声音质量和木材利用率，延长钢琴使用寿命，为钢琴制造行业带来了积极的影响。然而，该工艺也存在成本较高、工艺复杂和对环境有一定影响等不足。为了进一步推动钢琴复合弦轴板制造工艺的发展，需要在降低成本、简化工艺和减少环境影响等方面进行深入研究。

#### 参考文献

- [1]陈振兴,周永东,周凡,等.钢琴制造对木质材料及生产加工的要求[J].木材科学与技术,2021,35(03):6-11.
- [2]高海翔.击弦古钢琴形制变革及制作工艺研究[D].南京艺术学院,2024.
- [3]王慧萍.钢琴制造技术进步对钢琴表现力的提升作用研究[J].艺术品鉴,2024,(26):162-165.
- [4]万娜.钢琴制造工艺中不同材料的应用对演奏效果的影响分析与研究[J].机械设计,2021,38(08):165-166.  
DOI:10.13841/j.cnki.jxsj.2021.08.039.