

# 基于 Petersen 图启发的五行阴阳音乐系统：

理论框架与创新潜力

Abe.Chua

2025-08-24

## 研究立项报告书（初稿）

补充：专业电子音乐人段落

日期：2025 年 8 月 25 日

关键词：Petersen Graph、五行阴阳、黄金比例调律、非八度音阶、实验音乐系统

### 1 摘要

本报告提出一种基于 Petersen 图拓扑结构的原创音乐系统，融入中国传统五行（金、木、水、火、土）与阴阳极性哲学，构建脱离 12-TET 的非线性音律框架。核心包括 15 方位音阶（5 五行  $\times$  3 极性），可扩展至 45 音符（3 音区  $\times$  15 方位），通过黄金比例缩放与图约束生成旋律。系统强调规则驱动的和谐探索，潜在产生新颖且悦耳的音乐作品。报告讨论理论基础、创新点、可行性分析及应用前景，为后续研究立项提供依据（无实验数据）。

### 2 引言

传统音乐系统多依赖 12-TET，等分八度便于转调但牺牲纯律和谐，导致若干音程偏差。受 Petersen 图（3-正则、10 节点）启发，本系统探索几何与哲学混合框架：以图拓扑作为音程约束，结合五行与阴阳生成非线性音阶。五行作为生成一克制循环的象征，可用于音乐疗愈和情感映射。本报告旨在重新构想 Petersen 音乐系统，评估其产生和谐音乐的潜力与可行性。

### 3 系统概述

#### 3.1 核心框架

- 基于 Petersen 图，定义 15 方位音阶：5 个五行元素在角度上分布为金  $0^\circ$ 、木  $72^\circ$ 、水  $144^\circ$ 、火  $216^\circ$ 、土  $288^\circ$ ，每元素对应 3 个极性（阴  $-1$ 、中  $0$ 、阳  $+1$ ）。
- 阴阳偏移参数  $\Delta\theta$ （默认  $5^\circ$ ）用于调整角度： $\theta = \theta_0 + \Delta\theta \cdot p$  ( $p \in \{-1, 0, 1\}$ )。
- 音高比例采用黄金比例尺度  $\rho = \varphi^{\theta/72}$ ， $\varphi \approx 1.618$ 。基准频率  $F_0 = 220$  Hz，结果折叠到单八度区间以保证听感。
- Petersen 图的无向边定义音程语法：旋律按邻接节点游走，形成“受限自由”的作曲机制。
- 五行映射到音色与情感（例如：金 = 钟声 / 坚定，水 = 滑音 / 流动）；阴阳调制影响音色亮度（阳倾向明亮谐波，阴倾向暗淡滤波）。

#### 3.2 阴阳偏移参数（默认 $5^\circ$ ）

推荐默认值  $\Delta\theta = 5^\circ$ 。理由概述：

- $5^\circ$  对应的微分音偏移约 116 cents，能产生温和的微分音效果而非突兀跳变。

- 相较于  $10^\circ$  (约 231 cents),  $5^\circ$  降低不谐风险, 同时保留  $72^\circ$  ( $\approx 833$  cents) 為五行基間隔。
- 参数应可调 (例如尝试  $18^\circ$  探索“黄金规模”模式), 並通过听感测试验证不同设置的影响。

### 3.3 扩展到 45 音符

参考 Petersen 图的三环结构: 内环 / 中环 / 外环分别对应低 / 中 / 高音区, 采用倍率  $1/\varphi, 1, \varphi$  将 15 方位复制为 45 音符。系统为动态网络: 旋律可在环间转移, 形成层级叙事。

## 4 创新点与理论基础

### 4.1 规则驱动 vs 数据驱动

本系统为规则驱动: 无需大规模训练样本即可生成音乐; 以黄金比例产生非线性音程, 並以图论约束减少不协调跳跃。与基于深度学习的生成模型不同, 本系统强调可解释的规则与音乐语法。

### 4.2 非八度循环潜力

可选采用“黄金八度”(比值  $\varphi:1$ , 约 833 cents) 替代传统 2:1 八度, 产生非周期、持续演化的听感; 该思路借鉴 Bohlen-Pierce 等非八度音阶实验。

### 4.3 五行与阴阳整合

将五行生克关系映射到旋律生成规则 (例如“木生火”“火克金”) 以影响旋律趋向与和声化学; 可调节阴阳参数以探索“平衡音乐”与情绪表达。

## 5 可行性分析

### 5.1 和谐性潜力

黄金比例调律在特定配置下可接近纯律音程, 结合图约束有望生成有机且悦耳的旋律。45 音符增加和声色彩, 但需通过参数优化避免刺耳间隔。

### 5.2 实现路径

建议使用 Python + MIDI (或音频合成库) 实现 Petersen 图上的规则游走与黄金比例频率映射。风险为不均匀间隔可能导致不适听感, 缓解途径包括路径权重化、和谐优先策略與听觉测试。

### 5.3 与 12-TET 的比较

该系统放弃部分转调自由以换取几何與哲学驱动的和谐表达, 适合实验音乐、疗愈音乐與跨学科艺术项目。

## 6 潜在应用与扩展

- 音乐创作: 生成“五行叙事”作品 (包括疗愈类音乐)。
- 跨领域: 声化数据、艺术装置、新型演奏界面或 MPE 合成器设计。
- 扩展方向: 与 AI 提示整合 (保持规则核心)、探索其他图结构与更多音区。

## 6.1 专业电子音乐人

他们如何在工作流中使用自定义调律 (.scl/.kbm/.tun)? 许多实验/氛围/先锋音乐人会采用微分音或自定义调律以拓展音色与氛围。

下面为实践要点与常见工作流, 供制作/演出参考:

- 何时采用: 在 IDM、Drone、Ambient、现代古典 crossover 等领域常见; 主流 EDM/House/Techno 多沿用 12-TET, 但也会用 pitch-bend/微调实现局部效果。
- 目标效果: 制造“异域”“古风”或“外星”氛围, 或者模仿非西方调式 (maqam、raga 等), 以及实现更滑动/不稳定但富张力的和声质感。
- 常用文件与工具:
  - .scl (Scala 音阶文件): 定义度数/比值, 项数不受 128 限制。
  - .kbm (键盘映射): 将 .scl 映射到 128 个 MIDI 键的规则 (起始键、循环方式、cent 偏移)。
  - .tun (128 项或 SysEx): 直接给出每个 MIDI 键的频率或以 SysEx 形式发送到合成器。
  - 常用工具: Scala (命令行/GUI)、pyfluidsynth / libfluidsynth、DAW 中能加载 Scala/.scl 的合成器或支持 MTS 的插件 (注意不同插件/合成器支持细节不同)。
- 推荐工作流 (可脚本化):
  1. 用你的生成器导出 .scl (保留全部度数) 或导出已剪枝的频率表。
  2. 为现场或批量渲染生成对应的 .kbm 或 128 项 .tun (若目标合成器期望每键频率, 请生成 .tun)。
  3. 在合成器/插件中加载 soundfont/合成器音色后, 先加载 tuning (或在播放前通过 SysEx/settuning 应用), 再播放/渲染 MIDI。
  4. 若目标 DAW/插件不支持直接加载 .scl, 可用脚本将 tuning 嵌入 MIDI (在 track 开头插入 SysEx), 或渲染为 audio 采样以供取样器使用。
- 实践提示:
  - 先在合成器中小范围测试几度音程, 避免一次性加载大量未经试听的调律导致不可控的不适听感。
  - 对现场演出建议准备回退方案 (标准 12-TET patch), 并把 tuning 绑定到特定 MIDI 通道以便快速切换。
  - 若希望最大兼容性, 生成标准 128 项的 .tun (或同时提供 .scl + .kbm) 以适配不同 synth/host。

## 7 结论与建议

Petersen 音乐系统提供一个原创且可实现的框架, 融合图论、五行与黄金比例调律, 具有生成和谐新音乐的潜力。建议立项步骤:

1. 开发原型;
2. 进行听觉测试与参数优化;
3. 开展跨文化比较研究。