LoopLens：支持基于循环的音乐创作中的搜索即创作

Sheng Long
西北大学，美国埃文斯顿
shenglong@u.northwestern.edu

Atsuya Kobayashi索尼集团公司 东京，日本
A
tsuya.Kobayashi@sony.com

Kei Tateno
索尼集团公司 东京，日本
Kei.Tateno@sony.com

arXiv:2603.08571v1 [cs.HC] 9 Mar 2026

摘要

创造力支持工具（CSTs）通常将搜索视为信息检索；然而，在电子舞曲制作等实践中，搜索本身就是一种创作媒介，可用于拼贴式创作。为弥补这一不足，我们推出 LoopLens，这是一款面向基于循环的音乐创作的研究探针，通过可视化音频搜索结果来支持创意搜寻与素材拼接。我们针对 16 位音乐领域专业知识各不相同的参与者开展了被试内用户研究，评估他们在开放式（发散）和目标导向（收敛）任务中的表现。结果揭示了明显的行为差异：具备领域专业知识的参与者利用多模态线索，迅速筛选并使用一小组循环片段；缺乏领域知识的参与者则主要依赖音频印象，进行广泛探索，但往往受限于用于查询构建的音乐词汇有限。这种行为上的两极分化为理解创意搜索中探索与利用之间的平衡提供了新视角，也为未来的创造力支持工具如何支持不依赖词汇的发现提供了明确的设计启示。

CCS概念

• **以人为中心的计算** → **交互系统与工具**; 人机交互中的实证研究; • **信息系统** → **用户与交互式检索**.

关键词

创造力支持工具、设计探针、电子舞曲、搜索、音乐可视化

1 引言

创造力支持工具（CSTs）传统上将搜索视为达到目的的手段，即检索信息或素材，以供后续使用或融入创作作品 [36]。然而，在许多创意领域，例如基于循环片段的音乐创作，搜索承担着截然不同的根本性作用：它不仅是创造力的前奏，本身也是一种创作媒介。这一区别在电子舞曲（EDM）的制作中尤为明显，艺术家会采用我们称为“搜索即创作”的方式，将对音频循环片段的探索性浏览和偶然发现作为主要创作方法。传统音乐创作通常从旋律或和声构思起步，而基于循环片段的制作则将搜索界面视为创作画布，艺术家在其中把现有元素组合成新颖的编曲。创作行为并非源于合成或生成，而是来自发现、选择和并置的策展过程——一种由搜索促成的音乐拼贴形式。

专业数字音频工作站已认识到搜索的重要性，并不断开发日益先进的功能。Ableton Live 12 [2] 和 Logic Pro [6]等现代工具在其界面中提供基于标签的语义搜索、基于相似度的推荐和节拍匹配预览。然而，尽管取得了这些进展，这些工具仍将搜索定位为辅助性基础设施——将其置于可折叠的侧边栏中，并且往往使其与创作行为在时间上彼此分离。此外，尽管这些搜索可供性日益强大，但它们究竟如何支持创意搜索所特有的探索与利用之间的平衡，或领域专业知识如何影响创意情境中的搜索行为，仍缺乏深入研究。专业数字音频工作站界面复杂，且代码库为专有，因此很难在其中回答这类问题并开展受控研究。

为弥补这些不足，我们提出了LoopLens，这是一个专注于基于循环片段的[1] 音乐创作的研究探针，它在受控环境中实现并扩展了常见的数字音频工作站搜索功能，旨在探究搜索如何作为一种创作媒介发挥作用。LoopLens通过集成界面支持广泛的探索性发现和有针对性的利用式搜索，该界面具有可切换的网格和列表视图、径向可视化以及“查找相似项”功能，可同时推荐相关和对比鲜明的声音，使用户无需掌握大量音乐词汇，即可通过听觉和视觉两种模态与音频内容互动。

我们探讨以下研究问题：
研究问题1 不同的创作目标（即收敛型与发散型任务）如何影响用户的搜索策略、创作过程，以及与创造力支持工具的交互？**研究问题2** 音乐专业知识和发散思维能力水平各异的用户，如何运用并看待尚未充分探索的界面表征（如径向波形），以完成不同任务？**研究问题3** 在搜索与创作过程中提供反馈的可选探索性辅助工具和评估性辅助工具，有何作用，用户又如何看待它们的效用？

我们开展了一项混合方法被试内用户研究，邀请了16名具有不同音乐领域专业水平的参与者，考察他们在开放式（发散）和目标导向（收敛）创作任务中的行为。实证结果显示，参与者的专业水平和任务类型导致了明显的行为二分：收敛型创作任务会引发更多查询；具备领域知识的参与者会在每次查询中使用更多筛选器

[1]循环片段是简短的音频片段，“通常与单一乐器音色相关联” [20]。

，并将创作视为约束满足；具备领域知识的参与者在首次插入前的犹豫时间也更短。我们还观察到，径向波形的采用程度不一但总体积极，同时“查找相似项”的使用方式也各不相同。该功能会推荐最相似和最不相似的声音，以支持定向搜索和偶然发现。

本研究为创造力支持工具领域的文献作出了多项贡献。首先，我们探讨了“搜索即创作”这一概念，并展示了它在基于循环片段的音乐创作中的重要性。其次，我们提供了实证证据，说明领域专业知识和任务类型如何影响创造性搜索行为，并为创造性情境中的探索-利用权衡带来了新的见解。最后，我们提出了具体的设计启示，以支持未来创造力支持工具中的不依赖词汇的发现；这对于创意实践涉及拼装现有素材而非凭空创作的领域尤其重要。

2 背景与相关工作

2.1 创造力与创造力支持工具

创造力已在众多学科中得到研究，因此产生了各种各样的定义 [60]。我们采用 Hewett 等人的观点 [29]，即创造力可以被视为人的属性、产品的属性以及一系列认知过程的体现。这一框架为创造力支持工具（CSTs）的设计与评估提供了范围明确的基础；在人机交互领域，这长期以来被视为一项“重大挑战” [56, 59]。

2.1.1 创造性思维模型。创造性思维模型的核心主题，是发散式创意生成与收敛式评估 [61]之间的相互作用。这种双过程视角启发了 CST 的设计，使其能够为故事写作中的灵活迭代提供支架 [33]，并帮助用户在生成式音乐系统中平衡探索与利用 [74]。然而，许多人机交互领域关于创意搜索工具的研究仍然侧重于创意生成 [34, 42, 43],，通常使用鼓励创作新颖且可能具有独创性的内容的提示（例如，创作一段音乐来表现图像中的人物及其情绪 [30, 42]，或写一段简短的副歌 [34]）。与此不同，我们的研究引入了两项分别侧重于发散思维和聚合思维的任务（第5.3节），借此探究 CST 如何为这两种创造力模式提供支架，以及搜索行为在其中如何体现。

2.1.2 评估 *CST*。对 CST 的评估仍然多种多样，尚无占主导地位的框架 [56]。遵循 Hewett等人 [29], 的观点，我们认为可以从个体、产品和过程三个方面评估创造力，并运用这一框架从这三个维度评估我们自己的研究探针（第5.4节）。表1总结了人机交互研究中常用的方法，例如自我报告量表（如创造力支持指数 [16]）、交互日志 [34],、专家对创造性成果的评判 [43],、同质化分析 [9],以及与创造力相关的心理测量工具（如托伦斯创造性思维测验、Gold-MSI [47]）。关于 CST 研究的更全面综述，请参阅 Frich等人 [25] 和 Chung等人 [18]。

2.1.3 用于音乐创作的创意搜索工具。 近期与音乐相关的创意搜索工具，例如 COCOCO [42],、AMUSE [34], 和 MAICO [55],，利用符号音乐表示（如 MIDI、钢琴卷帘视图）和生成式人工智能能力。其他研究则探索了音乐创作之外基于音频的创意搜索工具，例如 Kamath 等人 [32], 研究的一般音效和音频工程任务。尽管取得了这些进展，大多数与音乐相关的创意搜索工具仍将创造力主要视为从零开始生成内容。然而，在许多音乐实践中，尤其是基于循环片段的音乐和电子音乐，创造力也涉及搜索、筛选并组合声音库中的大量素材。尽管搜索长期以来一直与创造力相关联 [36],，但它往往被外置于创意搜索工具的工作流程之外。我们的工作将搜索视为基于循环片段的音乐创作不可或缺的一部分，并将 Chavula 等人关于通过搜索进行创意生成的探索 [17] 等观点拓展至基于循环片段的电子音乐领域。

2.2 电子舞曲与具体音乐

我们聚焦于电子舞曲（EDM）这一广义的元流派，它包括科技舞曲、浩室音乐、迷幻舞曲和鼓打贝斯 [14]。电子舞曲的制作有别于依赖符号记谱的创作，主要依靠原始音频，并使用合成器、鼓机、音序器和采样器 [14, 20]。创作通常呈现出<样式 id='3'>马赛克式</样式>的特点：短小的循环片段和序列经过分层、重复与变换，更强调循环式重复，而非线性推进。这些特征使电子舞曲成为研究创意搜索工具如何整合搜索与音频信息可视化呈现的特别相关的语境。

除了电子舞曲之外，通过组装预先录制的声音进行创作的实践源自<样式 id='1'>具体音乐</样式>，该流派由皮埃尔·舍费尔于20世纪40年代引入 [10, 21, 52]。具体音乐作曲家通常使用环境声音和器乐声音，而不是可重复的音乐循环片段；不过，其创作过程同样将搜索与发现置于核心创作行为的位置，而非作为辅助步骤。

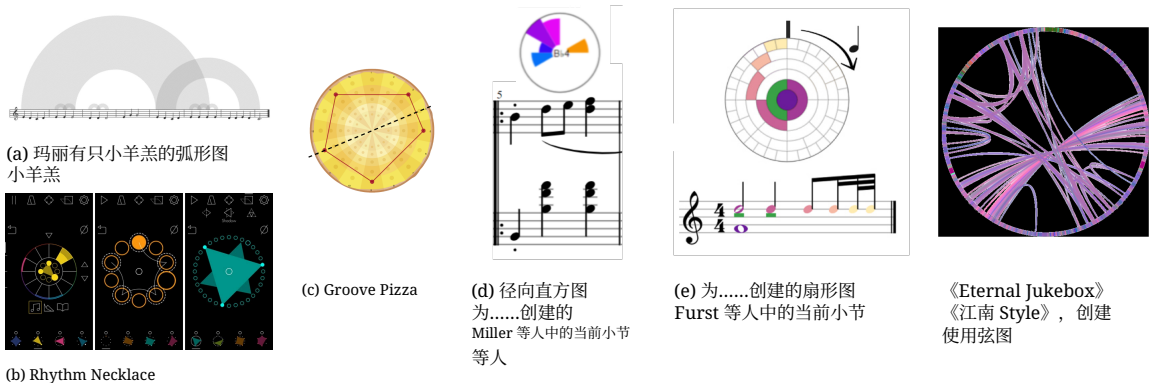
2.3 可视化音乐结构与重复

标准音频可视化（如波形和频谱图）将振幅或频率线性地随时间绘制。为了更好地表现音乐的循环性与重复性，研究人员探索了径向布局，从中世纪乐理图 [72] 到现代弧线图 [69], [26, 用于和声与节奏的径向“指纹”图以及球面投影。诸如*Eternal Jukebox* [63], *Groove Pizza* [1],和*Rhythm Necklace* 等交互工具，可帮助用户通过环形布局探索循环片段与节奏（图1）。在专业领域，苹果公司的 Logic Pro 在其Live Loops 网格中采用径向波形，该网格是“一个由音乐循环片段和乐句组成的网格，[ ] 可以实时触发并操控，从而创作出独特的编曲 [6]”。在此，紧凑的径向形状起到空间作用：使波形能够整齐地放入密集的单元格网格中，并与用于现场演出的硬件控制器（例如 Launchpad）的布局相呼应。 [40], 46],

我们的工作也采用了径向波形可视化，但我们并未将其用于编排阶段，而是假设径向波形紧凑的特性便于用户在搜索阶段快速浏览和比较；而传统的线性波形难以支持这一任务。

评估什么?	How?	示例
创作过程	用户使用问题进行自我报告的回答——naires/调查	NASA-TLX [28], 创造力支持指数（创造力支持指数） [16], 音乐记谱法的认知维度 [49]
创作过程	用户的交互日志	Kim 等人 [34]
创作过程	用户访谈	大多数用户研究都会这样做
创造性成果	人类判断（专家和/或普通用户）	Louie 等人 [43], Loui 等人 [41]
创造性成果	同质化分析	Anderson 等人 [9]
创作者特征（通用型）	托兰斯创造性思维测验（托伦斯创造性思维测验） [64]	Loui 等人 [41]
创作者特征（领域特定）	音乐发散思维测试	van Welzen 等人 [68]
创作者特征（先前训练）	Goldsmith 音乐专业度指数（Gold-MSI） [47]	Loui 等人 [41]
创作者特征（奖赏敏感性）	扩展版巴塞罗那音乐奖赏问卷（eBMRQ） [15]	Loui 等人 [41]

表 1：人机交互（HCI）领域评估创造力支持工具（CSTs）的常见方法，按照其针对创造过程、结果或创作者特征进行组织。该表展示了广泛使用的领域通用测量工具（例如创造力支持指数（CSI）、托伦斯创造性思维测验（TTCT））以及领域特定测量（例如 Gold-MSI、音乐发散思维测试）。



(a) 玛丽有只小羊羔的弧形图小羊羔

(b) Rhythm Necklace

(c) Groove Pizza

(d) 径向直方图为……创建的 Miller 等人中的当前小节等人

(e) 为……创建的扇形图 Furst 等人中的当前小节

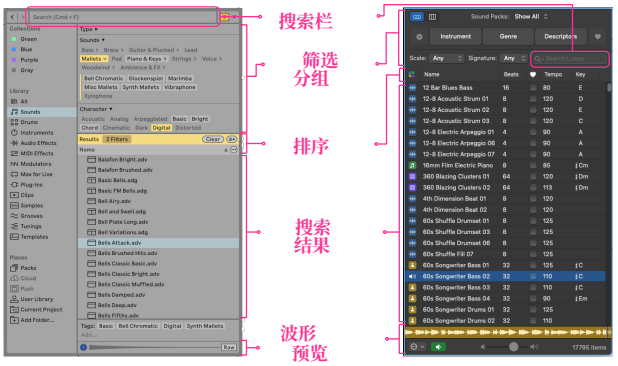
《Eternal Jukebox》《江南 Style》，创建使用弦图

图 1：现有径向图和示意图示例。除 Eternal Jukebox（f）外，其他所有音乐信息可视化形式都采用“良好”的输入格式，这些格式并非严格意义上的音频，而是符号音乐记谱法。有关径向方法可视化的调查，请参阅 Draper 等人 [23]；有关音乐可视化技术，请参阅 Lima 等人 [39]。

2.4 商业数字音频工作站中的搜索界面

为了将我们的工作置于当前音乐制作实践的背景下，我们考察了两款行业标准的数字音频工作站（DAW） [58]：**Ableton Live12**（发布于2025年3月 2024 [3]）和**Logic Pro** 11.2（发布于2025年5月）。两款工具都提供了强大的搜索功能。在 Ableton Live 12 的**浏览器**中，除了标准的关键词搜索和层级文件夹导航外，用户还可以按基于标签的语义（例如“明亮”“激烈”）筛选，使用可呈现相关声音的“Similar Sound”功能，并通过自动速度匹配主项目来预览循环片段。Logic Pro 则通过其**循环浏览器**（图2 （b））提供类似功能，包括基于标签的过滤和速度同步。在创作方面，两者都支持从……进行拖放交互将浏览器中的内容拖到时间线上，轻松实现从搜索到编排的过渡。

我们观察到，这些浏览器的界面设计优先考虑创作，而非发现。搜索面板可以折叠，并以列表形式呈现，为编排优化屏幕空间，同时也隐含地将搜索视为临时的辅助任务。尽管这种源自文件系统的列表界面满足了专业人士管理海量声音采样的需求， [8], 但它给新手带来了较高的认知负荷。例如，要区分 *60s Songwriter Bass02* 和 *60s Songwriter Bass 03* 这类名称相近、调性和速度相同的采样，用户必须逐个试听，才能辨别其声音差异，因为界面没有提供视觉线索（图2 (b)）。在 Logic Pro 中，波形预览仅在播放时出现，进一步妨碍了用户对相似循环片段进行视觉比较。在商业数字音频工作站中考察这些可供性也



（a）Ableton Live 截图 12' 的**浏览器**

（b）Logic Pro 的截图 **循环浏览器**

图2：Ableton Live 12 和苹果公司 Logic Pro 中用于搜索和浏览音乐的界面截图。

颇具挑战：其专有属性使现有界面参数难以修改，而陡峭的学习曲线也会成为混杂变量。

3 设计原则

基于既有文献中发现的空白，以及现有行业标准数字音频工作站中的功能（第 2.4节），我们将 LoopLens作为一个**研究探针**加以开发。我们的目标是创建一个受控环境，在保留数字音频工作站核心功能的同时，将特定搜索行为与完整制作软件的复杂因素隔离开来。以下设计原则指导了我们的方案：

DP.1 优先考虑发现，而非检索。我们不将搜索视为创作中的可折叠辅助功能，而是让搜索浏览器成为界面的重点，同时允许切换音序器网格。LoopLens 通过集成式浏览器与数字音频工作站实现了这一原则：用户可以在创作中右键点击一个循环片段，立即查找并试听相似声音，且试听时保留其上下文。

DP.2 支持多尺度视觉比较。不同任务需要以不同视图呈现相同信息。为同时支持高层次浏览与细致比较，搜索结果区域提供了网格视图（灵感源自 Tufte 的“小倍图”） [66], 以及现有数字音频工作站中常见的传统列表视图（图 2）。用户可以根据当前目标，在不同模式间切换，从探索到专注选择皆可。

DP.3 在不过度自动化的情况下，为创意工作流程提供支架。关于受限数字乐器的研究表明，与开放式可能性相比，约束往往更能促进个人风格的形成 [27]。虽然目标是同时支持专家和新手，但该工具不应过度限制他们，也不应替他们做出创意决策。LoopLens 提供了结构，例如按节拍划分的时间线和“查找相似项”功能，但将所有创作选择——如分层、编排和最终选择——完全交由用户决定。这为用户提供了一个便于入门的“低门槛”，同时不会限制创意可能性的“低上限” [48]。

4 LoopLens：系统概述

LoopLens 是一个研究探针，以交互式网页应用的形式实现，旨在探索音乐循环片段数据库并使用其中的内容进行创作。该系统整合了三个核心要素：用于搜索和比较循环片段的**采样浏览器**、用于编排创作的内嵌**数字音频工作站（DAW）**，以及轻量级**探索工具**，例如可呈现相关或对比声音的“查找相似项”弹窗。这些组件紧密耦合，以支持流畅的工作流程：用户可以搜索和/或发现候选循环片段，以不同的视觉形式预览，并将其直接拖放到数字音频工作站时间线上进行创作。

4.1 界面概述

采样浏览器（第 4.1.1 节）与数字音频工作站（第 4.1.2 节）紧密集成，以支持无缝工作流程。用户找到所需的循环片段后，可以将其拖放，直接从浏览器放入数字音频工作站时间线。此外，用户还可以收藏循环片段以便日后考虑，随后再从收藏集中将其拖入创作中。为了获得意外发现，用户还可以通过“查找相似项”弹窗（第 4.1.3 节）探索相似的循环片段，并将其直接拖入时间线。在拖放过程中，界面会显示该循环片段包含多少拍，以及它将在时间线上占据多少小节（图 4）。

4.1.1 采样浏览器。为适应不同的工作流程，用户可以在循环数据库的两种可视化模式（“线性图”与“极坐标图”）之间切换。网格视图将循环片段呈现为“小倍图” [66], , 便于快速进行视觉比较，并支持跨行列的空间浏览，而非严格按照从上到下的顺序浏览。这与列表视图形成对比，后者是一种更传统的布局，常见于*Splice* [7]和*LANDR* [4],等商业采样库，以密集的表格格式呈现数据。为帮助用户发现内容，浏览器提供关键词搜索，可查询循环标题和标签。与现有商业数字音频工作站类似，用户还可以使用 BPM、调性和乐器筛选器进一步缩小结果范围，并按相关性或其他元数据属性对筛选后的视图排序。搜索、筛选和排序相结合，使用户能够高效地从广泛探索转向特定选择。

4.1.2 数字音频工作站（*DAW*）。集成式数字音频工作站复现了标准音乐制作软件的核心功能。在全局层面，用户可以管理播放并调整项目的每分钟拍数（BPM）。用户还可以分别调整三条音轨（鼓、贝斯和旋律）的音量。时间线基于时间单位方格系统 [65], , 其中每个网格单元代表一拍。每拍的时值由全局 BPM 决定（例如，BPM 为 120 时，每拍为 0.5 秒）。每页显示四个 4/4 拍小节，这种结构与电子音乐中最常见的节奏模式（即“四踩节拍”）相吻合。在音轨层面，用户可以复制或

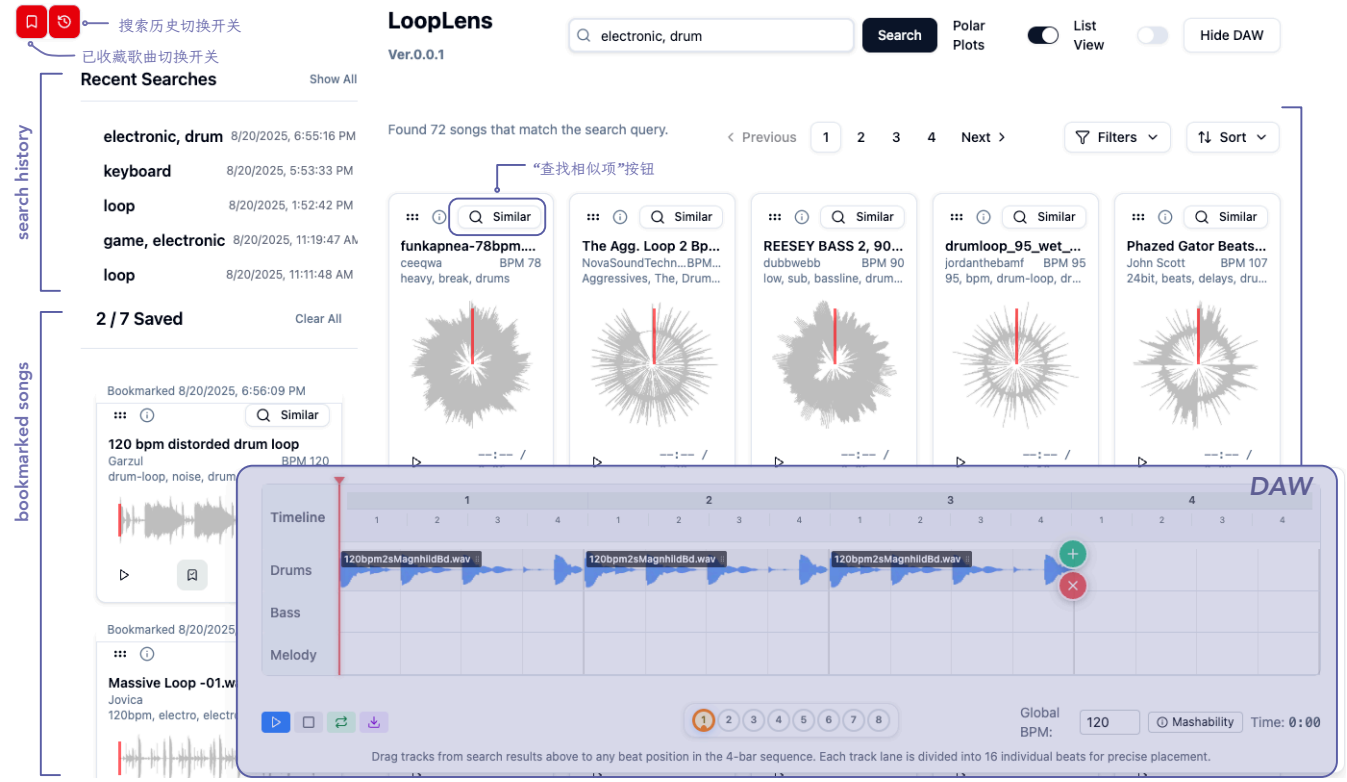


图 3：LoopLens 用户界面截图。请注意，数字音频工作站上的紫色阴影是手动标注的，并非实际界面呈现的效果。

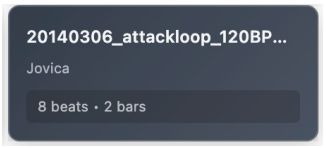


图 4：拖放期间的歌曲预览。



图 5：LoopLens 中数字音频工作站的截图。

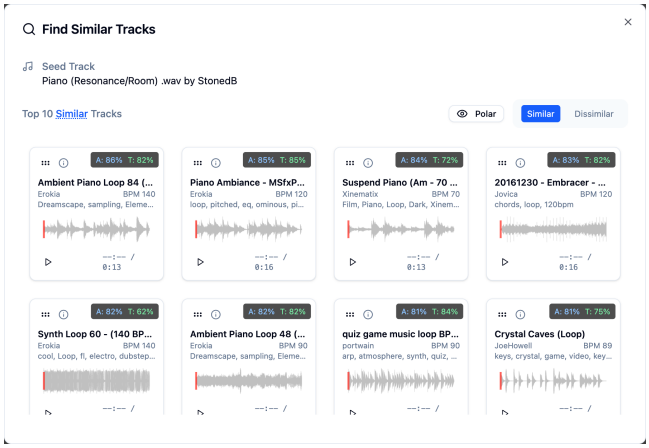


图 6：LoopLens 中歌曲*Piano(Resonance/Room) .wav*的“查找相似项”弹窗截图，作者为 StonedB。

移除循环片段，并通过右键单击访问书签或直接在创作情境中查找相似声音等功能。

4.1.3 相似内容查找弹窗。 为了支持超越关键词搜索和筛选的发现，LoopLens 提供了“查找相似项”功能。对于每个循环片段，用户可以点击“相似项”按钮，打开一个弹窗以获取相关声音的推荐。系统根据使用深度音频嵌入计算出的相似度，检索出最相似的 10 个循环片段，这些嵌入由

CLAP [73], 以及最不相似的 10 个循环片段，以鼓励对比式探索。我们纳入这些不相似的声音，是因为 Andersen 和 Knees [8] 认为，这是创意音乐信息检索系统需要解决的一个有趣挑战。弹窗中的结果采用与主界面相同的双重可视化选项

（即线性或极坐标波形），以确保整个界面保持一致。

与系统的其他部分一样，弹窗中显示的循环片段完全支持交互：用户可以预览、收藏，也可以将其直接拖入数字音频工作站时间线。这种设计使弹窗成为轻量级推荐工具，既支持定向搜索（寻找能与当前循环片段良好融合的声音），也支持偶然发现（呈现可能激发变化灵感的对比性素材）。

4.2 实现

LoopLens是一款使用 SvelteKit 构建的 Web 应用程序。SvelteKit 是一种全栈框架。我们使用 Tone.js (https://tonejs.github.io/)（一个基于 Web Audio API、用于在浏览器中创建交互式音乐的框架）实现了音频相关功能。对于循环数据库，我们使用了 Freesound 循环片段数据集 [54]，，这是一个大规模的标注音乐循环片段数据集。这些循环片段收集自 Freesound [24] (https://freesound.org/)，这是一个社区音频录音数据库，其中的录音以知识共享许可协议发布，允许复制。原始数据集包含 9040 个带有元数据的循环声音。我们进一步筛选了该数据集，以确保每分钟拍数（BPM）、调性和乐器等标注的有效性，最终得到包含 **331 个**循环片段的标注数据集，并以此作为用于创作的循环数据库。鉴于数据库规模有限，我们以析取方式（OR）实现筛选器，因此只要循环片段满足任一启用的约束，就会出现在结果中。径向波形和线性波形可视化由 `librosa` [45] 和 `matplotlib` [31] 库生成。

4.2.1 查找相似歌曲。音乐相似性具有多维性、依赖语境且难以定义 [53, 57]。由于开发更优的音乐相似性度量方法并非本文的核心目标，我们选择使用对比语言—音频预训练（CLAP）获得的深度特征 [73]，通过计算音频嵌入与由拼接标签生成的文本嵌入之间的距离，来实现音乐相似性的计算。具体而言，我们采用`laion/clap-htsat-unfused` 模型。该模型采用分层令牌语义音频变换器（HTSAT）架构，从原始波形生成定长音频嵌入。其未融合变体支持分别生成音频嵌入和文本嵌入，从而能够独立计算相似度

针对每种模态。音轨之间的成对相似度通过音频嵌入之间的余弦相似度计算，其范围从 -1 到1，随后归一化到 $0-1$ 尺度以便在用户界面中显示。我们按音频相似度提供最相似和最不相似的前10条音轨。

5 方法论

5.1 实验流程

图7概述了整体研究流程。在研究环节开始前，参与者完成了一份实验前调查，以了解其既往音乐训练情况，例如音乐经验水平、参与程度以及接触数字音频工作站（DAW）的情况。与 Loui 等人类似 [41], 我们从*Goldsmiths*音乐素养指数（Goldsmiths MSI）问卷 [47] 中选取了

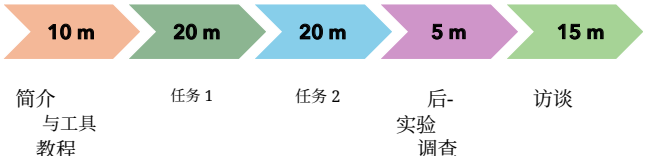


图 7：用户研究流程概览。

与音乐训练相关的问题。随后，参与者被安排完成一项通用发散思维任务，即由 Olson 等人开发的发散联想任务（DAT）[50]。在这项任务中，参与者需要生成一组由十个无关词语组成的词集，并通过计算对其语义距离进行评分。我们选择 DAT，是因为它提供了一种适用于不同领域的认知灵活性测量方法，且施测迅速，因此适用于关注创造能力但时间有限的研究。

研究期间，参与者首先接受了 10 分钟的指导说明，以熟悉界面；随后完成由两项任务组成的环节，每项任务耗时 25 分钟。为尽量减少顺序偏差的影响，两项任务的顺序经过了平衡安排。参与者完成任务后，先填写实验后调查，其中包含 8 道 7 点李克特量表题目，然后参加 15 分钟的半结构化访谈。整个过程通过 Microsoft Teams 录制了音频和屏幕画面。调查和访谈问题的详情见第 C.1 节和 C.2。

5.2 参与者

我们通过内部沟通渠道，从一家大型跨国公司的员工中招募了 16 名参与者（ 5 名女性、 11 名男性，年龄 23–49 岁，平均年龄 = 30.37，标准差 = 8.69）。由于匿名化政策和保密协议，我们无法透露该组织的具体名称。所有参与者目前均居住在日本东京，但其语言和文化背景各不相同。研究以英语进行，尽管英语并非大多数参与者的母语，却是该组织的主要工作语言之一。为便于澄清，过程中偶尔会使用日语。

我们承认，仅从单一组织招募参与者可能会引入组织偏差。为此，我们面向不同部门和角色的员工开展招募，确保参与完全出于自愿，并保证不会向雇主透露任何可识别个人身份的信息。参与者的音乐经验以及以往接触数字音频工作站的经历也各不相同，进一步拓宽了研究中观点的多样性。参与者背景的详细信息见表 2。

5.3 任务

如第 2.1.1 节所述，我们采用了两种不同的任务，一种更偏收敛，另一种更偏发散。对于这两种任务，我们都要求用户创作一首至少长 16 小节的音乐作品。选择这些任务设计是为了系统地考察音乐创作中不同的创造性思维模式。

对于聚[illegible]任务，我们请用户聆听一段 32 秒的音乐采样，并创作一段音乐作品，以捕捉

参与者编号	既往音乐训练	DAW	公司职务
P1	3/2/0	高级	研究
P2	0/6-9/6-9	None	研究
P3	1/3-5/0	初级	工程
P4	4-6/6-9/10+	高级	研究
P5	0.5/0/0	高级	研究
P6	0/3-5/10+	None	研究
P7	4-6/10+/1	中级	研究
P8	4-6/0/0	高级	研究
P9	0/0/0	None	工程
P10	3/6-9/6-9	None	工程
P11	0/0/10+	None	研究
P12	1/3-5/0	中级	研究
P13	0/3-5/3	None	工程
P14	0/0/0	None	产品管理
P15	1/10+/10+	None	工程
P16	0/0.5/10+	None	工程

表 2：参与者背景相关详情概览。对于“既往音乐训练”，这些数字分别表示接受乐理训练和乐器训练的年数，以及每天定期练习音乐的总年数，对应于第 C.1 节中的问题（3）、（4）和（1）。参与者可能没有接受过音乐理论训练，但每天练习音乐超过 10 年（例如 P16）。



图 8：发散任务的图片提示。

相同的节奏感和能量与采样一致。用户可以自由使用所有信息，包括音频、可视化波形以及原作曲者提供的标签，也可以根据需要随时重新查看这些信息。该采样音乐名为“Arcade Music Loop.wav”，取自 Freesound，网址为 https://freesound.org/people/joshuaempyre/sounds/ 251461/。聚合任务体现了一种基于约束的创作过程：参与者朝着一个具体且明确的目标努力，因此它提供了一个边界更明确、成功标准可衡量的创作空间，类似于聚合思维如何在既定参数内寻求最优解。

对于发散任务，与先前研究类似 [34, 42, 43]，我们要求用户创作一段音乐作品，使其与所示图像的情绪相符，该图像见图 8。这种视觉刺激中的场景可以从多个创意维度进行解读，不仅包括速度和和声等音乐元素，也包括环境人群噪声等环境音频特征。这种存在多种有效解读路径、且没有唯一“正确”答案的特性，契合了发散思维的核心：根据单一提示生成多种新颖的可能性。

5.4 评估

我们使用 tidyverse [71], reticulate [67], 和 jsonlite [51] 进行数据分析。我们使用 ggplot2 [70], ggbeeswarm [19], wordcloud2 [37] 绘制论文中的结果。预训练权重来自 HuggingFace。

5.4.1 创作者特征。 为量化发散思维，我们根据参与者在预研究调查中生成的 10 个词语，计算了每位参与者的发散联想任务（DAT）得分。遵循原始方法 [50] 并使用作者公开提供的代码[2]，我们计算了每位参与者词语列表中所有词语对之间的平均语义距离。通常，DAT 得分越高表示概念发散程度越高，Olson 等人 [50]对此进行了说明。

我们的 16 位参与者的平均 DAT 得分为79.73 (标准差 5.96），与 Olson 等人报告的平均值 78.38 (SD = 6.35）非常接近 [50]。如图 9所示，我们观察到

[2]https://github.com/jayolson/divergent-association-task

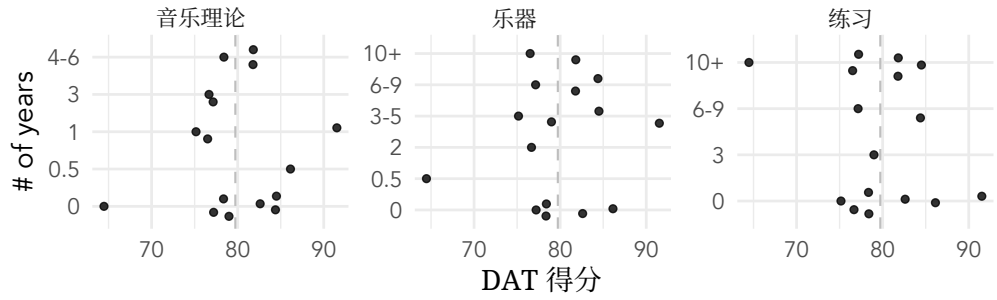


图 9：按三种训练类型（音乐理论、乐器和练习）分组的散点图，展示参与者 DAT 得分与其自我报告的经验年限之间的关系。垂直虚线表示 DAT 平均得分。

DAT 得分所衡量的经验年限与参与者的发散思维能力之间没有明显的线性关系。这表明，尽管音乐训练能够培养领域专长，但其效果未必能直接转化为在 DAT 这类领域通用创造力测量中的表现。

在第6.1节进行对比分析时，我们将参与者分为两组：**新手**，指此前未接受过音乐理论训练且没有数字音频工作站使用经验的参与者（16 名参与者中的 7 名），以及**专家**，包括其余所有参与者。

5.4.2 创作过程。我们对两个来源的数据进行了定性分析：半结构式访谈和屏幕录像。两位作者使用反思性主题分析法独立分析访谈转录稿 [13]，以确定参与者自述体验中的关键主题。同时，我们使用 Datavyu 软件 [22]对屏幕录像进行行为编码，以捕捉参与者与作曲界面的实际交互。我们制定了一套结构化编码方案，对关键作曲行为（例如播放事件、编辑操作、参考资料查阅）进行人工标记，并为每位参与者的创作过程生成详细时间线。我们对两个定性数据集的发现进行了三角互证，以全面了解参与者如何完成每项任务。

对于过程指标的定量分析，由于样本量有限，我们采用了非参数检验。我们使用Wilcoxon符号秩检验分析了参与者与被试内因素（任务类型）相关的自我报告反应，并使用Mann-Whitney U检验考察了被试间差异（新手与专家）。

5.4.3 创造性成果。FollowingAndersonet al. [9], whoadapted automated verbal creativity scoring methods[11] to perform a ho- mogenization analysis, we applied a similar approach to自动评分音乐创造力，通过计算嵌入空间中的“语义”距离进行分析。对于发散任务，我们计算了每位参与者的创作与该条件下所有创作的平均嵌入之间的余弦相似度。与群体平均值的距离可作为创造性偏离的代理度量，即创作距离中心越远，代表其创造性解决方案越独特。对于聚合任务，我们使用时间拉伸对齐参与者的创作与时长为 32 秒的参考乐曲，以校正 BPM 差异，然后计算两种相似性度量：（1）参与者的创作与参考音乐之间的相似度（衡量约束遵循情况）；（2）参与者的创作与群体均值之间的相似度（衡量约束范围内的个体独特性）。这种双重方法使我们能够评估参与者在多大程度上满足了聚合任务的要求，以及这些约束范围内存在多少个体差异。

为确保不同音频表征方法下的稳健性，我们使用四个预训练模型进行了多宇宙分析 [62]：CLAP [73] htsat-unfused、CLAP [73] larger_clap_music、MAP-MERT-v1 [38], 以及 MAP-Music2Vec [44]。这些模型在大规模音频数据集上采用对比学习和自监督训练，代表了提取有意义的音频特征并量化音乐相似性的不同但具有理论依据的方法。我们在全部四个嵌入空间中检验了主要假设——创造性发散（与群体平均值的距离）会随参与者的音乐专业知识、发散思维能力和任务类型而变化。我们报告所有模型的结果，以提供透明而全面的发现。

6 结果

6.1 创作过程

总体而言，LoopLens 支持广泛探索，同时也便于有针对性地优化。下文将报告以下结果：1）搜索行为；2）作曲策略与努力；3）影响参与者浏览界面方式的视图/UI 偏好；以及 4）参与者在访谈中对感知任务难度的回应。

6.1.1 搜索支持广泛探索。 参与者认为LoopLens能有效呈现他们原本不会自行想到的选项（广泛建议 见图10， 5.44 ± 1.31），并让探索不同想法和结果变得轻松（探索便利性 见图 10， 5.69 ± 1.01）。从定量结果来看，参与者在聚合任务中提交的查询更多（中位数 $= 7$， $IQR = 6$），而在发散任务中提交的查询较少（中位数=5， $IQR = 2$），差异显著（$V = 55.5$， $p = 0.024$）。在聚合搜索中，参与者常直接采用与参考音轨相关联的标签，例如“游戏”“8 位”和“街机”（图 11a）；而在发散任务中，他们会使用“循环片段”等更宽泛的词语来访问整个数据库（图 11b），或使用“贝斯”——这是现代电子舞曲制作中常被强调的元素。

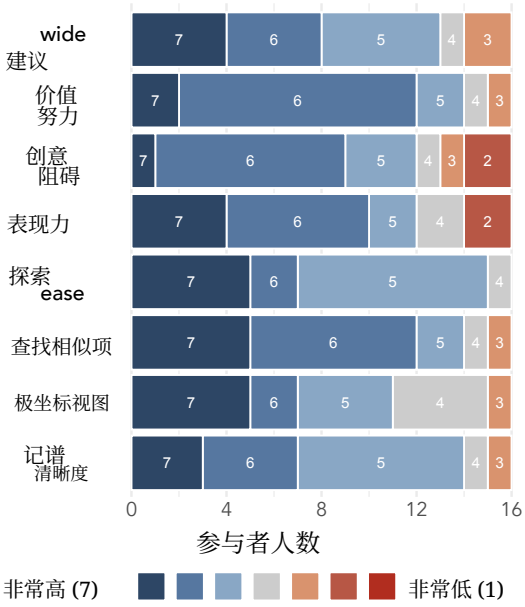


图10：参与者对使用 LoopLens 的自我感知体验评分分布。



(a)



(b)

图11：(a) 收敛任务和 (b) 发散任务的词云。请注意，尽管参考歌曲页面提供的标签中没有“芯片音乐”，但它仍出现在收敛任务的搜索查询中。

专家将筛选器用于约束满足。筛选是专业水平的一个显著标志。专家每次查询使用的筛选器明显多于新手（中位数 =0.97, $IQR = 0.86$，而新手的中位数为=0.10, $IQR = 0.26$；$W = 29$，$p = 0.0067$）。只有专家使用调性筛选器，通常是在选定初始音轨后，寻找与之兼容的音轨。正如 P7所说，这使任务变成了一个寻找彼此调性匹配音轨的约束满足问题：“.....到了一定阶段，一旦选定了第一个非节奏音轨，任务就变成了一个约束满足问题。”。

“查找相似项”的多样化用法。“查找相似项”功能获得了积极评价（查找相似项 见图10，5.88 ± 1.15），但使用模式各不相同。对于新手而言，这项功能起到了“热启动”的作用。由于缺乏描述特定电子声音（例如“芯片音乐”）的术语，参与者会依靠相似项推荐来浏览样本空间，而不必当场编写文本查询。正如 P14 所说，他们可以“聆听”与某个种子声音相关的所有内容，从而有效绕过关键词瓶颈。

对于专家而言，这项功能带来了**可解释性** 障碍。一些专家出于对 CLAP 嵌入的好奇而使用这项功能，另一些则难以将算法相似度分数（例如“92%”）对应到自己的音乐心智模型上。正如P1所说：“我不知道该如何解读这个[给出]的数字”，P7则评论道：“相似性具体指什么，这一点确实很重要。”这反映出一种“知识诅咒”：专家对相似性有多维度的理解（涵盖和声、节奏和音色），因此觉得由音频嵌入距离得出的单一标量值难以理解。尽管使用功能的切入点各不相同，但深入使用该功能的用户最终都提出了一个共同诉求：**更多控制权**。

多位参与者（P4、0 P6）要求在相似结果中增加筛选功能，例如按 BPM 或调性对前 10 个结果排序，以便让推荐更具可操作性。

决定插入什么仍然依赖听觉。最终，大多数参与者都通过聆听来判断是否合适。调性和 BPM 等元数据起到辅助作用，充当高层次的筛选条件：有些人在插入前会悬停查看详情，但很少有人只依赖元数据。正如 P7 所解释的：“我觉得这些东西都很有用。只是我一开始听这些内容，就能立刻判断出来：嗯，最好的判断依据还是你的耳朵，你懂吧？”然而，不同专业水平的用户对听觉直觉的依赖方式有所不同。专家用耳朵核实元数据所体现的约束，而新手则将聆听作为主要的区分方式。0 P14 表示：“我其实没怎么留意标题的文字*[.....]* 我会按标签搜索，然后把找到的内容都听一遍*[，都是那个标签下的内容]*，一口气听完。”这表明，无论先前的音乐专业知识如何，听觉直觉始终居于核心地位；对于具备领域知识、能够解读和声与节奏兼容性的用户而言，元数据主要用于确认或缩小筛选范围。

6.1.2 创作：有回报，但并非总是毫不费力。参与者表示，使用 LoopLens 进行创作总体上是值得的，他们将自己的产出评为值得所付出的努力（值得努力，见

图 10, 5.69 ± 1.01），并将该活动评为富有表现力且具有创造力（表现力 见图 10, 5.38 ± 1.63）。他们仅略微同意自己经历了创意阻塞（创造力阻碍 见图 10, 5.06 ± 1.53），这表明尽管该过程并非没有挑战，但很少令人束手无策。

专家较少犹豫，完美主义者则会停滞不前。我们测量了首次预览到首次插入数字音频工作站之间的绝对时间差，并以此作为犹豫程度的代理指标。专家插入第一个候选循环片段的速度显著快于新手（中位数 = 39.2 秒，对比 243.1 秒；$W = 42$, $p = 0.01$）。异常值 0 P9 和 P12 在插入前都延迟了十多分钟，但最终都为聚合任务提交了单音轨创作。定性证据表明，这种延迟源于他们施加了僵化的内在评估标准，来判断什么才算是与提示相符。正如 0 P9 所说："我追求完美的 *[匹配]*。"同样，P12 因为多个选项与其特定的心智模型相冲突而予以拒绝："我觉得有很多东西想融入歌曲，但它们要么和开头不匹配，要么和发散任务的整体场景不匹配。"这些案例说明，创意阻塞表现为长时间犹豫，而非完全停滞；这很可能是因为过度活跃的评估过程抑制了最初的决断。

约束塑造了创造力（有时也阻碍了创造力）。尽管参与者采用了不少灵活的策略，但他们常常遇到数据集和工具的局限。P7评价道："老实说，可供选择的东西不够多。"P12强调了缺少编辑功能："因为没有编辑功能，我没法做些小改动。"其他参与者则指出，小节数为奇数的循环片段无法使用，或者不同片段之间的过渡听起来很生硬。这些约束有时会导致循环搜索，例如，P7再次打开相同的相似模态结果时打趣道："我又回到这里了。"这些问题有助于解释，为什么参与者虽然认为整体过程很有收获，却仍表示经历了轻微的创意阻塞。P1说，有时他们会感到受阻，比如"……找到了一段听起来不错的循环片段，却找不到另一段调性相同的循环片段。"或者"我没法让它循环播放，因为它无法恰好适配*4*小节"。P12也表达了类似看法，指出无法编辑或裁剪跨越奇数小节数的采样："音轨很多，但真正能用的很少；比如它们不能是*3*、*5*或*7*小节，因为这样就无法均匀循环。"不过，有趣的是，我们也观察到P4采用了变通方法：遇到带有尾部截断的采样时，P4选择将其叠加，使新采样的强拍掩盖前一个采样的尾部，从而手动实现伪交叉淡化效果。这一做法与Gurevich等人关于约束如何促使风格变化并催生新技法的研究发现相吻合 [27]。

三种截然不同的创作策略。 综合分析行为日志和屏幕录像后，我们观察到三种截然不同的创作策略，展现了人们在管理信息觅食行为中固有的探索—利用权衡时所采用的不同方式。

一些参与者（例如 0 P6）在操作数字音频工作站时间线之前，就广泛使用书签功能来整理候选声音，构建自己的声音库。这种策略通过引入一种中级**"软性提交"**，将探索与利用分离开来——声音会被标记为有潜力，但不会被锁定在编排中。这能逐步降低认知负荷，缩小决策空间让用户能够将"搜索"思维模式与"编排"思维模式分开。

另一组用户（例如，P5 和 P7）采取了**更紧密交替的探索—利用循环**，并将搜索结果和时间线视为一个灵活统一的工作区。他们经常直接将循环片段从搜索结果拖到时间线上，在上下文中试听，并立即删除或替换（P7："让我试试，图个乐"）。在这种情况下，探索和利用快速交替，而非分属不同阶段，因为每次插入既是一次测试，也是一种暂时的承诺。

第三种策略主要见于新手（例如，0 P16）：他们会快速连续播放搜索结果，却不进行收藏或立即插入。这些用户**进行了长时间探索**，依赖高速听觉扫描而非元数据筛选来评估候选项。这种模式可能由两个因素驱动：由于缺乏足够的音乐词汇来有效缩小搜索空间，新手必须逐个评估更多选项；此外，对何谓"匹配"设有较高内在阈值的用户，可能会在遇到直觉契合之前，避免软性提交。

这些策略差异表明，用户不仅在所搜索的内容上有所不同，也在如何构建从搜索到创作的过渡方面有所不同。虽然其中一些策略已得到当前行业标准数字音频工作站的部分支持，但第7.1.5 节讨论了支持更多探索驱动型工作流程的设计启示。

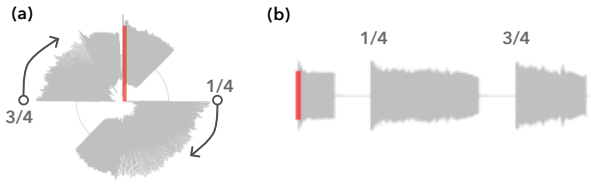


图12：P12 使用*Slider 140bpm*（Clinthammer, https://freesound.org/s/179542/）作为示例。(a)和(b)是同一首歌曲的径向波形与线性波形。

6.1.3 视图与用户界面。总体而言，参与者认为径向波形视图有助于理解音乐循环片段的节奏特征（极坐标视图见图10, 5.38 ± 1.36），并判断当记谱的某些方面含义相近时，这种相似性在其呈现方式中清晰可辨，且评价较为积极（记谱清晰度见图10， 5.44 ± 1.09）。

极坐标图很有帮助，但只适用于部分情况。参与者对极坐标音频波形的偏好存在明显分歧。14 名参与者中有 6 人在两项任务中都从未使用极坐标视图，其中 4 人是专家。在这些人中，一位专家完全依赖列表视图，而其他人则坚持使用默认的网格 + 线性波形视图组合。使用极坐标图的参与者通常认为它们很有帮助。例如，P4 这样描述它们如何支持循环片段分析："通过极坐标图来直观呈现音频有多稀疏或多繁忙，尤其是在区分包含和弦与旋律的部分和只有打击乐的部分时，很有帮助。"同样，P12 指出，"不听

配乐本身，我们也能大致知道声音看起来会是什么样，尤其是在循环格式下”，并以图12 作为示例。有趣的是，P13 提出了独特的观点——尽管缺乏音乐理论训练，也此前没有接触过径向图，但由于其信号处理背景，他们觉得圆形波形很直观。这表明，较高的可视化素养 [12] 能够让用户成功地迁移视觉隐喻 [75] ，即使是在遇到新颖布局的情况下。

不喜欢极坐标图的参与者，主要将原因归结为自己更熟悉线性波形。正如 0 P15 所解释的：“我更习惯读线性图，而且我没怎么见过极坐标图，所以不太习惯。”专家尤其强调，他们过去使用数字音频工作站和波形编辑工具的经验，让线性视图更高效。这些模式表明，即使参与者对新颖的表征评价积极，专业水平和既有工具惯例仍会形成采用障碍。

有趣的是，极坐标图有时会带来不同的视觉隐喻 [75]。例如，没有数字音频工作站使用经验的 0 P2 起初认为，极坐标视图呈现的是<丈 id='2'>整个声音片段，而线性视图仅呈现其中的<丈 id='4'>一部分，尽管对于同一首歌曲，两种视图覆盖的时长相同。这种误读凸显了径向编排可能引发关于完整性或循环性的隐喻，而这些隐喻与线性表征有所不同。

密集内容更适合用网格视图。 在所有参与者中，网格布局比列表视图更受青睐，尽管两者显示的结果数量相同（每页 20 条）。参与者将这种偏好归因于信息密度：正如 P8 所说，网格视图“……更紧凑，因此包含的信息更多。”这表明，布局选择会影响人们对搜索结果丰富程度的感知；即使底层内容没有变化，参与者仍看重紧凑的展示方式。

总的来说，参与者认为极坐标视图在概念上有所帮助，但实际使用情况参差不齐，且受到既有专业水平和熟悉程度的显著影响。相比之下，网格布局普遍更受青睐，参与者倾向于选择结果更密集的呈现方式，而不受内容影响。

6.1.4 感知任务难度与创造力。鉴于数据库规模有限，我们原以为参与者都会觉得聚合任务更难；然而，有些出乎意料的是，并非所有参与者都这么认为。对 0 P16 而言，感知到的难度取决于任务顺序：“如果任务二是第一次做的，对我来说也会很难。”在其余 15 位参与者中，有三位（0 P2、P8、0 P15）表示发散任务更难。0 P2 解释道：“作为一个门外汉，第二项测试更简单，因为我知道有东西可以参考。”0 P15 则难以将单张图片转化为搜索词：“单张图片所提供的信息……太模糊了，我无法据此创作音乐。我不知道该如何确定关键词。我唯一想到的就是‘电子’，除此之外什么也没有。”对 P8 来说，难点在于清楚自己想要什么声音，却发现素材库里没有。相比之下，大多数参与者认为聚合任务更难，因为正如 0 P13 所说，“它给了我一个目标，我在努力尽可能缩小误差。”其他人则提到，尽管进行了多次查询，但由于声音样本数量有限，匹配结果不多，令人感到沮丧。例如， P12 表示：“我觉得如果数据集更大一些，也许 *[聚合任务]* 会更容易。”

综合来看，这些观点揭示了“知识诅咒”的另一种形式。新手觉得发散任务很难，因为他们缺乏生成有效关键词的策略；而经验更丰富的参与者觉得这类任务困难，是因为他们意识到数据库中缺少自己设想的声音。相反，聚合任务在精确性和约束方面带来了挑战，完美主义参与者尤其如此。

6.2 创造性成果

按照第5.4节详述的方法，我们对参与者的最终作品进行了同质化分析：使用预训练音频表征模型对每件作品进行嵌入，并计算每个嵌入与群体平均嵌入之间的余弦相似度。

从图13可以看出，所有模型的`to-avg-embedding` 相似度都普遍较高（> 0.74对应聚合任务，> 0.80 对应发散任务），且自助法置信区间较窄。四种预训练权重下均呈现右偏分布，这可能反映了同质化效果：由于我们的数据集规模有限（331 个循环片段），且风格较为一致，嵌入会聚向一个共同质心，从而抬高平均相似度。相比之下，`to-ref-embedding` 比较显示，不同模型之间的差异更为明显（例如，`clap-htsat-unfused` 在 $0.71[0.64, 0.77]$，而较大型的`larger_clap_music` 在 $0.98[0.97, 0.98]$），这表明基于参考的评估对模型差异更为敏感。

有趣的是，较大的_clap_music 模型生成的嵌入聚集得十分紧密，降低了检测参与者之间差异的能力。我们推测，这是因为较大的_clap_music 旨在捕捉广泛的音乐语义，而电子舞曲循环片段共享拍号、速度范围和制作惯例，因此嵌入往往非常接近，即使风格细微差异各不相同，余弦相似度仍然很高。这表明，模型选择会显著影响同质化结果：较大的模型或许能够捕捉广泛的语义相似性，却也可能掩盖细粒度的创意变化。未来的评估中，能够保留风格或结构维度差异的模型或许更有参考价值。要实现这一点，可能需要流派内对比训练、节拍同步多尺度表征，以及能够保留细粒度变化而非将其平滑掉的辅助节奏/音色目标。

7 讨论

7.1 设计启示

我们的研究结果对创造力支持工具和专业音乐制作软件都具有启示意义（其中一些功能已在近期软件更新中崭露头角）。

*7.1.1 CST*评估的任务设计。我们关于任务难度的混合发现凸显了任务约束与个体创造过程之间复杂的关系（第6.1.4节），这与此前关于受限乐器的研究 [27]中观察到的情况类似。这表明，仅依赖开放式发散任务的CST评估——这类任务在以往研究中很常见 [42, 43], ——可能会忽略工具如何支持目标导向创意工作的重要方面。未来

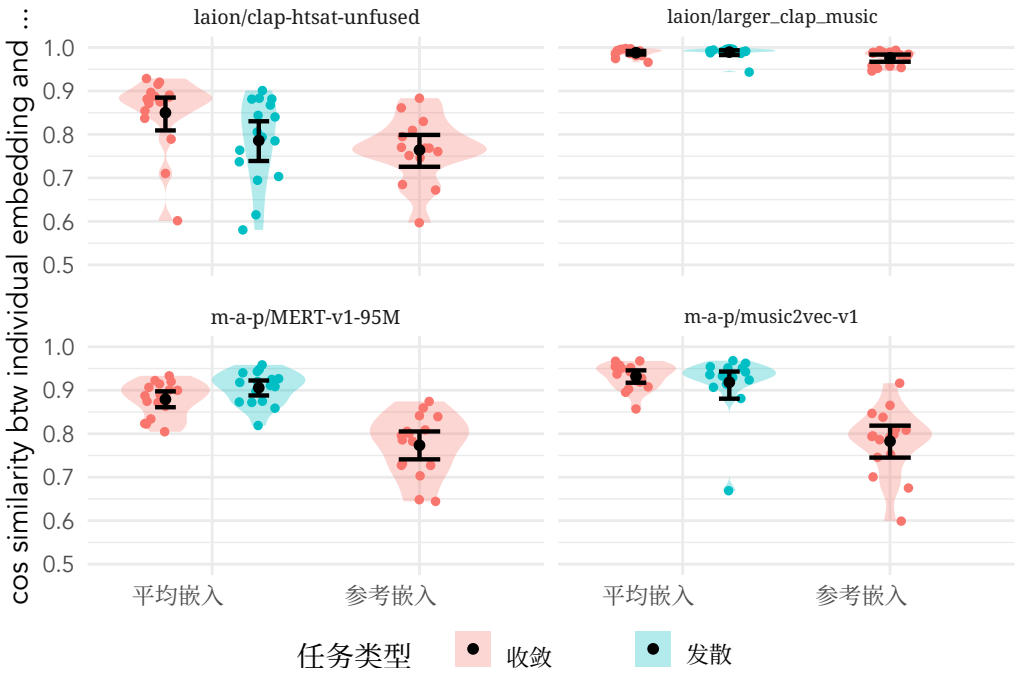


图13：参与者创作的同质化分析，叠加了自助法置信区间。误差线表示均值周围经重采样得到的不确定性。

CST研究应系统地改变任务特征（约束类型、参考材料模态、评估标准），以了解这些特征如何与用户因素（专业水平、创造性思维风格）相互作用，进而影响过程和结果。

7.1.2 自动化创造力评估。我们对不同嵌入模型进行的多宇宙分析表明，创造力测量取决于所使用的底层表征（第6.2节）。对于采用基于嵌入的同质化分析的 CST 研究者 [9], 而言，这意味着需要谨慎选择模型：通用音频模型可能会抹平在评估某一流派或风格中的创造力时至关重要的细粒度变化。领域专用模型，或以保留节奏和音色变化为目标训练的模型，可能更有参考价值。

7.1.3 面向新手的词汇支架，面向专家的主动兼容性呈现。新手在查询构建方面遇到的困难（第6.1.4节）表明，词汇支持机制具有重要价值。这与 Andersen 和 Knees [8], 的观点一致：有效的语义检索“并非只是依赖标签和词语，而是要更贴近每位用户的词汇以及其对声音的心理表征”。这类机制或可包括在引导流程中进行个性化语义校准。系统可以让用户试听参考样本，并在主观量表上为其定位（例如，在“明亮”和“暗沉”之间拖动滑块），从而学习用户内在描述词与数据库音频特征之间的个性化映射，切实将用户独特的心智模型转化为可检索的查询。另一方面，专家将筛选器用于约束满足（第6.1.1节）的做法，则表明更主动的兼容性功能大有可为。数字音频工作站可以突出显示与现有音轨调性或速度匹配的循环片段，或允许用户在相似度推荐中进行二次筛选，从而更好地支持专家工作流程，因为在这些工作流程中，和声与节奏兼容性不容妥协。

7.1.4 防止相似性导航中的循环搜索。基于相似性的推荐会带来一种结构性风险：由于相似性具有对称性，用户通过“查找相似项”进行探索时，可能会不知不觉地在相关声音的一个小邻域内循环，而未意识到自己正在反复浏览同一片区域（第6.1.1节）。如果没有关于已试听内容的外部记忆，用户可能会在各种声音之间兜圈子，无法找到通往语义上有意义的新素材的出口。设计干预措施可以包括在搜索结果中标示“已听过”，或者采用非对称推荐策略：当用户在局部邻域内重复查询后，逐步呈现距离更远的声音。

7.1.5 从检索到发现。 我们将“搜索即创作”作为切入点，这也与 Ableton Live 12 的 Splice 集成等工具所体现的架构转变相契合 [5], 即从本地检索转向在线发现。我们对多种创作策略的观察（第 6.1.2 节）表明，这种转变尤其有益于进行深入探索的用户。未来的工具可以借助自适应界面进一步支持深入探索：识别用户的浏览行为，并据此调整信息密度。这种转变——从管理已有内容转向发现潜在需求——将搜索界面视为其本身就是一个创作空间，而非基础设施。尽管此类集成可能会引入新的视觉元数据（例如封面图），但我们关于用户偏好网格视图的研究结果（第 6.1.3 节）表明，

用户可能仍会优先选择高信息密度，以便快速浏览。

7.2 局限性与未来工作

7.2.1 技术局限性。 当前界面缺少精细化编辑功能（例如剪辑、效果处理），这可能限制了参与者的创造性表达。此外，我们的交互日志记录仅捕捉了最近一次搜索，而非完整的探索历史，因此限制了我们对参与者探索策略的了解。

7.2.2 方法论局限性。 音乐数据的专有性质和稀疏的标注质量限制了我们的数据集选择。我们的样本包含16名参与者，他们均来自同一家公司；虽然足以提供定性见解，但这限制了研究发现的普适性。未来研究可开展规模更大的研究，招募背景更加多元的参与者，并采用语义标注更丰富、质量更高的音乐数据集。

7.2.3 测量效度。 我们的创造力指标虽以既有方法为基础，但仅代表对音乐创造力的一种视角。我们采用基于嵌入的相似度，并假定与群体平均值的距离能够反映有意义的创造性偏离；这一假设仍需通过专家评估和其他创造力测量方法进一步验证。

7.2.4 未来方向。 本研究揭示了若干值得探索的方向：我们的研究仅记录了单次会话中的行为；若要了解用户如何随着时间推移发展搜索策略并习得领域词汇，则需要开展纵向研究。此外，提高相似度透明度或许能提升“查找相似项”等功能的采用率——未来的界面可以展示计算相似度所依据的维度，让用户能够调整音频相似度与元数据兼容性各自的权重。

最后但同样重要的是，我们的研究结果引发了关于人工智能介导的创作支持的问题，而这些问题并不止于相似度推荐。“查找相似项”功能代表了一种轻量级的人工智能辅助，参与者的反应各不相同——从热情探索到对如何解读结果感到不确定——这表明偶然发现与控制之间存在张力。Kosmyna 等人最近的研究 [35] 发现，持续使用人工智能辅助完成写作任务可能会带来认知成本；与非使用者相比，用户的表现会随着时间推移而下降。尽管他们的研究情境与我们的不同，但这一发现为创作工具设计者提出了重要问题：人工智能支架是否能在短期内帮助新手，却同时阻碍他们发展独立的搜索词汇和审美判断？未来研究应探索不同程度的人工智能辅助——从基于相似性的推荐到精细化控制 [42, 43] 再到完全生成式创作——会如何影响即时创造性结果与长期技能发展。追踪词汇习得、搜索策略演变和创作信心的纵向研究，将有助于厘清人工智能支架究竟是用户最终能够摆脱的辅助轮，还是会削弱其底层能力的拐杖。

8 结论

本文探讨了“搜索即创作”这一概念，重新审视搜索在创造力支持工具中的作用，尤其是在基于循环的音乐创作等领域，其中发现与拼贴是艺术创作过程的核心。我们认为，对于许多创作实践而言，搜索并非前期的检索任务，而是创作本身的核心媒介。

通过设计并评估 LoopLens——这一在受控环境中实现数字音频工作站常见搜索功能、用于系统研究的研究探针——我们探究了创作目标和领域专业知识如何影响用户行为。我们的用户研究同时采用了传统的开放式（发散）任务和新颖的目标导向（收敛）任务，揭示了截然不同的两种行为模式。我们发现，领域专家会利用多模态线索，高效地从一小组声音中进行筛选，并将创作视为约束满足问题。相比之下，新手主要依靠音频驱动探索，而这一过程常常受限于他们在组织有效查询方面词汇量不足。

本研究作出了多项贡献。通过将搜索视为一种创作实践，我们为基于拼装的创意领域中创意搜索工具的设计提供了实证基础和全新视角。此外，我们引入的收敛任务为评估音乐创意搜索工具提供了一种新的方法，揭示了仅凭发散任务无法捕捉的独特挑战与策略。最终，我们的发现为未来工具提供了设计启示，凸显了支持不依赖词汇的发现、弥合新手探索与专家筛选之间差距的必要性。若将搜索界面视为创意画布，而非单纯的检索机制，我们便能打造更有效、更具包容性的工具，助力各种技能水平的用户发现、筛选并创作。

致谢

我们感谢索尼集团公司（SGC）、索尼电子公司（SEC）和索尼研究院的成员提供反馈、支持并参与志愿工作。

参考文献

[1] 2016。Groove Pizza。https://www.musedlab.org/groovepizza/ [2] 2025。Ableton Live 12。https://www.ableton.com/en/live/ [3] 2025。Ableton Live Twelve——将于3月5日推出。https://www.ableton.com/en/blog/ableton-live-12-coming-march-5/ [4] 2025。LANDR。https://samples.landr.com/ [5] 2025。Live 12 发行说明。https://www.ableton.com/en/release-notes/live-12/ [6] 2025。Logic Pro Mac 用户指南。https://help.apple.com/pdf/logicpromac/en_US/ logic-pro-mac-user-guide.pdf [7] 2025。Splice。https://splice.com/ [8] HKG Andersen和Peter Knees。2016。与音乐检索领域专家的对话及创意音乐信息检索面临的研究挑战。载于第17届国际音乐信息检索学会会议（ISMIR 2016）。国际音乐信息检索学会，122–128。https://wp.nyu.edu/ismir2016/wp-content/uploads/sites/2294/2016/07/246_Paper.pdf [9] Barrett R Anderson、Jash Hemant Shah和Max Kreminski。2024。大语言模型对人类创造性构思的同质化影响。载于第 *16* 413 425 10 1145 3635636 365620 届创造力与认知会议论文集。[10] 2007 –。doi：。/。Marc Battier。。GRM为音乐带来了什么：从具体音乐到声学音乐。《Organised Sound》12，3（2007），189–202。doi:10.1017/ S1355771807001902[11] Roger E Beaty和Dan R Johnson。2021。利用SemDis自动化创造力评估：一个用于计算语义距离的开放平台。《行为研究方法》53，2（2021），757–780。doi:10.3758/s13428-020-01453-w [12] Jeremy Boy、Ronald A Rensink、Enrico Bertini和Jean-Daniel Fekete。2014。评估可视化素养的一种原则性方法。IEEE可视化与计算机图形学汇刊20，12（2014），1963–1972。doi:10.1109/TVCG.2014. 2346984

[13] Virginia Braun和Victoria Clarke。2006。在心理学中运用主题分析。《Qualitative Research in Psychology》3，2（2006），77–101。doi:10.1191/1478088706qp063oa [14] Mark Jonathan Butler。2006。《解锁律动：电子舞曲中的节奏、拍号与音乐设计》。印第安纳大学出版社。[15] Gemma Cardona、Laura Ferreri、Urbano Lorenzo-Seva、Frank A Russo和Antoni Rodriguez-Fornells。2022。音乐奖赏中被忽视的沉浸感作用。《纽约科学院年鉴》1514，1（2022），142–154。doi:10.1111/ nyas.[16] Erin A Carroll和Celine Latulipe。2009。创造力支持指数。载于CHI'09计算机系统中的人为因素扩展摘要。4009–4014。doi:10.1145/1520340.1520609[17] Catherine Chavula、Yujin Choi和Soo Young Rieh。2023。SearchIdea：一种支持学术搜索中创造力的创意生成工具。载于2023年人类信息交互与检索会议论文集。161–171。doi:10.1145/3576840.3578294[18] John Joon Young Chung、Shiqing He和Eytan Adar。2021。创造力支持工具中用户、角色、交互与技术的交汇。载于2021年ACM交互系统设计会议论文集。1817–1833。doi:10.1145/3461778.3462050[19] Erik Clarke、Scott Sherrill-Mix和Charlotte Dawson。2023。ggbeeswarm：分类散点（小提琴图点）图。doi:10.32614/CRAN.package.ggbeeswarm R软件包版本0.7.2。[20] Nicholas Collins、Margaret Schedel和Scott Wilson。2013。《电子音乐》。剑桥大学出版社。[21] John Dack。2013。拼贴、蒙太奇与作曲家Pierre Henry：声音艺术与音乐中的真实、具体与抽象。《音乐、技术与教育期刊》6, 3 2013 275 284 10 1386 6 3 275_1 ( ), –。doi: 。/jmte. . . 2014 [22] Datavyu 团队。。Datavyu：一种视频编码工具。纽约大学Databrary 项目。http://datavyu.org [23] Geoffrey M Draper、Yarden Livnat和Richard F Riesenfeld。2009。信息可视化径向方法综述。IEEE可视化与计算机图形学汇刊15, 5 2009 759 776 10 1109 2009 23 ( ), –。doi: 。/ 2013 [24] TVCG. . Frederic Font、Gerard Roma和Xavier Serra。。Freesound技术演示。载于第21届ACM多媒体国际会议论文集。411–412。doi:10.1145/2502081.2502245[25] Jonas Frich、Lindsay MacDonald Vermeulen、Christian Remy、Michael Mose Biskjaer和Peter Dalsgaard。2019。绘制人机交互领域创造力支持工具的全景图。载于2019年CHI计算机系统中的人为因素会议论文集。1–18。doi:10.1145/3290605.3300619[26] Daniel Fürst、Matthias Miller、Daniel A Keim、Alexandra Bonnici、Hanna Schäfer和Mennatallah El-Assady。2020。为乐谱增添节奏指纹。载于2020年IEEE第五届数字人文学科可视化研讨会（VIS *4* 14 23 10 1109 4 51463 2020 00007 DH）。IEEE，–。doi: 。/ [27] VIS DH . . Michael Gurevich、Adnan Marquez-Borbon和Paul Stapleton。2012。与约束共创：使用简单电子乐器实现风格变化。《计算机音乐期刊》36, 1 2012 23 41 10 1162 _ _00103 ( ), –。doi: 。/ 1988 [28] COMJ a Sandra G Hart和Lowell E Staveland。。NASA-TLX（任务负荷指数）的开发：实证与理论研究结果。载于《心理学进展》。第52卷。Elsevier，139–183。doi:10.1016/S0166-4115(08)62386-9[29] Tom Hewett、Mary Czerwinski、Michael Terry、Jay Nunamaker、Linda Candy、Bill Kules和Elisabeth Sylvan。2005。创造力支持工具评估方法与指标。《创造力支持工具》（2005），10–24。[30] Cheng-Zhi Anna Huang、David Duvenaud和Krzysztof Z Gajos。2016。Chordripple：推荐和弦，帮助新手作曲家突破常规。载于第21届国际智能用户界面会议论文集。241–250。doi:10.1145/2856767.2856792[31] J. D. Hunter。2007。Matplotlib：一种二维图形环境。《计算科学与工程》9，3（2007），90–95。doi:10.1109/MCSE.2007.55[32] Purnima Kamath、Fabio Morreale、Priambudi Lintang Bagaskara、Yize Wei和Suranga Nanayakkara。2024。声音设计师与生成式人工智能的交互：面向专业声音设计师的创造力支持工具设计。载于2024年CHI计算机系统中的人为因素会议论文集（美国纽约，2024-05-11）（CHI '24）。美国计算机协会，1–17。doi:10.1145/3613904.3642040[33] Taewook Kim、Matthew Kay、Yuqian Sun、Melissa Roemmele、Max Kreminski和John Joon Young Chung。2025。在故事构思中为递归发散与收敛搭建脚手架。arXiv预印本arXiv:2507.03307（2025）。doi:10.48550/ arXiv.2507.03307[34] Yewon Kim、Sung-Ju Lee和Chris Donahue。2025。Amuse：借助多模态灵感开展人机协作歌曲创作。载于2025年CHI计算机系统中的人为因素会议论文集。1–28。doi:10.1145/3706598. 3713818[35] Nataliya Kosmyna、Eugene Hauptmann、Ye Tong Yuan、Jessica Situ、Xian-Hao Liao、Ashly Vivian Beresnitzky、Iris Braunstein和Pattie Maes。2025。你的大脑与ChatGPT：使用人工智能助手完成论文写作任务时认知债务的累积。arXiv预印本arXiv:2506.08872（2025）。doi:10.48550/ arXiv:2506.08872

[36] Bill Kules. 2005. 利用搜索工具支持创造力。《创造力支持工具》50（2005），53–64。[37] Dawei Lang. 2025. wordcloud2：通过 htmlWidget 创建词云。https://github.com/lchiffon/wordcloud2 R软件包版本 0.2.2，提交版本 8a12a3b63c975c9d193832ee1a27489cf9ed689f。[38] Yizhi Li, Ruibin Yuan, Ge Zhang, Yinghao Ma, Xingran Chen, Hanzhi Yin, Cheng- hao Xiao, Chenghua Lin, Anton Ragni, Emmanouil Benetos 等。2023. Mert：采用大规模自监督训练的声学音乐理解模型。arXiv预印本 arXiv: *2306 00107* 2023 10 48550 2306 00107 。2021 [39] （）。doi: 。/arXiv. 。Hugo B Lima, Carlos GR Dos Santos, and Bianchi S Meiguins. 。音乐可视化技术综述。《ACM计算综述》（CSUR）54，7（2021），1–29。doi:10.1145/3461835[40] Omar Lopez-Rincon and Oleg Starostenko. 2019. 基于可调指标球面投影的音乐可视化。IEEE Access 7（2019），140344–140354。doi:10.1109/ACCESS.2019.2944083[41] Psyche Loui, Corinna Parrish, Xiaotong Wu, Jethro Lee, and Elizabeth Hellmuth Margulis. 2024. 序列生成与评估：一种音乐创造力的新型评估方法。《创造力研究期刊》（2024），1–15。doi:10.1080/10400419.2024.2425494[42] Ryan Louie, Andy Coenen, Cheng Zhi Huang, Michael Terry, and Carrie J Cai. 2020. 通过面向深度生成模型的人工智能引导工具，实现新手与人工智能协同创作音乐。载于《2020年CHI计算机系统中的人为因素会议论文集》。1 13 10 1145 3313831 3376739 – 。doi: 。/ 。Ryan Louie, Jesse Engel, and [43] Cheng-Zhi Anna Huang. 2022. 表达性沟通：评估生成模型和音乐创作引导界面的发展。载于《第27届国际智能用户界面会议论文集》。405–417。doi:10.1145/3490099.3511159[44] Matthew C McCallum, Filip Korzeniowski, Sergio Oramas, Fabien Gouyon, and Andreas F Ehmann. 2022. 用于音乐理解的音频表征监督式与无监督式学习。arXiv预印本 arXiv:2210.03799（2022）。doi:10.48550/arXiv.2210.03799[45] Brian McFee, Colin Raffel, Dawen Liang, Daniel PW Ellis, Matt McVicar, Eric Battenberg, and Oriol Nieto. 2015. librosa：用于 Python 的音频与音乐信号分析。SciPy 2015 2015 18 24 10 5281 15006942 （），– 。doi: 。/zenodo。[46] Matthias Miller, Alexandra Bonnici, and Mennatallah El-Assady. 2019. 为乐谱增添谐波指纹。载于《ACM文档工程研讨会论文集》*2019* 1 10 10 1145 3342558 3345395 。– 。doi: 。/ 。2014 [47] Daniel Müllensiefen, Bruno Gingras, Jason Musil, and Lauren Stewart. 。非音乐家的音乐性：评估普通人群音乐素养的指标。《PLOS ONE》9, 2 2014 89642 10 1371 0089642 （），e 。2000 [48] doi: 。/journal.pone。Brad Myers, Scott E Hudson, and Randy Pausch. 。用户界面软件工具的过去、现在与未来。《ACM计算机与人类交互汇刊》（TOCHI）7, 1 2000 3 28 10 1145 344949 344959 （），– 。doi: 。/ 。Chris Nash. 。音乐记谱法的认知维度。载于《记谱与表征技术国际会议论文集》（TENOR）。2015 [49] https://uwe-repository.worktribe.com/output/834132 [50] Jay A Olson, Johnny Nahas, Denis Chmoulevitch, Simon J Cropper, and Margaret E Webb. 2021. 为无关词语命名可以预测创造力。《美国国家科学院院刊》118，25（2021），e2022340118。doi:10.1073/pnas. 2022340118[51] Jeroen Ooms. 2014. jsonlite软件包：JSON与R对象之间实用且一致的映射。arXiv:1403.*2805 [*stat.CO*]*（2014）。https: //arxiv.org/abs/1403 2805 。Carlos Palombini. 。重访具体音乐。《电子音乐学评论》4（1999）。[53] Maria Panteli, Bruno Rocha, Niels Bogaards, and Aline Honingh. 2017. 电子舞曲中的节奏与音色相似性模型。《Musicae Scientiae》21，3 2017 338 361 10 1177 （），– 。doi: 。/ [54] António Ramires, Frederic Font, Dmitry Bogdanov, Jordan BL Smith, Yi-Hsuan Yang, Joann Ching, Bo-Yu Chen, Yueh-Kao Wu, Hsu Wei-Han, and Xavier Serra. 2020. Freesound 循环片段数据集与标注工具。arXiv预印本 arXiv: *2008 11507* 2020 10 48550 2008 11507 。 （）。doi: 。/arXiv. 。Simeon [55] Rau, Frank Heyen, Benedikt Brachtel, and Michael Sedlmair. 2025. MAICO：一项关于人工智能辅助音乐创作的可视化设计研究。（2025），1–16。doi:10.1109/TVCG.2025.3539779[56] Christian Remy, Lindsay MacDonald Vermeulen, Jonas Frich, Michael Mose Biskjaer, and Peter Dalsgaard. 2020. 评估人机交互研究中的创造力支持工具。载于《2020年ACM交互系统设计会议论文集》。457–476。doi:10.1145/3357236.3395474[57] Bruno Rocha, Niels Bogaards, and Aline Honingh. 2013. 电子舞曲中的分段与音色、节奏相似性。（2013）。https://eprints.illc.uva.nl/id/eprint/482/1/PP-2013-10.text.pdf [58] Ben Rogerson. 2025. 2025年最佳数字音频工作站：适用于个人电脑和 Mac 的最佳数字音频工作站。https://www.musicradar.com/news/the-best-daws-the-best-music-production-software-for-pc-and-mac [59] Ben Shneiderman. 2008. 创造力支持工具：人机交互研究人员面临的一项重大挑战。载于《用户界面工程：从研究到实践》。Springer，1–9。doi:10.1007/978-1-84800-136-7_1

[60] Ben Shneiderman, Gerhard Fischer, Mary Czerwinski, Mitch Resnick, Brad Myers, Linda Candy, Ernest Edmonds, Mike Eisenberg, Elisa Giaccardi, Tom Hewett 等。2006. 创造力支持工具：美国国家科学基金会资助研讨会报告。《国际人机交互杂志》20, 2（ 2006 61 77 10 1207 15327590 2002_1 ），–。doi: 。/s ijhc Paul T So [61] wden, Andrew Pringle, and Liane Gabora. 2019. 创造性思维的流变：与双加工理论的联系。载于《问题解决中的洞察与创造力》。Routledge, 40 60 10 1080 13546783 2014 885464 –。doi: 。/ 。Sara [62] Steegen, Francis Tuerlinckx, Andrew Gelman, and Wolf Vanpaemel. 2016. 通过多宇宙分析提高透明度。《心理科学展望》 11, 5 2016 702 712 10 1177 1745691616658637 （），–。doi: 。/ The [63] 2024 Eternal Jukebox. 。The Eternal Jukebox。https://eternalboxmirror.xyz/jukebox_ index.html [64] E Paul Torrance. 1968. 用于评估创造能力的测试任务示例及其依据。《创造性行为杂志》（1968）。doi:10.1002/j.2162- 6057.1968.tb00099.x[65] Godfried Toussaint. 2004. 音乐节奏的几何学。载于《日本离散与计算几何会议》。Springer，198–212。https: //cgm.cs.mcgill.ca/-godfried/publications/geometry-of-rhythm.pdf [66] Edward R Tufte. 1991. 信息可视化构想。《验光与视觉科学》 68, 4 1991 322 324 10 1017 0269888900005713 （），–。doi: 。/S Kevin Ushey, JJ [67] 2025 Allaire, and Yuan Tang. 。reticulate：Python接口。 https://rstudio.github.io/reticulate/ R软件包版本 1.43.0。[68] Kanthida van Welzen, Fredrik Ullén, and Örjan de Manzano. 2024. 发散思维与专业水平有关吗？介绍一种音乐创造性构思的新型测试。《美学、创造力与艺术心理学》（ 2024 10 1037 0000715 ）。doi: 。/ [69] 2002 aca Martin Wattenberg. 。弧形图：可视化字符串结构。载于《IEEE信息可视化研讨会，2002。INFOVIS 2002》。IEEE，110–116。doi:10.1109/INFVIS.2002.1173155[70] Hadley Wickham. 2016. ggplot2：优雅的数据分析图形。Springer-Verlag New York。https://ggplot2.tidyverse.org[71]Hadley Wickham, Mara Averick, Jennifer Bryan, Winston Chang, Lucy D'Agostino McGowan, Romain François, Garrett Grolemund, Alex Hayes, Lionel Henry, Jim Hester, Max Kuhn, Thomas Lin Pedersen, Evan Miller, Stephan Milton Bache, Kirill Müller, Jeroen Ooms, David Robinson, Dana Paige Seidel, Vitalie Spinu, Kohske Takahashi, Davis Vaughan, Claus Wilke, Kara Woo, and Hiroaki Yutani. 2019. 欢迎使用 tidyverse。《开放源代码软件杂志》 4, 43 2019 1686 10 21105 01686 （），。doi: 。/joss。Owen Wright. 。 [72] 1995 kit¯ab al-Adw¯ar 的初步版本。《亚非学院学报》58，3（1995），455–478。[73] Yusong Wu, Ke Chen, Tianyu Zhang, Yuchen Hui, Taylor Berg-Kirkpatrick, and Shlomo Dubnov. 2023. 通过特征融合和关键词到字幕增强进行大规模对比式语言-音频预训练。载于《ICASSP 2023—2023年IEEE国际声学、语音与信号处理会议（ICASSP）》。IEEE，1–5。doi:10.48550/arXiv.2211.06687[74] Yijun Zhou, Yuki Koyama, Masataka Goto, and Takeo Igarashi. 2021. 生成式旋律创作中的交互式探索-利用平衡。载于《第26届国际智能用户界面会议论文集》（美国纽约州纽约市，2021-04-14）（IUI '21）。美国计算机协会，43–47。doi:10.1145/3397481.3450663[75] Caroline Ziemkiewicz and Robert Kosara. 2008. 视觉隐喻对信息的塑造。IEEE《可视化与计算机图形学汇刊》14，6（2008），1269–1276。doi:10.1109/TVCG.2008.171

音乐术语表

我们在此提供一份音乐术语表，请注意，大多数与电子舞曲相关的术语来自 Butler [14]。

• 节拍：亦称“基本拍”。节拍是音乐中基本、稳定、反复出现的时间单位。• MIDI：全称为“乐器数字接口”。它是软件和硬件设备之间相互发送信息所使用的标准协议，例如音符信息和参数控制。当你将键盘接入笔记本电脑，以便在数字音频工作站中演奏声音时，它很可能是通过 MIDI 工作的。

• 拍号：拍号描述一个小节（也称为“bar”）包含多少拍，以及这些拍通常如何划分。换句话说，拍号是将拍组织成重复出现的强弱重音模式，从而构成小节。它告诉你各拍如何分组。拍号用以下符号表示拍号。有单拍子、复拍子和复杂拍子。

• 音色补丁：一组设置的组合，保存为文件，可加载到设备中（如合成器或效果器）。与预设类似。

• 预设：与音色补丁类似，预设通常随合成器提供，是一组可加载的设置，用于调用某种特定的合成器声音。• 采样：用作音轨中声音的一段音频。采样可以是底鼓、军鼓、鼓循环、音效、旋律线、另一整首歌曲的片段等。

• 采样包：一个可供下载的文件夹，其中收集了各种采样。通常包含许多不同类型的采样。

• 分轨：从完成的音轨中分别导出的音频轨道，通常用于混音改编。

• 合成器（Synth）：一种通过振荡器和一系列处理过程来生成声音的电子乐器。• 录音遍次：一次单独的音频录制。通常会录制多遍，以获得满意的录音。• 速度：一段音乐的快慢，表示节拍进行的速度。通常以“每分钟拍数”（BPM）衡量。• 音色：也称为“音质”或“音色色彩”。简单来说，即使乐器演奏或人声演唱的是同一个音符，音色也能使不同的乐器或人声听起来各不相同。

• 拍号：拍号用来表示拍号。

• 音符：音符是音乐记谱法中的一种符号，代表特定的音乐声音，并标示其音高和时值。例如四分音符（♩）和全音符（𝅝）。

B 数字音频工作站截图



图14：Ableton Live 12 工具的截图，取自 https://www.ableton.com/en/live/。请注意，浏览器位于左侧。



图 15：Apple Logic Pro 截图，取自 https://support.apple.com/guide/logicpro/welcome/mac。请注意，循环浏览器 当前处于折叠状态，但可通过界面左上角的按钮切换显示。

C 用户研究

C.1 调查问题

在用户研究的任务前调查中，向参与者提出了以下问题：

(1) 过去 ___ 年来，我每天定期练习乐器（或唱歌）。(2) 在我兴趣最高涨时，我每天练习主要乐器（包括唱歌）___ 小时。(3) 我接受过 ___ 年音乐理论训练。(4) 我接受过 ___ 年乐器（或唱歌）正规训练。(5) 我会演奏 ___ 种乐器。(6) 我最擅长的乐器是 ___。(7) 我使用**数字音频工作站** (DAW)的经验水平是___。(8) 写出 10 个词，每个词的含义和联想尽可能不同。词语之间越不相关越好。请遵循以下规则：1) 仅限英文**单词**，2) 仅限**名词**（例如事物、物体、概念），3) **不得使用专有名词**（例如具体的人或地点），4) **不得使用专业词汇**（例如技术术语），5) **自行想出**这些词（例如，不要只是看看周围的物品），6) 尽量不要过度思考——想到什么就写什么。

在用户研究的任务后调查中，我们请参与者使用七点李克特量表（1 = 非常不同意，7 = 非常同意）对以下陈述的认同程度进行评分。

(1) 使用 LoopLens，我能够收到各种各样的建议，而这些建议是我独自创作时不会想到的。(2) 我觉得自己付出的努力换来的成果是值得的。(3) 在创作过程中，我曾一度感到“卡住了”或“陷入了困境”。(4) 使用 LoopLens 进行这项活动时，我能够充分表达自我并发挥创造力。(5) 使用 LoopLens，我可以轻松探索许多不同的选项、想法、设计和结果。

(6) “查找相似项”功能提供了各种各样有用的建议。(7) 径向波形视图帮助我理解音乐循环片段的节奏特征。(8) 当记谱法中的不同方面含义相似时，它们在呈现方式上的相似性一目了然。

C.2 访谈问题

以下是实验环节结束后进行的 15 分钟半结构化访谈所用的问题：

- 您能谈谈使用 LoopLens 的总体感受吗？
- 您在第一个和第二个任务中使用了哪些搜索策略？
- 您觉得哪些功能对您采用的搜索策略有帮助，哪些没有帮助？
- 你觉得径向波形视图有用吗？如果有，是在哪些方面？如果没有，为什么？
- 你觉得“查找相似项”按钮有用吗？如果有，是在哪些方面？如果没有，为什么？
- 你觉得哪项任务更有创意？为什么？
- 你觉得哪项任务更困难或更具挑战性？具体难在哪里？