

虚拟演出元宇宙音乐嘉年华的互动传播研究

李雪晨, 黄传武

北京邮电大学数字媒体与设计艺术学院, 北京

收稿日期: 2024年1月20日; 录用日期: 2024年2月23日; 发布日期: 2024年2月29日

摘要

元宇宙音乐嘉年华代表了音乐、科技和虚拟现实等领域的深度融合, 为数字文化创新发展开辟了崭新的方向。本文以元宇宙音乐嘉年华参与者为研究对象, 基于兰德尔·柯林斯的互动仪式链理论, 从群体聚集、排斥外部参与者、关注焦点共同体和情感共享四个方面系统地探讨了元宇宙音乐嘉年华的互动仪式要素。通过深入研究元宇宙音乐嘉年华的互动仪式过程, 我们得以揭示其中蕴含的社交互动、虚拟体验和音乐传播之间错综复杂的关系。然而, 作为一种新兴演出模式, 元宇宙音乐嘉年华仍存在一些问题, 例如反馈机制不完善、应援氛围缺失等, 这些问题值得我们深入反思。

关键词

互动仪式链, 元宇宙音乐嘉年华, 互动传播

Study on Interactive Communication of Virtual Performance Meta-Cosmic Music Carnival

Xuechen Li, Chuanwu Huang

School of Digital Media & Design Arts, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing

Received: Jan. 20th, 2024; accepted: Feb. 23rd, 2024; published: Feb. 29th, 2024

Abstract

The Meta universe music carnival represents the deep integration of music, technology, virtual reality and other fields, opening up a new direction for the innovative development of digital culture. Based on the interactive ritual chain theory of Randall Collins, this paper systematically discusses the interactive ritual elements of the meta-cosmic music carnival from four aspects: Group gathering, exclusion of external participants, focus community and emotional sharing. Through in-depth

study of the interactive ritual process of the meta-cosmic music carnival, we can reveal the intricate relationship between social interaction, virtual experience and music transmission. However, as a new performance mode, meta-universe music carnival still has some problems, such as imperfect feedback mechanism, lack of support atmosphere, etc. These problems are worthy of deep reflection.

Keywords

Interactive Ritual Chain, Meta-Cosmic Music Carnival, Interactive Communication

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自 2019 年新冠疫情开始, 许多线下演出受到重创, 根据中国演出行业协会的数据, 2020 年 3 月, 仅仅一个月因为演出停摆导致的票房损失就达到了 10 亿元。因此许多演出行业积极寻求新的发展机遇, 将目光投向直播线上演出。相比于传统的线下演出, 线上演出在 5G、人工智能、虚拟现实等技术的支持下, 进一步催化了虚拟现实相关产业的发展, 通过技术的高可用特性能够在同一场演出中容纳更多观众同时在线。且低时延也能保证直播的实时运行, 降低时间成本, 从而达到更真实的交互效果。元宇宙音乐嘉年华是一个综合演唱会、游乐场等多种娱乐项目的线上虚拟演出集合, 充分展现了其在虚拟世界中的多样性和创新性。这一音乐盛事既包括了传统的唱歌、跳舞等基础文化艺术演出形式, 同时也引入了游戏、社交等丰富多彩的公众娱乐互动模式。这种形式的演出可以突破地理和时间限制, 使观众能够在全球范围内参与, 并为创作者提供了新的艺术和娱乐机会。

2. 元宇宙音乐嘉年华互动仪式要素分析

在《互动仪式链》中, 柯林斯提出互动仪式链模型, 并将互动仪式的启动因素分为群体聚集、排斥局外人的屏障、相同关注焦点、共享的情感状态四部分。在互动仪式中, 互动仪式链的四大要素共同构成了一种深度互动和社交体验的框架, 其中柯林斯格外强调关注焦点的关键性。这些要素相互交织, 互相产生反馈作用。共同推动了社交媒体、虚拟空间等环境中的互动体验的发展和创新。本章基于互动仪式链四大要素理论, 深入研究了元宇宙音乐嘉年华在互动仪式方面的构建过程以及仪式启动环节。

2.1. 身份界限: 趣缘群体聚集

在音乐嘉年华的受众中, 存在着两方面的限制, 即粉丝身份的限制和虚拟资产的限制。首先, 粉丝作为一种趣缘群体, 在明星效应下聚集在一起, 他们保证了一种纯粹的粉丝文化。这种纯粹性体现在他们对于明星效应的崇拜和热爱, 形成了一种独特的趣缘共鸣。粉丝会根据官方宣传自发组织观看或宣传活动, 形成了以粉丝团为核心向周围辐射的宣传网络。这种组织性的粉丝身份不仅构建了参与者之间的紧密联系, 也为音乐嘉年华注入了更为激烈和热烈的氛围。其次在虚拟资产的限制方面, 元宇宙音乐嘉年华依赖于各类专业设备和个人账号。以《千禧之境》为例, 观众必须佩戴 PICO 的 VR 全套设备才能参与演出并进行互动。而在腾讯推出的 TMELAND 音乐嘉年华中, 拥有 QQ 音乐账号成为准入的必要条件。这种虚拟资产的要求不仅是为了确保参与者能够充分融入虚拟体验, 更是为了保持音乐嘉年华的独特性。

这种限制不仅仅是技术上的要求, 更是一种参与者对于音乐嘉年华特殊性的认同, 构筑了一个独一无二的音乐盛宴空间。

2.2. 身体共在: 虚拟身份认同

在互动仪式的前提中, 需要两个即两个以上的人聚集在同一场所, 但是随着直播技术的发展以及 5G 的普及, 让观众逐渐能在同一时间、不同空间进行交流[1]。柯林斯认为仪式的本质是身体经历的过程。远程的视听体验让人们之间的时空界限逐渐模糊, 比如在 TMELAND 中, 受众就可以通过舞蹈、打招呼、弹幕等实现与他们的互动交流, 除此之外, 对于明星粉丝而言, 标志性的动作以及应援所需的物品、口号等都作为团结性的符号, 让观众有归属感, 并进一步推动仪式达到高潮。这种虚拟在场形式的引入带来了一场数字时代的全新体验, 通过技术让受众以虚拟身份入场, 让受众在虚拟空间中的实体存在感。这种现象不仅使人们能够在虚拟环境中感受到身临其境的沉浸式体验, 还赋予了虚拟互动直接性、交互性、沉浸性的特征[2]。受众在元宇宙音乐嘉年华中获得的认知、情感和经验也在同等程度上回归到现实世界, 形成了一种双向的交互关系。这样的身体在场不仅仅是简单的数字呈现, 而是将受众的真实体验与数字世界紧密融合, 使得身体的在场感成为互动体验的核心要素。

2.3. 群体聚焦: 共同符号关注

在元宇宙嘉年华这一虚拟体验的背景下, 粉丝群体作为主要受众的一部分, 应援活动成为了粉丝符号的代表。以五月天的线上演唱会为例, 推出了云端互动版 LED 2.0 荧光棒, 通过连接手机端 App 进行云端互动[3]。这一创新设计让粉丝在线上观看演唱会的同时, 可以通过荧光棒展示与演唱会同步的效果, 实现了线上和线下的巧妙互动。这种云端互动版 LED 2.0 荧光棒不仅仅是一种视觉效果, 更是一种虚拟体验的延伸, 通过技术手段将参与者融入到整个演出仪式的氛围之中。这种技术创新不仅提供了视觉上的愉悦, 更深度地融入了参与者的体验, 使他们能够更加身临其境地参与到音乐嘉年华的虚拟氛围中。这个虚拟体验的延伸通过云端互动的手段, 使粉丝们在线观看演唱会的同时能够创造出一种与现实世界同样深刻的仪式感。这样的创新设计不仅拓展了粉丝的参与维度, 同时也为元宇宙嘉年华注入了更为丰富和深刻的互动体验。

2.4. 情感体验: 狂欢情绪共享

在元宇宙音乐嘉年华中, 歌手通过表演不仅传递音乐, 更是将自己的情感投射到观众中, 激发了粉丝对于音乐的共鸣。观众在音乐的引导下聚焦于表演的核心, 共同沉浸于对偶像的独特崇拜之情。同时, 在演出中, 粉丝共同的特殊应援符号也能让互动的主体们明白彼此的共同目标、行为和情感, 这种共鸣会进一步扩大, 超越了狭义的互动, 而是构建了一种共同体验的意识。在这个意识中, 个体的情感逐渐融入到集体的情感之中, 形成一种深层次的群体认同感。这种群体认同感不仅仅局限于现实的场景, 还可以在虚拟空间中得到延伸, 构建起一个更为广泛、丰富的社交网络。这种深层次的群体认同感不仅加深了个体与集体之间的纽带, 也为虚拟空间中的社交互动提供了更为丰富和有意义的体验。在这个共同体验的意识中, 人们不再是孤立的个体, 而是共同构建着一个情感丰富、紧密相连的社交网络, 使得互动变得更加深刻而有意义。

3. 元宇宙音乐嘉年华互动仪式过程

在互动仪式链理论中, 柯林斯强调情感在互动仪式中的重要性, 将其视为仪式的核心组成要素和结果。他强调互动仪式的核心机制是高度的相互关注和情感连带[4]。在这一理念中, 积极的情感能量被赋予最大的价值, 因为它不仅能够产生新的焦点, 还能激发出更多丰富的情绪。正是这种情感的

传递和共鸣, 推动了仪式的深度参与。由此可见, 情感不仅仅是参与者内在体验的显性表达, 更是推动整个仪式链发展的强大引擎。在音乐嘉年华的演出现场和社交媒体的互动中, 积极情感能量在虚拟空间中得以充分扩散, 形成了一个强大而有机的情感传播网络。这种互动并非仅限于信息的单向传递, 更是一场共创的社群体验, 为元宇宙音乐嘉年华注入了更为深刻、丰富的参与度和情感交流。同时, 元宇宙音乐嘉年华中的情感能量也不是一成不变的, 正如图 1 所示, 元宇宙音乐嘉年华的仪式链互动过程中, 情感能量的注入随时间而变化, 在仪式开始时, 能量连接弱, 因此受众之间的互动较少, 而随着时间的递进, 在互动仪式因素的加持下, 会将互动过仪式推向高潮, 受众的互动行为会成聚集模式, 因此能够得到情感的满足。最后, 随着表演的结束, 受众在这一仪式过程中的情感能量也会相应减弱, 最后归于平淡。这就是元宇宙音乐嘉年华互动仪式的情感能量变化。

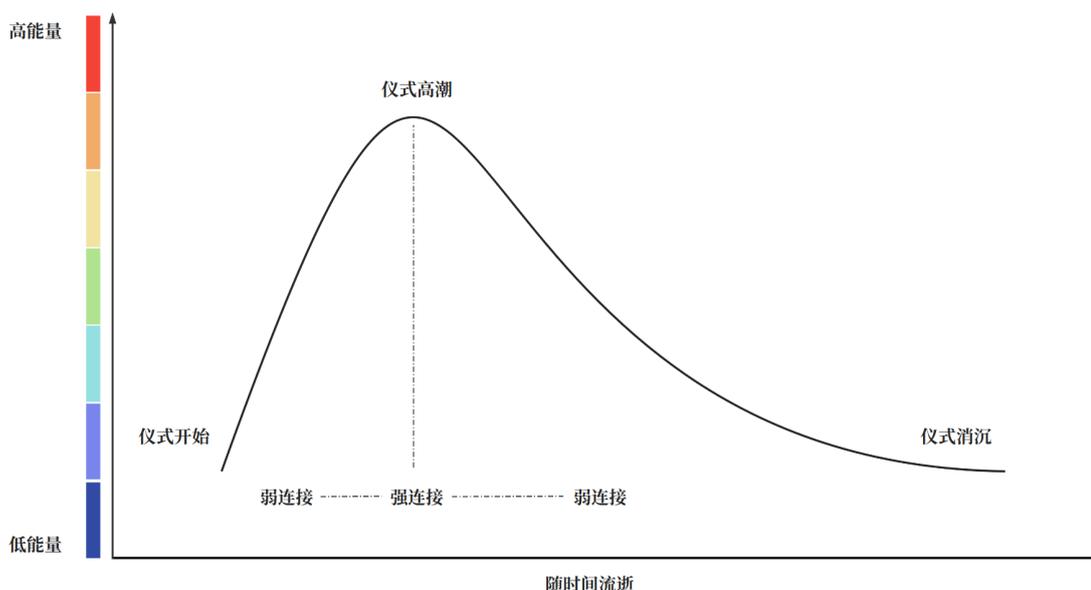


Figure 1. Meta universe music carnival interactive ritual process
图 1. 元宇宙音乐嘉年华互动仪式过程图

3.1. 情感能量链接：破圈行为与粉丝群体的扩大

柯林斯的理论为我们揭示了积极情感互动在互动仪式中的关键作用。元宇宙音乐嘉年华这场音乐盛宴不仅是音符与旋律的碰撞, 更是情感与互动的奇妙交织, 能够为参与者带来了一场持续兴奋的情感体验。在演出的过程中, 来自不同背景的观众身份的边界在互动中不断被打破, 然后重新组合, 逐渐形成了共同关注的焦点, 并积极地堆积情感能量, 将演出的氛围推向了高潮。这种情感互动的力量不仅让参与者沉浸在音乐的美妙中, 更在共享的情感体验中构建了一座桥梁, 将不同身份的观众联结在一起, 共同创造了一场充满热情和共鸣的音乐盛宴。在这个互动的过程中, 明星与他们的受众群体按照一种仪式感, 共同创造了真实而深刻的演唱会文化体验。这种互动不仅仅是一场演出, 更是一场情感的盛宴, 通过仪式要素的引导, 双方共同建构起了具有象征意义的演出符号[5]。这样的演出互动不仅仅是单向的, 而是一种相互补给的过程。明星通过演出向粉丝传递情感能量, 而粉丝也通过积极参与和回应, 将这种情感能量进行了扩散和回馈。这种共同建构的演出文化体验使得粉丝不仅仅是观众, 更是情感体验的共同创作者, 从而达到了共情共感的境地。这种积极的情感体验不仅在演出结束后留存, 而且会在互动的过程中不断地得到积淀和强化, 为粉丝与明星之间的情感联系注入了更为持久的力量。

3.2. 情感能量爆发：情感游离到集体兴奋的高潮

元宇宙虚拟世界的独特之处在于它汇聚了来自世界各地的用户，这些用户在这个虚拟空间中相互交流，与在线演唱会的歌手和直播间的观众展开深刻互动，形成了一种共同的情感连带和共鸣。柯林斯认为积极的情感互动是互动仪式的关键引擎。这种互动不仅仅是促使各方参与者之间建立更为深刻情感联系的催化剂，更是一场独特的情感之旅。这种联系不断地在整个互动过程中升温，形成了一条仪式链递增的情感趋势。这递增的情感趋势创造了一场更为丰富而有深度的情感体验。他们通过各种方式表达个人的兴奋情绪，从尖叫、哭泣到互动行为，如拥抱和与他人交流，都是他们对积极情感能量的集体兴奋和群体团结的表达方式。在元宇宙音乐嘉年华的虚拟空间中，用户通过网络积极传递和共鸣，实现了跨越地域的精神会聚。除了表演本身的动态，用户在社交网络上通过发送公式化的弹幕、欢呼和集体应援，共同建立了一种群体团结的感觉[6]。这种共同体验的欢愉氛围使得仪式不再只是表面的参与，而是一次深刻的情感沉浸。在这个音乐互动仪式中，情感共鸣与互动已经不再是孤立的元素，而是相互交织、相辅相成的关系。柯林斯的理论在元宇宙音乐嘉年华中得到了实际的体现，为未来虚拟娱乐活动提供了宝贵的经验借鉴。这场音乐互动仪式不仅仅是音乐的传达，更是情感的交流，为每一位参与者创造了一场共鸣的音乐盛宴，跨越了虚拟空间的界限，让全球的音乐爱好者在这个虚拟的舞台上共同畅游。

3.3. 情感能量流动：圈层连接与情感能量的消失

元宇宙音乐嘉年华的核心是表演，其演出场面成为观众将积极情感注入的主要舞台。这种积极的情感能量不仅仅创造焦点，更在而社交媒体上完成情感能量传播与延伸，并引发了更为多样和深刻的情感表达。观众不再是被动的观赏者，而是活跃的情感共鸣者，个体之间的情感共振不再仅限于简单的信息传递，而是演变为一种真实而深刻的社群联结和共同体验。这不仅仅是观众在音乐嘉年华中的个体体验，更是一种共同创造的社交互动，将参与者们牢牢地凝聚在一起。然而，这个共同体的活力也是动态变化的。即便观众在一开始对于互动的期望充满激情，但社交疲劳、演出内容的反复、或者是个体情感状态的变迁，都有可能导导致情感的逐渐淡化。在这种情况下，观众可能开始寻找新的刺激和能量。他们或许会主动探索其他音乐流派，或者期待更多创新的虚拟互动体验，以满足他们对于情感体验的不断变化的需求。在这样的情境下，观众往往会寻求新的情感聚焦点，希望在其他音乐或虚拟体验中找到新的能量源。他们可能会进入一段短暂的等待状态，期待下一场激动人心的演出，或者是一种更为吸引人的虚拟互动体验。这种情感的变迁和对新体验的追求，展现了观众对于情感体验的动态需求，为元宇宙音乐嘉年华及类似虚拟娱乐活动提供了不断优化和创新的机遇。

4. 元宇宙音乐嘉年华互动仪式结果

4.1. 粉丝社群：群体符号认同

在元宇宙音乐嘉年华中，众多观众在线上表演的初期常常感受到一种空间上的隔离，难以真正融入演出的氛围中，一直徘徊于一种游离状态[7]。然而，这种虚拟空间中特定符号的敏感性却显得至关重要。以周杰伦线上演唱会为例，《稻香》这首歌成为一种强有力的符号，具备唤起受众早年追星情感共鸣的能力。在元宇宙音乐会中，观众不仅能够通过这些符号进行交流互动，还能共同参与现场的应援活动。这些符号不仅仅是演出的一部分，更是一种强大的情感传递工具，使得粉丝与明星之间的情感能够更为深刻地传达和共鸣。同时，这些符号也在促进粉丝群体的团结上发挥着关键作用，为后续在社交媒体上的宣传与扩大明星影响力方面做出了巨大贡献。在这个互动的元宇宙空间里，符号不仅是观众的参与方式，更是连接粉丝群体、明星与音乐之间情感纽带的桥梁，为数字时代的音乐体验注入了全新的维度。

4.2. 受众感知：情感能量聚集

在互动仪式链中，强连接的作用在元宇宙音乐嘉年华中显得更加显著。在演出活动中，粉丝群体通过共享相同的社会特点、信任关系、高频互动以及紧密的情感联系，构建了一个坚固的强连接网络。这种强连接不仅在个体层面上加深了参与者之间的亲密度，同时也为整个音乐嘉年华的社交框架注入了更为深刻而持久的活力。因此，强连接的形成不仅仅是个体之间情感联系的体现，更是整个音乐嘉年华社交体验的核心[8]。这种强连接网络推动着活动的不断发展和繁荣，为参与者创造了更加丰富和有趣的体验。每个参与者都感受到自己更加紧密地融入了共同体，而整个音乐嘉年华的氛围也因为这些强连接而变得更加浓厚。这种社交情感的深度交流使得活动更具吸引力，赋予了它持续的活力和吸引力，使得元宇宙音乐嘉年华成为一个不可错过的社交体验。

4.3. 虚拟在场：自我身份认同

当受众作为粉丝融入演出时，他们通过在元宇宙世界中的评论和控评、参与演出环节的统一运营等活动，以及在社交媒体上向非粉丝群体推荐明星或为心仪的明星进行投票等方式，持续地进行这些行为，从而不断巩固和表达自身的身份认同。粉丝们通过积极参与元宇宙中的互动活动，如评论和控评，以及在演出过程中协同运营，体现了他们对于共同利益和共鸣点的关注。此外，在社交媒体上的行为，如向非粉丝推荐喜爱的明星或为其进行打榜，成为了表达对明星的喜爱和支持的有效手段。这些行为不仅加强了粉丝群体内部的凝聚力，也为每个个体在社会网络中不断建构和强化自身的身份认同提供了有力支持。这样的互动过程使得元宇宙音乐嘉年华成为一个深度个人参与和群体认同的独特场所。

4.4. 界限维护：群体道德强烈

在以往的线下演唱会或比赛中，曾有过大规模的争执、互殴以及辱骂等事件。类似的行为在元宇宙音乐嘉年华中也同样存在，其中一些人试图破坏演出氛围，例如在弹幕中辱骂明星或粉丝，或在社交媒体上发表不当言论，甚至可能有一些私生饭试图影响正常的演出交流活动。然而，这些事件往往反而在短时间内促使粉丝群体更加紧密地团结在一起，形成强烈的一致对外姿态。受众群体通常能够迅速组建相关的应对方案，例如通过刷屏口号或进行还击等积极行为。这种迅速而有力的响应展现了粉丝群体的凝聚力和团结力，使得他们能够迅速应对外部的挑战，保护他们喜爱的明星以及音乐嘉年华的积极氛围。这种集体行动不仅是对个别不当行为的回应，更是粉丝群体在元宇宙音乐嘉年华中构建积极社交体验的一部分。

5. 元宇宙音乐嘉年华发展困境与展望

元宇宙音乐嘉年华深刻展现了艺术表演中情感与个体体验的紧密关系，然而当前仍存在一些挑战，其中互动形式相对匮乏，具身效果受到一定的约束。反馈机制方面也存在问题，包括录播现象频发和反馈机制不够完善的情况。此外，技术方面的限制也是目前需要克服的一个难题，主要表现在技术差异导致的卡顿现象，以及音质和画面效果方面的不足。因此，针对这些现存问题，我们迫切需要寻找相应的解决方案。

5.1. 互动效果：满足受众个性化需求

尽管元宇宙音乐嘉年华在情感和个体体验方面取得了显著进展，但互动并非仅仅是一种群体行为，更是个体与音乐之间情感共振的表达[9]。除此之外，集体体验也是元宇宙音乐嘉年华的重要组成部分，但也必须理解互动的复杂性，以及不同个体之间的差异。在互动过程中仍需注意到一些受众对于互动的负面态度。观众受到个体性格差异的影响，所产生的社交恐惧性格和对于社交互动无意义的观念，使得

一部分人选择保持观望态度。在互动设计中,应当以尊重个体选择的原则为基础,提供多样性的互动形式,以满足不同观众的期望。在互动设计中,需要以尊重每个个体选择的原则,提供丰富多样的互动形式,以便更好地满足不同观众的期望,确保他们在音乐嘉年华中能够找到最合适和舒适的参与方式。这种差异性的考量将有助于进一步提升音乐嘉年华的包容性和个性化体验。

5.2. 议程设置: 把握文化舆论动向

粉丝内讧或偶像失格等负面因素对互动产生的不良影响表明,在音乐嘉年华的策划中,需要加强公共关系管理,维护明星形象的同时确保粉丝社群能够积极向上发展。这有助于创造一个更加健康、积极的互动环境,避免一些负面事件对整体互动体验产生副作用。面对粉丝内部的矛盾和偶像可能面临的负面事件,有效的公共关系管理显得至关重要。通过加强明星形象的塑造,以及对粉丝社群的引导,可以更好地维持整体互动氛围的积极向上。这种做法有助于确保音乐嘉年华成为一个和谐互动的平台,防范负面事件对互动体验产生的不良影响。综合而言,注重公共关系管理是音乐嘉年华成功策划的重要组成部分,为其健康发展提供了必要的保障。

5.3. 技术升级: 加快虚拟技术迭代

在元宇宙虚拟世界中,传播环境的核心在于虚拟场景的巧妙搭建。通过融合虚拟和现实的直播技术,演艺行业不仅得以扩展发展空间,还为观众提供了更具参与感的演出观赏方式[10]。在这个背景下,互动仪式链理论被引入,强调了情境对于互动体验的关键作用。元宇宙音乐嘉年华则将这一理念提升到了一个全新的层次。通过将互动和社交行为融入虚拟世界,人们可以在更加丰富、创新的环境中参与音乐嘉年华,打破了传统社交活动的种种限制。然而,尽管元宇宙音乐嘉年华为观众提供了前所未有的虚拟体验,目前的虚拟技术仍处于发展阶段,无法完全满足受众的全感官体验。因此,必须加强虚拟技术的研发和迭代,以进一步提升元宇宙音乐嘉年华的发展水平。通过不断改进虚拟技术,我们可以更好地满足观众对于真实感、沉浸感和参与感的追求,推动元宇宙音乐嘉年华朝着更为引人入胜和高度互动的方向不断前进。

元宇宙音乐嘉年华通过强调虚拟互动和情境创造,这一新兴技术为虚拟文娱产业带来了独特的竞争优势,同时也引领着娱乐形式的创新和发展。随着人工智能在创意产业的渗透不断加深,我们可以期待在未来看到更加引人入胜、富有想象力的元宇宙音乐嘉年华。

参考文献

- [1] 贾梦雨. 融媒体时代网络直播技术的发展[J]. 中国传媒科技, 2020(12): 125-127.
- [2] 潘曙雅, 张煜祺. 虚拟在场: 网络粉丝社群的互动仪式链[J]. 国际新闻界, 2014, 36(9): 35-46.
- [3] 陈茜. 周杰伦&五月天 腾讯音乐“云上见”[J]. 商学院, 2020(7): 47-50.
- [4] [美]柯林斯. 互动仪式链[M]. 林聚任, 王鹏, 宋丽君, 译. 北京: 商务印书馆, 2009: 206-207.
- [5] 王奕祯. 从仪式到娱乐: 戏曲闹热性的发生逻辑[J]. 中华戏曲, 2013(1): 207-220.
- [6] Swarbrick, D., Seibt, B., Grinspun, N., et al. (2021) Corona Concerts: The Effect of Virtual Concert Characteristics on Social Connection and Kama Muta. *Frontiers in Psychology*, **12**, Article ID: 648448. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.648448>
- [7] 周迪. 区隔与融合: 跨文化视角下娱乐化内容的作用[J]. 声屏世界, 2022(20): 18-20.
- [8] 贾琪. 新媒体背景下知识付费平台的用户研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江传媒学院, 2020.
- [9] 余富强, 胡鹏辉. 拟真、身体与情感: 消费社会中的网络直播探析[J]. 中国青年研究, 2018(7): 5-12+32.
- [10] Lo, S.Y. and Lai, C.Y. (2023) Investigating How Immersive Virtual Reality and Active Navigation Mediate the Experience of Virtual Concerts. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 8507. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35369-0>