

数字化剧场建设中文化科技赋能与标准化协同推进策略探究

0 引言

近年来,全球演出市场数字化转型显著,数字化渗透率逐步提升,包括互联网、大数据、人工智能、虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等在内的一系列前沿技术,正深刻地改变着文化产业的生产和消费模式,为演出市场带来新可能^[1]。数字化剧场作为文化与科技融合的产物,不仅拓展了艺术表现形式,也为观众带来了全新的沉浸式体验。2022年,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于推进实施国家文化数字化战略的意见》,明确提出要加快文化产业数字化布局,充分发挥数字技术对文化产业的赋能作用。这一战略意见的出台,为数字化剧场的发展指明了方向。然而,在数字化剧场建设过程中,如何有效利用文化科技赋能,并实现标准化协同推进,成为当前亟待解决的问题。一方面,技术资源丰富,但在剧场领域缺乏系统整合与应用,利用效率低;另一方面,没有完善的标准体系,缺乏统一标准,涵盖技术、服务与管理,致使不同剧场系统兼容性差、信息共享难、用户体验不一。本文旨在探讨数字化剧场建设中文化科技赋能与标准化协同推进的策略,通过文献计量、标准比对以及产业调研等方法,深入分析数字化剧场的发展现状、文化科技赋能的关键技术、标准化建设的重要性及协同推进策略。研究结果将为数字化剧场的高质量发展提供理论依据和实践指导,推动文化产业与科技创新的深度融合。

当前数字化剧场建设深陷重重挑战之中^[2]。在技术应用层面,碎片化问题极为严重。根据调研结果分析,部分剧场存在多系统数据孤岛现象,如剧场票务系统与舞台设备控制系统无法互通、观众管理系统与演出资源管理系统互相独立等。这致使不同技术系统仿若一座座孤立的“岛屿”,彼此间难以实现有效的协同作业,极大地阻碍了剧场数字化进程的高效推进。从标准层面来看,标准协调性不足、滞后性问题凸显,当下的现有标准已难以契合飞速发展的数字化剧场建设需求,各剧场系统之

间缺乏统一的标准和接口,导致资源难以共享和整合。在数字化浪潮汹涌的当下,标准的缺口和滞后限制了剧场在数字化转型道路上的步伐。

1 文化科技赋能机理与关键技术图谱

1.1 技术赋能框架

文化科技赋能数字化剧场建设,依托一个复杂精妙的技术架构三维模型,该模型涵盖感知层、传输层与应用层^[3]。感知层宛如剧场的敏锐“触角”,涉及到各种传感器、摄像头等设备,它们能够对剧场中的空间、环境、人、物进行感知识别。例如,观众的行为数据,能反映观众喜好与观演习惯;舞台环境数据,可助力舞台效果的调控,精准采集各类关键数据后将收集的信息进行初步处理并发送至系统中;传输层主要包括有线和无线通信网络,如以太网、Wi-Fi、5G等,是数据流通的“高速通道”,负责将感知层收集的数据高效、安全地传输到应用层的数据中心或者云平台,全力保障数据高效且稳定地传输,避免数据拥堵或丢失;应用层通常包括数据分析处理、数据管理、资源调度、用户接口等软件系统,如同智慧大脑,它对传输层传递上来的数据进行进一步的分析处理,把采集传输来的数据转化为实际业务应用,并以用户友好的方式提供给用户,实现各种智能化的服务和应用,如智能导览、智能导视、智能安防、能耗管理等,例如,打造沉浸式演出体验,让观众仿若身临其境,实现智能运营管理,提升剧场运营效率,全方位推动数字化剧场建设迈向新高度。

1.2 核心技术集群

1.2.1 沉浸式体验技术

虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术是数字化剧场建设的核心技术之一。VR技术可以为观众创造完全沉浸式的虚拟环境,使其仿佛置身于演出场景之中。例如,荷兰国家歌剧院利用VR技术制作的歌剧《迷失在太空》,让观众通过头戴设

备体验太空旅行的感觉。AR技术则可以将虚拟元素叠加到现实场景中，增强观众的观演体验。英国皇家莎士比亚剧团在《暴风雨》演出中运用AR技术，在舞台上创造出逼真的魔法效果，大大提升了演出的视觉冲击力。以VR/AR为代表的沉浸式体验技术近年来取得显著进展。在价格方面，设备价格逐渐降低（如Oculus Quest 2），而高端AR设备（如HoloLens 2和Apple Vision Pro）价格较高，主要面向企业或专业用户，具体分析见表1；在性能方面，分辨率、刷新率和视场角逐步提升，追踪技术（如手势、眼动）更加精准；在设备类型方面，设备从PC连接设备向一体机发展，AR设备逐渐成熟，混合现实（MR）成为新趋势。功能提升、价格平稳使得更多剧场够引入此类技术，为观众打造身临其境的观演体验。

整体来看，VR/AR设备市场经历了从高端到大众化、从复杂到一体化的转变。价格波动反映了技术进步、市场定位调整 and 用户需求变化。未来，随着技

术的进一步发展和市场成熟，预计将出现更多性价比高、功能丰富的产品，满足不同用户群体的需求。

1.2.2 智能管理系统

智能管理系统在数字化剧场中的应用，不仅提升了运营效率，还优化了观众体验。如AI票务系统，一般支持在线购票和现场购票功能，支持多种支付方式，提升了购票效率；还能提供电子票务和二维码技术，优化座位预定和分配功能，可以根据演出的性质和观众的需求灵活设置座位区、票价区，能够实现实时的座位图调整；可以为剧场运营者提供数据分析功能，实时跟踪票务销售情况，帮助剧场掌握售票进度，及时调整市场推广策略；可以对观众行为分析，帮助剧场了解观众的偏好和需求，从而为未来的演出提供有价值的参考。AI票务系统不仅可以提升剧场运营效率，还有助于提升观众观演体验，剧场运营带来多方面的积极改变。如北京某剧场引入AI票务系统后，购票流程从传统的线下排队转变为线上即时购票，购票时间平均缩短了

表1 VR/AR设备对比分析

年份	设备型号	类型	单价/美元	主要性能
2013	Oculus Rift DK1	VR	300	分辨率: 1280×800, 刷新率: 60Hz, 视场角: 110°, 开发套件, PC连接
2014	Sony PlayStation VR	VR	399	分辨率: 1920×1080, 刷新率: 120Hz, 视场角: 100°, 专为PS4设计
2015	HTC Vive	VR	799	分辨率: 2160×1200, 刷新率: 90Hz, 视场角: 110°, 支持房间级追踪
2016	Microsoft HoloLens (Gen 1)	AR	3000	分辨率: 1268×720, 视场角: 35°, 内置处理器, 支持手势识别和空间映射
2017	Oculus Rift CV1	VR	499	分辨率: 2160×1200, 刷新率: 90Hz, 视场角: 110°, PC连接, 内置耳机
2018	Oculus Go	VR	199	分辨率: 2560×1440, 刷新率: 72Hz, 一体机设计, 无需PC或手机
2019	Valve Index	VR	999	分辨率: 2880×1600, 刷新率: 144Hz, 视场角: 130°, 支持手指追踪
2020	Oculus Quest 2	VR	299	分辨率: 3664×1920, 刷新率: 90Hz (可升级至120Hz), 一体机设计, 支持PC连接
2021	Microsoft HoloLens 2	AR	3500	分辨率: 2048×1080, 视场角: 52°, 支持手势和眼动追踪, 企业级应用
2022	Meta Quest Pro	VR/AR	1499	分辨率: 1800×1920 (每眼), 刷新率: 90Hz, 支持混合现实, 眼动和面部追踪
2023	Apple Vision Pro	AR/VR	3499	分辨率: 4K+ (每眼), 支持眼动和手势追踪, 空间计算, 高性能M2芯片

70%，观众满意度显著提升。英国国家剧院（National Theatre）通过AI票务系统优化座位分配，上座率提高了15%，同时减少了因座位安排不当导致的观众投诉。美国林肯表演艺术中心（Lincoln Center）通过AI票务系统的数据分析功能，发现周末晚场的演出更受欢迎，于是调整了演出排期，将更多热门演出安排在周末晚场，最终票房收入增长了20%。

2 标准化协同推进的瓶颈分析

2.1 标准体系现状

数字化剧场的发展离不开标准的支撑和推动，需要涵盖技术、管理、安全等多个方面，本文从数字化剧场建设角度对国际标准、国家标准、行业标准和地方标准做了统计和分析。

2.1.1 国际标准

目前暂无专门针对数字化剧场的广泛适用的国际标准，但在相关领域有一些可参考的国际标准和实践。（1）舞台技术相关。国际舞台美术联盟（OISTAT）等组织在舞台设计、技术等方面有一些指导性的文件和规范，涉及舞台机械、灯光等技术标准，可间接为数字化剧场的舞台技术部分提供参考。（2）音视频技术标准。如国际电信联盟（ITU）制定的音视频编码、传输等标准，像H.264、H.265等视频编码标准，在数字化剧场的视频直播、录制等方面广泛应用。（3）数据传输与交互标准。由国际标准化组织（ISO）和国际电工委员会（IEC）制定的关于数据通信、网络协议等标准，在数字化剧场的设备互联、数据交互等方面起到基础支撑作用。如ISO 21720:2024，全称为XML Localization Interchange File Format (XLIFF)，即XML本地化交换文件格式，适用于数字化内容的本地化和翻译。ISO/IEC 23005:2020，全称为Information technology — Media context and control，即信息技术—媒体上下文与控制，该标准是MPEG-V (MPEG for Virtual Worlds)系列标准的一部分，

主要针对虚拟现实（VR）、增强现实（AR）和混合现实（MR）等沉浸式媒体技术的上下文信息和控制机制，针对虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术的多媒体标准，适用于数字化剧场的沉浸式体验。ISO 20121:2024，全称为Event sustainability management systems — Requirements with guidance for use，即活动可持续性管理体系—使用要求与指南，该标准旨在帮助各类活动（如演出、赛事、会议等）的组织者实现可持续性管理，减少对环境、社会和经济的负面影响，适用于剧场的绿色运营和数字化管理。

2.1.2 国家标准

目前暂无直接针对数字化剧场全面系统的国家标准，但有一些相关标准可供参考：GB/T 41922—2022《舞台装备故障数据传输接口和通讯协议规范》在实现舞台装备故障信息的标准化采集、传输和处理上提升了工作效率；GB/T 36333—2018《智慧城市 顶层设计指南》对智能场馆和数字化剧场的建设有一定借鉴作用；GB/T 22239—2019《信息安全技术—网络安全等级保护基本要求》是信息安全技术标准，可以适用于数字化剧场的信息系统安全管理。

2.1.3 行业标准

文化和旅游部发布的与剧场相关的行业标准中有部分涉及数字化剧场相关内容，WH/T 104—2024《剧场场务服务指南》虽不是专门的数字化标准，但该标准在观众服务、演职人员服务等方面涉及到数字化手段的应用规范，比如线上票务服务对接、线上观众反馈收集等内容，适用于专业剧场等演出场所。随着数字化剧场的发展，文化和旅游行业在舞台数字化技术应用、剧场数字化管理系统规范等方面正在制定更多的相关的行业标准。

2.1.4 地方标准

在全国范围内，地方政府根据自身的文化和旅游发展需求，逐步制定与数字化剧场相关的地方标准，用来规范和指导当地数字化剧场的建设和运

营,以江苏省为例,在《江苏省文化和旅游数字化标准体系》中涉及数字化剧场相关的内容。

2.2 关键问题诊断

2.2.1 标准体系不完善

数字化剧场的标准体系尚未形成一个完整、有机的架构。现有的相关标准散落在不同领域,缺乏系统性整合。在舞台数字化设备方面,关于灯光、音响、机械等各类数字化设备的标准没有从整体上考虑它们在数字化剧场环境中的协同运作,导致剧场在设备选型和集成时,难以确保各设备间的兼容性与高效配合。其次,关键环节的标准有所缺位。数字化剧场涵盖众多细分领域,如数字化票务系统、剧场环境智能控制系统、数字化内容制作与播放系统等,对于数字化剧场建设至关重要的环节,如线上线下融合演出的运营规范、剧场数字化场景规范等方向的标准基本处于空白状态,这使得剧场在开展相关业务时,缺乏明确的准则。

2.2.2 跨领域标准协调不足

信息技术、文化艺术、建筑工程等不同行业,在术语、工作流程、技术规范等方面差异巨大,形成行业壁垒。在标准制定中,不同行业的标准由各自专业机构或协会制定,缺乏统一协调主体来统筹数字化剧场建设相关标准的制定与整合。各制定主体之间缺乏有效沟通与协作机制,导致不同领域标准在数字化剧场建设应用中,可能出现重复、矛盾或衔接不上的情况。

2.2.3 技术标准存在滞后性

数字化剧场所依托的技术,如:虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、实时直播技术、智能舞台机械控制等,发展日新月异。新的技术功能和应用模式不断涌现,如:VR技术从简单的头戴式体验,快速演进到具备高精度动作捕捉、多人实时互动等复杂功能。然而,标准制定流程严谨且耗时,需历经调研、起草、审核等多个阶段,难以跟上技术更新步伐,造成众多新兴技术在剧场建设应用中缺乏相应标准规范,导致技术应用的安全性、稳定性无法得到有效保障。

3 协同发展策略模型构建

3.1 策略框架设计

本文创新性地构建了融合PDCA循环与敏捷开发理念的协同模型,为数字化剧场建设筑牢策略架构。PDCA循环包含计划、执行、检查、处理四个阶段^[4]。计划阶段,要全面规划项目目标、资源分配、技术选型与建设进度。像明确沉浸式体验技术、智能管理系统等功能需求,合理调配人力、物力、财力,并制定详细进度表;执行阶段,严格按规划推进剧场硬件搭建、软件系统开发安装、内容资源整合等,确保各环节达标,保障项目顺利开展;检查阶段,设定关键指标评估执行过程与结果,检查硬件性能、软件稳定性及进度是否达标,及时发现问题;处理阶段,针对问题采取纠正与预防措施,如调整硬件设备选型、修复软件漏洞,同时总结经验形成标准化流程。

敏捷开发理念强调快速迭代,能适应数字化剧场建设中多变的需求与技术环境。项目实施时,将建设任务拆分为多个小模块,实现快速开发、测试与部署。通过持续迭代优化,完善数字化剧场功能与体验。以开发数字化剧场互动应用为例,先推出基础版本供用户试用,依据反馈迅速改进升级,增添新功能。该协同模型兼具PDCA循环的系统性、规范性,以及敏捷开发的快速迭代特性,既能保障项目有序推进,又能及时响应市场与用户需求,实现文化科技与标准化的高效协同,助力打造创新且具竞争力的数字化剧场。

3.2 实施路径

3.2.1 技术标准互认机制

构建剧场数字基建认证白名单制度是实现技术标准统一与互认的关键举措。在该制度下,将对剧场的数字基础设施进行严格评估,对符合特定技术标准,如网络传输速率、数据存储安全性等方面要求的设施,列入白名单给予认可。通过这一制度,能有效消除不同剧场在技术标准上的差异,为

剧场间的数字化协作、资源共享等奠定坚实基础,促进整个剧场行业数字化进程的协调发展。

3.2.2 动态反馈系统

借助区块链技术搭建标准迭代管理系统架构图意义重大。区块链所具备的不可篡改与可追溯特性,可使标准制定过程全程透明化^[5]。从标准初稿拟定,到各方意见收集与反馈,再到修改完善,每一步都清晰可查。并且能依据技术的快速发展以及市场需求的实时变化,实现标准的动态更新。例如,当出现新的数字演出技术时,可迅速调整相关标准,确保剧场数字化建设始终契合行业前沿趋势。

3.2.3 人才培养计划

为给数字化剧场建设提供有力的人才支撑,建议高校设置“文化科技标准化”交叉学科。该学科融合文化科技知识与标准化工作要点,让学生既深入了解数字舞台技术、虚拟现实在剧场中的应用等文化科技内容,又熟悉标准制定流程、标准化管理等知识。通过理论教学与实践锻炼相结合的方式,培养出既懂文化科技又擅长标准化工作的复合型人才,满足行业对专业人才的迫切需求。

与标准化协同推进的有效策略,剖析数字化剧场的发展现状、文化科技赋能的关键技术、标准化发展现状与存在的问题,通过构建“技术-管理-服务”三维标准体系,为数字化剧场的高效运营和系统兼容性提供了切实可行的解决方案,为行业的持续健康发展奠定了坚实基础,为数字化剧场的高质量发展提供理论支撑与实践指引。未来,随着技术的不断进步和标准化体系的完善,数字化剧场将在提升艺术表现力、优化观众体验和提高运营效率方面发挥更大作用。

4 结语

在数字化剧场建设中,充分借助文化科技力量实现赋能,并推动标准化协同发展,已成为关键问题。本文探究在数字化剧场建设中,文化科技赋能