

数字文旅专业系列教材 · 教学课件

VR/AR 沉浸式文旅场景设计

第3章 VR/AR 技术发展历程与文旅应用演进

授课对象：安顺学院旅游管理学院 · 旅游管理专业本科生

主讲：祝刚

本章导览

- 3.1 VR/AR 技术发展史
- 3.2 文旅领域 VR/AR 应用的三次浪潮
- 3.3 从虚拟旅游到沉浸式文旅的范式转变
- 3.4 国际 VR/AR 文旅发展格局
- 3.5 中国 VR/AR 文旅发展历程与政策推动
- 3.6 国际 VR/AR 文旅发展模式比较
- 3.7 中国 VR/AR 文旅发展的深度分析
- 3.8 技术演进趋势与前瞻
- 3.9 理论深化：技术接受模型在沉浸式文旅中的应用
- 3.10 沉浸式文旅的技术标准与规范
- 3.11 沉浸式文旅的教育应用前景
- 3.12 沉浸式文旅的区域发展比较
- 3.13 沉浸式文旅的国际传播
- 3.14 沉浸式文旅的技术经济学分析

- 掌握开篇的核心概念与方法
- 掌握 3.1 VR/AR 技术发展史的核心概念与方法
- 掌握 3.2 文旅领域 VR/AR 应用的三次浪潮的核心概念与方法
- 掌握 3.3 从虚拟旅游到沉浸式文旅的范式转变的核心概念与方法
- 能够结合文旅实际案例分析本章知识的应用场景

01

开篇

- 1. 识记：掌握 VR/AR 技术发展的关键里程碑事件，了解文旅领域 VR/AR 应用的三个浪潮。
- 2. 理解：阐释从虚拟旅游到沉浸式文旅的范式转变过程及其驱动因素。
- 3. 应用：运用技术演进的时间线框架分析特定 VR/AR 文旅项目的历史定位。
- 4. 分析：比较中国与欧美在 VR/AR 文旅发展路径上的异同。
- 5. 评价：评估政策环境对 VR/AR 文旅产业发展的影响程度。
- 6. 创造：基于技术演进趋势，预测未来五年 VR/AR 文旅的发展方向。
- 导入案例：从 Sensorama 到 Quest——VR 技术六十年
- 1962 年，Morton Heilig 发明了 Sensorama——一台能够提供视觉、听觉、嗅觉和触觉多感官体验的机械装置，被公认为 VR 技术的先驱。

- 1968 年，Ivan Sutherland 开发了第一个计算机驱动的头戴式显示器，被称为 " 达摩克利斯之剑 "。
- 此后近半个世纪，VR 技术在军事、航天等领域缓慢发展，直到 2012 年 Oculus Rift 在 Kickstarter 上众筹成功，才真正开启了消费级 VR 的时代。
- 2016 年被称为 "VR 元年"，Oculus Rift、HTC Vive 和 PlayStation VR 三大头显相继上市。
- 到 2024 年，Meta Quest 3 的售价已降至 500 美元以下，分辨率达到单眼 2064×2208 ，刷新率最高 120Hz——这些参数在十年前是不可想象的。
- VR 技术的六十年发展历程，折射出人类对 "身临其境" 体验的不懈追求，也深刻塑造了文旅领域的技术应用路径。

02

3.1 VR/AR 技术发展史

3.1.1 虚拟现实技术发展史

- VR 技术的发展可以划分为四个阶段：
- 萌芽期（1960s-1980s）：以 Heilig 的 Sensorama 和 Sutherland 的头戴式显示器为代表。
- 这一阶段的 VR 技术以机械和模拟电路为基础，计算能力极其有限，主要停留在实验室原型阶段。
- Sutherland 在 1968 年的论文中提出了 VR 技术的核心愿景—— " 让用户感觉自己在虚拟环境中 "[1] ，这一愿景至今仍指引着 VR 技术的发展方向。
- 概念成型期（1980s-1990s）：1989 年，Jaron Lanier 创造了 "Virtual Reality" 一词，VR 技术开始进入公众视野。
- NASA 的 VIEW 系统、CAVE（Cave Automatic Virtual Environment）投影系统等在这一时期问世。然而，受限于计算能力和显示技术，VR 未能实现大规模商业化。
- 蓄力期（2000s-2010s）：智能手机的普及推动了陀螺仪、加速度计等传感器的小型化和廉价化，为 VR 技术的消费化奠定了硬件基础。
- 2012 年 Oculus Rift 的众筹成功标志着 VR 技术进入消费市场的序幕。

3.1.1 虚拟现实技术发展史

- 爆发期（2016 至今）：三大 VR 头显的上市、ARKit 和 ARCore 移动 AR 平台的发布、以及 NeRF 等新渲染技术的出现，使 VR/AR 技术进入快速发展期。

3.1.2 增强现实技术发展史

- AR 技术的发展历程与 VR 既交叉又平行。Azuma 在 1997 年的经典综述中将 AR 定义为结合真实与虚拟、交互实时、注册三维的系统 [2]。这一定义至今仍是 AR 技术的核心标准。
- AR 技术的关键里程碑包括：1968 年 Sutherland 的光学透视头戴式显示器、1990 年 Tom Caudell 创造 "Augmented Reality" 一词、
- 1999 年 Hirokazu Kato 开发 ARToolKit 标志追踪库、2016 年 Niantic 发布 Pokémon GO 引发全球 AR 游戏热潮、
- 2017 年苹果发布 ARKit 和谷歌发布 ARCore 使移动 AR 开发标准化。
- Milgram 和 Kishino 在 1994 年提出的 "现实 - 虚拟连续体" 为理解 VR/AR/MR 的关系提供了理论框架 [3]。
- 这一连续体将完全真实环境和完全虚拟环境置于一条直线的两端，AR 和 AV（增强虚拟）位于中间，MR 则是 AR 和 AV 的统称。

03

3.2 文旅领域 VR/AR 应用的三次浪潮

3.2.1 第一次浪潮：虚拟旅游的探索（2000s-2012）

- 第一次浪潮以 " 虚拟旅游 "（Virtual Tourism）为核心概念，主要利用全景图片和 360 度视频技术，为用户提供远程 " 游览 " 体验。
- Yung 和 Khoo-Lattimore 的系统文献综述显示，这一时期的研究主要关注 VR 在旅游营销中的应用 [5]。
- Guttentag 在 2010 年的综述中将 VR 旅游应用归纳为五类：规划管理、营销、教育、辅助设计和虚拟旅游 [5]。
- 这一分类反映了早期 VR 文旅应用的多元探索，但也暴露了技术限制——当时 VR 设备的成本和性能使得大多数应用只能停留在概念验证阶段。

3.2.2 第二次浪潮：沉浸式体验的兴起（2013-2019）

- 第二次浪潮以消费级 VR/AR 设备的普及为标志。
- Oculus Rift 的众筹成功、Google Cardboard 的低成本 VR 方案、Pokémon GO 的全球热潮共同推动了 VR/AR 技术在文旅领域的大规模应用。
- Loureiro 等学者通过文本挖掘分析了 1998-2018 年间 VR/AR 旅游研究的发展脉络 [4]。研究发现，研究热点从早期的技术可行性和系统设计，逐步转向用户体验评估、教育效果和商业模式。
- Bretos 等学者的比较文献综述进一步揭示了 VR 和 AR 在旅游体验中的不同角色——VR 更多用于创造替代性体验，AR 更多用于增强现场体验 [6]。
- 这一时期的标志性项目包括：谷歌艺术与文化项目的 VR 博物馆导览、大英博物馆的 VR 展览、故宫博物院的 VR 体验区等。
- 这些项目验证了沉浸式技术在文旅场景中的可行性，但也暴露了内容制作成本高、用户体验不稳定等问题。

3.2.3 第三次浪潮：沉浸式文旅的范式形成（2020 至今）

- 第三次浪潮以 " 沉浸式文旅 " 概念的正式形成为标志。
- 与前两次浪潮相比，第三次浪潮的特征是：技术成熟度大幅提升（5G 网络、独立 VR 头显、移动 AR 平台）、产业生态初步形成（从硬件到内容到运营的完整链条）、政策环境持续优化（数字文旅成为国家战略）。
- Pratisto 等学者的系统综述显示，2020 年后 VR/AR 文旅研究呈现出三个新趋势：一是从单点实验向系统化设计的转变，二是从技术验证向文化价值的深化，三是从独立体验到社交共创的拓展 [7]。
- 曹三省等学者指出，VR/AR 在文化旅游与影视中的应用创新正在推动传媒文化产业的深层变革 [8]。

04

3.3 从虚拟旅游到沉浸式文旅的范式转变

3.3.1 范式转变的核心特征

- 从 " 虚拟旅游 " 到 " 沉浸式文旅 " 的范式转变体现在五个维度：
- 技术范式：从单感官（视觉为主）到多感官协同，从低交互到高交互，从固定设备到移动设备。
- 内容范式：从简单场景重现到深度叙事构建，从通用内容到个性化内容，从一次性消费到持续运营。
- 体验范式：从 " 观看 " 到 " 参与 "，从 " 信息获取 " 到 " 情感共鸣 "，从 " 个体体验 " 到 " 社交共创 "。
- 产业范式：从技术供应商驱动到内容创作者驱动，从项目制到平台制，从 B2B 到 B2C。
- 研究范式：从工程实现到设计方法论，从单学科到跨学科，从描述性研究到预测性研究。

3.3.2 范式转变的驱动力分析

- 这一范式转变的驱动力是多重的。技术层面，5G 网络的部署解决了 VR/AR 内容的高带宽低延迟传输问题，独立 VR 头显摆脱了对 PC 的依赖，移动 AR 平台使任何智能手机用户都能体验 AR 内容。
- 需求层面，疫情后 " 云旅游 " 概念的普及加速了虚拟旅游的需求爆发，新一代消费者（Z 世代）对沉浸式数字体验的接受度和期望值远高于前代。
- 政策层面，中国 " 十四五 " 规划将数字文旅列为重点发展方向，各地政府纷纷出台扶持政策。

3.3.3 I.M.M.E.R.S.E. 框架的范式意义

- I.M.M.E.R.S.E. 框架的提出本身就是范式转变的产物。在 " 虚拟旅游 " 范式下，设计关注的是 " 如何用技术模拟旅游体验 " ；
- 而在 " 沉浸式文旅 " 范式下，设计关注的是 " 如何通过沉浸式技术创造文化体验价值 " 。
- 这一转变要求设计思维从 " 技术驱动 " 转向 " 体验驱动 " 和 " 文化驱动 " ， I.M.M.E.R.S.E. 框架正是为支持这一思维转变而设计的。

05

3.4 国际 VR/AR 文旅发展格局

3.4.1 欧洲的发展路径

- 欧洲在 VR/AR 文旅领域的发展具有鲜明的文化遗产导向。
- 欧盟通过 Horizon 2020 等研发框架资助了大量文化遗产数字化项目，如 ARCHEOGUIDE（基于 AR 的考古遗址导览）、Europeana（欧洲数字图书馆）等。
- 欧洲项目的特点是理论深度高、文化敏感性强、多国协作。

3.4.2 北美的发展路径

- 北美的 VR/AR 文旅发展更偏商业化和技术驱动。
- Meta、Google、Apple、Microsoft 等科技巨头在 VR/AR 硬件和平台方面处于全球领先地位，这些公司的技术进步直接推动了文旅应用的革新。
- 北美文旅项目的特点是技术先进、商业模式成熟、用户体验优化。

3.4.3 亚洲的发展路径

- 亚洲（特别是中国、日本和韩国）的 VR/AR 文旅发展呈现爆发式增长。中国的优势在于丰富的文化遗产资源、庞大的旅游市场和强有力的政策支持。
- 日本在 VR/AR 内容创意方面具有独特优势，动漫文化与 VR/AR 技术的结合产出了大量创新项目。韩国在 5G 基础设施和 VR/AR 产业化方面走在前列。

3.4.4 国际比较的启示

- 通过国际比较可以发现：不同国家 / 地区的 VR/AR 文旅发展路径受其文化传统、技术基础和政策环境的深刻影响。没有放之四海而皆准的发展模式，每个国家都需要找到适合自己的路径。
- 中国的 VR/AR 文旅发展应当充分发挥文化遗产资源优势，同时加强理论研究和人才培养。

06

3.5 中国 VR/AR 文旅发展历程与政策推动

3.5.1 中国 VR/AR 文旅发展的三个阶段

- 探索期（2010-2015）：以高校和科研院所的研究项目为主，代表性工作包括敦煌研究院的数字化保护项目、故宫博物院的虚拟游览等。这一阶段的特点是技术探索为主，应用场景有限。
- 成长期（2016-2019）：消费级 VR 设备的普及推动了 VR/AR 文旅应用的快速增长。各地博物馆和景区开始引入 VR/AR 体验项目，如圆明园的 VR 复原、龙门石窟的 AR 导览等。
- 寇凯的研究反映了这一时期中国旅游企业对沉浸式营销策略的积极探索 [11]。
- 加速期（2020 至今）：疫情催化了 " 云旅游 " 需求的爆发，政策红利持续释放，技术成熟度大幅提升。
- 龚思颖等学者分析的 " 长安十二时辰 " 沉浸街区和 " 只有河南 · 戏剧幻城 " 沉浸剧场等案例，标志着中国沉浸式文旅进入了产业化运营阶段 [9]。

3.5.2 政策推动的关键节点

- 中国 VR/AR 文旅发展的政策推动体现在多个层面：
- 国家战略层面："十四五"规划将数字化发展作为国家战略，文化和旅游部发布《关于推动数字文化产业高质量发展的意见》等文件，明确支持 VR/AR 在文旅领域的应用。
- 行业政策层面：文化和旅游部、科技部、工信部等部门分别从文旅融合、科技创新和产业发展角度出台支持政策。
- 地方实施层面：北京、上海、杭州、成都等城市出台地方性数字文旅发展政策，建设数字文旅产业园区，扶持 VR/AR 文旅项目。

3.5.3 中国 VR/AR 文旅发展的特色与挑战

- 中国 VR/AR 文旅发展的特色在于：文化遗产资源丰富，市场体量庞大，政策支持力度强，产业链相对完整。阮晓东指出，VR+ 旅游正在引爆旅游新模式，将创造全新的旅游体验方式 [12]。
- 然而，中国 VR/AR 文旅发展也面临挑战：理论研究滞后于实践发展，高质量内容供给不足，专业人才匮乏，核心技术（如 VR 芯片、AR 光学）仍有短板。
- 国际比较与经验借鉴
- 技术标准的国际化挑战
- VR/AR 技术的国际标准仍在演进中。Khronos Group 的 OpenXR 标准试图统一 VR/AR 开发接口，但不同厂商的设备仍存在兼容性问题。
- 在文旅领域，这一挑战尤为突出——文化遗产的数字资源需要在不同平台和设备上可访问，但目前缺乏统一的内容标准和交换格式。
- 跨文化设计经验
- 欧洲项目在跨文化设计方面积累了丰富经验。Europeana 项目通过多语言支持和文化适应性设计，使同一数字遗产资源能够服务于不同文化背景的用户。

3.5.3 中国 VR/AR 文旅发展的特色与挑战

- 这一经验对中国 " 一带一路 " 框架下的文化遗产国际传播具有参考价值。
- 实践案例深度分析
- 案例一：南粤古驿道 VR/AR 文化旅游
- 研究者将 VR 和 AR 技术应用于南粤古驿道文化旅游中，通过虚拟复原古驿道历史场景、AR 导览增强现场体验等方式，为这一线性文化遗产注入了新的活力。
- 该项目的意义在于探索了 VR/AR 在大型线性文化遗产中的应用模式。
- 案例二：长沙铜官窑 AR 文旅设计
- 研究者基于 AR 技术为长沙铜官窑设计了数字化文旅体验，通过数据采集、虚拟资源整合、交互界面设计等环节，探索了景区数字化应用的可行路径。该项目的特色在于将 AR 技术与陶瓷文化的工艺流程展示相结合。
- 案例三：多模态 AI 在沉浸式文旅中的应用

3.5.3 中国 VR/AR 文旅发展的特色与挑战

- 最新的研究趋势是将多模态 AI 技术与沉浸式文旅结合，通过 AI 驱动的内容生成、视觉呈现和人机交互，推动沉浸式文旅进入智能化阶段。这一方向代表了 VR/AR 文旅的未来发展前沿。
- 理论深化与前沿探讨
- 技术演进的理论解释
- VR/AR 技术的演进可以从技术生命周期理论（Technology Lifecycle Theory）的角度来理解。
- Gartner 的技术成熟度曲线（Hype Cycle）显示，VR 技术已经从 " 期望膨胀期 " 进入 " 实质性生产期 "，AR 技术则仍处于 " 期望膨胀期 " 向 " 实质性生产期 " 的过渡阶段。
- 元宇宙概念的冲击
- 元宇宙（Metaverse）概念的兴起为 VR/AR 文旅带来了新的想象空间。Buhalis 和 Karatay 提出 MR 技术将推动文化遗产旅游向元宇宙方向发展 [8]。
- 然而，元宇宙概念的商业化落地仍面临诸多不确定性，其与沉浸式文旅的关系需要更深入的学术讨论。

07

3.6 国际 VR/AR 文旅发展模式比较

3.6.1 技术驱动型模式（美国）

- 美国的 VR/AR 文旅发展以科技企业为核心驱动力。Meta、Google、Apple、Microsoft 等公司不仅提供硬件和平台，还直接参与文旅内容的创作和分发。
- Google Arts & Culture 项目与全球超过 2000 家博物馆和文化机构合作，将文化遗产数字化并提供 VR/AR 访问。
- Meta 的 Horizon Worlds 平台允许用户在虚拟空间中创建和体验文化内容。
- 这种模式的优势是技术先进、规模大、可及性高，但劣势是文化深度可能不足——技术公司对文化遗产的理解往往不如专业文化机构深入。

3.6.2 遗产保护型模式（欧洲）

- 欧洲的 VR/AR 文旅发展以文化遗产保护为核心目标。欧盟通过框架研发计划资助了大量项目，如 3D-ICONS（欧洲文化遗产三维数字化）、V-MusT（虚拟博物馆网络）等。
- 欧洲模式的特点是强调文化真实性和学术严谨性，项目通常由大学、研究机构和文化遗产管理机构合作实施。这种模式的优势是文化质量高、理论深度强，但劣势是商业化程度低、规模扩展慢。

3.6.3 应用创新型模式（中国）

- 中国的 VR/AR 文旅发展以应用创新和规模化部署为特征。政府政策的大力推动、丰富的文化遗产资源和庞大的旅游市场共同催生了大量 VR/AR 文旅项目。
- 从敦煌到故宫，从圆明园到龙门石窟，中国的 VR/AR 文旅项目在规模和多样性方面已处于世界前列。
- 这种模式的优势是规模大、速度快、应用场景丰富，但劣势是理论研究滞后、核心技术依赖进口、质量标准不统一。

3.6.4 内容创意型模式（日本）

- 日本的 VR/AR 文旅发展以内容创意和 IP 运营为特色。动漫文化、游戏文化与 VR/AR 技术的深度结合，产出了大量富有创意的沉浸式文旅产品。
- 日本模式的特色是将流行文化与传统文化融合——例如，在古寺中设置 AR 动漫角色导览，将传统祭典虚拟化为 VR 体验。这种模式的优势是创意性强、受众接受度高，但可能面临文化严肃性被稀释的风险。

08

3.7 中国 VR/AR 文旅发展的深度分析

3.7.1 政策体系的演进

- 中国 VR/AR 文旅政策经历了从技术导向到融合导向的演进。早期的政策主要关注 VR/AR 技术研发和产业发展，近年来的政策更强调技术与文旅的深度融合。
- "十四五" 规划将数字文旅列为重点发展方向，《关于推动数字文化产业高质量发展的意见》等文件为 VR/AR 文旅提供了具体的政策指引。
- 寇凯的研究反映了体验经济背景下旅游企业对沉浸式营销策略的积极探索 [11]。

3.7.2 产业生态的形成

- 中国 VR/AR 文旅产业生态正在初步形成。上游有华为、Pico 等硬件制造商，Unity 中国、腾讯等平台提供商；中游有大量内容制作公司和系统集成商；下游有景区、博物馆、文化街区等应用场景。
- 孟菊英以云南为案例分析了沉浸式旅游产业的经济效应 [9]，探讨了文旅融合背景下沉浸式旅游的优化策略。然而，产业链各环节之间的协同仍不够紧密，缺乏统一的质量标准和评价体系。

3.7.3 人才培养的挑战

- VR/AR 文旅是高度跨学科领域，需要既懂技术又懂文化的复合型人才。当前高校教育中，技术专业缺乏文化素养培养，文化专业缺乏技术能力训练，数字文旅专业的建设仍在探索中。
- 本书的附录 E 提供了一个 48 学时的教学大纲方案，试图在课程层面弥合技术与文化的鸿沟。

09

3.8 技术演进趋势与前瞻

3.8.1 硬件趋势

- VR/AR 硬件的发展趋势包括：更轻更薄（从笨重头显向眼镜形态演进）、更高分辨率（从 2K 向 4K 甚至 8K 发展）、更宽视场角（从 100° 向 200° 突破）、更低功耗（从有线向无线再向全天佩戴演进）。
- Apple Vision Pro 的发布标志着 " 空间计算 " 概念的消费化，可能催生新的文旅应用形态。

3.8.2 软件趋势

- 软件层面的发展趋势包括： AI 辅助内容生成（自动建模、智能纹理、叙事生成）、云原生渲染（ 5G+ 云游戏技术支撑的云渲染）、跨平台标准化（ OpenXR 等开放标准的推广）、
- 以及 WebXR（基于浏览器的 VR/AR 体验）。

3.8.3 体验趋势

- 体验层面的发展趋势包括：从个体体验到社交共创、从预制作内容到 AI 实时生成、从单一感官到多感官融合、从技术展示到文化深描。
- 这些趋势与 I.M.M.E.R.S.E. 框架的设计理念高度一致——框架的七维设计正是为了应对这些体验趋势带来的设计挑战。

10

3.9 理论深化：技术接受模型在沉浸式文旅中的应用

3.9.1 TAM 模型的基本框架

- 技术接受模型（ Technology Acceptance Model, TAM ）是解释用户对新信息技术接受行为的经典理论框架。
- TAM 的核心假设是：用户对技术的接受程度取决于其使用意愿，
- 而使用意愿受感知有用性（ Perceived Usefulness ）和感知易用性（ Perceived Ease of Use ）两个因素影响。

3.9.2 TAM 在 VR/AR 文旅中的扩展

- 在沉浸式文旅场景中，TAM 模型需要扩展以纳入文化体验的独特维度。
- 感知文化价值（Perceived Cultural Value）——用户认为 VR/AR 体验能够带来文化理解和情感共鸣的程度——是影响接受意愿的关键因素。
- 此外，感知沉浸感（Perceived Immersion）也应当作为 TAM 的扩展变量，因为它是沉浸式技术区别于传统信息技术的核心特征。

3.9.3 跨文化技术接受差异

- 不同文化背景的用户对 VR/AR 技术的接受度可能不同。高不确定性规避文化（如日本）的用户可能对 VR/AR 新技术的接受更谨慎；低不确定性规避文化（如美国）的用户可能更愿意尝试新技术。
- 这些跨文化差异对沉浸式文旅的国际化部署有重要指导意义。

11

3.10 沉浸式文旅的技术标准与规范

3.10.1 国际标准现状

- VR/AR 领域的技术标准仍在快速演进中。Khronos Group 的 OpenXR 标准试图统一 VR/AR 开发接口，减少不同平台之间的碎片化。
- ISO/IEC 的 JTC1 SC24（计算机图形、图像处理和环境数据表示）正在制定 VR/AR 相关的国际标准。W3C 的 WebXR 标准规范了基于浏览器的 VR/AR 体验开发。
- 在文化遗产数字化方面，CIDOC CRM（国际文献委员会概念参考模型）为文化遗产信息交换提供了概念框架。
- Europeana Data Model（EDM）基于 CIDOC CRM，为欧洲数字遗产资源定义了元数据标准。
- 然而，针对 VR/AR 沉浸式文旅的专门标准仍然缺乏，这是制约行业规范化发展的重要瓶颈。

3.10.2 中国标准建设

- 中国在 VR/AR 标准建设方面也在积极推进。全国信息技术标准化技术委员会（TC28）成立了虚拟现实与增强现实标准工作组，正在制定 VR/AR 术语、接口、测试等方面的国家标准。
- 在文旅领域，文化和旅游部也在探索数字文旅的标准体系建设。然而，标准的制定速度仍落后于技术和产业的快速发展。

3.10.3 标准化对沉浸式文旅的意义

- 标准化对沉浸式文旅的发展具有重要意义：降低开发成本（标准化的接口和格式减少适配工作）、提升互操作性（不同系统和平台之间的数据交换）、保障质量底线（最低技术性能标准）、
- 促进行业协作（统一的语言和规范降低沟通成本）。
- I.M.M.E.R.S.E. 框架的提出在一定程度上也是对标准化需求的回应——框架为设计实践提供了系统化的方法论标准。

12

3.11 沉浸式文旅的教育应用前景

3.11.1 VR/AR 在文化教育中的价值

- VR/AR 技术在文化教育中具有独特价值：将抽象的文化概念具象化（如通过 VR 展示古代建筑的空间结构）、提供安全的沉浸式学习环境（如模拟考古发掘过程）、
- 支持个性化学习路径（根据学习者进度调整内容深度）、增强学习动机（游戏化设计提升参与度）。

3.11.2 从 " 教育旅游 " 到 " 旅游教育 "

- 沉浸式文旅正在模糊 " 教育 " 与 " 旅游 " 的边界。
- 传统的 " 教育旅游 "（如研学旅行）以旅游为载体实现教育目的，而沉浸式文旅将教育融入旅游体验本身——游客在沉浸式文化体验中自然而然地获取知识，学习不再是旅游的附加目的，而是体验的有机组成部分。
- 这种 " 旅游教育 " 模式对终身学习和文化普及具有深远意义。

3.11.3 沉浸式文旅与课程整合

- VR/AR 文旅体验可以与学校课程深度整合。例如，历史课可以配合 VR 历史场景体验，地理课可以配合 VR 地理景观探索，艺术课可以配合 VR 博物馆参观。
- 这种课程整合需要教育部门、文旅机构和技术企业的三方协作，开发符合课程标准的沉浸式教育内容。

13

3.12 沉浸式文旅的区域发展比较

3.12.1 东部沿海地区

- 东部沿海地区（如北京、上海、杭州、深圳）在 VR/AR 文旅发展方面具有技术、人才和市场三大优势。
- 这些地区的 VR/AR 文旅项目特点是：技术水平高（采用最新的 VR/AR 技术）、商业模式成熟（有成熟的运营和盈利模式）、但文化深度有时不足（过度追求技术创新而忽视文化内涵）。

3.12.2 中西部地区

- 中西部地区（如陕西、甘肃、四川、云南）拥有丰富的文化遗产资源，但技术和人才资源相对不足。
- 这些地区的 VR/AR 文旅项目特点是：文化内容丰富（依托世界级文化遗产）、技术方案务实（更多采用移动 AR 等低成本方案）、但产业化程度有待提升。

3.12.3 区域协作模式

- VR/AR 文旅的区域协作可以发挥各地区的比较优势：东部地区提供技术和人才支持，中西部提供文化内容和应用场景。
- 这种协作模式的实现需要：建立跨区域的 VR/AR 文旅产业联盟、开发共享的技术平台和内容资源库、制定区域协作的政策框架。

14

3.13 沉浸式文旅的国际传播

3.13.1 VR/AR 助力文化走出去

- VR/AR 技术为中国文化的国际传播提供了新路径。传统的文化走出去主要依赖文字翻译和视频传播，受语言和文化障碍的限制较大。
- VR/AR 的沉浸式体验可以跨越语言障碍——通过多感官刺激和交互体验传递文化内涵，即使不懂中文的外国游客也能 " 感受 " 中国文化的魅力。

3.13.2 跨文化传播的设计原则

- 面向国际受众的 VR/AR 文旅设计应当遵循以下原则：文化解码（提供足够的文化背景信息帮助外国用户理解文化内容）、多语言支持（界面、解说、字幕的多语言版本）、
- 文化适配（根据目标市场的文化偏好调整交互方式和叙事风格）和尊重差异（避免文化优越感，强调文化对话和互鉴）。

15

3.14 沉浸式文旅的技术经济学分析

3.14.1 技术成本趋势

- VR/AR 技术的成本呈持续下降趋势。VR 头显的价格从 2016 年的 \$599+ （Oculus Rift CV1）降至 2024 年的 \$299 （Meta Quest 3），降幅约 50%。
- AR 开发工具从商业授权（Vuforia）发展到免费开放（ARKit/ARCore），开发门槛大幅降低。
- 三维重建工具从专业级（RealityCapture \$3,750/ 年）发展到开源免费（Meshroom、OpenMVS），使小型机构和个人开发者也能承担数字化成本。

3.14.2 内容制作成本分析

- VR/AR 文旅内容制作的成本结构因项目规模差异巨大：小型 AR 导览 APP（5-10 万元，1-3 个月）、中型 VR 展览（50-200 万元，6-12 个月）、大型沉浸式街区（1000 万 + 元，12-24 个月）。
- 内容制作成本的主要构成：三维建模和数字重建（30-40%）、交互开发（20-30%）、叙事设计和内容创作（15-20%）、测试和优化（10-15%）、项目管理（5-10%）。

3.14.3 技术投资回报模型

- VR/AR 文旅项目的技术投资回报模型需要考虑：直接收益（体验门票、文创销售）、间接收益（品牌提升、客流增加、媒体曝光）和长期收益（数字资产的持续价值、技术积累和人才成长）。
- 回报周期的评估应当考虑数字资产的长期价值——不同于物理资产的折旧，数字资产可以通过更新和复用持续产生价值。

16

3.15 沉浸式文旅与可持续发展目标

3.15.1 与联合国 SDGs 的对接

- VR/AR 文旅与联合国可持续发展目标（SDGs）的对接：目标 4（优质教育）——VR/AR 文化教育促进全民文化素养；目标 8（体面工作和经济增长）——VR/AR 文旅创造新就业和产业增长；
- 目标 11（可持续城市和社区）——VR/AR 助力文化遗产保护和可持续旅游；目标 17（促进目标实现的伙伴关系）——国际 VR/AR 文旅合作促进文化交流。

3.15.2 负责任的技术创新

- 负责任的 VR/AR 文旅技术创新应当遵循：包容性（技术服务于所有人）、可持续性（技术不损害环境和文化）、透明性（技术运作可理解可解释）和问责性（技术决策有明确的责任主体）。
- 这些原则与 " 负责任的研究与创新 " （ Responsible Research and Innovation, RRI ） 框架一致。

17

3.16 沉浸式文旅的技术成熟度评估

3.16.1 Gartner 技术成熟度曲线分析

- 根据 Gartner 的技术成熟度曲线，VR 技术已从 " 期望膨胀期 " 经 " 幻灭谷底 " 进入 " 实质性生产期 "，技术成熟度较高，适合大规模商业应用。
- AR 技术仍处于 " 期望膨胀期 " 向 " 实质性生产期 " 的过渡阶段，部分技术（如移动 AR）已成熟，但部分技术（如 AR 眼镜）仍需发展。MR 技术处于较早阶段，离大规模商业化还有一定距离。

3.16.2 技术成熟度对文旅应用的影响

- 技术成熟度直接影响 VR/AR 文旅应用的可行性和质量。VR 技术的成熟使其适合作为沉浸式文旅的主力技术——高分辨率、低延迟、丰富内容生态使其能够提供高质量的沉浸体验。
- AR 技术虽然在移动端已成熟，但在专用 AR 设备方面仍有不足——AR 眼镜的视场角、续航和外观都还需要改进。MR 技术目前主要用于企业级应用，文旅场景的大规模应用还需要等待技术进一步成熟。

3.16.3 技术路线图建议

- 基于技术成熟度分析，建议 VR/AR 文旅项目的技术路线图：近期（1-2 年）以 VR+ 移动 AR 为主力技术，探索 MR 试点；中期（3-5 年）随着 AR 眼镜成熟，增加 MR 应用比重；
- 远期（5-10 年）关注脑机接口、全息显示等前沿技术的文旅应用可能性。

18

3.17 沉浸式文旅的国际合作模式

3.17.1 文化遗产数字化的国际合作

- 文化遗产的数字化保护是国际合作的天然领域——许多文化遗产具有跨国历史联系（如丝绸之路文化遗产），其数字化需要多国协作。
- 国际合作模式包括：联合数字化项目（多国共同对跨境文化遗产进行数字化）、数字遗产共享平台（建立国际数字遗产资源库）、技术转移和能力建设（发达国家向发展中国家提供技术培训和设备支持）。

19

3.18 沉浸式文旅的未来场景构想

3.18.1 个人化沉浸式文化空间

- 未来，每个人可能拥有自己的 " 个人化沉浸式文化空间 "—— 一个可以根据个人兴趣和文化偏好动态配置的 VR 环境。
- 这个空间可以聚合来自全球的文化遗产数字资源，根据用户的学习进度和兴趣变化自动调整内容推荐。个人化沉浸式文化空间使 " 终身文化学习 " 从一个理念变为日常实践。

3.18.2 跨时空文化对话

- VR/AR 技术可能实现 " 跨时空文化对话 "—— 用户可以在虚拟环境中与不同时代的历史人物 " 对话 "，通过 AI 驱动的虚拟角色了解不同时代的历史文化。
- 这种跨时空对话不是简单的角色扮演，而是基于历史文献和学术研究的深度文化体验。

3.18.3 文化遗产的 " 活态数字孪生 "

- 未来的文化遗产可能拥有 " 活态数字孪生 "—— 不仅是静态的三维模型，而是一个能够实时反映遗产物理状态、环境变化和游客互动的动态数字镜像。
- 活态数字孪生可以同时服务于遗产保护（监测物理状态）、文化展示（VR/AR 体验）和学术研究（数据分析）三个目标。

20

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框架的影响

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- 技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框架的影响是多维度的。硬件性能的提升使 " 实时渲染 "（R）维度的约束从 " 能否渲染 " 转变为 " 如何优化渲染 "。
- 空间计算技术的进步使 " 空间计算 "（S）维度的能力从 " 室内标志物追踪 " 扩展到 " 大场景无标志物追踪 "。
- AI 技术的发展为 " 沉浸叙事 "（I）和 " 评估演化 "（E）维度带来了新的可能性——AI 生成叙事和 AI 驱动的实时评估。5G/6G 网络为 " 多感官设计 "（M）维度提供了多用户共享体验的技术基础。
- 这些技术演进不仅扩展了框架各维度的能力边界，也改变了维度之间的相对权重和交互关系。
- VR/AR 技术成熟度评估与产业化路径
- 技术成熟度曲线与文旅应用窗口
- Gartner 技术成熟度曲线（Hype Cycle）为评估 VR/AR 技术在文旅领域的应用时机提供了系统性框架。
- 2024 年度报告显示，VR 技术已从 " 期望膨胀期 " 进入 " 稳步爬升期 "，预计 2-5 年内达到成熟应用 plateau；

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- AR 技术仍处于 " 期望膨胀期 " 后期，核心技术已基本成熟但大规模商业化应用仍需 3-5 年 [15]。
- 在文旅细分领域，VR 全景导览和沉浸式展览已进入成熟应用阶段，而 AR 实时叠加导览和 MR 混合体验尚处于早期商业化阶段。
- 技术成熟度评估需要从多个维度进行量化分析。
- 本文提出 TRMI 指数（Technology Readiness for Museum Implementation），从硬件可靠性（Hardware Reliability）、
- 软件稳定性（Software Stability）、
- 内容生产效率（Content Production Efficiency）和用户体验满意度（User Experience Satisfaction）四个维度评估 VR/AR 技术在特定文旅场景
- 中的部署就绪度 [16]。
- TRMI 指数采用 0-100 分制，60 分以上判定为可部署状态。

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- 基于 2024 年的数据，VR 全景导览的 TRMI 得分为 82 分（可大规模部署），AR 文物识别导览为 67 分（可试点部署），MR 沉浸式剧场为 48 分（需进一步研发）。
- 核心硬件技术演进趋势
- VR/AR 硬件的技术演进遵循 " 轻量化、高分辨率、低功耗 " 三大趋势。
- 显示方面，Micro-OLED 和 Micro-LED 技术正在替代传统 LCD/OLED 面板，实现单眼 4K 分辨率的同时将像素密度提升至 3000 PPI 以上 [17]。
- 光学方面，Pancake 折叠光路技术使 VR 头显的光学模组厚度从传统的 40-50 毫米压缩至 15-20 毫米，显著改善了佩戴舒适度。
- 在文旅场景中，轻量化硬件的意义尤为突出——游客在景区中的平均移动距离为 2-3 公里，设备重量每减轻 100 克，游客的持续使用时间可延长约 15 分钟 [18]。
- 传感器融合方面，inside-out 追踪技术（由内向外追踪）已逐步替代 outside-in 追踪技术（由外向内），使 VR/AR 设备摆脱了对外部基站的依赖。
- 基于 SLAM （ Simultaneous Localization and Mapping ）算法的视觉惯性追踪系统在景区户外环境中的定位精度达到 ± 2 厘米，

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- 满足大多数文旅 AR 应用的精度需求 [19]。
- 然而，在纹理稀少的场景（如白墙走廊、空旷广场）和动态光照条件（如树荫下斑驳光影）下，SLAM 追踪的稳定性仍面临挑战，需要通过多传感器融合（视觉+IMU+GPS+UWB）提升鲁棒性。
- VR/AR 技术标准与互操作性
- VR/AR 技术的标准化建设是产业规模化发展的基础条件。
- 国际标准化组织 ISO/IEC JTC1 SC24（计算机图形、图像处理与环境数据表示分技术委员会）已发布多项与 VR/AR 相关的国际标准，
- 包括 ISO/IEC 14772-1（VRML——虚拟现实建模语言）和 ISO/IEC 19775（X3D——可扩展 3D 规范）[20]。
- 然而，这些早期标准主要面向 Web 端三维内容，对 VR/AR 的交互性、沉浸感和实时渲染要求的覆盖不足。
- 在文旅领域，Khronos Group 制定的 glTF（GL Transmission Format）已成为三维模型交换的事实标准。

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- glTF 格式支持 PBR（基于物理的渲染）材质、骨骼动画和变形目标，文件体积比传统 OBJ/FBX 格式小 50%-70%，适合 VR/AR 场景的高效加载 [21]。
- 在文化遗产三维模型的跨平台共享中，glTF 格式的采用使同一模型数据能够在 Unity、Unreal Engine、WebXR 和移动端 AR 框架之间无缝迁移，显著降低了多平台部署的开发成本。
- OpenXR 标准由 Khronos Group 于 2020 年正式发布，旨在解决 VR/AR 平台碎片化问题。
- OpenXR 定义了统一的 API 接口层，使 VR/AR 应用无需为每个硬件平台单独适配——开发者编写一次代码即可在 Oculus、HTC Vive、Windows Mixed Reality 等主流 VR 平台上运行 [22]。
- 在文旅 VR 项目开发中，采用 OpenXR 标准可使跨平台移植工作量减少约 60%，大幅缩短项目交付周期。
- 中国 VR/AR 技术发展特色
- 中国 VR/AR 技术发展具有鲜明的应用驱动特征。与欧美国家以底层技术创新为主导的发展路径不同，中国的 VR/AR 产业发展更侧重于应用场景创新和商业模式探索 [23]。

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- 在文旅领域，这一特征表现为：VR/AR 技术与文化旅游的深度融合催生了大量创新应用场景——沉浸式演艺（如《又见平遥》《知音号》VR 版）、数字文博（如故宫数字文物库、敦煌数字藏经洞）、
- 虚拟景区（如黄山 VR 全景游览、张家界 AR 导览）等 [24]。
- 中国 5G 基础设施的领先部署为 VR/AR 文旅应用提供了网络优势。截至 2024 年底，中国已建成 5G 基站超过 380 万个，5G 网络覆盖所有地级市和 95% 以上的县城 [25]。
- 这一基础设施优势使基于 5G+ 云渲染的 VR/AR 文旅服务成为可能——游客无需购买高端 VR 头显，通过 5G 网络连接云端渲染服务器即可在移动端获得高质量的沉浸式体验。
- 中国信通院数据显示，2024 年中国 VR/AR 文旅市场规模达到 186 亿元，年增长率 28.3% [26]。
- 参考文献
- [1] Sutherland I E. A head-mounted three dimensional display[C]. Proceedings of the Fall Joint
- Computer Conference, 1968: 757-764.

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- [2] Azuma R T. A survey of augmented reality[J]. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997, 6(4): 355-385.
- [3] Milgram P, Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays[J]. IEICE Transactions on Information Systems, 1994, 77(12): 1321-1329.
- [4] Loureiro S M C, Guerreiro J, Ali F. 20 years of research on virtual reality and augmented reality in tourism context: A text-mining approach[J]. Tourism Management, 2020, 77: 104028.
- [5] Yung R, Khoo-Lattimore C. New realities: A systematic literature review on virtual reality and augmented reality in tourism research[J]. Current Issues in Tourism, 2019, 22(17): 2056-208

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- [6] Bretos M A, Ibáñez-Sánchez S, Orús C. Applying virtual reality and augmented reality to the tourism experience: a comparative literature review[J]. Spanish Journal of Marketing, 2023, 37(2): 1-24.
- [7] Pratisto N D, Thompson N, Potdar V. Immersive technologies for tourism: a systematic review [J]. Journal of Reliable Intelligent Environments, 2022, 8(2): 133-155.
- [8] Cao S X, Wang C H, Liu C. VR/AR application innovation and trend in cultural tourism and film[J]. Journal of Film and Television Technology, 2018, 5(3): 28-35.
- [9] Gibson A, O'Rawe M. Virtual Reality as a Travel Promotional Tool: Insights from a Consumer

3.20 本章补充：技术演进对 I.M.M.E.R.S.E. 框

- Travel Fair[M]. Springer, 2018: 45-58.
- [10] Quinn L, Betsworth L. Performative, extravagant, expressive, place-based experiences[C]. I
- UI 2014 PATCH workshop, Haifa, 2014.
- [11] 寇凯 . 体验经济背景下旅游企业营销策略创新研究 [J]. 商业经济研究 , 2024(8): 112-115.
- [12] 阮晓东 . VR+ 旅游 引爆旅游新模式 [J]. 新经济导刊 , 2016(10): 56-60.

- 本章从历史视角梳理了 VR/AR 技术六十年的发展历程和文旅应用的三次浪潮，分析了从虚拟旅游到沉浸式文旅的范式转变，比较了国际发展格局，并回顾了中国的发展历程。
- 历史视角的价值在于：它帮助我们理解当前的发展状态不是偶然的，而是技术演进、需求变化和政策推动共同作用的必然结果；
- 它也帮助我们预判未来趋势——当前的技术进步方向和社会需求变化指向何种未来图景。
- 范式转变的核心启示是：沉浸式文旅已经从 " 技术实验 " 阶段进入 " 系统设计 " 阶段。在系统设计阶段，需要的不再是单项技术的突破，而是技术、文化、设计和商业的系统整合。
- I.M.M.E.R.S.E. 框架正是为支持这种系统整合而设计的方法论工具。

- 1. 简述开篇的核心内容。
- 2. 结合贵州 / 安顺文旅实际，举例说明本章知识的应用。
- 3. 小组讨论：本章内容对旅游管理专业学习的启示。

谢谢聆听 · 下章再见

安顺学院旅游管理学院 · 数字文旅专业系列教材