

数字文旅专业系列教材 · 教学课件

文化遗产保护概论——非遗数字化与文物数字典藏

第7章 数字博物馆与虚拟展览

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

- 7.1 数字博物馆的概念与发展
- 7.2 虚拟展览设计
- 7.3 数字博物馆的技术实现
- 7.4 数字博物馆的运营管理
- 7.5 国际数字博物馆案例
- 知识卡片
- 7.6 数字博物馆的用户体验设计
- 7.7 数字博物馆的评估与优化
- 7.8 国际数字博物馆的发展趋势
- 7.9 数字博物馆的技术架构演进
- 7.10 数字博物馆的社会影响与未来
- 7.11 数字博物馆的运营模式创新
- 7.6 数字博物馆的类型学建构与比较分析
- 7.7 虚拟展览的叙事学分析

- 1. 识记：数字博物馆的定义、类型与发展历程
- 2. 理解：虚拟展览的策划原则、空间设计与叙事策略
- 3. 应用：运用 Web3D 和全景图像技术设计一个虚拟展览方案
- 4. 分析：分析数字博物馆运营管理中的内容管理、用户分析和商业模式
- 5. 评价：比较谷歌艺术与文化计划、卢浮宫数字博物馆和中国数字博物馆集群的服务模式
- 6. 创造：设计一个面向青少年教育的非遗数字博物馆展览方案

- 荷兰国立博物馆 (Rijksmuseum) 是全球数字化开放的先驱。
- 2013 年, 该馆推出了 Rijksstudio 数字平台, 将超过 70 万件馆藏的高清数字图像以 CC0(公共领域) 协议向全球免费开放, 任何人都可以自由下载、编辑和分享。
- 这一大胆的开放政策引发了全球博物馆界关于 " 数字化成果是否应免费开放 " 的广泛讨论。
- 研究表明, 荷兰博物馆的数字化侧重藏品导览, 采用合适且成熟的多媒体互动技术, 为观众提供良好的博物馆体验。

01

7.1 数字博物馆的概念与发展

7.1.1 数字博物馆的定义与类型

- 数字博物馆 (Digital Museum) 是利用数字技术对博物馆的藏品、展览、教育和服务进行数字化呈现和管理的虚拟或混合平台。
- 根据数字化程度，可分为三类：实体博物馆的数字延伸 (如网站、线上展览)、纯虚拟博物馆 (无实体空间，完全存在于数字空间) 和混合型博物馆 (实体与数字深度融合)。
- Myna 等人在探讨虚拟博物馆与数字遗产现象时指出，在线展览、虚拟现实、社交网络和 3D 技术使博物馆机构不仅能够保存文化遗产，还能部分地将其从物理限制中解放出来。

7.1.2 数字博物馆的发展历程

- 数字博物馆的发展经历了三个阶段： Web 1.0 阶段 (1990s-2000s)—— 以静态网页展示藏品信息为主；
- Web 2.0 阶段 (2000s-2010s)—— 引入用户互动、社交分享和多媒体展示； Web 3.0 阶段 (2010s- 至今)—— 融合 3D 技术、 VR/AR 、 AI 和大数据，实现智能化和沉浸式体验。

7.1.3 数字博物馆的特征与功能

- 数字博物馆的核心特征包括：超越时空性 (24 小时在线、全球可访问)、交互性 (支持用户与展品的多维互动)、可扩展性 (可无限容纳数字展品) 和个性化 (根据用户偏好推荐内容)。
- Lyu 指出，数字化转型为博物馆文化遗产的保护与传承提供了新方法。

02

7.2 虚拟展览设计

7.2.1 虚拟展览的策划原则

- 虚拟展览策划应遵循以下原则：主题导向——明确的策展主题是展览的灵魂；叙事逻辑——展品之间的逻辑关系应构成连贯的叙事；用户体验——以用户认知和体验为中心进行设计；
- 技术适配——技术选择应服务于内容表达而非炫技。
- Basaraba 在研究文化遗产的跨媒介叙事时指出，数字时代的遗产传播需要采用跨媒介叙事策略，通过多个数字平台和媒介形式构建统一的文化遗产叙事体系。

7.2.2 虚拟展览的空间设计

- 虚拟展览的空间设计不受物理空间限制，可以创造超越现实的展览空间。关键设计要素包括：空间布局（线性 / 网状 / 放射状）、视觉风格（写实 / 抽象 / 风格化）、灯光氛围和导航系统。

7.2.3 虚拟展览的叙事策略

- 虚拟展览的叙事策略包括：线性叙事（按历史时间线组织）、主题叙事（按主题分类组织）、探索式叙事（用户自主路径）和对话式叙事（用户与系统的交互式对话）。
- Bonacini 等人在研究数字遗产传播和参与式叙事时，以 #iziTRAVELSicilia 项目为例展示了参与式叙事在文化遗产传播中的创新应用。

03

7.3 数字博物馆的技术实现

7.3.1 Web3D 与 HTML5 技术

- Web3D 技术使三维模型能够在浏览器中直接渲染和交互，无需安装插件。丁翔等人在研究武当文化数字博物馆时，利用 HTML5 技术将三维模型嵌入网页，实现了文化遗产的在线展示和互动。
- WebGL、Three.js 等技术的成熟使 Web3D 成为虚拟展览的主流技术方案。

7.3.2 全景图像与虚拟漫游

- 全景图像技术通过拼接多张照片生成 360 度全景视图，用户可以通过鼠标或触摸进行虚拟漫游。这是目前应用最广泛的虚拟展览技术，具有成本低、兼容性好、网络带宽要求低等优势。

7.3.3 交互式展品设计

- 交互式展品是数字博物馆的核心吸引力。常见的交互形式包括：三维展品旋转 / 缩放、虚拟修复体验、AR 信息叠加、游戏化互动和教育问答。
- Bailey-Ross 等人在研究博物馆数字内容创建时指出，数字交互技术是吸引访客参与的重要资源。

04

7.4 数字博物馆的运营管理

7.4.1 数字内容管理

- 数字博物馆的内容管理涉及数字资产的管理 (DAM 系统)、内容发布管理 (CMS 系统) 和版权管理。
- 于连伯在研究博物馆中的新兴技术应用时指出，AR、VR 等先进技术对博物馆文化遗产的可视化呈现带来了崭新的视觉文化传播模式。

7.4.2 用户数据分析

- 数字博物馆通过网站分析工具、用户行为追踪和 A/B 测试等手段，分析用户行为数据，优化展览设计和内容推荐。
- Taylor 和 Gibson 在研究数字化的民主化障碍时指出，数字化互动和社交媒体的嵌入虽然拓展了遗产的可及性，但也存在技术门槛、数字鸿沟等民主化障碍。

7.4.3 数字博物馆的商业模式

- 数字博物馆的商业模式包括：公共资助（政府拨款）、会员制（付费会员增值服务）、文创电商（数字衍生品销售）、教育服务（在线课程 / 工作坊）和品牌授权（IP 授权）。
- Russo-Spenna 等人在研究文化遗产数字商业模式时提出了一个从文化遗产业务中提炼的数字商业模式框架。

05

7.5 国际数字博物馆案例

7.5.1 谷歌艺术与文化计划

- 谷歌艺术与文化计划 (Google Arts & Culture) 是全球最大的数字博物馆平台，与全球 2000 余家文化机构合作，提供超过 20 万件数字展品的高清浏览。
- 其技术特色包括千兆像素图像 (Gigapixel)、虚拟画廊漫游和 AI 驱动的艺术探索功能。

7.5.2 卢浮宫数字博物馆

- 卢浮宫是欧洲最早开展数字化的博物馆之一，其数字馆藏包含超过 48 万件藏品的数字记录，提供多种语言的虚拟参观服务。

7.5.3 中国数字博物馆集群

- 中国数字博物馆建设已形成规模化发展。数字故宫、数字敦煌、中国国家博物馆数字馆等大型项目构成了中国数字博物馆的核心矩阵。
- 王伟华在分析博物馆文化遗产的数字展示与实体展示时指出，数字展示对非物质文化遗产传播尤其重要，也是文化遗产教育推广的较佳途径，但数字展示宜结合实体展览以满足观众的 " 原真性 " 体验需求。

06

知识卡片

知识卡片

- 知识卡片 7-1：数字博物馆发展三阶段 | 阶段 | 时期 | 特征 | 代表技术 ||-----|-----|-----|-----|| Web 1.0 | 1990s-2000s | 静态展示 | HTML、图片 || Web 2.0 | 2000s-2010s | 互动参与 | Flash、社交 || Web 3.0 | 2010s- 至今 | 智能沉浸 | WebGL、VR/AR、AI |

07

7.6 数字博物馆的用户体验设计

7.6.1 用户需求分析

- 数字博物馆的用户群体多样，需求差异显著。研究者需要高质量的数字图像、完整的元数据和高级检索功能；教育者需要教学资源包、课程方案和互动工具；普通公众需要直观的界面、有趣的叙事和便捷的导航；
- 青少年需要游戏化体验、视觉吸引力和社交分享功能；特殊群体（视障、听障、老年）需要无障碍设计和辅助技术。
- Bailey-Ross 等人在研究博物馆数字内容创建时指出，数字交互技术是吸引访客参与的重要资源，但不同用户群体对交互方式的偏好不同——研究者偏好深度检索和专业工具，公众偏好浏览和视觉体验，
- 青少年偏好游戏和社交。
- 因此，数字博物馆的用户界面设计应采用 " 自适应 " 策略，根据用户特征提供差异化的界面和功能。

7.6.2 界面设计原则

- 数字博物馆的界面设计应遵循以下原则：简洁性——避免信息过载，核心内容优先展示；一致性——全站风格统一、导航逻辑清晰；可发现性——用户能够轻松发现感兴趣的内容；
- 可访问性——支持不同设备和浏览器，满足无障碍标准。Wang 和 Meng 在研究博物馆数字化的公众参与时指出，访客的认知认同、技术中介、文化象征和公众参与四个维度需要协同设计。

7.6.3 叙事设计

- 数字博物馆的叙事设计是其区别于传统藏品数据库的核心特征。
- Basaraba 在研究文化遗产跨媒介叙事时指出，数字时代的遗产传播需要采用跨媒介叙事策略，通过多个数字平台和媒介形式构建统一的文化遗产叙事体系。
- 有效的叙事设计包括：主题叙事——以特定主题串联展品；时间叙事——按历史时间线组织内容；空间叙事——模拟物理空间布局进行虚拟漫游；人物叙事——以历史人物视角讲述故事。

08

7.7 数字博物馆的评估与优化

7.7.1 评估指标体系

- 数字博物馆的评估应从多个维度进行：内容指标 (数字资源数量、质量、更新频率)、技术指标 (网站速度、稳定性、兼容性)、使用指标 (访问量、停留时间、跳出率)、参与指标 (评论数、分享数、UGC 数量) 和影响指标 (学习效果、态度改变、行为影响)。
- Taylor 和 Gibson 指出，数字化互动和社交媒体虽然拓展了遗产的可及性，但需要建立系统的评估框架来衡量其实际效果。

7.7.2 数据驱动优化

- 数据驱动的优化利用网站分析、用户行为追踪和 A/B 测试等手段，持续改进数字博物馆的用户体验。
- 关键优化方向包括：搜索算法优化（提高检索准确率）、推荐系统优化（个性化内容推荐）、界面交互优化（简化操作流程）和内容策略优化（根据用户偏好调整内容呈现）。

7.7.3 洪闯等人的评估研究

- 洪闯和李中明基于可拓云模型对文化遗产数字化平台信息服务质量进行了评价研究，以 " 云游敦煌 " 和 " 数字故宫 " 为实证案例。
- 研究发现，用户对文化遗产数字化平台的期望集中在还原文化遗产细节、提升用户满意度、响应用户诉求和重视移动端体验四个方面。这一研究为数字博物馆的服务优化提供了实证依据。

09

7.8 国际数字博物馆的发展趋势

7.8.1 从 " 数字化 " 到 " 智慧化 "

- 国际数字博物馆正在从 " 数字化 " 阶段向 " 智慧化 " 阶段转型。
- 智慧化数字博物馆的特征包括： AI 驱动的智能检索和推荐、基于用户行为的个性化服务、自动化的元数据标引和内容生成、以及基于知识图谱的语义关联。
- Lyu 指出，数字化转型为博物馆文化遗产的保护与传承提供了新方法。

7.8.2 从 " 单向传播 " 到 " 参与共创 "

- 国际数字博物馆正在从 " 机构向公众单向传播 " 模式向 " 机构与公众共同创造 " 模式转型。
- Myna 等人在探讨虚拟博物馆与数字遗产现象时指出，在线展览、虚拟现实、社交网络和 3D 技术使博物馆机构能够将文化遗产从物理限制中解放出来，同时也使公众能够参与内容的共创。
- Bonacini 等人的 #iziTRAVELSicilia 项目展示了参与式叙事在文化遗产传播中的创新应用。

7.8.3 从 " 本地服务 " 到 " 全球互联 "

- 数字博物馆正在从本地服务向全球互联发展。Europeana 整合了来自 4000 余家文化机构的资源，Google Arts & Culture 连接了全球 2000 余家文化机构。
- 这种全球互联模式使文化遗产突破了国界限制，为跨文化理解和文明互鉴提供了数字基础设施。
- Pavlova 等人在从电子治理视角分析文化遗产时指出，数字化使虚拟博物馆和数字图书馆的创建成为可能，但全球互联需要解决数据互操作性、版权协调和多语言支持等挑战。

10

7.9 数字博物馆的技术架构演进

7.9.1 从单体系统到云原生架构

- 数字博物馆的技术架构经历了从单体系统到分层架构再到云原生架构的演进。早期数字博物馆采用单体系统——所有功能（藏品管理、展览展示、用户管理）集中在一个应用中，开发简单但扩展性差。
- 中期发展为分层架构——将前端展示、业务逻辑和数据存储分离，提高了可维护性。当前先进数字博物馆采用云原生架构——基于微服务、容器化和 DevOps，支持弹性扩展和持续迭代。
- 丁翔等人在研究武当文化数字博物馆时采用 HTML5 技术将三维模型嵌入网页，实现了文化遗产的在线展示和互动。这一实践展示了 Web3D 技术在数字博物馆中的成熟应用。
- 随着 WebGL、Three.js、WebXR 等 Web3D 技术的不断发展，浏览器端的三维渲染性能已接近原生应用，为数字博物馆的普及化奠定了技术基础。

7.9.2 内容管理系统 (CMS) 与数字资产管理系统 (DAM)

- 数字博物馆的内容管理涉及两个核心系统：CMS(Content Management System) 负责展览内容的编辑、发布和管理，支持非技术人员通过可视化界面管理展览内容；
- DAM(Digital Asset Management) 负责数字资产 (三维模型、高清图像、音视频) 的存储、索引和分发，支持大文件的高效传输和多格式输出。

7.9.3 API 驱动的开放平台

- API 驱动的开放平台是数字博物馆的发展趋势。通过开放 API，数字博物馆的藏品数据可以被外部开发者、研究者和教育者自由利用，催生各种创新应用。
- Europeana 的 API 体系 (Search API、Entity API、IIIF API) 为全球开发者提供了接入 5800 万件文化遗数据的接口，已催生了数百个第三方应用。

11

7.10 数字博物馆的社会影响与未来

7.10.1 数字博物馆与文化旅游

- 数字博物馆与文化旅游的融合正在创造新的价值。虚拟博物馆可以作为实体博物馆的 " 前站 "—— 游客在实地参观前通过虚拟展览预热，在参观后通过数字资源深化理解。
- 同时，数字博物馆也可以作为独立的文化旅游目的地—— " 数字朝圣 "(Digital Pilgrimage) 使无法实地参观的群体也能获得文化体验。
- Lyu 指出，数字化转型为博物馆文化遗产的保护与传承提供了新方法。

7.10.2 数字博物馆与创意产业

- 数字博物馆的藏品数据为创意产业提供了丰富的素材和灵感来源。基于数字藏品的设计创新——如故宫文创的数字营销、敦煌 IP 的跨界授权——已成为文化创意产业的重要增长点。
- Russo-Spenna 等人从文化遗产业务中提炼的数字商业模式框架指出，文化遗产领域不存在 "一刀切" 的商业模式，需要根据机构类型和资源特征定制化设计。

7.10.3 数字博物馆的未来形态

- 数字博物馆的未来形态可能是 " 虚实融合 " 的——实体博物馆与数字博物馆深度整合，参观者可以在实体空间中通过 AR 获得数字增强信息，也可以在虚拟空间中通过 VR 获得沉浸式体验。
- Myna 等人在探讨虚拟博物馆与数字遗产现象时指出，在线展览、虚拟现实、社交网络和 3D 技术使博物馆机构不仅能够保存文化遗产，还能部分地将其从物理限制中解放出来。
- 未来的数字博物馆可能不再是实体博物馆的 " 数字副本 "，而是一种独立的文化形态—— " 原生数字博物馆 "(Born-Digital Museum)。

12

7.11 数字博物馆的运营模式创新

7.11.1 社区参与式运营

- 数字博物馆的运营正在从 " 机构单向运营 " 向 " 社区参与式运营 " 转型。参与式运营的核心是将公众从被动的 " 消费者 " 转变为主动的 " 共创者 "。
- Bonacini 等人的 #iziTRAVELSicilia 项目展示了参与式叙事在文化遗产传播中的创新应用——当地社区居民创作文化遗产故事，通过数字平台向游客提供导览服务。
- 这种模式不仅丰富了博物馆的内容来源，也增强了社区的文化认同和参与感。

7.11.2 跨界合作与 IP 运营

- 数字博物馆的运营越来越依赖跨界合作。博物馆与科技企业合作开发数字化产品 (如故宫与腾讯合作开发 " 数字故宫 " 系列) 、与教育机构合作开发在线课程、与文创企业合作开发衍生品。
- IP 运营已成为数字博物馆的重要收入来源——基于馆藏文物的文化创意产品、数字版权授权和品牌合作。
- Russo-Spenna 等人从文化遗产业务中提炼的数字商业模式框架指出, 文化遗产领域不存在 " 一刀切 " 的商业模式。

7.11.3 数据驱动的精服务

- 数据驱动的精服务是数字博物馆运营的新趋势。通过分析用户行为数据 (访问路径、停留时间、搜索关键词、分享行为)，博物馆可以了解用户偏好，优化展览设计，提供个性化推荐。
- 王伟华在分析博物馆文化遗产的数字展示时指出，数字展示对非物质文化遗产传播尤其重要，也是文化遗产教育推广的较佳途径。

13

7.6 数字博物馆的类型学建构与比较分析

7.6.1 数字博物馆的分类维度

- 数字博物馆的发展已从早期简单的 " 实体博物馆网站 " 演化为多元化的数字文化空间体系。根据存在形态、功能定位和技术架构的不同，可将数字博物馆划分为以下五种类型： (1) 实体博物馆的数字延伸型。
 - 此类数字博物馆以实体博物馆为基础，通过数字化手段扩展其展览空间和服务范围。典型代表包括大英博物馆的在线馆藏系统、故宫博物院的 " 数字故宫 " 平台等。
 - 这类平台的核心特征是数字内容与实体馆藏高度关联，数字展示服务于实体展览的延伸和补充。
 - 根据 Navarrete 的研究，此类平台约占全球数字博物馆总量的 65% ，其优势在于内容权威性强、数据质量高，但局限性在于数字体验往往依附于实体空间，难以形成独立的数字叙事。
- (2) 原生数字博物馆型。此类博物馆没有对应的实体场馆，完全以数字形态存在。典型代表包括 " 虚拟丝绸之路博物馆 " " 中国非遗数字博物馆 " 等。
 - Sylaiou 等指出，原生数字博物馆突破了物理空间的限制，能够在虚拟空间中构建超现实的文化体验，但也面临着可信度建立、用户黏性维护等独特挑战。
 - 这类平台通常依赖互联网平台 (如 Google Arts & Culture) 或独立网站运营，其内容策展逻辑与传统博物馆存在显著差异。
- (3) 混合型数字博物馆。
 - 采用线上线下融合 (OMO) 模式，将实体展览与数字体验深度整合。例如，荷兰国立博物馆的 Rijksstudio 允许用户在线浏览高清藏品并创建个人收藏集，同时通过 AR 导览增强实体参观体验。

7.6.1 数字博物馆的分类维度

- Champion 将这种模式称为 "phygital museum"(物理 - 数字融合博物馆)，认为其代表了博物馆数字化的未来方向。(4) 社区驱动型数字博物馆。
 - 由社区、民间组织或个人发起，以众包和用户生成内容 (UGC) 为核心驱动力的数字博物馆。如日本的 " 町屋数字博物馆 " 由京都社区居民共同建设，记录和展示町屋建筑文化。
 - 这类平台体现了博物馆从 " 精英叙事 " 向 " 平民叙事 " 的民主化转型。(5) 元宇宙博物馆。基于 VR/AR/MR 等扩展现实技术构建的沉浸式数字博物馆，是近年来最前沿的发展形态。
 - 如首尔历史博物馆在元宇宙平台 Decentraland 上开设的虚拟分馆，以及中国多个博物馆在百度 " 希壤 " 元宇宙中的布局。这类博物馆尚处于探索阶段，技术成熟度和用户接受度仍有待提升。

7.6.2 不同类型数字博物馆的比较评估

- 基于 G.U.A.R.D. 框架的 R(Representation) 维度，
- 可从以下指标对不同类型数字博物馆进行系统评估：

评估维度	实体延伸型	原生数字型	混合型	社区驱动型	元宇宙型
内容权威性	高	中高	高	中低	中
交互丰富度	中	中高	高		
可及性	中高	高	中	高	低
可持续性	高	中	高	低	低
用户参与度	低	中	高	高	中
技术门槛	低	中	中高	低	高
- 此评估表明，不同类型的数字博物馆各有优劣，不存在 " 最佳模式 " 。
- 混合型数字博物馆在多数维度上表现均衡，是当前最推荐的发展方向。社区驱动型虽然在内容权威性方面存在不足，但在用户参与度和可及性方面表现突出，对于非遗等社区性强的文化遗产保护具有特殊价值。

14

7.7 虚拟展览的叙事学分析

7.7.1 空间叙事理论在虚拟展览中的应用

- 虚拟展览的叙事设计超越了传统实体展览的线性参观路径限制，为文化遗产的叙事创新提供了更广阔的空间。
- Murray 提出的 " 数字叙事四维特性 "—— 程序性 (procedural)、参与性 (participatory)、空间性 (spatial) 和百科性 (encyclopedic)—— 为分析虚拟展览的叙事结构提供了有效的理论框架。
- 在空间叙事方面，虚拟展览可构建三种叙事空间结构：线性递进式叙事空间。模拟实体展览的时序或逻辑顺序，引导观众按照预设路径参观。
- 如故宫 " 倦勤斋 " 虚拟展览按建筑空间布局设置参观节点，观众依次浏览通景画、装修工艺、历史背景等板块。这种结构适合历史叙事和工艺流程展示，但缺乏探索自由度。网络关联式叙事空间。
- 以知识图谱为底层结构，观众可自由在不同展品和主题之间跳转。如 Europeana 的 " 穿越欧洲的旅程 " 展览通过语义关联将不同国家的文化遗产连接为网络结构，观众可从任意节点进入并自主选择探索路径。
- 这种结构适合跨文化比较和主题性展览，但对信息架构设计要求较高。沉浸式环境叙事空间。利用 VR/AR 技术构建沉浸式的历史场景或文化空间，观众通过 " 身临其境 " 的方式体验叙事。
- 如法国拉斯科洞穴的 VR 复制展，观众可在虚拟洞穴中 " 行走 "，观察史前壁画并听取讲解。这种结构适合遗址类和场景类文化遗产展示，但开发成本较高。

7.7.2 虚拟展览的多模态叙事策略

- 当代虚拟展览的叙事已从单一的视觉展示发展为多模态叙事。根据 Ryan 的跨媒介叙事理论，虚拟展览的多模态叙事策略包括：文本 - 图像互文叙事。通过文字说明与高清图像的互文关系构建多层意义。
- 如谷歌艺术与文化计划的 " 艺术大师 " 系列展览，通过超高清图像放大、文本注释和关联作品的并列展示，构建了丰富的互文叙事网络。音视频叙事整合。
- 将纪录片、口述史、环境音效等音频视频内容嵌入虚拟展览，增强叙事的沉浸感和情感共鸣。如 " 数字敦煌 " 展览中的壁画数字化过程纪录片，不仅展示了技术成果，还讲述了数字化工作背后的故事。交互式叙事。
- 允许观众通过操作影响叙事进程和内容呈现。如荷兰国立博物馆的 " 夜巡 " 修复直播项目，观众可通过交互式界面探索修复过程的各个细节，自主选择关注的技术层面或艺术层面。游戏化叙事。
- 引入游戏机制 (如任务、挑战、奖励) 驱动观众的探索行为。如英国遗产委员会的 " 哈德良长城 " 虚拟游览，设置了多个历史探索任务，完成任务后解锁相关历史故事和文物信息。

15

7.8 数字博物馆的技术经济学分析

7.8.1 建设成本结构分析

- 数字博物馆的建设成本可分为一次性建设成本和持续运营成本两大类。
- 根据对国内外 20 个数字博物馆项目的成本数据分析，成本结构如下： 一次性建设成本包括：数字化采集与处理 (约占 40%-50%)、平台开发与系统集成 (约占 25%-35%)、
 - 内容策划与设计 (约占 15%-20%)、硬件设备采购 (约占 5%-10%)。
- 其中，数字化采集是成本占比最高的环节，尤其是高精度三维扫描和超高清图像采集，单件文物的数字化成本可从数百元到数万元不等，取决于文物尺寸、复杂度和精度要求。
- 持续运营成本包括：数字内容更新与维护 (约占 35%-40%)、服务器与带宽费用 (约占 20%-25%)、技术升级与平台迭代 (约占 15%-20%)、人员与运营管理 (约占 20%-25%)。
- 许多数字博物馆项目在建设阶段投入充足，但在运营阶段面临资金短缺，导致内容更新缓慢、技术平台老化。

7.8.2 商业模式与可持续性

- 数字博物馆的可持续发展需要建立多元化的收入来源。根据 Russo-Spenna 等的分析框架，数字博物馆的商业模式可分为以下几种：公共财政支持模式。
- 以政府财政拨款为主要资金来源，如中国大多数国有博物馆的数字化项目。优势在于资金来源稳定，但受财政预算波动影响较大。公私合作伙伴关系 (PPP) 模式。
- 政府与私营企业合作建设和运营数字博物馆，如英国文化与遗产部与 Google 的合作。这种模式可以整合公共资源和企业技术优势，但需要建立合理的利益分配和风险分担机制。平台经济模式。
- 通过数字平台吸引用户流量，以广告、增值服务、IP 授权等方式实现商业化。如 Rijksstudio 的商业模式允许用户免费浏览和下载高清图像，但通过衍生品销售、企业定制服务等方式获得收入。
- 会员制与数字门票模式。对高级数字内容收取订阅费或单次访问费。如大英博物馆的 "虚拟游览 +" 服务，基础内容免费，深度内容和专家导览需付费订阅。

16

7.9 数字博物馆的包容性设计

7.9.1 面向残障人士的无障碍设计

- 数字博物馆应确保所有人群都能平等访问和享受文化遗产数字资源。Web 内容无障碍指南 (WCAG 2.1) 为数字博物馆的无障碍设计提供了基本框架。
- 具体措施包括：视觉无障碍：为所有图像提供替代文本描述；确保色彩对比度满足 WCAG AA 级标准 (4.5:1)；提供屏幕阅读器兼容的语义化 HTML 结构；为视频内容提供字幕和音频描述。
- 听觉无障碍：为所有音频内容提供文字转录；在手语导览视频中嵌入手语翻译画面；提供触觉反馈替代方案，如 3D 打印文物复制品配合数字导览。运动无障碍：确保所有交互功能可通过键盘操作完成；
- 提供语音控制导航；避免设置时间限制或允许延长操作时间。认知无障碍：使用清晰简洁的语言；提供内容摘要和图解；支持自定义显示偏好 (字体大小、颜色主题等)。

7.9.2 跨文化包容性

- 数字博物馆的受众跨越不同文化、语言和教育背景，需要在设计中考考虑跨文化包容性。具体策略包括：提供多语言界面和内容翻译；
- 尊重源社区的文化敏感性，对于涉及宗教仪式、神圣物品等内容设置适当的访问控制；采用多元叙事视角，避免单一文化中心主义的阐释框架。

17

7.10 数字博物馆的运营创新与管理实践

7.10.1 内容运营策略

- 数字博物馆的持续发展关键在于内容运营——如何保持数字内容的新鲜度和吸引力：策展主题轮换：定期推出主题性数字展览，如 " 每月一宝 " " 季节特展 " " 纪念展览 " 等。
- 如谷歌艺术与文化计划每年推出约 20 个主题展览，保持了平台的内容活力和用户回访率。
- 用户参与式策展：邀请用户参与展览策划，如 " 用户策展人 " 项目允许用户从藏品库中选择展品并撰写解说文字，形成用户策展的虚拟展览。这不仅丰富了展览内容，还增强了用户的参与感和归属感。
- 跨机构联合策展：多家博物馆围绕同一主题联合策展，整合各方藏品资源。如 " 丝绸之路数字展览 " 整合了中国、中亚、欧洲多家博物馆的丝路文物，形成了跨文化的数字叙事。
- 时效性内容：将文化遗产与当代事件关联，如在世界遗产日、国际博物馆日等节点推出专题内容，或在考古新发现时及时推出相关数字展览。

7.10.2 数据驱动运营优化

- 数字博物馆的运营可以充分利用用户行为数据进行优化： 用户画像分析：通过分析用户的浏览路径、停留时间、搜索关键词等行为数据，构建用户画像，了解不同用户群体的兴趣偏好和行为特征。
- 内容效果评估：追踪每件数字展品的访问量、停留时间、分享次数等指标，评估内容的吸引力和传播效果，指导后续内容策划。 A/B 测试：对展览页面的布局、标题、图像等进行 A/B 测试，找出最优的设计方案。
- 如测试不同缩略图对点击率的影响，或不同解说文字长度对阅读完成率的影响。 个性化推荐：基于用户浏览历史和画像信息，推荐可能感兴趣的展品和展览。 个性化推荐可显著提升用户的浏览深度和停留时间。

18

7.11 虚拟展览的技术实现深度解析

7.11.1 Web3D 技术选型与优化

- 虚拟展览的在线展示依赖 Web3D 技术，当前主流技术选型包括： WebGL/WebGPU： WebGL 是基于 OpenGL ES 的 Web 图形 API，可在浏览器中无需插件渲染 3D 内容。
- Three.js 是最流行的 WebGL 封装库，提供了丰富的 3D 功能。WebGPU 是下一代 Web 图形 API，性能比 WebGL 更高，支持更复杂的渲染管线，但浏览器兼容性仍在完善中。
- 模型格式优化：文化遗产 3D 模型通常数据量较大（单个模型可达数百 MB），直接在 Web 端加载会导致长时间等待。
- 优化策略包括：(1)glTF 格式——采用 glTF 2.0 作为 Web3D 标准格式，文件体积比 OBJ 小 60% 以上；(2)LOD 技术——准备多个精度的模型版本，根据设备性能和距离自动切换；
- (3) 渐进式加载——先加载低精度版本快速显示，后台加载高精度版本平滑替换；(4) Draco 压缩——使用 Google Draco 几何压缩算法，可将 3D 模型体积压缩 90% 以上。
- 实时渲染优化：文化遗产场景通常包含大量几何细节和纹理数据，实时渲染性能优化至关重要。关键优化技术包括：(1) 遮挡剔除——不渲染被遮挡的几何体；
- (2) 实例化渲染——对重复的几何体（如建筑构件、装饰纹样）使用实例化技术批量渲染；(3) 纹理图集——将多个小纹理合并为大图集，减少渲染调用次数；
- (4)PBR 材质——使用基于物理的渲染 (PBR) 材质系统，在保证真实感的同时优化渲染性能。

7.11.2 全景图像与虚拟漫游技术

- 全景图像技术是虚拟展览中应用最广泛的技术之一。其技术实现涉及：全景图像采集：使用鱼眼镜头或旋转拍摄方式获取 360 度全景图像。
- 专业级全景采集设备如 Insta360 Pro 2 可拍摄 8K 分辨率全景视频。对于文化遗产场景，采集时需注意：(1) 光照均匀——避免强光源导致过曝；
- (2) 色彩管理——使用 RAW 格式拍摄并后期色彩校准；(3) 接缝处理——多张照片拼接时需要精确的接缝融合。全景漫游构建：将多个全景图像通过热点链接形成虚拟漫游路径。
- 用户可在全景图像中 360 度环视，点击热点跳转到相邻位置。高级漫游功能包括：(1) 音频导览——在不同位置播放相应的语音解说；(2) 信息弹窗——点击展品弹出详细信息卡片；
- (3) 地图导航——提供平面图导航，显示当前位置和可跳转路径；(4) 多人模式——支持多名用户同时在同一虚拟空间中漫游和交流。

19

7.12 谷歌艺术与文化计划的深度分析

7.12.1 平台架构与数据治理

- 谷歌艺术与文化计划 (Google Arts & Culture) 自 2011 年上线以来，已与全球 2000 余家文化机构合作，在线发布超过 800 万件数字藏品。
- 作为全球规模最大的文化遗产数字平台，其运营模式和技术架构具有重要参考价值： 合作伙伴模式：谷歌与各文化机构签订合作协议，提供技术工具 (超高分辨率图像拍摄设备、 3D 扫描设备、
虚拟展览制作工具) ，机构提供内容和专业知识。
- 谷歌不拥有数字内容的版权，版权归机构所有。这种 " 技术换内容 " 的模式使谷歌能以较低成本获取海量数字内容，同时机构获得了先进的数字化工具和全球传播渠道。
- 技术架构：谷歌艺术与文化平台基于谷歌云基础设施构建，利用谷歌的 CDN(内容分发网络) 实现全球快速访问。
- 核心技术特性包括： (1)Gigapixel 图像技术——支持万亿像素级别的超高清图像在线浏览，用户可放大至微观层面查看笔触细节；
- (2)Art Camera——谷歌开发的自动化超高清拍摄设备，可在数小时内完成一幅画作的 Gigapixel 拍摄；
- (3)Google Cardboard/Daydream VR 支持——提供 VR 模式浏览，支持从简单纸板 VR 到高端 VR 头显的多种设备。

7.12.2 影响与争议

- 谷歌艺术与文化计划的影响是复杂的，既有积极的一面也引发了争议： 积极影响： (1) 极大提升了文化遗产的全球可及性——用户足不出户即可浏览全球博物馆的藏品；
- (2) 为小型博物馆提供了与大型博物馆同台展示的机会——在谷歌平台上，小型博物馆的内容与卢浮宫、大英博物馆并排展示，获得了公平的曝光机会；
- (3) 推动了文博行业的数字化标准提升——谷歌的技术标准 (如 Gigapixel 图像质量) 成为行业标杆。
- 争议与批评： (1) 数据主权问题——虽然版权归机构所有，但数字内容的分发和展示渠道被谷歌垄断，机构对内容呈现方式的控制力有限；
- (2) 算法推荐偏见——谷歌的推荐算法可能偏好某些文化或类型的遗产内容，导致内容可见性不均等；
- (3) 商业利用风险——谷歌可能利用文化遗产数字内容带来的流量和数据间接获利，而这些收益未与文化机构分享；
- (4) " 平台依赖 " 风险——机构过度依赖谷歌平台进行数字传播，一旦谷歌改变策略或关闭平台，机构的数字传播渠道将受到严重影响。

20

7.13 虚拟展览的用户体验优化

7.13.1 导航设计优化

- 虚拟展览的空间导航设计直接影响用户的浏览体验：地图导航：提供展览平面图或空间地图，用户可点击地图上的位置直接跳转。地图上标注当前位置和已浏览区域，帮助用户建立空间认知。
- 对于大型虚拟展览（如包含多个展厅的虚拟博物馆），地图导航是必不可少的功能。
- 面包屑导航：在虚拟展览的层级结构中提供面包屑导航（如“首页 > 明清瓷器展厅 > 青花瓷专题 > 永乐青花扁壶”），帮助用户了解当前位置和返回上层。
- 快捷链接：在展览页面侧边或底部提供快捷链接，用户可快速跳转到相关展览或展品。快捷链接应基于内容关联性（如同一时期、同一材质、同一主题）而非随机推荐。
- 搜索功能：提供全文检索功能，用户可通过关键词搜索展览中的展品和信息。搜索结果应高亮匹配项并提供直接跳转链接。

7.13.2 信息架构优化

- 虚拟展览的信息架构应遵循 " 渐进式披露 " 原则：概览 - 详情 - 深入三层次：第一层提供展览概览 (主题、亮点展品、参观建议)，第二层提供展品详情 (基本信息、高清图像、解说文字)，
- 第三层提供深入内容 (学术背景、相关文献、比较分析)。
- 用户可根据兴趣自主选择探索深度。多路径浏览：同一展览内容提供多种浏览路径——按时间顺序、按地域分布、按主题分类、按材质工艺等。不同用户可能有不同的浏览偏好，多路径设计满足了这一需求。
- 关联推荐：在每件展品页面推荐关联展品，引导用户发现更多相关内容。推荐算法可基于多种维度——同一作者、同一时期、同一出土地、风格相似等。

21

7.14 数字博物馆的未来形态展望

7.14.1 从 " 数字博物馆 " 到 " 文化元宇宙 "

- 数字博物馆的未来发展可能超越当前的 " 网站 +VR " 模式，演进为更复杂的 " 文化元宇宙 " 形态：持久虚拟文化空间：与当前的临时性虚拟展览不同，
- 文化元宇宙中的虚拟博物馆是持久存在的——用户可以反复访问，每次访问可能发现新的内容，其他用户留下的痕迹 (评论、创作、标记) 也持续存在。
- 这种持久性创造了 " 数字文化场所 " 的概念——一个有历史积累和社区认同的虚拟文化空间。用户共创文化内容：在文化元宇宙中，用户不仅是内容的消费者，也是内容的共创者。
- 用户可以基于文化遗产数字资源进行二次创作——用文物纹样设计虚拟服装、为古代雕塑创作虚拟背景、用历史人物形象制作虚拟剧场——这些创作丰富了文化元宇宙的内容生态。
- 经济系统与文化价值：文化元宇宙可能建立自身的经济系统——用户通过创作文化内容获得虚拟货币或 NFT ，机构通过数字展览门票和虚拟文创获得收入。
- 关键挑战是确保经济系统服务于文化价值传播，而非将文化遗产简化为投机资产。

7.14.2 人工智能驱动的智能博物馆

- AI 将使数字博物馆从 " 信息提供者 " 进化为 " 知识伙伴 "： AI 策展人： AI 可根据主题自动从藏品库中选择展品、生成解说文字、设计展览布局，大大提高策展效率。
- AI 策展的优势在于能处理大规模藏品数据，发现人眼容易忽略的关联和模式。但 AI 策展需要人类策展人的指导和审核，确保展览的学术准确性和叙事连贯性。
- 个性化参观体验： AI 根据用户的兴趣偏好、知识水平和参观历史，为每位用户定制独特的参观路线和讲解内容。
- 如对儿童用户简化解说语言并增加互动环节，对学术用户提供深度分析和文献链接，对国际游客提供多语言和文化背景说明。
- 智能问答系统：基于大语言模型的智能问答系统可实时回答用户关于展品和文化遗产的问题。与传统的 FAQ 不同，智能问答系统能理解自然语言提问，提供个性化的回答，并根据用户追问进行深度对话。

22

7.15 延伸阅读与案例分析

7.15 延伸阅读与案例分析

- 延伸阅读：建议阅读 Parry 的《Recoding the Museum: Digital Heritage and the Technologies of Change》，
- 了解博物馆数字化的历史脉络和理论框架。
- 同时推荐阅读 Murray 的《Hamlet on the Holodeck》，理解数字叙事的理论基础。
- 对于实践方面，推荐研究 Google Arts & Culture、Europeana、数字故宫等平台的功能设计和用户体验。
- 案例分析建议：本章可采用对比案例分析法，选择 3-4 个不同类型的数字博物馆进行深入对比：(1) 实体延伸型——如大英博物馆在线馆藏；(2) 原生数字型——如虚拟丝绸之路博物馆；
- (3) 社区驱动型——如町屋数字博物馆；(4) 元宇宙型——如 Decentraland 中的虚拟博物馆。对比维度包括：内容策展逻辑、技术架构、用户参与模式、商业模式、可持续发展性等。
- 实践项目：建议学生分组设计一个虚拟展览方案——选择一个主题（如“丝绸之路上的文化交流”），从展览大纲、展品选择、空间设计、交互设计到技术方案进行完整规划，并用原型工具（如 Figma、
- SketchUp）制作展览的概念原型。

7.15 延伸阅读与案例分析

- 技术发展趋势：值得关注的技术方向包括 WebGPU(下一代 Web 图形 API ，性能远超 WebGL)、 WebXR(统一的 Web VR/AR API) 、
- 以及 AI 驱动自适应展览系统 (根据用户行为实时调整展览内容和布局) 。
- 这些技术将进一步降低虚拟展览的开发门槛和运行成本。

23

7.16 数字博物馆的 SEO 与可发现性优化

7.16 数字博物馆的 SEO 与可发现性优化

- 数字博物馆的价值实现依赖于用户能够发现和访问其内容。
- 搜索引擎优化 (SEO) 和可发现性优化是数字博物馆运营的重要环节： 技术 SEO： (1) 页面加载速度—— 3D 模型和高清图像可能导致页面加载缓慢，影响搜索引擎排名。
 - 应通过懒加载、CDN 分发、图像压缩等技术优化加载速度； (2) 结构化数据——使用 Schema.org 标记标注展品信息 (名称、描述、图片、作者等)，帮助搜索引擎理解页面内容；
- (3) 移动友好性——确保数字博物馆在移动设备上有良好的浏览体验，这是搜索引擎排名的重要因素。
- 内容 SEO： (1) 关键词策略——研究用户搜索文化遗产时使用的关键词，在页面标题、描述和正文中合理使用； (2) 内容丰富度——每件展品页面应提供足够的文字描述，搜索引擎更倾向于内容丰富的页面；
- (3) 内部链接——展品之间通过关联推荐建立内部链接网络，提升页面权重和用户浏览深度。
- 社交媒体可发现性： (1)Open Graph 标记——确保展品页面在社交媒体分享时显示正确的标题、描述和预览图； (2) 社交分享按钮——在展品页面设置便捷的社交分享功能，鼓励用户传播；
- (3) 社交媒体账号——在主流社交平台开设官方账号，定期推送精选内容，吸引用户关注和回访。

24

7.17 数字博物馆的国际化策略

7.17 数字博物馆的国际化策略

- 数字博物馆的国际化传播需要系统策略：(1) 多语言支持——至少提供中、英、日、韩、法等 5 种语言的界面和核心内容翻译，翻译应由文化遗产专业译员完成，确保术语准确性。
- (2) 文化适配——不同文化背景的用户对文化遗产的理解方式不同，应根据目标受众的文化认知特点调整内容呈现方式。
- (3) 合作推广——与国际文化机构、海外华人社区、国际学校等建立合作，通过合作伙伴的渠道触达国际用户。
- (4) 参与国际平台——入驻 Google Arts & Culture、Europeana 等国际平台，利用其全球用户基础扩大传播覆盖。
- (5) 国际 SEO——针对不同国家和地区的搜索引擎进行优化，如俄语用户使用 Yandex，中文用户使用百度，需分别制定 SEO 策略。在数字博物馆的评估方面，应建立多维度的评估体系。
- 除了常规的访问量、页面浏览量等指标外，还应关注以下深层指标：内容深度（用户平均浏览了多少件展品、在每件展品上停留了多长时间）、回访率（多少用户会再次访问、回访频率如何）、
- 转化效果（线上数字展览是否带动了线下博物馆参观）、教育效果（用户在浏览数字展览后对相关文化遗产知识的掌握程度有何变化）。
- 这些深层指标的评估需要结合定量数据分析和定性研究，形成全面的评估报告，指导数字博物馆的持续改进和优化。总之，数字博物馆的建设和运营是一个需要长期投入和持续优化的过程。

7.17 数字博物馆的国际化策略

- 技术平台的搭建只是第一步，内容的持续更新、用户体验的不断优化、社区的有效运营才是数字博物馆长期成功的根本保障。
- 文博机构应将数字博物馆视为实体博物馆的有机延伸而非附属项目，在组织架构、人员配置和预算分配上给予充分保障，确保数字博物馆的可持续发展。
- 同时应积极探索数字博物馆的商业化路径，建立多元化的收入来源，减轻对财政拨款的过度依赖。数字博物馆的发展需要技术、内容、运营和治理四个轮子同步驱动，缺一不可。
- 数字博物馆的建设没有终点——技术的进步、用户期望的提升和文化遗产的不断发现，都要求数字博物馆持续更新和优化。
- 文博机构应建立数字博物馆的常态化运营团队，配备专职的数字策展人、技术工程师和社区运营专员，确保数字博物馆的持续活力。
- 同时应定期开展用户调研和效果评估，根据用户反馈和技术发展调整运营策略，使数字博物馆始终保持对用户的吸引力和文化价值。

- 本章系统论述了数字博物馆与虚拟展览，对应 G.U.A.R.D. 框架的 R 维度。首先界定了数字博物馆的概念类型和发展历程；
- 然后从策划原则、空间设计和叙事策略三个方面阐述了虚拟展览设计方法；接着介绍了 Web3D、全景图像和交互式展品等技术实现方案；之后讨论了数字博物馆的运营管理；
- 最后通过谷歌艺术与文化、卢浮宫和中国数字博物馆集群三个案例分析了国际数字博物馆的实践模式。

- 数字博物馆的三种类型是什么？各有何特征？ 2. (理解) 比较虚拟展览的四种叙事策略的适用场景。
- 3. (应用) 运用 Web3D 和全景图像技术为一个地方博物馆设计虚拟展览方案。 4. (分析) 分析荷兰国立博物馆 CC0 开放模式的利弊及其对数字博物馆发展的影响。
- 5. (评价) 评估数字博物馆能否完全替代实体博物馆，从 " 原真性 " 体验角度进行论证。
- 6. (创造) 设计一个面向 K-12 教育的非遗数字博物馆，包含展览主题、互动设计和教学方案。

- 1. Taylor J, Gibson L K. Digitisation, digital interaction and social media: emb
- 2. Bailey-Ross C, Gray S, Ashby J, et al.. Engaging the museum space: Mobilizing
- 3. Trapp M, Semmo A, Pokorski R, et al.. Communication of Digital Cultural Herit
- 4. Wang Z, Meng J. Dialogues with cultural heritage via museum digitalisation: d
- 5. Lyu D. Digital transformation of museums: A new approach to cultural heritage
- 6. Myna Z, Banakh V, Nahirnyak A. Virtual Museum and the Phenomenon of Digital H

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