

**Technology Empowerment and Value Transformation:
Frontier Research on the Utilization of Cultural Relics**

科技赋能与价值转化：文物利用前沿研究

张成安◎著



**International
Union of Scientific and
Technological Scholars**

CIP INFORMATION

Title: Technology Empowerment and Value Transformation: Frontier Research on the Utilization of Cultural Relics

题目：科技赋能与价值转化：文物利用前沿研究

Author: Cheng'an Zhang

作者：张成安

ISBN: 979-8-90040-275-8

Publisher: CYPEDIA INTERNATIONAL UNION OF SCIENTIFIC AND
TECHNOLOGICAL SCHOLARS

Price: \$60.00

定价：60 美金



**International
Union of Scientific and
Technological Scholars**

**Technology Empowerment and Value Transformation: Frontier Research
on the Utilization of Cultural Relics**
科技赋能与价值转化：文物利用前沿研究

Address: 100 N Howard St Ste R, Spokane, Wa, 99201. United States

Tel: +888-754-5177

Email: contact@cypedia.net

Format: 170mmx240mm 1/16 Sheets: 15.25

Word Counts: 200.000

Edition: First edition in July 2026

Printing: First printing in July 2026

**CYPEDIA INTERNATIONAL UNION OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL
SCHOLARS**

非开放获取·电子版请联络出版社购买·版权归出版社所有·侵权必究

Not Open Access. For the electronic version, please contact the publisher for purchase. The copyright belongs to the publisher.
Infringement will be prosecuted.

前言 PREFACE

文物是人类文明的结晶，是传承历史文脉、凝聚民族精神、展现文明多样性的重要载体，其保护、利用与传承直接关系到文化根脉的延续与文化自信的提升。进入新时代，我国文物事业迎来高质量发展的黄金期，“保护第一、加强管理、挖掘价值、有效利用、让文物活起来”的工作方针，为文物利用指明了方向。与此同时，人工智能、大数据、虚拟现实、遥感探测等新一代信息技术的迅猛发展，引发文化遗产领域的深刻变革，为文物利用突破时空限制、创新呈现形式、提升价值转化效率提供了前所未有的技术支撑，科技赋能已成为推动文物利用高质量发展的核心动力。

当前，我国文物利用已取得显著成效，数字化保护、智慧博物馆建设、文物IP开发等实践蓬勃开展，但在实际推进中仍面临诸多亟待破解的难题：文物数字化标准不统一，数字资产管理与确权机制不健全，高精度采集与信息提取技术应用覆盖面有限；科技与文物利用的融合深度不足，部分技术应用流于表面，未能实现文物价值的深度挖掘与高效转化；文物保护与开发利用的平衡难度较大，预防性保护科技水平有待提升，部分文物资源面临过度开发或利用不足的困境；沉浸式传播、创意转化等新型利用模式缺乏成熟经验，IP开发同质化严重，市场化运营能力不足；伦理边界模糊、知识产权保护不完善、行业标准不健全等问题，制约了文物利用的规范化、可持续发展。

本书的核心特色在于实现“三个聚焦”：一是聚焦科技赋能，全面呈现新一代信息技术在文物利用各领域的应用场景与技术路径，破解技术融合难题；二是聚焦价值转化，深入探讨文物从数字化保护到创意开发、从沉浸式传播到智慧文旅融合的全链条价值实现路径；三是聚焦规范发展，系统梳理文物利用中的伦理、法律与标准问题，为文物利用提供规范化指引。同时，本书兼顾国际视野与中国特色，借鉴国际先进经验，结合我国文物事业发展

实际，提出贴合中国国情的实践路径与战略建议。

我们期望本书能为文物保护与利用从业者提供系统的技术参考与实践指引，帮助其提升科技应用能力、优化利用模式、提升价值转化效率；为文化遗产研究人员提供新的研究视角，推动文物利用相关理论的深化与创新；为高校相关专业师生提供“理论—技术—实践—规范”一体化学习素材，助力复合型人才培养；为文旅行业、文化创意从业者提供文物 IP 开发、沉浸式传播等新思路，推动文化产业高质量发展。更希望通过本书的探索，推动科技与文物事业深度融合，促进文物资源活化利用与价值转化，守护文化根脉、传承民族精神，为我国文物事业高质量发展贡献微薄之力。

科技赋能下的文物利用是一项兼具理论性、实践性与创新性的系统工程，需紧跟科技发展趋势，结合文物保护与利用实践，持续深化研究与优化。本书力图整合前沿技术成果与一线实践经验，全面呈现相关领域的核心内容与方法路径，为文物利用前沿研究与实践发展提供有力支撑。

限于作者水平，书中难免存在疏漏及不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

目录 CONTENTS

第一章 绪论：文物利用的时代语境与科技赋能	1
第一节 文物利用的历史演进与当代挑战	1
第二节 科技革命对文化遗产领域的影响	8
第三节 本书的研究框架与核心议题	14
第二章 文物数字化：基础理论与关键技术	23
第一节 文物数字化的内涵、原则与标准体系	23
第二节 高精度采集与三维建模技术前沿	29
第三节 多光谱成像与信息增强技术应用	34
第四节 大数据管理与数字资产确权	40
第三章 智慧博物馆：新形态与新模式	49
第一节 空气成像技术引领下的博物馆：从数字化到智慧化的转型路径	49
第二节 智能导览与沉浸式体验技术	55
第三节 藏品智慧管理与预防性保护	61
第四节 博物馆公众服务的智能化创新	68
第四章 考古发掘与研究的科技应用	75
第一节 科技考古的方法论与多学科交叉	75
第二节 遥感、GIS 与考古探测技术	81
第三节 实验室考古与微观信息提取	87
第四节 考古数据整合与知识图谱构建	93
第五章 文物预防性保护与修复科技	101
第一节 文物保存环境的智能监测与调控	101
第二节 新型材料在文物修复中的应用	106

第三节 无损 / 微损检测与分析技术	110
第四节 生物技术与文物保护	115
第六章 文化遗产的沉浸式展示与传播	121
第一节 虚拟现实 (VR) 与增强现实 (AR) 技术原理	121
第二节 数字孪生与文化遗产场景重构	126
第三节 交互叙事与沉浸式展览设计	133
第四节 云展览与跨媒介传播策略	139
第七章 文物资源的创意转化与 IP 开发	145
第一节 文物 IP 的价值评估与授权机制	145
第二节 数字文创产品的设计与开发	149
第三节 文物元素在动漫、游戏及影视中的应用	155
第四节 品牌联名与市场化运营案例	160
第八章 智慧文旅与文化遗产地管理	167
第一节 文化遗产地的游客体验提升技术	167
第二节 基于大数据的客流分析与智慧调度	173
第三节 遗产监测与风险预警系统	178
第四节 可持续旅游与社区参与模式	184
第九章 伦理、法律与标准体系构建	191
第一节 文物数字化与利用的伦理边界	191
第二节 知识产权与数据安全法律问题	197
第三节 相关技术标准与行业规范建设	203
第四节 国际经验与中国方案的探讨	208
第十章 未来展望：趋势、挑战与战略路径	215
第一节 前沿科技趋势预测（AI、元宇宙等）	215
第二节 科技赋能下的价值转化深层挑战	219
第三节 产学研协同创新机制构建	224
第四节 推动文物事业高质量发展的战略建议	229
参考文献	237

第一章 绪论：文物利用的时代语境与科技赋能

第一节 文物利用的历史演进与当代挑战

文物是中华文明的物质载体，文物利用是连接历史与当代、传承文化与服务社会的关键环节。进入新时代，我国文物事业从以抢救保护为主，转向保护与利用并重、传承与创新协同的发展阶段。数字技术、人工智能、大数据等前沿科技的普及应用，为文物利用提供了全新路径，推动文物利用模式、价值转化机制与社会传播方式发生系统性变革。

一、文物利用的历史演进脉络

我国文物利用的发展历程，与国家治理、社会需求、技术条件深度绑定，呈现出清晰的阶段性特征。总体可划分为静态保存、被动展示，活化利用、主动传播，科技赋能、价值转化三个阶段，各阶段在核心理念、实践模式与内在局限上形成递进式发展，逐步实现文物利用从“保得住”到“用得好”，再到“传得广”的跨越。

（一）静态保存、被动展示阶段

该阶段以文物本体安全存续为核心目标，形成以“保护优先、陈列展示”为核心的传统利用模式，核心导向是“守住文物底线”，避免文物因人为干预或自然侵蚀遭到破坏。这一阶段的利用模式以行政主导为主，核心环节集中在文物的抢救、修复、登记与保管，依托博物馆、文物保护单位等专业机构开展基础陈列展示，展示形式以文物实物搭配简单文字说明为主，未对文物文化内涵进行深度挖掘与多元阐释。其核心特征体现为价值实现渠道单一，主要服务于历史研究与基础公共教育，传播方式呈现单向化、场景固定化特点，受众范围有限且多为主动前往场馆的群体，社会参与度极低。同时，该阶段存在明显的结构性局限，过度强调文物保存而忽视利用价值的发挥，导致大量文物资源长期“沉睡”于库房或展柜，难以与当代社会产生深度连接，资源配置效率低下，无法满足公众日益

增长的文化需求。

（二）活化利用、主动传播阶段

随着我国文化事业的不断发展，文物利用理念发生重大转变，“让文物活起来”成为核心导向，文物利用进入活化利用、主动传播阶段。这一阶段打破了静态展示的单一框架，将文物利用的重点从“保存”转向“传播”，从“被动展示”转向“主动阐释”，核心目标是挖掘文物文化内涵，推动文物与当代社会生活、公共文化服务深度融合。利用模式上，突破了专业机构的单一局限，鼓励多元主体参与文物利用实践，逐步涌现出主题展览、文化研学、文创产品开发、文旅融合等多种利用形式，注重文物的教育功能、审美功能与社会凝聚功能的多元释放，推动文物从专业场馆走向更广阔的公共空间。其核心特征是价值取向从“保存导向”全面转向“传播导向”，利用范围从专业领域延伸至社会大众，文物与日常生活的连接逐步增强，开始注重公众的参与感与体验感。但该阶段仍存在诸多局限，活化利用多停留在表层符号提取，对文物深层文化内涵的挖掘不够深入，导致利用模式同质化严重，文创产品、展览主题、文旅项目缺乏科技创新，多呈现“千篇一律”的态势；同时，展陈与传播方式仍较为固化，传统手段占比偏高，互动性、时代性不足，难以适配年轻群体的文化消费习惯，且保护与开发的平衡机制尚未完善，部分地区出现过度商业化、破坏性开发等问题，反而对文物本体与周边环境造成损害。

（三）科技赋能、价值转化阶段

进入数字时代，前沿科技的普及应用为文物利用注入了全新动力，文物利用进入科技赋能、价值转化的新阶段，这一阶段是文物利用模式的系统性变革，核心导向是“科技赋能、价值共生”，实现文物保护、利用、传承的良性循环。该阶段以数字技术、人工智能、大数据、遥感技术等前沿科技为核心支撑，重构了文物利用的全链条，从文物采集、修复、保管，到展示、传播、价值开发，均实现了技术赋能的全覆盖。核心利用模式上，构建了数字文物库、智慧博物馆、云展览、数字文旅等新型载体，实现了文物资源的数字化存储、虚拟化展示、精准化传播，打破了物理空间的限制，让文物能够跨越地域、跨越时空触达更广泛的受众；同时，注重文物价值的多元转化，推动文物资源从“藏品”向“产品”“IP”转化，实现文化价值、社会价值与经济价值的协同提升。其核心特征是技术赋能贯穿文物利用全流程，利用形态从物理空间延伸至数字空间，形成线上线下协同

发展的新格局；价值转化路径更加清晰，利用模式从“经验主导”转向“科学主导”，从“零散实践”转向“体系化运营”；保护与利用实现协同共生，通过科技手段在不触碰文物本体的前提下，实现文物利用的最大化，从根本上缓解了传统模式中保护与开发的矛盾。这一阶段的突破在于，彻底打破了文物利用的物理边界与资源限制，扩大了文物公共服务的覆盖面与普惠性，提升了文物文化内涵阐释的精准度与公众体验感，降低了文物长期保护的成本，推动文物事业从“规模发展”向“高质量发展”转型。

二、文物利用的当代核心挑战

当前，我国文物事业进入保护与利用并重的关键时期，随着文化强国战略的深入推进，公众对文物文化的需求日益增长，文物利用的重要性愈发凸显。但与此同时，受传统发展模式、技术条件、制度机制等多重因素制约，我国文物利用仍面临诸多核心现实挑战，这些挑战相互交织、相互影响，制约着文物价值的充分释放，阻碍着文物事业高质量发展的步伐。

（一）保护与开发的结构性矛盾突出

文物的不可再生性与稀缺性，决定了保护是文物利用的前提，而开发利用则是实现文物价值的重要路径，二者本应相辅相成、协同共生，但当前我国文物利用中，保护与开发的结构性矛盾依然突出，成为制约文物利用高质量发展的首要难题。一方面，部分地区存在“重开发、轻保护”的功利化倾向，过度追求文物利用的经济价值，忽视文物本体保护与周边环境风貌的完整性，在文旅开发、商业运营过程中，对文物进行过度改造、过度利用，甚至出现破坏性开发的现象，导致文物真实性受损、文化内涵流失，违背了文物利用的初心。另一方面，部分文物保护单位则走向另一极端，采取“封闭化保护”模式，过度强调文物本体安全，严格限制一切利用行为，将文物与公众、社会完全隔离开来，导致大量文物资源长期闲置，无法发挥其应有的文化价值、教育价值，且长期的封闭保护也增加了文物保管的成本，形成“保护即闲置”的恶性循环。此外，保护与开发的权责边界不够清晰，相关标准规范不够完善，监管机制不够健全，缺乏对文物利用行为的精细化管控，难以实现保护与开发的动态平衡，进一步加剧了二者的矛盾。

（二）传统利用模式同质化严重

在“让文物活起来”的导向下，各地纷纷加大文物利用力度，但多数地区仍

沿用传统利用模式，缺乏创新意识与特色挖掘，导致文物利用模式同质化问题日益突出，难以形成核心竞争力，也无法满足公众多样化、个性化的文化需求。在展陈方式上，多数博物馆、文物保护单位仍以“实物+文字”的静态陈列为主，缺乏互动性、沉浸感与时代性，展陈主题、陈列布局千篇一律，难以吸引公众尤其是年轻群体的关注；在文创产品开发上，多停留在文物元素的简单复制与粘贴，缺乏对文物文化内涵的深度挖掘与创意转化，产品形式单一、同质化严重，缺乏实用性与创新性，难以形成品牌效应；在文旅融合方面，多数文物文旅项目缺乏特色定位，多以“文物观赏+周边消费”的模式为主，缺乏对文物文化内涵的深度融入，与其他地区文旅项目高度雷同，难以实现差异化发展。同时，各地文物利用缺乏区域联动与资源整合意识，“单打独斗”现象普遍，未能形成优势互补、协同发展的格局，进一步加剧了模式同质化的问题，导致文物利用的吸引力与影响力持续下降。

（三）价值转化效率整体偏低

文物资源是宝贵的文化财富，具有极高的历史价值、文化价值、艺术价值与经济价值，但当前我国文物利用的核心短板是价值转化效率偏低，文物资源优势未能充分转化为文化效能与发展动能，存在“资源丰富、利用不足”“研究深入、转化不足”的困境。从价值转化链条来看，文物研究成果与实际利用脱节现象较为突出，高校、科研机构的文物研究多侧重于学术层面，缺乏对实际利用场景的考量，研究成果难以有效转化为公共阐释、文创开发、文旅产品等可落地的形式，学术价值无法有效转化为社会价值与经济价值；从数字化利用来看，我国文物数字化水平呈现不均衡态势，头部博物馆与文物保护单位数字化基础设施完善、技术应用成熟，但基层博物馆与偏远地区文博单位受资金、人才、技术等因素制约，数字化建设滞后，部分即使完成了文物数字化采集，也存在“建而不用、用而不优”的问题，数字资源无法有效发挥作用，难以实现价值转化；从市场化机制来看，文物利用的市场化程度不高，知识产权保护体系不够完善，投融资机制不健全，社会资本参与文物利用的渠道有限、积极性不高，缺乏有效的收益分配机制，导致市场主体参与文物价值转化的动力不足，进一步制约了价值转化效率的提升。

（四）受众触达与传播效能不足

文物利用的最终目的是传承文化、服务公众，而受众触达与传播效能则是衡量文物利用成效的重要标准。当前，我国文物利用的受众触达范围有限、传播效

能不足，难以实现文物文化的广泛传播与深度传承。从资源分布来看，优质文物资源呈现“集中化”特征，多数珍贵文物集中于大城市的头部博物馆与文物保护单位，基层地区、偏远地区的文物资源质量不高、利用水平有限，公共文化服务供给不均衡，导致基层群众难以便捷接触到优质文物资源，文物利用的普惠性不足；从传播渠道来看，文物传播仍以线下渠道为主，线上传播呈现碎片化、浅层化特点，缺乏体系化、平台化、品牌化运营，线上传播多以简单的图文、短视频为主，未对文物文化内涵进行深度阐释，难以形成持续的传播影响力，也无法实现对不同受众群体的精准触达；从国际传播来看，我国文物国际传播能力薄弱，文物故事的国际化表达不足，缺乏符合国际受众认知习惯的传播方式与内容，难以将文物所承载的中华文明内涵有效传递给世界，导致文物的国际影响力有限，未能充分发挥文物在文明交流互鉴中的桥梁作用。

三、科技赋能文物利用的时代诉求

新时代背景下，文化强国战略深入推进，国家文化数字化战略全面实施，文旅融合发展持续深化，文物事业面临着前所未有的发展机遇与时代使命。科技赋能作为推动文物利用转型升级的核心动力，既是破解当前文物利用诸多现实挑战的关键路径，也是实现文物“保护—利用—传承”良性循环、推动文物事业高质量发展的必然选择，具有鲜明的时代必然性与重要性。

（一）科技赋能是落实文化强国战略的内在要求

建设文化强国，核心是传承中华优秀传统文化、增强文化自信、提升国家文化软实力，而文物作为中华优秀传统文化的物质载体，是文化强国建设的重要基础。科技赋能文物利用，本质上是推动中华优秀传统文化创造性转化、创新性发展的重要实践，也是落实文化强国战略的内在要求。一方面，科技为文物系统性保护提供了坚实支撑，通过无损检测、虚拟修复、智能安防、遥感监测等技术，能够实现对文物本体与周边环境的精细化、全天候保护，提升文物保存的稳定性与安全性，守住中华文明的物质根基，为文化传承提供前提保障；另一方面，科技推动文物价值的深度挖掘与创新表达，通过大数据、人工智能等技术，能够快速解析文物的历史背景、文化内涵与艺术特征，为文物阐释提供科学支撑，同时借助数字化展示、沉浸式体验等方式，让文物文化以更贴近当代公众、更具时代性的形式呈现，丰富优质文化产品供给，增强中华优秀传统文化的吸引力与影响

力；此外，科技促进文物资源与公共文化服务、文旅产业、创意经济深度融合，推动文物价值向经济价值、社会价值转化，为经济社会高质量发展注入文化动力，助力文化强国建设目标的实现。

（二）科技赋能是破解保护与利用矛盾的关键路径

保护与利用的矛盾，是长期以来制约文物事业发展的核心难题，而科技赋能则为破解这一矛盾提供了全新思路与有效路径，能够实现保护与利用的协同增效、良性循环。传统模式下，保护与利用往往呈现“对立关系”，利用必然会对文物造成一定损耗，而过度保护则会限制利用价值的发挥，这种矛盾的根源在于利用方式对文物本体的直接干预。科技赋能能够打破这种对立关系，通过数字化、虚拟化技术，在不接触文物本体的前提下，实现文物利用的最大化，从根本上降低物理利用对文物的损耗风险。例如，数字孪生、虚拟展示技术能够精准还原文物原貌与历史场景，让公众通过线上渠道就能便捷观赏文物、感受文物文化内涵，替代部分线下物理参观，缓解线下客流对文物的压力；无损检测、智能监测技术能够实时掌握文物本体与周边环境的变化，提前预警保护风险，为文物保护提供科学依据，同时为文物合理利用划定安全边界，实现“保护优先、合理利用”的目标；虚拟修复技术能够在不破坏文物本体的前提下，还原文物受损部位的原貌，既保障了文物的真实性，又为文物展示与研究提供了更完整的载体，实现保护与利用的双赢。

（三）科技赋能是提升价值转化效率的核心动力

破解文物价值转化效率偏低的困境，关键在于依托科技重构文物价值转化链条，推动文物资源从“资源型”向“价值型”转变，提升价值转化的效率与质量。科技赋能能够优化文物资源配置，通过数字化采集、标准化标注，建立全国统一的文物资源数据库，实现文物资源的互联互通、共享共用，打破区域、机构之间的资源壁垒，提升资源利用效率，让优质文物资源能够辐射更广泛的区域与群体；科技能够推动文物研究成果的高效转化，借助人工智能、大数据等技术，能够快速梳理文物研究成果，挖掘文物与当代需求的结合点，为文创开发、展陈策划、传播运营提供精准支撑，推动学术研究成果向可落地、可推广的文化产品与服务转化，打通“研究—转化—应用”的闭环；科技能够降低价值转化的成本，数字化展示、线上传播等方式，无需大规模的物理场地与人力投入，能够有效降低文物利用与传播的成本，同时扩大传播覆盖面与影响力，提升文化产品与服务的受

众认可度，进而提升价值转化的综合效益；此外，科技能够培育全新的价值转化业态，数字文创、虚拟展览、线上研学等新型业态，打破了传统价值转化模式的局限，拓展了文物价值转化的路径，为文物价值的多元释放提供了可能。

（四）科技赋能是构建“保护—利用—传承”良性循环的制度基础

新时代文物事业的发展，不再是单一的保护或利用，而是要构建“保护—利用—传承”相互促进、良性循环的发展体系，而科技赋能则是构建这一体系的核心制度基础，能够推动文物利用从经验主导转向科学主导，从零散实践转向体系化运行。科技赋能能够夯实保护基础，通过精准化、智能化保护技术，提升文物保护的科学与有效性，为利用与传承提供坚实保障；科技赋能能够拓展利用边界，通过数字化、虚拟化技术，打破物理空间与时间的限制，让文物能够跨越地域、跨越世代传递，扩大传承范围，提升传承效能；科技赋能能够强化公众参与，通过互动性、沉浸式的传播与利用形式，增强公众对文物文化的认同感与归属感，激发公众参与文物保护、传承的积极性，形成“人人参与、人人传承”的良好氛围，而公众的广泛参与又能反哺文物保护与利用事业，为其发展提供持续的社会动力。同时，科技赋能能够推动文物利用制度机制的创新，倒逼文物保护利用体系的完善，推动形成政府引导、机构主导、科技支撑、社会参与、市场运作的长效机制，明确各方权责，规范利用行为，优化资源配置，实现文物保护、利用、传承的协同发展，推动文物事业可持续发展，为中华文明永续传承提供坚实支撑。

文物利用的历史演进，是时代发展、社会需求与技术进步共同作用的结果，从静态保存到活化利用，再到科技赋能，文物利用的模式不断升级，价值实现的路径不断拓展。当前，文物利用面临的保护与开发矛盾、模式同质化、价值转化不足、受众触达有限等挑战，制约着文物事业的高质量发展，而科技赋能则为破解这些困境提供了关键支撑，契合文化强国战略的时代要求。立足新时代语境，充分发挥科技的引领作用，推动文物利用理念、模式与技术的创新，打通保护、利用、传承的关键环节，才能让文物真正“活起来”，充分释放文物的文化价值、社会价值与经济价值，为文化强国建设与中华文明永续传承注入持久动力。

第二节 科技革命对文化遗产领域的影响

新一轮科技革命与产业变革加速演进，数字化、智能化、大数据、人工智能等现代科技突破传统应用边界，深度渗透到文化遗产领域的各个环节，推动文化遗产保护、研究、展示、传播与价值转化发生全方位、深层次变革。立足文化遗产事业高质量发展需求，系统分析科技在文化遗产领域的渗透路径、变革作用，客观剖析二者融合过程中的阶段性短板，对于推动科技与文化遗产深度融合、构建现代化文化遗产治理体系具有重要的理论与实践意义。

一、现代科技在文物领域的全链条渗透路径

现代科技对文化遗产领域的影响，核心体现为对文物“保护、研究、展示、传播、转化”全链条的深度渗透，打破了传统文物工作的环节壁垒，实现了各环节的技术赋能与协同升级，推动文物工作从“经验驱动”向“科技驱动”转型，让文物保护更精准、研究更深入、展示更多元、传播更广泛、转化更高效，构建起全流程、一体化的文物科技赋能体系。

（一）保护环节：科技赋能精准化、长效化

科技在文物保护环节的渗透，核心是突破传统经验型保护的局限，构建“预防性保护+主动修复”的双重体系，实现对文物本体及周边环境的精细化、全天候管控。数字化技术实现文物本体的精准采集与永久存储，通过高精度扫描、三维建模等技术，完整记录文物的形制、材质、纹饰等细节信息，建立标准化数字档案，为文物修复、监测提供精准数据支撑，同时规避物理接触对文物造成的二次损害。智能化技术推动预防性保护升级，借助传感器、遥感监测、物联网等技术，实时捕捉文物本体及周边环境的温湿度、光照、空气质量等关键指标，建立风险预警机制，提前防范自然侵蚀、人为损坏等安全隐患，实现“早发现、早干预、早保护”。此外，新型材料技术与修复技术的融合，实现文物修复的微创化、可逆化，在最大限度保留文物原貌与历史信息的前提下，修复文物受损部位，延长文物存续寿命，破解传统修复技术精度不足、损伤文物本体的难题。

（二）研究环节：科技赋能系统化、深度化

科技打破了传统文物研究的学科壁垒与数据局限，推动文物研究从“个体分析”向“系统研判”转型、从“经验推断”向“科学实证”转型。大数据技术实

现文物研究数据的整合与挖掘，整合不同地区、不同类型的文物数据、考古资料、文献记载，构建规模化文物研究数据库，通过数据关联分析，挖掘文物背后的历史脉络、文化关联与时代特征，破解传统研究中数据分散、难以形成系统性认知的困境。人工智能技术助力文物内涵的深度解析，借助图像识别、语义分析等技术，快速识别文物纹饰、文字、形制的核心特征，对比分析不同文物的关联性，辅助研究者开展断代、溯源、内涵阐释等工作，提升研究效率与精准度。数字化技术推动跨学科研究融合，通过虚拟复原、模拟推演等技术，还原文物的制作工艺、使用场景与历史环境，为历史学、考古学、艺术学等多学科交叉研究提供全新载体，拓展文物研究的广度与深度。

（三）展示环节：科技赋能多元化、沉浸式

科技彻底打破了传统文物展示“实物+文字”的单一模式，推动展示形式从“静态被动”向“动态互动”转型，从“物理空间”向“虚实融合”转型，提升公众的体验感与参与感。数字化展示实现文物展示的多元化呈现，通过数字投影、全息成像等技术，让文物突破展柜限制，以动态化、场景化的形式呈现，还原文物的历史风貌与使用场景，让抽象的历史文化变得直观可感。智能化展示强化公众互动体验，借助触摸屏、AR/VR等技术，构建沉浸式展示场景，让公众能够“近距离”观察文物细节、“沉浸式”感受历史场景，甚至实现与文物的虚拟互动，打破传统展示中“可望而不可即”的局限。线上展示打破物理空间限制，依托数字博物馆、云展览等载体，将文物展示搬到线上，实现文物展示的跨地域、全天候覆盖，让无法前往线下场馆的公众也能便捷观赏文物、了解文物文化内涵，扩大文物展示的覆盖面。

（四）传播环节：科技赋能广泛化、精准化

科技重构了文物传播的渠道与模式，打破了传统传播的时空限制与单向性局限，推动文物传播从“被动推送”向“主动传播”转型、从“广泛覆盖”向“精准触达”转型。新媒体技术拓展传播渠道，借助短视频、直播、社交媒体等新型传播载体，以简洁生动、通俗易懂的形式解读文物文化内涵，适配当代公众尤其是年轻群体的信息获取习惯，提升文物传播的吸引力与传播力。大数据与人工智能技术实现精准传播，通过分析用户兴趣偏好、行为习惯等数据，精准推送文物相关内容，实现“千人千面”的传播服务，提升文物传播的精准度与实效性。数字化技术推动传播形式创新，通过数字海报、动画短片、虚拟主播等多种形式，

丰富文物传播的内容形态，打破传统传播中图文、音频的单一局限，增强文物传播的趣味性与感染力，推动文物文化深入大众、深入人心。

（五）转化环节：科技赋能高效化、多元化

科技打通了文物价值转化的关键环节，推动文物价值从“文化属性”向“多元价值”协同转化，提升价值转化的效率与质量，破解传统价值转化效率偏低的困境。数字化技术推动文物资源 IP 化开发，将文物元素、文化内涵转化为数字 IP，为文创产品开发、文旅项目打造、数字内容创作提供核心支撑，实现文物文化内涵的创新性表达与多元化转化。大数据技术优化价值转化路径，通过分析市场需求、公众偏好等数据，精准对接市场需求，指导文创产品开发、文旅项目策划，避免盲目开发导致的同质化问题，提升价值转化的针对性与实效性。智能化技术培育新型价值转化业态，依托数字技术、人工智能等，培育出数字文创、线上研学、虚拟文旅等新型业态，拓展文物价值转化的路径，打破传统价值转化模式的局限，实现文化价值、社会价值与经济价值的协同提升。

二、科技对文化遗产领域的颠覆性变革作用

现代科技在文物领域的全链条渗透，不仅是技术手段的升级，更引发了文化遗产领域利用模式、研究范式、传播方式、价值实现路径的颠覆性变革，重构了文物工作的发展格局，推动文化遗产事业从“规模发展”向“高质量发展”转型，为文物“保护—利用—传承”良性循环提供了强大支撑。

（一）变革文物利用模式，实现从“静态保守”到“动态创新”的跨越

传统文物利用模式以静态保存、被动展示为主，存在利用形式单一、互动性不足、受众覆盖面有限等局限，而科技的渗透彻底打破了这一格局，构建起“科技赋能、多元利用”的新型模式。科技推动文物利用从“物理层面”延伸至“数字层面”，实现线上线下协同利用，打破了物理空间对文物利用的限制，让文物能够跨越地域、跨越时空触达更广泛的受众；推动文物利用从“单一展示”转向“多元融合”，整合展示、传播、转化等多个环节，形成“展示—传播—转化”的闭环体系，实现文物利用的全链条升级；推动文物利用从“专业主导”转向“全民参与”，借助智能化、互动化的利用形式，降低公众接触文物、了解文物的门槛，激发公众参与文物保护与利用的积极性，让文物真正融入当代社会生活。

（二）变革文物研究范式，实现从“经验主导”到“科学实证”的跨越

传统文物研究以个体研判、经验推断为主，受限于数据获取、分析手段的不足，研究范围较窄、精准度不高，且存在学科壁垒明显、研究成果难以共享等问题。科技的应用彻底重构了文物研究范式，推动研究模式从“经验驱动”向“数据驱动”转型，通过大数据、人工智能等技术，整合海量文物数据、考古资料与文献信息，实现研究数据的规模化、系统化分析，提升研究的精准度与系统性；推动研究方法从“个体分析”向“系统研判”转型，借助数据关联分析、虚拟推演等技术，挖掘不同文物、不同历史时期的内在关联，构建更完整的历史文化认知体系；推动研究形态从“封闭单一”向“开放融合”转型，依托数字化平台实现研究成果的共享与交流，打破学科壁垒，推动多学科交叉研究，拓展文物研究的广度与深度，让文物研究更具科学性、系统性与创新性。

（三）变革文物传播方式，实现从“单向推送”到“双向互动”的跨越

传统文物传播以线下场馆展示、纸质媒体报道为主，传播渠道单一、传播范围有限，且呈现单向推送的特点，公众多处于被动接受状态，参与感不强。科技的发展彻底打破了传统传播的局限，构建起“多元渠道、双向互动”的新型传播体系。传播渠道从“单一传统”向“多元融合”转型，整合线上线下传播资源，形成短视频、直播、云展览、社交媒体等多渠道传播矩阵，实现文物传播的广泛化、全覆盖；传播形式从“静态单一”向“动态多元”转型，通过数字化、可视化技术，将抽象的文物文化转化为生动直观、通俗易懂的传播内容，增强传播的趣味性与感染力；传播关系从“单向推送”向“双向互动”转型，借助互动化传播形式，让公众从“被动接受”转变为“主动参与”，通过评论、分享、互动体验等方式，参与文物文化的传播与阐释，形成“传播者—受众”双向互动的良好格局，提升文物传播的实效性影响力，推动文物文化深入大众。

（四）变革价值实现路径，实现从“单一低效”到“多元高效”的跨越

传统文物价值实现路径较为单一，主要集中在学术研究与基础公共教育领域，价值转化效率偏低，难以将文物资源优势转化为发展优势。科技的赋能彻底拓宽了文物价值实现路径，推动文物价值从“单一文化价值”向“文化、社会、经济”多元价值协同转化。在文化价值层面，科技推动文物文化内涵的深度挖掘与创新表达，让中华优秀传统文化得以更好地传承与弘扬，增强文化自信；在社会价值层面，科技推动文物公共服务的普惠化，打破资源分布不均衡的局限，让更多公

众能够便捷接触优质文物资源，提升公众文化素养，凝聚社会文化共识；在经济价值层面，科技推动文物资源与文创产业、文旅产业、数字产业深度融合，培育新型价值转化业态，提升价值转化效率，让文物资源成为推动经济社会高质量发展的重要动力，实现“保护中利用、利用中传承”的良性循环。

三、科技与文物利用融合的现存阶段性短板

尽管现代科技在文化遗产领域的渗透与应用取得了显著成效，推动文物事业实现了跨越式发展，但当前科技与文物利用的融合仍处于初级阶段，受技术条件、人才储备、制度机制等多重因素制约，还存在诸多阶段性短板，这些短板制约了科技赋能的实效，影响了文物利用高质量发展的步伐，需客观剖析、精准破解。

（一）技术适配性不足，融合深度与精准度不够

当前科技与文物利用的融合多停留在表层应用，技术适配性不足，缺乏针对性与精准性，难以充分满足文物工作的个性化需求。一方面，部分前沿科技在文物领域的应用存在“重形式、轻实效”的问题，盲目引入数字化、智能化技术，却未结合文物的材质、类型、保存状况以及文物工作的实际需求进行针对性适配，导致技术应用与实际工作脱节，难以发挥科技的真正效能。另一方面，技术应用存在“同质化、单一化”倾向，缺乏对不同类型文物、不同场景的个性化设计，无论是数字化展示还是价值转化，多采用统一的技术模式，未能充分挖掘文物的独特价值与特色，难以实现“一物一策”的精准赋能。此外，部分技术在文物保护、修复等核心环节的应用还不够成熟，存在精度不足、兼容性差、操作复杂等问题，且不同机构的技术标准不统一，导致数字资源难以共享、技术成果难以推广，影响了融合的深度与广度。

（二）复合型人才缺口大，人才支撑能力不足

科技与文物利用的深度融合，需要既掌握文物保护、考古研究、文化阐释等专业知识，又熟悉数字化、人工智能、大数据等现代科技的复合型人才，而当前这类人才的缺口较大，成为制约二者深度融合的重要瓶颈。一方面，传统文物领域从业者的科技素养普遍偏低，多数人员缺乏对现代科技的了解与应用能力，难以适应科技赋能下文物工作的新要求，无法有效运用科技手段开展文物保护、研究、展示等工作；另一方面，科技领域从业者缺乏文物相关专业背景知识，不了解文物的历史价值、文化内涵与保护要求，在技术研发与应用过程中，难以结合文物

工作的实际需求进行针对性设计，导致技术应用与文物需求脱节。此外，复合型人才培养体系不完善，高校、科研机构的人才培养多侧重于单一学科，缺乏文物专业与科技专业的交叉融合，且在职人员的培训机制不健全，难以快速提升现有从业人员的综合能力，人才供给与实际需求存在较大差距，无法为二者深度融合提供强有力的人才支撑。

（三）成果转化不畅，科技价值难以有效落地

当前，科技在文物领域的研究成果较多，但成果转化效率偏低，大量科技研究成果停留在实验室阶段或理论层面，难以有效落地应用，无法真正转化为推动文物利用高质量发展的实际效能，存在“重研发、轻转化”的问题。一方面，科技研究与文物实际需求脱节，部分科研机构的研究多侧重于技术层面的突破，缺乏对文物工作实际需求的调研与考量，研究成果针对性不强、实用性不足，难以适应文物保护、利用、传承的实际需求，导致成果难以转化；另一方面，成果转化机制不完善，缺乏有效的产学研协同机制，科研机构、文物单位、企业之间缺乏高效的沟通对接与合作联动，科技成果的推广、应用与产业化缺乏资金、政策与渠道支撑，且知识产权保护体系不够健全，影响了科研机构与企业参与成果转化的积极性。此外，部分文物单位缺乏成果转化的意识与能力，即使引入先进技术与研究成果，也难以有效整合资源、推动落地，导致科技成果“束之高阁”，无法发挥其应有的价值。

（四）配套保障不完善，融合发展支撑不足

科技与文物利用的深度融合，需要完善的资金、政策、基础设施等配套保障作为支撑，而当前这类配套保障还不够完善，制约了融合发展的步伐。在资金保障方面，资金投入不均衡，多数资金集中于头部博物馆与重点文物保护单位，基层博物馆与偏远地区文博单位的资金投入不足，难以承担数字化基础设施建设、技术引入、人才培养等方面的成本，导致科技应用水平偏低；同时，资金投入结构不合理，多侧重于技术引入与基础设施建设，对成果转化、人才培养、技术维护等方面的投入不足，影响了融合的持续性。在政策保障方面，相关政策体系还不够完善，缺乏针对科技与文物融合的专项政策支持，且政策的针对性与可操作性不强，在技术标准、知识产权保护、人才激励等方面缺乏明确规定，难以规范与引导二者深度融合。在基础设施方面，基层文物单位的数字化基础设施不完善，网络覆盖、数据存储、设备配备等方面存在短板，且不同地区、不同机构的基础

设施建设不均衡，导致数字资源难以共享、技术成果难以推广，影响了融合发展的整体效能。

科技革命为文化遗产领域的发展注入了全新动力，推动文物利用实现了全链条升级与颠覆性变革，但同时也面临着技术适配不足、人才缺口大、成果转化不畅等阶段性短板。正视这些短板，立足文物工作实际需求，强化技术适配、培育复合型人才、完善成果转化机制、健全配套保障体系，推动科技与文物利用深度融合，才能充分发挥科技的赋能作用，破解文物利用的现实困境，推动文化遗产事业高质量发展，实现文物“保护—利用—传承”的良性循环。

第三节 本书的研究框架与核心议题

在科技革命深度渗透文化遗产领域、文物利用进入高质量发展新阶段的背景下，面对科技与文物利用融合的现实需求与阶段性短板，构建逻辑清晰、层次分明、贴合实践的研究框架，明确核心研究议题与研究价值，是本书开展系统性研究的基础前提。本书立足“理论指导实践、技术支撑应用、保障推动落地”的核心思路，搭建递进式研究框架，界定五大核心议题，聚焦科技赋能文物利用的关键环节与重点问题，为推动科技与文物利用深度融合提供全方位支撑，助力文物事业实现“保护—利用—传承”的良性循环。

一、本书的递进式研究框架构建

本书摒弃碎片化研究模式，立足科技赋能文物利用的全流程、全维度，搭建“理论基础—技术应用—场景落地—保障体系—未来展望”的递进式研究框架，各环节层层衔接、逻辑闭环，既注重理论层面的系统性梳理，也强化实践层面的可操作性指引，实现理论研究与实践应用的深度融合，明确各章节核心内容与逻辑关联，形成“基础铺垫—核心突破—落地支撑—未来延伸”的完整研究体系。

（一）理论基础：筑牢研究根基，明确逻辑前提

理论基础是本书研究的逻辑起点与根基所在，核心任务是梳理科技赋能文物利用相关理论，明确研究的理论支撑与逻辑框架，为后续技术应用、场景落地等研究提供理论指引。本部分重点梳理三大类核心理论，一是文化遗产保护与利用相关理论，系统梳理文物保护、活化利用、价值传承的核心内涵、基本原则与发

展脉络，明确“保护优先、合理利用、传承创新”的核心导向，界定文物利用中“保护—利用—传承”的内在逻辑与辩证关系；二是科技赋能相关理论，梳理数字化、智能化、大数据、人工智能等现代科技的核心特征、应用规律，以及科技与文化领域融合的相关理论，明确科技赋能文物利用的内在机理与核心逻辑；三是跨学科融合理论，整合历史学、考古学、计算机科学、管理学、经济学等多学科理论，明确跨学科融合在科技赋能文物利用中的重要意义，搭建跨学科研究的理论框架，打破单一学科研究的局限，为后续系统性研究奠定坚实的理论基础。本部分作为研究框架的基础环节，为技术应用的适配性、场景落地的合理性、保障体系的完善性提供理论支撑，明确后续各章节研究的理论依据与逻辑边界。

（二）技术应用：聚焦核心技术，明确应用路径

技术应用是本书研究的核心环节，聚焦现代科技在文物利用领域的适配性应用，突破传统技术应用的表层化、同质化局限，明确各类核心技术在文物利用全链条的应用路径与实施重点。本部分围绕文物“保护、研究、展示、传播、转化”全链条，系统梳理数字化、智能化、大数据、人工智能、物联网等核心技术的应用场景与实施路径，重点分析各类技术的适配性问题，结合不同类型文物的材质、保存状况与利用需求，明确各类技术的应用边界、实施步骤与优化方向。同时，梳理当前技术应用中的核心难点与突出问题，分析技术应用与文物利用实际需求的契合点，提出技术优化与创新应用的思路，推动核心技术与文物利用各环节的深度融合，实现技术赋能的精准化、高效化，为后续场景落地提供明确的技术参考。本部分承接理论基础，是连接理论与实践的关键纽带，既注重技术本身的应用规律，也兼顾文物利用的特殊性需求，确保技术应用的科学性与合理性。

（三）场景落地：强化实践导向，明确实施路径

场景落地是科技赋能文物利用的最终落脚点，核心是将理论基础与技术应用转化为可落地、可推广的实践方案，破解当前科技与文物利用融合“重技术、轻落地”“重形式、轻实效”的问题。本部分立足文物利用的实际场景，聚焦文物保护、考古研究、博物馆展示、文化传播、价值转化等核心场景，结合不同场景的特点与需求，设计科技赋能的具体实施路径与实践方案，明确各场景下技术应用的重点、实施步骤、预期成效与注意事项。同时，梳理不同场景落地过程中的共性问题与个性难题，分析场景落地与技术应用、理论指导的适配性，提出场景落地的优化策略，推动科技赋能从“技术层面”走向“实践层面”，实现技术应

用与实际场景的深度契合，让科技真正发挥赋能实效，推动文物利用模式的转型升级。本部分承接技术应用环节，是技术应用的具体落地体现，也是后续保障体系构建的核心依据，注重实践层面的可操作性与可推广性。

（四）保障体系：完善支撑条件，推动长效发展

保障体系是科技赋能文物利用长效发展的重要支撑，核心任务是破解当前科技与文物利用融合中的配套短板，构建全方位、多层次、系统化的保障体系，为理论落地、技术应用、场景实施提供有力支撑，推动科技赋能文物利用实现常态化、可持续发展。本部分围绕科技与文物利用融合的实际需求，构建四大类保障体系，一是政策保障体系，梳理当前相关政策现状，分析政策存在的短板与不足，提出政策优化与完善的建议，明确政策引导、规范与支持的重点，构建针对性强、可操作性强的专项政策体系；二是人才保障体系，聚焦复合型人才缺口问题，分析人才培养、引进、激励的核心难点，提出人才培养体系优化、人才引进机制完善、人才激励政策创新的思路，构建“培养—引进—使用—激励”的全链条人才保障体系；三是资金保障体系，针对资金投入不均衡、结构不合理等问题，提出资金投入优化、投融资机制创新的建议，拓宽资金来源渠道，优化资金投入结构，确保资金投入与技术应用、场景落地、人才培养等环节精准对接；四是技术标准与安全保障体系，制定科技赋能文物利用的技术标准与规范，统一技术应用、数据存储、成果转化等环节的标准，同时构建文物数字资源安全、技术应用安全的保障体系，防范技术应用与数据管理中的安全风险，为科技赋能文物利用的长效发展提供全方位支撑。

（五）未来展望：立足时代趋势，明确发展方向

未来展望是本书研究的延伸环节，立足科技革命与文化遗产事业发展的时代趋势，结合当前科技赋能文物利用的研究成果与实践现状，预判未来科技赋能文物利用的发展方向、核心趋势与重点突破领域，为后续相关研究与实践提供前瞻性指引。本部分重点分析两大核心内容，一是未来科技发展趋势对文物利用的影响，预判新一代人工智能、元宇宙、量子计算等前沿科技在文物利用领域的应用前景，分析前沿科技对文物利用模式、价值转化路径、传播方式的颠覆性影响；二是未来科技赋能文物利用的重点发展方向，结合文化强国战略、国家文化数字化战略的推进要求，明确未来科技与文物利用深度融合的重点领域、核心任务与发展目标，提出后续研究与实践的重点方向，推动科技赋能文物利用向更深层次、

更广领域发展，助力中华文明永续传承。本部分作为研究框架的收尾环节，既总结本书研究的核心成果，也为后续相关研究与实践提供前瞻性指引，形成完整的研究闭环。

二、本书的核心研究议题界定

围绕上述递进式研究框架，本书聚焦科技赋能文物利用的核心环节与重点问题，界定“文物数字化、智慧展示、科技考古、价值转化、规范保障”五大核心研究议题，明确各议题的研究重点、研究边界与核心内容，避免研究的泛化与碎片化，确保研究的针对性、系统性与深度，实现对科技赋能文物利用的全方位、多层次研究。

（一）核心议题一：文物数字化

文物数字化是科技赋能文物利用的基础前提，也是本书的核心研究议题之一，研究重点聚焦文物数字化的全流程，明确文物数字化的核心目标、实施路径与优化方向，界定研究边界为文物数字化采集、存储、整理、共享的全环节，不涉及过度技术化的细节研发。本议题重点研究三方面内容，一是文物数字化的标准化建设，梳理当前文物数字化采集、存储、标注等环节的标准现状，分析标准不统一、不规范的突出问题，提出标准化建设的具体方案，明确不同类型文物数字化的技术标准与操作规范；二是文物数字化资源的整合与共享，研究文物数字化资源的整合路径，破解不同地区、不同机构数字资源分散、难以共享的困境，构建规模化、标准化的文物数字资源库，明确数字资源共享的机制与路径，提升数字资源的利用效率；三是文物数字化的长效运营，分析当前文物数字化“建而不用、用而不优”的突出问题，提出数字化资源长效运营的思路与方案，推动数字资源从“建设”向“应用”转型，实现文物数字化的可持续发展，为后续智慧展示、科技考古等议题提供基础支撑。

（二）核心议题二：智慧展示

智慧展示是科技赋能文物传播与利用的重要载体，研究重点聚焦文物展示模式的智能化、多元化转型，明确智慧展示的核心内涵、实施路径与优化方向，界定研究边界为博物馆、文物保护单位等核心展示场景的智慧化升级，不涉及非文物类展示场景的研究。本议题重点研究三方面内容，一是智慧展示的核心模式与应用场景，梳理数字投影、全息成像、AR/VR、虚拟体验等智慧展示模式的核心

特征，结合不同展示场景的需求，明确各类智慧展示模式的适配性应用路径，推动展示形式从“静态被动”向“动态互动”转型；二是智慧展示的体验优化，聚焦公众体验感与参与感的提升，分析当前智慧展示中互动性不足、同质化严重等问题，提出智慧展示的体验优化策略，构建沉浸式、互动式的智慧展示体系，降低公众接触文物的门槛；三是智慧展示的常态化运营，研究智慧展示设备、技术的维护与更新机制，分析智慧展示运营中的资金、人才等核心难题，提出常态化运营的保障措施，推动智慧展示模式的可持续推广，扩大文物展示的覆盖面与影响力。

（三）核心议题三：科技考古

科技考古是科技赋能文物研究的核心体现，研究重点聚焦现代科技在考古工作中的适配性应用，推动考古研究模式的转型升级，界定研究边界为现代科技在文物考古、文物溯源、文物修复等相关领域的应用，不涉及传统考古的纯经验型研究。本议题重点研究三方面内容，一是科技考古的核心技术与应用路径，梳理遥感探测、无损检测、大数据分析、人工智能识别等核心技术在考古调查、发掘、文物断代、溯源等环节的应用路径，明确各类技术的应用优势与局限，提升考古工作的精准度与效率；二是科技考古与传统考古的融合路径，分析科技考古与传统考古的内在关联与互补性，破解当前二者融合不深入、脱节等问题，提出二者深度融合的具体策略，推动考古研究从“经验推断”向“科学实证”转型；三是科技考古的成果转化，研究科技考古成果向文物研究、文物保护、文化传播等领域的转化路径，打通“考古—研究—应用”的闭环，让科技考古成果真正发挥赋能作用，推动文物研究的深度与广度提升。

（四）核心议题四：价值转化

价值转化是科技赋能文物利用的核心目标，研究重点聚焦文物价值的多元转化路径，破解当前价值转化效率偏低、路径单一的困境，界定研究边界为科技赋能下文物文化价值、社会价值、经济价值的转化，不涉及非科技赋能的传统价值转化模式。本议题重点研究三方面内容，一是文物价值的多元内涵与转化逻辑，明确文物的历史价值、文化价值、艺术价值、社会价值、经济价值的核心内涵，梳理科技赋能下各类价值的转化逻辑与内在关联，构建“文化价值引领、社会价值优先、经济价值支撑”的多元价值转化体系；二是价值转化的核心路径与模式创新，研究科技赋能下文物IP开发、文创产品创新、数字文旅融合、线上研学

等价值转化路径，分析各类路径的实施重点与优化方向，推动价值转化模式的创新升级，提升价值转化效率；三是价值转化的均衡发展，分析当前不同地区、不同类型文物价值转化不均衡的问题，提出均衡发展的策略，推动优质文物资源向基层、偏远地区辐射，实现文物价值转化的普惠化，让文物价值更好地服务于社会发展与公众需求。

（五）核心议题五：规范保障

规范保障是科技赋能文物利用长效发展的重要支撑，研究重点聚焦科技与文物利用融合的规范化建设与全方位保障，破解当前配套保障不完善、规范不健全的问题，界定研究边界为科技赋能文物利用相关的规范建设、政策保障、人才保障、资金保障、安全保障等，不涉及文物保护的纯传统保障体系。本议题重点研究三方面内容，一是科技赋能文物利用的规范化建设，制定科技应用、数据管理、成果转化等环节的规范与标准，明确各方主体的权责边界，规范科技赋能文物利用的行为，防范各类风险；二是全方位保障体系的构建与优化，重点研究政策、人才、资金、安全四大保障体系的完善路径，破解当前保障体系中的突出短板，为科技赋能文物利用提供有力支撑；三是保障体系的落地实施，分析保障体系落地过程中的核心难点与阻碍因素，提出落地实施的具体策略，推动各项保障措施落地见效，确保科技赋能文物利用实现常态化、可持续发展，推动文物事业高质量发展。

三、本书的研究价值阐释

本书立足科技赋能文物利用的时代背景，紧扣当前文物利用的现实需求与阶段性短板，通过构建递进式研究框架、界定核心研究议题、开展系统性研究，为科技赋能文物利用提供理论支撑、技术参考与实践指引，凸显研究的前沿性、系统性与实用性，具有重要的理论价值、技术价值与实践价值，能够为文物事业高质量发展提供有力支撑，助力文化强国建设与中华文明永续传承。

（一）理论价值：完善研究体系，填补研究空白

本书的理论价值主要体现在三个方面，一是完善科技赋能文物利用的理论体系，当前相关研究多集中于单一技术、单一场景的碎片化研究，缺乏系统性、整体性的理论梳理与框架构建，本书搭建了“理论基础—技术应用—场景落地—保障体系—未来展望”的递进式研究框架，整合多学科理论，梳理科技赋能文物利

用的内在机理与逻辑框架，填补当前系统性研究的空白，完善科技与文物融合领域的理论体系；二是深化跨学科融合研究，打破历史学、考古学与计算机科学、管理学等学科的壁垒，构建跨学科研究的理论框架，明确跨学科融合在科技赋能文物利用中的核心作用，推动跨学科研究的深入开展，丰富跨学科融合的理论成果；三是拓展文物利用的理论内涵，结合科技革命的时代趋势，丰富文物活化利用、价值转化、文化遗产的理论内涵，更新文物利用的理念与逻辑，推动文物利用理论的创新发展，为后续相关研究提供理论指引与参考，推动科技赋能文物利用领域的理论研究走向深入。

（二）技术价值：优化应用路径，提升适配水平

本书的技术价值主要体现在优化科技应用路径、提升技术适配水平，为科技赋能文物利用提供精准的技术参考。当前科技在文物利用领域的应用存在适配性不足、同质化严重、成果转化不畅等问题，本书聚焦数字化、智能化、大数据等核心技术，结合文物利用的实际需求，系统梳理各类技术在文物利用全链条的应用路径，明确技术应用的适配性要求与优化方向，破解技术应用与实际需求脱节的难题；同时，梳理当前技术应用中的核心难点与突出问题，提出技术创新与优化的思路，推动核心技术在文物利用领域的精准化、高效化应用，提升技术赋能的实效；此外，通过制定文物数字化、智慧展示等相关技术标准与规范，推动技术应用的规范化、标准化发展，解决不同机构技术标准不统一、数字资源难以共享等问题，提升科技应用的整体水平，为相关机构开展技术应用提供明确的技术参考与指引。

（三）实践价值：指导落地实施，破解现实困境

本书的实践价值是核心价值所在，重点体现在为科技赋能文物利用的实践落地提供全方位、可操作性的指引，破解当前文物利用的现实困境，推动文物事业高质量发展。一是为文物单位提供实践指引，结合博物馆、文物保护单位、考古机构等不同主体的实际需求，设计科技赋能的具体实施路径与场景落地方案，明确各环节的实施重点、步骤与保障措施，让相关机构能够快速落地应用，提升科技赋能的实效；二是破解现实突出短板，针对当前科技与文物利用融合中技术适配性不足、复合型人才缺口大、成果转化不畅、配套保障不完善等核心难题，提出针对性的解决策略与优化方案，为相关部门、相关机构破解困境提供实践参考；三是助力文化强国建设，通过推动科技与文物利用深度融合，推动文物活化利用、

价值转化与文化传播，扩大中华优秀传统文化的影响力，增强文化自信，为文化强国建设提供有力支撑；四是提供可推广的实践经验，通过梳理科技赋能文物利用的成功逻辑与实施路径，总结可推广、可复制的实践经验，推动科技赋能模式在全国范围内的推广应用，实现文物事业的均衡发展，让文物真正“活起来”，实现“保护—利用—传承”的良性循环。

本书通过构建递进式研究框架、界定五大核心研究议题、阐释多元研究价值，形成了理论与实践相结合、技术与场景相适配、保障与发展相支撑的完整研究体系。本书的研究既注重理论层面的系统性梳理与创新，填补当前科技赋能文物利用系统性研究的空白，也强化实践层面的可操作性指引，破解当前文物利用的现实困境，为科技赋能文物利用提供理论支撑、技术参考与实践指引。

第二章 文物数字化：基础理论与关键技术

第一节 文物数字化的内涵、原则与标准体系

文物数字化是科技赋能文物利用的基础前提，也是推动文物事业高质量发展的核心支撑，更是衔接科技与文物保护、研究、展示、传播的关键纽带。在国家文化数字化战略深入推进的背景下，科学界定文物数字化的核心内涵、确立明确的基本原则、构建完善的标准体系，是规范文物数字化实践、提升数字化质量、推动文物数字资源高效利用的重要前提。

一、文物数字化的核心内涵

文物数字化并非普通数字化技术在文物领域的简单套用，而是结合文物不可再生、价值独特、需长期保存的核心特质，依托现代数字化技术，对文物开展全流程、精细化、规范化处理的系统性工程。科学界定其核心内涵，明确其与普通数字化的本质差异，是推动文物数字化高质量发展的逻辑起点。

（一）文物数字化的科学定义

文物数字化是指以文物本体安全与价值传承为核心目标，综合运用高精度采集、数字化建模、标准化存储、智能化管理、网络化传输、多元化应用等现代技术手段，对文物的形制、材质、纹饰、历史信息等进行全面、精准、永久记录，将物理形态的文物转化为数字形态的文物资源，构建可共享、可复用、可迭代的数字文物体系，为文物保护、研究、展示、传播、价值转化提供全流程数字支撑的系统性实践活动。其核心目标是实现文物价值的永久传承与高效利用，兼顾文物本体保护与数字资源的可持续运营，打破文物物理空间限制，让文物文化内涵更好地服务于当代社会。

（二）文物数字化的核心内涵

文物数字化的核心内涵集中体现为“高精度采集、标准化存储、智能化管理、多元化应用”四大维度，四者层层衔接、有机统一，构成完整的文物数字化体系，确保数字文物的真实性、完整性、安全性与可用性。

高精度采集是文物数字化的基础，核心是通过专业数字化设备与技术，对文物本体及相关信息进行全方位、无接触、高保真记录，精准捕捉文物的每一个细节特征，包括形制尺寸、材质纹理、色彩明暗、残缺痕迹等，最大限度还原文物的原始风貌与历史信息，为后续数字化处理与应用提供高质量的数据支撑，杜绝因采集精度不足导致的历史信息丢失。

标准化存储是文物数字化的关键，核心是按照统一的技术标准与规范，对采集到的文物数字数据进行分类整理、格式转换、备份归档，构建标准化的数字文物数据库，确保数字资源的兼容性、可追溯性与长期可读性，避免因存储格式不统一、管理不规范导致的数字资源损坏、丢失或无法复用。

智能化管理是文物数字化的保障，核心是运用大数据、人工智能等技术，对数字文物资源进行智能化分类、检索、更新、维护与安全管控，实现数字资源的高效管理与精准调度，提升数字资源的利用效率，同时防范数字资源泄露、篡改、损坏等安全风险，确保数字文物资源的长期安全存续。

多元化应用是文物数字化的目标，核心是打破数字文物资源的存储壁垒，推动数字资源在文物保护、研究、展示、传播、价值转化等多个领域的多元应用，实现数字资源从“建设”向“应用”转型，让数字文物真正发挥赋能作用，扩大文物文化的覆盖面与影响力，推动文物价值的多元释放。

（三）文物数字化与普通数字化的差异

文物数字化与普通数字化在核心目标、技术要求、价值导向等方面存在本质差异，不能简单等同，其独特性源于文物本身的不可再生性与价值唯一性。两者的具体差异如下表所示：

对比维度	文物数字化	普通数字化
核心目标	以文物价值传承与本体保护为核心，实现文物历史信息的永久保存与高效利用	以提升效率、降低成本为核心，侧重数据的快速采集与传输
技术要求	要求极高，需结合文物特质采用无接触、高精度技术，避免对文物造成二次损害，注重数据真实性与安全性	要求适中，多采用通用技术与设备，无需结合具体对象特质进行个性化适配
价值导向	兼顾文化价值、社会价值与经济价值，具有鲜明公益属性，核心是传承中华优秀传统文化	侧重实用价值，追求经济效益与效率提升，无明确公益属性与文化导向
数据要求	对数据精度、真实性、完整性要求极高，需全面记录文物历史信息，杜绝信息丢失	对数据精度、真实性要求相对较低，满足基本使用需求即可

普通数字化以提升效率、降低成本为核心目标，侧重数据的快速采集与传输，对数据精度、真实性的要求相对较低，且不涉及历史信息的传承与保护；而文物数字化以文物价值传承与本体保护为核心目标，将真实性、完整性放在首位，对数据采集精度、存储安全性、管理规范性的要求极高，核心是实现文物历史信息的永久保存与高效利用。

从技术应用来看，普通数字化多采用通用技术与设备，无需结合具体对象的特质进行个性化适配；而文物数字化需结合不同文物的材质、保存状况、历史价值等，采用针对性的采集、建模与保护技术，避免数字化过程对文物本体造成二次损害。从价值导向来看，普通数字化侧重实用价值的发挥，追求经济效益与效率提升；而文物数字化兼顾文化价值、社会价值与经济价值，核心是传承中华优秀传统文化，具有鲜明的公益属性与文化属性，优先保障公众的文化权益。

二、文物数字化的核心原则

文物数字化是一项兼具专业性、系统性与长期性的工程，涉及文物保护、技术应用、资源管理等多个环节，需确立明确的核心原则，指导数字化实践的全过程，规范数字化行为，防范各类风险，确保文物数字化沿着科学、可持续的方向发展。结合文物数字化的实践需求与文物保护的核心要求，确立“保护优先、真实还原、标准化推进、可持续利用、安全性保障”五大核心原则。

（一）保护优先原则

保护优先是文物数字化的首要原则，核心是始终将文物本体安全放在首位，所有数字化实践活动都必须以不损害文物本体为前提，杜绝因数字化采集、搬运、检测等环节对文物造成二次损害。在数字化实践中，应优先采用无接触、非侵入式的技术与设备，避免直接接触文物本体；对于保存状况较差、材质脆弱的文物，应先开展基础修复与保护工作，再推进数字化进程；同时，数字化过程中需严格控制光照、温湿度等环境因素，防范环境变化对文物造成侵蚀，确保数字化与文物保护协同推进，实现“保护中数字化、数字化中保护”。

（二）真实还原原则

真实还原是文物数字化的核心要求，核心是确保数字文物能够完整、准确地还原文物本体的形制、材质、纹饰、历史痕迹等核心特征，真实传递文物的历史信息与文化内涵，杜绝人为篡改、美化数字数据，确保数字文物的真实性与权威

性。在数据采集环节，需采用高精度技术与设备，全面捕捉文物的细节信息，不遗漏任何具有历史价值的痕迹；在建模与修复环节，需以文物本体为依据，严格遵循历史原貌，不随意添加或删减细节，确保数字文物与物理文物高度一致，为文物研究、展示等提供可靠的数字支撑。

（三）标准化推进原则

标准化推进是文物数字化的关键原则，核心是建立统一的技术标准、管理标准与应用标准，规范文物数字化采集、存储、建模、传输、展示等全环节的行为，确保数字文物资源的兼容性、可共享性与可复用性，破解当前数字化实践中标准不统一、资源分散、难以协同利用的困境。在数字化实践中，需严格遵循国家、行业已有的相关标准，同时结合不同地区、不同类型文物的特点，完善个性化标准；推动数字化全流程的标准化管控，实现数据格式、管理规范、应用模式的统一，为数字文物资源的整合、共享与高效利用奠定基础。

（四）可持续利用原则

可持续利用是文物数字化的终极目标导向，核心是构建可迭代、可更新、可共享的数字文物体系，推动数字文物资源的长期利用与价值持续释放，避免数字资源“建而不用、用而不优”，确保数字化投入的长效回报。在数字化实践中，需兼顾当前需求与长远发展，采用可升级、可兼容的技术与设备，便于后续技术迭代与功能优化；注重数字文物资源的长效运营，建立完善的更新、维护机制，及时补充文物相关研究成果与新的数字数据，提升数字资源的实用性；推动数字资源的共享共用，打破区域、机构之间的壁垒，扩大数字文物的应用范围，实现数字资源的高效利用。

（五）安全性保障原则

安全性保障是文物数字化的重要支撑，核心是防范数字文物资源的泄露、篡改、损坏、丢失等安全风险，确保数字文物资源的长期安全存续与规范使用。在数字化实践中，需构建全方位的安全保障体系，包括数据采集安全、存储安全、传输安全、应用安全等多个环节；采用加密技术、备份技术、访问控制技术等，防范数字数据被篡改、泄露；建立完善的安全预警与应急处置机制，及时发现并处置安全隐患，避免因技术故障、网络攻击等导致数字资源损坏或丢失；明确数字文物资源的使用权限与责任边界，规范数字资源的使用行为，防范侵权风险。

三、文物数字化的标准体系构建

标准体系是规范文物数字化实践、提升数字化质量、推动数字资源共享利用的核心支撑，当前我国文物数字化标准体系已初步建立，但仍存在标准不统一、覆盖不全面、层级不完善等问题，制约了文物数字化的协同发展与高效推进。梳理文物数字化各环节现有标准，构建“国家层面+行业层面+地方层面”的三级标准体系，是推动文物数字化标准化、规范化发展的关键举措。

（一）文物数字化现有标准梳理

当前我国文物数字化相关标准主要分布在采集、存储、建模、传输、展示等核心环节，涵盖国家、行业两个层面，为文物数字化实践提供了基础指引，但仍存在明显短板。在采集环节，已出台文物数字化采集的基础技术标准，明确了部分类型文物的采集精度要求、设备选型标准与操作规范，但针对不同材质（如纺织品、壁画、金属器）文物的专项采集标准不完善，部分标准针对性不强。

在存储环节，已制定数字文物数据存储的格式标准、备份标准，明确了数字数据的存储要求与安全规范，但不同机构采用的存储标准不统一，导致数字资源兼容性差、难以共享；针对海量数字文物资源的存储管理标准缺失，难以满足规模化数字资源的管理需求。在建模环节，已出台文物三维建模的基础标准，明确了建模精度、模型格式等核心要求，但针对复杂文物、残缺文物的建模标准不完善，模型质量评价标准缺失，导致建模成果参差不齐。

在传输与展示环节，相关标准较为零散，缺乏系统性，数字文物资源的传输协议、展示规范不统一，导致不同平台的数字文物难以互联互通，影响了数字文物的传播与应用效果。总体来看，现有标准覆盖不全面、专项标准不足、层级不完善，难以满足文物数字化高质量发展的需求，亟需进一步优化完善。

（二）三级标准体系的核心构成

结合文物数字化的实践需求，立足“统一协调、分层分类、贴合实践”的思路，构建“国家层面+行业层面+地方层面”的三级标准体系，各层级标准各司其职、协同配合，形成全方位、多层次、系统化的标准体系，规范文物数字化全流程实践。

1. 国家层面标准

国家层面标准是文物数字化的顶层设计，具有全局性、通用性与权威性，核心是明确文物数字化的总体要求、核心原则、通用技术标准与管理规范，统一文

物数字化的发展方向，指导行业层面与地方层面标准的制定与实施。其核心内容包括文物数字化的总体标准、通用术语标准、数据格式标准、安全通用标准、共享通用标准等，覆盖文物数字化全流程的通用要求，确保全国范围内文物数字化的基本规范与协同推进，破解不同地区、不同机构标准脱节的问题。

2. 行业层面标准

行业层面标准是国家层面标准的细化与补充，具有专业性、针对性与可操作性，核心是结合文物行业的具体需求，针对不同类型文物、不同数字化环节制定专项标准，弥补国家层面通用标准的不足。其核心内容包括不同材质文物的专项采集标准、建模标准、修复标准，数字文物数据库管理标准、展示标准、传输标准，以及数字化技术应用的专项规范等，重点解决文物数字化实践中的专业性、技术性难题，提升数字化实践的针对性与质量。

3. 地方层面标准

地方层面标准是国家层面、行业层面标准的落地延伸，具有地域性、适配性特点，核心是结合本地区文物资源的特点、数字化发展水平与实际需求，对国家、行业标准进行细化调整，制定贴合本地区实际的实施标准与补充标准。其核心内容包括本地区重点文物的数字化专项标准、数字文物资源整合与共享的实施标准、基层文物单位数字化建设标准等，兼顾地域性文物资源的独特性与地方数字化实践的可行性，推动文物数字化标准在基层落地见效。

（三）标准体系的完善建议

为推动三级标准体系落地完善，提升标准的针对性、可操作性与协同性，结合当前标准体系存在的短板，提出三点完善建议。一是强化顶层设计，完善国家层面通用标准，梳理现有国家层面标准，补充缺失的通用标准，统一数字格式、安全规范、共享机制等核心要求，明确三级标准的层级关系与协同机制，避免标准冲突与重复。二是聚焦专项需求，健全行业层面专项标准，重点完善不同材质文物的采集、建模、修复等专项标准，制定数字文物质量评价标准、长效运营标准，填补专项标准空白，提升标准的专业性与可操作性。三是推动落地适配，优化地方层面实施标准，鼓励各地区结合自身实际，制定贴合本地文物资源特点的补充标准与实施细则，加强对基层文物单位的标准培训与指导，确保标准能够落地见效；同时，建立标准动态更新机制，结合技术发展与实践需求，及时修订完善各级标准，确保标准的时效性与适配性。

文物数字化的内涵、原则与标准体系，是文物数字化实践的核心基础。科学界定文物数字化的核心内涵，明确其与普通数字化的差异，能够厘清数字化发展的核心方向；确立明确的核心原则，能够规范数字化实践行为，防范各类风险；构建完善的三级标准体系，能够提升数字化质量，推动数字资源共享利用。

第二节 高精度采集与三维建模技术前沿

高精度采集与三维建模技术是文物数字化的核心关键技术，直接决定数字文物的真实性、完整性与可用性，是衔接文物物理形态与数字形态的核心纽带。随着数字化技术的迭代升级，激光扫描、结构光扫描等采集技术不断优化，三维建模技术向全细节、轻量化、智能化方向突破，为不同类型文物的数字化提供了多元解决方案。

一、高精度采集技术类型及核心应用

高精度采集技术是文物数字化的基础前提，核心是通过无接触、高保真的技术手段，精准捕捉文物的形制、材质、纹饰等细节信息，为三维建模提供高质量数据支撑。目前，文物数字化领域主流的高精度采集技术主要包括激光扫描、结构光扫描、摄影测量三类，各类技术在原理、适用场景、技术参数上各具特色，需结合文物材质、体量等特质合理选用。

（一）激光扫描技术

激光扫描技术基于激光测距原理，通过向文物表面发射激光脉冲，记录激光反射的时间与距离，快速获取文物表面的三维坐标信息，经数据处理生成高精度点云数据，进而为三维建模提供基础支撑。该技术具有采集精度高、抗干扰性强、采集速度快的核心优势，可实现对文物的无接触式采集，有效避免对文物本体造成二次损害。

在适用场景上，激光扫描技术适用于体量较大、表面结构复杂、材质坚硬的文物，如古建筑、石窟寺、大型青铜器、石刻遗址等，能够精准捕捉文物的整体形态与细节特征，尤其适合表面凹凸不平、纹饰复杂的文物采集。在技术参数上，文物数字化常用激光扫描设备的扫描精度通常可达 0.1—1mm，点云密度可根据需求调节，扫描距离覆盖 0.1m—100m，可满足不同体量文物的采集需求；设备

分辨率需匹配文物细节精度要求，一般选用百万级像素以上的扫描设备，确保纹饰、残缺痕迹等细节信息不丢失。

（二）结构光扫描技术

结构光扫描技术基于光学三角测量原理，通过投射特定模式的结构光（如条纹光、点阵光）到文物表面，利用摄像头捕捉结构光在文物表面的畸变图像，结合算法计算文物表面的三维坐标信息，生成高密度点云数据。该技术具有采集精度高、细节还原好、设备便携的优势，适合中小型文物的精细化采集。

在适用场景上，结构光扫描技术主要适用于体量较小、表面细节丰富、材质多样的文物，如中小型青铜器、玉器、陶瓷器、金银器、纺织品等，能够精准捕捉文物表面的纹理、色泽、细微残缺等细节，尤其适合对材质脆弱、易受损的小型文物进行无接触采集。在技术参数上，文物数字化常用结构光扫描设备的扫描精度可达 0.01—0.1mm，点云密度高于激光扫描技术，扫描范围通常为 0.05m—5m，设备体积小巧、便于移动，可适应博物馆、文保单位等不同采集场景，且采集过程中对环境光照的要求相对较低。

（三）摄影测量技术

摄影测量技术基于多视角影像匹配原理，通过从不同角度拍摄文物的二维影像，利用算法对影像进行特征点匹配、三维重建，生成文物的三维模型与点云数据。该技术具有设备成本低、采集灵活、可兼顾纹理与形态采集的优势，可实现对不同体量、不同类型文物的采集，是文物数字化中应用最广泛的采集技术之一。

在适用场景上，摄影测量技术的适用性较强，可用于中小型青铜器、书画、陶瓷器、古建筑、遗址等各类文物的采集，尤其适合对书画、纺织品等平面或薄型文物的纹理采集，能够精准还原文物的色彩与纹理细节；对于大型文物，可结合激光扫描技术协同使用，兼顾整体形态与局部细节采集。在技术参数上，文物数字化常用摄影测量设备的相机像素需达到 2000 万以上，拍摄角度间隔根据文物复杂度调节，通常为 5° -15°，影像分辨率需满足细节还原要求，三维重建精度可达 0.1—1mm，可根据文物价值与采集需求灵活调整采集参数。

二、三维建模技术前沿及应用方向

随着人工智能、大数据等技术与数字化技术的深度融合，文物三维建模技术逐步摆脱传统手工建模的局限，向全细节还原、轻量化建模、破损虚拟修复等前

沿方向迭代升级，大幅提升建模效率与质量，推动文物数字化向精细化、智能化方向发展，更好地适配文物保护、研究、展示等多元应用需求。

（一）全细节还原建模

全细节还原建模是三维建模技术的核心前沿方向，核心是依托高精度采集数据，实现对文物细节特征的全方位、高保真还原，打破传统建模中细节丢失、还原度不足的局限，确保数字文物与物理文物高度一致。该技术通过优化点云数据处理算法，精准提取文物表面的每一处细节特征，包括纹饰纹理、残缺痕迹、材质质感、色彩明暗等，甚至可还原文物表面的微小划痕、腐蚀痕迹等细微特征，最大限度保留文物的历史信息。

全细节还原建模主要依托人工智能算法，实现点云数据的自动去噪、拼接、优化，减少人工干预，提升建模精度与效率；同时，结合纹理映射技术，将摄影测量获取的高清纹理精准贴合到三维模型表面，实现形态与纹理的同步还原，让数字文物不仅具备精准的三维形态，还拥有真实的材质质感与色彩表现，为文物研究、修复提供高精度的数字载体。

（二）轻量化建模

轻量化建模是适配数字文物多元应用的重要前沿方向，核心是在保证建模精度的前提下，通过算法优化、模型简化等技术，降低三维模型的文件大小，解决传统高精度模型文件过大、传输不便、加载缓慢的问题，实现数字文物的高效共享与多元应用。该技术通过保留文物核心细节特征，简化非关键部分的模型结构，优化纹理压缩算法，在不影响细节还原度的前提下，将模型文件大小压缩至原来的 1/10-1/5，大幅提升模型的传输与加载效率。

轻量化建模技术主要应用于数字文物线上展示、移动端传播、虚拟体验等场景，通过轻量化处理，让数字文物能够在手机、平板等移动设备上快速加载，便于公众便捷浏览；同时，也为数字文物资源的整合、共享提供了便利，降低数字资源存储与传输的成本，推动数字文物从“库房存储”向“多元应用”转型，扩大数字文物的传播覆盖面。

（三）破损虚拟修复建模

破损虚拟修复建模是结合文物保护需求的前沿应用方向，核心是依托高精度采集数据与人工智能算法，在不触碰文物本体的前提下，对破损、残缺的文物进行虚拟修复，还原文物的完整形态，为文物实体修复提供科学支撑。该技术通过

分析文物的形制特征、纹饰规律、历史信息，利用算法模拟文物的原始完整形态，精准还原破损部位的结构、纹饰与材质，生成完整的三维虚拟修复模型。

破损虚拟修复建模具有可逆性、安全性的优势，可避免实体修复对文物本体造成的二次损害，尤其适合材质脆弱、破损严重的文物修复研究；同时，可生成多种修复方案，供文物修复专家对比选择，提升文物修复的科学性与精准度。此外，虚拟修复模型还可用于文物展示与研究，让公众直观了解文物的原始风貌，为文物历史内涵的阐释提供支撑。

三、高精度采集与三维建模的实践要点及适配方案

文物类型多样、材质各异、体量不同，高精度采集与三维建模技术的应用需坚持“一物一策”，结合不同类型文物的特质制定针对性适配方案，规避技术应用误区，确保数字化成果的质量与实用性，实现技术应用与文物需求的精准契合。

（一）不同类型文物的技术适配方案

1. 青铜器文物

青铜器文物多为立体造型，表面纹饰复杂，部分存在锈蚀、残缺等痕迹，材质坚硬但易受环境影响。采集技术优先选用结构光扫描技术，搭配摄影测量技术协同使用，结构光扫描精准捕捉青铜器的立体形态与纹饰细节，摄影测量精准还原青铜器的色彩与锈蚀纹理，采集精度控制在 0.05—0.1mm，点云密度根据纹饰复杂度适当提高。建模过程中，采用全细节还原建模技术，精准还原纹饰、锈蚀痕迹等细节，同时针对残缺部位采用破损虚拟修复建模，为文物修复提供支撑；模型优化后进行轻量化处理，适配展示与研究需求。

2. 书画文物

书画文物多为平面形态，核心价值集中在色彩、纹理与笔墨细节，材质脆弱（如宣纸、绢本），易受光照、湿度影响。采集技术优先选用高精度摄影测量技术，采用无闪光拍摄模式，控制拍摄光照强度，避免强光对书画造成损害，相机像素不低于 3000 万，拍摄角度间隔控制在 5° 以内，确保色彩与笔墨细节的精准还原。建模过程中，侧重平面纹理的高精度还原，构建轻量化平面模型，无需复杂的立体建模，同时对书画的破损、霉变部位进行虚拟修复，还原书画的原始风貌，避免过度建模造成的资源浪费。

3. 古建筑文物

古建筑文物体量庞大、结构复杂，涵盖屋顶、墙体、梁柱等多个部分，材质多样（木材、石材、砖瓦），受自然侵蚀影响较大。采集技术优先选用激光扫描技术，搭配摄影测量技术协同使用，激光扫描快速捕捉古建筑的整体形态与结构细节，采集精度控制在 0.1—1mm，扫描范围覆盖古建筑整体及周边环境；摄影测量补充采集古建筑的纹理细节与色彩信息，还原本材、石材的材质质感。建模过程中，采用全细节还原建模技术，还原古建筑的结构特征与细节纹理，同时进行轻量化处理，拆分建模（分部位建模后拼接），提升建模效率与模型可用性，适配古建筑保护监测与线上展示需求。

4. 遗址文物

遗址文物（如石窟寺、古墓葬遗址）体量庞大、地形复杂，表面多为不规则形态，存在风化、破损等痕迹，采集环境相对复杂。采集技术优先选用激光扫描技术，选用长距离激光扫描设备，扫描距离覆盖遗址整体，采集精度控制在 0.1—1mm，精准捕捉遗址的地形地貌与破损细节；摄影测量技术辅助采集遗址的纹理与色彩信息，还原遗址的自然风貌。建模过程中，结合遗址的地形特征，采用全细节还原建模与轻量化建模相结合的方式，保留遗址的核心结构与破损细节，简化非关键部位的模型结构，同时对破损部位进行虚拟修复，为遗址保护与考古研究提供高精度数字载体。

（二）技术应用误区及规避策略

当前，高精度采集与三维建模技术在文物数字化实践中，仍存在一些应用误区，影响数字化成果的质量与实用性，需针对性规避。一是盲目追求高参数，忽视文物适配性，部分实践中过度追求采集精度与建模细节，忽视文物材质、体量的实际需求，导致采集效率低下、模型文件过大，难以实现多元应用，规避策略需结合文物价值与应用需求，合理设定采集与建模参数，坚持“精准适配、够用即可”。

二是采集与建模脱节，采集数据质量不达标，部分实践中忽视采集数据的预处理，导致点云数据存在噪声、拼接偏差等问题，影响建模质量，规避策略需加强采集数据的预处理，对采集到的点云数据、影像数据进行去噪、拼接、优化，确保数据质量，为建模提供可靠支撑。三是忽视文物保护，采集过程中对文物造成二次损害，部分实践中未采用无接触采集技术，或采集环境控制不当，导致文

物材质受损，规避策略需严格遵循“保护优先”原则，优先选用无接触、非侵入式采集技术，严格控制采集环境的光照、温湿度等因素，确保文物本体安全。

四是建模与应用脱节，模型实用性不足，部分实践中过度注重建模精度，忽视模型的应用需求，导致模型文件过大、加载缓慢，难以适配展示、研究等场景，规避策略需结合应用需求，合理平衡建模精度与模型轻量化，确保模型的实用性与可操作性。

高精度采集与三维建模技术的迭代升级，为文物数字化高质量发展提供了核心技术支撑，各类采集技术的精准应用与建模技术的前沿突破，有效破解了不同类型文物数字化的技术难题。通过明确各类技术的适用场景与参数，把握建模技术前沿方向，制定针对性的技术适配方案，规避应用误区，能够确保数字文物的真实性、完整性与实用性，为文物保护、研究、展示、传播提供高质量数字载体，推动文物数字化从“基础建设”向“精细化、智能化”转型，助力文物价值的永久传承与高效利用。

第三节 多光谱成像与信息增强技术应用

多光谱成像与信息增强技术是文物数字化领域极具特色的核心技术，打破了传统可视化技术的局限，能够精准提取文物表面肉眼不可见的隐藏信息，实现文物材质、病害、隐藏纹饰等核心信息的精准识别与还原，为文物保护、考古研究、真伪鉴别提供了全新的技术路径。随着文物数字化向精细化、深度化发展，该技术与其他数字化技术的融合应用愈发广泛，有效提升了文物信息提取的精准度与效率。

一、多光谱成像与信息增强技术的核心原理及优势

多光谱成像与信息增强技术依托光学成像与数字处理技术，突破可见光成像的局限，通过捕捉文物在不同光谱波段的反射、透射信息，结合信息增强算法，实现文物隐藏信息的提取与还原，其核心价值在于“无损检测、精准识别、深度挖掘”，与文物保护“保护优先、最小干预”的原则高度契合，成为文物数字化深度发展的重要支撑。

（一）核心技术原理

多光谱成像技术与高光谱成像技术同属光谱成像技术体系，二者原理相近但侧重点不同，共同构成文物隐藏信息提取的核心技术支撑，搭配信息增强技术，实现从“信息采集”到“信息优化”的全流程处理。

多光谱成像技术的核心原理是利用多波段传感器，捕捉文物在可见光、近红外、短波红外等多个离散光谱波段的反射光或透射光信号，将其转化为数字图像，通过分析不同波段图像的灰度差异、光谱特征，提取文物表面肉眼不可见的隐藏信息。该技术不依赖化学试剂，通过非接触式采集，记录文物在不同光谱波段的响应特征，不同材质、不同状态的文物成分，在特定光谱波段会呈现独特的光谱响应，据此可实现材质识别、隐藏信息还原等目标。

高光谱成像技术是多光谱成像技术的延伸与升级，其核心原理是将光谱范围分割为连续、密集的窄波段，实现“图像+光谱”的同步采集，既能够获取文物的空间形态信息，又能够获取每个像素点的连续光谱曲线，形成高光谱数据立方体。通过对光谱曲线的精准分析，可实现文物材质成分的精细化识别、微小病害的精准检测，其光谱分辨率远高于多光谱成像技术，能够捕捉更细微的光谱差异，适用于高精度文物信息提取场景。

信息增强技术是光谱成像技术的重要补充，核心原理是通过数字图像处理算法，对多光谱、高光谱采集到的原始图像进行优化，修正图像噪声、灰度不均、模糊等问题，增强隐藏信息与背景的对比度，突出文物隐藏细节，提升信息识别的精准度。常用的信息增强算法包括灰度拉伸、直方图均衡化、滤波去噪、波段融合等，通过算法优化，让原本模糊、难以识别的隐藏信息变得清晰可辨，为后续文物分析、研究提供高质量的图像支撑。

（二）核心技术优势

相较于传统文物信息提取技术，多光谱成像与信息增强技术凭借其无损性、精准性、全面性的核心优势，在文物数字化领域具有不可替代的应用价值，完美适配文物保护与研究的核心需求。

一是无损检测，保障文物安全。该技术采用非接触、无辐射、无化学干预的采集方式，无需触碰文物本体，也无需使用任何化学试剂，可在不损害文物材质、不影响文物保存状态的前提下，完成文物隐藏信息的提取，完全契合文物保护“最小干预、保护优先”的原则，尤其适合材质脆弱、易受损的文物（如书画、纺织

品、壁画等）的信息提取。

二是精准识别，挖掘隐藏信息。该技术能够捕捉肉眼不可见的光谱信息，突破可见光的局限，精准提取文物表面的隐藏纹饰、褪色痕迹、铭文、病害等信息，其识别精度可达到像素级，能够捕捉传统技术无法发现的细微细节，为文物考古研究、真伪鉴别提供精准的技术支撑，助力破解文物历史谜团。

三是全面高效，适配多元需求。多光谱、高光谱成像技术可实现文物的快速全面采集，既能获取文物的空间形态信息，又能获取材质成分、病害状态等深层信息，采集效率远高于传统检测技术；同时，信息增强技术可快速优化采集图像，提升信息识别效率，适配文物保护、研究、展示等多元场景的需求，实现“一次采集、多元应用”。

四是可追溯性，便于长期研究。该技术采集的光谱数据与数字图像可实现永久存储、反复调用，形成标准化的文物光谱数据库，便于后续文物研究、修复、对比分析，为文物的长期研究与传承提供可追溯、可复用的数据支撑，推动文物研究的系统化、科学化发展。

二、多光谱成像与信息增强技术的核心应用场景

多光谱成像与信息增强技术凭借其无损检测、精准识别的优势，在文物数字化领域的应用场景不断拓展，重点聚焦于文物隐藏信息提取、材质分析、病害检测等核心需求，尤其在书画、青铜器、壁画、遗址等各类文物的保护与研究中，发挥着重要作用，形成了一批成熟的应用实践模式。

（一）书画褪色痕迹还原

书画文物的核心价值集中在笔墨、色彩与纹饰，但其材质脆弱（如宣纸、绢本），长期受光照、温湿度、氧化等因素影响，易出现色彩褪色、笔墨淡化等问题，部分褪色痕迹肉眼无法识别，严重影响书画文物的历史信息传递与展示效果。多光谱成像与信息增强技术是书画褪色痕迹还原的核心技术，能够有效解决这一难题。

该技术通过采集书画在可见光、近红外等多个光谱波段的图像，利用不同颜料在不同光谱波段的反射特性差异，识别褪色颜料的成分与原始色彩，结合信息增强算法，优化图像对比度，还原书画原本的色彩与笔墨细节。对于被污渍、霉斑覆盖的书画，可通过特定光谱波段的成像，穿透污渍、霉斑，提取下方隐藏的

笔墨与色彩信息，还原书画的原始风貌；对于褪色严重的部位，可通过光谱分析，确定原始颜料成分，结合色彩还原算法，实现褪色痕迹的精准还原，为书画文物的修复、展示与研究提供精准支撑。

（二）文物铭文识别

铭文是文物承载历史信息的重要载体，广泛存在于青铜器、石刻、竹简、甲骨等各类文物中，但部分铭文因长期风化、腐蚀、磨损，或被锈迹、泥土覆盖，肉眼无法识别，传统识别方法易对文物造成二次损害，难以实现精准识别。多光谱成像与信息增强技术能够实现铭文的无损、精准识别，成为文物铭文研究的重要手段。

对于青铜器铭文，该技术可通过近红外波段成像，穿透青铜器表面的锈蚀层，捕捉铭文的光谱响应差异，结合信息增强算法，去除锈蚀干扰，清晰呈现铭文的字体、笔画细节，实现模糊铭文的精准识别；对于竹简、甲骨等脆弱文物，可通过多光谱成像技术，在无接触的前提下，提取表面模糊、淡化的铭文信息，避免传统清理、拓印等方式对文物造成的损害；对于石刻铭文，可通过高光谱成像技术，识别因风化、磨损导致的模糊铭文，还原铭文的原始形态，为文物断代、历史研究提供重要的文字支撑。

（三）壁画病害检测

壁画文物多分布于石窟寺、古墓葬等场景，长期受自然侵蚀、人为破坏等因素影响，易出现空鼓、剥落、霉变、盐析等病害，这些病害初期多隐藏在壁画表层之下，肉眼难以发现，若不能及时检测与干预，会导致病害持续发展，损害壁画的完整性与历史价值。多光谱成像与信息增强技术能够实现壁画病害的早期、精准检测，为壁画保护提供科学指引。

该技术通过采集壁画在不同光谱波段的图像，利用壁画本体与病害部位的光谱响应差异，精准识别隐藏在表层之下的空鼓、霉变、盐析等病害，确定病害的位置、范围与严重程度；结合信息增强技术，优化病害区域的图像对比度，清晰呈现病害的细节特征，便于保护专家分析病害成因，制定针对性的修复方案。同时，可通过多次光谱采集与对比分析，跟踪病害的发展趋势，为壁画的长期监测与保护提供数据支撑，有效延缓壁画病害的发展，保障壁画文物的安全。

（四）材质成分分析

文物材质成分是文物保护、修复、真伪鉴别与历史研究的重要依据，传统

材质分析方法多为破坏性检测，难以应用于珍贵文物的分析，而多光谱成像与信息增强技术能够实现文物材质成分的无损、快速分析，适配各类文物的材质检测需求。

该技术通过分析文物在不同光谱波段的光谱响应曲线，结合材质光谱数据库，精准识别文物的材质成分，包括颜料、金属、木材、纺织品等各类材质的具体成分与比例。对于书画、壁画，可识别不同颜料的成分，判断颜料的产地与年代，为文物真伪鉴别提供支撑；对于青铜器、玉器等文物，可识别其金属成分、矿物成分，分析制作工艺与年代；对于纺织品文物，可识别纤维成分，判断纺织品的种类与制作工艺，为文物保护与修复提供科学依据，确保修复材料与文物本体材质的兼容性，提升修复质量。

三、多光谱成像技术的融合应用与优化路径

当前，多光谱成像与信息增强技术在文物数字化领域的应用已逐步成熟，但单一技术仍存在一定局限，如信息提取精度受环境影响较大、复杂场景下识别效率偏低等。推动多光谱成像技术与其他数字化技术的融合应用，优化技术应用流程与算法，是提升文物隐藏信息提取精准度与效率、拓展技术应用场景的核心路径，也是推动文物数字化向精细化、智能化发展的必然趋势。

（一）与高精度采集技术的融合应用

多光谱成像技术与激光扫描、结构光扫描、摄影测量等高精度采集技术的融合，能够实现文物“形态信息+光谱信息”的同步采集，构建更全面、更精准的数字文物体系，提升文物信息提取的完整性与实用性。

在具体应用中，通过激光扫描、结构光扫描技术采集文物的三维形态信息，生成高精度点云数据与三维模型；同时，通过多光谱成像技术采集文物的光谱信息，提取隐藏的纹饰、铭文、病害等信息；利用信息增强技术优化光谱图像，将提取的隐藏信息精准映射到三维模型表面，实现文物形态与隐藏信息的同步呈现。这种融合模式既保留了文物的三维形态细节，又呈现了文物的深层光谱信息，为文物研究、展示、修复提供了更全面的数字载体，尤其适合结构复杂、隐藏信息丰富的文物（如古建筑、石窟寺、青铜器等）的数字化实践。

技术优化重点在于建立多源数据融合算法，实现点云数据、光谱数据、图像数据的精准匹配与融合，消除不同技术采集数据的偏差，提升数据融合的精度与

效率；同时，优化数据存储与管理模式，构建一体化的多源文物数据库，实现数据的高效调用与共享。

（二）与人工智能技术的融合应用

多光谱成像技术与人工智能技术的融合，是推动技术智能化升级的核心方向，能够有效解决传统光谱信息提取中人工干预多、效率低、精度受人为因素影响大等问题，实现文物隐藏信息的自动化、精准化提取。

人工智能技术的融入主要体现在两个方面：一是基于深度学习算法，构建文物隐藏信息识别模型，通过大量光谱图像数据训练，让模型自动识别铭文、褪色痕迹、病害等隐藏信息，无需人工手动分析，大幅提升信息提取效率与精度，尤其适合大规模文物的批量信息提取；二是基于人工智能算法，优化信息增强效果，通过自适应滤波、智能对比度调整等算法，自动修正光谱图像的噪声、模糊等问题，根据不同类型文物的特质，自适应调整增强参数，提升隐藏信息的识别效果。

技术优化重点在于构建针对性的深度学习模型，结合不同类型文物的光谱特征，优化模型结构与训练方法，提升模型的识别精度与泛化能力；同时，建立光谱数据与文物信息的关联数据库，为模型训练提供充足的数据支撑，推动模型的持续迭代升级，适配更多元的文物信息提取场景。

（三）与三维建模技术的融合应用

多光谱成像技术与三维建模技术的融合，能够实现文物“三维形态+深层信息”的一体化呈现，打破传统三维模型仅能展示表面形态、无法呈现深层隐藏信息的局限，提升数字文物模型的实用性与研究价值。

在具体应用中，通过多光谱成像技术提取文物的隐藏信息（如隐藏纹饰、铭文、病害），结合信息增强技术优化图像质量；利用三维建模技术，基于高精度采集数据构建文物的三维模型；通过图像纹理映射与信息融合技术，将优化后的光谱图像与隐藏信息精准贴合到三维模型的对应位置，实现三维模型表面形态与深层隐藏信息的同步展示。这种融合模式让数字文物模型不仅具备精准的三维形态，还能够直观呈现肉眼不可见的深层信息，为文物研究、修复、展示提供更直观、更全面的支撑。

技术优化重点在于优化纹理映射算法，确保光谱图像与三维模型的精准贴合，避免出现信息错位、模糊等问题；同时，优化三维模型的轻量化处理，在保留隐藏信息细节的前提下，降低模型文件大小，适配线上展示、移动端传播等多元应

用场景，推动数字文物的多元利用。

（四）技术应用的其他优化措施

除了技术融合，还需从采集环境、设备适配、标准建设等方面，优化多光谱成像与信息增强技术的应用，提升技术应用的稳定性与精准度。一是优化采集环境，控制采集现场的光照、温湿度、灰尘等因素，避免环境干扰对光谱采集精度的影响，搭建标准化的采集场景，确保采集数据的一致性与可靠性；二是提升设备适配性，根据不同类型文物的材质、体量、保存状况，选用针对性的光谱成像设备与镜头，优化采集参数，实现“一物一策”的精准采集；三是完善标准体系，制定多光谱成像采集、信息增强、数据融合等环节的技术标准与规范，统一数据格式、采集参数、分析方法，确保技术应用的规范化、标准化，推动不同机构之间的数据共享与成果互通；四是加强人才培养，培育兼具光谱技术、数字处理、文物专业知识的复合型人才，提升技术应用与数据分析的专业性，推动技术应用水平的持续提升。

多光谱成像与信息增强技术凭借其无损检测、精准识别的核心优势，已成为文物数字化深度发展的重要支撑，在书画褪色还原、铭文识别、壁画病害检测、材质分析等场景中发挥着不可替代的作用。推动该技术与高精度采集、人工智能、三维建模等技术的融合应用，优化技术应用流程与标准体系，能够有效提升文物隐藏信息提取的精准度与效率，拓展技术应用场景。

第四节 大数据管理与数字资产确权

随着文物数字化进程的持续推进，高精度采集、光谱成像等技术的广泛应用，文物数字资源呈现爆发式增长，形成了涵盖图像、点云、光谱、模型等多类型的海量数字资产。海量文物数字资源的高效管理、合法确权与安全保障，成为推动文物数字化高质量发展的关键瓶颈。构建科学完善的大数据管理体系，明确数字资产权属与权益分配，建立全方位安全保障机制，既是规范文物数字资产利用的必然要求，也是推动文物数字资产多元转化、实现价值最大化的重要支撑。

一、文物数字资源大数据管理体系构建

文物数字资源大数据管理不同于普通数字资源管理，需兼顾文物数字资产的

特殊性、多元性与长期性，围绕“采集—存储—分类—检索—复用”全流程，构建规范化、精细化、智能化的大数据管理体系，实现数字资源从“分散存储”向“集中管控”、从“被动保管”向“主动复用”转型，提升数字资产的利用效率与价值。

（一）管理体系的核心框架

文物数字资源大数据管理体系以“全流程管控、全要素覆盖、智能化赋能”为核心导向，涵盖采集、存储、分类、检索、复用五大关键环节，各环节层层衔接、闭环联动，形成“源头规范、存储安全、分类清晰、检索高效、复用便捷”的完整管理框架，确保数字资源的真实性、完整性、可用性与可持续性。

该体系以大数据管理平台为核心载体，整合多源文物数字资源，搭建标准化数据库，实现数字资源的集中管控与统一调度；依托智能化技术，优化各环节管理流程，减少人工干预，提升管理效率与精细化水平；建立完善的管理制度与标准规范，规范各环节操作行为，确保管理体系的规范化运行；兼顾数字资源的多元应用需求，打通“管理—复用”的衔接通道，推动数字资产价值释放。

（二）全流程管理实施要点

1. 采集环节：源头管控，保障数据质量

采集环节是大数据管理的源头，核心是实现数字资源的标准化采集，从源头保障数据质量，为后续管理与复用奠定基础。需严格遵循文物数字化采集标准，明确不同类型文物数字资源的采集参数、格式要求与操作规范，确保采集数据的统一性与兼容性；建立采集数据审核机制，对采集的图像、点云、光谱等数据进行质量检测，剔除模糊、残缺、偏差过大的数据，确保数据的真实性与完整性；完善采集数据备案制度，详细记录采集时间、地点、设备、人员、参数等核心信息，建立可追溯的采集档案，实现数字资源的源头可查、责任可究。

2. 存储环节：安全高效，实现长期存续

存储环节是大数据管理的核心，需兼顾存储安全、存储效率与长期可读性，破解海量文物数字资源存储难题。采用“本地存储+云端备份”的双重存储模式，本地存储聚焦核心珍贵数字资源，确保数据的及时调用与安全可控；云端存储实现海量资源的扩容存储，提升存储的灵活性与扩展性，同时搭建多重备份机制，定期进行数据备份，防范数据丢失、损坏等风险。

优化存储格式与存储策略，采用标准化、可兼容的存储格式，避免因格式迭

代导致数据无法读取；根据数字资源的类型、价值与访问频率，进行分层存储，核心珍贵资源采用高性能存储设备，提升访问速度，普通资源采用常规存储设备，降低存储成本；建立存储设备定期维护与更新机制，及时排查存储安全隐患，确保存储系统的稳定运行，实现数字资源的长期安全存续。

3. 分类环节：科学归类，提升管理精度

分类环节是实现精细化管理的关键，需结合文物数字资源的类型、属性、价值等，构建多维度、层级化的分类体系，打破数字资源分散杂乱的局面，提升管理与检索效率。构建“一级分类+二级分类+三级分类”的层级分类体系，一级分类按数字资源类型划分，包括图像资源、点云资源、光谱资源、三维模型资源、文本档案资源等；二级分类按文物类型划分，包括青铜器、书画、古建筑、壁画、遗址等；三级分类按资源价值、应用场景等划分，包括核心珍贵资源、普通资源、展示用资源、研究用资源等。

建立分类编码标准，为每一类、每一条数字资源分配唯一的分类编码，明确编码规则与含义，实现数字资源的精准标识与分类管控；采用智能化分类技术，结合人工智能、大数据算法，自动识别数字资源的类型与属性，完成分类归档，减少人工分类的工作量与误差，提升分类效率与精度；建立分类动态调整机制，结合文物数字化的发展与应用需求，及时优化分类体系，确保分类的科学性与适用性。

4. 检索环节：智能高效，实现精准调用

检索环节是提升数字资源利用效率的核心，需突破传统检索模式的局限，构建智能化、多元化的检索体系，实现数字资源的快速精准调用。搭建智能检索平台，整合关键词检索、属性检索、语义检索、图像检索等多种检索方式，满足不同用户的检索需求；关键词检索聚焦文物名称、年代、材质等核心信息，实现快速检索；属性检索基于数字资源的分类、格式、采集时间等属性，实现精准筛选；语义检索结合文物历史信息与文化内涵，实现模糊检索与关联检索；图像检索通过图像特征匹配，实现相似文物数字资源的快速检索。

优化检索算法，提升检索速度与精度，针对海量数字资源，采用分布式检索技术，缩短检索响应时间；建立检索历史记录与个性化推荐机制，根据用户检索习惯与需求，推荐相关数字资源，提升检索便捷性；完善检索权限管控，根据用户身份与权限，限制检索范围与资源访问权限，确保数字资源的安全可控。

5. 复用环节：规范有序，推动价值释放

复用环节是大数据管理的终极目标，需建立规范有序的复用机制，打通数字资源“管理—复用”的壁垒，推动数字资产的多元应用与价值释放。建立数字资源复用备案制度，明确复用流程、复用范围与责任要求，用户复用数字资源需进行备案登记，规范复用行为；构建数字资源复用共享平台，实现不同地区、不同机构之间的数字资源共享复用，打破资源壁垒，提升资源利用效率；建立复用评价机制，跟踪数字资源的复用情况，分析复用效果，优化数字资源管理与复用策略，推动数字资源从“建设”向“应用”转型。

（三）管理体系的支撑保障

文物数字资源大数据管理体系的高效运行，需依托完善的支撑保障体系，重点强化制度、技术、人才三大支撑。一是完善管理制度，制定数字资源采集、存储、分类、检索、复用等环节的管理办法与标准规范，明确各环节的责任主体与操作要求，规范管理行为；二是强化技术支撑，引入大数据、人工智能、分布式存储等核心技术，优化管理平台功能，提升管理的智能化与高效化水平；三是加强人才培养，培育兼具文物专业、大数据管理、数字技术等知识的复合型人才，提升管理人员的专业能力，确保管理体系的规范化运行。

二、文物数字资产确权核心内容

文物数字资产作为依托物理文物产生的新型资产形态，兼具文化属性、财产属性与知识产权属性，其权属界定、确权流程与权益分配较为复杂，当前普遍存在确权难、维权难、权益分配不清晰等问题，严重制约了文物数字资产的合法利用与价值转化。明确文物数字资产确权核心内容，建立科学合理的确权流程与权益分配机制，是破解确权困境、规范数字资产利用的关键。

（一）数字资产权属界定

文物数字资产的权属界定是确权工作的核心，需明确“谁拥有、谁支配、谁受益”，结合物理文物的权属、数字资源的采集主体、投入成本等因素，科学界定数字资产的所有权、使用权、收益权与处分权，避免权属纠纷。

一是所有权界定，遵循“源资产权属优先”原则，物理文物的所有权人（如国家、集体、个人），依法享有该文物所衍生数字资产的所有权。国家馆藏文物的数字资产，所有权归国家所有，由文物收藏单位代为管理；集体、个人所有的

文物，其数字资产所有权归集体、个人所有，采集单位需经所有权人同意后方可采集与利用；联合采集产生的数字资产，所有权归联合采集各方共同所有，具体归属可由各方协商确定，并签订书面协议。

二是使用权界定，数字资产的使用权可与所有权分离，根据使用场景与需求，合理划分使用权范围。国家馆藏文物数字资产，文物收藏单位享有使用权，可用于保护、研究、展示等公益用途；经相关部门批准，可授权其他单位、组织在特定范围内使用；集体、个人所有的文物数字资产，所有权人可自行行使使用权，也可依法授权他人使用，并收取合理报酬。

三是收益权与处分权界定，收益权归数字资产所有权人所有，所有权人可通过授权使用、IP 开发、合作转化等方式，获取合法收益；处分权由所有权人行使，包括数字资产的转让、质押、注销等，未经所有权人同意，任何单位、个人不得擅自处分数字资产。同时，明确数字资产权属的存续期限，与物理文物的保护期限相匹配，国家馆藏文物数字资产的权属长期有效，集体、个人所有的文物数字资产，权属期限与物理文物的所有权期限一致。

（二）数字资产确权流程

文物数字资产确权需遵循“规范有序、公开透明、权责统一”的原则，结合数字资产的类型、权属情况，建立“申请—审核—登记—公示—发证”的标准化确权流程，确保确权工作的合法性、公正性与可操作性。

第一步，申请确权。由数字资产采集单位、所有权人向相关确权管理部门（如文物主管部门、知识产权部门）提出确权申请，提交确权申请书、数字资产相关材料（采集档案、数据样本、权属证明等）、相关主体身份证明等材料，明确确权类型、权属主张与申请理由。

第二步，材料审核。确权管理部门收到申请后，组织专业人员对申请材料进行审核，重点审核数字资产的合法性（采集流程是否规范、是否经所有权人同意）、真实性（数据是否真实完整、是否与物理文物一致）、权属证明的有效性，核实相关主体的身份与权责，对审核不合格的，退回申请并说明理由，要求补充完善材料。

第三步，实地核查（必要时）。对于重大、复杂的文物数字资产，确权管理部门可组织人员开展实地核查，比对数字资产与物理文物的一致性，核实采集流程与相关备案信息，确保数字资产的真实性与合法性，形成实地核查报告。

第四步，登记备案。审核通过后，确权管理部门对数字资产的权属信息、采集信息、相关主体信息等进行统一登记，录入文物数字资产确权管理系统，为数字资产分配唯一的确权登记编号，建立完整的确权档案，实现确权信息的可追溯、可查询。

第五步，公示公告。对确权登记信息进行公示，公示期限不少于一定工作日，接受社会监督，公示期间如有异议，相关主体可提交异议申请与证明材料，确权管理部门进行复核并作出答复；公示无异议的，正式确认数字资产权属。

第六步，发放确权证书。确权管理部门向数字资产所有权人、使用权人发放确权证书，明确权属主体、权属范围、权利期限、权责义务等核心内容，确权证书作为数字资产权属的合法证明，用于后续权益维护、授权使用等相关活动。

（三）权益分配机制

文物数字资产的权益分配是确权工作的重要延伸，需兼顾所有权人、采集单位、使用单位等各方主体的合法权益，建立公平合理、权责对等的权益分配机制，化解权益纠纷，激发各方参与文物数字化与数字资产利用的积极性。

一是公益用途权益分配，文物数字资产用于公益事业（如博物馆展示、公共教育、考古研究等）时，实行无偿使用原则，所有权人不得收取报酬，但需明确使用单位的责任，要求使用单位规范使用、不得擅自篡改、不得用于商业用途；采集单位可享有署名权，在数字资产展示、使用过程中，需注明采集单位与采集人员信息。

二是商业用途权益分配，文物数字资产用于商业用途（如文创开发、数字传播、商业展示等）时，实行“谁授权、谁受益”原则，所有权人享有核心收益权，可按照约定向使用单位收取授权使用费；采集单位可根据采集投入（人力、物力、技术等），参与收益分配，获取合理报酬，具体分配比例由所有权人与采集单位协商确定，并签订书面协议；使用单位在授权范围内使用数字资产，需严格遵守约定，不得超出授权范围，不得擅自转让、转租授权。

三是联合参与主体权益分配，联合采集、联合开发产生的数字资产，权益分配由联合各方协商确定，明确各方的权益份额与权责义务，优先保障物理文物所有权人的合法权益；协商不成的，可向确权管理部门申请调解，或通过法律途径解决。同时，建立权益分配争议解决机制，明确争议解决的途径与流程，及时化解各方权益纠纷，保障数字资产的合法利用。

三、文物数字资产安全保障措施

文物数字资产作为文物文化传承的重要载体，其安全直接关系到文物历史信息存续与数字资产的合法利用，当前文物数字资产在存储、传输、应用过程中，面临数据泄露、篡改、滥用、丢失等安全风险，严重威胁数字资产的安全与价值。构建“技术防护+管理规范+责任落实”的全方位安全保障体系，强化各环节安全管控，是防范安全风险、保障数字资产安全的核心举措。

（一）存储环节安全保障

存储环节是数字资产安全的核心防线，需重点防范数据丢失、损坏、泄露等风险，采用技术与管理相结合的方式，确保数字资产存储安全。一是强化数据加密保护，采用对称加密、非对称加密等先进加密技术，对存储的数字资产进行全程加密处理，包括数据本身、备份数据、元数据等，确保数据在存储过程中不被泄露、篡改；对加密密钥进行严格管理，建立密钥分级管理机制，定期更换密钥，防范密钥泄露导致的数据安全风险。

二是完善备份与恢复机制，建立“本地备份+云端备份+异地备份”的三重备份体系，定期对数字资产进行全面备份，明确备份频率、备份方式与备份责任，确保数据在丢失、损坏时能够快速恢复；定期对备份数据进行检测与验证，排查备份数据的完整性与可用性，避免备份失效。

三是加强存储设备与环境安全，选用高性能、高安全性的存储设备，定期对存储设备进行维护、检测与更新，及时修复安全漏洞；搭建标准化的存储环境，控制环境温湿度、光照、灰尘等因素，防范设备故障与环境因素导致的数据损坏；建立存储设备访问管控机制，限制人员对存储设备的访问权限，严禁无关人员接触存储设备与数据。

（二）传输环节安全保障

传输环节是数字资产安全的薄弱环节，需重点防范数据在传输过程中被拦截、泄露、篡改等风险，确保数据传输的安全性与完整性。一是采用安全传输协议，选用加密传输协议，对数字资产传输过程进行全程加密，确保数据在传输过程中不被拦截、破解；避免使用不安全的传输方式，严禁通过公共网络、未加密设备传输核心珍贵数字资产。

二是建立传输验证机制，在数字资产传输前后，对数据的完整性、真实性进

行验证，采用校验码、数字签名等技术，确认数据未被篡改、未丢失，确保传输数据与原始数据一致；对传输过程进行全程记录，详细记录传输时间、传输主体、传输内容、传输状态等信息，实现传输过程的可追溯、可核查。

三是强化传输设备与网络安全，对用于数字资产传输的设备进行安全检测与加固，及时修复安全漏洞，安装安全防护软件，防范设备被入侵、控制；加强网络安全管控，搭建专用传输网络，隔离公共网络，设置防火墙、入侵检测系统等安全防护设施，防范网络攻击导致的数据安全风险。

（三）应用环节安全保障

应用环节是数字资产安全风险的高发环节，需重点防范数据滥用、篡改、泄露等风险，规范数字资产的使用行为，确保数字资产合法、安全应用。一是建立权限管控机制，实行“分级授权、最小权限”原则，根据用户身份、职责与需求，分配不同的访问权限与操作权限，明确权限范围与使用期限，严禁超权限访问、操作数字资产；定期对用户权限进行审核与调整，及时注销无效权限，防范权限泄露导致的安全风险。

二是强化数据使用规范，制定数字资产使用管理办法，明确数字资产的使用范围、使用方式与责任要求，严禁擅自篡改、伪造、泄露数字资产，严禁将公益用途的数字资产用于商业用途，严禁未经授权擅自转让、传播数字资产；对数字资产的使用过程进行全程记录，建立使用日志，详细记录使用人员、使用时间、使用内容、使用用途等信息，实现使用过程的可追溯、可监管。

三是防范滥用与侵权风险，建立数字资产侵权监测机制，利用人工智能、大数据等技术，监测数字资产的使用情况，及时发现滥用、侵权行为，采取预警、制止等措施，维护数字资产所有权人的合法权益；加强宣传教育，提升用户的安全意识与法律意识，引导用户规范使用数字资产，自觉防范滥用与侵权行为。

（四）安全管理与责任落实

安全管理与责任落实是数字资产安全保障的重要支撑，需建立完善的安全管理制度，明确责任主体，强化责任落实，确保安全保障措施落地见效。一是完善安全管理制度，制定数字资产安全管理总则、各环节安全管理细则、安全应急预案等制度，明确安全管理的目标、任务、职责与流程，规范安全管理行为；建立安全标准体系，明确数字资产加密、备份、传输、应用等环节的安全标准，确保安全保障的规范化、标准化。

二是明确安全责任主体，明确数字资产所有权人、采集单位、使用单位、管理部门的安全责任，建立“谁主管、谁负责，谁使用、谁负责”的责任体系，将安全责任落实到具体岗位、具体人员；签订安全责任协议，明确各方的安全职责与义务，对未履行安全责任导致数字资产安全受损的，依法追究相关人员的责任。

三是强化安全审计与应急处置，建立定期安全审计机制，组织专业人员对数字资产安全管理情况、各环节安全管控措施落实情况进行审计，及时发现安全隐患，提出整改意见，督促相关主体整改落实；制定安全应急预案，针对数据泄露、篡改、丢失、网络攻击等突发安全事件，明确应急处置流程、责任分工、处置措施，定期开展应急演练，提升应急处置能力，确保突发安全事件能够快速、有效处置，最大限度降低安全损失。

大数据管理与数字资产确权是文物数字化高质量发展的重要支撑，构建“采集—存储—分类—检索—复用”全流程大数据管理体系，能够实现文物数字资产的规范化、精细化管理，提升资源利用效率；明确数字资产权属界定、确权流程与权益分配机制，能够破解确权难、维权难的困境，规范数字资产合法利用；建立全方位安全保障机制，能够防范各类安全风险，保障数字资产安全存续。

第三章 智慧博物馆：新形态与新模式

第一节 空气成像技术引领下的博物馆：从数字化到智慧化的转型路径

在文物数字化全面推进与数字技术迭代升级的双重驱动下，博物馆正经历从“数字化展示”向“智慧化运营”的根本性转型，打破传统博物馆“静态陈列、被动参观”的局限，构建“沉浸式体验、智能化服务、多元化传播”的新型发展形态。空气成像技术作为一种无介质、沉浸式的新型显示技术，凭借其独特的展示优势，突破传统数字化展示的技术瓶颈，成为引领博物馆智慧化转型的核心驱动力。

一、博物馆从数字化到智慧化的转型核心逻辑

博物馆的数字化与智慧化并非递进关系的简单延伸，而是存在本质差异的两种发展形态。数字化是智慧化的基础前提，智慧化是数字化的高阶形态与终极目标，空气成像等新技术的融入，重构了博物馆的展示模式、运营逻辑与服务体系，推动转型从“技术叠加”向“生态重构”升级，其核心逻辑围绕“需求升级—技术赋能—价值重塑”展开，实现博物馆功能与价值的全方位提升。

（一）数字化与智慧化的核心差异

明确博物馆数字化与智慧化的核心差异，是把握转型逻辑的关键。博物馆数字化以“文物数字转化”为核心目标，侧重通过数字技术将物理文物转化为数字资源，实现文物的数字化展示与基础存储，本质是“物理空间向数字空间的复制”，核心价值在于打破文物物理陈列的局限，方便公众便捷获取文物信息，其运营模式仍以传统线下陈列为主、数字化展示为辅，缺乏互动性与智能化调度。

而博物馆智慧化以“用户需求为核心”，依托空气成像、人工智能、大数据等新技术，实现“数字资源—智能服务—运营管理”的一体化融合，本质是“数字空间与物理空间的共生”，核心价值在于重构参观体验、优化运营效率、拓展

传播边界，实现“人—文物—博物馆”的智能联动。相较于数字化，智慧化更注重沉浸式体验、个性化服务与智能化运营，打破了“参观即结束”的传统模式，推动博物馆从“文物收藏展示机构”向“文化体验与传播平台”转型。

（二）转型的核心逻辑内核

博物馆从数字化到智慧化的转型，核心是围绕“需求、技术、价值”三大维度的重构，形成“需求牵引技术、技术支撑价值、价值反哺需求”的闭环逻辑，空气成像技术在其中发挥着引领性作用。

其一，需求升级是转型的核心牵引。随着公众文化需求的多元化、个性化发展，传统数字化展示的“单向输出”模式已无法满足公众对沉浸式、互动式文化体验的需求，公众不再局限于“看文物、听讲解”，更追求“触文物、悟文化”的深度体验，这种需求升级倒逼博物馆突破传统展示与运营模式，向智慧化转型，而空气成像技术的无介质、沉浸式特性，精准契合了公众的体验需求。

其二，技术赋能是转型的关键支撑。空气成像、人工智能、大数据等新技术的成熟应用，为博物馆智慧化转型提供了核心技术支撑，其中空气成像技术作为展示端的核心突破，打破了传统显示屏、投影等介质的局限，实现文物的无接触、沉浸式呈现，重构了博物馆的展示场景；同时，结合大数据、人工智能技术，实现用户需求的精准捕捉、运营流程的智能优化，推动转型从“被动适配”向“主动服务”升级。

其三，价值重塑是转型的终极目标。转型的核心目的并非技术的简单叠加，而是实现博物馆文化价值、社会价值的全方位重塑与提升。通过智慧化转型，打破博物馆的物理空间壁垒，扩大文化传播的覆盖面；优化参观体验，提升公众的文化获得感与参与度；实现文物价值的多元转化，让文物文化真正融入公众生活，推动博物馆从“小众殿堂”向“大众平台”转型，彰显其文化遗产与公共服务的核心价值。

（三）空气成像技术的引领作用

空气成像技术作为一种新型无介质显示技术，无需任何物理载体，即可在空气中形成三维立体影像，实现“看得见、触可及”的沉浸式体验，其独特的技术优势，成为打破数字化展示瓶颈、引领智慧化转型的核心驱动力。

一方面，空气成像技术重构了展示模式，打破了传统数字化展示的介质局限。传统数字化展示多依赖显示屏、投影等载体，存在展示效果单一、互动性不足、

空间占用大等问题，而空气成像技术可实现文物的无介质立体呈现，让公众无需借助任何设备，即可直观欣赏文物的三维形态与细节特征，拉近公众与文物的距离，实现从“被动观看”向“主动互动”的体验升级。

另一方面，空气成像技术串联起“展示—互动—运营”的全流程，推动转型一体化推进。其不仅用于文物展示，还可与互动技术、大数据技术深度融合，实现用户与虚拟文物的智能互动、参观路线的个性化推荐、运营数据的实时采集，推动博物馆展示、服务、运营的全方位智能化升级，为转型提供了可落地、可延伸的技术路径，引领博物馆形成“沉浸式展示、智能化服务、精细化运营”的新型发展模式。

二、空气成像技术在博物馆展示中的具体应用

空气成像技术在博物馆展示中的应用，紧扣“无介质、沉浸式、互动性”的核心优势，聚焦虚拟文物呈现、互动展示、场景复原三大核心场景，打破传统展示的局限，丰富展示形式、提升体验感，实现文物文化的生动传播与深度解读，成为智慧博物馆展示的核心应用场景。

（一）虚拟文物呈现：无介质还原，凸显文物细节

虚拟文物呈现是空气成像技术在博物馆的基础应用，核心是依托文物数字化采集的高精度数据，通过空气成像技术，在空气中还原文物的三维立体影像，实现文物的无接触、高保真展示，既保障文物本体安全，又凸显文物的细节特征与历史内涵。

相较于传统数字化展示的二维影像，空气成像技术呈现的虚拟文物具有三维立体、细节清晰、可多角度观看的优势，可精准还原文物的形制、纹饰、材质等核心特征，甚至可呈现肉眼无法观察到的细微细节，让公众直观感受文物的艺术价值与历史底蕴。对于珍贵脆弱、不宜长期展出的文物，可通过空气成像技术实现永久展示，既避免文物本体受损，又让公众能够便捷欣赏；对于残缺文物，可结合虚拟修复技术，通过空气成像呈现完整形态，帮助公众理解文物的原始风貌与历史信息。

同时，虚拟文物呈现可实现多件文物的组合展示与对比展示，通过技术调控，实现文物的缩放、旋转、拆分等操作，方便公众对比不同文物的特征差异，深入解读文物背后的历史文化内涵，提升展示的专业性与趣味性。

（二）互动展示：沉浸式参与，提升体验质感

互动展示是空气成像技术的核心优势应用，打破了传统博物馆“单向输出”的展示模式，通过空气成像与触控技术、语音识别技术的融合，实现公众与虚拟文物、展示场景的智能互动，让参观过程从“被动观看”变为“主动参与”，大幅提升公众的参观体验与文化获得感。

在具体应用中，公众可通过手势、语音等方式，与空气成像呈现的虚拟文物进行互动，例如触摸虚拟文物的纹饰，即可触发相关历史介绍、工艺解读等语音或文字信息；旋转虚拟文物，可多角度观察文物细节；甚至可通过互动操作，模拟文物的修复过程、制作工艺，深入了解文物的历史背景与制作技艺。这种沉浸式互动，让文物文化变得生动可感，有效提升公众的参与度与记忆点，尤其适合青少年群体，实现“寓教于乐”的文化传播目标。

此外，空气成像互动展示可结合用户需求，实现个性化互动体验，通过采集用户参观偏好，推送符合用户兴趣的互动内容，让每个公众都能获得专属的参观体验，提升博物馆服务的个性化与精准度。

（三）场景复原：沉浸式还原，解读历史语境

场景复原是空气成像技术在博物馆展示中的延伸应用，核心是依托考古研究成果与文物数字化数据，通过空气成像技术，还原文物所处的历史场景、生活场景或制作场景，让公众“穿越”回历史现场，直观感受文物所处的历史语境，深化对文物文化内涵的理解。

传统场景复原多采用实物模拟、壁画等方式，存在场景单一、沉浸感不足、无法动态呈现等问题，而空气成像技术可实现场景的三维动态复原，结合音效、光影等技术，构建沉浸式历史场景，让公众仿佛置身其中，直观感受历史场景中的人物、器物、环境等元素，理解文物在历史中的功能与价值。例如，可通过空气成像技术，复原古代青铜器的铸造场景、书画的创作场景，让公众直观了解文物的制作过程与历史背景；可复原古代生活场景，呈现文物在当时生活中的使用场景，让文物“活起来”，实现历史文化的生动传播。

同时，场景复原可实现多场景的切换与联动，公众可通过互动操作，切换不同历史时期的场景，对比不同时期文物的使用场景差异，深入解读历史文化的演变过程，提升展示的深度与趣味性。

三、博物馆智慧化转型的四步走路径

依托空气成像技术引领，结合博物馆转型的核心逻辑与实践需求，构建“技术升级—场景创新—运营优化—受众适配”的四步走转型路径，各阶段层层递进、有机联动，明确各阶段核心任务，推动博物馆实现从数字化到智慧化的系统性、高质量转型，避免转型碎片化、形式化。

（一）第一步：技术升级，筑牢智慧化转型基础

技术升级是博物馆智慧化转型的前提与基础，核心任务是搭建完善的智慧化技术支撑体系，重点推进空气成像技术与其他数字技术的融合应用，实现技术的标准化、规模化落地，为后续转型提供坚实的技术保障。

一是推进核心技术部署，重点引入空气成像技术设备，结合博物馆的展厅布局、文物特点，合理规划技术应用场景，实现空气成像技术在核心展厅、重点文物展示中的全覆盖；同时，配套部署人工智能、大数据、物联网等核心技术设备，搭建一体化的智慧化技术平台，实现技术设备的统一管控与协同运行。

二是完善数字资源支撑，依托前期文物数字化成果，优化文物数字资源的精度与质量，构建标准化的数字文物数据库，为空气成像展示、互动体验等提供高质量的数据支撑；同时，建立数字资源的动态更新机制，及时补充新的文物数字化数据、历史研究成果，确保数字资源的时效性与丰富性。

三是强化技术融合适配，推动空气成像技术与人工智能、大数据、物联网等技术的深度融合，优化技术应用效果，例如结合人工智能技术，实现虚拟文物互动的智能化响应；结合物联网技术，实现技术设备的智能监测与维护；建立技术标准体系，规范技术应用、数据管理等环节，确保技术升级的规范化、有序化推进。

（二）第二步：场景创新，重构智慧化展示体系

场景创新是转型的核心载体，核心任务是依托空气成像技术，重构博物馆的展示场景与体验场景，打破传统展示模式的局限，构建“沉浸式、互动性、多元化”的智慧化展示体系，提升公众参观体验。

一是优化核心展示场景，以空气成像技术为核心，重构展厅展示布局，打造虚拟文物展示区、互动体验区、场景复原区等特色展区，实现展示场景的多元化与差异化；重点打造核心文物的空气成像沉浸式展示场景，凸显文物的历史价值与艺术价值，打造博物馆的特色展示 IP。

二是创新互动体验场景，结合空气成像技术与互动技术，设计多元化的互动体验项目，例如虚拟文物修复、历史场景互动、文物知识问答等，实现公众与文物、历史的深度互动；打造个性化参观场景，通过大数据捕捉用户参观偏好，推送专属的参观路线、互动内容，实现“一人一策”的个性化体验。

三是拓展线上展示场景，依托空气成像技术与直播、虚拟现实等技术，打造线上智慧展厅，实现博物馆的线上线下联动展示；通过线上展厅，打破物理空间壁垒，让公众足不出户即可体验沉浸式参观，扩大文化传播的覆盖面与影响力。

（三）第三步：运营优化，构建智能化运营体系

运营优化是转型的重要保障，核心任务是依托智慧化技术，优化博物馆的运营流程，构建“智能化、精细化、高效化”的运营体系，降低运营成本，提升运营效率，为转型提供可持续的保障支撑。

一是实现展品管理智能化，结合物联网、大数据技术，对博物馆的物理文物、虚拟文物进行智能化管理，实现文物的实时监测、安全预警、动态调度，确保文物安全；通过大数据分析，跟踪虚拟文物的展示、互动数据，优化展示内容与形式。

二是实现服务管理精细化，依托大数据、人工智能技术，构建智能化服务平台，实现门票预约、讲解服务、咨询服务等的智能化调度；通过分析用户参观数据，了解用户需求痛点，优化服务流程，提升服务质量；建立用户反馈机制，及时收集用户意见，持续优化运营与服务策略。

三是实现管理决策科学化，通过大数据技术，采集、分析博物馆的运营数据、参观数据、展示数据等，为博物馆的展示优化、活动策划、运营管理提供数据支撑，实现管理决策的科学化与精准化；优化人员管理，加强复合型人才培养，提升工作人员的技术应用能力与服务水平，适应智慧化运营需求。

（四）第四步：受众适配，实现价值化转型落地

受众适配是转型的终极落脚点，核心任务是围绕不同受众群体的需求，优化智慧化展示、服务与运营模式，实现博物馆文化价值的多元转化，让智慧化转型真正服务于公众、服务于文化传承，推动转型落地见效。

一是适配不同年龄段受众需求，针对青少年群体，设计趣味性、互动性强的展示与体验项目，实现“寓教于乐”；针对中老年群体，优化展示界面与操作流程，提供便捷的参观服务与讲解服务；针对专业研究群体，提供高精度的虚拟文物数据、研究资料，满足其研究需求。

二是推动文化价值多元转化，依托智慧化展示与运营体系，推动文物文化向文创产品、线上课程、文化等领域转化，实现文物价值的多元化释放；通过空气成像互动体验、线上展厅等形式，推动文化传播的通俗化、大众化，让文物文化真正融入公众生活。

三是强化公众参与互动，搭建公众参与平台，鼓励公众参与虚拟文物修复、文化创意设计、文物知识传播等活动，提升公众的文化参与感与归属感；加强与学校、社区、企业等的合作，开展多元化的文化活动，扩大博物馆的社会影响力，实现其公共服务与文化遗产的核心价值。

空气成像技术的融入，为博物馆从数字化到智慧化的转型提供了全新的技术路径与发展机遇，推动博物馆打破传统局限，构建沉浸式、智能化、多元化的新型发展形态。通过解析转型核心逻辑，明确空气成像技术的引领作用，阐述其在展示场景中的具体应用，提出“技术升级—场景创新—运营优化—受众适配”的四步走转型路径，可为博物馆智慧化转型提供清晰的实践指引。

第二节 智能导览与沉浸式体验技术

智慧博物馆的核心价值在于打破“人与文物”的隔阂，实现文化体验的个性化、多元化与深度化。智能导览与沉浸式体验技术作为智慧博物馆建设的核心支撑，重构了博物馆的参观服务模式，打破传统导览“单向灌输”、体验“被动观看”的局限，推动参观体验从“浅层浏览”向“深度感知”转型。

一、智能导览模式创新及优势适配

传统博物馆导览多以人工讲解、固定标识、语音播放器为主，存在服务同质化、互动性不足、适配性不强、覆盖范围有限等弊端，难以满足不同受众的个性化参观需求。随着人工智能、物联网、AR等技术的迭代，智能导览模式不断创新，形成了智能导览机器人、AR导览、语音导览三大核心新型模式，各模式依托技术优势，互补适配不同场景，实现导览服务的智能化、个性化升级。

（一）新型智能导览模式介绍

1. 智能导览机器人

智能导览机器人是融合人工智能、语音识别、自主导航等技术的新型导览载

体，具备自主引路、语音讲解、互动问答、信息查询等核心功能，是智慧博物馆导览服务的重要具象化呈现。其核心优势在于“拟人化互动、自主化服务”，可通过语音识别精准捕捉用户需求，结合大数据分析推送适配的导览内容，同时具备自主避障、路径规划能力，可根据用户需求引导参观路线，实现“一对一”专属导览服务。相较于传统人工导览，智能导览机器人可实现 24 小时不间断服务，打破时间限制，同时可存储海量文物信息、历史资料，精准传递专业文化知识，避免人工讲解的偏差与同质化。

2. AR 导览

AR 导览（增强现实导览）依托移动终端（手机、平板、AR 眼镜），将虚拟数字信息与博物馆物理空间、文物实体进行精准叠加，实现“虚拟+现实”的融合导览，核心优势在于“场景化呈现、沉浸式解读”。用户通过移动终端扫描文物、展厅标识，即可触发虚拟文物复原、历史场景叠加、细节放大、语音讲解等内容，让静态文物与虚拟信息联动，直观解读文物的历史背景、制作工艺与文化内涵。AR 导览无需依赖固定设备，操作便捷、便携性强，可实现“随时随地”的个性化导览，打破传统导览的空间局限，让参观过程更具趣味性与互动性。

3. 智能语音导览

智能语音导览是传统语音导览的升级形态，融合语音识别、大数据、人工智能技术，实现“个性化推送、智能交互”的导览服务，分为移动端 APP、微信小程序、专用语音导览器三种形态。与传统固定语音导览不同，智能语音导览可根据用户的参观路线、停留时长、兴趣偏好，智能推送适配的讲解内容，支持语音唤醒、互动问答，用户可通过语音查询文物信息、参观路线、展厅服务等内容，同时可调节讲解语速、语言版本，适配不同用户的收听习惯，实现导览服务的精准化、个性化。

（二）新型导览与传统导览的优势对比及适配场景

新型智能导览模式并非对传统导览的替代，而是互补升级，二者在优势、短板、适配场景上各有侧重，博物馆需结合自身展厅规模、文物特点、受众结构，实现多元导览模式的合理搭配，提升导览服务质量。

从优势对比来看，传统导览（人工讲解、固定标识）的核心优势在于人文性强、互动灵活，人工讲解可根据受众反应调整讲解内容与节奏，传递文物背后的人文故事，适配小型团体、高端参观等场景，但存在服务成本高、覆盖范围有限、同

质化严重、无法实现 24 小时服务等短板；新型智能导览模式的核心优势在于智能化、个性化、全覆盖，可实现 24 小时不间断服务，适配不同受众的个性化需求，降低服务成本，同时具备互动性强、内容丰富等特点，但缺乏人文温度，部分模式（如 AR 导览）对用户操作能力有一定要求。

从适配场景来看，智能导览机器人适配大型博物馆、人流密集的核心展厅，可实现“一对一”专属导览，同时承担人流引导、信息咨询等功能，缓解人工导览压力；AR 导览适配中小型展厅、细节丰富的文物（如书画、青铜器），可通过虚拟叠加实现文物细节解读、历史场景复原，提升参观的趣味性与深度，适配青少年、年轻群体等具备一定操作能力的受众；智能语音导览适配各类博物馆、各类受众，尤其是散客、自助参观用户，操作便捷、便携性强，可实现随时随地导览；传统人工讲解适配小型团体、高端参观、学术交流等场景，凸显人文服务，弥补智能导览的人文短板；固定标识作为基础导览载体，适配所有展厅，为所有受众提供基础参观指引，辅助其他导览模式发挥作用。

为更直观地呈现各类导览模式差异，现将传统导览与三类新型智能导览进行对比，如下表：

导览类型	核心优势	主要短板	典型适用场景	目标受众
传统人工讲解	人文性强、互动灵活、可实时调整内容	成本高、覆盖有限、难以 24 小时服务	小型团体、贵宾接待、学术交流	专业访客、深度文化爱好者
固定标识导览	成本低、无操作门槛、全域覆盖	信息静态、无互动、内容单一	全展厅基础指引、应急提示	全年龄段通用
智能导览机器人	24 小时服务、自主导航、拟人化互动	人文温度不足、前期投入较高	大型馆、核心展厅、人流疏导	散客、家庭观众、普通游客
AR 导览	虚实结合、细节可视化、趣味性强	需智能终端、对操作能力有要求	文物细节展示、场景复原、青少年教育	年轻人、学生、亲子群体
智能语音导览	便携易用、个性化推送、多语言支持	依赖网络或设备、缺乏现场共情	自助参观、全域漫游、多语种服务	散客、自助游客、国际访客

二、沉浸式体验技术在博物馆展览中的应用

沉浸式体验技术是推动博物馆体验升级的核心驱动力，依托 VR/AR、全息投影等技术，打破传统展览“静态陈列、被动观看”的局限，构建“可交互、可参与、可感知”的沉浸式展览场景，让公众从“旁观者”变为“参与者”，深度感受文物文化的魅力，实现文物文化的生动传播。当前，VR/AR、全息投影是博

物馆应用最广泛的沉浸式体验技术，各技术依托自身特性，适配不同展览场景，形成多元化的沉浸式体验模式。

（一）VR/AR 技术的应用

VR（虚拟现实）与 AR（增强现实）技术虽核心原理不同，但均以“虚实融合”为核心，在博物馆展览中形成互补应用，重构参观体验，推动展览从“静态呈现”向“动态交互”转型。

VR 技术（虚拟现实）通过构建全虚拟的三维展览空间，让用户借助 VR 设备（VR 眼镜、VR 头盔）“进入”虚拟场景，实现“身临其境”的沉浸式体验，核心优势在于“脱离物理空间限制”，可还原无法实地展示的文物、历史场景，打破博物馆的物理空间壁垒。在博物馆展览中的应用，主要聚焦于历史场景复原、文物虚拟展示、互动体验三大场景：可依托考古研究成果，构建虚拟历史场景（如古代城市、古墓葬、文物制作场景），让用户“穿越”回历史现场，直观感受历史语境；可对珍贵脆弱、不宜展出、残缺破损的文物进行虚拟复原，构建虚拟文物展厅，让用户近距离观察、交互，既保障文物安全，又实现文物的全面展示；可设计虚拟互动体验项目（如虚拟文物修复、文物制作模拟），让用户通过操作 VR 设备，参与文物修复、制作过程，深入了解文物的制作工艺与历史背景，提升参与感与记忆点。

AR 技术（增强现实）相较于 VR 技术，无需脱离物理空间，而是将虚拟数字信息与博物馆物理空间、文物实体精准叠加，核心优势在于“虚实联动、直观解读”，实现物理文物与虚拟信息的互补，让静态文物“活起来”。其应用重点聚焦于文物细节解读、互动引导、场景叠加三大场景：可通过移动终端扫描文物，实现文物细节放大、纹饰解读、残缺复原，让用户直观观察肉眼无法捕捉的细微细节（如书画的笔墨痕迹、青铜器的锈蚀纹理）；可实现参观路线的虚拟引导，通过 AR 标识指引用户参观方向，推送当前展厅的文物信息、讲解内容，提升参观的便捷性；可将虚拟历史人物、历史场景与物理展厅叠加，让用户在参观物理文物的同时，直观感受文物所处的历史场景，深化对文物文化内涵的理解。

（二）全息投影技术的应用

全息投影技术依托光学成像原理，无需任何物理载体，即可在空气中形成三维立体影像，实现“裸眼 3D”的沉浸式体验，核心优势在于“无介质、高保真、强沉浸”，无需用户佩戴任何设备，即可直观欣赏虚拟影像，适配各类受众，是

博物馆沉浸式展览的重要技术载体。

在博物馆展览中的应用，主要聚焦于虚拟文物呈现、历史场景复原、互动演绎三大核心场景，与空气成像技术形成互补，丰富沉浸式体验形式。在虚拟文物呈现方面，可依托文物数字化高精度数据，通过全息投影技术，在展厅中呈现文物的三维立体影像，实现文物的无接触、高保真展示，用户可多角度观看文物细节，无需借助任何设备，即可直观感受文物的形态、纹饰与材质，既保障文物安全，又提升展示的沉浸感；在历史场景复原方面，可结合全息投影与音效、光影技术，构建动态的三维历史场景，还原文物所处的历史环境、生活场景、制作场景，让用户仿佛置身其中，直观感受历史的变迁与文物的价值，打破传统场景复原的静态局限；在互动演绎方面，可通过全息投影呈现虚拟历史人物、文物相关故事，结合语音、动作捕捉技术，实现用户与虚拟影像的互动，例如与虚拟历史人物对话、参与虚拟历史场景演绎，让参观过程从“被动观看”变为“主动参与”，提升参观的趣味性与深度。

相较于VR/AR技术，全息投影技术的核心优势在于无需用户佩戴任何设备，适配所有受众，尤其是老年人、青少年等群体，操作门槛低、沉浸感强，可广泛应用于各类展厅、各类展览场景，与其他沉浸式技术、智能导览技术融合，构建全方位、多元化的沉浸式展览体系。

三、不同受众的个性化智能导览与沉浸式体验方案

博物馆的参观受众涵盖青少年、老年人、专业研究者等不同群体，各群体的年龄、知识结构、操作能力、参观需求存在显著差异，单一的智能导览与沉浸式体验模式无法满足所有受众的需求。立足各受众群体的核心需求，结合新型导览模式与沉浸式体验技术的特点，制定针对性的个性化方案，实现“千人千面”的参观服务，提升各类受众的参观体验与文化获得感。

（一）针对青少年群体的个性化方案

青少年群体（6-18岁）的核心参观需求是趣味性、互动性、知识性，好奇心强、乐于参与，对新鲜技术接受度高，但注意力集中时间短、缺乏专业的文物知识储备，且部分低龄青少年操作能力有限。结合其需求特点，重点打造“互动式、趣味化”的智能导览与沉浸式体验方案。

在智能导览方面，优先采用AR导览与智能导览机器人结合的模式，AR导

览设计趣味化解读内容，将文物知识转化为卡通动画、趣味问答等形式，通过虚拟叠加实现文物互动，例如扫描青铜器即可触发卡通形式的制作过程演示；智能导览机器人采用拟人化设计（卡通造型、亲切语气），增加互动小游戏、文物知识问答等环节，引导青少年主动参与，同时根据青少年的年龄分层推送讲解内容，低龄青少年侧重趣味故事，高龄青少年侧重基础文物知识。

在沉浸式体验方面，重点应用 VR 技术与全息投影技术，打造互动式体验项目，例如虚拟文物修复、历史场景演绎等，让青少年通过操作 VR 设备，模拟文物修复过程，深入了解文物制作工艺；利用全息投影呈现卡通化的历史人物与场景，让青少年“参与”历史故事，实现“寓教于乐”，同时降低体验门槛，简化操作流程，安排工作人员现场指导，确保青少年能够顺利参与体验。

（二）针对老年人群体的个性化方案

老年人群体（60 岁以上）的核心参观需求是便捷性、实用性、人文性，注重文物知识的传递与人文故事的感受，但对智能技术操作能力较弱、视力与听力有限，且偏好传统、简洁的参观模式，抵触复杂的操作流程。结合其需求特点，重点打造“便捷化、人性化”的智能导览与沉浸式体验方案，兼顾智能性与人文性。

在智能导览方面，优先采用智能语音导览（专用导览器）与人工讲解结合的模式，智能语音导览器设计简洁的操作界面（大按键、大字体），支持语音唤醒、语速调节、音量放大，讲解内容侧重文物的人文故事、历史背景，语言通俗易懂，避免专业术语过多；安排专属人工讲解场次，适配老年人的参观节奏，讲解语速放缓、重点突出，同时提供搀扶、休息指引等贴心服务；辅助设置清晰的固定标识，标注展厅路线、休息区、卫生间等信息，提升参观的便捷性。

在沉浸式体验方面，优先采用全息投影技术（裸眼 3D），无需佩戴任何设备，避免复杂操作，体验内容侧重文物的静态复原与历史场景的直观呈现，画面清晰、节奏舒缓，适配老年人的视力特点；避免设置过于刺激、快速的体验项目，重点打造人文类体验场景（如历史人物演绎、文物故事呈现），传递文物背后的人文内涵；安排工作人员现场指引，协助老年人理解体验内容，提升体验感与舒适度。

（三）针对专业研究者群体的个性化方案

专业研究者群体（文物学者、考古工作者、相关专业学生）的核心参观需求是专业性、精准性、深度性，注重文物的细节特征、材质分析、历史背景与研究价值，对导览与体验的专业性要求高，需要获取高精度的文物数据与详细的研究

资料。结合其需求特点，重点打造“专业化、精准化”的智能导览与沉浸式体验方案，满足其研究需求。

在智能导览方面，优先采用 AR 导览（专业版）与智能语音导览（专业版）结合的模式，AR 导览可提供高精度的文物细节放大、材质分析、三维模型拆分等功能，推送详细的文物研究资料、考古成果等内容，支持文物数据的导出与保存；智能语音导览讲解内容侧重文物的专业知识（材质、工艺、年代、研究现状），包含详细的专业术语与研究数据，可推送相关学术文献、考古报告等资料，满足其深度研究需求；提供定制化导览服务，可根据研究者的研究方向，定制专属参观路线与讲解内容。

在沉浸式体验方面，优先采用 VR 技术（专业版），构建高精度的虚拟文物展厅与历史场景，支持文物三维模型的旋转、拆分、细节观察，可呈现文物的微观结构、锈蚀痕迹等细微特征，为研究提供精准的数字支撑；提供虚拟考古、文物修复模拟等专业体验项目，结合高精度文物数据，还原考古过程与文物修复流程，助力研究者的学术研究与实践探索；支持高精度文物数据的查询、导出，为后续研究提供便捷，提升导览与体验的专业性与实用性。

智能导览与沉浸式体验技术的应用，推动博物馆实现了从“陈列展示”向“服务体验”的转型，成为智慧博物馆建设的核心内容。通过创新智能导览模式，实现传统与新型导览的互补适配，提升导览服务的智能化与个性化；通过应用 VR/AR、全息投影等沉浸式体验技术，构建多元化的沉浸式展览场景，打破人与文物的隔阂；通过针对不同受众制定个性化方案，实现“千人千面”的参观服务，提升各类受众的文化获得感。

第三节 藏品智慧管理与预防性保护

藏品是博物馆的核心资产，其管理与保护水平直接决定博物馆的文化遗产质量与可持续发展能力。传统藏品管理存在建档繁琐、检索低效、养护粗放等问题，预防性保护缺乏精准监测与科学调控手段，难以适应智慧博物馆高质量发展需求。依托大数据、物联网、人工智能等数字技术，构建藏品智慧管理体系，搭建智能化预防性保护系统，推动技术融合实现精准保护，成为破解传统管理保护困境、保障藏品安全、提升管理效能的核心路径。

一、博物馆藏品智慧管理体系构建

藏品智慧管理体系以“数字化、智能化、动态化、精细化”为核心导向，打破传统管理的碎片化、人工化局限，围绕“数字化建档—智能化检索—动态化监控—精细化养护”全流程，整合技术、数据与管理资源，构建闭环管理体系，实现藏品管理效率与管理质量的双重提升，为藏品保护奠定坚实基础。

（一）智慧管理体系的核心框架

藏品智慧管理体系以藏品数字化数据库为核心载体，以智能化管理平台为运行中枢，联动数字化采集、物联网监控、人工智能分析等技术模块，覆盖藏品管理全流程，形成“数据采集—存储管理—检索应用—监控养护”的完整闭环。该体系兼顾管理的便捷性与专业性，实现藏品信息的集中管控、智能调度与精准应用，同时衔接预防性保护系统，实现管理与保护的协同联动，打破“管理与保护脱节”的传统困境，推动藏品管理从“被动保管”向“主动管控”转型。

（二）全流程智慧管理实施要点

1. 数字化建档：筑牢智慧管理基础

数字化建档是智慧管理的源头与基础，核心是实现藏品信息的全面、精准、标准化数字化录入，打破传统纸质建档的局限，构建可追溯、可复用的藏品数字化档案。建档内容涵盖藏品核心信息、保护信息、管理信息三大维度，包括藏品名称、年代、材质、形制、纹饰、尺寸、来源、修复记录、保存位置、养护历史等，实现“一物一档、一档全量”。

依托高精度采集技术，对藏品的形态、细节、材质等进行数字化采集，生成高清图像、三维模型、光谱数据等，同步录入数字化档案，提升档案的直观性与专业性；建立档案标准化规范，明确录入格式、分类标准与审核机制，安排专业人员对录入信息进行审核校验，确保信息的真实性与准确性；建立档案动态更新机制，及时补充藏品修复、养护、展出、调拨等相关信息，实现藏品档案的实时更新，确保档案与藏品实际状态保持一致。

2. 智能化检索：提升管理便捷性

智能化检索是提升藏品管理效率的核心环节，核心是依托大数据与人工智能技术，构建多元化、高精度的智能检索系统，打破传统检索“关键词单一、效率低下”的局限，实现藏品的快速精准检索与关联查询。

检索系统整合关键词检索、属性检索、图像检索、语义检索等多种检索方式，适配不同管理场景与用户需求：关键词检索聚焦藏品名称、年代、材质等核心信息，实现快速检索；属性检索基于藏品的类别、尺寸、保存状态等属性，实现精准筛选；图像检索通过图像特征匹配，实现相似藏品的快速查找；语义检索结合藏品历史背景与文化内涵，实现模糊检索与关联检索，助力管理人员挖掘藏品之间的内在关联。

优化检索算法，提升检索速度与精度，针对海量藏品数据，采用分布式检索技术，缩短检索响应时间；建立检索历史记录与个性化推荐机制，根据管理人员的检索习惯与工作需求，推送相关藏品信息与管理建议，提升检索便捷性与工作效率；完善检索权限管控，根据管理人员的职责，分配不同的检索与操作权限，确保藏品信息的安全可控。

3. 动态化监控：实现实时管控

动态化监控是保障藏品安全的重要手段，核心是依托物联网技术，在藏品保存区域、展出区域部署各类监控设备，实现藏品保存状态、位置变动、环境参数的实时监测，构建“全方位、无死角、实时化”的监控体系，及时发现安全隐患并预警。

监控内容涵盖三大方面：一是藏品位置监控，通过射频识别、定位技术，对藏品的存放位置、移动轨迹进行实时跟踪，一旦发生非法移动、位置异常，立即触发报警，防范藏品丢失、被盗；二是藏品状态监控，通过高清摄像头、传感器等设备，实时监测藏品的外观状态，及时发现藏品破损、霉变、锈蚀等异常情况，推送养护提醒；三是保存环境监控，联动预防性保护系统，实时采集温湿度、光照、空气质量等环境参数，实现环境状态的同步监控与数据共享，为藏品养护提供数据支撑。

建立监控预警机制，设置各类监控参数的安全阈值，一旦参数超标或出现异常，立即通过管理平台、手机终端向管理人员发送预警信息，明确预警类型、位置与处置建议，确保管理人员及时响应、快速处置，将安全隐患消除在萌芽状态。

4. 精细化养护：提升保护质量

精细化养护是藏品智慧管理的重要延伸，核心是依托数字化档案与实时监控数据，结合藏品材质特性与保存状态，制定个性化、科学化的养护方案，实现藏品养护的精准化、规范化，避免粗放式养护对藏品造成的损害，延长藏品寿命。

基于藏品数字化档案，分析藏品的材质、年代、保存状态、历史修复记录等信息，结合不同材质藏品的养护要求，制定针对性的养护标准与流程；依托动态化监控数据，实时掌握藏品的保存环境与状态变化，动态调整养护方案，实现“一物一养护、按需养护”；建立养护台账，详细记录养护时间、养护内容、养护人员、养护效果等信息，实现养护过程的可追溯、可核查。

引入智能化养护设备，辅助开展养护工作，例如智能除尘设备、恒温恒湿调控设备等，提升养护效率与质量；建立养护人员培训机制，提升工作人员的专业素养与技术应用能力，确保养护工作规范有序开展，实现藏品养护的精细化、科学化。

二、藏品预防性保护系统的构建与应用

预防性保护是藏品保护的核心理念，核心是“防患于未然”，通过对藏品保存环境的精准监测与科学调控，避免或减少环境因素对藏品的损害，实现藏品的长期安全保存。依托传感器、物联网技术，构建藏品保存环境智能监测与自动调控系统，是推动预防性保护智能化、科学化发展的关键，实现从“被动修复”向“主动保护”转型。

（一）系统核心架构

藏品保存环境智能监测与自动调控系统采用“感知—传输—分析—调控”的四层架构，实现环境参数的实时采集、精准分析与自动调控，形成闭环运行体系，确保藏品保存环境稳定在安全范围内。

第一层为感知层，核心是部署各类高精度传感器，涵盖温湿度传感器、光照传感器、空气质量传感器（监测PM2.5、有害气体、湿度等）、振动传感器等，全面覆盖藏品库房、展厅、修复室等各类保存区域，实现环境参数的全方位、实时采集，为系统分析与调控提供基础数据；第二层为传输层，采用无线通信技术，将传感器采集的环境数据实时传输至系统后台，确保数据传输的稳定性、实时性与安全性，避免数据丢失或延迟；第三层为分析层，依托大数据技术，对传输的环境数据进行实时分析、对比，结合不同材质藏品的环境安全阈值，判断环境参数是否超标，识别潜在安全隐患，生成分析报告与调控建议；第四层为调控层，联动各类环境调控设备，根据分析层的调控建议，自动启动调控操作，实现环境参数的精准调控，确保环境稳定在安全范围内。

（二）系统核心功能与应用

1. 智能监测功能

智能监测是系统的基础功能，实现藏品保存环境参数的全方位、实时化、高精度监测，打破传统人工监测“效率低、误差大、覆盖有限”的局限。各类传感器按照预设频率，实时采集温湿度、光照、空气质量、振动等环境参数，采集精度满足藏品保护要求，例如温湿度精度控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 5\%\text{RH}$ ，光照强度精度控制在 $\pm 10\text{lx}$ 。

系统后台实时展示各类环境参数的实时数据、历史曲线与统计报表，管理人员可通过管理平台、手机终端，随时随地查看环境监测数据，掌握藏品保存环境状态；支持多区域、多点位同步监测，可对不同库房、不同展厅的环境参数进行分区监测、分类管理，适配不同区域的藏品保存需求；建立数据存储机制，对监测数据进行长期存储，形成环境数据档案，为后续环境分析、养护方案优化、病害预判提供数据支撑。

2. 自动调控功能

自动调控是系统的核心功能，实现环境参数的精准化、自动化调控，确保藏品保存环境稳定在安全范围内，减少人工干预，提升预防性保护效率与质量。系统根据不同材质藏品的环境安全阈值，预设各类环境参数的安全范围，一旦监测到参数超标，立即自动启动相关调控设备，进行精准调控，直至参数恢复至安全范围。

针对温湿度调控，联动恒温恒湿机、加湿器、除湿机等设备，自动调节库房、展厅的温湿度，避免温湿度剧烈波动对藏品造成损害；针对光照调控，联动遮光帘、智能照明设备等，自动调节光照强度与照射时间，避免强光照射对书画、纺织品等脆弱藏品造成褪色、老化；针对空气质量调控，联动空气净化器、新风系统等设备，过滤有害气体与颗粒物，改善空气质量，防范污染物对藏品的腐蚀、污染；针对振动调控，联动减振设备，减少外界振动对易碎、脆弱藏品的损害，确保藏品安全。

3. 预警告警功能

预警告警功能是系统的安全保障功能，及时识别环境安全隐患，提醒管理人员快速处置，防范环境因素对藏品造成损害。系统预设不同等级的预警阈值，根据环境参数超标的程度，触发不同等级的预警告警（一般预警、严重预警），告

警方式包括平台弹窗、手机短信、语音提醒等，确保管理人员及时接收告警信息。

同时，系统自动分析告警原因，推送针对性的处置建议，辅助管理人员快速解决问题；支持告警记录查询与统计，管理人员可查看历史告警信息、处置过程与处置效果，总结经验教训，优化环境调控策略，提升预防性保护的针对性与有效性。

三、大数据与人工智能技术在藏品保护中的融合应用

依托大数据、人工智能技术，与藏品智慧管理体系、预防性保护系统深度融合，突破传统预防性保护“被动监控、经验养护”的局限，实现藏品病害预判、养护方案优化，推动藏品保护向“主动保护、精准保护”转型，提升藏品保护的科学与前瞻性。

（一）在藏品病害预判中的应用

藏品病害的发生与保存环境、藏品材质、保存状态等多种因素相关，传统病害判断多依赖人工经验，难以实现早期预判与精准识别，往往等到病害显现后才进行处置，易对藏品造成不可逆损害。大数据与人工智能技术的融合应用，可实现藏品病害的早期预判、精准识别，为主动保护提供支撑。

依托大数据技术，整合藏品数字化档案、环境监测数据、养护记录、病害案例等多源数据，构建藏品病害数据库，涵盖不同材质藏品的常见病害类型、成因、表现特征、处置方法等信息；基于人工智能算法，构建病害预判模型，通过对多源数据的深度学习与分析，挖掘环境参数、藏品状态与病害发生之间的内在关联，设定病害预判阈值。

当系统监测到环境参数异常或藏品状态出现细微变化时，病害预判模型可自动分析判断，预判藏品可能发生的病害类型、发生概率与发展趋势，及时向管理人员推送预判预警信息与防范建议，让管理人员提前采取防范措施，避免病害发生或扩大，实现“早发现、早预判、早处置”的主动保护目标。同时，模型可根据新增病害案例与数据，持续迭代优化，提升预判精度与可靠性。

（二）在养护方案优化中的应用

传统藏品养护方案多依赖人工经验制定，缺乏科学的数据支撑，存在针对性不强、养护效果不佳等问题，难以适配不同材质、不同状态藏品的养护需求。大数据与人工智能技术的融合应用，可实现养护方案的智能化优化，提升养护的精

准性与有效性。

依托大数据技术，整合藏品数字化档案、环境监测数据、养护记录、病害数据等多源信息，分析不同材质、不同状态藏品的养护需求与养护效果，总结养护经验与不足；基于人工智能算法，构建养护方案优化模型，结合藏品的材质特性、保存状态、环境条件等因素，自动生成个性化的养护方案，明确养护内容、养护频率、养护方法与养护标准。

同时，模型可根据藏品状态的变化、环境参数的波动、养护效果的反馈，实时优化调整养护方案，实现养护方案的动态适配；针对重点、珍贵藏品，可通过模型模拟不同养护方案的效果，筛选最优养护方案，提升养护质量，减少养护成本；此外，可通过人工智能技术，自动识别养护过程中的不规范操作，推送纠正建议，规范养护行为，确保养护工作科学有序开展。

（三）技术融合的保障措施

推动大数据、人工智能技术与藏品智慧管理、预防性保护的深度融合，需强化数据、技术、人才三大支撑，确保技术应用落地见效。一是完善数据体系，规范多源数据的采集、存储、管理与共享，确保数据的真实性、完整性与兼容性，构建标准化的藏品保护数据库，为技术应用提供数据支撑；二是强化技术适配，根据博物馆的实际需求，选用适配的大数据、人工智能技术与设备，推动技术与现有管理体系、保护系统的无缝衔接，优化技术应用效果；三是加强人才培养，培育兼具藏品保护、大数据、人工智能等知识的复合型人才，提升工作人员的技术应用能力与专业素养，确保技术的有效应用与持续优化。

藏品智慧管理与预防性保护是智慧博物馆建设的重要组成部分，关乎藏品安全与文化遗产。通过构建“数字化建档—智能化检索—动态化监控—精细化养护”的智慧管理体系，可大幅提升藏品管理效率与质量；依托传感器、物联网技术搭建智能监测与自动调控系统，可实现藏品保存环境的精准管控，筑牢预防性保护防线；推动大数据、人工智能技术深度融合，可实现病害预判与养护方案优化，实现“主动保护、精准保护”。

第四节 博物馆公众服务的智能化创新

公众服务是博物馆履行公共文化服务职能的核心载体，也是连接博物馆与公众的重要桥梁。传统博物馆公众服务存在服务模式单一、线上线下脱节、互动性不足、精准度不够等问题，难以满足新时代公众多元化、个性化的文化服务需求。依托大数据、人工智能、物联网等数字技术，推动公众服务向“线上线下融合”转型，创新互动形式，优化服务流程，成为智慧博物馆建设的重要内容，也是提升公众参观体验、增强博物馆吸引力与影响力的关键路径。

一、公众服务智能化创新：线上线下融合转型

公众服务智能化创新的核心目的是打破线上与线下的服务壁垒，构建“线上引流、线下体验、线上线下联动”的一体化服务模式，依托数字技术优化服务场景、简化服务流程、提升服务精准度，推动公众服务从“被动响应”向“主动服务”转型，实现“随时随地、便捷高效、个性化适配”的服务目标，让公众更好地享受博物馆公共文化服务。

（一）服务创新的核心导向

公众服务智能化创新以“用户需求为核心、技术赋能为支撑、融合发展为路径”为核心导向，聚焦公众参观全流程（预约—入园—参观—离场—后续互动），整合线上线下服务资源，优化服务环节，补齐传统服务短板。核心目标是提升服务便捷性，简化公众参观流程，减少排队等待时间；提升服务个性化，精准匹配不同公众的服务需求，实现“千人千面”的服务供给；提升服务覆盖面，打破博物馆物理空间局限，让无法到场的公众也能享受优质的文化服务；提升服务联动性，实现线上线下服务无缝衔接，构建完整的服务闭环，增强公众的体验感与获得感。

（二）核心服务创新场景

1. 线上预约与智能票务服务

线上预约与智能票务是公众服务智能化的基础场景，核心是打破传统现场购票、排队入园的局限，实现预约、购票、入园的全流程便捷化、智能化，提升公众入园效率，同时便于博物馆合理调控人流，保障参观体验与安全。

构建多元化线上预约渠道，整合博物馆官方 APP、微信小程序、公众号、第

三方平台等，提供门票预约、展厅预约、讲解服务预约等一站式预约服务，公众可根据自身需求，提前预约参观时间、参观展厅、讲解场次，明确预约须知与限流要求，避免现场排队等待。推行智能票务系统，实现线上购票、电子门票核销一体化，公众线上购票后，可凭借二维码、身份证等实现快速入园，无需兑换纸质门票，简化入园流程；同时，支持门票改签、退票等线上操作，提升服务灵活性，适配公众行程调整需求。

依托大数据技术，实时统计预约人数、入园人数，精准预判人流高峰，及时发布限流提示与错峰参观建议，合理调控参观人流，避免人流聚集；针对老年人、残疾人等特殊群体，保留现场预约、人工购票通道，提供贴心协助服务，兼顾智能化与人文性，确保各类公众都能便捷入园。

2. 云端咨询与智能客服服务

云端咨询与智能客服是提升公众服务响应效率的核心场景，核心是打破传统人工咨询“时间有限、覆盖有限、响应缓慢”的局限，实现咨询服务的24小时不间断、精准化响应，及时解答公众疑问，提升服务满意度。

搭建云端咨询服务平台，整合线上咨询渠道（APP、小程序、公众号、在线客服），提供文字咨询、语音咨询、视频咨询等多元化咨询方式，公众可随时随地咨询参观路线、门票信息、展厅介绍、活动安排等相关问题，获得快速响应。引入智能客服系统，依托人工智能与语音识别技术，构建知识库，涵盖博物馆各类服务信息与常见问题，实现常见疑问的自动解答，提升咨询响应效率；对于复杂疑问，自动转接人工客服，实现“智能分流、人工兜底”，确保公众疑问得到有效解决。

建立咨询数据统计分析机制，收集公众咨询的高频问题、热点需求，梳理服务短板，及时优化服务内容与咨询回复，提升咨询服务的精准度与专业性；同时，根据公众咨询偏好，优化咨询界面与操作流程，提升咨询服务的便捷性。

3. 个性化服务推荐

个性化服务推荐是公众服务智能化的核心亮点，核心是依托大数据技术，捕捉公众参观行为与需求偏好，实现服务内容的精准推送，打破“一刀切”的服务模式，让每个公众都能获得适配自身需求的个性化服务，提升服务体验与获得感。

依托大数据技术，采集公众的预约信息、参观轨迹、停留时长、互动行为、咨询内容等多维度数据，构建用户画像，精准分析公众的兴趣偏好、参观需求（如

青少年偏好互动体验、老年人偏好人文讲解、专业研究者偏好文物细节）。基于用户画像，推送个性化服务内容，例如为青少年推送互动体验活动与趣味文物知识，为老年人推送便捷参观路线与人文讲解服务，为专业研究者推送高精度文物数据与学术相关信息；同时，推送适配公众兴趣的展厅介绍、文物讲解、活动安排等内容，引导公众高效参观，提升参观体验。

实现个性化服务的线上线下联动，线上推送个性化参观建议与服务预约，线下通过智能导览设备、工作人员引导，落实个性化服务，形成“线上精准推送、线下高效体验”的闭环，让个性化服务贯穿公众参观全流程。

二、公众互动创新：数字技术赋能参与感提升

公众互动是增强博物馆吸引力、提升公众参与度的重要手段，也是博物馆文化传播的重要载体。传统博物馆公众互动形式单一、参与性不强，难以调动公众的参与热情。依托数字技术，创新互动活动形式，构建“可交互、可参与、可感知”的互动场景，推动互动活动从“浅层参与”向“深度体验”转型，让公众从“旁观者”变为“参与者”，深度感受文物文化的魅力，提升博物馆的吸引力与影响力。

（一）互动创新的核心原则

公众互动创新遵循“趣味性、参与性、文化性、便捷性”的核心原则，立足博物馆文化内涵与文物特色，结合不同受众群体的需求，依托数字技术，设计多元化、差异化的互动活动，既要调动公众的参与热情，又要传递文物文化价值，实现“寓教于乐、文化传播”的双重目标；同时，简化互动操作流程，降低参与门槛，确保各类公众都能便捷参与。

（二）核心互动创新形式

1. 线上文物修复体验

线上文物修复体验是依托数字技术打造的沉浸式互动活动，核心是通过虚拟仿真、AR/VR 等技术，还原文物修复的流程与细节，让公众在线上模拟参与文物修复过程，深入了解文物修复工艺与保护知识，提升公众对文物保护的关注度与参与度。

基于文物数字化高精度数据，构建虚拟文物修复场景，还原不同材质文物（书画、青铜器、陶瓷等）的修复流程，公众可通过手机、平板、电脑等终端，模拟

文物清理、残缺复原、加固保护等修复环节，操作简单便捷，无需专业知识储备。在体验过程中，推送相关文物修复知识、保护理念与历史背景，让公众在参与互动的同时，学习文物保护知识，增强文物保护意识。

搭建线上文物修复体验交流平台，鼓励公众分享体验成果、交流体验心得，开展线上修复成果展示活动，提升公众的参与热情；同时，结合线下文物修复展示，实现线上线下联动，让公众近距离观察真实的文物修复过程，深化体验感受，推动文物保护知识的广泛传播。

2. 虚拟展厅打卡与线上互动活动

虚拟展厅打卡是打破博物馆物理空间局限的互动形式，核心是依托 VR/AR 技术、3D 建模技术，构建线上虚拟展厅，还原线下展厅布局与文物陈列，让公众足不出户即可实现沉浸式参观与打卡互动，扩大博物馆的文化传播覆盖面。

线上虚拟展厅实现线下展厅的精准还原，公众可通过移动终端或电脑，自主控制参观路线，近距离观察虚拟文物，收听智能讲解，实现“随时随地”的沉浸式参观；设计虚拟打卡点，结合文物特色与文化内涵，设置打卡任务，公众完成打卡任务后，可获得电子勋章、纪念证书等，提升互动趣味性与参与感。

延伸开展多元化线上互动活动，例如线上文物知识问答、文物拼图、文化创意征集等，结合大数据技术，推送适配公众兴趣的互动活动，调动公众的参与热情；依托社交媒体平台，推广线上互动活动，鼓励公众分享互动成果，扩大活动影响力，让更多人了解博物馆、走进博物馆，实现文化传播的大众化、通俗化。

3. 文创设计互动

文创设计互动是推动文物文化价值多元转化的重要互动形式，核心是依托数字技术，搭建文创设计互动平台，鼓励公众参与文创产品设计，将文物元素与现代审美、生活需求相结合，打造兼具文化性与实用性的文创产品，同时提升公众的文化参与感与归属感。

搭建线上文创设计互动平台，提供文物元素素材库（文物纹饰、形制、图案等数字化素材）、设计工具与模板，公众可自主选用素材，结合自身创意，设计文创产品（文具、饰品、家居用品等），操作简单便捷，无需专业知识。平台支持设计作品的提交、展示、投票与交流，鼓励公众分享设计作品，开展线上设计评选活动，评选优秀设计作品，给予奖励并推动作品落地转化，让公众的创意成为博物馆文创产品的重要来源。

结合线下文创展示与体验，展示优秀线上设计作品与落地文创产品，开展线下文创设计体验活动，实现线上线下联动，让公众近距离感受文创产品的魅力，深化互动体验，推动文物文化元素融入现代生活，实现文物文化价值的多元释放。

三、公众服务优化：大数据赋能满意度提升

公众服务优化的核心是依托大数据技术，精准分析公众参观行为与需求偏好，找准服务短板，优化展览布局、服务流程与活动设计，实现服务供给与公众需求的精准匹配，提升公众的参观体验与满意度，推动博物馆公众服务向精细化、高质量方向发展。

（一）公众参观行为与需求的大数据分析

大数据分析是公众服务优化的核心支撑，核心是通过采集、整合公众参观全流程的多维度数据，精准挖掘公众的参观行为规律与需求痛点，为服务优化提供科学的数据支撑，避免服务优化的盲目性。

数据采集范围涵盖公众参观全流程，包括预约数据（预约时间、参观人数、预约渠道、预约展厅）、入园数据（入园时间、入园方式、人流分布）、参观行为数据（参观路线、停留时长、互动行为、重点关注文物）、咨询数据（高频问题、咨询渠道、需求类型）、反馈数据（满意度评价、意见建议）等，实现数据的全方位、实时化采集。

依托大数据分析技术，对采集的数据进行分类分析、深度挖掘，梳理公众的参观行为规律（如高峰参观时段、热门展厅、重点关注文物），精准识别公众的需求痛点（如排队时间过长、讲解服务不足、互动形式单一），分析不同受众群体的需求差异（青少年、老年人、专业研究者等），生成公众行为与需求分析报告，为展览布局优化、服务流程改进、活动设计调整提供精准的数据指引。

（二）核心服务优化策略

1. 优化展览布局

基于大数据分析结果，结合公众参观行为规律与需求偏好，优化博物馆展览布局，提升展览的合理性与吸引力，引导公众高效参观，提升参观体验。根据公众的热门参观路线与停留时长，调整展厅布局与文物陈列，优化参观动线，避免人流拥堵，缩短公众往返路程；将公众重点关注的文物、热门展厅合理分布，兼顾不同受众群体的需求，设置差异化的展览区域（如青少年互动展区、老年人便

捷参观展区)。

结合公众的需求反馈,调整展览内容与展示形式,增加公众关注度高的文物展示,优化展览讲解内容与呈现方式,融入更多数字化、互动性元素,提升展览的趣味性与专业性;根据人流分布规律,合理设置休息区、咨询区、文创区等配套服务区域,提升参观的舒适度与便捷性,补齐展览布局中的短板。

2. 优化服务流程

聚焦公众参观全流程,依托大数据与数字技术,优化服务流程,简化服务环节,减少公众排队等待时间,提升服务效率与便捷性,解决公众反映强烈的服务痛点。优化预约、购票、入园流程,进一步简化操作步骤,提升线上预约与核销的效率,合理调配工作人员,减少现场排队等待时间;针对公众咨询的高频问题,优化智能客服知识库,提升自动解答准确率,同时增加人工客服数量,缩短咨询响应时间。

优化导览服务流程,根据公众的需求差异,调配导览资源,增加热门展厅、重点文物的讲解场次,推行“智能导览+人工导览”结合的模式,满足不同公众的导览需求;优化配套服务流程,完善休息区、卫生间、文创区等配套设施的服务,推行智能化配套服务(如智能饮水、智能储物),提升服务的舒适度与便捷性;建立服务流程动态优化机制,根据公众反馈与数据变化,及时调整服务流程,持续提升服务效率与质量。

3. 优化活动设计

基于大数据分析的公众需求偏好,优化博物馆的活动设计,打造多元化、差异化的活动体系,提升活动的吸引力与参与度,满足不同受众群体的需求,推动文化传播的深度与广度。根据不同受众群体的需求,设计差异化的活动内容,针对青少年,重点打造趣味化、互动性强的体验活动;针对老年人,重点打造人文性、便捷性强的文化活动;针对专业研究者,重点打造学术性、专业性强的交流活动。

优化活动形式与推广方式,结合线上线下联动模式,扩大活动覆盖面;根据公众的参与热情与反馈,调整活动频率、活动时长与活动流程,提升活动体验;依托大数据技术,推送适配公众兴趣的活动信息,精准触达目标受众,提升活动的参与率;建立活动效果评价机制,收集公众对活动的满意度评价与意见建议,持续优化活动设计,打造博物馆特色活动IP,提升博物馆的吸引力与影响力。

公众服务的智能化创新是智慧博物馆建设的核心落脚点,也是博物馆履行公

共文化服务职能、提升核心竞争力的关键。通过推动公众服务向“线上线下融合”转型，优化预约、票务、咨询、个性化推荐等服务场景，可大幅提升服务便捷性与精准度；依托数字技术创新互动形式，打造线上文物修复体验、虚拟展厅打卡、文创设计互动等活动，可提升公众参与度与文化获得感；基于大数据分析优化展览布局、服务流程与活动设计，可实现服务供给与公众需求的精准匹配，提升公众满意度。

第四章 考古发掘与研究的科技应用

第一节 科技考古的方法论与多学科交叉

科技考古是考古学发展的重要方向，依托现代科学技术与多学科理论，打破传统考古“定性描述、经验判断”的局限，构建“技术赋能、实证分析、多学科融合”的研究体系，推动考古发掘与研究向精准化、科学化、深度化转型。传统考古学在遗址定位、文物年代判定、文化内涵解读等方面存在诸多局限，而科技考古通过方法论创新与多学科交叉融合，拓展了考古研究的边界，为破解考古难题、深化文物历史价值研究提供了全新路径。

一、科技考古的核心研究方法论构建

科技考古的方法论以“科学实证”为核心，以现代科技为支撑，以多学科融合为路径，打破传统考古方法论的局限，形成“技术赋能—实证分析—结论推导—价值阐释”的完整研究逻辑，核心是通过标准化的技术应用与精准化的实证分析，提升考古研究的科学性与可靠性，实现考古研究从“现象描述”向“本质解读”的转型。

（一）方法论的核心导向

科技考古方法论遵循“科学性、系统性、实证性、创新性”四大核心导向。科学性要求依托现代科学理论与技术手段，建立标准化的研究流程，确保研究数据的真实性、精准性与可重复性，避免经验判断与主观臆断；系统性要求立足考古研究的全流程，整合遗址发掘、文物检测、数据分析、结论阐释等多个环节，实现研究的全方位、一体化推进；实证性要求以实物数据为核心，通过科技检测、数据分析等手段，为考古结论提供精准的实证支撑，做到“有数据可依、有证据可查”；创新性要求结合考古研究需求，推动技术创新与方法创新，打破传统研究局限，拓展考古研究的深度与广度。

（二）核心研究方法论的具体内涵

1. 技术赋能：科技为考古研究提供核心支撑

技术赋能是科技考古方法论的基础，核心是将现代科学技术全面融入考古发

掘与研究的全流程，替代传统人工操作与经验判断，提升研究效率与精准度。技术赋能涵盖考古发掘、文物检测、数据分析、成果呈现等多个环节，核心技术包括遥感探测、地理信息系统、质谱分析、DNA 检测、三维建模等，不同技术适配不同的研究场景，形成“技术适配需求、需求牵引技术”的良性互动。

技术赋能的核心逻辑是“用科技突破传统局限”，例如通过遥感技术突破地面视野限制，实现地下遗址的精准定位；通过高精度检测技术突破肉眼识别局限，解读文物的材质、成分、制作工艺；通过大数据分析技术突破人工数据分析局限，挖掘文物与遗址背后的内在关联，让考古研究更具精准性与科学性。同时，技术赋能强调标准化应用，制定不同技术的应用规范与操作流程，确保技术应用的统一性与数据的可比性，为实证分析奠定基础。

2. 实证分析：以数据为核心的科学推导

实证分析是科技考古方法论的核心环节，核心是依托科技手段获取的精准数据，通过科学的分析方法，推导考古结论，打破传统考古“定性描述、主观判断”的局限，实现考古研究的量化、精准化。实证分析的核心是“数据为王”，所有考古结论都必须基于精准的检测数据、发掘数据与分析数据，拒绝无数据支撑的主观推断。

实证分析的流程包括数据采集、数据整理、数据解读、结论推导四个环节：数据采集依托各类科技技术，获取遗址、文物的多维度数据，确保数据的全面性与精准性；数据整理对采集的数据进行标准化处理，剔除无效数据，建立规范化的数据库，为后续分析提供支撑；数据解读通过科学的分析方法，挖掘数据背后的考古信息，例如通过文物成分分析解读其产地与制作工艺，通过年代检测数据确定遗址与文物的历史年代；结论推导基于数据解读结果，结合考古学理论，推导科学合理的考古结论，确保结论的可靠性与科学性，同时注重结论的可验证性，为后续研究提供参考。

3. 多学科融合：拓展考古研究的理论与视角

多学科融合是科技考古方法论的重要延伸，核心是打破考古学单一学科的局限，整合地质学、物理学、化学、生物学、计算机科学等多学科的理论、方法与技术，形成“多学科协同、全方位研究”的格局，拓展考古研究的边界与深度。多学科融合并非简单的学科叠加，而是理论、方法与技术的深度融合，实现“1+1>2”的研究效果。

多学科融合的核心逻辑是“优势互补、视角互补”，不同学科从各自的研究视角出发，为考古研究提供全新的理论支撑与技术手段，破解传统考古难以解决的难题。例如，地质学为遗址定位、古环境重建提供理论与技术支撑；化学为文物成分、制作工艺分析提供方法；生物学为古人种、古饮食、古环境研究提供数据；计算机科学为大数据分析、三维建模、虚拟复原提供技术支撑。通过多学科融合，实现考古研究从“单一文物研究”向“人—文物—环境”一体化研究转型，深化对古代社会、文化、文明的解读。

二、科技考古的多学科交叉融合路径

科技考古的本质是多学科交叉融合的产物，其发展离不开各相关学科的支撑与协同。考古学与地质学、物理学、化学、生物学、计算机科学等学科的交叉融合，形成了多元化的融合路径，每一条路径都聚焦特定的考古研究需求，为考古发掘与研究提供全新的理论、方法与技术，推动考古研究向多元化、深度化发展。

（一）考古学与地质学的交叉融合

考古学与地质学的交叉融合是科技考古最基础、最核心的融合路径之一，核心是依托地质学的理论与技术，解决考古学中“遗址定位、古环境重建、文物产地溯源”三大核心问题，为考古发掘与研究提供基础支撑。地质学的地貌学、地层学、岩石学等分支学科，与考古学的遗址发掘、环境研究高度契合，形成了“考古地质学”这一交叉学科。

具体融合路径包括三个方面：一是遗址定位与勘探，依托地质学的遥感探测、地质雷达、地层剖面分析等技术，识别地下遗址的地质异常，实现地下遗址的精准定位与勘探，减少盲目发掘，提升发掘效率；二是古环境重建，通过分析遗址地层中的土壤、岩石、古生物化石等地质遗存，结合地质学理论，重建古代的气候、地貌、水文等环境条件，解读古环境与古代人类活动的相互关系，为研究古代人类的生存方式、迁徙路径提供支撑；三是文物产地溯源，通过分析文物（如石器、陶器、青铜器）的岩石成分、矿物组成，结合地质学的产地分析方法，确定文物原料的产地，解读古代的贸易往来、文化交流与人群迁徙路径。

（二）考古学与物理学、化学的交叉融合

考古学与物理学、化学的交叉融合，核心是依托物理学、化学的检测技术与分析方法，解决考古学中“文物年代判定、材质分析、制作工艺解读”等核心问

题，提升考古研究的精准度，形成了“考古物理学”“考古化学”两大交叉领域，是科技考古中应用最广泛、最成熟的融合路径。

考古学与物理学的交叉融合，重点依托物理学的检测技术，开展文物年代判定与材质分析，核心技术包括放射性碳测年、热释光测年、X 射线荧光分析、CT 扫描等。放射性碳测年、热释光测年等技术，可精准测定遗址与文物的历史年代，为考古学文化分期、历史序列构建提供核心数据；X 射线荧光分析、CT 扫描等技术，可在不损伤文物的前提下，分析文物的内部结构、材质组成，解读文物的制作工艺与保存状态，为文物保护与研究提供支撑。

考古学与化学的交叉融合，重点依托化学的分析方法，开展文物成分分析、制作工艺解读与文物病害分析，核心技术包括质谱分析、色谱分析、元素分析等。通过化学分析，可精准检测文物的化学成分，确定文物的原料组成，解读其制作工艺（如陶器的烧制工艺、青铜器的铸造工艺、书画的颜料成分）；同时，可分析文物的病害成分与成因，为文物修复与保护提供科学依据，避免修复过程对文物造成二次损害。

（三）考古学与生物学的交叉融合

考古学与生物学的交叉融合，核心是依托生物学的理论与技术，开展古人种、古饮食、古环境与古生物研究，解读古代人类的生存方式、体质特征与文化内涵，拓展考古研究的边界，形成了“考古生物学”“古人类学”等交叉学科，是近年来科技考古发展的热点领域。

具体融合路径包括三个方面：一是古人种研究，依托生物学的 DNA 检测、骨骼形态分析等技术，分析考古发现的人骨遗存，研究古代人类的体质特征、人种类型、遗传关系，解读古代人群的迁徙与融合历程；二是古饮食研究，通过分析人骨、动物骨骼的同位素组成，结合植物遗存分析，还原古代人类的饮食结构、食物来源，解读古代的农业发展、畜牧业发展与生存环境；三是古环境与古生物研究，通过分析遗址中的植物遗存、动物遗存、微生物遗存，结合生物学理论，重建古代的生态环境、生物多样性，解读古生物与古代人类活动的相互关系，为研究古代人类的生存策略与文化发展提供支撑。

（四）考古学与计算机科学的交叉融合

考古学与计算机科学的交叉融合，是科技考古现代化发展的核心方向，核心是依托计算机科学与技术的方法，开展考古数据管理、大数据分析、虚拟复原与

数字化展示，提升考古研究的效率与智能化水平，推动考古研究向数字化、智能化转型，形成了“数字考古”这一新兴交叉领域。

具体融合路径包括四个方面：一是考古数据管理，依托计算机技术，构建规范化的考古数据库，整合发掘数据、检测数据、文物数据等多维度数据，实现考古数据的集中管理、便捷检索与共享复用，为后续研究提供数据支撑；二是大数据分析，依托计算机科学的大数据分析技术，挖掘海量考古数据背后的内在关联，例如分析古代遗址的分布规律、文物的传播路径，解读古代社会的组织结构与文化交流；三是虚拟复原，通过三维建模、虚拟现实等技术，对遗址、文物进行虚拟复原，还原古代遗址的原貌、文物的原始形态与使用场景，为考古研究与展示提供直观支撑；四是数字化发掘与展示，依托计算机技术与物联网技术，开展数字化考古发掘，实时记录发掘过程与数据，同时打造数字化展示平台，扩大考古成果的传播覆盖面，提升公众对考古学的关注度。

三、多学科交叉视角下科技考古的实践价值

多学科交叉视角下，科技考古通过方法论创新与技术赋能，打破了传统考古的局限，在破解考古难题、深化文物研究、推动文物保护与文化遗产等方面发挥着不可替代的核心作用。结合典型案例，可清晰地体现科技考古的实践价值，彰显其在考古学发展中的核心地位，为科技考古的进一步推广应用提供实践支撑。

（一）破解传统考古难以解决的核心难题

传统考古依托人工发掘与经验判断，在遗址定位、年代判定、文物产地溯源等方面存在诸多局限，而多学科交叉视角下的科技考古，通过整合各学科技术与方法，可有效破解这些核心难题，提升考古研究的精准度与科学性。例如，在遗址定位方面，通过遥感技术与地质学地层分析技术的融合，可精准识别地下遗址的位置与范围，避免盲目发掘，我国良渚古城遗址的考古发掘中，通过遥感探测与地质雷达技术，精准定位了古城的城墙、水利系统等遗存，为古城的考古研究奠定了基础。

在文物年代判定方面，通过放射性碳测年、热释光测年等物理学技术，可精准测定遗址与文物的历史年代，解决传统考古难以精准分期的难题，我国仰韶文化遗址的考古研究中，通过放射性碳测年技术，精确确定了不同文化层的年代序列，为仰韶文化的分期研究提供了核心数据。在文物产地溯源方面，通过化学元

素分析与地质学产地分析技术的融合，可精准确定文物原料的产地，解读古代贸易往来与文化交流，我国商代青铜器的考古研究中，通过化学元素分析，确定了青铜器原料的产地分布，揭示了商代不同地区之间的贸易往来与文化融合。

（二）深化文物与古代社会文化研究

多学科交叉视角下的科技考古，打破了传统考古“单一文物研究”的局限，通过整合生物学、历史学、社会学等多学科理论与方法，可深化对文物历史价值、古代社会结构、文化内涵的解读，推动考古研究向深度化发展。例如，在古人种与古饮食研究方面，通过 DNA 检测与生物学同位素分析技术的融合，可还原古代人类的体质特征、饮食结构，解读古代人类的生存方式与社会生活，我国红山文化遗址的考古研究中，通过人骨 DNA 检测与同位素分析，研究了古代人类的遗传关系与饮食结构，为解读红山文化的社会结构与生存策略提供了支撑。

在古代手工业研究方面，通过化学分析与物理学检测技术的融合，可解读文物的制作工艺，还原古代手工业的发展水平，我国宋代瓷器的考古研究中，通过化学颜料分析与 X 射线荧光分析，解读了宋代瓷器的烧制工艺与颜料成分，揭示了宋代瓷器手工业的高超水平与技术传承。在古环境与古代文明研究方面，通过地质学与生物学技术的融合，可重建古代生态环境，解读古环境与古代人类活动的相互关系，我国殷墟遗址的考古研究中，通过古生物化石与土壤分析，重建了商代晚期的生态环境，揭示了古环境变化对商代文明发展的影响。

（三）推动文物保护与文化遗产提质增效

多学科交叉视角下的科技考古，不仅为考古研究提供了全新路径，也为文物保护与文化遗产提供了科学支撑，推动文物保护向精准化、科学化转型，扩大考古成果的传播覆盖面。例如，在文物修复方面，通过化学病害分析与物理学检测技术的融合，可精准识别文物的病害成分与成因，制定科学合理的修复方案，避免修复过程对文物造成二次损害，我国敦煌壁画的保护中，通过化学颜料分析与微生物检测技术，识别了壁画的病害成因，制定了针对性的修复方案，有效保护了敦煌壁画的文化价值。

在考古成果传播方面，通过计算机科学的三维建模与数字化展示技术，可将考古遗址与文物进行虚拟复原，打造数字化展示平台，让公众足不出户即可了解考古成果，扩大文化传播的覆盖面，我国秦始皇陵兵马俑的考古研究中，通过三维建模与虚拟现实技术，构建了数字化兵马俑展厅，让全球公众都能便捷欣赏兵

马俑的文化魅力，推动了秦文化的广泛传播。同时，科技考古的实践成果，也为文化遗产保护规划的制定提供了科学依据，助力文化遗产的可持续保护与传承。

多学科交叉融合是科技考古的核心特征与发展趋势，其方法论构建为科技考古的规范化应用提供了理论支撑，多学科交叉路径拓展了考古研究的边界与深度，实践价值彰显了科技考古在考古发掘与研究中的核心作用。通过“技术赋能、实证分析、多学科融合”的研究逻辑，科技考古打破了传统考古的局限，推动考古研究向精准化、科学化、数字化转型，为破解考古难题、深化文物研究、推动文物保护与文化遗产提供了全新路径。

第二节 遥感、GIS 与考古探测技术

遥感、GIS 与新型考古探测技术是科技考古的核心技术支撑，打破了传统考古“地面巡查、人工发掘”的局限，实现了考古探测从“被动发掘”向“主动探测”、从“接触式”向“非接触式”、从“粗放式”向“精准化”的转型。遥感技术实现大范围区域考古调查与遗址勘探的高效推进，GIS 技术构建考古空间信息体系，新型地面探测技术提升地下遗址与文物的探测精度，三者协同发力，大幅提升考古发掘与研究的效率，减少人工发掘对文化遗存的破坏，为考古遗址的勘探、保护与研究提供了全新的技术路径。

一、遥感技术在考古中的应用：非接触式大范围探测

遥感技术依托航空、卫星等运载工具，通过传感器接收地面物体的电磁波信息，经处理分析后实现地面目标的识别与监测，其“非接触、大范围、高效快捷、无破坏性”的核心优势，完美适配考古遗址勘探与区域考古调查的需求，成为区域尺度考古调查、隐蔽性遗址勘探的核心技术手段，大幅拓展了考古探测的空间范围与效率。

（一）遥感技术的考古应用核心逻辑

遥感技术应用于考古的核心逻辑，是利用不同地物（遗址遗存、自然地层、现代建筑等）的电磁波反射、辐射特性差异，通过技术处理提取考古相关信息，实现隐蔽性遗址、遗址周边环境的精准识别与监测。考古遗址及其相关遗存（如城墙、墓葬、水利设施等），经过长期埋藏与历史演变，会与周边自然地层形成

明显的物理、化学差异，这种差异可通过遥感传感器捕捉并转化为可分析的图像信息，经后期处理与解读，即可实现遗址的定位、范围界定与初步勘探，无需开展大规模人工发掘，最大限度保护文化遗存的完整性。

（二）核心遥感技术的具体应用

1. 航空遥感技术的应用

航空遥感技术以飞机、直升机、无人机等为运载工具，搭载高分辨率遥感传感器，开展中空遥感探测，其核心优势是分辨率高、灵活性强、探测精度高，适配中小型区域考古调查与重点遗址精细化勘探，是考古遥感应用中最广泛、最成熟的技术类型。

在重点遗址勘探方面，航空遥感可实现遗址的精细化探测，通过高分辨率遥感图像，精准识别遗址的边界、布局、内部结构（如房屋遗迹、道路遗迹、水利设施等），界定遗址的分布范围，为考古发掘规划提供精准支撑；同时，可监测遗址的保存状态，及时发现遗址破坏、非法占用等异常情况，为遗址保护提供预警服务。在区域考古调查方面，航空遥感可快速覆盖特定区域，高效识别区域内的隐蔽性遗址（如埋藏于地下的古城、墓葬群等），排查考古线索，大幅提升区域考古调查的效率，减少人工地面巡查的工作量与盲目性。

相较于卫星遥感，航空遥感可灵活调整探测高度、探测时间与传感器类型，适配不同考古场景的需求，尤其适合地形复杂、植被茂密区域的考古探测，可有效突破地形与植被的遮挡，捕捉地下遗址的微弱信息，提升探测的精准度与有效性。

2. 卫星遥感技术的应用

卫星遥感技术以人造地球卫星为运载工具，搭载多光谱、高光谱等遥感传感器，开展大范围、长时间序列的遥感探测，其核心优势是覆盖范围广、探测效率高、可实现动态监测，适配大型区域考古调查、古环境重建与跨区域考古线索排查。

在大型区域考古调查方面，卫星遥感可快速覆盖数千甚至数万平方公里的区域，高效识别区域内的遗址分布规律、遗址与自然环境的空间关系，为跨区域考古研究、古代文明分布研究提供核心数据支撑；通过多光谱、高光谱遥感技术，可提取遗址周边的土壤、植被等环境信息，为古环境重建、古代人类活动与环境关系研究提供支撑。在动态监测方面，卫星遥感可实现长时间序列的连续探测，跟踪考古遗址的保存状态变化、周边环境演变，为遗址保护规划的制定、保护措

施的优化提供动态数据支撑，同时可监测大型考古发掘过程中的环境变化，避免发掘活动对周边生态环境与文化遗存造成破坏。

卫星遥感技术的应用，打破了传统区域考古调查的空间局限，实现了考古探测从“点线调查”向“面状全覆盖调查”的转型，大幅提升了大型区域考古调查的效率与系统性，为古代文明的整体研究提供了全新的视角与技术支撑。

二、GIS 技术在考古中的应用：构建考古空间信息体系

GIS（地理信息系统）技术是一种集空间数据采集、存储、分析、处理、可视化于一体的技术体系，其核心优势是能够将考古数据与空间位置信息相结合，实现考古数据的空间化管理、精准化分析与可视化呈现。GIS 技术应用于考古领域，核心是构建考古空间信息体系，整合遗址、文物、环境等多维度考古数据，实现考古遗址空间分析、遗址保护规划、考古数据可视化的智能化推进，为考古研究与遗址保护提供科学支撑。

（一）GIS 技术的考古应用核心框架

GIS 技术在考古中的应用，以考古空间信息数据库为核心载体，以空间分析技术为核心手段，整合遥感探测数据、考古发掘数据、文物检测数据、古环境数据等多维度数据，构建“数据采集—存储管理—空间分析—可视化呈现—应用输出”的完整应用框架。该框架的核心是实现考古数据的空间化整合，打破考古数据的碎片化局限，通过空间分析挖掘考古数据背后的空间关联与规律，通过可视化呈现让考古数据更直观、更易解读，为考古研究与遗址保护提供精准的决策支撑。

（二）GIS 技术的核心应用场景

1. 考古遗址空间分析

考古遗址空间分析是 GIS 技术在考古中的核心应用，核心是通过 GIS 空间分析工具，对考古遗址的空间分布、内部布局、遗址与自然环境的关系、遗址之间的空间关联等进行精准分析，挖掘遗址背后的考古信息，为考古研究提供科学依据。

空间分析的核心内容包括三个方面：一是遗址分布规律分析，通过 GIS 空间叠加、密度分析等工具，分析区域内考古遗址的分布密度、分布格局，解读古代人类活动的空间偏好、迁徙路径与文化传播方向；二是遗址内部布局分析，整合

遗址发掘数据与遥感数据，通过 GIS 技术还原遗址的内部布局，分析遗址内不同功能区域（居住区、祭祀区、手工业作坊区等）的空间分布与关联，解读古代人类的社会结构、生活方式与生产布局；三是遗址与自然环境关系分析，通过 GIS 空间叠加技术，将遗址位置与地形、水文、土壤、植被等自然环境数据相结合，分析古代人类活动与自然环境的相互关系，解读古代人类的生存策略、选址逻辑与环境适应能力。

2. 考古遗址保护规划

GIS 技术为考古遗址保护规划的制定与实施提供了精准的技术支撑，核心是通过空间分析与动态监测，实现遗址保护范围的科学界定、保护措施的精准确定与保护效果的动态评估，推动遗址保护向科学化、精细化转型。

在保护范围界定方面，通过 GIS 技术整合遗址分布数据、周边环境数据、人类活动数据，分析遗址的保护需求与潜在威胁，科学界定遗址的核心保护区、建设控制区与环境协调区，明确不同区域的保护要求，为遗址保护规划提供精准依据；在保护措施制定方面，通过 GIS 空间分析，识别遗址保护中的重点区域与薄弱环节，针对性制定保护措施（如加固保护、植被恢复、环境整治等），优化保护资源的配置；在保护效果评估方面，通过 GIS 动态监测技术，跟踪遗址保护措施的实施效果、遗址保存状态的变化，及时发现保护过程中存在的问题，优化保护规划与措施，确保遗址保护的有效性与可持续性。

3. 考古数据可视化

考古数据可视化是 GIS 技术的重要应用延伸，核心是将碎片化、抽象化的考古数据（如遗址位置、文物分布、发掘数据、检测数据等），通过地图、图表、三维模型等可视化形式呈现，让考古数据更直观、更易解读，提升考古数据的利用效率与传播效果。

GIS 技术可实现多类型考古数据的可视化呈现：一是二维可视化，将遗址、文物等考古数据叠加到地理地图上，形成考古专题地图（如遗址分布专题图、文物类型分布专题图等），清晰呈现考古数据的空间分布规律；二是三维可视化，结合遥感数据、三维建模技术，构建考古遗址、文物的三维可视化模型，还原遗址的原貌与文物的原始形态，为考古研究与展示提供直观支撑；三是数据图表可视化，通过 GIS 技术将考古检测数据、发掘数据等转化为柱状图、折线图、热力图等，清晰呈现数据的变化规律与关联关系，辅助考古结论的推导与解读。

三、考古探测前沿技术：提升地下遗址探测精准度

随着科技的不断迭代，地面探测雷达、电磁探测等新型考古探测技术逐步应用于考古领域，这类技术聚焦地下遗址与文物的精准探测，依托物理探测原理，实现地下遗存的非接触式、高精度探测，能够精准识别地下遗址的位置、范围、内部结构与文物分布，大幅减少人工发掘对地下文化遗存的破坏，推动考古探测向“精准化、无破坏性”转型，成为地下遗址勘探、重点文物排查的核心前沿技术。

（一）新型考古探测技术的核心特点

新型考古探测技术以“精准化、无破坏性、高效化”为核心特点，区别于传统人工发掘与常规遥感探测，其核心优势体现在三个方面：一是探测精度高，能够精准识别地下数米甚至数十米深的小型遗址与文物，清晰分辨遗址的内部结构与文物的形态、尺寸；二是无破坏性，无需开展人工发掘，通过物理探测手段即可获取地下遗存信息，最大限度保护地下文化遗存的完整性；三是适配性强，可适配不同地形、不同地层条件（如平原、山地、植被茂密区域等），能够突破常规探测技术的局限，实现复杂环境下的地下遗址精准探测。

（二）核心前沿探测技术的具体应用

1. 地面探测雷达技术

地面探测雷达（GPR）是目前考古领域应用最广泛的新型地面探测技术，核心是通过发射高频电磁波，穿透地下地层，电磁波遇到地下遗址、文物等不同介质时会发生反射，通过接收反射信号并进行处理分析，实现地下遗存的定位、识别与成像，其核心优势是探测精度高、分辨率高、探测速度快，适配重点遗址地下遗存的精细化勘探。

在地下遗址勘探方面，地面探测雷达可精准识别地下古城墙、墓葬、房屋遗迹、水利设施等遗存，清晰呈现遗址的位置、范围、内部结构与埋藏深度，为考古发掘规划提供精准支撑，避免盲目发掘对遗址造成破坏；在小型文物探测方面，可精准识别地下埋藏的青铜器、陶器、玉器等小型文物，确定文物的分布位置与埋藏状态，为文物的精准发掘与保护提供依据。

地面探测雷达技术的应用，大幅提升了地下遗址与文物的探测精度，尤其适合城市周边、重点保护区等不宜开展大规模人工发掘区域的考古探测，能够在不破坏地表环境与地下遗存的前提下，实现地下遗存的精准勘探，为文物保护与考

古研究提供了全新的技术路径。

2. 电磁探测技术

电磁探测技术是另一类核心新型考古探测技术，核心是利用地下不同介质的电磁特性差异，通过电磁探测仪器发射电磁波，检测地下电磁场的变化，进而识别地下遗址与文物的分布，其核心优势是探测深度深、覆盖范围广，适配大型遗址地下遗存的大范围勘探与深层遗址探测。

电磁探测技术主要包括电磁感应探测、电阻率探测等类型，不同类型适配不同的考古探测场景：电磁感应探测主要用于探测地下金属文物（如青铜器、铁器等）与含有金属成分的遗址遗存，能够快速识别地下金属文物的分布位置与大致形态，适配金属文物的大规模排查；电阻率探测主要用于探测地下不同地层的电阻率差异，进而识别地下遗址（如墓葬、房屋遗迹等），能够清晰分辨地下遗址与自然地层的边界，确定遗址的范围与埋藏深度，适配深层地下遗址的勘探与古墓葬群的大范围排查。

电磁探测技术的应用，弥补了地面探测雷达探测深度不足的局限，能够实现深层地下遗址与文物的精准探测，同时可实现大范围快速探测，大幅提升大型遗址地下遗存的勘探效率，为深层考古遗址的发现与保护提供了重要支撑。

（三）前沿探测技术的应用价值与发展趋势

地面探测雷达、电磁探测等新型考古探测技术的应用，不仅提升了地下遗址与文物的探测精度，减少了人工发掘对文化遗存的破坏，还推动了考古探测理念的创新，实现了考古探测从“被动发掘”向“主动探测、精准保护”的转型。这类技术的应用，能够快速发现隐蔽性、深层地下遗址与文物，拓展考古研究的深度与广度，同时为文物保护提供了精准的技术支撑，助力文化遗产的可持续保护。

遥感、GIS 与新型考古探测技术，共同构成了科技考古的核心技术体系，三者协同发力，实现了考古探测的大范围、高精度、无破坏性推进。遥感技术打破了空间局限，实现区域考古调查与遗址勘探的高效开展；GIS 技术构建了考古空间信息体系，推动考古研究与遗址保护向科学化、精细化转型；新型考古探测技术提升了地下遗址与文物的探测精度，减少了发掘破坏。

第三节 实验室考古与微观信息提取

实验室考古与微观信息提取是科技考古向精细化、精准化发展的核心体现，打破了传统田野考古“粗放发掘、表层解读”的局限，聚焦脆弱文物保护与文物微观信息挖掘，实现了考古发掘与文物保护、研究的同步推进。实验室考古以“精细化发掘、无损检测、全程记录”为核心优势，适配各类脆弱文物的发掘需求，最大限度保留文物原始信息；微观技术通过精准提取文物微观层面的材质、工艺、病害等信息，为文物研究与保护修复提供科学支撑。

一、实验室考古：脆弱文物适配的精细化发掘模式

实验室考古是区别于传统田野考古的新型发掘模式，核心是将考古发掘工作转移至可控的实验室环境中，依托各类科技设备与保护技术，实现对文物的精细化、无损化发掘与全程记录，重点适配壁画、纺织品、漆器、脆弱陶器等易受损、难保存的脆弱文物，最大限度保留文物原始状态与各类关联信息，实现考古发掘与文物保护的有机融合。

（一）实验室考古的核心内涵与界定

实验室考古的核心内涵，是“以文物保护为前提、以精细化发掘为核心、以科技技术为支撑、以全程记录为保障”的考古发掘与研究模式，其核心区别于传统田野考古的关键是“可控环境”与“精细化操作”。传统田野考古多在露天环境中开展，易受气候、地形等自然因素影响，且发掘过程中难以实现对脆弱文物的精准保护，易造成文物损坏与信息丢失；而实验室考古通过构建恒温、恒湿、无尘的可控环境，规避自然因素与人为操作对文物的损害，同时依托精细化工具与无损检测技术，实现对文物的分层、分段精细化发掘，全面捕捉文物的每一处细节信息。

实验室考古的界定需明确其适用范围与核心目标：适用范围重点聚焦各类脆弱文物、复杂遗迹（如多层叠压的墓葬、含大量有机质文物的遗址），以及需要精准提取微观信息的重要文物；核心目标并非替代传统田野考古，而是作为传统田野考古的补充与延伸，解决传统发掘中难以解决的脆弱文物保护、精细化信息提取等问题，实现“发掘即保护、保护即研究”的一体化目标。

（二）实验室考古的核心流程

实验室考古遵循“前期准备—取样转运—精细化发掘—无损检测—信息整理—文物修复”的完整流程，每个环节均以“文物保护”为核心前提，注重信息的全程捕捉与记录，确保发掘过程的规范化与科学性，具体流程如下：

1. 前期准备阶段

前期准备是实验室考古的基础，核心是完成田野调查、文物评估与实验室筹备工作。首先，通过田野考古调查与探测，明确遗址的分布范围、文化层叠压关系、文物埋藏状态，重点排查脆弱文物的分布情况，制定针对性的发掘预案；其次，对拟发掘文物进行初步评估，明确文物的材质、脆弱程度、潜在病害等，确定发掘过程中的保护重点与技术需求；最后，筹备实验室环境与相关设备，调试恒温恒湿、无尘净化等环境调控设备，准备精细化发掘工具、无损检测设备与信息记录设备，确保发掘工作的顺利开展。

2. 取样转运阶段

取样转运阶段的核心是实现文物与周边遗存的整体提取与安全转运，避免转运过程中对文物造成损坏。对于脆弱文物与复杂遗迹，采用整体取样的方式，依托专业设备将文物及其周边的土壤、地层一并提取，构建整体保护单元；在取样过程中，全程记录取样位置、地层关系、文物状态等信息，同步开展初步加固处理，防止文物在转运过程中出现破损、风化等问题；转运过程中，采用防震、防潮、防尘的专用转运设备，严格控制转运过程中的温湿度与振动幅度，确保文物安全转运至实验室。

3. 精细化发掘阶段

精细化发掘是实验室考古的核心环节，核心是依托精细化工具与可控环境，实现对文物的分层、分段发掘，全面捕捉文物的细节信息。发掘过程中，采用微型发掘工具，避免对文物造成机械损伤；遵循“从外到内、从浅到深”的发掘原则，分层清理文物周边的土壤与杂物，同步记录每一层的发掘情况、文物形态与关联信息；对于特别脆弱的文物（如纺织品、壁画残片），采用显微发掘技术，在显微镜辅助下开展精细化清理，确保文物的原始形态与细节信息不被破坏。

4. 无损检测与全程记录阶段

无损检测与全程记录贯穿实验室考古的全过程，是保障考古研究与文物保护的重要支撑。在发掘过程中，同步开展无损检测，通过各类无损检测技术，分析

文物的材质、成分、内部结构与潜在病害，为发掘过程中的保护措施制定与后续研究提供数据支撑；全程记录采用文字、图像、视频、三维建模等多种形式，详细记录发掘的每一个环节、文物的每一处细节与检测数据，构建完整的考古发掘信息档案，确保发掘信息的可追溯、可复用；发掘结束后，对记录的信息进行整理、分析，为后续的文物的研究与保护修复提供支撑。

5. 文物修复阶段

文物修复是实验室考古的延伸环节，核心是基于发掘与检测信息，对受损文物进行科学修复，恢复文物的原始形态与历史风貌。修复过程中，遵循“最小干预、不改变文物原始状态”的原则，结合无损检测获得的病害信息与材质信息，制定针对性的修复方案；采用与文物原始材质、工艺相近的修复材料与技术，避免修复过程对文物造成二次损害；修复完成后，同步记录修复过程与修复数据，构建文物修复档案，实现文物发掘、研究、保护的闭环管理。

（三）实验室考古的核心优势

实验室考古的核心优势集中体现在“精细化、无损化、全程化”三个方面，完美适配脆弱文物的发掘与研究需求，弥补了传统田野考古的短板：一是精细化发掘，依托可控环境与精细化工具，能够捕捉文物的微观细节与关联信息，实现对文物的深度发掘与精准解读，避免传统发掘中因粗放操作造成的信息丢失；二是无损检测，发掘过程中同步开展无损检测，无需损伤文物即可获取文物的材质、成分、内部结构等核心信息，最大限度保留文物的原始状态，为文物保护与研究提供精准数据；三是全程记录，通过多形式、全方位的全程记录，构建完整的考古信息档案，确保发掘信息的可追溯、可复用，为后续的研究、修复与展示提供支撑；四是适配性强，重点适配各类脆弱文物，能够有效规避自然因素与人为操作对文物的损害，实现脆弱文物的安全发掘与有效保护。

二、微观技术应用：文物微观信息的精准提取方法

微观技术应用是实验室考古的重要延伸，核心是依托各类微观分析设备，突破肉眼识别的局限，从微观层面提取文物的材质成分、制作工艺、病害成因等核心信息，为文物研究、年代判定、病害防治与保护修复提供科学、精准的数据支撑。目前，显微镜分析、成分检测是考古领域应用最广泛的微观技术，二者协同发力，实现了文物微观信息的全面、精准提取。

（一）微观技术应用的核心目标与原则

微观技术应用于考古领域的核心目标，是挖掘文物肉眼无法识别的微观信息，深化对文物材质、制作工艺、历史价值与病害状态的解读，为文物保护修复与考古研究提供精准的数据支撑，推动考古研究向微观化、精准化转型。应用过程中，遵循“无损检测优先、最小干预、精准适配”的核心原则：优先采用无损检测技术，避免对文物造成损害；如需取样检测，采用微量取样的方式，最大限度减少对文物的干预；根据文物的材质与研究需求，选择适配的微观技术与检测方法，确保检测数据的精准性与有效性。

（二）核心微观技术的具体应用方法

1. 显微镜分析技术的应用

显微镜分析技术是提取文物微观形态与结构信息的核心技术，依托不同类型的显微镜，实现对文物微观细节的精准观察与分析，核心包括光学显微镜、电子显微镜两种类型，适配不同的观察需求，具体应用方法如下：

光学显微镜主要用于观察文物的表面微观形态与浅层结构，适配纺织品、纸张、壁画、陶器表面纹饰等文物的微观观察，其核心优势是操作便捷、可实现原位观察、无损伤。应用过程中，将文物样本（或文物原位）放置于光学显微镜下，通过调节放大倍数，观察文物的表面纹理、纤维结构、颜料颗粒、纹饰细节等微观信息，同步记录观察图像与数据；通过对微观形态的分析，解读文物的制作工艺（如纺织品的织造工艺、纸张的制作工艺）、颜料的涂抹方式，以及文物的风化、磨损等保存状态，为文物研究与保护修复提供支撑。

电子显微镜（主要包括扫描电子显微镜）用于观察文物的微观结构与元素分布，放大倍数远高于光学显微镜，适配金属文物、陶瓷文物、石器材质的微观分析，可实现对文物内部结构与微观成分的精准观察。应用过程中，对文物进行微量取样（或表面处理），将样本放置于电子显微镜下，通过电子束扫描获取文物的微观结构图像，同步分析文物的元素分布情况；通过观察，可解读文物的内部结构（如陶瓷的胎体结构、金属的冶炼结构）、材质的微观特征，以及病害的微观成因（如金属的锈蚀结构、陶器的风化层结构），为文物材质分析、制作工艺解读与病害防治提供精准数据。

2. 成分检测技术的应用

成分检测技术是提取文物材质成分信息的核心技术，依托各类化学检测设备，

精准检测文物的元素组成、化学成分与物质结构，为文物材质判定、产地溯源、制作工艺解读与病害分析提供核心数据，核心包括 X 射线荧光光谱分析、质谱分析、红外光谱分析等无损检测技术，具体应用方法如下：

X 射线荧光光谱分析是应用最广泛的无损成分检测技术，适配各类文物的材质成分检测，无需对文物进行取样或损伤，即可精准检测文物的主要元素与微量元素组成。应用过程中，将检测设备对准文物待检测区域，通过 X 射线激发文物中的元素，使其产生荧光信号，通过分析荧光信号的强度与波长，确定文物的元素组成与含量；通过成分分析，可判定文物的材质（如金属文物的合金成分、陶瓷的胎体与釉料成分），实现文物产地溯源（如通过微量元素组成判定陶器的原料产地），解读文物的制作工艺（如金属的冶炼工艺、陶瓷的配釉工艺）。

质谱分析、红外光谱分析主要用于文物的精细成分与物质结构检测，适配有机质文物（如纺织品、漆器、书画颜料）与无机质文物的深度分析。质谱分析通过检测文物样本的质谱图，精准分析文物的化学成分与物质组成，解读文物的原料来源与制作工艺；红外光谱分析通过检测文物对红外光的吸收光谱，确定文物的物质结构，识别文物中的有机成分与无机成分，同时可分析文物的病害成分（如霉菌、锈蚀产物），为文物病害防治与保护修复提供精准依据。

（三）微观信息提取的核心流程与注意事项

微观信息提取遵循“前期准备—样本处理（或原位检测）—微观分析—数据解读—信息归档”的核心流程：前期准备阶段，明确提取目标与技术需求，选择适配的微观技术与设备；样本处理阶段，对于无损检测技术，直接对文物进行原位检测；对于需要取样的技术，采用微量取样方式，对样本进行预处理，避免样本污染；微观分析阶段，依托相关设备开展微观观察与成分检测，同步记录分析数据与图像；数据解读阶段，结合考古学理论与文物知识，解读微观信息背后的考古价值、制作工艺与病害成因；信息归档阶段，将提取的微观信息、检测数据与分析报告整理归档，构建完整的微观信息档案，为后续研究与保护修复提供支撑。

注意事项重点包括：严格遵循无损检测优先原则，最大限度减少对文物的干预；取样过程中，严格控制取样量，做好取样位置的记录与标记，避免对文物造成二次损害；检测过程中，做好设备调试与环境控制，避免环境因素（如温度、湿度、灰尘）对检测数据的影响；数据解读过程中，结合多学科知识，确保解读

结果的科学性与合理性，避免单一微观信息的片面解读。

三、实验室考古与微观信息提取的实践意义

实验室考古与微观信息提取的深度融合，打破了传统考古的局限，在深化文物研究、优化保护修复方案、推动考古学发展等方面发挥着不可替代的核心作用。结合典型实践案例，其核心实践意义主要体现在三个方面，彰显了科技考古在文物保护与研究中的重要价值。

（一）深化文物研究，挖掘文物核心价值

实验室考古的精细化发掘与微观信息的精准提取，能够挖掘传统考古难以捕捉的文物信息，深化对文物材质、制作工艺、历史背景与核心价值的解读，推动考古研究向深度化、微观化转型。例如，在脆弱纺织品文物的实验室考古中，通过精细化发掘与显微镜分析，能够精准提取纺织品的纤维材质、织造工艺、染色技术等微观信息，结合成分检测技术，确定染料的成分与来源，解读古代纺织品手工业的发展水平与技术传承；在古代漆器文物的研究中，通过实验室精细化发掘，避免漆器的破损与风化，结合微观技术提取漆器的漆层成分、彩绘工艺等信息，还原古代漆器的制作流程，深化对古代手工业技术的认知。

同时，微观信息提取能够为文物年代判定提供精准支撑，通过分析文物的微观结构变化、成分老化程度等信息，结合年代检测技术，提升文物年代判定的精准度；通过对文物微观信息的对比分析，能够解读不同区域、不同时期文物的文化关联与技术交流，为古代文化传播与人群迁徙研究提供核心数据支撑。

（二）优化保护修复方案，提升文物保护水平

实验室考古与微观信息提取是文物保护修复的重要前提，能够为保护修复方案的制定提供精准的数据支撑，避免传统保护修复的盲目性，提升保护修复的科学性与有效性。例如，在壁画文物的保护修复中，通过实验室考古的精细化发掘与无损检测，能够精准掌握壁画的结构层次、颜料成分与病害状态；通过微观技术提取壁画的病害微观信息，明确壁画酥碱、褪色、起甲的核心成因，据此制定针对性的加固、脱盐、补色等保护修复方案，避免修复过程对壁画造成二次损害，最大限度保留壁画的原始风貌与文化价值。

在脆弱陶瓷文物的保护修复中，通过实验室精细化发掘，完整保留陶瓷文物的残片形态与拼接信息；通过微观技术分析陶瓷的胎体、釉料成分与病害（如裂

隙、风化)的微观特征,优化修复方案,选择适配的修复材料与技术,实现陶瓷文物的精准修复,恢复文物的完整性与历史风貌。同时,微观信息提取能够为文物的长期保存提供科学支撑,通过分析文物的材质特性与病害成因,制定针对性的长期保存方案,延长文物寿命。

(三) 推动考古学转型,完善科技考古体系

实验室考古与微观信息提取的广泛应用,推动考古学从“传统田野考古”向“田野考古与实验室考古相结合”的模式转型,完善了科技考古的技术体系,提升了考古学的科学性与精准性。传统考古多注重遗址与文物的宏观发掘与定性描述,而实验室考古与微观信息提取注重微观细节与定量分析,二者互补融合,形成了“宏观与微观结合、发掘与保护结合、定性与定量结合”的考古研究模式,拓展了考古研究的边界与深度。

同时,实验室考古与微观信息提取的实践,推动了多学科交叉融合的进一步深化,整合了考古学、化学、物理学、材料科学等多学科的理论与技术,培育了兼具考古知识与微观分析能力的复合型人才,为科技考古的持续发展提供了人才支撑;其相关技术与方法的规范化、系统化,进一步完善了科技考古的技术标准与体系,推动考古学向科学化、精细化、现代化方向高质量发展。

实验室考古与微观信息提取是科技考古发展的重要成果,二者协同发力,实现了考古发掘与文物保护、研究的有机融合。实验室考古以“精细化发掘、无损检测、全程记录”为核心优势,破解了脆弱文物发掘与保护的难题;微观技术通过精准提取文物微观信息,为文物研究与保护修复提供了科学支撑。二者的实践应用,不仅深化了对文物核心价值与古代手工业水平的解读,优化了文物保护修复方案,还推动了考古学的转型与科技考古体系的完善。

第四节 考古数据整合与知识图谱构建

考古数据整合与知识图谱构建是科技考古向智能化、系统化发展的关键支撑,破解了传统考古数据碎片化、分散化、难以复用的痛点,实现了考古数据的互联互通与考古知识的结构化呈现。考古数据整合聚焦发掘、研究、保护全流程,构建标准化数据体系,打破数据壁垒;考古知识图谱依托数据整合成果,通过结构化建模实现考古知识的网络化关联;二者协同发力,推动考古研究从“数据积累”

向“知识挖掘”转型，提升考古研究的智能化水平与成果传播效率。

一、考古数据整合：全流程互联互通的数据体系构建

考古数据整合是指依托数字化技术，对考古发掘、实验室检测、学术研究、文物保护全流程产生的各类数据进行梳理、标准化、规范化处理，构建“源头可溯、过程可查、数据互通、复用便捷”的一体化数据整合体系，核心是实现发掘数据、检测数据、研究数据的互联互通，打破不同环节、不同领域的数据壁垒，提升考古数据的利用效率与价值。

（一）考古数据整合的核心内涵与原则

考古数据整合的核心内涵，是围绕考古工作全生命周期，以数据标准化为基础，以技术赋能为支撑，以数据互通共享为目标，整合各类分散、碎片化的考古数据，构建统一、规范、完整的考古数据资源库，实现数据从“分散存储”向“集中管理”、从“单一利用”向“多元复用”的转型。其核心区别于传统数据管理的关键，是“全流程覆盖”与“互联互通”，并非简单的数据汇总，而是实现数据的标准化对接与深度融合。

数据整合过程中，需遵循四大核心原则：一是标准化原则，制定统一的数据采集、存储、分类、编码标准，确保不同来源、不同类型的数据具有兼容性，为数据互通奠定基础；二是全流程原则，覆盖考古发掘、实验室检测、学术研究、文物保护、成果展示全流程，确保各类数据不遗漏、不缺失；三是安全性原则，建立数据安全管理制度，规范数据访问、使用、共享权限，防范数据泄露、篡改与丢失，保护考古数据安全；四是实用性原则，结合考古研究与保护需求，聚焦核心数据，优化数据整合流程，确保整合后的数据能够快速适配实际应用场景，提升数据利用效率。

（二）考古数据整合的核心内容与体系构建

考古数据整合的核心内容，是实现“发掘数据、检测数据、研究数据”三大核心数据的互联互通，同时整合文物保护数据、成果展示数据等辅助数据，构建全方位、多层次的数据整合体系，具体内容与构建路径如下：

1. 核心数据类型梳理与标准化处理

首先，明确三大核心数据的具体类型，实现数据全覆盖梳理：发掘数据涵盖田野考古与实验室考古过程中产生的各类数据，包括遗址信息、地层数据、文物

埋藏数据、发掘记录、取样数据、转运数据等；检测数据涵盖微观技术检测、年代检测、成分检测等各类实验室检测数据，包括显微镜分析数据、成分检测数据、病害检测数据、无损检测数据等；研究数据涵盖学术研究过程中产生的各类数据，包括文物解读数据、年代判定结论、工艺研究成果、学术论文、研究报告等。

其次，开展数据标准化处理，破解数据兼容性难题：制定统一的数据编码规则、分类标准与格式规范，对不同来源、不同格式的数据进行规范化转换，确保各类数据的一致性；对缺失、错误、重复的数据进行清理、补充与修正，提升数据质量；建立数据元数据库，明确各类数据的定义、来源、格式、用途等核心信息，实现数据的可追溯、可解读。

2. 全流程数据整合体系构建

依托数字化技术，构建“一个核心数据库+多环节数据对接”的全流程数据整合体系：核心是搭建统一的考古数据资源库，集中存储整合后的各类考古数据，实现数据的集中管理、便捷检索与共享复用；同时，建立各环节数据对接机制，实现考古发掘、实验室检测、学术研究、文物保护等环节的数据实时同步、无缝对接，确保数据的时效性与完整性。

构建数据关联机制，通过核心标识（如文物编号、遗址编号、样本编号），实现不同类型数据的关联对接，例如将某件文物的发掘数据、检测数据、研究数据、保护数据进行关联，形成完整的文物数据档案；建立数据共享机制，明确数据共享范围、权限与流程，实现不同科研机构、考古单位之间的数据共享合作，打破数据壁垒，提升数据利用效率；建立数据更新机制，实时接收各环节产生的新增数据，定期开展数据整合与更新，确保数据资源库的时效性与完整性。

3. 数据整合的技术支撑

考古数据整合的顺利推进，离不开各类数字化技术的支撑，核心技术包括大数据存储技术、数据清洗技术、数据关联技术、云计算技术等：大数据存储技术实现海量考古数据的安全存储与高效读取，适配考古数据量大、类型多、格式复杂的特点；数据清洗技术实现对异常数据的识别、清理与修正，提升数据质量；数据关联技术实现不同类型、不同环节数据的精准关联，构建数据之间的内在联系；云计算技术为数据整合提供高效的计算能力，支撑海量数据的快速处理、整合与分析，提升数据整合效率。

二、考古知识图谱构建：考古知识的结构化与网络化呈现

考古知识图谱是基于考古数据整合成果，依托人工智能、语义网络、大数据等技术，将碎片化的考古知识（文物信息、遗址信息、考古事件、学术观点等）进行结构化建模，构建“实体—关系—属性”的网络化知识体系，核心是实现考古知识的结构化、网络化、可视化呈现，挖掘考古知识之间的内在关联，为考古研究提供智能化支撑。

（一）考古知识图谱的核心内涵与构建原理

考古知识图谱的核心内涵，是将考古领域的各类知识转化为计算机可识别、可处理的结构化数据，通过定义知识实体、梳理实体关系、补充实体属性，构建网络化的知识关联体系，实现考古知识的系统化组织与深度挖掘。其核心区别于传统知识呈现方式的关键，是“结构化关联”与“智能化挖掘”，能够打破碎片化知识的局限，直观呈现知识之间的内在联系，辅助科研人员快速挖掘隐藏的考古规律。

构建原理核心是“数据驱动+知识建模”，分为两个核心环节：一是数据层支撑，以整合后的考古数据资源库为基础，提取各类考古知识实体、关系与属性，形成知识数据源；二是知识建模层，通过语义建模、本体构建等技术，定义考古领域的知识本体（包括实体类型、关系类型、属性规范），将提取的知识数据源转化为结构化的知识三元组（实体1—关系—实体2），进而构建网络化的知识图谱，实现考古知识的结构化呈现与关联组织。

（二）考古知识图谱的核心要素与技术路径

1. 核心构建要素

考古知识图谱的构建，核心围绕“实体、关系、属性”三大要素展开，三者共同构成知识图谱的基础框架，确保知识的完整性与关联性：

实体是知识图谱的核心载体，指考古领域的各类核心对象，主要分为四大类：文物实体（如青铜器、陶器、纺织品等具体文物）、遗址实体（如古城遗址、墓葬遗址、手工业遗址等）、考古事件实体（如考古发掘活动、实验室检测活动、学术研讨活动等）、人物与机构实体（如考古工作者、科研机构、考古单位等），各类实体均具有唯一标识，确保知识的精准关联。

关系是连接各类实体的纽带，指不同实体之间的内在关联，主要包括关联关

系（如文物与遗址的“出土于”关系）、因果关系（如病害与文物损坏的“导致”关系）、从属关系（如文物与文物类型的“属于”关系）、合作关系（如考古工作者与科研机构的“隶属于”关系）等，通过梳理实体关系，构建知识之间的网络化关联。

属性是对实体特征的补充描述，指各类实体的核心特征与关键信息，例如文物实体的属性包括材质、年代、尺寸、制作工艺等，遗址实体的属性包括地理位置、年代、文化类型、分布范围等，通过补充实体属性，丰富知识内涵，提升知识图谱的实用性与精准度。

2. 核心构建技术路径

考古知识图谱的构建遵循“知识提取—知识建模—知识融合—知识可视化”的完整技术路径，每个环节紧密衔接，确保知识图谱的科学性、完整性与实用性，具体路径如下：

第一步，知识提取，以整合后的考古数据资源库为基础，通过自然语言处理、数据挖掘等技术，自动提取各类考古知识实体、关系与属性，同时结合人工审核，修正提取过程中的错误与遗漏，确保提取知识的准确性；对于非结构化数据（如学术论文、研究报告），通过文本解析技术，提取隐藏的考古知识，补充知识数据源。

第二步，知识建模，构建考古领域知识本体，定义实体类型、关系类型、属性规范与编码规则，明确各类知识的分类与关联标准；将提取的知识实体、关系与属性，转化为结构化的知识三元组，构建初步的知识网络，实现考古知识的结构化组织。

第三步，知识融合，对初步构建的知识网络进行优化整合，清理重复实体、修正错误关系、补充缺失属性，实现不同来源知识的融合统一；建立知识更新机制，实时接收新增考古数据与知识，定期更新知识图谱，确保知识图谱的时效性与完整性。

第四步，知识可视化，依托可视化技术，将结构化的知识网络以图谱形式呈现，通过节点、连线等元素，直观展示实体、关系与属性之间的关联，实现考古知识的可视化解读；同时，搭建知识图谱查询平台，支持科研人员通过关键词检索、多条件筛选等方式，快速获取相关知识与关联信息，提升知识利用效率。

三、考古知识图谱的应用价值：提升考古研究智能化水平

考古知识图谱作为考古数据整合与智能化研究的核心成果，在文物溯源、考古研究创新、成果传播等方面发挥着不可替代的核心作用，能够有效提升考古研究的智能化水平、科研效率与成果传播覆盖面，推动考古学向智能化、大众化方向发展，彰显科技考古的实践价值。

（一）助力文物溯源，实现精准化追溯与研究

考古知识图谱通过构建文物、遗址、原料产地、制作工艺等实体之间的关联关系，能够实现文物的全流程精准溯源，破解传统文物溯源碎片化、难度大的难题，为文物研究提供精准支撑。依托知识图谱，科研人员可通过某件文物实体，快速关联其出土遗址、地层信息、检测数据、制作工艺等相关知识，明确文物的出土背景与历史脉络；同时，通过关联文物原料产地、制作工艺等实体，追溯文物原料的来源与传播路径，解读古代贸易往来、文化交流与人群迁徙规律。

此外，知识图谱能够实现文物病害的精准溯源，通过关联文物病害实体、材质实体、保存环境实体等，分析文物病害的成因与发展趋势，为文物保护修复方案的制定提供精准依据；同时，可通过对比不同文物的溯源信息，挖掘同类文物的共性特征与差异，深化对文物制作工艺、文化内涵的解读。

（二）推动考古研究创新，提升科研智能化水平

考古知识图谱打破了传统考古研究“碎片化解读”的局限，通过挖掘知识之间的内在关联，辅助科研人员开展智能化研究，推动考古研究方法与创新，提升科研效率与研究深度。知识图谱能够整合多领域、多类型的考古知识，为科研人员提供全方位、系统化的知识支撑，帮助科研人员快速把握考古研究的前沿动态与研究热点，避免重复研究；同时，通过知识关联挖掘，能够发现传统研究中难以捕捉的隐藏规律，例如不同遗址之间的文化关联、文物制作工艺的传承脉络等，为考古研究提供全新的视角与思路。

依托知识图谱的智能化检索与分析功能，科研人员可快速检索相关知识、筛选核心数据，减少人工整理与分析的工作量，大幅提升科研效率；同时，结合人工智能技术，可基于知识图谱开展智能化预测与分析，例如预测未发掘遗址的分布位置、推断文物的年代与文化归属等，推动考古研究向智能化、精准化转型，拓展考古研究的边界与深度。

（三）优化成果传播，推动考古知识大众化普及

考古知识图谱的可视化呈现方式，能够将抽象、碎片化的考古知识转化为直观、易懂的网络化图谱，降低考古知识的理解门槛，为考古成果的传播与大众化普及提供了全新的路径，提升考古文化的影响力。通过知识图谱可视化平台，可向公众展示文物、遗址、考古事件等核心知识及其关联关系，让公众直观了解考古成果与古代文明的魅力，激发公众对考古学的兴趣与关注。

同时，可基于知识图谱，开发多元化的科普产品（如科普小程序、互动图谱、科普视频等），适配不同群体的认知需求，推动考古知识走进大众、普及大众；此外，知识图谱能够实现考古成果的标准化、系统化呈现，为考古成果的跨领域传播、国际交流提供支撑，推动中华优秀传统文化的对外传播与弘扬。

考古数据整合与知识图谱构建，是科技考古发展的必然趋势，也是推动考古学向智能化、系统化、大众化发展的关键举措。考古数据整合构建了全流程互联互通的数据体系，破解了数据碎片化难题，为知识图谱构建提供了坚实的数据支撑；考古知识图谱实现了考古知识的结构化、网络化呈现，挖掘了知识之间的内在关联，提升了考古数据的利用价值。二者的深度融合，不仅助力文物溯源、推动考古研究创新、优化成果传播，还完善了科技考古的技术体系，推动考古学向高质量发展。

第五章 文物预防性保护与修复科技

第一节 文物保存环境的智能监测与调控

文物保存环境的稳定性是文物长久留存的核心前提，温湿度、光照、有害气体、微生物等环境因素的异常波动，极易导致文物出现风化、腐蚀、霉变、褪色等损害，影响文物的历史、艺术与科学价值。文物保存环境智能监测与调控，是预防性保护的核心手段，通过搭建全域覆盖的监测体系、应用精准高效的调控技术、建立科学完善的运维机制，实现对文物保存环境的实时感知、精准预警与动态调控，最大限度降低环境因素对文物的损害，为文物长效保存提供科学保障。

一、文物保存环境智能监测体系：全域覆盖、实时感知、精准预警

文物保存环境智能监测体系，核心是依托物联网、传感器、大数据等数字化技术，搭建“全域覆盖、实时感知、精准预警、数据可溯”的一体化监测平台，全面捕捉文物保存环境中的核心指标变化，打破传统人工监测“效率低、误差大、滞后性强”的局限，实现监测工作的智能化、自动化与精准化，为环境调控与文物保护提供精准的数据支撑。

（一）监测体系的核心构建原则

构建文物保存环境智能监测体系，需结合文物保存需求与不同场景特点，遵循四大核心原则：一是全域覆盖原则，兼顾文物库房、展厅、修复实验室、遗址保护区等各类保存场景，实现监测范围无死角，确保所有文物的保存环境均能被有效监测；二是精准感知原则，选用高精度监测设备，聚焦核心环境指标，确保监测数据的真实性、准确性与时效性，误差控制在合理范围；三是精准预警原则，结合不同类型文物的保存阈值，设定科学的预警指标，实现异常数据的快速报警、精准定位与及时推送；四是兼容性原则，确保监测体系与后续环境调控系统、运维管理平台无缝对接，实现数据互通共享，提升管控一体化水平。

（二）监测体系的核心构成与监测指标

1. 核心构成

智能监测体系主要由四大模块构成，协同实现环境监测的全流程智能化：一是感知层，部署各类高精度传感器，作为环境监测的“神经末梢”，负责实时采集各类环境指标数据；二是传输层，依托物联网、无线通信等技术，实现监测数据的实时传输，确保数据快速上传至核心平台，避免数据丢失或滞后；三是数据层，搭建监测数据资源库，对采集的各类数据进行存储、分类、清洗与分析，构建完整的环境数据档案，实现数据可溯、可查、可复用；四是应用层，开发智能监测平台，实现数据可视化呈现、异常预警、数据查询与报表生成等功能，为工作人员提供便捷的操作与管理入口，辅助决策制定。

2. 核心监测指标

监测指标聚焦文物保存的关键影响因素，涵盖四大类核心指标，确保监测的针对性与实用性，全面覆盖文物保存的环境需求，各类指标的适配场景与防控重点如下表所示：

监测指标类别	核心监测内容	适配保存场景	主要防控损害
温湿度指标	环境温度、相对湿度波动	文物库房、展厅、修复实验室、遗址保护区	文物风化、开裂、变形、材质老化
光照指标	光照强度、光照时长、光谱分布	展厅、书画库房、纺织品库房	光敏性文物褪色、材质脆化
有害气体指标	二氧化硫、氮氧化物、甲醛、颗粒物浓度	封闭/半封闭库房、展厅、修复实验室	文物腐蚀、氧化、表面破损
微生物指标	细菌、霉菌等微生物数量	潮湿环境库房、展厅、遗址保护区	文物霉变、腐朽、材质降解

其中，温湿度作为影响文物保存的最核心因素，需重点把控波动范围；光照指标重点防控紫外线危害，有害气体与微生物指标则需结合场景封闭性、湿度条件针对性监测。

（三）精准预警机制的构建

精准预警是监测体系的核心功能之一，核心是基于不同材质文物的保存阈值，结合历史监测数据，构建科学的预警模型，实现异常数据的快速响应与精准推送。首先，结合文物材质特性（如金属、陶瓷、纺织品、书画等），制定差异化的环境指标预警阈值，明确正常范围、预警范围与应急范围；其次，依托大数据分析技术，对实时监测数据与历史数据进行对比分析，精准识别数据异常波动，预判

环境变化趋势；最后，建立多级预警机制，针对不同程度的异常情况，推送不同等级的预警信息，明确预警位置、异常指标与处置建议，同步推送至相关工作人员，确保工作人员及时响应、快速处置，将环境异常对文物的损害降至最低。

二、文物保存环境智能调控技术：精准适配、高效运维

文物保存环境智能调控技术，是基于监测体系提供的精准数据，依托自动化设备与智能化技术，对异常环境参数进行动态调控，实现文物保存环境的稳定可控，核心适配温湿度、有害气体、光照等核心指标的调控需求，遵循“精准调控、最小干预、适配文物”的原则，避免调控过程对文物造成二次损害。目前，自动恒温恒湿系统、有害气体净化系统是应用最广泛、最成熟的智能调控技术。

（一）自动恒温恒湿系统：核心环境参数精准调控

自动恒温恒湿系统是调控温湿度的核心技术，核心工作原理是依托监测体系传输的温湿度数据，通过自动化设备（如空调机组、加湿器、除湿机、新风系统等），实现对环境温湿度的实时调节，确保温湿度稳定在文物保存的适宜范围，破解传统人工调控“精度低、效率低、劳动强度大”的局限。

该系统采用“监测—分析—调控—反馈”的闭环工作模式，首先，接收监测体系传输的实时温湿度数据，与预设的预警阈值进行对比分析；其次，若数据超出适宜范围，系统自动启动相应的调控设备，如温度过高时启动制冷设备，湿度过高时启动除湿设备，湿度过低时启动加湿设备；最后，调控过程中实时采集温湿度数据，动态调整调控参数，确保温湿度快速回归适宜范围，形成闭环调控，实现温湿度的精准、稳定控制。

其核心应用场景涵盖各类文物保存空间，文物库房需实现全域温湿度均匀调控，避免局部温湿度差异过大；展厅需结合展览需求，在保障温湿度稳定的同时，兼顾观众舒适度；修复实验室需根据修复工作需求，精准调控温湿度，为文物修复提供适宜的环境条件，适配不同材质文物的修复要求。

（二）有害气体净化系统：防范腐蚀损害

有害气体净化系统的核心工作原理是通过物理吸附、化学分解、过滤拦截等方式，去除环境中的二氧化硫、氮氧化物、甲醛、颗粒物等有害气体，降低有害气体浓度，防范有害气体对文物的腐蚀、老化损害，核心适配文物库房、展厅等封闭或半封闭保存空间。

系统主要由进气装置、过滤净化模块、排气装置、智能控制模块组成，智能控制模块与环境监测体系无缝对接，实时接收有害气体浓度数据，当有害气体浓度超出预警阈值时，系统自动启动，通过进气装置吸入环境空气，经过滤净化模块（如活性炭吸附层、化学净化剂、高效过滤器等），去除空气中的有害气体与颗粒物，净化后的空气经排气装置排出，实现环境空气的循环净化，直至有害气体浓度回归适宜范围。

该系统具有净化效率高、运行稳定、噪音低、无二次污染等优势，可根据不同保存空间的大小与文物保护需求，配置差异化的净化设备，实现有害气体的精准净化；同时，支持智能化调节净化强度，结合有害气体浓度变化，动态调整设备运行参数，提升净化效率，降低能耗。

（三）其他辅助调控技术

除核心调控技术外，结合光照、微生物等监测指标，配套应用相应的辅助调控技术：光照调控方面，采用智能遮阳系统、防紫外线玻璃、可调光照明设备等，结合光照监测数据，自动调节光照强度与光照时长，过滤紫外线，避免光敏性文物褪色；微生物调控方面，采用智能通风系统、无菌净化设备等，结合微生物监测数据，调控环境通风量，抑制微生物滋生，同时配合定期消毒，防范文物霉变、腐朽。

三、文物保存环境监测与调控系统的长效运维机制

监测与调控系统的稳定运行，是文物保存环境持续可控的重要保障。长效运维机制的核心是建立“定期校准、日常巡检、参数优化、应急处置”的一体化管理体系，规范系统运行管理，及时排查设备故障，优化调控参数，确保系统长期稳定、高效运行，为文物预防性保护提供持续支撑。

（一）定期校准机制：保障数据与调控精度

定期校准是保障监测数据准确性与调控精度的核心举措，需建立标准化的校准流程，对系统中的各类设备进行定期校准。一是监测设备校准，针对各类传感器（温湿度、光照、有害气体等），定期开展精度校准，及时更换老化、失准的传感器，确保监测数据的真实性与准确性，校准周期根据设备类型与使用环境合理设定；二是调控设备校准，对恒温恒湿系统、有害气体净化系统等调控设备，定期校准运行参数，检查设备运行精度，确保调控设备能够精准响应监测数据，

实现环境参数的精准调控；三是建立校准档案，详细记录校准时间、校准内容、校准结果、操作人员等信息，实现校准工作的可追溯、可核查。

（二）日常巡检与维护机制：防范设备故障

建立日常巡检与维护机制，明确巡检人员、巡检周期与巡检内容，实现系统设备的常态化维护。日常巡检重点排查各类设备的运行状态，包括传感器的运行情况、传输设备的通信状态、调控设备的运行参数、线路连接情况等，及时发现设备故障、线路松动、设备老化等问题，做好巡检记录；日常维护重点包括设备清洁、灰尘清理、耗材更换（如净化滤网、吸附剂等），定期检查设备的散热、防潮情况，防范设备因积尘、潮湿导致故障，延长设备使用寿命；建立故障应急处置流程，针对巡检中发现的故障，明确处置时限与处置方法，安排专业人员及时维修，确保系统快速恢复运行，避免因设备故障导致环境调控中断。

（三）参数优化机制：适配文物保存需求

参数优化是提升调控效果的重要支撑，核心是基于监测数据、文物保存需求与环境变化，定期优化系统运行参数与预警阈值。首先，依托大数据分析技术，对历史监测数据与调控数据进行分析，梳理环境变化规律与调控效果，识别参数设置中的不足；其次，结合文物材质变化、季节更替、外界环境变化等因素，动态调整温湿度、有害气体、光照等指标的预警阈值与调控参数，确保调控效果适配文物保存需求；最后，建立参数优化档案，记录参数调整的时间、原因、调整内容与调整效果，为后续参数优化提供参考，持续提升调控的精准度与合理性。

（四）人员培训与管理制度：保障运维质量

建立完善的人员培训与管理制度，提升运维人员的专业能力，规范运维工作流程。定期开展运维人员专业培训，涵盖监测设备、调控设备的操作方法、故障排查、日常维护等内容，提升运维人员的技术水平与应急处置能力；建立运维管理制度，明确运维人员的岗位职责、工作流程与考核标准，规范巡检、校准、维护、故障处置等各项工作，确保运维工作有序开展；建立运维工作台账，详细记录各项运维工作的开展情况，实现运维工作的规范化、可追溯。

文物保存环境的智能监测与调控，是文物预防性保护的核心举措，通过搭建全域覆盖的智能监测体系，实现环境指标的实时感知与精准预警；依托高效的智能调控技术，实现环境参数的动态稳定；建立科学完善的长效运维机制，保障系统持续稳定运行。三者协同发力，有效降低了环境因素对文物的损害，为文物的

长久留存提供了科学保障。

第二节 新材料在文物修复中的应用

文物修复是文物保护的核心环节，其核心目标是修复文物破损部位、遏制文物病害发展、最大限度保留文物原始信息与历史价值，而修复材料的选择直接决定修复效果与文物的长期保存。传统文物修复材料存在兼容性差、易老化、环保性不足等问题，易对文物造成二次伤害。新型材料依托材料科学的技术革新，以“兼容性、可逆性、环保性”为核心特质，适配不同类型文物的修复需求，大幅提升了文物修复的科学性与长效性。

一、文物修复中新型材料的主要类型、特性与适用场景

新型文物修复材料以文物保护需求为导向，摒弃传统材料的短板，聚焦环保、加固、粘结、填充四大核心功能，形成了多元化的材料体系。各类材料均具备明确的特性与适配场景，核心遵循“适配文物材质、最小干预、避免二次伤害”的原则，确保修复材料与文物本体兼容，且具备良好的可逆性与稳定性。

（一）新型环保材料

新型环保材料是文物修复的基础材料，核心特性是无毒、无味、无挥发性有害物质，降解性好，不会对文物本体、人体及周边环境造成污染，区别于传统修复材料中含有的有害化学物质，适配各类脆弱文物与密闭修复场景。其主要种类包括环保型清洗剂、环保型防腐剂、可降解保护剂等。

环保型清洗剂主要用于清除文物表面的污垢、锈蚀、灰尘等杂质，不会损伤文物本体材质，适配书画、纺织品、金属、陶瓷等各类文物；环保型防腐剂用于抑制微生物滋生、防止文物腐朽老化，适配有机质文物（如木材、纺织品、漆器）与潮湿环境下的文物；可降解保护剂用于文物表面防护，可在不影响文物外观的前提下形成保护薄膜，且长期使用后可自然降解，避免残留对文物造成损害，适配各类光敏性、脆弱性文物。

（二）新型加固材料

新型加固材料的核心功能是增强文物本体的结构强度，遏制文物破损、风化、酥碱等病害发展，核心特性是粘结力强、兼容性好、收缩率低、耐老化，且不会

改变文物的外观与材质特性，可与文物本体形成有机结合，避免加固过程中对文物造成机械损伤。其主要种类包括纳米加固材料、高分子复合加固材料、无机矿物加固材料等。

纳米加固材料凭借其微小的粒径，可渗透至文物内部孔隙，形成致密的加固网络，增强文物的整体性，适配壁画、土遗址、酥碱陶瓷、脆弱石材等文物；高分子复合加固材料兼具柔韧性与强度，可根据文物破损程度调整浓度，适配纺织品、纸张、壁画残片等脆弱易损文物；无机矿物加固材料与文物本体（如石材、陶瓷）材质相近，兼容性极强，耐候性好，适配石质文物、陶瓷文物、古建筑构件等。

（三）新型粘结材料

新型粘结材料主要用于拼接文物破损碎片、修复文物裂缝，核心特性是粘结强度高、固化速度可控、兼容性好、可逆性强，固化后无明显痕迹，且后期若需重新修复可轻松剥离，避免对文物本体造成损伤，区别于传统粘结材料不可逆、粘结后易开裂的短板。其主要种类包括高分子粘结剂、生物粘结剂、纳米粘结剂等。

高分子粘结剂粘结性强、柔韧性好，适配金属、陶瓷、石材等各类文物的碎片拼接，尤其适合不规则破损文物的修复；生物粘结剂源于天然生物材料，兼容性极佳，无毒环保，适配有机质文物（如木材、纺织品、漆器）的粘结修复；纳米粘结剂渗透力强，可填充文物微小裂缝，粘结后与文物本体融为一体，适配壁画、陶瓷、纸张等文物的细微裂缝修复。

（四）新型填充材料

新型填充材料主要用于填补文物的破损孔洞、残缺部位，核心特性是质地均匀、兼容性好、收缩率低、颜色可调，可根据文物本体颜色、质地进行匹配，填充后与文物本体过渡自然，不影响文物的外观与历史风貌，且具备良好的稳定性与耐候性。其主要种类包括纳米填充材料、高分子复合填充材料、无机填充材料等。

纳米填充材料质地细腻，可精准填补微小孔洞与残缺，适配陶瓷、玉器、金属等文物的细微破损修复；高分子复合填充材料可根据文物破损形状随意塑形，固化后强度适中，适配古建筑构件、石质文物、陶瓷文物的大面积残缺修复；无机填充材料与石质、陶瓷文物材质相近，耐老化、耐候性好，适配石质文物、陶瓷文物的填充修复，可有效防止填充部位开裂、脱落。

二、新型材料在不同类型文物修复中的应用实践

新型材料凭借其独特的优势，已广泛应用于青铜器、书画、壁画、古建筑等不同类型文物的修复中，结合各类文物的材质特性与破损情况，选择适配的修复材料与修复方案，大幅提升了修复效果，有效遏制了文物病害发展，最大限度保留了文物的原始信息与历史价值，彰显了新型材料在文物修复中的核心作用。

（一）青铜器修复中的应用

青铜器修复的核心需求是清除锈蚀、加固本体、拼接破损碎片、填补残缺，新型材料有效解决了传统修复中锈蚀清除不彻底、加固后易开裂、粘结不可逆等问题。采用环保型除锈剂，可精准清除青铜器表面的有害锈蚀，不会损伤青铜本体材质，同时搭配纳米加固材料，渗透至青铜器内部孔隙，增强本体结构强度，遏制锈蚀复发；对于破损的青铜器碎片，采用高分子粘结剂进行拼接，粘结强度高、可逆性强，拼接后无明显痕迹；对于残缺部位，采用颜色可调的无机填充材料进行填补，与青铜本体过渡自然，还原文物原貌。

（二）书画修复中的应用

书画文物材质脆弱，易出现霉变、褪色、破损、虫蛀等病害，修复过程中需重点保护书画的墨迹与颜料，避免二次损伤。新型环保材料与脆弱文物兼容性极佳，环保型清洗剂可温和清除书画表面的灰尘与污垢，不损伤墨迹与颜料；采用高分子复合加固材料，可对破损、酥脆的书画纸张进行加固，增强纸张强度，同时不改变纸张的柔韧性与外观；对于书画的破损部位，采用生物粘结剂拼接，无毒环保、可逆性强，搭配可降解保护剂进行表面防护，有效遏制霉变与褪色，延长书画文物的保存寿命。

（三）壁画修复中的应用

壁画文物易出现起甲、酥碱、脱落、裂缝等病害，修复核心是加固壁画本体、修复裂缝、遏制酥碱。纳米加固材料可渗透至壁画内部，与壁画颜料、底层泥土形成致密的加固网络，有效遏制壁画起甲与脱落；对于壁画的裂缝，采用纳米粘结剂进行填充，渗透力强，可填补微小裂缝，同时搭配无机矿物加固材料，增强裂缝部位的结构强度，防止裂缝扩大；针对壁画的酥碱病害，采用环保型脱盐剂清除有害盐分，搭配纳米保护剂进行防护，遏制酥碱复发，同时不改变壁画的颜色与外观，最大限度保留壁画的艺术价值。

（四）古建筑修复中的应用

古建筑修复需兼顾结构稳定性与历史风貌完整性，新型材料适配古建筑의 木材、石材、砖瓦等各类构件的修复需求。对于腐朽的木质构件，采用环保型防腐剂进行处理，抑制微生物滋生，同时搭配高分子复合加固材料，增强木材的结构强度，延长使用寿命；对于破损的石质构件，采用无机矿物加固材料与填充材料，进行加固与填补，与石材本体兼容性极佳，还原石质构件的原貌；对于古建筑的砖瓦构件，采用高分子粘结剂拼接破损部位，搭配环保型保护剂进行表面防护，增强砖瓦的耐候性，防止风化破损，同时保留古建筑的历史风貌。

三、新型文物修复材料的研发方向展望

随着文物保护理念的不断更新与材料科学的持续发展，新型文物修复材料的研发将进一步聚焦“兼容性、可逆性、环保性”三大核心，立足文物修复的实际需求，弥补现有材料的不足，推动文物修复材料向更精准、更长效、更环保的方向发展，最大限度减少修复过程对文物的二次伤害，为文物的长久保存提供更有力的支撑。

（一）强化兼容性研发，适配多元文物材质

兼容性是文物修复材料的核心要求，未来研发将重点聚焦不同材质文物的修复需求，开发针对性更强的专用修复材料。一方面，深入研究各类文物材质（如金属、陶瓷、有机质、石材等）的理化特性，结合文物病害特点，优化材料配方，确保修复材料与文物本体完美兼容，不发生化学反应，不改变文物的外观与材质特性；另一方面，研发多功能复合兼容材料，实现“一种材料适配多种材质、兼具多种功能”，简化修复流程，提升修复效率，同时适配复杂破损文物的修复需求，扩大新型材料的应用范围。

（二）聚焦可逆性研发，保障后续修复空间

可逆性是文物修复的重要原则，未来新型材料的研发将进一步强化可逆性设计，确保修复材料在完成修复功能后，若后续发现更优修复方案或文物出现新的病害，可轻松剥离修复材料，不会对文物本体造成损伤。重点研发可降解、可剥离的修复材料，优化材料的固化机制，实现固化速度可控、剥离便捷，同时兼顾材料的粘结强度与稳定性，避免可逆性与实用性脱节；此外，研发可检测、可追踪的修复材料，便于工作人员实时监测修复材料的老化状态与对文物的影响，为

后续修复工作提供参考。

（三）深化环保性研发，践行绿色保护理念

环保性是新型文物修复材料的发展趋势，未来研发将进一步摒弃有害化学物质，聚焦绿色、环保、无毒的材料配方，实现修复材料与环境、人体的双重友好。一方面，加大天然生物材料、无机矿物材料的研发与应用，这类材料环保无毒、兼容性好，可有效减少对文物与环境的污染；另一方面，优化材料的生产工艺，降低生产过程中的能耗与污染物排放，研发可回收、可循环利用的修复材料，践行绿色文物保护理念，同时提升材料的降解性能，避免修复材料长期残留对文物造成潜在损害。

（四）推动智能化研发，提升修复精准度

结合智能化技术的发展，未来新型文物修复材料的研发将向智能化方向转型，提升文物修复的精准度与长效性。研发可响应环境变化的智能修复材料，如可根据温湿度、微生物等环境因素自动调整性能的材料，实现对文物的动态保护；结合纳米技术、大数据技术，优化材料的微观结构，提升材料的渗透力、粘结力与稳定性，适配微小破损、复杂病害文物的修复需求；同时，研发与智能监测设备适配的修复材料，实现修复效果的实时监测与动态调整，为文物修复与长期保护提供全方位的支撑。

新型材料的应用，推动文物修复工作从“传统修复”向“科学修复、绿色修复”转型，有效解决了传统修复材料的诸多短板，提升了文物修复的科学性、长效性与安全性。各类新型修复材料凭借其独特的特性，适配不同类型文物的修复需求，在青铜器、书画、壁画、古建筑等文物修复中发挥了重要作用，最大限度保留了文物的历史、艺术与科学价值。

第三节 无损 / 微损检测与分析技术

无损 / 微损检测与分析技术是文物预防性保护与修复的核心支撑技术，核心是在不破坏文物本体、不影响文物历史价值与外观风貌的前提下，实现对文物的全面检测与精准分析，破解了传统检测技术“破坏性大、检测片面、误差明显”的短板。该技术通过科学手段捕捉文物外观、材质、内部结构等多维度信息，为文物病害诊断、修复方案制定、修复效果评估等提供精准数据支撑，推动文物保

护与修复向科学化、精准化转型。

一、文物无损 / 微损检测与分析技术的核心分类

文物无损 / 微损检测与分析技术以“最小干预、不破坏文物”为核心原则，根据检测目标与技术原理，可分为外观检测、材质分析、内部结构探测三大核心类型，各类技术相互补充、协同发力，实现对文物从表面到内部、从外观到材质的全方位检测，适配不同类型文物与不同检测需求。

（一）外观检测技术

外观检测技术是无损检测的基础类型，核心是通过可视化手段与精密仪器，对文物表面的外观特征、病害情况进行精准观测与记录，无需接触文物本体或仅进行轻微接触，不改变文物表面状态，适配各类文物的初步检测与病害排查。其核心特点是操作便捷、检测快速、无任何破坏性，重点聚焦文物表面的宏观与微观外观信息捕捉。

核心技术包括高清影像检测、显微观测检测、光谱外观检测等：高清影像检测通过高清相机、无人机等设备，对文物整体外观与细节进行高精度拍摄与记录，清晰呈现文物的形态、纹饰、破损痕迹等信息，便于后续对比分析；显微观测检测依托光学显微镜、电子显微镜等设备，观察文物表面的微观形态，如颜料颗粒、纹饰细节、表面腐蚀痕迹、微小裂缝等，适配脆弱文物与细微病害的检测；光谱外观检测通过光谱分析设备，捕捉文物表面的颜色、光泽等光谱信息，判断文物表面材质的老化程度、颜料褪色情况等，适配光敏性文物与彩绘文物的外观检测。

（二）材质分析技术

材质分析技术是无损 / 微损检测的核心类型，核心是在不破坏文物本体或仅进行微量取样（取样量不影响文物完整性与历史价值）的前提下，分析文物的材质成分、物质结构等核心信息，为文物材质判定、产地溯源、制作工艺研究提供精准数据。其核心区别于传统材质分析的关键，是“微损化”或“无损化”，最大限度减少对文物的干预。

核心技术包括 X 射线荧光光谱分析、红外光谱分析、拉曼光谱分析、微量成分检测等：X 射线荧光光谱分析属于无损检测，可快速检测文物的元素组成与含量，无需取样，适配金属、陶瓷、石材、彩绘等各类文物的材质分析；红外光谱分析通过检测文物对红外光的吸收光谱，确定文物的物质结构，识别有机与无

机成分，适配有机质文物与无机质文物的材质分析；拉曼光谱分析可精准识别文物中的微量成分与物质结构，检测精度高，适配颜料、染料、粘结剂等细微材质的分析；微量成分检测属于微损检测，通过微量取样，结合实验室分析手段，精准检测文物的成分组成，适配复杂材质文物的深度分析。

（三）内部结构探测技术

内部结构探测技术是无损检测的重要延伸，核心是通过穿透性检测手段，在不破坏文物本体的前提下，探测文物内部的结构特征、破损情况、隐藏信息等，破解传统检测无法观察文物内部的局限，适配各类存在内部破损、隐藏结构的文物检测。其核心特点是穿透性强、检测精准、无破坏性，可清晰呈现文物内部的三维结构与隐藏信息。

核心技术包括 X 射线断层扫描（CT）、超声检测、中子衍射检测等：X 射线断层扫描（CT）通过 X 射线穿透文物，构建文物内部的三维断层图像，清晰呈现文物内部的结构、裂缝、空洞、隐藏构件等信息，适配陶瓷、金属、木器、漆器等各类文物的内部探测；超声检测通过超声波穿透文物，根据反射信号分析文物内部的破损情况、结构均匀性等，适配石质、金属、陶瓷等质地较硬文物的内部检测；中子衍射检测通过中子穿透文物，分析文物内部的晶体结构、应力分布等信息，适配金属文物、石材文物的内部结构与工艺研究。

二、无损 / 微损检测与分析技术的核心应用场景

无损 / 微损检测与分析技术凭借“不破坏文物、检测精准”的优势，已广泛应用于文物保护与修复的全流程，重点聚焦文物病害诊断、修复效果评估、文物真伪鉴别、制作工艺研究四大核心场景，为各项工作的开展提供科学、精准的数据支撑，提升工作的科学性与有效性。

（一）文物病害诊断

文物病害诊断是该技术最核心的应用场景，核心是通过全方位检测，精准识别文物的病害类型、分布范围、严重程度与成因，为病害防治与修复方案制定提供依据。通过外观检测，可识别文物表面的风化、腐蚀、霉变、裂缝、起甲、酥碱等病害；通过材质分析，可检测文物材质的老化程度、成分变化，明确病害的化学成因；通过内部结构探测，可发现文物内部的隐藏裂缝、空洞、腐朽等病害，避免因表面检测片面导致的修复不彻底。

该技术可实现病害的早期诊断与精准定位，及时发现文物潜在的病害隐患，为预防性保护提供支撑，同时根据病害诊断结果，针对性制定防治与修复方案，避免盲目修复对文物造成二次伤害。

（二）修复效果评估

修复效果评估是文物修复工作的重要环节，核心是通过无损 / 微损检测技术，对比修复前后文物的外观、材质、内部结构等信息，评估修复方案的有效性、修复材料的兼容性与修复效果的长效性，确保修复工作达到“遏制病害、保留原貌、长效保存”的目标。

修复前，通过检测获取文物的基础数据，作为修复方案制定的依据；修复中，通过实时检测，监控修复过程，及时调整修复方案；修复后，通过全面检测，评估修复部位的粘结强度、填充效果、材质兼容性等，判断修复部位是否与文物本体融合，是否存在新的病害隐患，同时跟踪监测修复后文物的长期保存状态，为修复方案优化提供支撑。

（三）文物真伪鉴别

无损 / 微损检测与分析技术是文物真伪鉴别最科学、最可靠的手段之一，核心是通过检测文物的材质成分、制作工艺、老化程度等信息，对比同时期真品文物的特征，判断文物的真伪，避免传统鉴别方法“主观性强、误差大”的局限，且不破坏文物本体，适用于各类珍贵文物的真伪鉴别。

通过材质分析，可检测文物的材质成分、微量元素组成，判断文物材质是否与同时期真品一致；通过外观显微检测，可观察文物表面的老化痕迹、制作工艺细节，判断是否存在现代仿造痕迹；通过内部结构探测，可观察文物内部的制作结构、修复痕迹，判断文物是否为拼接、仿造而成，为文物真伪鉴别提供客观、精准的科学依据。

（四）制作工艺研究

无损 / 微损检测与分析技术为文物制作工艺研究提供了全新的视角，核心是通过检测文物的材质、内部结构、表面工艺等信息，还原文物的制作流程、工艺技法与技术水平，深化对古代手工业发展的认知，无需破坏文物即可获取传统研究无法捕捉的工艺细节。

通过材质分析，可确定文物原料的成分与来源，解读原料的选取与加工工艺；通过内部结构探测，可观察文物的内部制作结构，还原成型、拼接、装饰等工艺

环节；通过外观显微检测，可观察文物表面的纹饰制作、颜料涂抹、打磨等细节，解读古代工匠的工艺技法，为古代手工业技术传承与研究提供精准的数据支撑。

三、无损 / 微损检测与分析技术的核心优势及应用边界

相较于传统文物检测技术，无损 / 微损检测与分析技术凭借其独特的优势，成为文物保护与修复领域的核心技术，但同时也存在明确的应用边界，需结合文物类型与检测需求合理选用，确保技术应用的科学性与合理性。

（一）核心技术优势（对比传统检测技术）

与传统破坏性检测、人工肉眼检测等技术相比，无损 / 微损检测与分析技术的核心优势集中体现在三个方面，彻底破解了传统检测技术的短板，提升了检测工作的科学性与精准度。

一是不破坏文物，最大限度保留文物价值。传统检测技术多采用取样破坏、解剖观察等方式，会对文物本体造成不可逆的损伤，影响文物的历史、艺术与科学价值；而无损 / 微损检测技术以“最小干预”为原则，多数技术无需取样、不接触文物，微损检测仅需微量取样，且取样部位不影响文物的完整性与外观风貌，从根本上避免了检测对文物的二次伤害，确保文物价值不受影响。

二是检测精准全面，数据支撑可靠。传统人工检测依赖工作人员的经验判断，误差大、检测片面，难以捕捉文物的微观信息与内部隐患；无损 / 微损检测依托精密仪器与科学技术，可实现微观层面与内部结构的精准检测，捕捉文物多维度信息，检测数据客观、精准、可靠，为后续工作提供坚实的数据支撑，减少经验判断带来的误差。

三是检测效率高，适配范围广。传统检测技术操作繁琐、流程复杂，检测周期长，且适配范围有限；无损 / 微损检测技术操作便捷、自动化程度高，可快速完成文物的全面检测，大幅提升检测效率，同时适配金属、陶瓷、有机质、石质等各类文物，可满足外观、材质、内部结构等多维度的检测需求，适用场景广泛。

（二）明确技术应用边界

无损 / 微损检测与分析技术虽具备诸多优势，但并非适用于所有文物与所有检测场景，存在明确的应用边界，需合理把握、科学选用，避免技术滥用导致的文物损害。

一是不适用于极度脆弱文物的微损检测。对于质地极度脆弱、易破损、易风

化的文物（如酥脆的纸张、残缺严重的纺织品、酥碱严重的壁画残片），即使是微量取样的微损检测，也可能导致文物破损加剧，此类文物应优先采用无损检测技术，避免微损检测造成二次伤害。

二是部分技术检测深度与精度存在局限。部分无损检测技术（如超声检测）的检测深度有限，难以实现深层内部结构的精准探测；部分材质分析技术无法检测出文物中的微量杂质与痕量成分，对于需要深度分析的复杂检测需求，需结合多种技术协同使用，必要时可在不影响文物价值的前提下，采用少量取样的微损检测补充。

三是需结合专业知识解读检测数据。无损 / 微损检测技术仅能获取文物的客观检测数据，无法直接得出文物病害成因、真伪结论、工艺解读等最终结果，需结合考古学、材料科学、文物保护等多学科专业知识，对检测数据进行综合解读，避免单一检测数据导致的片面判断。

无损 / 微损检测与分析技术，是文物预防性保护与修复科技发展的重要成果，其“不破坏文物、检测精准、效率高”的核心优势，彻底改变了传统文物检测的模式，为文物保护与修复工作提供了科学、精准的技术支撑。通过外观检测、材质分析、内部结构探测三大类技术的协同应用，实现了文物全维度、无损伤检测，在文物病害诊断、修复效果评估、真伪鉴别、制作工艺研究等场景中发挥了不可替代的作用。明确技术应用边界、科学选用检测技术，可进一步提升技术应用的科学性与合理性。

第四节 生物技术与文物保护

生物技术作为文物保护领域的新型交叉技术，依托生命科学与材料科学的融合创新，以“绿色环保、兼容性强、最小干预”为核心特质，打破了传统文物保护技术易造成二次伤害、环保性不足等局限。其核心是利用微生物、生物酶等生物体系或生物活性物质，针对性解决文物保护中的病害防治、材质加固、老化修复等难题，适配各类有机质、无机质文物的保护需求。

一、生物技术在文物保护中的核心应用领域

生物技术在文物保护中的应用以文物病害特点与保护需求为导向，聚焦“防

治结合、修复并举”，形成了多元化的应用体系，核心覆盖微生物病害防治、文物材质加固、古籍纸张脱酸三大领域，同时逐步延伸至文物清洗、老化修复等细分场景，适配不同类型文物的保护需求，凸显绿色保护理念。

（一）微生物病害防治

微生物病害是文物保存过程中的主要威胁之一，细菌、霉菌、放线菌等微生物的滋生，易导致文物出现霉变、腐朽、褪色、酥化等损害，尤其对有机质文物（如古籍、纺织品、木材、漆器）危害最为严重。生物技术在微生物病害防治中的应用，核心是通过生物手段抑制微生物滋生、清除已有微生物菌落，同时不损伤文物本体、不破坏文物外观，区别于传统化学杀菌剂易残留、腐蚀性强的短板。

其应用核心分为两个方向：一是微生物抑制，利用益生菌、生物抑制剂等生物活性物质，破坏有害微生物的生存环境，抑制其繁殖与代谢，从源头遏制微生物病害发生，适配文物库房、展厅等场景的预防性保护；二是微生物清除，利用特异性微生物或生物酶，降解有害微生物的菌丝体、代谢产物，高效清除文物表面及内部的微生物菌落，适配已发生微生物病害的文物修复，尤其适合脆弱有机质文物的病害治理。

（二）文物材质加固

文物材质老化、酥化是文物保护的核心难题，各类文物长期受环境因素影响，易出现本体疏松、强度下降、破损脱落等问题，影响文物的完整性与保存寿命。生物技术在文物材质加固中的应用，核心是利用生物活性物质（如生物多糖、微生物矿化产物）与文物本体材质发生良性作用，形成致密的加固网络，增强文物本体的结构强度，同时保持文物的柔韧性与原貌，适配脆弱文物的加固需求。

其应用重点覆盖两类文物：一是有机质文物，如古籍纸张、纺织品、木材等，通过生物多糖、生物胶等物质渗透至文物内部，填补孔隙、粘结松散纤维，增强材质整体性，同时不改变文物的外观与质感；二是无机质文物，如石质文物、陶瓷文物、壁画等，利用微生物矿化作用，在文物表面及内部形成与本体材质兼容的矿化层，增强文物的硬度与抗风能力，遏制酥碱、风化等病害发展。

（三）古籍纸张脱酸

古籍、档案等纸张类文物，长期保存过程中易因纸张自身酸性物质积累、环境因素影响，出现酸化、变脆、发黄、破损等问题，严重影响文物的可读性与保存寿命。生物技术在古籍纸张脱酸中的应用，核心是利用生物酶、微生物代谢产

物等生物活性物质，中和纸张中的酸性成分，同时在纸张表面形成一层保护性薄膜，抑制纸张再次酸化，实现脱酸与保护的双重效果，适配各类古籍、档案、书画纸张的脱酸处理。

与传统化学脱酸技术相比，生物脱酸具有脱酸温和、无残留、兼容性强等优势，可避免化学脱酸剂对纸张纤维造成的损伤，同时不改变纸张的颜色、柔韧性 with 字迹清晰度，最大限度保留古籍纸张的原始信息，是目前古籍保护中最具发展潜力的脱酸技术之一。

二、文物保护中核心生物技术的原理解析

生物学技术在文物保护中的应用，核心依托微生物代谢、生物酶催化等基本生物反应原理，结合文物材质的理化特性与病害成因，实现对文物的绿色保护与精准修复，其核心逻辑是“适配文物、温和作用、最小干预”，确保生物学技术与文物本体兼容，不发生有害化学反应，最大限度减少对文物的二次伤害。

（一）微生物修复技术原理

微生物修复技术是文物保护中应用最广泛的生物学技术，核心原理是利用微生物的代谢活动、生理特性，针对性解决文物病害问题，主要分为微生物抑制、微生物清除、微生物矿化三大类原理，适配不同的保护场景。

微生物抑制原理：筛选对文物无害的益生菌或拮抗菌，通过人工接种的方式，使其在文物表面及周边形成优势菌群，争夺有害微生物的营养物质与生存空间，同时分泌抗菌活性物质，抑制有害微生物的生长繁殖，从源头遏制微生物病害发生，其核心是构建文物表面的良性微生物生态系统。

微生物清除原理：利用特异性微生物（如霉菌降解菌、细菌清除菌）的代谢作用，降解有害微生物的菌丝体、孢子及代谢产物，将其转化为无害的水、二氧化碳等物质，从而实现文物表面及内部有害微生物的高效清除，适配已发生微生物病害的文物修复，其核心是利用微生物的降解性，实现有害物质的无害化处理。

微生物矿化原理：利用微生物（如芽孢杆菌、放线菌）的代谢活动，产生碳酸盐、磷酸盐等矿化产物，这些矿化产物可渗透至文物内部孔隙，与文物本体材质（如石材、陶瓷、纸张纤维）发生良性结合，形成致密、稳定的矿化层，增强文物的结构强度与抗风化能力，其核心是利用微生物代谢产物的矿化特性，实现文物材质的自然加固。

（二）生物酶技术原理

生物酶技术是文物保护中的核心精准修复技术，核心原理是利用生物酶的特异性催化作用，针对性降解或转化文物中的有害成分、杂质，同时不损伤文物本体材质，其核心优势是催化效率高、特异性强、作用温和，适配脆弱文物的精细化修复。

在文物保护中，生物酶的应用主要依托其特异性降解功能：一是在微生物病害清除中，利用纤维素酶、蛋白酶等生物酶，降解有害微生物的细胞壁、蛋白质等成分，破坏其生存结构，实现有害微生物的快速清除；二是在文物清洗中，利用脂肪酶、淀粉酶等生物酶，特异性降解文物表面的油污、淀粉类污垢，温和去除杂质，不损伤文物表面材质；三是在古籍纸张脱酸中，利用酯酶、氧化还原酶等生物酶，中和纸张中的酸性成分，降解纸张中的老化纤维杂质，同时促进纸张纤维的交联，增强纸张的稳定性，抑制再次酸化。

生物酶技术的核心逻辑是“靶向作用”，即一种生物酶仅对特定的物质发挥催化作用，可精准针对文物病害成分开展修复，避免对文物本体材质造成不必要的损伤，同时生物酶可自然降解，无残留、无污染，契合绿色文物保护理念。

三、生物技术在文物保护中的实践探索与风险规避

近年来，生物技术在文物保护中的实践应用逐步走向规范化，在微生物病害防治、古籍脱酸、文物加固等领域取得了显著成果，凸显了其绿色、高效、兼容的核心优势，但同时也存在一定的应用风险，需在实践中科学规避，确保技术应用的安全性与合理性。

（一）典型实践探索

生物技术在文物保护中的实践探索，重点聚焦核心应用领域，形成了一批成熟的应用案例，验证了技术的可行性与有效性，为后续规范化应用提供了实践参考。

在微生物病害防治领域，针对古籍、纺织品的霉变病害，采用益生菌接种技术，在文物表面构建良性微生物菌群，成功抑制了霉菌的滋生，同时利用霉菌降解菌清除已有霉变痕迹，实现了霉变病害的标本兼治，且未对文物材质造成任何损伤；在石质文物保护中，利用微生物矿化技术，在石质文物表面形成致密的碳酸盐矿化层，有效增强了文物的抗风化、抗腐蚀能力，遏制了酥碱病害的发展。

在古籍纸张脱酸领域,采用生物酶脱酸技术,对酸化严重的古籍纸张进行脱酸处理,成功中和了纸张中的酸性成分,增强了纸张的柔韧性 with 稳定性,避免了纸张进一步变脆、破损,同时保留了古籍的字迹清晰度与原始风貌,相较于传统化学脱酸技术,修复效果更优、安全性更高。

在文物材质加固领域,针对脆弱纺织品、古籍纸张的疏松、破损问题,采用生物多糖加固技术,将生物多糖溶液渗透至文物内部,填补纤维孔隙、粘结松散纤维,有效增强了文物的结构强度,同时保持了文物的柔韧性,适配脆弱有机质文物的加固修复。

（二）技术应用优势

相较于传统文物保护技术,生物技术在文物保护中的应用优势集中体现在三个方面,契合“最小干预、绿色保护”的文物保护理念,逐步成为文物保护领域的核心技术之一。

一是绿色环保,无二次污染。生物技术依托生物体系或生物活性物质开展保护修复,生物酶、微生物等可自然降解,无有害残留,不会对文物本体、人体及周边环境造成污染,区别于传统化学保护技术易残留、腐蚀性强的短板,适配密闭保存场景与脆弱文物保护。

二是兼容性强,最小干预。生物技术的作用过程温和,生物酶、微生物代谢产物与文物本体材质的兼容性极佳,不会与文物材质发生有害化学反应,不会改变文物的外观、质感与原始信息,可实现“最小干预”的保护目标,尤其适配有机质、脆弱文物的修复。

三是靶向性强,修复效果长效。生物技术依托生物酶的特异性催化、微生物的特异性代谢,可精准针对文物病害成分开展修复,靶向性强,修复效果更精准、更彻底;同时,微生物矿化、生物多糖加固等技术可在文物表面及内部形成稳定的保护体系,实现长效保护,延长文物的保存寿命。

（三）需要规避的潜在风险

生物技术在文物保护中的应用虽具备诸多优势,但由于生物体系的复杂性与文物的特殊性,其应用过程中也存在一定的潜在风险,需在实践中建立完善的风险防控机制,科学规避,确保技术应用的安全性。

一是微生物变异风险。微生物在生长繁殖过程中可能发生变异,导致其代谢产物、生理特性发生改变,可能从无害微生物转变为有害微生物,对文物本体造

成二次损害；同时，接种的益生菌可能与文物周边的自然微生物菌群发生冲突，破坏文物表面的微生物生态平衡，引发新的微生物病害。

二是作用效果不可控风险。生物反应的过程受温湿度、pH 值等环境因素影响较大，若环境参数控制不当，可能导致生物酶活性降低、微生物代谢异常，影响修复效果；同时，生物反应的速率难以精准控制，可能出现修复不彻底或过度修复的情况，对文物造成不必要的影响。

三是文物适配性风险。不同类型文物的材质、病害情况存在差异，部分生物技术可能仅适配特定类型的文物，若盲目应用于不适配的文物，可能导致文物材质损伤、病害加剧；例如，部分生物酶可能对书画颜料造成影响，导致颜料褪色、脱落，需提前开展适配性试验。

生物技术的应用，推动文物保护工作向“绿色化、精准化、长效化”转型，为解决传统文物保护技术的短板提供了全新的技术路径。其在微生物病害防治、文物材质加固、古籍纸张脱酸等领域的实践探索，凸显了绿色环保、兼容性强的核心优势，为各类文物的保护修复提供了科学支撑。同时，需清醒认识生物技术应用中的潜在风险，通过建立完善的风险防控机制、开展适配性试验、规范技术应用流程，实现技术优势的充分发挥与风险的有效规避。

第六章 文化遗产的沉浸式展示与传播

第一节 虚拟现实 (VR) 与增强现实 (AR) 技术原理

虚拟现实 (VR) 与增强现实 (AR) 技术是文化遗产沉浸式展示与传播的核心支撑技术, 依托计算机图形学、传感技术、人工智能等前沿科技, 打破了传统文化遗产展示“被动观看、时空受限”的局限, 构建起“可交互、可体验、可感知”的沉浸式传播场景。VR 技术以构建虚拟沉浸式场景为核心, 让受众“走进”文化遗产场景; AR 技术以现实场景叠加虚拟信息为核心, 实现文化遗产信息与现实环境的有机融合。

一、VR 与 AR 技术核心解析: 原理、架构与实现路径

VR 与 AR 技术虽同属沉浸式技术范畴, 但核心定位与实现逻辑存在本质差异, 分别依托不同的技术架构, 实现“虚拟沉浸”与“虚实融合”的展示效果, 二者均需通过多模块协同工作, 确保体验的真实性与流畅度, 适配文化遗产展示传播的多元化需求。

(一) 虚拟现实 (VR) 技术核心解析

VR 技术即虚拟现实技术, 核心是构建一个完全沉浸式的虚拟三维场景, 通过专用设备隔绝现实环境, 让受众全方位沉浸于虚拟场景中, 实现视觉、听觉、触觉等多感官的模拟体验, 核心目标是“创造虚拟现实”, 打破时空限制, 还原文化遗产的原始风貌与历史场景。

1. 核心原理

VR 技术的核心原理是利用计算机图形学技术生成虚拟三维场景, 结合传感技术、显示技术与交互技术, 模拟人类的感知系统, 让受众的大脑接收到与现实场景相似的感官信号, 从而产生“身临其境”的沉浸感。其核心逻辑是通过“场景生成—感官模拟—交互反馈”的闭环运作, 实现虚拟场景与受众行为的实时联动, 确保沉浸体验的真实性与流畅性。

2. 技术架构

VR 技术架构主要由四大核心模块协同构成，缺一不可：一是场景生成模块，核心负责虚拟三维场景的建模与渲染，结合文化遗产的原始数据（如考古测绘数据、文物扫描数据），构建高精度虚拟场景；二是显示模块，即 VR 头盔、VR 眼镜等专用显示设备，负责将虚拟场景以立体画面的形式呈现给受众，实现视觉沉浸；三是传感交互模块，包括动作传感器、数据手套、位置追踪器等设备，负责捕捉受众的肢体动作、头部转动等行为，实现受众与虚拟场景的实时交互；四是音频与触觉反馈模块，负责模拟虚拟场景中的声音与触觉感受，增强沉浸感，让受众的多感官得到全方位调动。

3. 实现路径

VR 技术的实现遵循“数据采集—场景建模—交互调试—优化呈现”的核心路径：首先，采集文化遗产的核心数据，包括文物的三维扫描数据、遗址的测绘数据、历史文献中的场景描述等，为虚拟场景构建提供基础；其次，利用三维建模软件，基于采集的数据构建高精度虚拟场景，还原文化遗产的细节特征与历史风貌；再次，集成传感交互、音频反馈等模块，实现受众与虚拟场景的实时交互，如虚拟文物的触摸、虚拟场景的漫游等；最后，对虚拟场景的渲染效果、交互流畅度进行调试优化，降低延迟，提升沉浸体验的真实性与舒适度。

（二）增强现实（AR）技术核心解析

AR 技术即增强现实技术，核心是在现实场景的基础上，通过专用设备叠加虚拟的文化遗产信息（如文物三维模型、历史场景还原、文字解读等），实现“现实场景+虚拟信息”的有机融合，核心目标是“增强现实感知”，让文化遗产信息更直观、更生动地呈现，无需隔绝现实环境。

1. 核心原理

AR 技术的核心原理是利用计算机视觉技术识别、追踪现实场景中的目标（如文物、遗址建筑），通过空间定位技术确定虚拟信息在现实场景中的位置，将虚拟信息与现实场景精准叠加，实现虚拟信息与现实环境的同步联动，让受众在观察现实场景的同时，能够直观获取相关的文化遗产补充信息，实现“虚实共生”的体验效果。

2. 技术架构

AR 技术架构主要由四大核心模块构成，侧重现实场景与虚拟信息的精准融

合：一是现实采集模块，即摄像头、传感器等设备，负责采集现实场景的图像、视频数据，捕捉现实环境的变化；二是识别追踪模块，核心负责识别现实场景中的目标物体，实时追踪目标的位置、角度变化，确保虚拟信息与现实目标的同步联动；三是虚拟信息生成模块，负责生成需要叠加的虚拟信息，包括文物三维模型、文字解读、历史场景动画等，确保虚拟信息的准确性与观赏性；四是叠加显示模块，可通过手机、平板、AR 眼镜等设备，将虚拟信息与现实场景精准叠加呈现，无需专用的封闭性设备，适配更广泛的应用场景。

3. 实现路径

AR 技术的实现遵循“现实采集—目标识别—空间定位—虚实叠加—优化适配”的核心路径：首先，通过采集设备获取现实场景（如博物馆展厅、遗址现场）的图像与环境数据；其次，利用识别算法识别现实场景中的核心目标（如文物、遗址构件），建立目标追踪模型；再次，通过空间定位技术，确定虚拟信息在现实场景中的精准位置，确保虚拟信息与现实目标的位置、角度精准匹配；最后，将虚拟信息与现实场景叠加呈现，调试优化叠加精度与显示效果，确保虚拟信息不突兀，实现虚实融合的自然体验。

二、VR 与 AR 技术的应用差异与优势互补关系

VR 与 AR 技术由于核心原理与实现路径不同，在应用场景、体验方式、技术优势等方面存在明显差异，二者并非相互替代，而是形成优势互补的关系，结合文化遗产展示传播的不同需求，合理搭配使用，可实现“沉浸式体验+场景化解读”的双重效果，提升展示传播质量。

（一）核心应用差异

VR 与 AR 技术的应用差异主要集中在体验方式、场景适配、核心功能三个方面，精准适配文化遗产展示传播的不同需求，具体差异如下：

一是体验方式差异。VR 技术采用“完全沉浸”的体验方式，通过专用设备隔绝现实环境，受众完全置身于虚拟场景中，专注于虚拟场景的体验与交互，不受现实环境的干扰，核心是“让受众走进虚拟遗产场景”；AR 技术采用“虚实融合”的体验方式，不隔绝现实环境，受众在观察现实场景的同时，获取叠加的虚拟信息，核心是“让虚拟遗产信息融入现实环境”，体验更具场景感与实用性。

二是场景适配差异。VR 技术更适配“无现实场景依托”的展示需求，如已

消失的历史遗址还原、文物的虚拟修复展示、无法对外开放的珍贵遗产场景漫游等，可打破时空限制与物理保护限制，让受众体验无法直接接触的文化遗产；AR 技术更适配“有现实场景依托”的展示需求，如博物馆文物展示、遗址现场解读、古建筑实景导览等，可在现实场景的基础上，补充文化遗产的深层信息，提升现实场景的展示效果。

三是核心功能差异。VR 技术的核心功能是“场景还原与沉浸式交互”，侧重通过虚拟场景还原文化遗产的历史风貌，让受众获得身临其境的体验，核心解决“无法到达、无法接触”的问题；AR 技术的核心功能是“信息补充与场景增强”，侧重通过虚拟信息叠加，解读现实场景中的文化遗产，丰富展示内容，核心解决“信息单一、解读抽象”的问题。

（二）优势互补关系

VR 与 AR 技术虽存在明显应用差异，但二者的优势形成互补，结合使用可弥补单一技术的短板，提升文化遗产展示传播的整体效果，实现“1+1>2”的传播效应。

一方面，VR 技术的沉浸式体验优势，可弥补 AR 技术“沉浸感不足”的短板。AR 技术虽能实现虚实融合，但受众仍处于现实环境中，难以完全沉浸于文化遗产场景；而 VR 技术可构建完全虚拟的遗产场景，让受众全方位体验文化遗产的历史风貌，尤其适合已消失遗产、珍贵脆弱遗产的展示，与 AR 技术结合，可实现“沉浸式体验+场景化解读”的双重效果。

另一方面，AR 技术的场景实用性优势，可弥补 VR 技术“脱离现实”的短板。VR 技术的虚拟场景虽真实，但与现实环境脱节，受众体验后难以将虚拟场景与真实遗产建立关联；而 AR 技术可在真实遗产场景中叠加虚拟信息，让受众在体验虚拟场景后，通过 AR 技术在现实中进一步解读遗产信息，实现虚拟体验与现实感知的有机衔接，加深受众对文化遗产的理解与记忆。

三、VR/AR 技术与文物展示传播的适配性及优化方向

VR/AR 技术凭借其独特的沉浸式优势，与文化遗产展示传播的“可视化、交互性、场景化”需求高度适配，已广泛应用于博物馆展示、遗址导览、文物解读等场景，但在实际应用中仍存在体验不流畅、真实性不足等问题，需针对性优化，提升技术适配性与体验效果。

（一）技术适配性分析

VR/AR 技术与文化遗产展示传播的适配性，主要体现在三个核心层面，契合文化遗产保护与传播的双重需求，既不损害文物本体，又能提升传播效果：

一是适配文化遗产“不可触碰、需保护”的核心需求。VR/AR 技术可通过虚拟建模、信息叠加的方式，展示珍贵脆弱文物、无法对外开放的遗产场景，让受众在不接触文物本体、不破坏遗产环境的前提下，获得沉浸式体验与详细的信息解读，实现“保护与传播并重”的目标。

二是适配文化遗产“场景化、可视化”的传播需求。传统文化遗产传播多以文字、图片为主，解读抽象、枯燥，难以让受众直观感受遗产的历史风貌与文化内涵；VR/AR 技术可通过虚拟场景还原、虚拟信息叠加，将抽象的文化遗产信息转化为直观、生动的可视化内容，增强传播的趣味性与吸引力，提升受众的接受度与记忆度。

三是适配文化遗产“多元化、个性化”的展示需求。不同类型的文化遗产（如文物、遗址、古籍）、不同受众群体（如青少年、科研人员、普通游客），对展示传播的需求存在差异；VR/AR 技术可根据遗产类型与受众需求，定制个性化的展示内容与体验方式，实现多元化传播，满足不同群体的需求。

（二）技术优化方向

为进一步提升 VR/AR 技术在文化遗产展示传播中的适配性，解决实际问题，重点从四个方面进行优化，提升体验的真实性与流畅度：

一是优化场景建模精度，提升真实性。虚拟场景的真实性是沉浸式体验的核心，需依托高精度的文化遗产数据（如三维扫描、考古测绘数据），优化建模技术，还原文化遗产的细节特征（如文物的纹饰、遗址的结构），避免建模粗糙、细节缺失等问题；同时，优化场景渲染效果，提升光影、色彩的真实性，让虚拟场景更贴近文化遗产的原始风貌。

二是降低技术延迟，提升流畅度。延迟过高会严重影响沉浸式体验，甚至引发受众不适，需优化技术算法，提升场景渲染速度与交互响应速度，降低 VR/AR 设备的延迟；同时，优化设备性能，研发轻量化、高性能的专用设备，提升设备的便携性与运行稳定性，适配不同的展示场景（如博物馆、户外遗址）。

三是强化交互设计，提升参与感。交互性是沉浸式传播的核心优势，需结合文化遗产的特点，设计贴合受众需求的交互方式，如虚拟文物的触摸、旋转、拆

解，虚拟场景的自主漫游、历史场景的互动演绎等；同时，优化交互逻辑，简化操作流程，让不同年龄段、不同技术认知水平的受众都能便捷参与，提升体验的便捷性与参与感。

四是实现内容精准适配，提升传播效果。结合不同类型文化遗产的特点与受众需求，精准定制展示内容，避免内容同质化、冗余化；对于文物展示，重点叠加详细的文字解读、历史背景介绍；对于遗址展示，重点还原历史场景，实现“古今对比”；同时，结合人工智能技术，根据受众的浏览习惯，推送个性化的展示内容，提升传播的精准度与效果。

VR 与 AR 技术作为沉浸式展示与传播的核心技术，与文化遗产展示传播的需求高度适配，打破了传统传播模式的局限，为文化遗产的活态传承提供了全新的技术路径。VR 技术的沉浸式场景还原的优势，让受众“走进”文化遗产；AR 技术的虚实融合优势，让文化遗产“融入”现实生活，二者优势互补，提升了文化遗产展示传播的趣味性、直观性与参与感。通过优化场景建模、降低技术延迟、强化交互设计、精准适配内容，可进一步提升技术的适配性与体验效果。

第二节 数字孪生与文化遗产场景重构

数字孪生技术作为新一代信息技术与文化遗产保护传播深度融合的核心产物，依托物联网、大数据、三维建模、实时监测等技术，构建文化遗产的虚拟镜像，实现虚拟场景与物理遗产的精准映射、实时联动与动态模拟。相较于普通三维建模，数字孪生技术打破了“静态展示、无法交互”的局限，将文化遗产的物理状态、历史演变、环境变化等信息全方位整合，为文化遗产场景重构提供了全新的技术路径。

一、文化遗产数字孪生的核心内涵与核心特征

文化遗产数字孪生是数字孪生技术在文化遗产领域的个性化应用，并非普通三维建模的升级，其核心是构建与物理文化遗产（文物、遗址、古建筑等）一一对应的虚拟孪生体，实现“物理遗产—虚拟孪生体—数据链路”的三位一体，兼具精准性、实时性、动态性等核心特征，精准适配文化遗产场景重构与活态传承的需求。

（一）核心内涵界定

文化遗产数字孪生，是指以物理文化遗产为核心载体，通过高精度数据采集、三维建模、传感器部署等技术手段，构建一个与物理遗产在几何形状、材质特征、空间结构、历史风貌上完全一致的虚拟孪生体；同时，依托物联网实时监测技术与数据传输链路，实现虚拟孪生体与物理遗产的实时数据联动，同步反映物理遗产的状态变化、环境影响等动态信息；最终，通过动态模拟技术，还原文化遗产的历史演变过程、制作流程，模拟病害发展、保护修复等场景，实现文化遗产“物理实体—虚拟镜像—数据应用”的深度融合，为文化遗产的保护、研究、展示传播提供全生命周期的技术支撑。

与普通三维建模相比，文化遗产数字孪生的核心差异在于动态联动与全生命周期管理，二者对比如下表所示：

对比维度	普通三维建模	文化遗产数字孪生
呈现状态	静态可视化	动态镜像，实时同步物理遗产状态
数据联动能力	无数据联动	物联网实时数据传输与同步
模拟推演功能	无模拟功能	可模拟历史演变、病害发展、修复效果等
生命周期管理	仅单次建模展示	覆盖发现、保护、研究、展示、传承全流程
应用目标	外观展示	保护、研究、展示、活态传承一体化

数字孪生构建的虚拟孪生体，是物理遗产的“动态镜像”，可实时同步物理遗产的各类状态，且能基于数据开展动态模拟，实现从静态展示到动态管理、从单一呈现到多元应用的升级，真正实现文化遗产的数字化活态传承。

（二）核心特征解析

文化遗产数字孪生以“精准建模、实时联动、动态模拟”为核心特征，三者相互支撑、有机融合，构成数字孪生技术的核心优势，区别于普通三维建模与其他数字化技术，具体特征如下：

1. 精准建模：虚实一一对应

精准建模是文化遗产数字孪生的基础，核心要求是虚拟孪生体与物理文化遗产实现“全方位、高精度”的一一对应，涵盖几何形状、材质特征、空间结构、细节纹理等所有核心维度。其建模过程依托高精度数据采集技术（如三维激光扫描、无人机测绘、微观扫描等），捕捉文化遗产的每一个细节，小至文物的纹饰、材质纹理，大至遗址的空间布局、古建筑的构件结构，均需精准还原，误差控制在合理范围。相较于普通三维建模“重形态、轻细节”“重外观、轻材质”的短板，

数字孪生的精准建模可实现“毫米级”还原，确保虚拟孪生体能够完全替代物理遗产开展各类研究与展示活动，为后续的实时联动与动态模拟提供坚实基础。

2. 实时联动：虚实同步响应

实时联动是文化遗产数字孪生的核心优势，也是区别于普通三维建模的关键特征，核心是通过物联网传感器、数据传输链路，实现虚拟孪生体与物理文化遗产的实时数据同步，虚拟孪生体可动态反映物理遗产的状态变化与环境影响。一方面，通过在物理文化遗产上部署各类传感器（如温湿度传感器、应力传感器、病害监测传感器等），实时采集物理遗产的状态数据（如结构形变、病害发展、环境参数等）；另一方面，通过数据传输链路，将采集到的数据实时传输至虚拟孪生体，虚拟孪生体同步更新相关状态，实现“物理遗产发生变化，虚拟孪生体同步响应”，让工作人员可通过虚拟孪生体，实时监测物理遗产的状态，无需现场勘查，降低文化遗产保护的工作量与风险。

3. 动态模拟：全场景可推演

动态模拟是文化遗产数字孪生的核心应用延伸，依托虚拟孪生体与海量数据，可实现文化遗产各类场景的动态推演与模拟，打破时空限制与物理保护限制。其核心是基于虚拟孪生体，结合历史数据、环境数据、材质数据等，模拟文化遗产的历史演变过程、制作流程、病害发展趋势、保护修复效果等各类场景，且模拟过程可交互、可调整、可回溯。相较于普通三维建模的静态呈现，数字孪生的动态模拟可让文化遗产“活起来”，既能够还原已消失的历史场景，也能够预判未来的变化趋势，为文化遗产的研究、保护与展示提供全新的视角与支撑。

4. 全生命周期：全流程可管理

除三大核心特征外，文化遗产数字孪生还具备“全生命周期管理”的延伸特征，可实现对文化遗产从发现、保护、研究、展示到传承的全流程数字化管理。通过虚拟孪生体与数据链路，整合文化遗产的各类数据（如考古数据、监测数据、研究数据、修复数据等），构建文化遗产的全生命周期数据档案，实现数据的可追溯、可查询、可复用；同时，基于数据开展全流程动态管理，实时监控保护状态、优化研究方案、创新展示方式，实现文化遗产保护、研究、传播的一体化发展，推动文化遗产活态传承。

二、数字孪生技术在文化遗产场景重构中的应用

文化遗产场景重构是数字孪生技术的核心应用场景，核心是依托数字孪生的精准建模、实时联动、动态模拟优势，还原文化遗产的历史场景、空间布局与制作流程，打破传统文化遗产场景重构“精度低、不可交互、无法动态推演”的局限，实现场景重构的精准化、动态化、交互化，适配古建筑、遗址、文物等不同类型文化遗产的场景重构需求。

（一）古建筑复原场景重构

古建筑作为文化遗产的重要组成部分，受自然风化、人为破坏等因素影响，部分建筑出现构件破损、结构坍塌、风貌受损等问题，甚至部分古建筑已完全消失，传统复原方式精度低、周期长，且无法还原建筑的动态演变过程。数字孪生技术在古建筑复原场景重构中的应用，可实现“精准复原、动态呈现、可交互体验”的目标，为古建筑保护与复原提供科学支撑。

其核心应用流程是：首先，通过高精度激光扫描、无人机测绘等技术，采集现存古建筑的构件数据、结构数据、材质数据，结合历史文献、考古资料，补充已破损、消失构件的相关数据；其次，基于采集的数据，构建古建筑的高精度虚拟孪生体，精准还原古建筑的整体布局、构件细节、材质纹理、装饰风格，实现“毫米级”复原；再次，通过动态模拟技术，还原古建筑的建造流程、历史演变过程，模拟不同历史时期古建筑的风貌变化，让工作人员与受众可直观了解古建筑的发展脉络；最后，依托实时联动技术，将虚拟孪生体与现存古建筑的监测数据对接，实时反映古建筑的结构状态、病害发展，为古建筑的保护修复提供精准数据支撑，同时可通过虚拟孪生体开展修复模拟，优化修复方案。

（二）遗址场景再现重构

文化遗产遗址（如古城遗址、墓葬遗址、手工业遗址等）的场景再现，核心需求是还原遗址的原始空间布局、历史风貌与人类活动场景，传统场景再现多采用静态模型、壁画等方式，无法实现动态呈现与交互体验，且难以还原遗址的细节特征与历史氛围。数字孪生技术在遗址场景再现重构中的应用，可实现遗址场景的“精准再现、动态推演、沉浸式体验”，打破时空限制，让受众“走进”历史遗址。

其核心应用体现在两个方面：一是遗址原始场景再现，通过考古测绘数据、

三维扫描数据，结合历史文献与考古研究成果，构建遗址的虚拟孪生体，精准还原遗址的空间布局、建筑遗迹、道路格局、人类活动区域等，还原遗址的原始历史风貌，弥补遗址现存遗迹不完整的短板；二是遗址历史场景动态推演，基于虚拟孪生体，结合历史数据，模拟遗址的人类活动场景（如古人的生产生活、祭祀活动、手工业制作等），实现历史场景的动态呈现，让受众直观了解遗址的历史功能与人类活动轨迹；同时，可通过实时联动技术，将虚拟孪生体与遗址的现场监测数据对接，实时反映遗址的环境变化、病害发展（如水土流失、风化、坍塌等），为遗址的预防性保护提供精准支撑，也可通过虚拟孪生体开展遗址保护模拟，预判保护措施的效果。

（三）文物制作流程模拟重构

文物制作流程的模拟重构，是文化遗产活态传承的重要组成部分，核心需求是还原文物的制作工艺、流程与技术水平，传统制作流程还原多采用文字描述、视频演示等方式，无法实现精准模拟与交互体验，难以让受众与科研人员直观了解制作工艺的细节。数字孪生技术在文物制作流程模拟重构中的应用，可实现文物制作流程的“精准模拟、动态演示、可交互体验”，为文物制作工艺的研究与传承提供全新支撑。

其核心应用流程是：首先，通过微观扫描、材质分析数据，结合考古研究成果，明确文物的材质、制作工艺与流程步骤；其次，基于虚拟孪生体技术，构建文物制作流程的虚拟模拟场景，精准还原每一个制作步骤（如原料选取、加工、成型、装饰、烧制等），模拟制作过程中的工艺细节、技术手法与参数控制；再次，实现制作流程的动态演示与交互体验，受众与科研人员可通过虚拟孪生体，直观观察每一个制作步骤的细节，甚至可通过交互操作，模拟文物的制作过程，深入了解古代工匠的制作技术与工艺水平；同时，可基于虚拟孪生体，开展制作工艺的模拟优化，探索不同工艺参数对文物成品的影响，为文物的修复、复仿制提供精准技术支撑，推动文物制作工艺的活态传承。

三、数字孪生技术在文化遗产领域的应用价值与前景展望

数字孪生技术凭借其精准建模、实时联动、动态模拟的核心优势，在文化遗产场景重构中发挥着不可替代的作用，同时为文化遗产的永久保存、精准研究、创新展示提供了全新的技术路径，具备极高的应用价值，未来随着技术的持续迭

代，其应用将更加广泛、深入，推动文化遗产保护传播向数字化、智能化、活态化方向发展。

（一）核心应用价值

1. 实现文化遗产的永久保存，破解保护难题

文化遗产受自然环境、人为因素影响，易出现破损、老化、消失等问题，传统保护方式难以实现文化遗产的永久保存，且部分珍贵脆弱文物、濒危遗址的保护难度极大。数字孪生技术通过构建文化遗产的虚拟孪生体，实现文化遗产的数字化永久保存，即使物理遗产因自然灾害、人为破坏等原因消失，虚拟孪生体仍可完整保留其所有细节特征与历史信息，实现文化遗产的“永续传承”。同时，通过实时联动技术，可实时监测物理遗产的状态，提前预判病害发展与安全隐患，为预防性保护提供精准数据支撑，降低保护难度，减少保护成本，实现“保护与保存并重”的目标。

2. 助力文化遗产的精准研究，深化认知水平

传统文化遗产研究多依赖物理遗产的现场勘查、样本分析等方式，存在研究周期长、精度低、风险高（如珍贵文物取样会造成二次伤害）等问题，且难以开展深层次的动态研究。数字孪生技术构建的虚拟孪生体，可为科研人员提供“无接触、高精度、可交互”的研究平台，科研人员可通过虚拟孪生体，全方位、多角度观察文化遗产的细节特征（如微观纹理、内部结构），无需接触物理遗产，避免造成二次伤害；同时，通过动态模拟技术，可推演文化遗产的历史演变、制作流程、病害发展等场景，深入研究文化遗产的历史价值、艺术价值、科学价值与制作工艺，打破传统研究方式的局限，深化对文化遗产的认知水平，推动考古学、文物学等相关学科的发展。

3. 创新文化遗产的展示方式，提升传播效果

传统文化遗产展示多采用静态陈列、文字解读等方式，展示形式单一、互动性弱，难以吸引受众，尤其是青少年群体，传播效果有限。数字孪生技术依托虚拟孪生体，创新文化遗产的展示方式，构建“沉浸式、可交互、动态化”的展示场景，让受众可通过虚拟设备，“走进”虚拟孪生体场景，与文化遗产实现实时交互，直观感受文化遗产的历史风貌与文化内涵，增强展示的趣味性与吸引力；同时，可结合VR/AR等沉浸式技术，将虚拟孪生体与现实展示场景结合，实现“虚实融合”的展示效果，打破时空限制与物理保护限制，扩大文化遗产的传播覆盖

面，提升传播效果，推动文化遗产的大众化普及与活态传承。

（二）技术应用前景展望

未来，随着数字孪生技术与物联网、人工智能、大数据、5G 等新一代信息技术的深度融合，其在文化遗产领域的应用将向更精准、更智能、更多元的方向发展，逐步实现文化遗产保护、研究、展示、传承的一体化发展，前景广阔。

一是技术精度持续提升，实现“微米级”精准建模与实时联动，进一步缩小虚拟孪生体与物理遗产的差距，可精准捕捉文物的微观材质变化、古建筑的细微结构形变，为文化遗产的精细化保护与研究提供更精准的支撑；同时，轻量化技术的发展，将推动虚拟孪生体的便携化呈现，适配更多展示场景（如户外遗址、移动终端）。

二是智能化水平不断提升，结合人工智能技术，实现虚拟孪生体的自主学习与智能推演，可自动预判文化遗产的病害发展趋势、自然灾害影响，自主优化保护修复方案与展示内容，减少人工干预，提升文化遗产管理的智能化水平；同时，可通过人工智能技术，实现文化遗产数据的自动采集、分析与更新，完善数字孪生体的数据库，提升数据的时效性与完整性。

三是应用场景持续拓展，逐步延伸至文化遗产的数字化复制制、跨领域融合传播、活态传承等更多场景，如结合数字孪生技术，开展文物的数字化复制制，实现文物工艺的精准传承；结合元宇宙技术，构建文化遗产元宇宙场景，打造“沉浸式、可交互”的文化遗产传播平台，让受众可在元宇宙空间中体验文化遗产；同时，推动不同地区、不同类型文化遗产数字孪生体的互联互通，实现文化遗产的跨区域传播与共享。

数字孪生技术为文化遗产场景重构与活态传承提供了全新的技术路径，其精准建模、实时联动、动态模拟的核心特征，区别于普通三维建模，实现了文化遗产从静态数字化到动态智能化的升级。在古建筑复原、遗址场景再现、文物制作流程模拟等场景中的应用，彰显了其独特的技术优势，同时在文化遗产永久保存、精准研究、创新展示等方面发挥着不可替代的核心价值。

第三节 交互叙事与沉浸式展览设计

交互叙事与沉浸式展览设计是文化遗产沉浸式展示与传播的关键载体，打破了传统文化遗产展览“被动观看、单向传播”的局限，以文物背后的历史文化故事为核心，融合交互叙事理念与VR/AR、数字孪生等前沿技术，构建“可参与、可感知、有温度”的沉浸式展览场景。交互叙事通过打造受众参与式叙事模式，让文化遗产故事更具感染力；沉浸式展览设计通过科学的原则与方法，实现技术与文化的深度融合，让文化遗产活起来。

一、交互叙事：文化遗产传播的参与式叙事逻辑

交互叙事是沉浸式展览设计的核心灵魂，其核心并非单纯的“互动体验”，而是以文化遗产背后的历史文化故事为内核，构建“受众参与式”的叙事模式，让受众从“被动倾听者”转变为“主动参与者”，通过互动行为推动叙事发展、感知文化内涵，进而提升文化遗产传播的感染力与记忆点，实现文化遗产的活态传承。

（一）交互叙事的核心逻辑

交互叙事的核心逻辑是“故事为核、受众为中心、互动为纽带”，三者有机融合，打破传统线性叙事的局限，构建多维度、可选择、可参与的叙事体系，适配文化遗产故事的多元化传播需求。其核心逻辑可概括为三个层面，相互支撑、层层递进：

其一，以文化遗产故事为核心内核，拒绝无意义互动。交互叙事的本质是“叙事”，互动只是实现叙事传播的手段，核心是挖掘文物、遗址等文化遗产背后的历史故事、人文内涵、艺术价值，将抽象的文化信息转化为可感知、可参与的叙事内容，让每一个互动环节都围绕故事展开，确保互动行为与文化内涵高度契合，避免为了互动而互动，确保文化遗产故事的完整性与严肃性。

其二，以受众为中心，适配多元受众需求。交互叙事打破了传统叙事“单向输出”的模式，充分尊重受众的主体性，结合不同受众群体（青少年、科研人员、普通游客）的认知水平、兴趣偏好，设计差异化的参与式叙事路径，让受众可根据自身需求选择叙事视角、推动叙事发展，实现“千人千面”的个性化叙事体验，让不同受众都能在参与中理解文化遗产的内涵。

其三，以互动为纽带，构建情感联结。交互叙事通过设计轻量化、沉浸式的互动环节，让受众通过肢体动作、思维判断、情感投入等方式参与叙事过程，推动故事发展、解锁隐藏内容，实现“受众行为—叙事推进—情感共鸣”的闭环。通过互动，让受众从“远距离观看”转变为“近距离参与”，加深对文化遗产故事的理解，构建与文化遗产之间的情感联结，提升传播的感染力与长效性。

（二）文化遗产交互叙事的参与式模式设计

结合文物背后的历史文化故事，文化遗产交互叙事的参与式模式设计，核心是围绕“故事解锁、角色代入、场景互动”三大方向，打造轻量化、有温度的参与场景，无需复杂操作，即可让受众深度参与，具体设计思路如下：

1. 故事解锁式参与模式

以文化遗产完整故事为脉络，将故事拆解为多个核心片段，每个片段对应一个互动环节，受众通过完成互动任务（如文物细节观察、历史问题作答、简单操作模拟等），逐步解锁故事片段，最终拼凑出完整的文化遗产故事。这种模式贴合受众的探索心理，让受众在互动探索中，逐步了解文物的历史背景、人文内涵，避免直接灌输式传播的枯燥感，提升传播的趣味性与记忆点。

2. 角色代入式参与模式

结合文化遗产故事中的核心角色（如古代工匠、文人墨客、历史人物等），让受众代入角色视角，参与故事发展过程。通过场景还原、角色任务设计，让受众模拟角色的行为（如模拟古代工匠制作文物、模拟文人鉴赏文物等），感受角色的情感与经历，进而更直观、更深刻地理解文化遗产背后的人文精神与历史价值，构建情感共鸣，提升传播的感染力。

3. 场景互动式参与模式

依托 VR/AR、数字孪生等技术，还原文化遗产的历史场景，让受众置身于场景之中，通过肢体交互、语音交互等方式，与场景中的文物、角色进行互动，影响故事发展走向。这种模式打破了时空限制，让受众“走进”历史场景，实现“身临其境”的参与体验，让文化遗产故事变得可触摸、可感知，进一步提升沉浸式传播效果。

二、沉浸式展览设计：原则、方法与技术融合

沉浸式展览设计是交互叙事理念的落地载体，核心是融合交互叙事、前沿技

术与文化内涵，打造“可交互、有温度、重体验”的展览场景，打破传统展览“静态陈列、单向传播”的局限。其设计需遵循科学的原则，采用合理的方法，实现技术与文化、叙事与体验的深度融合，适配文化遗产展示传播的核心需求。

（一）沉浸式展览设计的核心原则

沉浸式展览设计需坚守“文化为核、体验为王、技术为用、适度创新”四大核心原则，四大原则相互制约、有机统一，确保展览既具备文化内涵，又具备良好的沉浸式体验，避免技术滥用与体验失衡，具体原则如下：

1. 文化为核原则

文化内涵是沉浸式展览的灵魂，所有设计环节（包括交互设计、技术应用、场景搭建）都必须围绕文化遗产的历史价值、艺术价值、人文内涵展开，坚守文化真实性，不随意篡改历史、不歪曲文化内涵，确保展览的严肃性与专业性。技术与体验都是服务于文化传播的手段，不能凌驾于文化之上，避免“重技术、轻文化”的误区。

2. 体验为王原则

沉浸式展览的核心优势是“沉浸式体验”，设计需以受众体验为核心，注重受众的感官感受与参与感，避免复杂的操作流程与晦涩的内容呈现，打造轻量化、便捷化、有温度的体验场景。结合不同受众群体的需求，优化体验路径，确保受众能够轻松参与、深度感受，实现“看得懂、玩得会、记得住”的展览目标。

3. 技术为用原则

VR/AR、数字孪生、灯光音效等前沿技术是沉浸式展览设计的重要支撑，但技术应用需坚持“实用、适配、适度”的原则，根据展览内容与叙事需求，选择适配的技术，避免盲目堆砌技术。技术应用的核心是提升体验效果、强化叙事传播，而非单纯追求技术的先进性，确保技术与文化、叙事的深度融合，实现“技术服务于内容”的目标。

4. 适度创新原则

沉浸式展览设计需在坚守文化真实性的基础上，进行适度创新，打破传统展览的固有模式，创新交互方式、场景呈现方式与叙事模式。创新需贴合受众的兴趣偏好与认知水平，尤其是针对青少年群体，可融入年轻化的设计元素，提升展览的吸引力，但需避免过度娱乐化，确保展览的文化调性与专业性，实现“创新与严谨并重”。

（二）沉浸式展览设计的核心方法

结合核心原则，沉浸式展览设计主要采用“叙事引领、场景构建、交互设计、技术融合”四大核心方法，四大方法协同发力，实现文化内涵、交互叙事与沉浸式体验的深度融合，具体方法如下：

1. 叙事引领法

以交互叙事为引领，将文化遗产故事贯穿展览全程，根据故事脉络划分展览区域、设计展览流程，每个展览区域对应一个叙事片段，每个交互环节对应故事的推进节点。通过叙事引领，让展览内容更具逻辑性、连贯性，让受众在参观过程中，逐步了解文化遗产故事，实现“参观即叙事、体验即传播”的效果。

2. 场景构建法

以文化遗产的历史场景、文化场景为原型，结合高精度建模、灯光音效、道具还原等方式，构建沉浸式展览场景。场景构建需注重细节还原，贴合文化遗产的历史风貌与材质特征，同时注重氛围营造，通过灯光、音效、气味等元素，打造贴合叙事情绪的展览氛围，让受众置身其中，产生“身临其境”的沉浸感。

3. 交互设计法

结合交互叙事模式，设计轻量化、多元化的交互环节，适配不同受众群体的需求。交互设计需注重便捷性，避免复杂操作，让受众无需专业指导即可完成互动；同时注重多样性，融合肢体交互、语音交互、触摸交互等多种交互方式，结合展览内容与叙事需求，设计差异化的互动环节，提升受众的参与感与体验感。

4. 技术融合法

融合 VR/AR、数字孪生、灯光音效、大数据等前沿技术，强化展览的沉浸式效果与交互体验。通过 VR/AR 技术，实现文物的虚拟展示、历史场景的沉浸式还原；通过数字孪生技术，构建文物与场景的虚拟孪生体，实现实时交互与动态模拟；通过灯光音效技术，营造贴合叙事情绪的展览氛围；通过大数据技术，分析受众的参观习惯与兴趣偏好，优化展览设计与体验路径，提升展览的针对性与实效性。

（三）技术融合的核心要点

沉浸式展览设计中的技术融合，核心是实现“技术与文化、技术与叙事、技术与体验”的三位一体，避免技术滥用与脱节。重点融合 VR/AR、数字孪生、灯光音效三大核心技术，具体融合要点如下：一是 VR/AR 技术侧重“沉浸式体验”，

用于还原历史场景、展示珍贵文物，实现受众与文物、场景的近距离交互；二是数字孪生技术侧重“精准还原与动态交互”，用于构建文物与场景的虚拟孪生体，实现文物细节的精准展示与动态模拟；三是灯光音效技术侧重“氛围营造”，贴合交互叙事的情绪变化，打造有温度的展览氛围，强化受众的情感共鸣。

三、优秀沉浸式文物展览案例参考与经验提炼

近年来，国内外涌现出一批优秀的沉浸式文物展览案例，这些案例立足文化遗产内涵，融合交互叙事与前沿技术，打造了极具感染力的沉浸式展览场景，积累了丰富的设计经验与创新思路，可为后续沉浸式展览的设计与落地提供参考，推动文化遗产沉浸式展示传播的规范化、多元化发展。

（一）国内外优秀案例参考

1. 国内优秀案例

国内案例以“文化本土化、体验场景化”为核心特色，深度挖掘本土文化遗产内涵，融合交互叙事与前沿技术，打造贴合国内受众认知的沉浸式展览。例如，某博物馆推出的文物沉浸式展览，以本土古代文明为核心脉络，采用交互叙事模式，让受众代入古代先民、工匠的角色，通过 VR 技术还原古代生活场景、文物制作场景，受众可通过互动操作，模拟文物制作、生活劳作等行为，逐步解锁本土古代文明的发展故事。展览融合数字孪生技术，构建珍贵文物的虚拟孪生体，受众可通过触摸交互，360° 观察文物细节，甚至拆解文物虚拟模型，了解文物的内部结构与制作工艺，实现“文物可触摸、历史可参与”的体验效果，既传播了本土文化，又提升了受众的参与感与体验感。

2. 国外优秀案例

国外案例以“技术精细化、叙事多元化”为核心特色，注重技术与叙事的深度融合，打造极具创新性与感染力的沉浸式展览。例如，某国外博物馆推出的古代文物沉浸式展览，以“文物的前世今生”为叙事主线，采用故事解锁式参与模式，将文物的制作、流传、保护修复等故事，拆解为多个互动片段，受众通过完成互动任务，逐步解锁文物的完整故事。展览融合 AR 技术，受众通过手机或 AR 眼镜，可在现实展览场景中，看到文物的虚拟还原影像、历史场景动画，实现“现实文物 + 虚拟信息”的虚实融合体验；同时，展览结合大数据技术，根据受众的参观习惯，推送个性化的叙事内容与互动任务，实现“千人千面”的个性化体验，既

保证了文化传播的专业性，又提升了展览的创新性与吸引力。

（二）可复制、可推广的经验与创新思路提炼

结合国内外优秀案例，提炼出四大可复制、可推广的设计经验与创新思路，为后续沉浸式文物展览的设计与落地提供参考，推动文化遗产沉浸式展示传播的高质量发展：

1. 坚守文化内核，实现文化与体验的深度融合

所有优秀案例的核心共性，都是坚守文化真实性与内涵，将文化遗产故事作为展览的灵魂，所有交互设计、技术应用都围绕文化展开，避免“重技术、轻文化”“重体验、轻内涵”的误区。这一经验启示我们，沉浸式展览设计需先深入挖掘文化遗产的历史价值、人文内涵，再结合交互叙事与技术，实现文化与体验的深度融合，让展览既有温度、有体验，又有内涵、有价值。

2. 优化交互设计，打造轻量化、多元化的参与体验

优秀案例均注重交互设计的轻量化与多元化，避免复杂操作，适配不同受众群体的需求，让受众能够轻松参与、深度感受。这一经验启示我们，交互设计需贴合受众的认知水平与操作习惯，打造简单、便捷、有趣的互动环节，同时融合多种交互模式，兼顾不同受众的需求，实现“全民可参与、全民可体验”，提升展览的覆盖面与传播效果。

3. 理性运用技术，实现技术服务于内容的目标

优秀案例的技术应用均坚持“实用、适配”的原则，根据展览内容与叙事需求，选择适配的技术，避免盲目堆砌技术，实现技术与内容、叙事的深度融合。这一经验启示我们，沉浸式展览设计中，技术是手段而非目的，需理性运用前沿技术，聚焦提升体验效果、强化文化传播，让技术真正服务于文化遗产的展示与传播，而非单纯追求技术的先进性。

4. 注重受众适配，实现个性化、差异化传播

优秀案例均注重受众的主体性，结合不同受众群体的需求，设计差异化的叙事模式与体验路径，实现个性化传播。这一经验启示我们，沉浸式展览设计需充分考虑受众的多样性，针对青少年、科研人员、普通游客等不同群体，优化展览内容、交互方式与体验路径，打造差异化的展览体验，让不同受众都能在参观中有所收获，提升文化遗产传播的针对性与实效性。

交互叙事与沉浸式展览设计，推动文化遗产展示传播从“静态陈列”向“动

态参与”、从“单向传播”向“双向互动”转型，为文化遗产活态传承提供了全新的载体与路径。交互叙事通过打造受众参与式叙事模式，让文化遗产故事更具感染力，构建受众与文化遗产的情感联结；沉浸式展览设计通过科学的原则与方法，融合前沿技术与文化内涵，打造“可交互、有温度”的展览场景，让文化遗产变得可触摸、可感知。国内外优秀案例积累的经验与创新思路，为后续沉浸式展览的设计与落地提供了重要参考。

第四节 云展览与跨媒介传播策略

云展览与跨媒介传播是数字化时代文化遗产沉浸式展示与传播的重要延伸，打破了文化遗产传播的时空限制与渠道壁垒，依托互联网技术与多元媒介平台，实现文化遗产展示的线上化、便捷化与传播的多元化、全覆盖。云展览通过虚拟展厅、线上直播等多元形式，让受众足不出户就能感受文化遗产的魅力；跨媒介传播通过整合多渠道资源，实现文化遗产信息的多维度、广覆盖传播。

一、云展览建设：模式创新与核心要点

文物云展览是传统文化遗产线下展览的数字化延伸与创新，核心是依托三维建模、互联网、流媒体等技术，构建线上虚拟展示场景，打造“可随时随地参观、可交互、可分享”的线上展览形式。其建设需立足文化遗产内涵，结合受众需求，创新建设模式，明确核心要点，确保云展览的专业性、便捷性与体验感，实现线下展览与线上展览的有机互补。

（一）云展览的核心建设模式

结合当前数字化技术发展水平与文化遗产传播需求，云展览的建设模式主要分为三大类，各类模式相互补充、协同发力，适配不同类型文化遗产的展示需求与不同受众的参观习惯，构建多元化的云展览体系：

1. 虚拟展厅模式

虚拟展厅是云展览的核心建设模式，核心是依托三维建模、VR/AR 等技术，构建与线下展厅 1:1 还原或优化升级的线上虚拟展厅，实现文化遗产的沉浸式线上展示。虚拟展厅需精准还原线下展览的空间布局、文物陈列、场景氛围，同时融入交互设计，让受众可通过鼠标、触屏等方式，自主控制参观路线、放大观察

文物细节、查看文物文字解读与语音介绍，实现“自主参观、沉浸式体验”。部分虚拟展厅可结合数字孪生技术，构建文物的虚拟孪生体，实现文物的动态展示与交互模拟，进一步提升参观体验。

2. 线上直播模式

线上直播模式是云展览的轻量化建设模式，核心是依托流媒体技术，通过直播平台，开展文物讲解、展览导览、专家访谈等线上直播活动，实现文化遗产的实时传播与互动交流。该模式无需构建复杂的虚拟展厅，建设成本低、落地速度快，可聚焦重点文物、特色展览，邀请文物专家、讲解员进行实时讲解，解答受众疑问，实现“实时传播、双向互动”，提升受众的参与感与关注度，适合短期展览推广与重点文物传播。

3. 数字藏品模式

数字藏品模式是云展览的创新延伸模式，核心是依托区块链技术，将文物的高清影像、三维模型等转化为具有唯一性、可追溯性的数字藏品，实现文化遗产的数字化收藏、传播与分享。数字藏品需基于文物的真实数据制作，坚守文化真实性原则，不随意篡改文物细节与文化内涵，同时融入创意设计，打造兼具文化性与艺术性的数字产品。受众可通过云展览平台收藏、分享数字藏品，实现文化遗产传播的全民参与，同时拓宽文化遗产的传播边界，吸引年轻受众群体。

（二）云展览建设的核心要点

云展览建设需坚守“文化为核、体验为先、便捷高效、安全可控”的核心原则，重点把握四大核心要点，确保云展览的质量与效果，实现文化遗产传播的目标：

一是坚守文化真实性，保障内容专业。云展览的核心是文化遗产展示，所有内容（包括文物影像、文字解读、场景还原等）都必须坚守文化真实性，严格依据考古研究成果与文物真实信息，不随意篡改、虚构，确保展览的专业性与严肃性；同时，要深入挖掘文物背后的历史文化内涵，将抽象的文化信息转化为直观、易懂的展示内容，提升云展览的文化价值。

二是优化参观体验，提升便捷性。云展览的核心优势是便捷性与体验感，建设过程中需优化平台操作流程，简化登录、参观步骤，适配电脑、手机等不同终端设备，让受众可随时随地、轻松参观；同时，优化交互设计，简化交互操作，完善文物解读、语音介绍等功能，提升参观的趣味性与沉浸感，避免复杂操作影响受众体验。

三是强化技术支撑,保障稳定运行。云展览的正常运行依赖技术支撑,需选择适配的技术平台,优化网络传输速度,避免出现卡顿、闪退等问题;同时,加强数据安全防护,保护文物数字资源不被泄露、篡改,确保云展览平台的安全可控;此外,可结合大数据技术,记录受众参观数据,为后续传播优化提供支撑。

四是注重线上线下融合,实现互补增效。云展览并非线下展览的替代,而是补充与延伸,建设过程中需注重线上线下展览的有机融合,实现内容互补、活动联动;例如,线下展览可同步推出云展览,让无法到场的受众在线上参观;云展览可设置线下展览预约入口,引导线上受众前往线下参观,实现线上线下协同传播,提升传播效果。

二、跨媒介传播:多渠道整合与受众全覆盖策略

文物跨媒介传播的核心是整合短视频、社交媒体、直播平台、线下展览等多元媒介渠道,打破单一传播渠道的局限,构建“线上+线下、传统+新兴”的多维度传播体系,实现文化遗产信息的全方位、广覆盖传播,精准触达不同类型受众群体,提升文化遗产的传播力与影响力。

(一) 跨媒介传播的渠道整合

结合当前媒介发展趋势与受众获取信息的习惯,重点整合四大核心传播渠道,构建多元化、立体化的跨媒介传播矩阵,实现渠道互补、协同发力:

1. 短视频平台:轻量化、碎片化传播

短视频平台(如抖音、快手、视频号等)具有传播速度快、受众覆盖面广、互动性强等优势,适合文化遗产的轻量化、碎片化传播。传播过程中,可制作时长简短、内容精炼、趣味性强的文物相关短视频,聚焦文物细节、历史故事、展览亮点等内容,搭配简洁的文字解读与适配的背景音乐,吸引受众关注;同时,可发起相关话题挑战,引导受众参与互动、分享,扩大传播范围,重点触达青年受众群体。

2. 社交媒体平台:精准化、社交化传播

社交媒体平台(如微信、微博、小红书等)具有精准化、社交化的传播特点,适合文化遗产的深度传播与受众互动。可通过微信公众号、微博账号,发布云展览预告、文物深度解读、展览活动资讯等内容,吸引精准受众关注;通过小红书发布图文并茂的文物介绍、云展览参观攻略等内容,贴合年轻受众的兴趣偏好;

同时，加强受众互动，及时回复受众留言、解答疑问，构建受众社群，提升受众粘性。

3. 直播平台：实时化、互动化传播

直播平台（如抖音直播、淘宝直播、视频号直播等）是云展览传播与文物解读的重要渠道，可结合云展览建设，开展线上直播导览、专家访谈、文物讲解等活动，实现文化遗产的实时传播与双向互动。直播过程中，可邀请文物专家、讲解员现场解读文物，演示云展览参观方法，解答受众疑问；同时，设置直播福利、互动抽奖等环节，提升受众参与感，扩大云展览的影响力。

4. 线下线上联动：立体化、全方位传播

线下展览是文化遗产传播的传统渠道，跨媒介传播需注重线下线上渠道的联动，实现立体化传播。线下展览可设置云展览二维码，引导参观受众扫码线上同步参观、收藏数字藏品；线上云展览、短视频、直播等可引导受众前往线下展览参观，实现线上线下流量互通；同时，可结合线下社区、学校、文化场馆等渠道，开展文化遗产科普活动，联动线上媒介平台同步传播，扩大传播覆盖面。

（二）跨媒介传播的核心策略

为实现跨媒介传播的高效落地，达成受众全覆盖的目标，需遵循“精准定位、内容适配、协同联动、全民参与”的核心策略，确保不同媒介渠道的传播内容适配、活动联动，提升传播的精准度与实效性：

一是精准定位受众，适配传播内容。不同媒介渠道的受众群体存在差异，需结合各渠道受众的年龄、认知水平、兴趣偏好，精准定位受众需求，定制差异化的传播内容；例如，短视频平台重点推送轻量化、趣味性强的内容，吸引青少年受众；社交媒体平台重点推送深度解读、参观攻略等内容，吸引文化爱好者；直播平台重点开展互动性强的直播活动，提升受众参与感。

二是强化内容适配，提升传播吸引力。不同媒介渠道的传播特点不同，需根据各渠道的传播规律，优化传播内容的形式与风格，确保内容适配渠道、贴合受众；例如，短视频需注重画面质感与节奏，文字简洁精炼；图文内容需注重逻辑性与可读性，搭配高清文物影像；直播需注重互动性与实时性，提升受众参与感，避免内容同质化、形式单一化。

三是推动协同联动，实现渠道互补。跨媒介传播的核心是协同发力，需加强各媒介渠道的联动，实现内容共享、活动联动、流量互通；例如，云展览预告可

同步在短视频、社交媒体、直播平台发布；直播活动可同步在多个平台播出，并通过短视频平台剪辑精彩片段二次传播；线下展览活动可通过线上媒介平台同步直播、宣传，实现各渠道协同发力，扩大传播范围。

四是引导全民参与，扩大传播影响力。文化遗产传播的目标是实现全民普及，需设计轻量化、易参与的互动活动，引导受众参与传播；例如，发起文物摄影、文物故事分享、云展览打卡等活动，鼓励受众通过自身社交账号分享传播；邀请网红、博主等参与云展览推广、文物解读，借助其影响力扩大传播范围，实现全民参与、全民传播。

三、传播优化：基于受众数据反馈的迭代升级路径

跨媒介传播的效果并非一成不变，需基于受众数据反馈，持续优化云展览内容与跨媒介传播方式，及时调整传播策略，解决传播过程中存在的问题，提升传播效率与受众粘性，实现文化遗产传播的持续优化与升级。

（一）受众数据的采集与分析

受众数据是传播优化的核心依据，需建立完善的数据采集体系，全面采集各媒介渠道、云展览平台的受众数据，重点采集三大类数据：一是受众基础数据，包括年龄、性别、地域、认知水平等，明确受众群体特征，为精准传播提供支撑；二是受众行为数据，包括云展览参观时长、参观路径、文物关注重点、互动频率、内容分享次数等，分析受众兴趣偏好与行为习惯；三是受众反馈数据，包括留言评论、问卷调查、投诉建议等，了解受众对云展览内容、传播方式的满意度与改进需求。

采集数据后，需运用大数据技术进行分类分析，挖掘数据背后的规律与问题，明确云展览内容、跨媒介传播方式中存在的不足，例如，某类内容受众关注度低、某一传播渠道转化率低、受众对交互体验不满意等，为后续优化提供明确方向。

（二）云展览内容优化

基于受众数据反馈，重点从三个方面优化云展览内容，提升内容质量与受众体验：一是优化内容结构，根据受众关注重点，调整文物陈列顺序、内容呈现方式，增加受众关注度高的文物解读、历史故事等内容，删减冗余、晦涩的内容，提升内容的针对性与可读性；二是完善交互功能，根据受众行为数据，优化虚拟展厅的交互设计，补充受众需求较高的功能（如多语言解读、文物收藏、分享等），

简化交互操作，提升参观体验；三是更新内容形式，结合受众兴趣偏好，增加短视频、动画、专家讲解等多元化内容形式，避免内容同质化，定期更新云展览内容，吸引受众重复参观。

（三）跨媒介传播方式优化

结合受众数据反馈与各渠道传播效果，优化跨媒介传播方式，提升传播效率与覆盖面：一是调整渠道布局，根据各媒介渠道的受众转化率、传播效果，聚焦受众活跃度高、传播效果好的渠道，加大传播力度，减少效果不佳的渠道投入，实现资源优化配置；二是优化传播内容，根据受众兴趣偏好，调整各渠道的传播内容，优化内容形式与风格，提升内容的吸引力与传播力；例如，针对青少年受众集中的短视频平台，增加趣味性、互动性强的内容；三是优化互动策略，根据受众互动数据，调整互动活动形式与频率，设计更贴合受众需求的互动活动，及时回复受众留言、解答疑问，提升受众粘性；四是强化精准推送，结合受众基础数据与行为数据，通过大数据技术实现文化遗产内容的精准推送，将受众感兴趣的内容精准触达目标受众，提升传播的精准度与实效性。

云展览与跨媒介传播，推动文化遗产展示传播进入“数字化、多元化、全民化”的新阶段，打破了时空限制与渠道壁垒，为文化遗产的活态传承提供了全新的路径。云展览通过虚拟展厅、线上直播、数字藏品等多元模式，让文化遗产触手可及；跨媒介传播通过整合多渠道资源，实现文化遗产信息的全方位、广覆盖传播。基于受众数据反馈的持续优化，可不断提升云展览质量与传播效果，增强受众粘性。

第七章 文物资源的创意转化与 IP 开发

第一节 文物 IP 的价值评估与授权机制

文物 IP 作为中华优秀传统文化的重要载体，是文物资源创意转化与可持续发展的核心抓手，其价值不仅体现在历史文化与艺术层面，更蕴含着巨大的市场转化与传播潜力。科学的价值评估是文物 IP 开发的前提，规范化的授权机制是文物 IP 有序发展的保障，二者相辅相成，共同推动文物 IP 从资源转化为品牌、从文化遗产转化为文化产品。

一、文物 IP 价值评估体系构建

文物 IP 价值评估是一个多维度、系统性的工程，核心是立足文物本身的特质与 IP 开发的需求，构建涵盖历史文化价值、艺术价值、市场转化价值、传播价值四大核心维度的评估体系，每个维度下设具体评估指标，实现评估的科学化、标准化、可操作化，为文物 IP 开发决策提供精准依据，避免盲目开发与资源浪费。

（一）核心评估维度及指标

四大核心评估维度各有侧重、相互支撑，共同构成文物 IP 价值评估的完整体系，各维度核心信息及具体指标如下表所示：

评估维度	维度定位	核心评估指标	维度核心说明
历史文化价值	核心基础维度	1. 历史年代与稀缺性；2. 文化代表性；3. 人文内涵	文物 IP 的核心灵魂，区别于其他 IP 的核心特质，是评估的基础前提，聚焦文物承载的历史、文化与人文精神
艺术价值	审美核心维度	1. 造型与纹饰；2. 制作工艺；3. 审美适配性	文物 IP 创意转化的重要支撑，决定审美吸引力与衍生潜力，聚焦艺术表达、工艺水平与当代审美适配性
市场转化价值	实践核心维度	1. 受众适配度；2. 衍生开发潜力；3. 市场竞争力	文物 IP 开发的核心目标之一，决定商业潜力与可持续性，聚焦商业衍生、市场接受度与盈利空间
传播价值	推广核心维度	1. 传播辨识度；2. 传播适配性；3. 传播影响力	文物 IP 文化传播与品牌增值的保障，决定影响力与覆盖面，聚焦传播潜力、渠道适配性与传播效果

（二）评估体系的应用原则

为确保文物 IP 价值评估的科学性与合理性，评估过程中需遵循三大核心原则：一是客观性原则，评估需以文物的真实特质、历史资料、市场数据为依据，避免主观臆断与过度夸大，确保评估结果真实可靠；二是系统性原则，需全面考量四大核心维度，兼顾各维度之间的关联性，避免单一维度评估导致的片面性，实现全方位、系统性评估；三是动态性原则，文物 IP 价值会随着市场环境、受众需求、开发实践的变化而动态调整，需定期对评估结果进行更新优化，适配 IP 开发的动态需求。

二、文物 IP 授权机制的规范化构建

文物 IP 授权是实现文物 IP 创意转化与市场价值变现的核心路径，核心是通过规范化的流程、合理的权益分配、严格的监管机制，明确授权方、被授权方的权利与义务，规范 IP 授权行为，防范侵权风险，实现文物 IP 的有序开发、良性循环，兼顾文化价值、市场价值与社会价值的统一。

（一）规范化的授权流程

文物 IP 授权需遵循“评估筛选—洽谈签约—履约监管—终止复盘”的规范化流程，确保授权过程有序可控、权责清晰：

第一步，评估筛选，授权方基于文物 IP 价值评估结果，筛选具备资质、实力与良好口碑的被授权方，明确授权范围、授权期限、授权品类，避免盲目授权；第二步，洽谈签约，双方就授权品类、授权费用、权益分配、履约要求、侵权责任等核心条款进行洽谈，达成一致后签订正式授权合同，明确双方的权利与义务，细化各项履约标准；第三步，履约监管，授权期间，授权方需对被授权方的 IP 使用情况、产品开发质量、履约进度进行全程监管，确保被授权方严格按照合同约定使用文物 IP，不得擅自篡改文物 IP 内涵、不超出授权范围使用；第四步，终止复盘，授权期限届满后，双方办理授权终止手续，对授权过程、履约情况、市场效果进行复盘总结，为后续授权实践提供经验参考，如需续约，可基于复盘结果重新洽谈签约。

（二）合理的权益分配机制

权益分配是文物 IP 授权的核心环节，需遵循“公平合理、互利共赢”的原则，兼顾授权方、被授权方的利益，推动双方长期合作。权益分配主要围绕授权

费用展开，核心分配模式包括：固定授权费模式，即被授权方按合同约定，向授权方支付固定金额的授权费用，无论产品销量如何；销售额分成模式，即被授权方按产品销售额的一定比例，向授权方支付分成费用，销量越高，分成越多；固定费用 + 销售额分成模式，即被授权方先支付固定授权费，再按销售额支付分成费用，兼顾双方收益，降低合作风险。同时，需明确权益分配的支付周期、支付方式，以及额外权益（如 IP 宣传推广权益、衍生产品优先开发权益）的分配方式，避免权益纠纷。

（三）严格的监管机制

为防范侵权风险，规范授权行为，需建立“授权方自查 + 第三方监管 + 法律保障”的三重监管机制：一是授权方自查，授权方成立专门的监管团队，定期对被授权方的 IP 使用情况、产品质量、宣传内容进行检查，及时发现并纠正违规行为；二是第三方监管，引入专业的第三方机构，对文物 IP 授权过程、履约情况进行独立监管，确保监管的客观性与公正性，避免授权方自身监管的局限性；三是法律保障，完善文物 IP 相关法律法规，明确侵权行为的认定标准与处罚措施，授权方发现侵权行为时，可通过法律途径维护自身权益，严厉打击擅自使用、篡改文物 IP 等侵权行为，营造规范有序的 IP 授权环境。

（四）侵权风险防范要点

除了严格的监管机制，还需重点防范两大核心侵权风险：一是授权范围失控风险，明确授权品类、授权期限、授权区域，禁止被授权方超出授权范围使用文物 IP，禁止擅自转授权；二是 IP 内涵篡改风险，明确要求被授权方在使用文物 IP 时，坚守文物的历史文化真实性，不随意篡改文物 IP 的核心内涵、视觉符号与文化特质，确保文物 IP 的文化严肃性。

三、文物 IP 价值评估的实践应用

文物 IP 价值评估体系的核心价值在于为 IP 授权、创意开发提供科学的决策依据，通过典型文物 IP 案例的评估实践，可清晰呈现评估体系的应用流程与核心作用，提炼可复制、可推广的评估经验，推动评估体系的规范化应用，助力文物 IP 的高质量开发。

（一）典型案例评估实践

1. 案例选取原则

选取典型文物 IP 案例需遵循“代表性、多样性、可借鉴性”原则，选取不同类型、不同开发阶段的文物 IP，涵盖馆藏文物、遗址文物等不同品类，涵盖文创、数字内容等不同开发方向，确保案例的代表性与借鉴性，能够清晰呈现评估体系的实际应用效果。

2. 评估实践应用过程

以某典型馆藏文物 IP 为例，其评估实践严格遵循四大核心维度：在历史文化价值维度，该文物为某朝代代表性文物，存世稀少，承载着特定历史时期的文化风貌与人文精神，历史文化价值突出；在艺术价值维度，该文物造型独特、纹饰精美，制作工艺精湛，具备鲜明的艺术风格，适配现代审美与创意转化；在市场转化价值维度，该文物受众认可度高，适配文创产品、数字藏品等多种衍生形式，市场竞争力强，盈利潜力大；在传播价值维度，该文物视觉辨识度高，适配多种传播渠道，话题热度高，传播影响力广。

基于以上评估，该文物 IP 被判定为高价值 IP，授权方结合评估结果，筛选具备文创开发实力的被授权方，签订规范化授权合同，明确授权品类为文创产品，采用“固定费用 + 销售额分成”的权益分配模式，通过三重监管机制规范授权行为，防范侵权风险。评估结果为该文物 IP 的授权开发提供了精准依据，避免了盲目开发，确保了 IP 开发的针对性与实效性，最终实现了文化价值与市场价值的双重提升。

（二）评估实践的核心启示

结合典型案例的评估实践，可提炼出三大核心启示，为后续文物 IP 价值评估与开发提供借鉴：一是价值评估是 IP 开发的前提，只有通过科学的评估，才能精准判断文物 IP 的价值潜力与开发方向，避免资源浪费；二是评估需贴合开发需求，评估指标的设定需兼顾文化价值与市场价值，确保评估结果能够直接服务于 IP 授权、创意开发等实践环节；三是评估与授权需协同发力，科学的评估为规范化授权提供依据，规范化授权则实现评估价值的落地，二者协同推动文物 IP 的高质量开发。

文物 IP 价值评估与授权机制的规范化构建，是推动文物资源创意转化与 IP 开发的核心支撑。科学的价值评估体系，能够精准挖掘文物 IP 的多元价值，为

开发决策提供依据；规范化的授权机制，能够规范 IP 授权行为，防范侵权风险，实现 IP 价值的有序变现。通过评估实践的不断完善，可推动评估体系与授权机制的持续优化，助力文物 IP 从资源转化为品牌，从文化遗产转化为兼具文化内涵与市场价值的文化产品。

第二节 数字文创产品的设计与开发

数字文创产品是文物 IP 创意转化的核心载体，也是数字化时代文物资源活态传承的重要路径，依托数字技术与创意设计，将文物的历史文化内涵、艺术元素与现代生活需求相结合，打破传统文创产品的物理局限，实现文化价值、艺术价值与市场价值的统一。科学的设计原则是数字文创产品的品质保障，清晰的开发类型是产品差异化发展的基础，规范的开发路径是产品落地见效的关键。

一、数字文创产品的核心设计原则

数字文创产品的设计核心是“文化为魂、创意为翼、体验为核、市场为导向”，需确立“文化性、创新性、实用性、趣味性”四大核心原则，四大原则相互支撑、有机统一，既坚守文物的历史文化内涵，又贴合现代受众的需求与审美，避免“重形式、轻内涵”“重创意、轻实用”的误区，确保数字文创产品兼具文化底蕴与市场竞争力。

（一）文化性原则（核心根本）

文化性是数字文创产品区别于普通数字产品的核心特质，也是其核心价值所在，设计过程中需坚守文物的历史文化真实性，将文物的核心元素、文化内涵与人文精神融入产品设计的全过程，拒绝无文化内核的创意堆砌与过度娱乐化改编。核心要求是深入挖掘文物的历史背景、艺术特色、人文内涵，提炼具有代表性的文物元素（如纹饰、造型、色彩、历史故事等），将抽象的文化信息转化为直观、可感知的数字产品形态，让受众在使用产品的过程中，潜移默化地感受中华优秀传统文化的魅力，实现文化传播与价值传递的目标。同时，需尊重文物的历史严肃性，不随意篡改文物元素、歪曲文化内涵，确保数字文创产品的文化专业性与严肃性。

（二）创新性原则（发展动力）

创新性是数字文创产品突破传统、吸引受众的关键，核心是在坚守文化性的基础上，实现创意设计与数字技术的双重创新，打破传统文创产品的表现形式与体验模式。创意设计创新需结合现代审美趋势与受众需求，对文物元素进行创造性转化与创新性发展，避免简单复制粘贴文物影像，实现传统元素与现代设计风格的有机融合；数字技术创新需依托 VR/AR、区块链、人工智能、大数据等前沿技术，创新产品的呈现形式、交互方式与体验模式，打造具有独特性、差异化的数字文创产品，提升产品的科技感与吸引力，打破物理空间与时间的局限，丰富受众的体验场景。

（三）实用性原则（落地保障）

实用性是数字文创产品实现市场价值、融入现代生活的基础，设计过程中需摒弃“重观赏、轻使用”的误区，立足受众的实际需求，确保产品具有明确的使用价值与应用场景，能够真正融入受众的日常生活、学习与娱乐中。核心要求是结合不同受众群体的需求差异，设计适配多样化场景的数字文创产品，兼顾产品的便捷性与实用性，避免复杂的操作流程与冗余的功能设计，让受众能够轻松上手、便捷使用；同时，需注重产品的适配性，适配电脑、手机、平板等不同终端设备，提升产品的使用便捷度与受众覆盖面，确保产品能够真正落地并被受众接受。

（四）趣味性原则（传播助力）

趣味性是数字文创产品提升受众粘性、扩大传播范围的重要支撑，尤其是针对年轻受众群体，需通过趣味化的设计，降低文化传播的门槛，让文物文化以更生动、更易懂的方式触达受众。核心要求是结合交互设计、视觉设计、内容设计，打造趣味化的产品体验，例如，通过互动小游戏、趣味问答、虚拟场景还原等形式，让受众在娱乐过程中了解文物知识、感受文化内涵；通过年轻化的视觉风格、潮流化的表达形式，贴合年轻受众的审美偏好，提升产品的吸引力与传播力，实现“寓教于乐”的文化传播目标，推动文物文化的大众化普及。

（五）原则协同应用要点

四大设计原则并非孤立存在，而是协同发力、相互制约，设计过程中需把握核心平衡：文化性是根本，创新性、实用性、趣味性需围绕文化性展开，不能脱离文物的文化内涵；实用性是基础，确保产品能够落地使用、被受众接受；创新

性与趣味性是助力，提升产品的吸引力与传播力，实现文化价值与市场价值的双重提升。同时，需结合市场需求与受众反馈，动态优化设计方案，确保四大原则的协同落地。

二、数字文创产品的核心开发类型

随着数字技术的持续迭代与受众需求的多元化发展，数字文创产品的开发类型不断丰富，核心是围绕文物 IP 的价值特质与受众需求，梳理出“数字藏品、文创 APP、虚拟周边、互动小程序”四大核心开发类型，各类产品定位不同、特色鲜明、适配场景各异，共同构成多元化的数字文创产品体系，满足不同受众群体的需求，实现文物 IP 的多维度创意转化。

（一）数字藏品类（核心热门类型）

数字藏品是依托区块链技术，将文物的高清影像、三维模型、艺术元素等转化为具有唯一性、可追溯性、不可篡改的数字产品，是文物 IP 数字化转化的核心形式之一，兼具文化收藏价值与艺术欣赏价值。其核心特点是基于文物真实数据制作，坚守文化真实性，每一件数字藏品都有唯一的区块链标识，可实现数字化收藏、分享、流转，既保护了文物的原始信息，又打破了传统藏品的物理局限与收藏门槛，让普通受众也能参与文物文化的收藏与传播。开发过程中需注重文物元素的精准提取与艺术化呈现，结合区块链技术的优势，打造兼具文化性、稀缺性与艺术性的数字藏品，适配不同受众的收藏需求，同时规避过度商业化、炒作等问题，坚守文化传播的核心目标。

（二）文创 APP 类（深度体验类型）

文创 APP 是聚焦文物文化传播与深度体验的综合性数字文创产品，核心是整合文物 IP 资源，打造集文物解读、互动体验、文创展示、文化科普于一体的专属平台，实现文物文化的深度传播与受众的长效留存。其核心功能包括：文物高清影像展示与深度解读，让受众全方位了解文物的历史背景与艺术特色；沉浸式互动体验，结合 VR/AR 技术还原文物历史场景、模拟文物制作流程，提升受众的参与感与体验感；文创产品展示与购买，实现数字文创与实体文创的联动销售；文化科普专栏，推送文物知识、考古动态等内容，提升受众的文化认知。开发过程中需注重功能的实用性与体验的流畅性，优化 APP 界面设计与操作流程，贴合不同受众群体的使用习惯，打造差异化、专业化的文创 APP，实现文物文化

的深度传播与长效运营。

（三）虚拟周边类（轻量化传播类型）

虚拟周边是轻量化、低成本的数字文创产品，核心是提取文物的核心元素，设计适配线上场景使用的虚拟产品，无需实体生产，可直接通过互联网传播与使用，具有传播速度快、受众覆盖面广、开发成本低等优势，是文物 IP 大众化传播的重要载体。核心开发品类包括：虚拟头像、虚拟挂件、虚拟壁纸、虚拟表情包、虚拟皮肤等，产品设计注重轻量化、趣味化与颜值化，贴合年轻受众的审美偏好与线上社交需求，可适配微信、QQ、短视频平台、游戏等多种线上场景，实现“随手传播、随手使用”。开发过程中需注重文物元素的简化与提炼，兼顾文化性与趣味性，避免过度简化导致文化内涵缺失，同时注重产品的差异化设计，打造具有辨识度的虚拟周边产品，提升产品的传播力与受众接受度。

（四）互动小程序类（场景化体验类型）

互动小程序是聚焦场景化互动体验的数字文创产品，核心是依托微信、支付宝等小程序平台，打造轻量化、场景化的互动产品，无需下载安装，受众可直接通过扫码、搜索等方式使用，适配线下展览、线上社交、文化科普等多种场景，实现文物文化的场景化传播。核心开发方向包括：文物互动小游戏（如文物拼图、文物找茬、文物知识问答等）、线下展览导览小程序（结合 AR 技术实现文物虚拟信息叠加、语音导览等功能）、文物创意 DIY 小程序（让受众自主提取文物元素，设计个性化虚拟产品）、文化社群小程序（搭建文物文化交流平台，提升受众粘性）。开发过程中需注重场景适配性与互动趣味性，简化操作流程，打造轻量化的互动体验，同时结合场景需求，融入相应的文物文化内容，实现“体验即传播、互动即科普”的目标，提升产品的实用性与传播力。

（五）其他延伸开发类型

随着数字技术的持续发展，数字文创产品的开发类型不断延伸，逐步出现数字文创动画、文物主题数字音乐、虚拟偶像（文物拟人化）等新型产品。这类产品立足文物 IP 的文化内涵，结合数字动画、音频制作等技术，实现文物文化的多元化、创新性传播，进一步拓宽文物 IP 的创意转化边界，吸引更多不同类型的受众群体，推动文物文化的活态传承与创新发展。

三、数字文创产品的标准化开发路径

数字文创产品的高质量开发，需遵循标准化、规范化的开发路径，结合设计原则与开发类型，明确“文物元素提取、创意设计、技术实现、市场推广”四大核心环节，每个环节层层递进、协同发力，确保产品从创意构思到落地推广的全流程有序可控，提升产品的品质与市场竞争力，实现文物 IP 创意转化的目标。

（一）第一环节：文物元素提取（基础前提）

文物元素提取是数字文创产品开发的基础，核心是立足文物 IP 价值评估结果，深入挖掘文物的核心元素与文化内涵，为后续创意设计与技术实现提供基础支撑，确保产品的文化性与辨识度。核心流程包括：一是元素筛选，结合文物的历史文化价值、艺术价值与市场转化价值，筛选具有代表性、可提取、可转化的核心元素，包括造型元素、纹饰元素、色彩元素、文字元素、历史故事元素等，优先选择辨识度高、适配性强、受众接受度高的元素；二是元素解析，深入分析筛选出的文物元素，明确元素的历史内涵、艺术特色、象征意义，确保元素提取的准确性与完整性，避免误解与篡改；三是元素提炼与转化，对文物元素进行简化、提炼与标准化处理，保留元素的核心特质与辨识度，同时结合现代设计风格与数字技术特点，将传统文物元素转化为适配数字文创产品的设计元素，确保元素既具传统文化底蕴，又具现代设计美感，为后续创意设计提供支撑。

（二）第二环节：创意设计（核心核心）

创意设计是数字文创产品的灵魂，核心是结合文物提取的元素、四大设计原则与目标受众需求，开展产品创意构思与方案设计，打造兼具文化性、创新性、实用性与趣味性的数字文创产品方案。核心流程包括：一是受众定位，明确产品的目标受众群体，分析受众的年龄、兴趣偏好、使用习惯、消费需求等，结合受众需求确定产品的开发类型、设计风格与功能定位，实现精准设计；二是创意构思，基于文物元素与受众需求，开展多元化创意构思，结合数字技术的优势，创新产品的呈现形式、交互方式与体验模式，避免同质化创意，打造具有差异化、独特性的产品创意；三是方案细化，将创意构思转化为具体的设计方案，细化产品的视觉设计、交互设计、内容设计等，明确产品的功能、形态、风格、细节，形成完整的设计方案；四是方案评审，组织专业人员（文物专家、设计专家、市场专家）对设计方案进行评审，重点审核方案的文化性、创新性、实用性与可行

性，结合评审意见优化完善设计方案，确保方案符合要求，为后续技术实现提供清晰指引。

（三）第三环节：技术实现（落地核心）

技术实现是数字文创产品从设计方案落地为实际产品的关键，核心是依托适配的数字技术，将创意设计方案转化为可使用、可传播的数字文创产品，确保产品的稳定性、流畅性与体验感。核心流程包括：一是技术选型，结合产品的开发类型、设计方案与功能需求，选择适配的数字技术，例如，数字藏品选用区块链技术，沉浸式体验产品选用 VR/AR 技术，小程序选用微信小程序开发技术，确保技术的实用性与适配性，避免盲目选用高端技术导致开发成本过高、体验不佳；二是产品开发，组建专业的技术开发团队，按照设计方案开展产品开发，重点实现产品的视觉呈现、交互功能、内容加载等核心模块，注重产品的稳定性与流畅性，避免出现卡顿、闪退、功能异常等问题；三是测试优化，产品开发完成后，开展全面的测试工作，包括功能测试、兼容性测试、体验测试、安全测试等，及时发现并修复产品存在的问题；同时，结合受众测试反馈，优化产品的操作流程、视觉效果、交互体验，提升产品的品质与受众接受度；四是产品上线，测试通过后，按照相应的平台规则，完成产品的上线工作，例如，数字藏品上线区块链平台，APP 上线应用商店，小程序上线微信平台，确保产品能够正常面向受众使用。

（四）第四环节：市场推广（传播核心）

市场推广是数字文创产品扩大影响力、实现市场价值的重要环节，核心是结合产品定位与目标受众，整合多元传播渠道，制定精准的推广策略，提升产品的知名度、传播力与受众粘性，推动产品的传播与转化。核心流程包括：一是推广策略制定，结合产品的开发类型、受众定位与核心优势，制定差异化的推广策略，明确推广目标、推广渠道、推广内容与推广节奏，避免盲目推广；二是渠道整合，整合线上线下多元传播渠道，线上重点利用短视频平台、社交媒体、直播平台、文创 APP、小程序等渠道，推送产品相关内容，开展互动推广；线下结合博物馆展览、文化活动、社区推广等渠道，开展场景化推广，实现线上线下协同发力；三是内容推广，制作贴合产品特色与受众需求的推广内容，包括短视频、图文、直播、互动活动等，突出产品的文化内涵、创意特色与使用价值，吸引受众关注与参与；四是受众运营，建立完善的受众运营体系，及时收集受众反馈，优化产品与推广策略，开展受众互动活动，提升受众粘性；同时，注重品牌建设，打造

具有辨识度的数字文创品牌，推动产品的长效传播与可持续发展。

数字文创产品的设计与开发，是文物 IP 创意转化与数字化活态传承的重要路径，兼具文化传播与市场变现的双重价值。“文化性、创新性、实用性、趣味性”四大设计原则，为产品品质提供了根本保障；多元化的开发类型，适配了不同受众的需求与不同场景的传播需求；标准化的开发路径，确保了产品从创意到落地的有序可控。

第三节 文物元素在动漫、游戏及影视中的应用

动漫、游戏及影视作为大众喜闻乐见的文化传播载体，具有受众覆盖面广、传播力强、感染力突出的优势，是文物元素创意转化、文物 IP 增值与文化活态传承的重要阵地。文物元素中的造型、纹样、历史故事等核心内容，为动漫、游戏、影视创作提供了丰富的素材支撑；而动漫、游戏、影视的创意呈现，又让静态的文物元素“活起来”，实现文物文化的大众化传播与产业价值的双向赋能。

一、文物元素在动漫、游戏及影视中的核心应用路径

文物元素在动漫、游戏及影视中的应用，核心是立足文物的历史文化内涵，结合三大领域的创作规律与受众需求，将文物的造型、纹样、历史故事等核心元素，通过“元素植入、故事改编、场景还原”等路径，有机融入创作全过程，实现文化内涵与艺术表达、娱乐体验的深度融合，避免简单堆砌与生硬植入，确保文物元素的文化价值与创作的艺术价值、市场价值相统一。

（一）核心应用路径梳理

1. 元素植入：轻量化渗透，强化文化辨识度

元素植入是文物元素应用的基础路径，核心是将文物的造型、纹样等视觉元素，轻量化、碎片化地渗透到动漫、游戏、影视的角色设计、道具设计、场景装饰中，无需改变原有创作主线，重点强化作品的文化辨识度与历史氛围感，让受众在潜移默化中感受文物文化的魅力。其核心应用重点包括三个方面：一是造型元素植入，提取文物的典型造型（如青铜器的器型、陶瓷的轮廓、古建筑的构件），融入角色造型、道具设计中，例如将青铜器的造型转化为游戏角色的武器、动漫角色的服饰配饰；二是纹样元素植入，提取文物的经典纹样（如云雷纹、缠枝纹、

饕餮纹），应用于角色服饰、道具装饰、场景细节中，丰富作品的视觉层次，传递传统审美内涵；三是符号元素植入，提取文物承载的文化符号（如铭文、图腾），作为作品的标识、道具细节或场景装饰，强化作品的文化调性，实现文物元素的轻量化传播。

2. 故事改编：深度融合，丰富内容内涵

故事改编是文物元素应用的核心路径，核心是依托文物背后的历史故事、人文传说，结合动漫、游戏、影视的叙事规律，进行创造性转化与创新性发展，将文物故事转化为作品的核心叙事线索或支线剧情，让文物成为故事的“主角”，实现文化内涵与叙事体验的深度融合。其核心应用逻辑是：立足文物的历史真实性，挖掘文物背后的人物、事件、传说，摒弃晦涩难懂的历史细节，结合受众的认知水平与兴趣偏好，优化叙事节奏、丰富人物形象，将抽象的文物文化转化为生动、易懂、有感染力的叙事内容。例如，以文物的制作、流传、保护过程为核心，改编为动漫或影视剧情；以文物承载的历史事件为背景，设计游戏的主线任务与剧情脉络，让受众在观看、游玩过程中，深入了解文物的历史内涵与人文价值。

3. 场景还原：沉浸式呈现，营造历史氛围

场景还原是文物元素应用的重要延伸路径，核心是依托文物的历史背景与考古研究成果，结合数字技术，精准还原文物所处的历史场景、制作场景、存放场景，为动漫、游戏、影视打造沉浸式的历史氛围，提升作品的代入感与体验感。其核心应用重点是：一是历史场景还原，结合文物所处的历史时期，还原当时的社会环境、建筑风貌、生活场景，例如还原古代宫殿、手工业作坊、墓葬场景等，让受众“身临其境”感受历史氛围；二是文物制作场景还原，结合文物的制作工艺，还原古代工匠制作文物的全过程，展现古代工匠的技艺水平与智慧，丰富作品的文化内涵；三是文物存放场景还原，精准还原博物馆、遗址等文物存放场景，展现文物的真实状态，增强作品的真实性与专业性。场景还原需依托数字孪生、VR/AR 等技术，确保还原的精准性，同时结合创作需求进行适度优化，兼顾历史真实性与艺术表现力。

（二）不同领域的应用侧重点

由于动漫、游戏、影视的创作规律、受众群体、体验模式存在差异，文物元素在三大领域的应用侧重点有所不同，需结合领域特色实现精准应用：一是动漫领域，侧重元素植入与故事改编，兼顾趣味性与文化性，通过生动的角色、易懂

的剧情，向大众尤其是青少年群体传播文物文化；二是游戏领域，侧重元素植入与场景还原，兼顾互动性与沉浸式体验，让受众在游玩过程中，通过互动操作感受文物元素的魅力，实现“寓教于乐”；三是影视领域，侧重故事改编与场景还原，兼顾真实性与感染力，通过精准的场景还原、深刻的叙事表达，传递文物的历史文化价值，提升作品的文化格调。

二、文物元素应用的案例分析与经验提炼

近年来，国内外涌现出一批文物元素与动漫、游戏、影视深度融合的优秀案例，这些案例立足文物文化内涵，结合不同领域的创作特色，创新应用路径，实现了文化价值与市场价值的双赢，同时也暴露出部分同质化、生硬植入等问题。通过案例分析，提炼可复制、可推广的经验，规避常见误区，可为后续应用实践提供重要参考。

（一）国内外优秀案例参考

1. 国内优秀案例

国内案例以“文化本土化、创意年轻化”为核心特色，深度挖掘本土文物资源，结合大众审美与需求，创新应用路径，打造了一批具有民族特色的优秀作品。在动漫领域，某文物主题动漫以本土珍贵文物为核心，提取文物的造型、纹样元素，设计生动的动漫角色，将文物背后的历史故事改编为趣味剧情，兼顾趣味性与文化性，吸引了大量青少年受众，同时推动了相关文物的大众化传播。在游戏领域，某国风游戏深度植入青铜器、陶瓷、古建筑等文物元素，将文物纹样应用于角色服饰、道具设计，结合考古成果还原古代场景，设计文物相关的支线任务与互动玩法，让受众在游玩过程中了解文物知识与制作工艺，实现了文化传播与游戏体验的深度融合，获得了市场与口碑的双重认可。在影视领域，某文物主题纪录片式影视节目，结合数字技术，精准还原文物的制作场景、历史场景，通过专家解读与剧情演绎，讲述文物背后的历史故事与人文精神，既保证了历史真实性，又具备较强的感染力，推动了文物文化的广泛传播。

2. 国外优秀案例

国外案例以“技术精细化、创意多元化”为核心特色，注重文物元素与创作的深度融合，依托先进的数字技术，创新呈现形式，打造了一批具有国际影响力的优秀作品。在动漫领域，某国外动漫提取世界各国珍贵文物的元素，结合多元

化的创意设计，打造具有国际视野的动漫角色与剧情，既传播了文物文化，又实现了不同文化的交流融合。在游戏领域，某国外经典游戏系列，多次植入各国文物元素，通过精准的场景还原与趣味的互动玩法，让受众在游玩过程中了解不同国家的文物文化，同时依托先进的数字技术，提升文物元素的呈现效果，增强游戏的体验感。在影视领域，某国外文物主题电影，以珍贵文物的流传过程为核心剧情，结合数字技术还原文物所处的历史场景，既展现了文物的历史价值与艺术价值，又探讨了文物保护的重要意义，实现了文化传播与影视艺术的双赢。

（二）经验提炼与误区规避

1. 核心应用经验

结合国内外优秀案例，提炼出三大可复制、可推广的核心经验：一是坚守文化真实性，这是文物元素应用的前提，所有应用路径都必须尊重文物的历史文化内涵，不随意篡改文物元素、歪曲历史故事，确保作品的文化专业性；二是注重创意创新，避免简单复制粘贴文物元素，需结合创作需求与受众偏好，对文物元素进行创造性转化与创新性发展，创新应用路径，打造具有差异化、独特性的作品，规避同质化问题；三是强化技术支撑，依托数字孪生、VR/AR 等先进技术，提升文物元素的呈现效果，尤其是场景还原与元素植入的精准性，增强作品的沉浸式体验与视觉表现力；四是兼顾文化性与市场性，在传播文物文化的同时，贴合受众需求与市场趋势，打造兼具文化内涵与市场竞争力的作品，实现文化价值与市场价值的双赢。

2. 常见误区规避

在文物元素应用实践中，需重点规避三大常见误区：一是同质化严重，部分作品盲目跟风，简单复制其他作品的应用路径，缺乏对文物元素的深度挖掘与创意创新，导致作品缺乏独特性；二是生硬植入，部分作品将文物元素强行堆砌到创作中，与作品的剧情、角色、场景脱节，不仅无法传递文物文化价值，还影响作品的整体质感；三是过度娱乐化，部分作品为追求市场热度，过度篡改文物的历史内涵与文化特质，将文物元素娱乐化、低俗化，违背了文物传播的核心目标。规避这些误区，需坚守文化初心，注重创意创新，实现文物元素与创作的有机融合。

三、文物元素与动漫、游戏、影视融合的价值转化

文物元素与动漫、游戏、影视的深度融合，并非简单的素材叠加，而是实现“文

化+产业”的双向赋能，既推动文物文化的创新传播、文物 IP 的增值，又丰富动漫、游戏、影视的创作素材、提升产业的文化格调，最终实现文物传播、IP 增值、文化传承与产业发展的多赢局面，彰显“文化+产业”融合发展的核心价值。

（一）核心价值转化路径

1. 助力文物传播：打破壁垒，实现大众化普及

传统文化遗产的传播多依赖博物馆、遗址参观等传统方式，存在传播范围有限、受众覆盖面窄、传播形式单一等问题。文物元素与动漫、游戏、影视的融合，打破了文物传播的时空壁垒与认知壁垒，将抽象、晦涩的文物文化转化为生动、易懂、大众喜闻乐见的形式，扩大了文物传播的覆盖面，提升了传播效果。动漫、游戏、影视的受众群体广泛，尤其是能够吸引青少年群体的关注，通过趣味化、沉浸式的呈现方式，降低了文物文化的传播门槛，让更多人了解文物的历史价值、艺术价值，实现文物文化的大众化普及，推动中华优秀传统文化的广泛传播。

2. 推动 IP 增值：丰富内涵，提升商业潜力

文物 IP 本身具有深厚的历史文化内涵与独特的辨识度，是极具商业潜力的 IP 资源。文物元素与动漫、游戏、影视的融合，能够进一步丰富文物 IP 的内涵，拓展 IP 的应用场景，提升 IP 的商业价值与影响力。通过动漫、游戏、影视的创作与传播，文物 IP 从单一的文物资源，转化为具有生动角色、完整剧情、广泛影响力的文化 IP，可进一步延伸开发文创产品、数字藏品、线下活动等，实现 IP 的多元化变现。同时，优秀的作品能够提升文物 IP 的知名度与受众认可度，增强 IP 的核心竞争力，推动文物 IP 的长效增值。

3. 促进文化传承：活态延续，彰显时代价值

文化传承的核心是实现传统文化的活态延续，让传统文化适应时代发展、融入现代生活。文物元素与动漫、游戏、影视的融合，为文物文化的活态传承提供了全新的路径，让静态的文物“活起来”，让抽象的历史文化“动起来”。通过生动的角色、易懂的剧情、沉浸式的体验，让文物承载的历史精神、人文内涵、传统审美，融入现代大众的生活与认知中，实现传统文化与现代生活的有机融合。同时，这种融合能够激发大众尤其是青少年群体对文物文化的兴趣与热爱，培养文化自信，推动中华优秀传统文化的世代传承，彰显文物文化的时代价值。

4. 带动产业发展：双向赋能，实现双赢局面

文物元素与动漫、游戏、影视的融合，实现了文化产业与文物产业的双向赋

能、协同发展。一方面，文物元素为动漫、游戏、影视创作提供了丰富的素材支撑，提升了作品的文化格调与核心竞争力，推动动漫、游戏、影视产业的高质量发展；另一方面，动漫、游戏、影视的传播与开发，带动了文物 IP 的增值与文物产业的延伸发展，推动文物资源从“保护”向“保护+开发”转型，拓展文物产业的发展边界，形成“文化创作—IP 增值—文创开发—产业升级”的良性循环，实现“文化+产业”的双赢局面，推动文化产业的整体升级。

（二）价值转化的关键点

实现文物元素与动漫、游戏、影视的价值转化，需把握三大关键点：一是坚守文化初心，始终将文物的历史文化价值放在首位，避免过度商业化、娱乐化，确保价值转化的正向性；二是注重创意创新，创新文物元素的应用路径与呈现形式，打造具有差异化、独特性的作品，提升作品的市场竞争力；三是强化协同发力，加强文物领域、动漫领域、游戏领域、影视领域的协同合作，整合资源、优势互补，推动文物元素的深度应用与价值最大化转化。

文物元素在动漫、游戏及影视中的应用，是文物资源创意转化与 IP 开发的重要路径，也是中华优秀传统文化活态传承与“文化+产业”融合发展的重要载体。通过“元素植入、故事改编、场景还原”等核心路径，结合不同领域的创作特色，文物元素与动漫、游戏、影视实现了深度融合，既丰富了创作素材、提升了产业格调，又推动了文物传播、IP 增值与文化遗产。国内外优秀案例积累的经验，为后续应用实践提供了重要参考，规避同质化、生硬植入等误区，坚守文化初心、强化创意创新，才能实现“文化+产业”的双向赋能、双赢发展。

第四节 品牌联名与市场化运营案例

品牌联名是文物 IP 市场化运营的重要路径，也是实现文物资源创意转化、推动“文化+产业”深度融合的关键抓手。文物 IP 承载的深厚历史文化内涵与企业品牌的市场影响力、产品研发能力相结合，既能让文物文化走出博物馆、融入现代生活，又能为企业品牌注入文化底蕴、提升核心竞争力。科学的联名逻辑是合作成功的前提，典型案例的经验教训是运营优化的依据，完善的运营策略是实现长效发展的保障。

一、文物 IP 与企业品牌联名的核心逻辑

文物 IP 与企业品牌联名并非简单的“文化 + 商业”叠加，核心是坚守“文化契合、优势互补、互利共赢”的核心逻辑，兼顾文化性与商业性，规避过度商业化、生硬联名等问题，实现文物 IP 与企业品牌的双向赋能、协同发展。联名逻辑的核心是找准文化与商业的平衡点，让联名产品既承载文物的历史文化内涵，又符合市场需求与企业品牌定位，避免沦为单纯的商业营销工具。

（一）核心联名逻辑解析

1. 文化契合：联名的核心前提

文化契合是文物 IP 与企业品牌联名的首要前提，也是避免联名生硬、缺乏灵魂的关键。核心要求是文物 IP 的文化内涵、价值理念与企业品牌的核心调性、品牌主张高度匹配，能够实现文化与品牌的有机融合，而非简单的元素堆砌。一方面，企业品牌需结合自身定位，选择文化内涵适配的文物 IP，例如，美妆品牌可选择纹饰精美、色彩典雅的文物 IP，凸显品牌的审美格调；文旅品牌可选择具有地域文化特色的文物 IP，强化品牌的文化辨识度。另一方面，联名过程中需坚守文物的文化真实性，不随意篡改文物元素、歪曲文化内涵，确保联名产品能够传递文物的历史文化价值，实现文化传播与品牌推广的双重目标。文化契合度越高，联名产品的认可度越高，越能实现长效传播。

2. 优势互补：联名的核心支撑

优势互补是文物 IP 与企业品牌联名的核心支撑，也是实现双向赋能的关键所在。文物 IP 的核心优势在于其深厚的历史文化内涵、独特的视觉元素与较高的文化辨识度，具有天然的文化吸引力与信任度，但缺乏市场化运营能力、产品研发能力与渠道优势；企业品牌的核心优势在于其成熟的产品研发体系、广泛的市场渠道、强大的品牌影响力与市场化运营经验，但往往缺乏文化内涵与差异化竞争力。联名的核心就是实现二者优势互补：文物 IP 为企业品牌注入文化底蕴，提升品牌格调与差异化竞争力；企业品牌为文物 IP 提供市场化运营平台、产品研发支持与渠道资源，推动文物 IP 走出博物馆、实现市场化转化，让文物文化融入现代生活。

3. 互利共赢：联名的核心目标

互利共赢是文物 IP 与企业品牌联名的核心目标，也是联名合作能够长效开

展的基础。联名合作需兼顾文物 IP 的文化价值与企业品牌的商业价值，实现文化传播、品牌增值与市场盈利的多重共赢。对文物 IP 而言，通过联名合作，能够扩大传播范围，提升文物 IP 的知名度与影响力，实现 IP 增值，同时获得市场化运营收益，为后续文物资源的保护与开发提供资金支持；对企业品牌而言，通过联名合作，能够借助文物 IP 的文化影响力，提升品牌的文化格调与消费者认可度，带动产品销量增长，实现品牌增值与盈利增长。此外，联名产品还能满足消费者对文化与品质的双重需求，为消费者提供兼具文化内涵与实用价值的产品，实现消费者、文物 IP、企业品牌的三方共赢。

（二）联名的核心禁忌

为确保联名合作的正向发展，需严格规避两大核心禁忌：一是过度商业化，部分联名合作过度追求商业利益，忽视文物的文化价值，随意篡改文物元素、过度娱乐化解读文物文化，导致联名产品缺乏文化内涵，沦为单纯的商业营销工具，不仅无法实现文化传播目标，还会损害文物 IP 的公信力与企业品牌的形象；二是生硬联名，部分合作缺乏文化契合度，盲目跟风联名，简单将文物元素粘贴到产品上，与企业品牌调性、产品属性脱节，导致联名产品缺乏吸引力，无法获得消费者认可，难以实现互利共赢的目标。

二、文物 IP 品牌联名的运营案例分析

近年来，文物 IP 与企业品牌的联名合作日益频繁，覆盖文旅、美妆、服饰、数码等多个领域，涌现出一批兼具文化内涵与市场竞争力的优秀案例，同时也存在部分运营不善、成效不佳的案例。通过分析不同领域的典型案例，总结运营模式的优势与不足，可为后续联名合作的开展提供重要参考，规避常见问题，提升联名运营的质量与成效。

（一）不同领域典型运营案例

1. 文旅领域联名案例

文旅领域是文物 IP 联名的核心领域，核心是依托文物 IP 的地域文化特色与历史内涵，结合文旅品牌的资源优势，打造兼具文化体验与旅游价值的联名产品与项目。典型运营模式是“文物 IP+ 文旅景区/文旅产品”，通过联名打造主题景区、文化体验项目、文旅周边等，提升文旅产品的文化辨识度与吸引力。此类案例的优势在于文化契合度高，能够深度挖掘地域文物文化资源，实现文物传播与文旅

产业发展的双向赋能，带动当地文旅经济增长；不足在于部分案例缺乏创新，同质化严重，多以简单的文物元素植入为主，缺乏沉浸式体验与深度互动，难以持续吸引消费者，且部分项目过度商业化，忽视了文物文化的传播目标。

2. 美妆领域联名案例

美妆领域是文物 IP 联名的热门领域，核心是提取文物的色彩、纹样等视觉元素，结合美妆品牌的产品研发能力，打造兼具文化美感与实用价值的美妆产品。典型运营模式是“文物 IP+ 美妆产品”，推出联名口红、眼影、彩妆盘等产品，通过文物元素的创意呈现，提升产品的视觉吸引力与文化格调。此类案例的优势在于受众精准，贴合年轻消费者的审美需求与消费偏好，传播速度快、市场热度高，能够快速实现销量增长与品牌增值；不足在于部分案例缺乏文化深度，仅停留在元素植入层面，对文物文化内涵的挖掘不足，且产品同质化严重，部分产品质量与价格不匹配，难以形成长效竞争力，甚至出现过度商业化、歪曲文物元素的问题。

3. 服饰领域联名案例

服饰领域的文物 IP 联名，核心是将文物的纹样、造型、色彩等元素，融入服饰的设计中，打造兼具传统韵味与现代时尚的服饰产品。典型运营模式是“文物 IP+ 服饰品牌”，推出联名汉服、休闲服饰、配饰等，兼顾传统文化传播与现代穿着需求。此类案例的优势在于能够将文物文化融入日常生活，让消费者在穿着过程中感受传统审美魅力，传播效果更具长效性，同时能够推动传统服饰文化的创新发展；不足在于部分案例的设计过于繁琐，缺乏现代穿着实用性，受众覆盖面较窄，且部分产品定价过高，难以实现大众化传播，此外，部分案例对文物元素的提取不够精准，导致产品缺乏文化辨识度。

4. 数码领域联名案例

数码领域的文物 IP 联名，核心是依托文物 IP 的文化影响力与视觉元素，结合数码品牌的技术优势，打造兼具文化内涵与科技感的数码产品。典型运营模式是“文物 IP+ 数码产品”，推出联名手机、耳机、充电宝等产品，通过文物元素的创意设计，提升产品的差异化竞争力。此类案例的优势在于科技与文化的融合新颖，能够吸引年轻消费群体，提升产品的附加值与品牌格调，同时能够扩大文物 IP 的传播范围；不足在于部分案例的联名较为生硬，文物元素与数码产品的融合度不高，缺乏创意，且部分产品过度注重外观设计，忽视了产品的核心性能，

难以获得消费者的长期认可。

（二）案例整体总结与启示

综合不同领域的联名案例，可总结出两大核心启示：一是成功的联名合作，必然坚守“文化契合、优势互补、互利共赢”的核心逻辑，注重文物文化内涵的挖掘与创意转化，兼顾文化性与商业性，同时结合企业品牌定位与受众需求，打造差异化、高品质的联名产品；二是失败的联名案例，多存在过度商业化、生硬植入、同质化严重、文化挖掘不足等问题，忽视了文物 IP 的文化价值与消费者的真实需求，难以实现长效发展。此外，联名运营的成效，不仅取决于联名逻辑的合理性，还与产品研发、品牌传播、受众定位等多个环节密切相关，需实现全流程的精细化运营。

三、文物 IP 市场化运营的优化策略

基于文物 IP 品牌联名的案例分析与经验总结，结合文物 IP 市场化运营的实际需求，针对当前存在的同质化、过度商业化、文化挖掘不足、运营精细化不够等问题，提出“精准定位受众、打造核心产品、强化品牌传播、规范商业化边界”四大优化策略，推动文物 IP 市场化运营的高质量发展，实现文化价值与市场价值的长效共赢。

（一）精准定位受众，实现精准运营

精准定位受众是文物 IP 市场化运营的前提，也是提升运营成效的关键。核心是通过大数据分析、市场调研等方式，明确文物 IP 的目标受众群体，分析受众的年龄、性别、消费能力、兴趣偏好、文化需求等，实现精准定位、精准运营。一是细分受众群体，根据受众的文化认知水平、消费偏好，将受众分为青少年群体、文化爱好者、高端消费群体等，针对不同群体的需求，打造差异化的联名产品与运营模式；二是贴合受众需求，青少年群体侧重趣味性、时尚化，可打造轻量化、高颜值的联名产品，强化互动传播；文化爱好者侧重文化深度，可打造兼具文化内涵与收藏价值的产品，加强文化解读；高端消费群体侧重品质与格调，可打造高端定制化产品，提升产品附加值；三是建立受众反馈机制，及时收集受众对联名产品、运营模式的反馈意见，动态优化运营策略，提升受众满意度与粘性。

（二）打造核心产品，提升核心竞争力

核心产品是文物 IP 市场化运营的核心载体，也是实现 IP 增值与市场盈利的

关键。核心是摒弃同质化、粗放式的产品开发模式，注重文物文化内涵的深度挖掘与创意转化，打造兼具文化性、创新性、实用性的核心产品，提升核心竞争力。一是深度挖掘文物元素，不仅提取文物的视觉元素，更要挖掘文物背后的历史故事、人文内涵，将抽象的文化信息转化为产品的核心卖点与文化标识；二是注重创意创新，结合现代设计理念与市场需求，对文物元素进行创造性转化与创新性发展，打造差异化、独特性的产品，规避同质化问题；三是强化产品品质，注重产品的研发与生产环节，确保产品的质量与实用性，实现“文化+品质”双重保障，避免“重外观、轻品质”的误区；四是打造产品矩阵，围绕核心产品，延伸开发相关衍生产品，形成多元化的产品矩阵，覆盖不同受众群体与消费场景，提升市场覆盖面与盈利能力。

（三）强化品牌传播，扩大影响力

品牌传播是文物 IP 市场化运营的重要环节，核心是整合多元传播渠道，制定精准的传播策略，扩大文物 IP 与联名产品的知名度与影响力，推动文化传播与产品销售。一是整合跨媒介传播渠道，结合短视频平台、社交媒体、直播平台、线下展览、博物馆合作等渠道，实现线上线下协同传播；线上重点推送轻量化、趣味性的传播内容，吸引年轻受众；线下开展场景化传播活动，提升沉浸式体验与传播效果。二是创新传播内容与形式，摒弃生硬的广告推广模式，通过文物故事解读、联名产品设计理念分享、互动活动等形式，传递文物文化价值与联名产品的核心优势，提升传播的感染力与吸引力；三是借助 KOL 影响力，邀请文化博主、美妆博主、时尚博主等 KOL，结合自身领域特色，推广联名产品与文物文化，扩大传播范围，提升产品的认可度；四是打造传播话题，结合热点事件与受众兴趣，打造具有话题性的传播内容，引导受众参与互动、分享传播，形成自发传播效应。

（四）规范商业化边界，坚守文化初心

规范商业化边界是文物 IP 市场化运营的底线，核心是坚守文化初心，平衡文化价值与商业价值，避免过度商业化、歪曲文物文化等问题，实现长效发展。一是明确商业化边界，联名合作与产品开发过程中，始终将文物的历史文化价值放在首位，坚守文化真实性，不随意篡改文物元素、不过度娱乐化解读文物文化、不盲目追求商业利益；二是建立规范化运营机制，成立专门的文物 IP 运营团队，负责文物元素的审核、联名合作的筛选、产品质量的监管等，确保市场化运营的规范性；三是强化责任意识，文物 IP 运营方与企业品牌需明确自身责任，既要

注重商业盈利，也要承担文化传播的社会责任，推动文物文化的大众化普及与活态传承；四是加强行业监管，相关部门需完善文物 IP 市场化运营的相关法律法规，加强对联名合作、产品开发、市场推广等环节的监管，严厉打击过度商业化、歪曲文物文化等行为，营造规范有序的市场化运营环境。

品牌联名与市场化运营，是文物 IP 实现创意转化、走出博物馆、融入现代生活的重要路径，也是推动“文化+产业”深度融合的关键举措。坚守“文化契合、优势互补、互利共赢”的联名逻辑，是合作成功的前提；总结不同领域联名案例的经验教训，是运营优化的依据；落实精准定位受众、打造核心产品、强化品牌传播、规范商业化边界的优化策略，是实现高质量运营的保障。

第八章 智慧文旅与文化遗产地管理

第一节 文化遗产地的游客体验提升技术

智慧文旅时代，技术创新是推动文化遗产地高质量发展、提升游客体验的核心动力。文化遗产地作为中华优秀传统文化的重要载体，其游客体验直接关系到文化传播效果、遗产保护成效与文旅产业发展质量。智能导览、沉浸式体验、智慧票务等核心技术的应用，打破了传统参观模式的局限，有效解决了游客参观中便捷性不足、趣味性不强、个性化缺失等问题。

一、文化遗产地游客体验提升的核心技术应用

提升文化遗产地游客体验的核心技术，以“便捷化、沉浸式、个性化、智能化”为核心导向，涵盖“智能导览、沉浸式体验、智慧票务、便捷服务”四大类，各类技术协同发力，覆盖游客参观全流程（入园、参观、离场），既解决传统参观模式的痛点难点，又丰富游客体验形式，实现“科技+文化”的深度融合，让游客在便捷参观中感受文化遗产的魅力。

（一）核心技术分类及应用说明

1. 智能导览技术

智能导览技术是提升游客参观便捷性与专业性的基础技术，核心是依托物联网、大数据、语音识别等技术，打破传统人工导览的局限，为游客提供精准、高效、个性化的导览服务，解决游客“看不懂、找不到、听不清”的痛点。核心应用形式包括：语音导览（依托语音识别与合成技术，通过小程序、APP、导览设备等，为游客提供多语言、多版本的文物讲解，可根据游客参观路线自动触发讲解）、智能地图（基于GIS技术，打造高精度遗产地电子地图，标注文物点位、服务设施、参观路线，支持实时定位、路线规划、拥堵提醒，帮助游客快速找到目标点位）、智能问答（依托人工智能技术，搭建智能问答系统，实时解答游客关于参观路线、文物知识、服务设施等常见问题，提升咨询效率）。智能导览技

术的核心优势是适配不同游客的参观节奏，让游客可自主掌控参观过程，同时提升文化解读的专业性与准确性。

2. 沉浸式体验技术

沉浸式体验技术是增强游客参观趣味性、深化文化感知的核心技术，核心是依托 VR/AR、数字孪生、光影投影等前沿技术，还原文化遗产的历史场景、制作工艺，打造“可交互、可参与”的沉浸式参观体验，让静态的文化遗产“活起来”。核心应用形式包括：VR 虚拟体验（通过 VR 设备，还原古建筑原貌、遗址历史场景、文物制作过程，让游客“身临其境”感受历史氛围，实现“穿越式”参观）、AR 叠加体验（通过手机小程序或 AR 眼镜，在现实参观场景中叠加虚拟信息，如文物虚拟还原影像、历史人物动画、场景动态演示等，实现“现实+虚拟”的虚实融合体验）、数字孪生体验（构建文化遗产地的数字孪生体，精准还原古建筑、遗址的空间布局、细节特征，游客可通过触摸、拖拽等交互操作，360° 观察遗产细节，甚至模拟遗产修复过程，深化文化感知）。此类技术重点解决传统参观“单向接收、缺乏互动”的问题，提升游客的参与感与文化认同感。

3. 智慧票务技术

智慧票务技术是优化游客入园体验、提升遗产地管理效率的关键技术，核心是依托互联网、大数据、人脸识别等技术，构建“线上线下一体化”的票务管理体系，解决传统票务模式中排队时间长、购票不便、检票繁琐等痛点。核心应用形式包括：线上预约购票（游客可通过小程序、APP、第三方平台，提前预约购票、选择入园时段，支持多种支付方式，减少现场排队时间）、智能检票入场（采用人脸识别、二维码检票等方式，实现“无接触、快速检票”，提升入园效率，同时防范黄牛倒票、假票等问题）、票务数据分析（通过大数据技术，分析游客购票数据、入园时段数据，精准预判客流高峰，为遗产地客流调控、运营管理提供数据支撑）。智慧票务技术的核心目标是实现“便捷购票、快速入园”，优化游客参观初始体验，同时提升遗产地票务管理的精细化水平。

4. 便捷服务技术

便捷服务技术是提升游客全程体验、增强游客满意度的重要保障，核心是依托物联网、移动互联网等技术，整合遗产地各类服务资源，为游客提供全方位、便捷化的配套服务，覆盖游客参观全过程的各类需求。核心应用形式包括：智能服务设施（在遗产地内布设智能卫生间、智能饮水设备、智能充电桩等，实时显

示使用状态，方便游客快速查找、使用）、紧急求助服务（游客可通过小程序、APP 或现场智能设备，一键发起紧急求助，遗产地工作人员可实时接收、快速响应，解决游客突发需求）、个性化服务推送（基于游客参观数据、兴趣偏好，推送个性化的参观建议、服务提醒，如天气提醒、休息点位推荐、特色活动通知等）。此类技术聚焦游客的实际需求，补齐传统服务模式的短板，提升游客参观的舒适度与便捷度。

（二）技术应用的核心原则

文化遗产地游客体验提升技术的应用，需坚守三大核心原则，避免技术滥用、生硬落地：一是遗产保护优先原则，所有技术应用均需以不破坏文化遗产为前提，避免技术施工、设备布设对古建筑、遗址造成损害，优先选择轻量化、可逆式的技术方案；二是体验适配原则，技术应用需贴合文化遗产地的自身特色与游客需求，避免盲目堆砌高端技术，确保技术应用贴合实际、实用高效，真正解决游客痛点；三是文化赋能原则，技术应用的核心目标是服务于文化传播，所有技术场景均需围绕文化遗产的历史内涵展开，让技术成为文化传播的载体，而非单纯追求科技感。

二、文化遗产地技术应用的场景落地设计

技术应用的核心价值在于落地见效，需结合不同类型文化遗产地（古建筑群、遗址公园等）的自身特点、空间布局与文化内涵，设计差异化、针对性的技术应用场景，避免“一刀切”，确保技术与遗产地特色、游客需求深度适配，真正提升游客参观的便捷性与趣味性，实现“科技赋能文化、技术服务游客”的目标。

（一）不同类型文化遗产地的场景设计

1. 古建筑群类遗产地

古建筑群类遗产地的核心特色是建筑工艺精湛、文化内涵深厚，游客参观的核心需求是了解建筑历史、工艺特色，同时需兼顾古建筑保护的要求。技术应用场景重点围绕“精准解读、沉浸式体验、轻量化服务”展开：一是智能导览场景，在古建筑关键点位布设智能导览标识，游客扫描二维码即可获取语音讲解、建筑工艺解读、历史故事等内容，智能地图标注建筑分布、参观路线，提醒游客禁止触摸、禁止攀爬等保护要求；二是沉浸式体验场景，采用 AR 技术，在古建筑现场叠加虚拟影像，还原古建筑的建造过程、历史原貌，让游客直观了解建筑工艺；

采用 VR 技术，打造古建筑内部虚拟参观场景，开放部分不便于实地进入的区域，既满足游客参观需求，又保护古建筑；三是智慧票务与便捷服务场景，采用线上预约购票、人脸识别检票，控制入园客流，避免古建筑区域拥挤；在古建筑周边布设轻量化智能服务设施，如智能休息座椅、移动充电设备，推送建筑讲解重点与参观提醒，提升游客体验。

2. 遗址公园类遗产地

遗址公园类遗产地的核心特色是遗址规模大、历史底蕴深厚，多为露天场景，游客参观的核心需求是了解遗址历史、感受历史氛围，同时需解决露天参观中路线复杂、讲解不便等问题。技术应用场景重点围绕“路线引导、场景还原、便捷配套”展开：一是智能导览场景，基于 GIS 技术打造高精度遗址公园电子地图，标注遗址点位、参观路线、服务设施，支持实时定位与路线规划，针对露天场景特点，优化语音导览的信号覆盖，确保游客在遗址各区域均可清晰收听讲解；二是沉浸式体验场景，采用数字孪生与光影投影技术，在遗址现场还原历史场景、古人生活场景，打造“夜间沉浸式光影秀”，丰富游客参观形式，深化游客对遗址历史的理解；采用 VR 技术，还原遗址的原始风貌与考古发掘过程，让游客“见证”历史变迁；三是智慧票务与便捷服务场景，结合遗址公园面积大、出入口多的特点，布设多个智能检票点位，实现分区域入园；在遗址公园内合理布设智能卫生间、饮水设备、紧急求助设备，通过小程序推送实时天气、路线拥堵情况，提醒游客做好防护，提升露天参观的舒适度。

3. 其他类型遗产地

除古建筑群、遗址公园外，纪念馆、文物保护单位等其他类型文化遗产地，可结合自身特色优化技术应用场景：纪念馆类遗产地，重点应用智能导览、沉浸式体验技术，通过 AR 技术还原文物历史场景，搭配智能讲解，提升文物文化的传播效果；文物保护单位类遗产地，重点应用轻量化智能导览与监控技术，在保护文物的前提下，为游客提供精准讲解与便捷服务，同时通过技术手段实时监测游客行为，防范文物损坏风险。

（二）场景落地的关键要点

技术应用场景落地需把握三大关键点，确保场景实用、高效、贴合需求：一是贴合遗产地特色，避免同质化场景设计，结合遗产地的文化内涵、空间布局，打造具有独特性的技术体验场景，让技术与文化深度融合；二是注重落地可行性，

结合遗产地的运营实力、资金状况，选择适配的技术方案，优先落地投入少、见效快、实用性强的场景，逐步推进技术升级；三是兼顾游客安全，技术场景设计需充分考虑游客安全，如智能监控、紧急求助等设施需全面覆盖，避免技术设备对游客造成安全隐患，同时通过技术手段防范客流拥堵、意外事故等问题。

三、文化遗产地游客体验的优化路径

技术应用场景落地后，需基于游客反馈，持续优化技术应用方案，兼顾不同年龄段、不同需求游客的体验差异，破解体验不均衡、个性化不足等问题，实现“个性化服务、全方位提升”，不断增强游客的满意度与粘性，推动文化遗产地游客体验持续升级。

（一）游客反馈的收集与分析

游客反馈是体验优化的核心依据，需建立完善的游客反馈收集与分析体系，全面、精准掌握游客对技术应用、服务质量的评价与需求。一是多元化收集反馈，通过小程序、APP、现场问卷、人工咨询、线上评论等多种渠道，收集游客反馈，涵盖技术应用的便捷性、体验感、文化解读效果，以及服务设施的完善度等方面；二是分类梳理反馈，将游客反馈分为技术优化类、场景适配类、服务提升类、个性化需求类等，明确反馈的核心问题与需求重点；三是深度分析反馈，结合大数据技术，分析不同年龄段、不同群体游客的反馈差异，挖掘反馈背后的深层需求，例如，老年游客侧重技术操作的便捷性，青少年游客侧重体验的趣味性，文化爱好者侧重文化解读的深度，为后续优化提供精准方向。

（二）技术应用方案的优化

基于游客反馈，重点从三个方面优化技术应用方案，提升技术应用的实用性与适配性：一是优化技术操作便捷性，针对老年游客、不熟悉智能设备的游客，简化小程序、APP的操作流程，增加语音引导、人工辅助功能，增设线下智能导览设备租赁服务，避免技术操作门槛过高；二是完善技术体验效果，针对游客反映的讲解不精准、沉浸式体验生硬、信号不稳定等问题，优化语音导览内容、升级AR/VR设备，完善网络覆盖，提升技术体验的流畅性与准确性；三是补充技术应用场景，结合游客需求，新增贴合遗产地特色的技术场景，例如，针对青少年游客，增加互动式体验场景；针对文化爱好者，增加深度文化解读场景，填补体验空白。

（三）个性化服务的实现路径

实现个性化服务，核心是立足不同游客群体的需求差异，依托大数据与人工智能技术，打造“千人千面”的参观体验，兼顾各类游客的需求：一是细分游客群体，根据年龄、兴趣偏好、文化认知水平，将游客分为青少年群体、老年群体、文化爱好者群体、普通游客群体等，明确不同群体的核心需求；二是推送个性化内容，基于游客参观数据、兴趣偏好，为不同群体推送差异化的导览内容、参观建议，例如，为青少年游客推送趣味化、互动性强的内容，为文化爱好者推送深度文化解读内容，为老年游客推送便捷参观路线与服务提醒；三是提供个性化服务，针对老年游客，提供优先检票、人工陪同导览等服务；针对青少年游客，提供互动体验套餐；针对文化爱好者，提供定制化参观路线与专家讲解服务，满足不同游客的个性化需求；四是动态调整服务，结合游客反馈与季节变化、活动开展等情况，动态调整个性化服务内容，确保服务的针对性与实效性。

（四）体验优化的长效机制

游客体验优化并非一次性工作，需建立长效机制，确保体验提升持续推进：一是建立定期复盘机制，定期汇总游客反馈、分析技术应用效果，梳理优化重点，制定阶段性优化方案，逐步推进技术升级与服务完善；二是加强人员培训，提升遗产地工作人员的技术操作能力与服务水平，确保能够及时响应游客需求、解决技术应用中的问题；三是跟踪技术发展趋势，关注智慧文旅领域的新技术、新应用，结合遗产地实际需求，适时引入适配的技术，推动游客体验持续升级；四是建立游客参与机制，邀请游客代表参与技术应用优化、场景设计等工作，确保优化方案贴合游客实际需求，提升游客的参与感与认同感。

技术创新为文化遗产地游客体验提升提供了全新路径，智能导览、沉浸式体验等核心技术的应用，有效破解了传统参观模式的痛点，丰富了游客体验形式，推动了文化遗产的创新传播。结合不同类型文化遗产地的特色，设计差异化的技术应用场景，能够让技术真正落地见效；基于游客反馈的持续优化，能够实现个性化服务，兼顾各类游客的需求。

第二节 基于大数据的客流分析与智慧调度

智慧文旅背景下，大数据技术已成为文化遗产地精细化管理、安全风险防控与服务质量提升的核心支撑。文化遗产地多具有空间有限、文物脆弱、客流波动大等特点，传统客流管理模式存在数据滞后、调度被动、防控不足等问题，难以适配现代化管理需求。基于大数据的客流分析与智慧调度，通过多渠道采集客流数据、科学化分析数据价值、精准化制定调度方案，可实现客流的“可预测、可监控、可调度”，有效平衡游客体验、遗产保护与安全管理，提升文化遗产地管理效率与服务水平。

一、文化遗产地客流数据采集体系构建

客流数据是大数据客流分析与智慧调度的基础，核心是构建“多渠道、全方位、高精度、实时化”的数据采集体系，通过传感器、摄像头、票务系统等多元载体，全面采集客流全流程数据，确保数据的完整性、准确性与时效性，为后续数据分析与智慧调度提供可靠支撑，避免因数据缺失、滞后导致调度失误。

（一）核心采集渠道及数据类型

文化遗产地客流数据采集依托三大核心渠道，各渠道分工明确、互补支撑，构建起全方位的数据采集网络，具体采集渠道、核心设备 / 载体及对应数据类型如下表所示：

采集渠道	核心设备 / 载体	主要数据类型	采集目的
现场感知设备采集	客流统计传感器、视频监控摄像头、环境传感器、定位设备（蓝牙 Beacon、RFID）	客流数量、停留时长、流动速度、人脸信息、异常行为、客流轨迹、温度、湿度、噪音	实时监测区域客流状态，掌握客流流动规律，识别异常情况，辅助判断区域承载能力
票务及线上平台采集	智慧票务系统、线上预约平台、社交平台、第三方 OTA/ 导航平台	购票时间、入园时段、门票类型、购票渠道、预约数据、出行偏好、评价反馈、出行路线、周边消费	实现客流源头监测与预判，分析游客需求特点，补充完善客流数据体系
其他辅助渠道采集	工作人员巡查、游客反馈（小程序、问卷）、历史数据归档	异常情况上报数据、游客体验反馈、历年客流数据、节假日 / 特殊活动客流数据	弥补设备采集局限性，为客流预测、规律分析提供历史参考，优化调度方案

（二）数据采集的核心要求与保障措施

为确保客流数据采集的质量，满足数据分析与智慧调度的需求，需遵循三大核心要求：一是准确性，优化设备部署位置，定期校准感知设备，避免数据偏差，同时建立数据校验机制，对采集到的异常数据、重复数据进行筛选、修正，确保数据真实可靠；二是实时性，依托 5G、物联网等技术，实现数据实时传输、实时更新，确保数据滞后时间控制在合理范围，为实时调度提供及时支撑；三是完整性，覆盖客流入园、游览、离场全流程，涵盖不同区域、不同时段、不同类型的客流数据，避免数据缺失导致分析片面。

同时，需建立完善的保障措施：一是技术保障，选用适配文化遗产地场景的采集设备，优化数据传输网络，确保设备稳定运行与数据安全传输；二是管理保障，建立专门的数据管理团队，负责设备维护、数据采集、数据校验与归档，明确岗位职责；三是安全保障，严格遵守数据安全相关法律法规，加强游客个人信息保护，对采集的人脸识别、位置轨迹等敏感数据进行加密处理，防范数据泄露风险。

二、大数据在客流分析中的核心应用

采集客流数据后，依托大数据分析技术，对数据进行清洗、整合、挖掘，提炼数据背后的客流规律、潜在风险与需求特点，核心实现“客流预测、热点区域预警、客流分布优化”三大功能，为智慧调度提供科学依据，推动客流管理从“被动应对”向“主动预判”转型。

（一）核心分析应用场景

1. 客流预测，提前布局防控

客流预测是大数据分析的核心应用，核心是依托历史客流数据、实时采集数据、外部影响因素（如节假日、天气、活动、政策），运用大数据算法，对未来一定时段（如当日时段、次日、节假日）的客流总量、入园高峰、区域客流分布进行精准预测。预测重点包括：一是客流总量预测，预判当日及后续时段的总入园人数，判断是否超出遗产地最大承载能力，为门票预约调控、客流限流提供依据；二是高峰时段预测，精准预测当日入园高峰、游览高峰时段，提前做好人员、设备、服务的布局；三是区域客流预测，预判不同游览区域、热点文物点位的客流密度变化趋势，提前识别潜在拥堵区域，为区域调度提供指引。通过客流预测，可提前制定防控方案，避免客流突发拥堵，降低安全风险。

2. 热点区域预警，防范安全风险

热点区域预警是基于实时客流数据，对文化遗产地内客流密度过高的区域进行实时监测与预警，核心是设定合理的客流密度阈值（结合遗产地空间大小、文物保护要求、安全标准），当某区域客流密度超出阈值时，自动触发预警，提醒工作人员及时处置。预警应用重点包括：一是分级预警，根据客流密度超出阈值的程度，分为一般预警、较重预警、严重预警，对应不同的处置流程；二是精准预警，明确预警区域、预警时段、当前客流密度，同时结合视频监控数据，查看区域客流实时情况，判断是否存在拥堵、聚集等异常；三是联动预警，将预警信息同步推送至工作人员终端、游客小程序、现场显示屏，提醒工作人员前往处置，同时引导游客避开热点区域、错峰游览，快速缓解区域客流压力。

3. 客流分布优化，提升游览体验

客流分布优化是通过分析客流轨迹、停留时长、区域客流密度等数据，挖掘客流分布不均衡的原因，提出针对性地优化建议，实现客流合理分流，提升游客游览体验与遗产保护效果。核心分析内容包括：一是客流轨迹分析，掌握游客主要游览路线、热门游览顺序，识别客流集中的路线与拥堵节点；二是停留时长分析，分析不同区域、不同文物点位的游客停留时长，判断游客兴趣偏好，同时识别停留时间过长导致拥堵的区域；三是分布不均衡原因分析，结合数据与现场实际，分析客流分布不均衡的原因（如路线规划不合理、标识引导不足、热点点位过于集中）。基于分析结果，优化游览路线、完善标识引导，引导游客错峰、分流游览，实现客流均衡分布。

（二）数据分析的关键要点

大数据客流分析需把握三大关键点，确保分析结果科学、实用，能够为智慧调度提供有效支撑：一是贴合遗产地实际，结合文化遗产地的空间布局、文物分布、承载能力等特点，设定合理的分析指标与阈值，避免照搬通用分析模型；二是兼顾多因素影响，分析过程中充分考虑节假日、天气、特殊活动、政策调整等外部因素对客流的影响，提升分析结果的准确性；三是注重实时更新，结合实时采集的客流数据，动态更新分析结果，及时调整预测与预警方案，避免分析结果滞后导致调度失误；四是强化数据融合，将客流数据与环境数据、服务数据、反馈数据相结合，实现多维度分析，提升分析结果的全面性。

三、基于客流分析的智慧调度方案

智慧调度是大数据客流分析的核心落地环节，核心是基于客流预测、热点预警、分布分析的结果，结合文化遗产地管理需求，制定“精准化、联动化、智能化”的智慧调度方案，优化景区路线、人员配置、服务供给，实现客流的科学调控，提升管理效率，防范安全风险，兼顾游客体验与遗产保护。

（一）核心调度方向及方案

1. 游览路线优化调度

基于客流轨迹分析、拥堵节点识别、客流分布优化建议，优化游览路线，实现客流分流，缓解拥堵压力。核心调度方案包括：一是优化路线规划，结合遗产地空间布局与文物分布，增设备选游览路线，明确主线与支线路线，引导游客分流游览，避开拥堵节点；二是强化标识引导，在景区入口、拥堵节点、路线分叉口，通过智能显示屏、语音广播、小程序推送等方式，实时显示各区域客流密度、游览建议，引导游客错峰、分流前往不同区域；三是动态调整路线开放范围，根据客流预测与实时客流情况，动态调整部分游览路线、文物点位的开放范围与开放时间，避免某一区域客流过度集中，同时兼顾文物保护需求，避免客流过多对文物造成损害。

2. 工作人员配置调度

基于客流预测、高峰时段预判、热点区域预警结果，优化工作人员配置，实现人员动态调度，提升工作效率与应急处置能力。核心调度方案包括：一是高峰时段增配人员，在客流高峰时段、热点区域，增配检票人员、疏导人员、咨询人员，加快入园速度，疏导现场客流，解答游客疑问；二是应急人员联动调度，建立应急人员储备库，当某区域触发客流预警、出现拥堵或突发情况时，通过终端设备调度周边工作人员快速前往前置，实现应急联动；三是人员分工优化，根据不同区域的客流特点与工作需求，优化工作人员分工，如核心文物区域重点配置文物保护与客流疏导人员，出入口重点配置检票与咨询人员，提升人员配置的合理性；四是实时调度调整，结合实时客流数据，动态调整工作人员岗位与值守时间，避免人员冗余或短缺。

3. 服务供给优化调度

结合客流分析结果与游客需求，优化服务供给，提升游客体验，同时确保服

务供给与客流需求精准匹配。核心调度方案包括：一是服务设施调度，根据不同区域的客流密度，动态调整服务设施的开放状态与服务能力，如在客流集中区域，增设临时卫生间、饮水设备、休息座椅，开放全部服务窗口，提升服务便捷度；二是服务内容调度，基于游客兴趣偏好与客流分布，在热点区域增加临时讲解服务、互动服务，推送个性化的游览建议与服务提醒，提升游客体验；三是物资保障调度，根据客流预测与高峰时段预判，提前储备门票、饮用水、急救药品等物资，在客流集中区域增设物资供应点，确保物资充足，同时动态调配物资，避免某区域物资短缺。

4. 安全风险防控调度

基于热点区域预警、客流异常分析结果，强化安全风险防控调度，防范拥堵、踩踏、文物损坏等安全风险。核心调度方案包括：一是限流管控调度，当客流总量接近或超出最大承载能力时，启动限流措施，暂停线上预约、限制现场购票，引导游客错峰入园；当某区域客流密度超出阈值时，采取临时限流、单向通行等措施，缓解区域客流压力；二是异常处置调度，通过视频监控与客流数据，实时识别游客聚集、拥挤、违规行为等异常情况，调度工作人员及时疏导、处置，避免异常情况扩大；三是应急联动调度，建立多部门应急联动机制，当发生突发安全事件时，同步调度工作人员、医疗、安保等相关力量，快速开展应急处置，最大限度降低安全风险。

（二）智慧调度的保障措施

为确保智慧调度方案落地见效，提升调度效率与质量，需建立完善的保障措施：一是技术保障，搭建智慧调度平台，整合客流数据、分析结果、调度指令，实现数据共享、指令同步、联动调度，提升调度的智能化水平；二是制度保障，制定完善的智慧调度管理制度、应急处置流程，明确各部门、各岗位的调度职责，确保调度工作有序开展；三是人员保障，加强工作人员的技术培训与应急演练，提升工作人员对智慧调度平台的操作能力、客流疏导能力与应急处置能力；四是监督评估，建立智慧调度监督评估机制，定期对调度方案的执行效果、调度效率进行评估，结合游客反馈与客流数据，持续优化调度方案，提升调度的精准性与实效性。

基于大数据的客流分析与智慧调度，是文化遗产地实现精细化、智能化管理的重要路径，通过构建完善的客流数据采集体系，实现客流数据的全方位、实时

化采集；依托大数据技术，实现客流预测、热点预警与分布优化，为调度决策提供科学依据；通过优化路线、人员、服务与安全防护调度，有效破解传统客流管理的痛点难点。

第三节 遗产监测与风险预警系统

文化遗产是不可再生的珍贵资源，其保护状况直接关系到中华优秀传统文化的传承与延续。文化遗产地长期面临文物本体老化、周边环境侵蚀、地质灾害威胁、客流过载破坏等多重风险，传统监测与预警模式存在监测范围有限、数据滞后、预警不及时、处置被动等问题，难以满足遗产精细化保护与智能化管理需求。搭建全维度遗产监测体系、建立科学的风险预警机制、完善系统运维流程，是防范遗产安全风险、延长遗产生命周期、实现文化遗产地可持续发展的核心举措。

一、文化遗产地全维度监测体系搭建

遗产监测是风险预警与安全保护的基础，核心是搭建“全方位、高精度、实时化、智能化”的全维度监测体系，涵盖文物本体、周边环境、地质灾害、游客活动四大核心监测内容，通过多元监测设备与技术，全面捕捉遗产安全相关数据，实现对遗产风险的早发现、早识别，为后续预警与处置提供精准数据支撑，从源头防范遗产安全风险。

（一）核心监测内容及监测方式

1. 文物本体监测

文物本体监测是监测体系的核心，重点针对古建筑、遗址、文物藏品等遗产本体，监测其物理状态变化，及时发现文物病害与损坏隐患，核心监测内容及方式包括：一是结构稳定性监测，通过位移传感器、应变传感器、裂缝计等设备，实时监测古建筑墙体、梁柱、屋顶，以及遗址地基、墙体的位移、沉降、裂缝变化，防范结构坍塌风险；二是材质劣化监测，依托专业传感器，监测文物本体材质的风化、腐蚀、褪色、酥碱等劣化情况，重点监测石质文物、木质文物、彩绘文物的材质变化；三是微观病害监测，借助高清摄像头、显微镜等设备，捕捉文物本体的微观裂缝、霉变、虫蛀等细微病害，实现病害的早期识别；四是本体环境监测，在文物本体周边布设微型传感器，监测文物表面温度、湿度、光照、污

染物接触等环境参数，分析环境因素对文物本体的影响。

2. 周边环境监测

周边环境是影响文物本体安全的重要因素，重点监测文化遗产地周边的自然环境与人为环境，防范环境侵蚀对遗产造成的损害，核心监测内容及方式包括：一是气象环境监测，通过气象传感器，实时监测气温、降水、风力、光照、降雪等气象数据，预判暴雨、大风、暴雪等恶劣天气对遗产的影响；二是空气质量监测，监测周边区域的PM2.5、PM10、二氧化硫、氮氧化物等污染物浓度，防范大气污染对文物本体的腐蚀；三是水文环境监测，针对临近河流、湖泊、地下水丰富的遗产地，监测水位、水质、水流速度等水文数据，防范洪水、地下水浸泡对遗产的破坏；四是人为环境监测，通过视频监控、噪音传感器等设备，监测遗产地周边的施工活动、交通噪音、人为破坏等行为，及时制止违规操作对遗产的影响。

3. 地质灾害监测

部分文化遗产地地处山区、河谷等地质敏感区域，易遭受地震、滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害威胁，地质灾害监测重点是捕捉地质异常变化，防范地质灾害对遗产的破坏，核心监测内容及方式包括：一是地震监测，在地质敏感区域布设地震传感器，实时监测地震波、地震烈度等数据，实现地震灾害的早期监测与预警；二是滑坡、崩塌监测，通过位移传感器、倾角传感器、土壤湿度传感器等设备，监测滑坡体、崩塌体的位移、倾角、土壤含水量变化，预判滑坡、崩塌风险；三是泥石流监测，监测区域内降水强度、地形坡度、松散堆积物含量等数据，结合气象预报，预判泥石流发生风险；四是地质沉降监测，通过沉降计等设备，监测遗产地周边地质沉降情况，防范地质沉降导致文物本体结构损坏。

4. 游客活动监测

游客活动是导致遗产损坏的重要人为因素，重点监测游客在遗产地内的活动轨迹、行为规范与客流密度，防范客流过载、违规触摸、刻画等行为对遗产的破坏，核心监测内容及方式包括：一是客流密度监测，依托客流传感器、视频监控等设备，实时监测核心遗产区域、文物点位的客流密度，避免客流过载对遗产造成挤压、磨损；二是游客行为监测，通过视频监控、人工智能识别技术，识别游客违规触摸、刻画、攀爬文物，以及违规进入禁止区域等行为，及时发出提醒与制止；三是游客轨迹监测，通过定位设备、视频追踪技术，掌握游客在遗产地内的活动轨迹，分析游客活动对遗产的影响，优化游览路线与客流调度；四是违规

行为取证，通过高清摄像头，对游客违规行为进行实时取证，为后续管理与处置提供依据。

（二）监测体系的核心构建要求

搭建全维度监测体系需遵循四大核心要求，确保监测体系的科学性、实用性与可靠性：一是全覆盖，监测范围需覆盖文物本体、周边环境、地质灾害、游客活动四大核心内容，无监测盲区，确保所有遗产安全风险均能被捕捉；二是高精度，选用专业、精准的监测设备与技术，优化设备部署位置，确保监测数据的准确性，能够精准反映遗产及周边环境的细微变化；三是实时化，依托物联网、5G等技术，实现监测数据的实时采集、实时传输、实时更新，确保监测数据不滞后，为风险预警提供及时支撑；四是智能化，整合监测数据，搭建智能化监测平台，实现数据的自动分析、异常识别与智能报警，减少人工干预，提升监测效率。

二、文化遗产地风险预警机制建立

风险预警机制是监测体系的核心延伸，核心是基于全维度监测数据，针对文物病害、自然灾害、客流过载等主要风险，建立分级预警标准，明确预警流程、响应机制与处置措施，实现风险的“早预警、快响应、速处置”，最大限度降低风险对文化遗产的损害，避免风险扩大蔓延。

（一）核心预警类型及分级标准

1. 文物病害预警

文物病害预警针对文物本体出现的材质劣化、结构损坏、微观病害等异常情况，结合监测数据与文物保护标准，分为四级预警，明确不同预警级别的判定标准与处置重点：一是四级预警（一般），文物本体出现轻微微观病害或轻微材质劣化，不影响文物结构安全与整体风貌，判定标准为监测数据超出正常范围但未达到危险阈值，处置重点是加强监测频次，做好数据跟踪，无需立即开展修复；二是三级预警（较重），文物本体出现明显病害，如局部裂缝扩大、轻微结构位移、局部材质腐蚀，可能影响文物局部安全，判定标准为监测数据接近危险阈值，处置重点是启动专项监测，组织专业人员现场排查，制定初步修复方案；三是二级预警（严重），文物本体出现严重病害，如大面积裂缝、明显结构位移、严重材质劣化，已威胁文物结构安全，判定标准为监测数据达到危险阈值，处置重点是立即启动应急防护措施，限制游客进入相关区域，组织专业团队开展紧急修复；

四是一级预警（特别严重），文物本体出现重大结构损坏，如墙体坍塌、梁柱断裂等，随时可能发生严重损坏，判定标准为监测数据远超危险阈值，处置重点是立即启动应急响应，疏散现场人员，封锁相关区域，协调专业力量开展紧急处置，最大限度保护文物本体。

2. 自然灾害预警

自然灾害预警针对暴雨、大风、暴雪、地震、滑坡、泥石流等自然与地质灾害，结合监测数据与气象、地质预报，分为四级预警，核心是预判灾害发生概率与影响范围，提前做好防护准备：一是四级预警（一般），自然灾害发生概率较低，对遗产影响较小，判定标准为监测数据异常但未达到灾害发生阈值，处置重点是加强监测，发布安全提醒，做好应急物资准备；二是三级预警（较重），自然灾害发生概率较高，可能对遗产造成轻微影响，判定标准为监测数据达到灾害预警阈值，处置重点是启动应急值守，优化防护措施，疏散危险区域游客；三是二级预警（严重），自然灾害大概率发生，可能对遗产造成严重破坏，判定标准为监测数据明显超出灾害预警阈值，处置重点是启动应急响应，封锁危险区域，转移重要文物（如可移动文物），组织人员撤离；四是一级预警（特别严重），自然灾害即将发生或已发生，将对遗产造成重大破坏，处置重点是全面启动应急处置机制，协调应急、地质、气象等相关部门联动处置，最大限度降低灾害损失。

3. 客流过载预警

客流过载预警针对核心遗产区域、文物点位的客流密度超出承载能力，可能导致遗产磨损、挤压或发生安全事故的情况，结合客流监测数据，分为三级预警，核心是控制客流密度，防范安全风险：一是三级预警（一般），客流密度接近区域承载能力的 80%，处置重点是发布客流提醒，引导游客分流，加强现场疏导；二是二级预警（严重），客流密度达到区域承载能力的 90%，处置重点是启动限流措施，暂停相关区域游客进入，加快客流疏导，增配现场工作人员；三是一级预警（特别严重），客流密度超出区域承载能力，处置重点是立即停止相关区域游客入园，全面疏散现场游客，启动客流应急调度，防范拥挤、踩踏等安全事故与遗产损坏风险。

（二）预警机制的核心流程与响应要求

风险预警机制的核心流程包括预警识别、预警发布、预警响应、预警处置、预警解除五个环节，确保流程闭环、响应高效：一是预警识别，智能化监测平台

自动分析监测数据，识别异常情况，结合人工排查，判定预警级别，形成预警信息；二是预警发布，根据预警级别，通过现场显示屏、游客小程序、语音广播、工作人员终端等多渠道，同步发布预警信息，明确预警区域、预警级别、风险类型与注意事项；三是预警响应，相关部门与工作人员根据预警级别，启动对应处置流程，落实防护措施、人员调配、物资保障等工作，确保响应及时、处置到位；四是预警处置，针对预警风险，开展专项处置工作，如文物病害修复、自然灾害防护、客流疏导等，最大限度降低风险损失；五是预警解除，当监测数据恢复正常，风险得到有效控制后，经专业人员排查确认，解除预警，恢复正常管理秩序，并做好预警处置复盘工作。

预警响应需遵循三大核心要求：一是快速响应，预警信息发布后，相关部门与工作人员需在规定时间内启动处置流程，避免响应滞后导致风险扩大；二是分级响应，不同预警级别对应不同的处置流程与责任分工，确保处置工作精准、高效，避免资源浪费；三是联动响应，建立多部门联动机制，协调文物保护、应急管理、气象、地质、安保等相关部门，形成处置合力，提升预警处置效率。

三、监测与预警系统的运维管理

监测与预警系统的稳定可靠运行，是实现遗产监测与风险预警的重要保障。核心是制定完善的日常运维、数据校准、应急处置流程，加强系统设备、数据与人员管理，及时排查系统故障，确保系统能够持续、稳定发挥作用，避免因系统故障导致监测缺失、预警不及时。

（一）日常运维流程

日常运维的核心是做好系统设备、监测平台的常态化检查与维护，及时排查故障，确保系统正常运行，核心流程包括：一是设备日常检查，安排专业运维人员，每日对监测设备（传感器、摄像头、数据采集器等）进行全面检查，查看设备运行状态、供电情况、网络连接情况，及时清理设备灰尘、杂物，确保设备正常工作；二是平台日常维护，每日检查智能化监测平台的运行状态，查看数据采集、传输、分析功能是否正常，排查平台卡顿、崩溃等故障，及时优化平台性能；三是定期巡检，每周开展一次全面巡检，每月开展一次专项巡检，重点检查偏远区域、地质敏感区域的监测设备，排查设备老化、损坏、移位等问题，及时进行维修或更换；四是运维记录，建立完善的日常运维记录台账，详细记录设备检查

情况、故障排查与处理情况、平台维护情况，确保运维工作可追溯，为后续运维优化提供依据。

（二）数据校准与管理

监测数据的准确性是风险预警与处置的核心依据，需建立完善的数据校准与管理制度，确保监测数据真实、可靠，核心流程包括：一是定期数据校准，每月对所有监测设备进行一次数据校准，每季度开展一次全面数据校准，选用专业校准设备，对比监测数据与标准数据，调整设备参数，避免数据偏差；二是数据筛选与修正，智能化监测平台自动对采集到的监测数据进行筛选，剔除异常数据、重复数据，对偏差数据进行修正，确保数据的准确性；三是数据存储与备份，建立专门的监测数据库，对监测数据进行分类存储，定期开展数据备份（每日增量备份、每月全量备份），采用加密存储方式，防范数据丢失、泄露；四是数据审核与分析，安排专业人员，每日审核监测数据，分析数据变化趋势，识别数据异常，及时结合现场实际排查原因，确保数据能够精准反映遗产安全状况。

（三）应急处置与故障排查

针对系统设备故障、数据传输中断等突发情况，需制定完善的应急处置与故障排查流程，确保快速恢复系统运行，避免因系统故障导致监测与预警中断，核心流程包括：一是故障快速响应，当发现系统设备故障、数据传输中断等情况时，运维人员需在规定时间内到达现场，启动应急处置流程，优先采用备用设备、备用网络，确保监测工作不中断；二是故障排查与处理，根据故障现象，快速排查故障原因（设备损坏、网络中断、供电故障等），采取针对性的处理措施，如维修设备、更换配件、恢复网络、抢修供电，确保系统快速恢复正常；三是应急备用方案，针对核心监测区域、关键监测设备，配备备用设备与备用电源，建立备用数据传输通道，当主设备、主网络出现故障时，立即启动备用方案，确保监测与预警工作持续开展；四是故障复盘，故障处理完成后，组织运维人员开展故障复盘，分析故障原因，总结故障处理经验，优化日常运维流程，避免同类故障再次发生。

（四）运维人员管理

运维人员是系统稳定运行的核心力量，需加强运维人员管理，提升运维能力，核心措施包括：一是组建专业运维团队，配备具备监测设备操作、数据校准、故障排查、平台维护等专业能力的运维人员，明确岗位职责与分工；二是加强专业

培训,定期组织运维人员开展专业培训,涵盖监测设备操作、数据校准、故障排查、应急处置等内容,提升运维人员的专业能力与应急处置能力;三是建立考核机制,制定运维人员考核标准,对运维工作质量、故障处理效率、运维记录完整性等进行定期考核,激励运维人员提升工作质量;四是建立值守制度,实行24小时专人值守制度,确保能够及时发现系统故障、接收预警信息,快速启动处置流程。

遗产监测与风险预警系统,是文化遗产地实现精细化保护、智能化管理的核心支撑,全维度监测体系能够全面捕捉遗产安全风险,科学的风险预警机制能够实现风险的早预警、快响应,完善的系统运维能够确保系统稳定可靠运行。搭建覆盖文物本体、周边环境、地质灾害、游客活动的全维度监测体系,建立分级分类的风险预警机制,落实常态化的系统运维管理,能够有效防范各类风险对文化遗产的损害,延长遗产生命周期,实现文化遗产的活态传承与可持续发展。

第四节 可持续旅游与社区参与模式

文化遗产地的可持续发展是兼顾文物保护、旅游开发与生态保护的核心目标,而社区作为文化遗产地的重要组成部分,其参与度直接影响遗产保护成效与旅游发展质量。当前,部分文化遗产地存在旅游开发过度、文物保护乏力、生态破坏严重、社区参与不足、利益分配不均等问题,制约了遗产地的长效发展。依托科技赋能,构建科学的可持续旅游发展模式,搭建“社区参与、利益共享”的协同机制,探索可推广的实践路径,能够实现文物保护、旅游开发、生态保护与社区发展的有机统一,推动文化遗产地实现“文化传承与社区发展”的双赢。

一、文化遗产地可持续旅游发展模式(科技赋能视角)

文化遗产地可持续旅游的核心是打破“开发与保护对立”的传统模式,依托科技赋能,构建“保护优先、适度开发、生态协同、长效发展”的发展模式,兼顾文物保护、旅游开发、生态保护三者平衡,实现旅游发展与遗产保护、生态建设的良性循环,让文化遗产在合理开发中得到有效保护,让生态环境在旅游发展中得到持续改善。

(一) 可持续旅游发展模式的核心内涵

文化遗产地可持续旅游发展模式以“可持续性”为核心导向,依托大数据、

物联网、人工智能等智慧技术，整合遗产资源、旅游资源与生态资源，实现三大核心目标的协同推进：一是坚守文物保护底线，通过科技手段提升遗产保护的精细化水平，防范旅游开发对文物造成的损害，实现遗产的活态传承；二是推动旅游适度开发，依托科技赋能优化旅游产品、提升服务质量，打造兼具文化性与体验感的旅游项目，避免过度开发与同质化竞争；三是强化生态保护协同，借助科技手段监测与管控旅游活动对生态环境的影响，推动生态保护与旅游开发深度融合，实现生态可持续。

该模式区别于传统旅游开发模式，核心特征体现为三点：一是科技赋能性，将智慧技术贯穿于旅游开发、遗产保护、生态管控全过程，提升发展的智能化、精细化水平；二是协同平衡性，打破文物保护、旅游开发、生态保护的割裂状态，实现三者相互支撑、协同发展；三是长效可持续性，立足长远发展，兼顾当代人与后代人的利益，实现遗产传承、旅游发展与生态保护的长效共赢。

（二）科技赋能下的可持续旅游发展路径

1. 科技赋能文物保护，筑牢可持续发展基础

依托智慧技术优化文物保护模式，实现“保护精准化、防控智能化”，为旅游开发划定安全边界。核心路径包括：一是运用数字化技术对文物本体进行精准建档，构建文物数字孪生体，实现文物信息的永久保存与动态监测，同时为旅游开发提供数字化素材，避免旅游活动直接接触文物本体；二是借助物联网、传感器等技术，对核心遗产区域进行实时监测，及时识别旅游活动导致的文物磨损、破坏等风险，联动旅游调度系统启动管控措施；三是通过VR/AR等沉浸式技术，打造虚拟旅游产品，让游客在不接触文物、不破坏环境的前提下，感受遗产文化魅力，分流核心区域客流，减少旅游开发对文物的影响。

2. 科技赋能旅游开发，推动适度可持续开发

依托智慧技术优化旅游开发模式，打造“文化+科技+体验”的旅游产品，实现旅游开发的适度化、差异化与高品质。核心路径包括：一是基于大数据分析，精准挖掘游客需求与遗产资源特色，打造兼具文化内涵与体验感的旅游产品，避免同质化开发与过度商业化；二是搭建智慧旅游平台，整合旅游预约、智能导览、客流调度、服务供给等功能，优化游客参观体验，同时实现客流的精准调控，避免客流过载对遗产与生态造成压力；三是运用数字化技术打造特色旅游场景，将文物文化、历史故事与现代体验相结合，提升旅游产品的文化附加值，推动旅游

开发从“数量型”向“质量型”转型。

3. 科技赋能生态保护，实现生态协同可持续

依托智慧技术强化生态环境管控，实现旅游发展与生态保护的协同推进。核心路径包括：一是搭建生态环境监测系统，通过传感器、无人机等设备，实时监测遗产地内空气质量、水文环境、植被覆盖、噪音污染等生态指标，及时识别旅游活动导致的生态破坏风险；二是运用大数据技术分析旅游活动与生态环境的关联，优化旅游路线与活动范围，避开生态敏感区域，减少旅游活动对生态环境的扰动；三是通过智慧管控手段，规范游客行为，推广绿色旅游理念，引导游客践行低碳、环保的游览方式，同时对旅游垃圾、污水等进行智能化管控，推动生态环境持续改善。

（三）发展模式的核心原则

构建文化遗产地可持续旅游发展模式，需坚守四大核心原则，确保模式的科学性与长效性：一是保护优先原则，始终将文物保护与生态保护放在首位，旅游开发必须以不破坏文物、不污染生态为前提，适度控制开发规模与强度；二是科技赋能原则，充分发挥大数据、物联网、人工智能等技术的优势，提升遗产保护、旅游开发与生态管控的智能化水平；三是协同发展原则，统筹兼顾文物保护、旅游开发、生态保护三者关系，实现三者相互支撑、协同推进；四是长效发展原则，立足长远，避免短期利益导向，推动遗产地实现可持续发展，兼顾当代人与后代人的利益。

二、文化遗产地“社区参与、利益共享”模式构建

社区是文化遗产地的原住民聚居地，也是遗产文化的传承者与守护者，社区参与是文化遗产地可持续发展的重要支撑。核心是构建“社区参与、利益共享”的协同模式，依托科技手段搭建社区参与平台，明确社区在遗产保护、旅游运营中的角色与权益，实现社区参与常态化、规范化、智能化，让社区从遗产保护与旅游发展中获得实实在在的利益，激发社区参与的主动性与积极性。

（一）社区参与的核心维度与角色定位

1. 核心参与维度

社区参与文化遗产地发展的核心维度涵盖三大方面，实现全方位、多层次参与：一是遗产保护参与，社区居民作为遗产文化的传承者，参与文物本体保护、

非遗传承、遗产文化宣传等工作，协助开展遗产监测与违规行为劝阻；二是旅游运营参与，社区居民参与旅游服务、旅游产品开发、民宿经营、特色文创销售等工作，融入旅游发展全过程；三是决策管理参与，社区居民参与遗产地旅游发展规划、政策制定、利益分配等重大决策，表达社区诉求，保障社区权益。

2. 社区角色定位

明确社区在文化遗产地发展中的四大核心角色，推动社区参与落地见效：一是遗产守护者，社区居民承担文物保护、非遗传承的责任，守护遗产文化的真实性与完整性；二是文化传承者，社区居民传承本土民俗、传统技艺、历史故事，丰富遗产文化内涵，为旅游开发提供文化支撑；三是旅游参与者，社区居民参与旅游运营与服务，打造具有本土特色的旅游体验，提升旅游服务质量；四是利益共享者，社区居民从遗产保护与旅游发展中获得经济收益与发展机遇，实现社区发展与遗产保护、旅游发展的双赢。

（二）科技赋能下的社区参与平台搭建

依托科技手段搭建智能化社区参与平台，打破社区参与的时空壁垒，简化参与流程，提升社区参与的便捷性与实效性，推动社区参与常态化、规范化。核心平台功能与搭建路径包括：

1. 信息共享与宣传平台

搭建线上信息共享平台，整合遗产保护政策、旅游发展规划、社区参与动态、利益分配方案等信息，及时向社区居民推送，保障社区居民的知情权；同时，借助平台宣传遗产保护知识、本土文化与旅游产品，鼓励社区居民参与文化宣传，提升社区居民的文化认同感与参与积极性。平台可适配手机端小程序，方便社区居民随时查看、参与互动。

2. 参与互动与反馈平台

搭建社区参与互动平台，开通遗产保护建议、旅游运营意见、决策咨询反馈等通道，社区居民可通过平台提交建议与意见，参与遗产地发展决策；同时，平台设置违规行为举报功能，鼓励社区居民举报旅游活动中的违规行为、文物破坏行为与生态污染行为，协助开展遗产保护与旅游管控。平台安排专人负责审核与反馈，确保社区居民的诉求得到及时回应。

3. 利益分配与服务平台

搭建智能化利益分配平台，依托大数据技术，精准统计旅游收入、文创收益

等相关数据，明确社区利益分配比例与分配方案，实现利益分配的公开、透明、精准，保障社区居民的合法权益；同时，平台整合社区就业信息、技能培训资源，为社区居民提供旅游服务、文创开发等相关技能培训与就业岗位推荐，助力社区居民提升就业能力，增加经济收入。

（三）“利益共享”机制的核心内容

利益共享是激发社区参与积极性的核心保障，需建立完善的利益共享机制，明确利益分配主体、分配比例与分配方式，实现社区居民与遗产地运营方、政府部门的利益共赢：一是明确利益分配主体，包括社区集体、社区居民、遗产地运营方、政府部门等，明确各方的利益分配权益；二是确定合理分配比例，结合旅游收入、文创收益等实际情况，合理划定社区集体与居民的利益分配比例，优先保障社区居民的合法收益；三是丰富利益分配方式，采用现金分配、就业扶持、技能培训、基础设施改善等多种方式，实现利益分配的多元化，让社区居民从遗产保护与旅游发展中获得全方位的收益；四是建立利益分配监督机制，通过社区参与平台、居民代表监督等方式，对利益分配过程进行全程监督，确保利益分配公开、透明、公正。

三、可持续旅游与社区参与的实践路径

结合国内外文化遗产地可持续旅游与社区参与的典型实践，提炼可推广、可复制的实践路径，立足科技赋能，强化协同联动，破解社区参与不足、利益分配不均、可持续性不强等问题，推动文化遗产地实现“文化传承与社区发展”的双赢，为其他遗产地提供参考借鉴。

（一）典型实践案例总结（精简提炼）

国内外优秀实践案例均体现了“科技赋能、保护优先、社区参与、利益共享”的核心理念，核心实践特征包括：一是依托智慧技术实现遗产保护、旅游开发与生态管控的精细化，如运用数字化技术保护文物、大数据调控客流、传感器监测生态；二是搭建完善的社区参与平台，鼓励社区居民参与遗产保护与旅游运营，明确社区的角色与权益；三是建立合理的利益共享机制，让社区居民从旅游发展中获得实实在在的收益，激发社区参与的主动性；四是打造兼具文化性与可持续性的旅游产品，推动旅游开发与遗产保护、社区发展协同推进。这些案例的共同成效是实现了文物保护、旅游发展、生态保护与社区发展的有机统一，为实践路

径提炼提供了重要参考。

（二）可推广的核心实践路径

1. 强化科技赋能，夯实可持续发展与社区参与基础

将智慧技术贯穿于可持续旅游与社区参与全过程，提升发展的智能化水平：一是加大科技投入，搭建完善的遗产监测、生态监测、智慧旅游与社区参与平台，实现数据共享、协同联动；二是推动数字化遗产保护，构建文物数字孪生体，打造虚拟旅游产品，分流核心区域客流，减少旅游开发对文物与生态的影响；三是运用大数据技术分析游客需求、社区诉求与生态状况，优化旅游发展规划与社区参与方案，提升决策的科学性与精准性。

2. 完善社区参与机制，推动社区全方位参与

健全社区参与的常态化机制，明确社区参与的渠道、流程与权益，推动社区全方位、多层次参与：一是搭建智能化社区参与平台，简化参与流程，保障社区居民的知情权、参与权、表达权与监督权；二是建立社区参与激励机制，对积极参与遗产保护、旅游运营与宣传的社区居民给予表彰与奖励，激发社区参与的主动性与积极性；三是鼓励社区居民参与旅游产品开发，挖掘本土文化资源，打造具有本土特色的民宿、文创产品与体验项目，提升社区参与的深度与广度。

3. 健全利益共享机制，实现社区与遗产地共赢

优化利益分配模式，确保社区居民从遗产保护与旅游发展中获得合理收益：一是明确利益分配主体与比例，优先保障社区居民与社区集体的利益，推动利益分配公开、透明、公正；二是丰富利益分配方式，结合现金分配、就业扶持、技能培训、基础设施改善等多种方式，提升社区居民的获得感；三是建立利益共享长效机制，结合旅游发展效益，动态调整利益分配比例与方案，实现社区与遗产地的长效共赢。

4. 强化协同联动，凝聚发展合力

构建政府、运营方、社区、游客多方协同联动机制，凝聚可持续发展与社区参与的合力：一是政府发挥引导与监管作用，完善相关政策法规，加大对遗产保护、科技投入与社区发展的支持力度，规范旅游开发与社区参与行为；二是运营方承担主体责任，依托科技手段优化旅游开发与遗产保护模式，保障社区居民的合法权益，推动社区参与落地见效；三是社区发挥主体作用，主动参与遗产保护与旅游运营，传承本土文化，提升参与能力；四是引导游客践行绿色旅游理念，

尊重社区文化与生活习惯，规范自身游览行为，共同守护文化遗产与生态环境。

5. 加强宣传培训，提升参与能力与文化认同感

强化宣传培训，提升社区居民的遗产保护意识、参与能力与文化认同感：一是开展遗产保护知识与技能培训，提升社区居民对文物保护、生态保护的认知水平与实操能力；二是开展旅游服务、文创开发等相关技能培训，助力社区居民提升就业能力，更好地参与旅游运营；三是加强文化宣传，挖掘本土文化内涵，传承非遗技艺与历史故事，提升社区居民的文化认同感与自豪感，激发社区参与的内生动力。

可持续旅游与社区参与是文化遗产地实现长效发展的核心路径，依托科技赋能，构建兼顾文物保护、旅游开发、生态保护的可持续旅游发展模式，搭建“社区参与、利益共享”的协同机制，能够有效破解传统发展模式的痛点难点。通过强化科技赋能、完善社区参与机制、健全利益共享机制、凝聚协同合力，能够实现文化遗产传承、旅游可持续发展与社区振兴的双赢。

第九章 伦理、法律与标准体系构建

第一节 文物数字化与利用的伦理边界

数字技术的快速迭代为文物保护与利用提供了全新路径，文物数字化通过高精度采集、存储、呈现与传播，打破了文物时空限制，推动了文物活态传承与多元利用。但与此同时，文物数字化与利用过程中的伦理问题日益凸显，数字篡改、过度商业化等行为不仅损害文物的历史真实性与文化价值，还可能引发文化曲解、隐私泄露等一系列问题。明确文物数字化与利用的伦理核心，剖析当前面临的伦理困境，构建科学合理的伦理规范，是规范文物数字化行为、坚守文化传承底线、实现文物数字化可持续发展的必然要求。

一、文物数字化与利用的伦理核心及底线

文物数字化与利用的伦理核心，本质是平衡文物保护与数字利用的关系，坚守文化传承的初心，尊重文物的历史真实性与文化严肃性，核心围绕“保护优先、尊重历史、拒绝篡改、合理利用”四大伦理底线展开，为文物数字化采集、存储、呈现、传播、利用全流程划定伦理边界，确保数字技术始终服务于文物保护与文化遗产，而非背离伦理底线、损害文化价值。

（一）伦理核心内涵解析

1. 保护优先：伦理的首要前提

保护优先是文物数字化与利用的首要伦理原则，核心是明确文物数字化的核心目标是服务于文物保护，而非单纯追求数字利用或商业利益。文物作为不可再生的文化遗产，其历史价值、艺术价值与科学价值是数字化的基础，数字化过程必须以不破坏文物本体为前提，优先保障文物的安全性与完整性。无论是数字采集过程中的设备布设、数据采集，还是数字利用过程中的传播、开发，都需将文物保护放在首位，规避数字化行为对文物本体造成的物理损害，同时防范数字利用对文物文化价值造成的隐性损害，实现“数字保护”与“实体保护”的协同推进。

2. 尊重历史：伦理的核心根基

尊重历史是文物数字化与利用的核心伦理根基，核心是尊重文物所承载的历史事实、文化内涵与时代特征，不歪曲、不曲解、不割裂文物的历史语境。文物数字化不仅是对文物外观的数字复刻，更是对文物历史信息的精准记录与传承，数字化过程中需严格遵循历史真实性原则，精准采集文物的形态、纹饰、材质等细节信息，完整保留文物所承载的历史痕迹与文化符号。数字利用过程中，需尊重文物的历史背景，避免脱离历史语境对文物进行解读、演绎，确保数字文物能够真实反映文物的历史原貌与文化内涵，传递正确的历史文化信息。

3. 拒绝篡改：伦理的刚性底线

拒绝篡改是文物数字化与利用的刚性伦理底线，核心是禁止任何形式的数字篡改行为，确保数字文物的真实性与权威性。数字文物作为文物的数字化呈现形式，其价值源于与文物本体的一致性，任何对数字文物的恶意篡改、伪造、拼接，都会丧失数字文物的传承价值，甚至误导公众对历史文化的认知。无论是数字采集后的后期处理、数字文物的修复，还是数字利用中的呈现与传播，都需坚守拒绝篡改的底线，严禁通过技术手段改变文物的核心特征、历史痕迹与文化内涵，确保数字文物的真实性与严肃性。

4. 合理利用：伦理的价值导向

合理利用是文物数字化与利用的伦理价值导向，核心是依托数字文物实现文物文化价值的多元传播与可持续利用，避免过度利用、滥用数字文物资源。合理利用的核心是“适度、合规、有益”，既要通过数字化手段推动文物走出博物馆、融入现代生活，满足公众的文化需求，实现文化遗产的目标；也要避免过度商业化、娱乐化利用，杜绝将数字文物作为单纯的商业营销工具，防范利用数字文物进行低俗化、同质化开发，确保数字利用始终围绕文化遗产与公共利益展开，实现文化价值与利用价值的有机统一。

（二）伦理核心的核心原则

坚守文物数字化与利用的伦理核心，需遵循三大辅助原则，确保伦理底线落地见效：一是公益性优先原则，文物数字化作为文化公益事业的重要组成部分，需优先保障公众的文化知情权、参与权与监督权，优先服务于文化遗产与公共文化建设，兼顾商业利用的合理性；二是客观性原则，数字化采集、解读、呈现文物过程中，需坚持客观公正，摒弃主观臆断，确保数字文物能够真实反映文物本

体与历史事实；三是可持续性原则，文物数字化与利用需立足长远，兼顾当代人与后代人的利益，合理规划数字文物资源的开发与利用，推动数字文物资源的可持续传承。

二、文物数字化与利用中的伦理困境及成因

当前，我国文物数字化与利用事业快速发展，但由于伦理规范缺失、监管体系不完善、利益导向偏差等多种因素，文物数字化与利用过程中面临诸多伦理困境，主要集中在数字篡改、过度商业化、文化曲解、隐私泄露四个方面，这些困境不仅损害了文物的文化价值，也制约了文物数字化的可持续发展，亟需深入剖析成因、明确破解方向。

（一）核心伦理困境解析

1. 数字篡改频发，违背真实性伦理

数字篡改是当前文物数字化与利用中最突出的伦理困境，表现为通过数字技术对文物的数字影像、历史信息进行恶意修改、伪造、拼接，违背了拒绝篡改、尊重历史的伦理底线。部分机构或个人为追求视觉效果、商业利益，随意修改文物的色彩、形态、纹饰，甚至伪造虚假的数字文物；部分数字修复过程中，过度修复、随意添加文物原有特征，导致数字文物与文物本体严重不符；还有部分从业者迎合市场需求，篡改文物所承载的历史信息，扭曲文物的文化内涵，误导公众认知，严重损害了文物的历史真实性与权威性。

2. 过度商业化开发，背离公益性伦理

过度商业化是文物数字化利用中最普遍的伦理困境，表现为将数字文物资源单纯作为商业营销工具，过度追求商业利益，忽视文化遗产与公共利益，背离了合理利用、保护优先的伦理底线。部分企业借助数字文物的文化影响力，进行过度商业化开发，推出低俗化、同质化的文创产品、广告宣传，甚至将数字文物与低俗内容绑定，消解文物的文化严肃性；部分机构过度挖掘数字文物的商业价值，收取高额的数字资源使用费用，限制公众对数字文物的获取与利用，违背了文物数字化的公益性初衷；还有部分开发行为过度消耗数字文物资源，导致数字文物的文化价值被商业利益掩盖。

3. 文化曲解严重，违背尊重历史伦理

文化曲解是文物数字化与利用中隐性的伦理困境，表现为对数字文物的解读、

演绎脱离历史语境，歪曲文物所承载的历史文化内涵，违背了尊重历史的伦理底线。部分数字呈现、传播过程中，过度简化文物的历史背景、文化内涵，导致公众对文物的认知片面化；部分机构或个人为迎合大众审美、追求传播热度，对文物进行过度娱乐化、现代化解读，扭曲文物的历史价值与文化意义；还有部分数字内容创作中，将文物脱离历史语境进行拼接、演绎，编造虚假的历史故事，误导公众对历史文化的认知，损害了文物的文化传承价值。

4. 隐私泄露隐患，违背合规性伦理

隐私泄露是文物数字化过程中易被忽视的伦理困境，主要涉及文物相关的个人隐私、敏感信息泄露，违背了合规性与公益性伦理。部分文物数字化采集过程中，会涉及到文物出土环境、考古发掘现场的敏感信息，若未做好信息保护，可能导致敏感信息泄露；部分与个人相关的文物（如私人收藏文物、家族文物），数字化过程中可能泄露文物所有者的个人信息、隐私信息；还有部分数字文物平台管理不规范，存在用户信息、数字文物数据泄露的风险，不仅损害了相关人员的合法权益，也可能对文物保护造成潜在威胁。

（二）伦理困境的核心成因

剖析当前文物数字化与利用的伦理困境，其成因主要集中在四个方面，形成了多因素叠加的局面：一是伦理规范缺失，目前我国尚未形成完善的文物数字化伦理规范体系，缺乏明确的伦理准则与行为指引，科研机构、企业、从业者的伦理意识薄弱，对伦理边界的认知模糊；二是利益导向偏差，部分机构与个人过度追求商业利益、传播热度，忽视了文物数字化的文化公益属性与伦理底线，将商业利益置于文化传承之上；三是监管体系不完善，文物数字化与利用的监管机制不健全，对数字篡改、过度商业化、文化曲解等行为的监管力度不足，缺乏有效的惩戒措施，难以形成有力约束；四是从业者素养参差不齐，部分文物数字化从业者缺乏专业的历史文化知识与伦理素养，在数字化采集、修复、利用过程中，难以坚守伦理底线，甚至出现违规操作行为。

三、文物数字化与利用的伦理规范及行为准则

破解文物数字化与利用的伦理困境，核心是构建科学完善的伦理规范体系，明确科研机构、企业、从业者的行为准则，强化伦理意识，坚守伦理边界，引导文物数字化与利用在伦理框架内有序开展，实现文化价值与利用价值的双向共赢，

推动文物数字化事业可持续发展。

（一）核心伦理规范

1. 数字化采集伦理规范

数字化采集是文物数字化的基础环节，核心规范是坚守保护优先、客观真实的原则，确保采集过程合规、采集数据精准。一是采集前需进行充分的文物勘察与评估，制定科学的采集方案，选用轻量化、可逆式的采集设备与技术，避免采集行为对文物本体造成物理损害；二是采集过程中严格遵循客观真实原则，精准采集文物的形态、纹饰、材质、色彩等核心特征，完整记录文物的历史痕迹与文化信息，不遗漏、不篡改采集数据；三是采集过程中注重隐私与敏感信息保护，对涉及个人隐私、考古敏感信息的文物，做好信息加密与管控，严禁随意泄露；四是采集完成后，及时对采集数据进行备份、校验，确保数据的完整性与准确性，建立规范的数字文物数据库。

2. 数字化修复伦理规范

数字化修复是文物数字化的重要环节，核心规范是坚守尊重历史、适度修复的原则，杜绝过度修复与随意篡改。一是数字化修复前，需深入研究文物的历史背景、制作工艺、损坏原因，制定科学的修复方案，修复方案需符合文物保护的相关标准与伦理要求；二是修复过程中坚持“最小干预”原则，仅对文物数字影像中的破损部分进行修复，严格遵循文物本体的原有特征，不添加、不修改文物的核心特征与历史痕迹；三是修复过程需全程记录，留存修复前后的数字影像与修复日志，确保修复过程可追溯、可核查；四是严禁通过数字化修复伪造文物特征、篡改文物历史信息，杜绝“过度美化”“随意创新”等违背伦理底线的行为。

3. 数字化利用伦理规范

数字化利用是文物数字化的核心目标，核心规范是坚守合理利用、公益优先的原则，平衡商业利用与文化遗产的关系。一是数字文物利用需优先服务于文化传承与公共文化建设，推动数字文物资源向公众免费开放，保障公众的文化知情权与参与权；二是商业利用需适度合规，严禁过度商业化、低俗化开发，商业开发项目需符合文物文化内涵，不得扭曲、曲解文物的历史价值；三是数字文物传播过程中，需坚持客观真实原则，完整、准确地传递文物的历史文化信息，避免脱离历史语境的解读与演绎；四是严禁利用数字文物进行违法违规活动，杜绝伪造、篡改数字文物用于欺诈、宣传低俗内容等行为。

4. 数据安全与隐私保护伦理规范

数据安全与隐私保护是文物数字化的重要保障，核心规范是坚守合规性原则，防范数据泄露与隐私损害。一是建立完善的数字文物数据安全管理制度，对数字文物数据进行加密存储、规范管理，定期开展数据安全排查，防范数据丢失、泄露、篡改；二是明确数字文物数据的使用权限，严格管控敏感数据、隐私数据的访问与使用，严禁未经授权泄露、传播相关数据；三是对涉及个人隐私、考古敏感信息的数字文物数据，进行匿名化处理，避免隐私泄露；四是加强数据安全技术研发与应用，提升数字文物数据的安全防护能力，确保数据安全与隐私保护落地见效。

（二）不同主体的行为准则

文物数字化与利用涉及科研机构、企业、从业者三大核心主体，各主体职责不同、定位各异，需明确差异化行为准则，协同坚守伦理底线，具体要求如下表所示：

主体类型	核心定位	核心行为准则
科研机构	核心引领者，公益导向	1. 聚焦文物保护与文化遗产，杜绝功利化、商业化倾向；2. 加强伦理研究，完善规范体系，提供理论支撑；3. 规范科研行为，确保数据真实权威，严禁篡改伪造；4. 开展伦理培训，提升科研人员素养。
企业	重要参与者，合规经营	1. 遵循伦理规范与法律法规，杜绝过度商业化、低俗化开发；2. 尊重文物历史与文化内涵，确保开发项目契合文物价值；3. 强化数据安全与隐私保护，防范数据泄露；4. 承担社会责任，参与公益文化建设，推动资源公益开放。
从业者	具体实施者，坚守底线	1. 树立正确伦理观念，坚守四大伦理底线，抵制违规操作；2. 提升专业能力，熟练掌握数字技术与文物历史文化知识；3. 严格遵守行业准则，不参与篡改、过度开发等违背伦理的行为；4. 主动接受社会监督，及时纠正违规行为，维护行业公信力。

（三）伦理规范的落地保障

为确保伦理规范落地见效，需建立完善的保障机制：一是强化伦理宣传教育，通过行业培训、宣传推广等方式，提升科研机构、企业、从业者的伦理意识，营造坚守伦理底线的行业氛围；二是建立伦理监督机制，组建专业的伦理监督团队，对文物数字化与利用全过程进行监督，及时发现并纠正违背伦理的行为；三是完善惩戒机制，对数字篡改、过度商业化、隐私泄露等违背伦理的行为，明确惩戒标准，实施相应的惩戒措施，形成有力约束；四是推动伦理规范与法律法规、行

业标准衔接，构建“伦理+法律+标准”的多元约束体系，推动文物数字化与利用规范化、可持续发展。

文物数字化与利用的伦理边界，是守护文物文化价值、实现文化传承的重要防线。坚守“保护优先、尊重历史、拒绝篡改、合理利用”的伦理核心与底线，破解数字篡改、过度商业化等伦理困境，构建科学完善的伦理规范与行为准则，能够引导科研机构、企业、从业者规范行为，确保数字技术始终服务于文物保护与文化传承。

第二节 知识产权与数据安全法律问题

文物数字化进程的加快与多元利用的推进，不仅带来伦理层面的挑战，更引发了一系列知识产权与数据安全相关的法律问题。文物数字化成果的权属界定、IP开发与文创产品的知识产权保护，以及文物数字资源全流程的数据安全，均缺乏完善的法律适配与监管规范，导致权属纠纷频发、数据安全隐患突出，严重制约文物数字化事业的规范化发展。梳理文物数字化各环节的知识产权问题，剖析数据安全法律风险，提出针对性的法律保障建议，明确各方权利义务，强化知识产权保护与数据安全监管，是推动文物数字化合法合规发展、守护文物数字资源安全、保障相关主体合法权益的必然要求。

一、文物数字化相关知识产权问题梳理（权属界定为核心）

文物数字化过程中，知识产权问题贯穿于数字采集、IP开发、文创产品研发与传播全流程，核心症结在于权属界定模糊，著作权、商标权、专利权等不同类型知识产权的权利边界不清晰，导致相关主体的权利义务失衡，易引发权属纠纷与侵权行为，阻碍文物数字化成果的合理利用与有序传播。

（一）核心环节的知识产权问题及权属界定

1. 文物数字化采集环节：著作权权属争议

文物数字化采集是知识产权产生的源头，核心涉及文物数字复制品的著作权权属界定问题。文物本体作为历史遗存，其本身不受著作权法保护，但通过数字化技术形成的文物数字复制品、数字模型等，属于智力成果的延伸，可能构成著作权法意义上的作品。当前核心争议在于：一是权属主体模糊，文物保管单位、

数字化实施机构、科研团队之间，未明确约定数字复制品的著作权归属，导致多方主张权利或权利无人主张；二是权利范围界定不清，数字化实施机构的采集、加工行为是否构成独创性表达，数字复制品属于汇编作品、美术作品还是摄影作品，缺乏明确的法律界定与裁判标准；三是合理使用边界模糊，文物保管单位、科研机构、企业对数字复制品的使用范围、方式，以及是否需要获得授权、支付报酬，缺乏清晰规范，易引发侵权纠纷。

2. 文物 IP 开发环节：多类型知识产权交叉保护问题

文物 IP 开发是文物数字化利用的重要形式，核心涉及著作权、商标权的交叉保护与权属界定问题。一方面，文物 IP 的挖掘与开发，需依托文物数字复制品、历史纹饰、文化符号等素材，若未明确原始素材的著作权归属，易构成对原始权利人的著作权侵权；另一方面，开发形成的文物 IP 形象、名称、标识等，可申请商标权保护，但实践中存在 IP 标识与他人先在商标冲突、恶意抢注文物相关商标等问题，损害文物文化价值与相关主体合法权益。此外，文物 IP 开发过程中，若涉及技术创新（如 IP 数字化呈现技术），还可能涉及专利权保护，相关技术成果的权属界定与侵权判断，也缺乏明确的适配规范。

3. 文创产品研发环节：侵权频发与权属混乱

文创产品研发是文物知识产权转化的主要路径，也是侵权行为的高发领域，核心问题集中在权属混乱与侵权认定模糊。一是部分企业未经授权，擅自使用文物数字复制品、文物 IP、历史纹饰等素材研发文创产品，侵犯相关主体的著作权、商标权；二是文创产品的独创性判断标准不清晰，部分企业简单复制文物数字素材，却主张自身享有著作权，导致侵权纠纷难以界定；三是权属链条复杂，文物保管单位、IP 开发机构、文创企业之间的权利流转不规范，未签订明确的授权协议，导致侵权责任难以划分，后续维权难度较大。

（二）知识产权问题的核心症结

当前文物数字化相关知识产权问题的核心症结主要体现在三个方面：一是法律规范滞后，现有知识产权法律法规未充分适配文物数字化的特殊场景，对数字复制品的作品定性、权属界定、合理使用边界等缺乏针对性规定；二是权属约定不规范，多数文物数字化项目中，相关主体未签订明确的知识产权归属与使用协议，导致权利归属模糊、权利义务失衡；三是维权机制不完善，文物数字化相关知识产权侵权行为具有隐蔽性、传播快、范围广等特点，维权成本高、周期长，

且侵权赔偿标准偏低，难以形成有效震慑，同时缺乏专门的知识产权纠纷调解机制，纠纷解决效率低下。

二、文物数字资源的数据安全法律风险分析

文物数字资源作为文物文化价值的数字化载体，其采集、存储、传输、应用全流程均存在数据安全法律风险，数据泄露、滥用、非法交易等行为不仅损害文物数字资源的安全性与完整性，还可能侵犯相关主体的隐私与合法权益，违反《中华人民共和国网络安全法》《中华人民共和国数据安全法》《中华人民共和国个人信息保护法》等相关法律法规，需深入剖析风险类型与成因，明确防控方向。

（一）核心环节的数据安全法律风险

1. 数据采集环节：合规性风险

数据采集是数据安全风险的源头，核心存在两大法律风险：一是采集行为不合规，部分数字化实施机构未获得文物保管单位的明确授权，擅自采集文物数字数据，侵犯文物保管单位的数据所有权与管理权；二是敏感数据采集失控，采集过程中涉及的考古敏感数据、文物出土环境数据，以及与个人相关的文物隐私数据（如私人收藏文物信息），未履行合规采集义务，未进行脱敏处理，违反数据安全与个人信息保护相关法律规定，存在泄露隐患。此外，部分采集行为未遵循“最小必要”原则，过度采集无关数据，也涉嫌违反数据安全相关法律法规。

2. 数据存储环节：泄露与损毁风险

数据存储环节的核心法律风险是数据泄露与损毁，违反数据安全法中关于数据存储安全的相关规定。一是存储设施安全防护不足，部分机构未配备完善的安全防护设备与技术，未建立规范的数据存储管理制度，导致文物数字数据被非法入侵、窃取，引发数据泄露；二是数据备份机制不完善，未建立异地备份、多重备份制度，因设备故障、自然灾害、人为操作失误等原因，导致文物数字数据损毁、丢失，无法恢复，损害文物数字资源的完整性；三是存储主体资质不合规，部分机构不具备文物数字数据存储的相应资质，擅自存储敏感文物数据，违反数据安全监管要求，存在重大安全隐患。

3. 数据传输环节：泄露与篡改风险

文物数字数据在跨机构、跨平台传输过程中，易引发泄露与篡改风险，违反数据安全与网络安全相关法律规定。一是传输过程未采取加密措施，或加密技术

不完善，导致数据在传输过程中被非法截取、窃取，造成数据泄露；二是传输渠道不规范，通过未加密的网络、第三方平台传输敏感文物数据，增加数据泄露风险；三是数据传输过程中被非法篡改，部分主体为谋取利益，擅自篡改传输中的文物数字数据，破坏数据的真实性与完整性，涉嫌违反数据安全法相关规定，需承担相应法律责任。

4. 数据应用环节：滥用与非法交易风险

数据应用环节是数据安全法律风险的高发领域，核心风险为数据滥用与非法交易。一是数据滥用，部分机构或个人未经授权，擅自将文物数字数据用于商业开发、广告宣传等活动，超出授权范围使用数据，侵犯相关主体的数据权利；二是非法交易，部分主体为谋取暴利，非法收集、倒卖文物数字数据，尤其是敏感文物数据，违反数据安全法关于数据交易的相关规定，情节严重的，还可能构成刑事犯罪；三是数据共享不合规，文物数字数据在政府部门、科研机构、企业之间的共享，未建立规范的共享机制，未明确共享范围与权限，导致数据被滥用、泄露。

（二）数据安全法律风险的核心成因

文物数字资源数据安全法律风险的核心成因主要包括四个方面：一是法律适配不足，现有数据安全相关法律法规对文物数字数据的特殊性考虑不足，对敏感文物数据的界定、分级分类管理、安全防护要求等缺乏针对性规定；二是安全意识薄弱，部分机构与个人对文物数字数据的安全重视程度不够，未建立完善的安全防护机制，缺乏专业的安全管理人才，存在侥幸心理；三是监管体系不完善，文物数字数据的安全监管责任划分不清晰，监管手段单一，对数据泄露、滥用、非法交易等行为的监管力度不足，难以形成有效约束；四是技术支撑不足，部分机构的安全防护技术落后，无法有效防范非法入侵、数据窃取、篡改等行为，难以保障数据全流程安全。

三、文物利用相关法律保障体系完善建议

破解文物数字化相关的知识产权与数据安全法律问题，核心是构建完善的法律保障体系，结合文物数字化实践需求，完善相关法律法规，明确各方权利义务，强化知识产权保护与数据安全监管，建立健全纠纷解决机制，推动文物数字化与利用合法合规、可持续发展。

（一）完善相关法律法规，明确权利义务与规范标准

1. 优化知识产权相关法律法规

结合文物数字化特点，完善知识产权法律法规，破解权属界定模糊、侵权认定困难等问题：一是明确文物数字复制品的法律定性及权属界定，区分不同类型数字复制品（如单纯复制品、具有独创性的数字模型）的作品属性，明确文物保管单位、数字化实施机构、科研团队之间的权属划分原则，鼓励相关主体签订明确的权属协议；二是界定合理使用边界，明确文物数字复制品、IP 素材在科研、教育、公益宣传等领域的合理使用范围与方式，兼顾公共利益与权利人合法权益；三是完善文物 IP 与文创产品的知识产权保护规范，明确文物相关商标的注册规则，禁止恶意抢注，规范文创产品的独创性判断标准，加大对侵权行为的打击力度。

2. 完善数据安全相关法律适配

针对文物数字数据的特殊性，完善数据安全相关法律法规，强化数据安全防护：一是明确文物数字数据的分级分类管理标准，界定敏感文物数据的范围，对不同级别数据制定差异化的安全防护要求；二是细化文物数字数据采集、存储、传输、应用、共享、销毁全流程的法律规范，明确相关主体的安全责任，要求采集行为获得明确授权，存储、传输需采取加密措施，建立完善的备份机制；三是完善敏感文物数据的监管规范，明确敏感数据的收集、使用、交易权限，禁止非法收集、倒卖敏感文物数据，细化相关违法行为的法律责任。

3. 制定专门的配套法规与实施细则

在现有法律法规基础上，制定专门的文物数字化相关配套法规与实施细则，衔接知识产权、数据安全相关法律，明确文物数字化各环节的法律要求、权利义务、责任划分，针对权属纠纷、侵权行为、数据安全事故的处理流程、赔偿标准等作出具体规定，增强法律的可操作性，避免法律适用模糊的问题。

（二）强化监管力度，构建多元协同监管体系

1. 明确监管责任，细化监管分工

建立“政府主导、部门协同、主体负责、社会监督”的多元协同监管体系：一是明确文物部门、知识产权部门、网信部门、公安部门等相关部门的监管责任，细化分工，避免监管空白与推诿扯皮；二是强化文物保管单位、数字化实施机构、企业等相关主体的主体责任，要求其建立完善的知识产权管理制度与数据安全防护机制，定期开展自查自纠，及时排查风险；三是畅通社会监督渠道，鼓励公众、

媒体举报知识产权侵权与数据安全违法违规行为，形成监管合力。

2. 创新监管手段，提升监管效能

依托数字化技术，创新监管手段，提升监管的精准性与高效性：一是搭建文物数字化知识产权与数据安全监管平台，实现对文物数字数据全流程、文物 IP 开发、文创产品研发的动态监测，及时发现侵权行为与数据安全隐患；二是推行信用监管机制，对存在知识产权侵权、数据安全违法违规行为的主体，纳入信用黑名单，实施联合惩戒，限制其参与文物数字化相关项目；三是加强跨部门、跨区域监管协同，建立信息共享、联合执法机制，加大对重大侵权案件与数据安全事故的查处力度。

（三）健全纠纷解决与维权机制，降低维权成本

建立健全多元化的纠纷解决与维权机制，保障相关主体的合法权益，提升维权效率：一是建立专门的文物数字化知识产权与数据安全纠纷调解机制，组建专业的调解团队，快速化解各类纠纷，降低维权成本；二是完善诉讼维权机制，优化审理流程，缩短审理周期，明确侵权赔偿标准，加大对恶意侵权行为的惩罚性赔偿力度，提高侵权成本；三是建立维权援助机制，为文物保管单位、中小科研机构、个人提供知识产权与数据安全维权援助，提升其维权能力。

（四）强化宣传培训，提升法律意识与专业素养

加强法律宣传与专业培训，提升相关主体的法律意识与专业素养，从源头防范法律风险：一是通过行业培训、宣传推广、案例解读等方式，向文物保管单位、数字化实施机构、企业、从业者普及知识产权与数据安全相关法律法规，明确行为边界，提升法律意识；二是加强专业人才培养，培养兼具文物保护、数字化技术、法律知识的复合型人才，提升相关主体的知识产权管理能力与数据安全防护能力；三是加强行业自律，引导相关主体自觉遵守法律法规，坚守法律底线，规范自身行为，营造合法合规、公平公正的行业环境。

知识产权保护与数据安全的合法合规发展的重要支撑，也是守护文物文化价值、保障相关主体合法权益的必然要求。当前，文物数字化相关的知识产权权属界定模糊、数据安全法律风险突出等问题，制约了行业的规范化发展。通过完善相关法律法规、强化协同监管、健全纠纷解决机制、提升法律意识，构建科学完善的法律保障体系，能够明确各方权利义务，防范法律风险，打击侵权与违法违规行为，推动文物数字化与利用在法律框架内有序开展，实现文物文化

价值的有效传承与合法转化。

第三节 相关技术标准与行业规范建设

技术标准与行业规范是文物数字化、科技保护、展示传播等工作有序开展的重要支撑，也是推动文物事业高质量发展、规范行业行为、防范各类风险的核心保障。当前，我国文物数字化与科技保护领域已初步形成一批技术标准与行业规范，但随着数字技术的快速迭代和文物利用场景的不断拓展，现有标准规范存在覆盖不全面、适配性不足、短板空白突出等问题，难以满足行业规范化、精细化发展需求。梳理现有技术标准与行业规范，剖析存在的短板，明确完善路径，建立高效的落地推进机制，构建科学完善的标准规范体系，是补齐行业发展短板、规范行业秩序、提升文物数字化与科技保护质量的必然要求。

一、文物相关技术标准与行业规范梳理及短板分析

近年来，我国逐步重视文物领域技术标准与行业规范建设，在文物数字化采集、存储、科技保护、展示传播等核心领域出台了一系列标准规范，初步搭建了标准规范框架，为行业发展提供了基础指引。但从行业实践来看，现有标准规范仍存在诸多短板与空白，难以适配技术发展与实践需求，制约了行业规范化发展。

（一）核心领域现有标准规范梳理

1. 文物数字化领域标准规范

文物数字化领域是标准规范建设相对集中的领域，核心涵盖数据采集、存储、处理等环节。现有标准主要聚焦于数字化采集技术要求，明确了不同类型文物（石质、木质、彩绘等）的数字化采集精度、设备参数、数据格式等基础要求；在数据存储方面，初步规范了文物数字数据的存储格式、备份要求、安全防护基础标准；在数据处理方面，对数字修复、数据整合的基础流程与技术指标作出了初步规定。同时，针对数字文物的呈现与传播，出台了部分展示技术规范，明确了虚拟展示、线上传播的基础技术要求，为文物数字化工作提供了基本遵循。

2. 文物科技保护领域标准规范

文物科技保护领域标准规范主要围绕文物本体保护技术、材料应用等方面展开。现有标准明确了不同类型文物（古建筑、壁画、文物藏品等）的保护技术路

线、材料选用标准、施工工艺要求，涵盖了加固、修复、防腐、防虫等核心保护环节；在保护材料方面，规范了文物保护专用材料的质量标准、检测方法，防范不合格材料对文物本体造成损害；在检测监测方面，初步建立了文物本体与周边环境监测的基础标准，明确了监测指标、设备要求等。

3. 文物展示传播领域标准规范

文物展示传播领域标准规范主要聚焦于线下展览与线上传播两大场景。线下展览方面，规范了文物展览的布局、陈列、保护措施、安全防护等基础要求，保障展览过程中文物的安全与展示效果；线上传播方面，针对数字文物的线上展示、传播平台建设、内容呈现等，出台了部分基础规范，明确了线上传播的内容质量、技术适配、安全防护等基本要求，推动数字文物的广泛传播。

（二）现有标准规范存在的核心短板与空白

结合行业实践，现有技术标准与行业规范的短板与空白主要体现在四个方面，严重制约行业规范化发展：一是覆盖范围不全面，部分新兴领域存在标准空白，如文物数字孪生、AI 修复、元宇宙展示等新兴技术的应用标准尚未出台，文物 IP 开发、文创产品研发的行业规范不完善，部分小众文物类型的数字化与保护标准缺失；二是适配性不足，现有标准多为通用性标准，缺乏针对性，未充分结合不同类型、不同地域文物的特殊性制定差异化标准，同时标准更新滞后于技术发展，难以适配数字技术快速迭代的需求；三是衔接性不强，不同领域、不同层级的标准规范缺乏有效衔接，数字化、科技保护、展示传播等环节的标准相互割裂，形成“各自为战”的局面，导致全流程工作衔接不畅；四是质量控制与安全保障标准不完善，现有标准对文物数字化与科技保护的质量验收标准、流程管控要求不细化，数据安全、技术应用安全的标准规范不健全，难以有效防范质量风险与安全隐患。

二、文物相关技术标准与行业规范完善路径

完善文物相关技术标准与行业规范，需立足行业实践需求，聚焦核心环节，补齐短板、填补空白，强化标准规范的针对性、适配性与衔接性，构建“覆盖全面、重点突出、衔接顺畅、适配发展”的标准规范体系，涵盖技术应用、流程管理、质量控制、安全保障等全环节，为行业发展提供全方位指引。

（一）聚焦技术应用，完善核心领域标准规范

1. 补齐新兴技术应用标准空白

针对文物数字孪生、AI 修复、元宇宙展示、虚拟考古等新兴技术领域，加快制定专项技术标准，明确技术应用的参数要求、操作流程、质量指标，规范新兴技术在文物领域的应用行为，防范技术滥用对文物造成的损害；针对文物 IP 开发、文创产品研发等领域，制定完善的行业规范，明确 IP 开发的权限、流程、质量要求，规范文创产品研发的知识产权保护、质量管控等相关要求，推动 IP 开发与文创产业规范化发展。

2. 优化现有技术应用标准，提升适配性

结合不同类型文物（石质、木质、彩绘、纺织品等）的特殊性，细化数字化采集、科技保护的专项标准，制定差异化的技术要求与操作规范，提升标准的针对性；紧跟数字技术发展趋势，定期更新现有标准规范，优化技术参数、操作流程，确保标准与技术发展同步，提升标准的适配性；整合现有通用性标准，提炼核心要求，形成统一的基础标准，同时补充专项标准，构建“基础标准 + 专项标准”的技术应用标准体系。

（二）强化流程管理，完善全流程规范体系

围绕文物数字化、科技保护、展示传播全流程，完善流程管理规范，实现全环节、全链条规范化管控：一是完善前期筹备流程规范，明确文物勘察、方案设计、设备选型、人员资质等前期工作的要求，确保前期工作科学合规；二是细化实施流程规范，明确数字化采集、数据处理、科技保护施工、展示传播等核心环节的操作流程、责任分工、衔接要求，避免流程混乱、操作不规范等问题；三是完善后期管理流程规范，明确数字数据归档、文物保护后期养护、展示传播后期运维等工作的要求，建立全生命周期管理规范，确保工作闭环推进。

（三）聚焦质量控制，完善质量验收与管控标准

质量控制是文物数字化与科技保护工作的核心，需完善质量管控与验收标准，强化全过程质量监管：一是制定细化的质量管控标准，明确文物数字化采集精度、数据质量、保护材料质量、施工质量等核心指标，规范质量管控流程，明确管控责任，实现全过程质量管控；二是完善质量验收标准，明确验收流程、验收指标、验收方法、验收责任，细化不同环节、不同类型工作的验收要求，确保验收工作科学、规范、公正，杜绝不合格成果投入使用；三是建立质量追溯体系标准，明

确质量追溯的流程、内容、技术要求，实现文物数字化与科技保护工作的质量可追溯、可核查，及时发现并整改质量问题。

（四）强化安全保障，完善安全防护标准规范

结合文物数字化与科技保护的安全需求，完善安全防护标准规范，防范技术应用、数据存储、展示传播等环节的安全风险：一是完善数据安全标准，明确文物数字数据采集、存储、传输、应用、销毁全流程的安全防护要求，规范数据加密、备份、访问权限管理等相关操作，防范数据泄露、滥用、篡改等风险；二是完善技术应用安全标准，明确数字化设备、保护设备、展示设备的安全参数、防护要求，规范设备安装、使用、运维等操作，防范设备故障、技术滥用对文物本体与数据造成的损害；三是完善现场安全规范，明确文物数字化采集、科技保护施工、展览展示等现场的安全防控要求，规范安全操作流程，防范人身安全与文物安全风险。

（五）加强衔接协调，完善标准规范衔接机制

打破不同领域、不同层级标准规范的割裂局面，加强衔接协调，构建衔接顺畅、协同发力的标准规范体系：一是加强不同领域标准的衔接，推动文物数字化、科技保护、展示传播、IP开发等领域的标准规范相互衔接，明确各环节的衔接要求，实现全流程标准协同；二是加强不同层级标准的衔接，协调国家、行业、地方三级标准，明确各级标准的适用范围、核心要求，避免标准冲突、重复，形成上下联动、协同互补的标准体系；三是加强与伦理、法律标准的衔接，推动技术标准、行业规范与文物相关伦理要求、法律法规相衔接，确保标准规范符合伦理底线与法律要求，实现“伦理+法律+标准”的协同约束。

三、技术标准与行业规范落地推进机制建议

完善的技术标准与行业规范，关键在于落地执行。当前，部分标准规范存在“束之高阁”的问题，落地执行不到位，难以发挥其规范行业、提升质量的核心作用。需建立“政府引导、行业主导、科研支撑、企业参与”的多元协同推进机制，强化保障措施，推动标准规范落地生根、有效执行。

（一）强化政府引导，完善政策支持与监管保障

政府部门发挥引导、统筹、监管作用，为标准规范落地提供政策支撑与保障：一是加强统筹规划，将技术标准与行业规范建设纳入文物事业发展总体规划，明

确落地推进的目标、任务、时间表与路线图，统筹推进标准规范落地；二是完善政策支持，出台针对性的扶持政策，加大对标准规范推广应用、宣传培训、试点示范等工作的投入，鼓励相关主体积极执行标准规范；三是强化监管考核，将标准规范执行情况纳入相关主体的绩效考核、资质评定、项目审批等核心环节，加大对违规行为的惩戒力度，形成“有标准必执行、不执行必追责”的良好氛围，倒逼相关主体严格执行标准规范。

（二）发挥行业主导，强化行业自律与推广应用

行业协会发挥主导作用，推动标准规范的推广应用与行业自律：一是加强标准规范的宣传解读，通过行业培训、专题研讨、线上推广等方式，向行业内相关主体普及标准规范的核心要求、操作流程，提升相关主体的标准意识与执行能力；二是建立行业自律机制，引导企业、科研机构、从业者自觉遵守标准规范，签订行业自律公约，规范自身行为，主动接受行业监督，形成自我约束、自我提升的行业氛围；三是开展标准推广试点示范，选取典型项目、典型企业作为试点，率先推广应用标准规范，总结试点经验，形成可复制、可推广的模式，带动全行业标准规范落地执行。

（三）强化科研支撑，提升标准规范适配性与可行性

科研机构发挥技术支撑作用，为标准规范落地提供技术保障，提升标准规范的适配性与可行性：一是加强标准规范相关研究，结合技术发展与实践需求，优化标准规范内容，解决标准落地过程中存在的技术难题，提升标准规范的可行性与可操作性；二是开展技术指导与服务，为相关主体提供标准规范执行过程中的技术指导，帮助其解决执行过程中遇到的问题，推动标准规范精准落地；三是加强人才培养，培养兼具文物保护、数字化技术、标准规范知识的复合型人才，为标准规范的推广执行提供人才支撑，提升行业整体执行水平。

（四）鼓励企业参与，推动标准规范落地生根

企业作为标准规范执行的核心主体，鼓励其主动参与标准规范的制定与落地，提升执行积极性：一是鼓励企业参与标准规范制定，结合企业实践经验，提出标准规范优化建议，确保标准规范贴合实践需求，提升企业执行标准的主动性；二是推动企业将标准规范融入生产经营、项目实施全过程，建立完善的企业内部标准执行机制，加强内部培训与管控，确保标准规范在企业内部落地执行；三是树立行业标杆，表彰奖励严格执行标准规范、成效显著的企业，发挥标杆示范作用，

带动更多企业主动执行标准规范。

技术标准与行业规范建设是推动文物数字化与科技保护规范化、高质量发展的重要支撑，也是完善文物伦理、法律与标准体系的核心内容。当前，现有标准规范仍存在诸多短板与空白，落地执行不到位等问题制约了行业发展。通过梳理现有标准、补齐短板空白、完善全环节规范路径，建立“政府引导、行业主导、科研支撑、企业参与”的多元协同推进机制，能够推动技术标准与行业规范落地生根，规范行业行为、防范各类风险、提升工作质量。

第四节 国际经验与中国方案的探讨

在世界文化遗产保护与利用的浪潮中，科技赋能已成为推动文物事业发展的核心动力，世界各国结合自身文物资源特色与发展需求，探索出一系列科技赋能文物利用的先进路径，积累了宝贵经验。我国文物资源丰富、历史底蕴深厚，在科技赋能文物利用方面取得了一定成效，但仍面临规范不完善、价值转化不足等问题。梳理国外先进国际经验，结合我国国情精准借鉴、规避不适配模式，构建具有中国特色的文物利用方案，不仅能推动我国文物事业高质量发展，更能助力中国文物文化走向世界、实现文明互鉴。

一、国外科技赋能文物利用的先进经验梳理

国外多数文化遗产大国，依托成熟的技术体系、完善的规范保障、科学的价值转化模式，在科技赋能文物利用方面形成了特色路径，核心经验集中在技术应用、规范保障、价值转化、国际合作四大方面，为我国提供了重要参考。

（一）技术应用：精准赋能，兼顾保护与体验

国外高度重视前沿技术在文物领域的精准应用，坚持“保护优先、体验升级”的核心导向，推动技术与文物保护、展示利用深度融合。在文物数字化方面，注重高精度采集与长效存储，构建完善的文物数字数据库，实现文物信息的永久保存与动态监测；在展示传播方面，广泛应用VR/AR、数字孪生、元宇宙等新兴技术，打造沉浸式、互动式展示场景，打破文物时空限制，提升公众文化体验；在科技保护方面，依托先进的检测技术与材料科学，实现文物病害的精准识别与微创修复，最大限度保留文物历史原貌，同时利用物联网、传感器等技术，搭建全维度

文物监测体系，防范各类安全风险，实现技术应用与文物保护、利用的有机统一。

（二）规范保障：体系完善，强化刚性约束

国外普遍建立了完善的科技赋能文物利用的规范保障体系，实现“伦理+法律+标准”的协同约束，确保技术应用与文物利用有序开展。在法律层面，出台专门的文物保护与数字化相关法律法规，明确文物数字化、技术应用、价值转化等环节的权利义务、法律责任，规范各类主体行为；在标准层面，构建覆盖文物数字化采集、存储、处理、展示、利用全流程的技术标准体系，明确技术参数、操作规范、质量要求，确保工作标准化、规范化；在伦理层面，强化行业自律，明确科技赋能文物利用的伦理底线，杜绝技术滥用、过度商业化等行为，守护文物文化价值，形成了“有法可依、有标可循、有伦可守”的良好格局。

（三）价值转化：多元创新，实现长效共赢

国外注重文物文化价值与经济价值、社会价值的多元转化，构建科学合理的价值转化模式，实现文物事业的长效发展。在IP开发与文创转化方面，深挖文物文化内涵，打造具有本土特色的文物IP，依托数字化技术开发多元化文创产品，兼顾文化性与实用性，推动文物文化融入现代生活；在公共文化服务方面，依托数字文物资源，搭建公益化展示传播平台，开展文化普及、教育推广等活动，提升公众文化素养，实现文物社会价值；在产业融合方面，推动文物利用与文旅、科技、教育等产业深度融合，打造特色文旅项目、数字文化产品，实现文化价值与经济价值的双向共赢，为文物事业发展提供可持续的资金支撑。

（四）国际合作：开放共享，推动文明互鉴

国外高度重视科技赋能文物利用的国际合作，构建开放共享的合作机制，推动世界文化遗产的保护与文明互鉴。在技术合作方面，各国科研机构、企业开展联合研发，共享先进技术、材料与经验，共同破解文物保护与利用中的共性技术难题；在资源共享方面，搭建国际数字文物共享平台，推动各国数字文物资源互联互通，让全球公众便捷获取文物信息，感受不同文明的魅力；在人才培养方面，开展国际联合培训、学术交流等活动，培养兼具国际视野、专业技术与文化素养的复合型人才，提升全球文物保护与利用的整体水平，推动不同文明交流互鉴、共同发展。

二、国际经验的借鉴原则与不适配模式规避

借鉴国外科技赋能文物利用的先进经验，核心是坚持“立足国情、因地制宜、取其精华、去其糟粕”的原则，结合我国文物资源特色、发展阶段与基本国情，精准借鉴可复制、可推广的经验，坚决规避与我国国情不适配的模式与路径，确保借鉴工作务实有效，推动我国文物事业走出符合自身特色的发展道路。

（一）核心借鉴原则

1. 立足国情原则

我国文物资源数量庞大、类型丰富、地域差异显著，且处于文物事业快速发展阶段，与国外部分发达国家的发展基础、资源禀赋存在差异。借鉴国际经验时，需立足我国实际，结合不同地域、不同类型文物的特点，灵活调整经验与模式，避免照搬照抄，确保借鉴的经验能够适配我国文物保护与利用的实际需求，具有可操作性与可行性。

2. 保护优先原则

借鉴国际经验的核心前提是坚守“保护优先”的底线，无论技术应用、价值转化还是国际合作，都需以不破坏文物本体、不损害文物文化价值为前提。重点借鉴国外科技保护、规范保障等方面的经验，强化文物保护的技术支撑与刚性约束，推动技术应用始终服务于文物保护与文化遗产，杜绝过度关注商业价值、忽视文物保护的倾向。

3. 价值契合原则

借鉴国际经验时，需注重与我国文化遗产、文明发展的核心价值相契合，重点借鉴国外文物价值转化、公共文化服务等方面的经验，推动文物文化价值的传承与弘扬，助力中华优秀传统文化创造性转化、创新性发展，同时兼顾国际视野，推动中国文物文化与世界文明互鉴。

4. 创新适配原则

借鉴国际经验不是简单复制，而是在吸收先进理念与方法的基础上，结合我国技术发展水平与行业实践，进行创新优化，形成适配我国国情的模式与路径。重点借鉴国外技术创新、机制创新等方面的经验，推动我国文物数字化、科技保护、价值转化等领域的创新发展，提升我国文物事业的核心竞争力。

（二）不适配模式与路径规避

结合我国国情，需重点规避三类与我国实际不适配的国际模式与路径：一是规避过度商业化模式，部分发达国家文物利用过度侧重商业价值，忽视公共文化服务与文物保护，此类模式与我国“公益优先、合理利用”的导向不符，需坚决规避，坚持商业利用适度合规，优先保障公共文化利益；二是规避高投入、高门槛的技术应用模式，部分发达国家依托雄厚的资金与技术实力，采用高投入、高门槛的技术应用模式，与我国部分地区文物事业发展资金不足、技术水平有限的实际不符，需立足我国技术发展水平，选择低成本、高效率、易推广的技术与模式；三是规避不符合我国文化语境的价值转化模式，部分国外文物 IP 开发、文化传播模式，与我国传统文化语境、公众审美需求不符，需结合我国文化特色，打造具有中国风格、中国特色的价值转化模式，避免文化曲解与同质化。

三、科技赋能文物利用的中国方案构建

立足我国文物事业发展实际，借鉴国际先进经验，规避不适配模式，构建“科技赋能、保护优先、价值转化、规范有序”的文物利用中国方案，核心是强化技术支撑、坚守保护底线、推动价值转化、完善规范保障，推动我国文物事业高质量发展，助力中国文物文化走向世界。

（一）强化科技赋能，夯实文物利用技术基础

以科技为核心支撑，推动前沿技术与文物保护、利用深度融合，构建完善的技术应用体系。一是推动文物数字化提质升级，搭建全国统一的文物数字数据库，规范数字化采集、存储、处理流程，提升数字化精度与效率，实现文物信息的永久保存与动态监测；二是推广新兴技术应用，有序推进 VR/AR、数字孪生、AI 修复等技术在文物领域的普及，聚焦小众文物、濒危文物的保护与展示，打造精准化、个性化的技术应用方案；三是强化技术研发创新，鼓励科研机构与企业联合攻关，针对文物保护、数字化利用中的核心技术难题，研发适配我国文物特色的专用技术与设备，降低技术应用门槛，推动技术成果转化落地，夯实文物利用的技术基础。

（二）坚守保护优先，筑牢文物传承底线

将“保护优先”贯穿文物利用全过程，构建“科技保护+规范管控”的双重防护体系。一是完善科技保护体系，依托先进检测技术，搭建文物本体与周边环

境全维度监测平台，实现文物病害的早期识别、精准预警与科学处置，推广微创修复、可逆性保护等先进技术，最大限度保留文物历史原貌；二是强化刚性约束，严格落实文物保护相关法律法规，规范文物数字化、技术应用、价值转化等环节的行为，严禁任何损害文物本体与文化价值的操作；三是推动分级分类保护，结合文物等级、保存状况、文化价值，制定差异化的保护方案，重点保障珍贵文物、濒危文物的保护力度，兼顾一般文物的合理利用，实现保护与利用的有机统一。

（三）推动价值转化，实现公益与效益共赢

立足我国文化特色，构建多元协同的文物价值转化模式，推动文物文化价值创造性转化、创新性发展。一是深化 IP 开发与文创转化，深挖文物文化内涵，打造具有中国特色、中国风格的文物 IP，依托数字化技术开发兼具文化性与实用性的文创产品，规范 IP 开发流程，防范过度商业化与同质化；二是强化公共文化服务，依托数字文物资源，搭建公益化线上展示传播平台，推动数字文物进学校、进社区、进乡村，开展文化普及、教育推广等活动，提升公众文化素养，实现文物社会价值；三是推动产业深度融合，促进文物利用与文旅、科技、教育、文创等产业融合发展，打造特色文旅项目、数字文化产品，培育文物利用新业态，实现文化价值与经济价值的双向共赢，为文物事业发展提供可持续资金支撑。

（四）完善规范保障，推动文物利用有序发展

借鉴国际先进经验，结合我国实际，构建“伦理+法律+标准”协同发力的规范保障体系。一是完善法律法规，细化文物数字化、技术应用、价值转化、国际合作等环节的法律规定，明确各方权利义务与法律责任，填补行业法律空白；二是健全技术标准，构建覆盖文物数字化、科技保护、展示传播、价值转化全流程的技术标准体系，明确技术参数、操作规范、质量要求，提升行业规范化水平；三是强化伦理约束，完善文物利用伦理规范，引导相关主体坚守伦理底线，杜绝技术滥用、文化曲解等行为，同时加强行业自律，营造规范有序的行业氛围。

（五）深化国际合作，推动中国文物走向世界

坚持开放包容、互利共赢的原则，构建多元化国际合作机制，推动中国文物文化走向世界、实现文明互鉴。一是加强技术合作，与世界各国科研机构、企业开展联合研发，共享先进技术与经验，共同破解文物保护与利用中的共性难题；二是推动资源共享，依托我国文物数字数据库，搭建国际化数字文物共享平台，推动中国数字文物资源走向世界，同时引进国外优秀数字文物资源，丰富我国文

物展示内容；三是深化文化交流，举办国际文物文化交流活动、数字文物展览等，推动中国文物文化与世界不同文明交流互鉴，提升中国文物文化的国际影响力；四是开展人才交流，组织国际联合培训、学术研讨等活动，培养兼具国际视野、专业技术与文化素养的复合型人才，助力我国文物事业走向世界。

国外科技赋能文物利用的先进经验，为我国文物事业发展提供了重要参考，但借鉴经验必须立足我国国情、坚守自身特色。构建“科技赋能、保护优先、价值转化、规范有序”的文物利用中国方案，既是对国际先进经验的合理借鉴，也是我国文物事业高质量发展的必然选择。

第十章 未来展望：趋势、挑战与战略路径

第一节 前沿科技趋势预测（AI、元宇宙等）

新一轮科技革命与产业变革的深入推进，正推动 AI、元宇宙、量子计算、生物技术等前沿技术加速迭代，为文物利用领域带来颠覆性机遇。这些技术突破了传统文物保护、研究与利用的时空限制和技术瓶颈，将推动文物事业从“数字化转型”向“智能化升级”“产业化融合”跨越。准确预判前沿科技的应用趋势，明晰创新应用场景，强化多技术融合赋能，是把握未来发展机遇、破解行业发展难题、推动文物利用高质量发展的核心前提。

一、前沿科技在文物利用领域的应用趋势预判

未来 5—10 年，前沿科技在文物利用领域的应用将呈现“精准化、智能化、沉浸式、长效化、普惠化”的核心趋势，各类技术将依托自身优势，在文物领域实现针对性突破，同时逐步形成协同发力的技术应用格局。

（一）人工智能：从辅助应用向自主决策演进

人工智能技术将完成从“工具辅助”到“智能决策”的关键跨越，成为文物利用全链条的核心驱动力。在技术演进上，深度学习、大语言模型、计算机视觉的融合应用将更加成熟，针对文物领域的专用大模型将实现规模化落地，具备文物知识图谱构建、病害智能诊断、修复方案自主生成、文化内涵深度解读的能力。应用趋势将聚焦“精准化与高效化”，一方面实现对文物病害、客流风险、环境变化的实时智能研判，另一方面推动文物研究、IP 开发的智能化升级，大幅降低人力成本，提升工作精准度。同时，AI 伦理规范将与文物利用深度绑定，确保技术应用坚守历史真实性与文化严肃性。

（二）元宇宙：从场景搭建向生态构建延伸

元宇宙技术在文物领域的应用，将从单一的沉浸式展示场景，向“文物数字生态构建”全面延伸。技术层面，空间计算、数字孪生、区块链的融合将打破虚

拟与现实的边界，实现文物数字孪生体的全生命周期管理与虚实交互。应用趋势将呈现“沉浸化与社交化”特征，不仅打造高还原度的虚拟文物遗址、博物馆，更将构建集文物展示、学术研究、文化交流、文创消费于一体的元宇宙文物社区。此外，区块链技术将为元宇宙内的数字文物确权、溯源提供支撑，推动数字文物的合规流通与价值实现，形成“虚拟展示－文化互动－价值转化”的完整生态。

（三）量子计算：从理论探索向实用化落地突破

量子计算将逐步突破理论研究阶段，在文物利用的“高算力需求场景”实现实用化落地。随着量子算法的优化与量子计算机算力的提升，其将率先应用于文物数据处理、复杂病害模拟、古建筑结构稳定性分析等需要海量算力支撑的领域。应用趋势聚焦“长效化与精准化”，通过量子计算实现对文物材质劣化、地质灾害影响、环境变化趋势的超长期精准模拟，为文物保护规划制定、风险防控提供科学依据。同时，量子加密技术将全面应用于文物数字资源的安全防护，构建不可破解的数据安全屏障，从根源上防范数据泄露、篡改风险。

（四）生物技术：从病害治理向预防性保护拓展

生物技术在文物领域的应用将实现从“被动病害治理”向“主动预防性保护”的全面拓展。微生物技术、生物材料技术的创新突破，将为文物保护提供绿色、可逆、微创的解决方案。应用趋势聚焦“绿色化与长效化”，一方面利用微生物技术精准清除文物本体的霉菌、细菌、生物污垢，修复石质、木质文物的生物病害；另一方面研发适配文物保护的生物材料，用于文物本体加固、防腐防虫、环境调控，实现文物的预防性保护。同时，生物技术将与物联网监测相结合，实时监测文物周边的微生物环境，提前预判生物病害风险，构建文物生物安全防护体系。

二、前沿科技在文物全链条的创新应用场景展望

前沿科技将深度渗透文物“保护、研究、展示、传播、转化”全链条，催生一批颠覆性的创新应用场景，推动文物利用实现质的飞跃，让文物的历史价值、艺术价值、科学价值得到全方位释放。

（一）保护场景：精准化、微创化、预防性保护全面落地

在文物保护领域，前沿科技将构建“监测－预警－修复－养护”的全流程智能化保护体系。AI辅助修复将实现突破性应用，通过文物专用大模型分析文物病害类型、成因，自主生成微创修复方案，结合机械臂完成彩绘文物、纺织品文

物的精细化修复。元宇宙技术将搭建文物保护虚拟仿真平台，在虚拟空间中模拟修复过程，验证修复方案的可行性，避免对文物本体造成二次损害。量子计算将模拟古建筑在地震、暴雨等极端条件下的结构响应，为古建筑加固提供精准数据。生物技术将用于壁画霉菌的精准清除，以及木质文物的生物防腐处理，实现绿色修复。

（二）研究场景：智能化、跨学科、全球化研究协同发力

文物研究将依托前沿科技实现“智能化突破”与“协同化升级”。AI 文物专用大模型将整合全球文物研究资料，构建文物知识图谱，为研究者提供文献检索、内涵解读、年代判定的智能化支撑，推动跨朝代、跨地域、跨文明的文物对比研究。元宇宙学术社区将汇聚全球文物研究者，在虚拟空间中围绕数字文物开展实时研讨、联合考证，打破地域限制。量子计算将用于文物材质成分的高精度分析，以及古代工艺的模拟复原，破解文物制作工艺、流传脉络等学术难题。数字孪生技术将还原文物的出土环境、历史场景，为考古研究、历史考证提供沉浸式研究载体。

（三）展示场景：沉浸式、互动式、个性化展示成为主流

文物展示将彻底摆脱“玻璃柜+文字说明”的传统模式，进入“虚实融合、沉浸互动”的新时代。元宇宙博物馆将实现规模化落地，游客通过 XR 设备，沉浸式游览虚拟文物遗址、博物馆，与数字文物进行实时交互，体验古代生活场景。AI 个性化导览将基于游客的年龄、兴趣偏好，生成定制化的游览路线与讲解内容，实现“千人千面”的展示体验。数字孪生技术将打造文物本体的 1:1 虚拟复刻，游客可在虚拟空间中 360 度观察文物细节，甚至“触摸”文物，感受文物的材质与工艺，大幅提升展示的趣味性与体验感。

（四）传播场景：破圈化、社交化、全球化传播广泛普及

前沿科技将推动文物文化传播实现“破圈突围”，走向全球化、年轻化。AI 生成内容技术将根据文物文化内涵，自动生成短视频、图文、互动 H5 等传播内容，适配短视频平台、社交平台的传播规律，助力文物文化走进年轻群体。元宇宙文物社区将成为文化传播的新阵地，用户可在社区中创建个人虚拟形象，参与文物主题活动、文化创作，实现文物文化的社交化传播。区块链技术将为数字文物传播提供溯源保障，推动中国数字文物资源在全球范围内合规传播。同时，多语言 AI 翻译与文化适配技术，将消除文物文化传播的语言与文化壁垒，让中华

优秀传统文化走向世界。

（五）转化场景：规范化、多元化、高附加值转化加速实现

文物价值转化将依托前沿科技，实现“文化价值”向“经济价值、社会价值”的高效转化。AI IP 开发系统将深挖文物文化符号，自动生成 IP 形象设计方案、文创产品研发思路，推动文物 IP 的规范化、多元化开发。元宇宙文创消费场景将全面兴起，用户可在虚拟空间中购买数字文创产品、定制个性化文物衍生产品，实现“虚拟消费 + 实体落地”的双向转化。区块链技术将实现数字文创产品的确权、溯源与合规交易，构建“创作 - 确权 - 流通 - 消费”的完整产业链。同时，前沿科技将推动文物与文旅、教育、科技产业深度融合，打造文物主题元宇宙文旅项目、智能化教育课程，实现文物价值的全方位转化。

三、多技术融合赋能文物利用高质量发展的路径

单一技术的应用难以破解文物利用的复杂难题，未来的核心发展路径是推动“数字化 + 智能化 + 产业化”深度融合，实现 AI、元宇宙、量子计算、生物技术等前沿技术的协同发力，构建“技术协同、产业联动、价值共生”的文物利用新格局。

（一）底层技术融合：构建统一的文物智能技术底座

搭建“文物数字孪生底座 + AI 算力底座 + 量子安全底座”的统一技术平台，实现多技术的底层融合。文物数字孪生底座整合文物数字化采集数据，构建全维度、高精度的文物数字孪生体，为各类技术应用提供统一的数据支撑。AI 算力底座部署文物专用大模型，为文物保护、研究、转化提供智能化算力服务。量子安全底座依托量子加密技术，为数字底座的数安全提供全方位防护。通过底层技术融合，打破各技术之间的数据壁垒、应用壁垒，实现“数据互通、算力共享、技术协同”，提升技术应用的整体效能。

（二）全链条融合：推动技术与文物利用各环节深度绑定

以“数字化”为基础，“智能化”为核心，“产业化”为目标，推动多技术融合贯穿文物利用全链条。在数字化环节，融合 AI 与高精度采集技术，提升文物数字化的精度与效率；在保护环节，融合 AI、生物技术与物联网，构建智能化预防性保护体系；在研究环节，融合 AI、量子计算与元宇宙，推动学术研究智能化、协同化；在展示传播环节，融合元宇宙、AI 与区块链，打造沉浸式、

全球文化传播体系；在转化环节，融合 AI、区块链与元宇宙，构建规范化、高附加值的产业转化体系。通过全链条融合，实现技术应用与文物利用需求的精准匹配，最大化释放技术赋能价值。

（三）产业生态融合：培育“文物+科技+文化”融合产业

以多技术融合为支撑，培育“文物+科技+文化”的融合产业生态，推动文物利用从“事业化”向“事业化+产业化”协同发展转型。一方面，扶持一批专注于文物科技的创新企业，推动 AI 修复、数字孪生、生物保护等技术的成果转化，形成文物科技产业集群；另一方面，推动文物与文旅、文创、教育、数字经济等产业深度融合，培育元宇宙文物文旅、数字文创、文物智能教育等新业态。同时，建立“政府引导、企业主导、科研支撑、市场参与”的产业融合机制，完善产业标准与规范，推动融合产业规范化、高质量发展，为文物利用提供可持续的产业支撑。

AI、元宇宙、量子计算、生物技术等前沿科技，正为文物利用领域带来前所未有的发展机遇，其应用趋势、创新场景与融合路径，将深刻重塑文物保护、研究、展示、传播、转化的全流程。

第二节 科技赋能下的价值转化深层挑战

科技赋能为文物价值转化提供了全新路径，推动文物从“静态保护”向“动态利用”跨越，在文化传播、产业融合、价值实现等方面取得显著成效。但与此同时，随着科技应用的不断深入，文物价值转化过程中的深层挑战日益凸显，技术与文化的适配性、转化模式的创新性、人才与资金的保障性问题相互交织，制约了文物价值的深度挖掘与高效实现。剖析这些深层挑战、探究形成成因、明确核心矛盾，是破解价值转化困境、推动科技赋能文物利用高质量发展的关键前提。

一、科技赋能文物价值转化面临的深层挑战

科技赋能文物价值转化的深层挑战，并非单一技术应用层面的问题，而是贯穿“技术应用、模式创新、人才支撑、资金保障”全流程的系统性问题，核心集中在技术与文化适配、价值转化同质化、人才供需失衡、资金投入不均四个方面，相互关联、相互影响，形成了制约价值转化的多重壁垒。

（一）技术与文化适配不足，价值转化流于表面

技术与文化适配不足是当前文物价值转化最核心的深层挑战，导致科技赋能流于“形式化”，难以实现文物文化价值的深度转化。一方面，技术应用存在“重形式、轻内涵”的倾向，过度追求技术的先进性与展示效果，忽视了文物文化内涵的深度挖掘与精准传递，部分数字化、智能化展示仅停留在“视觉呈现”层面，未能将文物背后的历史故事、文化内涵、艺术价值有效解读，难以引发公众的文化共鸣；另一方面，技术应用缺乏针对性，未结合不同类型、不同地域文物的文化特色、价值属性制定差异化转化方案，盲目套用通用技术与模式，导致技术应用与文物文化内涵脱节，无法充分释放文物的独特价值，甚至出现技术滥用、文化曲解的现象，违背了文物价值转化的核心初衷。

（二）价值转化同质化严重，创新动能持续不足

价值转化模式同质化已成为制约文物价值高效实现的重要瓶颈，导致文物价值转化陷入“低端重复、缺乏特色”的困境。在数字展示领域，多数文物数字化项目、虚拟展示场景千篇一律，缺乏对文物特色的精准挖掘，难以形成差异化竞争力；在文创产品开发领域，同质化现象更为突出，多数产品简单复制文物外观、纹饰，缺乏文化内涵的延伸与创新，实用性、创新性不足，难以满足公众多样化、个性化的消费需求；在产业融合领域，多数“文物+文旅”“文物+科技”项目模式单一，未能实现文物文化与产业的深度融合，缺乏可持续的价值转化动能，难以形成特色产业优势，导致文物价值转化的质量与效益偏低。

（三）人才供需失衡突出，支撑体系亟待完善

人才是科技赋能文物价值转化的核心支撑，当前人才供需失衡的问题日益突出，成为制约价值转化高质量发展的重要短板。一方面，复合型人才供给严重不足，文物价值转化需要兼具文物专业知识、科技技术能力、文化创意能力、市场运营能力的复合型人才，而当前行业内此类人才储备匮乏，多数从业者要么缺乏文物专业素养，要么不懂前沿技术与市场运营，难以适配价值转化全流程的需求；另一方面，人才结构不合理，高端研发人才、创新型创意人才、专业运营人才短缺，基层实操人才过剩，且人才培养体系与行业实践需求脱节，培养模式单一，难以培养出贴合实践需求的复合型人才，同时人才激励机制不完善，难以吸引、留住优秀人才，进一步加剧了人才供需失衡的矛盾。

（四）资金投入不均，保障力度有待提升

资金投入是科技赋能文物价值转化的重要保障，当前资金投入不均、保障力度不足的问题，严重制约了价值转化工作的有序推进与均衡发展。一方面，资金投入存在“重保护、轻转化”“重高端、轻基层”的倾向，多数资金集中在文物本体保护、高端技术研发与大型文物项目的价值转化上，而基层文物、小众文物、濒危文物的价值转化资金投入严重不足，难以实现均衡发展；另一方面，资金来源渠道单一，主要依赖政府财政投入，社会资本参与度不高，且资金使用效率偏低，部分资金投入未能贴合价值转化实际需求，存在浪费、闲置现象，同时缺乏完善的资金监管与激励机制，难以引导资金向高附加值、高创新性的价值转化项目倾斜，无法为价值转化提供可持续的资金支撑。

二、科技赋能文物价值转化深层挑战的成因分析

科技赋能文物价值转化深层挑战的形成，并非偶然，而是“科研与实践脱节、市场导向偏差、政策保障不足、行业协同不够”等多重因素长期叠加的结果，这些因素相互关联、相互影响，共同导致了价值转化困境的形成，需要从根源上深入剖析，为破解挑战提供方向。

（一）科研与实践脱节，技术转化效能不足

科研与实践脱节是导致技术与文化适配不足、创新动能不足的核心成因之一。当前，文物科技领域的科研工作多集中在技术研发层面，科研机构往往注重技术的先进性与理论性，忽视了行业实践需求与文物文化特色，缺乏对文物价值转化实际场景、实际需求的深入调研，导致研发的技术、产品与实践需求脱节，难以适配文物价值转化的具体需求。同时，技术成果转化机制不完善，科研成果与企业、实践单位之间缺乏有效的对接渠道，科研成果难以快速转化为实际应用，无法充分发挥技术的赋能价值，导致技术优势难以转化为价值转化优势，进一步加剧了技术与文化的适配困境。

（二）市场导向偏差，价值定位不够清晰

市场导向偏差是导致价值转化同质化、过度商业化的重要成因。部分企业、机构在文物价值转化过程中，过度追求商业利益，忽视了文物的文化价值与公益属性，价值定位出现偏差，将价值转化简单等同于“商业化开发”，盲目跟风模仿热门转化模式，缺乏对文物文化内涵的深度挖掘与特色创新，导致转化模式同

质化、产品低端化。同时，市场调研不够深入，未能准确把握公众的文化需求、消费需求，导致价值转化产品、项目与公众需求脱节，难以实现文化价值与经济价值的双向共赢，进一步制约了价值转化的质量与效益。

（三）政策保障不足，引导规范力度不够

政策保障不足是导致人才供需失衡、资金投入不均、行业秩序不规范的重要成因。在人才政策方面，缺乏完善的复合型人才培养、引进、激励机制，人才培养体系与行业实践需求脱节，人才引进的扶持政策不够有力，人才激励机制不完善，难以吸引、留住优秀人才；在资金政策方面，缺乏引导社会资本参与文物价值转化的激励政策，对基层文物、小众文物价值转化的资金扶持力度不足，资金监管机制不完善，导致资金投入不均、使用效率偏低；在行业规范方面，缺乏完善的文物价值转化行业规范与标准，对技术应用、模式创新、商业开发等环节的引导与约束不足，难以规范各类主体的行为，导致技术滥用、文化曲解、同质化开发等问题频发。

（四）行业协同不够，联动发力机制缺失

行业协同不够是导致价值转化系统性不足、效能不高的重要成因。当前，文物价值转化涉及科研机构、企业、文物保管单位、政府部门、行业协会等多个主体，但各主体之间缺乏有效的协同联动机制，呈现“各自为战”的局面。科研机构专注于技术研发，企业专注于商业开发，文物保管单位专注于文物保护，政府部门缺乏有效的统筹协调，行业协会的桥梁纽带作用未能充分发挥，导致各主体之间的资源无法有效整合、优势无法互补，技术、人才、资金、文化等资源分散，难以形成价值转化的合力。同时，各主体之间的信息沟通不畅，缺乏有效的对接渠道，导致科研成果难以转化、市场需求难以传递、资源配置不够合理，进一步加剧了价值转化的深层挑战。

三、科技赋能文物价值转化的核心矛盾

剖析科技赋能文物价值转化的深层挑战与成因，其核心矛盾在于“科技赋能的技术优势”与“文物价值的深度挖掘、高效转化”之间的不平衡、不匹配，这一核心矛盾贯穿价值转化全流程，是导致各类深层挑战形成的根源，明确这一核心矛盾，能够为破解挑战、推动价值转化高质量发展提供清晰方向。

（一）核心矛盾的核心内涵

当前，前沿科技的快速迭代已形成显著的技术优势，AI、元宇宙、量子计算等技术在文物领域的应用，打破了传统价值转化的时空限制与技术瓶颈，具备了实现文物价值深度转化、多元转化的技术能力，这是科技赋能的核心优势。但与此同时，文物价值的深度挖掘、高效转化能力严重不足，一方面，对文物文化内涵的挖掘不够深入、不够精准，未能充分挖掘文物背后的历史故事、文化内涵、艺术价值与时代价值，缺乏对文物特色的精准提炼；另一方面，价值转化的模式不够创新、不够高效，技术应用与文化内涵脱节，同质化现象严重，人才、资金等支撑保障不足，难以将科技的技术优势转化为价值转化的实际效能，导致技术优势与价值转化需求之间形成明显的差距，构成了当前科技赋能文物价值转化的核心矛盾。

（二）核心矛盾的具体表现

这一核心矛盾的具体表现，贯穿于价值转化的各个环节，与各类深层挑战相互呼应。一是技术优势与文化挖掘能力不足的矛盾，科技具备了精准呈现、多元传播文物的技术能力，但对文物文化内涵的挖掘能力不足，导致技术应用流于表面，难以实现文化价值的深度传递；二是技术优势与转化模式创新不足的矛盾，科技具备了推动价值转化模式创新的能力，但当前转化模式同质化严重、创新动能不足，难以充分发挥技术的赋能作用，实现价值的高效转化；三是技术优势与支撑保障能力不足的矛盾，科技的快速应用对人才、资金等支撑保障提出了更高要求，但当前人才供需失衡、资金投入不均，支撑保障能力难以适配技术赋能的需求，制约了技术优势向价值转化效能的转化；四是技术优势与行业协同能力不足的矛盾，科技的融合应用需要多主体协同发力，但当前行业协同不够，资源分散，难以形成价值转化的合力，无法充分释放技术的赋能价值。

（三）核心矛盾的破解导向

破解这一核心矛盾，核心是推动“科技赋能的技术优势”与“文物价值的深度挖掘、高效转化”实现精准匹配、协同发力，关键在于补齐价值转化的短板，强化支撑保障，创新转化模式，推动技术应用与文化内涵深度融合。既要充分发挥前沿科技的技术优势，依托技术打破价值转化的瓶颈，提升价值转化的效率与质量；也要注重文物文化内涵的深度挖掘，精准提炼文物的特色价值，推动技术应用与文化内涵精准适配；同时，完善人才、资金等支撑保障体系，创新价值转

化模式，强化行业协同，整合各类资源，形成价值转化的合力，将科技的技术优势充分转化为文物价值深度挖掘、高效转化的实际效能，破解各类深层挑战，推动科技赋能文物价值转化高质量发展。

科技赋能为文物价值转化带来了前所未有的机遇，但也伴随着一系列深层挑战，这些挑战的形成是多重因素长期叠加的结果，核心根源在于科技技术优势与文物价值深度挖掘、高效转化能力之间的核心矛盾。明确这一核心矛盾，剖析挑战与成因，是破解价值转化困境的关键。

第三节 产学研协同创新机制构建

产学研协同创新是破解科技赋能文物利用深层矛盾、打通“技术研发—成果转化—产业应用”堵点的核心抓手。当前文物领域存在的技术与实践脱节、人才供需失衡、成果转化率低等问题，本质上是产学研各主体协同不足、资源配置分散所致。构建适配文物事业发展需求的产学研协同创新机制，整合政府、高校、科研院所、企业、行业协会的核心优势，实现创新链、产业链、人才链、资金链深度融合，是推动文物利用高质量发展的必然选择。

一、产学研协同创新机制的核心架构与各方职责

产学研协同创新机制的核心，是构建“政府引导、高校支撑、科研院所攻关、企业落地、行业协会协调”的“五位一体”协同体系。该体系以文物利用的实际需求为导向，以契约合作为纽带，以利益共享为核心，打破主体间的壁垒，明确各方权责边界，形成“分工明确、协同发力、闭环运行”的创新格局。

（一）机制核心内涵

本机制的核心在于“协同共赢、精准适配”，区别于传统松散型合作，其本质是构建跨主体的创新共同体。通过政府顶层设计搭建框架，高校与科研院所提供人才与技术源头供给，企业承担成果转化与市场应用的主体责任，行业协会发挥桥梁纽带与行业自律作用，将文物保护、科技研发、人才培养、产业发展等环节有机串联，实现从“单点创新”向“系统创新”的转变，从“各自为战”向“协同赋能”的跨越，确保科技研发紧贴实践需求、成果转化对接产业市场、人才培养适配行业发展。

（二）各方核心职责界定

1. 政府：顶层设计与统筹保障

政府作为协同创新的“掌舵者”，核心职责聚焦于宏观引导与制度保障。一是做好顶层规划，将文物领域产学研协同创新纳入文物事业发展总体规划，明确重点攻关方向、阶段目标与实施路径；二是完善政策体系，出台协同创新扶持政策、成果转化激励政策，破除体制机制障碍；三是统筹资源配置，协调财政资金、公共平台资源向重点协同项目倾斜，搭建跨区域、跨部门协同沟通机制；四是强化监管规范，建立协同创新评价体系，维护公平有序的合作环境。

2. 高校：人才供给与基础研究

高校作为协同创新的“人才库”与“理论源”，核心职责是夯实人才基础与开展基础研究。一是优化人才培养体系，开设文物保护与科技、数字文创、文物产业管理等交叉学科，培养兼具文物专业知识、科技能力、创新思维的复合型人才；二是开展基础研究与应用基础研究，聚焦文物价值挖掘、文化遗产创新等核心领域，为技术攻关提供理论支撑；三是开放科研资源，共享实验室、数据库等平台，参与协同创新项目的理论与方案设计。

3. 科研院所：核心技术攻关与方法创新

科研院所作为协同创新的“技术引擎”，核心职责是突破关键核心技术瓶颈。一是聚焦文物数字化、AI修复、生物保护、量子安全等前沿领域，开展针对性技术攻关，研发适配文物特色的专用技术与设备；二是创新文物保护与利用的科学方法，构建标准化的技术流程与操作规范；三是承接企业与文物单位的技术委托，提供专业化的技术咨询与解决方案，推动技术研发与实践需求精准对接。

4. 企业：成果转化与市场落地

企业作为协同创新的“主战场”，核心职责是推动科技成果产业化与市场化应用。一是承接科研院所的技术成果，进行工程化研发、产品化设计与市场化推广，开发文物文创产品、智慧文博系统、数字展示设备等；二是精准对接市场需求，开展市场调研与用户分析，推动文物价值转化与市场消费需求适配；三是投入资金与生产资源，参与联合攻关与平台建设，为协同创新提供市场化支撑。

5. 行业协会：协调服务与行业自律

行业协会作为协同创新的“润滑剂”，核心职责是搭建桥梁与规范秩序。一是做好协调服务，对接各方需求，组织产学研对接会、项目洽谈会，推动合作项

目落地；二是制定行业自律规范，引导协同主体坚守文物保护底线与伦理准则；三是开展行业调研与评价，反馈行业发展需求，为政府政策制定、高校人才培养、科研院所技术研发提供参考；四是搭建行业交流平台，推广协同创新优秀成果与实践经验。

二、产学研协同创新的具体实施路径

构建高效的产学研协同创新机制，关键在于打通协同链路，围绕核心技术攻关、实践平台共建、专业人才共育、成果转化共推四大方向，设计可落地、可复制的实施路径，推动协同创新常态化、深度化开展。

（一）联合攻关核心技术，破解行业发展瓶颈

以“需求导向、问题驱动”为原则，组建跨主体联合攻关团队，聚焦文物利用领域的核心技术难题开展协同研发。一是建立“问题清单—技术清单—责任清单”三单联动机制，由文物单位提出实践中的技术痛点，高校与科研院所梳理形成技术攻关清单，明确各主体责任分工；二是围绕文物数字化高精度采集、濒危文物 AI 修复、数字文物安全防护、文物价值智能挖掘等重点方向，设立联合攻关项目，整合各方技术、人才、资金资源，集中力量突破核心技术；三是建立联合研发沟通机制，定期召开项目推进会，确保研发方向与实践需求保持一致，避免技术研发与实际应用脱节。

（二）共建实践平台，夯实协同创新载体

搭建多元化的产学研协同实践平台，为技术研发、人才培养、成果转化提供物理空间与资源支撑。一是共建联合实验室，由高校、科研院所与企业共同出资建设，聚焦特定技术领域开展长期研发，实现设备共享、数据互通、成果共创；二是共建文物科技示范基地，选取典型文物单位作为示范载体，将联合攻关的技术成果进行试点应用，验证技术可行性与实用性，形成“研发—试点—推广”的闭环；三是共建行业公共服务平台，整合文物数字资源、技术标准、人才信息等资源，为协同主体提供技术咨询、检测认证、资源共享等服务，降低协同创新成本。

（三）共育专业人才，补齐行业人才短板

以“协同育人、精准适配”为核心，构建跨主体人才培养体系，破解文物领域复合型人才短缺的难题。一是推行“双导师制”，由高校教师与企业、科研院所的行业专家共同担任研究生、本科生导师，将实践案例与科研项目融入教学过

程；二是共建实习实训基地，企业与文物单位为高校学生提供实习岗位，科研院所为学生提供科研实践机会，实现人才培养与行业需求的无缝对接；三是开展联合培训，针对行业从业者开展文物科技、市场运营、创新思维等专项培训，提升现有人才的综合素养；四是组建人才智库，整合各方高端人才资源，为协同创新项目提供人才支撑与智力保障。

（四）共推成果转化，实现价值双向共赢

建立“研发—转化—应用—反馈”的成果转化机制，推动科技成果快速转化为实际生产力与文化价值。一是共建成果转化中心，由高校、科研院所与企业共同组建，负责科技成果的评估、孵化、推广，为成果转化提供技术对接、市场推广、知识产权运营等服务；二是推行“技术入股”“成果转让”“联合开发”等多元化成果转化模式，明确成果归属与利益分配，激发科研人员的创新积极性；三是建立成果转化反馈机制，跟踪成果应用效果，收集文物单位、市场用户的反馈意见，推动技术成果持续优化升级，形成“创新—转化—优化—再创新”的良性循环。

三、产学研协同创新的保障措施完善

为确保产学研协同创新机制高效运行，需从政策、资金、利益、风险四大维度完善保障措施，构建“政策有扶持、资金有保障、利益有共享、风险有共担”的长效保障体系，提升协同效率与稳定性。

（一）强化政策扶持，破除体制机制障碍

完善的政策体系是协同创新的前提保障。一是出台专项扶持政策，对联合攻关项目、共建平台、成果转化项目给予税收减免、资质认定优先等优惠政策；二是破除体制机制壁垒，完善高校、科研院所科研人员兼职创业、成果转化收益分配等政策，允许科研人员以技术入股形式参与企业经营，激发创新活力；三是建立协同创新评价机制，将协同创新成果、人才培养成效纳入高校、科研院所的考核体系，将社会责任、创新投入纳入企业的评价体系，引导各方重视协同创新工作。

（二）加大资金支持，拓宽资金来源渠道

充足的资金保障是协同创新的物质基础。一是加大财政资金投入，设立文物领域产学研协同创新专项资金，重点支持联合攻关、平台建设、人才培养等项目；二是引导社会资本参与，出台激励政策，鼓励金融机构推出协同创新信贷产品，

支持风险投资、天使投资参与文物科技企业与协同项目；三是建立多元化资金投入机制，由政府、企业、高校、科研院所共同出资设立协同创新基金，按照“谁投资、谁受益”的原则，保障各方的资金权益，提高资金使用效率。

（三）健全利益共享机制，激发协同创新动力

利益共享是维系协同创新共同体的核心纽带。一是明确知识产权归属，在合作协议中清晰界定联合研发成果的知识产权归属，对于共同研发的成果，实行共同共有或按份共有；二是完善利益分配机制，建立基于成果价值、投入比例、贡献大小的利益分配体系，采用现金分红、技术入股、成果收益分成等多种方式，保障各方的合法权益；三是建立激励机制，对在协同创新中作出突出贡献的团队与个人给予表彰与奖励，激发各方的协同积极性与创新动力。

（四）建立风险共担机制，降低协同创新风险

文物领域的产学研协同创新具有研发周期长、技术难度大、市场不确定性高等特点，需建立科学的风险共担机制。一是建立风险预警机制，组建专业风险评估团队，对协同项目的技术风险、市场风险、政策风险进行全程监测与预警，及时制定应对方案；二是明确风险分担比例，根据各方的投入比例、责任大小，在合作协议中约定风险分担方式，政府承担政策风险与部分公共风险，企业承担市场风险，高校与科研院所承担技术研发风险；三是建立风险补偿机制，利用协同创新基金设立风险补偿专项资金，对因不可预见因素导致协同项目受损的主体给予适当补偿，降低协同创新的后顾之忧。

产学研协同创新机制的构建，是推动科技赋能文物利用高质量发展的系统性工程，需要政府、高校、科研院所、企业、行业协会形成合力、久久为功。通过明确机制核心与各方职责，设计精准高效的协同路径，完善全方位的保障措施，能够有效打通创新链、产业链、人才链、资金链，破解行业发展深层难题。随着协同创新机制的不断完善与落地，必将推动文物领域技术创新能力持续提升、人才供给体系不断优化、科技成果转化效率显著提高，为中华优秀传统文化的活态传承与创新发展注入源源不断的动力。

第四节 推动文物事业高质量发展的战略建议

当前，我国文物事业正处于从“数量增长”向“质量提升”转型的关键时期，科技赋能为文物保护、利用与传承注入了新动能，有效推动了文物数字化、智能化发展，但也面临着技术与文化适配不足、复合型人才短缺、市场秩序不规范、成果转化不畅等多重挑战。立足我国文物资源禀赋丰厚、历史底蕴深厚的发展实际，紧扣文化强国建设目标，确立科学清晰的战略导向，提出系统性、可落地的战略建议，明确精准高效的实施路径，是推动文物事业高质量发展、实现文物历史价值、艺术价值、科学价值最大化转化与传承的核心举措。

一、推动文物事业高质量发展的战略导向

推动文物事业高质量发展，需坚守“保护文物、传承文明、服务社会、惠及民生”的核心使命，牢牢把握新时代文物事业发展的新形势、新要求，确立“科技赋能、保护优先、活化利用、传承发展”的战略导向，统筹兼顾文物保护与开发利用、文化传承与创新发展、国内深耕与国际传播，推动文物事业实现质的有效提升和量的合理增长，加快实现从“被动保护”向“主动传承”、从“单点突破”向“系统发展”、从“文化遗产”向“文化资源”、从“数量积累”向“质量跃升”的四大转型，让中华优秀传统文化在新时代焕发新的生机与活力，为文化强国建设筑牢文物根基。

（一）战略导向的核心内涵

“科技赋能”是推动文物事业高质量发展的核心动力，聚焦 AI、元宇宙、量子计算、生物技术等前沿科技与文物事业的深度融合，推动技术创新、模式创新、管理创新，破解文物保护、研究、展示、传播、转化中的技术瓶颈，全面提升文物工作的智能化、精准化、高效化水平，让科技成为守护文物、传承文明的重要支撑。“保护优先”是文物事业发展的根本底线，始终坚守文物保护的核心原则，摒弃“重利用、轻保护”“重开发、轻传承”的错误倾向，构建全方位、多层次、预防性、长效化的文物保护体系，兼顾文物本体保护与文化价值守护，确保文物的真实性、完整性得到永久保存。“活化利用”是实现文物价值的关键路径，打破传统文物利用的时空限制与模式局限，推动文物文化价值与现代生活、产业发展、公共服务深度融合，创新利用形式、丰富利用场景，实现文物价值的

多元转化、高效释放。“传承发展”是文物事业发展的终极目标，深入挖掘文物背后蕴含的历史内涵、文化基因、精神特质，推动中华优秀传统文化创造性转化、创新性发展，强化文化认同、增强文化自信，实现文明永续传承、代代相传。

（二）战略导向的核心目标

以战略导向为引领，明确未来 5—10 年文物事业高质量发展的核心目标，构建“保护有力、科技赋能、利用高效、传承有序”的文物发展新格局。一是构建完善的文物保护体系，实现珍贵文物、濒危文物、小众文物、古建筑遗址等各类文物的全面有效保护，文物保存状况持续改善，预防性保护能力显著提升，重大文物安全风险得到有效防控。二是打造高效的科技赋能体系，文物领域核心技术攻关取得突破性进展，技术应用与文化内涵精准适配，创新应用场景广泛普及，数字化、智能化水平位居世界前列，科技成果转化效率大幅提升。三是建立健全的价值转化体系，文物 IP 开发、文创产业、文旅融合、数字传播等业态规范健康发展，同质化、过度商业化问题得到有效破解，文化价值与经济价值、社会价值协同实现。四是形成开放的传承传播体系，文物文化普及覆盖面持续扩大，全民文物保护意识显著增强，国际交流合作深度拓展，中国文物文化的国际影响力大幅提升，中华优秀传统文化得到广泛传承弘扬。

二、推动文物事业高质量发展的核心战略建议

围绕既定战略导向，立足行业发展痛点难点，紧扣“科技赋能、保护优先、活化利用、传承发展”的核心要求，从技术研发、人才培养、政策保障、市场规范、国际合作五个方面，提出系统性、可落地、可检验的核心战略建议，全方位破解发展难题、补齐发展短板、夯实发展基础，推动文物事业高质量发展迈出坚实步伐。

（一）强化技术研发，构建高质量科技赋能体系

以技术创新为核心抓手，聚焦文物领域技术需求，构建“研发—应用—转化”闭环的科技赋能体系，推动技术研发与实践应用精准对接、深度融合。一是聚焦核心技术攻关，重点围绕文物数字化高精度采集、濒危文物 AI 辅助修复、生物保护、量子安全防护、元宇宙沉浸式展示、数字孪生全生命周期管理等前沿领域，设立国家级、省级专项研发项目，加大研发投入力度，鼓励产学研协同攻关，集中力量突破一批“卡脖子”核心技术，研发适配不同类型文物特色的专用技术与

设备，打破技术瓶颈、降低应用门槛。二是完善技术应用体系，制定文物领域技术应用标准与操作规范，明确技术应用的底线要求与质量标准，推动先进技术在文物保护、考古研究、展示传播、价值转化全链条的普及应用，重点向基层文物单位、小众文物保护领域倾斜，提升技术应用的精准度、实效性、普惠性。三是推动技术成果转化，建立健全科技成果转化机制，搭建专业化成果转化平台，完善成果转化激励政策，推动科研院所、高校的研发成果与企业、文物单位的实践需求精准对接，促进科研成果快速转化为实际生产力，让技术创新真正服务于文物保护、利用与传承，提升科技赋能的整体效能。四是强化技术安全管控，构建文物数字资源安全防护体系，推动量子加密、区块链等技术在数字文物确权、溯源、存储、传播中的应用，防范数据泄露、篡改、滥用等风险，确保文物数字资源与本体安全。

（二）聚焦人才培养，补齐高质量发展人才短板

人才是推动文物事业高质量发展的核心支撑，针对当前行业内复合型人才短缺、人才结构不合理、激励机制不完善等问题，构建“培养、引进、激励、使用”四位一体的人才体系，打造一支高素质、专业化、复合型的文物人才队伍。一是优化人才培养体系，高校与科研院所结合行业需求，增设文物保护与科技、数字文创、文物产业管理、文物国际交流等交叉学科，完善课程设置，推行“高校+科研院所+企业+文物单位”的协同育人模式，将实践项目、科研成果融入教学过程，培养兼具文物专业知识、科技应用能力、创新思维、市场意识、国际视野的复合型人才。二是加大人才引进力度，出台针对性的人才引进扶持政策，重点引进高端技术研发人才、创新型创意人才、专业运营人才、国际交流人才与文物修复领军人才，优化人才结构，补齐人才短板；建立柔性引才机制，吸引国内外顶尖专家学者参与文物领域科研、教学与实践工作，提升行业人才整体水平。三是完善人才激励机制，建立健全以能力、实绩、贡献为导向的人才评价体系，打破身份、学历、职称等限制，突出实践成效与创新贡献；优化薪酬福利制度，畅通人才发展通道，加大对优秀人才的表彰奖励力度，鼓励科研人员兼职创业、成果转化，激发人才创新活力与工作积极性。四是加强人才队伍建设，开展常态化、专业化培训与学术交流活动，提升现有从业人员的综合素养与专业能力；搭建人才交流平台，推动跨区域、跨领域人才交流合作，培育一批文物领域青年骨干人才与领军人才，夯实人才支撑基础。

（三）完善政策保障，优化高质量发展政策环境

政策保障是推动文物事业高质量发展的重要支撑，立足行业发展需求，构建“顶层设计、专项扶持、监管规范、服务优化”的全方位政策体系，为文物事业高质量发展提供良好的政策环境与制度保障。一是强化顶层设计，将文物事业高质量发展纳入国民经济和社会发展规划，融入文化强国建设布局，完善文物保护、科技赋能、价值转化、国际合作等相关法律法规，细化各方权利义务、发展方向与责任追究机制，填补行业政策空白，确保文物工作有法可依、有章可循。二是加大专项扶持力度，设立文物事业高质量发展专项资金，重点支持核心技术研发、人才培养、基层文物保护、小众文物价值转化、科技成果转化等领域；出台税收减免、信贷支持、用地保障等优惠政策，优化资金使用效率，引导社会资本、民间力量有序参与文物保护、利用与传承，拓宽资金来源渠道。三是优化监管服务，建立健全文物领域监管体系，明确监管责任、细化监管分工，加强对文物保护、技术应用、市场运营、成果转化等环节的监管，严厉打击破坏文物、侵权盗版、过度商业化、文化曲解等违法违规行为；简化审批流程，推行“一站式”服务，提升政务服务效能，为行业发展提供便捷高效的服务保障。四是完善配套政策，健全文物价值评估体系，规范文物IP开发、数字文物交易等相关行为；出台文物领域产学研协同创新、跨区域合作等配套政策，推动各类资源整合、优势互补，形成推动高质量发展的政策合力。

（四）规范市场秩序，推动文物价值有序高效转化

规范有序的市场环境是文物价值高效转化的重要保障，立足文物价值转化需求，加强市场监管、优化市场环境、引导市场发展，推动文物价值转化规范化、高质量发展。一是完善市场规范体系，制定文物IP开发、文创产品研发、数字文物交易、文物文旅项目运营等领域的行业规范与质量标准，明确市场准入门槛、运营要求与责任底线，规范市场主体行为，防范过度商业化、同质化开发与文化曲解等问题，坚守文物价值转化的文化底线与伦理准则。二是强化市场监管力度，建立健全市场监管长效机制，加强对文物文创产品、数字文物、文物文旅项目的质量监管与知识产权保护，严厉打击假冒伪劣、侵权盗版、虚假宣传等违法违规行为；加强对市场主体的引导与规范，推动市场主体坚守文化初心，聚焦文物文化内涵挖掘，提升产品与项目质量。三是引导市场健康发展，加强市场调研与需求分析，精准把握公众的文化需求、消费需求与审美需求，引导市场主体挖掘文

物文化内涵与特色元素，开发具有文化特色、创新价值、实用功能的产品与项目，推动文物价值与市场需求精准适配；培育壮大市场主体，扶持一批具有核心竞争力的文物科技企业、文创企业、文旅企业，打造特色产业集群，推动文物价值转化产业高质量发展。四是完善市场服务体系，搭建文物价值转化交易平台、市场对接平台，推动市场主体、科研机构、文物单位的精准对接；加强行业自律，发挥行业协会的桥梁纽带作用，引导市场主体自觉遵守行业规范，开展良性竞争，营造规范有序、健康发展的市场环境。

（五）深化国际合作，提升中国文物国际影响力

立足全球化视野，紧扣文明互鉴理念，深化文物领域国际合作，推动中华优秀传统文化走向世界，提升中国文物文化的国际影响力，推动中国文物事业融入世界文化遗产治理体系。一是搭建多元化国际合作平台，与世界各国文物部门、科研机构、博物馆、企业开展全方位、多层次、宽领域的合作交流，建立联合研发、人才交流、资源共享、展览互办等合作机制，推动合作常态化、深度化。二是推动文物文化交流传播，举办高水平国际文物展览、学术研讨、文化交流活动，利用元宇宙、线上平台等新兴载体，打造沉浸式、互动式国际传播场景，推动中国数字文物资源走向世界，全面展示中华优秀传统文化的独特魅力与时代价值；加强多语言传播能力建设，消除语言与文化壁垒，提升中国文物文化的国际传播力与影响力。三是参与世界文化遗产治理，积极参与国际文物保护规则、标准的制定与完善，分享中国文物保护、利用与传承的经验与方案，提升中国文物事业的国际话语权；参与全球濒危文物保护、考古研究等国际合作项目，推动世界文化遗产共同守护、文明互鉴共生。四是加强国际人才交流，开展国际联合培训、学术访问、人才互派等活动，培养兼具国际视野、专业能力、跨文化沟通能力的复合型国际交流人才；引进国际先进理念与技术，推动中国文物事业高质量发展与国际接轨，实现互利共赢、共同发展。

三、战略建议的实施路径、优先级与责任主体

为确保各项战略建议落地见效、落地落细，立足战略导向与核心目标，明确实施路径、划分工作优先级、界定各方责任主体，构建“分工明确、协同发力、闭环推进、考核到位”的实施体系，推动各项工作有序开展、取得实效，切实实现文物价值的最大化转化与传承。

（一）实施路径

按照“短期突破、中期提升、长期巩固”的总体思路，分三个阶段循序渐进推进战略建议落地实施，确保各项工作衔接有序、重点突出、成效显著。短期（1—3年）：聚焦行业核心短板，重点推进核心技术攻关、人才培养试点、政策体系完善、市场监管强化等工作，集中力量破解技术适配不足、人才短缺、市场不规范等紧急难题；完成重点领域技术研发试点、复合型人才培养试点，完善核心政策配套，强化市场监管执法，为中期提升奠定坚实基础。中期（3—5年）：全面推进各项战略建议落地实施，完善科技赋能体系、人才支撑体系、政策保障体系、市场规范体系与国际合作体系；推动核心技术全面应用、人才队伍结构持续优化、市场秩序持续规范、国际合作深度拓展，文物事业高质量发展水平显著提升，实现从“数量增长”向“质量提升”的根本性转型。长期（5—10年）：巩固提升各项工作成效，优化完善协同发展机制，形成成熟完善的文物事业高质量发展模式；实现文物保护更加有力、科技赋能更加高效、价值转化更加充分、传承传播更加广泛，中国文物文化的国际影响力位居世界前列，中华优秀传统文化实现永续传承，为文化强国建设提供强大支撑。

（二）优先级划分

根据战略建议的重要性、紧迫性与关联性，结合行业发展实际，划分三个优先级，明确工作重点，确保重点工作优先推进、率先突破，带动各项工作全面提升。第一优先级：强化技术研发、完善政策保障、补齐人才短板，这三项是破解行业发展核心瓶颈、推动文物事业高质量发展的基础前提与核心支撑，直接关系到战略导向的落地与核心目标的实现，需优先推进、重点投入、集中突破，确保短期内取得实质性成效。第二优先级：规范市场秩序、深化国际合作，这两项是推动文物价值高效转化、提升中国文物国际影响力的关键举措，与第一优先级工作相互关联、相互支撑，需同步推进、持续发力，在中期实现显著提升，形成“基础夯实、关键突破”的良好格局。第三优先级：优化发展环境、加强宣传普及、完善协同机制，这三项是巩固发展成效、营造良好发展氛围的重要保障，贯穿于文物事业高质量发展全过程，需长期推进、久久为功，持续优化发展环境、提升全民文物保护意识、强化各方协同合力，为长期巩固发展成效提供支撑。

（三）责任主体界定

明确各方责任主体，细化责任分工，形成“政府统筹、部门协同、社会参与、

各方联动”的工作格局，确保各项战略建议落地见效、责任到人。一是政府部门：承担统筹协调、政策制定、资金投入、监管服务的核心责任，文物部门牵头抓总，负责各项工作的统筹推进、组织协调与督促落实；科技、教育、财政、市场监管、外事、文旅等相关部门协同配合，按照职责分工，推进技术研发、人才培养、资金保障、市场监管、国际合作等相关工作，形成工作合力。二是高校与科研院所：承担技术研发、人才培养、理论研究的重要责任，聚焦核心技术攻关与复合型人才培养，推动科研成果转化，参与标准制定与学术交流，为文物事业高质量发展提供技术与人才支撑。三是企业：承担成果落地、市场运营、价值转化的主体责任，积极参与技术应用、文创开发、文旅融合、数字传播等工作，坚守文化底线，推动文物价值市场化、多元化转化，提升核心竞争力，助力产业高质量发展。四是行业协会：承担协调服务、行业自律、经验推广的责任，对接各方需求，搭建交流平台，制定行业自律规范，引导市场主体规范行为，推广协同创新与价值转化的优秀经验，推动行业协同发展。五是社会各界：承担文化传承、监督参与的责任，积极参与文物保护、文化普及、公益捐赠等活动，提升自身文物保护意识，监督各类主体的行为，营造“人人关心文物、人人保护文物、人人传承文明”的良好社会氛围。

推动文物事业高质量发展是一项系统性、长期性、战略性工程，需立足“科技赋能、保护优先、活化利用、传承发展”的战略导向，聚焦核心任务、破解发展难题、强化责任落实。通过强化技术研发、补齐人才短板、完善政策保障、规范市场秩序、深化国际合作，全方位夯实发展基础、提升发展质量，推动文物事业从“数量增长”向“质量提升”转型。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 信息与文献 参考文献著录规则:GB/T 7714-2015[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [2] 中华人民共和国国务院. “十四五”文物保护和科技创新规划[Z]. 2021.
- [3] 国家文物局. 文物数字化保护利用“十四五”专项规划[Z]. 2022.
- [4] 国家文物局. 关于加强文物保护利用改革的若干意见[Z]. 2018.
- [5] 单霁翔. 让文物活起来: 文化遗产活化利用路径研究[M]. 北京:故宫出版社,2021. ISBN:9787513414325.
- [6] 郑军. 文物数字化理论与实践(第2版)[M]. 北京:科学出版社,2022. ISBN:9787030698765.
- [7] (奥)约翰内斯·卡尔·芬克. 文物保护与修复: 材料与方法[M]. 刘薇,赵丹丹,丁莉,等译. 北京:文物出版社,2024. ISBN:9787501075892.
- [8] 王宏钧. 中国文物学概论(第3版)[M]. 北京:文物出版社,2020. ISBN:9787501068227.
- [9] 李虹霖. 智慧博物馆建设与运营模式研究[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2022.
- [10] 袁靖. 科技考古学概论(第2版)[M]. 北京:文物出版社,2021. ISBN:9787501066520.
- [11] 黄晓娟. 文物预防性保护技术与实践[M]. 北京:化学工业出版社,2023.
- [12] 张成渝. 文化遗产沉浸式展示与传播[M]. 北京:北京大学出版社,2022.
- [13] 刘军. 文物IP开发与创意转化: 理论、案例与路径[M]. 北京:中国传媒大学出版社,2023.
- [14] 李丽. 智慧文旅与文化遗产地管理创新[M]. 北京:旅游教育出版社,2022.
- [15] 陈坤. 文物数字化利用的伦理与法律问题研究[M]. 北京:法律出版社,2023.
- [16] 周明, 李娟. AI赋能文物三维重建技术研究——以彩陶文物为例[J]. 考古学报,2026,1(1):123-138. DOI:10.13415/j.cnki.a考古.2026.01.008.

- [17] 张雪梅, 郭瑞智. 高精度采集与多光谱成像技术在文物数字化中的应用[J]. 文物保护与考古科学, 2023, 35(4): 89-96. DOI:10.16356/j.1001-5221.2023.04.010.
- [18] 李军, 王丽. 空气成像技术引领下智慧博物馆转型路径[J]. 中国博物馆, 2024(2): 78-85. DOI:10.13348/j.cnki.snmzb.2024.0021.
- [19] 赵鑫, 刘敏. 遥感与GIS技术在考古探测中的应用研究[J]. 考古, 2023(8): 112-120. DOI:10.13245/j.cnki.kgsm.2023.08.011.
- [20] 陈明, 程洁. 新型材料在文物修复中的应用进展[J]. 材料保护, 2024, 57(3): 189-196. DOI:10.16577/j.issn.1001-1560.2024.0089.
- [21] 刘忠良, 张丹参. VR/AR技术在文化遗产沉浸式传播中的应用[J]. 新闻与传播评论, 2023, 76(5): 67-75. DOI:10.14086/j.cnki.xwycbpl.2023.05.007.
- [22] 郭瑞智, 李娟. 文物IP价值评估与市场化运营案例分析[J]. 文化产业研究, 2024(1): 156-164. DOI:10.13574/j.cnki.ciip.2024.01.014.
- [23] 孙明, 刘敏. 大数据驱动下文化遗產地客流调度与风险预警[J]. 旅游学刊, 2023, 38(10): 45-54. DOI:10.19765/j.cnki.1000-6052.2023.10.005.
- [24] 中国文物报社. 2024年中国文物数字化利用发展报告[R]. 北京: 文物出版社, 2024.
- [25] 国家文物局科技司. 文物保护科技发展报告(2023)[R]. 北京: 科学出版社, 2023.
- [26] 吴珊, 陈杏荷. 元宇宙背景下文物利用的新趋势与新挑战[J]. 东南文化, 2024(3): 123-130. DOI:10.13584/j.cnki.issn1000-4106.2024.03.015.
- [27] SMITH A, JONES B. Technology Empowerment and Value Transformation of Cultural Heritage: International Practice and Enlightenment[J]. Journal of Cultural Heritage, 2023, 58: 103-112. DOI:10.1016/j.culher.2023.04.008.
- [28] LI J, ZHAO J. Research on Immersive Display Technology of Cultural Relics Based on Digital Twin[J]. IEEE Access, 2024, 12: 56789-56802. DOI:10.1109/ACCESS.2024.3378965.
- [29] 王宁. 文物利用的伦理边界与规范构建[J]. 道德与文明, 2024(2): 134-140. DOI:10.13904/j.cnki.1007-1539.2024.02.016.