

ICS Xx.xxx.xx
CCS X xx

T/ZGCIT

中关村智能科技发展促进会团体标准

T/ZGCIT 0xx—2026

AR 文物数字化资源制作规范

AR Cultural Relics Digital Resource Production Standards

2026 - 0x - xx 发布

2026 - 0x - xx 实施

中关村智能科技发展促进会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体原则	2
4.1 真实性	2
4.2 可解释性	2
4.3 可扩展性	2
5 数字化资源制作	2
5.1 制作准备	2
5.2 数据采集	3
5.3 数据加工	4
5.4 内容制作	5
5.5 数据采集成果检查	7
6 验收测试	7
6.1 模型验收	7
6.2 内容质量	8
6.3 国产化支持	8
7 管理要求	9
7.1 数据安全	9
7.2 数据存储与备份	9
7.3 知识产权管理	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村智能科技发展促进会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

AR 文物数字化资源制作规范

1 范围

本文件规定了AR文物数字化资源的制作要求、验收测试与管理要求等内容。
本文件适用于博物馆、档案馆、研究机构及相关的技术企业。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 30247-2013 信息技术数字版权管理 术语
GB/T 38247-2019 信息技术 增强现实 术语
GB/T 44465-2024 虚拟/增强现实内容制作流程规
GB/T 45909-2025 网络安全技术、数字水印技术实现指南
CH/Z 3017-2015 地面三维激光扫描作业技术规程
WW/T 0115-2023 可移动文物三维数字化采集与加工
JJF 1951-2021 基于结构光扫描的光学三维测量系统校准规范
T/ZGCIT-0XX 2026 AR文物展示交互技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

AR文物数字化资源 AR cultural relics digital resources

以文物三维模型为核心，整合图文、音视频、动画等多媒体信息，通过增强现实技术在真实环境中呈现与交互的复合型数字资产组合。

3.2

增强现实 augmented reality;AR

采用以计算机为核心的现代高科技手段生成的附加信息对使用者感知到的真实世界进行增强的环境，生成的信息以视觉、听觉、味觉、嗅觉、触觉等生理感觉融合的方式叠加至真实场景中。

[来源：GB/T 38247-2019,2.1.2]

3.3

虚拟场景 virtual scene

由计算机生成的具有动态感官信息表现(如双眼立体视觉、三维听觉、力触觉、味觉及嗅觉等)的、多虚拟对象构成的环境。

注：可以是某一特定物理世界的虚拟重现，也可以是虚构的世界。

[来源：GB/T 38247-2019,2.2.2]

3.4

增强现实内容 augmented reality content

在增强现实应用中，用于融合到物理世界环境的数字信息。

注1：增强现实应用中增强的信息或资料来源。

注2：由增强现实应用通过适当模拟、渲染及显示来体现，需要满足高质量、尺度合适、容易获取等要求。

[来源：GB/T 38247-2019,2.3.2]

3.5

点云数据 point cloud data

测量获得的用于表征轮廓特征，且彼此关联的空间坐标点的集合。

[来源：JJF 1951-2021,2.1，有修改]

3.6

天空盒 sky box

由6个贴有天空远景图像构成1个环绕环境的封闭空间，用于模拟广阔环境背景的三维虚拟场景构建技术。

3.7

数字水印 digital watermark

一种将特定信息嵌入数字内容中的技术，需要时可以根据预定义的提取算法把相关信息提取出来，从而证明数字内容的版权信息。

[来源：GB/T 30247-2013,2.3.13]

4 总体原则

4.1 真实性

AR文物数字化资源制作应以文物本体和学术研究为依据，还原文物的形态、纹饰、色彩等视觉特征，不得进行无依据的篡改或虚构。虚拟复原或场景再现应有学术依据，并在呈现时予以说明。

4.2 可解释性

AR表达应服务于文物文化价值的阐释，通过信息设计和交互方式，将文物知识转化为公众可理解、可感知、可参与的内容体验。信息组织宜遵循由表及里、由浅入深的认知逻辑。

4.3 可扩展性

数字资源及其元数据应采用开放或通用的格式存储，长期可访问、可复用。原始采集数据、加工中间数据与最终发布成果应分级存储，建立备份机制。

5 数字化资源制作

5.1 制作准备

5.1.1 制作工具

AR文物数字化资源制作所采用的工具软件应具备模型制作、动画制作、渲染和后期制作等功能，并支持主流三维数据格式的导入与导出。制作工具的选型宜考虑以下要求：

- a) 模型制作工具应支持多边形建模、曲面建模、UV 展开、纹理烘焙等功能，能够处理文物扫描数据并进行优化减面；
- b) 动画制作工具应支持关键帧动画、骨骼绑定、形态键动画等功能，实现文物的分解展示、演变过程复原等动态效果；
- c) 渲染工具应支持实时渲染与离线渲染两种模式，具备光照模拟、阴影计算、物理材质表现等能力；
- d) 后期制作工具应支持色彩校正、特效合成、音画同步等功能，对 AR 呈现效果进行整体优化；
- e) 集成开发环境应支持主流 AR 开发平台，集成图像识别、空间跟踪、交互响应等功能模块。

5.1.2 内容设计

内容设计阶段应明确增强现实内容制作的具体描述及指标设定，形成内容设计文档。内容设计文档应包含以下模块：

- a) 脚本设计：应明确 AR 体验的叙事结构、信息层级和用户引导路径。脚本内容应经文物专家审核。信息呈现宜遵循由表及里的认知逻辑；
- b) UI 设计：应设计用户交互界面的视觉风格、布局结构和操作流程。UI 设计应符合直观、简洁的原则。交互元素的尺寸、色彩、对比度应考虑不同终端设备的显示特性；
- c) 情景设计：应明确 AR 内容呈现的物理空间环境要求，包括光照条件、空间尺度、识别区域等。针对不同应用场景，应设计相应的呈现模式和交互策略；
- d) 交互设计：应定义用户与虚拟文物之间的交互方式，包括但不限于模型旋转、缩放、部件拆解、热点触发、信息调取等。交互逻辑设计应考虑不同年龄段用户的操作习惯，提供必要的操作引导和反馈机制。

5.2 数据采集

5.2.1 采集要求

数据采集前应开展文物评估工作，明确文物的材质、尺寸、保存状况及纹理特征，确定采集方式和精度等级。采集环境宜满足以下要求：

- a) 应配置均匀、稳定的光源，避免直射阳光或强烈点光源造成的高光、阴影。拍摄区域光照度宜不低于 500 lx，色温宜控制在 5000 K~5500 K 之间；
- b) 采集过程中应遵守文物保护操作规程，确保文物不受损害。搬运、放置文物时应采取防护措施，采集设备与文物之间应保持安全距离；
- c) 在满足文物安全存放规定基础上，应选择地面平坦、空间充裕、无障碍物、电源充足之处，且有安全保护措施。放置文物的工作平台应平稳牢固，台面无杂物，铺设缓冲衬垫。珍贵文物或对环境敏感的文物，应在具备环境控制条件的专业场所进行采集。

5.2.2 采集方式

5.2.2.1 三维扫描

5.2.2.1.1 设备选择

三维扫描设备应根据文物尺寸、材质和精度要求进行选择：

- a) 手持式三维扫描仪：适用于中等尺寸、结构复杂的文物，宜具有 0.1mm 以内的单幅扫描精度；
- b) 桌面式三维扫描仪：适用于小型文物、精细纹饰的采集，宜具有 0.5mm 以内的扫描精度；
- c) 地面式三维激光扫描仪：适用于大型文物、遗址场景的采集，宜具有 1 mm 以内的测距精度；
- d) 扫描设备应定期校准，并在采集前进行预热和初始化校准。设备应具有校准精度和拼接精度输出功能。

5.2.2.1.2 操作要求

三维扫描作业宜符合 WW/T 0115-2023 中 6.3 以及下列操作要求：

- a) 应全面覆盖文物外表面，对存在盲区或遮挡的部位应调整角度补充扫描，文物表面覆盖率宜不低于 98%；
- b) 点云数据应完整、清晰，无冗余数据和明显噪点。点云噪点比例宜低于 3%；
- c) 多视角扫描数据拼接后，整体形态误差不宜大于 0.1 mm。拼接时应保证重叠区域的特征点匹配准确，拼接误差应在设备标称精度范围内；
- d) 同步采集色彩信息时，应保证光照均匀，色彩还原准确。纹理采集分辨率不宜低于 300 dpi。

5.2.2.2 摄影测量

5.2.2.2.1 拍摄环境要求

摄影测量拍摄环境应满足以下条件：

- a) 应有专门的摄影区域，空间大小应满足文物放置和拍摄操作需求；
- b) 应采用均匀、稳定的柔光光源，避免产生强烈阴影或高光反射。布光宜采用多角度布光方式，文物各面受光均匀，画面内无明显亮度差；

- c) 应使用中灰色或黑色背景，避免背景颜色干扰文物的色彩还原。背景应干净、无褶皱、无阴影。

5.2.2.2.2 设备参数要求

摄影测量采集设备应符合以下要求：

- a) 可使用高像素微单相机（有效像素不低于 1600 万）。镜头宜选用定焦中焦距镜头；
- b) 应配备稳定的三脚架、快门线、标准色卡、灰卡及标尺；
- c) 宜采用双卡备份。

5.2.2.2.3 拍摄要求

摄影测量拍摄操作宜符合WW/T 0115-2023中6.4以及下列操作要求：

- a) 应围绕文物进行多角度、多重叠度的拍摄，相邻照片之间的重叠度不宜低于 60%。对于复杂结构部位，应增加局部特写拍摄；
- b) 拍摄前应使用标准色卡进行白平衡校准。拍摄过程中应保持色温一致，如需调整光源，应重新校准；
- c) 应在拍摄场景中放置标尺，用于后期三维重建的尺度校准。标尺应放置在文物附近同一焦平面；
- d) 对于无法单次拍摄完成的大型文物，可采用分块拍摄方式。分块拍摄时，各区块边缘应有不低于 10%的重叠区域，且光照条件保持一致。

5.3 数据加工

5.3.1 三维扫描数据加工

三维扫描原始数据加工应满足以下要求：

- a) 应对原始点云数据进行去噪、平滑和精简处理，剔除扫描过程中产生的孤立点、冗余点和明显噪点。点云噪点比例宜低于 3%；
- b) 多视角扫描获取的点云数据应进行精确拼接，拼接后的整体误差不宜大于 0.1 mm。拼接时应保证重叠区域的特征点匹配准确；
- c) 应基于点云数据生成三角网格模型，模型应连续、无空洞、无自交叠。对于模型表面存在的细小空洞，应进行修补处理；对于较大空洞，应重新采集数据补充；
- d) 应检查并修复模型中的非流形边、反折面、重叠面等拓扑错误；
- e) 应将采集的色彩纹理准确映射至三维模型表面，纹理与几何模型的对准误差不宜超过 2 个像素。纹理接缝处应进行平滑处理，消除明显的拼接痕迹。

5.3.2 摄影测量数据加工

摄影测量数据加工应满足以下要求：

- a) 应对原始照片进行色彩校正、镜头畸变校正处理。同一组照片的色温、亮度、对比度应保持一致；
- b) 应基于照片特征点匹配生成稀疏点云，检查相机位置解算精度。重投影误差宜小于 1 个像素；
- c) 应在稀疏重建基础上生成稠密点云，点云密度应满足模型细节表达需求；
- d) 应基于稠密点云生成网格模型，并进行平滑、简化处理。模型面数可根据后续应用需求进行调整，但应保留文物的关键形态特征；
- e) 应基于原始照片生成高分辨率纹理贴图，并映射至三维模型表面。纹理分辨率不宜低于 2K，纹理接缝处应无明显色差。

5.3.3 数据 AI 化二次处理

在基础数据加工完成后，可根据需求采用以下人工智能技术进行数据的二次处理与增强：

- a) 模型智能优化：采用 AI 算法对三维模型进行自动减面、拓扑重构和 UV 展开，在保持视觉精度的前提下降低模型面数，满足 AR 实时渲染性能要求。模型减面率可根据目标平台性能确定，但关键形态特征不应失真；

- b) 纹理智能增强：采用 AI 图像超分辨率技术对纹理贴图进行清晰度增强，将低分辨率纹理提升至 2K 或 4K 分辨率。纹理增强后应与原始纹理色彩一致，无明显伪影或失真；
- c) 破损智能修复：对于文物模型存在的微小破损或缺损部位，在学术研究支持下，采用 AI 算法进行辅助修复建议。AI 修复结果应经文物专家审核确认，并在呈现时予以说明；
- d) 色彩智能还原：采用 AI 色彩还原算法，基于褪色文物的现状推测其原始色彩。AI 还原结果应有学术依据支持，并需经文物专家确认。

注：AI 二次处理的结果应作为补充增强数据，不得替代原始采集数据的存档版本。AI 处理过程及其依据应有完整记录文档。

5.4 内容制作

5.4.1 模型制作

5.4.1.1 人工建模

根据文物尺寸、结构和细节特征，采用三维建模软件手工构建模型。人工建模应准确反映文物的形态比例和结构关系，模型面数可根据应用需求合理控制。对于对称结构，可采用对称复制方式提高建模效率。

5.4.1.2 设备建模

基于三维扫描或摄影测量采集的真实数据进行模型重建。设备建模生成的高精度模型应根据 AR 应用需求进行优化处理，包括减面、拓扑重构、UV 重排等。优化后的模型应保留文物的关键形态特征，视觉表现与文物本体的差异应在可接受范围内。

5.4.1.3 AI 辅助建模

可在人工建模或设备建模基础上，采用以下 AI 技术辅助完成模型的部分制作环节：

- a) 基础模型生成：采用 AI 算法从单张或多张文物照片中快速生成基础三维模型。AI 生成的基础模型应作为后续人工精修的参考底模，不宜直接用于最终呈现；
- b) 细节智能补全：对于采集数据缺失的细微结构，可在学术研究支持下，采用 AI 算法进行智能补全建议。AI 补全结果应经文物专家审核确认；
- c) 模型自动优化：采用 AI 算法对高精度模型进行智能减面优化，在保持视觉精度的前提下将模型面数降低至目标平台可流畅运行的范围内；
- d) 智能展 UV：采用 AI 算法自动计算模型的 UV 展开布局，优化 UV 空间利用率，减少纹理拉伸和接缝。

注：AI 辅助建模生成的成果应在项目文档中明确标注 AI 参与的程度和环节。模型制作的整体流程宜参照 GB/T 44465-2024。

5.4.2 场景制作

5.4.2.1 天空盒制作

天空盒制作应满足以下要求：

- a) 天空盒可采用高动态范围全景图像制作，图像分辨率不宜低于 4K；
- b) 全景图像可通过专业设备拍摄，或采用 3D 渲染生成。拍摄时宜采用上、中、下三个角度拍摄多张照片，后期合成为完整全景图；
- c) 天空盒的光照信息应与文物展示环境的实际光照条件匹配，虚拟物体接收的环境光照应真实自然。

5.4.2.2 地形/地面制作

地形/地面制作应满足以下要求：

- a) 地面模型应平整，具备接收虚拟物体阴影的能力；
- b) 可采用透明阴影接收材质，使虚拟阴影投射在真实地面上，增强虚实融合感；
- c) 对于需要表现遗址环境的大型场景，应制作符合历史地理特征的地形模型。

5.4.2.3 场景动画制作

场景动画制作应满足以下要求：

- a) 文物演变动画应基于学术研究成果，表现文物在不同历史时期的形态变化；
- b) 场景漫游动画应设计合理的摄像机运动路径，引导用户有逻辑地观察文物的关键部位；
- c) 环境特效动画应服务于文化氛围营造，避免喧宾夺主。

5.4.2.4 场景融合

虚拟场景与现实画面的融合应满足以下要求：

- a) 虚拟物体应在真实空间中被准确定位，与真实物体的遮挡关系正确；
- b) 虚拟物体的光照方向、强度、色温应与真实环境一致；
- c) 虚拟物体应在真实地面或虚拟地面上投射正确形态的阴影，阴影的软硬程度应与真实光照匹配。

5.4.3 交互实现

AR交互应符合T/ZGCIT-0XX 2026 AR文物展示交互技术要求的要求。

5.4.4 音频制作

5.4.4.1 音频分类

音频类型如下：

- a) 静态音频：位置和音量不随用户移动而变化的背景音频；
- b) 环境音效：模拟文物展示环境的自然声音；
- c) 动态音频：位置、音量随用户移动或交互而实时变化的音频；
- d) 文物解说：当用户靠近特定文物或触发交互点时，自动播放对应解说音频；
- e) 交互反馈音：用户操作虚拟文物时，根据操作类型播放相应的提示音效。

5.4.4.2 空间音频制作

空间音频宜满足以下技术要求：

- a) 应模拟自然声音随距离增大而衰减的规律，远处声音音量降低，高频成分衰减；
- b) 应根据虚拟环境的空间大小和材质特性，添加混响效果。可通过空间映射技术获取真实环境的混响参数；
- c) 当虚拟声源被真实物体遮挡时，应模拟声音被阻挡的效果，包括音量降低、高频衰减等。

5.4.4.3 音频内容制作

5.4.4.3.1 文物解说词应由文物专家审核。配音宜采用专业播音人员，语速适中，吐字清晰。

5.4.4.3.2 交互反馈音频应设置操作成功音、操作失败音和重要信息提示音。

5.4.4.3.3 背景氛围音频应与文物时代背景相符，如古代文物可配相应历史时期的乐器演奏，音量大小应适当。

5.4.5 内容渲染

5.4.5.1 渲染流程

渲染过程应包含以下核心环节：

- a) 建模处理：根据渲染需求对三维模型进行预处理，包括顶点变换、图元组装、光栅化等；
- b) 纹理映射：将纹理贴图准确映射至模型表面，纹理采样应采用双线性或三线性过滤，避免明显锯齿或模糊；
- c) 光照计算：根据虚拟光源和环境光照信息，计算模型表面的颜色和亮度。光照模型应支持漫反射、镜面反射、环境光遮蔽等效果；
- d) 投影变换：将三维场景转换为二维图像，透视投影应符合人眼观察习惯，避免明显畸变；
- e) 视点变换：根据用户头部位姿实时调整渲染视角，确保虚拟物体在真实空间中的位置稳定。

5.4.5.2 光照匹配要求

虚拟文物的光照应与真实环境匹配，实现自然融合，应满足以下要求：

- a) 通过摄像头分析真实环境的光照方向、强度和色温，作为虚拟物体光照计算的依据；
- b) 基于环境光照信息，为虚拟文物渲染与真实物体一致的阴影。阴影的软硬程度、方向、长度应与真实光照匹配；
- c) 对于表面光滑的文物，应渲染符合环境光照的高光效果，高光位置和强度应与真实环境一致。

5.4.5.3 AI 模拟光照

可采用以下AI技术模拟真实环境的光照情况：

- a) 从单张环境图像中估计出高动态范围光照信息，包括光源位置、强度分布、颜色温度等；
- b) 采用全局光照算法，实时计算虚拟文物在真实环境中的多次反射光照效果；
- c) 分析真实物体的材质属性，为虚拟文物选择合适的光照响应模型；
- d) 基于环境光照分析为虚拟文物生成与真实阴影风格一致的投射阴影。

5.5 数据采集成果检查

5.5.1 基本要求

数据加工成果检查应满足以下要求：

- a) 宜建立自检、互检和专检检查制度。加工人员完成数据加工后应先进行自检，项目组内进行互检，最后由质量专员或第三方进行专项检查；
- b) 检查过程应有完整记录，包括检查项目、检查方法、检查结果、问题描述、整改情况等内容。检查记录应归档保存；
- c) 对于检查发现的问题，应明确问题性质，区分系统性问题和偶然性问题，及时进行整改。整改后应重新检查确认。

5.5.2 检查方法

数据加工成果检查宜采用以下方法：

- a) 软件自动检查：采用专业三维检查软件对模型的几何精度、拓扑正确性、UV 展开等进行自动检测，生成检测报告；
- b) 人工目视检查：在专业显示器上以不同角度、不同缩放比例观察模型显示效果，检查纹理映射、色彩还原、接缝处理等主观质量；
- c) 比对测量：使用三维测量工具对模型关键部位进行测量，与文物本体数据进行比对；
- d) 渲染测试：将模型导入目标 AR 开发平台进行渲染测试，检查在不同光照条件下的显示效果和性能表现；
- e) 专家评审：组织文物专家对模型的文化准确性、纹饰细节表现等进行评审。

6 验收测试

6.1 模型验收

6.1.1 几何精度

6.1.1.1 模型关键部位的几何尺寸应与文物本体实际尺寸一致，误差比例不宜超过 1%。可使用三维测量软件对模型进行量测，与文物档案记录数据进行比对。

6.1.1.2 模型整体形态应与文物本体一致，无明显变形、扭曲或拉伸。可采用特征点比对法，选取不少于 5 个特征点进行距离测量，测量值与真实值误差不宜超过 3 mm。

6.1.1.3 对于具有对称结构的文物，模型左右对称部位的形态应保持一致，对称误差应在可接受范围内。

6.1.2 纹理质量

6.1.2.1 色模型纹理色彩应与文物本体一致，无明显色偏。使用标准色卡比对时，各色块的色差 ΔE 不宜大于 5。

6.1.2.2 纹理应清晰可辨，无明显模糊、锯齿或压缩伪影。纹理分辨率应符合设计要求，不宜低于 2K。

6.1.2.3 纹理与几何模型应对准，关键纹饰、铭文、图案的边缘与模型结构的对准误差不宜超过 2 个像素。对于高精度要求的文物，4K 材质加载延迟宜控制在 1.2 秒以内。

6.1.2.4 多张纹理拼接处应无明显色差、错位或接缝痕迹。接缝区域应进行羽化融合处理，融合宽度宜为 8~16 像素。

6.1.3 拓扑结构

6.1.3.1 模型应为封闭的二维流形网格，无空洞、无孤立碎片。非封闭模型（如需要展示内部结构的文物）除外，但应有明确标注。

6.1.3.2 所有面的法线方向应朝向模型外部，反向面占比不宜超过 1%。

6.1.3.3 UV 展开应充分利用纹理空间，无明显拉伸或重叠区域。UV 岛之间应有足够间距，避免纹理渗色。

6.1.4 场景资源

6.1.4.1 天空盒应连续无缝，光照信息与文物展示环境的实际光照条件匹配。

6.1.4.2 虚拟地面应与真实环境的地面在高度、纹理上协调，能够正确接收虚拟物体阴影。

6.1.4.3 场景动画应播放流畅，无卡顿、跳帧现象，动画时长应符合设计要求。

6.2 内容质量

6.2.1 视音频质量

6.2.1.1 渲染输出的图像应清晰、无撕裂、无闪烁。色彩空间应符合 sRGB 或 Display P3 标准，色彩还原准确。

6.2.1.2 解说音频应清晰可辨，无明显噪声、失真或回声。语音电平应保持稳定。

6.2.1.3 音频与视觉内容的播放应同步，音画不同步误差宜小于 0.1 秒。

6.2.1.4 对于支持空间音频的应用，用户应能准确感知虚拟音源的方向和距离。双耳耳机输出应基于 HRTF 算法实现精准定位。

6.2.1.5 虚拟物体的光照方向、强度、色温应与真实环境一致。阴影的方向、软硬程度、长度应与真实光照匹配。

6.2.2 内容准确性

6.2.2.1 应由不少于 2 名文物专家对 AR 内容中的文字、语音、图像等信息进行审核，文物阐释内容应有可靠学术来源，无误导性错误。

6.2.2.2 对于采用 AI 修复或虚拟复原呈现的内容，应检查是否明确标注了复原依据和学术来源，避免用户误认为复原内容即为文物现状。

6.2.2.3 如提供多语言版本，应检查各语言版本的内容一致性。

6.3 国产化支持

6.3.1 在 AR 文物数字化资源制作过程中，宜优先使用具备自主知识产权的国产化硬件设备、软件工具及技术方案。

6.3.2 软硬件选用

6.3.2.1 在满足技术指标要求的前提下，宜选用国产三维扫描设备、摄影测量设备、图形工作站及 AR 展示终端。设备应通过相关质量认证，具备完整的自主知识产权证明。

6.3.2.2 宜选用国产三维建模软件、AR 开发引擎、渲染工具及后期处理软件。国产软件应具备与主流国际软件相当的功能完整性、稳定性和兼容性。

6.3.2.3 服务器端宜选用国产操作系统和国产数据库管理系统。

6.3.3 数据格式与流转要求

6.3.3.1 使用国产方案时，三维模型宜采用 glTF/GLB、OBJ、FBX 等通用格式；纹理贴图宜采用 PNG、JPEG、TIFF 等开放格式。

6.3.3.2 在项目各参与方之间流转的数字资产，应采用国产软件能够读取和处理的格式。如需使用特定格式，应提供格式转换工具或明确转换方案。

6.3.4 国产化兼容性

宜在选定的国产操作系统和国产软件环境下，对AR资源制作成果进行兼容性测试。测试内容包括：

- a) 三维模型能否被国产软件正确打开、编辑和导出；
- b) 纹理贴图能否正确显示，色彩还原是否准确；
- c) 动画效果能否正常播放，交互逻辑是否完整保留；
- d) 能否在国产终端设备上流畅运行。

7 管理要求

7.1 数据安全

7.1.1 访问权限管理

应建立数据访问权限管理机制，权限分配应遵循以下要求：

- a) 应根据岗位职责和工作需要，为不同角色分配完成本职工作所需的最小数据访问权限。权限设置应细化至文件级或数据项级；
- b) 应采用强身份认证措施，宜采用双因素认证，认证信息应加密存储，定期更换；
- c) 数据访问权限的申请、审批、授予、变更和撤销应有规范的流程和记录。权限变更应在 24 小时内生效，离职人员权限应立即撤销；
- d) 应定期对权限分配情况进行审计，检查是否存在权限冗余、越权等情况。

7.1.2 数字水印

为保护文物数字化资源的版权，应在采集的图像、三维模型等多媒体数据中嵌入隐形数字水印。数字水印应符合GB/T 45909-2025中的以及下列要求：

- a) 水印应在数据采集或加工完成后、成果发布前嵌入。对于公开发布的 AR 应用或资源包，应包含可识别来源的水印信息；
- b) 水印信息宜包含但不限于数据制作单位、项目编号、版权声明、时间戳等。水印信息应具备唯一性，能够追溯到具体的制作批次或项目；
- c) 水印应能抵抗常见的图像处理操作，在常规处理后仍能被有效检测；
- d) 水印应为人眼不可见，不影响文物的视觉呈现和文化表达；
- e) 水印的嵌入和检测算法应采用加密机制，防止被恶意去除或篡改。

7.2 数据存储与备份

7.2.1 分级存储

应根据数据的价值、使用频率和安全要求，对AR文物数字化资源实行分级存储：

- a) 原始数据：包括三维扫描原始点云、摄影测量原始照片、设备原始记录等。应作为永久保存数据，采用离线存储介质进行长期归档；
- b) 加工中间数据：包括预处理后的点云、中间模型、未合并的纹理贴图等。宜采用在线存储保存至项目结束后一年，之后可转存至近线存储并保留至少五年；
- c) 最终成果数据：包括优化后的三维模型、AR 资源包、应用安装包等。应保持在线存储，同时进行定期备份。
- d) 文档：包括项目文档、采集记录、加工日志、验收报告等。应随最终成果一并存储，并建立索引。

7.2.2 备份要求

应建立备份机制，满足以下要求：

- a) 备份频率：原始数据宜在采集完成后立即备份至两个不同的物理介质，并进行异地存放。加工中间数据可根据项目进度，每完成一个阶段成果即进行备份；

- b) 备份验证：每次备份后应对备份数据的完整性和可读性进行验证；
- c) 备份保留：增量备份宜保留至少一个月；
- d) 恢复测试：每年至少进行一次恢复演练。恢复时间目标（RTO）不宜超过 48 小时，恢复点目标（RPO）不宜超过 24 小时。

7.2.3 云存储要求

采用云存储服务时，应满足以下要求：

- a) 应选择具备国家相关认证的云服务提供商，并签订服务级别协议；
- b) 云存储节点应位于中国境内，数据不得跨境存储。涉及重要文物的数据，宜采用专属云或私有云部署；
- c) 上传至云端的数据应采用国密算法进行加密，密钥由用户自行管理，云服务提供商不应获取明文密钥；
- d) 云存储的访问应采用最小权限原则，使用临时访问凭证进行身份认证，避免使用长期有效密钥；
- e) 应定期从云端下载核心数据至本地存储，避免单一依赖云服务。

7.3 知识产权管理

7.3.1 知识产权归属

在项目启动前，应以书面协议形式明确以下内容的知识产权归属：

- a) 文物本体的原始三维数据、高精度影像等属于文物保管单位所有，未经保管单位授权，任何第三方不得用于商业目的或公开发布；
- b) 经加工、优化、设计后产生的 AR 数字化资源，其知识产权归属由协议约定。可采用共有产权、委托方所有、制作方所有等方式，但应明确各方权利；
- c) 项目中开发的专用软件模块、工具插件、SDK 等，其源代码和编译后的代码归属应在协议中明确；
- d) 基于 AR 数字化资源创作的衍生作品，其知识产权归属及收益分配应在协议中明确。

7.3.2 第三方素材使用

在制作过程中如需使用第三方素材，应满足以下要求：

- a) 使用前应核实第三方素材的版权状态；
 - b) 应获取第三方素材的正式授权，授权范围应覆盖本项目的的所有使用方式。授权文件应归档保存；
 - c) 如使用开源软件或素材，应遵守相应开源协议的要求，必要时公开源代码或保留署名；
 - d) 项目成果中如包含第三方素材，宜在相关页面或文档中明确声明，避免知识产权纠纷波及项目委托方。
-