

T/ZGCIT

中关村智能科技发展促进会团体标准

T/ZGCIT 0xx—2026

AR 文物展示交互技术要求

Technical Requirements for AR Cultural Relics Display Interaction

2026 - 0x - xx 发布

2026 - 0x - xx 实施

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 总则	2
4.1 交互原则	2
4.2 文物展示形式	2
5 文物数字化资源	2
6 技术要求	3
6.1 识别跟踪	3
6.2 交互模式	4
6.3 用户交互界面	7
6.4 图形渲染	8
6.5 国产化要求	8
7 安全管理	8
7.1 文物安全	8
7.2 隐私安全	8
7.3 用户体验安全	9
7.4 技术安全	9

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 文物展示交互技术要求

1 范围

本文件规定了AR文物展示交互的交互原则、文物展示型式、文物数字化资源、技术要求、安全管理等内容。

本文件适用于利用AR设备的文物展示交互技术的设计和开发。

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 21023-2007 信息技术 语音识别词汇

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 33475.7-2024 信息技术 高效多媒体编码 第7部分：图片文件格式

GB/T 36464.1-2020 信息技术 智能语音交互系统 第1部分：通用要求

GB/T 36464.2-2018 信息技术 智能语音交互系统 第2部分：语音识别技术要求

GB/T 39786-2021 信息安全技术 信息系统密码应用基本要求

GB/T 45405-2025 三维产品数据可视化应用格式

GB/T 45909-2025 网络安全技术、数字水印技术实现指南

T/ZGCIT-0XX 2026 AR文物数字化资源制作规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

AR文物展示 AR Cultural Relics Display

利用增强现实技术，将文物的虚拟数字化内容与真实物理环境融合呈现，实现文物展示、信息传播与交互体验的技术应用形式。

3.2

语音交互 speech interaction

人类和功能单元之间通过语音进行的信息传递和交流活动。

[来源:GB/T 36464.2-2018, 3.1]

3.3

语音识别 speech recognition

将人类的声音信号转化为文字或者指令的过程。

[来源:GB/T 21023—2007, 3.1]

3.4

手势交互 gesture interaction

对具有特定意义的手势信息，进行手势识别并作出响应和反馈。

3.5

虚拟触控交互 virtual touch interaction

用户通过点击、滑动、捏合等操作，与 AR 界面中的虚拟按钮、热点、模型等元素进行交互的方式。

4 总则

4.1 交互原则

4.1.1 简化操作原则

交互流程应简洁直观，交互步骤宜控制在3步以内。关键功能的操作路径应保持一致性，同一类交互操作在不同场景下应采用相同或相似的操作方式。

4.1.2 层次化信息原则

信息呈现应采用由浅入深的层级结构，允许用户根据兴趣逐级探索。信息层级宜不超过三级，每一层级的信息量应适度。信息层级之间应有导航标识，支持用户在不同层级间切换。

4.1.3 及时反馈原则

宜采用视觉+听觉双重反馈机制，用户操作的每个动作均应匹配反馈。视觉反馈宜包括高亮、动画、状态变化等形式；听觉反馈宜包括提示音、语音确认等形式。对于耗时较长的操作，应提供进度提示。

4.2 文物展示形式

4.2.1 基础操作

应支持用户对虚拟文物模型实施旋转、缩放、平移等基础操作，具体要求如下：

- a) 旋转：用户应可通过单指拖拽方式，沿任意轴向旋转虚拟文物，旋转操作应平滑流畅；
- b) 缩放：用户应可通过双指捏合方式，对虚拟文物进行放大或缩小操作，放大后应可清晰呈现纹饰细节，缩小时应可展示文物整体形态；
- c) 平移：用户可通过双指平移方式，调整虚拟文物的位置。

4.2.2 信息查询

宜支持用户通过交互方式获取文物的详细信息，具体要求如下：

- a) 宜在文物模型的关键部位设置信息热点，用户可通过点击或凝视方式触发。凝视触发时长不宜超过 2 秒，并配备进度提示；
- b) 热点触发后应弹出信息卡片，呈现对应部位的介绍，信息卡片宜采用半透明背景，卡片内容应包含文字说明、示意图片或短视频；
- c) 复杂信息应采用多层次展示方式，信息层级宜不超过三级。

4.2.3 虚拟复原/拆解

应利用AR技术展示文物的内部结构、演变过程或复原状态，具体要求如下：

- a) 针对多层套叠、有内部构造等结构复杂的文物，宜支持分层拆解展示，拆解动画应平滑自然，各部件间应设置明显的空间区分；
- b) 宜基于学术研究，制作文物在不同历史时期的形态演变动画，动画应配备时间轴标识，重要节点可暂停并提供说明；
- c) 对于残损或缺失的文物部位，宜在学术研究支持下进行虚拟复原展示，复原部分应采用半透明显示、不同色彩标注等区别于现存部分的视觉风格，界面中应明确说明复原依据；
- d) 应提供播放、暂停、重置、单步前进/后退等控制功能，虚拟复原的学术依据应经文物专家审核确认并归档保存。

4.2.4 情景还原

宜将文物置于其历史或使用场景的虚拟环境中，应允许用户在限定范围内进行视角移动探索，具体要求如下：

- a) 宜根据历史文献和考古研究成果，构建与文物时代背景相符的虚拟场景，场景模型应具备基本的地理特征和时代元素；
- b) 宜允许用户在限定空间范围内自由移动视角，移动范围应根据场地实际情况设定，应保证虚拟场景在各视角下的视觉完整性；
- c) 宜根据场景需要添加光影变化、天气效果、动态人物等适当的环境特效。

4.2.5 游戏化学习

宜设计以文物知识为核心的轻量互动任务，具体要求如下：

- a) 任务类型应包含知识问答、寻物探索、拼合修复、角色扮演等；
- b) 任务难度应适配目标用户群体，面向公众的互动任务应简单直观；
- c) 游戏机制应与文物知识深度融合，每个互动环节完成后，应向用户传递文化知识点；
- d) 宜设置收集徽章、解锁隐藏内容等奖励机制。

5 文物数字化资源

文物数字化资源的制作、存储、管理应符合T/ZGCIT-0XX 2026 AR文物数字化资源制作规范的要求。

6 技术要求

6.1 识别跟踪

6.1.1 图像识别

应支持识别并持续跟踪平面文物图像的特征点，虚拟内容应稳定附着于书画、拓片等展品，具体要求如下：

- a) 应可识别包含纹理特征的平面图像，识别区域面积应不小于画面总面积的 15%；
- b) 宜支持同时识别和跟踪多个图像目标，多图像之间的切换应平滑自然，无明显跳变；
- c) 针对电子文物图像，宜结合数字水印技术提高相似平面文物图像的识别率，数字水印应符合 GB/T 45909-2025 的要求，水印信息应不影响图像视觉呈现；
- d) 对于素面书画、单色拓片等纹理较少的平面文物，宜通过优化特征点提取算法或结合陀螺仪等传感器数据提高识别稳定性。

6.1.2 物体识别

应支持对预设的三维实体文物进行识别，并应建立相应的三维坐标空间，具体要求如下：

- a) 应支持对具有显著几何特征的三维文物进行识别，识别对象应包含器物整体或器耳、纹饰凸起等局部特征部位；
- b) 识别成功后，应在文物所在位置建立稳定的三维坐标空间，坐标原点宜设于文物中心点或指定特征点，坐标系与文物的相对位置应保持固定；
- c) 应支持从多个角度对同一文物进行识别，不同角度下的识别结果应统一至同一坐标空间；
- d) 文物部分被遮挡时，应基于可见特征维持识别和跟踪。

6.1.3 识别鲁棒性

在博物馆典型光照环境下，对目标图像或物体的识别性能宜满足以下要求：

- a) 在 500lx~2000lx 光照条件、与法线夹角不大于 45 度的角度范围内，对预设识别目标的首次识别成功率不低于 90%；
- b) 从检测到目标到虚拟内容首次稳定呈现的时间延迟应控制在 1 秒以内，复杂三维物体的识别，最大识别耗时不超过 2 秒；
- c) 适应博物馆 3000K~6500K 的色温差异和 300lx~3000lx 的照度变化，光照突变后的重新识别时间不超过 1.5 秒；
- d) 适应不同终端设备的摄像头分辨率，最低支持不低于 720p 的视频输入。

6.1.4 跟踪稳定性

识别成功后，虚拟内容相对于真实世界锚定点的跟踪性能宜满足以下要求：

- a) 用户正常移动过程中，虚拟物体相对于真实世界锚定点的位置偏移量不超过 5cm，静态观察时，位置抖动幅度小于 5mm；
- b) 虚拟物体相对于真实世界锚定点的角度漂移不超过 5 度/秒，静态观察时，角度抖动幅度应小于 1 度；
- c) 跟踪丢失后重新识别时，虚拟物体恢复到正确位置，重定位后的位置误差不超过 3cm，角度误差不得超过 3 度；
- d) 连续跟踪 5 分钟以上，虚拟物体的累积漂移不超过初始位置的 10%；
- e) 支持用户在步行速度下的稳定跟踪，虚拟物体无明显滞后或晃动。

6.2 交互模式

6.2.1 语音交互

6.2.1.1 功能要求

宜支持通过语音指令完成交互操作，语音交互宜具备以下功能：

- a) 宜支持通过唤醒词启动语音交互功能，唤醒后应提供视觉或听觉反馈提示；
- b) 宜可将用户语音准确转换为文本，支持器物名称、纹饰术语、年代描述等常见文物相关词汇，识别引擎应对文物领域词汇进行优化；
- c) 宜可理解用户指令的意图，将自然语言映射为可执行的操作，对同一意图的不同表达方式能正确识别并统一响应；
- d) 支持关键词库和语料库的持续更新，可根据文物特点和用户反馈优化识别效果。

6.2.1.2 语义正确理解率

在博物馆典型环境噪声下（背景噪声 ≤ 60 dB），语音交互的语义理解正确率宜不低于85%。语义理解正确率应按照 GB/T 36464.1-2020 的附录A中A.6.1的规定计算。

测试要求如下：

- a) 应在模拟博物馆环境噪声下进行测试，测试距离宜为 0.5m~1.5m；
- b) 应包含不少于 20 条常见操作指令，涵盖唤醒、控制、查询等各类功能，每条指令测试不少于 5 次；
- c) 宜支持常见方言或对不同口音进行适应性优化。
- d) 当语义理解失败或指令超出支持范围时，应给出友好提示（如“没听清楚，请再说一遍”或“暂不支持该功能”）。

6.2.1.3 语音响应时间

语音响应时间要求如下：

- a) 识别时间：从指令结束到语音识别结果返回的时间宜 ≤ 0.5 秒；
- b) 理解与执行时间：从识别结果返回到开始执行操作的时间宜 ≤ 1 秒；
- c) 语音合成启动时间：对于需要语音回复的指令，从执行完成到语音合成开始播报的时间宜 ≤ 0.5 秒；
- d) 加载等待处理：对于需要加载资源的指令，宜在 2 秒内给出进度提示（如“正在加载，请稍候”）；
- e) 连续对话支持：对于支持多轮对话的系统，前后轮对话之间的间隔响应时间宜 ≤ 1.5 秒。

6.2.2 手势交互

6.2.2.1 功能要求

宜支持配备手势集进行交互操作，手势交互宜具备以下功能：

- a) 应定义一套统一、直观、易学的手势集，同一手势在不同场景下应具有一致的语义。手势集宜包含但不限于单指点击、单指拖拽、双指捏合/展开、双指平移、握拳/抓取、手掌伸展等动作；

- b) 手势集中任意两个手势之间的相似程度应尽可能低。不同含义的手势应在动作轨迹、手型或动态特征上有明显区分，应支持将手势与应用的控制指令进行绑定；
- c) 应在界面中提供手势操作的视觉提示或演示动画；
- d) 应具备误操作识别和防误触机制，对于非意图手势或无效手势，应不予响应或给出提示。

6.2.2.2 手势交互成功率

在博物馆典型光照环境（照度500lx~2000lx）下，对手势的识别正确率宜符合以下要求：

- a) 对于单指点击、单指拖拽、双指捏合等基础手势，识别正确率不低于 90%；
- b) 对于握拳、手掌伸展、多指组合等复杂手势，识别正确率不低于 85%。

6.2.2.3 手势交互响应时间

从用户完成手势动作到系统给出视觉反馈的时间延迟宜符合以下要求：

- a) 从输入手势到得到识别结果的时间长度不大于 500ms，复杂手势的识别时长不超过 800 ms；
- b) 从识别结果到完成相应操作并给出视觉反馈的时间延迟小于 0.5 秒，整体交互响应时间宜控制在 1 秒以内；
- c) 对于连续的旋转、缩放等手势操作，宜实时跟踪手部动作，帧间处理延迟不超过 1 秒。

6.2.2.4 手势识别视场角

手势可被有效识别的空间范围宜满足以下要求：

- a) 摄像头水平方向的有效识别角度不小于 $\pm 45^\circ$ ；
- b) 摄像头垂直方向的有效识别角度不小于 $\pm 30^\circ$ ；
- c) 手势有效识别距离宜为 0.3m~2.5m；
- d) 宜支持从手掌朝向摄像头、手背朝向摄像头、侧向等不同角度识别同一手势。

6.2.3 虚拟触控交互

6.2.3.1 功能要求

用户通过点击屏幕内虚拟按钮或热点进行虚拟触控交互，宜具备以下功能：

- a) 宜在 AR 界面中划分虚拟按钮、信息热点、滑动条等可触控区域，相邻触控区域之间应设置间距；
- b) 用户点击触控区域后，宜提供按钮状态变化等视觉反馈、点击提示音等听觉反馈，支持振动功能的终端应提供设备振动等触觉反馈；
- c) 宜支持双指缩放、双指旋转、双指平移等常见多点触控手势；
- d) 宜支持手指触控和触控笔操作，触控命中区域宜适当放大。

6.2.3.2 响应时间

从用户手指触摸屏幕到给出明确反馈的时间延迟宜满足以下要求：

- a) 用户点击触控区域后，按钮视觉状态变化的响应时间小于 0.5 秒；
- b) 点击提示音的播放延迟小于 0.5 秒；
- c) 设备振动的启动延迟小于 0.1 秒；
- d) 从用户点击到相应功能完成的时间延迟小于 1 秒，对于需要加载资源的操作，应在 0.5 秒内给出进度提示；
- e) 对于滑动、拖拽等连续触控操作，宜实时跟踪手指位置，帧间处理延迟不超过 0.5 秒。

6.2.3.3 交互成功率

虚拟触控交互的操作成功识别率宜符合以下要求：

- a) 用户对虚拟按钮或热点的点击操作成功率不低于 90%，连续点击测试应不少于 100 次；
- b) 滑动条、拖拽物体等连续触控操作的成功率应不低于 85%，测试应包含不同方向和不同距离的拖动操作；
- c) 双指缩放、双指旋转等多点触控操作的成功率应不低于 85%；

- d) 距边缘 20 像素内的屏幕边缘区域，触控操作成功率应不低于 85%，边缘区域的触控响应与中心区域应保持一致。

6.2.4 眼动交互（适用于头戴式设备）

6.2.4.1 功能要求

眼动交互模块应具备以下功能：

- a) 宜实时检测用户在视野中的注视点位置，检测频率应不低于 30 Hz，通过可视化光标或高亮区域向用户反馈当前注视位置；
- b) 宜采用注视停留时间触发方式，注视确认应配备圆形进度条、颜色填充等明确的视觉进度提示；
- c) 宜提供 9 点或 5 点校准法的眼动追踪校准程序，校准过程应配备操作引导。

6.2.4.2 响应时间

眼动交互的响应时间应符合以下要求：

- a) 用户持续注视同一目标区域的触发时间宜设置为 500ms~800ms；
- b) 从用户注视目标到视觉反馈的时间延迟小于 0.5 秒；
- c) 从注视确认完成到执行相应操作的时间延迟应小于 1 秒；
- d) 用户将视线从一个目标切换到另一个目标时，重新计算注视点，切换响应时间小于 0.5 秒。

6.2.4.3 交互成功率

眼动交互的操作成功率应符合以下要求：

- a) 用户有意注视目标区域并保持至确认时间后，正确识别并触发操作的成功率不低于 90%；
- b) 用户无意注视（如浏览场景、观察文物细节）导致的误触发操作比例不宜超过 5%；
- c) 眼动仪报告的凝视位置与用户真实凝视位置之间的平均角度误差不宜大于 2°。

6.2.5 外置设备交互

6.2.5.1 功能要求

可配备眼镜之外的输入设备对用户进行界面交互。包括，手柄、戒指、手机、其他外置单元，可采用有线或无线方式连接外置设备，应具备以下功能：

- a) 宜支持主流外设输入设备，包括但不限于：
 - 1) 蓝牙手柄；
 - 2) 智能指环；
 - 3) 智能手机；
 - 4) 触控板/触摸屏；
 - 5) 专用定制外设（博物馆导览器）。
- b) 宜支持 USB Type-C 等有线连接和蓝牙、Wi-Fi 等无线连接，有线连接应实现即插即用，无线连接的首次配对时间不超过 30 秒；
- c) 宜提供外设已连接、电量低、断开等连接状态提示。

6.2.5.2 控制距离

外置设备的有效控制距离应符合以下要求：

- a) 手持设备的线缆长度宜为 1m~1.5m，固定设备的线缆长度应根据实际需求确定；
- b) 基于蓝牙技术的外设，在无遮挡环境下有效控制距离宜不小于 8m；
- c) 基于 Wi-Fi 技术的外设，在同一局域网内有效控制距离宜不小于 20m；
- d) 采用 2.4GHz 无线技术等专用无线协议的外设，有效控制距离宜不小于 15 m；
- e) 用户超出外设有效控制距离时应给出提示，并在重新进入有效距离后自动恢复连接。

6.2.5.3 控制方式

外置输入设备可在场景中显示指引射线，或控制界面元素移动和响应。外置手机可通过蓝牙、APP、小程序等方式远程操控，宜符合以下要求：

- a) 外置输入设备可在场景中显示指引射线，射线应清晰可见，颜色和粗细应适应不同背景环境，射线的有效指向距离宜不小于 10 m；
- b) 宜可通过外设控制光标、焦点框等界面元素的移动和响应，光标移动速度应可调；
- c) 应将外设物理按键映射为 AR 应用的确认、返回、菜单、旋转、缩放等核心操作功能，同一外设不同应用中的映射应保持一致；
- d) 配备摇杆或触控板的外设，应支持通过摇杆或触控手势控制虚拟物体的旋转、移动和视角变换，摇杆灵敏度应可调。

6.3 用户交互界面

6.3.1 视觉反馈

6.3.1.1 状态可视性

界面应通过视觉设计清晰标识可交互对象及当前交互模式，具体要求如下：

- a) 所有可交互对象应通过高亮显示、动态效果、图标标识、轮廓描边等方式设置视觉标识；
- b) 应通过模式图标、模式名称或状态栏提示等方式，在界面中明确标识当前交互模式，模式切换时应设置视觉过渡；
- c) 可交互对象的视觉标识应具备可发现性，首次使用时应提供视觉导览，突出显示交互对象。

6.3.1.2 操作反馈

用户操作应获得视觉确认，形成操作闭环，具体要求如下：

- a) 用户操作的视觉反馈宜在 0.5 秒内呈现，反馈形式应包含按钮状态变化、对象颜色或透明度变化、动画效果、视觉特效等；
- b) 反馈应与操作类型和结果对应，确认成功应采用肯定性视觉反馈，操作失败应采用警示性视觉反馈，耗时操作应提供进度条或加载动画，任务完成应提供庆祝性或总结性视觉提示；
- c) 连续操作的视觉反馈应连贯，帧间变化应平滑自然，操作开始、进行中和结束时的反馈应形成完整闭环。

6.3.1.3 引导与提示

应在适当时机提供非侵入式的动态操作指引，具体要求如下：

- a) 用户首次进入 AR 场景或首次接触某功能时，应提供视觉引导；
- b) 应根据用户操作行为，在适当时机提供非侵入式提示，用户在某界面停留超过 10 秒未操作时宜提供操作演示；
- c) 引导提示应位于界面边缘或不影响核心视图的区域，提示透明度宜设置为 30%~50%，用户应与提示区域交互关闭提示。

6.3.2 听觉与触觉反馈

6.3.2.1 听觉反馈

关键操作应配备非干扰性的提示音效，所有语音讲解内容应提供可手动控制的播放、暂停功能，具体要求如下：

- a) 识别成功、信息触发、任务完成等关键操作应配备提示音效，提示音效的音量应不超过语音讲解音量的 60%；
- b) 所有语音讲解内容应提供可手动控制的播放、暂停、停止和音量调节功能，控制按钮应在界面中明确标识，语音讲解应支持进度拖拽；
- c) 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；
- d) 背景音乐与语音讲解不应同时播放，或播放背景音乐时应自动降低音量。

6.3.2.2 触觉反馈（如适用）

支持振动的移动设备中，重要交互确认应辅以振动反馈，具体要求如下：

- a) 触觉反馈宜应用于识别成功、按钮点击、操作完成、警示提醒等交互场景；
- b) 确认性振动时长应控制在 100ms 以内，提示性振动时长应控制在 100ms~300 ms；
- c) 应提供触觉反馈的开关选，提供多档振动强度可选，不同重要程度的操作应采用不同的振动模式；
- d) 触觉反馈应与视觉反馈、听觉反馈同步协同。

6.4 图形渲染

虚拟文物模型渲染宜满足以下要求：

- a) 渲染模型的关键形态特征应与文物本体一致，无明显变形或失真，在 0.3m~1m 的预期观察距离下，模型边缘应无明显锯齿，模型面数应根据文物复杂度确定，关键纹饰和结构应清晰可辨；
- b) 纹理分辨率宜不低于 2K，书画、铭文、微雕等细节丰富的文物，纹理分辨率宜提升至 4K 或更高，纹理压缩应适度，无明显的压缩伪影或色块；
- c) 虚拟文物的光照应与真实环境匹配，方向、强度、色温应自然协调，阴影应清晰可辨，边缘软硬程度应与真实光照匹配，高光反射应符合材质特性；
- d) 渲染色彩应与文物本体一致，无明显色偏。

6.5 国产化要求

6.5.1 数据格式国产化

宜优先选择国产资源文件格式存储图形数据，具体要求如下：

- a) 宜优先采用满足 GB/T 45405-2025 规定的 PDV 格式或其他国产三维数据格式进行存储和交换；
- b) 宜优先采用符合 GB/T 33475.7-2024 规定的国产图片格式；
- c) 选用的国产格式应与主流开发平台具备兼容性，或提供明确的格式转换工具。数据交换过程中，关键文物特征和纹理细节应完整保留。

6.5.2 软件国产化

宜优先采用国产软件进行可视化图形渲染部分的工作，具体要求如下：

- a) 满足功能需求的前提下，优先选用国产 AR 开发引擎、渲染引擎、建模软件、图像处理和动画制作软件；
- b) 应在国产操作系统和国产软件环境下对渲染成果进行兼容性测试，模型、纹理、动画应能被正确显示和处理；
- c) 项目交付时，应为委托方提供国产软件环境下的操作培训。

7 安全管理

7.1 文物安全

AR交互设计不得引导用户对真实文物做出触碰、遮挡、激光照射等可能造成损害的行为，具体要求如下：

- a) 应在 AR 应用中标识用户与真实文物的安全距离，应通过警戒线、半透明屏障等视觉提示引导用户在安全区域操作，用户靠近文物安全边界时统应发出明确警告；
- b) 不应设计需要用户触摸、指向、靠近真实文物的交互任务，所有交互宜基于虚拟内容完成，真实文物仅作为视觉参照或识别目标；
- c) 手持设备应在界面中提示握持姿势和操作范围；
- d) 不应利用设备闪光灯、激光投射等功能对真实文物进行照射，识别跟踪应基于环境光或红外光完成。

7.2 隐私安全

用户行为数据、个人信息的采集、存储、传输应符合相关法律法规，并经过用户明确授权，具体要求如下：

- a) 应告知用户采集的用户操作日志、设备信息、位置信息、生物特征等数据类型和范围；
- b) 数据采集前应获得用户明确授权，首次启动时应弹出隐私政策由用户主动勾选同意，敏感数据采集前应单独请求权限；
- c) 应仅采集实现功能所必需的最少数据。

7.3 用户体验安全

应通过内容设计保障用户在使用AR文物展示交互应用过程中的生理与心理安全，具体要求如下：

- a) 应避免使用强闪光、快速缩放、剧烈旋转等易致晕眩的视觉效果，场景切换应采用平滑过渡，色彩对比度应适中；
- b) 用户移动观展时，应在界面中提供环境安全提醒，对于头戴式设备，应设计虚拟围栏或安全边界，用户靠近真实障碍物时应发出警告，宜提供坐姿和站姿两种模式选择；
- c) 音频播放应设置音量上限，耳机使用时，默认音量应不超过最大音量的 60%，提供音量调节和静音功能；
- d) 应考虑光敏性癫痫等特殊健康状况，在应用启动时应提供健康警示，宜提供色盲模式、大字模式等无障碍选项，对于眩晕敏感用户，可提供降低动态效果的“舒适模式”。

7.4 技术安全

AR文物展示交互的设计、开发与部署中，宜优先采用具有自主知识产权的国产化硬件、软件及关键核心技术，具体要求如下：

- a) 核心硬件设备宜优先选用通过国家相关认证的国产产品，终端设备应符合国家强制性产品认证要求；
- b) 操作系统、数据库、中间件等基础软件宜优先选用国产自主可控产品，AR 开发引擎、渲染引擎、识别跟踪算法等核心技术宜具备自主知识产权，软件应定期进行安全漏洞扫描和修复，应及时更新安全补丁；
- c) 文物数据加密应采用 SM2、SM3、SM4 等密码算法，密钥管理应符合 GB/T 39786-2021 的规定；
- d) 网络部署应符合 GB/T 22239-2019 中二级的规定，应部署防火墙、入侵检测等安全设备，网络日志应完整保存，留存时间应不少于 6 个月。