

ICS 35.020
CCS L 70

DB11

北 京 市 地 方 标 准

DB11/T 1922—2021

文物三维数字化技术规范 器物

Technical specification for three dimensional digitizing of cultural
relics in collections: artifacts

2021 - 12 - 28 发布

2022 - 04 - 01 实施

北京市市场监督管理局

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 基本要求.....	2
5 工作流程.....	2
6 前期准备.....	3
7 数据采集.....	4
8 数据加工.....	5
9 数字化成果.....	7
附录 A（资料性） 器物三维数字化技术方法.....	9
附录 B（规范性） 器物三维数字化成果技术指标.....	10
附录 C（资料性） 器物三维数字化现场记录表.....	12
附录 D（资料性） 器物三维数字化采集数据检查表.....	14
附录 E（资料性） 器物三维数字化成果数据检查方法.....	15
附录 F（资料性） 器物三维数字化成果数据检查记录表.....	16

前 言

本文件按照国标GB/T 1.1的规定起草。

本文件由北京市文物局提出并归口。

本文件由北京市文物局组织实施。

本文件起草单位：故宫博物院、中兵勘察设计研究院有限公司、首都博物馆、北京市文物局综合事务中心、北京建工建筑设计研究院。

本文件主要起草人：苏怡、黄墨樵、赵术强、孙芮英、姚宇江、祁庆国、倪越、欧阳宏、侯琛琛、李祝军、刘欢、熊璇、李陶、罗征、张雨辰、张沛沛、吴雯欣、李鑫。

文物三维数字化技术规范 器物

1 范围

本文件规定了器物类文物三维数字化的工作流程、前期准备、数据采集、数据加工、数字化成果等方面的要求。

本文件适用于具有外观形态稳定、外观色彩稳定、材料非透明特点的器物类文物的三维数字化。

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 12979 近景摄影测量规范

CH/T 1004 测绘技术设计规定

CH/Z 3017 地面三维激光扫描作业技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

网格模型 mesh model

通过三角形、四边形等多边形表示的器物空间信息的三维模型。

3.2

纹理贴图 texture mapping

使用UV坐标表示，包含纹理与网格模型映射关系的图像。

3.3

纹理模型 texture model

由网格模型和纹理贴图共同表达器物表面特征的三维模型。

3.4

贴图分辨率 texture resolution

纹理贴图单位长度的像素点个数。

3.5

完整度 completeness

器物非隐蔽表面的网格模型统计面积与实际面积之比。

4 基本要求

- 4.1 器物三维数字化应采用对器物无损的技术方法，选用方法宜参见附录 A。
- 4.2 器物三维数字化宜按器物约定俗成的放置姿态和方向确定坐标轴，各坐标轴方向最大尺寸所构成的六面体的中心点为坐标原点。
- 4.3 器物三维数字化中的质量控制应贯穿于工作全过程，并建立质量记录。
- 4.4 器物三维数字化采集数据和成果数据应统一命名存储，并及时检查完整性、可用性。
- 4.5 器物三维数字化成果应符合附录 B 的要求。
- 4.6 器物三维数字化采集应制订文物安全保护方案，并实施安全措施。

5 工作流程

5.1 器物三维数字化的工作流程宜按图 1 进行。

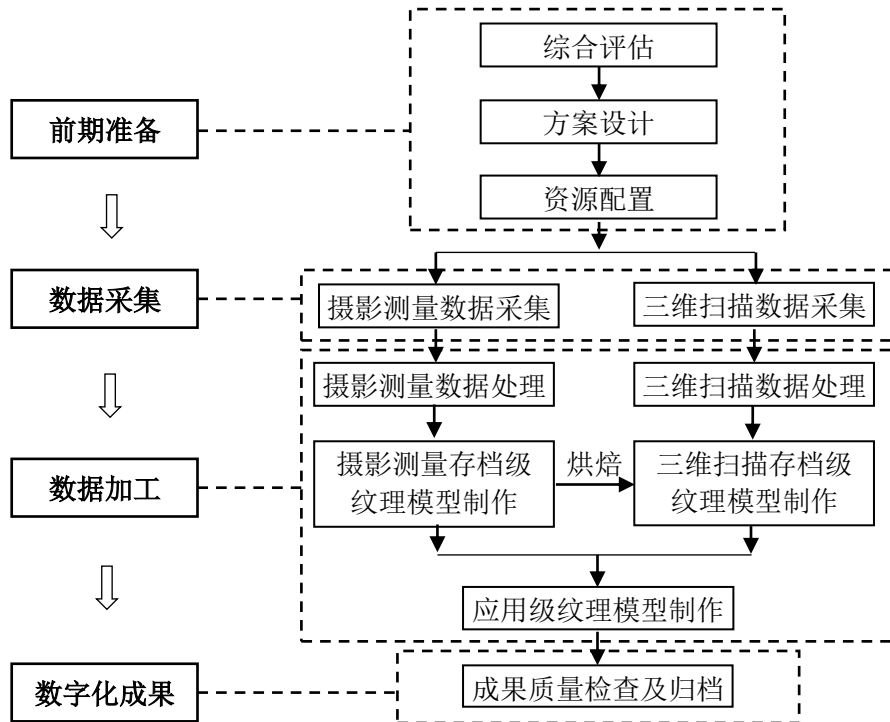


图1 工作流程图

5.2 前期准备

前期准备宜包括综合评估、方案设计、资源配置。

5.3 数据采集

数据采集宜包括三维扫描、摄影测量。

5.4 数据加工

数据加工宜包括三维扫描数据处理、摄影测量数据处理、存档级纹理模型制作、应用级纹理模型制作。

5.5 数字化成果

数字化成果的工作宜包括成果质量检查与归档。

6 前期准备

6.1 综合评估

在三维数字化工作开展前，应根据实际情况开展已有资料收集、器物现状了解、作业现场勘察等工作，对数字化技术方法的适用性、项目实施环境的安全性等进行综合评估。

6.2 方案设计

6.2.1 方案设计应参照 CH/T 1004 的规定，根据项目要求，结合评估结果编制。方案设计文件宜包括下列内容：

- a) 项目概述：说明项目背景、项目目标、工作内容、工作要求、完成期限等基本情况；
- b) 器物情况：描述器物特点，分析其适用的技术方法，预估工作难点；
- c) 作业依据：说明引用的标准、规范，项目委托情况；
- d) 技术方法：说明项目实施采用的技术思路、作业流程、方法步骤；
- e) 资源配置：说明项目实施配置的仪器设备、软件、人员、环境等情况；
- f) 施工组织设计：说明项目实施的组织机构、责任分工、进度安排；
- g) 质量控制：说明项目实施的质量管理与控制措施；
- h) 安全保障：说明项目实施中对器物、人员、设备、环境等采取的安全保障措施；
- i) 提交成果：说明提交的项目成果。

6.2.2 重大或重点项目的实施方案宜经过相关专家论证，经批准的方案应严格执行。

6.3 资源配置

资源配置宜符合以下要求：

a) 满足项目实施要求的设备资源，包括三维扫描仪、数码相机、控制测量设备、照明设备、颜色管理设备、温湿度记录设备、标准件等；

b) 满足项目实施要求的软件资源，包括三维扫描控制软件、点云处理软件、照片处理软件、摄影测量三维重建软件、模型处理软件、项目与数据管理软件等；

c) 满足项目实施要求的人力资源，包括项目负责人、技术负责人、审核与审定人、数据采集人员、数据加工人员、质量控制人员、项目管理人员等；

d) 数据采集环境应在满足器物安全存放规定基础上，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；

e) 应按任务类别或工序进行现场空间划分，工作空间不应出现交叉，各区域之间应有标志区分；

f) 放置器物的工作平台应平稳牢固，台面无杂物，铺有具缓冲作用的衬垫；

g) 在数据采集设备进入采集环境安装就位后，应按设备使用的规定，做好使用前的预热、校准等各项准备工作，符合规定方可采集。

7 数据采集

7.1 数据采集技术指标

数据采集的技术指标应按项目对成果的要求，对照附录B选择对应的存档等级，根据存档等级确定。

7.2 三维扫描数据采集

7.2.1 三维扫描数据采集的技术指标在器物尺寸 $\leq 0.50\text{m}$ 时按以下成果指标确定，器物尺寸 $> 0.50\text{m}$ 时结合附录B表B.1中公式计算成果指标后确定。

- a) 尺寸误差 $\leq 0.05\text{mm}$;
- b) 平均点间距 $\leq 0.05\text{mm}$;
- c) 最大点间距 $\leq 0.20\text{mm}$;
- d) 完整度 $\geq 98\%$ 。

7.2.2 三维扫描设备应根据器物特点、数据采集的技术指标选择，宜具有校准精度和拼接精度输出功能。三维扫描作业应按CH/Z 3017的规定执行，且符合以下要求，宜按附录C填写现场记录：

- a) 扫描仪指向与器物被扫描表面的夹角以90度为宜，不得小于60度；
- b) 采集过程中扫描仪宜与器物保持相同的距离范围；
- c) 随器物表面曲率增大应增加点云密度；
- d) 分块扫描时，按照分块数最少、相邻块彼此平行、相邻块之间有效点云的重叠度 $\geq 30\%$ 的原则设计分块；
- e) 在器物旁放置标准件并随器物一起扫描。

7.2.3 每件器物现场扫描完成后，应立即进行以下检查：

- a) 完整度应符合7.2.1限值的要求；
- b) 平均点间距和最大点间距应符合7.2.1限值的要求；
- c) 点云不应出现分层、错位；
- d) 噪点与器物数据应区分明显；
- e) 扫描仪输出的校准记录、单站扫描记录和拼接记录不应有异常数据反映。

7.2.4 进行三维扫描数据检查，三维扫描数据检查记录参见附录D，出现不合格情况时应按本节要求进行相应的重扫或补扫。

7.3 摄影测量数据采集

7.3.1 摄影测量照片拍摄的光环境应符合以下要求：

- a) 遮蔽所有自然光及其他干扰光源；
- b) 采用持续色温为 $5500\text{k} \pm 10\%$ 的人工光源；
- c) 对于光敏性器物使用冷光源；
- d) 在连续拍摄期间，光源亮度差异 $\leq 10\%$ ；
- e) 按器物纹理特点布设光源，通过调整光源类型、位置、角度、亮度等，减少影像中阴影、反光、光晕的出现。

7.3.2 摄影测量照片拍摄使用的数码相机应符合以下要求：

- a) 成像传感器尺寸 $\geq 35\text{mm} \times 23\text{mm}$ ；
- b) 成像的RGB每通道色彩深度值 $\geq 12\text{Bit}$ ；
- c) 单张照片像素 ≥ 2400 万；

d) 支持 raw 格式存储。

7.3.3 拍摄前数码相机参数设置应符合以下要求：

- a) raw 格式和 jpeg 格式同时存储；
- b) 画质为最高等级；
- c) 感光度 (ISO) ≤ 100 。

7.3.4 数码相机的颜色基准建立应符合以下要求：

- a) 设定范围最大的色域选项；
- b) 在拍摄光环境内进行相机白平衡设置；
- c) 拍摄标准色卡照片时，色卡照片宜同时包含器物 and 色卡，画面清晰且色卡在画幅中占比 $\geq 50\%$ 。色卡摆放位置应满足颜色还原的需求；当单张色卡照片无法满足颜色还原一致性时，需分区拍摄。
- d) 拍摄色卡照片后进行色差评估。

7.3.5 摄影测量三维重建的像控点可选择器物特征点或在其周围布设标志。像控点的布设及测量应按照 GB/T 12979 的规定执行。

7.3.6 摄影测量照片拍摄应按照 GB/T 12979 的规定执行，且符合以下要求，宜按附录 C 填写现场记录：

- a) 照片分辨率等于或优于相应的存档等级的成果要求中规定的纹理贴图分辨率；
- b) 拍摄过程中保持相同的焦距，使用非定焦镜头时对其采取焦距固定措施；
- c) 器物在照片中的画面面积占比 $\geq 70\%$ ；
- d) 航向重叠度 $\geq 80\%$ ，旁向重叠度 $\geq 60\%$ ；
- e) 器物上同一特征点的相邻照片数 ≥ 3 张；
- f) 在器物旁放置标准件并随器物一起拍摄。

7.3.7 每件器物拍摄完成后，应立即进行以下检查：

- a) 保存有 raw 格式文件；
- b) 感光度符合要求；
- c) 图像清晰、曝光均匀；
- d) 颜色管理符合要求；
- e) 照片分辨率满足相应的存档等级成果要求中纹理贴图分辨率指标要求；
- f) 焦距整体一致或成组一致；
- g) 器物在画面中的占比符合 7.3.6 中相应限值要求；
- h) 航向重叠度、旁向重叠度符合 7.3.6 中相应限值要求；
- i) 器物上同一特征点的相邻照片数符合 7.3.6 中相应限值要求，且拍摄的照片满足三维重建后网格模型完整度要求。

7.3.8 进行摄影测量照片检查时宜按附录 D 填写检查记录，出现不合格情况时按照本节相应要求进行重拍或补拍。

8 数据加工

8.1 三维扫描数据加工

8.1.1 宜使用扫描仪自身配套软件或通用商业软件加工三维扫描采集的点云数据，构建网格模型。点云数据应按以下要求处理：

- a) 删除多余点，只保留采集对象的点云数据；
- b) 对数据进行降噪，并过滤、剔除异常点；

c) 宜采用标靶点、控制点、点云相结合的方式分块点云拼接配准，配准后的点云尺寸精度符合 7.2.1 的要求；

d) 宜按曲率采样方式进行点云抽稀，抽稀后的点间距符合 7.2.1 的要求。

8.1.2 应采用三角网法进行点云封装，构建网格模型。

8.1.3 构建网格模型后，应按以下要求进一步处理：

a) 消除叠面、交叉面、锐角网格；

b) 在顶点间距符合 7.2.1 要求的范围内，进行三角网减量；

c) 在尺寸精度符合 7.2.1 要求的范围内，进行局部或整体平滑处理；

d) 制作应用级成果数据时，可按趋势对网格模型进行自动补洞操作。

8.1.4 采用三维扫描与摄影测量三维重建结合方法时，应按以下要求进行纹理贴图坐标（以下简称 UV）分块和展开：

a) UV 分块的边界应在隐蔽、平滑处，且不破坏主体纹饰；

b) 对 UV 展开的结果采用棋盘格法进行形变校验，UV 分块应分布均匀、充满画幅、无拉伸，出现形变区域较大或局部变形较明显时，应对 UV 分块调整后，再 UV 展开。

8.2 摄影测量数据加工

8.2.1 初次使用用于摄影测量数据处理的显示器，应按以下要求进行颜色校准：

a) 显示器色彩空间设定为与相机一致；

b) 在稳定室内光环境下，使用校色仪进行显示器颜色校准，生成显示器颜色校准文件。

8.2.2 显示器颜色校准文件应按以下要求使用：

a) 采用有效期内的显示器校准文件完成显示器的颜色校准；

b) 校准文件超过有效期，对显示器重新进行校准，并对颜色校准文件进行更新。

8.2.3 应选择支持颜色管理的影像处理软件进行纹理贴图数据加工，软件的色彩空间设定与相机、显示器一致。

8.2.4 摄影测量数据加工前，剔除不清晰的照片，并按以下要求进行颜色还原：

a) 使用色卡配套的校准软件对器物的标准色卡照片进行解析，生成标准色卡的 ICC 文件；

b) 在影像处理软件中，调用 ICC 文件进行对应区域的器物照片颜色还原。

8.2.5 摄影测量数据加工宜选择支持点云与影像协同进行三维重建的摄影测量软件。

8.2.6 三维重建的控制可选择以下方式：

a) 使用三维扫描成果点云进行控制；

b) 将三维扫描成果点云或相应的网格模型与器物照片对照，以共同的特征点作为像控点进行控制；

c) 将器物周边布设的控制标志作为像控点进行控制。

8.2.7 在空中三角测量计算后，应检查计算输出的精度和分辨率等指标，符合附录 B 要求方可进行后续三维重建。

8.2.8 三维重建的纹理模型生成应按以下要求处理：

a) 按选定的存档等级的成果要求设置网格模型顶点密度和纹理贴图分辨率等参数；

b) 根据设备条件，按分块数最少的原则分块；

c) 相邻分块之间无重叠；

d) 对网格模型微小孔洞自动补洞；

e) 对纹理贴图自动匀色。

8.3 纹理模型制作

8.3.1 纹理模型分为存档级和应用级。应用级纹理模型由存档级纹理模型加工生成，分为线下应用级和线上应用级。

8.3.2 采用摄影测量三维重建方法，存档级纹理模型宜按以下要求制作：

- a) 将重建的分块模型拼接整合成完整的纹理模型；
- b) 消除接缝、拉伸等现象；
- c) 使纹理颜色均匀统一；
- d) 在符合成果技术指标的情况下优化贴图，使纹理贴图数据量最小化；
- e) 重新分布模型 UV，消除碎片化 UV。

8.3.3 采用三维扫描与摄影测量三维重建结合方法，存档级纹理模型宜按以下要求制作：

- a) 按 8.3.2 制作摄影测量纹理模型；
- b) 按 8.1.4 对三维扫描的网格模型进行 UV 分展；
- c) 将摄影测量纹理模型的纹理贴图完整、准确烘焙至三维扫描网格模型上，摄影测量、三维扫描生成的网格模型误差与摄影测量纹理贴图误差之和符合成果技术指标要求的纹理贴图映射的位置误差要求，输出烘焙结果评价信息；
- d) 烘焙完成后应进行纹理贴图检查，重点检查网格模型曲率大的部位，如出现问题，及时查找原因并解决。

8.3.4 线下应用级纹理模型应按以下要求制作：

- a) 线下应用级网格模型由存档级网格模型抽稀 50%生成，三角面数 \leq 1000 万；
- b) 由于存档级纹理模型不完整而导致网格模型出现的孔洞，按趋势进行修补模型至完整度 100%；
- c) 纹理贴图由存档级纹理模型的纹理贴图缩减 50%生成，对网格模型修补区域进行纹理贴图虚拟修补。

8.3.5 线上应用级纹理模型应按以下要求制作：

- a) 线上应用级网格模型由存档级网格模型抽稀简化或拓扑制作而成，三角面数 \leq 30 万；
- b) 拓扑制作网格模型时，三角面分布密度与网格模型曲率大小成正比，且表面起伏特征小于等于 2mm 的部分用法线贴图表现；
- c) 存档级纹理模型不完整而导致网格模型出现的孔洞，按趋势进行修补模型至完整度 100%；
- d) 单张纹理贴图满足 8192 \times 8192 像素；
- e) UV 分块的边界在隐蔽、平滑处，UV 分块的分布均匀、充满画幅、无拉伸；
- f) 纹理贴图由存档级纹理模型的纹理贴图烘焙制作而成，对网格模型修补区域进行纹理贴图虚拟修补；
- g) 法线贴图的法线方向和模型表现的凹凸程度应与器物形态一致。

9 数字化成果

9.1 成果形式

9.1.1 数字化成果应包括采集成果、加工成果和元数据。采集成果宜包括色卡照片、摄影测量照片和扫描点云数据；加工成果宜包括点云成果及其网格模型、存档级纹理模型、线下应用级纹理模型、线上应用级纹理模型。

9.1.2 数据化成果应采用通用格式。照片为 jpg、raw 格式，点云为 asc、xyz、ply、stl 等格式，网络模型为 obj、stl、ply 等格式，纹理贴图 of jpg、png、tiff 等格式。

9.2 成果质量

9.2.1 数字化成果主要技术指标参照附录 E 进行质量检查，并按附录 F 填写检查表。

9.2.2 数字化成果主要技术指标质量检查中出现不合格项，应查找原因并进行修改。

9.3 成果归档

9.3.1 项目的各项技术工作完成后应按以下要求进行成果整理：

- a) 应对数据成果分类整理；
- b) 数据采集、数据加工和质量检查等记录应规范、齐全，技术文档应完整、准确、签署无遗漏。

9.3.2 成果整理完成后应编写项目技术工作报告，报告宜包括以下内容：

- a) 项目概况：背景、目的、要求、开始和完成日期、实际工作量、作业依据等；
- b) 技术工作情况：技术路线、作业流程、仪器设备、技术方法、实施步骤等；
- c) 质量情况：质量控制方法、检查流程、评价情况与结果；
- d) 提交的成果；
- e) 结论与建议。

9.3.3 项目成果应完整归档。

附 录 A
(资料性)
器物三维数字化技术方法

A.1 器物三维数字化的技术方法

器物三维数字化的技术方法参见表A.1。

表 A.1 器物三维数字化技术方法

技术方法	主要设备	成果特点	方法及适用性
摄影测量 三维重建	a) 数码相机 b) 控制测量仪器、装置	a) 纹理贴图还原度高; b) 纹理贴图与网格模型映射的位置误差小; c) 成果质量受摄影测量技术方法固有特点制约。	本方法对按摄影测量要求拍摄的纹理照片进行处理,从而实现三维数字化,适用于本规范所定义的各类器物。
三维扫描与摄影测量三维重建结合	a) 三维扫描仪 b) 数码相机 c) 控制测量仪器、装置(可选)	a) 点云密度高; b) 纹理贴图还原度高; c) 纹理贴图与网格模型映射的位置误差较小; d) 三维扫描数据与摄影测量数据可以相互印证; e) 成果质量受三维扫描和摄影测量技术方法固有特点共同制约。	本方法利用三维扫描获取空间信息,利用摄影测量获取颜色信息,两者结合从而实现三维数字化,适用于有以下需求的项目: a) 对高密度点云有要求; b) 对高精度数据有要求; c) 对成果相互印证有要求。

附录 B
(规范性)
器物三维数字化成果技术指标

B.1 器物三维数字化成果技术指标

器物三维数字化成果技术指标要求应符合表B.1。

表 B.1 器物三维数字化成果技术指标

用途	等级	类型	内容	技术指标
存档	一级	纹理模型	网格模型	a) 尺寸误差 $\leq 0.08\text{mm}$; b) 表面起伏变化最小值 \geq 尺寸误差; c) 完整度 $\geq 98\%$ 。
			纹理贴图	a) 贴图分辨率 $\geq 1200\text{dpi}$; b) CIEDE2000 色差平均值 ≤ 2.0 ; c) 与网格模型映射的位置误差 $\leq 0.10\text{mm}$ 。
	二级	纹理模型	网格模型	a) 尺寸误差 $\leq 0.16\text{mm}$; b) 表面起伏变化最小值 \geq 尺寸误差; c) 完整度 $\geq 96\%$ 。
			纹理贴图	a) 贴图分辨率 $\geq 600\text{dpi}$; b) CIEDE2000 色差平均值 ≤ 3.0 ; c) 与网格模型映射的位置误差 $\leq 0.20\text{mm}$ 。
	三级	纹理模型	网格模型	a) 尺寸误差 $\leq 0.24\text{mm}$; b) 表面起伏变化最小值 \geq 尺寸误差; c) 完整度 $\geq 94\%$ 。
			纹理贴图	a) 贴图分辨率 $\geq 300\text{dpi}$; b) CIEDE2000 色差平均值 ≤ 4.0 ; c) 与网格模型映射的位置误差 $\leq 0.30\text{mm}$ 。
应用	线下	纹理模型	网格模型	a) 三角面数为存档相应等级的 50%，三角面数 ≤ 1000 万; b) 表面起伏变化最小值 ≥ 2 倍存档相应等级的尺寸误差值; c) 完整度为 100%。
			纹理贴图	a) 贴图分辨率 ≤ 0.5 倍存档相应等级的贴图分辨率; b) 与网格模型映射的位置误差不超过相应存档等级纹理模型的纹理贴图与网格模型映射位置误差的 2 倍。

表 B.1 器物三维数字化成果技术指标(续)

用途	等级	类型	内容	技术指标
	线上	纹理模型	网格模型	a) 三角面数原则上≤30万; b) 表达的最小表面起伏变化≥2mm; c) 完整度为100%。
			纹理贴图	a) 单张纹理贴图应满足8192×8192像素; b) 表面起伏特征小于等于2mm的部分用法线贴图表现。
<p>注1: 表内涉及误差的指标适用于尺寸≤0.50m的文物。当文物尺寸>0.50m时, 误差按下式计算:</p> $V = B \times (0.2 + 0.8 \times \sqrt{(2L)^2}) \dots\dots\dots (B.1)$ <p>式中: V——新指标值, 单位为毫米(mm); B——现在表中的指标值; L——文物尺寸, 单位为米(m)。</p> <p>注2: 表内涉及分辨率的指标适用于尺寸≤0.50m的文物。当文物尺寸>0.50m时, 分辨率按下式计算:</p> $V = B \times \left(0.2 + 0.8 \times \frac{1}{\sqrt{2L}}\right) \dots\dots\dots (B.2)$ <p>式中: V——新指标值; B——现在表中的指标值; L——文物尺寸, 单位为米(m)。</p>				

附 录 C
(资料性)
器物三维数字化现场记录表

C.1 器物三维扫描采集现场记录表

器物三维扫描采集现场记录表参见表C.1。

表 C.1 三维扫描数据采集现场记录表

项目名称			项目编号		
器物编号			表格编号		
器物名称					
器物类别			器物等级	一级 <input type="checkbox"/> 二级 <input type="checkbox"/> 三级 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 复制 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>	
扫描地点					
扫描要求					
扫描仪	结构光:		镜头	幅面一: 幅面二: 幅面三: 幅面四:	
	激光手持:		辅助措施		
	激光场景:		标靶	球形标靶: 个 其他标靶: 个	
标志物 照片编号			现场说明 照片编号		
扫描方式一	扫描参数		扫描说明		
	站 数				
扫描方式二	扫描参数		扫描说明		
	站 数				
扫描站数			扫描用时	(小时)	
校准精度			拼接精度		
环境记录	温度:		湿度:		其他:
用电时间	上午:			下午:	
其它记录					
扫描人			日期	年 月 日	

C.2 器物摄影测量采集现场记录表

器物摄影测量数据采集现场记录表参见表C.2。

表 C.2 摄影测量数据采集现场记录表

项目名称		项目编号	
器物编号		表格编号	
器物名称			
器物类别		器物等级	一级 <input type="checkbox"/> 二级 <input type="checkbox"/> 三级 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 复制 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>
拍摄地点			
器物就位时间		器物离场时间	
器物放置记录	正置： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> / 否 <input type="checkbox"/>		操作人：
	侧置一： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> / 否 <input type="checkbox"/>		
	侧置二： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> / 否 <input type="checkbox"/>		
	倒置： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> / 否 <input type="checkbox"/>		
	固定方式：		
相机	型号1： 型号2：	镜头	镜头1： 镜头2：
拍摄方式	转台	手动 <input type="checkbox"/> 自动 <input type="checkbox"/>	
	环轨	轨道类型：	
		轨道车数：	
		相机数量：	
其他			
光环境情况			
航带数量	正置： <input type="checkbox"/> 侧置一： <input type="checkbox"/> 侧置二： <input type="checkbox"/> 倒置： <input type="checkbox"/>	焦距分组	
色卡照片数		航带照片数	
拍摄总用时	(小时)		
环境记录	温度：	湿度：	其他：
用电时段	上午：		下午：
其它记录			
拍摄人		日期	年 月 日

附 录 D
(资料性)
器物三维数字化采集数据检查表

D.1 器物三维数字化采集数据检查表

器物三维数字化采集数据检查要求参见表D.1。

表 D.1 器物三维数字化采集数据检查表

项目名称				项目编号	
器物编号				表格编号	
器物名称					
器物类别				器物等级	一级 <input type="checkbox"/> 二级 <input type="checkbox"/> 三级 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 复制 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="checkbox"/>
原始点云数据					
序号	检查内容	检查结果		处理措施	处理结果及其他
1	分块重叠度	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补充扫描	
2	完整度	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补充扫描	
3	点间距	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补充扫描	
4	分层、错位	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 剔除错误数据并补扫 <input type="checkbox"/> 重新扫描	
5	噪点	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 剔除错误数据并补扫 <input type="checkbox"/> 重新扫描	
原始影像数据					
序号	内容	评价		处理措施	处理结果及其他
1	无损格式	<input type="checkbox"/> 有	<input type="checkbox"/> 无	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
2	感光度	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
3	色卡照片	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
4	分辨率	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
5	重叠率	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
6	完整度	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
7	清晰度	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
8	曝光均匀性	<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格	<input type="checkbox"/> 补拍 <input type="checkbox"/> 重拍	
记录人				日期	年 月 日
复核人				日期	年 月 日

附 录 E

(资料性)

器物三维数字化成果数据检查方法

E.1 器物三维数字化成果数据检查表方法

器物三维数字化成果数据检查方法参见表E.1。

表 E.1 器物三维数字化成果数据检查方法

序号	检查指标	检查方法
1	尺寸误差	a) 标准件比对法。三维扫描或摄影测量时, 器物旁放置 $\geq 1/3$ 且 ≤ 3 倍器物尺寸的标准件, 在三维数字化成果中计算出标准件的尺寸, 与标准件的实际尺寸进行比较, 其差值可作为尺寸误差; b) 重复测量比对法。使用 $\leq 1/3$ 误差指标要求的设备, 重复采集 ≥ 3 组尺寸数据的平均值作为最或是值, 成果尺寸值与最或是值的差值可作为尺寸误差。
2	平均点间距	软件统计法。使用具有平均点间距统计功能的软件进行统计。
3	最大点间距	软件分析法。使用具有最大点间距分析功能的软件进行分析。
4	完整度	软件统计对比法。使用具有面积统计功能的软件, 分别统计成果网格模型和参照器物实物修补完整的网格模型的表面积, 求取前者与后者比值百分率。
5	贴图分辨率	a) 软件报告法。使用摄影测量软件进行三维重建, 不改变照片的原像素分辨率生成纹理贴图, 软件给出的采样分辨率或对地分辨率可以作为纹理贴图分辨率; b) 推断法。参与摄影测量三维重建的有效照片中, 最低分辨率照片, 其分辨率可作为纹理贴图分辨率的最低值。
6	CIEDE2000 色差值	a) 规范计算法。按照 ISO/CIE 11664-6 Colorimetry - Part 6: CIEDE2000 Colour - difference formula CIEDE2000 中给出的方法求取; b) 工具软件法。使用具有计算 CIEDE2000 色差值的软件求取。
7	映射的位置误差	报告值求和法。由摄影测量软件三维重建时给出纹理贴图误差, 由三维模型处理软件对摄影测量三维重建的网格模型与三维扫描的网格模型贴合比较给出两种网格模型贴合的平均距离, 两个距离之和即可视作纹理映射的位置误差。

附录 F
(资料性)

器物三维数字化成果数据检查记录表

F.1 器物三维数字化成果数据检查记录表

器物三维数字化成果数据检查记录要求参见表F.1。

表 F.1 器物三维数字化成果数据检查记录表

项目名称			项目编号		
器物编号			表格编号		
器物名称					
器物类别			器物等级	一级□ 二级□ 三级□ 一般□ 复制□ 其他□	
成果	检查内容	成果技术指标要求	实际指标	检查结果	
存档级点云	尺寸误差(mm)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	完整度(%)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	平均点间距(mm)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	最大点间距(mm)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
存档级纹理模型	模型尺寸误差(mm)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	完整度(%)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	贴图像素分辨率(dpi)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	CIEDE2000 色差值			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	映射位置误差(mm)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
线下应用级 纹理模型	模型面数			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	完整度(%)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	贴图像素分辨率(dpi)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	映射位置误差(mm)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
线上应用级 纹理模型	模型面数			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	完整度(%)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	贴图像素分辨率(dpi)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
	映射位置误差(mm)			<input type="checkbox"/> 合格	<input type="checkbox"/> 不合格
记录人		日期	年 月 日		
复核人		日期	年 月 日		