

ICS 37.040.01; 97.195

CCS A15

WW

中华人民共和国文物保护行业标准

WW/T 0117—2023

石窟寺三维数字化采集与加工

Three-dimensional digital acquisition and processing of cave temples

2023-12-06 发布

2024-07-01 实施

国家文物局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 采集安全要求	2
6 工作流程	3
7 前期准备	3
7.1 方案设计	3
7.2 工作环境准备	3
7.3 设备准备	4
7.4 人员准备	4
8 数据采集	4
8.1 数据采集内容	4
8.2 石窟寺空间结构数据采集	4
8.3 石窟寺造像数据采集	7
9 数据加工	8
9.1 石窟寺空间结构数据加工	8
9.2 石窟寺造像数据加工	10
10 成果提交	12
附录 A (规范性) 石窟寺空间结构三维重建控制点测量记录表	13
附录 B (规范性) 石窟寺空间结构激光扫描草图	14
附录 C (规范性) 石窟寺空间结构激光扫描记录表	16
附录 D (规范性) 石窟寺造像三维扫描记录表	17
附录 E (规范性) 石窟寺造像纹理采集记录表	18
参考文献	19

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。

本文件由国家文物局提出。

本文件由全国文物保护标准化技术委员会（SAC/TC 289）归口。

本文件起草单位：武汉大学、敦煌研究院、武汉大勢智能科技有限公司、甘肃恒真数字文化科技有限公司。

本文件主要起草人：张帆、黄先锋、吴健、俞天秀、高云龙、丁小胜。

石窟寺三维数字化采集与加工

1 范围

本文件规定了石窟寺三维数字化采集安全要求、工作流程、前期准备、数据采集、数据加工及成果提交的要求。

本文件适用于石窟寺三维数字化采集与加工。

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（包括所有的修改版）适用于本文件。

GB/T 12898—2009 国家三、四等水准测量规范

CH/T 1004 测绘技术设计规定

CH/T 2007—2001 三、四等导线测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

石窟寺 cave temple

依托山体断崖，从山崖的壁面向内部纵深开凿的古代庙宇建筑。

3.2

加工 processing

通过一定工序和方式将原始数据处理为目标数据的过程。

注1：原始数据包含石窟寺三维空间和造像的点云、图像等数据。

注2：目标数据包括处理后的点云、三维模型等数据。

3.3

石窟寺三维空间结构 cave temple 3D structure

石窟寺内、外反映其性质、结构、体量的对象集合。

注1：石窟寺三维空间结构涉及建筑物和各洞窟的前室、甬道、主室、中心柱等对象，不涉及窟内独立雕（彩）塑。

注2：根据保护需要也包含石窟寺外立面断崖崖体。

3.4

网格模型 mesh model

通过三角网表达不规则对象表面形状的模式。

3.5

构网 triangularization

将离散的三维点构建成表面三角网格模型的过程。

3.6

三维重建 three-dimensional reconstruction

对三维物体建立适合计算机表示和处理的数学模型。

3.7

定位目标点 locational target

表面覆盖有特殊反光材料，用于辅助手持三维扫描仪定位的标记物。

注：定位目标点又称标记点、标志点。

3.8

可见区域 visible area

对象表面可被人眼直接观察到的区域。

3.9

去噪 denoising

将几何数据中由于设备和操作造成的粗差点滤除。

3.10

简化 simplifying

设定一定距离偏差或法向偏差等阈值，将阈值之内的顶点去除。

注：简化利用较少数量的三角形描述对象几何形状，一般的简化都是有损的。

3.11

修补 repairing

将有孔洞、缺失的几何表面通过几何特征延伸成完整的几何表面的过程。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

PPI：像素每英寸（Pixel Per Inch）

RAW：原始图像编码数据（RAW Image Format）

TIFF：标签图像文件格式（Tag Image File Format）

5 采集安全要求

石窟寺数据采集应遵循下列安全要求：

- a) 人身安全：做好人身安全防范措施，保障人身安全；
- b) 文物安全：人员、设备、装置、线缆、定位目标点等均不应直接接触文物表面；架设设备的三脚架或其他固定装置，与文物对象的最近距离应大于 10 cm；三维激光扫描仪和全站仪底座中心离文物对象的最近距离应大于 40 cm；手持扫描仪进行数据采集时，扫描仪设备与文物的最近距离应大于 20 cm；对佛龕中的造像进行数据采集时，不应在佛龕上直接架设设备，应搭建稳定工作平台供设备架设，工作平台可延伸至佛龕内，但不应直接接触文物，与文物的最近距离应大于 20 cm；
- c) 设备安全：严格遵守各种设备的使用规范，保证设备安全；
- d) 数据安全与知识产权：确保采集过程中产生的数据不会发生增加、修改、丢失和泄露等；严格执行与知识产权相关的法律和规定。

6 工作流程

石窟寺三维数字化采集与加工流程包括前期准备、数据采集、数据加工和成果提交，见图 1。

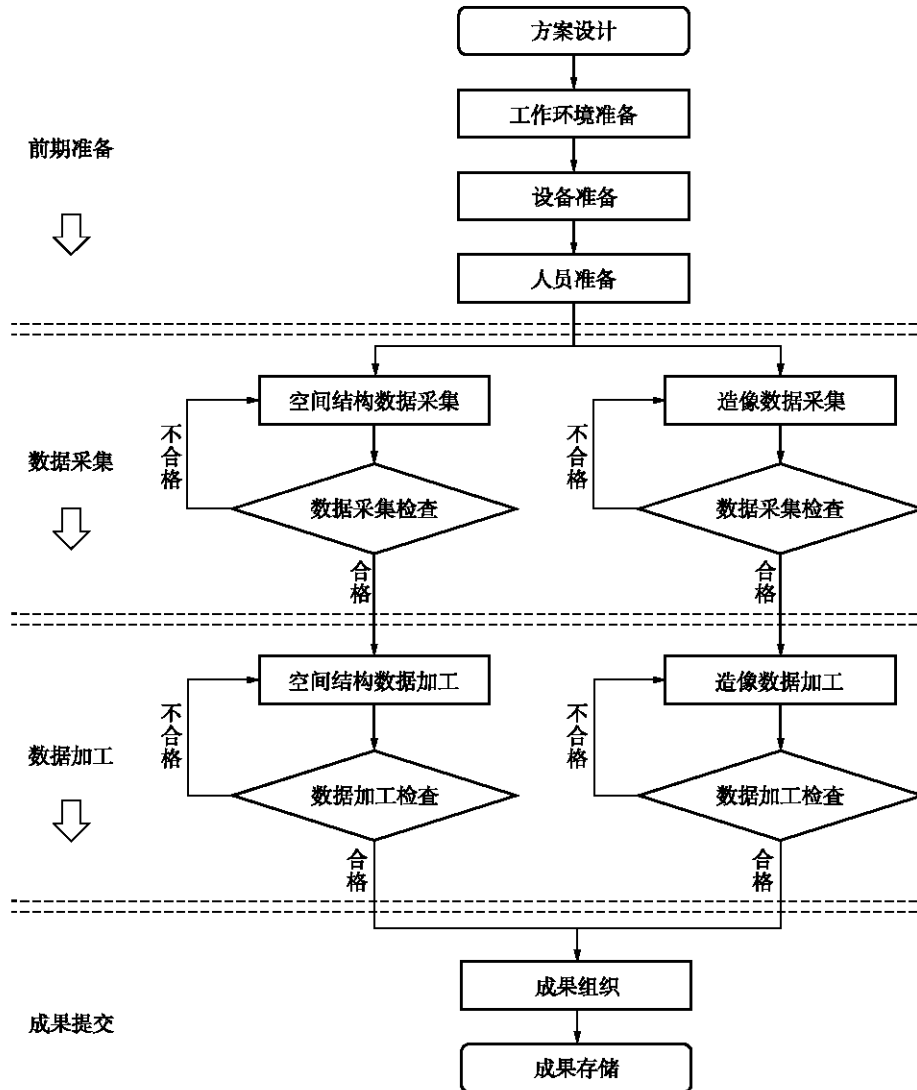


图 1 石窟寺三维数字化采集与加工流程

7 前期准备

7.1 方案设计

方案设计应遵循 CH/T 1004 的规定。

7.2 工作环境准备

清理数字化工作空间中地面灰尘、蜘蛛网、洞窟说明牌、可移动监测设备、防护装置等与数字化对象无关的物品。

7.3 设备准备

根据石窟寺情况和数字化要求选择合适的激光扫描仪、相机、灯光等设备。

7.4 人员准备

指定具备专业技术的数据采集人员、加工人员、检查人员并组成固定的工作小组。

8 数据采集

8.1 数据采集内容

数据采集包含内容如下：

- a) 石窟寺空间结构数据，包括控制测量数据、标靶测量数据、激光扫描数据等；
- b) 石窟寺造像数据，包括几何数据和纹理数据。

8.2 石窟寺空间结构数据采集

8.2.1 控制测量

8.2.1.1 一般要求

对单个石窟寺进行三维空间结构数据采集时，不需要进行控制测量。而单个石窟寺采集数据需要纳入大地空间参考，或采集多个石窟寺的三维空间结构数据且纳入统一空间参考时，应进行控制测量。

石窟寺控制测量以自定义平面坐标系和高程基准为主，如对绝对空间参考有要求，宜采用 CGCS2000 国家大地坐标系和 1985 国家高程基准。

在控制测量的导线或支导线控制点上观测获得标靶坐标，以便对各站点云数据配准起到控制误差传递及统一空间参考的作用。

8.2.1.2 设备要求

控制测量所使用的全站仪技术参数要求如下：

- a) 有棱镜模式下 200 m 以内测距精度应优于 2 mm，无棱镜模式下 200 m 以内测距精度应优于 5 mm；
- b) 测角精度应优于 2"。

8.2.1.3 控制网精度要求

控制网精度要求如下：

- a) 控制网平面控制应满足 CH/T 2007—2001 中一级导线的要求；
- b) 控制网高程控制应满足 GB/T 12898—2009 中四等水准的要求。

8.2.2 标靶布测

8.2.2.1 标靶类型

8.2.2.1.1 无需控制测量的标靶类型

对无需控制测量的石窟寺三维空间结构数据采集作业，可使用的标靶类型为：圆形标靶、方形

标靶、球形标靶、反射片、标靶纸。标靶制作要求可参考 CH/Z 3017—2015 的规定。

8.2.2.1.2 需要控制测量的标靶类型

对需要控制测量的石窟寺三维空间结构数据采集作业时，宜使用标靶纸类型的标靶，标靶制作可参考 CH/Z 3017—2015 的规定。

8.2.2.2 标靶布设要求

标靶布设要求如下：

- a) 标靶和扫描仪之间距离应不大于 17 m；如果是面状标靶，则扫描仪中心与标靶中心的连线与标靶法向夹角应不大于 50° ；
- b) 同一扫描站能扫到的标靶数量不应少于 5 个，标靶应高低错落放置，高度差别应大于 0.3 m，不可近似分布于同一个平面或直线上；
- c) 标靶应均匀分布于扫描空间内，不可过分集中于一侧或局部；
- d) 相邻扫描站的公共标靶数量不应少于 4 个，不可近似分布于同一个平面或直线上。

8.2.2.3 标靶测量步骤

标靶测量步骤如下：

- a) 从控制网引支导线至石窟寺洞口方便观测激光扫描标靶坐标处，并测量该支导线控制点坐标；
- b) 在支导线控制点设站，测量激光标靶坐标。

8.2.2.4 支导线与标靶测量技术要求

8.2.2.4.1 支导线测量技术要求如下：

- a) 支导线不宜多于一条边；
- b) 测距、测角均为一测回，两组坐标较差应不大于 2 mm，测量结果取中数；
- c) 应在支导线点进行坐标检验，且与已知点坐标较差应不大于 2 mm。

8.2.2.4.2 标靶测量技术要求如下：

- a) 每个单独的采集场景应测量 5 个以上标靶点；
- b) 每个标靶点观测一回。

8.2.3 激光扫描数据采集

8.2.3.1 设备要求

石窟寺三维空间结构数据采集应使用基于飞行时间原理的三维激光扫描仪，其要求如下：

- a) 操作方式应采用固定架站式三维激光扫描仪；
- b) 激光测距方式应为脉冲式或相位式；
- c) 测距量程应不小于 50 m；
- d) 测距中误差，50 m 处 90% 反射率时，应不大于 2 mm；
- e) 点位中误差，50 m 处 90% 反射率时，应不大于 3 mm；
- f) 角度分辨率应不大于 0.01° ；
- g) 水平扫描范围应为 360° ；
- h) 垂直扫描范围应不小于 260° ；
- i) 激光强度等级应为 Class 1。

8.2.3.2 点云精度

点云精度及技术指标按 CH/Z 3017—2015 中规定的一等等级点云精度与技术指标要求：

- a) 特征点间距中误差不宜大于 5 mm；
- b) 最大点间距不宜大于 3 mm；
- c) 点云配准宜采用点云和点云配准或利用公共标靶配准，连续传递配准次数不应超过 4 次，且不宜仅通过点云特征点进行配准。

8.2.3.3 点云完整度

点云完整度技术指标要求如下：

- a) 可见区域覆盖率不应小于 80%；
- b) 相邻扫描站点之间点云重叠度不应小于 30%；
- c) 应同时采集激光扫描强度信息。

8.2.4 现场记录

8.2.4.1 标靶测量现场记录

标靶测量中应填写附录 A 规定的表格，记录基本信息、支导线测量信息及标靶坐标测量信息，记录和检查要求如下：

- a) 测量人员和记录人员相互确认坐标记录；
- b) 现场作业完成后立即记录，不应事后补填。

8.2.4.2 激光扫描现场记录

激光扫描工作中应先按照附录 B 绘制草图，再按照附录 C 填写表 C.1，主要记录扫描站设站信息和草图。记录表格和草图应字迹清楚，保持图面清晰完整。

8.2.5 石窟寺空间结构数据采集检查

采集完成的石窟寺结构采集数据和采集记录应由检查人检查；检查应符合表 1 的规定；不合格时，应查找原因并重新采集。

表 1 石窟寺空间结构数据采集检查内容与要求

序号	内容	检查项	要求
1	控制测量	控制网平面精度	符合 8.2.1.3 a) 的要求
		控制网高程精度	符合 8.2.1.3 b) 的要求
2	标靶测量	测量数据的限差	支导线同一测回两组坐标较差小于等于 2 mm；支导线点坐标检验时，已知点坐标较差小于等于 2 mm
		现场记录	符合 8.2.4.1 的要求
3	激光扫描	点云的重叠度	相邻扫描站点之间点云重叠度大于等于 30%
		点云的完整性	可见区域覆盖率大于等于 80%
		点云的密度	最大点间距小于等于 3 mm
		现场记录	草图中应包含全部的标靶和扫描站；草图中标靶和扫描站相对位置能反映真实情况；扫描定位表中扫描站信息应完整

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/048060047121006120>