

ICS 37.040.01; 97.195

CCS A15



# 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、武汉大勢智慧科技有限公司、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模型。

### 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；对佛龛中的造像进行数据采集时，不应在佛龛上直接架设设备，应搭建稳定工作平台供设备架设，工作平台可延伸至佛龛内，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。

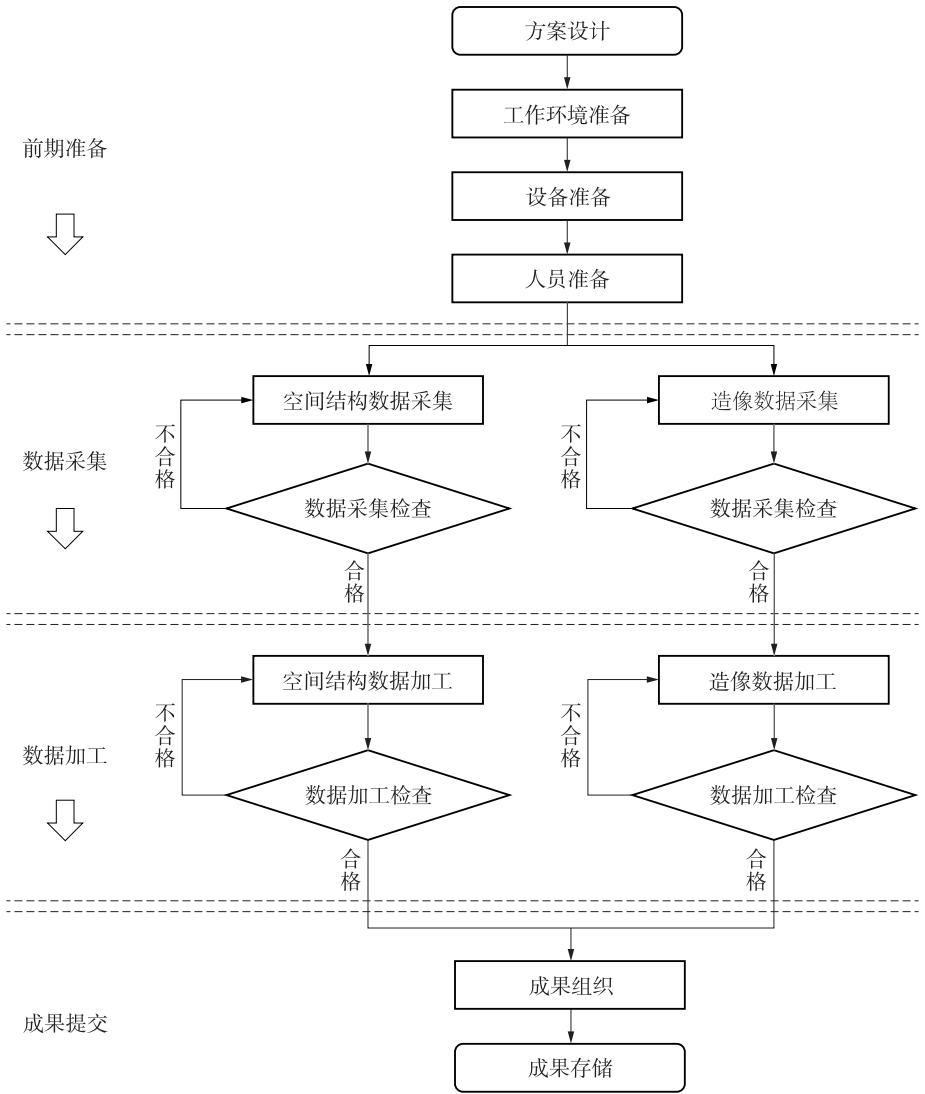


图 1 石窟寺三维数字化采集与加工流程

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

### 8.3 石窟寺造像数据采集

#### 8.3.1 几何数据采集

##### 8.3.1.1 设备要求

- 利用三维扫描的方法采集造像表面三维形状信息的几何数据，采集所使用的三维扫描仪要求如下：
- a) 设备类型宜采用手持式三维扫描仪；
  - b) 三维扫描仪定位方式宜采用目标几何形状自定位、目标颜色自定位、跟踪仪或关节臂，定位目标点定位可作为辅助定位方式，不宜作为主要定位方式；
  - c) 扫描精度误差应不大于 0.2 mm；
  - d) 扫描分辨率应不大于 1 mm；
  - e) 扫描仪的最佳工作距离应为 300 mm~500 mm；
  - f) 扫描仪单次扫描对象尺寸应不小于 2 m×2 m×2 m。

##### 8.3.1.2 网格模型要求

- 采集的几何数据为网格模型，要求如下：
- a) 网格模型应正确反映造像形态；
  - b) 最大点间距应不大于 1 mm；
  - c) 特征点之间距离误差应不大于 2 mm；
  - d) 不应出现分层、错位等错误；
  - e) 造像可见区域表面覆盖率应不小于 90%；
  - f) 如造像需分成多个扫描工程获取数据，则扫描工程之间重叠度应不小于 30%，且重叠区域应包含不规则形状的表面，不应全部为平面或规则弧面。

##### 8.3.1.3 现场记录

应记录采集时间、操作人、设备型号、扫描分辨率设置等，并填写附录 D 规定的扫描记录表等。记录表格应字迹清楚，保持图面清晰完整。

#### 8.3.2 纹理数据采集

##### 8.3.2.1 设备要求

- 纹理数据采集设备技术指标要求如下：
- a) 采集摄影宜采用单反数码相机拍摄；
  - b) 相机有效像素应不小于 3000 万像素；
  - c) 图像传感器尺寸应不小于 36 mm×24 mm；
  - d) 镜头类型宜采用定焦镜头；
  - e) 色卡宜采用 24 色标准色卡或 20 阶灰阶卡；
  - f) 辅助光源应采用带有柔光装置的冷光型电子闪光灯；
  - g) 辅助光源色温范围应在 5000 K~5600 K 之间。

##### 8.3.2.2 纹理数据拍摄要求

- 石窟寺造像三维重建纹理数据拍摄要求如下：
- a) 图像的拍摄角度宜保持镜头正对目标面；

- b) 图像在原始分辨率下应能完整分辨信息采集区域采集对象的细节。所获取的图像应具有均匀一致的清晰度，不应存在因镜头失焦、光线衍射等原因导致的局部模糊等现象；
- c) 对石窟寺室外造像，应选择光线较为柔和、均匀的天气进行拍摄，避免逆光拍摄，能见度过低或光线过暗时不宜拍摄；对石窟寺室内造像，应采用辅助光源进行拍摄，辅助光源布设应使被摄区域光照均匀，对于被遮挡区域，应采用柔光灯补光；
- d) 造像可见区域表面覆盖率应不小于 95%；
- e) 所拍摄对象占画面的比例应不小于 50%；
- f) 图像分辨率应不小于 300 dpi；
- g) 图像拍摄格式为 RAW 格式；
- h) 灯光设置或相机参数调整后，应拍摄一张标准色卡照片；
- i) 相邻照片重叠度应不小于 50%。

8.3.2.3 现场记录

应填写表 E.1 现场记录表格，记录相机参数、光源参数、摄距、摄影师、灯光师、照片起止编号等。

8.3.3 石窟寺造像数据采集检查

采集完成的石窟寺造像数据和采集记录应由检查人检查；采集准备阶段检查仪器设备项，采集完成后检查其他项；检查应符合表 2 的规定；不合格时，应查找原因并重新采集。

表 2 石窟寺造像数据采集检查内容与要求

序号	内容	检查项	要求
1	几何数据	仪器设备	符合 8.3.1.1 的要求
		网格模型	符合 8.3.1.2 的要求
		现场记录	符合 8.3.1.3 的要求
2	纹理数据	仪器设备	符合 8.3.2.1 的要求
		纹理数据	符合 8.3.2.2 a)、b)、d)、e)、f)、g)、i) 的要求
		现场记录	符合 8.3.2.3 的要求

9 数据加工

9.1 石窟寺空间结构数据加工

9.1.1 加工流程

由 8.2.3 获取的石窟寺三维空间结构原始点云数据，加工内容包括点云数据加工、网格模型加工，具体工作流程如图 2 所示。

9.1.2 点云数据加工步骤与要求

点云数据加工是针对多站石窟寺空间结构点云数据进行标靶提取、点云配准、坐标转换等加工操作，其步骤与要求如下：

- a) 导入原始点云数据；
- b) 分别在每站点云中提取标靶中心三维坐标；

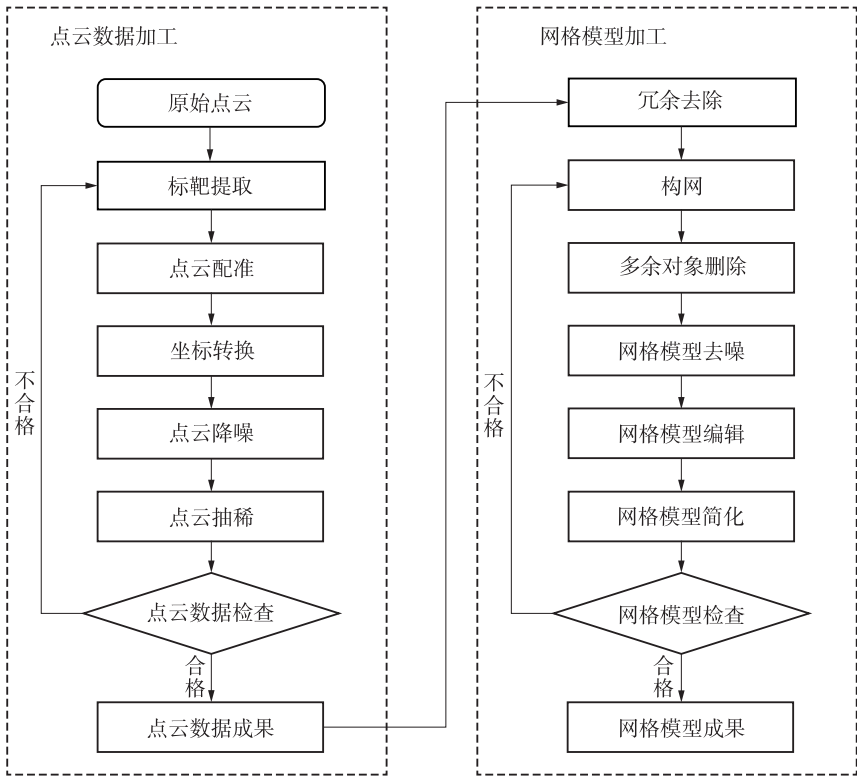


图 2 石窟寺三维空间结构数据加工工作流程

- c) 根据标靶中心三维坐标进行各扫描站点云数据配准；
- d) 如有控制测量的标靶坐标，则利用控制测量的标靶坐标通过七参数模型进行点云坐标转换，参与转换的标靶数量不应少于 5 个，且不应分布在近似平面内，坐标转换残差应不大于 2.5 mm；
- e) 对点云进行降噪处理，点云降噪应视点的数量采用滤波方法或人工手动进行点云数据降噪处理，以去除点云数据中脱离扫描目标物的异常点和孤立点；
- f) 对点云进行抽稀处理，扫描目标物表面曲率变化不大区域宜用均匀抽稀，抽稀的间距设置不应大于 10 mm；扫描目标物表面曲率变化明显区域宜采用保持特征的抽稀，根据法向量变化和曲率识别特征区域进行抽稀，抽稀间距设置不应大于 3 mm；
- g) 对点云数据进行检查与归档；
- h) 输出点云数据成果。

9.1.3 网格模型加工步骤与要求

网格模型加工是将表现石窟寺三维空间结构的离散点云构建成连续表面三角网，并进行加工处理，其步骤与要求如下：

- a) 去除点云数据冗余，对于多站之间的重叠部分点云可采用统一采样去除数据冗余，采样间距不宜大于 3 mm；
- b) 将离散的三维点构建成网格模型，构网过程中不应进行重采样操作，如数据量过大，可分块构网后合并；
- c) 与石窟寺空间结构无关的对象应删除，包括独立的佛像、仪器设备、线缆、室外其他对象、后期加装的门和栏杆等附属设施等；
- d) 对于因点云测距误差引起的石窟寺三维空间结构的粗糙，应选取需要去噪的三角网进行局部去噪处理，不应采用全局去噪的处理方法；
- e) 编辑网格模型参照 CH/Z 3017—2015 的规定，应采用孔填充、边修补、简化、细化、光滑

处理等方法，优化三角网模型；

- f) 网格模型应按照模型之间的公差进行简化，最大公差设置不应大于 3 mm，应按照曲率优先的原则进行；
- g) 对网格模型进行检查与归档；
- h) 输出网格模型成果数据。

9.1.4 石窟寺空间结构数据加工检查

加工完成的点云数据与网格模型应由检查人员检查；检查应符合表 3 的规定；不合格时，应查找原因并重新加工。

表 3 石窟寺空间结构数据加工检查内容与要求

序号	内容	检查项	要求
1	点云数据	异常点和孤立点	点云数据中不应保留脱离扫描目标物的异常点和孤立点
		点云密度	在表面曲率变化不大的区域，点云数据密度小于等于 10 mm；在表面曲率变化明显区域点云密度小于等于 3 mm
2	网格模型	网格模型与点云数据的空间位置	点云数据与网格模型叠加时，两组数据同一特征点误差小于等于 2 mm
		完整性	表面覆盖率大于等于 80%
		表面正确性	表面应无测量噪声引起的错误凸起、凹陷、小孔与钉状物

9.2 石窟寺造像数据加工

9.2.1 加工流程

包括几何数据加工、纹理数据加工，数据加工流程如图 3 所示。

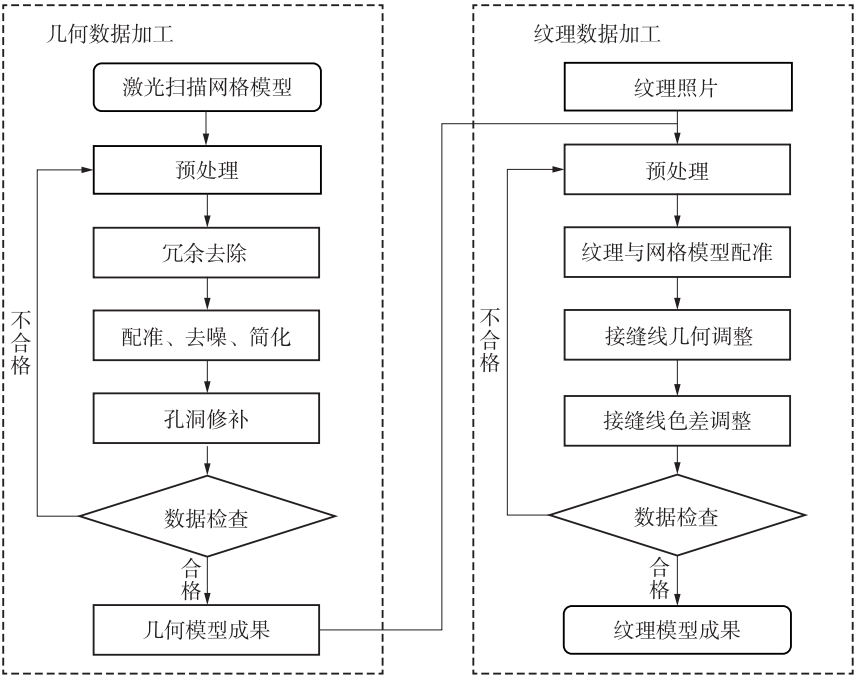


图 3 石窟寺造像三维重建数据加工流程



9.2.2 几何数据加工

三维扫描仪扫描的网格模型几何数据加工要求如下：

- a) 模型预处理应检查和修复对非流形边、自相交、高度折射边、钉状物、小孔等模型问题；
- b) 应去除与扫描的造像无关的冗余元素，如墙面、地面等；
- c) 对同一造像的多个工程扫描应进行配准操作，优化目标的标准偏差应不大于 0.3 mm；
- d) 对于因点云测距误差引起的石窟寺造像表面的粗糙，应选取需要去噪的三角网进行局部去噪处理，不应采用全局去噪的处理方法；
- e) 应按照简化后模型之间的公差进行简化，最大公差设置应不大于 0.1 mm；简化前后的网格模型细节变化在视觉上不应有较大差别；
- f) 对模型扫描区域内规则区域的小面积孔洞可进行修补，特征明显部位或大面积的孔洞不应修补，应补充扫描或采用其他手段得到真实网格模型。

9.2.3 纹理数据加工

9.2.3.1 纹理数据预处理加工要求如下：

- a) 预处理对象应利用拍摄的色卡进行白平衡校准和数字冲印；
- b) 预处理对象应为 RAW 格式图像文件；
- c) 使用的预处理具有白平衡工具；
- d) 白平衡工具吸取照片中灰阶卡的 18%灰色块进行白平衡校准；
- e) 校准后的图像中，照片中灰阶卡和标准色卡所有色块的 R 值、G 值、B 值相差应设置一个限差值，该限差值根据对象表面色彩情况、拍摄条件、光照设备等因素综合确定；
- f) 利用色卡白平衡校准参数校准相同条件下拍摄的所有其他照片，并进行数码冲印，冲印的输出格式为 JPEG 或 TIFF，其中 JPEG 品质要求为 12。

9.2.3.2 纹理数据加工要求如下：

- a) 选取贴图区域角度的正视照片用于纹理映射；
- b) 几何特征点反投影到纹理空间后，与对应的纹理特征点误差应不大于 3 像素；
- c) 多张纹理之间的接缝线处理时，应针对每条接缝线，先进行几何错位调整，再进行色彩偏差调整，调整后的接缝线处不应有几何错位和色彩偏差；
- d) 输出纹理图像分辨率与品质应保持输入纹理原始图像分辨率与品质；
- e) 纹理映射应覆盖全部几何表面。

9.2.4 石窟寺造像数据加工检查

加工完成的几何数据与纹理数据应由检查人员检查；检查应符合表 4 的规定；不合格时，应查找原因并重新加工。

表 4 石窟寺造像数据加工检查内容与要求

序号	内容	检查项	要求
1	几何数据	表面正确性	表面不应有非流形边、自相交、高度折射边、钉状物、小孔等模型问题
		配准精度	不同扫描站拼接后的表面不应有错位和起伏，接边误差≤0.3 mm
		孔洞修补	可见区域不应存在较大孔洞；不可见区域的孔洞不应修补

表 4（续）

序号	内容	检查项	要求
2	纹理数据	格式与品质	输出格式为 JPEG 或 TIFF，如果是 JPEG 则品质要求为 12
		映射精度	符合 9.2.3.2 b) 的要求
		映射完整度	符合 9.2.3.2 e) 的要求

10 成果提交

所有成果以数字化形式组织，纸质草图和表格扫描后制作成电子文档形式；时间系统的日期应采用公元纪年，时间应采用北京时间；成果类型、成果内容、成果格式（有多种格式的任选其一）如表 5 所示。

表 5 成果组织形式

对象	成果类型	成果内容	成果格式
空间结构数据	控制测量成果	控制点坐标	TXT、XYZ
		标靶点坐标	TXT、XYZ
		控制点测量记录表	PDF
	激光扫描成果	点云数据	TXT、XYZ、PTS、PTX、IGS、ASC、E57
		激光扫描草图	PDF
		激光扫描记录表	PDF
	数据加工成果	网格模型数据	OBJ、STL
		检查报告	PDF
造像数据	数据采集成果	原始网格模型	STL、OBJ
		原始纹理影像	RAW（不同设备厂家扩展名不同）
		数据采集记录表	PDF
	数据加工成果	加工后的模型数据	OBJ（网格模型）， TIF、JPG（纹理），MTL（材质）
		数据加工记录表	PDF
		检查报告	PDF

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

石窟寺空间结构三维重建控制点测量记录表的格式见表 A.1。

表 A.1 石窟寺空间结构三维重建控制点测量记录表

石窟寺编号		采集日期		检查日期	
测量人员		记录人员		检查人员	
(一) 支导线测量					
观测点		点名	X	Y	Z
后视点 (已知点, 控制网点)					
全站仪架设点 (已知点, 控制网点)					
石窟寺洞口点 (待测点, 支导线点)					
(二) 标靶坐标测量					
1. 定向及测前检验 (后视点名_____)					
观测项	X	Y	Z	备注	
后视点坐标					
测量后视坐标					
校验差值				是否合格	
2. 标靶点坐标					
编号	X	Y	Z	备注	
备注					

附录 B  
(规范性)  
石窟寺空间结构激光扫描草图

石窟寺空间结构激光扫描草图格式见图 B.1，示例见图 B.2。

石窟寺编号		绘制人员	
日期		备注	

标靶

控制点

扫描站

图 B.1 石窟寺空间结构激光扫描草图

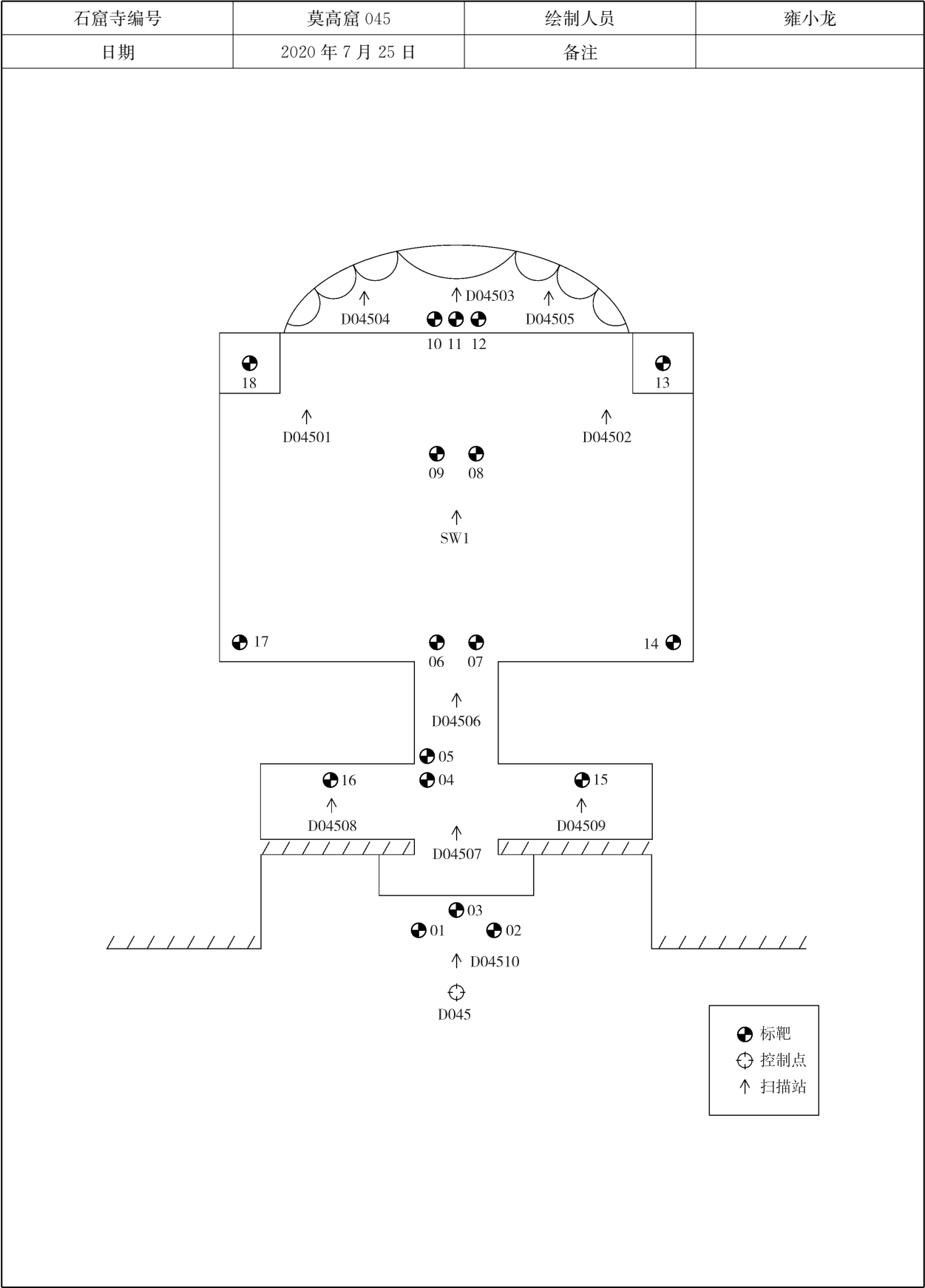


图 B.2 石窟寺空间结构激光扫描草图示例

附录 C  
(规范性)  
石窟寺空间结构激光扫描记录表

石窟寺空间结构激光扫描记录表格式见表 C.1。

表 C.1 石窟寺空间结构激光扫描记录表

日期			石窟寺编号		记录人员	
(一) 激光扫描前准备工作						
放置标靶数量		全站仪可测得 标靶数量		备注		
(二) 激光扫描阶段与数据下载阶段						
站点编号	扫描方式	是否使用 三脚架	激光分辨率	数据下载完毕	数据完整	备注



附录 E  
(规范性)  
石窟寺造像纹理采集记录表

石窟寺造像纹理采集记录表的格式见表 E.1。

表 E.1 石窟寺造像纹理采集记录表

石窟编号				造像编号			
摄影师				灯光师			
日期				记录人员			
相机参数							
光圈				快门速度			
				感光度			
镜头及光源							
镜头焦距				拍摄焦距			
光源型号				光源照度			
光源布设方式				光源位置			
照片起止编号							
起				止			
备注							



## 参考文献

- [1] CH/Z 3017 地面三维激光扫描作业技术规程
-