

ICS 点击此处添加 ICS 号
点击此处添加中国标准文献分类号

DB11

北京市地方标准

DB 11/T XXXXX—XXXX

文物建筑三维信息采集技术规程

Technical specification of three-dimensional information acquisition of heritage
buildings

征求意见稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	III
文物建筑三维信息采集技术规程.....	1
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	4
4 总则.....	4
4.1 空间基准.....	4
4.2 时间基准.....	4
4.3 精度控制.....	4
4.4 文物保护要求.....	5
4.5 总体工作流程.....	6
5 技术准备.....	6
5.1 资料收集.....	6
5.2 现场踏勘.....	6
5.3 调研分析.....	6
5.4 技术设计.....	6
5.5 人员配置.....	7
5.6 仪器配置.....	7
6 控制测量.....	7
6.1 一般规定.....	7
6.2 平面控制网.....	8
6.3 高程控制网.....	8
6.4 控制网加密.....	8
6.5 标靶测量.....	8
7 数据采集与数据处理.....	8
7.1 一般规定.....	8
7.2 测记法.....	8
7.3 三维扫描法.....	8
7.4 近景摄影法.....	11
8 成果制作.....	12
8.1 三维模型建立.....	12
8.2 TDOM 制作.....	12
8.3 DLG 制作.....	13
9 质量检验与成果归档.....	13

9.1 质量检验.....	13
9.2 成果归档.....	14
附 录 A.....	15
A.1 站位布设原则.....	15
A.2 站位布设方法.....	15
A.3 站位数量统计.....	15
附 录 B.....	18
B.1 仪器配置原则.....	18
B.2 仪器配置.....	18
B.3 地面三维激光扫描仪.....	19

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由北京市文物局提出并归口。

本标准由北京市文物局组织实施。

本标准负责起草单位：北京市古代建筑研究所。

本标准参加起草单位：北京工业大学、北京市历史建筑保护工程技术研究中心、北京市测绘设计研究院、北京大禹工坊建筑科技有限公司、北京市文物古建工程公司、北京北建大科技公司、北京欧诺嘉科技有限公司、北京麦格天溯科技发展有限公司、上海华测导航技术股份有限公司、上海建为历保科技股份有限公司、上海潮旅信息科技有限公司。

本标准主要起草人：张涛、戴俭、肖中发、李卫伟、胡岷山、刘腾、杨伯钢、孟志义、姜玲、刘科、王中金、任华东、刘雨青、田昀青、钱威、李江、李宁、孙大勇、杨阳、王丹艺、胡睿、田文革、钱林、陈廷武、刘军、李博、李攀、马云飞、辛揆、吴志群、卿照、蒋国辉、李亮、杜雁欣、冯育涛、沈三新、李晓武。

文物建筑三维信息采集技术规程

1 范围

本标准规定了北京地区文物建筑三维信息采集作业在技术准备、控制测量、数据采集与数据处理、成果制作、质量检验与成果归档等方面的技术要求。

本标准适用于北京地区文物建筑的三维信息采集作业。历史建筑与其它有价值的建筑以及古文化遗址、古墓葬、石窟寺和石刻等可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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
GB/T 18316	数字测绘成果质量检查与验收
GB/T 24356	测绘成果质量检查与验收
GB 50104	建筑制图标准
WW/T 0024	文物保护工程文件归档整理规范
WW/T 0063	石质文物保护工程勘察规范
CH/T 1001	测绘技术总结编写规定
CH/T 1004	测绘技术设计规定
CH/T 6005	古建筑测绘规范
CH/T 8023	机载激光雷达数据处理技术规范
CH/Z 3017	地面三维激光扫描作业技术规程
CJJ/T 157	城市三维建模技术规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

文物建筑 historical and cultural relic

被公布或登记为不可移动文物，具有历史价值、科学价值和艺术价值的古建筑、纪念建筑及优秀近现代建筑。

3.1.2

三维信息采集技术 three dimensional information acquisition technology

采用专业的仪器设备及相应的处理技术获取采集对象的位置、尺寸、形态、色彩、纹理等现状信息的全过程。

3.1.3

总图测绘 general layout surveying and mapping

对文物建筑所在区域的现状地形及古建筑的布局进行测绘的过程。

3.1.4

独立坐标系 independent coordinate system

相对独立于国家坐标系外的局部测量平面直角坐标系。

3.1.5

通尺寸 overall size

单体文物建筑的通面阔、通进深、通高等尺寸信息。

3.1.6

建筑级 building level

三维信息采集对象为单体文物建筑时的规定精度等级。

3.1.7

构件级 member level

三维信息采集对象为文物建筑的构件或节点时的规定精度等级，构件或节点主要包括梁、柱、枋、斗拱、门窗、石件、瓦件等。

3.1.8

细部级 detail level

三维信息采集对象为几何尺寸及其凹凸变化小于等于3mm的规定精度等级，采集对象主要包括雕刻、油饰、彩画、壁画等。

3.1.9

三维扫描法 three dimensional scanning

采用三维扫描设备进行三维信息采集的全过程，主要包括地面三维激光扫描、移动三维激光扫描、近距离三维扫描等技术。

3.1.10

地面三维激光扫描技术 terrestrial three dimensional laser scanning technology

基于地面固定平台的一种通过发射激光获取被测物体表面三维坐标、反射光强度等多种信息的非接触式主动测量技术。

3.1.11

移动三维激光扫描 motional three dimensional laser scanning

基于移动运载工具获取三维信息的激光扫描方式。

3.1.12

近距离三维扫描 close-range three dimensional scanning

特指采用三维扫描设备作业且扫描距离在1m以内的高精度扫描方式。

3.1.13

近景摄影法 close-range photogram

利用近景摄影测量的方法进行三维信息采集的全过程。

3.1.14

点云 point cloud

以离散、规则或不规则方式分布在三维空间中的点的集合。

3.1.15

点云密度 point cloud density

单位面积上点的平均数量。

3.1.16

标靶 target

用一定材质制作的具有规则几何形状的标志，该类标志在点云中能够很好地被识别和量测，从而可以用于点云数据质量检核及点云配准等工作。

3.1.17

点间距 distance between points

点云中相邻两点之间的距离。

3.1.18

点云配准 point cloud registration

把在不同站位获取的地面三维激光扫描点云变换到同一坐标系下的过程。

3.1.19

重建的三维模型 three dimensional reconstructed model

根据现场采集的数据，利用不同处理制作方法，形成的物体三维模型。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

TDOM 真数字正射影像图 (true digital orthophoto map)

DLG 数字线划图 (digital line graph)

VR 虚拟现实技术 (virtual reality)

HDR 高动态范围图像 (High-Dynamic Range)

4 总则

4.1 空间基准

4.1.1 文物建筑三维信息采集涉及总图测绘时，坐标系宜采用 2000 国家大地坐标系，若采用独立坐标系，应与 2000 国家大地坐标系建立联系。

4.1.2 文物建筑三维信息采集涉及总图测绘时，高程基准宜采用 1985 国家高程基准，若采用地方高程基准或自定义高程基准，应与 1985 国家高程基准建立联系。

4.1.3 可根据实际情况自行建立满足需求的独立坐标系。

4.2 时间基准

时间基准应采用公元纪年、北京时间。

4.3 精度控制

4.3.1 文物建筑三维信息的采集精度等级应符合下列要求：

- a) 文物建筑三维信息采集精度等级划分为一、二、三、四等，根据采集目标的不同，每等采集精度划分为建筑级、构件级、细部级；

- b) 应根据文物建筑的保护级别与采集目标选择适宜的精度,采集精度等级与技术指标应符合表 1 的规定;
- c) 当根据采集成果制作特定比例尺的 TDOM 或 DLG 时,点间距应符合表 2 的规定。

表 1 文物建筑三维信息采集精度等级与技术指标

精度等级	适用文物建筑保护级别	建筑级		构件级		细部级	
		通尺寸 中误差	色彩 纹理	尺寸 中误差	色彩 纹理	尺寸 中误差	色彩 纹理
一等	全国重点文物保护单位、世界文化遗产	20mm	✓	5mm以内	✓	3mm以内	✓
二等	市级文物保护单位	30mm	✓	典型构件 5mm 以内	✓	-	-
三等	区级文物保护单位	50mm	✓	-	-	-	-
四等	未公布等级的	-	-	-	-	-	-

注 1 : 当采集条件困难时,采集指标可酌情放宽,但不应超过标准的 2 倍。

注 2 : 构件级及细部级的信息采集,可根据业主单位的要求及项目的实际需求进行选择。

注 3 : 表中“✓”表示应选择的项目,“-”表示不要求。

表 2 文物建筑三维信息采集的点云密度指标

比例	1:500	1:200	1:100	1:50	1:20	1:10	1:5
点间距	40mm	16mm	8mm	4mm	1.6mm	0.8mm	0.4mm
DPI	300	300	300	300	300	300	300

4.3.2 文物建筑三维信息采集的成果可用于遗产记录、数字化存档、科学研究、虚拟现实、变形监测等多方面,应根据具体需求选择科学、适宜、经济的精度。精度控制应符合下列原则:

- a) 采集精度应满足实际项目的需要;
- b) 精度设定应兼顾经济性与采集效率;
- c) 采集成果应真实、完整地反映文物建筑的价值。

4.4 文物保护要求

文物建筑的三维信息采集作业应遵循文物保护相关法律法规、规章制度，不得破坏文物建筑本体及其周边环境，不得损害其文物价值的真实性与完整性。

4.5 总体工作流程

文物建筑三维信息采集的作业流程应包括技术准备、控制测量、数据采集、数据处理、成果制作、质量检验与成果归档等步骤。

5 技术准备

5.1 资料收集

作业前应按以下方面收集基础性资料：

- a) 文物保护单位的记录档案；
- b) 能反应文物建筑历史沿革、自然地理环境、人文社会环境、考古发掘情况、古树名木等信息的相关资料；
- c) 保护规划、保护工程方案等；
- d) 能反应文物建筑周边地形、保护范围与建设控制地带情况的图纸等；
- e) 历次维修记录，包括建筑测绘图、设计图、竣工图等档案资料；
- f) 书籍、文献等其他相关资料。

5.2 现场踏勘

应按以下方面进行现场探勘：

- a) 核对资料与现场情况，并进行适用性分析；
- b) 查看测区周边的自然环境与人文地理状况；
- c) 调查文物建筑本体及周边树木、车辆、人流等干扰因素；
- d) 应与目标文物建筑的保管单位及相关方取得联系，确保作业条件。

5.3 调研分析

应按以下方面对基础资料与踏勘成果进行分析：

- a) 从历史、科学、艺术、社会、文化等方面对文物建筑进行价值评估，确定该文物建筑三维信息采集项目的采集内容；
- b) 从项目需求、采集对象、设备条件、经济适用性等多方面进行分析研究，确定该项目科学、适宜、经济的精度要求；
- c) 分析该文物建筑的本体结构特点及周边环境产生的干扰因素，提出该项目的作业难点与相应的技术解决方案；

5.4 技术设计

文物建筑三维信息采集项目应编写技术设计书。编写应符合CH/T 1004的规定，内容应包括项目概述、建筑历史沿革及现状、已有资料情况、引用文件及作业依据、主要技术指标、规格仪器和软件配置、作业人员配置、技术方案、作业流程和进度安排、文物保护措施、安全保障措施、质量控制措施、成果归档等内容。

5.5 人员配置

作业人员应由业务水平高、技术熟练且人仪差稳定的技术人员担任：

- a) 作业人员应经过专门的技术培训，掌握专业设备的操作方法和相关的行业规范；
- b) 作业团队学术背景应涵盖文物建筑保护、测绘学、计算机等专业；
- c) 外业作业时，一台扫描仪宜配备 3-5 名作业人员；
- d) 内业作业时，作业人员数量宜与外业相匹配，应实时检验数据的精度与完整性。

5.6 仪器配置

5.6.1 应根据技术设计书，选择符合要求的仪器设备。

5.6.2 常用仪器设备主要包括三维扫描仪、全站仪、水准仪、GPS 定位仪、GNSS 接收设备、数码相机、便携式电脑、无人机、存储设备等。

5.6.3 对仪器设备的检查应符合下列规定：

- a) 各部件及附件应外观良好且齐全匹配，各个部件应连接紧密且稳定耐用；
- b) 具有对中功能的仪器应进行对中检查；
- c) 扫描仪应能正常运转和正常获取数据，同轴相机应能同步获取图像；
- d) 应进行“测距精度校验”和“数据质量校验”；
- e) 应检查相关设备的电源容量、存储空间、数据传输、软件运行等情况。

6 控制测量

6.1 一般规定

文物建筑三维信息采集涉及总图测绘时，控制测量应执行CH/T 6005和CH/Z 3017的相关规定，控制网布设应满足下列要求：

- a) 应根据文物建筑布局特点、周边地形、已知坐标点、采集精度等条件进行设计；
- b) 应根据测区范围的大小与复杂程度进行整体设计并分级控制；
- c) 应采用闭合控制网，进行平差处理，控制误差传递；
- d) 控制点之间应相互通透，取得联系；
- e) 应考虑到控制点与站位、标靶点等特征点之间的联系；
- f) 应在文物建筑的室内设置加密控制点；

g) 小范围的采集可不建立控制网，但应保证数据配准的精度。

6.2 平面控制网

宜采用导线和静态GNSS的方法布设平面控制网。

6.3 高程控制网

宜采用水准测量的方法布设高程控制网，对高程精度要求较低时，也可使用GNSS布设。

6.4 控制网加密

根据测区大小以及文物建筑的分布情况，宜采用导线测量的方法对控制网进行加密。

6.5 标靶测量

需要测量标靶三维坐标时，应在同一控制点上测量2次，或在不同控制点上实测2次，平面高程校差应不大于2cm，取平均值作为最终成果。

7 数据采集与数据处理

7.1 一般规定

数据采集应符合以下规定：

- a) 可采用测记法、三维扫描法、摄影法；
- b) 应遵循“先控制后碎部，先整体后局部”的原则；
- c) 宜遵循“步步校验”的原则；

7.2 测记法

采用测记法进行三维信息采集时，应执行CH/T 6005的规定。

7.3 三维扫描法

建筑级的三维信息采集宜采用地面三维激光扫描，可采用移动三维激光扫描；构件级、细部级的三维信息采集宜采用近距离三维扫描，上述方法可结合使用。

7.3.1 地面三维激光扫描主要流程包括扫描仪精度检验、站位布设、标靶布设、点云数据采集、点云色彩纹理采集。

7.3.1.1 扫描仪的精度检验应执行 CH/Z 3017 的规定，采集等级与技术指标见表 3。

表 3 地面三维激光扫描的采集等级与精度指标

采集等级	通尺寸中误差 (mm)	仪器测距中误差或点间距中误差 (mm)	单站最大点间距 (mm)
一等	20	≤ 5	≤ 5
二等	30	≤ 10	≤ 10
三等	50	≤ 25	≤ 25
四等	—	—	—

7.3.1.2 站位布设应参照附录 A 的规定，并应符合下列要求：

- a) 站位之间应视野开阔，并尽量与控制点、标靶点通视；
- b) 站位设计应保证数据完整、均匀分布，并尽力减少站位数量；
- c) 若室内存在藻井或天花，可采用设置特征点、控制点或其他方式进行配准；
- d) 测距距离宜小于 20 米，激光入射角宜小于 30 度；
- e) 站间距离宜小于 5m；
- f) 单层建筑檐口以下每开间、每进深均应不少于 1 站，重檐、两层及以上的建筑站位可参照相同原则布设；
- g) 室内站位布设时，天花层以下，每开间、每进深轴线网格内均应不少于 1 站，上部站位与下部站位宜交错布设；
- h) 可采用脚手架、摇臂、升降台等设施调整扫描距离与入射角度。

7.3.1.3 当进行标靶布设时，应符合以下要求：

- a) 每一站位的标靶数量不应少于 4 个，相邻两站的公共标靶数不应少于 3 个；
- b) 用于拼接的标靶应在有效测距范围内；
- c) 标靶应尽量与站位、控制点、特征点通视良好；
- d) 标靶之间应均匀布置、高低错落，应避免主要标靶在同一直线上；
- e) 小范围的信息采集可不布设标靶，但应符合 4.3 的规定；

7.3.1.4 点云数据采集应满足下列要求：

- a) 作业前，应按照 5.6 的规定进行仪器检查；
- b) 相邻两站的点云重叠度应不小于 30%；
- c) 应对标靶或其他特征点进行精确扫描，以保证配准精度；
- d) 数据应精确、完整，符合 4.3 的规定；
- e) 应记录站位、标靶、控制点、特征点等关键点的信息。

7.3.1.5 点云色彩纹理采集应符合以下原则：

- a) 应选择光线较为柔和、均匀的天气进行拍摄，避免逆光拍摄；
- b) 纹理图像的像元大小应执行 CH/Z 3017 的规定；
- c) 拍摄角度应保持镜头正对目标面，无法正面拍摄全景时，先拍摄部分全景，再逐个正对拍摄，后期再进行合成；
- d) 如有实施条件，图像宜存留高动态色彩 HDR 文件及原始信息格式 RAW 文件；

7.3.1.6 数据处理应符合下列规定：

- a) 数据处理的流程应包括：数据配准、降噪与抽稀、图像处理、纹理映射、质量检验；
- b) 应根据项目的实际需求与客观条件选择配准方式。
- c) 对数据进行降噪与抽稀处理时，不应影响特征点的提取与识别，且处理后的点间距应符合表 3 的规定；
- d) 图像处理应真实反映实际材质的图案、质感、颜色，因视角或镜头畸变引起变形，应对图像的变形部分作纠正处理；
- e) 采用人工方法进行纹理映射时，应选用特征突出的点，且纹理映射完成后的图像应与点云模型无明显偏差；
- f) 应对生成点云模型后的数据进行检验。

7.3.2 移动三维激光扫描

7.3.2.1 移动三维激光扫描路径设计应符合以下原则：

- a) 扫描路径应完整覆盖采集目标区域；
- b) 单次扫描路径总长度应小于 2km，且不应重叠；
- c) 多条相互重叠的扫描路径的数据重叠率应大于 20%；
- d) 宜采用闭合路径设计进行平差处理；
- e) 若采集目标的特征不明显，应引入控制坐标；
- f) 可通过标靶纸、标靶球、标靶点等辅助设备提高采集精度。

7.3.2.2 移动三维激光扫描数据采集可参照 7.3.1.4 和 7.3.1.5 的相关规定，并应符合以下要求：

- a) 扫描仪的激光发射器应正面朝向采集对象；
- b) 作业过程中应做好现场记录工作：
若使用标靶，应记录标靶位置及编号；对数据进行分级保存，包括项目名称，作业时间，线路编号等信息。

7.3.2.3 移动三维激光扫描数据处理可参照 7.3.1.6 的相关规定，并应符合以下要求：

- a) 应删除人流、车流、树木等外部不可控因素造成的噪声点；
- b) 可通过滤波删除位于建筑表面的噪声点；

- c) 因数据重叠或其他原因引起的点云过厚或过多,可进行抽稀,但不应影响特征点的提取与识别;
- d) 应根据实际情况进行降噪与抽稀,需要时可多次进行。

7.3.3 近距离三维扫描可参照 7.3.1 的相关规定,并应符合下列原则:

- a) 若纹理颜色有特殊要求,宜使用补光灯、弱光板等设施;
- b) 数据应进行降噪处理;
- c) 数据拼接时,应在对齐特征点后,进行平差处理;
- d) 可对数据中的孔洞进行曲率填充,但不应影响反映文物价值的现状信息;
- e) 单张贴图分辨率应符合要求,且无曝光、色彩偏差等问题;
- f) 碑刻及单体石刻、表面造型及图案等构件级、细部级的信息采集内容及技术要求应满足 WW/T 0063 中的相关规定。

7.4 近景摄影法

7.4.1 使用无人机进行三维信息采集时,作业前应布设控制点,并应符合以下要求:

- a) 控制点应均匀布设在航带间重叠位置,对地形变化复杂区域可适当加密控制点个数;
- b) 控制点的目标影像应清晰,易于辨别的明显地物点,如交点、角点、点状地物中心等;
- c) 控制点位置应易于准确定位和量测;
- d) 弧形地物及阴影等不应选作为点位目标。
- e) 控制布点按照航摄分区情况,每个航摄分区采取“4+1”布点方式进行点位布设。

7.4.2 采用近景摄影法进行三维信息采集时,应执行 GB/T 12979、CH/T 6005 并符合以下要求:

- a) 应根据文物建筑的大小形状与环境条件,制定适宜的采集方案;
- b) 应在精度、可靠性、可检验性等方面对近景摄影测量网进行优化设计;
- c) 物方控制的精度宜高于总精度要求的 1/3;
- d) 图像拍摄方式可采用正直、等倾、交向或其它方式;
- e) 图像应能真实地反映文物建筑表面的颜色、纹理、质感等信息;
- f) 无人机影像采集按照规范要求,进行航摄分区的划分和航线布设;
- g) 无人机影像采集优先保证下视基准面地面采集分辨率。部分高差较大区域地面分辨率可适当放宽;
- h) 无人机航摄作业航向影像重叠度需大于 75%和旁向重叠度需大于 60%;
- i) 影像信息采集应选择本摄区最有利的气象条件,避免或减少地表植被和其他覆盖物(如:积雪、洪水、沙尘等)对摄影的不良影响;

- j) 宜根据摄区的太阳高度角和阴影倍数选择拍摄时间，应保证具有充足的光照度，避免过大的阴影；
- k) 部分光照不充分或阴影面积过大的测区，宜选择在亮度较高的阴天执行航摄任务，并通过航摄相机参数调整的方式降低对自然光照的依赖；
- l) 数据采集完成后应现场检查数据质量，合格后方可离场，若数据效果不佳，应考虑补飞或重飞。

7.4.3 移动三维激光扫描数据处理应符合下列规定：

- a) 可采用模拟法或解析法处理图像，精度等级应符合 4.3 的要求；
- b) 应采用微分纠正法制作正射影像图；
- c) 图像处理应满足 7.3.1 的相关内容规定。

8 成果制作

8.1 三维模型建立

三维模型包括三维点云模型、三角网模型和重建的三维模型。三维模型的重建应符合 CJJ/T 157 中的相关规定，并应符合下列规定：

- a) 利用点云进行三维模型重建时，宜先对点云进行分割；
- b) 对于规则的构件，可利用已测平立剖面图或实测数据进行正向参照建模；
- c) 对于球面、弧面、柱面、平面等标准面应根据点云数据拟合几何模型；
- d) 对于形状不规则的部分，宜利用点云构建不规则三角网模型，应利用孔填充、边修补、简化和细化、光滑处理等技术手段优化三角网模型；
- e) 对于表面光滑部分的重建，宜利用曲面片划分、轮廓线探测与编辑、曲面拟合等技术手段生成曲面模型。
- f) 点云数据成果格式应采用通用的 TXT、XYZ 等格式以及可支持 AutoCAD 使用的 RCS、RCP 等格式。
- g) 文物建筑的整体点云模型成果应保留单站数据信息。

8.2 TDOM 制作

可利用点云模型、三角网模型、重建的三维模型进行 TDOM 制作，并应符合下列规定：

- a) 比例尺应选择常见的 1:5、1:10、1:20、1:50、1:100、1:200、1:500；
- b) 图纸类型应包括平面图、立面图、剖面图、详图；
- c) 点云或三维模型可辨识有效信息分辨率应满足或高于打印图纸点对点分辨率；
- d) 图片打印分辨率不应低于 300dpi，点间距应符合表 2 的规定；
- e) 当采集数据不全时，若建筑结构交接关系明确的，可根据露明部分尺寸推算隐蔽尺寸，反推算的结果应特别说明；

- f) 比例尺、符号、标注等相关内容，应执行 GB 50104 的规定；
- g) 成果数据格式应采用通用的 TIFF、JPEG 等格式和 PDF 格式。

8.3 DLG 制作

可利用点云模型、三角网模型、重建的三维模型、TDOM进行DLG制作，并应符合下列规定：

- a) 成果数据格式应采用通用的 DWG、DXF 等格式和 PDF 格式；
- b) 宜分为根据文物建筑形制绘制和根据文物建筑现状绘制两种方式；
- c) 符合 5.4 与 9 中规定；
- d) 文物建筑测绘图制作应符合 CH/T 6005 的相关规定。

9 质量检验与成果归档

9.1 质量检验

9.1.1 一般规定

文物建筑三维信息采集成果的质量检验应符合下列规定：

- a) 对点云数据、三维模型、TDOM、DLG 等成果，应进行质量检验；
- b) 对采集成果的质量检验应符合 GB/T 18316、GB/T 24356 的相关规定，实行两级检查、一级验收的模式；
- c) 质量检验应保留记录，记录应规范、清晰、完整。

9.1.2 质量检验内容及方法

9.1.2.1 点云数据质量检验内容及方法如下：

- a) 检查采集范围与内容是否与项目委托书和技术任务书一致；
- b) 检查点云数据的完整性、真实性；
- c) 检查点云数据质量及精度，包括点云密度、单站点间距等指标；
- d) 检查点云数据的格式、文件组织方式。

9.1.2.2 三维模型质量检验内容及方法如下：

- a) 实地核对模型的完整性、真实性、细节取舍的合理性；
- b) 检查模型的点线面拓扑关系，避免破面、漏面、闪面,以及游离点、边、面等；
- c) 检查模型贴图纹理的精细度、真实性、颜色模式及规格；
- d) 检查模型的数据格式、文件组织方式。

9.1.2.3 TDOM 质量检验内容及方法如下：

- a) 检查 TDOM 的图像分辨率及特定比例尺的点间距指标;
- b) 检查影像色调和反差、清晰度和纹理表现、拼接和接边质量、外观质量和影像色彩等;
- c) 实地核对内容的完整性、真实性、表达的准确性;
- d) 实地检查图纸尺寸精度;
- e) 检查数据格式、文件组织方式。

9.1.2.4 DLG 质量检验内容及方法如下:

- a) 检查总图中坐标系统、高程基准和投影参数;
- b) 实地核查图纸内容的完整性、真实性、表达的准确性;
- c) 实地检查图纸尺寸精度;
- d) 按照 GB/T 50104 规定的制图标准检查图线、图例、图样画法等内容。

9.2 成果归档

成果归档文件的格式、内容及深度应符合 WW/T 0024 和《全国重点文物保护单位记录档案规则规范(试行)》(文物保发[2003]93 号)中的相关规定。成果归档资料主要包括以下内容:

- a) 成果清单;
- b) 技术设计书;
- c) 作业记录;
- d) 原始数据;
- e) 制作的成果,包括点云数据、三维模型、TDOM、DLG 等;
- f) 验收报告;
- g) 技术总结书;
- h) 其他相关资料。

附录 A

(资料性附录)

地面三维激光扫描站位布设方法

A.1 站位布设原则

站位布设应符合以下原则：

- a) 应根据“所看即所得”原则，分析文物建筑的结构特点；
- b) 依据各建筑的形制、规模及复杂程度，制定适宜技术方案；
- c) 站位数量应满足实际项目的需要，同时应兼顾经济性与采集效率；
- d) 以扫描站位的数量为基数，配置相应仪器设备及专业的内业、外业工作人员。

A.2 站位布设方法

站位布设应符合下列规定：

- a) 应绘制站位布设图，标注站位类型、位置、高度、数量等信息；
- b) 参照表 A.1 进行站位布设及数量统计；
- c) 可选用相应专业软件工具进行站位设计及数量统计。

A.3 站位数量统计

山门、配殿、大雄宝殿、大成殿四种典型案例的站位数量统计见表 A.2。

表 A.1 站位布设标准参数表

形制要素 及编号	面阔进 深		屋顶形制										其他要素					
	面 阔 K	进 深 J	硬 山 W ₁	悬 山 W ₂	歇 山 W ₃	庑 殿 W ₄	重 檐 W ₅	一 殿 一 卷 W ₆	六 角 攒 尖 W ₇	四 角 攒 尖 W ₈	圆 攒 尖 顶 W ₉	平 顶 W ₁₀	前 廊 L ₁	前 后 廊 L ₂	回 廊 L ₃	台 基 T	护 栏 H	楼 层 C
正立面	3						3	2	4	2	2				2	1	2	3
背立面	3						3	2	4	2	2				2	1	2	3
左山墙		1	1	3	5	4	6	3	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2
右山墙		1	1	3	5	4	6	3	2	2	2	1	1	2	2	1	2	2
室内	1	1						2	4	3	3		1	2	8			1
站位基数	7	3	2	6	10	8	18	12	16	11	11	2	3	6	16	4	8	11

说明：

进行布站数量统计时，首先根据表 A.1 进行文物建筑的形制要素及规模统计，然后依据表中的站位基数标准参数及公式计算布站数量。表格中，面阔及进深的数量、台基的层数、护栏的层数、楼层的层数均与相应站位基数成倍数关系，不同的屋顶形制及围廊形制的站位基数是直接累计关系，站位数量计算公式为：

$$Q_s = K * 7 + (J - 1) * K * 3 + W_i + T * N_1 + H * N_2 + C * (N_3 - 1)$$

式中：

Q_s ——扫描站位总数量；

K ——开间数；

J ——进深数；

W_i ——各屋顶形制的站位基数；

L_i ——不同围廊形制的站位基数；

T ——台基的站位基数；

N_1 ——台基层数；

H ——护栏的站位基数；

N_2 ——护栏的层数；

C ——楼层的站位基数；

N_3 ——楼层数。

表 A.2 典型案例站位布设统计表

编号	建筑名称	法式描述	面阔进深		屋顶形制	其他要素				站位数量(站)
			面阔 K (间)	进深 J (间)	形制 W_i	围廊 L	台基 T (层)	护栏 H (层)	楼层 C (层)	
1	山门	3 开间 1 进深 硬山单层	3	1	W_1	0	0	0	1	23
2	配殿	3 开间 2 进深 悬山单层	3	2	W_2	0	0	0	1	36
3	大雄宝殿	5 开间 3 进深 歇山单层	5	3	W_3	0	0	0	1	75
4	大成殿	9 开间 5 进深 庑殿重檐	9	5	W_4+W_5	0	2	1	1	213

说明：

表 A.2 为四种不同形制和规模的典型案例站位布设统计表。计算过程及结果如下：

山门为 3 开间 1 进深硬山式屋顶单层，无其它建筑要素，计算结果为：

$$Q_s=3*7+2=23$$

配殿为 3 开间 2 进深悬山式屋顶单层，无其他建筑要素，计算结果为：

$$Q_s=3*7+(2-1)*3*3+6=36$$

大雄宝殿为 5 开间 3 进深歇山式屋顶单层，无其他建筑要素，计算结果为：

$$Q_s=5*7+(3-1)*5*3+10=75$$

大成殿为 9 开间 5 进深庑殿式重檐屋顶，其它建筑要素为双层台基，一层护栏，计算结果为：

$$Q_s=9*7+(5-1)*9*3+(8+18)+4*2+8*1+11*(1-1)=213$$

附 录 B

(资料性附录)

文物建筑三维信息采集仪器配置

B.1 仪器配置原则

仪器配置应符合下列原则：

- a) 符合项目规模、工期、精度指标、采集方法等方面的要求；
- b) 在检验合格有效期内；
- c) 作业前应由相关专业机构进行“测距精度评估”和“数据质量评估”，出具评估报告书。

B.2 仪器配置

文物建筑三维信息采集可参照表B.1进行仪器配置。

表 B.1 文物建筑三维信息采集仪器配置表

设备类型	适用精度等级	适用扫描范围	设备常用精度范围	主要仪器设备
地面三维激光扫描设备	建筑级 构件级	单体建筑、院落、 街区等	1mm-6mm	地面三维激光扫描仪等
移动三维激光扫描设备	建筑级	单体建筑、院落、 街区等	10mm-50mm	车载雷达、机载雷达、即时定位与绘图(Slam)设备等
近距离三维扫描设备	构件级 细部级	建筑构件、细部节点、雕刻、纹样、油饰、彩画、壁画等	<1mm	手持式扫描仪、便携式扫描测量臂、光栅式扫描仪等
近景摄影设备	建筑级 构件级	单体建筑、院落、 街区、建筑构件、 细部节点、雕刻、 纹样、油饰、彩画、 壁画等	--	无人机倾斜摄影设备、摄像机、照相机等

B.3 地面三维激光扫描仪

使用地面三维激光扫描仪进行文物建筑三维信息采集时，常用仪器设备的主要性能指标及操作流程参照表B.2。

表 B.2 地面三维激光扫描仪主要性能指标及操作流程表

设备型号	FARO FOCUS S350	Trimble TX8	Z+F IMAGER 5016
性能指标	<p>测距精度：25m 处 1mm 测角精度：19 角秒 最大扫描距离：350m 扫描范围：水平 360°、垂直 300° 激光发射频率：976000 点/秒 安全防护等级：IP54 主机重量（含电池）：4.2kg 激光等级：class1 人眼安全激光 集成传感器：双轴补偿传感器、GNSS、指南针、高度传感器 扫描仪控制：通过触摸屏或 WLAN 无线控制 现场补偿：现场创建补偿报告，校准测角精度 色彩单元：内置 1.65 亿像素全景相机，支持 HDR 功能</p>	<p>测距精度：80m 处 1mm 测角精度：80 μrad；最大扫描距离：340m 扫描范围：水平 360°、垂直 317° 扫描速度：1000000 点/秒 安全防护等级：IP54 主机重量（含电池）：11.2kg 激光等级：class1 人眼安全激光； 集成传感器：双轴补偿传感器 扫描仪控制：通过触摸屏或 WLAN 无线控制； 现场补偿：现场创建补偿报告，校准测角精度； 色彩单元：单幅 1000 万像素，拍照时间：标准模式 1 分钟，HDR 模式 2 分钟；</p>	<p>测距精度：1mm+10ppm/m 测角精度：14.4 角秒 最大扫描距离：360m 最小扫描距离盲区：0.3m 扫描范围：水平 360°、垂直 320° 角度分辨率：垂直 0.936"，水平 0.648" 激光发射频率：1097000 点/秒 安全防护等级：IP54 主机重量（含电池）：7.2kg 激光等级：Class1 人眼安全激光 集成传感器：双轴补偿传感器、GNSS、惯性导航（加速度计与陀螺仪）、气压高度传感器 扫描仪控制：通过触摸屏、LAN 有线或 WLAN 无线控制 数据存储：内置 128GB 硬盘和 128GBSD 卡 数据传输：支持标准网口传输、USB 拷贝复制、WIFI 802.11a/n/g 5GHz GB 级传输 倾斜补偿：补偿范围；$\pm 0.5^\circ$ 色彩单元：内置 8000 千万像素全景相机，支持 HDR 功能，具有 4 个 LED 补光灯</p>
操作流程	<p>1. 扫描仪安装： 展开并锁定三脚架的所有支脚，检查三脚架的调节装置是否已锁定。确保表面平稳，固定三脚架的支脚，三脚架牢固安装到位，然后将扫描仪安装到三脚架上。 2. 导入 SD 存储卡： 打开电池一侧上的 SD 卡槽盖。</p>	<p>1. 架设扫描仪： 把三脚架放置到位，从仪器箱中取出仪器和基座，把仪器与基座夹臂紧固在一起。 2. 插入 USB 闪驱及电池： 按动电池电量按钮，查看电量，现场确保电池有电。打开电池仓门，插入 USB 闪驱及电池，关闭电池仓门。 3. 仪器开机：</p>	<p>1. 扫描前准备 1) 清点仪器及配件：主要包括主机、电池、三脚架、标靶球/纸等； 2) 对现场进行查看，确定测区，决定架站位置，保证所需对象能被完整扫描； 3) 取出三脚架，使其大致平整，拿出主机，平稳放置在三脚架上，拧紧脚架上的螺丝到主机三角基座上，保</p>

<p>插入 SD 卡,让带缺口的边缘朝所示方向,直至发出“咔哒”声。</p> <p>3. 安装电池: 打开激光扫描仪的电池舱。使电池触点指向扫描仪,直线推入电池并向下滑入电池舱中,直至固定件锁定到位。关上电池舱盖。</p> <p>4. 开机、设置扫描参数: 可通过两种方式设置扫描参数:选择扫描配置文件,该文件包含一组预定义的扫描参数,或逐个更改参数。</p> <p>5. 扫描参数: 分辨率和质量:轻点该按钮可调整扫描分辨率和质量。分辨率是指产生的扫描分辨率。质量设置会影响扫描质量和扫描分辨率恒定时的扫描时间。 扫描范围:更改扫描区域,包含其水平和垂直起始角度和终止角度 选择传感器:启用或禁用内置传感器的自动使用。此信息对于后期 SCENE 中的扫描配准非常有用。 彩色扫描:打开或关闭捕获彩色扫描。 颜色设置:更改用于确定拍摄彩色图像之曝光的测光模式。 高级设置:更改扫描过滤设置以及启用或禁用远距离优化。</p> <p>6. 开始扫描: 遵循所有必要的安全措施,然后在扫描仪屏幕上单击“开始扫描”按钮。扫描开始。 扫描仪会将扫描的数据保存到 SD 卡。 只要扫描仪的激光打开,处于扫描过程中,扫描仪的 LED 会一直呈红色闪烁。扫描结束后,扫描仪的 LED 会呈蓝色常亮。</p> <p>7. 关闭扫描仪电源:</p>	<p>按住显示屏上方开/关键 1-3 秒钟,开/关键上的 LED 先发光并伴有哔哔声,表示仪器正在开启。仪器开启后,LED 将保持绿色光常亮,主菜单出现。</p> <p>4. 新建项目及测站: USB 闪驱插入到仪器时,将会自动在 USB 闪驱的根目录下将创建的一个名为“Project XXX”的项目文件夹。在此文件夹下,也将创建一个带 RWP 文件扩展名的 RealWorks 项目文件。每次执行扫描时,将自动创建一个新测站。默认情况下,每个测站都命名为“Station XXX”,其中:XXX 以 001 开头,并且每次创建新测站时递增一个数。</p> <p>5. 开始扫描: 扫描类型:“全面”或“区域”。默认情况下,扫描是以 360° 获取 3D 坐标数据,称为“全面扫描”。如果在较小的区域上获取数据,称为“区域扫描”。扫描档位根据扫描密度和速度不同分为:Level 1、Level 2、Level 3、Extended。从主菜单(或者在 Leveling 对话框的 Scanning 面板上),点击扫描按钮,仪器将执行初始化,初始化完成后,将开始捕获数据,并且出现一个进度条。可以点击 Stop 打断进程,或者等待结束。完成操作后,捕获的数据将写入到 USB 闪驱,并且出现扫描图景。当全面扫描完成时,可以选择在同一个测站内执行另一个全面扫描,或者执行局部高精度扫描。如果进行彩色扫描,打开彩色按钮,扫描前会先进行 1 分钟或 2 分钟(HDR 模式)360° 全景照片获取,之后自动进行激光点云数据获取。</p> <p>7. 查看扫描、现场质检: 在测站列表中,点击测站旁边的缩略图加载它。在扫描列表中,点击对应于将要打开扫描的缩略图图像,可以放大、缩小平移等操作进行现场质检。</p>	<p>证连接坚固;</p> <p>4) 调整脚架,使主机三角基座上的水准气泡大致到中央圆圈位置;</p> <p>5) 轻按左上角按钮开关打开主机,等待“滴”的一声表示开机完成,在主界面上点击“正在扫描”->“整平”,调出电子气泡,调整主机三角基座的三个角螺旋,使电子气泡到中央位置,屏幕上两个角度差保证在±0.01 度以内;</p> <p>2. 扫描操作</p> <p>1) 右上角“退出”,返回上一级,选择“开始扫描”(注意不要点预定义扫描,如果不小心点击,请等待其自行扫描完成),进入扫描设置界面;</p> <p>2) 从上至下,前四行是设置该扫描站数据的路径和名称,一般第一行与第四行代表数据名与扫描站名称,最好保持一致,且以数字为好,如 1、2、3...;第二、三行为工程目录及工程名称,保持一致,如“test”;</p> <p>3) 第五行为“扫描分辨率”,一般模式选择【高分辨率】即可;第六行为“质量”,一般选择【中等】;</p> <p>4) 下方有一个复选框,表示“动态补偿”,请勾选(注意:勾选上会显示×);</p> <p>5) 再向下,为相机等设备配置选项:点击左下拉框,进入选择界面,点击左右按钮,选择【I-CAM】,选择并退出;(注意一定选择 I-CAM 内置相机;并且右侧点击选择/保存按钮)</p> <p>6) 此时返回到扫描设置界面,下拉框会显示【I-Cam】;如果不需要内置相机,请在第 5) 步中选择【无】;</p> <p>7) 此时扫描的所有设置都已完成,点击右侧中间部位【开始】按钮,开始扫描。</p> <p>8) 等待“滴”一声,仪器完全停止转动后,扫描完成,旋转打开三角基座一侧的卡槽,向上抬出主机,将主机和脚架小心搬到下一站,放好脚</p>
---	--	---

	<p>要关闭扫描仪，请按电源开/关按钮或轻点主页下用户界面下拉列表中的电源按钮。</p> <p>扫描仪 LED 将开始闪烁蓝光，在扫描仪完成关闭后，则停止闪烁。</p> <p>在扫描仪完全关闭后，取下电池并将设备固定在保护盒中。</p>	<p>8. 关机：</p> <p>按住开/关键 1 秒，之后可拔出 U 盘及电池。</p> <p>U 盘插入电脑处理数据或收入仪器箱内，电池拔出后观察剩余电量，如有必要可进行充电，或直接装入仪器箱或电源箱。</p>	<p>架，将主机卡紧在扫角基座里，旋转关闭卡槽，保证卡紧；</p> <p>9) 重复准备工作 4~5 步及扫描操作 1~8 步，完成所有站点扫描工作；</p> <p>10) 再次检查及评测扫描的完整性，如果明显的目标扫描信息不全，及时增加扫描站；</p> <p>11) 所有工作完成后，关机；平稳拧开脚架与主机三角基座的螺丝，卸下主机，放回主机箱，收好脚架及其他配件，回返。</p>
--	--	--	---