

T/CECS XXX-202X

**中国工程建设标准化协会标准**

**建筑竣工扫描成果交付管理标准**

**Management standard for delivery of construction completion scanning results**

（征求意见稿）

202X - XX - XX 发布 202X - XX - XX实施

中国工程建设标准化协会 发布

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2020年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2020〕14号）的要求，编制组经过广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、技术应用、数据采集、数据处理、成果交付，以及附录八个部分。

本标准由中国工程建设标准化协会归口管理，由亚太建设科技信息研究院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送亚太建设科技信息研究院有限公司（地址：北京市西城区德胜门外大街36号A座4层，邮编：100082）。

主编单位：亚太建设科技信息研究院有限公司

清华大学建筑学院

参编单位：

主要起草人：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc91033981)

[2 术 语 2](#_Toc91033982)

[3 基本规定 3](#_Toc91033983)

[3.1 一般规定 3](#_Toc91033984)

[3.2 业务策划 3](#_Toc91033985)

[3.3 组织管理 4](#_Toc91033986)

[4 技术应用 5](#_Toc91033987)

[4.1 一般规定 5](#_Toc91033988)

[4.2 场地测绘 5](#_Toc91033989)

[4.3 构件检测 6](#_Toc91033990)

[4.4 变形监测 6](#_Toc91033991)

[4.5 竣工建档 7](#_Toc91033992)

[5 数据采集 8](#_Toc91033993)

[5.1 一般规定 8](#_Toc91033994)

[5.2 激光扫描技术 8](#_Toc91033995)

[5.3 摄影测量技术 9](#_Toc91033996)

[6 数据处理 10](#_Toc91033997)

[6.1 一般规定 10](#_Toc91033998)

[6.2 数据预处理 10](#_Toc91033999)

[6.3 数据加工处理 10](#_Toc91034000)

[7 成果交付 11](#_Toc91034001)

[7.1 一般规定 11](#_Toc91034002)

[7.2 交付物 11](#_Toc91034003)

[7.3 成果归档 12](#_Toc91034004)

[本标准用词说明 13](#_Toc91034005)

[引用标准名录 14](#_Toc91034006)

[条文说明 15](#_Toc91034007)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc90653949)

[2 Terms 2](#_Toc90653950)

[3 Basic Requirements 3](#_Toc90653951)

[3.1 General Requirements 3](#_Toc90653952)

[3.2 Execution Plan 3](#_Toc90653953)

[3.3 Organization Management 4](#_Toc90653954)

[4 Technical Execution 5](#_Toc90653955)

[4.1 General Requirements 5](#_Toc90653956)

[4.2 Site Mapping 5](#_Toc90653957)

[4.3 Component Inspection 6](#_Toc90653958)

[4.4 Deformation Monitoring 6](#_Toc90653959)

[4.5 As-built Mapping 7](#_Toc90653960)

[5 Data Acquisition 8](#_Toc90653961)

[5.1 General Requirements 8](#_Toc90653962)

[5.2 Laser Scanning Technology 8](#_Toc90653963)

[5.3 Photogrammetry Technology 9](#_Toc90653964)

[6 Data Processing 10](#_Toc90653965)

[6.1 General Requirements 10](#_Toc90653966)

[6.2 Data Pre-processing 10](#_Toc90653967)

[6.3 Data Processing 10](#_Toc90653968)

[7 Execution Delivery 11](#_Toc90653969)

[7.1 General Requirements 11](#_Toc90653970)

[7.2 Deliverables 11](#_Toc90653971)

[7.3 Documents Filling 12](#_Toc90653972)

Explanation of Wording in This Standard [13](#_Toc90653975)

[List of Quoted Standards 14](#_Toc90653976)

[Explanation of Provisions 15](#_Toc90653977)

1. 总 则
   * 1. 为适应建筑工程领域数字化设计、建造、交付、管理的发展需要，规范和引导建筑逆向工程技术应用，支撑面向建筑数字孪生的基础数据平台建设，制定本标准。
     2. 本标准适用于建筑工程场地测绘、构件检测、变形监测、竣工建档等领域的建筑逆向信息采集、处理、质量检查、成果交付和验收管理。
     3. 本标准针对于采用激光扫描技术或摄影测量技术获取三维建筑逆向信息的数字化测量工作，其他常规测量设备和特殊传感设备的使用应符合国家或地方现行有关标准的规定。
     4. 本标准为推荐性标准。建筑逆向工程技术的应用除应符合本标准外，尚应符合国家或地方现行有关标准的规定。
2. 术 语
   * 1. 建筑逆向工程技术 architectural reverse engineering technology

在建筑全生命周期各阶段推动实现由建筑“物理”到建筑“信息”逆向信息化进程的主要技术手段，选用适宜的逆向工程硬件设备及软件平台，创建高效的建成信息逆向获取方法和流程。

* + 1. 建筑逆向信息模型 architectural as-built information model

描述建筑及其周边环境物理实体本体特征的信息集合，包含空间位置、几何形态、材质外观等三维空间建成信息。

* + 1. 激光扫描技术 laser scanning technology

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，主要包括地面三维激光扫描、车载三维激光扫描和机载激光雷达扫描等方式。

* + 1. 摄影测量技术 photogrammetry technology

利用摄影影像信息测定目标物的形状、大小、空间位置、性质和相互关系的测量技术，在建筑逆向工程技术领域主要包括倾斜摄影、低空摄影、数字摄影、全景摄影等技术。

* + 1. 点云 point cloud

通过测量方式获取三维空间中目标表面特性并以离散和不规则方式分布的海量点集合。

* + 1. 点云精度 point cloud precision

反映点云误差分布的密集或离散的程度。

* + 1. 点云模型 point cloud model

应用建筑逆向工程技术对目标对象进行扫描或拍摄后，由大量包含三维坐标、反射强度、附着颜色等信息的点密集构成的可视化模型。

1. 基本规定
   1. 一般规定
      1. 建筑逆向工程技术的应用目标和应用范围应根据项目需求、项目特点、技术实施周期及技术应用水平等综合确定。
      2. 建筑逆向工程技术的应用应事先开展业务策划并制定技术方案，同时应遵照技术方案进行应用过程管理。
      3. 项目相关方应采取协议约定等措施明确协同工作方式，保障数据交换、共享与安全。
      4. 项目相关方应选用具备下列基本功能的建筑逆向工程技术设备：

1）设备的精度和测程应符合实际项目需要；

2）设备应在检校合格期内。

* + 1. 项目相关方选用的数据处理软件应通过测试或验证，输出成果宜具有与BIM平台、CIM平台等技术集成或融合的能力。
    2. 建筑逆向工程技术应用成果应实行质量检查和验收。
  1. 业务策划
     1. 建筑逆向工程技术业务策划应与建筑工程项目整体计划协调一致。
     2. 前期准备工作应包括资料收集、现场踏勘和技术方案制定等内容。
     3. 现场踏勘时应查看作业范围、控制点分布和通视条件，了解现场环境并记录风险因素。
     4. 技术方案应根据项目需求和现场作业条件制定，宜明确下列内容：

1）技术应用目标；

2）技术应用范围；

3）技术应用内容；

4）技术实施单位、实施人员和相应职责；

5）测量设备型号、软硬件基础条件；

6）技术应用流程；

7）数据采集、处理和管理要求；

8）数据质量控制和信息安全要求；

9）进度计划和应用成果要求等。

* 1. 组织管理
     1. 项目相关方应制定技术质量控制计划，对技术应用过程实施管理。
     2. 技术应用成果质量控制措施应包括下列内容：

1）数据模型与工程项目的符合性检查；

2）数据模型信息的准确性和完整性检查。

* + 1. 项目相关方宜结合建筑逆向工程技术应用的阶段目标及最终目标，对技术应用效果进行定性或定量评价，并总结实施经验，提出改进措施。
    2. 建筑逆向工程技术的成果交付应按合约规定进行。

1. 技术应用
   1. 一般规定
      1. 建筑逆向工程技术的应用场景一般包括场地测绘、构件检测、变形监测、竣工建档等，项目相关方应根据不同应用场景特点选择相应技术手段和实施方案，确保建筑逆向信息的完整度和准确度。
      2. 建筑逆向工程技术的设备选取应满足应用场景对信息种类、信息精度、信息范围、信息容量的需求，并进行合理维护与管理。
      3. 建筑逆向工程技术应以中误差为衡量精度的指标，并以2倍中误差为极限误差。
      4. 建筑逆向工程技术的精度等级应符合表4.1.4的规定，有特殊要求的应另行设计。

**表4.1.4 建筑逆向信息精度等级**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 精度等级 | 特征点间距中误差 （mm ） | 点位相对于临近控制点中误差（ mm ） | 适用范围 | | | |
| 场地测绘 | 构件检测 | 变形监测 | 竣工测绘 |
| 一等 | ≤3 | ≤5 | √ | √ | √ | √ |
| 二等 | ≤15 | ≤30 | √ | √ | √ | √ |
| 三等 | ≤50 | ≤100 | √ |  |  | √ |
| 四等 | ≤200 | ≤250 | √ |  |  |  |

* + 1. 针对同一项目的多次逆向工程技术应用，宜将各阶段建筑逆向信息及时更新至统一的BIM中心模型，保证建筑工程全生命周期内建成信息与模型的一致性。
  1. 场地测绘
     1. 场地测绘获取的建筑逆向信息应包含但不限于：

1）场地范围内的地形形状与地面标高；

2）道路河流的位置、形状；

3）建筑物、构筑物的平面形状、高度；

4）管线井、独立树、电线杆位置与高度信息等。

对于需要修复、改造的建筑（构）物，建筑逆向信息的获取宜涵盖建筑各层平面、立面、剖面以及重点构件部品的几何、颜色等信息。

* + 1. 场地测绘应根据项目实际需求，按照表4.1.4选用合适的精度等级。对于建筑修复、改造类项目宜符合一等、二等精度等级，对于一般建筑项目地形测绘宜符合三等、四等精度等级。
    2. 采用激光扫描技术进行场地测绘时，地形信息的获取宜选用具有多次回波功能的脉冲式扫描仪；建筑信息的获取宜选用具有影像采集功能的相位式扫描仪；对于体量小、精度要求较高、操作空间狭小的情况宜选用手持三角定位式扫描仪；对于体量较大、空间复杂的情况宜选用移动即时定位式扫描仪。
    3. 采用摄影测量技术进行场地测绘时，地形或建筑外观信息的获取宜选用具备远距离飞行能力并配备高分辨率摄像头的无人机设备；建筑室内或院落、半室外空间信息的获取宜选用配备三脚架的数码相机或手机。
  1. 构件检测
     1. 构件检测获取的逆向信息种类应包含但不限于建筑构件的数量、几何尺寸、位置信息以及挠度、表面平整度等其他需要检测的信息。
     2. 根据实际建造流程，构件检测宜在预制构件出厂、主体结构完工、围护结构完工、设备系统完工、表皮内装完工五个阶段分别及时进行逆向信息获取，确保每一阶段的信息有序叠加互不干扰。
     3. 构件检测应根据项目实际需求，按照表4.1.4选用合适的精度等级。对于精度要求较高的小型构件宜符合第一精度等级，大型构件如梁柱等宜符合第二精度等级。
     4. 构件检测宜选用激光扫描技术进行逆向信息采集，多站扫描时宜采用标靶配准，配准次数不宜大于4次且扫描线路应闭合。
     5. 构件检测应根据各阶段构件尺寸与精度要求选择适宜的扫描设备进行逆向信息采集，预制构件出厂阶段宜选用手持式设备，现场施工各阶段宜选用站立式设备。
  2. 变形监测
     1. 变形监测获取的逆向信息种类应包含但不限于建筑整体或部分沉降变形、水平位移变形、应变变形以及其他需要监测的信息。
     2. 变形监测应根据项目实际需求，按照表4.1.4选用合适的精度等级。如需提高测量精度，应符合下列规定：

1）应采取措施减少仪器系统误差影响；

2）选取激光扫描技术时应采用配套标靶；

3）历次检测应选取相同的仪器、采集模式、角度、分辨率、设站位置和数据处理方法；

4）应根据气象条件、监测对拟合残差抽检核等因素成果进行综合分析评定。

* + 1. 监测沉降变形或水平位移变形时，应通过几何测量、卫星测量等技术建立平面或高程控制网，每期测量前应先进行控制网检验；检测由应变变形带来的几何尺寸变化时，可不设控制网或控制点。
    2. 变形监测首期测量应连续两次进行独立测量。当两次数据较差不大于极限误差时，取其算术平均值作为该项目变形测量初始值，否则应立即进行重测。
    3. 变形监测基准点应于变形影响区域外均匀分布，数量不宜少于4个。基准点平面坐标宜采用全站仪等设备进行验核，高程宜采用水准测量方法联测。
    4. 变形监测宜选用激光扫描技术进行逆向信息采集，历次监测宜在同一基准点设站扫描。多站扫描应采用标靶配准，配准次数不宜大于2次。
    5. 宜采用全站仪、水准仪等设备进行抽查检验，评定监测结果的准确性，抽查期数不少于总期数5％。
  1. 竣工建档
     1. 竣工测绘获取的逆向信息种类应包含竣工后建筑各部分室内外空间、重点构件部品以及隐蔽工程的几何信息。
     2. 竣工测绘应根据项目实际需求，按照表4.1.4选用合适的精度等级。
     3. 测绘建档应确保逆向信息的原真性和完整性，准确表达建筑的现状建成信息。

1. 数据采集
   1. 一般规定
      1. 数据采集前期应根据项目实际开展技术策划工作，制定技术实施架构、模型要求、统一命名规则，明确成果完成标准，定制示例模型或样板文件。
      2. 技术实施过程中宜配备高性能计算机平台，以便及时、高效地处理逆向数据信息，并同步存档。
      3. 进行设备操作前，应进行场地障碍物清理、人员进出管制、光照条件确认，设定站点与路线，且应符合下列条件：

1）仪器应在观测环境中静置至温度平衡；

2）雨雪天或强光环境下不宜进行现场作业；

3）扫描或拍摄时应设置合适的采集间距；

4）仪器在采集过程中出现移位、振动、死机、断电等异常情况时，应重启设备重新进行采集。

* + 1. 现场记录和检查应包括下列内容：

1）目标物、设站点、控制点、标靶位置、拍摄点分布示意图及编号；

2）现场摄像或拍照；

3）现场复查数据的有效性与完整性。

* 1. 激光扫描技术
     1. 应用激光扫描技术采集数据时，宜进行控制网布设、站点布设、标靶布设等内容。
     2. 扫描站点的布设应符合下列规定：

1）相邻两站的重叠度应不小于30%；

2）扫描站应设置在视野开阔、地面稳定且通视条件好的安全区域；

3）单站作业的布设位置应使扫描区域最大程度地覆盖目标物；

4）多站作业应在保证扫描成果满足任务要求的前提下减少设站数量；

5）登高或山形情况作业应保证设站区域或平台的稳定性。

* + 1. 标靶布设应符合下列规定：  
        1）仪器与平面标靶的扫描角度应不小于50°；

2）每一扫描站的标靶不宜少于4个；

3）相邻两扫描站的公共标靶不宜少于3个；

4）标靶应在相邻两扫描站连线的中点附近区域均匀布置，同时宜高低错落布置；

5）同一扫描站标靶之间的距离至少有一个不少于扫描目标物主体到扫描站的距离。

* + 1. 当标靶连续传递配准次数大于10次时，应实施控制网的布设，并应符合下列规定：

1）控制点应进行编号；

2）控制网应全面控制扫描区域，控制点应均匀分布在目标物的四周；

3）两个控制点间扫描站数应不超过10站；

4）控制网宜沿主要道路布设，宜设计为附和路线或构成网状；

5）控制点标志宜采用平面标靶。

* 1. 摄影测量技术
     1. 应用摄影测量技术进行图像数据采集工作时，应符合以下要求：

1）物方控制的精度宜高于总精度要求的1/3；

2）图像应能真实地反映建筑表面颜色、纹理、质感等信息；

3）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；

4）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，应考虑重新拍摄。

* + 1. 使用无人机进行建筑逆向信息采集时，应符合以下要求：

1）作业航向影像重叠度应大于75%，旁向重叠度应大于 60%；

2）无人机测量应提前控制布点，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；

3）针对部分光照不充分或阴影面积过大的测区，宜选择亮度较高的外部环境执行航摄任务，并通过相机参数调整的方式降低对自然光照的依赖。

4）弧形地物及阴影等不应选作为点位目标。

1. 数据处理
   1. 一般规定
      1. 依据建筑逆向信息的不同属性，应选取相应方式进行数据处理。
      2. 针对应用激光扫描技术获取的点云数据，宜实施点云配准、释放、拼接、去噪、分类、抽稀、切片或正射等数据处理流程。
      3. 针对应用摄影测量技术获取的图像数据，宜依据项目实际情况进行影像处理或转换为点云数据做统一处理。
      4. 数据处理的软件平台应具备点云配准、分割、可视化等基本功能。
      5. 点云数据及图像数据的成果格式应能满足开放交换标准。
   2. 数据预处理
      1. 图像数据处理应包括图像色调调整和色彩纠偏、变形纠正、格式转换等步骤，并应符合下列要求：

1）处理后的图像应与实地情况相符，真实反映实际材质的图案、质感、颜色及透明度；

2）宜将处理后的图像转换为通用文件格式。

* + 1. 图像数据配准时，应保证图像细节表现清晰，无配准镶嵌缝隙。
    2. 点云数据的预处理应包括点云配准与坐标转换，并应符合下列规定：

1）配准点或独立检核点的坐标转换残差应小于表4.1.4中相应等级点位中误差的1/2；

2）配准后相邻站点云重叠度不宜低于30%；  
3）采用特征点配准时，特征点不应有共线或共面。

* 1. 数据加工处理
     1. 当逆向数据中存在脱离目标物的异常点、孤立点时，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，去除场地、人、设备等噪点。
     2. 建筑逆向数据宜按照建筑构件类型进行分类处理。
     3. 建筑逆向数据的抽稀应符合下列规定：

1） 目标物表面曲率变化不大区域宜采用均匀抽稀方式，抽稀的原则应满足建模时点云密度要求；

2）目标物表面曲率变化明显区域宜采用保持特征的抽稀方式，根据法向量变化和曲率识别特征区域进行抽稀。

1. 成果交付
   1. 一般规定
      1. 建筑逆向工程技术应用的交付成果应保证信息的准确性、一致性、完整性和安全性。
      2. 作业成果的质量检验应包括以下内容：

1）测距中误差、点位中误差、配准精度；

2）模型与点云数据空间坐标信息的复合性；

3）计算方法合理性、过程完整性及结果准确性。

* + 1. 过程检查中发现不符合技术标准或技术方案要求时，应提出处理意见，返回作业部门进行纠正，纠正后的成果应符合合作约定要求。
    2. 作业成果应根据质量检验结果评定质量等级，质量等级分为合格和不合格。出现下列问题之一时，应判定为不合格：

1）仪器未经检定或超出检定有效期；

2）测绘精度不满足要求；

3）数据伪造或严重失真。

* 1. 交付物
     1. 建筑逆向工程技术应用方应根据各阶段应用需求和交付要求，整合建筑逆向信息模型及相关数据信息形成成果交付物。
     2. 建筑逆向工程技术主要交付物的代码和类别应符合表7.2.2的规定。

**表7.2.2 交付物的代码及类别**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 代码 | 交付物类别 | 备注 |
| D1 | 建筑逆向信息模型 | 可独立交付 |
| D2 | 建筑逆向信息采集报告 | 宜与D1类共同交付 |
| D3 | 模型拼合报告 | 宜与D1类共同交付 |
| D4 | 模型坐标报告 | 宜与D1类共同交付 |
| D5 | 摄影图像 | 可独立交付 |

* + 1. 建筑逆向信息模型的交付内容应包括测绘原始数据、作业成果模型、扫描过程的信息记录（技术、设备、人员、时间、位置等）。
    2. 场地测绘的作业成果模型应包含完整的、准确的场地信息，如遇改造类建筑项目还应包含详细全面的既有建筑信息。
    3. 构件检测、变形监测、竣工建档的作业成果应包含几何、位置、色彩、纹理等建筑逆向信息。
    4. 作业成果格式应能支持开放交换标准。
  1. 成果归档
     1. 成果归档工作应包括命名方式、权属划分、分类归档、维护管理、后期应用。
     2. 成果文件宜按照“【项目名称或缩写】-【设备名称】-【场景/日期/版本】-【实施人员】”的方式进行命名：

1）当作业成果为分测站点数据时，宜在项目名称中增加站点顺序字段；

2）文件命名中的“场景”指场地测绘、构件检测、变形监测、竣工建档；

3）如遇其他实际情况，宜在此命名规则基础上增加自定义字段。

* + 1. 成果实施人员应对成果文件的真实性、准确性、合规性负责。
    2. 成果归档资料应包括以下内容：

1）成果清单；

2）技术方案；

3）外业测绘原始数据；

4）内业数据处理记录；

5）点云模型、三维模型、图形照片等各类作业成果；

6）检查验收记录；

7）其他相关资料。

本标准用词说明



1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下:

1. 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

1. 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

1. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

1. 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按......执行”或“应符合......的规定”。

引用标准名录



1 《建筑信息模型应用统一标准》GB/T 51212-2016

2 《工程测量标准》GB 50026-2020

3 《摄影测量与遥感术语》GB/T 14950-2009

4 《近景摄影测量规范》GB/T 12979-2008

5 《数字航空摄影测量 空中三角测量规范》GB/T 23236-2009

6 《低空数字航空摄影测量外业规范》CH/Z 3004-2010

7 《低空数字航空摄影测量内业规范》CH/Z 3003-2010

8 《历史建筑数字化技术标准》JGJ/T489-2021

9 《建筑变形测量规范》JGJ8-2016

10《建设领域信息技术应用基本术语标准》JGJ/T313-2013

11《地面三维激光扫描工程应用技术规程》T/CECS 790-2020

**中国工程建设标准化协会标准**

**建筑竣工扫描成果交付管理标准**

**Management standard for delivery of construction completion scanning results**

**T/CECS XXX-202X**

条 文 说 明

目 次

[1 总 则 17](#_Toc91034956)

[2 术 语 18](#_Toc91034957)

[3 基本规定 18](#_Toc91034958)

[3.1 一般规定 18](#_Toc91034959)

[3.2 业务策划 19](#_Toc91034960)

[3.3 组织管理 19](#_Toc91034961)

[4 技术应用 19](#_Toc91034962)

[4.1 一般规定 19](#_Toc91034963)

[4.2 场地测绘 20](#_Toc91034964)

[4.3 构件检测 21](#_Toc91034965)

[4.4 变形监测 21](#_Toc91034966)

[5 数据采集 21](#_Toc91034967)

[5.1 一般规定 21](#_Toc91034968)

[5.2 激光扫描技术 21](#_Toc91034969)

[5.3 摄影测量技术 22](#_Toc91034970)

[6 数据处理 22](#_Toc91034971)

[6.2 数据预处理 22](#_Toc91034972)

[6.3 数据加工处理 22](#_Toc91034973)

[7 成果交付 22](#_Toc91034974)

[7.1 一般规定 22](#_Toc91034975)

[7.2 交付物 22](#_Toc91034976)

[7.3 成果归档 23](#_Toc91034977)

1. 总 则
   * 1. 本条规定了本标准的编制意义和编制目的。我国“十四五”规划纲要以及《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》（建市〔2020〕60号）等重要政策文件明确指出，建筑工业化、数字化、智能化升级是当下推动建筑业高质量发展的重点任务。推动建筑工程领域发展数字化设计体系、加快智能建造应用、完善数字化成果交付、健全以多源信息数据为基础的管理及决策平台是实现建筑业转型升级的重要举措。

然而，目前已有的相关标准和研究工作主要围绕正向数字化的设计和建造内容进行规范，编制组通过广泛调研发现逆向数字化进程早已成为行业关注热点却缺乏相应的技术规定。建筑逆向工程技术的应用基本覆盖建筑工程项目全生命周期各阶段，技术实施所获取的建筑逆向信息是物理空间在信息空间的四维真实映射，因而真正打通了物理世界与信息世界实时融合的双向通道，为进一步构建建筑数字孪生体提供不可或缺的数据基础。

本标准的制订将规范和引导逆向工程技术在建筑工程领域的应用，推动建筑工程项目的数字化、信息化发展。标准主要面向建设单位、设计单位、施工单位、勘察单位、监理单位等各行业部门从事相关工作的技术人员和管理人员使用。

* + 1. 本条规定了本标准的适用范围。本标准规定了建筑逆向工程技术的实施目标、技术方法、应用流程和质量要求，适用于建筑工程领域常见的测量场景，如场地测绘、构件检测、变形监测、竣工建档等逆向数字化作业。
    2. 建筑逆向工程技术涉及多种技术方法和测量工具，不仅包含地面三维激光扫描仪、无人驾驶飞行器等利用激光扫描技术或摄影测量技术实现三维测量的逆向数字化工具，也同时覆盖了全站仪、水准仪、测距仪、卷尺等常规测量设备，以及利用超声波、电磁波等技术传输特定信号的特殊传感设备。

本标准结合做到先进性、科学性、协调性、可操作性的标准编制需求，选取具有前沿应用价值和技术推广潜力的激光扫描技术及摄影测量技术作为标准聚焦的两类典型建筑逆向工程技术，从而对标国内外先进标准，推动建筑业数字化测量水平的提高。其他常规测量设备和特殊传感设备的使用应参照《工程测量标准》GB 50026-2020等国家或地方现行有关标准实施。

1. 术 语

术语的制定主要依据《工程测量标准》GB 50026-2020、《摄影测量与遥感术语》GB/T 14950-2009、《地面三维激光扫描工程应用技术规程》T/CECS 790-2020等现行中华人民共和国测绘行业标准化指导性技术文件。

1. 基本规定
   1. 一般规定
      1. 建筑逆向工程技术适宜应用于建筑工程项目的策划与设计、制造与建造、运营与维护、改造与保护利用等各项目阶段或某些具体环节，需要综合考虑项目实际情况。本条提出的项目需求、项目特点、技术实施周期和技术应用水平可作为确定应用目标和应用范围重点考量的条件。
      2. 建筑逆向工程技术的业务策划应为技术应用的第一步，通过技术方案的制定明确项目要求、项目内容、技术路线、工作流程、进度计划、管理措施、质量控制措施等，并通过后期建筑逆向工程技术应用过程的管理逐步完善。
      3. 应用建筑逆向工程技术获取的图像、模型等数据信息应通过事前协议的方式进行管理，在项目相关方开展合作的前期明确各方权力、义务与责任，约定协同工作方式以及数据传递和交换方式，降低数据安全隐患。
      4. 本条规定了对建筑逆向工程技术设备的选取要求：

1）由于设备的技术原理、规格、特点各有不同，应根据应用目标和应用范围选择具有相应测量精度和测量距离等级的设备；

2）仪器设备应按照规定在管理周期内进行检校检定，超出检校合格有效期或检校不合格的设备会增加偏离标准状态的概率。

* + 1. 建筑逆向工程技术采集的三维空间数据信息量较大，对数据处理软件及其硬件配置要求较高，应事先进行测试或验证来保障软件的专业功能和运行状态能够满足项目需求。考虑到项目相关方之间后续数据交换和处理的需要，软件输出成果宜支持开放的数据交换标准，进而与BIM平台、CIM平台等技术进行集成或融合。
    2. 为保证项目成果的完整性和准确性，在项目实施过程中以及成果验收前，应进行建筑逆向工程技术应用成果的质量检查。对于不满足合格要求的成果进行退回修改及重新提交检验处理，直至合格为止。
  1. 业务策划
     1. 建筑逆向工程技术的应用对于还原现场建成信息、连接建筑工程上下游参与方的信息孤岛具有切实意义，需要将建筑逆向工程技术的策划纳入建筑工程项目整体计划，且如有策划内容调整应发放给建筑工程项目相关方。
     2. 业务策划的前期应通过沟通、调研等方式收集项目相关资料，包括项目概况、逆向目标、精度要求、采集范围、时间计划、现场条件等，以便制定适宜技术方案。
     3. 现场探勘应重点掌握场地环境、测量条件、可能存在的障碍或风险因素等外部情况。
  2. 组织管理
     1. 质量控制计划应包括计划管理、配置管理、进度管理、协作管理、成果管理等。
     2. 应用成果的质量控制应注重数据的完整性、准确性，以及数据模型的细度检查。
     3. 应用效果的定性评价是指从其对建筑工程项目实施过程、实施进度、项目目标的影响出发，采用定性评估的方式提出对工程质量的影响；定量评价是指在应用建筑逆向工程技术的前后，判断其对建筑工程项目成本和工期的定量影响。
     4. 成果交付除应按合约规定进行外，还应符合本标准第7章的相关规定。

1. 技术应用
   1. 一般规定
      1. 本条给出逆向工程技术在建筑设计施工全流程中较为常见的几类应用场景，针对不同场景的技术要求做出规定。实际作业时应根据实施对象、场地条件、精度要求选择合适的设备与方法，以确保信息的完整、正确和精准。
      2. 本标准中规定的建筑逆向工程技术主要包含激光扫描技术和摄影测量技术两种类型，如表1、表2所示分别为激光扫描技术与摄影测量技术的常见设备类型与特点。

**表1 激光扫描技术常见设备类型与特点**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 相位式 | 脉冲式 | 三角定位式 | 即时定位式 |
| 基本原理 | 通过计算激光发射至反射的相位差来计算探测距离 | 通过脉冲式激光发射至反射的来回时长计算探测距离 | 根据两个激光发射点和探测点进行三角定位计算 | 通过脉冲式激光和即时定位实现场景中的移动扫描 |
| 探测距离 | 一百米内范围 | 几百米范围 | 几米范围 | 几十米范围 |
| 探测精度 | 毫米级 | 毫米至厘米级 | 微米级 | 毫米级 |
| 作业时间 | 最快 | 最快 | 较快 | 最慢 |
| 设备载体 | 站立式、车载式、机载式 | 站立式、车载式、机载式 | 手持式 | 背包式、车载式、机载式 |
| 应用成本 | 较高 | 最高 | 最低 | 较高 |
| 便携程度 | 最低 | 最低 | 最高 | 较高 |
| 应用场景 | 室内空间  建筑整体  场地环境 | 室内空间  建筑整体  场地环境 | 实体模型  构件部品  室内空间 | 室内空间  建筑整体 |

**表2 摄影测量技术常见设备类型与特点**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 手机 | 相机 | 无人机 | 深度相机 |
| 作业时间 | 最快 | 最快 | 较快 | 较快 |
| 设备载体 | 手持 | 手持/三脚架 | 机载遥控 | 手持/三脚架 |
| 清晰度 | 较高 | 最高 | 较高 | 较高（含深度信息） |
| 应用成本 | 最低 | 较低 | 较高 | 较高 |
| 便携程度 | 最高 | 较高 | 较高 | 较高 |
| 应用场景 | 室内空间  建筑整体 | 室内空间  建筑整体 | 场地环境 | 室内空间  建筑整体 |

**4.1.4** 逆向工程技术应用中精度是重要的技术指标，通常用中误差来衡量。本条规定建筑逆向精度指标划分等级，并对不同应用场景的精度范围做出规定。过高的精度选取会带来不必要的计算量，过低的精度选取难以满足各个场景对于信息准确度、完整度的需求，因此需要在逆向技术实施过程中选择并保证合适的精度。

**4.1.5** 建筑逆向工程技术的主要应用目标是实时获取设计施工过程中的三维实体信息以实现对设计施工质量的把控，而逆向信息的获取只是第一步，只有将建成信息反馈至BIM模型，并通过信息比对实时更新BIM模型才能进一步转化出建造指令，服务设计建造全过程。

* 1. 场地测绘
     1. 逆向技术在场地测绘场景中的作用一是为设计方提供完整、准确的场地三维图形信息，二是为后期数字归档提供场地基础信息，因此测绘范围、内容与精度需要满足设计方的设计需求，并且包含本条所规定的建筑逆向信息种类。

**4.2.3** 脉冲式扫描仪对植被的穿透效果较好，相比相位式扫描仪可以获得更多的地面点云，应用于场地测绘时方便后期过滤植被。脉冲式和相位式扫描仪由于本身体积、重量较大且无法在扫描期间移动，必须采用多站点扫描拼合的方式，不便在狭小、复杂的空间中使用。

**4.2.4** 无人机设备能够获取超过人可达范围的图像信息，如高层立面、屋顶等，且便于与目标物拉开距离，获得更好的视域，提高拍摄效率，因此被广泛用于场地或建筑外立面的测绘。

* 1. 构件检测
     1. 本节规定的构件既包括装配式建筑的预制构件，也包含现场施工的梁、板、柱等建筑基本部品。
     2. 建筑在建造过程中以层次叠加的方式进行增长，后一步会将前一步的建造内容覆盖，因此不同层次的逆向信息必须在建造过程中及时获取，才能保证相互之间互不干扰，最终获得完整的全信息模型。编制组通过大量调研，结合实际建造过程将构件检测场景下的逆向信息获取分为预制构件出厂、主体结构完工、围护结构完工、设备系统完工、表皮内装完工五个阶段。

**4.3.4** 构件检测对逆向信息的精确性有较高要求，因此宜选用相较于摄影测量技术精度更高的激光扫描技术。经过多站扫描配准形成的点云数据误差大小与配准效果有关，因此应尽量减少配准次数，并做到扫描线路闭合。

**4.3.5** 预制构件不受现场条件制约，可以在出厂前进行逆向信息采集，宜选用精度更高的三角定位手持式扫描设备；对于现场施工的构件，则宜选用站立式的相位或脉冲式扫描设备，相较手持设备有更大的扫描范围。

* 1. 变形监测

**4.4.3** 基准网的布设和观测精度可参照《建筑变形测量规范》JGJ8-2016中的相关规定。

**4.4.6** 变形监测的精度要求较高，过多的站点配准会导致精度超限。

1. 数据采集
   1. 一般规定

**5.1.4** 现场记录和检查将有利于及时发现问题，并为后期数据处理做准备。如遇扫描数据缺失、遗漏或发生错误等情况，可以现场补测或纠正。

* 1. 激光扫描技术

**5.2.2** 现场勘测应全视角、全方位地覆盖数据采集目标。扫描站点的布设应充分考虑现场可能影响扫描结果的各类因素，如遮挡、振动等。

**5.2.3** 当扫描区域范围内特征识别点较少、难以进行扫描站点间的有效拼接时，宜采用标靶纸、靶标球、靶标点等辅助设备代替空间特征识别点，提高采集精度。

* 1. 摄影测量技术
     1. 由于图像数据主要依靠颜色识别拼接重叠点，因此测量环境中的光照度将直接影响数据质量和数据结果。

1. 数据处理
   1. 数据预处理
      1. 当图像出现曝光过度、曝光不足、阴影、相邻图像间对的色差等现象时，应进行色调调整。色彩纠偏，保持图像反差适中、色调一致。
      2. 因视角或镜头畸变引起变形时，应对图像变形部分作纠正处理。
      3. 点云配准是为了将扫描目标完整构建出来，通过将不同站点采集的点云数据进行重新定位，可以将设备坐标系下的点云转换到共同的基准坐标系内，组成三维数据集。
   2. 数据加工处理

**6.3.2** 建筑逆向数据的分类可分为道路、景观、建筑、建筑结构、建筑围护、室内家具、机电管道等。

**6.3.3** 点云数据的抽稀应保留扫描目标应有的细节和整体特征。

1. 成果交付

7.1 一般规定

**7.1.1** 建筑逆向工程技术成果的验收应依据项目委托书、合同或技术设计书进行组织实施。

**7.1.2** 作业成果的质量检验宜采用内业全数检验、外业抽样检验的方式，并记录检验过程。

**7.1.4** 质量检验完成后应编制质量检验报告，包括检验工作概况、项目成果概况、检验依据、检验内容及方法、主要质量问题及处理情况、质量统计及质量等级。

7.2 交付物

**7.2.2** 本条规定了建筑逆向工程技术的交付物内容、代码、类别及交付方式。

**7.2.3** 提交验收的交付成果和资料应齐全，成果验收应形成验收报告。

7.3 成果归档

**7.3.2** 成果文件的命名格式应清晰准确，并应满足项目要求。

**7.3.4** 成果资料归档应满足国家或地方有关建筑工程资料管理的要求。