****

T/CECS XXX-202X

**中国工程建设标准化协会标准**

**基坑工程三维激光扫描应用  
技术规程**

Technical specification for application of three dimensional laser scanning in foundation pit engineering

（征求意见稿）

拟更名为：

基坑工程地面三维激光扫描应用技术规程

202X年XX月

中国工程建设标准化协会标准

基坑工程三维激光扫描应用技术规程

Technical specification for application of three dimensional laser scanning in foundation pit engineering

**T/CECS XXX-202X**

|  |  |
| --- | --- |
| 主编单位： | 山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司 山东建筑大学 |
| 批准单位： | 中国工程建设标准化协会 |
| 施行日期： | 2024年12月1日 |

202X 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会关于印发《2022年第二批协会标准制定、修订计划》的通知（建标协字[2022]40号）的要求，规程编制组经深入调查研究，认真总结工程实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程共分为8章和1个附录，主要技术内容包括：总则、术语和缩略语、基本规定、数据采集与数据预处理、基坑工程检测、基坑工程监测、BIM建模与应用、检验与成果等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会绿色建造专业委员会归口管理，由山东建筑大学工程鉴定加固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，请反馈给山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司（地址：山东省济南市历下区历山路96号，山东建筑大学和平校区科技产业园三楼，邮编：250013，邮箱：shaogb@sdjzu.edu.cn）。

**主 编 单 位：**山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司

山东建筑大学

**参 编 单 位：**XXXXXX有限公司

**主要起草人：**XXX、XXX、XXX

**主要审查人：**XXX、XXX、XXX

目 次

[1 总则 1](#_Toc173599629)

[2 术语和符号 2](#_Toc173599630)

[2.1 术语 2](#_Toc173599631)

[2.2 缩略语 3](#_Toc173599632)

[3 基本规定 4](#_Toc173599633)

[3.1 一般规定 4](#_Toc173599634)

[3.2 基本要求 4](#_Toc173599635)

[4 数据采集与数据预处理 7](#_Toc173599636)

[4.1 一般规定 7](#_Toc173599637)

[4.2 前期准备 7](#_Toc173599638)

[4.3 扫描作业 8](#_Toc173599639)

[4.4 数据预处理 11](#_Toc173599640)

[5基坑工程测绘 15](#_Toc173599641)

[5.1 一般规定 15](#_Toc173599642)

[5.2 基坑及支护结构测绘 15](#_Toc173599643)

[5.3 基坑周边环境测绘 17](#_Toc173599644)

[6 基坑工程监测 18](#_Toc173599645)

[6.1 一般规定 18](#_Toc173599646)

[6.2 基坑监测 19](#_Toc173599647)

[6.3 周边环境监测 20](#_Toc173599648)

[6.4 监测数据反馈 20](#_Toc173599649)

[7 基坑工程BIM建模与应用 22](#_Toc173599650)

[7.1 一般规定 22](#_Toc173599651)

[7.2 BIM建模 22](#_Toc173599652)

[7.3 施工应用 23](#_Toc173599653)

[8 检验与成果 25](#_Toc173599654)

[8.1 一般规定 25](#_Toc173599655)

[8.2 质量检验 25](#_Toc173599656)

[8.3 成果 26](#_Toc173599657)

[附录 A 地面三维激光扫描作业记录表 28](#_Toc173599658)

[本规程用词说明 29](#_Toc173599659)

[引用标准名录 30](#_Toc173599660)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc106817221)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc106817222)

[2.1 Terms 2](#_Toc106817223)

[2.2 Symbols 3](#_Toc106817224)

[3 Basic requirements 4](#_Toc4653)

[3.1 General requirements 4](#_Toc16887)

[3.2 Basic requirement 4](#_Toc2261)

[4 Data acquisition and data preprocessing 7](#_Toc7993)

[4.1 General requirements 7](#_Toc29707)

[4.2 Preliminary preparation 7](#_Toc23593)

[4.3 Scanning operation 8](#_Toc8384)

[4.4 Data preprocessing 11](#_Toc2580)

[5 Surveying and mapping of excavations engineering 15](#_Toc24319)

[5.1 General requirements 15](#_Toc19188)

[5.2 Retaining structure 15](#_Toc11938)

[5.3 Environment around excavations engineering 17](#_Toc5600)

[6 Monitoring of excavation engineering 18](#_Toc20096)

[6.1 General requirements 18](#_Toc10755)

[6.2 Excavation engineering 19](#_Toc22015)

[6.3 Environment around excavations engineering 20](#_Toc22015)

[6.4 Monitoring results feedback 20](#_Toc22015)

[7 BIM modeling and application of excavation engineering 22](#_Toc27248)

[7.1 General requirements 22](#_Toc10274)

[7.2 BIM modeling 22](#_Toc29034)

[7.3 Construction application 23](#_Toc29736)

[8 Inspection and results 25](#_Toc24346)

[8.1 General requirements 25](#_Toc22516)

[8.2 Quality inspection 25](#_Toc18121)

[8.3 Results 26](#_Toc6865)

[Appendix A terrestrial three dimensional laser scanning operation record 28](#_Toc30487)

[Explanation of wording in this specification 29](#_Toc27479)

[List of quoted specification 30](#_Toc31949)

# 1 总则

**1.0.1**为了规范地面三维激光扫描技术在基坑工程中的应用，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量，制定本规程。

【条文说明】1.0.1 近年来随着三维激光扫描技术的发展，地面三维激光扫描技术已在基坑工程的施工和监测中逐渐得到推广应用，为规范作业方法和保证成果质量，迫切需要制定统一的技术标准。本条对制定本规程的目的和意义进行了说明。

**1.0.2**本规程适用于地面三维激光扫描数据采集与数据预处理、基坑工程检测、基坑工程监测、BIM建模与应用、检验与成果等环节。

【条文说明】1.0.2 本条对本规程的适用范围进行了规定。

**1.0.3**基坑工程地面三维激光扫描应用除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

**2.1.1**基坑工程excavations

为进行建（构）筑物地下部分的施工由地面向下开挖出的空间。

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

基于地面固定站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。

**2.1.3**点云point cloud

由激光扫描仪或其他三维传感器获取，以离散形式分布于三维空间中的点的集合。

**2.1.4**点云配准point cloud registration

把不同站点获取的独立坐标系下的点云数据转换到统一坐标系的过程。

**2.1.5**标靶target

具有规则几何形状的人工标识物，可以被精确地识别和量测，用于点云数据质量检查及点云配准等工作。

**2.1.6**噪点noise point

受光线、材质、振动、非目标物及扫描仪器等因素影响，点云中偏离扫描目标的点。

**2.1.7**点云拟合point cloud fitting

对离散分布在三维空间中的点构建光滑且连续的曲线或曲面模型，该模型可用数学模型或几何形状表示。

**2.1.8**纹理映射texture mapping

将纹理像素信息映射到点云或模型空间上的过程。

**2.1.9**基坑工程测绘detection of excavations engineering

在基坑工程施工及使用阶段，采用三维激光扫描技术进行基坑支护体系与周边环境的几何参数与形态检测。

**2.1.10**假定坐标系assumed coordinate system

测量控制网中任意假定一个点的坐标和起始方向而形成的坐标系统。

**2.1.11**假定高程assumed elevation

以假定的水准面为基准面的高程。

**2.1.12**建筑信息模型building information modeling （BIM）

在建设工程及设施全生命期内，对其物理和功能特性进行数字化表达，并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称。

**2.1.13**参数化建模parametric modeling

使用参数和约束来创建和修改几何模型。

**2.1.14**模型求差法model difference method

利用点云数据生成测量对象的表面模型或三维模型，对不同时段的模型进行对比分析来获取变形数据信息。

## 2.2 缩略语

**2.2.1**CGCS2000China Geodetic Coordinate System 2000

2000中国大地坐标系，又称2000国家大地坐标系。

**2.2.2**GNSSGlobal Navigation Satellite System

全球导航卫星系统。

**2.2.3**DEMDigital Elevation Model

数字高程模型。

**2.2.4**TINTriangulated Irregular Network

不规则三角网。

**2.2.5**NURBSNon-Uniform Rational B-Splines

非均匀有理B样条。

# 3 基本规定

## 3.1 一般规定

**3.1.1**当基坑规模较大、分布密集、基坑支护体系及周边环境复杂时，可利用地面三维激光扫描技术，开展基坑工程整体施工质量鉴定评估、整体变形监测、BIM建模与施工管理等工作。

**3.1.2**基坑工程地面三维激光扫描技术工作流程应包括技术准备与技术设计、数据采集、数据预处理、数据分析与成果整理、质量检验与成果归档。

**3.1.3**基坑工程地面三维激光扫描工作开展前应编制技术设计书，设计书的编制应符合现行行业标准《测绘技术设计规定》CH/T 1004的有关规定，并结合工程特点、数据要求、仪器精度、场地条件等综合确定。

**3.1.4**基坑工程地面三维激光扫描工作应委托具备相应能力的单位进行实施。

**3.1.5**地面三维激光扫描测量应采用现行的国家平面坐标系统和高程系统，同一工程的平面坐标系统和高程系统应保持一致。

**3.1.6**地面三维激光扫描测量平面控制点宜共点布设，布点位置、数量、作业方法和精度应符合现行行业标准的有关规定。

**3.1.7**地面三维激光扫描精度等级应以中误差作为衡量精度的指标，并以2倍中误差作为极限误差。

**3.1.8**对地面三维激光扫描仪在不同现场条件下扫描数据的测量结果，宜采用高等级测量仪器或方法进行数据校验。

【条文说明】3.1.8 影响地面三维激光扫描仪测量误差的因素很多，包括测距、测量角度、激光波长、激光入射角、目标表面粗糙度、温度、压力、湿度、配准误差、坐标转换、拟合计算误差等。由于地面三维激光扫描仪的技术水平和现场操作环境的复杂性，仍然难以准确评估测量误差的大小。大量的工程实践表明，对于测量精度要求明确的工程检测，应采用精度较高的测量仪器或方法对扫描仪的测量数据进行验证。

**3.1.9**原始数据和成果应及时做好备份，测量成果宜及时整理和归档。

## 3.2 基本要求

**3.2.1**地面三维激光扫描作业用于独立测量时，平面坐标系统可采用假定平面坐标系，高程系统可采用假定高程基准。

【条文说明】3.2.1 在变形监测中往往仅需要测定监测对象相对于基准点的位移变化，以及在基坑的检测与鉴定工作中测量基坑工程局部区域的尺寸等几何信息，为了减少误差累积与联测换算带来的不便，宜选择假定坐标系及高程基准作为其坐标系统和高程基准。5 小区域基坑或独立的点云成果时可不布设控制网。

**3.2.2**地面三维激光扫描作业的日期应采用公元纪年，时间应采用北京时间。

【条文说明】3.2.2 实际基坑工程应用当中，往往需要获取目标物的形态或位置随时间变化的特征信息，因此地面三维激光扫描仪应采用国家统一的时间基准。

**3.2.3**地面三维激光扫描作业的点云精度等级应符合表3.2.3的规定，有特殊要求的应另行设计。

**表3.2.3 地面三维激光扫描作业点云精度等级与精度要求**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 点云精度等级 | 特征点间距中误差（mm） | 相对于邻近控制点中误差（mm） | 点云最大点间距（mm） | 适用范围 | | |
| 基坑测绘 | 基坑监测 | BIM建模  与施工管理 |
| 一等 | ≤3 | ≤5 | ≤3 | √ | √ | √ |
| 二等 | ≤10 | ≤20 | ≤10 | √ | - | √ |
| 三等 | ≤30 | ≤30 | ≤25 | - | - | √ |

【条文说明】3.2.3 工程应用中，点云精度是重要的参数指标，地面三维激光扫描精度应以中误差作为衡量精度的指标，并以2倍中误差作为极限误差。为便于工程实际应用，本规程将点云精度划分为三个等级，并对适用范围作出相应规定。

综合考虑三维激光扫描设备实际精度水准以及应用领域的精度要求，本规程未对仪器设备的精度等级进行直接规定，而是根据不同的应用对象对测量结果的点云精度需求进行规定。当采用地面三维激光扫描仪开展测绘和建模时，建议点云精度达到一等精度的要求，对于小比例尺的测绘可酌情采用二等～三等的精度要求；当采用地面三维激光扫描仪开展基坑和工程监测时，原则上点云精度等级应达到一等的要求，对于少数变形量大、精度要求低的情形可采用二等精度等级，不得采用三等精度等级。经过分析对比，当点云精度达到一等精度时可基本实现建筑变形测量四等的要求。

基坑测绘是为保障基坑工程安全，在建设全过程中对与建筑物有关的地基、建筑材料、施工工艺、建筑结构进行一系列测试并与设计值比较的工作。工程监测是指在建构筑物施工、运营过程中，采用监测仪器对关键部位各项控制指标进行监测的技术手段，以保证工程实施过程中的安全性。

**3.2.4**地面三维激光扫描仪应符合下列规定：

**1**仪器宜具有双轴补偿功能；

**2**仪器宜配有倾角仪、高度计、GNSS等传感器；

**3**仪器的技术参数应按表3.2.4的规定采用；

**表3.2.4 地面三维激光扫描仪的技术参数 （mm）**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 点云精度等级  技术指标 | 一等 | 二等 | 三等 |
| 仪器测距中误差或仪器点位中误差 | ≤2@D或≤3@D | ≤5@D或≤8@D | ≤15@D或≤25@D |
| 有效点云范围 | ≤D且≤0.5S | ≤1.5D且≤0.5S | ≤0.5S |

**4**地面三维激光扫描仪应经法定计量检定机构校准合格，并在校准有效期内使用；当出现仪器碰撞、振动、数据异常等情况时，应进行重新校准。

**3.2.5**地面三维激光扫描仪的数据处理软件应具有兼容性，且应经过测试并经主管管理部门备案。

**3.2.6**标靶应符合下列规定：

**1**标靶的尺寸应根据扫描点云的密度确定，满足扫描仪的识别要求；

**2**采用球形标靶时，应采用整体发射率大的材质，标靶的不同截面直径的极差不应大于1mm；

**3**采用平面标靶时，标靶的表面材质应满足扫描仪的识别要求；

**4**标靶宜选择设备生产厂家附带的原厂标靶。

【条文说明】3.2.6 标靶从外形上主要分平面标靶、球形标靶，根据材质不同可分为金属标靶、塑料标靶、纸质标靶。标靶选用时应根据作业环境的不同采用合适的标靶形式，通常情况下，球形标靶的配准效果较好。

# 4 数据采集与数据预处理

## 4.1 一般规定

**4.1.1**地面三维激光扫描仪的扫描工作参数应根据基坑工程特点、应用要求、场地条件等综合确定。

**4.1.2**作业前应对仪器的测距精度、水平角精度、平面点位精度等主要性能参数进行检校。

**4.1.3**数据采集与预处理应按图4.1.3的流程实施，宜按照附录A填写作业记录。



图4.1.3 扫描作业流程图

**4.1.4**三维激光扫描数据采集与数据预处理除应符合本规程的规定外，尚应符合设计要求及现行行业标准《地面三维激光扫描作业技术规程》CH/Z 3017的有关规定。

## 4.2 前期准备

**4.2.1**数据采集前应具备下列资料：

**1**项目委托书；

**2**基坑设计图纸及设计变更、场地地形图等工程资料；

**3**现场作业范围、现场情况说明和现场影像资料等；

**4**已有平面、高程控制网数据；

**5**地面三维激光扫描技术方案。

**4.2.2**作业前的现场踏勘宜包括以下内容：

**1**基坑工程项目的范围、空间分布及施工进程等现场情况；

**2**项目现场危险区域、交叉流线等可能影响扫描作业安全的状况；

**3**作业区域内障碍物大小、位置等空间分布情况；

**4**初步规划仪器的架设位置，作业路线；

**5**已有控制点的位置、保存情况及使用的可能性。

【条文说明】4.2.2 在进行建筑基坑项目的三维扫描测绘前，进行现场踏勘是非常重要的，它有助于确保扫描工作的顺利进行以及获得高质量的扫描数据。

**4.2.3**应结合已有资料、实地踏勘等情况有针对性地编制技术设计书，应包括以下内容：

**1**根据任务书或合同文件的要求，确定测区范围、坐标系统、高程系统和采集数据要求等；

**2**根据资料搜集、基础控制点及现场踏勘情况，确定测区平面、高程控制测量采用的技术方法、使用的设备和测量精度等；

**3**根据项目技术要求进行扫描方案设计，合理布设扫描站和标靶点，确定测量方法和精度；

**4**扫描作业注意事项和现场扫描质量检查方法；

**5**根据项目技术要求和已有软件情况，对数据预处理及数据处理流程制定及资料检查设计。

## 4.3 扫描作业

**4.3.1**作业前应对仪器进行外观检查、通电检查和相机检查，并应符合下列规定：

**1**仪器外观应无损伤，激光镜头应清洁无污染；

**2**仪器通电检查性能正常，电池容量和存储容量应满足作业要求；

**3**当采用外置相机时，应进行相机主距、像主点距离、畸变参数、安装姿态等参数的校准。

**4.3.2**控制网的布设应符合下列规定：

**1**应根据测区内已知控制点的分布、地形地貌、扫描目标物的分布和精度要求，选定控制网等级并设计控制网的网形；

**2**控制网布设应满足扫描站布设和标靶布设需求，控制点应编号；

**3**控制网应全面控制扫描区域，控制点应均匀分布在目标物四周；

**4**控制点标志宜采用平面标靶或球型标靶。

【条文说明】4.3.2 控制测量是指在测区内按测量任务所要求的精度，测定一系列控制点的平面位置和高程，建立起测量控制网。控制网具有控制全局、限制测量误差累积的作用，是地面三维激光扫描仪控制测量及配准作业的一种重要技术手段。控制网的布设方法可按现行国家标准《工程测量规范》GB 50026的有关规定执行。

建筑工程领域控制点的标识，常采用不锈钢制作，以标志中间的十字中心坐标作为该控制点的坐标。由于地面三维激光扫描仪工作时是随机发射激光束，点与点之间存在无坐标信息的区域，故难以准确获取该类控制点的十字中心坐标。而采用标靶作为控制点标识，可通过点云拟合的方式准确获取标靶中心点的坐标，适用于地面三维激光扫描仪作业的控制网布设。控制点应统一编号，并绘制点之记略图，以便于寻找点位。

**4.3.3**控制网平面测量宜采用导线测量或全球导航卫星系统（GNSS）测量的方法施测，控制网高程测量宜采用几何水准测量的的方法施测，控制网的平面测量和高程测量应符合国家现行标准《工程测量标准》GB 50026、《城市测量规范》CJJ/T 8的有关规定。控制测量的技术参数应按表4.3.3的规定采用。

**表4.3.3 地面三维激光扫描作业点云精度等级与精度要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 点云精度等级 | 控制网 | |
| 平面控制 | 高程控制 |
| 一等 | 应专项设计 | 应专项设计 |
| 二等 | 一级导线或一级GNSS静态 | 四等水准 |
| 三等 | 二级导线或二级GNSS静态 | 四等水准 |

【条文说明】4.3.3 一等精度的控制测量应根据工程需求专项设计。

**4.3.4**扫描测站的布设应符合下列规定：

**1**扫描站应设置在基坑四周、无振动且通视条件好的安全区域，也可根据现场情况布置在基坑内部；

**2**根据现场情况，当布置在基坑内部时应避免施工扰动；

**3**扫描站应布设均匀，且设站数目尽量少；

**4**当单一测站时，扫描测站的布设应覆盖目标工程；

**5**登高作业操作空间应满足使用要求，设站区域或平台应具有稳固性。

【条文说明】4.3.4 扫描站的布设是数据采集的重要工作。站位布设时应参考方案中的预设站位图并根据现场实际情况决定最终的设站位置，每个站位要充分考虑现场多种因素的影响，如振动、施工、遮挡等。在发现设站的位置存在以上影响因素时应及时进行调整，同时也要充分做好人员及设备的安全保障。

地面三维激光扫描仪的作业方式属于固定站的作业方式，通常情况下，单站作业时间较其他固定站光学测量仪器长，当需要多站作业时，现场作业效率偏低。为提高现场实施效率，可配合其他不同款式的地面三维扫描仪共同使用，同时应保证后续数据格式的相互兼容。

**4.3.5**标靶的布设应符合下列规定：

**1**当各扫描站的点云数据采用标靶配准时，标靶布设的技术参数应按表4.3.5的规定采用；

**表4.3.5 标靶布设的技术参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 点云精度等级 | 连续传递配准次数 | 相邻两站公共标靶数量 |
| 一等 | ≤3 | ≥5 |
| 二等 | ≤5 | ≥4 |
| 三等 | ≤10 | ≥3 |

**2**标靶应均匀分布在扫描对象的四周，任意两个标靶之间的距离不宜大于15m，且不宜放置在同一高度上；

**3**标靶识别的允许点位中误差宜为±3mm；

**4**地面三维激光扫描仪的激光束与平面标靶的入射角不应大于50°。

【条文说明】4.3.5 标靶布设是数据采集过程中的重要环节，标靶布设的合理性对扫描后整体点云的精度具有至关重要的影响。标靶布设的方法可参考控制网的布设方法。

采用标靶进行配准时，距离过近会导致方位角计算误差较大，距离过远又难以精确识别标靶。此外，考虑到标靶识别、距离测量和坐标转换过程中的误差传递，多站连续配准后会造成坐标传递的精度超出限差，且必须通过闭合到已知点以检核发现配准误差。同时，两测站间的公共标靶数量对配准精度有一定程度的影响，为保证点云配准精度，公共标靶数量应大于最少配准的数量要求，以防止内业点云配准过程中因部分标靶失效而造成数据配准精度的降低。因此本条对连续传递配准次数和相邻两站公共标靶数量进行规定。

标靶的布设需要考虑两个方面的要求，一是标靶与标靶之间的距离，距离过近会降低配准精度；二是标靶与测站之间的距离，在实际工程应用中应根据实际情况选择合适的距离，以确保标靶被准确识别，根据工程经验，建议标靶识别的误差不超过3mm。

**4.3.6**点云数据采集宜按架设扫描站、建立扫描项目、设置扫描范围、设置点间距、点云扫描的步骤操作，且应符合下列规定：

**1**扫描仪应在仪器允许环境条件下使用，开机后应预热和静置3min~5min，再开始扫描工作；

**2**单站扫描过程中不宜有断电、仪器重设等操作；

**3**点间距应符合数据采集要求，且最大点间距应符合本规程表3.2.3的规定；

**4**采用点云特征点进行测站配准时，相邻扫描站点间有效点云的重叠度不应低于30%；

**5**点云精度等级为一等、二等时，相邻两个扫描测站之间的距离不宜大于30m，点云精度等级为三级时，相邻两个扫描测站之间的距离不宜大于50m；

**6**仪器在扫描数据异常时，应分析判断原因并在采取处置措施后，重新进行点云数据采集；

**7**扫描期间应在仪器及标靶附近设置警示标识，防止人员和机械设备的移动造成遮挡和触碰；

【条文说明】4.3.6 在点云精度满足工程应用的前提下，应设置合适的点云采样间距，采样点间距太大，对数据处理精度或成果的应用造成影响，采样点间距太小，采集的数据量庞大，后期处理效率较低。合适的点云采样间距，可提高外业扫描和内业数据处理效率。

**4.3.7**纹理数据采集应符合下列规定：

**1**纹理分辨率等级应按表4.3.7的规定采用；

**表4.3.7 纹理分辨率等级**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 一等 | 二等 | 三等 |
| 像元大小（mm） | ≤3 | ≤10 | ≤25 |

**2**图像拍摄应保持镜头正对目标面；

**3**应选择光线柔和、能见度好、均匀的天气环境条件进行拍摄，不得采用逆光拍摄，避免高温地面拍摄；

**4**相邻两幅图像的重叠度不应低于30%；

**5**采集图像时宜绘制图像采集点分布示意图；

**6**拍摄纹理颜色时，可使用辅助灯光或色卡配合拍摄；

**7**扫描作业时，应利用扫描仪内置或外置相机同时采集纹理数据；

【条文说明】4.3.7 本条规定了纹理数据采集的图像分辨率、纹理精度等级及其他相关技术要求。扫描对象的纹理信息应根据不同的应用需求，采用不同的方式进行采集。对于纹理要求不高，纹理信息主要用于辨识点云所属物体的特征信息时，可采用仪器的内置数码相机在自然光源条件下进行采集。对于色彩还原及纹理细节有较高要求时，可使用高分辨率外置单反相机、外置光源及色卡等设备进行采集。

**4.3.8**现场扫描完毕后，应核验扫描数据，当发现数据异常时，应补充扫描。

【条文说明】4.3.8 每站数据采集完毕后应立即通过预览功能对所采集信息进行检查，主要检查数据采集范围内的目标物、标靶、控制点的点云数据是否出现缺失或与目标物形态明显不符的情况，若无上述情况，方可移动仪器或配准标靶进行下一站的扫描作业，否则应补充扫描。当天外业工作结束前需对各扫描站点的扫描完成情况进行全面的检查，发现漏站的情况应及时补充扫描。

## 4.4 数据预处理

**4.4.1**数据预处理应包括点云数据配准、坐标系转换、降噪与抽稀、图像数据处理、特征提取。

**4.4.2**点云数据配准连接点可选择控制点、标靶、特征地物点，并应符合下列规定：

**1**点云数据配准应采用统一的空间坐标系统，通过配准点的空间坐标计算坐标转换参数和残差；

**2**采用标靶点配准时，标靶点应分布均匀，标靶配准点个数应符合表4.4.1的规定；

**3**采用特征点配准时，特征点不应共线或共面，配准点和独立检核点的数量应符合表4.4.1的规定；

**4**采用迭代最近点匹配法配准时，独立检核点的数量应符合表4.4.1的规定。

**表4.4.2 每站配准点和独立检核点个数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 点云精度等级 | 每站配准点/检核点个数 | | |
| 标靶配准点个数 | 特征点配准点个数 | 独立检核点个数 |
| 一等 | ≥5 | 不适用 | ≥1 |
| 二等 | ≥4 |
| 三等 | ≥3 | ≥7 | ≥3 |

【条文说明】4.4.1 配准也称为拼接，是为了将目标区域构建完整，将不同站点采集的点云进行重新定位，即把当前仪器坐标系下的点云转换到一个共同的基准坐标系下，组成三维数据集。

点云配准的过程其实是要找出两个坐标系之间的变换关系，可以用一个3\*3的旋转矩阵R和三维平移向量t来描述，求解R和t需要在两个坐标系下的空间数据中找出最少3个同名点（一般为标靶点或特征点）。

1.在坐标转换过程中，若两种坐标体系之间没有严密的数学转换关系，而仅仅是符合一定精度的转换，那么这样的转换完成后，与目标坐标系统的坐标必然不能完全一致，存在一定的误差，这个误差就是坐标转换残差。

2.采用迭代最近点匹配法配准时，通过检查配准点的内符合精度，以及设置一定数量的独立检核点，可以检查配准过程中是否存在输入错误、坐标误差超限等错误，以保证多站点云配准的精度满足相应要求。

【条文说明】4.4.1 配准也称为拼接，是为了将目标区域构建完整，将不同站点采集的点云进行重新定位，即把当前仪器坐标系下的点云转换到一个共同的基准坐标系下，组成三维数据集。

点云配准的过程其实是要找出两个坐标系之间的变换关系，可以用一个3\*3的旋转矩阵R和三维平移向量t来描述，求解R和t需要在两个坐标系下的空间数据中找出最少3个同名点（一般为标靶点或特征点）。

1.在坐标转换过程中，若两种坐标体系之间没有严密的数学转换关系，而仅仅是符合一定精度的转换，那么这样的转换完成后，与目标坐标系统的坐标必然不能完全一致，存在一定的误差，这个误差就是坐标转换残差。

2.采用迭代最近点匹配法配准时，通过检查配准点的内符合精度，以及设置一定数量的独立检核点，可以检查配准过程中是否存在输入错误、坐标误差超限等错误，以保证多站点云配准的精度满足相应要求。

**4.4.3**坐标系转换应符合下列规定：

**1**坐标系转换宜采用不少于3个分布均匀的同名点，转换时宜固定比例因子；

**2**基坑变形监测采用标靶点拼接配准时，靶心拟合和转换后的坐标残差应小于相应点位中误差的1/2。配准点或独立检核点的坐标转换残差应小于相应点位中误差的1/2.配准后，相邻站点云重叠度不宜小于20%；

**3**单一扫描目标物可采用一个已知点和一个已知方位进行坐标系转换。

**4.4.4**点云数据降噪与抽稀应符合下列规定：

**1**点云数据中存在脱离扫描目标物的异常点、孤立点时，可采用自动、手动或人机交互的方式进行降噪处理；

**2**降噪处理的点云数据还应包括与扫描对象无关的人员移动、机械活动、水面倒影等点群；

**3**点云数据抽稀不应影响目标物特征识别与提取，抽稀后最大点间距应满足本规程表3.2.3的要求；

【条文说明】4.4.4 点云的降噪抽稀，是为了减少数据量，提高数据处理效率，其中降噪是为了除去非对象点，抽稀是为了轻量化。处理过程中应保留目标物的主要细节和整体特征，满足特征提取的点云密度和范围要求，并宜采取措施减少非目标对象的测量数据对目标物特征提取的影响。

**4.4.5**图像数据处理应包括图像色彩调整、变形纠正、图像配准、格式转换等内容，并应符合下列规定：

**1**图像出现曝光过度、曝光不足、阴影、相邻图像间的色彩差异等现象时，应进行色彩调整保 持图像反差适中、色彩一致；

**2**因视角或镜头畸变引起变形影响使用时，应对图像的变形部分作纠正处理；

**3**图像配准时，应保证图像细节表现清晰，无配准镶嵌缝隙；

**4**宜将处理后的图像转换为通用的文件格式；

**5**处理后的图像应与测区情况相符，真实反映目标物材质的图案、质感、颜色及透明度。

**4.4.6**图像数据信息融合宜包括激光反射强度、回波次数、色彩纹理信息等，融合后的点云宜保存为通用数据格式。

【条文说明】4.4.6 信息融合的目的是通过信息探测、联想、估计以及组合处理，弥补单一信息源、非均匀分布、数据理解习惯等不足，从而获得精确的被测目标的状态、一致性的估计和完整的综合评价。

通用点云数据格式有las、ptx、fls、asc、xyz、dxf等，点云的XYZ坐标不包括纹理信息，可通过内置或外置相机采集RGB彩色纹理信息，或者通过激光反射强度来反映低光照（或黑暗）环境下的材质差异。将XYZ坐标与纹理、反射强度等信息源进行综合，能够获得更好的可视化效果，方便点云的人工分类、矢量化和其他应用。

在利用激光点云生成等高线或绘制立面图时，往往需要先对点云进行特殊的抽稀或投影处理，才能同步将坐标、纹理等正射投影至某一指定平面（如高程面、建筑立面等），从而获得具有特定的、一致性的测量功能的数字高程模型（DEM）或正射影像等。该过程也可以认为是坐标和纹理信息的融合，能够符合专业技术人员的数据理解习惯。

**4.4.7**特征提取宜包括剔除非目标物、点云分类、人工提取或拟合计算，并应符合以下规定：

**1**宜对点云数据进行去噪、滤波、剔除非目标物等预处理后再进行分割与分类；

**2**使用点的坐标、法向量、颜色、反射强度、曲率等作为特征时，可采用相关分类算法或人机交互的方式。

【条文说明】4.4.7 非目标测量物包括孤立点、非连接项、边缘噪点、角度噪点、移动物体（车辆、行人）、反射（折射）噪点等。此类数据产生的主要原因包括：被测物体表面因素，如粗糙度、表面缺陷、表面材质、波纹、颜色对比度等；仪器设备自身因素，如扫描精度、CCD传感器分辨率、激光散斑、分辨率和采样误差、系统电噪声、热噪声等，可采用调整扫描参数或滤波函数过滤掉；突发因素，包括人、车、飞鸟等因素。因此，可使用多次重复测量取均值或经验证有效的算法模型，去除因外界因素或仪器自身因素造成的偏离扫描目标的噪声点。

由于当前点云数据处理的分类算法、拟合模型和软件功能并不十分完善，大量的特征提取仍然需要通过人机交互完成。通过预先剔除非目标物和点云分类操作，能够有效提高人工提取的效率和正确率。

**4.4.8**预处理后的点云数据宜保存为.xyz、.las、.pcd、.pts等通用数据格式。

# 5基坑工程测绘

## 5.1 一般规定

**5.1.1**下列情况可采用三维激光扫描进行基坑工程测绘：

**1**支护结构体系复杂的基坑工程验收；

**2**搁置时间较久或缺乏设计施工资料；

**3**常规测绘方法实施困难或无法实施时；

**4**其他需要进行三维激光扫描测绘的基坑工程；

**5.1.2**基坑工程测绘宜采用分区域扫描，并应采用标靶配准，配准次数不宜大于4次且扫描路线应闭合。

【条文说明】5.1.2 对于单站扫描点云数据，点云的点误差主要来源于仪器系统误差，具有一定的规律性，易于通过数据校正来减小。对于多站扫描配准得到的点云数据，点云的点位置误差主要与配准效果有关。由于实际配准效果难以量化，点云的点位置误差量化规律难以掌握。因此，在工程检测中应尽量减少点云的配准次数，并封闭扫描路线。

**5.1.3**基坑工程测绘项目宜按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202的有关规定执行。

**5.1.4**对于无法通过扫描获取的数据，应采用其他检测方法，结合施工资料综合确定。

## 5.2 基坑及支护结构测绘

**5.2.1**基坑及支护构件几何尺寸测量，应符合下列规定：

**1**根据基坑支护形式、形态特点、测量精度等要求，宜采用获取测量对象特征点坐标值、参数化建模、不规则三角网（TIN）建模、曲面拟合等方法测量基坑及支护构件几何尺寸；

**2**当测量基坑开挖几何尺寸时，宜采用不规则三角网（TIN）建模、曲面拟合等方法；

**3**冠梁、围檩、混凝土支撑、型钢支撑、立柱等宜采用特征点法进行尺寸测量，测量时应检查所拾取的点是否为测量对象特征点；

**4**当测量钢管支撑、支护桩等圆形截面构件几何尺寸时，宜采用最小二乘法、梯度下降法等参数化拟合方法进行尺寸测量，并对拟合结果进行评定，且应符合下列规定：

**1）**选取点云部位不应少于两个，参与拟合的采样点间距不宜大于测量对象短边长度的1/30；

**2）**参与拟合计算的点云切片高度不宜大于测量对象直径的1/10，切片点云分布不宜小于圆周的1/2。

【条文说明】5.2.1 本条文规定了几何尺寸测量的作业方法。

1.通过对点云点的坐标信息进行转换或通过点云应用软件对点云数据进行建模，可以直接测量几何尺寸；

2.在获取目标物体特征点的坐标值进行几何测量时，由于点云点的空间分布，在特定的观测视角下，不同空间位置的点云点会出现重叠。为避免选点误差，在选择某一云点时，应通过移动观测视角来确认点云点的实际位置；

3.通过获取目标物体特征点的坐标值进行几何尺寸测量时，点云数据由离散的点坐标组成，没有空间数据的拓扑关系，无法直接获得相邻点之间的坐标信息。当直接获取特征点坐标的方法不能满足几何尺寸的测量精度，或者通过部分点云数据难以获得部件的几何信息，可以通过拟合或形成三角剖分不规则网络（TIN）对点云数据进行建模。

**5.2.2**支护结构构件空间分布测绘应符合下列规定：

**1**当检测对象表面特征点明显时，宜通过特征点坐标值计算获取构件三维空间分布；

**2**当检测对象表面特征点不明显时，宜通过点云拟合建模方法获取构件形心坐标及空间分布。

**5.2.3**基坑边坡坡率测量应符合下列规定：

**1**一级放坡坡率可采用特征点坐标值直接测量或点云数据拟合；

**2**当测量多级放坡坡率时，宜采用多站扫描、点云数据拟合的方法。

**5.2.4**支撑构件挠度、冠梁与立柱侧向弯曲等形变测量应符合下列规定：

**1**测量对象为圆形管状构件时，应采用点云切片数据拟合方法获取圆管轴心的坐标；

**2**测量对象为非圆形管状构件时，宜通过获取构件表面点云数据坐标值的方式进行测量，点云最大相邻点间距不宜大于挠度允许值的1/10。

【条文说明】5.2.4 大量试验结果表明，对于圆管状构件，采用获取构件表面点云数据坐标值的方法进行挠度量测，其观测误差较大。采用拟合建模的方法，观测误差相对较小，且该方法无需在构件表面布设挠度观测点，能大幅提高现场的作业效率；

对于难以采用拟合建模的方式进行挠度观测的构件，可以通过获取挠度观测点点云坐标值的方法来开展挠度量测。由于点云分布具有随机性，当点间距较大时，难以保证目标观测点上有点云数据。为了避免该种情况的出现，需对挠度观测处的点云最大间距做出规定。

**5.2.5**立柱、支护桩、地下连续墙等竖向支护构件的垂直度测量应符合下列规定：

**1**可采用特征点坐标值直接测量或点云数据拟合的方法测量，宜选择有代表性的区段进行倾斜换算，区段倾斜差异较小时，宜选择相对高差最大的2个部位进行倾斜换算；

**2**检测对象为规则横断面构件时，宜采用点云数据拟合的方法，获取不同高度的形心坐标值并换算为目标物的倾斜率；

**3**当检测对象表面有明显外轮廓线时，可采用直接获取轮廓线上特征点坐标值的方法进行测量，轮廓线处点云最大相邻点间距应小于5mm。

【条文说明】5.2.5 量测截面形状为圆形的等截面或变截面物体的倾斜时，如钢管立柱、钢格构立柱、钢管混凝土等，采用拟合建模的方法具有量测精度高、内外作业效率高的特点。对于外形具有明显轮廓线的目标物，如型钢立柱、混凝土立柱倾斜量测，可采用在获取的轮廓线上直接量测特征点坐标值的方法。为保证目标物的轮廓线上有点云坐标信息，应对轮廓线处的点云采样密度进行规定。

## 5.3 基坑周边环境测绘

**5.3.1**基坑周边环境三维激光扫描测绘采用的控制网应与基坑测绘相一致。

**5.3.2**当基坑坡顶邻近场地存在堆载物时，宜架设多个扫描测站获取堆载物的整体点云数据，采用参数化建模、不规则三角网（TIN）建模或曲面拟合的方法建立三维模型，计算堆载物的占地面积、体积等几何要素；

【条文说明】5.3.2 在基坑坡顶及邻近堆载物周围，根据堆载物的形状、大小和分布，合理布置多个扫描测站。确保每个测站都能覆盖到堆载物的不同部分，以获取完整的点云数据。堆载物一般为不规则形状，直接获取特征点坐标的方法不能满足测量精度，可以通过拟合或形成三角剖分不规则网络（TIN）对点云数据进行建模。

**5.3.3**基坑工程施工和使用期间，基坑安全影响范围内既有建（构）筑物、新建建（构）筑物及地下工程时，宜采用三维激光扫描法对周边环境进行测绘。

【条文说明】5.3.3 点云数据的平面坐标系和高程基准应与施工坐标系一致具有控制全局，限制测量误差累积的作用，是三维激光扫描仪控制测量及配准作业的一种重要技术手段。

# 6 基坑工程监测

## 6.1 一般规定

**6.1.1**当现有监测方式无法全面反映构件连续变形及基坑整体变形状态时，可采用地面三维激光扫描技术进行基坑监测。

**6.1.2**基坑工程三维激光扫描监测应编制专项监测方案，工程监测方案应包括监测点布设、监测频率、预警值设置、预警反馈等内容，并应符合设计要求及现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497的有关规定。当监测对象的变形特点和环境条件发生变化时，应及时调整监测方案。

**6.1.3**工程监测控制网布设，应符合下列规定：

**1**当监测位移变形时，应通过几何测量、卫星测量等建立平面或高程控制基准，每期测量前应先进行控制网检核；

**2**监测基准点应位于变形影响区域外，数量不应少于4个，且应分布均匀、位置稳定；

**3**当监测几何尺寸相对变化时，可不设置监测控制网。

**6.1.4**扫描仪应安置在具有强制对中装置的工作基点上，基准标靶应固定布设在远离基坑的稳定位置。

【条文说明】6.1.4 基坑监测的控制点宜设置具有强制对中的观测墩，根据现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的规定，变形观测精度等级为特级和一等的基准点及工作基点应建造具有强制对中装置的观测墩或埋设专门观测标石。

**6.1.5**监测项目初始值应在相关施工工序之前测定，并应连续进行2次独立测量，当2次观测数据的误差不大于极限误差时，可取算术平均值作为该监测项目的初始值。

**6.1.6**监测点的变形量宜采用同一测站激光点云数据与上一期的扫描结果进行比对。

【条文说明】6.1.6 采用同一测站激光点云数据，可以减少标靶布设、点云配准、坐标转换等过程的误差传递。

**6.1.7**工程监测过程中的历次监测仪器宜选用同型号设备，且工程监测采集模式、角度分辨率、设站位置、数据处理方法及监测人员宜相对固定。

**6.1.8**当进行变形监测时，应根据气象条件、监测对象、拟合残差、抽测检核等因素对监测成果进行综合分析判断，当出现异常情况或监测数据达到预警值时，应及时告知有关单位采取处置措施。

**6.1.9**当监测对象无法布设固定标靶时，宜采用直接测量轮廓线特征点坐标值的方法，轮廓线处点云内最大相邻点间距不宜大于3mm；监测对象无法布设固定标靶且无明显特征标志时，宜采用模型求差法进行整体变形分析。

**6.1.10**现场监测工作结束后，应及时整理监测成果，当发现异常观测值时，应增加现场巡查次数和加密观测频率，并应抽查验证。

## 6.2 基坑监测

**6.2.1**基坑变形监测包括支护结构水平位移、竖向位移监测，竖向支护构件及立柱的倾斜监测。

**6.2.2**基坑变形监测宜采用固定标靶法，当布设标靶困难时也可采用点云比较法、模型求差法。

【条文说明】6.2.2 固定标靶法适用于基坑周边建筑物、构筑物密集，且对工作基点稳定性检查需求较高的场合。通过在基坑支护结构的冠梁顶上布设观测点，并采用埋设观测墩的形式来固定标靶。可以直接采用传统观测技术包括小角度法、极坐标法、前方交会法、后方交会法等对三维扫描监测结果进行校验。

点云比较法适用于利用三维激光扫描仪获取的数据进行变形分析。通过对比不同时期的点云数据，使用最邻近距离算法计算两期点云之间的距离值，从而得到变形量。这种方法可以发挥三维激光扫描采用点密、测量效率高等技术优势。

模型求差法在已知基坑支护结构的设计模型基础上，通过实测数据与设计模型进行对比，求出差异值即为变形量。这种方法依赖于准确的设计模型和实测数据，适用于对监测精度要求较高的场合。

**6.2.3**采用固定标靶法进行水平和竖向位移监测点布设时应符合下列规定：

**1**水平和竖向位移监测应共用一个测点；

**2**点位应与深层水平位移、地表沉降、锚杆轴力等其他监测项目位于同一断面；

**3**固定标靶的重复安装误差不应大于监测精度要求的1/10，标靶的识别精度不应低于监测精度要求的1/3；

**4**点位应易于安装，无视线遮挡，且便于长期保存。

**6.2.4**固定标靶法位移监测数据分析，宜直接测量标靶中心点坐标值或通过点云拟合方法计算标靶形心的坐标值，通过与上一期测量值比对计算固定标靶的水平和竖向位移量。

**6.2.5**支护结构的倾斜监测点的设置宜与深层水平位移监测点处于同一位置。竖向支护结构倾斜监测可根据本规程5.2.5条的数据分析方法进行逐期监测数据比对，得到竖向支护结构倾斜变化。

**6.2.6**基坑监测期间宜采用全站仪、水准仪等测量设备进行抽测验证，抽测的期数不应少于总期数的10%且不应少于5期，并应结合现场施工节点及关键工序综合确定。

## 6.3 周边环境监测

**6.3.1**基坑周边环境监测包括既有建（构）筑物变形监测、地表沉降监测及裂缝监测。

**6.3.2**采用固定标靶法进行建（构）筑物变形监测时，监测点的布设应符合下列规定：

**1**监测点宜布设在建（构）筑物竖轴线、拐角或主体承重结构处；

**2**倾斜监测时，每栋建筑物宜布设2组监测点，每组监测点宜设置3个测点，分别位于建筑物顶部、中部和底部；

**3**固定标靶的重复安装误差不应大于监测精度要求的1/10，标靶的识别精度不应低于监测精度要求的1/3；

**4**监测点应易于安装，无视线遮挡，安装基座应便于长期保存。

**6.3.3**当无法布设固定标靶监测点时，可采用模型求差法进行建（构）筑物变形监测，监测数据分析可参照可按本规程6.2.2的要求执行。

**6.3.4**当进行地面沉降监测时，可采用DEM方法进行沉降变形分析，并应绘制等沉降曲线图和变形量分布直方图。

**6.3.5**裂缝监测可分为既有建（构）筑物裂缝和地面裂缝监测，裂缝监测应符合下列规定：

**1**监测内容应包括裂缝长度、宽度；

**2**裂缝宽度监测宜在裂缝两侧贴埋扫描仪可识别的标靶；

**3**裂缝长度监测宜直接测量特征点坐标值或采用点云数据拟合的方法测量。

## 6.4 监测数据反馈

**6.4.1**监测项目的数据分析应结合施工工况、地质条件、环境条件以及相关监测项目监测数据的变化进行，并对其发展趋势做出预测。

**6.4.2**监测成果提供的内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与绘制变化曲线或三维图形相结合的形式表达，技术成果应按时报送。

**6.4.3**监测成果应包括下列成果资料：

**1**监测基准点平面图；

**2**监测点布置图；

**3**监测成果表；

**4**各项监测数据的整理、统计、监测成果的过程曲线及三维图形；

**5**各监测项目监测值的变化分析、评价及发展预测；

**6**相关的设计和施工建议。

# 7 基坑工程BIM建模与应用

## 7.1 一般规定

**7.1.1**基坑工程BIM模型可用现场施工部署、施工进度管理及优化、工程计量、支护结构与地下结构及周边环境的碰撞检测等。

**7.1.2**基坑工程BIM模型应包括场地、围护结构及地下结构信息。

**7.1.3**基坑施工前应根据现有勘察及设计资料建立BIM模型，施工过程中应根据现场扫描结果动态调整BIM模型。

**7.1.4**初始BIM模型可采用假定坐标系统和高程基准，工程应用时应转换至实际三维激光扫描点云数据的平面和高程基准系统。

## 7.2 BIM建模

**7.2.1**基坑BIM建模应符合下列规定：

**1**场地BIM模型应结合初始地形与地物扫描点云、地层结构资料及周边环境调查结果综合建立；

**2**基坑支护结构BIM模型应先根据项目基坑支护设计施工图建立，施工过程中应根据现场扫描点云建立基坑施工阶段模型；

**3**地下结构BIM模型应根据结构设计施工图进行正向建模。

**7.2.2**三维模型制作应符合下列规定：

**1**模型尺寸宜以米为单位；

**2**应根据软硬件性能、数据规模等进行点云分割；

**3**规则模型应根据点云或提取的轮廓线、特征线进行交互式建模；球面、弧形面、圆柱面等曲面模型应根据点云拟合建模；

**4**不规则建模宜采用TIN或NURBS曲面法建立，并应进行孔洞填充、简化、光滑等优化处理方式。

**7.2.3**模型的外观纹理映射应符合下列规定：

**1**纹理不得出现反光、逆光及拉伸现象；

**2**纹理相同的物体应采用重复纹理，同一区域内各个模型纹理的整体色调、风格应协调一致，且层次应清晰；

**3**分区制作的模型纹理应进行接边处理，接边处的模型纹理应光滑过渡；

**4**当采用手工方式进行纹理映射时，应选择位置明显、特征突出、分布均匀的同名点，且不应少于4对；各同名点不应在同一直线上或近似同一平面内；纹理映射后，图像与模型应无明显偏差。

【条文说明】7.2.3 本条规定了制作三维模型时应符合的技术要求。

1.因点云采集通常都以米为单位，为方便模型在不同软件之间转换，所以建议模型尺寸以米为单位表示；

2.对于规则模型，直接依据点云或根据制作好的投影图建模两种方式都能符合精度要求。点云部分缺失无法准确获取结构尺寸时，可依据可见部分尺寸推算隐蔽尺寸。对于圆柱面等曲面模型，直接根据点云交互建模不能保证点云和模型完全吻合，应交互选择曲面上的点云来拟合曲面；

3.对于不规则表面，无法进行交互式建模，需先利用点云建立不规则三角网模型，点云扫描一般不能保证完全覆盖所测对象，因此对于不规则表面，需对建立的三角网进行孔洞填充、边修补、简化、光滑化等处理；

4.根据建模经验规定了在纹理映射时纹理处理及贴图应满足的要求。

**7.2.4**建模质量应符合下列规定：

**1**三维模型数据要素应完整，不应出现游离点、边、面及重面、破面、共面、漏面、漏缝等；

**2**模型数据的平面位置、高度、形状、比例等应准确；

**3**模型纹理、贴图应准确、完整、协调。

【条文说明】7.2.4 建模过程中，由于编辑、修改、删除等原因，成果中有时会出现没有任何面的空对象，须将空对象删除。建模完成后应对模型进行相应检查，保证模型内部点、线、面之间的逻辑关系正确，便于模型在不同使用平台之间转换。

## 7.3 施工应用

**7.3.1**施工组织设计时，施工场地布置宜根据基坑工程BIM模型进行优化。

**7.3.2**基坑开挖过程中可根据基坑工程BIM模型进行土方开挖标高控制。

**7.3.3**通过扫描基坑岩体裂隙、节理、破碎带分布情况，分析现场扫描点云数据的空间信息和纹理信息，结合岩土工程勘察报告生成建设场地的三维地层模型。

**7.3.4**基坑工程土石方开挖与回填方量可根据基坑工程BIM模型进行计算，计算应符合下列规定：

**1**扫描点云数据应能完整反映开挖场地的地形特征；

**2**DEM点云格网间距宜取0.2m~1.0m；

**3**各施工步土石方开挖量与总开挖量，可通过对比基坑工程BIM模型与多期扫描点云DEM计算得出；

**4**肥槽回填土方量可通过对比地下结构BIM模型与基坑开挖完成后的点云DEM计算得出。

**7.3.5**基坑工程BIM碰撞检测可包括支护结构体系分别与地下结构和周边环境的碰撞检测，碰撞检测应符合下列规定：

**1**宜根据工程实际情况设置检测间隙和容差，避免过于敏感或遗漏碰撞；

**2**宜根据工程实际情况设定碰撞检测元素；

**3**应根据碰撞检测结果调整设计方案与施工部署，调整后应再次进行碰撞检测；

**4**施工期间宜根据施工节点定期进行碰撞检测。

**7.3.6**基坑工程的BIM模型可通过专业软件的3D视图、渲染和透视图、动画漫游等功能，提供各施工阶段形象进度的三维可视化表达。

# 8 检验与成果

## 8.1 一般规定

**8.1.1**基坑工程地面三维激光扫描成果质量检验应进行二级检查、一级验收。并应符合现行国家标准《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316的有关规定。

**8.1.2**基坑工程地面三维激光扫描的成果资料应进行整理、存档、备份和管理。

【条文说明】8.1.2 本条规定了成果归档的一般规定：

1 文件格式：三维扫描成果应保存为可长期访问和使用的文件格式；

2 数据完整性：归档的三维扫描成果应包括原始点云数据、处理后的点云数据、三维模型文件以及相关的元数据（如扫描时间、地点、设备型号、扫描参数等）；

3 存储要求：归档数据应存储在安全可靠的存储介质上，并定期进行备份，以防数据丢失或损坏；

4 访问权限：应建立合理的访问权限管理机制，确保只有授权人员能够访问和使用归档的三维扫描成果；

5 文档记录：应编制详细的项目文档，记录三维扫描的过程、方法、结果以及任何异常情况的处理措施，为后续工作提供参考。

## 8.2 质量检验

**8.2.1**当出现下列问题之一时，扫描点云数据应评定为不合格：

**1**仪器未经校准或超出校准有效期；

**2**观测精度不符合本规程3.2.3条的要求；

**3**观测成果内容不完整、不准确。

**8.2.2**基坑工程地面三维激光扫描成果的质量检验应包含以下内容：

**1**点云数据；应包括点云重叠度与完整性、密度、噪声；相对精度、绝对精度、纹理信息等；

**2**平面、立面、剖面图；应包括图轮廓线与点云数据符合性、结构完整性、构件搭接关系正确性、文字描述、尺寸标注齐全、图例和比例尺、图面整洁度；

**3**变形监测成果质量检验；应包括数据一致性检验、形变量、形变速率和形变趋势的检验、三维立体模型的检验；

**4**三维模型；应包括规则模型、模型与点云数据符合性、模型细节表达合理性、模型表面完整性、模型纹理及现行行业标准《城市三维建模技术规范》CJJ/T 157的有关规定；

**5**DEM；应包括DEM格网与点云数据符合性并应符合现行行业标准《基础地理信息数字成果 1：500 1：1000 1：2000 数字高程模型》CH/T 9008.2规定的DEM其他质量检查内容；

**6**土石方量成果；应包括三角网或格网数据与点云数据符合性、计算要素的完整性、成果报表的正确性。

【条文说明】8.2.2

1.检查拼接后的模型是否存在明显的错位、重叠或缺失现象；

2.将扫描数据与已有的设计图纸、施工图纸或历史监测数据进行对比分析，以验证扫描数据的准确性和一致性；

3.根据扫描数据的变化情况，对监测对象的变形进行定量分析。包括水平位移、垂直沉降等。这些变形数据是评估基坑稳定性的重要依据；

4.将变形分析结果与预定的安全阈值进行比较，以评估监测对象的稳定性和安全性；

5.对于从多个角度进行扫描的数据，需要进行数据拼接以形成完整的三维模型。在拼接过程中，需要确保不同扫描数据之间的无缝衔接和一致性；

6.在基坑上设置监测点，并用全站仪等高精度仪器测量其坐标。将全站仪的测量结果与三维激光扫描获取的标靶坐标进行对比，可以评估三维激光扫描的精度；

7.利用三维激光扫描技术获取的点云数据，可以构建基坑的三维立体模型。通过对比不同时间点的模型，可以直观地观察基坑的变形趋势。

**8.2.3**质量检验项目应制作表格，并应记录、校审存档。表格格式应符合现行国家标准《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316的有关规定。

## 8.3 成果

**8.3.1**归档成果资料应包括下列内容：

**1**归档目录；

**2**项目委托书；

**3**技术设计书；

**4**外业扫描记录及扫描数据原始记录；

**5**内业数据处理记录；

**6**扫描成果报告；

**7**检查验收记录；

**8**其他相关资料。

**8.3.2**成果资料归档应符合下列规定：

**1**归档的纸质工程文件应为原件，文件内容必须真实、准确、完整；

**2**纸质文件应字迹清楚、图样清晰、图表整洁，不得追记、涂改，如有笔误，应杠改；

**3**归档的电子文件内容应真实可靠；

**4**归档数据应具备完整性、可读性和可追溯性，确保数据的长期保存和使用；

**5**归档的电子文件应采用开放文件格式或通用格式存储；

**6**归档文件的存储介质应选择可靠性高、寿命长的存储设备，且应经过检查，应无病毒、无数据读写障碍；

**7**纸质文件应有签字盖章，电子文件应采用电子签名。

【条文说明】8.3.2 本条规定了成果归档的一般规定：

1 根据现行国标与档案行业标准，三维电子文件格式可选择STEP、WRL、3DS、VRML、X3D、IFC、RVT、DGN、PDF/E等。宜同时归档至少两种格式的文件：一种是软件原生格式（如RVT、DGN），便于后续编辑和处理；另一种是通用格式（如PDF/E），便于非专业人士查看和分享；

2 归档内容应包括原始扫描数据、处理后的三维模型、监测报告、数据分析结果等。确保所有归档文件均按照规定的命名规则和存储结构进行组织和管理；

3 应确保归档的三维激光扫描数据完整无缺，包括所有必要的元数据和信息说明。对于数据的修改和更新应有明确的记录和说明；

4 采用安全可靠的存储介质和存储方案对数据进行存储和备份。定期对存储介质进行检查和维护，确保数据的安全性和可用性；

5 应设立完善的数据管理制度和访问权限控制机制，确保数据的安全性和保密性。提供便捷的数据检索和查询功能，方便用户快速找到所需数据。

# 附录 A 地面三维激光扫描作业记录表

A.0.1 地面三维激光扫描作业记录表可按表A.0.1执行。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 表A.0.1 地面三维激光扫描作业记录表 | | |
| 工程名称： 日 期： 扫描时间： | | |
| 仪器型号： 仪器编号： 天 气： | | |
| 扫描站点号： | 扫描设置参数： | |
| 控制点号： | 标靶类型： | |
| 扫描测站及标靶分布平面简图： | | |
|
|
|
|
|
|
|
|
| 备注： | | |
| 测量员： | | 项目负责人： |
| 第 页 共 页 | | |

# 本规程用词说明

为便于在执行本标准条文时区别对待，对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”；

**2**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”；

**3**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”；

**4**表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

# 引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《工程测量标准》GB 50026

《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202

《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497

《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316

《测绘技术设计规定》CH/T 1004

《基础地理信息数字成果1：500 1：1000 1：2000数字高程模型》 CH/T 9008.2

《地面三维激光扫描作业技术规程》CH/Z 3017

《城市测量规范》CJJ/T 8

《城市三维建模技术规范》CJJ/T 157