ICS 07.040

CCS A 77

团 体 标 准

深圳市深圳标准促进会

发 布

2023—XX—XX实施

2023—XX—XX发布

优视摄影测量技术规范

Technical specification for optimized views photogrammetry

（征求意见稿）

目 次

[前言 II](#_Toc2372)

[引言 III](#_Toc28431)

[1 范围 1](#_Toc8396)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc3692)

[3 术语和定义 1](#_Toc30835)

[4 缩略语 3](#_Toc12120)

[5 基本要求 3](#_Toc17069)

[6 工作流程与主要技术内容 4](#_Toc23502)

[7 测量计划与设计 5](#_Toc25976)

[8 测量实施 9](#_Toc7682)

[9 数据处理 11](#_Toc13757)

[10 成果质量评价与检查验收 15](#_Toc9395)

[11 成果整理与移交 16](#_Toc1745)

[附录A（规范性） 视角优选计算公式 17](#_Toc7976)

[附录B（资料性） 航线规划飞行记录 19](#_Toc30461)

[附录C（资料性） 像控点成果点之记 20](#_Toc13859)

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。

本文件由深圳大学提出。

本文件由深圳市深圳标准促进会归口。

本文件起草单位：深圳大学、深圳市规划和自然资源调查测绘中心、深圳市交通公用设施建设中心、深圳市规划和自然资源数据管理中心、深圳市智源空间创新科技有限公司、广东省国土资源测绘院、广东省水利电力勘测设计研究院有限公司、瞰景科技发展（上海）有限公司、深圳市广汇源环境水务有限公司、深圳市标准技术研究院。

本文件主要起草人：

引 言

优视摄影测量是一种新型无人机摄影测量技术方法。依托对无人机航摄系统自动化程度更高的驱动能力，它将航空摄影测量与近景摄影测量进行了有效结合。它以多种方式获取生成的三维概略模型作为规划依据，通过立体观测采样生成初始航摄视角，并基于可观测性测度实现视角优选，最终形成能够确保高质量测绘成果输出的无人机航测规划方案。

承接传统工程测量对于自动化技术手段的客观需要，立足城市级、面向部件级新型基础测绘发展，优视摄影测量服务的主要技术应用方向包括实景三维建模、工程和工业摄影测量。

实景三维建模是指由影像数据构建场景对象的数字虚拟网格模型。场景对象按空间尺度分为大范围场景（城市区域）、小区域场景（园区、建筑群）、独立对象（单体建筑）。实景三维建模的具体应用指向包括智慧城市三维基础底图建设、园区或大型基建设施的数字三维底座、文物古建数字化建档等。对于该应用方向的数据成果既要保证高空间分辨率，也要保证高几何精细度。

工程及工业摄影测量属近景摄影测量范畴。针对建筑工程、建筑物、构筑物以及大型工业结构体，以无人机作为自动化摄站平台，通过摄影测量方法获得其三维坐标位置、空间几何计量，以及形变、位移轨迹等相关数据信息。类似应用场景的测量精度要达到亚毫米级。

相对于常规技术手段，优视摄影测量作为新型技术方法的改进和提升主要体现在三个方面：更完整覆盖、更高自动化程度、更优数据质量。更完整覆盖指代对观测对象的三维立体观测覆盖；更高自动化程度串连了规划、控制和后处理等环节，完善提高了整体流程链条的自动化程度；更优数据质量涵盖了高空间分辨率、高几何精细度和高测量精度等多方面的含义。

优视摄影测量技术规范

T/SZS

T/SZS XXX—2023

1. 范围

本文件规定了采用优视摄影测量技术进行无人机摄影测量的基本要求、工作流程与主要技术内容、测量计划与设计、测量实时、数据处理、成果质量评价与检查验收、成果整理和移交。

本文件适用于优视摄影测量技术在实景三维、近景摄影测量、工程测量、不动产测绘、摄影测量与遥感、地图制图、电子地图等技术方向的应用和生产。

1. 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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50167—2014 工程摄影测量规范

GB 55018—2021 工程测量通用规范

GB/T 7931—2008 1:500 1:1 000 1:2 000 地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 12979—2008 近景摄影测量规范

GB/T 18316—2008 数字测绘成果质量检查与验收

GB/T 23236—2009 数字航空摄影测量 空中三角测量规范

GB/T 24356—2009 测绘成果质量检查与验收

GB/T 27919—2011 IMU/GPS辅助航空摄影技术规范

GB/T 27920.1—2011 数字航空摄影规范 第1部分：框幅式数字航空摄影

GB/T 35628—2017 实景地图数据产品

GB/T 38058—2019 民用多旋翼无人机系统试验方法

GB/T 38997—2020 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航通用要求

GB/T 39610—2020 倾斜数字航空摄影技术规程

GB/T 39612—2020 低空数字航摄与数据处理规范

GB/T 41454—2022 实景影像数据产品质量检查与验收

GB/T 51212—2016 建筑信息模型应用统一标准

GB/T 51362—2019 制造工业工程设计信息模型应用标准

CH/T 1054—2022 无人机航空摄影成果质量检查与验收

CH/T 3003—2021 低空数字航空摄影测量内业规范

CH/H 3004—2021 低空数字航空摄影测量外业规范

CH/T 3005—2021 低空数字航空摄影规范

CH/Z 3002—2010 无人机航摄系统技术要求

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

优视摄影测量 optimized views photogrammetry

以观测场景对象的三维概略模型作为规划依据，通过立体观测采样生成初始视角，结合可观测性约束分析进行视角优化选取，形成以观测点设置和无人机航摄规划路径为主要技术载体形式，同时满足多类型测量应用需求的摄影测量方法。

观测视角 observation views

针对特定的场景对象，在观测采集规划及实施中所设定和实际采用的摄影相机内外参数配置，包括摄站位置、摄影主光轴方向、像主点坐标、焦距、镜头畸变参数、像元尺寸、成像尺寸、摄站数量、摄站之间角度等。

云台相机 gimbal camera

摄影姿态角度可以在多个轴向自由度上控制调节的成像系统，其对姿态角度的调整可通过对搭载平台的控制间接实现。

摄影姿态角 photography attitude angles

指相机坐标系与导航坐标系之间的旋转角度关系，包括俯仰角（摄影主光轴与水平面之间的夹）、偏航角­（影主光轴在水平面的投影与导航坐标系对应轴向之间的夹角）、滚转角（相机坐标系绕摄影主光轴方向旋转的角度）。

三维概略模型 3D rough mesh model

基于遥感获取、预飞行采集、设计导入等多种方式生成制作的，带有地理空间坐标、能够表示场景对象空间几何结构的三维网格模型。

平均空间分辨率 average sample distance

航摄影像能够区分或辨识的最小空间尺寸是为空间分辨率，对于数字设备或影像，其指单位像元所对应场景对象表面的距离范围。顾及采集过程中的视距变化，以所有采集影像或整体输出成果的空间分辨率平均值定义指代。

相邻影像重叠率 overlap rate of adjacent images

相邻航摄影像重叠区域范围面积与影像幅面之间的比率。在优视摄影测量中不区分为航向重叠和旁向重叠，仅指代相邻观测采样对应影像之间的重叠。

立体观测采样 stereopsis sampling

以立体观测所涉及的空间分辨率和重叠率为条件设置，在场景对象的概略模型表面所进行的均匀采样。采样点集能够代表概略模型的几何结构，采样点法向量关联摄影主光轴，并且相邻采样点构成立体观测。

1. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BA：光束法平差（Bundle Adjustment）

DSM：数字表面模型（Digital Surface Model）

GNSS：全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System）

IMU：惯性测量单元（Inertial Measurement Unit）

MVS：多视立体视觉（Multiple View Stereo）

POS：定位定姿系统（Position and Orientation System）

RTK：实时动态测量（Real Time Kinematic）

SFM：由运动到结构（Structure From Motion）

1. 基本要求
   1. 飞行平台性能配置要求

飞行平台性能配置应满足以下要求：

1. 动力系统为多旋翼构型；
2. 对向电机轴距小于1000mm，特定条件下轴距不超过最小穿行通道间距的1/5；
3. 起飞重量大于1000g；
4. 单架次负载飞行续航时间大于25分钟；
5. 抗风能力优于5级（8m/s）；
6. 当应用场景或观测对象含有朝向向下的待观测部位时，飞行平台应支持附云台载荷上挂或可前置180°俯仰云台。
   1. 无人机飞行控制系统要求

无人机飞行控制系统应满足以下要求：

1. 悬停定位精度（GPS）水平小于±1.5m，垂直优于±0.5m；（RTK）水平小于±0.1m，垂直小于±0.1m ；
2. 无人机或飞行平台飞行控制系统具有云台相机控制接口；
3. 无人机飞行控制系统支持航线（航路点及相机姿态）上传导入及实际执飞航线（飞行日志）下载导出；
4. 无人机飞行控制系统支持基于导入航线的航摄自主控制实施模式；
5. 其他要求按照GB/T 38997—2020中4.2.1、CH/Z 3002—2010中第5章确立的程序、CH/T 3005—2021中5.1.4规定要求。
   1. 航摄系统要求

航摄系统应满足以下要求：

1. 航摄系统为云台相机，或支持云台驱动姿态调整的固态激光雷达；
2. 相机具有经检定后的内方位元素和镜头畸变参数，测量应用支持实施前的相机高精度标定，工程测量用相机应按照GB 50167—2014中4.2和7.3规定的要求；
3. 成像系统的镜头及焦段选取，实景三维应用宜选取24mm～50mm的定焦镜头，测量应用宜选择35mm～50mm、选择对称结构的定焦镜头；
4. 相机的有效像素不低于2000万，成像系统传感器的选择与镜头相适配，最短合焦距离条件下，测量用相机的空间分辨率优于1cm，实景三维用相机的空间分辨率优于2cm，以飞行平台和云台的承重能力为限，选择大幅面尺寸传感器的相机；
5. 成像系统能够响应飞控输出的曝光脉冲或快门控制信号，具有程序控制的定时连续拍摄功能，时间间隔可以设定，成像系统采用全局快门；
6. 测量应用的成像系统支持全色（单色）影像模式采集或转换，支持绿色光或近红外波段采集的成像系统；
7. 成像系统支持对于快门速度、光圈、感光度和白平衡的调整控制，可保存并加载特定的组合参数配置，实景三维应用宜采用高动态范围的成像系统，感光度为100时，动态范围大于60dB；
8. 云台系统宜为多轴增稳云台，云台自身或云台配合飞行平台控制，可至少实现俯仰和偏转方向上的摄影姿态调整，可调整角度的最小步长间隔优于±1°，俯仰可调整控制的角度范围大于-90°～+30°，偏转和横滚角度随飞行平台和云台设置；
9. 测量应用支持增配闪光灯，闪光灯的指向与摄影姿态随动，结合成像系统的参数设置，闪光指数的调整能够保证覆盖视场内的测量标志且有效激发测量标志的光反射，成像系统有引闪接口，闪光灯支持有线和无线引闪模式；
10. 检测应用支持配设激光测距仪，激光测距仪功能为辅助变焦成像系统对焦，激光测距与对焦协作控制，测距有效作用距离大于80m，精确度优于2%。
    1. 航摄系统检校

航摄系统应满足以下检校要求：

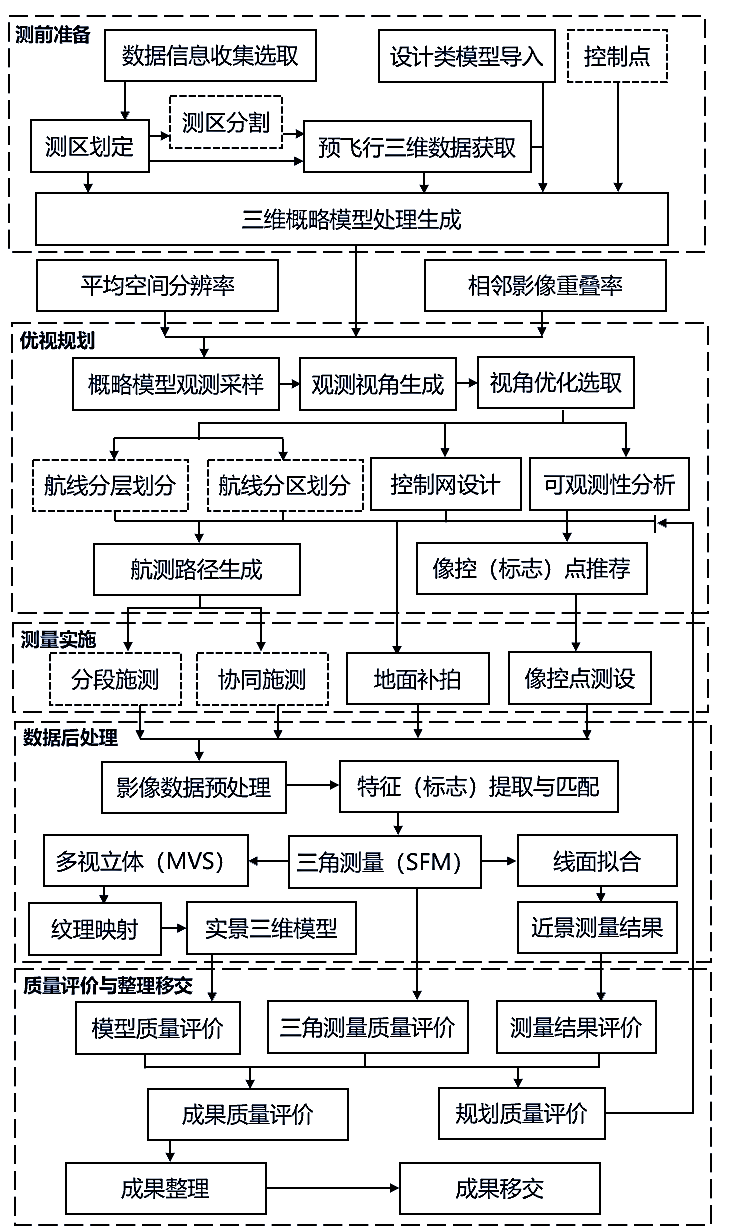
1. 航摄相机未检定、超检定有效期，或经过拆卸维修，以及其他影响成像系统稳定性的情况，按照CH/T 8021中5的相关项目和方法执行实验室检定；
2. 摄影测量应用实施前须进行相机检校标定，按照GB/T 12979的相关规定执行；
3. 多轴云台未检定、使用或运输过程受到磕碰或较大震动影响、经过拆修后，须对云台进行精确检定，多轴云台须在每次航飞前进行自检校；
4. 每次作业实施前，根据平均视距和实际环境情况，对成像系统的对焦、快门、光圈、感光度、白平衡、动态范围进行现场检校和配置，当条件发生变化后，重新检校配置。
   1. 机载IMU/GNSS系统要求

机载IMU/GNSS系统应按照GB/T 27919—2011 中4.1.2和GB/T 38997—2020中4.2.2规定的要求。IMU/GNSS系统的检定测试可按照GB/T 38058—2019中6.6规定的的方法。无人机平台宜加载RTK设备，高定位精度要求，或多径效应明显、GNSS信号受到干扰严重的情况，可使用增加地面辅助基站的模式。

每次航飞前应进行指南针校准，对于场景对象复杂、概略模型不确定性较大、航摄距离贴近、航飞区域电磁环境干扰影响大的情况，应在相邻架次之间重新校准。

1. 工作流程与主要技术内容

优视摄影测量的工作流程，分阶段的关键技术内容如图1所示。



1. 优视摄影测量工作流程与主要技术内容
2. 测量计划与设计
   1. 测量计划

依据测量任务制定测量计划，测量计划应包括以下内容：

1. 任务技术定性，归类为实景三维、近景摄影测量；
2. 测区范围及区内地物分布情况；
3. 观测对象及其空间结构特点，观测对象周边环境条件情况；
4. 特定观测部位、部件或标志点位；
5. 模型精度、平均分辨率、测量精度、检测分辨率、观测覆盖率等技术指标要求；
6. 像控点或测量标志点表征形式、精度要求和重点布设区位要求；
7. 飞行平台、航摄系统的型号和技术参数；
8. 闪光灯、激光测距仪等增设配件的型号和技术参数；
9. 地面补拍设备及采集方式；
10. 精细化规划输入的平均分辨率和相邻影像重叠度；
11. 任务时间周期，任务场景或对象在此期间所处的季节、气候，以及每日随时间的光照条件变化情况；
12. 所需飞行平台、航摄系统、电源电池、附设配件等的数量；
13. 像控点或测量标志点测设设备的选型、技术参数以及使用数量；
14. 对应任务定性，航测成果的类型和数量。
    1. 测量设计
       1. 场景地理环境信息和对象空间结构信息资料收集选取

场景地理环境信息和对象空间结构信息资料收集选取应符合以下要求：

1. 根据任务定性，收集选取测区及观测对象所在区域新近获取和制作的数字地形图、数字影像图、数字线划图、点云数据、DSM、实景三维模型，数字地形图和数字影像图的比例尺不小于1：5000，数字线划图比例尺不小于1：2000，点云密度优于9pts/m2（或按平均点间隔距离优于0.5m），DSM比例尺不小于1：200，实景三维模型的平均分辨率优于5cm；
2. 收集选取观测对象的实景三维模型、点云数据、工业工程设计模型、建筑信息模型，实景三维模型平均分辨率优于2cm，点云密度优于10000pts/m2（或按平均点间隔距离优于1cm），工业工程设计模型应履行GB/T 51362—2019第4章确立的程序要求，建筑信息模型应履行GB/T 51212—2016第4章确立的程序的要求。

场景地理环境信息和对象空间结构信息资料收集选取工作主要是收集选取测区及观测对象所在区域新近获取和制作的资料，主要包括：

1. 比例尺不小于1：5000的数字地形图；
2. 比例尺不小于1：5000的数字影像图；
3. 比例尺不小于1：2000的数字线划图；
4. 点云密度优于9pts/m2（或按平均点间隔距离优于0.5m）的点云数据；
5. 比例尺不小于1：200的DSM；
6. 平均分辨率优于5cm的实景三维模型。
   * 1. 地理坐标系统及高程基准

规划采用地理坐标系统为WGS 84/伪墨卡托投影（EPSG：3857），高程采用以测区或观测所在地的参考椭球面为基准的大地高（绝对高），或以无人机起飞点为基准的高度（相对高）。

* + 1. 平均空间分辨率与相邻影像重叠度设置

优视航摄的主要设置输入为平均空间分辨率和相邻影像重叠度，结合航摄系统的焦距、传感器幅面尺寸、像元大小等参数配置，确定观测视距和采样间距。对应不同的技术方向，平均空间分辨率及相邻影像重叠度的设置范围如表1。

* 1. 平均空间分辨率与相邻影像重叠度设置

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 技术方向 | 平均空间分辨率 | 相邻影像重叠度 |
| 实景三维 | ≤3cm | 65%～90% |
| 近景摄影测量 | ＜1cm | 55%～80% |

实景三维的重叠度设置依据精细度要求。近景摄影测量须综合分辨率和重叠度设置，并转化为观测交会角分析，根据任务要求，平衡平面和深度的相对测量精度。表观检测以高分辨率、低重叠度的影像纹理信息检测为主，涉及三维形状分析的检测内容，按尺度和精度的要求，调高重叠度设置。

* + 1. 测区范围设置及分区原则

根据收集的地理环境信息数据设定测区范围，具体为贴近包围实际施测场景或对象的轮廓线。轮廓线的形状随场景的地物分布情况或观测对象的水平方向外形而定，并以两倍于观测视距的距离加以外扩，将场景对象周围的环境纳入测区。如果已确定无人机起飞点在计划施测场景外，则沿对应方位外扩至包含起飞点，且具有安全起飞空间为止。

如实际测区较大（占地面积大于2km2），观测对象空间尺寸较大，则考虑进行分区，应遵循下列原则：

1. 测区可按功能性质、空间分布或地物高度等划分为相对独立的区域，观测对象可区分为不同朝向的表面、不同功能的部位，或非刚性连接、相对移动的部件，则确定可进行分区操作；
2. 大范围场景的分区可根据二维地理信息，按测区的设置方式处理，分区间的接边处应位于相对平坦的区域，且不切割建筑等重要地物；
3. 大尺度对象的分区须依据三维结构信息，分区对应朝向基本一致的表面，或是特定功能或自成刚性结构的部件所在的区位；
4. 以提升测量效率为目标，分区处理主要服务于大区域场景的联合或分阶段施测，以及小区域或观测对象的多机协同施测。
   * 1. 控制点和测量标志点设置

利用实地测量的像控点或控制点实现概略模型的整体绝对坐标转换。以设计模型作为概略模型通过控制点调整转换模型的比例尺和坐标方位，将设计模型准确放置于场景环境。根据概略模型是否已生成，先验信息来源和概略模型形式，控制点的设置分为以下方式：

1. 若尚未生成概略模型，通过预飞行方式采集生成，则像控点根据测区范围和地物分布情况，以沿测区外廓为主进行布设，布点数量和类型以3～5个平高点为宜，在测区内均匀分散布设。如测区范围具有较为显著的高差变化，则保持像控点均匀分散的同时区分为不同的高度层。如对测区进行分区处理，则在分区接边处周围布设像控点，每处接边布设2个平高点。
2. 若已有概略模型，则根据优视采样可观测性分析推荐的像控点位（方法原理见附录A）进行实地测设。推荐点位已根据场景空间构形进行了包括均匀分布、分高度层布设等设置，则根据实际情况和点位可偏移范围在测设现场做适当调整。
3. 以设计模型作为概略模型。选取模型上不少于3个点位，在实际空间测设其对应的点作为转换控制点。点位选取要求为几何特征明显，且不共线、不共面，空间间距较大，以位于边角处的点为宜。非整体刚性结构的观测对象，则每个最大刚性结构部件单独设置控制点。根据定比例尺、定位、定向的需要，采用三维仿射变换为具体的变换形式。

像控点可选择更高精细度的标志形式（实际使用样例见附录B），像控点的其他要求应履行CH/T 3004—2021第6章和第7章确立的程序的执行。

采样点与测量标志点的相互转化处理方式为：

1. 在概略模型上确定标志点所在位置，将这类点位设定为采样点，按测量或检测要求进行可观测性分析和规划设置；
2. 将观测采样生成的采样点确定为测量标志点，则导出采样点坐标，用以指示实地测设。

测量标志点的形式、测设操作及其他要求应履行GB 55018—2021第3章和第6章确立的程序、GB/T 12979—2008第4章确立的程序、按照GB 50167—2014中4.3和7.2规定的要求。

* + 1. 预飞行采集要求

预飞行采集可使用井字飞行方式，镜头略带一些倾角（-80°--60°），保证采集粗模侧面信息完整性，分辨率满足1：2000，重叠率不小于50%。

* + 1. 安全距离和安全高度设置

不带相控重建粗模的安全距离应保持在20米以上；对于需要贴近采集的场景粗模飞行时应增加控制点保证精度，安全距离保持在5米以上。

常规地物密集区域的安全高度宜设为距地面30米以上。

* + 1. 可观测性分析

可观测性分析用于对生成的航线进行质量评估，通过设置不同参数以及对采样点的可见性进行评估涂色，利用概略模型处理中可观测性值由低到高分别用黑色、红色、黄色、绿色、青色、蓝色进行设色区分。可观测性分析见表2。

* 1. 可观测性分析采样标注

|  |  |
| --- | --- |
| 颜色 | 可观测区间 |
| （黑色） | 0.00 |
| （红色） | (0.00～mpre/2] |
| （黄色） | (mpre/2～mpre] |
| （绿色） | (mpre～mpre+10] |
| （青色） | (mpre+10～mpre+20] |
| （蓝色） | (mpre+20～∞) |
| 1. mpre为预设可观测值 | |

* + 1. 控制网设计

近景测量控制网的构形可依据优化方法自动生成，也可按照观测对象形状进行调整。其他调整应按照GB 50167—2014中7.2和7.3规定的要求、GB/T 12979—2008中4.3、4.4和5.3规定的要求。

* + 1. 联合作业、协同实施和地面补拍

综合摄站点总数、航摄系统单架次采集能力、以及当地可供采集的时段条件，确定是否采用联合作业或协同施测的模式。按测区范围、摄站点总数确定分区数量、范围，以及每个分区配置航摄系统数量。

当单个分区或对象空间尺度较大，分段航线数量大于10段，或者要求任务完成时间小于2小时，可以采用多机协同施测。

当无人机飞行限制的最低高度实施采集仍然无法保证完整有效获取则需要地面补拍。地面补拍所使用设备的配置参数，结合实施中预估的拍摄视距，应满足无人机采集影像与地面补拍影像之间空间分辨率最大差异不超过1.5倍。围绕场景对象的空间结构，地面补拍需要保证相邻影像间较好的交会角和重叠度，并且包括足够数量的上仰视角影像，保证与无人机航拍影像的连接重叠，仰拍角度应在0º～30º。

* + 1. 航摄光照条件选择

实景三维航摄采集的理想光照条件是不产生明显强光或阴影的天顶匀光，对应阴天或多云天气。次优条件是不产生长阴影的正午前后1小时。亦可以结合建筑朝向，在不同时相摄取不同侧面。太阳高度角形成拉长阴影，强光照入射形成镜面反射的角度均不适宜。

近景摄影测量配合闪光灯使用，宜选取自然光照较暗的条件，利于突出反光标志对于强曝光的反射。

* + 1. 航摄季节及气象条件选择

航摄季节宜选择在植被遮挡相对较少的春季或秋季。应避免在大风、雨雪天气进行航摄。

积雪、雾霾、扬沙等气象条件均不宜进行航摄。雨后观测对象表面有浸湿斑块，不宜进行航摄。

1. 测量实施
   1. 测前准备
      1. 资料收集

给定测量任务，确定具体的技术指标和成果要求，按照7.2.1中的内容收集相关的资料。

* + 1. 任务分析

结合资料收集和技术指标要求，分析任务的难点和要点，提出技术路线和项目任务的初步实施方案。

* + 1. 导航环境测试

应在实际施测前对测区场景的GNSS信号覆盖情况进行测试评定，找出信号盲区或受干扰严重的区域，在规划过程规避这些区域，或采取其他辅助导航定位方式。导航环境测试可结合预飞行采集完成。

* + 1. 预飞行采集

根据7.2.6的要求实施预飞行采集，采集后的数据做基本的检核。高精度定位要求应在预飞行前测设少量像控点。

* + 1. 设备选型

设备选型主要围绕任务分析和导航定位测试确定，先确定成像系统，后配置飞行平台。以满足任务要求为前提，成像系统与飞行平台的性能和各项指标须平衡。

设备选型还包括像控测设设备，辅助导航定位设备，其他配件等。

* + 1. 规划设计

按照7.1和7.2的内容进行规划设计。

* + 1. 方案准备

在初步方案的基础上，以规划设计的航线为主，结合技术指标、任务分析、设备配置等形成实际的项目实施方案。

* + 1. 设备准备

根据形成的项目实施方案进行设备准备，设备应有一定备份冗余。

* 1. 像控测设
     1. 基本要求

像控测设涵盖实景三维用像控点测设和近景摄影测量用标志点设置，应符合以下要求：

1. 景三维用控制点主要包含控制点坐标、检查点坐标两个部分，利用软件依据控制点测量条件自动计算出控制点、检查点位置，单个控制点、检查点至少在4张图像上显示；
2. 近景摄影测量用标志点主要包含编码点、标志点两个部分，利用软件依据项目要求自动计算编码点、标志点布设位置，在单张图像上，至少包含4个不在一条直线上的编码点，单个编码点、标志点至少在4张图像上显示。
   * 1. 选点方案

选点方案可选择常规方案，按照GB/T 39612—2020中6.1规定的要求、GB 50167—2014中4.3和7规定的要求、履行GB/T 12979—2008第4章确立的程序。也可根据可观测性分析推荐选点。形成方案可由资料（概略模型）选点到控制点测设；亦可以先行测设控制点，后标注于资料（概略模型）中。

* + 1. 标志类型选取

可选的标志类型包括：

1. 高精度像控点，粘贴时贴附，包括侧立面点；
2. 反光标志，包括编码标志、二维码标志等；
3. 主动光源标志点。
   * 1. 测设实施

测设实施可选择设备包括RTK、全站仪、激光跟踪仪、高精度摄影测量系统等，实际的测设实施方法按照GB/T 39612—2020中6.1 、GB 50167—2014中7.2、GB/T 12979—中4.3规定的要求。所有测设的点需要进行录入，形成点之记。

* + 1. 坐标转换

坐标转换主要指代局部坐标与全局坐标（绝对坐标）之间的变换，根据测设仪器建立坐标系，数据处理所使用坐标系，以及中间过渡坐标系确立转换关系。

* + 1. 辅助定位基站布设

辅助定位基站根据导航定位测试分析确定基站布设方案。在无信号或卫星数量少于6颗的情况下使用辅助定位基站。

* + 1. 数据导出及整理

数据导出及整理须根据录入的数据形成实测、标注、点之记三方关联。

* 1. 航摄采集
     1. 现场校验

现场检校包括相机对焦、飞行器定位、云台指向、光圈、快门、感光度设置，现场校验要求如下：

1. 相机对焦时根据拍摄距离设定进行特征点对焦处理，可通过提前拍摄进行检查；
2. 在新的应用场景中应进行飞行器校正，包括IMU校准、指南针校准等；
3. 作业前应检查云台指向性能，可通过手动调节云台角度进行测试；
4. 对于相机参数设置，需要通过光圈、快门、感光度等协调设置，检查数据成像的质量。
   * 1. 航线导入

生成航线下载并导入飞行平台的飞控系统或遥控器。根据不同飞行平台操控系统的要求，将航线导出对应格式数据导入或上传，检查航线各参数设置是否正确后保存使用。

* + 1. 分段采集

根据已选定飞行平台的作业能力和待测工作量，将航线按照一定航点数量或路径长度进行分段设置，航点数量或路径长度由飞行平台的续航能力和单架次可规划航点数确定上限；分段航线的采集实施应综合考虑观测场景对象的光照条件，确定分段执飞的采集顺序；飞行平台应支持断点续飞，以应对单个航线无法完成采集的情况，以保障数据采集完整性。

* + 1. 协同采集

航摄规划阶段，应确保生成的分段航线之间不存在交叠冲突；以4～6小时的净作业时间为基准依据，单体或连体观测对象的单机作业时间大于基准作业时间，则宜采用多无人机协同采集；多机协同采集由分段航线的多机分配提供支持，航线分配后应再次对于航线间的冲突情况进行检核；多单体组成较大测区范围的航线分配应结合分区规划，在测区划分的基础上完成航线分配；多机协同作业时应注意飞行平台起降点的设置，起降的顺序和起降时的相互避让；多机协同采集应根据光照等环境条件确定同步实施的配置。

* + 1. 特殊处置

对于现场起飞点与规划起飞点不同且存在较大高度变化的情况，需对航线进行高度补偿后再进行采集工作；对于测区中临时出现的障碍物，需对该区域航线进行重新规划。

* + 1. 航摄检核

航线任务采集完成后需要对影像数据进行检查，可分别抽取前、中、后多段采集数据，进行成像质量、曝光检查、色彩均匀检查等。

* + 1. 影像导出及整理

采集任务数据需及时导出备份并进行整理，根据航线进行分开保存，如出现影像质量不符等情况，重新按航线进行采集。

* 1. 地面补拍
     1. 补拍方案

地面补拍主要针对遮挡严重、无人机无法到达区域进行补充采集实施的作业过程。

针对被遮挡严重区域的需进行补充拍摄采集，补拍时遵循从整体到局部的原则以及视场基线过渡原则，需保证补拍影像数据与航摄影像数据之间的有效重叠。

* + 1. 设备配置

补拍设备宜选取具有可记录定位信息的成像系统，且像素、焦距以及画幅尺寸等配置应与航摄系统的对应配置参数差异保持在2倍以内，地面补拍亦可通过手持无人机的方式进行；如选用单反相机等不具备记录定位信息的设备实施补拍，应确保航摄规划方案中有对应匹配位置的视角。

* + 1. 拍摄方式

补拍可选择地面手持补拍，也可通过手动控制航飞补拍，拍摄时应随时关注对焦、光圈、快门、感光度等参数，并及时做出控制调整，保持拍摄影像成像清晰度一致。拍摄时采取由近到远的模式，先对补拍对象场景进行近距离贴近拍摄后逐步拉远，并保证补拍数据与规划航摄数据之间满足测量所需的影像重叠度要求。

* + 1. 补拍检核

补拍后应检查补拍区域是否完整，以及是否遵循从整体到局部的补拍原则。可对不同拍摄距离段采集的数据进行抽检，对曝光、匀色、对焦等成像质量进行检查等，同时检查补拍数据与规划航摄数据是否满足重叠度要求，对于同名点位应该具备不少于3个不同视角方位拍摄采集的影像数据。

* + 1. 补拍数据导出及整理

补拍后数据应及时导出备份，并对应于规划的航摄测区划分进行编号整理和存储。

1. 数据处理
   1. 数据预处理
      1. 基本要求

数据预处理为数据采集后，建模和测量处理实施前，针对采集获取的影像数据以及POS等数据所进行的预先处理。主要包含以下内容：

1. 检查照片数量和POS数量是否一致；
2. 检查POS数据完整性，是否存在丢片情况；
3. 检查照片质量，是否存在影像曝光过度或不足、影像的重影、散焦与噪点现象。
   * 1. 数据质量检核

采集获得影像数据的质量检核履行GB/T 27920.1—2011第5章确立的程序、CH/T 3005—2021中8.2规定的要求。基础控制点、像片控制点、检查点等的精度要求履行GB/T 7931—2008第5张和第6章、CH/T 3004—2021第7章确立的程序。

数据质量检核应符合以下要求：

1. 影像的重叠度和方位角度能够满足建模和测量的技术指标要求；
2. 航摄影像不存在有雾、光照不均、噪声、弱信息、分段航线间大色差等情况；
3. 曝光瞬间因飞机地速的影响造成像点最大位移不超过0.5个像素；
4. 建模处理所需影像色彩纹理能够满足细节特征分辨的要求，测量处理所需影像能够满足高精度测量标志提取的要求；
5. 在有POS支持下完成的数据采集，POS信息齐备完整，且能够良好对应于航摄影像数据。
   * 1. 格式转换

格式转换应符合以下要求：

在存储设备和读写速度允许的情况下，所采集的影像数据以RAW等原始数据格式存储，同步存储JPG等压缩格式；

在影像分辨率满足技术要求的前提下，建模处理宜使用JPG格式，测量处理可采用JPG、TIF等格式，也可使用建模或测量数据处理软件所需的影像格式；

预处理阶段进行相应转换；

数据格式转换应遵循不损失几何信息和辐射度信息为原则。

* + 1. 畸变纠正

若已有相机的基本内参数，常规建模处理可结合自标定完成畸变纠正。对于建模和测量成果几何精度要求优于2cm的情况，须对所使用的相机进行高精度内参标定，以完成畸变纠正，按照GB 50167—2014中4.2和7.3、GB/T 12979—2008中5.2、CH/H 3005—2021中5.2规定的要求。

* + 1. 位姿参数关联

对于采集过程中同步获取的GNSS、POS等位姿数据信息，经过检核后，通过数据整理的方式将影像名与对应的位姿数据进行关联对应，关联整理输出的数据格式为xml或txt格式。

* + 1. 图像增强

对于采集影像数据中存在有雾、照度不均、色差、噪声等质量问题，宜采用图像增强相关的技术方法提升影像数据质量。增强后的影像应符合特征细节清晰、反差适中、层次分明、色彩进本均衡等要求。影像直方图基本趋近正态分布。

测量用影像数据宜采用全色或灰度影像，若采集获取为彩色影像，应进行转化处理，并针对测量标志进行图像增强处理，提高标志的辨识度，增强标志的提取精度。

* 1. 特征提取与匹配
     1. 连接点提取与匹配

影像数据后处理中，位于影像间关联重叠区域内的同名特征点为连接点。连接点的提取与匹配可采用自动、手动以及自动与手动相结合等方式，根据应用方向、特征类型以及质量要求等确定提取匹配方法。

建模处理要求关联匹配像对间的连接点数量不少于100个；测量处理如以测量标志为连接点，数量及分布的设置按照GB 50167—2014中4.3和7.2、GB/T 12979—2008中4.3规定的要求。

* + 1. 像控刺点

像控刺点是通过对影像中控制点进行坐标赋值进行实现测量整体定位定向的操作。以测量标志间的有效对应为基础，测量应用需结合多种测量方式实现多独立坐标系统之间的配赋转换。

建模控制点的刺点应满足以下要求：

1. 刺点点位落在影像中心区域三分之二内；
2. 点位清晰可辨；
3. 以俯视和侧视为主要划分，近似位姿的刺点影像数量3张以上，且不宜在连续相邻的影像上刺点，尽量保证在基高比相对较大的影像上刺点。
   * 1. 测量标志点提取

测量标志点分为人工标记点和自然地物点。人工标记点为采集前贴附、安装、铺设的人工制作的标记点。自然地物点是地物上具有显著特征的自然目标点。

按照 GB/T 12979—2008中4.5规定的要求，标志点的定位中心应具有明显几何特征，支持计算机自动处理提取。

建模应用标志点中心坐标提取精度应达到1/10像素；测量应用的中心坐标提取精度应达到1/20～1/30像素。

* + 1. 测量编码匹配

应采用编码数量大于50位的大容量编码标志，编码标志需符合编码唯一、稳定识别、旋转缩放不变、几何中心特征明显等要求；支持基于计算机视觉技术进行识别解码。

编码标志匹配主要基于识别解码，支持POS信息的辅助匹配搜索，可结合前方交会、后方交会等方法，迭代实现精匹配。

* 1. 三角测量
     1. 自由网构网

测量用自由网构网应满足以下要求：

1. 针对被测物体对象4个以上非共面点位实施观测采集；
2. 每个观测点的交会角介于60-120度之间；
3. 观测视角与观测点法线方向的夹角小于60度。
   * 1. 空中三角测量精度要求

实景三维建模主要过程包括空中三角测量和模型重建，其中空中三角测量的精度直接决定后续成果的精度和质量按照GB/T 23236—2009中3.4、CH/T 3003—2021中5.1规定的要求。

相对定向指标采用计算机视觉技术自动匹配连接点反投影误差来表示。匹配的连接点反投影中误差优于0.7个像素。最大误差不超过2个像素。非量测相机的影像相对定向要求连接点的反投影中误差优于0.7个像素，量测型相机的影像相对定向要求连接点的反投影中误差优于0.5个像素。每个像对连接点分布均匀，且连接点的数量大于30个点。

绝对定向利用POS数据或者控制点数据采用光束法区域网平差进行空中三角测量，区域网平差计算完成后，基本定向点残差、检查点不符值、区块间公共点较差应符合表3的规定。

* 1. 空中三角测量绝对定向点位限差表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **点别** | **平面限差** | **高程限差** |
| 基本定向点 | <1个像素 | <1个像素 |
| 检查点 | <2个像素 | <2个像素 |
| 公共点 | <2像素 | <4个像素 |

控制点刺点要求应符合以下要求：

1. 控制点要求分布在该影像中间往外2/3像幅以内；
2. 每个控制点要求在每个镜头的影像刺点5张以上；
3. 每个点位照片要求清晰。
   * 1. 近景精度要求

近景摄影测量主要过程包括空中三角测量、带约束条件的光束法平差、目标点位计算，其中带约束条件的光束法平差决定成果的精度和质量。

相对定向指标采用计算机视觉技术自动提取特征点进行匹配，并用反投影误差来表示。近景摄影应使用量测性相机，匹配的特征点反投影中误差小于0.1个像素，最大误差不超过0.3个像素。每张照片编码点数量不少于4个，且标志点的数量大于8个点，单个编码点至少在4张照片上成像。

近景摄影测量采用局部坐标系，相机外方位元素采用带约束条件的光束法区域网平差进行整体计算，平差计算完成后，基本定向点残差、约束条件、应符合精度要求，一般相对精度。

* + 1. 自由网平差

区域网根据测区划分、照片数量、控制点分布、照片类型（如空中无人机倾斜摄影照片、局部建筑物环绕飞行采集的照片、近地面拍摄的目标照片、地面设备拍摄的街景照片等）及地形条件等情况灵活划分。

各区块区域网平差后，满足上表的规定情况下，合并区域网平差结果为一个整体空中三角测量结果，能够保证区块接边无缝；要求区块间接边高程差按影像分辨率小于4倍像素值。

* + 1. 三角测量质量检查

三角测量的质量检查包括以下内容：

1. 根据输出空中三角测量报告检核相对定向的RMS值，要求小于1个像素；
2. 通过三维可视化查看空中三角测量稀疏点云表达的地表地物是否又明显分层的情况；
3. 检查空中摄站的分布是否与航飞规划设计相一致；
4. 针对绝对定向，检查空中三角测量报告中的每个控制点的残差是否小于1个像素；
5. 校核检查点的误差是否小于3个像素；
6. 检查对于每个像控点所对应未刺影像的预测是否准确。
   1. 其他处理
      1. 多视立体稠密化

在空中三角测量结果基础上，确定影像间的精确匹配对应关系，构建关联影像间的视差图，通过视差最优化完成密集匹配，加密输出点云，通过构网、优化、简化处理生成模型。

* + 1. 影像纹理映射

通过投影三角网到图像得到每个三角网的候选影像，利用遮挡关系以及图像相似度关系选取最佳候选影像，通过对相邻网格的局部平滑调整以及整个模型的全局颜色调整，使得纹理映射效果达到均匀一致，避免因为不同时间不同批次的影像造成明暗交替的不好效果。贴图要求包括：

1. 贴图的文件格式和尺寸，贴图文件尺寸应是2的N次方（8、16、32、64、128、256、512），最大贴图尺寸不能超过(1024×1024)，应避免在纹理中使用纯黑色(0,0,0),格式为jpg（透明贴图要求为带透明通道的png或tga格式）；
2. 贴图不能以中文命名，不能有重名，材质命名与物体名称一致；
3. 材质的父子层级的命名应一致；
4. 同种贴图应使用同一材质；
5. 模型的纹理贴图的命名为 “模型名+贴图序号”。
   * 1. 实景三维模型

实景三维模型生成应遵循以下设置和技术指标要求：

1. 模型平面坐标系采用CGCS2000，高斯投影3度分带投影坐标系，高程采用1985国家高程基准；
2. 以平面网格划分瓦片（Tile），瓦片原点（X、Y、Z）为测区左下角点；
3. 模型数据以测区名建立根目录，目录下包含空间数据目录和元数据xml文件（metadata.xml）；
4. 瓦同一瓦片的LOD数据存储在以瓦片名命名的同一目录中，瓦片名的命名规则为Tile\_瓦片行号\_瓦片列号；
5. 瓦片根索引名与瓦片名相同，其余LOD文件命名规则为,瓦片名\_Level级别\_Mesh顺序号，其中Level级别由四位数字构成并由小到大与分辨率自低向高呈正相关性，同一测区各瓦片的最低级别必须一致；
6. 元数据xml文件必须包含空间参考标签（SRS）和测区原点标签（Origin），其中空间参考采用EPSG标准编码；
7. 模型Mesh三角形不允许存在重叠，三角形排序必须采用右手坐标系；
8. 模型成果不能存在模型或纹理缺失，水平以上任意角度观察时模型不能存在拉花，水面平整无漏洞和起伏，地面以下不存在悬浮物；
9. 模型输出格式OBJ、OSGB等格式，其中纹理格式为JPG，纹理尺寸最大不能超过2048\*2048像素。
   * 1. 线面拟合测量

线面拟合测量应满足以下要求：

1. 直线拟合应选取能代表直线特征的点位进行拟合，至少选取3个测量点，拟合精度应在项目要求限差内；
2. 平面拟合至少选取4个测量点，选取的测量点能够代表该平面的特征，拟合平面的平整度应符合项目限差要求；
3. 圆拟合至少选取4个测量点，选取的点位向圆的法向上投影，使用投影后的点位信息进行拟合，精度符合项目技术指标。
   * 1. 近景测量结果输出

近景摄影测量的输出结果包括：

1. 相机检校报告；
2. 选用的基准长度信息；
3. 空中三角测量报告；
4. 测量点位信息；
5. 变形测量相关应用主要提供拟合结果、拟合精度；
6. 动态监测或变化监测等主要体现兴趣点位的偏移量大小。
7. 成果质量评价与检查验收
   1. 三角测量质量评价

对于三角测量的质量评价履行GB/T 23236—2009第7章、GB/T 12979—2008第7章确立的程序。

* 1. 实景模型质量评价

对于实景模型的质量评价履行GB/T 35628—2017第6章、GB/T 41454—2022第6章和第7章确立的程序。

* 1. 近景测量结果质量评价

以点位测量精度和线面拟合精度为评价重点，对于近景测量结果的质量评价按照GB 50167—2014中3.3规定的要求、履行GB/T 12979—2008第7章确立的程序。

* 1. 规划质量评价

优视摄影测量航摄规划质量评价采用以下方式进行：

1. 施测前利用优视航测可观测性分析进行量化评估，以观测采样点的可观测性分析值为判定依据，根据具体测量项目的观测要求建立判定基准，评价规划质量，对于自动导航模式下无人机无法实现航飞采集的点位，或者质量较差的点位，实施补拍；
2. 施测后将影像的POS信息与规划设计摄站点位进行比较，点位位置应小于1米，照片主光轴方向与设计值应小于3度为合格；
3. 生成结果后，基于结果的精度指标对规划质量进行评价。
   1. 成果检查验收

测量及建模应用相关成果的检查验收履行GB/T 24356—2009第4章、 GB/T 18316—2008第3章、GB/T 12979—2008第8章、GB/T 41454—2022第4章、CH/T 1054-2022第4章确立的程序要求。

1. 成果整理与移交
   1. 原始数据整理

原始数据需整理的内容包括：

1. 影像数据及POS数据应按航线对应保存整理；
2. 像控点、检查点数据，应包含点坐标文件、点之记及布点示意图，并备注点类型。
   1. 概略模型及航线规划成果

概略模型命名应为“测区名称\_坐标系编号”，航线规划时的采样点、范围线、航线都应分开保存整理好，便于后期航线检查复核使用。

* 1. 三角测量成果

以三角测量报告形式提交；报告应包含项目基本信息、相机参数信息、相片外方位元素信息、三角测量平差精度信息，控制点信息、检查点信息等内容。

* 1. 实景三维模型成果

实景三维模型成果按照以下内容整理上交：

1. 相机参数, 以opt格式；
2. 影像的内外参数，以xml格式；
3. 经畸变纠正后的影像，以tif/jpg格式；
4. 分区空中三角测量报告；
5. 完整测区空中三角测量报告；
6. 其他相关资料。
   1. 近景摄影测量成果

近景摄影测量项目的提交成果包括：

1. 相机参数报告，至少包含焦距、主点、径向畸变、切向畸变等内容；
2. 空中三角测量报告；
3. 测量点位坐标，实景模型宜采用CGCS2000坐标系，以米为单位，精度保留到小数点后3位，测量采用独立坐标系，以毫米为单位，精度保留至小数点后3位；
4. 检查验收报告；
5. 其他资料。
   1. 文档资料

对于业务项目，除数据成果外，应以下述三种文档资料的形式对项目情况进行汇总表述，包括：

1. 项目设计报告；
2. 质量评定报告；
3. 项目总结报告。
5. （资料性）  
   视角优选计算公式
   1. 观测采样半径设置公式

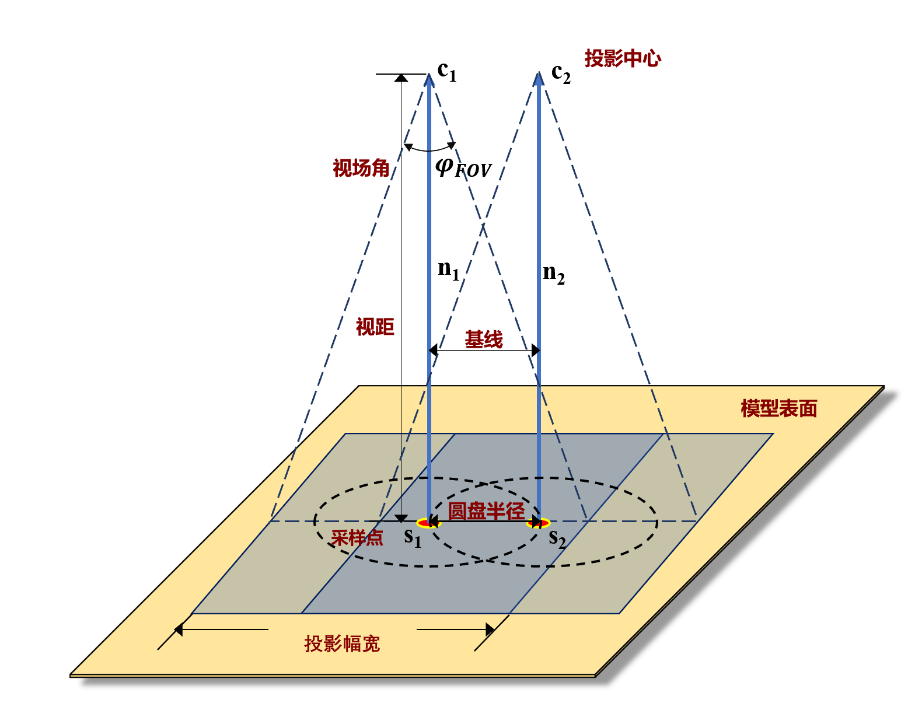
观测采样半径（间隔）设置的关系如式(A.1)：

……………(A.1)

式中：

**­­­——**观测采样半径（间隔）；

**——**投影幅宽，由视场角和视距**d**确定；

*overlap\_rate*——相邻影像重叠率。

* 1. 立体观测采样关系
  2. 可观测性判据函数公式

可观测性判据函数如式（A.2）～（A.5）:

……………(A.2)

……………(A.3)

……………(A.4)

…………(A.5)

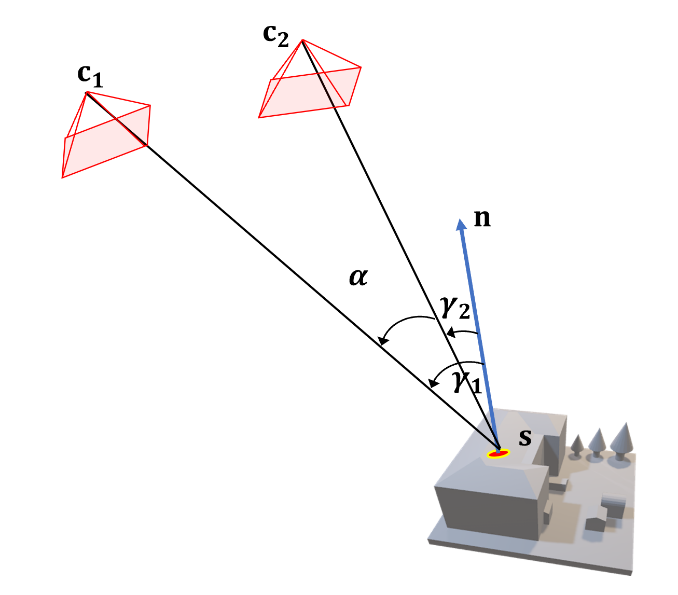
式中：

**­­­——**观测视角和关于采样点的交会角；

**——**，和为光线，与观测点法向之间的夹角；

——,为最大光线距离；

, , ,, ——为预设经验参数，其中为数倍的观测距离。

* 1. 可观测性判据示意

1. （资料性）  
   航线规划飞行记录

**航线规划飞行记录表**

航测飞行过程中，应填写航测飞行记录表，格式如下。

**航测规划飞行记录表**

规划日期 飞行日期 从 时 分 到 时 分

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测区 | 测区名称 |  | 测区代号 |  | 航线代号 |  |
| 绝对航高 |  | 分辨率 |  | 航线条数 |  |
| 飞行器 | 型号 |  | 编号 |  | 飞控编号 |  |
| 相机 | 相机型号 |  | 相机编号 |  | 焦距 |  |
| 光圈 |  | 曝光时间 |  | 感光度 |  |
| 影像 | 存储盘号 |  | | 拍摄时间 |  | |
| 航测前试片 |  | | 航测后试片 |  | |
| 天气 | 天气状况 |  | | 温度 |  | |
| 机组 | 飞手 |  | | 航线规划员 |  | |
| 航线规划示意图 | | | | | | |
| 备注： | | | | | | |

填表人 提交人 接收人

1. （资料性）  
   像控点成果点之记

像控点测设后需登记点之记，表格如下。

点位信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 点号 |  | 点类型 |  |
| 概略纬度 |  | 选点人 |  |
| 概略经度 |  | 测点人 |  |
| 概略高程 |  | 检查人 |  |
| 测量日期 |  | | |
| 作业单位 |  | | |
| 点位描述 |  | | |

影像位置

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 概略位置 |  | 详细位置 |  |

实景照片

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**━━━━━━━━━━━**