

ICS 130.20

L 17

团 体 标 准

T/GLAC XXXXX—2021

非暴露空间数据全生命周期标准 第 1 部分：空间数字化采集技术规范

Technical Specification for Digital Acquisition of Non-exposed Space

(征求意见稿)

2021 - XX - XX 发布

2021 - XX - XX 实施

中国卫星导航定位协会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 数学基础及原理	2
4.2 数据格式	9
4.3 总体工作流程	9
5 数据采集等级划分	10
5.1 数据采集精度等级划分	10
5.2 采集精度关键因素	10
6 勘察阶段技术要求	12
6.1 实施前准备	12
6.2 外业作业方案设计	13
7 外业采集阶段技术要求	13
7.1 外业采集内容	13
7.2 数据采集方式	15
7.3 控制点采集	15
7.4 数据采集技术要求	17
7.5 外业数据质量检查	17
附录 A1:	错误! 未定义书签。
参考文献	错误! 未定义书签。

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国卫星导航定位协会提出并归口。

本标准起草单位：全图通位置网络有限公司、北京市地铁运营有限公司、工业和信息化部计算机与微电子发展研究中心（中国软件评测中心）。

本标准主要起草人：张迪、林斌、曾志文、贾蔡、邓平科、蔺陆洲、郝金华、郑博文、程林、马超、梁嘉、章明晖、马然、朱茂栋、李强、崔闰虎、王欣、白紫剑、刘兰涛、石英超、吴学良、张向峰、陈鸥、王劭鹏、李伟明。

非暴露空间数据全生命周期标准

第1部分：空间数字化采集技术规范

1 范围

本标准规定了面向非暴露空间数字化数据采集过程中外业的标准。

本标准适用于城市轨道交通、智慧城市、智慧交通、智慧工厂等方面的应用。

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，仅注日期的版本适用本文件。

凡不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有修改单）适用于本文件。

GB/T 17941-2008 《数字测绘成果质量要求》

GB/T 18314-2009 《全球定位系统（GPS）测量规范》

GB/T 18316-2008 《数字测绘成果质量检查与验收》

GB/T 27663-2011 《全站仪》

GB/T 36100-2018 《机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法》

CH/T 1004-2005 《测绘技术设计规定》

CH/T 1016-2008 《测绘作业人员安全规范》

CH/T 2009-2010 《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》

CJJ/T 201X 《城市三维建模技术规范》

CJJ/T 73-2010 卫星定位城市测量技术规范

3 术语和定义

3.1 非暴露空间 Unexposed Space

是相对于暴露空间定义的，更多指的是室内或者半室内的场景。

3.2 空间数字化 Digital Geo-spatial Data Framework, DSDF

对空间进行三维数字化

3.3 同步定位与建图 Simultaneous Localization And Mapping, SLAM

称为 CML (Concurrent Mapping and Localization), 即时定位与地图构建, 或并发建图与定位。可以描述为: 将一个机器人放入未知环境中的未知位置, 机器人一边移动一边逐步描绘出此环境的完全地图, 所谓完全地图 (Consistent Map) 是指不受障碍行进到房间可进入的每个角落。

3.4 标准数据格式 Log ASCII Standard, LAS

为美国摄影测量与遥感 (ASPRS) 机构下的 LIDAR 委员会于 2003 年发布的标准 LIDAR 数据格式。从业人员逐渐把 LAS 作为行业标准。LAS 标准格式包括三部分, 分别是公共文件头区、变长记录区、格式点集记录区。公共文件头区记录 LAS 文件的普通信息, 如点的个数等; 变长记录区包含一些元数据, 如文件采用的坐标系等; 格式点集记录区记录点的 X, Y, Z 坐标和属性等。

4 总则

4.1 技术准备

4.1.1 空间坐标系、高程基准、地图投影

4.1.1.1 空间坐标系

(1) 地理坐标系

数据生产中球面坐标系建议采用国际标准椭球或 CGCS2000 参考椭球。

(2) 站心坐标系

根据项目需求, 以站心为坐标系原点, Z 轴与选用椭球法线重合, 向上为正 (天向), y 与椭球短半轴重合 (北向), x 轴与选用椭球的长半轴重合 (东向) 所构成当地 ENU 直角坐标系。

(3) 平面坐标系统

非暴露空间三维测图成果平面坐标系统宜采用 2000 国家大地坐标系 (China Geodetic Coordinate System 2000, 简称 CGCS 2000)。采用相对独立的平面坐标系统时, 应与 CGCS 2000 国家大地坐标系建立联系。当 CGCS 2000 平面坐标系不能满足项目需求时, 可以采用本地坐标。

4.1.1.2 高程基准

非暴露空间三维测图成果高程基准采用 1985 国家高程基准。采用相对高程时, 应与 1985 国家高程基准建立联系。

4.1.1.3 地图投影

平面投影采用高斯-克吕格投影, 按 3° 带分带计算, 投影中央经线由测区实际地理位置确定。

4.1.2 设备检查要求

GNSS 接收机、全站仪、移动式三维激光扫描仪、静态式三维激光扫描仪的设备性能要求

采用现场测量调绘方式获取室内三维测图数据时，所使用的全站仪、手持测距仪、钢尺等传统测绘仪器应在检校合格的有效期内

4.1.2.1 GNSS 接收机设备性能要求

使用 GNSS 接收机时，所使用 GNSS 接收机应满足以下要求：

- a) 码差分 GNSS 平面定位精度：0.25m+ 1 ppm RMS, 垂直定位精度：0.50m+ 1 ppm RMS;
- b) 静态 GNSS 水平定位精度：2.5mm+ 0.5mm/km X d, 垂直定位精度：5mm+ 0.5mm/km X d;
- c) 实时动态测量水平定位精度：8mm+ 1mm/km X d, 垂直定位精度：15mm+ 1mm/km X d。

4.1.2.2 全站仪设备性能要求

使用全站仪时，所使用全站仪应满足以下要求：

- a) 测距精度：± (2+2X10⁻⁶ · D) mm;
- b) 角度测量精度：2”。

4.1.2.3 静态式三维激光扫描仪设备性能要求

采用静态式三维激光扫描方式获取室内三维测图数据时，所使用静态式三维激光扫描仪应满足以下要求：

- a) 测量距离大于 100m;
- b) 距离测量中误差≤2cm;
- c) 测量频率不低于 300kHz;
- d) 应内置或具备同轴相机安装能力，且同轴相机应进行相机主距、像主点、畸变参数及相对于扫描仪的安装姿态参数的标定;
- e) 应在检校合格的有效期内，对应的软件应经测试合格;
- f) 各部件及附件应齐全、匹配，仪器各个部件应连接紧密且稳定;
- g) 地面三维激光扫描、同轴相机通电后应能正常获取数据，电源容量和存储容量应满足作业时间要求。

4.1.2.4 移动式三维激光扫描仪设备性能要求

采用静态式三维激光扫描方式获取室内三维测图数据时，所使用静态式三维激光扫描仪应满足以下要求：

- a) 激光等级 1 级（人眼安全）；
- b) 激光发散角： ≤ 0.16 毫弧度；
- c) 工作温度：-10 摄氏度至+60 摄氏度；
- d) 最大测程：100 至 150 米；
- e) 最小测程：0.3 至 0.5 米；
- f) 测距精度： ± 3 厘米；
- g) 点云密度： $0.5 \leq$ 厘米；
- h) 数据获取速度：97 至 110 万点/秒；
- i) 视场角： ≥ 270 度（垂直）， ≥ 360 度（水平）；
- j) 角度分辨率：1 至 2 度（垂直），0.1 至 0.4 度（水平）；
- k) 旋转速率：5 至 20 赫兹。

4.1.3 GNSS 接收机操作方式

使用 GNSS 接收机时，应按照 GB/T 18314-2009 的规定制定数据获取技术流程。

使用 GNSS 静态站的数据获取流程主要包括：

- a) 启动移动站及静态站；
- b) 配置静态站收敛精度（建议小于 3 厘米），及其他工程设置；
- c) 使用移动站进行原点坐标采集；
- d) 坐标数据的保存与导出。

技术流程图如图 1 所示。

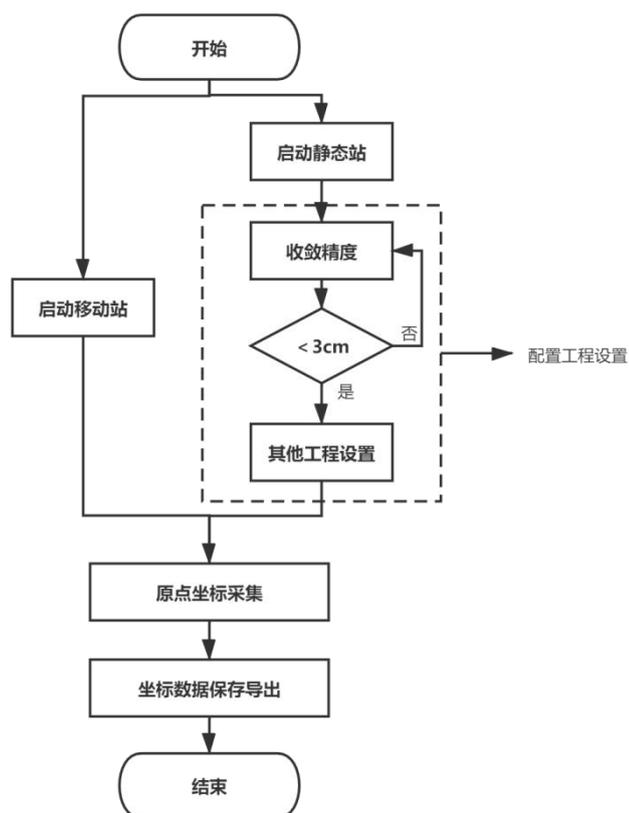


图 1 基于静态站的 GNSS 接收机操作流程图

基于 CORS 站的数据获取流程主要包括：

- a) 启动移动站及手簿端；
- b) 于手簿端进行相关工程配置；
- c) 使用移动站进行原点坐标采集（定位精度建议小于 3 厘米）；
- d) 坐标数据的保存与导出。

技术流程图如图 2 所示。

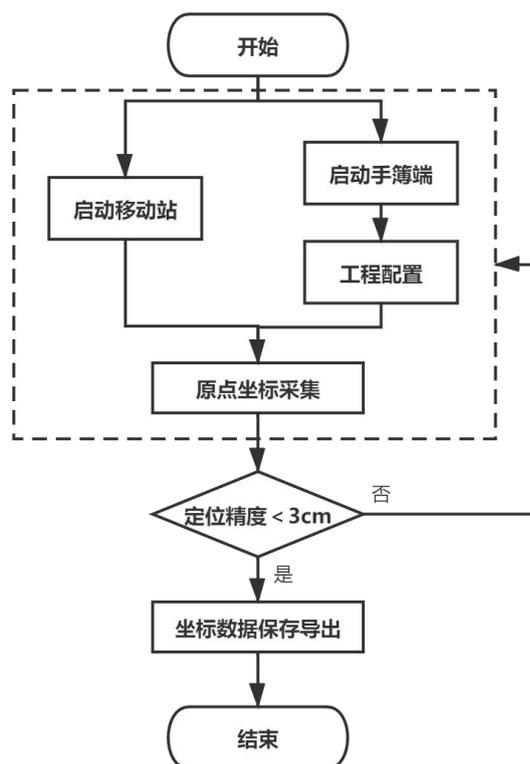


图 2 基于 CORS 站的 GNSS 接收机操作流程

4.1.4 全站仪操作方式

使用全站仪时，应按照 GB/T 27663-2011 的规定制定数据获取技术流程，主要包括：

- a) 组装仪器并整平；
- b) 架设并整平目标棱镜；
- c) 新建工程并于原点建站；
- d) 进行数据采集；
- e) 若无法保证通视测量原则，则进行移站；
- f) 确认控制点数据完整正确并保存工程。

技术流程图如图 3 所示。

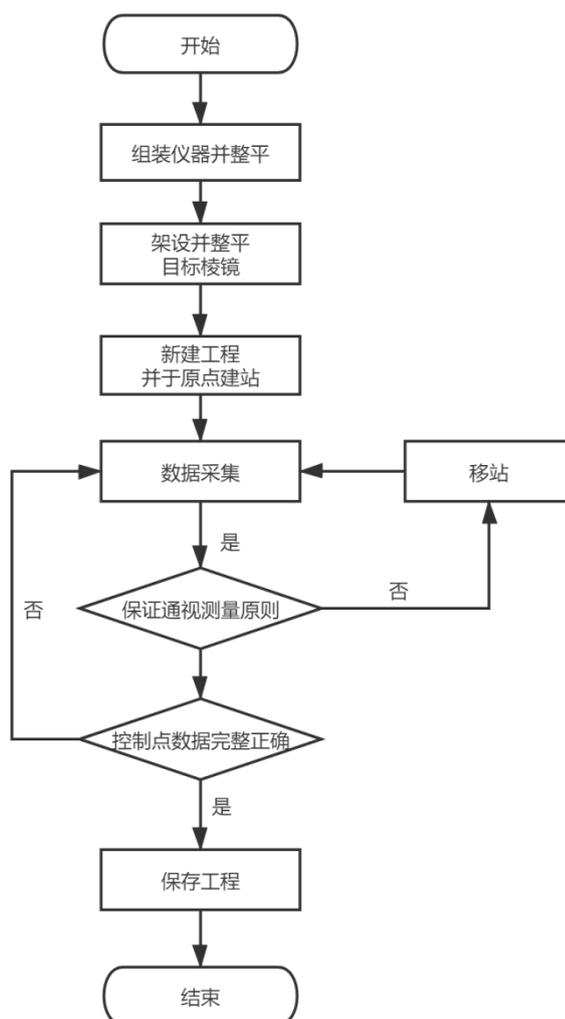


图 3 全站仪操作流程

4.1.5 静态式三维测图方式

采用静态式三维激光扫描方式时，应按照 CH/Z 3017 的规定制定数据获取技术流程，主要包括：

- a) 控制网布测；
- b) 静态式测图系统初始化校准；
- c) 静态式测图系统数据采集：包括激光扫描数据和全景影像数据等；
- d) 外业数据检查。

技术流程图如图 4 所示。

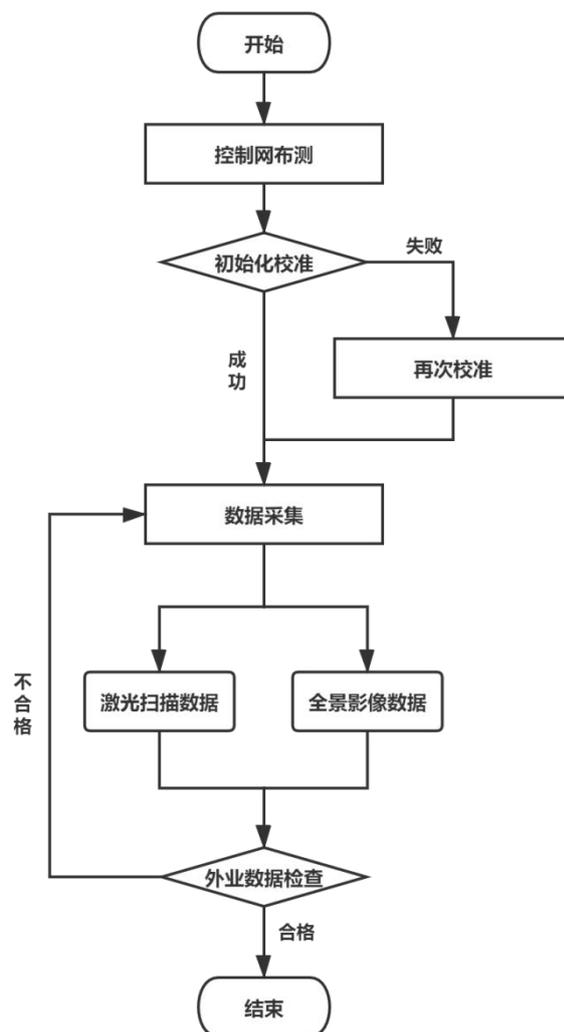


图 4 静态式三维测图流程图

4.1.6 SLAM 三维测图方式

采用 SLAM 三维测图方式时，数据获取技术流程包括如下内容：

- a) 控制网布测；
- b) SLAM 移动测图系统初始化校准；
- c) SLAM 移动测图系统数据采集：包括激光扫描数据、全景影像数据、闭环数据获取；
- d) 外业数据检查；
- e) 原始数据整理、归档和移交。

技术流程图如图 5 所示。

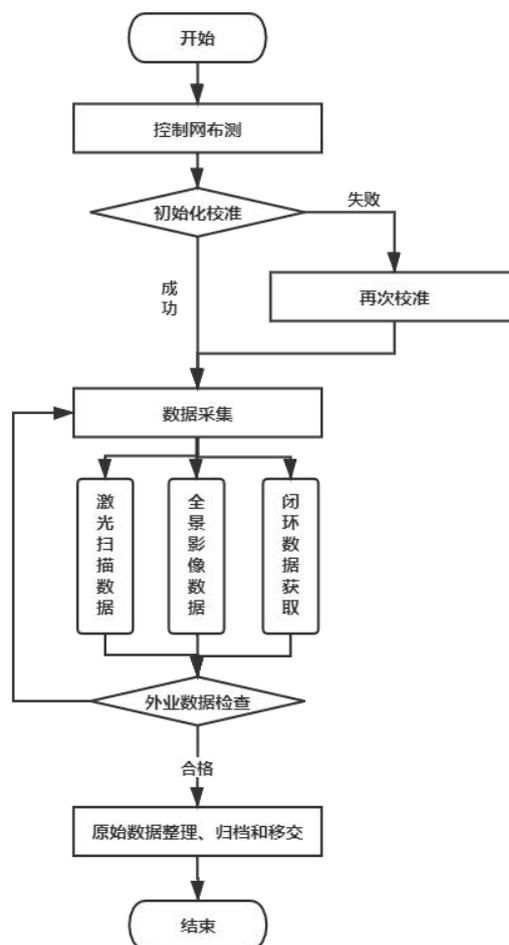


图 5 SLAM 三维测图流程图

4.2 数据格式

外业采集数据格式应为 Las 及相关，JPG，DWG 等格式。

4.3 技术设计

应根据项目要求，结合已有的资料、实地踏勘情况及相关的技术规定，编制技术设计书。

技术设计书应主要从资料收集与分析、现场勘查和数据采集等方面进行编制。

技术设计书的编制应符合 CH/T 1004-2005 《测绘技术设计规定》的规定

4.4 总体工作流程

总体工作流程包括如下内容：

a) 资料收集；

b) 现场勘查；

c) 数据采集。

技术流程图如图 6 所示。

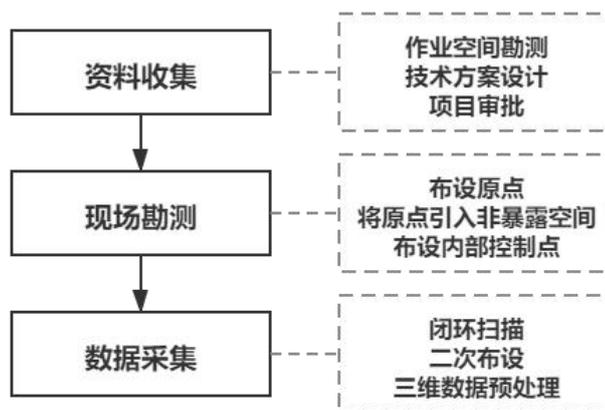


图 6 总体工作流程图

5 数据采集等级划分

5.1 数据采集精度等级划分

非暴露空间场景下所采集的数据可分为 I、II、III、IV 四个等级。且该数据精度应该在明确的置信区间中（如在 95%置信区间内，需设备供应商提供官方的说明或者第三方测试文件），测量偏差与数据等级的对应关系，参考外业采集具体流程，须依据是否使用控制点校准进行精度设定。测量偏差与数据等级的对应关系如下表所示。

表 1 数据等级与测量偏差对应表

数据等级	未使用控制点校准	使用控制点校准
I	0-2cm	0-1.5cm
II	2-3cm	1.5-2.5cm
III	3-4cm	2.5-3.5cm
IV	4-5cm	3.5-4.5cm
不合格数据	>5cm	>4.5cm

5.2 采集精度控制方法

所采集的数据精度主要与原点定位精度、作业区域内部控制点、点云精度、全景影像质量及采集作业方案相关，定性统计学关系如下：

三维测图成果采集精度 = $\Sigma [f(x_1: \text{原点定位精度}) + f(x_2: \text{内部控制点精度}) + f(x_3: \text{点云采集精度}) + f(x_4: \text{全景影像质量}) + f(x_5: \text{扫描设备采集精度})]$

$f(x_1: \text{原点定位精度}) = \Sigma [f(m_1: \text{静态 GNSS 基准站收敛精度}) + f(m_2: \text{RTK 定位精度}) + f(m_3: \text{CORS 站解析精度}) + f(m_4: \text{所选取的控制点精度}) + f(m_5: \text{作业人员操作误差})]$

$f(x_2: \text{内部控制点精度}) = \Sigma [f(m_1: \text{全站仪测量精度}) + f(m_2: \text{目标棱镜对中精度}) + f(m_3: \text{作业人员操作误差})]$

$f(x_3: \text{点云采集精度}) = \Sigma [f(m_1: \text{作业场景特征点分布情况}) + f(m_2: \text{SLAM 回环检测精度}) + f(m_3: \text{单次作业时长}) + f(m_4: \text{作业人员操作误差})]$

$f(x_4: \text{全景影像质量}) = \Sigma [f(m_1: \text{摄像机镜头分辨率}) + f(m_2: \text{作业场景照度}) + f(m_3: \text{作业人员操作误差})]$

$f(x_5: \text{扫描设备采集精度}) = \Sigma [f(m_1: \text{扫描设备测距精度}) + f(m_2: \text{扫描设备角度分辨率}) + f(m_3: \text{设备采集点云密度}) + f(m_4: \text{作业人员操作误差})]$

5.2.1 原点精度控制方法

为保证原点定位精度，在作业条件允许的情况下，应架设静态 GNSS 基准站，配合 RTK 进行原点位置测量。若作业环境不适宜，则使用控制点引测的方式对原点位置测量。

5.2.2 控制点布设方案

作业过程中，应保证控制点之间通视，尤其是在狭长区域（如走廊等场景）作业时，应合理布设控制点，每个数据集中应至少保证三个控制点，控制点间距不宜超过 25 米。

5.2.3 点云精度控制方法

- 1、各扫描场景内应保证具有足够特征点，且尽量均匀分布。
- 2、单个闭环最大距离不宜超过 30 米。
- 3、单次最大作业时长不宜超过 1 小时。

4、为保证点云采集精度，三维扫描设备应符合本标准内所规定的相关要求，主要参数包括：最大测程、测距精度、激光等级、激光波长、工作温度、数据获取速度、视场角、角度分辨率等。

5.2.4 全景影像精度控制方法

作业过程中，若使用视觉 SLAM 设备，应开启所有光源，尽量保证作业空间内光线分布均匀且明亮。作业环境照度应保持在 200 勒克斯左右，不同时段照度存在一定差异，最低照度应保持在 110 勒克斯左右。

全景影像的组成数量和影像分辨率应符合本标准内所规定的相关要求及具体工程需求。

6 勘察阶段技术要求

6.1 实施前准备

6.1.1 收集资料

在方案制定初期，通过现场勘察、线上查阅资料、合作单位走访等方式收集非暴露空间基本情况，特别是采集对象的主体结构、特点、适宜工作时间段等。（诸如地铁的站点特征、站点结构、施工时间等）。

6.1.2 人员与设备

每组人员应拥有静态 GNSS、全站仪、RTK 移动站、水准仪、三维激光扫描仪、涉密硬盘、涉密移动计算机一套。（一组建议配备人数 3-4 人）

6.1.3 施工安全

对项目内通过技术培训的每名员工进行安全责任培训与保密制度培训，通过笔试、现场操作等多种方式来考核工作人员，获得结业证明与施工证的工作人员方可进入项目实施作业。

6.2 勘察阶段作业流程

进行现场勘察时，其技术流程应包括如下内容：

- a) 资料收集；
- b) 草图绘制；
- c) 确定控制点位置；
- d) 设计扫描方案。

技术流程图如图 7 所示。

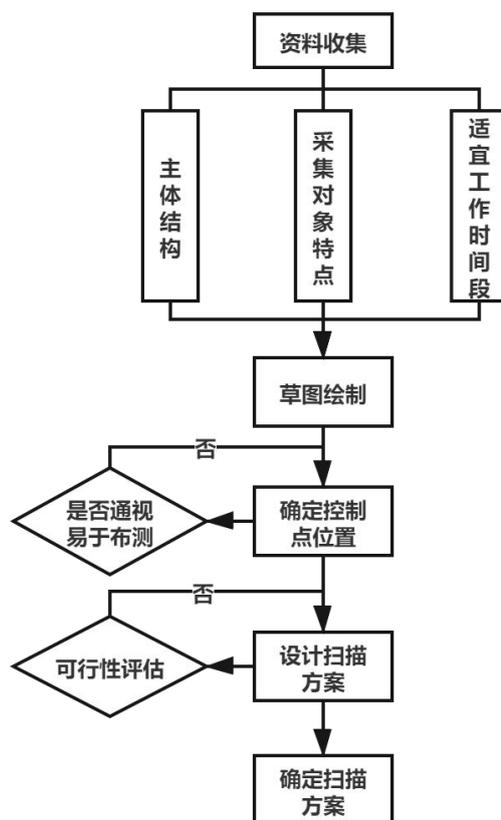


图 7 勘察阶段作业流程图

6.3 外业作业方案设计

6.3.1 采集范围

一般根据非暴露空间内部结构特征、采集仪器特点和项目需求确定采集区域范围，区分重点采集范围和非重点采集范围。

6.3.2 采集区域划分

- (1) 若采集区域内作业环境变化较大，无法连续采集，应合理划分采集区域。
- (2) 同一采集区域中，若单次有效作业时间内，无法完成全部数据采集，应合理划分采集区域。
- (3) 根据不同精度要求和不同采集设备，合理划分采集区域。

7 外业采集阶段技术要求

7.1 外业采集内容

外业采集内容包括原点坐标、控制点坐标、点云数据、全景影像等。

7.2 外业采集阶段作业流程

进行外业采集时，其技术流程应包括如下内容：

- a) 原点测量；
- b) 控制点布测；
- c) 测图系统初始化；
- d) 测图系统数据采集；
- e) 外业数据检查；
- f) 原始数据整理、归档和移交。

技术流程图如图 8 所示。

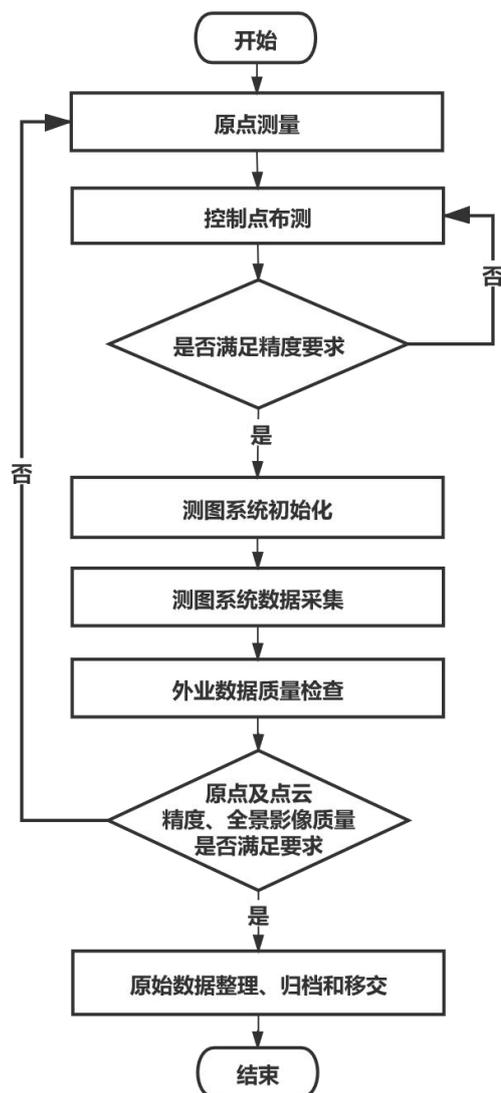


图 8 外业采集阶段作业流程图

7.3 数据采集方式

(1) 移动式三维激光扫描

移动式扫描设备可在移动过程中持续获取数据。一般基于 SLAM(原理)。

(2) 静态式三维激光扫描

静态式扫描设备仅在单个地点进行扫描并获取数据，针对一个扫描点架设站点。

7.4 控制点采集

7.4.1 控制点位置要求

(1) 控制点的布设位置应易于判读、便于联测，尽量选取作业环境变化较小的区

域，宜采用制式标志（如：十字形标志），具体的形状和尺寸参考 GB/T27663-2011《全站仪》执行。

(2) 控制点标志的颜色应根据背景选定，应使其与周围环境具有较大的反差。

(3) 点位应尽量选择在明显的、相对固定、不易被遮挡且易于精准定位和量测的位置。

(4) 点位应易于到达和放置仪器，视野开阔。

7.4.2 控制点布设

控制点布设应根据采集设备平台、仪器定高、测区形状、地物情况、高程变化、单次数据采集面积及接边情况等因素布设控制点，参考图样如图 9 所示：

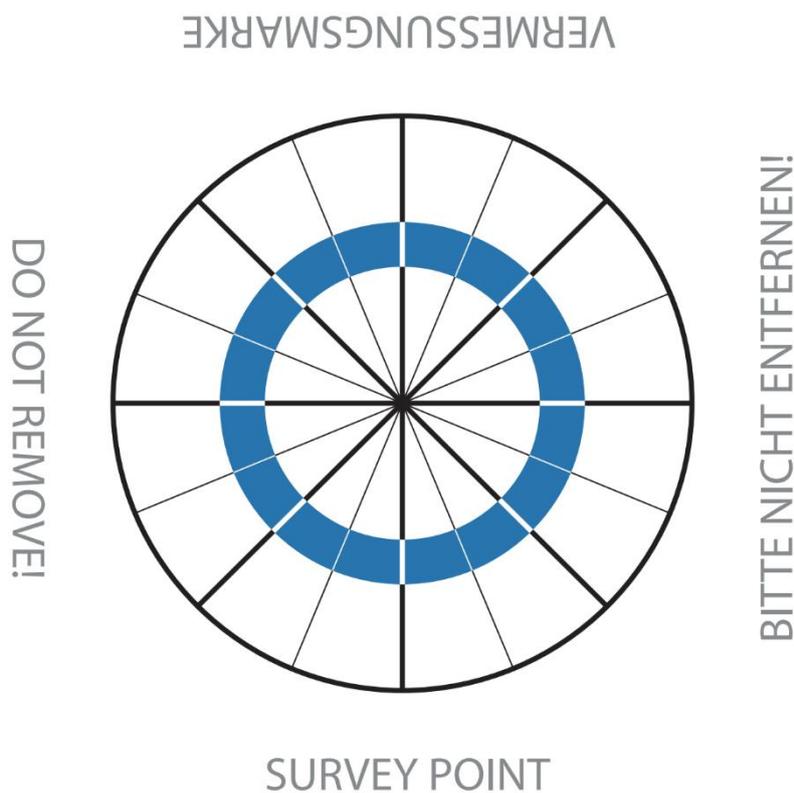


图 9 控制点参考图样

7.4.3 控制点观测

观测须使用全站仪等仪器，其定位精度应满足 GB/T 27663-2011《全站仪》中的相关要求。高程控制点应满足相对于附近基础控制点的高程中误差不超过 1/10 基本等高距的要求。

7.4.4 控制点编号

控制点应统一布设成平高控制点，编号为：P（地点简称）+ 点号（001、002、003…），如：P001、P002。

7.5 数据采集技术要求

7.5.1 采集申请

准备采集相关资料，联系相关主管部门进行申请，提供人员相关信息，申请通过后方能进行采集作业。

7.5.2 采集效率要求

整体采集作业效率大于等于 2000 平方米/小时。

7.5.3 移动作业方案

推扫路线应根据扫描现场的地形环境，严格按照仪器使用说明书中要求规范执行。以视觉 SLAM、激光雷达 SLAM 为例，采集路线规划要求如下：

- （1）确保单一数据集的尺寸不超过一个小时从两个不同的方向测绘狭长走廊。
- （2）在一个数据集中创造多个路线闭环，保证至少 30 米内，形成一次闭环。
- （3）在狭长区域（如走廊等场景）作业时，需在路线的开始位置和结束位置各安置一个控制点，推扫路线中每隔 25 米需安置一个锚点。
- （4）作业过程中，应打开所有光源，尽量保证作业空间内光线分布均匀且明亮。
- （5）单幅全景照片组成数量大于 6 幅（摄像镜头为超广角鱼眼镜头，若使用其他类型镜头，需根据工程需求进行相应调整），全景照片分辨率应高于 7 千万像素。

7.5.4 静态作业方案

静态作业应根据扫描现场的地形环境，严格按照仪器使用说明书中要求规范执行。静态作业要求如下：

- （1）确保仪器在一个比较稳定的环境中，即要保证仪器的绝对静止以及光线不会对仪器造成影响。
- （2）架站点应在距离扫描仪 15 米左右视野开阔的地方，固定简易脚架，设置反射贴片位置，并记录反射贴片高度，确保反射贴片正对扫描仪
- （3）架站点应对准仪器下方激光位置，做好标记，量取仪器定高并进行记录。

8 外业数据质量检查

8.1 原点精度

进行原点坐标测量前，若架设静态 GNSS 基准站，建议收敛时间为 3-5 小时，水平定位精度： $\pm(2.5+0.5\times 10^{-6}\times D)$ 毫米；垂直定位精度： $\pm(5.0+0.5\times 10^{-6}\times D)$ 毫米，D 为基线长度（千米）。

若使用 RTK 直接进行原点坐标测量，参考 CH/T 2009-2010《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》。

若采用控制点引测的方式进行原点坐标测量，其定位精度要求参考 CH/T 2009-2010《全球定位系统实时动态测量(RTK)技术规范》。

8.2 点云精度

8.2.1 激光点云采集设备参数要求

为保证点云采集精度，激光点云采集设备参数要求应满足以下关键需求：

- (1) 激光等级 1 级（人眼安全），
- (2) 激光发散角： ≤ 0.16 毫弧度，
- (3) 工作温度： -10 摄氏度至 $+60$ 摄氏度，
- (4) 最大测程：100 至 150 米，
- (5) 最小测程：0.3 至 0.5 米，
- (6) 测距精度： ± 3 厘米，
- (7) 点云密度： $0.5 \leq$ 厘米，
- (8) 数据获取速度：97 至 110 万点/秒，
- (9) 视场角： ≥ 270 度（垂直）， ≥ 360 度（水平），
- (10) 角度分辨率：1 至 2 度（垂直），0.1 至 0.4 度（水平），
- (11) 旋转速率：5 至 20 赫兹，以及其他具体工程要求。

8.2.2 点云质量评价指标

- (1) 点云密度：用于描述单位面积上激光雷达点的平均数量。
- (2) 高程精度：用于评价激光雷达点云数据的高程与其真实的地面高程之间误差分布离散程度的指标,采用最大高程误差、高程中误差、相对高程中误差进行评价，对于有重叠测区的激光雷达点云数据可采用测区拼接高程误差进行高程精度评价。
- (3) 平面精度：用于评价激光雷达点云数据的平面位置与其真实的地面位置之间

误差分布的离散程度，采用最大平面位置误差、平面位置中误差, 相对平面位置中误差进行评价, 对于有重叠测区的激光雷达点云数据可采用测区拼接平面位置误差进行平面精度评价。

(4) 粗差率：用于描述激光雷达点云数据中点云粗差出现的概率。

(5) 强度质量：用于评价激光雷达点云数据的强度信息，采用信息熵和信噪比进行评价。

8.2.3 点云质量评价指标计算方法

参考 GB/T 36100-2018 《机载激光雷达点云数据质量评价指标及计算方法》。

8.3 全景影像质量

(1) 图片重叠度应符合要求。

(2) 图片色彩饱和度适中，应无暗影、模糊和光晕。

(3) 图片反差适中、清晰度高、曝光适当等基本条件应满足要求。

(4) 后期处理应将错位、空洞等缺陷补全。

(4) 全景分辨率应大于等于 7 千万像素。

(5) 单幅全景照片组成数量大于 6 幅（摄像镜头为超广角鱼眼镜头，若使用其他类型镜头）。

9 安全与保密规定

按照国家相关法律法规及标准要求的安全与保密处理。