LiGrip FAQ (V3.5)
通用问题解答

MLS 地面组/售后支持部

曾滔 彭新雨 葛浩

FAQ 修订情况

修订日期	修订次数	说明
2024 年 8 月 27 日	1	涵盖全面，内容丰富
2025 年 8 月 7 日	1	增加 O2 系列，高斯

目录

1. SLAM 基本知识 2
1.1. SLAM 的原理 2
1.2. 什么是特征 2
1.3. 那些场景 SLAM 不适配 2
1.4. 什么是累计误差 3
1.5. 什么是闭环 4
1.6. 什么是控制点 5
1.7. 什么是 SLAM 初始化 5
1.8. 什么是 PPK/RTK 6
1.9. 什么是 PPK-SLAM/RTK-SLAM 7
1.10. 什么是 MLF-SLAM 7
1.11. 相对精度 7
1.12. 绝对精度 8
2. 激光雷达基础知识 8
2.1. 激光雷达原理 8
2.2. 强度 8
2.3. 反射率 9
2.4. 测距 10
2.5. 光斑 11
3. 测绘基础知识 13
3.1. CGCS2000 地心坐标系 13
3.2. WGS84 地心坐标系 14
3.3. WGS84 与 CGCS2000 比较 14
3.4. 1954 1980 参心坐标系 15
3.5. 地方坐标系 15
3.6. 高斯投影/横轴墨卡托投影 15
3.7. UTM 投影 17
3.8. 高斯投影和 UTM 投影的区别 19
3.9. 七/四参数 19

3.10. 椭球高 正常高 正高 20
4. 高斯基础知识 21
4.1. 3D 高斯原理 21
4.2. 3D 高斯应用领域 21
4.3. 3D 高斯与传统建模的区别 22
5. 采集前的软/硬件要求 24
5.1. 采集控制软件要求 24
5.2. 采集端设备要求 24
5.3. 4G 网络要求 25
5.4. 相机注意事项 25
5.5. O2 系列连接前的准备 25
6. 采集的通用流程和注意事项 26
6.1. 采集的通用流程 26
6.2. 路线规划时闭环的条件 27
6.3. GNSS 环境对采集路线的影响 27
6.4. 自架基准站时 27
6.5. 需要采集多个架次时 28
6.6. 采集的时间限制 28
6.7. 采集时间和文件大小的关系 28
6.8. O1/O2-Lite 采集地面点注意事项 29
6.9. 车载/机载套件采集注意事项 29
7. 不同场景的数据采集方案和注意事项 30
7.1. 园区、城市、建筑区域环境 30
7.2. 道路环境 30
7.3. 林业环境 31
7.4. 隧道环境 31
7.5. 矿洞环境 32
7.6. 室内环境 33
7.7. 电力管廊环境 33
7.8. 开阔场景采集注意事项 34

7.9. 高斯采集注意事项 34
8. 数据拷贝有关问题 35
8.1. U 盘不识别 35
8.2. LAN 口拷贝的设置 35
8.3. 视频/影像拷贝有关问题 36
8.4. 数据组织问题 36
9. 高精度 SLAM 解算软件配置要求 38
10. 各个模式的意义 38
11. 内业计算时间 38
12. 解算软件激活问题 39
13. slam.log 中常见的报错信息及解决方案 39
13.1. Bag file read error! 39
13.2. SLAM results may be incorrect 39
13.3. Processing memory is insufficient 39
13.4. Processing error: vector<T> too long 40
13.5. Rename lidata file error: xxxx 40
13.6. Build lidata failed 40
13.7. Lidar scan range too small! 40
13.8. Loop closure process failed. 40
13.9. Get video file paths failed!. 40
13.10. Failed to decode image_time.bin 40
13.11. Camera bin files not same, please check!. 41
13.12. Camera time may be incorrect! 41
13.13. The number of image timestamps is less than the number of image frames! 41
13.14. The camera video file may be incorrect! 41
13.15. Move distance insufficient! 41
13.16. GPS Time is out of sync with trajectory time,please check the trajectory! 41
13.17. *** gap 42
13.18. GCP initial transform error, please check GCP pairs 42

13.19. GNSS file doesn't exit 42
13.20. Re-output lidata failed 42
14. 点云精度较差 42
14.1. 相对精度较差 42
14.2. 绝对精度较差 43
14.3. 上下楼层不平行/错层 ..... 错误！未定义书签。
15. 分层问题 44
15.1. 无 GNSS 采集时 44
15.2. 有 GNSS 采集时 44
16. 噪点问题 45
16.1. 水体噪点 45
16.2. 灰尘噪点 45
16.3. 镜像噪点 45
16.4. 树干噪点 45
16.5. 光源噪点 45
16.6. 动态物体噪点 45
17. 点云厚度问题 45
18. 赋色问题 46
18.1. 赋色错乱，与点云不对齐 46
18.2. 赋色不清晰 46
18.3. 赋色断裂 46
19. H 系列电池保养/充电问题 48
19. 1. 维护和保养 48
19.2. 电池指示灯含义 48
20. O 系列电池保养/充电问题 48
20.1. 存储要求 48
20.2. 充电要求 48
21. H/V 系列相机问题 49
21.1. cameraurl.txt 文件中不显示对应视频文件名问题 49
21.2. 相机开机后提示“使用驱动器光盘之前需将其格式化，是否要格式化磁盘”

问题 49
21.3. 相机开机后提示 SD 卡卡速不够问题 49
21.4. 相机录制视频格式化直接为 insv 问题 50
21.5. 5.相机视频文件分镜头储存现象 50
21.6. 相机报错 “NO SDCard” 50
21.7. 手持设备相机经常频繁断联 51
21.8. 手持设备供电盒在插入 U 盘情况下无法连接相机问题 52
22. 设备端问题 52
22.1. 无实时点云显示 52
22.2. 苹果手机 LiGrip 软件连接设备时显示无网络连接问题 52
22.3. 苹果手机提示网络异常 53
22.4. 如何通过数据查看设备 SN 和固件版本等信息 53
22.5. 手持设备采集过程中频发异常突然断电 53
22.6. 手持 GNSS RTK 盒子 4G 灯不亮 53
22.7. 手机安装 GreenValley APP 后可正常连接设备 WIFI，但无法在 APP 中获取设备所有信息 54

说明：本 FAQ 是包含软件和硬件的常用问题的解答，基本覆盖采集到处理的所有问题的解答，如果遇到本 FAQ 无法解答的问题，可以联系售后/技术支持进行定向解决。

阅读前提：FAQ 不是操作手册，在阅读之前您需要掌握基本的采集和处理基本知识，至少阅读了设备的操作说明，能够进行简单的数据采集处理之后，再阅读本手册。

CHAPTER

1

01 基础知识篇

本章节介绍：

- SLAM 基本知识
- 激光雷达基础知识
- 测绘基础知识
- 高斯基础知识



1. SLAM 基本知识

SLAM 基本知识是让您对所操作的设备和解算软件有一个基本的认识。有了这个基本认识之后，对作业会更加理解，得到想要的数据结果；

1.1. SLAM 的原理

SLAM，Simultaneous Localization and Mapping ，即时定位与地图构建。从一个未知环境里的未知地点出发，通过传感器观测定位自身位置、姿态、运动轨迹，根据自身位置进行地图构建。在移动过程中根据位置估计和地图进行自身定位，即时定位与地图构建相辅相成。

简单理解：移动过程中采集到多帧点云数据，SLAM 算法是对一帧一帧的点云数据进行分析识别。当前后两帧同时扫到了 A 物体，将两帧中 A 物体的点云数据进行分析，判断出这是同一物体 A，据此对前后两帧的数据进行拼接。 整个地图构建便是这样一帧一帧拼合形成。

因此，SLAM 算法识别能力差时，判断前帧中的 A 物体和后帧中的 B 物体是同一物体，就错拼在一起了，拼接好的图像就脱离了真实情况。

这也要求环境中有足够的特征点。在空无一物的大平地，无法将两帧进行拼接，只能堆叠在此处，点云图像变厚，三维图像不清晰，质量下降。

1.2. 什么是特征

由于 SLAM 的算法原理就是需要不同帧之间的特征点进行匹配，进而得到设备的一个位置，进而得到周边的地图信息。因此对于特征点比较多的区域，比如街道立面，地下车库，SLAM 的稳定性更强。对于弱纹理，比如光滑隧道、特别空旷、沙漠等场景，SLAM 的稳定性就比较弱，因此得到的数据的可信度下降。

1.3. 那些场景 SLAM 不适配

不适配的场景即为 SLAM 无法获取有效特征，或者特征之间太过于相似的场景。

不适用的场景			
编号	描述	场景图片	备注
1	特征不明显的地物		比如：光滑隧道
2	空旷地方		比如：开阔的平地，道路 **使用 O2 系列设备可解决此类场景**
3	车、人流量较大		国道、人流量较大的繁华的商业街 **使用 O2 系列设备可解决此类场景**
4	晃动的树叶和花草		有风天气的公园，林区 **使用 O2 系列设备可解决此类场景**

1.4. 什么是累计误差

由于 SLAM 成图是依赖多帧原始激光点云进行拼接而成，而拼接的误差是会随着时间和距离进行累加的。

累计误差一般按照 N‰计算，代表 1000 米的直线行走或者不闭环的情况下，2 个同名物体的三维距离为 N 米。N 越小，代表 SLAM 的算法越好。

消除和减弱累计误差的影响有 3 种办法：闭环、GNSS 采集、GCP 采集等。

对于一些弱特征，无特征的情况。SLAM 的累计误差会比正常特征的环境大；

1.5. 什么是闭环

1.5.1. 闭环的作用

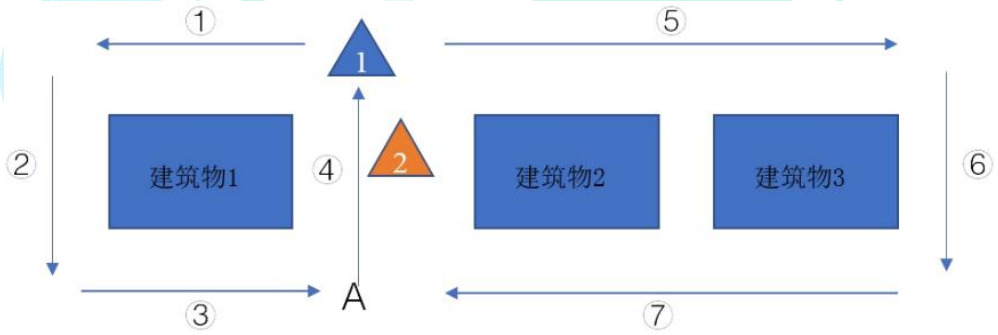
闭环是提高无 GNSS 或弱 GNSS 环境情况下数据精度的办法。

1.5.2. 闭环的概念

闭环，顾名思义为封闭的环状（简单地理解为，我又回到了曾经到过的地方）。当随着时间和距离的增加，累积误差越来越大时，我们迫切地需要引入外部变量进行一个修正，可以是 GNSS 也可以是闭环。在有闭环的时候，就相当于我们增加了一个外部物理世界的变量，这个时候程序就可以依靠这个物理世界的变量对累积误差进行消除。

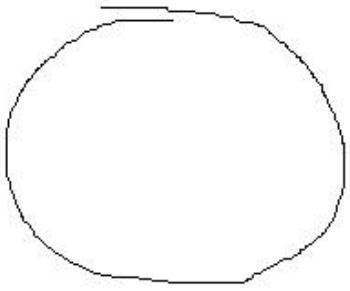
1.5.3. 如何正确地闭环

闭环可以很大地提高数据的可靠性与精度，因此在条件允许时，尽可能地走闭环。



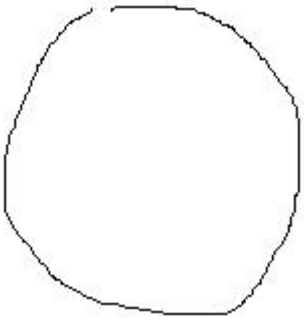
如上图，建筑物 1、2、3 为待扫描物体，建议从 1 开始扫描，而不是从 2 开始。开始扫描前，先规划扫描路线，按照上述规则，该场景扫描可行驶路线为①②③④⑤⑥⑦或者⑤⑥⑦④①②③。

闭环时，需要多走 5～10 米距离，保证程序闭环识正确（下图所示）。

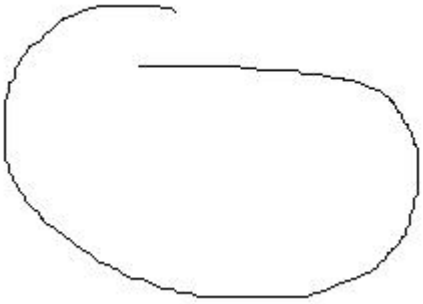


正确的闭环

以下是错误的闭环示例：



闭环距离不够



首尾距离太远

1.6. 什么是控制点

控制点也是另外一种消除 SLAM 累计误差，并给点云赋予绝对坐标的方法。控制点越密集，点云的精度就越高；

控制点的点密度我们建议在 50～100 米。

1.7. 什么是 SLAM 初始化

有 2 种概念：

① 初始化是系统各个设备硬件之间做同步；

② SLAM 的底图构建过程。底图是 SLAM 进行正确成图的关键，所以务必按照操作说明书进行；

我公司手持设备初始化的注意事项如下：

① **激光器不要冲着墙面、地面或者天空，以及特征很少的空旷地方**

② **不要在人流和车流量较多的位置进行初始化，**

③ **如果是采集隧道、矿道等，从外部进入，则初始化冲着洞口 。**

④ **普通采集环境，初始化时，激光器冲着采集场景即可 。**

⑤ **初始化严格保持设备不动，建议手扶稳放置在地面，防止手持初始化过程中不自觉地晃动。**

⑥ 初始化的时间一定要够：指示灯快闪变为慢闪

1.8.什么是 PPK/RTK

1.8.1. PPK

PPK（Post-Processed Kinematic）是一种高精度的 GNSS 定位技术，它与 RTK（Real-Time Kinematic）技术相对应，主要区别在于 PPK 是事后处理的动态相对定位技术，而 RTK 是实时的。PPK 技术允许用户在没有实时数据通信链路的情况下进行测量，这意味着用户可以在野外收集原始 GNSS 数据，然后在事后利用基准站或参考站网络提供的精确信息对这些数据进行处理，从而获得高精度的定位结果。

1.8.2. RTK

RTK GNSS（Real-Time Kinematic Global Navigation Satellite System）是一种实时动态测量技术，它通过使用差分 GPS（RTDGPS）技术，提供厘米级的定位精度。RTK 技术由基准站（固定站）、数据链和流动站（移动站）三部分组成。基准站接收机连续观测卫星，并将观测数据和测站信息通过无线电传输给流动站，流动站结合这些数据实时解算出其三维坐标和精度。

PPK 和 RTK 的区别如下：

特性/技术	PPK (Post-Processed Kinematic)	RTK (Real-Time Kinematic)
定义	事后处理的动态相对定位技术。	实时的动态载波相位差分定位技术。
数据处理	数据采集后在计算机上进行处理。	实时处理流动站和基准站的数据。
通信需求	无需实时通信链路。	需要实时数据通信链路。
作业半径	较大，可达 60km 以上。	相对较小，通常 10～15km。
环境适应性	适合复杂环境，环境影响低。	对环境有一定要求，可能受遮挡影响。
精度	可以达到毫米至厘米级精度。	可以达到厘米级精度。

特性/技术	PPK (Post-Processed Kinematic)	RTK (Real-Time Kinematic)
收敛时间	无需等待，事后处理。	需要时间进行收敛，通常较短。
适用场景	适合不需要实时结果的场景	适用于需要实时高精度定位的场景，如测绘、精准农业等。
成本	较低，无需实时通信设备。	较高，需要实时通信和数据处理设备。
灵活性	高，不受实时通信限制。	较低，受实时通信和基站位置限制。
优势	适合长基线、复杂环境作业，无需实时通信。	提供快速的实时定位精度，适用于需要立即反馈的应用。

我公司提供以上 2 种高精度的定位方式，您可根据自身需要进行选择。

1.9. 什么是 PPK-SLAM/RTK-SLAM

所谓 PPK-SLAM 和 RTK-SLAM，是指 2 种数据源融合的方式

松耦合：即将 GNSS 的位置和 SLAM 的位姿进行融合，通俗来讲就是利用 GNSS 把 SLAM 坐标系下的点云/轨迹转换到绝对地理坐标系下面；其中会涉及到，如何对 GNSS 的定位点进行筛选（因为有时候 GNSS 是可不靠的）；SLAM 和 GNSS 融合的权重调节；局部的平差调整；

紧耦合：是指 2 种不同的数据来源互相优化对方原始数据过程，比如利用 GNSS 参与 SLAM 帧匹配，利用 SLAM 的原始观测信息去辅助模糊度固定。未来这 2 种数据源可能会直接在硬件端进行融合。

1.10. 什么是 MLF-SLAM

Multiple Localization Fusion-SLAM，通过融合 GNSS 观测信息，SLAM 位姿，VSLAM 等信息实现弱特征环境下的绝对位置数据采集。

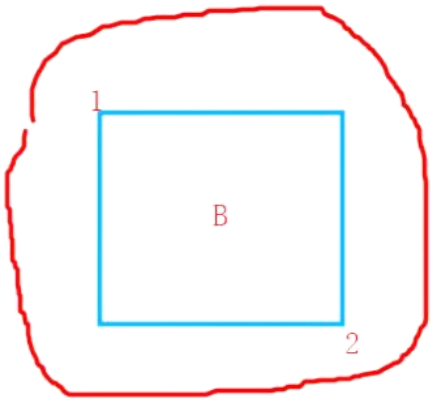
MLF-SLAM 适合开阔区域无特征，比如公路，沙滩，桥梁等场景等需要绝对位置的场景。

1.11. 相对精度

对于激光 SLAM 来说，相对精度指的是不**通视的 2 点**之间的距离与真值的差值。这个指

标其实间接地考核了整个 SLAM 的成图的精度。

何为不通视，下图中 B 为一栋建筑，1 点和 2 点是建筑的角度抑或是其他物体，在手持 SLAM 扫描过程中，无法同时扫描到 1 和 2 就代表这 2 个点不通视。



1.12. 绝对精度

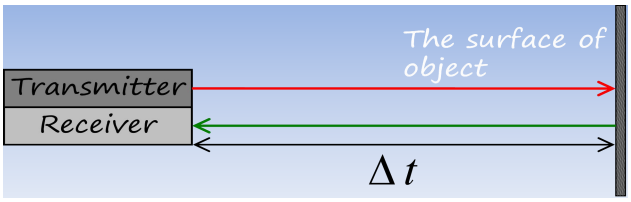
绝对精度是指成图后的具有绝对坐标的点云与实际检查点的差值，一般至少需要 3 个点，指标为平面和高程中误差。

2. 激光雷达基础知识

2.1. 激光雷达原理

LiDAR (Light Detection and Ranging），即激光探测及测距。激光雷达以激光器作为发射光源，以光电探测传感器为接收元件，依据激光测距的原理进行距离和角度的测量和记录，以此确定被测对象的方位信息。

光脉冲打在物体上并反射回到接收器的传播时间，光速是已知的，传播时间即可被转换为对距离的测量。



2.2. 强度

激光雷达最直接，最大的优势在于能够主动式地获取目标物体的三维坐标信息。除了三维信息之外，激光雷达还具备获取地物反射率的能力，物体**反射率**的信息在激光雷达点云上展示的就是强度（如下图所示，白色代表高强度，黑色代表低强度）。我们可以想象车在晚上行驶的时候，车灯照亮的一些路标和反光带、人行道时，这些标志的反光明显与地面形成

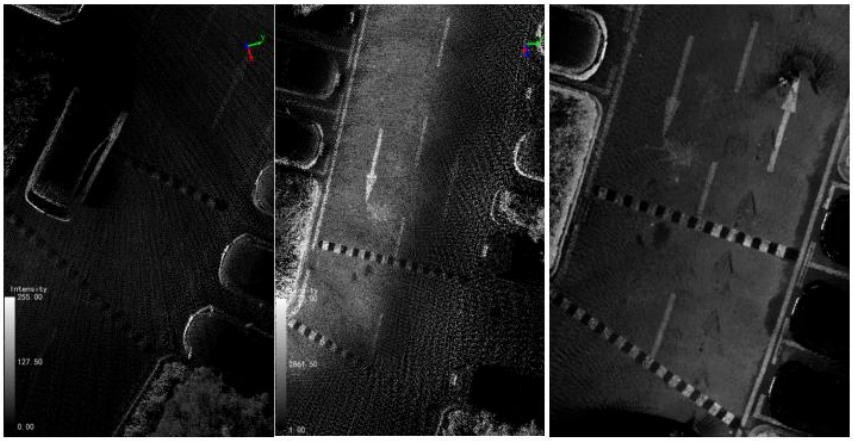
了鲜明的对比。



而强度与物体的材质，粗糙度以及光线都有关系，因此很多点云后处理软件的自动提取，成图都是基于强度信息。

不同激光器的性能不同，其强度的品质不尽相同，以下为三种常见的激光器的强度的差异。

不同时间，下雨与否，灰尘，太阳角度都会影响强度值。



LIVOX MID360　　OUSTER OS1-16　　HESAI XT16

2.3.反射率

反射率是指从物体表面反射回来的激光信号强度与原始发射信号强度的比例。这个比例可以用来评估物体表面的反射特性，对于激光雷达系统的性能和应用至关重要。其影响因子有以下：

① 表面材质：不同材料的反射率不同，如金属通常具有高反射率，而黑色塑料可能具有低反射率。

② 表面粗糙度：光滑表面倾向于产生镜面反射，而粗糙表面可能导致漫反射。

③ 颜色：颜色深的物体通常吸收更多的光，反射率较低。

④ 观察角度：入射角和观察角的不同会影响反射率。

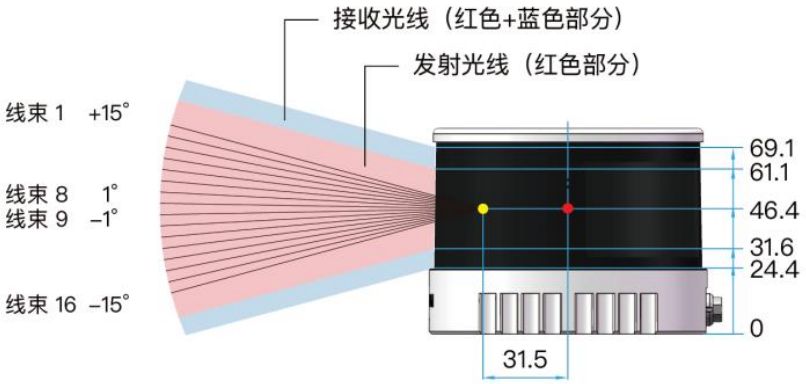
材质类型	反射率范围（%）	描述或常见用途
金属	70 - 95	高反射率，常见于汽车、建筑物外观等。
混凝土	20 - 40	中等反射率，常见于建筑结构和人行道。
沥青	10 - 30	低至中等反射率，常见于道路表面。
植被	5 - 20	低反射率，取决于植被类型和密度。
水	0 - 10	非常低的反射率，取决于水的浑浊度和表面波动。
土壤	5 - 15	低反射率，取决于土壤类型和湿度。
木材	10 - 30	中等反射率，取决于木材的种类和表面处理。
塑料	5 - 50	反射率变化较大，取决于塑料类型和颜色。
玻璃	5 - 70	取决于玻璃的清洁度和表面粗糙度，可能具有高反射率或透明性。
雪	80 - 95	高反射率，取决于雪的纯净度和压实程度。
冰	40 - 80	高反射率，取决于冰的透明度和表面状况。

反射率越高的物体，越容易被测到、强度值也会更高。

2.4.测距

以下为 XT16 激光器的说明书，可以看到里面对测距能力的表达。

测远能力 ①	80 m @10%反射率（通道 5~12）
	50 m @10%反射率（通道 1~4，13~16）



80m@10%反射率，说明该激光器在 10%反射率的物质上，有 80 米的测距能力

对于机械式旋转激光雷达来说，越靠近中心的线束（XT16 为 5-12）测距能力更强。

激光测距的能力还与环境的光照有关系，下图所示，XT16 激光器的测远的测试环境如下。

① 测远能力：典型值

• 测试条件：环境照度 100 klux，探测概率超过 90%

在白天，环境照度会因天气、时间和地点的不同而有所变化。晴朗的晴天，阳光直射地面的照度约为 100Klux。阴天或背阴处的照度会相对较低，例如晴天背阴处的照度约为 10klux 勒克斯。室内北窗附近的照度约为 2000lux 勒克斯。户外活动预防近视时，光照度在 1,000lux 以上就有意义，而达到 3,000lux 以上效果会更显著

因此，如果想要极限测试激光器的测距能力，在黑夜，对着反射率最好的物体时，测距能力能够极大增强。

2.5.光斑

激光雷达通过发射激光达到物体进行测距，但是激光不是没有大小，也有一定程度上的大小，而这个光在物体上呈现为光斑，如下图所示（红外相机拍摄），白点即为光斑。



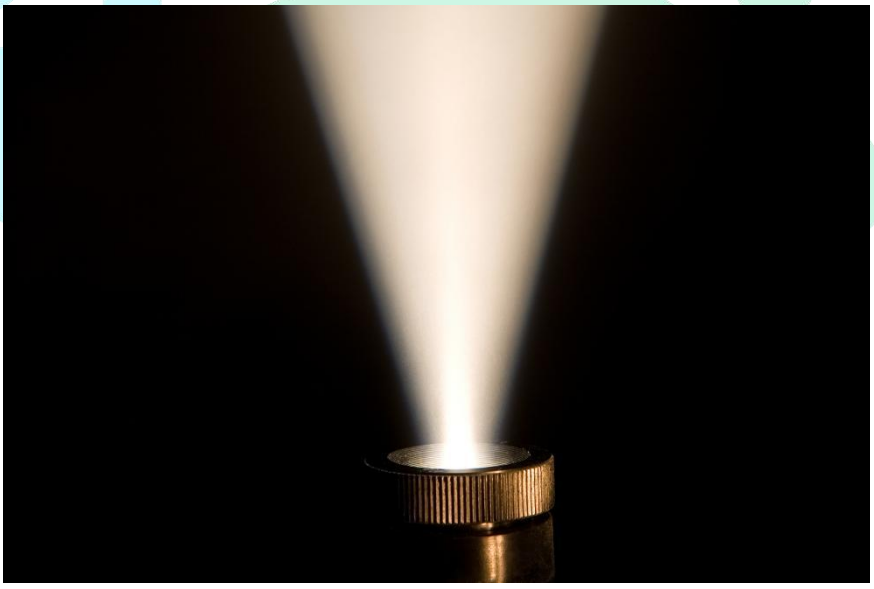
2.5.1. 光斑有何影响

光斑你可以想象成一个手电筒：

① 距离手电筒越远，手电筒照射的范围越广，光斑就越大

② 手电筒功率越高，照射的范围越亮；

③ 手电筒的光束越聚焦，照射的范围越窄，但是照射的目标物越亮，越远。



从以上可以确定，

① 光斑不是越大越好，反而越小更容易照亮物体，这也就是说，光斑越小的激光雷达其实越优质，测距和穿透能力也更强；

② 发射能力越强的，照射的距离越远；

2.5.2. 不同激光器的光斑比较

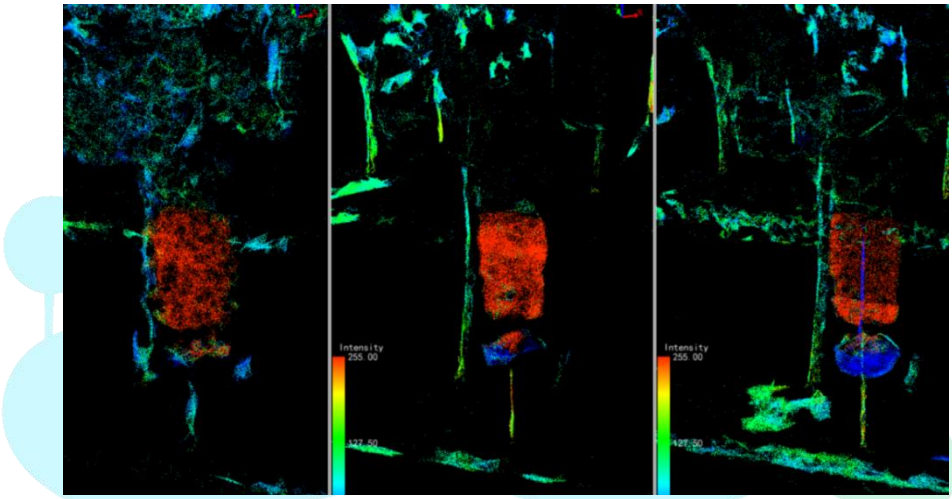
以下为不同激光器的光斑比较。其他距离下的光斑比较，按照倍数计算即可。

表 1 不同激光器的光斑大小比较

激光类型	光斑大小	光斑形状	20 米处光斑大小（米）
Mid 360	0.1° *1°	长椭圆形	0.04*0.35
XT-16/XT32	0.09° *0.13°	椭圆形，接近圆形	0.03*0.04
XT32M2X	0.13° *0.15°	椭圆形，接近圆形	0.04*0.05

2.5.3. 光斑即物体结构分辨率

光斑照射到物体，然后返回计算得到距离，并根据 SLAM 算法进行三维成图。光斑的大小决定了激光计算单元计算距离的最小单位，因此光斑越小，物体结构就会越清晰。以下图为所示的三种激光器对标示牌的表示区别（Mid 360 XT-16 XT32M2X）



O1-LITE 对标识牌的物理结构表示很差，支架和反光镜没有完全表示。而 H120 和 H300 基本有表示，但是由于 H120 点密度较低，因此完整度弱于 H300。

3. 测绘基础知识

由于测绘知识涉及的内容较多，我这里只提供给您基本的关于手持 SLAM 工作中碰到的常用的测绘基础知识讲解。

关于 MLS 如何进行坐标系转换的，可参考以下 2 篇文章

https://mp.weixin.qq.com/s/LLWIeGoULaTGhdGfzrOIjw

https://mp.weixin.qq.com/s/VkBUgrmGal1RwTIxxq5hyA

3.1. CGCS2000 地心坐标系

英文全称：China Geodetic Coordinate System 2000，2000 中国的地心坐标系统。地心的顾名思义是以地球质心为原点，建立的坐标系系统。而 2000，是参考历元 2000.0 的意思（历元 2000.0，即 2000 年 1 月 1 日）。由于确定一个坐标系，往往需要观测数据，而

观测数据都是某个观测时段决定的，因此 CGCS2000，就是 2000.0 历元观测下确定的坐标系统。

CGCS2000 是我国的法定坐标系，基本所有的资料都以这个坐标系提供。

3.2.WGS84 地心坐标系

WGS84（World Geodetic System 1984）坐标系是一种国际上采用的地心坐标系，坐标原点位于地球质心。

3.3.WGS84 与 CGCS2000 比较

特征	WGS84 坐标系	CGCS2000 坐标系
定义	美国国防部制图局建立的全球坐标系	中国国家测绘局建立的全球坐标系
原点	地球质心	地球质心
椭球	基于 GRS80 椭球参数	基于 GRS80 椭球参数，与 WGS84 基本一致
定向	WGS84 不断更新以匹配 ITRF	CGCS2000 基于 ITRF97 框架，2000.0 历元
实现方式	通过全球分布的 26 个监测站坐标实现	通过 2000 国家 GPS 大地控制网 2500 个框架点实现
实现精度	与 ITRF 符合优于 3cm	实现精度为 1cm
用途	用于全球导航定位	用于中国国内的地理信息、导航定位等
历元	观测历元	2000.0 历元
框架差异	WGS84 与 CGCS2000 理论差异在±5cm 以内	
坐标值差异	与 CGCS2000 坐标差异主要来自历元、精度、实现方式不同	
转换	可通过历元归算、框架转换与 CGCS2000 互相转换	可通过历元归算、框架转换与 WGS84 互相转换

请注意，虽然 WGS84 和 CGCS2000 在很多方面非常接近，但在实际应用中，根据具体

的使用场景和精度要求，可能需要进行坐标转换。例如，由于地壳运动，即使在相同的历元下，WGS84 和 CGCS2000 坐标之间也可能存在差异（一般差异在厘米到分米不等）。

3.4.1954 1980 参心坐标系

目前国家已经不使用这 2 个坐标系统了，但是存在部分区域仍然使用的情况。

1954 和 1980 是参心坐标系，如果要转换为 CGCS2000，可以在国土局或者自规局申请转换，或者使用七参数进行转换。

3.5.地方坐标系

我国有部分城市为了生产建设的需要，或者部分重要工程（大部分都是为了控制变形）会建立自己的独立坐标系。

一般来说，独立坐标系会采用以下 3 种方式建立

① 变更中央子午线；

由于远离中央子午线越远，变形越大，所以变更子午线，使其更加靠近本地，可以减小变形的程度。

② 变更投影高度

CGCS2000 的默认投影高度是椭球面，一些高海拔的地方，如果还维持椭球面的投影会导致长度变形，因此会采用变更投影高的方式

③ 坐标平移或者四参数转换

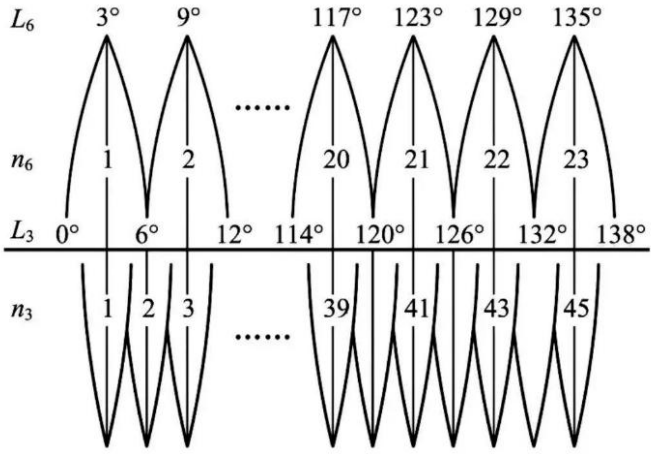
坐标平移为东和北向加常数，四参数转换为旋转，平移和缩放。

3.6.高斯投影/横轴墨卡托投影

高斯/横轴墨卡托投影是我国、东南亚国家常用的一种正形投影，投影过程中保持角度不变，从而在小范围内保持形状的相似性。尽管高斯投影在小范围内保持了形状的相似性，但在大范围内仍然存在一定的变形，特别是在投影带的边缘。因此高斯一般都会采用分带处理，以控制投影变形。

3.6.1. 分带

对于大比例尺测图（1:2000,1:1000,1:500），高斯都是采用 3°分带的方式进行投影，小比例尺地图一般采用 6°带（我们基本不用）。



L_6—六度带中央子午线经度；n_6—六度带带号；

L_3—三度带中央子午线经度；n_3—三度带带号

测绘人的笔记

3°带的带号=（经度+1.5°）/3 然后取整

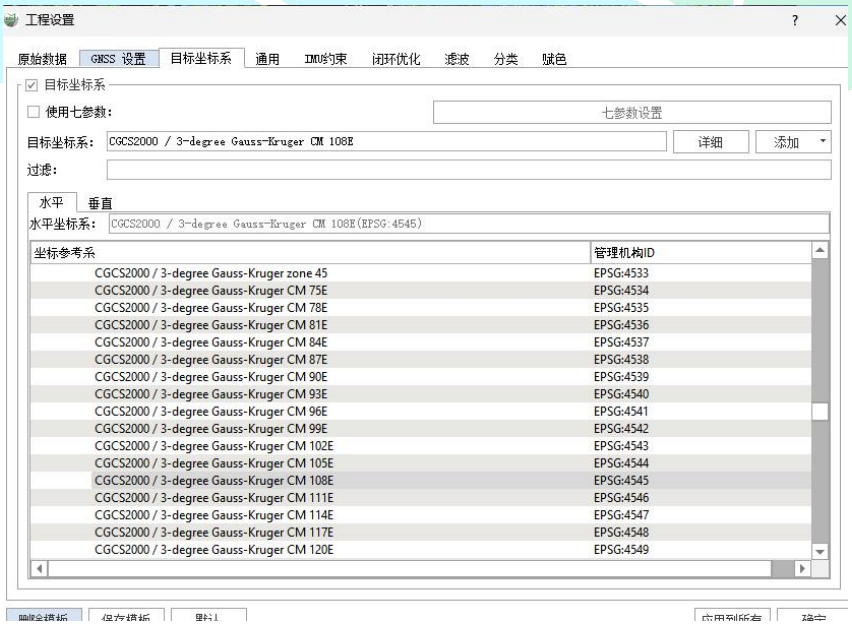
3°带的中央经线=3°带的带号*3

举例，经度 112.2°的地方的 3°带的中央子午线计算：

带号=（112.2+1.5）/3=37.9 取整=37

中央经线=37*3=111°

注意：某些坐标值，会在东坐标上加上带号，这个时候一定要跟客户确认。



3.6.2. 投影参数



① 名称：投影方式 Transverse Mercator

② Latitude/Longitude of natural origin：原点纬度和经度

坐标系的原点位于经纬度的位置，一般来说，高斯投影都是 0，中央经线

③ Scale factor at natural origin：原点变形尺度

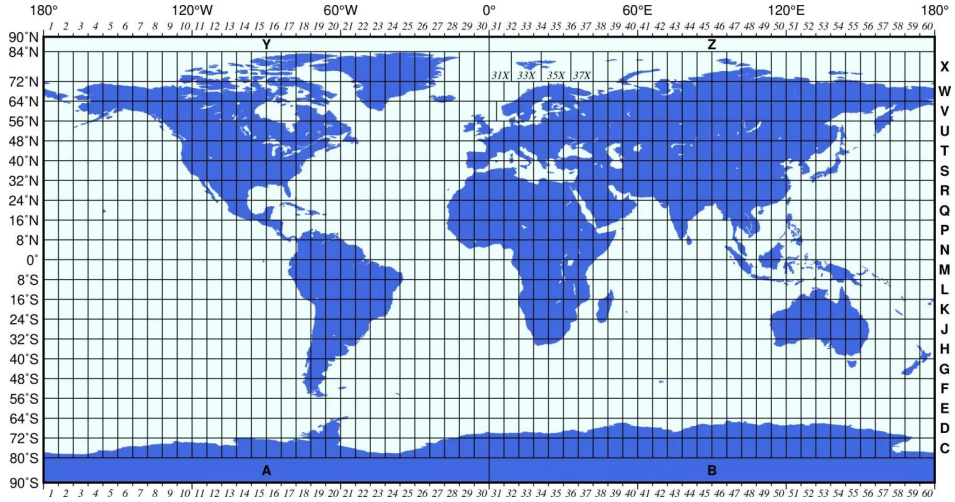
高斯投影是 1

④ False easting/northing：东/北向加常数

默认 False easting 为 500000，False northing 为 0。加常数的意义是让坐标没有负值。

3.7. UTM 投影

通用横轴墨卡托投影 通用横轴墨卡托投影是一种横轴等角割圆柱投影（universal transverse mercator projection）。



3.7.1. 分带

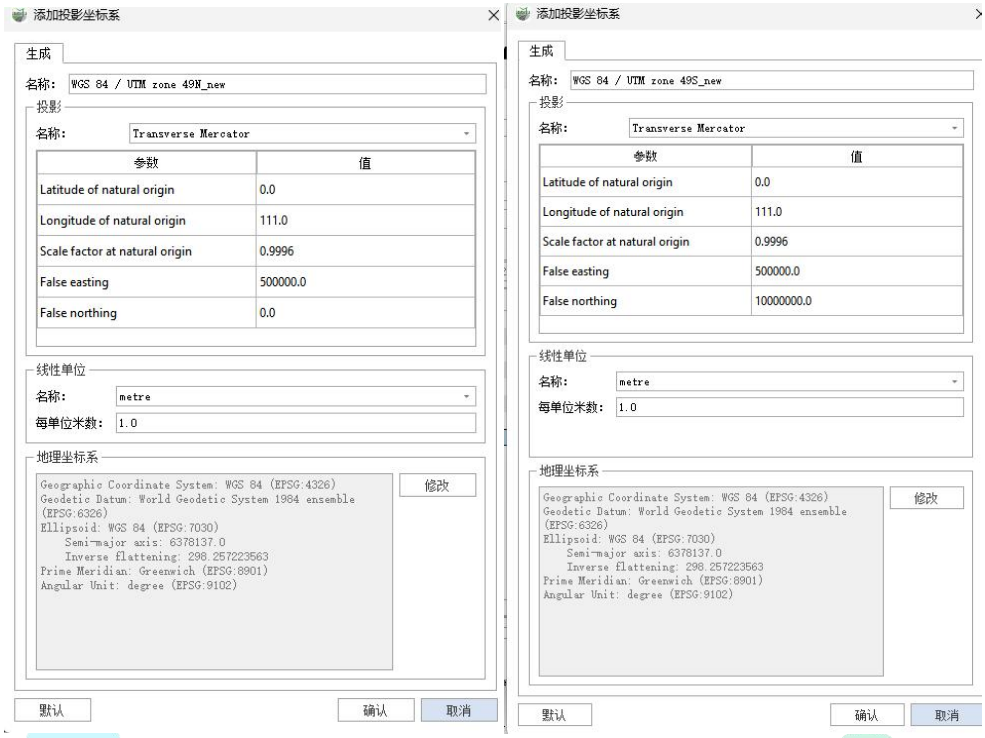
按照 6° 进行分带（没有 3° 分带），从东经 180 度（或西经 180 度）开始，自西向东算起，全球在南纬 80 度北纬 84 度之间被划分为 60 个区域。每一个区域都有各自位移的中心经线。1 带的中央经线为-177，0 度经线为 30 带和 31 带的分界，这两个分带的中央经线分别是-3 和 3 度。

我国的 UTM 分区，如下图所示。



带号	中央经线	经度范围
43	75E	72E-78E
44	81E	78E-84E
45	87E	84E-90E
46	93E	90E-96E
47	99E	96E-102E
48	105E	102E-108E
49	111E	108E-114E
50	117E	114E-120E
51	123E	120E-126E
52	129E	126E-132E
53	135E	132E-138E

3.7.2. 投影参数



① 名称：投影方式 Transverse Mercator

② Latitude/Longitude of natural origin：原点纬度和经度

坐标系的原点位于经纬度的位置，一般来说，高斯投影都是 0，中央经线

③ Scale factor at natural origin：原点变形尺度

UTM 投影是 0.9996

④ False easting/northing：东/北向加常数

默认 False easting 为 500000，False northing 为 0。在南半球时，False northing 为 10000000

3.8. 高斯投影和 UTM 投影的区别

UTM 投影和高斯克吕格投影的区别：

① 中央经线长度比不同，UTM 投影是 0.9996，而高斯-克吕格投影是 1。

② 带的划分相同，而带号的起算不同。

③ 对于中、低纬度地区，UTM 投影的变形优于高斯-克吕格投影。

④ 西方国家（美、英、德、法）多采用 UTM 投影作为国家基本地形图投影，东方国家（中、俄、蒙、朝）多采用高斯-克吕格投影作为国家基本地形图投影。

3.9. 七/四参数

七参数的作用是为了转换 2 个椭球基准的，比如常见的 80/54 等参心坐标系转换到

CGCS2000 坐标系。

四参数的作用是 2 个平面直角坐标系的转换。

七参数转换提供了一种更为全面的坐标转换方法，能够处理大范围和三维空间内的坐标转换，而四参数转换则更适用于小范围和二维平面内的坐标转换。选择哪种转换方法取决于转换的精度要求、范围以及可用的参数信息。七参数和四参数的区别如下：

特征/类型	七参数（Helmert 转换）	四参数
定义	包括平移（dx, dy, dz）、旋转（rx, ry, rz）和缩放因子（m）的七参数转换	包括 2 个平移参数（dx, dy）和 1 个旋转参数和 1 个尺度参数的四参数转换
用途	用于大地测量中的坐标转换，适用于大范围和高精度要求的转换	主要用于局部地区的平面坐标转换，精度要求不是特别高
精度	转换精度较高，适用于需要高精度坐标转换的场合	转换精度较低，适用于小范围的转换，或精度要求不高的场合
复杂性	转换公式相对复杂，需要计算七参数的组合效应	转换公式相对简单，易于实现和计算
适用性	适用于全球或大范围的坐标转换，如国家之间的大地坐标系统转换	适用于局部区域的坐标转换，如城市或小范围的地图投影转换

3.10. 椭球高 正常高 正高

3.10.1. 椭球高

- 通常由 GNSS 直接测量得到。
- 起算面是椭球
- 由于地球椭球体的不规则性，椭球高不能直接反映真实的地形高度。
- 椭球高又称大地高

3.10.2. 正常高

- 通过大地测量方法确定，考虑了地球重力场的正常化。

- 起算面是似大地水准面
- 用于国家或地区的高程系统，与椭球高相比，更接近于真实的地形高度。

我们国家的 1985 高程系统，就是正常高

3.10.3. 正高

- 是最直观的高程概念，但测量起来最为复杂。
- 起算面是水准面
- 需要考虑地面点的局部重力场和地形起伏。
- 常用于工程建设、土地测绘等领域。

3.10.4. 高程异常

似大地水准面至地球椭球面的高度 ξ 。

公式：ξ=H-h，其中 H 是大地高，h 是正常高

3.10.5. 高程改正格网

某些国家和区域提供一个高程改正格网文件，一般以 TIF/TIFF 形式提供，XY+属性分别是经纬度+高程异常值。当客户提供或者可以在某些网站下载时，可直接使用，最终可以得到正常/正高的高程值；

4. 高斯基础知识

3D 高斯技术是 2023 年开始至今最火热的三维重建技术，其相对于传统手动建模和 MESH 的对比如下：

4.1.3D 高斯原理

3D 高斯原理：用可变形的高斯球体表示场景，投影到屏幕后按深度混合渲染。总共分为四步：

（1）初始化：SFM 进行图片位姿计算（有些可以依赖激光 SLAM 的位姿快速计算），形成稀疏点云，这就是高斯的种子点；

（2）形成初始高斯球

（3）不断地增删改高斯球，与图片进行比较；最终形成密集的高斯球；这是最耗时的步骤；

（4）利用高斯球的特性（透明度）进行快速的渲染成 2D 图像；

4.2.3D 高斯应用领域

影视制作，虚拟制作，VR/AR，数字孪生，自动驾驶，文化遗产，AIGC 等领域

4.3.3D 高斯与传统建模的区别

一句话总结

要“快+轻+真”：选 3D 高斯。

要“测绘级精度”：用倾斜摄影。

要“完全可控+超高精度”：还得人工建模。

对比维度	3D高斯（3DGS）	手动建模（如Blender/Maya）	倾斜摄影建模（如ContextCapture）
技术原理	基于照片生成可变形高斯球，自适应优化	人工创建多边形网格与贴图	多视角照片计算点云生成三角网格
建模速度	★★★★ 全自动（分钟~小时级）	★ 完全依赖人工（天~周级）	★★★ 半自动（小时~天级）
渲染速度	★★★★★ **实时渲染（100+ fps）**	★★★★ 依赖引擎优化（30~60 fps）	★★ 需预处理LOD（通常＜10 fps）
细节精度	★★★★ 照片级细节（毛发/半透明效果佳）	★★★★★ **可控精度**（可达工业级）	★★★ 中等（纹理依赖照片，几何易破碎）
场景复杂度	★★★★ **动态适应**（细节区密/空旷区疏）	★★ 固定资源（高模需手动优化）	★★★ 固定三角面（全场景均匀分布）
光照适应性	★★★★ 支持球谐函数（视角相关光照）	★★★★★ 完全可控（可烘焙任意光照）	★★ 依赖原始照片光照（无法修改）
编辑灵活性	★ 难编辑（需重新训练）	★★★★★ **自由编辑**（网格/材质/动画）	★★ 仅能简化网格/重贴图
硬件成本	★★★ 训练需GPU（RTX 3090+），渲染要求低	★★★★ 依赖工作站（高内存/CPU）	★★★★ 需集群计算（大量CPU/内存）
数据量	★★★★ **轻量化**（0.5-2GB/场景）	★★ 资源庞大（纹理+高模可达10GB+）	★ **极重**（三角网格+纹理常＞50GB）
动态效果支持	★★ 有限支持（需扩展技术）	★★★★★ 完美支持骨骼动画/物理模拟	★ 不支持动态效果
主要优势	- 实时高清渲染 - 全自动流程 - 资源效率高	- 完全可控精度 - 自由创作 - 动态效果支持	- 大场景覆盖 - 地理精度保证 - 表面连续
主要劣势	- 无法物理编辑 - 视角闪烁风险 - 动态支持弱	- 人工成本高 - 写实场景效率低 - 学习曲线陡峭	- 实时性差 - 数据臃肿 - 非实景区域空洞
最佳适用场景	• VR/AR实时交互 • 数字孪生可视化 • 影视预演	• 游戏/动画资产 • 工业设计 • 高精度仿真	• 测绘/GIS • 大型建筑存档 • 地形重建

CHAPTER

2

02 数据采集篇

本章节介绍：

- 采集前的软件和硬件要求
- 采集通用流程和注意事项
- 不同场景的数据采集方案
- 数据拷贝有关问题
- 高斯采集要求

5. 采集前的软/硬件要求

5.1.采集控制软件要求

采集控制软件 GreenValley 提供了工程管理，RTK 配置，虚拟基站架设，实时点云浏览等实用功能，下载链接如下图所示（左 iOS，右 Android）

采集控制软件对移动端设备的要求

IOS：iOS12 以上，处理器 A10 及以上的苹果手机或平板

安卓：系统最低是 Android 8，内存不小于 6GB RAM，内置 GPS 模块

采集前保证 APP 处于最新版本，可通过“版本升级”按钮在线升级。

5.2.采集端设备要求

5.2.1. 采集端设备的存储/电量要求

开始采集前，需要保证至少 5%的空间剩余（部分设备在空间不足 5%时有按钮红灯提示）

开始采集前，保证电量大于 30%；

5.2.2. 采集端设备的固件要求

开始采集前，保证固件处于最新版本，在“设备管理”界面，点击“固件升级”，按照 APP 提示进行在线升级。

如固件升级遇到问题，可联系技术支持或者售后定向解决。

5.2.3. 采集端外观要求

- 相机镜头，激光器必须干净，使用专业的清洁工具擦拭；

- 激光罩必须取下；
- GNSS 是否与本地连接稳固

5.3.4G 网络要求

需要 RTK 采集的地方，务必保证 4G 服务正常（当使用出厂赠送的 4G 卡时，可扫描 RTK 模组的二维码查询），信号较好。

对于不需要进行 RTK 采集的，可忽略此要求；

5.4.相机注意事项

① 确保相机表面没有污渍；

② H/V 系列手持相机必须通过开关机键开机；



③ H/V 系列相机不能自行进行开启录制，必须由手持盒子自动控制录制；

④ 如果采集停止的时候，相机无法自动停止，可手动停止；数据保存完毕后，重启电池盒；

5.5.O2 系列连接前的准备

O2 系列采用的是 WIFI 和热点 2 种连接方法；对于热点的连接方式，需要注意：

① 设备启动完毕之后（电源和采集灯常亮）再打开 APP；

② 尽量采用专用手机进行数据采集，避免通话来电时，连接断开；

③ 热点尽量在使用前打开，过早打开会消耗手机电量，甚至有些手机为了省电默认关闭；

④ 关闭省电模式，热点是省电模式第一个优化的选项；

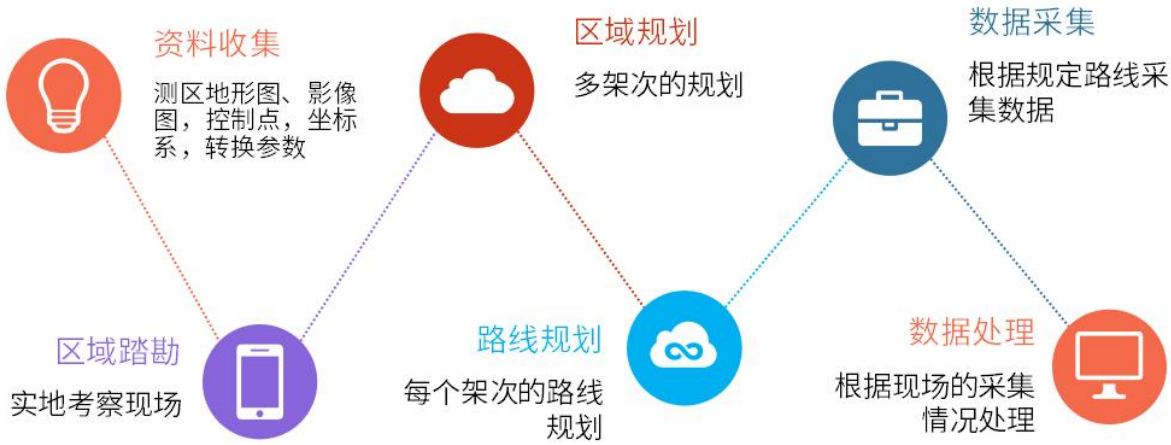
⑤ 确保手机能够正常上网；

⑥ IOS 手机需要打开“最大兼容性”；

⑦ 采集高斯数据需把相机帧率调至最大；

6. 采集的通用流程和注意事项

6.1.采集的通用流程



(1) 资料收集

主要收集地形图、影像图、控制点、坐标系、转换参数等，便于我们提前了解测区、规划路线，后面转换坐标使用；

(2) 区域踏勘

测量前进行实地考察可以方便我们更好地规划和优化扫描路线，和控制点的采集方式

(3) 区域规划

如果需要采集多个架次，那么需要根据区域的实际情况进行多架次的规划，原则上多架次之间需要有轨迹重叠 2～5 米。

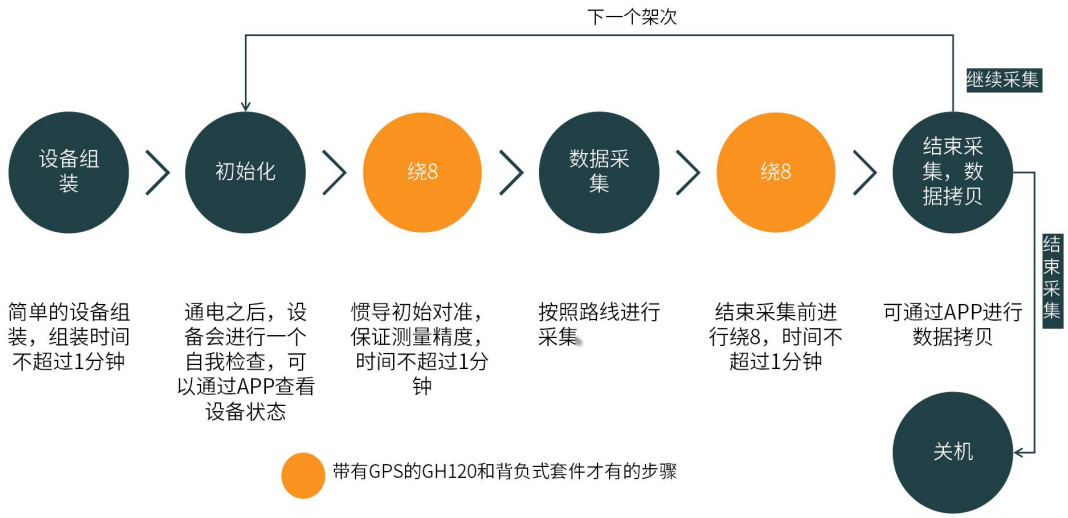
(4) 路线规划

路线规划尽量以最优的数据质量优先，以下原则规划路线：

每种场景规划路线的方式不一样，参考下一章节；

(5) 数据采集

数据采集的流程参考下图。



数据采集时，不同的场景有不同的要求，参考下一章节；

(6) 数据处理

包含 SLAM 解算，GCP 代入，数据的拼接，坐标转换等。

6.2. 路线规划时闭环的条件

① 无 GNSS、无 GCP 或者弱 GNSS 需要规划闭环。

② 全程有 GNSS、GCP 的情况下，不需要闭环。

③ 隧道、管道、涵洞等弱特征场景，不建议来回闭环；

6.3. GNSS 环境对采集路线的影响

GNSS 环境不好，可以通过 RTK 的固定个数和 RTK 的实时显示的误差进行判断；如果是 PPK，则可以根据 PDOP 值进行判断，一般小于 3 比较理想，大于 3 的话则要考虑进行闭环。

6.4. 自架基准站时

自架基站进行 PPK 处理时，需要遵守以下规则

基站架设需要架设在已知点上，其对基站点的要求如下

① 地面基础稳定，便于基站架设和操作

② 视野开阔，视场周围障碍物的高度角应小于 10°~15°，以保障接收卫星信号时不受影响。

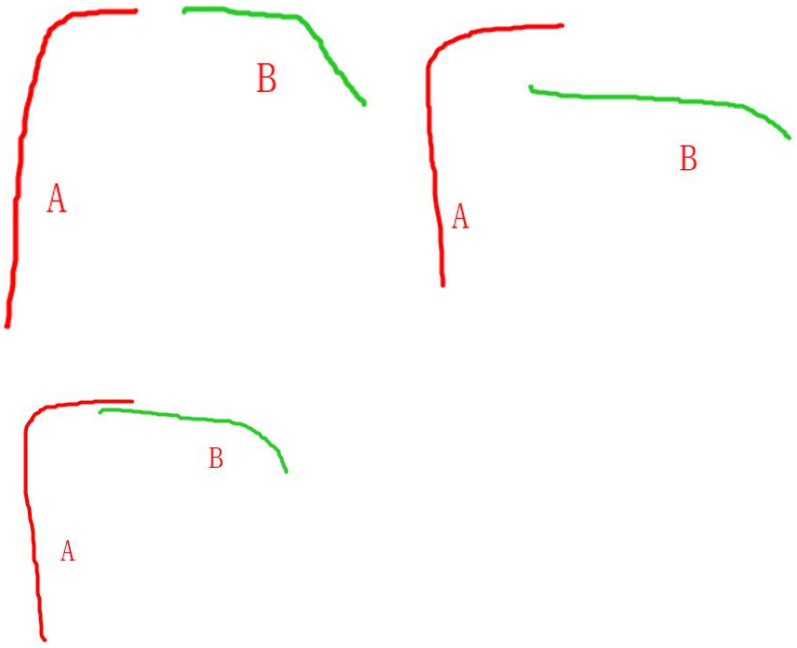
③ 附近不应有强烈反射卫星信号的物体（如大型建筑物等）；

④ 远离大功率无线电发射源（如电视台、电台、微波站等），其距离不应小于 200m；远离高压输电线和微波无线电信号传送通道，其距离不应小于 50m。

⑤ 基站必须覆盖采集前 10 分钟和采集结束 10 分钟的时间

6.5.需要采集多个架次时

多架次的数据要有轨迹重叠，轨迹至少重叠 2～5 米且轨迹之间相隔在 3 米以内；以下三张图中，第一张图为没有重叠，第二张图为轨迹相隔较远，第三张为正确的重叠。



6.6.采集的时间限制

不采集影像时，没有严格的时间限制，但是越大的原始数据，会对内业的内存以及磁盘造成一定的压力。

采集影像时，

① H120/H300 建议采用延迟摄影的方式进行采集，单架次的时间控制在 1 小时以内。

是否支持延迟摄影，需要根据固件程序而定，可咨询销售或者技术支持

② V100/H120（旧款）只有视频录制模式，单架次的时间控制在 1 小时以内。

③ O1-LITE 的录制没有时间上限，但是设备的散热以及内业计算效率考虑，建议保持在 90 分钟内，并注意剩余存储空间

④ O2 系列的文件普遍较大，务必留有足够空间。采集时长建议在 90 分钟内；

6.7.采集时间和文件大小的关系

不同原始数据的格式和压缩方式不同，文件大小有差异，以下是数据大小和录制时间的关系（仅供参考）。

设备	10 分钟录制		备注
	激光数据（GB）	影像（GB）	
H300	1.7-2.0	0.3-0.5（延迟摄影）	
H120	0.8-1.1	3-5（视频）	
O1-Lite	1.5-2.0	0.5-2.5	帧率可调
O2-LITE	7.9GB		3Hz 录制
O2	14GB		中等频率

6.8. O1/O2-Lite 采集地面点注意事项

如果需要采集地面数据，不可让激光器平行于地面。

6.9. 车载/机载套件采集注意事项

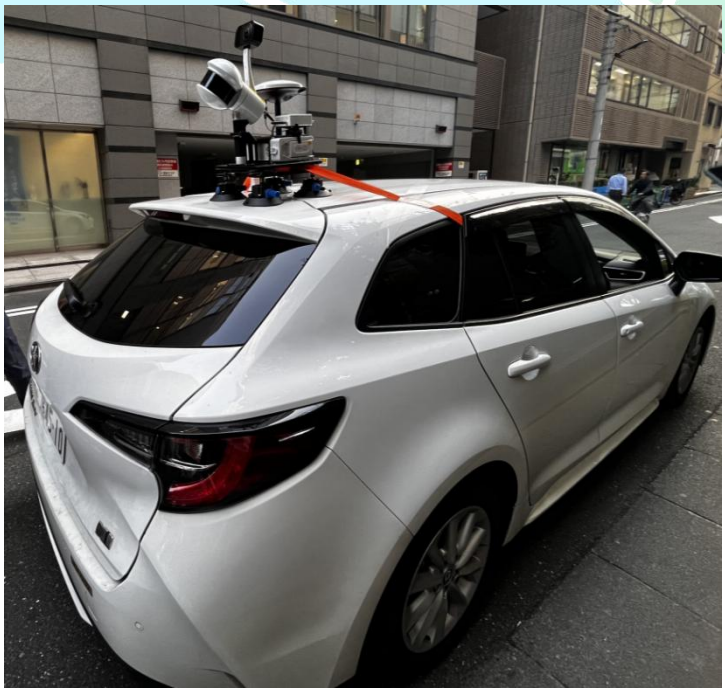
6.9.1. 车载套件

① 手持的车载套件仅适用于园区、城市等场景，对于长带状的道路场景适应性不佳；

② 车载安装时，建议放置在车尾端，以便扫描到更多地面数据；

③ 车载套件采集时车速不超过 40km/h，建议在 20km/h 内最佳；

④ 如果能够保证采集路线刚开始 300 米内，有拐弯，那么无须绕 8；



6.9.2. 机载套件

① 机载采集时，绕 8 需要较慢

② 采集速度在 7m/s 以下，高度不超过 150 米；

③ 重叠率大于 30%；

④ 采用建图航线飞行，可以仿地飞行；

7. 不同场景的数据采集方案和注意事项

不同场景的 SLAM 特征不同，以及 GNSS 环境不同，地理特征不同，有着不同的采集方案。

7.1. 园区、城市、建筑区域环境

园区、城市、建筑环境的 SLAM 特征较为丰富，其规划路线时按照以下原则进行

① 闭环的原则按照 6.2 节描述进行；

② GNSS 环境对采集路线的规划参考 6.3 节；

③ 如果遇到大型车辆时，可以稍微侧身让激光器对着静态物体进行扫描，等到大型车辆走时，再继续测量。

④ 碰到红绿灯时，尽量提前减速，保证让自己在走到红绿灯时以绿灯的状态经过；

⑤ 如果带 GNSS 采集时遇到树下的场景，尽量避免在树下行走；

⑥ 如果单侧有房屋，且需要采集房屋的立面场景，建议斜着 45° 方向对着房屋扫描；

⑦ 为了减轻内业处理的压力，伴随人员最好在采集人员后方 5～10 米之外；

⑧ GCP 打点时，避免采集者周围聚集人员。

7.2. 道路环境

道路环境一般较为空旷，建议采用 H300，O2 系列的设备进行采集，提高成图的概率。

① 闭环的原则按照 6.2 节描述进行；

② GNSS 环境对采集路线的规划参考 6.3 节；

③ 道路采集时，建议使用带 GNSS 进行作业，保证作业的精度；

④ 如果遇到大型车辆时，可以稍微侧身让激光器对着静态物体进行扫描，等到大型车辆走时，再继续测量。

⑤ 碰到红绿灯时，尽量提前减速，保证让自己在走到红绿灯时以绿灯的状态经过；

⑥ 遇到双向车道时，由于不可预知是否可以走回环，尽量使用带 GNSS 的方式进行数据采集，以保证数据不分层。

⑦ 如果带 GNSS 采集时遇到树下的场景，尽量避免在树下行走；

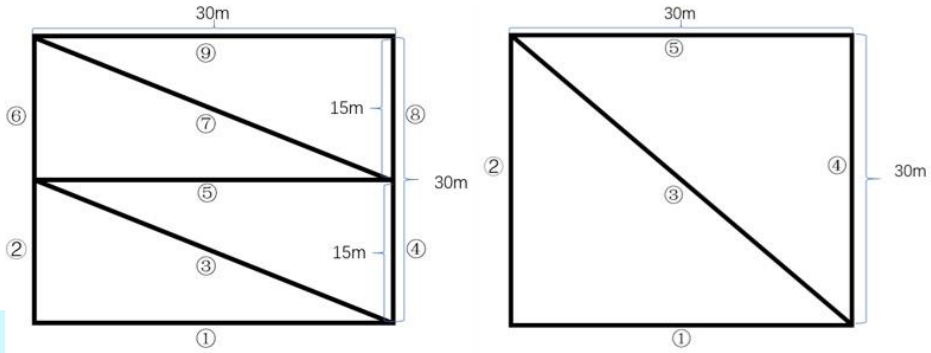
⑧ 为了减轻内业处理的压力，伴随人员最好在采集人员后方 5～10 米之外；

⑨ 使用车载套件时，注意车速不能过快，建议在 20km/h 以内最佳。激光器放置在车体后方能够较好地扫描到道路表面最佳；

7.3.林业环境

以 30m*30m 林业样方为例：

对采集样区进行路径规划，路线规划目的是可以采集到树木的所有信息，同时减少数据冗余，针对 30m*30m 的样区，如果树木比较密集，采用下图左所示的路径规划，如果树木比较稀疏，则可采用下图右所示的路径规划：



路径规划（树木密集：左 树木稀疏：右）

林业数据采集时需要注意以下事项：

① 遇到杂草比较高的，打点的位置激光器基本扫描不到任何特征时，不要打点；

② 不建议在森林林区进行打点，可以使用 GCP 刺点的方式进行绝对坐标代入；

③ 遇到杂草洞，或者灌木丛洞的时候尽量不要穿过，可以在此结束，然后开启新的采集工程；亦或清除路径上的蔓枝，避免采集时发现杂草挡路。

④ 林下 GNSS 环境不好，如果遇到 GNSS 固定解的，需要观察是否有跳点发生（可通过剖面查看），如有，建议删除跳点；

⑤ 遇到陡坡，或者斜坡时，尽量不要跳下，建议滑下即可。

⑥ 闭环尽可能地多，以避免造成树干分层现象发生。

7.4.隧道环境

隧道环境分为特征较少的环境和特征较多的环境，一般来说，特征较多的隧道是处于施工中的隧道，竣工之后的隧道都属于特征较少的隧道。

① 隧道特征较少时，行走时切记不要转身掉头；

② 伴随人员必须位于采集人员后方 2 米之外；

③ 隧道特征较少时，尽量不要打点，可以使用 GCP 刺点的方式进行绝对坐标的数据

代入；如有必要需要打点，缓慢落下和起来；

④ 打点时，伴随人不要在前方，应该在打点人员后面 2 米，并且也要同时起身和蹲下；

⑤ 采集时，尽量走在隧道中央；

⑥ 采集时，激光头的不要有大幅的左右和上下晃动和摆动；

对于弱特征，或者无特征的隧道时，可以通过人工造特征的方式进行，我们一般选取比较大的物体作为特征：**锥桶、纸箱、雨伞**是最佳的物体。



7.5.矿洞环境

① 采集的时候要充分朝正前方，让激光器能扫描到更大的范围；

② 矿洞里面碰到死路或者无法通过的道路需要掉头时，可以采用下图所示的方式进行（反手持握，退出去）



③ GCP 打点时，避免采集者周围聚集人员；

④ 如果碰到比较陡峭的下坡时，激光器朝着下坡的方向；

⑤ 碰到大型车辆和聚集的人员过来时，让激光器缓慢对着静态物体扫描，等待车辆或者人走过之后再采集；

⑥ 遇到水雾环境，这种会对激光器产生大量的噪点，应该停止作业；

7.6.室内环境

① 最好提前将房门打开，不要在测量的时候移动。

② 进入时，先在外面对房屋进行整体扫描，然后慢慢进入房门。

③ 遇到比较狭小的空间时（1 米左右），尽量不要进入，直接在门口扫描即可；

④ 室内采集时，不要围观和尾随人员，保证激光器能够有效扫描到地面和墙面等点云，辅助提高数据的质量；

⑤ 室内的闭环尽可能地多；

⑥ 多层空间时，2 层之间也要形成闭环，可通过楼梯间或者双楼梯间进行闭环。

⑦ 如果在意多层之间的错层情况，可以使用假定相对坐标系的控制点进行纠正（一般来说多层之间的柱子，墙角的坐标平面上是一致的，而高程一般是确定的），在内页时进行 GCP 刺点代入；

⑧ 采用背负套件扫描时，遇到比较低的空间，屈膝行走。

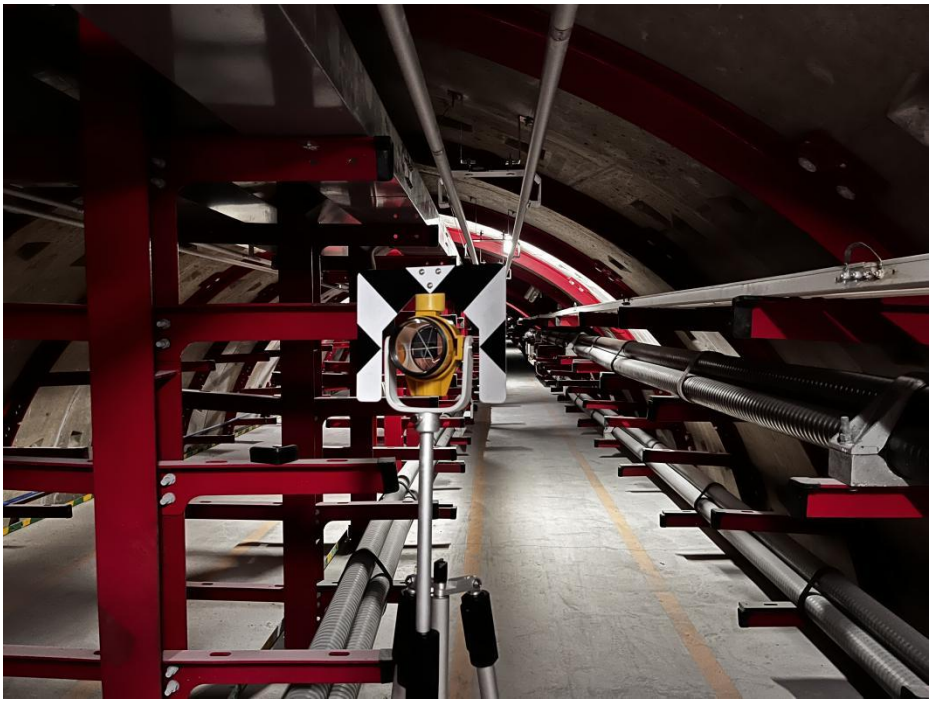
7.7.电力管廊环境

电力管廊的采集要求与隧道的类似，但是建成的电力管廊的特征一般较多，但是也要注意 2 个事项。

① 不可原地掉头；

② 打点时，缓慢起身和落下；

在一些项目中，可能需要绝对坐标，这个时候需要外部引入控制点，使用全站仪的导线方式进行坐标的代入。



7.8.开阔场景采集注意事项

开阔场景仅支持 O2 系列设备；

① 提前进行 RTK 配置或者架设基站；

② 开始和结束必须绕 8；

③ 开阔场景没有速度限制，但是为了保证点云效果，尽量速度小于 20km/h

7.9.高斯采集注意事项

① 镜头干净，没有污渍；

② 相机设置到高帧率，H 系列选择视频录制模式；O 系列选择最高录制相机帧率；

③ 关心哪里就拍摄哪里，镜头要对准；

④ 区分重点目标与非重点目标。重点目标重点采集，非重点目标次要采集。详略得当，方可有效提高采集效率。

⑤ 不同尺度不同距离。正常采集可保持在设备与物体保持在 2~3m 重点目标越小可越靠近，比如 0.5~2m（请酌情放慢采集速度）；目标物越大特征越少，可适当远离，如 3m 以上。

⑥ 比较关注特定独立物体，比如雕塑，摆件。可镜头朝向目标，采用围绕采集法，围绕多次旋转采集，多角度边距，最简单最有效

⑦ 对于一些平面物体，比如宣传栏，广告牌，指示牌；相机朝向目标，可“S”“螺旋”或者“二”字进行前进采集

⑧ 对于光线变化较大的地方，比如室内到室外，需要减慢行走速度；

其他采集注意事项，参考 https://mp.weixin.qq.com/s/zKSYalydXYcgO6IsO0XO0w

8. 数据拷贝有关问题

① 如果是 U 盘拷贝，不要使用 FAT32 格式 U 盘或者硬盘。

② LAN 口网线拷贝时，注意检查下网线是否破损。

8.1.U 盘不识别

建议使用出厂配置的 U 盘进行数据拷贝

① U 盘没有完全插入；

② U 盘的进口比较浅；



③ SSD USB 2.0 的口不识别；

④ 部分 USB 进行了加密

如果以上还无法解决的话，可格式化 U 盘之后再次尝试，或者换 U 盘。

8.2.LAN 口拷贝的设置

我们永远推荐使用 U 口进行拷贝，如果您无法找到 U 盘或者使用 U 盘有问题，可以使用 LAN 口的拷贝方式。

8.2.1. H 系列手持

IP 地址:192.168.1.99

子网掩码:255.255.255.0

在文件管理器地址栏输入网址“\192.168.1.200”进入 设备内部存储空间。打开“share”文件夹，进入自定义的工程目录下面，或者以时间命名的文件夹下面，将里面的所有文件拷贝出来，完成数据导出。

如果需要输入用户名和密码，那么输入以下信息：

用户名：share

密码：111111

8.2.2. O 系列手持

① 使用任意 TYPE-C 线连接设备 C 口和电脑的 USB 口；

② IPV4 配置

IP 地址:192.168.55.89

子网掩码:255.255.255.0

③ 在文件管理器地址栏输入网址“\192.168.55.1” 进入 设备内部存储空间。打开“share”文件夹

8.3. 视频/影像拷贝有关问题

① O1 系列的手持影像存储在手持内部，无须额外步骤拷贝；

② H 系列手持的影像需要单独进行拷贝，因为其影像存储在相机的 SD 卡内。

③ 激光数据 bag 与对应的视频文件，可通过 cameraurl.txt 查找。

```
ones-leica,[u/VID_20230721_173935_00_003.mp4, u/VID_20230721_173935_10_003.mp4]
```

④ LRV***.MP4 是 INSTA 相机的预览文件，不能拷贝

部分 H 系列设备支持一键整理视频数据并拷贝至本地电脑的功能，需要根据固件程序而定，可咨询销售或者技术支持

8.4. 数据组织问题

① 所有数据建议本地端存储和处理，如果是远程电脑存储，本地端处理的话，受制于网络速度，处理速度可能较慢；

② 如果是 insta 相机，原始的视频文件和最终转换后的全景文件需要位于一个目录下面；

CHAPTER

3

03 数据处理篇

本章节介绍：

- 高精度 SLAM 解算软件要求
- SLAM 解算软件各项参数的意义
- 常见的报错信息及解决方案
- 精度/噪点/点云厚度/赋色问题的解决方案
- 报错信息及其解决办法

9. 高精度 SLAM 解算软件配置要求

内存（RAM）：32GB 及以上。若使用 2mm 高密度模式或者进行高斯成果输出，建议 64GB 及以上内存；

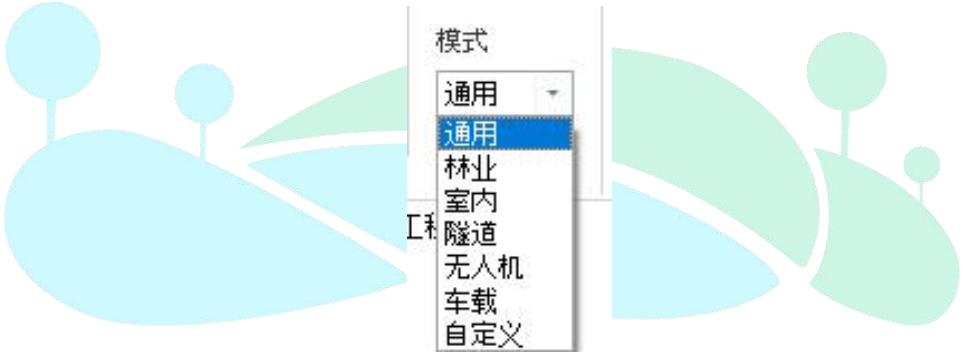
中央处理器（CPU）：推荐 Intel® Core™ i5/i7；八核十六线程处理器，单核处理性能 4GHz 及以上。

硬盘：电脑处理数据盘推荐 SSD 固态硬盘，传输速度 100MB/s 及以上。

显示适配器：推荐 NVIDIA 独立显卡，显存不小于 8GB。

操作系统：微软 Windows 7 （64 位），微软 Windows 8 （64 位），微软 Windows 10/11（64 位）或 Windows Server 2012 及以上。

10. 各个模式的意义



① 通用：适配绝大多数特征丰富的场景；

② 林业：林业场景使用；

③ 室内：室内场景使用；

④ 隧道：隧道场景使用，计算速度较通用慢 30%～40%；对于 O2 系列，如果采集了隧道数据，那么需要选择此模式；

⑤ 无人机：机载套件时使用，计算速度较通用慢 30%～40%；

⑥ 车载：车载套件时使用，计算速度较通用慢 30%～40%；

⑦ 自定义：客户自定义的处理设置

11. 内业计算时间

内业解算时间受外业采集环境、路径规划等多种因素影响，不是纯线性的比例关系。通常来说，采集场景越复杂、闭环越多，算法检测时间就越长。

目前普通模式输出下：内业解算时间/外业采集时间比例大致为=3-4

高密度输出模式下：内业解算时间/外业采集时间比例大致为=4-6

2mm 高密度输出模式下：内业解算时间/外业采集时间比例大致为=8-10

当你需要加快计算速度时，可以更换性能更好的 CPU，加大内存和使用更好的显卡，以及使用高速的 SSD。

12. 解算软件激活问题

MLS 软件激活报错 261，删除 C:\ProgramData\BitAnswer 文件夹重新激活即可。



13. slam.log 中常见的报错信息及解决方案

13.1. Bag file read error!

意义：读取 bag 文件出错

造成原因：① 拷贝出错，文件破损；② 封包错误，概率非常小；

处理办法：① 重新拷贝；② 点击 APP 里面的修复图标；

13.2. SLAM results may be incorrect

意义：SLAM 解算失败

造成原因：① 特征过少；② 转弯过快；③ 动态物体特征数量大于静止物体；

处理办法：① 摆放特征物体；② 重新采集；③ 特征滤波尺寸改小；④ 通用里面 最小距离改大。

13.3. Processing memory is insufficient

意义：运行内存不足；

造成原因：①内存较低，32GB 以下，② 电脑资源不足，其他程序占用内存；③ 数据放在 U 盘解算；

处理办法：① 使用较大内存的电脑，至少 32GB，建议 64GB 及以上；② 关闭其他占用电脑资源的程序；③ 重启电脑；④ 避免使用 U 盘内直接解算；

13.4. Processing error: vector<T> too long

意义：文件读取错误

造成原因：① 磁盘速度过低；② 在 U 盘内进行解算；③ 磁盘空间严重不足；

处理办法：① 避免使用 U 盘内直接解算；② 释放磁盘空间

13.5. Rename lidata file error: xxxx

意义：重命名 lidata 文件失败

造成原因：发生在回环优化和拼接时，lidata 被其他程序读取占用；

处理办法：① 释放 lidata 文件的占用；

13.6. Build lidata failed

意义：创建 lidata 文件失败

造成原因：常发生在 SLAM 解算结束，点云输出步骤，大概率为磁盘空间不够；

处理办法：保证原始数据*2 倍及以上的预留磁盘空间

13.7. Lidar scan range too small!

意义：探测到激光测距过小；

造成原因：刚开始采集时，激光罩没取下；

处理办法：① 重新采集数据；② 通过设置，跳过有激光罩的时间；

13.8. Loop closure process failed.

意义：闭环检测失败

造成原因：① 磁盘速度过低；② 在 U 盘内进行解算；③ 磁盘空间严重不足；

处理办法：① 避免使用 U 盘内直接解算；② 释放磁盘空间

13.9. Get video file paths failed!.

意义：视频文件不存在

造成原因：① 拷贝了错误的视频文件；② 视频文件丢失；

处理办法：①②拷贝正确且完整的视频文件

13.10. Failed to decode image_time.bin

意义：image_time.bin 解析失败

造成原因：Built-in Camera 文件夹下面的 image_time.bin 文件丢失或者缺失

处理办法：①再次拷贝/下载相机数据；

13.11. Camera bin files not same, please check!.

意义：相机 bin 文件数量有问题，跟原始记录的不一致

造成原因：相机目录下的鱼眼相机 bin 文件数量不一致或者丢失部分 bin 文件

处理办法：①再次拷贝/下载相机数据；

13.12. Camera time may be incorrect!

意义：INSTA 相机的时间戳可能不准确

造成原因：① 手动开启相机；② INSTA 相机内部时间戳有误

处理办法：①先观察最终结果，赋色如果无问题，则忽略；② 如果有问题，则需要重新采集数据，避免手动开启相机；

13.13. The number of image timestamps is less than the number of image frames!

意义：INSTA 相机的时间戳个数少于记录的图像个数

造成原因：①INSTA 自身错误，如丢帧，时间戳混乱

处理办法：①先观察最终结果，赋色如果无问题，则忽略；② 如果有问题，则需要重新采集数据，避免手动开启相机；

13.14. The camera video file may be incorrect!

意义：拷贝错误了 INSTA 视频文件

造成原因：①2 个鱼眼相机文件，只拷贝了 1 个；② 拷贝错误

处理办法：重新拷贝完整的 INSTA 相机文件

13.15. Move distance insufficient!

意义：SLAM 中间结果未生成

造成原因：① IMU 和 LIDAR 时间未同步；② 初始化失败；③IMU 无数据

处理办法：①和③是设备问题；②的话需要重新初始化

13.16. GPS Time is out of sync with trajectory time,please check the trajectory!

意义：pos 时间与雷达时间差异过大（1 天）

造成原因：① 基站与移动站时间不匹配；② 设备本身 GPS 和 LIDAR 不同步

处理办法：①确认基站文件和移动站文件是否匹配；② 售后查看

13.17. *** gap

13.17.1.laser gap

意义：LDIAR 丢数据

造成原因：设备采集时，激光雷达数据丢失。

处理办法：① 丢数据 APP 会提示，外业重新采集；② 检查线缆是否插好；③其他情况，请联系售后；

13.17.2.imu gap

意义：IMU 丢数据

造成原因：设备采集时，IMU 数据丢失。

处理办法：① 丢数据 APP 会提示，外业重新采集；② 检查线缆是否插好；③其他情况

13.18. GCP initial transform error, please check GCP pairs

意义：GCP 初始匹配误差过大；

造成原因：控制点与打点的初始误差过大导致；

解决办法：检查 GCP 之前的误差，①重新组织打点与控制点之间的匹配关系，② 或者检查 X 与 Y 是否输反。

13.19. GNSS file doesn't exit

意义：*.gnsstraj 文件不存在；

造成原因：*.gnsstraj 丢失或者破损，或者被修改；

解决办法：重新解算 PPK 或者导入 RTK 文件

13.20. Re-output lidata failed

意义：点云输出失败；

造成原因：① 上一次的 lidata 文件丢失或者破损；② 磁盘空间不足

解决办法：保留足够的磁盘空间，重新输出

14. 点云精度较差

14.1. 相对精度较差

这里的相对精度与 1.9 节所述概念一致，一般来说影响相对精度的有 2 点

(1) 环境特征多少

环境特征越多，相对精度越好。园区，城市场景的相对精度一般较高，而弱特征的隧道

较差

(2) 闭环因素

由于累计误差需要闭环消除，因此闭环越多相对精度越高。

如果碰到相对精度较差的，可以尝试增加特征或者增加闭环去解决；

14.2. 绝对精度较差

绝对精度差，分三种采集情况 GCP、RTK、PPK 下得到的数据。

绝对精度的检查时，需要检查点文件，这个时候，首先要做的是跟客户确认检查点的可靠性；比如：

① **检查点的是什么坐标系的；**

② **高程系统是否一致；**

③ **保证检查点采集的差分来源与 SLAM 采集时一致；比如采集时采用的是移动 CORS，那么检查点就必须是移动 CORS 采集的；**

④ **背负套件的伸缩杆是否伸缩到最高位置。**

14.2.1. GCP 平差之后精度较差

① 检查控制点的间距，一般来说 100 米内最佳，可以达到 5cm 内的精度；

② 检查控制点的分布，控制点需要均匀布设在测区，不得位于一条直线上；

③ 场景特征不足；

④ X 与 Y 弄反了（X 对应东，Y 对应北）；

对于控制点间距过大时，可以通过外业补测控制点，然后通过 GCP 刺点的方式进行代入之后，即可提高精度。

14.2.2. 带 RTK 时精度较差

① RTK 固定的个数较少；

② 场景特征不足；

③ 检查点位于 RTK 无法固定的区域较长时，一般来说大于 150～200 米时，精度很难控制在 5cm 内。

④ RTK 假固定存在很多，比如高楼大厦之间

⑤ 电离层比较活跃，避开活跃时段；

对于 RTK 固定解较少时，可以通过外业补测控制点，然后通过 GCP 刺点的方式进行代入之后，即可提高精度。

14.2.3. 带 PPK 时精度较差

① PPK 固定的个数较少；

② 场景特征不足；

③ 基站架设的不符合要求（要求参考 5.4 节描述）；

④ PPK 假固定存在很多，比如高楼大厦之间；

⑤ 基站距离测区太远（包括虚拟基站架设时的位置与测区过远的话），大于 15km；

⑥ 检查点位于 PPK 无法固定的区域较长时，一般来说大于 150～200 米时，精度很难控制在 5cm 内。

对于 PPK 固定解较少时，可以通过外业补测控制点，然后通过 GCP 刺点的方式进行代入之后，即可提高精度。

15. 分层问题

15.1. 无 GNSS 采集时

无 GNSS 采集时，分层一般都是由于闭环问题，或者 SLAM 累积误差导致。处理办法如下：

① 重新采集，并增加有效回环；

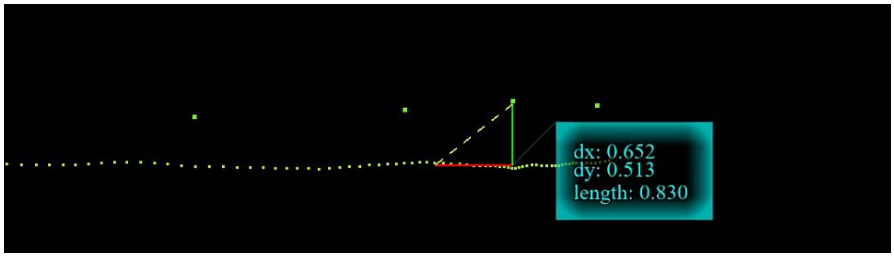
② 使用 MLS 的手动回环编辑功能；

③ 以上方法无效时，通过添加控制点（可以是绝对的坐标，也可以假定的坐标）解决；

15.2. 有 GNSS 采集时

有 GNSS 时，一般不会有分层问题，除非大量的 GNSS 假固定点导致，可通过以下方法解决：

① 删除假固定的解，可通过剖面查看，一般 GNSS 固定点与 SLAM 差异较大。



② 如还无法解决分层问题，那么可能是该区域一直没有固定解导致，可适当地通过刺点代入 GCP 的方式解决

16. 噪点问题

16.1. 水体噪点

天空下雨，或者碰到一些水潭的地方，一般会有水体噪点，水体噪点大部分会聚集，普通的去噪算法很难去除，这部分噪点的强度值普遍都是 0，所以可通过强度提取，去掉强度 0 以下的点。



16.2. 灰尘噪点

灰尘噪点，一般可以用噪声滤波直接去除。

16.3. 镜像噪点

玻璃，大理石，光滑金属面会造成镜像噪点。

镜像噪点一般很难通过去噪和强度提取解决，可通过手动删除的方式删除镜像噪点。

16.4. 树干噪点

树干噪点的去除，使用**林业模式**，采用默认的滤波去除。

16.5. 光源噪点

室内采集时，某些灯光会形成噪点，这种噪点只能手动去除。

16.6. 动态物体噪点

使用动态物体滤除

17. 点云厚度问题

不同的反射介质在点云上的厚度不尽相同（**未滤波时**），一般来说沥青路面，墙体的厚度基本在 1～2cm 内（墙体随着高度，距离的增加，厚度也会增加）；而草地、石子路面的厚度会稍厚；

如果需要进一步压薄点云，可使用平滑滤波；

18. 赋色问题

18.1. 赋色错乱，与点云不对齐

① 大概率相机标定参数错误，可通过 MLS 进行相机标定之后，获取 IMCAB.T 文件导入到设备进行相机标定参数文件更新（参考 MLS 的操作手册）。

② 手动开启的相机录制，一定要设备自动触发录制。

③ 相机本身的原因导致，联系技术支持或者售后解决。

18.2. 赋色不清晰

① 一些比较高的问题，比如建筑由于拍照的地方距离较远，原始照片不清晰，从而导致赋色不清晰的问题。

② H120/O1-Lite 在弱光区域的表现一般，建议放慢采集速度，不要剧烈的运动。

18.3. 赋色断裂

① 拍摄角度的问题

这种一般在 O1-lite 上会常见一点，特别是屋顶等。我们建议屋顶的照片获取可以让设备稍微倾斜一点进行拍摄

② 照片之间间隔过大

这种一般在 H 系列上会常见一点，在室内或者狭小空间，采用延迟摄影采集时，我们建议拍摄帧率设置为 0.5S/一张。

CHAPTER

4

04 常见设备问题篇

本章节介绍：

- 电池的保养
- 相机有关问题
- 设备端有关问题

19. H 系列电池保养/充电问题

19. 1. 维护和保养

① 每隔 3 个月左右重新充放电一次以保持电池活性

② 长期闲置电池，将会对其性能造成影响；

超过 10 天不使用电池，请将电池放电至 40%～65%电量存放以延长电池寿命。

③ 切勿过充电池，否则会对电芯造成损害

19.2. 电池指示灯含义

充电指示灯			电池按键排序：LED1 LED2 LED3 LED4 开关		
LED1	LED2	LED3	LED4	显示规则	保护项目
○	☼	○	○	LED2 每秒闪 2 次	充电电流过大
○	☼	○	○	LED2 每秒闪 3 次	充电短路
○	○	☼	○	LED3 每秒闪 2 次	充电过充导致电池电压过高
○	○	☼	○	LED3 每秒闪 3 次	电源适配器电压过高
○	○	○	☼	LED4 每秒闪 2 次	充电温度过低
○	○	○	☼	LED4 每秒闪 3 次	充电温度过高

排除故障（充电电流过大、充电短路、充电过充导致电池电压过高、充电器电压过高、充电温度过高或过低）后，重新拔插充电器恢复充电。如遇到充电温度异常，则等待充电温度恢复正常，电池将自动恢复充电，无需重新拔插充电器。

20. O 系列电池保养/充电问题

20.1. 存储要求

存储温度要求：推荐：存放于干燥，22°-30°环境存储，禁止在-20℃以下或 60℃以上环境使用/存储；远离强静电、磁场、热源（如阳光直射的车内）。

存储电量要求：长期不用时放电至 **40%～65%**电量（非满电或空电）；在将电池带上航班前，请务必将电池放电至 **5%**电量以下。放电前请务必远离火源。

长时间未使用时：每隔 **3 个月**左右重新充放电一次以保持电池活性。

20.2. 充电要求

(1) 充电要求智能电池必须使用数字绿土官方提供的专用充电器进行充电。对于使用非数字绿土官方提供 的充电器进行充电所造成的一切后果，数字绿土将不予负责。

(2) 充电时请将电池和充电器放置在水泥地面等周围无易燃、可燃物的地面。请留意充电过程，以 防发生意外。

(3) 激光雷达工作结束后，请确认电池温度后再进行充电。此时，若电池处于高温状态，强

制充电 会对电池寿命造成严重损害。建议待电池降至室温，再进行充电。理想的充电环境温度（5℃~40℃）可大幅度延长电池的使用寿命。

(4) 充电完毕后请断开充电器与电池间的连接。定时检查并保养充电器，经常检查电池外观等各个部件。切勿使用酒精或者其他可燃剂清洁充电器。切勿使用已有损坏的充电器。

21. H/V 系列相机问题

21.1. cameraurl.txt 文件中不显示对应视频文件名问题

格式化相机 SD 卡解决：使用相机数据传输 USB 线，连接电脑与相机，相机开机后会转变为内存卡形式，格式化相机内存卡，文件系统格式为 exFAT，重启设备。

21.2. 相机开机后提示“使用驱动器光盘之前需将其格式化，是否要格式化磁盘”问题

使用"Win+R"打开命令行界面，输入"chkdsk d: /f"，即可修复磁盘。（d 为磁盘的盘符，f 为修改命令）

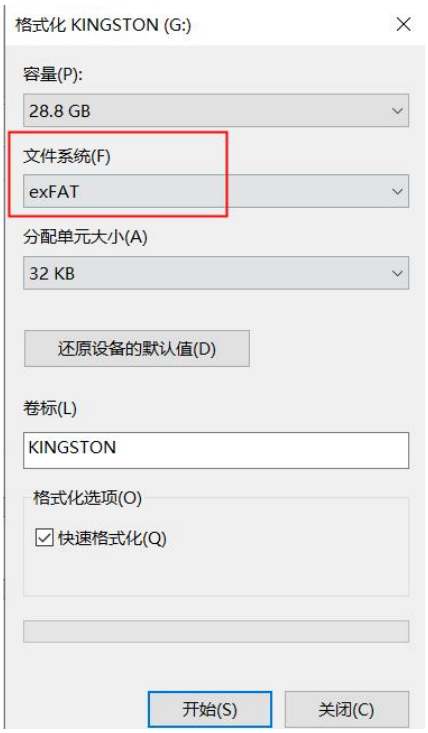


如果不需要相机中视频文件，也可直接将相机 SD 卡格式化解决。

21.3. 相机开机后提示 SD 卡卡速不够问题

相机频繁存储视频文件导致 SD 卡卡速降低；

格式化相机 SD 卡解决：使用相机数据传输 USB 线，连接电脑与相机，相机开机后会转变为内存卡形式，格式化相机内存卡，文件系统格式为 exFAT。



21.4. 相机录制视频格式化直接为 insv 问题



手动点击相机录制按钮，会导致相机视频储存格式为 insv



21.5. 5.相机视频文件分镜头储存现象

与相机录制模式相关，目前相机 6K 视频。5K 视频。延时摄影模式视频文件为相机分镜头储存。

21.6. 相机报错 “NO SDCard”

可尝试将相机使用 USB 供电线连接电脑，格式化相机内存卡解决。



21.7. 手持设备相机经常频繁断联

可修改相机位置地区为“古巴”优化解决。

!作步骤：
. 参照图 1 所示，不连接相机进入 Insta APP，点击右下角设置；
. 参照图 2 所示，找到 设置相机所在地区 并进入；
. 参照图 3 所示，选择 古巴 设置给相机；
. 参照图 4 所示，在弹出窗口中，选择要配置的相机；
. 参照图 5 所示，在相机上点击确定；根据手机提示，连接相机；
. 参照图 6 所示，根据手机提示，连接相机；

|图：


图 1 图 2 图 3 图 4 图 5 图 6

1、参照图 1 所示，继续点击相机设置，提示地区码重复；点击取消；
2、参照图 2 所示，查看 WIFI 设置，相机 WIFI 名右上角 5G 标志消失；

附图：



图 1

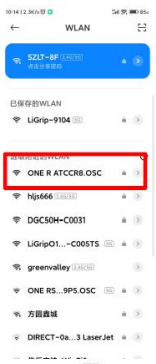


图 2

相机设置软件下载地址：https://www.insta360.com/cn/download/insta360-oner/

21.8. 手持设备供电盒在插入 U 盘情况下无法连接相机问题

目前设备端相机和 U 盘为同一个 HUB 接口，被 U 盘占用后相机连接受阻；设备不允许在插入 U 盘的情况下开机。

22. 设备端问题

22.1. 无实时点云显示

① H120/V100 设备固件 V1.3.0 及以上版本

② APPV1.1.3 及以上版本支持实时点云显示

③ 其他硬件问题

22.2. 苹果手机 LiGrip 软件连接设备时显示无网络连接问题

需手动打开手机 APP 中 LiGrip 软件“本地网络”权限



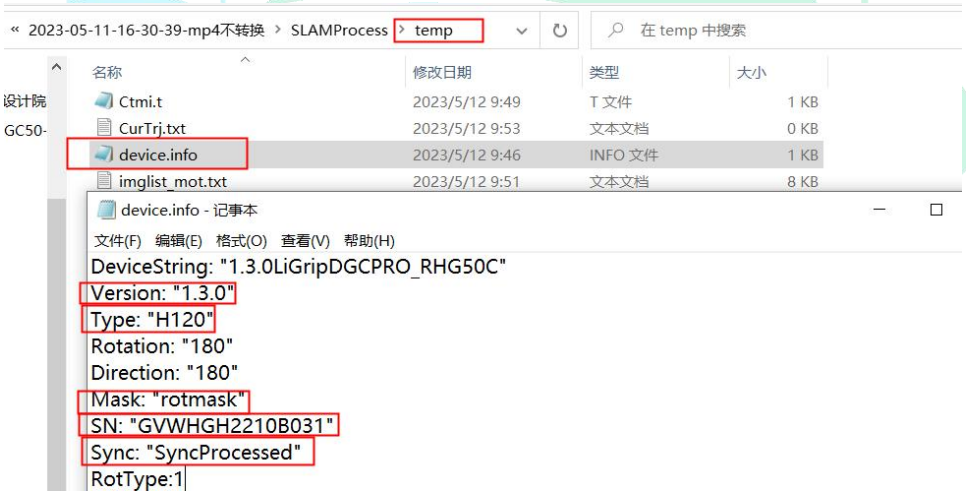
22.3. 苹果手机提示网络异常

解决办法：打开手机定位功能

22.4. 如何通过数据查看设备 SN 和固件版本等信息

位于“Temp\SLAMProcess\temp\device.info”的 device.info 可显示设备关键信息

①设备固件版本②设备类型③选择的 mask 文件名④设备 sn 号⑤同步状态



22.5. 手持设备采集过程中频发异常突然断电

大概率为 B58 电池问题，更换电池可解决。

22.6. 手持 GNSS RTK 盒子 4G 灯不亮

一般为无网络通讯。无信号或者无流量导致；新版盒子侧面有充值二维码和充值卡 ID，出厂设备免费使用一年，一年之后需要自行充值。



22.7. 手机安装 GreenValley APP 后可正常连接设备 WIFI，但无法在 APP 中获取设备所有信息

关闭手机 4G 网络后可正常获取设备信息。代表手机型号：华为--鸿蒙系统。