

# 基于便携式GNSS接收机的“国土调查云” 外置定位增强设备选型研究

杨 凯, 熊先才, 黄 凯

重庆市规划和自然资源调查监测院, 重庆

收稿日期: 2023年5月22日; 录用日期: 2023年6月23日; 发布日期: 2023年6月30日

## 摘 要

为满足“国土调查云”对高精度地面数据持续采集和外业调查的工作要求, 本文基于便携式GNSS接收机, 开展移动终端的外置定位增强设备选型研究。首先, 本文提出了在线绘制点线面数据、站立搜索、红线侵占分析、举证照片高精度位置标签、空间属性验核等五个“国土调查云”的高精度定位场景。其次, 深入分析了便携式GNSS接收机各个关键组成部件及其功能特点, 给出各部件的选型建议。随后, 初选符合应用条件的北斗探针单频版、北斗探针双频版、LiteRTK全频版三款设备开展进一步定位性能测试。最终, 综合分析推荐选用北斗探针双频版和LiteRTK全频版作为外置定位增强设备。北斗探针双频版在大多数场景下均能够稳定收敛至固定解, 达到厘米级定位精度, 全时段定位精度稳定在亚米级, 适合手持作业场景使用。LiteRTK全频版定位性能媲美传统测地型GNSS接收机, 在不同遮挡程度测试环境下均能实现瞬时厘米级定位精度, 适合精确打点作业场景和复杂环境下手持作业场景使用。本文的研究成果将有助于推动北斗高精度位置服务在“国土调查云”中的创新应用, 促进高精度外业数据采集和智能调查的体系的发展。

## 关键词

便携式GNSS接收机, 国土调查云, GNSS

# Research on the Selection of External Positioning Enhancement Devices for “National Survey Cloud” Based on Portable GNSS Receivers

Kai Yang, Xiancai Xiong, Kai Huang

Chongqing Planning and Natural Resources Survey and Monitoring Institute, Chongqing

## Abstract

To meet the requirements of the National Land Survey Cloud for continuous collection of high-precision ground data and field survey work, this study is based on a portable GNSS receiver and carries out research on the selection of external positioning enhancement equipment for mobile terminals. Firstly, this paper proposes five high-precision positioning scenes for the National Land Survey Cloud, including online drawing of point-line-polygon data, standing search, red line encroachment analysis, high-precision location tags for evidence photos, and spatial attribute verification. Secondly, the key components and functional characteristics of the portable GNSS receiver are analyzed in depth, and selection recommendations for each component are given. Thirdly, three types of devices, including Beidou Probe Single-Frequency Version, Beidou Probe Dual-Frequency Version, and LiteRTK Full-Frequency Version, that meet the application conditions are selected for further positioning performance testing. Finally, the Beidou Probe Dual-Frequency Version and the LiteRTK Full-Frequency Version are recommended as external positioning enhancement equipment. The Beidou Probe Dual-Frequency Version can stably converge to a fixed solution in most scenarios, achieving centimeter-level positioning accuracy and sub-meter level positioning accuracy stability overall test period, suitable for handheld operation scenarios. The LiteRTK Full-Frequency Version has positioning performance comparable to traditional geodetic GNSS receivers, and can achieve instant centimeter-level positioning accuracy in different levels of obstruction testing environments, suitable for accurate point operation scenarios and handheld operation scenarios in complex environments. The research results of this study will promote the innovative application of Beidou high-precision positioning services in the National Land Survey Cloud and promote the development of the system for high-precision field data collection and intelligent survey.

## Keywords

Portable GNSS Receivers, National Land Survey Cloud, GNSS

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial International License (CC BY-NC 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着国土调查与自然资源管理工作迈向信息化、移动化、智能化的新阶段，众多调查监测业务平台采用移动 App 服务架构[1]。在第三次全国国土调查及随后的各年度变更核查任务中，“互联网+”和云计算技术支持的在线调查举证作业模式得到广泛应用，“国土调查云”成为外业数据采集与调查工作统一的基础信息平台[2]。依托国土调查云重庆分中心的有利应用条件，重庆“国土调查云”中常规监测、耕地保护、供后监管、用地审批等应用服务模块日益增多，但用户普遍使用的手机、平板电脑等消费级移动终端定位精度较低，无法满足高精度地面数据持续采集和外业调查的工作要求，让高精度的调查监测业务场景、作业模式出现“落地难题”。

近年来，便携式 GNSS 接收机克服成本、尺寸、功耗难题迈入大众市场，利用便携式 GNSS 接收机

提升消费级移动终端的定位精度,可充分利用消费级智能终端产品的普及性,改造成本低,应用范围广,成为改善“国土调查云”高精度外业数据采集和调查能力的有效手段。为此,本文基于便携式 GNSS 接收机,开展“国土调查云”外置定位增强设备选型研究。首先,提出“国土调查云”的高精度定位场景,明确便携式 GNSS 接收机选型的需求和目标。在此基础上,分析便携式 GNSS 接收机选型的关键组件,给出各组件的选型方案。随后,初步筛选出三个备选设备,并进行定位性能测试。最终,综合分析测试结果和设备参数,评估选择适合的外置定位增强设备。本文的研究成果,将有助于推动北斗高精度位置服务在“国土调查云”中的创新应用,促进高精度调查监测业务场景的低成本、大规模推广。

## 2. “国土调查云”高精度定位场景

根据“国土调查云”定位服务的工作模式,结合便携式 GNSS 接收机“随插随用”的工作特性,有如下几种高精度定位场景。

### 1) 在线绘制点线面数据

采用轨迹测量或精确打点测量的作业模式采集地表地物的高精度空间位置数据,数据自动导入移动业务平台应用程序,并在地图上实时绘制点线面图层,用户可以直观地查看数据采集成果。数据采集完成后,可结合地图影像编辑、修改图斑图形信息,然后录入其他调查属性信息,实现外业高精度数据采集、调查工作的全流程信息化作业。

### 2) 站立搜索

作业人员在站立点位置搜索附近的管理图层数据,移动业务平台依靠云计算数据处理技术为用户提供周围各类管理图层数据。凭借高精度的定位能力,用户能在复杂环境下迅速确定人员、环境、管理图层数据和地图影像间的相对位置关系,快速实现目视调查的现场定位和管理数据查询。

### 3) 红线侵占分析

运用互联网技术在线查询作业人员现场绘制的地物图斑的管理利用情况,通过与各类管理红线空间叠加分析,判断是否违法违规侵占或压盖管理红线。利用在线数据统计、汇总、分析等服务支持,在侵占程度、侵占类型等方面现场开展分析评估工作。

### 4) 举证照片高精度位置标签

外业照片举证拍摄时会将位置、方位角等信息作为元数据保留。然而,野外地形地貌条件复杂,部分地区卫星信号和网络信号差,移动终端定位不准,作业人员容易认错举证地物,同时举证照片定位位置漂移。精准的定位能力将大幅减少外业照片举证成果的争议和疑点,提升外业举证成果质量。

### 5) 空间属性验核

道路宽度、图斑面积等地物空间属性信息常作为管理图层上图判定或调查地物分类的依据。利用便携式 GNSS 接收机作为低成本的空间属性验核手段,能够有效保障数据采集成果的真实、准确、可靠,为后续数据统计分析工作提供坚实的数据基础。

## 3. 便携式 GNSS 接收机关键部件选型

为支撑上述高精度定位场景,便携式 GNSS 接收机应满足以下几个基本要求:① 体积小、重量轻、功耗低,便于外业工作人员携带和长时间作业;② 数据链路通畅,高精度定位数据能够实时传输给“国土调查云”;③ 提供软件开发包,降低开发适配成本;④ 环境适应能力强,支持手持移动终端复杂的使用环境下作业。为此,接下来详细分析便携式 GNSS 接收机各关键部件的功能特性,了解各部件选型带来的优缺点和限制因素。

便携式 GNSS 接收机选型主要考察天线、GNSS 定位模组、通讯模块、电池和外壳连接部件。

天线负责接收卫星信号。便携式 GNSS 接收机常用的天线包括微带贴片天线和四臂螺旋天线。微带贴片天线顶顶讯号增益大，低仰角性能较差，平放使用性能最佳，且地板面积较大不利于小型化[3]。四臂螺旋天线低仰角增益、广角圆极化特性好，能够适配手持移动终端复杂的摆放位置和使用姿态，同时平衡馈电多采用巴伦电路设计，能够减少周围物体对天线的影[4]。因此，四臂螺旋天线是手持便携式 GNSS 接收机的理想天线。

GNSS 定位模组根据卫星信号和 CORS 差分信号解算高精度位置。为实现便携式 GNSS 接收机体积小、重量轻、功耗低等特性，应选取采用集成化芯片设计或紧凑型封装工艺的 GNSS 定位模组。此外，便携式 GNSS 接收机的 GNSS 定位模组覆盖多系统单频、双频、多频等多个频段，合理选用合适的 GNSS 定位模组可实现亚米级至厘米级的 RTK 定位性能。

通讯模块负责与移动终端、CORS 服务器的数据传输和通讯。便携式 GNSS 接收机可通过 USB 或蓝牙等方式与移动终端传输数据。低成本便携式 GNSS 接收机一般不配备蜂窝网络模块，可利用移动终端网络连接 CORS 服务器，要求移动终端具备联网能力。一些高端便携式 GNSS 接收机配备蜂窝网络模块直接获取 CORS 服务，通过 USB 或蓝牙等通信方式直接向移动终端发送高精度定位结果，支持高精度外业数据的离线采集，减少了数据泄露风险。

电池提供稳定的能源供应，保证设备长时间正常运行。部分低成本便携式 GNSS 接收机采用 USB 方式连接移动终端，可由移动终端供电。但主流便携式 GNSS 接收机配备电池，用以支持 8 小时以上作业时长。

外壳连接部件决定了便携式 GNSS 接收机的定位工作模式。若便携式 GNSS 接收机仅支持连接移动终端，只能采用站立目视测量调查地物的平面坐标。若便携式 GNSS 接收机支持连接 RTK 对中杆，利用杆高改正、水准起泡对中整平，可采集调查地物的高精度三维位置数据。

综上所述，便携式 GNSS 接收机推荐采用四臂螺旋天线，由于“国土调查云”联网使用的特性，通讯模块无须配备蜂窝网络模块，其他部件依据应用场景合理选择，以达到最佳的性能和成本效益。

#### 4. 典型设备定位性能测试

本文初步选用各关键部件符合要求的北斗探针单频版、北斗探针双频版、LiteRTK 全频版三款设备开展静态定位实验测试，进一步评估 GNSS 定位模组选取对 RTK 定位性能的影响。三款设备的外观、硬件参数如图 1 和表 1 所示。

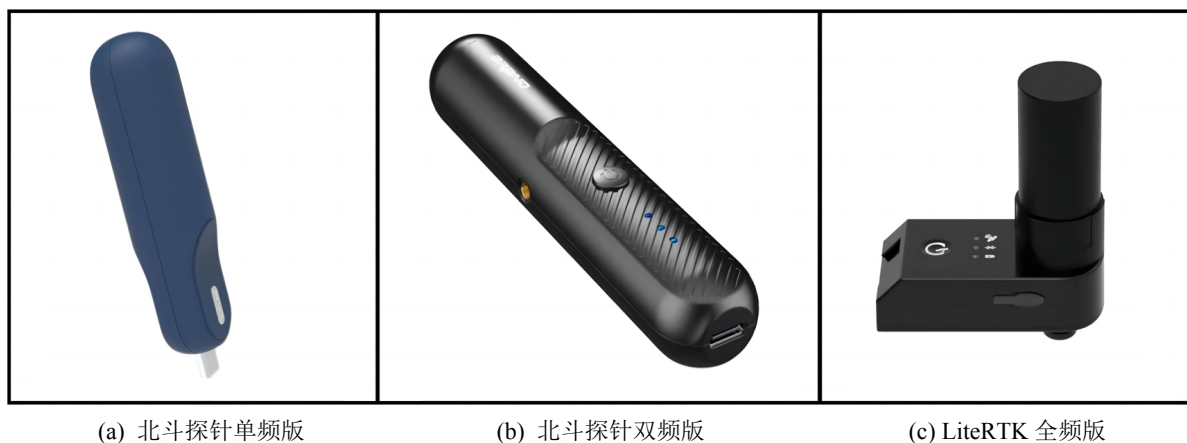


Figure 1. Equipment appearance  
图 1. 设备外观

**Table 1.** Parameter table of three typical portable GNSS receivers  
**表 1.** 三款典型便携式 GNSS 接收机参数表

设备	天线	GNSS 定位模组	通讯模块	电池	外壳连接部件
北斗探针单频版	四臂螺旋天线	MXT906AM (支持 GPS/BDS L1 频段)	USB	无	支持连接移动终端
北斗探针双频版	四臂螺旋天线	UM626N (支持四系统 L1 + L5 频段)	USB; 蓝牙	650 mA 锂电池	支持连接移动终端
LiteRTK 全频版	四臂螺旋天线	UM960 (支持多系统全频段)	USB; 蓝牙	1300 mA 锂电池	支持连接移动终端和 RTK 对中杆

实验设备均采用千寻 CORS 服务, 实验地点位于武汉市某创新基地园区, 天线平面位置经过标定, 有真值坐标。设置各设备的数据采集频率均为 1HZ, 分别比较三款设备在不同观测环境下 RTK 静态定位的初始化时间、固定率, 并统计全时段及固定解状态下的定位精度。图 2 为静态场景测试的观测环境图, 表 2 为不同测试环境下 300 历元内三款设备 RTK 定位的初始化时间、固定率和定位误差在 N/E 水平方向的统计结果。其中, 用标准差(STD)衡量定位误差自身的离散程度, 用中误差(RMS)衡量测量值与真值间的偏差。



**Figure 2.** Test scenario  
**图 2 测试场景**

**Table 2.** Static scene positioning performance test results table  
**表 2. 静态场景定位性能测试结果表**

观测环境	设备型号	初始化时间(s)	固定率	N/STD (m)	E/STD (m)	N/RMS (m)	E/RMS (m)	N/STD (m, 固定解)	E/STD (m, 固定解)	N/RMS (m, 固定解)	E/RMS (m, 固定解)
2.a	北斗探针单频版	5	98.33%	0.1745	0.0630	0.1749	0.0713	0.0026	0.0076	0.0286	0.0276
	北斗探针双频版	3	99%	0.0105	0.0151	0.0105	0.0198	0.0026	0.0014	0.0027	0.0115
	LiteRTK 全频版	1	99.66%	0.1695	0.0043	0.1696	0.0045	0.0031	0.0043	0.0034	0.0044
2.b	北斗探针单频版	300	0%	0.9864	0.3233	2.7980	1.0186	\	\	\	\
	北斗探针双频版	27	91%	0.2325	0.1090	0.2322	0.1135	0.0039	0.0032	0.0092	0.0113
	LiteRTK 全频版	1	99.66%	0.0998	0.0885	0.0997	0.0884	0.0048	0.0041	0.0054	0.0042

Continued

北斗探针单频版	300	0%	1.9553	1.5554	1.9521	3.0453	\	\	\	\
2.c 北斗探针双频版	300	0%	0.7893	0.3335	1.7673	0.5234	\	\	\	\
LiteRTK 全频版	1	99.66%	0.0337	0.2418	0.0341	0.2420	0.0122	0.0104	0.0127	0.0108

由表 1、表 2 可以看出, 在开阔场地, 北斗探针单频版、北斗探针双频版、LiteRTK 全频版三款设备均能快速获得固定解, 达到厘米级定位精度。随着观测环境劣化, 三款设备 RTK 定位性能表现明显不同。

北斗探针单频版 GNSS 定位模组只接收 GPS/BDS 双系统的 L1 频段信号, 由于其频率和功率较低, 信号捕获、跟踪能力和抗干扰性能弱, 易受天气、地形、建筑物等因素影响[5] [6]。实验中, 北斗探针单频版在受遮挡环境下 5 分钟内无法固定, 且定位精度受环境影响大, 水平中误差超出 1 米。

北斗探针双频版 GNSS 定位模组支持四系统 L1/L5 频段, L5 频段码元周期和码元速率相比 L1 频段大幅提升, L1、L5 双频组合观测值可消除电离层延迟误差影响, 抗多路径效应、测距精度、位置解算速度等性能显著增强[7] [8]。实验中, 除非遭遇严重遮挡环境, 北斗探针双频版能够稳定收敛至固定状态, 达到厘米级定位精度, 同时全时段定位精度稳定在亚米级水平。

LiteRTK 全频版 GNSS 定位模组支持全系统多频段, 在相同遮挡条件下能获得更多可用卫星和观测值, 有效克服多路径误差、弱信号和干扰等因素影响, 提高其在城市峡谷、山区丛林等复杂地形地貌环境下的数据可用率, 提升模糊度固定率和固定速度。实验中, LiteRTK 全频版在不同遮挡场景下均实现了瞬时模糊度固定, 定位精度媲美传统测地型 GNSS 接收机。

## 5. 综合评估结果

综合考量三款设备的硬件参数和定位测试结果, 以及“国土调查云”高精度定位场景, 推荐选用北斗探针双频版和 LiteRTK 全频版作为“国土调查云”的外置增强定位设备。二者均能满足“国土调查云”在线绘制点线面数据、站立搜索、红线侵占分析、举证照片高精度位置标签、空间属性验核等高精度定位场景的需求。

北斗探针单频版, 定位精度受环境影响大, 不够稳定, 且采用移动终端供电, 不适合长时间户外作业, 低成本手持定位增强设备的角色定位被北斗探针双频版取代, 不推荐作为“国土调查云”的外置增强定位设备。

北斗探针双频版在大多数场景下均能够稳定收敛固定, 达到厘米级定位精度, 全时段定位精度稳定在亚米级。北斗探针双频版配备 650 mA 锂电池支持长时间户外作业, 支持连接移动终端, 适合手持作业使用, 推荐作为“国土调查云”低成本手持定位增强设备。

LiteRTK 全频款定位性能媲美传统测地型 GNSS 接收机, 在不同遮挡程度测试环境下均能实现瞬时厘米级定位精度。LiteRTK 全频款配备 1300 mA 锂电池支持长时间户外作业, 支持连接 RTK 对中杆和移动和终端, 便于精确打点测量使用。定位精度要求高和位于城市峡谷、山区丛林等复杂地形地貌的场景下手持作业, 推荐采用 LiteRTK 全频款。

## 6. 结束语

将便携式 GNSS 接收机作为外置定位增强设备应用于“国土调查云”, 克服了传统北斗产品品种单一、功能固化、信息不够丰富的弊端, 让北斗高精度位置服务与自然资源管理业务流程紧密结合, 极大地丰富了北斗高精度位置服务应用场景的多样性。同时, 便携式 GNSS 接收机价格低廉, 作业人员培训

简单, 依托“国土调查云”全流程信息化作业能力和国土调查云重庆分中心的定制化研发支持, 让调查监测领域的“泛在测绘”工作任务得以落地推广。目前, 国土调查云重庆分中心与多个硬件厂家保持紧密合作, 持续开展相关 GNSS 设备的选型测试工作, 采用统一的 SDK 将硬件设备接入“国土调查云”中, 有效支撑内外业一体、点面结合、空间与属性数据采集互为补充的多层次、高精度地面持续采集和外业智能调查体系。

## 基金项目

重庆市自然科学基金面上项目: BDS 和 GPS 三频信号联合精密定位方法研究(cstc2020jcyj-msxmX1034)。

## 参考文献

- [1] 赵妍. GPS-PDA 技术在土地调查应用中应注意的问题[J]. 国土资源, 2011(4): 56-57.
- [2] 陈琼, 李隆君, 谢秋昌. 基于国土调查云的日常土地变更调查初探[J]. 国土与自然资源研究, 2020(5): 1-5.
- [3] 史凯运. 全球定位系统中的四臂螺旋天线研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学.
- [4] 高阳. 全球定位系统中的小型介质加载四臂螺旋天线[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [5] Odolinski, R. and Teunissen, P.J.G. (2016) Single-Frequency, Dual-GNSS versus Dual-Frequency, Single-GNSS: A Low-Cost and High-Grade Receivers GPS-BDS RTK Analysis. *Journal of Geodesy*, **90**, 1-24.  
<https://doi.org/10.1007/s00190-016-0921-x>
- [6] 李江卫, 马立焯, 吴仁攀, 孙伟, 吴多. 基于低成本单频 u-blox 接收机的 GPS/BDS 定向性能分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2019, 39(3): 279-284.
- [7] 刘星, 李安然, 石俊炯, 李春花. 低成本 GNSS 模块 RTK 性能比较分析[J]. 测绘科学, 2021, 46(3): 27-79.
- [8] 刘星, 石俊炯, 罗浩, 李安然. 无人机单频 RTK 天线的性能比较分析[J]. 测绘科学技术学报, 2019, 36(1): 1-5.