



### 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的网络RTK精度分析

吴海乐

#### Analysis of network RTK precision of grid high precision satellite navigation and positioning service method

WU Haile

引用本文:

吴海乐. 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的网络RTK精度分析[J]. *全球定位系统*, 2022, 47(2): 99–103. DOI: [10.12265/j.gnss.2021102201](https://doi.org/10.12265/j.gnss.2021102201)

WU Haile. Analysis of network RTK precision of grid high precision satellite navigation and positioning service method[J]. *Gnss World of China*, 2022, 47(2): 99–103. DOI: [10.12265/j.gnss.2021102201](https://doi.org/10.12265/j.gnss.2021102201)

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12265/j.gnss.2021102201>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

#### 北斗卫星导航系统动态定位精度测试与分析

Dynamic Positioning Accuracy Test and Analysis of BeiDou Satellite Navigation System  
*全球定位系统*. 2018, 43(1): 43–48

#### 北斗卫星导航系统在河南精准农业中的应用探讨

The Application of BeiDou Satellite Navigation System in Precision Agriculture of Henan  
*全球定位系统*. 2017, 42(3): 94–98

#### 基于北斗卫星导航系统的物流动态追溯系统设计与应用

Design and Implementation of Logistics Dynamic Traceability System Based on BeiDou Satellite Navigation System  
*全球定位系统*. 2017, 42(3): 82–86

#### 北斗卫星导航系统在人工鱼礁中应用的探索

Explore BeiDou Satellite Navigation System in the Application of Artificial Reefs  
*全球定位系统*. 2017, 42(2): 106–109

#### 北斗卫星导航系统在一体化智能安全头盔中的应用

Application of BDS in an integrated intelligent safety helmet  
*全球定位系统*. 2021, 46(3): 111–115

#### 北斗卫星导航系统在波浪能自供电海洋浮标中的应用

Application of BeiDou Satellite Navigation System in Wave Energy Self Powered Marine Buoy  
*全球定位系统*. 2018, 43(4): 126–130



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.12265/j.gnss.2021102201

# 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的网络 RTK 精度分析

吴海乐

( 交信北斗科技有限公司, 北京 101318 )

**摘要:** 针对一种在虚拟参考站 (VRS) 技术基础上, 进行改进的基于格网化高精度卫星导航定位服务方法, 测试并分析了该方法格网划分分辨率不同对网络实时动态定位 (RTK) 精度的影响, 在常规格网划分条件下, 选取动态场景的应用数据, 分析了该方法的网络 RTK 动态应用精度. 测试结果表明: 随着格网划分距离增加, 网络 RTK 精度随距离增加会降低. 其中, 2'×2' 和 4'×4' 格网划分模式下, 定位残差序列除个别异常点外, 几乎都在厘米以内, 且精度统计相当, 故可以选择 4'×4' 作为常规格网划分, 满足少量相对固定的虚拟格网点观测计算, 且定位精度维持在厘米级. 常规格网划分条件下, RTK 动态跑车定位水平残差序列为厘米级, 高程残差序列在分米级, 能够达到动态应用精度要求.

**关键词:** 北斗卫星导航系统 (BDS); 全球卫星导航系统 (GNSS); 格网化高精度; 卫星定位; 网络实时动态定位 (RTK)

中图分类号: P228.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-9268(2022)02-0099-05

## 0 引言

基于全球卫星导航系统 (GNSS) 的连续运行参考站 (CORS) 服务因其高精度、高效率、实时性的优点, 是当前卫星导航领域研究及工程应用的热点, 为测绘、智能交通、车联网、电网、城市建设、变形监测等领域提供了高精度位置服务支撑<sup>[1-6]</sup>. 目前, 工程应用中绝大部分 CORS 系统采用基于虚拟参考站 (VRS) 技术的网络实时动态定位 (RTK) 技术来实现区域基准站网高精度卫星导航定位服务<sup>[7-9]</sup>. 但因该技术需要在数据处理中心承担大量计算工作以及采用双向交互方式, 受到网络带宽、主控站计算能力等限制<sup>[10-12]</sup>. 针对这些不足, 有学者研究提出了基于格网化高精度卫星导航定位服务方法<sup>[7-8,13-14]</sup>, 并逐步推广到工程应用中, 随着 GNSS 在各行业应用以及互联网大数据技术的发展, 各省市 CORS 在升级改造中得到了诸多应用<sup>[8,15]</sup>, 提升了计算能力及用户交互能力.

目前, 针对基于格网化高精度卫星导航定位服务方法性能指标研究主要停留在对定位结果的判断<sup>[7-8,16-17]</sup>, 而不同格网划分分辨率对网络 RTK 精度

影响的研究较少. 为了研究不同格网划分分辨率对网络 RTK 精度影响, 以及常规格网划分条件下, 动态应用的网络 RTK 精度, 本文首先介绍基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的设计与实现, 然后测试并分析了格网划分分辨率不同对网络 RTK 精度的影响, 最后在常规格网划分条件下, 选取动态场景的应用数据, 分析了基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的网络 RTK 动态应用精度.

## 1 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法

基于格网化高精度卫星导航定位服务方法, 将虚拟观测量解算与用户交互模块分开, 可分布式部署, 不受单个网络带宽、主控站计算能力限制, 得到多方应用, 提升了计算能力及用户交互能力.

### 1.1 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法原理与流程

基于格网化高精度卫星导航定位服务方法是对传统 VRS 方法的改进<sup>[7-8]</sup>, 实现了用户交互模块与虚拟观测量解算模块分离, 各模块可单独部署. 虚拟观

收稿日期: 2021-10-22

通信作者: 吴海乐 E-mail: wujiawen0343@126.com

测量解算模块部署在数据处理中心,接收区域基准站原始观测数据,根据预先划分的区域虚拟格网点位置信息,采用常规 VRS 方法分别计算区域内所有格网点的虚拟观测量.在虚拟格网点划定后,数据处理中心计算量相对固定,资源开销变化不大,再通过单向传输的模式发送到用户交互模块.该模式下,可设置安全的单向传输策略,保证数据处理中心基准站等数

据的安全访问.用户交互模块接收所有格网点的虚拟观测量,同用户通过双向通信的方式,根据用户概略位置判断并选择最近格网点的虚拟观测量并转发给用户<sup>[7]</sup>.用户交互模块可根据用户量分布式部署,不受单个网络带宽、主控站计算能力限制,能够为大并发用户服务<sup>[7,9]</sup>.综上所述,基于格网化高精度卫星导航定位服务方法改进项如表 1 所示.

表 1 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法改进项

模块	改进项
虚拟观测量解算模块	个数相对固定的虚拟格网点观测量计算,单向对外通信,内网部署安全策略
用户交互模块	接收格网点虚拟观测量,非涉密信息可云部署,分布式部署实现大并发用户服务
数据处理中心资源	内网数据处理中心资源需求固定,可精确设计资源需求

基于格网化高精度卫星导航定位服务方法是对常规 VRS 方法的改进,该方法工作流程为:首先根据区域大小和预设的格网分辨率,划分虚拟格网点,生成格网点三维坐标;然后,数据处理中心接收并进行基准站数据预处理,选取每个虚拟格网点附近 3 个及以上的基准站的数据计算虚拟格网点的虚拟观测量,生成区域增强数据信息;最后,将所有格网点的虚拟区域增强数据信息全部单向推送至用户交互模块,用户交互模块再通过移动通信网络或互联网向通过认证的终端用户推送用户请求的增强数据信息.基于格网化高精度卫星导航定位服务方法工作流程如图 1 所示.

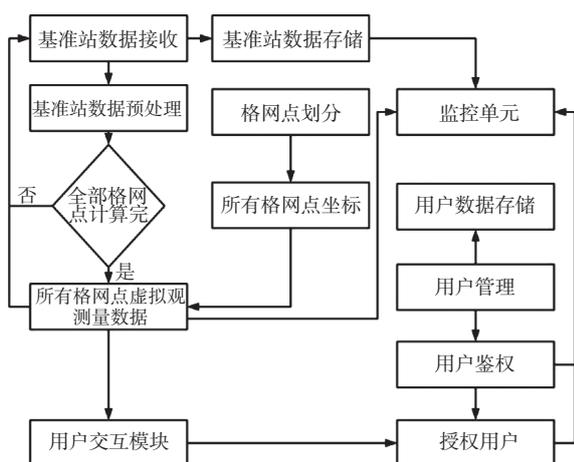


图 1 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法工作流程图

## 1.2 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法设计与实现

本文基于格网化高精度卫星导航定位服务方法,

设计了高精度卫星导航定位服务软件,可提供区域高精度卫星导航定位服务,软件设计方法如下:

1) 虚拟格网划分,根据区域大小和预设的格网分辨率,划分虚拟格网点.再根据区域地形分析和高程变化,对高程变化较大的区域进行适当加密.最后根据用户在区域内分布密度以及小区域用户精度需求,对用户分布密度较稀或精度需求较高的区域进行适当加密.最终形成虚拟格网点划分后所有格网点的三维坐标.

2) 虚拟观测量解算模块,执行基准站管理、基准站数据处理和虚拟观测量生成工作.因基准站网观测数据和基准站坐标属于秘密数据<sup>[18]</sup>,基准站管理与基准站数据处理模块部署在内网受控环境,通过专线获取基准站原始观测数据,监测各基准站实时数据流,对各基准站数据进行周跳探测、粗差探测、模糊度解算、误差分离等各项数据预处理工作.然后,采用合适的基准站数据进行格网点虚拟观测量计算,单向推送至外网用户交互模块.

3) 用户交互模块,执行用户管理与用户鉴权,正常状态的用户才能使用增强服务.同用户交互的每个输出数据流独立线程运行,保证各用户间互无影响.通过移动通信网络或互联网向通过认证的终端用户推送距用户请求概略位置最近的虚拟格网点的增强数据信息.

基于格网化高精度卫星导航定位服务软件设计,软件运行流程如图 2 所示.

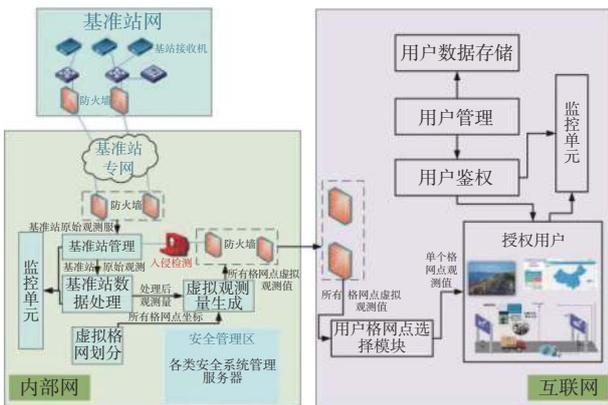


图 2 基于格网化高精度卫星导航定位服务软件运行流程图

## 2 实测数据分析

为了评价格网划分分辨率不同对网络 RTK 精度影响, 以及常规格网划分条件下, 动态应用的网络 RTK 精度, 本文进行了多项测试和分析, 主要包括两方面: 格网划分分辨率不同条件下, 网络 RTK 定位精度分析; 常规格网划分条件下, 动态跑车场景应用精度分析。

### 2.1 格网划分分辨率不同对网络 RTK 精度影响

本文以某省作为测试区域, 测试格网划分分辨率对网络 RTK 精度影响. 选取 1 个静态已知测试点, 架设 RTK GNSS 接收机设备, 型号为司南导航 M300 高精度定位 GNSS 接收机, 采样频率为 1 Hz, 采用 BDS+GPS 双系统双频定位. 分别按照 2'×2'、4'×4'、6'×6'、8'×8' 的格网分辨率划分格网虚拟点, 标记为 a、b、c、d 测试, 每项测试运行 3 h, 测试点设备采用常规 RTK 解算方式进行定位解算. 图 3 为不同格网划分分辨率测试的接收机设备定位偏差序列, (a)、(b)、(c)、(d) 分别为四种模式下测试定位结果同真值比较的北 (N)、东 (E)、天顶 (U) 方向的偏差. 表 2 列出了格网划分分辨率对网络 RTK 影响测试精度统计, 分别为四种模式下测试定位结果的偏差在 N、E、U 方向的统计结果 (1σ).

由表 2 和图 3 可知, 基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的精度为厘米级, 格网划分分辨率对网

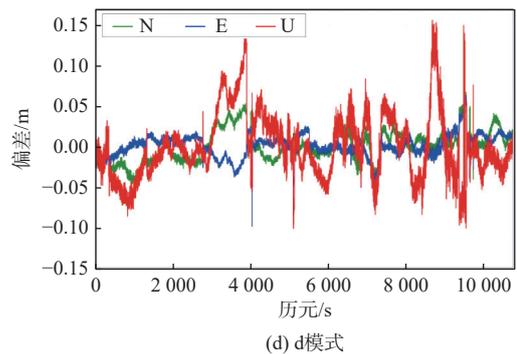
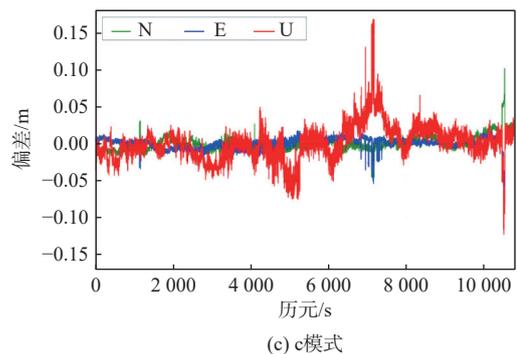
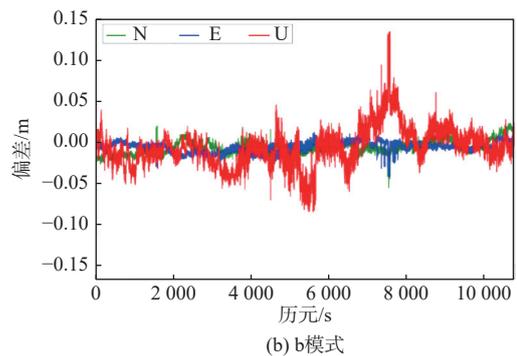
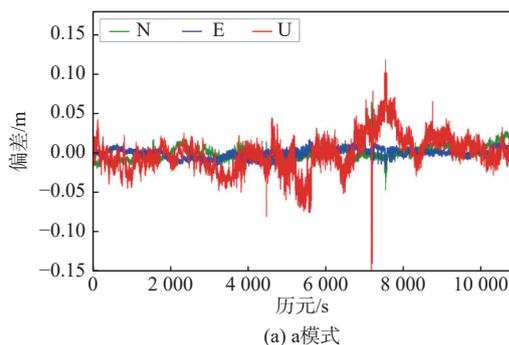


图 3 不同格网划分分辨率下接收机设备定位偏差序列图

络 RTK 有一定影响. 2'×2' 和 4'×4' 格网划分模式下, 定位残差序列除个别异常点外, 几乎都在厘米级内, 且精度统计相当. 随着格网划分距离增加, 6'×6' 和 8'×8' 格网划分模式下, 随距离增加定位残差统计精度稍降低.

表 2 格网划分分辨率对网络 RTK 影响测试精度统计 m

格网划分	精度RMS		
	N	E	U
2'×2'	0.008	0.006	0.023
4'×4'	0.008	0.006	0.023
6'×6'	0.010	0.008	0.025
8'×8'	0.019	0.014	0.041

综合测试结果分析, 可以选择 4'×4' 作为常规格网划分, 满足少量相对固定的虚拟格网观测值计算, 且定位精度维持在厘米级.

## 2.2 动态场景

常规格网划分条件下,选取动态场景的应用数据,分析基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的网络 RTK 动态应用精度。

将采集数据的 RTK GNSS 接收机用吸盘放在车顶,设备型号为司南导航 T300 Plus GNSS 接收机,采样频率为 1 Hz,进行动态跑车测试,采用 BDS+GPS 双频双系统 RTK 定位方式进行测试,测试时长为 30 min,GNSS 天线安装如图 4 所示。同时,用一台 SPAN 设备同时作业,作为真值。RTK GNSS 接收机同 SPAN 设备相对位置固定,N、E、U 方向为固定基线,通过两台设备基线间残差作精度测算。



图 4 GNSS 天线安装

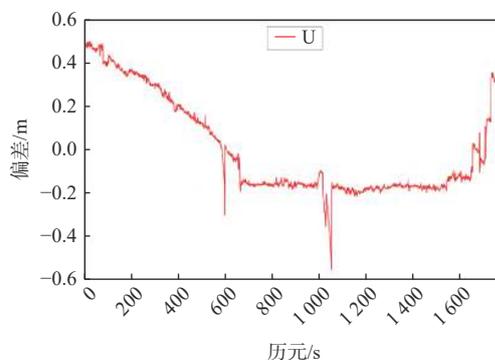
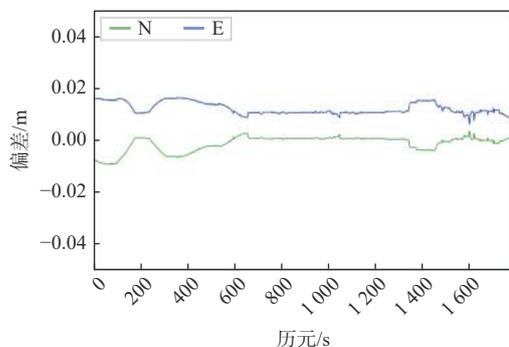


图 6 RTK 与 SPAN 设备动态定位测量结果偏差序列图

表 3 动态测量结果精度统计 m

格网划分	精度RMS		
	N	E	U
4'×4'	0.003	0.012	0.227

## 3 总结

本文介绍了基于格网化高精度卫星导航定位服务方法原理与流程,设计并实现了基于格网化高精度卫星导航定位服务方法软件,然后测试分析了格网划分分辨率不同对网络 RTK 精度影响,最后在常规格

跑车路线如图 5 所示,本次跑车在城市道路,约 22 km,经过多处高架桥、隧道等路段。

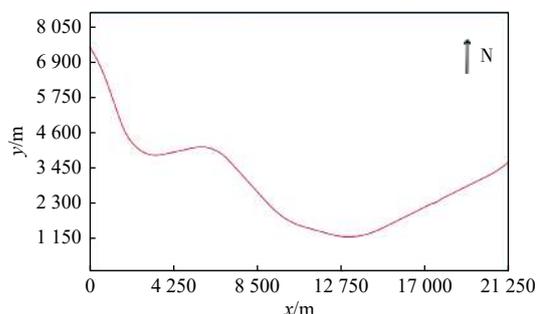


图 5 动态跑车测试路线图

RTK 接收机采集频率为 1 Hz,本次测试多处因遮挡等原因导致 RTK 重新初始化,有的时段为浮点解,统计得到本次测试固定解比例为 94.8%。提取固定解结果跟 SPAN 结果比较,基线差在 N、E、U 三方向的残差序列图如图 6 所示,动态测量结果 N、E、U 方向统计精度如表 3 所示。

由图 6 和表 3 可知,常规格网划分条件下,RTK 动态定位测试水平残差序列为厘米级,高程残差序列在分米级,精度统计为水平在 2 cm 以内,高程在 3 dm 以内,固定率为 94.8%,能够达到动态应用精度要求。

网划分条件下,选取动态场景的应用数据,分析了基于格网化高精度卫星导航定位服务方法的网络 RTK 动态应用精度。

测试结果表明,随着格网划分距离增加,网络 RTK 精度随距离增加会降低。其中,2'×2'和 4'×4'格网划分模式下,定位残差序列除个别异常点外,几乎都在厘米级内,且精度统计相当,可以选择 4'×4'作为常规格网划分,满足相对固定的虚拟格网点观测量计算,且定位精度维持在厘米级。常规格网划分条件下,RTK 动态定位水平残差序列为厘米级,高程残差序列在分米级,能够达到动态应用精度要求。因

此,基于格网化高精度卫星导航定位服务方法改进的常规VRS方法,能够支持为大并发用户服务,精度为厘米级。

本文基于静态和短距离低速动态场景对基于格网化高精度卫星导航定位服务方法精度进行了测试和分析,长距离以及复杂环境的格网化高精度卫星导航定位服务方法及性能验证是下一步需研究的问题和方向。

### 参考文献

- [1] 杨元喜.北斗卫星导航系统的进展、贡献与挑战[J].测绘学报,2010,39(1):1-6.
- [2] 田攀,吴文坛,王亮,等.连续运行参考站网建设与应用实务[M].西安:西安地图出版社,2013.
- [3] 刘经南.GNSS连续运行参考站网的下一代发展方向——地地球空间信息智能传感网络[J].武汉大学学报(信息科学版),2011,36(3):253-256,250.
- [4] 李源林,刘行波,杨洁.北斗地基增强技术在电网高精度地理位置服务中的应用[J].工程建设与设计,2017(6):47-48.
- [5] 杜聪慧,吴海乐,刘源翔.卫星导航“双高”技术在交通运输行业中的应用[J].卫星应用,2021(4):17-21.
- [6] 王涛,蔡东健,周旺辉,等.北斗地基增强系统框架下流动站定位精度分析[J].全球定位系统,2019,44(1):89-93.
- [7] 陈明,武军郦,许超铃,等.格网化高精度卫星导航定位服务方法[J].测绘科学,2020(11):53-58.
- [8] 李立弘,史俊波,欧阳晨皓.虚拟格网技术对网络RTK动态定位的影响分析[J].测绘通报,2020(5):115-118.
- [9] 刘文建,邓思胜,丁华祥,等.基于CORS位置云服务的高并发技术研究[J].全球定位系统,2018,43(4):67-72.
- [10] 毛海峰.VRS算法研究及定位精度分析[D].西安:西安科技大学,2009.
- [11] 谢建涛.VRS改正数算法研究及精度分析[D].郑州:解放军信息工程大学,2013.
- [12] 陈振,秘金钟,王权,等.基于网格中心点虚拟参考站的伪距差分方法[J].测绘通报,2016(7):5-9.
- [13] 刘一,谷守周,秘金钟,等.虚拟格网化的BDS/GPS位置差分方法研究[J].测绘通报,2019(1):13-17.
- [14] 党亚民,秘金钟,等.全球导航卫星系统原理与应用[M].北京:测绘出版社,2007.
- [15] 阮依香.基于北斗卫星导航系统的网络RTK的研究与应用[J].建筑工程技术与设计,2019(16):4069.
- [16] 杨建科,莫儒.北斗地基增强系统测试及精度分析[J].全球定位系统,2018,43(1):49-53.
- [17] 王方超,吕志平,刘春鹤,等.一种全面的CORS性能测试方法[J].全球定位系统,2019,44(1):68-74.
- [18] 全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范:GB/T 28588-2012[S].北京:标准出版社,2012.

### 作者简介

吴海乐(1987—),男,硕士,高级工程师,研究方向为北斗高精度与交通应用。

## Analysis of network RTK precision of grid high precision satellite navigation and positioning service method

WU Haile

(Jiaoxin Beidou Technology Co.Ltd., Beijing 101318, China)

**Abstract:** This paper introduced the grid high precision satellite navigation and positioning service method, which improved the virtual reference station (VRS) method. And analyzed the impact of different virtual grid resolutions to the network real time kinematic (RTK) precision. The performance test was then proceed using the normal grid resolution in the knimatic application to analyze the knimatic network RTK precision. Result shows that the network real time kinematic RTK precision will degrad as the distance increases. The precision of the 2'×2' and 4'×4' virtual grid resolutions is nearly the same and both within centimeter level, which means that 4'×4' virtual grid resolution can be as a regular selection, so as to meet the requirements of calculation and positioning accuracy of centimeter level for relatively fixed virtual grid point. In addition, results under the condition of regular grid resolution show that the extent of the horizontal direction residual sequence of the knimatic application is the centimeter level, and the height direction residual sequence is the decimeter level. So that the regular grid resolution can fulfil the requirements of the vehicle dynamic applications.

**Keywords:** BeiDou Navigation Satellite System (BDS); Global Navigation Satellite System (GNSS); grid based high precision; satellite positioning; network real time kinematic (RTK)