



全球定位系统

GNSS World of China

- 中国科学引文数据库 (CSCD)
- 中国学术期刊 (网络版) (CNKI)
- 中文科技期刊数据库
- 中国学术期刊综合评价数据库 (CAJCED)
- 中国核心期刊 (遴选) 数据库
- 中国超星期刊域出版平台
- 日本科学技术振兴机构数据库 (JST)

CORS实时正常高服务方法研究

曾翔强, 陈春花, 周烽松

Research on normal height service method of grid CORS

ZENG Xiangqiang, CHEN Chunhua, and ZHOU Fengsong

引用本文:

曾翔强, 陈春花, 周烽松. CORS实时正常高服务方法研究[J]. *全球定位系统*, 2022, 47(3): 104–108. DOI: [10.12265/j.gnss.2021121401](https://doi.org/10.12265/j.gnss.2021121401)

ZENG Xiangqiang, CHEN Chunhua, ZHOU Fengsong. Research on normal height service method of grid CORS[J]. *Gnss World of China*, 2022, 47(3): 104–108. DOI: [10.12265/j.gnss.2021121401](https://doi.org/10.12265/j.gnss.2021121401)

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12265/j.gnss.2021121401>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[移动最小二乘法在高程异常拟合中的应用](#)

The Application of Moving Least Square Method on Elevation Anomaly Fitting

全球定位系统. 2018, 43(1): 85–90

[高精度海域似大地水准面模型的建立](#)

Establish of High-precision Quasi Geoid Model on Sea Area

全球定位系统. 2017, 42(3): 70–72

[遗传模拟退火算法优化BP神经网络的GPS高程拟合](#)

GPS elevation fitting of BP neural network optimized by genetic simulated annealing algorithm

全球定位系统. 2021, 46(5): 55–59

[小区域GNSS高程异常拟合方法研究](#)

Research on the county area scale fitting methods for GNSS height anomaly

全球定位系统. 2020, 45(5): 34–39

[HNGG2017精度特征分析](#)

Analysis of precision characteristics of HNGG2017

全球定位系统. 2019, 44(1): 54–61

[线状工程GPS高程拟合方法研究](#)

Research on GPS elevation fitting method for linear engineering

全球定位系统. 2021, 46(6): 74–77



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.12265/j.gnss.2021121401

CORS 实时正常高服务方法研究

曾翔强^{1,2}, 陈春花^{1,2}, 周烽松^{1,2}

(1. 湖南省测绘科技研究所, 长沙 410007;
2. 中国测绘科学研究院 湖南分院, 长沙 410007)

摘要: 针对现有连续运行参考站 (CORS) 系统无法在保证数据安全的前提下为用户实时提供正常高服务的问题, 提出了一种基于格网的 CORS 正常高服务方法. 通过对传统虚拟参考站 (VRS) 技术的数据生成及播发模式进行了改造, 采用格网划分的方式, 生成格网虚拟观测数据, 并对格网虚拟观测数据增加高程异常改正, 从而实现实时正常高测量. 该方法在不降低用户精度的前提下, 为用户提供实时正常高测量成果, 能够提升 CORS 系统的服务能力, 可以为其他省市 CORS 系统的建设提供参考.

关键词: 网络实时动态 (RTK); 虚拟参考站 (VRS); 似大地水准面模型; 高程异常

中图分类号: P228.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-9268(2022)03-0104-05

0 引言

连续运行参考站 (CORS) 技术能够将卫星导航定位的精度提升至厘米级, 是现代基础设施的重要组成部分^[1], 为满足经济社会发展的需要, 我国各个省份均建设有自己的 CORS 系统^[2]. 目前, 我国大部分的 CORS 系统中网络实时动态 (RTK) 服务均采用虚拟参考站 (VRS) 技术, VRS 技术通过在用户附近虚拟出一个基准站, 该基准站利用用户发送的位置数据获取, 然后将观测数据发送给用户, 从而获得厘米级精度的定位结果. VRS 技术在通用性、兼容性等方面的优势, 成为了目前应用最广泛的网络 RTK 技术^[1-3]. 然而 VRS 技术也存在以下两个问题:

1) 随着自动驾驶、人工智能等技术的兴起, CORS 系统的用户已经不再局限于测绘地理信息领域, 用户数量得到了极大地提升. VRS 技术针对每一个用户都生成虚拟观测值, 虚拟观测值生成时涉及到大量的计算工作, 需要消耗大量的计算资源, 无法满足海量级用户的高并发请求.

2) 目前大部分 CORS 系统实时测量得到的成果为大地高, 用户想要获取正常高成果, 必需通过事后转换的方式. 由于各地政策不同, 高程转换的流程和

所需要的材料也不尽相同. 这种方式存在着效率低下、时效性差等缺点, 不利于 CORS 系统的推广和应用, 因此实时正常高成果的获取也是一个亟须解决的问题.

1 CORS 正常高服务方法

1.1 技术思路

利用 VRS 技术距离较近用户可使用同一个虚拟参考值进行高精度定位的特点, 按照一定的间隔, 将 CORS 服务范围划分为多个格网^[4], 在格网中心点生成 VRS 数据, 并推送到专门的用户服务器, 将数据解算与用户服务分离. 由于解算软件所需要生成的 VRS 数据是固定的, 与用户数量无关, 其解算压力也是恒定的, 而用户服务器无需参与数据解算, 可以采用分布式、云服务技术, 根据用户数量进行实时扩容, 能够满足海量级用户的高并发请求^[5]. 用户实时测量想得到正常高成果, 可以根据用户位置和似大地水准面模型, 计算出用户的高程异常值, 用户发送 VRS 数据时, 将 VRS 坐标中的大地高加上高程异常值后, 测量得到的结果就是正常高成果.

1.2 服务架构

系统通过将解算服务器与用户服务器分离, 解算

收稿日期: 2021-12-14

资助项目: 湖南省科技创新平台与人才计划 (2018TP2040); 湖南省自然资源科技计划项目 (2020-01, 2020-02); 长沙市自然科学基金资助项目 (kq20141611)

通信作者: 曾翔强 E-mail: xiaobeng1992@qq.com

服务器按照格网点生成虚拟观测数据,并单向推送至用户服务器,用户服务器根据用户请求,在不改变用

户使用习惯的前提下,提供高精度的位置服务.其整体架构如图1所示.

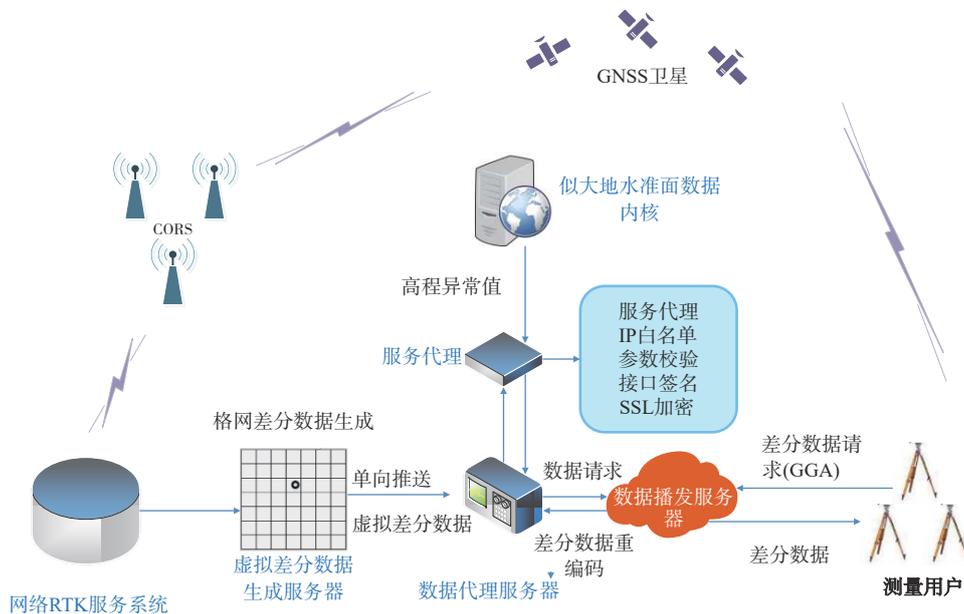


图1 CORS 正常高服务系统架构

1) 虚拟格网差分数据生成: 虚拟差分数据生成服务器将网络 RTK 的服务范围划分为多个格网, 根据格网中心点的位置, 向网络 RTK 服务器请求各个格网点的差分数据, 虚拟出各个格网中心点的差分数据, 并单向推送到数据代理服务器, 数据代理服务器对虚拟差分数据进行解码, 得到 VRS 坐标、虚拟卫星观测数据、VRS 信息等数据^[6]。

2) 高程异常数据获取: 数据代理服务器接收到数据请求后, 根据接收到的用户位置, 通过服务器代理 IP 白名单、参数校验、接口签名安全套接层 (SSL) 加密等方式, 向似大地水准面数据内核获取用户的高程异常值。

3) 虚拟差分数据生成: 获取到高程异常值后, 将高程异常值加入用户所在格网的 VRS 坐标中, 并重新进行编码, 生成虚拟差分数据。

4) 差分数据返回: 虚拟差分数据通过用户播发服务器发送给用户, 用户接收到虚拟差分数据后, 与自身的卫星观测数据进行差分定位, 获取高精度的定位结果, 由于虚拟差分数据中的参考站坐标经过了高程异常改正, 因此用户的定位结果也经过了高程异常改正, 直接测量得到的成果为正常高。

2 网格划分策略分析

CORS 正常高服务将 CORS 服务范围按照一定的间距, 划分为若干个格网, 根据数字高程模型 (DEM), 计算出每个格网中心点的坐标以及高程, 根据计算出的坐标和高程, 虚拟出该位置的虚拟观测值, 将发送给用户的虚拟观测值中的参考站坐标大地高加上一个高程异常值, 用户就可以直接测量得到正常高成果. 与传统的 VRS 技术相比, 其 VRS 值的生成并不是根据用户的实时位置生成的, 且在 VRS 值中的参考站坐标增加了一个高程异常值, 因此需要进一步分析用户位置与格网点距离所引起的误差和 VRS 坐标变化所引起的误差, 来确定适合的格网划分方案^[7]。

2.1 用户与 VRS 距离引起的误差分析

分析用户与虚拟参考距离所引起的误差以及定位性能, VRS 数据生成软件采用天宝 Pivot 软件, 流动站接收机采用天宝的 R8 接收机, 通过格网化服务软件, 生成了与流动站 0~10 km 距离的虚拟观测值, 发送给接收机获取定位结果, 每次测量 60 个历元, 分别测量 20 次, 其测结果如图 2 所示。

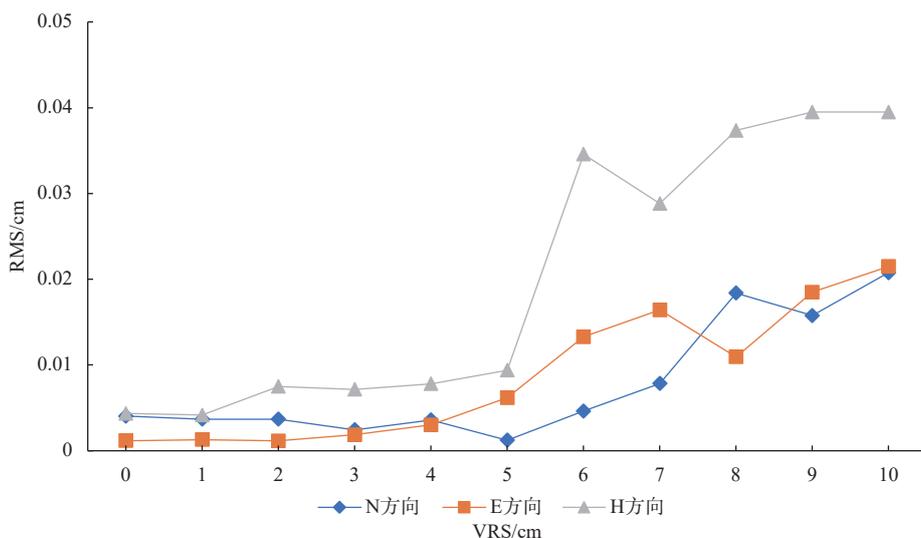


图 2 VRS 与流动站距离测量精度统计

由图 2 可知,当流动站距离 VRS 小于 5 km 时,其均方根 (RMS) 值并没有明显的变化,小于 10 mm,超过 5 km 后,其 RMS 值逐步升高,平面方向达到了 2 cm,高程方向达到 4 cm.当 VRS 与流动站距离超过 10 km 后,出现了流动站无法初始化的情况.因此为保证测量用户的精度,在进行格网划分时,用户距离格网点的最大距离不宜超过 5 km.

2.2 VRS 坐标变化对定位结果的影响

CORS 正常高服务系统为用户提供正常高服务,是通过修改虚拟观测值中的参考站坐标来实现.VRS 坐标的改变相当于起始点位置偏差,VRS 与用户之间的基线向量会产生系统性偏差,系统偏差的大小与起始点位置偏差的大小成正比,与基线平均纬度的正切函数值成正比^[8].湖南省位于纬度 24°~30°,高程异常值最大约为 18 m^[9-10].根据文献 [8] 分析,在位于平均纬度 30°,基准站坐标差为 18 m 时,其对基线结果的影响为 1.68×10^{-6} .CORS 系统提供的网络 RTK 服务的平面精度为 2.4 cm,高程精度为 5 cm.按照误差传播定律,为了保证测量精度,由 VRS 坐标变化所引起的最大系统性偏差应小于 1 cm,以减少对网络 RTK 用户的影响.因此在湖南省范围内,用户与格网中心点的距离应小于 6 km.

3 实测精度分析

为验证整个系统的性能,本文在湖南省范围内开展了精度测试,其中格网化正常高服务系统采用的网格划分为 3'×3',该网格范围内距离中心最远为 3.2

km,保证了格网最远点至中心的距离小于 5 km,虚拟格网点的大地高利用湖南省的 DEM 数据和网格中心点的坐标来获取.高程异常获取采用 2017 版本的湖南省似大地水准面模型 (HNGG2017).选取了湖南省范围内均匀分布的 50 个 A、B、C 级作为测试点,测试点的高程成果为水准高.分别采用天宝 Pivot 软件和 CORS 正常高服务系统进行网络 RTK 定位测试,定位设备采用天宝 R8 设备.测试时,每次观测采集 60 个历元,测量 20 次,取其平均值作为测量结果,天宝 Pivot 软件测量完毕后,采用 2017 湖南省似大地水准面 (HNGG2017) 模型计算其正常高.测试点位分布如图 3 所示.

我们对 CORS 正常高服务系统与 Pivot 的测量结果以及控制点真值进行对比,其结果分别如图 4~5 所示.由图 4 可知,CORS 正常高服务系统与天宝 Pivot 软件测量的平面差异为 2 cm 以内,高程方向的差异为 4 cm 以内,其平面精度为 1.1 cm,高程精度为 2.3 cm.由于 CORS 正常高服务系统的虚拟观测值同样也是利用天宝 Pivot 软件生成的,其精度相当与 CORS 系统的内符合精度.由图 5 可知,CORS 正常高服务系统与控制点成果平面差异在 4 cm 以内,高程方向在 10 cm 以内.经统计,其平面精度为 2.7 cm,高程精度为 4.9 cm.与现有 HNCORS 系统的精度相当^[11],CORS 正常高服务系统不会降低原有 CORS 系统的精度,能够满足高精度位置服务的需求.

另外,我们进一步对 CORS 正常高服务系统测量成果高程与真值对比超过 8 cm 的点进行分析,如

表 1 所示,其中 1983、U225 两个点的差异达到了 10 cm 以上,主要是由于似大地水准面精化成果与控制点水准成果差异所引起的,其余超过 8 cm 的点似大地水准面精化成果与控制点水准成果差异也达到了 2 cm

以上. 而大部分测量的控制点其差异小于 8 cm, 利用 CORS 正常高服务系统,完全能够满足地形测量对正常高成果的要求.

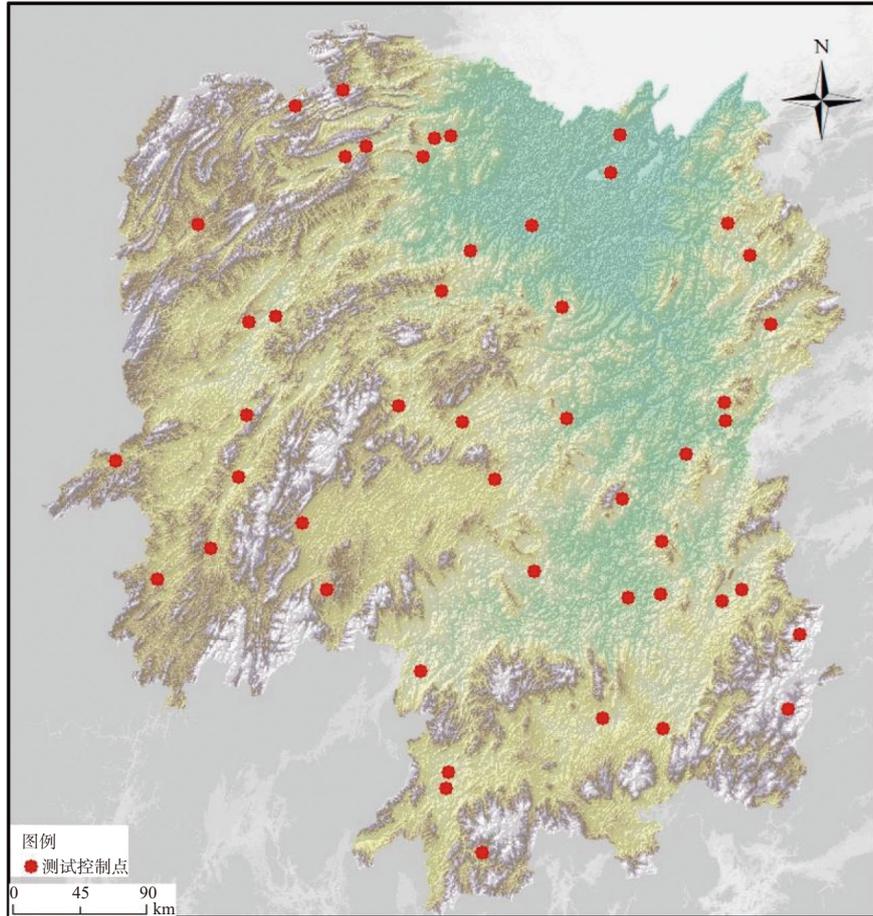


图 3 测试点位分布图

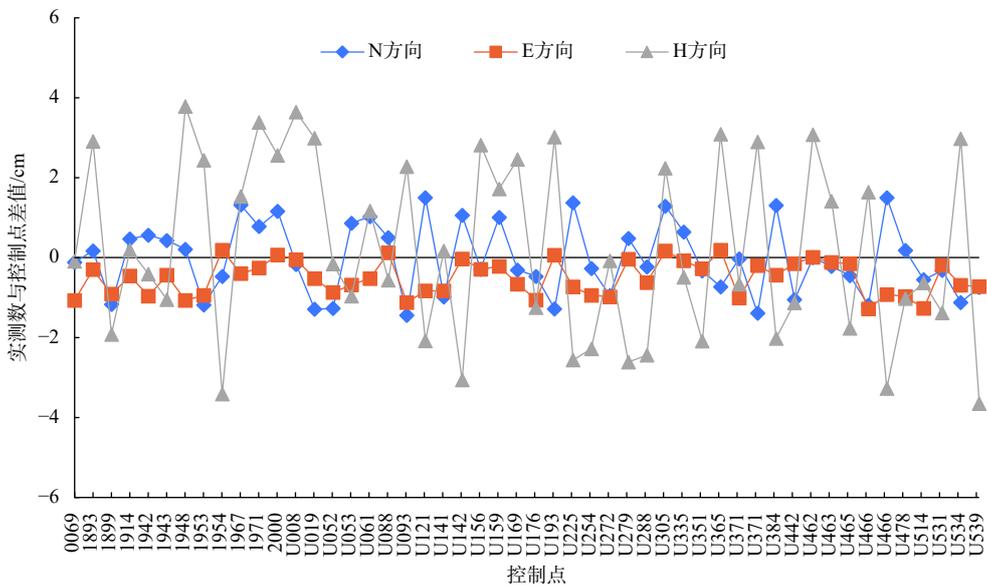


图 4 CORS 正常高服务系统与天宝 Pivot 软件测量结果对比

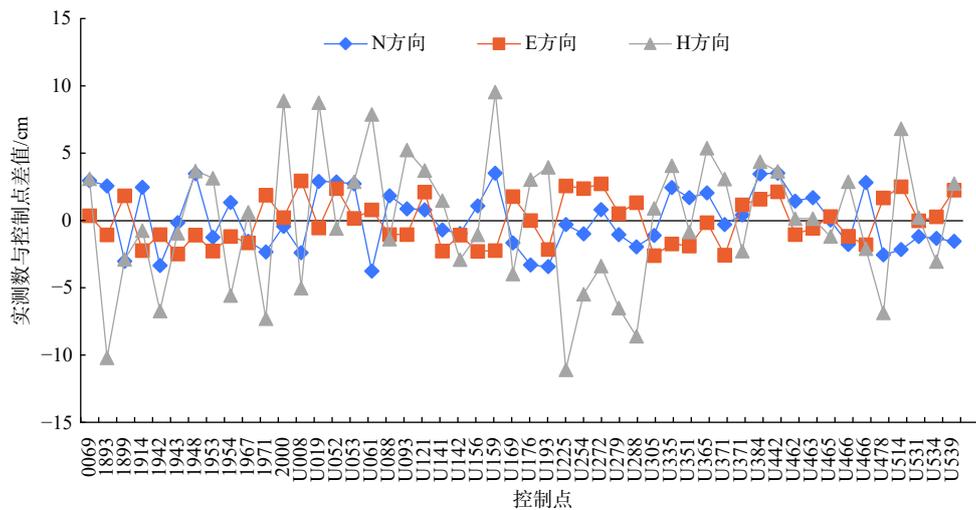


图 5 CORS 正常高服务系统与控制点真值对比

表 1 CORS 正常高服务系统测量成果高程与真值对比超过 8 cm 的点

控制点	CORS 正常高服务系统与 控制点水准高差异	控制点似大地水准面 成果水准高差异	cm
1893	-10.15	-5.9	
U225	-11.05	-9.6	
U019	8.80	2.0	
U288	-8.60	-2.6	
2000	8.90	2.8	
U159	9.50	2.6	

4 结束语

本文研究了基于格网的 CORS 正常高服务新方法,利用网格划分方式,生成 CORS 服务范围内各个格网中心点的虚拟观测值,通过在 VRS 中加入用户所在位置高程异常的方式,实现了实时的正常高程测量,解决了传统 VRS 技术存在用户上限的问题,提升了服务能力。由于用户直接得到正常高结果,使其无法反算出高程异常,在保证似大地水准面数据安全的前提下,提升了测量效率。同时本文进一步分析了 VRS 与用户距离对定位精度的影响,确定了最佳的格网划分间隔,能够为其他省市高精度位置服务提供参考。

参考文献

- [1] 张成军. 虚拟参考站误差分析与算法研究[D]. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学, 2005.

- [2] 赵亮. GNSS变形监测的虚拟基准方法[D]. 成都: 西南交通大学, 2020.
- [3] 姜卫平. 卫星导航定位基准站网的发展现状、机遇与挑战[J]. 测绘学报, 2017, 46(10): 1379-1388.
- [4] 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, 45(11): 53-58.
- [5] 董明旭, 楚彬, 陈春花, 等. 一种CORS的高精度位置服务云平台建设方法[J]. 测绘科学, 2018, 43(7): 164-169.
- [6] 刘文建, 施闯. 基于格网改正的CORS实时三维坐标服务系统[J]. 测绘通报, 2013(10): 70-72, 128.
- [7] 刘立龙, 唐诗华, 文鸿雁. GPS RMBS起算点偏差对定位影响的研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(2): 60-61, 66.
- [8] 蔡宏翔. 起始点位置偏差对精密GPS差分定位影响的研究[J]. 中国空间科学技术, 1999(1): 28-33.
- [9] 董明旭, 李建成, 华亮春, 等. 湖南省似大地水准面2017模型及精度分析[J]. 大地测量与地球动力学, 2019, 39(1): 66-71.
- [10] 曾翔强, 敖敏思, 陈春花, 等. HNGG2017精度特征分析[J]. 全球定位系统, 2019, 44(1): 54-61.
- [11] 华亮春, 宣勇, 尹昊华, 等. 兼容BDS的HNCORS升级测试分析[J]. 导航定位学报, 2017, 5(3): 62-66, 71.

作者简介

曾翔强 (1992—), 男, 硕士, 研究方向为卫星大地测量技术。

陈春花 (1982—), 女, 硕士, 高级工程师, 研究方向为卫星大地测量技术。

周烽松 (1992—), 男, 硕士, 研究方向为数据处理。