



### 基于DCB和OSB产品的GNSS精密单点定位性能对比与分析

刘宏辉, 王潜心, 余志浩, 王茂雷, 刘永梁

#### Comparison and analysis of GNSS precision point positioning performance based on DCB and OSB products

LIU Honghui, WANG Qianxin, YU Zhihao, WANG Maolei, and LIU Yongliang

引用本文:

刘宏辉, 王潜心, 余志浩, 等. 基于DCB和OSB产品的GNSS精密单点定位性能对比与分析[J]. *全球定位系统*, 2023, 48(2): 36–42. DOI: [10.12265/j.gnss.2022191](https://doi.org/10.12265/j.gnss.2022191)

LIU Honghui, WANG Qianxin, YU Zhihao, et al. Comparison and analysis of GNSS precision point positioning performance based on DCB and OSB products[J]. *Gnss World of China*, 2023, 48(2): 36–42. DOI: [10.12265/j.gnss.2022191](https://doi.org/10.12265/j.gnss.2022191)

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12265/j.gnss.2022191>

#### 您可能感兴趣的其他文章

##### Articles you may be interested in

#### P1C1码偏差对精密单点定位收敛速度影响分析

The Impact Analysis of P1C1 Code Bias on Convergence of PPP

全球定位系统. 2017, 42(4): 22–26

#### BDS/GNSS融合精密单点定位性能分析

Performance analysis of BDS/GNSS precision point positioning

全球定位系统. 2021, 46(3): 66–71

#### GNSS多系统动态精密单点定位性能分析

Performance Analysis of Multi-GNSS Dynamic Precision Point Positioning

全球定位系统. 2018, 43(2): 12–19

#### 多系统双频精密单点定位不同模型下性能比较分析

Performance comparison of multi-GNSS and dual-frequency PPP under different models

全球定位系统. 2019, 44(6): 97–103

#### 多系统融合单点定位先验和验后定权研究

Research on a priori and posterior weighting methods for Multi-GNSS combined single point positioning

全球定位系统. 2021, 46(3): 1–6

#### 北斗双频/三频静态精密单点定位性能比较与分析

Positioning Performance Comparison and Analysis on BDS Dual and Triple Frequency Static Precise Point Positioning

全球定位系统. 2017, 42(1): 53–58



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.12265/j.gnss.2022191

# 基于 DCB 和 OSB 产品的 GNSS 精密单点定位性能对比与分析

刘宏辉<sup>1</sup>, 王潜心<sup>1</sup>, 余志浩<sup>2</sup>, 王茂雷<sup>1</sup>, 刘永梁<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116; 2. 广州中海达卫星导航技术股份有限公司, 广州 510000)

**摘要:** 随着全球卫星导航系统 (GNSS) 的不断建设, 精密单点定位 (PPP) 可用频率和通道逐步多元化. 文中在原始观测方程的基础上, 分别推导出适用于差分码偏差 (DCB) 产品和绝对偏差 (OSB) 产品的双频无电离层组合 (IF) PPP 模型, 并利用 50 个 MGEX (Multi-GNSS Experiment) 测站的 10 d 连续观测数据对两种策略对比分析了各 GNSS 系统 PPP 模型的定位性能. 结果表明: 采用 OSB 产品的 PPP 模型在性能上与传统的 DCB 产品差异可以忽略不计, 而且 OSB 产品在使用时更便利, 更适合未来多频 PPP 的应用前景.

**关键词:** 全球卫星导航系统 (GNSS); 精密单点定位 (PPP); 差分码偏差 (DCB) 产品; 绝对偏差 (OSB) 产品; MGEX (Multi-GNSS Experiment)

中图分类号: P228.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-9268(2023)02-0036-07

## 0 引言

目前, 以 GPS、GLONASS、Galileo 以及北斗卫星导航系统 (BDS) 为主的全球卫星导航系统 (GNSS) 趋于成熟, 为全球用户提供高精度、高可靠的位置服务. 我国的 BDS 由于建设阶段性的原因, 主要分为北斗二号全球卫星导航系统 (BDS-2) 以及北斗三号全球卫星导航系统 (BDS-3) 两部分<sup>[1]</sup>, 并且已有研究表明, 在 BDS-2 和 BDS-3 间存在时延偏差问题, 不能将两者当成一个系统使用<sup>[2]</sup>.

精密单点定位 (PPP) 技术以其独立性、无需基站的特点受到国内外众多学者的研究, PPP 模型也由传统的单频或双频单系统发展成多频多系统<sup>[3]</sup>. 然而, 多频多系统的 PPP 技术也带来了一系列的新偏差, 如卫星端的差分码偏差 (DCB) 问题. Wang 等<sup>[4]</sup>采用 IGGDCB 方法估计各 GNSS 的卫星端 DCB 产品, 并验证了其精度与欧洲轨道确定中心 (CODE)、德国航空航天中心 (DLR) 一致. 但是, 随着越来越多的 GNSS 播发三频甚至四频、五频信号<sup>[5]</sup>, DCB 产品使用起来越来越麻烦. 因此, 国际 GNSS 服务 (IGS) 组织提出绝对偏差 (OSB) 这一概念, 并通过相应的

SINEX 格式进行定义、应用和推广<sup>[6]</sup>. OSB 产品可以直接在原始观测值上改正, 不需要进行任何变换, 在可用性方面具有很大的优势.

中国科学院 (CAS) 发布的 DCB 产品已经被广泛使用, 但其新公开的 OSB 产品还没有被充分研究. 目前, CAS 分别发布了顾及和不顾及天线相位中心 (APC) 改正的 OSB 产品, 由于 PPP 技术涉及精密星历的使用, 本文采用顾及 APC 改正的 OSB 产品, 针对 CAS 发布的 DCB 和 OSB 两种产品分别进行各 GNSS 的双频 PPP 实验, 验证两种产品在不同系统情况下的可用性及其一致性, 为未来多频多系统 OSB 产品的应用提供一定的参考.

## 1 双频 PPP 模型

GNSS 原始伪距和载波相位基本观测方程为<sup>[7]</sup>

$$\begin{cases} P_{r,j}^s = \rho_r^s + c \cdot dt_r - c \cdot dt^s + \text{TDB}^C + \\ T_r + \gamma_j \cdot I_{r,1}^s + c(d_{r,j}^s - d_j^s) + \varepsilon_{r,P_j}^{s,T} \\ L_{r,j}^s = \rho_r^s + c \cdot dt_r - c \cdot dt^s + \text{TDB}^C + \\ T_r - \gamma_j \cdot I_{r,1}^s + \lambda_j^s (N_{r,j}^s + b_{r,j}^s - b_j^s) + \xi_{r,L_j}^{s,L_j} \end{cases} \quad (1)$$

式中: 上标 s 为 G、R、E、C, 分别代表 GPS、GLONASS、Galileo、BDS, 需要注意的是 BDS 包含了 BDS-2 和

收稿日期: 2022-10-18

资助项目: 国家自然科学基金 (41874039)

通信作者: 王潜心 E-mail: wqx@cumt.edu.cn

BDS-3,因此,当s表示BDS系统时,需要加入一个时延偏差项TDB;下标 $r, j$ 为接收机和频率( $j=1,2$ ); $P$ 和 $L$ 为伪距和载波相位的原始观测值; $\rho_r^s$ 为接收机与卫星之间的几何距离; $c$ 为光速; $dt_r$ 和 $dt^s$ 分别为接收机钟差和卫星钟差; $\gamma_j$ 为电离层因子, $\gamma_j = f_1^2/f_j^2$ ;  $I_{r,1}^s$ 为 $f_1$ 信号上的斜电离层延迟; $T_r$ 为测站天顶的对流层延迟; $\lambda_j^s$ 为频率 $f_j$ 载波对应的波长; $N_{r,j}^s$ 为载波模糊度; $d_{r,j}^s$ 和 $d_j^s$ 分别为接收机端和卫星端的非校正伪距硬件延迟(UCD); $b_{r,j}^s$ 和 $b_j^s$ 分别为接收机端和卫星端的非校正相位硬件延迟(UPD); $\varepsilon_{r,P_j}^{s,T}$ 和 $\xi_{r,L_j}^s$ 为伪距和载波相位的观测噪声、多路径效应以及其他未模型化误差之和;其他误差项(如天线相位中心改正、地球潮汐改正以及相对论效应等)已经采用相应的模型改正<sup>[8]</sup>.

为方便后续公式的推导,定义下列表达式:

$$\begin{cases} \alpha_{mn} = \frac{f_m^2}{f_m^2 - f_n^2}, \beta_{mn} = -\frac{f_n^2}{f_m^2 - f_n^2} \\ DCB_{mn}^s = d_m^s - d_n^s, DCB_{r,mn}^s = d_{r,m}^s - d_{r,n}^s \\ d_{IF_{mn}}^s = \alpha_{mn} \cdot d_m^s + \beta_{mn} \cdot d_n^s, d_{r,IF_{mn}}^s = \alpha_{mn} \cdot d_{r,m}^s + \beta_{mn} \cdot d_{r,n}^s \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\alpha_{mn}$ 和 $\beta_{mn}$ 为双频无电离层组合(IF)因子; $DCB_{mn}^s$ 和 $DCB_{r,mn}^s$ 分别为卫星端和接收机端的DCB; $d_{IF_{mn}}^s$ 和 $d_{r,IF_{mn}}^s$ 分别为卫星端和接收机端的IF组合UCD.

本文采用德国地学研究中心(GFZ)发布的精密星历产品计算卫星钟差,产品分别以GPS的L1/L2、GLONASS的G1/G2、Galileo的E1/E5a、BDS的B1I/B3I为基准频率生成<sup>[9]</sup>,卫星钟差改正 $dt_{IF_{12}}^s$ 包含了卫星端的 $d_{IF_{12}}^s$ ,则

$$c \cdot dt_{IF_{12}}^s = c[dt^s + (\alpha_{12} \cdot d_1^s + \beta_{12} \cdot d_2^s)] = c(dt^s + d_{IF_{12}}^s). \quad (3)$$

式(1)经精密星历改正后,为

$$\begin{cases} P_{r,j}^s = \rho_r^s + c \cdot dt_r + TDB^C + T_r + \gamma_j \cdot I_{r,1}^s + \\ \quad c \cdot d_{r,j}^s + c(d_{IF_{12}}^s - d_j^s) + \varepsilon_{r,P_j}^{s,T} \\ L_{r,j}^s = \rho_r^s + c \cdot dt_r + TDB^C + T_r - \gamma_j \cdot I_{r,1}^s + \\ \quad \lambda_j^s(N_{r,j}^s + b_{r,j}^s - b_j^s) + c \cdot d_{r,IF_{12}}^s + \xi_{r,L_j}^s \end{cases} \quad (4)$$

### 1.1 DCB 产品的使用

通常,卫星端的DCB在一天内是不会变化的,需要使用MGEX(Multi-GNSS Experiment)发布的DCB产品对伪距偏差项 $d_{IF_{12}}^s - d_j^s$ 改正.但是DCB代表的是频率间的伪距偏差,因此,不能直接在各频率的伪距观测方程上改正,具体方法为

$$\begin{cases} d_{IF_{12}}^s - d_1^s = -\beta_{12} \cdot DCB_{12}^s \\ d_{IF_{12}}^s - d_2^s = \alpha_{12} \cdot DCB_{12}^s \end{cases} \quad (5)$$

不难看出,DCB产品的使用需要搭配IF组合因

子,在未来多频多系统的应用背景下,传统的DCB改正方法将会十分复杂困难.

### 1.2 OSB 产品的使用

与DCB产品不同,OSB产品包含了每个频率上的绝对伪距偏差.CAS在产品服务端通过约束基准码进行DCB的估计<sup>[10]</sup>,从而得到最终的OSB产品:

$$\begin{cases} DCB_{12}^s = d_1^s - d_2^s \\ d_{IF_{12}}^s = \alpha_{12} \cdot d_1^s + \beta_{12} \cdot d_2^s \\ d_{IF_{12}}^s = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} OSB_1^s = d_1^s = \beta_{12} \cdot DCB_{12}^s \\ OSB_2^s = d_2^s = -\alpha_{12} \cdot DCB_{12}^s \end{cases} \quad (6)$$

可以看出,OSB产品是在DCB产品估计的基础上增加一个卫星端IF组合UCD等于0的约束求出的,在改正的时候是直接伪距观测方程上减去相应的 $OSB_j^s$ .

### 1.3 双频IF模型

无论是DCB还是OSB产品,原理上都是为了对原始伪距观测方程的伪距硬件延迟项 $d_{IF_{12}}^s - d_j^s$ 改正,改正后的式(4)可表示为

$$\begin{cases} P_{r,j}^s = \rho_r^s + c \cdot dt_r + TDB^C + T_r + \gamma_j \cdot \\ \quad I_{r,1}^s + c \cdot d_{r,j}^s + \varepsilon_{r,P_j}^{s,T} \\ L_{r,j}^s = \rho_r^s + c \cdot dt_r + TDB^C + T_r - \gamma_j \cdot I_{r,1}^s + \\ \quad \lambda_j^s(N_{r,j}^s + b_{r,j}^s - b_j^s) + c \cdot d_{r,IF_{12}}^s + \xi_{r,L_j}^s \end{cases} \quad (7)$$

IF组合模型是最经典的PPP模型(式(8)),其特点是通过IF组合因子消除一阶电离层延迟的影响,具有模型简单易实现<sup>[11]</sup>、计算效率高等优点.

$$\begin{cases} P_{r,IF_{12}}^s = \alpha_{12} \cdot P_{r,1}^s + \beta_{12} \cdot P_{r,2}^s = \rho_r^s + \\ \quad c \cdot \bar{dt}_r + TDB^C + T_r + \varepsilon_{r,IF_{12}}^{s,T} \\ L_{r,IF_{12}}^s = \alpha_{12} \cdot L_{r,1}^s + \beta_{12} \cdot L_{r,2}^s = \rho_r^s + c \cdot \bar{dt}_r + \\ \quad TDB^C + T_r + \bar{N}_{r,IF_{12}}^s + \xi_{r,IF_{12}}^s \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \bar{dt}_r = dt_r + d_{r,IF_{12}}^s \\ \bar{N}_{r,IF_{12}}^s = \alpha_{12} \cdot \lambda_1^s(N_{r,1}^s + b_{r,1}^s - b_1^s) + \beta_{12} \cdot \\ \quad \lambda_2^s(N_{r,2}^s + b_{r,2}^s - b_2^s) + c(d_{IF_{12}}^s - d_{r,IF_{12}}^s) \end{cases} \quad (9)$$

## 2 实验数据及处理策略

为了检验DCB和OSB产品在双频IF模型中的应用,本次实验选取50个MGEX测站采集的10d的观测数据,分别进行GPS、GLONASS、Galileo以及BDS四个系统的实验.观测数据的采样间隔为30s,所有测站均能接收到各GNSS的基准频率,测站的地理位置分布图如图1所示.

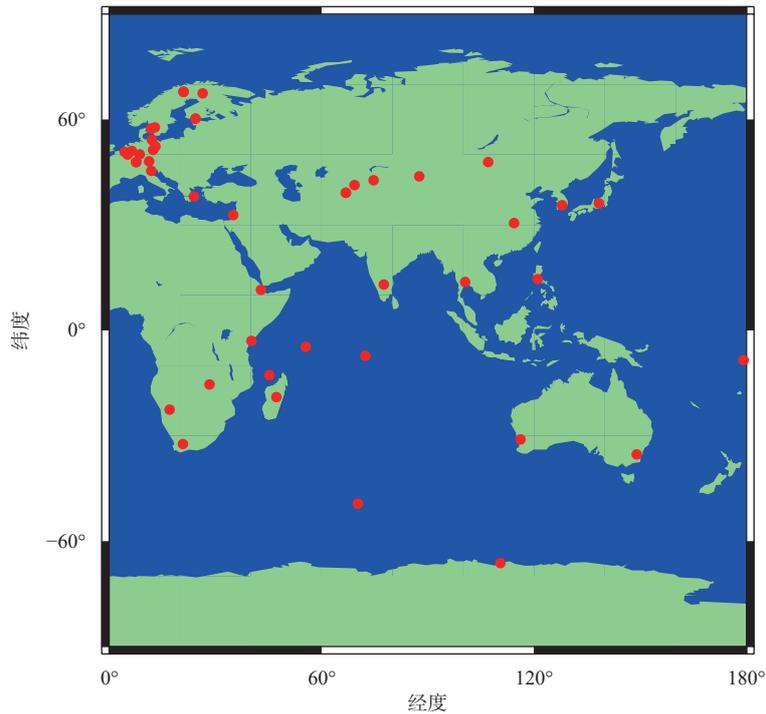


图 1 50 个 MGEX 测站地理位置分布图

表 1 总结了 DCB 和 OSB 两种产品的实验策略, 不同之处在于对卫星伪距偏差的改正. 其中卫星和接收机的天线改正采用 IGS 发布的 atx 文件<sup>[12]</sup>, 对于缺少的 Galileo 和 BDS 接收机天线改正, 采用相应的 GPS 第一、二频代替. 以 IGS 中心提供的 SINEX 文件中坐标为坐标真值, 当测站的东 (E)、北 (N)、天顶

(U) 三个方向的绝对定位误差连续 60 个历元 (30 min) 均小于 0.1 m 时判定为收敛<sup>[13]</sup>. 由于观测残差包括测量噪声和建模误差, 因此, 可以通过输出的观测残差是否遵循零均值高斯分布来评估 PPP 模型, 同时检测模型误差是否完全改正. 图 2 表示采用两种不同产品策略时, MET3 测站上 IF 模型计算的各 GNSS 的

表 1 实验处理策略

项目	改正模型或处理策略
PPP模型	双频IF组合模型
观测值	GPS: L1/L2; GLONASS: G1/G2; Galileo: E1/E5a; BDS: B1I/B3I
采样间隔	30 s
卫星截止高度角	10°
精密星历	GBM产品
卫星伪距硬件延迟改正	采用CAS发布的后缀名为DCB和OSB的文件
卫星或接收机天线改正	igs14.atx文件
地球自转	模型改正
相对论效应	模型改正
天线相位缠绕	模型改正
地球潮汐	模型改正
地球自转	模型改正
测站位置	静态PPP采用常数估计
接收机钟差	采用白噪声估计
对流层延迟	干延迟采用萨斯塔莫宁模型计算; 传播路径上的湿延迟投影至U方向作为参数进行随机游走估计
模糊度	采用常数估计

伪距残差分布,不同的颜色表示不同的卫星.可以看出无论是采用传统的 DCB 产品还是采用 OSB 产品改正伪距偏差,各 GNSS 的伪距残差均在 0 值附近,

初步说明 DCB 和 OSB 产品在改正伪距偏差上的一致性和正确性.

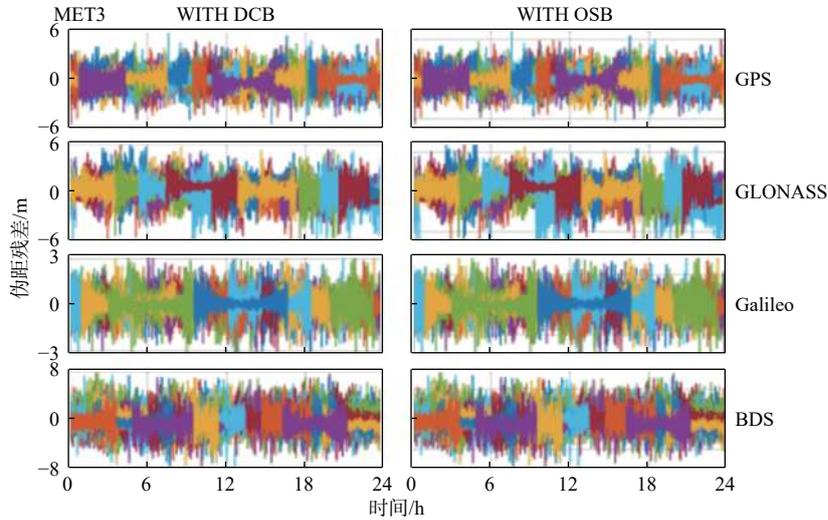


图 2 采用 DCB 和 OSB 产品时 MET3 测站的伪距残差序列图

### 3 实验结果和分析

本文分别用 CAS 发布的 DCB 和 OSB 产品进行四种方案的双频 IF 实验: GPS、GLONASS、Galileo 以及 BDS, 并以定位精度的均方根误差 (RMSE) 和收敛时间来评定 PPP 模型的性能. 图 3 显示采用不

同产品时, MET3 测站在年积日第 182 天的四种方案 PPP 模型静态定位误差曲线图, 蓝色和红色曲线分别表示采用 DCB 产品和 OSB 产品. 可以看出, 无论是用 DCB 产品还是 OSB 产品, 各方案的定位误差曲线几乎重合.

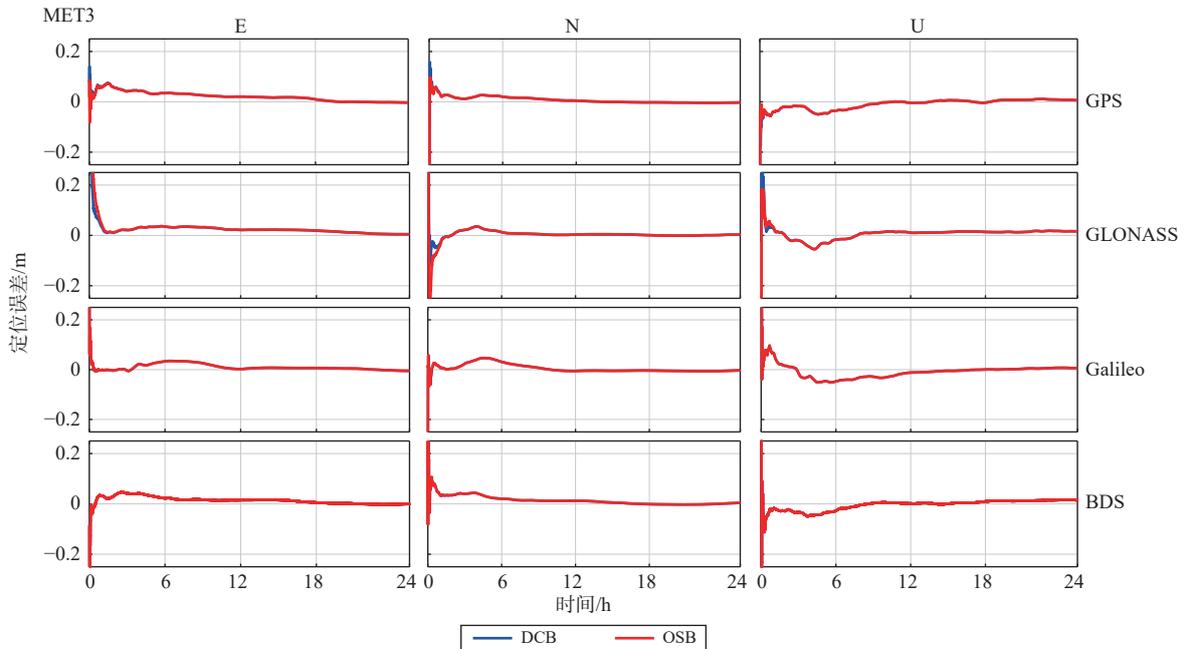


图 3 MET3 测站上不同产品改正方案的 PPP 定位误差序列图 (年积日第 180 天)

为了进一步科学全面地对比分析两种产品对 PPP 模型的影响, 本文统计了 50 个 MGEX 测站 10 d 平均的三维收敛时间和 RMSE 值, 如图 4 所示. 由于

实验选取的测站分布范围广, 表 2 阐明了收敛时间和 RMSE 值的中位数. 由表 2 和图 4 可知, DCB 和 OSB 两种产品对 GPS 和 GLONASS 方案的定位性

能略有差别但差异不大,对 Galileo 和 BDS 方案的效果是一样的.采用 OSB 产品时, GPS 方案的定位性能最好,三维定位精度能达到 0.92 cm、0.63 cm、1.57 cm,总收敛时间为 15.50 min; GLONASS 方案的定位精度比 GPS 稍微差点,但是收敛时间是四个方案中最

差的,为 38.08 min; Galileo 方案的定位性能与 BDS 在同一水平内,但比 BDS 方案略好;得益于卫星数的提升, BDS 方案在 23.10 min 时即可达到收敛,收敛后的三维定位精度为 1.53 cm、0.98 cm 和 2.50 cm.

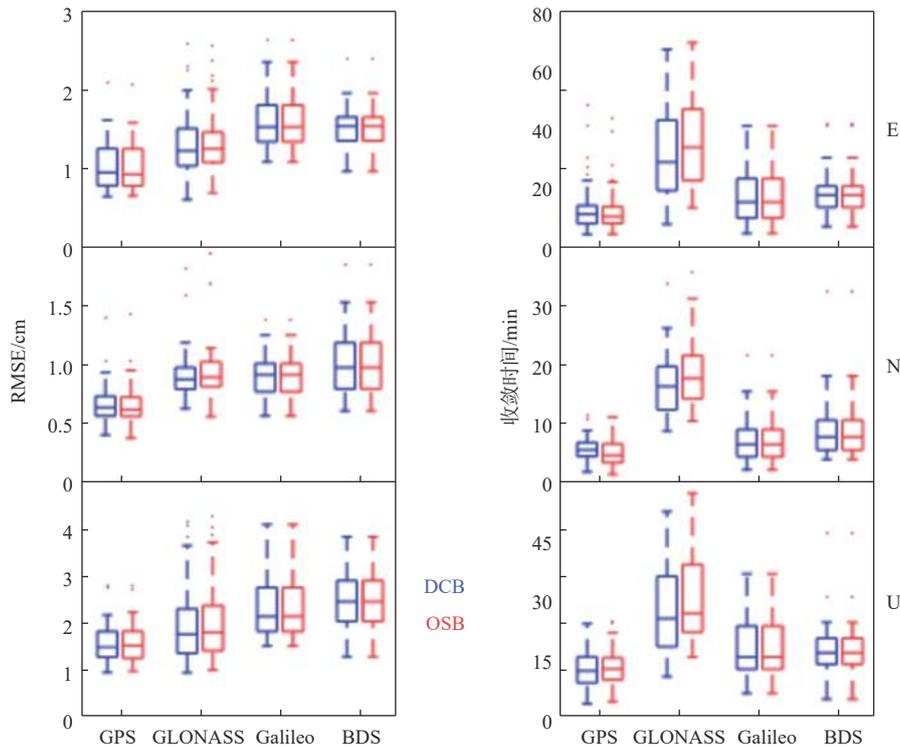


图 4 不同产品方案下三维收敛时间和定位 RMSE 值箱线图

表 2 不同产品方案下三维定位 RMSE 值和收敛时间统计表

系统	RMSE/cm						收敛时间/min	
	E		N		U		DCB	OSB
	DCB	OSB	DCB	OSB	DCB	OSB		
GPS	0.94	0.92	0.65	0.63	1.54	1.57	16.33	15.50
GLONASS	1.22	1.24	0.89	0.92	1.81	1.85	37.73	38.08
Galileo	1.52	1.52	0.92	0.92	2.19	2.19	24.80	24.80
BDS	1.53	1.53	0.98	0.98	2.50	2.50	23.10	23.10

## 4 结论

为了应对未来多频多模的 PPP 技术,本文在原始观测方程的基础上,分别推导出适用于 CAS 发布的 DCB 产品和 OSB 产品的双频 IF 模型,并采用 50 个 MGEX 测站观测的 10 d 数据分别对不同的方案验证模型的可用性,即 GPS、GLONASS、Galileo、BDS 四种方案.

实验结果表明,DCB 和 OSB 两种产品下 GPS

或 GLONASS 方案的定位精度差异可以忽略不计;使用 OSB 产品能一定程度上减少 GPS 方案的收敛时间,但是却稍微延长了 GLONASS 方案的收敛效果,这可能与 GLONASS 系统的频分多址 (FDMA) 信号调制方法有关.此外,两种产品下 Galileo 和 BDS 方案的定位性能是一样的.综合使用方法和对各系统的定位影响,以后 PPP 模型的处理策略中,完全可以采用 OSB 产品代替传统的 DCB 产品.采用 OSB 产品时, GPS 方案的定位性能最好,三维定位精

度能达到 0.92 cm、0.63 cm、1.57 cm, 总收敛时间为 15.50 min; GLONASS 方案的定位精度比 GPS 稍微差点, 但是收敛时间是四个方案中最差的; Galileo 方案的定位性能与 BDS 在同一水平内, 但比 BDS 方案略好。

本文对 OSB 产品的研究仅限于伪距层面, 并没有涉及到相位 OSB 产品在模糊度固定方面的应用。因此在后续的研究中, 我们将侧重于相位 OSB 产品的生成策略及模糊度固定方面的应用。

### 参考文献

- [1] YANG Y X, LI J L, XU J Y, et al. Contribution of the compass satellite navigation system to global PNT users[J]. *Chinese science bulletin*, 2011, 56(26): 2813-2819. DOI: 10.1007/S11434-011-4627-4
- [2] 朱少林, 岳东杰, 何丽娜, 等. BDS-2/BDS-3融合三频精密单点定位模型及偏差特性分析[J/OL]. (2021-11-05)[2022-04-22]. 武汉大学学报(信息科学版), 2021(11): 1-15.
- [3] WU Z Y, WANG Q X, YU Z H, et al. Modeling and performance assessment of precise point positioning with multi-frequency GNSS signals[J]. *Measurement*, 2022, 201(30): 111687.
- [4] WANG N B, YUAN Y B, LI Z S, et al. Determination of differential code biases with multi-GNSS observations[J]. *Journal of geodesy*, 2015, 90(3): 209-228. DOI: 10.1007/s00190-015-0867-4
- [5] WU Z Y, WANG Q X, HU C, et al. Modeling and assessment of five-frequency BDS precise point positioning[J]. *Satellite navigation*, 2022, 3(1): 114-127, 10004. DOI: 10.1186/S43020-022-00069-Z
- [6] SCHARE S. SINEX BIAS-Solution (Software/technique) Independent exchange format for GNSS biases version 1.00[S]. IGS Workshop on GNSS biases, Bern, Switzerland, 2016. [https://files.igs.org/pub/data/format/sinex\\_bias\\_100.pdf](https://files.igs.org/pub/data/format/sinex_bias_100.pdf)
- [7] ALFRED L, LEV R, DMITRY T. GPS Satellite Surveying [M]. 4th Edition. 2015.
- [8] 魏子卿, 刘光明, 吴富梅. 2000中国大地坐标系: 中国大陆速度场[J]. *测绘学报*, 2011, 40(4): 403-410.
- [9] HU C, WANG Q X, WU Z Y, et al. A mixed multi-frequency precise point positioning strategy based on the combination of BDS-3 and GNSS multi-frequency observations[J]. *Measurement science and technology*, 2022, 34(2): 25008. DOI: 10.1088/1361-6501/ac9a62
- [10] LIU G, GUO F, WANG J, et al. Triple-frequency GPS undifferenced and uncombined PPP ambiguity resolution using observable-specific satellite signal biases[J]. *Remote sensing*, 2020, 12(14): 2310. DOI: 10.3390/rs12142310
- [11] 李昕. 多频率多星座GNSS快速精密定位关键技术研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2021.
- [12] 吴志远, 王潜心, 胡超, 等. BDS-3多频PPP模型性能分析[J]. *大地测量与地球动力学*, 2022, 42(8): 846-851.

### 作者简介

刘宏辉 (1997—), 男, 硕士, 研究方向为精密卫星定位与定轨。

王潜心 (1980—), 男, 博士, 教授, 研究方向为卫星导航定位、大地测量数据处理、人工智能与大数据分析、卫星遥感、地理信息。

余志浩 (1996—), 男, 硕士, GNSS 算法工程师, 研究方向为 GNSS 精密定位与数据预处理。

王茂雷 (1998—), 男, 硕士, 研究方向为 PPP/INS 组合导航定位。

刘永梁 (1998—), 男, 硕士, 研究方向为 PPP/INS 组合导航定位。

## Comparison and analysis of GNSS precision point positioning performance based on DCB and OSB products

LIU Honghui<sup>1</sup>, WANG Qianxin<sup>1</sup>, YU Zhihao<sup>2</sup>, WANG Maolei<sup>1</sup>, LIU Yongliang<sup>1</sup>

(1. School of Environment and Surveying and Mapping, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jiangsu 221116, China; 2. Guangzhou Hi-target Navigation Tech Co., Ltd., Guangzhou 510000, China)

**Abstract:** With the development of the Global Navigation Satellite System (GNSS), the channels and frequencies used for precision point positioning (PPP) are gradually diversified. Therefore, based on the original observation equations, this study derived the dual-frequency ionosphere-free (IF) PPP model for differential code bias (DCB) and observable-specific signal bias (OSB) products, respectively, and used 10-

---

day continuous observation data collected from 50 Multi-GNSS Experiment (MGEX) stations to analyze the performance of the PPP model for each GNSS system. The results show that the performance of PPP model using the OSB product is consistent with that of the conventional DCB product, and the OSB product is more convenient to use and has more applications in future multi-frequency PPP.

**Keywords:** Global Navigation Satellite System (GNSS); precision point positioning (PPP); differential code bias (DCB); observable-specific signal bias (OSB); Multi-GNSS Experiment (MGEX)