

# 北斗系统基站授时 能力验证及授时方案探讨

## Verification of Timing Capability of Beidou System and Discussion on Timing Scheme

张 斌,王 森,张小红(中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007)

Zhang Bin, Wang Sen, Zhang Xiaohong (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China)

### 摘 要:

时分复用(TDD)制式无线通信系统需要严格的时间同步,在北斗卫星导航系统规模应用之前,基站的时间同步一般采用GPS卫星授时方式。随着我国自行研制的北斗卫星导航系统建设完成,北斗系统强大的能力让基站授时有了更多的选择,也有了国产替代方案。基站授时主要采用2种方式,基于卫星的基站授时方式和基于1588v2的基站授时方式。经测试验证可知,无论采用卫星北斗授时方式,还是采用1588v2北斗授时方式,都可以满足TDD系统时间同步的要求,因此,现网基站授时采用国产替代方案是可行的。

### 关键词:

TDD系统;授时;北斗;时间同步

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.12.003

文章编号:1007-3043(2025)12-0011-06

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

Time division multiplexing (TDD) wireless communication systems require strict time synchronization. Before the large-scale application of the Beidou satellite navigation system, the time synchronization of base stations was generally achieved through GPS satellite timing. With the completion of China's self-developed Beidou satellite navigation system, the powerful capabilities of the Beidou system have provided more options for base station timing and domestic alternative solutions. There are two main methods for base station timing: satellite based timing and 1588v2 based timing. According to the testing verification, whether using the satellite Beidou timing method or the 1588v2 Beidou timing method, both can meet the time synchronization requirements of TDD systems. Therefore, it is feasible to adopt a domestic alternative solution for the timing of current network base stations.

### Keywords:

TDD system; Timing; Beidou; Time synchronization

引用格式:张斌,王森,张小红. 北斗系统基站授时能力验证及授时方案探讨[J]. 邮电设计技术, 2025(12): 11-16.

## 1 概述

时分复用(TDD)制式无线通信系统需要严格的时间同步,通信业务和基站间协同都需要时间同步,否则将会出现跨小区切换通话中断,掉话率高,基站间互相干扰,用户无法接入等问题<sup>[1]</sup>。

在北斗卫星导航系统规模应用之前,基站的时间

同步(即基站授时)一般采用GPS卫星授时方式,随着我国自行研制的北斗卫星导航系统建设完成,北斗系统强大的能力让基站授时有了更多的选择,也有了国产替代方案。

## 2 卫星授时的技术背景

### 2.1 全球卫星导航系统

全球卫星导航系统(GNSS)是一种基于卫星的无线电导航定位系统,可以在地球表面或近地空间的任

收稿日期:2025-11-05

何位置,全天候地为用户提供三维坐标、速度以及时间信息。卫星导航系统作为一种关键的信息基础设施,展现出全域泛在、全天候与高精度的独特优势,可以为用户提供导航、定位、授时等服务。

目前全球有四大主流定位系统,分别是美国的GPS、欧洲的伽利略、俄罗斯的GLONASS、中国的北斗(BDS)。其中GPS是目前应用最广泛、产业链最成熟的系统。

北斗卫星导航系统(以下简称北斗系统)是中国着眼于国家战略安全和社会经济发展需要,自主建设、独立运营的卫星导航系统。1994年,我国启动北斗一号系统研制工作,并逐步探索适合中国国情的卫星导航系统发展道路。2020年,北斗三号导航系统建设完成,标志着北斗系统已经具备覆盖全球的能力。

目前北斗一号已经退役,在轨运行的北斗二号系统包含5颗地球静止轨道(GEO)卫星、4颗中圆地球轨道(MEO)卫星和5颗倾斜地球同步轨道(IGSO)卫星;在轨运行的北斗三号系统包含3颗GEO卫星、3颗IGSO卫星和24颗MEO卫星,卫星与卫星之间具备通信能力。

北斗系统服务性能优异,功能强大,可提供多种服务,满足用户多样化需求。其中,面向全球用户可提供定位导航授时、国际搜救、全球短报文通信等3种全球服务;面向亚太地区可提供区域短报文通信、星基增强、精密单点定位、地基增强等4种区域服务<sup>[2]</sup>。

## 2.2 4G/5G基站的时间同步要求

网络的同步分为频率同步和时间同步2种,对于频率同步仅需时钟信号与时钟源频率相同,不要求相位同步;时间同步要求通信设备之间的时间信息相同,既要求频率相同又要求相位相同,因此维持时间同步相比维持频率同步难度更大。

无线网络的双工模式决定了网络的同步要求,使用频分复用(FDD)双工方式的技术,比如WCDMA和LTE FDD都只需要频率同步;而所有时分复用(TDD)制式无线通信系统需要严格的时间同步。由于TDD基站上下行信号同频,在相邻基站没有采用相同的时间基准情况下,如果一个基站正在进行下行发射,相邻基站在进行上行接收,从而产生强烈干扰,导致系统性能降低,因此TDD系统要求各基站之间有严格的相位同步关系,TDD基站(如NR TDD和LTE TDD)的空口时间偏差有严格限定,一般精度要求为 $\pm 1.5 \mu\text{s}$ 。但是目前运营商网络处于TDD/FDD制式共存、4G/5G

协同的发展阶段,频繁的TDD与FDD制式的互操作、4G与5G互操作,FDD制式的基站也有时间同步的要求。

## 2.3 基站授时方式

目前基站授时主要采用2种方式:基于卫星的基站授时和基于1588v2的基站授时<sup>[3]</sup>。

对于基于卫星的基站授时方式,基站通过支持GNSS功能的卫星接收机板卡与GNSS天馈系统相连,从北斗系统中获取同步信号实现基站同步功能。GNSS天馈系统接收北斗信号,并将信号发送到卫星接收机进行处理,最终将同步信息发送到主控板的主时钟模块,系统结构如图1所示。目前,现网运行的基站设备一般支持GPS卫星授时、北斗卫星授时、GPS和北斗联合授时3种模式,但也有2022年之前的老旧基站设备仅支持GPS卫星授时。

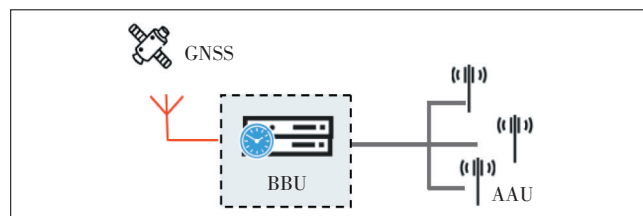


图1 卫星直接授时同步方式

GPS卫星接收机主要接收L1频点的时间同步信号,北斗2号接收机主要接收B1I频点时间同步信号,北斗3号可在B2a、B1I、B1C这3个频点广播时间同步信号,稳定性更高;GPS与北斗的频段支持情况如图2所示。目前现网运营的5G基站主要采用北斗2号+GPS卫星接收机,一般可采用GPS卫星授时、北斗卫星授时、GPS和北斗联合授时3种模式;部分2022年之前入网的老旧4G基站设备仅支持GPS卫星授时。

基于1588V2(时间同步服务器)的基站授时方式通过全网设备(包括时间服务器、中间时间链路传递承载设备、基站)配置1588v2功能,使得网络中间边界时钟节点的一个端口作为从时钟,与上级时钟保持同步,其他端口则作为下一级网元的主时钟,设备收到1588v2报文之后进行终结,然后生成新的报文再向下游传递,最终将时间服务器的时间基准信号逐点传递至5G基站设备,系统结构如图3所示<sup>[4]</sup>。

相对于卫星授时方式,1588v2利用现有传输网络,无需额外增加硬件,特别适用于室内、地下停车场或其他无法接收GNSS信号的复杂环境,能够有效节省无线网络时间同步的建设和维护成本。1588v2技

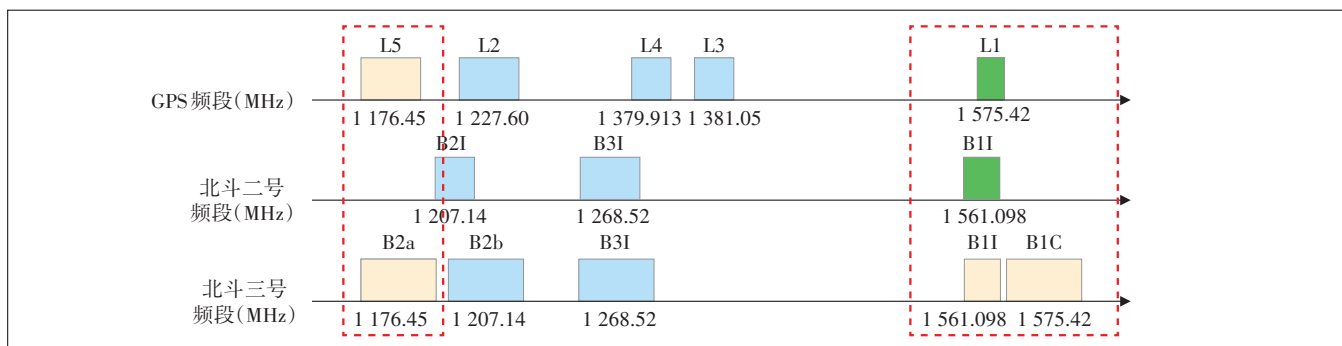


图2 GPS与北斗的支持频段

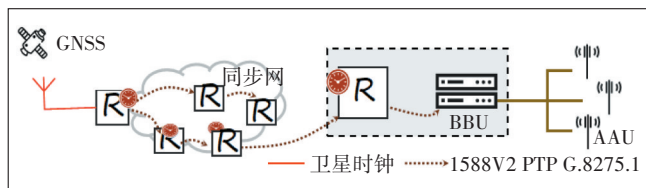


图3 1588v2授时同步方式

术是目前实现地面高精度时间同步链路传递的有效方式。

但是采用 1588v2 方式需要首先对传输网进行 1588v2 改造,对于不支持 1588v2 功能的传输设备需进行升级或替换,同时需要进行传输网的时间校准。

### 3 北斗授时能力验证

#### 3.1 北斗卫星授时的功能验证

测试主要用于验证基于卫星的北斗授时方式是否能够满足 TDD 基站的同步指标要求,基站系统能否稳定运行。

##### 3.1.1 测试的预置条件

在 SA 网络架构下,选取 1 个现网 TDD 5G 基站,确认基站的天馈、主控板都支持基于卫星的北斗/GPS 授时,测试开始前基站主时钟配置为基于 GPS 和北斗联合授时方式。选取的现网 TDD 5G 基站需支持 1588v2 授时方式,且 1588v2 系统时钟服务器的时钟源已经切

换为北斗系统。

如图 4 所示,测试仪表选取时频同步分析仪,分析仪与基站通过 10 MHz 线及 1 PPS 信号线连接,采用 GPS 作为校准时钟。

##### 3.1.2 测试步骤

测试步骤如下。

a) 将测试基站的主时钟源配置为卫星单北斗授时方式,备用时钟配置为 1588v2 授时方式。

b) 在基站上查询北斗搜星状态及时钟锁定状态,保证北斗系统授时正常。

c) 连续测试 7×24 h 以上,监控小区告警状况和北斗平均搜星数以及网络性能指标;在测试期间,挂接时频同步分析仪,连续监控 24 h,监控测试基站的时钟。

##### 3.1.3 测试结果

如图 5 所示,当基站的授时方式从 GPS 和北斗联合授时改为单北斗授时后,基站搜星数从 17 个左右降为 8~10 个,符合预期。在授时方式切换后基站运行正常,RRC 连接用户数、切换成功率、无线接通率、流量等 KPI 指标波动正常。

从时频同步分析仪看,基站时钟相对于 UTC 的绝对时间偏差为 -64.531~3.565 9 ns,满足 ±1.5 μs 的 TDD 基站时间同步要求,具体如图 6 所示。

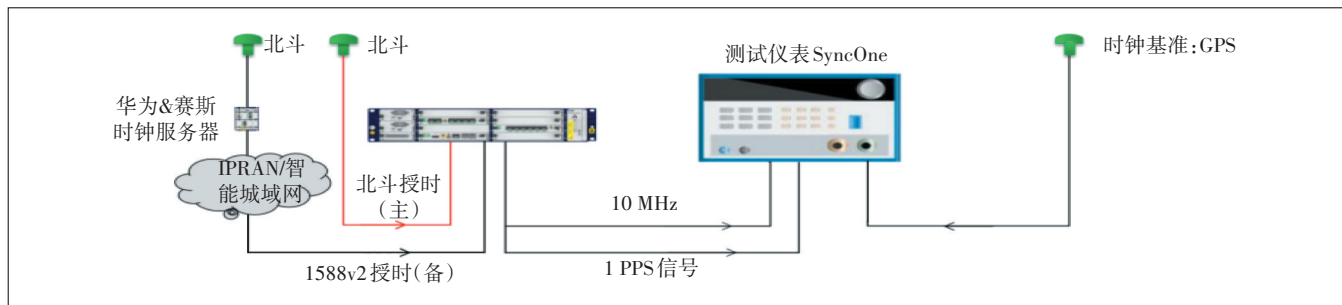


图4 北斗卫星授时测试仪表挂接示意

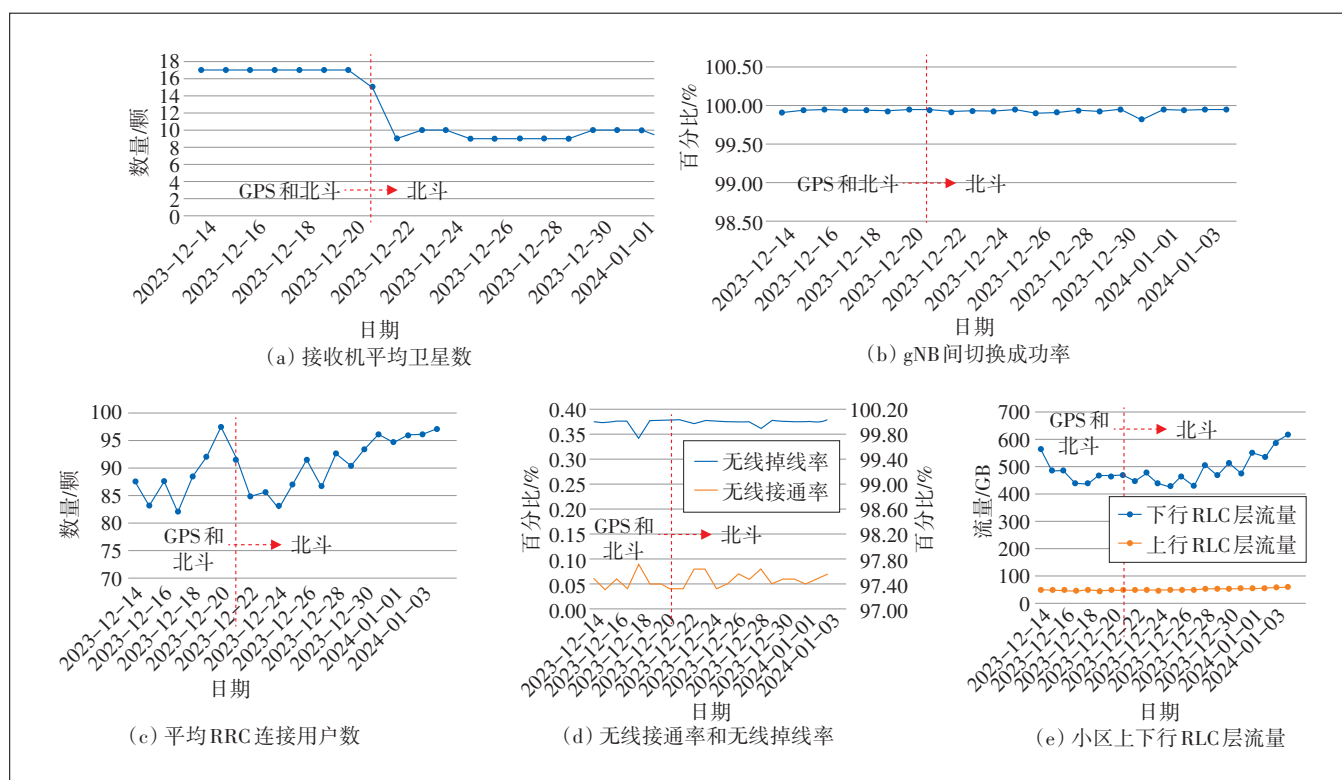


图5 改为北斗卫星授时方式前后KPI对比

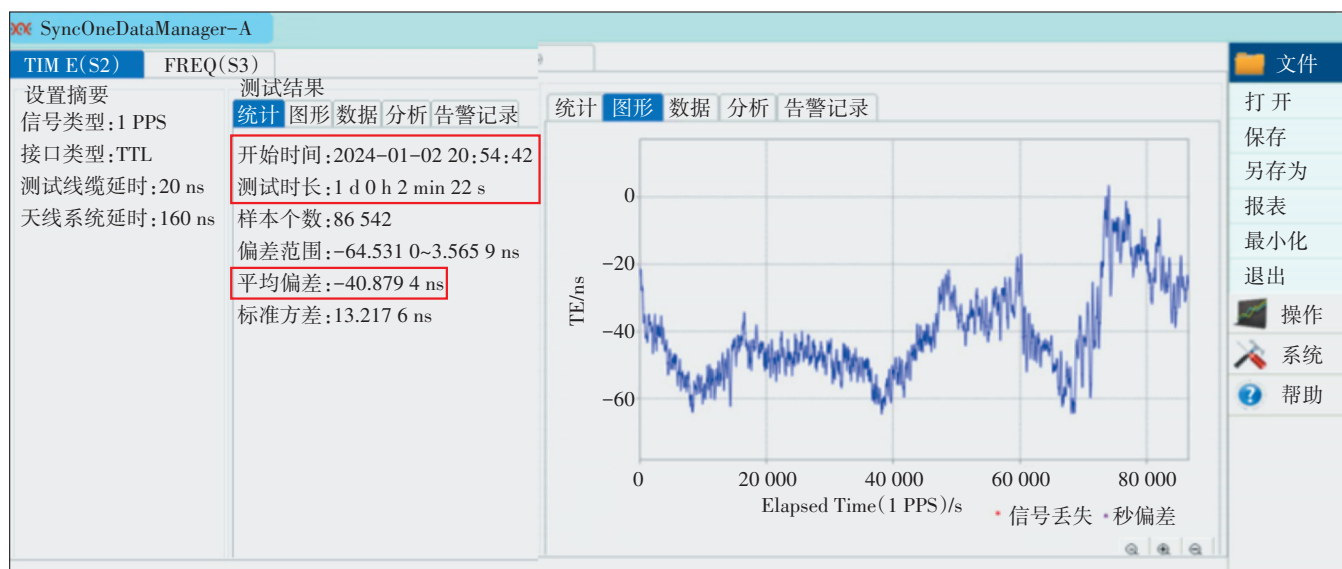


图6 北斗授时方式下基站时钟偏差

### 3.2 基于1588v2的北斗授时的功能验证

测试主要用于验证基于1588v2的北斗授时方式是否能够满足TDD基站的授时指标要求,基站系统能否稳定运行。

#### 3.2.1 测试的预置条件

在SA网络架构下,选取1个现网TDD 5G基站,确

认基站的天馈、主控板都支持基于卫星的北斗/GPS授时,测试开始前基站主时钟配置为基于卫星的单北斗授时方式。选取的现网TDD 5G基站需支持1588v2授时方式,且1588v2时钟服务器的时钟源已经切换为北斗系统。

测试仪表选取时频同步分析仪,分析仪与基站通



过 10 MHz 线及 1 PPS 信号线连接,分析采用 GPS 作为校准时钟,具体如图 7 所示。

### 3.2.2 测试步骤

测试步骤如下。

a) 将测试基站的主时钟源配置为 1588v2 授时方式,备用时钟配置为基于卫星的单北斗授时。

b) 配置完成之后,查询基站配置的时钟同步源状态,确认地面 1588v2 信号作为基站时钟源可用。

c) 连续测试 7×24 h 以上,监控小区告警状况及网络性能指标;在测试期间,挂接时频同步分析仪,连续监控 24 h,监控测试基站的时钟。

### 3.2.3 测试结果

当基站的授时方式从 GPS 和北斗联合授时改为

1588v2 授时后,基站运行正常,RRC 连接用户数、切换成功率、无线接通率、流量等 KPI 指标波动正常,具体如图 8 所示。

从时频同步分析仪看,基站时钟相对于 UTC 的绝对时间偏差为 41.62~128.83 ns,满足  $\pm 1.5 \mu\text{s}$  的 TDD 基站时间同步要求,具体如图 9 所示。

## 4 北斗授时改造方案探讨

由以上测试验证可知,无论采用卫星单北斗授时方式,还是采用 1588v2 授时方式(时钟服务器信号源为北斗),都可以满足 TDD 系统时间同步的要求,系统都可以稳定运行,因此,现网基站授时采用国产替代方案是可行的。但是,现网情况的复杂性决定了在实

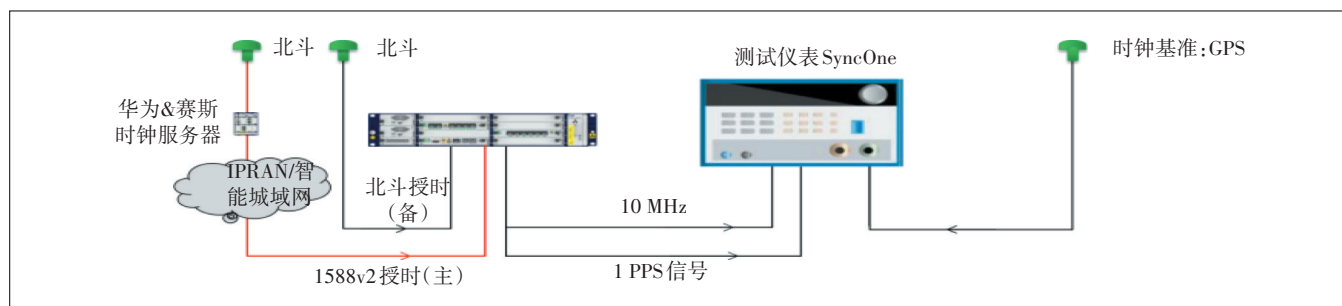


图7 1588v2授时测试仪表挂接示意

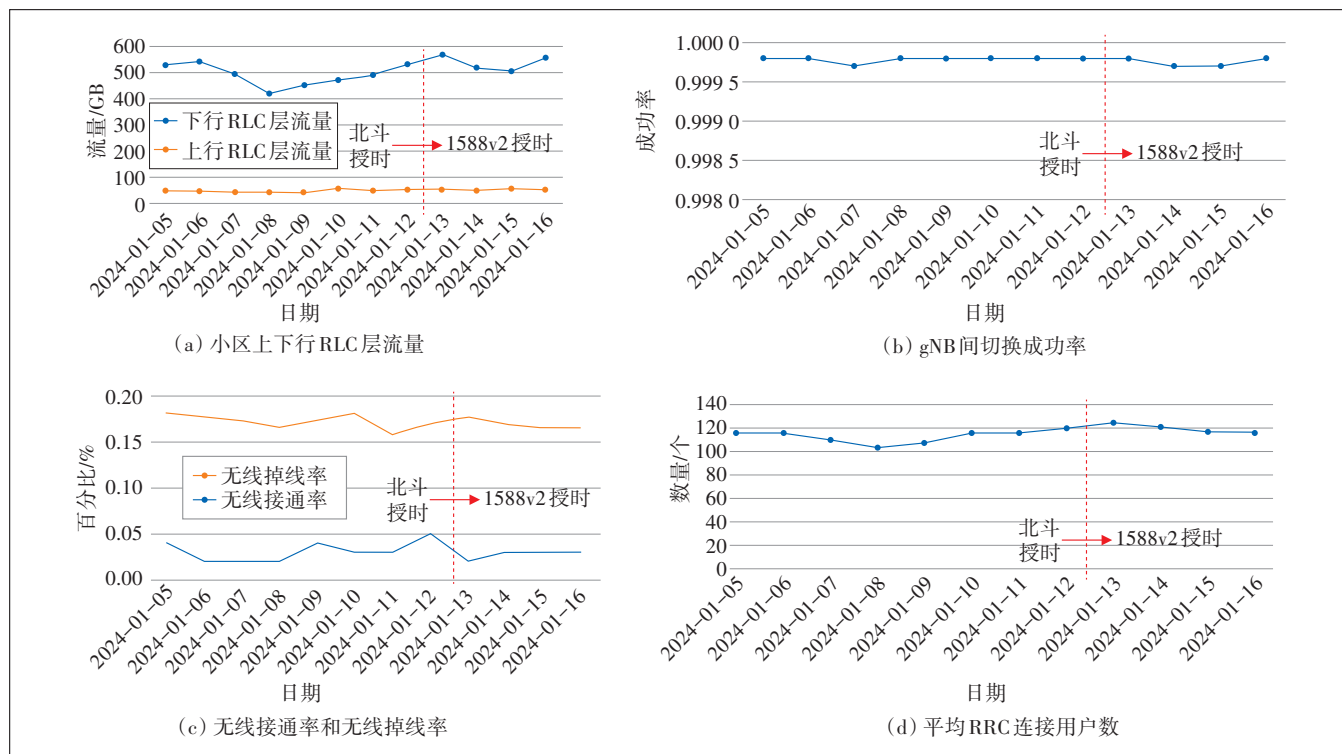


图8 改为 1588v2 授时方式前后 KPI 对比

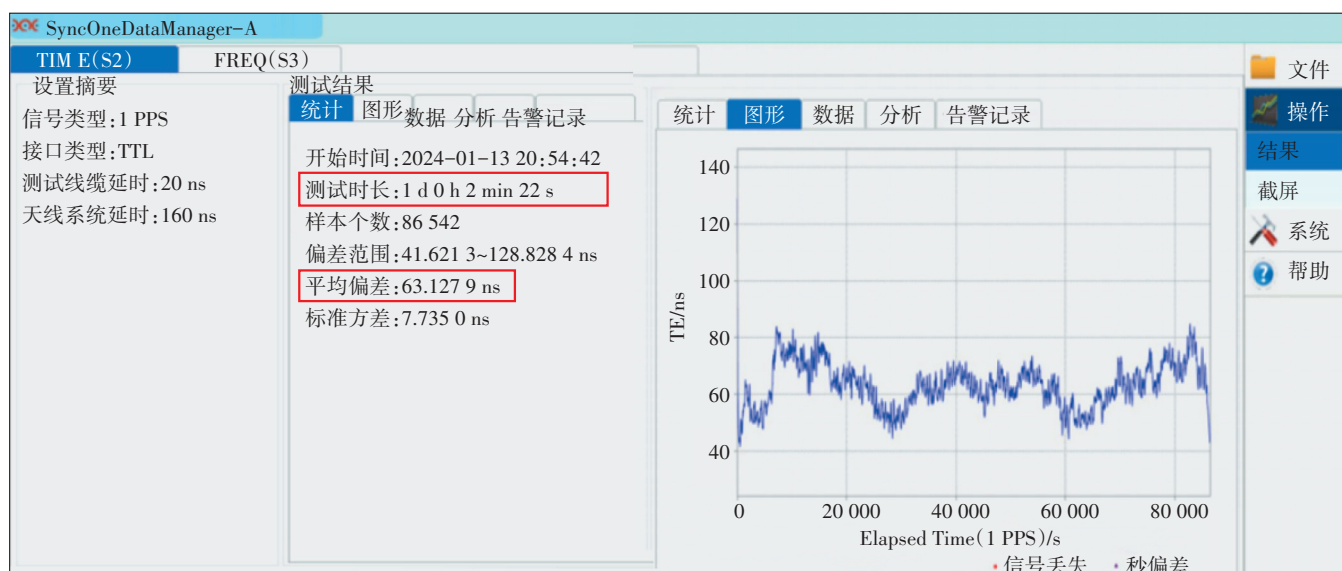


图9 1588v2授时方式下基站时钟偏差

际改造过程中,需要根据基站设备硬件支持情况及基站条件制定合理的改造方案。

首先需要进行基站情况摸排,包括目前基站设备的同步方式配置,现网GNSS天线是否支持北斗频段、卫星接收机是否支持北斗信号解析,现网BBU机房是否具备GNSS天线安装条件等。

对于具备北斗信号接收条件的基站,可将主时钟源配置为北斗卫星授时模式,备用时钟源配置为1588v2授时模式或基于GPS卫星授时模式。

对于不具备北斗信号接收条件的基站,可以优先考虑采用1588v2授时模式,须确保传输网已完成1588v2改造和校准,时钟同步服务器时钟源配置为单北斗;此外,还可以考虑进行GNSS天线或卫星接收板卡的硬件替换,如将GPS天线替换为北斗和GPS多模天线,将GPS接收板替换为北斗和GPS接收板。当然,硬件替换方案相对1588v2授时方案改造成本较高,且施工较为复杂。

## 5 结束语

北斗卫星导航系统作为中国自主研发的卫星导航系统,在各行各业都有广泛的应用<sup>[5]</sup>,在通信行业,北斗的高精度定位、授时、短报文服务等功能构建了5G+北斗的通信新业态,不仅提升了通信网络的能力,还增强了通信网络的安全性和稳定性,也促进了通信行业的产品创新<sup>[6]</sup>。

本文通过技术研究和现网测试,对北斗的授时能

力进行了全面验证。由测试结果可知,采用北斗系统作为现网基站的授时方式是可行的;基站授时方式的国产化改造,可提升我国通信网络的自主可控能力,可增强我国通信网络同步运行安全。未来随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,北斗在通信行业中将有更加广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 高翔. 无线网络时钟同步技术的研究与设计[D]. 南京:南京航空航天大学,2020.
- [2] 金耀,张贺,史正思,等. 北斗在电信领域应用的发展思考[J]. 信息通信技术,2023,17(5):63-69.
- [3] 高兆强. 基于IEEE1588V2的无线网络时间同步技术[J]. 通信技术,2021,54(1):147-151.
- [4] 包其齐,连世龙. 一种基于IEEE 1588v2协议的5G时间同步方案[J]. 长江信息通信,2023,36(3):182-184.
- [5] 王志娟,范轶飞,施亚磊. 北斗卫星导航系统在电力通信系统频率同步网中的研究与应用[C]//中国电机工程学会电力通信专业委员会第十四届学术会议论文集. 吉林:中国电机工程学会电力通信专业委员会,2024:200-204.
- [6] 胡昌军,李信,刘佳,等. 北斗授时在通信领域应用现状及推广建议[J]. 电信网技术,2015(3):36-39.

## 作者简介:

张斌,高级工程师,主要从事无线新技术研究、无线网络规划设计工作;王森,高级工程师,主要从事无线新技术研究、5G网络规划建设;张小红,工程师,主要从事无线新技术、卫星通信技术研究工作。