

基于北斗三号短报文的共视数据压缩传输方法

杜文丛¹, 刘岩², 陈旭东², 韩华¹, 刘铁强¹, 冯佳琪¹

(1 中国电子科技集团公司第五十四研究所 石家庄 050081;

2 北京跟踪与通信技术研究所 北京 100094)

摘要: 共视时间比对通过交换两地共视数据完成远距离高精度的时间比对。针对无地面通信网地区, 本文提出了一种基于北斗短报文的共视数据压缩传输方法, 该方法通过将共视数据进行压缩, 利用北斗的短报文功能对压缩后的共视数据进行实时传输, 在无地面通信网的地区进行了共视时间比对试验。试验结果表明, 本文设计的共视数据压缩方法具有较好的压缩效果, 可以通过北斗短报文实现无地面通信网的情况下的实时共视时间比对。

关键词: 共视时间比对; 北斗三号短报文通信; 数据压缩

中图分类号: TN927.2; TN919.3 文献标志码: A 文章编号: 2095-1000(2024)02-0083-06

DOI: 10.12347/j.ycyk.20231123002

引用格式: 杜文丛, 刘岩, 陈旭东, 等. 基于北斗三号短报文的共视数据压缩传输方法[J]. 遥测遥控, 2024, 45(2): 83-88.

Compressing and Transmission Method of Common-view Data Based on BDS-3 Short Message

DU Wencong¹, LIU Yan², CHEN Xudong², HAN Hua¹, LIU Tieqiang¹, FENG Jiaqi¹

(1. The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang 050081, China;

2. Beijing Institute of Tracking and Communication Technology, Beijing 100094, China)

Abstract: Common-view time transfer involves exchanging the common-view data of two locations to complete long-distance and high-precision time comparison. This paper proposes a method for compressing and transmitting common-view data based on Beidou short message for areas without ground communication network. The method compresses the common-view data and uses the short message function of Beidou to transmit the compressed data in real time. A comparison test has been conducted in an area without a ground communication network. The test results demonstrate that the common-view data compression method designed in this paper has a significant compression effect and can achieve real-time common-view time transfer without a ground network through Beidou short message.

Keywords: Common-view time transfer; Beidou-3 short message communication; Data compression

Citation: DU Wencong, LIU Yan, CHEN Xudong, et al. Compressing and Transmission Method of Common-view Data Based on BDS-3 Short Message[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2024, 45(2): 83-88.

0 引言

共视时间比对通过网络交换两地共视数据从而获得两地钟差, 即实现了两地的时间比对。但在一些偏远山区、海洋、沙漠等通信条件较差或保密要求较高的地方不具备地面网, 无法完成共视数据的交换^[1,2]。

北斗短报文可实现点对点、点对多点的双向数据传输, 且具备覆盖范围广, 通信无盲区, 安

全性高等特点^[3,4], 因此可用于无地面通信网的情况下的共视数据传输。

民用北斗短报文 SIM 卡通信频度为 60 s/次, 单次通信报文长度受限^[3], 而共视数据量大, 远远超过北斗短报文单次传输长度。另外, 北斗短报文的发射频点和卫星信号的接收频点接近, 且北斗短报文发射功率远高于卫星信号的接收功率, 因此北斗短报文的发射会对共视接收机卫星信号的接收造成影响^[4]。

国内众多学者专家对北斗短报文在各行业及各区域的应用开展了大量的研究工作。文献[5]研究了利用北斗短报文传输海上特定位置的风向风速和卫星数量等气象数据以实现海洋气象的实时监测。文献[6]研究了在突发险情引起通信链路中断时的滑坡监测工作, 并分析了观测站数据的不同传输方案对滑坡灾害监测的影响。文献[7]设计的数据压缩方法, 实现了利用北斗短报文功能传输远离海岸船舶的连续轨迹, 该方法传输快捷有效, 可以真实反应船舶实时航行位置。以上研究充分体现了北斗短报文在无地面网情况下的优越性, 但对北斗短报文发射和卫星信号接收同时存在的情况讨论并不多, 并且在高精度远程时间比对方面, 设备部署地通常在无地面通信网的偏远地区或保密要求较高的地方, 亟需研究如何将北斗短报文应用于该领域。

针对北斗短报文传输共视数据存在的问题, 本文提出了一种共视数据压缩传输方法, 将每组共视数据只保留进行两地钟差比对所需的有效且必需的数据, 合并时间和频点等同类项, 再通过北斗短报文将压缩后的共视数据在共视间隙进行

传输。经试验分析, 通过该方法可实现无地面通信网情况下共视数据的实时、准确传输, 从而完成无地面网情况下的共视时间比对。

1 共视时间比对原理

共视时间比对的实质是两个地面站同时观测共视卫星信号, 地面站分别求得本地与共视卫星的钟差, 并生成标准共视数据, 两地通过交换共视数据从而获得两地钟差, 即实现了两个地面站的时间比对^[8]。

目前, 国际上各共视时间比对设备研究机构统一采用标准数据格式的扩展的时间传递标准 CGGTTS V2E^[9], 按照每天的共视时刻表每 16 min 生成一组共视数据, 共视数据处理过程为: 跟踪当前可见卫星信号 16 min, 其中前两分钟用于信号稳定, 后一分钟用于数据处理, 有效跟踪时长为 13 min, 共采集 780 s 数据进行拟合, 拟合中点处的值即为本地在该共视时刻与北斗系统的钟差^[10]。根据当天的共视时刻表如此循环。北斗共视文件如图 1 所示。

SAT	CL	MJD	STTIME	TRKL	ELV	AZTH	REFSV	SRSV	REFSYS	SRSYS	DSG	IOE	MDTR	SMDT	MDIO	FRC	CK
			hhmmss	s	.ldg	.ldg	.lns	.lps/s	.lns	.lps/s	.lns		.lns	.lps/s	.lns		
C01	FF	60146	001000	780	356	1402	-8838609	-21	600	-33	20	1	136	-0	748	L3I	FO
C02	FF	60146	001000	780	315	2234	+965972	+2132	544	+15	18	1	152	-0	867	L3I	17
C03	FF	60146	001000	780	428	1889	-8714997	+94	588	-2	11	1	117	-0	770	L3I	FE
C04	FF	60146	001000	780	265	1234	-5621155	-1317	752	+86	34	1	178	-0	827	L3I	69
C07	FF	60146	001000	780	891	1230	+3539463	+585	547	+4	36	1	79	+0	884	L3I	F2
C08	FF	60146	001000	780	415	1945	-4209254	+53	524	-84	62	1	120	-8	924	L3I	1C
C10	FF	60146	001000	780	786	3012	+1205804	+113	531	-0	31	1	81	-0	803	L3I	B9
C26	FF	60146	001000	780	379	2813	+1516760	+31	613	-24	48	1	129	+0	740	L3I	OF
C29	FF	60146	001000	780	601	464	-1499680	-164	602	-113	43	1	92	+4	752	L3I	24
C01	FF	60146	001000	780	356	1402	-8838484	-62	725	-74	20	1	136	-0	482	L3B	15
C02	FF	60146	001000	780	315	2234	+966121	+2159	694	+42	18	1	152	-0	577	L3B	49
C03	FF	60146	001000	780	428	1889	-8714963	+93	623	-3	12	1	117	-0	597	L3B	12
C04	FF	60146	001000	780	265	1234	-5621146	-1349	761	+53	34	1	178	-0	677	L3B	5F
C07	FF	60146	001000	780	891	1230	+3539399	+581	483	+0	32	1	79	+0	807	L3B	E6
C08	FF	60146	001000	780	415	1945	-4209267	+8	511	-130	69	1	120	-8	797	L3B	32
C10	FF	60146	001000	780	786	3012	+1205719	+130	446	+17	29	1	81	-0	748	L3B	1F
C13	FF	60146	001000	780	311	2008	-3193051	-172	429	-104	99	1	154	-14	702	L3B	4A
C01	FF	60146	002600	780	357	1401	-8838630	+80	567	+68	35	1	136	-0	751	L3I	3A
C02	FF	60146	002600	780	316	2235	+968005	+2113	544	-5	64	1	152	-0	875	L3I	F6
C03	FF	60146	002600	780	429	1889	-8714922	+25	571	-72	23	1	117	-0	779	L3I	3B
C04	FF	60146	002600	780	265	1234	-5622613	-1492	640	-90	56	1	178	-0	900	L3I	47
C07	FF	60146	002600	780	867	1666	+3540002	+556	528	-25	29	1	80	+0	898	L3I	38

图 1 北斗共视文件示意图

Fig.1 Schematic diagram of Beidou common-view file

北斗共视文件包含的参数含义见表 1^[11]。

2 共视数据压缩传输方法

2.1 共视数据压缩

根据共视时间比对原理可知, 对于每组共视数据, 进行共视时间比对只需要传输 SAT、MJD、

STTIME、REFSYS 以及 FRC 五种有效数据即可。因此将每组共视数据只保留这五列并按照如下规则进行压缩:

```
>>>FRC>MJD>STTIME>SAT: REFSYS, SAT: REFSYS, SAT: REFSYS, SAT: REFSYS, ... .. SAT: REFSYS>FF#.
```

表1 北斗共视文件参数表

Table 1 List of Beidou common-view file parameters

参数	含义
SAT	卫星的伪随机码编号
CL	固定FF
MJD	跟踪卫星的起始日期
STTIME	跟踪卫星的起始时刻,其中hh代表小时,mm代表分钟,ss代表秒
TRKL	实际跟踪长度 780 s(13 m i n)
ELV	实际跟踪长度中点对应的卫星仰角,单位0.1 deg
AZTH	实际跟踪长度中点所对应的卫星方位角,单位0.1 deg
REFSV	实际跟踪长度中点处本地秒脉冲与所跟踪卫星的差值,单位0.1 ns
SRSV	对REFSV值进行线性拟合中点处的斜率,单位0.1 ps/s
REFSYS	实际跟踪长度中点处本地钟与北斗系统时间之差,单位0.1 ns
SRSYS	对REFSYS值进行线性拟合的斜率,单位0.1 ps/s
DSG	REFSYS的实际值相对拟合直线上的值之差的均方根,单位0.1 ns
IOE	星历参数
MDTR	实际跟踪长度中点处对流层引入的传播时延,单位0.1 ns
SMDT	对MDTR值进行线性拟合的斜率,单位0.1 ps/s
MDIO	实际跟踪长度中点处电离层引入的传播时延,单位0.1 ns
SDMI	对MDIO值进行线性拟合的斜率,单位0.1 ps/s
FRC	当前数据所使用的频点信息
CK	校验和

>>>代表每个共视频点数据的开始, FF#代表每个共视频点的结束。

以图1中共视时刻为001000的共视数据为例,按照压缩规则,将共视数据进行压缩如下:

>>>L3I>60146>001000>1: 600, 2: 544, 3: 588, 4: 752,8:524,10:531,26:613,29:602>FF#>>>L3B>60146>001000>1: 725, 2: 694, 3: 623, 4: 761, 7: 483, 8: 511, 10: 446,13:429>FF#。

2.2 共视数据传输

本地共视数据压缩完毕后,需要将压缩后的数据利用北斗短报文传输到接收端,以完成两地的共视时间比对。北斗短报具有三种编码类型^[12],见表2。

表2 北斗短报文编码类型

Table 2 Encoding type of Beidou-3 short message

编码类别	传输内容	长度
0	汉字	16 bit/汉字
1	ASCII码(0~9、A~F)	8bit/ASCII码
2	汉字代码混合	---

为节约空间,采用ASCII码对压缩后的共视数据进行编码,由于ASCII码只能传输0~9、A~F,因此需要将压缩后的共视数据用0~9、A~F来表示,编码规则见表3。

表3 共视数据编码规则

Table 3 Encoding rules for common-view data

ASCII编码	含义
A	: (SAT和REFSYS之间的分隔符)
B	, (不同卫星之间的分隔符)
C	# (分隔不同的频点,上一频点的结束)
E	> (分隔不同字段内容,如FRC和MJD)
D	-(负号)
>>>	分隔不同频点,每个频点的起始
>>>1	频点B1I
>>>2	频点B3I
>>>3	频点L3B
>>>4	频点L3I

因此图1中共视时刻为001000的压缩后的共视数据编码如下:

EEE4E60146E001000E1A600B2A544B3A588B4A752B8A524B10A531B26A613B29A602EFF#EEE3E60146E001000E1A725B2A694B3A623B4A761B7A483B8A511B10A446B13A429EFF#。

民用北斗三号sim卡发送短报文的频度为每分钟一次,单次可传输的短报文长度根据sim卡的等级划分见表4^[13]。

表4 北三短报文通信等级表

Table 4 Communication level classification of Beidou-3

通信等级	short message				
	一级	二级	三级	四级	五级
	0001	0010	0011	0100	0101
单次报文长度(bit)	692	1 835	3 883	7 979	14 000

通过北斗短报文进行共视数据传输时,可根据共视时间比对设备的通道数(即同时可观测的最大卫星数量),计算传输每个频点的共视数据所需要的比特数,进而可计算出发射一次短报文能够传输几个频点的数据。

共视时间比对设备接收信号频点为B1I、B2I、B3I,频率分别为1 561.098 MHz、1 207.14 MHz、1 268.52 MHz^[14]。北斗短报文的发射频点为1 615.68 MHz,因此北斗短报文的发射会干扰共视设备B1I信号的接收,造成信号失真^[15]。

为了互不影响, 需要在每个共视时刻的最后一分钟和下一个共视时刻的前两分钟(共三分钟的共视间隙)将压缩后的共视数据通过北斗短报文发射出去。

北斗短报文服务频度为 60 s 一次^[16], 为确保成功率, 可在共视间隙重复发送两次压缩后的共视数据。

基于北斗短报文的共视数据压缩传输方法流程如图 2 所示。

接收端收到压缩的共视数据后, 按照编码规则的反过程进行解码, 得到压缩后的共视数据。

3 共视数据压缩传输方法验证

两台共视接收机分别部署于北京和拉萨无地面网地区, 需要通过北斗短报文传输共视数据。

北京和拉萨部署的共视接收机内置的北斗 sim 卡通信频度均为 1 分钟一次, 通信等级为三级, 即单次报文长度为 3 883 bit。

共视接收机支持 B1I、B2I 和 B3I 三个频点, 12 通道/频点, 即每个频点最多可以接收 12 颗星。生成的共视文件中 FRC 列有四种, 分别是单频 B1I 和单频 B3I, 双频组合 L3I(B1I&B3I) 和 L3B(B1I&B2I)。对于每种 FRC, 需传输的最大比特数见表 5。

三级北斗 sim 卡单次可传输 3 883 bit 数据, 每个频点需传输的最大比特数为 1 528 bit, $3\ 883/1\ 528 \approx 2.541\ 2$, 因此单次最多可传输 2 个共视频点的共视数据。

北京生成的共视文件如图 3 所示。需将该组共

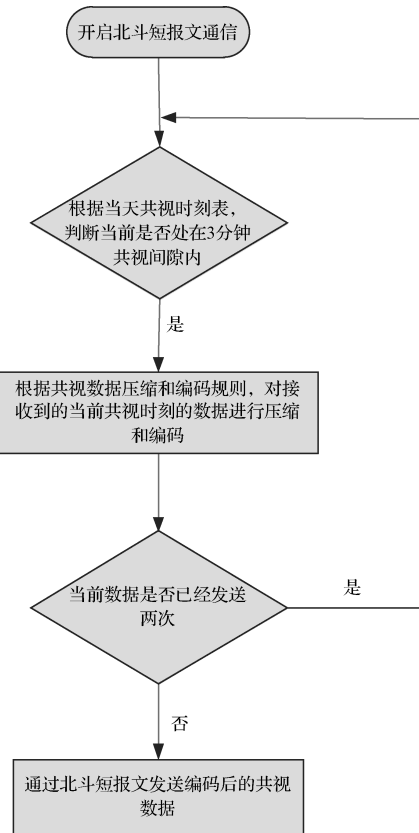


图 2 共视数据压缩传输流程图
Fig.2 Schematic diagram of common-view file

视数据通过北斗短报文传输到拉萨, 以完成两地的时间比对。按照压缩和编码规则, 对该组数据进行压缩编码即为要通过北斗短报文传输的数据:

```
EEE4E60150E001000E1A558B2A538B3A594B
7A540B8A548B10A557B11A518B23A644EFF#EEE
3E60150E0010001A602B2A712B3A576B7A466B8A5
02B10A455B11A435EFF#
```

表 5 每个频点需传输的最大比特数

Table 5 Maximum number of bits required to transmit each frequency point

帧头	>	帧头包含 5 个>	5×8 bit=40 bit
>>>FRC>	FRC	为 B1I/B3I/L3I/L3B 3 个 ASCII 码	3×8 bit =24 bit
MJD>	MJD	范围(0~99 999)5 个 ASCII 码	5×8 bit =40 bit
STTIME	STTIME	hhmmss, 6 个 ASCII 码	6×8 bit =48 bit
		SAT:卫星号(1~65), 2 个 ASCII 码	2×8 bit =16 bit
	每颗星:	:分隔符, 1 个 ASCII 码	1×8 bit=8 bit
中间数据部分	SAT:REFSYS, REFSYS:钟差,单位 0.1 ns,范围:(0~9 999 999 999), 10 个 ASCII 码		10×8 bit =80 bit
		,分隔符	1×8 bit=8 bit
	最多 12 颗卫星	12×(16+8+80+8)=1 344 bit	
帧尾	>FF#	4 个 ASCII 码	4×8 bit =32 bit
		每个频点所占 bit 数	40+24+40+48+1 344+32=1 528 bit

SAT	CL	MJD	STTIME	TRKL	ELV	AZTH	REFSV	SRSV	REFSYS	SRSYS	DSG	IOE	MDTR	SMDT	MDIO	SMDI	MSIO	SMSI	ISG	FR	HC	FRC	CK
			hhmmss	s	.ldg	.ldg	.lns	.lps/s	.lns	.lps/s	.lns		.lns	.lps/s	.lns	.lps/s	.lns	.lps/s					
C01	FF	60150	001000	780	357	1401	-8834645	-337	558	-349	81	1	136	-0	799	220	799	220	62	00	0	L3I	78
C02	FF	60150	001000	780	316	2235	+1717352	+2117	538	-96	33	1	151	-0	901	99	901	99	47	00	0	L3I	40
C03	FF	60150	001000	780	429	1890	-8682984	-14	594	-104	34	1	117	-0	779	75	779	75	35	00	0	L3I	53
C07	FF	60150	001000	780	864	1623	-1751380	+606	540	+22	37	1	80	+0	903	-10	903	-10	33	00	0	L3I	15
C08	FF	60150	001000	780	451	1987	-4161466	+128	548	-13	60	1	112	-7	908	6	908	6	49	00	0	L3I	19
C10	FF	60150	001000	780	801	2917	+1245555	+95	557	-21	40	1	81	-0	809	14	809	14	35	00	0	L3I	FF
C11	FF	60150	001000	780	550	500	-7437005	-137	518	+61	46	1	97	+5	854	-20	854	-20	37	00	0	L3I	18
C23	FF	60150	001000	780	392	2391	+9304576	-163	644	-17	65	1	126	+13	1004	25	1004	25	53	00	0	L3I	50
C01	FF	60150	001000	780	357	1401	-8834602	-405	602	-417	98	1	136	-0	615	290	615	290	76	00	0	L3B	59
C02	FF	60150	001000	780	316	2235	+1717526	+2091	712	-121	34	1	151	-0	587	123	587	123	47	00	0	L3B	59
C03	FF	60150	001000	780	429	1890	-8683001	-65	576	-155	41	1	117	-0	656	126	656	126	41	00	0	L3B	4E
C07	FF	60150	001000	780	864	1623	-1751454	+596	466	+12	32	1	80	+0	836	-0	836	-0	28	00	0	L3B	05
C08	FF	60150	001000	780	451	1987	-4161511	+153	502	+12	67	1	112	-7	812	-19	812	-19	56	00	0	L3B	35
C10	FF	60150	001000	780	801	2917	+1245452	+149	455	+33	38	1	81	-0	771	-36	771	-36	37	00	0	L3B	29
C11	FF	60150	001000	780	550	500	-7437088	-125	435	+73	41	1	97	+5	796	-34	796	-34	34	00	0	L3B	26

图3 北京北斗共视文件

Fig.3 Beidou common-view file of Beijing

拉萨收到的数据与发送端发送的数据一致，按照按照编码规则的反过程进行解码得到压缩后的共视数据，如图4所示。

SAT	MJD	STTIME	REFSYS	FRC
		hhmmss	.lns	
C01	60150	001000	558	L3I
C02	60150	001000	538	L3I
C03	60150	001000	594	L3I
C07	60150	001000	540	L3I
C08	60150	001000	548	L3I
C10	60150	001000	557	L3I
C11	60150	001000	518	L3I
C23	60150	001000	644	L3I
C01	60150	001000	602	L3B
C02	60150	001000	712	L3B
C03	60150	001000	576	L3B
C07	60150	001000	466	L3B
C08	60150	001000	502	L3B
C10	60150	001000	455	L3B
C11	60150	001000	435	L3B

图4 拉萨解码的共视文件

Fig.4 Decoded common-view file of Lhasa

拉萨站可将进行共视比对所需的北京共视文件的有效信息完全复现。

将当天北京站的每组共视数据按照上述方法在每个共视间隙通过北斗短报文进行发送，拉萨站将接收到的数据进行解码并存储。两地的共视比对结果如下：

从图5和图6可以看出，拉萨站将收到的北京站数据进行解码并与本地生成的共视文件做比对，比对不确定度为L3I:2.36 ns，L3B:2.38 ns。拉萨站与北京站的钟差为13 ns。拉萨站可以通过调整时钟源，溯源到北京站时间，即与北京站时间保持一致。

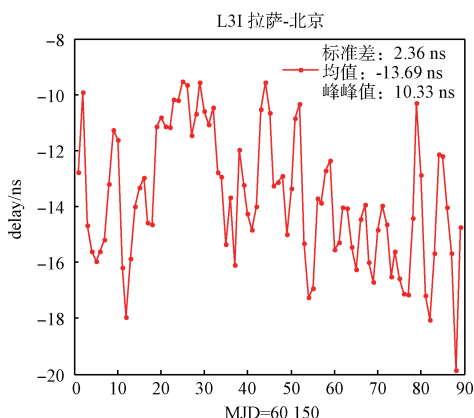


图5 北京和拉萨L3I共视比对结果

Fig.5 Result of L3I common-view time transfer between Beijing and Lhasa

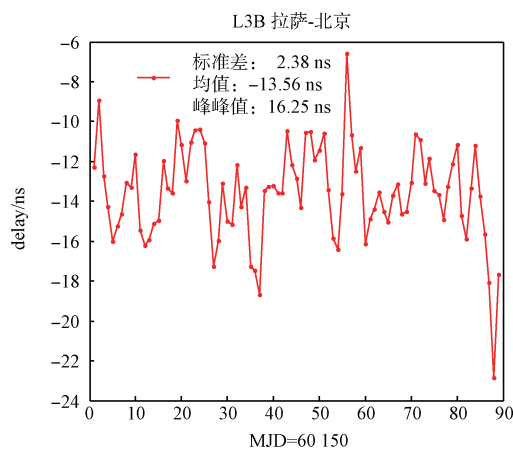


图6 北京和拉萨L3B共视比对结果

Fig.6 Result of L3B common-view time transfer between Beijing and Lhasa

4 结束语

本文提出了一种基于北斗三号短报文的共视

数据压缩传输方法, 通过该方法能有效对标准共视数据进行压缩, 利用北斗短报文将压缩后的有效数据进行编码发送。实验表明, 接收端可以实时接收到发送端数据并进行复现, 有效解决了无地面网情况下的远程共视时间比对。

参考文献

- [1] 孙荪. 高多核处理器片上 Cache 利用率的关键技术研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2015.
- [2] 李刚, 杨双. 北斗三号终端设备在西藏高寒、高海拔地区的应用[J]. 卫星应用, 2023(6):4 9-54.
- [3] 顾杨义, 陈亮, 梁坤等. 基于北斗短报文的 NIMDO 方案设计与实现[J]. 计量学报, 2022, 43(5): 662-666.
GU Yangyi, CHEN Liang, LIANG Kun, et al. Design and implementation of NIMDO scheme with beidou short message communication[J]. Acta Metrologica Sinica, 2022, 43(5): 662-666.
- [4] 张海威, 胡喆斯, 邢楠. 融合北斗短报文与 CCSDS2 标准的卫星遥测遥控数据系统设计[J]. 遥测遥控, 2023, 44(1): 1-6.
ZHANG Haiwei, HU Zhesi, XING Nan. Satellites telemetry and telecommand data system design combining Beidou short message with CCSDS standards[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2023, 44(1): 1-6.
- [5] 陈玉卿. 基于北斗短报文通信的用电信息采集系统研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019.
- [6] 王君, 郭思远, 王嘉伟. 北斗 RDSS 入站信号对 GNSS 信号的干扰分析及应对策略[J]. 时间频率学报, 2022, 45(1): 52-58.
WANG Jun, GUO Siyuan, WANG Jiawei. Interference analysis and countermeasure research of Beidou RDSS inbound signal to GNSS signal [J]. Journal of Time and Frequency, 2022, 45(1): 52-58.
- [7] 杨少龙, 黄金, 李伟超, 等. 基于北斗压缩编码传输的海气界面监测系统[J]. 中国航海, 2023, 46(1): 66-72.
YANG Shaolong, HUANG Jin, LI Weichao, et al. Sea-to-air interface monitoring system with transmission in Beidou compression coding[J]. Navigation of China, 2023, 46(1): 66-72.
- [8] 王纯, 杜源, 黄观文, 等. 基于北斗三号区域短报文通信的滑坡灾害监测数据传输方案设计[J]. 导航定位与授时, 2023, 10(3): 96-107.
WANG Chun, DU Yuan, HUANG Guanwen, et al. Design of landslide hazard monitoring data transmission
- scheme based on BeiDou-3 regional short message communication[J]. Navigation Positioning and Timing, 2023, 10(3): 96-107.
- [9] 汪连贺. 基于北斗短报文的船舶连续轨迹传输压缩方法[J]. 港工技术, 2021, 58(1): 110-113.
WANG Lianhe. Transmission and compression method for continuous vessel course based on Beidou text message[J]. Port Engineering Technology, 2021, 58(1): 110-113.
- [10] 尹继凯, 盛传贞, 魏海涛. 卫星导航精密时间传递系统及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2021.
- [11] DEFRAIGNE P, PETIT G. CGGTTS Version 2E: An extended standard for GNSS time transfer[J]. Metrologia, 2015, 52(6): G1-G1.
- [12] 赵淑洁. 基于 BDS-3 新体制信号的共视时间比对方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院国家授时中心), 2023.
- [13] 张越, 高小珣. GPS 共视法定时参数的研究[J]. 计量学报, 2004(2): 167-170.
ZHANG Yue, GAO Xiaoxun. Research on timing parameters for GPS commonview method[J]. Acta Metrologica Sinica, 2004(2): 167-170.
- [14] 全国北斗卫星导航标准化技术委员会. 北斗三号区域短报文通信用户终端接口规范: 第 2 部分: 通用数据接口[S]. 北京: 中国卫星导航系统管理办公室, 2023: 1.
- [15] 刘保国, 张国亭, 郭永强. 北斗三号短报文低轨卫星测控应用研究[J]. 遥测遥控, 2021, 42(1): 1-6.
LIU Baoguo, ZHANG Guoting, GUO Yongqiang. Research on BDS-3short message communication used in LEO satellites TT&C system[J]. Journal of Telemetry, Tracking and Command, 2021, 42(1): 1-6.
- [16] 全国北斗卫星导航标准化技术委员会. 北斗卫星导航统空间信号接口控制文件[R]. 北京: 中国卫星导航系统管理办公室, 2019: 2.

[作者简介]

- 杜文丛 1994 年生, 硕士, 工程师。
刘 岩 1978 年生, 硕士, 副研究员。
陈旭东 1986 年生, 硕士, 助理研究员。
韩 华 1987 年生, 硕士, 高级工程师。
刘铁强 1984 年生, 硕士, 高级工程师。
冯佳琪 1994 年生, 硕士, 工程师。

(本文编辑: 杨秀丽)