

# 远程时间溯源示范体系-时间公报 第二十一期 (No.21)

中国地图

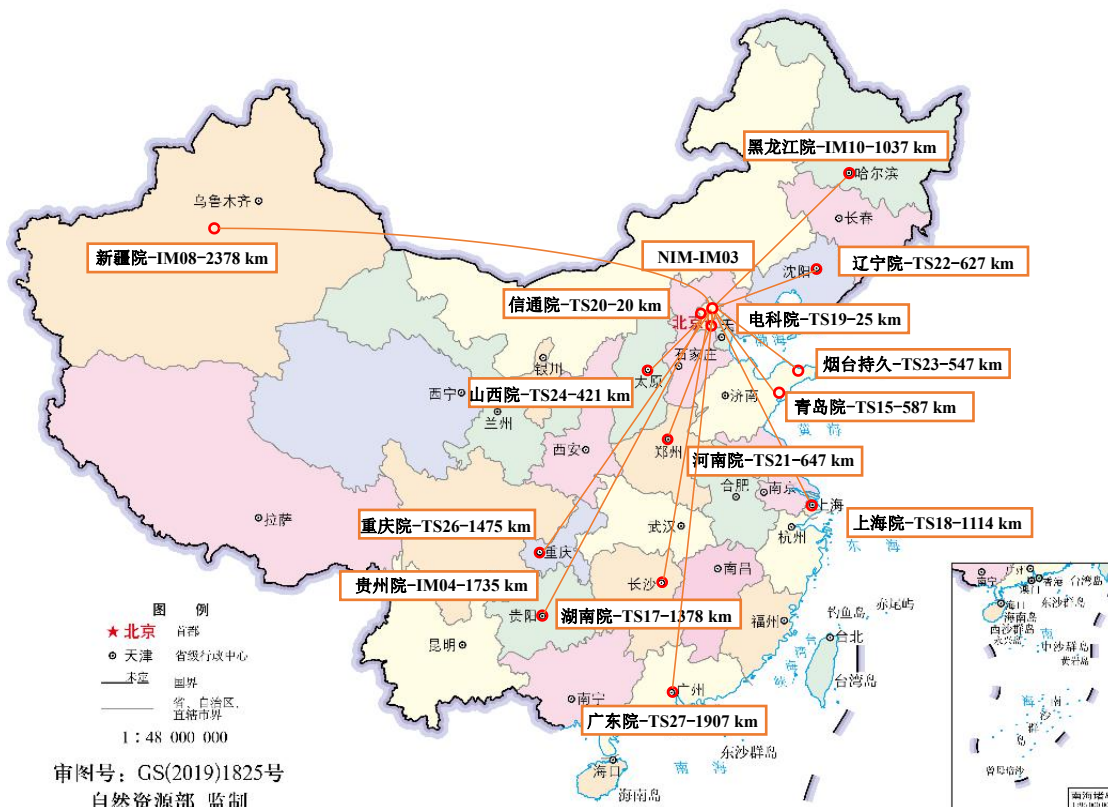


图 1. 各观测站分布图

各观测站的位置分布图如图 1 所示，图 1 显示了 IM03、IM04、IM08、IM10、TS15、TS18、TS19、TS23、TS17、TS20、TS21、TS22、TS24、TS26、TS27 各个观测站的位置分布以及标明了观测站 IM04、IM08、IM10、TS15、TS18、TS19、TS23、TS17、TS20、TS21、TS22、TS24、TS26、TS27 距离参考站 IM03 的基线长度，且除参考站 IM03 是溯源至 UTC(NIM)的接收机、上海院 TS18 是驯服铯氢钟组（MJD 58847 之前）外，其他均为 NIMDO。选取 MJD 57470-59127 的时间段的远程时间溯源观测数据，得到时差数据如图 2，频差数据如图 3，

其中 IM04 为贵州站, IM08 为新疆站, IM10 为黑龙江站, TS15 为青岛站, TS18 为上海站, TS19 为电科院站, TS23 为烟台站, TS17 为湖南站, TS20 为信通院站, TS21 为河南站, TS22 为辽宁站, TS24 为山西站, TS26 为重庆站, TS27 为广电站。这十四个观测站的依托单位分别是国家时间频率计量中心贵州应用中心(贵州省计量测试院)、新疆计量测试研究院、黑龙江省计量检定测试研究院、国家时间频率计量中心应用中心(青岛)、上海市计量测试技术研究院、中国电力科学研究院、烟台持久钟表有限公司、湖南省计量检测研究院、中国信息通信研究院、河南省计量科学研究院、辽宁省计量科学研究院、山西省计量科学研究院、重庆市计量质量检测研究院、广东省计量科学研究院。其中, 为方便观察不同的远程观测站的数据曲线, 将图 2 中 IM04 的数据+480 ns, IM08 的数据+400 ns, IM10 的数据+320 ns, TS15 的数据+240 ns, TS18 的数据+160 ns, TS19 的数据+80 ns, TS23 的数据+0 ns, TS17 的数据-80 ns, TS20 的数据-160 ns, TS21 的数据-240 ns, TS22 的数据-320 ns, TS24 的数据-400 ns, TS26 的数据-480 ns, TS27 的数据-560 ns; 将图 3 中 IM04 的数据+360 e-14, IM08 的数据+300 e-14, IM10 的数据+240 e-14, TS15 的数据+180 e-14, TS18 的数据+120 e-14, TS19 的数据+60 e-14, TS23 的数据+0 e-14, TS17 的数据-60 e-14, TS20 的数据-120 e-14, TS21 的数据-180 e-14, TS22 的数据-240 e-14, TS24 的数据-300 e-14, TS26 的数据-360 e-14, TS27 的数据-420 e-14。

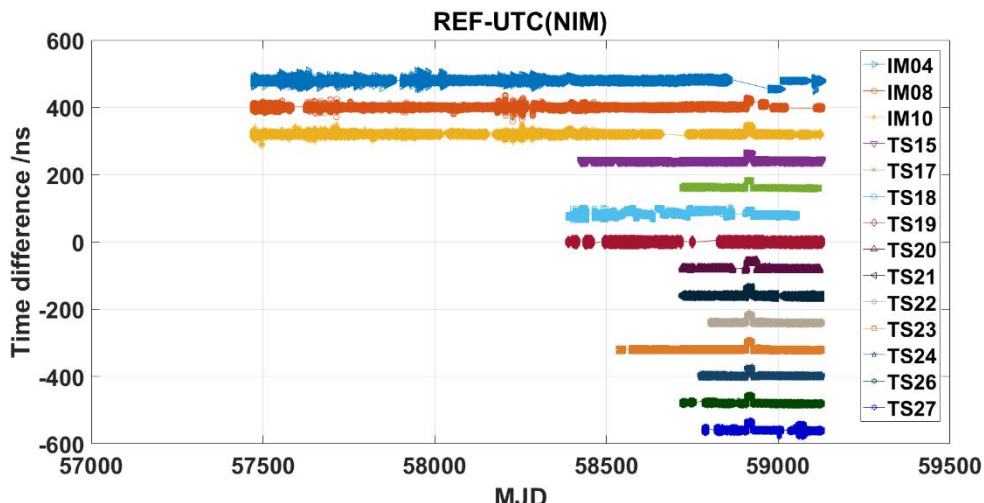


图 2 远程观测站与 UTC(NIM)的溯源时差结果 (16 分钟间隔)

表 1:时差均值、标准差及相对频率偏差

时间 观测站	MJD 57470-MJD 59127		
	均值(ns)	标准差(ns)	相对频率偏差
IM04 (贵州)	-0.6	5.2	-2.6e-17
IM08 (新疆)	0.3	3.6	1.5e-17
IM10 (黑龙江)	0.4	3.7	6.6e-18
TS15 (青岛)	1.3	3.9	4.3e-17
TS17 (湖南)	1.3	5.0	-1.2e-16
TS18 (上海)	4.5	6.5	-1.8e-18
TS19 (电科院)	-0.3	3.3	-1.3e-17
TS20 (信通院)	1.7	6.4	-6.6e-17
TS21 (河南)	0.9	5.0	-6.3e-17
TS22 (辽宁)	1.0	5.3	-1.6e-16
TS23 (烟台)	0.6	4.3	-4.5e-18
TS24 (山西)	2.4	4.8	-6.3e-17
TS26 (重庆)	1.2	5.1	-1.4e-16
TS27 (广东)	1.4	5.8	-1.9e-16

表 2:时差均值及其不确定度

时间 观测站	MJD 57470-MJD 59127			
	均值(ns)	$u_A$ (ns)	$u_B$ (ns)	$u$ (ns)
IM04 (贵州)	-0.6	1.0	3.5	3.7
IM08 (新疆)	0.3	1.0	3.5	3.7
IM10 (黑龙江)	0.4	1.0	3.5	3.7
TS15 (青岛)	1.3	1.0	3.5	3.7
TS17 (湖南)	1.3	1.0	3.5	3.7
TS18 (上海)	4.5	1.0	3.5	3.7

TS19 (电科院)	-0.3	1.0	3.5	3.7
TS20 (信通院)	1.7	1.0	3.5	3.7
TS21 (河南)	0.9	1.0	3.5	3.7
TS22 (辽宁)	1.0	1.0	3.5	3.7
TS23 (烟台)	0.6	1.0	3.5	3.7
TS24 (山西)	2.4	1.0	3.5	3.7
TS26 (重庆)	1.2	1.0	3.5	3.7
TS27 (广东)	1.4	1.0	3.5	3.7

图 2 和表 1 可以看出，与 IM04、IM08、IM10、TS18、TS27 五个观测站的时差曲线相比，TS15、TS19、TS23、TS17、TS20、TS21、TS22、TS24、TS26 的时差稳定性较好。

图 2 的 IM04、IM08、IM10、TS18、TS27 观测站的时差曲线可以看出，时差测量数据某段时间会出现大幅度的抖动，可能的原因有该段时间内的某几颗卫星信号不稳定、线路连接不稳定、参考接收机运行不稳定、UTC(NIM)时标信号不稳定、网络上传数据不稳定等。

当接收机输入信号中断时，接收机无法获取到本地输入的参考信号，进而无法生成与 GNSS 卫星信号的时差比对数据。显然，图 2 的时差曲线存在数据缺失现象，可能的原因有线路连接异常、实验室电源中断、UTC(NIM)时标信号中断故障等。

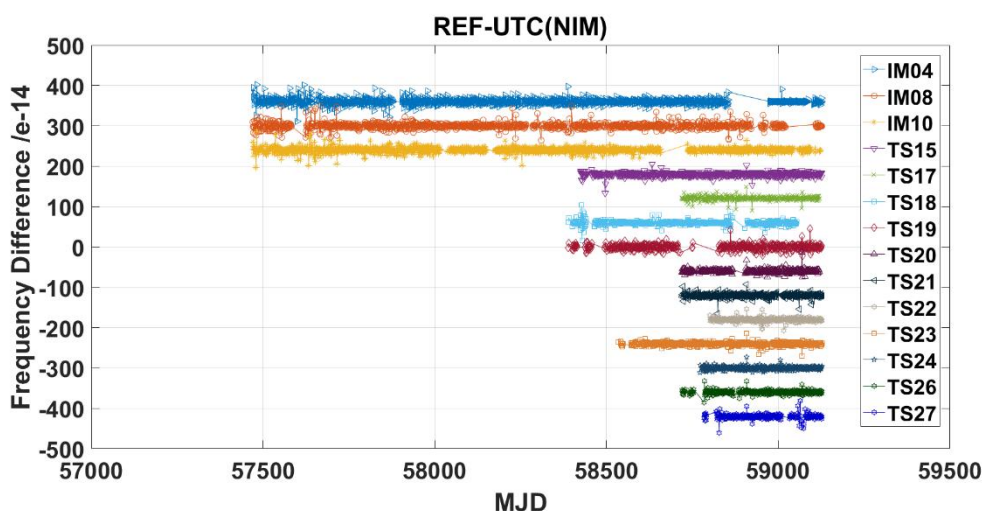


图 3. 远程观测站与 UTC(NIM)的溯源频差结果 (1 天间隔)

表 3：相对频率偏差及频差不确定度

时间 观测站	MJD 57470- MJD 59127			
	相对频率偏差	$u_A$	$u_B$	$u$
IM04 (贵州)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
IM08 (新疆)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
IM10 (黑龙江)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS15 (青岛)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS17 (湖南)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS18 (上海)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS19 (电科院)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS20 (信通院)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS21 (河南)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS22 (辽宁)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS23 (烟台)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS24 (山西)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS26 (重庆)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14
TS27 (广东)	-0.0e-14	1.2e-14	6.3e-14	6.4e-14

在观测数据中，不同远程观测站 REF 的 REF-UTC(NIM)的结果分布见下表 4、5 (\*\*代表 REF-UTC(NIM))。

表 4 时差数据统计

观测站 (REF)	观测点 数	0< **  <5 ns	5 ns< **  <10 ns	10 ns< **  <15 ns	15 ns< **  <20 ns	** >20 ns
IM04	123591	108764	10234	205	1074	3314
		88.00%	8.28%	0.17%	0.87%	2.68%
IM08	122621	111760	8631	467	987	776
		91.14%	7.04%	0.38%	0.80%	0.63%
IM10	123986	114884	6485	588	999	1030
		92.66%	5.23%	0.47%	0.81%	0.83%
TS15	56536	53580	1469	391	10	1086
		94.77%	2.60%	0.69%	0.02%	1.92%
TS17	33932	30399	2043	390	4	1096
		89.59%	6.02%	1.15%	0.01%	3.23%
TS18	48098	27165	9164	3150	8221	398
		56.48%	19.05%	6.55%	17.09%	0.83%
TS19	45231	39496	5713	0	22	0
		87.32%	12.63%	0.00%	0.05%	0.00%
TS20	30206	27060	491	683	3	1969
		89.58%	1.63%	2.26%	0.01%	6.52%

TS21	32348	29953	903	421	4	1067
		92.60%	2.79%	1.30%	0.01%	3.30%
TS22	26652	24741	421	370	2	1118
		92.83%	1.58%	1.39%	0.01%	4.19%
TS23	46963	44581	892	370	2	1118
		94.93%	1.90%	0.79%	0.00%	2.38%
TS24	29402	26124	1788	431	26	1033
		88.85%	6.08%	1.47%	0.09%	3.51%
TS26	30173	27408	1274	463	3	1025
		90.84%	4.22%	1.53%	0.01%	3.40%
TS27	23716	21195	845	448	135	1093
		89.37%	3.56%	1.89%	0.57%	4.61%

表 5 频差数据统计

观测站 (REF)	观测点 数	$0 <  **  < 5 \text{ e-14}$	$5 \text{ e-14} <  **  < 1 \text{ e-13}$	$1 \text{ e-13} <  **  < 2 \text{ e-13}$	$ **  > 2 \text{ e-13}$
IM04	1445	966	348	98	33
		66.85%	24.08%	6.78%	2.28%
IM08	1337	958	258	82	39
		71.65%	19.30%	6.13%	2.92%
IM10	1431	1029	297	82	23
		71.91%	20.75%	5.73%	1.61%
TS15	662	558	86	13	5
		84.29%	12.99%	1.96%	0.76%
TS17	393	316	57	14	6
		80.41%	14.50%	3.56%	1.53%
TS18	559	466	62	21	10
		83.36%	11.09%	3.76%	1.79%
TS19	536	380	109	42	5
		70.90%	20.34%	7.84%	0.93%
TS20	351	305	35	9	2
		86.89%	9.97%	2.56%	0.57%
TS21	380	324	41	10	5
		85.26%	10.79%	2.63%	1.32%
TS22	314	268	34	7	5
		85.35%	10.83%	2.23%	1.59%
TS23	549	463	75	8	3
		84.34%	13.66%	1.46%	0.55%
TS24	342	281	54	5	2
		82.16%	15.79%	1.46%	0.58%
TS26	350	295	45	7	3
		84.29%	12.86%	2.00%	0.86%
TS27	274	219	39	9	7
		79.93%	14.23%	3.28%	2.55%

图 4、5 为观测站 IM04、IM08、IM10、TS15、TS18、TS19、TS23、TS17、TS20、TS21、TS22、TS24、TS26、TS27 的时间稳定性和频率稳定性曲线，表 6、7 分别为各稳定性对应不确定度。

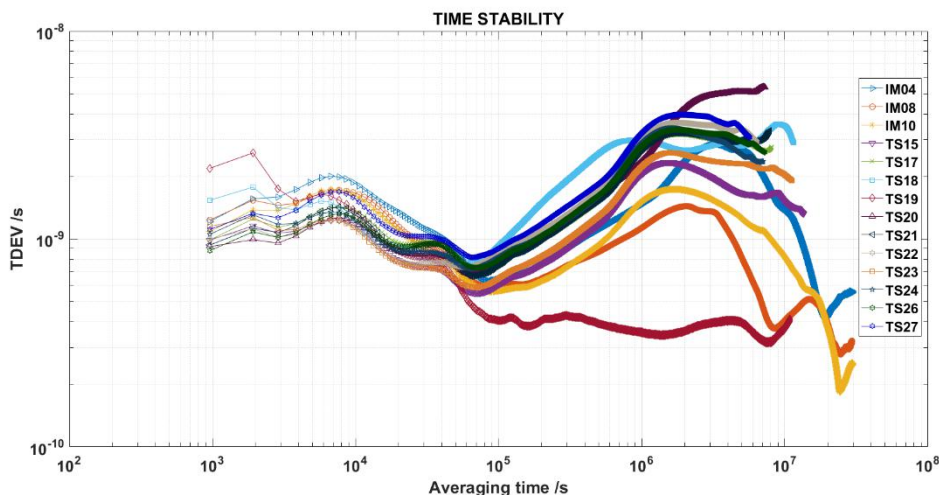


图 4. 远程观测站与 UTC(NIM)的溯源结果的时间稳定度

表 6: 时间稳定度(TDEV)不确定度

观测站 \ 不确定度	$u_A(\text{ns})$	$u_B(\text{ns})$	$u(\text{ns})$
IM04 (贵州)	1.0	1.0	1.4
IM08 (新疆)	1.0	1.0	1.4
IM10 (黑龙江)	1.0	1.0	1.4
TS15 (青岛)	1.0	1.0	1.4
TS17 (湖南)	1.0	1.0	1.4
TS18 (上海)	1.0	1.0	1.4
TS19 (电科院)	1.0	1.0	1.4
TS20 (信通院)	1.0	1.0	1.4
TS21 (河南)	1.0	1.0	1.4
TS22 (辽宁)	1.0	1.0	1.4
TS23 (烟台)	1.0	1.0	1.4
TS24 (山西)	1.0	1.0	1.4
TS26 (重庆)	1.0	1.0	1.4
TS27 (广东)	1.0	1.0	1.4

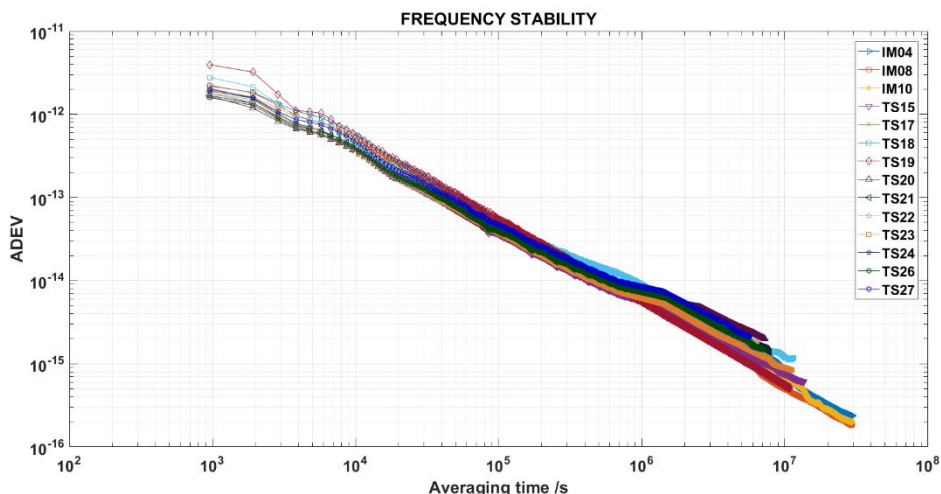


图 5. 远程观测站与 UTC(NIM)的溯源结果的频率稳定度(overlapping ADEV)

表 7: 频率稳定度(overlapping ADEV)不确定度

观测站 \ 不确定度	$u_A$	$u_B$	$u$
IM04 (贵州)	1.2e-14	2.5e-14	2.8e-14
IM08 (新疆)	1.2e-14	2.5e-14	2.8e-14
IM10 (黑龙江)	1.2e-14	2.5e-14	2.8e-14
TS15 (青岛)	1.2e-14	2.4e-14	2.7e-14
TS17 (湖南)	1.2e-14	2.5e-14	2.7e-14
TS18 (上海)	1.2e-14	2.5e-14	2.8e-14
TS19 (电科院)	1.2e-14	2.6e-14	2.9e-14
TS20 (信通院)	1.2e-14	2.4e-14	2.7e-14
TS21 (河南)	1.2e-14	2.5e-14	2.7e-14
TS22 (辽宁)	1.2e-14	2.4e-14	2.7e-14
TS23 (烟台)	1.2e-14	2.4e-14	2.7e-14
TS24 (山西)	1.2e-14	2.5e-14	2.7e-14
TS26 (重庆)	1.2e-14	2.5e-14	2.7e-14
TS27 (广东)	1.2e-14	2.6e-14	2.9e-14

表 8、9 分别为各观测站一天和五天时间稳定度及频率稳定度数据统计。

表 8: 时间稳定度(TDEV)数据统计

观测站 \ 时间	一天(s)	五天(s)
IM04 (贵州)	6.3e-10	1.0e-9
IM08 (新疆)	5.8e-10	8.3e-10
IM10 (黑龙江)	5.6e-10	8.7e-9
TS15 (青岛)	5.7e-10	1.1e-9



TS17 (湖南)	7.6e-10	1.4e-9
TS18 (上海)	8.5e-10	2.4e-9
TS19 (电科院)	4.1e-10	4.1e-10
TS20 (信通院)	7.1e-10	1.5e-9
TS21 (河南)	7.0e-10	1.4e-9
TS22 (辽宁)	8.0e-10	1.6e-9
TS23 (烟台)	6.1e-10	1.2e-9
TS24 (山西)	7.7e-10	1.5e-9
TS26 (重庆)	7.5e-10	1.5e-9
TS27 (广东)	8.6e-10	1.7e-9

表 9: 频率稳定度(overlapping ADEV)数据统计

观测站 \ 时间	一天	五天
IM04 (贵州)	5.8e-14	1.3e-14
IM08 (新疆)	5.3e-14	1.2e-14
IM10 (黑龙江)	5.1e-14	1.1e-14
TS15 (青岛)	3.9e-14	9.9e-15
TS17 (湖南)	4.4e-14	1.2e-14
TS18 (上海)	4.8e-14	1.6e-14
TS19 (电科院)	6.2e-14	1.3e-14
TS20 (信通院)	4.0e-14	1.1e-14
TS21 (河南)	4.1e-14	1.2e-14
TS22 (辽宁)	4.1e-14	1.2e-14
TS23 (烟台)	4.2e-14	1.1e-14
TS24 (山西)	4.5e-14	1.2e-14
TS26 (重庆)	4.1e-14	1.2e-14
TS27 (广东)	5.2e-14	1.4e-14