

# 基于VGOS单基线的UT1测定能力评估\*

姚当<sup>†</sup> 张志斌 李金岭 王广利

(中国科学院上海天文台 上海 200030)

**摘要** 对2021年VLBI (Very Long Baseline Interferometry)全球观测系统(VLBI Global Observing System, VGOS)单基线开展的1 h世界时(Universal Time, UT1)加强观测数据进行分析, 结果表明, VGOS单基线测得的UT1与IERS (International Earth Rotation Service) C04序列提供的UT1之差的RMS (Root Mean Square) 为25.3  $\mu\text{s}$ , 优于传统S/X双频段UT1加强观测(Intensive observation, INT1)试验的28.2  $\mu\text{s}$ , 且UT1的平均形式精度提高1倍. 因VGOS单基线1 h观测数目比INT1多1倍, 其测得的UT1受极移误差的影响更加稳定, 每100  $\mu\text{s}$ 的极移误差将对UT1引入2.8  $\mu\text{s}$ 的偏移. 此外分析了VGOS 30 min观测数据, 除平均形式精度变差外, UT1测量结果与1 h结果相当, 表明VGOS单基线30 min观测可用于UT1的超快速服务. 同时分析和评估了2021年国内佘山与南山13 m VGOS基线的UT1加强观测能力, 统计得到8次观测的RMS为46.2  $\mu\text{s}$ , 平均形式误差为17.7  $\mu\text{s}$ , 相比佘山25 m和南山25 m天线的S/X双频观测有显著提升.

**关键词** 技术: 干涉测量, 地球, 时间, 方法: 数据分析

**中图分类号**: P128; **文献标识码**: A

## 1 引言

VLBI(Very Long Baseline Interferometry)是通过相距数千至上万公里、具有独立本振的两台或多台望远镜, 同时观测并记录河外射电源辐射的信号来实现高角分辨率天文成像、高精度的天体测量及地球定向参数(Earth Orientation Parameters, EOP)确定等测量研究<sup>[1]</sup>. 1979年起, 国际VLBI天体与大地测量服务组织(International VLBI Service for Geodesy & Astrometry, IVS)协调和组织全球VLBI测站进行国际联测, 以测定和维持国际天球/地球参考架和EOP<sup>[2-3]</sup>. 从1981年开始, IVS每周组织2次基于5-8台站的S/X双频波段24 h观测, 因观测数据量大及邮寄至相关处理

中心的时间长, 其测量结果一般滞后3-15 d. 世界时(Universal Time, UT1)是EOP中变化最快且难以精确预报的参数, IVS在20世纪80年代初开始利用单基线开展1 h的UT1加强观测(Intensive observation, INT1), 其得到的UT1精度与24 h观测接近<sup>[4-5]</sup>, 之后便作为快速获取UT1的重要方式进行每日观测. 随着观测站的调整, 基线长度的增加, 加强观测的UT1测量精度逐渐提高, 目前, IVS实测的 $\Delta\text{UT1}$  (UT1-UTC (Universal Time Coordinated))与IERS (International Earth Rotation Service) C04事后精密序列的差异在10  $\mu\text{s}$ 水平<sup>[6-7]</sup>.

21世纪开始, 全球VLBI测站及相关处理系统经过多次升级后, 其观测能力、产品时效性和精度等显著提高, 但依然面临设备老化、射频干扰

2022-01-07收到原稿, 2022-03-15收到修改稿

\*地理信息工程国家重点实验室基金项目(SKLGIE2021-M-1-1)资助

<sup>†</sup>yaodang@shao.ac.cn

(Radio Frequency Interference, RFI)及运维费用不足等问题,且VLBI测量精度主要受限于大气和源结构影响<sup>[8-9]</sup>.为此,IVS提出了采用直径约12 m且转速快的天线和2-14 GHz宽频带接收的VLBI全球观测系统(VGOS)以满足全球大地测量观测系统(Global Geodetic Observing System, GGOS)的1 mm和0.1 mm/yr的站址精度需求,同时实现连续、快速的EOP测定能力<sup>[10]</sup>.图1为截至2021年全球VGOS站建设情况,其中上三角标记为已常规运行站,圆圈标记表示台站已建设且处于运行测试中,而正方形标记表示即将在该处建设VGOS台站.可知全球已有9个VGOS台站实现常规运行,11个台站处于测试中(包括我国的上海佘山和乌鲁木齐南山两个VGOS台站),9个台站在规划建设中.相比于老一代VLBI系统的单右旋圆极化观测模式,

VGOS采用双极化接收记录,通过对两路极化数据的校准,可有效提高条纹的信噪比和相位稳定度<sup>[11-12]</sup>.

基于已建成的VGOS台站,IVS已陆续组织开展了一些测地观测试验.2017年,7个VGOS台站参加了连续15 d 24 h加密观测,群时延精度在2 ps左右<sup>[13]</sup>.综合2017年至2019年的VGOS观测数据,可获得亚毫米的站坐标精度<sup>[14]</sup>,印证VGOS天线的小型化、高转速及宽带特性可提升时延测量精度.在UT1加强观测上,可有效提高观测数目、改善天区分布,更有效分离钟差和湿大气延迟. Haas等<sup>[15]</sup>2021年利用Onsala双VGOS天线与Ishioka站开展的加强观测,相比于传统的INT1观测,其得到的UT1形式精度可改善3-4倍.

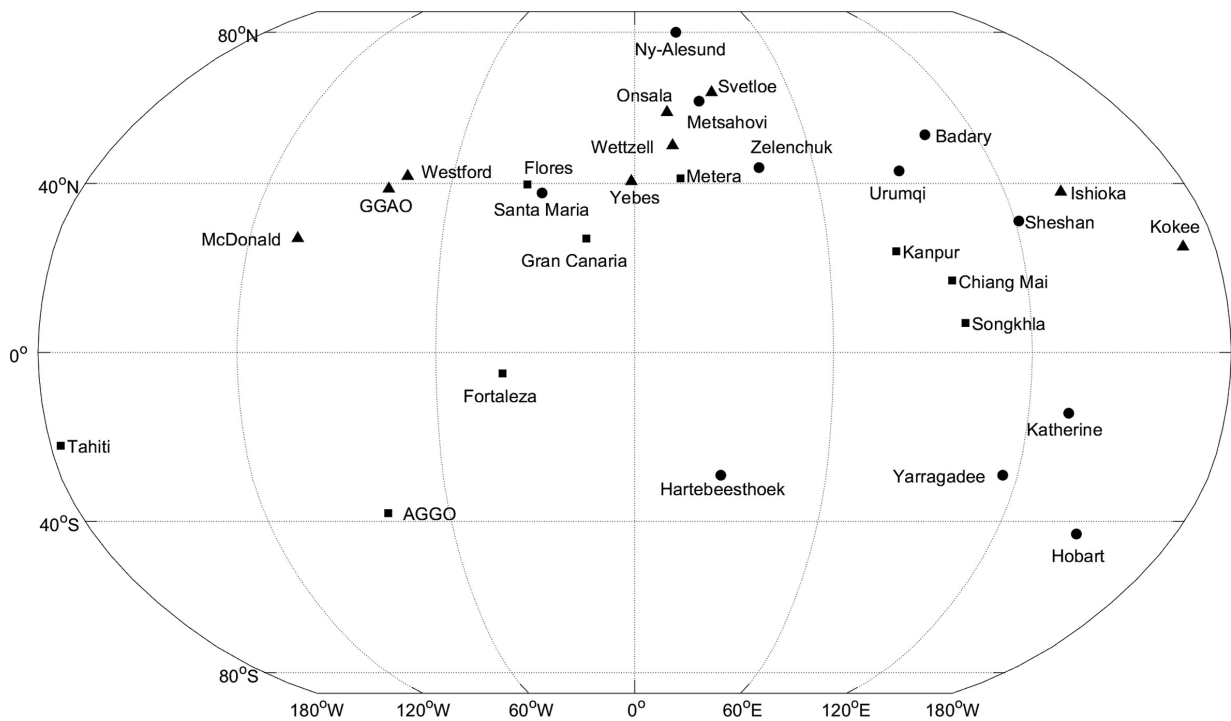


图1 VGOS全球建站现状,  $\Delta$ 为已运行,  $\circ$ 为测试,  $\square$ 为计划建站.

Fig. 1 The distribution of VGOS,  $\Delta$ : operational,  $\circ$ : antenna built,  $\square$ : in planning.

本文利用INT1和VGOS同时段观测数据进行分析,评估VGOS测站开展的加强观测对UT1的测定能力.第2节介绍了VGOS数据及相应处理方法,

第3节对INT1与VGOS观测结果进行了对比,研究了极移误差对两者的影响,同时分析了VGOS 1 h和30 min的UT1测量结果,并且分析了我国乌鲁

木齐南山13 m和上海佘山13 m VGOS的UT1测定能力, 第4节对分析结果进行总结.

## 2 数据与处理

传统VLBI测站的UT1加强观测每天1次, 其中Kokee (简称Kk)和Wetzell (简称Wz)每周一至周五18:30—19:30 (UT)开展INT1观测. 在2020年, IVS组织了22次2–5个VGOS测站参与的测试观测, 2021年起, 与Kk和Wz分别并置的2个VGOS台站

(KOKEE12M-K2, WETTZ13S-Ws)每隔2–7 d在18:30—19:30 (UT)开展基于VGOS的UT1加强观测任务. 表1为INT1与VGOS单基线UT1加强观测的配置对比, 可知VGOS天线的转速明显优于INT1, 观测频段上, INT1在S和X波段进行观测, S波段通过6个通道记录, 每个通道带宽为4 MHz, X波段则通过8个通道记录, VGOS则是在4个频段, 每个频段8个通道、每个通道带宽为32 MHz下观测记录, 此外VGOS记录了双极化数据, 数据量急剧增多, 较难实现高频次观测.

表1 INT1与VGOS单基线测站配置对比  
Table 1 The baseline comparison between INT1 and VGOS

Parameter	INT1		VGOS	
	Kk	Wz	K2	Ws
Diameter/m	20.0	20.0	12.0	13.2
Azimuth Speed/( $^{\circ} \cdot \text{s}^{-1}$ )	2.1	3.0	12.0	12.0
Elevation Speed/( $^{\circ} \cdot \text{s}^{-1}$ )	2.3	1.5	6.0	6.0
Observed Frequency	Mon. to Fri.		Every 2–7 d	
Observed time/UT	18:30—19:30		18:30—19:30	
Polarization	right-handed circular		dual-polarized	
Sampling/bit	2		2	
Band/MHz	S: 2212–2322 (6×4 MHz)		A: 3000–3480 (8×32 MHz)	
	X: 8182–8862 (8×4 MHz)		B: 5240–5720 (8×32 MHz)	
			C: 6360–6840 (8×32 MHz)	
			D: 10200–10680 (8×32 MHz)	

Kk-Wz基线和K2-Ws基线在2021年的观测情况如图2所示, 从1月到10月, K2-Ws基线共观测了71次, Kk-Wz基线共观测了174次. 因VGOS天线转速快、记录频段多, 有效降低了目标的观测时间及天线的切换时间, K2-Ws基线1 h的有效观测数比Kk-Wz基线平均高出1倍. 实际上, 若VGOS 4个波段的16通道全部记录, 且不限目标的最短观测时长(40 s), 1 h有效观测数将更多. 为评估对比两基线的UT1加强观测, 本文挑选了61次同一时段内两基线都有观测的数据进行比较分析.

不同于S/X的右旋圆偏振, VGOS采用4波段双

线极化记录方式, 因此相关处理环节, 需对4种极化组合进行相关处理, 后处理中, 需对4组极化组合分别进行条纹拟合, 校准各个通道的残余相位以及不同极化链路的相位与时延偏差, 从而获得更精确的多通道群时延/时延率<sup>[16]</sup>. 图3左右分别展示了经相关和后处理后的Kk-Wz基线和K2-Ws基线的群时延精度( $\sigma_{\text{Kk-Wz}}$ ,  $\sigma_{\text{K2-Ws}}$ )统计的柱状图, 可知Kk-Wz基线在X波段的群时延精度分布更弥散(0–130 ps), 特征精度(柱状图峰值)在23 ps处, 而K2-Ws基线的群时延精度分布则集中在0–15 ps范围, 特征精度在3 ps.

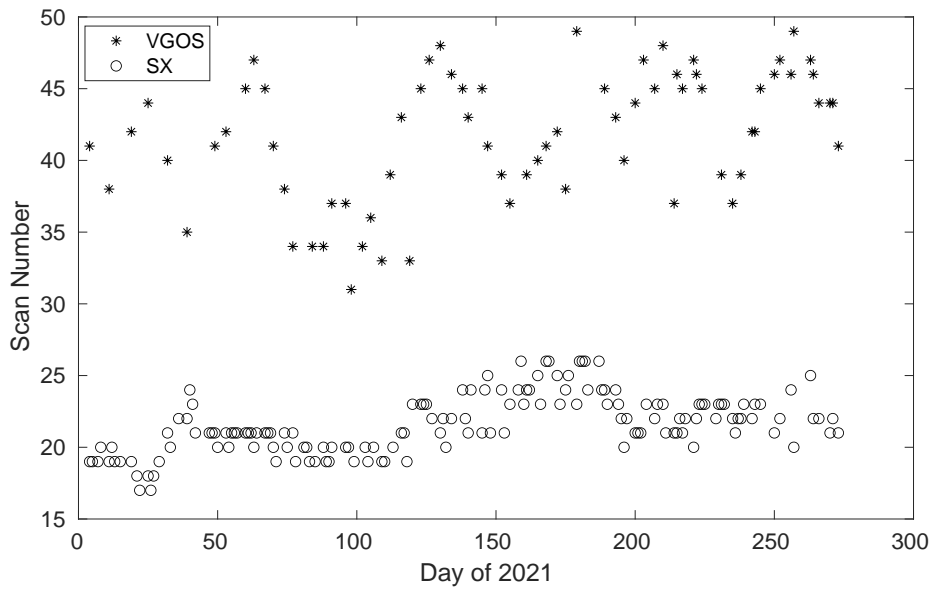


图 2 2021年Kk-Wz与K2-Ws观测情况

Fig. 2 The observation of Kk-Wz and K2-Ws in 2021

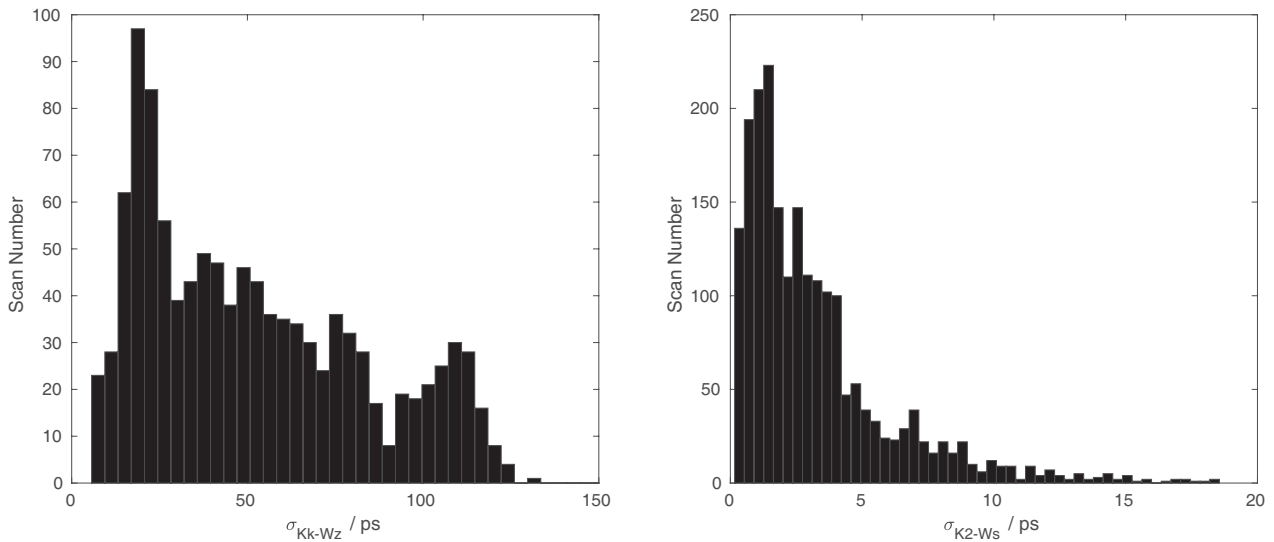


图 3 Kk-Wz与K2-Ws观测群时延精度对比

Fig. 3 The group delay accuracy comparison between Kk-Wz and K2-Ws

带宽综合后的群时延经模糊度消除、钟跳修正等处理后, 利用最小二乘方法可对所需参数进行求解. 解算时, 射电源初始坐标采用ICRF3 (The 3rd realization of the International Celestial Reference Frame)星表, Kk与Wz的站坐标和站速采用

ITRF2014 (International Terrestrial Reference Frame at epoch 2014.0)结果, 而对于K2与Ws, 根据24 h观测的并置站相时延可计算得到. 表2为经过相时延计算后K2与Ws在ITRF下分别与Kk、Wz的三维坐标差异( $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ ), 因并置站相距

近, K2与Ws的站速度分别和Kk、Wz相同. EOP先验值从IERS C04文件中获取. 对于单基线观测, 仅估计站间钟差、各站天顶湿时延和 $\Delta UT1$ .

表 2 基于相时延得到的基线地心矢量  
Table 2 Baseline geocentric vector obtained by the phase delay

Baseline vector	$\Delta x/m$	$\Delta y/m$	$\Delta z/m$
Ws-Wz	-11.9347	-89.2384	113.2920
K2-Kk	-6.0694	19.2144	23.7211

### 3 结果与讨论

#### 3.1 K2-Ws与Kk-Wz基线

目前, IVS的多家分析中心将其UT1加强观测的解算结果上报给IVS, 其中法国巴黎天文台VLBI

分析中心(Paris Observatory Analysis Center, OPAR)和俄罗斯应用天文学研究所分析中心(Institute of Applied Astronomy Analysis Center, I-AA)会同时上报传统加强观测和基于VGOS的加强观测结果, 维也纳分析中心(The Special Analysis Center in Vienna, VIE)也会在其产品网站上发布加强观测结果(<https://www.vlbi.at/index.php/products/>). 图4为本文及各分析中心基于两基线测量得到的 $\Delta UT1$ 与IERS C04序列中的 $\Delta UT1$ 插值至对应时刻的差异( $\delta UT1$ )情况, 其中的 $\Delta$ 为Kk-Wz基线对比结果, \*为K2-Ws基线对比结果, 误差棒为 $\Delta UT1$ 的形式误差. 从图可知, 总体上Kk-Wz基线与K2-Ws基线在相同观测时段下 $\delta UT1$ 在误差范围内吻合, 此外, 可发现OPAR提供的K2-Ws结果存在较明显的偏差, 很有可能其解算时采用的初始台站坐标存在较大的偏差.

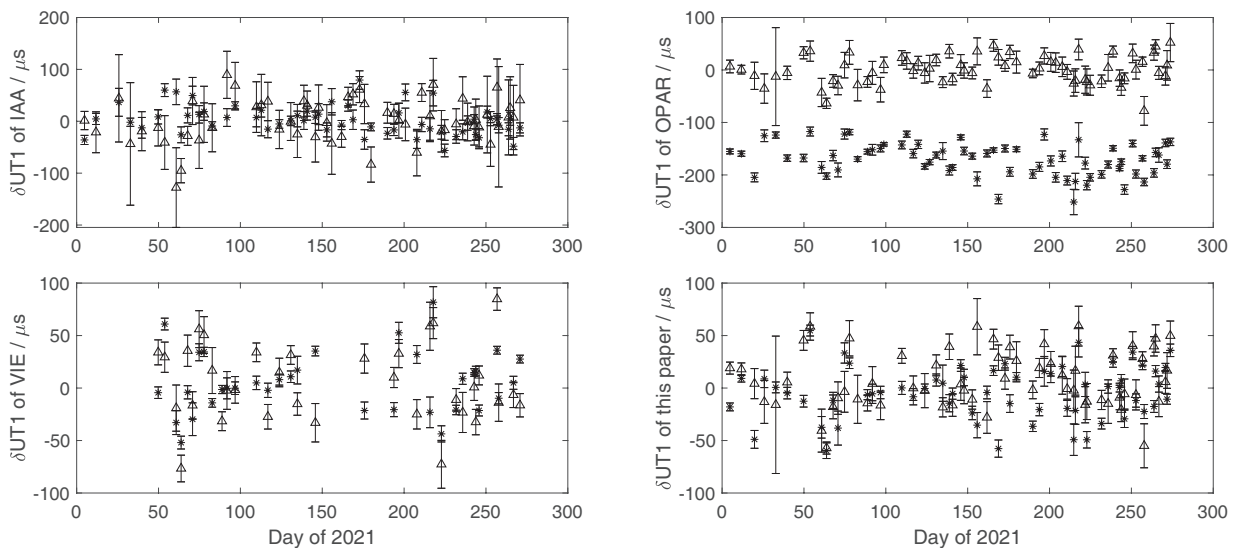


图 4 不同分析中心测定的 $\Delta UT1$ 相对C04序列的差异.  $\Delta$ 为Kk-Wz, \*为K2-Ws.

Fig. 4  $\Delta UT1$  time series of different analysis centers w.r.t. C04.  $\Delta$  represents the Kk-Wz baseline, and \* represents the K2-Ws baseline.

表3给出了各个分析中心加强观测结果的统计信息, 包括相对C04序列的平均偏差, 平均偏差的RMS (Root Mean Square), 平均形式误差等, 其中OPAR的结果, 在扣除偏差平均值后, 其RMS则为30.8  $\mu s$ . 因OPAR、IAA、VIE在解算时, 采用EOP

的预报值作为先验值, 而本文先验值则为IERS C04的事后精密序列, 极移先验值要优于其他分析中心, 以至整体结果较优. 通过本文处理的K2-Ws与Kk-Wz的结果可知, K2-Ws得到的 $\Delta UT1$ 形式精度比Kk-Wz提高1倍<sup>[17]</sup>, 且在与C04序列的一致性

上, 略优于Kk-Wz基线.

表 3 不同分析中心的 $\delta UT1$ 统计结果  
Table 3 The statistical  $\delta UT1$  results of different analysis centers

Type	Session Number	Mean Offset/ $\mu s$	RMS/ $\mu s$	Mean Formal Error/ $\mu s$
Kk-Wz (IAA)	58	2.8	41.6	44.1
K2-Ws (IAA)	58	2.5	27.8	14.6
Kk-Wz (OPAR)	68	0.4	26.6	18.4
K2-Ws (OPAR)	68	-170.1	172.8	8.3
Kk-Wz (VIE)	34	4.9	36.8	14.2
K2-Ws (VIE)	34	5.2	29.8	7.1
Kk-Wz (this paper)	61	7.9	28.2	14.2
K2-Ws (this paper)	61	-4.0	25.3	7.4

对于加强观测, 由于仅对站间钟差、各站天顶湿时延和 $\Delta UT1$ 进行估计, 在射电源坐标、站

坐标相对准确情况下, 初始极移的偏差将是影响 $\Delta UT1$ 的主要误差源之一, 因此本文定量研究了不同的先验极移精度对于 $\Delta UT1$ 的影响. 图5为Kk-Wz和K2-Ws分别在0.1 mas、0.5 mas和1 mas极移偏移误差下得到的 $\Delta UT1_{0.1}$ 、 $\Delta UT1_{0.5}$ 和 $\Delta UT1_1$ 与极移未偏移得到的 $\Delta UT1$ 对比( $DUT1 = \Delta UT1 - \Delta UT1_{offset}$ , 其中offset可为0.1、0.5、1), 该值可反映出先验极移偏差对于 $\Delta UT1$ 估计误差的传递关系. 图5的上两图为极移X分量(Xpole)影响, 下两图为极移Y分量(Ypole)的影响. 从下图可知, Ypole的误差与 $\Delta UT1$ 估计存在较为明显的线性传递, 其每100  $\mu s$ 的误差将对Kk-Wz测定的 $\Delta UT1$ 引入1.3  $\mu s$ 左右的偏移, 对K2-Ws测定的 $\Delta UT1$ 引入1.1  $\mu s$ 左右的偏移. 对于Xpole, K2-Ws数据反映出的依赖关系的稳定性明显优于Kk-Wz基线, 其每100  $\mu s$ 的误差将对K2-Ws测定的 $\Delta UT1$ 引入1.7  $\mu s$ 左右的偏移. 若Xpole和Ypole均存在100  $\mu s$ 的误差, 则误差传递至K2-Ws基线的 $\Delta UT1$ 的误差则为2.8  $\mu s/100 \mu s$ , 同Nothnagel分析INT1数据得到2.3  $\mu s/100 \mu s$ 的结论接近<sup>[18]</sup>.

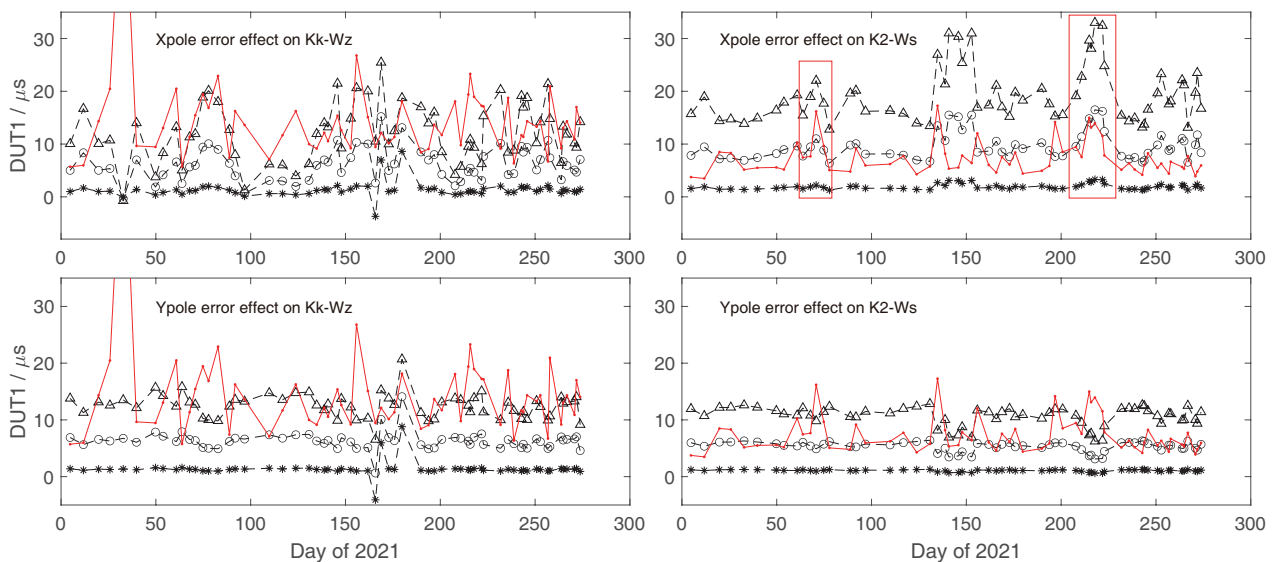


图 5 极移误差对Kk-Wz基线及K2-Ws基线测定UT1影响,  $\Delta$ 线表示1 mas偏移,  $\circ$ 线表示0.5 mas偏移,  $*$ 线表示0.1 mas偏移, 红线为 $\Delta UT1$ 形式精度.

Fig. 5 The impact of errors in polar motion on UT1 for Kk-Wz and K2-Ws, the line of  $\Delta$ ,  $\circ$  and  $*$  represent the pole offsets of 1 mas, 0.5 mas and 0.1 mas, and the red line is formal error of  $\Delta UT1$ .

此外, 根据 $\Delta UT1$ 形式精度抖动可知, K2-Ws观测比Kk-Wz稳定, 且形式精度与极移误差影响的相关性也相对明显, 如图5右上图的矩形框区域. 对于Kk-Ws观测, 因形式误差不稳定, 受极移误差的影响波动大, 且部分观测时段下, 如第32 d、100 d, 即使存在较大极移偏差 $DUT1$ 的变化也非常小, 主要因其有效观测数目少(12个), 导致射电源天区分布差, 极移的偏差被站间钟差和湿大气所吸收, 进而未能在 $\Delta UT1$ 中体现. K2-Ws观测在形式精度相对较小时受极移误差的影响比较稳定, 而形式精度较差时极移误差将对 $\Delta UT1$ 产生较大的影响, 如第70 d前后(台站环境湿度大)和215 d前后(Ws仰角都在 $30^\circ$ 以内), 这在图4的同一时段下得到体现, 不同分析中心存在较大差异.

图6为K2-Ws基线30 min和1 h观测情况下测得的 $UT1$ 对比情况, 其中上三角表示1 h结果, 右三角表示前30 min结果, 圆圈表示后30 min结果.

从图可知30 min与1 h测量结果整体变化趋势相一致. 表4给出了基于18:30—19:30、18:30—19:00、19:00—19:30数据集结果的统计信息, 可知, 在与C04一致性上, 三者得到的结果差异不大, 因30 min观测数减少, 形式精度增大至 $11.1 \mu s$ , 整体上仍优于Kk-Wz结果. 若VGOS测站采用最高记录速率时(32 Gbps), 30 min观测在减少数据量的同时, 也保证了测量精度, 可超快速测量 $UT1$ .

表 4 K2-Ws不同观测时长 $\delta UT1$ 统计结果  
Table 4 The statistical  $\delta UT1$  results of different observed time on K2-Ws baseline

Time	Mean Scan	Mean Offset / $\mu s$	RMS/ $\mu s$	Mean Formal Error/ $\mu s$
18:30—19:30	40	-4.0	25.3	7.4
18:30—19:00	20	-1.8	27.1	11.2
19:00—19:30	20	-2.7	22.7	11.0

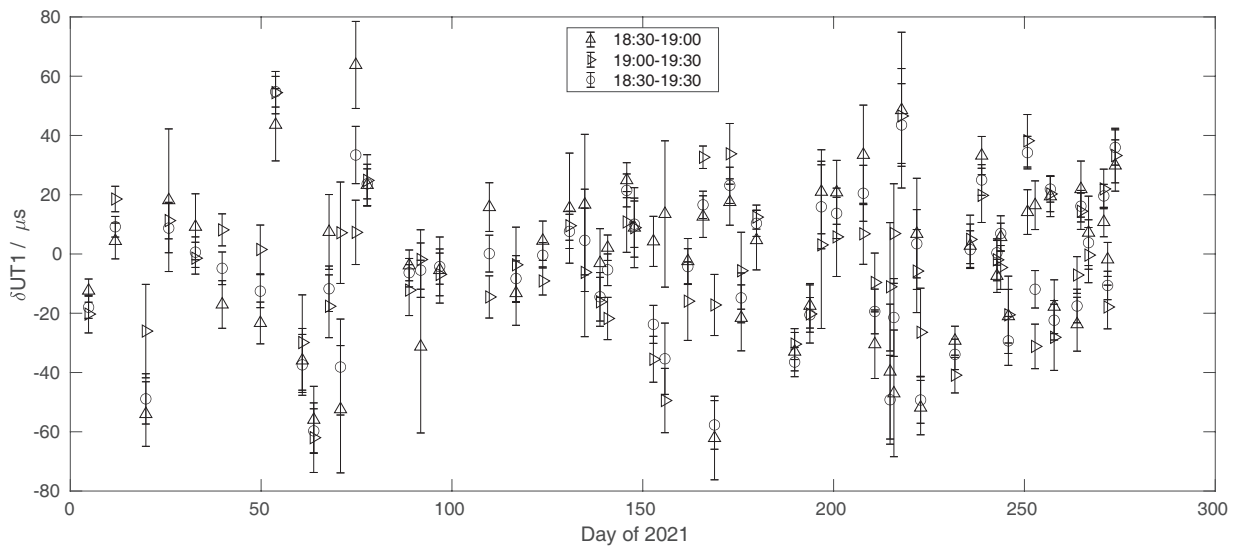


图 6 K2-Ws 1 h与30 min测得 $\Delta UT1$ 相对于C04的时间序列

Fig. 6  $\Delta UT1$  time series of one hour and half hour observed by K2-Ws w.r.t. C04

### 3.2 S6-U6基线

2021年初, 上海佘山13 m (S6)和乌鲁木齐南山13 m (U6)建成, 截至7月, 同国内其他台站共开展了8次24 h VGOS测地观测. 本文利用18:30—19:30

(UT)时段两站的观测数据对 $UT1$ 进行估计分析, 其与K2-Ws的加强观测的比较如图7所示. 因S6-U6基线长度为K2-Ws基线的1/3, 对应 $UT1$ 精度要低于K2-Ws基线, 但两基线相近时刻所测结果的趋



势保持一致. 表5给出了S6-U6基线8次加强观测情况及统计结果, 可知S6-U6基线测得的 $\Delta UT1$ 与C04的平均偏差在 $-19.2 \mu\text{s}$ , RMS为 $46.2 \mu\text{s}$ , 平均形式

精度为 $17.7 \mu\text{s}$ , 相比于余山25 m和南山25 m基线的 $15\text{--}40 \mu\text{s}$ 形式精度, 整体得到提升<sup>[19]</sup>.

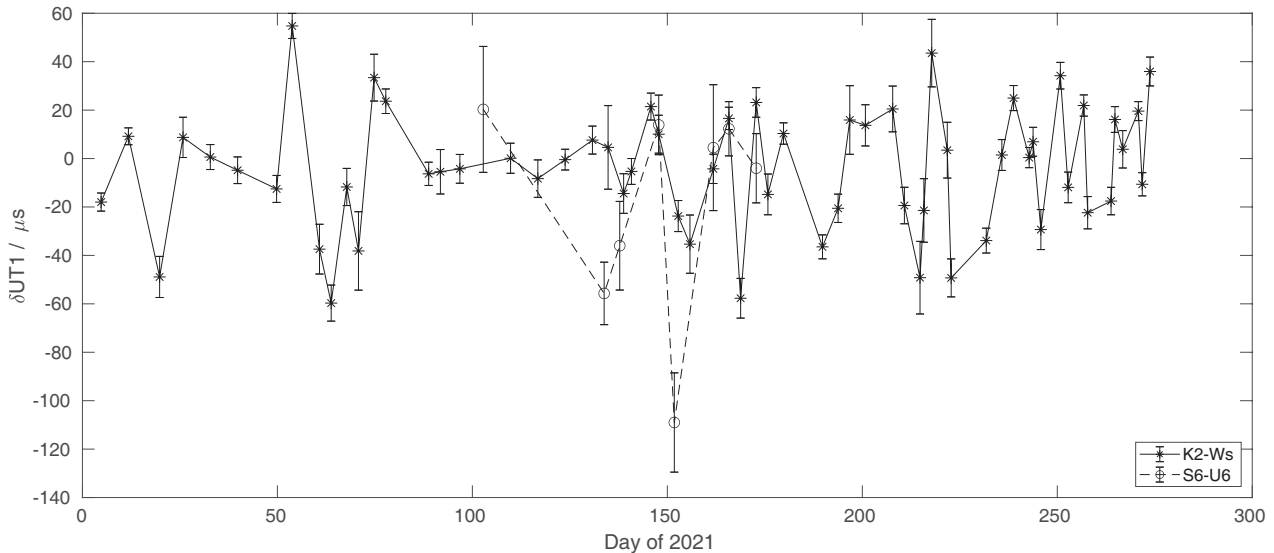


图 7 K2-Ws与S6-U6实测结果对比

Fig. 7  $\Delta UT1$  time series of K2-Ws and S6-U6 w.r.t. C04

表 5 2021年S6-U6基线 $\delta UT1$ 结果  
Table 5 The  $\delta UT1$  result of S6-U6 in 2021

Time	Scan	Offset/ $\mu\text{s}$	Formal Error/ $\mu\text{s}$
04-12 18:30—19:30	34	20.3	26.0
05-13 18:30—19:30	37	-55.7	12.9
05-17 18:30—19:30	30	-36.0	18.3
05-27 18:30—19:30	28	13.9	12.3
05-31 18:30—19:30	23	-109.0	20.5
06-10 18:30—19:30	34	4.5	26.0
06-14 18:30—19:30	23	12.3	11.2
06-21 18:30—19:30	38	-40.0	14.3
Mean		-19.2	17.7
RMS		46.2	

## 4 总结

截至2021年, 全球已有9个VGOS观测站开展

常规观测, 其中K2-Ws的UT1加强观测已实现例行化观测服务. 本文首先针对2021年同时段K2-Ws与Kk-Wz基线的数据进行了比较分析, 结果表明, VGOS 1 h观测测得的 $\Delta UT1$ 平均形式精度为 $7.4 \mu\text{s}$ , 较传统INT1基线提高1倍, 且与IERS C04的一致性上, K2-Ws所测的 $\Delta UT1$ 相对于IERS C04序列偏差的RMS为 $25.3 \mu\text{s}$ , 略优于Kk-Wz的 $28.2 \mu\text{s}$ . 其次, 分析了初始极移的精度影响, 表明, K2-Ws基线因1 h观测数目多, 受极移初始值误差的影响比Kk-Wz稳定, 每 $100 \mu\text{as}$ 的极移误差将对 $\Delta UT1$ 引入 $2.8 \mu\text{s}$ 的偏移. 然后对K2-Ws 30 min的观测数据进行分析, 可知数据记录量减半的同时, 其测定的 $\Delta UT1$ 与1 h观测相当, 可用于UT1超快速获取.

最后, 针对国内于2021年初建成并处于测试阶段的VGOS观测站, 基于8次24 h VGOS测试数据, 开展了乌鲁木齐南山13 m和上海余山13 m单基线测定UT1研究, 其测量得到UT1 RMS为 $46.2 \mu\text{s}$ , 后



续可长期组织开展单基线1 h UT1加强观测, 以检验其测定能力.

**致谢** 感谢上海天文台舒逢春老师提供上海佘山和乌鲁木齐南山VGOS站的相关处理结果.

### 参考文献

- [1] Thompson A R, Moran J M, Swenson G W Jr. *Interferometry and Synthesis in Radio Astronomy*. New York: John Wiley & Sons, Ltd, 2001
- [2] Teke K, Kayıkçı E T, Böhm J, et al. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 2012, 1: 17
- [3] Nothnagel A, Artz T, Behrend D, et al. *JGeod*, 2017, 91: 711
- [4] Robertson D S, Carter W E, Campbell J, et al. *Nature*, 1985, 316: 424
- [5] Yoshino T, Hama S, Shiomo T, et al. *AdSpR*, 1986, 6: 13
- [6] 王广利, 徐明辉. *天文学报*, 2012, 53: 222
- [7] Wang G L, Xu M H. *ChA&A*, 2012, 36: 408
- [8] Nilsson T, Haas R. *JGRB*, 2010, 115: B03407
- [9] Anderson J M, Xu M H. *JGRB*, 2018, 123, 10162
- [10] Niell A, Whitney A, Petrachenko B, et al. *VLBI2010: Current and Future Requirements for Geodetic VLBI System*. *IVS 2005 Annual Report*, 2006: 13
- [11] Martí-Vidal I, Mus A, Janssen M, et al. *A&A*, 2020, 646: A52
- [12] 黄逸丹, 刘磊, 舒逢春, 等. *测绘学报*, 2020, 49: 423
- [13] Xu M H, Anderson J M, Heinkelmann R, et al. *JGeod*, 2021, 95: 51
- [14] Mikschi M, Böhm J, Schartner M. *AdG*, 2021, 55: 23
- [15] Haas R, Varenus E, Matsumoto S, et al. *Earth, Planets and Space*, 2021, 73: 78
- [16] Barrett J, Cappallo R, Corey B, et al. *VGOS Data Processing Manual*. MIT Haystack Observatory, 2019
- [17] 黄逸丹, 舒逢春, 何旋, 等. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2021, DOI: 10.13203/j.whugis20210084
- [18] Nothnagel A, Schnell D. *JGeod*, 2008, 82: 863
- [19] 张志斌, 王广利, 刘祥, 等. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2013, 38: 911

## The Evaluation of UT1 Measurement Based on VGOS Single Baseline Observation

YAO Dang ZHANG Zhi-bin LI Jin-ling WANG Guang-li  
(*Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030*)

**ABSTRACT** The one-hour UT1 (Universal Time) intensive observations carried out by VGOS (VLBI ((Very Long Baseline Interferometry)) Global Observing System) single baseline in 2021 are analyzed. It shows that the RMS (Root Mean Square) of the difference between UT1 measured by VGOS and UT1 provided by IERS (International Earth Rotation Service) C04 is 25.3  $\mu\text{s}$ , which is better than 28.2  $\mu\text{s}$  of traditional S/X UT1 intensive observation (INT1), and the mean formal error of UT1 is improved from 14  $\mu\text{s}$  to 7  $\mu\text{s}$ . Because the scan number of VGOS observations is twice that of INT1 in one hour, the measured UT1 is more stable under the impact of errors in polar motion. 100  $\mu\text{s}$  errors in polar motion will introduce a 2.8  $\mu\text{s}$  offset in UT1. In addition, the data of VGOS half-hour observation is analyzed. The UT1 result is equivalent to the one-hour, indicating that the VGOS half-hour observation can be used for the ultra fast service of UT1. At the same time, this paper analyzes and evaluates one-hour UT1 intensive observation on Sheshan 13 m and Nanshan 13 m baselines. The RMS of eight observations is 46.2  $\mu\text{s}$  and the average formal error is 17.7  $\mu\text{s}$ , which is significantly improved compared with the Sheshan 25 m and Nanshan 25 m baselines.

**Key words** techniques: interferometric, earth, time, methods: data analysis