

时间频率专业数据集

ISSN 2096-2223

CN11-6035/N



文献 DOI:

10.11922/csdata.2019.0077.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.917

文献分类: 空间天文

收稿日期: 2019-11-29

开放同评: 2019-12-10

录用日期: 2020-05-18

发表日期: 2020-06-23

章宇^{1,2}, 王燕平^{1,2}, 袁海波^{1,2,3*}, 董绍武^{1,2,4}

1. 中国科学院国家授时中心, 西安 710600
2. 中国科学院时间频率基准重点实验室, 西安 710600
3. 中国科学院大学光电学院, 北京 100049
4. 中国科学院大学天文与空间科学学院, 北京 100049

摘要: 标准时间频率系统是国家重要的战略基础设施, 在国民经济和国家安全方面起着基础保障作用。时间频率数据资源是国家重要信息资源之一, 推动着时间频率中守时、授时和时间频率应用的发展。在大数据融合的背景下, 时间频率专业数据集在中国科学院科学大数据工程项目支持下应运而生。本数据集通过依托中国科学院国家授时中心 (NTSC) 定期向国际计量局 (BIPM) 提交我国国家标准时间系统测量比对数据、国际计量局国际原子时 (TAI) 归算数据、全球各守时实验室保持的本地时间 UTC (k) 与协调世界时 (UTC) 的偏差数据, 及各实验室原子钟在国际原子时归算中所占的权重公报 (w 公报)、速率公报 (r 公报) 等数据, 通过数据字典匹配, 生成 TAI(k)、UTC (k)、参与 TAI 归算的原子钟权重、速率等数据集。此外, 数据集扩展包括《时间频率公报》电子版以及收集到的国际地球自转服务机构 (IERS) 公布的地球自转 A、B、C、D 公报相关内容。本数据集为 2018–2019 年数据, 采用时频科学数据规程控制数据质量。未来, 随着数据库资源的不断完善, 时间频率专业数据集可以为时频科学研究及国家标准时间频率用户提供更加丰富准确的基础科学数据支持。

关键词: 时频体系; 原子钟权重; 原子钟速率; NTSC 时频公报; 地球自转公报; 数据质量

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	时间频率专业数据集
数据作者	章宇、王燕平、袁海波、董绍武
数据通信作者	袁海波 (yuanhb@ntsc.cn)
数据时间范围	2018–2019年
地理区域	全国
数据格式	*.xls*.txt
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/917
基金项目	中国科学院信息化专项科学大数据工程 (XXH135)
数据库 (集) 组成	数据集由7部分数据组成, 主要包含原子钟权重、原子钟速率、NTSC时频公报、地球自转公报A报、地球自转公报B报、地球自转公报C报、地球自转公报D报。

* 论文通信作者

袁海波: yuanhb@ntsc.cn

引言

时间是目前基本物理量中测量精度最高的物理量，在科学技术研究、发展与应用中具有基础性作用，同时标准时间频率信号具有实时服务的重要职能，因此时间频率的作用不仅在基础领域研究、工程技术领域的探索方面，对于国民经济、社会民生等方方面面都有重大影响。中国科学院国家授时中心（NTSC，下简称国家授时中心）是我国的标准时间、标准频率的产生、发播单位，在我国时频科学领域有着举足轻重的作用，为国民经济建设做出了重大贡献。国家授时中心产生并保持有我国时间频率大量科学数据，汇集建设时频科学数据集并进行发布共享，不仅对于基础的时间频率相关领域研究有重大意义，同时对于时频设备的制造、导航技术的研究也能够提供丰富的时频基础数据支持。在实现学科数据大融合的背景下，时间频率特色数据集的建设对于促进科技创新和经济社会发展有重大作用，填补了时间频率学科科学数据集建设的空白。

国家授时中心有多台高性能原子钟，是参与全球国际原子时归算的重要实验室^[1]。国家授时中心每周向国际计量局（BIPM, Bureau International Des Poids et Mesures）发送每天 UTC 0h 的原子钟比对数据，BIPM 通过远程时间比对链路获得包括 UTC (NTSC)在内的全球各守时实验室原子钟与国际比对中心站 UTC (PTB)的时差，运用加权平均算法得到自由原子时（EAL），随后经过联合喷泉钟校准得到国际原子时（TAI），进而得到 UTC 与各守时实验室 UTC (k)的偏差、各守时实验室原子钟一个月的平均速率值、原子钟在国际原子时计算中的权重值，以 T 公报、w 公报及 r 公报形式，每月月初通过 BIPM 网站发布，本月发布数据为上月计算结果。本论文依据 BIPM 公布的 2018–2019 年原子钟的权重、速率报文，通过数据字典匹配关系得到 UTC (NTSC)的原子钟权重、速率信息，收集国家授时中心每月出版的时间频率公报以及国际地球自转服务机构（IERS）公布的地球自转公报相关内容，对数据进行校验、规范化处理，形成数据集。其中，数据字典即数据字段类型等信息，具体来讲其结构包含 BIPM 交互数据 TAI_TA 编号、BIPM 交互数据 UTC_UTC 编号、BIPM 交互数据文件编号、科研机构（实验室）编号、国家授时中心原子钟自编号、原子钟国际编号、原子钟权重编号、原子钟速率编号、原子钟权重_儒略日、原子钟速率_儒略日、原子钟权重_权重、原子钟速率_速率、原子钟权重/速率是否标记为删除等信息。

本文详述了时间频率特色数据集数据产生的过程、数据的结构、数据的预处理、同时验证了数据集的有效性，对于数据集的价值也进行了一定的阐述。此外，对于时频数据集的未来发展，如多模导航系统兼容及互操作等方面应用进行了介绍。在生成数据集，管理数据集的过程中，同时形成数据管理规范，进而控制时频科学数据质量，为更好地实现时频科学数据共享提供强有力支撑，也为数据用户提供完整的时频科学数据服务提供保障。

1 数据采集和处理方法

UTC (NTSC)守时系统本地比对系统及远程时间比对链路比对数据产生的原理如图 1 所示。UTC (NTSC)每隔一个小时进行一次主钟与各守时原子钟的比对，并将所得的钟差比对结果采集存储于数据库中，文件命名为 mc 及 jm，更新频率为每小时一次，即为源数据。每周向 BIPM 发送一次前一周测量的 UTC 早上八点比对数据，BIPM 获取到全球各实验室数据，经过归算得到权重、速率报文。我们在 BIPM 官网下载数据报文，并对数据报文信息提取、整合，随后得到我们的原子钟权重、速

率数据集。

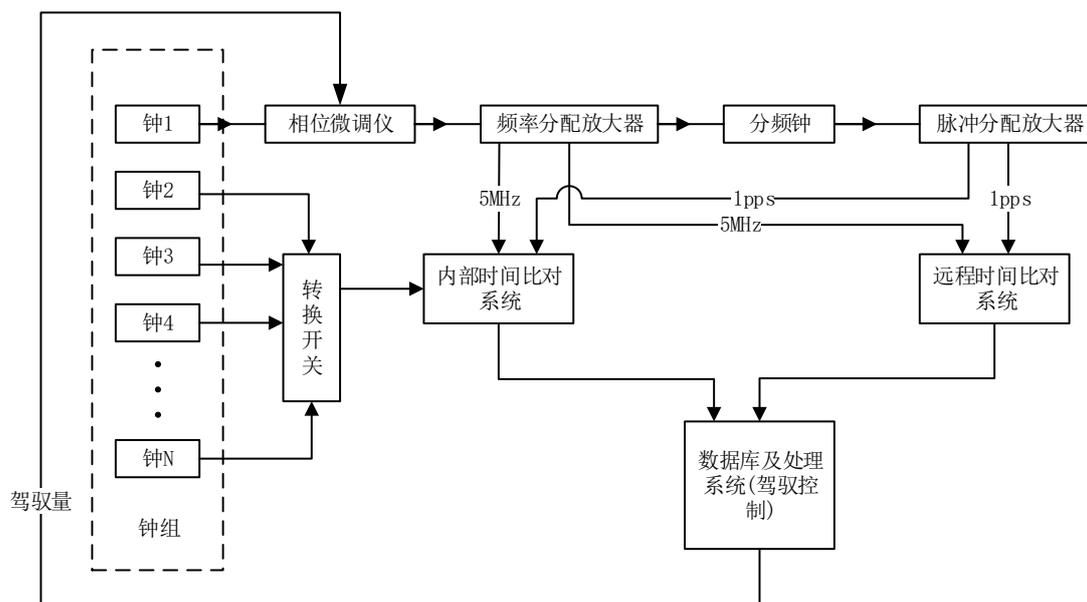


图1 NTSC守时比对系统原理图

此外，国家授时中心通过统计我国长波授时台（BPL）时间信号、短波授时台（BPM）的 UTC、世界时 UT1 时号等相对于 UTC (NTSC) 的发播时间^[2]、采集 BIPM 公布的 Circular-T 公报协调世界时 UTC 与国家授时中心保持的协调世界时 UTC (NTSC)、综合原子时 UTC (JATC) 偏差等形成时频公报，通过获取到时频公报电子版进行整理形成时频公报数据集。

通过在 IERS 官网下载地球自转参数报文，完成地球自转公报数据采集。

1.1 数据来源

1.1.1 原子钟速率数据的产生过程

BIPM 接收到国家授时中心在内的全球参与 TAI 归算的各守时实验室的钟差数据、以 GNSS PPP（全球卫星导航系统精密单点定位时间传递）和 TWSTFT（卫星双向时间频率传递）等远距离时间频率比对技术得到的 UTC (PTB) 与 UTC (NTSC) 的相位偏差^[3]，以此二者为数据基础利用 ALOGOS 算法^[4]可以计算得到 EAL，对 EAL 经过校准得到 TAI。由国际原子时 TAI 与世界时 UT1^[5]协调获得协调世界时 UTC。

随后，经过换算可以得到 UTC 与 UTC (NTSC) 的相位偏差，结合 UTC (NTSC) 和原子钟 clock(i) 钟差数据，可以求得 UTC 相对 NTSC 的各台原子钟 clock(i) 相位差，对此数据进行最小二乘拟合可以得到 NTSC 各台原子钟相对于 UTC 的速率。

1.1.2 原子钟权重数据产生原理

首先，利用之前一个月迭代计算出的权重作为本次计算的权重，然后计算出钟 h_i 相对于自由原子时 EAL 的相位差。

随后，计算每个月的实际频率值 $y_{i,l}$ 与预报值 $S_{i,l}$ 的绝对偏差：

$$\varepsilon_{i,l} = |y_{i,l} - S_{i,l}| \quad (1)$$

其中 i 表示第 i 台钟, l 表示计算的时间间隔。随后求出 $\varepsilon_{i,j}^2$ 。

该算法认定新的测量数据更具有可靠性, 所以利用如下公式求出方差:

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^M \left(\frac{M+1-j}{M}\right) \varepsilon_{i,j}^2}{\sum_{j=1}^M \left(\frac{M+1-j}{M}\right)} \quad (2)$$

其中, j 表示计算间隔, M 代表月份 (范围是 5–12 月, 5 个月是一台钟参与 UTC 计算的最小周期, 而一年 12 个月则是标准的观测周期^[6]), N 代表原子钟个数。

则可以得到原子钟的权重如式 (3):

$$w = \frac{1/\sigma_i^2}{\sum_{i=1}^N 1/\sigma_i^2} \quad (3)$$

由于该算法强调可预测性, 当一台钟可预测性较好的时候会占据较大的权重, 一旦该钟出现故障, 则系统的可靠性就会大大降低, 因此引入最大权限值的规则, 即当原子钟 h_i 的权重超过最大权限值的 $w_{\max}=4/N$ 的时候, 值为 w 。

此外, 当一台钟的性能变差时, 如检验到实际的钟速与预测钟速超过 5 ns/day, 即在计算间隔内预报钟差与实际钟差的计算结果超过 150 ns, 则该钟权重为 0。采用这种方法可剔除参与 UTC 计算 1% 的钟数^[6]。

以上权重、速率值是每台原子钟每月对应一个值。可通过 BIPM 官网下载相关报文, 随后人工上传数据库^[7], 数据库经过数据字典匹配自动采集 NTSC 对应约化儒略日、对应钟号的权重、速率值, 至此, 权重、速率数据集生成, 可为原子钟使用单位和个人, 标准时间使用单位和个人共享查询, 随后导出 xlsx 文件。

1.1.3 时频公报数据的产生

国家授时中心多年来积累了大量的时间频率科学数据, 一方面, 国家授时中心具有长期的国际合作经验, 在数据自动化传输方面, 技术已经成熟可靠, 能够保障现有数据的完整性、准确性, 另一方面国家授时中心作为我国标准时间产生和发播单位, 产生大量高精度时间基准数据。国家授时中心依据严格的时频科学数据质量控制规范以时间顺序梳理汇总时频数据, 并以文本文件的形式保存, 整合后以时间频率公报形式, 定期公开出版发行。本文时间频率公报数据集是通过对 Excel 格式的《时间频率公报》进行采集形成的, 以便于用户的下载以及使用。

1.1.4 地球自转公报数据的产生

IERS 通过统筹全世界的观测台站数据, 经过 IERS 中心进行汇总处理并进行分析, 得出联测地球自转变化参数并发布, 主要应用于地球变化的监测、地球定向参数标准及规范的提供等。本文地球自转公报数据集主要收集地球自转 A、B、C、D 公报, 因其涉及国际闰秒的调整预报、国际协调世界时与国际原子时的偏差预报, 世界时与协调世界时的偏差预报等时间频率相关参数预报。通过对公报采集并整合, 形成地球自转公报数据集。

1.2 数据预处理

钟差比对结果出现异常值, 及由于断电或者是采集程序的故障引起数据缺失, 会使得一个正常的钟获得不合理的评估, 使得较好的钟反而获得较小的权重。因此, 在报送 BIPM 之前需要对数据进行预处理。

对于异常值剔除采用莱特准则, 原理如下:

首先对实测钟差数据进行拟合为 S_i , 则实测值与拟合数据的残差为:

$$\Delta h_i(t) = h_i(t) - s_i(t) \quad (4)$$

以残差为基础值, 随后计算方差:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (\Delta h_i(t) - \overline{\Delta h_i})^2 \quad (5)$$

其中, $\overline{\Delta h_i}$ 为均值, 假设在 t_1 时刻, 满足式(6)条件:

$$|h_i(t_1) - s_i(t_1)| > 3\sigma \quad (6)$$

则视 $h_i(t_1)$ 为检测出的异常值, 随后以拟合值替代异常值:

$$h_i(t_1) = s_i(t_1) \quad (7)$$

对于原子钟比对结果的缺少值可利用线性插值或最小二乘拟合^[8], 其实质是求解二次多项式系数, 二次项系数对应的是频漂, 一次项系数对应的是拟合钟速。以此方法补齐缺失数据, 使得数据完整性得到保障, 进而提高计算结果的准确性。

1.3 数据规范化处理

对于采集到的数据进行人工的核验工作, 数据量小的时候采用遍历的方法。如果对应原子钟标号有数据缺失, 再次进行导入报文操作。对于导入时系统出现错误提示, 则需检测报文是否完整、格式是否正确。数量大的时候, 可以通过采取抽检的方式或是依据文件约化儒略日日期来确认文件采集更新是否正常。需要明确的数据集更新频率标准是 BIPM 的权重 w 公报每月更新一次, BIPM 的速率 r 公报每月更新一次, NTSC 时频公报每月更新一次, 地球自转公报 A 报每周更新一次, 地球自转公报 B 报每月更新一次, 地球自转公报 C 报按需更新, 地球自转公报 D 报按需更新。

2 数据样本描述

由上介绍, BIPM 公布的 r 公报、 w 公报的数据来源是包括 NTSC 在内的全球各国和重要地区守时实验室的原子钟比对结果, 以及通过远距离比对技术溯源到国际时间比对汇聚中心 (PTB) 的比对结果, 两者结合获得的。

BIPM 原子钟速率计算周期为一个月, 每月初公布上月相关约化儒略日对应的速率计算结果, 单位为 ns/day。其中, 不同数字编号对应了不同的钟的类型, 其中 35-表示铯原子钟、40-表示氢原子钟, 这两种守时原子钟占据了 NTSC 钟类型的绝大多数, 此外还有其他的钟类型。报文形式如 BIPM r19.08.txt, 即图 2 所示^[9]。

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
INTERNATIONAL ATOMIC TIME
MONTHLY RATES OF TAI-CLOCK
FOR INTERVALS OF ONE MONTH ENDING AT THE GIVEN DATES
(UNIT IS ns/day , 0.00 DENOTES THAT THE CLOCK WAS NOT USED)

LAB.	CLOCK	58569	58599	58634	58664	58694	58724
APL	35 1264	-4.58	-3.30	-2.87	-2.66	-1.58	-2.07
APL	35 1791	2.73	2.72	3.07	1.81	2.12	3.02
APL	35 904	26.39	25.67	27.82	26.85	26.36	24.51
APL	40 3107	44.70	45.61	46.51	47.21	47.53	47.72
APL	40 3108	615.27	617.82	620.48	623.07	625.25	627.46
APL	40 3109	19.55	20.09	20.43	20.56	20.49	20.44
AUS	36 340	0.85	2.08	-0.10	0.47	0.38	1.67
AUS	36 1141	8.11	10.95	10.65	11.33	8.75	14.07
AUS	36 654	-4.19	-4.95	-3.61	-4.80	-5.08	-3.76
AUS	36 2269	-1.82	-0.78	-1.30	-1.00	-0.32	-1.36
AUS	36 299	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.04
BEV	35 1793	-1.42	-1.64	-1.56	-1.29	-2.19	-2.38
BEV	35 3009	2.47	1.67	1.81	-0.32	-0.70	0.15
BEV	40 3452	-14.53	-11.84	-8.79	-6.55	-4.21	-1.53
BIM	18 8058	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.29
BIRM	35 2761	7.22	6.71	6.79	7.22	7.35	6.82
BIRM	41 5005	-300.57	-303.26	-305.67	-307.03	-309.28	-312.68
BIRM	35 2840	17.60	17.67	17.82	18.24	17.84	19.05
BIRM	35 3447	2.29	1.29	2.33	1.46	1.49	1.55
BIRM	35 3689	-9.46	-9.47	-9.01	-8.95	-8.89	-8.48

图2 BIPM 公布 r 报 (部分)

本文原子钟速率数据集由获得的 BIPM r 公报经过数据字典匹配得到 NTSC 相应钟号, 对应约化儒略日的原子钟速率信息生成, 具体如图 3 所示。

MJD	NTSC 40 296	NTSC 40 336	NTSC 5071A 2098	NTSC 5071A 2142	NTSC 5071A 2143	NTSC 5071A 2145	NTSC 5071A 2576
58359	110.75	111.03	4.04	7.85	-8.46	-5.51	0.61
58389	111.06	117.57	3.87	7.38	-8.04	-5.23	0.38
58419	111.39	124.17	4.04	7.2	-8.04	-4.95	0.77
58449	112	130.71	3.75	7.86	-7.01	-4.38	0.21
58479	112.8	137.08	4.31	8.09	-7.11	-4.96	0.17
58514	113.75	143.98	4.96	8.04	-7.42	-5.06	0.58
58539	114.32	150.4	4.41	8.15	-6.84	-4.54	-0.12
58569	114.83	156.47	5.42	8	-7.18	-5.22	0.77
58599	115.12	163.13	4.78	8.19	-6.92	-5.92	0.04
58634	115.12	170.51	5	8.14	-6.03	-4.83	0.15
58664	115.1	177.8	5.51	7.6	-6.75	-5.12	0.06
58694	115.03	184.52	4.15	7.56	-6.95	-5.23	0.83
58724	115	191.21	4.88	8.22	-5.91	-4.85	0.8
58754	115.17	197.78	5.38	8.12	-5.03	-4.2	0.11
58784	115.23	204.42	4.98	8.21	-5.77	-4.48	0.18

图3 UTC (NTSC)原子钟速率集 (部分)

依据速率数据集, 可分析原子钟每月的速率变化情况, 即频漂情况。如果速率变化较大则说明原子钟的性能下降, 即原子钟运行不稳定; 反之, 则说明原子钟运行良好。

原子钟权重的大小是国际原子时归算时的参数和衡量原子钟长期性能水平的标志^[10]。根据原子钟的性能确定其权重,可以充分发挥性能优良的原子钟优势,以及在原子时计算中的重要地位。BIPM 原子钟权重计算周期为一个月,每月初公布上月相关约化儒略日对应权重的计算结果。报文形式如 BIPM w19.08.txt 即图 4 所示^[9]。

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
INTERNATIONAL ATOMIC TIME
RELATIVE WEIGHTS (IN PERCENT) OF THE CLOCKS
FOR INTERVALS OF ONE MONTH ENDING AT THE GIVEN DATES
(***** DENOTES THAT THE CLOCK WAS NOT USED)

LAB.	CLOCK	58569	58599	58634	58664	58694	58724
APL	35 1264	0.071	0.025	0.033	0.032	0.036	0.029
APL	35 1791	0.017	0.021	0.024	0.019	0.021	0.019
APL	35 904	0.004	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005
APL	40 3107	0.417	0.134	0.156	0.160	0.157	0.156
APL	40 3108	0.288	0.173	0.211	0.229	0.244	0.266
APL	40 3109	0.462	0.146	0.187	0.177	0.188	0.206
AUS	36 340	0.040	0.032	0.018	0.017	0.018	0.017
AUS	36 1141	0.000	0.000	0.004	0.005	0.003	0.000
AUS	36 654	0.038	0.041	0.021	0.018	0.021	0.012
AUS	36 2269	0.021	0.017	0.020	0.021	0.021	0.019
AUS	36 299	*****	*****	*****	*****	*****	0.000
BEV	35 1793	0.105	0.108	0.132	0.139	0.078	0.085
BEV	35 3009	0.081	0.068	0.076	0.035	0.036	0.018
BEV	40 3452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.146	0.127
BIM	18 8058	*****	*****	*****	*****	*****	0.000
BIRM	35 2761	0.000	0.000	0.094	0.097	0.128	0.078
BIRM	41 5005	0.000	0.000	0.197	0.042	0.052	0.025
BIRM	35 2840	0.000	0.000	0.029	0.038	0.042	0.030
BIRM	35 3447	0.000	0.000	0.000	0.021	0.031	0.038
BIRM	35 3689	0.000	0.000	0.000	0.330	0.478	0.250

图 4 BIPM 公布 w 报 (部分)

本文原子钟权重数据集由获得的 BIPM w 公报经过数据字典匹配得到 NTSC 相应钟号,对应约化儒略日的原子钟权重信息生成,具体如图 5 所示。

MJD	NTSC 40	296	NTSC 40	336	NTSC 5071A	2098	NTSC 5071A	2142	NTSC 5071A	2143	NTSC 5071A	2145
58359		0.506		0.218		0.089		0.128		0.077		0.059
58389		0.609		0.235		0.097		0.135		0.084		0.073
58419		0.775		0.243		0.117		0.185		0.093		0.095
58449		0.67		0.283		0.13		0.113		0.082		0.128
58479		0.612		0.357		0.127		0.149		0.088		0.11
58514		0.669		0.449		0.124		0.154		0.078		0.131
58539		0.61		0.526		0.079		0.162		0.072		0.097
58569		0.675		0.614		0.066		0.184		0.079		0.085
58599		0.581		0.66		0.055		0.187		0.087		0.079
58634		0.392		0.76		0.064		0.224		0.075		0.036
58664		0.378		0.883		0.059		0.153		0.047		0.035
58694		0.417		1.105		0.031		0.178		0.051		0.037
58724		0.444		1.096		0.027		0.098		0.033		0.035
58754		0.413		1.093		0.025		0.093		0.032		0.034
58784		0.47		1.127		0.023		0.103		0.021		0.033

图 5 UTC (NTSC)原子钟权重集 (部分)

随机选取 NTSC 的 6 台高性能原子钟,其中氢钟 3 台,铯钟 3 台,分析 2019 年权重分布情况,相关结果如图 6 所示。由图可得铯钟所占的权重普遍较小,氢钟所占权重普遍较大。这是由于 2014 年后 BIPM 改进 ALGOS 算法更强调原子钟的可预测性,如果原子钟频率变化幅度稳定,可预测性

较强，则原子钟的权重占比较高。氢钟的短期稳定度较好，虽然有频漂但漂移稳定，可预测性较强。铯钟长期稳定性好，短期稳定性较差、频漂不稳定难以预测，故氢钟所占的比重整体高于铯钟所占比。

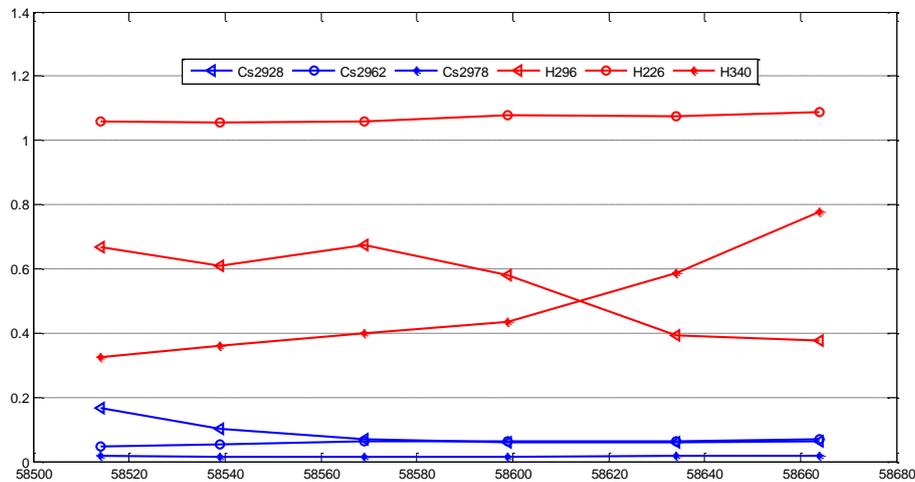


图 6 氢、铯原子钟的权重分布

时频公报数据集数据结构除以上介绍外，还包括美国导航卫星全球定位系统（GPS）的时间信号等相对国家授时中心协调世界时系统 UTC (NTSC) 的时差数据，地方原子时 TA(NTSC) 与 UTC (NTSC) 的相位偏差，IERS 提供的地球自转参数的最终确定结果，同时还有相对 IERS 的 UT1 系统，利用我国短波授时系统给出了世界时时号的改正数，计算了以 JYD 为原点的地极坐标等^[2]。以此公报为基础，整理并发布。

IERS 的 A 公报主要给出地球方向参数、世界时 UT1 与协调世界时 UTC 差值及其每日间隔的误差、对未来 1 年的预测值，地球自转 B 公报主要提供了有关地球方向的最新信息，包括世界时间，地球极坐标和天极偏移，地球自转 C 公报主要是提供 UTC 的闰秒信息，以及协调世界时 UTC 与国际原子时 TAI 的相对差值、地球自转 D 公报则是给出 UT1 与 UTC 的差值，并在一定精度范围内发送^[1]。

3 数据质量控制和评估

为保证数据质量，时间频率数据集有效实现共享，结合《时频科学数据质量控制规程》、《时频科学数据库数据上传管理规定》（内部规程、规定）对数据集进行三阶段控制，具体如下：

第一阶段：数据格式规范划分，分析原始时频数据产生的规律、数据特点、文件类型，建立各种原始数据整理的规范格式，即形成时频数据字典。

第二阶段：数据导入原则，将时频原始数据转化成规范格式，提交到时频数据库中。一方面按照数据集数据增新的要求，按质按时提交新增数据到数据库中；另一方面按倒时顺序整理正式试运行前的数据，不断追加到数据库中，逐步提前数据集的起始数据的起点，最大限度地保护原始数据。

第三阶段：数据集校验，分为导入数据前人工校验、数据库校验（报文格式、钟号、MJD 等校验）、上传数据后导出数据集抽检。

4 数据使用方法和建议

数据集的使用方法和建议,从三个方面举例说明:一是可开展对于守时实验室守时能力的评估,守时实验室参与计算 TAI 的原子钟数量越多、原子钟权重取值越大,说明守时实验室的影响力越大,同时依据 BIPM Circular-T 公报中 UTC 与 UTC(k)偏差数据,可评估守时实验室守时能力的强弱,如依据国家授时中心时频公报数据集可以得出 2018–2019 年 UTC (NTSC)相对于 UTC 的相位偏差保持在 ± 5 ns 之内,进而可分析 UTC (NTSC)的短期性能和长期性能,具体如图 7 所示。结合 BIPM Circular-T 公报数据集可以比较得出,国家授时中心的守时水平已居于世界前列。二是可应用于对于原子钟性能的评估,由 BIPM 守时原子钟权重数据集可以直观得出每台原子钟的性能差异,也可以以 BIPM 守时原子钟速率、权重数据集为基础计算原子钟的 ALLAN 方差^[12-13],评估原子钟的长期稳定性和短期稳定性。此外还可开展异常值研究,如频率、相位跳变和频漂等。三是对于时间尺度^[14]的研究,利用时间频率数据集资源,获得原子钟权重、速率数据和钟差数据,开展原子时尺度研究,可验证 ALOGOS、指数滤波 AT1 或全新设计的时间尺度算法,为提高原子时的保持水平,保障其稳定性、独立性,更好地驾驭控制本地标准时间的输出,提高守时能力发挥重要作用。

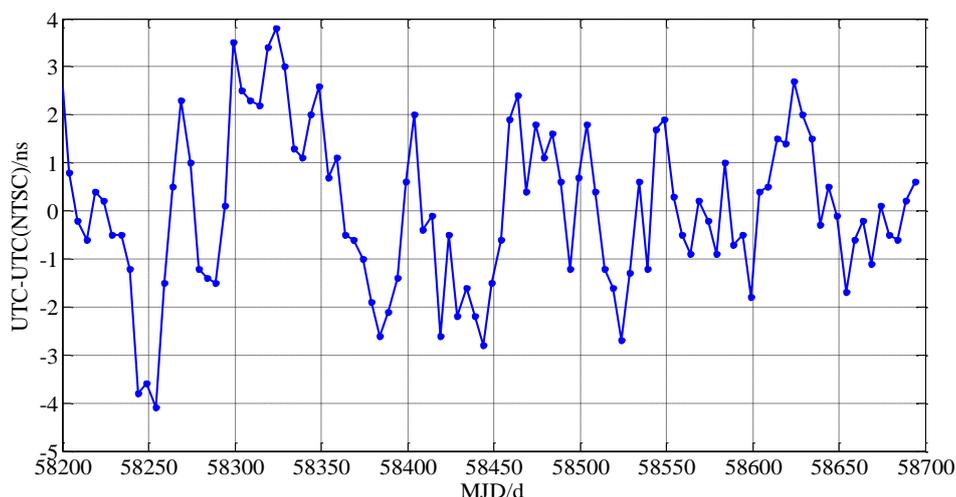


图 7 UTC (NTSC)相对于 UTC 的相位偏差

5 数据价值

时频专业数据集不仅包含国内时频相关数据,而且包含国际重要时频科学数据,数据来源较为广泛,包括 BIPM、IERS、NTSC 等。同时在数据的采集加工过程中、数据质量的把控中形成了数据管理质量体系规范。

本数据集的发布与共享,可进一步促进我国时频科学领域的研究,提高时频科学数据应用水平。未来,随着时间频率数据集的不断完善、共享,其意义将愈加深远,如研究范围将从时间频率信号产生、时间尺度建立、时间频率传递、时间频率测量、时间频率应用等各方面扩展延伸,可以开展时频系统误差分析研究,从而进一步促进我国守时、授时发播水平的提高,并为天基与地基多模导航技术研究提供重要的数据支撑。

数据作者分工职责

章宇（1992—），男，陕西省榆林市人，硕士，研究实习员，研究方向为时频系统数据处理。主要承担的工作：时间频率数据集数据采集与管理。

王燕平（1963—），男，山西省临汾人，大学本科，正高级工程师，研究方向为守时技术。主要承担的工作：数据库设计和数据库建库。

袁海波（1974—），男，陕西省咸阳市人，博士，研究员，博士生导师，研究方向为时间尺度计算、高精度时间传递等。主要承担的工作：时间频率数据集设计工作。

董绍武（1963—），男，陕西省榆林市人，博士，研究员，博士生导师，研究方向为我国标准标准时间 UTC (NTSC)产生保持。主要承担的工作：时间频率数据集设计与数据库运行管理。

参考文献

- [1] 赵书红. UTC (NTSC)控制方法研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院(国家授时中心), 2014.
- [2] 中国科学院国家授时中心. 时间频率公报[M]. 西安: 中国科学院国家授时中心出版社, 1979.
- [3] 董绍武. 守时中的若干重要技术问题研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院(国家授时中心), 2007.
- [4] HANADO Y, IMAE M, AIDA M, et al. Algorithm of ensemble atomic time[J]. NICT, 2003, 50:155-167.
- [5] 胡永辉, 漆贯荣. 时间测量原理[M]. 香港: 香港亚太科学出版社, 2000.
- [6] PANFILO G, ARIAS F. The Coordinated Universal Time (UTC)[J]. Metrologia, 2019, 56(4).
- [7] 王燕平, 董绍武, 袁海波. 时间频率科学数据库的建设和应用[C]. 全国时间频率学术会议, 四川成都, 2009.
- [8] 费业泰. 误差理论与数据处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [9] BIPM. Circular T [EB/OL]. (2019-08) [2019-09]. <https://www.bipm.org/en/about-us/>.
- [10] 胡锦涛, 李树洲, 李大志. 国际原子时进展中的原子钟[J]. 宇航计测技术, 2002, 22(05): 6-12.
- [11] IERS. A、B、C、D 报 [EB/OL]. (2018-2019) [2019-09]. https://www.iers.org/IERS/EN/Home/home_node.html.
- [12] 袁海波. 原子钟噪声数字化模拟与钟速动态预测模型研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院(国家授时中心), 2009.
- [13] 漆贯荣. 时间科学基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [14] ARIAS E F, PANFILO G, PETIT G. Timescales at the BIPM[J]. Metrologia, 2011, 48: S145-S153.

论文引用格式

章宇, 王燕平, 袁海波, 董绍武. 时间频率专业数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2020, 5(2). (2020-06-22). DOI: 10.11922/csdata.2019.0077.zh.

数据引用格式

章宇, 王燕平, 袁海波, 董绍武. 时间频率专业数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2019. (2019-11-28). DOI: 10.11922/sciencedb.917.

A dataset of time and frequency system

Zhang Yu^{1,2}, Wang Yanping^{1,2}, Yuan Haibo^{1,2,3*}, Dong Shaowu^{1,2,4}

1. National Time Service Center, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710600, P.R. China

2. Key Laboratory of Time and Frequency Primary Standards, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710600, P.R. China

3. School of Optoelectronics, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R. China

4. School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R. China

*Email: yuanhb@ntsc.cn

Abstract: The standard time-frequency system is an important strategic infrastructure of China, and it plays a fundamental role in safeguarding the national economy and security. Time-frequency data is one of the important national information resources. The dataset of time and frequency system includes TAI (International Atomic Time), UTC (NTSC) (Coordinate Universal Time maintained by National Time Service Center of Chinese Academy of Sciences), atomic clock weights, atomic clock rates, the electronic version of the *Time and Frequency Bulletin* released by NTSC and the *Earth Rotation Bulletins A, B, C, and D* published by the International Earth Rotation Service (IERS), etc. The current dataset contains data from 2018 to 2019. The data quality is controlled through *time-frequency scientific data processing procedures*. In the future, with continuous improvement of database resources, the time-frequency system dataset can provide more abundant and accurate basic scientific data for time-frequency scientific research and national standard time-frequency users.

Keywords: time-frequency system; atomic clock weight; atomic clock rate; time-frequency dataset; earth rotation bulletins; data quality

Dataset Profile

Title	A dataset of time and frequency system
Data corresponding author	Haibo Yuan (yuanhb@ntsc.cn)
Data authors	Yu Zhang, Yanping Wang, Haibo Yuan, Shaowu Dong
Time range	2018–2019
Geographical scope	Nationwide
Data format	*.xls*.txt
Data service system	< http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/917 >
Source of funding	CAS informatization project during the Thirteenth Five-Year Plan (XXH135)
Dataset composition	This dataset consists of seven pieces of data, including atomic clock weights, atomic clock rates, NTSC time-frequency bulletin, and Earth Rotation Bulletins (A, B, C, and D).