

引用格式: 刘民, 孙毅, 古兆兵, 等. 2020年再议协调世界时 UTC 闰秒问题[J]. 时间频率学报, 2021, 44(3): 153-162.

## 2020年再议协调世界时 UTC 闰秒问题

刘民<sup>1</sup>, 孙毅<sup>1</sup>, 古兆兵<sup>2</sup>, 高玉平<sup>3,4</sup>, 张升康<sup>5</sup>

- (1. 北京东方计量测试研究所, 北京 100086;
2. 军事科学院 系统工程研究院, 北京 100141;
3. 中国科学院大学 天文与空间科学学院, 北京 101048;
4. 中国科学院 国家授时中心, 西安 710600;
5. 北京无线电计量测试研究所, 北京 100005)

**摘要:** 国际无线电科学联盟 URSI 电磁计量专业委员会 Commission A 准备提交 2020 年关于 UTC 连续的问题提案, 草案征求意见期间, URSI 中国委员会的电磁计量委员会表达了反对意见, 引起国际组织的高度重视, 引发了关于 UTC 是否继续闰秒的再讨论, 这里揭示了 UTC 闰秒和时间连续性问题的本质, 介绍了支持和反对取消闰秒的双方观点, 比较了 URSI 声明的初稿和最终稿, 中国的反对意见对国际组织的提案和国际时间规则的修订产生了重要影响。

**关键词:** 闰秒; 协调世界时; 世界时; 国际原子时; 惯性坐标系; 非惯性坐标系

DOI: 10.13875/j.issn.1674-0637.2021-03-0153-10

## Re-discussed about leap second in coordinate universal time in 2020

LIU Min<sup>1</sup>, SUN Yi<sup>1</sup>, GU Zhao-bing<sup>2</sup>, GAO Yu-ping<sup>3,4</sup>, ZHANG Sheng-kang<sup>5</sup>

- (1. Beijing Orient Institute of Measurement and Test, Beijing 100086, China;
2. System Engineering Research Institute of Chinese Academy of Military Sciences, Beijing 100141, China;
3. School of Astronomy and Space Science, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101048, China;
4. National Time Service Center, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710600, China;
5. Beijing Radio Institute of Metrology and Test, Beijing 100005, China)

**Abstract:** The electromagnetic metrology Commission A of the Union of Radio Science International (URSI) is about to draft a resolution about continuing Coordinate Universal Time (UTC) in 2020. During the period of time for taking advice, China Commit of URSI expressed its opposite opinion. This drew much attention in the URSI, and led to a debate about whether inserting leap second into UTC is necessary or not. This paper revealed here the nature of the problem about UTC's leap second and time continuity, introduced the views pro and con, and compared the initial and final drafts of the statement by URSI. The opposite opinion

from China created significant impact on the resolution of the international organization and the emending of the international time rule.

**Key words:** leap second; coordinate universal time(UTC); universal time(UT1); international atomic time(TAI); inertial coordinate; non-inertial coordinate

## 0 引言

协调世界时 (UTC) 是世界各国公认的全球标准时间, 时间规则的制定和修改需要由相关国际组织达成一致意见, 才能被各国政府共同采纳, 实现时间计量的全球统一。国际电信联盟 (ITU) 是全球时间统一重要的国际组织, ITU 要求全球各守时实验室保持的时间基准 UTC ( $k$ ) 与国际标准时间 UTC 的偏差须控制在  $\pm 100$  ns 以内。另一个国际组织国际计量大会 (CGPM) 及其执行机构国际计量局 (BIPM) 负责 UTC 的归算和国际时间公报 (T 公报) 的发布。UTC 是否继续闰秒的问题由来已久<sup>[1]</sup>, 不仅仅涉及科学技术层面, 更影响管理层面, 甚至涉及政治层面。2000 年 ITU 的无线通信部 (ITU-R) 发起了“UTC 的未来”的讨论, 该议题的核心就是是否取消闰秒的问题, 中国曾于 2008 年、2009 年和 2011 年在 ITU 会议上, 3 次提交书面建议, 并口头发言, 表示中国的态度是希望保持现有 UTC 的定义不变, 即 TAI 与 UT1 的关系。2012 年 ITU 大会没有形成一致意见。2015 年中国代表支持大多数国家代表的意见, 在 ITU 大会上投了赞成票, 通过了 WRC15 决议。但是由于英国和俄罗斯的反对, UTC 至今还保持闰秒。国际无线电科学联盟 (URSI) 是非政府间国际组织, 是各国无线电科学家谈论科学技术的平台, 1999 年 ITU-R 向 URSI 征求关于 UTC 闰秒问题的建议, 从那时起, URSI 的电磁计量专业委员会 (Commission A, 简称为 Com A) 便成为讨论 UTC 闰秒问题最活跃的平台之一。2014 年 URSI-Com A 的各国科学家一致通过了“建议保持 UTC 连续, 不再增加闰秒”的提案, 形成 URSI-GASS2014 大会决议, 支撑了 ITU-WRC15 的 655 决议通过。按照 WRC15-655 决议, 大家又在进行新一轮的 UTC 闰秒议题研究。

## 1 UTC 闰秒的由来

最早人们在地心坐标系上观测日出日落, 世界时的 1 s 定义为平均太阳日 1/86 400, 当时观测技术最先进的伦敦格林尼治天文台把中午日影最短的时刻定为本地 12:00, 称为正午, 过此天文台的地球经线一半弧为午, 另半弧为子, 全周为本初子午线, 也称为零度经线, 1867 年天文台长马斯开林编制了《英国航海天文历》, 格林尼治时间 (GMT) 被公认为世界标准时间, 现在把地球自转平均周期的时间称作“世界时 (UT)”, 修正极移的影响后的世界时为 UT1。所以 UT1 仅仅包含了地球自转的信息, 用 UT1 的秒长无法观测到地球自身的转速漂移和不稳定。进而, 天文学家以遥远恒星为参考, 把观测坐标系的原点移到了太阳系质心, 采用更稳定的地球公转周期, 1960 年国际单位制 SI 规定<sup>[2]</sup>“秒是自历书时 1900 年 1 月 0 日 12 时起算的回归年的 1/31 556 925.974 7”, 至此, 秒的定义与地球自转脱钩。1955 年原子钟诞生之前, 时间的定义源自于天文观测。原子钟的诞生提升了天文观测的精度, 把定义时间单位的任务从天文学家手中交给了计量学家, 1967 年第 13 届国际计量大会 (CGPM) 对 SI 秒重新定义为: “秒是铯 133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁辐射的 9 192 631 770 个周期的持续时间”。用 1950 年左右的回归年观测数据确定了铯 133 原子频率常数  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ <sup>[3]</sup>。  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$  的出现使时间单位与地球公转周期脱钩, 又进一步与天文观测脱钩。用原子钟测量发现地球自转不均匀, 转速趋势减慢。国际原子时 (TAI) 从 1958 年 1 月 1 日 0 时

0分0秒起与 UT1 时刻对齐，其秒长由国际单位制 SI 秒定义，然而“时间”不仅仅是秒长的计量问题，更重要的是“时刻”。随着时间的推移，原子时 TAI 与世界时 UT1 的时刻偏差越来越大。为解决这个矛盾，1972年国际上采用了协调世界时（UTC），UTC 采用 TAI 的秒长，当 $|UTC - UT1|$ 接近 0.9 s 条件时，UTC 就需要增加 1 个闰秒<sup>[4]</sup>，不是任意日期都能够加入闰秒的，首选在 6 月 30 日或 12 月 31 日两个特殊日期，其次还可能在 3 月 31 日或 9 月 30 日两个日期的最后一秒。下一个闰秒何时加入？没有规律可循。从 1958 年到 2017 年曾经加入了 37 个闰秒，平均 1.6 年增加 1 个闰秒，而从 2017 年 1 月 1 日到 2021 年 12 月 31 日，连续 5 年没有新增闰秒<sup>[5]</sup>。国际地球自转组织（IERS）是非政府间国际组织，利用 VLBI 等技术<sup>[6]</sup>，以美国海军天文台（USNO）为主联合全球多个天文观测站测量地球自转参数（EOP），预估未来 6 个月的 TAI 与 UTC 差值，公布在 [www.iers.org](http://www.iers.org) 网站 IERS Bulletins C，该结果通报给国际计量局 BIPM，然后由 BIPM 组织全球守时实验室处理闰秒问题。例如，北京在东 8 时区，闰秒那一天的 07:59:59/07:59:60 为闰秒时间，之后再从 08:00:00 连续计算时间。

## 2 时间连续性问题

闰秒的最大问题是时间连续性问题。一种观点是“闰秒造成了时间不均匀，使时间不连续”<sup>[7-8]</sup>。这个问题需要从不同角度来解读。

国际原子时 TAI，采用 SI 秒连续累计时间，这是连续的时间坐标，若不考虑相对论效应，则坐标刻度间隔是均匀的。

为什么我们不用 TAI 而热衷于 UTC 呢？因为 UTC 源自于 UT1，影响人们最深的时间概念来自于年月日时分秒这套约定俗成的时间规则<sup>[9]</sup>。这种时间单位和时间进制更适合描述周期性的自然规律，如地球自转周期为 1 日，地球公转周期为 1 年，60 是 2、3、4、5、6、10、15、20、30 的公倍数，1 min = 60 s 的六十进制更适合于描述匀速周期变化和圆周运动。只有遵循传统的时间规则，人们才有了时间的概念，方便了沟通交流。

天文学需要连续的时间坐标，为了避免闰年、闰月不均匀的影响，采用了儒略日（Julian day）时间坐标轴，起始点在公元前 4713 年 1 月 1 日中午 12 点，坐标刻度是日，连续计算日期。这种连续的时间有利于科学研究，不利于生活使用，如某人的生日为 2 443 781.5 JD，看起来很不方便。

时间在物理意义上是连续的，只是我们采用了一套逻辑规则，规定了进位法则，才造成了时间不均匀不连续的错觉。当前几个全球卫星导航系统（GNSS），如北斗、GPS 等，都使用 SI 秒测量时间，都是连续的，也都是在导航报文中播发导航时间与 UTC 的差值，接收机读报文中的信息，计算本地的 UTC 时间。导航系统不存在所谓 UTC 时间连续性问题。

追根溯源，时间连续性问题，是没有区分两种坐标系上的时间，混淆使用时间单位造成的。离开空间谈时间是没有意义的，绝对独立于空间的时间是不存在的。时间和空间联系在一起才是自然，古代称为宇和宙。在地球上，一种坐标系是惯性坐标系，不随地球旋转，为了便于天体观测和航天活动，科学家定义了地心天球坐标系，坐标系原点是地球质心，在原点上的时间称为坐标时（TCG），惯性坐标系上除了坐标原点和无穷远点外，其他各处都受到相对论效应影响，造成时钟走速不同。为便于测量，定义了大地水准面，在大地水准面上的相对论效应的影响量为常数，国际原子时 TAI 在大地水准面上复现 SI 秒，TAI 与地球质心坐标时（TCG）有固定走速偏差，本质上都属于惯性坐标系上的时间，所以 SI 秒属于惯性坐标系的时间单位。另一种坐标系是非惯性坐标系，非惯性坐标系是固定在地球上，且随地球自转的坐标系，在此坐标系上以地球自转轴为

参考观测太阳的运动周期, 定义了一种时间称为世界时, UT1 就是非惯性坐标系上的时间, UT1 使用的时间单位(秒、分、时、日、月、年)和进制规则都只适用于这种非惯性坐标系, 即符合周期变化和周期运动规律。两种坐标系上的“秒”仅在 TAI 的起始时刻有相同的数值, 本质上是不同的, 除了定义不同外, 所适用的空间范围和适用的对象也是不同的, 这是最容易混淆之处。国际单位制定义 SI 秒后, 只把 UT1 定义的非惯性坐标系的“秒”形式上搬到了惯性坐标系, 让“秒”与地球自转脱钩, 却仍继续沿用非惯性坐标系上的其他单位(分、时、日、月、年), 这就造成了惯性坐标系上的 SI 秒与非惯性坐标系上的其他单位不兼容的矛盾。就像一台机器只改变了动力齿轮, 却没有更新其他齿轮一样, 新旧齿轮之间不匹配出现了矛盾。解决这个矛盾最简单的办法就是闰秒。从惯性坐标系上看, 闰秒造成了  $1 \text{ min} = 61 \text{ s}$  的现象, 把此现象说成不连续, 或者非线性, 其本质是用错了时间单位, 除已定义的 SI 秒外, 把非惯性坐标系上的其他时间单位照搬到了惯性坐标系中。反过来从非惯性坐标系上看, 闰秒修正了惯性坐标系的 SI 秒在地球自转中的非整周期偏差, 维持了其他单位与自然和谐的关系, 就像闰年、闰月一样, 修正了地球公转周期  $= 365.242 5 \text{ d}$  的非整周期偏差, 这种时间规则匹配了周期运动现象。空间计量理论告诉我们“不同坐标系之间不具备同时性”<sup>[10]</sup>。从不同坐标系上看闰秒问题, 会有不同的结论。

### 3 URSI-Commission A 的草案征求意见

为推进此问题在 ITU-R 和 CCTF 再次表决, 2020 年 2 月 19 日 URSI-Com A 主席 Y. Koyama 起草了“URSI 有关 UTC 需要连续的声明”, 再次征求各国官方委员的意见。Com A 中国区主席在微信群中发起了讨论, 邀请了中国计量科学院、中国科学院国家授时中心、北京卫星导航中心、北京无线电计量测试研究所、北京东方计量测试研究所、军事科学院系统工程研究院军标所、国防科技大学等 19 位专家, 还邀请了 URSI 中国委员会秘书长作为观察员。各位专家围绕是否赞成 UTC 连续, 讨论形成了两种对立的观点, 综合考虑多数专家的意见, 给 URSI 中国委员会建议“维持 UTC 现状, 继续闰秒”, 报中国电子学会 URSI 中国委员会批准。URSI 中国委员会认为 UTC 闰秒的问题涉及我国重大战略基础, 时间规则的修改也是国际上重大基础问题, 支持 Com A 中国委员会的建议, 以 URSI 中国电子学会 CIE 正式意见报送到 URSI Commission A。至 3 月 1 日草案征集意见结束后, 只有中国 1 张反对票。URSI-Com A 主席 Y. Koyama 非常重视这 1 票反对意见, 他认为 URSI 是世界无线电科学家们向 ITU-R 和 CCTF 反映此问题意见的唯一平台, 我们不能错过难得的机会, 为促成草案达成一致意见, 提议再组织一个特别草案起草小组修改草案, 特邀 Com A 的中国区主席刘民、BIPM 时频主任 P. Tavella、原美国海军天文台时频主任 D. Matsakis 参加小组, 报名参加特别小组的还有美国 2 名、法国 2 名、印度 5 名、中国、日本、以色列、意大利、墨西哥各 1 名代表, 中国计量科学院李天初院士和瑞典科学院 C. Rieck 两位作为观测员。最初的草案继承了 2014 年 URSI-GASS 大会的观点, 题为“Statements from URSI on the need for continuous UTC”(国际无线电科学联盟关于需要连续 UTC 的声明), 见图 1。

### 4 URSI 中国委员会的建议

上述草案征求意见后, 只有中国委员会提出不同意见。经过国内时频领域 19 位专家讨论, 中国电子学会 CIE 国际无线电科学联盟 URSI 中国委员会的主席吴健、副主席陶然、秘书长林润华、国际合作部主任王桓召开时频会议, 审议通过了正式报送国际组织的官方意见:

UTC 应该保持闰秒。我们的观点是 UTC 应该继续插入闰秒保持  $|\text{UTC} - \text{UT1}| < 0.9 \text{ s}$ ，直到我们已经找到了一种明确的方案来解决 UT1 信息从标准时间中消失的问题。至今，中国的一些学者、研究机构和部门仍然不能对撤销闰秒带给他们潜在负面的影响给出准确和广泛的评估。考虑这种情况，他们建议现在还不是讨论此问题的时机，他们仍然需要 UT1 跟随 UTC 一同被授时，因为对其测控系统和软件来说 UT1 仍然非常重要。

## 5 国内专家主要意见

支持取消闰秒的正方意见，和建议保留闰秒的反方意见，综合如下。

### 5.1 正方意见

#### 1) 闰秒的加入是非线性的

人们总希望时间是均匀流逝的，然而，总有平年、闰年、大月、小月，和闰秒这些不等长的因素造成时间刻度不均匀。天文观测的时间轴，为了避免年月的不等间隔，采用了儒略日时间轴，但是闰秒的不均匀性给高精度的天文测量带来了麻烦，如脉冲星观测的时间坐标轴如果采用 UTC 将会出现脉冲周期跳变的现象，这也许是闰秒造成的；在标准时间内加入闰秒会给计算软件增添不少麻烦。所以不管是闰秒、闰分、还是闰小时，这些非均匀的时间坐标轴，都会造成测量数据的非线性。

#### 2) 闰秒的未来难以准确预测

国际地球自转参考系统服务 (IERS) 于 1988 年 1 月开始提供服务，提供国际天球框架 (ICRF) 和国际地球框架参考框架 (ITRF)，提供地球方向参数 (EOP) 和相关协议 (如标准、模型和常数)。据 IERS 提供的网站数据，可预知未来 6 个月是否有闰秒。如果不精确计算的话，未来 30 年有多少个闰秒大概可知，因为只了解到潮汐和大气的季节变化对地球自转的作用规律，其他影响还不清楚，如地震、火山、海啸等，所以具体预测闰秒的时间还有难度<sup>[11]</sup>。

#### 3) 加入闰秒前后的时间可能无法同时

虽然地球上不同时区的国家按照自己对应 GMT 时区，同时启动增加闰秒的操作，例如北京时间 07:59:59/07:59:60 增加闰秒，由国家授时中心统一为全国用户增加闰秒。但是，授时到用户还有一段时间，并不是所有用户都能及时获得授时信号，增加闰秒的同时性仅仅是理想状态。那么，在调整了时钟的用户与尚未获得授时信号仍按原来时间工作的用户之间就会存在 1 s 的偏差。尤其对于不能及时获得授时信号的短时间自主运行的设备，如潜艇、飞机、导弹等武器装备 1 s 的差异将会造成很大的影响。

### 5.2 反方意见

#### 1) UTC 的协调作用无法替代

协调世界时 UTC 字面中的 coordinated 译为协调，有两方面含义：第一是协商一致的意思，各行各业、各个国家和地区都认同 UTC 的规则和发布的主体，这种协调是人与自然、组织与组织、国家与国家之间达成的协议；第二是解决地球自转时间周期与国际原子时 TAI 之间不和谐的问题，UT1 的秒长是地球自转参数，地球自转不断减慢，如果不加入闰秒，我们所用的标准时间将与地球自转渐行渐远，约 5 000 年后就会  $|\text{UTC} - \text{UT1}|$  相差 1h。所以 UTC 协调作用无法替代。

#### 2) 符合地球人类的作息习惯

人类对时间的约定，最早是建立在日升日落的基础上。通过时间可知太阳的角度。如果没有

闰秒 UTC 将失去计时观天象的作用, 后人也很难计算早期发生的天文现象与时间的关系。闰秒对人们日常生活没有太大影响, 地球卫星导航系统的时间是不同于 UTC 的自成体系的时间系统, 如北斗时间 (BDT) 不加入闰秒, 仅在短报文中告知用户 BDT 与 UTC 的差值, 让用户自己参考使用。

### 3) 暂无新的替代方案

地球上的标准时间公认是 UTC, 如果不增加闰秒, 则必须事先讨论出一个公认的替代方案, 该方案主要是解决时间统一问题。在没有替代方案之前如果一些国家取消了闰秒, 而另一些国家没有取消, 将会产生更严重的后果。

### 4) UT1 用户对 IERS 的依赖

如果 UTC 授时信号中失去了与地球自转的联系, 我们就必须依赖 IERS 获得地球自转信息, 受制于人。这些受影响的行业涉及与地球参考系有关测量, 如天体观测中天文望远镜自动跟踪程序、潜艇水下自主导航程序、甚长基线干涉 (VLBI) 观测、地球同步轨道卫星的轨位维持、空间碎片和航天器的轨道测定等, 还有一些军事活动和军工研制活动也会受到影响。如果 UTC 不再闰秒了, 就必须建设完善我们自己对 UT1 或地球轨道平面 (EOP) 的测定能力, 对于一些没有高精度测量能力的国家和组织, 就必须依赖 IERS。虽然目前 IERS 的服务是免费的, 未来不一定这样。

### 5) 管理问题

关于统一时间的问题, 是相对而言的, 在一个独立系统内可以自行定义时间的规则, 比如卫星导航系统、电力系统、铁路系统、金融系统、网络系统、军用时间系统等, 各自用自己守时中心, 在系统内实现授时, 可以实现系统内部的时间统一, 不会有时间冲突的问题。如果跨越多个系统来说统一时间的问题, 就必须约定规则, 达成共识。这里更多的不是技术问题, 而是管理问题甚至是政治问题。

## 6 Commission A 中国区主席写给特别草案小组的补充说明

我们知道目前 UTC 的分、时、天、年不是均匀间隔的时间坐标轴, 闰秒增加也很难准确预测, 闰秒不可能同时变更, 这些缺点给一些需要连续时间坐标轴的用户带来一些麻烦。但是这些问题可以用现代的网络和卫星授时技术很方便的解决。

另一方面, 如果 UTC 不再闰秒将给另一些用户带来问题。UTC 是已经达成共识的, 使用广泛的标准时间, 用户能够很方便地从 UTC 发播信号中获得两种信息, 一是全球时间同步和 SI 秒, 二是地球自转的信息如 UT1。

1) 如果 UTC 改为连续, 不再闰秒, 那么授时信号中将失去地球自转的信息, 那些需要地球自转信息的用户只能在一些网站上 (如 [www.iers.org](http://www.iers.org)) 查找。这些网站有多少访问承载能力, 会不会阻塞和崩溃, 没有相关试验报道。已经依赖 UTC 授时信号的硬件和软件必须投入巨大改造经费。这些受影响的行业涉及与地球自转有关的测量和控制, 如天体观测中天文望远镜自动跟踪程序、卫星发射时间控制、地球同步轨道 GEO 卫星的轨位维持、和观测天线的角度扫描和坐标系换算算法等。

2) 全球卫星导航 GNSS (如 BDS、GPS、Glonass、Galileo) 在报文中要给出 GNSS 时间与 UTC 的差值, 如果 UTC 连续不再闰秒, 那么差值就是一个固定的常数, 导航报文中失去了地球自转信息 UT1。

3) 协调世界时 UTC 字面中的 *coordinated* 译为协调, 有三方面含义: 第一是解决地球自转时间周期与国际原子时 TAI 之间不和谐的问题, 维持 TAI - UT1 的差值不超过 1 s; 第二是时间与空

间的协调，时间不能离开空间单独存在，TAI 是建立在地球惯性坐标系上的时间，UT1 是建立在在地心地固坐标系，非惯性坐标系上的时间，UTC 协调两种坐标系的时间，不能说哪个坐标系更重要，两个都不可缺少；第三是协商一致的意思，各行各业、各个国家和地区都认同 UTC 的规则和发布的主体，这种协调是人与自然、组织与组织、国家与国家之间达成的协议。所以 UTC 协调作用无法替代，如果 UTC 不再闰秒，将失去协调的含义，我们如何称之为协调世界时呢？

4) 人类对时间的约定，最早是建立在日升日落的基础上的。通过时间可知太阳的角度。60 s 为 1 min, 60 min 为 1 h, 24 h 为 1 d, 这样的六十进制规则是适用于圆周运动的规律，是符合 UT1 的数学基础。而 UTC 连续不再闰秒后就不再与圆周运动的地球自转有任何联系，也就没有不要占用秒一分一时一日的进制规则，把此规则留给 UT1，让地球上的人类继续使用。TAI 改用十进制更能表现时间轴的线性。可以另外命名一个新的词，也可以使用 TAI。

5) 需要连续时间的用户可以很方便地从 GNSS 授时信号中获得连续的时间轴，而且与 TAI 同步。若 UTC 连续后，需要 UT1 的用户，将无法方便地获得 UT1。

6) 如果 UTC 不再闰秒，那么全球授时信号将选择哪种时间坐标？播报新 UTC 还是 UT1？授时系统如果要兼顾两种需求的用户，就必须研究同时授时两种时间的技术，或者先解决了地球自转和定向参数单独发送问题后，再来讨论 UTC 连续的问题。在没有准备好之前，建议不要改变 UTC 的现状。

总之，UTC 闰秒问题不能简单地理解为连续的标准时间更加科学的问题，鉴于 UT1 和地球自转参数的重要性，当前尚无很好的方案解决上述问题，我们决定暂时保持 UTC 现状。

## 7 URSI-Commission A 的最终提案

特别草案小组以邮件群发的形式开展了 19 天，主要改进点在于：首先把题目中的“UTC”改成了“参考时间”，回避了“协调”的异议；其次表达了 UT1 用户关切；最后提出了在卫星导航授时和网络授时信号中增加 UT1 - UTC 信息。而当前的 GNSS 报文中播发的信息是导航系统时间与 UTC 的差值，这需要卫星导航设计者引以关注。

栏目	草案征求意见稿 2020 年 2 月 19 日	特别小组的最终提案稿 2020 年 3 月 26 日
题目	国际无线电科学联盟关于需要连续 UTC 的声明	关于需要一个连续的标准时间尺度的来自 URSI 的声明
考虑到	a) 当前用不定期的闰秒维持协调世界时 UTC 和地球自转角度时间尺度 UT1 在 0.9 s 内保持一致的实际操作，从 1990 年代讨论至今。	a) 当前用不定期的闰秒维持协调世界时 UTC 和地球自转角度时间尺度 UT1 在 0.9 s 内保持一致的实际操作，从 1990 年代讨论至今。
	b) 国际电信联盟 ITU 在其 2015 年世界无线电会议 (WRC-15) 和 WRC-15 的 655 号决议中讨论了时间尺度实现和通过无线通信系统授时问题，需要与国际无线电科学联盟 URSI 和其他相关国际组织合	b) 国际电信联盟的无线通信部门 (ITU-R) 在其 2015 年世界无线电会议 (WRC-15) 和 WRC-15 的 655 号决议中讨论了时间尺度实现和通过无线通信系统授时问题，需要与国际无线电科学联盟 URSI 和其他相关国际组织合作，更长远、更广泛地研究

	作, 更长远、更广泛地研究当前和未来潜在的不同领域未来参考时间尺度, 包括其影响和应用。	当前和未来潜在的不同领域未来参考时间尺度, 包括其影响和应用。
	c) 在 2018 年第 26 届国际计量大会 CGPM 上形式上确认了国际原子时 TAI 和协调世界时 UTC 的定义, 还请求所有相关国际组织和联盟一起协作在标准时间尺度上达成共同理解, 它们的产生和授时要考虑目前的在 UT1 - UTC 的最大幅值上的限值, 为了满足当前和未来用户群体的需求。	c) 在 2018 年第 26 届国际计量大会 CGPM 上形式上确认了国际原子时 TAI 和协调世界时 UTC 的定义, 还请求所有相关国际组织和联盟一起协作在标准时间尺度上达成共同理解, 它们的产生和授时要考虑目前的在 UT1 - UTC 的最大幅值上的限值, 为了满足当前和未来用户群体的需求。
		d) URSI-Com A 组织了更广泛的咨询, 向来自不同领域的专家征求他们对于采纳连续的标准时间尺度的意见。
注意到	d) 引入闰秒已经导致了严重的问题, 也在世界范围内导致一些应用的中断, 如卫星导航和计算机网络等需要连续时间参考的应用。为了减弱问题的影响, 不同的用户采取了一些替代方法, 或者使用了非标准的连续时间参考 (如 GPS 时间), 或者采用了不同制造商提供的与 UT1 同步时间的方法。这些做法反过来又给用户造成混乱和错误。	e) 引入闰秒已经导致了严重的问题, 也在世界范围内导致一些应用的中断, 如卫星导航、分布式测量系统和计算机网络等需要连续时间参考的应用。为了减弱问题的影响, 不同的用户采取了一些行动, 或者使用了非标准的连续时间参考 (如 GPS 时间), 或者采用了不同制造商提供的与 UT1 同步时间的方法。这些做法反过来又给用户造成混乱和错误。
		f) 在插入闰秒的期间, 由于模棱两可, 计量溯源到 UTC 的用户经常不能实现。
		g) 改变当前保持 UTC 与 UT1 在 0.9 s 内一致规则, 仍然有不可预测的顾虑。
		h) UT1 对于诸如航天工业、地球基地观测等领域, 以及对于在固定与旋转参考系之间信息转换是必须的; 并且对这些应用来说, 实时授时 UT1 信号也是需要的。
		i) UT1 - UTC 的定义值可由国际地球自转参考系统服务 (IERS) 网站、其他无线信号的时间授时技术、GNSS 和网络时间协议提供。
		j) TAI 应该不被考虑作为一种可实现连续参考时间尺度的选项; 在它的当前状态下, 它只提供频率参考, 不被时钟授时。



认识到	e) 于 1996 年, 在法国里尔 (Lille), URSI 大会上通过了巩固 URSI 与 ITU 关系的决议, 决定 URSI 理事会必须在共同关心的具体问题方向上同 ITU 合作, 这样的议题以适当的形式准备 URSI 的声明。	k) 于 1996 年, 在法国里尔 (Lille), URSI 大会上通过了巩固 URSI 与 ITU 关系的决议, 决定 URSI 理事会必须在共同关心的具体问题方向上同 ITU 合作, 这样的议题以适当的形式准备 URSI 的声明。
	f) 2002 年成立了 URSI 扩大工作组, 已经识别出来偶发的闰秒调整带来的风险。	l) 2002 年成立了 URSI 扩大工作组, 已经识别出来偶发的闰秒调整带来的风险。
	g) 1999 年 URSI Commission A (电磁计量) 表达了意见, 插入闰秒的程序必须被停止, UTC 应该成为一个连续的参考时间尺度, 这个观点在 2014 年由 Com A 的决议确认下来。	m) 1999 年 URSI Commission A (电磁计量) 表达了意见, 插入闰秒的程序必须被停止, UTC 应该成为一个连续的参考时间尺度, 这个观点在 2014 年由 Com A 的决议确认下来。
URSI 作出决定的声明		A) 所有 GNSS 被要求在资金支持、能力和发展潜力等方面考虑广播 UT1-UTC, 以 1 ms 或更高精度。此外, 通过互联网提供 UT1-UTC 的系统需要加固以防范黑客攻击, 还必须补充第二个来源, 常年满足仅要求 UT1-UTC 信息的用户的需求。
	国际无线电科学联盟 URSI 的无线电科学家们已经识别到由未来长期不可预测的插入闰秒导致的各种风险, 还识别到在无线电领域的科学研究和相关活动中, 一个独一无二且连续的标准时间是至关重要的。进一步得出结论, 与适应系统和软件需要有关的技术顾虑能被解决, 一个连续参考时间尺度的好处, 科学性可与操作性相比, 挑战是正常的, 因此 URSI 的意见是在公布通知的适当时间之后,  UT1-UTC  允差宽度应该不再被限制。	B) 国际无线电科学联盟 URSI 的无线电科学家们已经识别到由于在 UTC 未来长期不可预测闰秒调整导致的风险, 还识别到在无线电领域的科学研究和相关活动中, 一个独一无二且连续的标准时间是至关重要的。进一步得出结论, 大多数与适应系统和软件需要有关的技术顾虑能被解决, 一个连续参考时间尺度的好处, 科学性可与操作性相比, 挑战是正常的, 因此 URSI 的意见是在公布通知, 且实时授时 UT1-UTC 已经实现, 且到 2023 年没有发现有致命问题之后的适当时间, 取消当前对 UT1-UTC 最大幅值的限制。

图 1 URSI-Commission A 的草案征求意见与提案对照图

## 8 结论

UTC 是否继续闰秒的问题, 已经在国际上讨论 20 多年, 中国代表在 ITU 上和 CGPM 上也曾表达过明确意见, 那时支持了国际上大多数国家的意见, 让 UTC 不再闰秒。但是随着我国国际地位的提升, 承担了更多的国际责任, 尤其是新时代以来国际形势发展变化, 许多学者重新审视了 UTC 闰秒的利弊, 本次给出了不同以往的建议。本次再议闰秒问题, 在国内借助微信群, 在国际上借助电子邮件群, 广泛组织代表不同观点的专家, 开展了高效而热烈的讨论, 达到了科学、民主、

公开、透明、集中统一的效果。在 URSI 国际组织中仅有来自中国的 1 票反对意见，中国的意见引起国际组织高度重视，最终提案是折衷的结果，纳入了我国学者的部分意见，达到了表达 UT1 用户关切的目的。在这个过程中提升了我国的国际话语权，在国际时间规则的制定中发挥了积极推动作用。同时，也意识到发展独立自主的地球自转参数 EOP 测量能力是非常重要的。

### 参考文献：

- [1] 赵君亮. 闰秒及其废存之争[J]. 自然杂志, 2009, 31(4): 223-228.
- [2] KOVALEVSKY J. The evolution of tasks within the meter convention[J]. Measurement, 1999(26): 143-149.
- [3] STOCK M, DAVIS R, MIRANDES E D, et al. The revision of the SI-the result of three decades of progress in metrology[J]. Metrologia, 2019(56): 1-14.
- [4] ARIAS E F, PANFILO G, PETI G, et al. Status of UTC/TAI[C]//General Assembly and Scientific Symposium, Istanbul: IEEE, 2011.
- [5] International Earth Rotation and Reference Systems Service. Contains announcements of the leap seconds in UTC, Bulletins C[EB/OL]. (2013-05-21)[2020-12-18]. <http://www.iers.org>.
- [6] GAMBIS D, LUZUM B. Earth rotation monitoring, UT1 determination and prediction[J]. Metrologia, 2011, 48(4): S165-S170.
- [7] CAO Y, VEITCH D. Network timing, weathering the 2016 leap second[C]//IEEE INFOCOM2018-IEEE Conference on Computer Communications, Honolulu: IEEE, 2018: 1826-1835.
- [8] 徐清华, 张爱敏. 闰秒对时间计量的影响[J]. 黑龙江科技信息, 2013(32): 140.
- [9] 欧阳晓莉. 两河流域六十进制位值记数法早期发展的新证据及其分析[J]. 自然科学史研究, 2015, 34(2): 201-221.
- [10] 刘民, 彭明, 刘碧野. 空间计量中的时间单位和时间测量[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(8): 1137-1143.
- [11] LUZUM B. The IERS and adjustments to coordinated universal time[C]//General Assembly and Scientific Symposium, Beijing: IEEE, 2014.