



# BPL / BPM 长短波授时系统

## 科学背景

《尚书·尧典》上载：“……乃命羲和，历象日月星辰，钦若昊天，敬授民时。”

时间是当今测量精度最高的基本物理量。随着信息化时代的到来，高精度时间频率已经成为一个国家科技、经济、国防和社会生活中至关重要的参量，其应用范围涉及到关系国计民生的国家诸多重要部门和各个领域，几乎无所不及。时间频率服务保障体系已成为一个国家重要的战略

资源和不可或缺的基础设施，时间频率科学研究已成为时间频率服务保障体系发展和国家信息化建设的重要科技支撑。

时间频率服务保障系统主要由高性能原子钟、高精度时间基准保持系统、高精度时间频率传递（授时）系统和用户系统组成。

时间频率科学研究涉及天文学时间测量研究、天体测量与天体力学研究、物理学原子分子物理研究等。主要研究内容包括：量子频标、时间尺度、守时理论、时间频率测量与控制、授时方法与技术、时间频率用户系统研究等。

高精度时间频率标准主要通过有线和无线方式向用户



周恩来总理批准播

进行传递，主要包括长波、短波、光纤、网络、卫星等。卫星导航系统同时具有导航定位和授时功能。

中科院国家授时中心承担着我国标准时间标准频率的产生、保持和授时发播任务，建有比较完整的时

## 装置概述

BPL/BPM 长短波授时系统主要由时间基准保持系统、BPL 长波授时发播台、BPM 短波授时发播台组成。承担着我国时间基准保持和长短波授时发播任务。

BPM 短波授时台于 1966 年经国家科委批准建设，于 1970 年建成，经周恩来总理亲自批准于 1970 年 12 月 15 日开始试播，呼号为 BPM。1973 年，根据国家远洋授时任务需要对短波授时系统进行扩建，增加了远洋授时天线群和发播功率。1980 年，短波授时系统通过国家级技术鉴定，1981 年经国务院批准正式承担我国短波授时服务。

目前，BPM 短波授时台以 4 种频率（2.5 MHz、5.0 MHz、10.0 MHz、15.0 MHz）每天 24 小时发播标准时间标准频率信号，用户定时精度毫秒量级，是我国目前唯一提供世界时 UT1 服务的授时系统。

BPL 长波授时台于 1973 年经国务院、中央军委批准建设，1978 年建成我国 BPL 长波试验台，并开始执行国家授时发播任务；BPL 大功率长波授时台于 1983 年建成并取代试验台，1986 年通过国家级技术鉴定，1988 年获国家科技进步奖一等奖，并作为国家重大科技成果参加了建国 35 周年天安门庆典活动。长波授时台的建成使我国陆基无线电授时精度由毫秒量级提高到微秒量级，达到国际先进水平。2009 年完成技术升级改造，将电子管发射机更新为固态发射机，增加了时码发播功能，实现了每天 24 小时（原 8 小时）服务，授时能力达到国际领先水平。

BPL 长波授时采用罗兰-C 信号发播体制，发播脉冲信号中心频率为 100 kHz，脉冲组重复周期

间频率科学研究体系、授时服务系统和卫星导航科学实验平台，是我国专门从事时间频率科学研究和标准时间频率服务及人才培养的专业研究机构。



BPL 长波授时台

为 60 ms，发射机脉冲峰值有效功率约 2 000 KW，天线辐射脉冲峰值有效功率  $\geq 1\,000$  KW。地波信号作用半径 1 000—2 000 km，天地波结合作用半径可达 3 000 km，覆盖全国大部分陆地和近海海域。

在建设长短波授时发播系统同时，在 20 世纪 70 年代初建立了以光电中星仪、光电等高仪等为观测手段的天文测试系统，建立了以国产氢原子钟和铷原子钟组组成的时间基准保持系统。

1979 年 10 月建成我国相对独立的原子时系统，完成了我国天文时向原子时的过度，1981 年 1 月正式加



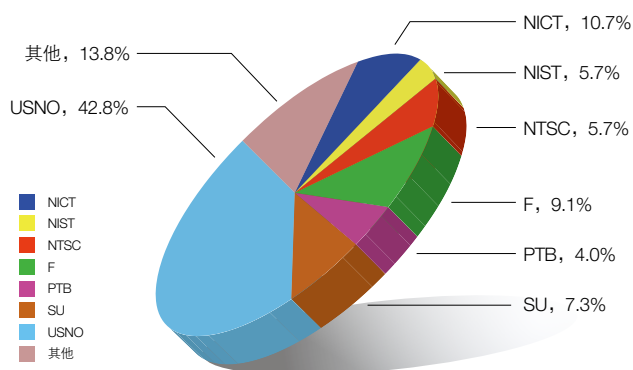
时间基准保持系统

入国际原子时计算。产生和保持着我国地方原子时TA（NTSC）、地方协调世界时UTC（NTSC）时间频率基准，是我国唯一保持地方原子时TA（K）的时间基准系统。同时与国内相关院所合作，保持着我国综合地方原子时TA（JATC）和综合地方协调世界时UTC（JATC）时间尺度。

中科院国家授时中心所保持的标准时间频率基准

## 运行与发展

### 时间基准保持达到国际先进水平



2014年在国际原子时计算中占有权重

中科院国家授时中心时频基准实验室负责我国地方原子时TA（NTSC）和地方协调世界时UTC（NTSC）的产生和保持工作。同时向国际权度局（BIPM）提供原子钟比对数据，参加国际原子时计算。目前，国际上共有74个时频实验室参加国际原子时计算。

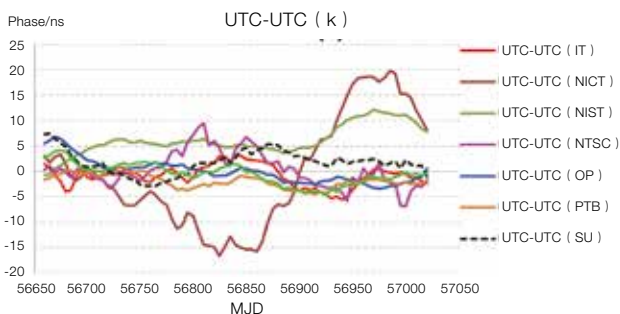
时间基准保持系统主要由原子钟组、高精度时间频率测量比对控制系统和国际原子时比对系统组成。目前，国家授时中心时频基准实验室共有24台高性能HP5071A铯原子钟、4台高性能氢原子钟用于时间基准保持，是国内最大的守时钟组。2014年度对国际原子时TAI归算贡献占7.3%的钟权重，排在全球守时实验室第4位。

时频基准实验室采用GPS共视和卫星双向法与国际间进行高精度时间比对。是我国最先与国际原子时系统实现GPS共视比对和卫星双向比对的时频实验室，研制的单频和双频GPS共视接收机达到国际先进水平，

系统和BPL/BPM长短波授时发播系统，初步构成我国20世纪独立自主的时间频率服务保障体系，为我国国防建设、空间技术发展和国家诸多部门和领域提供了可靠的授时服务保障。并于1989年正式纳入国家大科学与工程运行和管理。现仍是我国时间频率保障体系的重要组成部分，继续发挥着重要作用。

共视比对精度优于5 ns；在1998年与日本通信技术研究院（NICT）建立卫星双向高精度时间比对基础上，进入新世纪后，又相继与法国巴黎天文台（OP）、荷兰VSL实验室、德国物理技术研究院（PTB）建立卫星双向比对链路，比对精度优于0.5 ns,达到国际先进水平；2014年与国际原子时建立了亚纳秒量级GPS精密单点定位共视比对系统；GPS共视比对数据和与PTB卫星双向比对数据均纳入国际原子时计算。

时间基准保持主要技术指标连续多年达到国际先进水平。其中所保持的地方协调世界时UTC(NTSC)与国际协调世界时UTC的偏差，即 $|UTC-UTC(NTSC)| < 10 \text{ ns}$ ，大大优于国际电联ITU要求的 $|UTC-UTC(k)| < 100 \text{ ns}$ 的要求，是国际上达到这一水平为数不多几个实验室之一；所保持的地方原子时TA(NTSC)5—60天的中长期稳定度达 $E-15$ 量级，100天的稳定度达到 $E-15 \sim E-16$ 量级，指标综合评定处于国际所有守时实验室的第3—4位。



2014年全球主要守时实验室UTC(k)的控制情况



时间基准保持系统在直接为我国长短波授时系统提供授时发播时间基准外，并为我国“北斗”卫星导航系统、“长河二号”系统、BPC 低频时码授时系

统、网络授时系统、转发式卫星导航试验系统等提供高精度时间基准比对服务。在我国授时服务系统和卫星导航系统中发挥着越来越重要的作用。

## 装置技术水平和授时服务手段得到进一步提升和发展

中科院国家授时中心在确保完成国家时间基准保持和 BPL / BPM 长短波授时发播任务的同时，紧紧围绕国民经济和国防建设事业高速发展对时间频率保障服务的需求，不断提升和拓展授时服务手段和能力。

装置技术水平和服务能力不断提升：2014 年时间基准能力实现新的突破：其中利用研究提出的 UTC ( NTSC ) 频率驾驭新方法，使 UTC ( NTSC ) 与国际 UTC 偏差控制在  $\pm 10\text{ns}$  内；利用自主研制的铯原子喷泉钟，使得实时频率标校精度提高 1—2 个数量级；建立的亚纳秒量级 GPS 精密单点定位国际原子时共视比对系统，与卫星双向比对系统形成国际原子时比对的相互冗余；在深入开展原子钟特性研究的同时，加强氢原子钟运行环境控制，氢原子钟已取代铯原子钟作为时间基准主钟使用，使时间基准短期稳定度得到明显提升，4 台氢原子钟均在国际原子时计算中取得满权重。BPL 长波授时系统技术改造后，对 BPM 短波授时台部分发射机进行升级改造，授时发播信号质量得到了进一步提升。2014 年，BPL 长波授时台共发播 8 740.7 小时，年阻断率 2.21%；BPM 短波授时台 4

种频率共发播 26 824 小时，年阻断率 0.13%；全面完成国家授时任务。

研制的多手段授时系统发挥了应有作用：除长短波授时系统外，以满足不同用户需求，研制的其他授时服务系统发挥了应有作用。2014 年，计算机网络时间服务系统服务器应答用户计算机时间校准请求全年累计达 266 亿次，平均每天 7 300 万次，并在电子政务、金融、证券等行业得到应用；与企业合作研制建成的 BPC 低频时码授时台，全年共发播 8 078 小时，向电波表用户提供有效服务；与企业合作研制建成的大连电子政务时间戳服务系统，已在知识产权保护、司法鉴定、医疗病例等方面开展示范应用推广；研制建成的 GNSS 共视比对网上时间标校服务系统，能够使众多拥有原子钟的用户在网上同国家授时中心时间基准系统间进行时间较准，利用比对数据对用户原子钟性能进行自动评估，扩大了时间基准服务范围。

同时，国家授时中心面向国家时频体系建设和卫星导航系统建设重大需求，在时间频率和卫星导航领域开展科学研究工作，发挥科技的支撑和引领作用。目前，除授时运行维护队伍外，有 200 余人专门从事科研工作，其中高级科技人员 80 名，拥有 3 个博士培养点和 5 个硕士培养点，一个博士后流动站，研究生教育规模达 150 人。国家授时中心在时间频率领域已逐步形成“频率源—守时—授时—应用”相对完整的研究体系，并在卫星导航领域得到快速发展，卫星导航信号体制、系统精密时间频率测量与控制、卫星精密测定轨等研究达到国际先进水平，在我国卫星导航系统建设中发挥了重要作用。



国家授时中心形成的多手段授时体系