

BPM/BPL

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、高精度时间频率发播（授时）系统及用户系统组成。

时间频率科学研究主要包括：量子频标研究、高精度时间频率测量比对方法与技术研究、高精度时间频率基准保持方法与技术研究、高精度时间频率传递方法与技术（授时方法与技术）研究、时间频率用户系统研究等。

中科院国家授时中心(原名中科院陕西天文台),创建于1966年。在承担着我国标准时间基准保持和BPL/BPM长短波授时发播任务的同时,经40余年发展,已形成比较完整的时间频率科学研究体系,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。

装置概述

中国现代时间频率服务发端于20世纪50年代中科院紫金山天文台徐家汇观象台的BPV授时台。

20世纪60年代,国家从战略需求考虑,决定在我国内陆腹地建设一个完整的专用授时台。1966年,经国家科委批准在陕西关中建设西北授时台(即陕西天文台)。

BPM短波授时台于1966年经国家科委批准建设,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(2.5MHz、5.0MHz、10.0MHz、15.0MHz)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。

20世纪70年代初,为了适应我国国防和空间技术发展的需要,1973年经国务院、中央军委批准在陕西天文台增建长波授时台(BPL)。

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。1983年,BPL大功率长波授时台建成并取代试验台,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1984年建



● 长波授时台



● 短波授时天线

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，授时精度达到国际先进水平。

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100KHz，脉冲组重复周期为60ms，发射机脉冲峰值有效功率约2 000KW，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 000km—2 000km，天地波结合作用半径为3 000km，覆盖全国陆地和近海海域。地波信号授时精度优于 ± 1 微秒（百万分之一秒），天

波信号授时精度优于 ± 2.8 微秒。

在建设长短波授时发播系统的同时，陕西天文台在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天文测试系统，建立了以国产氢原子钟和铷原子钟组成的时间基准保持系统。

1979年10月建成我国相对完备和独立的原子时系统，完成了我国天文时向原子时的过渡，并产生和保持我国地方原子时TA(CSAO)和协调世界时UTC(CSAO)时间频率基准，1980年组织国内相关院所共同建成我国第一代综合原子时TA(JATC)系统。

陕西天文台所保持的标准时间频率基准系统和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授时服务，做出了重要贡献。

1989年，国家授时中心负责建设和运行的时间基准和长短波授时系统正式纳入国家大科学工程运行和管理。

2001年3月27日，经国务院机构编制委员会批准，中科院陕西天文台更名为中科院国家授时中心，英文简称NTSC，所保持的我国地方原子时TA(CSAO)和协调世界时UTC(CSAO)相应在国际权独局变更为TA(NTSC)和UTC(NTSC)。

康 呈总理批示 先念-1003
1974-10-4日

中国科学院授时中心：此一时上海天文台与相配合的陕西天文台，在艰苦条件下进行艰苦工作，在现在条件下，授时精度已达到国际先进水平，对国防建设、空间技术发展和国家诸多部门和领域提供了可靠授时服务，做出了重要贡献。1974-10-4日授时中心，先念-1003。

1974-10-4日

● 周恩来批示

运行与发展

时间基准保持达到国际先进水平

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。

目前,国际上共有72个时频实验室参加国际原子时计算,中科院国家授时中心时频基准实验室已成为国际上具有较大影响时频实验室。

时频基准实验室目前有19台高性能铯原子钟HP5071A、2台Symmetricom MHM-2010氢原子钟、2台上海天文台研制的氢原子钟,共计23台原子钟用于时间基准保持并参加国际原子时计算。2012年对国际原子时TAI归算贡献占6.25%的钟权重,排在全球守时实验室的第4位。前3位分别是美国海军天文台(USNO)占25.45%,日本通信技术研究院(NICT)占10.68%,法国综合原子时(F)占6.46%。

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。是我国最先实现国际GPS共视比对和卫星双向对比时频实验室。1998年与日本国家信息与通信技术研究所(NICT)建立卫星双向时间频率传递(TWSTFT)比对链路后,21世纪初,又相继与法国巴黎天文台(OP)、荷兰国家计量院(VSL)和德国物理技术研究院(PTB)建立了TWSTFT比对链路,其中与德国物理技术研究院比对数据被用于国际原子时TAI的归算。

时频基准实验室时间保持主要技术指标连续多年已达到国际先进水平。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 $|UTC-UTC(NTSC)| < 20\text{ns}$,大大优于国际电联ITU要求的 $|UTC-UTC(i)| < 100\text{ns}$ 的要求,是国际上达到这一水平为数不多的几个实验室之一;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—E16量级,指标综合评定处于国际所有守时实验室的第2—4位。

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承担国家时间基准保持和BPL/BPM长短波授时发播任务的同时,为满足不同用户对标准时间标准频率服务需要,于21世纪初相继建成了互联网络授时服务系统、电话授时服务系统,与企业合作建成BPC商丘低频时码发播台,与北京联合信任技术服务有限公司合作建成可信时间戳服务中心。

互联网络时间服务系统主要用于用户计算机时间同步,成为金融、证券、电子商务网络等的重要组成部分。2012年,自动应答用户时间同步年访问量已达6 307亿次。

1998年与企业合作建成陕西蒲城BPC低频时码试验台,2007年与企业合作建成BPC河南商丘低频时码发播台并投入使用,授时发播信号中心频率68.5KHz,授时精度亚毫秒量级,每天发播21小时,发播年月日时分秒全时间信息信号,用户接收机可自动较时,广泛用于电波表自动较时。

2007年与北京联合信任技术服务有限公司签署合作协议,以国家授时中心作为我国标准时间产生、保持和传递的中心,在大连建设了我国唯一的权威可信时间戳服务机构——大连可信时间戳应用服务中心,共同研发建设我国数字时间戳服务系统。通过几年的运行,已陆续服务应用于司法、金融、电子商务、电子政务以及知识产权和商业秘密保护等领域。

在发展各种授时服务手段的同时,在国家支持下,对原有长短波授时系统也进行了技术升级改造。

2009年完成BPL长波授时发播系统现代化技术改造工作，改造后的长波授时系统用一部全固态发射机替代了原系统两部电子管发射机，实现了每天24小时(原每天发播8小时)连续发播和数字调制发播，增加了时码发播和脉冲信号时刻数据信息,实现了e-Loran功能等，用户接收机实现了全自动定时，可为用户提供更加便捷的授时服务。

科学研究为装置建设和发展提供有力支撑

时间基准保持和长短波授时系统的建设和发展推动了国家授时中心在时频领域的研究，同时国家授时中心在时频领域的研究也为装置的建设和发展提供了有力支撑。

截至目前，国家授时中心在时频领域共取得全国科学大会重大科技成果奖6项，国家自然科学奖，科技进步奖一二等奖4项，省部级奖130余项。形成了量子频标、守时理论与方法、高精度时间频率测量与控制、授时方法与技术、卫星精密测定轨与导航通信、时间用户系统等一系列完整的时频研究体系。拥有7个时频研究室和1个时频基准实验室、2个中科院重点实验室。具有3个博士培养点、5个硕士培养点和1个博士后流动站。

一些科研成果在为我国时频体系建设提供科技支撑的同时，引领了我国在该领域的发展。

例如，在原子时研究方面，我国于1979年10月建成了地方原子时TA（CSAO），并于1981年加入国际原子时计算，完成了我国从天文时向原子时过渡；在高精度时间频率测量与控制方面,先后研制了BPM/BPL长短波定时器、精密相位控制器、BPL调制器等，在满足授时服务系统建设的同时，打破了国外在该领域技术封锁；率先与国际间建立了GPS共视和卫星双向高精度时间比对系统，研制的单频和双频GPS共视接收机达到国



● 中科院国家授时中心

际先进水平，是国际权度局（BIPM）在我国唯一对GPS共视比对接收机时延进行标校时频实验室；特别是以卫星双向高精度时间比对建立的精密测定轨科研成果，是我国在卫星精密测定轨方面一跃达到国际领先水平，并为我国卫星导航系统建设提供了有力支撑；在国际上率先提出罗兰-C自主授时理论与方法，在罗兰-C增强系统（e-Loran）方面的研究成果，引领和推动了我国罗兰-C系统整体全面提升，等等。

目前，国家授时中心已成为国际权度局（BIPM）国际原子时计算主要成员，是国际卫星双向比对（TWSTFT）工作组成员，被国家工信部国际电联办确定为国际电信联盟（ITU）第七工作组7A国内对口工作组组长单位。

国家授时中心承担的时间基准和BPL/BPM长短波系统为我国国防和空间技术发展提供可靠授时服务保障发挥了不可替代的作用。随着我国卫星导航授时系统的发展，已基本形成了星基和陆基多种授时手段并存、相互冗余的授时服务体系。其中北斗卫星导航系统时间基准（BDT）通过国家授时中心保持的标准时间UTC（NTSC）与国际协调世界时UTC建立联系。随着系统功能和技术性能不断提升，将会在国民经济发展、国家安全等诸多行业 and 部门继续发挥其重要作用。