

BPL/ BPM 长短波授时系统的 运行与发展

中国科学院国家授时中心 中国科学院基础科学研究所

(西安 710600)

(北京 100864)

关键词 BPL, BPM, 长短波授时

1 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精度频率标准源、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。

2 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。

中科院国家授时中心原名陕西天文台。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)。

短波授时台于 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(2.5MHz、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。

上世纪 70 年代初,为了适应我国国防

* 收稿日期 2011 年 2 月 28 日

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)。

我国BPL长波试验台于1978年建成,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2000KW,天线辐射脉冲峰值有效功率 $\geq 1000KW$ 。地波信号作用半径为1000公里—2000公里,天地波结合作用半径为3000公里,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,陕西天文台在上世纪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成的时间基准保持系统。

我国1979年10月建成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,并产生和保持了我国地方原子时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及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)相应在国际权度局变更为TA(NTSC)和UTC(NTSC)。

3 装置运行与发展

3.1 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69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的守时时频实验室。

时频基准实验室目前有18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22台原子钟参加国际原子时计算。2010年度对国际原子时TAI归算贡献占5.5%的钟权重,排在全球守时实验室的第4位。前三位分别是美国海军天文台(USNO)占27.2%、日本通信技术研究院(NICT)占10.2%、法国综合原子时(F)占8.4%。

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比对时频实验室,其研制的单频和双频GPS共视接收机达到国际先进水平,共视比对精度优于5ns,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。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)建立卫星双相比对链路,比对精度优于 1ns。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。时频基准实验室时间保持主要技术指标连续多年达到国际先进水平。其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 $|\text{UTC}-\text{UTC}(\text{NTSC})| < 20\text{ns}$,大大优于国际电联 ITU 要求的 $|\text{UTC}-\text{UTC}(i)| < 100\text{ns}$ 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—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。

时频基准实验室是我国最先利用微波进行高精度时间传递比对的实验室。1982 年建成我国第一条陕西临潼至陕西蒲城 70 公里微波高精度时间传递比对线路,2007 年又利用数字微波实现了陕西临潼至陕西蒲城 70 公里微波高精度时间传递比对,比对精度优于 5ns。

时频基准实验室除直接为我国长短波授时系统提供授时发播时间基准外,还为 BPC 低频时码授时系统、网络授时系统、电话授时系统、CAPS 区域卫星导航定位试验授时系统提供标准时间和标准频率基准信号,同我国长河二号 6 个发播台间建有 GPS 共视比对系统,同我国北斗时间系统间实现了卫星双向高精度时间比对。2005 年,时频基准实验室与上海天文台、乌鲁木齐天文台、504 所、武汉数物所、武汉大学、澳门地球物理及气象局、长河二号导航台合作建成

我国综合原子时试验系统。

3.2 装置技术水平和授时服务手段得到进一步提升和发展

为满足不同用户对标准时间标准频率服务需要,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,于本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,并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,与企业合作建成 BPC 商丘低频时码发播台。

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。2010 年,自动应答用户时间同步日访问量已达 6 027 万次。

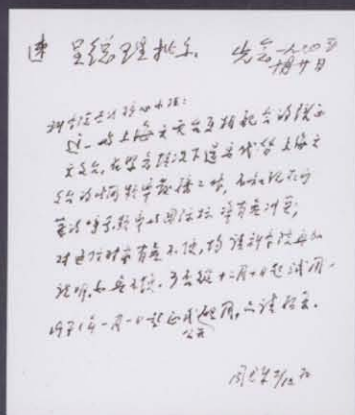
1998 年中科院国家授时中心与企业合作建成陕西蒲城 BPC 低频时码试验台,2007 年与企业合作建成 BPC 河南商丘低频时码发播台并投入使用,授时发播信号中心频率 68.5KHz,授时精度亚毫秒量级,每天发播 21 小时,发播年月日时分秒全时间信息信号,用户接收机可自动校时,广泛用于电表自动校时。

在发展各种授时服务手段的同时,国家授时中心对原有长短波授时系统进行了技术升级改造。2009 年 1 月 10 日开始用新系统进行授时发播,2010 年 11 月通过中科院组织的专家验收。用一部全固态发射机替代了原两部电子管发射机,改造后 BPL 授时发播台实现了每天 24 小时连续发播和数字调制发播,增加了时码和发播脉冲信号时刻数据信息等,用户接收机实现了全自动定时,为用户提供了更加便捷的授时服务。目前,正在对 BPM 短波授时发播系统进行技术改造,主要用全固态发射机替代电子管发射机,同时增加时码发播功能。

(相关图片请见封二、封三)

国家授时中心长短波授时系统

BPL and BPM Time Service Systems of NTSC



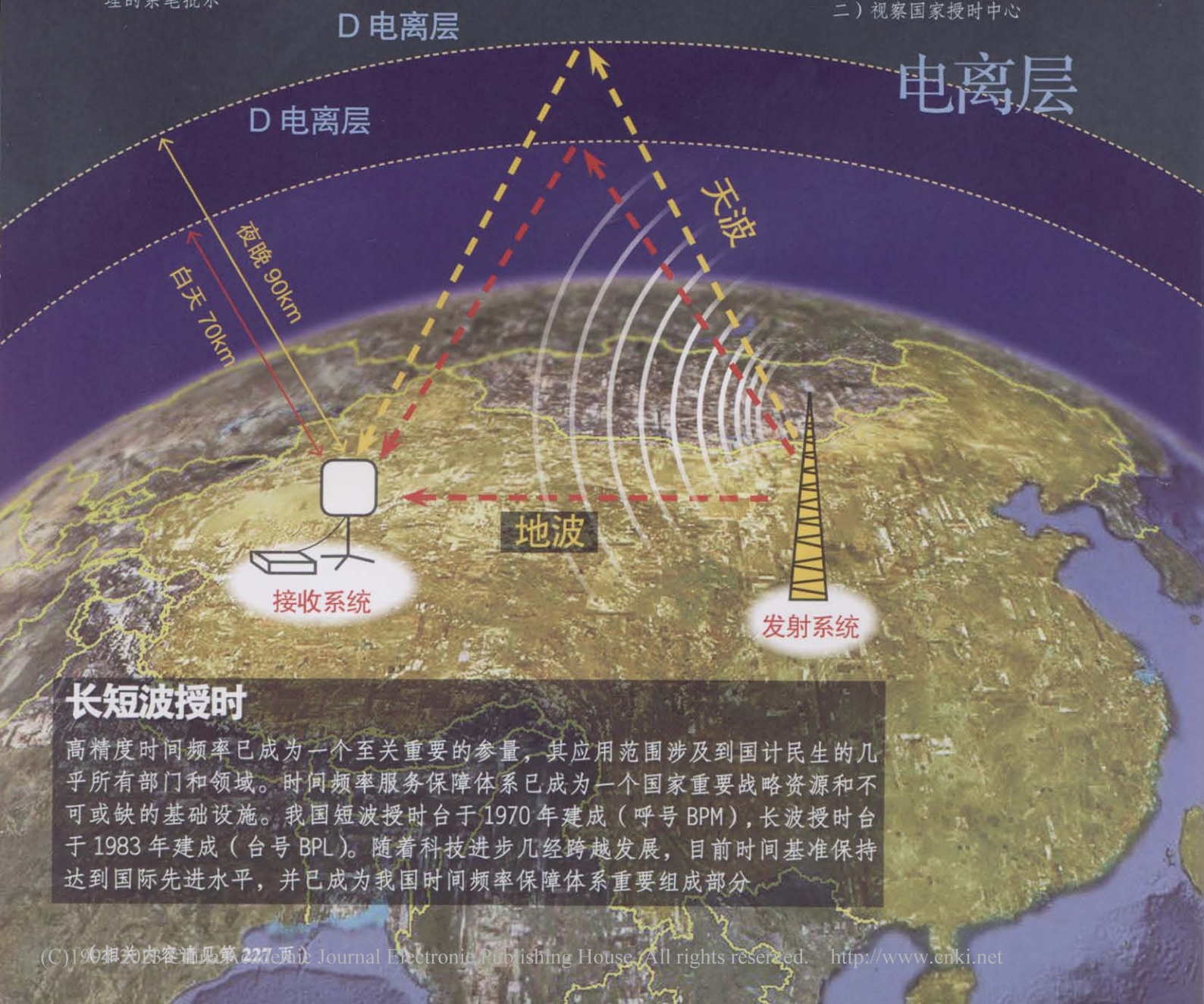
1970年12月2日，周恩来总理的亲笔批示



1987年，中国科学院院长周光召（左三）视察老短波发射台



2001年5月30日，全国人大常委会副委员长、中国科学院院长路甬祥（左二）视察国家授时中心



长短波授时

高精度时间频率已成为一个至关重要的参量，其应用范围涉及到国计民生的几乎所有部门和领域。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。我国短波授时台于1970年建成（呼号BPM），长波授时台于1983年建成（台号BPL）。随着科技进步几经跨越发展，目前时间基准保持达到国际先进水平，并已成为我国时间频率保障体系重要组成部分。

国家授时中心长短波授时系统

BPL and BPM Time Service Systems of NTSC



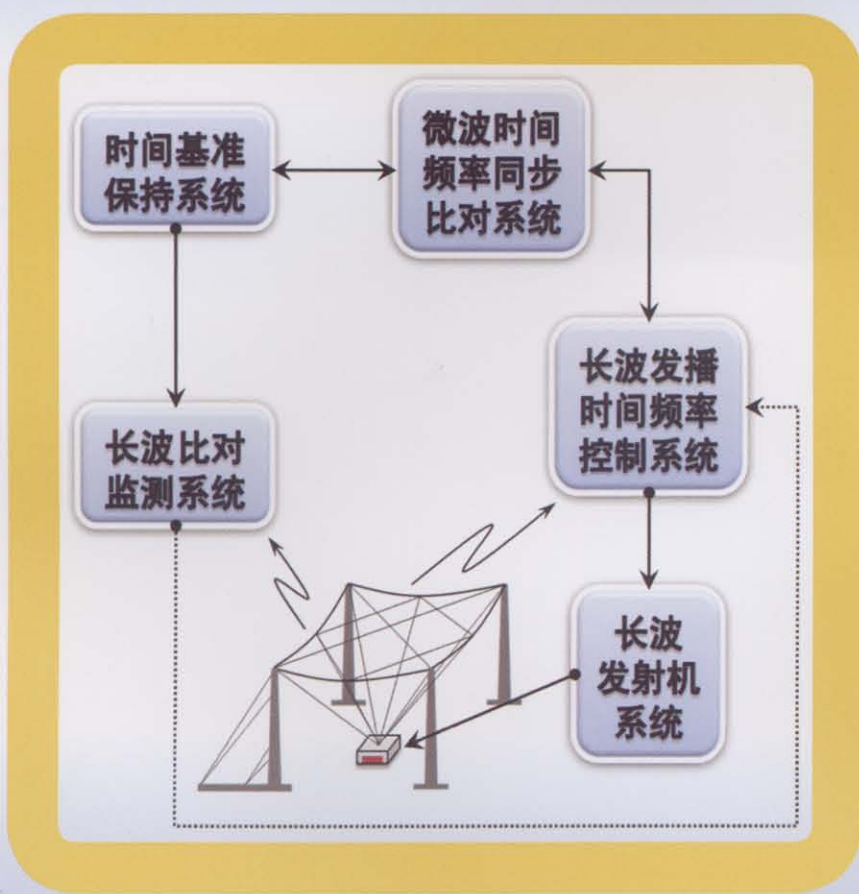
发射机控制及信号监测系统



时间基准保持比对测量系统



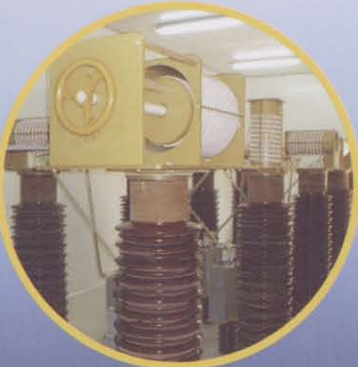
原子钟组



长波授时天线



固态发射机系统



天线匹配网络



短波授时天线

(相关内容请见第 227 页)