

引用格式:赵涵,王善和,黄长江,等. 中国电视授时与广播授时技术发展[J]. 时间频率学报, 2026, 49(1): 113-120.

中国电视授时与广播授时技术发展

赵涵^{1,2}, 王善和^{1,2}, 黄长江^{1,2}, 华宇^{1,2}, 向渝^{1,2,3}

1. 中国科学院 国家授时中心, 西安 710600;

2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 时间基准及应用重点实验室(中国科学院), 西安 710600

摘要:电视授时与广播授时作为依托现有广播电视基础设施逐步发展起来的高效授时手段,是我国构建自主可控、多层次国家授时体系的重要组成部分。我国电视授时技术从早期跟踪借鉴国际无源与有源同步方法,到逐步建立相关标准,再到在全球范围内率先实现基于卫星数字视频广播(DVB-S)系统的高精度授时服务,提供定时精度优于 100 ns 的卫星授时能力。广播授时技术从传统的语音报时阶段,逐步发展为利用副载波(SCA)附加信道实现编码授时,最终于 2022 年建成了覆盖多个城市的亚毫秒级调频广播授时系统。相关发展历程反映了我国在授时技术领域从跟踪消化到自主创新的系统推进过程,为我国国家时间体系建设提供了重要支撑。

关键词:电视授时;广播授时;授时技术发展

DOI:10.13875/j.issn.1674-0637.2026-01-0113-08

Development of TV timing and broadcast timing in China

ZHAO Han^{1,2}, WANG Shan-he^{1,2}, HUANG Chang-jiang^{1,2}, HUA Yu^{1,2}, XIANG Yu^{1,2,3}

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

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Key Laboratory of Time Reference and Applications, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710600, China

Abstract: TV timing and broadcast timing are efficient time-synchronization methods developed by leveraging existing broadcasting infrastructure, serving as essential components in establishing China's self-reliant, multi-level national time service system. The development of TV timing in China has progressed from initially adopting international passive and active synchronization methods, through establishing relevant standards, to achieving the world's first high-precision timing service based on the digital video broadcasting-satellite (DVB-S) system, capable of providing satellite-based timing with accuracy better than 100 ns. In parallel, broadcast timing has evolved from traditional voice-based time announcements to encoded timing utilizing subsidiary communications authorization (SCA) subcarrier channels, culminating in the deployment of a sub-millisecond FM broadcast timing system across multiple cities by 2022. This developmental trajectory demonstrates China's systematic progression from technology assimilation to independent innovation in timing technologies, providing crucial support for the

收稿日期:2025-07-21;接受日期:2025-10-25

基金项目:陕西省自然科学基金(2023-JC-QN-0096)

作者简介:赵涵,女,硕士,主要从事授时方法研究。

construction of the national time infrastructure.

Keywords: TV timing; broadcast timing; development of time service technology

时间频率是国家关键基础设施的核心要素,高精度、高稳定的授时服务对国防安全、国民经济、科学研究及现代信息社会的基础运行具有至关重要的支撑作用。为构建自主可控、抗干扰能力强、覆盖广泛的国家授时体系,发展多样化、互补性的授时技术手段已成为一项具有前瞻性的战略任务。在此背景下,电视授时与广播授时作为充分利用现有广播电视资源的授时技术,具有广域覆盖优势、显著的成本效益以及高度的民众可达性,在我国时频体系建设中展现出独特的战略价值。

电视授时与广播授时均基于我国现有广播电视基础设施发展而来,二者在国家授时体系中具有技术同源性与功能互补性。电视授时提供高精度时间基准,主要面向科学研究、国防及通信基站等专业领域;广播授时提供亚毫秒级的时间服务,旨在满足社会公众、交通管理及一般工业控制的广泛需求。这两种技术手段共同构建了覆盖不同精度需求的多层次陆基授时网络,形成了独立于全球导航卫星系统的有效备份,对于构建自主可控、抗干扰能力强的国家时间服务体系具有同等的战略意义。

电视授时与广播授时在技术实现路径上存在差异。电视授时利用视频同步信号或数字流作为时间载体,通过精确解析视频信号时序或解码专用数据包获取时间;广播授时则通过音频副载波或特定脉冲进行定时,通过解调副载波或识别音频信号完成定时。虽然技术原理不同,但均体现了“基础设施复用”的智慧。数字卫星电视和调频广播授时的最新研究表明,其已分别实现优于 100 ns 和 1 ms 的授时精度^[1-2]。

系统梳理这两类技术的发展历程,评估其性能与适用性,并展望未来趋势,具有重要的理论与现实价值。

1 电视授时技术的起源与早期发展

电视系统是 20 世纪人类最伟大的发明之一,是现代无线通信系统之一。电视授时技术的研究和应用主要集中在 20 世纪 60 至 90 年代,当时电视广播技术都是模拟电视体制,所以这个阶段利用电视信号进行时间频率传递和比对的研究和应用都是

基于模拟电视体制之上^[3]。

1967 年捷克的托曼(Tolman)等人^[4]首先提出利用电视信号进行远距离时间同步,并在布拉格到波茨坦之间相距 300 km 的距离上进行了时间传递实验,该方法需通过双向传输校准路径延迟,并交换两地的计数器读数进行事后计算。电视信号多次微波接力传送后路径延时的稳定性可达微秒量级。在当时具有精度高、成本低、使用方便的优点,此后,法国于 1968 年、美国和意大利于 1969 年,苏联、日本和德国于 1970 年先后进行了试验,均获得成功^[5]。证实了利用电视信号来传递时间是一种高精度授时方法,由此受到世界各国重视,发展很快,其缺点在于需要比对各方交换数据,无法实时完成时间同步,因此该方法称为“无源电视比对”法^[4]。

1970 年 Davis^[3-5]提出“有源电视同步”法,在电视垂直消隐期间的空行插入标准时间和频率信号,接收端使用专用解码器提取时间信息,直接与本地时钟进行实时对比。该法既保留了无源法的优点,又能实时实现时间同步,对电视信号本身不产生任何影响。在电视信号覆盖范围内,时间同步精度为 100 ns 量级,校频准确度的典型值为 $1 \times 10^{-11}/30 \text{ min}$ ^[6-7]。

1974 年 5 月美国的应用技术卫星 ATS-6 发射成功后,首次实现了利用卫星直接进行电视广播,使基于电视信号的时间传递方法应用更加方便^[8]。

2 中国电视授时技术的标准化与体系建设

电视广播信号覆盖范围广、接收成本低廉,为时间频率信号的传递提供了一个极具吸引力的理想载体。我国时间频率工作者积极关注利用电视系统进行时间频率发播方法,对无源电视同步方法进行了深入研究。

我国的无源电视同步方法利用中央电视台电视信号的奇数场第 6 行同步脉冲(前沿)作为时间标志进行时间同步。1976 年 4 月 16 日,中国科学院陕西天文台(2001 年更名为中国科学院国家授时中心)、中国科学院北京天文台(现为中国科学院国家天文台)和中国科学院上海天文台开始利用无源电视同步方法进行比对^[9],通过逐日比对,即可求出两

地钟差的变化规律。

无源电视同步方法虽原理简单,但其应用存在两个固有局限:一是所有参与比对的台站必须在统一规定的时刻进行测量,且必须事后交换数据才能处理得出结果,无法实时同步;二是由于所利用的特定行同步脉冲每秒出现 25 个,导致比对结果存在周期为 40 ms 的多值性问题。为克服这些局限,科研人员开展了有源电视同步方法研究。

根据有源电视同步方法原理,陕西天文台研制出了有源电视时频发布控制系统和接收系统^[9],1983 年 11 月 22 日在陕西电视台四频道和八频道正式发布。通过搬运钟等手段进行多次测量,该系统的时间同步准确度优于 0.2 μs,高于当时国内其他时频发播手段的时间同步准确度,这一试验的成功为有源电视授时技术的推广奠定了基础^[10]。

1984 年,陕西天文台会同其他单位对利用苏联“荧光屏”广播卫星进行授时工作开展了研究^[11]。该卫星转发的电视信号载波频率为 714 MHz,发射功率为 200 W,苏联国家标准局的时频服务中心在电视同步脉冲的消隐区间内(电视信号逆程的第 319 行内)插入了秒信号、1 MHz 标准频率和时间码等信息。因此利用这些信息能够进行定时和校频服务。1984 年 7 月开始,陕西天文台在《时间频率公报》上发表该卫星坐标参数及信号发射时刻,如图 1 所示,图 1 中 T 为陕西天文台保持的国家标准时间(UTC(CSAO))与电视同步脉冲消隐区间的秒信号之间的差值。1988 年,高精度大范围的时间服务系统初步建成,时刻同步精度达 1 μs^[11]。

利用荧光屏卫星 (714 MHz) 进行时刻比对 The Position of Satellite and the Time of Emission of Line-319 Pulse T=UTC(CSAO)-Line=319					
1988年11月 DATE(UT)	MJD	X(km)	Y(km)	Z(km)	T(μs)
16.542	47451	-6377.12	41674.68	-588.70	-122602.2
17.542	47452	-	-	-	-
18.542	47453	-6449.85	41663.48	-588.70	-122572.9
19.542	47454	-6449.85	41663.48	-575.39	-122576.7
20.542	47455	-6477.73	41659.35	-588.70	-122562.3
21.542	47456	-6522.55	41652.16	-588.70	-122572.9
22.542	47457	-6522.55	41652.16	-588.70	-122572.3
23.542	45458	-	-	-	-
24.542	47459	-6159.39	41711.31	-147.18	-122444.9
25.542	47460	-	-	-	-
26.542	47461	-	-	-	-
27.542	47462	-6595.24	41640.71	-588.70	-122536.6
28.542	47463	-	-	-	-
29.542	47464	-6595.24	41640.71	588.70	-122548.6
30.542	47465	-	-	-	-
31.542	47466	-	-	-	-

图 1 《时间频率公报》1988 年 11 月公布的“利用
荧光屏卫星(714 MHz)进行时刻比对”记录

中国计量科学研究院和中央电视台制定了利用电视系统传递标准时间频率的技术方案,于 1984

年初通过中央电视台进行传递试验,在北京地区时间同步精度优于 10 ns、准确度优于 100 ns;在外地(哈尔滨、武汉)两城市测得精度均优于 100 ns、准确度优于 200 ns 的结果。1984 年 12 月,该项科研成果通过了国家计量总局主持召开的全国鉴定^[12]。1985 年,陕西天文台为原国防科工委太原卫星发射中心研制了有源电视时间同步系统,利用有源电视时间同步系统不仅解决了太原卫星发射中心场区的高精度时间同步问题,进一步证明了有源电视授时技术在实际应用中的实用价值和可靠性^[6]。

1987 年 3 月 12 日,我国正式发布了由中央电视台和中国计量科学研究院起草的《GB/T 7402—1987 利用电视信号传送标准时间频率》国家标准,并于同年 11 月 1 日实施^[12]。该标准规定:标准时间、标准频率和台码信息插入在电视信号逆程的第 16 行和第 329 行内。第 16 行内以行同步前沿为基准,依次排列为:相位基准脉冲、标准频率、秒脉冲和时刻码。第 329 行内依次排列为:相位基准、标准频率和台码^[13]。标准时间的时刻准确度优于 3 μs,秒级标准频率(包括副载频信号)的准确度优于 1×10^{-12} 。对于地面广播信号,对传播延迟不加修正时,时刻准确度在全国各地均优于 15 ms,若加修正可优于 5 μs,在全国各地秒和频率准确度均优于 5×10^{-12} 。2001 年,陕西天文台更名为中国科学院国家授时中心(NTSC),其保持的国家标准时间 UTC(CSAO)相应地更改为 UTC(NTSC)。我国通过中央电视台第一、第二套电视节目实现了授时信号的发播,国家授时中心对这些信息实施定时监测,即每天在 0 点和 12 点整,测量电视时间相对于协调世界时的差值,其结果公布于《时间频率公报》,如图 2 所示。该国家标准的实施与中央电视台电视授时业务的正式开展,从根本上改变了长期以来高精度时频比对主要依靠国外无线电台的状况,标志着我国的时频比对技术迈入了自主、广覆盖的新阶段,也表明广播电视网的功能从单一的节目发播,拓展为承担国家关键基础设施职责的公共服务平台。

我国的有源电视授时技术从无到有,从实验到国家标准的建立,经历了几十年的发展历程。这一技术的成功应用,不仅提高了我国的授时能力,也为我国的国防、科研和计量等领域提供了重要的技术支持,是我国授时事业发展历程中的重要里程碑。

B. 卫星电视节目中秒信号的测量值 Measured Values of Time Signal of CCTV via Satellite(115°.5E)			
UTC(NTSC)-TS(CCTV)			
时刻(UTC) 2002年2月	MJD	00:00:00 (μs)	12:00:00 (μs)
1	52306	251751.45	251768.72
2	52307	251753.82	-
3	52308	251754.86	251756.40
4	52309	251752.74	251750.15
5	52310	251753.44	251744.84
6	52311	251751.86	251736.41
7	52312	251734.86	251738.70
8	52313	251738.76	251742.26
9	52314	251742.46	251746.11
10	52315	251746.10	251750.32
11	52316	251749.46	251754.86
12	52317	251752.34	251759.62
13	52318	251754.02	251764.52
14	52319	251754.86	251768.36
15	52320	251754.06	251771.05
16	52321	251752.26	251742.46
17	52322	251750.00	251775.42
18	52323	251747.00	251775.94
19	52324	251743.92	251772.46
20	52325	251740.17	251769.26
21	52326	251716.46	251770.21
22	52327	-	251771.06
23	52328	251718.97	251772.01
24	52329	251724.16	251773.92
25	52330	251727.04	-
26	52331	251730.60	251781.14
27	52332	251734.86	251784.13
28	52333	251740.36	251784.96

图2 《时间频率公报》2002年2月公布的
“卫星电视节目中秒信号的测量值”记录

3 数字卫星电视授时技术突破

《利用电视信号传送标准时间频率》规定了基于地面广播信号的有源电视授时准确度,当电视信号通过卫星转发时,该标准并未作出相关规定。

20世纪90年代以来,随着科学技术的发展,数字通信和压缩技术日益成熟,在全球电视产业掀起了电视广播系统数字化的浪潮,旧的模拟电视广播系统逐渐被取代,传统的无源或有源电视同步方法都已不再适用。自2017年12月15日起,《GB/T 7402—1987 利用电视信号传送标准时间频率》标准废止^[14]。

国内外对于数字电视授时相关技术的研究主要集中在地面电视领域,其中,美国 ROSUM 公司曾以 ATSC 标准为基础开展了地面数字电视定位与授时技术的研究,其主要思想是利用数字电视信号中连续的场同步和段同步信息进行高精度时间频率的传递,室外时间同步精度可达 60 ns 左右,但信号覆盖范围较小^[15]。

中国科学院国家授时中心于 2006 年启动基于 DTMB 标准的数字电视授时研究,并取得初步成果,但因数字地面电视信号覆盖范围小,要扩大覆盖范围需要增建地面发播基站,投资巨大,难以推广^[16]。与此同时,进入 21 世纪以来,通信、电力及金融等关键领域的时间同步服务对 GPS 系统的依赖性日益增强,由此引发的技术局限性与安全风险

日益凸显。

2008 年我国卫星电视广播数字化改造的完成,为解决上述问题提供了新的技术路径。中国科学院国家授时中心开展了利用数字卫星电视信号进行高精度授时的方法研究,旨在提出一种独立于 GPS 的卫星授时方法,为我国提供更加自主、可靠的时间频率服务^[17]。

在中国科学院知识创新工程项目的支持下,中国科学院国家授时中心科研人员对利用我国的数字卫星电视信号进行授时的方法和技术进行了研究,提出了基于 DVB-S(卫星数字视频广播系统, digital video broadcasting-satellite)标准的数字卫星电视授时方法,并在江苏广播电视卫星地球站进行相关的可行性验证实验,证明了利用数字卫星电视信号进行授时的可行性,具体设备如图 3 所示。该方法提供了一种自主的高精度授时服务手段,规避了以往过于依赖全球导航卫星系统(GNSS)所带来的风险,可为各行业提供授时服务。

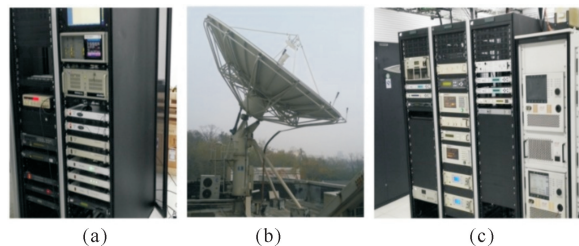


图3 数字卫星电视授时设备(a),
江苏广电卫星地球站 6.3 m 天线(b)
和江苏广电卫星地球站电视信号上行设备(c)

2012 年 11 月 6 日,江苏省广播电影电视局在南京组织召开了由中国科学院国家授时中心和江苏省广电总台发射传输台联合完成的“高精度卫星数字电视授时系统”成果鉴定会,认为该成果达到国际领先水平,一致同意通过鉴定,如图 4 所示。同时,建议项目组对系统进一步完善和优化,争取纳入数字电视系列标准中,以加快成果转化和应用推广。



图4 “高精度卫星数字电视授时系统”成果鉴定会

4 数字卫星电视授时系统的建成与服务能力

2012年5月,中国科学院国家授时中心承担了中国科学院科研仪器设备研制项目“高精度数字卫星电视授时系统研制”,开始了数字卫星电视授时系统的研制工作。该系统主要由5个电视卫星测轨站和一个发播站组成,如图5所示^[15]。

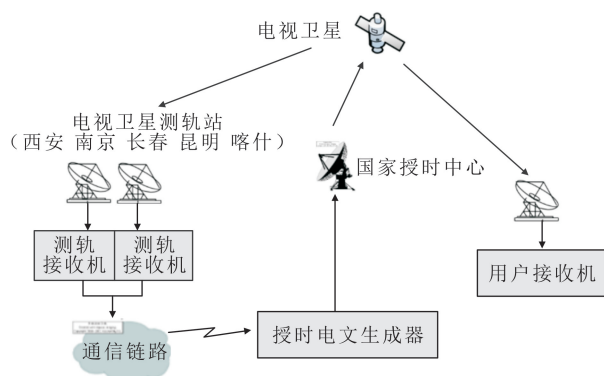


图5 数字卫星电视授时系统组成图

5个电视卫星测轨站分别位于西安、南京、长春、昆明和喀什,每个测轨站通过高精度时间戳技术测量电视信号从发播、到卫星转发、再到接收的环路时延,结合卫星动力学,实现对电视卫星的精密测定轨,时延测量分辨率10 ns,轨道径向误差小于10 m。发播站位于中国科学院国家授时中心航天城园区,授时电文生成器将卫星轨道、本地时间戳等参数编译为授时电文,插入至电视节目的数据通道,与电视节目一同编码调制后,利用7.3 m天线将电视信号上行至电视卫星。

用户接收机根据接收的电视信号,解调解码电文信息,结合自身时间戳数据,将本地时间同步至发播站保持的国家标准时间UTC(NTSC)时间^[18]。

系统研制过程中,在江苏省广电总台发射传输台的支持下,国家授时中心在“优漫卡通”卫视频道开展了相关测试,实测数据如图6、图7所示,授时电文插入前后,信号信噪比未发生明显变化,即电文的插入不影响电视节目的正常播出,并且授时电文能够被正常解析。这种技术路线充分利用了现有广播电视基础设施和卫星频谱资源,具有投资少、建设周期短的优点,并且不影响电视节目的正常播出,是一种较为实用的卫星授时方法。

2017年11月8日至9日,在中国科学院国家授时中心(西安)、长春人造卫星观测站(长春)、云

南天文台(昆明)同时对数字卫星电视授时系统进行了测试。测试以卫星双向时间频率传递(two way satellite time frequency transfer)方法为参考,测量数字卫星电视授时系统的时间传递精度。多个站的连续24 h测试结果表明数字卫星电视授时方法时间同步精度优于10 ns、准确度优于20 ns^[16]。

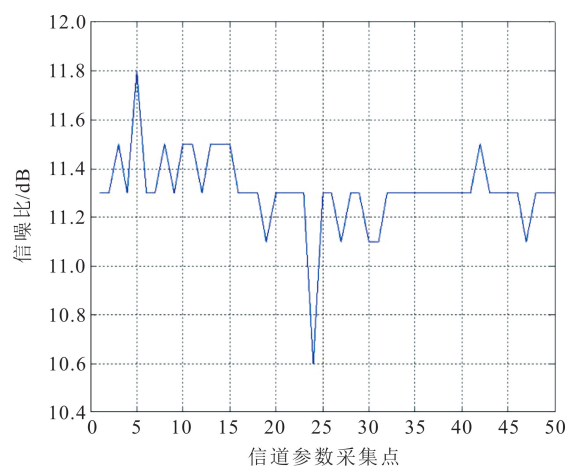


图6 原始数字卫星电视信号信噪比

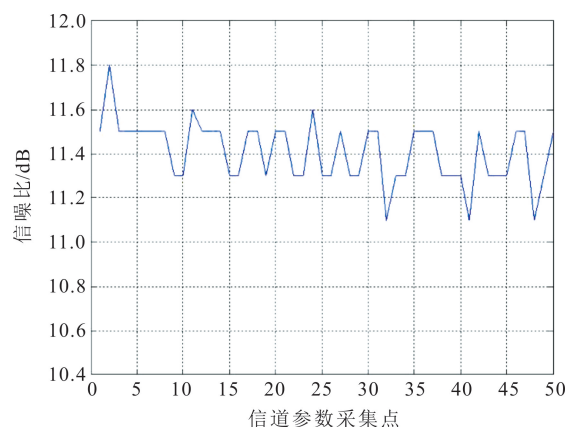


图7 加入授时信息后的信噪比

数字卫星电视授时系统的研制成功表明了数字卫星电视授时技术系统已具备工程化实施能力,为进一步完善数字卫星电视授时系统,持续提供高精度授时服务,中国科学院国家授时中心开展了“数字卫星电视授时监测系统”的建设任务。

2022年9月28日,中国科学院国家授时中心承担的“数字卫星电视授时监测系统”顺利通过了测试验收,该项目在国家授时中心西安科学园和三亚分别新建了数字卫星电视授时监测站,并且改造升级了已有的长春站,项目的建设与服务进一步保证了数字卫星电视授时系统的运行和服务能力^[1]。

数字卫星电视授时系统所用的卫星电视信号

来自于中星 6B 卫星转发的江苏卫视,该卫星已在轨运行 15 年,达到计划服务年限,中星 6E 卫星在北京时间 2023 年 12 月 26 日凌晨正式接替中星 6B 卫星,继续提供电视广播等服务。数字卫星电视授时系统所观测的卫星也由中星 6B 卫星切换至中星 6E 卫星^[1]。监测数据表明,切换卫星后的时间同步准确度与切换之前基本一致,均小于 50 ns,表明数字卫星电视授时系统成功切换了所观测的电视卫星,同时也验证了数字卫星电视授时系统具有较好的授时服务能力和授时精度。

5 中国广播授时的早期实践与标准化进程

中国的广播授时技术,始于对广播信号语音报时的利用,并逐步走向标准化。其发展早期主要围绕报时方式的统一与规范展开。

20 世纪 20 年代,广播电台如雨后天春笋般在各国涌现。1923 年 1 月 23 日,美国记者奥斯邦联合一名日本华侨在上海创办了中国无线电公司,与英文《大陆报》合作办起“大陆报—中国无线电公司广播电台”^[19],呼号 XRO,发射功率 50 W。这是中国最早出现的无线广播电台。中国人建立的第一座官办广播电台是“哈尔滨广播无线电台”^[20],该台于 1926 年 10 月 1 日开播,每天广播 2 h,广播内容为钱粮行情、新闻、音乐、文艺等,虽然没有明确记录该电台是否播报时号,但很可能是其功能之一。

1939 年南京政府西迁重庆后,国民政府行政院规定全国一律采用重庆所在的陇蜀时(东七区, GMT+7,比中原时间慢 1 h),并规定国民党中央广播电台从 6 月 1 日起,每日以长短波两种频段报告各 3 次。1940 年 12 月 30 日晚上 19 点整,延安新华广播电台(中央人民广播电台的前身)向全世界发出了一个激动人心的声音:“延安新华广播电台 XNCR 现在开始播音……”^[21-22],采用六响报时方式,即:嘟、嘟、嘟、嘟、嘟、嘀! 刚才最后一响是上海时间 19 点整。这标志着中国人民广播事业从此正式起步。

新中国成立初期,全国各地广播电台的报时方式存在时区不统一、报时频次各异的问题。直到 1950 年初,随着“北京时间”作为全国统一标准时间的推广,各级广播电台的报时方式才得以逐渐统一,中央和各级地方广播电台将自己的节目时间先后改为北京时间^[23]。

为进一步规范各个广播电台的报时方法,我国于 1985 年 2 月 1 日起实施《广播报时信号》的国家标准(标准编号:GB/T 4961—1985)^[24],并于 2000 年 1 月 1 日推出修订版(标准编号:GB/T 4961—1999)^[25]。该标准严格规定了报时信号的格式、发声时长与间隔,并要求中央广播电台整点报时准确度优于 10 ms,地方台优于 50 ms^[26]。此举标志着中国的广播授时从早期的、相对随意的语音报时,正式进入了有标可依、精度可控的标准化时代,为后续实现高精度编码授时奠定了重要基础。

6 调频广播授时技术的新方法探索

语音报时的优点是便于收听,在收听广播节目时即可知晓整点时刻,但精度低,需要手动对时。为满足国防、社会经济发展的需要,国家授时中心提出了一种新的调频广播授时方法。该方法将时间信息编码后,加入调频广播的 SCA1 附加信道中,随音频信号对外广播;接收端接收调频广播信号,进行 FM 解调和 SCA1 附加信道解调后,得到时间信息^[2,27]。

2017 年 5 月,国家授时中心科研人员研制出调频广播授时调制器和定时接收机,并在江苏省南京市某调频广播发射点测试。测试所采用的电台为中国人民广播电台音乐之声,频点为 98.9 MHz,发射功率 3 kW。车载测试以发射点为中心,沿南京市区及周边区域开展多方向移动测试,测试范围覆盖南京主城区,并向北延伸至安徽天长方向、向东延伸至江苏仪征方向、向南延伸至南京溧水方向,以验证调频广播授时方法的授时精度及信号覆盖能力。

图 8 是调频广播授时系统测试机房,图 9 为调频广播授时系统在线测试结果,其中横坐标为时间,纵坐标为接收时间与发射时间的差值,即定时偏差,单位是微秒,主要由设备时延和路径时延组成。



图 8 调频广播授时系统测试机房

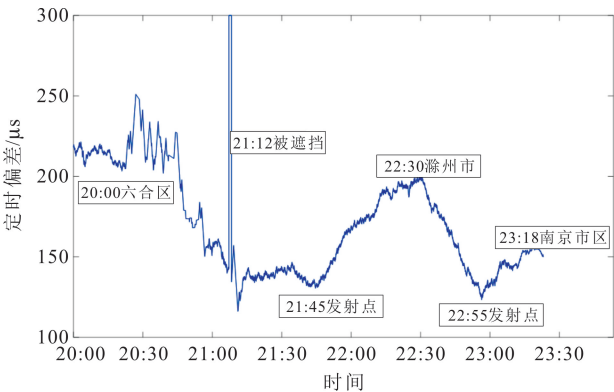


图 9 调频广播授时系统在线测试结果

车载测试结果验证了调频广播授时方法不影响广播节目的正常收听,其覆盖范围与音频范围基本一致,并且时间同步精度可达亚毫秒量级^[28]。

本次调频广播授时方法的测试验证了该技术在环境中的可行性与有效性。该方法具有覆盖范围广、接收便捷、成本低廉等优势。其授时精度达到亚毫秒量级,满足了多数社会应用对时间同步的基本需求,为我国建立多层次、广覆盖的时间服务体系提供了重要支撑。

7 调频广播授时技术的现代化升级

2022 年,中国科学院国家授时中心在多个城市开展了调频广播授时站点,各个站点通过北斗卫星共视技术将本地时间溯源至中国科学院国家授时中心,同时在西安建设的调频广播网授时运控中心实时监测各个站点的运行状态,表明我国调频广播授时系统正式运行,可以提供优于亚毫秒的授时服务。图 10 展示了调频广播授时南京站点的监测数据,数据表明调频广播授时的精度为亚毫秒级。

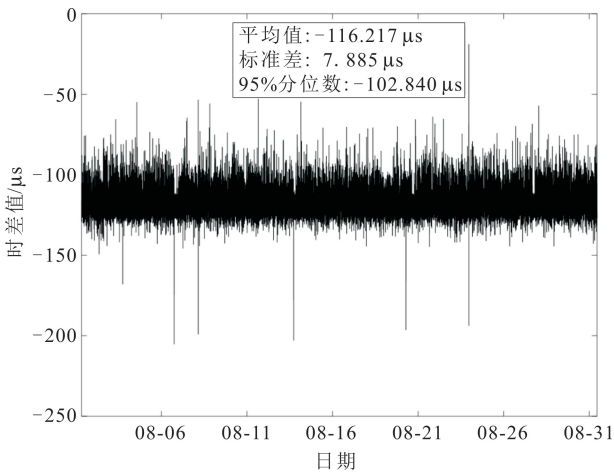


图 10 调频广播授时南京站点监测数据(2024 年 8 月)

中国的电视授时与广播授时技术,虽源于不同的技术路径与服务定位,但共同经历了从模拟到数字、从低精度到高精度、从实验研究到业务化服务的演进历程。为清晰呈现其总体发展脉络,现将二者的关键技术演进梳理总结如表 1 所示。

表 1 中国电视授时与广播授时技术发展脉络梳理

对比维度	电视授时技术	广播授时技术
核心定位	精度高,覆盖广	易部署,成本低
	国家时频体系的核心补充与战略备份	面向社会的基础性时间服务
技术演进阶段	无源同步	语音报时
	有源同步	标准化报时信号
	数字卫星电视授时	调频广播编码授时
主要优势	高精度	接收成本低
	卫星覆盖范围广 技术自主性强	适于城市及周边
技术局限	需专用接收设备	传统语音报时精度低
	技术体系随电视制式革新而演进	服务依赖地面台站维护与电波环境
典型应用场景	天文观测、国防科研、 计量校准等领域	社会公共报时、校园/ 工厂作息等民用与 行业领域

8 结语

回顾我国电视授时与广播授时从模拟到数字、从地面到卫星的演进历程,不仅体现了时间频率领域的自主化发展脉络,更揭示了其作为战略韧性基础设施的深层价值——在极端条件下“最后一千米”的授时生存能力。未来将深入探索电视/广播授时与北斗、低轨星座、5G/6G 等授时方法的深度融合,提高授时系统的抗干扰、抗欺骗、抗阻断能力,为智慧城市、数字中国等构建泛在时空基底。

参考文献：

[1] 中国科学院国家授时中心. 数字卫星电视授时系统成功切换电视卫星[EB/OL]. (2024-01-12)[2025-06-23]. https://ntsc.cas.cn/xwzx/_/kyjz/202401/t20240112_6953903.html.

[2] 胡召鹏,李实锋,向渝. 一种新型调频广播授时信号体制研究[J]. 电子与信息学报,2020,42(7):1661-1665.

[3] DAVIS D D,JESPERSEN J L,KAMAS G. The use of television signals for time and frequency dissemination[J]. Proceedings of the IEEE,1970,58(6):931-933.

[4] TOLMAN J,PTACEK V,SOUCEK A,et al. Micro-

- second clock comparison by means of TV synchronizing pulses[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1967, 16(3): 247-254.
- [5] PARCELIER P. Time synchronization by television [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1970(19): 233-238.
- [6] 郑恒秋, 韩学义, 梁双有. 有源电视时间频率同步系统[J]. 宇航计测技术, 1985(5): 43-48.
- [7] 李成福. 电视法校频技术[J]. 宇航计测技术, 1986(6): 21-28.
- [8] REDISCH W N. ATS-6 description and performance [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2007(6): 994-1003.
- [9] 二室电视同步组. 电视时间同步[J]. 陕西天文台台刊(《现时间频率学报》), 1978, 1(1): 14-20.
- [10] 郑恒秋, 韩学义, 梁双有. 有源电视同步实验[J]. 陕西天文台台刊(《现时间频率学报》), 1984, 7(2): 95-95.
- [11] 宋金安, 卫国. “荧光屏”卫星时间服务系统的建立[J]. 陕西天文台台刊(《现时间频率学报》), 1990, 13(2): 67-72.
- [12] 何宗就, 费全度. 利用电视系统传递标准时间频率[J]. 广播与电视技术, 1991, 89(4): 32-36.
- [13] GB/T 7402—1987. 利用电视信号传送标准时间频率[S]. 1987.
- [14] 国家标准化管理委员会. 关于废止《办公机器双手操作键盘字母数字区的基本布局》等 847 项推荐性国家标准的通知[EB/OL]. (2017-12-15)[2025-06-28]. open-std. samr. gov. cn/bzgk/std/nd? no=382.
- [15] 向渝. 数字卫星电视高精度授时系统设计与关键技术研究[D]. 西安: 中国科学院大学(中国科学院国家授时中心), 2015.
- [16] 王善和, 华宇, 向渝, 等. 数字卫星电视授时方法及其研究进展[J]. 导航定位与授时, 2021, 8(4): 20-28.
- [17] 向渝, 华宇, 许林生, 等. 基于 DVB-S 的数据卫星电视授时方法研究[J]. 时间频率学报, 2014, 37(2): 74-79.
- [18] 宋轲欣. 数字卫星电视授时技术研究[J]. 天文学报, 2013, 54(2): 199-200.
- [19] 上海市黄浦区人民政府. 中国最早的广播电台[N/OL]. (2012-11-07)[2025-06-23]. <https://www.shhuangpu.gov.cn/qq/004002/004002003/20121107/f655896c-05c7-4fe5-8859-c3ce2c985b6a.html>.
- [20] 中共黑龙江省委史志研究室. 中国第一座广播无线电台[N/OL]. (2021-06-28)[2025-06-23]. <https://hljszw.org.cn/news/3117.html>.
- [21] 共产党员网. 百年瞬间 | 延安新华广播电台正式开始播音[EB/OL]. (2021-12-31)[2025-06-23]. <https://www.12371.cn/2021/12/30/VIDE1640853721944975.shtml>.
- [22] 中央电视台节目官网.《国宝档案》革命圣地延安——电波里的秘密[EB/OL]. (2017-10-26)[2025-06-23]. <https://tv.cctv.com/2017/10/26/VIDEx9RKNQjdlJ08L8aXRXEg171026.shtml>.
- [23] 杨志华. 利用广播电视信号传送标准时间频率[J]. 中国技术监督, 1995: 43.
- [24] GB/T 4961—1985. 广播报时信号[S]. 1985.
- [25] GB/T 4961—1999. 广播报时信号[S]. 1999.
- [26] 石晓杰. 利用广播报时信号进行自动校时[J]. 广播与电视技术, 2014, 41(4): 67-70.
- [27] 胡召鹏. 调频广播授时方法与关键技术研究[D]. 西安: 中国科学院大学(中国科学院国家授时中心), 2017.
- [28] 柯小燕, 向渝, 王善和, 等. 调频广播授时信号的接收技术研究[J]. 时间频率学报, 2018, 41(4): 340-346.