

# 广播电视信号数字化转型中的标准与兼容性研究

孔凡猛

巨野县融媒体中心 山东 菏泽 274900

**摘要:** 本文聚焦于广播电视信号数字化转型过程中的标准演进与兼容性问题,旨在构建一个系统性的分析框架。首先,梳理了从模拟到数字、再到智能化的演进脉络,并剖析了在此过程中涌现出的多维度、多层次的技术标准体系;其次,深入探讨了标准碎片化、代际兼容、跨域互操作以及安全可信等核心兼容性挑战;在此基础上,提出了一套以顶层设计为引领、以自主可控为核心、以开放协同为路径的标准化策略;最后,对人工智能、5G/6G、元宇宙等新兴技术对未来标准体系可能带来的颠覆性影响进行了前瞻性展望。研究表明,唯有通过建立统一、先进、开放且具有强大生命力的标准生态,才能有效破解兼容性难题,保障广播电视数字化转型行稳致远,最终实现高质量、可持续发展目标。

**关键词:** 广播电视;数字化转型;技术标准;兼容性;互操作性

## 引言

广播电视作为国家信息传播、舆论引导和公共文化服务的核心载体,正经历由超高清(4K/8K)、5G、人工智能、云计算和大数据驱动的“智慧广电”转型。这一变革不仅是技术升级,更深刻重塑业务模式、产业生态与文化形态。然而,转型成败关键在于技术标准与系统兼容性。缺乏统一权威标准将导致设备互不连通、内容难以共享,形成“信息孤岛”,制约产业发展和用户体验。同时,如何在引入新技术的同时兼容海量既有模拟与早期数字系统,保障公共服务的连续性与公平性,是现实挑战。此外,随着网络视听、OTT等新业态兴起,广播电视与互联网边界日益模糊,跨平台互操作、内容安全与可信传输等问题愈发突出。因此,系统研究数字化转型中的标准体系构建与兼容性策略,对推动行业高质量发展、提升国家文化传播能力具有重大理论价值和实践意义。

## 1 广播电视数字化转型的演进脉络与标准体系

### 1.1 从模拟到数字:基础架构的重塑

广播电视的数字化转型始于对传统模拟信号的根本性替代。模拟信号以其连续的波形承载信息,易受噪声干扰,频谱效率低下,且难以实现交互功能。数字信号则通过离散的0和1编码信息,具备抗干扰能力强、频谱利用率高、易于加密和处理等显著优势。这一转变催生了第一代核心数字标准体系。在信源编码方面,MPEG-2标准凭借其良好的压缩效率和成熟的产业链,成为标清和早期高清数字电视广播的事实标准。在信道传输领域,针对不同的传输媒介,形成了三大主流标准族:面向有线电视网络的DVB-C(及其中国变种DTMB-C),

面向地面无线广播的DVB-T/DTMB/DVB-T2/ATSC 3.0,以及面向卫星传输的DVB-S/DVB-S2。这些标准详细规定了从调制方式(如QAM、OFDM、QPSK)、前向纠错(FEC)码型到帧结构等物理层和链路层的技术细节,为构建稳定可靠的数字传输网络奠定了基础。与此同时,MPEG-2 Transport Stream(TS)作为通用的节目复用与传输格式,实现了音视频、数据和服务信息的有效封装与同步,成为贯穿整个数字广播链路的“通用语言”。

### 1.2 从数字到超高清与智能化:能力边界的拓展

随着用户对视听体验需求的不断提升,广播电视进入了超高清(UHD)和智能化的新阶段。这一阶段的标准体系呈现出更高复杂度、更强融合性和更深智能化的特点。

#### 1.2.1 信源编码领域

在信源编码领域,为了应对4K/8K超高清视频带来的海量数据压力,更高效的视频编码标准应运而生。H.264/AVC在一段时间内支撑了高清向超高清的过渡,而H.265/HEVC则凭借其卓越的压缩性能,成为当前超高清广播的主流选择。面向未来,具有完全自主知识产权的AVS3标准,以其对标甚至超越国际先进水平的编码效率,正在我国超高清视频产业中加速落地,对于保障产业链安全、降低专利授权成本具有战略意义<sup>[1]</sup>。在音频方面,沉浸式音频标准(如Dolby Atmos, MPEG-H)的引入,为用户提供了三维声场体验。

#### 1.2.2 传输分发层面

在传输分发层面,5G广播(如3GPP定义的FeMBMS/eMBMS)作为一种新型的、基于移动通信网络的广播技术,打破了传统单向广播与双向通信的界限,能够实现

大带宽、低时延、广覆盖的多媒体内容分发，并天然支持移动接收和精准推送。这要求建立一套全新的、能与现有DTMB/DVB等体系协同工作的5G广播标准。同时，IP化成为网络架构演进的必然趋势，SMPTE ST 2110等专业媒体IP化标准，以及基于HTTP的动态自适应流媒体（DASH）等面向互联网分发的标准，正在重塑内容从制作到播出的全IP workflow。

### 1.2.3 智能化方面

在智能化方面，标准开始向应用层和数据层延伸。AI在内容生产（如智能剪辑、虚拟主播）、内容审核、用户画像和精准推荐等环节的应用，催生了对AI模型接口、训练数据格式、算法评估等标准化的需求。元数据标准（如EBUCore, TV-Anytime）的重要性日益凸显，它们为内容打上丰富的语义标签，是实现内容智能检索、跨平台关联和个性化服务的基础。

## 2 数字化转型中的核心标准与兼容性挑战

### 2.1 标准体系的碎片化与互操作困境

尽管标准的初衷是促进统一，但在全球化的市场和技术快速迭代的背景下，标准碎片化现象依然严峻。不同国家和地区出于产业保护、技术路线选择或历史沿革等原因，采用了不同的技术标准。例如，地面数字电视领域就存在欧洲的DVB-T/T2、美国的ATSC/ATSC 3.0、日本的ISDB-T以及中国的DTMB等多种标准。这种格局虽然在一定程度上促进了技术多样性，但也给跨国设备制造、内容交换和用户漫游带来了巨大的障碍。即使在同一标准家族内部（如DVB），不同厂商对可选功能的支持程度不一，也可能导致设备间的互操作性问题。在超高清和5G广播等新兴领域，标准的制定仍在进行中，各方利益博弈可能导致新的碎片化风险。

### 2.2 代际兼容与平滑演进的压力

广播电视作为一项重要的公共服务，其用户终端存量巨大，生命周期长。从模拟到数字的整体转换已经历了漫长的过程，而今又面临从高清到超高清、从传统广播到融合媒体的再次跨越。如何确保新系统与旧终端的兼容，或者设计出成本低廉、易于部署的过渡方案，是巨大的挑战。例如，超高清频道的播出需要考虑是否向下兼容高清机顶盒，这涉及到信源编码的分层（如HEVC的Main 10 Profile）和传输流的复用策略<sup>[1]</sup>。5G广播网络的建设也需要考虑与现有4G/5G手机终端的兼容性，以及如何利用现有的蜂窝基站资源。强制性的、一刀切的升级换代不仅成本高昂，而且会损害部分用户的权益，因此，设计具有良好后向兼容性和前向扩展性的标准至关重要。

### 2.3 跨域融合下的安全与可信挑战

数字化转型模糊了广播电视与互联网的边界，形成了一个复杂的融合媒体生态系统。在这个生态中，内容在广播网、通信网、互联网之间自由流动，用户在电视、手机、平板等多种终端上无缝切换。这种跨域融合对安全与可信提出了更高要求。首先，内容版权保护面临严峻挑战。DRM（数字版权管理）技术是核心，但不同生态（如苹果FairPlay、谷歌Widevine、微软PlayReady）采用的DRM方案互不兼容，导致内容提供商需要为同一内容准备多种加密版本，增加了运营复杂度和成本。其次，网络安全威胁加剧。IP化的网络架构使得广播系统更容易受到来自互联网的DDoS攻击、恶意软件入侵等威胁。因此，亟需建立一套统一的、贯穿“云、管、端”的安全防护标准体系，涵盖身份认证、访问控制、数据加密、安全审计等多个层面，确保内容和用户数据的安全。

## 3 构建面向未来的标准化策略

### 3.1 强化顶层设计与战略引领

应对上述挑战，必须从国家层面加强顶层设计。主管部门应制定清晰的广播电视技术发展路线图，明确各阶段的核心技术方向和标准优先级，引导产业资源向关键领域集中。应充分发挥全国广播电视和网络视听标准化技术委员会（SAC/TC 239）等标准化组织的统筹协调作用，建立健全覆盖基础、内容、传输、终端、安全、运维等全链条的标准体系<sup>[3]</sup>。对于涉及国家文化安全、产业自主可控的关键技术（如AVS系列音视频编解码、DCAS条件接收等），应加大政策扶持和研发投入，推动其成为国家强制性或事实上的行业标准，筑牢产业发展的根基。

### 3.2 坚持自主创新与开放协同并重

在全球化背景下，标准化工作必须坚持自主创新与开放协同的辩证统一。一方面，要坚定不移地走自主创新之路，特别是在核心芯片、基础软件、关键算法等“卡脖子”领域，通过制定具有自主知识产权的技术标准，掌握产业发展的话语权，规避潜在的专利陷阱和供应链风险。另一方面，也要秉持开放包容的态度，积极参与国际电信联盟（ITU）、国际标准化组织（ISO）、欧洲电信标准协会（ETSI）等国际组织的工作，将中国的技术方案和实践经验贡献给全球标准，推动形成更加公平、合理的国际标准秩序。通过“引进来”和“走出去”，实现国内标准与国际标准的良性互动。

### 3.3 推动模块化、可扩展的柔性标准架构

为适应技术的快速迭代和业务的多样化需求，未来

的标准应朝着模块化、可扩展的柔性架构方向发展。这意味着标准不应是一个僵化的整体，而应由一系列松耦合的功能模块组成。系统可以根据实际应用场景，灵活选用所需的功能模块进行组合<sup>[4]</sup>。例如，在5G广播标准中，可以将基本的广播功能、增强的移动性管理、精准的内容推送等设计为独立的模块。这种架构既能保证核心功能的统一性和稳定性，又能为技术创新预留充足的空间，有效解决标准更新滞后于技术发展的问題，并大大降低系统的集成和升级成本。

#### 4 未来展望：新兴技术驱动下的标准新范式

##### 4.1 人工智能原生标准的崛起

随着AI从辅助工具转变为内容生产与分发的核心驱动力，未来的标准体系将不可避免地走向“AI原生”。这不仅包括对AI模型本身（如大模型）的输入输出接口、训练数据格式、性能评估方法进行标准化，更重要的是，要建立一套用于描述和交换“智能”的元数据标准。例如，一个视频内容除了包含传统的节目信息外，还应附带由AI生成的、机器可读的语义标签，如场景描述、情感分析、人物关系图谱等。这些智能元数据将成为未来跨平台内容发现、个性化推荐和自动化编辑的基础，其标准化程度将直接决定AI赋能的深度和广度。

##### 4.2 沉浸式媒体与元宇宙的标准化需求

以VR/AR/MR为代表的沉浸式媒体，以及作为其终极形态的元宇宙，将彻底改变人机交互和信息消费的方式。这将催生一系列全新的标准化需求。在内容层面，需要统一的空间音频、六自由度（6DoF）视频、点云、光场等新型媒体数据的编码、传输和渲染标准。在交互层面，需要定义虚拟世界中的身份标识、资产确权（NFT）、经济系统和跨平台互操作协议。广播电视机构作为权威的内容生产者和聚合者，有望在构建元宇宙的“数字公共空间”中扮演关键角色，其参与相关标准的制定，对于确保元宇宙的健康发展、防止其沦为纯粹的商业游乐场具有重要意义。

##### 4.3 6G与空天地一体化网络的融合标准

展望更远的未来，6G通信技术将致力于构建一个空（卫星）、天（高空平台）、地（地面蜂窝）一体化的全域覆盖网络。广播电视信号的传输将不再局限于地面塔或有线网络，而是可以无缝地在卫星、高空无人机和地面基站之间切换。这要求建立一套全新的、能够统一调度和管理异构网络资源的融合传输标准。该标准需要解决超高速移动下的无缝切换、超高频段（太赫兹）的传播特性、以及与感知、计算等能力深度融合等前沿问题。广播电视的广域覆盖特性和公共服务属性，使其成为验证和应用6G空天地一体化网络的理想场景，其标准化进程将与6G的发展深度绑定。

#### 结语

广播电视信号的数字化转型是一场深刻而复杂的系统工程，而技术标准与兼容性则是贯穿其中的生命线。本文系统梳理了转型进程中标准体系的演进逻辑，深入剖析了由标准碎片化、代际兼容、跨域安全等构成的核心挑战，并提出了一套以顶层设计为引领、以自主创新为核心、以开放协同为路径的标准化策略。面向未来，随着人工智能、沉浸式媒体和6G等颠覆性技术的融入，标准体系将进入一个更加智能化、沉浸化和融合化的新范式。唯有前瞻布局、主动作为，构建一个统一、先进、开放且富有生命力的标准生态，才能有效化解兼容性难题，打通产业发展的堵点，最终保障我国广播电视事业在数字化浪潮中行稳致远，持续为人民群众提供高质量的精神文化产品，并在全球媒体格局中占据有利地位。

#### 参考文献

- [1]国家广播电视总局.超高清视频产业发展行动计划（2024-2026年）[Z].北京,2024.
- [2]国家广播电视总局.关于加快推进广播电视媒体深度融合发展的意见[Z].北京,2025.
- [3]段晓辉,郭沛宇.AVS3：中国超高清视频编码标准的创新与实践[J].广播与电视技术,2025,52(05):12-18.
- [4]张伟,李明.5G广播技术标准与应用前景分析[J].电视技术,2024,48(10):45-50.