

# 4K/8K超高清电视制播呈现系统及关键技术

姜文波, 赵贵华\*

(中央广播电视总台, 北京 100859)

**摘要:** 电视制作播出(以下简称制播)呈现系统经历了从黑白到彩色、从模拟到数字的演进历程,目前正处于从标清向超高清快速发展的阶段。传统电视高清基带系统信号传输速率仅为1.5 Gbps,无法承载4K/8K超高清信号(48 Gbps@8K, 12 Gbps@4K),且高清电视亮度动态范围只有 $10^3$ ,而人眼在无瞳孔调节时可视范围为 $10^5$ ,因此超高清电视应按照人眼识别的能力,将亮度动态范围提升至 $10^5$ 。本文针对超高清无压缩跨域多址互联网协议(Internet Protocol, IP)交换和高动态范围(High Dynamic Range, HDR)制播呈现等技术实现的难题,围绕全台4K/8K演播室、总控、播出及收录等超高清系统全链路的建设情况,全面介绍4K/8K超高清电视的制播呈现系统及关键技术,重点阐述系统超高清IP信号交换、8K超高清视频成像和图像处理、视频智能增强、扩展现实(eXtended Reality, XR)虚实融合制作、三维菁彩声、异构网络视音频同步传输和4K/8K超高清终端显示等技术创新点,以及超高清高动态特性的采集、制作、播出和呈现全流程节目制播能力。

**关键词:** 超高清;高动态范围;IP信号交换;XR虚实融合制作;三维菁彩声

中图分类号: TN94

文献标识码: A

文章编号: 0372-2112(2025)04-1164-10

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.12263/DZXB.20230911

## Systems and Key Technologies of 4K/8K UHD TV Production Broadcasting and Presentation

JIANG Wen-bo, ZHAO Gui-hua\*

(China Media Group, Beijing 100859, China)

**Abstract:** The television production and presentation system has undergone an evolution from black and white to color, and from analog to digital. Currently, it is in a stage of rapid development from high definition (HD) to ultra-high definition (UHD). The signal transmission rate of the traditional HD baseband system is only 1.5 Gbps, which is unable to carry 4K/8K UHD signals (48 Gbps@8K, 12 Gbps@4K). Moreover, the luminance dynamic range of HD television is only  $10^3$ , while the human eye's visible range without pupil adjustment is  $10^5$ . Therefore, UHD television should enhance the luminance dynamic range to  $10^5$  in accordance with the human eye's recognition ability. Focusing on the technical challenges such as uncompressed cross-domain multi-address Internet Protocol (IP) switching and high dynamic range (HDR) production and presentation for UHD, this paper comprehensively introduces the UHD television production and presentation system and key technologies, with a particular emphasis on the innovative points of UHD IP signal switching, 8K UHD video imaging and image processing, video intelligent enhancement, extended reality (XR) virtual-real fusion production, Audio Vivid, heterogeneous network audio-video synchronization transmission, and 4K/8K UHD terminal display, as well as the full-process program production and presentation capabilities of UHD high dynamic characteristics.

**Key words:** ultra-high definition; high dynamic range; IP signals exchange; XR virtual and real fusion production; Audio Vivid

### 1 引言

随着视听传播技术的发展与媒介生态的变化,观众对视频清晰度、逼真度和色彩还原的要求越来越高,电视的分辨率正从高清(High Definition, HD)迈向

4K/8K超高清,终端也从传统电视屏幕迈向多种新形态的显示屏幕。根据国家广播电视总局(以下简称广电总局)2020年的统计数据,我国有2 591家电视台,3 300多个电视频道,覆盖国内14亿电视观众。在高标清时

代,摄像机、录像机等采编播设备长期依赖进口,为推动广播电视和网络视听向超高清视音频转型升级,亟待建立我国自主可控的超高清视音频技术体系和产业体系<sup>[1]</sup>。

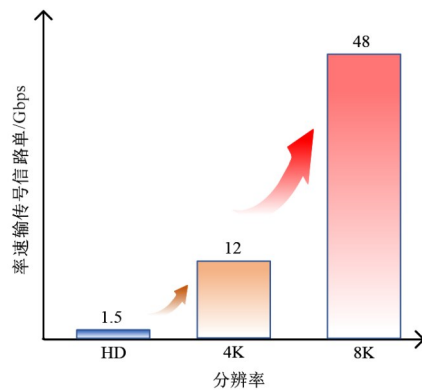
日本是最早开展 8K 超高清电视技术研究和电视节目制播的国家,于 2018 年 12 月开通首个 8K 超高清电视频道,并以卫星传输的方式播出,格式为 7 680 × 4 320/59.94 P, HLG/BT.2020/4:2:0/10 bit, 压缩方式为高效视频编码(High Efficiency Video Coding, HEVC)。近年来,欧洲对体育节目和国际重大赛事进行 8K 超高清电视的卫星传送,2018 年 5 月卫星运营商 SES 首次通过其卫星系统播出 8K 超高清电视信号,分辨率为 7 680 × 4 320 像素,帧率为 60 fps,颜色深度为 10 bit,采用 HEVC 编码,码率为 80 Mbit/s。北美基本采用网络流媒体服务的方式为观众提供超高清电视节目,未见播出正式的 8K 超高清电视节目。

2019 年 2 月,我国工业和信息化部、广电总局、中央广电总台联合发布《超高清视频产业发展行动计划(2019—2022 年)》,确定“4K 先行,兼顾 8K”的总体技术路线,积极加快推进超高清视频产业的发展,在满足广大观众文化生活需求升级的同时,通过技术进步和应用示范带动我国电视产业转型升级和国际引领,完成在 4K 超高清阶段与欧美日并行,在 8K 超高清阶段实现全球领跑的战略性改变,并带动我国 4 万亿元规模的超高清产业发展<sup>[2]</sup>。与高清电视制播系统不同,4K/8K 超高清系统在采集制作、信号交换、云网协同、智能化应用和用户服务等环节存在亟待解决的技术难题,主要包括以下几个方面:我国在信号交换矩阵、高端摄像设备、专业监视终端等领域缺失核心技术,长期依赖进口;我国的广电标准很少被纳入国际标准体系,在技术标准上缺少话语权;传统制播技术架构无法承载 4K/8K 超高清高码率、大带宽的要求;传统广电收看模式无法满足互联网时代的用户 5A(Anytime, Anywhere, Any terminal, Any quality, Any content)收视需求。此外,在我国的重大活动中,如 2019 年国庆 70 周年盛大庆典、2021 年中国共产党成立 100 周年庆祝活动、2022 年北京冬奥会等,均需要以高标准的 4K/8K 超高清电视技术进行转播,在质量和安全可靠方面都有极高的要求,项目研制的超高清设备和系统必须能够支撑和保障重大活动的转播任务。

## 2 4K/8K 超高清发展面临的挑战和技术难点

(1) 针对电视高清基带系统信号传输速率只有 1.5 Gbps,无法承载 4K/8K 超高清信号(48 Gbps@8K, 12 Gbps@4K)的问题,需要攻克超高清无压缩跨域多址互联网协议(Internet Protocol, IP)交换的技术难题。首

先,研制 4K/8K 电视 IP 信号交换系统,并在超高清全网化 IP 体系架构下实现全台 4K/8K 演播室、总控、播出及收录等超高清系统全链路建设;其次,构建全 IP 方式的全台超高清信号调度和分发网络,按照实际直播和录制业务需求,实现 4K/8K 转播或录制、虚拟制作、编辑合成、调度分发、编码传输、解码呈现,并对全网的设备、路由、业务信号等进行全面的管理、监控和告警,按照电视台制播业务要求,实现 4K/8K 超高清信号的全流程直播或录制<sup>[3]</sup>。传统高清基带系统信号传输速率和矩阵架构如图 1 所示。



(a) 单路信号传输速率

高清信号交换调度基于SDI基带矩阵



(b) 矩阵架构

图1 传统高清基带系统信号传输速率和矩阵架构

(2) 自然界景物亮度动态范围为  $10^{15}$ ,人眼在无瞳孔调节时可视范围为  $10^5$ ,而高清电视亮度动态范围仅为  $10^3$ ,图 2 为高清电视系统亮度动态范围与人眼识别动态范围的差异对比。超高清电视要按照人眼识别的能力将亮度动态范围提升到  $10^5$ ,需攻克超高清高动态特性的采集、制作、播出和呈现全流程技术难题,研制支撑超高清高动态范围(High Dynamic Range, HDR)的系统 and 设备<sup>[4,5]</sup>,实现适配人眼的高动态范围节目制播。

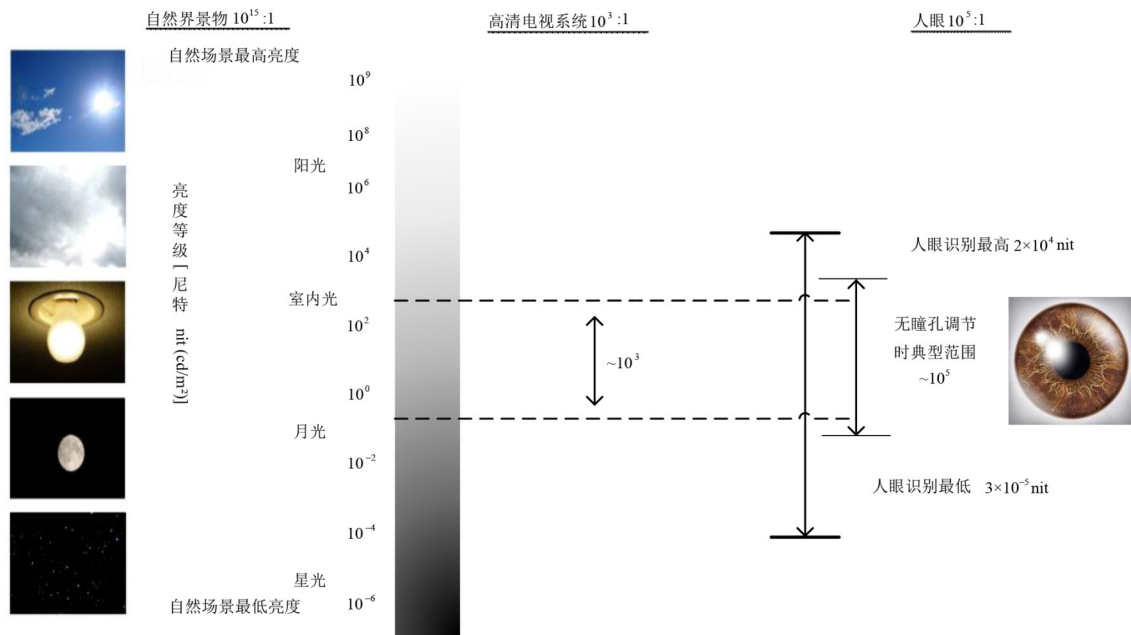


图2 高清电视系统亮度动态范围与人眼识别动态范围的差异

(3)我国电视领域的关键技术多由国外公司主导,在电视向超高清升级换代过程中,亟需掌握关键技术,实现核心系统设备的国产化,确保制播呈现全流程技术体系安全. 首先需要自主研制超高清摄像机、特种拍摄设备、

超高清监视器、信号交换系统、5G+4K/8K/HD传输背包等系统设备,然后研究制定超高清视音频标准体系,实现超高清视音频采、编、播、存、传全流程技术自主可控,构建4K/8K超高清全链路电视制播和服务平台,如图3所示.

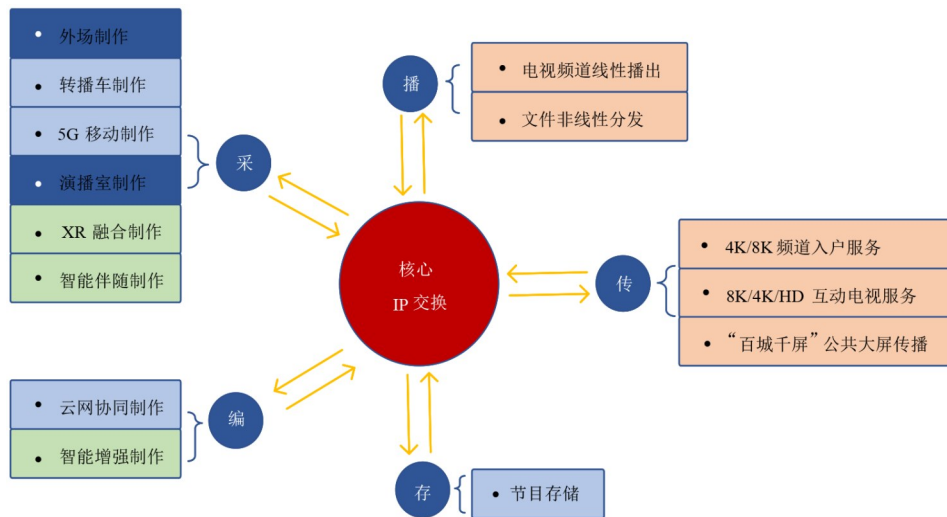


图3 自主可控的超高清IP化技术体系

### 3 4K/8K超高清制播呈现系统关键技术

4K/8K超高清电视制播呈现系统通过研发8K/4K/HD电视IP信号交换技术和基于5G的超高清云网协同制播技术,研制电视IP信号交换及调度系统、4K/8K超高清摄像机等关键系统和设备,构建了全球首个4K/8K超高清电视IP化制播呈现技术体系,实现了大规模、高

质量、云网化的超高清内容制播,攻克了无压缩跨域多址IP交换技术难题. 同时,扩展现实(eXtended Reality, XR)虚实融合制作等媒体人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的研发及智能化超高清电视制作平台的创建,实现了超高清节目的高质高效和低成本制作,异构网络视音频同步传输、三维声和超高清终端显示技

术的研发,实现了超高清电视的高质量和高安全传输呈现.4K/8K超高清电视制播呈现系统的创新成果支撑CCTV-4K/奥林匹克/8K频道、8K/4K/HD互动电视平台和“百城千屏”8K超高清公共大屏传播平台的开播<sup>[6]</sup>,首次实现冬奥会8K超高清电视国际公共信号的制作和直播,摆脱关键技术和标准被国外控制的困境,引领我国超高清产业按照“4K并跑8K领先”的目标快速发展,取得了重大的社会经济效益.

### 3.1 8K/4K/HD电视IP信号交换技术

项目基于IP化架构全新构建4K/8K超高清电视制播体系,提出无阻塞调度算法、超高清视频帧精度净切换算法、高精度精确时间协议(Precision Time Protocol, PTP)时钟抖动平滑算法,研发世界首台8K/4K/HD电视IP信号交换系统,解决电视IP化制播中视音频不同流之间带宽差距大导致链路阻塞的问题,满足跨域无压缩信号交换的高精度时间同步和信号间整帧净切换的需求,并支持单台最大无阻塞IP交换能力32T、600路@8K超大规模无压缩视频信号的交换.

IP制播中须满足8K/4K/HD无压缩信号和辅助数据流的传输交换,其中8K无压缩视频流(48Gbps@8K)和辅助数据流码率相差10<sup>6</sup>倍.针对大规模信号交换的场景,传统的负载均衡算法存在流量负载不均衡、容易

造成链路阻塞丢包等问题.项目在标准网络协议基础上提出制播网软件定义网络(Software Defined Network, SDN)调度架构,借助SDN的集中算路优势开发无阻塞调度算法,对每路业务信号、每条数据流SDN集中规划转发路径,保障业务稳定运行.超高清IP系统的视频净切换需要同时处理切入、切出2路大带宽视频信号,项目采用国产核心转发网络处理器(Networking Processor, NP)芯片的多进程、多线程同步功能,提出超高清视频帧精度净切换算法,通过对齐切入信号和切出信号每条数据流的帧边界,达到画面无卡顿切换的效果,实现基于IP流“零缓存、低时延”的超高清画面整帧净切换.针对超高清IP系统的时间同步和安全要求,提出高精度PTP时钟抖动平滑算法,基于自研NP时钟芯片,单台设备可以达到10ns的高精度同步,在时钟源异常时可以平滑切换,保障下游设备PTP时钟的稳定.同时,超高清视音频业务调度和分发系统基于全自主研发的技术方案,采用路由器结合SDN管控方式,通过无协议交互、无阻塞调度、白名单管控和实时可编程处理等路由器的内生安全措施,以及超大带宽组播业务防火墙等边界防护手段部署的外部安全防护体系,全方位构建安全、可靠的超高清视音频IP制播网.图4为制播网IP信号交换示意.

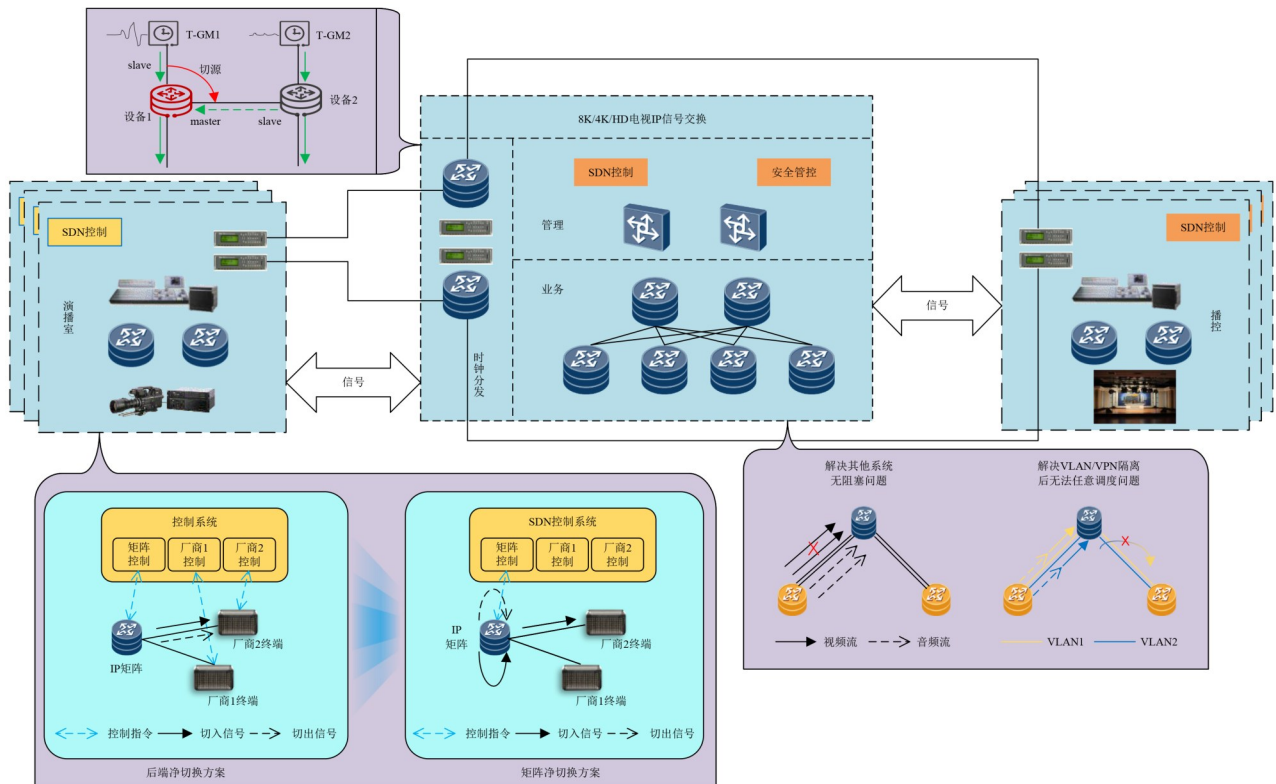


图4 制播网IP信号交换示意

8K/4K/HD 电视 IP 信号交换系统在北京冬奥会转播中圆满完成赛场画面传输、国际广播中心分发和总台演播室实时制作及后期编辑的 8K/4K/HD 无压缩信号跨域交换,并实现面向电视及新媒体等平台的多渠道节目信号分发。

### 3.2 8K 超高清成像和图像处理技术

项目成功研发具有自主知识产权的 8K 超高清广播级摄像机,主要技术指标为垂直清晰度 4 000 电视线、信噪比 67.1 dB、光圈 F8.5,达到国际同类产品标准水平,改变我国电视行业广播级摄像机长期被国外厂家垄断的局面<sup>[7]</sup>。

为满足 8K 超高清视频分辨率高和颜色动态范围大的特性,项目定制了国产 APS-H+ 满画幅尺寸高分辨率互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)感光芯片,实现像素尺寸为 3.2 μm 的最大 6 500 万像素点的高质量信号采集。通过采用感光芯

片表面涂覆微棱镜和点扫描等技术,进一步提高 CMOS 芯片的色彩还原精准度和垂直清晰度。项目自主研发超高清彩色矩阵算法,有效实现色彩真实还原及不同类型摄像机系统的色彩匹配。调色矩阵算法公式如下:

$$\begin{aligned}
 R_0 &= R_i + t_2(G_i - R_i) + t_3(B_i - R_i) \\
 G_0 &= G_i + t_4(R_i - G_i) + t_6(B_i - G_i) \\
 B_0 &= B_i + t_7(R_i - B_i) + t_8(G_i - B_i)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

该算法利用图像处理器中的数字差分放大器精确获取色差信号,由于其频带较窄,用色差值作为校正信号可引入较少的杂波,将色彩信号的信噪比由 55 dB 提升至 62 dB。为保证 8K 超高清摄像机无压缩图像、声音和多路辅助数据的实时传输和设备体积要求,项目研制了微型波分传输系统。图 5 为研制的 8K 超高清广播级摄像机系统原理,该系统成功应用于北京冬奥会“鸟巢”开闭幕式 and “冰丝带”速度滑冰 8K 国际公共信号制作。

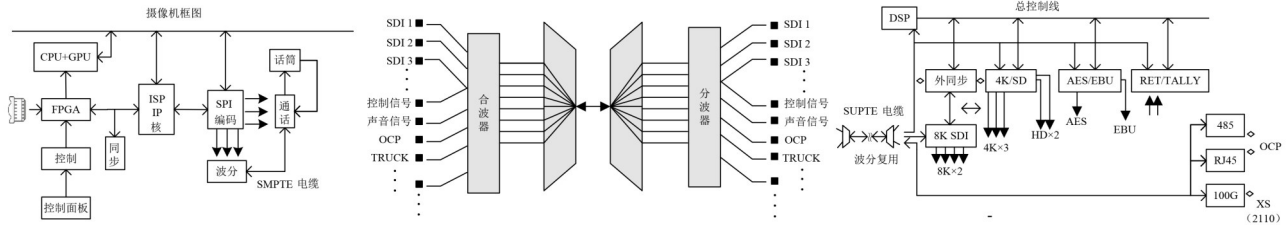


图 5 8K 超高清广播级摄像机系统原理

### 3.3 XR 虚实融合超高清视频制作技术

针对传统虚拟演播室基于蓝箱/绿箱抠像的方式,无法实现实时现场制作,不能区分增强现实(Augmented Reality, AR)场景与人物的空间遮挡关系,虚拟节目制作流程复杂、效率低的问题,项目提出 XR 虚实融合制作技术和多光系统联合校准方法,突破了延展现实渲染亚毫米级高精度空间配准技术,通过研制大空间多机位联合定位装置,开发基于稀疏视点视频的人体 AI 实时稳健 3D 感知算法,实现了分布式联机发光二极管(Light-Emitting Diode, LED)多屏实时渲染,以及动态融合场景实拍、主持人虚景特效交互与 AR 延展的 XR 实时制作。图 6 为融合制作技术架构。

项目首创多光系统联合校准方法,采用可见光和近红外逆反射标点构建联合靶标,优化多光谱运动结构恢复(Structure From Motion, SFM)算法,进行红外光学定位、视频运动捕捉、变焦摄像机等系统的一键联合标定,实现变焦系统动态参数实时映射、跨系统空间配准和多源数据自动融合,系统调校时间由传统的 1~2 d 缩短至 1~2 h,效率提升 10 倍以上。系统采用红外光学传感阵列,研发 2D 重投影与空间 3D 配准后验概率优化的现场可编程逻辑门阵列(Field Programmable Gate Ar-

ray, FPGA)滤波处理与归一化互相关(Normalized Cross Correlation, NCC)算法<sup>[8]</sup>,提升了处理效率和抗环境干扰能力。基于该技术研制的大空间多机位联合定位装置,实现了大型演播室环境下 5 机位同步定位,采样频率为 120 Hz,定位精度为 ±0.1 mm/m。系统采用基于 AI 的自然视频运动捕捉技术<sup>[9]</sup>,研发并行图形处理单元(Graphics Processing Unit, GPU)时空解耦算法,依靠主流性能服务器单机运算可实现多达 4 人(19 × 4 个关键点)的实时无标记点动作捕捉;采用摄影测量原理精确定位屏幕分区,对多个 LED 屏幕、AR 延展空间进行超高清分区融合渲染,分区配准精度最高可达 0.2 mm/m。

项目研制的 XR 虚实融合超高清视频制作系统,实现了 XR 多机位拍摄与前后景智能判别融合,极大地提高了超高清视频质量和制作效率,大幅降低制作成本,成功应用于央视春晚、“3.15”晚会、《国家宝藏》等上百档大型节目制作。

### 3.4 视频智能增强超高清制作技术

基于国家重大活动或影像工程技术要求,充分利用现存大量标清和高清影像素材制作超高清电视节目,研制了 4K/8K 超高清视频智能修复增强平台。

针对增强任务的不适定性导致生成画面模糊、细

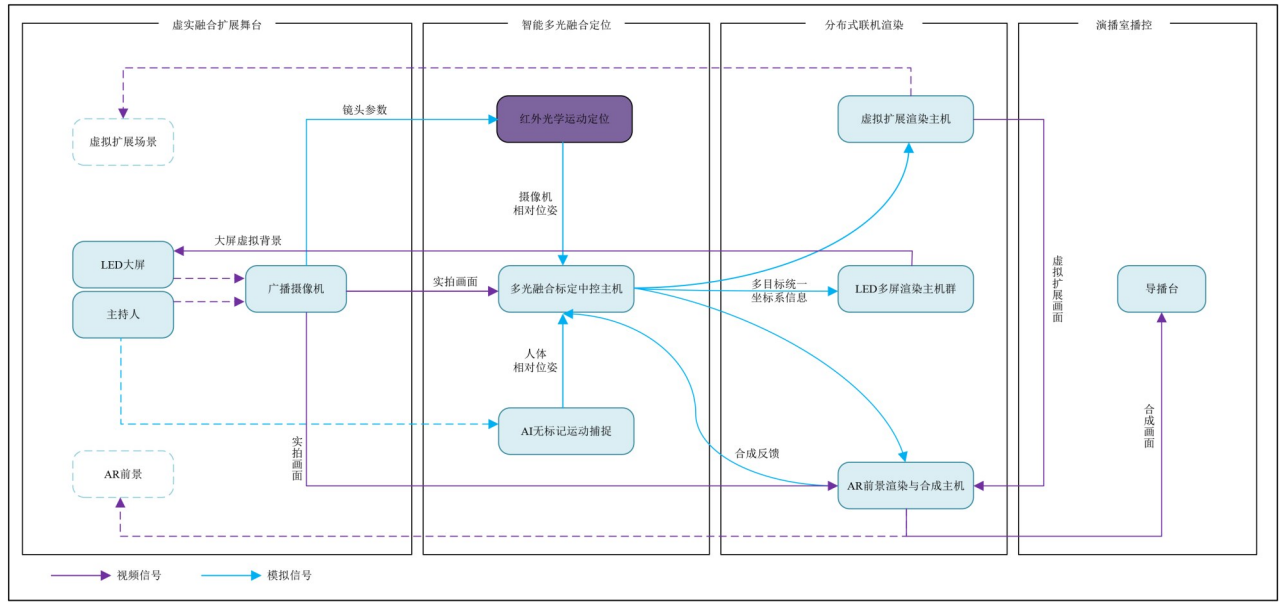


图6 融合制作技术架构

节不够的问题,项目基于向量化自编码器 VQ-VAE 和自回归生成模型,创新性提出局部自回归超分算法,以局部块并行方式进行高频细节的自回归采样<sup>[10]</sup>,显著提升细节重建质量,解决像素序列采样耗时长的问题,相比EDSR(Enhanced Deep residual networks for single image Super-Resolution)等主流AI超分方法,其感知损失减少57%,学习感知图像块相似度(Learned Perceptual Image Patch Similarity, LPIPS)值从0.270优化到0.114,比传统自回归模型耗时降低99.48%。针对历史素材人脸细节严重缺失的挑战,项目提出基于深度生成模型的人脸先验学习方法,并在此基础上设计先验驱动的人脸智能增强算法,提升了人脸细节重建质量<sup>[11,12]</sup>。

针对视频插帧面临的块效应、运动伪影等挑战,项

目在国际上首次提出运动估计与运动补偿(Motion Estimate and Motion Compensation, MEMC)模型驱动和场景深度感知的端到端视频插帧算法,创新性设计了基于光流偏移的自适应卷积核采样网络层,对每个待插值像素估计空间自适应变换的插值补偿系数 $k_r(x)$ 。合成目标帧 $\hat{I}(x)$ 的表达式为

$$\hat{I}(x) = \sum_{r \in [-R+1, R]^2} k_r(x) I(x + \lfloor f(x) \rfloor + r) \quad (2)$$

该算法将传统插值框架和深度学习相结合,集成经典MEMC处理大运动和学习网络自适应提取特征的优势<sup>[13]</sup>,相比主流AI插帧方法,其峰值信噪比(Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR)提升0.92 dB。图7为MEMC模型驱动和场景深度感知的视频插帧算法。

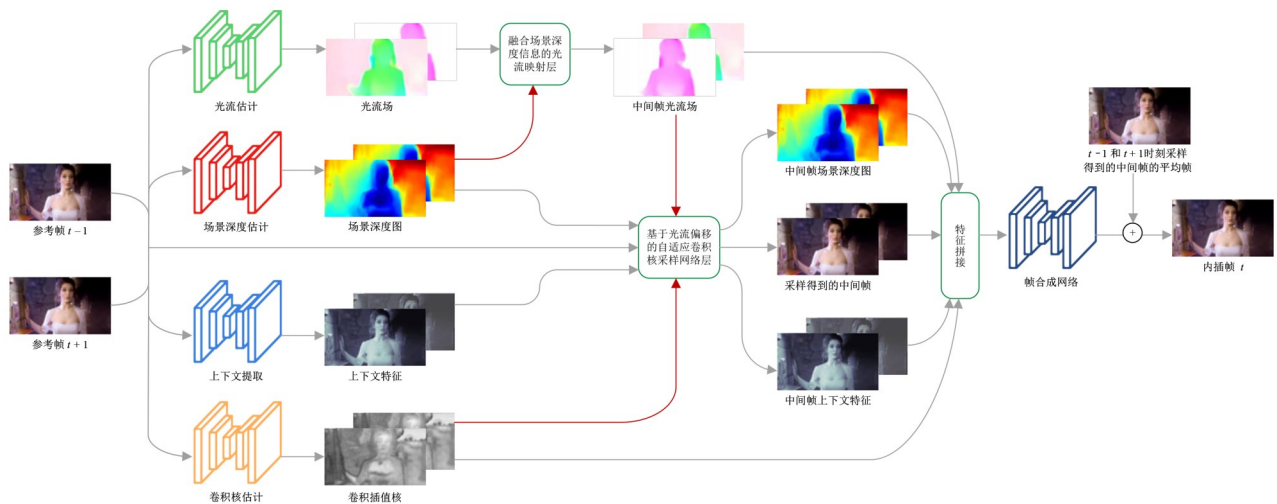


图7 MEMC模型驱动和场景深度感知的视频插帧算法

项目研制了超高清视频智能修复增强平台,已为北京冬奥会、中共一大纪念馆展览、建党百年宣传报道、央视春晚等重大活动制作了基于珍贵历史素材的超高清节目,并成为CCTV-8K频道内容生产的重要平台。

### 3.5 三维菁彩声技术

项目针对我国研发高质高效、自主可控的环绕声/三维声编解码和渲染技术的需求,创造性发明了面向下一代声音制播全链路的关键核心技术,形成自主知识产权的端到端三维菁彩声(Audio Vivid)技术。该技术采用声床、对象和高阶立体声(Higher Order Ambisonics, HOA)高保真技术构建三维声场,纳入自主研发的HOA编解码及渲染技术,支持多达7阶的HOA声场信号;该技术研发了新型混合AI编解码架构,通过深度学习算法提取音频信号的抽象特征并进行编解码处理<sup>[14]</sup>;该技术构建了基本层加扩展层的Audio Vivid元数据体系,能够兼容国际电信联盟(International Telecommunication

Union, ITU)的管理设备管理器(Administration Device Manager, ADM)标准,相比国际主流音频技术具有更高的灵活性和可扩展性,为新一代沉浸式音频提供强大的表现和交互能力。三维菁彩声兼容立体声、环绕声、三维声,可通过5.1.4音箱或耳机渲染呈现,完美还原真实场景的沉浸式音效。采用ITU的音频测试标准对三维菁彩声进行测试,结果表明,编码效率和三维声音质量达到国际先进水平。

项目研制了广播级三维菁彩声编码器,可支持多种封装协议和信源格式;同时研制了三维菁彩声分发传输服务器,实现音频流的封装、推流及流媒体服务等功能,可通过互联网为用户提供三维菁彩声音频服务。三维菁彩声技术在超高清音频内容制作、编码、接收、解码、播放等端到端全流程上填补了我国音频技术体系的空白,打破了国外长期的技术垄断。图8为三维菁彩声全链路制播呈现示意。

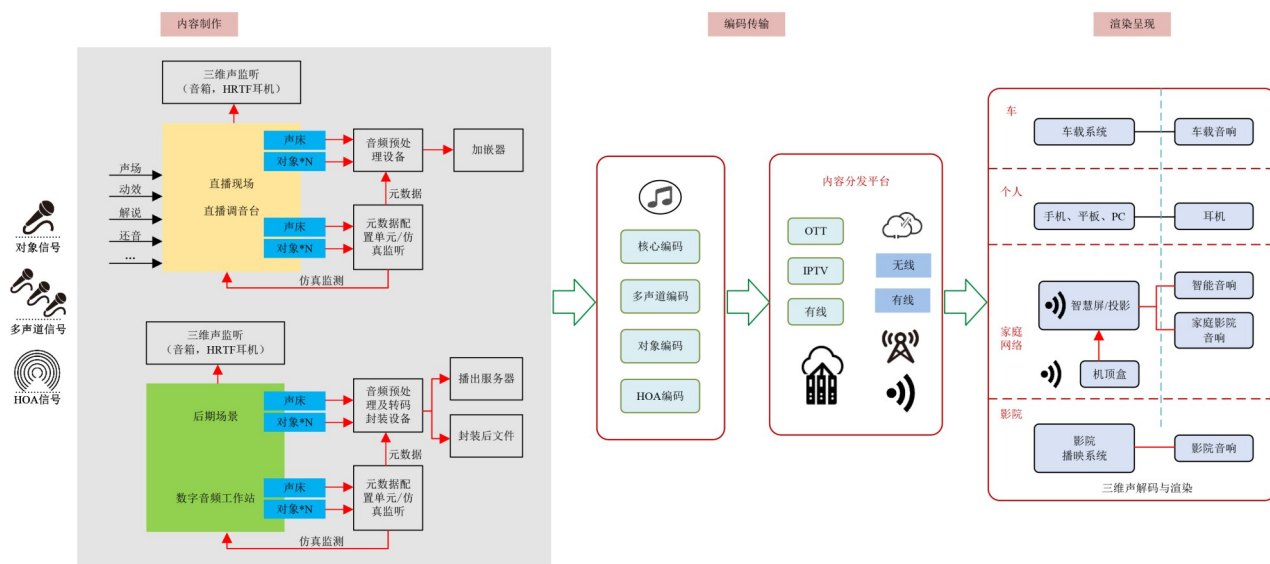


图8 三维菁彩声全链路制播呈现示意

### 3.6 异构网络视音频同步传输技术

项目首创一种异构网络的视音频控制方法,实现了在超高清公共大屏传播中同步呈现专网传输的视频与移动互联网传输的音频(电视伴音)。大屏视频链路通过在编码环节流信息中插入时间戳的方式实现端到端延时的自动侦测;播控系统在电视播出的同时,将伴音信号通过云端的流延迟推流服务器处理生成固定延时间隔(210 ms)的多路音频流,以供移动端选择;移动端通过北斗、全球定位系统(Global Positioning System, GPS)实时定位获知对应的公共大屏信息,得到相应的视频链路延时,并结合时间水印获取伴音链路延时,计算出2条链路延时差后自动选取云端适配的音频流,成功将不同网络传输的音频与视频时延控制在

-90~120 ms,满足《电视广播声音和图像的相对定时(GB/T 22150—2008)》的要求。图9为异构网络视音频同步传输技术流程。

### 3.7 4K/8K超高清终端显示技术

4K/8K超高清显示终端比高清显示终端对面板和工艺的要求更高,对驱动能力的要求也成倍数提升。项目首创的ADS(Advanced super Dimension Switch) Pro显示模式采用水平电场驱动液晶旋转,相较于垂直对齐(Vertical Alignment, VA)显示模式的垂直电场驱动具有更广的视角(178°),侧视角不存在颜色漂移问题,锐度损失小,对比度变化幅度小。首创Dual-Gate驱动技术,实现数据线数量减半,同时面板透光率提升10%,在不降低画质的前提下将面板中Source-IC的数量由12个减为6个,

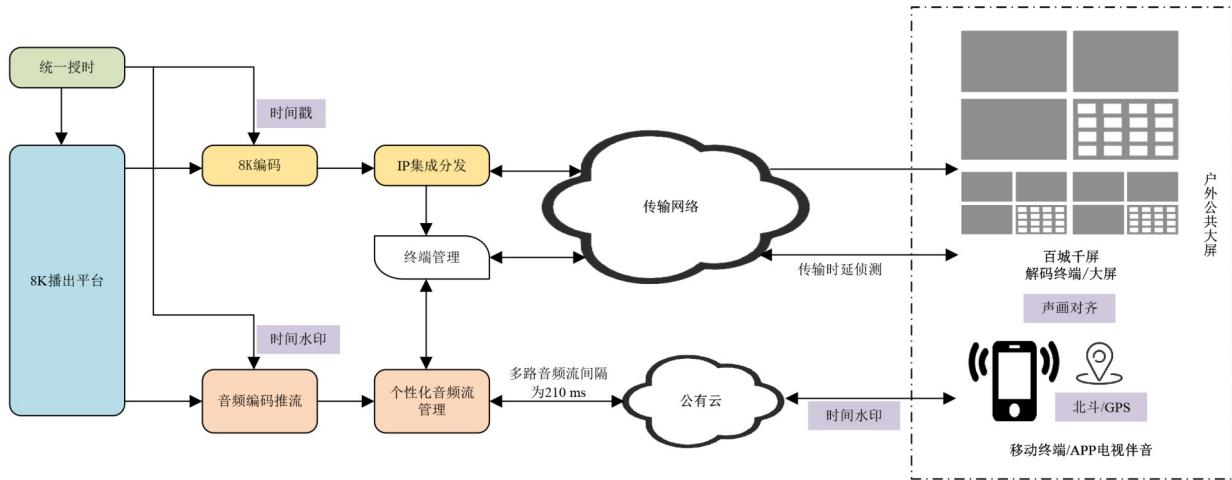


图9 异构网络视音频同步传输技术

单面板可至少节省 30 元,一年能节省上亿元成本. 针对传统 4K 产品 1G1D 的驱动架构在 8K 超大尺寸、超高分辨率、高刷新率面板中出现的充电困难问题,项目提出采用 1G2D 驱动架构,实现 2 行 Gate 信号同时开启,配合 2 条 Data Line 同时输出数据,使充电时间加倍. 针对普通液晶显示对比度低、暗场漏光等问题,研发了超高清叠屏显示技术,通过上层 Main Cell 控制显示,下层 Sub Cell 每一个像素分区控光,将普通液晶几千个分区提高到 829 万

个分区,使得同屏对比度从  $10^3:1$  提高到  $10^5:1$ ,顺序对比度从  $10^4:1$  提高到  $10^6:1$ ,峰值亮度从  $500 \text{ cd/m}^2$  提高到  $1\ 000 \text{ cd/m}^2$ ,黑场亮度从  $0.05 \text{ cd/m}^2$  降低到  $0.001 \text{ cd/m}^2$ . 图 10 为普通液晶显示与叠屏显示原理对比.

基于项目研发的生产工艺、驱动控制、算法设计、叠屏技术等成果,实现了超高清电视机和专业监视器的大规模生产,打破了日韩企业在该领域的长期垄断,推动了我国超高清产业的快速发展.

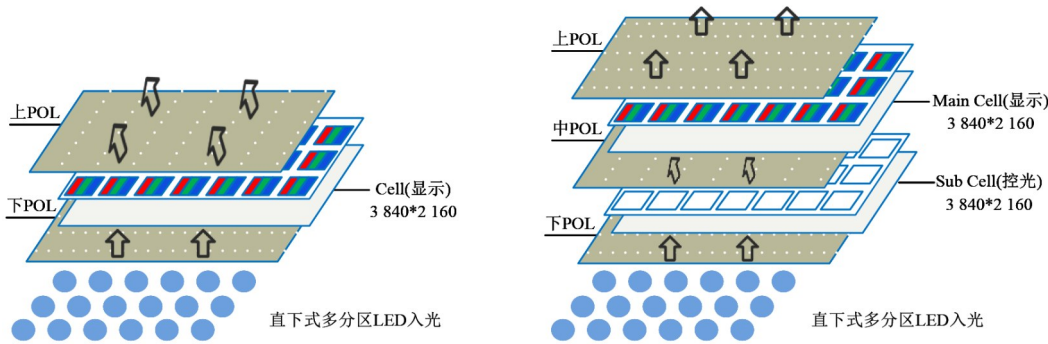


图 10 普通液晶显示与叠屏显示原理对比

### 4 成果鉴定和推广应用

2022 年 6 月,4K/8K 超高清电视制播呈现系统通过了中国电子学会组织的科技成果鉴定. 由邬贺铨、于全、张平、邬江兴、高文、樊邦奎和戴琼海等 7 位院士和 5 位行业专家组成的鉴定委员会一致认为,该项目技术复杂、难度很大,应用规模广泛,创新性强,自主可控程度高,总体达到国际先进水平,其中 8K/4K/HD 电视无阻塞、高确定性、超宽带的 IP 信号交换技术以及 XR 虚实融合超高清制作技术和异构网络视音频同步传输技术达到国际领先水平.

8K/4K/HD 电视 IP 信号交换系统是世界首套 8K/

4K/HD 全 IP 电视信号交换系统,也是我国自 1958 年电视开播以来采用的首套自主研发的国产电视总控信号交换系统,填补了国内超高清电视制播关键装备的空白,标志着我国在世界超高清电视装备制造领域取得重大突破. 4K/8K 超高清电视制播呈现系统的研究成果支撑了 CCTV-4K/奥运/8K 频道、8K/4K/HD 互动电视平台和“百城千屏”8K 超高清公共传播平台的开播,并成功应用于国庆 70 周年盛大庆典、中国共产党成立 100 周年庆祝活动、北京冬奥会和春晚等重大活动,为我国数亿用户提供高质量的 4K/8K 超高清电视转播画面.

鉴于中央广播电视总台技术团队在冬奥会的出色

贡献,经北京冬奥组委提名推荐,中共中央、国务院授予中央广播电视总台技术局“北京冬奥会、冬残奥会突出贡献集体”称号。国际奥委会主席巴赫对北京冬奥会给予高度评价并指出,奥林匹克频道的开播和8K技术的运用让中央广播电视总台更上一层楼,北京冬奥会传播取得了史无前例的规模和成功。奥林匹克广播公司(OBS)CEO扬尼斯表示,中央广播电视总台是全球最具有前瞻性和能力最强的转播商,也是全世界最优秀的持权转播商,无论是技术创新、数字科技,还是4K/8K的转播技术应用,总台目前在全球范围内都处于领先地位。

## 5 总结与展望

随着5G和宽带互联网的飞速发展,视频直播、点播等视音频业务成为宽带互联网承载的主要内容。我国电视用户已超过5亿户,“十四五”期间网民规模将达12亿,其中5G普及率将超过50%,千兆光纤用户将超过2亿。可以预见,4K/8K超高清电视制播呈现系统的应用推广将有力推动我国广播电视和网络视听行业向超高清视音频转型升级,有效提升4K/8K超高清制播呈现全链路装备质量并大幅降低制作成本,为视听文化产业和电子信息产业提供强大支撑,同时为社会信息化建设、数字经济产业发展和信息消费注入强劲动力。

### 参考文献

- [1] 姜文波. 央视4K超高清电视技术体系总体规划[J]. 现代电视技术, 2018(8): 26-30.  
JIANG W B. Master plan of CCTV 4K ultra HD TV technology system[J]. *Advanced Television Engineering*, 2018(8): 26-30. (in Chinese)
- [2] 姜文波, 赵贵华. 5G+4K/8K+AI重构电视媒体制播体系[J]. 广播与电视技术, 2020, 47(12): 10-20.  
JIANG W B, ZHAO G H. Reconstruction of TV media production and broadcasting system with 5G+4K/8K+AI[J]. *Radio & TV Broadcast Engineering*, 2020, 47(12): 10-20. (in Chinese)
- [3] 李岩, 潘波. 中央广播电视总台4K超高清电视节目制播系列技术规范关键技术介绍[J]. 现代电视技术, 2021(4): 129-131.  
LI Y, PAN B. Introduction of key technologies of technical specifications for the production and broadcasting of 4K UHD TV programs of China Media Group[J]. *Advanced Television Engineering*, 2021(4): 129-131. (in Chinese)
- [4] 王惠明, 宁金辉. HDR电视系统关键技术研究[J]. 广播与电视技术, 2017, 44(11): 25-29.  
WANG H M, NING J H. Research on the key technologies of HDR TV system[J]. *Radio & TV Broadcast Engineering*, 2017, 44(11): 25-29. (in Chinese)
- [5] 周芸, 郭晓强, 潘晓菲. 高动态范围(HDR)标准化现状研究[J]. 广播与电视技术, 2017, 44(12): 25-27.  
ZHOU Y, GUO X Q, PAN X F. Study on high dynamic range(HDR) standardization[J]. *Radio & TV Broadcast Engineering*, 2017, 44(12): 25-27. (in Chinese)
- [6] 朱易, 潘晓菲. 基于AVS3的8K超高清压缩编码技术研究与应用[J]. 广播与电视技术, 2021, 48(6): 15-21.  
ZHU Y, PAN X F. Research and application of 8K UHD encode technique based on AVS3[J]. *Radio & TV Broadcast Engineering*, 2021, 48(6): 15-21. (in Chinese)
- [7] 郭仲杰, 程新齐, 余宁梅, 等. 面向超大面阵CMOS图像传感器的列总线自加速建立方法研究[J]. 电子学报, 2023, 51(6): 1581-1589.  
GUO Z J, CHENG X Q, YU N M, et al. Research on self-accelerated establishment method of column bus for super large array CMOS image sensor[J]. *Acta Electronica Sinica*, 2023, 51(6): 1581-1589. (in Chinese)
- [8] LI M S, CHEN S H, ZHAO Y H, et al. Multiscale spatio-temporal graph neural networks for 3D skeleton-based motion prediction[J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2021, 30: 7760-7775.
- [9] ZHAO P S, XIE L X, JU C, et al. Bottom-up temporal action localization with mutual regularization[M]//*Computer Vision-ECCV 2020*. Cham: Springer International Publishing, 2020: 539-555.
- [10] WANG Z J, LU Y, LI W Q, et al. Single image super-resolution with attention-based densely connected module[J]. *Neurocomputing*, 2021, 453: 876-884.
- [11] YE F, HUANG C Q, CAO J K, et al. Attribute restoration framework for anomaly detection[J]. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2020, 24: 116-127.
- [12] CHEN X, CHEN S H, YAO J C, et al. Learning on attribute-missing graphs[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2022, 44(2): 740-757.
- [13] JU C, ZHAO P S, CHEN S H, et al. Divide and conquer for single-frame temporal action localization[C]//2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). Piscataway: IEEE, 2021: 13435-13444.
- [14] 国家广播电视总局. 三维声编解码及渲染: GY/T 363—2023[S/OL]. (2023-09-11)[2023-09-27]. [http://www.nrta.gov.cn/art/2023/3/9/art\\_3715\\_63623.html](http://www.nrta.gov.cn/art/2023/3/9/art_3715_63623.html).

National Radio and Television Administration. 3D sound codec and rendering: GY/T 363—2023[S/OL]. (2023-09-

11)[2023-09-27]. [http://www.nrta.gov.cn/art/2023/3/9/art\\_3715\\_63623.html](http://www.nrta.gov.cn/art/2023/3/9/art_3715_63623.html). (in Chinese)

#### 作者简介



**姜文波** 男,1963年出生,北京人,正高级工程师。超高清视音频制播呈现国家重点实验室主任。牵头制定了4K/8K超高清多项标准,完成国庆70周年、建党百年、北京冬奥会等重大活动的超高清转播系统设计和建设。曾多次获得国家广电总局、中国影视技术学会科技进步奖、王选新闻科学技术奖、中国电子学会科技进步奖一等奖。  
E-mail: [jiangwenbo@cctv.com](mailto:jiangwenbo@cctv.com)



**赵贵华** 男,1972年出生,北京人,正高级工程师。超高清视音频制播呈现国家重点实验室副主任。曾获得国家广电总局、中国影视技术学会科技进步奖、王选新闻科学技术奖、中国电子学会科技进步奖以及中国电影电视青年科技奖。  
E-mail: [zhaoguihua@cctv.com](mailto:zhaoguihua@cctv.com)