菁彩Vivid技术竞争力白皮书

中国音视频技术如何重塑全球视听体验坐标系



目 录

第一章 音视听技术演进史：从基础视听到沉浸式感官体验.....1
1.1 画质技术进化：超越人眼的极限挑战.....1
1.1.1 分辨率：从标清到超高清.....1
1.1.2 帧率：注重场景化适配.....2
1.1.3 色彩与动态范围：还原真实.....3
1.2 音质技术进化：空间音频的具象化表达.....4
1.2.1 声道体系：从平面到三维.....4
1.2.2 编码技术：码率与音质的平衡.....4
1.2.3 沉浸式音频：场景适配的个性化演进.....5
1.3 超高清产业的技术诉求.....5
第二章 HDR 技术演进逻辑：从静态适配到动态优化.....7
2.1 静态 HDR 标准：基础体验的普及.....7
2.1.1 HDR10：消费端开源普及的基准标准.....7
2.1.2 HLG：广电场景的兼容型解决方案.....7
2.1.3 静态 HDR 的产业价值与局限.....8
2.2 动态 HDR 标准：体验升级的技术竞争.....8
2.2.1 Dolby Vision：封闭生态下的高端画质标杆.....9
2.2.2 HDR10+：开放生态下的普惠型解决方案.....10
2.2.3 动态 HDR 的核心价值与产业影响.....11
2.3 菁彩影像 HDR Vivid：中国自主的动态 HDR 方案.....11
2.4 技术对标总结：各类 HDR 标准的多维度评估对比.....12
第三章 音频技术演进逻辑：从声道绑定到对象重构.....14
3.1 传统音频标准：声场还原的路径局限.....14
3.1.1 立体声（2.0 声道）：方位感的基础与局限.....14
3.1.2 环绕声（5.1/7.1 声道）：水平包围的突破与落地难题.....14
3.1.3 传统音频的核心技术瓶颈.....15
3.2 沉浸式音频标准：空间体验的技术突破.....16
3.2.1 Dolby Atmos：对象音频的标杆性探索.....16

3.2.2 DTS:X：家庭影院的精准声场优化 17
3.2.3 Sony 360 Reality Audio：个人移动场景的沉浸式革新 17
3.2.4 沉浸式音频的产业核心挑战 17
3.3 菁彩声 Audio Vivid：基于 AI 技术的三维音频编解码标准 18
3.4 技术对标总结：各类音频技术的多维度评估对比 19
第四章 Audio Vivid 与 HDR Vivid 的协同创新 21
4.1 协同基础：统一标准体系下的双轨驱动 21
4.2 技术互补：沉浸式体验的视听双引擎 21
4.3 生态整合：驱动全产业链协同发展 21
4.4 典型应用场景的技术落地实践 22
4.5 标准化进程和全球影响力 22
第五章 AI、新型显示与音视频技术的协同进化 27
5.1 AI 技术的深度赋能，从工具辅助到智能创造 27
5.1.1 AI 驱动内容生成 27
5.1.2 AI 画质音质增强 27
5.1.3 AI 个性化渲染与质量控制 28
5.2 新型显示技术与音频技术的协同进化 28
5.2.1 显示技术与 HDR Vivid 的适配 28
5.2.2 音频硬件与 Audio Vivid 的融合 29
5.3 网络与计算技术的支撑升级 29
信息来源与合规声明 31

第一章 音视听技术演进史：从基础视听到沉浸式感官体验

音视频技术的演进史不仅是技术参数的迭代升级，更是人类追求沉浸式感官体验的历程。从早期单纯追求“看得见”和“听得清”的基础阶段，到如今强调“身临其境”的多维沉浸时代，这一演进反映了产业从模拟到数字、从二维到三维的深刻转变。最初的音视频系统受限于硬件和传输能力，仅能提供基本的视觉和听觉再现，但随着半导体、显示和音频处理技术的进步，产业开始挑战人眼的极限分辨力和耳朵的空间感知力。这种演进不仅驱动了消费电子市场的增长，还扩展到广播、影视、游戏和公共显示等领域，推动全球经济和社会效益的提升。

1.1 画质技术进化：超越人眼的极限挑战

画质技术的演进始终围绕着模拟真实世界的视觉感知展开。人眼可分辨约 1000 万像素细节、捕捉动态运动轨迹，并能感知丰富的色彩与亮度对比，这也构成了画质技术迭代的核心挑战与方向。从标清到 8K 超高清，从固定参数到动态适配，画质技术已从单一维度的参数提升，演进为分辨率、帧率、色彩与动态范围的多维度协同优化。

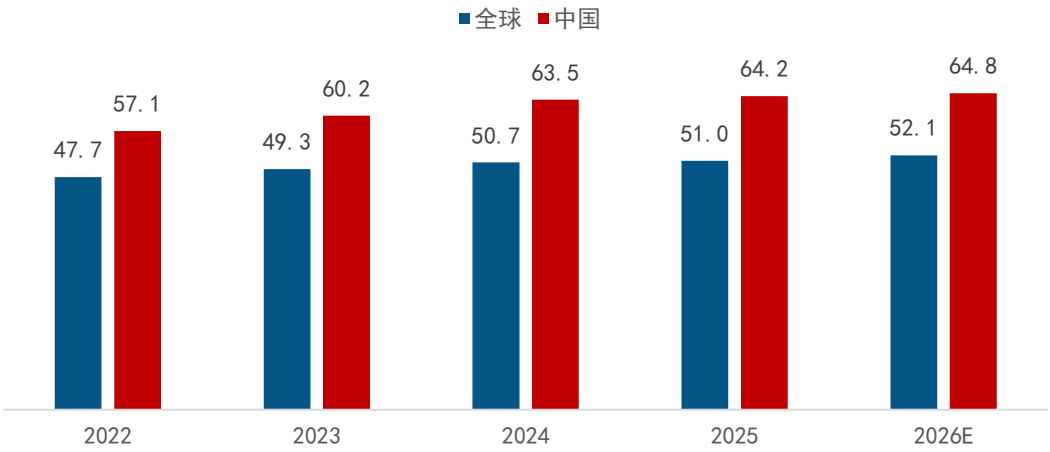
1.1.1 分辨率：从标清到超高清

分辨率是画质体验的基础维度，其升级路径呈现清晰的产业驱动特征，即终端形态进化与应用场景拓展的双重拉动。从技术演进来看，分辨率已完成从标清、高清到 4K 的规模化普及，正加速向 8K 进阶，像素数量呈指数级增长，为细节还原提供了核心支撑。

终端屏幕尺寸的持续增大是消费端分辨率升级的关键推力。用户对大屏沉浸体验的需求日益强烈，叠加 OLED、Mini-LED 等显示技术的成熟，电视平均尺寸稳步提升。根据洛图科技（RUNTO）数据显示，全球电视平均尺寸在 2024 年突破 50 英寸；中国市场则从 2022 年的 57.1 寸增长至 2025 年的 64.2 寸，预计 2026 年将接近 65 寸；同时由 98 寸和 100 寸组成的“泛百寸电视”市场份额在快速增长。

大屏化趋势使得低分辨率产品的像素颗粒感问题凸显，倒逼分辨率同步升级，形成“大屏拉高新分辨率、高分辨率赋能大屏体验”的正向循环。

2022-2026 年 全球及中国电视市场平均尺寸变化



数据来源：洛图科技（RUNTO），单位：英寸

公共场景的规模化应用进一步放大了高分辨率的需求。中国“百城千屏”项目在全国百余城市部署千余块超高清大屏，这些屏幕尺寸多超过 100 英寸，部分达数百平方米，且需满足远距离观看需求，高分辨率成为确保画面清晰度的必要条件。项目的推进不仅拉动了 8K 显示终端的技术成熟，更倒逼内容制作、传输网络等产业链环节的协同升级，形成了消费端与公共端相互促进的产业生态。

值得注意的是，分辨率升级已进入“边际效应递减”阶段。人眼在正常观看距离下对分辨率的感知存在生理上限，且更高分辨率带来的数据量激增，对传输带宽、存储容量和解码能力提出了更高要求。这使得产业逐渐形成共识：分辨率是画质体验的必要条件，但非充分条件，需与其他技术维度协同才能实现体验质的提升。

1.1.2 帧率：注重场景化适配

与分辨率的普适性升级不同，帧率技术的演进呈现鲜明的场景化适配特征，核心逻辑是根据内容类型与使用场景的需求差异，提供定制化的动态清晰度解决方案。帧率本质上决定了画面的动态流畅度，其升级路径并非越高越好，而是围绕艺术表达与功能需求的平衡展开。

影视内容领域长期坚守 24fps 或 30fps 的传统帧率，核心源于对电影感的艺术追求。这一帧率区间配合适度的运动模糊，能有效弱化技术存在感，强化叙事氛围，让观众更专注于内容本身，成为好莱坞大片及主流影视制作的行业标准。

体育赛事与现场转播场景则对帧率提出了更高要求。这类内容包含大量高速运动画面，低帧率易产生拖影和模糊，影响关键细节的呈现。60fps 或 120fps 的高帧率（HFR）成为主流选择，能精准捕捉足球飞行轨迹、运动员瞬时动作等动态细节，确保观众清晰感知比赛过

程，这一技术已在奥运会、世界杯等大型赛事转播中广泛应用。

游戏与电子竞技领域是帧率升级的先锋阵地。120fps 乃至 240fps 的超高帧率不仅能带来极致的视觉流畅性，更直接影响操作响应速度与竞技公平性。高帧率可减少画面延迟，让玩家的操作指令与屏幕反馈更同步，成为高端游戏终端的核心竞争力之一。

1.1.3 色彩与动态范围：还原真实

色彩与动态范围是决定画面真实感的核心维度，其技术演进直指传统标准动态范围（SDR）的固有瓶颈，实现从基础色彩呈现到真实光影与色彩精准还原的跨越。

SDR 技术的局限性在高对比度场景中尤为突出。受限于 8bit 色深（能呈现约 1677 万种色彩）与较窄的亮度范围，SDR 在强光与暗部并存的场景中易出现细节与层次损失。例如在逆光场景下，天空等高光区域易过曝发白，云层纹理丢失；夜景场景中暗部被压缩，无法还原细腻层次，与真实人眼视觉感知存在明显差距。

高动态范围（HDR）技术实现了突破性提升，通过扩展色深至 10 bit（约 10.7 亿种色彩）乃至 12 bit（约 687 亿种色彩），配合更高的峰值亮度（主流 HDR 终端峰值亮度可达 1000nit 以上，高端产品突破 4000nit），并引入广色域（WCG）标准，HDR 技术能够同时保留高光细节与暗部层次。例如在逆光画面中，既能呈现天空的湛蓝与云层的层次，又能清晰还原地面景物的细节；夜景画面中，既能保留星空的璀璨，又能显现暗部环境的纹理，实现更接近人眼视觉感知的真实效果。

此外，各类画质技术存在显著协同关系。高分辨率（如 8K）若缺乏高帧率（HFR）支撑，在快速运动场景下易出现运动模糊，削弱超高清细节优势；同时，高分辨率画面需依托广色域技术实现更真实的色彩还原。BT.2020 色域覆盖范围约为 CIE 1931 色域空间的 75%，远高于 SDR 所采用的 BT.709（约 35%），能够在高像素密度下保证色彩表现力不失真，共同推动画质向更高沉浸感方向发展。

表 1.2 画质技术相关维度演进路径

参数	标清	高清	4K UHD	8K UHD
分辨率	720*480	1280*720	3840*2160	7680*4320
典型帧率	30fps	60fps	60-120fps	120+fps
动态范围	SDR (8 位)	SDR/HDR	HDR (10 位)	HDR (12 位)
色域标准	BT.601	BT.709	BT.2020	BT.2020
典型应用	模拟电视	数字广播	流媒体	大屏公共显示

1.2 音质技术进化：空间音频的具象化表达

音质技术的演进核心是从听得清的基础需求，向身临其境的空间感与沉浸感升级，包括从单一声道的幅度再现，到多维空间音频的具象化表达，从二维平面声场到三维立体声场的关键跨越。

1.2.1 声道体系：从平面到三维

声道体系的迭代是音质从平面走向空间的核心载体，每一次声道数量的扩展与布局优化，都对应着声场还原能力的质的提升。

立体声（2.0 声道）开启了方位感体验的先河。通过左右声道的信号分离，实现了基本的声音定位，例如音乐播放中可将吉他定位于左侧、人声居中。但立体声的局限十分明显，仅能营造左右侧一维声场，缺乏深度与高度维度的空间感，无法带来包围式体验。

5.1/7.1 环绕声系统实现了前后声场的拓展。通过增加中置声道（保障人声清晰）、低频声道（增强震撼力）和后置环绕声道，构建了全方位的平面包围声场。在家庭影院场景中，观众能清晰分辨爆炸声来自身后、对话来自前方，显著提升了影视内容的沉浸度。1992 年《蝙蝠侠归来》引入 5.1 环绕声、2010 年《玩具总动员 3》采用 7.1 环绕声，推动了环绕声技术的产业普及。

7.1.4 等三维声道系统解决了“头顶声场缺失”的关键痛点。通过在顶部增加扬声器，实现了三维空间的声场覆盖，可精准模拟雨声落下、飞机掠过等垂直方向的声音移动轨迹。

1.2.2 编码技术：码率与音质的平衡

编码技术以“在有限码率下实现高效音质还原”为目标，从传统有损压缩向智能化、高效能编码方向演进。

传统有损编码以 MP3 为代表，在 128kbps 左右的低码率下大幅压缩文件体积，满足了早期音频传播的需求，但受限于算法机制，其在低码率下易出现高频细节损失，导致听感偏闷或出现失真，难以还原音频的丰富层次。

无损编码以 FLAC 为典型代表，通过保留完整音频数据实现了音质无损还原，CD 规格音源下码率通常在 900－1500kbps 区间。更高的码率带来了更大的传输带宽、传输功耗与存储压力，一定程度上限制了其在移动流媒体场景下的普及。

新一代智能音频编码技术借助 AI 算法实现了码率与音质的更优平衡，在相近码率下可更好地保留高频细节、人声质感与乐器谐波信息，相比传统有损格式，码率、音质效率更优，低码率区间的音质损失更小，更适配移动流媒体等带宽敏感场景。

而菁彩声 Audio Vivid 作为三维沉浸式音频标准，侧重空间声场与音频对象的渲染呈现，与传统编解码技术共同构成下一代音频体验的技术基础。

图 1.3 不同编码技术的码率-音质关系

码率 (kbps)	MP3 (传统有损)	FLAC (无损)	Opus/LC3plus (AI 增强型)
64	3	—	3.8
128	3.6	—	4.1
192	3.8	—	4.3
256	3.9	—	4.4
320	4	—	4.5
900–1500	—	4.5–5.0	—

1.2.3 沉浸式音频：场景适配的个性化演进

沉浸式音频技术形成了三条差异化演进路径：

基于声道的固定布局技术，适用于专业影院等标准化场景。通过预设固定的扬声器位置，确保声场还原的一致性，但局限性在于互操作性差，还音系统必须与混录环节的扬声器布局保持一致，增加了多版本发行的成本，缺乏灵活适配能力。

基于对象的音频技术，以元数据+对象为核心架构，适配家庭等个性化场景。通过三维坐标系描述声音对象的位置、速度等属性，主流采用幅度矢量合成（VBAP）等渲染算法，允许声音对象在空间内自由移动，用户可根据房间布局调整声场效果，无需严格遵循固定扬声器阵列。Audio Vivid、Dolby Atmos 等均采用这一技术路线，支持 128 个独立音频对象的实时渲染，让声音成为影视叙事的重要组成部分，而非单纯的画面辅助。

基于场景的音频技术，强调动态适配能力，聚焦车载、耳机等移动场景。通过高阶 Ambisonics（HOA）渲染算法，将音频内容映射至全景声虚拟球体，可适配任意扬声器布局，结合头动跟踪、位置感知技术，实现声场的实时调整。

1.3 超高清产业的技术诉求

超高清产业的崛起，本质是技术演进与用户需求升级的双向驱动，其核心技术诉求已从单一参数提升，凝聚为“高分辨率、高动态范围、广色域、高帧率、下一代音频”的协同体系。这一诉求体系以还原真实世界视听感知为核心目标，依托 5G、AI、云计算等基础设施支撑，推动产业从内容制作、传输分发到终端呈现的端到端全链路优化。

高分辨率：超高清的基础载体，4K 以约 830 万像素适配家庭消费场景，8K 凭借约 3320 万像素聚焦大屏与专业应用。二者均已纳入 ITU Rec.2100 等国际标准，能精细呈现纹理与场

景细节，显著增强视觉沉浸感。

高动态范围（HDR）：突破传统 SDR 100nit 参考白亮度基准，将典型峰值亮度扩展至 1000nit 以上，通过 10bit 及以上色深提升色彩与层次表达能力。其核心价值在于保留高光与暗部细节，避免过曝或死黑，让画面更具层次感与真实感。

广色域（WCG）：以 BT.2020 为核心色域标准，其覆盖范围约为 CIE 1931 色域空间的 75%，远高于 SDR 采用的 BT.709（约 35%）。通过丰富的色彩表达手段，精准还原真实色调，避免高分辨率下的色彩失真，与 HDR 协同构建逼真的视觉效果。

高帧率（HFR）：以 60fps 及以上帧率为典型规格，部分专业场景可达 120fps 及更高帧率，能精准捕捉复杂运动轨迹，有效改善体育赛事、动作影视、游戏等动态场景的模糊与拖影问题，提升画面流畅度与视觉连贯性，成为差异化体验的关键指标。

下一代音频（NGA）：以菁彩声 Audio Vivid 为代表，基于对象、声道、场景三位一体的三维音频架构。支持多达 128 个音频对象的空间定位与渲染，可构建连贯自然的三维声场。Audio Vivid 依托高效编解码实现优异的码率效率，能够适配耳机、车载、电视、影院等多类终端，与超高清视频体系形成完整的视听协同体验。

第二章 HDR 技术演进逻辑：从静态适配到动态优化

高动态范围（HDR）技术的演进标志着视频显示从传统标准动态范围（SDR）的平面化再现，向接近人眼真实感知的多层次视觉体验的转变。这一逻辑从静态适配的普及阶段起步，逐步向动态优化的精细化方向演进，旨在解决明暗对比、色彩还原和场景适配的痛点。静态 HDR 通过固定参数奠定基础普及，动态 HDR 则引入帧级或场景级调整，实现更精准的设备适配和内容优化。中国自主的菁彩影像 HDR Vivid 方案在此基础上进一步融合本土需求与国际标准，推动产业生态的开放协同。

2.1 静态 HDR 标准：基础体验的普及

静态 HDR 标准的崛起，核心是突破传统 SDR 技术的亮度与对比度瓶颈，通过嵌入全局静态元数据（包含最大帧平均亮度 MaxFALL、最大内容亮度 MaxCLL 等关键参数）实现统一色调映射。尽管其对复杂多变场景的适配灵活性有限，但这类标准具备开源开放、技术实现门槛低、产业落地成本低等特点，有效推动 HDR 从专业领域快速普及至消费终端，也为后续动态 HDR 技术迭代奠定了终端与市场基础。

2.1.1 HDR10：消费端开源普及的基准标准

HDR10 是静态 HDR 标准的核心代表，由美国消费技术协会（CTA，原 CEA）制定，凭借开放免授权的模式成为行业通用基准。其技术架构明确：采用 PQ（Perceptual Quantizer）电光传输函数、BT.2020 广色域与 10bit 色深，支持峰值亮度达 1000nit 及以上，可精准还原明暗过渡细节。

这一标准的普及优势集中在低成本部署：无需专利授权费用，终端厂商可低成本集成，大幅降低了超高清电视、蓝光播放器、流媒体设备的研发与生产门槛。目前，HDR10 已成为全球主流应用格式，Netflix、Amazon Prime Video 等国际流媒体平台及国内头部视听平台的超高清内容，均将其作为基础适配标准。

但其技术局限同样显著。静态元数据仅在内容开头定义一次全局参数，无法针对帧与帧、场景与场景之间的亮度变化做动态调整。例如在星空与灯火同框的夜景画面中，固定映射曲线可能导致星空高光过曝或灯火暗部细节丢失，难以兼顾极端光影下的层次平衡，这一痛点也为动态 HDR 标准的发展提供了明确方向。

2.1.2 HLG：广电场景的兼容型解决方案

HLG（混合对数伽马）是面向广播电视场景的静态 HDR 标准，由英国广播公司（BBC）

与日本广播协会（NHK）联合研发，核心优势是单信号双端兼容，适配广电行业既有的传输链路与终端现状，无需大规模改造基础设施。

其技术设计在于：采用“对数曲线+伽马曲线” 的混合电光转换函数（EOTF），将 SDR 信号特性作为基底，嵌入 HDR 亮度信息，无需额外编码或双轨传输基础设施，即可实现单一路由信号兼容 SDR 与 HDR 终端。SDR 电视播放时，信号会自动降级为标准动态范围，保障传统用户观看体验；HDR 设备则可提取额外的亮度信息，提升画面对比度与色彩饱和度，大幅降低了广电机构的升级成本与技术复杂度。

HLG 已被纳入 ITU Rec.2100、ARIB STD-B67 等国际标准，在全球广电市场得到广泛应用。国内方面，央视 4K 超高清频道自 2017 年起，采用 HLG 格式转播奥运会、春晚等重大活动，构建了从内容制作、传输到用户终端的端到端 HDR 播出链路，覆盖数亿用户，既保障了传统电视用户的观看体验，又实现了 HDR 画质的规模化落地。

2.1.3 静态 HDR 的产业价值与局限

静态 HDR 标准的核心贡献在于完成了 HDR 技术的普及启蒙。通过 HDR10 的消费端开源覆盖与 HLG 的广电场景适配，推动全球 HDR 设备出货量已超 10 亿台。用户逐渐习惯于更丰富的明暗细节与色彩层次，同时激发了内容创作者的 HDR 制作热情，为产业积累了海量实践数据。

但静态 HDR 标准仍存在局限性，其采用的固定元数据仅能在内容开头设定一次全局参数，无法动态适配帧间或场景间的光影剧变，难以实现极致画质表达。这种普及优先、精度让步的特性，决定了静态 HDR 是 HDR 产业的基础阶段，其价值在于降低技术落地门槛、培养市场认知，而随着用户对画质要求的提升，HDR 技术必然向动态适配、精准优化的方向发展。

2.2 动态 HDR 标准：体验升级的技术竞争

静态 HDR 标准实现了 HDR 技术从理论探索到消费级应用的落地突破，但固定元数据无法适配复杂场景的局限性逐渐凸显。动态 HDR 标准通过帧级或场景级元数据实时更新，实现亮度、对比度的精准动态映射，可突破静态 HDR 的适配瓶颈，推动 HDR 体验从基础可用向极致优化升级。这一阶段的技术竞争核心聚焦于画质精度与生态开放度的平衡，形成以 Dolby Vision（杜比视界）为代表的封闭高端阵营，与以 HDR10+为代表的开放普惠阵营，两者分别针对不同市场需求构建生态，共同推动 HDR 产业向精细化、个性化方向发展。

2.2.1 Dolby Vision：封闭生态下的高端画质标杆

Dolby Vision（杜比视界）由美国杜比实验室于 2014 年在 CES 国际消费电子展上正式推出，凭借“帧级动态元数据+12bit 色深+4000nit 峰值亮度”的技术组合，成为动态 HDR 的高端标杆，其核心优势在于对创作意图的精准还原与全链路生态的严格把控。

优势一在于帧级动态元数据。作为区别于静态标准的核心突破，Dolby Vision 支持为每帧画面独立配置元数据（含亮度范围、对比度、色域参数），可实时适配场景亮度剧变。例如在《阿凡达：水之道》的深海场景中，画面从阳光直射的浅海切换至幽暗深海时，帧级元数据能瞬间调整暗部细节与高光抑制参数，既保留水母的荧光蓝细节，又避免珊瑚暗红色区域过曝，色彩过渡自然流畅。

优势二在于高规格画质参数。其支持 12bit 色深（可呈现约 687 亿种色彩，远超 HDR10 的 10bit），搭配 PQ（感知量化）电光转换函数（EOTF），画面亮度覆盖 0.007-4000nit，动态范围是 SDR 的 40 倍以上，可精准还原从极暗阴影到强光高光的全区间细节，尤其适合电影、自然纪录片等对画质要求严苛的内容。

优势三在于端到端生态把控。Dolby Vision 建立了从内容制作到终端的全链路认证体系，制作端需使用杜比专用监视器（如 PULSAR）与调色工具，终端设备需通过杜比实验室严格认证（含硬件芯片、显示面板参数），确保内容从拍摄到播放的创作意图无损耗传递。

Dolby Vision 的核心局限在于封闭生态与成本控制。一方面，其采用封闭授权模式，设备制造商需支付相应授权费用（单台设备授权费约 3 美元左右），且设备需采用已获得杜比认证、集成 Dolby Vision 处理能力的芯片平台（如联发科 MT9652、高通骁龙 8 Gen3 等），才能实现合规完整的杜比视界解码与渲染，直接推高终端成本，导致仅高端品牌的旗舰机型深度集成，中低端市场渗透率较低。

另一方面，内容生态具有较强的封闭性。尽管已与 Disney+、Apple TV+、Netflix 等主流流媒体平台达成合作（如 Disney+的《曼达洛人》、Apple TV+的《人生切割术》均以 Dolby Vision 为旗舰制作标准或播放规格），但内容制作需遵循杜比专有流程，第三方工具兼容性有限，增加了中小内容机构的制作成本。

另外，终端兼容性存在限制。早期杜比视界 STD 模式依赖专有 HDMI 传输协议，对终端设备的认证与链路协商要求严格，非认证设备播放时易出现画面失真。后续推出低延迟 LLDV（Low Latency Dolby Vision）模式通过将色调映射处理前移至播放端，显著提升了兼容性。但 LLDV 仍对终端 EDID 信息解析、HDMI 传输带宽及时序规范存在明确要求，存量设备

因硬件规格差异，并非均能满足。

2.2.2 HDR10+：开放生态下的普惠型解决方案

HDR10+由三星主导，联合亚马逊于 2017 年 4 月正式推出，后联合松下、20 世纪福克斯等企业成立联盟推动普及，核心定位是打破动态 HDR 领域的封闭壁垒，推动动态 HDR 技术的规模化普及。其技术路线以“场景级动态元数据+开放授权”为核心，兼顾画质优化与生态兼容性，瞄准中端消费市场与存量设备升级需求。

区别于 Dolby Vision（杜比视界）的帧级元数据调整，HDR10+将内容按场景片段划分，为每个片段配置统一动态元数据，在保证画质提升的同时降低计算负载。例如《蜘蛛侠：纵横宇宙》的城市追逐场景中，场景级元数据可批量优化高速运动画面的对比度，减少动态模糊，适配中端电视的硬件处理能力。

HDR10+采用免费授权策略，设备制造商无需支付核心技术专利费用，仅需通过 HDR10+联盟授权测试中心（ATC）的兼容性测试即可使用，显著降低中小厂商的准入门槛。截至 2025 年，全球采用者达到 174 家，相关认证产品型号超 1.6 万个，覆盖电视、流媒体设备、蓝光播放器等多品类终端。

作为 HDR10 技术的升级版本，HDR10+基于 HDR10 技术框架开发，保留了 10bit 色深、BT.2020 广色域等基础技术参数；且具备良好的向下兼容性，不支持 HDR10+的终端可自动降级为 HDR10 格式播放，有效避免内容碎片化问题，尤其适合面向全终端的流媒体平台，其中亚马逊 Prime Video 不仅将 HDR10+作为默认动态 HDR 格式，还率先支持其增强版 HDR10+ ADVANCED 技术。

HDR10+的核心挑战在于画质精度与生态协同能力。画质层面，受限于 10bit 色深与 1000nit 主流峰值亮度（部分高端设备支持 2000nit），其动态范围与色彩过渡细腻度弱于 Dolby Vision，在暗部细节还原（如星空场景）、高光抑制（如逆光人像）等场景中，与高端标准存在明显差距。

此外，跨品牌协同存在短板。早期因三星主导权过强，跨品牌终端兼容性问题频发。2022 年前，Netflix 的 HDR10+内容仅能在三星电视上完整渲染，其他品牌终端可能出现亮度偏差、色彩失真等问题。虽后续通过成立独立认证中心（如 2022 年深圳赛西信息技术有限公司实验室成为 HDR10+国际认证授权测试实验室）改善了终端兼容问题，但内容制作工具的标准化仍滞后，Adobe Premiere 等主流软件需额外插件才能支持元数据编辑。

此外，跨品牌协同存在短板。早期因三星主导权较强，不同品牌终端对 HDR10+的实现

程度差异明显，兼容性问题较为突出。2022 年，深圳赛西信息技术有限公司实验室成为HDR10+国际授权认证测试机构，为国内终端产品提供了本地化的兼容性测试渠道。但内容制作工具标准化仍相对滞后，Adobe Premiere 等主流剪辑软件仍不原生支持 HDR10+动态元数据的编辑或生成，确实需要借助第三方工具或插件完成。2025 年 3 月，Netflix 正式宣布全球上线 HDR10+内容，HDR10+生态进入主流流媒体平台全面接纳、兼容性全面优化的新阶段。

2.2.3 动态 HDR 的核心价值与产业影响

动态 HDR 标准的本质是通过元数据动态化，实现内容特性与终端能力的实时匹配，其核心价值体现在三个维度：

一是画质体验升级。动态 HDR 通过帧级或场景级动态元数据实时优化，可针对复杂场景（如体育赛事的快速运动、电影的明暗交替）精准适配，解决静态标准“一刀切”的适配问题。

二是技术成本平衡。Dolby Vision 与 HDR10+形成高端和中端互补，前者通过高规格满足专业与高端消费需求，后者通过开放生态降低产业成本，覆盖不同价位市场，共同推动全球 HDR 终端渗透率持续提升。

三是生态协同探索。两大主流动态 HDR 标准的竞争，倒逼产业聚焦并解决标准碎片化问题。2024 年起，部分高端电视开始同时支持 Dolby Vision 与 HDR10+两种动态格式，如海信 E8N Ultra；流媒体平台方面，Disney+已逐步实现双格式分发，此前其仅支持 HDR10 与 Dolby Vision，2025 年起逐步新增 HDR10+支持，通过双格式覆盖更多终端设备。

2.3 菁彩影像 HDR Vivid：中国自主的动态 HDR 方案

在国际动态 HDR 标准主导的竞争格局下，菁彩影像 HDR Vivid 作为世界超高清视频产业联盟（UWA）主导的自主动态 HDR 方案应运而生。该标准深度融合国际技术精华与本土创新需求，聚焦显示设备多样性特征，以构建开放、安全的视听生态为核心目标，推动中国超高清产业从技术跟跑到标准引领的转型。

截至 2026 年 6 月，国家电影局新发布 2 项行业标准：DY/T 15-2026《数字影院 LED 放映发行母版和数据包技术要求》主要规范了 LED 影院菁彩影像发行母版的制作环境、系统图像特性以及数据包峰值码率等技术要求，对亮度、高动态范围、帧率、码率等指标进行了处理和优化。DY/T 16-2026《数字影院沉浸式音频处理器技术要求和测量方法》则规定了菁

彩声影院端音频处理器的基本功能、音频通路等技术要求。

菁彩影像 HDR Vivid 的核心技术规格对标国际主流 HDR 标准，同时兼顾本土设备适配特性与传输效率需求。其动态元数据支持帧级更新频率，每帧画面均可配置独立参数，确保复杂光影场景下的无缝过渡与精准适配；色域覆盖遵循 BT.2020 标准，可实现高比例广色域呈现，亮度适配区间覆盖深黑至峰值高光，可兼容从手机小屏到专业投影的全设备梯度。

HDR Vivid 采用 10bit PQ 作为基础信号设计，在保证画质表现的同时，降低了计算与传输开销，适配实时内容与轻量化传输场景。

技术创新的核心亮点集中在动态元数据处理引擎的特殊算法设计上，通过四段式三次样条曲线算法，将传统线性色调映射函数扩展为分段三次样条插值模式。该算法将亮度范围划分为黑场、阴影、中灰、高光四个区间，每个区间独立进行曲线拟合实现非线性优化，使不同性能的显示设备都能发挥更好的画质潜力。这种优化能力源于样条曲线的平滑特性与高效计算效率，在适配灵活性上显著优于部分国际标准的全局优化模式。

目前菁彩影像 HDR Vivid 已形成多场景规模化落地效应，产业生态覆盖芯片、终端、内容、应用全链条。

在核心硬件领域，上海海思、联发科、高通、晶晨、瑞芯微、紫光展锐等 10+家芯片企业，80 余款芯片；30 多家企业通过联盟菁彩影像 HDR Vivid 认证，含电视机、手机、PAD、机顶盒、 PC、投影、车载大屏等；三大电信运营商已经把菁彩影像 HDR Vivid 纳入 IPTV 机顶盒集中采购的必备技术标准规范，已经实现在超过 7000 万台 4K/8K 机顶盒部署。

在内容供给方面，菁彩影像 HDR Vivid 内容超过 10 万小时；包括爱奇艺、腾讯视频、芒果 TV、优酷、咪咕、华为视频、B 站、央视频等主流 OTT 平台均已部署到位，覆盖数亿级付费会员；23 个专业调色棚通过标准认证并采用其工作流，为内容生产提供专业支撑。

在场景应用上，深圳卫视、湖南卫视等频道支持菁彩影像 HDR Vivid；2 家 Vivid LED 电影制版棚，北京、上海、深圳、南京、成都、重庆、武汉等 10+家影院推出菁彩 Vivid 影厅。

2.4 技术对标总结：各类 HDR 标准的多维度评估对比

HDR 标准的演进逻辑从静态普及到动态优化，体现了技术性能、生态开放性与产业成本的综合平衡。静态标准完成了 HDR 技术的规模化奠基，动态标准实现了画质体验的精准精进，而菁彩影像 HDR Vivid 则在对标国际前沿的同时，注入了自主创新与开放生态的核心优势。

表 2.1 各类 HDR 标准的多维度对比

评估维度	HDR10	HLG	Dolby Vision（杜比视界）	HDR10+	菁彩影像 HDR Vivid
元数据类型	静态	静态（兼容）	动态（帧级）	动态（场景级）	动态（帧级）
色深支持	10bit	10bit	12bit	10bit	10bit/12bit（兼容）
峰值亮度范围	0.005-1000nit	自适应（依赖显示设备）	0.007-4000nit	0.005-4000nit	0.005-4000nit
色域覆盖	BT.2020	BT.2020	BT.2020	BT.2020	BT.2020
生态模式	开源免费	开源免费	封闭授权	开放授权	完全开放
授权成本	无	无	需年度许可费	无	无
终端适配门槛	低（支持所有 HDR 设备）	低（兼容 SDR/HDR 终端）	高（需专用解码芯片）	中（需联盟兼容性测试）	低（兼容 HDR10 存量设备）
核心适配场景	消费端大众影音、流媒体	广电直播、公共显示	高端家庭影院、专业影视	中端电视、流媒体平台	全场景
技术创新亮点	统一静态标准，奠定产业基础	SDR/HDR 单信号兼容，降低传输成本	10/12bit 色深 + 帧级精准适配，极致画质	兼容 HDR10 生态，轻量化动态优化	4 段 3 次样条曲线算法，跨设备自适应；支持手动元数据调整
关键优势	兼容性强、普及度高	广电场景部署成本低、双向兼容	画质参数拉满、专业认可度高	平衡成本与体验、跨品牌适配	开放无授权成本、跨设备一致性强、自主可控
核心局限	复杂场景适配不足	静态曲线无法优化极端光影	封闭生态、中小厂商准入门槛高	早期跨品牌兼容性差	海外终端渗透率仍需提升

从对比可见，静态标准（HDR10、HLG）的核心价值在于低门槛普及，HDR10 凭借开源特性成为终端兼容基准，HLG 则以单信号双端兼容成为广电场景典型应用方案；国际动态标准中，Dolby Vision 以“12bit 色深+帧级元数据”定义高端画质标杆，HDR10+以开放模式推动技术落地；菁彩影像 HDR Vivid 则通过“帧级动态适配+完全开放生态+跨设备自适应性”，实现了技术性能与产业成本的平衡。

第三章 音频技术演进逻辑：从声道绑定到对象重构

音频技术的演进逻辑从早期声道绑定的固定布局，向对象重构的灵活空间化表达转型，这一过程反映了产业对沉浸式体验的追求。传统音频标准奠定了基础声场，但受限于硬件布局和编码效率，无法满足现代多场景需求；沉浸式标准通过对象化和渲染算法突破瓶颈，却面临制作和适配的高门槛；菁彩声 Audio Vivid 作为 AI 驱动的三维音频方案，则在低码率下实现高效重构，推动从专业到消费的普惠应用。

3.1 传统音频标准：声场还原的路径局限

传统音频标准的演进核心围绕声道数量递增展开，通过固定声道与扬声器的绑定关系模拟声场方位，虽完成了从单声道到环绕声的基础体验构建，但受限于“固定布局+通道绑定”的底层逻辑，在灵活性、场景适配性和声场复杂度上暴露了固有局限。从立体声的平面分离到环绕声的水平包围，这一路径虽奠定了消费级音频的产业基础，却难以满足多样化使用场景与用户个性化需求。

3.1.1 立体声（2.0 声道）：方位感的基础与局限

立体声（2.0 声道）作为传统音频的基础形态，标志着音频技术从单一声源向空间方位感的突破，其核心价值是通过左右双声道的信号分离，构建基本的水平空间感知。

这一技术在 20 世纪中叶随着磁带、黑胶唱片技术的普及走向规模化，推动了家用音响的标准化发展。通过左右声道独立处理音频信号，可实现简单的声源定位，例如音乐播放中吉他定位于左侧、人声居中、鼓组偏右的分离效果，让听众初步摆脱单声道的“点声源”局限。其优势在于结构简单、成本低廉，无需复杂的设备配置，至今仍是手机、便携音箱、普通耳机等移动设备的主流音频形态，覆盖日常影音娱乐的基础需求。

但立体声的核心短板在于平面化声场的先天局限，其仅能在水平方向构建左右分离的空间感，完全忽略深度、高度维度及环境反射模拟，无法实现前后声场的精准定位。用户在实际使用中常面临声音来源模糊的问题，例如观看影视内容时，难以区分爆炸声来自电视屏幕还是后方环境，仅能感知水平方向的声音移动，无法形成包围式沉浸感。在家庭观影场景中，动作片的追击音效、音乐会的现场混响均无法真实还原，因而也难以构建情感张力与临场感。

3.1.2 环绕声（5.1/7.1 声道）：水平包围的突破与落地难题

环绕声系统（以 5.1、7.1 声道为代表）通过增加声道数量实现了水平全包围的声场升级，核心是在立体声基础上新增中置声道、低频声道（LFE）和后置/侧置环绕声道，构建全

方位的水平声场覆盖，解决了立体声前后不分的核心痛点。

5.1 声道系统由前左、前右、中置、后左环绕、后右环绕及低频声道组成，7.1 声道则进一步增加侧后环绕声道，让水平声场更连贯。这一技术在 1990 年代随着 DVD 格式的兴起快速普及，推动了 Dolby Digital、DTS 等环绕声编码的标准化，全球影院与家用客厅音响出货量随之激增。在家庭影院场景中，后置扬声器可精准模拟追车场景的引擎轰鸣从身后逼近、影视对白通过中置声道清晰呈现，低频声道强化爆炸、雷声等音效的震撼力，显著提升了内容的叙事张力与临场感。

但环绕声系统的核心局限在于对环境与布局的强依赖。5.1 声道系统需至少 20 平方米的开放空间，扬声器需严格按标准摆位，即前置声道与听者呈 30 度角、后置环绕声道与听者呈 110 度角，且需保证左右对称，否则会导致声场偏移、音效失真；7.1 声道对空间的要求更高，侧后声道的添加进一步增加了布局复杂度。这一要求导致小户型家庭因空间限制无法实现标准摆位，被迫将后置音箱靠墙放置或简化配置，导致环绕声效果大打折扣。此外，环绕声系统的安装成本较高，需额外配置多只扬声器与功放设备，进一步限制了其在普通家庭的普及。

3.1.3 传统音频的核心技术瓶颈

立体声与环绕声的局限源于声道绑定扬声器的底层技术逻辑，其核心瓶颈集中在三个维度：

其一，声场复杂度受限于声道数量。传统音频的声场还原能力完全依赖声道数量，5.1 声道仅能处理 6 个固定通道的音频信号，7.1 声道扩展至 8 个通道，无法捕捉头顶、斜后方等垂直维度及动态反射的声音元素。例如模拟雨声、飞行器掠过、水滴坠落等包含高度变化的音效时，因缺乏对应的声道承载，只能通过现有水平声道“近似模拟”，导致高度感、空间层次感缺失。

其二，场景适配性极差。传统音频的固定布局逻辑与多样化使用场景矛盾突出，家庭影院的标准摆位（如 5.1 声道需前置 2 个、中置 1 个、后置 2 个、低音炮 1 个）无法适配小户型、租房等空间受限场景；车载环境的扬声器布局（多为前门、后门、中控台分布）与家庭完全不同，需单独开发适配方案；耳机作为个人化终端，无法利用多声道的扬声器阵列优势，只能通过虚拟环绕技术模拟包围感，效果大打折扣。

其三，编码效率与带宽消耗的矛盾突出。传统环绕声编码（如 Dolby Digital，即 AC-3）为保证音质，需较高码率支撑，一般 5.1 声道典型码率为 384-640kbps（标准音质），高清音

质需 640kbps 以上，7.1 声道（如 Dolby Digital Plus）码率则需 1024kbps 以上，显著增加传输带宽与存储成本。在早期网络带宽有限、存储介质容量不足的场景下，这一问题尤为突出，直接限制了环绕声内容的规模化分发与普及传播。

3.2 沉浸式音频标准：空间体验的技术突破

传统音频标准的声道绑定局限，推动产业向动态声场还原转型，沉浸式音频标准通过引入对象音频技术与智能渲染引擎，打破了固定声道的物理束缚，实现了声音在三维空间中的自由定位与动态适配。这一技术路径的核心创新在于“声音对象化+元数据驱动”，即将音频元素拆解为独立对象并标注空间信息，由渲染引擎根据终端设备布局实时映射，显著提升了三维空间感知。但技术突破的背后，也伴随着内容制作、终端适配与生态协同的多重产业挑战，推动行业在体验升级与成本控制之间寻求平衡。

3.2.1 Dolby Atmos：对象音频的标杆性探索

Dolby Atmos（杜比全景声）作为对象音频技术的标杆，彻底重构了音频的制作与呈现逻辑，其核心突破是将音频从声道绑定解放为对象独立，开创了沉浸式音频的主流范式。

其技术核心是“声音对象+三维元数据”的组合模式，每个音频元素（如对话、乐器、音效）被视为独立声音对象，可同时传输 128 个无损音频对象，每个对象携带三维空间坐标（x,y,z）、强度、运动轨迹等元数据，而非绑定固定声道。渲染引擎接收对象数据后，会根据终端设备的扬声器布局实时计算映射方案，例如电影中直升机掠过的音效，可通过元数据标注从头顶左侧到右侧的运动轨迹，引擎自动分配信号至对应的扬声器，实现无缝的空间移动感。这一技术在 2012 年用于《勇敢传说》的首映，随后快速扩展至家庭影音、音乐流媒体等领域，Apple Music、Amazon Music 等平台均已构建规模化 Atmos 内容库，成为高端音频体验的核心标识。

但对象化技术也带来了显著的制作成本提升。相比传统环绕声混音，Atmos 制作需额外完成对象拆分、轨迹标注和多设备渲染预览，还需专用的混音套件与校准工具。好莱坞大片如《沙丘》的 Atmos 混音耗时约 7 周，高于行业常规周期的 4-6 周；核心原因在于需针对不同终端布局（影院 5.1.4、家庭 7.1.2、耳机双耳渲染）进行兼容性测试与参数调整。这种高门槛导致全球认证的 Atmos 混音棚不足 1000 家，中小内容创作者难以参与，限制了内容生态的规模化扩张。

3.2.2 DTS:X：家庭影院的精准声场优化

DTS:X 以家庭影院固定布局为核心适配场景，延续对象音频技术内核的同时，强化了多扬声器系统的兼容性与低延迟表现。其技术特点是无固定声道限制，支持从 5.1 到 7.1.4 甚至更多声道的灵活配置，搭载的 DTS Neural:X 神经映射技术可让渲染引擎自动识别扬声器位置、动态调整声音分配，优化声场分布，适配不同家庭的空间布局需求。

在家庭观影场景中，后置与顶部声道协同工作，能精准模拟风暴、追车等场景的包围感，例如暴雨音效可通过顶部扬声器营造淋落感，后置声道强化环境反射音，提升临场张力。该标准特别优化了游戏与体育转播的低延迟需求，确保声音与画面的精准同步。

但 DTS:X 的局限性也较为明显，其技术设计侧重固定扬声器布局，在耳机等移动终端上需依赖额外的 DTS Headphone:X 模块进行双耳渲染适配，该模块虽能通过 HRTF 滤波器模拟三维声场，但相比原生针对移动场景的音频方案，其沉浸感和自然度存在差距。

3.2.3 Sony 360 Reality Audio：个人移动场景的沉浸式革新

Sony 360 Reality Audio（360 临场音效）聚焦耳机等个人移动终端，核心目标是在便携设备上实现 360 度球形声场，适配通勤、运动等移动场景需求。其技术核心是“双耳渲染+头部跟踪”，通过高精度头部相关传输函数（HRTF）模拟三维空间，将声音对象（如人声、乐器等）映射到虚拟球形声场中，例如音乐会内容中，可精准定位鼓声从后上方、人声从正前方、吉他从左侧的空间关系。

该标准于 2019 年正式推出，已与 Tidal、Deezer、亚马逊音乐高清、nugs.net 等流媒体平台达成合作，构建了专属音乐内容库。同时支持用户根据个人听觉习惯调整对象位置，通过“Sony | Headphones Connect”应用程序或 360 Spatial Sound Personalizer APP，拍摄耳形图像生成个人听觉配置文件，实现个性化沉浸体验。

但该技术的实现对终端计算资源要求较高，需设备具备较强的实时渲染能力，低端手机或入门级耳机因硬件性能不足，播放时可能出现时延增加、声场定位偏差等问题，这一局限也限制了其在入门级终端的普及。

3.2.4 沉浸式音频的产业核心挑战

尽管沉浸式音频实现了体验的质的飞跃，但技术特性与产业生态现状带来了三大核心挑战，制约了其规模化渗透：

其一，内容制作门槛高。除了 Dolby Atmos（杜比全景声）的高成本问题外，全行业均面临专业工具与人才短缺的困境。沉浸式音频制作需专用 DAW 软件（如 Pro Tools Ultimate）、

认证监听设备和专业混音师，而具备相关技能的人才供给不足，进一步推高了制作成本，导致优质内容供给相对匮乏。

其二，终端适配成本高。家庭场景中，搭建支持沉浸式音频的系统需额外配置顶部扬声器、多声道功放等设备。消费端终端如电视、音箱需集成专用解码芯片，增加了硬件研发成本，导致支持沉浸式音频的终端价格普遍偏高，下沉市场渗透率较低。根据洛图科技（RUNTO）数据显示，目前支持 Dolby Atmos/DTS:X 的主流品牌的回音壁终端售价超过 3000 元。

其三，跨场景兼容性不足。不同标准间的生态壁垒明显，Dolby Atmos、DTS:X、Sony 360 Reality Audio 的内容与终端难以互通，例如 Atmos 内容在非认证耳机上会降级为立体声播放，用户体验碎片化；同一标准下，不同终端的渲染效果也存在差异，难以保证一致的沉浸体验。

3.3 菁彩声 Audio Vivid：基于 AI 技术的三维音频编解码标准

在国际沉浸式音频标准竞争与产业升级需求的双重驱动下，菁彩声 Audio Vivid 作为世界超高清视频产业联盟（UWA）主导的自主三维音频标准应运而生。作为基于 AI 技术的音频编解码标准，它深度融合对象重构与智能编码技术，以低时延、高效率的空间音频表达为核心目标，彻底打破了传统音频的声道绑定局限。该标准已正式成为国家广播电视总局行业标准，并在国际上取得了显著进展，已被纳入 ITU SG6 BS.2493 技术报告并发布，菁彩声 Audio Vivid（AVS3-P3）标准被 DVB 正式采纳，同时被数字音频接口标准 IEC 61937-17:2025 采纳并正式发布。

菁彩声 Audio Vivid 的核心技术指标全面对标国际前沿，同时兼顾多场景实用性，实现空间体验与技术效率的平衡。

其支持最多 128 个独立音频对象并行处理，可精准复刻演唱会等复杂声场中各类乐器的独立定位与动态移动，为听众打造“置身现场”的沉浸感。编解码与时延控制表现优异，远低于人耳感知阈值，完美适配游戏交互、直播互动等实时性需求，契合大型直播、沉浸式娱乐等多场景应用。

在音频还原精度上，采样率覆盖 32kHz 至 192kHz，量化精度支持 16bit 与 24bit，适配从语音到高保真音乐的全频谱需求；即便在低码率场景下，仍能实现高品质音质呈现，码率效率显著优于传统标准。依托 AI 神经网络优化，对象渲染引擎通过卷积模型精准预测声场，在 5G 传输场景中带宽占用更具优势，能有效降低传输成本。此外，标准兼容单声道、立体

声、环绕声等多种信号类型，支持有损与无损编解码模式，可灵活适配家庭、车载、耳机、影院等全场景播放需求。

AI 技术的深度融入是菁彩声 Audio Vivid 的核心技术创新。Audio Vivid 核心编码技术中，利用 AI 特征变换模型将音频信号的频谱信息变换到隐特征域，并使用基于 AI 的熵编码模型对隐特征进行编码，从而实现对音频信号的高效率编码压缩。

菁彩声 Audio Vivid 已形成家庭、车载、专业、公共等多场景规模化落地格局，通过全产业链协同构建起庞大生态，成为自主标准产业化标杆。

截至 2025 年，消费电子终端中，已有 58 款 601 个型号设备通过菁彩声 Audio Vivid 联盟认证，包括华为、康佳、创维、橙子数字等品牌。

菁彩声 Audio Vivid 智能座舱累计上线 30 余款超过 100 万辆智能网联新能源车型，包括鸿蒙智行合作品牌、长城、奇瑞、蔚来、岚图、阿维塔、小鹏、乐道、星纪元、深蓝、广汽传祺、吉利、东风等品牌。

Audio Vivid 已有超过 800 万首音乐作品的制作和播放，包括：喜马拉雅、网易云音乐、央视频、云听、咪咕视频、华为音乐、爱奇艺、腾讯视频、芒果 TV 等平台。截至 2025 年 12 月，共有 33 个混音棚通过 Audio Vivid 标准认证。

3.4 技术对标总结：各类音频技术的多维度评估对比

音频技术的演进从声道绑定到对象重构，体现了复杂度、适配性和效率的平衡。传统音频标准奠定了基础声场体验，国际沉浸式标准定义了空间音频标杆，而菁彩声 Audio Vivid 则通过 AI 技术与开放生态，实现了技术性能、产业成本与全场景适配的平衡。

表 3.1 各类音频技术标准的多维度对比

评估维度	立体声（2.0 声道）	环绕声（5.1/7.1 声道）	Dolby Atmos（杜比全景声）	DTS:X	Sony 360 Reality Audio	菁彩声 Audio Vivid
核心技术逻辑	双声道左右分离	多声道水平包围	对象音频+三维元数据	无固定声道对象渲染	双耳渲染+头部跟踪	AI 驱动对象编码+自适应渲染
空间维度覆盖	二维平面（仅左右）	二维平面（水平全包围）	三维空间（前后/左右/上下）	三维空间（适配固定布局）	三维空间（个人移动场景）	三维空间（全场景自适应）
关键技术参数	双声道，采样率≤48kHz	5.1（6 声道）/7.1（8 声道），码率	支持 128 个音频对象，码率	无固定声道限制，支持 7.1.4 及以上	支持 360° 球形声场，依赖 HRTF	支持 128 个音频对象，32kHz-

		≥640kbps	384kbps 起	布局	算法	192kHz 采样率
编解码时延	无明确要求（通常≥100ms）	无明确要求（通常≥100ms）	未公开（实测约100ms）	低时延优化（适配游戏/直播）	依赖终端算力（低端设备≥50ms）	编解码时延<80ms，双耳渲染时延<40ms
生态模式	开源免费（无标准壁垒）	开源免费（编码需授权）	封闭授权（专利费+认证体系）	开放授权（需联盟兼容性测试）	半开放（平台绑定合作）	完全开放（免专利费+开源参考代码）
终端适配门槛	极低（所有音频设备兼容）	中（需多扬声器+功放）	高（专用解码芯片+认证）	中（需支持对象渲染硬件）	中（依赖高性能终端算力）	低（兼容存量设备，支持软硬件解码）
核心适配场景	移动设备、普通影音	家庭影院、专业影音室	高端家庭影院、影院、旗舰终端	家庭固定影院、游戏场景	耳机、个人移动影音	全场景（家庭/车载/耳机/公共大屏）
技术创新亮点	奠定空间方位感基础	实现水平包围式沉浸	帧级对象定位，专业影院级体验	灵活适配多扬声器布局	个人移动场景沉浸式优化	AI 低码率高清还原，跨设备自适应渲染
关键优势	结构简单、成本极低、兼容性极强	水平沉浸感突出，技术成熟	专业认可度高，空间还原精准	家庭场景适配性强，低时延	个人移动场景体验自然	AI 技术降本增效，开放生态无授权门槛，全场景适配
核心局限	无前后/高度维度，沉浸感弱	依赖空间布局，小户型落地难	封闭授权成本高，中小厂商准入难	移动场景适配不足，耳机体验一般	高端设备依赖度高，低端终端效果打折	海外终端渗透率仍需提升，部分专业制作工具适配中

从对比可见，立体声凭借简单结构覆盖全场景基础需求，环绕声通过多声道拓展实现水平包围体验，但二者均受限于声道物理布局；国际沉浸式标准中 Dolby Atmos 以“对象化+三维元数据”定义了高端标杆；DTS:X 与 Sony 360 Reality Audio 则聚焦细分场景，前者强化家庭场景的固定布局适配，后者聚焦个人移动终端的沉浸式体验；菁彩声 Audio Vivid 则通过“AI 编码+开放生态+全场景自适应”，实现了技术性能与产业成本的平衡，成为兼顾专业级体验与大众化普及的自主标准。

第四章 Audio Vivid 与 HDR Vivid 的协同创新

菁彩 Vivid 的融合，核心是打破音、视频独立优化的局限，通过菁彩影像 HDR Vivid 与菁彩声 Audio Vivid 的深度协同，实现从单一维度线性改善到多模态指数级增长的转型。

4.1 协同基础：统一标准体系下的双轨驱动

Audio Vivid 与 HDR Vivid 是由世界超高清视频产业联盟（UWA）主导研发的两大核心标准，分别针对三维音频与高动态范围视频。二者的协同根植于统一的标准化框架，核心目标是解决超高清产业中软硬件适配复杂、体验门槛高的问题。

这套统一的标准体系如同连接产业链各环节的“红线”，使内容制作、编码传输、终端播放等全产业链环节采用共同的技术语言，打破传统音视频分离的技术壁垒，确保双 Vivid 协同带来的最终视听体验具有一致性，为沉浸式音视频融合奠定基础。

4.2 技术互补：沉浸式体验的视听双引擎

双 Vivid 技术协同的核心是技术互补，二者分别聚焦视觉与听觉维度，形成“视听双引擎”，共同打造沉浸式体验，且均有明确的功能定位与技术优势。

菁彩影像 HDR Vivid 的核心价值在于视频增强：该标准通过高动态范围成像与动态元数据技术，实现画面明暗对比与色彩层次的显著提升。其可根据不同终端性能自动映射画质参数，确保画面通透、细腻，最大程度还原创作者的创作意图，目前已在主流视频平台广泛应用。

菁彩声 Audio Vivid 的核心突破在于音频升级：作为三维音频标准，它将影院级的多维声场体验延伸至家庭、移动及车载等多场景。通过标准化的对象和声道音频编码与呈现方式，解决了传统音频体验主观性强、缺乏统一评判基准的问题，为用户提供更具空间感与真实感的听觉体验。

二者的技术互补可以实现视觉震撼与听觉沉浸的同步。例如，在呈现高速运动场景时，HDR Vivid 保障了画面的流畅度与细节完整性，清晰还原运动轨迹与场景细节；而 Audio Vivid 则能精准定位并渲染环境音与物体移动轨迹，让用户在视觉捕捉画面的同时，通过听觉感知场景空间关系，两者协同强化沉浸感，实现所见即所闻的真实体验。

4.3 生态整合：驱动全产业链协同发展

双 Vivid 标准的协同推广加速了超高清产业的端到端整合。

内容制作端：鼓励内容创作者同步采用两项标准进行摄制与后期，从源头保证音视频质量的双重优化。

平台与传输端：主流流媒体平台已支持 HDR Vivid 内容，未来随着 Audio Vivid 的集成，将推动编解码与传输系统对音视频数据的统一高效处理。

终端硬件端：芯片、显示设备、音响系统等制造商依据统一标准进行产品开发与适配，降低了消费者的选择与使用复杂度，使获得真超高清体验的路径更为简洁。

4.4 典型应用场景的技术落地实践

菁彩 Vivid 技术凭借其高动态范围画质呈现、三维空间音频渲染及跨场景适配能力，已在重大活动、消费电子、行业应用等多领域实现规模化落地。从全球知名体育赛事到日常车载出行，从专业影院体验到工业医疗场景，技术的成熟应用充分验证了其在不同场景下的稳定适配性与体验增益价值，构建起全链路技术落地生态。

在体育赛事领域，菁彩 Vivid 技术已连续服务多届全球主流赛事，从 2022 年北京冬奥会、2023 年杭州亚运会到 2024 年巴黎奥运会，菁彩 Vivid 已成为大型体育赛事超高清直播的核心技术方案。

在重大活动领域，93 阅兵采用支持 HDR Vivid 与 Audio Vivid 的国产编码器实现超高清直播；央视春晚等重大活动采用 Vivid 技术进行直播，其中央视频客户端连续第三年以菁彩 Vivid 技术同步直播央视春晚。

在车载领域，菁彩声 Audio Vivid 智能座舱累计上线 30 余款超过 100 万辆智能网联新能源车型。

在影院领域，北京、上海、深圳、南京、杭州、成都、武汉、长沙、重庆、福州等城市，10 余家影院已推出菁彩 Vivid 影厅，《731》《捕风追影》《长安的荔枝》《刺杀小说家 2》《浪浪人生》《山河故人》等 49 余部菁彩 Vivid 版本院线电影已上映。

在广电传输领域，深圳、上海和湖南三省市卫视先后开播 4K 超高清频道，从制作、播出、编码、传输到解码呈现全链路采用菁彩 Vivid 视听标准，其中深圳卫视于 2025 年 6 月率先实现端到端链路贯通和常态化播出，湖南卫视、上海广播电视台于 2025 年 9 月同步上线。

4.5 标准化进程和全球影响力

HDR Vivid 率先构建起覆盖全产业链的多层级标准矩阵。自 2020 年发布以来，UWA 联

盟围绕其持续完善标准体系，内容贯穿视频元数据定义、终端适配指南、设备测试方法、内容制作规范等关键环节，形成“采编播传显”全链路技术依据。

在国内标准升级上，菁彩影像 HDR Vivid 于 2022 年正式成为国家广电总局批准发布的行业标准，标志着其技术规范获得国家产业层面的权威认可；2025 年 8 月，更升级为国家标准 GB/T 46269.1-2025《高动态范围视频技术 第 1 部分：元数据及适配》与 GB/T 46269.2-2025《第 2 部分：应用指南》，从法律与技术层面确立了其国内核心地位。此外，2025 年 4 月，GY/T 419-2025《高动态范围视频端到端技术要求和测量方法》行业标准发布，明确规定了 HDR 视频各环节应用 HDR Vivid 的技术要求和测量方法,进一步完善了国内标准体系。2026 年 6 月 15 日，国家电影局新发布电影行业标准 DY/T 15-2026《数字影院 LED 放映发行母版和数据包技术要求》主要规范了 LED 影院菁彩影像发行母版的制作环境、系统图像特性以及数据包峰值码率等技术要求，对亮度、高动态范围、帧率、码率等指标进行了处理和优化。

在国际标准舞台上，2024 年 11 月，国际电信联盟无线电局第六研究组（ITU-R SG6）秋季会议上，HDR Vivid 技术提案“HDR Vivid 格式的应用”成功立项，纳入 ITU-R BS.2408 技术报告（该报告是全球广电行业的核心技术参考文件）。

表 4.1 菁彩影像 HDR Vivid 国内与国际标准建设成果

标准层级	发布时间	标准编号	标准名称	核心内容与价值
国内标准	2020 年 7 月	T/CUVA 001-2020	《高动态范围（HDR）视频技术 第 1 部分：元数据及适配》	中国自主超高清影像标准，确立动态元数据核心架构，画面亮度较 SDR 提升 40 倍，色彩表现提升 72%
	2022 年 1 月	GY/T 358—2022	《高动态范围电视系统显示适配元数据技术要求》	由国家广播电视总局批准发布，规定了超高清电视高动态范围（HDR）在制作、传输、接收、显示等各个环节的视频显示适配技术要求
	2025 年 4 月	GY/T 419-2025	《高动态范围视频端到端技术要求和测量方法》	由国家广播电视总局批准发布，主要规范 HDR Vivid 视频从制作到播放的全流程质量

标准层级	发布时间	标准编号	标准名称	核心内容与价值
	2025 年 8 月	GB/T 46269.1-2025 GB/T 46269.2-2025	《高动态范围视频技术 第 1 部分：元数据及适配》《第 2 部分：应用指南》	升级为国家标准，从法律与技术层面确立国内核心地位，规范全产业链应用
国际标准	2025 年	ITU-R BS.2408	高动态范围视频技术报告	被纳入全球广电行业核心技术参考文件，成为国际 HDR 技术重要组成
国际标准	2025 年 11 月通过	DVB AVS3-P3（待转化为 ETSI 标准）	数字视频广播 HDR 标准	中国自主超高清视频标准获欧洲认可，将成为全球通用标准

菁彩声 Audio Vivid 则以更快速度完成了从国内行标到国际多体系采纳的跨越。2023 年，UWA 联盟连续发布 8 项团体标准，覆盖编码算法、声场建模、设备适配等核心技术，2023 年 2 月发布 GY/T 363—2023《三维声编解码及渲染》，成为国家广电总局行业标准，为产业化落地提供政策支撑。2025 年 8 月，国家标准 GB/T 46271-2025《信息技术 三维声技术 编码、分发与呈现》正式发布，2026 年 3 月 1 日实施。2026 年 6 月 15 日，国家电影局新发布电影行业标准 DY/T 16-2026《数字影院沉浸式音频处理器技术要求和测量方法》，规定了菁彩声影院端音频处理器的基本功能、音频通路等技术要求。

在国际标准舞台上，菁彩声 Audio Vivid 已成为被国际四大主流标准组织共同采纳的中国音频技术，比肩 Dolby 与 DTS。

国际电信联盟（ITU）：其技术规范于 2024 年 11 月通过 ITU-R SG6 全会审议，2025 年 1 月正式纳入 ITU-R BS.2493 技术报告，成为全球三维声广播的参考标准，与 AC-4、MPEG-H、DTS-UHD 并列。

数字视频广播联盟（DVB）：2024 年 9 月，AVS3-P3/Audio Vivid 标准在 DVB 会议上获全票通过，正式成为 DVB 标准组成部分，实现与全球卫星及地面广播系统的兼容。

国际电工委员会（IEC）：成功纳入 IEC 61937-17:2025《数字音频接口 第 17 部分：AVS3-P3 格式非 PCM 编码音频流的传输》，为其通过 HDMI 等接口实现设备间无缝传输提供依据。

这一系列成果，使 Audio Vivid 成为继杜比、DTS 之后第三个进入全球核心音频标准体系的技术，也是唯一由中国主导的国际音频标准，创造了中国音频技术标准化的历史突破。

表 4.2 菁彩声 Audio Vivid 国内与国际标准建设成果

标准层级	发布时间	标准编号	标准名称	核心内容与价值
国内标准	2023 年	T/UWA 009.1~009.8-2023（8 项）	三维声技术规范系列标准	覆盖编码算法、声场建模、设备适配，支持 2.0 至 22.2 声道灵活适配
	2025 年 8 月	GB/T 46271-2025	《信息技术 三维声技术 编码、分发与呈现》	全球首个基于 AI 技术的音频编解码标准，确立 AI 编解码核心技术规范
国际标准	2025 年 1 月	ITU-R BS.2493（Annex 4）	先进声音系统音频编解码在广播电视的应用实践	与 Dolby AC-4 并列成为全球四大 3D 音频标准，中国自主音频技术进入国际核心体系
	2024 年 9 月通过 2025 年发布	DVB AVS3-P3	数字视频广播音频标准	实现与全球卫星及地面广播系统兼容，拓展国际传播渠道
	2025 年	IEC 61937-17:2025	数字音频接口标准	规范 HDMI/GPMI 接口传输协议，实现设备间无缝连接

标准的生命力在于应用与合作，菁彩 Vivid 体系通过国际展会亮相、权威机构合作、文化内容输出的生态共建模式，加速全球渗透。

在国际展会推广方面，UWA 联盟持续组织菁彩 Vivid 技术团队参与全球知名行业展会，其中 2024 年荷兰国际广播电视展（IBC2024）期间，UWA 联盟通过展台交流、技术分享等形式，向全球同行展示双 Vivid 技术优势，并与欧洲广播联盟（EBU）、英国天空广播公司（SKY）、法国电视台（France TV）等国际机构及企业深入沟通标准应用与互通事宜。同时，UWA 联盟还常态化参与北京国际广播电影电视展览会（BIRTV）等国内外行业盛会，通过多场景技术演示传递标准价值。2025 年 9 月，UWA 联盟再度亮相 IBC2025，发布 65 项标准并深化全球合作。

在权威机构合作方面，UWA 联盟已与国际调色师协会（CSI）签署战略合作协议，围绕 HDR Vivid 技术应用开展深度协同，推动色彩艺术与技术创新的融合。此外，UWA 联盟还与亚太广播电视发展机构（AIBD）签署谅解备忘录（MOU），通过资源共享拓展标准应用边界。2026 年 3 月，AIBD 代表团到访 UWA，双方就超高清技术在亚太地区的普及应用达成进一步合作意向。

在文化内容输出方面，作为中法建交 60 周年暨中法文化旅游年的献礼片，中法合拍 8K 纪录片《神奇的中国》全程采用 HDR Vivid 与 Audio Vivid 技术进行拍摄制作，通过法国国际电视五台向全球播出，成为展示中国超高清技术实力与文化魅力的典型案例。

第五章 AI、新型显示与音视频技术的协同进化

超高清视听技术的未来演进将以 AI 为核心驱动力，融合新型显示硬件、网络计算基础设施和多标准互操作机制，实现从被动再现向智能创造的范式转变。这一路径不仅延续了菁彩影像 HDR Vivid 与菁彩声 Audio Vivid 的动态优化逻辑，还将扩展至生成式内容、个性化渲染和跨生态协同。AI 将渗透制作、传输和终端全链路，新型显示技术提供硬件支撑，5G/6G 与云边计算降低门槛，多标准融合则保障用户体验一致性。UWA 联盟作为桥梁，推动这一演进从技术竞争向体验共赢转型，预计到 2030 年，超高清生态将覆盖全球千亿级市场。

5.1 AI 技术的深度赋能，从工具辅助到智能创造

AI 在超高清视听领域的角色正发生根本性转变，从传统的工具辅助升级为核心创造引擎。通过生成式模型、智能增强算法和个性化适配技术，AI 不仅大幅降低了双 Vivid 内容的生产门槛，突破了画质与音质的物理边界，更实现了用户级的定制化体验，推动双 Vivid 标准从静态技术规范向动态智能体系演进，为产业效率带来指数级增长。

5.1.1 AI 驱动内容生成

AI 生成技术正打破传统内容生产的人力密集模式，实现从文本到超高清视听内容的高效转化。基于生成对抗网络（GAN）、扩散模型等生成式 AI 技术，正逐步实现 8K HDR 视频内容的智能生成与帧级动态元数据适配，未来可自动嵌入 HDR Vivid 元数据，完成亮度曲线、色域参数的智能匹配。这一技术使原本需要数周的内容制作周期有望缩短至小时级，大幅提升应急直播、虚拟场景内容的供给效率。

在音频领域，Audio Vivid 的 AI 混音技术同样实现突破。通过无监督学习算法，AI 可自动为音频对象分配三维空间轨迹，根据场景类型（如音乐会、体育赛事）智能调整音效强度与反射路径，无需人工逐轨编辑即可完成沉浸式音频合成。UWA 联盟在 2030 超高清产业发展趋势中指出，AI 技术将深度融入超高清内容生产，AI 生成内容将成为超高清内容供给的重要组成部分。这种自动化生成能力不仅降低了中小创作者的技术门槛，更能为元宇宙等新兴场景提供无限扩展的内容库，推动双 Vivid 生态的规模化扩容。

5.1.2 AI 画质音质增强

针对超高清内容传输带宽高、存量内容升级难等行业痛点，AI 增强技术通过超分辨率重建、动态优化算法，实现了画质与音质的精准提升，为双 Vivid 标准的落地扫清障碍。

在画质增强方面，基于 ESRGAN 的改进型神经网络可将 4K SDR 存量内容实时上采样至

8K HDR 格式，结合 HDR Vivid 的样条曲线映射技术，能有效抑制暗部噪声。同时在 5G 低带宽网络环境下，可通过动态编码与感知优化，实现用户几乎察觉不到画质损失的无损感知传输效果。这一技术为流媒体平台的存量内容升级提供了高效解决方案，例如腾讯视频已利用该技术对千余部经典影片进行 HDR Vivid 适配升级。

在音频增强领域，Audio Vivid 的 AI 编解码技术通过神经网络重建高频谐波，在低码率下实现高清音质还原，显著提升移动网络中三维声内容的分发流畅度，推动其在手机、耳机等终端普及。

5.1.3 AI 个性化渲染与质量控制

AI 的深度赋能还体现在个性化适配与生态质量保障两个维度，实现从内容分发到终端呈现的全链路智能优化。

个性化渲染技术通过终端传感器采集环境光强度、用户头部姿态、视听偏好等数据，实时调整双 Vivid 参数。例如，手机终端的 AI 模块可根据环境亮度动态优化 HDR Vivid 的亮度映射曲线，避免强光下高光过曝或暗光下细节丢失；Audio Vivid 通过头动跟踪技术，实时调整双耳声场的音频对象位置，确保用户移动头部时仍能获得稳定的沉浸体验。未来，基于联邦学习的跨设备数据聚合技术将进一步优化全局模型，在不泄露用户隐私的前提下，实现更精准的个性化适配。

AI 内容审核与质量控制则为双 Vivid 生态提供了安全保障。通过卷积神经网络（CNN）与元数据校验相结合的方式，AI 可精准检测深假视频、音频失真等违规内容，双 Vivid 的元数据一致性校验机制能进一步降低误判率。在专业制作环节，AI 可自动标记 HDR 画面的亮度异常帧、音频对象的定位偏差，提升审核效率。

5.2 新型显示技术与音频技术的协同进化

AI 技术为菁彩 Vivid 提供了软件层面的智能优化能力，而新型显示与音频硬件的协同，则为技术落地提供了物理载体。通过硬件与算法的深度共设计，不同显示路线针对性优化 HDR Vivid 参数，音频系统与 Audio Vivid 的对象渲染技术深度融合，构建起“声画一体”的沉浸生态，推动双 Vivid 标准从技术规范走向全场景硬件适配。

5.2.1 显示技术与 HDR Vivid 的适配

当前主流新型显示技术均已实现与菁彩影像 HDR Vivid 的协同优化，通过差异化技术路线，满足不同场景的显示需求，推动 HDR 体验向极致化、低成本化双向发展。

Micro LED 作为自发光显示技术的代表，凭借像素级控光能力，可支持 4000 尼特的峰值亮度，与 HDR Vivid 的帧级动态元数据形成精准联动。元数据直接映射至每个子像素的发光强度，有效避免了传统显示的光晕效应。尤其是在公共信息显示场景中，Micro LED 大屏的高光对比度配合 HDR Vivid 的动态色域调整，户外强光环境下仍能保持色彩精准度。

QD OLED 技术则通过量子点材料与 OLED 的结合，可实现 BT.2020 色域的 100%覆盖，完美匹配 HDR Vivid 的色域扩展需求。

Mini LED 技术通过千级分区控光，在成本与效果之间实现平衡，HDR Vivid 的样条算法可自适应不同分区数量的控光曲线。

激光显示技术凭借亮度与色域的核心优势，与 HDR Vivid 形成协同优化。激光投影旗舰产品可达 6000+流明，远超普通 LED 投影，且可实现 100% BT.2020 色域覆盖，能够充分匹配 HDR Vivid 4000nits 峰值亮度、BT.2020 色域的标准要求，发挥硬件性能优势呈现优质 HDR 画面。

5.2.2 音频硬件与 Audio Vivid 的融合

音频硬件的技术升级与菁彩声 Audio Vivid 的对象渲染算法形成协同，从车载、家庭等核心场景出发，构建起无死角的三维声场，实现“声随画动、画伴声行”的沉浸体验。

在车载场景中，高端车型的多扬声器系统正逐步与 Audio Vivid 技术深度适配，通过多声道布局与对象渲染算法协同，构建车内三维声场，例如问界 M9、尊界 S800。

在家庭场景中，元响超高清菁彩视听智能音响一体机（元响 330）是国内搭载 Audio Vivid 与 HDR Vivid 双标准的智能音响产品，其深度适配 Audio Vivid 三维声标准，能精准还原声场定位与动态层次。大眼橙 X30 Ultra 和 X7D Ultra 获得菁彩影像 HDR Vivid 和菁彩声 Audio Vivid 双认证证书，成为全球率先支持“双 Vivid 认证”的投影产品。

这种硬件与算法的协同进化，不仅提升了设备的利用率，更通过 AI 预渲染技术降低延迟，通过预测用户位置与场景变化，提前优化声场参数，确保声画同步的精准性。

5.3 网络与计算技术的支撑升级

超高清视听业务的规模化落地，离不开网络传输与计算基础设施的支撑。5G/6G 网络的低延迟、高带宽特性，云渲染的算力集约化优势，边缘计算的实时处理能力，共同构成“云-边-端”协同的支撑体系，为双 Vivid 标准的全场景落地提供保障，推动超高清产业从局部试点走向普惠部署。

（1）5G/6G 网络

5G 网络的规模化部署已为双 Vivid 标准的落地提供基础支撑，而 6G 技术的前瞻布局则将进一步拓展超高清业务的应用边界。

5G NR 技术的 eMBB（增强移动宽带）场景已实现 10Gbps 的下行峰值速率，结合 HDR Vivid 的动态编码优化，可提升带宽效率，满足 8K HDR 视频的实时传输需求。在北京 2022 年冬奥会期间，5G 专网成功支撑了超高清赛事直播，覆盖全球上亿观众，验证了 5G 与双 Vivid 协同的可行性。针对移动终端场景，5G 的低带宽适配技术可实现 Audio Vivid 三维声内容的高效传输，保障移动端用户的沉浸体验。

6G 技术的前瞻研发则为超高清业务的未来发展奠定基础。据中国信通院相关信息，我国预计在 2030 年左右启动 6G 商业应用，届时 6G 网络将采用太赫兹频段，有望实现 100Gbps 的传输速率，远超 5G 的传输能力，可支撑 VR/AR 等沉浸式场景中音频对象的同步传输，以及 8K 120fps HDR 视频的流畅分发。6G 的空天地一体化网络架构还将打破地理限制，使偏远地区用户也能享受双 Vivid 的超高清体验，推动超高清产业的全域覆盖。

（2）云渲染

云渲染技术通过将复杂的 HDR Vivid 调色、Audio Vivid 对象渲染等计算任务迁移至云端 GPU 集群，大幅降低了终端设备的硬件配置要求，推动双 Vivid 标准的大众化普及。

未来，云原生技术将与生成式 AI 深度融合，实现“实时生成+云端渲染+终端呈现”的全链路自动化。例如，用户可通过文本提示触发云端 AI 生成个性化 HDR 视频与三维声内容，经实时渲染后推送到终端，进一步提升内容供给的灵活性与个性化水平。

（3）边缘计算

边缘计算（MEC）通过在网络边缘部署计算节点，缩短了数据传输距离，为低延迟场景提供了实时处理能力，成为双 Vivid 在车载、AR HUD 等互动场景中的核心支撑。

在公共大屏与超高清直播场景中，边缘计算节点可实时处理直播信号，动态适配不同终端的显示与播放参数，提升多屏呈现一致性与传输稳定性。该应用模式与中央广播电视总台牵头制定的 5G 超高清制播标准中“边缘处理提升传输效率”的技术理念高度契合。

信息来源与合规声明

本报告所载行业信息、数据及案例，来源于公开权威渠道与本机构（即洛图科技）独立研究统计，其中公开信息包括政府部门发布的政策文件、行业公开统计资料、权威媒体报道等。报告内容立足于客观行业事实进行归纳、梳理与趋势分析，未对第三方原创内容进行大量摘抄或直接引用，相关引用与转述均符合著作权法律法规关于行业研究合理使用的规定。

文中提及的政府机构、商业平台、影视作品及赛事活动等名称，均为客观事实性表述，仅用于产业研究与案例说明，不代表获得相关方授权、合作或官方背书。

