

3D 全息技术在当前环境下的应用与发展趋势

陈源

东莞城市学院, 中国·广东 东莞 523000

摘要: 在数字经济迭代与新型显示技术升级的背景下, 3D 全息技术凭借裸眼沉浸式体验、三维信息精准还原的核心优势, 已从实验室逐步走向商用, 成为推动各行业数字化转型的重要支撑。本文采用文献研究与案例分析法, 梳理 3D 全息技术的核心原理与发展现状, 重点分析其在文旅、医疗、政企服务等核心领域的应用场景, 剖析当前发展面临的瓶颈, 结合知网可查研究成果与最新行业实践展望未来发展趋势, 为技术规模化落地提供简洁、实用的理论与实践参考。

关键词: 3D 全息技术; 应用场景; 发展瓶颈; 发展趋势

Application and Development Trends of 3D Holographic Technology in Current Environments

Chen Yuan

Dongguan City University, China Guangdong Dongguan 523000

Abstract: Against the backdrop of digital economy evolution and advanced display technologies, 3D holographic technology has transitioned from laboratory research to commercial applications through its core advantages of naked-eye immersive experience and precise three-dimensional information reproduction, emerging as a pivotal enabler for digital transformation across industries. This study employs literature review and case analysis methodologies to systematically examine the fundamental principles and current development status of 3D holography. It focuses on analyzing application scenarios in key sectors including cultural tourism, healthcare, and government-enterprise services, while identifying existing developmental bottlenecks. By integrating CNKI-indexed research findings and cutting-edge industry practices, the study provides actionable theoretical frameworks and practical references to facilitate large-scale technological implementation.

Keywords: 3D holographic technology; Application scenarios; Development bottlenecks; Development trends

0 引言

随着新型显示技术的多元化发展, 3D 全息技术基于光的干涉与衍射原理, 无需佩戴特殊设备即可再现物体真实三维影像, 打破了传统显示技术的“伪立体”局限。其核心特征在于能够记录并再现物体光波的完整信息, 包括振幅与相位, 从而实现具有深度感和视差的真实立体呈现。自 1948 年 D.Gabor 提出全息术以来^[1], 历经近 80 年迭代, 在光学元件、AI 算法等技术的支撑下, 逐步渗透至各行业场景。当前, 政策扶持与市场需求双重驱动下, 3D 全息技术进入快速发展期, 但同时面临核心技术短板、内容供给不足等问题。本文聚焦其当前应用与发展趋势, 结合数字经济背景, 系统性分析 3D 全息技术全产业链发展现状, 聚焦 B 端与 C 端场景协同拓展, 提出贴合行业实际的差异化发展路径, 同时融入 AI、数字人等新技术融合趋势, 丰富技术发展研究维度。

1 3D 全息技术核心原理与发展现状

1.1 核心原理

3D 全息技术的核心是利用光的干涉现象记录物体的

振幅与相位信息, 再通过衍射现象还原三维影像, 其关键在于能够完整捕捉物体的空间光场信息, 实现裸眼 3D 可视化^[2]。具体而言, 记录过程中需将相干光源(通常为激光)分为物光与参考光, 物光照射物体后携带三维信息反射至记录介质, 参考光直接照射记录介质, 两者发生干涉形成包含物体光波“指纹”的干涉条纹, 即全息图; 再现过程中, 用与记录时一致的参考光照射全息图, 光通过干涉条纹发生衍射, 重建原始物光波前, 使人眼感知到与原始物体一致的悬浮三维影像。核心支撑技术包括空间光调制技术、激光投影技术与实时渲染技术, 其中空间光调制器(SLM)是核心硬件, 负责精准调控光场参数, 保障影像清晰度与稳定性。

1.2 发展现状

全息技术在各领域的应用与发展, 离不开行业内企业的持续探索与投入。早在 2006 年, 德国 ViZoo 公司就打造出 360° 幻影成像模型, 并将其广泛用于产品展示与教育教学场景; 2010 年 3 月 9 日, 德国 Sax3D 公司更是打造出全球首场全息投影演唱会, 成就了标志性的“初音之

日”，也由此开启了虚拟偶像的全新时代。

相比之下，国内全息领域企业的成立时间整体偏晚，大多集中在2017至2018年，2016年之前成立的相关企业，主要以VR、视觉特效等方向为研究核心。近两年来，随着国内全息技术的快速推广应用，棱镜、幻息、偏锋光术等一批专业全息公司相继成立，专注于水幕、环幕投影、全息沙盘、舞台演艺、科普展示等技术服务与支持，相关成果已在商业、娱乐等领域得到广泛落地应用^[5]。

当前，3D全息技术已形成“上游硬件—中游技术—下游应用”的初步产业链。上游聚焦空间光调制器、激光光源等核心元器件研发，国产化替代进程逐步推进，但高端产品仍存在一定的对外依赖；中游侧重成像算法与系统集成，同AI技术的融合大幅提升了实时渲染效率，数字全息技术的发展实现了无需真实物体即可通过计算机模拟生成全息图，为动态全息显示提供了可能；下游应用场景持续拓宽，从高端娱乐向政务、医疗、文旅等领域延伸，形成了B端主导、C端逐步起步的发展格局。同时，计算全息光场等新型技术的突破，进一步破解了传统技术的性能瓶颈，推动技术向高精度、高速度方向升级。

2 3D 全息技术当前核心应用场景

结合当前技术成熟度与实际应用，3D全息技术的核心应用集中在以下三大领域：

2.1 文旅文化应用

文旅文化应用是3D全息技术应用最具代表性的领域，主要用于文物复原、沉浸式展示与数字演艺，成为推动文化遗产活态传承的重要手段。在文物展示方面，通过全息技术还原破损文物的三维形态，解决文物保护与展示的矛盾。陕西考古博物馆采用3D全息技术“再现”蒲城洞耳村壁画墓，让观众可环绕观赏，获得“原址感”体验；保利艺术博物馆将全息技术应用于绢花等非遗展示，推动非遗文化的创新传播。在沉浸式演艺方面，全息投影打造全景式视觉奇观，傩文化是赣文化的重要组成部分，主要包含傩舞、傩面具与傩庙三大核心内容。作为非物质文化遗产，傩舞以往大多以现场演出或视频影像的形式进行呈现。借助全息动漫技术呈现的傩舞，则融合了影像、声音与画面，艺术感染力更为突出。其音乐以民间搜集的原声素材为基础进行艺术改编，人物形象通过三维建模制作，再搭配相应的舞蹈动作，将音乐与舞蹈动画整合生成完整影像，最终通过全息技术投影呈现。这样呈现出的傩舞能够实现舞蹈动作与音乐节奏的精准契合，兼具音律美感与动态美感，为观众带来了全新的视听体验^[4]；《印象·刘三姐》全

息升级版结合山水场景实现虚实融合，进一步提升文旅体验感。

2.2 医疗领域应用

与此同时，医疗领域是3D全息技术的新兴应用方向，凭借三维信息精准还原的优势，助力医疗诊断、手术治疗与医学培训，逐步实现全息技术与精准医疗的深度融合^[5]。在术前规划中，全息技术将CT、MRI数据转化为三维全息模型，帮助医生精准掌握人体器官结构，降低手术风险，尤其适用于神经外科、心血管介入等复杂手术；清华大学戴琼海团队研发的计算全息光场（DISH）技术，可实现血管、组织模型的高精度快速打印，推动再生医学、器官移植研究的落地。在医疗培训中，全息人体模型替代传统标本，实现可重复、无损伤的模拟训练，有效提升培训效率与质量。

2.3 学习教育应用

学习教育领域的应用主要为高效学习模式与数字化展示。依托云技术、5G网络等新一代技术支撑，综合运用高精度全息投影设备、高性能计算机、专业摄像与全息采集还原设备、虚拟仿真技术等硬件，搭配人工智能、数据分析及各类专业软件系统，借助与光学全息一致的衍射原理呈现全息影像，可打破地域壁垒，实现优质教育资源的广泛共享与高效传播，有效缓解教育资源分配不均的现状，提升资源利用效率，助力教育公平实现，并推动教学模式的革新与升级^[6]。这一模式能够减少异地教学带来的人员流动，同时在一定程度上补齐乡村地区师资薄弱、教育资源不足的短板。作为一项新兴数字化技术，全息技术为教育领域注入了全新思路与实现路径，推动教育工作者在教学模式、课程设置、评价体系等方面开展创新探索，助力教育体系朝着智能化、个性化、多元化方向持续发展。

3 3D 全息技术发展面临的主要瓶颈

尽管3D全息技术应用前景广阔，且在部分领域实现了技术突破，但当前仍面临三大核心瓶颈，制约其规模化发展：一是核心技术短板，高端空间光调制器等元器件仍依赖进口，国产化率不足20%，导致设备成本偏高；同时，计算全息光场等新技术仍存在打印尺寸局限、算法耗时较长等问题。二是内容供给不足，全息内容制作周期长、技术门槛高，优质原创内容匮乏，难以满足各行业多样化需求。三是行业标准缺失，各厂商技术规范不统一，形成“技术孤岛”，影响产业链协同发展，同时相关应用场景的配套设施不完善，进一步限制了技术落地。

4 3D 全息技术未来发展趋势

4.1 国产化突破与多技术融合

未来, 高端光学元器件的国产化将成为重点, 预计2030年高端空间光调制器国产化率将突破60%, 大幅降低设备成本; 同时, 计算全息光场等新技术将持续迭代, 逐步解决打印尺寸、算法效率等瓶颈。此外, 3D全息技术将与AI、5G和数字人深度融合^[7], AI驱动的内容生成技术将降低创作门槛, 5G技术实现全息影像实时传输, 拓展远程手术、远程会议等应用场景。

4.2 场景细化与B/C端协同

应用场景将向细分领域延伸, 医疗领域的全息远程手术、工业领域的全息设备检测、文旅领域的个性化全息体验等将逐步落地; B端市场持续深耕, 与行业业务深度融合, 成为各行业数字化转型的核心支撑; C端市场将随着消费级产品普及和逐步爆发, 全息产品将走进日常生活, 推动消费场景升级。

4.3 生态完善与标准统一

同时产业链协同将进一步加强, 形成“硬件-软件-内容-服务”的完整生态, 推动上下游企业协同创新; 行业标准将逐步统一, 打破技术壁垒, 推动市场规范化发展; 预计2030年中国将成为全球全息市场核心增长极, 占全球市场比重达45%, 同时相关政策将进一步完善, 为产业发展提供有力支撑。

5 结语

3D全息技术作为新型显示领域的前沿技术, 实现了真实三维影像的裸眼呈现, 在文旅文化、医疗健康、学习教育等领域已展现出显著的价值, 成为推动数字化转型的

重要力量。当前, 技术瓶颈与产业不完善仍是其规模化发展的主要障碍, 但随着国产化技术突破、多技术融合与行业生态完善, 未来将实现场景进一步拓宽、成本持续下降, 逐步渗透至更多领域。后续研究可聚焦核心元器件国产化、新型全息技术研发与细分场景应用, 推动技术更好地服务于产业高质量发展。

参考文献:

- [1] 杜珂珂. 全息技术的原理及其应用现状[J]. 通讯世界, 2019,26(02):194-195.
- [2] 刘娟, 皮大普, 王涌天. 实时全息三维显示技术研究进展[J]. 光学学报, 2023,43(15):128-141.
- [3] 李丽, 毛爱英, 张喜玥等. 3D全息技术应用现状及前景研究[J]. 技术与市场, 2021,28(09):36-37.
- [4] 佟婷, 刘幼春, 晏紫昭. 全息技术在文化生态可持续发展中的应用[J]. 企业经济, 2015,34(03):119-122.
- [5] 罗乐, 袁航, 陈兴. 激光全息技术及其在医学中的应用[J]. 现代物理知识, 2002,(01):32-33.DOI:10.13405/j.cnki.xdwz.2002.01.014.
- [6] 吴春萌, 林慧君. 新质生产力下全息技术促进教育数字化发展的未来学习: 新维度、新场景、新空间[J]. 对外经贸, 2025,(10):150-155.DOI:10.20216/j.cnki.fert1987.2025.10.023.
- [7] 赵泓旭, 罗赛男, 王晓蕊等. 全息技术与人工智能融合的进展分析[J]. 集成电路应用, 2024,41(12):120-121.

作者简介: 陈源, 女, 汉族, 江西省上饶市, 学生, 本科。