

OEA以“偏”盖“全”：偏振打破三维成像桎梏

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40726.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

Opto-Electronic Advances论文推荐西安电子科技大学刘飞教授团队提出并实现了一种场景级被动高精度偏振三维成像方法，通过解析偏振信息反演表面法向的原理，理论上可拓展至各类自然光照条件下的复杂场景。



Letter

February 2026, Vol. 9, No. 2

Open Access

Scene-level passive polarization 3D imaging

Xin Wang^{1†}, Pingli Han^{1†}, Xiyuan Luo¹, Qianqian Liu¹, Tong Zhang¹, Xue Dong¹, Meng Xiang¹, Jinpeng Liu¹, Yanyan Liu² and Fei Liu^{1,3*}

Abstract: Scene-level passive 3D imaging under natural conditions is highly challenging yet urgently demanded. Polarization 3D provides possibility but impeded by two major obstacles brought by natural large scenes: discontinuities of multiple targets and dynamic reconstruction. This study proposed a scene-level passive polarization 3D imaging method, integrating binocular stereo and polarization. We abstract the discontinuous targets reconstruction into a minimization problem. The pixel-level normal direction from polarization and the absolute scale information from binocular stereo vision then work as mutual constraints for iterative optimization of the problem. By iterating for final solution, the challenge of reconstructing discontinuous targets was tackled, and true depth was also recovered. The true depth then provides a reference for solving inter-frame scale inconsistencies which hinders dynamic reconstruction by the designed scale normalization strategy which globally aligns multi-view measurement data. Scene-level 3D structure was finally reconstructed through multi-frame point cloud fusion. We showcase wide-scene, high-accuracy passive video reconstructions on natural field scenes. Our passive polarization stereo represents a major advancement in scene-level 3D imaging and may find broad applications in fields requiring passive 3D imaging solutions.

Keywords: 3D imaging; polarization; natural scenes

DOI: [10.29026/oea.2026.250267](https://doi.org/10.29026/oea.2026.250267) | CSTR: [32247.14.oea.2026.250267](https://cstr.cn/32247.14/oea.2026.250267)

Citation: Wang X, Han PL, Luo XY et al. Scene-level passive polarization 3D imaging. *Opto-Electron Adv* 9, 250267 (2026).

¹School of Optoelectronic Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China; ²National Key Laboratory of Electromagnetic Space Security, Tianjin 300308, China; ³State Key Laboratory of Electromechanical Integrated Manufacturing of High-Performance Electronic Equipments, Xidian University, Xi'an 710071, China.

[†]These authors contributed equally to this work.

*Correspondence: F Liu, E-mail: feiliu@xidian.edu.cn

文章 Wang X, Han PL, Luo XY et al. Scene-level passive polarization 3D imaging. Opto-Electron Adv 9, 250267 (2026).

第一作者：王鑫、韩平丽

通信作者：刘飞

研究背景

随着人工智能与自主系统的快速发展，对复杂场景实现高精度、高鲁棒性的精准实时三维感知、理解和智能决策具有重要意义。依赖立体视觉、结构光或激光雷达等方式的三维成像方法，在弱纹理、强反射、多材质混合以及强环境光干扰等复杂条件下，往往存在精度下降或适用性受限的问题，尤其是远距离高精度相互制约的难题无法解决。相比之下，基于光波偏振特性的三维成像技术架起了偏振 轮廓的信息表征桥梁，提供了传统强度难以获取的几何线索，在三维场景感知中展现出独特优势。但是，偏振独特的信息表征模式也面临着几大关键挑战： 重建畸变问题(三角函数周期性引起)； 绝对深度信息丢失(法线场表征方式引起)； 自然场景不适用(场景信息不连续及景物复杂引起)。

为克服上述问题，近年来偏振三维成像围绕以下两个主要方向开展了相关工作：一是通过引入外部资源作为先验信息引导偏振的解算，消除歧义性；二是利用多源信息融合思想，将相对深度转化为具有物理意义的绝对深度。这些方法在简单目标与连续表面的重建中取得了显著进展，但是对场景中的空间不连续性缺乏专门的处理机制，导致重建结果产生深度跳变，甚至无法重建。因此，针对非连续复杂自然场景开展被动高精度偏振三维成像方法研究，形成系统性解决方案就成为了未来三维成像方法的关键。

本文亮点

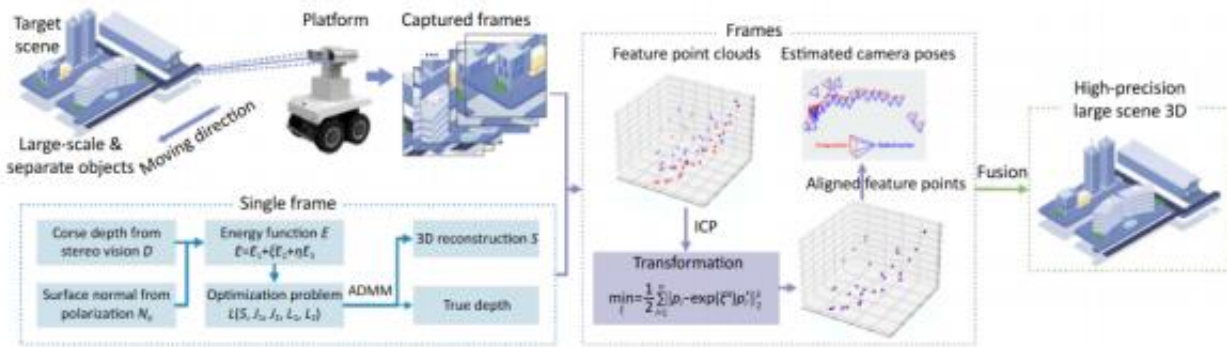


图1场景级被动偏振三维成像整体框架

针对上述问题，西安电子科技大学刘飞教授团队提出并实现了一种场景级被动高精度偏振三维成像方法。通过设计集成式偏振立体成像系统，研究基于偏振特性和立体视觉约束的迭代优化算法实现场景级偏振测量和三维重建，系统性地解决了非连续场景偏振三维重建、绝对深度获取以及多帧融合尺度归一化等关键难题，实现了场景级的高精度三维信息获取。

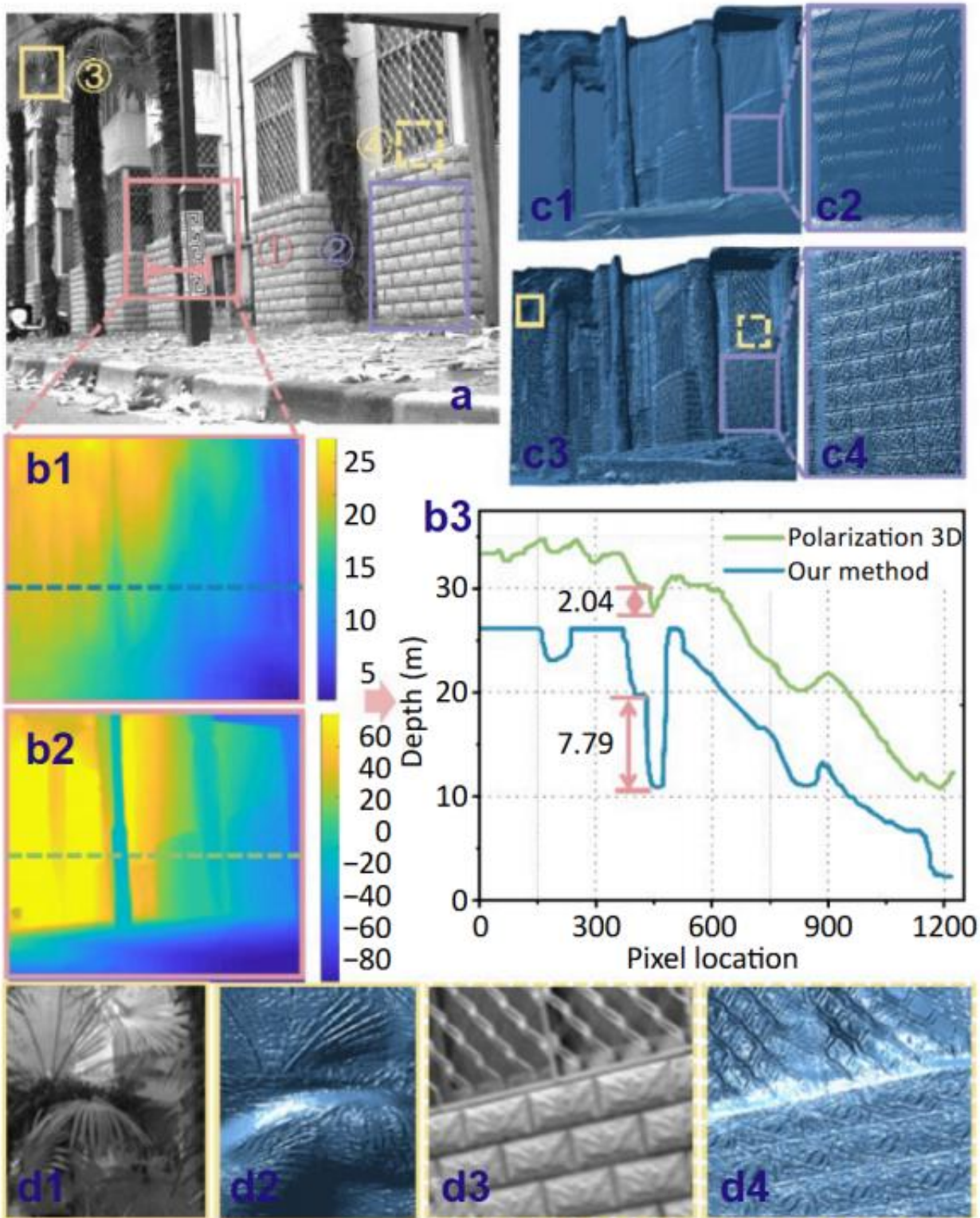


图2真实场景重建结果

该研究融合了立体视觉与光场偏振信息，将不连续场景的三维重建过程建模为一个数学优化问题，并将来自偏振的像素级表面法线场信息与立体视觉提供的绝对尺度信息作为相互约束条件，引入统一的优化框架中。通过迭代求解，该方法不仅有效克服了不连续目标重建中的困难，而且实现了场景真实深度的准确恢复。此外，研究进一步设计了一种尺度归一化策略，对多视角测量数

据进行全局对齐优化及空间准确定位，有效消除了动态场景重建中的尺度漂移问题。最终，通过多帧点云融合，实现了复杂自然场景的高质量三维重建。实验结果表明，该方法在自然光照条件下能够实现大范围、高精度的视频速率三维重建，为场景级三维成像提供了一种新的有效解决方案。

该工作以Scene-level passive polarization 3D imaging 为题以快讯(Letter)的形式发表在Opto-Electronic Advances 2026年第2期。

展望

值得注意的是，本研究实现场景级偏振三维成像完全基于纯被动光学感知机制，无需任何主动信息获取模式。此外，像素级的信息解译方式使得三维成像精度仅与相机本身分辨率相关，整个成像过程具备非接触、无扫描、无辐射、高精度的显著优势，可安全应用于对人体、文物的长时反复三维观测。同时，该技术的核心物理机制具有普适性，其通过解析偏振信息反演表面法向的原理，理论上可拓展至各类自然光照条件下的复杂场

景。未来，通过与多光谱偏振成像和深度学习先验建模相结合，可进一步抑制强杂散光等干扰，有望在自动驾驶、遥感监测、文化遗产保护等场景中发挥重要作用。此外，本文对非连续自然场景下基于偏振线索的高精度三维反演问题的数学求解，也有助于加深对光与物质相互作用、多维信息融合及计算成像理论的理解，推动偏振光学、计算机视觉的交叉融合与创新发

研究团队简介



研究团队合影

先进成像与极限探测研究团队由国家级青年人才刘飞教授领衔(<https://soe.xidian.edu.cn/xkky/kytd/xjcxjxtctd.htm>)。依托西安电子科技大学光电工程学院、高性能电子装备机电集成制造全国重点实验室，以国家重大战略发展需求为牵引，以原始创新为导向，致力于面向极端条件下的先进成像技术及目标的实时检测和跟踪等领域研究。团队现有教师近10人，博硕士研究生40余人，近年来，在包括Light: Science Application、Photonic Insight、Advanced Materials、Opto-Electronic Science、Photonics X等高质量期刊累积发表论文60余篇，授权专利50余项，先后获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖、河南省国防科技进步二等奖、中国光学工程学会技术发明一等奖、陕西省电子学会科技进步二等奖等奖项十余项。



长按识别此二维码，直达全文

来源：光电期刊

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发