

---

# AR头戴显示器的工业应用：设备性能与使用体验

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/35119.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！**

AR头戴显示器的工业应用：设备性能与使用体验。 导读

随着AR技术在工业领域的发展，特别是2016年微软Hololens等产品的推广，头戴式AR设备正在逐步渗入制造业的装配、维修、质检、监控、诊断、远程会议与安装可视化等流程。然而，当前功能完整的工业级AR头显设备（如Hololens系列、Rokid X Craft）的重量普遍超过500克，连续佩戴容易引发颈部疲劳。虽然存在个别轻量化设备（如Google Glass EE）重量能达到约50克，但其视场角（FOV）狭窄导致虚拟信息遮挡现实视野，严重制约了技术落地。此外，现有研究缺乏对设备人体功能学（如图像质量、用户友好性等）的系统评估，亟需建立工业AR头显的核心标准参数，根据具体工业场景选择AR头显设备，以此推动行业标准化发展。

近期，莫斯科国立鲍曼技术大学与圣光机大学的研究人员合作，共同以Industrial applications of AR headsets: a review of the devices and experience为题在Light: Advanced Manufacturing发表了综述论文。

本篇文章系统梳理了AR头显设备在现代工业场景中的应用现状，分析了不同光学架构（衍射/全息耦合器元件vs折射/反射耦合器元件）设备的效能优势与人体工程学（如视觉舒适度、设备重量等）瓶颈，首次提出了量化评估模型(S指标)来计算工业级AR头显设备的适用性得分，对工业级AR头显的定制化发展和标准化起到了推进作用。

技术演进：工业级AR头显技术的发展脉络

文章首先梳理了工业AR头显技术的发展脉络，工业AR头显设备已历经十年的技术迭代（图1）。图中所示均是有代表性的工业AR头显设备，其针对不同的任务和场景开发了独特的技术，集成了特定的传感器。因此，需要对不同类型的设备进行比较分析，并全面研究它们在工业生产环境中的实际适用性。



图1：工业AR头显设备技术发展路径：衍射/全息耦合器元件（顶部）和折射/反射耦合器元件（底部）

### 客观指标：设备的技术分析

研究人员分别介绍了这几种代表性AR设备的技术特征和关键参数，重点关注其影响人体工程学的参数。从他们罗列出的数据来看，不同的光学设计方案也直接影响并限制了其图像质量。

总的来说，衍射/全息耦合器元件（Hololens、Rokid X Craft）与Birdbath架构（XReal、Rokid Max）可提供当前最优的FOV。相比之下，Epson及Google Glass受限于光学设计，难以在不增加体积的前提下突破FOV局限。在图像分辨率方面，XReal、Rokid Max、Hololens和Rokid X Craft凭借其优秀的分辨率，使复杂装配单元的结构清晰可辨。在亮度方面，Epson、Rokid与Vuzix的亮度最佳。此外，他们还对比了这些设备的容量、电池寿命、重量、存储、RAM以及防水、防尘和防摔功能等。

### 主观评估：用户的使用体验

除了客观的数据测试，考虑到工业级AR头显设备是一种以人为本的设备，用户的使用体验评价也十分关键。研究团队通过对11名来自制造企业、具有至少2年专业工作经验且熟悉AR系统的工业代表进行用户调研，对这些设备的人体工程学（重量、操作便利性）及光学效果（色彩均匀性、眩光）进行了评分。

从这些用户的反馈来看，当前工业AR头显设备仍存在光学方案与功能需求的根本矛盾。衍射/全息耦合器元件（如Hololens 2）虽实现了52°大视场角，却因色差问题降低了图像质量，以及存在发热问题；折射/反射耦合器元件（如Epson

BT-2200) 色彩保真度高, 重量轻, 但视场角局限在 $23^{\circ}$ , 如图2所示。

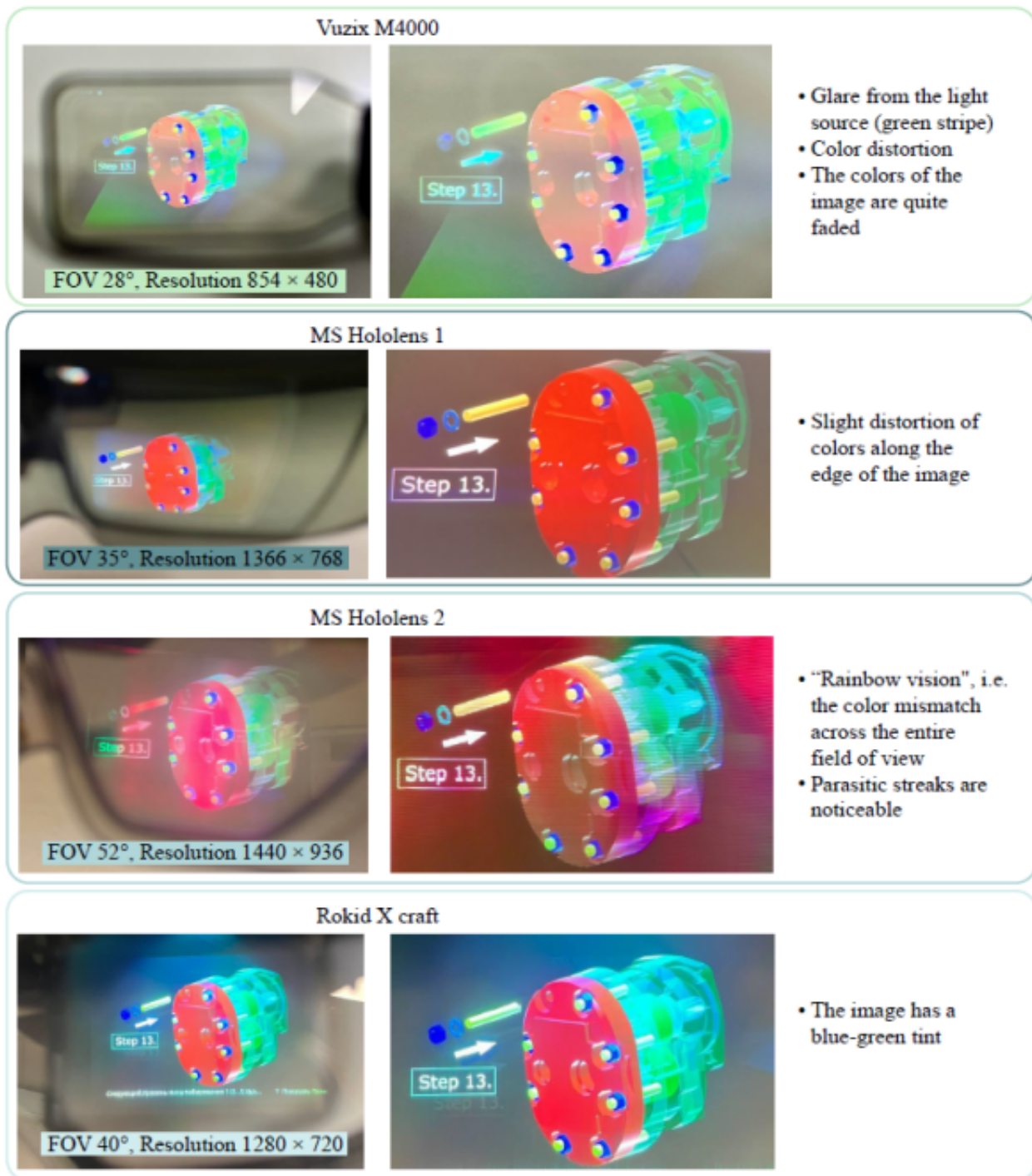


图2：工业AR头显设备显示效果：基于衍射/全息耦合器元件（左侧）和基于折射/反射耦合器元件（右侧）

场景化选型模型：S指标

研究团队提出了场景化选型模型（如图3所示），建立了量化评估公式（S指标），通过对设备的显示效果、硬件性能、使用体验等多维度参数进行标准化和加权计算，得出设备在特定工业场景

下的适用性评分。该模型的关键优势在于权重可根据实际应用需求灵活调整。

	Type	Display resolution	FOV	Brightness	Camera resolution	Inverse mass	Performance capacity	Battery life	Protection	Standalone
Assembly	stationary	●	●	●	●	●	●	○	○	○
	slipway	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Repair	indoor	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	outdoor	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Maintenance	indoor	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	outdoor	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Remote assistant	indoor	○	○	○	●	●	○	○	●	○
	outdoor	○	○	●	●	●	○	○	●	●
Training		●	●	●	○	○	●	●	○	○
Monitoring		○	○	○	●	●	○	○	●	●
Quality control		○	○	○	●	●	○	○	○	○

图3：场景化选型模型表格

文章在最后展示了支持摄像头的AR头显设备在不同场景的S指标，数值越大表示越适配，如图4所示。从结果来看，在大多数情况下，Rokid X Craft设备均处于领先地位。然而，即使是X Craft也没有办法在各应用场景做到十全十美。这充分说明，没有任何一款设备能满足所有应用场景需求，需要根据具体的场景需求来选择合适的设备。

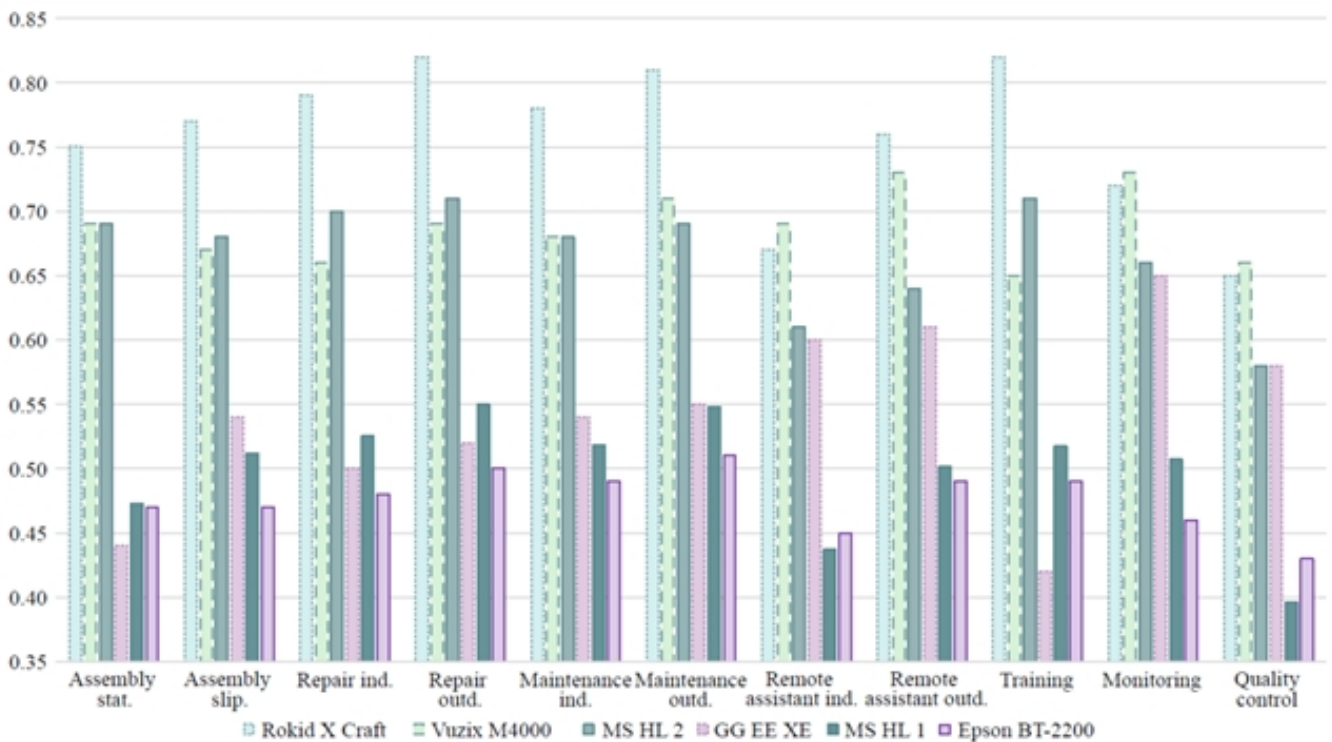


图4：支持摄像头的AR头显设备S指标比较

---

## 总结

总的来说，这篇综述汇总了目前主流的工业级AR头显的技术特征和关键参数，并首次提出了量化评估模型(S指标)来计算设备的适用性得分。作者们强调，尽管工业级AR头显设备目前存在一些标准和通用要求，但不可能创造出一种可以同时解决工业领域所有问题的理想设备。因此，每一种情况都必须单独考虑，同时考虑到操作要求和操作条件。此外，有时具体场景对AR设备的需求是相互矛盾的，在产品设计时需要找到一个平衡点。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.37188/lam.2025.023>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：Artem B. Solomashenko 来源：《光：先进制造》

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