

元宇宙技术在电气设备虚拟维修培训系统中的应用

武焕有

山西朋通建设项目管理有限公司 山西太原

【摘要】随着电气设备智能化与复杂化程度提升，传统维修培训模式已难以满足需求。元宇宙技术凭借沉浸交互、虚拟仿真等特性，为电气设备维修培训带来新方向。元宇宙技术在电气设备虚拟维修培训系统中的应用，构建出高度逼真的虚拟场景，实现设备全生命周期模拟，支持多人协同操作与实时反馈。通过虚拟实训环境，维修人员可在无风险情境下掌握复杂维修技能，大幅提升培训效率与效果。依托云计算与大数据技术，实现培训数据智能分析与个性化教学。元宇宙技术的应用，有效解决传统培训的局限性，推动电气设备维修培训向智能化、高效化发展。

【关键词】元宇宙技术；电气设备；虚拟维修；培训系统；智能教学

【收稿日期】2025 年 3 月 10 日 **【出刊日期】**2025 年 4 月 11 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250125

The application of metaverse technology in the virtual maintenance training system for electrical equipment

Huanyou Wu

Shanxi pengtong Construction Project Management Co., Ltd, Taiyuan, Shanxi

【Abstract】 As electrical equipment becomes more intelligent and complex, traditional maintenance training methods are no longer sufficient to meet the demands. Metaverse technology, with its immersive interaction and virtual simulation capabilities, offers a new direction for electrical equipment maintenance training. By creating highly realistic virtual environments, the application of metaverse technology in the virtual maintenance training system for electrical equipment enables full lifecycle simulation of equipment and supports collaborative operations and real-time feedback among multiple participants. Through this virtual training environment, maintenance personnel can acquire complex maintenance skills in a risk-free setting, significantly enhancing training efficiency and effectiveness. Additionally, leveraging cloud computing and big data technologies, the system facilitates intelligent analysis of training data and personalized teaching. The integration of metaverse technology effectively addresses the limitations of traditional training methods, driving the advancement of electrical equipment maintenance training towards greater intelligence and efficiency.

【Keywords】 Metaverse technology; Electrical equipment; Virtual maintenance; Training system; Intelligent teaching

引言：电气设备在现代工业与社会生活中占据关键地位，其维修技术的专业性和复杂性不断提高。传统维修培训存在成本高、风险大、场景受限等问题，难以满足行业对高素质维修人才的需求。元宇宙技术融合虚拟现实、人工智能等多种前沿科技，能打造高度仿真、交互性强的虚拟空间。将元宇宙技术应用于电气设备虚拟维修培训系统，探索解决传统培训困境的有效途径，对提升维修人员技能水平、保障电气设备安全稳定运行具有重要意义。

1 培训现状困境

在传统的电气设备维修培训体系中，场地与设备资源的匮乏始终是横亘在教学实践前的巨大障碍。许多职业院校或企业培训机构受制于有限的空间，难以容纳各类型号、规格的电气设备，学员往往只能在少量固定设备上反复练习，无法接触到多样化的真实工作场景。即便配备了基础设备，也难以模拟出复杂多变的故障情境，导致学员面对实际工作中千奇百怪的故障问题时，缺乏足够的应对经

验。更棘手的是，电气设备本身具有精密复杂的特性，一些关键部件的拆装和调试需要特定的工具与环境，培训机构很难将这些要素一一还原，学员的实践能力的培养因此大打折扣。

高风险操作的培训难题同样不容忽视。涉及高电压、高电流的维修任务，稍有不慎便可能引发触电、火灾等严重事故，这使得在真实环境中开展此类培训几乎成为不可能。变电站内的高压设备检修、高压线路的带电作业等，出于安全考量，学员只能通过观看视频或教师讲解来了解操作流程，无法获得真实的实践体验。这种“纸上谈兵”的培训方式，不仅难以让学员掌握关键操作技能，更无法培养他们在危急情况下的应变能力^[1]。安全风险如同高悬的达摩克利斯之剑，限制了培训内容的完整性和深度，使得许多核心技能的传授流于表面。

培训内容与行业发展的脱节，进一步加剧了人才培养的困境。电气技术领域日新月异，新型设备、智能控制系统不断涌现，维修技术也随之迭代升级。传统培训教材和课程体系的更新周期漫长，往往滞后于行业实际发展 3-5 年。当学员花费大量时间掌握了过时的技术知识后，进入工作岗位才发现所学内容与实际需求相差甚远。传统培训模式缺乏动态调整机制，无法及时将行业内的新技术、新工艺融入教学，导致学员难以适应快速变化的职场环境^[2]。与此培训过程中的评估环节也存在明显短板，教师仅凭主观观察和简单的实操考核来判断学员水平，缺乏科学、系统的过程跟踪，无法准确把握学员的薄弱环节，教学改进也就无从谈起。

2 技术融合破局

元宇宙技术的引入，为破解电气设备维修培训的困局提供了全新的思路与方法。其中，虚拟现实（VR）技术成为构建沉浸式培训环境的核心力量。通过先进的三维建模技术，研发人员能够将各类电气设备从外观到内部构造进行 1:1 的数字化复刻，无论是复杂的变压器绕组结构，还是精密的断路器操作机构，都能以逼真的形态呈现在虚拟空间中。不仅如此，虚拟场景还能模拟设备运行时的温度变化、震动频率等物理特性，让学员仿佛置身于真实的工作环境。结合环境渲染技术，系统可以还原不同地域、不同气候条件下的设备运行场景，例如潮湿环境中的线路老化、高温环境下的设备过热故障

等，极大地丰富了培训内容的多样性。

增强现实（AR）技术则为现场实操培训带来了革命性的改变。在实际设备维修场景中，学员只需佩戴 AR 智能眼镜，就能将虚拟的维修指导信息与眼前的真实设备完美叠加。当学员面对故障设备时，系统会自动识别设备型号，并在设备表面投射出故障点的标识、拆卸步骤的动态箭头，甚至提供关键参数的实时监测数据。这种“虚实结合”的指导方式，如同身边随时有一位经验丰富的老师傅在旁指导，既能避免学员因操作失误导致的设备损坏，又能帮助他们快速掌握维修技巧^[3]。AR 技术还支持将复杂的维修流程拆解为多个可视化步骤，学员可以通过手势操作放大、旋转虚拟模型，从不同角度观察设备内部结构，加深对维修原理的理解。

动作捕捉与网络通信技术的深度融合，进一步拓展了虚拟维修培训的边界。借助高精度动作捕捉设备，学员的每一个细微动作都能被精准捕捉并映射到虚拟场景中，无论是螺丝刀的拧转力度，还是扳手的操作角度，都能得到真实还原。这种自然交互方式打破了传统培训中鼠标、键盘操作的局限，让学员获得更真实的操作手感。而网络通信技术的应用，则使得远程协同培训成为可能。不同地域的学员和教师可以通过云端服务器进入同一虚拟维修场景，进行实时的语音、文字交流和动作同步^[4]。在模拟大型设备抢修任务时，学员们可以分别承担故障诊断、工具操作、安全监护等不同角色，通过团队协作完成复杂维修任务，这不仅提升了学员的技术能力，更培养了他们的沟通协作与应急处理能力。

3 系统功能实现

基于元宇宙技术构建的电气设备虚拟维修培训系统，以强大的功能体系支撑起高效的教学实践。在故障模拟模块，系统依托丰富的设备运行数据和故障案例库，能够生成多样化的故障场景。当学员进入虚拟变电站场景时，系统可能随机触发变压器油温异常升高、断路器拒动等故障，这些故障不仅体现在设备外观的变化上，还会通过电压波动、电流异常等参数的动态变化，以及设备运行时发出的异响，为学员提供多维度的故障线索。学员需要综合运用所学知识，通过观察仪表盘数据、使用虚拟检测仪器等方式，抽丝剥茧地分析故障原因，这一过程高度还原了实际工作中的故障排查流程，有效

锻炼了学员的逻辑思维和诊断能力。

维修指导功能则致力于为学员提供全方位的学习支持。系统将每一项维修任务拆解为详细的操作步骤，并以动画演示、文字说明、语音讲解相结合的形式呈现。在进行电动机绕组更换操作时，动画会逐帧展示拆卸外壳、取出旧绕组、缠绕新绕组等步骤，关键操作节点还会弹出文字提示，提醒学员注意事项；语音讲解会同步分析操作要点，帮助学员理解背后的原理^[5]。系统还支持学员随时调取3D拆解图和维修手册，方便他们在遇到疑问时快速查阅。

智能评估与反馈机制是该系统的一大亮点。在学员操作过程中，系统通过传感器数据采集和AI算法分析，实时监测操作的规范性和准确性。当学员在接线时出现正负极接反的错误，系统会立即发出红色警示，并弹出提示框指出问题所在；若学员多次尝试仍无法解决，系统还会提供针对性的纠错方案，如播放正确操作的慢动作回放^[6]。培训结束后，系统会自动生成详细的评估报告，从故障诊断的准确性、操作步骤的完整性、维修时间效率等多个维度进行量化评分。报告中不仅有直观的得分数据，还会以雷达图的形式呈现学员在不同技能维度的表现，帮助学员清晰认识自身优势与不足。

4 应用成效展现

元宇宙技术赋能的电气设备虚拟维修培训系统，在实际应用中展现出了显著的综合效益。从成本角度来看，传统培训模式中，一台高压开关柜的采购成本动辄数十万元，且需要定期维护和更新；而虚拟培训系统只需一次性投入开发费用，后续通过软件升级即可不断丰富培训内容。虚拟培训无需占用大量的物理空间，也无需消耗水电等资源，显著降低了培训机构的运营成本。对于学员而言，他们无需承担因操作失误导致设备损坏的赔偿风险，能够更加大胆地进行实践探索，这种低成本、零风险的学习环境，为技能提升创造了有利条件。

安全保障方面的提升更是不言而喻。以往被视为培训禁区的高风险操作，如今在虚拟环境中都能安全开展。学员可以反复练习高压电缆的带电插拔操作，即使出现操作失误，也不会引发触电或短路事故^[7]。这种“试错自由”让学员能够在安全的前提下积累宝贵的经验，培养面对复杂情况的自信心。系统还会模拟设备爆炸、火灾等极端事故场景，让

学员学习应急处理流程，掌握正确的逃生与救援方法，这种实战化的安全培训，是传统教学方式难以企及的。

培训效率与质量的提升同样令人瞩目。传统培训中，学员可能需要数周时间才能接触到几种常见故障类型，而在虚拟培训系统中，他们每天都能处理十余个不同的故障案例，快速积累实战经验。系统还能根据学员的学习进度和能力水平，智能推送个性化的学习任务，实现“因材施教”。对于基础薄弱的学员，系统会优先安排简单故障的维修训练，并提供更多的指导资源；而对于能力较强的学员，则会推送复杂的综合性故障，激发他们的潜力^[8]。通过持续的训练与反馈，学员的维修技能得到快速提升，许多学员在完成培训后，能够直接胜任企业的初级维修岗位，真正实现了培训与就业的无缝对接。

结语：元宇宙技术应用于电气设备虚拟维修培训系统，有效解决传统培训难题，提升培训质量与效率。未来，随着元宇宙技术不断创新，5G、人工智能等技术的深度融合，虚拟维修培训系统将更加智能化、人性化。其应用场景有望进一步拓展，不仅局限于维修技能培训，还可延伸至设备设计、维护方案优化等领域，为电气行业发展提供更强大的人才支持与技术保障。

参考文献

- [1] 罗志华.新能源汽车高压电气设备维修与安全防护[J].汽车电器,2025,(05):170-172.
- [2] 苑宁,王庆安,张祥雷.110 kV 变电设备维修策略优化研究[J].自动化应用,2025,66(09):171-174.
- [3] 彭焜鹿,周凤霞,梁伦.《汽车电气设备构造与维修》课程思政教学实践与探索[J].时代汽车,2025,(09):137-139+161.
- [4] 周通玮.汽车电气设备构造与维修课程思政的教学方法探索[J].汽车画刊,2025,(04):203-205.
- [5] 李顺章,赵奇.船舶电气设备的管理和维修保养措施探析[J].中国设备工程,2025,(08):65-68.
- [6] 戈狄,渠俊锋,周成龙,等.新型低压电网电气设备的柔性负荷调控带电维修技术探析[J].家电维修,2025,(04):125-127.

- [7] 樊葡萄.面向电子故障诊断与维修的联合优化数学模型研究[J].自动化与仪器仪表,2025,(03):76-80.
- [8] 宋路生.智能工程机械电气设备故障的维修方法及价值探究[J].中国金属通报,2025,(03):121-123.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS