

数字孪生技术在智能电网中的应用研究

文/李景航
湖北沐楚水利水电规划勘测设计有限公司

随着智能电网的快速发展，数字孪生技术作为智能电网建设的重要技术之一，引起人们的广泛关注。介绍数字孪生技术的原理、特点以及在智能电网中的应用优势与局限性，分析数字孪生技术在电网规划、运行、运维和安全等方面的应用现状，并对数字孪生技术在智能电网中的应用进行总结与展望，旨在为数字孪生技术在智能电网中的开发和应用提供可行性参考。

随着社会的不断发展和能源需求的增加，智能电网是传统电网向智能化、信息化和互联化方向发展的重要阶段，已经成为新时期下电力行业发展的目标，并将成为未来电力系统的核心。数字孪生技术是一种近年来新兴的技术，是建设智能电网的重要手段之一，因具有信息化、自适应及可扩展等特点而受到广泛关注。数字孪生技术可以将真实系统的物理模型和数学模型结合起来，实现虚实融合，为实时模拟、可视化、优化和决策提供新的手段和思路。将数字孪生技术应用到智能电网中，可以提高电网精细化管理水平，优化电网运行方式，提高电网安全性和可靠性，实现供需侧管理的互动协同。因此，数字孪生技术在智能电网中的应用研究具有重要的理论和实际意义。

数字孪生技术背景和原理

1. 数字孪生技术的背景

智能电网是一种融合了信息技术和能源技术的新型能源供给体系，具有数据量大、数据类型多和智能化程度高的特点。数字孪生技术是一种集成了计算机建模、多物理场仿真、数值计算及人工智能等技术的新型数字化技术，可以将现实物

理系统与虚拟计算机系统模型建立起一一对应的关系，为智能电网的协同运行和智能控制提供支撑。

数字孪生技术的背景可以追溯到20世纪50年代的航天工业中，最早是美国航空航天局（NASA）在2003年提出的“数字孪生计划”，当时人们需要在计算机上模拟飞行器的飞行过程，以便减少实际试飞中因意外事件而带来的人员伤亡和资金损失。随着计算机技术的发展，数字孪生技术在汽车、航空及能源电力等领域得到了广泛应用。数字孪生技术的原理是将物理系统的各种信息采集到数字模型中，建立与实际系统相同的虚拟操作模型。模型通过与物理系统实时传输信息进行更新，确保模型的真实性和准确性，同时能够对模型进行多方面的优化。

2. 数字孪生技术的基本原理

数字孪生技术是一种将数字世界和物理世界相结合的新型技术，主要包括物理学仿真、数字化建模及虚拟现实等。数字孪生技术的原理是基于计算机模型与现实系统之间的对应关系，通过对物理系统进行参数化建模，将物理系统与在计算机内运行的仿真模型建立一一对应的关系。

在智能电网中应用数字孪生技术，可以实现对电力系统的精细化管理，对电网规划、运行、运维及安全等问题进行深入研究；可以通过建立好的数字孪生模型，提供系统的运行状态和实时数据，提供可视化的仿真结果，使电网管理人员能够在计算机上对电网进行控制和优化；可以更加全面、准确地了解电网运行状态和随机事故情况，并在实时动态下进行仿真模拟和优化决策，实现电网的自主调节。此外，还可以将数字孪生技术与人工智能和大数据技术相融合，通过数据采集、分析和学习，可以对电网进行动态跟踪和智能预测，及时反馈制定方案以应对潜在故障和风险。因此，数字孪生技术在智能电网中具有重要的应用价值。

数字孪生技术在智能电网中应用的优势

1. 数字孪生技术在智能电网中应用的特点

(1) 综合性能优异

数字孪生技术集计算机建模、多物理场仿真、数值计算和人工智能等多种技术于一体，可为智能电网的实时控制、故障诊断和优化调度等提供支撑。

(2) 精度高，实时性好

数字孪生技术可以将电网现实系统与计算机模型建立一一对应的关系，模拟和预测电网设备和系统的运行状态和效果，有效提升能源管理的决策支持和应急响应能力。

(3) 融合多种数据源

通过数字孪生技术可以融合多种数据源，包括现场传感器数据、供应商提供的数据和历史数据等，提高数据的完整性和准确性，更好地掌握电网设备的运行情况。

(4) 提高效率 and 降低成本

利用数字孪生技术可以在电网设备现场未发生故障的情况下对其进行预测，有效降低维护成本，提高效率，减少人力资源的浪费。

(5) 可视化效果好

数字孪生技术可以将计算机内置的电网设备仿真模型与现实设备之间的对应关系可视化输出，协助管理者认识和决策。

2. 数字孪生技术在智能电网中应用的优势

在传统电网中，信息化程度较低，电力设备运行状态难以获取，电网调度和管理也较为粗放，不

能很好地适应能源互联网的发展趋势。智能电网能够全面协调供电侧、需求侧、储能侧和新能源侧的电力管理，实现全方位的精准化和高效化。

数字孪生技术的优势在于能够提高电力系统的精细化管理水平，优化电力系统的运行方式，提高电力系统的安全稳定性和可靠性，实现供需侧管理的互动协同。

(1) 准确预测电力系统运行状态

数字孪生技术通过虚拟化电力系统，将电力系统的硬件、软件、系统以及过程进行数字化仿真，准确预测电力系统的运行状态，及时发现和分析问题。同时，实时监测电网设备的状态，提供实时数据，迅速响应故障和解决问题。

(2) 实现电力系统优化运行

数字孪生技术可以对电力系统进行优化仿真分析，针对不同场景、不同情况，通过精准的数据和大数据分析技术，自动给出优先级和建议，实现对电力系统的自动优化运行。电网管理人员通过数字孪生技术在计算机模型上进行电网运行优化，优化能源利用，降低能源浪费，提高能源效率。

(3) 实现智能监控和管理

数字孪生技术可以通过智能监控和管理手段，对电力系统运行状态进行实时跟踪和监测，提高电网安全性，降低事故风险。同时模拟电网运行，预测故障和问题，以提高电网的控制可靠性和安全性。通过数字孪生技术，电网管理人员可以快速识别设备的故障，进行必要的维修和更换，以减少设备的损坏，降低维护成本。

数字孪生技术在智能电网中的应用能够提高电网的可靠性、安全性和效率，可以帮助电力企业提高管理水平，优化经济效益，推动智能电网的建设。

数字孪生技术在智能电网中应用的局限性

数字孪生技术在智能电网中的应用也存在一些局限性，需要不断改进和完善。

(1) 数据质量的优化

数字孪生技术的应用需要大量的数据支持，这些数据的质量和可靠性直接决定了数字孪生技术应用的有效性。所以，需要对电网现场数据采集和异常诊断进行深度优化，增强算法支持。

(2) 权限控制的规范化

数字孪生技术的应用牵涉电网设备运行数据及现场设备操作等敏感数据，应制定智能电网领域相关的数据安全管理及权限控制规范，防止泄露、篡改、窃取等数据安全问题出现。

(3) 模型的准确完整

数字孪生技术需要大量的计算设备支持，因此要求计算设备的能力要足够强大，同时，模型的准确性和完整性对模拟预测结果的准确性和实用性具有很大的影响，需要建立完整准确的电网模型。

(4) 可视化操作的完善

智能电网的设计和建设和复杂的，是各种设备、系统和应用程序的集成。在数字孪生技术的应用中，需要对其可视化方面进行完善，使得各种数据能够以可视化形式展示，同时还需要开发更加直观的用户界面，方便管理人员迅速掌握运行情况并进行决策。

(5) 成本方面的考虑

数字孪生技术通常需要大量的计算资源支撑，并且还需要用大量数据进行训练。因此，在一定程度上增加了成本，在应用数字孪生技术时需要考虑成本方面的问题。

数字孪生技术在智能电网中应用的现状与展望

1. 数字孪生技术在智能电网中应用的现状

目前，数字孪生技术在智能电网中的应用主要涉及电网规划、运行、运维和安全等方面。

(1) 电网规划

数字孪生技术可以模拟不同规模和复杂度的电力系统，实现电力系统规划，包括电力资源的管理、分布式能源接入和供需平衡等。此外，数字孪生技术还可以分析不同的规划方案，提出可行性建议，以便更好地指导电力系统的发展。

(2) 电网运行

数字孪生技术可以模拟电力系统在不同负荷状态下的运行情况，预测电力系统中的电能质量等问题。此外，数字孪生技术还可以实时监测电网中各个节点的运行情况，及时发现异常情况，调整控制策略，避免电网故障发生。

(3) 电网运维

数字孪生技术可以通过对电力设备的建模和仿

真，实现电力设备的数字孪生，对设备的运行参数进行实时监测，分析设备的使用寿命和健康状况，及时发现设备问题，提高设备运行效率和可靠性，降低设备维护成本。

(4) 电网安全

数字孪生技术可以应用于电网安全方面，实现电力系统的全面安全防范和风险评估。可以利用数字孪生技术对电力系统进行虚拟仿真，对电力系统安全进行全面监测，预测潜在的安全风险，及时发现安全问题并提供相关的安全防范预案。

2. 数字孪生技术在智能电网中应用的展望

随着智能电网的不断发展，数字孪生技术在其中具有广阔的发展前景和潜力。

(1) 智能化程度的提高

通过数字孪生技术实时监测电网设备运行情况，预测设备的故障风险，并在出现问题时快速响应。未来，数字孪生技术将会逐步应用到智能电网的各个方面，使电网具备更高的智能化。

(2) 可视化分析的增强

数字孪生技术在智能电网中的应用，除了数据分析和故障预警等方面的需求外，可视化分析和展示的需求也很重要。未来，数字孪生技术将逐步支持更多的可视化展示需求，如二维/三维地图等，方便电网管理人员更好地掌握电网运行情况。

(3) 实时响应能力的提升

基于数字孪生技术的智能化电网系统能够实时处理大量的电网运行数据，并快速响应故障事件，避免造成损失。未来，随着云计算和大数据技术的不断发展完善，数字孪生技术的实时响应能力也会大幅提升，使智能电网更加安全高效。

(4) 算法优化的持续改进

随着人工智能算法的不断优化和改进，数字孪生技术的应用将越来越精细化和智能化，能够更好地适应智能电网的需求，并普及至更多场景。

数字孪生技术不断拓展在智能电网中的应用，未来的数字孪生技术将更加侧重于提高智能化、实时响应和可视化分析等方面的能力，以更好地支持智能电网的发展。数字孪生技术有望带来电力系统的革命性变化，为智能电网的健康发展提供有力的支撑。

结束语

数字孪生技术以其独特的优势，为智能电网的建设提供了新的方式和思路，能够实现智能电网的实时监控和控制，提高稳定性和安全性，同时也能优化电网的运行效率，减少能源浪费，提高电力系统的安全、稳定和可靠性，在智能电网中具有广泛的应用前景。未来，数字孪生技术将促进智能电网不断发展。在数字孪生技术的引领下，智能电网将迎来更加智能化、高效化的未来。EA

参考文献

- [1] 李文军, 赵钊. 智能电网数字孪生技术综述[J]. 电气应用, 2020, 39(4): 6-12.
- [2] 赵阳, 李飞. 智能电网发展策略研究[J]. 现代制造技术与装备, 2020, 32(3): 120-123.
- [3] 王新本, 侯浩洋, 徐思宗, 等. 智能电网数字孪生技术应用研究[J]. 电工技术学报, 2020, 35(3): 605-612.
- [4] 王承东, 唐旺. 智能电网数字孪生技术研究进展[J]. 智能计算机与应用, 2021, 11(3): 12-18.
- [5] 赵磊, 赵华, 余瑞军, 等. 基于实时数据的智能电网数字孪生模型构建及应用[J]. 电器与能效管理技术, 2020, 36(8): 43-47.
- [6] 王春生. 智能电网的概念、特点及其未来发展[J]. 电工技术学报, 2020, 35(3): 529-536.
- [7] 郑园峰, 王宏图. 智能电网数字孪生技术在某电厂的应用[J]. 电力信息与通信技术, 2020, 21(2): 36-39.

电气时代网

WWW.EAGE.COM.CN

紧抓行业热点，汇聚行业权威

欢迎加入电气时代网

依托《电气时代》《电气应用》主打内容原创

[点击详情>>](#)