

团体标准
《电力装备数字孪生模型构建标准》
编制说明

标准编制小组
2024 年 5 月

《电力装备数字孪生模型构建标准》

编制说明

一、标准制定的必要性

研究电力装备数字孪生模型的构建，是支撑国家能源系统智能化和数字化转型的关键步骤。面向电力装备数字孪生技术中的复杂系统模拟和数据分析需求，需要运用精确的数据定义和模型仿真技术，为场景孪生及性能孪生提供数据来源，形成电力装备数字孪生模型构建系统，以提升电力装备的性能预测和故障诊断能力，使得系统整体呈现高精度和高逼真的数字映射特征。

但随着电力系统的复杂性增加，传统的设备监控和维护策略已无法满足高效和精准的操作需求，导致设备数据的处理和分析成本激增，且难以实现对设备状态的实时监控和预测，直接影响电力系统的稳定性和经济运行效率。面对上述问题，如何通过规范数据定义和改进模型仿真数据策略以提高模型精度，同时还能满足电力设备运维对实时性和准确性的要求，就需要进行电力装备数字孪生模型的精细化构建和优化设计，进行一体化考虑。现有的方法分别从数据处理和模型校准两方面应对挑战：

1) 在数据定义处理方面，电力装备数字孪生模型构建系统在数据处理过程中按照数据信息的种类，明确电力装备数字孪生模型种类，提高数据的处理效率和质量；

2) 在模型校准显示方面，电力装备数字孪生模型构建系统提供高精度参数估计和模型更新功能，保障数字孪生模型能准确反映真实设备的状态，提供故障预测和健康管理等高质量服务，保障电力装备在复杂操作环境下的稳定运行；提供性能优化和寿命预测等经济业务，降低设备的运维成本，提高电力设备的经济效益。

尽管目前对于电力装备数字孪生模型的数据处理和模型校准问题已经有了应对方案，但是二者如何协同提高模型精度和实时性的相关技术却没有得到足够的发展，具体表现在：在数据方面，现有的技术缺少对模型校准中不同业务需求的全面考虑，未对数据种类进行明确划分；在模型校准显示方面，不同业务没有考虑数据处理质量的影响，以及数据处理功能对模型精度的限制。上述问题对电

力装备的运行的安全性、稳定性和经济性都造成极大影响。

因此，研究电力装备数字孪生模型构建系统中数据处理与模型校准协同设计不论对加深电力装备数字孪生模型的理论研究，还是促进数字孪生技术应用推广都具有重要的意义。综上，需要编写团体标准，指明电力装备数字孪生模型构建的技术规范。

二、标准编制原则及依据

1、按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》要求进行编写。

2、参照相关法律、法规和规定，在编制过程中着重考虑了科学性、适用性和可操作性。

三、项目背景及工作情况

（一）任务来源

根据《中国国际科技促进会标准化工作委员会团体标准管理办法》的有关规定，经中国国际科技促进会标准化工作委员会及相关专家技术审核，批准《电力装备数字孪生模型构建标准》团体标准制定计划，计划编号为：CI2023284。本标准由重庆大学提出，中国国际科技促进会归口。

根据计划要求，本标准完成时限为 12 个月。

（二）标准起草单位

本标准的主要起草单位是重庆大学，负责标准文档起草及相关文件的编制等。**XX 单位等**参与起草，负责标准中重要技术点的研究和建议，并参与标准内容的讨论。

（三）标准研制过程及相关工作计划

1、前期准备工作

项目立项前，标准编制小组查阅、研读相关国内外文献，广泛收集电力装备数字孪生模型相关的材料。同时，开展电力装备数字孪生模型构建的研究，并与该行业相关人员进行调研、交流，广泛征求标准制定方面的意见和建议。

2、标准起草过程

团体标准立项通知公示后，标准编制小组首先组织了标准制定工作会议，各编写人员根据工作计划分工和编写要求开展了相关工作。在标准起草期间，编制小组主编单位及参编单位组织了数次内部研讨会和专家咨询会，经过多次修改，于2024年5月完成了标准初稿及编制说明的撰写工作。

3、征求意见情况

2024年4月标准编制小组先后通过现场会议、电话、微信等多种形式征集行业专家相关意见和建议。针对征集的意见，标准编制小组召开了研讨会，将收集到的意见进行汇总处理分析，在充分吸纳合理意见的基础上，先后修改和完成标准内容，于2024年5月中旬根据在各单位反馈意见基础上，形成了标准征求意见稿并由中国国际科技促进会提交全国标准信息平台公示。

（四）主要试验（或验证）情况分析

实验场景：测试系统主要包含电力设备、主动配电网能量管控系统和测试设备，通过数据安全传输与决策控制协同技术在主动配电网能量管控系统中生成决策控制指令，通过测试设备模拟运行效果进行实验验证。



图 1 实验场景

实验步骤：首先，主动配电网能量管控系统收集电力设备生成的电力数据；其次，通过数据安全传输与决策控制协同技术生成决策控制指令，维持系统正常运行；最后，由测试设备分析在电力系统安全、经济、优质业务中，数据安全传输与决策控制协同技术对业务耗时和业务执行精度的影响。

实验内容：为了验证数据安全传输与决策控制协同技术能够减少安全业务的耗时，以源网荷储运行模式切换业务为对象，通过应用数据安全传输与决策控制协同技术实现系统安全运行，研究数据安全传输与决策控制协同技术对安全业务耗时的影响。结果表明，源网荷储运行模式切换业务完全消除电压频率等安全问题的所需时间为 0.3s，满足在 10s 内完全消除电压频率等安全问题的要求。结

果表明应用数据安全传输与决策控制协同技术能够减少安全业务的耗时。

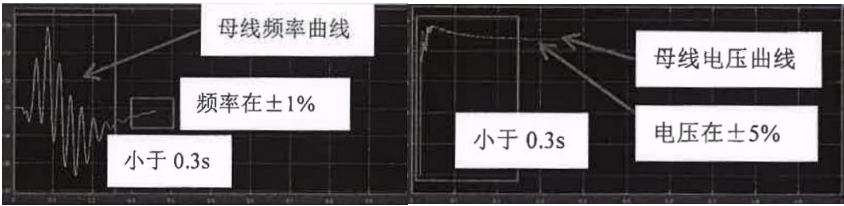


图 2 运行模式切换频率电压调节测试结果

为了验证数据安全传输与决策控制协同技术能够降低优质业务的耗时，提高电能质量，以调频和调压业务为对象，通过应用数据安全传输与决策控制协同技术实现系统优质运行，研究数据安全传输与决策控制协同技术对优质业务的耗时和电能质量的影响。结果表明，1) 调频业务在调频目标变化量不低于额定功率 10% 的出力变化情况下，从频率越限开始，到有功功率调节量达到调频目标值与初始功率之差的 10% 所需时间为 1.1s，到有功功率调节量达到调频目标值与初始功率之差的 90% 所需时间为 4.1s，到有功功率达到稳定（功率波动不超过额定出力 $\pm 1\%$ ）的最短时间为 7.3s，满足调频目标变化量不低于额定功率 10% 的出力变化情况下，从频率越限开始，到有功功率调节量达到调频目标值与初始功率之差的 10% 所需时间不超过 2s，到有功功率调节量达到调频目标值与初始功率之差的 90% 所需时间不超过 5s，到有功功率达到稳定（功率波动不超过额定出力 $\pm 1\%$ ）的最短时间不超过 10s 的要求。2) 调压业务将所有母线节点电压调节到 $(1 \pm 5\%)$ p.u 的所需时间为 1.2s，满足电压监视和控制点电压偏差超出电网调度的规定值 $\pm 5\%$ 的延续时间不超过 2 小时，偏差超出 $\pm 10\%$ 的延续时间不超过 1 小时的要求。结果表明应用数据安全传输与决策控制协同技术能够减少优质业务的耗时，提高主动配电网的电能质量。

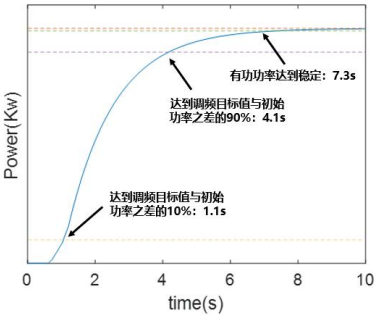


图 3 调频业务测试结果

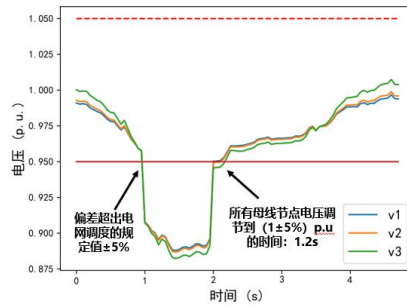


图 4 调压业务测试结果

为了验证数据安全传输与决策控制协同技术能够提高经济效益，以能量管理和能量交易业务为对象，通过应用数据安全传输与决策控制协同技术实现系统经济运行，研究数据安全传输与决策控制协同技术对经济效益的影响。结果表明，1) 能量管理业务生成的最佳调度方案提高了 30%的经济效益，满足提高 5%以上的经济效益的要求。2) 能量交易业务生成的最佳交易方案能提高 20%的总体经济效益，满足提高 5%以上的经济效益的要求。结果表明应用数据安全传输与决策控制协同技术能够提高主动配电网的经济效益。

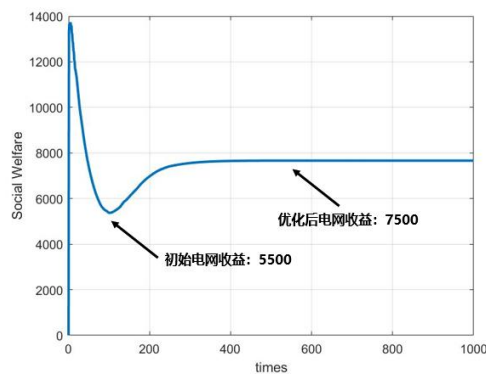


图 5 能量管理测试结果

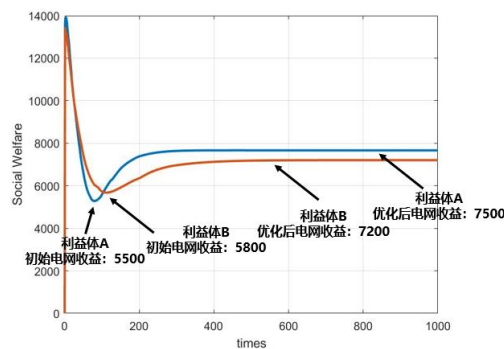


图 6 能量交易测试结果

实验意义：通过研究和实验验证了本技术规范的可可行性和科学性，集成数据安全传输与决策控制协同技术，制定主动配电网能量管控系统数据安全传输与决策控制协同设计技术规范，为产业化推广提供理论依据和实践指导，实现了主动配电网能量管控系统数据安全传输与决策控制协同设计及相关产业的标准化，保障主动配电网安全、优质、经济运行。

四、标准制定的基本原则

标准编制过程中，遵循了以下基本原则：

- 1、标准需要具有行业特点，指标及其对应的分析方法要积极参照采用国家标准和行业标准。
- 2、标准能够体现出产品的具有关键共性的技术要素。
- 3、标准能够为产品的开发、改进指出明确的方向。
- 4、标准需要具有科学性、先进性和可操作性。
- 5、要能够结合行业实际情况和产品特点。
- 6、与相关标准法规协调一致。
- 7、促进行业健康发展与技术进步。

五、标准主要内容

本标准规定了数字孪生模型构建的技术要求，正文部分共分九章，包括标准的适用范围、规范性引用文件、术语与定义、总则、数字孪生模型数据分类、数据存储设计、虚拟实体与物理实体交互驱动设计要求。

六、与有关法律法规和强制性标准的关系

遵守和符合相关法律法规和强制性标准要求。规范性引用文件包括：

- | | |
|--------------|-----------------------|
| GB/T 43441.1 | 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求 |
| GB/T 41723 | 自动化系统与集成 复杂产品数字孪生体系架构 |
| DL/T 860 | 变电站通信网络和系统 |

七、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准起草过程中没有重大分歧意见。

八、后续贯彻措施

建议由电网相关行业标准化管理机构组织贯彻本标准的相关活动,利用各种活动(如工作组活动、行业协会的管理和活动、专家培训、标准化技术刊物、网上信息、产品认证等)尽可能向电网相关单位和机构宣贯该标准。

建议本标准发布之日起半年内实施。

标准编制小组

2024 年 5 月