



5G 智能电网测试床项目

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

引言/导读

中移（上海）产业研究院（以下简称上海产业研究院）是中国移动(上海)通信集团有限公司全资子公司，是中国移动(上海)面向 5G 和人工智能，引领工业能源、交通和金融等领域数字化服务的专业研发机构。在工业互联网领域，上海产业研究院构建“1+N”工业云平台体系，围绕工业设计、生产和服务环节，利用 5G、AI 等新技术打造面向工业互联网的有竞争力的系列产品和解决方案。上海产业研究院立足于 5G 研发的技术优势，积极把握 5G 改变社会的时间窗口，在 5G 时代推出具有市场竞争力的行业产品和解决方案。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》对能源体系提出了更高的要求，其中包括推动煤矿、油气田、电厂等智能化升级，实现源网荷储互动、多能协同互补、用能需求智能调控，并构建基于 5G 的应用场景和产业生态，在智能交通、智慧能源、智慧医疗等重点领域开展试点示范。

一、关键词

智能电网、配网自动化、5G 切片

二、测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

上海产业研究院

刘博研:liuboyan@cmsr.chinamobile.com, 17813166979

2.2. 合作公司

南方电网

三、测试床项目目标

目前电网企业在 35kV 以上的骨干通信网已具备完善的全光骨干网络和可靠高效数据网络，光纤资源已实现 35kV 及以上厂站、自有物业办公场所/营业所全覆盖。在配电通信网侧，由于点多面广，海量设备需实时监测或控制，信息双向交互频繁，且现有光纤覆盖建设成本高、运维难度大。35kV 以下的配电网点多面广，光纤建设维护成本高，覆盖率不足 20%，传统 2/3/4G 无法满足安全隔离需求，迫切需要新一代通信技术解决智能电网末端海量数据接入的通信“卡脖子”问题。

本测试床主要验证 5G 网络与电网业务结合，5G 电网智能化应用的可行性，从多方面提升电网的智能化水平，切实解决电网业务运行过程中低时延控制、高精度授时、大带宽承载、高频次采集、最后一公里光纤建设难度大等问题。

四、测试床方案架构

4.1. 测试床应用场景

应用在电力行业发、输、配、变、用、综合等各个业务环节，涉及配网差动保护、高级计量、智能化巡检等 5G 电力应用场景。

4.2. 测试床架构

本测试床总体架构如图 1 所示，依托 5G 网络优势，打造智慧电力端-管-云-用一体化行业解决方案，满足电力业务发、输、变、配、用各个环节的安全性、可靠性和灵活性需求，实现差异化服务保障，进一步提升电网企业对自身业务的自主可控能力，促进未来智能电网取得更大的技术突破。

本测试床符合 AII 工业互联网总体架构 2.0，本测试床架构验证了 AII 总体架构中的功能架构，包括网络体系架构中的网络互连、数据互通，平台体系架构中的边缘层、PaaS 层和应用层功能组成，安全体系架构中的隐私数据保护等。

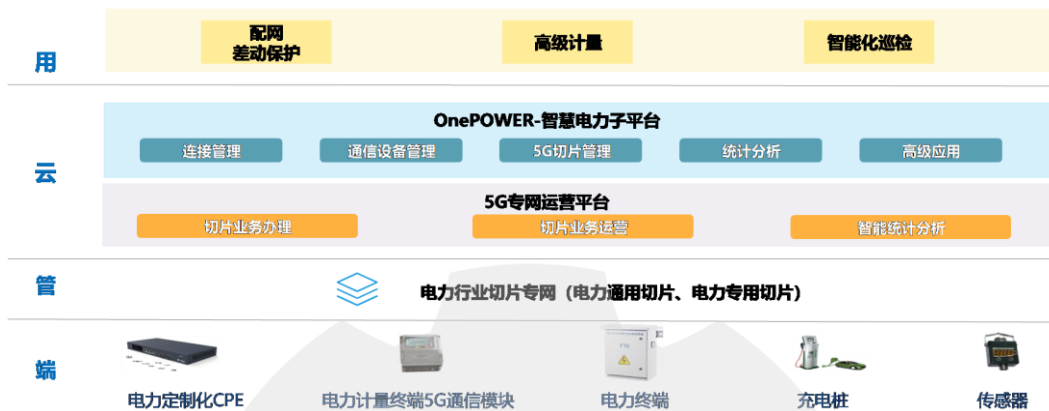


图 1.测试床总体架构



图 2.AII 工业互联网体系架构 2.0

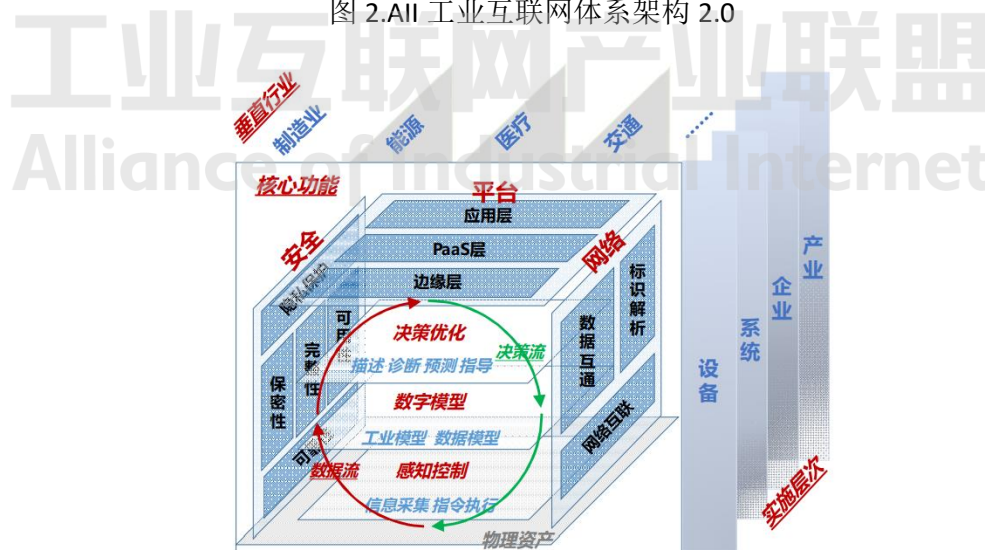


图 3.工业互联网功能原理

4.3. 测试床方案

1. 网络方案

面向电力客户提供电力行业切片专网服务，生产控制大区提供电力专用切片，管理控制大区提供电力通用切片。



图 4. 电力行业切片专网方案

2. 平台方案

本测试床依托 OnePOWER-智慧电力子平台，主要包括卡、连接、终端、切片管理、统计分析、系统管理、高级应用等关键能力。有别于以往的移动通信网络发展模式，依托 5G 网络能力开放和切片技术，未来该平台将为电网企业提供更丰富的、更多元化、更灵活的网络切片服务管理能力，同时平台自身也以更开放的架构，向电力内部业务提供支撑服务。

3. 终端方案

测试床终端采用电力定制化 CPE 和电力计量终端 5G 通信模块。

电力定制化 CPE 终端支持基于 3GPP R16 协议的 5G 通信、有线数据传输、高精度网络授时（偏差小于 10us）、协议转换和安全加密（内置电网制定加密芯片）功能，借助 5G 网络超高带宽、低时延、超大规模连接的优势以及可承载垂直行业多样化的业务需求，尤其是网络切片、能力开放两大创新功能的应用，可为电力行业用户打造定制化的“行业专网”服务，更好的满足电网业务的安全性、可靠性和灵活性需求，实现差异化服务保障，进一步提升电网企业对自身业务的自主可控能力。

电力计量终端 5G 通信模块适用于三项电表和 I 型集中器，符合通信规约标准，支持灵活拔插，可直接替换现网中使用的 2/3/4G 模块，从而实现 5G 模块承载高级计量通信业务。

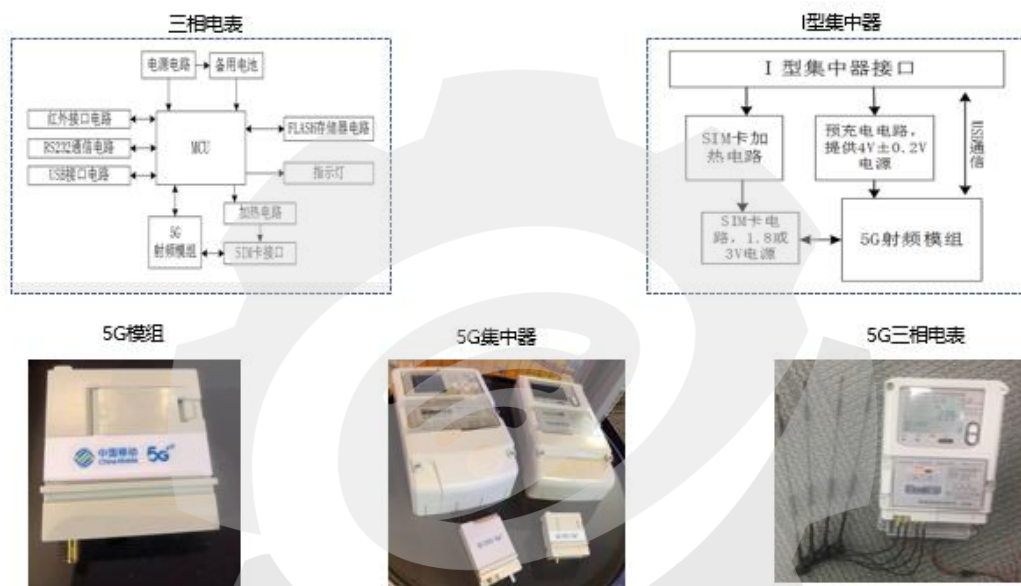


图 5. 电力计量终端 5G 通信模块

4. 应用方案

1) 配网差动保护

该场景属于配电环节，配电自动化终端(DTU)利用 5G 低时延及高精度网络授时特性，比较两端或多端同时刻电流值（矢量），当电流差值超过门限值时判定为故障发生，断开其中的断路器或开关，执行差动保护动作，实现配电网故障的精确定位和隔离，并快速切换备用线路，停电时间由小时级缩短至秒级。

2) 高级计量

通过电力计量终端 5G 通信模块实现电表与计量主站的连接，利用 5G 广覆盖、大连接特性，可深入采集各类电器设备的用电信息，满足智能用电和客户个性化服务需求。

3) 智能化巡检

利用 5G 高速率、低时延、海量连接、快速移动特性实现巡检终端遥控及数据采集，实现巡检高清视频实时回传及远程控制作业。同时结合无人机和机器人应用，扩大巡检范围，提升巡检效率。

4.4. 方案重点技术

1. 5G 切片技术

本测试床面向电力客户提供电力行业切片专网服务，无线网支持 QoS 优先级调度、支持 RB 资源预留；承载网支持 Flex E 和 VPN 子通道隔离、支持切片隔离、支持切片管理和发放；核心网支持切片 NSSF、支持切片移动性管理：切片选择、接入控制、支持选择策略定义、支持切片子网模板、生命周期管理及性能和告警监控、支持切片自动化、支持根据切片标识选择 AMF。

2. 5G 切片端到端运营管理

本测试平台主要包括连接管理、设备管理、切片管理、统计分析、高级应用等功能模块，帮助电网用户实时掌控通信网络质量、降低网络运营费用，提升企业竞争力。

3. 5G 高精度网络授时技术

电力系统继电保护等应用需要获得统一的时间基准来确保线路故障测距、相量和功角动态监测、机组和电网参数校验的准确性，通过时间同步系统进行时钟同步，分为无线授时系统和有线授时系统。其中，无线授时系统存在价格昂贵、施工不便、容易受到干扰和接收系统复杂等问题；有线授时系统信号稳定，但在城区内敷设专线成本较高。随着 5G 网络发展，通过具备授时功能的电力定制化 CPE，即可广泛、快速、准确地传递高精度时间信号。电力定制化 CPE 可实现 5G 通信的同时，输出基准网络时钟同步信号，传输给受控终端进行时间同步。

4.5. 方案自主研发性、创新性及先进性

1. 自主研发性

本测试床网络及平台方案由上海产业研究院自主研发完成，终端部分由上海产业研究院与合作伙伴合作研发完成。

2. 创新性

本测试床从顶层设计、关键技术、现网试点、终端模组到业务运营等方面取得突破，完成 5G 电力电信业务场景技术层面的深度验证，包括 SA 切片运营管理、SA 切片端到端外场测试、配网差动保护外场测试等。

3. 先进性

本测试床可验证 5G 网络对电网控制类业务承载的可行性，可迅速提升配电自动化水平、数字化水平，以此打造电网 5G 生态圈，培养、扶持电网智能电网产业发展。

在不同生产、管理大区的电力业务有不同的安全隔离要求，5G 网络切片技术，可为电网不同分区业务提供差异化的安全隔离服务，突破以往的无线通信技术安全隔离能力，满足电网安全隔离要求。

5G 网络具备能力开放及更高效灵活的运营管理能力。电力企业可进行网络切片定制设计、规划部署来实现线上的快速业务开通（分钟级）；利用切片运行监控能力实现运营商网络资源运行的监控及故障定位；通过通信终端或模组采集的各类数据实现对终端的在线管理等，最终实现智能电网的可观、可管、可控。

4.6. 方案安全风险控制

本测试床从终端安全、网络安全、全网态势感知三个方面提供安全风险控制。

1. 终端安全防护

提供定制化安全芯片，并内置安全探针，保障海量终端接入安全，同时在 3GPP 标准的 3 层认证中，增加电力侧的通信安全准入认证流程，避免非法终端对电力业务主站发起网络攻击。

2. 网络安全防护

通过独享 SMF 物理隔离、RB 资源预留、逻辑切片等多种隔离技术满足电网不同业务的网络需求。

3. 全网态势感知

通过安全数据采集，数据挖掘、机器学习等技术，实现态势感知监测预警，做到全网安全情况的可观、可测、可控。

五、测试床实施部署

5.1. 测试床实施规划

2020 年 12 月-2021 年 2 月：需求调研，架构设计；

2021 年 3 月-2021 年 5 月：搭建智能电力网络环境；

2021 年 6 月-2021 年 10 月：项目平台、终端等系统接入；

2021 年 11 月-2021 年 12 月：应用效果评估。

5.2. 测试床实施的技术支撑及保障措施

测试床由中移上海产业研究院提供技术支撑，并联合行业客户进行应用场景落地及验证。

5.3. 测试床实施的自主可控性

本测试床网络及平台方案由上海产业研究院自主研发完成，终端部分由上海产业研究院与国产终端合作伙伴合作研发完成，具有自主可控性。

六、测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

本测试床预期在项目结束时验证 5G 网络承载电力业务的可行性，平台实现连接管理、设备管理、5G 切片管理、统计分析、高级应用等功能，实现配网差动保护、高级计量、智能化巡检等多项应用。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

本测试床通过 5G 网络承载电网业务，是 5G 网络与电力行业的融合创新，通过新一代信息技术的发展，切实解决配电网等低时延控制、高精度授时、大带宽承载、高频次采集、光纤建设难度大等问题，提升电力行业智能化水平。如配网差动保护等可以实现配电网故障的精确定位和隔离，并快速切换备用线路，降低停电时间，由小时级降低到分钟级。智能化巡检等应用可以大幅减少企业人员投入、降低人力资源成本，巡检效率提升 3 倍。

6.3. 测试床的社会价值

本测试床积极响应国家智能电网发展要求，推动电网企业智能化升级，实现用能需求智能调控、提升电能质量，并构建基于 5G 的应用场景和产业生态，在电网领域开展试点

示范。5G 网络作为支撑智能电网发展的重要基础设施，承担着各类电力业务的安全性、实时性、准确性和可靠性的要求，助力电力行业打造安全、高效、绿色的智能电网系统。

6.4. 测试床初步推广应用案例

目前，中国移动已联合南方电网打造 5G 工业互联网示范应用项目，计划利用 5G 网络承载 50 种智能电网业务，全面验证 5G 承载智能电网业务能力，探索可落地复制的 5G 智能电网商业模式，为 5G 智能电网商用落地奠定坚实基础。

七、测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划

本测试床对 5G 网络、平台以及应用进行测试验证。

7.2. 测试床成果验证方案

1. 网络验证内容

| 序号 | 验证需求 | 验证内容 |
|----|-----------|-----------------|
| 1 | 业务带宽 | 测试带宽是否符合业务需求 |
| 2 | 终端与终端通信时延 | 测试终端间时延是否符合业务要求 |

2. 平台验证方案

验证平台主要包括连接管理、设备管理、切片管理、统计分析、高级应用等模块功能。

3. 应用验证方案

| 编号 | 应用 | 验证内容 |
|----|--------|---|
| 1 | 配网差动保护 | 设备端到端网络时延不大于 15ms，网络授时精度小于 10 μ s，可以实现配电网故障的精确定位和隔离，并快速切换备用线路 |
| 2 | 高级计量 | 实现电力计量终端 5G 通信模块实现电表与计量主站的连接，可深入采集各类电器设备的用电信息 |

| 编号 | 应用 | 验证内容 |
|----|-------|-----------------------------------|
| 3 | 智能化巡检 | 能够实现巡检终端遥控及数据采集，巡检高清视频实时回传及远程控制作业 |

八、与已存在 AII 测试床的关系

本测试床与之前已经审批的测试床无任何关联。

九、测试床成果交付

9.1. 测试床成果交付件

测试床的交付件包括：

- 1) 平台软件一套；
- 2) 应用场景测试报告；
- 3) 专利若干。

9.2. 测试床可复制性

测试床可在电力行业进行推广复制，可应用在配网差动保护、高级计量、智能化巡检等应用场景。

9.3. 测试床开放性

本测试床符合电力行业方案相关要求，应用落地过程涉及多家相关企业参与。

十、其他信息

10.1. 测试床使用者

非发起方的测试床参与者可以使用本测试床的所有操作功能，但仅限于功能的操作使用，禁止泄露给同行业的第三方。

10.2. 测试床知识产权说明

中国移动上海产业研究院拥有本测试床的建设、运营以及使用权。

10.3. 测试床运营及访问使用

平台部署在客户侧，由中国移动提供运营服务。

10.4. 测试床资金

测试床资金为自有资金，稳定充足，同时也会争取专项资金支持。

10.5. 测试床时间轴

本测试床为短期项目，测试床验证的时间进度安排如下：

2020 年 12 月-2021 年 2 月：需求调研，架构设计；

2021 年 3 月-2021 年 5 月：搭建智能电力网络环境；

2021 年 6 月-2021 年 10 月：项目平台、终端等系统接入；

2021 年 11 月-2021 年 12 月：应用效果评估。

10.6. 附加信息

测试床具备良好的可复制性，可在电力行业特别是配电网相关场景中应用。切实解决配电网等各地低时延控制、高精度授时、大带宽承载、高频次采集、最后一公里光纤建设难度大等问题。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet