电网数字化项目可行性研究报告

项目名称：探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用

项目申报单位：国网河北省电力有限公司电力科学研究院

编制单位：国网河北省电力有限公司电力科学研究院

2023年 5 月

# 1总论

## 1.1基本情况

在“双碳”目标和新型电力系统建设需求的双重推送下，配电网中的负荷类型呈现多元化发展，分布式电源、可控负荷、储能等资源的增加让单向潮流的传统配电网逐渐向双向潮流的主动配电网结构转变。在能源结构转变的同时，清洁能源自身的随机性和波动性给配电网带来了更大的调峰压力，难以保证清洁能源的高效利用，配电网的协同、安全、稳定运行面临巨大的挑战。

在面向配电网“源、网、荷、储”协同优化的需求方面，人工智能技术具备发掘事物潜在关联及泛化应用的能力，可以实现端到端的快速求解计算，能够有效解决负荷随机波动分析不深入、源网荷储协同优化调控难的问题，对提高电力系统供电可靠性和推进新型电力系统建设有重要意义。

截至目前，邢台前南峪村已完成综合能源微电网建设工程，包含光伏设备、储能设备、可控负荷等源网荷储元素建设，但该工程尚未形成完善的源网荷储协同调度管理模式，配电网运行智能化水平有待提升，仍需进一步提升能量的最优化配置。

## 1.2 主要依据

《国网2023年数字化重点工作安排报告》（2023年2月发布）

《国网河北省电力有限公司关于印发2023年数字化工作要点的通知》（冀电数字〔2023〕1号）

《国家电网有限公司2021年智慧物联体系建设方案》（国家电网互联〔2021〕106号）

《国家电网有限公司智慧物联体系2020年建设方案》（国家电网互联〔2020〕222号）

《关于加快建立绿色生产和消费法规政策体系的意见》（2020 年3月印发）

《关于加强能源互联网标准化工作的指导意见》（2019 年5月，能源局发布）

《国家电网公司信息化建设管理办法》（国网（信息/2）118-2018）

《国家电网有限公司智慧物联体系总体技术方案》

《国家电网有限公司“碳达峰、碳中和”行动方案》

《国家电网有限公司构建以新能源为主体的新型电力系统行动方案（2021-2030年）》（国家电网发展[2021]357号）

《国家发展改革委、国家能源局关于加快推动新型储能发展的指导意见》（发改能源规〔2021〕1051号）

《国家发展改革委、国家能源局关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》（发改能源规〔2021〕280号）

## 1.3 必要性分析

在国家层面，2021年2月国家发展改革委、国家能源局发布《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》，文件指出“源网荷储一体化”是实现电力系统高质量发展的应有之义，是提升能源电力发展质量和效率的重要抓手。以大数据、人工智能等新技术为依托，运用“互联网+”新模式，调动负荷侧调节响应能力，推进源网荷储一体化，提升保障能力和利用效率，对推进能源供给侧结构性改革和提高各类能源互补协调能力有重要意义。

在国网公司层面，碳达峰、碳中和目标下，国网公司研究制定了“构建以新能源为主体的新型电力系统行动方案”和“新型电力系统数字技术支撑体系框架设计”，全力推动实现“双碳”目标和落实新型电力系统建设。国网2023数字化工作要点指出，要加快推动人工智能的规模化应用。因此，基于人工智能技术解决“源网荷储”元素加入对配电网可靠供应、安全稳定运行产生的影响，能够有效推动“双碳”和数字智能电网的实现进程。

在河北公司层面，公司积极推进新型电力系统建设，在邢台前南峪村谋划建设了大量源网荷储设备，实现了部分典型示范区由传统配电网线路向有源配电网线路的转变。但源网荷储设备自身出力的随机性、波动性以及有源配电网结构的复杂多变，给配电网协同安全稳定运行带来巨大挑战，传统机理模型和优化控制方法已难以满足配电网的供需平衡、优化自治等需求。因此，有必要开展本期项目建设，主要聚焦解决以下配电网运营管理过程中的几个问题：

（1）配电网领域暂时缺少典型源网荷储样本数据，配电网运行优化研究工作往往缺少前置性样本支撑，存在项目实施工作进展缓慢、效能不佳等问题。

（2）配电网逐步演化为有源配电网模式，供/需侧负荷随环境因素变化明显且随机波动性强，存在配电网负荷预估精度低、分析难的问题；

（3）源网荷储加持的配电网呈现出结构复杂、变化多样、随机性强的趋势，传统基于经验的控制、优化、规划建设等策略难以解决能源消纳水平低、配电网优化自治效能低等问题。

## 1.4 效益分析

### 1.4.1经济效益

通过探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用项目的实施，实现配电网协同优化运行，提升供电可靠性、最大化能量利用率，有利于公司精益化管理；通过样本库建设，有效提升相关模型的构建和分析效率，大幅度降低探索人工成本和项目资金投入。

### 1.4.2社会效益

通过探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用项目的实施，能够有效保障配电网健康运行，提升供电质量，进一步实现“以客户为中心”的服务要求，为社会和客户提供更优质的服务；降低配电网供需失衡风险，解决用户限电、停电导致的客户满意度降低的问题。

### 1.4.3管理效益

通过探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用项目的实施，降低了分布式电源调度的复杂度和控制对象的数量级，实现全要素样本库建设、协同优化调度、仿真推演，能够高效支撑新能源电力调度、设备运维检修等工作的开展，具有良好的综合管理效益。

# 2 现状分析

## 2.1 建设现状

国网公司开发了各类功能强大的业务应用系统，包括数据中台、业务中台、技术中台等系统，这些系统的建设创造了数据采集通道，提供了丰富的电网运行监视、统计、分析、告警等数据信息，以这些数据为基础可完成源网荷储协同运行样本库的建设。

人工智能平台的建设为数字空间刻画电网细节、呈现体征、推演未来趋势模型部署、运行提供了载体和计算能力。

截至目前，邢台前南峪村已完成综合能源微电网建设工程，包含公变、转变、光伏设备、储能设备、可控负荷等基础设施建设，该工程以能量路由器为核心，结合冷库、充电站、民宿、抗大纪念馆建设屋顶光伏，配置多源异质分散式储能，并且通过与抗大纪念馆的低压联络，“反哺”抗大纪念馆，打造零碳智慧用能模式。但尚未建立统筹的综合能源协同调度管理，电气设备智能化水平较低，存在较大的能源浪费。因此，依托现有数字化建设成果及两库一平台，利用人工智能技术开展配电网源网荷储的协同优化工作，实现对典型示范区配电网领域内的新能源设备、储能设备、可控负荷设备等的全局分析、异常防控和优化决策，有效提升配电网领域的源网荷储监测分析及协同互动能力，助力电网数字化转型升级。

## 2.2 应用情况

新建应用。

## 2.3 集成现状

新建应用。

## 2.4 部署环境现状

新建应用。

# 3 项目需求分析

## 3.1 业务建设需求

### 3.1.1源网荷储协同运行全要素样本库

面向邢台前南峪村、王家寨以及正定源网荷储协同优化建设需求，开展源网荷储协同运行样本库的构建工作，助力深入挖掘电力数据价值和相关人工智能技术的推广验证。一是按照源网荷储设备类别对样本进行分类，形成源网荷储设备样本库，高效支撑配电网设备运行状态分析工作。二是面向负荷预测、故障研判、风险评估、协同优化等业务场景，完成典型配电网场景样本库建设工作，助力针对性地开展相应的业务场景探索性分析工作。三是针对已建成的样板有源配电网/微电网示范区，以各示范区为单位形成不同有源配电网/微电网场景样本库，支撑源网荷储的规划和协同优化工作。

基于上述建设工作形成面向邢台前南峪村源网荷储全要素数据的样本库，能够为源网荷储协同优化及相关人工智能模型的推广验证工作提供典型样本基础。

### 3.1.2基于人工智能的配电网能量供给能力研判

从源网荷储各类设备未来状态预测需求出发，开展基于人工智能的配电网能量供给能力研判模型构建工作，为前南峪村配电网协同优化工作建立基础。一是基于人工智能技术实现配网侧分布式新能源发电功率、配电网电网负荷、可控负荷等的多维度预测模型的构建，实现分布式电源发电、储能设备充放电等设备运行特性分析；二是完成基于人工智能技术的区域级源网荷储整体运行态势预测模型建设，融合分析并应用各个单体源网荷储负荷预测模型特性，实现微网级、台区级、配电网级的多层级分布式电源发电、储能设备充放电等源网荷储预测能力；三是采用人工智能技术深度融合来源于不同系统数据所构建的预测模型，实现模型精度的互相修正和优化，形成典型、通用、可规模化推广应用的人工智能模型。

### 3.1.3基于人工智能的配电网协同优化

当前邢台前南峪村源网荷储建设工作存在分析维度不完整、策略生成分析不深入、源网荷储全要素控调能力不足的情况，导致策略生成不能从整体角度出发且协同优化效能低。因此，基于人工智能技术开展源网荷储协同优化模型的构建工作。一是构建配电网内部协同优化人工智能模型，完成模型在两库一平台的部署及优化控制指令与边带设备的贯通工作，实现单个配电网内部分布式光伏、储能、可控负荷等的协同优化运行能力；二是构建配电网与配电网间的协同优化模型，完成模型在人工智能平台的部署及优化控制指令与边带设备的贯通，实现配电网间能量流转能力；三是构建配电网与微网间的协同优化模型，完成模型在人工智能平台的部署及优化控制指令与边带设备的贯通，实现微网、配网各类指标的综合优化能力。

### 3.1.4基于人工智能的配电网协同运行规划仿真推演

随着新型电力系统策略的推进和邢台前南峪村综合能源微电网的快速发展，源网荷储设备会不断接入微电网，常规的分析规划手段已无法对源网荷储各类设备态势进行有效仿真模拟，往往造成新能源消纳低、储能容量不足、负荷峰谷差较大等问题。因此，需开展基于人工智能的配电网协同运行规划仿真推演模型构建工作，针对于协同优化效果无法达到最优的配电网，基于人工智能技术实现配电网源网荷储规划方案在线生成，支撑规划设计工作，推进配电网运行及能力利用能够达到最优水平。

### 3.1.5试点验证

从模型成效验证需求出发，面向邢台前南峪村源网荷储建设，开展试点验证工作。构建模型应用及成效监测可视化场景，实现三类协同优化算法模型在配电网协同优化方案应用的试运行。

## 3.2 集成需求

本项目主体涉及以下系统集成需求。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **对端业务系统** | **集成方式** | **传输方向** | **传输频率** | **数据内容** | **备注** |
| 1 | 数据中台 | 数据集成 | 双向 | 按需 | 获取数据中台数据，微网历史运行数据、档案数据等；存算法模型结果数据。 |  |
| 2 | 实时量测中心 | 数据集成 | 获取 | 实时 | 微网实时运行数据。 |  |
| 3 | ISC统一权限3.0 | 服务集成 | 双向 | 按需 | 用户信息、权限信息、组织机构信息。 |  |
| 4 | 人工智能平台 | 服务集成 | 双向 | 按需 | 算法模型训练、调用。 |  |
| 5 | 物联管理平台 | 数据集成 | 双向 | 按需 | 状态信息、策略信息的  接收、推送。 |  |

## 3.3 非功能需求

系统应满足如下非功能性要求：满足系统7×24 小时业务无间断，稳定可靠运行。其他需求，满足《国家电网公司信息系统非功能性需求规范》（国家电网企管〔2014〕1540 号）、《国网信通部关于进一步加强信息系统建转运管理的通知》（信通运行〔2015〕53 号）和《信息系统功能及非功能性测试导则》（Q/GDW 11800-2018）中关于性能与可靠性、信息安全、应用及运行监控、可维护性、易用性、兼容性相关要求。

# 4 项目方案

## 4.1 项目目标

遵循人工智能技术支撑源网荷储协同互动试点应用、2023年公司人工智能工作思路等工作要求，完成探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用项目。通过面向邢台前南峪村源网荷储全要素数据的收集、融合、处理及样本库建设工作，使用人工智能、大数据和仿真推演等先进技术，对“源-网-荷-储”各环节数据进行展示、挖掘、分析，形成精准、典型、可复制的配电网人工智能协同优化模型和样本库，实现对典型示范区配电网领域内的新能源设备、储能设备、可控负荷设备等的全局分析、异常防控和优化决策，有效提升配电网领域的源网荷储监测分析及协同互动能力，助力电网数字化转型升级。主要实现以下几个目标：

（1）建成源网荷储协同优化相关模型应用数据样本数据库，为同类型项目应用建立基础条件；

（2）面向前南峪村实现配电网内部、配电网之间、配电网与微电网之间的源网荷储设备的协同优化，在有效提高电网的总体协调程度同时，促进配电网安全、稳定、经济运行；

（3）支撑配电网源网荷储规划工作，提升策略实施的有效性，降低由于策略实施不当对主配网协同运行的负面影响；

（4）实现人工智能模型的部署，并完成前南峪村源网荷储协同优化成效监测可视化场景的开发及应用，将配电网源网荷储设备协同优化成效形象化、具体化。

## 4.2 预期成效

通过探索人工智能技术在源网荷储协同优化调度上的应用，深入挖掘数据资产价值，实现精准作业，真正实现“数”与“智”的融合，为未来源网荷储协同优化建设及运维模式转变树立新标杆，为各省公司源网荷储协同优化建设提供参考，更好地推动企业全面提质增效。

（1）通过源网荷储协同优化调度应用项目的实施，实现配电网协同优化运行，提升供电可靠性、最大化能量利用率，有利于公司精益化管理；通过样本库建设，相关模型构建和分析效率提升30%，大幅度降低探索人工成本和项目资金投入。

（2）具备配电网能量供给能力研判模型、配电网协同优化模型、配电网协同运行规划仿真推演模型三类功能。具体覆盖到单体源网荷储设备层级，设备风险预警的准确性大于80%，新能源出力的预测准确率不小于80%。

（3）形成典型、通用、可规模化推广应用的人工智能模型，能够有效提升数字化资产的管理水平和复用效能，降低后期数字化项目的建模成本，提升实施效率，助力公司提质增效政策执行。

## 4.3 项目内容

### 4.3.1系统设计

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **工作内容** | **成果** |
| 1 | **需求调研：**结合各实施单位实际情况，开展功能调研，应与实施单位一起通过现场需求调研、联络会等方式明确需求内容，形成需求调研报告，并根据需求调研内容，编制需求规格说明书。 | 《需求确认单》  《软件需求说明书》 |
| 2 | **需求梳理：**依据调研结果，提炼功能点，规范功能，形成功能总体设计。对功能调研结果进行梳理，明确需求内容、展现形式等，形成需求清单。 |
| 3 | **需求确认：**将梳理出的功能点与用户进行确认，并形成会议纪要或用户确认单，最终形成需求规格说明书。研发过程中，若有需求变更需经各方评审且报业务部门审批。 |
| 4 | **功能设计：**根据需求确认单，明确平台总体架构、功能视图、数据视图、组件视图、系统集成视图、部署视图等内容。 | 《系统概要设计报告》或《系统详细设计报告》 |
| 5 | **安全防护设计：**开展总体防护架构、物理安全、边界安全、应用安全、数据安全、主机安全、网络安全、终端安全等安全防护措施设计。 |
| 6 | **灾备设计：**结合国网公司电网数字化系统的灾备要求和灾备现状，开展本项目涉及内容的灾备设计。 |
| 7 | **可视化设计：**根据功能需求，开展可视化操作界面设计。 |
| 8 | **数据库设计：**结合应用数据需求，开展数据库设计，包含概念数据模型、逻辑数据模型、数据分类、数据流转、数据存储与分布等设计。同时，需提供与信息系统代码一致的数据库设计文档，包含完整的数据字典信息、数据表和字段对应业务描述，表的拆分逻辑信息，表之间关系，数据表与系统功能的对应关系；业务系统数据库表应包含所在单位、更新时间等相关字段并在业务中及时维护。 | 数据字典或数据库设计说明书 |

### 4.3.2系统开发

#### 4.3.2.1源网荷储协同优运行全要素样本库

全要素样本库是源网荷储协同优化调度的基础，是源网荷储运行、异常及故障缺陷、业务场景等综合信息的载体。因此首先需要完成源网荷储协同优化全要素样本库的建设工作，助力深入挖掘电力数据价值和相关人工智能技术的推广验证。

4.3.2.1.1源网荷储全要素数据获取

综合分析河北南网整体源网荷储建设现状，获取源网荷储各类业务相关的各类数据。一是设备台账数据、设备运行数据、线路基础数据等电力内部数据获取。二是气象数据、节假日数据等外部数据获取。

4.3.2.1.1.1电力内部数据获取

（1）设备台账数据获取

从数据中台获取各类设备的台账数据，包括设备编号、名称、型号、规格、制造日期、进厂日期、设备管理人员等。

（2）设备运行数据获取

从数据中台、物联管理平台和企业级实时量测中心获取源网荷储设备的历史运行数据、实时监测数据、设备状态信息数据等，包括：

光伏数据：光伏装机容量、当日实时功率、总发电量、运行状态等；

风机数据：风机装机容量、运行状态、当日实时功率、总发电量等；

储能装置数据：包括装机容量、装机数量、SOC、有功功率、无功功率、运行温度、可用充电功率、可用放电功率、累计充电次数、累计放电次数、累计放电电量、累计充电电量等；

热泵集群数据：包括运行容量、数量、额定功率、运行功率等；

各区域数据：电压、电流、功率因素、储能日充电量、储能日放电量数据；告警信息；互济状态数据。

（3）设备异常及故障数据获取

从数据中台获取各类设备和异常及故障数据，包括设备故障时间、故障部位、维修时间等数据。

（4）线路基础数据获取

从数据中台获取各区域总线路长度、变压器到用户的导线长度、满足N-1准则的线路条路、有联络的线路条数、不同变电站间的联络线路总数、线路总数等线路基础属性信息。

（5）设备拓扑关系获取

识别源网荷储设备拓扑数据间的现有关系，包括能源供给侧、能源转换侧和负荷侧之间的关联知识及多个微网、配网之间互相耦合信息等。通过配网、微网、设备等三层级拓扑关系，展示配网-微电网-设备之间的运行能量流动交互，便于多能互补能量优化调节。能源供给侧主要包括台区配变、风机、光伏；能源耦合和转换由能源枢纽实现，包括电网、储能及各类能源转换设备；负荷侧包括居民用电负荷、热泵集群等。为配电网间互济、多能互补等负荷调节策略优化提供网架信息支撑。

4.3.2.1.1.2外部数据获取

（1）气象数据获取

从气象平台获取温度、雷害、降水、风速、降雪、雾霾等气象数据。

（2）节假日数据获取

从日历工具中整理获取节假日数据。

（3）经济数据获取

从统计局相关网站获取GDP、人口增长率、价格水平等经济数据。

##### 4.3.2.1.2面向源网荷储协同运行的数据处理标准化流程

数据在采集过程中难免存在频次、精度的缺乏问题，导致数据存在部分缺失值和异常值，以致干扰数据分析过程，影响模型最终识别效果。构建面向源网荷储协同运行的数据处理标准化处理框架，结合数学原理和优化算法深度挖掘缺失值/异常值的特性，实现数据缺失值和异常值的精准识别及标准化处理。

4.3.2.1.2.1 面向源网荷储协同运行的缺失值识别方法

缺失值主要是从横向和纵向的角度，分别对数据集中缺失的值进行筛选。

4.3.2.1.2.2 面向源网荷储协同运行的异常数据识别方法

（1）基于统计分析的异常数据识别方法

简单统计分析对属性值进行一个描述性的统计，从而查看哪些值是不合理的。

（2）基于箱型图的异常数据识别方法

基于已获取各类数据的分布情况，计算数据对应箱线图的上边界和下边界，不在边界范围内的数据被认为是异常值，筛选出来。

4.3.2.1.2.3 面向源网荷储协同运行的缺失值/异常值处理方法

（1）基于ListWiseDeletion / PairWiseDeletion的缺失方法值/异常值删除方法

在ListWiseDeletion方法中，删除掉所有存在缺失值的样本，该方法的有点主要是简单，但由于该方法减少了样本的大小，会导致模型的拟合能力下降。

在PairWiseDeletion方法中，对所有感兴趣的样本进行分析，该方法的优点是保留了更多的样本用来分析，这种方法的缺点是针对不同的变量使用了大小不同的样本集。

当缺失数据的性质为“完全丢失随机”时，则将对样本进行删除，否则非随机缺失值可能会让模型的输出产生偏离。

（2）基于预测模型的缺失值填补方法

预测模型是处理丢失数据的较为精确的方法之一，通过建立预测模型来填补缺失值，这种情况下把数据集分为两份，一份是没有缺失值的一份有缺失值的。第一份数据集就是训练集第二份就是测试集，而缺失的变量就是预测目标。下一步根据训练集的其他变量来训练模型，填充缺失值。

##### 4.3.2.1.3源网荷储设备样本库

基于标准化处理后的邢台前南峪村、王家寨以及正定源网荷储设备数据，获取各类设备的台账数据、运行数据、异常及故障缺陷数据、设备拓扑信息数据等，并且按照设备分类进行存储，实现对区域内设备样本库统一监控与管理。

##### 4.3.2.1.4典型配电网场景样本库

面向负荷预测、故障研判、风险评估、协同优化等业务场景，开展典型配电网场景样本库建设工作，并且按照业务场景分类存储，助力针对性开展相应的业务场景探索性分析和人工智能模型的推广验证工作，进一步降低配电网运营、分析和管理成本。

4.3.2.1.4.1面向负荷预测场景的样本构建

从源网荷储设备样本库中调用设备信息数据，并通过相关数据计算负荷预测相关的二次指标；从外部采集气象数据、节假日数据、经济数据等；将指标数据和外部数据存储至典型场景样本库的负荷预测类场景下。

（1）面向光伏发电负荷预测场景的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

日历数据：需要获取历史和未来的日期数据，以便进行时间序列分析。

气象数据：包括温度、湿度、气压等气象数据，这些数据对光伏发电的性能和发电量有影响。

日照时长数据：需要获取历史和未来的日照时长数据，以便进行日照预测。

电网负荷数据：需要获取历史和未来的电网负荷数据，以便进行负载预测。

控制系统状态数据：如果光伏发电系统配备了控制系统，需要获取控制系统的状态数据，以便进行控制策略评价。

建筑物信息：需要获取周围建筑物的信息，以便进行环境影响评价。

地形信息：需要获取地形信息，以便进行阴影效应评估。

2）二次指标数据计算

自发小时数：反映该地区日光时长和太阳辐射量，是评估分布式光伏发电系统发电能力的重要指标。自发小时数可以通过测量当地日光时长和太阳辐射量来计算得出。

最大连续阴天数：反映该地区在一年中最多连续的无阳光天数，对光伏发电系统的稳定性和性能具有重要影响。最大连续阴天数可以通过历史气象数据进行统计分析得到。

年均日照时间：反映该地区的日照时长，对光伏发电系统的发电能力和效益具有重要影响。年均日照时间可以通过历史气象数据进行统计分析得到。

（2）面向风机发电负荷预测场景的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

风速数据：风速是风机发电的重要参数，需要获取历史和实时的风速数据。

日历数据：需要获取历史和未来的日期数据，以便进行时间序列分析。

气象数据：包括温度、湿度、气压等气象数据，这些数据对风机的性能和发电量有影响。

负载数据：需要获取历史和未来的负载数据，以便进行负荷预测。

控制系统状态数据：如果风机配备了控制系统，需要获取控制系统的状态数据，以便进行控制策略评价。

地形和建筑物信息：需要获取地形和建筑物的信息，以便进行环境影响评价。

2）二次指标计算

风速特征：如平均风速、最小风速、最大风速等，这些特征对于风机发电负荷预测至关重要。

温度特征：如平均温度、最高温度、最低温度等，这些特征能够反映气象条件对于风机发电的影响。

湿度特征：如平均湿度、最高湿度、最低湿度等，湿度对于风机的运行和维护也会产生影响。

风机故障特征：如风机的维护历史、运转状态、故障信息等，对于风机的预测和风机未来的运行状态有很大意义。

（3）面向储能装置充放电预测场景的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

储能基础数据：储能装置的额定容量和性能参数。

储能装置历史充放电数据：包括单次充放电电流、电压、时间等。

电网的负荷曲线和功率预测模型：以确定储能装置在不同负荷情况下的充放电功率需求。

气象数据：包括环境温度、湿度等气数据，以考虑这些因素对储能装置的影响。

储能装置的故障率和寿命预测模型：以确定其在不同故障情况下的充放电功率需求。

2）二次指标计算

能量输出量：指储能装置在充电和放电过程中所输出的能量

电压变化量：指储能装置在充放电过程中的电压变化情况。

电流变化量：指储能装置在充放电过程中的电流变化情况。

功率因数：指储能装置在充放电过程中的功率因数，通常以无功功率与视在功率之比表示。

效率：指储能装置在充放电过程中的能量利用率。

（4）面向用电负荷预测场景的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

历史负荷数据：过去几年的日负荷、月负荷、季负荷等数据，这些数据可用于分析负荷变化的规律和周期性。

设备信息：包括配电变压器、开关柜、电缆等设备的类型、容量、运行状态等信息，这些信息可用于评估设备的负载能力。

用电设备信息：包括用电设备的类型、数量、功率等信息，这些信息可用于评估未来一段时间内用电设备的负载情况。

气象数据：包括气温、风速、湿度等气象数据，这些数据可用于预测未来一段时间内的天气情况，从而影响负荷变化。

经济数据：包括GDP、人口增长率、价格水平等经济数据，这些数据可用于评估未来的经济发展情况，从而影响用电需求。

其他相关数据：如政策法规、技术标准、社会活动等数据，这些数据可用于评估未来一段时间内的社会活动情况，从而影响负荷变化。

2）二次指标计算

功率因数：反映用电设备的效率，是评估设备负载能力的重要指标。功率因数可以通过测量电流和电压的相位差来计算得出。

电压等级：反映供电系统的电压稳定性和质量，对用电设备的运行和寿命有重要影响。电压等级可以通过测量电压值来计算得出。

负荷率：反映用电设备的实际使用情况，是评估用户用电需求的重要指标。负荷率可以通过测量电流值与额定电流之比来计算得出。

峰谷差：反映用电高峰期与低谷期的差异，对电网负荷均衡和电力市场交易具有重要意义。峰谷差可以通过测量电流值的峰值和谷值之差来计算得出。

季节系数：反映不同季节的负荷变化规律，对季节性负荷预测和节能管理具有重要意义。季节系数可以通过对历史负荷数据进行季节性分解和拟合得到。

周期系数：反映周期性负荷的变化规律，如工业生产、商业活动等，对周期性负荷预测和管理具有重要意义。周期系数可以通过对历史负荷数据进行周期性分解和拟合得到。

4.3.2.1.4.2面向故障研判场景的样本构建

从源网荷储设备样本库中调用设备使用年限数据、设备历史运行数据、设备故障数据、配网人资数据，并通过相关数据计算故障研判相关的二次指标；从外部采集气象数据；将指标数据和外部数据存储至典型场景样本库的故障研判类场景下。

（1）面向光伏组件故障的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

光伏组件的型号和规格参数：包括额定电压、额定电流、最大功率点等。

光伏组件的温度数据：包括表面温度、内部温度等。

光伏组件的电性能数据：包括输出电压、电流、功率等。

光伏组件的运行日志：记录了组件的运行时间、天气情况、负载情况等。

光伏组件的故障信息：包括故障类型、故障时间、故障位置等。

光伏组件的环境数据：包括光照强度、湿度、大气压力等。

其他相关数据：如电网电压、频率、负载情况等。

2）二次指标计算

电压降：当光伏组件发生故障时，其输出电压会降低。可以通过测量组件的开路电压和短路电流来计算电压降。

电压降=(开路电压-短路电流)/组件额定容量×1000

其中，开路电压是指在组件两端施加额定负载时，组件两端的电势差；短路电流是指在组件两端施加额定负载时，组件内部产生的最大瞬态电流；组件额定容量是指组件的设计容量，通常以瓦(W)为单位表示。

温度变化：光伏组件在运行过程中会产生热量，当组件发生故障时，其温度会发生变化。可以通过监测组件表面温度和内部温度来判断组件是否存在故障。

功率输出：当光伏组件发生故障时，其输出功率会降低或消失。可以通过监测组件的输出功率来判断组件是否存在故障。

链路效率：光伏组件通常由多个电池片组成电路，链路效率是电池片转换为电能的效率，如果链路效率偏低，则可能说明电池片存在损坏或质量问题。

整组组件输出功率：通过计算一段时间内组件的平均输出功率来判断组件是否正常。

组件的FF值：填充因子（FF）指示光伏组件输出功率和光伏电池开路电压之间的关系，如果FF值偏低，则可能说明电池片存在损坏或质量问题。

电流密度的均匀性：通过计算不同位置电流密度的差异性来判断组件电池片的均匀性和是否存在损伤。

（2）面向风机组件故障的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

风机的型号和规格参数：包括额定转速、额定电压、额定电流等。

风机的温度数据：包括轴承温度、叶片温度等。

风机的电性能数据：包括输出电压、电流、功率等。

风机的运行日志：记录了风机的运行时间、天气情况、负载情况等。

风机的故障信息：包括故障类型、故障时间、故障位置等。

风机的环境数据：包括温度、湿度、大气压力等。

其他相关数据：如电网电压、频率、负载情况等。

风机的振动和噪声数据：用于判断风机是否存在异常振动和噪声。

2）二次指标计算

转速稳定度：通过计算一段时间内转速的标准差来判断转速是否稳定。

温度差：通过计算进出口温度之间的差异来判断组件的温度是否异常。

压力差：通过计算进出口压力之间的差异来判断组件的压力是否异常。

声音和振动频率：通过频谱分析工具来监测组件的声音和振动频率。

（3）面向储能设备故障的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

储能设备的基本参数：包括电压、电流、功率、频率、容量等。

储能设备的运行状态数据：包括实时电压、电流、功率、频率等。

储能设备的故障历史数据：包括故障发生时间、故障类型、故障原因、故障处理结果等。

储能设备的维护记录数据：包括维护日期、维护内容、维护人员等。

储能设备的环境数据：包括温度、湿度、气压等。

储能设备的保护装置动作数据，包括过流保护、过压保护、欠压保护、短路保护等。

储能设备的通信数据：包括与监控系统之间的通信数据

2）二次指标计算

电池组的整体温度变化：通过实时监测电池组温度来获取。

累计充放电次数：通过储能设备的历史使用记录来计算得到。

充放电速率：充放电效率则可通过实时监测储能设备的充放电电流和电压计算得到。

电池的最大放电功率：通过统计电池组的放电功率值得到。

电池的峰值功率：通过实时监测电池组的功率值计算得到。

放电曲线：通过实时监测电池组放电情况并记录。

充电曲线等特性：通过实时监测电池组充电情况并记录。

（4）面向线路故障的样本构建

1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

线路参数：包括线路的电压、电流、频率、功率等数据。

保护信息：包括线路保护装置的动作记录、保护定值等数据。

历史数据：包括线路的运行数据、故障数据、检修数据等。

环境数据：包括天气数据、地理信息、人口密度等数据。

其他相关数据：包括设备信息、材料信息、技术标准等数据。

2）二次指标计算

故障类型：根据配电网的特点和故障类型，可以构建不同类型的故障样本。例如，短路故障、接地故障、断路故障等。

故障位置：根据配电网的拓扑结构和线路布局，可以构建不同位置的故障样本。例如，变电站内的故障、输电线路上的故障、用户端的故障等。

故障时间：根据配电网的运行状态和历史数据，可以构建不同时间段的故障样本。例如，日间故障、夜间故障、节假日故障等。

故障频率：根据配电网的运行情况和历史数据，可以构建不同频率的故障样本。例如，高频率故障、低频率故障等。

4.3.2.1.4.3面向风险评估场景的样本构建

从源网荷储设备样本库中调用设备相关数据、三相电压数据、负载数据、线损数据等运行风险相关数据，并通过这些数据计算风险评估相关的二次指标；从外部采集气象数据；将指标数据和外部数据存储至典型场景样本库的风险评估类场景下。

（1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

故障信息数据：线路跳闸信息、配变故障信息、开关故障信息、设备使用时间等。

停电数据：停电起始时间、结束时间、停电次数、影响用户数、停电类型等。

线路相关数据：有联络开关的线路长度、电缆和绝缘架空线长度、总线路长度、变压器到用户的导线长度、满足N-1准则的线路条路、有联络的线路条数、不同变电站间的联络线路总数、线路总数等。

负载相关数据：供电区内变电设备额定容量、供电区实际运行负荷、配变额定容量、配变功率数据、主变额定容量、主变功率数据、10kV线路额定电流、10kV线路实际电流数据、间歇式能源用电量、间歇式能源发电量等。

负荷需求数据：负荷的有功功率、负荷的无功功率、非线性负荷数据、冲击性负荷数据、柔性负荷未削减的初值、柔性负荷最大负荷削减百分比、配电网总有功负荷、配电网总无功负荷等。

可控电源：可控电源额定容量、可控电源出力、相邻时段可控电源允许调节的最大有功等。

其他数据：配电、线路的三相电流、电压数据、并网节点电压、频率、电流数据、损耗高的配网变压器数量、10kV馈线出口电量、用户侧电表电量、低压用户电压、10kV母线电压、台区出口电压、低压用户频率、10kV母线频率、台区出口频率、线路有功功率、线路无功功率、上级电网向配电网注入的有功功率和无功功率、配电网总有功网损和无功网损等。

（2）二次指标计算

1）供电可靠性：包括设备故障率、高年限设备率、用户平均停电次数、重复停电用户比例、用户平均停电时间、低压供电可靠率、停电作业按时复电率等指标。

设备故障率：



高年限设备率：



用户平均停电次数：



重复停电用户比例：



用户平均停电时间：



低压供电可靠率：



停电作业按时复电率：



2）电能质量：包括电压合格率、频率合格率、功率因数、三相不平衡、非线性负荷率、冲击性负荷率、并网节点电压平均合格率、并网节点频率平均合格率、并网节点电流平均合格率等指标。

电压合格率：



频率合格率：



功率因数：



三相不平衡：



非线性负荷率：



冲击性负荷率：



并网节点电压平均合格率：



并网节点频率平均合格率：



并网节点电流平均合格率：



3）供电能力：包括电源容载比、配变负载率指标、主变负载率指标、10kv线路负载率指标、N-1通过率、线路联络率、不同变电站联络线比例、消纳比例等指标。

电源容载比：



配变负载率指标：



主变负载率指标：



10kv线路负载率指标：



N-1通过率：



线路联络率：



不同变电站联络线比例：



消纳比例：



4）网络架构：包括设备互联率、平均供电半径、高损配变比、绝缘化率、综合线损率。

设备互联率：供电线路中，所有有联络开关的线路在总线路长度中的比例。

平均供电半径：变压器到用户的导线长度的平均值。

高损配变比：损耗高的配网变压器在所有配变数中的比值。

绝缘化率：电缆和绝缘架空线占线路总长度的比例。

综合线损率：



5）气象因素：统计故障发生时的天气特征，包括温度、雷害、降水、风速、降雪、雾霾等。

4.3.2.1.4.4面向协同优化场景的样本构建

从源网荷储设备样本库中调用设备相关数据，并通过相关数据计算协同优化场景相关的二次指标；从外部采集气象数据；将指标数据和外部数据存储至典型场景样本库的协同优化类场景下。

（1）调用标准化处理后的设备信息数据和外部数据

电源发电量数据：包括风电、光伏电等新能源的发电量数据。

负荷需求数据：包括工业、商业、居民等各类用户的用电需求数据。

储能充放电数据：包括储能设备的充放电电流、电压、功率等数据。

电网状态数据：包括电网的负荷、电压、频率等状态数据。

成本数据：包括储能设备的投资、运营、维护等成本数据。

环境因素数据：包括气象、地形等因素对能源生产和利用的影响数据。

（2）二次指标构建

储能充放电效率：衡量储能装置在储存和释放电能过程中的能量转换效率。



负荷响应时间：衡量系统对负荷变化的响应速度，即系统能够快速调整其输出功率以满足负荷需求的能力。



可靠性：衡量系统的稳定性和可靠性，包括故障发生率、维修时间等指标。



经济性：衡量系统的成本效益，包括投资成本、运营成本、维护成本等指标。



环境影响：衡量系统对环境的影响，包括能源消耗、温室气体排放等指标。



##### 4.3.2.1.5样板有源配电网/微电网样本库

针对已建成的样板有源配电网/微电网示范区，以各示范区为单位形成不同有源配电网/微电网场景样本库，满足能够实现面向不同需求的源网荷储构成差异化分析和优化研究，支撑源网荷储的规划和协同优化工作，进一步降低研究工作成本。

4.3.2.1.5.1邢台前南峪村示范区样本构建

面向邢台前南峪村源网荷储建设，开展样本构建工作，涉及到设备建设情况、可靠性、经济和环境等方面数据，具体如下：

发电量数据：包括发电机组或光伏等设备的发电数据。

储能量：包括电池、超级电容器等储能设备的电量数据。

负荷需求量：用户对电力的需求量数据。

电网电压：指电网的电压数据。

系统频率：指电力系统的频率数据。

光伏功率：指光伏电站的功率数据。

负载类型：不同类型的负载对电力需求的数据。

储能充放电效率：储能装置在储存和释放电能过程中的能量转换效率数据。

负荷响应时间：指系统对负荷变化的响应速度，即系统能够快速调整其输出功率以满足负荷需求的能力数据。

可靠性：包括故障发生率、维修时间等指标的数据。

经济性：包括投资成本、运营成本、维护成本等指标的数据。

环境影响：包括能源消耗、温室气体排放等指标的数据。

4.3.2.1.5.2雄安王家寨示范区样本构建

面向雄安王家寨源网荷储建设，开展样本构建工作，涉及到设备建设情况、可靠性、经济和环境等方面数据，具体如下：

发电量数据：包括发电机组、光伏或者风机等设备的发电量数据。

储能量：包括电池、超级电容器等储能设备的电量数据。

负荷需求量：用户对电力的需求量数据。

电网电压：指电网的电压数据。

系统频率：指电力系统的频率数据。

光伏功率：指光伏电站的功率数据。

风速和风向：指风电场的风速和风向数据。

负载类型：不同类型的负载对电力需求的数据。

储能充放电效率：储能装置在储存和释放电能过程中的能量转换效率数据。

负荷响应时间：指系统对负荷变化的响应速度，即系统能够快速调整其输出功率以满足负荷需求的能力数据。

可靠性：包括故障发生率、维修时间等指标的数据。

经济性：包括投资成本、运营成本、维护成本等指标的数据。

环境影响：包括能源消耗、温室气体排放等指标的数据。

4.3.2.1.5.3石家庄正定示范区样本构建

面向石家庄正定源网荷储建设，开展样本构建工作，涉及到设备建设情况、可靠性、经济和环境等方面数据，具体如下：

发电量数据：包括发电机组或光伏等设备的发电量数据。

储能量：包括电池、超级电容器等储能设备的电量数据。

负荷需求量：用户对电力的需求量数据。

电网电压：指电网的电压数据。

系统频率：指电力系统的频率数据。

光伏功率：指光伏电站的功率数据。

负载类型：不同类型的负载对电力需求的数据。

储能充放电效率：储能装置在储存和释放电能过程中的能量转换效率数据。

负荷响应时间：指系统对负荷变化的响应速度，即系统能够快速调整其输出功率以满足负荷需求的能力数据。

可靠性：包括故障发生率、维修时间等指标的数据。

经济性：包括投资成本、运营成本、维护成本等指标的数据。

环境影响：包括能源消耗、温室气体排放等指标的数据。

#### 4.3.2.2基于人工智能的配电网能量供给能力研判

开展基于人工智能的配电网能量供给能力研判工作，利用人工智能平台的强大算法和算力基础，形成典型、通用、可规模化推广应用的人工智能模型，降低建模复杂度和难度，提升人工智能模型的训练和应用效能，为源网荷储协同优化调度提供前置性参考。

基于人工智能的配电网能量供给能力研判主要包括单体源网荷储设备的运行态势预测模型的构建、区域级源网荷储整体运行态势预测模型的构建工、基于多源人工智能模型的融合优化模型的构建三部分。其中，单体源网荷储设备的运行态势预测是基础，为区域级源网荷储整体运行态势预测、多源人工智能模型融合优化提供模型支撑，三类模型的构建和应用，为配电网内部协同优化工作、配电网之间协同优化工作、配电网与微电网之间协同优化工作提供有力的科学依据和模型基础，保障配电网协同优化模型构建的科学性和可行性。

##### 4.3.2.2.1单体源网荷储设备的运行态势预测模型

基于源网荷储协同运行全要素样本库，获取前南峪村居民用户负荷、冷库、充电站、光伏等源网荷储设备的实时和历史样本数据，采用机器学习、深度学习等人工智能技术构建单体分布式电源功率、固定负荷/可控负荷、用户负荷等短期预测模型，实现分布式电源发电、储能设备充放电等设备运行特性分析，完成人工智能模型在两库一平台的部署，基于反馈的实际数据完成精度验证和模型优化，实现单体设备能量需求、供给侧功能能力研判分析，支撑配电网内部协同优化工作。

4.3.2.2.1.1单体分布式电源发电预测模型

（1）分布式光伏发电负荷短期预测

综合考虑光伏发电的波动性和随机性，以及分布式光伏电源并入配电网装机容量差异性，使用灰色关联理论构建待预测日的相似日样本集合，再使用小波变换分解法拆解相似日历史负荷情况后，使用支持向量机对每个拆解的分量进行滚动预测，最后将预测结果重构得到预测值，构建分布式光伏发电负荷短期预测模型，精准实现分布式光伏发电负荷短期预测，支撑调度、协同优化策略优化的工作。

（2）风机发电负荷预测

风力变化过程在短期具有惯性，风速的间歇性主要发生在预测时间尺度较短的时段。这种惯性和间歇性会由于风力发电机所处的地理位置、环境、预测时间和季节的不同而变化。因此建立基于未来时刻天气、地理区位、季节情况等数据运用马尔科夫链与卡尔曼滤波等多步预测模型，获得未来趋势预测结果，精准实现风机发电负荷预测。

（3）储能设备充放电预测

从平滑风电功率波动、平滑系统功率波动和提升配电网内供需平衡角度出发，开展储能装置充放电规律预测研究，以季节、日期、时段、区域、不同天气类型等多重分析为基础，基于机器学习算法构建充放电功率预测模型，实现未来1至7日的充放电数据预测，将预测数据推送至相关数据库，支撑能量调度方案实施，提升储能装置应用效能，稳定源网荷储元素加持下配电网负荷波动，支撑提前开展措施缓解供需失衡风险。

4.3.2.2.1.2单体用电负荷预测模型

（1）配变负荷预测

以已有配变负荷预测模型为基础，综合考虑源网荷储各类设备用电负荷、发电负荷特性，分析配变负荷与天气、地理位置、节假日等特征的关联关系，利用BP神经网络和遗传算法优化、完善、改造形成适用于源电网环境的负荷预测模型，切实指导配电网内部协同优化策略制定。

（2）可控负荷预测

考虑不同可控负荷设备的使用时段、使用率及负荷波动形不一，基于节假日、天气、季节、电价等综合因素，利用趋势分解法和ARIMA模型，设计单体可控负荷短期负荷预测模型，挖掘可控负荷波动规律，实现小时级可控负荷预测分析，支撑可控负荷目标识别、可控负荷调节大小等工作开展，辅助源网荷储优化协调工作的实施。

4.3.2.2.1.3单体用户侧预测模型

（1）用户负荷预测

配电网用户侧的负荷基数小，具有明显的波峰波谷特性和周期特性，因此建立基于经验模态分解、考虑相似日的MIC矩阵与涵盖多时刻气象、地理区位因素UTCI热环境评估方法和基于振幅压缩灰色模型获得的趋势预测结果与波动预测结果重构的用户侧用电负荷预测模型，精准实现用户侧负荷预测。

（2）用户用电量预测

用户侧用电量具有随机性和复杂性，因此首先通过模糊聚类算法将用户按用电行为分类，综合考虑历史用电量、电价、温度、天气、湿度、日期类型、空气质量等因素；然后针对各类用户的用电特点，经仿真对比选择相适应的BP、Elman、LSTM神经网络算法构建预测模型；运用修正算法对误差较大的峰谷值进行修正，降低预测误差，提高预测精度。

##### 4.3.2.2.2区域级源网荷储整体运行态势预测模型

以邢台前南峪村源网荷储运行现状及负荷现状为基础，基于单体源网荷储运行态势预测模型结论，开展区域级源网荷储整体运行态势预测模型的构建工作，包括3个配变涉及的3个光伏主导区域、专变涉及的冷库区域、箱变涉及的抗大纪念馆区域。基于各区域设备发电信息数据、气象数据、节假日数据等，采用人工智能技术输出未来各区域配变负荷预测、光伏发电预测、储能充放电等智能体预测模型和长期预测结果，并利用人工智能的综合优化能力进行模型结果整合和权重优化，实现微网级、台区级、配电网级设备运行态势预测能力，完成算法模型在两库一平台的部署及精度验证，实现区域级能量需求、供给侧功能能力研判分析，为前南峪村配电网协同优化工作建立基础。

4.3.2.2.2.1整体超短期分布式电源发电预测模型

针对3配变1专变1箱变5个区域，利用各区域内单体分布式电源发电预测模型（分布式光伏发电负荷预测、储能设备充放电预测），结合熵权法与层次分析法进行各区域内单体模型的结果整合和权重分配，生成各区域内可控集群整体超短期分布式电源发电预测模型，包括面向光伏主导区域的整体超短期分布式电源发电预测模型、面向冷库区域的整体超短期分布式电源发电预测模型、面向抗大纪念馆区域的整体超短期分布式电源发电预测模型，高效支撑配电网内部的源网荷储协同优化工作。

4.3.2.2.2.2整体超短期用电负荷预测模型

针对3配变1专变1箱变5个区域，利用各区域内单体用电负荷预测模型（配变负荷预测、可控负荷预测），结合熵权法与层次分析法进行各区域内单体模型的结果整合和权重分配，生成各区域内可控集群整体超短期用电负荷预测模型，包括面向光伏主导区域的整体超短期用电负荷预测模型、面向冷库区域的整体超短期用电负荷预测模型、面向抗大纪念馆区域的整体超短期用电负荷预测模型，高效支撑用电负荷目标识别、用电负荷调节大小等工作开展，辅助配电网内部的源网荷储协同优化工作。

4.3.2.2.2.3面向用户侧的整体预测模型

针对3配变1专变1箱变5个区域，利用各区域内单体用户负荷/用电预测模型，结合熵权法与层次分析法进行各区域内单体模型的结果整合和权重分配，生成各区域内面向用户侧的预测模型，包括面向光伏主导区域的整体用户负荷预测模型、面向冷库区域的整体用户负荷预测模型、面向抗大纪念馆区域的整体用户负荷预测模型、面向光伏主导区域的整体用户用电量预测模型、面向冷库区域的用户用电量预测模型、面向抗大纪念馆区域的用户用电量预测模型，支撑用户侧用电行为分析工作，辅助配电网内部的源网荷储协同优化工作。

4.3.2.2.2.4面向各区域的源网荷储整体运行态势评价模型

面向3配变1专变1箱变5个区域，在已有整体超短期分布式电源发电预测模型、整体超短期用电负荷模型、整体用户侧预测模型等三类模型的基础上，利用综合评价法对各区域内的源网荷储整体运行态势进行评估，评估项包括分布式电源发电情况、负荷情况、用户用电情况，面向各区域的源网荷储整体运行态势评价模型，包括面向光伏主导区域的源网荷储整体运行态势评价模型、面向冷库区域的源网荷储整体运行态势评价模型、面向抗大纪念馆区域的源网荷储整体运行态势评价模型。

##### 4.3.2.2.3基于多源人工智能模型的融合优化模型

采用人工智能技术深度融合来源于邢台前南峪配电网及其他配电网数据构建源网荷储运行态势预测模型，实现模型精度的互相修正和优化，形成典型、通用、可规模化推广应用的人工智能模型，提升能量需求侧、供给侧预测结论精度，保障配电网协同优化模型构建的科学性和可行性。

4.3.2.2.3.1基于Stacking算法的多源简单模型融合

面向邢台前南峪村配电网及其他配电网数据构建源网荷储运行态势预测模型，针对其中数据量较少的简单预测模型，采用Stacking算法融合邢台前南峪配电网及其他配电网数据构建源网荷储运行态势预测模型，首先，结合5-折交叉验证法分别训练第一层的多个配电网运行态势预测模型作为初级学习器,将训练结果进行Stacking融合；然后将融合结果作为新特征用于训练第二层LightGBM次级学习器，使用次级学习器得到电网负荷预测的最终结果。

4.3.2.2.3.2基于加权灰色关联投影的Bagging-Blending多源复杂模型融合

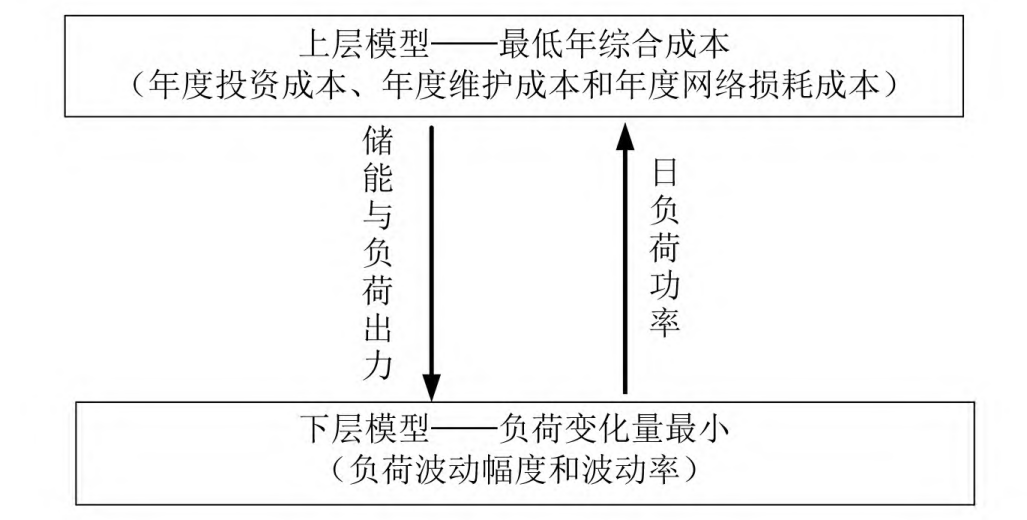
面向邢台前南峪村配电网及其他配电网数据构建源网荷储运行态势预测模型，针对其中数据量较大的复杂预测模型，采用Blending算法融合邢台前南峪配电网及其他配电网数据构建源网荷储运行态势预测模型。首先，采用加权灰色关联投影算法对预测量中各影响因素(如天气、温度、湿度、日期类型等)进行分析，选取输入特征。在此基础上，分别将多个配电网运行态势预测模型嵌入Bagging集成算法中以提升模型的稳定性和泛化能力。同时利用Pearson相关系数对各单一模型进行相关性分析。然后，依据模型对数据观测空间角度的不同，使用Blending模型对相关性小的模型进行融合。

#### 4.3.2.3基于人工智能的配电网协同优化

基于人工智能的配电网协同优化技术以源网荷储中多能流耦合关系为切入点，通过源网荷储多维度指标的量化评估，构建配电网协同优化模型，初步建成分布式光伏、储能、可控负荷等元素的优化调节模式，形成运行策略在线生成和反向协调控制能力，促进前南峪村整个配电网协同运行，降低负荷的随机性和不确定性给配电网带来的运行风险，形成在线策略评估-预控的闭环体系。

##### 4.3.2.3.1配电网内部的协同优化人工智能模型

为在配电网调度中使每种资源的价值最大化，实现区域各配电网内部的协同优化，以用电负荷预测、风光出力预测、储能装置充放电预测等配电网能量供给能力模型结果为基础，分析源网荷储各类设备的动态响应能力，建立一种基于双层模型的配电网内部源网荷储优化调度策略，通过上下层目标的相互配合达到最终优化效果。首先，考虑分布式风电、分布式光伏在调动配电网中的可控负载和储能配合清洁能源出力的优化调度。其次，以年度综合成本最低为模型的上层优化目标，以负荷变化量最小为下层优化目标，采用实时优化的协调优化策略。最后，结合遗传随机权重粒子群算法求解优化模型，在尽可能优化负荷特性曲线的同时，使得系统整体的经济效益和可靠性最优。当出现储能设备功率和光伏发电功率不足以支撑微电网稳定运行时，算法模型能够计算出需要调整的储能与可控负荷出力，基于配电网内部源储荷各单元状态的组合和转换调度策略原理，实现可控负荷的精准投切，进而保障配电网的稳定运行。



配电网内部源网荷储协同的双层优化模型

##### 4.3.2.3.2配电网与配电网间的协同优化模型

充分考虑单个台区的特异性和多个台区之间的互补性，以配电网内部的协同优化人工智能模型为基础，以尽量降低使用母线能量、降低年度综合成本、减小负荷变化量为目标，构建各个台区配电网间的“源-网-荷-储”协同优化模型，通过设计多智能体多目标优化算法实现当配电网内部无法实现能量供应时，综合分析母线上各个配电网的能量供给情况，优先调度其他能量充足配电网能量，若外部配电网能量依然无法满足需求配电网稳定运行时，调度母线功率，保障配电网稳定运行，实现各台区间能量协调优化策略生成能力。

##### 4.3.2.3.5配电网与微网间的协同优化模型

考虑多微电网系统接入当地配电网运行时对配电网的稳定运行产生影响，需要协调微电网和配电网间不同的优化目标，一方面配电网需要维持整个电网系统的安全稳定运行，另一方面微电网要保证自身的经济收益不受到影响，以含多微电网运行的配电网系统处于整体最优状态为目标，利用双层规划将配电网系统优化调度目标和多微电网系统优化调度目标联系起来建立整体优化模型。首先，以配电网的线路损耗和节点电压波动最低作为上层优化目标，以微电网系统的运行成本最低作为为优化目标，构建面向配电网与微网间的双层协同优化模型。其次，将配电网公共连接点处的传输功率作为配电网层和微电网层的公共变量，结合粒子群算法求解优化模型。不仅实现了整体系统的优化调度，同时照顾到了配电网的供电质量和微电网的经济，微电网对配电网起到了很好的辅助作用，配电网在一定程度上缓解了微电网自身调节能力不足的问题。

#### 4.3.2.4基于人工智能的配电网协同运行规划仿真推演

利用人工智能技术推演各类环境/场景/不确定性下配电网运行态势及演变轨迹，生成科学有效的规划策略，高效支撑源网荷储规划工作。基于人工智能的仿真推演功能实现分两种方式，一是集成中国电科院仿真软件平台，充分利用该仿真软件具备的N-1潮流优化仿真等功能，进行数据推演；二是自建人工智能仿真算法与机理模型的融合应用，实现基于算法驱动的智能仿真和模型优化，通过台区、配电网、设备等运行数据的获取，使用仿真模型进行不同场景的智能推演，验证不同方案的合理性和有效性，得出最佳方案作为优化决策的重要依据。

针对传统配电网和有源配电网的源网荷储规划问题，分别考虑两种情况下负荷侧资源调控目标需求、控制策略、调控时间、维持时间、优先级等因素，以最优互补、可靠性为目标计算负荷资源调节策略，计算给出消除越限设备负荷侧资源调节辅助决策，实现新能源最大化就地消纳，保障配电网安全稳定运行。

##### 4.3.2.4.1传统配电网源网荷储规划仿真推演模型

针对传统用电负荷主导型配电网源网荷储规划问题，通过构建“源-网”协同规划、“源-荷”协同规划、“源-储”协同规划和“源-网-荷-储”协同规划模型，实现各类规划场景策略的在线生成能力，生成多维度源网荷储规划策略，确保充分利用配电网中各类资源，优化效果最好。

##### 4.3.2.4.2有源配电网源网荷储规划仿真推演模型

针对于现有光伏、储能等加持的有源配电网，基于人工智能技术推演光伏、储能、可控负荷模拟装机后的运行态势，实现光伏、储能、可控负荷等数量、容量、位置等规划最优策略的生成，有效支撑相关单位的对配电网的优化工作，提高配电网优化调度的经济性和运行可靠性。

通过配电网协同运行规划仿真推演工作的开展，能够有效提高电网的总体协调程度，降低由于策略实施不当对主配网协同运行的负面影响，助力配电网安全、稳定、经济运行。

#### 4.3.2.5试点验证

基于本项目源网荷储协同优化调度建设内容，在邢台前南峪村开展试点验证工作。构建模型应用及成效监测可视化场景，实现三类协同优化算法模型在配电网协同优化方案应用的试运行。

##### 4.3.2.5.1模型验证及应用

面向已有基于人工智能的配电网能量供给模型和基于人工智能的配电网协同优化模型，在邢台前南峪村开展模型验证及应用工作。一是在邢台前南峪村相关系统部署基于人工智能的配电网能量供给模型和基于人工智能的配电网协同优化模型，其中配电网能量供给模型包括单体源网荷储设备的运行态势预测模型、区域级源网荷储协整体运行态势预测模型三类模型；配电网协同优化模型包括配电网内部的协同优化人工智能模型、配电网与配电网间的协同优化模型、配电网与微电网间的协同优化模型。二是验证各类模型精度与记录是否接近，对结果相差较大的模型，继续优化完善，并保存最新版本。

##### 4.3.2.5.2模型成效可视化场景设计

面向已有基于人工智能的配电网能量供给模型和基于人工智能的配电网协同优化模型，在邢台前南峪村开展模型成效可视化场景建设。可视化场景主要包括四部分，具体如下：

1. 配电网设备管理页面

配电网设备管理页面包括设备信息和算法模型两部分。设备信息部分展示配变、光伏、储能三类设备的设备基础信息、运行监测信息以及每类设备对应的模型信息；算法模型部分展示预测分析类、协同优化类、仿真推演类三类算法的模型信息、基础数据、模型结果评估、使用场景四类信息。

（2）配电网运行状态监测页面

配电网运行状态监测页面包括实时监测、历史回溯、未来预测三部分。一是实时监测部分展示配电网整体情况、整体运行情况、整体异常情况以及源网荷储各类负荷的实时变化曲线；二是历史回溯部分展示所选时间段内源网荷储设备的负载异常情况和能量损耗情况，具体通过负载异常曲线负载异常信息、负载异常情况记录、能量损耗信息、能量损耗曲线、能量损耗异常记录等展示。三是未来预测部分，

展示分布式电源预测、负荷预测、用户侧预测三类预测信息，通过实时数据、预测结果与实际数据对比图以及绝对误差、误差率等预测评估指标来展示源网荷储预测模型的成效。

（3）配电网协同优化页面

配电网协同优化页面包括内部优化和协同优化两部分。一是内部优化部分展示面向应用配电网内部协同优化算法的当前执行策略说明、控制目标达成度度及策略执行前后后的曲线对比，突出所用算法的的优越性。二是展示面向配电网与配电网/微电网之间协同优化算法的当前执行策略说明、控制目标达成度及策略执行前后的曲线对比，突出所用算法的优越性。

（4）配电网仿真推演页面

配电网仿真推演以数据驱动为核心，结合物理属性和机理规则，实现微网整体可调负荷资源、设备状态、故障仿真、并网离网无缝切换的高准确度计算推演，解决配电网常规分析手段推演不准确、不智能的问题，进一步支撑配电网高精度状态估计实现。

### 4.3.3系统实施

实施主要包括差异分析及方案设计、数据收集及处理、系统部署及配置、系统测试、培训、上线准备及切换、上线试运行支持等。

| **序号** | **工作任务** | **工作任务描述** |
| --- | --- | --- |
| **1** | **差异分析及方案设计** |  |
| 1.1 | 实施单位情况收集 | 向业务单位调研实际业务及业务需求。 |
| 1.2 | 差异分析 | 组织进行差异分析，描述主要差异点，编写差异分析报告。 |
| 1.3 | 编制调整方案 | 编制调整方案，确定系统实施方案。 |
| **2** | **数据收集及处理** |  |
| 2.1 | 编制数据收集方案 | 根据业务方案整理静态数据与动态数据收集清单，制定各类数据的收集模版，编制数据收集的方案，包含收集计划、责任人、数据校验方式、数据收集问题协调整机制等。 |
| 2.2 | 数据收集及梳理 | 根据数据收集方案对相关数据收集人进行培训，明确数据收集范围、填写要求、数据校验规则等，对数据收集过程中遇到问题出具解决方案。 |
| 2.3 | 数据校核 | 根据数据校验规则对收集到的各类数据进行检查，不符合要求的数据重新整理。 |
| **3** | **系统部署及配置** |  |
| 3.1 | 软件安装与配置 | 对系统功能涉及的软件进行安装，根据业务需求和实现方案进行业务规则等进行系统配置。 |
| 3.2 | 流程与权限配置 | 根据业务需求与职责划分进行系统权限的配置。 |
| 3.3 | 初始化数据导入 | 完成初始化数据导入。 |
| **4** | **系统测试** |  |
| 4.1 | 纵向贯通测试 | 根据业务方案，准备测试场景、测试数据，对各业务流程进行端到端的贯通测试，对测试发现的问题进行调整并重复测试。 |
| 4.2 | 用户接受测试 | 制定用户测试计划，准备测试场景、测试数据，指导用户进行全业务流程测试，处理用户提出的问题。 |
| **5** | **培训** | **含所有培训工作** |
| 5.1 | 培训准备 | 准备培训文档、培训环境、培训数据等相关资料，制定培训计划，为用户培训做好准备工作。 |
| 5.2 | 用户培训 | 进行用户培训，讲解业务流程、功能、操作注意事项等，解答用户提出的问题。 |
| 5.3 | 运维人员培训 | 对运维人员培训，讲解业务流程、功能、操作注意事项等，解答运维人员提出的问题。 |
| 5.4 | 培训考核 | 1、考核方式：笔试、上机。  2、考核预期结果：参培人员99%可正常使用系统或开展运维工作。 |
| **6** | **上线准备及切换** | **编制上线方案，进行上线准备相关的工作** |
| 6.1 | 编制上线方案 | 编制系统上线方案，内容包括上线切换计划、切换步骤、责任人等，分析系统切换对正常业务的影响，评估风险，制定应急方案。 |
| 6.2 | 业务数据导入 | 1. 配合业务人员完成业务数据导入工作。 2. 完成在公司数据目录工具中维护完整的数据字典信息、数据表和字段对应业务描述，表的拆分逻辑信息，表之间关系，数据表与系统功能的对应关系。 |
| 6.3 | 系统切换 | 系统数据切换完成后，发生业务按新业务流程在系统中操作。 |
| **7** | **上线试运行支持** | **三个月。系统上线后，对系统性能进行优化，支持用户完成业务操作。** |
| 7.1 | 系统性能调优与运维技术支持 | 上线后，监控系统运行状态，调整系统性能相关配置，以使系统达到最优状态。 |
| 7.2 | 用户使用支持 | 针对用户反馈的问题清单，进行分析、调整，处理用户提出的各类业务、操作问题。 |

### 4.3.4集成工作

实现与数据中台、企业级实时量测中心、ISC统一权限3.0系统数据集成，实现与人工智能平台、仿真推演平台、前南峪村综合能源微电网系统部分功能集成。

### 4.3.5实施范围

本项目建设范围是探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用，实现源网荷储全要素要本库建设、基于人工智能的配电网能量供给能力研判、基于人工智能的配电网协同优化、基于人工智能的配电网协同运行规划仿真推演等，为配电网可靠运行、自愈自治提供支撑。

## 4.4 技术方案

### 4.4.1 系统架构

#### 4.4.1.1 总体架构

探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用是新建应用，整体满足国网信息化架构要求，满足公司统一数据模型（SG-CIM）要求，满足公司微应用微服务建设技术要求，遵从应用架构、数据架构、技术架构、安全架构、部署架构设计原则，通过对算法分析实现功能扩展。

探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用由基础资源层、数据层、基础服务层、应用层、展示层组成。

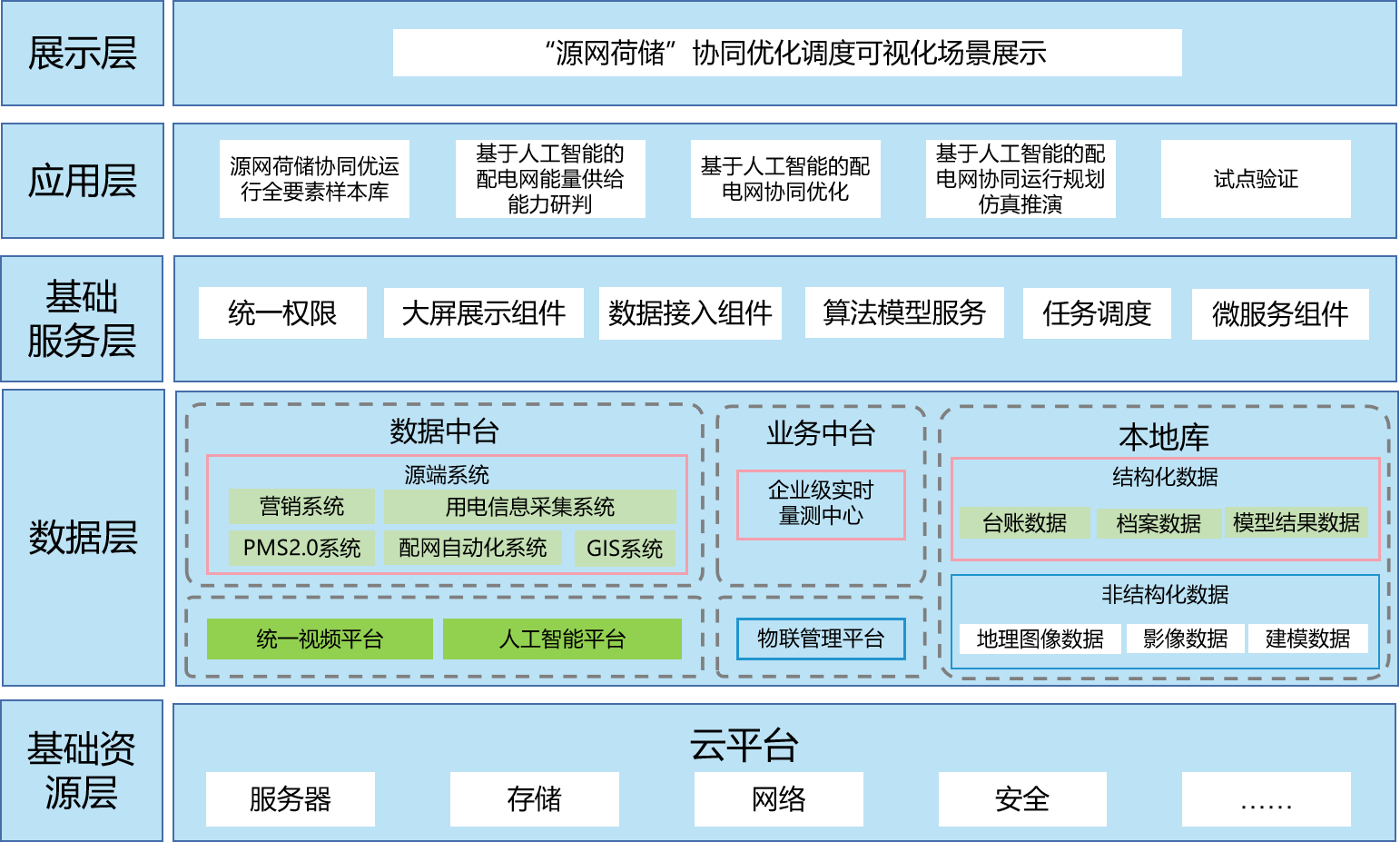


图2 总体架构

基础资源层：依托于公司云平台提供的服务器、存储、网络、安全等资源进行开发部署。

数据层：主要依托于数据中台能力，实现数据接入和部分数据建模分析。数据来源主要为三种方式，一种是来源于数据中台的标准表数据，使用开发组件获取共享层业务数据，涉及业务系统包括营销系统、PMS2.0系统、配网自动化系统、用电信息采集系统、GIS系统等，其台账类数据、档案类数据通过开发组件接入本地库，支撑本地库数据融合分析；第二种为接入企业级实时量测中心、物管平台、统一视频平台的实时数据。非实时性数据计算依托于数据中台和人工智能平台计算资源，实现数据融合、数据处理、模型训练、仿真模拟等，完成数据分析任务，支撑监控业务开展。第三种数据来源于本地库，本地库存储结构化数据（从数据中台获取到的台账类数据和档案类数据，用于与非结构化数据融合分析；算法模型结果数据）和非结构化数据（主要为地图数据和台区影像数据等）。

基础服务层：依托于基础数据，通过ETL、Kafka、hbase等服务组件，实现接口数据汇入。利用平台服务和管理工具，实现不同系统之间的数据交换与实时监控。系统接入统一权限平台，用户、组织、权限统一管理。与前端交互且实时性要求较高的部分算法模型通过Docker进行封装，利用Portainer的自动发布和部署功能提供算法服务。任务调度服务支撑定时计算，统计业务的执行，并提供历史监控，日志管理功能。微服务平台组件包含服务注册、服务发现、服务配置、服务编排、服务监控和服务网关。为上层应用提供状态监测，趋势预测、协同调度等服务。

应用层：包括源网荷储协同运行全要素样本库、基于人工智能的配电网能量供给能力研判、基于人工智能的配电网协同优化、基于人工智能的配电网协同运行规划仿真推演以及试点验证的建设。

展示层：在展示终端上完成源网荷储协同优化调度的可视化场景展示。

#### 4.4.1.2 业务架构

探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用的业务架构包含全要素要本库建设、配电网能量供给能力研判、配电网协同优化、配电网协同优化规划仿真推演及试点验证共五项业务需求。

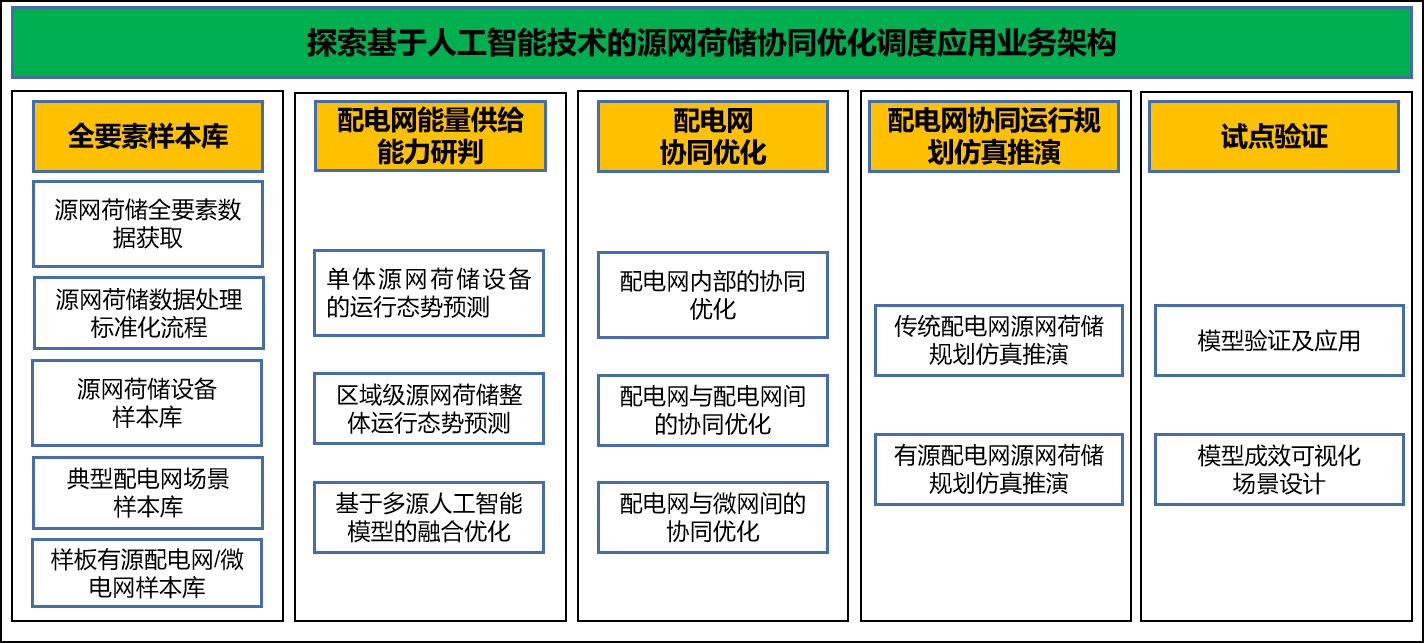


图3 业务架构

#### 4.4.1.3 应用架构

探索基于人工智能技术的源网荷储写统一化调度应用目前全部为新增模块，具体内容如下图所示：

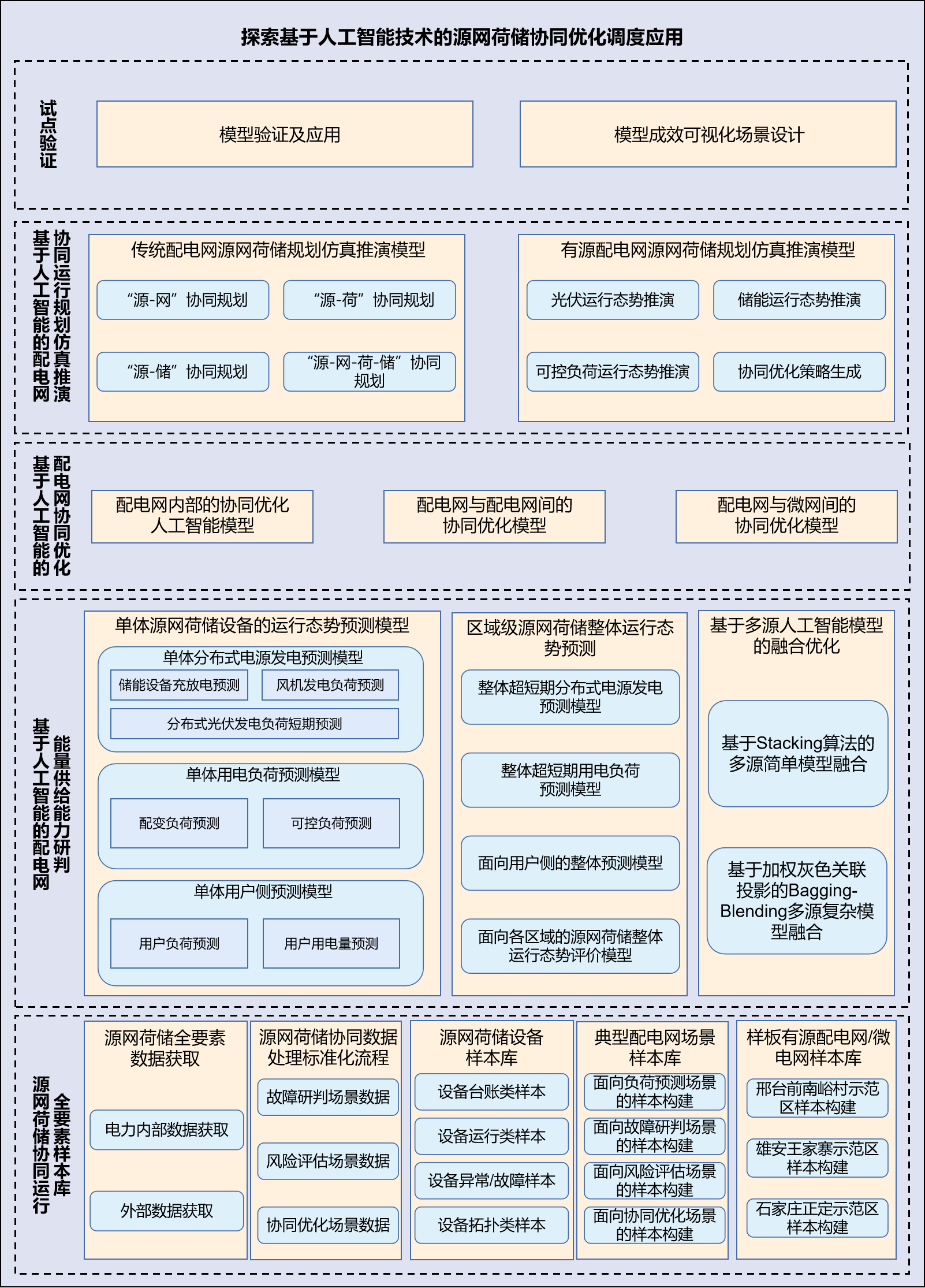


图4 应用架构

#### 4.4.1.4 数据架构

项目遵守SG-CIM设计要求，数据来源为数据中台、人工智能平台、物管平台及企业级实时量测中心的实时数据。其中数据中台中数据涉及到的业务系统主要包括用电采集系统、营销业务系统、PMS2.0系统、GIS系统、人工智能平台结果数据，通过统一数据服务、统一分析服务、统一接入服务，通过API接口访问数据进行数据算法模型构建，通过统一调度服务实现模型结果数据的可视化展示；物管平台及企业级实时量测中心主要是接入实时数据；前南峪村综合能源微电网系统主要是接入微网源网荷储状态信息数据，接收最终的控制策略信息；人工智能平台只要是接收各类模型的需求数据和优化迭代后的模型数据；仿真推演平台主要是接收策略演算数据。

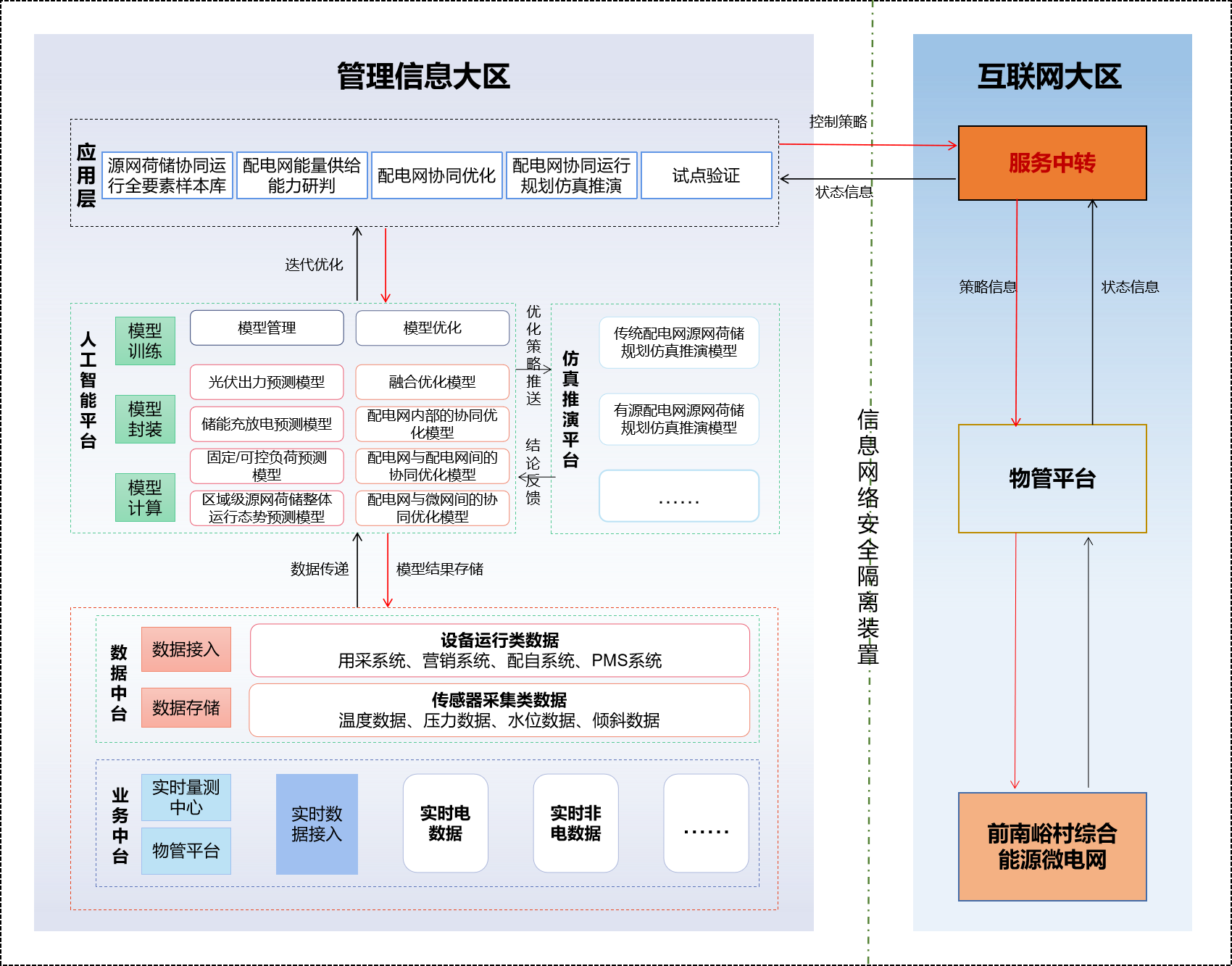


图5 数据架构

#### 4.4.1.5 技术架构

为了方便应用开发，提升业务应用的开发效率和开发质量，基于国网uap3.1.8开发平台采用公共组件及模块化设计。技术架构总体上划分为展现层、服务支撑层、分析层、数据层，通过各层次功能组件间服务的承载关系实现平台功能，架构图如下图所示：

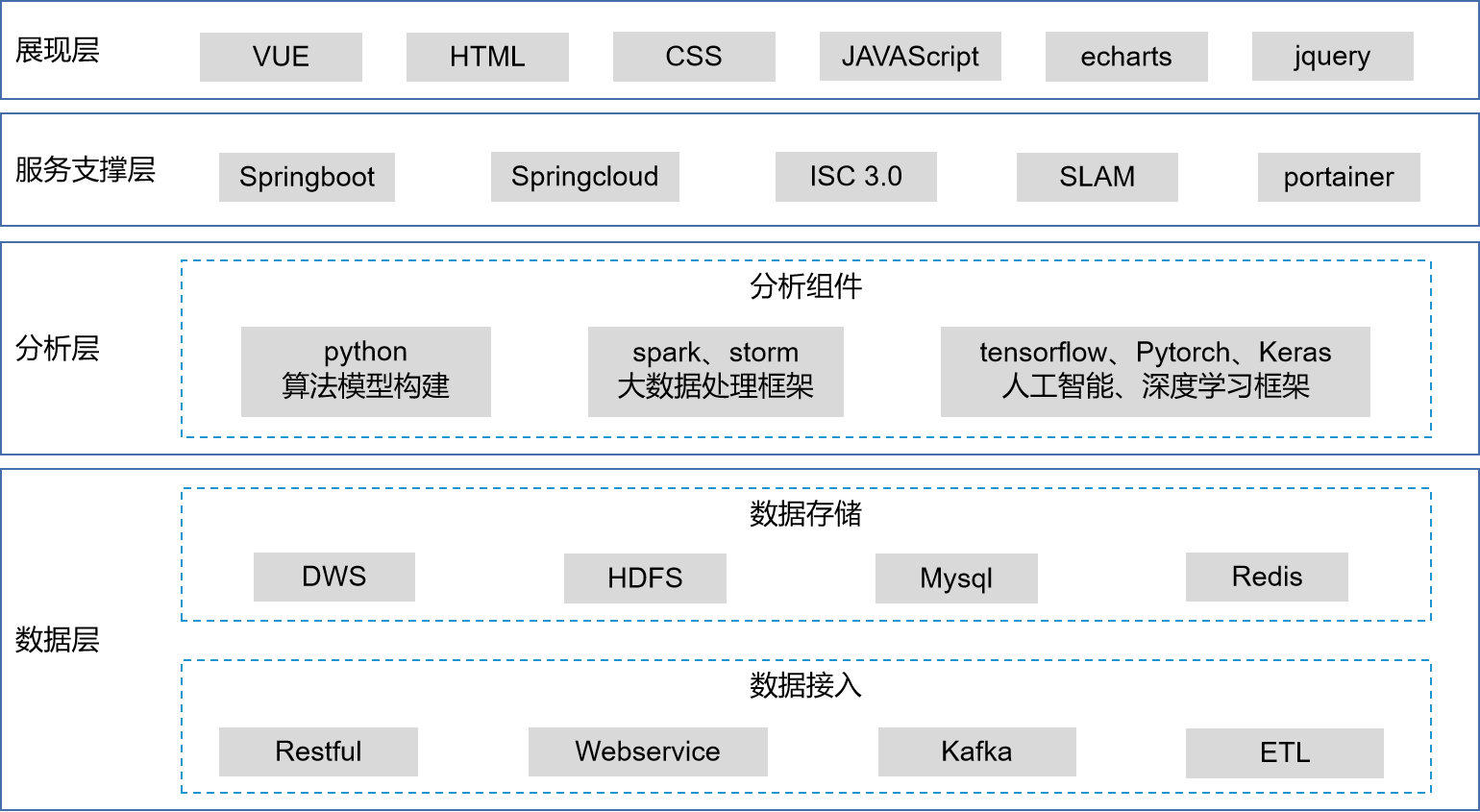


图6 技术架构

#### 4.4.1.6 安全架构

项目基于公司信息化总体应用框架，综合考虑相关业务的安全防护需求，遵循《国家电网公司网络与信息系统安全管理办法》（国网（信息/2）401-2018）、《国家电网公司信息化“SG186工程”安全防护总体方案》和《国家电网公司智能电网信息安全防护总体方案（试行）》等进行安全防护设计，系统拟定等保级别为二级。

（1）应用安全

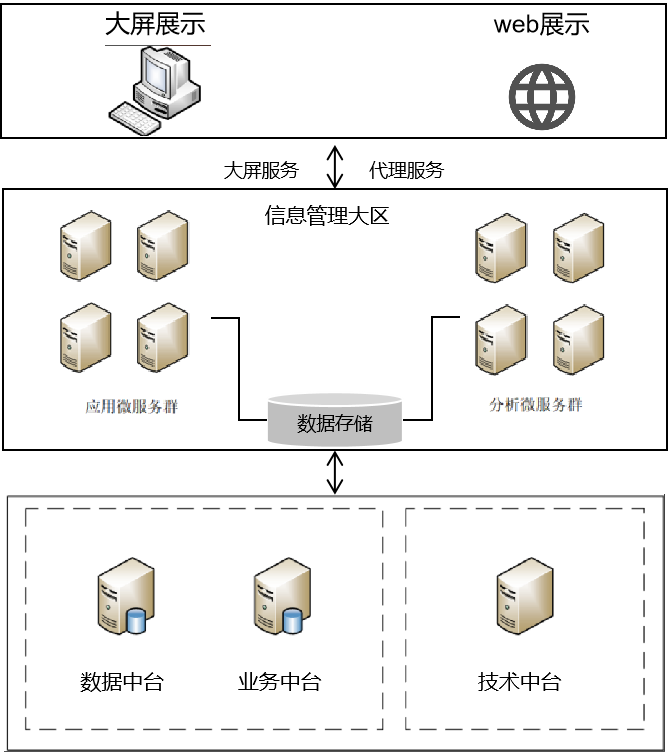
| **安全要求** | **是否遵从/不涉及** | **实现方式及措施** |
| --- | --- | --- |
| 身份认证 | 遵从 | * 基于统一门户系统提供的过滤器进行单点登录跳转，通过将单点登录的认证用户信息放入网站的会话中，如果以单点登录则跳转至系统首页，否则跳转至统一门户的登录页面； * 通过SM2加密方式将用户密码存储在数据库中; * 不在cookie中保存登录密码， 当浏览器被关闭所有的认证信息均被销毁； * 进行密码强度配置，高安全策略时，密码的长度必须为8位以上，且包含字母、数字和字符； * 系统支持密码强度配置开关和强制修改密码开关，启用开关后登录时校验密码强度，强度不够时强制修改密码； * 登录三次失败则锁定账户，失败次数可配置； * 通过配置方式启用禁止同一账号同时在多个IP登录。 |
| 授权 | 遵从 | * 基于统一权限系统提供的过滤器进行用户访问资源分配； * 系统基于角色控制访问权限，并支持细度的权限控制（修改、只读和隐藏）; * 系统账户绑定不同的角色，而每个角色可定义资源访问的权限以及资源禁止访问的权限，授权粒度或以控制到具体的角色； * 对管理服务的访问，需要对该资源进行认证授权。 |
| 输入输出验证 | 遵从 | * 系统通过过滤器对URL的请求参数以及表单的GET、POST等数据中包含javascript脚本等非法字符进行过滤； * 系统业务功能基于一定的正则表达式进行输入验证，以满足不同场景的需要； * 系统对用户登录等过程是否有sql注入的参数进行验证；基于身份认证后可上传文件，并支持配置上传文件类型。 |
| 配置管理 | 遵从 | * 用户授权等配置管理功能只允许管理员角色的用户操作； * 禁止通过web页面直接浏览服务端的目录和文件； * 通过加密方式保存账户口令。 |
| 会话管理 | 遵从 | * 在服务端保存会话认证信息和会话有效期，当登录成功后清除旧的会话创建新会话； * 会话ID以随机36位GUID保存在系统中。 * 网页醒目位置设有注销登录按钮； * 注销时即刻清除会话数据，可配置会话超时时间，超时后自动清除会话数据。 |
| 加密技术 | 遵从 | * 用户密码：SM2加密算法保存。 |
| 参数操作 | 遵从 | * 通过过滤器检验用户的输入，支持成功登录后分配一个随机会话ID标识用户； * 基于POST方式提交页面表单； |
| 异常管理 | 遵从 | * 基于统一的出错页面显示异常信息，并且异常出错信息记入日志。 |
| 日志与审计 | 遵从 | * 对用户的关键操作进行审计操作； * 审计日志记录在数据库中，包含以下信域：操作用户、审计对象、审计时间、审计内容； * 支持系统的启动和停止审计、登录信息审计、用户密码变更审计、系统账户操作审计、用户操作敏感数据的审计； * 提供统一的审计查询页面和分析审计的内容； * 日志保存在数据库中日志表中，支持日志的级别（调度、警告、出错）； * 敏感数据强制审计，非敏感数据通过配置方式来开启审计功能； * 审计信息的页面只能浏览和查询。 |
| 应用交互安全 | 遵从 | * 基于xml与第三方系统交互数据，通过WebService方式传输。 |

（2）数据安全

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **安全要求** | **是否遵从/不涉及** | **实现方式及措施** |
| 数据存储安全 | 遵从 | * 用户账号及鉴别信息采用SM2加密算法处理后在数据库加密存储；用户账户及鉴别信息不在客户端存储； * 业务数据（流程信息、业务信息等）存储在数据库中；业务数据存储或应用时，对数据的完整性进行校验； * 数据删除至少经过二次确认后进行； |
| 数据传输安全 | 遵从 | * 用户账号及鉴别信息采用SM2加密算法处理后传输； |
| 数据备份安全 | 遵从 | * 用户账号及鉴别信息、业务信息实时同步到灾备中心并周期备份； * 数据库服务器采用双机冗余部署拓扑，关键节点发生故障时迅速进行服务节点切换及故障节点恢复； * 对本地数据进行周期备份，同时将备份数据异地存放，备份策略： * 每周日（0 级差异增量备份）; * 周一、周四（1 级差异增量备份）; * 周二、周三、周五、周六（2 级差异增量备份）。 |

#### 4.4.1.7 部署架构

基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用采用省公司集中部署方案，部署在管理信息大区，与数据中台、用采等系统进行数据集成，在内网客户端及大屏终端进行信息展示。

图7 部署架构

### 4.4.2 技术路线

| **类型** | **产品/技术** |
| --- | --- |
| 部署环境 | 国网云环境华为云 |
| 开发平台 | sg-uap3.1.8 |
| 集成组件 | 统一权限组件；  统一流程组件；  分布式企业服务总线；  即时消息服务总线等； |
| 技术选型 | 界面展现技术：HTML5、CSS、VUE、JavaScript、Jquery、Ajax、ECharts；  服务端开发技术：Java、SpringBoot、SpringCloud、Redis、Feign、Kafka、MyBatis、Gradle；  数据库：DWS（中台）、MySql、HDFS、Redis；  人工智能：TensorFlow 、Pytorch、Darknet、Caffe、Keras  接口数据传输：采用application/json格式数据传输。  编码规范：前端、服务器端、数据库、文件以及数据传输统一采用UTF-8编码;  微服务自动部署：Docker，Portainer |

### 4.4.3 非功能要求

| **序号** | **指标分类** | **指标项** | **具体要求** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 性能 | 系统容量 | 系统注册用户数100人、系统最大并发用户数不低于2000人 |
| 2 | 业务响应时间 | 首页访问平均响应时间不得超过2秒 |
| 3 | 系统登录平均响应时间不得超过3秒 |
| 4 | 执行简单查询、添加和删除业务时，平均响应时间不得超过3秒；执行复杂的综合业务（同时包括查询、添加、删除等操作请求）时，平均响应时间不得超过5秒。 |
| 5 | 执行统计业务时，月统计业务的平均响应时间不得超过15秒，年统计业务平均响应时间不得超过20秒 |
| 6 | 接口调用响应时间毫秒级。 |
| 7 | 当系统进行复杂事务的处理且响应时间较长时，系统应根据事务内容分级逐步响应，当系统并发数达到设计峰值时，应采用延迟访问的方法避免系统崩溃，并在页面中提供友好的提示信息 |
| 8 | 业务响应时间上限计算基准为距离最远单位用户现场、中等配置终端对应的响应时间，同时要考虑系统应用的时间维度，历史数据达到该归档的最大数据量。 |
| 9 | 表单提交的数据量 | 系统提交表单时，不含附件的表单数据量原则上不得超过1M |
| 10 | 事务失败率 | 在承受最大并发用户数持续运行2小时的情况下或在承受40%的最大并发用户数持续运行8小时的情况下，系统运行平稳，业务失败率不超过0.1% |
| 11 | 信息安全 | 身份认证及应用安全 | 采用密码技术保证鉴别信息和重要业务数据等敏感信息在文件系统、数据库中存储的保密性；应采用密码技术保证鉴别信息和重要业务数据等敏感信息在传输过程中的保密性。 |
| 12 | 信息系统具备登录弱口令较验功能、定期修改密码功能（口令长度满足8-20位，包含字母、数字及字符），存量弱口令密码需要重新注册修改，新用户无法注册弱口令密码，管理员初始密码具备有效期，到期后需要重新注册。 |
| 13 | 系统应具备加载口令字典功能，并在业务非高峰时段定期根据口令字典进行弱口令扫描，同步告知用户整改。 |
| 14 | 信息系统应具备限制用户帐号连续登录失败次数，并进行短暂锁定，帐号异常登录、异地登录、频繁登录失败等异常情况监测报警功能。 |
| 15 | 信息系统应具备对帐号实名制信息管理的功能，具备身份证号管理功能。 |
| 16 | 数据安全 | 数据安全保护需求，应从数据采集、传输、存储、使用、交换等数据全生命周期各环节进行安全设计，保障数据的机密性、完整性、可用性。遵循国家法律法规及公司相关要求，确保信息系统中用户隐私数据及公司重要数据的安全合规。 |
| 17 | 内外网数据安全交互要求，业务应用应遵循公司统一技术路线，采用信息安全网络隔离装置，实现内外网数据交互；涉敏涉控终端接入时，应遵循公司统一技术路线，采用安全接入网关，实现数据的传输加密。 |
| 18 | 日志文件内容 | 所有生产系统日志文件须包含业务功能日志文件、系统日志文件，日志文件内容至少包括：业务流水号、IP地址、用户、开始时间和结束时间（毫秒级）、具体操作内容，操作结果等； |
| 19 | 所有生产系统日志文件须包含业务功能日志文件、系统日志文件，日志内容格式统一日志留存应不少于六个月 |
| 20 | 代码安全 | 不得在代码中设置恶意及与功能无关的程序。规范外部软件及插件的使用，在集成外部软件及插件时，应进行必要的安全检测和裁剪。符合十八项反措（信通分册）要求。涉及公司系统、设备开发的代码禁止在互联网传输、存储和运行 |
| 21 | 密码安全 | 公司自主开发的信息系统原则上应使用公司统一密码服务平台提供服务，因其它原因需使用第三方密码服务的，须经公司密码应用管理部门审核。 |
| 22 | 预留后门安全 | 信息系统在开发阶段应严格杜绝预留后门，符合《研发质量提升反事故措施100条》 |
|  | 审计安全 | 提供覆盖所有用户的安全审计功能，对系统重要安全事件（包括用户和权限的增删改、配置定制、审计日志维护、用户登录和退出、越权访问、连接超时、密码重置、数据的备份和恢复等系统级事件，及业务数据增删改、业务流程定制、交易操作中断等业务级事件）进行审计。 |
|  | 审计记录至少应包括事件的日期、时间、事件类型、用户身份、事件描述和事件结果，用户身份应包括用户名和IP 地址，且应具有唯一性标识。 |
|  | 对审计记录中涉及的用户私密信息（通常包括用户口令、银行卡号、身份证号、薪酬信息等）采用非明文或部分非明文的方式进行显示。 |
|  | 具有对审计记录进行分类、查询、排序、统计的功能。 |
|  | 对异常事件根据严重程度进行等级划分，当异常事件发生时依据安全策略采用弹出告警窗、声光报警、短信通知、邮件通知等方式进行告警。 |
|  | 提供对审计数据进行手动或自动备份的功能。 |
|  | 至少保证近3个月的审计记录无法被修改、删除和覆盖，3个月或更早之前的审计记录可依据安全策略进行覆盖。 |
| 23 | 可靠性 | 成熟性 | 在承受最大并发用户数持续运行 2 小时的情况下，系统运行平稳，业务失败率不超过 0.1%， CPU 平均占用率低于 80%，内存占用率没有明显增长且 1 小时后内存恢复初始值； |
| 24 | 在承受百分之八十的最大并发用户数持续运行 4 小时的情况下，系统运行平稳，业务失败率不超过 0.1%， CPU 平均占用率低于 80%，内存占用率没有明显增长且 1 小时后内存恢复初始值。 |
| 25 | 容错性 | 信息系统代码逻辑应严谨，对各种系统异常进行处理，确保每一个方法和过程都有异常处理语句等；对系统事务失败、通信失败等情况能自动识别并解决，确保系统可用。 |
| 26 | 信息系统出现异常时应对数据进行保护，对服务端正在操作的数据应当存储到临时表中，对客户端正在操作的数据应当保存在cache中。 |
| 27 | 上传文件应做好限制，限制文件的容量及大小范围。符合《研发质量提升反事故措施100条》 |
| 28 | 根据实际业务需求明确历史数据归档机制 |
| 29 | 自监控性 | 系统应具备自监控能力，能够对重要的进程和服务的运行状态、重要操作、故障修复等进行记录、监控和告警，能够提供这些组件的监控接口（如监控脚本获取数据、syslog方式抛出报警等）。 |
| 30 | 易恢复性 | 信息系统在出现服务器断电时应具备数据保留能力，并保证系统恢复后业务、数据的完整性。建设时，应预估数据量并提供数据备份建议策略，包括但不限于操作系统、应用、结构化、非结构化数据等 |
| 31 | 健壮性 | 系统应建立大并发或超载业务情况下保护机制，当在线用户数达到设计目标最大值时，保护系统不再继续承压，确保系统稳定运行；高并发量情况下的可靠性承载应用的N个节点的服务集群中，单个服务节点能承担系统设计最大并发的1/（N-2）。 |
| 32 | 易用性 | 易操作性 | 信息系统页面遵循标准Html规范，支持包括IE系列浏览器在内的多种浏览器，在IE系列浏览器升级时，可以保证以“兼容模式”正常运行。信息系统的输入输出提示信息应明确（成功、失败等交互信息简洁明了），提供辅助输入手段（如选择输入、默认值等），方便数据检索，支持标准的鼠标、键盘和快捷键操作；使用通俗易懂的业务语言，在异常提示中不应出现开发专业术语或开发语言；不应强制性要求用户安装插件，如果必须安装插件，系统应提供在线下载和离线安装功能；除强制用户完成某一操作的情况外，不应使用模态对话框中止用户操作；严禁在弹出窗口中再次弹出窗口；对于复杂的用户交互，应采用界面工作流（或界面向导）实现。 |
| 33 | 易学习性 | 评估用户文档和/或帮助机制中对信息系统功能进行帮助描述的完整程度(帮助机制和/或文档中描述了功能所占的比例达到100%) |
| 34 | 系统帮助功能中包含一键提报功能，使用户借助此功能实时提报系统问题或需求到相应渠道 |
| 35 | 可维护性 | 自描述性 | 信息系统应有版本信息、承建单位、功能、组件自述及程序清单，供运维人员日常维护。符合《研发质量提升反事故措施100条》 |
| 36 | 易迁移 | 对于升级改造的信息系统，必须保证对于原有信息系统数据的可使用性，系统设计过程中应对原有数据的升级迁移方案进行设计，确保各功能在升级后信息系统中可以访问与使用原有数据库内容。 |
| 37 | 易分析 | 1.信息系统用户角色应划分清晰明了、职责明确（至少有 4 种角色：普通用户、审计员、系统管理员、业务配置员）  2.信息系统应具备完善的日志及自我诊断功能模块，易于运维人员对相关问题进行分析。 |
| 38 | 易配置 | 1.信息系统应具备图形化配置功能，避免运维人员直接编辑配置文件、数据库或注册表；应对使用率高的操作任务进行模板化（如巡检单模板、报表模板等）。  2.信息系统在面对外部环境发生变化后，应能够及时恢复正常（数据库连接、外部接口等参数配置标准化、图形化）。  3.信息系统应具有图形化数据备份及恢复功能，且支持增量备份。  4.信息系统应缩小功能权限的细粒度，即每个模块的每个功能点，均应设计并明确所对应的各种权限的差异，同时系统应该有独立的权限配置模块。  5.信息系统应具备原子功能可配置性，如组织机构变更等操作，通过前台或后台配置即可完成调整，避免重新修改或写入代码。 |
| 39 | 易修改 | 1.出现的故障和失效时，信息系统应提供及时地变更服务和手段。  2.信息系统应提供基础参数设置功能，用户可以利用参数及时变更软件，变更应及时反应到系统运行中。  3.信息系统架构应遵循易修改性，在软件维护过程中仅需通过简单配置即可满足系统修改需求。  4.信息系统应遵循模块化、信息隐蔽、高内聚、低耦合的结构化设计原则。  5.信息系统应提供准确和详细的代码注释，为系统后续修改提供便利。  6.信息系统应具备垃圾数据清除功能及历史数据归档功能，提供数据清理及归档页面，实现清除垃圾数据和历史时间自定义功能。历史数据归档后，具备历史数据查询功能，具备权限人员可对已归档数据进行查询。  7.信息系统设计开发时应考虑端口的可配置性，为后期开展端口调整或治理提供便利性。  8.信息系统应通过页面对系统中的索引进行排列展现，并提供索引重建功能。 |
| 40 | 易测试 | 信息系统内置的测试功能应可用；支持业界主流测试工具；应通过图形界面提供简单的数据测试、验证功能，满足运维人员的数据测试需求。 |
| 41 | 运行监控 | 运行监控 | 按照相关接口规范的要求提供指标数据并接入I6000系统，运行指标反映信息系统运行状况，共要求接入11个运行监控指标；需接入性能监测系统，反映信息系统可用性及性能状况，要求接入首页、系统登录，简单查询类功能不少于4个、复杂综合业务查询类功能不少于4个、统计类功能不少于5个。 |
| 42 | 易兼容性 | 展示组件兼容性 | 系统展示组件（包含C/S,B/S,APP）应具备良好兼容性，C/S架构需要兼容当前主流windows（win7、win10）等各个版本，B/S架构应该兼容IE、Chrome、firefox等主流浏览器，且具备浏览器版本向前兼容，至少应包括IE8、IE9、IE10、 IE11、Chrome49、Chrome50、Chrome60、Chrome70、firefox50、firefox60。APP架构应兼容各种主流手机设备厂家与操作系统（IOS、Android等）。在各版本操作系统和浏览器上运行时，均需完全满足性能指标等非功能性需求。 |
| 43 | 系统平台兼容性 | 系统平台应具备良好的兼容性，针对国网发布的共用类主流组件（linux、oracle）及国网自主化核心组件版本应无缝兼容，并具备向前兼容特性。提供技术手段支撑公共类组件版本向后更新。 |
| 44 | 系统接口兼容性 | 系统接口应与之存在集成关系的系统保持良好的接口兼容性。使用统一的接口开发规范。 |
| 45 | SQL语句兼容性 | SQL语句要对数据库各版本进行兼容，如ORACLE数据库的10g、11g、12c及各大版本的PSU相兼容，避免版本升级引起的SQL语句不兼容问题。 |
| 46 | 互联网协议兼容性 | 系统应在支持互联网协议第四版（IPv4）的基础上，支持基于互联网协议第六版（IPv6）。 |

4.5项目管理

4.5.1项目管理

本项目严格遵循国网公司信息化建设制度体系，强化规范化制度和技术标准的监督、执行。采用项目经理制形式，项目管理重点工作，一是进度管理，应依据项目整体进度要求，合理制定里程碑计划，在里程碑节点控制上，执行“预判-通知-协调-确认”等管理工作，保障里程碑按时达成。二是质量管理，开展项目全过程质量管理工作，对需求评审、概要设计评审、系统测试、上线试运行、项目验收等关键环节的质量严格把关。三是建立项目风险与问题的闭环管理机制和监督反馈机制，明确风险管理和问题管理的组织职责分工，制定风险管理策略，开展项目级风险与问题管理工作。四是在项目各阶段开展安全保障工作，保障信息系统的设计安全、建设安全、实施安全、运行安全，确保信息系统全生命周期的安全。

4.5.2项目人员

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **岗位** | **预计投入人数** | **职责** |
| 1 | 项目管理 | 1人 | 负责项目进度、质量、成效，落实项目资源调配等工作 |
| 2 | 需求分析 | 3人 | 负责业务需求的调研、分析、确认工作，出具需求分析报告 |
| 3 | 系统设计 | 3人 | 负责系统实现的设计，出具系统概要设计报告 |
| 4 | 系统开发 | 5人 | 负责系统具体模块及功能点的代码开发工作 |
| 5 | 算法建模 | 2人 | 负责项目相关算法模型的构建 |
| 6 | 系统测试 | 2人 | 负责系统功能、性能、安全等测试工作，出具系统测试报告 |
| 7 | 实施部署 | 2人 | 负责项目在各实施点的实施部署、数据梳理等工作 |
| 8 | 系统培训 | 2人 | 负责用户的使用培训工作 |

4.5.3项目进度

综述项目总工期10个月。其中，开发工期6个月（并行）、实施工期4.5个月（并行）。具体进度安排如下：

（1）设计研发部分：

| **序号** | **阶段** | **工期** | **提交成果** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 需求调研 | 0.5个月 | 需求分析报告、用户需求分析说明书 |  |
| 2 | 系统设计 | 1个月 | 概要设计、详细设计、数据库设计说明书 |  |
| 3 | 系统开发 | 3个月 | 源代码、数据库脚本 |  |
| 4 | 算法开发 | 4个月 | 算法脚本 |  |
| 5 | 系统测试 | 1个月 | 系统集成测试报告 |  |
| 6 | 项目验收、成果移交 | 0.5个月 | 项目验收报告 |  |

（2）实施部分：

| **序号** | **阶段** | **工期** | **提交成果** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 系统部署 | 0.5个月 | 系统部署方案、实施方案、  技术服务承诺书 |  |
| 2 | 确认测试、成果移交 | 0.5个月 | 用户确认测试报告  用户手册  系统管理员手册  系统部署方案 |  |
| 3 | 项目试运行 | 3个月 | 系统试用报告  系统工作报告  系统技术报告  系统应急预案及快速恢复方案  上线试运行申请单 |  |
| 4 | 项目试运行验收 | 0.25个月 | 试运行测试报告  系统上线试运行报告  用户使用反馈报告  上线试运行验收报告  上线试运行验收单 |  |
| 5 | 项目竣工验收 | 0.25个月 | 项目验收申请  项目应用证明  系统测试报告 |  |

4.5.4项目会议

（1）设计开发部分：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **项目** | **内容** | **项目要求** |
| 1 | 项目启动会 | 项目启动 | 人×天：10人×1天 |
| 2 | 项目需求评审会 | 需求评审 | 人×天：10人×1天 |
| 3 | 项目概设评审会 | 项目概设评审 | 人×天：6人×1天 |
| 4 | 项目验收 | 项目验收 | 人×天：10人×1天 |

（2）实施部分：

| **序号** | **项目** | **内容** | **项目要求** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 项目实施方案评审会 | 实施方案评审 | 人×天：6人×1天 |
| 2 | 项目试运行验收 | 项目试运行验收 | 人×天：6人×1天 |
| 3 | 项目竣工验收 | 项目竣工验收 | 人×天：6人×1天 |

4.5.5项目培训

（1）培训目标

培训不同层面的系统用户，保证用户能独立地管理、维护和配置系统，以便整个系统能够正常、安全地运行。使他们能够高效率低成本地完成工作。使受训人员熟悉和掌握标准化系统的技术和管理的设计思想，熟练使用数字孪生微电网平台工具，能够维护该工具。

（3）培训对象

该项目的培训对象主要包括以下人员角色：

负责数字孪生微电网平台工具日常运行维护管理工作的系统管理人员或技术负责人；

负责数字孪生微电网平台工具日常运行管理工作的技术人员；

项目建设过程中实际参与人员或负责和开发方配合的人员；

其他与该项目相关有培训需求的人员。

此次培训主要针对系统建设参与人员、系统管理人员、软件维护人员进行培训。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **培训内容** | **项目单位要求** |
| 1 | 系统管理人员培训 | 人×天：3人×2天 |
| 2 | 系统运维人员培训 | 人×天：3人×2天 |

5 软硬件初步设计方案

不涉及。

6主要设备材料清册

不涉及。

7估算书

7.1 概述

本项目预估总投资为192.51万元，其中设计开发费183.96万元，实施费8.55万元。

7.2 编制原则和依据

（1）项目划分和软件开发成本度量方法、过程及原则参照工业和信息化部《软件研发成本度量规范》，核实投资估算费用。

（2）应用软件设计及开发费用综合工日单价参考信息化项目标准计列，应用软件设计及开发阶段按2100元/人天计列，应用软件实施阶段按1500元/人天计列。

（3）主要设备、材料价格参照国家电网公司近期同类工程招标价计列。

（4）本期不考虑基本预备费。

（5）本期不计取价差预备费及建设期贷款利息。

（6）工程量依据本可研设计提资。

7.3 投资分析

本项目预估总投资为192.51万元，其中设计开发费183.96万元，实施费8.55万元。不包含其他类别项目，不存在分拆立项、无其他不合理费用支出、不存在不合理频繁改造。

本项目按照《国家电网公司项目可研经济性与财务合规性评价指导意见》（国家电网财〔2015〕536号）要求，项目估算符合国家法律、法规，政策以及公司内部管理制度等各项强制性财务管理规定要求。

综上所述，本项目估算未发现影响经济性和财务合规性的事项。

7.4 经济性评价分析

本项目符合国家法律、法规、政策以及公司内部管理制度等各项强制性财务管理规定要求，无重复立项、分拆立项情况；工作量测算基于WBS的信息化项目建设工作量核定规范，软件设计开发及实施费用单价参考信息化项目标准计列。

表-1 项目总投资估算表

项目总投资估算表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | | **工作量（人天）** | **人工费率（万元）** | **费用（万元）** |
| 一 | 建安工程费 | |  |  |  |
| 二 | 软件购置费 | |  |  |  |
| 三 | 硬件购置费 | |  |  |  |
| 四 | 咨询设计费 | |  |  |  |
| 五 | 系统开发费 | 系统功能开发 | 780 | 0.21 | 163.8 |
| 系统集成开发 | 96 | 0.21 | 20.16 |
| 六 | 集成实施费 | 系统实施 | 36 | 0.15 | 5.4 |
| 系统集成实施 | 21 | 0.15 | 3.15 |
| 七 | 业务运营费 | |  |  |  |
| 八 | 数据工程费 | 数据产品（应用）研发 |  |  |  |
| 数据标准化、盘点、目录构建、质量治理等 |  |  |  |
| 数据接入、上传、下发、数据产品（应用）实施 |  |  |  |
| 九 | 其它费用 | |  |  |  |
| **总 计** | | | | | **192.51** |

表-2 各项费用投资分析表

各项费用投资分析表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **系统名称** | **咨询设计** | **系统开发** | | **集成实施** | | **业务运营** | **数据工程** | **小计** |
| **系统功能开发** | **系统集成开发** | **系统实施** | **系统集成实施** |
| 1 | 探索基于人工智能技术的源网荷储协同优化调度应用 |  | 163.8 | 20.16 | 5.4 | 3.15 |  |  | 192.51 |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  | | | | | | |  |
| **合 计** | | | | | | | | |  |

表-3 项目设计开发工作量明细表

项目设计开发工作量明细表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **工 作 内 容** | **源网荷储协同优运行全要素样本库** | **基于人工智能的配电网能量供给能力研判** | **基于人工智能的配电网协同优化** | **基于人工智能的配电网协同运行规划仿真推演** | **试点**  **验证** | **小计** | **备 注** |
| 需求分析 | 50 | 42 | 46 | 40 | 32 | 210 |  |
| 方案设计 | 120 | 102 | 104 | 68 | 56 | 450 |  |
| 系统开发 | 28 | 23 | 31 | 20 | 18 | 120 |  |
| **合**  计 | **198** | **167** | **181** | **128** | **106** | **780** |  |

表-4 项目实施工作量明细表

项目实施工作量明细表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **工作任务** | **工作量（人天）** | **工作内容** | **备注** |
| **1** | **差异分析及方案设计** | **8** | 开展需求分析、差异性分析、实时方案、部署方案、测试方案、试运行方案等方案的设计 |  |
| **2** | **数据收集及处理** | 6 | 对结构化和非结构化数据进行收集和存储，并设计数据预处理程序，使其能够满足系统使用 |  |
| **3** | **系统部署及配置** | 5 | 环境调试、系统部署及配置 |  |
| **4** | **系统测试** | 4 | 系统的内部测试、第三方测试、安全测试等 |  |
| **5** | **培训** | 2 | 培训 |  |
| **6** | **上线准备及切换** | 5 | 上线准备及切换 |  |
| **7** | **上线试运行支持** | 6 | 上线试运行支持 |  |
| **合 计** | | **36** |  |  |

表-5 项目集成工作量明细表

项目集成工作量明细表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **集成工作项** | **集成开发（人天）** | **集成实施（人天）** | **小 计** |
| 1 | 数据中台集成 | 8 | 5 | 13 |
| 2 | 实时量测中心 | 7 | 3 | 10 |
| 3 | 统一权限 | 6 | 3 | 9 |
| 4 | 物联管理平台 | 8 | 5 | 13 |
| 5 | 人工智能平台 | 7 | 5 | 12 |
| **合 计** | | 36 | 21 | 57 |

表-6 项目投资其他费用表

项目投资其他费用表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **费用名称** | **工作描述** | **金额（万元）** |
| 1 | 项目管理费 | 包括项目法人管理、项目验收等费用。其中，项目法人在项目管理工作中发生日常管理费，若在项目法人单位年度综合管理费用里列支可不计，由项目法人单位确定是否计列。 |  |

表-7 历史系统开发功能清单表

历史系统开发功能清单表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **一级功能** | **二级功能** | **三级功能** | **功能点说明** | **涉及用户** |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

表-8 本期系统开发功能清单表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **一级功能** | **状态** | **二级功能** | **三级功能** | **功能点说明** | **涉及用户** |
| 1 | 全要素微电网数字孪生体 | 新增 | 全要素微电网数据汇聚 | 线路台区数据获取 | 通过开发脚本程序和API实现从数据中台获取线路与台区历史数据； |  |
| 2 | 通过开发hbase数据实时读取、处理程序实现企业级实时量测中心实时运行数据的接入。 |
| 3 | 微电网监测数据获取 | 开发接口程序从智慧能源管控系统获取微电网实时状态数据。 |  |
| 4 | 开发接口程序获取微电网实时监测热泵集群数据。 |  |
| 5 | 微电网设备拓扑关系 | 通过档案分析、地理接线图分析和调研底层源网荷储元素建设情况，生成为微电网各层级设备间的拓扑关系逻辑图，为微网间互济、多能互补等负荷调节策略优化提供网架信息支撑。 |  |
| 6 | 数据融合处理及数据模型开发 | 生成微电网可用的源网荷储各类设备标准化档案，并结合获取到的数据类型实现数据融合处理，基于此设计数据模型，支撑后续孪生体模型建设和数据应用。 |  |
| 7 | 数字孪生体构建 | 配变孪生体模型 | 充分利用物管平台、云平台、数据中台、人工智能平台、智慧能源管控系统等数字化建设成果，构建以微电网、台区、设备为对象的虚实映射模型，内容涵盖线路、台区、光伏设备、风机设备、储能、塔杆等设备及拓扑关系。所有主体数据都将叠加时空信息，每个物理实体任何时间、任何地点的状态，均可以映射到数字孪生世界，实现物理实体在时空上的连续精准映射。 |  |
| 8 | 线路孪生体模型 |  |
| 9 | 分布式光伏设备孪生体模型 |  |
| 10 | 储能装置孪生体模型 |  |
| 11 | 风机设备孪生体模型 |  |
| 12 | 热泵装置孪生体模型 |  |
| 13 | 居民用户孪生体模型 |  |
| 14 | 微电网整体孪生体模型 |  |
| 15 | 微电网集群可视化渲染交互 | “源-网-荷-储”能量信息空间维交互 | 在空间维上以实际物理实体在实际环境的的位置和拓扑关系为主，从展示界面上及虚拟模型上可查看源网荷储资源概况及各类资源运行信息、运行状态、实时负荷、能量异常及能量流向现状。 |  |
| 16 | “源-网-荷-储”能量信息时间维交互 | 在时间维上以时间轴的方式，从展示界面上进行拖动选择可在虚拟模型上可查看源网荷储在不同时间维度上的资源概况及各类资源运行信息、运行状态、实时负荷、能量异常及能量流向现状。 |  |
| 17 | “源-网-荷-储”能量信息对象维交互 | 在对象维维度上以知识图谱的方式统一纳管与展示，从展示界面上及虚拟模型上可查看源网荷储资源概况及各类资源运行信息、运行状态、实时负荷、能量异常及能量流向现状。 |  |
| 18 | 基于知识图谱的数字孪生体模型管理 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型知识获取 | 使用D2R技术把关系型数据库中的数据转换为RDF数据（linked data），形成孪生体模型的RDF三元组，得到孪生体模型实体以及其属性值以及孪生体模型实体可能的关联等 |  |
| 19 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型知识融合 | 将微电网孪生体知识库中的知识进行整合，形成知识库，解决孪生体模型实体对齐问题，把微电网及孪生体模型领域相关知识融合在一起，做到实体消歧，本过程会在知识层面上输出一个图谱，获得孪生体模型实体的完整描述 |  |
| 20 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型间关系图谱化展示 | 基于知识图谱技术搭建数字孪生体模型间实体、关系的图谱试展示 |  |
| 21 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型基础数据详细内容展示 | 基于知识图谱技术搭建数字孪生体模型能够支撑的基础数据实体、关系的图谱试展示 |  |
| 22 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型功能图谱式展示 | 基于知识图谱技术搭建数字孪生体模型所具备的功能实体、关系的图谱试展示 |  |
| 23 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型查询 | 基于知识图谱技术搭建数字孪生体模的查询展示功能 |  |
| 24 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型新增 | 提供新增孪生体模型在知识图谱体系中的自动展示能力 |  |
| 25 | 数字孪生体模型管理-孪生体模型废除 | 提供失效孪生体模型在知识图谱体系中的自动删除能力 |  |
| 26 | 微电网“一图三态”态势感知体系 | 新增 | 微电网实时状态感知 | 微电网运行用电状态实时感知 | 从微电网整体至用户侧多层级视角为出发点，基于物理实体与虚拟实体间的双向交互通道，实时感知母线、微电网、配变、用户层级的负荷、电流、电压等工况数据 |  |
| 27 | 微电网运行实时异常感知-负载 | 采用实时计算技术实时计算各台区配变负载情况，突出体现重过载情况、轻空载情况，并使用构建的数字孪生体模型实时、全面的再现微电网物理实体运行状态现状 |  |
| 28 | 微电网运行实时异常感知-电量 | 采用实时计算技术实时计算各台区配变供电情况，识别高供电区段并基于警示和记录，支撑运营监测工作 |  |
| 29 | 微电网运行实时异常感知-三相平衡度 | 采用实时计算技术实时计算各台区配变三相平衡度情况，并对三相不平衡的台区进行标记和预警，使用构建的数字孪生体模型实时、全面的再现微电网物理实体运行状态现状 |  |
| 30 | 微电网运行实时异常感知-负荷波动 | 采用实时计算技术实时计算各台区配变负荷波动情况，实时计算负荷峰谷差、负荷处于峰谷时段，对于产生负荷突变的配变进行凸显展示和预警，支撑微网运营监测工作，使用构建的数字孪生体模型实时、全面的再现微电网物理实体运行状态现状 |  |
| 31 | 重过载现象实时感知 | 以设备数字孪生体模型为载体，以实时数据获取、实时计算分析技术为依托，采用关联分析技术实时分析影响微网配变负载变化的关键因素，对造成配变重过载的关键因素在场景中进行实时展示，支撑重过载监测治理工作。 |  |
| 32 | 环境异常实时分析-温度异常分析 | 以设备数字孪生体模型为载体，以实时数据获取、实时计算分析技术为依托，结合气象系统对温度的预警规则和温度对电力设备的影响，实时预警微网设备所处环境的温度异常。 |  |
| 33 | 环境异常实时分析-降水异常分析 | 以设备数字孪生体模型为载体，以实时数据获取、实时计算分析技术为依托，结合气象系统对降水的预警规则和降水对电力设备的影响，实时预警微网设备所处环境的降水异常。 |  |
| 34 | 微电网储能设备充电状态实时感知 | 以储能装置的数字孪生体模型为基础，实时映射展现各个储能装置的充电功率。 |  |
| 35 | 微电网储能设备放电状态实时感知 | 以储能装置的数字孪生体模型为基础，实时映射展现各个储能装置的放电功率。 |  |
| 36 | 微电网储能设备SOC实时感知 | 以储能装置的数字孪生体模型为基础，实时映射展现各个储能装置的SOC状态。 |  |
| 37 | 微电网储能设备运行异常实时感知 | 采用分时计算技术实现储能装置分时段利用率和日期段内整体利用率水平，对超负载应用和低负载应用的储能装置进行标注、凸显和记录。 |  |
| 38 | 微电网储能设备指令执行实时感知 | 基于回传的指令数据和储能装置运行情况、状态变换情况实时感知储能装置执行指令的状态变化。 |  |
| 39 | 微电网分布式光伏运行实时状态感知 | 以光伏数字孪生体模型为基础，实时映射展现各个光伏的发电负荷、电流、电压、发电量数据，在线掌握光伏运行现状 |  |
| 40 | 微电网分布式光伏并网状态实时感知 | 以光伏数字孪生体模型为基础，实时映射展现各个光伏的上网电量、并网电压等 |  |
| 41 | 分布式光伏运行状态评价 | 开发分布式光伏运行状态健康度综合评估模型，实时感知光伏发电健康度，支撑电源侧发电水平评估工作，以便支撑电源侧能够为微网提供的能源供应能力。 |  |
| 42 | 分布式光伏运行异常识别-超容发电 | 构建超容发电识别模型，实时感知并判断当前疑似超容发电的光伏用户，并给予提示和预警，辅助指导分布式电源供给能力分析工作。 |  |
| 43 | 分布式光伏运行异常识别-积灰发电 | 构建积灰发电识别模型，基于历史数据和当前发电状态实时给出疑似积灰发电的光伏，并给予提示和预警，辅助指导分布式电源供给能力分析工作。 |  |
| 44 | 分布式光伏运行异常识别-夜间发电 | 构建夜间发电识别模型，排除电表时间模型错位对模型的影响，通过夜间负荷、日累计发电量等分析过程实现夜间发电用户识别，并给予提示和预警，辅助指导分布式电源供给能力分析工作。 |  |
| 45 | 分布式光伏运行异常识别-不发电 | 构建不发电识别模型，实时感知并判断当前不发电的光伏用户，用户支撑虚假光伏用户和业扩施工进度在线分析工作，并给予提示和预警。 |  |
| 46 | 微电网风机运行实时状态感知 | 以风机数字孪生体模型为基础，实时映射展现各个风机的网侧电压，网侧电流，网侧有功，总发电量，日发电量等运行数据 |  |
| 47 | 风机运行状态评价 | 开发风机运行状态健康度综合评估模型，实时感知风机发电健康度，支撑电源侧发电水平评估工作 |  |
| 48 | 单体热泵运行状态监测 | 基于热泵孪生体模型，展现单个热泵电压、负荷、电流及分时电量大小 |  |
| 49 | 热泵集群概览性监测 | 实时展示热泵集群的在运数量、容量、叠加负荷、电流、平均电压、总电量等。 |  |
| 50 | 网段能量潮流实时流向展示 | 基于各层级采集装置的回传数据和微电网拓扑数字孪生体模型，实时再现各网段的电压、负荷、电流、电源侧、储能侧的数据流向。 |  |
| 51 | 实时状态可视化展示体系设计 | 使用实时数据传输、实时数据分析计算、实时数据展示、可视化状态实时刷新等技术，实时将上述信息同步反映至微电网场景，使得工作人员直管、生动的掌握微电网现状。 |  |
| 52 | 微电网历史状态回溯 | 微电网运行工况历史状态回溯-微电网整体 | 基于历史状态数字孪生体模型，以实现微电网历史运行状态再现功能为出发点，开发时间轴可采取拖动形式改变回溯历史日期，再现历史当日微电网整体的气象状况、负荷状况、能量流动状况、新能源发电状况、储能充放电状况、异常发生状况、策略使用状况等全局、全维度微电网历史状态 |  |
| 53 | 微电网运行工况历史状态回溯-台区 | 再现历史当日各台区区域的所处环境、负荷状况、电量情况、新能源出力情况、异常发生状况的台区历史状态 |  |
| 54 | 微电网运行工况历史状态回溯-配变 | 再现历史当日各配变的负载、三相不平衡、供售电量、负荷状况异常发生状况的配变历史状态 |  |
| 55 | 微电网运行工况历史状态回溯-用户 | 再现历史当日的用户的电量、负荷、电费现状，并结合历史数据构建算法模型，给出用户用能建议。 |  |
| 56 | 微电网运行工况历史状态回溯-光伏 | 再现历史当日分布式光伏的气象状况、负荷状况、出力情况、异常情况、策略使用状况等历史状态 |  |
| 57 | 微电网运行工况历史状态回溯-风机 | 再现历史当日分布式风机的气象状况、负荷状况、出力情况、异常情况、策略使用状况等历史状态 |  |
| 58 | 微电网运行工况历史状态回溯-储能 | 再现历史当日储能所处位置的环境状况、充放电状况、能量流动状况、SOC变化情况状况、异常发生状况、策略使用状况等历史状态 |  |
| 59 | 微电网运行工况历史状态回溯-可控负荷 | 再现历史当日可控负荷气象状况、负荷状况、异常发生状况、策略使用状况等历史状态 |  |
| 60 | 微电网运行异常历史状态回溯-概览 | 开发设计实时交互时间轴，可实时体现历史事件内整个微电网区域内各类异常的发生方位、异常名称、异常造成的问题、异常影响范围等，数字孪生场景直接展示问题实质性原因，高效指导异常回溯和治理工作。 |  |
| 61 | 配变重过载前后微网状态历史回溯 | 基于数字孪生技术实现微网内配变重过载现象回溯功能，使用人工智能技术生成重过载相关指标体系，通过指标体系与孪生体模型的融合应用再现配变重过载前后时段的负荷、电流、电压变化情况。 |  |
| 62 | 配变轻空载前后微网状态历史回溯 | 基于数字孪生技术实现微网内配变轻空载现象回溯功能，使用人工智能技术生成轻空载相关指标体系，通过指标体系与孪生体模型的融合应用再现配变轻空载前后时段的负荷、电流、电压变化情况。 |  |
| 63 | 重过载/轻空载发生影响源网荷储运行关联性挖掘 | 采用关联分析技术分析光伏发电负荷、风机发电负荷、储能充放电功率及用户负荷之间的关联特性，挖掘与配变重过载的关联关系。 |  |
| 64 | 微网重过载/轻空载配变画像分析 | 通过建立指标体系，描绘重过载配变的持续时长、常发生时段、配变负荷增长、配变下用户增长等维度，分析过载现象对源网荷储协同分析的影响，支撑策略制定工作。 |  |
| 65 | 能量损耗现象前后微网状态历史回溯 | 基于数字孪生技术实现微网内能量损耗现象回溯功能，再现能量损耗区域前后时段的供电量、售电量及负荷波动情况。 |  |
| 66 | 微网能量损耗现象与源网荷储运行关联性挖掘 | 采用关联分析技术分析光伏发电负荷、风机发电负荷、储能充放电功率及用户负荷之间的关联特性，挖掘与能量损耗区域的关联关系。 |  |
| 67 | 能量损耗现象画像分析 | 通过建立指标体系，分时段、季节、节假日、特殊事件时段描绘区域的能量损耗现象持续性、偶然性、随机性和必然性，辅助工作人员分析能量损耗现象并基于此优化完善协同优化策略。 |  |
| 68 | 三相不平衡现象前后微网状态历史回溯 | 三相负荷不平衡会引起能量损耗升高，基于数字孪生和知识图谱技术实现微网内配变三相不平衡现象回溯功能，再现负荷三相不平衡现象发生时配变电流、电压三相情况 |  |
| 69 | 三相不平衡发生与源网荷储运行关联性挖掘 | 采用关联分析技术分析功率因数、异常事件、光伏发电负荷、风机发电负荷、储能充放电功率及用户负荷之间的关联特性 |  |
| 70 | 三相不平衡画像分析 | 通过建立指标体系，分时段、季节、节假日、特殊事件时段描绘微网配变三相不平衡现象持续性、偶然性、随机性和必然性，辅助工作人员治理三相不平衡工作。 |  |
| 71 | 历史状态回溯可视化展示体系设计 | 设计以时间轴拖动为主的历史状态回溯全局内容可视化展示场景，再现微网、台区、配变、设备多层级历史设备运行状况。。 |  |
| 72 |  | 联络线负荷预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 |  |
| 73 | 联络线负荷预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 |  |
| 74 | 联络线负荷预测-算法建模 | 综合考虑联络线下微网分布现状、微电网源网荷储设备现状和微网内各类设备用电负荷、发电负荷、储能充放电能力，融合气象、地理位置、节假日等的关联特性和联络线图谱特征，构建适用于微电网环境的母线负荷预测模型，感知微电网自我平衡能力，指导并网、离网多种模式能量调度工作的开展。 |  |
| 75 | 联络线负荷预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 |  |
| 76 | 联络线负荷预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 |  |
| 77 | 配变电流短期预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 |  |
| 78 | 配变电流短期预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 |  |
| 79 | 配变电流短期预测-算法建模 | 采用深度自动特征生成技术构建特征，结合时间序列、集成学习技术优点融合建立单体配变电流预测模型，实现未来1-31日电流预测。 |  |
| 80 | 配变电流短期预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 |  |
| 81 | 配变电流短期预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 |  |
| 82 | 超短期配变负荷预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 |  |
| 83 | 超短期配变负荷预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 |  |
| 84 | 超短期配变负荷预测-算法建模 | 采用实时计算框架，以滚动更新数据为基础，建立超短期负荷预测模型，实现配变未来1-6小时负荷预测的滚动更新。 |  |
| 85 | 超短期配变负荷预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 |  |
| 86 | 微网用户超短期负荷预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 |  |
| 87 | 微网用户超短期负荷预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 |  |
| 88 | 微网用户超短期负荷预测-算法建模 | 采用实时计算框架，以滚动更新数据为基础，增加随机波动性特征分析，建立用户侧超短期负荷预测模型，实现用户未来1-6小时负荷预测的滚动更新。 |  |
| 89 | 微网用户超短期负荷预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 |  |
| 90 | 微网用户超短期负荷预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 |  |
| 91 | 可控负荷超短期预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 |  |
| 92 | 可控负荷超短期预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 |  |
| 93 | 可控负荷超短期预测-算法建模 | 挖掘可控负荷波动规律，实现小时级可控负荷预测识别，支撑可控负荷目标识别、可控负荷调节大小等工作开展 |  |
| 94 | 可控负荷超短期预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 |  |
| 95 | 可控负荷超短期预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 |  |
| 96 | 配变供电量预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 |  |
| 97 | 配变供电量预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 |  |
| 98 | 配变供电量预测-算法建模 | 基于日供电量、日最高负荷、同期的气象观测资料以及新能源发电能力、储能方点能力和能量损耗等数据，从电力负荷中提取出气象电量、线损电量、新能源电量、电池电量，研究气象、节假日要素与各类电量的相关关系，利用逐步集成回归的方法建立电量预测模型 |  |
| 99 | 配变供电量预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 |  |
| 100 | 配变供电量预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 |  |
| 101 | 用户用电量预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 |  |
| 102 | 用户用电量预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 |  |
| 103 | 用户用电量预测-算法建模 | 首先通过模糊聚类算法将用户按用电行为分类，综合考虑历史用电量、温度、气象、湿度、日期类型、空气质量等因素；然后针对各类用户的用电特点，经仿真对比选择相适应的BP、Elman、LSTM神经网络算法构建预测模型；运用修正算法对误差较大的峰谷值进行修正，降低预测误差，提高预测精度 |  |
| 104 | 用户用电量预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 |  |
| 105 | 用户用电量预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 |  |
| 106 | 分布式光伏发电负荷短期预测-影响因素分析 | 采用关联分析技术完成影响分布式光伏发负荷的内/外部因素识别分析 | 光伏 |
| 107 | 分布式光伏发电负荷短期预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 | 光伏 |
| 108 | 分布式光伏发电负荷短期预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 | 光伏 |
| 109 | 分布式光伏发电负荷短期预测-算法建模 | 综合考虑光伏发电的波动性和随机性，以及分布式光伏电源并入配电网装机容量差异性，使用灰色关联理论构建待预测日的相似日样本集合，再使用小波变换分解法拆解相似日历史负荷情况后，使用支持向量机对每个拆解的分量进行滚动预测，最后将预测结果重构得到预测值，构建分布式光伏发电负荷短期预测模型，精准实现分布式光伏发电负荷短期预测 | 光伏 |
| 110 | 分布式光伏发电负荷短期预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 | 光伏 |
| 111 | 分布式光伏发电负荷短期预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 | 光伏 |
| 112 | 分布式光伏并网负荷预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 | 光伏 |
| 113 | 分布式光伏并网负荷预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 | 光伏 |
| 114 | 分布式光伏并网负荷预测-算法建模 | 构建光伏并网业务知识体系，生成影响光伏并网和消纳的多层影响因素“语义网”，结合发电预测模型和接入电压等因素，实现并网负荷的精准预判 | 光伏 |
| 115 | 分布式光伏并网负荷预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 | 光伏 |
| 116 | 分布式光伏并网负荷预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 | 光伏 |
| 117 | 风机发电负荷预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 | 风机 |
| 118 | 风机发电负荷预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 | 风机 |
| 119 | 风机发电负荷预测-算法建模 | 建立基于未来时刻气象、地理区位、季节情况等数据运用马尔科夫链与卡尔曼滤波等多步预测模型，获得未来趋势预测结果，精准实现风机发电负荷预测 | 风机 |
| 120 | 风机发电负荷预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 | 风机 |
| 121 | 风机发电负荷预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 | 风机 |
| 122 | 分布式光伏发电量中长期预测-因素分析 | 采用关联分析技术完成影响分布式光伏发电量的内/外部因素识别分析 | 光伏 |
| 123 | 分布式光伏发电量中长期预测-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 | 光伏 |
| 124 | 分布式光伏发电量中长期预测-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 | 光伏 |
| 125 | 分布式光伏发电量中长期预测-算法建模 | 利用模糊聚类按照关键特征将样本划分为发电高峰期、发电上升下降期和发电低谷期，根据不同时间段进行分段预测，最后利用神经网络建立不同时间段的预测模型，进而构建出分布式电源发电量预测模型，实现分布式光伏发电量的精准预测 | 光伏 |
| 126 | 分布式光伏发电量中长期预测-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 | 光伏 |
| 127 | 分布式光伏发电量中长期预测-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 | 光伏 |
| 128 | 储能充电功率预测模型-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 | 储能装置 |
| 129 | 储能充电功率预测模型-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 | 储能装置 |
| 130 | 储能充电功率预测模型-算法建模 | 构建算法模型 | 储能装置 |
| 131 | 储能充电功率预测模型-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 | 储能装置 |
| 132 | 储能充电功率预测模型-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 | 储能装置 |
| 133 | 储能放电功率预测模型-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 | 储能装置 |
| 134 | 储能放电功率预测模型-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 | 储能装置 |
| 135 | 储能放电功率预测模型-算法建模 | 综合考虑微电网内电源发电情况和用户用电情况，以季节、日期、时段、区域、不同气象类型等多重分析为基础，基于机器学习算法构建充放电功率预测模型，实现未来1至7日的构建储能放电功率预测模型，实现不同时段放电负荷预测。 | 储能装置 |
| 136 | 储能放电功率预测模型-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 | 储能装置 |
| 137 | 储能放电功率预测模型-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 | 储能装置 |
| 138 | 储能SOC预测模型-指标体系 | 获取预测模型所需基础数据，完成数据预处理工作，并结合模型实际类型和预测时间维度，开发支撑模型开发的指标体系 | 储能装置 |
| 139 | 储能SOC预测模型-特征工程 | 基于指标体系，开发特征自动生成模块，提升输入指标完整度。 | 储能装置 |
| 140 | 储能SOC预测模型-算法建模 | 构建算法模型 | 储能装置 |
| 141 | 储能SOC预测模型-模型封装 | 模型封装，便于模型的移植和复用。 | 储能装置 |
| 142 | 储能SOC预测模型-迭代优化 | 模型的自动训练、自动优化能力 | 储能装置 |
| 143 | 未来趋势预测可视化交互展示体系 | 使用实时更新、实时数据分析计算、实时数据展示、可视化状态实时刷新等技术，实时将上述未来信息同步反映至微电网场景，使得工作人员直管、生动的研判微电网未来态势。 |  |
| 144 | 微电网智能体的人工智能模型算法沉淀 | 新增 | 算法库管理 | 模型空间管理-新建空间 | 支持新建工作空间、进入空间、邀请成员、设为默认、取消默认等，空间分类：全部空间、我管理的空间、我参与的空间 |  |
| 145 | 模型空间管理-进入空间 | 空间登陆、进入功能开发 |  |
| 146 | 模型空间管理-编辑空间 | 开发空间自定义编制功能 |  |
| 147 | 模型空间管理-空间分类 | 开发空间自定义分类、标签功能 |  |
| 148 | 模型空间管理-空间应用-新建 | 在工作空间下，支持新建文件夹、新建应用、导入应用、应用模板 |  |
| 149 | 模型空间管理-空间应用-导入应用 | 模型导入功能开发 |  |
| 150 | 模型空间管理-空间应用-应用模板 | 模板应用功能开发 |  |
| 151 | 模型空间管理-空间应用-应用操作 | 支持应用的编辑、重命名、复制、导出、移动、删除等操作 |  |
| 152 | 模型分类 | 新建文件夹、添加数据表、新建SQL集、新建API数据 |  |
| 153 | 模型维护 | 支持元数据查看和维护，数据预览，数据权限管理 |  |
| 154 | 模型授权 | 支持对数据模型使用权限的分配、实现根据业务角色、业务所属机构进行数据权限控制 |  |
| 155 | 建模-自动学习 | 开发自动学习能力 |  |
| 156 | 建模-模型评估 | 回归评估、分类评估、聚类评估、时间序列评估、回归交叉验证、分类交叉验证 |  |
| 157 | 建模-模型利用 | 模型输出、 模型读取、模型利用、Python模型输出、Python模型读取、Python模型利用、PMML模型读取、PMML模型利用 |  |
| 158 | 建模-流程控制 | 子流程、 多分支 |  |
| 159 | 建模-自定义算法 | 支持自定义算法功能，允许用户通过R\Python\Java\Scala\Matlab\TensorFlow On Spark\PySpark基于平台规范封装自主算法并发布形成平台节点 |  |
| 160 | 模型设计区 | 设计区应用管理包含：新建、导入应用，使用文件夹管理应用，对应用进行编辑、重命名、复制、导出、移动、删除、发布、应用权限控制； |  |
| 161 | 模型发布-模型发布 | 对模型进行发布操作，并可取消发布等功能 |  |
| 162 | 模型发布-成果管理 | 展示发布的模型应用 |  |
| 163 | 模型发布-成果分享 | 支持将服务和调度成果分享到模型仓库，并放到指定的文件夹目录下，支持取消分享 |  |
| 164 | 模型发布-成果发布为案例 | 对模型案例的编辑应用 |  |
| 165 | 模型设计器 | 包含要素库、模型库、流程设计区域、节点描述、日志区，要素库中包含了所有的挖掘功能节点，支持建模流程的建立、运行、日志查看等 |  |
| 166 | 模型洞察-流程综述 | 展现了流程运行基本描述信息，包括：流程执行开始时间、流程结束时间、总耗时、分析工程名称、分析主题名称及流程包括哪些节点 |  |
| 167 | 模型洞察-节点洞察 | 点击洞察流程图中的节点，即可查看节点的洞察内容。包括：输入洞察，原始数据和原始数据统计信息；过程洞察，括数据处理、图表和算法时的节点设置；结果洞察，所有连接在墙上的节点端口信息，可以是任意节点的数据集/模型/参数/图表等。洞察页面的部分表格、决策树支持导出到本地 |  |
| 168 | 模型洞察-洞察报告导出 | 支持洞察报告预览功能及将洞察内容导出到Word |  |
| 169 | 模型仓库-维护文件夹目录 | 支持维护模型仓库的文件夹目录，新建/删除或重命名文件夹。 |  |
| 170 | 模型仓库-服务配置 | 支持服务信息配置、资源配置、流程参数配置、开启、点击测试服务、下载SDK、下载示例代码等。 |  |
| 171 | 模型仓库-服务监控-调用情况 | 支持查看服务的日调用次数变化趋势、调用系统列表、服务调用成功率/失败率、调用响应时间表等 |  |
| 172 | 模型仓库-服务监控-运行情况 | 支持查看服务的调用记录，包括调用系统、调用结果、调用日期、执行耗时、下载日志等 |  |
| 173 | 模型仓库-服务审计 | 支持查看服务的日志记录，包括操作内容、操作人、调用日期等 |  |
| 174 | 模型仓库-成果监测 | 支持查看所有以发布的异步服务、同步服务、灰度服务、流服务和调度任务 |  |
| 175 | 挖掘部署 | 支持Spark on yarn jar包管理及查看部署日志 |  |
| 176 | 挖掘配置 | 支持“嵌入模式”、“云模式（yarn）”和“云模式（k8s）“三种部署方式，并且进行相关配置 |  |
| 177 | 挖掘参数 | 支持配置“文件输入”节点的日期类型匹配模式；“文件输入”上传大小限制及“文件输出”节点 下载文件的大小限制；python扩展编程校验时间设置；断点缓存清除策略设置； |  |
| 178 | 示例代码 | 支持维护扩展编程节点的示例代码，支持新增、编辑、删除示例代码 |  |
| 179 | 案例模板 | 支持维护案例库案例，包括公共案例和私有案例，支持新增、编辑、删除、授权案例库案例 |  |
| 180 | 信号分析 | 支持用于管理平台信号分析模块的相关算法和基础参数，包括自定义算法、公共方法和基础参数 |  |
| 181 | 组织用户-组织人员同步 | 支持查看组织固定编码、固定编码值、XPATH（值）、备注、编辑操作 |  |
| 182 | 组织用户-组织机构 | 对平台的组织机构进行统一定义与管理，用于后续功能、数据、成果的授权 |  |
| 183 | 组织用户-人员维护 | 对平台的使用人员进行统一定义与维护，用于后续功能、数据、成果的授权 |  |
| 184 | 组织用户-角色维护 | 对平台的角色信息进行统一定义与维护，用于后续功能、数据、成果的授权 |  |
| 185 | 组织用户-用户维护 | 对平台的用户信息进行统一定义与维护，用于后续功能、数据、成果的授权 |  |
| 186 | 组织用户-工作组维护 | 对平台的组信息进行统一定义与维护，用于后续功能、数据、成果的授权 |  |
| 187 | 资源管理-系统授权 | 对平台系统角色、数据工厂角色、数据管理角色、机器学习角色、可视化分析角色分布进行人员配置，支持在指定角色下添加或删除人员 |  |
| 188 | 系统日志 | 提供系统日志查询功能，包括登录日志、错误日志、访问日志、操作日志等。 |  |
| 189 | 接口管理 | 支持用户查看AI同步服务AI异步服务，或者新建服务并管理新建的服务组及服务 |  |
| 190 | 典型算法沉淀 | 单耦合负荷预测类模型 | 光伏短期负荷预测模型、热泵负荷需求预测、联络线净功率预测、用户负荷预测 |  |
| 191 | 多耦合综合负荷预测类模型 | 微网与配电网互济模型、微网自治优化模型 |  |
| 192 | 协调运行类优化模型 | 微电网经济优化模型、微电网绿色用电优化模型、微电网安全运行优化模型 |  |
| 193 | 调控策略类模型 | 微网集群优化调度模型、热泵集群控制策略 |  |
| 194 | 基于数字孪生的“源-网-荷-储”优化协调 | 新增 | 基础性研究工作 | 优化技术研究 | 攻关GA、SOS、PSO、ACO、DE等群体智能算法，Min-Min算法、Min-Max算法、HEFT算法等常规优化算法等，对比各种算法在求解性能、算法复杂度上的优缺点。 |  |
| 195 | 能流综合约束体系构建 | 基于质量守恒与动量守恒方程等构建网络拓扑及能流耦合约束，获取设备独立、设备耦合、网络拓扑、系统可靠性、系统安全性、系统环保性等约束，构建基于知识图谱技术的能流综合约束体系 |  |
| 196 | 储能参与调峰备用的响应优化 | 储能充放电规律画像 | 通过设计并开发充能充放电指标体系，展现储能充电电规律特点。 | 储能装置 |
| 197 | 微电网母线调峰窗口分析 | 对电网数据进行分析，计算净负荷峰谷差率，得到该电网的调峰时间窗。 | 储能装置 |
| 198 | 现有储能调峰深度分析 | 提供：存在电网的调峰深度经验和缺少电网调峰经验的两种调峰深度分析方法，为策略制定提供高效指导。 | 储能装置 |
| 199 | 储能充放电控制成本分析 | 基于储能装置的投运年限、投运时长，充放电策略切换损耗进行综合分析，实现充放电成本分析。 | 储能装置 |
| 200 | 储能状态动态分时随机性波动分析 | 设计动态分时随机性扰动生成模型，综合考虑用户需求、储能SOC和分布式电源出力情况开展不同时段的随机性波动分析。 | 储能装置 |
| 201 | 直接负荷控制策略 | 设计直接负荷控制策略，当SOC及分布式电源无法支撑用户时，通过直接控制可控负荷负载，维持微网正常运行。 | 储能装置 |
| 202 | 储能参与调峰备用目标函数设计 | 基于储能数量、储能时段运行成本、储能充电放电价格、储能充电放电功率、储能荷电状态、储能最大最小允许荷电状态、储能额定容量和其他智能体的负荷、电量、温度、上网电量，考虑绿色环保、经济效率、用户满意度设计目标函数。 | 储能装置 |
| 203 | 储能参与调峰备用约束条件设计 | 结合目标函数设计综合约束条件，避免储能、分布式电源、储能等出现数据不精确，导致异常问题，策略无法开展的现象。 | 储能装置 |
| 204 | 动态加权双层多目标粒子群优化算法开发 | 采用实时计算框架设计开发基于动态模糊评价改进的粒子群优化算法开发。 | 储能装置 |
| 205 | 储能参与调峰备用的响应优化策略生成 | 将目标函数、约束条件函数综合考虑，通过对粒子群的种群初始化方案、优化迭代方案、跳出局部最优方案、停止迭代方案进行适用性开发设计，生成优化策略，并存储至相关位置。 | 储能装置 |
| 206 | 储能参与调峰备用的响应数据传输及应用体系开发 | 基于数字孪生一体化平台生成策略到控制储能整条数据传输路径打通，并验证时效性，保证落地效能。 | 储能装置 |
| 207 | 储能参与调峰备用的响应优化可视化交互展示体系开发 | 指令控制储能的可视化模拟展示，实时反映储能模拟状态。 | 储能装置 |
| 208 | 微电网可控负荷集群控制指标体系 | 影响可控负荷的内部因素分析 | 采用聚类分析技术，构建可控负荷用电规律类别识别模型，实现不同负荷波动的类别和典型曲线。 | 可控负荷 |
| 209 | 影响可控负荷波动的外部因素识别 | 采用关联规则技术，识别影响负荷波动的环境因素、时间因素、事件因素等维度的因素。 | 可控负荷 |
| 210 | 基于随机理论的可控负荷波动分析 | 采用随机性理论分析可控负荷波动的不可预测、非规律性，保证分析结论的科学性。 | 可控负荷 |
| 211 | 可控负荷指标体系构建-经济类 | 根据因素类别建立多类指标的可控负荷包含：GDP、企业营收、人均GDP等的经济指标； | 可控负荷 |
| 212 | 可控负荷指标体系构建-电力类 | 根据因素类别建立多类指标的可控负荷关系用户类别、区域网架结构、源网荷储设备配比等的电力指标； | 可控负荷 |
| 213 | 可控负荷指标体系构建-气象类 | 根据因素类别建立多类指标的可控负荷关系温度、降水量、降雨量等的气象指标； | 可控负荷 |
| 214 | 可控负荷指标体系构建-时间类 | 根据因素类别建立多类指标的可控负荷关系日、月、年负荷的时间指标； | 可控负荷 |
| 215 | 可控负荷指标体系构建-事件类 | 根据因素类别建立多类指标的可控负荷关系疫情、关键事件等的重大事件指标； | 可控负荷 |
| 216 | 可控负荷指标体系构建-政策类 | 根据因素类别建立多类指标的可控负荷关系政府政策、国网政策等的政策类指标； | 可控负荷 |
| 217 | 可控负荷约束条件设计开发 | 设计并开发可控负荷的约束条件，支撑优化策略生成和整体目标函数设计工作。 | 可控负荷 |
| 218 | 微电网可控负荷集群可调控潜力模型开发 | 采用人工智能算法，获取各时段可控负荷可运行数量与启停台数，实现可控负荷控制潜力的精准识别 | 可控负荷 |
| 219 | 可控负荷集群控制优化协调数据传输及应用体系开发 | 基于数字孪生一体化平台生成指标体系，并验证时效性，保证落地效能。 | 可控负荷 |
| 220 | 可控负荷优化目标函数设计开发 | 考虑参数为可控负荷最大运行数量、可控负荷能效系数、温度上限、温度下限、温度波动裕度、单台可控负荷额定出力、用户负荷需求设计目标函数 | 可控负荷 |
| 221 | 可控负荷优化约束条件设计开发 | 设计以可控负荷最大功率为主的可控负荷约束条件。 | 可控负荷 |
| 222 | 基于随机理论的可控负荷参与协调控制预估模型开发 | 考虑可控负荷控制的不确定性，设计并开发基于随机理论的可控负荷参与度预估模型，模拟可控负荷参与控制情况，保证模型精准度。 | 可控负荷 |
| 223 | 基础多目标优化算法开发 | 基于实时计算框架的多目标群体智能优化算法开发部署。 | 可控负荷 |
| 224 | 微电网可控负荷集群控制优化协调策略生成模型开发 | 以经济性和其他智能体策略最优为目标，采用人工智能平台多目标优化算法，获取各时段可控负荷可运行数量与启停台数，实现可控负荷控制目标的精准选取 | 可控负荷 |
| 225 | 可控负荷集群控制优化协调指令传输及应用体系开发 | 基于数字孪生一体化平台生成策略到控制可控负荷整条指令传输路径打通，并验证时效性，保证落地效能。 | 可控负荷 |
| 226 | 微电网内部自治优化 | 微网内部多智能体协调优化体系设计开发 | 设计并开发微网内分布式电源、负荷、电池等智能体信息交互、策略交互体系，保证相关信息的实时双向互通和矛盾性问题处理。 | 源网荷储设备 |
| 227 | 分布式光伏发电负荷聚类分析 | 采用聚类分析技术对分布式光伏的发电负荷进行聚类，得到多个类别的曲线类型支撑后续分析工作。 |  |
| 228 | 发电负荷曲线类别与气象的关联分析 | 基于气象类型和曲线类别，形成属于不同气象类型的曲线类别，支撑策略制定工作。 |  |
| 229 | 基于区间滚动分析的负荷曲线分级 | 基于区间滚动分析技术，对不同的曲线按时刻分级，最后形成能够辅助策略生成的分布式光伏发电能量供给数据基础 |  |
| 230 | 不同气象类型的风速随机性模拟生成 | 结合气象预测数据和随机性理论模拟风速问题，支撑风机发电负荷曲线分析工作。 |  |
| 231 | 基于小波分解的风机发电负荷波动性消除 | 通过小波分解消弱异常波动的影响，得到相对平滑的风机发电负荷曲线。 |  |
| 232 | 风机发电负荷聚类分析 | 采用聚类分析技术对分布式光伏的发电负荷进行聚类，得到多个类别的曲线类型支撑后续分析工作。 |  |
| 233 | 风机发电负荷曲线类别与气象的关联分析 | 基于气象类型和曲线类别，形成属于不同气象类型的曲线类别，支撑策略制定工作。 |  |
| 234 | 基于区间滚动分析的风机负荷曲线分级 | 基于区间滚动分析技术，对不同的风机曲线按时刻分级，最后形成能够辅助策略生成的分布式光伏发电能量供给数据基础 |  |
| 235 | 微电网内部电源能量供给情况预测模型 | 在保障不影响储能设备稳定性的前提下，基于气象数据和储能容量、SOC等情况，预测微电网内部能量供给情况，用以支撑策略制定。 | 源网荷储设备 |
| 236 | 微电网内部自治优化目标函数设计开发 | 以台区自平横为主要优化目标，考虑分布式电源、负荷控制、储能SOC等情况，设计目标函数。 | 源网荷储设备 |
| 237 | 微电网内部自治优化约束条件设计开发 | 考虑微网内部最大能量供给力、分布式电源供给力、储能放电负荷、用户负荷需求等设计微网约束条件，保证策略生成合理性。 | 源网荷储设备 |
| 238 | 可控负荷负载释放指令触发模块设计开发 | 设计中级可控负荷控制模块，指令等级高于普通指令等级，可控负荷控制终端听从高级指令。 | 源网荷储设备 |
| 239 | 分布式电源充放电指令触发模块设计开发 | 设计中级分布式电源控制模块，指令等级高于普通指令等级，分布式电源控制终端听从高级指令。 | 源网荷储设备 |
| 240 | 储能充放电指令触发模块设计开发 | 设计中级储能控制模块，指令等级高于普通指令等级，储能控制终端听从高级指令。 | 源网荷储设备 |
| 241 | 基于群体智能的基础优化算法开发 | 基于实时计算框架开发遗传、蚁群、差分进化等基础群体智能优化算法。 | 源网荷储设备 |
| 242 | 微电网内部自治优化策略生成模型开发 | 实现区域内各子微网的自治优化，以小时级用电负荷预测、风光出力预测、储能装置SOC等智能体预测模型输出的预测数据为基础，通过开发最优能量调度算法，以“能源就近利用”为原则实现自我平衡。当出现储能设备功率和光伏发电功率不足以支撑微电网稳定运行时，算法模型能够计算出需要释放的可控负载、调度母线或其他微电网能量大小，进而实现基于微电网的源储荷各单元状态的组合和转换调度策略原理的负荷投切，进而保障微电网的稳定运行。 | 源网荷储设备 |
| 243 | 微电网内部自治优化数据传输及应用体系开发 | 基于数字孪生一体化平台生成“中级”策略到控制微网源网荷储整条数据传输路径打通，并验证时效性，保证落地效能。 | 源网荷储设备 |
| 244 | 微电网内部自治优化可视化交互展示体系开发 | “中级”指令控制源网荷储设备的可视化模拟展示，实时反映微网内部模拟状态。 | 源网荷储设备 |
| 245 | 微电网与微电网协同互济 | 微电网与微电网间协同交互体系设计开发 | 设计并开发微网间分布式电源、负荷、电池等智能体信息交互、策略交互体系，保证相关信息的实时双向互通和矛盾性问题处理。 | 源网荷储设备 |
| 246 | 多层级指令优先级触发体系设计开发 | 设计高级指令执行模块，高级指令等级高于初级及中级指令，存在高级指令时只下发高级指令。 | 源网荷储设备 |
| 247 | 微网间协同互济目标函数设计开发 | 以微电网内部自治策略为基础，以尽量降低使用母线能量、提升新能源电源的消纳水平为目标，设计多目标优化函数。 | 源网荷储设备 |
| 248 | 微网间协同互济约束条件设计开发 | 通过考虑母线、微网内容的能量，电源、储能最大提供能量设计约束条件，保证策略可执行性。 | 源网荷储设备 |
| 249 | 微电网能量供给情况判定模型 | 通过开发算法模型实现面向微电网整体的能量流动和可调度情况分析模型，实现能量流动现状的精准掌控。 | 源网荷储设备 |
| 250 | 从微电网协调能量大小情况判定 | 结合当前微电网的异常情况、能量损耗情况等因素，精准判断出需要协调的能量大小，支撑目标制定工作。 | 源网荷储设备 |
| 251 | 多层级多智能体多目标优化算法开发 | 基于实时计算框架开发SOS群体智能优化算法 | 源网荷储设备 |
| 252 | 微电网与微电网协同互济策略生成模型开发 | 实现当微电网内部无法实现能量供应时，综合分析母线上各个微电网的能量供给情况，优先调度其他能量充足微电网能量，若外部微电网能量依然无法满足子微网稳定运行时则调度母线功率，保障微电网稳定运行。微电网是外部电网的有效补充，提高外部电网的可靠性和弹性，外部电网为微网提供保底供电服务，网对网的相对独立相互支撑双向服务。 | 源网荷储设备 |
| 253 | 微电网与微电网协同互济数据传输及应用体系开发 | 基于数字孪生一体化平台生成“高级”策略到控制微网源网荷储整条数据传输路径打通，并验证时效性，保证落地效能。 | 源网荷储设备 |
| 254 | 微电网与微电网协同互济可视化交互展示体系开发 | “高级”指令控制源网荷储设备的可视化模拟展示，实时反映微网模拟状态。 | 源网荷储设备 |
| 255 | 微电网与配电网优化互济 | 子微网动态响应评估模型 | 结合光伏预测情况、储能预测情况、热泵负荷等的预测情况，评估各类设备可调控空间，用以支撑目标制定。 | 源网荷储设备 |
| 256 | 处于配电网负荷低谷期时目标函数设计开发 | 在负荷低谷期根据历史用电信息，光伏发电量预测信息、储能信息、可控负荷信息、用户行为分析、经济发展规划设计以经济最优为目标、以保证电网运行可靠性、绿色最优的目标函数。 | 源网荷储设备 |
| 257 | 处于配电网负荷低谷期时约束条件设计开发 | 以能量平衡约束、能量转换出力约束为主设计微电网与配电网处于低谷时优化互济约束条件 | 源网荷储设备 |
| 258 | 处于配电网负荷低谷期时的多微电网协同调度策略生成模型 | 基于群体智能算法构建处于配电网负荷低谷期时的多微电网协同调度策略模型 | 源网荷储设备 |
| 259 | 处于配电网负荷平时期时目标函数设计开发 | 在负荷低谷期根据历史用电信息，光伏发电量预测信息、储能信息、可控负荷信息、用户行为分析、经济发展规划设计以经济最优为目标、以保证电网运行可靠性、绿色最优的目标函数。 | 源网荷储设备 |
| 260 | 处于配电网负荷平时期时约束条件设计开发 | 以能量平衡约束、能量转换出力约束为主设计微电网与配电网处于平谷时优化互济约束条件 | 源网荷储设备 |
| 261 | 处于配电网负荷平时期时的多微电网协同调度策略生成模型 | 基于群体智能算法构建处于配电网负荷平时期的多微电网协同调度策略 | 源网荷储设备 |
| 262 | 处于配电网负荷高峰期时目标函数设计开发 | 在负荷低谷期根据历史用电信息，光伏发电量预测信息、储能信息、可控负荷信息、用户行为分析、经济发展规划设计以经济最优为目标、以保证电网运行可靠性、绿色最优的目标函数。 | 源网荷储设备 |
| 263 | 处于配电网负荷高峰期时约束条件设计开发 | 以能量平衡约束、能量转换出力约束为主设计微电网与配电网处于高峰时优化互济约束条件 | 源网荷储设备 |
| 264 | 处于配电网负荷高峰期时的多微电网协同调度策略生成模型 | 基于群体智能算法构建处于配电网负荷高峰期时的多微电网协同调度策略 | 源网荷储设备 |
| 265 | 微电网与配电网优化互济数据传输及应用体系开发 | 基于数字孪生微服务群生成策略到控制配网至微网源网荷储整条数据传输路径打通，并验证时效性，保证落地效能。 | 源网荷储设备 |
| 266 | 微电网与配电网优化互济可视化交互展示体系开发 | 指令控制配网及微网源网荷储设备的可视化模拟展示，实时反映微电网模拟状态。 | 源网荷储设备 |
| 267 | 微网离网状态下的“源-网-荷-储”优化协调 | 离网状态下微网目标函数设计开发 | 综合考虑预期停电时长、可控负荷控制目标、分布式电源供给能力等基础性因素设计目标函数，保证客户满意度和用户利益。 | 源网荷储设备 |
| 268 | 离网状态下微网约束条件设计开发 | 从电池最大供给能力、储能最大供能能力、可控负荷最大释放能力等方面设计约束条件，保障策略可执行度。 | 源网荷储设备 |
| 269 | 离网状态下主储能无缝切换及黑启动策略融合开发 | 依托10kV主储能无缝切换和黑启动能力，采用高级指令置入MGCC中央管理系统，开发双指令协同控制模块，控制储能充放电。 | 源网荷储设备 |
| 270 | 微网离网状态下的“源-网-荷-储”优化协调策略生成模型开发 | 基于用电负荷需求预测结论，融合微电网内部、微电网间和微电网配电网的协同优化策略，形成面向离网状态的多目标、多层级协同优化策略，实现微电网内部、微电网间和主储能的能量流动调度管理，保障微电网的稳定运行和客户满意度。 | 源网荷储设备 |
| 271 | 微网离网状态下的“源-网-荷-储”优化协调数据传输及应用体系开发 | 基于数字孪生一体化平台生成策略到控制配网至微网源网荷储整条数据传输路径打通（离网状态），并验证时效性，保证落地效能。 | 源网荷储设备 |
| 272 | 微网离网状态下的“源-网-荷-储”优化协调可视化交互展示体系开发 | 指令控制配网及微网源网荷储设备的可视化模拟展示（离网状态），实时反映离网情况下微电网模拟状态。 | 源网荷储设备 |
| 273 | 优化协调策略 | 优化协调策略控制体系开发 | 在源网荷储资源技术特性条件约束下，与配网系统调峰能力相匹配的资源的最优组合机器投运优先顺序，体现源网荷储资源间互补互济的深度协同能力，基于群体智能算法完成不同渗透率与系统调峰能力的动态匹配，优化结果可通过智慧能源管控系统的部署支撑能量控制、指令控制等，实现策略的落地应用。 | 源网荷储设备 |
| 274 | 基于数字孪生的数据驱动仿真推演 | 新增 | 基于数字孪生的数据驱动仿真推演 | 仿真推演平台实时映射能力适用性改造开发 | 二次开发仿真推演平台的实时映射能力，并于可视化平台数据映射保持同步，避免数据展示矛盾性。 | 源网荷储设备 |
| 275 | 仿真推演平台机理模型结论生成验证模型开发 | 结合实际数据和仿真推演结论数据，开发精准度和偏差分析模型和可视化展示模型，验证并展现仿真推演模型精度。 | 源网荷储设备 |
| 276 | 机理模型与数理模型串行融合框架开发 | 数理模型未来预测结果作为机理模型数据，实现未来状态数据推理计算。 | 源网荷储设备 |
| 277 | 机理模型与数理模型并行融合框架开发 | 综合数理模型结果和机理模型结果，在验证空间结合实际结论优化结果权重。机理模型推演结论或过程数据作为数理模型的特征，构建模型提升整体结果精准度。 | 源网荷储设备 |
| 278 | 机理模型与数理模型深度融合使用框架开发 | 使用数理模型结果指导或直接优化机理模型权重、参数，提升模型精度（可双向）。 | 源网荷储设备 |
| 279 | 可调负荷资源推演 | 削峰填谷能力、电压质量以及功率主动调节能力等多目标要素选择 | 源网荷储设备 |
| 280 | 考虑经济性、微网运行稳定性等因素，通过算法模型实现可转移负荷仿真推演 | 源网荷储设备 |
| 281 | 考虑经济性、微网运行稳定性等因素，通过算法模型实现可中断负荷仿真推演 | 源网荷储设备 |
| 282 | 不同场景下台区、光伏、热泵、储能等资源优化仿真推演 | 源网荷储设备 |
| 283 | 故障仿真推演 | 建立配电网络智能分布式拓扑以及潮流计算全过程的算法模型配置，如N-1潮流计算等 | 源网荷储设备 |
| 284 | 实现配电系统短路故障模拟 | 源网荷储设备 |
| 285 | 实现配电系统故障定位 | 源网荷储设备 |
| 286 | 实现配电系统故障快速自愈的仿真测试 | 源网荷储设备 |
| 287 | 实现配电系统故障快速自愈的算法校验 | 源网荷储设备 |
| 288 | 设备状态推演 | 设备状态调控目标（如设备越限）选择 | 源网荷储设备 |
| 289 | 设备状态调控时间选择 | 源网荷储设备 |
| 290 | 设备状态维持时间选择 | 源网荷储设备 |
| 291 | 设备调控优先级选择 | 源网荷储设备 |
| 292 | 实现用电负荷、热泵功率、储能功能模拟运行交互展示 | 源网荷储设备 |
| 293 | 实现用电负荷、热泵功率、储能功能模拟运行策略展示 | 源网荷储设备 |
| 294 | 并网离网无缝切换推演 | 并网转离网时间选择 | 源网荷储设备 |
| 295 | 控制策略配置（如网内负荷受暂态功率失衡影响最小） | 源网荷储设备 |
| 296 | 并网转离网电压畸变仿真判断 | 源网荷储设备 |
| 297 | 并网转离网电流畸变仿真判断 | 源网荷储设备 |
| 298 | 并网转离网负荷畸变仿真判断 | 源网荷储设备 |
| 299 | 切换推演结果展示（是否无缝切换） | 源网荷储设备 |
| 300 | 潮流仿真推演 | 通过输入微网各个源网荷储节点的参数，可直接生成动态潮流流向，支撑损耗计算、能量调度等策略制定。 | 源网荷储设备 |
| 301 | 源网荷储节点的参数项选择 | 源网荷储设备 |
| 302 | 仿真时间范围选择 | 源网荷储设备 |
| 303 | 动态潮流流向生成 | 源网荷储设备 |
| 304 | 潮流仿真结果导出 | 源网荷储设备 |
| 305 | 能量损耗仿真推演 | 基于机理模型和数理模型融合情况，可推演各个网段的能量损耗情况。 | 源网荷储设备 |
| 306 | 仿真推演数据传输及应用体系开发 | 打通仿真推演结论至数字孪生一体化平台，至调度系统、能量管理系统、物管平台，至控制设备的数据链路通道。 | 源网荷储设备 |
| 307 | 实现仿真推演算法调用，运行支撑推演过程 | 源网荷储设备 |
| 308 | 实现业务流等仿真资源提供，形成典型仿真算例 | 源网荷储设备 |
| 309 | 仿真推演可视化交互展示体系开发 | 仿真推演结论的可视化模拟展示，实时反映仿真推演模拟状态。 | 源网荷储设备 |
| 310 | “源网荷储”数字孪生微电网系统 | 新增 | 数字孪生微电网体系框架设计 | 数字孪生微电网体系框架设计 | 基于新型电力系统框架体系三区四层设计数字孪生微电网框架体系，并基于此开展项目实施。 |  |
| 311 | 用户登陆 | 登陆界面样式设计 | UI工程师完成登陆界面的设计 |  |
| 312 | 验证码输入提醒 | 为保障登陆安全开发验证码数据过程 |  |
| 313 | 密码设置安全等级限制级提醒 | 为保证用户安全，设计开发强口令设置提醒和要求功能 |  |
| 314 | 密码定期修改限制及提醒 | 定期更新密码提醒功能 |  |
| 315 | 场景展示面板 | 场景展示界面UI设计-数字孪生体 | 源网荷储数字孪生微电网场景展示UI设计 |  |
| 316 | 场景展示界面UI设计-一图三态 | 源网荷储数字孪生微电网场景展示UI设计 |  |
| 317 | 场景展示界面UI设计-优化协调 | 源网荷储数字孪生微电网场景展示UI设计 |  |
| 318 | 场景展示界面UI设计-仿真推演 | 源网荷储数字孪生微电网场景展示UI设计 |  |
| 319 | 场景展示界面前端开发-数字孪生体 | 源网荷储数字孪生微电网场景前端开发 |  |
| 320 | 场景展示界面前端开发-一图三态 | 源网荷储数字孪生微电网场景前端开发 |  |
| 321 | 场景展示界面前端开发-优化协调 | 源网荷储数字孪生微电网场景前端开发 |  |
| 322 | 场景展示界面前端开发-仿真推演 | 源网荷储数字孪生微电网场景前端开发 |  |
| 323 | 场景切换点击功能开发 | 设计场景切换功能，用于调取不同场景界面 |  |
| 324 | 场景分辨率自适应能力开发 | 开发自适应能力，保障在不同分辨率大屏下的正常展示 |  |
| 325 | 数据统一性标准设计 | 算法模型结论统一性数模设计 | 设计可交互、可匹配的适用性算法模型结论存储数据模型 |  |
| 326 | 影像信息标准性存储格式规范 | 设计标准，限制影像信息的存储格式，保证存储信息可被使用。 |  |
| 327 | 倾斜摄影信息标准型存储格式规范 | 倾斜摄影数据的存储格式，保证存储信息可被使用。 |  |
| 328 | 激光点源信息标准型存储格式规范 | 激光点源数据的存储格式，保证存储信息可被使用。 |  |
| 329 | 算法模型标准格式制定 | 标准制定 |  |
| 330 | 算法模型入库标准制定 | 标准制定 |  |
| 331 | 场景应用申请标准制定 | 标准制定 |  |
| 332 | 三维模型构建标准格式规范 | 考虑三维模型的可复用性和可移植性，设计三维模型建模校准，规范模型构建。 |  |
| 333 | 数据接口适用性开发设计 | 数据中台API开发 | 编制各类数据获取脚本并基于数据中台生成API，保证中台数据能够于数字孪生一体化平台的互联互通。 |  |
| 334 | 实时量测中心hbase实时数据读取程序开发 | 编制从hbase获取数据的程序，和基于flink的数据处理程序，最后生成API使得一体化平台可读取使用程序。 |  |
| 335 | 卡夫卡实时数据接口程序开发 | 平台开发卡夫卡接口，保证实施数据接入和展示。 |  |
| 336 | dblink接口开发 | 平台内部按项目执行度开发多个oracle数据库，并采用dblink实现内部数据库的互联互通，保证模型训练样本的质量。 |  |
| 337 | OGG接口程序开发 | 开发OGG程序，实现部分数据的同步处理。 |  |
| 338 |  | IOTDB集成HDFS部署 | 基于分布式集群情况，采用HDFS部署模式部署IOTDB时序数据库，保证时序数据的存储计算和应用。 |  |
| 339 | IOTDB性能优化 | 考虑磁盘IO、服务器 CPU 核数、线程池 SessionPool 的容量等优化数据库性能。 |  |
| 340 | 结合spark的框架开发 | 为IOTDB满足实时的统计分析，开发程序实现于spark、hive等做离线的统计分析 |  |
| 341 | 结合hive的框架开发 |  |
| 342 | 样本数据库开发 | oracle数据库开发 | 开发样本库和结果数据oracle数据库 |  |
| 343 | mysql数据库开发 | 开发mysql数据库 |  |
| 344 | hive库开发 | 基于分布式进群开发hive库 |  |
| 345 | 非结构化数据库开发 | NoSQL库开发 | 部署开发非结构化NoSQL库 |  |
| 346 | hdfs库开发 | 部署开发hdfs库 |  |
| 347 | 人工智能平台集成开发 | 数据流转程序开发 | 开发程序实现人工智能平台使用的数据可从数字孪生本地库获取，生成的结论数据可流转至可视化平台和策略平台 |  |
| 348 | 模型自动训练能力开发 | 开发程序保证模型实现自动训练 |  |
| 349 | 模型自动优化能力开发 | 开发程序保证模型能够在特征、参数等方面进行自动优化 |  |
| 350 | 模型调用能力 | 开发自动化程序，保证可视化平台可调用特性算法模型，保证系统功能完整性。 |  |
| 351 | 自动特征工程能力 | 搭建自动特征工程生成框架，辅助优化建模工作。 |  |
| 352 | 界面统一管理 | 二次开发展示界面，保证于数字孪生一体化平台的兼容性。 |  |
| 353 | 仿真推演平台集成开发 | 仿真推演内核程序调用 | 开发程序保证人工智能平台能够调用仿真推演平台的内核程序。 |  |
| 354 | 仿真推演结论集成应用程序开发 | 开发程序解析仿真推演平台的结论性数据，并存储至本地，映射至可视化平台。 |  |
| 355 | 仿真推演平台过程参数解析程序开发 | 开发程序解析仿真推演平台的过程性数据，并存储至本地，映射至可视化平台。 |  |
| 356 | 仿真推演平台部署及适用性改造二次开发 | 对仿真推演平台的数据接入、数据输出、环境要求、服务器性能要求惊醒适用性改造，保证平台的正常部署和应用。 |  |
| 357 | 知识图谱内核集成 | 知识图谱内核开发 | 基于知识图谱技术开发知识图内核 |  |
| 358 | 知识图谱部署及体系构建 | 适用于数字孪生一体化的部署逻辑及应用模型搭建 |  |
| 359 | 数据知识图谱关系 | 采用知识图谱技术管理数字孪生应用各类基础数据 |  |
| 360 | 算法模型知识图谱关系 | 采用知识图谱技术管理支撑数字孪生应用的各类算法模型 |  |
| 361 | 三维模型知识图谱关系 | 采用知识图谱技术管理各类三维模型 |  |
| 362 | 知识图谱隐藏知识挖掘体系 | 基于知识图谱平台，开发隐藏知识挖掘能力，辅助算法模型优化开发。 |  |
| 363 | 知识图谱图谱化展示能力开发 | 开发图谱化展示能力 |  |
| 364 | 知识图谱搜索功能开发 | 采用知识图谱技术，开发数据、模型、应用的关联搜索功能。 |  |
| 365 | 本体建模能力开发 | 知识图谱自助式、个性化本体建模能力开发 |  |
| 366 | 实例化任务管理能力开发 | 实例化任务管理能力开发 |  |
| 367 | 管理权限开发 | 管理权限开发 |  |
| 368 | 场景应用支撑能力 | 场景应用支撑能力 |  |
| 369 | 可视化展示平台集成开发 | 可视化平台高性能服务器环境搭建 | 结合可视化平台对服务器CPU、GPU、硬盘、操作系统的需求，改造服务器环境使其适配相关系统。 |  |
| 370 | 可视化平台部署及接口应用性改造 | 部署可视化平台，并改造数据接口使其于一体化平台数据库、渲染平台等实现数据的互联互通。 |  |
| 371 | 可视化平台调用启动及防火墙设计 | 在一体化平台中设计逻辑可唤醒可视化平台并保证功能的调用，开发账号权限保证不同账号具有不同的操作权限。 |  |
| 372 | 适用性API开发 | 开发通用性API保证平台功能可调用 |  |
| 373 | 界面二次开发 | 基于业务需求对在界面中开展二次开发以达到新增功能的展示 |  |
| 374 | 可视化平台界面统一管理 | 二次开发展示界面，保证于数字孪生一体化平台的兼容性。 |  |
| 375 | 用户管理功能设计开发 | 超级管理员 | 系统最高权限管理员 |  |
| 376 | 管理员 | 各部门分支管理员 |  |
| 377 | 用户 | 普通使用平台用户 |  |
| 378 | 登陆安全检测 | IP自动识别、陌生程序识别 |  |
| 379 | 登陆IP记录识别分析，应用活跃度分析 | 溯源功能开发和应用活跃度统计分析、性能预估计算 |  |
| 380 | 工单业务流转功能设计开发 | 发起 | 发起 |  |
| 381 | 节点审核 | 节点审核 |  |
| 382 | 材料填报、存储 | 材料填报、存储 |  |
| 383 | 驳回 | 驳回 |  |
| 384 | 回退 | 回退 |  |
| 385 | 流转完结 | 流转完结 |  |
| 386 | 任务派发 | 任务派发 |  |
| 387 | 安全防护体系 | 数据存储安全 | 数据存储安全框架设计及开发 |  |
| 388 | 数据流转安全 | 数据加密技术 |  |
| 389 | 系统安全 | 系统防攻击等安全策略开发 |  |
| 390 | 系统可靠性 | 系统使用性能及故障应急处理备用行功能开发 |  |