



2023 能源工业互联网 案例集

关注艾钢云

添加客服微信
获取更多的行业报告
及数字化产品解决方案

行业报告仅供个人学习与
交流，不可用于商业用途



中国工业互联网研究院

能源工业互联网联合创新中心

2023 年 11 月

声明

本案例集所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本案例集所有材料或内容的知识产权归能源工业互联网联合创新中心相关企业所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本中心并获得案例提供单位授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将案例集的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本中心将追究其相关法律责任。

能源工业互联网联合创新中心

邮箱：iceii@china-aii.com

前 言

习近平总书记在党的二十大报告中指出，“深入推进能源革命，加强煤炭清洁高效利用，加快规划建设新型能源体系”“立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动”。随着我国经济社会的快速发展和不断融入国际经济体系，我国的能源供需环境和能源安全环境发生了重大变化。在此背景下，全行业坚决贯彻落实习近平总书记关于能源工作的重要指示批示精神，深度推进能源革命，确保国家能源安全，促进能源高质量发展。

第四次工业革命来临之际，大数据、物联网、人工智能和区块链等技术的快速发展，为能源行业的转型升级提供了强大的动力。同时，随着全球气候变化的日益严峻，我国提出“双碳”发展目标，积极倡导节能降碳，推动全社会绿色低碳发展。能源行业作为碳减排主战场，需要加快技术创新、提高能源效率、推广清洁能源，构建清洁低碳安全高效的新型能源体系。

能源行业数字化转型已经成为全行业共识。今年3月，国家能源局发布《关于加快推进能源数字化智能化发展的若干意见》，目标提出能源系统运行和管理模式向全面标准化、深度数字化和高度智能化加速转变。先进技术的发展为能源行业提供了更多的可能性。物联网、云计算、大数据、人工智能等技术的运用使能源企业可以更加高效地收集、处理和分析能源数据。区块链技术为能源交易提供更加透明、

安全和可信的解决方案。能源企业通过建设一批数字化转型试点项目，在积极拥抱新一代信息技术的同时，初步探索形成了能源行业与工业互联网的融合创新应用模式。

为创造能源工业互联网协同创新生态，鼓励新技术和新模式在能源行业不断落地，能源工业互联网联合创新中心（简称能创中心）自2019年11月成立以来，积极打造行业生态优势力量，紧密跟踪能源与工业互联网融合创新成果，已连续三年向社会发布案例集。今年，能创中心继续组织案例编纂，三个月时间征集能源工业互联网领域最新应用案例近100份。经专家评审，最终45份优秀案例脱颖而出，编入《2023能源工业互联网案例集》。案例按应用场景分为6个方向，包括发电清洁低碳转型、新型电力系统建设、能源消费节能提效、数字能源生态构建、能源安全生产、网络安全保障。这些精选案例展示了我国能源工业互联网领域的技术创新成果，彰显了能源企业加速拥抱工业互联网的显著趋势。我们深信案例集中的这些经验将有助于更广泛地推动能源工业互联网发展，为能源行业企业加快建设绿色化、低碳化、智能化能力提供重要参考和宝贵借鉴。

由于编者水平有限，案例集中难免存在一些不妥和疏忽之处，恳请广大读者不吝批评指正。

能源工业互联网联合创新中心

2023年11月

特别鸣谢：

工业和信息化部信息技术发展司

国务院国有资产监督管理委员会办公厅

国家能源局能源节约和科技装备司

牵头编写单位：

中国工业互联网研究院

参与编写单位：（按拼音首字母顺序排列）

安徽继远软件有限公司、安徽南瑞继远电网技术有限公司、宝武清洁能源有限公司、北京百度网讯科技有限公司、北京达美盛软件股份有限公司、北京国电通网络技术有限公司、北京珞安科技有限责任公司、北京启明星辰信息安全技术有限公司、北京中科五极数据科技有限公司、广西桂冠电力股份有限公司、广域铭岛数字科技有限公司、国家电投集团湖北电力有限公司、国家电投集团江苏电力有限公司、国家石油天然气管网集团有限公司、国能智深控制技术有限公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、国网信息通信产业集团有限公司、朗坤智慧科技股份有限公司、羚羊工业互联网股份有限公司、码客工场（浙江）工业互联网技术有限公司、南方电网数字电网科技（广东）有限公司、南京江行联加智能科技有限公司、青岛慧拓智能机器有限公司、上海大屯能源股份有限公司、深圳鹏锐信息技术股份有限公司、深圳市今天国际物流技术股份有限公司、石化盈科信息技术有限责任

公司、四川中电启明星信息技术有限公司、苏州琅润达检测科技有限公司、太极计算机股份有限公司、天津市普迅电力信息技术有限公司、威胜信息技术股份有限公司、长扬科技（北京）股份有限公司、浙江木链物联网科技有限公司、浙江正泰智维能源服务有限公司、中国移动（上海）产业研究院、中国移动通信集团辽宁有限公司、中煤西北能源化工集团有限公司、中能锐赫科技（北京）股份有限公司、中智微联（青岛）科技有限公司

牵头单位编写成员：

中国工业互联网研究院

田川、尚舵、王磊、耿介坦、董海阔、景浩、孙黎、聂光涛

参与单位编写成员：（按拼音首字母顺序排列）

安徽继远软件有限公司	汪春燕 赵鑫 李杨月
安徽南瑞继远电网技术有限公司	黄文礼 陆剑峰 李翔
宝武清洁能源有限公司	汪晶 胥保康 蒋振华
北京百度网讯科技有限公司	陆一凡 林若森 程鸿
北京达美盛软件股份有限公司	吴忠 敬后勇 李浩
北京国电通网络技术有限公司	郭坤阳 高天昊
北京珞安科技有限责任公司	孔令武 梁宁波 门永超
北京启明星辰信息安全技术有限公司	谷宝晶 严俊毅
北京中科五极数据科技有限公司	张展 吕明 卫婕

广西桂冠电力股份有限公司	施健升 李平 杨会
广域铭岛数字科技有限公司	钟爱雪 严涵琦 谢标
国家电投集团湖北电力有限公司	高志平 康文文 王海军 陈兴华
国家电投集团江苏电力有限公司	戴立新 姚宗林 李昌平
国家石油天然气管网集团有限公司	王学力 张良 于康
国能智深控制技术有限公司	牛海明 王力威
国网安徽省电力有限公司电力科学研究院	张晨晨 杨海涛 黄伟民
国网信息通信产业集团有限公司	刘泽三 孟洪民 徐哲男
朗坤智慧科技股份有限公司	陈松 陈福兵
羚羊工业互联网股份有限公司	王瑞 王刚 李能文 周维
码客工场（浙江）工业互联网技术有限公司	宋世杰 贾龙 徐玲玉
南方电网数字电网科技（广东）有限公司	蔡文婷 雷伟刚 夏伟
南京江行联加智能科技有限公司	庞海天 樊小毅 邵俊松
青岛慧拓智能机器有限公司	陈龙 马碧波 张科
上海大屯能源股份有限公司	袁帅 刘中伟 张寻
深圳鹏锐信息技术股份有限公司	陈曦 刘鹏 袁帅南
深圳市今天国际物流技术股份有限公司	郑雪梅 王星 刘志强
石化盈科信息技术有限责任公司	高瑞 吕雪峰 耿树平 郑纯亮 刘金山
四川中电启明星信息技术有限公司	苟艺 冉胤林 王培尧
苏州琅润达检测科技有限公司	贺孟戈 赖昶志 朱婷

太极计算机股份有限公司	刘龙飞
天津市普迅电力信息技术有限公司	李琳 于婷
威胜信息技术股份有限公司	肖林松 许健 周伟雄
长扬科技（北京）股份有限公司	高文利 黄远东 刘健
浙江木链物联网科技有限公司	郭宾 文昱博 章宇杭
浙江正泰智维能源服务有限公司	张天文 黄进 李强
中国移动（上海）产业研究院	曹纪华 李贞 舒心
中国移动通信集团辽宁有限公司	陈曦 邓小通 王兴禹 刘乐
中煤西北能源化工集团有限公司	郑道能 田竞超 魏伟
中能锐赫科技（北京）股份有限公司	冉鹏飞 武伟义
中智微联（青岛）科技有限公司	林巍 董淑月 戴硕



2023 年度优秀案例

1. 面向新型电力系统的数字孪生电网建设及生态运营解决方案
——南方电网数字电网科技（广东）有限公司
2. 多区域适配的新型电力系统智能运维方案
——安徽南瑞继远电网技术有限公司
3. 基于声纹识别的电网设备智能辅助决策应用
——国网安徽省电力有限公司电力科学研究院
4. 江苏“绿心”高邮新型城市能源服务平台
——国网信息通信产业集团有限公司
5. 龙源电力基于云边融合架构的新能源智能应用平台
——北京百度网讯科技有限公司
6. 自主可控的光伏智能子站关键技术及应用
——国能智深控制技术有限公司
7. AI+工业互联网赋能煤矿安全生产
——青岛慧拓智能机器有限公司
8. 煤矿智能化开采及大数据分析、预警管控平台
——中煤西北能源化工集团有限公司
9. 国家电投集团湖北虚拟电厂
——国家电投集团湖北电力有限公司
10. 支撑煤焦行业数字化转型的全价值链决策仿真平台
——广域铭岛数字科技有限公司

目录 CONTENT

第一章：工业互联网助力发电清洁低碳转型	1
 案例 1: 龙源电力基于云边融合架构的新能源智能应用平台	3
 案例 2: 自主可控的光伏智能子站关键技术及应用	8
案例 3: 辽宁省抚顺清原 5G+抽水蓄能电站项目	13
案例 4: 大连红沿河 5G+智慧核电项目	16
案例 5: 国能惠州电厂智慧建造项目	20
案例 6: 基于核电站物资物料与运行数据的核工业语料库平台	25
第二章：工业互联网助力新型电力系统建设	29
 案例 7: 面向新型电力系统的数字孪生电网建设及生态运营解决方案	31
 案例 8: 多区域适配的新型电力系统智能运维方案	36
案例 9: 新型电力系统背景下数字电网关键技术应用	41
案例 10: 金寨县大规模分布式光伏协同调控体系	45
案例 11: 基于边缘计算和区块链的源网荷储一体化管控项目	50
案例 12: 大屯电网智慧控制指挥中心	54
第三章：工业互联网助力能源消费节能提效	58
 案例 13: 国家电投集团湖北虚拟电厂	60
案例 14: 国家电投集团苏州综合智慧零碳电厂	64
案例 15: 基于工业互联网平台的智慧热网应用	68
案例 16: 基于 ProMACE 工业互联网平台的碳资产管理解决方案	72
案例 17: 扬子江药业集团智慧能源管理平台	76
案例 18: 基于工业互联网的智慧能源管控解决方案	81
案例 19: 基于标识的 IoT 能源监测平台	85
案例 20: 青岛万象城数字技术与能源产业发展深度融合方案	90

目录 CONTENT

第四章：工业互联网助力数字能源生态构建	94
 案例 21: 江苏“绿心”高邮新型城市能源服务平台	96
 案例 22: 支撑煤焦行业数字化转型的全价值链决策仿真平台	101
 案例 23: 煤矿智能化开采及大数据分析、预警管控平台	106
案例 24: 国家管网集团安全风险智能化管控平台	114
案例 25: 辽宁排山楼 5G+智慧矿山	119
案例 26: 辽宁阜新“5G+能源互联网小镇”示范项目	122
案例 27: AI 平台助力京能集团物资管理智能化转型	126
案例 28: 宝信清能智慧化运控中心系统	130
案例 29: 京能集团清洁能源物资联储共享智能管理平台	134
案例 30: 国有企业数字化转型的多源多态多级工业互联网生态平台	138
案例 31: 智慧城市综合能源管控与服务平台	142
案例 32: 天然气净化总厂大竹分厂数字化管理平台	146
第五章：工业互联网助力能源安全生产	152
 案例 33: 基于声纹识别的电网设备智能辅助决策应用	152
 案例 34: AI+工业互联网赋能煤矿安全生产	158
案例 35: 应急通信单兵在电网应急指挥中的应用	163
案例 36: 正泰智维 SaaS 平台工业互联网平台	168
案例 37: 基于 ProMACE 工业互联网平台的安全生产管理解决方案	172
案例 38: 国能宝日希勒露天矿智慧矿山项目	176
案例 39: 基于苏畅工业互联网平台的智能监盘系统	180
案例 40: 华润电力仙桃电厂智慧安全管控系统	184
案例 41: 基于企业级气象/灾害数据服务中心的能源保供监测分析方案	188

目录 CONTENT

第六章：工业互联网助力网络安全保障	195
案例 42：某省电科院新能源工业互联网安全实验室建设方案	194
案例 43：某集团某省新能源集控中心网络安全综合防护系统建设	199
案例 44：某火电厂 DCS 系统工控网络安全防护建设项目	203
案例 45：XX 油田工控网络安全综合防护项目	207
后 记	212

工业互联网

助力发电清洁低碳转型



工业互联网助力发电清洁低碳转型

当前，我国大力推进能源生产侧结构调整，逐步转向以清洁能源发电为主、化石能源发电为辅的现代能源体系。习近平总书记在全国生态环境保护大会上强调，要构建清洁低碳安全高效的能源体系，加快构建新型电力系统。2023年4月，国家能源局印发《2023年能源工作指导意见》，将供应保障能力持续增强作为首要目标，提出要大力发展风电太阳能发电，稳步推进重点领域电能替代。

工业互联网在发电领域清洁低碳转型中发挥重要作用，一方面通过集成发电场站智能分散控制系统，助力传统机组节能降碳改造、灵活性改造、供热改造“三改联动”，加快火电、水电等传统电源数字化转型和智能化升级。另一方面将数字技术与发电领域需求结合，有效统筹能源生产、电网运行、用户需求等各环节变量因素，推进新能源场站智能化建设，促进新能源发电充分利用，推动发电侧绿色低碳发展。

本章节共收录来自百度网讯、国能智深、辽宁移动、鹏锐信息和中科五极提供的6份案例，围绕新能源智能应用、光伏场站智能控制、5G+抽水蓄能等场景，展示了能源工业互联网助力发电清洁低碳转型的最新应用成果。



案例 1：龙源电力基于云边融合架构的 新能源智能应用平台

——北京百度网讯科技有限公司

关键词：工业互联网；云边协同；智慧风电；安全生产；无人值守

1. 背景及痛点

在国家“双碳”目标的驱动下，风电、光伏等新能源的场站建设规模逐年增加，随之而来的是新能源场站的安全管理和运维难题，龙源电力作为全球最大的风电运营商，新能源场站点多面广，200余个场站分布在全国30个省份，场站安全管理和运行管理应用独立部署，重叠资源利用率低，孤岛现象严重，使得系统运维出现大量重复性工作，成本高、难度大，单一系统全国范围场站现场升级差旅成本百万级别。

同时，龙源电力已建成全球最大的视频监控体系，视频路数超过50000路，每日产生视频数据在1000TB/日，依靠传统的人工监控手段已无法全面覆盖，亟需智能的分析算法应用辅助。其次，龙源电力已建成全球最大的新能源场站数据采集体系，场站时序数据在2500GB/日，如果全部总部汇聚，网络带宽和总部硬件成本激增，且大数据量会掩盖场站特有问题的，需边缘分析进而实现“一场一策”。

2. 基于工业互联网的解决方案

百度智能云通过安全智能应用平台的能力，为龙源电力量身打造了基于云边融合架构的新能源智能应用平台。通过容器化的形式完成集团总部和 214 个场站的平台部署，通过总部平台对场站侧的边缘平台进行统一纳管。边缘侧完成超 5 万个前端设备的接入，基于云边协同架构，将 AI 模型下发至边缘实现前端设备的智能化改造，模型在边缘侧运行产生的数据实时回传至总部平台，服务于 AI 模型的迭代优化。同时，平台通过可视化大屏实时展示全国安全风险统计数据，助力安全管理的辅助决策。

智能应用平台的整体功能设计主要包括 5 个层级，由低到高分别是资源底座层、原始数据层、数据共享层、能力聚合层和汇聚展示层。基础功能和各业务智能应用基于平台进行实施和定制化开发，满足数据自由穿透、系统互联互通、应用快速上线、业务闭环管理的基本原则，构建新能源数字化智慧运维体系。



图 1 智能应用平台功能设计

智能应用平台整体实施贴合龙源电力的生产运营模式、组织管理模式。采用云原生的分布式架构，实现总部管理节点、省公司中转节点、场站分析节点的三级架构的融合应用。平台采用分布式方式，在龙源电力本部、省公司和新能源场站进行分级部署。

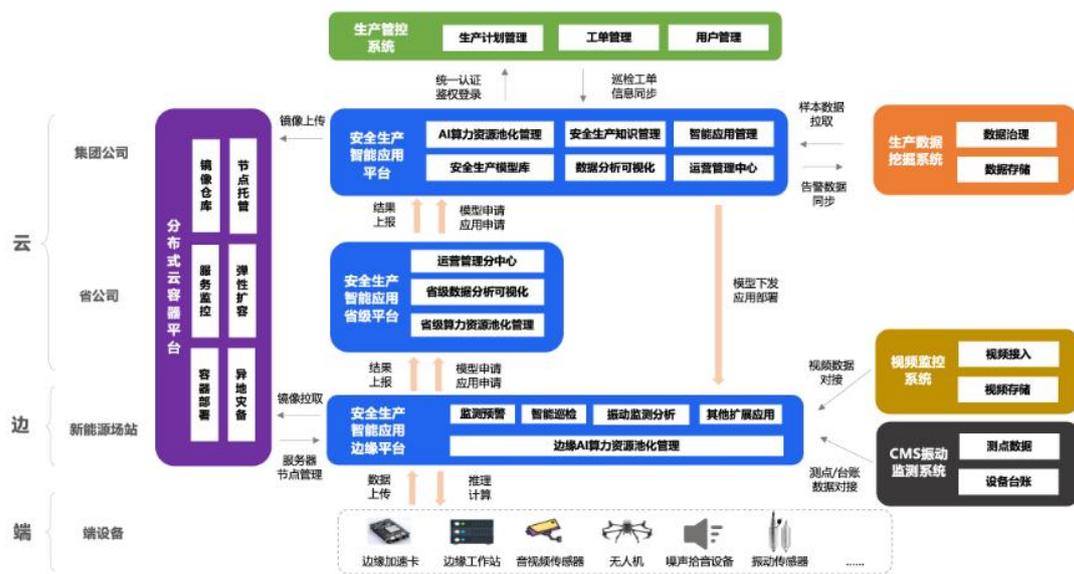


图 2 智能应用平台实施部署方式

总部平台是管理节点，实现集中纳管、资源分配、应用下发等管理职能，并提供模型训练、模型部署、数据标注、第三方应用迁移验证等后台升级和验证；也是平台整体运维节点，实现全国范围的硬件设备、软件应用、算法分析的集中监控、统一运维。省公司节点是中转节点，实现视频监控、记录仪、无人机等大带宽业务的省级部署，降低视频图像音频对带宽占用，实现 IoT 升级转发、分析数据转发、模型转发等中转业务；场站节点是分析节点，实现视频分析、音频分析、无人机分析、振动数据分析等多类型算法分析，动态提供 IoT 管理、IoT 升级、模型升级等业务应用。

在算力层将分布在集团本部、子公司、场站等场所的 AI 算力服务器进行统一池化管理，实现计算资源池化共享、集中调度、服务器的智能监测运维，提高 AI 算力使用效率。

在资产层依托平台的开放性，建设丰富的模型库、知识库和应用库，支持第三方模型和应用的统一纳管，实现数据互联互通，支持知识的生产和运用，提供 AI 技能编排和低代码开发能力，让数据、模型和智能应用变成可持续迭代、增值的企业核心资产。

在平台层遵循云网边端架构，满足集团企业集中式管理、分布式落实要求，设计了基于工单两票的算法启停调度机制，提出并实现视频、图像、时序等多类型算法的协同应用，提升场站智能应用的效率；实现“边缘计算、总部训练”的闭环应用，结合计算机感知对人员生产作业、设备运行状态和环境不安全因素进行全方位监督管理，提升龙源电力安全生产、运行和管理的智能监控手段。

3. 成效

龙源电力通过与百度智能云的深度合作，以安全为抓手建成企业级数智化业务底座，系统化解解决企业安全生产问题。

(1) 安全监控范围涉及集团本部、30 个省公司和 214 个场站，覆盖 1.4 万台风机、超过 5 万路摄像头及无人机、执法记录仪、智能传感器等设备。基于人工智能的视频算法分析增加单人效率，全国 30 个省级监控中心和总部监控中心的人力从 100 人降至 30 余人，单人效率提升 300%，有效减少中高风险的人力投入。目前，智能巡检

分析模型准确率达 95%以上，系统响应效率从小时级提升到分钟级，巡检整体效率提升 6-10 倍。

(2) 首次将云原生、人工智能、物联网大规模应用于新能源生产建设和安全管理，促进先进电力技术与新一代数字信息技术融合应用，进而为我国实现“双碳”目标提供助力。

(3) 技术升级降低场站硬件投入成本，其中硬件服务器减少 240 台，节省采购成本 1200 万元；计算卡减少 900 张，减少采购成本 900 余万元，累计节省 2100 余万元。

(4) 该平台可实现人机的价值互通、经验传承的瓶颈疏通和作业人员的自由流通。“龙源电力本部 — 省级监控中心 — 新能源场站”三级管理架构的视频智能识别系统，部署人员安全识别和设备状态识别两大类智能分析算法，可实现安全隐患的智能分析、及时发现、自动上报、处理和统计，全面提升生产和监管效率。

公司简介：百度是拥有强大互联网基础的领先 AI 公司。是全球为数不多的提供 AI 芯片、软件架构和应用程序等全栈 AI 技术的公司之一，被国际机构评为全球四大 AI 公司之一。百度以“用科技让复杂的世界更简单”为使命，坚持技术创新，致力于“成为最懂用户，并能帮助人们成长的全球顶级高科技公司”。百度智能云的目标是为企业能提供能打持久战的、经过验证的 AI 弹药库。一方面用 AI 解决关键场景中的痛点问题；另一方面，通过不断获得的反馈，持续优化技术，为客户提供高性价比的 AI 服务。



案例 2：自主可控的光伏智能子站 关键技术及应用

——国能智深控制技术有限公司

关键词：5G；边缘计算；物联网；多容器部署；国产加密技术

1. 背景及痛点

分布式光伏电站近年来呈现爆发式增长，我国光伏装机容量位居世界第一，但其量多点散，站内存在多种通信设备，规约不统一、通信方式各异，存在数据整合难度大、管理成本高等难题，目前市面上仅有单一功能的数据采集器应用，如华为 Smart Logger1000，阳光电源 Logger1000 等，其兼容设备类型、协议单一，仅作为一个数据中转站将采集的数据全盘或压缩上传至云端服务器。

实现分布式光伏智能子站的集群智能化控制，实现可观可测可控，解决控制器和 I/O 模块的自研、操作系统和嵌入式操作系统的自主化、应用软件和控制程序的国产化，是我国电力装备制造业由大到强的必经之路，对于保障我国能源生产安全，推动我国关键基础设施的自主可控意义重大。

2. 基于工业互联网的解决方案

(1) 基于边缘计算智能子站的技术架构，实现数据就地处理、智能分析。结合分布式光伏的运维特点，在边端实时、快速处理和数据分析数据，无需从云端/数据中心加载数据，缩短延迟时间；基于边缘

端的数据管理可以减少云端和数据中心网络的压力；基于光伏运维多源异构数据的采集传输技术，进一步提高设备效能和应用程序效率。

(2) 容器化部署功能，基于 Docker 容器技术，支持多容器部署，实现不同业务横向隔离和业务 App 化。基于自主化操作系统的微服务（应用 APP）及其统一标准的虚拟环境，实现 APP 与操作系统和硬件平台的解耦，实现不同容器中应用 APP 的隔离，支持容器管理、容器监控等功能。

(3) 基于国产加密算法，开发保护数据安全的内置加密技术、安全接入网关、国产商用非对称密码算法等相结合的安全传输技术；基于可信计算等热门新技术，实现终端的安全免疫；采用非对称加密技术进行身份认证，对传输的报文（包括控制命令、参数配置、信息采集等）进行机密性保护和完整性保护。基于硬件安全芯片加密，通过双方安全身份认证保障数据安全性。

(4) 光伏 AVC/快速调频技术，提高光伏发电的电能质量。针对光伏电站，基于传感器采样数据，电能质量优化控制策略，通过高效通讯方式实现对逆变器的控制。通过光伏电站动态无功控制，保证无功功率控制偏差；通过控制并网有功功率，实现对光伏电站调频控制；通过并网投切控制，利用本地计算结果控制干节点，实现光伏电站的并网投切。

(5) 基于 5G 的智能子站数据传输技术，实现与云平台进行大带宽，低时延的信息交互。利用 5G 具有面向更多业务场景、更强网络承载能力以及更安全的行业专网服务的特点，实现云与端、端与端的

智能互联；基于网络功能虚拟化（Network Functions Virtualization, NFV）、软件定义网络（Software Defined Network, SDN）等技术，利用 5G 通信终端或模组传输各类数据，实现智能子站对自身通信业务的连接管理、设备管理、业务管理、专用网络切片管理等创新业务，更好地支撑光伏系统的智慧运维。

5G、边缘计算、物联网技术赋能智能子站设计极大提升整个系统的可扩展性和稳定性，支撑海量分布式光伏子站的部署接入。网络架构示意图如图 1 所示。

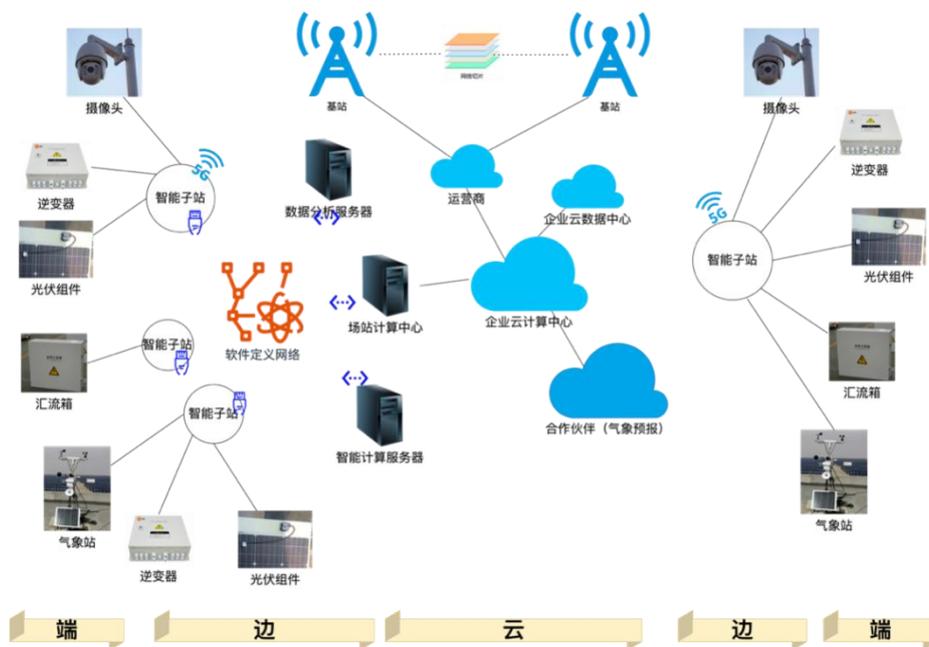


图 1 网络架构示意图

对于区域级场站来说，智能子站可选 5G 方式与云端交互，或空口通信与其他地域的智能子站直接交互，智能子站也可以通过区域级场站的网络（软件定义实现功能配置）与场站的计算中心、智能计算集群实现数据交互，提升本地区域的光伏并网控制能力，如图 2 所示。

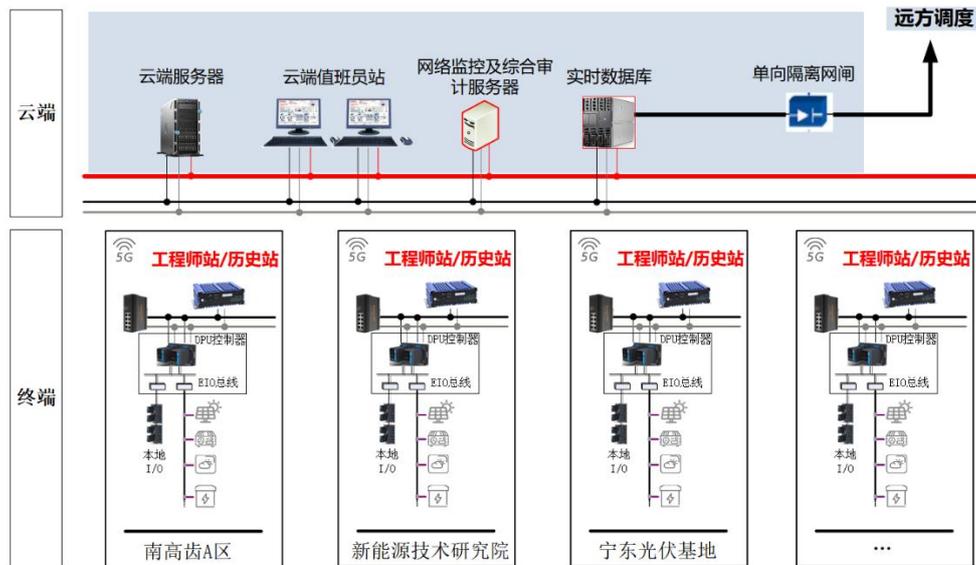


图 2 区域级场站智能子站架构图

3. 成效

(1) 该解决方案研制了国内外首创的双引擎控制器，自主设计嵌入式操作系统，且完全基于国产化芯片开发。国产控制系统突破国外技术壁垒，开发了完全自主可控光伏智能子站（全部硬件芯片和软件的国产化替代），为可再生能源发电软件安全奠定基础，对国家能源安全有深远意义。

(2) 助推光伏逆变器无功补偿技术在光伏行业广泛应用，既可以节省光伏行业建设成本及无功补偿设备运维成本，又可以稳定系统电压，补偿系统无功功率，提高功率因数，降低线损，节能降耗，线路输电稳定性的有效提高。

(3) 案例成果通过中国动力工程学会组织的专家鉴定，整体技术达国际先进水平，适用于大型光伏电站和分布式光伏电站，目前已在安徽、宁夏、江苏、青海、新疆、河北等多地推广，涉及渔光互补

光伏电站、办公园区分布式光伏、工商业厂房分布式光伏、源网荷储基地、风光耦合制氢基地等各种不同应用场景。以案例成果为范式的新型新能源电站监控及并网技术将对传统新能源电站运维产生变革式影响，对提高我国光伏产业核心竞争力，推动我国新能源产业自主可控具有重要意义。

公司简介：国能智深控制技术有限公司，具有完全自主知识产权的 EDPF 系列工业控制系统在电力、化工、煤炭、市政等领域应用业绩已超过 3200 台套，涉及电力装机容量超过 3.1 亿千瓦，多次打破国外品牌分散控制系统（DCS）在火电领域的垄断，创造了 17 项“世界第一”和“中国首台套”。

案例 3：辽宁省抚顺清原 5G+抽水蓄能电站项目

——中国移动通信集团辽宁有限公司

关键词：5G；智慧水电；抽水蓄能电站

1. 背景及痛点

抽水蓄能电站作为新型电力系统不可或缺的平衡器、稳定器和调节器，将成为构建清洁低碳、安全可靠、智慧灵活、经济高效新型电力系统的中坚力量。

随着智能化业务的发展，抽水蓄能电站通信业务类型及需求日益多样、复杂乃至不确定，面临泛在终端接入、多样化业务承载、差异化安全隔离等问题，当前的光纤等有线通信网络建设和维护成本高、工程量大，无法实现对各类设备的泛在接入，难以有效支撑电力物联网和能源互联网在电站的建设实施。同时，抽水蓄能电站项目存在建设周期长、工地众多、点位分散、管理对象繁多的特点，建成后也有维护运营的需求，亟需结合 5G 大带宽、低延时、广连接特性提供从项目建设、到运营维护的多级智能总体监管解决方案。

2. 基于工业互联网的解决方案

本期项目采用基于 SA 架构的 5G 独立专网，无线网、传输网、核心网等采用中兴通讯设备，部署中国移动 OnePower-智慧电力子平台进行 5G 电力专网的管理和运营。该方案采用 5G 网络覆盖加 MEC 本地

部署的方式，为抽水蓄能电站提供高速传输、融合通信、安全可靠的网络能力，依托 OnePower-智慧电力子平台，提供 5G 专网通信可视化管理服务，通过 5G+摄像头、机器人、无人机等巡检终端部署，实现抽水蓄能电站巡检作业高效协同，提升智能化管理水平。

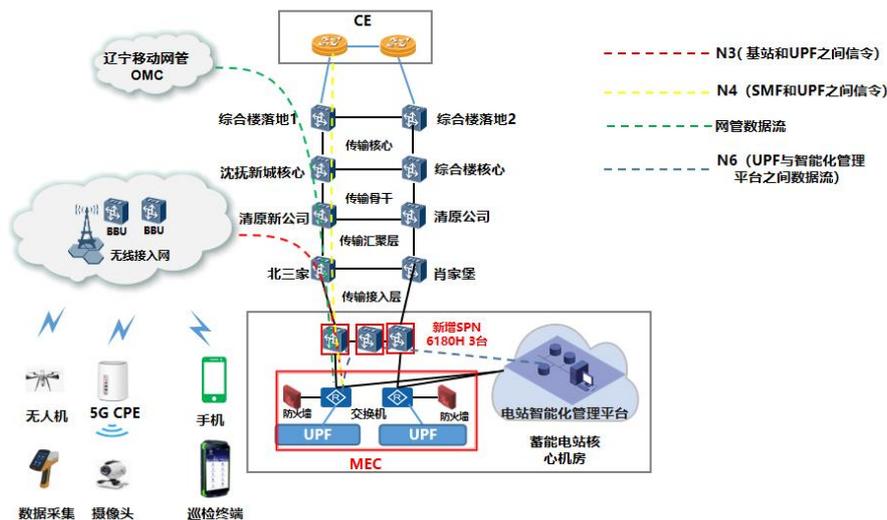


图 1 总体 5G 网络架构图

(1) 建设抽蓄电站高可靠高安全的 5G 无线传输系统网络，满足清原电站 5G 信号全覆盖，为未来 5G 应用场景（例如无人机巡逻或厂房内智能巡检机器人或智能化管理平台）提供基础网络。在电站上下库区域建设相应数量的宏站及隧洞内增强室内信号覆盖，以满足将来 5G 应用场景的基础通信，以及现场人员的手机实现语音和 5G 数据网络的使用。

(2) 部署轮式 5G 智能巡检机器人进行厂区水轮机层智能巡检改造，5G 智能机器人巡检依托 5G 低时延、大带宽、海量连接的优势，通过机器人 5G 通信模块，接入 5G 网络，实现对机器人远程遥控，并实时回传高清视频和传感信息，对厂区水轮机层等各种室内场景的电

机、水泵等各种设施设备进行表计识别、红外测温等操作，实现各表计指示，阀门渗漏油污情况的巡检巡视，全面提升巡检效率。

(3) 针对施工作业现场部署 5G 固定摄像机、5G 移动布控球和 5G 移动单兵，通过 5G 技术实现移动监控终端设备快速入网，实时监控现场作业人员施工作业违章情况，检测作业过程中人员、设备的安全情况，对正在发生的事件或将要发生的事件进行预警，以及根据违章报警危险等级进行处罚，提升安全督察的智能化、规范化水平，为安全作业风险管控提供有力保障。

3. 成效

(1) 辽宁移动以 5G 网络技术为基础支撑，融合 5G+AI+云“新基建”、“智能水电”，在抚顺清原抽水蓄能电站开展广泛智能化应用，通过 5G 网路在电站应用的顶层设计和业务规划，建设 5G 网络，推动智能巡检、信息采集、安全管控及远程控制等业务领域 5G 应用，为抽水蓄能电站的智能化提供使能和助力。

(2) 作为东北地区首个抽水蓄能电站 5G 项目，该项目是东北地区首个抽水蓄能电站 5G 项目，为 5G 网络与智慧抽水蓄能电站的融合应用做出了有益的探索和标杆示范效应。

公司简介：中国移动辽宁公司隶属于中国移动通信集团，负责中国移动在辽宁的网络建设和业务经营，为地方社会提供全方位的数字化服务。在省委省政府和集团公司战略指导下，经过数十载的不懈努力，移动客户规模突破 3000 万，家庭客户达到 600 万户，服务企事业单位 40 万家，累计纳税 350 亿元，是辽宁地区网络规模最大、客户数量最多的数字化服务商。公司积极推进信息化建设，以移动信息化带动社会经济发展，构建了一个由通信设备制造商、网络运营商、信息内容提供商、移动产品经销商、移动客户和社会相关行业组成的、合作共赢的产业价值链，在辽宁老工业基地振兴和现代化建设中发挥着日益重要的作用。

案例 4：大连红沿河 5G+智慧核电项目

——中国移动通信集团辽宁有限公司

关键词：5G 专网；核电；应急指挥

1. 背景及痛点

辽宁红沿河核电站作为东北第一座核电站，总装机容量超过 671 万千瓦，是我国目前在运装机容量最大的核电站。现有一套采用 McWiLL 技术的核电无线通信系统。随着 McWiLL 技术停止更新，现有的 DTW 系统已经呈现出技术落后、设备停产、技术人员转型、维保脱节等问题，红沿河核电厂 DTW 系统已经成为一个设备和技术的孤岛，同时，DTW 系统仅具备无线语音和短消息功能，无数据传输能力，无法满足核电厂日益增长的无线数据及应用需求。

核电是“双碳”布局的重要领域，5G 是行业信息化发展的核心引擎，随着数字化技术的不断发展，辽宁移动公司深入研究 5G 技术融合核电站的生产运营的专网系统架构，实现 5G 网络与智慧核电深度融合。

2. 基于工业互联网的解决方案

(1) 本方案采用基于 SA 架构的 5G 独立专网，无线网、传输网、核心网、网管系统等采用中兴设备，私有化部署，与运营商大网完全隔离。基于核电厂对无线数据传输网络的要求，红沿河核电厂需要建设独立的无线数据传输系统，且与外部进行物理隔离，保障内部网络

可独立运行。根据核电站特殊涉密要求，辽宁移动设计部署物理隔离的专用 5G 网络（5G 孤岛），采用尊享模式为红沿河核电站建立专用的 5G 网络，主要涉及无线网、传输网络、5G 核心网、IMS 核心网、短消息中心、综合网管系统、网络安全、无线视频监控建设、铁塔电源配套等，其中无线网及核心网均私有化部署，实现 5GC 全量下沉，通过 5G 专用网络承载，提供专用基站和 5G 核心网服务，满足核电业务“数据不出场”需求，同时与运营商大网完全独立隔离，不受运营商网络影响。

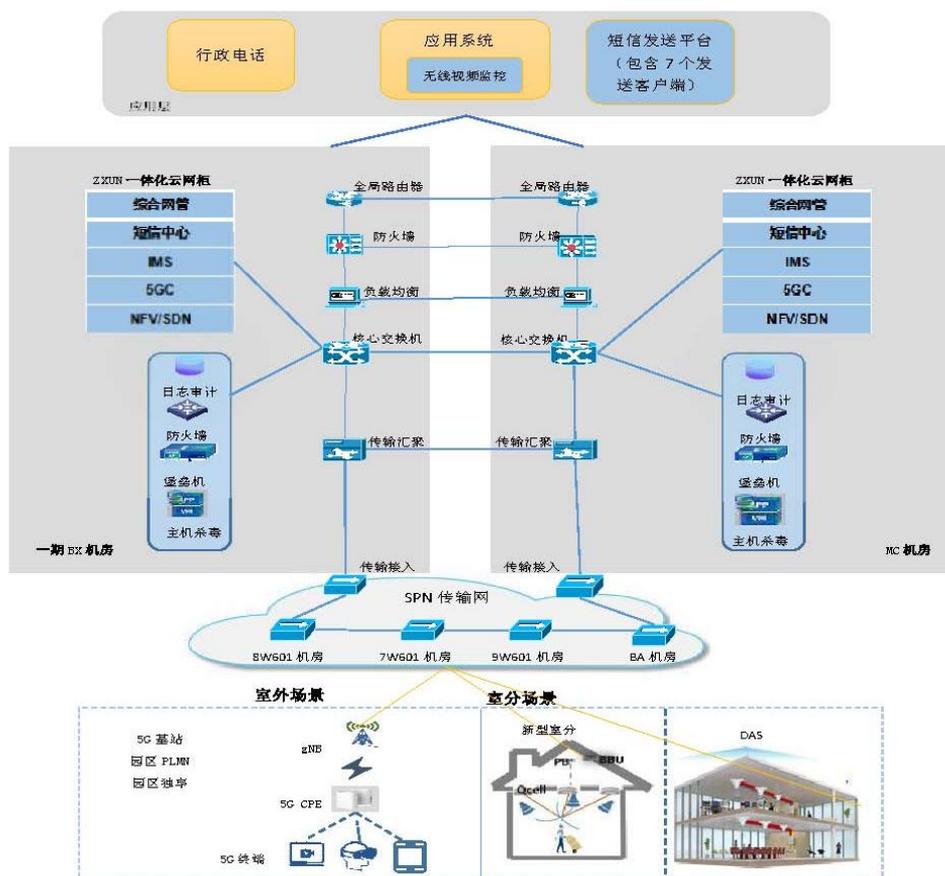


图 1 5G 专网整体架构图

(2) 根据核电站的实际业务需求增加移动布控球、单兵终端、AR、定位终端，落地 5G+单兵指挥视频调度系统、5G+人员定位、5G+AR 远程辅助 3 个应用场景，为核电厂应急安全、厂址安全、运行安全、人员安全的持续发展奠定坚实基础，促进核电业务应用全面 5G 化，助力核电安全高效。

3. 成效

本项目采用的创新组网方案很好地满足了核电行业专网的安全性、可靠性、灵活性诉求，提升了核电站生产运维领域的信息化、智能化水平，助力中广核红沿河核电站在“十四五”之际深入 5G 新基建和行业垂直应用领域，促进 5G 新技术与核电融合和应用示范，树立行业标杆、示范样板，为能源电力行业带来广泛的借鉴和示范作用，为 5G 与电力行业深度合作开辟了更多的道路和选择。这种标准模式可以快速地进行推广和复制，为未来核电行业的数字化、网络化、智能化升级提供更完善的解决方案。

面向核电行业的 5G 专网组网和技术应用示范研究，研发针对核电行业的特殊 5G 应用终端和专用时间敏感网络设备，探索基于 5G 专网的人员与生产设备状态监测、实时风险预警与高精度作业预测、人机协调与远程作业指导等场景应用，在兼顾信息安全的同时，输出 5G+智慧核电的技术指引和标准，实现 5G 与核电的智慧融合，助力核电安全水平与运营业绩提升。

5G 深入应用于核电站的建设、运维管理、设备管理、安全管理等诸多领域,可有效提高核电站的数字化和智能化水平,提高核电的生产效率和安全管理水准,同时也将在后续的 5G 技术、智能化、物联网、工业互联网等新兴技术与核能、新能源产业深度融合中发挥重要作用。

公司简介: 中国移动辽宁公司隶属于中国移动通信集团,负责中国移动在辽宁的网络建设和业务经营,为地方社会提供全方位的数字化服务。在省委省政府和集团公司的战略指导下,经过数十载的不懈努力,移动客户规模突破 3000 万,家庭客户达到 600 万户,服务企事业单位 40 万家,累计纳税 350 亿元,是辽宁地区网络规模最大、客户数量最多的数字化服务商。公司积极推进信息化建设,以移动信息化带动社会经济发展,构建了一个由通信设备制造商、网络运营商、信息内容提供商、移动产品经销商、移动客户和社会相关行业组成的、合作共赢的产业价值链,在辽宁老工业基地振兴和现代化建设中发挥着日益重要的作用。

案例 5：国能惠州电厂智慧建造项目

——深圳鹏锐信息技术股份有限公司

关键词：智慧建造；数字化移交；三维数字化服务

1. 背景及痛点

国家能源集团电力公司在十四五规划中提出电力能源工程建设数字化转型的战略目标和具体举措，强调数字化转型不仅仅是对业务流程和管理模式的升级，也要求工程建设过程进行数字化改造，实现工程建设数据的全生命周期管理。

传统的基建过程中，发电基建与生产分别隶属于两个行政主体，各环节各阶段的管理相互分立割裂，容易造成工程数据丢失、隐蔽工程无法追溯、设备资产不贯通等问题。设计图纸涉及专业多，各专业图纸升版，未交底等问题导致碰撞问题。现场施工设计安装工程无法有效管理，质量问题多，导致返工。隐蔽工程管理困难，各施工单位信息封闭，施工过程容易导致损坏原有工程，影响工期。

2. 基于工业互联网的解决方案

第一层是终端层，充分利用物联网技术和移动应用提高现场管控能力。通过 RFID、传感器、摄像头、手机等终端设备，实现对项目建设过程的实时监控、智能感知、数据采集和高效协同，提高作业现场的管理能力。

第二层是平台层。各系统中处理的复杂业务，产生的大模型和大

数据如何提高处理效率。通过平台进行高效计算、存储及集成提供服务。让项目参建各方更便捷的访问数据，协同工作，使得建造过程更加集约、灵活和高效。

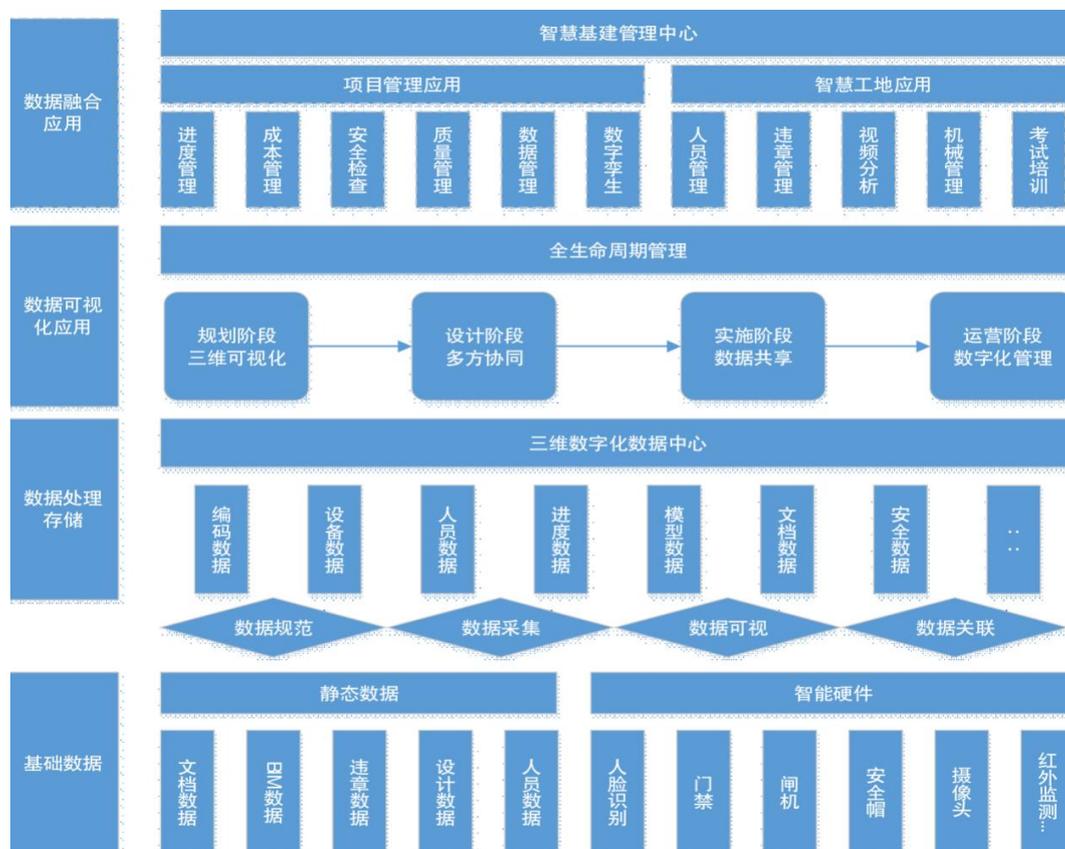


图 1 智慧基建实施架构图

第三层是应用层，应用层核心内容应始终围绕以提升工程项目管理这一关键业务为核心。数字孪生的可视化、参数化、数据化的特性让建筑项目的管理和交付更加高效和精益，是实现项目现场精益管理的有效手段。其中主要包括：

(1) 补充和完善 KKS 编码

KKS 编码是数字化电厂管理工程对象的基础，建设全厂统一编码体系，为设备管理平台和三维可视化建模工作提供基础条件。

（2）创建二/三维信息化模型，优化进度管理

基于工程对象的三维数字化设计，将二维图纸、设备厂家资料及部分由现场测绘取得的数据通过三维建模软件构建全厂三维模型，利用数字化电厂信息管理平台发布信息，要求三维建模与工程建设同步进行，并且建模进度至少早于施工进度。

（3）全过程多专业综合碰撞检查，降低项目成本

配合施工进度，提前在虚拟空间中检查碰撞、处理碰撞，对于缩短工期、消除现场“差错碰漏”、提高施工质量、促进安全生产起到了至关重要的作用。

（4）现场施工及安装局部变更验证及优化，提高安全能力

在三维虚拟电厂空间中，以满足运维阶段的需要为出发点，重点检测安装空间是否足够，施工设备运输通道是否畅通，施工及安装过程是否存在安全隐患，施工及安装设备是否能满足施工及安装要求。

（5）数字孪生实现地下隐蔽工程管理

生产运行过程中，对地下隐蔽工程进行检修和改造十分困难，运维人员无法准确找到相应节点的具体位置。通过平台实现对隐蔽工程的有效管理，利用附带坐标信息的三维模型帮助工作人员准确定位，提高工作的效率。

（6）智慧工地安全应用

基于空间管理技术，对工业视频摄像头监控区域、消防报警点位、消防资源点位等重要安防对象进行全景三维量化展示，通过智慧化的空间位置关联体系，构建风险因素与安防资源为一体的智慧安全体系，

实现作业及监管人员对特殊、突发、应急和重要事件的有序、快速、高效反应。

3. 成效

在项目建设阶段，采用数字化电厂技术，通过不断发布三维碰撞检查报告和图纸交叉校验报告，指导现场施工作业，优化人力安排，保障现场施工工期，提高工程质量，避免潜在的施工风险，综合效益巨大。

(1) 提前发现并处理图纸交叉校验问题报告 120 份，保障施工工期。协助工程建设共计检测出碰撞 466 项，按照国内电力建设工程碰撞统计标准，平均 3.5 万每处的价格计算，为项目减少了直接经济损失 1631 万元。

(2) 电气一次三维敷设 3654 条，设计院长度 302 公里，三维敷设长度 277 公里，节省约 24 公里；电厂二次三维敷设 765 条，设计院长度 69 公里，三维敷设长度 63 公里，节省约 6 公里，节省价格超 60 万元。

(3) 通过智慧基建建设，缩短现场施工工期，提前机组投运时间，对地方区域保民生、促稳定有重要意义。

(4) 基于 WIZ PLANT 实现数字化移交可为运行维护效益提供 7x24 在线的完整准确信息资产从而更好地支持生产经营，提高工厂运行整体效率和安全水平，降低工厂运行整体费用。

(5) 以三维工程信息模型为载体，以 KKS 编码为纽带，实现设

备台账、工程图纸、设计属性、焊口信息为隐蔽工程管理提供帮助，为后续运行期管理提供良好数据基础。

公司简介：鹏锐技术是具备设备级、工厂级和产业级工业互联网平台运营和智慧能源建设能力的服务商。为常规发电、核电、石油石化、新能源等资产密集型企业提供“感知+物联+智能+移动”的一体化智慧解决方案。产品包括鹏锐能源工业互联网平台、智能采集与边缘计算设备、工业物联网平台、工业大数据分析平台、虚拟仿真验证平台、三维数字化信息管理系统、数字孪生平台等。鹏锐工业互联网平台通过打破能源企业“信息孤岛”，实现跨专业、跨企业的广泛互联互通，提高生产及服务资源更高效率、更加精准的管理。鹏锐技术推动数据全生命周期管理，在基建期降低造价、缩短工期；在运维期推动设备预测性维护、作业安全、机组经济高效运行等战略目标的落地。

案例 6：基于核电站物资物料与运行数据的核工业语料库平台

——北京中科五极数据科技有限公司

关键词：人工智能；自然语言处理；语义库；核工业

1. 背景及痛点

秦山核电基地是目前我国核电机组数量最多、堆型品种最丰富的核电基地，已有以 4E 系统（EAM、ERP、ECM、ERDB）和众多 IT 框架的操作型业务系统，但烟囱式系统架构存在多项痛点，主要表现在：

（1）技术适应性。核工业行业涉及复杂的技术和工艺，通用的自然语言（NLP）模型无法满足核电行业的需求，需要定制化的模型来满足大量的核电领域特定术语。

（2）数据质量和一致性。核工业企业的数据源复杂，存在格式、结构和质量的差异。需要对数据标准化和统一化，提高数据质量和一致性；

（3）多语言处理。核工业行业的市场要求系统需具备翻译，语义理解和生成等多语言处理的能力。

因此，亟需构建一套打通数据链接，摆脱传统数据查询方式，方便用户联想式检索的智能应用系统。

2. 基于工业互联网的解决方案

传统解决方法中，各个系统大多涉及语言资源的使用，如分词、

提取摘要、提取关键词等功能，而各个系统仅关注自己需求范围内界定的小部分语料，语言资源无法对外提供支持和服务，最终导致语言资源大量重复性建设。

本项目本着以核工业行业业务需求为本，结合大数据处理、人工智能等相关技术和算法进行系统整体设计，能够轻松地应对不断增长的信息化、智能化需求，保证系统的持续运行和高可用性；能够及时地处理异常情况，并及时恢复服务，最大程度地减少依赖系统和用户所受到的影响；能够保持低延迟和高吞吐量的语义服务访问。最终提出了1个体系标准+4个基础语义服务+4个基础管理模块+N个词典的汇聚的架构，如下图所示：

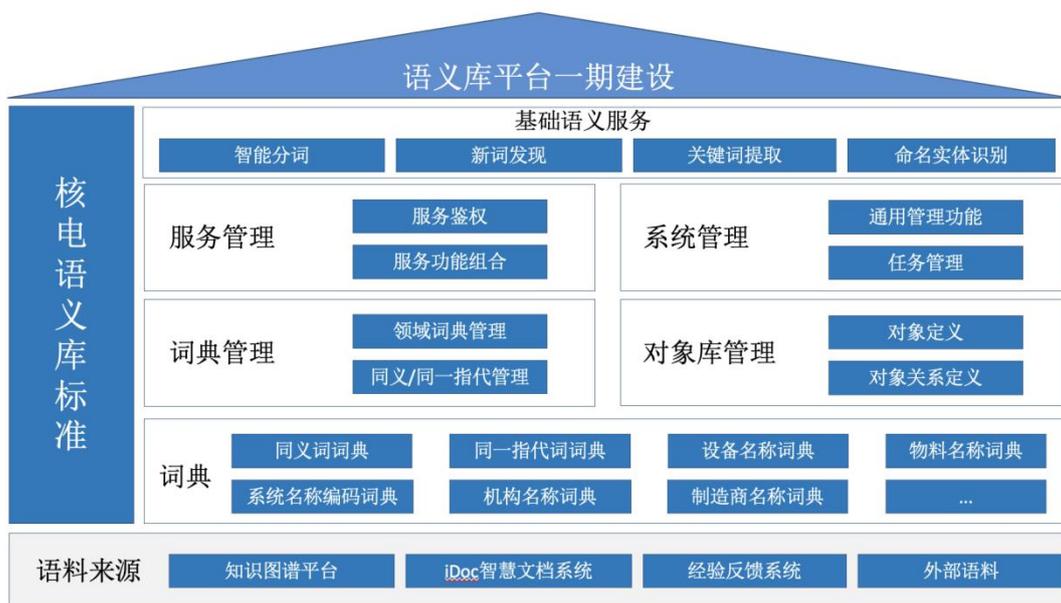


图 1 核工业语义库架构

1个体系标准，以大量核工业语义数据与语义相关信息为依托，建立核工业领域的语义标准体系，针对了核工业体系内，词、词库、词性、词类等概念以及之间引用和关联进行了明确和精准的定义。

4 个基础管理模块：服务管理、系统管理、词典管理、对象库管理。服务管理包含鉴权管理与服务功能组合，负责管理和分配用户的权限。系统管理可以赋予用户对语义资源和语义服务定制化组合来达到控制其可见性和操作能力，确保对核电语义资源信息和功能的保护。词典管理通过对汇聚核电领域的 N 个词典进行统一集中管理，根据标准体系建立对各个词性、词典、词类、词条增加、删除及审核的管理功能，保证语义库质量，支撑语义开放服务的可靠性。对象库管理在词库基础上，针对名词提供准确易理解的定义和描述，并解释其在不同语境下的意义和用法，同时对该对象定义了属性和具体描述。

4 个服务是分别基于自然语言处理、语义分析等人工智能算法，对下游使用系统提供了智能分词、新词发现、关键词提取、命名实体识别功能的服务。智能分词功能保持语言完整性和语义准确性的前提下，将文本按照更有意义的方式进行切分，为后续的自然语言处理任务（如文本分类、信息检索、机器翻译等）提供更好的输入。核电领域新词发现是从大规模核电文档中自动、有效地识别和提取出新出现的词语或短语。关键词提取通过自动化的方式确定文本的主题或主旨，并提供一组具有代表性和信息丰富性的词语。核工业领域命名实体识别，是识别核电文本数据中特定类型的实体，并将其分类为预定义的实体类别，为后续的信息提取、问答系统、摘要生成、文档分类等提供了重要的支撑。

3. 成效

在秦山核电，通过本项目，构建起核工业语义库，形成了全面的

权威的核工业词库，共计 4555199 个专业词条，并且已为其他系统提供基础语义服务。由于核工业领域是高度专业化和复杂的领域，多数系统涉及大量专业术语和知识，本项目提供的语义库帮助建立各种概念、实体和关系之间的语义关联，提供语义理解和语义解析的支持，帮助其他系统更准确地把握核工业领域的语义信息，理解相关文本的隐含含义。最终核工业领域创新工作的效率、准确性和可靠性，降低了信息化创新的成本。

公司简介：北京中科五极数据科技有限公司（以下简称“中科五极”）是中国科学院科技孵化企业，为中国科学院大数据挖掘与知识管理重点实验室的科技成果转化基地。中科五极致力于将人工智能的前沿技术方法落地，为能源领域各类主体进行科技赋能和数字赋能。中科五极以自主研发为核心，着力推动探索和推动产品在能源行业的数字化、智能化的各类应用场景，基于自身的大模型、数据挖掘、自然语言处理、知识图谱等技术，设计研发了核电运营、煤炭交易、钢铁供应链等多个领域的智能应用和解决方案，并先后在国家电网、中国核电集团、中冶赛迪集团、全国煤炭交易中心、漳州核电、秦山核电等各类场景落地应用。

工业互联网

助力新型电力系统建设



工业互联网助力新型电力系统建设

2021年3月，习近平总书记在中央财经委员会第九次会议上首次提出“构建以新能源为主体的新型电力系统”。2023年7月，中央全面深化改革委员会第二次会议通过了《关于深化电力体制改革加快构建新型电力系统的指导意见》，提出加快构建清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能的新型电力系统。

新型电力系统建设和运营面临着一系列新的挑战 and 难题，如新能源高比例大规模接入、用电负荷灵活性增加、电网稳定性和惯量降低等。随着工业互联网为代表的新一代信息技术蓬勃发展和能源结构化转型的深入推进，通过应用数字技术、模型算法实现新能源发电精准预测、提高电网智能协同控制能力、新能源发电的主动适应与消纳能力，工业互联网将在电力发输配用储各环节发挥重要作用，有力支撑新型电力系统构建。

本章节共收集来自南方电网、安徽南瑞、威胜信息、继远软件和江行智能、大屯能源的6份案例，围绕数字孪生电网、分布式光伏协同调控、源网荷储一体化管控等场景，展示了能源工业互联网助力新型电力系统建设的最新应用成果。



案例 7：面向新型电力系统的数字孪生电网建设及生态运营解决方案

——南方电网数字电网科技（广东）有限公司

关键词：新型电力系统；数字孪生电网；数字电网；时空共享服务

1. 背景及痛点

随着国家“双碳”战略的全面推进，习近平总书记提出了“构建以新能源为主体的新型电力系统”的具体要求，标志着构建新型电力系统正式成为我国推进“双碳”战略的重要举措。南方电网公司积极响应国家重大战略，提出建设数字电网重要举措，以电网为核心纽带与平台，构建面向新型电力系统的数字孪生电网，以数据驱动业务创新与变革，以“电力+算力”构建新型电力系统服务新模式和能源产业新生态。

由于超大型电网规模大、结构复杂，其数字化面临诸多的世界性难题，目前存在如下难点亟待解决：（1）物理电网模型的精确数字建模；（2）准确感知电网；（3）高效严谨完成海量数据计算。

2. 基于工业互联网的解决方案

数字孪生电网总体技术框架基于云数一体基础设施，以全局模型统一数据定义，以智能传感、物联网实现海量、实时数据采集与传输，以数据中心实现异构数据统一存储和融合，以电网时空数字孪生共享服务上承业务、下联数据，从全局视角对业务和数据进行统一管理和

共享，实现物理电网的数字镜像、实时感知、模拟仿真与分析预测。

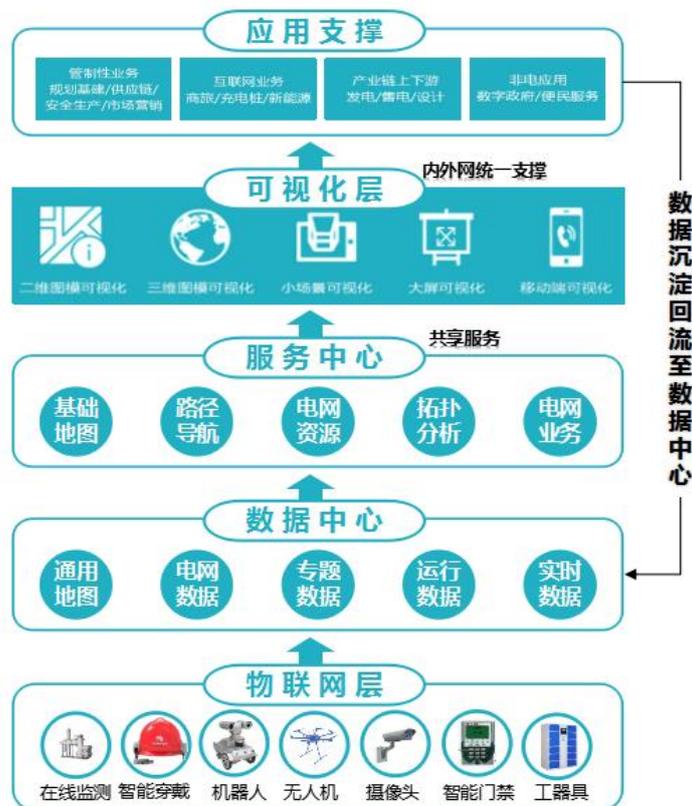


图 1 数字孪生电网总体技术框架

本项目创新实现“源网荷储”全业务域数字孪生统一，构建了基于“云管边端”全域物联的“静态+动态+多时态”数字孪生电网基础设施，覆盖设备全要素、全领域的一体化电网数字化模型，支持 15 大类设备在地理空间、电气空间和时间的统一表达。基于统一模型，实现了源网荷储全管理、实时数据全接入、高清地图全覆盖和业务信息全贯通。

在输电线路方面，融合了动力环境（温度、湿度等）、故障定位、覆冰监测、交叉跨越图像在线监测、分布式行波等实时监测数据。在变电站方面，融合了主变、电压互感器、电流互感器等 14 类设备的

电流、电压、有功、无功等 20 类运行数据。在配电站房方面，融合了实时开关状态、变压器运行状态、温湿度、有毒气体、在线视频等监测数据和地质灾害等生产运维数据。在外部环境方面，融合温度、气压、湿度、台风实况等气象实时数据。



图 1 “云管边端”的全域物联网数据采集与汇聚

本项目建成了国内领先的完全自主知识产权的超大型二三维数字孪生电网时空服务平台。基于数字化技术基础平台和先进的数字技术，融合地理、物理、管理和业务信息，面向全网和社会服务的新一代数字电网运营平台，具备开放、共享、共建、共赢的平台特征。

在平台服务能力方面，结合电网特点基于云化、微服务化技术路线，创新了中台服务新模式，通过服务沉淀、共享，提升业务需求响应速度。构建了“站-线-变-分支-箱-户(表)”完整主配网拓扑结构，支撑电网总览、设备统计、查询定位、台账钻取、模拟停电、三维仿真、多时态追溯等 8 大类 584 个共享服务及 461 个业务组件，通过数据、服务、产品等形式构建开放共享的运营生态。

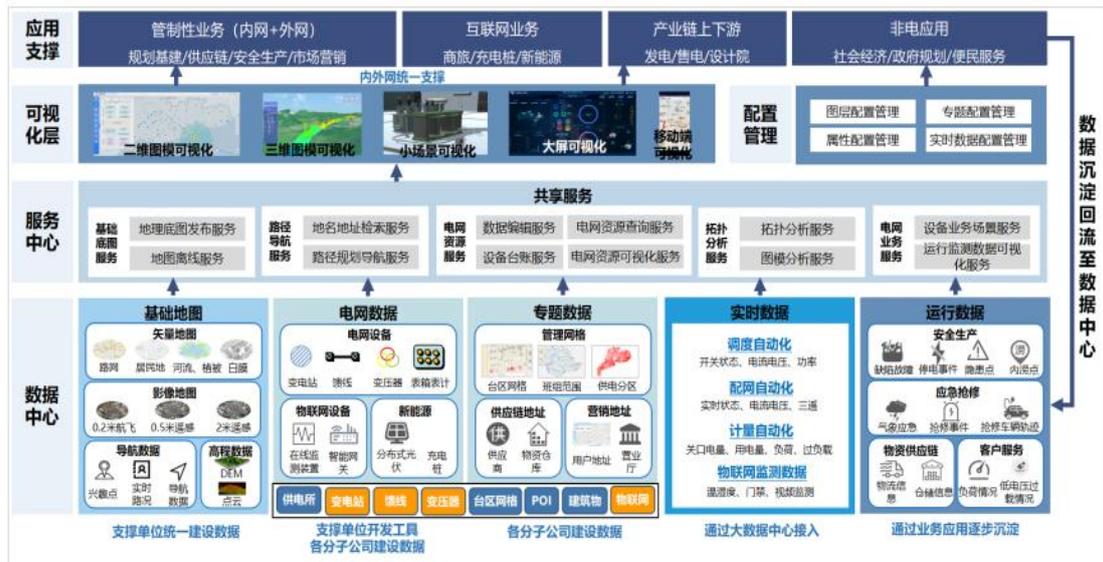


图 2 超大型二三维数字孪生电网时空服务平台



图 3 电网数字孪生中台服务新模式

本项目创新研发了多项国内外领先的数字孪生核心技术，发明了电网全要素全时空信息模型和孪生构建技术，地理、电气双拓扑高效协同共享服务技术，亚秒级动态空间拓扑计算及应用技术等三大核心技术，分别解决了复杂电网统一数字化构建难题，动态电网高效协同、数字化共享难题与融合业务活动的时空大数据高效计算分析难题。支撑年 400 万设备数字化移交，更新效率提升 70%以上；网级一级部署，全网 30 万台低配 PC 终端二三维高效渲染，亿级查询小于 0.1 秒；支

撑全网超 25 万公里输电、15 万公里配电线路无人机自动驾驶巡视，实用化程度全球领先。

3. 成效

基于本项目数字孪生电网成果，贯通“源-网-荷-储”数据，构建起全业务域数据驱动的电网一张图、业务一张图、客户一张图，以地图与电网时空服务为入口，推动南方电网公司的电网规划、生产运行、客户服务、电动汽车等业务活动中的时空位置数据沉淀到数据中心；推动广东、广西、云南、贵州分布式能源，澜沧江、金沙江水电，西藏、北方清洁能源，抽水蓄能等新型能源的安全灵活接入；构建以“碳达峰、碳中和”为目标的新型电力系统的新型电源分布、潮流负荷分布、能源健康追溯、区域用电统计、汽车充电新型用能等业务活动的时空大数据分析能力。并将电网资源的海量实时运行数据和用电行为数据与政府、经济、商业相结合，发挥电网资源数据要素在南方五省区及国家经济建设中的大数据价值，繁荣数字生态和数字经济。

公司简介：南方电网数字电网科技（广东）有限公司成立于 2007 年 8 月，注册资金为叁亿伍仟零壹拾万元，是南网数字集团旗下全资子公司，是一家专注于物理电网数字化的专业公司。公司主要围绕全域物联、智能泛在、平台赋能，致力于打造融合全域物联、数字孪生的数字电网整体解决方案，形成输、变、配、调度全场景，云管边端全环节的产品体系，初步具备能源领域上下游产业链向外拓展能力，建立一支具备懂业务、精研发、懂市场的专业团队。



案例 8：多区域适配的新型电力系统智能运维方案

——安徽南瑞继远电网技术有限公司

关键词：新型电力系统；电网智能运维；云边融合；电力人工智能

1. 背景及痛点

在“双碳”目标及构建新型电力系统的战略背景下，我国的能源转型技术路线、发展模式都将迎来多元化发展，对电力系统的发电、输电、变电、配电、用电等多环节提出更高的要求。电网发展给对运检带来新挑战，主要表现在新能源广泛接入、多元化负荷涌现、设备规模快速增长、极端天气和自然灾害频发，电网快速发展下传统运检模式不适应性凸显。

(1) 新型电力系统智能运维亟需提高多元适配能力。传统电力系统运检管理不同专业智能运检系统之间“数据孤岛”效应显著，亟需提升电网智能运检系统的灵活的多元适配能力，满足发电、输电、变电、配电、用电不同专业运检管理要求。

(2) 大电网稳定运行亟需提高安全保障能力。能源互联网背景下，电网运检对象种类多、感知精度要求高，亟需提升新能源厂站、输电通道、变电站节点、配电站房等关键节点的设备缺陷和异常识别的及时性、准确性，提升智能运维系统对大电网安全运行的重要保障能力。

(3) 提高电网规模快速增长亟需提高运维能力。随着电网设备规模快速增长，海量电力设备的运行管理、运维检修、状态监测等业务对智能运检平台提出了更高要求。亟需有效整合数据资源、深挖多模态数据价值、优化云边端人工智能算法应用，通过数据赋能电网智能运检。

2. 基于工业互联网的解决方案

(1) 方案架构

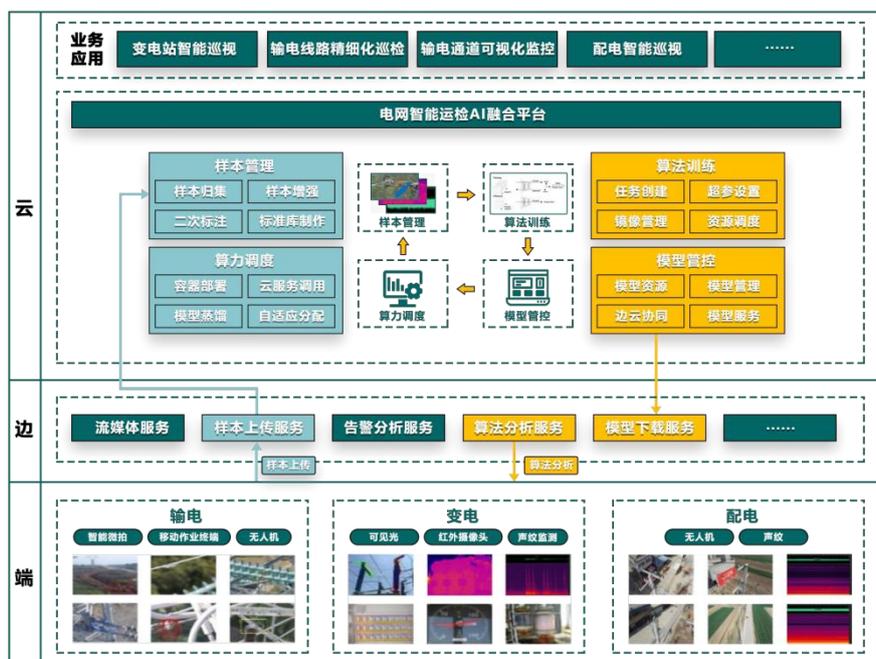


图 1 智能运检 AI 融合平台架构

多区域适配的新型电力系统智能运维方案核心是电网智能运检 AI 融合平台，平台通过云边端架构体系，将样本采集管理、算法训练、模型管控、算力资源调度分配等各个环节融会贯通的，进而实现 AI 应用的平台化和自主化，为变电站智能巡视、输电线路精细化巡检、输电通道可视化监控、配电智能巡视等业务与系统持续赋能。

在智能运检 AI 融合平台的云侧。主要是接收边端、站端收集的音视频、文本数据，进行标注、审核、纳入数据集，利用智能运检 AI 融合平台的算法训练环境对现场应用的网络模型进行迭代训练，更新后的算法模型经验证后进行发布、部署，最终将算法模型由云端下发至边端，为输变配站端设备提供算法分析服务。

在智能运检 AI 融合平台的边侧。业务系统汇集该区域管理的各个输电线路、变电站、配电站巡视过程中产生的样本数据，提供样本上传、算法分析、巡视等服务，并有运维人员对巡视的告警记录进行校验和查阅，最终将站端的巡视样本数据统一上送至云侧智能运检 AI 融合平台。

在智能运检 AI 融合平台的端侧。通过部署各类前端音视频采集装置，采集装置能根据巡视主机下发的指令采集样本分析后并上传至边侧。算法分析服务在运检现场本地部署，实现对输变配远程智能分析、异常状态识别、作业行为识别、声纹在线监测等业务功能。

（2）资源管理能力

目前，方案总体工业设备接入量已达 66000 台，服务于国网、南网各县级电力公司 90 家以上，开发了设备外观损坏、表计破损、异物、渗漏油等 25 类人工智能识别模型。

输电全景智慧管控系统应用于安徽电网全省输电线路，接入通道微拍、三跨视频、导线覆冰、杆塔倾斜、微气象等终端设备 2 万余台，服务于安徽公司及各地市级电力公司 20 余家，开发了挖掘机、塔吊、山火、烟雾、覆冰、销钉缺失、绝缘子破损等 20 类人工智能识别模

型。智能声纹在线监测系统部署于古泉、淮南、芜湖等数十座超特高压变电站，接入声纹在线监测装置，开发了绕组松动、异常放电、直流偏磁等 6 种异常声纹识别算法模型。

(3) 应用服务能力

方案应用可以为电力领域输电、变电、配电等多场景下复杂人工智能应用提供解决方案，并连接海量前端设备实现人工智能产品有效落地，进一步体现新一代信息技术融合应用，通过模型裁剪技术实现输变电目标检测算法模型轻量化设计和定制化裁剪，在提高识别准确率的基础上优化模型结构，搭建稳定的边缘计算平台，搭载轻量化的输变电模型，部署在终端。平台具有很强的技术先进性，可有力促进工业企业数字化转型，产品可以在电力行业各类领域复制推广，有效提升经济效益。

3. 成效

(1) 多领域场景适用，增强了智能运检系统的多元适配能力。可适应新能源光伏、风电、储能不同场景应用，符合新能源广泛接入、多元化负荷涌现、极端天气和自然灾害频发的新型电力系统建设需求，具有专业应用“即插即用”模块化特征。

(2) 多算法技术创新，提升了智能运检系统对大电网运行的安全保障能力。提出了针对不同电网样本特征的深度学习优化方法，克服电网运检目标对象种类多、尺度差异大、背景复杂的难题，具有内核算法精确化特征。

(3) 多模态数据融合，提高了智能运检系统对电网设备的高效运维能力。基于云边融合的多区域适配调度技术，解决电网设备规模快速增长下传统运检模式的不适应性问题，具有数据价值聚合平台化特征。

方案提出了电网运检新模式，实现了国产替代和完全自主可控，大幅减少运维工作量，提升了电网智能运检的多元适配能力、安全保障能力、高效运检能力。有效保障电网安全、可靠、经济运行，为推进新型电力系统建设奠定良好基础。应用系统相关成果已应用于安徽、宁夏、新疆、陕西、广东 5 家网省公司及 57 家地市公司。近三年支撑业务合同总额 1.2 亿余元，具有良好的经济社会效益和应用前景

公司简介：安徽南瑞继远电网技术有限公司（以下简称继远电网）成立于 1996 年，是国家电网有限公司规模最大直属科研产业单位南瑞集团（国网电力科学研究院）全资子公司，建有国家认定企业技术中心，是新型电力系统智能运维安徽省联合共建学科重点实验室的依托单位。继远电网围绕“设备本质安全、生产安全与效率、电网节能降损”三大方向，重点研究应用设备智能感知技术、设备状态评价及预警技术、行业人工智能技术、电力数字运检技术、电网检验检测技术五大技术，获得省部级科研成果 50 余项，获得专利授权及软件著作权 270 余项，其中发明专利授权 48 项。提供端边云协同的自主智慧输电、变电、配电解决方案和智慧能源解决方案，并着力将同源技术拓展至能源及发电行业领域，在建项目覆盖全国 5000 余座变电站、数十万平方公里，业务遍布 31 个省市区。

案例 9：新型电力系统背景下数字电网 关键技术应用

——威胜信息技术股份有限公司

关键词：数字电网；互联网+；营配融合；综合能源

1. 背景及痛点

近年来，粤港澳大湾区建设中山菊城电力营业区域内用电客户及负荷增长较快，且中山市菊城电力有限公司缺乏统一的信息化系统，电网自动化程度低，自动化抄表、电网故障自动定位、故障自愈、故障抢修、智能化运维等系统尚未建设，自动化及系统的智能化程度低。因此，需要通过电网智能化改造的契机，建设各业务、各专业融合与联动的系统平台，先对部分中压电网、低压电网进行智能化改造，再对全部电能表进行自动抄表改造，实现电网数字化。

为了更好的服务于管辖区域内的客户，获取更多客户的粘性，需要建设一套适合中山菊城电力自身业务特点的信息化服务平台，提升菊城电力对增量配售电业务发展战略目标实现，获得更多经济盈利点和社会综合效益。

2. 基于工业互联网的解决方案

威胜信息以《中国南方电网有限责任公司数字化转型和数字南网建设行动方案》、《数字电网推动构建以新能源为主体的新型电力系统白皮书》为指导，以满足客户需求作为根本出发点充分挖掘用户用

电数据价值，助力中山市菊城电力公司实现中低压配网数字化转型。构建中山市菊城电力有限公司中低压配电网营配融合智慧系统，实现配网自动化系统、计量自动化系统、智能营销系统、智能运维的综合应用，实现各专业业务互相融合管理，建成数字电网标准与管控体系平台，提升新型电力系统条件下边缘感知能力，持续提升专业服务能力，持续优化营商环境。具体包括：

- (1) 提高企业运营效率，提高供电服务质量，优化营商环境；
- (2) 实现营配融合：电力设备资产、客户管理等企业基础信息统一标准、信息共享、数据共享，高效协同；
- (3) 实现智能计量：自动抄表，线损管理，负荷控制，用电分析及优化有序用电；
- (4) 实现中低压配网自动化：故障定位，故障抢修，故障自愈，漏电监测；
- (5) 实现智能营销：客户管理，购电及电费核算，简化流程，构建良好营商环境；
- (6) 实现综合能源业务管理：充电桩运营，新能源接入管理，综合能源服务等；
- (7) 实现对辖区内配电网无线通信网络的资源管理和质量监控。

中山市菊城电力有限公司营配融合智慧系统及智能配电改造项目服务体系及业务总体架构基于“互联网+”的业务理念，构建增量配电网中低压配电网营配融合智慧系统，为市场参与各方提供技术支撑。平台总体业务架构如下：

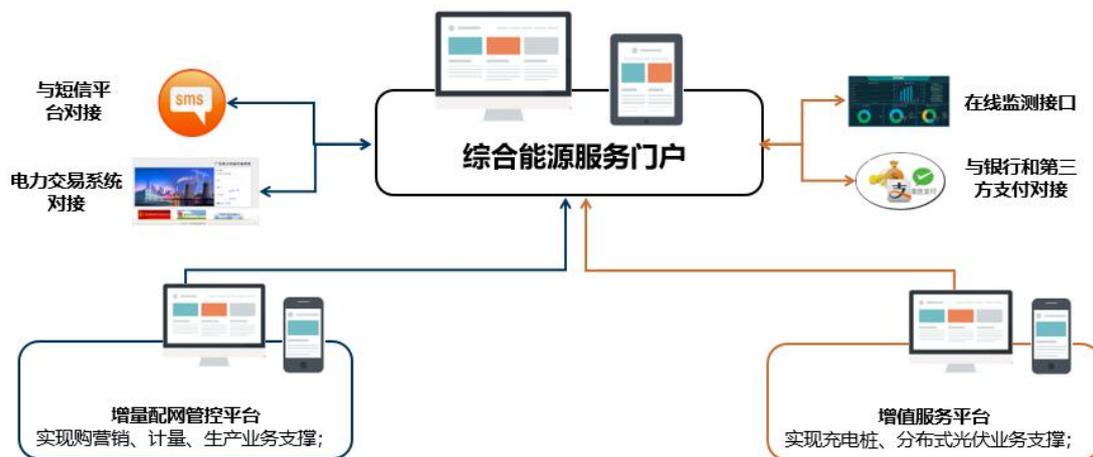


图 1 平台总体业务架构设计

平台总体设计追求一体化，实现应用管理一体化、数据资源一体化管理、业务流程一体化管理以及角色和用户权限一体化管理，在更高层次上实现 workflow、信息流和管理流的有机融合。从业务层面上涵盖了电力交易、客户服务、计费业务、用电采集、配网生产、配网智慧以及充电桩、分布式光伏等综合能源管理功能，全面覆盖了菊城电力公司业务处理的各个环节和流程，同时，还能够支撑未来新业务功能拓展，实现公司盈利模式多样化。

3. 成效

（1）提高营销标准化建设的执行能力

平台建设实现了数据、业务流程的全过程实施管控，基本情况一目了然，使得相关经营标准化标准、制度固化在各个具体的业务流程中，当相关标准、制度修编时，对系统进行“一次配置”，就可以达到“全业务范围应用”的效果，有效提升系统的安全性、实用性。

（2）切实提高服务效率

平台的建设拓展有效的分流降低业务人员的工作压力，有效提高资源的使用效率。更好的满足客户的需求，提高客户服务效率，提升配电网综合监测、配用电用户快速运维响应的能力，促进公司管理方式及机制的转变，实现提高效率降低成本。

（3）提高同期线损指标

平台建设完成后，系统对线路及台区进行实时监测和分析，及时发现重点疑点数据信息，以便安排跟踪整改。各类计量数据正确性、及时性的有效提高，也将使得线损指标得到稳步提升。

公司简介：威胜信息成立于 2004 年，是国内最早专业从事电力物联网的企业之一，聚焦电力物联网及城市物联网，经过十余年的发展，成为物联网行业内少数同时具备物联网感知层、网络层、应用层设备及系统研发能力的高新技术企业，主要产品和解决方案为电监测终端、水气热传感终端、通信网关、通信模块、智慧公用事业管理系统和物联网综合应用解决方案，累积连接国内 1 亿物联网用户数及海外 1000 万用户，在主要客户国家电网及南网电网中标总额名列前茅。2020 年 1 月 21 日在上海证券交易所科创板成功挂牌上市，成为湖南省首家科创板上市企业。

案例 10：金寨县大规模分布式光伏协同 调控体系

——安徽继远软件有限公司

关键词：智慧物联感知；负荷预测；“云边端”协同调控

1. 背景及痛点

金寨县是全国首批高比例可再生能源示范县，光伏电站 9302 座，总装机 126.163 万千瓦，装机容量总体占比 73%。年发电量为 18.52 亿千瓦时，全县年用电量为 14.29 亿千瓦时，清洁能源就地消纳比例为 55%。但是，金寨县大规模分布式光伏协同调控也面临以下困难：

（1）光伏普遍“裸接”接入配电网，缺乏测控和数据远传装置，造成光伏发电数据和设备状态难以实时掌握；

（2）大量户用光伏接入造成台区用电电能质量严重超标，采取手动调整配变档位来控制供电电压的方式，未能有效解决光伏大发导致的脱网、线损率高等问题；

（3）区域用电负荷低，大量分布式光伏发电高峰时期消纳困难，已建成充电桩、储能等设备孤立运行，未纳入统一调度，无法发挥集群协同。

通过开展分布式光伏发电预测，加强分布式光伏发电与用电需求协同互动，促进光伏发电就地消纳，形成可复制、可推广的整县光伏并网接入典型建设模式，支撑大规模可再生能源灵活消纳和高效利用。

2. 基于工业互联网的解决方案

案例项目围绕金寨大规模光伏接入并网存在“难感知、难预测、难调控、难消纳”的“四个难”问题，按照“全感知、就地控、轻量级”建设思路，打造区域微电网，实现微电网内全信息感知、全时空监视、全场景预警、全发电消纳，打造新能源微电网自治示范，促进光伏发电 100%消纳。

系统搭建“云-边-端”三层协同调控架构，应用工业互联网思维，以台区智能融合终端为核心，构建云边协同的源网荷储优化调度架构，将云端集中处置优化为云边协同处置，解决云端架构高延迟、低效率等问题。边缘侧基于台区智能融合终端开展区域内微电网自律控制，云端平台开展大数据分析和群间协同，实现微电网灵活并网、高效调度。

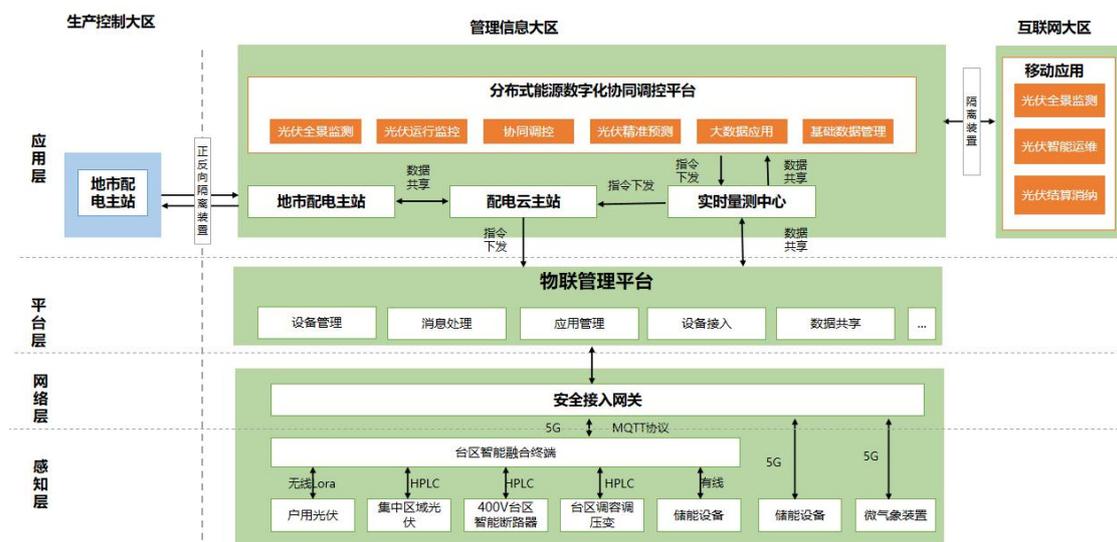


图 1 分布式光伏协同调控体系技术路线

(1) 系统遵循电力物联网体系顶层设计和国网“一台区一终端”

的数据接入原则，完成满足电力物联网体系要求的总体技术路线设计。构建“本地通信网-5G 承载网-内网专线”的混合多态通信网络，实现分布式光伏发电数据采集传输网络的全贯通、全覆盖。实现了感知数据的全量采集和稳定接入，支撑大规模分布式光伏数字化协同调度。

(2) 系统建设多源异构数据融合的分布式能源状态物联感知体系，采用不改变源端系统数据原则，一方面平台接入现场各类采集终端、台区智能融合终端等感知设备的实时采集数据，另一方面与数据中台、配自、GIS2.0 平台等系统进行数据交互，通过系统台账与各业务系统及感知采集数据构造映射关系，从而实现多源数据融汇贯通。

(3) 结合台区内电源、储能和负荷等数据，开展配网适应性改造。分析台区内能源系统的实际状态、实际能量输出和需求响应资源等信息，计算满足台区自律控制所需源网荷储互动能力，通过改造台区配变、新增无功补偿设备及并网智能断路器等调控设备，对配电网的开展适应性改造，提升配电网源网荷储互动调控能力。

(4) 构建基于人工智能深度学习的分布式光伏功率预测模型。采集用户用电信息，开展负荷分类和用电行为分析，精准描绘用电负荷特征，基于历史发电数据开展日、月、季节的周期规律特性分析，利用人工智能深度学习技术构建不同周期规律下的光伏出力预测模型，精准制定日前调度计划。

(5) 提出分布式台区动态自律控制和台区间协同调控策略。针对分布式电源量大分散、波动性强、容易脱网、集中控制困难的问题，结合台区内电源、储能和负荷等数据，分析各类型能源系统的实际状

态、实际能量输出和需求响应资源等信息，计算源网荷储互动能力，提出分布式台区动态自律控制策略和台区间协同调控策略，提前制定且优化调控策略，提升分布式发电集群运行可控性，实现集群灵活、友好并网。

(6) 研发分布式能源数字化协同调控平台。综合应用云大物移智和数字孪生等六大先进技术，构建“云-边-端”三层微电网群控群调架构，设计全景可视、趋势预测、群控群调等七大应用，打造“技术先进、架构坚强、应用灵活、提升全面”的分布式能源数字化协同调控平台，提升了微电网全信息感知、全时空监视、全场景预警、全视角调控、全发电消纳等能力。

3. 成效

通过项目成果实践应用，实现了电网运行管控能力、分布式光伏消纳能力、配网规划支撑能力的显著提升。

(1) 电网运行管控能力提升。构建分布式光伏集群化运营机制。开展光伏群内、群间和输配之间的协同调度，实现分布式光伏就地消纳，降低其大规模光伏接入对电网稳定运行的扰动。建立自下而上微电网分区分级管理模式。针对分布式光伏点多面广、集中控制难等问题，提出以台区为最小单元的自下而上分区分级管理模式，探索新型乡村配电网台区分布式资源运行调节方式和配电网运行能效提升策略。

(2) 分布式光伏消纳能力提升。探索分布式光伏+储能一体化协

同调度机制，可结合地区能源规划与现状，制定相匹配的分布式光伏+储能配置策略，平抑分布式光伏带来的配电网潮流、电压波动，通过源网荷储友好互动，提高电能质量、实现负荷消峰填谷以及稳定光伏发电输出，并为地区储能建设发展提供数据支撑，促进新能源消纳能力提升。

(3) 配网规划支撑能力提升。深入分析电量、功率与区域负荷时间维度、空间维度分布特点，总结分布式光伏运行规律和对区域电网影响，开展主配网网架结构适应性分析，找出卡脖子的电网薄弱点，精准实施网架优化，提升光伏承载消纳能力。与新能源云开展数据融合互动，为适应大规模分布式光伏接入的配电网网格化规划提供支撑，提升区域光伏并网上网、消纳计算、协同调度的管控能力。

公司简介：安徽继远软件有限公司（以下简称继远软件）于2001年8月在合肥国家高新区注册成立。继远软件高度重视各类核心资质和荣誉建设，自2007年至今蝉联“国家规划布局内重点软件企业”，拥有计算机信息系统集成一级、涉及国家秘密计算机信息系统集成乙级、信息安全服务（安全工程一级、灾难恢复一级、风险评估二级）、国家测绘（地理信息系统乙级、工程测量乙级、界线与不动产测绘乙级）、ITSS 运维二级、电子与智能化工程承包二级、承装（修、试）电力设施许可证五级等资质，通过 CMMI 五级以及质量、信息安全、环境、信息技术服务、职业健康五标整合管理体系认证，拥有中国合格评定国家认可委员会（CNAS）评定的软件评测实验室。

案例 11：基于边缘计算和区块链的源网荷储一体化管控项目

——南京江行联加智能科技有限公司

关键词：边缘计算；区块链；源网荷储；一体化管控

1. 背景及痛点

当前电网调度基本采取“源随荷动、只调整集中式发电”的传统调度模式，负荷和储能未纳入调度范畴。随着新能源和直流的快速发展，储能等新技术不断涌现，电网特性日趋复杂，传统“源随荷动”的调度模式面临一系列问题，亟需推动由传统的“源随荷动”调度模式向“源网荷储一体化管控”模式转变，接入网源荷储各环节信息，通过市场化手段挖掘资源潜力，保障系统安全，实现新能源柔性消纳。

基于边缘计算的源荷储协控技术研究，实现分布式电源、电动汽车等新型能源和用能设备信息接入，实现储能业务和新能源发电波动性的协同，储能业务与用能侧波动性的协同，用能侧弹性生产业务和新能源发电波动性的协同，提升源荷储多元协调和新能源场站精益控制能力。

2. 基于工业互联网的解决方案

本解决方案基于边缘计算新技术，对新能源发电、电网调度、配网运行、储能、负荷用能情况等进行全方位感知，实现异构数据融合、全局优化和协调控制，提升源网荷储协同控制能力。根据《电力监控

系统安全防护规定》有关要求，坚持“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”的原则，保障源网荷储一体化管控系统的安全。利用区块链智能合约及分布式存储技术，实现计量、交易数据和控制命令的上链并进行分布式存储，保证数据和命令的可信安全、不可篡改和防抵赖，保障电力交易市场安全稳定运行。通过市场化手段，引导新能源发电主体、储能聚合商、负荷聚合商等参与一体化调控，促进清洁能源消纳，保障电力可靠供应和安全稳定运行。



图 1 系统架构设计

通过调研电源侧、负荷侧、储能侧各种数据的数据来源和数据类型，分析底层数据的差异性，设计数据格式统一定义方法，研发支持多协议解析的通信协同软件，实现异构数据结构统一。研制面向风电站、光伏站、储能站数据接入的边缘智能网关装置，研制面向大工业用户、普通用户数据接入的用户边缘网关装置，支撑源荷储各环节异构终端通信连接、异构数据汇聚及融合应用。

针对源荷储各环节采集的海量数据，依托云边协同分析计算技术，开发基于容器的边缘应用部署技术和源网荷储一体化管控系统，构建

设备管理、应用管理、业务交互等能力，提高电源侧、负荷侧、储能侧状态监控、运行控制等业务响应速度。本项目主要包括以下三方面创新亮点。

(1) 设备管理：支持边缘设备向边缘物联管理平台发起注册，支持边缘物联管理平台对边缘设备进行操作系统、软件组件升级以及状态监视。

(2) 应用管理：支持边缘物联管理平台向边缘设备下发业务应用 app、应用控制命令，支持边缘物联管理平台对边缘设备上业务应用 app 进行状态查询及升级。

(3) 业务交互：支持边缘物联管理平台向边缘设备召唤数据、边缘设备向边缘物联管理平台上报数据等数据上报方式，支持边缘设备向边缘物联管理平台请求数据，支持边缘物联管理平台下发业务命令至边缘设备。

3. 成效

(1) 本项目为海量异构设备虚拟电厂提供新的解决方案，实现用户侧、负荷侧资源开放共享及创新融合，有效缓解电网的运行调控压力，充分调动用户参与电网调度运行的积极性，保障电网的安全稳定运行，推进分布式能源与智慧电网的发展，为保障电网安全、稳定、经济效益更高、推动城市绿色发展、实现双碳目标做出巨大贡献，有助于推动虚拟电厂的落地运行、推动“双碳”计划的落实。

(2) 项目成果符合国家能源局发布的《能源碳达峰碳中和标准

化提升行动计划》新型电力系统标准体系建设目标，支持能源消费改革，具有广阔的市场前景及应用价值。本产品在研发完成后联合发电企业运行，根据《全国电力供需与经济运行形势分析预测报告》中对火电工程全国平均单位造价的评估，火电工程建设投资约为 7500 元/kW，按照能够形成 50MW 的需求响应能力计算，预计能够节约电网投资共计 3.75 亿元。

(3) 在聚合多类资源后，可聚合企业共同参与市场交易。按照能形成 50MW 的负荷调控能力计算，按照虚拟机组在线率 50%、调峰价格 0.5 元/度电、每年夏冬两季共 4 个月 120 天参与调峰，每次调峰持续时间为一小时来计算，每年虚拟电厂参与调峰市场交易所获收益约为 150 万元。

公司简介：江行智能成立于 2018 年，由国际知名科学家、加拿大工程院院士刘江川创办，累计完成 5 轮数亿元融资，股东包括红杉资本、保利资本、松禾资本、联想创投、百度风投等头部机构。江行智能致力于赋能电力能源行业数智化转型升级，是国内唯一覆盖电力全场景的边缘智能公司，自主研发的边云协同平台可提供全栈式各类智能化解决方案，服务行业头部企业 40+；无人巡检、集控系统、园区碳管理、虚拟电厂等数百个解决方案已成功落地于电网、发电（风光水火）、储能、石油石化、煤炭矿山等行业。

案例 12：大屯电网智慧控制指挥中心

——上海大屯能源股份有限公司

关键词：智慧能源；大数据平台；智慧运维

1. 背景及痛点

目前大屯公司建设新能源电站主要面临面积大、设备数量多、运维人员短缺、巡检周期长，传统监控系统定位故障效率低等突出问题，对设备运行数据及电站性能分析不全面、不精细，无法指导电站运维人员完成高效运维。为解决当前光伏电站及今后新能源和综合能源项目建成后的日常运维、调度管理等诸多业务需求，以实现大屯公司新能源和综合能源服务产业的常态化监控调度管理、信息资源共享以及突发事件实时监控调取、现场处置情况实时反馈、远程督导管理、会商决策、应急指挥管理功能，打造具有大屯公司新能源电力系统特色的智能化管理平台。

2. 基于工业互联网的解决方案

大屯电网智慧控制指挥中心建设目标是“一平台一中心”，即构建综合能源管控平台，建设大屯公司新能源运营指挥中心。平台接入大屯现有升压站、光伏电站的运行监控数据但并不涉及电网调度数据，同时接入变电站、光伏站工业视频，实现光伏发电“源”和“荷”侧的远程监控、调度指挥和集控管理，以及光伏发电负荷调控、数据采集、数据处理、数据存储、数据监视、生产运维、设备状态和作业管控等

功能，为能源互联网构建从电力数据采集到统一集控服务，以及领导驾驶舱运营展示的完整闭环。项目功能架构如图 1 所示：



图 1 项目功能架构

项目平台采用微服务架构，基于开放的 JavaEE 体系，以 Spring Cloud 为基础支撑框架，以领域模型为核心，支持 BPMN2.0 规范，融合云计算、大数据、区块链、人工智能和物联网技术，支持跨平台访问，采用分布式存储和内存计算、并行计算技术，支持海量数据和实时数据的处理，以 TOGAF 企业架构方法论为指导，构建先进的、灵活的 IT 架构，能够满足未来各类新能源厂站及综合能源产业接入的需求。项目技术架构如图 2 所示：

平台综合监视可支持接入售电交易信息，具体接入数据信息包含：电量预测数据、结算数据管理、合同数据、购售电交易数据、统计分析数据、经营数据，未来平台可通过优化运行控制与市场交易，实现电源侧多能互补与负荷侧灵活互动，为电网提供电能、调峰、调频、备用等服务。



图 2 项目技术架构

3. 成效

依托先进的数字信息技术，融合互联网技术，构建专业化、数智化的新能源远程运营平台。为新能源发电企业实现集约化运行的管理模式，在生产运行和管理效率有都较大的提升，同时基于大数据分析，实现故障预判，根因分析，快速推送解决方案，优化运维管理。主要体现在以下几个方面：

（1）集中监控，降低运营成本

实现“无人值班、少人值守”的运营模式，可有效解决新能源发电设备分布广且管控难等问题，大幅度减少发电企业管理成本。

（2）智慧运维，优化运营效率

智能识别落后/故障设备，提升针对性运维效率；精细化运维管理，降低运维人力成本，减少发电量损失。

（3）优化管理，提高生产管理效率

新能源电站的集中运营可有效整合企业全部运行数据，多维度对

比分析，可以帮助管理人员直观了解所有场站、设备的运行状态及存在问题，提升集团发电效率。

（4）辅助决策，支撑投资决策

对电站及设备多维度的评估分析，为企业投资及设备选型等决策提供科学依据。

随着未来新能源业务的发展，在综合能源管控平台的整体框架下，利用物联网、大数据和人工智能等技术打造虚拟电厂运营管理平台，将分布式发电、储能、工商业用户等分散资源进行统一的在线监控和管理，通过能力分析、调控指令实现调控计划的智能化分解和执行，实现虚拟电厂内资源的精准调控；同时平台未来还将支持虚拟电厂参与电力市场的需求侧响应、辅助服务和电力现货交易，获取多种交易收益；最终实现综合能源服务平台愿景。

公司简介：上海大屯能源股份有限公司（以下称大屯公司）为中煤能源股份有限公司控股子公司，形成了集煤炭、电力、铝加工和能源综合服务业一体化综合循环经营产业链。公司积极向新能源、综合能源服务领域转型发展，以电为中心，网为平台，新能源建设为突破口，多能互补，源网荷储氢协同优化的发展方向，采取“平台+生态”方式充分聚合优势资源，加大绿色氢能战略布局、产业生态培育、地热资源勘探应用，建设一批“光伏+氢能、储能、充换电、地热、节能改造”等示范项目，积极打造“源网荷储氢”“风光火氢储”一体化等项目，努力把大屯公司建设成为全方位立体式的一流综合能源服务企业。

工业互联网

助力能源消费节能提效



工业互联网助力能源消费节能提效

当前，我国工业领域能源消费约占全社会能源消费的 65%。2022 年 6 月，工业和信息化部、发展改革委、财政部等六部门联合发布《工业能效提升行动计划》，提出到 2025 年，规模以上工业单位增加值能耗比 2020 年下降 13.5%。节能提效成为绿色低碳的“第一能源”和降耗减碳的首要举措。

我国工业领域用能企业数量多、涉及面广，工业领域能源消费升级转型，有利于降低能源成本，提升行业绿色低碳发展水平。工业互联网为助力能源消费节能提效的关键在于海量工业系统的连接和数据的实时精准采集，推动了能源使用全数据要素的汇聚分析，进而利用可调节负荷挖掘能源需求侧响应潜力，提供柔性负荷智能管理、虚拟电厂优化运营等智能化用能服务，引领智能化用能服务模式创新。

本章节共收集来自国家电投、太极计算机、琅润达检测、今天国际、码客工场和中智微联的 8 份案例，围绕能源消费节能提效，介绍虚拟电厂、零碳电厂、智慧热网应用等方面的最新应用成果。



案例 13：国家电投集团湖北虚拟电厂

——国家电投集团湖北电力有限公司

关键词：虚拟电厂；需求响应；可调负荷；负荷聚合；电力辅助服务

1. 背景及痛点

2022 年湖北省受夏季“四最”叠加影响，7-8 月份电力供应存在较大缺口。其中，8 月，全省全社会用电量 299.42 亿千瓦时，同比增长 27.86%。受持续高温影响，8 月 5 日—8 月 20 日全省日用电负荷均超过 4800 万千瓦，其中 8 月 10 日全省最大用电负荷 4861.6 万千瓦，最大需求响应负荷 510.3 万千瓦。为缓解电力供需矛盾，2022 年省能源局及电力公司共实施了 19 次电力需求侧响应。

从湖北省电力装机结构及电力需求形势看，预计 2023 年夏季气温总体偏高 0.1-1℃，最大用电负荷 5250 万千瓦，同比增长 8%，最大负荷缺口约 646 万千瓦。在用电负荷高峰期进行需求侧响应将成为常态。这就亟需通过建设虚拟电厂，将负荷侧的各类资源通过信息化及自动化手段聚合起来，既可作为“正电厂”向系统供电或控制可调负荷调峰，又可作为“负电厂”加大负荷消纳，实现填谷，以保障电网安全稳定运行。

2. 基于工业互联网的解决方案

湖北省域虚拟电厂的首要服务对象集中在工商业用户群体，其紧密依托于国家电投湖北售电公司旗下的客户群。通过代理用户参与需

求响应等多种创新手段，推动网源荷储协同调节。通过虚拟电厂平台，广大工商业用户得以以更加灵活的方式参与电力需求响应，从而调整用电模式，以提升能源利用效率，积极助力电力平衡和节能减排。湖北省域虚拟电厂作为一项创新型能源平台，秉持着“以用户需求为中心”的设计理念，通过深入洞察实际用户的能源消耗需求，细致剖析能源使用的特征以及可调节的空间，从而构建了一个高效的虚拟电厂需求架构，以满足广泛用户的多样化能源需求和积极参与程度。

(1) 在挖掘“潜力用户”方面，虚拟电厂平台借助国家电投湖北售电公司的天然优势，从广泛的电力用户中筛选出目标用户，这些用户不仅对新兴业态抱有需求，还愿意积极探索创新。通过分析用户负荷特性，系统将进一步收窄范围，锁定那些更具典型性、更高参与度以及更强调控能力的关键用户，以更为精细的质量标准，针对夏季用电负荷不均衡等问题为电网提供切实可行的解决方案。

(2) 数据平台的构建是虚拟电厂的核心要素，其目标在于提供全面的数据管理和分析能力，以有力地支撑虚拟电厂的运营和业务必要。在平台内，涵盖了档案管理、电力交易、负荷预测等多重功能模块，以确保系统运行的高效性和全面性。

(3) 档案管理模块负责对各类数据资产进行收集、汇总及管理，包括电力用户信息、设备信息、历史交易数据等。这些数据资产是虚拟电厂运营的基础，需要进行有效的管理和存储。

(4) 电力交易模块是虚拟电厂的核心功能之一，不仅在邀约型电力需求响应工作方面发挥重要作用，同时能够根据电网实际需求进

行灵活的用电调控，以满足电力系统在特殊时期的平衡需求。其次，第三方辅助服务功能正在积极完善开发中，以满足湖北省调度中心的要求。电力现货交易功能作为电力交易模块的重要组成部分，为售电公司在电力现货市场中进行电力的买卖交易提供了有力支持，用户能够寻求最优价格，满足即时的用电需求，实现电力市场中的高效交易。

(5) 负荷预测模块是虚拟电厂非常重要的组成部分，它基于历史数据和现有需求，利用数据分析和预测算法，对未来电力负荷进行预测，帮助虚拟电厂在电力现货市场中做出合理的电力采购和调度决策，优化电力资源配置，提高能源利用效率。



图 1 国家电投湖北省域虚拟电厂平台架构图

3. 成效

虚拟电厂在促进新能源消纳、电网调频调峰等方面大有可为，是储能的重要补充。在电网侧，虚拟电厂可以为电网提供调频调峰服务、负荷备用服务等，提高电网安全运行水平。在用户侧，电力用户通过参与需求响应，用能效率大幅提升，在降低电费的同时，还可以获取需求响应收益。

2022年8月，通过平台数据分析，指导麻城市人民医院综合智慧能源项目，成功参与2次省内需求侧响应，响应量1300千瓦，响应时长分别为4小时和2小时，实现了公司新的价值创造。截至目前，湖北省虚拟电厂平台已成功接入了44家用户，其每日平均运行负荷已超过170兆瓦，其中可调负荷超过20兆瓦，可控负荷达到2兆瓦。未来，平台将继续深化用户侧工作，不断找寻更多高质量的资源，进一步优化调节性能。

此外，该平台在现有参与电力需求响应功能基础上，将进一步融入综合智慧零碳电厂、充电桩、分布式光伏及储能等多种元素，并积极地推动与省电力调度系统、电力交易平台的数据贯通，以非统调机组身份纳入调度系统管理，接受电网调度并实现与电网友好互动。持续丰富虚拟电厂应用场景，以灵活方式参与中长期、现货、辅助服务等各类市场化交易，充分激发虚拟电厂自身活力，探索新型商业模式，助力我国3060双碳目标实现。

公司简介：国家电投集团湖北电力有限公司（简称“湖北公司”）是国家电力投资集团有限公司旗下二级单位，注册成立于2015年12月，业务涉及光伏、风电、综合智慧能源、电氢替代、市场营销、军民融合等多个领域和集中式电热力（大基地/大项目）、用户侧综合智慧能源、绿电转化、协同与服务产业、融投业务等产业。目前管理装机规模突破400万千瓦，光伏与新能源装机湖北省内第一。

案例 14：国家电投集团苏州综合智慧零碳电厂

——国家电投集团江苏电力有限公司

关键词：虚拟电厂；需求响应；辅助服务；可调负荷

1. 背景及痛点

习近平总书记在党的二十大报告中强调，要积极稳妥推进碳达峰碳中和，完善能源消耗总量和强度调控，深入推进能源革命，加快规划建设新型能源体系，服务“四革命一合作”的能源安全新战略。苏州市作为江苏省第一大经济体，电力市场需求量庞大，全市用电负荷逐年升高，已经连续七年夏季用电负荷突破 1 亿千瓦，显著的区域能源保供压力与电力供需不平衡现象为建设虚拟电厂平台提供了发展机遇。2022 年江苏省全社会用电量 7400 亿千瓦时，工业用电量 5063 亿千瓦时，均创新高。根据国网江苏省电力经研院编制的《江苏 500kV 电网发展滚动规划研究报告》，2025 年全省电力缺口仍达 1000 万千瓦左右。为加快推动区域电力供需平衡、助力国家新型能源体系建设和清洁能源保供，国家电投集团运用“一建两聚合”工作策略，快速推进苏州综合智慧零碳电厂建设。

2. 基于工业互联网的解决方案

根据苏州地区电力消费特点和资源禀赋，采用虚拟电厂平台作为数字化基础设施，以能源管理为核心，以自建及整合区域内分布式新

能源、生物质、用户侧储能、独立新型储能、工商业可调负荷、空调负荷、冷链、充电桩和重卡换电站等多类型资源的方式，构建可调资源池，通过智慧系统平台，实现整体接入电网调度，构建与电网友好互动的零碳电厂。同时布局现货交易、绿电交易、碳足迹认证等市场，推动虚拟电厂常态化参与调峰调频等辅助服务市场，以灵活方式参与辅助服务、中长期、现货等各类市场化交易，充分激发虚拟电厂自身活力，提升虚拟电厂在市场中的生命力和竞争力。最终，通过能源网建设，联通政务网，融合社群网，链接“千家万户”，构建“三网融合”生态的“新跑道”。



图 1 虚拟电厂平台架构设计

虚拟电厂平台计划建设 120MW 光伏、152MW/304MWh 用户侧储能；聚合 120MW 光伏、81.75MW 生物质发电、110MW/220MWh 用户侧储能、15MW 换电重卡充换电站、700MW 工商业可调负荷、30MW 充电桩。项目建成后将为苏州市电网提供 1088.75MW 顶峰能力、1318MW 调峰能力以及 770.7MW 调频能力，相当于一座 180 万

千瓦的常规机组提供的保障能力。

通过组建国家电投集团江苏区域首个零碳能源公司，高效推进苏州市零碳电厂建设。作为首个江苏区域的零碳电厂运营主体，零碳能源（苏州）公司在项目开发模式、商业模式、与电网合作创新等方面积极探索，大力推进用户侧综合智慧能源产业在苏州布局落地，在自建基础上，完成用户侧资源及其他投资商电源侧资源的双聚合，构建具备“一建两聚合”鲜明特点的苏州零碳电厂资源开发模式。

项目以苏州虚拟电厂平台为基础，打造国网苏州供电公司虚拟电厂管控母平台，并协同在分布式资源建设、用户侧负荷聚合以及商业模式创新、政策突破等方面持续合作，以期实现国内首个接入地区电网调度和省电网调度平台的虚拟电厂。

同时，项目以苏州零碳电厂平台规划为依托，积极协调区域电源、储能、负荷接入，构建“源储荷”多元分布式资源结构，为电网实现集中式管控提供方案，聚合光伏、储能、工商业负荷、独立新型储能、充电桩、空调、冷链等资源，实现虚拟电厂由“邀约型”向“直控型”的高质量发展，由“虚”落“实”。同时，协同江苏省电力交易中心争取中长期可调负荷参与辅助服务试点，并参与制定交易规则，及参与制定现货市场等交易规则，不断丰富虚拟电厂各类商业模式的建立。

3. 成效

重点推进用户侧储能、独立储能建设、加大工商业可调负荷聚合，以吴江区为试点，面向苏州市5区4县全面推广。

独立储能建设方面：依托与通鼎互联信息股份有限公司在地方影响力，建设震泽独立新型储能项目，建设容量拟匹配宜兴杨巷光伏、江阴利港光伏强配调峰指标，建设容量不低于 12.9MW/25.8MWh，10 月底前建设完成并接入苏州零碳电厂智慧系统。用户侧可调负荷聚合方面：依托苏州供电公司，拉网式拜访企业负责人，宣传虚拟电厂及电力需求响应政策等电力政策，开展负荷聚合，2023 年 12 月迎峰度夏冬完成需求响应协议签订 600 家。

苏州零碳电厂平台已试运行且已接入苏州市调和江苏省调平台。目前苏州零碳电厂项目已在建储能项目，容量 35.009MW/130.880MWh。完成工商业可调负荷聚合 500 余家，最大可调负荷约 19.7 万千瓦。通过参加需求响应等服务、综合电费管理，数字化节能管理，形成优化服务模式，在不增加大幅投资的情况下帮助企业节约 5-10%用电成本，年度项目利润达到 200 万。

公司简介：国家电投江苏电力有限公司（以下简称“公司”）成立于 2010 年 8 月，2014 年 3 月改制为国家电投江苏区域控股子公司，2017 年 11 月实现资产证券化。目前，公司实际管理 11 家三级单位，3 个直属机构，员工 1139 人。主要从事电力、热力、港口及相关业务的开发、投资、建设、运营和管理等业务。资产总额 506.77 亿元，年利润 12.43 亿元，发电装机容量 535.8 万千瓦，新能源装机 333.37 万千瓦，新能源装机占比 62.22%。

案例 15：基于工业互联网平台的智慧热网应用

——太极计算机股份有限公司

关键词：智慧供热；负荷预测；节能降碳

1. 背景及痛点

为了达成“30·60 双碳目标”，国家相继发布多项产业政策，推动供热行业向绿色、节能、信息化方向发展，从政策方面全面推动供热行业发展，为智慧供热企业发展创造了良好的政策环境。

随着智慧城市与行业改革的推进，供热企业也面临着日趋激烈的竞争，降低成本，提高生产效率是企业不断追求的目标。过去，由于管理模式、投资及技术条件限制等因素的影响，我国供热企业一直缺少现场控制功能的应用，而对于全网生产过程的实时监控、集中调度方面重视不足，缺少在整个热网范围内的优化与智能管控手段。

随着国家层面对清洁供暖工作大力推进，促使热源、热网、供热管理体制等如何向全方位高质量发展，如何降低能耗、保障供热机组可靠低耗运行，提高调峰灵活性，源、网协同运行，智慧供热成为热电企业研究、工作重点。

2. 基于工业互联网的解决方案

平台采用工业互联网架构，为用户提供智慧热网服务平台技术架构。包括设备感知层、IaaS 基础设施层、PaaS 数据服务层、SaaS 业

采用公有云的方式进行系统部署。通过云到端数据通讯专线实现数据的采集与展示。为了保障通信的安全，使用专用网络。热力站采用 VPN 专线方式，楼栋口使用 4G 或 NB-IoT 无线通讯方式；热力站到云端申请 10M 带宽专线进行数据接入。室温传输采用 NB-IoT 协议，无线和有线结合的专用网络从传输层面保障了数据的安全。

建设一个基于大数据，云平台、人工智能技术的工业互联网平台全闭环的智慧化供热系统，建立供热信息化、智能化指挥调度中心，形成“用户——二次网——热力站——一次网——热源”五级联动的系统，对供热系统进行数据分析、节能诊断、优化运行、能耗定额管理、指挥调度，实现“生产系统、收费系统、客服系统”的数据互联互通，促进供热系统的精细化节能运行，最大限度挖掘节能潜力，提高供热管理效率，为对外拓展热用户提供基础条件。系统功能包括智慧热网软件平台业务功能模块、收费系统、二网智能平衡调控、三维可视化升级、应急管理、设备管理、手机 APP 等）、智能服务中心（智能视频监控分析平台、网络安全防护中心）、热力站智能安防系统（智能视频、智能门禁、智能安防）等。

3. 成效

（1）经济价值

全面推进智慧热网项目的建立和运行工作，通过运用云平台、大数据、互联网等现代先进技术，实现了集采集、分析、展示、控制、决策、建议于一体的智慧平台，实现节能减排同比降低 10%、供热网

损两年内降低 12 个百分点、人工成本和能耗指标逐年下降、整体供热水平逐年提高，管网末端用热质量得到提升。同时大幅减少了二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物和烟尘的排放量。

（2）转型变革

智慧热网平台的建设，将有效缓解目前运营项目普遍存在的水力不平衡问题，减少用热投诉，降低处置费用的同时，在热源有限的情况下，将会更加合理的分配全网热量输送，大大降低超温供热现象的发生，增加有效供热面积，增强运营盈利水平。

（3）社会效益

由于国家政策变化及燃料成本增加，供热企业的盈利状况不佳，希望通过数字化转型，改变现状，实现增产增效，智慧热网平台建设，为供热企业数字化转型提供了新模式、新思路；降低煤耗，绿色降碳，我国采暖地区煤炭消耗量大，约占全国煤炭消耗量的十分之一，是碳排放大户，智慧供热帮助供热企业节能减排，空间巨大。

公司简介：太极计算机股份有限公司以“做中国最优秀的数字化服务提供商”为愿景，面向政府、公共安全、国防、企业等提供优质的信息系统建设和运营服务，涵盖行业智能应用、云与数据服务、网络信息安全、信息基础设施等领域。三十余年来，公司为中央部委、地方政府、大型集团企业提供了重要的信息化支撑，树立了可信赖的国家队形象。面向未来，公司将以客户为中心，打造产业生态，加快推动数字化转型，为“数字中国”建设贡献太极力量。

案例 16：基于 ProMACE 工业互联网平台的 碳资产管理解决方案

——石化盈科信息技术有限责任公司

关键词：碳市场；碳资产数字化建设；碳知识库；碳盘查；碳核查

1. 背景及痛点

碳资产管理是绿色低碳发展前提与基础，事关国家“双碳”目标落实。对照“双碳”要求，当前很多石化企业在碳排放管理方面还存在一定差距，主要体现在线下计算碳排放粗放、运算难度大、碳数据监测手段单一、碳盘查粒度细化不足等，具体如下：

（1）在碳排放统计方面，碳排放数据标准体系缺失，业务数据难以整合，无法实现碳排放数据共享和业务协同；大量基础数据来源不清，碳排放数据准确性、及时性、保密性得不到有效保证。

（2）在生产过程方面，缺乏对生产计划相应执行过程的跟踪和日常统计，影响年度盘查及时性和完整性。

（3）在配额预警机制方面，预警机制不健全，碳资产管理水平和经验参差不齐，存在交易缺乏计划性、跟踪分析难度大、履约成本过高等问题。

2. 基于工业互联网的解决方案

基于 ProMACE 的碳资产管理方案，旨在为企业业务绿色低碳发展、促进企业节能管控、降低碳交易履约成本提供总体支撑，服务企

业打造以客户为中心的数字化碳资产管理战略。具体包括碳排放计划、活动数据、碳排放统计、碳盘查、碳核查、碳排放分析、碳排放监测等工业应用和能源优化专业服务。同时，可实现规范化、标准化的系统集成和数据共享。基于 ProMACE 的石化行业碳资产管理能力建设架构如下图所示。



图 1 平台架构图

通过人工智能、大数据、云计算、区块链等技术的创新应用，为企业规划统一制定碳资产数字化建设相关的制度和标准，统筹打造基础设施建设，赋能企业实现云技术能力、大数据能力、渠道技术能力等能力建设。以灵活架构、精准分析、协同沟通、渠道创新、履约管控为核心，推动集团碳资产管理方式立体化、服务生态化、平台运营智能化。

(1) 构建碳知识库。通过 ProMACE 平台，可实现对碳资产业务管理中所涉及到的各种标准化文档、模板进行管理，包括低碳产品标准，减排技术标准，盘查、碳核查、碳交易等相关标准，碳资产管理等工作办法等知识库的管理。企业依据 ISO14064 及国家相关规定，

结合自身情况对标准模型、排放源、排放设施、算法等进行细化，具体可以落实到装置、车间和厂边界。企业通过建立字典信息，包括缺省排放因子、热值燃料、全球暖化潜值（GWP）、量化方法、低碳产品和企业标准、减排技术和设备标准等企业级碳基础库，为碳排放统计及分析提供数据基础。

（2）制定碳排放计划。平台可支撑地方政府及第三方年度碳盘查、碳核查工作计划，结合自身组织机构、装置主产品数据、工况介质明细、燃料介质、燃料性质、设备可用性数据、设备性能数据、减排标准约束等编制公司碳盘查计划，确定盘查频次、依据标准、组织边界，规范报告编制要求等，组织进行碳盘查工作。

（3）开展碳盘查。基于 ProMACE 平台的碳资产管理解决方案，可对生产、运输、使用及回收产品时所产生的平均温室气体排放量进行计算，得到燃料低位热值、排放因子、全球暖化潜值、燃料含碳率、活动数据、碳氧化等数据，通过量化方法进行盘查统计，形成企业各级碳排放数据，为碳盘查清册及报告提供数据支持。以统一的盘查模型及温室气体核算标准为基础，在碳资产统计数据基础上形成多维数据统计，满足不同企业性质、板块托管等多样化数据核算需求。

（4）开展碳核查。基于 ProMACE 平台的碳资产管理解决方案，支持在碳盘查基础上，依据政府及监管机构指定的第三方核查公司的要求形成企业核查文档，对核查过程进行全程记录、问题处理、核查跟踪等，实现碳核查工作的闭环管理。

3. 成效

面向大型企业碳产业链条，提升了企业碳交易监管力度，辅助交易决策，减低企业履约成本，助力大型企业提升碳资产业务效益。

(1) 基于 ProMACE 平台的碳资产管理解决方案，通过标准化数据质量体系建设帮助业务部门，基于现有的数据环境，整合应用、梳理数据资源、实现数据标准化、建设数据安全保障体系为数据使用者提供合规、安全的服务。

(2) 助力企业构建内部跨平台基础数据集中平台，支撑集成企业和部门主要系统的能源和物料类数据，统一采集物料、能源、LIMS、环保等数据，提升数据主题分类、数据格式和业务属性规范处理能力。基于先进的企业数据治理模式创新，减少多模式重复采集配置，提高数据处理效率，降低数据使用人员的操作难度。

碳资产管理解决方案在推进企业以数字技术助力碳达峰、碳中和的过程中充分发挥数字化赋能的重要作用，构建关键要素支撑体系，健全数字减碳标准体系，完善石油化工等行业数字化碳管理和碳减排标准，强化数字减碳相关标准推广，切实提高碳排放大数据分析和数字赋能技术水平。

公司简介：石化盈科信息技术有限责任公司成立于 2002 年，是由中国石油化工股份有限公司和香港电讯盈科企业资源有限公司共同出资成立的合资公司，国家规划布局内重点软件企业。在能源化工行业中，是唯一能提供全产业链信息化解决方案和产品的提供商。石化盈科基于石油和化工工业互联网平台 ProMACE，按照“数据+平台+应用”的模式，建成了九江石化、镇海炼化、茂名石化、上海石化等 10+家智能工厂，7 家被工信部评为国家智能制造试点示范，推动了企业转型升级，引领了石油和化工行业工业互联网建设高质量发展。

案例 17: 扬子江药业集团智慧能源管理平台

——苏州琅润达检测科技有限公司

关键词: 智慧能源管理; 能源 KPI; 用能分析

1. 背景及痛点

随着互联网化的深入, 工业企业正在进行着各方面的升级改造, 能源作为工业生产中极其重要的环节, 有着极大的改造空间。企业痛点如下:

(1) 传统的碳监测数据以人工数据上报为主, 大量的碳排放数据准确性和实效性无法保证;

(2) 企业内部的各种信息化系统数据无法互通, 产品单耗和增加值能耗等关键指标无法实时分析并监控, 企业管理者无法了解真实的能源利用水平, 能源精细化管理无从下手;

(3) 企业碳资产家底不明, 可再生能源替代、技能技改、设备云端运维等绿色低碳改造项目缺少科学准确的数据支撑;

由于管理模式、生产工艺、设备水平、行业特性等差异因素导致企业对于能源系统的定制化需求极强, 传统的标准化软件已经很难满足企业的实际需求。

2. 基于工业互联网的解决方案

(1) 数据采集技术方案

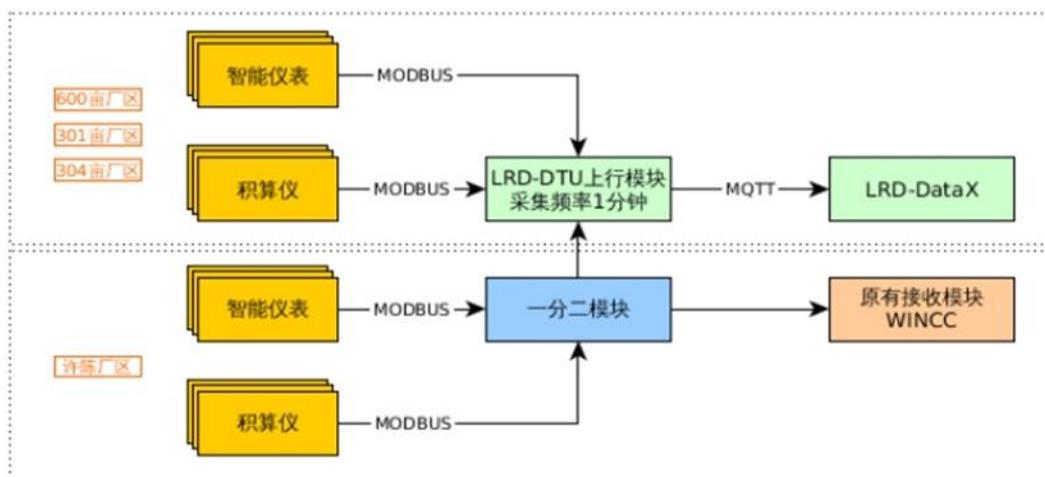


图 1 数据采集技术方案

数据采集方案说明如下：

LRD-DTU 采集频率每 1 分钟一次：LRD-DTU 具有本地缓存功能，能在网络不通畅期间存储采集数据，并在网络恢复后重新上传。缓存数据最多保存 15 天，若超过将会自动覆盖旧数据；每个 LRD-DTU 可以接 1-30 个仪表/积算仪（以每 1 分钟采集一次计）；

LRD-DTU 需要接入以下表计：水表、电表、蒸汽流量计、压缩空气、氮气，其中气体表已经具备积算仪。这些表计都已经具备远传功能（采用 RS485 总线，Modbus-RTU 协议）；

600 亩厂区、301 亩厂区、304 亩厂区使用 LRD-DTU 代替原有 DTU 传输设备，以优化断网数据传输，和适应 LRD-DataX 传输协议；

许陈厂区需要同时使用 LRD-DTU 和原有 DTU。因此要用一分二模块将 MODBUS 信号分离，分别接入两个 DTU；

总共监测点 1020 个，一分二模块 16 个，LRD-DTU120 个。

(2) 能源管理平台方案

报表自动生成。通过对水、电、蒸汽、压缩空气和氮气的已有数据进行分析，生成图表、表格数据，并提供数据报表导出功能，实现数据趋势可视化、自动抄表的功能，达到减少人工操作的目的。

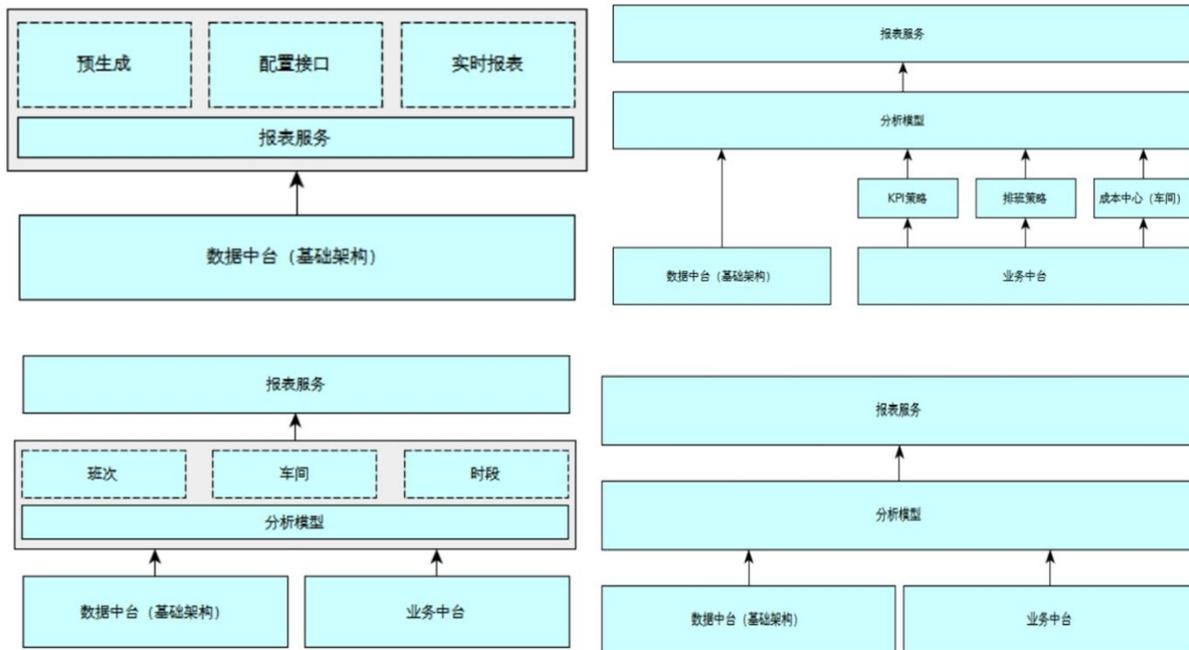


图 2 能源平台管理方案

能源 KPI 数据分析。实现班次管理，KPI 指标管理，实现对班次的用量数据统计，以图表、图表的方式呈现。根据统计结果，进行按班次、按车间等数据进行对比，从中找出节能点。并生成各类分析报表和考核报表。

计划排产和扩能改造。提供近一年的能耗数据，对比自班次、各车间的能耗数据对比，为企业的计划排产和扩能改造提供数据支撑。

网页方式访问和大屏展示。本系统基于 B/S 架构设计，访问者无需安装特定客户端，只要使用新款浏览器，如 chrome, firefox, 即可访问系统分析结果。大屏展示内容基于 H5 展示。

用能情况分析。实现分析策略管理功能，按分析策略对数据进行分析并可视化输出，内容包括：用能环比、同比、单件产品能耗分析、相同品种横向比较、相同批量不同班次比较，输出格式包含：饼图、柱状图、曲线图。

上传省平台。实现对外发送数据管理功能，配置接收方的各项参数、发送时间等，并按此配置发送相关数据。

3. 成效

苏州琅润达检测科技有限公司为企业搭建“集团-工厂-车间-产线”分级能源监测网络，依托平台建立能耗 KPI 考核机制，并对能耗超限、设备空转、用能超时等能源浪费现象进行实时报警，进一步提升企业的能源管理水平，2020 年通过管理节能手段帮助企业节约电量约 27 万千瓦时，节约蒸汽约 8500 吨。企业传统的现场管理、运行值班和检修及其管理的工作量大、成本高，构成公司能源系统成本的重要组成部分，能源计量管理系统的建设为公司减少了日常管理的人力投入。

基于 2020 年集团总部良好的节能效益，从 2021 年开始，扬子江药业集团有限公司委托本公司负责从集团到各分公司的统一能源精细化管理部署，建立综合性的能源管理平台，实时监控全公司能源消耗，同时根据子公司的需求建立子公司分析模块，同时建立统一接入平台，满足集团及各分公司间的数据传输，为集团实时统计各分公司的信息机数据对比提供便利，建立统一数据中台，支持高速存储、海量存储。

在服务企业的过程中，建立以以碳计量为核心、多平台碳资产数据整合，实现生产过程中工序工艺阶段的碳数字化管理。通过对生产工序中各个阶段的能源数据进行采集分析，从能源方向入手，对集团公司和各个分公司的结构进行优化，提升公司的组织管理水平，改进工作配置方式，精简人员配置，实现了公司的高效管理。

公司简介：苏州琅润达检测科技有限公司聚焦工业互联网、助力智能制造，自主研发了完全自主知识产权的工业互联网软硬件产品及集成解决方案。公司依托工业互联网技术对全产业链的全能源数据进行采集、重点能耗设备实时监测，深度挖掘能源大数据，并提供能源互联网平台、工业通用设备运维和大数据预警分析在内的全方位智慧能源服务。公司借助即插即用的通讯产品和低代码可拖拽软件中台，能够快速、精准、定制化、低成本的实时监控企业能耗双控数据和重点设备的运行数据，帮助企业实现能源精细化管理，并有效帮助政府强化碳资产管理手段，实现双碳和双控目标。

案例 18: 基于工业互联网的智慧能源管控解决方案

——深圳市今天国际物流技术股份有限公司

关键词: 数字孪生; 物联网; AI 算法模型

1. 背景及痛点

中国石化在其“十四五”发展规划和 2035 远景目标纲要中明确提出了一系列发展方向和目标。其中包括大力推进新型基础设施建设,如数据中心、物联网、工业互联网和智能工厂,以夯实数字化发展的战略基础。这些举措旨在促进和引领技术创新、产业创新和商业模式创新,提升整个产业的数字化、网络化和智能化水平,以支撑新产业、新业态和新经济的强大增长。

然而,目前石化企业在水、电、气、风等公用能源管理方面仍存在一些挑战,表现为管理方式相对粗放。传统的能源管理缺乏自动化计量基础,缺乏及时准确的能源消耗数据,难以进行透明的能源安全管控和直观的管理决策。此外,生产智能化程度不高,部门生产区域的联合智能化不足等问题也存在。这些挑战导致能源和资源整体利用率不高,成为生产精细化管理的瓶颈所在。

2. 基于工业互联网的解决方案

“今天国际”平台是一个具备“可配置化软件开发、数据采集控制开发、大数据开发、数字孪生开发”四大使能工具的强大、稳定、

安全的工业互联网平台。以平台为载体，向下作为数字化转型、智慧工厂建设的统一技术底座，向上针对能源管控、安全监控、生产制造、仓储物流等各领域构建应用生态，通过技术底座和应用生态打造，为企业数字化转型深度赋能，为企业创造降本增效的价值。



图1 “今天国际”平台架构

该平台可进行智能能源数据采集，通过对工厂内生产、物流、办公等设备增加传感器和监测设备，利用工业互联网中 OT 数据边缘数据采集能力，实时采集和监测能源在各个环节和设备的消耗使用数据，并对采集的数据进行数据清洗存储，减少人工统计工作量，实现对能源在各环节使用情况的全面实时感知和记录，为能源管理和决策提供科学依据。

该平台可进行智慧能源安全监测，通过在动力车间建设智慧安全监测应用，利用自动巡检机器人、人工智能识别技术和热成像仪设备，

对车间内的安全情况进行智能监测和预警。人工智能识别算法可实时分析车间中的视频监控数据，识别出安全隐患和异常情况，如火焰、烟雾、温度异常等。热成像仪能够检测设备和管道的热量分布，及时发现异常热点，预防设备故障和火灾风险。智慧能源安全监测能够实时监测和预警安全隐患，自动识别异常情况，提升安全管理效能，为车间安全提供了更高水平的保障。

该平台可精准供能，利用物联网、大数据和人工智能技术，建立智能能源供给控制模型，与生产过程建立联动协同机制。该模型根据生产标准要求自动设定初始参数、进行错误防控，并推动能源设备从独立控制向协同群控转变；根据生产过程中的工艺变化，自动进行能源参数的调节控制以提升工艺；根据生产环境和生产运行状况等因素，自动进行设备的启停和能源的供给，通过精准调度供给，确保能源设备运行在最佳性能系数区间。这些措施实现了能源的精准供给和自动控制，有效提升能源精准供给水平和能源自动控制调节水平。

该平台进行 3D 可视化管理，利用数字孪生技术实现企业能源的可视化管控，通过创建虚拟的数字孪生模型，并与实际能源系统实时对接，实现对能源系统的可视化监测、预测和优化，提高能源管理的精准性和效率，进一步促进能源的节约与可持续发展。

3. 成效

(1) 3D 可视化管理。通过自动化的监测、控制和预警机制，提供实时监测和异常预警，帮助及早发现潜在的安全风险和故障，降低

事故发生的概率，提高生产安全水平。

(2) 管理决策支持。通过数据可视化和分析工具，管理层可以深入了解能源消耗情况、设备性能指标、能源效益等关键信息，为优化能源利用、改善生产效率、降低能源成本等方面提供决策支持。

(3) 数字化转型。通过数字孪生技术和智能算法，对能源使用进行模拟仿真、优化调整和预测分析，实现能源的智能化管理和优化，提高生产效率、降低能耗成本，助力石化企业的数字化转型。

(4) 节能减排和环境保护。通过精准控制和调节能源供给，实现能源的合理利用和节约，为企业节能减排目标的实现作出贡献，提高石化企业的环境可持续性，符合环保要求和可持续发展的趋势。

基于工业互联网的智慧能源管控系统助力石化企业在生产安全保障、管理决策、数字化转型和节能减排等方面取得成效。这将提高石化企业的运行效率、降低生产风险、推动数字化转型，并为企业的可持续发展做出积极贡献。

公司简介：深圳市今天国际物流技术股份有限公司(简称：今天国际，股票代码：300532) 是一家专业的智慧物流智能制造系统综合解决方案提供商，被认定为国家级高新技术企业、广东省工程技术研究中心、深圳市重点(技术型)物流企业、深圳市 5G 智慧物流和智能制造示范单位、中德智能技术博士研究院理事成员单位等。公司积极研发 5G 技术应用，并获得第四届“绽放杯”5G 应用征集大赛全国总决赛二等奖，公司还荣获深圳市制造业单项冠军、深圳市科技进步二等奖。今天机器人、今天软件两家全资子公司于 2022 年度均获得国家专精特新“小巨人”企业认定，今天软件于 2023 年 5 月荣获国家鼓励的重点软件企业认定。

案例 19：基于标识的 IoT 能源监测平台

——码客工场（浙江）工业互联网技术有限公司

关键词：标识解析；IoT 能源监测

1. 背景及痛点

传统的能源监测方法多依赖于人工抄表和定期检查，人工抄表可能存在人为错误或疏漏，而定期检查的频率较低，无法及时获取能源使用情况的变化，且容易出现数据采集不准确的情况，采集的数据量也较大，难以进行有效的分析和处理。同样，传统能源监测方法无法实现对能源设备的远程控制和调整，缺乏智能化管理的功能，进而降低能源利用效率，增加能源消耗和成本。

基于标识的 IoT 能源监测平台通过赋予每个能源设备和传感器唯一的标识，实时获取能源设备的使用数据，包括能源消耗、使用时间、效率等指标，实现对每个设备的精确监测和管理。通过对数据进行分析和处理，帮助用户了解能源的使用情况和趋势，及时发现和解决能源浪费和效率低下的问题。

2. 基于工业互联网的解决方案

基于标识的 IoT 能源监测平台，运用 IoT、大数据、无线通信等技术优势，通过对设备状态、供水、供电、供气、空调等相关能源的统一监控管理，实现设备监测、能耗统计、节能诊断、能效管理等功能，为能耗监控和分析提供有效的依据，达到提质、增效、降本、减

存的目的。具有多协议、多网络集成，采集设备智能管理，可视化远程控制，异常告警监控及故障处理，灵活的采集控制策略，丰富的参数在线呈现，多维度数据统计分析，历史数据查询、展现等功能。



图 1 能源检测平台架构

平台采用微服务架构，拥有开放的能力和灵活的设计，能够集成多业务场景，可适应企业不断变化的业务场景需求，拥抱行业生态；平台支持多设备、多协议、多网络等快速混合适配，通过负载均衡和 Docker 等分布式集群部署技术，消除单点故障，保证服务的高可用；平台基于数据分析技术助力精细化管理，依托能源监测平台，企业可实现数据采集与分析，从而洞察设备状态、用户行为习惯等，同时通过平台将指令下发至设备，助力企业精细化管理。

平台具有诸多特点：涵盖设备直连上云、边缘网关等全栈连接能力；支持主流第三方的 IOT 平台融合的接入能力，实现平台之间的互

联互通；建立标准：集成外部成熟业务系统，丰富中台能力维度，包括语音 AI、工单、消息推送等主流支撑能力；模组/芯片：整合主流芯片/模组资源，打造软硬一体化完整解决方案。

该平台系统可实现下述功能：

(1) 通过传感器和监测设备对能源设备进行实时监测，获取能源设备的使用数据，包括能源消耗、使用时间、效率等指标，及时了解能源使用情况，发现异常和问题，统一能耗数据管理。对实时监测数据进行分析和处理，深入了解能源使用情况和趋势，发现潜在的能源浪费和效率低下问题。同时，通过数据处理，对用能单位、系统分项能耗统计，自动形成周期性报表及用能趋势分析，为能源管理决策提供支持。

(2) 通过远程控制，灵活调整设备的运行模式和参数，提高能源利用效率，降低能源消耗和成本。

(3) 远程设备、机房智能巡检，自动输出巡检报告；

(4) 设置报警和预警机制，及时提醒用户能源使用异常和问题，自动发送报警信息。

(5) 通过可视化展示的方式，将能源使用情况以直观的图表、图像或仪表盘等形式展示给用户，用户可以通过界面直观地了解能源使用情况和趋势，方便进行决策和调整。

(6) 利用工业互联网唯一标识，关联设备状态、设备生产、设备维修等信息，实现对设备资产的全生命周期管理。

3. 成效

基于标识的 IoT 能源监测平台已在产业园区部署应用，利用带有工业互联网唯一标识的传感器监测企业设备的实时运行情况，通过传感器数据回传（每条数据赋予工业互联网唯一标识），实现用能的在线分类、分项监测和计量，能耗数据自动采集、存储、统计与分析等，提高企业能源利用效率。



图 2 平台产业园区部署



图 3 可视化展示

基于标识的 IOT 能源监测平台,有效实现了智能巡检、能耗采集、能耗统计、等功能,提升了运营效率,为企业制定更优战略提供了依据。

公司简介: 码客工场(浙江)工业互联网技术有限公司,通过运用先进的工业软件、方案和技术,致力于为工业企业提供全方位的数字化转型及改造解决方案,具备数字化智能制造技术的研发和应用能力,包括工业互联网、物联网、人工智能、数据分析与挖掘、数字化工厂、自动化智能化改造等关键技术,能够设计和开发智能制造系统,包括自动化控制系统、智能工厂布局与优化、物联网集成等,实现生产过程的智能化和自动化,推动制造业的转型升级和提升竞争力。

案例 20: 青岛万象城数字技术与能源产业发展深度融合方案

——中智微联（青岛）科技有限公司

关键词：智慧管控；用能系统诊断优化；能效提升；人工智能

1. 背景及痛点

华润青岛万象城位于城市中央核心政务、商务区，周边聚集众多金融、贸易企业及高档五星酒店，具有成熟的商务、商业环境。总建筑面积为 52.7 万平方米，其体量大、中央空调系统复杂。

青岛万象城原有的制冷系统、制热系统和空调末端属于三个独立的系统，相互之间无接口和界面集成，运行逻辑完全隔离；并且系统实时性非常差，对能源设备的运行数据和状态无法实时全面的感知，既不利于掌握能源利用状况，也无法对设备进行有效的调控。例如，制冷系统中的冷机、水泵、冷却塔，这些设备都采用单独的参数设置运行，相互间不联动，无法依据空调末端负荷变化而自动调整；不具备对数据的智能分析和系统的智能诊断，无法辅助运行人员开展设备调优、能源分析等工作。

2. 基于工业互联网的解决方案

在青岛万象城各能源系统上运用工业互联网的技术方案，搭建暖通空调智慧管控系统，将孤立的制冷系统、制热系统和末端空调系统整合起来，利用可编程控制器、物联网、人工智能等新一代智能化技

术全面感知建筑的运行状态。

此管控平台架构将自控通信网络进行分层设计，在打好网络基石的基础上，将设备、检测、算法等数据整合，实现运行检测、优化控制、人工智能等能源系统价值目标。

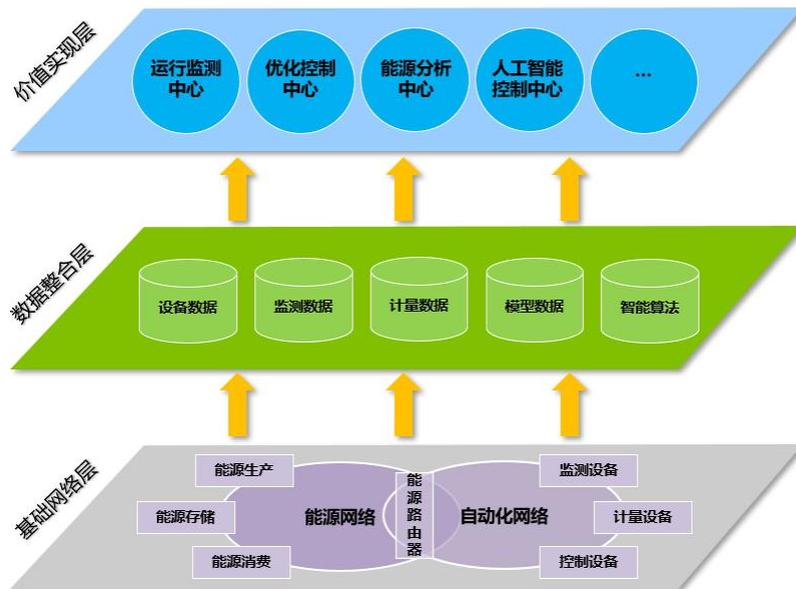


图 1 智慧能源管控平台架构图

暖通空调智慧管控系统集成了冷站、热站及末端空调的智能控制，形成了专业的监控系统，可实现系统内各设备的联动运行，既便于设备管理人员使用，也支持系统之间的交互和协调；支持制冷系统、制热系统等的运行参数自动优化，可长期存储和分析传感器数据、仪表数据、设备反馈数据等；同时负责各设备的运行逻辑控制和安全运行保障，以自动化技术为核心，采集设备运行数据、执行控制指令，对各系统用能情况进行管理、分析、预测和评估，以达到节能降耗的目标。

暖通空调智慧管控系统的运用，不仅能够实现对机电设备的全方

位、全时段、智能化、自动化管理和控制，也能够持续将运行经验存储、提炼和优化，形成可持续发展的管控方式，并提供随时随地的服务和交互。

暖通空调智慧管控系统在有效减少人工干预、提升设备能效的同时，降低了能源的消耗，管控系统具有以下功能：

(1) 实时监测：可实时采集监控设备的运行状态、运行模式、设备参数，掌握设备的运行状态，预测设备运行变化情况，及时发现问题，制定优化运行方案。

(2) 数据统计与分析：可提供任意时间段的能耗数据，实现能耗数据可视化、支路及整体能耗的动态监测、分项计量等，并根据采集数据进行分析处理，为能耗考核指标的制定、节能目标的预测、能效分析评估等提供计算依据。

(3) 对冷热负荷变化情况进行预测：较准确的预测建筑冷 热负荷变化情况，提前对冷热源及末端设备进行调整，及时有效应对负荷变化，避免自控系统在建筑冷热负荷发生变化时反应不及时、环境场温度波动等问题降低系统运行滞后性带来的不良影响。

(4) 对空调末端、冷站、热站进行智能优化控制：按实际的冷、热量需求，质、量双调节，即满足末端供冷、热需求，又要拉大供回水温差，还要降低整个水系统的阻力，实现节能降碳的目的。

(5) 设备故障预测：依据设备历史数据和智能分析模型，随时掌握设备运行健康状况，在故障特征出现的初期及时发现并通知用户进行提前处理，减少设备意外故障率，提升设备利用水平。

3. 成效

基于工业互联网方式建立的暖通空调智慧楼宇技术，将各个独立的空调用能系统关联起来，致力于打造智能的建筑舒适环境、节能的运行系统；帮助青岛万象城的能源管理体系从粗放逐渐转为高效，构筑一个环境优美、配套齐全、高标准与现代化、统筹高效、低碳可持续发展的智能化绿色建筑。

暖通空调智慧管控系统一方面将建筑的用能进行统一管理，从无序变为有序，做到用能可视化，全面掌握能源的流向和利用效率；另一方面系统可按照既定的程序运行，无需额外配备工作人员，减少运维人员的工作强度，降低错、漏率，实现设备能效自动提升与优化，提升整体的运维水平。

项目实施后，每年可节约用电量超 190 万 kWh（其中 2020 年 4 月—2021 年 3 月节约用电量 239.5 万 kWh，其中冷站节约用电量 112.3 万 kWh），每年可节约热量超 3200 GJ，合计节约标煤 342.69 tce，减少二氧化碳排放量 925.27t，综合节能率达到 19.4%以上，节能减碳效果显著。

公司简介：中智微联（青岛）科技有限公司是一家集节能环保、人工智能、大数据应用为主营业务的服务型高新技术企业，专注于为建筑提供能源全生命周期生态链建设的创新型科技公司；中智微联公司创造了用知识图谱模式开发机电服务、使用者参与开发改进的模式。公司以让城市生活更美好为使命，为客户追求“效率、效能、效益、效果”最大化是公司的服务目标，已全面展开公共建筑综合能源服务。公司坚持“讲技术落地、用数据说话”的信条，帮助企业解决节能服务的疑难问题，始终强调和客户共成长，所有项目均以目标服务为基础，以精良的产品，先进的技术为客户提供优质、周到、快捷的服务。

工业互联网

助力数字能源生态构建



工业互联网助力数字能源生态构建

近年来，大数据、人工智能、物联网、区块链、云计算等新一代技术与能源体系相结合，充分利用数字技术及智能化调控手段，将分布式能源、闲置储能、可控负荷等资源充分耦合，将发电企业、电网公司、金融机构以及用户等各个市场主体有机融合，逐渐形成源网荷储一体化的数字能源生态。

依托数字能源生态构建，推进打造综合能源服务、新型智慧城市、智慧园区、智能楼宇等新场景新模式，提高储能、供能、用能系统间智能化调控能力。同时，工业互联网系统互联将打通各数据要素流通渠道，支撑构建能源生态大数据监测预警和综合服务平台体系，在实现跨能源网络协同优化、打造能源行业开放互联的信息资源共享服务体系中发挥重要作用。

本章节共收集来自国网信通、广域铭岛、国家管网、中煤集团、中国移动、羚羊工业互联网、宝武集团、中能锐赫、广西桂冠等单位的 12 份案例，围绕数字能源生态构建，介绍城市能源服务、煤焦行业数字化、源网荷储等方面的最新应用成果。



案例 21：江苏“绿心”高邮新型城市能源服务平台

——国网信息通信产业集团有限公司

关键词：虚拟电厂；实时监测；智慧管控；光伏运维

1. 背景及痛点

随着国内各城市项目建设速度加快，电力需求稳定增长，加之极端恶劣天气影响，市内电力供需关系间歇性紧张、生产保供压力日益增大。同时，双碳目标下的城市能源建设以新能源大规模新增为代表，而新能源电力波动也会对电网的安全稳定带来风险。需求侧响应可以为全社会的用能池提供蓄水和调差作用，将需求侧资源以虚拟电厂等方式纳入电力平衡，可提高电力系统的灵活性。但以城市为单位对数量众多、地址分散的需求侧资源进行集中监视控制、数据综合分析和统一管理的难度较高，大量的分布式新能源设备的分散式运维管理的成本也相对高昂。因此，亟需构建政府主动监管服务、用能企业广泛参与、新能源产业生态蓬勃发展的新型城市能源服务平台及虚拟电厂。

2. 基于工业互联网的解决方案

江苏“绿心”新型城市能源服务平台旨在向政府、电力公司及各类市场参与主体提供差异化定向服务，解决方案如图 1 所示。平台基于物联网技术，配套边缘智能终端采集设备数据，实现设备管理、物模型管理、流式计算等功能，依托电力无线专网等通信技术，可将数

据传输到各级功能模块，从而支撑实现能源视窗、虚拟电厂、能效市场三大板块服务。

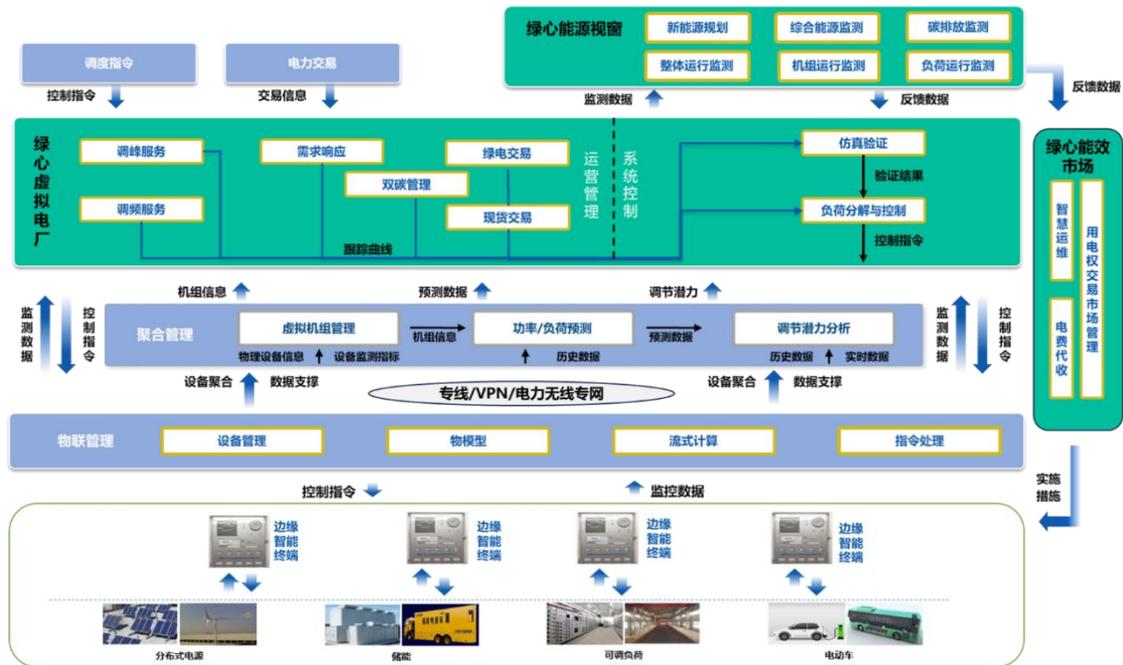


图 1 整体解决方案图

绿心能源视窗的应用可服务市政府能源监测和管理，融合本市电、气、热、水、电动汽车充电站、碳排放等数据，具备数据展示、数据分析功能，从“能、电、碳”多视角为政府提供集中的资源数据查看和能源企业管理功能，为政府科学监管、新能源规划和智慧城市产业布局构建工作提供数字化支撑能力。

绿心虚拟电厂是城市虚拟电厂数字化平台，建设有资源潜力分析、数据聚类、优化规划、各类人工智能、机器学习等多样化算法库，可智能化开展省级电力负荷需求响应、辅助服务、现货交易、绿电交易等市场化业务，同时可支撑电力保供任务，根据调度需求智能削减控制负荷、调用储能设备削峰填谷，从而提升分布式光伏、储能投资收

益，最大化挖掘用电企业潜力，增强电网运行的稳定性。

绿心能效市场服务用能企业低碳高效用能，具备用电权交易市场管理、分布式光伏运维、电费代收等相关增值服务等功能，可以最大限度缓解用电高峰有序用电执行的企业损失、降低企业用能成本；提高分布式光伏生产能效、减少碳排放和光伏运维成本。

根据整体解决方案，新型城市能源服务平台应具备“可观-可聚-可调-可管”能力，其功能设计视图如图 2 所示，由基础支撑层、聚合管理层、业务应用层、用户展示层四层打通数据链路和控制信息流。基础支撑层依靠物联网设备和边缘计算终端，实时高效采集、存储、控制各能源资源；聚合管理层和业务应用层内置了大量工业智能算法用于平台业务处理；用户展示层提供满足用户可视化需求的移动应用；同时，平台还具备安全防护体系对数据收发、传递进行保护和防御。



图 2 功能架构图

新型城市能源服务平台采用内外网部署方案如图 3 所示，可满足政府、电力公司、分布式光伏开发商、虚拟电厂运营商各方面监管、调控与运营需求。各类直控与集控虚拟电厂终端数据经安全接入区接

入自建管理信息大区，本平台自建管理信息大区与国家电网内网管理信息大区通过安全防护装置双向交互，自建互联网大区通过防火墙隔离光伏开发商等规模化社会可调资源运营商及用能客户接入。

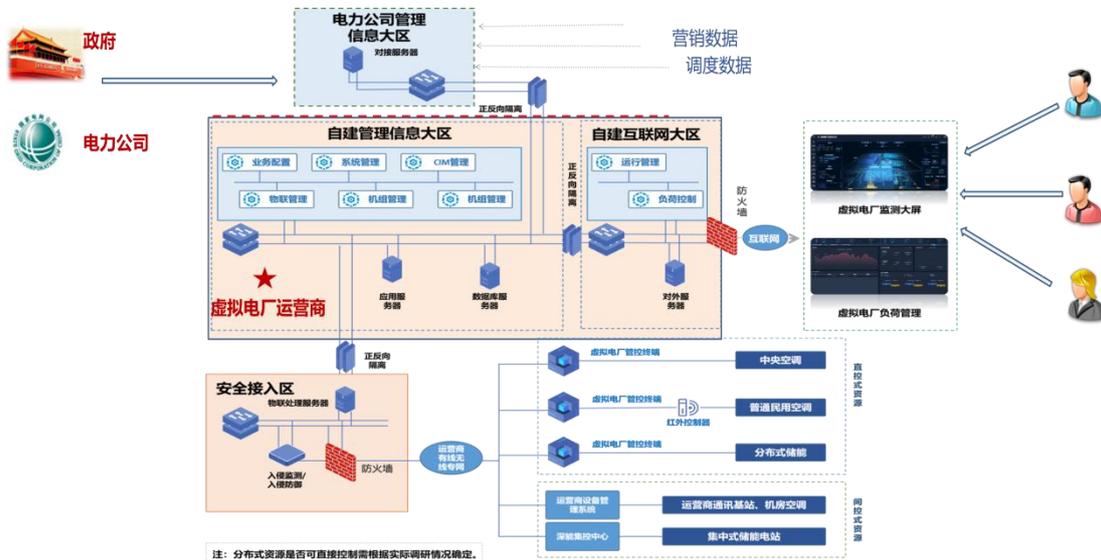


图3 部署架构图

3. 成效



图4 江苏“绿心”高邮新型城市能源服务平台工作现场

(1) 能源监控精细化，企业管理一盘棋

一期在国网高邮供电公司 8 楼指挥中心建成“绿心”虚拟电厂运行监控平台。平台共建有 12 个能源监控和企业管理的页面，在高邮市试点运行期间现场效果如图 4 所示，实现试点区域接入能源，分布式光伏和用电企业共 11 家，所有资源的功率和负荷实现 100%的可视化率、测量率和控制指令下发成功率。

(2) 服务降荷有办法，迎峰度夏不困难

服务器托管于扬州供电公司思极，调用江苏省电力公司实时量测中心数据（扬州首次）完成负荷监控和关键算法。平台目前接入负荷总计 356MW，其中楼宇负荷 41MW，工业负荷 280 兆瓦，电动汽车充电桩 3.3MW，光伏 21MW，最大削峰容量 31.96MW。迎峰度夏期间，采用日前邀约、日内调整、日后结算的方式，采用 15 分钟级精度调节。

(3) 光伏运维集约化，降本增速提效率

平台运营商还对分布式光伏量测数据智能分析、可以提供灰尘分析及预警、遮挡分析、组串低效分析、组件衰减分析等故障告警功能，运维人员可以实时接单，光伏开发商可以在平台上实时看到工单状态、故障位置等信息，能有效提高分布式光伏的运维、生产效率。

公司简介：国网信息通信产业集团有限公司（简称“国网信通产业集团”），是国家电网有限公司全资子公司，是中国能源行业主要的信息通信技术、产品及服务提供商，是能源互联网建设的中坚力量和数字化转型发展的主力军。国网信通产业集团作为国家电网“一体四翼”发展布局中“两翼”的重要组成部分，秉持“互联·共享，让能源更智慧，让生活更美好”的发展使命，聚焦智能终端、人工智能、大数据及云服务、通信、管理信息化、运维服务、网络及信息安全、北斗及地理信息服务、综合能源管控等产业领域，全面服务能源互联网建设，助力构建新型电力系统，打造数字“双碳”产业高地，促进能源绿色低碳发展。



案例 22：支撑煤焦行业数字化转型的全价值链决策仿真平台

——广域铭岛数字科技有限公司

关键词：煤焦；数字孪生；智能决策

1. 背景及痛点

煤焦是以煤为原料，经高温干馏生产焦炭，同时获得煤气、煤焦油等化工产品的煤转化工艺。传统煤焦行业存在煤炭和电力能源消耗过度、生产数据采集不完善、生产运营数据价值未挖掘、过度依赖人工经验、缺乏科学的智能辅助决策支撑等痛点问题，在“双碳”目标下，高耗能的煤焦行业进行数字化转型是提升生产效率、降低成本、改善管理和创新发展的必然趋势。

以煤焦生产运营数据为驱动，以广域铭岛 Geega（际嘉）工业互联网平台为基础，以煤焦产业全价值链提升为核心，利用云计算、大数据、人工智能、数字孪生等技术，构建支撑煤焦行业数字化转型的全价值链决策仿真平台，围绕煤焦产业采购、配煤、备煤、焦化、化产以及销售等工业场景，实现煤焦生产运营指标从采集、监控、评估、优化的数字化闭环管控。同时，本案例通过对焦炭质量、配煤经济性等行业特征模型、诊断模型、优化模型及算法的运用，对数据价值进行挖掘和预测分析，为管理层提供准确的信息和智能辅助决策，对于企业节能降耗、提质增效具有重要意义。

2. 基于工业互联网的解决方案

面向煤焦行业，构建支撑煤焦行业数字化转型的全价值链决策仿真平台：包含 1 套先进的数字化底座；1 套煤焦工业软件系统——包括煤焦供应链系统、煤焦全价值链决策仿真系统、煤焦全链数字孪生驾驶舱三大子系统，并形成面向煤焦行业的包括不限于智慧焦化、智慧发电、智能化工等多场景下的解决方案。

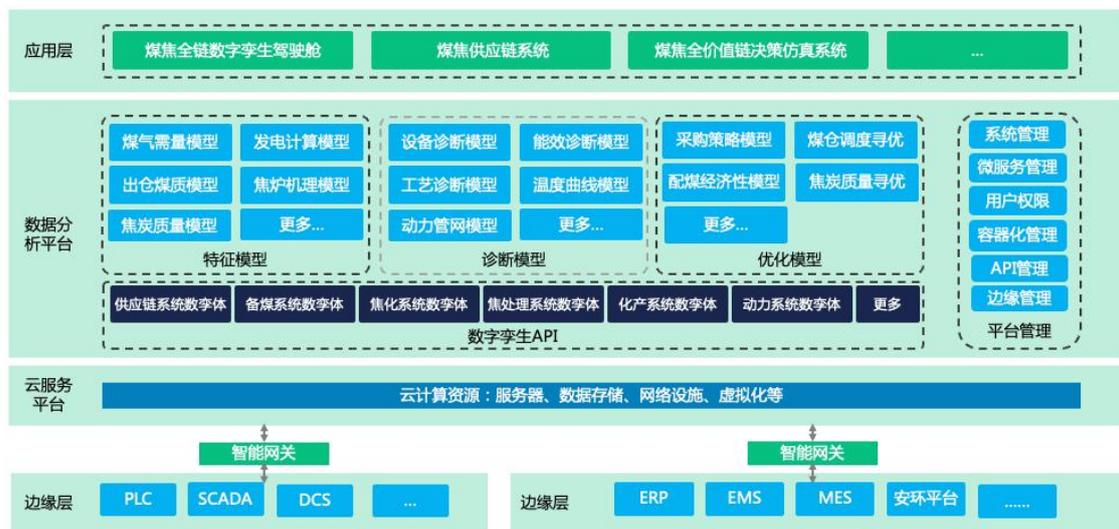


图 1 支撑煤焦行业数字化转型的全价值链决策仿真平台架构

构建包含边缘层、云服务平台、数据分析平台的一套数字化底座，聚焦煤焦企业的采购、配煤、备煤、焦化、化产以及销售等工业场景，构建海量数据采集、汇聚、分析的服务体系，连接煤焦生产设备和系统，提供虚拟化技术、弹性存储、弹性网络和计算资源，以及数据分析、计算、建模等功能，以 SaaS 化模式实现煤焦工业应用的开发、部署和运行。

面向煤焦行业构建及沉淀煤气需量模型、发电计算模型、焦炭质量模型等行业特征模型；构建及沉淀工艺诊断模型、能效诊断模型、

温度曲线模型等诊断模型；构建及沉淀煤仓调度寻优、配煤经济性模型、焦炭质量寻优等优化模型，促进煤焦工艺优化，为智能辅助决策提供支撑。本案例还集成构建供应链系统数字孪体、备煤系统数字孪体、焦化系统数字孪体、焦处理系统数字孪体、化产系统数字孪体、动力系统数字孪体等数字孪生 API，结合特征、诊断、优化模型，实现基于数字孪生的高端化创新应用，为企业提供智能管理决策。

构建煤焦供应链系统、煤焦全价值链决策仿真系统、煤焦全链数字孪生驾驶舱在内的一套煤焦工业软件系统。

煤焦供应链系统实现对煤炭采购、供应商和客户管理、煤厂内调度等全环节管理，并结合煤仓调度寻优模型、采购策略模型和算法等提供采购优化等智能辅决策。在采购方面，将采购需求制单、可采购煤种信息管理、供应商询价等相关功能线上化；在供应商管理方面，支持供应商准入准出及信息维护，同时对接煤/焦公允市场数据，获取实时有效且准确的市场信息；在客户管理方面，建设大客户管理能力，实现合同管理、订单管理、仓储管理、物流配送追踪、财务结算等多个功能；在煤厂内调度方面，建设煤厂内调度工具，联通采购物流信息所提供的束煤信息、煤场/煤仓当前堆积状况以及需要执行的配煤计划，生成时间周期内最优的煤厂内调度计划；在配煤方面，基于配煤计划以及煤质化验结果，生成最佳的不同煤种对应破碎颗糈度标准，以提升在相同工艺流程下的结焦质量。

煤焦全价值链决策仿真系统打通库存数据、煤质指标数据、小焦炉试验数据、历史工况数据等全流程数据，通过工业机理+ AI 算法融

合训练，提供以配煤为中心的全流程价值预测，在设定煤炭配比和工艺参数的情况下，直接计算出对应的焦炭数量和质量、副产品产量、能耗使用量等数据。当煤炭配比、工艺条件或煤价等因素发生变化时，煤焦全价值链决策仿真系统能够快速准确计算吨焦成本的变化，再以企业利润最高为目标推荐最优配比，从而对整个焦化流程实现全价值流辅助决策管理，计算得到最佳的生产计划和配煤方案，帮助企业降低成本、提升利润。



图 2 煤焦全链数字孪生驾驶舱

煤焦全链数字孪生驾驶舱以煤焦生产运营数据为基础，沉淀的特征、诊断、优化等机理模型为核心，将煤焦价值链的各种要素（如原材料到货信息、库存量、原材料质量、生产设备、配煤方案、工序要求等），通过数字化的手段集成在一个紧密协作的虚拟生产环境中，多方面展示工厂的运营指标情况，将采购煤入厂到焦炭出厂的价值链相关指标进行趋势展示，确定当前基线情况、行业标杆情况，形成趋势跟踪雷达图，并针对核心设备的能耗情况及关键参数进行跟踪预警。

通过数字孪生技术，实现对煤焦全价值链仿真，对不同生产环境下的供应和生产过程进行监控和判断，对经营指标进行预测，支撑提供智能辅助决策。

3. 成效

通过构建支撑煤焦行业数字化转型的全价值链决策仿真平台，实现对涵盖采购、配煤、备煤、焦化、化产、销售等各环节的煤焦价值链进行综合性分析和优化。将煤焦各环节的生产数据、市场数据、成本数据等信息进行整合和存储，通过煤焦供应链系统、煤焦全价值链决策仿真系统进行数据分析和模拟运行，结合煤焦全链数字孪生驾驶舱提供决策支持和优化建议。通过本案例的实施，将有效降低煤焦企业能耗 3%，提高生产效率和生产质量，降低生产成本，减少风险和提升安全性，模型预测可信度达到 80% 以上，将有效降低对人工经验的依赖。

公司简介：广域铭岛数字科技有限公司（以下简称广域铭岛）隶属吉利控股集团，坚持自主创新，构建全国首个打通汽车产业全场景、实现多链条融合发展的工业互联网平台——Geega（际嘉）工业互联网平台，并于 2022 年 5 月入选工信部“跨行业跨领域工业互联网平台”，是全国首家源自汽车行业的国家级双跨平台。广域铭岛将机理模型、工业经验等在 Geega 平台上进行沉淀、传播和复用，沿汽车产业链快速推广至摩托、新能源电池、有色金属、能源化工、能源开采、电力、家电、电子等 11 个垂直行业，打造以工业软件为核心的数字化转型解决方案资源池，构建“源于制造，反哺制造”的价值和生态。公司现已拥有知识产权超 400 项，参与 20 余项国家和行业标准制定，同时已获得“国家级跨行业跨领域工业互联网平台”等近 70 余项国家、省部级荣誉资质。



案例 23：煤矿智能化开采及大数据分析、预警管控平台

——中煤西北能源化工集团有限公司

关键词：大数据；数据分析；智能化开采；预警管控

1. 背景及痛点

当前，煤炭产业与智能化技术、工业互联网技术深度融合是煤炭行业向前发展的必经之路。煤矿的迫切需求就是提升安全保障水平和高效生产能力，打造本质安全型矿井。目前国内绝大多数煤矿在智能化建设过程中存在以下问题：

（1）全国绝大部分建设的智能化采煤工作面不能实现常态的智能化生产。

（2）煤矿“数字化转型”不充分，数据治理能力不足，未构建大数据平台，训练样本缺乏，数据利用率低。

（3）部分企业在矿井综合自动化系统建设中比较注形象工程的建设，对设备性能分析、监控系统运行可靠性等实质性的东西重视程度不够，且采集的数据不足以支撑设备效能分析系统的运行。

2. 基于工业互联网的解决方案

平台使用了四个“1”+N 个应用技术架构：设计 1 个综合管控平台、构建 1 张全面感知网络、采用 1 套标准体系、形成 1 个大数据应用中心，面向不同业务部门实现按需服务的 N 个业务应用。

项目的整体架构采取端、边、云的联动计算方式，依托工业互联网和 5G 网络进行信息互联。使用了五层架构，即设备感知层、网络传输层、边缘计算层、总部云计算层、数据展现层。

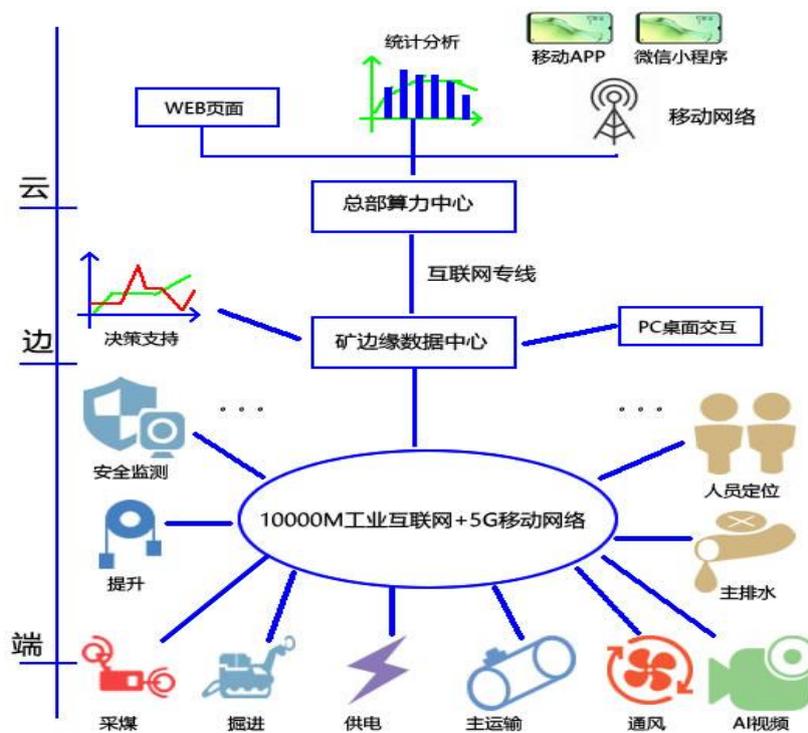


图 1 系统整体架构

平台设计了数据读取程序、数据接收程序和数据分析、故障预诊断、决策及信息展现层程序（PC 桌面交互、Web 页面、移动 APP）。为保证数据传输的稳定性和可靠性，我们发明了“一种用于煤矿自动化系统的实时数据传输系统”，使用特殊的数据治理和数据校验机制，极大地提高了数据传输效率和可靠性。

主要设备数据传输协议图

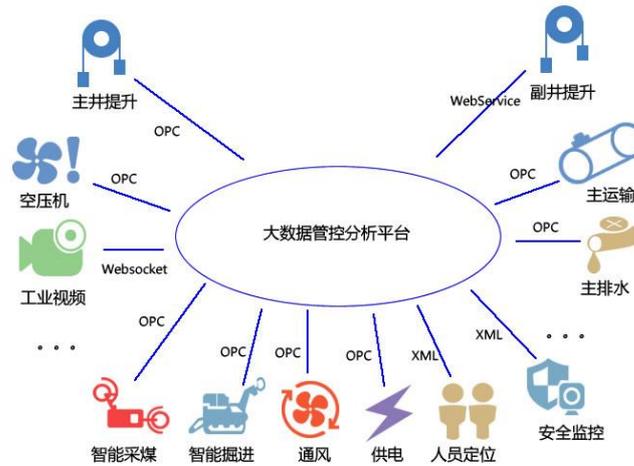


图 2 数据传输协议

PC 桌面交换软件使用 C#语言、Web 发布程序使用 Asp.net 语言、移动 APP 使用 android studio 语言，程序实时读取数据库中存储的数据，并将煤矿自动化监控系统以动态的方式进行展示，是整个系统的核心程序，其功能包括空压机监控、通风机监控、煤矿主运输监控、煤矿主排水监控、煤矿供电监控、采煤工作面监控、主提升监控、工业视频监控、安全监测系统、人员定位管理系统等 35 个功能模块。核心功能模块如下：

(1) 数据读取功能模块。

数据读取程序主要是读取自动化系统底层数据（PLC、监测分站等），并对数据进行分析统计，其特点是只读取发生变化的数据，提高了存储效率。主要使用 Linkmaster ， KepServer， Rslink， opc UA 四种 OPC 数据协议。



图 3 数据读取程序

(2) 智能化采煤工作面模块。

可实时监测煤机、液压支架、刮板、转载机、破碎机、泵站、喷雾泵等参数，并对采煤机的运行轨迹进行统计，以坐标曲线的方式进行发布，并实现了井下工作面智能化开采。

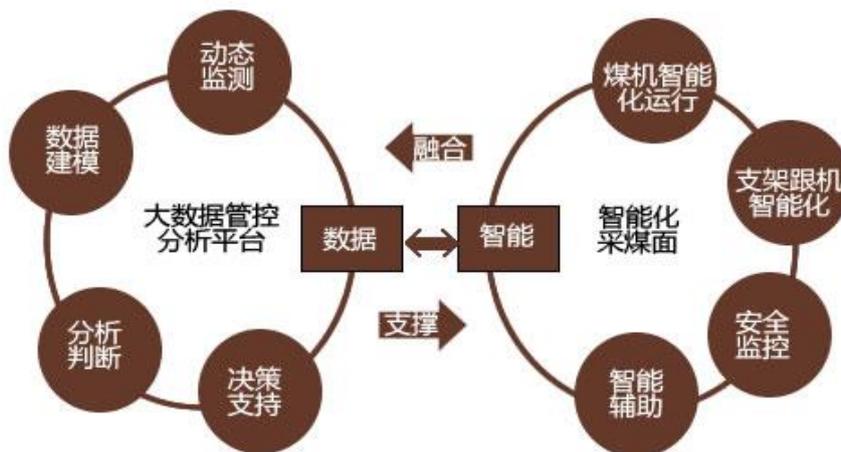


图 4 智能化工作面数据关系图



图 5 智能化工作面主界面



图 6 智能化工作面控制界面



图 7 智能化工作面 APP 界面

(3) 掘进工作面皮带远控模块。

通过该模块实现了掘进工作面皮带的远控控制，取消了岗位操作人员。实时检测皮带在运行过程中发生的跑偏、纵撕、堆煤、异物（铁器、大块）等情况，做到及时报警、停机，提高安全管理水平；另外利用 AI 视频识别技术检测皮带上的煤量及时调整皮带运行速度，达到节能减排的效果。



图 8 掘进工作面皮带运输监控界面

(4) 主运输系统监控模块。

主运输监控界面显示主皮带的运行状况，皮带速度、电流张紧、煤仓煤位、运行时间等参数，在表格内显示皮带闭锁、跑偏、纵撕、堆煤、烟雾等保护状态。

(5) 均衡生产模块

开发了均衡生产数字模型，通过对皮带张紧、变频器频率、设备电流、转矩等参数进行综合数据分析，判断皮带负荷情况，当皮带长时间空载运行，系统将发出声光报警，提醒生产指挥人员进行处理，以减少设备空转时间。



图9 主运输系统监控界面

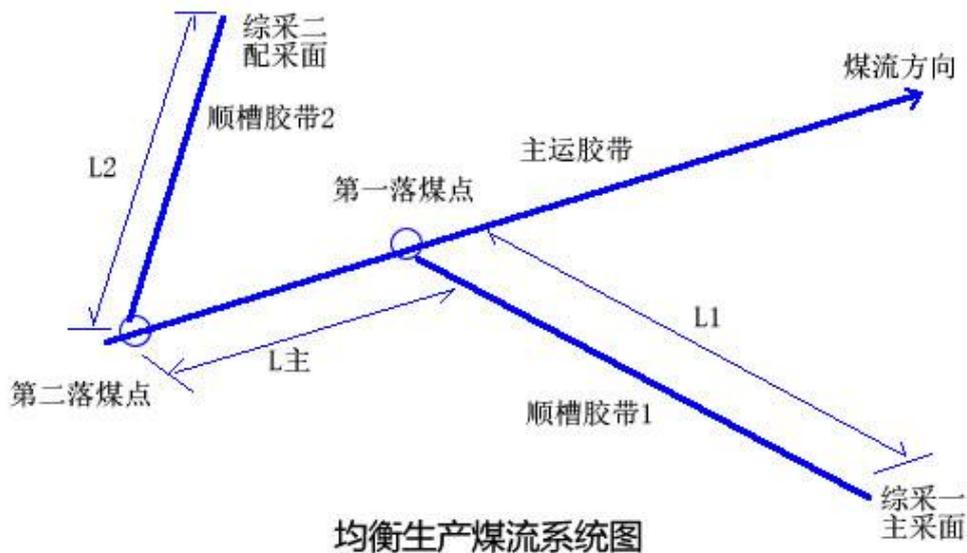


图10 主运输系统建模图

3. 成效

基于工业互联网煤矿智能化开采及大数据分析、预警管控平台建设使用以来已成为西北公司及矿井单位生产安全管理人员了解现场信息的重要手段。智能化采煤工作面依据本系统提供的信息进行智能

化生产；掘进工作面利用该系统实现了皮带的远程控制，减少了井下岗位操作人员；生产管理人员使用该系统及时了解矿井生产状况，以便于科学的指挥生产。目前整个西北公司生产干部手机安装了该项目的移动监控 app 软件，矿井单位部分领导是这样说的，“早晨一睁眼要打开手机看看单位生产情况”。

项目已在中煤西北能源有限公司、鄂尔多斯伊化矿业资源有限公司、乌审旗蒙大矿业有限责任公司、陕西南梁矿业公司、金通矿业有限责任公司落地应用，系统的使用极大的提高了生产效率和设备运行的可靠性，使生产各环节逐步实现远程控制，设备操控由井下转移到地面，实现煤矿由高危生产向本质安全转变，增强煤矿工人的获得感、幸福感、安全感。社会效益和经济效益十分显著。

2021 年该项目参加第三届中国工业互联网大赛，获区域赛杭州站新锐组二等奖，晋级全国百强，在全国总决赛中取得了优异的成绩；2023 年 1 月份被工业和信息化部评为 2022 年度工业互联网 APP 优秀解决方案，2023 年 7 月份被评为全国煤炭行业两化深度融合优秀项目。

公司简介：中煤西北能源化工集团有限公司(简称西北公司)是中国中煤能源股份有限公司全资子公司，作为中煤集团在鄂尔多斯的区域管理公司，负责对区域内中煤集团企业实施一体化管理。公司主营业务包括煤炭、煤化工、铁路、火电、新能源五大板块。已投产煤矿 7 个：母杜柴登、纳林河二号、门克庆、葫芦素、南梁煤矿、金通煤矿、神通煤矿，核定产能 3540 万吨。已投产化工项目 3 个：中煤鄂能化煤化工项目、中煤乌审召烯烃项目、中煤远兴化工项目，总产能 420 万吨/年。建成两个矿区铁路专用线(年外运 1500 万吨)、矿井水综合利用、供水工程等配套项目。

案例 24：国家管网集团安全风险智能化 管控平台

——国家石油天然气管网集团有限公司

关键词：安全风险智能化管控；“云-边-端”协同架构；监管数据

1. 背景及痛点

国家管网集团以习近平总书记关于危险化学品安全和工业互联网发展应用的重要指示精神为指引，以国务院安委会、工信部、应急管理部《落实大型油气存储基地安全风险管控措施工作方案》、《工业互联网+安全生产行动计划》等文件为指导，完成了安全风险智能化管控平台的建设工作。集团分析整理了目前面临的管理痛点与难点：集团公司业务系统多，建设进度存在差异，且安全管理数据分散、不统一；大型油气储运基地现场感知设备物联化程度较低；基层人员需频繁登录各级政府监管系统手工录入数据，数据多头录入，增加了基层员工的工作负担；政府监管层面，原有的监管数据获取方式极易因人员疏忽、技术故障导致报送数据的缺失、遗漏，亟需自动化报送手段。

2. 基于工业互联网的解决方案

安全风险智能化管控平台严格遵循国家管网集团各业务流程和数据标准、数据治理要求，平台将大型储运基地的安全风险业务与数字化技术融合，将数字化技术与安全为主导的风险管理理念融合，围

绕大型油气储运基地，以业务为主导、以安全理念为驱动、以数字化技术为手段搭建贴合管网实际的安全风险智能化管控平台。



图 1 安全风险智能化管控平台展示

平台按照集团公司统一的技术架构及路线进行建设，首创“云-边-端”协同的技术架构体系，是首个在场站建设边缘节点采集关键数据的统建系统。在满足需求的前提下，平台采用了本地备份结合异地灾备的架构模式，保障系统数据的完整性与安全性。以国产化操作系统、数据库、中间件等技术组件为主体完成了平台建设。

数据源层主要包含工业互联网边缘节点以及其他业务系统的相关业务数据。其中边缘节点采集的数据主要来自油气储运基地的感知、监测类设备等物联网基础单元。

网络层通过技术手段将企业办公内网、局域网、工控网络、互联网的数据进行汇聚，通过 5G、蓝牙、WIFI、北斗等技术实现数据传输、无线数据采集等。

数据层主要包含数据采集加工处理以及数据存储。

服务层以国家管网集团通用 PaaS 层为基座，实现服务网关、安全&保护、智能数据服务及各组件治理和统一配置。

应用层：基于平台管理模块，实现数字化一张图、监管数据报送、安全态势感知等模块的展示层开发。

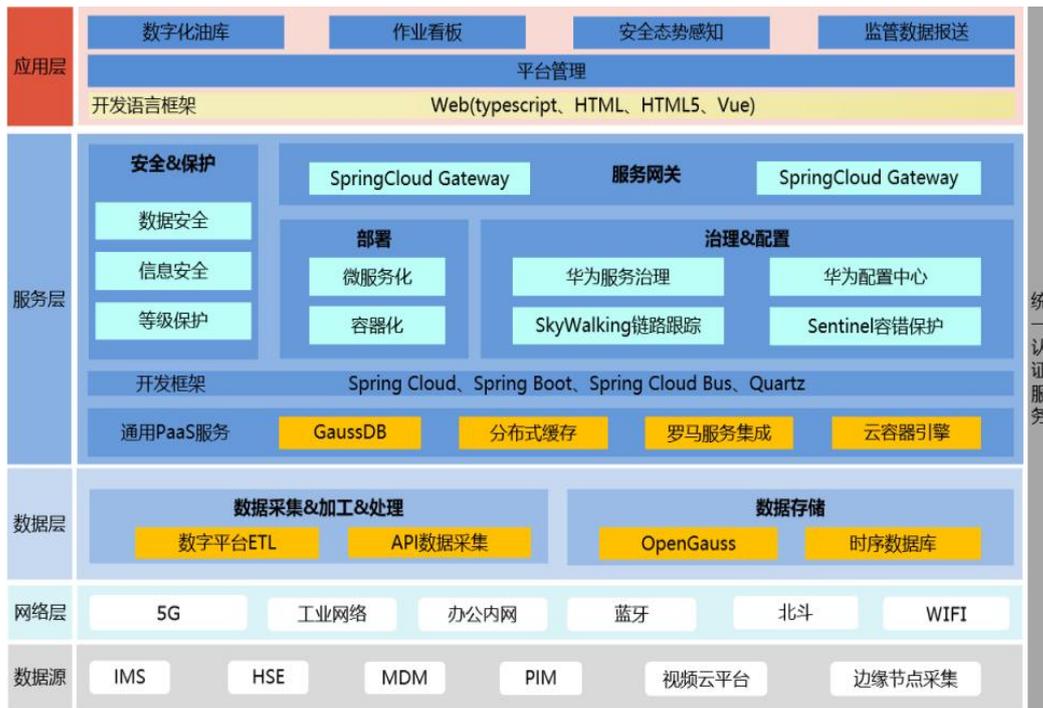


图 2 “云-边-端” 协同的技术架构体系

技术架构方面，平台采用 B/S 模式开发，结合云原生开发理念，采用“前后端分离”分层构建。前端采用时下主流的 Vue+eCharts+HTML5 开发框架；服务端主要以 Springboot、SpringCloud 框架开发；数据集成主要采用 RESTful API、RS232、RS485、Modbus TCP/RTU、OPC DA 等通讯协议，重点保障数据传输的实时性与准确性；微服务与容器采用集团统一规划的国产技术组件；部署位置为集团私有云平台。

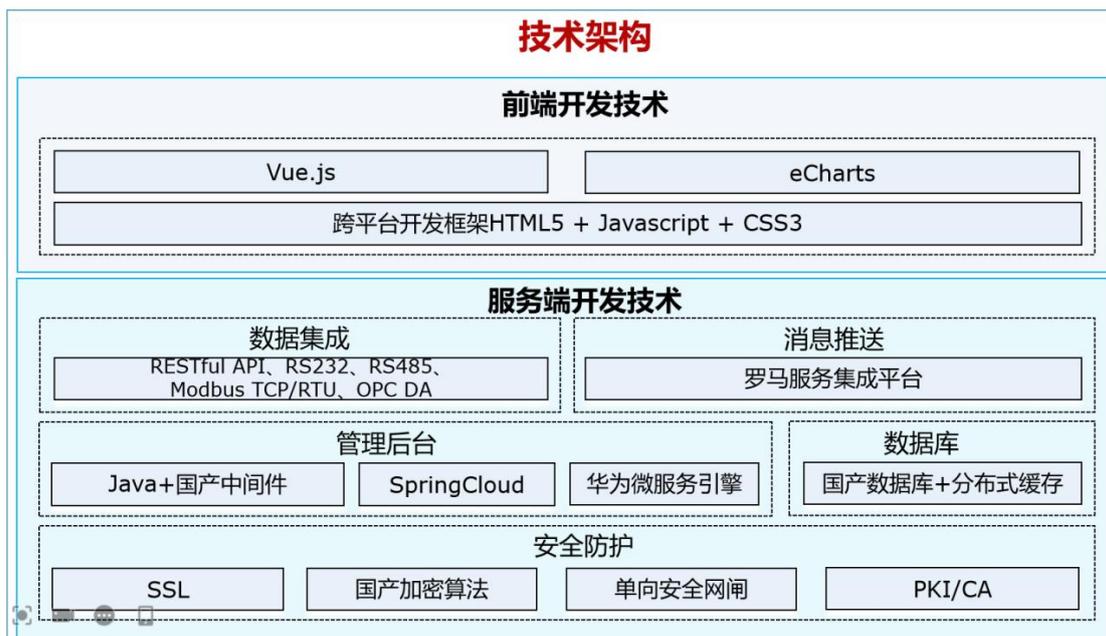


图 3 技术架构

3. 成效

集团公司层面，构建了基于风险评价技术的管道设备设施资产完整性管理体系，搭建了环境、健康、安全一体化管控体系，提升了管道本质安全。完善了边缘节点、物联网等基础设施建设，实现了各类数据的泛在化感知和自动化采集。为各级政府监管部门提供了数据共享服务，切实降低了一线员工工作强度，提高了安全风险管控水平。通过安全生产一体化工业互联网体系的建设，培养了一批工业互联网+安全生产领域的高素质、综合性人才队伍。

行业层面，搭建了油气管道行业标识解析二级节点基础设施，为工业互联网在油气管道行业的前端应用提供了底层支撑。同时，提升了管道行业端、网、边、云、用产业供给水平，加速了工业互联网共性技术与个性技术融合创新。

国家层面，打通了与各级政府监管部门的数据共享通道，满足了各级政府监管需求。加速推进了 5G、IoT、云计算、人工智能、大数据、区块链等新一代 IT 技术在国家工业互联网体系架构下能源领域的融合创新应用。落实了国家关于大型油气储运基地、工业互联网+安全生产的各项文件要求，做好示范带头作用，推动产业数字化发展。打造绿色、可持续的产业链供应链，提升国际竞争力。

公司简介：国家石油天然气管网集团有限公司（简称国家管网集团）成立于 2019 年 12 月 9 日，是国务院国有资产监督管理委员会监管的国有重要骨干企业，总部设在北京。国家管网集团以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻落实习近平总书记“四个革命、一个合作”能源安全新战略和重要指示批示精神，坚持新发展理念，坚持服务国家战略、服务人民需要、服务行业发展，大力实施市场化、平台化、科技数字化和管理创新“四大战略”，加快建设“全国一张网”，着力打造智慧互联大管网、构建公平开放大平台、培育创新成长新生态，建成中国特色世界一流能源基础设施运营商，为实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦作出新贡献。

案例 25：辽宁排山楼 5G+智慧矿山 ——中国移动通信集团辽宁有限公司

关键词：智慧矿山；5G；少人化；无人化

1. 背景及痛点

随着安全事故频发，安全生产形式严峻，地方政府全面加强了对非煤矿山的监管力度，机械化、自动化和智能化技术引入减少井下作业人员是矿山安全提升的主要方向，阜新市政府专门下发了《2021年全市非煤矿山“智慧化”建设工作实施方案》，辽宁排山楼黄金矿业有限责任公司作为阜新市第一批智慧矿山示范企业，对排山楼公司安全避险三大系统以及智慧矿山建设方面提出了专门要求；另外辽宁排山楼黄金矿业有限责任公司同样面临着施工队伍选择，特殊工种（特别是凿岩工）用工困难等影响，急需在井下引入凿岩台车、铲运机和电机车等自动化智能化设备，深入贯彻井下生产少人化无人化理念，提升井下生产安全性。

2. 基于工业互联网的解决方案

辽宁排山楼黄金矿业有限责任公司 5G 网络建设采用 5GSA+MEC 的专网组网架构，服务模式为尊享模式，井下 100 米巷道（长 830 米）全部覆盖 5G 专网，通过增强型边缘 UPF 下沉到井下 100 米巷道，实现本地数据计算，满足电机车数据不出场、低时延、

高可靠运行的网络环境要求；21 个井口采用 4G、5G 双网络建设方案，满足井下人员通信需求。

井上部分采用 BBU+AAU 宏基站方式进行覆盖，BBU 安装在排山楼金矿无线机房，AAU 安装在排山楼金矿楼顶角钢塔上，通过光缆传输，目前井上已经开通 5G 业务。具体应用场景和应用模式如下：

（1）电机车无人驾驶：5G 专网+MEC 结合，通过高清摄像头，实现电机车无人驾驶及安全监控；在利用原有设施的基础上，引入先进的远程驾驶技术、自动控制技术和精细化管理技术，提升系统的整体运行效率和运输能力。

（2）破碎机远程控制：变焦摄像头+5G 专网+MEC，通过高清摄像头，实现破碎机远程操控；5G 低时延实现可靠机械操控，提升工作效率。

（3）铲运机远程控制：变焦摄像头+5G 专网+MEC，通过高清摄像头，实现破碎机远程操控；5G 低时延实现可靠机械操控，提升工作效率。

3. 成效

通过增强型一体化 UPF 下沉，实现本地数据计算，利用 5G 专网数据不出场、低时延、高可靠运行的技术特点，将井下电机车无人驾驶、破碎机远程控制、铲运机远程控制的运行、环境、报警等数据回传到调度指挥中心，进行自动化作业，通过“少人化、无人化”的生产运营，真正实现矿山智能化管控、智慧化管理。

辽宁排山楼黄金矿业有限责任公司 5G+智慧矿山项目通过 5G、边缘计算等通讯前沿技术和冶金产业的结合，用信息通道代替人工路径，以远程操控的方式解决了现场操作难度大风险高的问题，显著改善作业环境，提升溜井工作效率 90%，当前阶段可减少人力 45 人，切实为客户安全高效生产提供保障。

公司简介：中国移动辽宁公司隶属于中国移动通信集团，负责中国移动在辽宁的网络建设和业务经营，为地方社会提供全方位的数字化服务。在省委省政府和集团公司的战略指导下，经过辽宁移动数十载的不懈努力，移动客户规模突破 3000 万，家庭客户达到 600 万户，服务企事业单位 40 万家，累计纳税 350 亿元，是辽宁地区网络规模最大、客户数量最多的数字化服务商。公司积极推进信息化建设，以移动信息化带动社会经济发展，构建了一个由通信设备制造商、网络运营商、信息内容提供商、移动产品经销商、移动客户和社会相关行业组成的、合作共赢的产业价值链，在辽宁老工业基地振兴和现代化建设中发挥着日益重要的作用。

案例 26：辽宁阜新“5G+能源互联网小镇”示范项目

——中国移动通信集团辽宁有限公司

关键词：5G；新型电力系统；源网荷储；物联网

1. 背景及痛点

为深入贯彻落实国家“碳达峰”和“碳中和”决策部署，中国移动辽宁公司联合国网辽宁电力公司在阜新打造全国重要的新能源示范基地，实现传统能源大市蝶变为新能源强市。

目前阜新新能源产业和电网架构存在的一些不足：在电源侧，保障清洁能源消纳的新型储能产业发展滞后；其次是网架结构方面有待进一步优化，限制新能源高比例接入；在网络侧，通信瓶颈明显，制约业务发展；在负荷侧，阜新地区对于清洁能源的利用和吸纳有限，季节性的能源消耗的供暖供热还是依赖传统化石能源；最后以双碳为目标的源网荷储一体化和多能互补水平不足，亟需结合阜新地区资源优势，打造一个集中式与分布式发电储能并举，风、光、氢、储多能互补的智慧能源体系。

2. 基于工业互联网的解决方案

辽宁移动公司按照“能源转型升级、5G 场景同步建设、业务精益管理、服务持续提升”的思路，以能源与城市融合协同发展为愿景，围绕“5G、一中心、五体系”建设，联合国网电力辽宁公司打造阜

新特色的 5G+智慧能源互联网小镇。基于辽宁省电力公司打造的物管平台、数据中台等基础服务平台，在不断推进数字化能源物联网基础设施建设的同时，结合 5G 网络的低延时、广连接、大带宽等特点，依托省公司云平台资源构建阜新 5G 能源大数据分中心。以阜新能源大数据分中心为支撑平台，构建清洁能源综合服务体系、清洁能源调控管理体系、企业能耗管理体系、碳资产管理服务体系、智能代运维服务体系等五大大智慧能源服务体系。

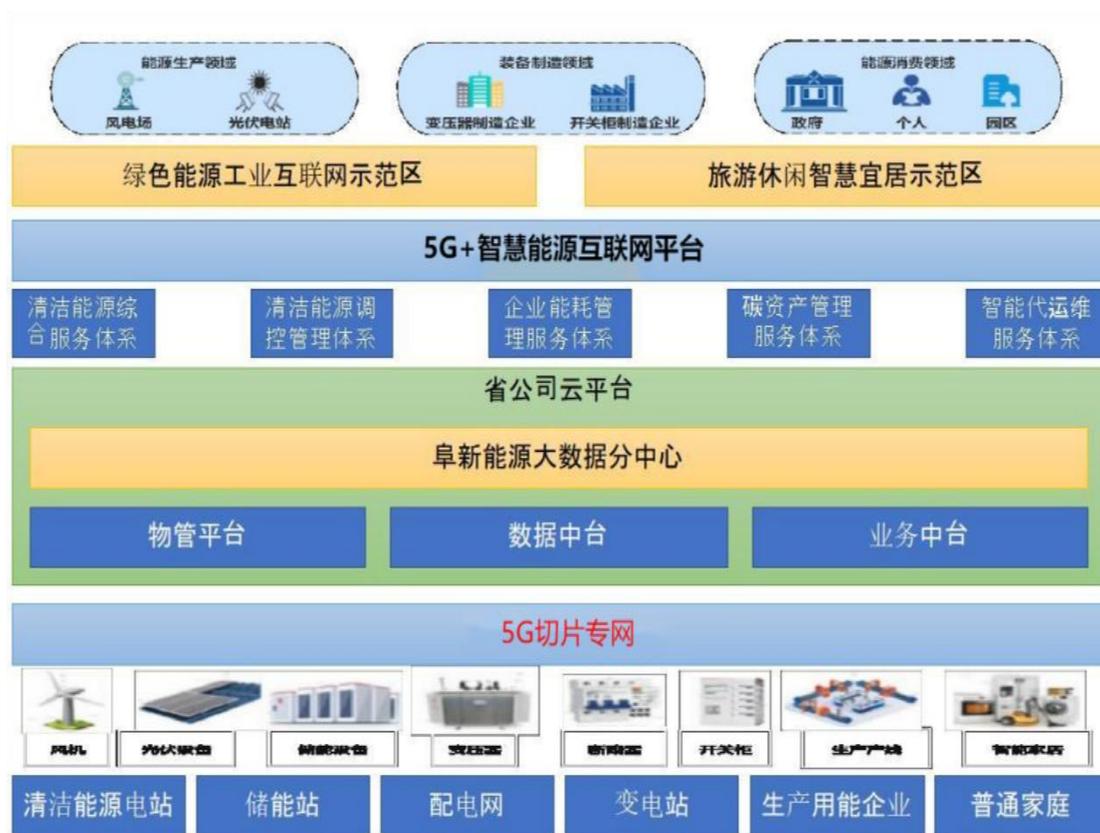


图 1 总体架构图

聚焦 5G 网络与能源互联网的转型替代升级、多能融合互补服务等方面，推广能源互联网在城镇多场景综合应用，围绕清洁能源综合服务、清洁能源调控管理、企业能耗管理服务、碳资产管理服务、智能代运维服务五大方面，提升能源生产、能源输送、能源消费各环节

的服务能力，实现多元互动、柔性适配、智能高效、清洁低碳，为用户提供高品质、高能效、智慧化的能源服务。

基于 5G 基础通信+区块链，聚焦能源转型升级、建设能源大数据中心，开展“源网荷储”多能融合互补，推广能源互联网在多场景应用，为用户提供高品质、高能效、智慧化的能源服务。

3. 成效

(1) 多“源”互补。利用 5G、云计算等采集感知技术，实现 2 万多个光热设备的接入综合服务以及绿氢综合服务，掌握阜新地区风、光、水、气等新能源的分布及能源出力情况，为解决能源利用的储存、调峰、低位热能利用、微电网等技术难题提供数据支撑。

(2) 多“网”融合。利用大数据、5G、北斗、数字孪生等数字化手段，以电网为核心，融合天然气、热力、交通等实体网络，进行多物理量、多时空尺度的仿真模型，模拟能源互联网的全生命周期过程，实现微电网组网分析和阜新市电网分析。

(3) 多“荷”服务。利用 5G、大数据、人工智能、数字孪生等技术手段，通过对居民、工业等多类型用电负荷分析，提升供电可靠性。为电网削峰填谷、柔性电网动态调节、战略安全储能提供有力大数据分析支撑。

(4) 多“储”共享。利用物联网、5G、数字孪生等技术手段，创新应用储能监测技术，获取区域内充电桩、加氢站、抽水蓄能等储能资源配置数据，监测其储备及用能情况，为电网削峰填谷、柔性电

网动态调节提供有力支持。

公司简介：中国移动辽宁公司隶属于中国移动通信集团，负责中国移动在辽宁的网络建设和业务经营，为地方社会提供全方位的数字化服务。在省委省政府和集团公司的战略指导下，经过辽宁移动数十载的不懈努力，移动客户规模突破3000万，家庭客户达到600万户，服务企事业单位40万家，累计纳税350亿元，是辽宁地区网络规模最大、客户数量最多的数字化服务商。公司积极推进信息化建设，以移动信息化带动社会经济发展，构建了一个由通信设备制造商、网络运营商、信息内容提供商、移动产品经销商、移动客户和社会相关行业组成的、合作共赢的产业价值链，在辽宁老工业基地振兴和现代化建设中发挥着日益重要的作用。

案例 27：AI 平台助力京能集团物资管理智能化转型

——羚羊工业互联网股份有限公司

关键词：AI 基础平台底座；人工智能模型；物资智能化管理

1. 背景及痛点

京能集团目前物资规模增长快速，招采中心作为服务单位对物资招标、集采提供运营支持，电商平台应用初见成效。然而，目前集团尚未通过一套统一的物资管理平台对全集团物资管理业务进行全链条、全流程的管控。

京能集团大力推动人工智能技术为公司各业务线赋能，推动公司智能化转型。人工智能技术目前已经在公司多个部门得到应用，随着使用的人越来越多，各业务部门使用各自的开发平台，缺少平台对算法进行统一管理，同时在人工智能应用过程中，也存在多方面的痛点，如专业人才不足，缺乏自主建模能力；数据清洗成本高，数据标注工作量大、成本高；第三方模型缺少有序管理等。

2. 基于工业互联网的解决方案

京能集团希望通过该项目解决人工智能技术在使用过程中的诸多痛点，充分发挥人工智能技术的产业优势，建设统一的 AI 能力平台，从而为业务人员、技术人员、运维人员提供模型开发、运维和部署的强力支撑，让用户可通过 AI 平台独立建模、训练。同时，通过

该项目与其它业务平台对接，把成熟模型拓展应用于更多业务平台上，实现敏捷化智能应用开发，提升公司和集团各业务的智能化效率，增强企业核心竞争力。



图 1 技术路线图

物资管理 AI 平台是物资管理数字化转型的核心技术支撑和技术依托。通过 AI 平台的建设可以为物资管理平台系统和功能模块提供 AI 的技术和能力。使京能集团物资管理平台建设达到行业先进水平，实现对物资管理业务流程和数据的全面管控；逐步实现数据驱动的物资管理体系，支撑集团物资业务的发展和 innovation。

智能 AI 平台技术底座提供一站式人工智能平台包含数据管理、数据标注、模型训练、模型评估、模型部署、模型推理、能力开放等完善的服务能力。

预置原子能力模型是 AI 平台的能力中心，预置了讯飞多年积累全面的 AI 能力，包含语音识别、语音合成、NLP、OCR、人脸识别、

图像识别等，提供了针对行业领域应用最为广泛的基础 AI 能力。



图 2 物资管理 AI 平台架构

京能集团 AI 中台提供相关 6 类人工智能相关包含不限于语音识别，语音合成，NLP，OCR，人脸识别，图像识别等预置模型的能力本期建设 AI 中台预置能力模型 20+能力模型满足并优于京能集团建设。

在场景化应用方面包括且不限于合同文本解读、投标文件防串标比对、库存定额分析、智能采购等。完成人工智能平台建设，提供一站式人工智能模型建设功能服务，并具备一定的第三方人工智能应用接入能力，实现人工智能资源的整合和共享，为集团广泛应用人工智能技术打下基础。

3. 成效

通过打造具有京能集团特色的 AI 平台整体系统和 4 大业务系统，

助力京能集团业务系统的智能化、数字化转型升级，整体提升了京能集团物资管理整体水平。其中：

开发了智能 AI 平台基础技术底座：构建一站式人工智能模型建设功能服务，实现数据管理、模型训练、模型部署、模型监控、算力资源分配等 AI 建设全工作周期的服务能力。

提供多个人工智能算法模型，包含语音识别、语音合成、NLP、OCR、人脸识别、图像识别支撑京能集团及子公司智能化业务应用。

统建四类业务场景，包括合同文本解读、投标文件防串标比对、库存定额分析、采购计划智能打包赋能京能集团及招采业务中心。

AI 平台建设可以使得集团物资管理体系的各级管理者具备更强的业务管控能力，提升公司和集团各业务的智能化效率，为京能集团广泛应用人工智能技术打下基础。

公司简介：羚羊工业互联网股份有限公司是一家依托人工智能、大数据和大模型技术，以工业互联网赋能产业转型升级的创新科技公司，构建了全国首个政企联合打造的工业互联网综合服务型平台——羚羊工业互联网平台（以下简称“羚羊平台”）。羚羊工业互联网平台是以 AI+大数据为核心，依托羚羊工业大模型打造的工业互联网综合服务平台，致力用工业感知、工业认知、工业大模型赋能企业“研产供销服管”各环节，推动制造业数字化转型。目前，羚羊平台已入驻总用户数超 50.8 万，累计服务企业 218.9 万次（数据截止至 2023 年 9 月底）。此外，平台基于羚羊工业大模型推出的数字工匠、iMOM、羚机一动、智能企服助手等产品，全面对接企业“研产供销服管”各环节需求，为企业 提供场景、政策、金融等丰富的解决方案，帮助企业跨越“数字鸿沟”。

案例 28：宝信清能智慧化运控中心系统

——宝武清洁能源有限公司

关键词：云边一体架构；云计算；边缘计算；大数据

1. 背景及痛点

宝武清能氢、新、空、气四大业务板块，具有区域分布广、机组数量多、设备专业化程度高等特点，各基地装备水平、运行效率、专业技术能力差异较大，难以满足总部集中统一管理要求。从管控模式上讲，四块业务有各自不同的特点。比如工业气体，管控方式是气体总部统筹，留有各基地自主权；在新能源板块，大数据中心的建设则是必然的，通过集中统一的大数据中心进行核算算法计算，实现大数据分析决策。新能源板块的业务运营需实现属地化，支撑代表产业板块的体量、市场占有率，氢气板块制氢站与加氢站更呈现不同的管控要求，制氢站管控模式与工业气体相似，而加氢站与天然气主要是贸易服务为主。

2. 基于工业互联网的解决方案

宝信为宝武清能开发的清能智慧化运控中心系统，遵循工业互联网平台“圈—云—边—端”的体系架构，支撑从边缘侧的工厂智慧制造，云端的集团管控，到产业上下游合作伙伴的生态协同，系统于 2022 年 9 月 30 日上线运营。

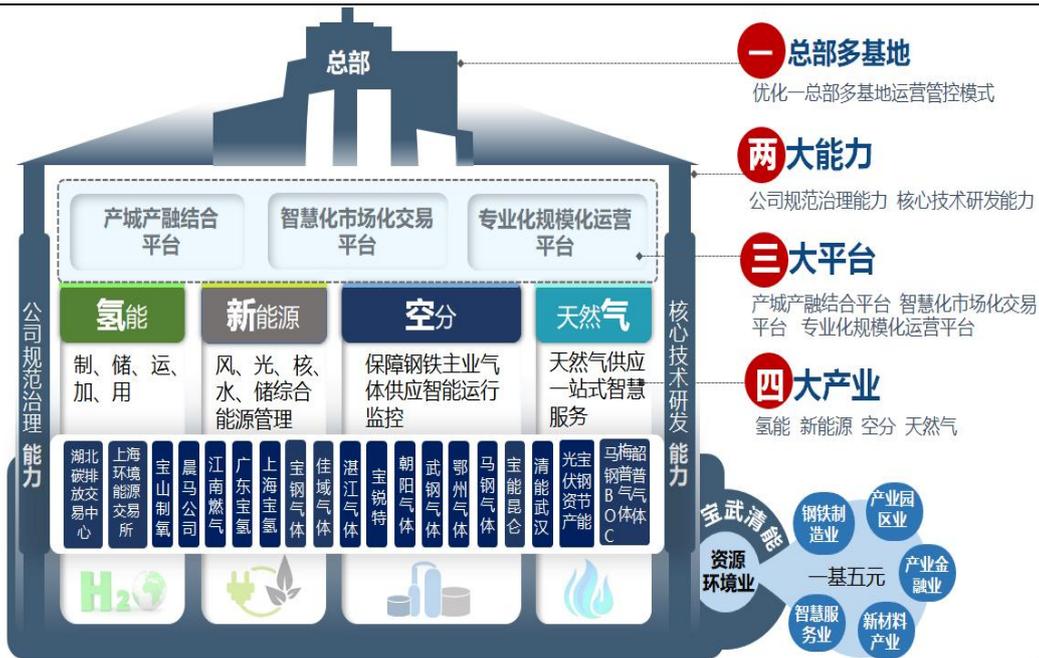


图 1 “圈一云一边一端” 体系架构

宝信清能智慧化运控中心系统优先聚焦新能源、空分两大战略业务，兼顾天然气及制氢业务的发展，以“一总部多基地”管理模式搭建宝武清能运营管控业务信息化总体架构，建立统一的运营管理平台，实现统一数据标准，统一经营语言，实现高度矩阵网络化，有效支撑“一总部、多基地”的管控模式，满足板块间耦合。宝信清能智慧化运控中心系统的创新主要表现在：

(1) “一总部、多基地”跨产业、跨空间、跨人机界面的集控中心。平台汇集氢、新、空、气四大业务板块、分布全国各基地的装置的生产运行和设备状态数据至同一数据中心，解决现行存在的“数据烟囱”、“信息孤岛”问题，并基于此强大的数据源，构建技术框架一致、可弹性扩展、“可测可控、可产可管”的纵向集成环境，实现工艺技术、设备技术、操作技术、自动化技术与信息技术的融合创新，满足宝武“一总部、多基地”跨产业、跨空间、跨人机界面的

集控中心。



图 2 宝信清能智慧化运控中心系统整体架构示意图

(2) 实现流程统一标准化、专业版块分析更细分。系统更关注“统一标准”的管理运行模式，对空分设备、新能源光伏设备系统、制氧、制氢等设备建立标准化实施接入标准，在生产制造层面，推进氢、新、空、气共建共享专业化平台，实现基地制造少人化、无人化、智能化。在运营管理层面，建设生产实绩管理、计划管理、指标管理、报表管理基础应用模块，满足专业版块的精细化管理需求。

(3) 管理更规范、评价更科学。将采用数据分析技术和模型技术，建立空分、新能源等核心指标体系，通过穿透式管理打破彼此孤立的子系统之间的壁垒，建立立体全面的指标评价体系。横向式穿透打破部门壁垒，实现业务的跨部门整合，集成高效。纵向式穿透，打破层级壁垒，既兼顾基地层精细化管理，在运行中辨析可能产生的异常，使管理真正建立在客观数据基础之上、分析在运行过程之中、解

决在异常发生之前，实现管理的规范化和数字化。

(4) 工业互联网云边一体架构支撑智能化应用，生态化协同。系统初步形成“基于云计算的全局管控”（离线型/运营中心）+“基于边缘计算的局部优化”（在线型/多基地）的智能化数据应用构建能力。数据应用包括在云上的平台化运营、边缘的计算节点、端部的数据感知和执行，完成智慧制造业务架构下生产管控活动的集成、协同和优化。借助开放的生态技术架构，通过连接、协同、共享，实现企业内部、宝武生态圈内外的数字化协同。

3. 成效

本项目取得的主要效果和效益如下所述：

(1) 按目前集控及穿透式统一管理模式，以平均每个基地平均节约 1 个劳动力，每年约可以节省人力成本合计 720 万/年；

(2) 通过数字化运维，提高设备可靠性及运维效率，降低设备综合成本，单台平均降低综合成本 3 万/台，预计计可节约 336 万/年。

(3) 接入光伏装机容量合计 355MW，年发电量将超过两亿度，通过一体化运营提升光伏发电收益，项目贡献利润保守估计 100 万。

(4) 通过制氧优化调度，降低氧气放散率 0.3%，同时降低制氧单耗，可累计降本 500 万元。

公司简介：宝武清洁能源有限公司（以下简称宝武清能）于 2019 年 11 月 28 日注册成立，是中国宝武钢铁集团有限公司的一级子公司。公司下积极推进宝武集团各大基地工业气体的业务整合，定位清洁能源专业化公司，致力于成为清洁能源行业的引领者，围绕中国宝武“一基五元”战略，以市场为导向聚焦氢能、新能源、空分及天然气四大业务方向，打造面向工业领域和城市的清洁能源供应商。

案例 29: 京能集团清洁能源物资联储共享智能管理平台

——中能锐赫科技（北京）股份有限公司

关键词：联储共享；跨企业；数字化

1. 背景及痛点

京能集团清洁能源板块拥有数百家风场、太阳能及燃气发电企业，下属单位多，物资量大，滞压物资多。随着公司数字化转型的深入开展和更高要求，现有的物资管理模式已不能完全满足高质量发展的需求，需要搭建一套平台级物资管理系统，以实现资源共享、库存资产盘活，进一步提升平台整体物资管理水平。

随着清洁能源平台所属电厂的长时间运营及新能源场站数量、规模的快速增长，企业物资库存率高、物资周转率低、各企业库存物资同质冗余等问题逐渐暴露：

（1）各电厂独立管理物资，物资管理分散，导致难以统一管理和监控；独立采购物资，容易造成重复采购、采购数量不科学、采购效率低下等问题；

（2）独立管理物资库存，平台难以实时掌握库存状况，难以合理调配，物资维修保养不及时；

（3）物资报废管理不规范，缺乏统一标准和流程，容易导致浪费和资源闲置。

因此，在智慧电厂建设和降本增效的背景下，区域物资联储联备提升空间非常大。

2. 基于工业互联网的解决方案

在集团现有物资管理模块及各电厂智能仓储系统现有技术基础上，通过信息化智能化手段、功能挖掘、流程优化和系统整合，搭建出一套智能化平台级物资管理系统，实现全平台物资的数据联动、信息共享、跨企业交易及全部新能源场站物资仓储智能化管理，进而盘活库存资产、降低库存率，实现物资管理的数字化转型，具体如下：

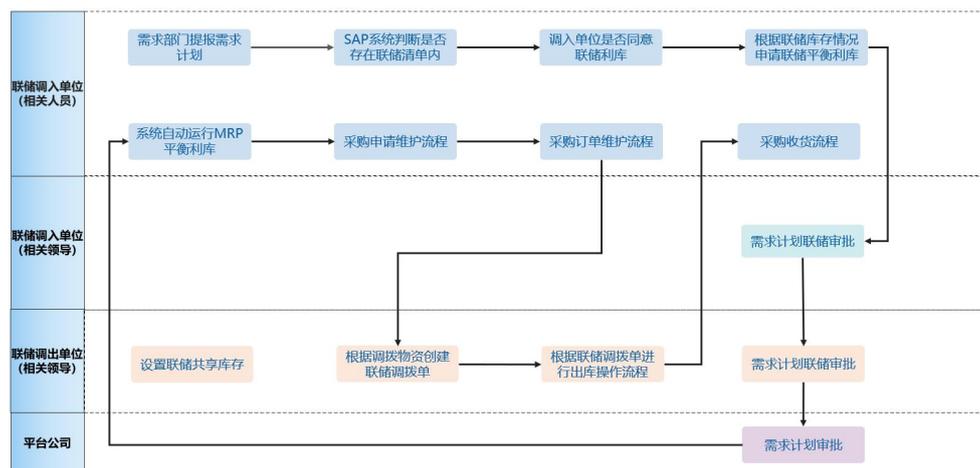


图 1 平台整体架构

(1) 搭建一套智能化平台级物资管理系统，实现全平台物资的数据联动、信息共享、跨企业交易及全部新能源场站物资仓储智能化管理。

(2) 收集并组建平台级物资库存总账，并以此为数据源在集团内组建数字化联储仓库，对所属企业物资进行统一管理，实现库存资产透明化和信息共享。

(3) 在集团物资模块现有功能基础上，结合备件联储仓库，开发一套物资需求计划校验和跨企业利库流程，并优化计划审批流程，实现平台内库存物资尤其是积压物资的跨企业交易，进而实现库存物资共享。



图 2 联储物资管理流程图

(4) 打通数据孤岛，实现集团 ERP 系统、清洁能源备件联储平台和各电厂智能仓储系统间的数据交换和功能联动，使联储平台的物资管理模块具备智能仓储基本功能，实现全场站物资仓库数字化。

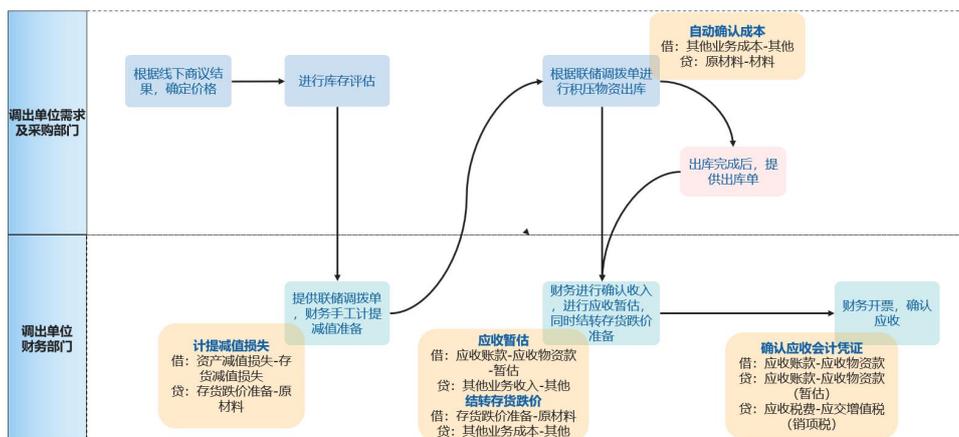


图 3 主体流程设计

(5) 通过采购行为、备件流动（物资跨企业交易及消耗）的大数据积累，为全平台备件的集中采购、联合储备和物资精细化管理提供参考依据，进而盘活企业库存资产、降低企业库存率。

3. 成效

通过建立联储仓库及物资跨企业交易，实现了平台范围内物资需求计划跨企业利库，盘活库存资产，降低企业库存率，提升积压物资消纳率。通过物资采购行为、备件流动的大数据积累，为全平台备件的集中采购、联合储备和物资精细化管理提供参考依据，提升易耗品的流通性、降低易耗品的动态库存，实现压库存、销库存；通过建立库存总账，实现库存资产透明化，实现全区域备件资源共享，提升备件紧急调配的工作效率。

按照目前电厂企业一般积压物资占比为 30% 以上的水平推算，项目推广运行后，保守估计每年可提升电厂积压物资消化率 5% 以上，预计可持续消纳积压物资，并同步持续降低所属企业的库容比，提高电厂的物资仓储管理效率。

公司简介：中能锐赫科技(北京)股份有限公司位于中关村高新园区科大天工大厦，是国家与中关村认证的双高新技术和双软企业，是中关村管委会区块链重点企业。公司成立于 2009 年，率先布局大数据、物联网等技术，与国家区块链技术创新中心北京微芯区块链与边缘计算研究院深度战略合作，推动物资供应链管理与长安链的融合创新应用，深掘物资大数据宝藏，重构物资采供的超级数据资产，释放生产制造领域海量物资巨能。

案例 30: 国有企业数字化转型的多源多态多级工业互联网生态平台

——广西桂冠电力股份有限公司

关键词: 工业物联; 工业大数据; 云边端协同

1. 背景及痛点

随着国有企业数字化转型升级正深推进,基于工业互联网的智慧应用如雨后春笋般在各个领域迅猛发展。对于电力企业数字化转型过程中普遍存在多源、多态、多设备、多测点、多层级的工业物联接入难、成本高、周期长问题;以及电力大数据的采集、融合、可视化、在线实时分析等响应不及时问题;电力系统复杂、设备多、协议多、数据类型多、采集方式多,数据治理与开发利用难度大,难以统一高效管理边云、边端协同服务,难以实现数据协同、智能协同、应用协同、业务协同;目前桂冠电力缺乏支撑电力生产监视的云边端协同智能算法库和通用可复制的通用能力支持,导致下属各电厂在数字化应用方面面临开发周期长、成本高、风险高等问题。同样是“数字桂冠”建设发展的关键瓶颈。

2. 基于工业互联网的解决方案

本案例面向国有企业数字化转型的多源多态多级工业互联网生态平台建设及相关技术成果,提供了数据贯通、工况识别、异常检测、故障预测、健康评估、故障诊断、运行优化等核心应用组件;平台采

用通用化、可复制的工业软件构建工具，大幅降低了此类工业软件研发与推广、运维与升级等成本；基于大量工业数据、工业知识、机理模型等资源的持续沉淀，实现低成本、快速、灵活地为企业提供国产化数字应用生态。

本平台采用新型工业互联网架构，实现存储、计算等能力和资源在云、边、端子系统中合理分配，不同子系统之间通过网络互联和高效协同，面向物联网领域的众多应用场景，连接物、人、系统和信息，提供全业务、低时延、大容量、智能化、多层次的服务，满足全面感知、可靠传输、协同互动、数据智能化处理、数据隐私保护等行业需求。

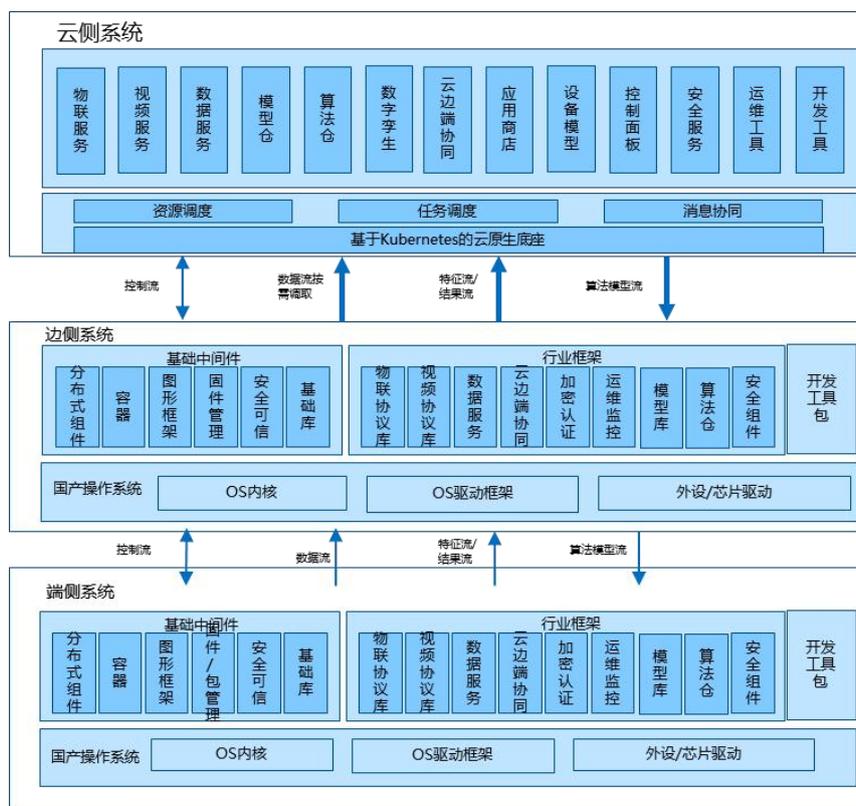


图 1 多源多态多级工业互联网生态平台技术路线



图 2 多源多态多级工业互联网生态平台总体架构

平台提供云边端协同的工业大数据高效采集与智能处理通用工具与服务；提供云边端协同电力大数据采集、融合、可视化与在线实时分析能力；提供电厂异构网络接入与管理；实现了海量电厂实时时序数据的分析；提供云边端协同模式下的算法训练和推理工具。平台助力发电企业把技术、知识、经验等资源固化为工业微服务，持续沉淀为企业数字化新型能力；平台已实现电力数字化应用场景云边端协同下的数据贯通、目标识别、行为建模、设备维护、故障诊断、风险预警、运行优化等典型应用。平台提供构建应用的二次开发环境，借助微服务组件和工业应用开发工具，帮助用户快速构建企业定制化的电力数字化应用。

3. 成效

(1) 大幅提升了运营优化水平。通过规划新形势下公司业务，搭建以市场为导向的新运营体系，建设配套业务应用系统，大幅提升

了市场能力、优化了运营策略，增强了对愈发激烈的市场竞争能力，提升了公司运营优化水平。

(2) 大幅提升了智能调度水平。通过智能化、信息化技术应用于发电调度中，实现了调度业务有效衔接、过程可视化、经济运行策略完善，优化了调度计划，推动了计划落实，提高了计划完成能力，提升了调度智能化水平，提升了水资源利用效率。

(3) 增加了资源利用效益。通过桂冠工业大数据生态平台支撑、智慧调度等应用系统的建设与实施，实现：水情、市场预测精度提升 2-4%；水能利用提高率提升 0.5%；发电耗水率降低 1-2%；市场运行风险率降低 20-50%；增发电量提升 1-2 亿 kWh/年，经济效益提升 0.25-0.5 亿元/年；防洪风险率降低 5%；供水安全保证率提升 5%；

(4) 降低了电厂运维、开支成本。对于水电机组远程诊断分析，由传统的计划检修转变为状态检修，缩短故障时间和范围，延长检修周期 1~3 年，节约了 10%~20%的检修成本；对于大坝安全监测和诊断分析，每年可减少了公司水电站大坝监测分析工作外委成本。

公司简介：广西桂冠电力股份有限公司是中国大唐集团有限公司的二级企业，主要经营水电、火电、风电及其他清洁能源的开发及运营，电站检修、技术咨询业务，兼营有色金属加工、金融服务业等业务。公司拥有广西龙滩、岩滩、平班等共 41 座水电站、合山 1 座火电厂和广西、贵州、山东烟台 9 个风电场，并网范围覆盖国家电网和南方电网的多个区域，资产分布于广西、四川、贵州等数个省市自治区，是一个集多能源、多网源、跨地域为一体的大型综合发电企业。

案例 31：智慧城市综合能源管控与服务平台

——天津市普迅电力信息技术有限公司

关键词：智慧城市；能源管控；信息化平台

1. 背景及痛点

国家数字革命与能源革命深入推进以及“云大物移智链”高新技术融合发展，给智慧城市建设带来了机遇与挑战。在智慧城市发展的进程中，综合能源服务领域存在能源系统间数据互动较弱、业务相互独立、数据难以共享，以及在“双碳”政策背景下数据价值挖掘与分析应用欠缺等痛点问题。

能源是城市运行重要组成，建设以能源物联网为基础的城市综合能源管控与服务数字化平台与运营模式势在必行。基于此，天津普迅项目组开展了智慧城市综合能源管控与服务平台的关键技术研究示范应用建设，例如以上海张江科学城等地。

2. 基于工业互联网的解决方案

该项目以智慧城市建设需求为核心，以综合能源服务为基础，聚焦多维动态时空关联下的数据融合、分析与治理以及“双碳”服务等典型场景应用构建，打造集终端智能采控装置和云端数字化平台的智慧城市一体化解决方案。在研究过程中，发挥电力全域数据优势，利用时空关联融合数据治理技术，探索城市能源供需与能源-社会网络时空分布的多维度关联分析，基于深度学习的时空动态分析技术，研

制融合时空数据的能源智能管控与服务工具，实现城市综合能源场景应用支撑。

该项目按照“两个层级”、“四个视角”、“六大主体功能”拓展“双碳应用”的总体设计思路，打造一体化“智慧城市能源大脑”。面向政府、能源企业、能源客户、能源服务市场四类客户，满足各类用户对于能源监控、分析、管理、服务、交易、应用以及“双碳”等业务需要，实现政府监管手段多样、客户用能节约灵活、能源市场开放共赢，营造一个共生、共建、共享、共赢的智慧城市能源生态圈。

平台的总体架构采用成熟的 IaaS、PaaS 和 SaaS 云架构，基于底层物联装置的数据采集、辨识、上传，利用物联网、云计算、大数据、人工智能等前沿技术，通过数据挖掘、数据分析等手段，为智慧“能源+双碳”功能应用提供支持，通过大屏监控、web 端应用和移动 APP 服务三种对外服务手段，实现四个面向的服务输出。



图 1 平台总体架构及技术路线图

该项目基于物联网、大数据、人工智能等关键技术，针对智慧城

市能源综合能源管控与服务中多维动态时空关联下的数据融合、分析与治理以及“双碳”服务等典型场景应用构建进行了攻关，发挥电力全域数据优势，实现城市综合能源场景应用支撑。与当前市场同类产品相比，该平台是一个全方位数字化平台，独创性强，服务用户类型广泛，涉及功能全面，具有核心竞争力和先进性。

该项目主要的技术创新如下：提出了一种时空关联融合数据治理技术方法，实现城市能源供需与能源-社会网络时空分布的多维度关联分析；提出了一种多元能源异构数据汇集和分析方法，攻克了业界能源因复杂多样的性质与特征导致适配难题；提出了一种“源—网—荷”互动能效优化调度方法，攻克了能源行业计算综合能效和能量管理等难题；提出了一种基于边缘物联代理技术和 GIS 定位轨迹可视化的“一平台两应用”智能运维服务模式。

该项目产品创新如下：基于“能-电-碳”算法模型建立能电转换系数，打造了碳排放监测、碳达峰评估、碳排预测等数据增值服务产品，为双碳目标实现过程中碳排放监测数智化程度低，缺乏对碳达峰碳中和指标、路径的分析、评估和预测等问题的解决提供支撑。

该项目模式创新如下：全面服务政府、企业、客户、市场等主体客户，发挥综合能源服务优势，依托智慧城市建设契机，创新打造适用于“低碳”、“零碳”应用场景的“双碳”数据价值衍生服务与高级应用，支持“3+N”多方合作联合运营。

3. 成效

该方案已在天津、上海、河北、河南、湖北等 10 余地市应用，为客户提供平台使用、建设与运营服务支撑。以上海张江智慧城市能源云平台为例，致力于打造引领终端能源消费以电为中心的特大型城市能源示范城，获政府专项资金 1753 万。截止目前，服务浦东新区 1210 平方公里，接入 10 千伏以及上高压用户 6500 多家，覆盖行业 19 大类，吸引 106 家能源产业链上下游企业共建智慧能源综合服务体系。通过时空位置赋能能源数据信息，发挥综合能源及物联网新型基础设施在智慧城市建设中的推动作用。该产品在相关试点建设中，取得技术发展和融合应用方面的创新性突破，具备规模化推广的应用价值和基础条件，未来将以上海浦东等地为建设示范向临港新区、合肥滨湖拓展应用。

公司简介:天津市普迅电力信息技术有限公司成立于 2004 年 6 月，注册资金 1.17 亿元，是国家电网公司信息通信产业集团的直属单位，是一家以智慧能源服务运营为主营方向，并提供电力数字化应用、智慧物联应用、智慧车联网、智慧运营的产业化单位。公司先后获评战略性新兴产业领军企业、优秀瞪羚企业、专精特新中小企业等 53 项企业荣誉及科技奖励 56 项。自主研发产品入编《国家工业和信息化领域节能技术装备推荐目录》《国家通信业节能技术产品推荐目录》《全国工业领域电力需求侧管理参考产品（技术）目录》等。自主开发的多项产品通过行业权威评审鉴定，获得 56 项专利授权，117 项软著和 39 项软件登记证，主导和参与标准共 14 项。

案例 32: 天然气净化总厂大竹分厂数字化管理平台

——北京达美盛软件股份有限公司

关键词：数字化管理；数字化交付；数字孪生

1. 背景及痛点

在数据层面，净化厂有大量来自不同源头以及不同形式的动静态数据，如 DCS 系统、视频监控系统等动态数据以及线下的 Excel、PDF、三维模型等，急需通过统一数据底座平台实现多源数据的解析与融合，加速解决数据孤岛问题；同时需提升基础数据再分析的能力，需具备相应工业数据协议支持能力，支持数据的采集、接入与发布，实现基础数据的使用价值。

在业务层面，工厂多维业务以往都是独立管理，为提升净化厂业务智能化管理水平，实现业务的融合以及数字化一体化应用，以工厂多维度业务为基础，以业务链条驱动数据链条，支持设备、生产、能耗、HSE、检修等多个业务领域的的数据融合应用。

2. 基于工业互联网的解决方案

项目整体目标是以生产网动静数据中台为底座，以“生产业务集中化管控、全生命周期的资产管理”为主线搭建生产网数字化管理平台，赋能生产、设备、安全、能源管理等业务，不断提升各业务管理水平，实现精益化管理。

平台采用三层架构方案处理，即：资源层、能力层、应用层三层，平台整体作为大竹分厂数字化管理平台，为平台多维度的融合提供服务和赋能。通过上述的三层业务架构平台，形成了一套完整的、开放的、统一的数字化管理平台，为厂区的数字化转型，信息化赋能，为厂区的提质增效提供基础动力。



图 1 数字化管理平台技术路线图

本项目的建设重点包括净化厂数字化管理平台全部业务，实现净化厂运维阶段业务数字化管理能力，提升运维阶段基础数据的再分析应用价值，促进净化厂运维总体管控场景的全面落地。主要解决方案包括：（1）在业务数据源头，梳理运维阶段数据流，明确数据唯一来源，全面贯通净化厂运维业务管理数据，盘活动静态数据资产，为净化厂数字化管理和决策提供全面数据支撑；

（2）构建净化厂运维阶段业务全数据流程在线管控。梳理运维阶段在建和已建系统的数据流向图，梳理其中业务关系，制定各数据流向交互方案（接口管控），完成运维数据中台建设；



图 2 数字化管理平台技术架构图

(3) 构建净化厂数据中台系统。建设净化厂数据中台，完善静态数据库建设、生产运行数据两类结构化数据，定制数据共享服务；

(4) 实现净化厂全生命周期业务数字化管理。建立覆盖工厂运维前期数据交付、当前运行维护和生产运行、检维修阶段等完整过程的全业务链数字化管理应用，实现业务管理在线运行、自动运行；

(5) 促进运维业务智能管控场景落地。实现现场可视化运维、生产数据可视化跟踪、项目预警中心、净化厂运行维护动态等管控场景。

3. 成效

围绕净化厂运维业务管理，聚焦净化厂运维工作中的“痛点”“难点”，通过平台建设横向跨专业整合业务链数据，纵向多层次数据共享应用，实现运行维护的信息化运行，提升净化厂管理工作效率。嵌入微服务等前沿技术，释放数据价值，为管理决策提供全面的数据支

撑，进一步提高净化厂管理决策水平和效益，最终实现净化厂业务的精细化管理和精益化提升，助力净化厂数字化管理水平的不断提高。

(1) 实现可视化协作。按照整体统筹的思路，将分散管理的业务进行统筹协作，实现净化厂业务可视化；

(2) 实现全过程管控。涵盖从建设阶段到运行维护所有阶段，实现全过程管控，为管理者建成“净化厂业务总体管控”；

(3) 实现自动化报警。以流程驱动工作协同，以计划作为纠偏依据，实现净化厂业务执行偏差的报警预警和消息推送；

(4) 整合各类数据资源，实现降低能耗、风险控制、自动评价，为净化厂管理提供决策辅助。

公司简介：北京达美盛软件股份有限公司是一家工业数字孪生底座提供商，拥有业界领先的跨平台工业云原生三维可视化引擎和低代码数据管理平台等自主核心技术，同时拥有 600+ 的“软件+工程”专业队伍，致力于通过自主可视化、轻量化核心技术，基于工程和运维一体化数据，为客户构建“数字孪生 (Digital Twin)”，打造全寿期资产管理与价值提升解决方案。为资产密集型企业、工程公司及合作伙伴提供“数字化+、可视化+”赋能，满足数字工厂和智能工厂从建设到运维的协同、移交和资产管理的全过程数据协同管理需求。

工业互联网

助力能源安全生产



工业互联网助力能源安全生产

2020年10月，工业和信息化部、应急管理部联合发布了《“工业互联网+安全生产”行动计划（2021-2023年）》，提出构建“工业互联网+安全生产”快速感知、实时监测、超前预警、联动处置、系统评估五大新型能力目标。随着我国能源系统日趋复杂、新能源渗透率不断提升和全球极端气候事件频发，我国能源系统面临运行控制、基础设施、网络威胁等多方面的安全生产问题。

能源工业互联网加速能源系统安全生产从静态分析向动态感知、事后应急向事前预防、单点防控向全局联防转变，助力提升系统本质安全水平。通过精密传感部署，利用边缘计算进行实时分析，构建动态感知和实时监测能力。利用大数据分析和人工智能技术，构建超前预警能力。通过安全生产风险仿真、应急演练和隐患排查模型，提升应急处置能力。利用优化调度与智能控制等算法，结合云边协同等技术创新应用，形成跨设备、跨系统的安全协同机制，实现能源生产系统的全局联防。

本章节共收录来自国网安徽、青岛慧拓、国电通、正泰智维和石化盈科等公司的10份案例，围绕能源系统安全生产，介绍能源工业互联网在现场安全监控管理、风险评估管理、应急响应和事故处置等方面的最新应用成果。



案例 33：基于声纹识别的电网设备智能辅助决策应用

——国网安徽省电力有限公司电力科学研究所

关键词： 电力设备；听诊系统；声纹识别

1. 背景及痛点

电力设备出现严重事故前，往往都存在着潜伏性故障，故障主要是由于内部局部放电、局部过热、绕组变形、机械部件松动及设备绝缘的老化等潜伏性故障随时间积累引起的。目前，电力设备保护方法主要通过故障时的电压、电流等电气参量进行继电保护，而相关潜伏性故障由于普遍存在于内部而难以检测，无法准确及时地掌握设备的运行工况和潜在安全隐患，缺乏有效的在线监测方法、技术与装置。

考虑到供电可靠性及检修、试验人员的作业安全以及检修成本和运检人员的承载力，基于不停电检测的状态检修将更适应未来智能运检工作的需要。而人工智能技术的发展又给基于声纹检测的电网主设备智能诊断辅助决策提供了可靠的技术支撑，基于深度学习的信号识别模式相比传统的信息处理模式拥有更多层的非线性变换，更适合解决电力设备中复杂的非线性问题。在表达和建模能力上更加强大，能灵活高效的处理海量复杂声纹信息的同时，提供更加准确和智能的判断结果，辅助运维决策，制定更优的检修策略。

2. 基于工业互联网的解决方案

面向高压变电站多场景的声音维度进行深化应用，通过有针对性的声纹监测装置部署，建立变电站关键设备在空间维度的声纹监测全覆盖，监测数据远传至后台系统。全面感知变电站运行状态，获取实时监测数据。运用大数据、深度学习等技术，构建核心算法模型库和样本库。同时，利用讯飞先进的 AI 算法与机理算法融合建模的故障诊断技术，实现设备状态评估。结合人工智能技术、专家知识库、数据库和推理机制，实现电网智能设备运维智能辅助决策。打造国内首套变电站声纹立体监测网，通过顶层设计和业务融合，建立变电站运维新手段，实现变电站声纹监测的全向覆盖和智能化应用管理。

芜湖 1000 千伏变电站位于安徽省芜湖市境内，2013 年 9 月建成投运，是华东特高压环网的重要节点，也是皖电东送和西电东送的枢纽变电站。为确保安全稳定万无一失，特高压芜湖站人以精益运维为目标，不断探索特高压电网运维管理。

科大讯飞联合国网安徽电科院共同开展芜湖 1000 千伏变电站全站设备声场分析的智能辅助决策应用。声纹监测系统采用固定式工业级声纹传感器、固定式声纹融合检测装置、移动式声纹融合检测装置、振动传感器，对 1000kV 特高压芜湖站内全站主设备，包括 1000kV 主变 6 台、高抗 9 台，1000kV GIS 断路器 39 台，500kV 断路器 21 台，共计 75 台进行全角度声纹特征数据采集和存储。

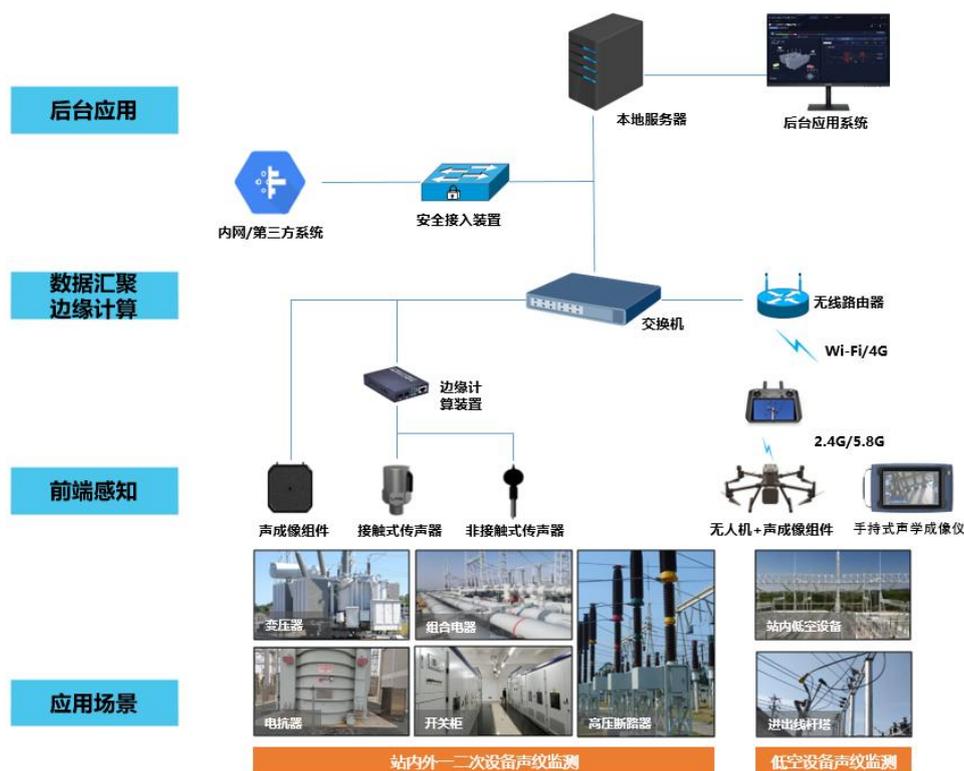


图 1 变电站声纹系统架构图

变电站声纹监测系统分为前端感知层、数据汇聚层和边缘计算层，以及后台系统应用层。具体主要包括前端场景声采集设备、边缘计算终端汇聚设备、网络通信设备以及变电站声纹监听系统。现场声纹传感器实时采集声音数据传至边缘计算装置，边端处理后传至应用后台，完成数据显示、数据库存储、声纹特征提取、设备运行状态评价以及平台数据对接。

通过现场设备的标准化部署原则，传声器阵列采集面应正对待测设备，使设备上的疑似声源位置处于仪器成像区域的中心附近，避开传播路径中的遮挡物。宜围绕疑似声源位置，调整测试面的方向和角度，确定检测效果后。接通电源和通信，实现数据的本地化采集。



图 2 声纹信息可视化

建立后端分析平台，将声纹信息可视化，实现声纹数据的 24 小时实时呈现，并支持一系列的深化应用，如声音的频谱对比分析，国内首创的声纹残差值分析，频率分析等，当运行设备发生异常情况时，声纹系统能够第一时间发现异常，并主动预警，提升设备运维的专业监测手段和日常管理水平，保障设备安全运行。



图 3 系统的部署和应用

系统的部署和应用实现了一系列技术应用，如频谱对比分析，残差值分析、频率分析等。

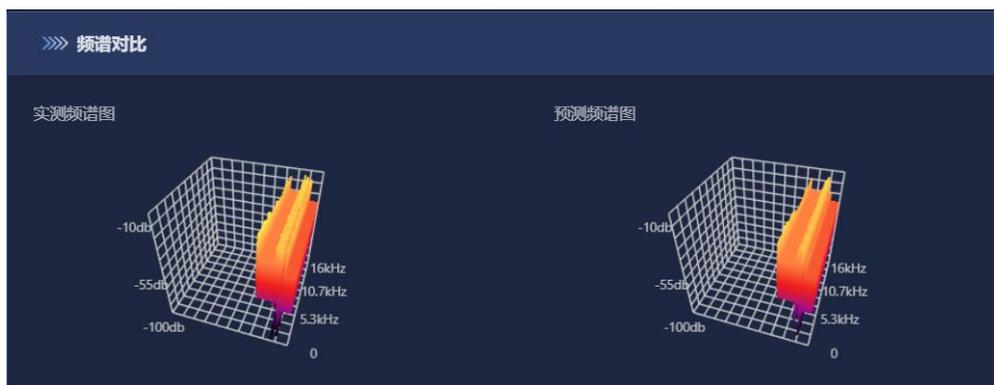


图 4 频谱对比分析

建立专业的样本库，记录所有的正负样本，持续提升系统声纹综合分析能力。

基于深度卷积神经网络模型对设备声纹和振动数据库的训练数据集进行处理，采用模型迭代训练建立分类的卷积神经网络模型，并用设备时频图数据库中的测试集进行测试，对比分析基于不用初始模型的分类准确率和收敛速度，挑选其中性能较优的模型作为基于声纹和振动设备故障智能识别模型。最终采集未知工况下的设备声纹和振动信号数据，通过对应的声纹和振动提取方法得到图谱，将其输入到选定的设备故障智能识别模型中，从而实现未知工况的智能识别和概率推断。

通过典型声纹库模型识别，实现对监测主设备工况的状态识别和故障告警。将故障诊断和智能辅助决策相结合，形成电力系统的智能化管理和控制模式。能够实时检测和诊断电力系统中的故障，并提供详细的信息和状态报告。同时，可以根据故障诊断结果进行运维和调度智能辅助决策，提高电力系统的运行效率和安全性。

3. 成效

国网安徽电力 1000kV 特高压芜湖站声纹检测技术的深化应用，进一步从技术的角度保障了高压变电站的无人化巡视，通过声纹维度的远程监测和智能分析研判极大的提高了设备的安全运行。

(1) 及时发现预警电网设备事故隐患，规避由此带来的损失。电网设备在发生重大故障前，都会有异常声音，监测系统在监测到异常声音时发出预警信号，可有效减少甚至规避潜在事故带来的损失。部署后初期事故召回率在 90%以上。

(2) 降低企业运营成本，提升企业运营效率。用科学运维手段辅助人工巡检和异常治理，节省人力成本，同时有效规避传统巡检运维方式可能带来的错检和漏检问题，降本的同时实现提质增效。平均可节约运维检修费用 20%左右。

(3) 有效降低电网故障率，改变传统的检修模式，辅助制定更优检测策略，优化变电站的运行管理，减少非计划外停电次数和时间，更好地保障居民正常用电和民生、商业用电稳定以及经济社会健康稳定运行。

公司简介: 国网安徽省电力有限公司电力科学研究院是国网安徽省电力有限公司直属专业支撑机构、国家认定企业技术中心。承担安徽电力系统技术监督、技术研发、技术支持、技术服务等职能。为安徽电网安全、可靠、经济运行提供技术支撑和保障，负责系统运行方式、继电保护、调度自动化等专业技术支持，信息安全技术督查，输变电设备状态在线监测与分析技术支持；负责所辖±660 千伏及以下直流和 500~1000 千伏交流变电设备状态监测评；承担电源技术服务业务。



案例 34：AI+工业互联网赋能煤矿 安全生产

——青岛慧拓智能机器有限公司

关键词：人工智能；煤矿安全；安全生产

1. 背景及痛点

我国是一个多煤少油的国家，近百年来，煤炭在我国一次性能源结构中处于绝对的主要位置，保障着国民的生产与生活。可以说，煤炭工业在国民经济中，具有长期、稳固、不可替代的基础地位。

但是目前国内的煤矿生产存在如下痛点亟待解决：

（1）安全隐患大。

露天矿山中，九成以上的重大安全事故多发生在运输环节，而这些重大安全事故一旦发生，带来的经济损失将数以千万乃至数以亿计。

（2）人员严重不足。

据统计，目前煤矿人员平均年龄都在 45 岁以上，因煤矿工作环境恶劣，煤矿招工困难，难以满足国内日益增长的供应需求。

（3）生产成本较高。

矿山工作环境恶劣，矿山雇佣一位司机的综合成本在 15-20 万元/年左右，一辆矿车一年仅人工成本就可能超过百万元。

2. 基于工业互联网的解决方案

本方案基于 AI 和工业互联网的融合，通过多传感器数据融合的

平行感知，生成适用于感知模型训练的虚拟数据和高动态的完整场景。在混合场景中进行任务分解和任务训练耦合的决策推演，形成优化决策建议。基于推荐策略，平行控制系统通过多模态虚实互动的平行执行，实现极端环境下的鲁棒控制并完成驾驶安全性能评估。平行调度系统基于车路云协同感知的全域信息，通过平行计算优化集群调度策略，实现虚实互动的多装备协同作业，提升系统整体运行效率。

整体解决方案分成三层结构，即系统层、平台层、产品层。在系统层，通过虚实互动的平行感知、控制和调度，搭建平行矿山操作系统，涵盖运输智能化调度、设备检测安全管理、数据分析管理等，为煤矿运输设备提供实现矿用装备的无人编组、集群调度与安全运行；在平台层，搭建矿山工业智联网平台，通过调度管理、预测性维护、健康检测等，实现矿山数据的资源化、资产化、资本化；在产品层，通过研发一系列远程驾驶、无人运输仿真、矿车无人驾驶等软硬件，促进煤炭产业升级转型。



图 1 方案架构图

针对目标精确感知与道路不平障碍物干扰平衡问题，本解决方案通过 4D 光场相机+激光雷达+毫米波雷达的传感器组合，可实现煤矿高粉尘、强雨雪、高严寒等较为极端的环境条件及落石，凹坑、警示

牌等特殊小障碍物等目标的精准感知，避免道路不平对障碍物的识别形成干扰。

针对无人驾驶需要能够适应露天矿各种复杂生产环境问题，本解决方案可适应国内露天矿情况复杂多变、规范度差异较大、多狭长作业面等复杂情况。

针对精准可靠的无人驾驶卡车线控化改造设计问题，本项目为国内首次对国外品牌矿卡进行无人化改造，改造后的矿卡具有高安全性，在通讯中断等各种紧急情况下，能够自主执行制动的控制策略；改造后车辆的各项运行参数和故障诊断信息能够被无人驾驶系统采集和识别，能够实时远程监控，实现整车远程健康管理；改造后的矿卡各项功能满足响应快、精度高、稳定可靠的要求，实现转向、制动、驱动、货箱升降等功能的精准可靠控制。

针对无人驾驶模式车辆差异化精准控制与主动节能控制问题，国内矿卡新旧程度不一，因而在转向、油门、制动、举升等车辆自身特性上会有很大的响应差异。本方案所涉及的无人驾驶控制算法可解决车辆自身在响应时延、精度、标定等方面的差异，保证不同车辆之间无人驾驶轨迹跟踪、速度控制、位置控制误差等问题，保障煤矿作业安全。

针对车辆状态数据的精确采集和安全冗余控制问题，本解决方案可及时发现辨识车辆自身的故障、传感器故障、软件系统故障，以及各类安全事件，并配合无人驾驶系统及时处置，避免车辆损失和安全事故。

针对适应于极端恶劣环境的可靠性设计，本解决方案可有效应对包括矿区极寒气候、颠簸道路、烈日照射、持续降雨、冰雹、降雪、泥土飞溅等恶劣环境影响，传感器、工装件、线束等改造设备不应发生损坏和失效，确保在极端恶劣环境下能可靠运行。

针对露天煤矿三常变的多工作面高精地图的实时采集与更新“三常变”特点，本解决方案可解决装卸载区域地图更新要求极高的问题，使地图更新的速度缩短至分钟级。

本解决方案创新点如下：

（1）打造矿区复杂环境下无人驾驶矿车平行感知系统。

本方案打造面向露天矿区的数据采集、生成、融合和使用链条，解决了矿区数据采集难度大、成本高以及感知算法准确度低的难题，实现了复杂高动态环境下无人驾驶矿车的精准感知，障碍物检测准确率达到 99.9%（距离大于 150m），在颠簸状态下可有效识别百米外 30cm 障碍物。

（2）提出矿区复杂道路中无人驾驶矿车平行规控方法。

本方案提出了矿区复杂道路无人驾驶矿车的平行规划与控制方法，构建了场景驱动平行规划模型，解决了复杂矿区道路无人驾驶矿车群规划中存在的效率低、鲁棒性差和大型矿车控制精度低等问题，实现了无人矿车群的高效规划与精准控制，停车位误差小于 10 厘米。

（3）研发了矿区复杂场景下多机智能协同平行调度系统。

本方案提出了多机智能协同的平行调度方法，构建了基于平行学习的调度模型，解决了现有露天矿山复杂场景下多机协同调度效率低

和精度差的问题，实现了矿区复杂场景下矿车群的精准调度与管理，其策略使得设备使用周期延长 30%，生产效率提升 12.5%，矿车油耗减少 15%，地图采集与更新时长缩短 96%（从 2 小时缩短到 <5 分钟）。

3. 成效

本解决方案基于 AI+工业互联网，针对其作业场景、工艺流程、环境气温、道路条件实现无人协同作业难度极大，需要克服极寒气温、湿滑道路变形、排土挡墙松软畸形、矿用装备集群难以调度等难题。在实施过程中，多样虚拟大数据生成、基于平行感知的模型升级、虚拟场景生成与演化、任务分解训练与组合推荐的平行决策、多元环境下的平行控制模型学习、基于平行系统的安全驾驶性能评估、车路云协同安全监管、集群调度管理的平行计算、远程接管等先进技术为煤矿的安全、高效、稳定运行提供了可靠保障。

该方案成功应用于宝日希勒煤矿极寒型复杂气候环境露天矿无人驾驶卡车编组安全示范工程项目，该项目填补国内空白，并于 2021 年底通过中国煤炭工业协会的成果鉴定，鉴定结果国际领先，获得中国自动化学会科技进步特等奖。

公司简介：中科慧拓是中科院自动化研究所围绕‘四个面向’，在具有产业战略性的矿业孵化出的高科技公司代表。立足双碳目标下产业无人化的迫切需求，慧拓以自主研发的平行驾驶技术，推动科技成果与生产能力双向驱动，不仅填补了世界极寒气候相关领域的空白，并且切实守护了矿区的生命财产安全，助力矿业高质量、低能耗发展，是中国最大的矿区无人化解决方案提供商。公司首席科学家王飞跃：现任中科院自动化所复杂系统管理与控制国家重点实验室主任，带领 7 位博士生导师组成核心团队专注于无人驾驶、测绘遥感、车联网、人工智能、车辆主动安全、机器人等领域，研发团队 200 余人，50% 硕士以上学历，10% 博士以上学历。

案例 35: 应急通信单兵在电网应急指挥中的应用

——北京国电通网络技术有限公司

关键词： 应急图像；单兵设备；单兵装备组网

1. 背景及痛点

随着我国社会发展的日益进步，建设应急通信管理体系，提高预防和处置突发公共事件的能力，最大程度地预防和减少突发公共事件及其造成的损害，已经成为维护国家安全和社会稳定，促进经济社会全面、协调、可持续发展的重要保障。同时我国极端气象灾害多发频发，对电网运行和电力供应造成威胁，对国家电网公司应急处置能力提出更高要求。

本着将已有资源最大化利用，进一步建立、健全日常综合指挥调度管控、突发事件预警和应急保障机制，提高各行业指挥效率。结合应急通信单兵的应急指挥调度将有效地利用现有的各种网络资源、信息资源、应用系统资源，构建城市重大灾害性事件的应急联动指挥统一平台，实现跨部门的现场协同作战。

2. 基于工业互联网的解决方案

应急通信单兵是在应急处置现场实现人员联络顺畅、作业安全、应急抢修指挥等目标的基础，满足简单易用、稳定可靠、方便携带的需求。该系列装备能够有效提升前后方指挥部数据汇聚能力、态势感

知能力、现场调度能力，支撑应急业务“抢修状态一张图、应急指挥一条线、可视调度一张屏”，打造线上应急指挥新生态。

应急通信单兵适用于大范围灾害场景，在应急处置现场断电断网及车载设备无法到达的极端情况下，作为远程会商终端设备，满足无线通信、公网通信、宽带通信、卫星通信多种场景需要，实现现场人员联络顺畅、作业安全、应急抢修指挥等目标，满足简单易用、稳定可靠、方便携带的需求。

应急通信单兵具有优势很多。采用便携式设计，方便携带和移动，能够在不同的场所和环境中随时调配和使用；可脱离后方指挥中心进行现场指挥和调度人员及环境作业安全监管；支持手机接入和互联网应用；保电现场、前方保电指挥部、后方保电指挥中心三地会商联动；可脱离后方保电指挥中心进行保电现场指挥调度；可为单兵装备提供通信链路备份；基建/巡检现场情况全面掌握，实时回传后方系统；人员、设备、环境作业安全监管；具有应急处理能力，可以在突发事件中提供快速、实时的信息交流和处理，使应急响应更加迅速和有效。



图 1 应急通信单兵设备

应急通信单兵装备组网方面，在应急现场和前方指挥部，针对大范围灾害应急处置现场断电断网及车载设备无法到达的极端情况，研究以“超小型便携卫星站+无线宽带 MESH 自组网设备+便携式融合调度一体机+个人终端”为核心的应急通信及单兵装备系统解决方案，初步具备现场通信网络覆盖、指挥调度联络、作业安全防护等功能，可解决现场人员沟通协作不畅、人员及作业安全监控能力不足、装备笨重携带不便等问题。

结合电力行业典型应用，分别设计了大面积“三断”极端场景、重要保电作业场景等场景下组网的主要应用解决方案。

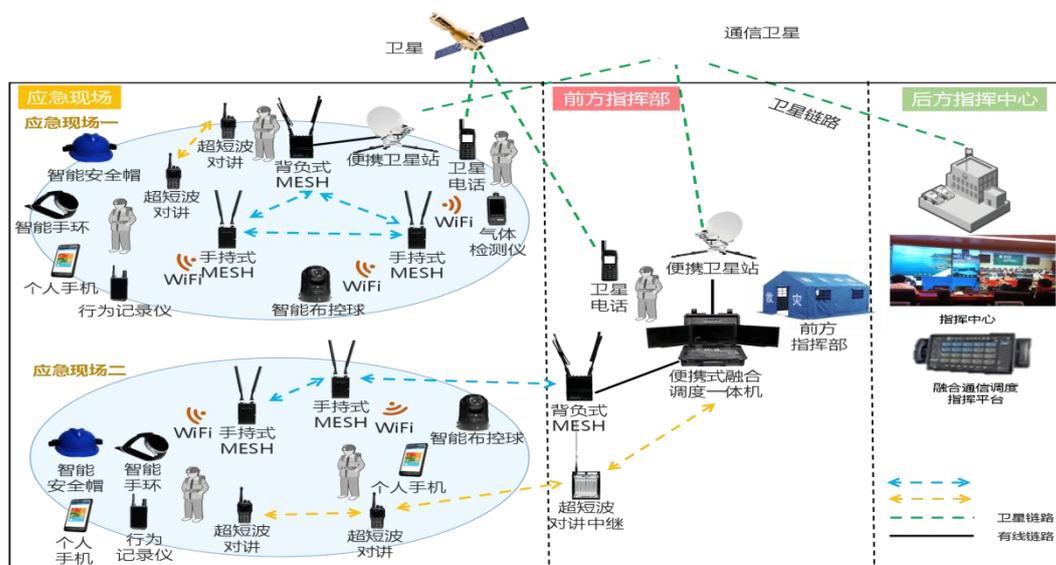


图 2 大面积“三断”极端场景方案架构

基于应急通信单兵装备，可以提供现场远程接入和近程覆盖通信网络，提高应急处置及指挥调度能力。形成了应急现场、前方指挥部、后方指挥中心三级会商的模式，并联动现场态势，打造信息全面、实时掌握的信息平台。

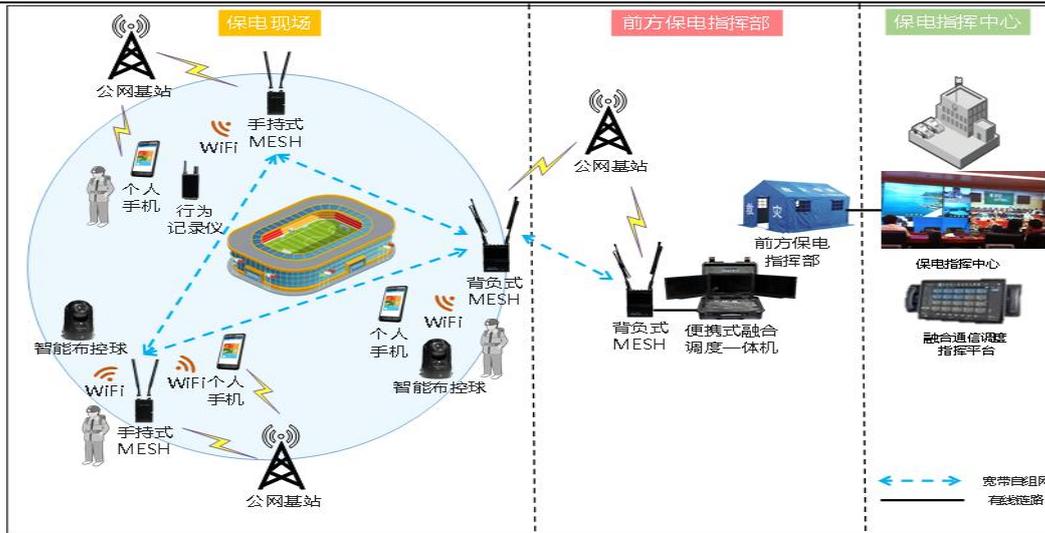


图 3 重要保电作业场景方案架构

3. 成效

应急通信单兵在电网应急指挥中的应用研究取得了显著的成效。应急通信单兵结合了多种通信技术，采用“超小型便携卫星站+无线宽带 MESH 自组网设备+便携式融合调度一体机+个人终端”为核心的应急通信及单兵装备系统解决方案，为电网应急指挥提供了全新的支撑方向。

针对大范围灾害应急处置现场断电断网及车载设备无法到达的极端情况，围绕应急处置现场单兵应急装备防护保障能力不全面、移动通信公网中断情况下通信保障能力不足的问题，开展调研分析、方案设计、装备选型、迭代研发、试点验证等一系列工作。经过多次无网无电环境实际拉练测试，便携应急一体机发挥了强大的现场综合调度作用，取得良好预期效果。

截止到目前，应急一体机整体方案已在全国 27 个网省公司进行了专项演示，涵盖通信性能、设备功能、音视频交互、数据采集及传

输、电池续航、多方会商等功能，并实现应急现场、前方指挥部、后方指挥中心三地音视频会商，方案效果得到各省网公司的高度认可。并在 2022 年辽宁盘锦曙光变电站、青海省西宁市大通县以及 2023 年北京房山、门头沟等地，使用应急通信单兵等设备支撑网省公司进行抢险救灾工作，将现场灾损情况向后方实时报告，为后续灾后重建保驾护航。

公司简介：北京国电通网络技术有限公司（简称“信产国电通”），成立于 2000 年，注册资本 7.3 亿，是国网信产集团全资子公司、国网公司全资三级子公司，是国家高新技术企业、国家规划布局内重点软件企业。信产国电通专注能源电力领域数字化二十余年，以“能源电力+信息技术”为特色，致力于成为数智转型的赋能者、自主可控的推动者、绿色低碳的践行者。结合服务国网数字化建设的经验，拥有一定的技术研发实力和科技创新能力，在承担科技项目、编制行业标准、申报科技成果等诸多领域取得系列成果。通过持续培育资质和优化布局，具备软件开发、信息系统集成、电力工程设计、工程总承包等各类专业资质，先后实施了一大批重点工程项目，全面高质量建设成为具有卓越竞争力的数智化服务一流企业。

案例 36：正泰智维 SaaS 平台工业互联网平台

——浙江正泰智维能源服务有限公司

关键词：智能化；电站运维；物联网；大数据

1. 背景及痛点

随着电站运维信息化和数字化需求的迅速增长，以及业务信息化的必要性不断加强，对电站运维过程中数据的智能分析、问题的快速定位、解决方案的提供以及对人员培养的需求等问题变得尤为紧迫。公司在智能化运务发展的过程中，重点遇到以下痛点：

（1）平台多异，系统繁多。中自、协合、木联能几款主要平台以及多款其他平台用于日常运维业务的开展，多平台混杂使用，各个平台的侧重点、使用习惯均不同，不利于日常运维人员的效率提升，造成系统管理任务繁重等诸多问题。

（2）智能化不足。传统运维的低效及高成本已不能满足运维工作需求，伴随人工智能以及大数据分析技术的快速发展，光伏电站运维也需进入到智能化阶段，急需一个具备完全自主知识产权，满足公司业务发展的一个高效的智维化运维平台。

（3）扩张性弱。目前投运中的老平台不具备多租户能力、自主开发迭代、功能不能完全满足客户需求、数据容灾能力弱、缺乏自主创新能力、没有市场吸引力、无法对外输出产品。

2. 基于工业互联网的解决方案

针对目前智能化运维痛点及运维信息化和数字化需求，公司提出了搭建集电站监视、智能分析和日常生产于一体的智能集中运维平台，为运维人员和各级生产人员提供了统一的工作界面，解决了原来多级部署带来的数据混乱，应用平台多异，系统管理任务繁重等诸多问题，形成基于一套智能平台基础上的统一管理体系；

平台提供设备实时监测、智能告警、3D 故障定位、状态检修、工单分派、智能报表等核心功能都基于设备实时运行和生产过程数据，所有的检修消缺任务和电站性能提升作业都由数据驱动，平台根据电站运行的实时状态自动组织日常生产，高效智能运维，最终优化人员结构，实现电站少人值守；

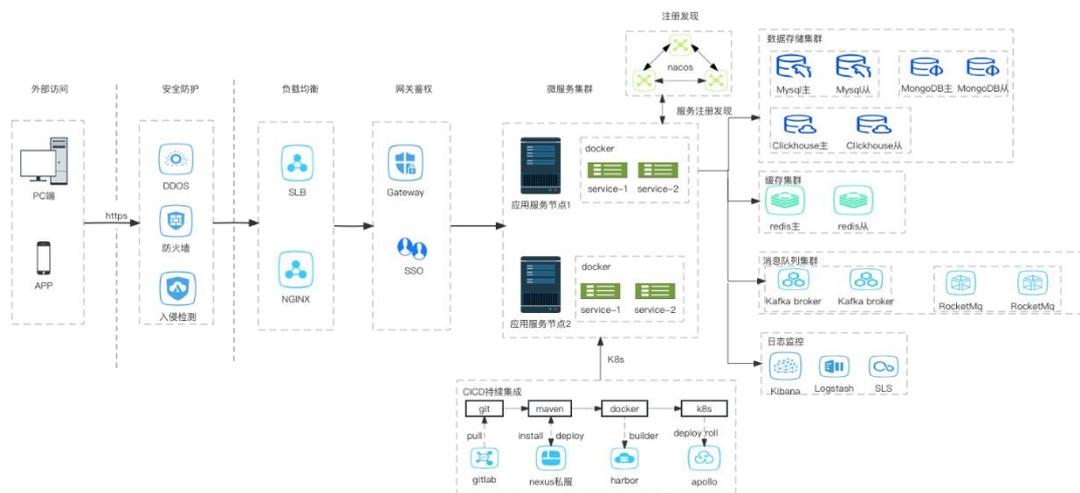


图 1 平台业务逻辑图

新平台自主创新能，具备租户 SaaS 平台能力，优化覆盖原有老平台功能，并增加不具备的功能，能为数据提供多副本，多存储，最终能满足公司业务发展的需求，提供高效、可靠的电站及数据接入方

式，将业务流程与系统功能不断融合，业务覆盖度逐渐增大，有效解决目前人资信息体系较为混乱、基础数据不完整、准确度、信息系统之间无法有效衔接等问题。



图 2 平台架构图

3. 成效

截止 2023 年 8 月 5 日正泰智维 SaaS 平台管理电站 1000+，平台中心建立了统一的命名及设备二维码管理规范，支持多种电站数据接入，标准化数据接入流程。形成了数据平台、生产服务平台、决策平台三大平台，数据平台主要是打造物联网平台，核心围绕设备的遥信、遥脉和遥测数据，进行监控和告警，生产服务平台主要围绕生产业务做辅助功能，提供高效便捷的管理工具，决策平台主要围绕公司的数据展开，依据指标体系和算法为公司的决策提供分析、评价、统计等关键性看板。依托平台形成专利 7 项，软件著作权 9 个，发布管理标准 11 项。



图 3 平台成果

公司简介：浙江正泰智维能源服务有限公司，简称“正泰智维”，是正泰集团旗下专注于第三方电力运维的综合能源服务商。依托正泰集团十余年的新能源产业投资、建设和运营经验，公司全球运维总容量已超 18GW，拥有专业化运维团队超 2200 人，运维范围涵盖全国 28 个省级行政单位，并触及全球五大洲，凭借全方位、智能化运维手段，运维电站年均等效利用小时数高出省均线 3~5%，可实现全地域、全类型、全电压等级的运维服务响应。

案例 37：基于 ProMACE 工业互联网平台的 安全生产管理解决方案

——石化盈科信息技术有限责任公司

关键词： 安全生产；危化品运输；施工作业管控；应急指挥

1. 背景及痛点

（1）业务发展和信息化支撑矛盾加大，业务领域细分导致数字化转型需求增速快于应用建设速度；

（2）数字化、智能化监测设备覆盖不足，数据采集能力差导致装置安全状态不能及时感知和监测；

（3）边缘端数据分析能力有限，异常信息不能在现场及时分析和处理，海量积累的安全一手基础数据无法有效兑现其潜在价值；

（4）安全生产相关核心技术匮乏问题凸显，国产化替代进程存在不足，推进数字化转型成本高；

（5）行业生态尚未有效建立。

2. 基于工业互联网的解决方案

按照“1 套解决方案+4 大类智能分析能力+53 种模型”总体框架，充分复用 ProMACE 组件，通过建设云边协同能力，推进企业数据、智能、业务、应用云边协同，提升企业生产中安全管理智能化水平。平台总体能力框架如下图所示。

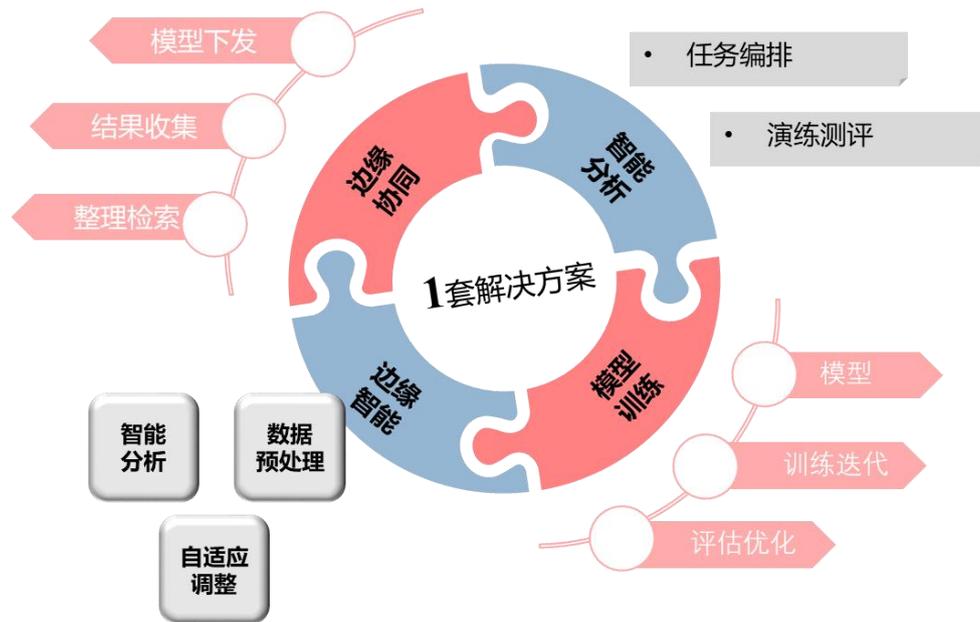


图 1 平台总体能力框架图

基于 ProMACE 建设综合管理、生产过程、作业安全、储运安全、应急管理 7 大安全主题域，开发“N”类工业应用 APP，构建“1+7+N”的“工业互联网+安全生产”总体框架，为提高本质安全管理水平提供保障。

（1）危化品运输。

针对运输安全涉及风险项，建立危化品运输车辆风险预警指标体系，纳入 6 大类指标体系，共含 35 个小项。根据各项指标进行分级量化，通过统计分析确定影响因子，采用预警模型经典公式确定风险值，利用多因素信息项，以车辆为基本单元，应用模型算法计算出各层级风险值，科学反映运输安全状况，实现针对各类风险细项进行精准管控。

（2）施工作业安全。

针对现场直接作业环节方面，将 5G、AI 人脸识别、北斗定位等

数字技术与施工作业标准化过程相结合，构建作业许可 8 大环节主流程，实现了动火、高处等特殊作业及作业风险区域化和开票过程标准流程化，沉淀了 2 万余条风险识别和应对措施的 JSA 风险库。目前，已在 XX 石化目前开具了各类电子作业票达 80 余万张。同时，也在管网及煤炭企业得到了广泛应用。

(3) 应急指挥系统。

提供通用服务，实现现场火灾与有毒气 IOT 信息接入、控制集成、事故现场视频接入；构建应急接处警、应急一张图、现场可视化、设备联动四个应用，满足企业和现场应急指挥业务需要，实现从被动接受到主动响应的转变。通过数字技术与能源化工企业应急业务的深度融合，实现工业火焰 AI 识别、北斗定位、融合通讯、三维模拟、语音识别等技术融合应用；围绕应急指挥“平战结合”的需求，实现接处警、联动处置、事故模拟等全过程管控。支持了 XX 石化“总部应急指挥中心-企业应急指挥中心-现场指挥车”的三级一体的应急指挥体系，并在 110 余家企业得到应用，支撑了应急状态下三级联动等。同时，在日常也支持总部、企业开展日常演练，提高了 XX 石化整体的应急指挥响应和处置能力。

3. 成效

助力石化企业及时掌握各种救援力量分布、状态等重要信息，重点关注异常的处置，掌握存在的安全隐患，做到防患于未然。使安全管理由被动式管理变为主动式监控，管理效率显著提升，极大程度降

低安全事故发生概率，夯实本质安全。帮助企业各级人员全面掌握企业生产安全波动，在突发事件处置过程中能够直观掌握全局情况，解决企业应急指挥信息相互独立，资源分散、底数不清、沟通不畅、效率不高、控制能力不强等问题，极大提升管理效益。

以 XX 石化某下属企业为例，基于 ProMACE 的安全生产解决方案推动了企业明确安全专业职责，规范直接作业管理流程；实现了现场作业全过程视频监控，提升了视频监测及时性及有效性；压减用火管理效果显著，2022 年日常维保用火作业量比 2021 年同比下降 35%，大幅削减了现场施工作业量，及时发现并制止各类违规操作 109 次。

公司简介：石化盈科信息技术有限责任公司成立于 2002 年，是由中国石油化工股份有限公司和香港电讯盈科企业资源有限公司共同出资成立的合资公司，国家规划布局内重点软件企业。在能源化工行业中，是唯一能提供全产业链信息化解决方案和产品的提供商。石化盈科基于石油和化工工业互联网平台 ProMACE，按照“数据+平台+应用”的模式，建成了九江石化、镇海炼化、茂名石化、上海石化等=10+家智能工厂，7 家被工信部评为国家智能制造试点示范，推动了企业转型升级，引领了石油和化工行业工业互联网建设高质量发展。

案例 38: 国能宝日希勒露天矿智慧矿山项目

——中国移动（上海）产业研究院

关键词：安全巡检；智慧矿山；5G 专网

1. 背景及痛点

雁宝能源宝日希勒露天煤矿地处高寒地区，最低气温为-50℃，冬季时间长且寒冷，为实现“少人则安,无人则安”的目标，雁宝能源宝日希勒露天矿已经完成矿区基础 5G 专网覆盖，开展了 5G+无人驾驶项目，对 5 台 220 吨卡车进行线控改造，与电铲、辅助设备构建了采、运、排的无人化作业新模式。

然而日常巡检流程无法进行线上化管理，需要关注设备风险，通过研究煤矿网络设备安全巡检信息化管理模式。同时，在小区工作正常且无网络故障告警情况下，出现多台 5G 设备在同一小区内聚集驻留时上行达到峰值速率、时延超限，缺少告警推送机制，影响生产业务效率。

2. 基于工业互联网的解决方案

智慧矿山子平台针对矿山行业数字化、网络化、智慧化需求，融合业务数据、构建矿山行业模型并向上层开放数据服务，打造生产监视与控制、生产调度、安全监控、知识库、智能联动、数据分析等应用，打通矿山数据孤岛，及时处理、指导和调节矿山各生产系统和环节运行，支撑矿山智能化发展。



图 1 智慧矿山子平台技术架构图

平台核心优势包括：（1）工业互联网架构:微服务架构全面支持矿山行业特色 APP 开发应用，可实现横向应用的快速拓展。横向打通，纵向集成，打破矿山专业子系统的信息孤岛。（2）全面的数据融合能力:提供数据清洗和质量判别服务，构筑坚实高质量的数字底座。围绕矿山生产需求，设计煤矿数据字典与业务标准数据，形成统一的数据标准。（3）丰富的工具支持:建模工具实现 OT-IT 的数据转换，建立设备、工艺的信息模型，沉淀行业核心能力。可视化工具，基于信息模型，通过拖拉拽，快速实现专业子系统（组态）页面的构建。（4）能力开放:智能矿山建设庞大复杂，与内外部优质伙伴进行产品层面合作，平台提供标准的第三方接口供合作伙伴进行能力调用，开放生态。

针对神华宝日希勒 5G 网络设备、生产设备、生产场景利用矿区真实三维空间数据、基础地理信息等多源异构数据构建矿山三维 GIS 模型,通过 GIS 引擎能力为矿山的数字孪生提供三维可视化数据底座,

将设备的网络运行情况、设备模型及运行参数，进而将接入 5G 的联网设备进行一张图展示，打造包括矿山全生命周期信息的矿山数字模型。针对 5G 网络设备、与生产相关的空压机、皮带机等设备提供实时监测、智能报警、故障诊断功能，为设备安全、长周期运行的重要保障，彻底改变以往依靠耳听手摸、人工巡检的设备维护模式，助力智能化煤矿建设。

针对网络设备的日常巡检流程进行线上化管理，重点关注设备风险，通过研究煤矿网络设备安全巡检信息化管理模式，实现“设备巡检-隐患提出-隐患分配-隐患排查”一整套流程的电子化、智能化，实现设备的智能巡检，提升煤炭企业网络设备信息化管理水平。提供巡检计划制定功能，可通过系统制定巡检计划，系统支持根据“计划周期”自动生成巡检任务。系统支持对巡检任务信息及状态的检索查看，支持线上派单功能，并可根据实际业务要求新增巡检任务。支持巡检任务接收及巡检结果录入。支持查看已指派巡检任务中包含的巡检项等信息，并可对巡检异常事件进行录入记录。以饼状图、柱状图等多样化的可视化形式统计故障/隐患类型、设备状态等相关数据，辅助支撑巡检业务的关键信息分析与安全规划决策。提供巡检移动 APP 端应用，随时随地对巡检流程及故障、隐患详情进行流程跟踪及处理，提升安全管理效率。

3. 成效

(1) 实现矿山网络设备的线上化管理，包括巡检计划制定、路

线设置、巡检结果上报、统计分析。建立巡检工与设备工之间的信息连接，提高信息传递效率巡检全过程透明可见，形成闭环，方便问题追责溯源隐患处理案例沉淀，提高经验复用分享。

(2) 及时发现设备轴承、齿轮等早期故障精准诊断分析设备故障原因，减少备品备件资金占用、维护人员数量。将故障维修、计划维修转变为状态维修。

(3) 通过无人机倾斜摄影进行现场航拍，经由内业生产加工打造实景三维矿山，反映矿区现场真实空间地理信息情况，为打造数字孪生智慧矿山提供数据底座；通过 GIS 引擎能力对采集到的矿区三维模型进行一系列加工操作，三维地图展现，图层自定义控制,三维测量工具，三维分析工具，矿山应用系统联动二次开发。

公司简介：中移（上海）信息通信科技有限公司作为中国移动下属的正厅级全资子公司，聚焦工业能源、时空信息、智慧交通、金融科技四大垂直领域，充分发挥中国移动能力、品牌、资源等优势，利用 5G、人工智能、边缘计算、高精度定位等新技术，持续赋能垂直行业数智化转型，打造了 OnePower 工业互联网平台、OnePoint 智慧交通平台、OneFinT 智慧金融平台三大中国移动基础能力平台，建成全球规模最大、能力业界领先的高精度定位实时服务系统。

案例 39: 基于苏畅工业互联网平台的智能监盘系统

——朗坤智慧科技股份有限公司

关键词: 智慧电厂; 智能决策; 运行优化; 故障诊断; 少人增效

1. 背景及痛点

随着电厂规模和装机容量不断扩大, 电厂机组在运行、维护、故障处理方面的技术要求越来越高, 同时难度和风险也同步增大。传统的信息化系统在电厂的应用主要集中在实时监视、数据统计、性能计算以及流程管理等方面, 不具备完善的基于历史数据的设备故障诊断、运行优化、寿命预测等功能。

智能监盘做为智慧电厂建设的一部分, 以工业物联网平台为基础, 综合运用“云大物移智”等先进技术, 将智能算法和设备运行机理规则相融合, 结合专家系统, 实现设备关键参数的劣化分析和设备故障预测, 同时给出相关操作指导和优化方案, 大大减轻运行人员的监盘劳动强度和监盘压力, 提高机组运行的安全性和经济性。

2. 基于工业互联网的解决方案

智能监盘采用朗坤苏畅工业互联网平台, 以电厂运行的大量 DCS 实时/历史数据为基础, 通过边缘层的物联网平台实现数据的实时接入。在 PaaS 层通过数据智能平台、数字孪生建模平台和应用开发平台, 以大数据+人工智能为技术手段, 通过 AI 模型和机理模型的融合,

建立设备关键参数和设备故障的预测模型，形成综合评估系统。从安全性、经济性、可靠性等方面对机组的健康度进行在线实时量化评价，实现参数劣化提醒和故障早期预警；同时结合专家系统，给出下一步的操作指导或优化建议，避免设备故障进一步加大造成机组非停。



图 1 苏畅工业互联网平台技术架构

其中，苏畅工业互联网平台集工业大数据实时采集、边缘计算预处理、海量时序数据存储于一体，实现数据互联，数据融合，智能决策和资源共享。

通过全厂监盘-机组监盘-系统监盘-设备监盘，实现分级监盘；通过报警调度、分级报警和声光报警，实现故障报警的智能推送；根据电厂运行规程、运行经验、机理规则、操作指导、优化方案等知识构建专家知识库，通过决策树中的逻辑规则实现设备故障与知识库的关联，用专家解决问题的思维方式进行决策，提供快速有效的解决方案。

智能监盘建设内容覆盖电厂锅炉、汽机和电气三大系统，以及各系统下的子系统和设备，实现从全厂到设备的综合监盘。主要特点包

括：

(1) 一屏监盘。通过一张画面监视整个机组的运行情况。机组产生报警时，在机组监盘画面进行声光报警提醒；运行人员不需要实时紧盯各个系统的监视画面，不停切换。大幅降低运行人员监盘压力。

(2) 报警调度。智能监盘以系统报警为主，通过多参数的联合分析，给出具体的故障诊断；同时基于报警调度机制，屏蔽源头报警之外的次生报警或其他报警，便于运行人员快速准确的处理异常。

(3) 报警解耦。智能监盘构建的报警模型很多是多参数耦合的模型，在报警触发时，除了给出具体的诊断结果外，还进行反向解耦，分析出产生报警的模型链路、链路上的相关参数以及参数的实时值。

(4) 操作指导。通过专家系统和知识库的建设，将电厂运行规程、专家运行经验、机理规则等知识与模型关联，实现知识的显性化和规则化。

(5) 数字孪生。在苏畅平台构建数字孪生模型，从电厂-机组-系统-设备创建一个完整的数字虚拟电厂，实现虚拟电厂和物理电厂的实时数据交互。

(6) 可视化建模。进行机理建模和 AI 建模时，支持图形化组态功能，利用拖拉拽的方式，实现“零代码”的模型构建。对于大多数没有编程经验的运行人员也可以快速上手，进行模型编辑。

3. 成效

在电厂搭建基于大数据和人工智能的智能监盘系统，主要价值体

现在：

(1) 减少机组非停次数，降低机组启停机的经济损失。智能监盘的智能预警功能，在设备劣化早期提前预警，提高运行安全性；利用智能分析算法实现设备健康状态监测，为合理停机检修提供分析数据，延长关键设备的利用率，减少经济损失。年度通过减少机组非停、提质增效、预防故障带来的设备损坏，可综合降本 260 万/年。

(2) 少人值守，提质增效。通过智能监盘代替部分人工监盘，实现机组的少人值守，结合专家系统进行操作指导和优化方案的推荐，减轻劳动强度和工作压力，实现“人防”向“技防”的转变。系统投运后，单台机组可降本 120 万元/年。

(3) 通过智能监盘专家系统和知识库的建设，可以将模糊隐形的运行经验进行显性化和规则化，帮助运行经验少的值班人员快速积累运行经验，减少运行人员之间的经验差异。

(4) 节能减排，政策响应。智能监盘不仅对设备进行预警，还进行机组性能上的优化指导，包括全厂效率的提升、厂用电率的优化、污染物排放的控制等，降低机组发电能耗和污染物的排放。工况智能寻优，提升运行操作经济性，提质增效估算 100 万元/年。

公司简介：朗坤智慧是国内专业的工业软件产品和工业互联网平台提供商，主要从事面向流程工业领域的生产控制 and 业务管理类工业软件以及工业互联网平台的研发、销售及运营。在工业软件领域，公司自主研发的 LiEMS 工业软件具有组件化、标准化的特点，帮助工业企业提高生产过程的管控水平，增强生产设备可靠性。在工业互联网领域，朗坤智慧自主开发并运营苏畅工业互联网平台于 2022 年 5 月入选工信部“跨行业跨领域”工业互联网平台名单。目前，公司已累计为上千家大型企业提供工业软件和工业互联网产品，下游广泛应用于发电、煤炭、建材、化工等行业，助力工业客户实现智能化改造、数字化转型和碳中和目标。

案例 40：华润电力仙桃电厂智慧安全 管控系统

——深圳鹏锐信息技术股份有限公司

关键词：安全生产；大数据应用；智能算法

1. 背景及痛点

华润仙桃电厂除在汽轮机上有设备原厂商的远程分析服务，运行及维护较为稳定外，其他设备，尤其是大中型转动设备的分析、诊断及运行维护管理工作，还是以传统的人为点巡检方式，依托人的经验和定检定修规程进行运维管理，亟需加强和提高。从设备状态评估角度考虑，没能实现结合设备的全量运行数据（包括生产控制系统、点巡检系统，以及基于物联网的设备状态感知手段）。

以设备当前的实际工作状况为依据，通过先进的状态监测手段、可靠性评价手段以及劣化分析手段，判断设备的状态，识别故障的早期征兆，对故障部位及其严重程度、故障发展趋势做出判断，并根据分析诊断结果在设备性能下降到一定程度和故障将要发生之前进行维修。从而科学的提高了设备的可用率和明确了检修目标，这种检修体制耗费最低，它为设备安全、稳定、长周期、全性能、优质运行提供了可靠的技术和管理保障。

2. 基于工业互联网的解决方案

本项目将围绕基于生产设备的全量数据采集、设备健康评估、设

备故障库、检修策略专家库之间的综合应用展开研究。通过大数据多维度相关性分析、大数据清洗挖掘等手段，通过“三模合一”的设备诊断和检修策略支持，提高设备健康状态感知和判断能力，提高设备健康管理的智慧化水平。重点研制基于物联网的设备状态感知数据的采集和补充、基于大数据的数据分析和数据建模的设备评价体系，以及基于 5G 的企业级数据高速通信链路的建立等核心内容，最终实现设备健康管理的闭环管理。



图 1 智慧安全管控系统架构

(1) 利用大数据、云计算、物联网等技术，实现设备全量生产运行数据的采集和存储，涵盖生产控制系统的在线和历史数据、点巡检数据，以及配置的基于物联网的状态感知设备数据；

(2) 基于数字孪生技术，实现设备的可视化在线监测，包括设备运行状态、参数趋势分析、启停统计、报警管理等；

(3) 基于人工智能 AI 的数据建模和分析技术，实现主要设备全

工况、全量数据的健康诊断数据模型，设备至少包括转机、阀门、压力容器等，各类设备模型应经过设备真实历史数据样本的梳理和训练；

(4) 利用故障库+专家库的设备故障诊断和检修策略的经验梳理、导入和落地等途径，探索并掌握实现设备数据模型与机理模型的校验方法，以及与经验模型的结合方法；

(5) 利用人工智能 AI& “三模合一” 的数据融合、模型融合及业务融合，最终获得支持基于大数据应用的状态评估与检修决策支持系统的关键技术。

在基础数据层，通过采集生产控制系统、点巡检、基于物联网的状态感知设备等的设备全量数据（含历史数据和在线数据），实现设备状态评估的数据基础。

在数据处理层和数据中心，搭建拟采用大数据技术（云边协同），平台具备多源数据整合、数据清洗、复杂数据模型搭建和分布式计算等功能，为系统各模型和功能的研发提供了基础技术平台支撑。

在数据调用层，根据上层应用的需求，将全量数据按照不同的要求进行梳理、处理和接口封装，从而满足上层应用、算法模型对于底层数据的快速、准确、高效的效用，进而提供高质量的数据服务。

在数据建模层，根据既定的业务需求，以数据结果为导向，通过数据样本的训练，搭建各种类型的模型，包括监控模型、基础分析模型、机理模型、数据模型及经验模型等。

在数据应用层，根据既定的业务需求，结合数据模型的输出结果，利用开放的应用开发平台，实现本项目的各既定功能应用。

3. 成效

(1) 设备健康管理的数理报警都用指标的形式创建，结合分位数列表，做到报警真实可靠，且所有报警有据可查。

(2) 以驾驶舱的形式将单台和所有设备的重要信息汇总，方便查看，用户可通过驾驶舱全局把握机器运行状态。

(3) 增加离线数据管理模块，将离线数据引入到磨煤机智能运维平台，将离线数据结合到实时数据中，形成动静态闭环。

(4) 通过设备健康监测，降低生产设备的非停次数

(5) 针对重点设备，结合实际情况，降低磨煤机入口风速，有效降低磨辊磨损率，延长磨煤机投运时间；并通过燃烧评估模块，使磨煤机在经济、环保、安全、稳定这几个维度有较大提升

(6) 建立故障库，对所有发生过的故障进行逻辑推理并保存，当出现类似的故障时能提前预知

(7) 构建设备及系统三维可视化模型：与设备基本信息，检修、测量记录相关联并互动展示，使运维人员快速准确的掌握磨煤机详细位置和当前状况，方便检修数据资料管理与分析，提高工作效率。

公司简介：鹏锐技术是具备设备级、工厂级和产业级工业互联网平台运营和智慧能源建设能力的服务商。为常规发电、核电、石油石化、新能源等资产密集型企业提供“感知+物联+智能+移动”的一体化智慧解决方案。产品包括鹏锐能源工业互联网平台、智能采集与边缘计算设备、工业物联网平台、工业大数据分析平台、虚拟仿真验证平台、三维数字化信息管理系统、数字孪生平台等。鹏锐工业互联网平台通过打破能源企业“信息孤岛”，实现跨专业、跨企业的广泛互联互通，提高生产及服务资源更高效率、更加精准的管理。鹏锐技术推动数据全生命周期管理，在基建期降低造价、缩短工期；在运维期推动设备预测性维护、作业安全、机组经济高效运行等战略目标的落地。

案例 41：基于企业级气象/灾害数据服务中心的能源保供监测分析方案

——四川中电启明星信息技术有限公司

关键词：数据服务中心；能源保供监测；气象灾害预警

1. 背景及痛点

近年来四川极端气象事件频发，企业（能源企业为主）与居民常年受到气象、地质灾害的侵袭，灾害发生频率高，覆盖面积广，对当地生产的损害大，造成经济损失巨大，且严重地影响了人民生活与安全。因此，对各类灾害风险进行评估，建立一套科学、有效的防灾减灾数据服务中心（企业级气象服务中心），对于能源企业的安全运行、社会的稳定发展与国民经济增长都有着重要的意义。

2. 基于工业互联网的解决方案

基于企业级气象/灾害数据服务中心的能源保供监测分析系统由主要有面向能源行业的气象灾害规律分析、面向能源行业的气象灾害监测、多源气象灾害数据的汇聚与融合、高分辨率精细化电力气象灾害预报技术、极端天气下的能源保供、极端天气对区域可再生能源出力影响分析等六大部分组成。

（1）面向能源行业的气象灾害规律分析。通过收集区域性能源企业（电网与发电企业）主要气象灾害历史（覆冰、大风、雷电、强降水）数据，分析不同气象灾害的分布特征，研究灾害强度的特征及

变化趋势。

(2) 气象灾害监测分析。基于对气象灾害规律研究，形成气象灾害的空间分布特征成果，结合气象部门的站点分布情况和电网、发电企业运行维护检验，选取典型气象灾害场景（覆冰、大风、雷电、强降水）开展气象灾害监测布点方案与监测。研究多源观测（如卫星、飞机、雷达）数据和数值预报模式资料，建立高精度、高时空分辨率的强对流等高影响天气的科学数据集，结合人工智能领域深度学习等技术方法，开展灾害性强对流天气的识别能力。

(3) 极端天气下的能源保供。基于历史气象数据（温度、降水等），系统分析历史时期不同类型极端天气事件（高温、低温、持续性强降水等）的发生频次和强度，结合对应时期区域内能源产、供、销的信息，评估不同类型、不同强度极端天气事件对能源产、供、销的影响，并构建历史时期极端天气事件与能源产供销之间的关联模型，评估未来由极端天气事件造成的能源产、供、销方面的可能风险。

(4) 极端天气对区域可再生能源出力影响分析。基于区域内发电企业的装机数据、运行数据，分析可再生能源在寒潮、大风、降雪、干旱等几类极端天气条件下的出力情况，构建分析模型研究可再生能源在不同极端天气条件下多年、年内各月等较长时间尺度的波动规律和随机变化特征，挖掘区域可再生能源出力水平与对应电量的关联规律，完成区域内极端天气对可再生能源出力的影响分析。

(5) 极端天气下电网设备故障影响分析。考虑迎峰度夏（冬）期间，电网设备面临恶劣天气和高负荷下，设备的安全运行风险增高。

一方面基于历史气象数据、设备故障等数据，挖掘设备的致灾因子，形成设备故障影响模型。另一方面基于气象预测数据、设备运行数据、网架拓扑数据，基于效应分析（FMEA）模型、故障树分析（FTA）模型，定量评估极端天气下影响下的电网设备故障风险及故障后可能的影响范围。

（6）极端天气下水文监测影响分析。建立水力发电流域面雨量计算模型，提供不同流域的面雨量预测服务，为流域水资源管理、洪水预报、防洪抗旱提供数据支撑。实时开展水文风险分析，动态评估区域、流域、电站发电量情况。



图 1 能源保供监测分析系统组成图

3. 成效

本项目的开展，一是实现多个领域研究的融汇贯通，基于气象与能源两个领域的基础研究，进一步强化了业务与技术的深度融合与贯通，实现能源企业与气象、灾害应急响应的有机结合；二是结合了四

川的能源禀赋特点，从气象角度构建包含事前、应急、事中、事后全环节的能源保供监测分析能力，增强了区域能源“气候弹性”“安全韧性”“调节柔性”；三是应用了大数据、人工智能等新技术，基于时间序列法、回归分析法、支持向量机、小波分析法和人工神经网络法等预测法构建了分析预测模型，强化了能源保供过程中的事前预测能力。综合来说，本项目在四川这个灾害多发、能源输出大省具有广阔的市场前景，也能够有力支撑国家新型能源体系的构建。

公司简介：四川中电启明星公司成立于1999年，本部设在成都，是国家规划布局内的重点软件企业，主要服务于能源企业和大中型集团企业。公司瞄准“数字中国”、“双碳创新”战略机遇，以云网大数据为依托，全面支撑新型电力系统建设，致力于成为国内领先的智慧能源平台型企业，赋能产业的绿色升级。

工业互联网

助力网络安全保障



工业互联网助力网络安全保障

能源系统网络安全是保障电力系统安全、稳定运行的先决条件。当前，以新型电力系统为代表的能源系统强化了源网荷储各环节间的互联互通，也给能源系统带来更多网络安全风险。2022年12月，国家能源局正式印发《电力行业网络安全管理办法》和《电力行业网络安全等级保护管理办法》，要求加强电力行业网络安全监督管理，规范电力行业网络安全工作。

工业互联网从设备、控制、网络、标识、平台和数据方面提供安全保障。在能源行业，通过分布式设备安全接入、全生命周期数据安全保护等技术实现能源设备的身份认证与访问控制，防止工控系统非法入侵。通过威胁感知和智能防御技术识别网络攻击、恶意代码注入等异常活动。通过安全仿真和攻防实验技术模拟网络攻击事件、预演练报警及调度等响应流程，优化安全事件响应和处置流程，提升能源网络风险抵御能力。

本章节共收录来自浙江木链、长扬科技、珞安科技和启明星辰公司的4份案例，围绕网络安全保障，介绍能源工业互联网在能源系统网络安全、能源网络安全预警及响应处置、工控系统网络安全防护等方面的最新应用成果。

案例 42: 某省电科院新能源工业互联网安全实验室建设方案

——浙江木链物联网科技有限公司

关键词: 新能源; 工控安全; 攻防演练

1. 背景及痛点

电力是国家的支柱能源和经济命脉,其安全稳定运行不仅关系到国家的经济发展,而且维系国家安全。随着电网规模的逐渐扩大,安全事故的影响范围越来越大,安全问题越来越突出,电力网络安全运行已经成为全球的研究热点。电力行业的工业信息系统作为国家关键基础设施的重要组成部分,很容易成为国家之间网络对抗和有组织黑客的攻击目标,电力行业信息安全面临着严峻的形势。

安全问题需要技术与管理并重,某省电力经过多年的实践,逐步认识到安全建设的重点所在,除了部署各类网络安全设备,运维团队的安全意识和技能水平也是决定安全防护效果的重要因素,因此亟需推进网络安全攻防演练、网络安全攻防队伍和网络攻防实验室建设等工作。

2. 基于工业互联网的解决方案

某省电科院新能源工业互联网安全实验室建设主要包括面向新能源场站生产环境的智能仿真平台、攻防与监控系统、工业网络靶场平台、蜜罐系统、教学培训系统、安全竞赛系统及测试验证系统七个

部分。

实验室依托于工业网络靶场平台和电力行业仿真装置，构建电力行业典型业务虚实结合仿真场景，提供现场工艺设备、工业控制设备、工业系统软件等资源，能够针对现场数据进行深入分析、展示，其中包含攻防演练过程数据、攻防研究测试数据、网络运行实时数据、工业安全监管数据。电力行业新能源工业互联网安全实验室建成后可开展工业控制系统信息安全评估、测试、攻防竞赛、应急演练、技术培训等工作。



图 1 新能源工业互联网安全实验室总体架构图

平台采用分层递阶的设计思路进行设计，整个平台具备稳定性好、可信度高、扩展性强、维护便利的特性。

攻防演练系统是整个平台的基座，通过工控仿真平台 100%还原新能源场站生产场景，并部署攻击系统、安全设备系统、工业现场沙盘和效果展示系统，为安全应用系统和技术研究系统提供基础支撑。

安全应用系统通过工控靶场系统配置网络资源，利用攻击套件系统和安全设备系统实现攻防对抗，同时可开展攻防比赛和安全实训。

现场沙盘和效果展示系统与生产场景联动，可对攻防比赛和安全实训结果进行可视化展示，有效提升培训效果。系统内置流量分析系统对全场景、全周期的数据进行收集，实现攻防分析和复盘推演。

技术研究系统中，攻防对抗过程对现有安全系统、攻击技术进行深入研究。同时也可在仿真平台的基础上，模拟或接入专有工控系统，完成渗透测试、协议分析和漏洞挖掘等工作。



图 2 电力行业工业互联网安全实验室组成示意图

新能源工业互联网安全实验室是一个仿真的网络安全、产品测试、教育培训、漏洞挖掘和风险评估的虚拟训练场。新能源工业互联网安全实验室的第一目标是提供关键信息基础设施和工业控制系统训练环境，训练网络安全人员如何防御关键网络设施受到攻击，以及如果针对假定目标实施网络攻击。此外还可以针对仿真网络场景进行风险评估、记录攻防行为、提供大型关键信息基础设施和工业控制网络仿真复现、支持攻防演练、教育培训等事件复盘、为安全产品提供测试展示平台等功能。

网络靶场系列产品通过虚拟化、虚实结合组网等技术，能够低成

本高效率的仿真出接近真实的网络环境。为网络攻防对抗训练、应急响应演练、攻防技术培训以及网络对抗工具评测研究等需求提供安全可靠仿真试验场地。



图 3 新能源光伏场站工业互联网安全实验室效果图

3. 成效

新能源工业互联网安全实验室的建设以培养能够适应现阶段电力行业工业互联网安全需求的综合性人才和开展实战化攻防演练来提升新能源场站工业互联网安全防护与应急响应能力为目标，通过新能源工业互联网安全实验室的建设，可以有效的提高某省电网的工控安全人才的综合能力，改善现阶段专业人才缺乏的现状，通过强化理论知识学习，培养实践操作能力，实现理论与实践的有机结合，并周期性开展“战时”攻防演练，在促进新能源工业互联网安全人才素质能力全面提升的同时，也为某省电科院工控安全科研支撑提供有力环境。

总结来看完成了下目标：

(1) 打造完善工控安全课程体系。以电力行业需求为导向建立科学的课程体系，课程体系中应理论基础与工程实践并重，注重参训学员的综合素质和自学能力的培养，加强自动化、计算机网络和实践课程的训练。

(2) 加强红蓝方实战对抗水平。“红队攻点、蓝队防面、以攻促防、全面消缺”，全面提升该地区新能源场站网络安全人才梯队的工业互联网安全“战时”水平。

(3) 构建工控安全实训基地。建成的新能源工业互联网安全实验室既可以为该省电科院相关研究人员提供实战对抗的环境，也有能力为行业内相关从业人员提供培训环境，成为该地区的特色电力工业互联网安全实训基地。

公司简介：浙江木链物联网科技有限公司持续深耕工业互联网安全领域，为工业客户提供安全合规整改、安全运营中心建设、网络安全实验室规划及安全业务创新，同时建有专业安全服务团队，提供工控系统全生命周期安全服务。公司拥有工控网络安全靶场、工业互联网安全运营平台及5大类20余款基础防护产品。公司业务覆盖军工、电力能源、钢铁冶金、轨道交通、智能制造、市政水务、石油石化、烟草等行业。

案例 43：某集团某省新能源集控中心网络安全综合防护系统建设

——长扬科技（北京）股份有限公司

关键词：新能源集控；工业控制系统；网络安全；综合防护

1. 背景及痛点

开展某集团某省新能源集控中心综合安全防护建设的目的一方面是为了提高新能源发电企业集控中心信息安全防护水平，保障系统的安全稳定运行。另一方面，该项工作也是履行国家《网络安全法》义务、落实《网络安全等级保护》制度和贯彻发改委 14 号令以及能源局 36 号文中有关电力监控系统安全防护要求。

然而，新能源集控、场站网络结构庞大，设备分布分散，边界防护缺失；工业控制系统协议缺乏足够的安全性考虑，易被攻击者利用；集控和各场站的主机存在安全漏洞和未安装任何防护软件；集控远程运维工作量大，没有统一的运维平台，违规操作、越权访问等缺乏行为审计能力；所有场站的安全风险态势在集控无法统一展示。

2. 基于工业互联网的解决方案

某集团某省新能源集控中心网络安全综合防护项目规划设计主要以电力监控系统网络安全的十六字方针“安全分区、网络专用、横向隔离、纵向认证”为指导，围绕“一个中心、三重防护”国家网络安全等保的防护思想进行网络安全防护体系的详细设计，结合集控安

全现状与需求分析，形成纵深网络安全防护能力。

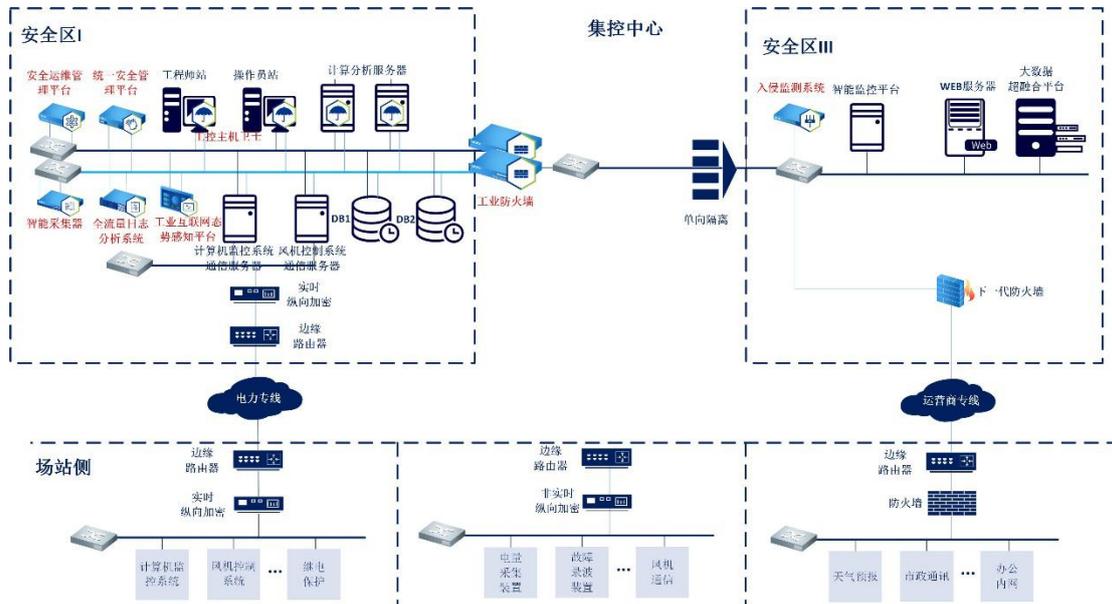


图 1 网络安全综合防护项目方案

(1) 网络边界安全。横向隔离方面在生产网安全 I 区和安全 II 区之间部署工业防火墙，采用专用的安全通道进行安全控制防护，业务数据通过工控协议数据过滤、内容过滤等措施保证区域边界安全。在 II 区到 III 区部署正向隔离网闸保证数据单向传输，满足 36 号文要求。纵向加密方面集控到场站侧部署纵向加密装置，采用认证、加密、访问控制等技术措施实现电力二次系统数据的安全传输以及纵向边界安全防护。

(2) 网络流量安全。在生产控制网安全 I 区、II 区和 III 区核心交换机处镜像部署智能采集器，对生产网全网数据流量和日志进行采集及协议分析，实时监控生产网安全，发现异常行为及病毒木马。

(3) 主机安全防护。在工程师站、上位机及服务器上部署工控主机卫士终端安全防护产品，开启主机白名单安全防护，能使生产网

中的主机抵御木马、工控病毒等恶意程序的攻击。

(4) 恶意代码防护。在集控 III 区部署入侵检测系统作为防火墙的补充，入侵监测系统被认为是防火墙系统之后的第二道安全闸门，对网络进行检测，提供对内部攻击、外部攻击和误操作的实时监控，并提供动态保护，大大提高了网络的安全性。入侵检测系统能够在入侵攻击对网络系统造成危害前，及时检测到入侵攻击的发生，并进行报警，被入侵攻击后，入侵检测系统可以提供详细的攻击信息，便于取证分析。

(5) 安全管理中心。在安全 I 区部署安全运维管理平台对所有集控和场站设备进行统一运维和安全审计；部署工控安全管理平台对生产控制大区以及场站所有安全设备、网络设备和服务器等进行统一策略管理并对链路状态、硬件信息等进行实时监测和预警。

(6) 态势感知平台。在安全 I 区部署全流量日志分析平台做数据统一处理，同时部署工业互联网安全态势感知平台，对资产情况、网络拓扑、设备状态、策略配置、漏洞分布、风险排名、攻击态势等做集中展示。同时对照等保 2.0 和能源行业工控安全标准做合规分析，并提供丰富的报表展示功能。

3. 成效

(1) 高集成、高融合的综合性的系统安全解决方案。方案整体构建了安全可控为目标、监控审计、态势感知为特征的控制系统的新一代主动防御体系，提高新能源集控中心的整体安全性，并且将安全解决

方案融入到日常运维和运营流程中。

(2) 基于可信机制的安全防护技术更适应于新能源行业。方案中采用基于长扬安全操作系统为底座的安全防护技术及产品来设计构建安全防护体系，以全面的工业漏洞库为支撑，使安全防护产品更具有基于行为的主动防御能力。安全防护体系更加贴近工业控制系统环境应用，在保证稳定性要求的同时，效率更强，使用价值更高，更适用于当前的行业需求，适合在新能源行业中进行推广应用。

(3) 以合规为基本需求，持续解决新技术、新应用的安全问题。本方案应用充分运用大数据结合 AI 应用的主动安全防护体系、机制和关键技术在保证合规性建设的同时，可以持续为解决新技术、新应用所带来的安全问题提供解决方案。

(4) 切实解决发电企业管理难、难审计的局面。项目设计参照国家等级保护相关规范要求，项目建设后将配合系能源企业安全管理体系的规范化建设，通过技术+管理的真实使用场景，配合成体系的配套的安全培训机制和管理制度，为新能源企业工业控制系统安全保驾护航。

公司简介：长扬科技（北京）股份有限公司是一家国资监管下、市场化运作，专注于工业互联网安全、工控网络安全和工业互联网+安全生产的国家高新技术企业，国有资本占股近 50%。长扬科技在业界开创了“智能工业安全大脑”的产品理念，以信创安全操作系统为安全底座，以工业安全靶场为能力提升手段，自主研发了 60 余款产品，面向集团级客户提供工业网络安全态势感知、工业网络安全纵深防御、工业视觉 AI 安全分析、工业零信任安全、工业数据安全和工业数据通信等多维度产品，构建覆盖工业互联网安全产业完整生命周期的安全保障体系。产品及解决方案广泛应用于电力、石油石化、轨道交通、城市市政、智能制造、钢铁冶金等行业，满足等保 2.0 及关基保护条例要求。

案例 44：某火电厂 DCS 系统工控网络安全防护建设项目

——北京珞安科技有限责任公司

关键词：火力发电；DCS；工控网络安全

1. 背景及痛点

电力系统的安全发展和安全稳定运行关系到国计民生，而在电力系统当中，要保证电力系统的安全、稳定运行，网络安全防护工作显得十分重要。近年来，针对电力系统的网络安全攻击事件屡屡发生，“伊朗核电站震网病毒事件”、“乌克兰电网大面积停电事件”等，给电力系统的网络安全防护工作敲响警钟。

工业控制系统采用大量的 IT 技术，互联性逐步加强，神秘的面纱逐步被揭开，工业控制信息安全日益进入黑客的研究范围，国内外大型的信息安全交流会议已经把工业控制信息安全作为一个重要的讨论议题。随着黑客的攻击技术不断进步，攻击的手段日趋多样，对于他们来说，入侵到某个系统，成功破坏其完整性是极有可能的。

2. 基于工业互联网的解决方案

项目总体技术架构参考等级保护要求，结合防护指南和 36 号文等相关要求，从 DCS 系统、公共系统、核心节点主动防御三个层面展开，基于该电厂生产系统的工业网络安全防护需求，依靠安全现状和需求，建设该电厂 DCS 系统工控网络防护体系框架，设计电力企

业网络安全综合防护平台基础机构，建设安全动态主动防御平台，提升该电厂统一管理与主动防御能力，构建多层次一体化工业网络安全防御能力，为安全生产提供保障。

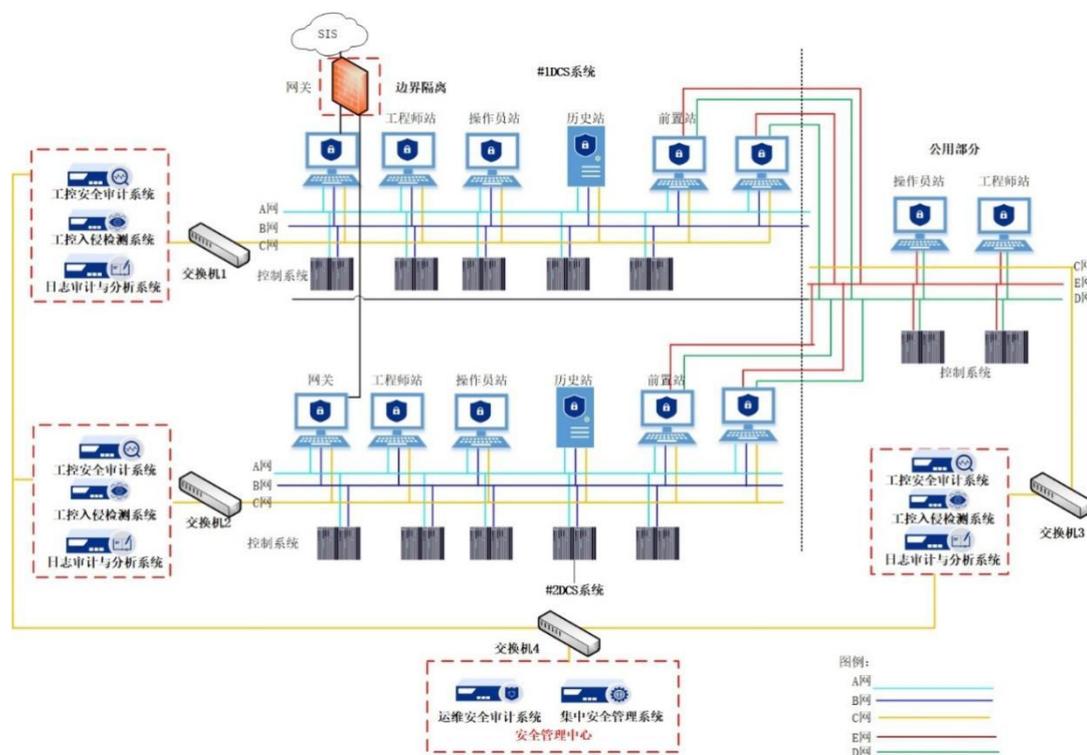


图 1 项目总体技术架构

在安全管理中心部署运维安全审计系统（堡垒机）对运维人员在工控网络操作过程中进行统一身份认证、统一授权、统一审计、统一监控，消除了运维过程中的盲区，实现工控系统运维的安全可控。

部署集中安全管理系统，可对所部署的安全产品进行统一管理、策略下发、策略配置等功能。

部署日志审计与分析系统用于对日志的采集存放、异常分析、溯源；针对工控网络中数据和流量进行合规性检查、对异常行为、日志进行审计记录等功能。

在控制系统中旁路部署工控入侵检测系统对网络的深度检测，基于威胁特征库实时检测来自内部和外部的各种攻击行为，实时检测网络流量中隐藏的病毒、蠕虫、木马溢出攻击和漏洞攻击等恶意行为，对不合规行为进行实时的告警，留存网络数据，对溯源分析提供依据。

在控制系统中旁路部署工控安全审计系统，采用旁路部署模式，利用黑名单、白名单、自定义规则等多种安全策略，通过内置的工控协议（如 Modbus、OPC、IEC104、Ethernet/IP 等）深度解析引擎，实时监测工控网络中违规行为、异常流量和不明设备接入，可实时全面掌握工控网络安全运行状况；通过完整记录并留存工控网络流量，为事后取证和溯源分析提供依据。

本次项目范围为该电厂 DCS 系统进行工控系统进行安全优化、安全加固，项目重点是识别工控系统网络中已知或潜在的安全风险、安全隐患，并进行探测、识别，并进行加固、优化。通过网络安全评估检查，全面梳理工控网络中的资产，了解当前存在的安全风险和安全隐患，并有针对性地提供安全处置建议，从而保障工控网络的安全稳定运行。

3. 成效

在经济效益方面：（1）降低电厂 DCS 系统生产环境中的安全风险，提高企业安全生产的稳定性。通过项目实施，规范企业工控系统网络中的资产和网络行为，有效地降低生产网络中的风险，提高企业生产的连续性和稳定性，有利于保障企业的安全生产，产生良好的经

济效益；（2）高效管理带来的红利，对工控系统信息安全项目的建设做好统一规划、强化过程监督、定期量化考核、实现集中管控，带来管理上的红利。

在社会效益方面：电厂认真履行国有企业的经济责任、政治责任和社会责任，项目的实施将加速电力系统工控安全相关标准的制定工作，引领行业进步，促进国家标准的推进。建成后有望成为集团工控系统安全能力建设的标杆项目。

在管理效益方面：（1）提高电厂对工控系统信息安全的管控能力，通过项目实施，能够有效提高对工控系统信息安全认识，切实增强工控信息安全防护能力及管理水平，提升发电企业对全局工控系统信息安全的掌控能力；（2）树立集团特有的标杆形象，项目建设将起到良好的创新示范效应。本项目是切实落实公安部、工信部等主管单位对加强中央企业信息安全工作的指导意见的重要工作，是对集团工控安全要求的响应，并树立在集团的标杆形象。

公司简介：北京珞安科技有限责任公司（简称：珞安科技）成立于2016年，是专注工业网络空间安全的创新型高科技企业和国家级专精特新“小巨人”企业。拥有业内顶尖工控安全专家团队、工业网络空间安全研究实验室和四大研发中心，坚持自主研发和技术创新，以零信任理念和体系化思想为指导，打造“实战化、易部署、易维护”工控网络安全产品体系，覆盖工控安全、业务安全和工业互联网安全，构建了全方位的工业网络空间安全防护体系。

案例 45：XX 油田工控网络安全综合防护项目

——北京启明星辰信息安全技术有限公司

关键词：工控系统安全防护；纵深防御；防护体系

1. 背景及痛点

某集团下属油气田分公司作为特大型采油、采气企业，其生产网覆盖了所有分公司作业范围，是分公司最重要的核心业务网。生产网网络安全还处于逐步建设阶段，网络安全管理制度及安全防护措施仍不完善，存在非法入侵、数据泄露等安全风险，极易造成生产网的业务中断。

本项目建设整体范围包括 GMC/BGMC(调度中心)、气矿（DCC）以及作业区（RCC）生产网。该项目网络安全建设需求如下：

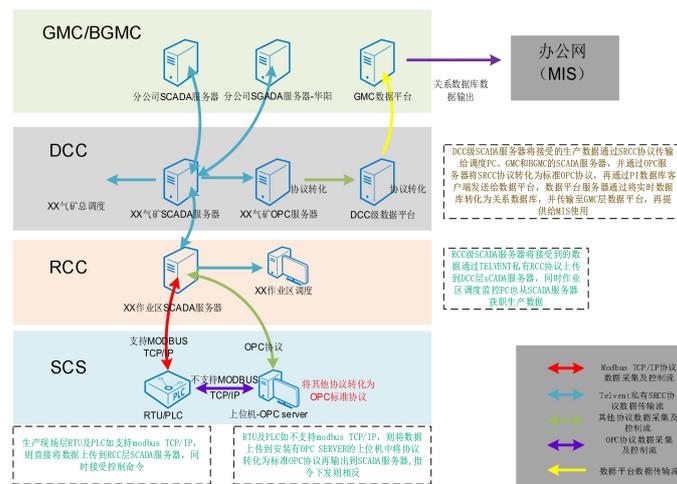


图 1 油气田分公司生产控制系统数据流图

(1) 目前企业生产网中各网络单元（服务器、安全设备、网络

设备、上位机)没有一致的安全基线,需要建立各类设备的安全基线标准,进行安全加固,提升各网络单元的自身安全防护能力,建立基础网络安全防护体系。

(2) 由于油气田工控系统地理分布范围广,安全管理复杂度较高,需要建立生产网多级网络安全风险监测与管理体系统,以便快速发现、定位、分析安全事件。

(3) 依据国家及行业相关网络安全建设规范要求,构建全面、完整、高效的生产网网络安全保障体系,从而提升分公司生产网的整体安全等级。

2. 基于工业互联网的解决方案

本项目依据《信息安全技术 网络安全等级保护基本要求》(GB/T 22239-2019)、《工业控制系统网络安全防护指南》、中国石油天然气集团公司企业标准《油气生产物联网系统建设规范》(Q/SY 1722-2014)中的要求进行网络安全建设。SCADA 系统是企业生产网的核心生产系统,负责生产网内数据采集、数据转换、生产控制等,SCADA 系统涉及范围包括 GMC 到 SCS (场站)至少 4 个层级的生产部门,涉及各类服务器、客户端及现场生产控制设备。业务流包括各层级之间和层级之内的交互流量,涉及的协议包括 MODBUS TCP、标准 OPC 以及 telvent 私有 SRCC 协议等协议的传输。基于工业互联网的整体安全防护架构如下图:

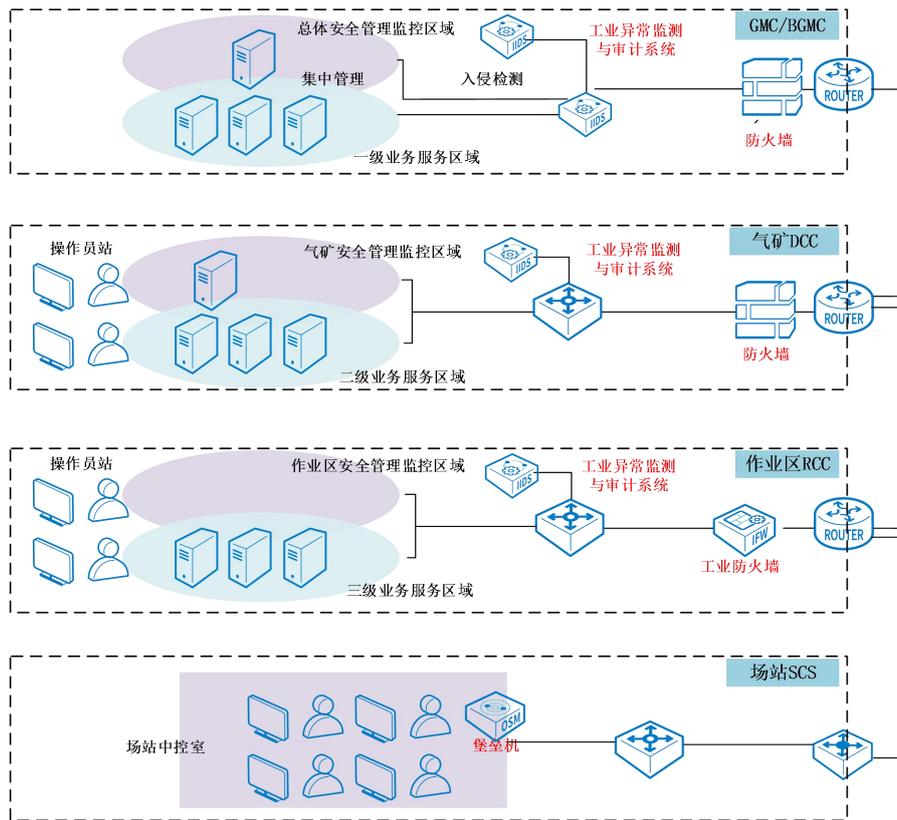


图 2 油气田控制系统安全防护部署图

(1) 建立安全域模型。对生产网进行严格安全域划分，并对网络设备进行策略梳理及优化，将安全要求相似的业务/设备规划到一个安全域里进行防护。

(2) 边界防护。在作业区和各净化厂、分厂边界部署工业防火墙，配置针对工业协议的访问控制策略，建立作业区与场站、中心站网络点对点、点对多、多对点的业务访问关系，规范业务数据流路径，建立基于白名单的访问控制，针对工业协议进行安全防护，实现对工业协议应用层的访问控制，对工业指令进行过滤，提供安全区域边界完整防护，可有效降低网络被入侵及安全威胁迁移扩散的风险。

(3) 入侵检测。在作业区和输气处的核心交换机上旁路部署工

业异常监测与审计系统，实现对工业协议指令级的安全监测及审计，及时发现攻击和病毒、非法操作行为、未知设备接入网络等风险，辅助安全事件追查和追责。

(4) 集中管理。在分公司部署工控安全管理平台，二级单位部署分布式采集器，实现对网络可用性与性能的监控、事件的分析审计预警、风险与态势的度量与评估及对工控安全设备的统一管理。

(5) 运维审计。在分公司作业区、中心站部署堡垒机，用于对工业交换机、操作员站、工程师站以及历史数据库、实时数据库等设备的现场运维，对运维人员进行全过程审计。

3. 成效

作为油气田行业工控安全的先行者，客户积极推进油气田工控安全防护体系建设工作，依据国家及中石油集团公司的标准及规范要求，建设面向油气田公司、分厂、作业区、中心站、场站各级生产网络以安全分区、网络专用为原则开展网络安全建设，建立工控数据流通道、视频流通道和办公管理数据流通道。可以将内网、专网和外网数据分离，制定内网、专用、外网边界安全防护策略，采用多种技术手段，将控制系统按照业务重要性进行分类分级，有效提升生产网的事前-->事中-->事后的综合防护能力和风险处置效率。通过工控安全监控管理平台建设，能够实时监测、告警、通报、处置各类安全事件，有效提升油气田自身网络安全防护和管理能力，降低了人为操作错误和偏差，可以及时发现和解决出现的问题，避免造成损失。为集团公司

开展工控安全建设积累了先行经验，也为分公司由资源利用分散向集约转变、管理方式由粗放向精益化转变，管控手段由传统向现代化转变提供了网络安全保障，同时符合了监管部门的安全要求。

公司简介：启明星辰公司成立于1996年，2010年在深圳A股中小板上市（股票代码：002439）。经过二十余年的积累与沉淀，启明星辰已对网御星云、合众数据、书生电子、赛博兴安进行了全资收购，是网络安全产业中主力经典产业板块的龙头企业、新兴前沿产业板块的引领企业以及可持续健康业务模式和健康产业生态的支柱企业。启明星辰自成立起，经历了不断跨越的自我升华，迈入“1³”阶段——独立（Independence）、互联（Interconnect）、智能（Intelligence）。依托核心技术优势、通过安全原生创新和场景化创新，不断引领产业未来最具吸引力的数据安全、工业数字化安全、新算力安全等板块高增长，致力于打造自主可控的安全生态体系，为用户提供专业的安全服务。

后 记

习近平总书记就推进新型工业化作出重要指示指出，把高质量发展的要求贯穿新型工业化全过程，把建设制造强国同发展数字经济、产业信息化等有机结合。

《2023 能源工业互联网案例集》从发电清洁低碳转型、新型电力系统建设、能源消费节能提效、数字能源生态构建、能源系统安全生产和网络安全保障六个维度，展现了能源行业推进新型工业化建设的发展模式和产业形态。

能源工业互联网联合创新中心将紧抓新型能源体系的发展趋势，持续跟踪行业技术趋势与创新成果，为支撑行业数字化转型升级建言献策，努力营造合作、共享、创新的行业生态，为工业互联网与能源行业的融通发展贡献强大生态力量！

工业互联网正在向能源行业数字化转型的蓝海深处驰骋！

能源工业互联网联合创新中心

2023 年 11 月

免责声明:

本内容非原报告内容;

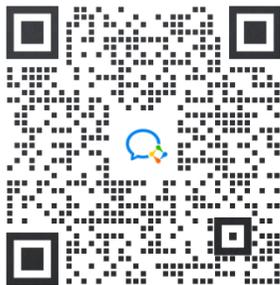
报告来源互联网公开数据; 如侵权
请联系客服微信, 第一时间清理;

报告仅限社群个人学习, 如需它用
请联系版权方;

如有其他疑问请联系微信。



行业报告资源群



微信扫码 长期有效

1. 进群福利: 进群即领万份行业研究、管理方案及其他学习资源, 直接打包下载
2. 每日分享: 6+份行研精选、3个行业主题
3. 报告查找: 群里直接咨询, 免费协助查找
4. 严禁广告: 仅限行业报告交流, 禁止一切无关信息



微信扫码 行研无忧

知识星球 行业与管理资源

专业知识社群: 每月分享8000+份行业研究报告、商业计划、市场研究、企业运营及咨询管理方案等, 涵盖科技、金融、教育、互联网、房地产、生物制药、医疗健康等; 已成为投资、产业研究、企业运营、价值传播等工作助手。

CAII⁺
中国工业互联网研究院
China Academy of Industrial Internet

ICEII⁺
能源工业互联网联合创新中心
Innovation Center of Energy Industrial Internet