

[综合能源系统]

智慧综合能源系统架构分析与研究

文/上海勘测设计研究院有限公司 周宇球

近年来,随着我国加大综合清洁能源建设投资规模,“绿色低碳”成为时代主题。加强综合能源系统管理能够提高能源利用效率、促进节能减排。然而,综合能源系统智慧化水平制约着现代化能源管理发展,因此智慧综合能源系统架构研究在综合能源系统管理问题中受到业界广泛关注。基于大数据、云平台等数智化技术,构建了覆盖“综合展示、智能监控、智能分析、智能管理”四大中心的智慧综合能源系统。

从国际形势来看,应对全球气候变暖的节能减排压力持续增加,发展绿色建筑、提升建筑能效已成为各国的普遍选择。从国内行动来看,我国已提出CO₂排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和的目标,需要持续性开展建筑节能工作,降低能源消费总量和强度。综合能源系统通过对区域内存在的风电、光伏及热力等多品类能源资源有效整合,实现对区域内资源组成系统进行协调配置,对于优化能源结构、节能减排有重要意义。

2021年政府工作报告提出,“十四五”期间要加快数字化发展,打造数字经济新优势,协同推进数字产业化和产业数字化转型,加快数字社会建设步伐,提高数字政府建设水平,营造良好数字生态,建设数字中国。因此在综合能源开发建设中使用信息化、数字化及智慧化技术也成为了必不可少的环节。通过数智化技术打造智慧综合能源平台,能够提高供给侧与需求侧的整体效益。然而目前对综合能源系统智慧化设计缺少系统性规划,本文结合大数据、物联网等先进技术经验,提出一种智慧综合能源系统设计方案,对综合能源系统的基本架构、系统功能进行研究,以提升综合能源系统智慧

化水平。

平台总体架构

智慧综合能源系统平台架构以可控云原生平台为底座,以微服务架构进行开发、运行维护和治理。感知层覆盖多种协议支持广泛的物联网设备快捷接入,支持海量采集数据接入和通信终端等智能运维。平台层覆盖系统中业务相关的通用组成部分,本层能力通过API网关对应用层提供支撑。应用层预设“综合展示、智能监控、智能分析、智能管理”四大中心,并具备良好的扩展性,能通过API网关实现内部和外部应用层的对接整合,以此形成能源类应用的生态建设。展示层支持多种形式的数发布形式,支持用户智慧化管理需求定制。平台总体架构如图1所示。

系统主要功能设计

1. 综合展示

综合展示分为多项目展示和单项目展示,多项目展示基于3D GIS技术以能源地图形式展示智慧能源项目的分布及概况,通过全景展示对综合能源项目运营情况一目了然。单项目展示采用三维图形

基金项目:上海勘测设计研究院有限公司,基于光储直柔的低碳智慧园区建设模式和关键技术研究,2022QT(83)-001。

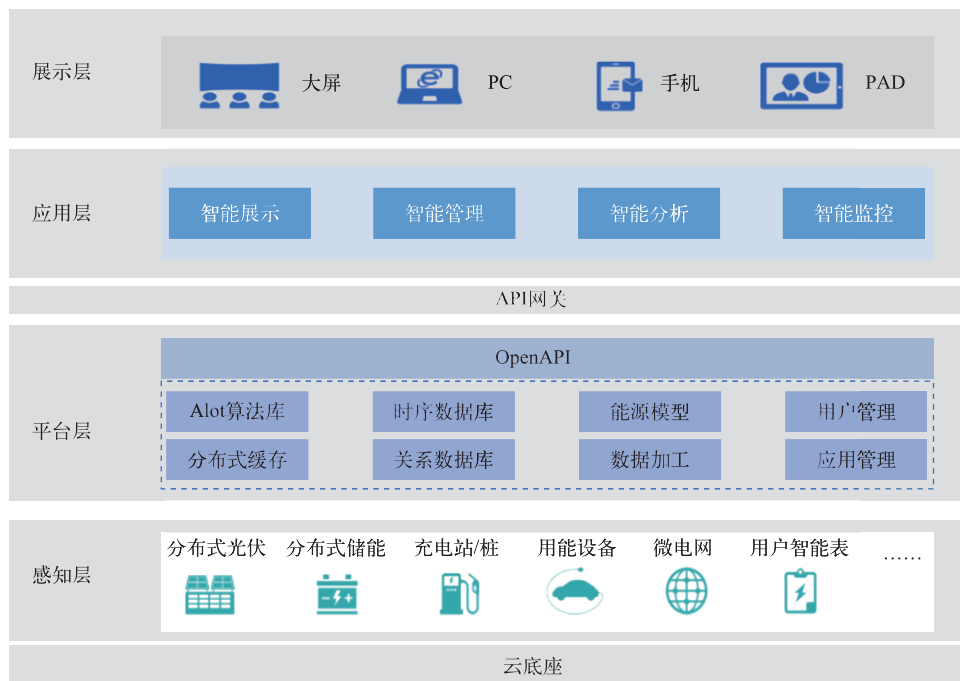


图1 平台架构图

引擎以能源数据一张图的形式将单个项目的综合能源系统的全景多维度综合展示，分为能源全景一张图、能源设施一张图及能源效益一张图。能源全景一张图以展示能耗数据、发电数据、各系统能量交换数据和碳资产数据为主，以三维动态效果来展示“源、网、荷、储”和“电、冷、热、气”的多系统多能源品种的能源实时交互的数据；能源设施一张图以展示所有能源设备运行状态、运行效率和运行指标为主，对能源设备的运行情况做一个综合展示；能源效益一张图以展示节能效益、电力交易效益、碳交易效益、碳减排效益等经济效益和社会效益的数据为主，可直观反映出项目的核心价值。

综合展示以项目建设场地三维模型为基础，依托3D图形引擎，将数据从后台数据转换成各种丰富的、赋予科技感的3D图形界面在PC显示终端显示，满足火电、风电、光伏、储能、重点负荷及项目范围内的配电网和“双碳”的数据统计，关键指标展示等整体运营展示需求，为综合能源基地能源运行调度监测提供了强有力的技术支持手段。展示中心提供从全景到单个系统/设备的展示服务。

2. 智能监控

智能监控包括配电系统监控、分布式发电系统（光伏、风电）、储能系统监控、负荷监控及供热

供冷系统监控等监控子系统，需对各类能源系统所有设备的运行状态、运行数据进行实时监控，可根据需要进行各种数据实时运算。将采集到的实时数据通过三维可视化或工艺流程图等形式展现，提高信息的聚合性、形象直观性。实现平台下发操作指令，指导或直接控制现场的相关就地设备。

系统采用电力、能耗系统标准的图形画面实现现场设备的运行状态和各种测量值（电压、电流、功率因数、电度等客户比较关心的数据可以放在页面上直观显示）实时显示功能。可实时监视各个回路的各种测量值和相关信号、参数。可实时监测变压器三相绕组温度。可分层次显示，拓展系统信息监测的空间；可实时记录并显示报警和故障信号。

（1）配电系统监控

配电网监控可在三维可视化中实现显示电网侧供电功率以及高低压设备的运行状况，包含高压环网柜、主变压器、低压配电柜和低压配变压器等设备的电压、电流及功率因数等数据，以能流动画效果动态展示项目所在全部区域“源、荷、储”与电网之间的实时关系。

（2）分布式发电系统监控

1）光伏监控。光伏监控模块监控信息包含但不限于：综合指标（日发电量、发电量环比、累计

发电量、节能减碳、运行时长及收益)、光伏资产信息(装机容量、投运时间、运维团队、接入方式及组件材料)、运行状态(光照度、环境温度、组件温度、实时功率、发电时长、系统效率及告警信息)、统计曲线(日发电曲线、日功率曲线)。光伏监控模块提供逆变器、并网柜等设备监控功能,利用折线图、饼图、柱形图及仪表盘等形式展示逆变器总体实时状态信息、环境信息和关键数据;可按选定时间范围查询逆变器关键数据及故障预警统计,并支持导出功能。

2) 风电监控。风电监控包括现场风力发电机组控制单元、高速环型冗余光纤以太网、远程上位机操作员站等部分。现场风力发电机组控制单元是每台风力发电机的核心,实现机组的参数监视、自动发电控制及设备保护等功能;每台风力发电机组配有就地HMI人机接口以实现就地操作、调试和维护机组功能;高速环型冗余光纤以太网是系统的数据高速公路,将机组的实时数据送至上位机界面;上位机操作员站是风电厂的运行监视核心,并具备完善的机组状态监视、参数报警和实时/历史数据的记录显示等功能。风电监控模块监控信息包括但不限于:配电网三相电压、发电机输出的三相电流、配电网频率及发电机功率因数等。这些参数无论风力发电机组是处于并网状态还是脱网状态都被监控,用于判断风力发电机组的起动条件、工作状态及故障情况,还用于统计风力发电机组的有功功率、无功功率和总发电量。此外,根据电力参数,主要是发电机有功功率和功率因数来确定补偿电容的投入与切出。

(3) 储能监控

储能系统监控模块需涵盖多品类能源系统的运行实时监控,管理人员可通过储能变流器运行监测,查看储能变流器运行状态(正常运行、正常停机或通信中断)、运行模式(并网、离网、并网转离网、离网转并网)、有功功率、无功功率、日充电量、日放电量、温度、SOC及SOH等信息,及时了解储能变流器设备运行情况;可通过储能变流器监测界面,对储能变流器信息进行查看和操作;通过电池管理监测界面,对电池管理设备信息进行查看和操作;通过告警界面,可对该储能变流器、电池管理的未确认告警事件进行实时查询及操作;快

速准确地定位故障,指导现场管理人员及时消缺,提高消缺效率,保证发电量。

1) 电池监控。电池监控模块监控信息包括但不限于:综合指标(日充放电量、日充放电次数、累计充放电量、累计充放电次数及收益)、运行状态(故障告警、电池状态、可换电池数及在充电电池数)、统计曲线(换电频率、电池充电量统计)及环境数据(储能电站温度、湿度)等。

2) 储冷储热系统监控。储冷储热监控模块监控信息包括但不限于:综合指标(系统热效率、储存热量、收益)、运行状态(故障告警、冷却水进出口温度、温水温度、冷凝压力、溶液质量分数)、统计曲线(系统释放热量统计)、环境数据(储能电站温度、湿度)等。

(4) 负荷监控

负荷监控模块监控信息包括但不限于:综合指标(项目所在全部区域日用电、项目所在全部区域总用电、建筑楼宇用电、楼层用电)运行状态(故障告警)、统计曲线(用电曲线、重点负荷功率曲线)、统计查询(用电量、电压、电流、功率等)。通过在三维交互方式在全景监控中可查看每栋建筑物的总体和每个楼层的负荷数据。

3. 智能分析

(1) 健康状态分析

设备健康状态分析系统可根据数据采集平台存储的设备各指标状态数据进行数据分析,并对各指标与设备健康间建立相关性分析,筛选设备健康相关特征值(特征频率、相位等)重点监控。对比分析设备运行、状态监测历史数据,进行历史数据的人工标注评分,根据历史数据以及标注建立设备健康评估模型,辅助运维人员对设备健康状况评估。

设备状态评价。支持根据预先设定好的特征值条件,实时在线地将历史工况与现在相同或相似的工况进行比对,根据大数据的关联分析和时序预测手段,支持使用专业波形图等形式实现设备状态实时分析。

故障诊断。通过传感器与智能数据采集器的配合,多维在线监测,实时反映设备健康状态,以列表和曲线等图形化显示,以多级报警形式告知运行人员,匹配设备故障库、案例库及维护库,实现故障远程诊断。

报告生成。支持基于设备健康状态分析结果报告自动生成，自动生成维护维修工单，并支持将维修结果反馈至系统形成闭环。

(2) 健康预测性分析

根据数据采集平台存储的设备各指标状态数据，支持使用实时数据库筛选汇集数据，感知设备运行状态并根据历史数据模型进行设备健康预测性分析，利用智能诊断知识库技术，生成趋势图分析和诊断报告，提前预知设备部件的轻微劣化状态，构建健康预测分析平台。

预测分析。支持以事件、工况标签建立健康预测模型。模型包括但不限于设备特征值（电流、温度及劣化值等）的异常检测模型、预警预测模型及多参数趋势分析模型。

健康评分。结合健康评估模型，支持将指标项预测数值输入结果转化成健康评分。

4. 智能管理

智能管理模块涵盖水、电、气、热全品类用能分析，通过算法形成用能优化排程策略。将风光新能源发电资产的实时出力情况进行接入，为后续开展风光功率预测提供数据支撑。通过该功能模块将原始的设备数据转换为标准的业务模型，开展数据质量监视、数据清洗和数据指标聚合。通过公共API服务，为平台内外提供可靠、稳定的数据服务。

预测服务为综合能源项目所在区域提供更精准的负荷预测、风电功率预测及光伏功率预测。提供更超前的数据支持，检修计划更智能、更经济，使得项目所在全部区域的运营更稳健、更高效和更

绿色。

优化策略为各类复杂模型算法提供能力与环境支撑，涵盖调度策略算法、新能源电费收益算法及用能优化排程算法。根据优化策略算法的结果为用户输出优化调度策略，通过多手段、多角度能效分析，达到科学用能、合理用能及提高能源利用效率的目的。

结束语

本文提出智慧综合能源系统，基于“综合展示、智能监控、智能分析及智能管理”四大中心主题，系统设计可满足能源运维、能源优化、节能服务、能源交易、企业能源、园区能源及城市能源运营等多种场景应用需要，助力综合能源系统的持续优化与高效利用。EA

(收稿日期：2022-05-09)

参考文献

- [1] 国家发改委和国家能源局. 能源生产和消费革命战略(2016-2030)[J]. 电器工业, 2017(5): 39-47.
- [2] 陈雯雯, 徐月明, 沈鑫. 综合能源智慧管理系统架构分析与研究[J]. 科学大众: 科技创新, 2020.
- [3] 刘宁, 高敏. 智慧能源多能互补综合能源管理系统探讨[J]. 电力系统装备, 2020(22): 2.
- [4] 钱梦羽, 窦真兰, 陈洪银, 等. 双碳目标下综合能源系统评价指标体系与方法研究进展[J]. 电气应用, 2020, 40(12): 72-79.

