

工业互联网赋能行业数字化转型之路

风电：依托平台优化风场管理

赛迪智库信息化与软件产业研究所
工业互联网研究室副主任 宋颖昌

风电行业面临风场设计周期长、设备维护成本高、并网协调效率低、弃风漏风压力大等痛点问题，亟须加快基于工业互联网平台的数字化转型步伐。金风科技、昆仑数据、上海电气等企业正以设备智能化运维、风场数字化管理、精准柔性供电等场景为切入点，全面提升设计、生产、维护、服务等环节的数字化水平。基于此，我们对风电行业基于工业互联网平台进行数字化转型解决方案进行了专题研究，深入剖析风电行业数字化转型趋势、平台应用场景以及业务落地解决方案。

三大转变值得关注

（一）数据采集：由底层互联向全面感知转变。传统数据采集周期长、成本高、精度低，难以满足风场精细化设计和运营需求。随着智能传感器和通信技术的兴起，更加精细全面的数据采集成为可能，能够建立更精密的风资源图谱、零件微观模型和环境数据模型，从而为智能选址设计、生产性能提升、管理决策优化等提供有效数据支撑。

（二）设备维护：由人工调试向智能运维转变。风场一般处于人烟稀少、位置偏僻、环境恶劣的地区，不适宜维护人员长期驻扎。特别对于海上风电来说，后期运营维护费用占到总成本的一半以上。在对设备运行与环境数据进行大数据分析的基础上，有利于开展预测性维护，减少设备停机维护带来的损失。

（三）风场管理：由单场单管向虚拟集成转变。由于缺乏系统规划、风预测精度低、电网不配套等原因，风电产业限电弃风压力较大，容易造成资源浪费。通过综合运用数字孪生、VR等技术构建“数字风

场”，有利于依托大数据分析开展集群运行参数优化，助力实现风电产量精准预测，为管理者直观反馈风场运行情况，优化运行控制策略执行，提高风场发电效率。

三大典型应用场景凸显

（一）虚拟风场设计。一是宏观辅助选址。基于互联网平台的计算能力与地理信息资源建立三维仿真模型，实现宏微观地理选址与场区推荐。二是机群优化排布。通过定制化风场仿真建模实现机组最优排布、集群尾流优化、工程精准计划等自动化设计。三是风场个性定制。依托平台针对风场特有的风况特征、地形条件等进行定制化设计，节约工程建设成本，控制风电场投资风险。例如，金风科技依托金风云平台打造风场数字化设计系统，围绕环境、风机、道路等建立高精度三维仿真模型，提高了设计精度，推动风电场投资回报率提升1%~3%。

（二）设备预测维护。一是精准故障定位。依托平台建立故障智能诊断模型，快速实现设备故障定位。二是设备预测维护。基于平台分析预测风机关键部件变化趋势，产品寿命和潜在风险，抢占维修窗口期。三是虚拟辅助维修，通过数字样机积累设备维护知识库与解决方案检索库，提高故障处理效率。例如，巴盟风电打造具备故障诊断预测、产品健康管理和寿命预估等功能的综合管理系统，使关键零部件故障可提前72小

时预警，减少直接和间接损失近千万元。

（三）风场管理优化。一是发电效能提升。依托风机调整控制提高机组出力，带动风场整体效能提升。二是集约管理优化。基于工业互联网平台整合风电开发产业链，提高风场管理水平，支撑风电规模化发展。三是柔性协调供电。基于大数据精准预测发电量区间，与火电、太阳能等能源实现协同增效，降低供电整体波动性。例如，昆仑数据与国网青海电力联合打造“绿能互联”工业互联网平台，通过对风机集群进行动态监测、状态纠偏与参数优化，推动电厂发电量提升1%~5%。

推进应用场景落地着力点

（一）关注底层数据采集，加速设备上云上链。一是以业务需求为导向，建立完善底层数据协议转换机制，实现设备上云与动态监控。二是加快传动链、轴承、齿轮箱等关键部件运行数据上链，为后续的备件生产和维修策略制定提供安全、稳定的数据支撑。三是完善风电企业内网体系，打通电力输送、变电管理等关键业务数据流通网络。

（二）夯实模型构建基础，强化重点模型培育。一是综合考虑地理、气候、运输等因素建立风力资源模拟、集群影响分布、虚拟风场设计等模型，降低设计与建设的不可确定性。二是针对风机螺旋载荷、叶

片结冰预警、轴承寿命预测等建立重点应用模型库。三是加快运营管理经验沉淀并实现模型的标签化管理、智能化搜索与精准化调用。

（三）聚焦重点应用场景，深化解决方案应用。一是打造设备级解决方案，围绕叶片结冰预警、轴承健康管理、齿轮故障预测等领域培育一批稳定高效的杀手级工业APP。二是打造场级解决方案，围绕风场功率预测、气象变化应对、风场能量分布等场景建立风电解决方案库。三是打造产业链级解决方案，打造新能源错峰调配、风电消纳扩容等综合场景解决方案，提升风力资源应用整体效率。

（四）提升产业协同水平，加快服务模式创新。一是探索打造风光互补、风水互补等区域分布式能源体系，实现供电、售电、用电协同运营。二是依托平台充分挖掘数据潜在价值，探索开展信用担保、数据交易、融资租赁等商业模式创新。三是探索售电辅助决策，形成客户分级管理、特色供电套餐等营销模式，推动收益利润增值。

（五）加强数据安全管理，筑牢网络安全防线。一是鼓励编制平台网络攻击应急预案与运行指导手册，定期开展相关培训与应急演练。二是引导企业对照数据管理能力成熟度模型（DCMM）开展贯标，制定数据分类分级管理标准。三是全面排查数据访问漏洞，完善电力数据管理体系，确保满足电网横向隔离、纵向加密的安全要求。

工程机械：有效促进管理智能化

● 依托工业互联网平台进行设备连接、数据采集、统计分析，可实现制造设备运行过程透明化。

● 基于工业互联网平台的建模仿真、数据分析、评估诊断能力，实现预测性维护。

赛迪智库信息化与软件产业
研究所工业互联网研究室 孙刚

工程机械行业具有设备产品多样、生产过程离散、供应链复杂的行业特征，面临设备价值增值水平不高、供应链资源调配效率低下、金融生态不完善等行业痛点，亟须加快基于工业互联网平台的数字化转型步伐，全面提升研发设计、生产制造、供应链管理、远程运维、客户服务等环节的数字化水平。徐工集团、三一重工、中联重科等国内企业和up-take等国外企业以远程运维为切入点，日本小松以智慧施工为切入点，加速推动工程机械行业向设备维护智能化、综合解决方案“交钥匙化”方向加速转型。基于此，我们对工程机械行业基于工业互联网平台进行数字化转型解决方案进行了专题研究，深入剖析了工程机械行业数字化转型趋势、平台应用场景以及业务落地解决方案。

工程机械行业
向“四化”发展

（一）设备维护按需化。传统以预防为主的定期维修无法有效处理潜在或突发的异常故障，也会造成过高的设备维护维修费用和额外的磨合损耗。基于工业互联网平台，在线采集设备性能、状态参数等数据信息，可以及时发现设备运行过程中的健康状态和存在的问题，按需求进行设备维护。

（二）备件管理精益化。传统的仓储模式能够缓解一定的备件需求压力，但是相应的产生了包括存储空间、物流调配、流转资金等高昂的仓储成本。运用物联网、云计算、大数据等新一代信息技术，加强供应链管理，能够提高备件流通效率，快速响应生产和维修需求，提高生产和维修效率，节省现金流。

（三）产融结合在线化。由于工程机械设备单价高、行业金融体系不完善等原因，下游中小企业往往存在资金短缺的问题。依托工业互联网平台进行设备连接、数据采集、统计分析，可以实现制造设备运行过程透明化，有利于金融机构做出实时评估，控制金融风险，在线提供快速融资、贷款服务。

（四）解决方案服务化。为应对越发紧缩的市场环境，响应用户端需求的升级变化，工程机械行业正呈现出制造业服务化趋势，即以产品制造商向解决方案提供商转变，从单纯的生产加工向提供设备运营维护、支撑业务管理决策、满足个性化定制需求等服务环节延伸，塑造企业综合优势。

工程机械行业具有四大
工业互联网应用场景

（一）设备预测性维护。基于工业互联网平台的建模仿真、数据分析、评估诊断能力，实现预测性维护。一是设备状态监测。实时采集温度、电压、电流等数据，提高设备状态洞察力。二是设备建模仿真。输入参数、工况等数据，进行模拟仿真，优化维护方案。三是设备故障诊断。对设备状态数据进行挖掘分析，判断可能出现故障的时间和部位，安排维修计划。

例如，卡特彼勒基于Uptake开发的设备联网和分析系统，采集设备的各类数据信息，联网监控，分析预测设备可能发生的故障，实现了300多万台运转设备的统一管控。

（二）备品备件管理。基于工业互联网平台，有效促进企业备品备件管理迈向智能化。一是备品备件标识管理。运用标签化管理、智能化检索等手段实现备品备件的监督、跟踪和协调。二是备品备件部门协同。打通各部门信息壁垒，推动跨部门协作，促进备品备件高效流通。三是备品备件供应链管理。建立零部件供应商对接交流平台，实时、定量采购。

例如，徐工集团基于汉云工业互联网平台，打破生产商和分销商信息孤岛，提升分拣效率8%，提升仓库利用率6%，降低备件库存8%，提高库存周转率5%。

（三）智慧施工。工程机械行业正从设备本身的解决方案向现场的解决方案转变，实现智慧施工。一是现场施工数据采集。对施工对象、施工场景、外在环境等因素进行高精度感知。二是施工方案模拟仿真。建立仿真模型，设立不同的施工条件进行工况模拟，优化施工方案。三是现场施工现场指挥调度。建立反馈响应系统，指挥现场施工。

例如，小松提出和实施Smart Construction，即智能施工解决方案，形成建筑工程状态感知、实施分析、科学决策、精准执行的闭环，从而实现远程操作服务。

（四）互联网金融。基于工业互联网平台促进产融模式创新。一是在线贷款。监测施工队作业情况、承包商贷款情况和经营情况，针对性给与贷款、融资等服务。二是融资租赁。工程机械企业开始租赁业务，帮助中小企业迅速做大做强。三是精准投保。保险公司依托工业互联网平台对机械设备的监测、管理能力，实现按设备生命健康状态的精准投保服务。

例如，三一集团与久隆、三湘银行展开合作，开发用于精准定价与风险选择的数据产品，帮助久隆保险完成UBI保险产品及延保产品的定价。

推进应用场景落地的
着力点

（一）关注数据采集，扩展信息获取渠道。一是加强施工现场数据采集，通过传感器、无人机、摄像头、三维扫描仪等感知设备，采集现场施工环境和施工对象信息。二是加强设备端数据采集，基于平台采集和整合工程机械设备设计数据、运行数据、运维档案和地理位置等数据。三是加强客户端数据采集，形成对市场的理解和认识。

（二）紧扣模型开发，提高模型供给能力。一是面向业务运营管理，构建资源调度模型、安全管理模型、供应链管理模型等。二是面向设备远程运维，构建状态监测模型、预测预警模型、健康评估模型、故障诊断模型等。三是面向生产制造，构建加工工艺模型、质量管控模型、组装装配模型等。

（三）聚焦解决方案，开发推广典型应用。一是基于平台的数据沉淀和模型应用，开发部署运行监测与分析工业APP。二是实时监控现场施工设备运行状态，基于工业互联网平台大数据分析能力，提供现场施工解决方案。三是依托工业互联网平台开发集中采购、供应商管理、柔性供应链、智能仓储、智慧物流等云化应用服务。

石化：实现供应链协同大势所趋

赛迪智库信息化和软件产业研究所
工业互联网研究室 徐靖

石化行业具有设备价值高、工艺复杂、产业链长、危险性强、环保压力大的行业特征，面临设备管理不透明、工艺知识传承难、产业链上下游协同水平不高、安全生产压力大等行业痛点，亟须加快基于工业互联网平台的数字化转型步伐，全面提升设备管理、生产管理、供应链管理、安全管理、节能降耗等环节的数字化水平。

四大趋势引领行业发展

（一）设备管理：从黑箱管理向健康管理转变。石化行业的生产设备具有危险性，一旦出现异常高温、高压、设备腐蚀泄漏的情况，会引发火灾或爆炸事故。过去，企业很难及时了解企业设备内部情况，定期派人对设备检查和维护，浪费了大量的人力物力。基于工业互联网平台，利用传感器、自适应感知、精确控制与执行等数据采集技术，实现设备全生命周期的实时态势感知、远程故障诊断和预测性维护。

（二）知识管理：从纸质封存向模型封存转变。我国石化行业经过几十年的发展，积累了大量的工艺技术、实践经验和专家知识。它们大多在少数专家手中，碎片化现象严重，知识传播渠道以线下的培训为主，受时间和空间的诸多限制。基于工业互联网平台，推动石化工艺知识以机理模型的形式共享、复用、传播，降低石化工艺创新的门槛。

（三）供应链管理：从企业内向企业间协同转变。我国石化行业的原油和天然气进口依存度高。在国际原油价格大幅波动，供应链成本压力持续发酵的大背景下，我国石化行业需要提高供应链整体的敏捷性和灵活性。因而，以工业互联网平台为连

接枢纽，实现上游原油供应企业、中游炼化生产企业、下游产品分销企业之间的供应链协同成大势所趋。

（四）安全管理：从人工巡检向智能巡检转变。我国油气运输管线约7万公里，跨度大、范围广，部分管线处于地形地貌复杂、自然环境恶劣、环境敏感区域，输送介质危险性大。人工巡检速度慢、成本高、效率低、受自然和地理条件制约大。基于工业互联网，利用传感器、增强现实眼镜、无人机、智能机器人等工具，大幅提高了巡检的实时性、精准性和可视性，提高巡检效率。

具有四大典型应用场景

（一）设备管理。一是设备状态检测与故障诊断。对设备数字孪生建模，实时采集设备各部件的运行情况，结合机器学习和知识图谱技术，实现设备的故障检测、判断与定位。二是预测性维护。提前预判设备零部件的损坏时间，主动、及时、提前安排维护服务。燕山石化通过对炼化装置流量控制阀实时监测，结合调节阀故障模型，实现了对控制阀的预测性维护，降低无效维修50%以上。

（二）炼化生产。一是工艺优化。在实际炼化生产前，对原油原料、工艺流程、炼化设备进行数字孪生建模，对工艺配方、工艺流程等全方位模拟仿真，优化原料配比参数和装置优化路径，得出最优的炼化生产方案。二是质量管控。实时采集油

品炼化全流程的质量数据，对各项质量指标进行在线动态分析和预测预警，实现炼化全流程质量跟踪及自动控制。三是节能降耗。通过对关键耗能设备和高耗能流程的数据采集，分析耗能的关键因素，找出能耗最低的工艺参数来指导实际生产。中石油云南石化对开工原油的炼化工艺流程进行模拟分析，明确各项操作参数，从而指导生产操作，实现了常减压装置1次开车成功，制氢联合装置核心设备投产1次成功。

（三）供应链协同。一是企业内供应链协同。实时采集企业内供应链运行数据，识别资源配置低效环节，提高企业内部资源配置效率。二是企业间供应链协同。以工业互联网平台为连接枢纽，打通石化上游原油供应、中游炼化生产、下游产品销售各环节，优化全产业链资源配置。疫情期间，镇海炼化、恒力石化基于ProMACE平台，与口罩、防护服生产企业实时对接、协同排产，实现了上下游防疫卫用品资源配置的动态优化。

（四）安全巡检。一是生产安全监控。实时采集的炼化生产涉及的各类安全数据，结合安全生产监控模型，对生产异常状态和安全风险实时报警。二是管道智能巡检。在油气管道内外增设智能传感器，并接入外部环境数据，实现管道内外运行状态的全面感知和实时监测，对管道异常状况问题快速定位。基于ProMACE平台，中石化西北油田开展了原油管线泄漏视频智能识别

应用，通过训练卷积神经网络，实现视频数据实时分析处理，巡检视频识别效率提高70%以上。

推进应用场景落地着力点

（一）加强底层数据分析，促进边云协同。一是边缘数据采集方面，利用智能传感器，结合泛在感知技术，实现油田、管道、炼化工厂的运行状态的全面感知。二是边缘数据分析方面，在重点装置部署机器学习 and 深度学习算法，在边缘控制器上集成分析引擎，在模型、数据、服务三方面实现边云协同。

（二）梳理炼化工艺知识，研发工业模型。一是研发设备诊断、炼化工艺流程模拟、聚合物反应、换热网络优化、生产质量管控等模型。二是面向供应链协同解决方案，实现石化供应链扰动的缓解、计划与调度、成本和风险平衡等模型。三是面向安全管理，研发基于多源安全数据融合的火災爆炸事故预警、危险源监测和预警、安全应急调度等模型。

（三）研发行业解决方案，推广典型应用。一是打造设备故障诊断、预测性维护解决方案，打造流程模拟、智能化验室、运营管理、质量管控等解决方案。二是打造企业内、企业间供应链协同解决方案，实现石化供应链全流程的优化、资源合理利用以及价值的优化。三是打造炼化生产安全监控、管线漏失动态监测、钻孔破坏点精确定位等解决方案。