



数字技术赋能碳中和案例汇编 (2022 年)

中国信息通信研究院产业与规划研究所
工业互联网产业联盟碳达峰碳中和工作组

2022年12月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院和工业互联网联盟，并受法律保护，相关案例所属权归提供企业所有。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院和工业互联网联盟”。引用企业案例的应征得企业同意。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

聚焦国家碳达峰碳中和“3060”目标，工业互联网产业联盟碳达峰碳中和工作组面向社会公开征集数字技术赋能碳中和案例，经过社会征集、座谈论证、初期筛选、专家评议等环节，历时4个月时间，最终在百余个案例中遴选出20个典型案例，形成《数字技术赋能碳中和案例汇编（2022）》案例集，以期为国家及地方政府推动形成经济社会绿色发展新格局提供有力借鉴。

案例遴选聚焦数字技术赋能园区/城市碳中和、数字技术赋能重点行业碳中和、数字科技企业碳中和、绿色节能科技创新四个方向，综合考虑案例技术能力、应用场景、应用成效等方面，选取成果已落地并具备代表性的案例，助力加快推进国家“3060”双碳战略实施。

目 录

一、 背景概述	1
二、 数字技术赋能园区城市碳中和	3
(一) 上海临港桃浦园区 AI Park 数实融合能效智控	3
(二) 江苏怡宁能源微碳慧能科创产业园	18
(三) 利用数字技术赋能垃圾处置厂降碳	30
(四) 辽宁双碳赋能中心及生态园区	42
(五) 基于高精度气象装备的绿色能源感知	50
(六) 生态环境双碳云图赋能城市碳中和	54
三、 数字技术赋能重点行业碳中和	67
(七) 工业锅炉智能控制混合云	67
(八) 基于能源大数据的碳结构态势感知平台	74
(九) 东华科技双碳双控平台	89
(十) 印染行业度能美欣达	95
(十一) 海螺集团智慧水泥综合体	114
(十二) 江苏永钢 5G 固废利用智能转底炉工厂项目	121
(十三) 华聚车用新材料数字化碳足迹计算与认证	127
(十四) 5G 助力新日电动车双碳制造	132
(十五) 聚焦碳中和的胶丝企业数字化转型解决方案	138
四、 数字科技企业碳中和	156
(十六) 哈尔滨数据中心节能降碳	156
(十七) 基于工业区块链的碳监测平台	168
(十八) 基于标识解析体系及区块链的建筑供热系统碳效管理	178
(十九) 海南海底数据中心示范工程	185
五、 绿色节能科技创新	199
(二十) 基于陶瓷辊道的光伏电池烧结节能降碳	199

图 目 录

图 1	桃浦智创城园区	5
图 2	桃浦园区能源精细化管理	7
图 3	桃浦园区 AI 调优技术路径	8
图 4	桃浦园区 AI 自动运行界面	9
图 5	桃浦园区节能量分析	9
图 6	桃浦园区能源数字孪生管理及 AI 中控界面	11
图 7	桃浦园区人机协同运维经验迭代与知识工程迁移学习	12
图 8	桃浦园区门禁-人行闸机-梯控-自动派梯智能联动实现节能提效	13
图 9	桃浦园区能源综合管理中心	14
图 10	桃浦园区数据处理与建模流程	16
图 11	桃浦园区优化算法路径图	16
图 12	零碳园区三元转型方法论	20
图 13	怡宁园区技术架构	21
图 14	怡宁园区能源管理系统	22
图 15	怡宁园区零碳管理系统示意图	24
图 16	怡宁园区数字平台架构	25
图 17	怡宁园区能效管理	25
图 18	怡宁园区门禁告警与视频多系统联动	26
图 19	怡宁园区综合管理	27
图 20	怡宁园区运营控制中心 IOC	28
图 21	富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目	32
图 22	富阳区垃圾处置总体工艺路线	33
图 23	富阳区餐厨厨余垃圾处置工艺流程图	34
图 24	富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目生产管控平台	34
图 25	富阳区垃圾处置产品架构	36
图 26	富阳垃圾处置双碳微平台	36
图 27	餐厨垃圾处理双碳数据大屏	37
图 28	富阳区垃圾处置碳核算	37

图 29	富阳项目碳核算边界	38
图 30	富阳区垃圾处置碳减排优化	39
图 31	富阳区垃圾处置碳资产管理	40
图 32	工业互联网逐步融入“双碳”元素	43
图 33	沈抚绿色工业互联网平台架构	43
图 34	沈抚双碳服务平台清洁能源管理示例	44
图 35	沈抚双碳服务平台可视化全景示例	45
图 36	沈抚区域综合分析	45
图 37	沈抚行业综合分析	46
图 38	沈抚行业推演应用情况	46
图 39	沈抚企业综合分析	47
图 40	沈抚空调与通风系统综合能耗优化应用	47
图 41	沈抚低碳金融服务体系图	48
图 42	沈抚低碳数字化采购平台架构图	48
图 43	江苏某分布式光伏电站（地面式）	51
图 44	江苏某分布式光伏电站（屋顶式）	52
图 45	新疆某大型集中式光伏电站	52
图 46	某电站采用高精度能源气象装备后，电站发电效率（PR）分析	53
图 47	区域碳数据共享交互	59
图 48	区域碳数据市场体系	60
图 49	区域温室气体排放报告	60
图 50	企业碳排放数据溯源	62
图 51	企业碳排放关系图谱	62
图 52	工业锅炉先进燃烧控制系统	71
图 53	工业锅炉全面优化控制系统	72
图 54	工业锅炉主要实施成效	73
图 55	辽宁省电力碳结构指标全景监视平台	75
图 56	辽宁省电力燃料消耗全景监视平台	78
图 57	企业级碳结构指标监视及态势感知可视化展示平台	83

图 58	企业碳结构指标全景监视平台	85
图 59	产业园碳就够指标全景监视平台	86
图 60	供热行业碳结构指标全景监测平台	87
图 61	东华科技双碳驾驶舱	89
图 62	东华科技双碳总架构图	90
图 63	东华科技碳排放数据采集	91
图 64	东华科技碳排放数据核算方法	91
图 65	东华科技碳履约流程	92
图 66	东华科技碳交易策略	92
图 67	东华科技水泥行业工艺流程	93
图 68	印染行业能碳政策概览	96
图 69	度能-能碳数智化平台系统架构	98
图 70	度能-能碳物联架构	99
图 71	度能-能碳数据链路	100
图 72	度能-能碳物联接入改造	101
图 73	度能-能碳基础能源管理平台	102
图 74	度能-能碳能源管理应用功能架构	102
图 75	度能-能碳能源管控展示	104
图 76	度能-能碳能源分析展示	105
图 77	度能-能碳生产分析展示	105
图 78	度能-能碳碳排核算模板	106
图 79	度能-能碳碳排配置	107
图 80	度能-能碳碳排计算与展示	107
图 81	企业长车染色产线全貌	109
图 82	基于长车染色线建立算法模型	109
图 83	度能-能碳利用 AIoT 技术自动推荐运行工况	110
图 84	度能-能碳订单级能耗透视	111
图 85	度能-能碳产线上设备实际用能数据检测与分析	111
图 86	度能-能碳生产设备经系统分析及推荐参数调优后降低	111

图 87	度能-能碳重点机台节能效果	112
图 88	海螺智慧水泥系统方案	115
图 89	海螺大气污染防治监管系统	116
图 90	海螺能源管理平台	117
图 91	无人机爆破巡检和地貌更新分析应用	118
图 92	基于 5G+AI+云+高清视频的多业务场景智能制造	119
图 93	水泥装船作业 AI 智能辅助系统	120
图 94	江苏永钢 VR 巡检	122
图 95	江苏永钢能源管理运营云平台	123
图 96	江苏永钢生产可视化平台	124
图 97	江苏永钢智能可视安全帽	125
图 98	江苏永钢定位监测手环	125
图 99	江苏永钢人员定位及可视化系统	125
图 100	华聚车用新材料碳足迹建模	128
图 101	华聚车用新材料碳足迹核算结果	129
图 102	华聚车用新材料碳足迹在线认证	129
图 103	华聚车用新材料碳足迹认证证书	130
图 104	华聚车用新材料碳足迹管理服务	130
图 105	新日电动车智能车间管理平台	133
图 106	新日电动车总装线产能统计大屏	134
图 107	新日电动车智能车间管理平台	135
图 108	新华胶丝厂实景	138
图 109	行业 PvDF（聚偏二氟乙烯）、聚酯扁丝、优质胶丝等产品	139
图 110	胶丝企业设备联网及数据采集流程示意图	141
图 111	采集胶丝厂各类生产过程数据	142
图 112	胶丝企业车间设备看板	142
图 113	胶丝企业生产排产配置	143
图 114	胶丝企业质检工作台	144
图 115	胶丝企业存放清单	144

图 116	胶丝企业异构数据采集架构	146
图 117	新华胶丝厂智能能源管理看板	147
图 118	胶丝企业能源去向实时掌握	148
图 119	胶丝企业能效分析	149
图 120	胶丝企业峰谷分析	149
图 121	胶丝企业容需分析	150
图 122	胶丝企业告警明细	151
图 123	新华胶丝厂能效报表	152
图 124	胶丝企业相关指标分析对比	153
图 125	中国移动哈尔滨数据中心鸟瞰图	157
图 126	水侧自然冷却技术及应用	158
图 127	高温冷冻水系统原理图	159
图 128	新型空调末端原理图	159
图 129	背板空调末端实拍图	160
图 130	封闭热通道技术原理图	160
图 131	余热回收技术及应用	161
图 132	高压直流技术原理图	162
图 133	小母线技术原理图	162
图 134	市电+UPS 混供技术原理图	163
图 135	数据中心 3D 模拟仿真图	164
图 136	数据中心能耗管理系统架构图	164
图 137	数据中心智能运维系统展示界面图	165
图 138	数据中心光伏系统原理图	166
图 139	基于工业区块链的碳监测平台整体架构	169
图 140	基于工业区块链的碳监测平台能源管理系统架构	170
图 141	基于工业区块链的能源管理管理界面	172
图 142	基于工业区块链的碳监测平台技术架构	173
图 143	基于工业区块链的企业碳监测展示大屏	174
图 144	基于工业区块链的碳监测基础信息录入界面	175

图 145 建筑供热系统运行示意图180

图 146 建筑供热接口调通及数据验证181

图 147 建筑供热平台日常运维及数据安全182

图 148 建筑供热巡检异常状态操作流程183

图 149 海底数据中心概念图186

图 150 海底数据中心解决方案概念图187

图 151 海底数据中心冷媒循环管路系统示意图189

图 152 海底数据中心海底数据中心实施成效193

图 153 陶瓷辊道与金属网带对比创新说明200

图 154 陶瓷辊道与金属网带对比烧制过程温差201

图 155 陶瓷辊道与光伏电池制造后端装备成功适配202

一、背景概述

碳达峰碳中和是以习近平总书记为核心的党中央作出的重大战略决策，是我国主动承担应对气候变化国际责任、推动构建人类命运共同体的责任担当，是推动我国生态文明建设、加快经济社会绿色转型的有力抓手。

2020 年 9 月，总书记在联合国大会发表重要讲话，庄严承诺“二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。此后总书记多次就碳达峰、碳中和作出重要论述，指出“要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局，拿出抓铁有痕的劲头，如期实现 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和”。今年政府工作报告提出“扎实做好碳达峰、碳中和各项工作，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案”。

2021 年 9 月、10 月，党中央、国务院先后印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念 做好碳达峰碳中和工作的意见》、《2030 年前碳达峰行动方案》，要求坚持系统观念，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期关系，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路，确保如期实现碳达峰碳中和。“意见”和“行动方案”的发布实施，为各行业各地方各领域的双碳工作提供了工作指南和根本遵循。

当前，各个部委正在陆续发布碳达峰碳中和指导意见和行动计划，构建起碳达峰、碳中和“1+N”政策体系。各地区正在加快推进“双碳”战略落地。各企业主体积极落实解决方案。“双碳”时代正式到

来，各地区、各行业发展面临碳排放的硬约束，绿色可持续转型要求更加紧迫。

从本次征集的应用案例来看，主要呈现四个特点，一是以园区/城市为主体，在运行、基础设施、治理、服务等方面实现融合应用，利用数字技术实现赋能降碳。二是以能源、钢铁、石化、航天、建筑、交通运输等传统行业为主体，在能源转型和产业升级等方面，实现数字技术赋能降碳。三是以数字技术提供方为主体，在数据中心、基站建设、生产经营、新能源建设等方面的绿色化转型。四是绿色节能科技创新，在耗能领域，通过技术创新，实现显著节能。

总体来说，当前碳达峰碳中和发展尚处于初级阶段，技术标准、应用场景、配套机制都需要一个长期的完善过程，双碳项目的投资模式、运营机制和商业模式仍有较大探索空间。但是，在政府和产业界对于双碳技术与应用高度重视下，相信双碳建设每年会迈上一个新台阶，创新实践会越来越精彩，案例汇编将见证我国双碳发展砥砺前行历程。

二、数字技术赋能园区城市碳中和

园区、城市作为重要的数字技术赋能碳中和技术落地的重要载体，本章收录了部分园区、城市在推动数字技术与绿色技术融合应用，利用数字技术赋能区域运营管理、基础设施、治理服务等方面绿色化发展的典型案例。这些案例立足本地基础优势与绿色化需求，形成多样化应用场景，具备优异的示范效应。上海临港桃浦园区突破传统 AI 算法模型局限，利用新技术实现了更加精准的能耗预测，助力智慧零碳园区建设；江苏怡宁能源微碳慧能科创产业园依托统一数字平台，实现能源管理、零碳管理和综合管理应用，推动园区零碳转型、能源转型和数字化转型；富阳区循环经济产业园利用工业互联网为园区实现碳指标核算、碳足迹追踪、碳减排优化、碳资产管理以及碳交易增值；辽宁双碳赋能中心及生态园区通过“数字+降碳”模式，构建场景化降碳减排解决方案，为政府及市场主体提供源碳监测、能源碳评估及能源碳预测；移动园区引入了高精度能源气象装备及数值预测技术，实现高精度气象数据观测和预报数据，有力保障了电站运维智能化水平；生态环境双碳云图运用区块链等技术保障企业碳排数据可信监测，是强化碳排放管理、健全生态产品保护补偿机制的重要途径。

（一）上海桃浦 AI Park 数实融合能效智控¹

1. 案例概述

上海临港桃浦园区（中国-以色列创新园）是上海临港经济发展（集团）对上海桃浦地块大规模开发的重要试点之一。作为上海建设

¹本案例所有信息均来自腾讯云计算（北京）有限责任公司

具有全球影响力的科技创新中心的重要承载区，同时也是上海全力打响“四大品牌”、打造工业区改造和产业转型升级新典范的重点建设区域，依托大数据与人工智能技术，基于先进的物联网平台，打造集约、高效的智慧园区管理体系，推进相关战略性新兴产业发展以及城市数字化建设。本项目依托科技研发、创新孵化、知识产权保护、科技成果转化于一体的创新服务平台建设，打造国家、市级重大战略任务“金字招牌”。

根据普陀区出台的《中以（上海）创新园建设方案》，园区给予基金、服务、载体等 18 项重点任务，政策扶持助力企业落地、创新技术转化；同时，园区通过建立以色列科技文化沙龙，举办中以创新项目路演、中以创新创业大赛、科技产业主题论坛等活动，促进形成文化、科技、资本、市场融合发展的优质营商环境，展现出打造国际创新合作示范平台、技术转移平台、创新孵化平台的优质潜力，助力园区企业在把握技术转移机会的同时，打造上海西部转型发展的示范标杆。

本项目桃浦智创城 604 地块是在具有标志性历史意义的英雄金笔厂原 U 型厂房建筑基础上进行商业化改造，为桃浦智创城园区的试点工程项目，为园区内建设智慧建筑群打造一个优良的示范性项目，也为将来桃浦智创城的建设打下了坚实的基础。作为中以创新园区 AIPark 首发项目，同时也是 AI Park 规划布局的关键落子，一是基于颠覆性的 AIpark 平台，通过计算机视觉、深度学习、生物特征识别等技术，执行预定的业务逻辑，改善传统信息化平台各系统自成体系

的情况，实现门禁、梯控、环境、能源等系统的互联互通，形成协同联动、高效智能的园区运营管理模式。二是在 AI 智慧园区建设模式、技术协同、建章立制等方面形成可复制、可推广的经验，为园区开发建设、运营管理提供更加高效和低成本的人工智能解决方案。三是创新人工智能在园区能源管理、安全管理、资产管理、一脸通、会议室等方面的应用场景，丰富人工智能在园区的落地应用及产业应用，为人工智能相关创新成果应用转化提供载体，尤以 AI 赋能节能双碳的应用场景最具表率意义。



图 1 桃浦智创城园区

2. 应用场景

园区运营期间，建筑能源的管理水平以及室内环境的健康舒适是两项重要指标。本项目基于数字底座打造全域全要素互联的数实融合新基建体系，通过建设智慧能源管理中心，联动能耗计量系统、冷源

群控系统、风机盘管系统、通风系统等，提供精细的能耗监测、多维度的统计分析、智能的设备控制、可靠的报警管理等服务，一方面利用物联网技术对建筑能源消耗实行精细化计量，在精细化计量的基础上，通过多维度分析，实时掌握能源使用动态，从而为能源决策提供有效的数据支撑；另一方面利用大数据智能分析技术，对建筑供冷供热系统进行优化控制，不仅可以有效提高系统运行效率，减少系统用能成本，还可以有效提升园区内部各建筑区域的环境空气质量。通过能源精细化管理、智能优化控制、智能设备设施管理，实现“三理”联动，助力“双碳”目标。

场景 1：数实融合能源精细化管理

智慧能源管理系统以管理为中心，采集汇总系统的能耗数据，上传到能源管理中心进行归纳、分析和整理，在整体功能上体现对建筑能源的来源、流向和使用各个环节的监测、统计及分析。

通过能源精细化管理，实现能源系统一体化运作和集中管理，实施有效的能源管理和能源数据分析，建立客观的以数据为依据的能源消耗评价体系，掌握建筑的整体能效水平，追踪减排策略效果，展示低碳成就。

通过敏捷 BI 的运用，用户无需编码，通过拖拽的配置形式，即可完成数据仪表盘的定制化。系统具备丰富的交互功能，通过预定义的过滤、联动、下钻、数据预警等丰富的交互效果，以及针对数据的交互式分析，实现能源数据多维度、多指标分析，为能源精细化管理决策提供有效依据。



图 2 桃浦园区能源精细化管理

场景 2：基于人工智能与机器学习的能效智控

能效策略优化通过知识驱动与数据驱动相结合，基于能源系统运行大数据将能源系统进行数字孪生，并根据建筑能源使用习惯以及能源系统的运行机理，利用机器学习及深度学习算法，创建建筑能源系统 AI 智能优化算法模型，并利用算法模型对能源系统进行 AI 优化控制，实现多种能量协同调控，帮助运维人员自动调整系统运行模式，以获得比各能量子系统独立运行更高的效益，达到建筑节能减排，降低运维成本目的。

AI 优化算法通过能源中心获取空调系统运行数据、能耗数据以及建筑环境数据，通过对数据清洗、整理及存储，以数据驱动和系统机理搭建 AI 优化算法模型，包括温度预测模型和能耗预测模型，并对空调系统关键运行参数进行最优决策，包括主机台数、出水温度、水泵频率、新风机组的风机频率、风阀开度、水阀开度等，算法将控制指令下发给平台，实现设备参数的自动调节。

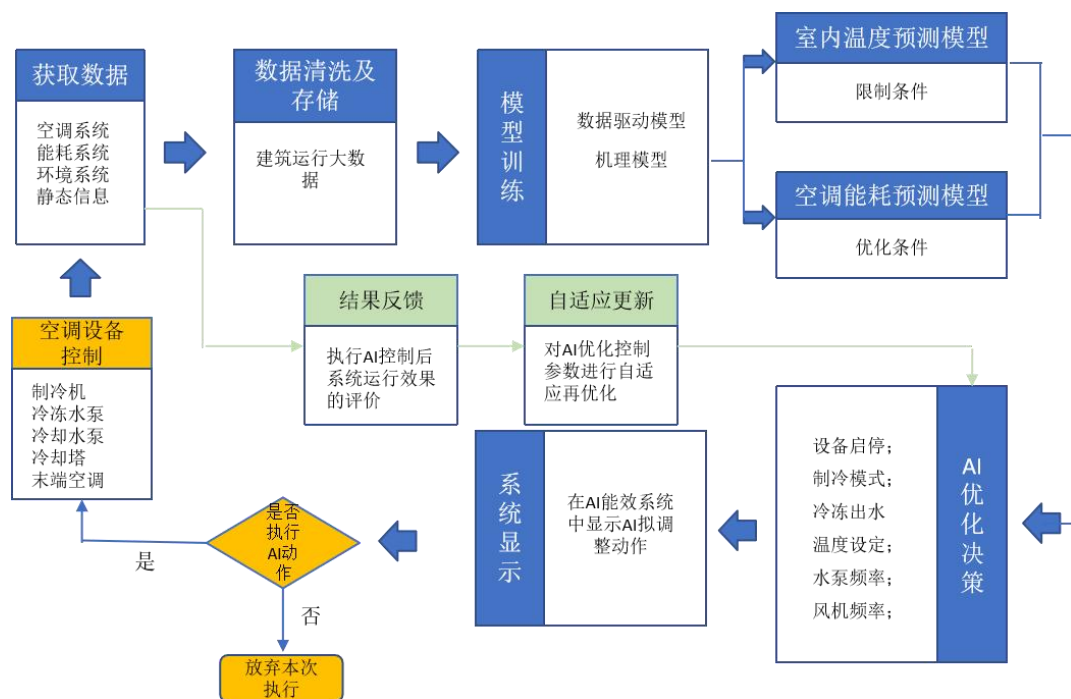


图 3 桃浦园区 AI 调优技术路径

基于负荷预测进行前馈优化控制，自动调整空调主机冷冻水出水温度设定值、冷冻水系统最佳流量设定、冷却水最佳流量设定、空气处理机组最佳出风温度设定、新风量最优控制、送风量最优控制等。通过机器学习模型，输出最优参数组合，达到节能减排效果。

在稳定运行的基础上，通过 AI 能效系统使设备高效运行。根据实时采集的环境及设备数据对系统进行实时调优，利用数学模型，优化控制中央空调系统的运行模式，提高系统运行效率，延长设备寿命，降低系统维修成本。

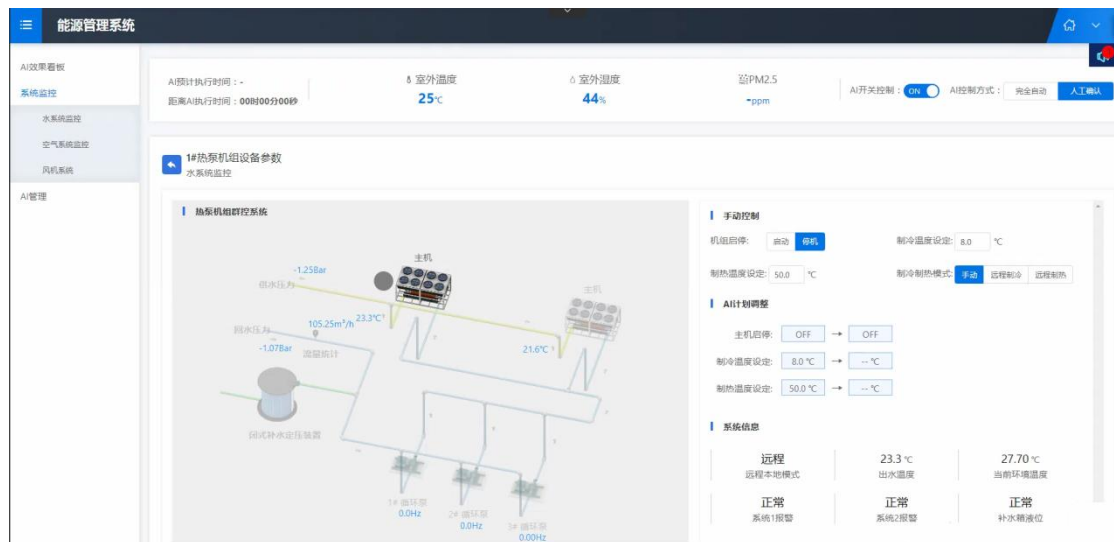


图 4 桃浦园区 AI 自动运行界面

根据历史数据，采用回归模型及时序预测模型，提取与能耗相关的特征，采用标准化的特征预处理，以能耗值作为目标列，进行模型拟合，进而实时获取数据并预处理，其目标是为了在已知负载、环境变量（室外温湿度等）的前提下，预知各设备处于不同开关状态组合和不同的控制量设定值时，系统将产生多少能耗，通过能耗预测值对接优化算法；以降低能耗值为目标，在满足约束条件的基础上，通过调整各可控变量，使得目标量降低，从而实现节能的目的。

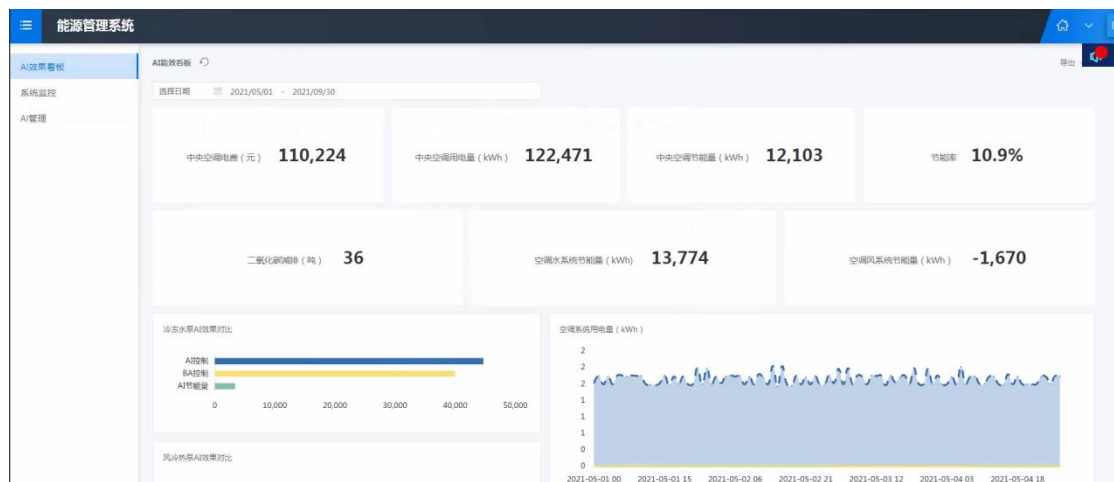


图 5 桃浦园区节能量分析

场景 3：数字孪生空间技术驱动的节能智控全局优化

传统的 BA 自控系统因存在数据孤岛、局部控制等瓶颈，无法利用 BA 自控系统使得空调系统长期稳定运行在最优水平。本项目构建 AI 能效智控解决方案，基于园区供水、供电、供气、供热等管网系统数据，大数据技术帮助实现三维管线数据、三维地表数据、建筑以及景观数据、能源设备数据的透视，实现数据驱动的决策支持，并通过能源设备和关键节点进行位置、属性、运行状态等数据对接，动态采集空间环境实时数据，积累空调系统历史运行大数据，利用机器学习技术，采用机理能耗预测模型与数据驱动能耗模型相融合的方法，针对各设备分别建立机理预测模型和数据驱动预测模型，选择预测效果相对更好地预测模型，共同实现能源系统总功率的预测。

进一步融合数字孪生空间，突破单维数据局域解限制，从空间维度全局角度建立优化算法模型，并通过强化学习，生成系统 AI 优化算法。当建筑处于不同的环境状态时，系统会自动感知建筑环境、同时自动判断并决策系统优化控制参数。实现园区能源系统的自动感知，自动运行。在保证满足室内环境需求及安全的前提下，更大程度地节能降耗，帮助管理者对园区综合能源进行高效管理。

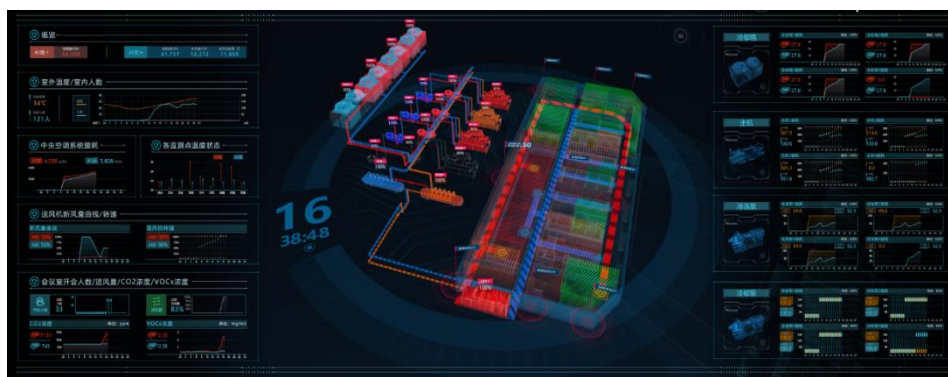


图 6 桃浦园区能源数字孪生管理及 AI 中控界面

场景 4：大数据驱动的能量设备运维管理与知识工程

针对暖通空调系统的制冷主机、热泵主机、空调水泵的中大型设备，通过 AI 建模，结合设备的实时运行数据、电力数据等信息，对设备预期发生的故障时间、故障类型、故障危险程度等进行预测和诊断，辅助设备运维人员进行处理和维护。

利用 AI 技术，以设备安全运行及节能为目标，自动监测的相关信息，并识别设备运行状态是否正常。若有异常，确定故障出现的部位及性质，并预报故障趋势，预防恶性事故发生，对故障趋势进行预判，变被动维修为主动服务，减少安全隐患。

对资产管理领域提供结构化、专业的设施设备分类标准、保养标准、巡检标准以及设备标准的操作手册和故障手册，构成领域专业化的知识体系，指导资产管理活动，降低对人的要求，实现标准化。使设备的操作方式，故障处理经验等传统需要靠长时间积累的经验，知识转换为可复制，可学习，可传播的知识库，降低运维人员需求和对经验丰富工程师的依赖，提高整体运维团队的运维水平。

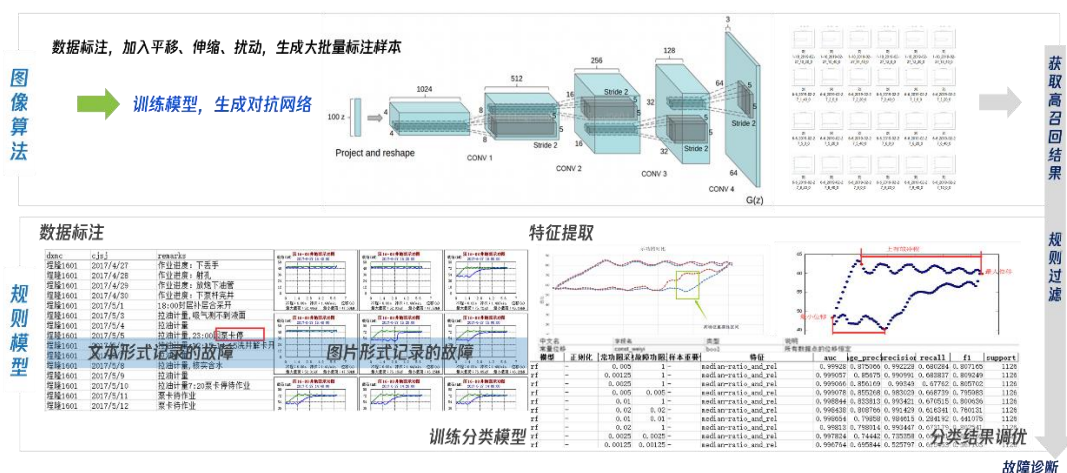


图 7 桃浦园区人机协同运维经验迭代与知识工程迁移学习

场景 5: AI 融合多要素跨系统的运营综合节能

运营分析能源管理。园区在能源管理方面具有很大的需求，能源管理能力的不足，会导致大量能源的浪费，园区应对公共区域内的用能进行监测，包括用水管理、用电管理、用气管理。因此，本项目中通过建设全方位的能源管理系统对园区的能耗进行实时采集以及能耗分析，基于人工智能在能耗分析方面的应用，横向对比同类型园区用能情况、纵向对比每日、月的用能情况，加强园区能耗精细化管理，发现园区潜在能耗大户。

多跨系统节能管理。在园区掌握能耗数据的基础上，加强园区节能手段。在本项目采用基于人工智能技术的智能配电箱实现能耗降低，如通过 AI 分析，优化中央空调系统的运行模式，减少能耗。对门禁-人行闸机-梯控-自动派梯联动智能控制，使人员平均候梯时间明显减少，电梯综合效率显著提升。

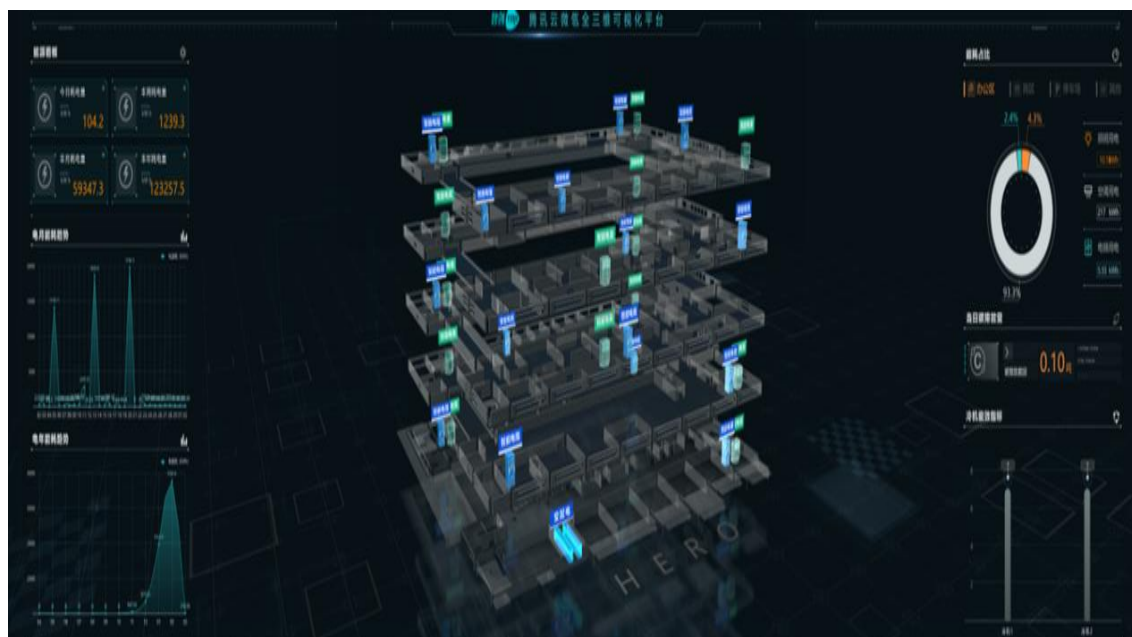


图 8 桃浦园区门禁-人行闸机-梯控-自动派梯智能联动实现节能提效

场景 6：面向未来的综合能源管理平台

智慧能源中心已具备完善的平台体系，为今后的园区扩建预留了接口。未来随着园区的扩建，可以有更多的能源数据接入能源中心，如新建园区用电数据、综合能源系统、分布式发电系统等。智慧能源中心将成为桃浦创智城板块的专属“能源管家”，展现能源变革新理念。

能源中心将利用 AI、大数据、物联网、数字 BIM 技术，打造安全、便捷、节能的能源综合利用园区，实现园区整体能源的“可视、可控、可管”。通过整合园区内多种能源系统，如冷热源、光伏、风机、充电桩、储能以及其他终端负荷，打造多能互补能源网络。实现就地生产、就地消纳的供应形式，集中式和分布式相协调互补，在微网内实现能源自发自用，甚至余电上网，实现综合能源转换效率的提升，清洁能源占比的提升，大幅减少园区碳排放。



图 9 桃浦园区能源综合管理中心

3. 案例总结

数字技术综合应用，助推智慧零碳园区建设。一是能源结构优化及精细化分析实现供需双向降碳。基于园区能耗历史数据，搭建园区能耗预测模型，对能源供给进行统筹规划，输出优化调度建议，实现能源精细化管理。**二是能源大数据机器学习/AI 节能智控实现增效减碳。**集成大数据分析、专家经验数模、机器学习等技术，搭建针对园区公共动力系统/设备的 AI 能效优化控制算法，让能源管理更高效、更智能、更敏捷。**三是数字孪生技术助力 AI 节能全局优化。**全面采集园区能源消耗及碳排放数据，并结合数字孪生空间体系，总体分析全域全要素孪生空间，实现 AI 节能全局最优解。**四是构建双碳大脑，助力实现碳中和城市。**基于数字孪生物联数据与 AI 中台知识图谱构建并丰富“双碳”大脑知识内涵，构筑零碳园区，快速赋能临港新城片区其他产业园区。

突破传统 AI 算法模型局限，实现能源管理技术创新。一是采用机理/经验模型替换机器学习，解决了纯数据驱动的机器学习模型带来的预期能耗不精准问题。本项目通过历史数据来拟合待定参数，从而建立机理模型，对于拟合精度较低的机理模型，引入数据驱动残差模型进行互补调优。**二是**优化创新 AI 算法及约束条件，能效优化性能表现更稳定。本次技术创新专注于 `scipy.minimize` 和遗传算法，两种优化算法所实现的节能应用服务，相较其他常见算法，具备柔性切换、节能效率相较其他算法进一步提升 2%（平均值）以上。**三是**基于 AI 能效系统丰富项目经验，实现模型快速迁移复用。针对不同规模的建筑或园区，不同种类的空调系统，积累 HVAC 系统机理模型或黑箱模型，能够直接根据项目特征，调取相应的 HVAC 机理模型进行复用，大幅提升了项目的交付效率及运营效益。

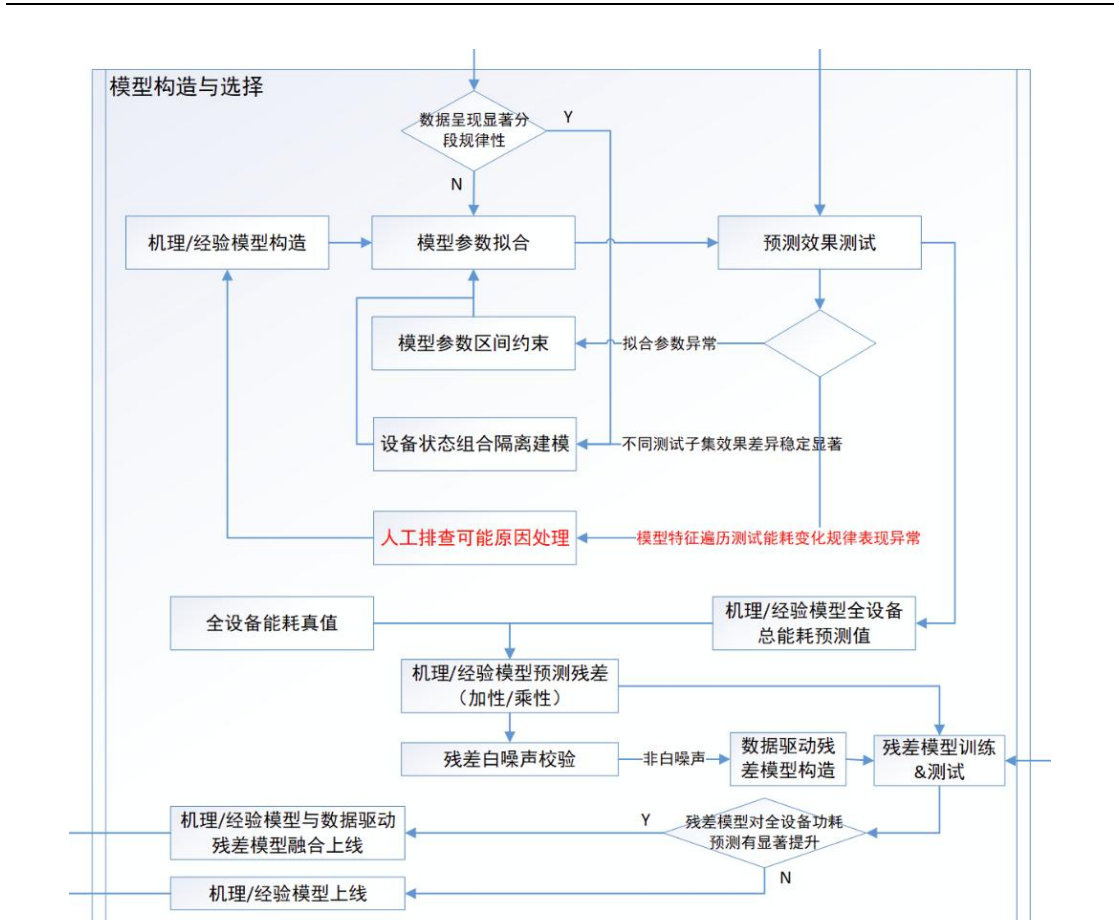


图 10 桃浦园区数据处理与建模流程

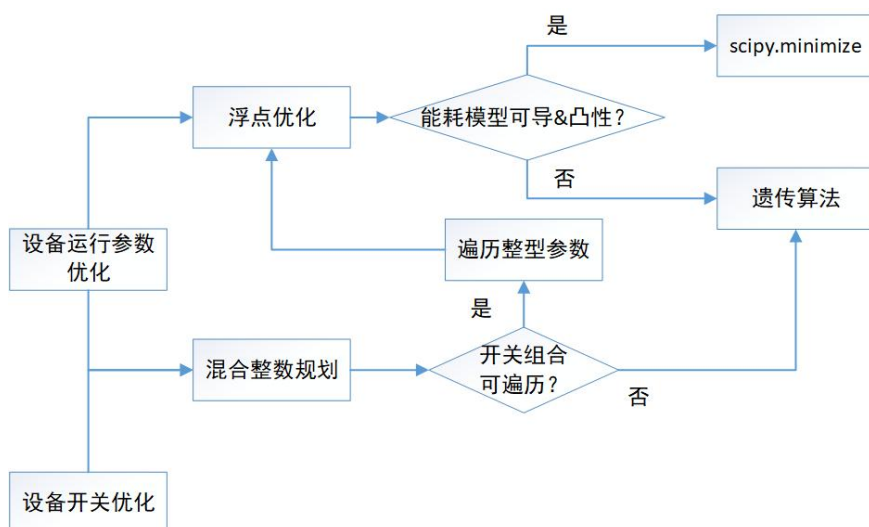


图 11 桃浦园区优化算法路径图

能源管理更加精细化，降本增效成效显著。本项目园区案场可节省能耗约 10%-20%，每平方米节省约 20 元/年；门禁-人行闸机-梯控

-自动派梯联动智能控制，综合降低电梯能耗 30%。通过视频浓缩算法、禁区入侵告警算法以及人员轨迹徘徊告警算法设置，减少保安巡逻岗位约 50%的工作量，降低人力成本及减少人员活动碳足迹。通过高效的能源管理系统，优化提升暖通空调的舒适度与工作效率，暖通空调的综合能效将整体节约 10-15%。通过智慧能源管理，桃浦智创城 604 地块 2021 年单位面积能耗约 70kWh/m²，显著低于上海综合建筑平均能耗 88.5kWh/m²，综合节能率达 20%。通过数据自动采集、报表自动生成等全面自动化，降低人工成本 30%。通过智能化运维手段，实现人工运维效率提升 40%，平均故障响应时间。

项目实施成本低，行业应用前景广阔。一是低边际成本高综合效能的 AI 节能普惠应用，并可通过云边协同的架构与机器学习迭代，对比常规的硬件节能改造，实施成本低，项目周期短，改造影响小。**二是敏捷工具与数据智能驱动节能优化迭代**，实现快速复制、敏捷适配及普惠服务。基于园区数字新基建底座全要素数据融通的基础，通过数据汇聚与敏捷 BI 工具，每个用户都能够根据自身需求，快速完成可视化数据报表的制定，为管理节能及减少碳排放提供数据支持。

（二）江苏怡宁园区能源微碳慧能科创产业园²

1. 案例概述

国家电网公司率先发布央企首份碳达峰、碳中和行动方案，积极贯彻习近平总书记“四个革命、一个合作”能源安全新战略，为国网系统落实“双碳”战略指明方向。江苏电网作为国家电网系统规模最大的省级电网，用电量、电网负荷始终位居中国第一梯队，长期面临传统能源消耗量大、能源禀赋条件较弱、减排减碳压力大等挑战。为响应国家号召、贯彻国家电网有限公司“双碳”行动方案要求，江苏电网迎难而上，发布国网首个省级公司“双碳”实施方案，从 5 个方面提出 19 项措施，积极建设以新能源为主体的新型电力系统，在清洁能源利用、电能替代、智慧能源建设等方面进行了有益探索，电动汽车、多能互补、微电网、能源互联网等一批能源新业态蓬勃兴起，助推江苏在全国范围率先实现碳达峰。

园区作为城市的基本单元，是实现双碳目标和能源转型的主战场，是上述实践的重要落地点。作为具体实践之一，江苏怡宁能源微碳慧能科创产业园在建设之初，就提出打造具备“环境宜业宜居，建筑智能智慧，多能互联互通，业态领先率先”特征的绿色低碳的智慧零碳园区，成为引领行业低碳、综合能源网络、能源管理平台、能源服务模式多方面发展的典范，支撑盐城城市能源互联网发展，实践节能减排技术创新，形成“可复制、可推广”的能源综合应用与低碳应用相互结合，相互促进的典型模式，为建设新型零碳城市、能源互联网做

²本案例所有信息均来自华为技术有限公司

出样本示范。

江苏怡宁能源微碳慧能科创产业园占地 156 亩，规划建设 16 栋建筑，总建筑面积约 13.4 万平方米，主要产业形态为新能源装备研发集成和技术孵化实践。江苏怡宁能源微碳慧能科创产业园项目依托微碳慧能解决方案建设，基于统一数字平台，以及能源管理、零碳管理和综合管理应用，实现园区碳排流、能量流、信息流和价值流互动互融、协同优化，推动园区的零碳转型、能源转型和数字化转型，助力园区实现“管理精益智慧化、能源互补高效化、运营低碳绿色化和碳能交易在线化”，建成为引领综合能源网络、能源管理平台、能源服务模式多方面发展的典范，示范、引领盐城走向清洁能源新时代，促进国网公司能源互联网、能源安全“两个 50%”战略落地，为国家“2030 碳达峰、2060 碳中和”目标愿景做贡献。

2. 应用场景

国网江苏省电力公司盐城供电公司充分利用先进的能源互联网、大数据、云平台等数字化技术，对园区供能、输能、用能全链条进行能源管理、调度、交易，构建新型供能用能生态链，实现供能侧的多能互补和用能侧终端一体化，满足绿色低碳、安全高效、可持续发展要求。

园区在规划阶段就引入了三元转型方法论和四流融合价值体系指导园区的整体规划，并采用 GIS 工具对园区的冷、热、电、气管网进行统筹设计。

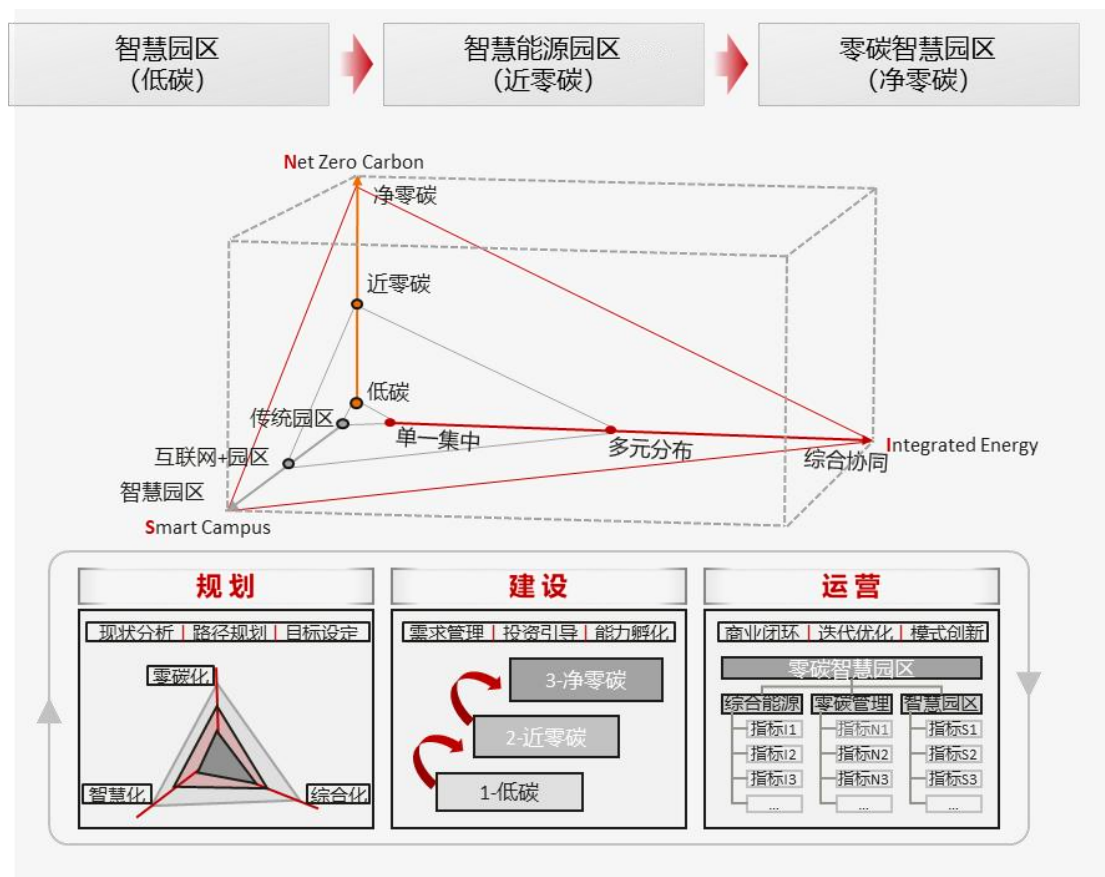


图 12 零碳园区三元转型方法论

在能源供给方面，园区建设了多种清洁能源，推动园区能源供给由“传统能源”向“新能源”转型。同时，园区建设了多种储能设施，平抑风电和光伏等新能源的波动性，提高新能源的消纳能力。

在技术方案方面，园区采用了最新的 5G 和 WiFi6 技术，实现园区无线网络的全覆盖。在园区广泛部署智能物联网关、智能摄像头、能源路由器等边缘智能设备，实现对园区人、车、物、能、碳等各种数据的全面采集。依托云、大、物、智等技术构建的数字平台，对园区数据实现统一接入和汇聚、融合，对设备实现统一运维，对业务应用实现统一服务。综合运营中心 IOC 实现园区各子系统的态势感知、运营状态可视化、业务分析和预警、决策支持和联动指挥，实现对园

区的智慧化管理。



图 13 怡宁园区技术架构

场景 1：能源管理

通过数字化技术实现园区各种能源供应和消费系统的数据采集、接入及监控，实现能源系统的精细化运行，提升综合能源管理水平。通过构建风、光、水、储、冷、热、电多能协同运行的综合能源管控平台，实现多种能源互补互济、协同优化运行，从而提高能源综合利用效率，从机制、可靠性、能耗、能效等多维度优化能源“自治自愈”水平。

基于园区全电能源消费优势，依托盐城市较高的新能源电力比例基础上，依靠园区部署多种风光发电设备以及地源热泵系统，目标做到清洁能源生产占比 85%。部署多种绿能设备的同时，引入储能设备与综合能源管理系统，进一步提升绿色能源在节能降碳和多种能源互

补效果。集成了能源 EMS 系统、地源热泵及气象站数据，利用 GIS 数字孪生技术，对园区绿能电力、供冷、供热进行空间实时流向展示及数据多维度分析。通过 IoT、数据算法等技术对用能进行智能调控，达到能源最优化、办公环境最佳化。通过能源管理系统一键控制绿能策略执行，通过数字平台能够看到绿能执行的流向情况。



图 14 怡宁园区能源管理系统

场景 2：零碳管理

零碳管理是园区双碳管理体系的基础。通过碳排放监测实现对园区碳排放的实时、精确、全面计量，大幅提高碳排放统计的数据质量，并自动生成碳盘查报告，满足主管部门监管要求，降低企业碳减排履约风险。为实现碳交易效益最大化，零碳管理系统对园区碳排放数据、排放因子数据、配额数据、碳汇数据等各种碳资产进行统一管理，为未来园区参与碳交易做好系统和数据准备，助力园区企业建立并完善碳资产管理、碳足迹管理、碳减排项目管理、碳市场预测等能力，支

持企业灵活参与碳交易。

碳排放监测所需采集的数据类型主要是源侧产能数据和负荷侧用能数据，包括源侧综合能源设施产生的总电量，储能设施的充、放电总量，负荷侧园区机电设施的电力总消耗量、园区公共弱电系统电力总消耗量、以楼层/房间为单位楼宇弱电设施电力消耗量、楼宇制冷设施制冷剂种类及消耗量，以及其他相关计算参数。

在园区碳排放管理方面，构建了一整套体系化、自动化、图形化的碳排放管理系统，替换掉手工填报维护的方案，直观地从各个维度进行碳排放分析和减碳趋势分析。碳排放盘查功能提供按时间维度、业务维度（如部门、设备等）统计碳排放情况，用于各维度下的碳排放统计分析，为减碳决策提供数据支撑。统计报表以时间维度，统计所有登记设备的用能情况，并以报表方式呈现，通过与园区运营中心对接，完成统计报表或图形展示。建立专项碳排放数据库，对每阶段的碳排放情况进行分析，将碳排放单位每阶段（按日或月）的电耗、冷耗、热耗、水耗等情况做成曲线图，分析走势，归纳总结。数据统计分析功能分析园区以及企业总体能耗情况、能源消耗单项指标、单位产品能耗情况、产值能耗情况、综合能源产能情况、节能状况、能源消费品种构成、能源消费结构等。

同时，匹配能耗双控向碳排放双控管理理念的转化，设计了各类碳排放设施碳排放流向分析。碳排放流向管理和绿色低碳发展基于全面而准确的碳排放数据，对园区碳排放情况进行分析，找出重点排放源，预测未来碳排放的变化情况，并提出减排措施建议，为园区制定

减排措施，促进电碳融合，以及能源系统的优化运行提供支持。

碳绩效管理功能根据园区碳排放总量和碳减排目标，将碳减排目标分解到组织和设备类型，通过分析高碳排放设施和碳排放结构，为组织和设备制定契合的碳减排措施，定期对减排效果进行评估。同时作为碳绩效管理的重要组成部分，统计绿色能源设施的产能，收集绿色能源的碳减排数据，并进行稽核与查询。



图 15 怡宁园区零碳管理系统示意图

场景 3：综合管理

面向园区日常运营管理，通过园区数字平台，将原本孤立的周界、门禁、消防、车辆、楼宇、群控、设施、资产、环境、办公等业务子系统统一接入、汇聚、建模，将安防系统、物联网系统相关系统等信息进行整合，形成数字孪生园区，立体呈现园区的整体情况，包括人员/车辆态势、园区安防态势、能源消耗情况、设施和资产运营态势、环境和空间使用情况等，并通过联动视频监控系统、物联网系统远程查看和控制。

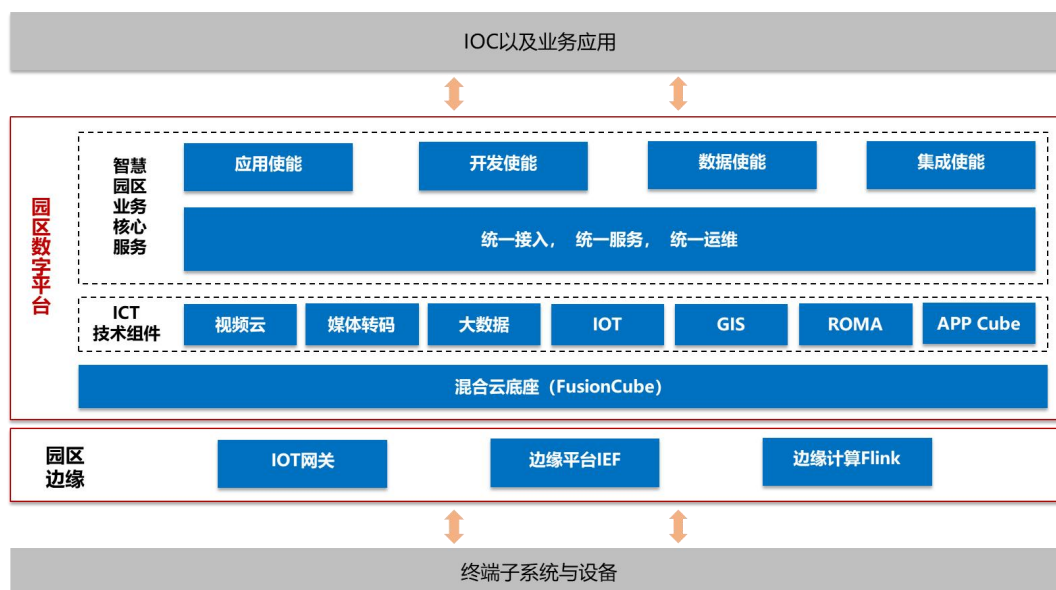


图 16 怡宁园区数字平台架构

整体园区的能耗监控板块，对园区内整个区域的用电、用水等能源耗散情况进行分类分项的统计，并通过一定周期的数据积累，以指导优化楼宇控制系统的工作模式。能耗监控板块，与能源监测系统对接，获取相应的统计分析数据，并根据统计分析按地域分布、时间分布、能耗类别进行热力呈现。

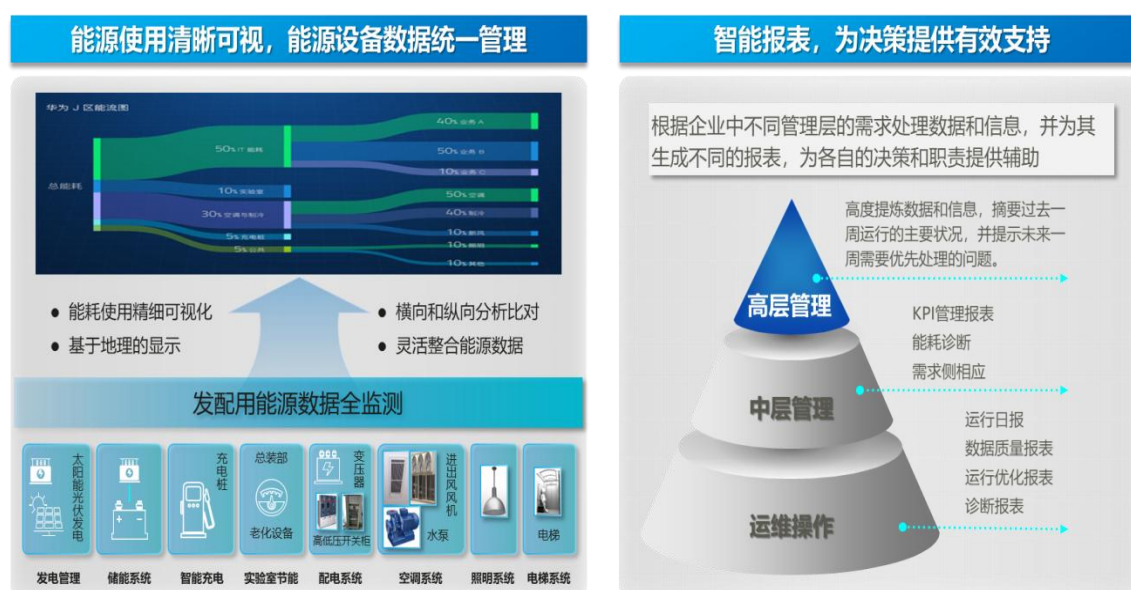


图 17 怡宁园区能效管理

园区情境智能整体解决方案，使园区主管部门具备实时、准确的情境意识，实现先进的园区安全集成。安防系统集成并融合不同类型的实时传感器和数据采集子系统，可在固定和移动等各种模式下运行并适应各种环境条件，为所有的使用者和相关方提供实时的动态数据信息和决策操作平台。通过一套统一的综合管理平台，将不同功能的安防子系统进行系统融合，可实现对各类系统监控信息资源的共享和优化管理，具有对各子系统进行数据通信、信息采集和综合处理的能力，可生成优化管理所需的相关信息分析和统计报表。视频调阅是安全防范和生产监控体系的基础，可有效对各区域实行实时监控，整个安防监控系统的重点在于对人员、车辆、物品、产线、实验室等的实时监控，防患于未然。在满足安全防范级别的要求前提下，在确保系统稳定可靠，性能良好的基础上，在考虑系统的先进性的同时，按需选择系统和设备，做到合理、实用、降低成本，从而达到极高的性能价格比，降低安全管理的运营成本。



图 18 怡宁园区门禁告警与视频多系统联动

在智慧运营中心对园区 ICT 基础设施包括业务应用系统、服务器、办公网、安防网、智能网、物联网设备进行统一管理监控，以全网拓扑视角关注 ICT 节点对业务的影响，通过管理节点运行状况，告警情况，流量情况。另外，对园区的空间以及环境状况进行管理，如空间功能分区，园区位置查询，以及空间环境温湿度、空气质量等状况进行监控。

智慧运营中心，通过与 GIS 系统对接，对园区的空间进行 2D/3D 呈现，并支持位置查询。通过与路灯或会议室环境控制模块等与物联系统对接，实时收集园区内各区域内环境信息，或可联动控制空调、照明等系统。

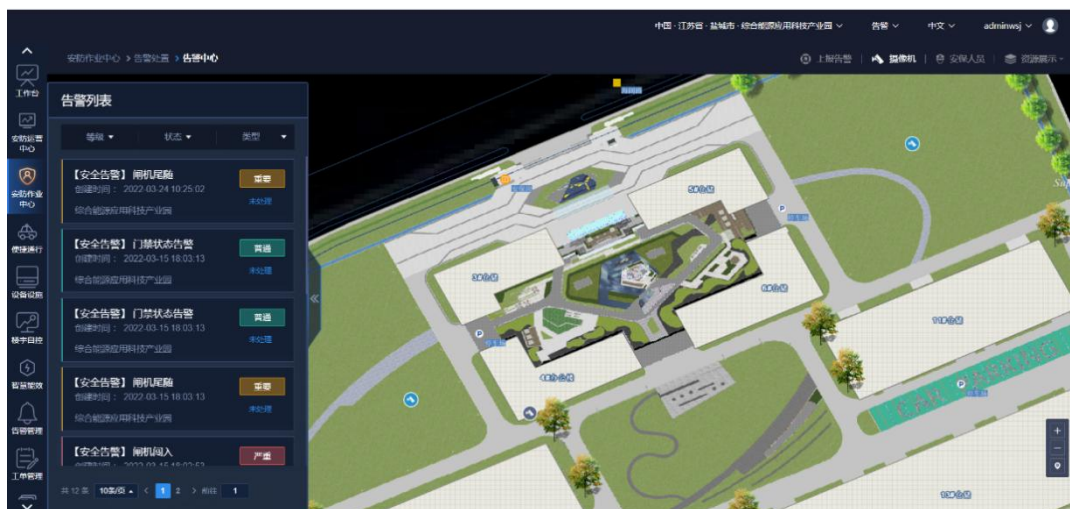


图 19 怡宁园区综合管理

IOC（运营控制中心）作为零碳智慧园区系统的报告中心、指挥中心和统一入口，支撑园区能源、碳和综合管理运营状态可视化、业务分析和预警以及辅助决策和执行，实现园区能源、碳及综合管理运营状态的可视、可管、可控，完成园区数字化运营目标。



图 20 怡宁园区运营控制中心 IOC

3. 案例总结

“三个转型”助推园区数字化绿色化协同发展。一是能源转型。绿色能源替代化石能源，清洁能源占比 85%，终端消费电能占比 100%，源-网-荷-储全域协调优化，通过智慧运营分析实现可视、可管、可控，节约电能 300 万千瓦时/年。**二是数字化转型。**万物互联实现全要素实时感知，打通信息孤岛，全域融合、统一管控，智慧决策支撑业务敏捷开发，设施效率提高 25%。**三是零碳转型。**全价值链碳足迹监测、统计和披露，碳资产全生命周期管理，碳、能联动，碳、能决策优化，减少碳排放 5600 吨/年。以江苏怡宁能源微碳慧能科创产业园项目为代表案例参加 2022WSIS 信息社会世界首脑峰会年度大奖的评选，最终荣获 WSIS2022 冠军奖。

“三个效益”实现经济、社会、生态全面协调发展。一是环境效益。打造多能互补微网，有效提升园区清洁能源占比，采用就地生产、就地消纳的供应形式，集中式和分布式相协调互补，在微能源网内实现自发自用，能量平衡，实现能源综合转换效率的提升。**二是管理效**

益。通过物联网、云计算、大数据和人工智能等新一代信息技术，建立集“视管控营”一体的综合运营与管理平台，实现物与物、人与物、人与碳、物与碳、碳与能的联接，实现对设备、能源、人员和环境的精细化管理和服务，使得园区综合管理的运行效率和准确率有了极大地提升。**三是社会效益。**园区开展综合能源项目建设，加快业务向用能服务转型，加快经营向质量效益转型，在综合能源网络、能源管理平台、能源服务模式多方面形成示范应用，助力实现国家“碳中和、碳达峰”战略目标。

（三）富阳循环经济产业园利用数字技术赋能垃圾处置厂降碳³

1. 案例概述

生活垃圾处理设施是城镇环境基础设施的重要组成部分，是实现垃圾减量化、资源化、无害化处理的基础保障。加快推进生活垃圾处理设施建设，是改善城镇生态环境、保障人民健康的有效举措。

“十三五”期间，全国新建垃圾无害化处理设施 500 多座，城镇生活垃圾设施处理能力超过 127 万吨/日，生活垃圾无害化处理率达到 99.2%。根据“十四五”规划，到 2025 年底，全国城市生活垃圾资源化利用率达到 60%左右，同时要求完善全过程监测监管能力建设，依托大数据、物联网、云计算等新兴技术，加快建设全过程管理信息共享平台，通过智能终端感知设备进行数据采集，进一步提升垃圾分类处理全过程的监控能力、预警能力、溯源能力。

在国务院印发的《2030 年前碳达峰行动方案》中，指出要实施“循环经济助力降碳行动”，充分发挥减少资源消耗和降碳的协同作用，推进产业园区循环化发展，大力推进生活垃圾减量化资源化。环境产业是循环经济产业体系中的重要组成部分，生活垃圾处理与每个人息息相关，聚焦从垃圾产生到处置的全生命周期，特别是落地垃圾处置循环经济产业园区的减排降碳，是环境产业践行双碳战略的一个有效措施。

垃圾处置厂在运营过程中，一方面存在效益低的难题，伴随国家

³本案例所有信息均来自青岛国真智慧科技有限公司

监管标准提高和成本增加的压力，企业运营主要依靠政府补贴维持；另一方面践行“双碳”战略过程中，缺少有效碳核算和碳减排优化的工具，国家备案及国际通用相关方法学数量多且复杂，企业购买咨询服务费用高、时效短、线下盘查数据采集难、耗时长、人工成本高，急需操作简便、快捷高效的碳资产管理变现产品。

利用数字技术赋能垃圾处置厂降碳解决方案案例应用于杭州市富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目。项目位于杭州市富阳区，设计规模日处理 300 吨餐厨/厨余垃圾，项目资源化利用后，年发电量 700 万度、年产工业油脂 3000 吨，可实现项目减量化、无害化、资源化处置，是浙江省的重点示范项目。该项目工程于 2020 年 5 月开工建设，2020 年 12 月餐厨垃圾车进场卸料，历时 7 个月，实现了可视化、智能化、平台化的运营管理，用实际行动响应杭州提出的打造全国数字经济第一城的号召。

项目利用智慧微平台技术与 Eiiplat 环境产业互联网平台灵活对接，建立生产管控平台，将智能化深度融合各个生产环节，使“E 平台+微平台”与先进的工艺技术相结合，不断从 E 平台更新最新增效模型，优化生产工艺与调度，实现持续增效。

伴随“2030 碳达峰、2060 碳中和”双碳目标上升为国家战略，杭州滨河新能源有限公司积极探索利用数字技术赋能园区降碳的发展路径，并于 2021 年 2 月启动降碳平台建设。一方面，园区生产管控平台的建立，保证了园区各项目单元生产、运营、设备数据采集完备，为运用相关方法学核算循环产业园区碳排放、碳减排等指标奠定

了基础；另一方面，多年来，针对环境行业碳足迹追踪持续投入研发，并率先开发出了面向环境产业的碳资产管理产品——双碳数据中心，能科学有效地为园区实现碳指标核算、碳足迹追踪、碳减排优化、碳资产管理与碳交易收益。

富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目内各工艺单元运行情况良好、各类数据采集相关传感器、智能网关硬件设施完备，以此为基础利用数字技术赋能富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目降碳。

2. 应用场景

场景：生态循环经济产业园区



图 21 富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目

富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目采用的是以“餐厨预处理+CSTR 厌氧发酵+沼气利用+水处理+除臭”为核心的处理工艺，项目包括了预处理单元、厌氧净化及固液分离单元、沼气利用单元、污

水处理单元和除臭单元。

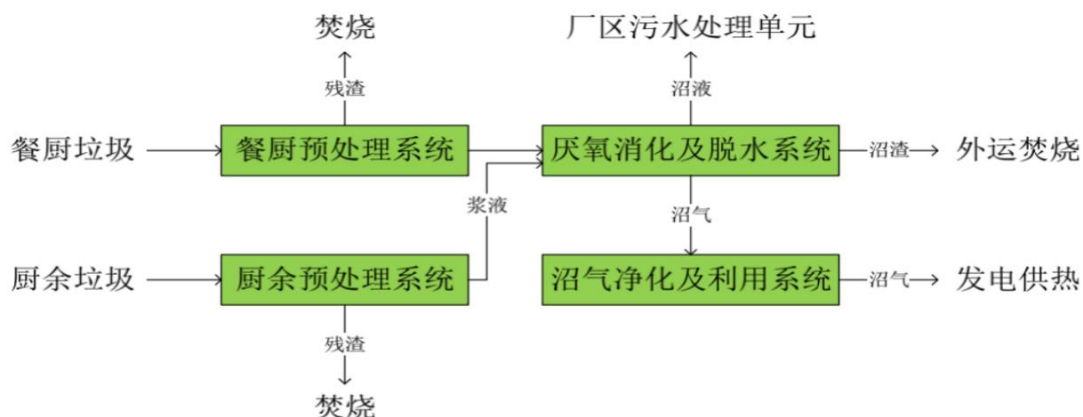


图 22 富阳区垃圾处置总体工艺路线

餐厨废弃物和厨余废弃物进场地磅称重后卸至接投料仓，进入不同的预处理生产线。餐厨垃圾通过无轴螺旋输送进入水力洗浆机、破碎分选一体机分别去除重物质和塑料轻物质，制浆后与废弃油脂混合，经过加热后进入三相分离机，进行全物料提油，三相分离之后的浆料与分选破碎制浆的厨余垃圾浆料混合泵入 CSTR 厌氧单元进行厌氧消化，产生的沼气经生物脱硫系统净化后进入气柜暂存，经净化增压后发电和供锅炉燃烧。产生的沼渣沼液进入固液分离系统实现固液分离，分离出的沼渣送入焚烧厂，沼液进入污水处理单元处理，处理达标后进入城镇排水管网排放。

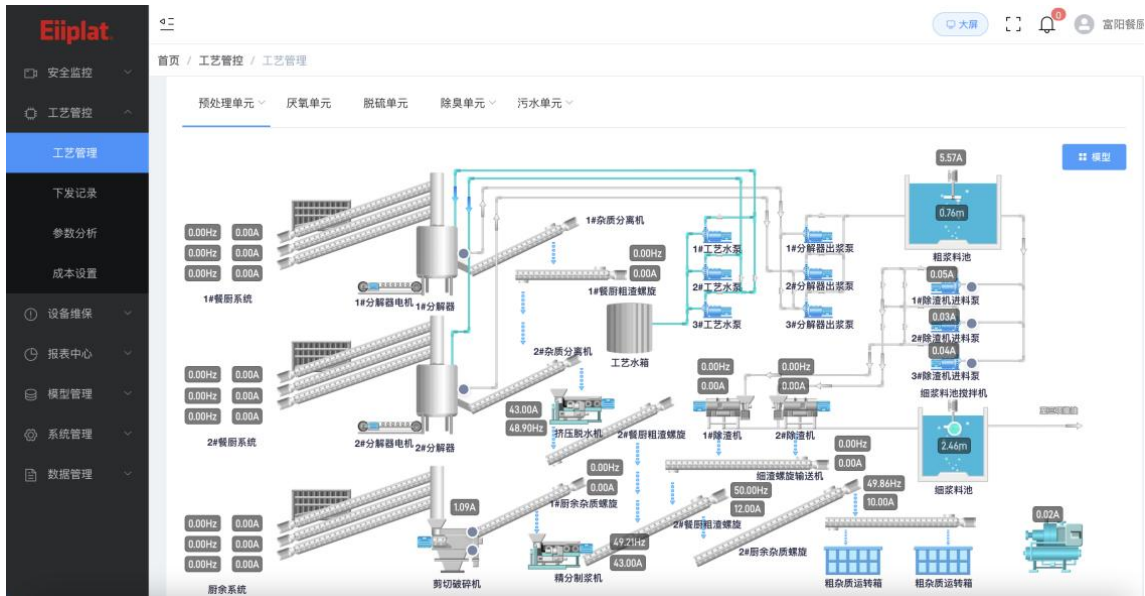


图 24 富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目生产管控平台

区内垃圾处置产生的甲烷作为清洁能源替代温室气体效应强的化石燃料，由此实现碳减排。与此同时，车辆运输、人员出行、园区用电用气、上下游供应链等方面又存在相应的碳排放。

对于循环经济产业园区而言，实现碳中和存在着碳核算、碳减排优化、碳资产管理三方面的难点。首先，实现碳中和的前提是摸清园区的碳家底，包括在明确核算边界内园区的碳排放量与碳减排量，找出二者之间的差距，明确实现碳中和需要补充减排的量（通常情况下，循环经济产业园为碳减排项目）；第二，园区可以采用相应的手段来提升碳减排，比如优化车辆出行路径、鼓励人员绿色出行、生产工艺优化等；第三，如果能够将园区的碳减排量转化为碳资产，并在碳市场上进行交易，将能够进一步强化园区的减排动力，并为园区带来新的收益。

富阳区循环经济产业园餐厨垃圾处置项目实施的双碳数据中心能够有效地解决以上问题，并具备良好的实施成效。双碳数据中心是基于 E 平台（Eiiplat 环境产业互联网平台）和微平台，利用国家备案方法学打造，并通过双碳微平台落地应用的软硬件配套的智慧化系统。通过双碳微平台及相关传感设备进行数据采集，在中台进行数据传输、存储与优化，支撑上层功能实现，为不同用户提供服务。



图 25 富阳区垃圾处置产品架构

双碳微平台是平台功能的延伸或分布式平台，能够进行边缘侧智能管控，满足企业数据和系统私有化部署需求，随时与平台连接，在此基础上实时精准采集碳相关监测数据及生产数据，沉淀模型算法优化工艺减少碳排放。

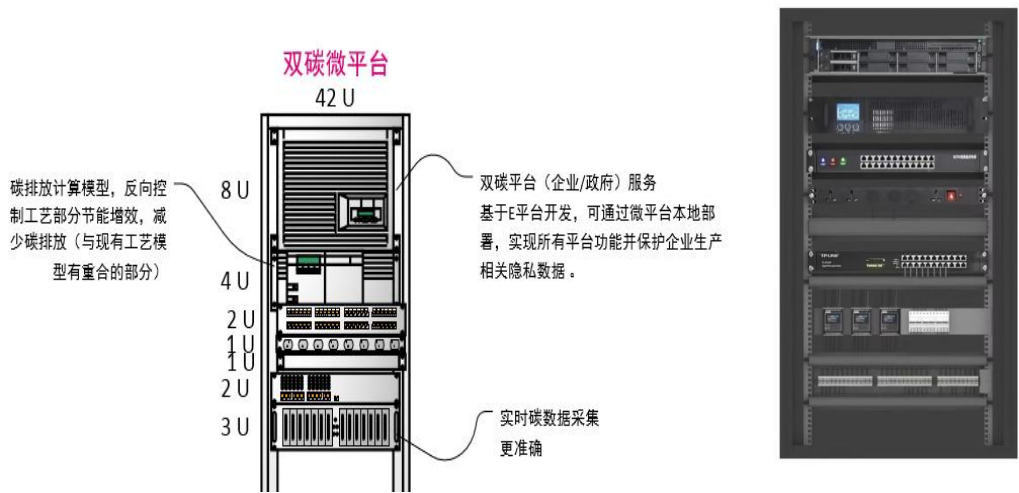


图 26 富阳垃圾处置双碳微平台

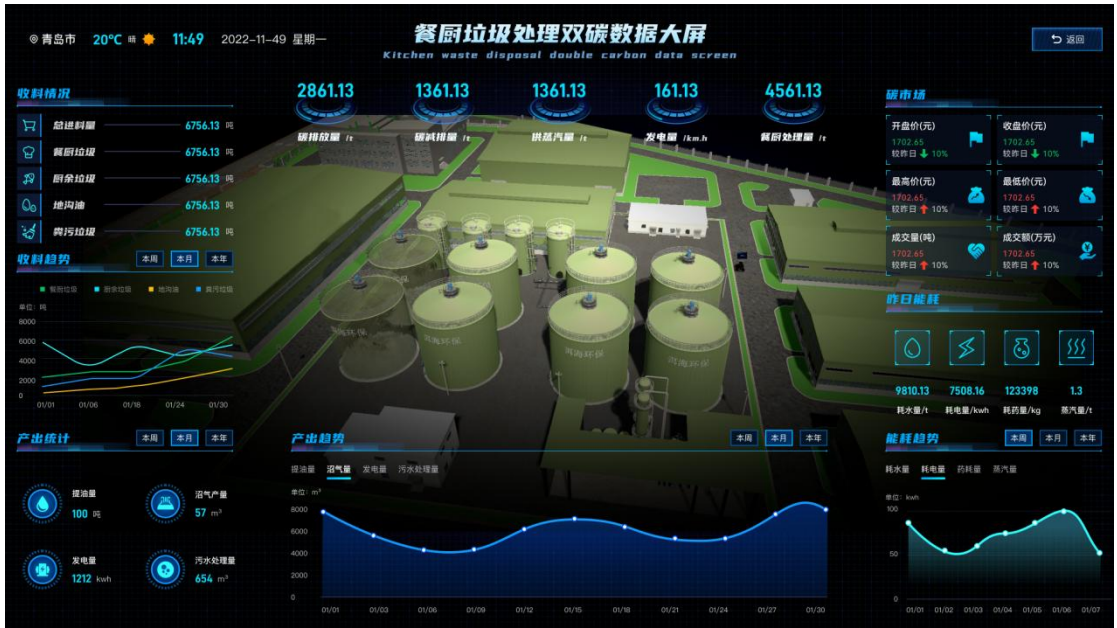


图 27 餐厨垃圾处理双碳数据大屏

一是摸清碳家底。双碳数据中心积累了大量方法学，不同场景下的园区可结合自身的实际情况进行信息填报确认，系统自动筛选出适用的方法学及对应的项目边界、基准线情景，通过对相应的参数指标进行监测，能够计算出园区实际的碳排放量和碳减排量，从而摸清碳家底。



图 28 富阳区垃圾处置碳核算

根据国家发改委备案的方法学 CMS-001-V02 用户使用的热能，可包括或不包括电能和 CMS-016-V01 通过厌氧分解进行甲烷回收，项目碳核算的边界为餐厨厨余垃圾从产生单位运输至处理后，进行厌氧发酵，产生沼气一部分进入燃烧锅炉产生蒸汽进行供热，另一部分进入沼气发电机发电上网，产生的沼渣外运至焚烧厂焚烧。

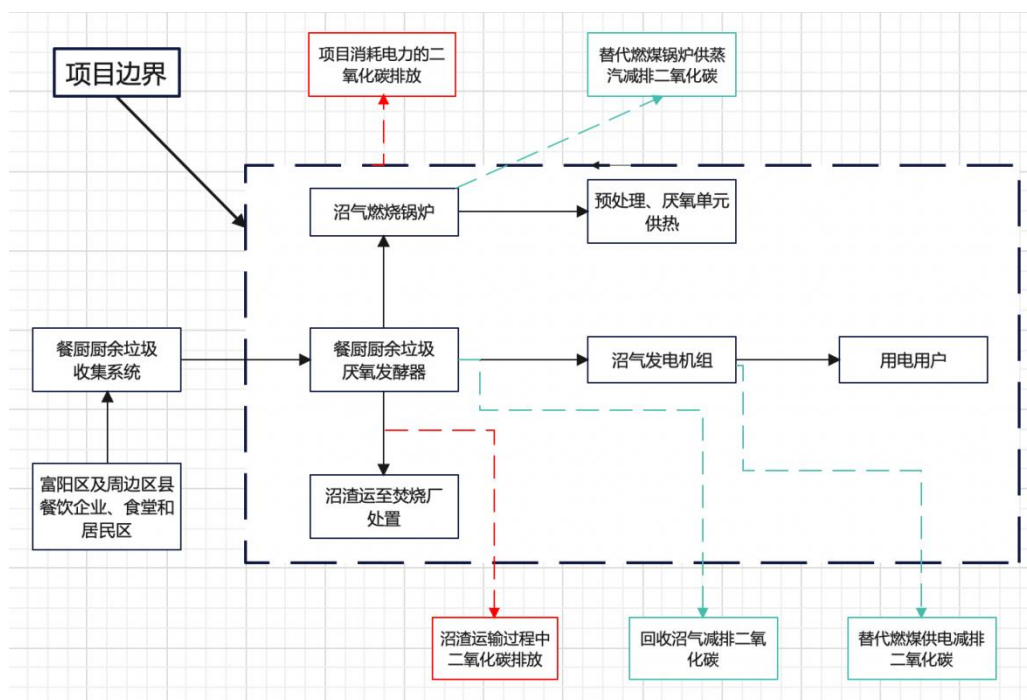


图 29 富阳项目碳核算边界

该项目碳排放主要包括沼渣运输过程中的 CO₂ 排放和项目消耗电力的 CO₂ 排放；碳减排主要包括回收沼气减排、替代燃煤锅炉供蒸汽减排和替代燃煤供电减排。通过双碳数据中心，能够实时监测碳核算相关的生产指标，通过内置算法高效便捷地核算项目碳减排和碳排放，摸清企业碳家底。该项目的碳减排量预计在 4 万吨以上。

二是碳减排优化。双碳数据中心以减碳为目标，建立各项目单元生产指标参数与碳排放量、碳减排量指标的关系，通过大数据分析和

云计算，确定算法模型，找到碳减排优化的生产指标最优值，从而指导生产，实现减排优化。

基于富阳项目已应用的沼气产量预测模型，智能设备降耗模型、智能提油增收模型，建立预处理、厌氧、脱硫、污水、沼气利用等各工艺单元生产指标与碳指标之间的算法模型，伴随数据分析与挖掘，逐渐找到经济指标与碳指标之间的最优平衡点，反向控制生产过程，实现最优降碳效果与经济收益，综合增效 30%以上。

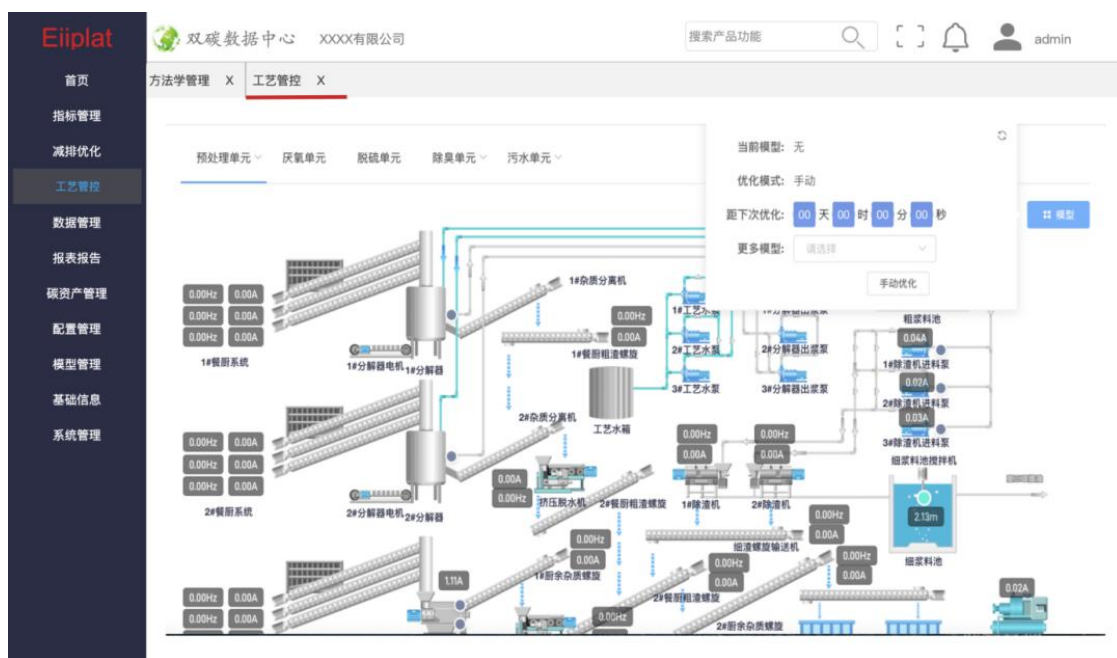


图 30 富阳区垃圾处置碳减排优化

三是碳交易收益。在国家核证自愿减排量申请开放后，双碳数据中心将帮助园区进行 CCER 碳资产申请，获得 CCER 后在碳市场上进行交易，帮助园区获得新的收益，同时对接碳交易平台，实现对碳资产的管理。伴随厂区垃圾处理量提升和工艺优化，碳减排量可达四万吨以上。以市场价 40 元/吨测算，预计实现年收入 160 万元以上。

序号	节点	状态	创建时间	最近更新时间	操作人员	操作
1	项目概况说明	已上传	2022-01-22	2022-02-01	王小二	详情 编辑 下载模版
2	项目备案文件	已上传				详情 编辑
3	企业营业执照	已上传				详情 编辑
4	项目环评审批文件	已上传				详情 编辑
5	项目可研报告审批文件	已上传				详情 编辑
6	项目节能评估和审查意见	已上传				详情 编辑
7	项目核准文件	已上传				详情 编辑
8	项目开工时间证明文件	未上传				详情 编辑

图 31 富阳区垃圾处置碳资产管理

3. 案例总结

数字技术赋能垃圾处置厂降碳带来多方面提质增效成效。一是摸清园区碳家底，核算园区碳排放量和碳减排量，明确碳中和目标；二是输出碳减排路径，结合生产过程工艺，建立算法模型，通过工艺管控实现碳减排优化；三是探索碳资产增值，通过项目为未来申请 CCER 碳资产并进行交易做准备，为园区创造新的收益增长点。

率先在环境产业领域实现数字化与绿色化相结合。一是聚焦环境产业碳中和。该案例大力推进生活垃圾减量化资源化，充分发挥减少资源消耗和降碳的协同作用，为“双碳”目标在环境产业的落地提供了示范。二是以数字技术与绿色技术融合应用推动碳中和。借助大数据、云计算等科技力量，将降碳过程与工艺管控相结合，实现碳减排优化。

投资回收周期更短有利于同类园区借鉴。双碳数据中心软硬件设

施投资回收期通常不超过一年，项目业主更加有动力进行投资。园区餐厨/厨余垃圾处理预计年减排量 4 万吨，以市场价 40 元/吨测算，预计实现年收入 160 万元。同类循环经济产业园区可借鉴此案例实现碳中和路径进行自身碳中和规划，摸清园区碳家底，实现碳减排优化，进行碳资产管理和碳交易收益。

（四）辽宁双碳赋能中心及生态园区⁴

1. 案例概述

辽宁省沈抚改革创新示范区位于沈阳、抚顺两市之间，地处东北亚中心及东北老工业基地的核心区域。沈抚改革创新示范区聚焦“实现高质量发展”和“发挥示范引领作用”，全力打造三区一引擎发展目标，确立以新一代信息技术为支撑的数字经济、信息技术应用及装备、人工智能和智能制造、生命健康、新材料和氢能、现代服务业六大主导产业，全力建设创新能力强、开放程度高、营商环境好、生态环境优的宜居、宜业、宜游、宜创沈抚示范区。

辽宁双碳赋能中心及生态园区通过“数字+降碳”模式，运用大数据、云计算、AIoT 技术、人工智能等先进技术，将多方数据打通，全面整合电力、水务、燃气、政府、社会等多方系统平台数据，以企业能源碳排放量、清洁能源碳减排量、交通电能替代碳减排量等能源碳排数据为分析对象，为政府部门、能源企业、用能客户提供能源碳监测、能源碳评估及能源碳预测等功能。

2. 应用场景

场景 1：双碳能源互联网平台

国家“智能制造 2025”、“工业互联网+人工智能+大数据”、“碳中和碳达峰”等政策推出，为国内产业转型指明了方向，工业互联网是智能制造体系的外延，随着“双碳”提出，更是让工业互联网融入了“碳”元素；融入“碳”元素工业互联网发展成为新的数字驱动的

⁴本案例所有信息均来自阿里云计算有限公司

主题。

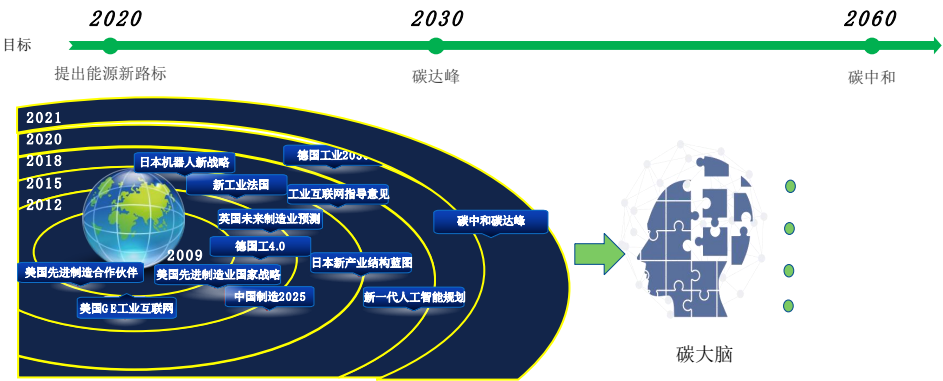


图 32 工业互联网逐步融入“双碳”元素

依托双碳能源互联网平台，结合 GIS 技术，并通过综合运用数字技术和物联网技术为数据赋能，驱动“智能+”在各个细分领域的渗透，为工业 4.0 和平台企业提供全产业链的数字孪生（Digital Twin）一站式解决方案，为企业提供智能制造服务（智能工厂、智能仓储、企业管理 SaaS）、无人仓储、区块链产品质量追溯。

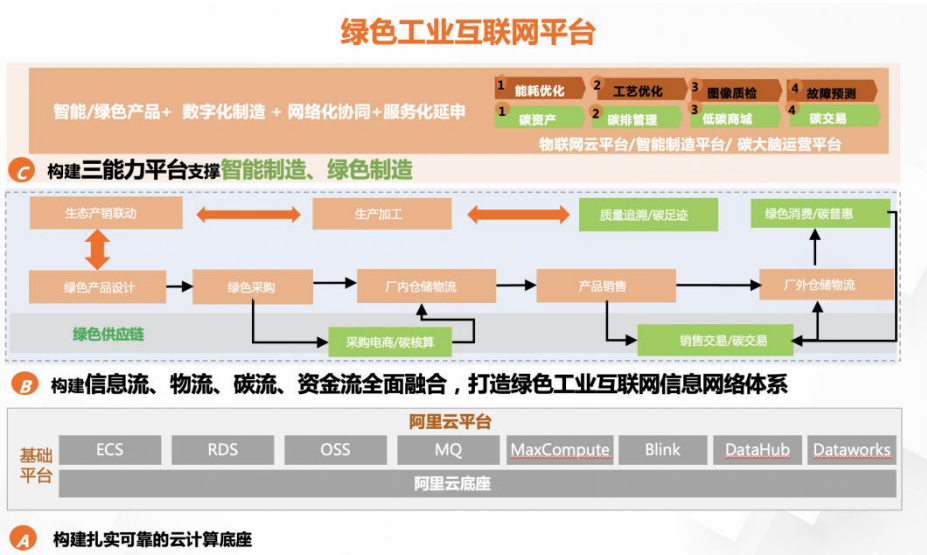


图 33 沈抚绿色工业互联网平台架构

场景 2：双碳节能减排服务平台

通过构建能源碳排监测算法，提供能源碳排热力图，反映区域能源碳排情况；以区域、行业、企业能源碳排监测数据为基础，利用大数据算法，对能源碳达峰做出判断。提供全省屋顶分布式光伏一站式解决方案，支撑全省光伏建设的事前规划、事中建设、事后运维服务，提供 CCER 等增值服务；同时建设全省碳监管分析平台，支撑政府盘清碳排家底。通过智能物联、安全交互、资源禀赋、储能聚合、能效动态响应实现多源规划、电源调控、电能调解，建设双碳能源服务平台，推动节能减排。

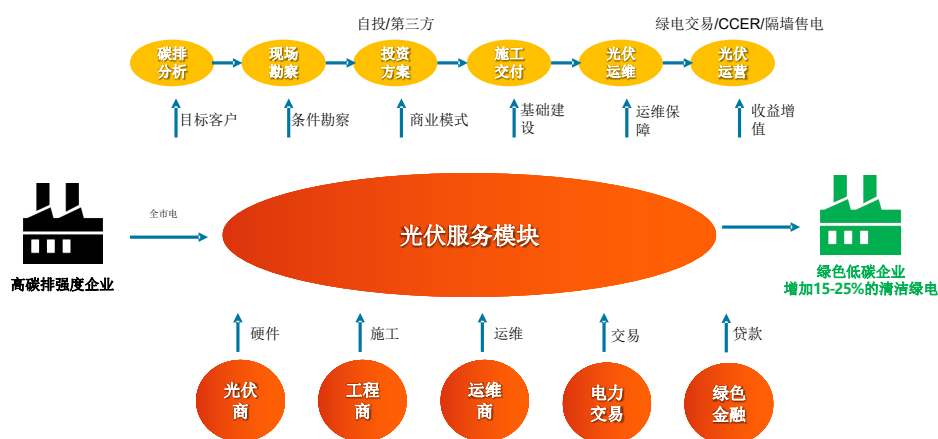


图 34 沈抚双碳服务平台清洁能源管理示例

场景 3：双碳清洁发展服务平台

建设双碳清洁发展机制管理平台、碳排放标准及低碳技术目录、低碳标识和认证推广平台、气候变化风险评估平台。以区域历史 GDP、用电量、清洁能源占比等数据为基础，为产业链上下游提供能源碳排放趋势预测建设双碳温室气体排放目标责任评价考核、为企业提供碳排放交易管理数据分析清洁发展服务。



图 35 沈抚双碳服务平台可视化全景示例

场景 4：双碳运营中心

通过本地云底座支持双碳建设，构建政府碳大脑，通过多行业数据整理，多尺度分析，多维度管理来生成碳全景认知与追踪大屏，构建看得到、看得清、定目标和定施工图的碳沙盘推演平台。

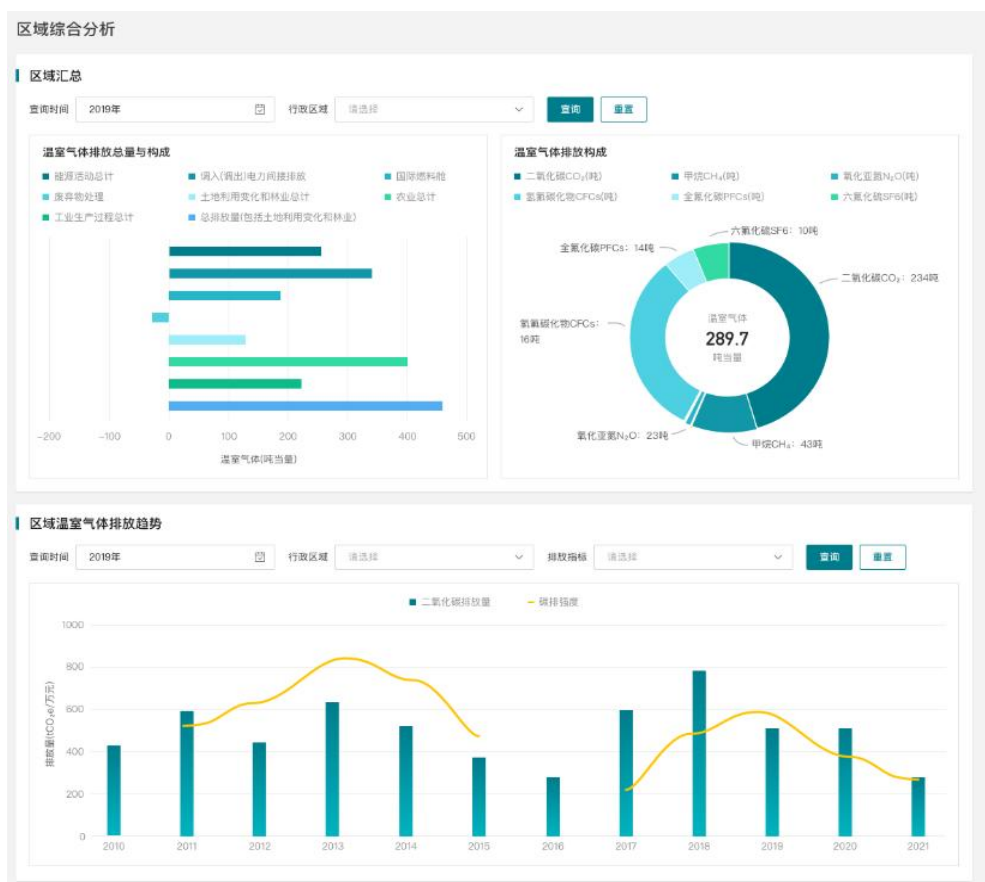


图 36 沈抚区域综合分析

建设碳排放交易管理数据分析平台，通过对比国家及省、市的用能定额、限额量化指标，以及能耗标准等，为政府提供碳交易的数据分析；并且对每阶段的碳排放情况进行分析，将碳排放单位每阶段（按日或月）的煤耗、电耗、油耗、气耗、水耗作成曲线图，分析走势，归纳总结；另外还包含金融融资、绿电交易等增值功能。



图 37 沈抚行业综合分析

全面支撑政府宏观调控，便于直观了解区域、行业等维度的碳排放和碳积分交易量情况，帮助政府调控双碳进度，以推进双碳目标达成。



图 38 沈抚行业推演应用情况

场景 5：双碳赋能中心

构建辽宁省综合能源管理平台（包括供能管理、用能管理、双碳管理、双控管理），构建企业级综合管理平台（包括低碳能源托管专家、智慧用电服务、工业水处理系、空压站云智控、企业能源管理、企业节能服务、企业用能优化碳中和服务）。



图 39 沈抚企业综合分析

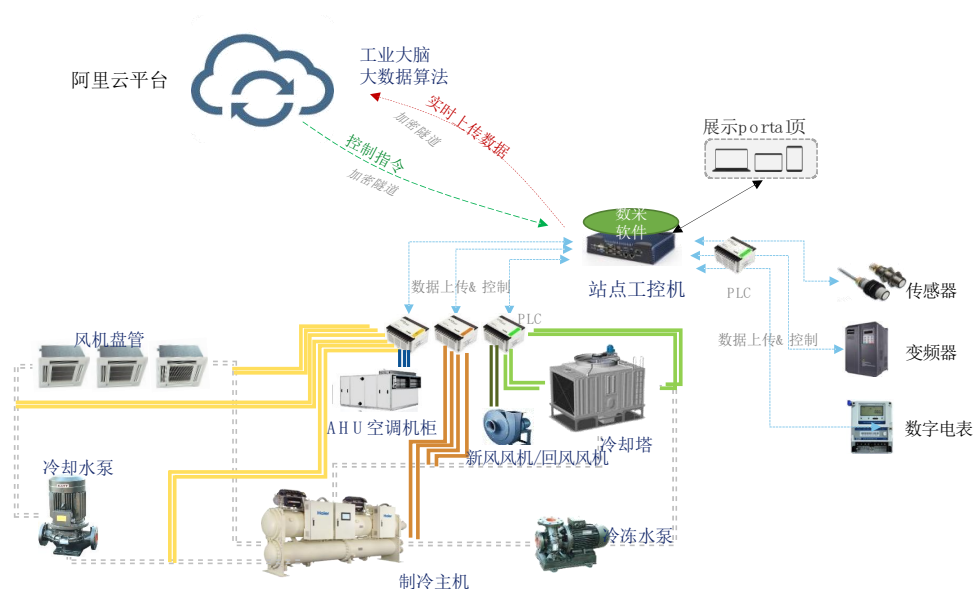


图 40 沈抚空调与通风系统综合能耗优化应用

场景 6：双碳金融、电商服务平台

基于供应链的金融服务和平台数据的风控模型，增加平台用户的有力抓手，建设双碳金融服务、电商营销平台、企业采购平台、金融 PaaS 平台、金融 SaaS 服务，为企业构建线上交易平台和提供供应链大数据服务。

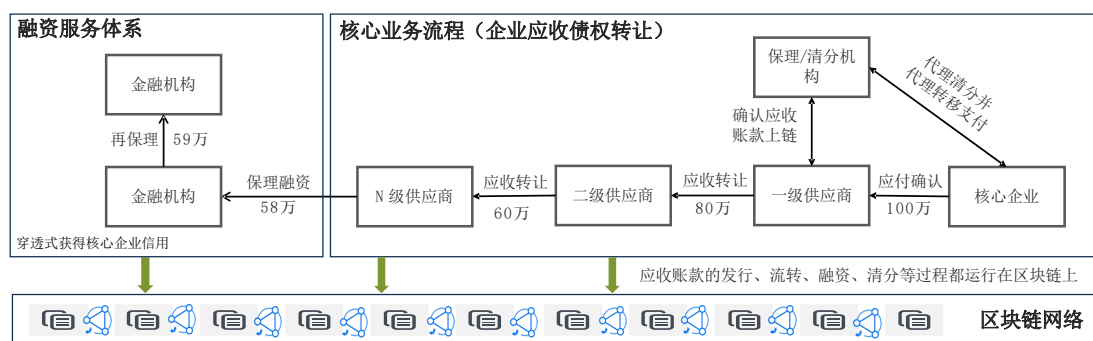


图 41 沈抚低碳金融服务体系图

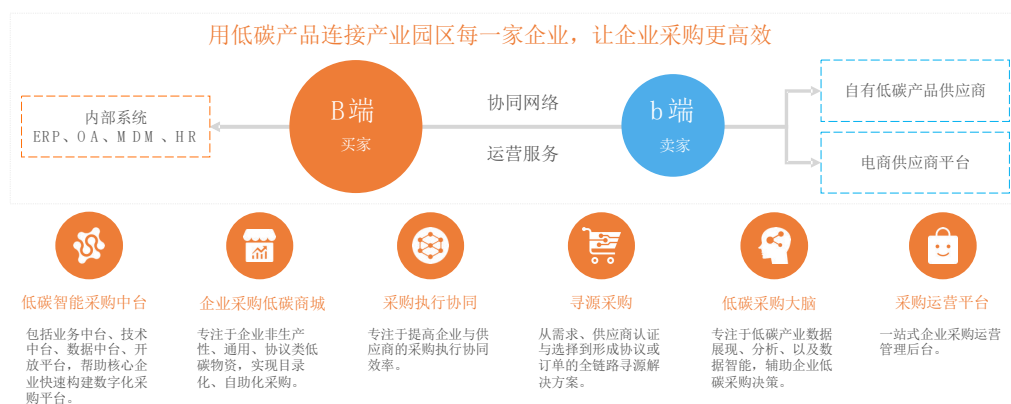


图 42 沈抚低碳数字化采购平台架构图

3. 案例总结

发挥数据资源优势，构建场景化降碳减排解决方案。双碳赋能中心聚焦“双碳”背景下的数字经济发展，搭建应用场景，促进企业的长期可持续发展，充分发挥辽宁产业数字化的场景资源优势和数字产业化的数据资源优势，有效支撑了建设“数字辽宁、智造强省”。截

至 2022 年 3 月，已经有 752 家企业通过辽宁双碳赋能中心的数字化平台支撑来解决企业面临的碳排放合规、碳资产运营和优化等问题。

帮助政府看得见看得清碳排数据，提升双碳治理工作水平。双碳赋能中心的基于碳排放全景数据，建设数据接入、配额监视、高排企业监测、排放核算等模块，帮助政府看得见碳排放。基于碳排放数据的追踪深度分析，对重点行业、企业、环节进行追踪，帮政府看得清碳排放，支撑政府有效地制定达峰目标与减碳路径。

智慧运营服务供给，调动市场主体碳管理积极性。双碳赋能中心为行政区域内的行业、企业建立包含碳排放的综合生态账户管理体系，完善碳排放数据收集系统及碳账户数据核算体系，通过城市低碳运营等措施，鼓励用能主体参加自愿碳交易市场，并带动低碳服务产业的发展，为双碳战略进一步落地提供了有效支撑。

（五）基于高精度气象装备的绿色能源感知⁵

1. 案例概述

2020 年底 3060 “双碳”目标提出后，2021 年 3 月 12 日，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》全文发布，其中要求能源行业加快推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系。光伏、风电为代表的新能源在新型电力系统中逐渐占据主导地位，但此领域缺乏针对性强的专业气象服务。预计从 2020-2030 年，我国能源消费总量将增加 20%，非化石能源是满足这部分增量的关键，占一次能源比例将从 16.4%提升至 26%。截止到 2020 年底，我国光伏装机容量为 253.43GW，风电装机容量为 281.53GW，如到 2030 年需完成 1200GW 新能源装机量的目标，那么在未来 10 年间需要完成 665.04GW 的增长。

由于风电、光伏本身所具有的随机性及波动性，其大规模接入电网对电力系统的安全稳定运行带来了冲击，提前预测风电、光伏在多种时间尺度上的输出功率，并根据预测结果预留消纳空间是我国提高新能源消纳水平和保障电力系统安全的重要手段。更为准确可靠的功率预测，是使之从“可用”到“好用”，妥善安排生产计划、维持系统安全、维护能源市场供需稳定、提高能源利用效率所急需的关键技术之一，是解决新能源消纳难题的“牛鼻子”。

由于风电和光伏“靠天吃饭”的属性，作为电站功率预测的重要输入，所在位置气象观测数据和数值天气预测的精度在很大程度上决

⁵本案例所有信息均来自南京旗云中天科技有限公司

定了功率预测的水平。本项目针对市场上多数分布式电站气象装备落后或缺失、环境监测数据精度不高、偏差随季节波动大、系统效率过百现象普遍，历史数据基本不可用，运维团队无法进行数据挖掘，组件的衰减缺少数据支撑，项目年度考核指标无数据支撑，项目检修等运维工作较主观，可能损失应发电量等问题，引入了高精度能源气象装备及数值预测技术。通过这些高精度装备和数据，提升了光伏电站运维智能化水平，提高发电小时数，增加了电站收益。

2. 应用场景

场景 1：分布式光伏电站运维、功率预测和资源评估

此方案适用于地面式和屋顶式光伏电站，通过在电站加装的高精度能源气象装备，可以测量电站所在位置太阳辐射、背板温度、气温、气压、湿度、风向、风速和降水等气象参数，同时通过装备云端为光伏电站提供数值天气预报和功率预测。显著改善了数据质量，电站 PR 诊断误差在现有基础上平均下降约 60%。数据可有效支撑电站运维智能化水平、改进运维策略、提高发电小时数、支撑收益考核等。



图 43 江苏某分布式光伏电站（地面式）



图 44 江苏某分布式光伏电站（屋顶式）

场景 2：集中式光伏电站运维、功率预测和资源评估

此方案适用于大型集中式光伏电站，通过在电站加装的高精度能源气象装备，可以测量电站所在位置主测光站和辅测光站，测量太阳总辐射、散射辐射、背板温度、气温、气压、湿度、风向、风速和降水等气象参数，同时通过装备云端为光伏电站提供订正数值天气预报和功率预测。显著改善了数据质量，电站 PR 诊断误差在现有基础上平均下降约 60%，减少了功率预报考核的压力等。同时，高精度观测数据和预报数据可有效支撑电站运维智能化水平、改进运维策略、提高发电小时数、支撑收益考核等。



图 45 新疆某大型集中式光伏电站

场景 3：重大天气主动感知与预警

此方案适用于所有类型电站和电网。通过在电站或者输配电线路位置加装高精度能源气象装备一体机，为目标提供冻雨、大风、雷电、寒潮、高温等重大灾害天气感知与预警，构建立重大天气多级评价指标，构建地域重大天气主动感知体系、实现重大天气自动判别和过程影响评估。

3. 案例总结

显著改善数据质量。高精度能源气象装备数据精度较原有装备提升 15-30 倍，电站发电效率（PR）诊断误差在原有基础上平均下降约 60%（如图所示，蓝色和红色原点表每日 PR 值，蓝色和红色粗实线表示一个时段的平均 PR 值）。

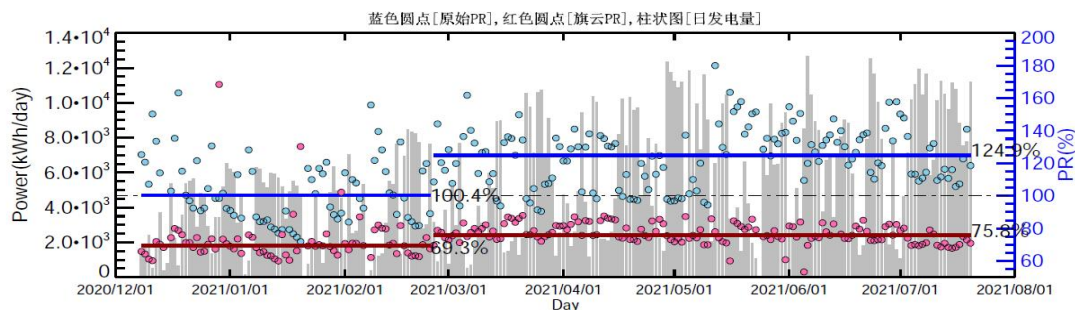


图 46 某电站采用高精度能源气象装备后，电站发电效率（PR）分析

高效提升运营水平。高精度观测数据和预报数据，有效解决了电站运维无数据支撑，项目检修等运维工作较主观等问题，提升了电站运维智能化水平，改进运维策略，增加了发电小时数和收益考核等。

（六）生态环境双碳云图赋能城市碳中和⁶

1. 案例概述

2020 年 9 月，国家主席习近平在第七十五届联合国大会上提出：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。2021 年初，我国进一步将“做好碳达峰、碳中和工作”列入当年政府工作报告中，在“十四五”规划中也明确了加快推动绿色低碳发展的规划。我国力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策。我国力争 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和，是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策。

“碳中和”相关目标之所以备受关注，原因之一在于，其涉及面广、影响深刻，势必对全球政治经济格局带来深刻变化，同时也意味着我国在经济发展、能源结构、技术革新、气候政策等方面都要进行全方位深层次的改革。另一个原因是，作为世界上最大的发展中国家，我国现行的碳排放规模、行业结构、资源能源结构都意味着要实现“碳中和”目标并非易事。与世界主要碳排放国家相比，未来将面临更加巨大的压力与挑战。

在碳排放交易及相关活动中，存在以下问题：一是区域精细化碳底数模糊。当前我国在省市区县等区域层面尚未建立碳相关数据的管理体系，对于区域内整体碳排放量、碳减排量、碳汇量不清晰，数据

⁶本案例所有信息均来自罗克佳华科技集团股份有限公司

分散至各个企业、各个单位，尚未形成统一的数据管理体系，且数据时效性较差，同一数据的来源有多个采集渠道，由于不同部门的信息管理渠道与数据标准存在差异，因此底层数据质量参差不齐，造成了在碳达峰碳中和任务中领导决策缺少横、纵向可量化分析的数据基础，严重制约了区域碳排放管理效率和相关服务能力。

二是碳相关信息化能力缺失。当前区域企业用能计量和监测器具配备不全不准，信息化程度低，导致检测结果集中难，影响碳排放核算。碳相关管理部门在面对繁杂多变的区域碳管理场景，运用信息化管理方式可以实现时空局限小、智能程度高、成本低等特点有效疏解当前区域碳管理面临的难题。

三是缺少低碳专业智库。区域内各企业涉及诸多行业，各类企业排污特点不一、温室气体排放结构不同，且环保设施种类繁多；同时区内工作还涉及环境评价、排污许可、清洁生产、环境检测等多项业务，每项业务各具特色，遇到的问题也五花八门。然而由于未建立环保低碳专业团队工作机制，实际工作中缺少专业的理论、技术指导。

本项目以赋能城市企业实现“促进低碳发展、服务环境管理、改善环境质量、防范环境风险、提供重要信息化工具和手段”为目标，形成“环保低碳一体化”环境管理体系，明晰双碳目标下的时间表、路线图、施工图等。项目建立区域温室气体管控平台、双碳+环保贴身专家服务，助力政府部门摸清区域碳排放、碳汇底数，明晰重点减排方向，助推实现碳达峰、碳中和。本项目是积极探索双碳可持续发展的实现路径和创新举措，是可操作、可复制、可推广的区域低碳新

模式，佳华科技将利用高新技术优势，不断助力各省市及相关企业探索双碳愿景的实现路径，贡献绿色发展的科技力量。

2. 应用场景

场景 1：企业碳排数据可信监测及核算

在区域碳达峰碳中和目标下，企业碳资产管理水平，快速实现低碳转型显得尤为重要。针对工业企业，实现基于区块链为底层核心技术支撑，对碳排放及碳交易相关过程中的物联网监测数据、文档文件数据、业务系统数据进行上链，确保数据真实可信、不可篡改，基于区块链智能合约联通重点温室气体排放单位、自愿减排业主单位、政府部门、金融机构、交易机构等，将双碳数据实时上链，以便管理机构进行监测和核算，为碳排放交易及相关业务过程中的数据交互提供保障，实现数据资产至碳资产的转化，助力工业企业在持续健康生产加工的过程中也能顺利实现双碳目标的达成。

碳资产是建立在碳排放数据基础上的虚拟资产，碳市场相对于其他市场更加抽象，企业碳排放数据的真实性、完整性和准确性是碳市场公信力的基石。内蒙古鄂尔多斯高新材料有限公司虚报碳排放报告案给全国碳数据质量管理敲响了警钟。《碳排放权交易管理办法》第六条规定：“省级生态环境主管部门负责在本行政区域内组织开展碳排放配额分配和清缴、温室气体排放报告的核查等相关活动，并进行监督管理”。生态环境部也在 2021 年 7 月 14 日国务院例行政策吹风会上表示下一步将“推进立法进程，加大对数据造假监管力度；加强监督指导，狠抓数据管理行为的处罚力度，加强执法保障；扎实开展

数据质量管理工作，严格落实碳排放核算、核查、报告制度。

当前碳排放数据报送基于排污权管理系统“碳排放数据报送”模块由企业进行月度报送，企业数据直接报送至生态环境部，省生态环境厅仅具有访问、查看权限。首先，任一有登录口令的用户均可通过开放网络进行填报，存在数据安全隐患；其次，数据均为手工录入、文件上传，缺少现场监测数据佐证；再次，省级生态环境部门在数据质量管理中肩负重要责任，但是数据传输路径并未经过省级部门，省级生态环境部门难以完全发挥其监管职责；最后，企业碳排放相关数据按月报送，核查以年度为周期，是事后核查，过程监管比较困难。以上问题对碳排放数据质量管理工作带来了较大的压力和挑战。

目前全国各地普遍处于“碳中和”的早期阶段，大部分地区还仅仅在做“双碳”目标的规划，如何将区域发展与企业碳排放、银行碳金融相结合，成为区域在稳步发展中实现双碳目标的重要一环。对此，区域政府要从管理和服务两个维度同时发力，才能取得较好的成绩。针对此现状，亟需加大企业、政府、第三方机构的数据共享交互机制，利用区块链技术实现企业碳排放数据、区域碳交易数据、银企金融服务的全链条跟踪、安全共享，数据共享，为政府掌精细掌握各行业、各企业、各时期的碳排放资料提供技术支撑，助力政府稳步推进双碳目标。

建立“碳链”体系，以企业碳数据为基础，建立一个串联政府监管部门、金融机构、企业、第三方机构的区块链体系。基于区块链底层服务实现统采共用，以区块链作为底层技术支撑，由政府监管部门

作为管理者，搭建一个数据交易共享同盟，并设立一种准入机制，让各企业、第三方服务机构等都入驻其中。为链上的金融机构、企业、第三方机构提供包括数字存证服务、共享交换网络，实现对各项碳数据的安全存证，各项碳数据均形成一个哈希值，数据具有唯一性，具有不可篡改的特征，企业与外部其他机构数据交换过程中，采用点对点的形式，保障数据安全。

企业碳排放碳减排相关的原始数据存放于企业本地，通过对企业碳排放数据进行数据标准定义、元数据管理、主数据管理形成统一的数据生命周期管理，提高碳数据质量后形成碳数据管理体系，最终形成企业碳数据目录。将目录上链，在平台端完成数据统计、共享态势分析、质量监控、数据管理、碳数据集建立、系统管理等，同时围绕碳核算、碳核查、碳交易等不同业务场景对数据进行分类，构成“数据橱窗”。基于数据橱窗，有权限的政府部门、金融机构、第三方机构可看到企业碳数据目录。根据数据所有权、行政权限、商业需求等，实现数据的购买交易，完成购买交易的数据可以按照需求进行数据的二次加工利用。

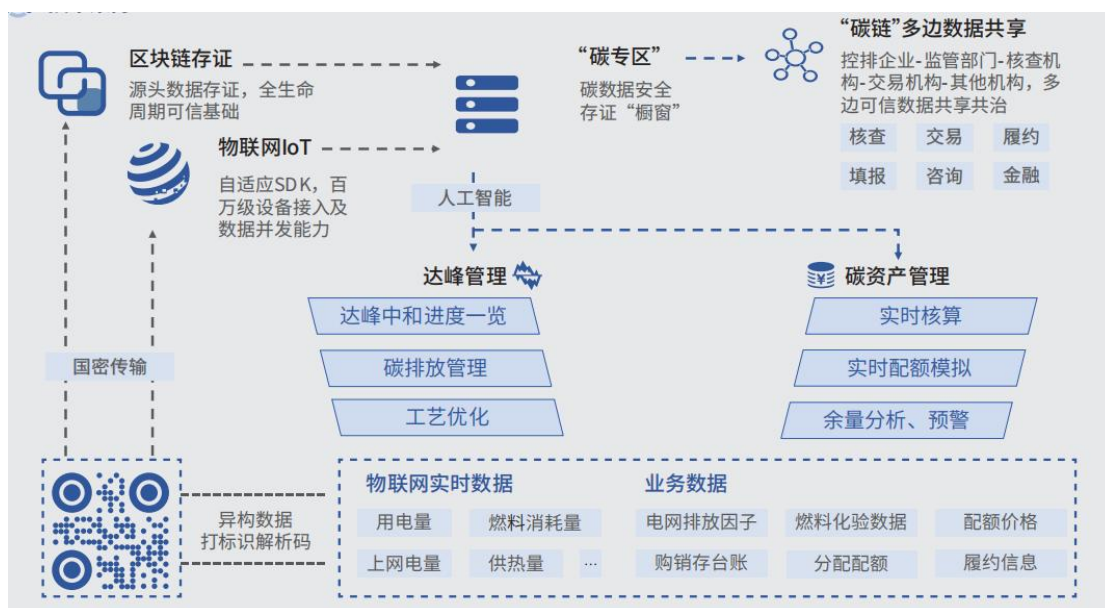


图 47 区域碳数据共享交互

通过联合相关政府部门、第三方服务机构、工业企业，共同构建“碳链”体系，形成多方参与、数据共享的“碳数据市场”，基于区块链和工业互联网技术，一是可保障数据的全生命周期可追溯、可查询，二是数据目录公开透明，各方的数据操作均留痕，确保数据不可篡改，让碳数据运行在阳光下，防止数据失真或造假，保障数据真实性和多方数据共享的安全高效性，从而为政府碳管理提供科学支撑，为金融机构发挥金融支持作用搭桥铺路，助力城市碳达峰碳中和目标的实现，推动碳达峰碳中和治理体系和治理能力现代化转型升级。



图 48 区域碳数据市场体系

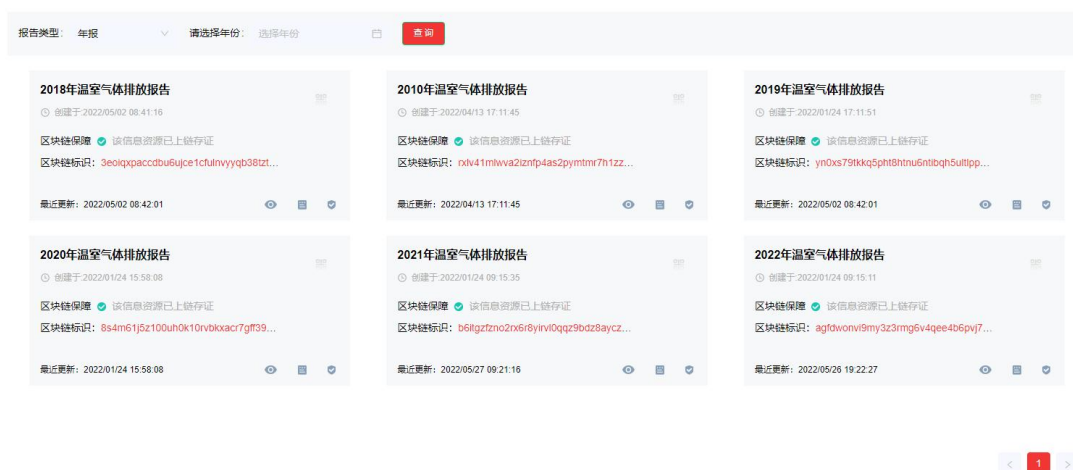


图 49 区域温室气体排放报告

场景 2：碳监测及数据交易

目前，企业面临着数据分散难收集、数据来源多、占用大量人员精力、数据类型复杂容易混淆、数据滞后等数据监测体系不健全、制度不完善、质量难以保证的问题。针对以上问题，建立企业碳排放数据全过程追溯体系，通过标识解析，建立企业生产设备、采集设备、采集数据与填报数据全链条追溯关系，赋予企业生产设备、物联网采

集设备、电表等设备、设备运维操作以及设备采集碳数据唯一“身份证”，实现“人、机、数”打码标识全生命周期管理。

首先，亟需基于工业互联网标识解析链接企业生产、排放、数据采集等设施信息，建立企业碳排放全生命周期溯源体系，提供“来源可溯、去向可查”的解析服务。作为实施行政监管和市场调节的基础，碳排放监测—报告—核查（MRV）体系在实施过程中发现了很多问题，其中企业碳排放数据存在造假嫌疑以及数据记录缺失等问题尤其突出，碳排放数据在企业、行业、第三方机构、碳市场流转过程中可能存在非法使用、敏感信息泄露等风险。对此，利用工业互联网标识解析技术，实现对企业原始生产数据、设备信息、碳监测设备基础信息、采集数据以及碳排放核算数据、企业填报数据等动态和静态数据进行标识，并授予“身份证”，实现数据的可查询、可溯源。

其次，亟需加大企业、政府、第三方机构的二级节点标识解析应用场景研究，建设基于标识解析的企业碳排放全生命周期溯源体系，形成一套将“人、机、数”完美结合的标识体系；建设基于工业互联网标识解析建立企业、政府以及第三方机构等的数据共享通道，一方面为政府监管、服务企业提供数据支撑，另一方面加强企业与第三方机构的数据交互，助力企业应对核查、申请奖补、绿色信贷等工作的推进。企业内部通过对不同机组、不同来源、不同环节的追溯，实现对碳排放精细化管理。对企业的碳排放总量、化石燃料消耗量、净购入电力量等动态采集数据以及低位发热量、元素含碳量等人工填报数据进行打码标识，助力企业清晰掌握碳家底、溯源查询有依据。

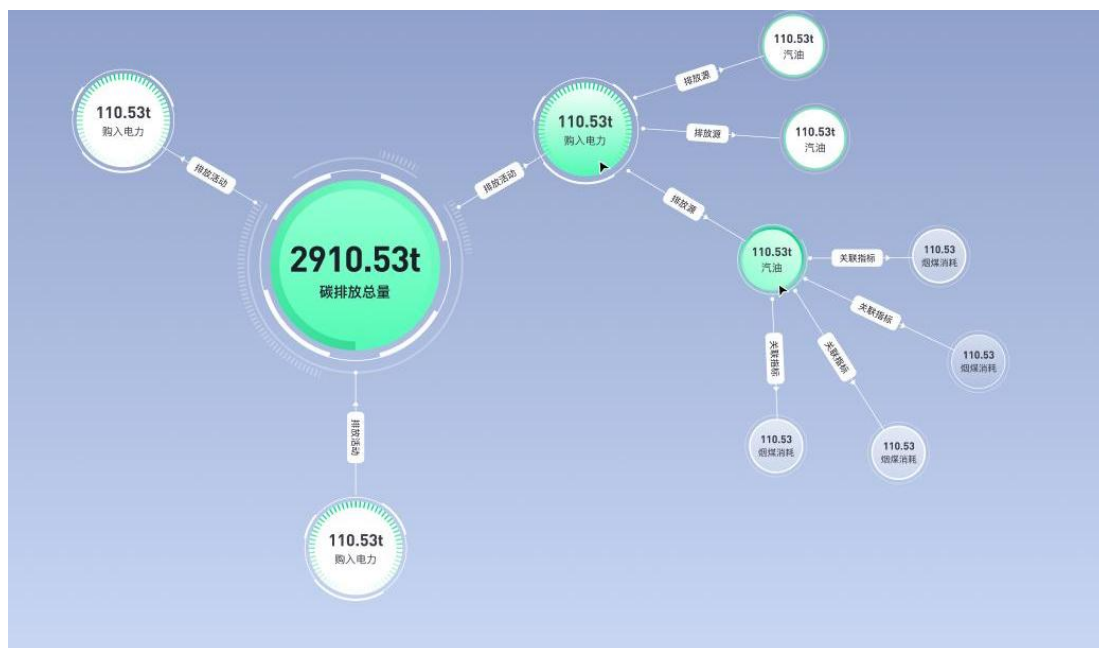


图 50 企业碳排放数据溯源

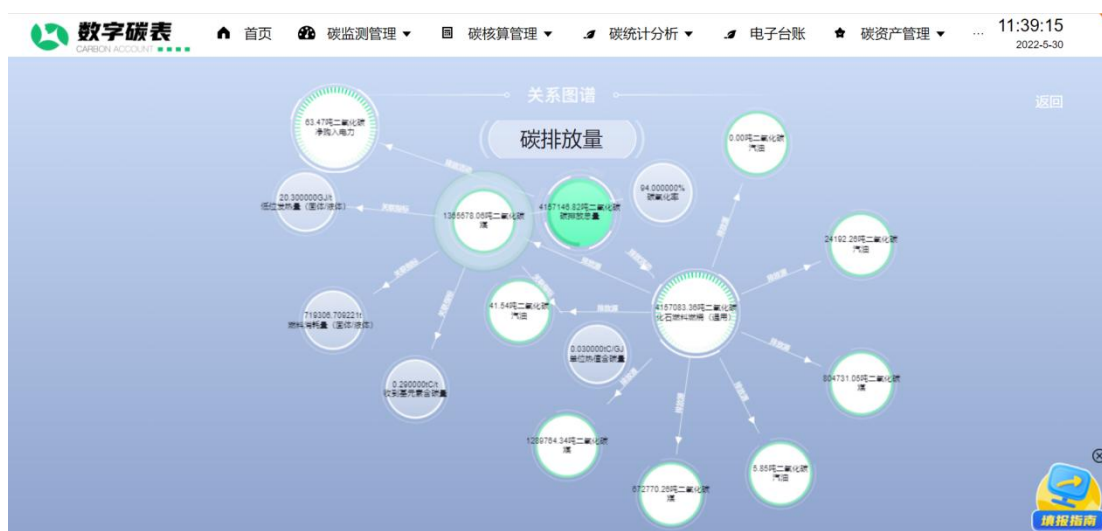


图 51 企业碳排放关系图谱

场景 3：生态环境双碳数据及碳账本助力金融机构用好碳减排支持工具

2016 年人民银行等七部委联合印发了《关于构建绿色金融体系的指导意见》，明确了绿色金融是指支持环境改善、应对气候变化和资源节约高效利用的经济活动，落实到金融服务上来是对环保、节能、

清洁能源、绿色交通、绿色建筑等领域的项目投融资、项目运营、风险管理等提供的金融服务。2021 年 11 月，中国人民银行推出碳减排支持工具，通过“先贷后借”的直达机制，对金融机构发放的碳减排贷款，按贷款本金的 60%提供资金支持，利率为 1.75%。明确要求由第三方专业机构进行核实验证，按季度公开披露信息，保障精准性和直达性。

在绿色金融领域，一些地方政府和市场对“双碳”工作还存在误区，在方法上有偏差，存在运动式“减碳”等现象，这样就造成了绿色金融贷款回款的风险。企业履责上有不足，部分地方和企业履行环境责任的主动性和积极性不高，缺乏前瞻性、信通信规划，将工作重点放在过程和后期治理上，容易使得绿色金融专项贷款的初衷难以达成。“双碳”工作的各项配套政策体系建设还在摸索中，绿色金融的标准体系、产品和服务体系、碳市场交易体系、环境、社会和公司治理及气候分享管理体系、考核评价体系等配套体系亟待健全。

“碳账本”系统依托生态环境双碳云图的宏观、微观数据，为金融机构提供数据服务。系统内置一套绿色评价体系、一个双碳大数据库，可以提供线上评估、项目体检、披露管理、大数据服务，让用户更好的使用碳减排支持工具，争取更多收益。线上评估方面，系统对企业报送的碳排放数据，根据人民银行管理要求和国家标准，提供线上评估服务，鉴别企业低碳效益表现，将企业划分为深绿、中绿、浅绿和非绿四个等级并贴标，为绿色信贷差异化定价提供数据支持。

项目体检方面，按季度对贷款项目动态跟踪，核算减排信息是否

符合预期规划，确保资金切实带动碳减排。根据金融机构绿色项目监管需求，系统内置数据比对算法，对报送数据进行“体检核验”，发放“红绿码”，数据异常的企业出具“红码”，启动项目检查，保障数据真实，防患金融风险。披露管理方面，通过季度动态核算，自动生成金融机构碳减排贷款相关报告；通过区块链安全传输通道，实现与上级主管部门、行政管理机构、新闻媒体互联互通，披露贷款发放情况及碳减排量，保障精准性和直达性。

大数据服务方面，基于“双碳”政策变化大、企业环保履责把控难的风险，推出生态环境双碳大数据服务。生态环境双碳云图汇聚了环境、碳相关等多种数据，结合环境和双碳相关政策解读以及相关问題，提供一站式咨询和数据服务，帮助绿色金融放贷商业银行实时掌握相关数据，对排污许可、排污指标实际值、碳排放量等指标进行预警。另外，结合常规大气污染源排放特点、企业能源消耗、原材料消耗，分析其内在关联，制定绿色金融支持模式，从工业产业链的源头促进绿色资金驱动市场发展，通过金融手段促进企业技术转型升级为“双碳”目标。

专家智库方面，依托企业内部以及社会层面的专家、技术骨干，整合优质服务机构、知名环境专家、诚信环保企业等各方资源，为商业银行及银行所服务的工业企业等提供管家、托管服务。具体服务内容包括：提供各环保手续全面梳理咨询，包括环评、排污许可、竣工验收、环境应急方案、一厂一策等，分析现状符合性；提供环保相关制度及管理台账全面梳理咨询，完善环境管理短板；协助落实固体废

物及危险废物管理，明确危险废物暂存及处置情况；提供投资项目环保风险预判评估、相关手续政策咨询、专家会诊、方案咨询等；提供招商引资、结构调整、转型升级等管家服务；提供个性化专家团队管理咨询，包括环保、碳排放、碳资产管理问题咨询与培训等工作。

“碳账本”系统通过对数据信息抽取、数据采集、数据治理、数据建模、语义分析等核心技术的运用，推动商业银行绿色金融双碳领域的知识图谱组建，加强了商业银行的数据中台双碳数据补充，结合风控场景的需求，助力商业银行风控侦测建模能力提升，让双碳的风控触发条件多维，全方位提高风控能力的非现场性和作业能力，更好的提前识别风险，将风险处置前置，为绿色信贷保驾护航。

3. 案例总结

强化企业碳排放管理，提升城市绿色化发展水平。本案例以绿色经济和低碳发展为目标，以物联网时序数据库、区块链+工业互联网标识双重存证、碳数据监测比对、AI 算法等技术为支撑，同时打造生态环境碳数据安全存证中心/“碳专区”、双碳目标管理服务平台和企业碳资产管理平台。平台接入实时动态监测数据，提供可信存证存储、国密传输通道、碳排放自动核算、用户双碳报告自动生成、预测分析等功能，实现对各机构碳数据的及时获取、融合共享、分类汇聚、可信存证，保障专区内数据具有不可篡改、操作永久留痕的特点，以及数据的可追溯性。生态环境双碳云图将是强化碳排放管理、健全生态产品保护补偿机制、提升绿色影响力的重要途径。相关碳链技术已获得国家网信办备案认证，相关区块链系统获得功能测试认证，相关

技术已获得知识产权认证 9 项。

三、数字技术赋能重点行业碳中和

数字技术与绿色技术融合赋能传统行业高质量转型案例频现，本章收录了工业、能源、水泥、印染等传统行业经营主体，在能源转型和产业升级等方面，开展的数字技术赋能降碳成功案例。从这些案例中可以看出，传统行业在利用数字技术落实“双碳”战略上，已形成了多条发展路径，一是以信息技术赋能工艺与生产运作改进，促进能源利用效率提升，例如工业锅炉智能控制混合云、江苏永钢 5G 固废利用智能转底炉工厂；二是数字化平台提升企业综合能源管控智慧化水平，实现节能降耗，如东华水泥双碳双控平台、印染行业杜能美欣达、海螺集团智慧水泥综合体、5G 助力新日电动车双碳制造、聚焦碳中和的胶丝企业数字化转型解决方案；三是碳源碳汇资源的数字化管理，实现碳资产价值转化，例如基于能源大数据的碳结构态势感知平台、华聚车用新材料数字化碳足迹计算与认证。

（七）工业锅炉智能控制混合云⁷

1. 案例概述

工业锅炉，在我国国民生产生活中发挥着重要作用。随着经济的快速发展，我国正面临着亟须解决的能源稀缺问题和环境污染问题。作为重点能耗设备，工业锅炉能耗高、效率低的不足日益凸显；而节能减排，正是现阶段我国工业锅炉使用过程中，面临的重要挑战。

目前工业锅炉的污染排放量在全国居于首位，空气受其影响被污染的程度十分严重，为了构建绿色生态文明社会，工业锅炉的节能减

⁷本案例所有信息均来自上海瀚领科技集团有限公司

排工作迫在眉睫。

工业设备上云是工业互联网平台建设和应用的重点、难点，也是切入点，意义十分重大。2018 年 7 月工信部发布的《工业互联网平台建设及推广指南》，提出要“实施工业设备上云‘领跑者’计划”，并明确了四类十大重点工业设备，即以炼铁高炉、工业锅炉、石化设备为代表的高能耗设备，以柴油发动机、大中型电机、大型空压机为代表的高通用设备，以工程机械、数控机床为代表的高价值设备和以风电、光伏为代表的新能源设备。

工业锅炉面临着能效管理粗放、燃烧状态不透明、安全隐患高和水质波动大等痛点问题。以和利时、解决方案企业积极探索基于工业互联网平台推动工业锅炉上云，并开展锅炉能效管理、锅炉燃烧管控、锅炉健康管理和水处理优化等新型应用服务，全面优化工业锅炉运行方式，提升工业锅炉运行效率。

2020 年 5 月，国家市场监督管理总局（国家标准化管理委员会）发布《工业锅炉能效限定值及能效等级》（GB24500-2020），并将于 2021 年 6 月 1 日起正式实施，这将加速推动工业锅炉上云改造的步伐。预计到 2025 年，上云工业锅炉将有望超过 50%，工业锅炉上云改造的市场空间将持续扩大。

我国是全球工业锅炉生产应用数量最大、应用范围最广泛的国家，规模以上锅炉生产企业有千余家，2021 年 1-2 月全国工业锅炉产量为 54884.4 蒸发量吨，同比增长 59%。

我国工业锅炉容量小、数量大、布点散、能耗高，各生产厂家、

检验机构和监管部门对自己的锅炉设备无法做到集中管理和控制，使得设备使用运行状态不明，产品维护成本高，发生故障定位维修时间长，产品升级换代缓慢。推动工业锅炉设备上云，可实时采集设备工况数据，结合大数据、人工智能等新兴技术，开展锅炉能效管理、锅炉燃烧管控、锅炉健康管理等智能服务，实现设备集中管理控制，改善能耗水平和绿色生产水平，因而工业锅炉上云的市场推广空间巨大。

本案例中，基于团队负责人和团队成员以往在锅炉热能行业丰富的研究、开发和工程经验，通过数值模拟技术和有关定制化软件的开发，可以深入并可视化地再造出锅炉/炉窑内部的物理场和化学场，从而为设备的改造提供科学依据。并且，通过上述分析，也能对锅炉/炉窑的运行提供更科学的建议，从而降低运行能耗。

基于本项目团队成员丰富的统计学和数据挖掘、机器学习的能力，针对锅炉/炉窑系统的历史数据库进行分析建模，从而为工业用户的大型装备提供诊断能力和预警提示。更重要的是，基于数据统计分析的软件开发，可为工业用户的过程装备节能提供直接的指导（如更改设定点、优化控制参数等），从而优化操作，降低能耗。

本案例的创新点在于“数值模拟+数据挖掘”双轮驱动。首先，是锅炉数值模拟程序的开发，对锅炉系统进行数值模拟。团队熟悉锅炉等炉窑装备从设计到运行的全过程，因此可以将其数值仿真做得相当逼真。其次，是炉内化学反应过程模型的开发，炉内的数值仿真一直是业内的难点，本案例针对炉窑的设计和运行特点，专门开发相关的用户自定义程序模块，获得接近现场实测结果的高逼真模拟结果。

第三，是炉窑系统关键参数的预估模型开，通过历史数据分析建模，对锅炉负荷、烟气温度等关键参数进行模型预估，给现场调节手段（燃料、水位等）以相应的预测值作为提前量，为炉窑系统的顺行和节能提供重要的手段。最后，是多变量优化节能模块的开发，基于最优化算法，在一定的上下限范围内进行参数寻优计算，最终获得适应各种复杂约束条件下的一整套最优化的参数控制策略。该优化模块的开发将为锅炉的节能提供强大的控制手段。

2. 应用场景

场景 1：解决工业锅炉能效管理粗放问题

工业锅炉是工业生产中必不可少热力能转换设备，也是典型的高耗能设备。我国工业锅炉的效率低下，实际运行热效率往往低于理想热效率，比国外先进水平低 15%-20%，造成每年多消耗的煤炭约为两亿吨。

我国燃煤锅炉占全国工业锅炉总量的 85%左右，燃煤锅炉污染物排放是重要污染源，年排放烟尘、二氧化硫、氮氧化物分别占全国排放总量的 33%、27%、9%。如，10t/h 以下燃煤工业锅炉大多没有配置有效除尘装置，基本没有脱硫脱硝设施，排放超标严重，偷排现象突出。构建了工业锅炉六大系统在线监控管理系统。

场景 2：解决工业锅炉燃烧状态不透明

煤粉燃烧过程工艺复杂，控制参量多，自动化控制技术复杂，实际操作以人工操作为主，大多数煤粉工业锅炉尚未实现煤粉储供、煤粉仓安全保护、炉膛安全检测、负荷调节、在线吹灰控制的有机集成

以及全自动运行。监控系统功能基本上处于本地集中运行监控，运行监控和生产管理之间及时通信网络尚未连通，生产管理系统无法及时了解热源厂实际生产情况。构建工业锅炉先进燃烧控制系统。

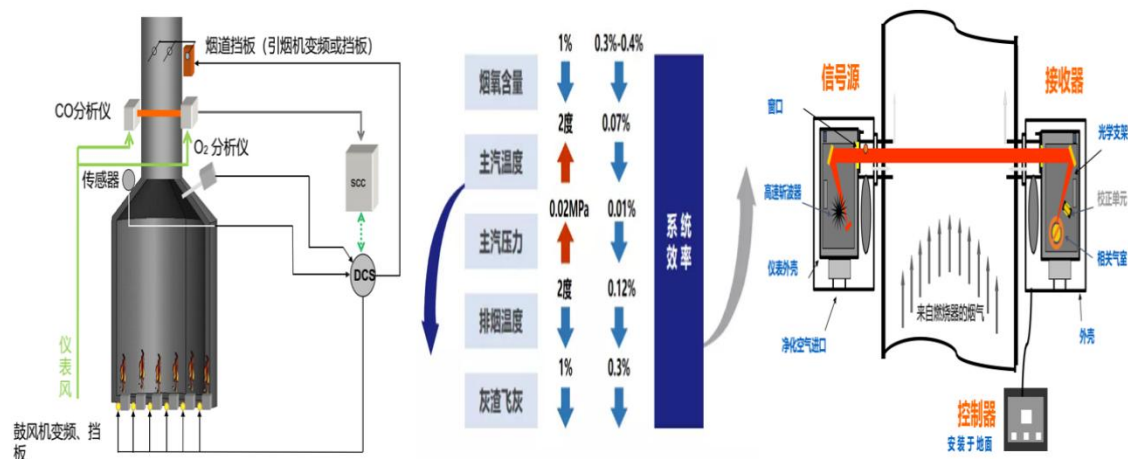


图 52 工业锅炉先进燃烧控制系统

场景 3：解决工业锅炉安全隐患高问题

工业锅炉是一种特种专业化设施设备，但是因为专业技术人员匮乏，缺乏对其性能与参数的专业性诊断，局部问题的存在很容易引发重大安全隐患。企业大多按照时间制定工业锅炉检修计划，而非按照工业锅炉的运行状态制定锅炉检修计划，这就直接加大了工业锅炉出现故障的概率，大大降低了可用性。构建了工业锅炉全面优化控制系统。

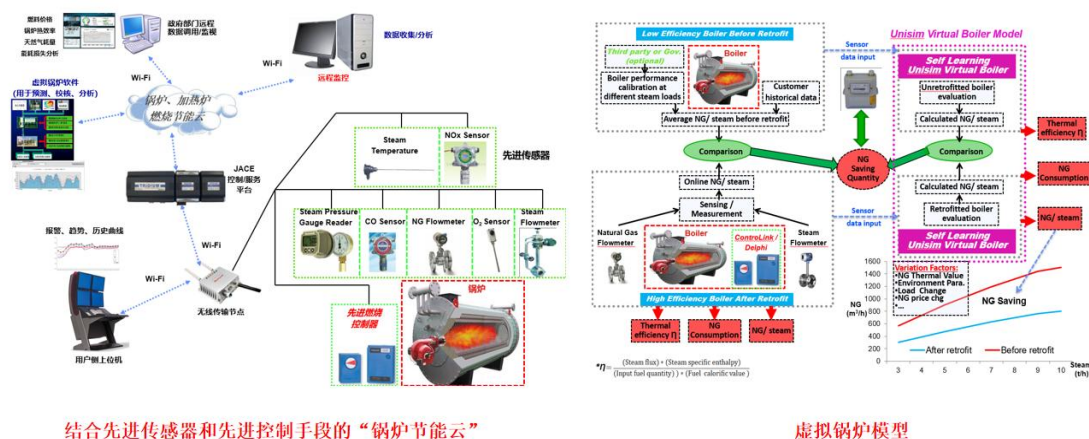


图 53 工业锅炉全面优化控制系统

案例应用中价值效益体现在能源管理系统实施完成后，全面提升企业对产线的管控水平，实现能耗的精细化管理，节约成本，提高企业生产效益。主要包括以下方面：

第一，节约经济成本，提高生产效益。由人工报表统计转变为平台全自动统计数据，极大提升了工作人员的工作效率，节约每年纸张费用。能源管理系统通过能耗可视化管理、能耗动态化监测从不同角度对能耗数据进行分析，及时发现能耗异常，根除能耗漏洞，减少能耗损失、降低运营成本，提高效益，实现可持续发展。

第二，实时监控运行数据，降低故障率。对工厂内关键的生产要素进行实时采集，全局收集设备触觉数据。多角度、多方式展示设备的工作状况和使用情况，提前对设备状态进行预判分析，对异常行为进行提前预警，减少设备故障率 60%。

第三，打通系统间数据孤岛，提高管理效率。能源管理系统是一个综合信息化管理平台，将所有分散的能源子系统进行统一的数据采集、存储。通过集中监视页面、集中报警中心等实现能源管控的集中

化管理，通过比对生产车间、用能设备的能源投入产出比，挖掘各用能子系统的效能指标，持续不断地为管理人员提供合理的运行调节建议。

3. 案例总结

平台部署灵活并支持敏捷开发。本项目可部署在私有云或混合云平台，满足企业对数据私密性的要求。同时，平台功能支持模块化可配置，开放二次开发接口，当企业生产流程发生变更时，可随时根据实际场景进行业务流程改造。

降本增效综合实施效益显著。一是节省能源成本。基于能源管理系统，调度人员可以有效地平衡能源系统的最大负荷，一年电费支出降低 10%。二是提高能源二次利用率。对天然气、蒸汽等可二次利用能源的管理，提高天然气的使用效率 15%。三是降低设备故障率。系统将设备运行状态数据进行实时上报，提前预判设备运行故障，降低设备故障率 40%。四是减少人力投入，通过系统的远程数据监测和控制，可减少厂区 10%的巡检人员。

主要措施	类别		金额 (万元/年)
基于能源管理系统，调度人员可以有效地平衡能源系统的最大负荷，提高能源二次利用率	电费	降低10%	150
对天然气、蒸汽等可二次利用能源的管理，提高天然气的使用效率	天然气使用率	提高15%	300
系统将设备运行状态数据进行实时上报，提前预判设备运行故障，降低了设备故障率，节省了故障维护费用	故障率	降低40%	50
通过系统的远程数据监测和控制，减少了厂区 10%的巡检人员，降低人力投入成本，提高了企业效益	人力成本	减少10%	100
合计节省能源			600

图 54 工业锅炉主要实施成效

（八）基于能源大数据的碳结构态势感知平台⁸

1. 案例概述

2020 年 9 月，在第 75 届联合国大会上，习近平总书记向国际社会作出碳达峰碳中和的庄严承诺。2021 年，中共中央、国务院接连发布《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》、《2030 年前碳达峰行动方案》等一系列“1+N”碳达峰、碳中和政策顶层设计文件，明确了我国双碳战略的路线图。

辽宁省是工业大省，能源消费偏煤、产业结构偏重，碳达峰任务十分艰巨。如何评估双碳行动态势，推动构建有效的“双碳”治理体系、助力双碳目标实现是当前面临的主要问题之一。只有深度理解国家双碳战略要求，坚持系统思维，统筹研究分析碳达峰的主要任务，建设科学化、系统化的监测分析手段，才能抓住“能源输入-能源消费-低碳输出”的降碳本质和主要矛盾，为促进全社会的绿色转型和低碳发展服务。

碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革，碳监测工作是推动全社会减碳降碳的重要基础。通过数字技术在双碳数据共享、智能算法、平台搭建、场景设计上的运用，可以提升政府双碳领域的监管效率、促进企业低碳发展，实现双碳管理的数字化、智能化，促进全社会资源优化配置，推动碳达峰碳中和目标早日实现。

当前，电力行业转型正以电力数据为基础，融合政府部门和碳排放、碳交易等相关数据，从“感碳、算碳、析碳、管碳”四个维度，

⁸本案例所有信息均来自国网辽宁省电力有限公司

构建基于能源大数据的碳结构态势感知平台，基于“电-碳分析模型”开展“电力看双碳”大数据应用，实现全省及分地区、分行业碳排放监测。同时，逐步开展电力大数据在碳足迹、碳标签、碳交易等领域的应用模式，为政府宏观调控政策制定、绿色转型发展等工作提供决策支撑，为企业节能减排提供服务支持，助力碳达峰碳中和目标落地。



图 55 辽宁省电力碳结构指标全景监视平台

2. 应用场景

场景 1: 感碳（全省电碳热力图）

“感碳”主要是通过全面监控城市、区域、行业、企业能源碳排放情况，形成覆盖全域的碳排放全景图，智能研判能源碳排异常、碳达峰趋势，为政府实现“碳达峰、碳中和”目标提供持续跟踪监测手段和决策参考依据，为企业节能减排低碳发展提供能效账单。

要达到双碳目标，首先要了解工业、能源、交通等各领域的碳排

放情况，特别是重点碳排放行业和企业动态。以往这些问题主要通过人力去排查，当前通过数字化技术开展碳感知、监测，可以将碳地图进行可视化呈现。通过构建“碳地图”，可以清晰展现全省、各市、各区的碳排放占比情况，以及碳排放总量和强度，掌握不同维度的碳排放数据。

依托公司数据中台、东北能源大数据中心和新能源云平台数据资源和技术优势，建设基于能源数据的碳结构态势感知平台，实现碳排放相关数据汇聚、存储计算、分析展现，在保障数据安全合规的前提下，为各级政府部门、企业提供碳排放监测服务。目前，平台提供的全省电碳热力图，基于全省 14 地市、11 个行业，以及第一产业、第二产业、第三产业等用电数据、对电碳排放量进行测算，从区域、产业布局等角度挖掘排放特性，构建全省电碳热力图、产业布局热力图。具体主要内容如下：

行业用电及碳排放量方面，全省批发和零售业、制造业、房地产业、能源生产供应等重点行业的历史用电量和碳排放量相关指标，按年度、月度统计上述基础数据，并支持按年度、月度细化行业类型。

能源碳排放系数方面，全省能源碳排放系数展示，根据外部能源数据获取情况及碳排放模型建立情况，定期更新外部数据，获取全省能源碳排放系数，并与国家能源碳排放系数形成对比，分析辽宁省碳排放系数的相对变化情况。

电碳排放系数方面，全省电碳排放系数展示，根据内部数据中台数据获取情况、外部能源数据获取情况及碳排放模型建立情况，定期

更新外部数据，获取全省火电、总电碳排放系数，并与国家火电、总电碳排放系数形成对比，分析辽宁省碳排放系数的相对变化情况。

全省电量构成及碳排放监视方面，全省火电、水电、风电、太阳能、清洁能源发电占比情况，支持按年、月进行筛选，分析全省电力构成占比，并按日进行实时碳排放监测情况。

能源结构及碳排放趋势方面，按年展示全省能源结构及碳排放趋势，基于能源消耗量历史数据和碳排放数据，在同一时间维度内，将两者进行对比分析，构建两者关联关系，分析趋势。

助力其他区域减排方面，通过数据中台数据获取分析辽宁省清洁能源发电总额外送其他区域的规模，并根据各类清洁能源电碳模型算法，获取辽宁省助力其他区域减排规模。

地市碳排放强度及趋势分析方面，以上一年度统计局公布的各地市 GDP 规模、工业产值占比为标准，分析各年度碳排放强度，同时分析经济增长的同时，每单位国民生产总值所带来的碳排放量的变化情况，得出该区域的低碳发展模式。

地市碳排放密度及趋势分析方面，基于各市碳排放分析和各市地域面积的基础数据，深入分析各地市碳排放密度，同时结合区域能源结构分析碳排放强度、密度、能源结构的关联关系，得出碳排放密度趋势。

清洁能源地理分布方面，对清洁能源使用数据进行抽取，建立清洁能源用户资源池。程序自动关联业扩信息并定期扫描台区档案，对新增清洁能源用户进行定时补充。对资源池中客户的每日用电情况加

以记录，进而形成清洁能源用户分布图与清洁能源用电热力图，满足清洁能源用户档案查询需求。

清洁能源碳减排模型分析方面，结合采集营销系统数据，统计辽宁省内清洁能源用户使用清洁能源电量总额，建立数据换算模型分析得出运算结果对标发电厂电力使用总量折合碳排分析降碳，得知降低煤炭消费量与减少排放量。

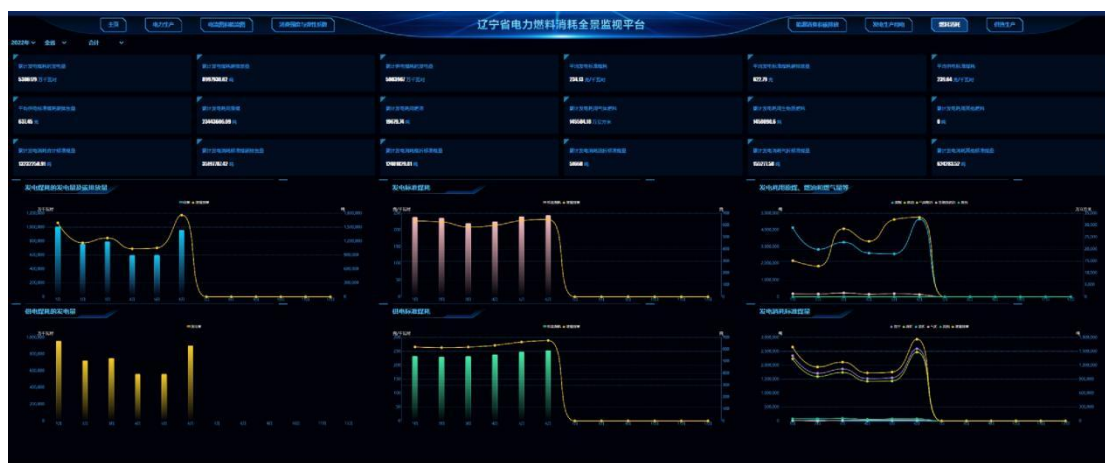


图 56 辽宁省电力燃料消耗全景监视平台

场景 2：算碳（能源结构碳排放全景图）

“算碳”主要是以区域历史数据+实时自动精细化测算为基础，通过建设“双碳”数据体系，构建“电碳”模型，为政府“双碳”决策以及企业、行业碳排管理提供科学数据支撑。主要功能如下：

构建“双碳”数据体系方面，围绕碳排放监测、碳足迹研究、碳标签应用、碳交易服务等业务需求，前瞻性的编制“双碳”数据需求清单，构建“双碳”数据标准体系，厘清数据资源现状，打通内外部横向数据交互链路及纵向数据共享通道，推动公司内外部数据融通共享，实现所需数据全量、快速汇聚，为平台建设提供数据支撑。

构建双碳公共数据模型方面，设计分层次公共数据模型，统一核心数据编码，为主数据及业务数据融合奠定基础。规范合并多源主数据形成权威主数据，支撑数据按实体有效归集。分层次融合多渠道业务数据，实现多源头、多口径、不同频率双碳数据综合应用。建立跨时间、区域、领域主题模型库和典型场景，便捷支撑共性数据应用需求。平台依托公司云平台、数据中台算力，应用 ADL、ECM 和长期均衡算法，构建基于电力客户用电量的碳排放算法模型，探寻用电量与碳排放之间的内在规律，实现全省重点企业、重点行业以及各地市碳排放精准测算分析。

构建“电-碳分析模型”方面，基于电力大数据准确性高、实时性强、价值密度大、采集范围广等特征，结合能源、经济、人口等数据，运用关联性分析、主成分分析等方法，挖掘碳排放总量与电力数据长期均衡关系，研究构建“电-碳分析模型”。基于能源流剖分碳轨迹，结合能源结构溯源分析，设计碳流追踪算法，形成动态碳排测算因子，精准化测算实时碳排强度，支撑省市县企业四级碳排放情况高频监测与精准测算。

全省能源结构碳排放全景图方面，基于发电厂碳排放量、化石能源使用量、发电量、电力、负荷等数据，对全省能源结构及全系统碳排放量进行计算分析和深度挖掘，从时间维度、空间分布、能源类型等方面发掘碳排放规律和特性，构建区域特色化能源碳排放指标体系，量化碳排等级，实现对全省能源结构及碳排放结构的全景监视及态势感知。通过能源碳排体系分析结果，探索优化能源消费结构以降低碳

排放，使我省能源结构朝着清洁、高效、低碳的方向良性发展。

场景 3：析碳（碳足迹、碳画像）

“析碳”主要是对通过“碳足迹”、“碳画像”等对企业、园区碳排放进行分析研究，构建全面科学的分析研究体系，为管碳、降碳系统支撑。

“碳足迹”就是从产业、行业层面“深挖、分析”具体碳排放的来源和组成，明白碳足迹从哪来、到哪去，方便科学制定减少碳排放的策略。以矿产行业为例，“碳足迹”功能可以让用户清晰地看到开采、生产过程的碳排放由哪些能源组成，其中电气、天然气、柴油、汽油占比是多少；同时也可以看到能源如何进入该行业。通过互相追溯矿产行业与能源之间的流向，量化碳排放量、结构占比，分析碳排放组成。通过可视化的企业碳足迹监测分析，可以有效掌握企业各个生产环境碳排放情况，从而帮助政府和企业，立足精准可信的碳排数据，规划双碳路径，优化企业 ESG 相关流程，高效达成低碳、零碳发展目标。

碳足迹方面，建设菱镁产业“碳足迹”监测场景，以菱镁产品的全生命周期流程为基础，根据不同的产品工艺制定碳足迹相应的监测分析方法，实现对产品的碳足迹分析。帮助企业辨识菱镁产品生命周期中主要的温室气体排放过程，以利于制定有效的碳减排方案。根据碳足迹的分析结果，还可以预测拟采用的减排措施会对目前的温室气体排放情况的影响，从而实现对不同拟减排措施的择优与改进。企业还可以通过碳足迹的计算宣传自己的碳减排行动，为后续产品的碳标

签、碳认证服务。

碳画像方面，建设区域碳排放画像，以电力大数据为基础，以各地市发改委、工业与信息局、环保局为辅助数据，汇集电、水、气、煤等能源数据，形成重点监管区域企业碳画像三色图。通过不同的画像，客观、形象地反映区域碳排放情况，为加强重点区域的碳排放监管、制定节能减排措施和绿色转型发展服务。

场景 4：管碳（双碳综合管理）

“管碳”主要是对碳进行精细化管理，实现碳排放管得住。相关部门制定、分配指标后，可以通过碳管理对区域、行业、企业进行数据监测。假设某企业剩余碳排放容量不足，该功能会通过橙红色图标提醒用户，查看该企业每个月的碳排放量、趋势、强度等。此外，碳管理还提供用能超标预警、重点关注企业、区域达成情况等。通过有效的碳管理方法，结合本地经济发展和生态环境目标，形成本地特色的能源调控、双碳减排策略。

据中创碳投统计，2020 年度，石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、电力、航空八大行业的碳排放总量合计约占全国碳排放的 80%。也就是说，科学管理重点区域、行业、企业的碳排放至关重要。而“碳管理”功能正是对碳进行精细化管理，实现碳排放管得住。

国家发展和改革委员会应对气候变化司组织国家应对气候变化战略研究和国际合作中心研究确定了中国区域电网的平均二氧化碳排放因子。平台基于辽宁省电碳热力图，火力发电碳排放量、平均碳排放强度等 20 项电碳指标，通过清洁能源占比、碳排放量增量、碳

排放速率变化量、外送电量增量、清洁能源消纳程度等 5 个维度，构建区域“双碳”综合指数。通过“双碳”综合指数的开发，可以更全面的度量区域碳排放的实际情况，增加了碳排放管理的科学工具。在“双碳”综合指数的应用上，如何支持政府在产业调整、新上项目、创新发展等方面的具体决策，科学指导政府规划计划和实际工作落地实施，是辅助城市政府推进“双碳”工作的重点。

双碳预测管理方面，电力碳达峰时间长短期预测，结合区域特色的电力碳结构指标体系，在机器学习算法实现的基础上，对区域未来电力碳排放量进行预测（短期）。对电网碳排放、碳吸收、区外送电助力减排等预测分析场景进行模拟演示。建立地区碳排放预测体系，基于不同主体能源-经济-环境 CGE 模型，从为了碳排放总量视角，对全省不同碳排放主体的碳排放水平，碳达峰情况进行精准预测。通过基于大数据分析的多层次、多维度预测可以为双碳目标的科学制定、优化能源配置、服务低碳发展提供精细化数据支撑。

政府碳目标管理方面，通过加强双碳管理，实现双碳监测、预警、分析、评价全闭环服务能力，为区域开展双碳目标管理、碳排放管理、碳减排管理、碳资产管理等碳相关工作提供平台核心支撑能力。围绕碳中和主题提供碳达峰碳中和的预测规划、实施路径模拟推演和过程动态监管，助力用户在确保发展和减排协调发展、期和长期动态联动、整体和局部协同一致的前提下，快速推进双碳落地。

企业碳资产数据分析与决策管理方面，通过对企业关键指标汇总分析、指标对标对比、配额盈亏分析、资产持有预警分析、数据实时

预测、履约成本比较分析等碳资产数据的梳理研究，为企业碳资产数据分析与决策服务，促进企业制定节能减排措施，实现可持续发展。



图 57 企业级碳结构指标监视及态势感知可视化展示平台

场景 5：企业应用（华晨宝马集团）

宝马集团作为中德（沈阳）高端制造产业园规模较大的企业，是我省先进制造企业的典范，具有较强的代表性。平台通过汇集宝马运营、企业应用（华晨宝马集团）供应链相关数据，以及车辆使用等碳排放相关关键绩效指标，深度剖析华晨宝马全产业链碳指标数据，利用可视化技术实现碳排放多维度全景监测。通过汽车生产过程中主要资源消耗和排放量的汇总统计与对比分析，监测企业的能源消耗结构特点和变化趋势，为企业制定降碳增效方案、进一步实现节能减排、提高绿色发展水平提供数据支撑。具体内容如下：

企业用电情况及趋势分析方面，基于数据中台获取企业用电情况，结合企业的产品特点、企业规模、历史数据等，进行企业用能情况的

趋势分析及展示。

企业用能情况及趋势分析方面，线下按月获取企业用能情况，结合企业的产品特点、企业规模、历史数据等，进行企业用能情况的趋势分析及展示。

企业能耗和产值详情统计方面，综合分析企业各类能耗占比及使用情况，结合企业的产值、产品特点等，分析企业单位产品综合能耗，并对标该企业所在行业的平均值，形成企业产品与能耗之间的数据分析。

企业综合碳排放环比分析（历年）方面，基于历史数据，进行企业碳排放环比分析（历年），构建碳排数据与企业生产规模、产值、竞争环境、市场环境、企业优势等相关因素的关联模型，呈现重点企业侧碳排放环比分析。

企业碳排趋势分析图方面，基于已构建的企业碳排模型，对企业碳排数据进行研判分析及趋势分析，并以趋势图的形式展现。

企业碳排放详情分析方面，对企业的监测内容进行详情展示分析，包括企业的基本信息、用电量、其他用能信息、清洁能源消纳量、电碳模型因子、单位产出能信息变化等重要信息，并支持信息的选取展示。



图 58 企业碳结构指标全景监视平台

场景 6：园区应用（海城菱镁产业园）

海城菱镁产业园是我省优势资源开发的典型代表，实现碳排放多维度全景监视及分析，对加强产业园的能源监管和促进产业健康发展意义重大。平台利用可视化技术实现海城菱镁产业园碳排放多维度全景监视及分析，可以有效监控企业的能源消耗和碳排放情况，构建企业能源消耗与碳排放的相关性分析，提升外在和自身的检查管理能力，引导企业节能减排，为可持续绿色发展提供保障。



图 59 产业园碳结构指标全景监视平台

场景 7: 行业应用（供暖行业）

供暖行业是北方特有的传统高污染行业，从换热站用电、压力、供流、热量等维度进行分析，助力企业精准掌控能源消耗情况及用能发展趋势。平台以供暖行业为样本数据，从换热站用电、压力、供流、热量等维度进行分析，助力企业精准掌控能源消耗情况及用能发展趋势，挖掘企业用能优化潜力，为企业能耗管理提供支持，提高用能安全水平、节约用能成本，助力企业经营提质增效，促进供暖行业低碳转型升级。同时，提供多项相关指标的大数据分析和比对，助力企业针对性地进行升级改造，提升能源供热效率，持续优化改进行业对气候的影响。



图 60 供热行业碳结构指标全景监测平台

3. 案例总结

汇聚多元数据资源，支持全面数据管理。在数据汇聚方面，不仅完成辽宁地区全部电力、新能源等数据汇聚，还完成省级石油、天然气等外部多种数据资源的汇聚，并进一步探索地市级等更细粒度的数据汇聚，构建省级动态“双碳”数据体系。在数据管理方面，通过数据质量常态管控机制支持能源数仓的数据质量常态管控，通过数据分类分级管理体系与外部企业的数据交互，以全生命周期安全防护为基础，支持与外部企业实现数据共享和分析。

摸清碳排放底数，实现区域碳达峰预测。在碳排放监测方面。建立地区碳排放监测体系，构建多维度碳排放监测模型，基于电力实时数据，利用该平台汇聚的多部门数据资源，优化能源碳排放计算算法，监测省、地市、园区等不同主体的碳排放总量、强度、下降率等指标。在宏观碳排放预测方面，建立地区碳排放预测体系，基于不同主体能

源-经济-环境 CGE 模型，对全省、不同碳排放主体的碳排放水平、碳达峰情况进行精准预测。

输出监测分析报告，助力政府双碳管理决策。依托碳结构态势感知平台监测数据，定期输出“碳达峰、碳中和”监测分析报告，实现对碳排放主体信息、碳排放分布、碳排放强度、碳排放趋势的综合分析和管管理，辅助地方政府及时了解和掌握区域碳排放情况和碳中和发展进程，为政府相关加强双碳管理、优化能源结构、引导绿色转型发展提供决策支持。

（九）东华科技双碳双控平台⁹

1. 案例概述

在 2020 年 9 月 22 日,国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话,表示: 中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和。基于此, 淄博市出台《淄博市实施减碳降碳十大行动工作方案》, 到 2025 年, 单位地区生产总值能耗、单位地区生产总值二氧化碳排放量比 2020 年下降幅度均完成省定目标。

结合水泥行业双碳管控现状与各层级碳管控政策要求，本案例融合标识解析、区块链、大数据分析等先进技术，打造水泥行业碳资产管理平台，制定碳排放管控、低碳转型目标与阶段性计划，实现碳管理制度体系建设、碳排放精细化管理、碳资产管理、碳排放预测等。



图 61 东华科技双碳驾驶舱

⁹本案例所有信息均来自浪潮工业互联网股份有限公司

2. 应用场景

碳资产管理平台融合传感器、工业 5G、标识解析、区块链、大数据、人工智能等先进技术，对企业在生产各个环节的碳排放数据进行汇聚并进行统筹管理，并依据国家制定的行业温室气体排放核算方法，分层分类地进行碳排放核算。平台提供碳账户管理，碳交易管理，碳履约管理能力，实现碳交易碳履约的一站式服务。平台提供绿色降碳改造服务，由行业专家提供方案咨询、建设实施、售后跟踪的闭环式服务。落地后，预计年节电 1000 万千瓦时、节约标煤 1.5 万吨、减少二氧化碳排放 7.4 万吨。



图 62 东华科技双碳总架构图

场景 1：面向碳排放监管重点企业

利用传感器、数据网关、工业 5G 等技术，完成碳排放量计算所需的电、热、原料、废弃物等数据的采集工作。借助标识解析和区块链技术，完成数据传输、清洗与存储。解决企业碳排放数据采集困难的问题，为碳排放量核算提供数据支持。平台落地后，预计可降低东华

科技各个部门共计 48 人月的工作量。



图 63 东华科技碳排放数据采集

场景 2：双碳双控平台集成核算系数管理能力

按照《中国水泥生产企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》中规定的核算方法，利用碳采集所得数据计算企业碳排放总量、不同分厂（事业部）碳排放量、不同产品碳排放量，以可视化的方式展示。并为企业提供碳履约，碳交易服务。平台落地后，通过合理化的碳履约策略配置和绿色技改，预计可为东华科技年节约 200 万元的碳履约成本。

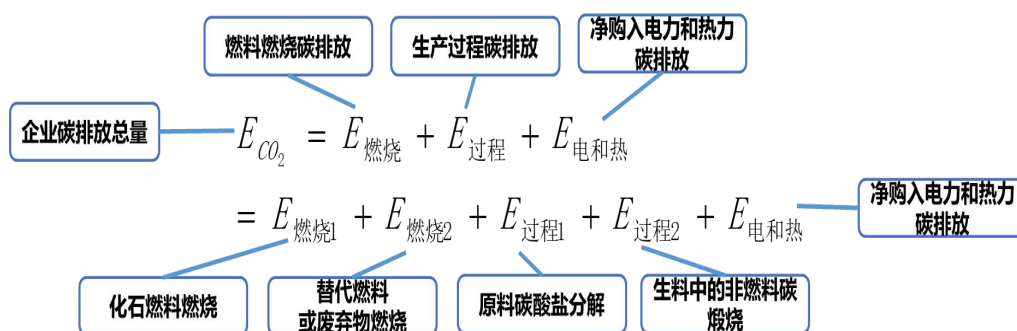


图 64 东华科技碳排放数据核算方法

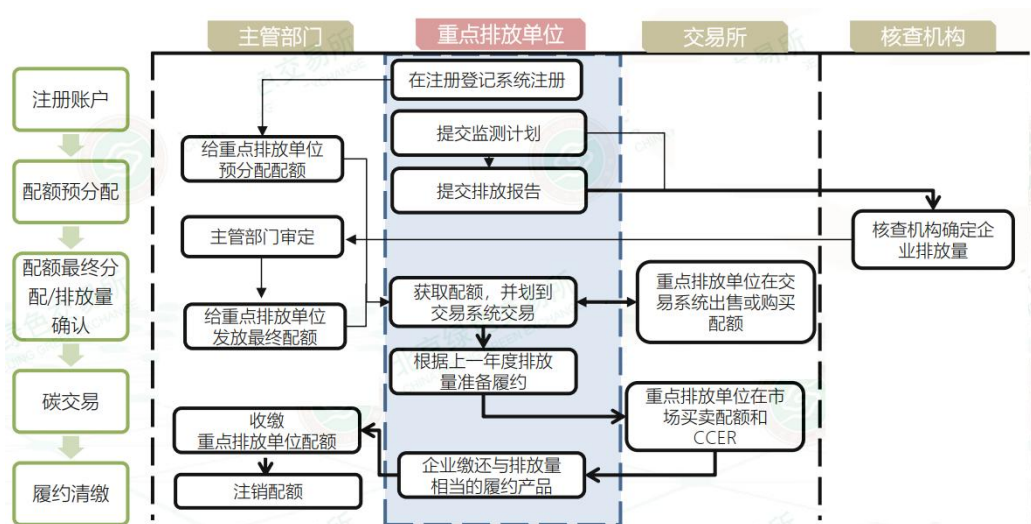


图 65 东华科技碳履约流程

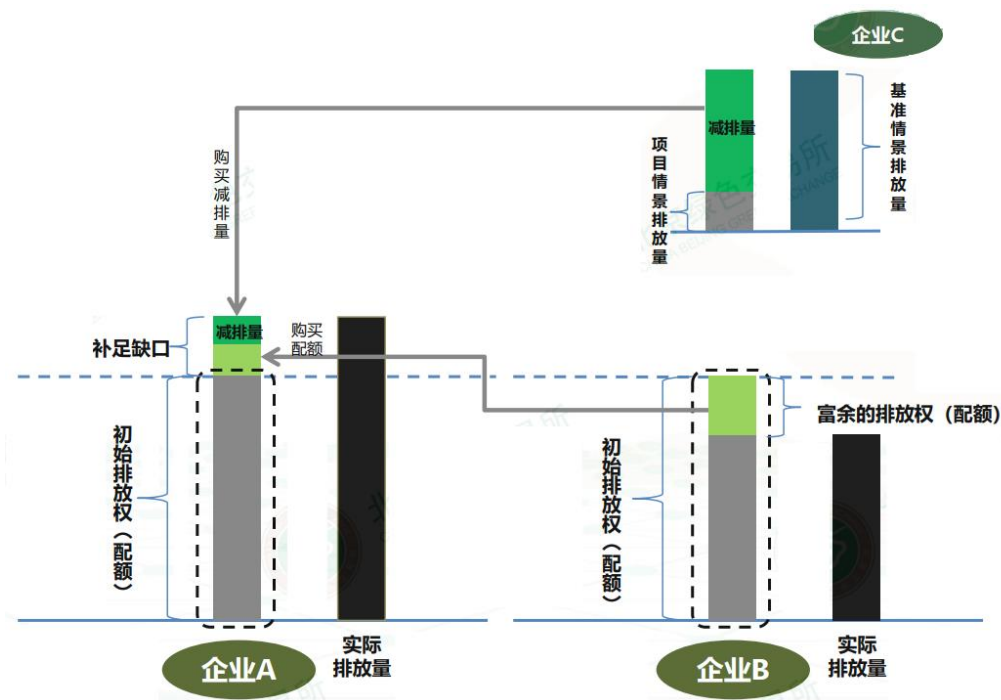


图 66 东华科技碳交易策略

3. 案例总结

应用成效：本案例通过制定监测计划、识别碳排放边界、识别碳排放源，制定监测参数、部署碳监测设备等方式，实现数据自动采集，减少数据人工采集填报汇总计算等带来的繁重工作。

本案例通过平台的建设，将会实现碳采集、碳管理、碳交易的线上化。将成功改善企业内部碳管理流程、优化碳管理效率，提升碳履约能力。公司通过平台完成碳数据采集、碳数据监测、碳数据核算、碳数据报送审查、碳履约、碳交易、碳管理体系建设等全业务流程。

平台落地后，预计可降低财务、仓储采购、废物处置、综合管理四部门共计 48 人月的工作量；通过合理化的碳履约策略配置，预计年节约 200 万元的碳履约成本。绿色技改落地后，预计年节电 4000 万千瓦时、节约标煤 1.5 万吨、减少二氧化碳排放 7.4 万吨，预计折合人民币约 370 万元。

行业内推广价值：水泥企业产品为熟料，产品单一，生产工艺多遵循“两磨一烧”，工艺标准化程度高。山东是水泥大省，2021 年水泥产量 1.64 亿吨，占全国 6.96%，排名全国第二。全省水泥企业 7800 余家，规模以上 293 家，年排放二氧化碳总量 7739 万吨。双碳平台全面落地预计可为全省水泥企业降低履约成本 5159 亿元。绿色技改全面落地可为全省水泥企业预计节电 10.3 亿千瓦时、节约标煤 38.7 万吨、减少二氧化碳排放 190.9 万吨。

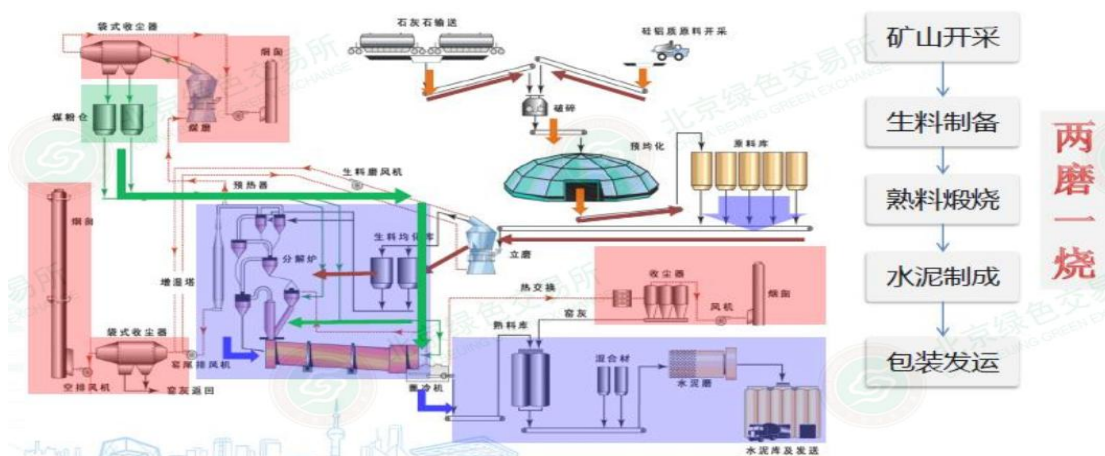


图 67 东华科技水泥行业工艺流程

跨行业推广价值：我国碳排放主要行业是能源电力、钢铁、水泥、石油化工、燃煤供热。除了电力行业行业，其他行业尚未有行业性双碳平台，浪潮双碳双控平台落地后，对钢铁行业预计减排 3941 万吨二氧化碳，石油化工行业预计减排 1354 万吨二氧化碳，燃煤供热行业预计减排 1233 万吨二氧化碳，合计将达 6528 万吨二氧化碳。

（十）印染行业度能美欣达¹⁰

1. 案例概述

当代社会，能源紧缺和环境恶化已经成为全球面临的最大问题。我国近年来经济持续增长的同时也引发了能源供应危机及环境严重污染等问题。同时，温室气体排放引起全球气候变暖，备受国际社会广泛关注。习近平总书记向世界宣示了我国“3060”碳达峰与碳中和的目标与愿景。节能减排、低碳环保、能源转型不再只是一个社会的热点话题，更是我们未来的必经之路。在可持续发展的理念指导下，通过云计算、人工智能、物联网技术的助力，结合新能源开发、产业转型等多种手段，降低能源消耗，达到社会经济发展与生态环境双赢的目的。推广使用能碳数智化平台是能源管理科学化、信息化、规范化的重要举措，在提高能源管理效率的同时，是能源、环境和经济可持续发展的内在要求。

印染行业是我国的传统行业，主要分布在我国浙江、江苏、广东等地区。已经形成了相当的发展规模，全国规模以上印染企业有1600-1700家，总产能长期保持500亿米以上，但是印染的工艺流程导致了此过程必将是一个能耗高，污染高的行业。近年来，国家愈加重视生态环境保护，印染行业的环保监管进一步趋严。相关部门相继出台多项政策，加快印染行业在节能、减排、降碳方面的同时通过产业政策的制定和调控，继续引导和推动印染行业的健康有序发展。通过推进行业智能制造，提高装备的生产效率、性能、自动化、数字化

¹⁰本案例所有信息均来自北京百度网讯科技有限公司

水平，逐步提升了印染行业的清洁生产和绿色制造水平。目前，全国多地区都在进行限电限产和节能减排的举措，多数印染厂纺织厂都在面临不同程度的停产困境。



图 68 印染行业能碳政策概览

在双碳、双控大背景下，印染生产企业面临几大挑战：第一方面，在双碳的背景下，政府及有关部门对企业的碳排核查出台了一系列政策和管理办法，企业如不能履行碳排目标，将会面临购买碳配额的经济损失，以及国际上的绿色贸易壁垒；第二方面企业的利润普遍呈下降趋势，企业在市场竞争中获取利润越来越难；第三方面，随着能源

阶梯价格机制的逐步形成，水、电、气等能源价格逐步走高，能源费用占企业总体成本的比例也随之水涨船高。因此，企业对节能、降碳，压缩能源费用等成本有着强烈的愿望。

印染行业作为传统行业在消费升级、绿色发展的新形势下，迫切需要实现产业升级，通过数字化手段实现转型升级已成为必由之路。浙江美欣达印染科技有限公司作为印染行业中坚力量在积极探索转型升级之路，希望通过信息技术促进企业高质量发展，节能降碳，降低企业成本的同时，满足双碳政策要求，提高竞争力。

百度智能云度能-能碳数智化平台是为企业生产过程把脉的数字化工具软件，终极目标希望企业通过使用能源服务平台一方面监测能源使用量、碳排放量、用能行为，为企业安全用能、精准用能提供能源管理服务。系统依据多维度业务数据分析，将能源质量、生产质量、生产过程数据融合分析，实现数据反哺工艺的闭环数据应用。最终实现，以数据为基础，实现主动型、精细化智能工厂运转，建立长期、可持续化的管理体系，最终实现全厂保质保量交付产品，优化能源构成及应用，逐步创建清洁优化能源构成及应用，逐步创建清洁能源生产为导向的节能型绿色企业。

2. 应用场景



图 69 度能-能碳数智化平台系统架构

场景 1：采上来，打通数据孤岛，实现数据全面、精准、实时接入

解决问题：能耗数据监视点位不全，无法做到能耗数据的完整精确监视与控制；数据分散在各个系统，形成数据孤岛，难以统一进行能耗和碳管理；数据采集准确性、及时性难以保证。

解决方案：

设备层：设备层涵盖了厂内能源仪表、边缘智能网关、传感器、控制器等设备。智能边缘网关是设备层核心，是连接智能仪表和平台系统的中间件，其具有强大的边缘计算能力，能够对智能仪表的数据采集、预处理、存储、上传等一系列自动化操作，并能够执行平台对其下发的指令，反馈执行结果。

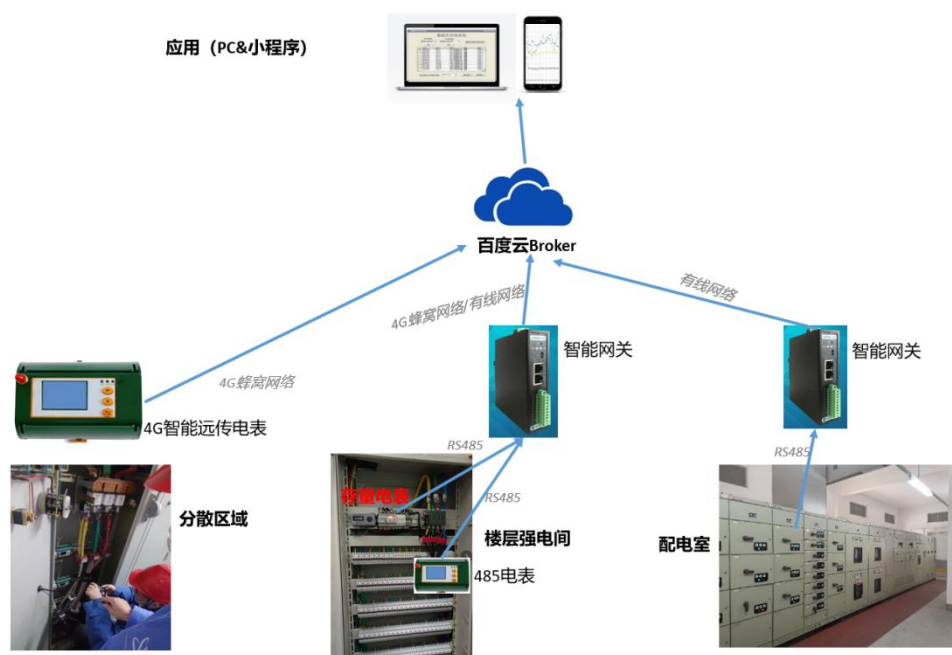


图 70 度能-能碳物联架构

网关配置：根据现场情况以及传输频率的要求配备网关，在同一强电间的仪表，通过一台网关上传；配电室集中的条件下，网关单485串口接入电表 ≤ 8 只，单网关接入仪表不超过32只。保证数采频率不低于60S。

通讯线路搭建：根据现场情况，位置集中的电表，表具与表具之间手拉手连接，然后接入每个区域的网关。

平台层：百度天工 AIoT 平台层主要提供安全稳定的 IoT 数据接入、及时有效的数据处理及聚合计算，它具有高可靠数据库服务，丰富的平台数据接口支持，是保障能源管理服务的技术基石。AIoT 接入服务为设备提供安全可靠的连接通信能力，向下连接海量设备，支撑设备数据采集上云；向上提供云端 API，指令数据通过 API 调用下发至设备端，实现远程控制。

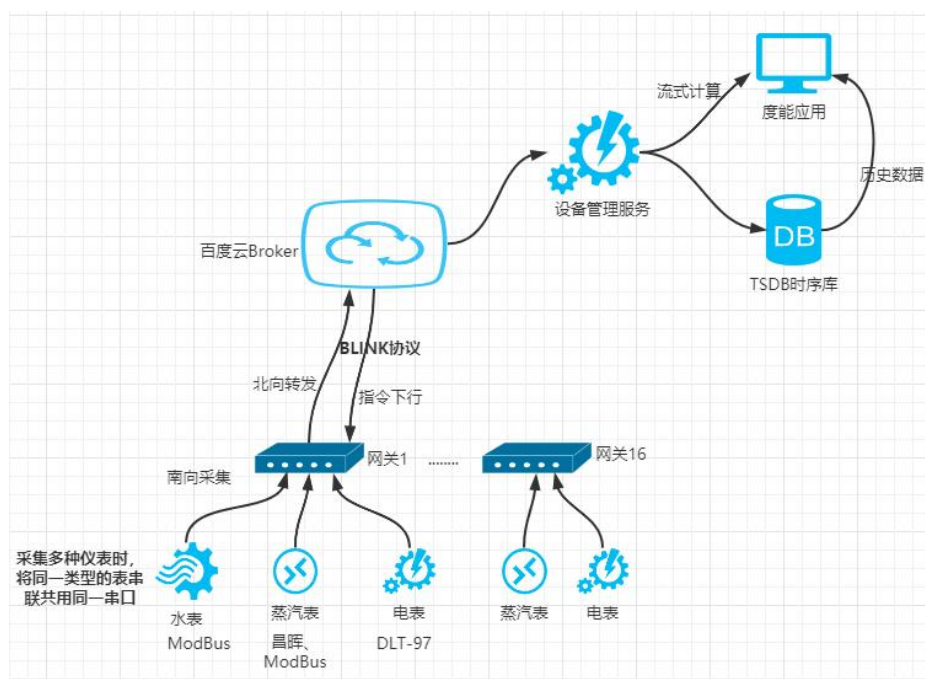


图 71 度能-能碳数据链路

基础能源平台：基础能源平台是支撑能源接入的基础，为能源管理应用的实例化构建、稳健物联接入、数据方法抽取、边云模型计算等搭建基础底座。按照功能划分为企业信息管理、物联模型管理、设备仪表管理三个模块。企业信息管理，完成企业基础画像的描绘，主要进行组织机构、建筑信息、人员信息、基础用能信息的管理。支撑业务核算在各种维度的灵活编排。物联模型管理，对能源场景的物联设备，进行统一的数字化点表创建，完成解析点表、运算属性、阈值上下限设置等功能。仪表设备管理，对设备模型的实例化，并进行仪表与设备的台账信息匹配，完成物理世界与数字世界的对照映射。核算分析模型管理，定义企业的核算时间、成本模型、核算分析单元、核算公式信息。通过配置，明确企业的核算时间、班组时间段、各能源类型的成本核算方式、分析的维度、分析的单元以及各分析单元的

能耗计量公式和成本核算公式。

实施成果：

物联接入改造：实现存量 205 台仪表的统一入口采集（通讯采集、系统对接、移动手抄）；采集过程对接 10+通讯协议（仪表老旧、通讯协议缺失，通过报文监听方式破解）；预期实现全厂无线方式数据稳定上传（丢包率 < 0.38%）；实现网关远程固件升级与调试配置。



序号	设备名称	基座名称	物理量标识(测点描述)	基座值	质量	采集时间
5635731	BNMC后车烘缸蒸汽	BNMC后车烘缸蒸汽Fs	Fs	0	Good	17:50:25.020
5635732	BNMC后车烘缸蒸汽	BNMC后车烘缸蒸汽Ts	Ts	122.3	Good	17:50:25.020
5635733	BNMC后车烘缸蒸汽	BNMC后车烘缸蒸汽Pas	Pas	0.175	Good	17:50:25.020
5635734	BNMC后车烘缸蒸汽	BNMC后车烘缸蒸汽Fslnt	Fslnt	12405.505	Good	17:50:26.106
5635735	BNMC后车烘缸蒸汽	BNMC后车烘缸蒸汽Online	Online	0	Good	17:50:27.106
5635736	2#DS蒸汽_MZD/QAT099...	2#DS蒸汽Fs	Fs	0	Good	17:50:18.676
5635737	2#DS蒸汽_MZD/QAT099...	2#DS蒸汽Ts	Ts	105.2	Good	17:50:18.676
5635738	2#DS蒸汽_MZD/QAT099...	2#DS蒸汽Pas	Pas	0.072	Good	17:50:18.676
5635739	2#DS蒸汽_MZD/QAT099...	2#DS蒸汽Fslnt	Fslnt	15466.09	Good	17:50:19.762
5635740	2#DS蒸汽_MZD/QAT099...	2#DS蒸汽Online	Online	0	Good	17:50:20.762
5635741	BNBLMC水罐蒸汽	BNBLMC水罐蒸汽Online	Online	0	Good	17:50:21.762
5635742	BNBLMC水罐蒸汽	BNBLMC水罐蒸汽Fs	Fs	0	Good	17:50:21.845
5635743	BNBLMC水罐蒸汽	BNBLMC水罐蒸汽Ts	Ts	147.3	Good	17:50:21.845
5635744	BNBLMC水罐蒸汽	BNBLMC水罐蒸汽Pas	Pas	0.162	Good	17:50:21.845
5635745	BNBLMC水罐蒸汽	BNBLMC水罐蒸汽Fslnt	Fslnt	30504.069	Good	17:50:22.932
5635746	新染色后车蒸汽	新染色后车蒸汽Ts	Ts	114.5	Good	17:50:13.329
5635747	新染色后车蒸汽	新染色后车蒸汽Fs	Fs	2.17	Good	17:50:13.329
5635748	新染色后车蒸汽	新染色后车蒸汽Pas	Pas	0.16	Good	17:50:13.329
5635749	新染色后车蒸汽	新染色后车蒸汽Fslnt	Fslnt	25358.659	Good	17:50:14.415

图 72 度能-能碳物联接入改造

度能基础能源管理平台全功能上线：实现企业组织机构、角色权限、用户配置等业务配置功能；实现 mizudany.com/login?bcia 的专属域名访问；实现能源类型、设备模型的数字化孪生；实现网关、仪表、印染设备的业务台账管理；实现灵活的能源数据核算编排。

浙江美欣达纺织印染科技有限公司 总机6266						
+ 新建控制策略 批量删除 导出表格 请输入名称进行搜索						
☐	控制策略名称	控制策略编码	网关编码	状态	SlaveID	所属机构
☐	投工数据控制策略	product		● 在线		浙江美欣达纺织印染科技有限公司
☐	长车染色PLC	MT8888	MZDJQAT0999_G0017	● 在线	4	浙江美欣达纺织印染科技有限公司染色公司
☐	ST后车水阀	MZDJQAT0999_VW009	MZDJQAT0999_G0010	● 在线	15	浙江美欣达纺织印染科技有限公司染色公司
☐	1号PD染色后车水阀	MZDJQAT0999_VW008	MZDJQAT0999_G0005	● 在线	5	浙江美欣达纺织印染科技有限公司染色公司
☐	1号PD染色电表	MZDJQAT0999_M0018	MZDJQAT0999_G0005	● 在线	291620013803	浙江美欣达纺织印染科技有限公司
☐	1号PD中车电表	MZDJQAT0999_M0019	MZDJQAT0999_G0005	● 在线	291620013802	浙江美欣达纺织印染科技有限公司
☐	5号PS后车水阀	MZDJQAT0999_VW007	MZDJQAT0999_G0012	● 在线	8	浙江美欣达纺织印染科技有限公司
☐	ST前车水阀	MZDJQAT0999_VW006	MZDJQAT0999_G0010	● 在线	14	浙江美欣达纺织印染科技有限公司
☐	ST水阀	MZDJQAT0999_VW005	MZDJQAT0999_G0010	● 在线	5	浙江美欣达纺织印染科技有限公司
☐	排水流量	MZDJQAT0999_VW004	MZDJQAT0999_G0010	● 在线	7	浙江美欣达纺织印染科技有限公司

图 73 度能-能碳基础能源管理平台

场景 2：管起来，改变手抄笔录，建立完整能源管理系统，实现用能精细化管理

解决问题：缺乏统一能管系统，企业大部分都是传统的手抄笔录，目前没有进行能源数据的系统化管理，没有实现能源的在线监测，也就无法对能源使用情况进行分析，无法有效推进节能降碳；目前大多数能源管理系统，只关注能源数据本身，没有结合企业生产和设备情况进行综合分析，无法帮助企业对生产和设备进行有效管理，也无法达到实际节能降碳的效果。

解决方案：



图 74 度能-能碳能源管理应用功能架构

综合能源管理系统是企业为生产过程把脉的数字化工具软件，根据企业能源使用量、用能行为，为企业安全用能、精准用能提供能源管理服务。根据对能源运行数据的分析，对后续接入生产、控制等多维度系统，打通信息孤岛，提供数据支撑及业务支撑。依据详尽而准确的能耗数据帮助用户掌握详细的能耗分布状况和能效水平，实现主动型、精细型的能源管理，以便建立长期、可持续化的能源管理体系，最终实现节能增效的目标。系统主要包括能源管控、能源分析、生产分析、计划管理等功能模块。

能源管控：能源管控模块是用能用户实现能源管理职能的基础模块，用户可以通过能源管控模块实现对各类能源进行基础的统计、分析、监视、报警处理工作。

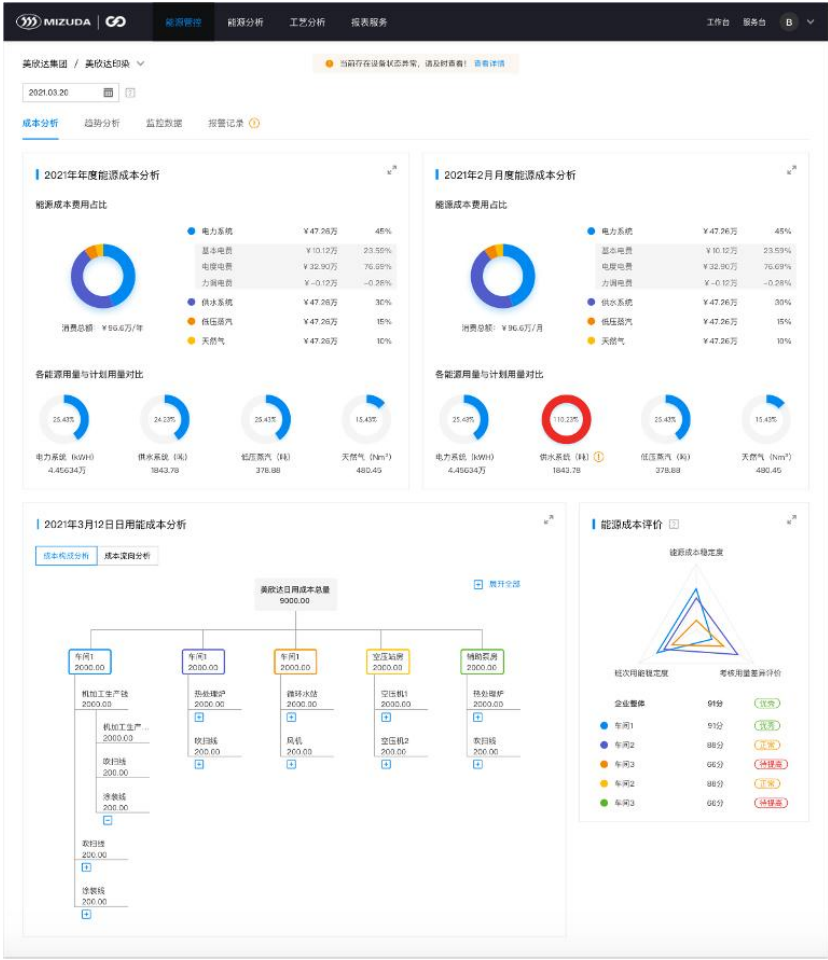
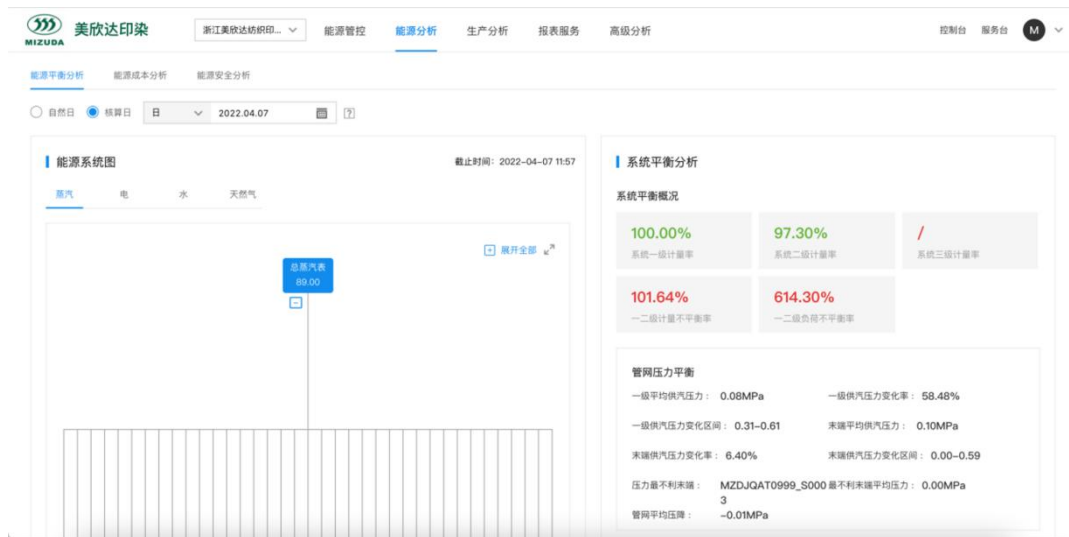


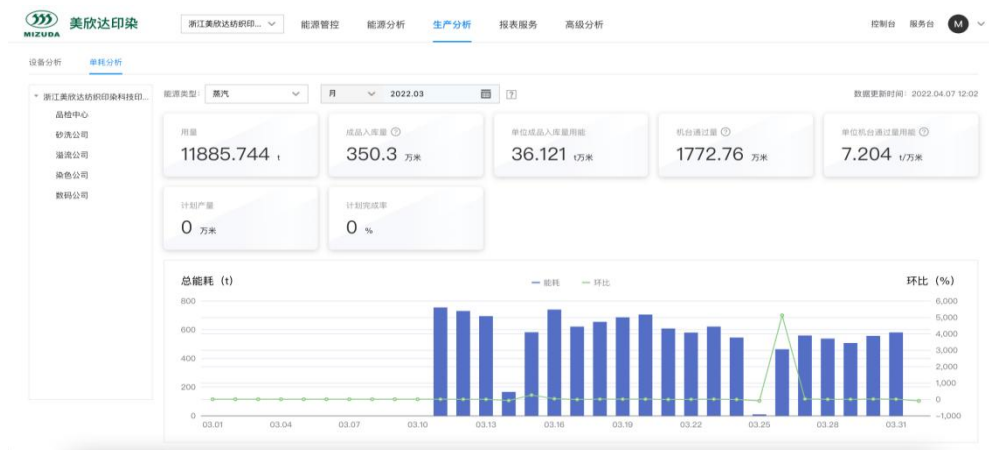
图 75 度能-能碳能源管控展示

能源分析：能源分析是在企业明确能源系统结构，并且接入大量仪表传感器数据的基础上，对企业能源系统、能源消耗进行深入的监视分析，分析的维度包括平衡维度、质量维度、安全维度、用能成本维度等。



生产分析：生产分析是企业用户对产品的生产情况以及生产中的各个基本要素（企业、工区、工序、设备、班组）的耗能情况进行的分析。

生产分析主要包括：工艺分析：对企业各生产单元的产量、能耗、生产计划完成率进行分析评价；设备分析：对各产线的生产类设备的能耗、运行状态、运行指标进行分析评价；单耗分析：对各能源类型涉及的考核设备进行产量、能耗、单耗的统计，并结合工单数据，分析产品类型、工单产量、工序、克重对单耗的影响。



实施成果：智慧能源管理服务帮助企业搭建了完整的能源管理体系，从能源使用量、用能行为，为企业安全用能、精准用能等各方面提供能源管理服务，预期平均能帮助企业能源成本降低 5%-10%。

场景 3：算出来，基于标准碳排核算模型，进行碳排放可信核算、监测

解决问题：核算标准繁多、复杂，用户没有专业的能力去做碳排评估和核算；数据分散、难收集，数据分散在各个系统，通过人工分别线下搜集统计，工作量大，准确性难以保证；传统服务时间集中、不及时、工作量大 d) 传统的线下核算方式，一年进行一次，无法及时了解碳排情况支持企业进行减排干预，且人力成本都比较高。

解决方案：度能提供碳管理应用，帮助企业快速进行碳排放可信核算，碳数据及时监测。

内置国标各行业的核算指南及推荐参数：依据国家发改委发布的碳排放核算标准，定义碳盘查模板，用户可直接零门槛使用；整合国内外多种碳排放参数推荐值、排放因子库参与碳排放的计算。



图 78 度能-能碳碳排核算模板

多种方式的排放源数据灵活采集：具备硬件层和物联网平台的能力，可进行排放源数据的自动采集；可以将分散在多个系统的数据进行集成，也支持人工录入与配置数据。

配置活动数据

至少配置一种录入方式 ①

方式一：手动录入

录入详情： 年 月 日

时间	采集量 ②	单位	操作
2022	222	T	删除

+ 添加

方式二：自动采集

录入详情： 蒸汽 电 水 天然气

符号	系数	计量点名称	核算参数	操作
+	1	请选择计量点	请选择核算参数	删除

+ 添加

图 79 度能-能碳碳排配置

碳排放可信核算与及时监控：系统自动计算出的碳排数据，并可从不同时间周期、排放源类型等多种维度进行展现、统计分析，帮助用户快速洞察碳排情况，帮助企业做到“摸清家底”“精细管理”。



图 80 度能-能碳碳排计算与展示

实施成果：帮助企业从 0 到 1 建设双碳管理，完成了对企业的电力、热力、废水等全方位的排放源数据采集，实现碳排可信核算与实时监测，为企业后续实现碳达峰、碳中和的目标提供重要支撑。

场景 4：降下来，提供 AIoT 节能方案，实现精准节能

解决问题：企业在生产运行中，存在一些高能耗环节，企业想进行节能，没有建模调优的技术能力，掌握最优能耗及其工况；在生产工艺中，工艺人员制定工艺参数，但是缺少数字化手段监管实际是否按照工艺执行，其间能源浪费现象无法及时识别，阻碍企业实现节能减碳的目标。

解决方案：美欣达印染产线采用典型的长车染色工艺，设备繁多，工艺复杂，产线长达几百米，度能系统为企业提供了基于模型的高级节能分析模块。深入长车印染产线与工艺，基于能耗数据、生产数据、工艺数据，多维数据建立模型，找到最优能耗，反馈优化参数建议，识别能源偏差与浪费，帮助企业透明化生产管理，及时调优控制，达到精准化节能降碳。



图 81 企业长车染色产线全貌

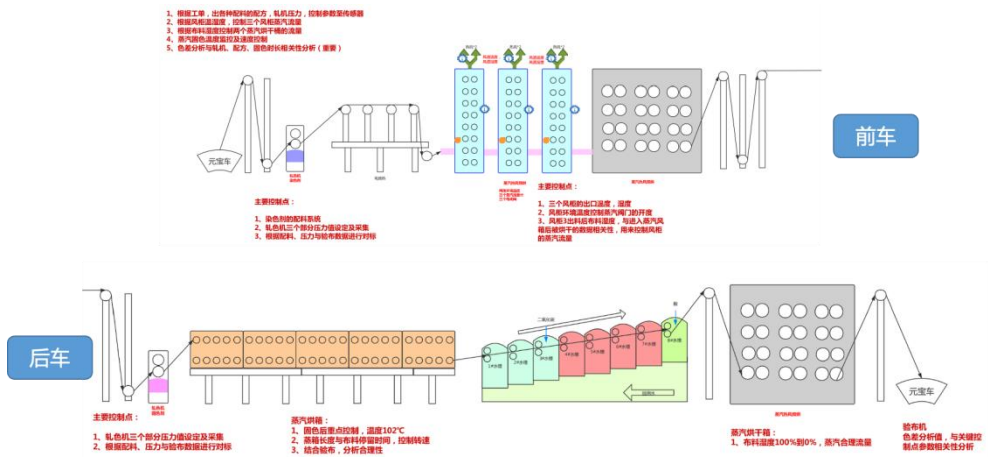


图 82 基于长车染色线建立算法模型

实施路径：

PHASE-I 算法策略——多系统数据流转：完成 MES 报工数据与染

色机中控工艺数据接入。生产过程可视化：对重点生产机台，监测当前生产情况及工作状态。异常用能推报警：小流量跑冒、静置与空转异常耗能、设定不合理等。生产效率清晰化：实时计算整机单耗，某合约单耗，以及历史均值单耗。

PHASE-II 算法模型—定标：针对 1#PD 染色机，核定基准用能（蒸汽）单耗。建模：基于数学规划或强化学习的（全局/局部）最优工况值推荐。优化：提炼高性能模型库，支持多工况自适应能力。调控：对执行偏差，做进一步自动化优化控制改进。泛化：针对单机台沉淀模型定式，并泛化到其他重点设备上。

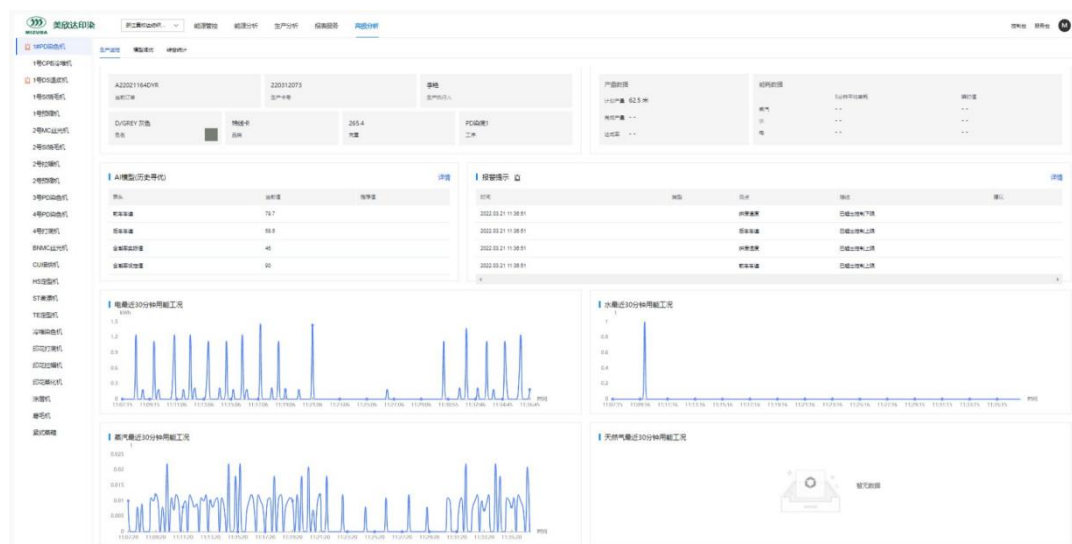


图 83 度能-能碳利用 AIoT 技术自动推荐运行工况

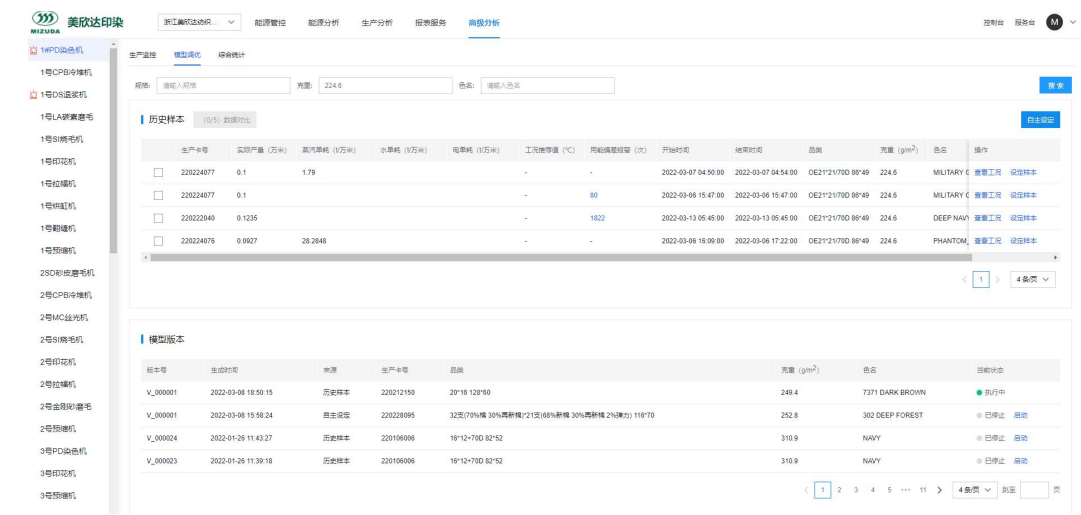


图 84 度能-能碳订单级能耗透视

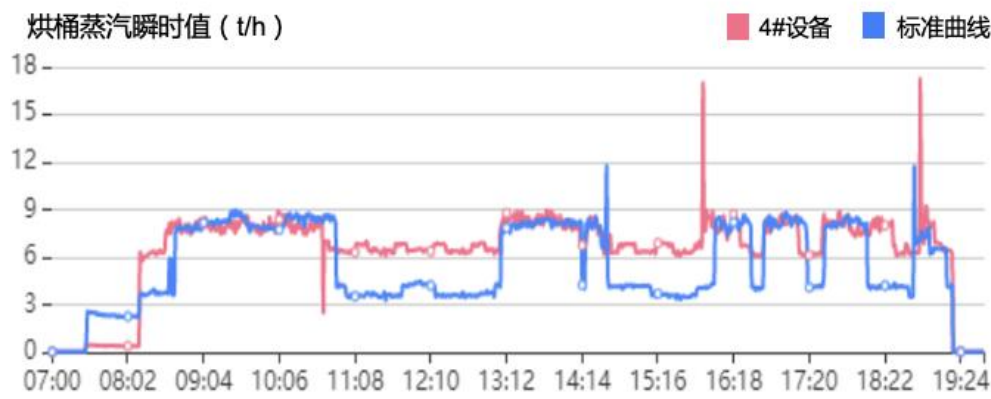


图 85 度能-能碳产线上设备实际用能数据检测与分析



图 86 度能-能碳生产设备经系统分析及推荐参数调优后降低

实施成果：通过多系统业务数据聚合，找到订单级生产最佳工况，用 AIoT 建模。预期重点用能设备万米单耗降低 10%以上，蒸汽年度账单可降低约 100 万以上。

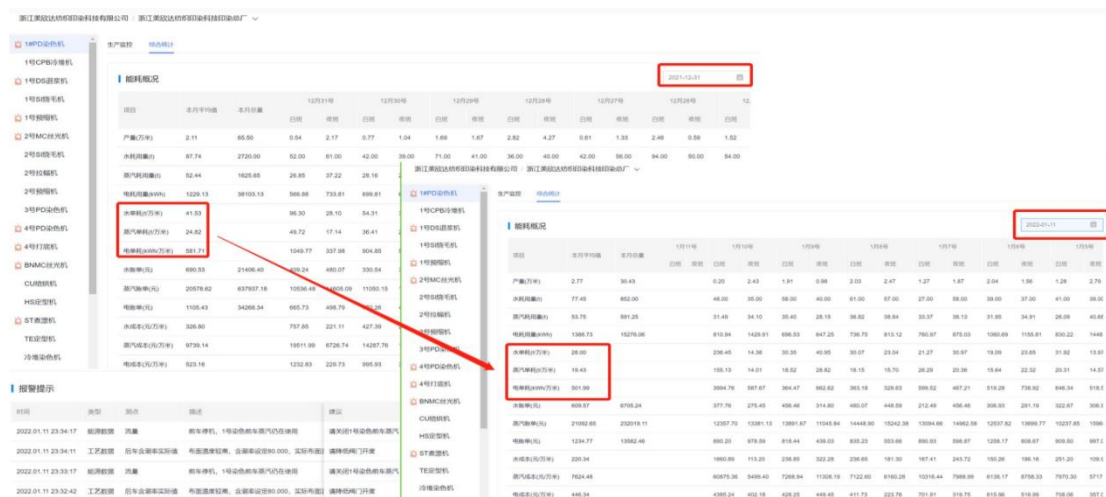


图 87 度能-能碳重点机台节能效果

3. 案例总结

节约企业用能成本，提升工艺流程稳定性。通过接入度能平台，企业可建立基础能源数字化监控系统，通过对能源数据及过程数据的高频采集和分析，基础能源管理模块预期平均能帮助企业能源成本降低 5%-10%，用能高级分析模块对于规上印染企业，每年预计可降低约 100 万元的蒸汽费用。同时，通过对生产流程的智慧优化，保证了工艺稳定，实现了“智能制造”。

助力印染行业数字化转型，支持行业节能减排。全国规模以上印染企业有 1600-1700 家，行业整体的自动化、信息化、数字化的水平较低，行业传统的系统服务商无法解决目前行业所遇到的能耗高、碳排放高、流程差、成本压力日益严重的问题。本案例整套系统和方案对整个印染行业节能降碳的建设起到非常重要的意义，将赋能印染高能

耗、高排放的产业实现低碳绿色建设，达成产业智能化升级。

支持国家双碳战略落地，助推构建资源友好型社会。在 3060 双碳目标的时代背景下，节能环保、减排降碳、能源经济结构转型已经是必须要走的发展道路。能碳数智化平台，帮助企业、政府园区建立起能源管理体系，实现企业节能降碳，政府更好监管，能够显著地降低能耗、污染物排放以及碳排放，从而降低产业发展对生态环境的破坏，助力双碳目标和生态友好的发展方向。

（十一）海螺集团智慧水泥综合体¹¹

1. 案例概述

水泥行业的发展目前正处于新旧动能更迭的关键阶段，自动化、信息化和智能化水平参差不齐，亟需采用信息化和智能化技术，推动生产、管理和营销模式从局部、粗放向全流程、精细化和绿色低碳发展方向变革，解决资源、能源与环境的约束问题，提高生产制造水平和效能，实现水泥行业高质量发展。

中国电信围绕“端+网+云+用”为核心体系，融入 5G、AI、云、MEC 等 ICT 技术，以“三化（自动化、信息化、数字化）深度融合、生产与经营全面协同”为主线，打造创新标杆工厂智能化场景，实现“三个统一、两个升级、一个融合”“321”建设目标。该项目涉及矿山开采、生料制备、熟料煅烧、水泥磨粉、包装发运各环节，将生产大脑与经营大脑的融合，以经营指标分析为目标，通过向业务项的分解，指导多业务协同，实现精准生产、提质增效、降耗减排等目标。

2. 应用场景

场景 1：水泥烧成及生料粉磨能耗优化

基于 5G+工业互联网思路和降低碳排放的需求，进一步改善现有系统的自动程度与能耗优化能力，在现有 MPC 系统之上建设水泥烧成及原料粉磨能耗优化系统（RTO）。该系统是一个基于原水泥窑、磨 MPC 系统之上的工艺参数优化系统（如下图所示），是对现有成熟 MPC 系统的进一步优化，最终实现对窑、磨系统的稳定且低耗的自

¹¹本案例所有信息均来自中国电信股份有限公司安徽分公司

动驾驶，能够有效降低 CO₂ 排放，提升生产效率。

该系统的技术方案广泛采用了将机理知识与数据融合策略，增加了方案的可解释性，具体在数据预处理（例如：时滞对齐，滤波参数选取等）、工况判断（例如：启停磨、密尾堆料等）、模型构建（例如：历史系统状态、未来 CV 设定值和标签的构造方式），优化推荐值合理性判断（例如：CV 内在制约关系的梳理）等方面；同时该方案考虑了针对设备长期工况渐变情况下能够同步进行模型演进适配的终身学习策略，形成与 MPC 融合的控制优化一体化融合技术体系。能够通过预测生产系统运行工况，以生产稳定与经济性能最优为目标计算底层控制回路设定值，通过不断积累数据、挖掘工艺知识，具备不断提升优化空间的自学习能力。

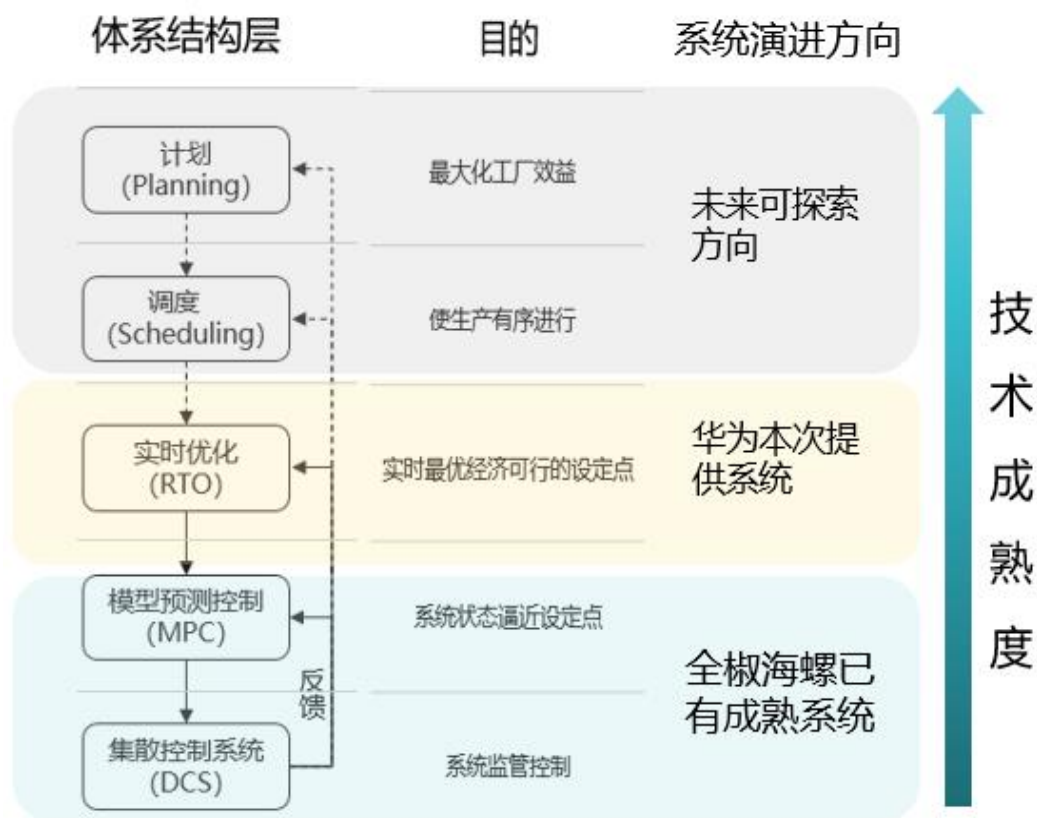


图 88 海螺智慧水泥系统方案

场景 2：环保监测平台

宣城水泥工厂排污口或噪声声源处放置传感器和采集终端，分别采集大气污染物（颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、脱硫脱硝等环保数据）、水污染物、固体废物和噪声 4 种类型的排放量，接着通过不同的协议进一步将采集到的数据进行封装并汇总到智能传感网关，智能传感网关对不同的协议数据进行调度处理，通过 SSL(Secure Sockets Layer 安全套接层) 协议分别对其数据进行加密并最终传输、存储到 IoT 数据管理平台和数据中台，并配置环保指标异常排放预警规则、报警方式、提醒和通知方式功能。



图 89 海螺大气污染防治监管系统

场景 3：能源管理平台

能源管理平台可对各类用能设备中的各个主要回路的电压、电流、功率、功率因数、电能质量等各类电气运行参数（水和天然气的流量和实时流量）做实时在线监测，支持通过浏览器在线设计接线图等各类监控画面，画面定期刷新。针对生料磨电耗、煤磨电耗、窑电耗、

水泥磨电耗等进行能效分析。从生产、质量、能耗、停机时长等多个方面的绩效指标来综合分析生料磨、煤磨、窑和水泥磨的运行及电耗情况，并通过预先设置好的绩效指标上下限进行变色警示。通过与现有系统的融合与对接实现数据共享，能够按照不同时间区间，从集团、分厂、产线、工序、设备、产品等多维度进行水、电、煤等能源成本的对比环比分析及价格变化曲线分析，提高企业能源的自动化和精细化管理水平，对企业的生产起促进作用，使水泥的生产数量与质量更有保证。



图 90 海螺能源管理平台

场景 4：无人机 AI 爆破巡检+地形采集

海螺首创矿区无人机爆破巡检和地貌更新分析应用，首次在地表矿爆破中进行了应用，此项创新不仅可以应用于水泥非金属地上矿场中，也可以应用到所有地上矿爆破场景中。

无人机通过 5G 将监控到的矿场高清视频传送到天翼云上 AI 平台进行分析，当分析到爆破范围内有人或者设备，AI 系统将通过一体化 AI 平台进行报警，爆破完成后，无人机采集地形变化，更新 3D

模型，指导后续爆破和开采。

在这个应用中，通过 5G 超级上行技术保证了在多变的地形中 5G 的覆盖与带宽，将原来 AI 识别 500 米范围扩大到了 2 公里，通过无死角的大范围监控，减少爆破警戒人员，避免人员安全事故发生，提升爆破后地形数据采集效率，实现了未来无人矿山一体化管理的关键一步跃迁。



图 91 无人机爆破巡检和地貌更新分析应用

场景 5：5G+AI+云+高清视频实现多业务场景智能制造

利用 5G 的大带宽、高可靠性特点，对水泥制造和园区安全，生产过程中需要人力监控的点进行了判断，通过 AI 开发出专门算法，在堆料口堵塞，传动带崩裂检测，冒灰污染检测，翻斗阀检测等方式进行了机器视觉应用开发，同时针对园区人员不安全行为，也都增加了 AI 安全检测，当报警达到阈值，或 AI 识别出人员不安全行为，会实时告警。

开发了 AI 智能预警监控平台，将矿山类，智能制造类，园区监控类 AI 进行了统一，使巡检和监控效率提升了 3~4 倍，同时 95% 的概率避免人为和机械事故造成的事故损失。



图 92 基于 5G+AI+云+高清视频的多业务场景智能制造

场景 6：5G+智慧装船

安徽海螺集团有限责任公司与中国电信合作，开展了“5G+AI+智慧装船”项目建设，实现了精准动态作业场景的应用。通过搭建多视角相机，确定不同相机间同一物体的对应关系，根据三角测量原理，实时监测水泥船位置以及装船机溜筒位置和姿态，包括船舷位置、溜筒距船舷偏移比例、物料偏移度等。对数据进行 AI 分析，并通过 5G 网络将结果与预警信息传送到指挥调度中心，基于中心控制算法，发送指令到装船机可编程逻辑控制器（PLC），实时控制装船机作业，避免因位置不当引起碰壁、冒灰和其他视野受限情况，实现对装船作业的全流程监控。项目实施后，生产效率提升 70%，人员安全事故数降低到 0。



图 93 水泥装船作业 AI 智能辅助系统

3. 案例总结

通过工业互联网平台，推动企业数字化绿色化协同发展。本项目通过物联网平台采集终端数据，将数据汇集到专属云平台进行分析，构建生产、安全、环保、财务、销售、供应链、人力资源、综合管理八大模块，对生产中的各个环节进行指导，实现促进精准生产、提质增效、降耗减排等目标。

改变传统人工管理方式，企业能耗显著下降。平台建设改变原有人管的管理模式，更多环节实现量化，原有矿石成分从看不见摸不着到矿体模型化、可视化，质量从人工化验到在线自动检测，能源消耗显著下降，自项目建成以来，原料磨工序电耗下降 1.91%，吨熟料标准煤耗下降 1.28%，资源利用率提升了 4%，减少废排 34 万吨/年，堆平均 CaO 合格率提升 9.08%，碳排放量下降 75 万吨。

（十二）江苏永钢 5G 固废利用智能转底炉工厂¹²

1. 案例概述

针对冶金过程固废循环利用，转底炉工厂可以对钢铁生产过程中产生的尘泥、污泥等进行提纯处理，得到可用于炼钢生产的金属化球团，还原出来的锌、铅、硫等可以进一步形成产品。

党的十九大报告指出，要加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合。江苏永钢紧抓时代发展要求，配合国家发展战略，依托 5G 信息技术、数字化技术和智能化设备建设转底炉智能工厂，实现各类运行数据的自动化采集、分析与抛送，通过对工厂、关键设备的数字建模，融合工艺、质量、设备、物流、成本等多维多源信息，建立三维环境下的数据可视化交互展示与智慧运营平台，为转底炉的日常生产、调度、控制等作业提供全面准确的数据服务。

永钢在循环经济利用和绿色工厂水平上再上一个新台阶。同时得益于人工智能和工业生产的全面结合，智能工厂成功实现转底炉 DRI 生产流程精细化、生产操作自动化和生产效率高效化的运行，量化管控转底炉工艺参数，标准化转底炉生产控制，有益于实现安全、绿色、高效、低能耗的生产全流程，降低人员培训成本，推广转底炉工艺促进绿色循环经济。

2. 应用场景

场景 1：5G 智能装备，无人行车提升安全性

¹²本案例所有信息均来自中国电信股份有限公司苏州分公司



图 94 江苏永钢 VR 巡检

提供 5G+VR 导览、5G+VR 巡检、无人行车等多应用辅助用户远程协作。员工身在中控室，通过 VR 模拟车间的真实环境导览与漫游厂区；设置一名“虚拟员工”，通过制定巡检路线，实现一键开启智能巡检，代替真人在现场巡检，通过这名“虚拟员工”的视角，在制定好的路线中查看相关设备数据；操作人员只需在后台指定目标区域并给出行车运行指令，由行车自动完成上料、卸料工作。5G+VR 导览、5G+VR 巡检、无人行车等多应用解决了用户远程协作的需求，有效降低了厂区监管以及运行成本。

场景 2：5G 设备管理，设备全生命周期管理

采集设备信息，实现检修记录、验收记录、关键设备功能精度可追溯和故障的闭环管理，确保转底炉设施设备的高效、稳定运行；采集原辅料信息，确保物料的质量是有保障并可追溯的；采集工艺规程、

生产控制参数、工序质量控制标准进行固化，建立计算模型，关键来料情况调整工艺控制，确保能够适应物料的变化和满足生产需求；采集设施设备参数、设备运行状态数据、检验数据、质量控制数据确保产品质量。所有的数据都将汇集至大数据平台，经过系统分析后下达操作指令，大幅减少生产过程中的人工干预，提高生产过程可控性，提升产品质量、降低生产过程的损耗。

图形化的展示界面实现对厂区设备的整体智能化管控，为转底炉工厂的日常运行、调度、控制等作业提供可视化的数据服务，降低运营成本。此外，实时采集的设备运行参数信息与运维参数信息，可以通过大数据训练建设转底炉数学模型，不仅可以结合模型算法实现预防性的设备诊断、预警与维修，还可以量化管控转底炉工艺参数，标准化转底炉生产流程。

场景 3：5G 能耗管理智能化



图 95 江苏永钢能源管理运营云平台

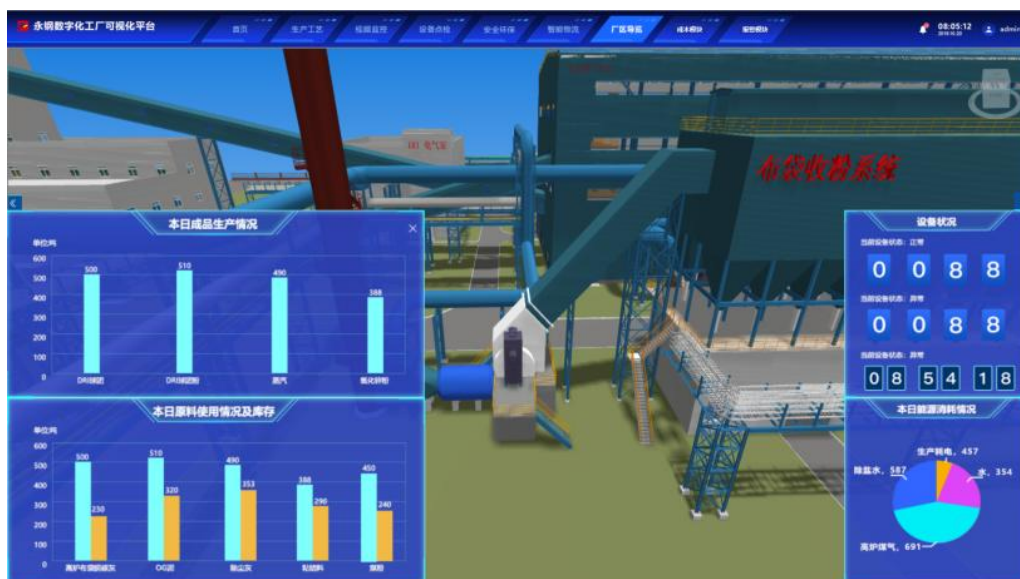


图 96 江苏永钢生产可视化平台

结合 5G 技术，构建工厂专属的能源管理并接入永钢能源管理平台，实现循环再利用智能工厂内部的能耗数据采集和管理，支撑永钢公司级的能源调度和管理要求，通过公司级的能耗管理向下层层追溯，可以做到工序、班组、产品的能源精细化管理，大幅减少能源浪费。

场景 4：物流跟踪追溯

通过集成 5G、RFID 电子标签、移动应用等数字化技术，实现原辅料从发出到接收的全流程跟踪与管控，同时原辅料的质量信息、重量、物流信息、成本信息随原辅料同步传输。通过 APP 可以快速查询到设施设备的基础信息（数字化交付的数据），从设施设备的采购、安装、调试、运行、检修、到最终报废，实现全生命周期管理工装 APP 管理，随时随地能够通过移动终端扫描设备二维码进行查询。通过 RFID 物流跟踪追溯系统降低了人力成本消耗。

场景 5：5G 安全环保，保证生命健康



图 97 江苏永钢智能可视安全帽



图 98 江苏永钢定位监测手环



图 99 江苏永钢人员定位及可视化系统

固废利用智能工厂配备高精度人员定位管理系统，结合移动定位技术和 5G 通信技术，为员工配置智能定位手环，随时检测人员活动范围并实时监测人员健康状况，以防员工危险区域发生意外。解决人员现场作业状态无法实时监管的问题，实现转底炉厂区人员管控无死角，确保人员的生命安全有保障，降低管理成本。

3. 案例总结

生产精益化、透明化、数字化水平显著提升。应用 RFID、二维码等方式对生产资源进行自动、半自动识别，运用工业物联网、5G 等技术实现工厂内各层级资源之间的信息交互，工厂的自动化信息、数据采集率达到 95%。建有的 MES、质量管理、设备管理等系统已覆盖工厂生产制造全过程。研发的设备状态监控的故障预测、微检修、VR 检修、人员定位健康监控等系统则可以有效对人和物的安全进行分析、评估、预防、规避，大幅提高安全生产水平。

综合生产绩效全面提升，行业内具有示范意义。项目综合应用多项先进技术，形成了 5G+模式的全连接能力，为传统工业制造赋能，为“绿色制造、智能制造”目标提供坚实的支撑。建成后的智能转底炉工厂，转底炉工厂的信息化、智能化水平、作业率、作业人员配置率、能耗水平以及产品质量关键指标等各项运行绩效指标均大幅改善，对行业发展具有积极意义，项目先后获评“智能标杆工厂”，江苏省级智能车间，为实现钢铁行业高质量发展提供新动能、作出新贡献。

（十三）华聚车用新材料数字化碳足迹计算与认证¹³

1. 案例概述

碳足迹是基于全生命周期评价方法而量化出产品及技术所造成的温室气体影响，确定碳足迹是减少碳排放行为的第一步，它能帮助企业辨识自己在产品生命周期中主要的温室气体排放过程，以利于制定有效的碳减排方案。本场景是面向新材料领域的产品碳足迹认证，通过对最具有代表性的 20mm 厚的热塑性蜂窝板的碳足迹计算和认证实现场景落地。本场景基于全生命周期建模理论，实现了对产品的碳足迹模型建立、数据收集、碳足迹评价、报告编制和产品碳足迹报告认证，帮助企业实现产品碳足迹的全面评价，为后续为企业实现减排目标和持续减排方案提供了基础，通过碳足迹帮助企业在同类产品形成区别，对于企业声誉提升和引导绿色消费提供帮助，在外贸场景下，能够为企业避免碳关税带来的出口困难。

2. 应用场景

场景 1：碳足迹建模与核算

产品碳足迹，是指基于生命周期评价方法（Life Cycle Assessment, LCA），量化出产品及技术所造成的温室气体影响，即产品从原材料到生产产生的碳排放。

¹³本案例所有信息均来自阿里云计算有限公司

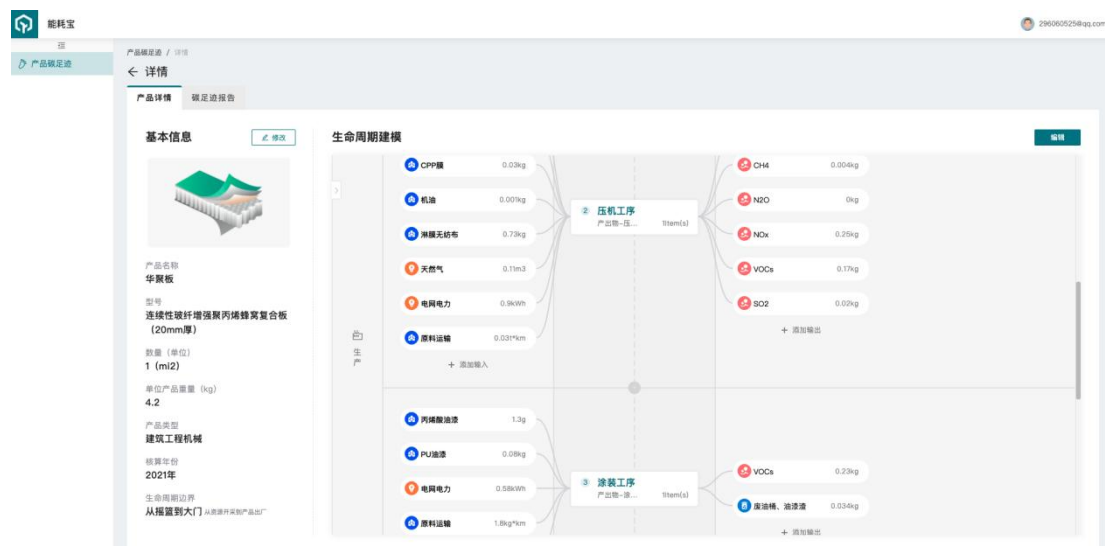


图 100 华聚车用新材料碳足迹建模

首先通过在线采集实际场景所涉及的产品生产如原材料用量、能源消耗以及其他资源消耗数据，相关数据通过 IOT 技术采集到云上，与此同时通过区块链技术对原始采集数据进行上链，保证原始数据可信可追溯。其次通过在线碳足迹建模和核算工具，实现碳足迹的在线核算，其中对于无法采集原始数据和碳排放因子数据缺失，通过填报和数据库（LCA 数据库）获取，完成整个数据收集，计算得到当前产品温室气体影响。



图 101 华聚车用新材料碳足迹核算结果

场景 2：碳足迹在线认证

基于碳足迹建模和核算结果，进一步，通过在线认证工具链接的第三方认证公司，完成产品碳足迹的在线认证。最后通过能耗宝进行报告、证书和标签的生成。



图 102 华聚车用新材料碳足迹在线认证



图 103 华聚车用新材料碳足迹认证证书

3. 案例总结

企业通过购买和使用的一站式碳足迹服务，将传统的数据收集、产品碳排放模型构建、产品碳足迹核算、产品碳足迹认证以及后续绿色营销，能耗宝通过数字化技术，实现数据收集、产品碳排放模型构建、产品碳足迹核算、产品碳足迹认证等一站式在线服务，助力企业实现碳足迹的低成本核算认证以及产品绿色营销服务。

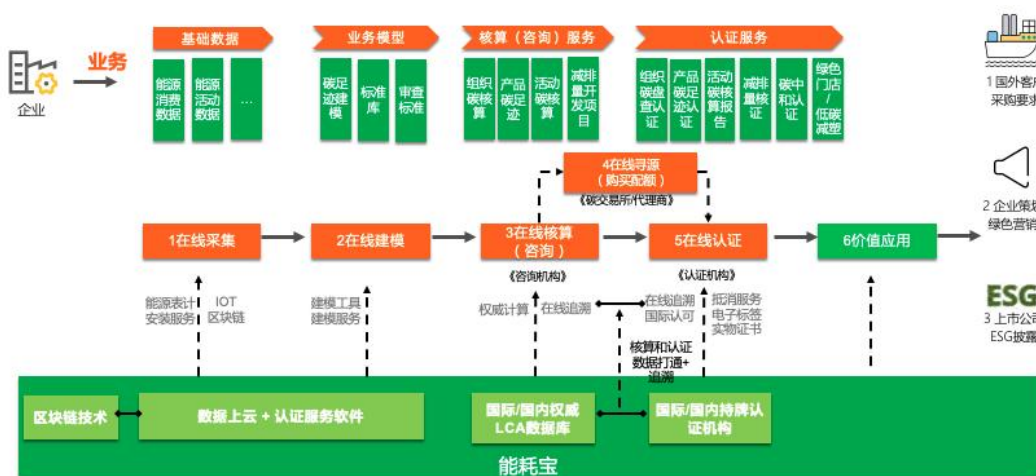


图 104 华聚车用新材料碳足迹管理服务

促进精准节能降耗，提升企业品牌形象。碳足迹的低成本核算认证以及产品绿色营销服务，**一是**发掘企业节能减排的潜力。分析产品碳足迹能够帮助企业识别能耗高、碳排放量大的生产环节，并针对减排潜力高的环节采取改进措施，实现节能，降低成本。**二是**提高品牌声誉。企业应对气候变化所做的努力是企业履行社会责任的一部分，能够影响企业声誉。企业可以将产品碳足迹作为长期战略的组成部分，并以此与市场上同类产品形成区别。**三是**引导绿色消费。企业公布的碳足迹认证证书等，使消费者了解到碳足迹认证产品，引导消费者的绿色采购理念，促进可持续的生产和消费市场。**四是**应对绿色贸易壁垒。碳足迹认证能够帮助企业克服绿色关税问题，向其利益相关方展示应对气候变化的信心和努力的有效途径，帮助企业赢得合作伙伴信赖。

技术方法科学可靠，低成本服务便利规模化推广。**一是**方法科学普适。产品碳足迹计算采用全生命周期方法，具有明确的、清晰的实现路径和方法依据，能够科学地评价产品的全生命周期碳足迹和环境影响，具有系统化、定量化、标准化和普适性的特点。**二是**数据可信与可靠。本应用场景通过采用中国生命周期基础数据库（CLCD），同时兼容了国内外其他主流数据库、因子库，能够最大化地保障碳足迹计算过程中国内生产产品的数据质量。同时利用区块链技术和 IOT 技术，能够实现整个数据和结果的可信可追溯，具有规模化复制基础。**三是**低成本的核算和认证。团队联合外部生态依托在线化的建模、核算和认证，可以降低整个碳足迹核算和认证的成本，实现规模化推广。

（十四）5G 助力新日电动车双碳制造¹⁴

1. 案例概述

江苏省在《关于推动高质量发展做好碳达峰碳中和工作的实施意见》提出：把节约能源资源放在首位，实行全面节约战略，倡导推广绿色低碳的生产生活方式，大幅提高投入产出效率，持续降低单位产出能源资源消耗和碳排放，从源头和入口形成有效的碳排放控制阀门。以此项意见为契机，结合中国制造 2025 战略导向，无锡市锡山区电动车产业集群先后开展双碳节能平台试点建设，建灯塔、树标杆、衍产业，带动全国电动车产业全面向绿色环保、低碳节能、高效生产转型。

新日无锡公司的产线为传统劳动密集型装配产线，经过前期全方位的诊断，企业的生产用能过程主要存在以下痛点：1、产能不清晰：所有产线产能均依赖手工看上报，上报产量与实际产能不匹配，产线未安装能耗监测设备，管理层的每日报表依赖人工统计，单批次、单台产品能耗情况不明；2、效率不直观：核心生产设备焊接机器人未联网，无法统计运行效率、稼动率（OEE）、用能情况，设备保养、维护、节能降耗缺乏数据支撑；3、能耗不透明：全厂只有工厂级的能耗监测设备，车间级、产线级、设备级的能耗不透明，设备用能、产线用能缺乏统计手段，节能增效有空间；4、系统不畅通：企业目前已有 SAP、SRM、MES、OA、数据中台等多个信息化系统，各系统之间存在信息孤岛，没有及时建立数据战情室，系统数据只堆积不

¹⁴本案例所有信息均来自中国电信股份有限公司无锡分公司

清洗，不能充分发挥信息化系统的效用；5、优化无依据：当前企业产品的优化更新及迭代，均深度依赖于市场的销量反馈，对于产品在研发过程中通过大数据分析进行过程把控及反向优化的解决方案严重缺失，尤其在供应链侧和售后端，优化策略缺乏滞后性，产品质量的过程优化迫切需要数据支撑。

从上面描述的局限性可以看到，目前 5 个痛点问题已经影响到新日的良性发展，以解决上述问题为契机，本案例建设新日 X Cloud 工业互联全连接平台，以“一中心（可视化数据监控管理中心）”+“四应用（5G+全参数产线、5G+焊接机器人、5G+能源管理、5G+数字孪生）”为核心的新日 X Cloud 工业互联全连接平台，整合已有的信息化系统，打通信息壁垒，完成新日电动车智能制造战略转型，提升公司柔性化、自动化、智能化水平，打造“百年新日”新品牌。

2. 应用场景

场景 1：5G+全参数产线

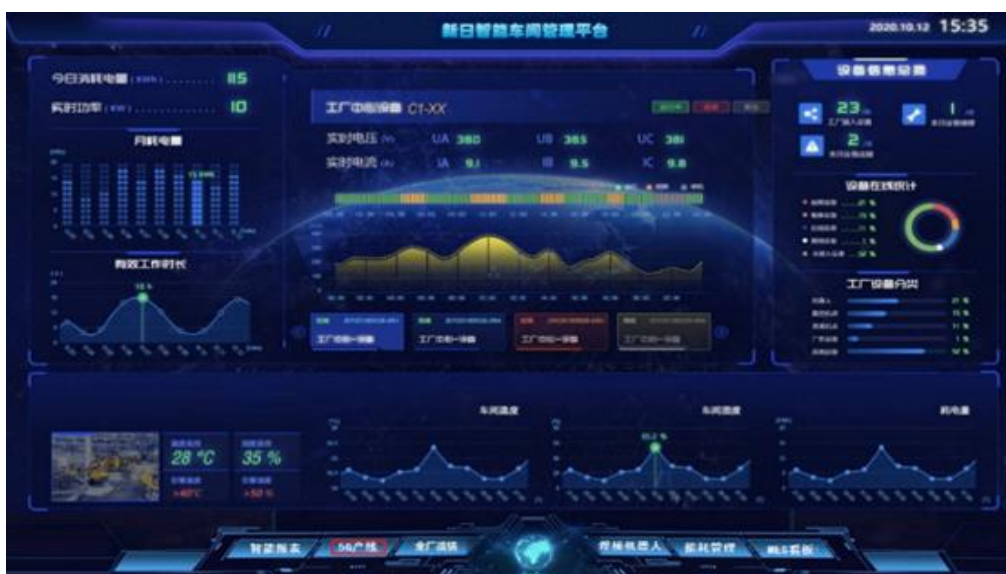


图 105 新日电动车智能车间管理平台



图 106 新日电动车总装线产能统计大屏

应用场景介绍：对电动车总装车间的产线进行全参数监测，监测参数包括产能、能耗、合格率、计划完成率、生产节拍等关键参数；通过对产线控制系统采用 5G 网关接入，实现产线的装配节拍等参数采集；在下线处安装激光对射装置，实时采集下线成品数量，并与车架打标机的实时打标数量进行对比；通过安装电表，实现产线、设备的能耗实时监测，实现整条产线的产能、能耗、合格率、计划完成率、生产节拍等关键参数的实时监测。

应用场景的普适性：该应用适用于汽车、白色家电、电动车等多个行业，就新日而言，单个应用帮助企业节约产线电费 10%、产线设备故障率下降 90%，数据实时性提升 85%，管理成本降低 20%，每年节省费用 35 万元。

应用场景解决的主要问题：解决行业内外装配线上产能不清晰、参数不透明、单品装配能耗不明等痛点，为企业管理优化、产线节拍调整提供数据支撑。

场景 2：5G+焊接机器人



图 107 新日电动车智能车间管理平台

应用场景介绍：对焊接车间的 60 台焊接机器人进行联网采集，包括 38 台埃斯顿的焊接机器人和 22 台松下的焊接机器人，通过 5G 网关进行数据采集，根据设备通讯接口类型选择采集的参数，采集参数包括设备状态、报警、稼动率（OEE）、焊接数量、能耗等，实现整个焊接车间的设备效率、用电器、用气量、焊接完成数、计划完成率等关键参数的实时监测。

应用场景的普适性：该应用适用于汽车、机加、电动车、汽车零部件等多个行业，就新日而言，单个应用帮助企业节约焊接车间电费 15%、设备故障率下降 90%，数据实时性提升 85%，管理成本降低 25%、生产效率提升 20%，每年节省费用 80 万元。

应用场景解决的主要问题：解决行业内外焊接机器人不联网导致的生产效率不清晰、报警滞后、设备故障处理不及时、单品焊接能耗

不明等痛点。

场景 3：5G+能源管理

应用场景介绍：对全厂用能进行管理，用能参数包括水、电、气等参数，监测范围包括配电房、焊接车间设备、装配车间设备等，实现设备级的能源管理监测。

应用场景的普适性：该应用适用于冶金、化工、机械、电子等大部分行业，就新日而言，单个应用帮助企业节约电费 10%、水费 15%、用气量下降 18%，年均用能成本降低 128 万/年。

应用场景解决的主要问题：解决行业内外企业用能不清晰、能耗高等痛点，为企业的节能减排、绿色用能、双碳达标提供数据支撑。

场景 4：5G+数字孪生

应用场景介绍：建设全厂数据驾驶舱，通过 3D+数字孪生，实现 MES、ERP、SCADA 等信息化系统全景化展示，并实现全厂设备、机械臂、焊接机器人、厂区动作节拍同步。

应用场景的普适性：该应用适用于汽车、机械等行业，就新日而言，单个应用将过去的报表统计时间有 3 小时降低至 3 分钟，大幅降低统计人员工作量，综合管理成本下降 20 万/年。

应用场景解决的主要问题：解决企业缺乏数据驾驶舱的问题，将过去需要人工统计日报表、月报表等问题当前由系统直接生成，实现全国战情一张图；通过 3D+数字孪生实现样品车辆的虚拟化生产，提前优化，不断迭代，产品的试制研发周期由过去的 6 个月缩短至 2 个月，大幅提高新品竞争力。

3. 案例总结

全产线监测为能耗管理提供基础支撑。5G+全参数产线对电动车总装车间产线进行全参数监测，提供包括产能、能耗、合格率、计划完成率、生产节拍等关键参数，解决行业内外装配线上产能不清晰、参数不透明等痛点，为企业管理优化、产线节拍调整等提供数据支撑。项目实施后，数据实时性大幅提升，产线设备故障率下降 90%，管理成本降低 20%，每年节省费用 35 万元。

5G+数字孪生大幅提升管理与创新效率。全厂数据驾驶舱通过 3D+数字孪生，全景化展示 MES、ERP、SCADA 等信息化系统，实现全厂设备、机械臂、焊接机器人、厂区动作节拍同步。用数字孪生代替过去的 PLM 产品全寿命管理模式，实现样品车辆的虚拟化生产，提前优化，不断迭代，降低研发成本，提高研发效率，产品的试制研发周期由过去的 6 个月缩短至 2 个月。

灯塔示范赋能区域高质量发展。新日企业的灯塔示范效应，将带动无锡锡山电动车产业园 190 家车企、450 家配套企业、3000 条产线 E2E 全生命周期管理、锡山区 500 条产线 5G 智能制造升级，沉淀全产业链数据，感知行业态势、提供决策依据，赋能千亿级产业，助力高质量发展。

（十五）聚焦碳中和的胶丝企业数字化转型解决方案¹⁵

1. 案例概述

随着国家提出碳达峰碳中和“3060”目标，加快推动双碳战略实施落地，以及这三年来全球新冠疫情带来的全球供应链的重新构建的背景下，国家对于制造企业开展数字技术赋能碳中和的大力推广，让制造企业通过数字技术赋能降碳，以工业互联网等新技术为手段实现数字技术与绿色技术融合应用。工业互联网是数字浪潮下工业体系和互联网体系深度融合的产物，是新型基础设施建设的重要组成部分，它着重围绕设备能耗、产品管理、业务和运营优化等业务场景，向传统工业行业渗透融合，在帮助企业降低成本、提高效率、节能减排、等方面成效初显，成为助力制造业通过数字技术赋能降碳的有效途径。



图 108 新华胶丝厂实景

¹⁵本案例所有信息均来自江门市新会区新华胶丝厂有限公司



图 109 行业 PvDF（聚偏二氟乙烯）、聚酯扁丝、优质胶丝等产品

新华胶丝厂的企业产品主要分为十大类，PPS（聚苯硫醚）单丝、抗静电单丝、柳叶型单丝、耐磨尼龙单丝、耐磨聚酯单丝、抗水解聚酯单丝、低熔点聚酯单丝等，各类产品根据不同的直径细分多种产品种类，年产量超过 2500 吨。在上线本项目前，公司生产模式为接单生产，生产管理主要凭经验，主要通过用友 T6 对企业财务进行管理，通过进销存对企业的物料库存进行管理，以及通过 Office 电子表格及纸质单据对企业计划、生产、工艺、质量、能耗等进行管理。

具体痛点包括：车间内工况复杂，现场生产数据、运行数据采集难度大，生产报告难出，生产任务不透明，无法及时反馈，无法准确评估交期，传统纸质文档和电子文档管理混乱，种类多、核对难，要求生产管理人员有丰富的管理经验，对人员的依赖性较大。

产品质量检验主要通过人工操作质量检测设备，对产品进行质量检验，主要通过纸质表格或检测报告进行质量数据收集。质量数据与生产数据未进行有效的关联，无法形成有效的追溯。

企业仓库通过进销存软件进行管理，智能管理物料库存，无先进先出提醒，无安全库存预警，存在货实不符情况。无法实现库区库位精细管理。在生产计划下发后，无法有效地实现物料划分或分配占用，

影响计划准确性。

企业电能能耗无法准确有效的分摊到销售订单、产品、设备等，只能统计所有加工设备电能，凭经验分摊。物料消耗、废丝等成本无法有效地与人/设备/订单等进行精细化的成本管理。

近年来，随着国家对于能耗管理的要求越来越严格，实现总耗能和单耗的下降，是未来每个企业必须要做的功课。实时的数据采集，即时的运行监测反馈，多维度的能耗分析报表，让员工在机台排产，产品生产排序，以及设备运行是否正常和能耗技改等方面提供扎实有效的数据，也为管理层在日常的生产与销售决策中提供有效数据。

数字化是公司实现碳中和转型的开端，助力工业单丝领域的企业实现绿色转型，通过提升设备、车间管理能力，引进先进的数字化管理系统适应当前的发展形势，以便加快自身发展。同时为了实现国产替代进口的目标，进一步推广国产单丝在造纸行业的高端化应用，新华胶丝厂在 2020 年与中国移动江门分公司、江门云科智能装备有限公司合作上线工厂数字化制造运营系统，实现生产管理流程的上云化，并取得良好的效益，其后在 2021 年与华为云计算技术有限公司、广州博依特智能科技有限公司合作进一步推进公司数字化的转型，上线能耗在线监测管理系统。

新华胶丝厂通过上线工厂数字化制造运营系统和能耗在线监控管理系统，实现在品质管控上的进步、管理效率的提升，使公司得到客户的进一步认可，带来了业务量和效益的增长。

2. 应用场景

场景 1：工厂数字化制造运营系统实现设备联网及能耗数据采集

本项目首期工厂数字化制造运营系统建设时间为 2020 年 3 月至 2021 年 2 月，新华胶丝厂联手中国移动通信集团广东有限公司江门分公司、江门云科智能装备有限公司等数字科技企业，实现胶丝厂设备上云、能耗数据采集、生产流程管理等服务模式的数字技术与绿色技术融合，帮助新华胶丝厂初步实现“碳中和”转型升级。

面向场景：工厂数字化制造运营系统首先将新华胶丝厂的生产设备联网，设备运行数据采集及相关工段设备的能耗数据采集，解决设备运行数据孤岛问题，实时掌握设备运行工艺参数、对工艺参数进行监控预警，保证产品生产质量，实时掌握设备能耗情况及全厂各部门能耗情况、对全厂各部门的能耗进行监控管理及统计分析。通过电子看板、统计报表、统计图表等多样的数据呈现方式，可实时掌握设备运行、订单完成、产品质量、料耗、设备能耗、人员绩效等情况，为企业生产管理决策提供实时有效的数据支撑。

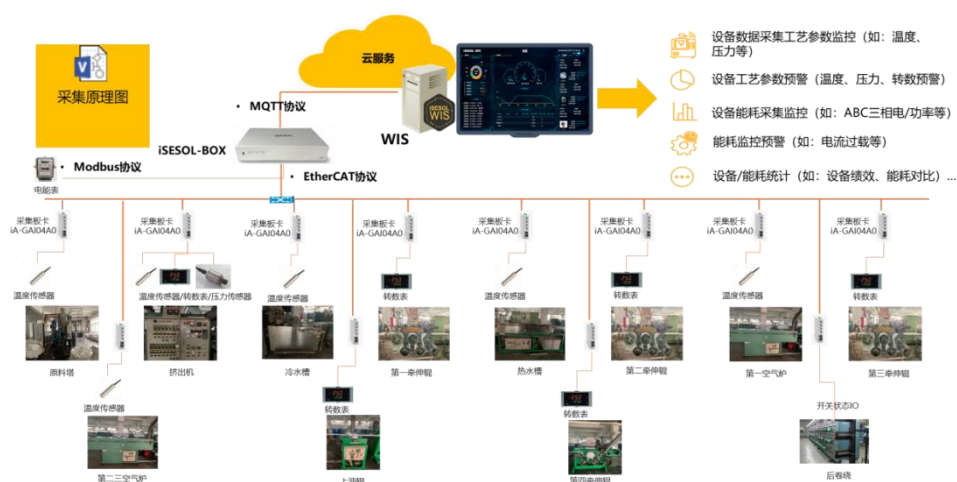


图 110 胶丝企业设备联网及数据采集流程示意图

实施成效：通过实时采集生产现场中各类生产过程数据，包括设

备、物料、人员、工时、工装、刀具、工艺、能耗等相关数据，以车间看板方式实时监控整个车间的生产过程，包括车间设备运行状况、生产进度、产线产量、能耗使用等，实施后减少 2 人在生产设备参数记录方面的耗时，实时的生产设备数据反馈、做到主动到时提醒等预警，使管理人员及时全面地掌握企业的生产情况，满足生产过程各维度需求，保障生产现场作业有序进行，为管理层决策提供数据支撑。



图 111 采集胶丝厂各类生产过程数据

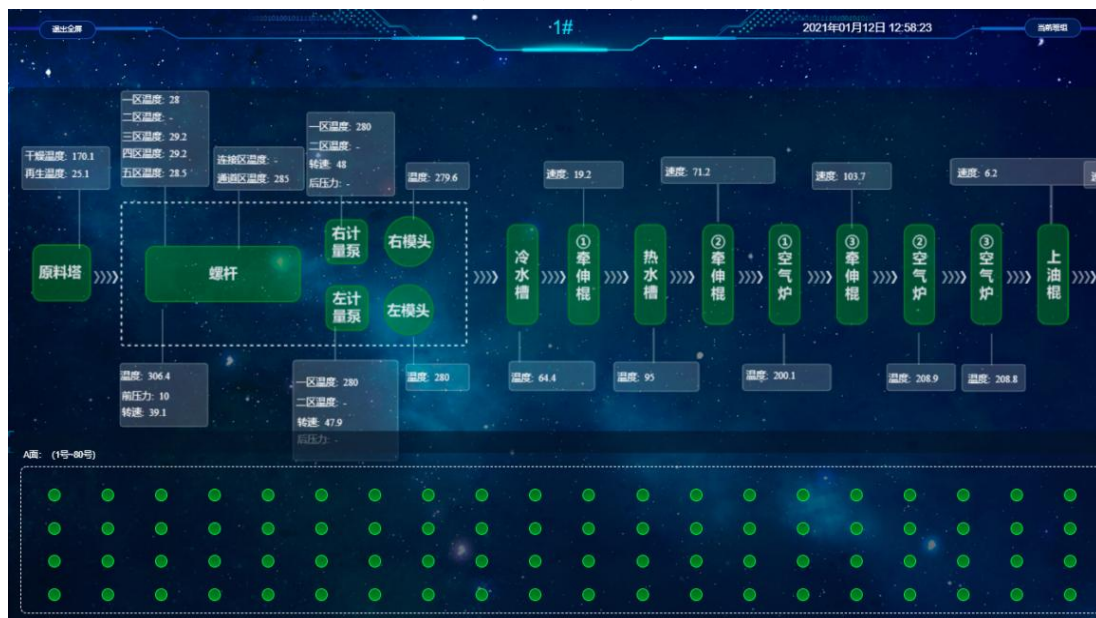


图 112 胶丝企业车间设备看板

通过应用计划排程服务，实现了对生产计划、销售计划、物料计

划合理安排，交货答复准确率显著提高，计划频率按时更新，计划定制更为及时准确，对市场的反应更快，提高企业效益及信息化水平，提高企业综合实力与市场竞争力。具体包括：根据现场实时数据进行排程，让生产计划更精细化更客观，生产作业资源利用更透明、更精确；实时计算有限产能和在制品及库存物料数量，合理安排生产，降低物料库存积压；实时掌控生产计划执行情况，订单浮动时能够快速调整生产策略，满足客户交期。

isesol wis

主数据

物料基础数据

设备主数据

批次跟踪

库存伙伴

部门管理

工作中心

人员管理

班组管理

仓库管理

质检管理

包装规格管理

生产配置

销售管理

工程管理

生产管理

生产订单

开工工作台

质检工作台

生产看板

工艺单

仓库

库存清单

机台监控

排产配置

换型因素

影响因素	影响级别	时间估算值 (分钟)	操作
主料变更	高	360	编辑
辅料变更	中	360	编辑
喷漆变更	低	120	编辑

颜色级别

颜色名称	颜色编码	操作	影响因素	影响级别	时间估算值 (分钟)	操作
天湖蓝	SkyLakeBlue	编辑	天湖蓝-天湖蓝	低	120	编辑
橙色	Orange	编辑	天湖蓝-橙色	低	120	编辑
深蓝色	DeepBlue	编辑	天湖蓝-深蓝色	低	120	编辑
黄色	Yellow	编辑	天湖蓝-黄色	低	120	编辑
绿色	Green	编辑	天湖蓝-绿色	低	120	编辑
红色	Red	编辑	天湖蓝-红色	低	120	编辑
蓝色	Blue	编辑	天湖蓝-蓝色	低	120	编辑
无色	None	编辑	天湖蓝-无色	低	120	编辑
白色	White	编辑	天湖蓝-白色	低	120	编辑
黑色	Black	编辑	天湖蓝-黑色	低	120	编辑
橙色-天湖蓝			深蓝色-天湖蓝	低	120	编辑
黄色-天湖蓝			绿色-天湖蓝	低	120	编辑
红色-天湖蓝			蓝色-天湖蓝	低	120	编辑
白色-天湖蓝			无色-天湖蓝	低	120	编辑
黑色-天湖蓝					60	编辑

图 113 胶丝企业生产排产配置

通过应用质量管理服务实现了完整的质量管理流程及质检过程数据采集，正向反向质量追溯，人员、设备、产品良品率实时统计与监控。同时基于多样的质量数据统计（看板、报表等），为质量管理提供决策数据支撑，及时应对控制质量问题，有效提升产品质量，降低产品不良率至 2%。



图 114 胶丝企业质检工作台

通过应用仓储管理服务实现了物料仓储管理有序透明,通过 PDA 扫描进出库,准确率达到 100%,能实时物料库存查询,账目清晰流程规范。同时基于透明供应链的管理思想,对供应链的物流网络、资源、订单、仓库、运输配送等进行整体计划、协调、操作、控制和优化,同时实现供应链上下游采购、供应和生产运营的环节的协同,打造具有互联性、共享性、可视化的透明供应链仓储管理体系。



图 115 胶丝企业存放清单

场景 2：能耗在线监测管理系统实现精细化的成本管理

本项目第二期能耗在线监测管理系统建设时间为 2021 年 10 月至 2022 年 3 月，新华胶丝厂联手华为云计算技术有限公司、广州博依特智能信息科技有限公司等数字科技企业，实现生产线的能源运行过程可视化、透明化，对设备能源过程数据随时掌握可追溯，实现在生产过程中能耗出现异常时进行实时告警，将电能能耗准确有效地分摊到销售订单、产品、设备等，实现物料消耗、废丝等成本有效地与人/设备/订单等进行精细化的成本管理以及重点设备做深入的分析 and 利用，充分调动一线生产管理人的积极性，转变管理思维模式，大幅提升新华胶丝厂的效益，实现绿色发展的转型。

面向场景：打造了一套新华胶丝厂能耗在线监测管理系统平台，具备与 ERP 等上层信息系统，以及一期项目的工厂数字化制造运营系统、现场仪器仪表、设备的集成能力，并将这些实时数据存入本地 MySQL 数据库，为未来企业发展新系统的集成，打下稳定、扩展性的基础。

解决思路如下：



图 116 胶丝企业异构数据采集架构

与胶丝厂现场设备仪表进行集成。实现电能数据采集：将车间现场有 holley HL625 的表计和上海卓岚信息科技有限公司的串口服务器，表计具备 RS485 接口，采用通讯一分二模块将表计数据采集数据传输至平台。

当前是串口服务器采集表计数据，将表计数据传输至现场配电柜内工控机，工控机与服务器网络连接；直接将表计与通讯一分二模块连接，通过现场网线与安装在服务器机房的本地服务器连接，将数据采集至本地服务器；实现本地服务器与云平台连接。

实施成效：

第一，打造了新华胶丝厂能源数字工厂。通过能耗在线监测系统实现对新华胶丝厂生产过程中能源消耗进行监测和生产批次管理数据对接，实时显示新华胶丝厂 4 条生产线能耗、单耗等数据，组态化大屏形式展示关注的能源指标，实现独立灵活自适应，符合各种生产

实际场景需求。任意关键数据指标适配；丰富图表、设备组件；配置灵活，即时生效，灵活调整；实时业务指标、视频监控融合。



图 117 新华胶丝厂智能能源管理看板

第二，实现能源精细化管理。能源管理模块是实现能源精细化管理的重要途径，能够实时反映新华胶丝厂能效水平，是深入挖掘节能潜力的重要抓手。通过对能源消耗过程信息化、可视化管理，优化生产工艺用能过程，科学、合理地制定企业能耗考核标准和考核体系，有效提升新华胶丝厂能源管理水平。能源管理包括能源看板、报表统计、能源流向、能效分析、峰谷分析。

1) 能源流向

新华胶丝厂生产能源流向动态监测(全厂→生产车间→生产线→重点耗能设备等);通过能源流向图,可以查看能源消耗的去向,也可以查看不同区域能源利用比例情况。该能流图能够实时显示生产过程中不同能源的消耗数据。

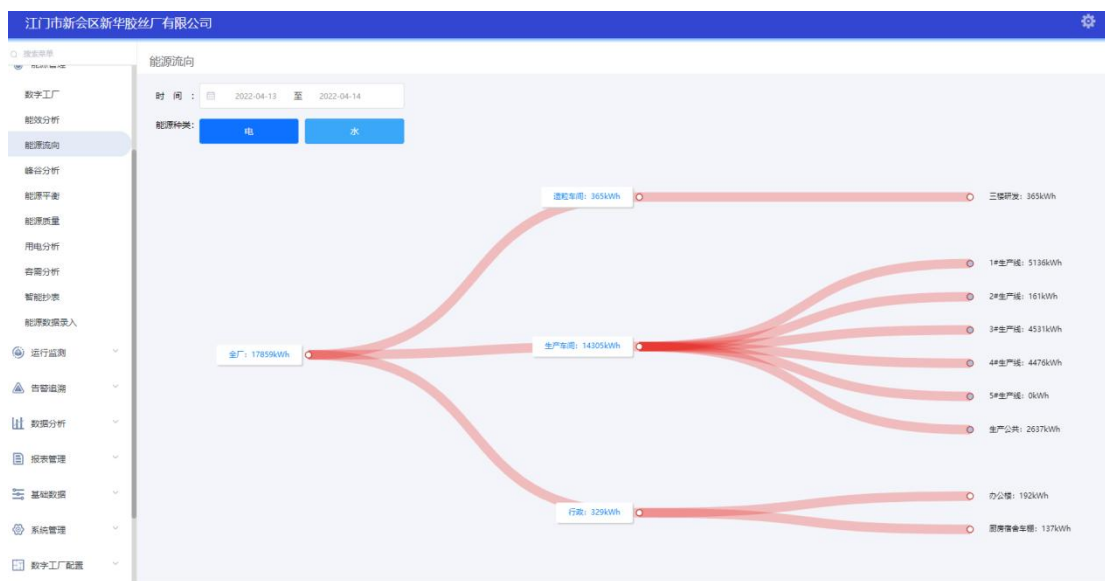


图 118 胶丝企业能源去向实时掌握

2) 能源分析

● 能效分析

能效分析主要是从能耗区域（如全厂、车间、生产线、重点耗能设备等）；能源种类（综合能耗、综合单耗、电能耗、电单耗）；班组（全班、早班、晚班）；时间（小时/日/月）等多种维度对能源消耗情况进行实时分析。

新华胶丝厂能效分析具有强大的历史能耗数据追溯和分析功能，多维度分析企业不同生产区域/设备的能耗、能效水平及产量，可随时查看某个区域/设备、时间、班组的能耗、能效、产量波动情况，通过动态的图形显示，快速了解是否有异常情况，从而对生产、管理、工艺及时进行指导和调整，使新华胶丝厂生产过程的单位能耗和能源效率保持在科学、合理水平。



图 119 胶丝企业能效分析

● 峰谷分析

新华胶丝厂生产用电峰谷平数据在线监测，反映企业错峰用电实际状况、错峰用电占比情况。对企业历史用电量及电费（录入）进行统计分析，有助于合理调度高耗能设备启停区间，减少峰电比例，节约生产能源成本。展示各厂峰谷用电的实物量及占比，通过峰谷平用电比例指导车间及工序合理排产，提高用电的效率和经济性。



图 120 胶丝企业峰谷分析

● 容需分析

根据新华胶丝厂实际变压器申报情况进行分组配置，通过统计计算变压器分组负载率阈值区间范围，得出最大容量，进行经济效益计算，数据分析得出新华胶丝厂按需申报可以节省的基本电价电费。

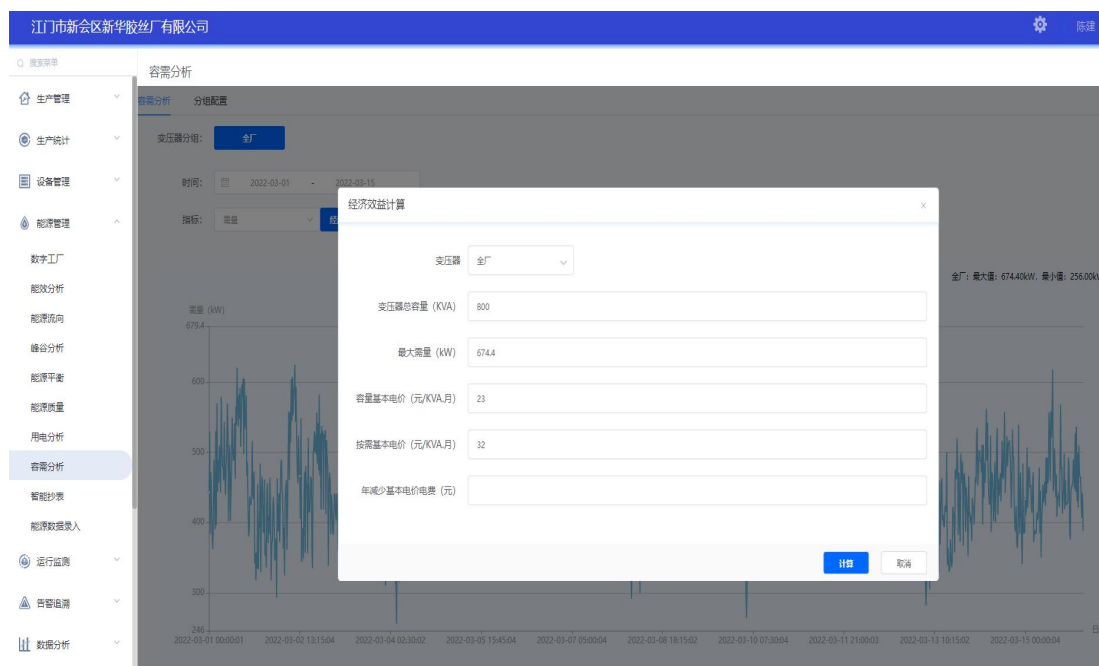


图 121 胶丝企业容需分析

● 能效对标

能效对标：不同车间/生产线/工序/设备的能源类型的单耗（电单耗/煤单耗/综合单耗）能效对标，形成车间/生产线/工序/设备的能效差异分析。

设备对标：设备之间根据负载率、开机率、有效开机率、停机次数等指标进行设备对标分析，寻找差异性，挖掘设备的节能潜力。

3) 告警追溯

● 告警指定推送

生产过程中的异常告警可以通过告警追溯模块将告警信息发送

给负责该区域的指定人员，实现告警信息的指定推送，帮助生产一线的管理人员，及时发现问题、处理异常，减少设备的异常故障和停机。

序号	告警类型	告警对象	告警开始时间	告警名称	所属工厂单元	分类	告警等级	告警发生时间	持续时间	处理状态	处理时间	操作
1	指标告警	-	2022-04-14 11:...	全厂指标告警	全厂		普通		-	未处理		处理 查看详情 处理详情
2	通讯告警	2#机	2022-04-12 0...	2#机通讯告警...	2#机		普通	2022-04-12 0...	10分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
3	通讯告警	1#机	2022-04-12 0...	1#机通讯告警...	1#机		普通	2022-04-12 0...	10分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
4	通讯告警	5#机	2022-04-12 0...	5#机通讯告警...	5#机		普通	2022-04-12 0...	12分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
5	通讯告警	4#机	2022-04-12 0...	4#机通讯告警...	4#生产线		普通	2022-04-12 0...	13分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
6	通讯告警	3#机	2022-04-12 0...	3#机通讯告警...	3#机		普通	2022-04-12 0...	13分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情
7	通讯告警	5#机	2022-04-08 0...	5#机通讯告警...	5#机		普通	2022-04-08 0...	9分钟	未处理		处理 查看详情 处理详情

图 122 胶丝企业告警明细

● 告警追溯

告警追溯模块实现设备运行异常、能耗异常等生产异常实时告警与追溯。所有报警变量及其上、下限新华胶丝厂可以自定义，当发生异常时，对应的工段或者设备以闪烁、改变颜色或发短信等告警形式提醒相关人员。告警晴雨表以厂区拓扑图（工厂模型）的形式直观展示，告警类型包括通讯告警、指标告警、参数告警。

生产运行参数报警：温度、干燥加热温度、加压泵电流、烘缸压力、液位报警等。

4) 报表管理

报表是新华胶丝厂生产数据汇总的主要形式。报表管理模块分为定制化报表和自定义报表两大类，实现自动抄表；能耗报表自动生

成；并支持用户进行自定义报表。报表管理模块能够有效解决企业生产报表种类、数据量繁多，统计耗时长，工作量大等问题，同时能够提高报表数据的准确性和实时性。（报表支持 EXCEL 导出）。

● 能效报表

实现能耗统计自动生成相关报表，自动分类汇总数据，提高数据的准确性和实时性，降低统计员统计工作量，并支持 Excel 表导出。可统计生产区域的电、蒸汽的能源消耗及对应的单耗数据。

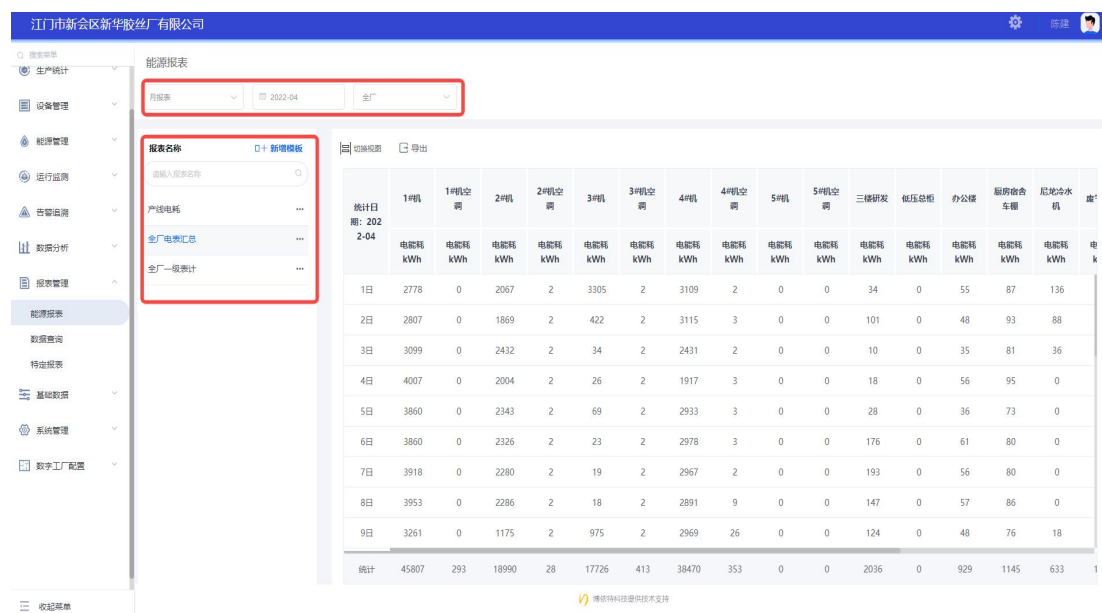


图 123 新华胶丝厂能效报表

5) 数据利用分析

数据分析工具是将复杂的数学分析方法以应用工具的方式呈现，结合系统沉淀的大量生产数据，通过数据分析工具研究人员可以快速得出研究对象的结果。

依据数据采集进系统数据库的数据，新华胶丝厂通过数据分析找到生产过程中影响质量、产量的因素，通过调整相关工艺参数、调度

方法进行降本增效，提高质量稳定性及产量，数据分析工具主要包括趋势分析、相关分析、频域分析、聚类分析。

数据利用分析是指从仪表、DCS、PLC、生产业务流程收集起来的过程数据通过建立相关数据维度、周期关系、函数关系等进行数据价值挖掘。新华胶丝厂可以通过平台提供的通俗、直观数据分析工具找出数据间的规律，进而支撑工艺人员进行工艺数据的调优、缩短换产时间、工艺标准化等操作；生产相关人员也可通过工具进行数据追溯分析，找出设备节能改造的措施。

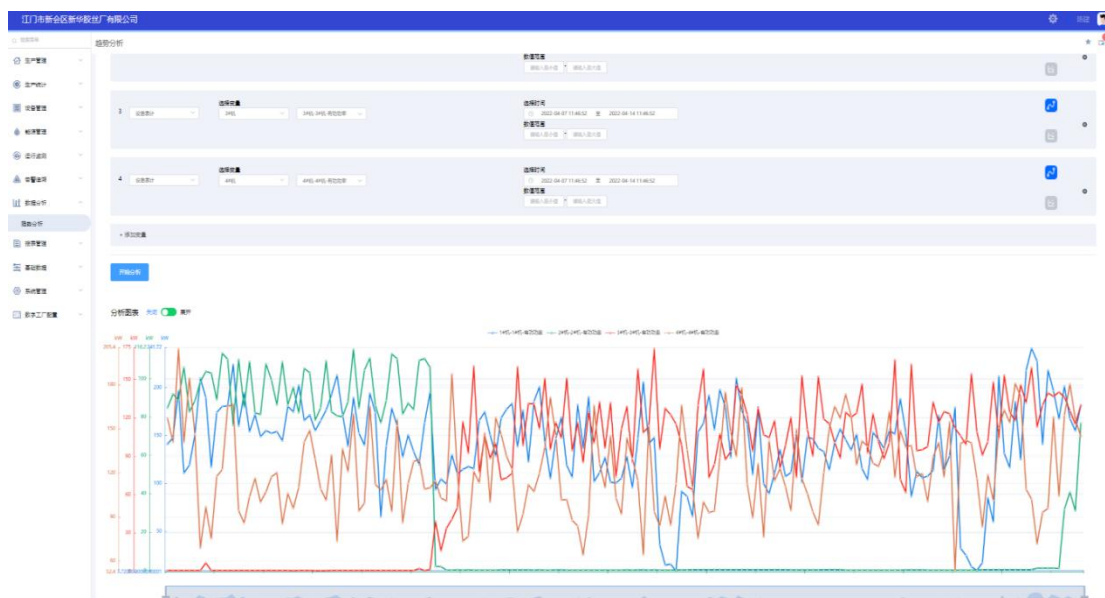


图 124 胶丝企业相关指标分析对比

● 关联分析：对所有采集的实时数据进行关联分析，系统支持多组数据进行同一坐标轴进行实时关联分析，有助于企业优化生产操作。工艺部门使用该工具分析工艺参数与产品质量、效率的关系时，能快速找出相关问题点，在优化工艺参数时提供相关支撑依据。可以根据工序、设备，选取特定时间区域内的相关参数进行关联分析对比，

自定义选择分析方案。同一坐标轴添加不同参数、指标进行关联分析。可以通过将几个相关的参数在同一段时间进行关联分析，查找关键影响因子，有助于相关人员提前发现生产异常或改进生产工艺。

- 多维分析：从不同时间段、生产品种、生产线等多维度实时分析生产指标，可辅助生产决策、绩效管理。

- 相关性分析：根据参数时序的对比，找到两个或多个参数的相关性，通过互相关图及散点图等多种方式展示。

- 趋势分析：可以根据区域、工序、设备，选取特定时间区域内的相关参数进行趋势分析比对，自定义选择分析方案。同一坐标轴添加不同参数、指标进行关联分析。可以通过将几个相关的参数在同一段时间进行关联分析，查找关键影响因子，有助于相关人员追溯生产异常或改进生产工艺。

- 频域分析：频域分析法是研究控制系统的一种经典方法，是在频域范围内应用图解分析法评价系统性能的一种工程方法，可以应用于质量、生产工艺参数等重要指标数据的稳定性分析；与相关分析结合能快速找出具体的影响因数因子。

3. 案例总结

提升单位能源利用效率，降低企业运营成本。项目以新华胶丝厂数字化转型为核心，开展数字技术赋能降碳，持续推进新技术、新理念的开发应用，提升企业管理效能，通过数字技术与绿色技术融合应用相关场景，实现提质降本增效。数字化转型解决方案让胶丝厂专注于数据采集的员工数量减少，解放员工，聚焦于品质管控一线，实现

公司灵活调度生产安排，有效地利用数字技术，实现对能耗的精细化管理，能源利用效率提升 5% 以上，达到降低能耗的目的。解决方案的推广能让行业整体产品品质获得很大提升，日常运营人员效率得到优化，叠加能耗成本的下降，为胶丝厂带来不低于 10% 的经营效益提升。

数字要素价值深度挖掘，为行业双化协同转型提供示范借鉴。数字技术赋能降碳的工业服务模式，本质上基于工业数据进行能源价值挖掘的服务模式，拥有极高的复制推广价值，曾入选工业和信息化部 2020 年企业上云典型案例。基于项目成功应用与实践，胶丝厂联合数字科技企业，打造面向胶丝行业企业尤其是中小企业的数字技术赋能企业碳中和样板，通过典型案例的方式实现在不同企业、不同区域、不同行业内的快速复制和落地，解决制造型中小企业在实际生产中的需求与难点，加速碳中和、数字技术、绿色技术、工业互联网、工业 APP 等理念在行业内的传播和推广，推动行业数字技术与绿色技术融合应用升级。

四、数字科技企业碳中和

数字科技企业自身绿色化转型进程不断加速，本章收录了在传统数据中心、工业区块链、工业标识解析、海底数据中心等方面的典型案例。这些案例一是展示了数字科技企业自身落实“双碳”战略目标，开展节能降碳工作，如哈尔滨数据中心节能降碳；二是展现了利用区块链、工业标识解析等新一代信息技术赋能节能减碳，促进数字技术与绿色技术相融合的发展路径，例如基于工业区块链的碳监测平台、基于标识解析体系的建筑供热系统碳管理；三是展示了随着信息技术发展，数字科技企业在节约能耗与降碳减排领域的新模式新方法，例如海南海底数据中心。

（十六）哈尔滨数据中心节能降碳¹⁶

1. 案例概述

哈尔滨数据中心位于哈尔滨市哈南工业新城核心区，规划总占地面积 86.3 万平方米，总建筑面积约 59.6 万平方米，总能力超过 10 万个机架，为 5G、云计算、大数据、工业互联网、人工智能发展提供基础资源支撑。哈尔滨数据中心是区域数字经济发展的的重要支点，发挥数据中心作为新基建的产业牵引作用，带动区域内硬件制造、软件开发、技术研发、信息服务等数字经济重点产业发展。是黑龙江省着力打造的“中国北方大数据中心”重要基地，是黑龙江省唯一一家同时入选工信部《国家绿色数据中心名单》和《国家新型数据中心典型案例名单》“双名单”的数据中心。

¹⁶本案例所有信息均来自中国移动通信集团黑龙江有限公司

哈尔滨数据中心在规划设计、项目建设、运行维护各个环节，引入绿色建筑、自然冷源、新型空调末端、余热回收、能耗管理、智能运维等多种数字化节能降碳技术，有效实现 PUE 不断降低，2021 年 PUE 值降低至 1.349。2020 年 6 月，工信部对哈尔滨数据中心开展能效监察工作，哈尔滨数据中心被评定为国家一级节能单位。

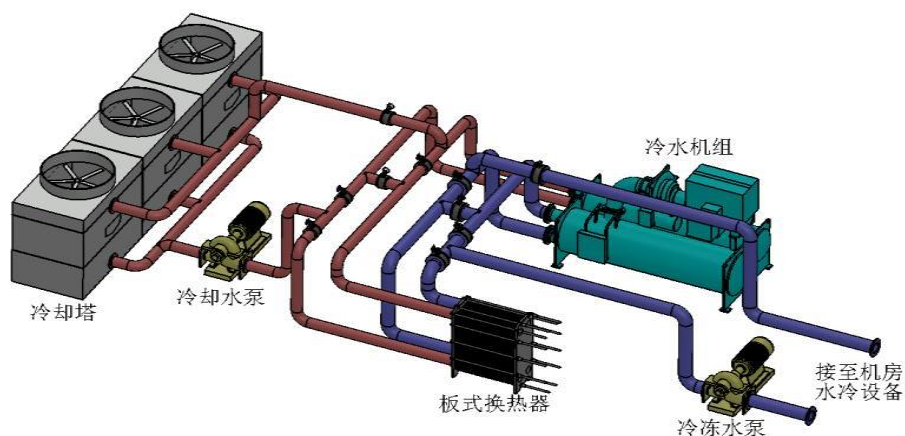


图 125 中国移动哈尔滨数据中心鸟瞰图

2. 应用场景

场景：数据中心节能降碳

水侧自然冷却技术应用。黑龙江省气候寒冷，低温时间长，全年平均气温低于 16°C 时间约 6 个月。可以充分利用冷冻水自然冷却技术，通过冷却塔+板换在冬季的时候换热供应冷冻水。当室外湿球温度低于 16°C 时，冷水机组可部分停止运行，当室外湿球温度低于 10°C 时，冷水机组可完全停止运行，室外冷却塔作为冷源，通过板换换热直接供给末端空调使用，用自然冷却技术降低运行成本，相对于不采用自然冷却系统，整年节能 50% 以上。



水侧自然冷却技术原理图



冷水机组实拍图



分集水器实拍图



冷却塔实拍图



蓄冷罐实拍图

图 126 水侧自然冷却技术及应用

高温冷冻水系统应用。空调系统冷冻水供回水温度采用 15/21℃，由于 IT 设备主要发热是显热，提高冷冻水温可以减少不必要的除湿负荷，提高空调主机的能效，可以减少冷冻水输送能耗，相对传统水

温的空调系统，节省空调能耗约 15%，节能效果显著；同时增加了自然冷源的利用时间。

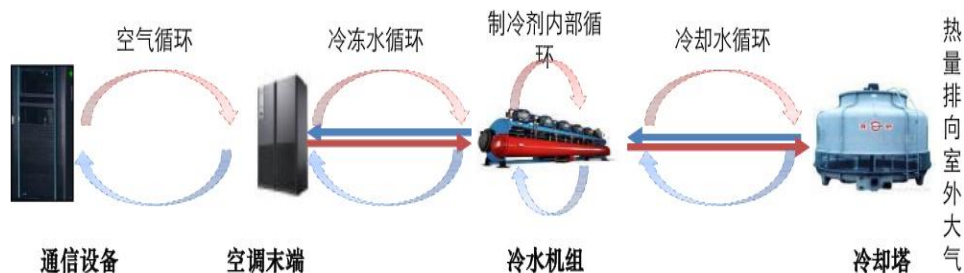


图 127 高温冷冻水系统原理图

新型空调末端应用。采用行间级的冷水列间空调，二层全部采用了机架级的重力热管背板空调，空调制冷更贴近 IT 机柜的热源核心，就近制冷，冷量按需分配，避免了局部热点，制冷效率更高；不占用机位节省机房空间的同时，冷冻水不进机房，进一步消除了漏水到下层机房的安全隐患。

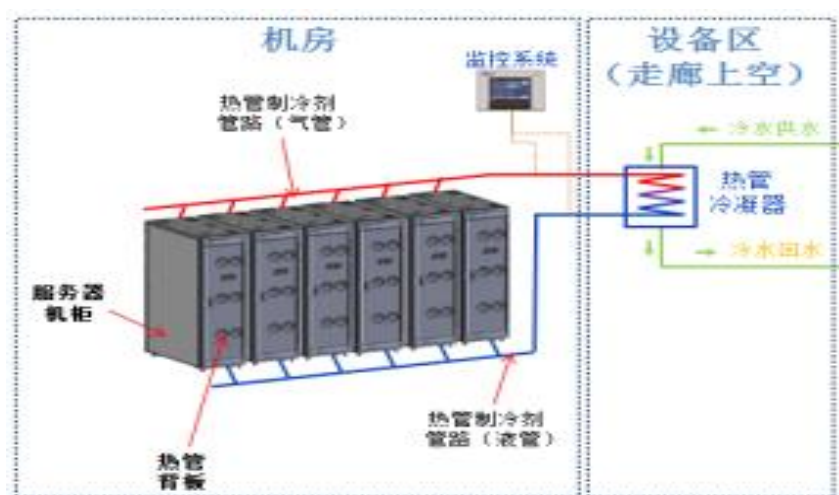


图 128 新型空调末端原理图

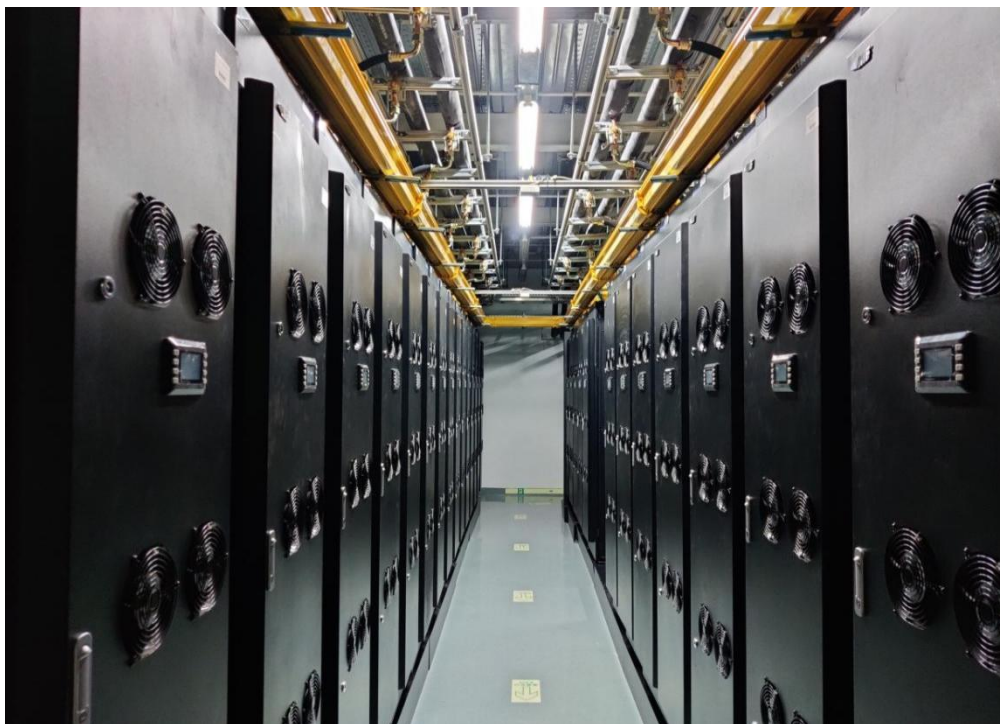


图 129 背板空调末端实拍图

热通道封闭应用。采用了“面对面、背对背”冷热通道的机柜布置方式，冷热通道的气流互相分隔，得到有效管理，避免了气流短路，提高了机房系统的制冷效率，温度场分布均匀；封闭热通道后，热池大大减小，空调回风温度达到 35°C 以上，使空调末端的能效比得到进一步提高，更加节能。

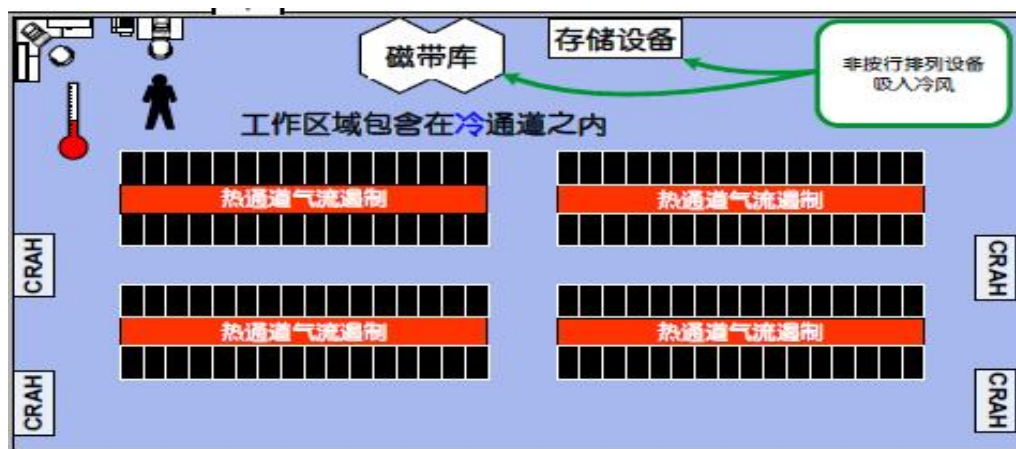
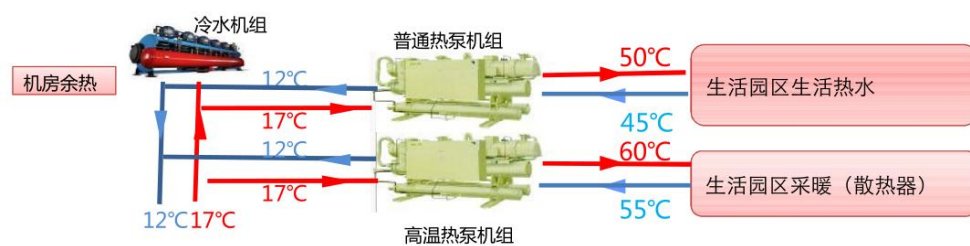


图 130 封闭热通道技术原理图

机房余热回收技术应用。项目配套建设了集中余热回收系统，规划为整个园区办公区域提供冬季采暖热源，全部采暖热源由机房设备产生余热供给。通过采用水源热泵机组，与空调系统的冷冻水回水进行热交换，为园区辅助用房提供采暖和生活热水，充分利用系统余热，提高能源综合利用率。仅一期余热回收系统就实现了办公区域总建筑面积 44336.12 m² 的供暖，节省了巨额的冬季采暖费用，等效节约电量 321 万度。哈尔滨数据中心也在探索与供暖商合作模式，余热回收在满足园区内需求基础上，进一步扩大应用范围，为全社会碳减排做出贡献。



余热回收技术原理图



数据中心机房区实拍图



数据中心办公区实拍图

图 131 余热回收技术及应用

高压直流技术应用。高压直流供电（HVDC）具有系统功率较高、

系统稳定性高、可维护性高、结构熟识度高的特点。采用高频软开关技术的 HVDC 可高达 96% 以上效率，比采用晶闸管或 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）的传统 UPS（不间断电源）效率更高，体积更小。节能休眠技术可以大大提升轻载下的系统效率，减少机房初期的运行能耗。

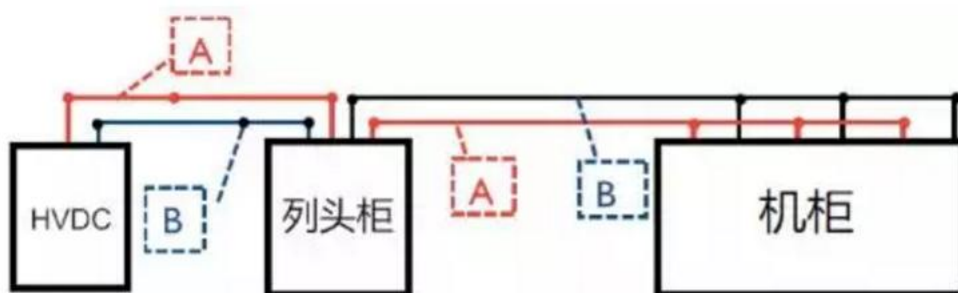


图 132 高压直流技术原理图

应用智能小母线取代传统列头柜。目前低压配电部分的密集型母线应用已经全面开展，对于高功耗、大电流、远距离输出已经成为成熟技术。经过多年使用验证，集成性母线是未来的发展趋势。小母线具有快速部署、现场清晰、维护点明确、客户感知度好、更加绿色、环保、节能、具有智能配电监测系统的特点。

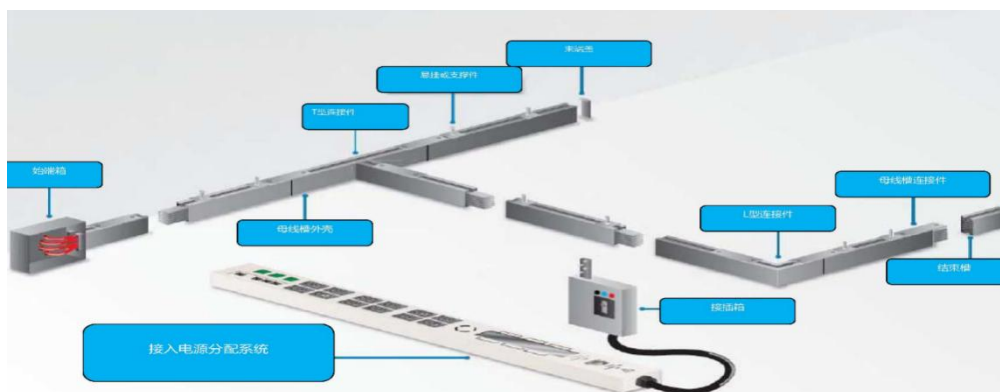


图 133 小母线技术原理图

采用市电+UPS 混供技术，电信设备由两路电源供电，两路电源从低压供电系统不同的母线段上引接，互为备用。当市电源满足要求时由市电供电，当市电源故障或电源质量不满足要求时，系统自动由不间断电源系统为负载供电，降低电源系统损耗。市电供电回路直达用电设备，无其他供电环节，系统更节能，有利于降低 PUE。目前本项目采用市电主用、不间断电源系统备用技术。项目年综合能源消耗量（tce）比采用 2N UPS 电源供电方式减少 880tce。

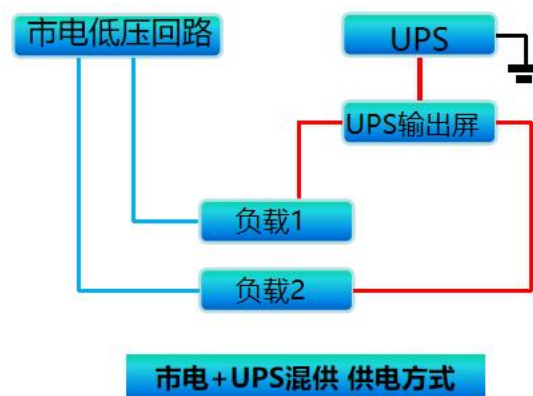


图 134 市电+UPS 混供技术原理图

采用 3D 模拟仿真技术，实现资源图形化和可视化，对机房、机架、设备上下架等进行 3D 模拟仿真，保证界面与数据库信息的一致。实现对机房容量、负荷能力的形象化、精细化展现。点击架构中的设备可跳转至设备的具体位置。通过仿真及温度云图展示，指导优化机房气流组织，确保运行安全并提升机房温度，可有效地达到节能效果，降低机房制冷能耗。

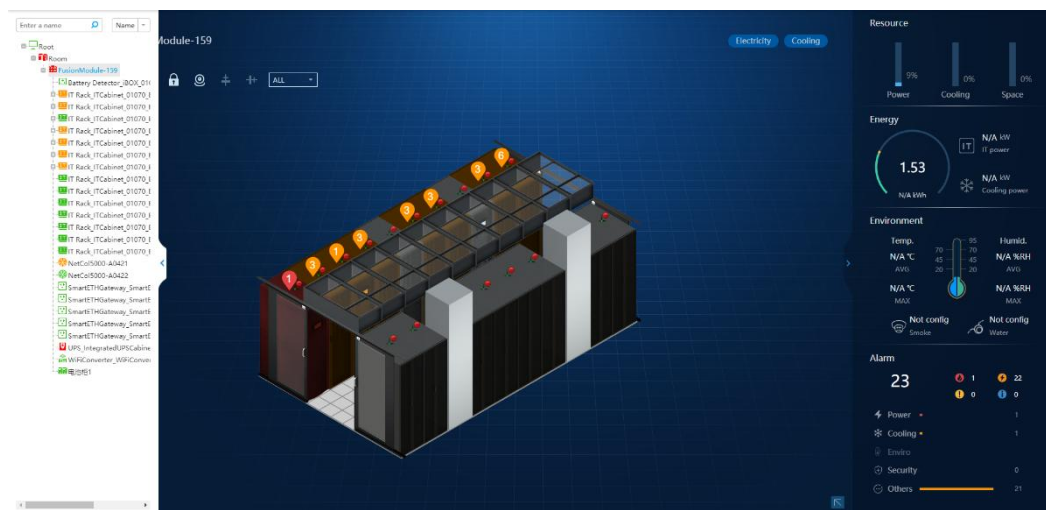


图 135 数据中心 3D 模拟仿真图

智能能耗管理系统应用。以 B03 机楼的制冷系统为试点，建设能耗管控系统，搭建分布式边缘数据采集体系对动环、末端空调及冷水机组进行分钟级粒度的数据采集，构建机房热力学近似模型及反馈修正模型，输出智能化调控策略，通过边缘算力实现对边缘设备的控制，现对空调末端、制冷设备的自动节能控制。目前该机楼 PUE 运行值降低至 1.3。

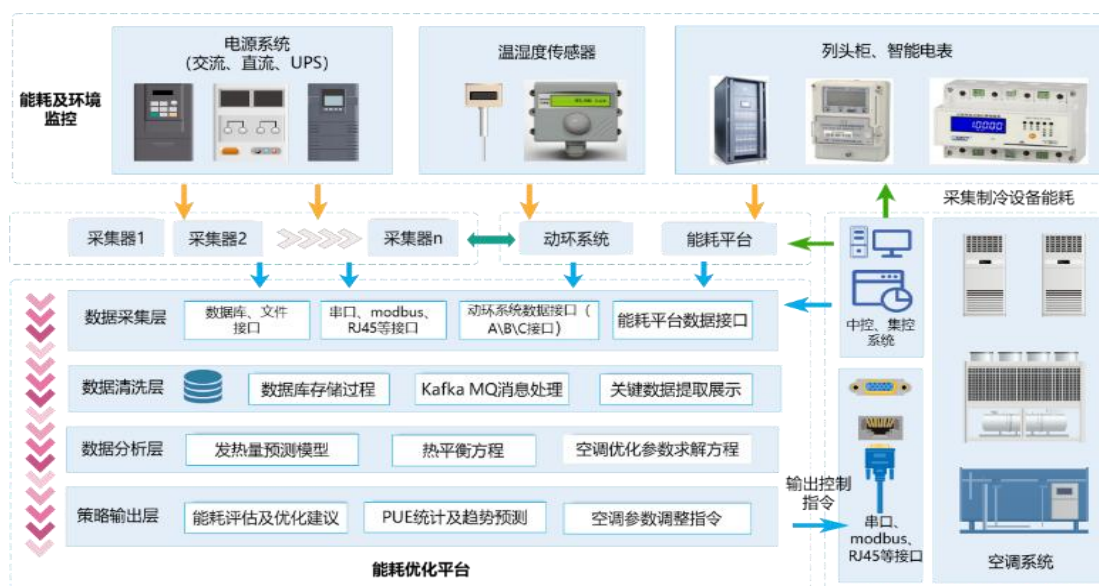


图 136 数据中心能耗管理系统架构图

智能运维系统应用。哈尔滨数据中心立足打造超大数据中心智能运维系统标杆，在绿色节能、智能运维等能力进行技术探索，形成自主的知识产权，推动数据中心的战略转型，促进数据中心的全面发展。2021 年哈尔滨数据中心作为牵头单位，联合地方高校、互联网头部企业等产学研合作伙伴，以《基于物联网的大数据中心智能运维管理系统》为研究课题，成功申报黑龙江省 2021 年度百千万工程重大专项。重大专项融合物联网、人工智能、大数据、5G、AR/VR 等技术，推动智能运维系统向智能可视、安全可靠、高效节能、人机协同演进，实现数据中心智能化运维水平全面升级。

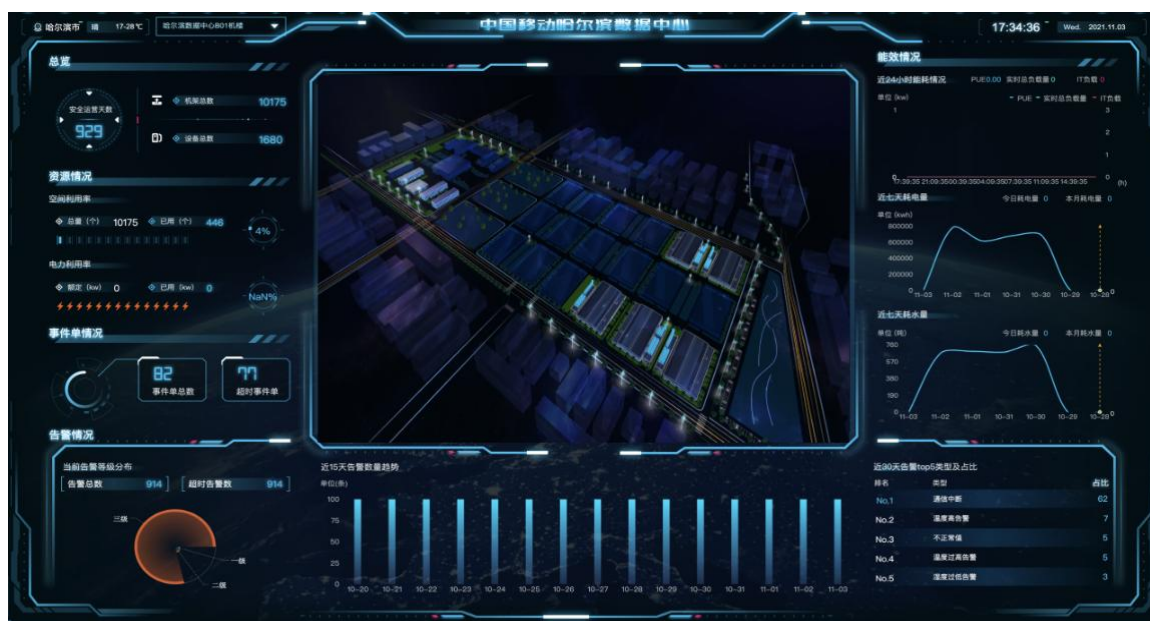


图 137 数据中心智能运维系统展示界面图

清洁能源应用。哈尔滨数据中心深入贯彻落实国家“双碳”战略，布局绿色能源试点项目。2022 年初，哈尔滨数据中心启动数据中心园区光伏发电项目，充分利用数据中心场地资源，采用“自发自用”方式，利用分布式光伏发电用于办公区部分用电需求。项目投产后，

将成为省内首例光伏发电数据中心园区，充分践行绿色低碳发展理念。项目在办公区的办公及生活楼宇安装光伏设备。充分利用数据中心的屋顶及空余停车场资源，最大限度利用建筑受光面。目前，办公及生活区年用电量为 259 万度，光伏建成投产后预计可节约 30% 的办公及生活用电。

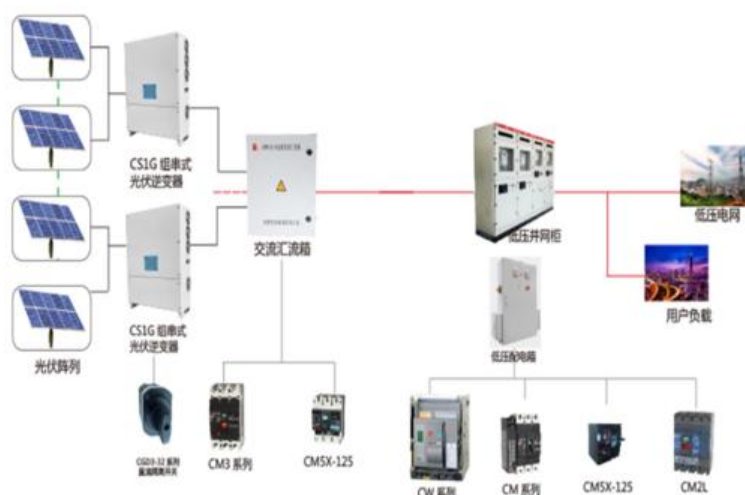


图 138 数据中心光伏系统原理图

3. 案例总结

综合运用多种节能技术大幅提升数据中心电能利用效率。数据中心采用了自然冷源、新型空调末端、能耗管控系统等数字化节能技术。自然冷源充分利用高寒地区全年近 6 个月自然冷源资源，年节约用电量 584 万度，节电约 54%。相较使用传统空调，新型空调末端节能率约为 6.3%，年节约电量 695 万度。能耗管控系统以 B03 机楼的制冷系统为试点，将用电量由 2020 年 6380 万度降低至 2021 年 6121 万度，年节约用电量 259 万度。

创新余热回收技术为社会节能减排提供新思路。哈尔滨数据中心

一期 3 栋机楼余热回收，实现占地面积 11 万平方米的供暖，并同时为办公区提供 24 小时生活热水，等效节约电量 321 万度。数据中心正探索与供暖商合作，在满足园区内需求基础上，进一步扩大应用范围，为社会碳减排做出贡献。

（十七）基于工业区块链的碳监测平台¹⁷

1. 案例概述

当前，新一轮的科技革命与产业升级正在全球演进，世界发达经济体都在积极布局低碳产业、实施绿色生产、开发清洁技术。在此轮低碳发展大潮中，我国也明确碳达峰、碳中和战略目标，其已然成为全社会共同努力的方向。

本项目以三一 18 号厂房申报全球灯塔工厂为契机，以 18 号厂房为集团试点，实现企业碳排放标准体系建立、碳排放源全面采集、碳排放精准核算以及打造 18 号工厂碳排放大屏，协助三一制定合理科学的“双碳”实现路径，同时三一的双碳实践经验可输出至工程机械装备行业带动其他企业的绿色低碳转型。

本项目投资分为两部分，硬件投资和软件开发。硬件投资包括根据泵车、起重机等特种工程机械生产线分布、重点能耗区域以及节能改造规划，项目组在三一 18 号厂房将能耗采集到设备级，安装 IoT 智能传感器如智能电表、智能水表和智能气表等。软件投资，依托互联工业互联网操作系统，将产生碳排放及中和碳排放的数据都接入云端，覆盖水电油气消耗以及可再生能源，可以实时更新的软件平台。

2. 应用场景

基于工业区块链的智慧碳排放管理平台（iCEP），面向各种机械设备制造企业，一方面融合智慧能源管理解决方案，另一方面融合

¹⁷本案例所有信息均来自树根格致科技（湖南）有限公司

ISO 等国内外碳排放管理标准，打造了一个全新的面向企业碳监控的先进平台，既能够满足企业自身对能源管理质量提升的需要，又能够满足我国不断推进的企业双碳管理的制度性要求。



图 139 基于工业区块链的碳监测平台整体架构

基于工业区块链的智慧碳排放管理平台（iCEP）由数据采集层、平台层、公共服务层和业务应用层构成。基于物联网的数据采集层适配企业各种生产环境中相关仪器、仪表、设备等，对企业导致的温室气体排放相关数据进行自动采集。平台层集合了根云工业互联网平台和根链工业区块链平台，为企业能源数据提供采集、存储、清洗、汇总等功能，并支持数据上链存证。公共服务层提供不同应用所需公共服务模块，支持上层应用所需要的用户管理、安全管理、加解密服务、数据处理服务、运维服务等功能。上层应用主要面向不同场景提供支持双碳工作所需要的应用，如碳足迹、碳核查、碳监管以及双碳创新业务。

智慧能源管理解决方案基于企业的实际生产状况，通过定制化部署数据采集、网络连接、群控、云计算和 AI 五大核心技术，建立厂

域能源管理中关键数据的采、传、存、管体系，打破设备管理“信息孤岛”，实现能源信息的实时互通，再通过可视化管理平台及远端中央监控等技术，整合了水电气、消防、安全、环保等厂务系统，最终帮助企业提质增效，节能减碳。

基于工业区块链的碳监测平台一方面直接打通智慧能源系统，并融合全球领先的碳检测和碳管理经验。能实时监测企业或机构的碳足迹，自动生成碳排放报告，同时模拟及优化减排路径，直接采购绿电、绿证、碳汇服务，一站式实现碳中和闭环。

场景 1：能源管理系统

通过工业互联网平台，将工业现场各种仪器、仪表数据采集连接起来，并与企业生产系统打通。形成完整的能源管理解决方案，支持能源管理透明化、无人值守运维、能源优化管理和能源设置运维调度等功能模块。

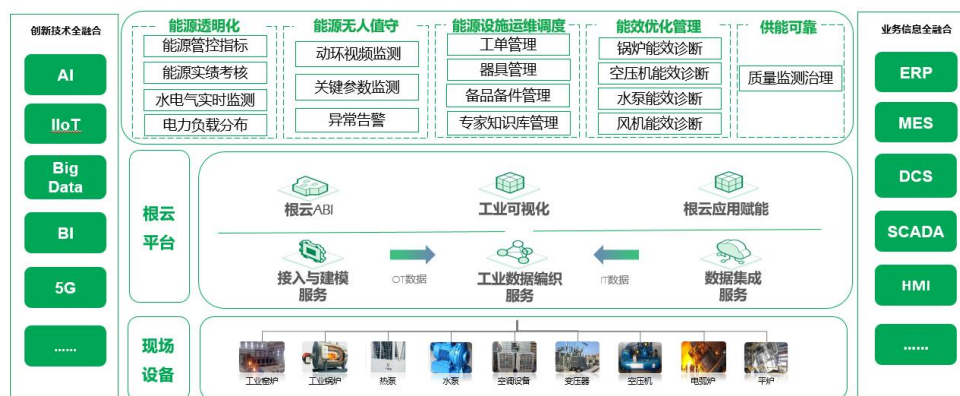


图 140 基于工业区块链的碳监测平台能源管理系统架构

项目可解决的问题有，一是无计量电表，现场部分大型设备没有计量电表，使方案中对单一设备的监控无法完成。采用无线计量电表

穿刺取电，安装调试期间无需停电和布线，减少改造成本，让设备的用电情况纳入管理系统；二是无数据接口的仪表，部分传统仪表没有数据接口，过去依靠人工抄表，手工录入。通过移动 APP 抄表，代替纸质抄表，实现了即时拍照，即时录入的能力。三是仪表支持物联，有些仪表已经支持物联网接入，但协议多种多样，难以与系统连接。通过有线（串口/网口）或者无线方式连接至边缘网关，边缘接入网关支持 1000 多种物联设备传输协议，能够对市场上大多数的接入设备实现快速接入。四是多种系统的数据对接，部分数据来自不同类型的工业系统，如 SCADA、DCS 系统等。通过连接器可以读取不同种类的工业系统的数据，支持多种不同语言编写连接器，让企业可以实现快速配置。

方便能源管理。直观查看当年、当月、当日及昨日的用电量，负荷变化，日用量趋势图变化；变压器负载监测，全面掌握变压器运行状态。节约成本，根据尖峰平谷占比分析，帮助企业合理规划用电负荷。安全用电，变压器实时监控，异常提前感知，保障企业安全用电。优化用能，实时反馈用能数据，一旦超标，触发报警，帮助企业实时追踪问题，及时解决，最大化减少损失；尖峰平谷关键耗能设备关闭与启动报警提醒，节省成本。



图 141 基于工业区块链的能源管理界面

实现报警快速排查。将能源使用和分布通过拓扑结构展示，如电力一次系统图、电力负载分布图、各种能源系统图、水管网图、气体管网图（天然气、蒸汽、压缩空气等）、生产工艺流程图、厂区设备平面图等。可以通过拓扑图和运行工况分析，快速排查问题，定位原因，提高问题处理效率。

实现能耗对比分析。通过单耗分析，可以反映生产过程中，主机与辅机的能源消耗具体数值，可以对比班次、班组之间的单耗。通过对班次、班组的单耗对比，分析能耗差异原因，寻找最优能耗，设置开机能耗与待机能耗最佳数值，对优良的设备使用习惯进行推广，减少能耗。

实现能源管理系统智慧运维。配电室综合监控是企业能源管理中的一个重要环节，一般以低压网中的配电室环境温湿度、配电开关状态、漏水/水漫、烟雾及配电室的防盗为监测对象，对配电房重要设备运行状态的多种参数和状态进行远程集中监控；配电室的安全信息

采集和监控对配电室自动化运行管理、检修维护、防灾预警、安全防护、电力需求管理等应用具有重大意义,提高了配电安全的可靠性。

场景 2：双碳监测平台

企业碳监测网络采用企业边缘侧、行业链双层架构模式。在企业网络内部署区块链可信边缘网关，与企业的 IoT 采集系统、能源管理系统、ERP 等相关系统打通，以联盟链节点方式无缝接入行业区块链网络。可信边缘网关可以从链上自动接收行业核算标准体系（智能合约），以统一的标准、方法对企业的碳排放进行核算；可信边缘网关采用支持可信执行环境（TEE）技术的硬件，保证数据核算的应用与链上合约要求的一致性。根据核算标准体系动态抽取企业碳排放活动水平数据和企业的经营数据，如水、电、油、气、煤等能耗数据；CO₂、SF₆ 等过程逸散数据；能源结算报表、财务三表数据；同时，为实现企业碳排放的精准核算，还需将诸如企业的绿电使用、储能回收等碳补偿/碳抵消数据进行接入；然后，可信边缘网关后台基于隐私计算模型自动测算企业碳排放量，也可按设定频次定期生成企业碳排放核算报告；最后，碳排放核算结果及核算报告第一时间上链存证并分享给相关方。

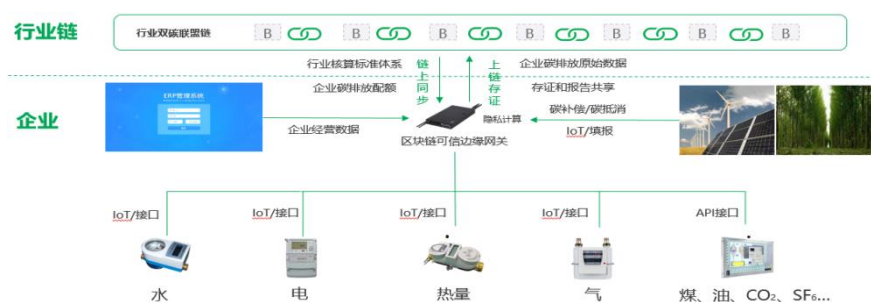


图 142 基于工业区块链的碳监测平台技术架构

行业链为企业和监管机构之间的数据交互，起到承上启下的作用。通常行业链可由行业协会、行业联盟、行业促进会等非营利性服务机构发起或参与，可邀请专业咨询机构帮助行业制定碳排放核算标准体系，标准的建立、更新均可在行业链中通过智能合约与企业边缘网关节点自动同步；控排企业的核算结果及核算报告链上存证、链上分享。

碳监测应用目前主要包括以下管理功能：一是数据展示，对企业应用碳监测数据进行合理展示，包括总体情况大屏展示，下钻分析，同类设备、同类车间的历史对比等。

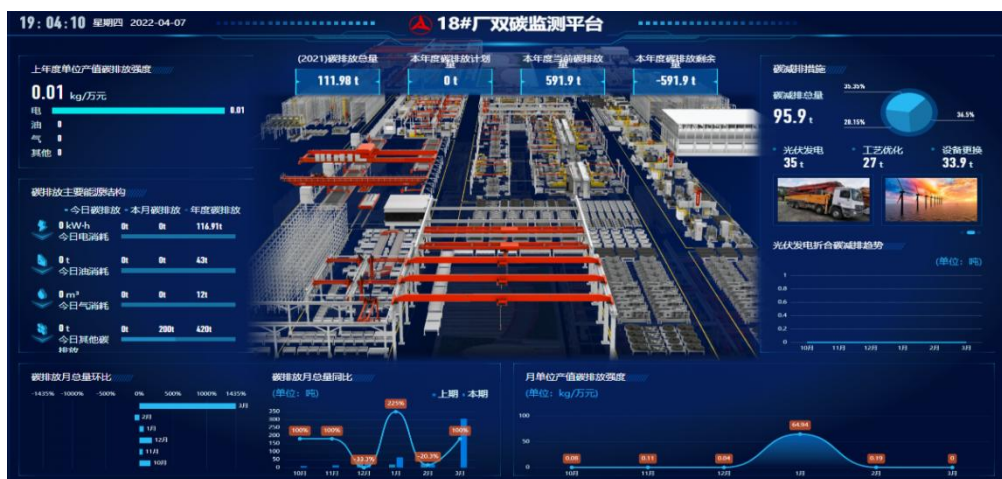


图 143 基于工业区块链的企业碳监测展示大屏

二是数据采集管理，负责数据采集管理等功能，具体包含采集碳核算中企业的基础信息录入、购入资源手工凭证录入、物联网数据采集层自动信息采集管理、实测的排放因子等。管理本年度配额、当前排放情况、月度汇算、年度排放情况预测、绿能使用情况等；包含配额录入、配额调整等，手工录入的配额作为企业的内部参考。未来与政府部门打通后，从政府下发的配额可以通过区块链网络同步过来，

覆盖人工录入值。

The screenshot shows the 'ROOTCHAIN 树根链数' interface for '双碳监测管理系统' (Dual Carbon Monitoring System). The left sidebar contains navigation options: '大屏管理', '年度碳排放计划管理', '碳排放核算规则' (selected), '其他碳排放管理', '产废管理', and '碳减排管理'. The main area is titled '新建规则' (New Rule) and is divided into two sections: '基本信息' (Basic Information) and '参数设置' (Parameter Settings). In the '基本信息' section, '碳排放源名称' (Carbon Emission Source Name) is set to '柴油' (Diesel). The '参数设置' section includes a table for defining parameters:

参数名称	参数值	单位
消耗量	-	GJ/t
单位热量所含碳	24.443	GJ/t
单位热量所含碳	24.443	GJ/t

Below the table, there is a '折合碳排放规则(t)' (Conversion Carbon Emission Rule) field. A unit selection dropdown menu is open on the right, showing options: t, kg, g, L, m³, %, GJ/t, tCO₂/GJ, and tCO₂/MMWh. At the bottom, there are '取消' (Cancel) and '确定' (Confirm) buttons.

图 144 基于工业区块链的碳监测基础信息录入界面

项目中解决难点问题有：一是碳排放核算需要大量专业知识和技能。碳排放核算具有很强的专业性，与被核算企业所处的行业相关性很大。行业领先的碳核算经验和方法引入集成到碳检测平台内，使该平台的功能和一致性能够满足 ISO 的国际碳核算标准的要求，并且与行业规范深度对标，具有很强行业标准化属性，具有很强的推广性。二是内部企业报告的数据如何成为可信数据。企业出具的碳排放数据报告，存在排放源覆盖不全面或者不合理、参数和方法不准确或错误、报告内容不规范、漏报、瞒报、原始数据造假。由于碳核算报告的专业性要求，以及碳排放数据具有较强的经济属性，因此企业要让外界相信企业自己提供碳排放数据的真实性，必须具有“自证清白”的技术手段；同时，企业还需要有效保护自己数据安全性和隐私性，而工业区块链就是最合乎所有关系该问题的最佳解决方案。

工业区块链从以下方面提升数据可信性：一是基于物联网的数据

采集，采用物联网技术进行的数据采集，能够避免人工的参与，采集的数据更加及时、准确；二是对原始数据和生成的报告进行区块链存证，对相关数据和报告进行及时的区块链存证，并且可以追溯到负责人，能够有效避免大量的数据造假；三是区块链数据不可删除的特性，也让部分造假者“知难而退”；四是原始数据哈希上链，有效保护企业隐私，哈希算法将任意长度的数据转换成固定长度的、具有唯一性的哈希值，并且不能够通过哈希获得原始数据，因此能够有效保护企业上链数据的隐私；而且，通过哈希，可以验证数据是否被篡改，增加了数据可信度；五是用智能合约保证核算的一致性，智能合约可以由行业监管机构统一下发，并且不可篡改。基于智能合约的碳核算，可以有效避免各种人为差错，保证行业核算方法的一致性，提升报告的可比性和可信性；六是可以对物联网设备进行身份认证，保证上传数据设备的真实性合法性、唯一性。

项目实施后，一是企业碳排放情况透明化。企业碳排放数据的准确性是基础，基于工业区块链的碳监测平台，通过企业能耗数据进行标准化转换，成为企业碳排放数据展示出来，让企业的碳排放情况在政府看来更加透明化，能够有效支撑企业的碳核查需求。园区级的碳监测平台，能够基于标准，将域内企业的碳排放数据汇集起来，帮助政府更好地执行国家双碳政策。二是碳盘查流程和数据标准化。基于工业区块链的碳监测平台集成了国际知名碳核查机构的十几年的碳核查经验和技術，与 ISO 相关标准及《机械设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南》对标，通过编程进行固定，能够有效让企业

碳盘查流程和数据标准化，让同类型企业更加容易接受，让核查机构的核查工作量大大减少，让政府和专家机构更快验证其有效性。三是数据可信化，支持碳核查。平台采用区块链技术，引入第三方节点，可以帮助企业“自证清白”，让企业提供的数据可信度大大提高，支持政府对企业碳数据的核查要求，为未来的碳核查系统提供一个可供研究的样本。

3. 案例总结

工业区块链技术引用保障了可信高频碳排监测数据的提供。基于工业区块链的碳监测平台，可以助力打通企业、园区、政府有关部门信息壁垒，提升双碳所需数据的提供频率，从过去一年申报一次，升级为按需统计，有效提升政府对区域内企业双碳管理的水平。本项目拟通过工程机械行业领域落地经验进一步夯实区块链底层技术，优化应用层功能与碳核算算法，逐步推广至离散制造行业，并向钢铁、建筑、化工等行业推广。

（十八）基于标识解析体系及区块链的建筑供热系统碳效管理¹⁸

1. 案例概述

内蒙古自治区呼和浩特市赛罕区利佰佳国际，目前企业在推进碳达峰碳中和的过程中，存在的主要问题有：一是当前企业缺乏有效的碳排放数据采集手段、评价体系和计算模型，对自身碳排放情况摸底不清，另一方面，企业碳核查基本靠人工录入，导致碳核查周期较长、核查成本较高；对政府而言，缺少精确有效对企业碳排放进行评级的手段，一定程度上制约了碳达峰碳中和进程。二是针对温室气体采集和检测设备，无法更好地做到设备运行数据采集、预测性维护、故障诊断、维修保养等环节的有效管理。

CEMP 碳效管理平台致力于解决企业碳管理痛点，由采集系统、数据分析系统、碳效码认证系统和能源管理系统组成。其中，采集平台兼容国际国内主流的数据采集方式，支持碳计量和碳测量两种碳排放量采集方式，通过 RPA、IoT 平台、API 对接、图像处理等方式支持 CEMS 等终端测量设备、企业 ERP 等系统、政府/机构数据系统导出、能源购买台账识别等能力实现不同方式的集成采集，并实时将数据存证于区块链。此外，通过区块链-物联网融合关键技术，在物理采集端嵌入区块链 SDK，实现源头采集数据到区块链的接入，实现关键数据产生即上链。通过上述做法，确保数据全生命周期不被篡改。通过标识体系和大数据平台对碳排核心数据进行分析，支撑企业描绘

¹⁸本案例所有信息均来自北京泰尔英福科技有限公司

出企业碳画像，支持按照数据来源、时间线索、厂间设备等精细维度查看实时碳排数据。通过聚合 ISO14064、GHG Protocol、GB/T32151、IPCC 等标准，即可通过平台的碳盘查系统为企业自动生成符合国际国内及行业标准的碳盘查报告，具备高时效（（月/季/））及全自动化特点，解决企业碳盘查数据材料筹集汇编需要多人长达数月的成本问题，并保证了数据的精准性和可追溯性。

通过在工业互联网标识解析二级节点进行 SaaS 化部署 CEMP 碳效管理平台，赋能二级节点及其企业节点实现碳效管理能力的快速部署，具备实时、自动化进行碳效管理能力。平台能够解决一是设备企业与业主单位碳排数据无法跨域流通；二是碳排测算数据不精确，监测分析有效性较低，可信性也无保障；三是企业能耗成本较高等问题。基于上述问题，受楼宇业主单位及设备企业委托，通过对电能集中供热系统全环节碳排数据的可信采集及分析，打通各领域数据壁垒，实现自动化输出碳排放量盘查报告及能耗报告，与燃煤/燃气锅炉碳排放量及能耗进行对比、分析。实现日常供热系统碳排放的自动化、实时监测及定期碳盘查报告。

2. 应用场景

场景：建筑碳效管理平台

碳效管理平台应用于内蒙古环投环保技术有限公司电能供热设备项目，超 10 万 m²综合楼宇（商超+酒店+公寓）供暖系统使用“电能集中供热系统”替代燃煤/燃气锅炉。

项目实施总体架构的第一步是核算边界和排放源，经过供暖系统全环节巡视，确认碳排放核算边界主要为核心加热模块、管道加热模块、超导液储能箱、电泵室泵机、电控系统、板式换热器等装置的集合，不包括系统外围辅助设施。排放源为购入使用电力产生的二氧化碳排放。

数据质量控制，对于购入使用电力产生的二氧化碳排放，用购入使用电量乘以电网排放因子得出，采用公式 $E_{\text{电}} = AD_{\text{电}} \times EF_{\text{电}}$ 计算。式中： $E_{\text{电}}$ ：购入使用电力产生的排放量，单位为吨一氧化（ tCO_2 ）； $AD_{\text{电}}$ ：购入使用电量，单位为兆瓦（ MWh ）； $EF_{\text{电}}$ ：电网排放因子，单位为吨一氧化/兆瓦（ tCO_2/MWh ）。购入使用电力的活动数据按照优先获取电表记录读书，其次获取供应商提供的电费结算凭证上的数据，对照企业购电台账。

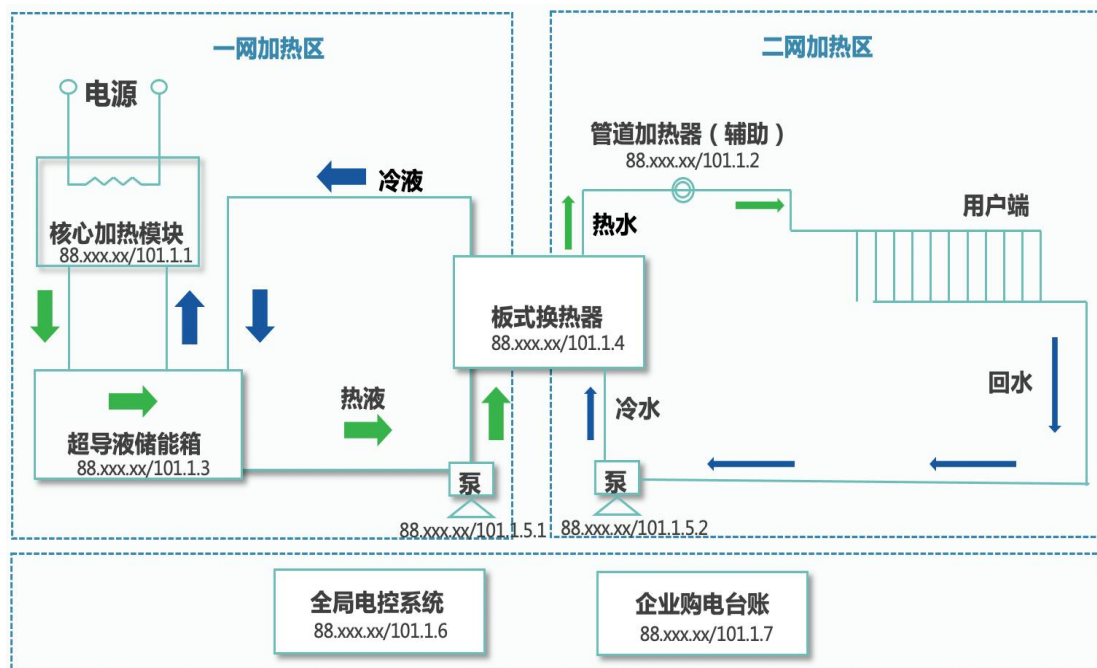


图 145 建筑供热系统运行示意图

通过 CEMP 碳效管理平台与电能供热系统各环节数据采集设备对接，完成适配及平台调试，实现标识解析二级节点部署及相关管理权限设定。

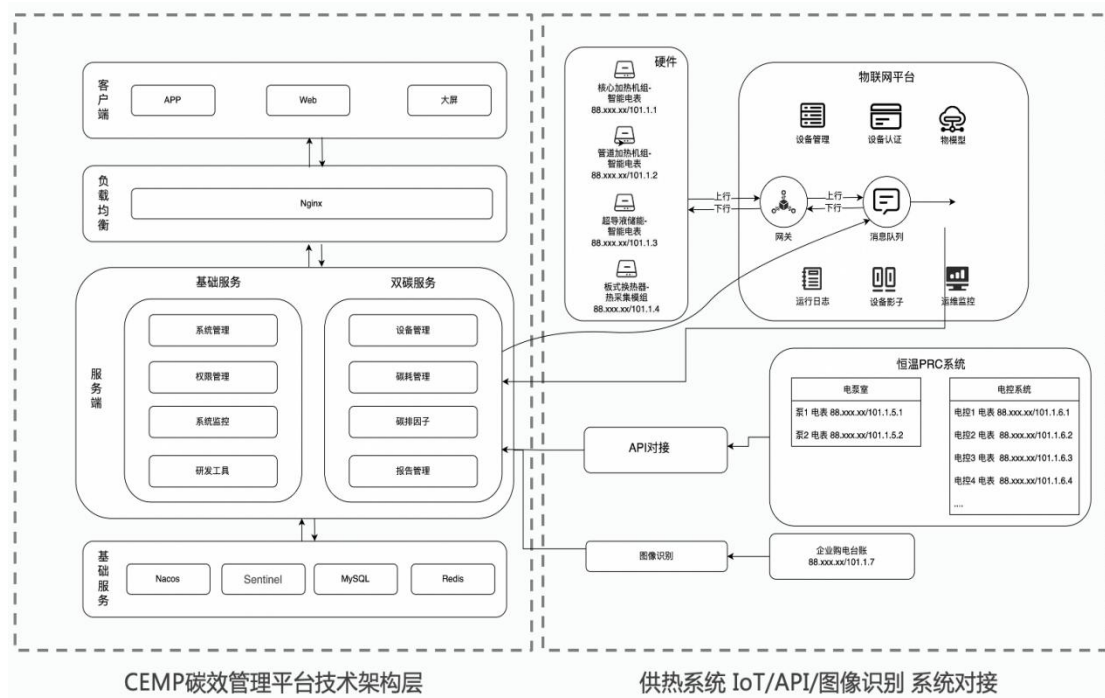


图 146 建筑供热接口调通及数据验证

对接分布在核心/管道加热机组、超导液储能箱、板式换热器、电泵室、电控系统五大系统，数据统一后实现以下 4 项碳排管理能力：支撑企业碳排数据实时预测、实现生产环节碳足迹分析及展示；分项监测企业能源消耗，及时发出能耗异常报警；按月/季/年维度生成企业碳盘查报告，并生成碳核查报表，支撑企业完成碳核查申报内容；基于碳盘查结果及能耗数据生成符合行标要求的碳效码评级，支撑企业碳效码认证。

图 147 建筑供热平台日常运维及数据安全

实施过程的顺序应进行逐层的分解,按工作结构初步分解的结果,根据系统总工期的要求和实际施工经验,合理安排施工人力,做好整体计划由总控计划编制相应施工计划。根据总控计划制订阶段计划和月计划,由阶段和月计划制订周计划,层层落实总控计划。

发现设备状态异常后，按照如下流程处理：

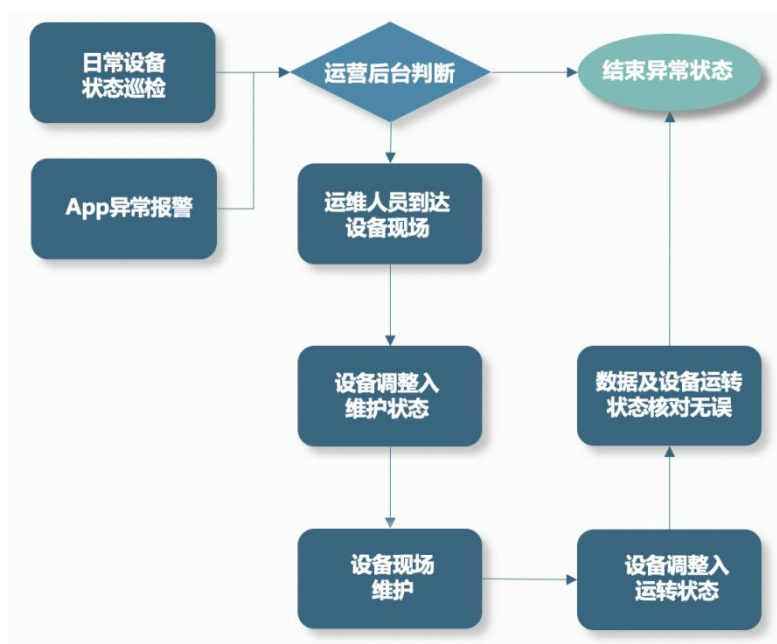


图 148 建筑供热巡检异常状态操作流程

3. 案例总结

数据综合利用及能耗管理上取得显著成效。一是打破数据孤岛，实现信息互通。基于工业互联网标识解析体系和区块链技术，实现设备企业与业主单位电表数据、购电台账等碳排及能耗数据跨域流通，打破数据烟囱，构建标的供热系统完整统一的碳排/能耗数据监测分析界面。二是碳排测算更精确更可信，数据说服力更强。实现业主单位供热系统完成技改前后能耗及碳排放量测算，10 万 m²供暖面积相对燃煤锅炉、燃气锅炉碳排放量分别减少 9066tCO₂、5177tCO₂，为企业及业主单位决策提供直接有力依据。三是实现设备企业能耗测量。供暖电耗较住建部住宅点蓄热功能暖标准 50W/m²降低 50%以上。四是降低企业能耗成本。支撑设备企业实现单位面积供热成本核算，明确该项目技改后燃煤、燃气方式成本分别是技改前的 71%、24.4%，

支撑设备企业输出技改效能及成本调查报告。

关键技术创新破除数据跨系统跨平台共享障碍。一是通过标识解析体系和区块链实现了建筑供热领域设备企业与业主单位的数据流通，为双方形成更为透明的碳排数据全景图。二是通过跨系统的实时可信的数据采集，形成行业碳因子库，实现供热系统碳排及能耗预估，助力业主单位灵活设计用能购电计划。三是依托 CEMP 碳效管理平台灵活的权限管理及 AI 排障，实现设备企业向业主单位快速共享关键数据，协助业主单位可通过 PC 客户端或移动 App，便捷处置设备异常报警及故障定位。CEMP 碳效管理平台曾入围首届中国工业互联网标识创新应用大赛 70 强，并荣获首届中国工业互联网标识创新应用大赛区域决赛（北部赛区）三等奖。

（十九）海南海底数据中心示范工程¹⁹

1. 案例概述

为提升我国沿海地区“数字新基建”体系化支撑能力，提供工业互联网、云计算、人工智能等数字经济底层基础支撑，海南利用丰富的海洋资源解决数据中心高能耗的难题，开发建设全球首个商用海底数据中心，践行国家“双碳”和“陆海统筹”发展战略，助力“东数西算”及数字经济建设。

海底数据中心是一种绿色低碳的新型数据中心方案。为解决数据中心发展面临的能耗及资源挑战，业界持续进行探索。其中，海底数据中心以充分利用自然冷源，以及省电、省地、省水、低故障等优势，引起越来越多的关注。海底数据中心将服务器安装在密封的压力容器中，安放在海底，利用海水的流动、体量对服务器产生的热量进行散热，能够有效节约能源和资源。

海底数据中心方案得到国内外广泛关注。海底数据中心的探索最早开始于微软在 2014 年启动的“纳迪克”项目。其实践证明，依靠海水自然冷源，服务器能耗显著降低。同时，服务器在海底密闭惰性气体环境中工作，故障率仅为陆地的八分之一。实验结果证明，海南数据舱内运行的 IT 服务器网络效能属于互联网数据中心最高级别，可以承载对延时性、互通量要求最高的业务。

海底数据中心解决方案填补了我国在海洋工程与数据中心新基建融合发展领域的空白，整体技术水平与产业化能力处于国际前列。

¹⁹本案例所有信息均来自深圳海兰云数据中心科技有限公司

探索与海上风电等新能源结合方案，为绿色可持续发展提供技术保障。海底数据中心示范应用，满足海南省国资企业云主机及社会各界媒体存储需求，推动海南当地企业数字化转型。



图 149 海底数据中心概念图

海底数据中心项目结合陆地数据中心成熟的机房技术与前沿的海工水下工程技术，并基于应用环境进行技术创新应用，实现以水下电力变压及分配技术、水下暖通环境控制技术、水下智能仪控技术为核心的全新海底数据中心解决方案，数据服务器通过在海底的数据舱实现了与外界的完全隔离，舱内的低温惰性气体密闭环境为客户的数据机房带来比陆地数据中心更稳定的工作运行环境，减少了电气设备因氧化、人为干扰、虫鼠害影响带来的故障概率。

同时，通过采用安全可靠的可重复上浮维护或通过船用吊机回收上甲板进行维护等多种海工方案，实现了海底数据中心在应急情况下所需的人工介入方式，相关工程技术方案合理可行。海底钢结构基础

和舱体设计寿命高达 25 年以上，且在多个数据机房的生命周期内可以进行回收再部署、重复使用，提升了数据中心的经济效益。

海底数据中心系统基于海岸和海底，由岸站、海底高压复合缆、海底分电站、海底数据舱四个部分组成。海底数据中心可以模块化部署，具备按需扩展能力。

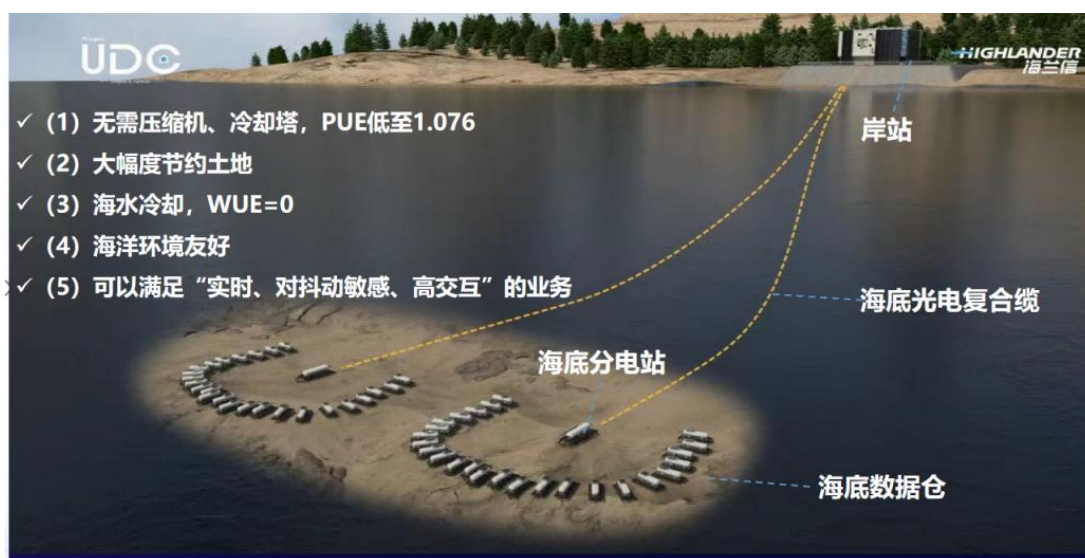


图 150 海底数据中心解决方案概念图

岸站基地为整个项目的岸上区域，主要包括高压配电系统、柴油发电机组、岸上监控中心（RCC）等主要功能区。岸站具备占地面积小、预制化建造、模块化部署等特点，还可与风力发电、海洋大数据平台等其他业务形态集约发展。

海底分电站与数据舱为圆柱形罐体，采用海工成熟技术，保证舱内恒湿、恒压、无氧的安全密闭环境。满足使用海域环境下 25 年使用寿命要求，可重复开启。冷却系统、传感器、海缆等关键元器件实现穿舱密封。本体与基础之间的连接设计便于锁定和解锁，满足定期回收设备要求。

配电系统按国标 A 级标准，提供双路市电+UPS 供电；满足海底、海岸全链路“2N”供电系统需求；IT 舱与电力舱分离，空间利用率高，系统安全可靠。

冷却系统利用海水作为冷源，全年实现数据舱自然冷却。不使用压缩机，末端采用背板机柜级冷却，没有冷热通道的高风机能耗，机房没有局部热点出现。总体能效较传统 IDC 提升 40%—60%。

监控系统能完成对各个部件子系统的完整监控，所有数据实时汇聚到岸站的 UDCM 平台做实时“监、管、控”。UDCM 系统基于数字孪生技术，可实现所见即所得的海底舱 3D 全景运维。

系统维护提供吊机回收、上浮式等多种解决方案。方案采用成熟海工技术，可在不断电、不断网、不中断业务的情况下开展海上维修作业，舱外部件可水下更换。

在数字经济新基建的背景下，作为基础设施的数据中心在持续快速增长的同时，也面临着高能耗的挑战。2021 年全国数据中心能源消耗达 2166 亿千瓦时，较 2020 年增加 44%，占全社会用电量的 2.6%。其中制冷设备耗电约占数据中心总耗电量的 30—40%，急需有效解决方案来提升制冷散热效率，降低冷却系统能耗。

作为全新的系统解决方案，海底数据中心通过技术创新、方案创新、应用创新，促进了海洋领域与数据中心关键核心技术新突破。海底数据中心采用创新的海水无动力散热技术，实现低能耗制冷，有效解决现有数据中心高能耗问题。整个散热设计无动力驱动，将热管原理应用在水下数据舱，利用管路的高度差创造重力条件，冷媒把舱内

的高温带出来通过冷凝器和海水进行热交换，靠舱内设备导致的温升和海水之间的温差驱动冷媒循环散热。

本方案将服务器产生的热量传导向蒸发器，流经蒸发器的冷却介质吸热升温。管路中的液体冷却介质通过相变作用，变成气态冷却介质。冷凝器设置在水环境中，相比于蒸发器中的冷却介质温度，冷凝器中的冷却介质温度更低，在温差的作用下，蒸发器中的气态冷却介质会朝向冷凝器中流动。当带有热量的气态冷却介质处于冷凝器中时，被周边冷的水体所冷却，实现降温，进而始终保持温差的存在。此时气态冷却介质通过相变作用变成液态冷却介质。蒸发器与冷凝器的布置高度不同，冷凝器中的液态冷却介质在重力的作用下自然下落回流到蒸发器侧。服务器产生的热量传导向蒸发器，流经蒸发器的液体冷却介质吸热升温，通过相变作用变成气态冷却介质。如此反复，实现整个冷却系统中的冷却介质的无动力循环流动。相比于现有技术中的冷却系统，本技术方案不需要设置动力泵和冷却塔等装置，节省了相关的制造与维护成本。

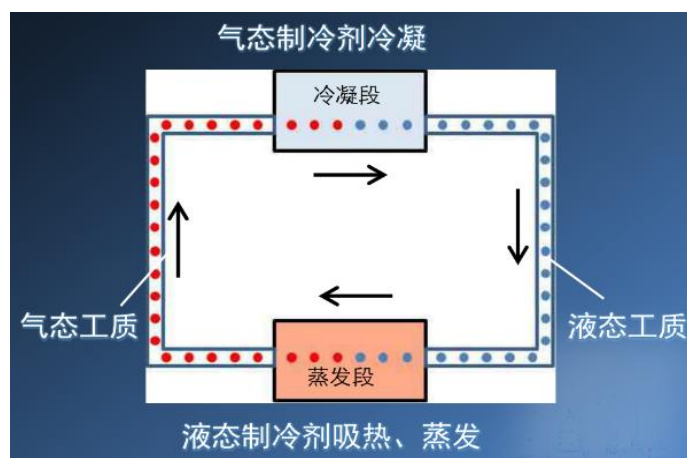


图 151 海底数据中心冷媒循环管路系统示意图

海底数据中心利用广袤海水做冷源，对服务器等 IT 设备产生的热量进行无动力散热，有效节约电力能源。清华大学传热与能源利用北京重点实验室出具的海底数据中心能效测试报告表明，利用本冷却技术的海底数据中心电能利用效率 PUE 值低至 1.076。

除了海水无动力散热技术外，海底数据中心科研团队还创新研发了基于复杂海况的可靠性设计、立体化综合管理系统、全链路微结点智控技术、可拓展的模块化建设方案、水下高可用配电技术、与海上新能源结合的立体化用海方式、包括上浮式在内的多种运维方案等。

2. 应用场景

海底数据中心示范项目位于海南省。海南作为热带岛屿，其区域内数据中心发展长期存在能源短缺、淡水和土地有限、高温高湿气候环境、台风高发的问题，同时未来自贸岛对数据中心的需求难于估量。在海南岛这类热带沿海地区，海底数据中心的价值特征将更加凸显。海域选址在海南岛东岸琼东上升流影响海域内，满足海底数据中心对低温海水的建设需要。

海南海底数据中心项目分三期进行。第一期示范工程项目（2021-2022），建设并布放海底数据中心 5-6 个舱，海底分电站 1 个，建设岸站基地 1 座（包含动力中心、运营中心、测试中心及科研配套园区等设施），铺设光电复合海缆 2 条。第二期规模化开发项目（2023-2024），将完成合计 50 个舱及岸站整体的建设；第三期商业化推广开发项目（2025-），将完成合计 100 个舱的建设。

场景：海底数据中心海南示范项目

依靠算力高、时延低、省电省水、故障率低等优势，海底数据中心适宜于政府、科研、互联网、电信等多类用户需求。面向政务云、超算中心、人工智能等应用场景，海底数据中心可以提供高算力、安全可靠的服务。面向网络游戏、视频交互、电商平台、社交网络等应用场景，海底数据中心可以满足其注重时延、低碳发展的需求。

海底数据中心海南示范项目产业化应用稳步推进。该项目一期客户包括海南电信、商汤科技、光环新网和 ATLAS（新加坡）公司，分别代表电信运营商、人工智能、第三方数据中心运营商、WEB3.0 等不同应用场景。二期将重点开拓头部互联网和超算客户。长期来看，海南自贸岛封关后，海南将迎来大量的离岸数据中心需求。基于示范项目落地，海底数据中心有望不断拓展，向珠三角、长三角、福建、山东等沿海发达地区延伸，逐步建立起以海底数据中心为核心的综合性海洋新技术产业园。

在数字经济时代，算力成为一种新的生产力，广泛融合到经济与社会方方面面，为各行各业的数字化转型提供基础动力。作为算力的物理承载，数据中心成为数字经济的关键基础设施。然而，传统数据中心在快速发展的同时，面临着能耗、土地、水资源等多方面挑战。

第一，数据中心具有高能耗特征。由于需要大量电力维持服务器、存储设备、冷却系统等基础设施运行，数据中心能耗较高。据测算，电力成本占数据中心运营总成本的 60%-70%。2021 年，全国数据中心能源消耗达 2166 亿千瓦时，较 2020 年增加 44%，占全社会用电量的 2.6%。因此，数据中心的节能减排成为我国实现双碳目标的重要

任务。

第二，数据中心运行对水资源的需求高。数据中心的设备十分精密，通常采用的水冷却，必须使用淡水。据统计，数据中心若采用水冷却空调，一座数据中心每天就要用掉数以百万加仑（1 加仑约合 3.8 升）的水，用来冷却因运转而发热的设备。如此大的体量，对于水资源相对匮乏的我国来说，在水资源利用率上是一项严重挑战。

依靠海水自然冷源、无氧、无尘、模块化部署等条件，海底数据中心在能耗、土地、水资源、故障率、交付周期等方面较陆地数据中心有着独特的优势。根据清华大学传热与能源利用北京重点实验室出具的能效测试报告，海底数据中心的单舱 PUE 值为 1.076。这一指标保证了海底数据中心节能降耗，在其生命周期内具备比陆地数据中心更好的经济优势。由于海底数据中心散热不需要消耗水，运营过程中每年每个机柜可以节约 200 立方米的水资源。海底数据中心通过工程预制实现了快速部署，建设由“工地”迁移到“工厂”，具备了工业化的本质，可实现一体化交付，规模化运维。我国东部地区具有临海的区位优势，集聚了全国超过 45% 的人口和近 60% 的 GDP。对于上海、深圳这一类沿海超大城市，海底数据中心的价值特点尤为突出。



图 152 海底数据中心实施成效

海底数据中心的实施成效主要体现在以下方面：第一，经过前期的测试试验验证，证明了海底数据中心在节能、省地、省水、低时延、高可靠以及模块化生产交付、可快速部署等方面优势明显。第二，环境影响符合环保要求。根据青岛环海海洋工程勘察研究院出具的《海底数据中心项目海洋生态环境影响评估报告》。项目运营期对环境的影响主要为温排水温升、取排水卷载、牺牲阳极溶出。各类环境影响极小，符合环保要求。第三，与陆上 IDC 网络传输性能一致，根据中国信息通信院出具的与岸基的私有网络的检测报告，项目千兆端口带宽为 939Mbps，抖动在 0.001ms-0.004ms 之间，单向平均时延在 1.002ms-1, 671ms 之间，平均丢包率在 0-0.0015%之间。基于以上结果，并根据 YD/T1171，在 UDC 环境下网络实测结果可满足类别 0 也就是“实时、对抖动敏感、高交互”业务的 QoS 要求。第四，极低 PUE 赛道内，综合成本比液冷低 30%，同时服务器也可以使用常规中高密服务器，冷却直接使用热管海水冷却交换，免除了全套液冷设备。第五，海底数据中心高度模块化，单舱部署灵活可靠，周期最

短可达 3 个月。

海南海底数据中心示范工程项目具有良好的经济效益和社会效益。该项目的实施，为当地提供众多创业、就业机会，促进当地经济和谐发展；还可带动互联网企业在区域内的落地，促进当地信息技术、互联网经济的可持续发展，有利于上下游产业链延伸。

海底数据中心是海洋经济和数字经济的融合创新，不仅为数字经济发展提供底层基础，促进海南自贸港“跨境数据安全有序流动”政策落地和“智慧海南”建设，也拉动数据中心关键技术与系统研制工作，促进高端数据中心工程设备、高端海洋工程装备、海洋电子信息设备、海洋环境及海洋经济活动的交叉融合，与海南数字经济、海洋产业发展规划高度契合，代表了相关领域与行业的发展方向。

通过技术攻关与装备研制所形成的产品成果，将大幅提升以数据中心和海洋工程装备领域的技术先进水平与经济效益。实现批量化生产与应用后，能够进一步降低项目建设成本，不断拓展海底数据中与其他海洋经济活动融合功能，与海上风电、波浪能等清洁能源结合，以集约用海方式实现海洋资源的充分开发。海底数据中心中水下电力系统、暖通系统、监控系统、环境感知系统、海洋工程结构的示范性应用，有助于推动构建海南高端海洋产业及海洋电子信息产业发展新格局。

在国家“双碳”背景下，海底数据中心为数字经济发展的底层基础提供了绿色低碳的技术路径，符合数字经济未来发展方向。数据中心项目，吸引数字经济、海洋科技领军企业共同建设和开发，形成完

整的产业链，充分挖掘海底数据中心的基础技术、应用技术、商业价值和社会价值，为海南贡献 GDP、税收并吸引高层次人才。以技术创新和模式创新打造样板工程和生态，未来以海南为基点和起点，辐射全国沿海城市并力争向“一带一路”沿岸国家推广。

海底数据中心项目采取企业与社会融资模式建设。本项目完成后将面向以人工智能为代表的高新技术企业、大型互联网及云服务供应商、中外金融机构、电信及 IT 服务提供商、大型私营企业和跨国公司提供数据中心租赁、宽带租赁、算力云服务等多种服务模式。服务客户将主要聚焦城市边缘计算客户，适宜于高交互、低时延、单机柜功率要求较高方向，如超算、AI、云服务、工业互联网（制造）、金融、游戏、医疗、视频、媒体等。

海南海底数据中心项目整体计划建造 100 个数据舱，项目总投资 56 亿元，项目建设分三期完成。项目全投资财务净现值及资本金财务净现值 NPV 均大于零，说明该项目动态收益率超过了该行业应达到的最低收益水平。全投资内部收益率 IRR 大于行业基准收益率，说明该项目的动态收益是可行的。

社会效益方面，《中共中央、国务院关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》中明确将数据作为新时代重要的生产要素。数据中心作为数据的存储、计算的基础设施，属于新基建的范畴，是数字经济发展的基石。本项目以建设海底数据中心项目为契机，联合行业领军企业，联动数字经济、海洋科技等产业，构建基于海底数据中心项目的产业聚集，将产生以下社会效益。

第一，响应国家东数西算及双碳政策要求。作为全球首个商用海底数据中心，本项目凭借自身极低 PUE、低延时、高可靠性、多能互补、环境友好的特点，发展沿海城市极低 PUE 数据中心，将助力国内数据中心产业绿色发展。本项目以海水为冷源解决数据中心冷却高能耗问题，创新探索出绿色低碳、陆海统筹、节省资源的新型数据中心。该项目研发了是国内首家的海底数据中心整体解决方案，技术全球领先，有效解决陆上 IDC 土地及淡水资源紧张、能耗高、安全性偏低等问题。

第二，提供新型绿色低碳数据中心建设的技术路径和解决方案，有效节约了电、水、地等资源。海底数据中心将服务器安装在密封的压力容器里，安放在海底；用海底复合缆供电、并将数据回传至互联网；利用海水的流速、体量对服务器产生的热量进行散热，有效地节约了能源和其他资源。海底数据中心没有冷却塔，运营过程中每年每个机柜可以节约 200 立方米的水资源。海底数据中心对海洋的使用不是排他性的，用于布放海底数据中心的海域既可以包容海洋牧场、渔业网箱等生态类活动，又可以与海上风电、海上石油平台等工业类活动互相服务。海底数据中心的这些特性是生态用海、集约用海的最好体现。

第三，助力海南数字产业发展及海南国际数据港的建设。海底数据中心作为智慧海南信息化建设的平台载体，搭载面向海南企业的国资云、公有云业务，可以助力提升企业信息化管理效率，提高企业经营决策水平和效率，推动技术创新，激发商业模式创新，不断催生新

业态，给企业、行业领域带来价值，提升企业信息化管理效率，助力海南自贸港新型基础设施建设和数据安全自由流动。海底数据中心有利于促进当地传统 IDC 产业结构优化。本项目将在科学研究、资源调配、生产、销售、仓储、物流运输等环节实现信息集成，有利于促进当地产业升级，提升产业核心竞争力。

第四，促进立体用海，开拓海洋经济新空间。将数据中心建设在海底，可以有效利用海洋资源，促进海洋经济立体创新。在布放海底数据中心的海域，还可以发展海洋牧场、海上新能源、海洋监测网海洋旅游等产业。联合开发将大大降低综合成本，实现多重效益。海底数据中心和海上大型工业整合，可形成大型工业体系数字化孪生，建设海上大型工业物联网。海底数据中心充分利用波浪能、潮汐能、海上风能等海洋可再生能源，可实现多能互补、循环利用。

第五，海底数据中心将为沿海地区居民提供更好的数字经济服务，促进就业与收入提升。海底数据中心的服务器可靠性高，有利于保证整个网络的高效率、稳定性和完整性。海底数据中心为当地带来更多的就业机会，安置待业人员。项目建设期间需要大量的建筑、施工工人，项目单位的管理、运营也需要招聘员工，本项目实施后将能够直接或间接增加当前就业岗位。项目运营后，年均上缴税金规模可观，在增加当地税收方面发挥着积极作用。

3. 案例总结

创新数据中心部署方式，探索海底数据中心绿色安全运行。海底数据中心一是采用海水无动力散热技术，实现低能耗制冷，有效降低

数据中心运行能耗。二是创新全链路微结点自控技术，满足水下数据中心的少维护免维护需求。三是采用模块化高可用配电技术，满足海底数据中心空间受限、快速部署的要求。四是综合运用近岸雷达系统、无人船系统、水下监测技术等，满足水下数据中心日常运维和安全保障等需求，实现陆上、水下、海底综合监控及运维。

五、绿色节能科技创新

绿色技术自身发展，对传统制造企业绿色低碳转型具有深远意义。本章收录了基于陶瓷辊道的超低能耗太阳能光伏电池烧结炉典型案例，有效节约太阳能光伏电池烧结环节能耗，降低光伏设备碳排放水平，是绿色节能技术升级推动节能降碳的代表。

（二十）基于陶瓷辊道的光伏电池烧结节能降碳²⁰

1. 案例概述

发展可再生能源是推动能源生产和消费变革、加快能源转型升级、应对气候变化、尽早实现 3060 碳达峰碳中和目标的重要途径。2022 年 3 月 22 日，国家发展改革委、国家能源局印发《“十四五”现代能源体系规划》提出，展望 2035 年，绿色生产和消费模式广泛形成，可再生能源发电成为主体电源。

发展光伏是推动可再生能源规模发展的重要路径。浙江省《可再生能源发展“十四五”规划》指出，截至 2020 年底，全省可再生能源装机容量达到 3114 万千瓦，其中光伏 1517 万千瓦，占比接近 50%。同时，光伏行业日益成熟，根据全球光伏《2022 年光伏产业链超全解析》显示，2022 年光伏全球装机量将超过 225GW，同比增长近 40%。

太阳能光伏电池是光伏发电的关键，但当前，业界以传统金属网带烧结炉为主，面临能耗高、污染大等问题，无法完全满足国家对绿色能源绿色发展的相关要求。

基于陶瓷辊道的超低能耗太阳能光伏电池烧结炉，通过材料创新

²⁰本案例所有信息均来自山东金晟光伏设备有限公司

与工艺创新，使用陶瓷辊道代替金属网带，将太阳能光伏电池烧结环节能耗从 200kW 降低至 90kW，节能达到 50%至 60%，单台炉每年节约电能 100 万千瓦时。当前解决方案已在南昌大学等院校及研究机构，顺风光电、天合、隆基、晶澳、晶科、阳光中科、腾晖等上市公司中使用。

2. 应用场景

场景：光伏电池片生产环节节能降碳

基于陶瓷辊道的光伏电池烧结解决方案重点面向两大主体，一是面向太阳能光伏领域院校及研究机构，支撑面向光伏产业的节能降碳研究。二是赋能太阳能光伏电池生产企业，直接实现光伏电池生产环节的节能降碳。

材料创新与工艺创新，实现节能减碳。使用陶瓷辊道，代替原有金属网带，实现绿色节能科技创新。采用高纯陶瓷辊道代替金属网带传输电池片，因为进出炉子的只有质量很轻的电池片，带走的热量极少，因此比链式炉节能可达 50%，单台炉每年可节电 100 万度。

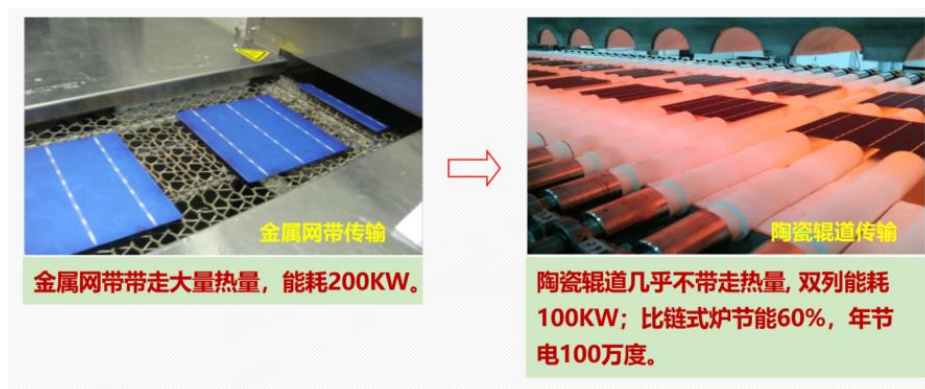


图 153 陶瓷辊道与金属网带对比创新说明

解决滑动摩擦带来的技术难点。金属网带电池片是静态传输，与

网带没有相对移动，电池片即使歪斜也不影响传输，无电池片碎片卡片等问题。陶瓷辊道电池片高速向前移动，电池片歪斜会影响电池片传输，甚至会造成卡片。

此外数字化信息化技术的应用，使传输精度大幅提高，并实现精准掌控。一方面，实现实时各产线运行状况监控。另一方面，通过自动化调节，使电池片整个烧制过程温差控制在 0.4°C ，确保太阳能电池成品没有 EL 云片和黑斑，电池的不良比率几乎为 0（金属网带链式烧结炉片内温差为 9.8°C ，EL 云片和黑斑不良率约 3%）。

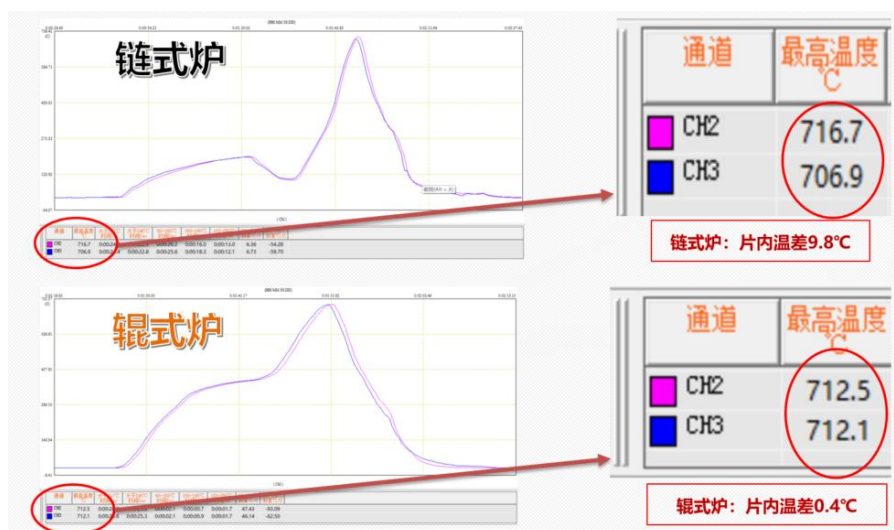


图 154 陶瓷辊道与金属网带对比烧制过程温差

解决问题与实施成效：一是节能。基于陶瓷辊道的太阳能光伏电池烧结炉能耗低，运行功率仅 90kW，与链式烧结炉相比，节能约 50%-60%，每年单台设备节能达 100 万千瓦时，减碳量达 997 吨。二是增效。基于精准控制，陶瓷辊道太阳能光伏电池烧结炉可采用双轨烧制，产能达到 8500 至 9000 片每小时，相比链式炉增加 10%-30%。三是提质。基于数字化信息化技术的应用，电池片烧制温差从 9.8°C 度

大幅减小至 0.4 度，电池片废品率由 3%降低至接近 0%。四是可调。由于陶瓷辊道具备高度灵活性，瓷环长短、大小、间距均可灵活适配，已与国际超大产能丝印机配套成功，并支持 TOPCon 等新兴光伏技术装备升级。



图 155 陶瓷辊道与光伏电池制造后端装备成功适配

3. 案例总结

陶瓷辊道炉的推广对“光伏平价上网”具有重要意义。通过材料创新与工艺创新，使用陶瓷辊道代替金属网带，基于陶瓷辊道的太阳能光伏电池烧结炉，将太阳能光伏电池烧结环节能耗从 200kW 降低至 90kW，节能达到 50%至 60%。以河北工业用电 0.667 元每度为例，截至 2021 年 11 月，陶瓷辊道炉共节约电能超过 1900 万千瓦时，节约电费高达 1200 万元。

陶瓷辊道技术能有效降低光伏产业碳排放水平。全国 22 省在“十四五”能源相关规划中明确提出，光伏设备新增总产能将超过 400GW。

若新增烧结设备 70%采用陶瓷辊道替代金属网带，将每年节能 2.8 亿千瓦时，减碳超过 27 万吨。若新增设备全部采用陶瓷辊道替代金属网带，将每年节能达 4 亿千瓦时，减碳超过 39 万吨。推广陶瓷辊道炉，对减少太阳能光伏电池碳足迹，乃至更广范围的太阳能整体产业低碳化绿色化发展具有深远意义。截至 2021 年 11 月，采用陶瓷辊道炉技术的企业，当年已节约电能超过 1900 万千瓦时，初步估算减碳量达到 1.894 万吨。

陶瓷辊道技术有利于解决光伏设备平滑替代技术难题。烧结炉是太阳能光伏电池制造过程中一个环节，由于当前业界各环节设备间缺乏统一标准，金属网带烧结炉面临适配难产等问题，导致光伏效能升级需大面积更替设备，造成资源浪费。陶瓷辊道炉的推广，对产业生态平滑升级具有积极意义。陶瓷辊道技术先后获得 SNEC2021 “十大亮点”评选“兆瓦级翡翠奖”、山东省第三届智能制造创新创业大赛二等奖、山东省第三届创业大赛优胜奖等荣誉，围绕陶瓷辊道技术已形成专利 37 项。

中国信息通信研究院 产业与规划研究所

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮编：100191

电话：010-68026834

传真：010-68026830

网址：www.caict.ac.cn

