

Geega（际嘉）工业互联网平台+铝产业数字化节能降碳解决方案

“运营优化和工艺优化”赋能铝产业链全生命周期

引言：

广域铭岛数字科技有限公司（下称“广域铭岛”）隶属吉利控股集团，坚持自主创新，深耕汽车产业链，辐射上下游，打造跨行业跨领域服务生态，构建全国首个打通汽车产业全场景、实现多链条融合发展的工业互联网平台——Geega（际嘉）工业互联网平台。基于平台构筑制造业转型的一体化数字基座，围绕数字化管理、网络化协同、个性化定制、智能化制造、服务化延伸等6大领域，面向汽摩及配件、轻工、家电、有色金属等重点行业，提供以工业软件为核心的低成本、高价值数字化转型解决方案服务，推动新一代信息技术与制造业全要素、全产业链、全价值链深度融合。目前广域铭岛已拥有知识产权近200项，参与20余项国家和行业标准制定，获得了国家级跨行业跨领域工业互联网平台等各级政府10多项荣誉及资质认证。

本解决方案基于Geega（际嘉）工业互联网平台和吉利百矿集团有限公司（下称“百矿集团”）完善的铝产业链应用场景，**提出针对铝产业全生命周期节能降碳的数字化转型解决方案**。通过构建一个工业互联网数字化底座，集成通用动力管理、能源管理、双碳管理、设备管理、火电厂智能配煤管理、火电厂发电效率提升管理、电解铝APP等工业APP，实现能耗量及能耗桥的实时在线监控，并以此为输入，结合机理模型，实现智能决策路径，形成一整套的面向铝产业链数字

化运营及能耗优化的解决方案，优化能源配置，降低能耗及二氧化碳排放，助力铝行业双碳目标实现。

一、项目概况

政府工作报告将“做好碳达峰、碳中和工作”列为 2021 年重点任务之一，并作为推动传统产业绿色发展、促进经济转型升级的重要路径。广域铭岛致力于利用数字化手段帮助百矿集团节能减碳，针对集团电解铝能耗过高、自备火电厂煤耗过高等痛点问题，构建百矿集团工业互联网平台，打破产业链上数据孤岛，沉淀工艺知识，构建火力发电和电解过程的机理模型，实现智能决策优化路径，达到绿色集约生产，应对能源危机和“双限”挑战。

1. 项目背景

(1) 国际能源危机及国家双碳战略驱动

在全球能源危机背景下，国家提出坚决遏制高耗能高排放项目盲目发展，重点举措包括遏制新建、扩建煤电、电解铝等高耗能高排放项目，出台煤电、煤化工等产能控制政策，提升高耗能高排放项目能耗准入标准。铝产业是有色金属行业最大的二氧化碳排放源，存在煤电占比大，电解铝、氧化铝能耗指标长期居高不下等问题，降低铝产业碳排放是我国实现碳达峰、碳中和的重要保证。

(2) 制造企业向绿色化、数字化转型需求迫切

工业 4.0 时代背景下，信息化与工业化深度融合成为争夺全球竞争优势的关键。各国纷纷在信息技术领域发力，促进新工业革命在全球迅速兴起。制造企业在生产制造、质量管理、物流管理等多个环节存在生产成本低、效率低、能耗大等痛点问题，促使制造企业逐步由规模化向绿色化、数字化转型，并催生出信息经济、知识经济等一批新的商业生态。

(3) 百矿集团数字化赋能节能减碳需求旺盛

百矿集团原属百色市国有企业，公司始建于 1956 年，是广西主要的褐煤生产基地、全国重要的碳酸锰基地。2018 年，百矿集团列入国务院国企改革“双百行动”404 家试点企业之一，是广西 5 家“双百行动”试点企业中唯一的一家地级市属企业。

百矿集团作为涵盖采矿-氧化铝-电解铝-铝深加工的铝产业全生命周期以及火力发电的高耗能传统企业，在国家双碳及当前限电的大背景下，有迫切的数字化转型需求，尤其是在能耗较高的火力发电、电解铝及通用动力节能等方面，百矿集团将实现节能降耗作为其首要的战略目标。

2. 项目简介

广域铭岛通过 Geega（际嘉）工业互联网平台，利用其成熟的云计算、大数据、边缘计算、物联网等技术及 SaaS 化能力，基于百矿集团完善的铝产业链应用场景，输出系列基于铝产业全生命周期节能降碳的数字化转型解决方案，从绿色集约生产、能源动态配置及能耗碳排管控等三方面切入，细化工艺绿色化改进、设备上云、设备生命周期管理、能源动态监控、能源平衡优化、用电异常预警、能源利用效率提升、能耗用量分析、远程状态监测、污染物实时监测、超标排放预警、实时碳排放分析、碳资产核查复查、碳管控以及碳交易等 15 个子项，进行通用动力管理、能源管理、双碳管理、设备管理、火电厂智能配煤管理、火电厂发电效率提升管理、电解铝 APP 等 7 个工业 APP 的开发、部署以及迭代，着力打通企业生产和运营环节的能源数据链条，提升能源管理水平和利用效率，助力行业双碳目标实现。

3. 项目目标

本项目通过 Geega（际嘉）工业互联网平台，打通百矿集团在生产和运营环节的能源数据链条，形成能源智能监测、动态调配、节能减排、低碳化管理等一整套数字化节能减碳解决方案，主要满足以下建设目标：

（1）1 个工业互联网数字化底座

打造 1 个涵盖 IIOT 平台、PaaS 平台以及大数据平台的数字化底座，完善工厂运行数据采集、数据存储、数据治理以及数据分析流程，基于能源精细化管理和最优化控制策略，实现设备数据和能耗数据的透明可视。

（2）7 个工业 APP

实现通用动力管理 APP、能源管理 APP、双碳管理 APP、设备管理 APP、火电厂智能配煤管理 APP、火电厂发电效率提升管理 APP、电解铝 APP 等 7 个工业应用的开发、部署和迭代。

（3）1 套卓越运营方法论

按照诊断、方案设计、标杆工厂试点三个阶段打造 1 套卓越运营方法论，对百矿集团开展运营管理优化。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

1. 项目总体架构

本项目总体框架可概括为“1 个工业互联网数字化底座+7 个工业应用+1 套卓越运营转型方法论”。广域铭岛为百矿集团搭建起一个工业互联网平台，并以平台为基础实现企业设备及能源上云，在产业链数据可视的前提下，在火力发电、电解铝、通用动力等方面研发各类能源优化算法模型，并形成若干工业应用，提供智能决策优化路径，降低对工艺专家知识的依赖，提供“专家赋能，数据驱动”为特征的工厂绿色低碳解决方案。如下图所示：

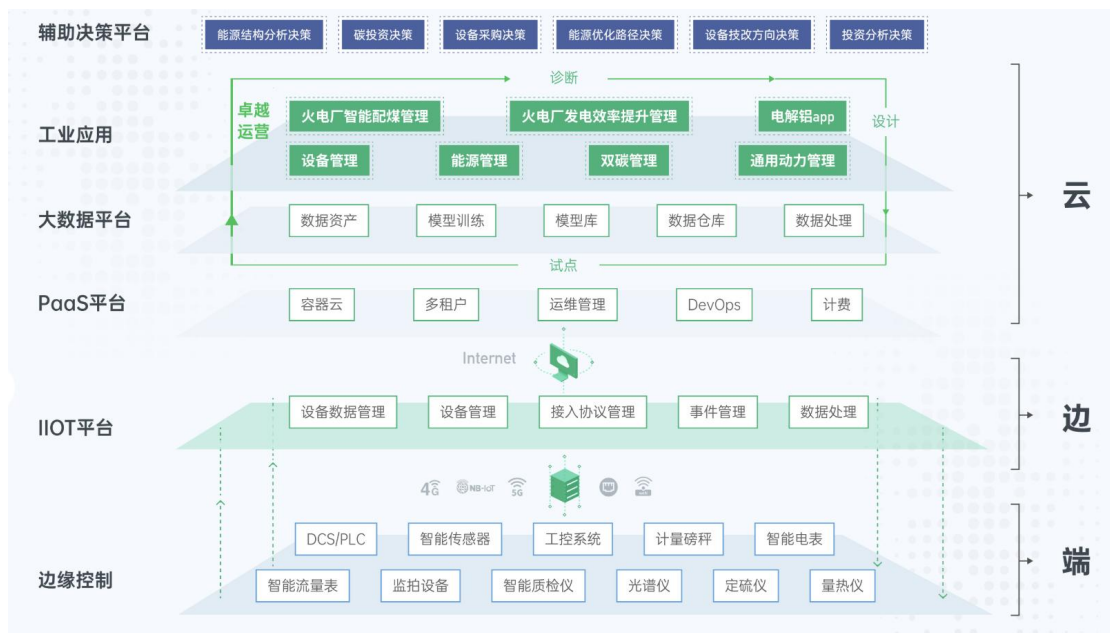


图 1 解决方案框架

2. 数字化底座架构

广域铭岛为百矿集团打造 1 个数字化底座，纵深涵盖 IIOT 平台、PaaS 平台以及大数据平台。

(1) IIOT 平台

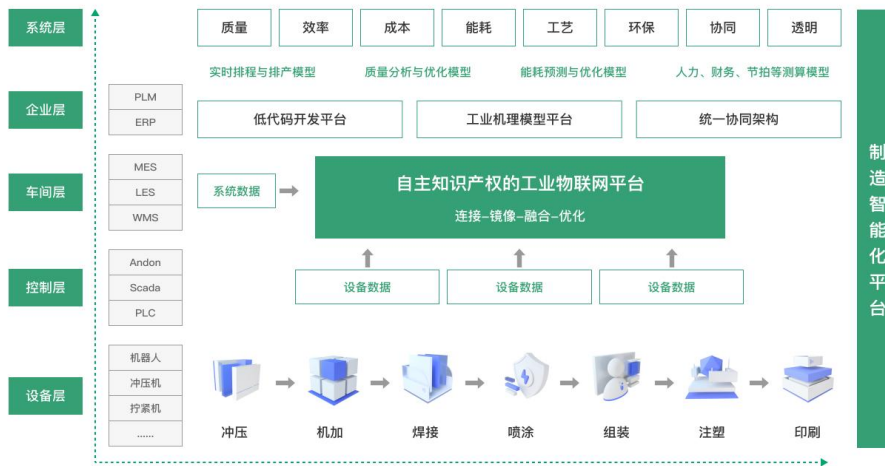


图 2 IIOT 平台构架

IIOT 平台主要分为边缘计算（“端”）与物联网平台（“云”）两部分，其中边缘计算的载体为智能工业网关和运行时软件框架，以百矿集团各种工业设备和系统的接入、数据预处理、现场侧的实时计算为主，平台以物模型构建，设备连接状态及健康状态管理，数据汇总、存储和数据建模与服务为主。边缘端与平台端以 MQTT 为主要通讯协议，完成数据上报、指令反馈、远程控制等多种功能。物联网平台对外部提供大数据、人工智能等相关平台的连接与调用能力，以及服务的发布能力。

(2) PaaS 平台



图 3 PaaS 平台构架

PaaS 平台对底层基础设施和数据中心不敏感，可以平滑纳管物理机、私有云、公有云等多种异构基础设施，同时可以支撑多数据中心并将应用负载进行有

效平衡，也可以有效保障数据在多分区的安全隔离和相互备份。采用先进的容器和大规模集群管理技术构建容器云平台，借助容器的轻量级、标准化和弹性资源供给等能力，将工业应用进行标准化封装并有效的自动化管理，提升应用的上云速度和能力。

(3) 大数据平台

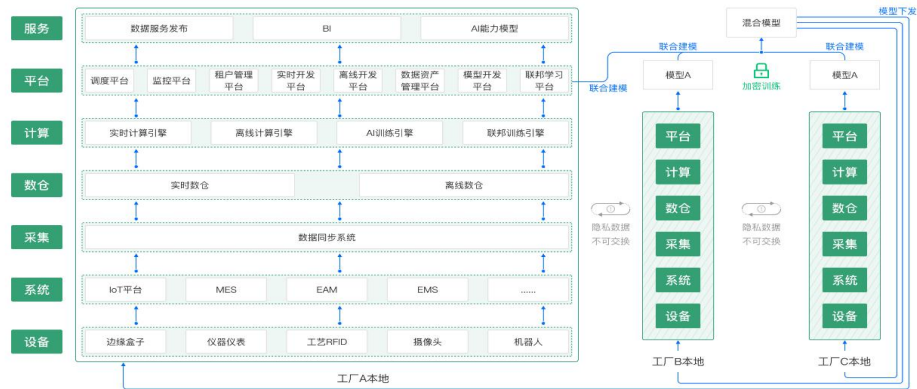


图4 大数据平台构架

通过平台实现企业数据资产统一管理、统一监控、统一运营及算法的适配及调用，基于应用场景驱动，持续提升基础平台能力，不断完善大数据基础支撑体系。以企业业务部门实际诉求为根本，建立大数据应用驱动智慧运营体系。将大数据平台的数据与业务需求下的算法模型进行应用，从而通过数据、算法、算力，再通过应用级的服务进行使用。

2. 具体应用场景和应用模式

广域铭岛从绿色集约生产、能源动态配置及能耗和碳排放管控等方面切入，为百矿集团开发、部署7个工业APP，打通业务数据链条，其运行状态可以通过一个中央工作台实现透明化、随时可调用。

(1) 通用动力管理 APP

提供风机、空压机、循环水等通用动力设备管理。**风机优化**通过建立布袋、烟道入口、烟道出口、风机、脱硫塔的设备模型，对参数实时监控，自动优化风机的开启台数、运行频率，达到运行效率最大化。**空压机优化**涵盖供需平衡、空压机设备效率提升两部分：供需平衡通过IIOT平台实时采集空压机出口、用能端入口（电解槽、阳极车间、打料罐）、压缩空气管路的压力、流量信息，结合算法模型，输出推荐的压缩空气供气压力；设备效率提升是建立空压机、干燥机

设备模型，在给定压缩空气需求下，合理分配设备开关、设备频率，以达成以最少电耗满足用气需求。循环水系统是用于现场设备、产品降温的系统，主要由换热器、管道、循环泵组成。循环水优化通过监控用能端的实时温度与流量信息，结合工艺要求和计量模型优化，实现循环泵的开关与频率调整，反馈到制冷机设备，调整设备运行效率，达到制冷效率最大化、降低能耗。

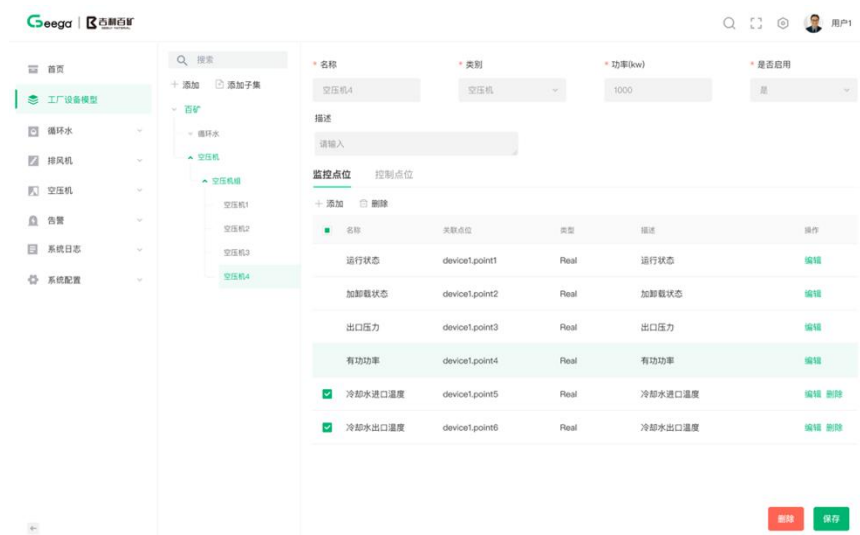


图 5 通用动力管理 APP

(2) 能源管理 APP

通过采集智能表计、电解槽槽控系统数据，自动计算、监控表计状态、能源参数信息等，达成能源异常状况的快速反馈。基于能源历史数据，进行综合能耗、吨铝能耗、能耗成本、能耗指标的多维度分析，推动能耗优化决策。

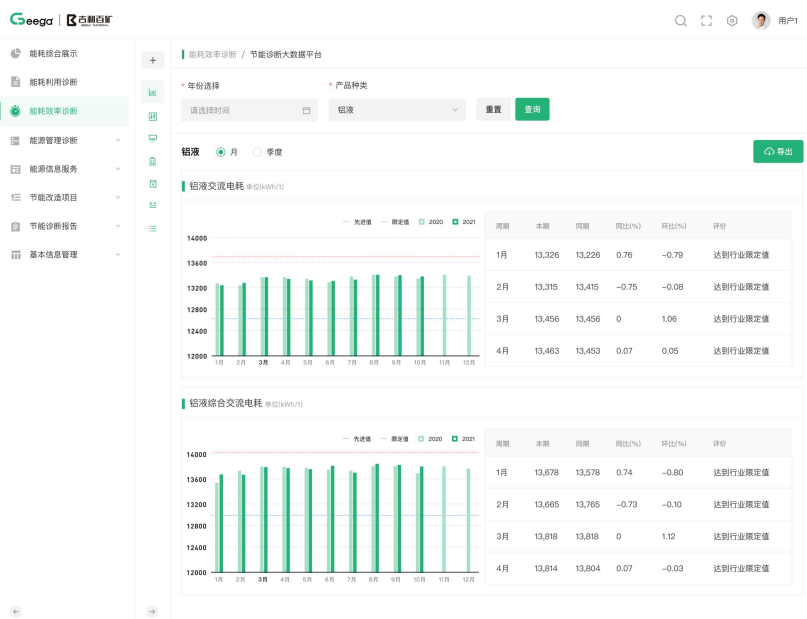


图 6 能源管理 APP

(3) 双碳管理 APP

通过 IIOT 平台自动采集各系统、设备的能耗、碳排数据，并通过碳排放评估模型，对企业制造过程碳排放的识别、监测、核算、报告，实现企业碳资产管理。同时提供“专家赋能、数据驱动”的方案，从运营、工艺、能耗、技术等全链路优化碳排放，挖掘工厂节能空间实现企业精准降碳、智能降碳，助力企业实现绿色可持续发展。

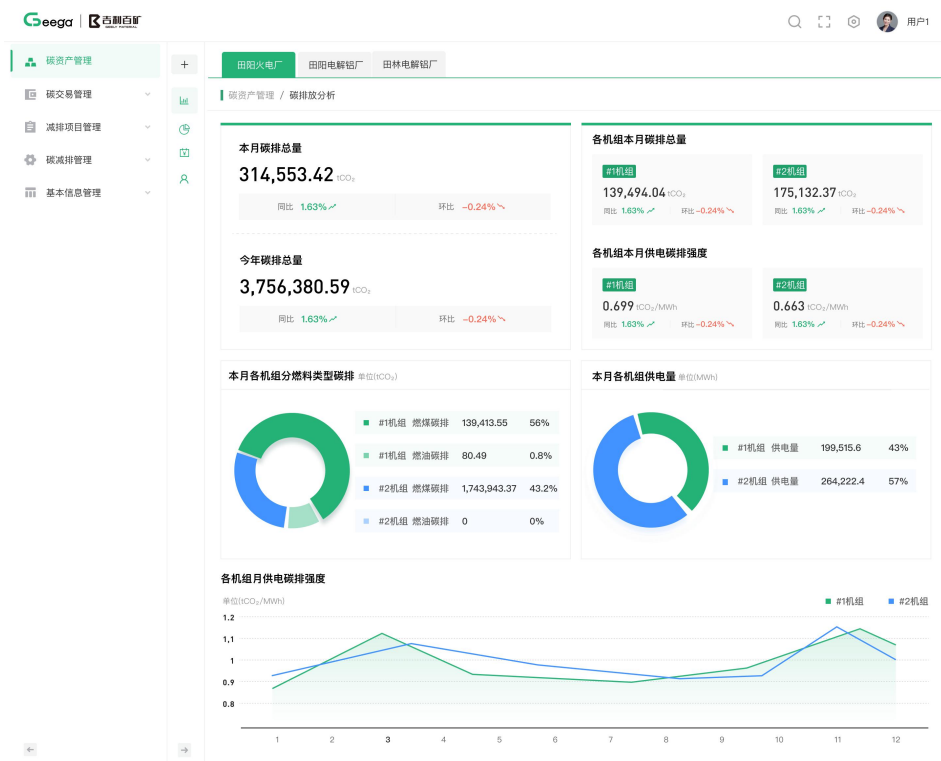


图 7 双碳管理 APP

(4) 设备管理 APP

设备管理 APP 对设备关键参数实现在线监控和预测，对生产设备达到智能维护的作用，减少设备的维护成本以及产线非停率，提高产线利润。

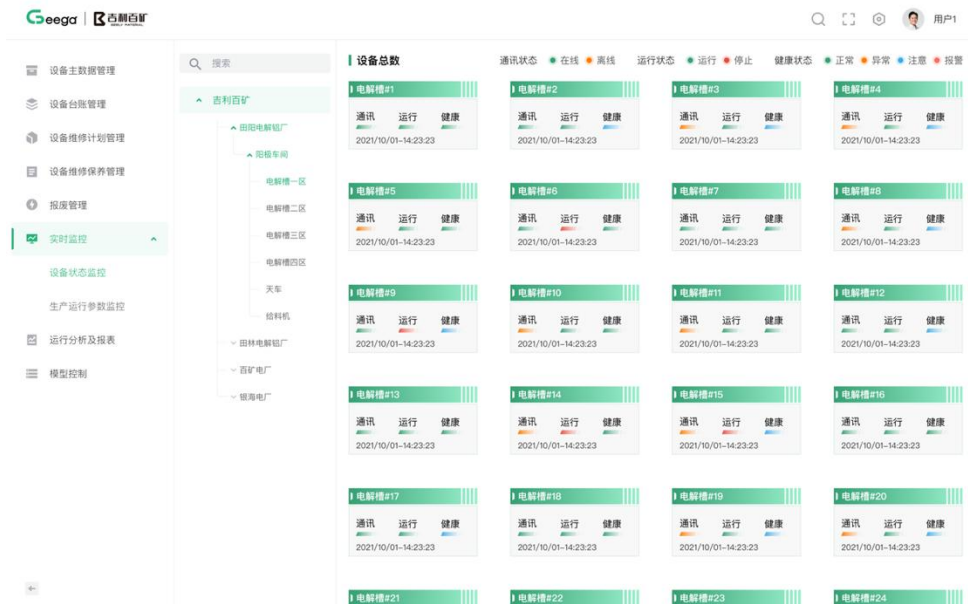


图 8 设备管理 APP

(5) 火电厂智能配煤管理 APP

通过协同采购、煤源供应商、检验和配煤等部门，对实际混煤数据（包括混合煤热值、水份、硫份、皮带上煤速度、磨机能力、脱硫脱硝能力等）进行大量分析，充分考虑产地、成分等内外部因素，以发热量、发电量和成本为目标，根据各单煤煤质与混煤煤质的关系，采用支持向量机建立混煤煤质预测模型，并对强制控制配煤煤种或配比极值等约束条件进行优化，使用进化算法建立群体进化配煤模型。根据锅炉试烧结果，选择最优的配煤掺烧方案，实现配煤经济效益和能源效益的优化。

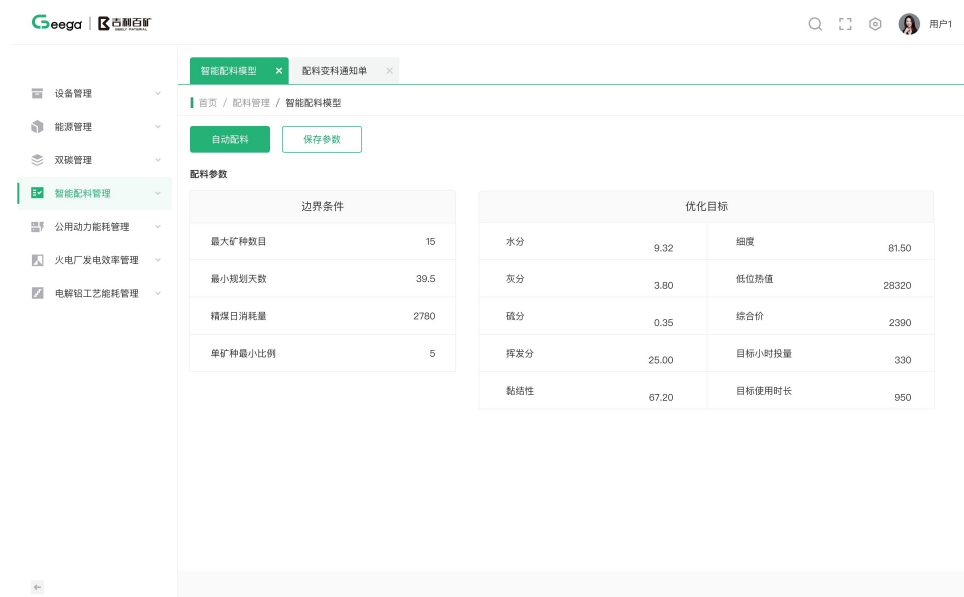
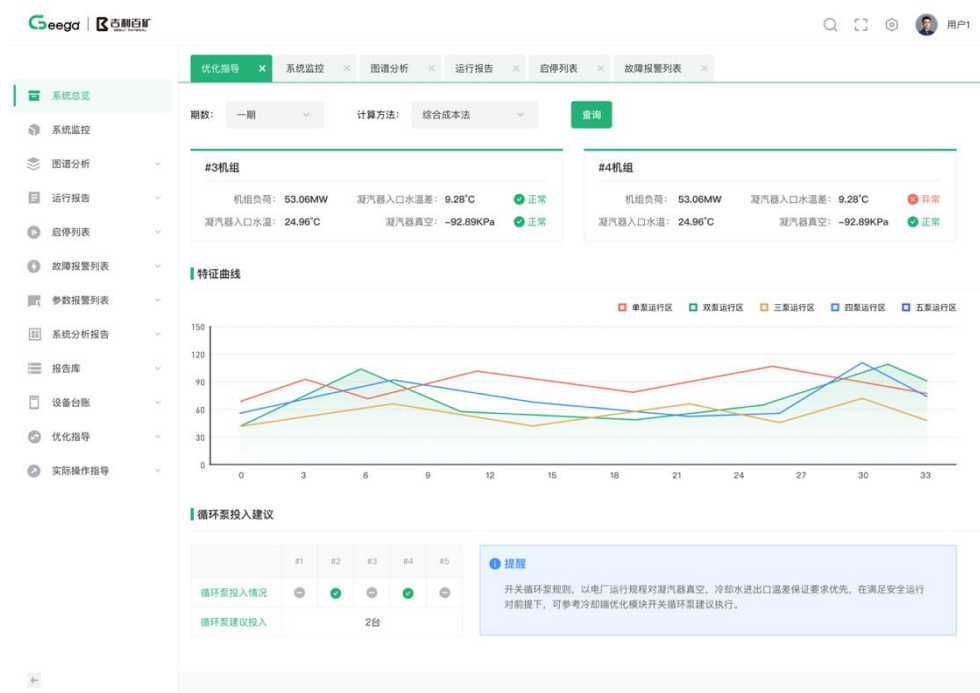


图 9 火电厂智能配煤管理 APP

(6) 火电厂发电效率提升管理 APP

通过建立典型燃煤发电机组运行经济性诊断的数学模型，开发机组在线节能诊断系统，获得机组运行的主要经济指标，定量诊断主要节能大小分布及其场所，



并优化设备运行参数，提升火电厂发电效率。

图 10 火电厂发电效率提升管理 APP

(7) 电解铝 APP

电解铝 APP 包含槽修管理、阳极管理、出铝管理、电解铝工艺自优化四大应用：

槽修管理：基于 IIOT 平台采集槽状态历史数据，在工厂、工区、单槽的维度对槽状态进行分析和预测，持续跟踪模拟槽状态，提前对异常进行预警。

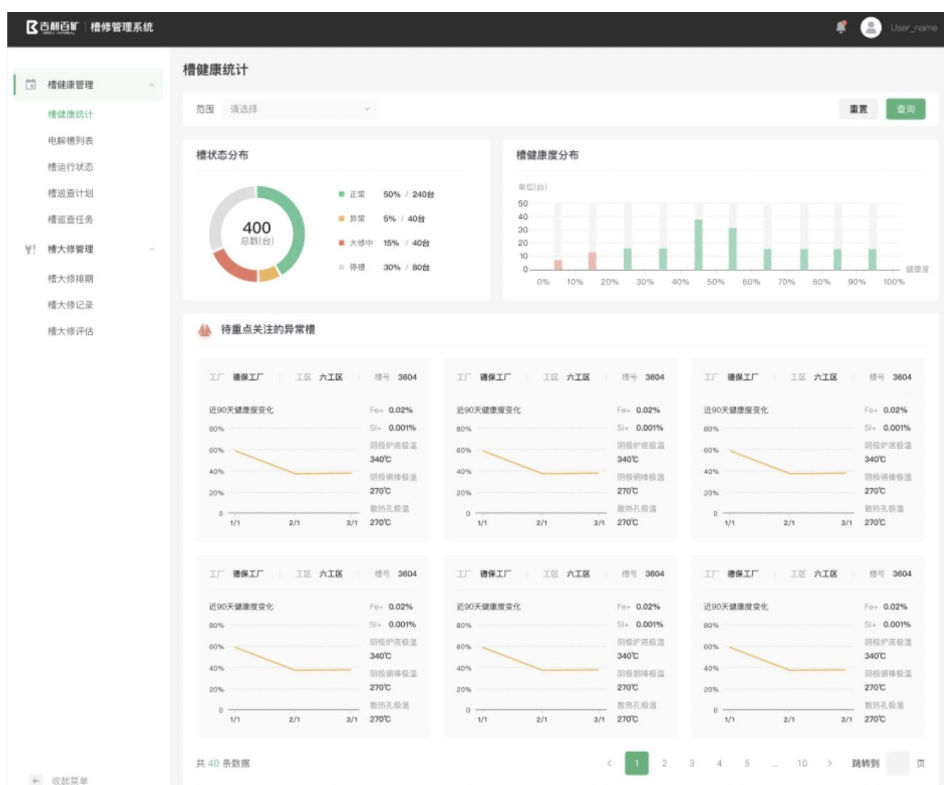


图 11 槽修管理应用

阳极管理：包含换极排程、换极过程管理、换极监控、问题管理、物料管理、指标统计六部分。通过阳极消耗大数据分析模型、阳极二维码追溯、换极过程标准化管控等方法及工具以及电解槽运行数据，建立阳极消耗曲线与各变量之间的关系模型，预测每一个阳极消耗的速度和使用到期的时间，实现物耗成本及能耗成本的节约。

新增排程

月份 3月 范围 请选择

夜班 中班 白班

作业人	槽号	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日
郑亮	3101	A1A2	A3A4	A5A6	A17A18	B7B8	A18A17	A18A17	A10A11
	3102	A3A4	休	A5A6	B13B14	A18A17	B4B5	A18A17	B4B5
	3103	A1A2	B25B26	B3B4	A18A17	A18A17	B4B5	A10A11	A18A17
	3104	A5A6	A3A4	B3B4	停	停	停	停	停
	3105	B3B4	A27A28	A5A6	A18A17	A18A17	A18A17	B4B5	A18A17
	3106	A27A28	A23A24	B3B4	B13B14	A18A17	A10A11	B4B5	B4B5
	3107	A10A11	A5A6	B3B4	B4B5	A10A11	B13B14	B4B5	B4B5
	3108	A23A24	B3B4	A11A12	A21A22	A10A11	A18A17	B4B5	A18A17
	3109	A11A12	A23A24	A1A2	B13B14	A18A17	B13B14	B4B5	A10A11
	3110	A1A2	A5A6	A11A12	B13B14	B13B14	A18A17	B4B5	A18A17
	3111	A15A16	A5A6	A11A12	B13B14	A18A17	B13B14	A18A17	A10A11

保存

图 12 阳极管理应用

出铝管理：打通槽控系统和 MIS 系统，实现出铝量的智能预测、自动排包、实际出铝量校正，并根据槽况对指示出铝量进行智能推荐，减少人工经验设置出铝量的偏差问题。

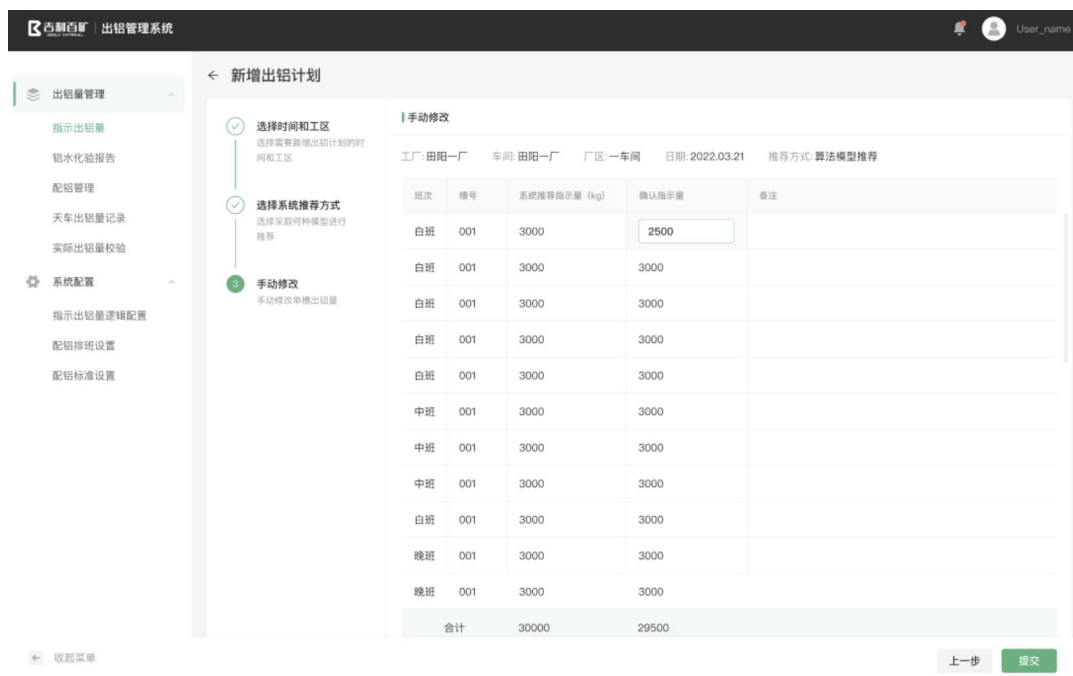


图 13 出铝管理应用

电解铝工艺自优化：利用统计学和机器学习相关理论和方法，设计电解铝单耗在线预测、监控、故障诊断系统和电解铝工艺优化模型，实现高效精准运维管理。



图 14 电解铝工艺自优化

3. 其他亮点

广域铭岛为百矿集团打造了**1套卓越运营方法论**，成为数字化转型中的重要环节。通过卓越运营的方法论，一是对百矿集团开展运营管理优化，二是通过调研诊断分析，寻找与行业最优值的差异，并通过人工智能相关的技术开展“峰值变常量”的优化方案寻源，从而将优化方案沉淀为数字化模型，封装在工业互联网平台上；三是通过卓越运营优化，为百矿集团培养和塑造一批对铝行业运营管理、生产工艺及工业互联网熟练掌握的全能型复合型人才。

三、下一步实施计划

本项目具有极强的可推广性和示范性，基于 Geega（际嘉）工业互联网平台的基础核心能力，通过由点到面+横向铺排+纵向深耕的方式进行探索。

1. 2021 年（落实到点，试点先行）

百矿集团工业互联网平台研发和上线，基于本项目沉淀方法论和数字化模型。

2. 2022 年（由点及面，合纵连横）

不断挖掘百矿集团在氧化铝、铝加工制造等其他环节的数字化转型解决方案，并将模型沉淀在平台上，并将百矿打造成标杆案例向百色市及中国的其他省市地区复制推广。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）创新孵化出铝产业链工业互联网数字化模型

数字化模型对实现工业互联网平台将工业的技术原理、行业知识、基础工艺、模型工具规则化、软件化、模块化，封装为可重复使用的组件至关重要。本项目孵化出的数字化模型包括配煤优化、槽况分析、阳极效应预测模型、过热度分析

模型、电解槽漏液监测以及火电厂控制系统预测性监测等。经过百矿集团大量的数据验证，具备状态感知、实时分析、科学决策、精准执行等特点，是一次基于工业互联网赋能铝产业全生命周期的创新。

（2）创新打出“运营优化+工艺优化”组合拳

2020年以来，受制于国内外政经局势和新冠疫情影响，全球经济增长放缓，贸易摩擦频繁，全球产业链面临新一轮重构。在市场环境变动加剧的背景下，百矿集团为应对变革挑战，专注创造更灵活、更具成本效益和更有效的运营模式和生产模式。但在运营优化和转型的过程中存在缺乏战略眼光、系统性方法和工具缺失、固有经验束缚、缺乏实践参考、内部意见冲突及执行力欠缺、无法将运营优化的知识和经验封装成方法论等痛点，因此需要运营优化与工艺优化双措并举，在管理及生产两个维度上开展革新。

该项目创新开展基于百矿集团的“卓越运营转型方案”，并将诊断评估成果通过 Geega（际嘉）工业互联网平台的技术能力沉淀为方法论，封装成工业知识，实现可复用、可传承，是工业互联网与智慧管理之间的有机结合及大胆尝试。

2. 实施效果

（1）经济效益

根据本解决方案落地经验来看，对于年产 50 万吨电解铝的企业而言，预计后续成本优化达到 5000-7000 万每年。在火力发电环节，实现度电煤耗降低 6 克以上；在电解铝生产环节，稳定槽电压 $\leq 3.96\text{V}$ ，电流效率 $\geq 93\%$ ，直流电耗下降 $\geq 150\text{kWh/t-Al}$ ；在通用动力节能环节，实现节能收益 13%。

以电解铝产量 4000 万吨水平为例，以当前落地效果估算，如果能够实现直流电耗下降 $\geq 150\text{kWh/t-Al}$ 效果，至少能够降低电解铝行业企业成本约 15 亿元/年，产生的经济效益及节能收益相当可观。

（2）社会效益

Geega（际嘉）工业互联网平台+铝产业数字化节能降碳解决方案具有巨大社会效益。全球气候变化是 21 世纪人类面临的重大挑战，随着人类活动对全球气候的影响，气候危机几近无处不在。我国是全球最大的碳排放国，应对气候变化事关国内国际两个大局，是参与全球治理和坚持多边主义的重要领域。广域铭岛

助力百矿集团铝产业进行数字化转型升级、节能降碳，是对产业政策引导的实时响应，推动铝产业低碳转型提速。

（3）可推广性和复制性

从铝产业整体发展的情况来看，该解决方案具有广阔的应用空间。从需求侧来看，我国是全球最大的铝生产国和消费国，铝产业规模及消费需求呈现稳步增长态势；从供给侧来看，铝产业属于朝阳产业，具有蓬勃的生命力，是材料产业的重要组成部分。近十年来，随着国内铝产业发展速度的加快，在产业规模和生产技术等方面已接近世界先进水平，为数字化节能减碳解决方案的推广、部署和应用奠定了良好的基础。

中国的铝产业链完整、整体规模巨大，且所有铝行业企业在利用火力发电和拜耳法制备电解铝的工艺流程基本相似，同时 Geega（际嘉）工业互联网平台将工程技术人员的知识与 Know-how 以工业机理模型的方式学习并沉淀，封装在工业软件中，实现知识工业化进程中产生的许多核心技术和知识产权积累、传承及可复用。