



基于环境产业平台的设备增效功能测试床

引言

青岛国真智慧科技有限公司是青岛天人环境股份有限公司的全资子公司，是一家专业从事环境产业互联网平台开发和运营的科技创新企业。

在国家大力发展工业互联网的背景下，为了解决环境企业效益低、安全差、监管难等痛点，公司在国内率先研发成功第一个环境产业互联网平台——Eiipat。依托环境产业互联网平台，利用实现设备增效的三步法(找点位、建逻辑、寻规律)，公司构建基于环境产业平台的设备增效功能测试床，将设备的生产、操作、管理数据有效融合，利用大数据技术进行数据分析和挖掘，构建环境产业的设备增效模型，实现企业额外的效益增收目标。公司对增效进行重新定义，率先提出设备增效（效益）新概念，帮助企业实现降本、增效（效率）、提质的目标，最终实现生态共赢。

一、关键词

环境产业互联网平台 增效 智能化 数字工厂

二、测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

青岛国真智慧科技有限公司	孙九玲	sunjiuling@tianren.com	15063026778
--------------	-----	------------------------	-------------

2.2. 合作公司

青岛天人环境股份有限公司

泰尔实验室科技（无锡）有限公司

三、测试床项目目标

本测试床面向环境产业，环境产业目前主要面临效益低、监管难、安全差等问题。环保产品的公共属性导致环境工程项目运行效率低、效果差，许多项目靠政府补贴勉强维持，或偷工减料以牺牲环境为代价获取盈利。以餐厨项目为例，处理成本约 200-300 元/吨，

政府补贴一般为 260 元/吨，提取油脂和产生沼气可获得收益约 100 元/吨，在没有政府补贴的情况下企业不能盈利，补贴低的话很难盈利。国家对环境越来越重视，因为不能获得企业真实有效的数据，导致政府虽然投入了大量的人力、物力，却很难对企业生产排放进行有效监管。环卫工人伤亡事故时有发生，据数据统计，美国环卫工人死亡率为 0.16%，而我们中国以哈尔滨为例，环卫工人死亡率为 1.35%，是美国的 100 多倍，可以说我国环卫工作是高危职业。

国家大力发展工业互联网的背景下，为了解决环境企业效率低、安全差、监管难等痛点，青岛国真智慧科技有限公司在国内率先研发成功第一个环境产业互联网平台——Eiiplat。本测试床面向环境产业五大行业（固废、污水、大气、噪音、辐射）内的处理企业、政府监管部门用户，提出设备增效三步法(找点位、建逻辑、寻规律)及其实现技术，满足设备运行状态实时监控、预测预警和性能优化的需要，解决设备使用寿命短、能耗高、故障多、运维成本高等问题。以工业设备连接、运行和状态数据采集能力为基础，通过工业互联网、5G、云计算、大数据、数字孪生、容器技术，搭载产业专属的软件模型库，实现环境产业工业生产高效节能运行、智能化运维管理、增加生产收入。

测试床主要测试目标为验证环境产业项目设备的增效空间，在达到行业排放标准的前提下，分析设备全生命周期数据、应用场景，测试增效模型有效性，同时根据运行数据不断更新、迭代模型库，提供持续的增效运维服务。以固废行业为例，从垃圾处理设施入手，总结经验封装成模型后，与各细分行业头部企业合作，快速复制到环境产业内各细分行业。

本测试目标是打造行业内首个以设备增效功能验证为核心的测试床，促进环境产业现代化设备管理体系的新技术、新基础和新业态的建设。本测试床的价值在于可检测设备排放是否达到行业标准，为企业降本、增效、提质及提供设备增效技术验证，为政府提供及时可靠的监管数据。

四、测试床方案架构

4.1. 测试床应用场景

构建基于云计算的设备数据汇聚、分析和服务平台，打造环境产业专属基于设备增效管理方面的软件模型库，提供持续增效服务。本测试床主要面向两大应用场景，包括设备故障诊断维护和设备协同增效。

1. 设备故障诊断维护

基于设备健康的评估模型和故障预测模型分析设备的实时运行状态，及时发现可能出现的异常状态，并提前对异常状态采取恰当的预测性维护，模型下发运行决策和维护建议至边缘层执行，由定期计划维护改为基于设备健康模型分析的精准维护，提高设备运行维护效率和可靠性，减少用工和停机时间并提高整个工厂的效率。

应用价值：维保费用降低近 20%以上，设备故障率降低近 50%以上。

2. 设备协同增效

通过搭建环境产业互联网平台，构建设备的最优运行模型，并按照效率、能耗、安全、健康度等目标，输出最优运行参数下发至边缘层执行，一方面能够发现能耗的异常或峰值情形，优化生产过程中能源消耗，大大降低能耗成本；另一方面能够提升废弃物的利用率，增加产品数量质量与生产收入；同时根据海量运行数据不断更新、迭代增效模型库，依据本测试床群体知识，设备及设备集合可进行持续的增效优化。举例如下：

(1) 湿垃圾预处理设备提油增效

粗油脂作为湿垃圾处理中预处理系统的主要产品，其提取效率受进料温度、流量、含油率、三相转速等多个预处理设备（见图 4-1）因素的影响，传统油脂提取工艺参数的设置多采用经验值，粗油脂的品质和产量不可控，油脂回收率较低。针对以上问题基于现有项目工程运行数据，通过分析油脂提取工艺设备运行参数和效果，建立油脂回收增效模型，综合能耗、售价等经济因素智能匹配运行工艺参数，达到提升产油量的目的。

应用价值：预处理设备油脂提取提升 8%。



图 4-1 预处理设备

(2) 厌氧设备产气增效

沼气作为厌氧设备（见图 4-2）系统的主要产品，其产气效率受进料温度、流量、VFA、ALK、PH、TS、VS 等多个因素的影响，传统厌氧产气工艺参数的设置多采用经验值，沼气产量及沼气中甲烷含量不可控，沼气产气率较低。厌氧设备产气模型根据大量历史数据，通过厌氧设备的自变量（进料量、进料频次、温度、搅拌频率）对因变量（产气量）的影响进行拟合分析，综合能耗等经济因素匹配最优运行工艺参数，达到提升产气量的目的。

应用价值：厌氧设备产气提升 10%。



图 4-2 厌氧设备

(3) 厌氧设备降耗增效

厌氧设备搅拌系统受液体粘度、浓度、桨叶角度、桨叶数量、罐体直径、液面高度等各方面的影响。通过厌氧系统设备降耗模型可以降低设备潜在的过多能源消耗，同时根据设备运行状态调整参数，维持厌氧系统整体稳定。根据设备的健康状况，提高厌氧设备运行维护效率和可靠性，减少停机时间并提高整个工厂的效率。

应用价值：厌氧设备运行能耗降本至少 20%。

4.2. 测试床架构

本测试床符合 AII 工业互联网标准架构，由边缘层、IaaS 层、PaaS 层及 SaaS 层组成，同时由安全防护体系保驾护航。包括设备增效模型、设备参数控制、设备远程监控、设备

预警、设备工艺优化为核心功能的重点测试技术，建立工业互联网体系架构下的设备互联体系。

4.3. 测试床方案

通过 5G 技术提高边缘设备的实时数据上传速率，同时降低延时。微服务架构（见图 4-3）确保后期设备数量及设备接入数据量增加时快速的进行横向扩展，在云计算、大数据、容器技术的支撑下，高效、稳定的进行海量数据的分析和存储。通过人工智能对设备安全、增效、能耗、运维等进行预测，同时引用 3D/VR 技术对设备运行状态进行实时监控。

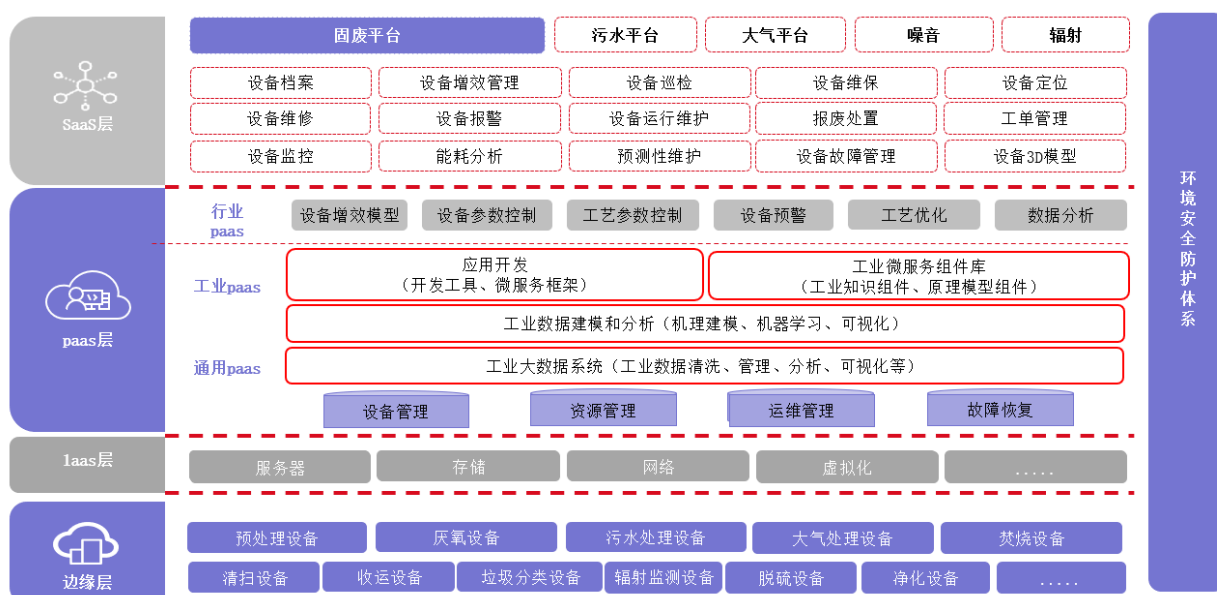


图 4-3 测试床软件架构

4.4. 方案重点技术

首次利用工业互联网平台技术解决环境产业效益低、监管难和安全差的问题，并创造性提出设备增效方法及其实现技术。基于设备控制点位描述技术，通过对工厂运行设备、工艺参数的数据采集，实时监测设备、工艺参数的运行状态，充分了解工艺设备作业过程中不同状态下的运行规律。

以获取的大量设备状态、工艺参数历史数据为基础，结合设备维修历史数据、工艺配方数据，利用设备增效模型构建技术，通过人工智能的机器学习算法，抽取运行历史数据中的关键特征，如发动机转速、油温、油压、工作时间，厌氧发酵的温度、PH、搅拌机频率等，构建装备故障分析模型、装备故障预测模型，以及产品增产模型等，进而实现故障原因的快速定位和维修措施，以及工艺系统运行参数优化的建议。

通过物联网+大数据+人工智能技术对运行设备、工艺参数进行全面的分析和洞察，给出系统性的预测性维护、故障诊断和系统优化解决方案，在确保安全的前提下，提高物质利用率、转化率和生产效率是本测试床的聚焦点。

4.5. 方案自主研发性、创新性及先进性

环境产业互联网平台利用天人环境近 30 年的行业沉淀，结合信通院泰尔实验室的技术优势，通过建立实时、系统、全面的环境产业设备数据采集体系，构建基于云计算的设备数据汇聚、分析和服务平台，打造环境产业专属基于设备增效管理方面的软件模型库。

设备增效实现没有可参考案例和理论指导，经过多年实践总结提炼出实现设备增效的三步法（见图 4-4），即找点位、建逻辑、寻规律。在设备控制点位描述技术方面，引入点位图+点位表，先找点、再定位，利用点位控制图和功能表来进行设备点位描述及控制技术分析；分析行业物质、资金、数据与其影响因素关系，在特征提取、建模、模型训练的基础上实现设备增效模型构建技术创新；在废弃物全产业链溯源方面，综合物质流、区块链、设备标识和行业标准创新设备标识技术应用。

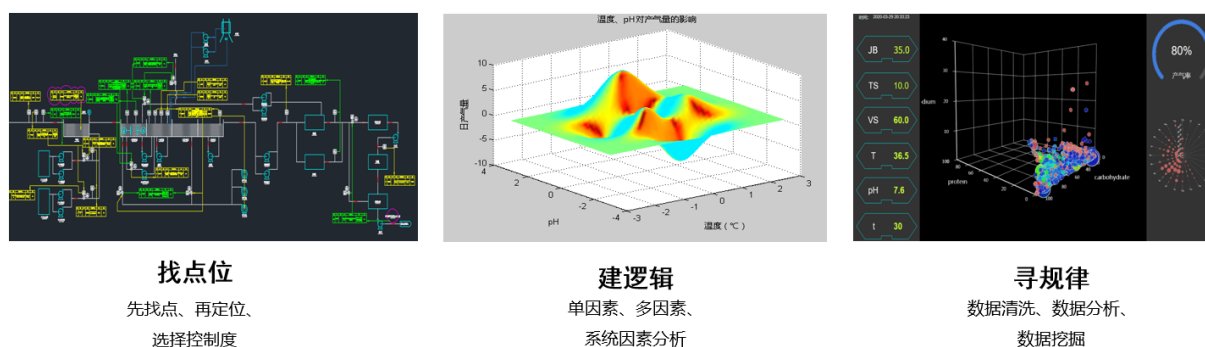


图 4-4 设备增效实现三步法示意图

(1) 找点位

通过物料流转去向及气、液、渣产出占比，明确降本增效点，通过设备增效影响因素分析（见图 4-5、图 4-6、图 4-7、表 4-1），确定增加传感器的类型、规格、数量、位置等具体参数。

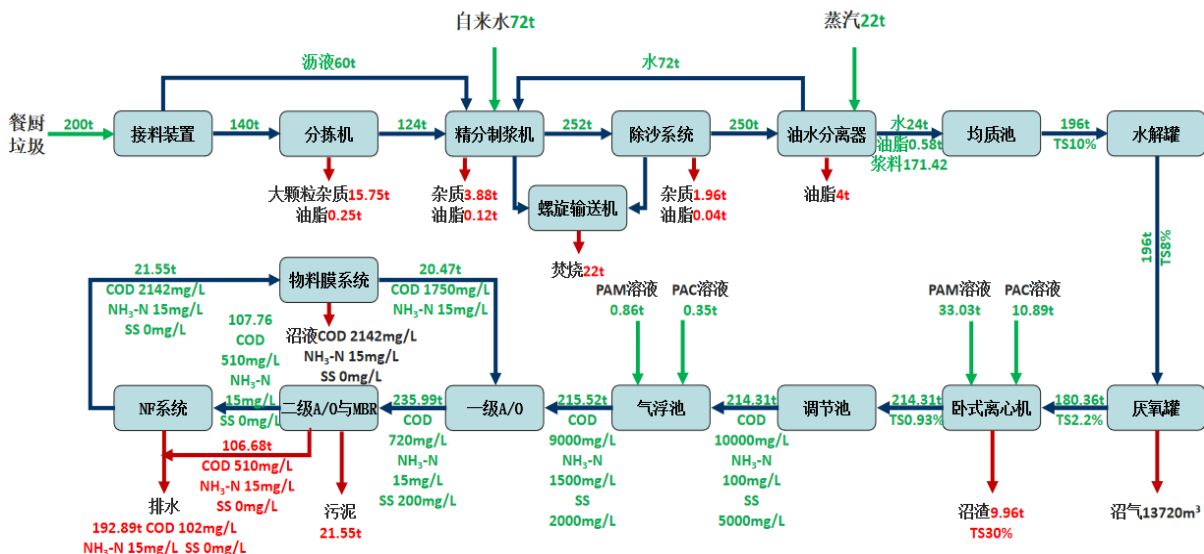


图 4-5 物料平衡图

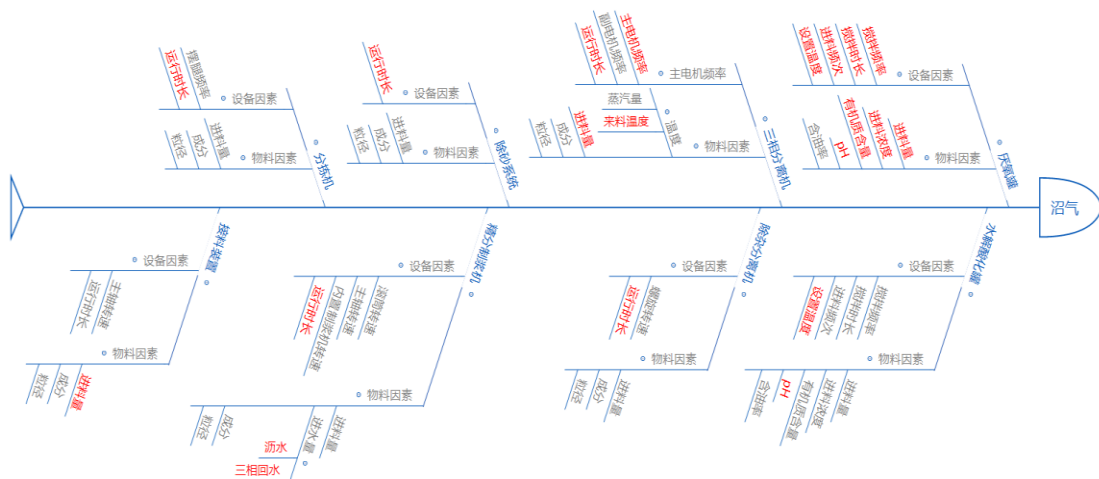


图 4-6 因素分析图

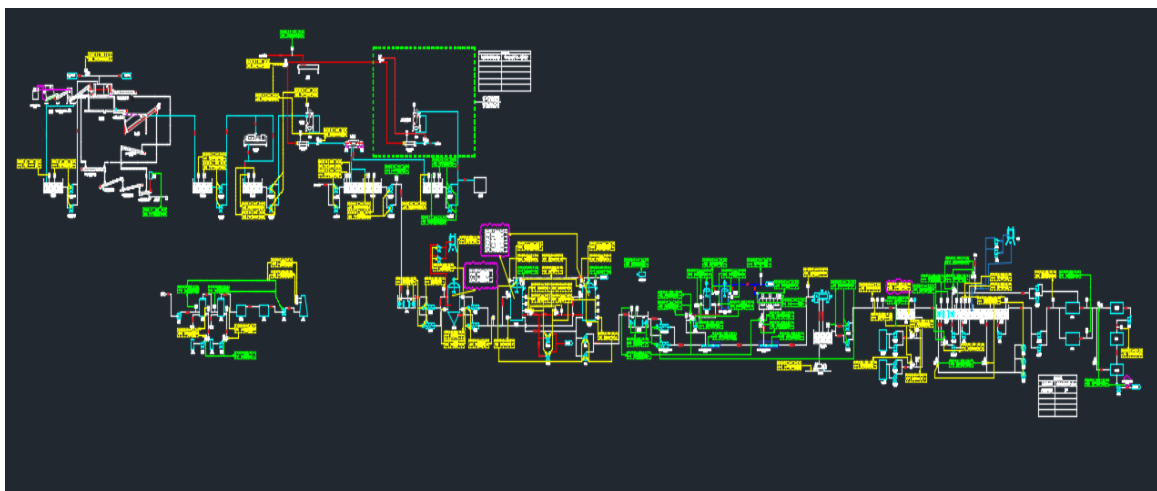


图 4-7 点位控制图

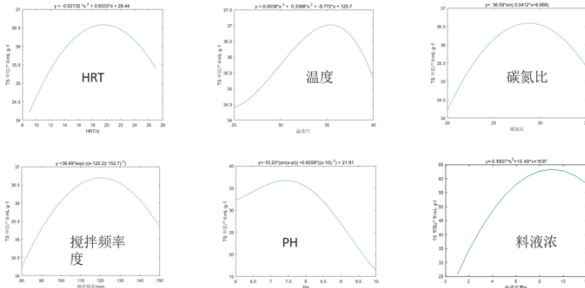
表 4-1 点位功能表

序号	名称	功能	控制点代号	数量	现自动化	自动化	智能化	备注
1	液位计	监测均西池内物料液位	1	1	√	√	√	已有
2	电磁流量计	监测进入酸化罐的物料量	2	1	√	√	√	已有
3	液位计	监测水解罐内物料液位	5	1	√	√	√	已有
4	温度计	监测水解罐内物料温度	3	1	√	√	√	已有
5	pH计	监测水解罐内物料pH	4	1	√	√	√	已有
6	搅拌机	收集酸化罐搅拌机运行时间	9	1	√	√	√	已有
7	电磁流量计	监测进入1#厌氧罐的物料量	6	1	√	√	√	已有
8	液位计	监测1#厌氧罐内物料液位	7	1	√	√	√	已有
9	温度计	监测1#厌氧罐内物料温度	16	1	√	√	√	已有
10	温度计	监测1#厌氧罐内物料温度	17	1	√	√	√	已有
11	温度计	监测1#厌氧罐内物料温度	18	1	√	√	√	已有
12	回水温度计	监测1#厌氧罐回水温度	14	1	√	√	√	已有
13	pH计	监测1#厌氧罐内物料pH	13	1	√	√	√	新增
14	压力变送器	监测1#厌氧罐内压力	24	1	√	√	√	已有
15	搅拌机变频器	监测1#厌氧罐内搅拌机频率、功率、扭矩、电流、运行时间	10	1	√	√	√	已有
16	沼气流流量计	计量1#沼气产生量	12	1	√	√	√	已有
17	电动调节阀	调节2#热水	19	1	√	√	√	已有
18	电磁流量计	监测进入2#厌氧罐的物料量	6	1	√	√	√	已有
19	液位计	监测2#厌氧罐内物料液位	8	1	√	√	√	已有
20	温度计	监测2#厌氧罐内物料温度	21	1	√	√	√	已有
21	温度计	监测2#厌氧罐内物料温度	22	1	√	√	√	已有
22	温度计	监测2#厌氧罐内物料温度	23	1	√	√	√	已有
23	回水温度计	监测2#厌氧罐回水温度	15	1	√	√	√	已有
24	pH计	监测2#厌氧罐内物料pH	27	1	√	√	√	新增
25	压力计	监测2#厌氧罐内压力	25	1	√	√	√	已有
26	搅拌机变频器	监测2#厌氧罐内搅拌机频率、功率、扭矩、电流、电压、运行时间	11	1	√	√	√	已有
27	沼气流流量计	计量2#沼气产生量	26	1	√	√	√	已有
28	电动调节阀	调节2#热水	20	1	√	√	√	已有
29	化验指标	监测水解罐内TS、VS、VFA、1#和2#厌氧罐内TS、VS、VFA、ALK、COD、氨氮、沼气成分	28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38	3				人工
合计				31	19	21	28	
智能化覆盖率					61.3%	67.7%	90.3%	

(2) 建逻辑

从单因素、多因素、系统因素三个方面分析物能损耗（降本）和增产（增收）及效益（增效）与其影响因素之间的关系，用方程式或模型和线图（即逻辑分析图，非示意图，见图 4-8）描述表示。

单因素分析



系统因素分析

指标	数值	回归	自由度	I 型平方和	R 方	F 值	Pr > F
响应均值	6831.275938	线性	5	122736403	0.6099	27.44	<.0001
均方根误差	945.871107	二次	5	25209657	0.1253	5.64	0.0004
R 方	0.8088	叉积	10	14831589	0.0737	1.66	0.1228
偏差系数	13.8462	总模型	20	162777649	0.8088	9.10	<.0001

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value	Prob > F
Model	211.21	9	23.47	15.00	< 0.0001	significant
A-料液浓度	24.78	1	24.78	15.64	0.0007	
B-碳氮比	10.01	1	10.01	6.40	0.0199	
C-温度	0.042	1	0.042	0.027	0.8715	
AB	0.77	1	0.77	0.49	0.4923	
AC	3.52	1	3.52	2.25	0.1495	
BC	6.250E-004	1	6.250E-004	3.994E-004	0.9843	
A ²	27.35	1	27.35	17.48	0.0005	
B ²	2.30	1	2.30	1.47	0.2395	
C ²	0.62	1	0.62	0.40	0.5354	
Residual	31.30	20	1.56			
Lack of Fit	3.06	5	0.61	0.33	0.8898	not significant
Pure Error	28.23	15	1.88			
Cor Total	242.51	29				

多因素分析

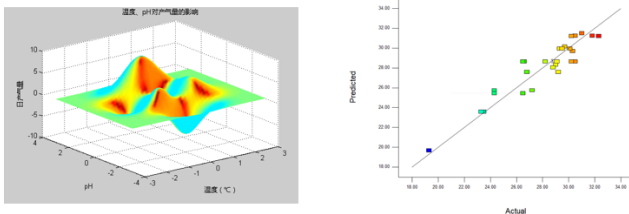


图 4-8 建逻辑

(3) 寻规律

通过数据清洗、数据分析、数据挖掘，寻找大数据中的规律，见图 4-9。

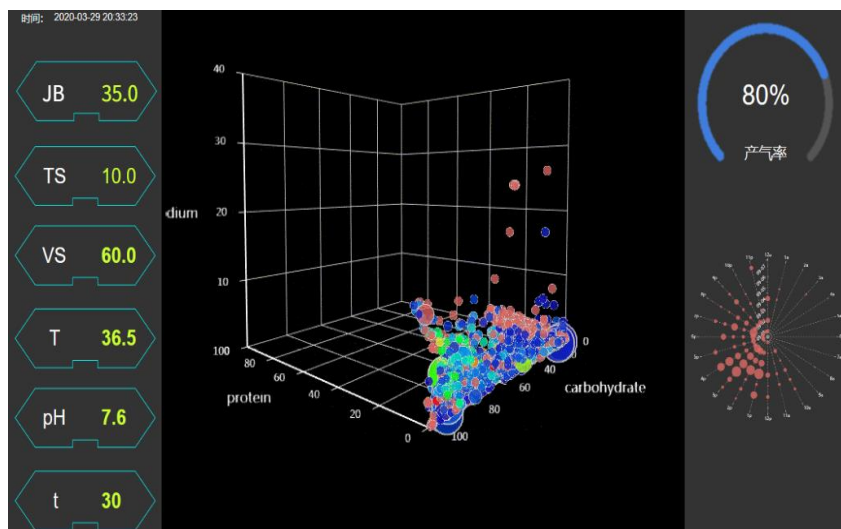


图 4-9 寻规律

本测试床可实现设备运行状态实时监控、预测预警、性能优化；可检测设备排放是否达到行业排放标准；根据设备健康模型创新设备维修保养服务，避免过度维修保养的同时提升设备使用寿命；结合生产作业要求选择最优设备运行模型以控制设备运行，实现精准、高效、节能服务；根据不同设备和故障信息选择恰当的设备分析模型，提高设备故障分析的准确性和安全性。

本测试床解决设备使用寿命短、能耗高、故障多、安全差、运维成本高等问题，打造行业内首个以设备增效功能验证为核心的测构床，构建环境产业现代化设备管理体系的新技术、新基础和新业态。

4.6. 方案安全风险控制

随着本测试床的应用推广，设备接入数据量随之增加，数据处理不及时会产生数据丢失、设备数据分析不准确等问题，造成能耗损失或设备损坏，采用微服务架构，行业 PAAS 层部分成熟算法模型下沉至边缘层，对数据进行过滤、预处理、缓存等操作，减轻数据通讯压力。

大数据正逐渐演变为新一代基础性支撑技术，设备数据安全成为设备大数据与环境产业融合领域安全的重要影响因素，针对不断变化演进的网络攻击形态，设计建构更加完善的大数据平台安全保护体系，为上层跨行业应用提供基础性安全保障。

设备控制安全方面，识别和抵御安全威胁，加强设备控制安全预警，增加应急处理策略，增强设备、网络、控制等安全保障能力。

五、测试床实施部署

5.1. 测试床实施规划

2021 年 05 月-2021 年 09 月：有机废弃物处理项目现场勘察，设备增效方案设计，设备增效数据验证（初试）。

2021 年 10 月-2021 年 12 月：有机废弃物处理设备数据增效验证（中试）。

2022 年 01 月-2022 年 03 月：有机废弃物处理设备数据增效验证（终试）。

2022 年 04 月-2022 年 07 月：固废处理项目现场勘察，设备增效方案设计，设备增效数据验证测试。

2022 年 08 月-2022 年 11 月：污水处理项目现场勘察，设备增效方案设计，设备增效数据验证测试。

2022 年 12 月-2023 年 03 月：大气污染处理项目现场勘察，设备增效方案设计，设备增效数据验证测试。

2023 年 04 月-2023 年 07 月：噪音污染处理项目现场勘察，设备增效方案设计，设备增效数据验证测试。

2023 年 08 月-2023 年 11 月：辐射污染处理项目现场勘察，设备增效方案设计，设备增效数据验证测试。

2023 年 12 月-2024 年 03 月：有机废弃物、固废、污水、大气、噪音、辐射污染处理项目设备增效实现复核，测试床发布正式版、线上运营。

5.2. 测试床实施的技术支撑及保障措施

1. 部署基于阿里云 ECS 服务器，安全、高效、弹性伸缩。
2. 软件采用微服务架构，并发量高、容错性高、动态扩展、独立部署、复杂度可控，测试床实施部署架构参见图 5-1。

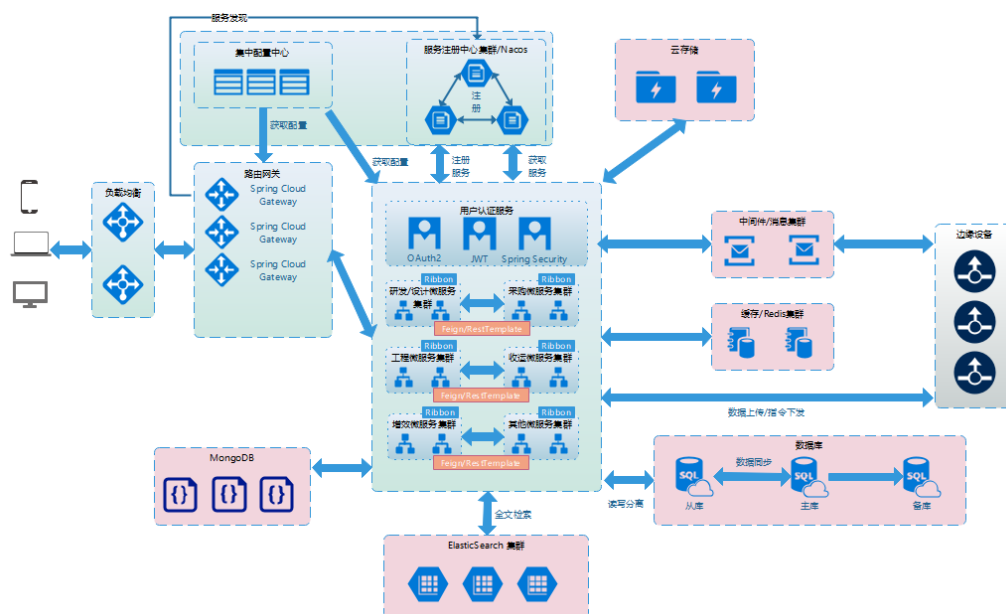


图 5-1 测试床实施部署架构图

3. 大数据、人工智能、数据分析、3D/VR 等先进技术应用，为协同制造、智能生产、供应链融合提供强有力的应用支撑。对各单元设备处理量、利用率、蒸汽量、耗电量、人工成本、设备运行参数等数据进行实时监控，并对数据进行分析、优化工艺。对各单元设备处理量、运行时间、药剂量、设备参数、温度、pH、耗电量、污染物进出指标等数据进行实时监控，并对数据进行系统分析优化工艺，保障处理效果的同时降低能耗提高效率。
4. 边缘计算技术，实现设备错误数据剔除、数据缓存等预处理以及边缘实时分析，降低网络传输负载和云端计算压力。将云端训练验证完善的设备增效模型下沉至边缘测，在边缘测就近计算，降低通讯资源消耗。将云端训练验证完善的设备增效模型下沉至边缘测，在边缘测就近计算，降低通讯资源消耗，边缘侧实施部署参见图 5-2。

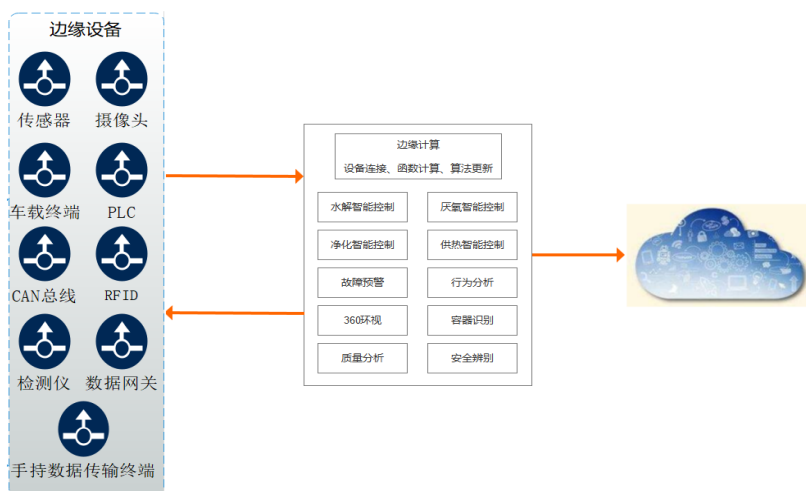


图 5-2 边缘侧实施部署架构图

5.3. 测试床实施的自主可控性

1. IAAS 基础设施：国产阿里云等众多云厂商技术已经非常成熟，比购买硬件自主搭建效率高而且易于运维。
2. PAAS 基础软件：操作系统 Linux、关系数据库 Mysql、物理网时序数据库 Cassandra、消息代理服务器 EMQ、大数据 Hadoop、机器学习 Tensorflow 等软件都属于开源项目。国产优秀开源软件用户量逐渐占领中国市场，项目中使用较多。
3. SAAS 服务：自主设计、编码、编译、打包、运行，完全自主可控。
4. 安全防护：从感知层到网络层再到应用层，通过密钥管理机制、数据加密、路由安全、认证及访问控制等多种方式进行安全管理。

六、测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

1. 申请设备增效软件著作权 5 项、相关专利 3 项。
2. 搭建一个环境产业设备增效功能测试平台

基于大数据，建立设备增效功能样本数据库，采用专家诊断与人工智能诊断相结合，实现设备增效功能评估。

3. 编写一套环境产业互联网平台数据标准

公司牵头，在中国城市环境卫生协会指导下，联合测试床合作伙伴（天人环境、信通院泰尔实验室）、行业头部企业共同起草编写环境产业互联网平台数据标准，其中设备增效相关数据标准是其重要组成部分。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

1. 商业价值

基于环境产业平台的设备增效功能测试床为企业、政府、高校、科研院所、制造商、工业服务商提供了一个共享的技术服务平台，充分利用现有的高校、研究院、制造商、使用方等单位的专家资源和工业互联网平台的大数据与 AI 技术，为企业生产和运维服务提供远程技术支持，为政府监管提供及时可靠的数据支持，这一技术服务模式和共享服务平台具有广阔的应用市场，商业价值巨大。

2. 经济效益

基于环境产业平台的设备增效功能测试床可以实现对污染物处理设备的远程监测和故障诊断，充分利用制造商、高校、科研院所的技术专家，为工业企业设备管理提供技术指导，大幅降低企业设备维修成本近 20%，解决当前企业设备运行维护中存在的维修不足导致的故障频发以及过维修导致维修成本高、效益低等问题，提高了企业设备管理效率、降低设备故障率近 40%，为企业降本、增收、提质 30%左右。

6.3. 测试床的社会价值

基于环境产业平台的设备增效功能测试床的应用推广，形成有效统一的顶层规划、完整、科学的标准体系与合适的运行管理模式，实现产业链上下游企业间更大范围的实施链接与智能交互融合，满足环境行业及其上下游关联产业的协同发展，实现多方共赢，最终推动整个产业体系的可持续快速发展。

同时，测试床通过废弃物全产业链溯源的设备标识技术，从源头保障数据真实性与可追溯性，为政府科学决策、有效监管提供依据和入口，彻底解决环境监管难的问题，确保人类拥有一个美好的生存环境。

6.4. 测试床初步推广应用案例

1. 德清旺能生态餐厨废弃物资源化处理厂设备增效测试

德清旺能生态餐厨废弃物资源化处理厂，处理规模 100t/d（实际餐厨 50t/d+厨余 50t/d），并配套相应污水处理。采用“独立预处理+联合厌氧发酵+沼气发电工艺”工艺路线，工程占地 11 亩。该项目是浙江省为数不多的集餐饮和厨余垃圾协同处置的项目。

项目运行初期面临产气量低、能耗大、各工段无法实现集中管控等问题，运用设备增效实现三步法进行了智能化升级和平台化运营管理的改造，实现了从浆料产生、输送到厌氧发酵全工艺流程设备的数据监管与有序运行，保障设备生产数据留痕。

通过厌氧系统设备增效模型远程诊断及下发指令，基于厌氧设备增效特征提取、建模、模型训练，利用设备增效模型与大数据分析，使厌氧设备能耗投入产出比得到明显的提升。连接环境产业互联网平台—Eiiplat 测试，知其产出比由原来的 3.88 增大到 4.31，提升比例为 11%，设备故障率降低 35%，综合效益提升 30%左右。

基于德清厌氧设备运行数据形成增效功能测试报告，依据厌氧罐、搅拌机的实际运行工况编写完成设备测试床设计方案及部署说明等，为该项目的经济性评估和发展规划提供了数据支撑。

2. 平潭综合实验区厨余垃圾处理厂设备增效测试

平潭综合实验区餐厨垃圾处理厂，设计处理湿垃圾 150 吨（100 吨厨余+50 吨餐厨），主工艺流程为预处理+干式厌氧发酵+生物脱硫+膜法脱碳，已获住建部“环境卫生科技示范项目”殊荣。

原工厂内部网络技术体系与网络结构相互隔离，使得 IT 系统与现场的通信存在较多障碍，对工业数据采集网络传输的质量提出了新的要求。一是各子系统设备（除臭、污水、厌氧工段等）的工业控制网络，与工厂信息网络的技术标准各异，难以融合互通；二是工业生产全流程设备存在大量“信息死角”，亟待解决；三是设备信息源较差，实时生产数据的采集、类型、精度以及频率等方面存在较大提升空间。

针对上述问题，该项目致力于实现可视化、智能化和平台化的厂区设备运营管理模式，是国内首个环境产业互联网平台—Eiiplat 试点项目，经过设备控制点位分析（点位图+点位表），利用中央集中管控系统形成各设备信号传输，并自动下传厂区中控系统，分析厂区设备增效与其影响因素关系，通过全厂数据聚类、边缘计算、算法模型等物联网手段，形成了针对不同设备的增效模型，打通了各设备间的信息孤岛，实现了干发酵厌氧罐设备降本增效。

测试结果表明厌氧设备降耗 12%、产气率提升 4%，设备故障率降低 35%，厂区实现综合增效 30%以上。利用差值计算、随机化算法、最短路径算法等大数据算法，解决了设备数据传输精度不高、信号质量差等弊端，将设备增效模型的准确度提高 20%以上，并编写完成了厌氧设备增效功能测试使用说明书和测试报告，为该项目其它设备的智能化和平台化升级改造提供了数据支撑。

七、测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划

2021 年 05 月-2021 年 09 月：有机废弃物处理设备增效数据验证（初试），增效目标 10%。

2021 年 10 月-2021 年 12 月：有机废弃物处理设备数据增效验证（中试），增效目标 20%。

2022 年 01 月-2022 年 03 月：有机废弃物处理设备数据增效验证（终试），增效目标 30%。

2022 年 04 月-2022 年 07 月：固废处理设备增效数据验证测试，增效目标 30%。

2022 年 08 月-2022 年 11 月：污水处理设备增效数据验证测试，增效目标 30%。

2022 年 12 月-2023 年 03 月：大气污染处理设备增效数据验证测试，增效目标 30%。

2023 年 04 月-2023 年 07 月：噪音污染处理设备增效数据验证测试，增效目标 30%。

2023 年 08 月-2023 年 11 月：辐射污染处理设备增效数据验证测试，增效目标 30%。

2023 年 12 月-2024 年 03 月：有机废弃物、固废、污水、大气、噪音、辐射污染处理设备增效实现复核（综合增效目标 30%），测试床正式发布并线上运营。

7.2. 测试床成果验证方案

测试床针对环境产业处理设备进行验证，以下以固废行业餐厨废弃物处理为例，搭建基于环境产业平台的设备增效功能验证环境，对下述场景（表 7-1 参数优化增效，表 7-2 设备故障预测增效）进行代表性验证：

表 7-1 设备参数优化增效功能测试

用例名	厌氧罐设备参数优化增效功能测试
-----	-----------------

用例编号	TS_0006
主执行者	测试工程师
用例概述	测试厌氧罐参数优化的增效功能
层次	无
范围	餐厨垃圾厌氧单元
前置条件	厌氧罐建设完成且稳定运营 6 个月
后置条件	无
步骤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 整理厌氧罐运行数据 2. 将数据输入系统，分析得出厌氧罐运行数据基准值 3. 使用测试床模拟运行环境，得出厌氧罐新运行参数 4. 将厌氧罐现有参数调整为新运行参数 5. 观察厌氧罐产气情况、能耗情况
扩展	无
期望结果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生成厌氧罐运行参数基准值，各数值精确到 2 位小数； 2. 准确得出厌氧罐运行参数（包括温度、搅拌频率等），各数值精确到 2 位小数 3. 厌氧罐产气情况提升$\geq 3\%$、功耗下降$\geq 8\%$
异常	
规则与约束	无
备注	提供测试报告 1 份

表 7-2 设备故障预测增效功能测试

用例名	仓底螺旋设备故障预测增效功能测试
用例编号	TS_0007
主执行者	测试工程师
用例概述	测试仓底螺旋设备故障预测功能
层次	无
范围	餐厨垃圾预处理单元
前置条件	设备调试完成正常运行
后置条件	无
步骤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 输入设备运行参数（电机 5.5kw，电流 10.7A） 2. 设备通电测试

	3. 加大负荷，电流 > 10.7A，持续 1 秒以上
扩展	无
期望结果	1. 测试 1s 内进行预警报警，并通知电流过高 2. 生成电流过高可能产生的问题和解决方案 3. 超过 5s 电流持续过高，仓底螺旋自动停止，避免后续故障发生
异常	无
规则与约束	无
备注	提供测试报告 1 份

八、与已存在 AII 测试床的关系

通过与已有 AII 测试床比对，现有 AII 测试床没有可以实现以“设备增效”、“先客户后平台”的盈利模式相关测试床，也没有环境产业相关设备增效测试床。经国家知识产权局官网检索“设备增效”（见图 8-1），已有专利均属于设备构造设计类型专利，无本测试床软件模型类设备增效知识产权。本测试床属于首创。

中国专利公布公告

国家知识产权局

首页 高级查询 IPC分类查询 LOC分类查询 事务数据查询 数据说明

公布公告查询 设备增效

发明公布 发明授权 实用新型 外观设计 使用说明

类型选择: 实用新型

排序方式: 按申请日升序排序, 按申请日降序排序, 按公布公告日升序排序, 按公布公告日降序排序

序号	申请号	申请(专利权)人	发明(设计)名称
1	2017209981666	南通苏润环保科技有限公司	一种吸收塔增效环结构
2	20111204396673	天门市金陵电子有限责任公司	一种静电喷涂设备增效器
3	2007200585059	东莞广州中医药大学中医药数理工程研究院	一种提取增效辅助设备
4	892119942	曹国斌	高压静电喷涂设备增效器

图 8-1 国家知识产权局官网专利检索

九、测试床成果交付

9.1. 测试床成果交付件

测试床交付成果内容见表 9-1。

表 9-1 测试床成果交付件

序号	交附件名称	交付件属性
1	基于环境产业平台的设备增效功能测试床	系统平台
2	基于环境产业平台的设备增效功能测试床使用说明书	说明文档
3	基于环境产业平台的设备增效功能测试床测试报告	测试报告
4	设备增效软件著作权 5 项	软件著作权
5	设备增效相关专利 3 项	专利
6	环境产业互联网平台数据标准	行业标准

9.2. 测试床可复制性

可复制的行业及应用场景：环境产业互联网平台以固废行业为基础，利用固废行业的建设经验、数据分析与挖掘经验，可以在环境产业行业内包括固废、污水、大气、噪音、辐射等进行快速复制，为行业的设备优化、工艺的发展提供增效测试环境。还可将设备增效模型经过适应性的参数调整后，快速复制到建设工业互联网大环境下的数字化智能工厂的设备增效模型分析。

9.3. 测试床开放性

基于环境产业平台的设备增效模型测试床本身具备良好的开放及兼容能力，不仅适用于在环境产业内对污水、大气、噪音、辐射等环境领域进行平滑对接，也适用于与工业互联网大环境下数字化智能工厂设备的平滑对接，最终实现全行业的开放性，帮助企业实现设备增效目标。

十、其他信息

10.1. 测试床使用者

基于环境产业平台的设备增效功能测试床建立完成后，非发起方的测试床参与者、公司需与发起方签订增效测试协议后，可将环境产业的处理设备利用本测试床进行增效功能的验证，包括优化设备运营参数、故障预测分析等功能。

10.2. 测试床知识产权说明

基于环境产业平台的设备增效功能测试床由青岛国真智慧科技有限公司发起，合作者、生态伙伴共同打造。

项目合作过程中产生的开发成果及其知识产权，包括但不限于申请专利的权利、专利申请权、专利权、版权、商业秘密，均归发起方及该成果的合作开发者与生态伙伴共建者拥有或共同拥有；未经共同拥有者一方书面同意，另一方不可将本协议项目合作过程中产生的任何知识产权转让、许可、泄露给任何第三方。

10.3. 测试床运营及访问使用

选取内蒙古赤峰、浙江富阳、福建平潭为本测试床测试地点，系统主要部署于阿里云中，环境产业互联网平台资源由青岛国真智慧科技有限公司负责统一运营管理，参与单位协助。访问者可随时向青岛国真智慧科技有限公司申请授权账号进行使用。

10.4. 测试床资金

环境产业互联网平台建设为自有资金，稳定充足，同时也会争取专项资金支持。

10.5. 测试床时间轴

本测试床属于历时八年的研究项目，主要分为以下几个关键的时间点：

2021年1月-2021年2月：按测试床要求完善平台架构与功能。

2021年2月-2021年4月，搭建设备增效测试系统。

2021年5月-2021年10月：有机废弃物处理项目现场勘察，设备增效方案设计和数据增效验证测试。

2021年6月-2021年10月：固废处理项目现场勘察，设备增效方案设计和设备数据增效验证测试。

2021年7月-2021年10月：污水处理项目现场勘察，设备增效方案设计和设备数据增效验证测试。

2021年8月-2021年10月：大气污染处理项目现场勘察，设备增效方案设计和设备数据增效验证测试。

2021年9月-2021年10月：噪音污染处理项目现场勘察，设备增效方案设计和设备数据增效验证测试。

2021年10月-2021年10月：辐射污染处理项目现场勘察，设备增效方案设计和设备数据增效验证测试。

2021年11月-2021年11月：有机废弃物、固废、污水、大气、噪音、辐射污染处理项目设备增效初步实现复核。

2021年12月-2021年12月：有机废弃物、固废、污水、大气、噪音、辐射污染处理项目设备增效功能测试床发布正式版、线上运营。

10.6. 附加信息

测试床成果将首先应用于固废行业的设备，通过数据网关收集设备数据，将所有设备数据在本测试床中进行大数据分析，得到最优的设备运行参数数据集。该数据集可为环境行业的处理设备提供准确的指导数据、预测数据，帮助运营方人员优化厂区生产策略、工艺运行参数，从而达到增强设备安全性能、降低设备能耗、提升设备运行与生产效率，提高资源利用率和处理质量。

环境产业互联网平台以固废行业为基础，利用固废行业的建设经验、数据分析与挖掘经验，通过与污水、大气、噪音、辐射等行业头部企业合作，从平台建设开始规划测试功能与复制实施方案，为环境产业各细分行业的工艺技术、设备生产和工程建设与运营管控的优化提供增效测试环境，为彻底解决环境产业效率低、安全差和监管难的痛点提供技术支撑和测试保障。