

深圳市智物联网络有限公司

## 主标题：基于边缘计算的沼气发电效率 优化系统

### 副标题：沼气发电机组有功功率与沼气 浓度匹配，让发电量最优

深圳市智物联网络有限公司，成立于 2014 年，是工业互联网平台、解决方案及大数据服务提供商。2016 年全面布局工业物联网解决方案，2017 年发布工业大数据平台，2018 年发布 MixIOT 工业互联网云平台，入选 2018 年广东省工业企业“上云上平台”试点示范”供应商。

MixIOT 工业互联网云平台，相当于工业互联网的安卓，为各工业设备厂商、设备服务商、工业现场提供物联网基础底层平台，包括物联网数据接收、数据存储，数据处理，以及数据应用接口。能够拉低产业进入的门槛、降低研发的难度、减少项目部署的周期，帮助更多的企业加入工业互联网产业中，构建起一个完善的生态链，让产业更加发展壮大。

## 一、项目概况

### 1. 项目背景

中油济柴是我国最早生产柴油机的厂家之一，济柴设备种类，一是外购的小型机，用于组装；二是自研发电机，用在军舰、沙漠打井等，用于定制化设备比较多，提供动力或电力资源。其对系统安全的要求非常严格，需采用具有高可靠性的产品和结构，希望把遍布世界的发电机组集中监控管理，但其生产数据采集与应用、产品远程监测与技术服务无法满足现有远程监控、预测、大数据分析等业务应用要求。

### 2. 项目简介

本方案沼气发电效率优化 Megeo ((Methane Generator Edge Optimizer)) 主要由智物联的边缘计算控制器 (APIECO) 和工业互联网平台 (MixIOT) 组成，边缘计算控制器工作在设备端，一方面采集设备运行相关参数，一方面用内部算法模型自动匹配不同的甲烷浓度对应的最佳功率值，并自动调节功率，让机组发电效率达到最优。这些设备运行参数，以及通过优化后机组发电量的增量，边缘计算控制器除了在界面进行展示之外，还将这些数据上报到 MixIOT 平台。MixIOT 一方面展示设备运行参数以及设备功率优化效果，另一方面对所有设备进行集中管理以及策略优化。

### 3. 项目目标

#### (1) 实现设备安全运行

把原来杂乱的数据统计报表、功率、机组、发电量、达产率等数据统筹，实时统计并反馈在 PC 端、APP 和大屏，实时了解所有机组及关联设备的运行数据，保障机组稳定运行。

### (2) 实现发电机异常停机判断与保护边缘计算

发电机发生停机时，能够准确的识别出异常停机并对其采取保护措施，使发电机完成正常停机过程，延长其使用寿命。

### (3) 沼气发电机功率自动调整

系统根据沼气（甲烷）浓度来实时计算出发电机组有功功率最优值，并下发调整，帮助客户提升发电能效，提高发电收益。

## 二、项目实施概况

---

沼气发电站的所有机组的气源来自沼气，由预处理装置对原有沼气进行过滤、脱水、加压等工艺过程后，分配沼气到每一个机组，绝大多数预处理装置并不具备沼气提纯，因而无法控制沼气的甲烷浓度变化。沼气发电机组能否稳定高效的运行，母排能否输出达标电量，取决于沼气浓度和发电机组有功功率值的匹配：当沼气浓度较高，而有功功率较低时，发电量低，会造成沼气浪费；当沼气浓度较低，而有功功率偏高时，会造成发电机运行不稳定，母排并网电量不达标，并有可能导致意外停机。传统的匹配方式一般都是由有经验的人员手工对参数进行调节，但手工调节存在以下几个关键痛点：人工效率低，优化效果差，试错成本高，安全有隐患，增产无数据等。Megeo 可以提高沼气发电机组发电效率，对发电机组及其相关设备进行集中管

理，减少因故障对电站带来的损失，优化使用策略。

## 1. 项目总体架构和主要内容

### (1) 项目总体技术方案

本方案 Megeo 的内部算法模型会自动匹配不同的甲烷浓度对应的最佳功率值，通过自动调节功率值，让机组发电效率达到最优。



图 1 项目总体技术方案

### (2) 项目总体架构

本方案采用工业互联网分层架构体系，分别是数据采集层、数据处理层和数据应用层。它向下通过可编程的适配器，可连接各种类型的工业设备和传感器；中间 MixIoT 的核心层则对采集上来的各种数据进行路由、分类和存储；向上则提供了标准的数据开放接口和适配典型行业场景的开发套件，可让软件开发商方便、专注的进行行业应用开发。同时 MixIoT 还提供了各种基础的数据分析和边缘计算的工具包，可帮助使用者进一步挖掘工业物联网系统的客户价值和数据价值。系统总体架构如图所示：

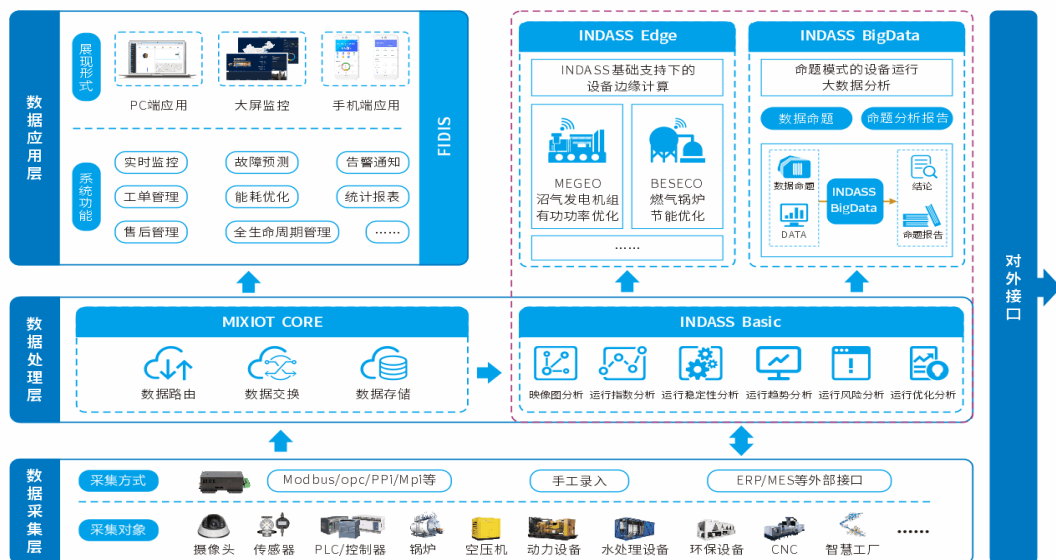


图 2 项目总体架构

在整个 MixIoT 系统架构中，边缘优化产品是其中的一部分，而沼气发电效率优化产品 Megeo 又是边缘优化产品中的一员。

如图 3 是 Megeo 产品中边缘控制器展示的界面，总共三部分数据，一部分是所有数据的实时状态展示（图中显示不全，界面还可以下拉），一部分是重要参数甲烷浓度和有功功率设定值/优化值的实时和历史数据展示，还有一部分是优化策略下的各个指数。



图 3: Megeo 展示界面

详细解释:

Total AP: 总功率, 例如开启 3 台发电机组, 每台机组设置的有功功率 800KW, 总功率 2400KW;

Balance: 平衡度, 表示一段时间内优化后值的平衡程度, 100%为最平衡, 往下是相对不平衡, 表示优化对于机器是否起较稳定的作用, 越不平衡表示优化的次数与幅度改变较多, 属于优化初始阶段;

Optimized: 可优化度, 优化改变程度, 一方面表示是否在优化, 另一方面表示需要优化的大小程度, 即该值越大, 需要优化或者说能优化的力度越大;

Overlap: 状态重合率, 表示机器优化前与优化后两者的运行状态的相似程度, 100%为最相似越相似, 说明优化前后机器耗损越一致, 机器不会因为优化措施造成人为机器损耗;

Prod Gain: 获得率, 表示优化后比优化前单位时间多发点的百分比;

Cumulative Gain: 累积获得量, 表示优化后比优化前多获得发电量;

Target: 厂家原始设置的有功功率值;

Alternative: 替换建议值, 即优化方案值;

Detected CH4: 甲烷浓度值;

在 Megeo 产品中, 需要由边缘计算控制器 (APIECO) 跟工业互联网云平台 (MixIOT) 紧密配合。

- **边缘计算控制器 (APIECO)**



APIECO 是一个功能强大的边缘计算控制器，同时也是一个数据采集器。

当作为数据采集器的时候，APIECO 能采集的数据量达到 2000 个，如果对数据实时性要求不高的时候甚至可以更多，APIECO 采集数据的功能可以让用户自己配置，对于不同数据上报到云端的策略都可以自己调整，比如 5 秒上报一次，10 秒上报，20 秒上报一次等等，本方案通过在 web 端做了配置工具供用户使用，让不懂编程的人也能通过简单的配置完成数据采集。

当作为边缘计算控制器，APIECO 内部算法会定期监测一次设备运行状况，比如 5 分钟一次，10 分钟一次，15 分钟一次等等，用户可以自行调节。在 Megeo 产品中，APIECO 默认每五分钟监测一次发电效率是否达到最优，如果没有达到，就要通过调整机组功率到合适的值，从而提高设备的发电效率。APIECO 同时会每 5 秒钟监测一次设备关键数据，必要时再做出决策。



图 4 硬件接口

在数据采集方面,APIECO 物理接口支持 232/485/LAN/CAN;在数据传输方面,APIECO 支持 2G/4G/WIFI/网口,不同的接口和网络传输方式,都有对应的产品型号,用户可以根据自己的应用场景进行挑选。

## ● APIECO 优化原理

### 1) 调整目标

在恒定的条件下,每一个甲烷浓度都会对应一个最佳发电总功率,总功率是所有机台有功功率总和,理想情况下对总功率按机台总数平均即可得到各台发电机的最优发电功率,按机器最大发电能力换算可得到负载,例如,电机最大发电能力为 1000KW,需要设置的功率为 800KW,则负载为 80%。

实际上涉及到外界条件对发电机的影响,在满负荷的情况下,发电机的有功功率有可能不会同样达到最佳功率,会受一些约束条件影响导致发电机保证约束条件满足下调整上限不一致,各个发电机分配的有功功率不会一致。调整使用的是 5 分钟一调的自动反向控制策略,以当前功率为基准,以 10KW 为最大步长靠近最优发电功率值,以此保证机台不会因为大幅度频繁调整而导致的设备损耗或者不稳定现象。

无论在满负荷情况下还是正常情况下,都会有保证安全的约束条件,而这些约束都是上限值,也就是降载到一定程度就能保证满足约束条件。同时要保证能靠近最优发电功率。

### 2) 监控机制



监控机制与调整策略不同，是以 5 秒钟的间隔检测，一旦检测到不满足约束条件则立即降载，直至满足约束条件为止。

### 工业互联网云平台 (MixIOT)

MixIOT 根据不同的功能需要扮演了几个角色：

1. MixIOT 相当于一个数据监控中心。将通过 APIECO 采集到的沼气发电机组工作数据和优化结果、优化统计上报到 MixIOT，最终由 MixIOT 进行数据运算和呈现、统计。

2. MixIOT 相当于一个云端的中控，可以下发各种策略给边缘计算控制器，比如针对不同的设备，MixIOT 可以根据客户选择、也可以通过历史大数据分析决定该设备的优化策略是以安全优先，还是产量优先。如果是以安全优先，那么就要下发较为保守的策略；如果是产量优先，则可能会下发较为激进的策略给边缘计算控制器。

3. MixIOT 还提供了规则配置工具。当用户要对边缘端的采集数据进行调整，比如修改采集参数，修改参数上报策略等，无需进行任何代码编写，只需通过 MixIOT 的规则工具进行配置，然后下发到 APIECO 即可，极大的方便了客户。

### (3) 与联盟体系架构的对应关系

本解决方案与联盟体系架构的对应关系主要作用于连接 7，即工厂云平台（及管理软件）与协作平台。

## 2. 网络架构方案和应用

本方案采用云平台+本地部署的方式提供工业互联网方案，将商业数据和设备原始数据分离存储，既实现了系统对大数据的高效处理，

又从根本上保护了用户的数据安全。同时根据项目具体情况，支持本地化部署。

本方案通过适配器实现多源异构数据采集、远程控制执行、集中智能控制、以及边缘计算服务。针对发电机（组）设备使用场景及地域，本项目提供不同版本的适配器，包括 APRUS II 和 APRUS III（第二代、第三代可编程工业互联网适配器）、APIECO（可编程工业互联网边缘计算控制器）。APRUS II 和 APRUS III 适用于大多数工业设备，通过可编程方法，决定使用不同物理接口、使用不同数据交互协议、与不同平台交互，可广泛适配各自不同工业设备。APIECO 除了兼有 APRUS 系列的数据采集功能外，还可以实现边缘计算，以及复杂装置的联动智能控制。数据传输支持 2G、4G 及 wifi 传输，保障客户数据的实时获取。

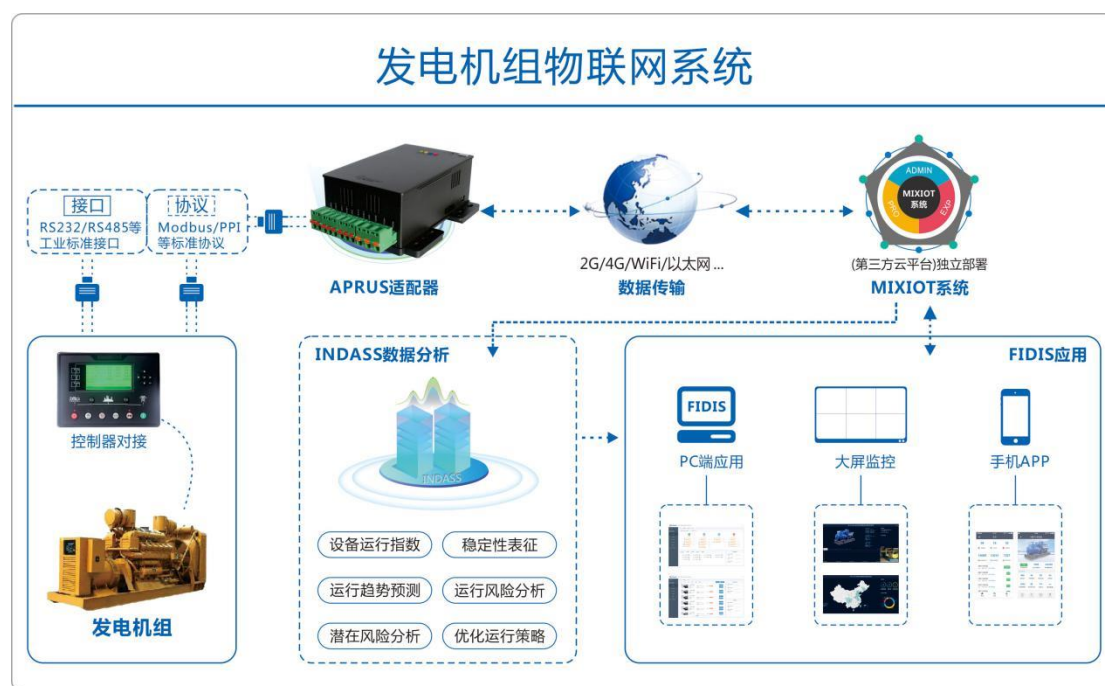


图 4 系统连接示意图

### 3. 安全及可靠性

智物联的边缘计算控制器当发生影响设备安全运行的参数变化时，可自动调整有功功率值，保证设备安全平稳运行。

MixIOT 工业互联网构架，从数据精确采集到传输、处理、展现，每个环节都通过不同加密方式进行数据加密，确保数据传输的安全性；企业运营数据及商业信息全部存储在中石油济柴本地服务器，商业数据于工业数据的有效分离让企业管理“高枕无忧”。

### 4. 其他亮点

(1)人为操作多台机器时存在不及时、主观性强、失误率高的情况，自动调节控制可保证准确性和及时性，省去了人工调节的人力资源和时间成本；

(2)各个设备稳定与否是难以预测的，各个设备应调节的功率值也因稳定性而定，原平均分配总功率的方式会造成异常风险发生的概率大，自动控制算法可实时检测稳定性及合理分配，保证所有设备长时间正常运行。

## 三、下一步实施计划

---

### 1. 计划 1

目前智物联正在跟济柴做深度合作，和济柴发电机组专家对接，研究机理、预测故障的准确度。虽然发电机组的运作原理大同小异，但随着我们深入研究发电机组，预测率、准确率不断提高，未来将会

提高整个行业的故障预测的准确度，推动整个行业的变革。

## 四、项目创新点和实施效果

### 1. 项目先进性及创新点

#### (1) 发电机组异常停机判断与保护边缘计算

沼气发电机组在工作过程中，由于沼气的燃烧速度很慢，所以对沼气发动机有较高的要求。若发生异常停机，在高温下熄火，可能直接导致在下次发电机启动时，摩擦表面缺失润滑油，加剧机械部件磨损，从而影响到发电机的使用寿命。本方案通过获取的停机时段的关键参数数据，判断是否是异常停机，若发生异常停机，则启动该边缘计算的保护机制，使发电机完成正常停机过程，对发电机起到保护作用，延长其使用寿命。

#### (2) 沼气发电机组功率自动调整

传统的电站，是凭着工作人员的经验来调整机组功率，比如，根据经验某个电站的机组在某种沼气浓度下设置 800KW 的功率比较合适。但是一方面经验值是很难传承的，换一个工作人员可能就会得出另外的经验；另一方面人通常出于保守考虑会将经验值放低，以防出现安全事故。这样，无形当中都会降低了机组的发电效率。本方案通过自动匹配不同的甲烷浓度对应的最佳功率值，通过自动调节功率值，让机组发电效率达到最优。

### 2. 实施效果

在成功采集济柴沼气发电机组设备运行数据后，智物联 MixIoT 收集大量数据样本，对此类数据样本进行分析、处理、计算，同时与济柴进行合作，建立符合实际生产场景的数学模型，并应用于中油济柴的客户胶州百川电厂的沼气发电机组，在实际生产场景中，系统可以根据沼气（甲烷）浓度来实时计算出发电机组有功功率最优值，帮助客户提升发电能效，提高发电收益。

- (1) 通过使用 Megeo，提升百川电厂有效发电效率 15%；
- (2) 按每台发电机原本一天发电 18000 度计算，实际每台发电机提升收益 8-10 万/年；
- (3) 合理掌控设备运行状态和一线管理人员工作状态；