
基于工业互联网的空压机能源管理方案

深圳市汇川技术股份有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

1.1 背景

空压机的作用是通过压缩空气提供动能，其应用领域和实际用途非常广泛，是现代工业重要的生产设备。同时，空压机属于能耗大户，其所消耗的电量占整个工厂耗电量的 30%左右，在单台空压机的生命周期中，电费成本占气使用成本的 90%左右。目前国内使用的空压机基本上能效标识为二、三级，运用工业互联网对空压机实施能源管理，可有效节能，市场潜力巨大。

空压机合同能源管理项目是一种新型的市场化节能机制，其实质就是以减少的能源费用来支付节能项目全部成本的节能业务方式，国内常见的有售气模式与租赁模式。目前实施过程中，存在以下几个关键痛点：节能量预测分析繁琐且周期长、设备维护效率低、费用结算复杂不透明、企业缴费回款不及时、合同纠纷风险大。风险控制及运维效率是成功实施空压机合同能源管理项目的关键。

1.2 实施目标

依托本公司互联网平台，促进自动化与信息化深度融合，空

压机合同能源管理解决方案旨在提供一个可广泛复制的，覆盖气站改造、气站管理、业务运营三大主要环节的一站式解决方案，帮助空压机厂商实现服务化转型，运营共享气站。

在改造阶段，通过物联网及大数据技术实现节能预测分析、建立节能模型；在管理阶段，通过物联网技术实现远程监控、远程运维、故障报警等；在业务运营阶段，通过物联网及云技术实现自动抄表、费用结算、自助缴费、报表统计等。

该方案能降低气站运营风险及运维成本，提高工作效率及客户满意度，帮助空压机厂商成功实施合同能源管理项目，实现服务化转型、创造更多利润。

1.3 适用范围

空压机行业，节能环保领域：适用于合同能源管理项目，共享气站建设及运营，气站节能改造，气站、空压机节能及后服务管理。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

在图 1 中本解决方案主要作用于连接 7，即工厂云平台（及管理软件）与协作平台。

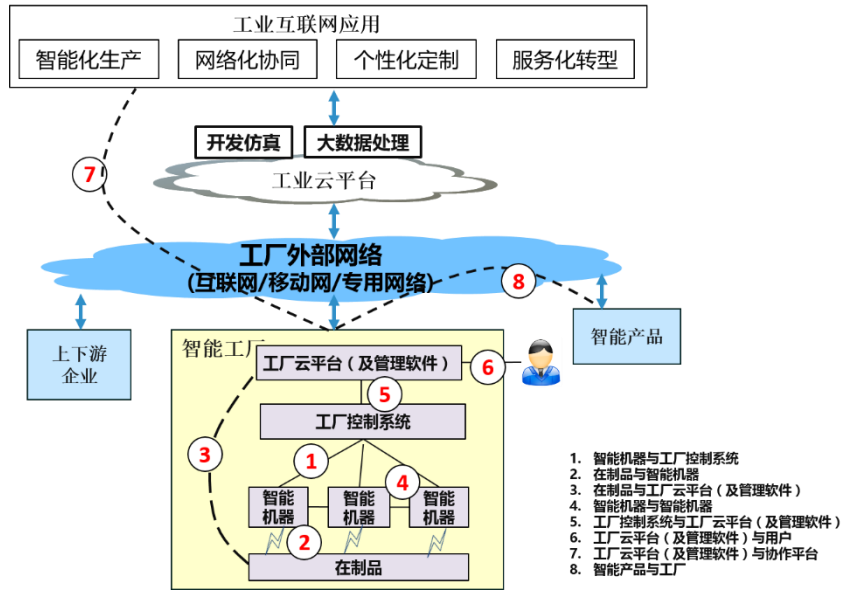


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

气站改造前，一方面空压机能耗高，其所消耗的电量占整个工厂耗电量的 30%左右。另一方面随着管道老化、管路泄露等、不同时间段供气需求不同而供气压力不变，造成能量浪费情况非常严重；所以在气站改造阶段产生的需求主要是采集历史数据、分析气站节能效益、提出节能工况模型、为气站改造提供经济效益论证。

气站管理过程，存在的问题是空压机维保大多不及时，设备发生故障维修效率低，空压机配件管理混乱。所以主要需求是空压机的设备管理，包括远程监控、远程运维、故障预警、维保提醒、配件管理等。

气站运营过程，为了确保整个气站能耗最优化，需要实时监测用气量、用电量以不断调整优化节能模型；另外，还需要实现远程抄表、透明计费、客户管理、合同管理、自助缴费、统计报

表等功能。

空压机合同能源管理解决方案依托本公司工业互联网平台，实现自动化与信息化深度整合，满足气站改造、管理、运营各个环节需求，整个方案需求见表 1。

表 1 空压机合同能源管理解决方案需求

实施过程	使用物联网前问题	物联网需求
气站改造	能耗高，能量浪费，无历史数据	采集历史数据，节能预测，建立节能模型
气站管理	维保不及时，维修效率低	远程监控，远程运维，故障预警，维保提醒，配件管理
气站运营	人工抄表，客户回款不及时，费用管理不透明，运营报表无电子归档	远程抄表，透明计费，自助缴费，统计报表，电子合同，电子档案

3 解决方案

3.1 方案介绍

本方案的核心是一套端到端，即空压机设备供气端/用气端等数据采集终端端到应用端（包括手机端/Web 端）的智能物联网系统，再通过相关工业云的云端存储、大数据统计分析、数据可视化等技术实现具体业务功能。

采集端：空压机气站加装支持 Modbus RTU 的通信模块的电表和流量计；用气终端加装压力计和流量计；通过物联网智能硬件采集模块，将空压站的用电用气数据，空压机实时运行数据，用气端的数据，通过 4G/3G 上传至工业云平台，实现流量监测、

用电监测、气压监测、远程抄表等应用。

云端：利用云计算与大数据技术对实时数据过滤、清洗、计算，并提供对外的 API 接口服务。

应用端：分网页端和手机 app 端。提供具体的业务功能，包括档案管理、远程监控、事件管理、售气计费。并通过数据可视化技术实现一站式报表统计，为企业决策提供支持。

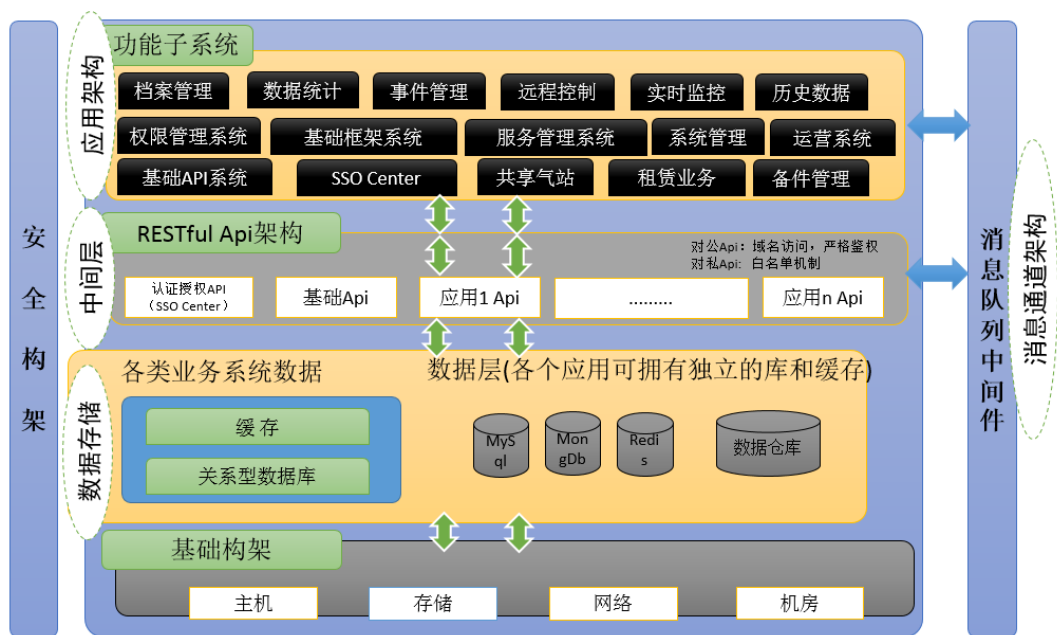


图 2 系统架构图

3.2 网络拓扑设计

如图 3 所示，方案包括供气端和用气端的数据采集和传输设备的部署。供气端（气站）接入设备包含：1 个电表、1 个流量计、含多个物联网模块；用气终端接入设备包括：多个用气端压力计，流量计（可选），1 个 Lola 网关(可选)，相关模块功能描述如下：

物联网模块（简称智能硬件）：具有 2 路标准 RS485 通信串

口，支持 2G/3G/4G，以太网和 WIFI 传输数据，具备二次编程的能力，可实现数据协议的适配和转换，接入云平台。

供气端的电表、流量计：采用具备 modbus RTU 通信的电表和流量计，可采用智能硬件采集，或采用 LORA 协议模式，或 NB-IOT 协议，实现数据传输。

空压机：通过智能硬件与控制器通过 modbus RTU 连接，1 对 1 组网。

空压机和空压机连接(可选)：RS485 主从模式组网,支持联控功能。

用气终端压力计或流量计(可选)：采集用气终端的压力/流量，可借助智能硬件、或采用 LORA 协议模式，或 NB-IOT 协议，实现数据传输。在工厂实际应用中，LORA 协议在多用气点数据采集的安装使用、成本上还是具有一定优势的。

LORA 网关（可选）：如采集端采用 LORA 协议，则选用通过 LORA 网关，实现数据的采集和传输。



图 3 工业互联网方案部署图

3.3 功能设计

本方案主要包含气站运维管理、共享气站业务运营两大功能

版块。

在气站运维管理上，通过物联网监控系统对空压机、管道的实时监控，实现了以下功能：

- 1) 节能设计：取得工况数据并建立节能模型，最大限度减少能量浪费；
- 2) 气站监控：实时监控气站整体运行状况，并实现保养提醒，故障预测，异常报警，气压、温度等关键指标数据统计分析；
- 3) 档案管理：气站、空压机电子档案管理，文件、照片等资料的上传下载；
- 4) 事件管理：空压机历史故障电子归档，保养电子签到、保养记录，维修记录等事件管理；
- 5) 配件管理：对配件进行二维码管理，识别正规配件。



图 4 Web 端气站监控页面

在气站业务运营上，主要是实现用户管理，费用管理，数据统计等功能：

- 1) 用户管理：包括用户电子档案管理，合同管理，通知推送等；
- 2) 费用管理：包括价格管理，账单管理，自助缴费，欠费停机等；
- 3) 数据统计：多维度统计气站运营数据，拖拽式 BI 管理。



图 5 手机 APP 端界面

3.4 安全及可靠性

1) 智能硬件的安全性解决方案

在通信链路层，支持 M2M/APN 的传输模式以保证最大限度的数据安全；在通信传输层，智能硬件与服务服务器之间的通信支持 SSL 加密，智能硬件通过根证书采用 SSL 加密通道跟服务器通信以防止网络攻击和入侵；在通信应用层，采用本公司专利加密通信模

式，通信链路的建立需要使用智能硬件的 ID 和内置的唯一安全密钥，ID 和密钥认证通过后才建立和服务器之间的长连接，保证了通信链路的访问安全；登录成功后，服务器会生成一个会话 ID，智能硬件使用会话 ID 作为本次通信的密钥，对业务数据采用 AES 算法进行加密后进行传输，有效的防止网络窃听和重放攻击；

2) 智能硬件接入服务安全设计

设备首次连接云端时自动注册。注册需提供一个预烧录到设备的固件中的智能硬件注册码 LoginCode 和唯一安全密钥，每次设备连接服务器都需要验证注册码和安全密钥，设备连接平台的 TCP 服务端口后，如不发送登陆指令而只是长期占用该端口资源，30 秒后，云端会自动会断开该客户端的连接并释放该端口资源。设备在发往接收服务的数据包中，如出现格式不正确或超出允许的权限，该 TCP 连接会马上被断开，避免对平台或其它在线用户造成干扰。

3) 企业平台安全性解决方案

(1) 系统具备标准安全协议（例如 SSL、SSH,VPN 连接），对系统的访问总是进行身份验证和，并与授权系统相关联。

(2) 设计中系统间通信包含敏感数据时通过标准安全协议确保安全

(3) 系统设计原则是不留下任何未受保护或未使用的开放端口，并且在利用公有云的的防火墙规则，系统在 VPC 环境中部署。

- (4) 系统所有 API 执行身份验证
- (5) 系统对安全凭据存储加密
- (6) 各系统访问可追溯，并进行敏感系统与多因素身份验证。
- (7) 系统对敏感数据单独加密（包括隐私）
- (8) 系统对安全密钥实施轮换政策
- (9) 网关采用数据加密交互。采用白名单指令设置。



图 6 安全架构图

4 成功案例

上海斯可洛压缩机有限公司是一家专业从事各类空气压缩设备的制造商，借助该方案成功在上海某工业园区实施空压机合同能源管理，实现共享气站运营。

4.1 经济价值

降低使用成本：该合同能源管理项目共有 20 台空压机设备，实施该方案以来，应用节能模型可使单台空压机每年减少电费 5 万元以上，整个项目每年节省电费超过 100 万。

降低运维成本：实施方案后，使用物联网远程自动抄表，核算，远程启停控制，运维人员由 5 人减少为 1 人，财务人员无需

驻点收缴费用。另外，建立设备使用情况实时监控系統，对设备的状态进行有效管理，对故障问题进行远程诊断，降低出差及反复维修成本 15%以上。

4.2 商业价值

传统空压机制造厂家转型为节能服务提供商，由之前的卖设备转型为共享气站运营商，这一商业模式创新对工业企业服务化转型有重要借鉴意义，帮助企业探索以租代售等新型业务模式。

另一方面，空压机能耗巨大，能量浪费严重，本方案的成功落地对推动空压机合同能源管理发展具有一定的积极作用，实现空压机厂商与用气企业双赢。

该方案是工业互联网的典型应用，工业互联网在节能减排、降本增效、资产管理上为企业作出了的重要贡献。该案例对其他工业企业信息化建设具有一定的参考价值。