

# 智慧用能互联云平台设计与研究

赵辉, 潘鸿, 邢璐

(杭州市特种设备检测研究院, 杭州 310051)

**摘要:** 针对高耗能设备量大面广, 用能分散, 节能减排缺乏有效切入点的现实瓶颈, 运用信息传感和互联网技术, 设计智慧用能互联网云平台, 并提出用云平台结合工程技术中心的运营模式, 整合分散用能产业链, 做绿色智慧能源供应商; 即通过互联网+智慧锅炉、炉窑, 将分散用能企业互联互通, 利用大数据整合产业链资源, 并通过工程中心技术支撑及合同能源托管运营, 使耗能设备安全、节能及环保运行; 在应用上, 已开发了具有自主知识产权的锅炉物联网监测系统, 创建了锅炉物联网监测智慧云平台, 并建立了日常巡视值班制度和诊断处置机制, 已有 133 台在用锅炉接入平台; 平台运行期间, 已成功消除 20 余次安全隐患, 监测到上千次能效超标报警, 成功帮助 80 余家企业节能, 取得良好社会效益和节能效果。

**关键词:** 锅炉; 炉窑; 用能; 云平台; 监测; 产业链

## Design and Research of Internet Cloud Platform on Intelligence Using Energy

Zhao Hui, Pan Hong, Xing Lu

(Hangzhou Special Equipment Inspection and Research Institute, Hangzhou 310051, China)

**Abstract:** In view of the high energy consuming equipment widely used, using energy dispersed and the lack way of real effective energy-saving and emission reduction, the internet cloud platform on green and intelligence using energy was designed by using information sensing and Internet technology. It also proposes to integrate the operation mode of the cloud platform with the engineering technology center, and integrate the decentralized energy industry chain to be a green intelligent energy supplier. Through the internet plus wisdom of boilers and furnaces, the dispersion energy enterprises were interconnection and interoperability. Using big data to integrate industrial chain resources, and through the engineering center technology support and contract energy trusteeship operation, the energy consumption equipment was made safe, energy saving and environmental protection operation. In the application of the project, a boiler IOT monitoring system with independent intellectual property rights has been developed. The intelligent cloud platform for the IOT monitoring of the boiler has been established, and the daily patrol duty system and the diagnosis and disposal mechanism have been established. 133 boilers have been connected to the platform. During the operation of the system, more than 20 security risks have been successfully eliminated, and more than 1000 Energy Efficiency warning reports have been carried out, which has successfully helped more than 80 enterprises to save energy, and achieved good social and energy-saving effects.

**Keywords:** boiler; furnaces; using energy; cloud platform; monitoring; industry chain

## 0 引言

我国工业锅炉既是耗能大户, 也是污染大户, 燃煤工业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%<sup>[1]</sup>。我国工业窑炉超过 16 万座, 集中在建材、冶金、化工及陶瓷等行业, 年耗煤量 3 亿吨。窑炉平均热效率仅为 40%, 较国外低 10%~30%<sup>[2]</sup>。且普遍规模小、装备陈旧、技术落后、运行管理粗放。燃煤工业锅炉及工业窑炉带来的能源利用效率低下、环境污染严重问题已经成为影响我国经济社会发展的制约因素。因此, 在工业高耗能领域, 抓住了燃煤

工业锅炉和高耗能工业炉窑, 就抓住了工业节能减排的牛鼻子。

国家鼓励采用合同能源管理等方式引导企业、社会资本加大投入力度, 建立以市场为主的长效机制实施锅炉节能技术改造。据文献[1]要求, 到 2018 年底, 要淘汰落后燃煤锅炉 40 万蒸吨; 完成 40 万蒸吨燃煤锅炉的节能改造; 燃煤工业锅炉平均运行效率在 2013 年的基础上提高 6%, 形成年 4000 万吨标煤的节能能力; 减排 100 万吨烟尘、128 万吨二氧化硫、24 万吨氮氧化物。因此, 全国 10 吨/时以下燃煤锅炉改造工程市场巨大。据文献[3], 2014 年底全国工业锅炉年耗煤量为 7.09 亿吨, 10 吨/时以下燃煤锅炉耗煤量约占 25%, 到 2018 年将全部 10 吨/时以下的燃煤锅炉进行高效锅炉替代或节能改造, 假设原煤价格 500 元/吨均价, 改造工程中以每吨煤改造投资 800~1000 元, 燃煤成本

收稿日期:2018-05-24; 修回日期:2018-06-22。

作者简介:赵辉(1977-), 男, 河南信阳人, 博士, 高级工程师, 主要从事锅炉安全与节能检验检测方向的研究。

约占运营投入的 60% 计。据测算, 2015~2018 年, 10 吨/时以下燃煤锅炉改造工程市场空间约为 1418~1773 亿元, 对应运营市场空间超过 1478 亿元, 具体见表 1。若包含环保在内的节能改造, 则改造市场前景更加巨大。

表 1 燃煤锅炉改造市场空间测算表

项目	数额
燃煤锅炉耗煤量/亿吨	7.09
10 吨/时以下燃煤锅炉耗煤量占比/%	25
原煤价格/(元/吨)	500
燃煤成本占运营投入的比例/%	60
运营市场空间/亿元	1478
每吨煤改造投资/元	800~1000
10 吨/时以下改造工程市场空间/亿元	1418~1773

工业节能减排有一个现实瓶颈, 即耗能设备量大面广, 用能分散, 节能减排缺乏有效切入点。企业有意识和积极性, 却无法发现、诊断及改进, 无从入手, 而政府部门监管也缺乏有效支撑平台。基于此, 本文提出用“云平台(工具)+工程技术中心(核心)”模式, 整合分散用能产业链, 做绿色智慧能源供应商。即: 利用“互联网+”思维, 融“信息互联、技术支撑、综合服务”为一体, 建立智慧用能互联网云平台(互联网+智慧锅炉、炉窑), 将分散用能企业互联互通, 利用大数据整合产业链资源, 并通过工程中心技术支撑及合同能源托管运营, 使耗能设备安全、节能及环保运行。最终形成“互联网+智慧锅炉”——“云平台”、“大数据”——“技术支撑”——“合同能源管理”——“锅炉三位一体运行体系”闭环。此模式既有平台, 又有工程技术中心支持, 开展实体项目。

## 1 互联网云平台设计

### 1.1 平台构架

智慧用能互联网云平台采用 B/S 结构, 用户工作界面通过浏览器实现。平台集传感检测、信号采集、数据转换、远程传输、平台运算及诊断处置为一体, 通过现场对耗能设备安装各型传感器或和采集终端, 实现对实时检测信号采集、编码; 并通过互联网传送至远程管理平台; 经后台软件数据处理、模型运算, 实现对耗能设备 24 小时在线监测; 一旦有异常或者报警, 平台会及时发现, 通过专家远程诊断, 监测人员以电话、短信等形式, 向用户发出警示, 指导处置; 最终, 工程技术中心人员现场通过管理节能和技改节能等综合服务方式, 实现耗能设备持续高效绿色运行<sup>[4-7]</sup>。具体如图 1 所示。平台由监测对象、信号采集层、传输网络、中心管理层和用户应用层组成。监测对象包括工业锅炉、热电锅炉和高耗能工业炉窑等。

### 1.2 平台功能

平台由综合平台、政府平台、公众平台、企业平台和

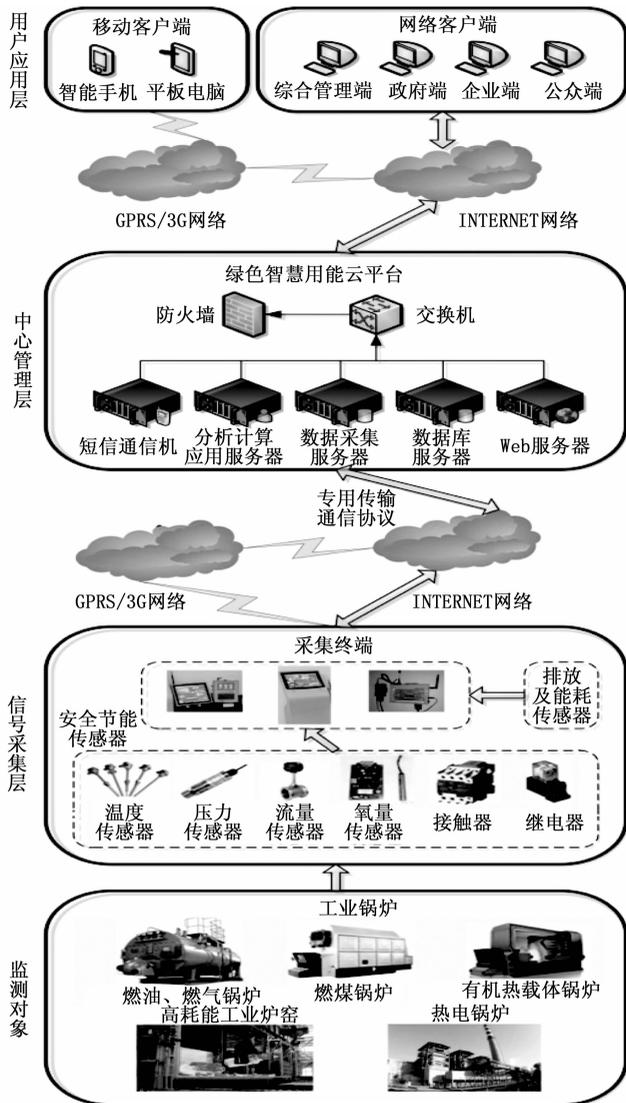


图 1 云平台 B/S 构架流程图

碳排放平台 5 个分支平台组成, 具备 7 大功能: 1) 在线监测, 包含实时监测、GIS 监测和 Flash 监测界面。2) 故障诊断和报警, 提供异常状态信息、数据采集器运行信息等方面报警、处理和查询, 及时将信息推送到相关人员手机端, 也支持 Email、短信通知。3) 历史数据查询, 提供对同类型设备的数据对比和相关参数的关联性对比分析, 历史数据可归档保存, 也可直接打印。4) 多级权限管理, 在每个权限区域下可添加各种受限对象, 使不同使用机构根据不同权限, 信息分享。5) 信息管理, 包括用户信息管、监测装置在线管理和系统维护日志和操作日志管理。6) 能耗统计发布, 根据锅炉运行效率、能耗指标等关键参数, 对辖区内所有设备进行定期统计公布, 可预留数据接口给平台外。7) 支持手机、Ipad 等移动终端服务。

## 2 “平台+中心”组成

“平台+中心”运营模式由云平台、运营团队和工程技

术中心组成, 如图 2 所示。具体如下:

1) 云平台——千里眼。平台通过安装传感器, 采集运行数据, 解决耗能设备运行效率低难发现的问题, 使耗能设备长了千里眼。

2) 运营团队——智慧脑。平台采集到的数据通过互联网传到平台, 进行在线监测, 由运营团队人员进行诊断和处置, 解决耗能设备运行效率低难诊断的问题, 使耗能设备长了智慧脑。团队人员包括: 监测人员、运行专家、测试人员、维护人员、研发人员、司炉人员和技改人员等。监测人员负责平台日常巡查和运行管理; 专家负责耗能设备异常信息诊断处置和节能技改的技术支撑, 人员应由工业节能领域制造、使用、检验等单位的专家组成; 测试人员负责耗能设备现场测试及诊断, 为节能技改提出技术依据; 维护人员负责平台终端系统安装调试与软硬件设施维护; 研发人员负责技术创新和平台管理创新, 不断改进和完善平台运营模式; 司炉人员负责入网耗能设备的操作维护; 技改人员负责节能环保技改项目。

3) 工程技术中心——技术手。平台通过管理节能和技改节能, 并由工程技术中心帮扶, 解决耗能设备运行效率

低难改进的问题, 使企业节能有了技术手。工程技术中心能够整合人财力和相关资质等优势资源, 为云平台做技术支持, 为用能产业链各环节项目开展综合服务, 包括诊断评估、规划设计、工程总包、投资建设、技术改造、运营管理、系统集成、技术研发及平台管理等。

### 3 联通用能产业链

#### 3.1 用能产业链

工业用能领域上中下游产业链主要分为: 1) 上游产业, 包括燃料供应商和设备制造商。燃料供应商提供固液气燃料, 包括煤炭、生物质颗粒、柴油、生物质柴油、水煤浆、管道天然气、液化天然气等; 设备制造商提供锅炉、工业炉窑、辅机及管网等设备。2) 中游产业(核心领域), 包括工业用能单位、热电公司、供热公司等, 用能设备包括工业锅炉、热电锅炉、高耗能工业炉窑等。3) 下游产业, 包括合同能源管理公司、安装改造维修公司和节能环保技术公司等。

目前工业用能产业链各节点短板为市场的碎片化和信息的片面化。虽然在各自领域都有优质企业, 但市场碎片化, 各自为战, 核心领域的用能单位数量众多、分散在冶金、建材、石油、电力、化工、煤炭等各领域, 参差不齐; 工业用能信息片面, 信息不对称, 耗能设备用能信息很难获得, 锅炉等耗能设备运行信息往往掌握在相关监管机构手中。

#### 3.2 联通产业链

“平台+中心”运营模式可利用平台将分散用能单位有机链接, 掌握用能信息、耗能设备运行信息及节能环保改造等大数据。整合使用领域业务空间, 形成用能行业完整的上中下游产业链, 具体如图 3 所示。

1) 对上游燃料供应商。通过平台, 可了解用户燃料供应信息, 通过整合燃料供应商, 形成行业联盟, 并由平台统一供应, 降低燃料供应成本。

2) 对设备制造商。通过平台, 能够获得用能单位更精准的新设备需求信息, 平台也能为需要改造提升用能单位的耗能设备做选型代理。

3) 对用能单位(核心领域)。平台 24 小时在线远程监测, 整合用能领域, 掌握大数据。对正常运行设备, 可掌握用能单位燃料供应信息、设备运行信息、维保信息及是否需技改等, 并按需求提供给燃料供应商、设备制造商、节能服

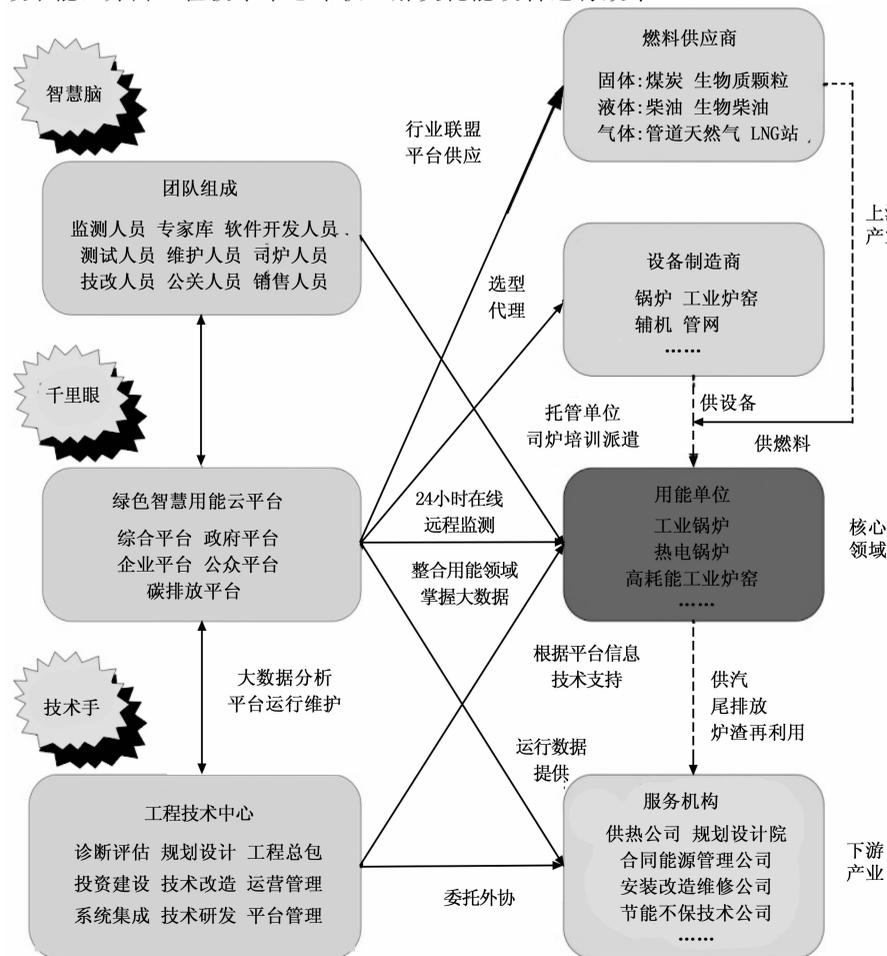


图 2 “平台+中心”运营模式联通用能产业链

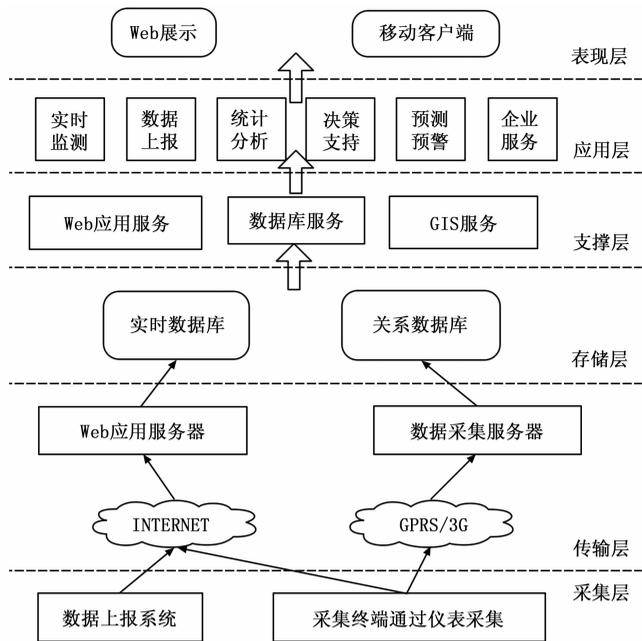


图 3 软件总体逻辑架构

务机构或用能单位；需技改用能单位，由工程技术中心开展咨询，做技术支撑。需能源托管用能单位，可有工程技术中心开展合同能源管理模式。

4) 对服务机构。以上项目可依托技术中心职能或委托外协节能服务机构。

工程技术中心研发人员还可开展新技术研发，并将新技术反馈给平台用能单位，形成良性循环。

#### 4 “平台+中心”运营模式

“平台+中心”运营模式即为监测、巡查、调度和诊断处置为一体的运营模式，由平台统一调度人员对耗能设备进行诊断处置，最终形成平台发现、诊断分析、现场检测、技改落实、高效运行为一体的监测与反馈的闭循环。运营模式如图 4 所示，具体流程如下：

1) 正常巡视工作。监测人员通过平台对受监测设备进行日常巡视，对于正常运行（能效达标）的设备，监测人员通过大数据分析，了解用能单位燃料供应信息、设备运行信息、维保信息及是否需技改等，定期下载数据、归档，按需求提供给政府机构、燃料供应商、设备制造商、节能服务机构或用能单位。

2) 异常报警处置。当监测人员发现某台设备异常报警后，首先判定报警类型：

对于监测系统故障报警，监测人员通知维护人员进行检修，排除故障，直至报警解除。

对于紧急类报警，如：超压、低水位等，首先明确用能单位是责任主体，用能单位司炉人员应通过设备本体报警系统或用能单位权限登录平台排查报警，进行处置，消除隐患后方可运行。而平台监测人员会通过电话、短信形

式提醒用能单位相关人员，只具有辅助作用，同时平台具有记录报警信息（黑匣子）功能，为后续事故调查提供依据。

对于节能环保类报警，监测人员通过专家库名单通知专家对报警进行诊断。当判断不需到现场时，专家可远程诊断，当判断需到现场时，通知测试人员进行现场测试。测试结果热效率确实偏低后，专家和测试人员根据测试结果提出诊断指导意见，指导用能单位进行节能整改。若为管理操作不当造成热效率偏低的，可指导司炉人员优化运行来提高运行效率。若为设备本体问题，专家和测试人员则进行现场技术评价，评价结果有改造价值的，则建议用能单位进行技术改造，技术改造可由工程技术中心技改人员或委托相关节能服务机构承担；评价结果无改造价值的，监测人员通知用能单位管理人员建议报废新建用能设施。整改完毕，能效达标并能长期保持节能运行的设备，专家指导其申报相关节能奖励。

#### 5 项目研究进展

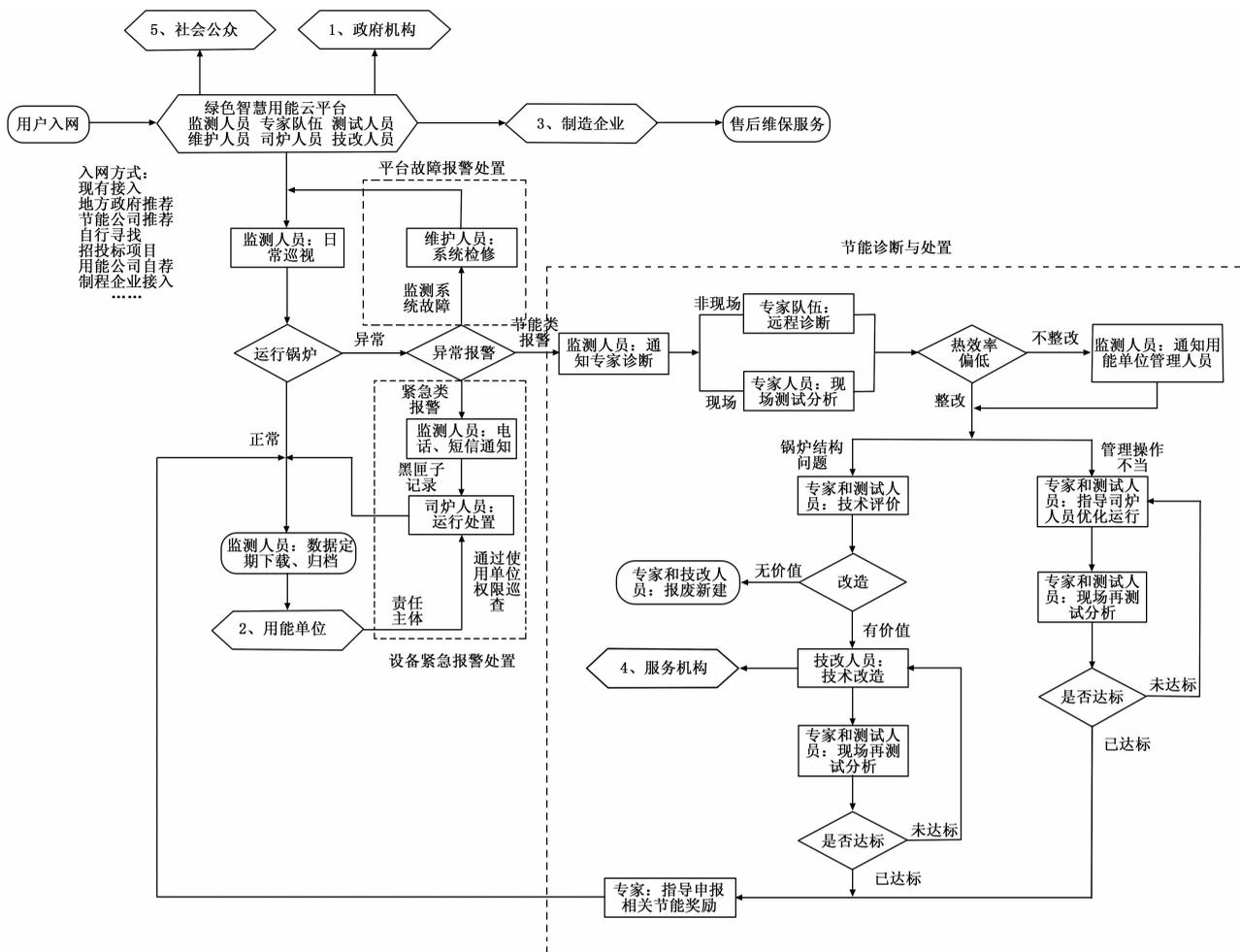
项目组运用信息传感和互联网技术，已开发了具有自主知识产权的锅炉物联网监测系统，创建了锅炉物联网监测智慧云平台，并建立了日常巡视值班制度和诊断处置机制<sup>[8-10]</sup>。

##### 5.1 软件开发

1) 数学模型。开发基于燃煤/生物质等固体燃料和基于燃油/气等气液燃料锅炉热效率数学模型和能效指标判定模型，模型采用效率正平衡和反平衡计算。燃料低位发热量及固体燃料的灰分、飞灰含碳量、漏煤含碳量、炉渣含碳量等参数在线测量难度大，采用现场采样，离线分析，结果输入到模型中的方法，其余参数通过传感器实时采集输入。

2) 嵌入式终端软件。用 C 语言编写，模块化结构，用于嵌入式数据采集终端。软件总体被分解为系统管理、显示管理、人机接口、串行通信、开关量输入、模拟量输入和 GPRS 通信等任务，运行在  $\mu C/OS-II$  操作系统之上。具备参数检测、标度变换、能效参数计算、自诊断、报警提示、数据通信、远程配置及管理、人机交互等功能。

3) 平台上位机软件。用 Java7 语言编写，模块化设计，B/S 结构，能接入及处理海量锅炉现场采集装置能力，图 4 所示为总体逻辑构架。总体逻辑架构分为采集层、传输层、存储层、支撑层、应用层和表现层 6 个层次。包括综合平台、政府平台、企业平台和公众平台四大板块，具备在线监测、报警、数据查询、多级权限管理、配置管理、数据发布、手机操作七大功能。在线监测包括实时监测、GIS 监测和 Flash 监测界面。实时监测显示锅炉启停、水位、温度、压力、流量、烟温等运行参数，并以数据列表形式展示；GIS 监测配备 GIS 引擎，将实时信息直观地呈现在



Web 页面上, 还可将锅炉房可定位至地图上相应位置; Flash 监测对每台锅炉配备流程图监测, 所有运行实时动态参数可通过 Flash 界面展示。

4) 专用数据传输通信协议。以 TCP/IP 网络控制协议作为底层通信承载协议, 规定了采集终端与云平台间注册、登录、心跳、运行数据上报及查询、终端参数配置及查询、能效计算模型参数配置及查询等发送接收的数据包格式。采集终端与监测平台间通过传输网络实现可靠数据传输, 只要采集终端按此协议编码, 都能接入云平台。此外, 还包括采集终端身份识别码(终端 ID)和锅炉编码, 终端采集与计算参数编码等, 图 5 所示为该协议通信数据包格式。

### 5.2 传感器选型和装置研制

1) 传感器选型。根据锅炉运行工况所必须提取的参数信号, 选取温度、压力、氧量、流量及水质等各型传感器, 包括 O<sub>2</sub> 传感器、蒸汽压力变送器、温度传感器、电流传感器、涡轮给水流量计等。

2) 水质硬度在线测控装置。由试剂盒、注药部分、搅拌部分、测定部分、给排水部分、控制模块构成。能定期

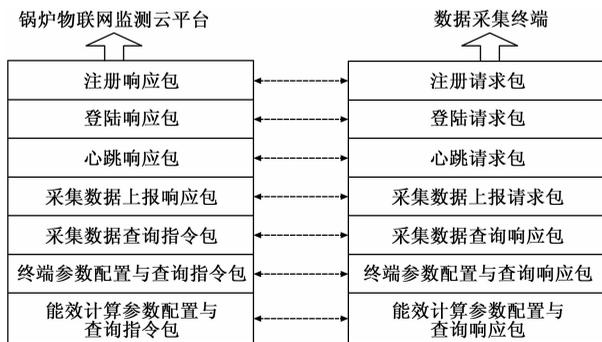


图 5 通信数据包格式

自动进行样水的采集、搅拌和判断等一连串测定动作, 线测控采用比色分析法自动得出锅炉给水硬度是否符合标准, 并可根据水质硬度报警信号, 及时控制水处理设备进行水处理运行及再生。

3) 燃煤锅炉斗式和皮带输送式称重计量装置。斗式装置即在锅炉斗式上煤设备基础上改造并增加燃煤称重部分与煤量计量控制柜。称重部分由闸门、气缸、称重煤斗、称重传感器、固定支架、支撑翻边构成, 负责将斗煤称重,

并将测量信号传输给计量控制柜,进行计量、记录,并将测量数值转换成不同种类信号输出,实现耗煤量自动称重与计量。皮带输送式装置,即拆除原斗式上煤设备,安装皮带输送式上煤设备,并增加燃煤称重装置与煤量计量控制柜,从而实现皮带输送进煤方式的耗煤量自动称重与计量。

### 5.3 采集终端硬件研制

1) 通用型数据采集终端。采用外接传感器结合 PLC 监测和采集,由采集、供电、PLC、视频和通讯五组块组成。采集组块用于各类信号采集,供电组块用于转换电源及对终端各元器件进行供电,PLC 组块用于对各类信号进行汇总、编码,视频组块用于采集锅炉房视频信号,通讯组块用于信号传输。

2) 嵌入式通用型数据采集终端。采用微控制器 (ARM) 构成 PCB 电路板方案,由微控制器、传感器模块、信号采集模块、UPS 电源模块、电源转换模块、基本系统模块、数据存储通信模块、显示报警模块和网络传输装置构成。带光耦隔离的信号采集模块能确保系统安全,大容量 SD 存储卡、具备续航能力电源模块能为锅炉故障和事故调查提供可靠数据支撑。成本低,性价比高,适合于各类型、各品牌工业锅炉。

3) 交互型数据采集终端。传统交互型终端在 PLC 和工控机基础上设计而来,由触控屏、数据采集器 (PLC)、工控机、端子排、总开关、熔断器、功率表、交直流转换电源和无线网络传输终端组成。便携交互型终端基于 PCB 板,由 ARM 微处理器、LCD 触控屏、采集存储模块、电源模块、GPRS 通信模块等组成,更具轻便和成本优势。交互型终端具有信号采集、数模转换、无线传输和人机互动功能,适用于多类型锅炉的现场交互与司炉工培训。

4) 无线型数据采集终端。采用 Zigbee 技术研制,运行信号可通过无线传输 (GPRS 等方式) 汇总到便携式控制盒,再对信号进行数据收集、存储。数据传输从“有线”改进成“无线”数据连接,并采用多个传感器点布置一台微型数据收发器,多个收发器统一将数据“无线”传输至便携式采集通信器,实现了整个监测数据无线传输,无需安装桥架、敷设电缆。

### 5.4 系统应用

目前,已有 133 台在用锅炉接入平台,包括 60 台燃油气锅炉,69 台燃煤/生物质锅炉和 4 台热电锅炉,并由一家能源公司负责日常维护运营。平台运行期间,已协调 5 锅炉企业安装余热回收装置,解决排烟温度过高问题;帮助 43 家企业解决生物质锅炉燃烧不均、漏风严重、冒黑烟等问题;已成功消除 20 余次安全隐患,监测到上千次能效超标报警,成功帮助 80 余家企业节能。如通过物联网监测系

统,监测到杭州某食品公司二台燃气锅炉的热效率只有 88.01% 和 88.37%,通过节能诊断,建议尾部烟道增加节能器,经过节能技改后,该公司的锅炉热效率分别提高到 93.25% 和 93.67%,提高了 5% 以上,每年可节约天然气 47000m<sup>3</sup>,节约费用约 20 万元。平台大数据还为杭州市制定锅炉产业政策和淘汰落后产能提供理论依据,为监管部门实施执法提供数据支撑。接下来,项目组还将在标准化体系建设、10 t/h 以上工业锅炉和高耗能炉窑数据接入覆盖率、市场推广上继续该项目的推进。

## 6 总结

本文运用信息传感和互联网技术,设计智慧用能互联网云平台,并提出用云平台结合工程技术中心的运营模式,整合分散用能产业链,做绿色智慧能源供应商。即通过互联网+智慧锅炉、炉窑,将分散用能企业互联互通,利用大数据整合产业链资源,并通过工程中心技术支撑及合同能源托管运营,使耗能设备安全、节能及环保运行。研究已开发了具有自主知识产权的锅炉物联网监测系统,创建了锅炉物联网监测智慧云平台,建立了日常巡视值班制度和诊断处置机制,并成功进行了软件开发,传感器选型和装置研制及采集终端硬件研制等。在应用上,已有 133 台在用锅炉接入平台,并取得良好社会效益和节能效果。

### 参考文献:

- [1] 国家发展改革委,等. 燃煤锅炉节能环保综合提升工程实施方案 [R]. 北京, 2014.
- [2] 张翠清, 杜铭华, 郭治, 等. 工业锅炉及窑炉节能减排技术途径与关键问题分析 [J]. 中国能源, 2008 (2): 17-20.
- [3] 中国产业信息网. 2015-2020 年中国燃煤锅炉市场分析预测及战略咨询报告 [R]. 北京, 2015.
- [4] 全营, 顾新建, 纪杨建. 基于物联网和云计算的工业锅炉在线监测 [J]. 计算机集成制造系统, 2016, 22 (1): 213-219.
- [5] 张学辉. 基于以太网和现场总线的工业控制网络实训系统设计 [J]. 自动化仪表, 2017, 38 (3): 41-43.
- [6] 臧峰, 王江伟, 赵刚, 等. 基于 GPRS 的无线采集终端开发 [J]. 自动化仪表, 2015, 36 (6): 55-58.
- [7] 李俊瑞, 秦娜, 郝志鹏. 锅炉热效率在线计算及可视化对接的研究 [J]. 电力学报, 2014, (5): 450-452.
- [8] 任强, 赵辉. 物联网技术在锅炉运行管理中的应用实践 [J]. 工业锅炉, 2014, (1): 50-54.
- [9] 马舜, 汪宏, 邢璐, 等. 基于嵌入式技术的工业锅炉远程监测智能物联网终端, 自动化与仪表, 2016 (10): 62-66.
- [10] 赵辉, 马舜. 锅炉远程监测交互型采集终端技术研究 [J]. 自动化与仪表, 2018, 33 (1): 70-73, 78.