

垃圾焚烧发电智慧管控服务方案及建设应用

慕学磊¹ 郭兴鹏²

(1. 山东建筑大学 管理工程学院, 山东 济南 250101;
2. 中国建筑第八工程局有限公司发展建设西南分公司, 四川 成都 610000)

【摘要】历经数十年发展,我国生活垃圾焚烧发电行业已相对成熟,垃圾焚烧发电已成为我国处理生活垃圾的主流方式,生活垃圾焚烧设施趋于饱和,环保要求的不断提高和国补退步政策的落地,生活垃圾焚烧发电企业面临重大的挑战与机遇。垃圾焚烧发电智慧管控是以信息化+智能大数据的全生命周期的管控平台服务,旨在促进电厂数字化转型,提高电厂的管理水平,减少电厂的安全隐患,提升电厂的经济效益和企业形象,最终实现垃圾焚烧发电企业健康发展和提质增效的目的。

【关键词】垃圾焚烧发电;智慧管控;全生命周期;提质增效

引言:

焚烧发电作为我国生活垃圾处理的一种主要手段^[1],能节约大量土地资源,实现无害化和减量化处理,且可产生热量用于供热或发电。然而目前垃圾焚烧发电行业面临两个问题,一是“国补退坡”带来的收入降低,环保监管趋严带来的成本上升;二是垃圾焚烧发电厂“吃不饱”问题凸显。生活垃圾焚烧行业进入了“运营为王”的年代^[2]。

山东省环保发展集团绿能有限公司为解决各垃圾焚烧发电厂效益、效率、安全、环保四大核心问题,提升集团经济效益和社会形象,积极谋划电厂智慧管控服务方案建设,有效提高了生产运营效率,降低过度依赖人员技术能力。旗下东营华源新能源有限公司通过了山东省首批“晨星工厂”的认证,这标志着公司在数字化赋能项目中取得了阶段性的成绩。

一、垃圾焚烧发电痛点

(一) 垃圾焚烧发电行业痛点

目前垃圾焚烧发电行业面临两个问题,一是“国补退坡”带来的收入降低,环保监管趋严带来的成本上升;二是垃圾焚烧发电厂“吃不饱”问题凸显。

以山东省为例,要求自2022年起,新核准(备案)生物质发电项目上网电价按同期燃煤发电基准价执行,现行标准为每千瓦时0.3949元(含税)。后期具备条件时通过竞争性配置方式形成上网电价。

从2023年各省垃圾焚烧厂的焚烧量和焚烧能力对比来看,几乎大部分省份的焚烧能力都有剩余,剩余总量(焚烧能力-焚烧量)达6000万吨。大部分省市的焚烧厂可能都面临着“吃不饱”的情况,其中,广东、浙江尤为突出。

(二) 垃圾焚烧发电项目痛点

1. 单厂项目痛点。(1) 项目规划与建设层面。

大多数项目前期规划较单一,项目收入来源有限,没有起到协同效益,抗风险能力较差,国补到期后,单一发电企业将陷入巨大的亏损。(2) 技术层面。现有的垃圾焚烧与烟气环保处理技术手段存在滞后性;几大关键环节相互脱节,焚烧过程异常状态多;电厂整体运营情况不全面、不清晰。(3) 管理层面。人员流动大,老员工经验无法有效固化共享给电厂和新员工;人员管理不细致、绩效考核难量化;设备和物资管理不全面,无法提高设备使用效率及使用寿命且规避不必要采购;安全监管不到位、不及时、难把控。(4) 环保层面。环保内部监管体系不完善、环保表现不直观、告警原因难挖掘、环保耗材难计量;环保政策精细化和严格化、高压的惩罚力度致使高成本的最大量耗材投入。

2. 集团管控痛点。(1) 集中管控难。项目点遍布全国,管理成本高,难度大,厂区安全难把控;缺少内部各分厂对标,行业对标,缺乏市场竞争力分析;集团运营情况查看方式单一、不便利、不直观、不详细。(2) 信息化推广难。部分发电集团已经开始信息化转型,但是信息化智能程度较低,无法给集团带来经济效益的提升;部分系统数据采集需要每日手动填报,前期给项目侧带来额外工作量,项目侧有一定排斥情绪。

二、垃圾焚烧发电智慧管控服务方案

(一) 垃圾焚烧发电厂数字化应用概况

数字化垃圾焚烧发电厂是指电厂从建设到运营维护直至退役的完整生命周期内,在计算机网络系统以及数据库系统的支持下,实现全过程的数字化^[3]。通过不断总结分析实际运行指标,动态分析变化。记录不同时间段的运行工况,经过不断优化运行调整数据。同时还通过不断的试验、数据抓取、工况分析模

拟等试验操作，最终寻找最佳运行状态。

（二）垃圾焚烧发电智慧管控定位

智慧管理平台发展中常见问题有缺乏整体规划、存在重复建设和数据不能共享^[4]。垃圾焚烧发电智慧管控是以信息化+智能大数据的全生命周期的管控平台服务。

1. 价值体现—项目侧。一是，对电厂生产过程的事前、事中、事后的全生命周期管控，让项目侧的生产过程更直观，更可控，更全面，建立项目建设全流程的智能监管平台^[5]；二是，运用阿里云的 AI+大数据的前沿技术对垃圾焚烧、烟气污染物控制过程进行优化计算，通过智能控制辅助，有效提高锅炉燃烧稳定性和蒸发量、降低人工需求，减少污染物排放浓度，节约环保耗材投入。继而提高电厂经济效益和环保效益，实现“减人增效”的目标；三是，通过对设备缺陷、评级、智能巡检的标准化闭环分析，有效降低设备使用成本和故障率等问题，减少安全隐患；四是，提供完善的考核数据依据，提高员工工作效率。

2. 价值体现—集团侧。一是，构建垃圾电厂数据大脑平台，形成对各电厂核心指标的横向对标、分析和管控；二是，搭建对外展示门户、工艺流程动画和三维 1:1 建模的数据中台，更生动直观地展示集团运行成效和科技感，提升宣传效果；三是，对多元化发展的集团公司，可实现以数据为依据，“末端向前看”“前端向后看”，实现前后端业务的高效协同。

（三）垃圾焚烧发电运行管控

1. 组态信息。按照“DCS-OPC 服务器—接口机—单向隔离网闸—数据转发服务器—云平台”的组态信息实现对运行全过程的实时远程监控、分析。组态界面，提取 DCS 上所有生产相关点位信息，还原完整生产过程；数据及时准确，数据秒级准确上传，杜绝数据滞后或错误影响生产运行；历史数据回溯，自动备份实时数据，能够使管理员操作与管理更加智能化、联动化、直观化，又具备美观性，便于领导查阅和参观^[6]。

2. 辅助决策知识库建设。提取抽象出设备流程组态图，清晰易懂，决策者可快速了解电厂生产流程；突出关键生产数据，展示影响生产的关键点位数据，突出重点，避免无关数据影响判断；智能诊断系统为运行人员提供专业指导，利用配网可视化一条线业务功能，实现异常从发现到处理的全闭环管控^[7]，同时联动现场视频，指导运行人员妥善处置报警。

3. AI 燃烧优化（阿里云）。炉排炉垃圾焚烧推料及炉排动作多为运行人员手动操作或频繁调整 ACC 推料及炉排间隔，不同运行经验人员运行调节效果相差比较大，特别是对垃圾含水量大、热值低时的处理；同时，垃圾湿度、热值等变化较大，造成垃圾在炉内

的燃烧不均匀、不易燃等情况，现在的操作模式主要依靠运行数据判断炉内燃烧情况，存在较大滞后性。

智慧管控方案要求在尽量贴近设定的垃圾焚烧炉生产目标的情况下，推荐垃圾焚烧的操作工艺，指导工人或者控制设备生产。常规情况下，系统可以提升约 1%-2% 的蒸汽产量，20% 左右的焚烧稳定效果，降低 80% 左右操作量，带来近 100 万 / 年 / 炉的新增效益，并大幅提升垃圾焚烧设备的连续工作时长。

（四）垃圾焚烧发电环保管控

垃圾焚烧后烟气环保处理，环保制剂主要由活性炭、氨水、氢氧化钙、石灰等构成。当前的烟气处理主要在排放控制环节，现有的烟气环保处理机制中，存在时间滞后性问题，响应不够及时，容易造成短期内的环保超标问题。很多情况下电厂烟气环保指标远优于国家和地方排放标准，存在过环保投入情况，造成了额外成本压力。

烟气环保处理优化产品，通过动态寻找环保处理效果和成本之间的平衡，实现控制环保超标并降低环保成本。整体模型由烟气过程建模和全局参数寻优两部分组成：利用历史数据，构建出仿真模型，结合垃圾焚烧过程和烟气环保处理过程，预测出烟气中的污染物含量；参数寻优模型，基于仿真模型基础上，通过设定目标国家和地方标准，推荐最优的环保制剂实时加入量、焚烧操作工艺等参数。

（五）垃圾焚烧发电设备管控

通过设备台账关联所有设备信息变化，数据入库，实时跟踪，事件溯源，真正构建全生命周期的设备管控理念。全生命周期可管理，从项目的长期经济利，益出发，全面考虑项目的规划、设计、建设、运行、检修、更新或改造^[8]。制定标准化异动申请、审批，施工、评价闭环的流程管理，提高审批效率，促进集团设备升级改造的优秀经验共享。

对设备缺陷处理，建立从缺陷发现、提交，消缺、验收、评价提供完整闭环流程管理。提高审批效率，透明工作流程，责任到人，量化各环节处理人的工作量和效率，完善考核体系；消缺原因总结和经验升级，提炼缺陷产生原因和次数，规避同个问题反复出现的问题。

（六）垃圾焚烧发电生产管控

编制锅炉、汽机、环保小时报表、电气报表、生产日报表、生产月报表、经济对标表等 8 类报表，结合考核体系，建立运行效果可视化展示，直观对比员工的运行水平，并能实现定期工作自动派任务，跟踪执行情况的效果。

（七）垃圾焚烧发电安全管控

按照“安全第一，预防为主”的方针，查组织、查漏洞、查隐患、查措施、查制度等几个方面，不仅

对某一个环节的自查自纠，而是对电厂生产运行的总体体系进行拉网彻查，进一步加强企业的安全生产管理，强化日常安全生产的监督、防控及应急处理体系，最大限度消除各类安全隐患。

以大数据自适应目标检测技术为依托，针对不同的场景对人员行为、危险报警进行分析，在重点防控区域取代和辅助人工实时监测，准确检测如未佩戴劳保用品、非法进入禁区、未装备安全装置等异常行为，及时向监控报警提醒，降低工厂风险指数，提高安全管理水平。

（八）垃圾焚烧发电考核管理

基于企业内部的考核体系和国家相应的考核标准提供相应的考核数据依据，实现对垃圾处理厂每周、每月、每季度、每年的定期考核与评价，并提供相应的考核报告。考核内容主要包括：1. 运行工况：超限告警（850℃，炉膛负压、汽机负荷、主汽温度压力），锅炉连续运行时间、锅炉启停、烘炉时间等；2. 环保工况：指标排放情况、超标情况。未超标前提下的环保耗材使用情况；3. 经济指标：垃圾入厂量、垃圾入炉量、锅炉蒸发量、电厂上网电量、电厂用电量等；4. 设备工况：缺陷频次、备品备件耗用情况、设备评级反馈、设备异动情况等；5. 安全工况：违规操作、两票执行情况，安全督查培训等。

（九）垃圾焚烧发电集团智慧大脑管控平台

一是实现运营管控一张图。通过电子地图方式展示整个集团进入运营阶段项目的实时运行状况，包括实时运行指标、同类型项目统计类指标、异常类指标、趋势类指标等。

二是实现对标管理。汇总各项目电厂的运营数据，进行单产单耗、产量、环保、设备运行、告警数据等多维度的对标分析。

三是做好预警管理。智能预警中心将构建集团环境标准化的预警管理体系，通过“数据实时抓手、两级快速联动”实现对项目公司各项关键性运行指标的规范化、统一化的管理。

四是建立总部关注的相关工程、物资等重要数据指标的汇总展示系统，包括可扩展与项目公司的远程联动、视频会议系统等。

三、垃圾焚烧发电智慧管控建设应用

东营华源新能源有限公司不断深化融合“数字化运营”理念，运用工业互联网思维，搭建物联网、垃圾回收大数据、DCS 系统等信息化技术，建立数据中心和支撑服务平台给生产运营数字化赋能。通过对DCS 系统的升级改造，实现了在中控室就可以全装置多工段实时监测、预警查看、工艺控制等过程；通过仪表智能化实现安环实时数据采集并集成DCS系

统界面，解决了以往现场人工抄表、数据分析滞后等问题，避免了安环数据超标；通过烟气系统设施PLC与DCS 控制系统的数据通讯，实现数据的集中采集和控制，同时数字化运行实现生产耗材自动投加。

数字化赋能后，综合提升生产效率20%，设备经济利用率94%，处置吨垃圾消耗耗材量由16kg下降至9kg，综合处置成本降低10.5%。

四、结论

生活垃圾焚烧发电可真正实现垃圾的减量化、无害化和资源化，既有效缓解了“垃圾围城”的困扰，又能“变废为宝”增添价值。经历了近十年的高速发展后，垃圾焚烧发电行业集中度提升，市场空间减少，加上政府对垃圾焚烧发电项目的补贴政策进行了调整，行业发展从市场驱动逐渐转向以运营管理为主导。运用好智慧管控服务，能在“质”和“量”上提高发电厂的产能利用率，能够助力企业做好成本管控和挖潜增效工作，对垃圾焚烧发电企业的发展具有重要意义，是企业实现高质量发展的重要举措。

参考文献：

- [1] 范厚强. 浅析我国垃圾焚烧发电行业发展趋势[J]. 广东化工, 2024, 51 (04): 95-97.
- [2] 王雷. 生活垃圾焚烧发电厂计划性检修数字化管理系统设计[J]. 绿色科技, 2023, 25 (20): 158-163+241.
- [3] 吴建华. 数字化垃圾焚烧发电厂的设计与实现[J]. 电子技术与软件工程, 2017, (05): 65.
- [4] 马珂, 刘彦涛, 韩春雨, 等. 基于微服务和物联网技术的设施智慧管理平台[J]. 智慧中国, 2021, (11): 78-79.
- [5] 陈立. 国泰新点: 打造数字建造一体化解决方案[J]. 建筑, 2021, (12): 30-31.
- [6] 齐雪鹏. 可视化智慧园区管理系统建设研究[J]. 信息与电脑, 2021, 33 (15): 92-94.
- [7] 刘海涛, 秦梦瑶, 闫蕾芳. 基于数据中台的配网可视化智慧管控平台的设计与应用[J]. 山西电力, 2021, (06): 29-33.
- [8] 张舵, 马超, 李嘉逸. 多能优化调度在智慧能源管控平台中的应用[J]. 四川电力技术, 2019, 42(05): 5-9.

作者简介：

慕学磊 (1991-)，男，汉族，工程师，大学学士，主要从事投资、项目管理等方面的研究。

郭兴鹏 (1976-)，男，汉族，高级工程师，大学学士，主要从事项目建设、管理等方面的研究。