

垃圾焚烧发电自动控制系统应用研究

徐亚峰

广东顺控环境投资有限公司 广东 佛山 528325

摘要：垃圾焚烧发电自动控制系统通过高温焚烧生活垃圾转化为热能，推动汽轮机发电，实现资源转化利用与环境质量改善。该系统能自动控制炉排速度、蒸汽流量及焚烧风量等，保障高效垃圾处理与电能产出稳定性。研究聚焦于系统设计与应用，优化焚烧控制策略，提升自动化水平，减少人工干预，确保焚烧状态稳定，为环保行业同类自动焚烧控制系统发展提供推动。

关键词：垃圾焚烧发电；自动控制系统；应用

引言：随着城市化进程加速，生活垃圾处理成为严峻挑战。垃圾焚烧发电作为一种有效的资源化处理方式，不仅能减少垃圾填埋占地，还能转化垃圾为电能，实现废物再利用。本研究聚焦于垃圾焚烧发电自动控制系统的应用，旨在通过智能化、自动化手段提升焚烧效率与环保性能，探讨系统优化策略，为实现垃圾处理行业的可持续发展提供技术支持与理论依据。

1 垃圾焚烧发电厂的工艺流程及系统组成

1.1 垃圾焚烧发电厂的工艺流程概述

垃圾焚烧发电厂的工艺流程是一个复杂而精细的系统，主要包括以下几个关键步骤和系统组成：（1）垃圾给料系统。垃圾车将垃圾运至发电厂，经称重后卸入垃圾储坑。垃圾在储坑内发酵脱水，提高热值，之后由抓斗起重机送入焚烧炉。（2）焚烧炉及余热锅炉系统。垃圾在焚烧炉内经过干燥、燃烧、燃尽三个阶段，焚烧炉通常采用机械炉排炉技术。余热锅炉位于焚烧炉上方，回收高温烟气中的热量，产生蒸汽，用于发电或供热。（3）烟气净化系统。余热锅炉排出的烟气进入烟气净化系统，经过脱硝、脱酸、除尘、除二噁英和重金属等工序，确保烟气达标排放。（4）热力汽水系统。包括余热锅炉产生的蒸汽，蒸汽进入汽轮机发电，以及相应的汽水循环和换热过程。（5）原水预处理系统。用于处理进入余热锅炉和冷却系统的水，确保水质符合要求，防止设备腐蚀和结垢。虽然这一系统在题目中未明确列出，但在实际垃圾焚烧发电厂中是不可或缺的。（6）压缩空气系统。为工厂内的各种气动设备提供压缩空气，如清灰装置等。（7）燃料油供应系统。在焚烧炉启动或稳定运行需要时，提供辅助燃料油。

1.2 自动控制系统的组成

自动控制系统是垃圾焚烧发电厂安全、高效运行的关键，主要包括：（1）垃圾焚烧线、热力系统和汽轮发

电机组的集散控制系统（DCS）。实时监控和控制整个焚烧发电过程，确保系统稳定运行。（2）电气监控系统。监控发电厂内的电气设备，确保电力供应和用电安全。（3）可燃气体检测系统。检测焚烧炉及周围区域的可燃气体浓度，防止爆炸等安全事故。（4）工业电视监视系统。对关键区域进行视频监控，提高运行人员的监控能力。（5）辅助系统的可编程逻辑控制设备（PLC）及人机操作界面。控制各种辅助设备，如清灰装置、给水泵等，并通过人机界面实现操作和控制。

2 垃圾焚烧发电自动控制系统核心功能

2.1 数据采集与处理

（1）数据采集系统（DAS）的功能及作用。数据采集系统（DAS）是自动控制系统的基础。它连续采集和处理来自垃圾焚烧线、余热锅炉、烟气净化系统等关键设备的测点信号及设备状态信号。DAS的主要功能包括显示器显示、报警管理、打印和报表生成、机组在线性能优化计算、历史数据存储和检索等。通过实时显示设备的运行状态和参数，操作人员可以及时了解系统的整体情况，从而作出相应的调整和控制^[1]。（2）实时数据采集与处理流程。实时数据采集与处理流程是确保系统稳定运行的重要环节。传感器和变送器将设备的物理参数转换为电信号，这些信号被数据采集系统接收并处理。处理后的数据被存储在数据库中，供操作人员查询和分析。同时，当参数超出设定范围时，系统会触发报警，提醒操作人员采取相应的措施。

2.2 模拟量控制系统（MCS）

（1）子系统介绍。模拟量控制系统（MCS）主要负责焚烧炉、烟气处理系统、汽轮发电机组等设备的模拟量控制。这些控制包括炉膛压力控制、烟气温度控制、汽包水位控制等。炉膛压力控制通过调节引风机和送风机的转速来维持炉膛内的压力稳定。烟气温度控制则通

过调节烟气再循环风门的开度来控制烟气的温度,防止过热或过低。汽包水位控制则确保汽包内的水位在安全范围内波动。(2)控制系统的运行原理与调节方式。MCS的运行原理是基于PID(比例-积分-微分)控制算法。PID控制器根据设定值和实际值的偏差来计算控制量,通过调节执行机构的输出(如风机转速、阀门开度等)来消除偏差。调节方式可以是自动也可以是手动,当自动控制系统出现故障时,操作人员可以切换到手动控制模式,以确保系统的安全运行。

2.3 锅炉安全监控系统

(1)安全监控功能(如主燃料跳闸MFT)。锅炉安全监控系统主要负责监测锅炉的运行状态,并在出现异常时采取相应的保护措施。主燃料跳闸(MFT)是其中最重要的安全功能之一。当锅炉出现严重故障(如炉膛爆炸、烟道再燃烧等)时,MFT会迅速切断所有进入锅炉的燃料,以防止事故扩大。(2)炉膛吹扫、燃料及油枪管理功能。炉膛吹扫是在锅炉启动或停运前对炉膛进行清扫的过程,以确保炉膛内没有残余的可燃物质。燃料及油枪管理系统则负责燃料和油枪的供给、点火和控制。通过精确控制燃料和空气的混合比例以及点火时机,可以确保锅炉的稳定燃烧和高效运行^[2]。

2.4 汽机数字电液控制系统(DEH)与紧急跳闸系统(ETS)

(1)控制系统组成及工作原理。汽机数字电液控制系统(DEH)是汽轮机调节系统的核心部分。它由电子控制器、电液转换器、油动机等组成,负责对汽轮机的转速、功率等进行精确控制。DEH系统的工作原理是基于微处理器技术,通过采集汽轮机的各种参数(如转速、功率、压力等)并进行分析和处理,然后输出控制信号给电液转换器,最终驱动油动机调节汽轮机的进气量。紧急跳闸系统(ETS)则负责在汽轮机出现严重故障时迅速切断其进气,以保护汽轮机和整个发电系统的安全。ETS系统通常由一系列传感器、逻辑控制器和执行机构组成。当传感器检测到汽轮机参数异常(如超速、振动过大、轴承温度过高等)时,逻辑控制器会立即发出跳闸信号,执行机构(如电磁阀)会迅速动作,切断汽轮机的进气阀,使汽轮机停机。(2)测量部件与执行部套的协调控制。在DEH与ETS系统中,测量部件与执行部套的协调控制至关重要。测量部件包括转速传感器、功率传感器、振动传感器、温度传感器等,负责实时监测汽轮机的运行状态。这些传感器的输出信号被送入DEH系统的电子控制器,经过分析和处理后生成控制信号。执行部套则包括电液转换器、油动机、进气阀等,负责

接收并执行来自DEH系统的控制信号。通过精确测量与精确控制相结合,可以实现对汽轮机转速、功率等参数的精确调节和安全保护。

3 垃圾焚烧发电自动控制系统的优化与改进

3.1 针对垃圾成分复杂性的优化策略

(1)基于视频的炉膛火焰参数自动检测方法。垃圾成分的复杂性导致炉膛火焰特性多变,传统的火焰检测方法难以准确反映火焰的实际状态。因此,采用基于视频的火焰参数自动检测技术成为优化策略之一。该技术利用高清摄像头捕捉炉膛火焰图像,并通过图像处理和机器学习算法提取火焰特征参数,如火焰亮度、闪烁频率、颜色分布等。这些参数可以实时反馈给控制系统,用于调整燃烧参数,确保火焰稳定燃烧,提高焚烧效率^[3]。(2)实时火焰监控视频的分析与算法应用。为了提高火焰检测的准确性,需要开发针对实时火焰监控视频的分析算法。这些算法应具备实时性、鲁棒性和准确性,能够在复杂多变的火焰环境中准确识别火焰状态。同时,算法还应能够自适应地调整检测参数,以应对垃圾成分变化带来的火焰特性变化。

3.2 风量测量、风压测量及垃圾低位热值计算的优化

(1)测量技术的改进与精度提升。风量和风压是垃圾焚烧过程中的关键参数,其准确性直接影响燃烧效率和烟气净化效果。因此,需要采用先进的测量技术来提高风量和风压的测量精度。例如,可以采用激光测速仪、压力传感器等高精度测量设备,并结合数据融合算法来消除测量噪声和干扰,提高测量结果的准确性。同时,对于垃圾低位热值的计算,也需要考虑垃圾成分的复杂性。可以通过建立垃圾成分与低位热值之间的数学模型,并结合实时测量的垃圾质量和含水量等数据,实现垃圾低位热值的在线计算与预测。(2)实时数据在控制系统中的应用。实时数据的采集与处理是优化控制系统的关键。通过将风量和风压等实时数据输入到控制系统中,可以实现更精确的燃烧控制和烟气净化控制。同时,结合垃圾低位热值的在线计算结果,可以进一步调整燃烧策略,提高焚烧效率和能源回收率^[4]。

3.3 操作规程的标准化与智能化感应技术的应用

(1)订立标准的操作规程的重要性。标准化的操作规程是确保垃圾焚烧发电过程安全性和稳定性的基础。通过订立详细的操作规程,可以规范操作人员的行为,减少误操作带来的风险。同时,操作规程还可以为自动控制系统的设计和优化提供明确的指导。(2)智能感应技术在自动控制系统中的应用前景。随着物联网、大数据和人工智能技术的快速发展,智能感应技术在垃圾

焚烧发电自动控制系统中的应用前景广阔。通过引入智能传感器和执行器，可以实现更精确的监测和控制。同时，结合大数据分析和人工智能技术，可以对系统运行数据进行深度挖掘和分析，为控制系统的优化提供有力支持。

4 垃圾焚烧发电自动控制系统的应用实例分析

4.1 工程实例概述

4.1.1 典型垃圾焚烧发电厂的选择

以某日处理能力3000吨的现代化垃圾焚烧发电厂为例，该厂采用机械炉排炉焚烧技术，配备先进的DCS（分散控制系统）和PLC（可编程逻辑控制器），实现全流程自动化管理。该厂位于长三角地区，服务人口约300万，年发电量达6亿千瓦时，是区域垃圾无害化处理的标杆项目。

4.1.2 自动控制系统的配置与运行情况

（1）焚烧控制模块：通过温度、氧含量、压力等传感器实时调节炉排速度、助燃空气量，确保焚烧温度稳定在850℃以上（二噁英分解阈值）。（2）烟气净化模块：采用SCR（选择性催化还原）和布袋除尘联动控制，确保NO_x、SO₂、粉尘等排放优于国家标准（如GB18485-2014）。（3）发电优化模块：基于蒸汽流量和汽轮机负荷动态调整，能源转化效率达25%以上。

4.2 运行数据分析

（1）焚烧炉稳定性与污染物排放：自动控制系统使炉温波动范围控制在±20℃内，年运行时间超过8000小时；污染物排放数据：NO_x ≤ 120mg/m³（低于国标200mg/m³），二噁英排放0.05ngTEQ/m³（国标为0.1ngTEQ/m³）。（2）发电效率与能源转化：吨垃圾发电量提升至520kWh（传统工艺约300kWh），厂用电率从18%降至12%；余热锅炉蒸汽参数优化（4MPa/400℃），

汽轮机效率提高10%。（3）人工干预减少：自动化率超95%，故障诊断系统可提前24小时预警设备异常，维修响应时间缩短50%。

4.3 效益分析

（1）经济效益。成本控制：燃料（垃圾）成本为零，人工成本降低40%，设备寿命延长3-5年。（2）环境效益。减排贡献：年减排CO₂约24万吨（替代化石能源），重金属捕集率超99%；生态改善：填埋场用地减少50公顷，周边土壤重金属含量下降30%。（3）社会效益。处理能力提升：城市生活垃圾无害化处理率从90%升至100%；公众满意度：通过实时排放数据公开和厂区开放日，周边居民无投诉。

结束语

通过对垃圾焚烧发电自动控制系统的深入研究，我们认识到该系统在提高垃圾处理效率、保障电能稳定产出以及降低环境污染等方面的重要作用。随着智能化技术的不断进步，自动控制系统的性能将得到进一步提升，为垃圾焚烧发电行业带来更高效、更环保的解决方案。未来，我们将继续探索优化策略，推动技术创新，为实现垃圾处理行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]黄达.垃圾焚烧发电厂自动控制系统的设计与实现[J].自动化仪表,2020,(09):85-86.
- [2]王宗胜.自动燃烧控制系统在某垃圾焚烧发电项目的应用探讨[J].四川环境,2022,(10):104-105.
- [3]吕晓娟,李玉娜,梁东义.垃圾焚烧发电自动控制系统的研究与实现[J].内江科技,2022,(07):69-70.
- [4]张亚.垃圾焚烧发电自动控制系统的研究与实现[J].电子乐园,2022,(09):92-93.