

# 垃圾焚烧发电厂DCS系统燃烧优化控制策略研究

王萌 李惊宇 吴蔓菁 王乐骁 王宏宇

华能国际电力江苏能源开发有限公司南京电厂 江苏 南京 210036

**摘要:** 本文聚焦垃圾焚烧发电厂DCS系统燃烧优化控制。首先阐述垃圾焚烧过程特性及DCS系统控制现状,指出传统控制方式的不足。接着分析关键影响因素,涵盖垃圾进料、空气供给、炉膛温度和炉排运行参数。基于此,提出基于垃圾组分预判的进料优化、多变量协同的空气供给优化、炉膛温度动态补偿以及炉排运行参数联动优化控制策略。通过这些策略,可提升燃烧稳定性、效率和环保性,降低运行成本与污染物排放,为垃圾焚烧发电厂DCS系统优化提供理论支持与实践指导。

**关键词:** 垃圾焚烧发电厂; DCS系统; 燃烧优化; 控制策略

**引言:** 垃圾焚烧发电作为处理城市垃圾、实现能源回收利用的重要方式,其燃烧过程的稳定性与高效性至关重要。DCS系统在垃圾焚烧发电厂中承担着燃烧过程实时监测与控制的关键任务。然而,当前多数发电厂DCS燃烧控制采用传统PID算法,存在控制参数固定、变量间协同不足、缺乏预判与补偿等问题,难以适应垃圾组分动态变化,导致燃烧不稳定、效率低、污染物排放多。因此,深入分析垃圾焚烧DCS系统燃烧优化控制的关键影响因素,提出针对性的优化控制策略,对提升垃圾焚烧发电的稳定性、高效性和环保性具有重要意义。

## 1 垃圾焚烧燃烧过程特性及DCS系统控制现状

垃圾焚烧是一个复杂的物理化学过程,主要包括干燥、热解、燃烧和燃尽四个阶段,各阶段相互关联、相互影响,且受垃圾组分、进料速率、空气供给、炉膛结构等多种因素制约。垃圾组分的不确定性是影响燃烧过程稳定性的核心因素,不同种类垃圾的热值、含水率差异较大,即使是同一种类垃圾,其组分也会随时间发生波动,导致燃烧过程中热量释放不均匀,进而引发炉膛温度、烟气成分等参数的剧烈波动。

DCS系统在垃圾焚烧发电厂中主要承担燃烧过程的实时监测、逻辑控制与闭环调节功能,其控制范围涵盖垃圾进料、空气供给、炉膛温度、炉排速度、烟气处理等多个环节,通过分散控制、集中管理的模式,实现对整个燃烧过程的全方位调控。当前,多数垃圾焚烧发电厂DCS燃烧控制采用传统的PID控制算法,针对单一参数进行独立调控,如炉膛温度采用PID控制器调节炉排速度或燃料进料量,空气供给采用固定比例分配方式<sup>[1]</sup>。

这种传统控制方式存在明显不足:一是控制参数固定,难以适应垃圾组分的动态波动,当垃圾热值突变时,控制滞后明显,易导致炉膛温度超标或燃烧不完

全;二是各控制变量之间缺乏协同调控,如空气供给与炉排速度、进料量之间的匹配度不足,导致过量空气系数不合理,增加能耗的同时降低燃烧效率;三是缺乏对燃烧过程的预判与动态补偿,无法提前应对垃圾组分变化带来的干扰,控制精度难以满足高效燃烧的需求。

## 2 垃圾焚烧DCS系统燃烧优化控制的关键影响因素分析

### 2.1 垃圾进料参数

垃圾进料参数主要包括进料速率、进料均匀性以及垃圾的含水率、热值等,是影响燃烧过程稳定性的首要因素。进料速率过快,会导致炉膛内垃圾堆积,燃烧不充分,产生大量未燃尽物,同时增加炉膛负荷,导致温度骤升;进料速率过慢,则会导致炉膛热量不足,温度偏低,影响发电效率。进料均匀性不足会导致炉膛内局部垃圾浓度过高或过低,出现局部燃烧剧烈、局部燃烧不足的现象,加剧炉膛温度波动。此外,垃圾含水率过高会消耗大量热量用于水分蒸发,降低炉膛温度,影响燃烧效率;热值过低则需要增加进料量或辅助燃料,增加运行成本,而热值过高则可能导致炉膛温度超标,损坏设备。

### 2.2 空气供给参数

在垃圾焚烧发电的燃烧过程中,空气供给是不可或缺的关键要素,其各项参数对燃烧效果起着决定性作用。空气供给量需精准把控,若供给量匮乏,垃圾无法充分燃烧,会大量生成一氧化碳、碳黑等污染物,不仅严重污染环境,还会致使发电效率大幅降低。反之,若空气供给过量,会带走炉膛内大量热量,增加引风机的运行能耗,提高发电成本。而且,过量的空气会使炉膛内局部氧气浓度过高,在高温条件下,易促使烟气中氮氧化物浓度升高,加剧大气污染。空气供给方式主要分

为一次风与二次风。一次风从炉排下方送入，主要承担垃圾干燥以及促进底部燃烧的任务；二次风则在炉膛上部送入，用于补充氧气，确保未燃尽物能够充分燃烧。一次风与二次风的比例分配至关重要，若比例失调，会造成炉膛内氧气分布不均，部分区域氧气过剩，部分区域氧气不足，进而严重影响燃烧的稳定性和充分性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 炉膛温度参数

在垃圾焚烧发电的燃烧进程中，炉膛温度作为核心控制参数，对燃烧效果起着决定性作用。它不仅直接关乎垃圾的燃尽程度，还深刻影响着发电效率以及设备的运行安全。当炉膛温度过高时，会引发一系列不利后果。高温会加速炉膛内耐火材料的磨损与腐蚀进程，大幅缩短设备的使用寿命，增加设备维护与更换成本。而炉膛温度过低，垃圾无法充分燃烧，会导致未燃尽物排放量显著增加，降低垃圾转化为电能的效率，造成能源浪费。一般而言，垃圾焚烧的适宜炉膛温度范围处于850℃ - 1100℃之间。将炉膛温度稳定在这一区间，是DCS燃烧控制的核心任务之一。炉膛温度的波动受多种因素影响，如垃圾进料的均匀性与速率、空气供给量及方式、炉排运行速度等，需精准调控这些相关参数，才能实现炉膛温度的稳定控制。

### 2.4 炉排运行参数

炉排是垃圾焚烧的核心设备之一，其运行参数主要包括炉排速度、炉排倾角等，直接影响垃圾在炉膛内的停留时间与燃烧效果。炉排速度过快，会导致垃圾在炉膛内停留时间不足，燃烧不充分；速度过慢，则会导致垃圾堆积，影响炉膛通风，加剧局部过热现象。炉排倾角影响垃圾在炉排上的移动速度与分布均匀性，倾角过大，垃圾移动过快，停留时间不足；倾角过小，垃圾移动过慢，易造成堆积。因此，炉排运行参数的合理调控，是保障垃圾充分燃烧、炉膛温度稳定的重要支撑。

## 3 垃圾焚烧发电厂DCS系统燃烧优化控制策略

### 3.1 基于垃圾组分预判的进料优化控制

垃圾焚烧发电过程中，垃圾组分波动大是影响燃烧稳定性和效率的关键因素。为此，提出基于垃圾组分预判的进料优化控制策略，借助DCS系统实现垃圾进料的精准调控。（1）在垃圾进料环节，于进料口配置先进的在线监测装置，该装置可实时、精准地检测垃圾的含水率、热值等核心参数，并将监测数据迅速、稳定地传输至DCS控制中心。控制中心依据预设的复杂算法，对垃圾组分进行深度分析和预判，以此确定最为适宜的进料速率。（2）当在线监测数据显示垃圾热值偏高、含水率偏低时，意味着垃圾燃烧时释放的热量较多，若进料速

率过快，易导致炉膛温度超出设计范围，影响设备安全与运行稳定性。此时，DCS系统会自动适当降低进料速率，确保炉膛温度维持在合理区间。（3）当检测到垃圾热值偏低、含水率偏高时，垃圾燃烧难度增大，若进料速率不变，可能出现燃烧不充分的情况。此时，系统会适当提高进料速率，同时调整进料均匀性，保证炉膛内垃圾分布均匀，避免局部区域因垃圾堆积或分布不均而燃烧不足。（4）为进一步提升进料控制的精准性和稳定性，采用先进的变频控制技术。该技术可根据DCS系统的指令，实现进料速率的平滑、连续调节，有效减少进料波动对燃烧过程的干扰，为垃圾焚烧发电的稳定运行提供有力保障<sup>[3]</sup>。

### 3.2 多变量协同的空气供给优化控制

在垃圾焚烧发电厂运行中，传统空气供给控制方式存在参数匹配度欠佳的问题，难以实现燃烧过程的高效稳定控制。为此，提出多变量协同的空气供给优化控制策略，该策略综合考虑炉膛温度、烟气成分、垃圾进料等多方面参数，对一次风、二次风的供给量与比例进行动态精准调控。（1）DCS系统在整个控制过程中发挥着核心作用，它能够实时、精准地采集炉膛温度以及烟气中氧气、一氧化碳、氮氧化物等成分的浓度数据。基于这些丰富的数据，通过先进且复杂的算法进行深度计算与分析，从而得出最优的过量空气系数。这一系数是调整一次风与二次风供给量的关键依据。（2）在实际运行场景中，当DCS系统监测到炉膛温度偏低且一氧化碳浓度偏高时，这表明垃圾燃烧不充分，此时系统会自动增加一次风的供给量，强化对垃圾的扰动，促进垃圾的干燥与燃烧进程。而当炉膛温度偏高且氮氧化物浓度偏高时，意味着燃烧过程中可能出现了局部高温区域，导致氮氧化物大量生成。此时，系统会适当减少一次风的供给量，并精准调整二次风的比例，使炉膛上部的未燃尽物能够充分燃烧，同时有效降低氮氧化物的生成量。（3）为进一步提升燃烧效率，还会通过科学调整空气喷射角度，改善空气与垃圾的混合均匀性，确保燃烧反应能够更加充分、稳定地进行，从而实现垃圾焚烧发电厂的高效、环保运行<sup>[4]</sup>。

### 3.3 炉膛温度的动态补偿控制

在垃圾焚烧发电厂运行过程中，炉膛温度波动大且控制存在滞后性，这严重影响着焚烧效率和设备安全。为有效解决这些问题，提出炉膛温度的动态补偿控制策略，该策略融合PID控制算法与动态补偿算法，达成对炉膛温度的精准调控。（1）在传统PID控制架构的基础上，创新性地增设动态补偿模块。此模块能够综合考量

垃圾组分预判结果、空气供给参数以及炉膛温度的变化趋势等多方面因素。依据这些信息，提前对控制指令做出精准调整，从而有效减少控制滞后现象。例如，当通过垃圾组分预判系统得知垃圾热值即将升高时，动态补偿模块会提前发出指令，适当降低进料速率或者增加空气供给量，防止炉膛温度因垃圾热值升高而急剧上升；反之，当预判到垃圾热值将降低时，提前适当提高进料速率或者减少空气供给量，避免炉膛温度过低。（2）为进一步提升温度控制效果，对PID控制器的参数进行优化，采用自适应PID算法。该算法能够根据炉膛温度的实时波动情况，动态且实时地调整比例系数、积分时间与微分时间。通过这种自适应调整，显著提升了温度控制的精度和响应速度，确保炉膛温度能够稳定维持在适宜的范围内，为垃圾焚烧发电过程的高效、稳定运行提供坚实保障。

### 3.4 炉排运行参数的联动优化控制

在垃圾焚烧发电过程中，炉排运行参数的合理调控对燃烧效果起着关键作用。为进一步提升燃烧效率与稳定性，结合垃圾进料、炉膛温度等关键参数，提出炉排运行参数的联动优化控制策略，达成炉排速度、炉排倾角与其他燃烧参数的协同精准调控。（1）DCS系统作为整个控制体系的核心，承担着数据采集与联动调控的重任。它将进料速率、炉膛温度、烟气成分等重要参数与炉排运行参数紧密联动起来。具体而言，当进料速率增加时，为保证垃圾在炉膛内有足够的停留时间以实现充分燃烧，DCS系统会自动适当提高炉排速度，使垃圾能够按照合理的节奏在炉排上移动。若炉膛温度偏高，这可能意味着局部燃烧过于剧烈，此时系统会适当提高炉排速度，加快垃圾的移动，避免局部过热对设备造成损害。反之，当炉膛温度偏低时，系统会适当降低炉排速度，延长垃圾在炉膛内的停留时间，促进其充分燃烧，提高燃烧效率。（2）考虑到垃圾组分的波动对燃烧的影响，

系统会根据垃圾组分的变化动态调整炉排倾角。通过改变炉排倾角，优化垃圾在炉排上的分布状态，改善通风条件，使空气能够更均匀地与垃圾接触，从而提升燃烧效果。（3）通过炉排运行参数与其他燃烧参数的联动调控，实现了整个燃烧过程的协同优化，有效提高了垃圾焚烧发电的效率与稳定性，降低了运行成本与污染物排放<sup>[5]</sup>。

### 结束语

综上所述，通过对垃圾焚烧发电厂DCS系统燃烧优化控制策略的深入研究，从垃圾进料、空气供给、炉膛温度到炉排运行参数等多方面提出针对性的优化措施，有效解决了传统控制方式存在的诸多问题。这些策略的实施，不仅提高了垃圾焚烧的稳定性和燃烧效率，降低了运行成本，还显著减少了污染物的排放，对实现垃圾焚烧发电的绿色、高效、可持续发展具有重要意义。未来，随着技术的不断进步，还需进一步优化和完善这些控制策略，以更好地适应垃圾焚烧发电行业的发展需求，为我国的环境保护和能源利用做出更大贡献。

### 参考文献

- [1]李思凡.垃圾焚烧发电厂锅炉运行优化策略[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(7):073-076.
- [2]吴永新,孙丽娟,陈小燕,王浩.垃圾焚烧发电厂智能低碳转型路径研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(9):175-178.
- [3]刘珍妮.火电厂DCS控制系统优化研究与应用[J].新潮电子,2025(17):154-156.
- [4]徐锦祥,李聚涛.基于DCS的火电厂电气系统智能控制方法研究[J].大众科技,2025,27(2):84-86.
- [5]黄载东.基于DCS系统的氧化铝生产线工业自动化优化策略研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(5):121-125.