

基于节能减排的焚烧回转窑结构优化与燃烧技术创新研究

莫晓忠

浙江同力重型机械制造有限公司 浙江嘉兴 314000

【摘要】焚烧回转窑作为当前应用广泛的危险废物无害化处理设备，它的核心功能在于通过机械自动化操作实现危险废物的高效处理，避免环境污染。为进一步提升设备运行稳定性与危险废物处理效能，需从结构优化、燃烧技术创新展开研究，旨在显著提升回转窑焚烧工艺的作业水平，加强对于危险废物污染防治的能力并为基于节能减排的焚烧回转窑安全处置提供更加可靠的理论依据。

【关键词】节能减排；焚烧回转窑；结构优化；燃烧技术

Research on structure optimization and combustion technology innovation
of incineration rotary kiln based on energy saving and emission reduction

Mo Xiaozhong

Zhejiang Tongli Heavy Machinery Manufacturing Co., LTD., Jiaxing, Zhejiang 314000

【Abstract】 As a widely used equipment for the harmless treatment of hazardous waste, the core function of the rotary kiln incinerator lies in achieving efficient processing of hazardous waste through mechanical automation, thereby preventing environmental pollution. To further enhance the operational stability and efficiency of hazardous waste treatment, research should focus on structural optimization and combustion technology innovation. The aim is to significantly improve the operational level of rotary kiln incineration processes, strengthen the capability for hazardous waste pollution prevention and control, and provide more reliable theoretical support for the safe disposal of rotary kiln incinerators based on energy conservation and emission reduction.

【Key words】 energy saving and emission reduction; incineration rotary kiln; structure optimization; combustion technology;

在工业建设中焚烧回转窑处理技术显得愈发重要，它不仅事关生产建设的节能环保，更是生态工业可持续发展的基础。随着科技水平的不断提升，危险废物处理效率大幅提高，这得益于先进的设施和技术手段，使得我们能够轻松应对日益严苛的废物处理标准与挑战。因此，不断优化焚烧回转窑结构与燃烧技术创新，对于确保危险废物处理的安全性和有效性显得尤为重要。

一、焚烧回转窑处理的内涵

焚烧回转窑是一种通过高温处理固体废物的技术，其原理是将废物放置在旋转的窑体中，通过高温燃烧和氧化分解废物中的有机物质，最终得到热量和无害的固体废渣。这一技术被广泛应用于固体废物的处理中尤其是危险废物的处理领域。在高温无氧环境下的危险废物可以充分燃烧，减少了有机物质的排放，降低了环境污染，促进节能减排；处理过程中产生的热量可以用于加热窑体或者发电，因此可以实

现能量的回收利用；由于回转窑结构的特殊性，可以适应各种类型的危险废物，包括有机废物、无机废物、固体废物等；回转窑焚烧工艺在操作过程中，能够有效控制废物的接触时间和温度，确保了废物充分燃烧和分解。

二、焚烧回转窑处理技术的局限

高温焚烧会产生大量的烟气，其中可能含有有毒物质和臭气物质，如果排放不当会对周围环境和居民健康带来影响，一部分危险废物在高温环境下会产生有毒有害气体，需要进行有效的排放和处理。回转窑焚烧处理的废渣需要经过特殊的处理和处置，如果处理不当会对土壤和地下水造成污染。

三、开展危险废物焚烧回转窑的必要性

（一）环境保护的需要

随着工业生产越来越发达,工厂产生的危险废物不仅数量变多种类也更复杂。以前处理这些物品很难达到环保标准,可能会漏出有毒物质污染土壤、水或者空气。现在的焚烧回转窑设备在处理废物的原理与“高温消毒”十分相似,在窑炉里用很高的温度焚烧废物,让有毒有害的成分在高温下被分解破坏。比如一些化学毒素、塑料垃圾经过焚烧后,大部分污染物会被消解,剩下的残渣也基本没有毒性,变成可以安全处理的固体废渣。这样一来,既能减少污染物排放,又能把危险废物变成无害的东西,更符合现在环保的要求。

(二) 资源再利用的可能性

焚烧回转窑在处理废物的还可以回收利用热能,并将其用于加热窑体或者发电,因此是一种高效的资源再利用的方式。通过合理的处理和处置,废渣中的部分物质也可以得到有效的回收和再利用,进一步降低了资源的浪费。

(三) 减少对土地资源的浪费

传统的危险废物处理方式往往需要大量的土地用于垃圾填埋或者堆放,而这种方式有时不仅浪费了土地资源,同时也存在着地下水和土壤受到污染的风险。而通过焚烧回转窑,能够有效减少对土地资源的浪费,降低了对环境的影响。

四、焚烧回转窑结构优化

(一) 回转窑本体结构优化

回转窑焚烧炉最关键设备即为回转窑本体,因其是一种动态运转设备,对内衬结构设计要求较高,所以首先要确保耐火内衬在动态高温状态运行下整体内衬的稳定性,防止耐火砖掉砖、抽釜等问题。对于危废回转窑系统而言,由于转速比较慢,可以根据厂房设计和节能要求选择单层砖、双层砖、复合砖和整体浇注等不同结构。

(二) 焚烧系统的结构优化

在处理危险废物时可以利用“3T+1E”原则,通过控制四个关键因素,让有毒有害的物质被彻底分解。

1.温度(Temperature): 温度是最核心的因素,焚烧危险废物需要足够高的温度才能把有害物质“消灭”。一燃室设计温度是1000℃,实际运行时温度保持在850~1000℃,负责初步焚烧,把大块的危险废物烧分解成小块和烟气;二燃室设计温度更高,达到1300℃,运行时保持在1100℃左右,它的作用是“二次焚烧”,把一燃室烧出来的烟气里的有害物质再彻底烧一遍。

2.时间(Time): 温度的条件达标后,危险废物在高温里还要“待够时间”才能烧透,至少停留2秒以上。

3.扰动(Turbulence): 扰动就是让废物和空气在焚烧炉里充分混合。在回转窑里,通过搅拌、鼓风等方式让废物和氧气充分接触,燃烧才会更彻底,减少没烧完的有害物质(比如一氧化碳)。如果混合不均匀废物可能部分没烧透产生污染气体。

4.空气过剩系数(1E): 空气过剩系数就是控制“给氧量”的指标,氧气太少,废物烧不彻底会产生一氧化碳等有毒气体;氧气太多会浪费能源,还可能让燃烧产生的其他污染物(比如氮氧化物)变多,所以要根据废物的种类和燃烧情况,精准控制供风量,让氧气刚好够烧干净废物又不浪费。

(三) 回转窑尺寸和运转方式结构优化

在处理危险废物时,回转窑的“长径比”通常在3.4到4.2之间,设计尺寸要看“容积热负荷”,也就是窑内每立方米空间每小时能处理多少热量,热量高就需要容积大。首先我们先算清楚危险废物的“热值”,根据每天工作量算出每小时需要烧多少热量,再根据“容积热负荷”标准算出回转窑容积,最后用“长径比”算出具体的长度和直径。针对回转窑的运行参数优化,通常把倾斜角度在1°到3°之间,让危险废物能从高处慢慢滚到低处,一边滚动一边燃烧;转速优化为每分钟转1到5圈,转速越慢,废物在窑里停留时间越长,烧得越彻底;根据进料和鼓风的方式决定是正转还是反转,比如从左边进料就正转,从右边进料可能就反转,目的是让废物和空气充分混合。对于难度高的危险废物可以用“大长径比”和“低转速”,这样废物停留时间长,有足够时间烧透;针对难度低的危险废物,可以用“大倾斜角度”和“高转速”让废物快速通过回转窑,提高处理效率,同时避免温度过高烧坏设备。

(四) 耐火材料的优化

耐火材料是决定焚烧炉使用寿命的关键,所以在选择时,要选用耐磨性强、化学稳定性强、热稳定性强、高致密性的耐火材料,以有效抵御固体物料磨损、热气流冲刷、炉内化学侵蚀及温度波动对材料的破坏,同时降低酸性气体侵入钢制外壳引发腐蚀的风险。针对现在的耐火材料的优化方向,在危险废物焚烧工程中,可以对回转窑用耐火砖进行针对性选择与改进。例如,莫来石刚玉砖、高铝砖等可以作为备选材料,此外,回转窑耐火层可采用厚度为300mm的复合高铝砖,因为此材料兼具耐高温、耐腐蚀及耐磨性能,其中耐火层采用致密高铝耐火材料,隔热层采用轻质高铝耐火材料。两种材料通过压制一体成型并经高温烧结后,其线性变化系数基本一致,可确保在高温工况下不发生层间断裂,从而显著延长回转窑的使用寿命。在实际工程应用中,需根

据回转窑的具体工况和需求,选择合适的耐火材料进行搭配使用。

五、焚烧回转窑的燃烧技术创新

我国部分危废处理单位在焚烧处置危险废物时,由于缺乏对废物的分类研究,所以回转窑处理过程中常出现物料稳定性差、焚烧不均匀等问题,要想有效控制回转窑焚烧危废过程中烟气一氧化碳超标问题,一是要精准控制焚烧温度,为充分燃烧提供稳定热工环境;二是优化配风系统,保证燃烧过程中氧气供给充足,促进危废中碳元素充分氧化为二氧化碳,降低一氧化碳生成量;三是科学进行危废配伍,根据废物成分特性优化投料组合,在延长焚烧炉使用寿命的同时降低运行成本。

(一) 温度管理创新

回转窑的温度和进料量、物料特性(比如是固态还是液态、热量高低)、鼓风量都有密切关系。在实际操作中需要保证窑出口温度在850-950℃,如果温度低于850℃,可以启动窑头的燃烧器烧燃料,或者喷入高热值的液体来升温。由于危废毒性强,二燃室温度必须超过1100℃,这样才能把99.9%以上的有害物质烧掉,升温快慢会影响危险物质的分解效果,所以可以设计新型燃烧器,调整喷口的形状、数量和位置,让燃料和空气混合更均匀。

(二) 供风量管理

风量要根据处理量和物料成分来算,结合过剩空气系数计算总需氧量。在实际操作中可以先定一个基础风量,然后通过检测窑尾和锅炉出口的氧气浓度来微调,窑尾氧气浓度保持在2%-3%,二燃室保持在6%-10%,同时要严格检查回转窑有没有漏风,漏风少调风量才更准,设备运行才能稳定,如采用分级送风方式,合理分配一次风、二次风和三次风的比例和位置,控制燃烧过程中的氧气浓度,抑制氮氧化物生成;利用窑尾余热对助燃空气进行预热,提高空气温度,增强燃烧效果,降低能源消耗。

(三) 物料管理

科学的物料配伍是回转窑稳定运行及烟气达标的基础。在物料入窑前我们需详细检测固定碳、灰分、挥发分、水分等指标是否达标,同时在回转窑关键部位安装温度、压力、氧气浓度传感器,实时监测燃烧参数。

(四) 危废焚烧处置环节管理

在危废焚烧过程中一氧化碳超标问题主要还是集中在升温、降温及炉温不足的阶段。固体危废首先需要进入回转炉焚烧分解,热解烟气经专用气道进入二燃室再进行二次燃烧。回转窑内的温度需要维持在850℃以上,二燃室的温度需要控制在1100-1500℃,通过燃烧器助燃实现升温,当二燃室燃烧器功率不足以让回转窑的温度快速提升到1100℃时,这就需要我们启动回转窑柴油喷枪补充热量。

氧气浓度对一氧化碳生成也具有关键性影响。尽管在低温情况下氧气与碳的反应速率是比较低的,但回转窑运行的温度一般是高于900℃,此时二氧化碳的活性会普遍增强,如果窑内碳浓度较高而氧气却不足时,碳就会夺取二氧化碳中的氧元素来生成一氧化碳。因此在实际操作中需确保燃烧过程中的氧气完全充足,使碳与氧气的燃烧反应速率显著高于碳与二氧化碳的还原反应速率。同时由于危废成分复杂,低热值物料还需借助辅助燃烧设备才能实现完全分解,这几种就会显著增加成本;高热值物料则需配套冷循环设备控制窑温,以避免影响炉体使用寿命。所以可以通过控制温度、风量、物料搭配和焚烧过程这四个关键环节,让危险废物烧得干净、少产污染,同时保证设备稳定、节能省钱,让回转窑处理危废更安全、更高效,符合节能减排的要求。

总结

综上所述,经过对回转窑焚烧的深入剖析,我们了解了回转窑焚烧炉的定义、局限、必要性。同时,也探讨了回转窑结构优化与燃烧技术创新研究等关键环节。我们有理由相信,在技术人员的合理运用下,回转窑焚烧工艺将在工业领域得到更广泛的推广和应用,促进节能减排,为我国的社会建设事业贡献更多力量。

参考文献

- [1]付宗利,姚润泉.回转窑窑头密封改造[J].中国水泥,2023(4):75-76.
 - [2]欧阳宇,关宏志,于浩,等.石灰回转窑优化燃烧的分析与对策[J].冶金能源,2024,43(1).
 - [3]尹旭龙.回转窑窑尾密封装置优化改造[J].水泥工程,2024(5):70-72.
- 作者简介:莫晓忠,出生年月:1983.11,男,籍贯:浙江桐乡,学历:本科。