

套筒窑热效率提升的关键技术与实践探索

肖磊

中国石化长城能源化工(宁夏)有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 套筒窑作为先进的石灰生产技术,其热效率的提升对于节能减排具有重要意义。本文通过分析套筒窑的结构与工作原理,探讨了影响其热效率的关键因素,并提出了燃烧条件优化、循环气体控制技术及耐火材料选择与应用等关键技术。结合实践探索与案例分析,验证了这些技术在提高套筒窑热效率方面的有效性,为石灰生产行业的可持续发展提供了有力支持。

关键词: 套筒窑热效率提升;关键技术;实践

引言: 套筒窑作为石灰煅烧的关键设备,其热效率直接影响生产成本与环境效益。随着环保要求的提高和能源价格的上涨,提升套筒窑热效率成为行业关注的热点。本文旨在探讨套筒窑热效率提升的关键技术,结合实践经验,分析并验证各项优化措施的有效性,以期为实现石灰生产的绿色高效转型提供科学依据和技术支持。

1 套筒窑的结构与工作原理

1.1 套筒窑的结构组成

套筒窑主要由筒体、回转机构(尽管在描述中未直接提及回转,但套筒窑的结构与某些回转设备有相似之处,主要体现在内筒的冷却和物料移动上)、燃烧装置、冷却装置及烟气处理设备等部分组成。筒体是套筒窑的核心部分,由内、外两个同心的套筒组成。外套筒由钢板卷成,内衬耐火材料。内筒分为上、下两部分,均为双层钢板构成的圆柱形箱体,箱体内外两侧均砌有耐火砖,并通入冷却空气以防止高温变形。燃烧装置设在窑体中部,分为上、下两层燃烧室,通过耐火砖砌筑的拱桥与内筒相连。冷却装置则主要由内筒冷却风机提供冷却空气。烟气处理设备则负责处理燃烧产生的废气。

1.2 套筒窑的工作原理

(1) 逆流煅烧与并流煅烧。石灰石等物料从窑顶进入,首先经过预热带预热。然后,物料进入上部煅烧带,在这里,从上燃烧室来的未完全燃烧的热气体使石灰石进行分解。接着,物料进入中部煅烧带,与从下燃烧室分流出来的热气体逆流煅烧而继续分解。最后,在下部煅烧带,物料与从下燃烧室分流出来的热气体并流煅烧而完全分解成石灰。这种逆流与并流相结合的煅烧方式,保证了物料的充分燃烧和分解。(2) 循环气体的形成与作用。套筒窑内形成了循环气体,这主要是通过燃烧产生的高温烟气、冷却空气以及窑内负压的作用来实现的。循环气体不仅提高了热量的利用率,降低了能

耗,还保证了煅烧过程的稳定和高效。通过控制循环气体的流量和温度,可以实现对煅烧过程的精确控制,从而生产出高质量的石灰产品^[1]。

2 套筒窑热效率影响因素分析

2.1 燃料与空气的混合质量

(1) 燃料供给量与空气配比。燃料供给量与空气的配比是影响套筒窑燃烧效率的关键因素之一。适量的燃料供给与空气混合,可以确保燃料充分燃烧,释放出最大的热能。如果燃料供给过多而空气不足,会导致燃料不完全燃烧,产生大量一氧化碳等有害气体,降低燃烧效率;反之,如果空气过多而燃料供给不足,则会带走大量热量,同样降低热效率。因此,精确控制燃料供给量与空气配比,是实现高效燃烧的基础。(2) 混合速度与燃烧效率的关系。燃料与空气的混合速度对燃烧效率也有重要影响。混合速度越快,燃料与空气越能充分混合,燃烧反应越迅速,燃烧效率越高。在套筒窑中,燃烧器的结构和参数会直接影响混合速度。通过优化燃烧器设计,提高混合速度,可以有效提升燃烧效率,降低能耗。

2.2 窑内温度分布

(1) 温度场的实时监测与分析。窑内温度分布是影响燃烧效率的重要因素。通过实时监测窑内温度场,可以了解温度分布是否均匀,是否存在局部过热或过冷现象。温度分布不均匀会导致燃烧不充分,热能利用率降低。因此,对窑内温度进行实时监测与分析,及时调整燃烧参数,是实现高效燃烧的关键^[2]。(2) 温度分布对燃烧效率的影响。窑内温度分布均匀性对燃烧效率有直接影响。温度分布均匀时,燃料能够均匀受热,燃烧反应更充分,热能利用率更高。相反,温度分布不均匀会导致燃料局部过热或过冷,燃烧不充分,降低燃烧效率。因此,优化窑内温度分布,提高均匀性,是实现高

效燃烧的重要途径。

2.3 烟气成分与排放

(1) 烟气中污染物含量与燃烧效率的关系。烟气中污染物含量是衡量燃烧效率的重要指标之一。燃料不完全燃烧时,会产生大量一氧化碳、二氧化硫等有害气体,这些气体的含量越高,说明燃烧效率越低。通过降低烟气中污染物含量,可以反映燃烧效率的提升。因此,优化燃烧过程,减少污染物排放,是实现高效燃烧和环保生产的关键。(2) 烟气排放对环境的影响。烟气排放不仅影响燃烧效率,还对环境产生重要影响。大量有害气体的排放会加剧空气污染,对人类健康和生态环境造成威胁。因此,加强烟气处理,减少污染物排放,不仅是提升燃烧效率的需要,也是保护环境、实现可持续发展的必然要求。

3 套筒窑热效率提升的关键技术

3.1 燃烧条件优化

燃烧条件的优化是提高套筒窑热效率的基础。合理的燃料与空气配比、进气速度和氧含量的调整,以及实验与数值模拟的应用,都能显著提高燃烧效率。(1) 燃料与空气配比的优化。燃料与空气配比是影响燃烧效率的关键因素之一。在套筒窑中,燃料的完全燃烧需要适量的空气。配比过低会导致不完全燃烧,生成大量的一氧化碳和未燃尽的燃料;配比过高则会带入过多的空气,降低窑内温度,并增加热损失。通过实验和数值模拟,可以确定最佳的燃料与空气配比,通常这一比例在1:2.2左右。在实际操作中,应根据燃料的种类、质量和性质,灵活调整配比,以达到最佳的燃烧效果。(2) 进气速度与氧含量的调整。进气速度和氧含量也是影响燃烧效率的重要因素。在套筒窑中,燃料与空气需要充分混合才能完全燃烧。较低的进气速度会导致氧气供应不足,影响燃烧效果;较高的进气速度则会使燃烧不稳定,并增加热损失。实验结果表明,最佳的进气速度为5m/s,此时燃烧效率最高,烟气排放量最低。氧含量也需要控制在合适的范围内。在燃烧过程中,氧气是氧化燃料的重要氧化剂,但过高或过低的氧含量都会对燃烧效率产生负面影响。研究表明,最佳的氧含量范围为3%~5%。在这一范围内,可以实现燃料的完全燃烧,同时减少烟气的排放^[3]。(3) 实验与数值模拟的应用。实验与数值模拟是研究燃烧条件优化的重要手段。通过在窑炉内部布置多个温度传感器和烟气分析仪,可以实时监测窑炉内部的温度场和烟气成分,判断燃烧过程的稳定性和燃烧效率。通过数值模拟,可以进一步探讨不同燃烧参数对窑炉内部温度分布、烟气成分、燃烧效率

等因素的影响,得出最优的燃烧条件。

3.2 循环气体控制技术

循环气体控制技术的改进也是提高套筒窑热效率的关键。通过优化驱动风系统、喷射器结构和截流旋风分配器的设计,可以更有效地控制循环气体的温度和流速,从而提高燃烧效率。(1) 驱动风系统的改进。驱动风系统是控制循环气体流速和温度的重要装置。在套筒窑中,循环气体的温度必须保持恒定,以保证石灰的煅烧质量。通过改进驱动风系统,可以实现更精确的温度控制。例如,通过调整下部内筒体冷却空气导管出口的蝶阀,可以控制冷却空气导管的温度,防止其超过400℃。(2) 喷射器结构的优化。喷射器的结构对循环气体的分布和混合效果有重要影响。优化喷射器结构,可以提高循环气体的混合均匀性,使其更好地与燃料和空气混合,从而提高燃烧效率。例如,采用新型的高效喷射技术,可以有效提高喷射效率,减少系统热耗,并解决喷射器内的结垢难题。(3) 截流旋风分配器的设计与应用。截流旋风分配器是一种有效的气体分配装置,可以实现循环气体的均匀分配。通过设计和应用截流旋风分配器,可以使循环气体更好地分布在窑内,避免局部过热或温度不均的问题,从而提高燃烧效率和石灰质量。

3.3 耐火材料的选择与应用

耐火材料的选择与应用对套筒窑的使用寿命和热效率具有重要影响。通过合理选择和应用耐火砖,可以提高窑炉的稳定性和耐久性,同时减少热损失。(1) 耐火砖的种类与性能。套筒窑中常用的耐火砖包括镁质耐火砖、镁铬质耐火砖、镁钙质耐火砖、铝镁质耐火砖和硅酸盐耐火砖等。这些耐火砖具有不同的高温性能、抗侵蚀能力和机械强度,适用于不同的工作区域。例如,镁质耐火砖适用于高温区域,镁铬质耐火砖适用于烧成带,硅酸盐耐火砖适用于低温区域。(2) 耐火砖在套筒窑中的应用。耐火砖在套筒窑中的应用不仅关乎窑炉的寿命,还直接影响到生产效率和产品质量。在套筒窑的筒体中,耐火材料通常由内至外由多层构成,包括节能砖、耐火砖、釉面砖和陶瓷涂料等。这些材料共同保护筒体免受高温和震动的损伤,同时减少环境污染^[4]。(3) 耐火砖坍塌问题的解决措施。耐火砖的坍塌是套筒窑大规模普及面临的主要挑战之一。特别是拱桥部的耐火砖坍塌,会严重缩短窑炉的正常使用寿命,增加维护成本。为解决这一问题,可以采用镁铝尖晶石砖或高抗磨浇注料等新材料,提高耐火砖的抗磨性和抗侵蚀性。同时,加强与用户的沟通,根据具体使用环境和要求,定制合适的耐火材料解决方案,也是解决耐火砖坍塌问

题的关键。

4 实践探索与案例分析

4.1 技术改造案例

4.1.1 首钢长钢500t/d贝肯巴赫环形套筒竖窑的技术改造

首钢长钢500t/d贝肯巴赫环形套筒竖窑是石灰生产的重要设备。为了提高其热效率和生产效率，该窑炉进行了一系列技术改造。改造前，窑炉存在循环气体分布不均、燃料燃烧不充分等问题，导致石灰煅烧质量不稳定，能耗较高。针对这些问题，技术人员对窑炉的驱动风系统、喷射器结构和循环气体通道进行了优化。改造后，窑炉的循环气体分布更加均匀，燃料燃烧更加充分，石灰煅烧质量得到了显著提升。同时，通过优化燃烧条件，减少了不完全燃烧产生的一氧化碳等有害气体，降低了环境污染。

4.1.2 改造前后的指标对比与效果分析

通过对改造前后的指标进行对比，可以清晰地看出技术改造的效果。改造前，窑炉的热耗较高，单位产品燃料消耗量较大，石灰活性度不稳定。改造后，窑炉的热耗显著降低，单位产品燃料消耗量减少，石灰活性度稳定在较高水平。此外，改造后的窑炉在稳定性、可靠性和耐久性方面也有了显著提升。窑炉的运行周期延长，故障率降低，维护成本减少。这些改进不仅提高了生产效率，还降低了生产成本，为企业带来了显著的经济效益。

4.2 燃烧条件优化的实践应用

4.2.1 不同燃烧参数下的燃烧效果测试

为了确定最佳的燃烧条件，技术人员在不同燃烧参数下进行了燃烧效果测试。测试内容包括不同燃料与空气配比、进气速度和氧含量下的燃烧效率、烟气成分和温度分布等。测试结果表明，当燃料与空气配比控制在一定范围内，进气速度和氧含量调整至最佳值时，燃烧效率最高，烟气排放量最低，温度分布最均匀。这些参数为后续的燃烧条件优化提供了有力的数据支持。

4.2.2 最佳燃烧条件的确定与应用

根据测试结果，技术人员确定了最佳的燃烧条件，并将其应用于实际生产中。通过调整燃料供给量、空气流量和进气速度等参数，实现了燃料的完全燃烧和石灰的高质量煅烧。实践应用表明，最佳燃烧条件的确定与

应用显著提高了窑炉的热效率和石灰质量。同时，通过减少不完全燃烧产生的有害气体和烟气排放量，降低了环境污染。

4.3 耐火材料应用的实践探索

4.3.1 镁铝尖晶石砖与高抗磨浇注料的应用

为了提高套筒窑的耐久性和抗侵蚀性，技术人员引入了镁铝尖晶石砖和高抗磨浇注料等新型耐火材料。这些材料具有优异的高温性能、抗热震性和抗侵蚀性，能够有效保护窑炉的筒体和拱桥部不受高温和震动的损伤。实践应用表明，镁铝尖晶石砖和高抗磨浇注料的应用显著提高了窑炉的稳定性和耐久性。窑炉的运行周期延长，故障率降低，维护成本减少。同时，这些新型耐火材料还提高了石灰的质量和煅烧效率。

4.3.2 定制耐火材料解决方案的实践

针对套筒窑的具体使用环境和要求，技术人员与耐火材料厂家合作，定制了适合的耐火材料解决方案。通过深入了解窑炉的结构和工作原理，以及对耐火材料的性能和特性的深入了解，技术人员能够为用户提供最佳的耐火材料选择、应用和维护建议。定制耐火材料解决方案的实践表明，这种合作方式能够为用户提供更加专业、高效和个性化的服务。通过优化耐火材料的选择和应用，进一步提高了窑炉的稳定性和耐久性，降低了生产成本和维修成本。

结束语

综上所述，套筒窑热效率的提升是一个系统工程，涉及燃烧条件优化、循环气体控制、耐火材料选择与应用等多个方面。通过实践探索与案例分析，我们验证了这些关键技术是提高套筒窑热效率方面的显著效果。未来，随着技术的不断进步和创新，套筒窑的热效率还将进一步提升，为石灰行业的可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]王基恩.套筒窑热效率提升的技术路径与实践[J].耐火材料,2021,(02):23-24.
- [2]陈明.套筒窑热效率提升的节能技术研究[J].节能技术,2020,(06):59-60.
- [3]李大伟.套筒窑热效率提升的关键技术及应用[J].工业炉,2021,(03):29-30.
- [4]张磊.套筒窑热效率提升的技术创新与实践[J].耐火与石灰,2020,(03):17-18.