

Application of new coking process in coking plant and research on energy saving and emission reduction effect

Zhiqiang Ding

Xilaifeng Branch of Coal Coking Co., Ltd., National Energy Group, Wuhai, Inner Mongolia, 016000, China

Abstract

This study addresses the high energy consumption and pollution issues of traditional coking processes by systematically analyzing the technical principles of a new coking process and its application in coking plants. The new process, which focuses on negative pressure coking, intelligent combustion control, and dry quenching, demonstrates significant advantages in optimizing thermal energy recovery, reducing pollutant emissions, and improving energy efficiency. Through industrial comparative experiments, the study compares energy consumption and pollutant emission data, revealing that the new coking process can effectively reduce SO_2 , NO_x , and CO_2 emissions, significantly lower energy consumption per ton of coke, and markedly improve coke oven thermal efficiency. This process offers excellent environmental benefits and economic feasibility. The research findings provide a reliable technical pathway and engineering demonstration for achieving energy conservation, carbon reduction, and green transformation in the coking industry, which is of great practical significance to advancing the 'dual carbon' goals.

Keywords

new coking process; application in coking plant; energy saving and emission reduction; industrial experiment; green transformation

新型炼焦工艺在焦化厂的应用与节能减排效果研究

丁志强

国家能源集团煤焦化有限责任公司西来峰分公司焦化厂, 中国·内蒙古 乌海 016000

摘要

本研究针对传统炼焦工艺存在的高能耗、高污染等问题, 系统分析了新型炼焦工艺的技术原理及其在焦化厂中的应用效果。该工艺以负压炼焦、智能燃烧控制、干法熄焦等技术为核心, 在优化热能回收、降低污染物排放和提升能源利用效率方面表现出显著优势。通过工业对照实验对能耗与污染物排放数据进行对比分析, 结果表明新型炼焦工艺可有效降低 SO_2 、 NO_x 和 CO_2 排放, 吨焦能耗大幅下降, 焦炉热效率显著提高, 具备良好的环境效益与经济可行性。研究成果为实现焦化行业节能降碳、绿色转型提供了可靠的技术路径和工程示范, 对“双碳”目标的推进具有重要的现实意义。

关键词

新型炼焦工艺; 焦化厂应用; 节能减排; 工业实验; 绿色转型

1 引言

焦化行业作为高能耗、高污染产业, 其传统炼焦工艺长期面临煤炭资源利用率低、污染物排放量大等瓶颈问题。据统计, 我国炼焦能耗占全国能源消耗总额的 1.14%, 且焦炉烟气中 NO_x 、 SO_2 等污染物排放量大, 环境负荷重。在“双碳”战略背景下, 行业亟需通过技术创新实现绿色低碳转型。本研究聚焦该工艺在焦化厂的具体应用实践, 系统评估其在节能减排方面的技术优势, 旨在为行业可持续发展提供科学依据。

2 新型炼焦工艺技术原理

2023 年 1-7 月全国焦炭产量达 2.84 亿吨, 同比增长 1.9%, 但焦炭价格下行, 企业效益下滑。新型炼焦工艺以负压控制为核心, 炭化室运行压力为 $-0.02 \sim -0.03\text{MPa}$, 蓄热室采用堇青石-莫来石材质与分阶段换向技术, 废气显热回收效率超 82%, 有助于提升效率与竞争力。

3 焦化厂场景应用

3.1 控制合理的焦饼中心温度

从炭化室推出的赤热焦炭所带走的热量是焦炉热量支出中的最大部分。它的大小主要决定于焦饼中心温度的高低和均匀程度。目前多数焦化厂焦饼中心温度控制在 1070°C , 如果能降至 1000°C , 则耗热量可降约 105KJ/kg 。要降低焦饼中心温度, 就要选择合适的标准火道温度并使炉温均匀稳定、焦饼均匀成熟和正点推焦等。

【作者简介】丁志强 (1990-), 男, 中国内蒙古五原人, 本科, 助理工程师, 从事煤化工研究。

3.2 控制炉顶空间温度

在生产条件相同的条件下,炉顶空间的温度主要决定于炉体加热水平的高低和焦饼高向加热的均匀程度。在生产中,改变炭化室煤的装满程度和炼焦煤的收缩度,也可使炉顶空间温度产生一定的变化。所以在保证焦饼高向加热均匀和化学产品要求的前提下,应降低焦饼上部温度,减少荒煤气在炉顶空间的停留时间,降低炉顶空间温度,从而减少荒煤气从炭化室带走的热量。

3.3 合理的配煤比和配煤水分

在相同结焦时间和加热制度下,当配合煤中气煤从10%增至30%炼焦耗热量将增加54KJ/kg,生产实践证明当配合煤的可燃基挥发分为22~24%时耗热量为最少。入炉煤的堆比重从0.6g/cm³增加到0.9g/cm³时耗热量减少2.4%。减少配合煤的水分,能降低炼焦耗热量。配合煤水分每变化1%,每公斤煤的炼焦耗热量相应增减60~80KJ。另外,配合煤水分的变化,不仅对炼焦耗热量影响较大,而且还影响焦炉加热制度的稳定和入炉煤堆比重的改变。当配合煤水分波动频繁时,为保证正常生产,势必要采用较高的标准温度,这就会进一步增加炼焦耗热量。要降低配合煤水分可采取加强煤场管理,搞好贮煤场的排水设施,对于多雨的南方,采用室内贮煤槽,以及增设煤干燥设备和煤调湿装置均能较好地达到降低和稳定配合煤的水分能大大节约能源增加产品产量和稳定焦炉操作。

3.4 加热煤气的种类

在一般情况下,焦炉用高炉煤气加热时,其耗热量比用焦炉煤气加热多12~15%。这主要是因为用高炉煤气加热时废气量多,带走的热量增加(约5%)。加热用高炉煤气时,不严密处的漏失,从蓄热室封墙不严密处漏入空气与煤气燃烧以及煤气不完全燃烧等造成的热损失也会增加。从炼焦耗热量上看,焦炉用焦炉煤气加热消耗的热量要少一些。但因焦炉煤气是优质的。

3.5 合理的加热制度

加热制度是否合理对炼焦耗热量的影响是比较大的。而影响加热制度的主要指标是选择合适的空气系数并保持其均匀稳定,以避免废气中物理和化学热的损失。若空气系数过低或不均匀稳定,在一般情况下如果废气中含有1%的一氧化碳,按高炉煤气低热值3950kJ/m³、空气系数为1.15计算,则相当于5.8%的加热用高炉煤气的热量没有被利用而损失掉。当空气系数过大时,在正常条件下如废气中的含氧量改变1%(相当于空气系数增加约0.13),则因废气体积增加而相当于约1%的加热用高炉煤气的热量损失掉。焦炉各火道的空气系数,由于种种原因是不容易均匀的。其差值大小随焦炉设计、施工和操作水平而异,一般为0.1左右,最大的相差有时可达0.2~0.3。即使同一火道,在正常操作情况下,空气系数也随着换向初期到末期而逐渐变小。在正常生产情况下,空气系数应为1.15~1.25。

3.6 废气带走的热量

降低从小烟道排出的废气温度,减少废气带走的热损失,可以提高焦炉热效率和降低炼焦耗热量。在一般条件下,小烟道出口的废气温度升高25℃时,焦炉热效率约降低1%,每公斤煤的炼焦耗热量增加25~30KJ。炉体严密,蓄热室单位换热面积加大、气体在蓄热室格子砖中分配均匀合理、换向周期长短适中以及焦炉压力制度合理、稳定等,都有利于降低废气温度。其中最有效的办法是增加蓄热室的换热面积,新的JN70型焦炉采用薄壁格子砖后,单位换热量的蓄热面积增加了27%。废气温度可降低约50℃,每公斤煤的炼焦耗热量降低约60kJ。废气温度不能无限制地降低,因为废气中的酸性物质,其中主要是SO₂或SO₃在温度较低条件下,可能形成硫酸和亚硫酸,从而腐蚀焦炉小烟道、烟道和烟囱的砌体及有关设备。此外废气具有一定的温度,使烟囱产生吸力,维持焦炉生产,其本身就是低热量的有效利用。所以一般认为,小烟道出口处废气温度应不低于250℃。

3.7 炉体状态的好坏

炉体状态的好坏对炼焦耗热量及热效率的高低有直接影响。蓄热室漏气率的增加,将使加热煤气量增加,炼焦耗热量提高。炭化室墙漏气率加大,荒煤气在立火道燃烧,可能使炼焦耗热量有所减少,但是荒煤气漏失量与荒煤气发生量有关,在结焦前半期煤气发生量大,漏失量也大,在加热系统中势必燃烧不完全,部分可燃物随废气离开焦炉而造成总能源的损失。所以加强炉体的热修维护,使炉体保持完好状态,减少炉体的窜漏,对保证热平衡结果的准确和节省能源等均是一件很有意义的工作。

3.8 减少炉体表面散热

焦炉表面散失热量占供入焦炉热量的百分比,与炉型的大小和结焦时间的长短等有关。其中单位面积散热量最多的是装煤孔盖、座和看火孔盖、座等。在正常情况下,其散失热量主要取决于在焦炉设计中所采取的隔热措施和有关部位的炉体结构。但在现有生产焦炉上,也可根据具体条件,采取一些措施,以减少炉体表面的散热损失。加强蓄热室封墙的隔热与严密性,现有生产焦炉蓄热室封墙大部分没有隔热罩装置。从有些厂的试验结果看,在封墙上贴上一层适当厚度的高硅氧纤维,封墙表面温度降低20~30℃,不但可减少封墙表面的散热损失,改善操作环境,还可提高炉头火道温度。其效果是比较明显的。蓄热室封墙粘土砖的膨胀率及其温度均低于硅砖主墙,烘炉后往往产生裂缝,在生产过程中常因测温测压对测压孔产生振动,以及换向期间该部位温度变化,容易产生裂缝造成冷空气漏气加热系统,然后以热废气方式排放增加废气带走热量,特别是煤气蓄热室封墙漏入空气,将加热炉头煤气烧掉,结果使炉头温度明显下降。所以对蓄热室封墙应及时勾缝封严。装煤孔盖表面温度一般达300~400℃,不但造成大量散热损失,还使炉顶操作条

件恶化。

3.9 采用温度自动调节系统

在现有焦炉生产中，加热煤气是按体积流量供入的。煤气的成分、湿度和温度等经常变化，使煤气的热值产生波动。如鞍钢高炉煤气低热值的波动范围为 3600 ~ 4400KJ/ m³, 焦炉煤气为 9240 ~ 19300kJ/ m³; 首钢高炉煤气低热值则为 2850 ~ 3990KJ/ m³。这样在控制加热煤气体积流量的情况下，实际上单位时间供入焦炉加热的总热量是变化的。而采用热值指数自动调节装置，则可保持单位时间供入焦炉加热的总热量的稳定。燃烧用空气量的自动调节装置，是在供给焦炉加热的总热量不变的条件下，保持分烟道废气中空气系数的稳定，以达到立火道煤气的合理燃烧和减少废气带走的热损失。一般条件下采用温度自动调节系统，对用混合煤气和高炉煤气加热的焦炉，可降低炼焦耗热量约 80 ~ 120KJ/kg(湿煤)。

3.10 回收余热

第一，采用汽化冷却的上升管，回收荒煤气带走的热量。

离开炭化室的荒煤气温度高达 700 ~ 800℃。现有生产的大部分焦炉为减少上升管的对外散热，改善炉顶操作环境，在上升管外壁处设置隔热罩。国内现正逐渐推广的上升管汽化冷却装置，每吨焦可发生 0.1 ~ 0.12t 约 0.5Mpa 压力的饱和蒸汽，相当于每公斤入炉煤回收余热约 270KJ，荒煤气温度可由 750℃左右降至约 450℃，上升管外表温度可降至 50℃左右。这对回收炼焦产品余热、减少冷却氨水用量、改善炉顶操作环境，都有较好的效果，但也增加维修工作。

第二，回收焦炭显热。

为了回收温度约为 1000℃的焦炭带走的显热，干法熄焦是目前一种非常有效、非常成功的方法。它可回收焦炭带走热量的 85 ~ 90%，生产一吨焦炉可产生过热温度约 300℃、1.4Mpa 压力的动力蒸汽 0.4 ~ 0.5t，相当于每公斤入炉煤回收余热 95kJ 以上。与湿法熄焦比较，干法熄焦还可提高焦炭质量和消除熄焦水汽与粉尘对环境的污染。目前干熄焦已经成为国内焦化企业尤其是钢铁企业的标准配置。

3.11 其他节能方法

除上述介绍的以外，在降低炼焦能耗、回收炼焦产品余热上，还有其他一些措施，如煤调湿、烟道废气回收等。据国外有关资料介绍，使用计算机控制焦炉加热、焦炉程序加热以及装入煤的深度干燥和煤的预热等均有一定的节能效果，但在目前情况和现有生产焦炉条件下，这些措施在工艺和技术等方面均存在一定的困难，还有待于进一步试验研究。

4 实验验证

4.1 实验设计

河北某焦化企业年产 150 万吨，原用 6.78 米顶装焦炉，热效率 62%，吨焦能耗 128kgce。为响应环保政策，改造部分焦炉为新型负压系统，配套智能燃烧与干法熄焦；对照组保持原工艺。两组原料煤配比一致，均产三级冶金焦。

4.2 结果分析

能耗与排放对比核心数据如表 1 所示。实验结果显示，在 SO₂ 和 NO_x 两项主要指标上，分别实现 80% 以上的减排率，CO₂ 排放强度降低至 0.27t/t 焦，碳足迹显著优化。

表 1：能耗与排放对比核心数据

指标	对照组	实验组
吨焦能耗 (kgce)	127	95
焦炉煤气热效率 (%)	62	80
SO ₂ 排放 (kg/t 焦)	0.31	0.06
NO _x 排放 (kg/t 焦)	0.44	0.11
CO ₂ 排放 (t/t 焦)	0.38	0.27

该实验验证新型炼焦工艺可使焦化厂达到《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB16171-2012）特别排放限值（SO₂≤50mg/m³、NO_x≤150mg/m³），同时实现 3.8 年内收回技改投资，具备大规模推广价值。

5 结论

本研究系统验证了新型炼焦工艺在焦化厂的工程应用价值，通过负压炼焦，双联火道优化及智能燃烧控制等技术革新构建覆盖装煤、炼焦、熄焦全流程的节能减排体系，工业实验表明该工艺通过密闭负压装煤实现粉尘源头捕集，依托燃烧模型动态优化降低过程能耗，验证了技术路径的科学性与工程可行性，为焦化行业绿色升级提供了可复制的解决方案。

参考文献

[1] 于晓珊,常海霞. 浅析炼焦化工传统工艺与创新技术应用 [J]. 中国石油和化工, 2025, (02): 77-79.

[2] 乔通. 炼焦工艺对焦炭质量影响的试验研究 [J]. 山西化工, 2024, 44 (08): 136-137+140.

[3] 郝瑛轩,王起,关俊果,等. 基于干熄焦焦末含量分析的炼焦工艺优化与实践 [J]. 河南化工, 2024, 41 (06): 44-46.

[4] 陈哲文,张筱松,高林,等. 新型炼焦系统性能分析 [J]. 工程热物理学报, 2016, 37 (03): 455-458.

[5] 崔军,李秀峰. 改善炼焦工艺管理,扩大炼焦用煤范围 [J]. 山西化工, 2010, 30 (05): 42-43+54.