

# 焦化厂干熄焦与湿熄焦工艺节能减排及环保效果的对比分析

马丽丽

国家能源集团煤焦化有限责任公司

DOI：10.12238/jpm.v5i7.7015

[摘要] 在现有的炼焦工艺中，干熄焦和湿熄焦是两种常用的熄焦灭焦方法。对于焦化厂来说，湿熄焦工艺流程简单，设备占地少，易操作，但能耗高，环境污染大，焦炭质量差。干熄焦因其显热回收、绿色环保和改善焦炭质量等优势，是当前熄焦技术发展的重要方向。而如何采取更好的措施减少污染物排放、低碳节能一直是人们关心的课题，文章通过对干熄焦和湿熄焦在焦炭品质、空气污染和回收热能等方面的比较，认为干熄焦更加适合我国焦化产业发展。

[关键词] 干熄焦，湿熄焦，焦炭质量，有害元素，显热回收

## Comparative analysis of energy-saving, emission reduction, and environmental protection effects between dry quenching and wet quenching processes in coking plants

Ma Lili

National Energy Group Coal Coking Co., Ltd

[Abstract] In existing coking processes, dry quenching and wet quenching are two commonly used methods for quenching and extinguishing coke. For coking plants, the wet quenching process is simple, requires less equipment space, is easy to operate, but has high energy consumption, significant environmental pollution, and poor coke quality. Dry quenching is an important direction for the development of quenching technology due to its advantages in sensible heat recovery, green environmental protection, and improving coke quality. How to take better measures to reduce pollutant emissions and achieve low-carbon energy conservation has always been a concern for people. This article compares dry quenching coke and wet quenching coke in terms of coke quality, air pollution, and heat recovery, and believes that dry quenching coke is more suitable for the development of China's coking industry.

[Key words] dry quenching, wet quenching, coke quality, harmful elements, sensible heat recovery

近些年，在国内能源短缺、环境污染状态下，炼焦生产企业引进多种节能环保新技术，其中，干熄焦工艺因具有节能、环保及提高焦炭质量等优点，而备受独立焦化厂青睐。

### 1 案例背景

在本案例中，巴彦淖尔地区某焦化厂5.5米捣固焦炉原采用湿熄焦工艺，配套建设干熄焦后，当干熄焦年修或事故时，旧有湿熄焦系统作为备用。通过对比干熄焦和湿熄焦技术在提

高焦炭质量、减少大气污染物排放、回收热能等方面的差异，明确干熄焦优势，进而指导焦化生产。

### 2 干熄焦和湿熄焦对比分析

#### 2.1 焦炭的常规指标对比

巴彦淖尔地区某焦化厂焦炉在相同配比的情况下，其干熄焦装置、湿熄焦装置生产产品的性能指标如表1所示。

表1 巴彦淖尔地区某焦化厂干熄焦与湿熄焦常规冶金性能指标%

| 样品  | Mt  | Ad    | Vdaf | St, d | M40  | M10  | CRI   | CSR  |
|-----|-----|-------|------|-------|------|------|-------|------|
| 干熄焦 | 0.3 | 11.92 | 1.25 | 0.73  | 95.5 | 5.56 | 19.52 | 72.6 |
| 湿熄焦 | 2.8 | 12.02 | 1.25 | 0.75  | 92.1 | 5.89 | 19.94 | 72.2 |

由表1可以看出，干法熄焦与湿法熄焦相比，干法熄焦提高了焦炭质量。采用干熄焦能使焦炭M40提高3%~8%，M10提高0.3~0.8%，降低焦炭的反应性。在保证焦炭质量不变的情况下，采用干熄焦技术可以降低强粘结性的焦煤、肥煤配入量

10~20%，多配10~20%弱粘结性煤，有利于节约资源和降低焦炭生产成本<sup>[1]</sup>。

#### 2.2 有害元素含量

巴彦淖尔地区某焦化厂干熄焦与湿熄焦的灰组成中有害

元素组成列于表 2。

表 2 巴彦淖尔地区某焦化厂干熄焦与湿熄焦的灰分中有害元素组成%

| 焦炭  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | S     | Cl    |
|-----|------------------|-------------------|-------|-------|
| 干熄焦 | 0.39             | 0.35              | 0.012 | 0.011 |
| 湿熄焦 | 0.37             | 0.74              | 0.025 | 0.010 |

其中,钾、钠、硫等有害元素是由原料带来的,长期积累会给高炉带来严重的危害。焦炭中一般含有硫、钾、钠等有害成分,氯极少。由表 2 可以看出,干熄焦与湿熄焦相比,钾、氯的含量变化较小,而湿熄焦中钠、硫等有害元素的含量较干熄焦高<sup>[2]</sup>。此外,由表 2 所示的全硫含量可以看出,湿熄焦所含硫量为 0.025%,也比干式熄焦所含硫分高 0.013%,总体而言,湿熄焦所含有害元素的总量明显大于干熄焦组分。研究表明,由于在湿熄焦过程中水分迅速蒸发,导致熄焦水中的无机

表 3 巴彦淖尔地区某焦化厂干熄焦与湿熄焦大气污染物对比 (kg/t 煤)

| 项目  | 焦尘   | 焦油物  | 一氧化碳  | 硫氰化物      | 二氧化硫  | 酚及同系物 | 氨    | 氰化氢  |
|-----|------|------|-------|-----------|-------|-------|------|------|
| 湿熄焦 | 0.20 | 0.01 | 0.007 | 0.03~0.07 | 0.015 | 0.16  | 0.11 | 0.01 |
| 干熄焦 | 0.02 | —    | —     | —         | —     | —     | —    | —    |

总体而言,湿法熄焦的大量水蒸汽直接进入空气,其中包含大量的粉尘、酚类、氰化物、硫化物等有毒、有害气体,严重污染大气及周围环境,同时腐蚀设备。干法熄焦采用干熄焦除尘系统、筛焦除尘系统,可根本解决湿法熄焦所带来的污染,改善环境质量<sup>[6-8]</sup>。本文研究中焦化厂经过改造年减排烟尘 26.05t,二氧化硫 55.55t,氮氧化物 346.14t,挥发性有机物 2.82t。

#### 2.4 回收利用红焦的显热

采用干法熄焦,可回收 80%的红焦显热用于产生蒸汽,产生的蒸汽又可用于发电。因此,避免了生产等量蒸汽使用燃煤而对大气造成的污染(5~6 吨蒸汽需要 1 吨动力煤)<sup>[8]</sup>。巴彦淖尔地区某焦化厂采用干熄焦工艺,回收按照蒸汽计每年可实现净回收能源 91208tce,按年处理焦炭 1236452 t 计算,相当于吨焦回收能源为 73.766kg 标准煤;回收按照发电计(等价值),项目吨焦回收能源为 47.229kg 标准煤,能耗水平先进。

#### 2.5 小结

通过对巴彦淖尔地区某焦化厂焦炉生产的干熄焦和湿熄焦差异进行了研究,确定了影响其应用的两三个方面:

(1) 由于湿熄焦粉的粒径一般小于干熄焦粉,造成焦层密度增大、空隙率下降,造成料层透气率下降和高炉压力增大。

(2) 湿熄焦法多采用含盐分较高的生物化学废液,在淬熄过程中,易沉淀出大量的盐类,如钠、钾、氯等,并附着在焦炭表面,增加了高炉的碱负荷。随着高炉规模的增大,湿熄焦的负面效应有可能被扩大。

(3) 干法熄焦在经济效益、社会效益方面有着不可比拟的优势。干熄焦工艺不但具有减少熄焦烟尘排放的环保优势,回收红焦余热发电的经济效益,而且还能提高焦炭的冶金性能,为高炉提供优质、稳定的燃料。

### 3 案例启发

为了应对湿法熄焦在大气污染排放方面存在的问题,巴彦淖尔地区某焦化厂采取了一系列节能降耗措施,以提高生产效率、减少环境负担,具体包括以下方面:

#### 3.1 干法熄焦技术引入

盐沉淀到焦炭表面,从而导致了熄焦过程中产生大量白色粉状固体微粒<sup>[2-5]</sup>。

#### 2.3 大气污染排放含量对比

巴彦淖尔地区某焦化厂湿熄焦工艺是利用熄焦塔上部的喷水装置喷下的水将熄焦车内的焦炭熄灭,每熄 1t 红焦炭就要将 0.5t 含有大量酚、氰硫化物及焦尘的蒸汽抛向天空,排出的粉尘粒度都小于 10 $\mu$ ,属飘尘,可扩散数公里,严重污染大气及周围环境。

干熄焦不发生水与红焦接触,且采用密闭设备,惰性气体熄焦后夹带的粉尘经干熄焦一次除尘器、二次除尘器净化,可把污染控制在工艺装置内部,是一种有效解决熄焦污染的工艺,环境效益显著,同时干熄焦产生的蒸汽用于发电,可避免相同规模的锅炉对大气的污染,并且减少 CO<sub>2</sub> 向大气的排放。两种工艺大气污染物对比组成见表 3。

通过引入干法熄焦技术,巴彦淖尔地区的某焦化厂成功实现了传统湿法熄焦工艺的替代。干法熄焦技术的核心是利用惰性气体(如氮气)代替水,快速冷却红焦,防止水蒸气中的有害物质排放。这种技术有效地减少了大气污染,特别是减少了硫化物、氰化物等有毒有害气体的排放。干法熄焦不仅环保,还能回收红焦的显热用于发电,提高了能源利用效率。

传统湿法熄焦过程中,红焦被喷水冷却,产生大量的蒸汽和粉尘,直接排放到大气中,造成严重的空气污染。而干法熄焦则是在密闭系统内进行,惰性气体在系统中循环使用,避免了粉尘和蒸汽的外泄。通过干法熄焦工艺的应用,该厂大幅减少了排放物,尤其是粉尘和挥发性有机物的排放,有效改善了周边的空气质量。

#### 3.2 干熄焦装置的优化

为了进一步提升生产效率,该焦化厂对干熄焦装置进行了全面的优化设计。优化的主要内容包括改进热交换器的设计,提高其换热效率,确保焦炭在冷却过程中能够快速降温。同时,优化后的干熄焦装置能够更好地控制焦炭的冷却速度,保证了焦炭的质量和产量。

优化设计还包括对设备布局的调整,使得整个熄焦过程更加流畅,减少了能量损失。此外,自动化控制系统的引入使得操作更加精确,进一步降低了能源消耗。通过这些改进,干熄焦装置不仅提高了生产效率,还实现了节能效果,显著降低了运行成本。

#### 3.3 除尘系统升级

该厂对除尘系统进行了升级改造,采用了先进的二次除尘技术。二次除尘技术包括在初级除尘后增加一个高效过滤系统,进一步捕捉细微的粉尘颗粒。这种双重过滤系统有效地降低了排放中的粉尘浓度,使排放符合更加严格的环保标准。

升级后的除尘系统不仅提高了除尘效率,还减少了设备的维护频率,延长了设备的使用寿命。通过这次升级,焦化厂不仅达到了排放标准,还在实际运行中实现了低于标准的排放水平,为环境保护做出了积极贡献。

下转第 191 页

以计算出电动泵系统的投资回报率、成本收益比等指标,进而判断系统的成本效益情况。基于成本效益分析的结果,可以为企业决策提供科学依据,指导电动泵系统的优化与管理,实现经济效益的最大化。

### 5.2 投资回报率评估

投资回报率 (ROI) 评估是衡量电动泵系统投资的效益性的重要指标。计算 ROI 可通过以下公式:

$$ROI = (\text{投资带来的收益} - \text{投资成本}) / \text{投资成本} \times 100\%$$

投资成本包括购置、安装和运行维护等方面的费用,而投资带来的收益则包括产量增加、生产成本降低、能源节约等经济效益。通过对这些因素的综合考量,可以计算出投资在电动泵系统上的回报率。一般来说,高回报率表示投资风险相对较低,投资回收期相对较短。ROI 评估不仅有助于企业评估投资决策的可行性,还能指导管理者调整和优化资源配置,以实现最大程度的经济效益。因此,在制定投资计划和决策过程中,进行 ROI 评估是必不可少的,尤其对于电动泵系统等长期运行的设备投资而言,更具重要性。

### 5.3 风险与不确定性分析

风险与不确定性分析对于电动泵系统的投资和运行至关重要。风险可能来自技术、市场、政策等多方面因素,如设备故障、原油价格波动、政策变化等。不确定性则源自对未来的预测和估计,如油田产能变化、能源价格走势等。针对这些风险和不确定性,需要进行综合分析和评估,并采取相应的风险

## 上接第 188 页

### 3.4 生产过程优化

为了进一步提高生产效益,该焦化厂对整个生产过程进行了优化管理。具体措施包括优化原材料配比,减少高耗能原料的使用;通过精细化管理,减少了原材料的损耗;改进生产流程,提高了设备的运行效率。

生产过程的优化还包括对能耗进行实时监控,通过数据分析及时调整生产参数,最大限度地降低能源消耗。与此同时,该厂还加强了员工的培训,提高了操作人员的技术水平,确保生产过程中的每一个环节都能高效运行。

综上所述,通过一系列节能降耗措施的实施,巴彦淖尔地区某焦化厂成功实现了湿法熄焦工艺的替代,大幅提升了焦化生产的环保水平,达到了节能减排的目标。这一系列改进不仅显著提高了企业的生产效率和环境友好度,还为行业内其他企业提供了宝贵的经验,推动了焦化生产向更加清洁、高效的方向发展。

## 4 结束语

本文通过对巴彦淖尔地区某焦化厂干熄焦与湿熄焦对焦炭质量、节能降耗和大气污染排放的指标进行对比分析,得出了干熄焦在多个方面的优越性。首先,干熄焦比湿熄焦的焦炭强度指标有明显改善,采用干熄焦技术能使焦炭的 M40 指标提高 3%~8%,M10 指标降低 0.3%~0.8%,显著提高了焦炭的质量。其次,干熄焦技术通过回收红焦的显热用于产生蒸汽,避免了生产等量蒸汽所需的燃煤,对大气污染的减排效果显著。该厂回收的蒸汽用于发电,每年可实现净回收能源 91208 吨标准煤,吨焦回收能源为 73.766kg 标准煤。

随着钢铁工业的发展,高炉日趋大型化,对焦炭质量提出

管理措施,如建立备用方案、购买保险、加强监测和预警等,以降低风险对系统运行的影响。同时,还需要加强对不确定性因素的监测和预测,及时调整投资和运营策略,以适应变化的市场环境和产业形势,保障电动泵系统的稳定运行和投资效益。

## 6 结论与展望

本研究深入探讨了油田采油中电动泵系统的优化与效率分析。通过优化设备选型、控制策略和运行管理,可以显著提高系统效率和稳定性,降低生产成本。然而,面临技术和经济等方面的挑战。未来应结合智能化技术,优化能源利用,以进一步提升电动泵系统性能。此外,还需加强数据分析与预测,持续改进管理模式,以适应变化的市场需求。综上所述,电动泵系统的优化与效率分析是油田采油工程实现可持续发展的重要路径之一,将为油田采油行业的未来发展提供重要参考和指导。未来,结合智能化技术和持续优化,有望进一步提升电动泵系统的性能,推动油田采油工程向着更加高效和可持续发展的方向发展。

### [参考文献]

[1] 尤越. 油田开发中后期的采油工程技术优化探究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44 (04): 150-152+155.

[2] 佟陆. 探究油田开发中采油工程的应用及发展方向[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39 (11): 153-154.

[3] 张华. 浅谈如何提高油井管理与挖潜效果[J]. 石化技术, 2015, 22 (05): 270+268.

了更高的要求。干熄焦是指采用惰性气体(一般采用氮气)将红焦降温冷却的一种熄焦方法。在干熄焦过程中,红焦从干熄炉顶部装入,低温惰性气体由循环风机鼓入干熄炉冷却段红焦层,吸收红焦热量,冷却后焦炭从干熄炉底部排出,吸收了红焦热量的惰性气体,经干熄炉环形烟道进入干熄焦锅炉进行热交换,锅炉产生蒸汽,用于发电,冷却后的惰性气体由鼓风机重新鼓入干熄炉,惰性气体在封闭的系统内循环使用。本文对比了焦化厂干熄焦与湿熄焦对焦炭质量、节能降耗和大气污染排放的指标。发现干熄焦比湿熄焦的焦炭强度指标有明显改善,干熄焦的显热回收、环境保护效果均好于湿熄焦,因此在生产中应多采用干法熄焦熄灭焦炭,以适应大型高炉的生产。

### [参考文献]

[1] 索小丽,等. 干熄焦技术在独立焦化厂的应用[J]. 工程科技 I 辑, 2016 (3).

[2] 张建,石正国,薛利山. 对传统湿法熄焦工艺进行低水分熄焦的改造[J]. 煤化工, 2009, 37 (2): 56-58.

[3] 齐娜,李德瑾,常宇,等. 新型熄焦工艺在济钢 6m 焦炉系统的应用[J]. 煤化工, 2006, 34 (6): 41-43.

[4] 周师庸. 炼焦煤性质与高炉焦炭性质[M]. 北京:冶金工业出版社, 2008.

[5] 庞文娟,付利俊,康恩胜. 碱金属对干法熄焦焦炭热性能的影响[J]. 包钢科技, 2009, 35 (3): 28-30.

[6] 吕劲,何亚斌,汤长庚. 干熄焦工艺对焦炭质量的影响[J]. 钢铁, 2002, 37 (1): 5-10.

[7] 傅永宁. 高炉焦炭[M]. 北京:冶金工业出版社, 1995.

[8] 刘强,胡海,陈文兵. 干熄焦技术的节能减排及环保分析[J]. 2017 年全国高炉炼铁学术年会, 2017: 657-660.