

水泥厂窑头煤粉燃烧器系统节能改造实践

姜 泽

晋能控股煤业集团水泥厂 山西 大同 037000

摘 要: 水泥厂窑头煤粉燃烧器是新一代干法水泥生产中的重要设备, 它的运行状况对整个烧成系统的稳定、重要的经济技术指标、能耗、经济效益的发挥都有重要的作用。2017年末, 我公司在回转窑的原窑头燃烧系统节能改造中, 选用了TSD公司的一种新型节能型煤粉燃烧器, 并对窑头一次风机及燃烧室的结构进行了优化, 以达到节能、提高产量、提高效率的目的。

关键词: 水泥厂; 窑头; 煤粉燃烧器; 节能改造

回转窑出现之前, 在水泥窑内还没有新能源喷火燃烧技术, 在水泥窑发展的早期阶段, 木材和焦炭都是堆积性的。在机械立窑之后, 将无烟煤作为燃料, 加入到原料中, 经过燃烧, 形成了一种带煤球状的炉膛。所以, 在回转窑出现之前, 喷火技术是没有出现在水泥窑内的。早期采用的都是老式的单流燃烧器, 但随着社会的进步, 各种先进的设备层出不穷, 回转窑煤粉的燃烧技术将会达到一个新的高度。

回转窑是燃烧系统中的重要热工装置, 其好坏直接影响着回转窑的热耗和产量, 同时也影响着熟料的品质。目前, 世界范围内的工业燃烧器品种众多, 其特性各异, 品质参差不齐。在煅烧过程中, 一个优良的燃烧器必须具有足够的高温, 才能煅烧出优质的熟料; 其次, 为了达到稳定的燃烧温度, 必须保证窑皮的稳定性, 避免产生较厚的窑皮, 不在后部产生窑皮, 从而提高耐火砖的使用寿命; 同时, 还需要灵活调整火焰形态, 以确保燃料的燃烧速率和燃烧率, 降低窑尾 CO 的产生; 在设计燃烧室时, 为了降低热耗, 提高产品质量, 减少 NOx 排放, 合理地减小一次空气流量。上述指标是目前水泥生产单位对窑头燃烧室的基本要求。

1 水泥厂窑头煤粉燃烧器研究现状

中国是全球最大的能源消费大国, 其能源消费的平均水平还在不断提高。虽然煤炭消费在一次能源消费中的比例有所降低, 但是其在煤炭消费中的比例仍然在 80% 以上^[1]。在今后一个较长的时间里, 煤炭仍然是我们国家最重要的能源。近几年来, 由于可再生能源所占的比重越来越大, 火、热、风、光等高度联接的“多能互补”能源格局逐步形成, 而煤电作为基本的调节能源, 在负荷调控中起到了至关重要的作用。但就目前的情况

来看, 很难满足低 NOx 生产的环境要求。

提高煤粉燃烧器煤粉可燃性, 促进高效低 NOx 的产生, 是当前灵活调峰的一个重要课题。当前煤粉燃烧器的燃烧形式有两种, 即直流和旋流两种。其中, 直流煤粉燃烧器占有很大的市场份额, 其特征是空气呈直流喷射形式喷射, 扩散角度小, 射程远, 但单一喷嘴对周围高温烟气的吞吐能力较差, 对煤粉的及时点火不利。经过几年的技术改造, 在降低 NOx 生成和运行可靠性等方面, 采用直流煤粉燃烧技术已有一定的发展。为了减少 NOx 的产生, 常用的是煤粉浓淡燃烧技术, 一般是水平和纵向浓淡。

2 水泥厂窑头煤粉燃烧器的选择要点

2.1 提高对燃烧器重要性的认识

回转窑煤粉燃烧器虽不大, 但其在生产、质量、煤耗、耐火砖寿命、工艺事故、有害气体排放及运行效率等方面的重要作用。它不像回转窑那样, 只需要在不发生意外的情况下旋转即可完成其任务。

2.2 对国内外燃烧器的正确评认

在2001年之前, 无论是业主还是设计单位, 都没有人愿意购买国产的水泥生产线的燃烧器, 而是从国外进口。成本高昂, 需要外汇, 增加了项目的成本。经过大量的生产实践表明, 国产四风道煤粉燃烧器在性能、可靠性上已经接近了国外进口的产品, 在某些方面已经超越了国外。国产煤粉燃烧器既能使用高质量的烟煤, 又能使用劣质煤、低挥发分煤、无烟煤、石油焦油。所以, 很多国内的专家都觉得, 国产的燃烧器是合格的, 不需要花费很大的代价去进口。目前我国有30多个可以生产和制造四风道的煤粉燃烧器, 是完全可以满足工艺要求。

2.3 应认真落实性价比

性价比指的是燃烧器的性能（包括品质）和价格的比率。构成一件商品的成本，有四大要素：一是材料，二是工艺；三是表现，即技术含量；同样的，回转窑的燃烧器，价格也有很大的不同。很多厂家为了降低成本，经常采购燃烧器的喷嘴。在所有条件都满足不了的情况下，才会决定要买更高的。而且，在这段时间里，产品质量、煤耗、耐火砖寿命都会受到很大的影响。

3 系统设计参数

窑头燃烧器原是 ZZBZB-T40四风道煤粉燃烧器，其燃烧器容量为200 GJ/小时（最高300 GJ/小时），而燃烧器的烧煤量是8600公斤/小时（最高13000公斤/小时）。窑头一次净气流（轴向+旋流）的设计比例为7.5%、进窑进风量4.5%、一次进风量12%^[2]。按照此比例，窑头的一次净风量分别为5168Nm³/小时和3101Nm³/小时。工作环境温度为20℃（罗茨风机入口空气温度），其工作状态为92.4立方米/分钟，而工作状态为55.5立方米/分钟。一次净风罗茨风机铭牌的流量和煤风罗茨风机铭牌的流量分别是69.8立方米/分钟和345 kW。罗茨风机铭牌的流速大于设计值，一次风带过量会使系统能耗指数升高。

4 改造方案及节能效果评估

4.1 改造方案

2018年二月，对窑头燃烧室进行了一次节能改造，主要目的是：

（1）在不减少或增加原烧成系统的基础上，减少了烧制系统的煤耗和电耗；

（2）烧成带窑皮的平整度得到了改善；

（3）维持或改善熟料的品质。此次改造中，采用了NT-9型窑头燃烧系统，进行了优化设计。它的特点是，两个罗茨风机分别独立供给内外风，一次风的设计占总设计的8%左右。提高了煤粉在燃烧室出口的燃烧速率，提高了煤粉在喷嘴出口的燃烧速率，使得煤粉在高温区更加集中、更加灵活。

（4）涡流气流的横截面。通常采用70%~80%的轴流风截面，并能一定程度上控制旋流风压在36~45 kPa之间。

（5）中心风力；窑内需要较高的火焰温度。

（6）一次风速。烟煤的一次风比（包括煤风）为12%~13%，而无烟煤和劣质煤的一次风比为10%~12%。

（7）严格落实清焦管理制度，确保焦炭的及时清除。为防止煤粉燃烧器发生较大的烧焦现象，每个班组都要安排专人进行定期的清理，如果不能严格执行，就

必须遵守相关的制度。清焦的次数要根据具体的结焦程度来确定，一般一班清焦2~4次，确保燃烧器没有比较明显的大焦情况。^[3]

（8）加强对混合煤的管理，建立精确的煤质台账；要保证煤粉燃烧器的燃烧品质，必须在煤的全过程（包括卸煤、煤场、原煤仓、制粉系统）中加大配煤掺烧。要提高煤炭品质，必须在购买煤炭原料时，尽量降低熔点易结渣煤质的采购。同时，对高含硫量和高粘性煤进行控制，从源头上对煤粉燃烧器的燃烧品质进行了控制。此外，必须建立并持续改进入煤粉燃烧器煤的跟踪检测体系，保证煤炭质量检验结果的准确性和实时性。同时，要建立一套完整的煤炭质量档案，以保证工作人员在最短的时间内，及时掌握煤炭质量的变化。同时，还可以根据检测的结果，对锅炉的燃烧状况进行优化，并加强对易结渣、低熔点的控制。另外，还需要对燃烧状态进行必要的调节，避免发生贴壁燃烧、缺氧燃烧等问题，防止燃烧器超负荷运转，减少结焦现象。

4.2 节能效果评估

4.2.1 理论节煤量计算

$$V = [(原轴流风机额定风量 + 原旋流风机额定风量) \times 80\% + 原煤风风机额定风量 - (新轴流风机额定风量 + 新旋流风机额定风量) \times 80\% - 新煤风风机额定风量] \times 60 \times 24 \times 273 \div 293$$

$$= [(58.9 + 91.3) \times 80\% + 69.8 - (30.5 + 39.2) \times 80\% - 30.5] \times 60 \times 24 \times 273 \div 293$$

$$= 139135 \text{ (Nm}^3/\text{d)}$$

将1Nm³的空气加热至t₂ = 1050℃（罗茨风机的平均出口温度），需要的热值为：Q_{吸收热量} = C₂ × t₂ - C₁ × t₁ = 1.415 × 1050 - 1.298 × 50 = 1420.9 kJ/Nm³

每天理论可节省标准煤为：

$$T = V \times Q_{吸热} \div (7000 \times 4.18 \times 10^3) = 139135 \times 1420.9 \div (7000 \times 4.18 \times 10^3) = 6.76 \text{ (t/d)}$$

以5056 t/d的生产统计数据计算，每吨水泥可以节约1.67公斤/吨的标准煤。

4.2.2 理论节电量计算

所有风机负荷均按80%计算：

$$Q = [(原轴流额定功率 + 原旋流额定功率 + 原煤风额定功率) \times 80\% - (新轴流额定功率 + 新旋流额定功率 + 新煤风额定功率) \times 80\%] \times 24 = [(160 + 75 + 110) \times 80\% - (75 + 45 + 45) \times 80\%] \times 24 = 3456 \text{ (kWh/d)}$$

每吨熟料理论可节约电量0.85kWh/t。

5 改造效果

从2018年到2021年,生料中 MgO成分含量增加,有利于生料易烧性能的提高。2018年6月,采用1:1的比例,将无烟煤与烟煤混合燃烧。结果表明:煤粉的粒径变得粗大,挥发份由3.04%逐渐增加到8.84%,煤的热值也趋于平稳。一次风量调整后(经实际计算)为9.81%,较改造前减少13.04%。

结语

(1) 回转窑的平均工作生产能力由203.37吨/小时增加到210.93吨/小时。(2) 3天强度和f-CaO含量保持稳

定,28天的压缩强度由57.50 MPa增加至58.70 MPa。此外,烧成带的长厚窑皮问题、过渡区易起圈等问题得到了较大的改善,使窑的通风状况得到了较好的改善。

参考文献

- [1] 刘鹏中,周建明,牛芳,等.我国预燃室旋流煤粉燃烧器研究进展[J].煤质技术,2021,36(1):20-26,35.
- [2] 杭州聚能环保科技股份有限公司.一种超低NO_x煤粉燃烧器:CN202120207853.8[P].2022-01-18.
- [3] 河南神科博斯热能工程技术有限公司.一种高效煤粉燃烧器:CN202121032928.X[P].2022-01-25.