

# 褐煤干燥对电厂经济性的影响

李心田

国能哈尔滨热电有限公司

**[摘要]** 褐煤储量丰富, 价格低廉, 在日益凸显的能源问题中, 受到越来越多的科研机构和燃煤电站的重视。但褐煤具有高水分低热值, 导致直接燃烧效率低, 高水分还造成长途运输效益差, 因此褐煤开采和利用受到限制。为了提高褐煤利用效率, 降低褐煤水分, 而直接利用电厂现有技术和设备高效脱除褐煤水分成为其中的重要途径。某300MW燃煤粉锅炉机组为例, 计算和分析了燃用干燥前与干燥后的褐煤时锅炉内燃烧、受热面换热、烟风系统阻力以及磨煤机出力的改变, 得出褐煤干燥对锅炉热效率、燃煤量、风机电耗及制粉系统电耗的影响。

**[关键词]** 褐煤干燥; 电厂; 影响

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.02.1471

许多火力发电企业正在试图采用价格相对较低的褐煤代替烟煤充当燃料。为提高燃褐煤锅炉的经济性, 近年来许多学者应用不同干燥方法在褐煤进入锅炉燃烧前对其进行预干燥, 降低其水分含量, 并进行褐煤预干燥对火电厂热经济性影响的理论与实验研究, 研究都集中在褐煤预干燥对火电厂热效率及经济效益的影响方面, 缺乏干燥后褐煤对锅炉运行影响的理论与分析。褐煤干燥后, 将偏离锅炉原设计煤种, 发热量增加使得所需燃煤质量大幅度减少, 这对锅炉的影响将是全方位的, 此时单纯考虑锅炉热效率和排烟温度等评价锅炉热经济性数据是不全面的, 必须结合锅炉运行中的相关参数予以分析, 保证锅炉安全运行, 并采用不同的运行措施或者进行锅炉小范围改造, 提高锅炉对干燥后褐煤的适应性。

## 一、褐煤干燥技术

为提高褐煤的能源利用效率, 采用不同的干燥方法在褐煤进入锅炉燃烧前对其进行预干燥, 降低入炉水分, 从而降低燃褐煤电站热损失, 燃褐煤电站获得良好经济效益, 节约能源。随着我国火力发电事业的快速发展, 烟煤资源的进一步紧缺, 研究提高褐煤燃烧效率技术, 全面提高煤炭资源的利用程度, 提供更多更好的烟煤替代资源, 其具有更加广阔的市场前景。褐煤干燥处理有许多分类, 其中依据干燥媒介是否与煤接触, 可分为两类: 间接热干燥技术和直接热干燥技术。

1、间接热干燥技术。间接热干燥技术是指在干燥过程中, 干燥热介质并不直接与原煤接触, 而是通过热交换器将热量传递给褐煤, 使得煤中水分蒸发扩散, 保证了热介质不受到污染, 可以省却热介质和干燥煤的分离过程, 从而回收热介质重新利用。因存在热交换器的阻隔, 其传热效率及蒸发速率不如直接热干燥技术, 而且由于湿褐煤的性质, 进入热交换器容易造成堵塞和磨损。常见的如过热蒸汽干燥。

2、直接热干燥技术。直接热干燥技术是指干燥热介质(如热空气, 高温烟气或蒸汽等)与褐煤在干燥过程中直接接触, 热介质低速流过湿褐煤层, 或者热介质与包含湿褐煤颗粒的气流对流传热, 在此过程中加热煤中的水分, 使其蒸发扩散, 最后混合在热介质一起离开干燥系统, 处理后的褐煤需与

热介质进行分离。离开干燥系统的混合着部分煤粉的废介质, 一部分通过热量回收系统回到原系统中用, 剩余部分经无害化后排放。此技术热传输效率及蒸发速率较高, 但由于与煤直接接触, 热介质将受到污染, 因此需要增加进行热介质与原煤的分离成本以及热介质无害化处理的成本。

## 二、研究对象与内容

以某发电集团公司的褐煤干燥企业干燥前后的褐煤为研究对象, 干燥前燃煤水分为40%, 根据该企业褐煤干燥的中试结果, 干燥后的水分为15%, 通过对褐煤干燥前与干燥后所需空气量、燃烧产物量、焓值的详细计算以及炉膛与对流受热面的热力计算, 分析燃烧高水分原煤和干燥后低水分煤时的排烟温度、排烟损失、锅炉热效率、燃煤量, 并对送、引风机及制粉系统消耗功率的变化进行了估算。同时考虑煤的运输费用和干燥成本, 从而得出褐煤干燥对电厂经济性的影响。

1、计算方法与结果。由定性分析可初步得到, 当燃煤性质发生较大变化时, 一方面, 单位质量燃煤所需空气量、产生的烟量、烟气的焓值以及理论燃烧温度等均会发生变化, 这些因素均会影响到炉膛的辐射换热与对流换热, 从而会对锅炉的排烟损失造成影响, 直接影响到锅炉热效率; 另一方面, 以单位时间计算的总空气量与烟量也会发生变化, 从烟风量及流动阻力2个方面影响到锅炉送、引风机的电耗。燃用干燥后的褐煤还带来制粉系统干燥制粉电耗的变化。因此, 需进行综合计算和分析。干燥前后煤质变化对燃烧产物、受热面换热和锅炉热效率的影响。煤的燃烧产物计算、锅炉热平衡计算与锅炉校核热力计算均按现行有关计算规程, 空气预热器出口过量空气系数取1.28。计算数据进行综合分析: 对同一种煤, 当煤干燥前后水分变化时, 可得到以下结果:

(1) 燃煤干燥后, 由于煤中可燃质的比例增加, 所以, 每kg 煤所需的理论空气量增加了41.7%, 产生的烟气容积增加了32.1%。但在锅炉相同出力条件下, 干燥后的入炉煤量大大减少, 因此单位时间所需总空气量减少6.8%, 产生的烟量减少13.6%。

(2) 褐煤干燥后, 由于燃煤发热量得到大幅提升, 炉膛

理论燃烧温度升高217℃，炉膛平均温度升高，炉膛内的辐射换热增强，换热量增加，炉膛出口烟温比干燥前降低约20℃。

(3) 对流受热面的校核热力计算表明，燃煤干燥后排烟温度比干燥前降低约15℃。对排烟温度的影响主要来自于炉膛出口至锅炉排烟的对流受热面的换热。含水分多的煤单位时间产生的烟气量较多，从而使流经受热面的烟气流速增加，同时烟气中水蒸气份额较多等因素使得对流换热系数较大，因此，单位时间的对流换热量也相应增加，但是，由于干燥前的燃煤量很大，按每kg 燃煤计算的对流换热量较少，使得排烟焓较大，因此，排烟温度较高。

(4) 燃用干燥后的煤其排烟温度降低，虽然以单位质量燃料计算的排烟热损失 $Q_2$ 增大，但是由于收到基低位发热量增大较多，以输入热量 $Q$ 计算的排烟损失 $q_2$ 减小，锅炉效率提高了1.16%。

(5) 在相同的有效利用热条件下，实际送入炉膛的燃料消耗量减少了34%；若按干燥前的原煤量计算，则减少了6.5%，即由于锅炉热效率提高，使得原煤消耗量减少了6.5%。假如通过燃烧调整或受热面改造，使燃用原煤的排烟温度达到与干燥后燃煤相同的数值，则在相同排烟温度下，虽然原褐煤的排烟焓值小于干燥后的煤，但其低位发热量远低于干燥后的煤，依此折算到输入热量的排烟损失要大，因此即使排烟温度相同，燃用干燥后的煤其排烟损失也比直接烧原褐煤低0.84个百分点，锅炉效率也相应提高了0.84个百分点。

2、干燥前后煤质变化对送风机和引风机功率的影响。干燥前后煤质变化对送、引风机功率的影响主要体现在总送风量与总烟气量的变化上。由表2可知，燃烧干燥前的原煤时，总送风量与总烟气量均远大于干燥后，不仅风量增大的本身会增加风机电耗，而且风量增加也会造成流动阻力明显增加，进一步增加风机电耗，尤其是增加了烟气侧的阻力。烟气侧阻力与烟气的动压头以及烟气飞灰质量浓度成正比，还与烟道的自生通风力有关。对于高水分的煤，单位时间产生的烟气量多，烟气流速高；而烟气的密度与烟气飞灰质量浓度仅略高于低水分煤。另一方面，烟道的自生通风力与烟道内烟气的平均温度及密度有关，对于干燥前后的煤，烟道自生通风力的差别可以不计。因此，可以认为流动阻力只与烟气流速（即烟气量）的平方成正比，高水分煤的烟气侧阻力高于低水分煤。同样，风道内的流动阻力与空气的动压头成正比，即与空气流速的平方成正比。对于高水分煤，在相同的漏风系数下，单位时间所需的理论空气量多，使得空气流速高，从而流动阻力高于低水分煤的流动阻力。风道的自生通风力和空气入口处炉膛负压与锅炉的结构参数有关，对干燥前后的煤认为其值相同。因为烟道流

动阻力、空气预热器、冷热风道以及燃烧设备阻力均与流速的二次方成正比，所以为简化计算，可以先求出一种煤的烟风道阻力值，然后乘以相应的比值可得到另一种煤的烟风道阻力。风机的电动机功率消耗与通风量及阻力的乘积成正比：

$$N = \beta_3 \frac{Q \Delta h}{1000 \eta}$$

由计算结果可得出，燃烧干燥后的煤其送风机功耗为燃烧干燥前的煤时的78.97%，引风机功耗为原来的58.59%，风机总功耗为原来的70.02%。因此，燃烧未经干燥的褐煤时引风机和送风机电耗都大于燃烧干燥后褐煤时的电耗；燃用干燥后的煤时风机总电耗可减少约30%，厂用电量也将相应减少。

3、干燥前后煤质变化对制粉系统功耗的影响。假设干燥前后煤的制粉方式相同，在相同机组出力条件下，锅炉燃烧干燥后的煤时燃煤量相应减少了34%，磨煤量也降低34%。磨煤机所需功率与实际燃煤量成正比，如果近似认为煤的单位磨煤电耗相等，制粉系统电耗也明显降低，因此，制粉系统电耗不会成正比增加。以上对比分析了褐煤干燥前后对锅炉及辅机各运行参数影响的相对变化量，计算中采用了某些假设且简化了计算过程，会带来计算误差，但是计算结果所反映的趋势对电厂具有参考价值。

以300MW煤粉锅炉机组为例，通过燃烧计算和锅炉热力计算，对比分析了燃烧干燥前与干燥后褐煤时对锅炉及辅机各主要运行参数的影响，并详细分析了产生变化的原因，综合讨论了褐煤干燥前后对电厂经济性的影响。对比分析后表明：褐煤水分由40%干燥至15%后，可减少燃煤量34%，锅炉热效率提高约1.16个百分点，送、引风机电耗降低约29.9%，制粉系统的功耗也明显降低，运费也相应减少约34%/km。虽然干燥成本的介入会使煤价提高，但综合评价表明，燃烧干燥后的褐煤时电厂整体经济性提高、运输成本下降。

### 参考文献

- [1] 李火银, 邱智伟, 周俊杰. 煤炭火力发电厂能源管理体系的建立[J]. 节能技术, 2018, 34(4): 372—376.
- [2] 李成俊, 姜皓, 赵炬明. 锡林浩特褐煤热解特性热重分析与DAEM模型分析[J]. 节能技术, 2019, 33(1): 69—71.
- [3] 孟顺, 孙绍增, 赵广播. 褐煤干燥脱水技术[J]. 热能动力工程, 2018, 28(2): 115—119.
- [4] 尚庆雨. 褐煤干燥脱水提质技术现状及发展方向[J]. 洁净煤技术, 2019, 20(6): 1—4.
- [5] 丁继伟, 张立麒, 夏佐君. 富氧气氛下水蒸气气化对煤焦燃烧的影响[J]. 热能动力工程, 2018, 32(1): 63—69.