

电厂锅炉变氧量运行经济性分析及经济氧量的优化确定

杨志伟

(国电电力大同发电有限责任公司, 山西 大同 037000)

【摘要】随着电网负荷的不断变化,火电机组也随之不断改变其运行方式,以适应电网负荷变化的要求。针对目前电厂锅炉变负荷运行的经济性不理想问题,本文分析了影响锅炉变负荷运行经济性的主要因素,提出了“经济氧量”概念。以某电厂660MW机组为例,通过查看锅炉各运行参数,对各工况下锅炉的运行经济性进行了分析。研究表明,随着负荷的变化,锅炉燃烧工况也随之改变,使锅炉达到最佳经济氧量。在实际运行中应根据负荷变化情况进行调整,以确保机组运行在最佳经济性范围内。

【关键词】电厂; 优化确定; 锅炉; 经济性; 变氧量; 经济氧量; 运行

一、引言

目前,火电机组在电网负荷降低时,往往需要增加给煤量才能维持机组的运行,而随着电网负荷的降低,煤耗量也随之降低,使得燃煤锅炉在变负荷时的运行经济性较差。煤在燃烧过程中所放出的热量是维持锅炉正常运行的能量,因此,锅炉在变负荷运行时需要增加给煤量来维持正常的运行工况。在当前节能减排的背景下,燃煤机组作为耗能大户,其节能减排工作一直是电力行业关注的重点。本文研究对象为某660MW火电机组锅炉。通过对锅炉燃烧工况分析,认为导致锅炉变负荷运行经济性不理想的主要因素是由于给煤量改变而引起的热量变化以及蒸汽流量变化等原因造成的。为此,本文提出了“经济氧量”概念来描述锅炉燃烧工况。所谓“经济氧量”就是在满足燃烧稳定和经济煤耗量要求下所需要增加的氧量。

二、优化电厂锅炉经济氧量的意义

电厂锅炉是能源转换的重要设备,其运行效率直接影响着能源的利用率和排放物的浓度。优化锅炉氧量可以改善燃烧效率,降低燃料消耗,减少排放物,从而降低电厂的运行成本,提高经济效益。

(一) 燃烧效率与氧量

锅炉氧量对燃烧效率有直接影响。过量的氧气会导致燃料燃烧过快,产生过多的热量和排放物;而氧气不足则会导致燃烧不完全,降低燃烧效率。因此,合理控制氧量是提高燃烧效率的关键。

(二) 燃料消耗与氧量

锅炉氧量对燃料消耗也有影响。在一定的燃烧条件下,合理的氧量可以保证燃料充分燃烧,减少未燃尽的燃料,从而降低燃料消耗。因此,优化锅炉氧量可以有效降低电厂的运营成本。

(三) 排放物浓度与氧量

锅炉氧量对排放物浓度有明显影响。当氧量过高

时,燃烧产生的热量和排放物增加;而当氧量不足时,燃烧不完全,排放物浓度也会增加。因此,优化锅炉氧量可以有效降低排放物浓度,符合环保要求。

(四) 经济效益与氧量

优化锅炉氧量不仅可以提高燃烧效率、降低燃料消耗和减少排放物,还可以带来直接的经济效益。通过优化氧量,可以减少燃料的浪费,降低运营成本,提高电厂的经济效益。

优化电厂锅炉经济氧量的意义重大,不仅可以提高燃烧效率、降低燃料消耗和减少排放物,还可以带来直接的经济效益。因此,电厂应该重视锅炉氧量的优化工作,采取有效措施,提高锅炉运行效率,实现节能减排的目标。同时,政府和相关部门也应该加大监管力度,推动电厂实现绿色低碳发展。

三、影响锅炉变负荷运行经济性的主要因素

(一) 燃烧工况变坏

负荷下降时,随着给水温度降低,会引起给水流量的变化。因此,在变负荷运行时,炉膛负压、一次风量和二次风量也都要随着负荷的变化而变化,锅炉的燃烧工况也要相应发生变化。煤的燃烧需要空气,但空气量要保持不变。当燃料量发生变化时,炉膛出口烟温就会随之发生变化。燃料量的改变引起燃烧工况的改变。例如当负荷由100%降至50%时,在燃用低挥发份煤时,烟气中CO含量就会升高;而当负荷由50%降至40%时,烟气中CO含量又会降低。因此在变负荷运行时,锅炉的燃烧工况就会发生变化。

另外,给水温度降低还会引起蒸汽温度降低。汽温是反映蒸汽温度的重要参数之一。汽温不平衡主要表现在以下方面:1. 给水量不平衡。2. 炉膛出口烟温不平衡。根据热力学第一定律:热量由高温物质转移给低温物质,由低温物质再转移给高温物质,而热量转移的方向又与温度成反比关系。

（二）吸热量减少

由于给水温度降低，吸热减少，给水流量减少，使锅炉总吸热量减小。由于给水温度降低，水的比热容和导热系数变小，通过传热损失的热量减少。如果吸热量减少 1%，则锅炉热效率就会下降 0.3%。

1. 烟气含氧量。烟气含氧量的增加使排烟温度升高，同时还使排烟的热损失增加。一般情况下，烟气含氧量每增加 1% 时，锅炉的热效率将下降 0.3% ~ 0.5%。锅炉的热效率随含氧量的增加而降低。因此在变负荷时，应尽可能地降低烟气中的含氧量。

2. 炉膛负压变化。炉膛负压的变化主要是通过改变一次风煤粉浓度来实现的，以保持炉膛出口烟温不变或稍有提高为原则。

3. 煤质变化对锅炉热损失的影响。煤质是影响锅炉热损失的重要因素之一，煤中含硫量越高或挥发分越低、水分越大，煤中硫和水分的含量越多，则煤质越差，锅炉热损失就越大。

（三）排烟热损失增加

在变负荷时，由于烟气量的变化，会使排烟温度上升，从而增加了排烟热损失。

1. 给水流量及给水压力。给水流量与给水压力是直接影响锅炉效率的因素。在锅炉运行中，给水流量的变化对锅炉效率的影响要比水蒸气流量大得多。因此在变负荷时，可通过调节给水量来改变锅炉效率。

2. 燃尽风开度。燃尽风的作用是把飞灰含碳量减少到最低程度，但同时也使排烟温度上升。所以在变负荷时，应适当开大燃尽风开度，以降低排烟温度。

3. 飞灰磨损。飞灰的磨损主要是由烟气流速引起的空气动力磨损和磨粒磨损。飞灰的主要成分是氧化硅、氧化铝和氧化铁等，它们都是十分坚硬的物质。当负荷增大时，烟气中的含氧量相应降低，因此飞灰磨蚀加剧，不仅磨料磨损加剧，而且飞灰浓度也随之增加，从而使锅炉效率下降。

（四）煤粉细度

煤的粒度是指煤粉细度，其大小对锅炉燃烧的影响较大，因为煤粉的粒度越细，炉膛温度越高，燃烧也就越充分，烟气中的煤粉浓度也就越大。煤粉细度对锅炉燃烧和锅炉热损失影响较大，但是对锅炉热损失影响不大。煤的粒度为 0.4 ~ 0.9 mm 时，炉膛出口烟温在 750℃ 左右；当煤粉粒度小于 0.4 mm 时，炉膛出口烟温在 450 ~ 550℃。因此，煤的粒度大小对锅炉热损失的影响不大。

（五）排烟温度

排烟温度主要是指炉膛出口烟温与烟道出口烟温之差。排烟温度随负荷的变化而变化。一般情况下，负荷每下降 100 MW，排烟温度下降 10 ~ 20℃。当负荷下降到一定程度后，烟气温度基本不再变化了。因此，

在变负荷时，可通过降低烟气温度来降低锅炉的热损失。其次是，锅炉的给水温度及炉膛负压。给水温度降低会使燃烧工况变坏、吸热量减少、排烟热损失增加。

四、某电厂 660MW 机组运行参数

本文以某电厂 660MW 机组为研究对象，该机组原设计煤种为褐煤，锅炉采用直流炉，给煤机为双进双出，给煤机为单进单出，空预器采用全连管结构。锅炉设计煤种为褐煤，炉膛尺寸为 750×310×75mm。机组配置 2 台磨煤机，单炉膛结构。锅炉燃料为烟煤，配有一次风、二次风、三次风、二次风配风方式，煤粉细度为 25% ~ 40%。制粉系统采用电除尘 + 袋式除尘器的组合方式。锅炉氧量控制在 3.0% ~ 4.0% 之间。

为了研究各工况下的锅炉经济性，本文对机组进行了变负荷运行实验，将不同负荷下的烟温、烟气含氧量、主蒸汽压力、再热蒸汽温度等参数记录下来。通过对试验数据的处理，计算得到变负荷运行时锅炉经济性的变化情况：在变负荷时，总耗氧量降低，锅炉经济氧量值降低；烟温升高；主蒸汽压力升高；再热蒸汽温度降低。综合考虑机组经济性与安全性等因素，在保证锅炉燃烧稳定性的前提下，选取锅炉经济氧量值在 2.0% ~ 3.0% 之间。

（一）变负荷运行实验方法

计算方法分别有：1. 实际耗氧量法，即根据炉内实际燃烧情况进行计算。在总耗氧量不变的情况下，随着负荷的升高，锅炉总耗氧量逐渐增加，在负荷为 100% 时达到最大值；2. 理论耗氧量法，即根据锅炉的理论设计参数计算出不同负荷下的耗氧量。当负荷为 100% 时，锅炉实际耗氧量与理论耗氧量误差最小；3. 实际燃用煤质变化法，即根据锅炉煤质特性计算出不同负荷下的燃用煤质。当负荷为 100% 时，燃烧煤质与实际情况偏差最大；4. 修正系数法。基于锅炉实际运行情况和理论计算结果，采用修正系数法计算出不同负荷下的经济氧量值。随着负荷的升高，锅炉经济氧量值逐渐降低。

（二）锅炉经济氧量分析

在变负荷时，锅炉经济氧量降低，即总氧量的降低将使锅炉的实际氧量增加。在燃烧过程中，燃烧所需的空气量与进入炉膛内的燃料量存在一种平衡关系。在燃料量不变的情况下，随着负荷降低，进入炉膛内的燃料量减少，但是燃料在炉内燃烧所需的空气量增加。所以在负荷不变的情况下（即总氧量不变）锅炉的实际氧量将降低。

五、总结

1. 在负荷变化较大的情况下，锅炉总耗氧量会增大，锅炉经济氧量值降低，经济性也会受到影响。但是，随着负荷的增加，锅炉总耗氧量增加的幅度逐渐减小，锅炉经济性也会随之增加。因此，在负荷变

化较大时,在保证机组安全运行的前提下,适当增加总氧量是提高机组经济性的有效措施。2. 对于采用煤粉燃烧方式的锅炉来说,当主蒸汽压力和再热蒸汽温度一定时,锅炉经济氧量值受煤粉细度、煤粉用量和一次风率等因素的影响。因此,在负荷变化较大时,要根据机组负荷变化情况合理调整煤粉细度、一次风率和二次风率等因素以保证锅炉燃烧稳定性。

六、经济氧量的确定

锅炉的经济氧量是指在一定负荷范围内,在保证燃烧稳定的前提下,根据煤的热值、煤的含碳量以及燃料与空气的比例,合理地控制锅炉燃烧过程中的氧量而得到的,它是影响锅炉经济性最主要的因素之一。目前电厂锅炉经济氧量确定方法主要有两种:一种是在保证燃烧稳定的前提下,采用变负荷运行方式来确定经济氧量,其方法是以炉内燃料量不变时,通过改变煤粉细度、煤与空气比例及风量来控制经济氧量;另一种是在保证燃烧稳定的前提下,采用提高燃烧空气量来控制经济氧量。以上两种方法各有优缺点,前者需要投入大量的人力和物力,后者则可根据燃料量或煤粉细度进行调整。随着锅炉燃烧技术的不断发展,这种方法已不能满足实际需要。

七、经济氧量的优化调整

(一) 确定锅炉的经济氧量,不仅要考虑到运行时锅炉的燃料和给水量,还要考虑到燃料和给水量变化对经济性的影响

根据理论分析,机组在不同负荷下,由于氧量的变化,炉内烟气中的烟气量也是不同的。因此,锅炉的经济氧量与燃料、给水量是密切相关的。在运行中,若要使锅炉经济运行,就要使燃料和给水量保持一定的比值。

随着机组负荷的降低,燃料量的增加,而锅炉水容积基本不变时,其烟气中的烟气量是降低的。当给水流量不变时,由于烟气流速降低而带走了一定的热量,同时煤量的减少也使得炉膛内辐射吸热量相应增加,当锅炉负荷降低到额定负荷以下时,锅炉水容积就会减少。在燃料量和给水量不变时,由于烟气量增加而导致炉膛烟气温度升高。此时若继续保持过量空气系数不变,就会造成排烟温度升高。

(二) 确定锅炉的经济氧量,还需要对锅炉受热面进行监视,及时调整各受热面的壁温,使其维持在合理的范围内

锅炉的经济氧量是一个重要的经济指标,它直接关系到锅炉的经济性和运行经济性,同时也是保证锅炉安全运行、提高效率的重要手段。在实际运行中,各参数的变化都会对锅炉经济氧量产生一定的影响,因此,运行人员需要及时了解和掌握各参数变化对锅炉经济氧量的影响情况。

一般情况下,在保证炉膛出口烟温、送风量等基本参数不变的前提下,根据不同工况对氧量进行调整,使得炉膛出口烟温、排烟温度、主蒸汽温度等主要参数都能够得到良好的控制,以提高锅炉运行的经济性。目前我国电力行业中常采用燃料消耗指数作为锅炉经济氧量调整依据,一般采用燃料消耗量与燃烬率之比作为计算公式,利用该公式来确定锅炉经济氧量。当锅炉负荷在 75% ~ 100% 之间时,应根据燃料消耗量与燃烬率之比来调整锅炉的经济氧量。

在保证燃烧稳定的情况下,维持炉内各烟气侧的氧量基本一致,使炉膛出口烟温保持在合理的范围内;保证各受热面的壁温稳定,尽量减少排烟损失。如果锅炉长期运行在低负荷工况,应采用大煤粉量、小送风量、增加燃烧器摆角等措施来维持炉内烟温,以减少排烟损失。当锅炉负荷低于 75% 额定负荷时,可采取相应措施降低氧量以达到降低排烟损失的目的;在保证燃烧稳定的情况下,尽量保持锅炉燃烧率不变。负荷率太低,则燃烧效率就会降低;如果负荷率过高,则会造成排烟温度升高和排烟热损失增加;在保证炉膛出口烟温稳定的情况下,保持较低的排烟量和较高的排烟温度。

结论:

随着负荷的不断变化,锅炉的运行工况也随之改变,为了使锅炉燃烧更加经济,可以通过对不同负荷下的氧量进行试验和计算,找出经济氧量,以指导锅炉运行,提高锅炉运行经济性。对于机组经济运行而言,在保证机组安全和环保的前提下,应尽量降低机组负荷,即采用低负荷运行方式。因此提出了“经济氧量”的概念,即在保证安全的前提下尽可能降低机组负荷,使机组达到最佳经济性。同时也提出了在实际运行中应根据负荷变化情况对机组进行调整的建议。

参考文献:

- [1] 刘淑凤. 以精益化为核心的劣煤掺烧管理研究[J]. 山东工业技术. 2016,(22):98-99.
- [2] 杨智立. 浅议基于数据挖掘的电站运行优化[J]. 科学与财富. 2017,(31):85-86.
- [3] 胡志刚. 电厂 200MW 机组热力系统运行热经济性分析研究[J]. 无线互联科技. 2014,(9):44-45
- [4] 张贵元. 基于数据挖掘关联规则在成绩分析中的应用探究[J]. 电脑编程技巧与维护. 2016,(9):112-113.
- [5] 樊丰顺. 电厂汽轮机运行的节能降耗措施研究[J]. 中国科技纵横. 2015,(16):66-67.
- [6] 谷俊杰,孔德奇,高大明,等. 电站锅炉燃烧优化中最佳烟气含氧量设定值的计算[J]. 华北电力大学学报. 2017,(6):24-25.