

文章编号:1000-582X(2002)09-0068-03

热水锅炉间歇式运行的节能效果分析*

王德明, 曾丹苓, 胡效雷, 蔡治勇

(重庆大学 动力工程学院, 重庆 400044)

摘要: 锅炉憋压运行技术的关键在于提高锅炉的运行参数,使其尽量在额定负荷下运行,以达到较高的热效率,对高出力低负荷热水系统采用了热水锅炉间歇式运行方式,以达到节能的目的。整个研究过程中采用了正平衡法,在此基础上,对热水锅炉间歇式运行节能和周期性进行了讨论,得出了间歇式运行的节能公式及锅炉运行时间、停炉时间及其时间比的关系式。锅炉间歇式运行不但可以节能,而且还可以减轻运行人员的劳动负担。

关键词: 锅炉; 间歇式运行; 连续式运行; 节能

中图分类号: TK11

文献标识码: A

锅炉的热效率是通过锅炉的热平衡确定的。所谓热平衡,是指输入锅炉的热量与锅炉有效利用热及各项热损失之间的数量平衡关系。锅炉热效率的试验有2种方法,即正平衡法与反平衡法。所谓锅炉的正平衡是指输入锅炉的热量(燃料带入的热量)与锅炉输出的热量(即锅炉的有效利用热与各项热损失)之间的平衡;正平衡法就是直接测定锅炉的输入和输出热量,以确定锅炉的热效率;反平衡法就是测定各项热损失,从而确定锅炉的热效率。正平衡法比较简单,但只能了解锅炉的热效率,而反平衡法虽然繁杂却能判别锅炉运行工况的优劣问题^[1]。由于条件限制,本研究采用的是正平衡法。

锅炉憋压运行技术的关键在于提高锅炉的运行参数,使其尽量在其额定负荷下运行,以达到较高的热效率。在采暖季节具有采暖要求的地区,锅炉在非采暖季节的运行往往远低于锅炉的额定负荷,因为它们在非采暖季节不带采暖负荷,往往只有加热生活热水或一些比较小的热负荷,其负荷往往达不到锅炉额定负荷的5%,为此,锅炉憋压运行技术成功地应用于非采暖季节运行的热水锅炉实现了节能及减轻劳动强度的目的。

1 运行可靠性分析

首先,整个系统的运行要满足采暖季节的采暖要求,相对非采暖季节热负荷来说,循环水的热负荷就不

会太小,根据经验,采暖季节的热负荷至少是非采暖季节的20倍以上,也就是说,非采暖季节不用采暖时,整个循环水系统的热负荷是非采暖季节热负荷的20倍以上,锅炉间歇式运行的周期比较长,锅炉的启停炉损失可以忽略不计。这就为锅炉憋压运行技术在热水锅炉中的应用提供了有力的技术保证。

具体的运行方式为:提高热水锅炉的运行参数,使其在额定负荷下运行,运行正常后,停止锅炉运行,只让其循环水继续循环,待其快达不到负荷要求时再启动锅炉的运行。

如用热系统图所示(见图1),当旁通阀门全关时,热水锅炉就应该启动运行了,随着锅炉运行参数的提高,逐渐开启旁通阀,以使热用户的热负荷稳定,直到锅炉达到额定负荷下运行正常停炉。

当锅炉停止运行后,热用户的热负荷就要靠循环水所储蓄的热能提供,随着循环水温度的降低,就需要逐渐关小旁通阀来增大通过间壁式换热器^[2-3]的循环水量以使热用户负荷稳定,直到旁通阀全关再次启炉。

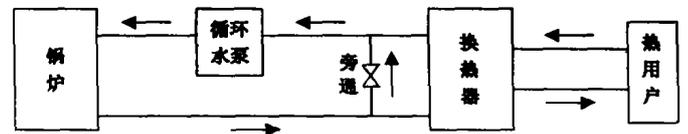


图1 用热系统图

* 收稿日期:2002-03-05

作者简介:王德明(1968-),男,重庆江津人,重庆大学博士研究生。主要从事工程热力学方向的研究。

在锅炉间歇式运行周期,刚启炉时由于运行参数较低,远离锅炉额定负荷,其热效率较低,随着运行负荷的逐渐升高,锅炉的热效率逐渐升高,直到额定负荷达到最大热效率,这样锅炉的平均热效率大大提高,从而达到节约燃料的目的,并且在停炉期间锅炉不需要消耗燃料^[4]。

2 运行效果分析

在非采暖季节,如果不采用这种运行方式,即锅炉连续运行,整个系统的运行状态将一直处于间歇式运行的旁通阀刚好全关时的状态,此时锅炉运行的热效率最低,远远低于锅炉额定负荷下运行时的热效率;为了确保锅炉连续性运行,其热负荷也为最低,远远低于在采暖季节运行时的热负荷。在非采暖季节,热水锅炉连续运行方式下,其耗煤量(以热量计,下同)为:

$$W_1 = Q_1 / \eta_1$$

式中: Q_1 为非采暖季节锅炉连续运行热负荷; η_1 为非采暖季节锅炉连续运行热效率。

锅炉的热效率系指锅炉有效利用的热量占输入锅炉热量的百分比,燃料消耗可以根据有效利用热与热效率计算出来。显然,对相同容量与参数的锅炉,其热效率愈高,燃料消耗量愈少^[1]。热水锅炉间歇式运行时,锅炉的运行状态是由低负荷运行状态,逐渐向锅炉高负荷运行状态进行。在其额定运行负荷范围内,热水锅炉低负荷运行状态的热效率较低,而高负荷运行状态的热效率较高,间歇式运行方式锅炉的热效率取其平均热效率,即:

$$\eta_2 = (\eta_0 + \eta_1) / 2$$

式中: η_0 为锅炉额定负荷效率。

间歇式运行方式下,锅炉热效率为运行期间的热效率,耗煤也只在运行期间耗煤,锅炉耗煤量为:

$$W_2 = Q_1 / \eta_2 = 2Q_1 / (\eta_0 + \eta_1)$$

间歇式运行方式比较连续运行方式节约的煤量为:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = Q_1 \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{2}{\eta_0 + \eta_1} \right)$$

通常在判断锅炉节能问题时,采用绝对节能量是看不出节能效果的,采用相对量则比较直观,其间歇式运行方式的节能比率为:

$$\eta = \frac{\Delta W}{W_1} = \frac{\eta_0 - \eta_1}{\eta_0 + \eta_1}$$

既然是间歇式运行,锅炉运行人员和管理人员非常关心的是锅炉运行多少时间停止运行多少时间。锅炉运行时间决定于整个系统循环水量^[5]及锅炉的出力;而锅炉停运时间决定于系统循环水量及非采暖季节热负荷。根据能量守恒定律,间歇式运行锅炉在一个周期内的运行时间和停炉时间分别用以下 2 式估算:

$$t_{21} = \frac{C_p M \Delta T}{Q} \quad t_{20} = \frac{C_p M \Delta T}{Q_1}$$

式中: t_{21} 为锅炉运行时间; C_p 为定压热容; M 为循环水量; ΔT 为循环水的温升; t_{20} 为一个运行周期的时间; Q 为锅炉额定负荷。

锅炉间歇式运行在一个周期内的停运时间与运行时间的比值为:

$$R_t = t_{20} / t_{21} = \frac{Q}{Q_1}$$

从上面的节能比率公式可以看出,如果非采暖季节锅炉运行热效率能够达到锅炉额定热效率,则间歇式运行没有节能效果。但是在实际运行过程中,锅炉额定负荷下运行的热效率比低于额定负荷运行热效率大。在作者曾经工作过的单位,一台 40 MW(整个采暖季节的热负荷约为 80 MW)的热水锅炉满负荷运行的热效率为 75%,而在非采暖季节只有约 3 MW 的热负荷情况下其热效率约为 30%,在非采暖季节间歇式运行方式比较连续运行的节能比率为 42.9%。并且, $R_t = 13$,即锅炉运行 1 h 后可以停炉 13 h 后再启动锅炉(见表 1),可以大大减轻锅炉运行人员的劳动强度,这与当时非采暖季节每天早晚各运行 1 h 相吻合。由此可见,锅炉憋压运行技术在适当的条件下,可以在热水锅炉的运行之中推广应用。

表 1 两种运行方式的主要结果比较

运行方式	额定热效率 / %	实际热效率 / %	同一周期		停炉与运行时间比	节能比
			运行时间 / h	停炉时间 / h		
连续运行	75	30	14	0	0	42.9%
间歇运行	75	53	1	13	13	

3 结论与讨论

锅炉间歇式运行方式适用范围与主要结论:

1) 锅炉出力远远大于热负荷。如果锅炉出力与热负荷相差无几,运行时间与停炉时间的比值就比较小,没有采用锅炉间歇式运行的必要;

2) 整个循环水系统较大。如果循环水系统比较小,锅炉停炉 10 min 以后就需要运行 1 min 的话,完全可以增设 1 台与热负荷相匹配的小锅炉来运行;

3) 锅炉间歇运行的周期较长,否则锅炉启停炉损失不可忽略;

4) 间歇式运行时,锅炉运行状况比较接近额定工况,热效率高;

5) 连续式运行时,锅炉为高出力低负荷运行,远离额定工况,其热效率低;

6) 锅炉连续式运行热效率太低的主要原因是:为了确保连续运行,锅炉必须减弱燃烧,而锅炉炉膛结构、烟道等几何尺寸都是按额定负荷设计,炉膛又需为负压,势必鼓引风量不能与燃烧相匹配的小而使大量的过剩空气带走热量,造成能量损失。

本运行方式类似于蒸汽蓄热技术^[6],本热能储存在循环热水之中,并逐渐释放给热用户;而蒸汽蓄热技术则在耗汽量较低时将过剩的蒸汽储存起来,以应付在需要大量蒸汽时使用,这样才能更好适应客观生产变化的需要。

锅炉连续运行的热效率既然这么低,是否可以采

用较小的锅炉来代替非采暖季节的运行呢?对于采暖季节具有采暖负荷的热网,这样做是不经济的。首先,增加这台小锅炉将增加一定的费用;并且,用这样小锅炉的循环泵来推动一个庞大的循环水系统是不可能的。比如用 3 MW 锅炉的循环泵推动 80 MW 的循环水系统是不可能的。

整个系统在没有增加投资改造的情况下,就使锅炉的非采暖季节运行热效率得到提高,达到了节能的目的。

采用间歇式运行,锅炉运行时间短停炉时间长,可以减轻锅炉运行人员的劳动强度。但泵除外,因为循环水泵是连续运行的。

参考文献:

- [1] 金定安,曹子栋,俞建洪.工业锅炉原理[M].西安:西安交通大学出版社,1989.
- [2] 吴双应,李友荣,曾丹苓.换热管传热过程的熵产分析[J].重庆大学学报,2001(2):92-95.
- [3] 靳明聪,程尚模,赵永湘.换热器[M].重庆:重庆大学出版社,1990.
- [4] 李友荣,吴双应,卢啸风,等.喷气再燃降低 NO_x 排放炉内混合状况冷态模拟实验[J].重庆大学学报,2001(3):117-119,131.
- [5] 王德明,苟忠明,李友荣.氮气稳压热水热网系统中的应用[J].华北电力大学学报,2000(增刊):124-125.
- [6] 孙泽权,石文卿.热能利用与节能工程[M].重庆:重庆大学出版社,1990.

Energy - saving Analysis of Boiler's Periodic - running

WANG De-ming, ZENG Dan-ling, HU Xiao-lei, CAI Zhi-yong

(College of Power Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: When the technique of "boiler Sultry-pressure-running" is applied, because boiler's efficiency raises by promoting running parameters up to the designed values, boiler's periodic-running is brought forward for the high output and low load situation. By using the positive-balance-method, the paper is devoted to a discussion on the period-running of the boiler to save energy. Relations among energy-saving, boiler's running time, standing by time and time ratio are discussed in detail. In addition, the periodic-running of the boiler will save the labor of the workers.

Key words: boiler; periodic-running; succession-running; energy-saving

(责任编辑 陈移峰)