CCPP机组燃料低热值运行探索*

张海军,张俊峰,陈永健

(内蒙古包钢钢联股份有限公司动供总厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了热值稳定对CCPP机组运行的重要性,通过对机组保护优化,探索出CCPP机组低热值运行操作的可行性和可靠性,为不停机处理CCPP机组焦煤系统缺陷做了有益探索,提高了CCPP机组运行的经济效益和社会效益。

关键词: 热值稳定; 机组保护; 低热值运行

中图分类号: TM611.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)06-0088-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.06.023

Exploration on Operation of Fuel for CCPP Unit with Low Heating Value

Zhang Hai-jun, Zhang Jun-feng, Chen Yong-jian

(*Power Supply General Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the importance of stability of heating value for operation of CCPP unit is introduced. The feasibility and reliability of operation for CCPP unit with low heating value are explored through optimizing the unit protection, which is beneficial to the treatment of defects for coking coal system of CCPP unit without shut down so that the economic and social benefits of operation for CCPP unit are improved.

Key words: stability of heating value; unit protection; operation with low heating value

CCPP(燃气—蒸汽联合循环发电机组,以下相同)是利用高煤(高炉煤气,以下相同)混合焦煤(焦炉煤气,以下相同)变成混合煤气,混合煤气送CCPP机组燃烧做功发电。CCPP机组设计对热值要求苛刻[1],机组正常运行时热值范围为(4 187~4 396)±50 kJ/m^3,当负荷(发电机功率,以下相同)大于70 MW时,热值小于4 000 kJ/m^3,机组甩负荷;当负荷大于70 MW时,热值大于4 650 kJ/m^3,机组甩负荷;当热值大于6 520 kJ/m^3,机组跳机。焦煤系统运行稳定是CCPP机组热值稳定的关键。当焦煤系统存在缺陷时,热值无法保证,必须进行处理。如果停机处理,会影响机组的发电效益;如果焦煤系统不处理缺陷,机组低热值、低负荷带缺陷异常运行,与CCPP机组安全稳定运行相悖;本文探索在不停机的情况下对缺陷进行处理,使CCPP机组在低热值下安全稳定运行,既可以避免CCPP机组停机或长时间异常运行,又可以提高机组的运行效益和运行稳定性。

1 问题的提出

包钢动供总厂最早建的CCPP机组,主体设备和技术均引进于日本三菱公司。装机规模为

* 收稿日期:2020-05-18

作者简介:张海军(1968-),男,内蒙古包头市人,技师,现从事CCPP机组的运行、维护和检修相关工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2×137.6 MW，分别于 2008 年 9 月和 2008 年 11 投产，具备 19.4 亿 kW·h 以上的年发电规模。投产运行至今的 10 多年中，机组运行的稳定性和经济性都得到了很好体现。随着运行时间的延长，一些重要辅助设备问题逐渐暴露出来，给 CCPP 机组安全稳定、高效运行带来难度。焦煤加压机为 CCPP 机组焦煤系统的重要设备，焦煤加压机的作用是对焦煤进行加压，加压后的焦煤通过焦煤流量调节阀的控制和高煤混合，产生热值稳定的混合煤气供 CCPP 机组使用，焦煤加压机运行的稳定关系到 CCPP 机组热值的稳定。

CCPP 机组有两台焦煤加压机，一台运行，一台备用。如果运行焦煤加压机发生异常，就会切换到备用焦煤加压机。同时，对异常焦煤加压机检修，保证 CCPP 机组备用设备备用，提高 CCPP 机组运行稳定性。检修焦煤加压机时，需对焦煤进行煤气隔离，由于部分阀门无法关到位，煤气无法隔离导致焦煤加压机不能检修，给 CCPP 机组稳定运行带来隐患。如果彻底隔离焦煤就需全停焦煤系统，CCPP 机组热值由混煤热值变为低热值(高煤热值)运行，按日本三菱设计 CCPP 机组可以低热值运行，如何进行低热值运行操作和低热值下带多少负荷运行并不明确，国内外也无成功案例供参考。如果探索出 CCPP 机组低热值安全稳定运行操作和运行可行的方法，就可以在不停机的情况下处理焦煤系统缺陷，提高机组运行的稳定性和高效性。

2　解决依据

2008 年 CCPP 1#机组是在不断的事故跳机中完成的调试，正式投产前对历次事故进行分析，发现 80% 以上的事故原因与焦煤系统故障有关；后对 CCPP 机组保护进行优化，同时将 CCPP 1#、2#机组联锁控制系统 -3 柜中 COGBTRP 继电器拔下，CCPP 机组运行日渐平稳。2013 年 8 月 10 日，22#焦煤加压机在变频运行过程中发生跳闸，岗位人员紧急启动备用 21#焦煤加压机，在焦煤加压机恢复正常的 30 min 时间内，CCPP 2#机组处于低热值运行，运行中的 CCPP 2#机组并未跳闸，仅是甩负荷到 90 MW继续运行。事后检查 22#焦煤加压机跳闸原因，为变频器参数设置不合理。通过此次焦煤加压机意外跳闸而 CCPP 机组未跳闸事件，证明 CCPP 机组保护优化是成功的，同时也证明 CCPP 机组在低热值下运行也是可行的。

2.1　CCPP 机组低热值下低负荷运行探索

2018 年 3 月 22 日，21#焦煤加压机需检修，焦煤隔离措施无法做到位，必须全停焦煤系统。当时是两台 CCPP 机组运行，如果全停 CCPP 机组，对经济效益、环保等方面的影响都非常大，所以决定探索 CCPP 机组的低热值运行。由于没有 CCPP 机组低热值运行操作经验，考虑 CCPP 机组低热值运行操作过程中可能存在全停风险，为减小 CCPP 机组全停对系统的影响，将 CCPP 1#、2#机组的负荷全部减至最低负荷 40 MW。停运焦煤系统后，CCPP 1#机热值为 3 470 kJ/m^3 左右，CCPP 2# 机热值为 3 065 kJ/m^{3}左右，有近 400 kJ/m^3 的差值，事后检查为 CCPP 2#机组热值仪偏差所致。在做措施和设备检修过程中，CCPP 1#、2# 机组运行负荷始终保持 40 MW，无报警和异常，成功实现 CCPP 两台机组低热值操作和运行，设备检修后，恢复 CCPP 机组混煤运行，机组运行稳定。

2.2　CCPP 机组低热值下高负荷运行探索

2019 年 12 月 2 日，11#焦煤加压机需检修，焦煤隔离措施无法做到位，必须全停焦煤系统。当时 CCPP 1#机组处于检修状态，CCPP 2#机组运行，后又对 CCPP 1#、2#机组焦煤系统其它设备进行检查，共发现 4 个阀门存在问题，再次实施 CCPP 机组低热值操作和运行，同时对 CCPP 机组低热值最大负荷运行进行探索。

2020 年 2 月 10 日 8:00 开始操作，为便于说明各阶段 CCPP 2#机组操作、负荷、热值变化和现场工作情况，以负荷曲线和热值曲线变化进行分析和说明，见图 1，图中Ⅰ—Ⅵ分别表示不同阶段。阶段Ⅰ，负荷由平稳 135 MW 左右降到 60 MW 左右，此阶段为机组减负荷同时减少焦煤使用量到停用焦煤操作阶段。由于此次操作还属于摸索阶段，为将机组可能停机对系统影响降到最低，故将负荷减到60 MW；热值也由混煤热值 4 180 kJ/m^3 左右同步降低为高煤热值(低热值) 3 490 kJ/m^3 左右，现场进行换阀准备工作。阶段Ⅱ，负荷由 60 MW 加到 123 MW 并保持，此阶段为低热值下 CCPP 机组逐渐加负荷验证阶段，热值稳定，现场进行置换操作和置换后的换阀工作。阶段Ⅲ，负荷由 123 MW 降到 60 MW，此阶段为电气处理缺陷临时减负荷，热值稳定，现场继续换阀工作。阶段Ⅳ，负荷由 60 MW 升到 123 MW，此阶段为电气缺陷处理完后，CCPP 机组重新加负荷阶段，热值稳定，现场继续换阀工作。阶段Ⅴ，负荷由

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

123 MW 降到60 MW，此阶段为焦煤恢复使用前的减负荷操作，还是考虑机组可能停机对系统影响降到最低，现场进行检修后的焦煤置换工作。阶段Ⅵ，负荷由60 MW 升到135 MW，此阶段为焦煤逐步恢复使用阶段，机组恢复带负荷阶段，热值也由低热值（高煤热值）恢复为正常热值（混煤热值）。在整个操作过程中，机组在低热值下负荷可以带到123 MW 且稳定运行，运行期间无任何报警和异常，证明CCPP 机组低热值高负荷运行操作也是可行的。

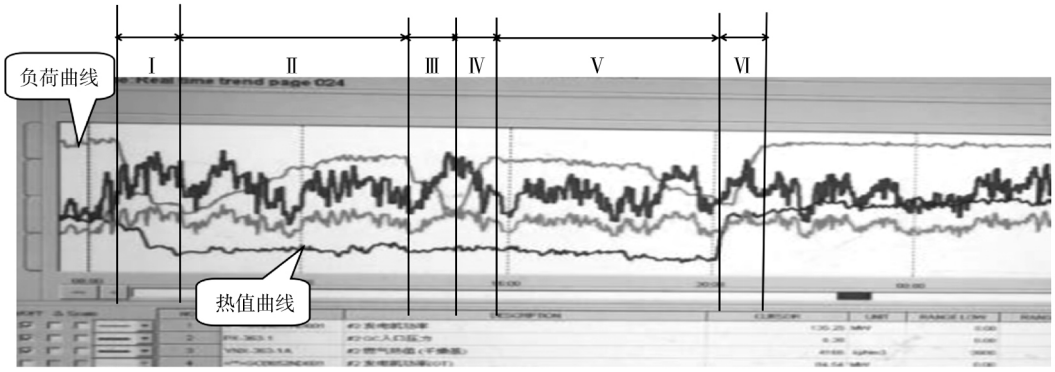


图1 CCPP 机组的负荷和热值运行曲线

3 效益分析

CCPP 机组低热值运行产生的效益包括发电效益、停机期间外购电费和减少煤气放散对环境影响所产生的社会效益。CCPP 机组低热值运行负荷为123 MW（12.3×10^4 kW）。处理缺陷做措施、检修和恢复正常运行历时11.5 h；外购电价为0.37 元/（kW·h）（不含税），发电变动成本为0.25 元/（kW·h）。高炉煤气消耗约为 22×10^4 m^3/h（工作日报表统计），经济效益计算如下：

发电效益：$12.3\times10^4\times11.5\times(0.37-0.25)=16.97$ 万元；

外购电电费：$12.3\times10^4\times11.5\times0.37=52.34$ 万元；

经济效益合计：$16.97+52.34=69.31$ 万元。

CCPP 机组负荷为123 MW 时，11.5 h 消耗煤气量为 $22\times10^4\times11.5=253\times10^4$ m^3，如果停机处理此部分高炉煤气将全部放散，增加了煤气放散对周围环境的污染。

4 结束语

随着CCPP 机组运行时间的延长，焦煤系统缺陷会逐渐暴露出来，影响到CCPP 机组运行的稳定，通过包钢CCPP 机组两次低热值操作和运行的成功探索，得出CCPP 机组低热值下操作和运行是可行、可控和有效益的，为同类型CCPP 机组低热值操作和运行提供实证，也为处理焦煤系统缺陷创造了条件。为保证CCPP 机组低热值下操作和运行的成功及现场缺陷处理的安全和可靠，操作前一定要确认和解除相关保护，同时焦煤系统各阶段置换操作都要规范；为提高机组的运行效益、缩短操作时间，再有类似操作时不需要将负荷减到40 MW 或60 MW，可以直接减焦煤直至高煤运行，机组负荷仅需考虑GC 入口压力即可。

参 考 文 献

[1] 张建府. 燃用低热值合成气燃气轮机性能特点及优化[J]. 电力建设，2011，32（9）：74－77.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net