

西北某燃气-蒸汽联合循环机组供热运行方式优化的经济性分析

杜浩成

宁夏东部热电股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 燃气-蒸汽联合循环机组性能分析与运行方式优化研究对于燃气机组节能降耗具有重大意义, 冬天供热季通过利用余热锅炉尾部烟道热网加热器, 在保证烟道尾部管壁和烟囱安全的情况下, 最大限度的利用锅炉尾部烟气余热, 提高进入炉侧热网加热器的供水温度, 降低排烟温度, 减少机组的热损失, 降低气耗提高机组整体效率。以西门子SGT5-2000E机组为研究对象发现, 单台机组通过利用烟道尾部烟气余热, 在机组满负荷情况下, 冬季通过炉侧热网加热器日换热量可达1500GJ左右, 每天产生的经济效益达7万余元。

关键词: 燃气-蒸汽联合循环; 余热锅炉; 尾部烟道热网加热器; 运行优化; 热值计算

引言

近年来, 为了响应国家节能降耗和城市供热需要, 满足3060“碳达峰、碳中和”目标的实现, 加之燃气-蒸汽联合循环发电机组具有高效低耗、启停速度快、调节灵活、可用率高、投资省、建设周期短及环境污染小等优点, 以及液化天然气(LNG)的生产、运输和存储技术不断成熟, 越来越多的燃气-蒸汽联合循环机组在城市周边及广东、福建、浙江及山东等沿海地区被建设和投运。燃气-蒸汽联合循环机组配合传统的燃煤机组、水电及新能源发电, 利用自身优势参与电网调峰, 更好的保障了电网的安全性和稳定性。

1 燃气-蒸汽联合循环机组的设备组成

燃气-蒸汽联合循环发电机组由燃气轮机、余热锅炉和负荷匹配的汽机、发电机及附属辅助设备所构成。

1.1 燃气轮机

燃气轮机是发电和驱动领域的核心设备, 被誉为工业装备制造业“皇冠上的明珠”, 涉及动力学、固体力学、燃烧学等学科, 研发难度极大, 是一个国家科技水平和综合国力的象征。燃气轮机实现了冷却技术与生产效率的新突破, 不仅可以将天然气作为燃料, 还可以掺入氢气降低碳排放, 同时还具有强大的调峰能力, 可以在1分钟内快速提高发电出力, 可以为风电、光伏发电等新能源提供支撑电源。

全世界从事燃气轮机研究、设计、制造、企业有数十家, 目前国际上完全掌握重型燃机技术的主要有美国通用电气、德国西门子、日本三菱重工(早期引进美国西屋技术)、意大利安萨尔多四家企业^[1]。

1.2 汽轮机

汽轮机是将蒸汽的能量转换为机械功的旋转式动力机械。又称蒸汽透平。主要用作发电用的原动机, 也可直接驱动各种泵、风机、压缩机和船舶螺旋桨等。还可以利用汽轮机的排汽或中间抽汽满足生产和生活上的供热需要。

目前中国汽轮机三大主机厂分别是上海汽轮机厂、哈尔滨汽轮机厂和东方汽轮机厂。

1.3 余热锅炉

余热锅炉, 顾名思义是指利用各种工业过程中的废气、废料或废液中的余热及其可燃物质燃烧后产生的热量把水加热到一定温度的锅炉。具有烟箱、烟道余热回收利用的燃油锅炉、燃气锅炉、燃煤锅炉也称为余热锅炉, 余热锅炉通过余热回收可以生产热水或蒸汽来供给其它工段或设备使用。

1.4 发电机

将机械能转换成电能的机械设备, 它由水轮机、汽轮机、柴油机或其他动力机械驱动, 将水流, 气流, 燃料燃烧或原子核裂变产生的能量转化为机械能传给发电机, 再由发电机转换为电能。

2 燃气-蒸汽联合循环机组的生产原理及特点

2.1 生产原理

天然气和空气混合燃烧产生高温烟气在燃机燃烧室内做功, 将热能转化为机械能带动燃机透平高速旋转, 并通过发电机将机械能转变成电能; 燃机排出的高温烟气通过燃机排气扩散段进入余热锅炉本体, 依次水平横向冲刷各受热面模块进行热交换, 再经出口烟道由烟囱排出, 将锅炉内的水加热成高温高压蒸汽, 将燃料的化学能转变成热能, 高温高压蒸汽推动蒸汽轮机旋转, 将

热能转换成机械能，再通过汽轮机所带的发电机将机械能转变成电能传输至电网，供用户使用。很多北方城市，为满足城市供热需要和工业用汽，在汽轮机压力和温度匹配的中间级设置了抽汽口，用于满足用户的热需求。

2.2 燃气—蒸汽联合循环机组特点

高热效率：由于它同时利用了燃气轮机的高温废热和蒸汽动力装置的低温放热，使得整个系统的热效率相对较高。

环保性能：与传统的火力发电相比，燃气蒸汽联合循环在运行过程中能够减少污染物排放，是一种更加环保的选择。

经济性和高效性：这种系统不仅供电效率高，而且在成本方面也表现出较低的投资费用和较短的建设周

期。此外，它的启动速度快，通常可以在短时间内达到全功率输出。

可靠性和灵活性：它的运行方式非常灵活，可以根据需要调整发电量。由于其结构简单且运行可靠度较高，燃气-蒸汽联合循环能够在各种条件下稳定运行。

需要注意的是，虽然燃气蒸汽联合循环具有上述优点，但也有一些潜在的缺点，如燃气轮机可能受到排气温度的限制，导致主蒸汽参数难以提高。然而，这些缺点并不影响整体上燃气蒸汽联合循环作为一种高效的电力生成方式的地位^[2]。

3 燃气—蒸汽联合循环机组冬季供热方式优化的经济性分析

3.1 燃气-蒸汽联合循环机组供热工艺流程图

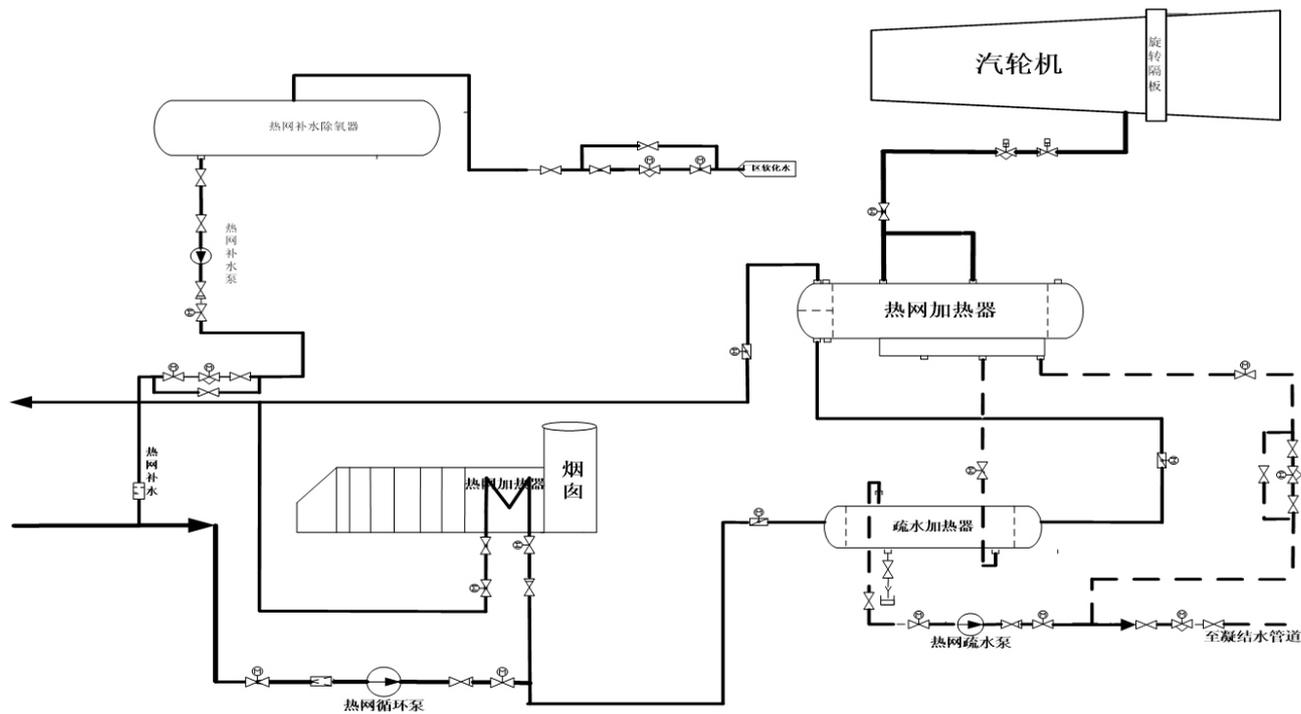


图1 联合循环机组供热系统图

3.2 联合循环机组的供热现状

通过对西北某电厂西门子SGT5-2000E型联合循环机组进行分析研究（图1），在正常情况下机组冬季供热模式为：从汽轮机中间级抽取温度和压力相匹配的蒸汽进入机组热网加热器进行换热，调整抽汽调阀开度以满足供热温度的需要，此过程中汽轮机功率损耗随着供热量的不断增加而增大，机组整体效率持续下降，气耗增大。与传统的燃煤机组供热方式基本一致，没有完全发挥出联合循环机组余热锅炉烟气余热便于回收的优势，传统的燃煤电厂尾部烟道有除尘、脱硫脱硝等设备，对于烟道末端设计和改造难度较大，而对于燃气-蒸汽联合

循环机组，由于是余热锅炉，结构简单，烟道无除尘和脱硫装置，易于改造和烟气余热回收利用。

3.3 利用余热锅炉尾部热网加热器优化机组供热运行方式

根据机组所带负荷和尾部排烟温度，时时调整余热锅炉尾部热网加热器的进水流量，充分吸收利用尾部烟气余热，降低排烟温度，最大限度以提高换热量，从而增加机组效率，减少供热负荷损失（如图2所示）。

机组运行期间，正常情况下烟囱的排烟温度为110℃-120℃左右，远高于烟气的酸露点温度（60℃左右），为了充分利用烟气余热，联合循环的供热方式采取机组热网

加热器和余热锅炉尾部热网加热器共同投入的方法,合理调节分配进入各加热器的进水流量,在机组正常负荷下,通过提高热网循环泵出口压力和关小机组热网加热器进水阀节流的方式,将进入炉侧热网加热器的进水流量从

100t/h缓慢增大至300t/h,烟囱处排烟温度从110℃缓慢下降至65℃,余热锅炉尾部热网加热器供热量从0GJ/h缓慢增大至60GJ/h,在满负荷下日供热量最大可提升1600GJ-1700GJ左右。具体数据变化根据实际采样如图3所示:

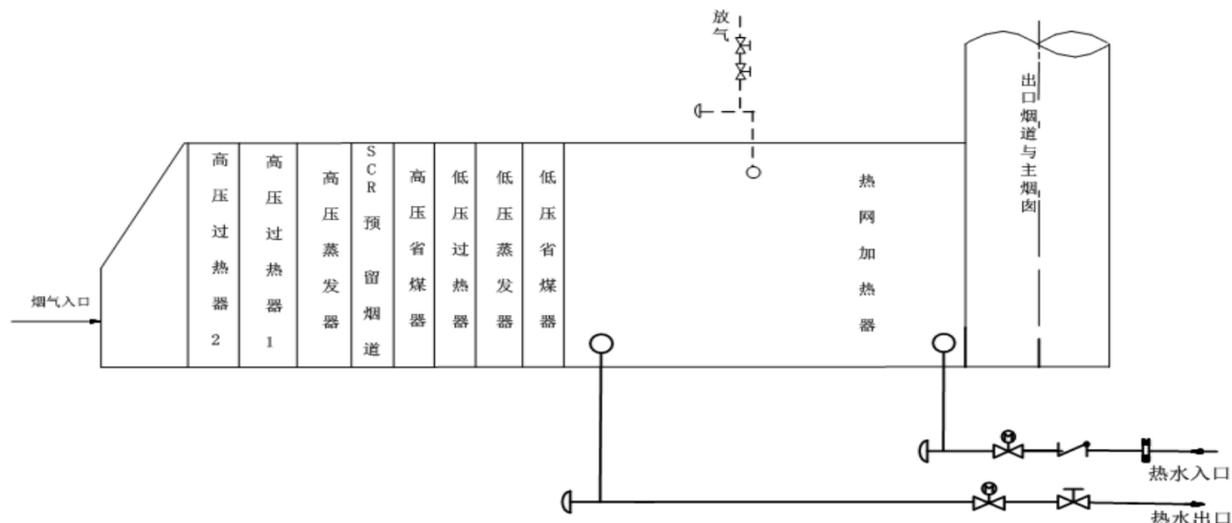


图2 余热锅炉尾部热网加热器系统图

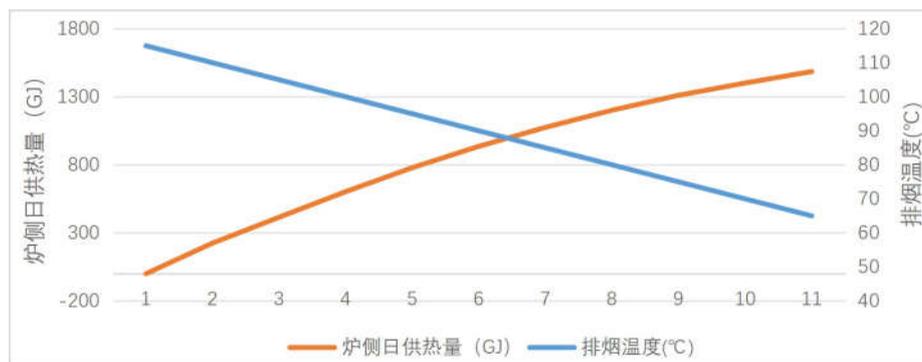
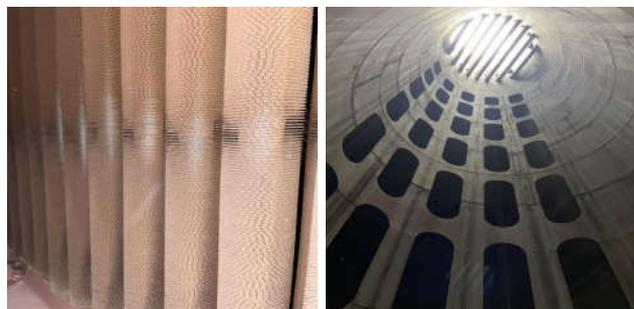


图3 烟囱排烟温度和炉侧热网加热器日供热量关系曲线

机组冬季供热通过上述热网运行方式的调整和优化,与前两年机组运行相关参数对比发现,汽机因供热损失的负荷明显降低,机组发电量增加,气耗降低,整体效率上升。而且,在每年10月底供热初期到次年3月中、下旬供热末期,仅投入余热锅炉尾部热网加热器就可满足用户的供热需求,相当于不用机组抽汽系统纯额外的热量和经济收益,而且与抽汽供热相配套的机组热网加热器及热网疏水泵等附属设备停运,大大的节省了厂用电的消耗,降低厂用电率,从而更进一步提升了联合循环机组的效率和经济性。通过余热锅炉尾部热网加热器对烟气余热利用,电厂每日可增加收益7万余元,整个供热季可为电厂增加收益达1000余万元。

3.4 运行方式优化后对余热锅炉烟道尾部及烟囱的影响分析

优化供热运行方式一个采暖季后,利用机组停机维修期间对余热锅炉尾部烟气烟道及烟囱内壁进行了检查和分析,发现烟气温度控制在65℃以上的情况下,烟气对余热锅炉末端换热管、烟道及烟囱内壁腐蚀不明显,不存在管壁腐蚀结垢及烟囱底部积水等现象,从而更好的验证了优化供热运行方式的可行性和安全性^[3]。



结束语

燃气-蒸汽联合循环机组对于我国电力的发展影响重大,不仅提高了发电厂的热效率,还使我国的环境污染问题得到了一定的缓解,对于国家提出的“双碳”目标具有积极的促进作用,这种节能、清洁的生产技术,更加符合当下经济效益和社会效益的需求。随着液化天然气生产、运输及储存技术的日趋成熟,沿海城市尤其广东、福建、江浙及山东等地加快了联合循环机组的建设及投运,并利用燃气轮机快速加减负荷和启停的特性,与新能源发电相配合进行调峰运行,提高了电网的安全

运行。提高燃气-蒸汽联合循环机组效率,降低能源消耗,从整体上提高生产单位的经济效益,促进我国燃气-蒸汽联合循环机组的发展,更好的服务于社会。

参考文献

- [1]段秋生.燃气-蒸汽联合循环电站热力性能分析理论与计算[M].北京:清华大学出版社,2010.
- [2]崔凝,陆海荣,赵文升.燃气-蒸汽联合循环机组性能分析算法的研究[J].汽轮机技术,2010:288-292.
- [3]王政允.燃气-蒸汽联合循环发电系统的现状分析及展望[J].中国高新技术企业,2017,(08):194-196.