

南方火电厂“三改联动”技术分析研究

文/郑琰炜 陈 献 朱 磊 张宪滨 袁时龙
华能应城热电有限责任公司

摘要: 以南方燃煤电厂为例,探讨了常见改造项目在提高机组效率、满足供热需求、增强灵活性等方面的应用和效果。首先介绍了三改联动的背景和意义,然后对350 MW机组进行了案例分析,发现采用压力匹配器改造后,虽然可以降低供热节流损失,但会限制机组出力;增加对外供热量可以明显降低机组供电标准煤耗且改造成本较小;灵活性改造时需要注意对控制系统协调方式的优化调整。

关键词: 火电厂改造; 压力匹配器; 供热改造; 灵活性改造; DCS

2021年11月3日,国家发展改革委、国家能源局发布了《关于开展全国煤电机组改造升级的通知》,并同步发布了《全国煤电机组改造升级实施方案》(以下简称《方案》)。截至2021年底,火电平均供电煤耗降至302.5 g标准煤/(kW·h),比2012年下降了6.9%。根据《方案》,到2025年,全国火电平均供电煤耗降至300 g标准煤/(kW·h)以下。对于供电煤耗300 g标准煤/(kW·h)以上的机组,应加快创造条件实施改造,对无法改造的机组逐步淘汰关停,并视情况将具备条件的转为应急备用电源。“十四五”期间改造规模不低于3.5亿kW。

面对新形势的迫切需求,各厂因地制宜地开展了相关改造。在南方,由于缺少民用供热,工业用汽对温度压力参数要求较高,因此无法采用低真空改造和热泵供热改造,利用汽轮机排汽余热、低压缸零出力改造也不适用。对于南方火电厂,采用较多的改造措施有:增加低温省煤器换热面,继续降低锅炉烟气排放热量;优化工业用汽管道布置,采用压力匹配器,减少节流损失;增加等离子燃烧器;汽轮机旁路抽汽供热等。

节能降耗改造

华能应城热电一期350 MW汽轮机采用上海汽轮机厂生产的超临界、一次中间再热、单轴、三缸双排汽、湿冷和双抽汽凝汽式汽轮机。两级工业抽汽分别取自热再蒸汽母管和四段抽汽,每根抽汽管道上设有电动门、气动逆止阀,其中四段抽汽至低压分汽缸,抽汽管道上设有液压式快关阀,由EH油控制。四段抽汽由中压缸第7级后抽出,中压缸第8级为旋转隔板。中压供热汽源设计参数如下:压力为4.05 MPa,温度为319℃;低压供热汽源设计参数如下:压力为1.30 MPa,温度为258℃。

蒸汽喷射式混合器(即压力匹配器)是利用高压驱动蒸汽(一次蒸汽)的喷射,抽吸低压蒸汽或凝结水闪蒸汽(二次蒸汽),并将混合蒸汽提高至用户所需的水平。其工作原理与蒸汽喷射器、水喷射器相似,如图1所示。

蒸汽喷射式混合器由喷射阀(吸引室)、混合体和升压体三部分组成。高压驱动蒸汽(一次蒸汽取自中压供热母管)通过喷嘴后,绝热膨胀,压力降低(此时低于被引射蒸汽的压力),由于压差作

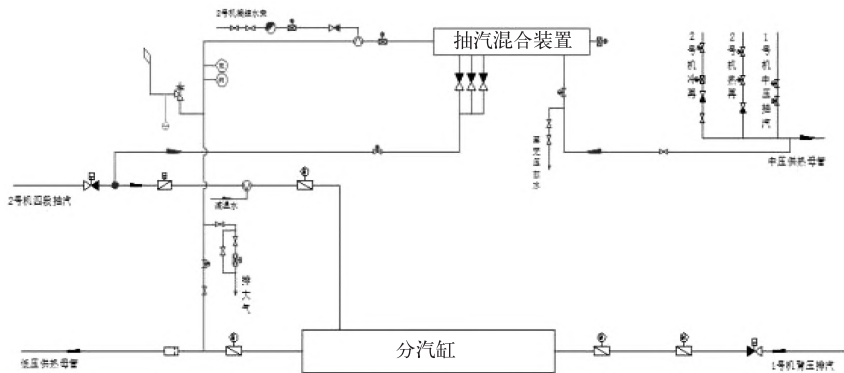


图1 工作机理

用，被引射的低压蒸汽或凝结水闪蒸汽（二次蒸汽取自2号机四抽）被抽吸引室，两股气流在体内混合，经升压体增压，出口减温减压至规定蒸汽参数后，汇流至低压供热母管。压力匹配器技术规范及性能见表1。

表1 压力匹配器技术规范及性能

项目/单位	参数	备注
出口蒸汽流量/ (t/h)	100	
混合蒸汽出口压力/MPa	0.8~1.1	
混合蒸汽出口温度/℃	235~265	
高压蒸汽压力/MPa	3.5~3.8	取自中压供热母管
高压蒸汽温度/℃	302~329	
高压蒸汽流量/t/h	55~27	
低压蒸汽压力/MPa	0.7~1.1	取自2号机四抽
低压蒸汽温度/℃	372~438	
低压蒸汽流量/ (t/h)	39~63	

改造前，在机组变负荷时依靠旋转隔板开大或小调节四抽压力，维持供热压力的稳定，由于低负荷时为满足四抽供热压力需求旋转隔板开度较小，节流损失大，低压供汽量低时四抽温度较高，为了不超相关金属材料极限温度，需降低再热汽温运行。为了减少350 MW抽凝式汽轮机旋转隔板的节流损失，实现在旋转隔板全开情况下满足供热的压力需求进行了这次改造。

改造后，在机组负荷270~320 MW间可实现旋转隔板全开无节流供热，负荷低于270 MW时，四抽压力无法满足供热需求；负荷高于320 MW时，由于旋转隔板全开后给水泵汽轮机进汽压力低，给水泵汽轮机进汽调门全开后无法满足锅炉上水流量需求。采用这种供热方法机组灵活性受限，为满足灵活性需求须频繁投退压力匹配器，增大了运行操作量，但对供热参数稳定不利。当前电网对燃煤电

厂机组灵活性要求日益提高，实际满足投运负荷的时间段比较少，难以达到改造的预期目标。

供热改造

现在伴随环保要求的日益严苛，小锅炉逐渐关停，我厂积极开拓新的供热用户，增加供热区域面积，将原有的供热管道延长，降低汽轮机排汽热损失。2022年2月份，我厂中压供热平均每天1 845 t，低压供热2 677 t，每天平均供汽量4 522 t，热量12 734 GJ，月均供电煤耗为283 g/ (kW·h)；2023年3月份，我厂中压供热平均每天2 467 t，低压供热5 863 t，每天平均供汽量8 330 t，热量23 860 GJ，月均供电煤耗为257 g/ (kW·h)。下降26 g/ (kW·h)，节能降耗效果明显。随着供热区域的不断增加，热网管线保温维护及疏水内漏消缺工作应及时完成，减少不必要的热损耗。

灵活性改造

对现有燃烧器进行升级，增加等离子点火装置，减少助燃油的使用。同时升级相关DCS，为满足30%协调方式下深度调峰需求，必须优化30%~50%负荷区间的协调性能，包括优化该区间的滑压曲线，对凝结水泵再循环和给水泵再循环控制方式进行调整，避免全开全关调节，逐步实现线性定流量缓慢调整。

结束语

本研究分析了火电厂改造升级的必要性，以及南方电厂在改造过程中的局限性和适合的改造方向，对压力匹配器改造、供热改造、DCS协调系统优化案例进行了梳理，具有一定的参考研究价值。EA