

电厂机组设备节能改造与实践

翁卫东

华电滕州新源热电有限公司 山东滕州 277599

摘要: 为积极响应国家节能降耗的要求,华电某电厂对机组进行了节能改造,针对不同的设备提出了改造的方案,改造的部位主要涉及到汽轮机、空预器、低温省煤器、引风机等。项目改造完成后,取得了明显的节能效果,提高了电厂机组的经济性和安全性,其效果和最初的目标相符合。

关键词: 电厂; 机组; 节能改造; 经济性; 安全性

Energy-saving Transformation and Practice of Power Plant unit Equipment

Weng Weidong

Huadian Tengzhou Xinyuan Thermal Power Co., Ltd., Shandong Tengzhou 277599

Abstract: In order to respond to the national energy saving and consumption reduction requirements, a power plant in Huadian carried out energy saving retrofit of units, and proposed retrofit schemes for different equipment, the retrofit mainly involves steam turbine, air preheater, low temperature economizer, induced draft fan and so on. After the project is completed, the obvious energy-saving effect has been achieved, and the economy and safety of the power plant units have been improved.

Keywords: Power plant; Unit; Energy-saving transformation; Economy; Safety

一、改造原则

机组的节能改造总体上应遵循的原则是:使机组的效率最大化,同时尽可能地减少改造费用,改造机组容量350MW。基础设施不改变,轴承座和轴承跨距不变;气缸、压力阀的安装方式不改变,压力阀的位置可适当调节;目前的蒸气参数基本保持不变;替换内线和必要的外部接口。原厂对低压外缸进行了改装;更换高、中、低压通流中的内静子和中压外缸;高压转子,低压转子;对回热系统进行了优化,并对其运行方式进行了优化,并依据用户的实际操作情况对其进行了优化。采用现代汽轮机技术的先进设计思想,对高、中、低压通流部件进行技术改造,以实现节能、提高经济性;采用新的汽封技术,优化汽封结构,降低汽封漏气,从而实现节能和提高机组效率;考虑到电厂供热和工业用气界面的优化设计等。

二、节能改造措施

(一) 汽轮机本体改造措施

汽轮机本体改造采用的先进气动设计理念,进行新型小焓降反动式叶片,优化机组高中压气动性能,提高通流效率。

利用多级汽轮机全三元流气动热设计系统,对不同剖

面叶片的不同剖面叶片进行了一维/半三维数值模拟,并对其进行了数值模拟和优化设计;对各排静、动叶栅内的流场进行了全面的三维流场计算和优化设计;通过对多级透平各级静、动叶片排的相互配合,进行了包括汽封在内的准/全三维流场计算和设计优化,并在此型亚临界350MW机组中采用先进的小焓降反动叶型,提高了机组的通流高压级数;并将压力等级的隔断从最初的焊接隔离改为组装隔离。将中压段的通流级数提高,所有中压均为安装式静叶,并对中压进行了通流优化,从而大大提高了中压缸效率,通过增大中压级数,合理分配中压各级焓降,进一步降低低压缸的进汽温度和压力,为提高低压气缸的效率打下了良好的基础。为使配合面漏汽损失减小,高压内缸、中压内缸等结构改为整体铸造式高中压内缸结构代之,从根本上消除内缸与喷嘴室接配内漏现象,从根本上消除内缸与喷嘴室接配内漏现象,提高通流运行效率。

(二) 空预器改造措施

空气预热器密封改造采用柔性接触式密封技术,柔性接触式密封技术原理如下:

(1) 常规的空气预热器采用刚性有隙密封技术,动、静两个部件间的最小间隙可以减小漏风。但由于空气预热

器具有“蘑菇”形变的问题，以及不同环境温度、载荷等因素的影响，使传统的气密法难以确定动、静两种最优的气隙值。

(2) 通过对漏风量进行控制和减小，采用柔性接触密封技术来克服常规密封技术的上述缺点。考虑到空气预热器的受热变形，采用旁路密封、径向密封、静密封、轴向密封等密封方式，使密封装置与扇形板之间无间隙，便于维护。

(3) 将扇形片固定在某位置，将柔性接触式密封系统安装在径向转子隔离板上，在进入扇形前，该扇形面板的高度低于可弯曲的接触密封滑块 $5\sim 8$ mm。采用柔性接触式密封滑块，与阀片、阀片、阀片相接触，使阀片上的弹簧受到挤压，从而构成一个紧密的密封件。在没有接触到扇形片的情况下，闭合的弹簧会自动将密封滑块弹出，此过程将循环进行。

(三) 低温省煤器改造措施

由于低温省煤器内的烟气与工质之间的传热温差很小，因此需要更大的传热面积，相应地也要有充足的设备空间。另外，不同的烟尘环境对换热器的磨损和腐蚀影响也是不容忽视的，所以合理地安排低温省煤器的布置是非常有意义的。

在空气预热器和电除尘器之间设置低温省煤器，是最直接的吸收烟气余热降低排放温度的方法，而且通过该方案的优化，可以达到降低风电和脱硫水耗的目的。但在这种布局模式下，由于设备处在高尘区，大量飞灰被高速气流裹挟，易冲刷、磨损，部分地区会产生堵塞。另外，由于低温省煤器换热后的烟气温度与烟气的酸露点温度相近，低温省煤器的冷端部件及吸尘器等都有可能发生腐蚀，所以腐蚀是目前最大的问题。在集尘过程中，由于低温烟气中的水蒸汽在集尘中凝结，也会使电除尘器的灰斗产生板结，严重地影响了输灰系统的正常工作，需要对相应的细节进行进一步的优化。

(四) 引风机改造措施

结合电厂的实际情况、风机扩容需求及机组的运行安全性，本次改造对风机、增压风机进行了合并。通过对现有的引风机进行扩容改造，使之能够满足烟气脱硫系统和烟气系统的出力要求，可以通过增加风机的速度（频率）或增加叶轮尺寸来达到。

对于引风机与增压风机合并的改造方案，有两种方式：一是对风机进行扩建，二是采用变频方式进行改造，二是采用动调式风机进行组合。与离心变频方案相比，采用动调风组合的机组，其运行经济性要好，一年可节约电力119MWh。离心风机的变频改造工程造造价比动调式风机的综合扩建要大。采用动调式风机改造方案，其抗爆性比采用

离心变频器要好。所以，无论从风机的经济性、前期投资的合理性、机组的运行安全等几个角度来看，动调风机的组合改造都比离心风机和变频调速方案要好。

三、节能改造效果分析

(一) 汽轮机本体改造效果

经过改造后，该装置的高压缸和中压缸的效率分别提高了10.75%、4.13%、521 kJ/kWh、24.1 g/kWh。同时，解决了机组轴承振动大的隐患，在各个测试状态下，汽轮机振动、膨胀、胀差、轴向位移和瓦温均处于安全范围，辅助设备均能安全、稳定地工作，能够满足一次调频要求。

(二) 空预器改造效果

电厂空预器经过节能改造后，空气预热器的漏风率都降低了，并满足了漏风率 $\leq 4.5\%$ 的设计指标，同时，烟气侧的阻力也大大降低，驱动电机的电流比改造前提高了0.35 A，达到改造后电流增加应不大于1.5A的要求，使系统的运行可靠性和安全性得到了极大的改善。

(三) 低温省煤器改造效果

低温省煤器节能改造后，各低温省煤器的出口烟气温度与原先相比有所降低，且大部分废热得到了有效的回收再利用，低温省煤器的出口烟气温度在 105°C 左右，达到了较好的控制效果。负荷越大，节煤量就越大，在负载50%的情况下，能节省0.5 g。

(四) 引风机改造效果

经过节能改造，机组的风机全压、全压效率均有所改善，且质量流量、体积流量均比设计值稍高。从能耗上看，新引风机的能耗和原有的引风机相比有明显的提高，但引增合一的总体能耗有所下降。而且由于脱硫过程中GGH的存在，所以整个环保改造的电耗并没有增加。机组A、B风机的全压、全压效率和设备效率均得到了改善。在锅炉引风机增容改造后，由于低温省煤器、湿式除尘器等装置的阻力增大，使烟道系统的阻力增大 $150\sim 220$ Pa，而采用柔性密封技术来减少漏风率，安装低温省煤器，以减少排烟温度和回收热量，从而大大减少了烟风系统的能耗。

参考文献：

- [1] 赵凯, 程永峰, 白智中, 穆福艺, 刘金强. 350MW燃煤机组空气预热器柔性密封改造及节能分析[J]. 电站辅机, 2022, 43(03): 33-37.
- [2] 刘川槐, 朱睿, 王伟, 孟德彪, 王宝, 吴兆香, 吴龙飞. 大型火电机组轴流式送风机降速节能优化改造研究与实施[J]. 节能技术, 2022, 40(04): 356-361.
- [3] 尹华雷, 张振. 燃煤电厂机组调峰与供热节能减排降碳改造探讨[J]. 中国设备工程, 2022(11): 269-271.
- [4] 赵雪杉, 潘效军. 深度调峰机组电动给水泵的变频改造节能分析[J]. 山东科学, 2022, 35(03): 54-61.