

# “三改联动”背景下锅炉节能降耗技术应用

杨军岐

国能广投柳州发电有限公司 广西 柳州 545600

**摘要:**煤炭的高效清洁利用是能源革命的重要基础,我国在践行“双碳”目标、实现能源转型的过程中提出了“三改联动”,即大力推进节能降碳改造、灵活性改造和供热改造。煤电是我国电力供应和经济发展的“压舱石”,在我国经济可持续发展过程中扮演着不可替代的角色,煤电在新时期既要发挥兜底保障作用,更要持续提升节能降耗清洁高效发展。

**关键词:**三改联动; 锅炉; 节能降耗技术

## 1 引言

我国以煤电作为主要电力供应手段,国内的煤电装机占比不足五成,电量生产占比约为六成,满足了七成以上的高峰用电需求,煤电在未来很长一段时间里依然保持电力能源安全。煤电的能源供应特性决定了煤电是化石能源消耗和二氧化碳排放的大户,“双碳”目标下我国需要继续加快“三改联动”步伐,“三改联动”实施得当可以加快电力系统的优化重建,实现能源产业的清洁低碳转型。“三改联动”主要针对煤电机组开展节能降碳改造、供热改造、灵活性改造,节能降碳是为了让煤电机组降低二氧化碳排放和供电煤耗;供热改造是为了让煤电机组能够承担供热负荷,替代小锅炉以提升效率和降低排放;灵活性改造是为了提升煤电机组的负荷调节能力,为新能源提供更多的电量空间,维护电网稳定安全运行。根据国家总体规划,我国在十四五期间需要完成3.5亿千瓦以上的节能降碳改造、5000万千瓦供热改造、2亿千瓦灵活性改造。节能降碳改造是“三改联动”的重要构成,而锅炉改造又是节能降碳改造的重中之重,锅炉能效水平的提升对电力能源消耗和碳排放控制具有非常重要的作用,通过锅炉节能降耗改造、提升煤电机组的整体热效率,为全社会节能降碳目标的实现做出积极贡献。

## 2 我国煤电及锅炉节能降耗改造基本情况

我国全口径发电装机容量在2022年底超过24亿KW,煤电装机接近12亿KW,煤电发电量超过51亿kW·h,我国煤电连续多年装机占比维持在70%左右,煤电发电量占比在75%左右。我国在2010年后逐渐加快了能源转型速度,煤电机组通过节能改造、上大压小、供热改造、管理提升等方式降低了供电煤耗,但下降的绝对值在十一五、十二五、十三五期间逐渐下降,节能降耗需进一步提升煤电装备水平,全面提升煤电机组热效率。

为了落实国家关于煤电机组改造升级的要求,发改委和能源局提出了节能降碳改造目标和改造要求,超临界300MW和600MW机组的煤耗需要控制在300g以下、超超临界600MW机组的煤耗需要控制在293g以下,超超临界1000MW机组的煤耗需要控制在285g以下。节能降碳改造对不同机组提出了更高要求。超临界300MW机组的容量较小,汽轮机漏汽损失较大,多数机组的能耗在310至320g之间,通过通流改造等技术能够降低一定的煤耗,但是要达到300g以下就必须要对锅炉和重要辅机进行改造,锅炉的节能改造难度较大,目前还有一些未实施的改造项目,虽存在投入多、改造量大、回报周期相对较长等问题,但在三改联动的要求下,锅炉的节能降耗改造还是有必要进行实施。<sup>[1]</sup>

## 3 “三改联动”背景下锅炉节能降耗技术的具体应用

锅炉的节能降碳技术在锅炉改造中具有非常重要的作用,通过改造能够切实减少锅炉的能量消耗,减少非必要的热量损失,使得锅炉的运行效率和经济性得到有效提升,确保锅炉经过改造后能够进一步降低煤耗,为总体降耗目标的实现做出积极贡献。此次研究重点关注“三改联动”政策实施过程中可能有效应用并取得效果的节能降耗技术,期待为节能降耗改造提供新的方向和重点。

### 3.1 受热面改造技术

受热面改造技术是在精准核算锅炉受热面面积的基础上调整锅炉的受热面,更换或升级存在严重超温问题的受热面管材,加快受热面的技术升级步伐。锅炉受热面表面可以涂装非金属复合材料,给予金属基材有效的保护,持续改善受热面的换热性能,提升受热面的换热效率。在水冷壁表面喷涂表面能更低和更高黑度系数的材料,使得炉膛内的换热量得到有效提升。锅炉受热面的结焦、换热不均、超温、高温腐蚀等问题通过受热面改造可以得到解决或改善,保障锅炉的经济性和安全

性。锅炉的受热面结焦、高温腐蚀、减温水量高、主再热汽温在部分负荷段欠温等问题可以通过受热面改造得到解决。现有统计数据显示受热面改造后过热汽温和再热汽温能够达到在设计偏差范围之内,锅炉效率不降低且排烟温度不升高,300MW的供电煤耗经过受热面改造后能够降低0.7g左右。在受热面改造过程中需要注意核算炉内燃烧动力场的变化情况,关注煤质波动可能产生的影响,避免主蒸汽和再热蒸汽的汽温偏差。<sup>[2]</sup>

### 3.2 锅炉烟气余热利用技术

锅炉烟气余热利用技术系统主要通过设备改造实现烟气余热的回收和利用,常用的烟气回收设备包括了低温省煤器、复合相变换热器、MGGH或热管换热器,余热回收能够进一步降低排烟温度,将锅炉燃烧后产生的余热充分回收利用。烟气余热回收利用技术具有较强的应用灵活性,设备布置可以根据机组实际情况和回收需求进行合理的调整,综合考量资金投入、磨损腐蚀等情况,在除尘器前、除尘器后或引风机后布置余热回收设备。烟气余热经过回收后可以用于冷空气的加热、冬季采暖或夏季凝结水加热等等,锅炉烟气带走的热量进一步降低,这可以有效提升锅炉的效率,降低供电煤耗,实现节能降碳的目标,同时带来一定的经济效益。锅炉烟气余热利用技术可以用于排烟温度较高的锅炉,锅炉排烟温度较高则余热具有较高的回收利用价值。烟气余热回收量受到烟气酸露点的限制,排烟温度降低过多则可能会增大酸腐蚀的风险。现有数据显示,350MW等级的超临界机组在引入了烟气余热利用技术后可以将排烟温度降低20至40℃,每千瓦时的煤耗能够降低1.5至3g。在进行锅炉烟气余热改造的过程中需要充分考虑到烟气阻力增加对锅炉和整个系统造成的影响,安装烟气换热器会导致锅炉的阻力增加,引风机裕量是否能够满足余热利用系统的使用需求应该成为关注的重点。<sup>[3]</sup>

### 3.3 空气预热器提效技术

空气预热器末端温度低、结露堵灰、氨逃逸高等问题均可能会导致空气预热器发生严重的堵塞,进而影响到空气预热器的换热性能,同时还会增加空气预热器受热面腐蚀风险,空气预热器的换热面积无法满足原始设计要求,进而导致排烟温度升高。在节能降耗改造过程中可以采用更换预热器蓄热片、增加预热器直径、增加预热器高度、优化密封组件、风量分切、防堵改造等方式实现空气预热器的提效目标。锅炉空气预热器在长期运行过程中可能会因为煤质变化或运行条件变化而出现换热部件严重腐蚀或换热能力下降等问题,这时需要对蓄热片及时进行更换,选择具有更强换热能力和换热效

率的蓄热片,在改造时应该注意蓄热片的波纹形式,波纹形式既会影响到换热效果,也会影响到空气预热器阻力,要同时考虑换热能力与阻力变化。增加换热器高度可以更好地利用预热器的预留空间,进一步增加空气预热器热段的蓄热片高度,实现换热能力的提升。锅炉在经历了SCR脱硝系统改造之后在空气预热器的冷端采用了防腐和抗粘附材料,空气预热器的换热性能也会受到不同程度的影响,为了保障空气预热器的换热性能以及换热效率,同时需要增加换热面积,空气预热器直径的增加还能够同时降低预热器的阻力。空气预热器转子在进入烟气侧之前增加热风再循环风仓,提高转子的金属壁温,有效解决烟气结露,同时减少因此而产生的低温腐蚀和堵灰,排烟温度也将因此而降低,但是金属壁温的升高还可能会导致排烟温度上升。上述的空气预热器提效技术在具体适用方面存在着一定的差异,蓄热片更换技术主要适用于排烟温度较设计值超出20℃以上或热风温度低于设计值15℃的300MW以上机组;空气预热器高度增加技术主要用于受热面换热能力不足而导致排烟温度异常升高的锅炉,空气预热器直径增加技术主要适用于锅炉燃烧后产生大量粉尘、飞灰黏性较强、容易堵塞的300MW及以上锅炉。空气预热器增加热风再循环分仓防堵技术主要应用于具有较严重堵塞问题的空气预热器;空气预热器密封改造技术主要适用于漏风率高于7%的300MW以上机组。<sup>[3]</sup>

### 3.4 制粉系统综合优化技术

制粉系统的优化对于节能降耗同样具有重要意义,通过制粉系统调整能够保证锅炉的制粉更加均匀,达到锅炉设计要求以及燃烧优化需求。例如中速磨和钢球磨是当前电厂应用最广泛的两种磨煤机,它们具有较强的煤质适用性和运行经济性,在电厂改造过程中可以根据实际情况进行优化调整。中速磨常用的改造技术包括了磨煤机增容、金属陶瓷复合磨辊及磨盘改造、高效风环优化、液压变加载,中速磨通过改变减速机螺旋伞齿轮传动比可以提升输出转速,提升磨煤机出力。采用金属陶瓷复合磨辊和磨盘可以大大延长使用寿命,陶瓷材料具有良好的耐磨性使得磨辊和磨盘能够保持原始外形,保证出力并降低磨煤机的能耗。液压加载技术可以提升磨煤机的加载力,有效改善制粉系统的出力和煤粉细度,磨辊的碾磨压力更好且具有更强的抗震性能,煤种的适应能力加强。高效一体风环优化技术的运用可以使得磨煤机内部流场得到优化,优化通风出力并控制通风阻力,提升一次风的携粉能力,提升磨煤机的出力范围,使得磨煤机能够满足锅炉低负荷出力的需求。钢球

磨在改造时可以选用少球和优化级配的技术,根据煤质变化情况调整钢球磨的钢球量,同时调整不同直径的钢球配比,改造完成可以保证在煤粉细度与磨煤机出力不变的情况下降低磨煤机的运行电流。钢球级配调整就是要优化不同直径钢球的配比,根据煤质的变化情况及时对钢球比例进行调整,确保钢球研磨能力得到充分保障,控制锅炉燃烧所需的合适煤粉细度。

### 3.5 锅炉吹灰系统优化技术

锅炉吹灰系统是锅炉维持稳定运行和高效燃烧的基础,目前大多数电厂在运行过程中依然采用传统的定时定量吹灰方式,该方式主要由运行人员根据自身经验确定吹灰频率和吹灰蒸汽量,无法真实地反映出锅炉受热面的结灰和结渣情况,存在着盲目性。因此电厂可以通过对锅炉吹灰系统的优化与改造更好地监测锅炉受热面的沾污情况,确保监测的实时性和稳定性,及时更换不合理的吹灰器,严格按照受热面清理需求进行吹灰调整,减少因为吹灰而造成的能量消耗,同时这也有助于减少长期蒸汽吹扫受热面带来受热面减薄并发生爆管的风险。锅炉吹灰系统优化主要适用于采用“定时定量”吹灰方式的电厂,不同等级的燃煤锅炉和循环流化床锅炉尽可能进行吹灰系统的优化。现有数据显示,锅炉在进行了吹灰系统优化之后能够有效降低吹灰频率和蒸汽消耗量,高品质吹灰蒸汽量能够减少20%至30%,锅炉的排烟温度也将因此而降低2至4℃,350MW等级的锅炉可以降低煤耗0.4至0.8g。锅炉吹灰系统改造后可以根据系统监测结果实现自动吹灰,运行人员重点关注因自动吹灰而造成的炉膛负压波动情形。

### 3.6 烟风道系统降阻优化技术

锅炉在进行了一系列的节能降耗改造后会增加大量的设备,特别是国内电厂普遍完成了环保改造,锅炉风烟系统变得更加复杂,锅炉的烟风阻力将会因此增加,通过烟风道的流场优化和改造能够有效降低烟风道的系统阻力,降低风机的电耗,同时在一定程度上改善

锅炉的燃烧状况。烟风道系统降阻技术主要适用于出力不足、引风机裕量不足、烟风道复杂、烟气流紊乱的300MW以上机组,在改造过程中可以根据实际情况采用导流板优化或烟道取直改造方案,300MW机组经过烟风道阻力优化后在满负荷情况下可以降低阻力约200至500pa,降低供电煤耗约0.3g。

### 3.7 锅炉风机节能改造技术

目前部分锅炉的配套风机在前期选型中裕量较大,或煤质较原设计煤质出现了较大偏差,这就会导致风机运行偏离高效区,进而影响到运行效率和运行稳定性,通过性能测试可以判断风机运行的经济性和效率,进而优化风机的性能和效率,通过变频调速、双速电机、引增合一、汽动改造等可以有效提升风机的运行效率。风机性能的优化可以在测试基础上根据风机管道特性进行优化,保证风机性能与烟风管道特性更好地匹配,确保在高负荷下实现高效运行,低负荷下实现稳定运行。

## 4 结语

三改联动政策的提出标志着我国煤电行业发展进入到高质量发展的新阶段,锅炉节能降耗改造也将进入到攻坚阶段。各电厂应该结合本厂实际情况开展锅炉优化改造,全面整合现有资源,积极谋求与科研院所和制造厂的深度交流与合作,综合运用现代科技实现节能降耗目标。

### 参考文献

- [1]林晓晟,史双铭,王玉,于凤洋,刘颖,孙大光.“双碳”背景下吉林省集中供热行业碳排放基准线及降碳潜力研究[J].绿色科技,2023,25(02):132-136+141.
- [2]邵文瑞,杨艳艳,王晶,李小军,邵文涛.碳达峰背景下发电行业降碳潜力分析——以甘肃省为例[J].环境生态学,2023,5(01):96-98.
- [3]董秋霞,董樊丽,耿涌,魏文栋.碳达峰碳中和背景下内蒙古绿色低碳发展的路径和对策建议[J].科学管理研究,2022,40(06):77-83.