

# 火电厂集控运行节能降耗措施

任涵凝

贵州粤黔电力有限责任公司

**摘要:**当前国内在运的火力发电机组多采用集散控制系统(DCS)进行运行监视与控制,老旧机组也根据机组运行要求进行控制系统的升级改造。随着技术的不断更新,对机组值班人员能力的要求也不断提升。通过对火电厂单元机组调整内容的分析,梳理出能量平衡、工质平衡、单元机组八角等机组调整的关键,使机组运行简单化,提升机组调整的效率和安全性。

**关键词:**火电机组; 机组调整; 能量平衡; 集控运行

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.14.061

社会经济不断发展和不断进步的情况下,人们生活水平得到提高的同时,对电能的使用量每年都在增长,为了有效缓解供电压力,确保社会群众生产生活能够正常运行,供电企业开始扩大建设规模,增加数量。现阶段提供电能的单位就是火电厂,火电厂运转质量和效率对整个电厂生产有着重要意义。随着时代的发展,人们开始注重绿色环保理念,当你时代发展的必然要求就是在火电厂集控运转当中,运用节能降耗技术。据此,以下专门针对节能降耗技术运用对策分析。

## 一、火电厂集控运行技术运用特征

第一,火电厂输出具有很强压力与电流,这方面设备质量提出严格要求,不管是对设备进行选择还是安装运转都要将相关质量管理把控工作做好。比如锅炉运转环境比较恶劣,而且这个设备的结构很复杂,其运转过程中锅炉很容易出现意外事故,导致汽轮机长时间在恶劣的环境中很容易出现故障问题。如果发生故障问题,就会导致火电厂的运转停止,从而产生很大经济损失。因此在火电厂运转当中,采用极空运转技术,要对环境的改善工作提高重视,确保计算机系统能够稳定运转。第二,目前发电机组的自动化作用牵涉很多技术,比如模拟量控制技术、机车机技术等,每个阶段之间的协作能够确保机组可以正常运转。

## 二、火电厂集控机组运行调整监视内容

### (一) 机侧水位调整

单元火电机组测点多,需要监视的信息也很多,但相对调整的内容不多。机侧的两大水位的监控(凝汽器水位和除氧器水箱水位)因凝汽器和除氧器水位受其他因素影响较小,控制相对简单,自动控制即能满足机组运行需要。

### (二) 锅炉给水调整

(1) 由于受燃烧侧的影响,锅炉给水需要重点监视,及时进行控制和调整。给水量减少,锅炉得不到足够的冷却,会使水冷壁超温导致爆管,所以汽包炉、

超临界直流炉分别设置了汽包水位低切除主燃料、给水流量低切除主燃料的保护功能。(2) 给水泵的出力不仅取决于转速,也受出口压力的影响,假设主蒸汽压力升高,即使泵的转速很高,给水泵的出力也很小;若锅炉超压,超过了给水泵的出口额定压力,则给水泵的出力可能为零,锅炉无法上水。此外,给水泵由小汽轮机驱动,因小汽轮机汽源压力受机组负荷的影响,所以机组负荷变化同样影响给水泵的工作状态。(3) 对于汽包炉给水控制系统,汽包水位高高和低位的情况都会切除主燃料,而对于超临界直流炉只有给水流量低切除主燃料保护。对于汽包炉,汽包压力突降或突升会产生虚假水位,导致给水泵出力增加到汽包水位变化需要的反应时间(滞后时间)更长;而超临界给水流量测点距给水管路更短,反应时间较短。因此,超临界直流炉的给水控制相对较为简单。异常工况下的给水调节策略:对于超临界直流炉,值班人员应关注一些特殊工况下的操作,如150MW工况(对应主气压约13MPa、给水流量约440t/h),由于主气温、再热蒸汽温度及真空度不同,单位蒸汽的做功能力不同,所以同一负荷下对应的主蒸汽流量有一定的差别,但波动范围不是很大;当机组发生单侧辅机故障时,可以根据主蒸汽流量直接解除自动,把汽动给水泵的转速、再循环开度调整到对应工况,然后根据主蒸汽压力、主蒸汽流量、过热度以及水冷壁壁温进行修正和微调。这种事故工况下调节给水的方法叫“伏击调节法”,即根据水平衡关系,直接给出主蒸汽流量下小汽轮机对应的转速和汽动给水泵再循环的开度。汽动给水泵转速和流量性能曲线对于泵的控制与调节有着重要的参考意义,假若在给水自动调节中引入该性能曲线,根据主蒸汽流量估算出给水流量,然后给出对应的转速作为前馈调节,最后根据过热度进行修正,可实现更加精确的给水量调节。对于值班人员来说,熟悉多个典型故障工况下的参数与调节流程,可提升机组调整效率,有效降低误操作。

### (三) 一次风量调整

新建机组和300MW及以上的大容量机组大多采用直吹式制粉系统,一次风量决定了制粉系统的制粉量和进入炉膛的煤粉量。因煤粉磨制需要时间,入炉煤粉与给煤量存在不一致,在磨煤机有粉的情况下,一次风量越大,吹入炉膛的煤粉越多,当磨煤机达到最大出力时,一次风量的增加不会引起吹进炉膛煤粉量的增加,此时的一次风量称为饱和一次风量。磨煤机在自动运转时,一次风量应避免超饱和一次风量的调整:超饱和的一次风量不仅使降负荷延迟(存在调整死区),也会增加厂

用电率，还会排挤压力低的二次风量；超饱和的一次风量也不会使负荷上升（主蒸汽压力保持不变）、主蒸汽压力升高（负荷不变）或使主蒸汽压力和负荷同时增加。

### （四）磨煤机启停

机组运行中应尽量减少磨煤机启停次数，减少相关操作，以便于维持燃烧系统稳定；尽可能运行较多台数的磨煤机，不仅能使燃料调整的线性度较好，而且燃料系统的阻力减少，所需的一次风压低，一次风机电流下降，厂用电率低。在启停磨煤机时，开关冷热风门及磨煤机出口风粉挡板门，都会引起一次风压力的波动，即在开启1台磨煤机的冷热风门时，会引起一次风系统压力的下降，影响运行磨煤机入口风压通风量，从而减少了入炉煤粉量，导致负荷和主蒸汽压力下降，所以在启动磨煤机之前，要提前增加一次风机出力，才能降低开启风门后的风压扰动，使入口压力和通风量保持相对稳定；同样，当磨煤机抽空煤粉停运，关闭所对应的风门时，会减少一次风的通风截面，一次风压升高，运行磨煤机的入口一次风压相应升高，通风量增加，造成较多煤粉瞬间入炉，引起负荷和主蒸汽压力的阶跃反映，所以为了减少扰动，可在停运磨煤机截断风门时，提前减少一次风机的出力。

### （五）风量平衡调整

引风机的调整与燃烧强度（即入炉煤量）成正比，可由引风机控制系统自动实施；送风机用于调整氧量，在运行负荷高于50%额定负荷以上，也由控制系统自动实施。但，若送风机选型过大或者入炉煤的发热量低、水分含量大，使得一次风率大于原设计值，导致二次风量被排挤；二次风机在机组运行负荷为50%额定负荷时就进入死区，无法线性调整甚至没有调整的余地，只能将送风机固定于手动的固定刻度位，否则会引起送风量波动，进而导致总风量波动进入低风量区，触发机组主燃料跳闸（MFT）。

### （六）直吹式机组燃烧调整

燃烧控制是直吹式机组运行的关键，燃烧调整，首先增加或减少给煤量，其次增加或减少一次风量，等到负荷增加或减少到位并稳定后，再进行下一轮操作，即所谓的“少量多次”。

## 三、燃气机组调整监视原则

### （一）机组监视原则

（1）能量平衡三角。大容量单元机组虽然系统复杂，测点成千上万，但是通过发电功率、主蒸汽压力和入炉煤这3个测点信息就可大致判断出机组运行状态，即机组能量平衡三角。3个测点参数相对稳定或变化趋势一致，机组运行正常，即当燃料量增加时，主蒸汽压力平缓小幅度上升，负荷也成正比上升；当燃料减少时，主蒸汽压力小幅度平缓下降，负荷也成正比下降。

（2）工质平衡三角。能量是由汽水工质携带的，所以工质平衡与能量平衡同等重要，给水流量（对于汽包炉

是汽包水位）、除氧器水位与凝汽器水位是工质平衡的三角。（3）单元机组八角。大型单元机组的监控，简单的概括就是能量三角（发电功率、主蒸汽压力、入炉燃料量）、工质三角（给水流量、除氧器水位、凝汽器水位）、炉膛负压、汽轮机真空这8个主要测点，也可称之为单元机组八角。能量三角是机组调整的关键，应通过“少量多次”的精细调整；而工质三角的除氧器水位和凝汽器水位控制相对简单，只需定期监视即可。

### （二）新学员入门原则

新学员指新入职或调整至新岗位、新电厂的人员。新学员用一定的时间观察机组典型的低负荷稳燃运行参数，包括一次风压的最低值、一次风机电流、磨煤机的运行台数与运行方式、给水流量以及汽动给水泵的转速（气泵再循环的开度）等参数。有了低负荷稳燃烧工况点的数据信息，加上着火点和煤粉燃烧器稳定燃烧负荷数值以及相关案例，可增强新学员调整机组的自信心，做到心中有数，心里有底。

### （三）低负荷深调峰区间调整原则

当前，火电机组需要深度调峰，其补偿收入也是重要的收入来源。低负荷下调整的首要原则就是稳燃，首先要保障入炉煤相应的指标达到稳定燃烧；其次注意监控和观察炉膛负压，同时观察和监控火检，判断燃烧是否稳定；监测风量控制，避免最低风量保护触发MFT。在低负荷下进行机组调整时，值班人员要手动小频率调整燃烧并时刻观察炉膛负压，也要跟踪负荷和主蒸汽压力的趋势，让机组控制在汽轮机跟随模式。

### （四）简单操作原则

机组调整尽量使用微调，避免给系统带来大的扰动和增加出错的概率。在重大操作中，值班人员要重视机组正常调整和监视的内容，加强事前分析与事中监护，尽可能以较少的调整和简单操作完成机组调整，防止忙中出错导致事故发生。

## 四、火电厂集控运行节能降耗技术措施

### （一）降低锅炉排烟热损失

排烟温度会对锅炉整个排烟热损失造成重大影响。对排烟温度进行合理把控，能够将锅炉当中的煤耗和污染物的排放量降低。所以在开展工作时一定要降低一次风量。磨煤机运转期间还要对相关曲线开展优化调整，从而适应给煤机的速度，确保磨煤机能够正常稳定运转，同时还能合理地对分量进行把控。另外还要加强对燃料的排放，以免煤渣太多积累起来而对磨煤机的通风造成影响，保证一次风速和风量把控在前期设计规定范围内。为了有效避免排渣底部出现漏气问题，还要保证锅炉有非常好的密封性要求，对锅炉入炉的封闭情况开展检查工作，确保密封状态处于良好。锅炉炉体本身不能有太多开口，以免造成其自身漏风概率加大。锅炉在运转期间要合理地对其燃烧情况进行调整，结合实际燃烧状况对氧量的前期设计值开展调整，确保空气过剩系数具有科学合理性。另外一方面在锅炉内烟气侧受热面

存在结渣或者积灰情况，同样会加大传热热阻与烟道通风的阻力导致排烟温度越来越高，因此在实际运转期间要合理地调整风和煤的比例，控制结渣概率，定期开展吹灰处理，确保受热面干净程度，提高整个传热效率。

## （二）创建集散系统控制技术

火力发电厂集控系统中包含很多技术，比如分布式技术等，为了更好地满足综合降耗效果要合理运用集散系统控制技术。实际运用DCS控制技术时还涉及其他技术，比如分级控制模式，其具有复杂性。根据具体情况，针对每一种具体调整过程开展修正，随后对几个部分依次形成节能优化系统，通过运用这种方式能够更好地保证机组的稳定运转，合理地各项参数进行把控，使其跟设计值相接近，这样就能实现能耗降低的目的。阀门漏对能源损耗有着很大影响，通过构建集散系统控制技术组建阀门漏的台账，工作人员可以根据这项台账定期开展查漏处理工作，很大程度上能够将能耗降低；实际运转期间还要将疏放水调整工作做好，这是一项重要内容，其可以降低水的消耗，满足对水资源的循环使用；除此之外，还要将启动停机阶段中的节能管理工作做好，在启动冷态时，通过运用凝输泵给除氧器上水和换水操作，将凝结水泵运转当中的损耗降低；合理地引风机和一次风机进行选择，能够有效为磨煤机运转工作提供便捷，对电厂的电能损耗进行把控。

## （三）降低厂用电量

火力发电厂在运转过程中，其自身运转依然要运用不同辅助设备，其运转则是通过电能作为动力，这也是电厂自身的能源损耗，这种损耗数量非常大，有效将其自身能源损耗降低，达到成本节约目标。因此要结合电厂实际运转特征和情况，制定有关改善对策，将火力发电厂的能源损耗减少。先要将工频设备转换成变频，例如运用冷却水泵、燃油泵以及一次风机等，通过运用这种方法能够更好地将能耗降低，对设备的内部损耗进行优化。另外，火力发电厂内部的照明设备还要结合实际需求进行调解，根据员工操作时间段进行开启关闭，如果天然光源能够达到生产需求，不必开启照明设备。而且发电厂当中的照明一般都会运用LED节能设备，在降低能耗的过程中还能提高照明度。另外一方面火电厂中的通风冷却塔则是一种高温设备提供制冷服务，而一些设备不能全天高温，结合实际要求调节冷却，在低功率的情况下能够实现冷却要求，不需要全功率开放，同时还可以适当将辅助设备关停，在达到需求的情况下降低冷却设备能源损耗，这样可以更好地对火力发电厂的运转效率进行优化。

## （四）对循环水泵性能进行改良优化

对于汽轮机设备而言，其机组的负荷和冷却水温度指标都在同一个恒定状态下，在循环水量发生改变的过程中，凝汽器设备的运转压力就会发生很大变化，这样

就会造成循环水泵的运转受到不利影响。一般情况下，如果循环水流量数量越来越大，凝汽器的压力就会变小，整个机组就会加大出力，这样循环水泵的运转消耗量就会加大。反之，循环水量增加到一定范围内，其功能损耗量加大的同时，机组处理就会产生抵消作用。其次，循环水流量数量一直在增加，凝汽器设备运转压力提高到最大状态时，就会造成出力和循环水泵功能信号数据值存在差异。因此要密切观察凝汽器设备运转状况，使其一直良好运转工作情况下，提高循环水泵系统的运转功能。

## （五）辅机故障调整处理

辅机故障后燃烧系统的调整原则为单侧辅机出力最大，机组负荷最大，燃烧扰动最小，故障侧最大，另一侧跟随（即炉侧辅机故障，则炉侧出力最大，汽机跟随；机侧辅机故障，则机侧出力最大，锅炉跟随）。简单地说就是运行的单辅机提升至最大负荷，保证锅炉稳燃并减少对给水的的影响，如机组一台引风机故障，则将另一台引风机出力调至最大，保证机组尽可能的带最大负荷，以降低燃烧系统波动对给水调整的影响；同时尽可能保证炉膛燃烧温度和燃烧器热负荷的稳定，保障锅炉的稳定燃烧。影响机组负荷的辅机主要包括送风机、空预器、汽动给水泵、真空泵、凝结水泵等，均适用于该原则。

## 结束语

大型单元机组的调整和监视要重点抓住燃烧系统，只有保持燃烧系统稳定运行，即能利用机组的自动调整实现安全稳定运行。在单侧辅机故障处理时，将运行的单侧辅机增加至最大负荷，减少扰动，使锅炉稳燃，让非故障侧跟随，尽量避免大范围的调整操作，实现机组状态的平稳过渡。通过抓住机组集控运行调整控制的关键，就能把复杂的系统控制简单化，提高机组运行的稳定性和经济性。煤炭作为不可再生能源，为了更好地响应我国所提倡的节能降耗政策，火电厂要从各方面考虑改善生产每一个阶段，第一时间对用到的设备和技术进行更新，尽量跟节能减排发展要求相符。在此阶段中，企业想要将自身晋级效益提高，在降低生产成本的情况下，还要提高自身市场竞争力，这样不仅可以创造很多经济利润还能为社会带来很多效益。

## 参考文献

- [1] 杨晓华.一起超临界机组给水流量低引起跳闸的事故分析[J]. 电力安全技术, 2010, 12(8): 32-34.
- [2] 胡佳琳.火力发电厂锅炉燃烧运行优化策略[J]. 智能城市, 2020, 6(24): 61-62.
- [3] 武作民.火电厂烟气脱硫脱硝技术的节能环保问题研究[J]. 电力设备管理, 2020(12): 113-115.

作者简介：任涵凝（1995-），男，仡佬族，贵州省遵义市道真县大磏镇，本科，助理工程师，研究方向：火电集控运行。