

大型燃煤锅炉启停过程中如何节油

晏海能

(江苏淮阴发电有限责任公司, 江苏 淮安 223002)

摘 要: 随着国民经济的发展, 低碳、节能降耗工作越来越受到重视, 火电厂锅炉是耗油大户, 节油工作存在的巨大潜力, 锅炉启动和停止, 是节油的关键, 本文以实例对锅炉启停过程如何节油进行了针对性的分析, 供同行参考。

关键词: 燃煤锅炉; 启停; 节油

0 前言

火电厂锅炉启动、停运和低负荷稳燃均需耗用大量的燃油。近年来, 随着油价上涨, 使得燃煤锅炉点火和助燃成本大幅增加, 如何降低燃煤锅炉用油已迫在眉睫。本文结合实际操作, 从燃煤锅炉的启停节油方面进行阐述, 供同行参考。

1 锅炉启动时的节油

300MW 机组的启动是一个整体的过程, 在整个机组的启动过程中, 需要汽机、电气、热控的密切配合, 同时, 设备状况的好坏, 启动过程参数的控制等, 都对启动过程有重大的影响, 锅炉启动顺利与否, 对启动用油量有决定性的作用。

淮阴发电厂#3 锅炉型号为 HG-1036/17.5-YM36 锅炉, 一次中间再热、亚临界、单炉膛、平衡通风、固态排渣、全钢架、四角切圆、自然循环汽包炉。原设计点火时使用等离子点火, 但由于设备状况较差, 在运行中无法正常投用, 因此, 淮阴发电厂在 2010 年 6 月通过技改, 增加了一套微油点火装置。在改造微油点装置前的两次点火过程中, 通过对整个启机的过程进行严格的控制, 取得了较好的效果, 整个启动过程中, 点火用油量与同类电厂相比, 节油达到 50% 左右, 效果较为显著。下面按启动过程分几个方面进行讨论。

1.1 做好启动前的试验、检查工作

300MW 机组所属设备较多, 系统较为复杂, 在启动过程中, 往往一个微不足道的问题, 就能对启动造成重大的影响。由于生产现场较为复杂, 特别在风烟煤粉系统, 煤粉、烟尘易在风门处积存, 造成风门卡涩, 有时甚至造成风门无法关闭或开启,

而这些缺陷在正常运行中, 由于很多风门的状态是不调整的, 因而无法发现。

因此在机组启动前, 进行相关的试验工作是非常必要的, 可以提前发现问题, 将一些隐藏的隐患提前发现, 在点火前及时消除, 从而有效的保证启动过程的顺利进行, 为机组的启动节油打下基础。

这项工作在各电厂大修后的开机过程中一般都比较重视, 但在停机消缺、或节日检修等短期检修后的启动过程中, 由于时间较紧, 一般都疏忽启动前试验。其实, 只要安排得当, 对一些易出故障的阀门、风门进行试验, 不会影响工期。

目前, 淮阴发电厂在启动前, 无论设备检修与否, 都安排对有关设备、风门等进行试验, 在两次启动过程中, 未发生因设备缺陷而延误启动。

1.2 锅炉点火前及时投入炉底加热

现在 300MW 以上机组, 一般都设有辅汽系统, 锅炉水冷壁均设有底部加热装置, 在锅炉冷炉启动时, 利用辅汽投入炉底加热, 可有效的达到缩短启动时间和节油的目的。

在冷态启动时, 由于汽包内水温较低, 此时投油, 必须缓慢对炉膛进行加热, 主要原因有两个方面: 一是点火初期水冷壁水循环未建立, 水冷壁受热不均, 易发生局部超温, 严重时造成水冷壁因超温而爆管; 二是汽包上下壁温差易变大, 在点火初期, 水循环未建立时, 局部产生的蒸汽进入汽包, 使汽包上下壁温差增加较多。因此, 在实际操作中, 可通过控制炉膛出口烟温, 来控制初期升参数速度。一般从点火到汽包起压, 需 2~3 h 左右, 这期间耗油至少达 5~10 t, 这一问题可通过投入锅炉底部加热得到较好的解决。

在投用炉底加热时，初期控制加热用汽量，严格按照规定的升温升压条件加热，以便使汽包和炉管金属膨胀良好，以减少管道振动。等汽包壁温达 100℃ 以上时再投油提高主汽参数，这样操作可大大缩短投油时间。与不投用锅炉底部加热相比，至少可节油 5~10 t 以上。

1.3 锅炉启动时的风量控制

现在 300MW 锅炉油枪一般单支出力在 1 t 油左右，点火时按 4 只油枪考虑，其出力一般仅达锅炉满负荷的 5% 左右，而锅炉 FSSS 保护中均设有低风量保护，在炉膛的通风量小于 30% 时，MFT 动作。因此，在点火初期，炉膛通风量远大于实际油枪所需风量，这带来两个问题：一是在点火初期，投用 1~2 只油枪时，炉膛出口烟温上升较少，一般在 150℃ 左右，造成大量的热量损失，锅炉升参数较慢；二是因炉膛温度较低，燃油燃烧也不完全，烟囱冒黑烟，造成环境污染。

淮阴发电厂 #3 炉两台送风机出口没有联络管道，锅炉启动时为保护空预器，必须两台送风机都启动，因而送风量较大，为达到节油降耗，淮阴发电厂在炉膛吹扫结束、点火成功后，解除低风量保护，降低送风机动叶开度，同时将投入油枪对应的二次风门开大，将油枪上一层的二次风门也开大，以及及时补充燃烧所需的氧气，其余二次风门关小至 10% 以下，通过这些调整来降低炉膛通风量，调整过程注意维持二次箱风压 0.2 kPa 左右。

1.4 合理控制参数滑升速度

虽然解除了锅炉的低风量保护，但 300MW 机组送风机都采用轴流式风机，在低负荷时，易发生喘振现象，虽然在运行中尽量减少送风机的出力，但风量一般仍达额定负荷的 20% 左右。因此，在投用锅炉底部加热后点火，由于点火前汽包壁温已加热到 100℃ 左右，因而，点火初期，汽包壁温差基本不超过 40℃，在点火过程中，主要是注意炉膛出口烟温的增加，尽快增加油枪。在刚增投油枪后，炉膛出口温度上升较快，但很快就趋于稳定，如果此时不增加油枪，则炉膛出口温度基本不上升，因而锅炉的主汽参数上升也基本停止，造成燃油的浪费。此时，应根据汽包壁温差情况，尽快增投油枪，以提出炉膛出口烟温，进而提高主汽参数。

1.5 汽机冲转前启磨

若锅炉冷态启动到并网一直用油枪升温升压，一般需投用 8~10 只油枪，由于汽轮机冷态启动时仅中速暖机就需要 3 h 左右，此时，提前启动磨煤机可少投 4~6 支油枪，最少节油 10 t 以上。若再进行各项试验，则需耗时更多，节约油量也更多。因此，提前投粉可大量节约油量，同时在并网后可为尽快带负荷做好准备。另外，冲转前投粉与并网后投粉还有一大优点是：300MW 机组汽包的相对容积较小，水位变化较快，启首台磨时，炉内燃烧突然加强，将造成汽包水位急剧上升，严重时甚至引起高水位保护动作跳机，造成机组的“非计划停运”，因此，冲转前启动可有效避免此情况。

锅炉启动过程中，在空预器进口烟温达 100℃ 以上就可以启动一次风机，启动一次风机后，对首台磨煤进行通风暖磨。这样操作的优点时，每一项操作都需要一定的时间，在运行操作过程中，需提前做好准备，否则，待条件具备时再操作，必然造成启动时间的拖延。通过提前对磨组进行检查，若未发现异常时，可立即增投 2 只油枪，尽快提高烟温，当热风温度达到启磨煤机条件后，及时启动磨煤机运行，淮阴发电厂启动首台磨煤机前，锅炉共投 6 只油枪，在首台磨启动后保留首台磨煤机下层 4 只油助燃，中层 2 油枪停用。

在启首台磨时应注意：一是宜解除汽包水位高保护，启动首台磨时，易发生因炉膛燃烧突然加强，汽包水位剧烈上升，有时甚至造成水位保护动作，因此在汽机冲转前启首台磨，此时解除汽包水位高保护，既不会造成汽缸进水，也可以防止锅炉 MFT 动作。二是注意防止送风机发生喘振，首台磨启动时，由于炉膛燃烧突然加大，炉膛在瞬间正压较大，造成送风机出力降低，送风机的运行工况进入喘振区，因此，启磨前，先将相应二次风门开大，送风机出力适当加大，以避开喘振区，然后再启首台磨。

1.6 做好启动过程中的其它工作

300MW 机组的启动过程是一个全面协调的过程，在启动过程中，要进行磨煤机的启动、小汽轮机的暖管、冲转、并入给水系统、给水由旁路到主给水的切换、电除尘器及脱硫的投用等等，这些过程都是相互衔接相互关联的，一个过程不完成，就无法进行下一个过程。因此，在启动过程中，应做好提前安排，将全部工作安排的有条不紊，否则，

任何一个失误，都可能影响机组整体的启动，造成启动用油的增加。比如：

淮阴发电厂电泵按 30% 容量设计，如果在机组负荷带到 80~90MW 左右时，再进行汽泵的暖管、冲转、并列等工作，由于这一过程一般达 2~3 h，因此必然使开机过程延长 2~3。实际操作过程中，由于主机在 2400 rpm 左右暖机一般达 2~3 h，因此，在机组冲转到 2400 rpm 时，即用辅汽汽源对小机进行暖管，暖管后及时冲转，在主机并网后，小机已达 3000 rpm，就可以与电泵并列运行。避免因小机不能及时投入延误启机。

通过这些措施，有效地控制了启动时间，从并网到带 250MW 负荷一般在 2 h 左右，控制了启动用油。与同类型电厂（未投用等离子或微油点火装置）冷态升炉用油 50~70 t 相比，淮阴发电厂两次启动用油均控制在 20~22 t 左右，节油达 50% 以上，节油的效果非常显著。

2 锅炉停运时的节油

在停机过程中，淮阴发电厂通过合理的安排，将煤仓烧空的情况下，停炉过程未投用助燃油或仅投用 1 t 左右助燃油，达到了很好的节油效果。主要采取的措施有：

2.1 做好入炉煤的掺配工作和锅炉煤仓料位的控制

淮阴发电厂停机前，制定了停机技术措施，对有关问题进行了详细的规定：在停炉前，提前 24 h 对锅炉各煤仓的煤质和煤量进行控制，对掺配煤的方案进行调整，提高 A、B、C 煤仓进煤的挥发份到 25% 左右。同时，制定了合理的停磨顺序，磨组的停用按 D、E、A、C、B 的顺序进行，这样安排的优点是，先停 D 磨后，不会因火焰中心的下移对锅炉的主汽参数造成影响，其次停 E 磨，是因为 A、B、C 三台磨火嘴相临布置，有利于稳燃，可以降低锅炉不投油稳燃负荷；A、B、C 三台磨中先停 A 磨，然后先停 C 磨，最后停 B 磨是考虑低负荷时投下层油枪助燃，由于下层油枪布置在 A 磨火嘴上方，对 A 层助燃效果较差，为提高稳燃效果，最后停 B 磨。

为将煤仓烧空，煤仓料位的控制尤为重要，淮阴电厂单个煤仓的容量约 300 吨左右，用完约需时 12h，因此，一般提前 24 h 即停止 D 煤仓的进煤，烧空后停 D 磨，启动 E 磨，其余四仓料位提前 18 h

开始控制进煤，按滑停顺序，E 仓煤少进，提前 12h A、B、C 本仓即停止进煤，在滑停过程中，加强对料位的检查，发现料位低时，根据情况，适当少量补一些煤。通过这些控制，可以达到停炉时煤仓烧空的目的。

2.2 加强一、二次风的调整，做好稳燃工作

理论表明，锅炉在低负荷时，由于煤粉浓度的降低，煤粉的着火性能变差，调整时要注意：

一是先逐渐减少各台磨煤机的给煤量，减少给煤量的同时，适当降低一次风速。在各台磨煤机的给煤量降到最低煤量（20t/h）时，此时不能同时减少几台磨煤机的给煤量，以免因煤粉浓度低而不着火，而应按停磨顺序先减少待停磨的煤量，等煤仓烧空后，停用待停磨。淮阴发电厂在停炉过程中，在只剩 A、B、C 三台磨煤机运行中，将 B、C 磨煤机的给煤量稳定在 20 t/h 左右，然后逐渐减少 A 磨煤机的给煤机，直到给煤量降为 0 后停用 A 磨煤机。

二是随负荷的降低，加强一、二次风的调整，在低负荷时，为保证稳燃，应加大一、二次配比，降低一次风速，提高二次风速，以增大切圆直径，减少着火距离，提高稳燃效果。在停炉过程中，通过调整，在 B、C 两台磨煤机运行时，虽然炉膛负压的晃动有所加大，但从火检情况来看，炉膛的燃烧仍然较稳定。在低负荷稳燃的过程中，要注意由于负荷较低，送风机易发生喘振，此时滑参数时，降低风量尽量通过减少引风机的出力来调整。

三是主给水切换到旁路时，要注意防止主、再热汽温的突然下降：切换前，汽包水位的调整是通过给水泵的转速来调整的，切换后，由于给水旁路的管道、阀门均比主给水系统要小得多，节流现象明显，在给水切换到旁路后，为保证给水流量，必然造成给水母管压力的升高；另一方面，汽包水位高时，关小给水旁路调节阀，给水泵因出力降低转速也将上升，进一步造成给水压力升高（给水泵中间抽头压力也将升高），引起减温水量的突然增加，造成主、再热汽温的突然下降。

四是根据停机的目的，控制煤仓料位的变化，及时投油助燃。停炉时，滑参数主要视停机检修安排，如需开缸检修，为缩短检修工期，要求将主汽参数尽量滑停，如没有开缸检修项目，则不需将参数滑得很低。在实际操作过程中，淮阴电厂第一次滑停将主汽参数滑到 330℃ 左右，由于料位控制得

当，未投油枪稳燃，B、C 煤仓基本同时烧完，仅 B 仓剩余少量的煤。另一次由于停机需开缸检修，所以在 B、C 两台磨运行时，投两只油枪助燃，将主汽参数滑到 300℃左右，B、C 煤仓基本烧完，整个过程仅用油 0.7 t。

3 结束语

火电厂用油的主要原因是锅炉启停，目前有很多节油新技术的利用，如微油点火、等离子点火等，这些技术的利用，可进一步大量减少锅炉启停用油，以采用微油点火技术为例，淮阴电厂在 2010 年 6 月增加了微油点火装置后，冷态启动过程仅用油

9.4t。因此，为响应低碳经济要求，各电厂在做好运行调整的同时，应积极进行持改，利用新的技术、设备进一步节油降耗。

参考文献：

- [1] 岑可法.大型电站锅炉安全及优化运行技术[M].北京:中国电力出版社,2003.
- [2] 范从振. 锅炉原理[M].北京:水利电力出版社,1986.

作者简介：

晏海能（1973-），男，江苏淮安人，本科，从事电厂运行管理工作，E-mail: yhn7384@163.com。