

火力发电厂锅炉等离子点火技术的应用研究

卢邦超

华能铜川照金煤电有限公司

[摘要] 锅炉启动及低负荷助燃用油是构成电厂发电成本的重要组成部分, 开发新技术减少燃油、降低发电成本是广大科技工作者长期研究的课题。随着世界原油价格的上涨及国内电厂竞价上网政策的出台, 追求节约电厂锅炉点火及助燃用油的呼声愈来愈高, 在这种背景下提出了开发等离子煤粉点火燃烧技术, 等离子点火技术适用于贫煤、烟煤、褐煤, 具有造价低、使用寿命长等有点, 经济效益可观。

[关键词] 助燃用油; 发电成本; 等离子点火; 经济

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.03.137

目前在大型中速磨直吹式制粉系统的锅炉上应用等离子无油点火装置目前还存在一些技术难题, 例如锅炉冷态磨制煤粉、机组启动初期投入等离子装置时锅炉升温升压速率的控制、磨煤机最小出力的调整、防止等离子燃烧器结焦等。2002年3月30日在燃煤锅炉燃烧系统采用等离子煤粉点火装置首次点火成功, 实现600MW机组高中压缸启动方式汽轮机的无油冲转定速, 在机组整套启动中连续投入等离子煤粉点火装置, 先后完成锅炉的升温、汽机冲转、暖机、机组并网至机组负荷300MW时停运等离子点火装置。在机组滑参数停运过程中, 采用等离子点火装置, 使汽机缸温至261℃停运, 均取得了较好的效果, 是替代燃油点火、启动锅炉的很好的途径。

1. 等离子煤粉点火原理

1.1 等离子点火发生器的工作原理

等离子点火是利用直流电流在一定介质的条件下接触引弧, 并在强磁场控制下获得稳定功率的定向流动空气等离子体, 该等离子体在燃烧器内形成局部高温

火核, 当煤粉颗粒通过该等离子火核时, 被迅速点燃并喷入炉膛。由于高温等离子体使混合物发生了一系列物理化学反应, 近而使煤粉的燃烧速度加快, 达到点火并加速煤粉燃烧的目的, 大大减少了促使煤粉燃烧所需要的能量。

1.2 等离子点火发生器的组件及作用

等离子点火发生器用于产生50—150KW的等离子体电弧进而点燃煤粉, 由阴极、阳极和线圈等组成。其中阴极和阳极由高导电率高导热率及抗氧化的特殊材料制成, 以承受高温电弧的冲击。

线圈在高温情况下具有抗直流高电压击穿能力。其发火原理为: 在输出电流条件下, 当阴极与阳极接触后, 系统处于短路状态, 当阴极缓慢离开阳极时产生电弧, 电弧在在线圈磁场作用下被拉出喷管外部。压缩空气在电弧作用下, 被电离为高温等离子体, 为点燃煤粉创造良好条件。

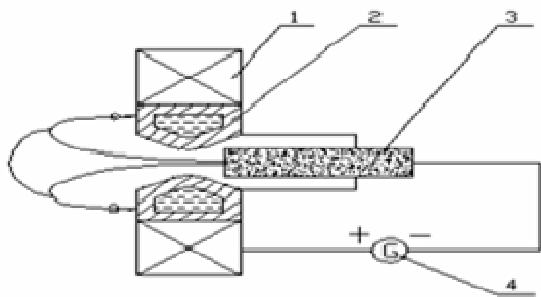


图2-1 等离子电火机理图

1、线圈 2、阳极 3、阴极

2 等离子煤粉点火的系统组成

等离子煤粉点火系统由等离子点火系统和辅助系统两大部分组成。等离子点火系统由等离子燃烧器、等离子点火器、电源控制柜、隔离变压器和控制系统和辅助系统组成。

2.1 等离子点火系统

2.1.1 等离子燃烧器

等离子点火系统设计有四套等离子点火装置, 四套等离子燃烧器分别装在锅炉A层四个主燃烧器位置, 等离子点火器安装在燃烧器侧面, 等离子燃烧器由浓淡分离装置、等离子发生器、一级燃烧室、二级燃烧室、周界二次风等部分组成。具有锅炉启动点火及锅炉低负荷稳燃两种功能。

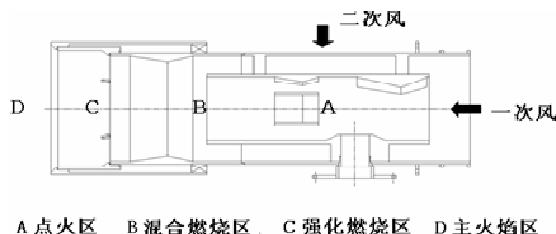


图2-1 等离子燃烧器结构图

一级燃烧室: 煤粉与高温等离子电弧发生强烈的电化学反应, 煤粉裂解, 产生大量挥发份并被点燃, 约占煤粉总量的三分之一。

二级燃烧室: 挥发份及煤粉燃烧。

周界二次风: 冷却二级燃烧室及补充二级燃烧室喷出的未燃尽固定碳在炉膛内燃烧所需的空气。

2.1.2 等离子点火器

等离子发生器是用来产生高温等离子电弧的装置, 其主要由阳极组件、阴极组件、线圈组件三大部分组成, 还有支撑托架配合现场安装。等离子发生器设计寿命为5~8年, 阳极组件与阴极组件包括用来形成电弧的两个金属电极阳极与阴极, 在两电极间加稳定的大电流, 将电极之间的空气电离形成具有高温导电特性等离子体, 其中带正电的离子流向电源负极形成电弧的阴极, 带负电的离子及电子流向电源的正极形成电弧的阳极。线圈通电产生强磁场, 将等离子体压缩, 并由压缩空气吹出阳极, 形成可以利用的高温电弧。

1) 阳极组件

阳极组件由阳极、冷却水道、压缩空气通道及壳体等构成。阳极导电面为具有高导电性的金属材料铸成, 采用水冷的方式冷却, 连续工作时间大于500小时。

2) 阴极组件

阴极组件由阴极头、外套管、内套管、驱动机构、进出水口、导电接头等构成, 阴极头导电面为具有高导电性的金属材料铸成, 采用水冷的方式冷却, 连续工作时间大于

50小时。

3) 线圈组件

线圈组件由导电管绕成的线圈、绝缘材料、进出水接头、导电接头、壳体等构成。

2.2等离子电气系统

离子发生器电源系统是用来产生维持等离子电弧稳定的直流电源装置。其基本原理是通过三相全控桥式晶闸管整流电路将三相交流电源变为稳定的直流电源。其由隔离变压器和电源柜两大部分组成。电源柜内主要有由六组大功率晶闸管组成的三相全控整流桥、大功率直流调速器6RA70、直流电抗器、交流接触器、控制PLC等。

2.3等离子压缩空气系统

压缩空气是等离子电弧的介质，等离子电弧形成后，通过线圈形成的强磁场的作用压缩成为压缩电弧，需要压缩空气以一定的流速吹出阳极才能形成可利用的电弧。压缩空气有空压机经过滤装置储气罐出口母管的管道分别送到等离子点火装置。等离子点火装置上的压缩空气管道上设有压力表和一个压力开关，把压力满足信号送回本燃烧器整流柜。等离子点火装置入口的压缩空气压力要求不大于0.02MPa，每台等离子装置的压缩空气流量约1.0~1.5NM³/min。压缩空气系统中同时设计有备用吹扫空气管路，吹扫空气取自图像火检探头冷却风机出口母管，用于保证在锅炉高负荷运行、等离子点火器停用时点火器不受煤粉污染。

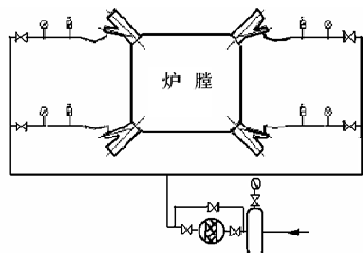


图2-2压缩空气系统图

2.4等离子冷却水系统

等离子电弧形成后，弧柱温度一般在5000K到30000K范围，因此对于形成电弧的等离子发生器的阴极和阳极必须通过水冷的方式来进行冷却，否则很快会被烧毁。为保证好的冷却效果，冷却水以高的流速冲刷阳极和阴极，因此需要保证冷却水不低于0.3MP的压力。另外，冷却水温度不能高于30℃，否则冷却效果差。为减少对阳极和阴极的腐蚀，要采用电厂的除盐化学水，系统采用闭式循环系统。

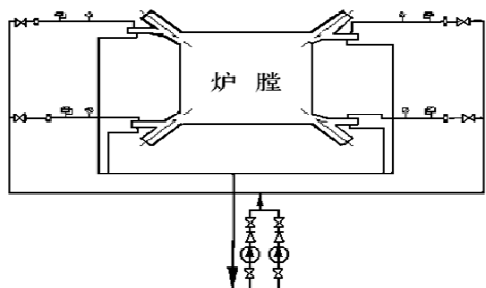


图2-3冷却水系统图

2.5等离子监控系统

2.5.1壁温监控

为了确保等离子燃烧器的安全运行，在燃烧器的相应位置安装了监视壁面温度的热电偶。

2.5.2风粉在线检测

为便于等离子煤粉燃烧器煤粉浓度、速度的控制，在磨

煤机出口四根一次风管上各安装一套风速在线监测装置，用于在线监测磨出口一次风速，方便运行人员进行燃烧调整。整个系统的现场设备包括4台差压变送器及电磁阀、压力表等，差压变送器的量程可选择0~1.0 kPa。

3 等离子点火装置投运情况下影响煤粉着火的因素

3.1等离子发生器功率对煤粉着火的影响

等离子发生器功率的大小是等离子点火装置中很主要的参数，从设计的角度，在50~150KW的功率范围内，通过调整等离子发生器的电流可以实现功率的调节，但功率过小，煤粉着火性能变差，功率过大，一方面无味地浪费电能，另一方面大大加快了阴极寿命耗损的时间，所以最佳的等离子发生器功率是在等离子发生器启动时，电流300~310A、功率85~100KW；锅炉冷态启动时，电流320A、功率110~120KW。

3.2一次风速对等离子点火燃烧器着火的影响

点火一次风速对煤粉的着火影响很大，风速太高致使着火推迟，燃烧不稳，太低则会造成等离子点火装置一级燃烧器积粉，甚至造成一次粉管积粉、磨煤机堵磨等事故，所以一次风速的合理选择对等离子点火至关重要。

3.3磨煤机出口一次风温对等离子点火燃烧器着火的影响

一次风温在等离子点火装置投运的情况下，较高的一次风温，煤粉着火所需要的着火热相对较少，煤粉点燃比较容易，反之亦然。

在锅炉点火启动的过程中，等离子点火装置投运的情况下，对一次风温对着火特性的影响较大。在相同的磨煤机入口一次风量下，磨煤机出口一次风温低（60℃以下），煤粉着火有闪烁现象，风温越低，现象越明显。磨煤机出口一次风温高（75℃以上），煤粉着火的稳定性明显改善，维持较高风温，保证煤粉着火容易、燃烧稳定。

4 等离子点火系统可靠性及经济性

从等离子点火燃烧器的着火特性、稳定性和防结焦性能都经受了较长时间的考验，证明其性能良好。在等离子发生器停运的情况下，又要求该燃烧器能作为主燃烧器运行，从着火特性等方面满足锅炉燃烧负荷的要求。实际运行中，当点火燃烧器作为主燃烧器使用时，从就地看火孔观察或通过图像火检比较，该燃烧器从着火距离分析，由于燃烧器喷口无回流区，与其他燃烧器相比，着火距离较远，从煤粉着火的刚度比较，较其他燃烧器刚度略强。在实际运行中，适当调整火检，同时磨煤机入口风量适当调整，可以保证其燃烧稳定性，同时对锅炉的整体性能没有影响。

等离子点火装置在发电厂的应用，可以大大减少基建调试期间机组的点火用油和替代稳燃用油，另外600MW机组冷态启动一次大约需要的油量约为500~700吨，平均每台机组每年点火及助燃约为2000吨，两台机组采用等离子煤粉点火技术一年还可节约燃油折合人民币1200万元，具有较好的经济性。

参考文献

- [1] 华能铜川电厂锅炉培训教材, 2006-12
- [2] 烟台龙源电力技术有限公司等离子设计说明书
- [3] 樊泉贵, 阎维平. 锅炉原理. 北京: 中国电力出版社, 2004
- [4] 朱全利. 锅炉设备及系统, 北京: 中国电力出版社, 2006
- [5] 刘弘睿. 工业锅炉技术标准规范应用大全. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
- [6] 冯俊凯, 沈幼庭. 锅炉原理及计算, 第3版. 北京: 科学出版社, 2003