

锅炉等离子泄漏原因分析、防范措施及查漏分析

马志明

中国石化长城能源化工（宁夏）有限公司热电运行部 宁夏 银川 750411

摘 要：本文针对锅炉等离子点火系统中的泄漏问题进行了深入分析，探讨了泄漏的主要原因，并提出了相应的防范措施和查漏方法。通过实际应用，这些措施和方法取得了显著成效，为电厂锅炉的安全稳定运行提供了有力保障。

关键词：锅炉；等离子点火；泄漏原因；防范措施；查漏方法

引言

锅炉等离子点火技术因其高效、环保等优点在电厂中得到了广泛应用。然而，等离子泄漏问题一直困扰着电厂的运行人员，严重影响锅炉的安全稳定运行。因此，对等离子泄漏原因进行深入分析，并提出有效的防范措施和查漏方法显得尤为重要。

1 锅炉等离子点火技术的工作原理概述

我厂采用的是烟台龙源技术有限公司生产的DLZ-200型等离子点火燃烧器。该技术的工作原理是，在空气介质气压约为0.01MPa的环境下，通过直流电流接触引弧，并在强磁场的精确控制下，形成稳定功率的直流空气等离子体。这种等离子体被巧妙地引入特制燃烧器的中心燃烧筒内，创造一个局部高温区域，其温度超过5000K，且温度梯度极大，形成所谓的“火核”。当煤粉颗粒通过这一高温的等离子“火核”时，它们会在极短的时间内（约 10^{-3} 秒）受到高温作用，迅速释放出挥发物，导致煤粉颗粒破裂、粉碎，并重新生成挥发分，从而迅速引发燃烧^[1]。这一过程在气相中进行，不仅改变了混合物组分的粒级，还显著加快了煤粉的燃烧速度，促进了煤粉的整体燃烧效率。因此，大大减少了点燃煤粉所需的引燃能量。此外，等离子体中富含大量化学活性粒子，包括原子（如C、H、O）、原子团（如OH、H₂、O₂）、离子（如O₂⁻、H₂⁻、OH⁻、O⁻、H⁺）以及电子等，这些活性粒子能够有效加速热化学转换过程，促进燃料的完全燃烧。

2 等离子泄漏原因分析

等离子技术在使用过程中，其关键部件如阴极和阳极，由于长期承受电弧高温冲击及等离子体的作用，会

逐渐磨损，这是导致等离子泄漏的一个重要原因。阴极在频繁放电中，表面导电、导热及耐氧化材料不断损耗，性能下降，使得原本稳定的放电间距难以维持，等离子体可能从磨损产生的薄弱部位泄漏。阳极同样面临磨损问题，表面损伤会影响等离子体的产生稳定性，并成为泄漏的突破口。此外，等离子护壁因长期与流动煤粉接触，也会受到冲刷而泄漏。

具体原因分析如下：

2.1 煤种偏离设计参数：

锅炉设计时，会根据特定的煤种参数来确定等离子设备的运行参数（见表1）。然而，实际使用过程中，煤种往往与设计煤种存在差异。实际煤种的水份、灰份均较设计煤种有所增加（见表2）。水份的增加导致磨煤机在干燥和通风方面出力不足，容易出现堵磨现象，且出口温度难以达到设计要求。为了提高干燥和通风效果，不得不提高一次风压力，这使得粉管风速上升，超过了等离子设备的设计风速参数，从而加剧了等离子护壁的磨损。灰份的增加使得在相同煤量下，携带的灰分增多。这些灰分中含有硬度较高的成分，如二氧化硅、三氧化二铝等，它们对等离子护壁的磨损作用更为显著，进一步降低了等离子设备的使用寿命。

表1 本锅炉设计煤种参数表

项 目	单 位	校核煤种1	校核煤种2
收到基低位发热值 $Q_{\text{net.ar}}$	MJ/kg	19.67	17.11
收到基全水份 Mar	%	11.1	12.5
灰熔化温度 $\text{HT}(\text{t3})$	°C	1500	1450
收到基灰份 Aar	%	22.41	28.38

表2 目前实际使用煤种参数表

项 目	单 位	宋新庄（洗混）	宋新庄（筛混）	银二矿（洗混）	银二矿（筛混）	国能宁煤
收到基低位发热值 $Q_{\text{net.ar}}$	KJ/kg	20.36	19.95	18.71	19.74	17.67
收到基全水 Mar	%	12.1	10.7	16.3	16.7	15.7
灰熔化温度 $\text{HT}(\text{t3})$	°C	1210	1230	1260	1190	1240
收到基灰份 Aar	%	29.84	32.15	32.12	31.58	32.69

2.2 工艺操作与调整不当

等离子设备在投运期间,需要严格控制运行参数,如一次风压、风速等。如果这些参数控制不合理,如一次风压过高、风速过大,就会增加等离子设备的磨损速度,导致泄漏风险增加。磨煤机的煤粉细度对等离子设备的磨损也有显著影响。如果煤粉细度不合格,颗粒过大,就会加剧等离子系统的磨损,降低设备的使用寿命^[2]。燃烧器附近的二次风门挡板调整也非常重要。如果调整不合理,就会影响等离子设备的稳定运行,甚至导致泄漏。

2.3 运行参数异常

弧压是等离子设备运行的重要参数之一。如果弧压不稳定,就会影响等离子自动调高装置的正常工作,破坏等离子体生成的稳定环境,从而导致泄漏。冷却水的供应参数对等离子设备的稳定运行至关重要。如果冷却水的压力、流量或温度不合适,就无法有效带走等离子设备在工作过程中产生的大量热量。这会导致阴极、阳极等关键部位过热变形,破坏设备之间的密封性,使得等离子体有机会泄漏。压缩空气的供应参数同样重要。如果压缩空气的压力、流量等参数不符合要求,就会影响等离子体的产生和系统的密封性。压力过低会导致等离子体生成不稳定,容易出现泄漏;而压力过高则可能对设备内部的密封结构造成冲击,破坏密封效果。

2.4 安装调试不当

等离子发生器的阴极、阳极安装位置必须准确无误。如果安装位置出现偏差,就会改变原本设计好的放电间距、磁场作用环境等参数,进而影响等离子体的稳定性和密封性。这使得等离子体容易从因位置偏差而产生的不合理间隙处泄漏出去。各部件之间的连接紧密性也是确保等离子设备稳定运行的关键因素。如果密封不良,就会导致冷却水渗漏;如果压缩空气系统的管道连接不紧密,就会影响等离子体产生所需的空气供应稳定性,并可能使等离子体从连接薄弱部位泄漏。调试阶段的参数校准及密封性检查工作同样重要。在调试时,需要对等离子发生器的电流、电压、弧压等电气参数,以及冷却水的压力、流量、温度,压缩空气的压力、流量等参数进行精确校准。如果弧压校准不准确,就会出现过高或过低的情况,打破等离子体稳定产生的条件;如果冷却水参数不准确,就无法保障等离子设备关键部件的冷却效果,可能造成部件变形、损坏等问题,破坏整体密封性。

2.5 检修与维护不到位

等离子设备需要按照使用说明书进行定期的维护保养工作。然而,在实际操作中,往往存在维护保养不及

时、不彻底的问题。例如,密封件未定期更换,导致密封性能下降;阴、阳极头到达使用时间后未及时评估更换,导致设备性能下降。检修工作也是确保等离子设备稳定运行的重要环节。然而,在实际检修过程中,可能存在检修不彻底、检修质量不高的问题。例如,对设备内部的磨损情况未进行全面检查,导致磨损部位未得到及时修复;对设备的密封性未进行严格检查,导致密封不良部位未得到及时处理。

3 防范措施

3.1 应对煤种变化带来的额外磨损问题:

尽量调整至使用设计煤种,以确保设备在最佳工况下运行。若无法更换煤种,则应重新规划检修与检查周期,根据煤种的变化情况,适当增加检修频次,并建立健全的检查检修台账制度,记录每次检修的详细情况。等离子设备的阴、阳极头是易损件,需严格按照设备说明书的要求及时更换,以避免因过度磨损而导致的泄漏问题^[3]。对于水分含量较高的煤种,应采取晾晒、加热等物理方法降低水分,同时调整磨煤机的运行参数,控制一次风压及风速在24-28m/s范围内,以减少对等离子设备的磨损。

3.2 针对工艺操作与调整不当的问题:

制定并实施相应的燃烧管理措施,通过优化燃烧器结构、调整风煤比等方式,有效降低一次风压,进而将一次风速控制在24-28m/s的适宜范围内。在锅炉点火初期的冷态条件下,应尽量将一次风速调整至较低的18-22m/s,以减少对等离子设备的冲击和磨损。在等离子设备运行期间,应适当开启燃烧器下方的周界风,以增加可燃气体与空气的混合程度,防止可燃气体在未投运燃烧器的邻角沉积并产生爆燃。煤粉细度作为锅炉运行的关键控制指标,应每月至少进行2次取样分析,并根据分析结果及时调整磨煤机的运行参数,确保煤粉细度保持在18-22%之间,以降低设备磨损和提高燃烧效率。

3.3 针对运行参数异常的情况:

严格控制电弧电压的调节范围,确保其在(250-400)±5%V之内,以避免因电压过高或过低而导致的等离子设备损坏或泄漏问题。对冷却水的压力和流量进行严格控制,确保压力差不得超过0.4MPa,最大压力不得超过0.6MPa,最大流量不得超过10t/h,以保证等离子设备的正常冷却和稳定运行。载体风的压力应控制在5kPa-15kPa范围内,以确保等离子设备的正常工作和密封性。

3.4 针对安装调试不当及检维修管理的问题:

加强对关键部件磨损情况的检查,特别是等离子发生器中的阴极和阳极,由于其长期处于高温、高能量的

工作环境,建议每运行1000-1500小时就进行一次详细的磨损检查,并及时更换磨损严重的部件。密封部件的密封性检测也至关重要,应每季度进行一次全面的检测,确保所有密封点均处于良好的密封状态。对于密封垫圈等常用密封部件,可采用氦质谱检漏仪进行精确检测,以及时发现并处理微小的泄漏点。建立完善的检维修管理制度,明确检维修的流程和责任分工,确保每次检维修工作都能按时、按质完成^[4]。同时,加强对检维修人员的培训和管理,提高他们的专业技能和责任心,为等离子设备的稳定运行提供有力保障。

4 查漏方法

在我厂2024年4月24日热电2#锅炉再热器泄漏修复工作完成后启动过程中,B2等离子发生泄漏,导致粉管堵塞,严重影响了磨煤机的出力和燃烧状况。此事件不仅增加了运行维护的难度,还对生产效率和人员安全构成了威胁。经过办理相关高处、动火、临电等作业票证后,进行了长达15小时的疏通工作,这进一步加剧了运行部的直接作业风险,并对人员的精神和身体状况产生了负面影响。因此,制定一套全面、有效的等离子泄漏查漏方法对于保障锅炉的安全稳定运行和降低运行部安全风险显得尤为重要。以下是具体的查漏措施:

4.1 增设温度监测点

与仪表人员紧密协作,在等离子燃烧器向上弯曲的第一个弯头处增设温度监测点。该监测点将实时记录并传输温度数据,为运行人员提供准确的温度信息。通过对比分析温度数据的变化,可以及时发现等离子是否存在漏水情况,从而采取预防措施防止粉管堵塞。

4.2 改造风速测点并增加报警功能

请仪表人员对磨煤机各粉管的风速测点进行改造,确保其准确性和可靠性。在风速测点处增加光字报警功能,当风速降低至预设阈值时,报警系统将自动触发。报警系统的设置将提高运行人员对异常情况的响应速度,便于他们迅速发现并处理风速异常问题。

4.3 加强DCS盘面监视与综合判断

运行班组应密切监视DCS盘面的数据变化,特别是磨组出力、粉管风速、煤粉浓度、磨煤机出口压力以及

等离子壁温等关键指标。一旦发现上述指标出现异常变化,应立即对磨煤机各粉管的温度和燃烧器的出粉情况进行全面检查。通过综合判断故障原因,运行人员可以迅速采取相应的处理措施,确保锅炉的稳定运行。

4.4 加强等离子冷却水系统检查

当闭冷水箱的补水量出现异常增大时,运行人员应高度警惕,加强对等离子冷却水系统的检查。检查内容包括冷却水管道、阀门、接头等部位的密封性,以及冷却水系统的压力和流量等参数。一旦发现等离子存在漏水情况,应立即进行切除操作,并通知维修人员进行修复,以防止粉管堵塞等后续问题的发生。

5 成效归纳

通过以上对等离子运行原理、泄漏原因分析、防范措施及查漏等方面的深入分析和实践应用,我们取得了显著成效。各个班组运行人员对粉管堵塞产生的后果有了更加明确的认识,并根据防范措施和查漏方法成功发现了多起等离子泄漏问题。这些措施和方法共同作用于保障等离子点火系统的稳定可靠运行,进而确保电厂锅炉的安全、稳定与高效运行。

结语

锅炉等离子泄漏问题对电厂的安全稳定运行构成严重威胁。通过深入分析泄漏原因并提出相应的防范措施和查漏方法,我们有效地解决了这一问题。这些措施和方法不仅为电厂锅炉的安全稳定运行提供了有力保障,也为整个电力行业在相关方面的实践提供了有益参考和借鉴。未来,我们将继续加强研究和应用推广力度,为电厂的安全高效运行贡献更多力量。

参考文献

- [1]翟东升,於洪源,汪忠国.煤粉锅炉等离子点火问题的分析和探讨[J].锅炉制造,2020,(03):28-29.
- [2]苑达.某火电厂锅炉等离子燃烧器损坏原因分析及改进措施[J].电站辅机,2024,45(04):55-57.
- [3]高乐,王勇,宋继坤.锅炉等离子点火与气化微油点火技术的安全性分析[J].模具制造,2024,24(08):249-251.
- [4]崔体磊,秦宁,张娜,等.等离子点火系统在电站锅炉的应用探究[J].大众标准化,2023,(05):143-144+147.