

锅炉安全阀的故障诊断与处理对策

张心宇

哈电集团哈尔滨电站阀门有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150001

DOI: 10.61369/SSSD.2025050012

摘 要 : 安全阀装置是电厂锅炉的重要组成部分, 一旦锅炉内部压力过大, 超出预设标准值, 该装置就会自动开启, 起到降低锅炉内部压力的作用, 保证锅炉设备的安全与稳定运行。在长期运行过程中, 安全阀会出现各种故障状况, 影响锅炉正常运转。本文阐述锅炉安全阀故障诊断、处理和维持的重要性, 从安全阀泄漏、拒动、反应迟钝、频跳问题入手, 诊断安全阀问题产生原因, 提出处理对策与维护建议, 为提升电厂锅炉设备运行的安全性提供参考。

关 键 词 : 锅炉安全阀; 故障诊断; 处理

Fault Diagnosis and Handling Countermeasures of Boiler Safety Valves

Zhang Xinyu

Harbin Electric Valve Co., Ltd. of Harbin Electric Corporation, Harbin, Heilongjiang 150001

Abstract : The safety valve device is an important component of power plant boilers. Once the internal pressure of the boiler exceeds the preset standard value, this device will automatically open to reduce the internal pressure of the boiler, ensuring the safety and stable operation of the boiler equipment. During long-term operation, safety valves may encounter various fault conditions, affecting the normal operation of the boiler. This article elaborates on the importance of fault diagnosis, handling, and maintenance of boiler safety valves, starting from issues such as leakage, refusal to operate, sluggish response, and frequent jumping, diagnosing the causes of safety valve problems, proposing handling countermeasures and maintenance suggestions, and providing references for improving the safety of boiler equipment operation in power plants.

Keywords : boiler safety valve; fault diagnosis; handle

引言

安全阀是一种自动释放压力锅炉的安全装置, 在锅炉安全附件中占据着重要地位, 主要包含阀体、阀座、喷嘴和弹簧等部件, 在电站、电厂中应用广泛, 主要作用是避免锅炉设备因内部异常、压力过大, 出现高爆炸问题。通常情况下, 电厂锅炉设备内部预设安全压力值, 一旦数值超出正常范围, 安全阀在自动打开后, 将内部流体排放出来, 起到降低内部压力值的作用。在设备安全压力值回归正常范围后, 安全阀自动关闭, 使设备重新进入正常运转状态, 避免设备出现爆炸情况, 有效地保护设备安全。在电厂系统中, 锅炉运行状态直接影响电厂运行水平, 而安全阀能否正常工作, 决定了锅炉运行工况。随着使用时间的增长, 电厂锅炉安全阀可靠性往往难以保障, 出现一系列故障问题, 若不重视这方面的检修与故障诊断工作, 容易埋下安全隐患, 导致锅炉无法正常运转和工作, 降低电厂运行效能。由此, 加强锅炉安全阀日常检修与技术管理工作, 及时诊断和分析安全阀的故障类型, 制定和实施解决方案, 确保锅炉安全阀门按照预定设计要求正常运转, 保证电厂运行效能势在必行。

一、锅炉安全阀故障诊断与分析

(一) 泄漏问题

1. 安装不当

在安全阀进出口连接处, 安装人员未能按照规范操作, 会出现载荷不均匀的情况, 这时阀门因同轴度不合理出现泄漏问题。同时, 现场安装作业可能会遗留一些脏物或杂物, 这些东西夹在密封面上后, 导致阀门达不到密闭性要求^[1]。

2. 密封面出现损伤

在正常密封实验压力下, 安全阀泄漏指的是阀座与阀瓣密封面之间渗出的量, 超出额定允许范围, 阀座或阀瓣密封面出现破损, 原因有: 在安装过程环节, 工作人员将混杂的各类固体物质留在了设备内, 如铁锈、电焊渣等; 在使用过程中, 安全阀自动开启和关闭会带动介质高速流动, 一些结晶杂质会在冲刷中刮伤密封面, 安全阀出现金属痕; 再加上长期受到腐蚀性介质的影响, 金属密封面也会出现侵蚀现象^[2]。

3. 结合面间隙引起的渗漏

受螺栓固定的预紧力水平不高，上下阀体之间的结合面出现间隙。同时，在使用过程中，受温度或外力影响，齿形密封垫出现形变，表面容易产生沟痕，导致阀体结合面之间出现渗漏。阀体结合面不平整也会导致密封性能下降^[3]。

4. 高温

锅炉的安全阀通常在高温环境中运行，由于经常接触高温介质，阀芯或阀座密封面的堆焊层周围会因受热不均匀、密封压力下降、刚度不足、热膨胀等问题，出现泄漏现象。

5. 选用不当

在安全阀的选择或更换上，若新换的附件开启压力过于贴近锅炉的实际压力，容易因设备压力出现浮动，出现泄漏现象。

（二）主安全阀拒动问题

在电厂锅炉内部产生的压力超过临界值时，主安全阀出现拒动，即未能正常动作的情况，锅炉内部压力无法通过安全阀排出，随着压力值不断提升，锅炉会逐步进入超压工况，不仅会引起严重的爆炸事故，还会导致设备损坏，生产流程中断，主要原因有如下：

1. 卡阻现象

安全阀的制造、组装或检修环节，由于未能处理好铁锈、拉毛、蹭伤缺陷，清洁工作处理不到位，一些异物在排放时被冲到活塞室表层，导致安全阀卡住不动^[4]。

2. 活塞室严密性不佳

活塞环出现较大程度磨损，使用的活塞环尺寸达不到标准要求，亦或是阀门本身的密闭性差，都会因大量蒸汽流出，出现不动作情况。

3. 更换型号错误

在安全阀原设计要求与新更换的配件型号不符时，容易出现主安全阀活塞室的蒸汽流量小的问题，活塞的向下作用力难以顶起弹簧的向上作用力，主安全阀也就无法正常启动。

4. 设置修正不及时与校验不合理

当安全阀重锤与弹簧设置出现偏差，阀门开启和回座达不到指定压力值，就无法正常运动。安全阀正常起跳与回落的过程会带动蒸汽介质流动，长期使用会积累一层水膜，覆在阀芯与阀座之间，给安全阀造成腐蚀，导致安全阀启动与回落失败问题。同时，在重锤位置偏移或背杠杆卡住时，也容易出现此类故障。再者，通常情况下，电厂往往使用氮气或空气，校验安全阀状况，但在一旦校验气体与实际运作的气体介质差距较大时，往往会发现偏差，两者之间温度变化也会带来故障。

（三）动作反应迟钝问题

在达到设定压力值后，安全阀门出现反应迟钝问题，如开启动作或回座动作不灵敏问题，主要原因如下：

1. 主安全阀回座延迟

主安全阀活塞室出现大量漏气的情况，活塞室与管路的压力持续增加，对活塞向下施加较大的作用力；安全阀的运动使得固定件与其他运动件产生摩擦，一旦零件接触面出现磨损，就会因摩擦力增加出现回座延迟故障^[5]。

2. 安全阀回座压力低

在锅炉内部压力处在较高水平时，安全阀快速启动排放，但大量蒸汽介质的排除，会冲击主安全阀，阀门封面出现的压力区会带动阀芯持续向上抬升。在此工况下，阀芯施加的推动作用力不断增加，抵消了安全阀回座的压力，导致回座压力低。

（四）阀门频跳

安全阀频跳是因配件、管道选择，弹簧刚度等问题，出现来回开启和关闭的异常动作状态，主要原因如下：

1. 选用的阀门通径超出设备要求

相较于锅炉设备设计的排量而言，选用阀门的排放量超出要求越多，就越容易引起安全阀排气产生间断问题，如此反复频繁出现间断动作，容易擦伤密封面。

2. 进口管道产生较大阻力

通常情况下，在安全阀正常排放动作时，进口管道的压力要低于整定压力 3%，或最大启闭压差的 1/3。

3. 排放管道产生较大阻力

根据排放管道安装要求，在连接排放管道与安全阀时，要确保安全阀出口截面积小于管道的横截面积，降低阀出口侧给排量背压力与整定压力带来的影响。若使用波纹被压平衡式安全阀，将附加背压力与出口管道的背压力应要低于整定压力的 50%；若使用弹簧式安全阀，一般低于整定压力的 10%，避免因背压过大影响阀门动作。

4. 弹簧刚度过大

若弹簧刚度过大，阀门出现瞬间启动后，快速跳回，难以起到持续排压效果，锅炉系统的压力无法回归正常状态。此时，阀门进口管道位置压力突然下降，而系统内部压力排泄不足，导致阀门来回反复动作。

二、锅炉安全阀故障的处理对策

（一）泄露问题的处理

1. 对于现场安装工程不合理或不规范的问题，电厂的操作人员应提前熟悉安全阀的安装规范和标准，熟练掌握操作流程，尽可能地避免因现场安装出现泄漏问题。在检修过程中，观察和测定连接管道的载荷，载荷不合理便拆下重新安装。在安装或维修后，做好卫生清洁工作，避免杂物或脏物冲夹在密封面^[6]。

2. 对于密封面损伤问题，工作人员应仔细观察损伤情况，排查故障类型，并采用研磨 + 车削的方式，将破损密封面修复凭证，确保粗糙度符合 Ra<1.6 的要求。

3. 对于结合面间隙问题，按照规定标准，测量各处界面是否存在间隙，及时采用对角拧紧的方式，加固所有螺栓，提高结合体的预紧力水平。对于密封垫形变问题，定期检查密封垫是否出现平行度下降或产生沟痕问题，替换耐用性强的质量密封垫。拆卸阀门后，打磨不平整的部分，在打磨和加装完成后，将一层塑料包裹在表面，避免进尘^[7]。

4. 若因接触高温介质出现泄漏，可以定期检查和更换，也可以重新选择耐高温性能强的安全阀。若因长期处于高温环境出现

泄漏，可以使用隔热棉包裹，做好隔热措施。

5. 对照弹簧工作压力表，判断压力是否处在正常工作范围，是则实施重新定压，否则更换对应压力等级的阀门或弹簧。

（二）主安全阀拒动问题的处理

1. 对于阀门卡阻问题，要关闭锅炉后，将安全阀拆解，检查活塞室表面和零件，观察是否留有杂质，判断部件是否有损伤。无损伤或损伤程度较低的情况下，采用打磨处理的方式，将表面的沟痕或锈迹清理干净，提高活塞室内部的光滑度，再将铅粉涂抹在活塞室表面，尽可能地避免摩擦，最后按照标准流程重新安装；损伤程度较高的情况下，按照锅炉安全阀标准要求，完成部件修复或更换工作^[8]。

2. 对于活塞室无法保证严密性的情况，拆解后检查弹簧、密封圈、活塞环等零件，在尺寸或形状出现问题的情况下，则更换新的合格零件。

3. 对于新换零件不适配的情况，结合原主安全阀的标准参数，重新配置对应配件，及时更换活塞环或活塞，将节流阀调整到小数位。

4. 在电厂锅炉日常运行中，为减少因设置和校验带来的故障，针对上述出现的设置与校验问题，制定定期巡检计划表，发现问题后将设置修正到位，采用手动排气的方式，将故障排除。

（三）动作反应迟钝问题的处理

1. 在排查回座延迟故障时，将节流阀开度调大，减少脉冲阀与管路的蒸汽量，降低蒸汽对活塞的作用力，使安全阀能够在正常压力工况下回座。对于摩擦引起的延迟问题，测量固定件与运动件的间隙水平，对于间隙小的情况，及时调整和打磨，降低卡涩出现概率^[9]。

2. 对于回座压力低得到故障，将节流阀开度调小，控制冲量安全阀部分介质的流经数量，阀门封面的压力得到缓冲，使冲量

安全阀能够正常回座，同时，在日常检验中，检测导向套与阀芯的尺寸，检出二者间隙小的情况下，及时调节大，避免因间隙小产生大量动能，出现压力区，从而降低安全阀的回座压力。

（四）阀门频跳问题的处理

1. 对于阀门通径选择带来的问题，严格按照设备设计的排量要求，选择完全符合排量要求或接近的安全阀。

2. 在进口管道阻力过大的情况下，更换大内径的进口管，或缩短进口管道的长度，使之大于阀门进口通径。

3. 对于排放管阻力问题：截取较短的排放管，或选择大内径的排放管，将排液孔设在管道低点，避免介质积液形成反作用力^[10]。

4. 对此，检验阀门的开启压力与检查弹簧工作压力是否匹配，不匹配时，及时替换符合的阀门或弹簧。

三、结论

综上所述，加强对锅炉安全阀常见故障的类型、原因分析，找到合理的处理对策和长期维护策略，关系到电厂锅炉运行安全性、电厂整体运营效益与电力供应水平。对阀门漏泄、主阀延迟回座、频跳与颤振等故障的深入研究，使我们能从根源上认识问题，从而制定出更具针对性的解决方案。理论研究在提升安全阀可靠性方面具有重要的实践价值。它有助于我们准确判断故障原因，及时采取有效措施，降低设备运行风险，保障电厂供应的安全与稳定。同时，也为安全阀的设计、制造和维护提供了理论指导，促进了安全阀技术的不断发展。展望未来，智能化诊断技术将成为锅炉安全阀故障诊断的重要发展方向。引入先进的传感器技术、数据分析算法和人工智能模型，实现对安全阀运行状态的实时监测和智能诊断，提高故障诊断的准确性和及时性，进一步提升锅炉安全阀的可靠性和安全性。

参考文献

- [1] 沈华龙. 安全阀在锅炉运行中的问题分析[J]. 中国金属通报, 2023, (08): 168-170.
- [2] 林燭. 锅炉和压力容器上安全阀的整定压力分析[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(05): 156-158.
- [3] 林燭. 浅谈电站锅炉安全阀在线校验[J]. 机电信息, 2023, (10): 76-79.
- [4] 李朝清. 锅炉安全阀常见故障原因分析及解决措施[J]. 现代职业安全, 2023, (04): 60-63.
- [5] 黄强. 锅炉安全阀在线校验不回座原因分析与防范措施[J]. 中国设备工程, 2024, (22): 194-196.
- [6] 李敏, 李松涛. 电站锅炉安全阀专用在线校验仪初探[J]. 内蒙古石油化工, 2023, 49(03): 55-59.
- [7] 李刚. 电站锅炉安全阀连接焊缝开裂分析及修复[J]. 特种设备安全技术, 2022, (02): 1-3.
- [8] 白占坤, 袁禹, 刘华贺, 等. 核电站辅助锅炉安全阀弹簧断裂的原因[J]. 腐蚀与防护, 2021, 42(09): 106-110.
- [9] 曹璐. 电厂锅炉安全阀的故障及其处理[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(07): 225-226.
- [10] 魏伟. 锅炉压力容器安全阀存在的问题及定期校验的重要性探讨[J]. 中国设备工程, 2020, (23): 152-153.