

火电厂锅炉化学清洗过程控制的探讨

汶虎云 杨 超

西安协力动力科技有限公司 陕西 西安 710000

摘 要：火电厂锅炉作为电力生产的核心设备，其运行效率和安全性至关重要。本文探讨了火电厂锅炉化学清洗的原理与方法，强调了过程控制的重要性。分析了清洗剂的选择与配制、清洗温度与流速的控制、清洗时间的控制、清洗过程中的监测与调整、清洗后的处理与验收等清洗过程中的关键控制点。还讨论了清洗过程中的安全与环保措施，旨在保障人员安全和环境保护，为火电厂锅炉化学清洗的规范化 and 高效化提供了理论支持和实践指导。

关键词：火电厂；锅炉化学清洗过程；关键控制点

引言：化学清洗是保持锅炉清洁、提高热效率、延长使用寿命的有效手段。但化学清洗过程涉及多种化学物质和复杂工艺，若控制不当，可能对锅炉造成损害或引发安全事故。对火电厂锅炉化学清洗过程进行严格控制显得尤为重要。本文将从原理、方法、过程控制等方面进行深入探讨，以期对火电厂锅炉化学清洗提供科学指导。

1 火电厂锅炉化学清洗原理与方法

1.1 火电厂锅炉化学清洗原理

火电厂锅炉化学清洗是一种利用化学药剂的水溶液与锅炉水汽系统中的腐蚀产物、沉淀物和污染物发生化学反应，从而去除这些杂质，恢复锅炉受热面内表面清洁的技术。其基本原理在于化学药剂能够选择性地与锅炉内的污垢发生反应，将其转化为可溶性的物质，随后通过清洗液的循环和排放，将这些可溶性物质从锅炉系统中去除。化学清洗的主要作用机制包括溶解、络合、螯合等。酸性清洗剂中的氢离子（ H^+ ）能够与锅炉内的金属氧化物、碳酸盐等发生反应，生成可溶性的盐类或络合物，从而将这些污垢溶解。

1.2 火电厂锅炉化学清洗方法

火电厂锅炉化学清洗方法多种多样，根据锅炉的具体情况 and 污垢类型，可以选择不同的清洗方法。以下介绍几种常见的化学清洗方法：（1）浸泡法。浸泡法是将锅炉或锅炉部件完全浸泡在化学清洗液中，通过清洗液与污垢的充分接触和反应，达到去除污垢的目的。这种方法适用于小型锅炉或锅炉部件的清洗，具有操作简单、清洗效果好的优点。（2）循环法。循环法是通过循环泵将化学清洗液在锅炉系统内循环流动，使清洗液与锅炉内的污垢充分接触和反应。这种方法适用于大型锅炉的清洗，能够确保清洗液均匀地分布在锅炉系统内，提高清洗效果。循环法还能够通过调整清洗液的流速和温度等参数，优化清洗过程，提高清洗效率。（3）喷

淋法。喷淋法是利用高压泵将化学清洗液喷淋到锅炉受热面上，通过喷淋液与污垢的冲击和反应，达到去除污垢的目的。这种方法适用于锅炉受热面上的局部污垢清洗，具有清洗速度快、效果好的优点^[1]。

2 火电厂锅炉化学清洗过程控制的重要性

2 火电厂锅炉化学清洗过程控制的重要性

火电厂锅炉化学清洗是确保锅炉长期稳定运行、提高热效率、延长使用寿命的重要手段。清洗过程的控制对于实现这些目标具有以下几方面至关重要的作用。

（1）清洗过程控制直接影响清洗效果。化学清洗的目的是去除锅炉受热面上的污垢，包括氧化铁垢、钙镁水垢、铜垢、硅酸盐垢和油垢等。如果清洗过程控制不当，如清洗剂浓度、温度、流速等参数设置不合理，就可能导致清洗不彻底，留下部分污垢，甚至可能产生新的污垢。这会影响锅炉的传热效率，还可能导致金属腐蚀，缩短锅炉的使用寿命。严格控制清洗过程，确保每个步骤都达到预期效果，是实现清洗目标的关键。（2）保障锅炉安全运行。化学清洗涉及多种化学药剂的使用，这些药剂如果处理不当，就可能会对锅炉金属表面造成腐蚀，甚至引发安全事故。酸性清洗剂如果浓度过高或温度控制不当，就可能会对锅炉金属表面造成过度腐蚀，导致锅炉泄漏或爆管等严重问题。在清洗过程中必须严格控制化学药剂的使用量、浓度、温度等参数，确保清洗过程安全可控^[2]。

3 火电厂锅炉化学清洗过程关键控制点

3.1 清洗剂的选择与配制

3.1.1 清洗剂的选择

清洗剂的选择直接关系到清洗效果的好坏以及锅炉的安全运行。在选择清洗剂时，必须综合考虑多个因素，包括锅炉的材质、污垢的类型、清洗效果、缓蚀效果、经济性以及废液处理等。常见的清洗剂有盐酸、氢氟酸、柠檬酸和EDTA等。盐酸适用于去除金属氧化物和

碳酸盐垢，但其腐蚀性较强，且不能清洗奥氏体钢，因此在使用过程中必须严格控制浓度和温度，以防止对锅炉金属造成过度腐蚀。氢氟酸对硅酸盐垢有特效，但其毒性较大，操作时需特别小心，确保人员安全。

3.1.2 清洗剂的配制

清洗剂的配制也是确保清洗效果的重要环节。在配制过程中，必须严格按照规定的比例进行，确保清洗液的浓度和pH值符合要求。为了避免引入杂质，使用纯净的除盐水或凝结水作为配制基础。为了减少清洗剂对锅炉金属的腐蚀，还需加入适量的缓蚀剂。缓蚀剂的选择也需根据锅炉材质和清洗剂类型进行匹配，以确保其缓蚀效果最佳。

3.2 清洗温度与流速的控制

3.2.1 清洗温度的控制

清洗温度直接关系到清洗剂对污垢的溶解能力和对锅炉金属的腐蚀程度。一般来说，清洗温度越高，清洗剂的活性越强，清洗速度也就越快。但过高的温度也可能加剧清洗剂对锅炉金属的腐蚀，甚至导致金属表面的损伤。在清洗过程中，必须严格控制清洗温度，确保其在清洗剂推荐的范围内。对于盐酸清洗，由于盐酸的腐

蚀性较强，温度一般控制在50℃左右，以避免对锅炉金属造成过度腐蚀。而对于柠檬酸清洗，由于其腐蚀性相对较小，清洗温度可适当提高至90℃左右，以加快清洗速度。在加热清洗液时，应使用蒸汽或电加热器，并配备精确的温度控制装置，确保清洗液温度能够稳定在规定的范围内，避免因温度波动而影响清洗效果。

3.2.2 清洗流速的控制

清洗流速也是影响清洗效果的关键因素之一。流速过低可能导致偏流，部分管排与清洗液接触不充分，无法有效去除污垢，从而影响清洗效果。而流速过高则可能加剧对锅炉金属的冲刷损伤，甚至导致金属表面的剥落。在清洗过程中，必须根据锅炉的结构和污垢情况，合理调整清洗流速。对于大型锅炉，由于其受热面积大，清洗流速一般控制在0.2-0.5m/s之间，最大不超过1.0m/s，以确保清洗液能够均匀覆盖受热面，充分与污垢接触。而对于小型锅炉或局部清洗，流速可适当调整，以适应其特定的清洗需求^[3]。在清洗过程中，应使用流量计实时监测清洗流速，并根据实际情况进行调整，确保清洗流速始终保持在最佳范围内。

3.3 清洗时间的控制

清洗时间控制表

序号	清洗工艺	介质 浓度	缓冲剂	还原剂	流速	时间	温度	PH值	备 注
			%	%	m/s	h	℃		
1	盐酸酸洗	4~7	0.3~0.4	0.01~0.2	0.2~0.5	4~10	50~60	/	1) 除硅酸盐垢：加0.5%NaF和0.25% NH ₄ HF ₂ ； 2) 除碳酸盐垢和硫酸盐硬垢：加0.4% NaF和0.2%NH ₄ HF ₂ ； 3) 硫脲一步除铜：加0.4%NaF、0.2% NH ₄ HF ₂ ，及0.5%~0.8%硫脲
2	氨洗除铜	/	/	/		1~1.5	25~30	用氨水维持pH值至10.5左右	1) 加入0.5%~0.75% 过硫酸铵或双氧水； 2) 氨洗后排去洗液，用除盐水冲洗系统至排水清、pH值<9后，再漂洗、钝化
3	柠檬酸酸洗	3~12	0.3~0.4	0.01~0.2	0.2~1.0	≤24	80~95	3.5~4.0	1) 锅炉水系统清洗柠檬酸浓度为3%~8%，过热器清洗柠檬酸浓度为3%~12%； 2) 锅炉水系统清洗流速为0.2m/s~0.5m/s，过热器、再热器清洗流速为0.5m/s~1.0m/s
4	高温EDTA铵盐“清洗”	4~10	0.3~0.5	0.01~0.2	0.2~1.0	≤24	110~140	8.5~9.5	1) 游离EDTA浓度不小于0.5%； 2) 锅炉水系统清洗流速为0.2m/s~0.5m/s，过热器、再热器清洗流速为0.5m/s~1.0m/s
5	低温EDTA铵盐“清洗”	3~8	0.3~0.5	0.01~0.2	0.2~1.0	≤24	80~95	初始pH值4.5~5.5	1) 游离EDTA浓度不小于0.5%； 2) 锅炉水系统清洗流速为0.2m/s~0.5m/s，过热器、再热器清洗流速为0.5m/s~1.0m/s

续表:

序号	清洗工艺	介质 浓度	缓冲剂	还原剂	流速	时间	温度	PH值	备 注
			%	%	m/s	h	℃		
6	羟基乙酸+ 甲酸酸洗	3~6	0.2~0.4	0.01~0.2	0.2~0.5	≤24	80~95		羟基乙酸: 2%~4%; 甲酸: 1%~2%

3.4 清洗过程中的监测与调整

3.4.1 清洗过程中的监测

在清洗过程中，需对清洗液中的各项参数进行实时监测，包括酸度、浓度、铁离子浓度、pH值等。这些参数的变化能够反映清洗过程的进行情况和清洗效果的好坏。使用pH计和酸度计等仪器实时监测清洗液的pH值和酸度。定期取样化验清洗液中的铁离子浓度，以判断清洗过程中污垢的溶解情况。还需对锅炉的受热面进行监测，观察是否有异常腐蚀或泄漏现象发生。

3.5 清洗后的处理与验收

3.5.1 清洗后的处理

清洗完成后，需对锅炉系统进行彻底冲洗，以去除残留的清洗剂和污垢。冲洗过程中使用除盐水或凝结水，并控制冲洗流速和时间，确保冲洗效果。冲洗完成后，还需对锅炉系统进行钝化处理，以在金属表面形成一层保护膜，防止腐蚀发生。钝化处理的方法多种多样，包括亚硝酸钠法、联氨法、多聚磷酸钠法等。在选择钝化方法时，根据锅炉材质和清洗剂类型进行匹配。钝化过程中应严格控制钝化液的浓度、温度和时间等参数，确保钝化效果良好。

3.5.2 清洗后的验收

清洗完成后，需对锅炉系统进行全面验收，以确保清洗效果和安全性符合相关要求。验收锅炉水系统清洗质量指标如下：

- (1) 清洗后的金属表面应清洁，不应有镀铜现象。
- (2) 用腐蚀指示片测量的金属平均腐蚀速率应小于6g/(m²·h)，腐蚀总量应小于80g/m²。
- (3) 运行炉的除垢率不小于90%为合格，除垢率不小于95%为优良。
- (4) 基建炉的残余垢量小于30g/m²为合格，残余垢量小于15g/m²为优良。
- (5) 清洗后的设备内表面应形成良好的钝化保护膜。
- (6) 固定设备上的阀门、仪表等不应受到腐蚀损伤。

4 清洗过程中的安全与环保措施

4.1 安全措施

在火电厂锅炉化学清洗过程中，安全是首要考虑的因素。为了确保清洗工作的顺利进行，必须采取一系列严格的安全措施：（1）所有参与清洗工作的人员都必须经过专业的安全培训，熟悉清洗剂的性质、操作规程以及应急处理措施。在清洗现场，设置明显的安全警示标志，提醒工作人员注意潜在的危险。（2）必须严格遵守化学品管理制度，对清洗剂进行妥善储存和使用。清洗剂应存放在专用的化学品仓库内，远离火源和热源，并设置专人管理。在使用过程中，严格按照配比要求进行配制，避免过量或混合使用导致危险情况的发生。

4.2 环保措施

在清洗过程中，环保同样不可忽视。为了减少对环境的影响，必须采取以下有效的环保措施。（1）严格控制清洗废液的排放。清洗废液中含有大量的化学物质，如果直接排放到环境中，会对水体和土壤造成污染。必须设置专门的废液收集系统，将废液收集起来进行妥善处理。可以通过沉淀、过滤、中和等方法对废液进行处理，确保其达到排放标准后再进行排放。（2）减少清洗过程中的噪音和粉尘污染。可以采取隔音、降尘等措施，降低清洗过程对周围环境的影响。对清洗设备进行定期维护和保养，确保其正常运行，减少故障排放。（3）加强对清洗过程的环保监管。

结束语：通过对火电厂锅炉化学清洗原理、方法及过程控制的全面探讨，本文揭示了清洗过程中各关键控制点的重要性及其具体实施策略。强调了清洗记录与总结分析在优化清洗效果和提高锅炉运行效率方面的作用。

参考文献

[1]赵亮.电厂锅炉化学清洗废水处理及回收利用探讨[J].电子乐园,2020(02):18-19.
[2]王玉正.电厂锅炉化学清洗废水处理及回收利用[J].节能与环保,2023(1):46-47.
[3]曹志荣.一种火电厂锅炉化学清洗监视管检查装置:CN202121328528.3[P].2021(1):11-26.