

水利电力部技术改进局

酸洗鍋炉氧化鉄垢 导 則

中国工业出版社

5.842

27

水利电力部技术改进局

酸洗鍋炉氧化鉄垢 导 則

中国工业出版社



前 言

近年来国内有一部分高温高压热电厂(以及个别中压热电厂)因锅炉金属受热面结有氧化铁垢,严重地威胁着发电厂的安全运行,有的电厂还因此发生爆管事故。对于这类垢的清除,国外比较成熟的经验是酸洗炉,一般使用最为普遍的方法是盐酸洗炉。国内在这方面也积累了一定的经验。为了使有关单位在进行酸洗时,不致因酸洗不当发生不良的后果,因而编写了这份导则。

目前国外在清洗炉内氧化铁垢工作中,采用了不少新技术,如有用柠檬酸或柠檬酸铵的方法,也有用稀酸加联胺煮沸的方法。在清洗系统上也有了改进,如不用大酸箱配制酸液,而是在进酸管中加浓酸直接稀释配制稀酸溶液等。但是由于这些在我国尚无实际经验,故暂不列入导则中。

本导则主要是针对着大型锅炉在运行过程中所形成的氧化铁垢的清除,对于新安装的锅炉和一些小型锅炉的酸洗等,也可作为参考。

这份导则是在总结我局协助某些高温高压热电厂进行洗炉工作的基础上,并参考了1955年苏联电站部颁发的“酸洗规程”、美国机械工程师学会论文集有关洗炉的文献,以及电力建设总局翻译的苏联 TII-80型锅炉的新炉酸洗规程而编写的。由于我们的水平有限,书中难免有欠妥之处,希各地不断将工作中的经验与意见寄我局,以便今后修订时参考。

水利电力部技术改进局

1962年8月3日

目 录

一、总则	3
二、酸洗条件的确定	4
三、酸洗系统的确定	6
四、循环酸洗	9
五、静置酸洗	13
六、化学监督	15
七、安全措施	16

一、总 則

1. 鍋炉金属受热面上积聚的氧化鉄垢不仅会妨碍管壁的热傳导，使金属受热面过热，形成鼓泡变形，而且会在垢下引起腐蝕，导致管子变薄、穿孔，甚至爆破。所以对积有較多氧化鉄垢的炉管，必須进行彻底的清洗。鉴于大型鍋炉結構的复杂，以及氧化鉄垢的特性，采用一般机械方法往往不能除淨，因此必須采用酸洗的方法。

2. 酸洗可分为循环酸洗及靜置酸洗。靜置酸洗效果不如循环酸洗好，而腐蝕并不比循环酸洗輕，但因准备工作較为简单，用酸量少，所以在小型靜态試驗确实有效的前提下，当鍋炉短時間內需投入而循环酸洗時間不够，或只有少数回路中有氧化鉄垢时，也可采用。

3. 酸洗可以采用盐酸、硫酸等。硫酸濃度虽較盐酸为高，但由于缺乏良好的抑制剂，而且当垢中含有較多量的鈣化合物时，会在清洗过程中形成坚硬的硫酸鈣，所以一般規定，硫酸只在垢中碳酸鈣含量小于3%、鉄化合物大于75%时使用。盐酸酸洗比硫酸酸洗时产生的氢脆为小，所以采用最为广泛。

4. 盐酸对鋼鉄腐蝕速度是很快的。为了减少金属在清洗时受酸类的腐蝕损坏，必須往酸內添加抑制剂，以达到既能減輕酸对金属的腐蝕，而又不减弱酸类对氧化鉄垢及沉积物的清洗作用。因此，抑制剂应符合下列三个技术条件：

- (1) 减少鋼鉄在酸中的溶解量；
- (2) 减少鋼鉄的氢脆；
- (3) 不影响酸类对氧化鉄垢的清洗效果。

5. 酸洗工作最好在鍋炉大修后进行，以便清洗后能立即投入运行，减少停用过程中的腐蝕。

6. 酸洗应分为以下几个步骤：压力煮炉、酸洗、水洗和碱中和。各个步骤都具有一定的作用，不可随意省减，必要时在碱中和后，可再进行一次压力煮炉。

7. 酸洗的确定，应该由化学分场根据鍋炉炉管内部污脏的程度提出意見，并配合鍋炉分场，結合鍋炉炉型、系統等条件选择合理的清洗方法与系統，經有关人員討論，总工程师同意后，呈报电业管理局或省（厅）局批准。

8. 鍋炉决定需要酸洗后，应成立酸洗工作组，在总工程师的直接领导下，組織鍋炉、化学、檢修分场、生产技术科、鍋炉監察工程师等有关人員参加，分工負責筹备和进行酸洗工作。

9. 在整个酸洗过程中，应特別注意安全。因此，必須严格遵守酸洗安全措施中的各項規定。

10. 每台鍋炉酸洗次数不可超过 5~6 次。这是因为酸液中虽然添加了抑制剂，但对鋼鉄金属还会有些腐蝕，尤其是与焊口接触时腐蝕更为明显。清洗次数过多将影响設備的使用寿命。因此，发电厂工作人員应从改善鍋炉水运行方式和調整鍋炉燃烧，注意設備在基建、安装、运行、停用阶段的保护工作，尽力設法防止鍋炉金属受热面形成氧化鉄垢，从而避免酸洗。

二、酸洗条件的确定

11. 鍋炉通过檢查（热負荷最大部位、冷灰斗、制造厂焊口等处）确定需要酸洗后，应对有結垢的炉管样品进行靜置

浸泡与动态循环酸洗的小型試驗，确定酸洗的方式、系統与条件。

12. 若鍋炉炉管内部表面具有严重的潰瘍性腐蝕，应先将损坏比較严重的部位进行切换后再进行清洗，否則在酸洗过程中，可能会引起漏泄，影响酸洗工作的正常进行。

13. 清洗时酸液温度越高，氧化鉄垢和沉积物清除的效果越好，但是金属腐蝕的速度也会因温度升高而加速，抑制剂的保护效果也随温度的升高而降低，所以酸液的温度不可过高，一般采用 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。酸液与金属面接触的时间越长，金属被腐蝕的越重，因此酸液与金属接触的时间应不超过12小时。

14. 为了减少酸洗时酸对金属的腐蝕，盐酸、硫酸的最大濃度不可超过6%。

15. 抑制剂的添加量与酸液濃度有一定的关系。烏洛托平〔环六亚甲基四胺(CH_2N_4)〕、福馬林(40% HCOH)、IIB-5(苯胺和烏洛托平的縮聚物)和福馬林与氨的混合液等几种常用抑制剂的用量如表1所列。

表1 抑制剂的添加量与酸液濃度之間的关系

抑 制 剂	HCl 、 H_2SO_4 、 H_3PO_4 濃度%					
	2	3	4	5	6	7
	抑制剂濃度，克/升清洗液					
烏洛托平或IIB-5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	3.0
福馬林(40% HCOH)	5.0	5.0	6.0	6.0	7.5	9.0
40%福馬林和	4.8	4.8	6.4	6.4	8.0	9.6
25%氨的混合液	+	+	+	+	+	+
	2.9	2.9	3.8	3.8	4.7	5.7

16. 为了提高清洗效果，在循环酸洗中应維持炉管中酸液的流速大于 $0.2 \sim 0.5$ 米/秒，也可根据小型試驗决定合适的流速。

17. 若氧化鉄垢中含有較多的銅，虽然氧化銅能溶于酸中，但是金属銅会在电位高的金属表面上析出（大多聚集在焊口处）。为此，在酸洗中和后，应对焊口部分进行专门的檢查。若該处聚集的銅甚多，則应再用 $25 \sim 30^\circ\text{C}$ 的 $1.25 \sim 1.5\%$ 氨和 $0.5 \sim 0.75\%$ 过硫酸銨溶液清洗 $1 \sim 1.5$ 小时。随后排掉溶液，再用 0.8% 的氢氧化鈉和 0.3% 的磷酸三鈉溶液进行清洗。

18. 三价鉄离子会加速銅鉄的腐蝕，所以虽然酸洗后的廢酸液濃度較高，最好不用来清洗第二台鍋炉。

三、酸洗系統的确定

19. 酸洗系統应根据鍋炉結構的特点（水循环回路的特点）、污脏的部位和程度，以及現厂設備系統的条件确定，并应符合以下的原則（参考图 1 和图 2）：

（1）循环酸洗时酸液一般应从下联箱进入炉內，再从另一回路的下联箱回至酸箱，并在汽鼓內維持一定的酸液位，保証被清洗部分全部浸滿酸液。

（2）在循环酸洗时，为了保証炉管內有一定的流速，可将鍋炉分成几个循环回路，对結垢最严重的回路应首先进行循环清洗（以保証該回路的清洗效果），其余回路靜置浸泡，待該回路循环一定時間后，再依次倒換。必要时对結垢严重的回路可重复进行循环（在時間許可的条件下）。因此，設備系統必須有这种切换的可能。酸液循环时，应通过酸箱，以便

随时加热酸液和分离酸液中的沉渣。

(3) 为了提高清洗效果，每一回路最好能往返（即改变流动方向）循环一次，但这应根据炉管和汽鼓连接的情况确定。如果通向汽鼓的某些导汽管位置很高，则只能进行单向循环，即酸液从连接位置较高的管进入，由位置较低的管排出，不然汽鼓内的液位就会太高，促使酸液大量溢出，影响酸液的循环，并有进入过热器的危险。

(4) 根据第2条的规定，考虑采用局部静置酸洗系统。

(5) 酸洗时至少应有一个专用的溶酸箱。溶酸箱出口和酸泵（或循环泵）入口相连，锅炉的回酸管接至溶酸箱。溶酸箱内应有软水引入管和加热装置。循环酸洗时应用表面式加热器，静置酸洗时可采用混合式加热器。

(6) 无论循环酸洗或静置酸洗都应设一台专用酸泵。循环酸洗时，此泵又作循环泵用。泵的出口应和锅炉送酸总管相连。

(7) 为了监督酸洗的效果，应在系统中安装清洗效果监视管（可安装在进酸总管的旁路管处）。

(8) 系统中应有可靠的专用的软水、蒸汽和除氧水管道，以保证酸洗过程中配药、排酸和冲洗时使用。

(9) 系统中必须有足够的取样点，以便能及时准确地取出酸箱、锅炉进酸管、排酸管等处的清洗液样品。

20. 进酸溶液总管的直径 d_1 可根据下式计算：

$$d_1 = \sqrt{\frac{4G}{3600\pi\omega}} \text{ 米,}$$

式中 G ——最大截面循环回路的流量，米³ 时，可由下式计算：

$$G = D \cdot v \cdot 3600, \text{ 米}^3 \text{ 时.}$$

D ——最大循环回路的截面积, 米²。如:

后水冷壁管=0.34米²;

前水冷壁管=0.33米²;

左水冷壁管=0.20米²;

右水冷壁管=0.20米²;

D 选择为0.34米²。

v ——炉管中酸液的流速, 米/秒, 应大于0.2~0.5米/秒;

ω ——进酸总管流速, 按5~5.5米/秒计算。

21. 回酸液总管要有足够的截面积, 使酸液能顺利地 从锅炉内排出, 而在任何情况下也不会溢流到过热器去, 其管径计算如下:

$$\text{总管直径 } d = \sqrt{\frac{4G}{3600\pi \cdot \omega}} \text{ 米,}$$

式中 G ——系统中最大流量, 吨/时;

ω ——管中流速, 米/秒; $\omega = \sqrt{\frac{H_1 \cdot 2g}{\sum h}}$, 米/秒;

g ——重力加速度;

H_1 ——汽鼓酸液液面和溶酸箱酸液面的位差, 米;

$\sum h$ ——管道总阻力, 米。

22. 为了保证酸洗的正常进行, 在锅炉汽鼓人孔处 安装一临时的汽鼓人孔门。从该人孔门引出溢流管和汽鼓水位监视管。溢流管应有水封, 即做成U型的。这样当汽鼓内液位降低时, 可以减少空气窜入汽鼓。U型水封段的最高点须高于被清洗的炉管的最高部位; 以保证所有需要清洗的部位均充满酸液。汽鼓水位监视管由临时人孔门上引出, 并用橡皮管连接一段玻璃管。玻璃管的位置应能观察到酸液的液面, 玻璃管上端可与排气管相连。

23. 清洗效果監視管的數量應與酸洗回路相等，作為各個循環回路的監視之用。管樣必須是從該回路系統中割下具有代表性的管子。管樣可在兩端焊上法蘭，裝在進酸管旁路上，也可裝在一根直徑比管樣略大的管內，樣品管須固定住。為了保證管內流速與清洗系統一致，應安裝節流孔板。每根監視管出入口均應安裝截門，以便酸洗過程中切換和取下檢查。

24. 為了排走酸洗時所產生的氫氣，應在鍋爐最高部位和溶酸箱頂部安裝排氣管，把氫氣排到室外。排氣管應有足夠的面積。若利用安全閥排氣，應將閥座拆除，以免腐蝕。

25. 溶酸箱的體積不宜太小，一般應不小於全部被酸洗容積的 $1/2$ ，以免增加酸和金屬接觸的時間。溶酸箱中應安裝有木製浮漂式的水位計。溶酸箱的底部最好做成錐形的，並裝有底部排污門，以便清洗和排走沉渣。溶酸箱的出酸管位置應在錐形底上部，以免酸洗過程中帶出大量氧化鐵沉渣。

26. 酸泵最好是耐蝕的，否則應將水泵外殼和葉輪塗耐酸漆。密封環應用不銹鋼或其他耐蝕的材料。泵的規格要能保證酸洗時所需的流速和揚程。

四、循環酸洗

(一) 酸洗前的準備和煮爐

27. 在酸洗前應做好各側爐管內外狀況和汽鼓內部情況檢查的記錄。在可能條件下應照相，以便日後查考與比較清洗效果。垢樣應進行分析。

28. 根據確定的清洗方案和系統，計算必要的材料、設

备和化学药品。

酸洗时，盐酸和抑制剂的用量可按下列式计算：

用酸量：

$$Q = \frac{V \cdot C_1}{C}, \text{米}^3,$$

式中 Q ——所需酸量，米³；

V ——所需酸液体积，米³；

C_1 ——采用的酸液浓度，%；

C ——工业盐酸的浓度，%。

抑制剂用量：

$$W = V \cdot a, \text{公斤},$$

式中 W ——抑制剂用量，公斤；

V ——稀酸液体积，米³；

a ——采用的抑制剂浓度，克/升（按第15条）。

29. 按照所拟系统（管道、酸箱和表计等）进行安装。在安装外部系统时，可同时进行锅炉酸洗前的煮炉工作。

30. 酸洗前应进行煮炉，其目的在于清除锅炉内的沉淀物和油污等杂质，从而提高酸洗效果。煮炉可用1~2%的氢氧化钠和磷酸三钠溶液，在10~20大气压下持续12~24小时（时间的长短，根据锅炉内部的污垢程度决定）。煮炉过程中，应由底部排污2~3次，最后应大量换水，待排出水和炉水浓度接近时为止。当水温降至70~80℃时，即可将水全部排出。

31. 煮炉完后应进行内部检查，并清除堆积于联箱等处的污物，然后便可与酸洗系统连接。

32. 为了防止酸液误进入与清洗设备有连通的运行管道或其他不需清洗的设备中，应将不拟进行酸洗的部分拆除或

隔絕。

(1) 將汽鼓內的汽水分離裝置(如旋風子、洗汽板等)和其它不拟清洗的裝置拆除。在酸洗時有可能積集氣體或酸液的部位，應盡量設法使氮氣和酸液排出。

(2) 將進入汽鼓的磷酸鹽管道切斷和堵死。

(3) 將水位計堵死。

(4) 所有儀表管道均應切斷和堵死。

(5) 用木塞或特制的金屬塞將汽鼓內的蒸汽管口和給水管口堵死。過熱器內應灌滿水。

(6) 其他必須堵死的管道，應在酸洗前根據現場情況具體確定。

33. 為了使爐管和下降管內循環液體的流速均勻，在汽鼓內可用臨時節流板把下降管管口的面積適當縮小，節流板的孔徑可根據上升管與下降管的管徑、流速等條件決定。

34. 進行酸洗系統的水壓試驗(至 8 公斤/厘米²)，並仔細檢查各連接處，証明不漏泄後再用熱水試驗。酸鹼箱應進行盛水試驗。

35. 應將酸洗系統圖掛于酸洗現場，系統中閘門應按圖紙編號、挂牌，管道設備應標明酸液流動方向，並經專人核對無誤。

36. 酸洗時汽鼓水位監視處與酸泵處應安置通訊設備。

37. 必須準備足夠量的配藥和沖洗用水，以免酸洗過程中由於水量不足而影響清洗工作的正常進行。同時，還應對酸的濃度和質量進行檢查，以免混有其他的酸或藥劑。

38. 一些必要的安全用具和安全用藥，以及化驗儀器、藥劑等應準備齊全。

39. 應按第 67 條規定對酸洗人員進行培訓。

(二) 酸 洗

40. 按照确定的条件，于溶酸箱中配制一定浓度的酸液。酸液的配制，可先于溶酸箱中灌软化水约至最高液位的2/3处，然后将酸从浓酸箱中用泵打入溶酸箱或用人工从溶酸箱上部人孔处注酸，用泵循环搅拌。抑制剂一般应加于浓酸箱中，其数量要能保证在稀释后的酸液中有必要的浓度。这样，不仅可减少锅炉的腐蚀，而且还可以显著地降低清洗所用设备的腐蚀。酸液配好后，用加热器加热至所需温度。

41. 通过酸泵使配好的酸液由锅炉底部联箱进入，上满整个清洗部分，并保持一定液位，然后逐次进行各个回路的循环清洗。每一回路循环时间的长短与回路的多少，与锅炉结构和受热表面结垢的程度有关。但是，全部清洗时间应不超过第13条的规定。在条件可能时，最好能进行反循环清洗。

42. 为了确保酸洗效果和减少金属的腐蚀，在酸洗过程中，要按第13条和第14条的规定，经常保持合适的酸液温度和浓度。若酸液浓度降至2%以下时，应补加酸，以提高浓度。

43. 在每一回路循环清洗至原定时间后，取下该回路的监视管，检查清洗效果。

44. 当各个循环回路酸液循环结束后，便可用温度 $103\sim 105^{\circ}\text{C}$ 的除氧水来排挤酸液，将炉内酸液通过排酸截门排至冲灰沟内。冲洗时，应保持汽鼓内有一定的液位，不使炉内有放空现象。至冲洗排出液不呈甲基橙酸性为止。为了提高清洗效果，冲洗的流速应尽量提高（可达到1米/秒左右）。必要时可分开回路进行冲洗，以提高流速。在排挤炉

內酸液的同时，还应將溶酸箱及进酸管內的存留酸液排除，并用水冲洗溶酸箱，至排出液不呈甲基橙酸性为止。

(三) 中 和

45. 冲洗完毕后便可进行碱液中和。中和可使用 2 % 的磷酸三鈉溶液。中和过程中碱液液位应高于鍋炉酸洗时的液位，以中和酸洗时各个回路中的残留酸液，并保证所有与酸接触过的金属面得到碱化。

46. 碱液中的系统与酸洗时一样。碱液在溶酸箱內配制。碱液应加热至 70°C 左右。通过酸泵由下部进入鍋炉，各个回路依次循环。全部中和时间约为 12 小时左右。

47. 碱液循环完毕后，便可用热水进行冲洗，直至排出水的碱度和磷酸根与运行中炉水近似为止。冲洗完毕后便可排水，应将各处的存水全部放干。

(四) 内部檢查和恢复系統

48. 冲洗后，应进行汽鼓联箱等处的檢查，清除洗下的鉄渣，同时割管，以便判断清洗效果。

49. 用凝結水或給水进行过热器的冲洗，以避免有害气体在酸洗过程中渗入过热器而引起腐蝕。

50. 将炉內拆下的装置全部装复，并檢查安装质量，去掉堵头、堵板等，恢复正常系統。然后进行鍋炉的水压試驗，即可投入运行。

五、靜 置 酸 洗

51. 根据鍋炉檢查和酸洗小型試驗的結果，确定酸洗的

范围及酸液的浓度、温度、清洗时间。酸洗的温度、时间和酸液的浓度，同样应执行第13条和第14条的规定。

52. 酸洗前和循环酸洗一样，应进行煮炉工作。

53. 清洗系统中管径的选择，应保证炉内酸液能在半小时内全部排尽，水泵扬程应根据炉管清洗的高度确定。水泵的流量应保证酸液能在半小时内灌满被清洗部分。酸箱容积不应小于锅炉需要酸洗部分水容积的一半。锅炉顶部及溶酸箱上部同样应装排气管，以排除有害气体。

54. 酸液配制与循环酸洗相同。加热方式可结合具体情况，采用表面式或混合式。

55. 酸液应从水冷壁下联箱端头处焊接的连接管进入。为了控制各段的酸溶液在一定的高度，可安控制管，即在外部进酸总管上安一溢流管（其溢酸高度与拟清洗部分的水冷壁管高度相同）。

56. 为了提高静置酸洗的效率，当酸液在锅炉内浸泡一定时间后（约1.5小时），放出部分酸液至溶酸箱内加热后，再送入锅炉中。一般往返加热不超过3次。

57. 静置酸洗后的排酸方式，在可能的条件下，应尽量使用 $103\sim 105^{\circ}\text{C}$ 的除氧水排挤，否则当酸液排出后，应立即用 40°C 的软水往复地进行冲洗（上水，浸渍一定时间后再放出），至排出水不呈甲基橙酸性为止，同时还应冲洗进酸管路和酸箱等设备。

58. 碱中和是在溶酸箱中配制2%的磷酸三钠溶液，加热至 70°C 左右，由锅炉底部进入，使碱液的液位高于酸洗时的液位。经 $1.5\sim 2$ 小时，放出部分碱液，加热后再送入锅炉。然后，放掉碱液，用软水冲洗。冲洗工作很重要，应提高流速，以便有效地将管壁上附着的残余垢片冲出。