

锅炉给水新型处理工艺的经济效益

吴济华 夏恒荣

(中国市政工程西南设计院)

刘浩文 张立步

(石油工业部管道局北京输油公司)

锅炉的能耗占各工业行业的首位,其节能问题已引起各部门的重视。如设计高效炉型,淘汰热效率低、严重污染环境的炉型;试行集中供热,使锅炉向大型化发展;选择经济可靠的锅炉补给水处理工艺等。有资料报导,锅炉水处理工序的能耗占锅炉总能耗的5~15%。

本文通过北京输油公司房山站锅炉给水处理工艺改造的设计实例,介绍电渗析——钠离子交换联合工艺处理锅炉补给水的经济效益。

一、锅炉给水处理工艺改造概述

房山站锅炉房安装了三台 SZY-13/250 型锅炉,原水水源为深井水(表1)。在建站初期,原水采用固定床顺流再生钠离子交换器处理。由于原水含盐量及碱度较高,树脂再生盐耗大,锅炉排污率高达37.56%。为此进行第一次改造,以钠—铵并联离子交换工艺代替单级离子交换。几年运行表明,处理效果仍不很理想,排污率仍有14.53%,每年盐耗150 t,硫酸铵120 t,锅炉汽包和冷水管壁仍结有藻垢,每次停炉检修时,在下汽包内清除出不少泥垢。由于补给水含盐量高,导致锅炉水的水质恶化,蒸汽带水,引起过热结垢和爆管。为此,于1985年委托我院对该站水处理系统进行第二次改造设计。

表1 深井水水质分析表

项 目	数 值	项 目	数 值
总硬度(德国度)	31.91	K ⁺	1.03
暂时硬度(德国度)	14.58	Na ⁺	47.22
永久硬度(德国度)	17.33	Ca ²⁺	160.78
总碱度(德国度)	14.58	Mg ²⁺	40.85
pH 值	7.65	Fe ³⁺	0.092
可溶性 SiO ₂ (mg/L)	11.00	Mn ²⁺	0.007
固形物(mg/L)	849	HCO ₃ ⁻	317.30
灼烧残渣(mg/L)	559	Cl ⁻	54.80
灼烧碱量(mg/L)	290	SO ₄ ²⁻	297.20
游离 CO ₂ (mg/L)	7.92	NO ₃ ⁻	50.98

二、电渗析——离子交换法处理锅炉给水

第二次改造主要是以电渗析——钠离子交换工艺(图1)代替钠——铵并联处理工艺。电渗析器采用江苏省江阴机电设备厂制造的DCS-7W型装置,该装置以三级三段组装,单台处理能力15 m³/h,共安装四台,按三用一备形式设计。自1985年10月装置投运以来,运行正常(表2)。

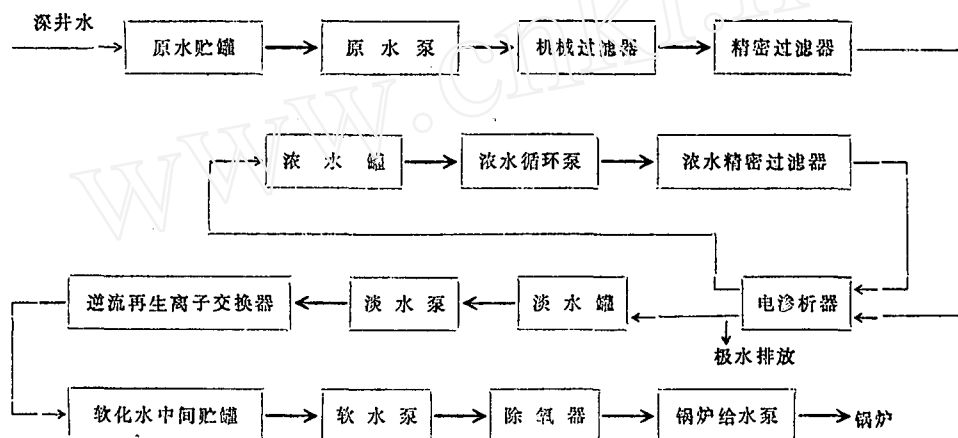


图1 房山站锅炉给水处理流程

表2 电渗析——钠离子交换出水分析

分 析 项 目	深 井 水	电 渗 析 淡 化 水	钠 离 子 交 换 出 水
电 导 率 (μΩ/cm)	832.35	217.50	—
总 硬 度 (毫克当量/升)	10.18	2.26	0.00059
总 硬 度 (毫克当量/升)	5.0	1.61	1.455
Cl ⁻ (mg/L)	54	4.35	3.987
溶解固形物 (mg/L)	683	—	—

经过第二次改造,产生的经济效益和环境效益十分明显:

1. 房山站的离子交换器的周期产水量由514m³增加到2343.6m³,周期出率提高456%。再生盐耗由206.34克/克当量降到24.88克/克当量,硫酸铵降为零,年节省再生药剂费用5.0万元左右;同时相应减轻了对周围环境的污染。

2. 提高了锅炉的热效率:房山站实际运行表明,经电渗析装置与钠离子交换器除盐、软化的水作为锅炉补给水,锅炉管壁基本上无水垢。因此,锅炉的热效率提高,每年可节约燃料油526.24 t,即每年节省燃料费用8.95万元。

3. 降低排污量:锅炉排污率由14.53%降到7.57%,提高了锅炉运行的经济性。锅炉排污是为了防止炉水过分浓缩,排除炉内松软的沉淀物。若以溶解固形物作为标准决定排污量,则:

$$d = \frac{s}{s' - s} \cdot d'$$

式中 d 为排污量(t/h); d' 为蒸发量(t/h); s 为补给水的食盐量(mg/L); s' 为炉水含盐量。

对于水管及水管组合锅炉,当补给水的含盐量及处理工艺不同时,我们划了一道排污率为25%时的进水含盐量范围(表3)。一般低压锅炉排污率每增加1%,燃料消耗相应增加0.2%左右。用离子交换处理补给水,进水含盐量过高对锅炉的运行是不经济的。但用电渗析处理补给水时,一般不受原水含盐量的限制。因为电渗析淡化水的电阻率在8000 $\Omega \cdot \text{cm}$ 时,含盐量仅50 mg/L 左右,锅炉的排污率很低。

4. 提高了蒸汽品质,消除和延缓了过热器和管道的结垢与腐蚀现象,保证了锅炉的安全运行。

5. 处理工艺简单,减轻了水处理车间值班人员的劳动强度。

表3 不同条件与不同处理方法下锅炉排污率估算表

炉 型	无 过 热 器						有 过 热 器			
工作压力(kg/cm ²)	<6		6~16		16~25		10~16		16~25	
炉水含盐量(mg/L)	<4000		<3500		<3000		<3000		<2500	
处 理 方 法	ED	DI	ED	DI	ED	DI	ED	DI	ED	DI
给水含盐量(mg/L)										
100	1.3	2.6	1.4	2.9	1.7	3.4	1.7	3.4	2.0	4.2
200	1.3	5.3	1.4	6.9	1.7	7.1	1.7	7.1	2.0	8.7
300	1.3	8.1	1.4	9.4	1.7	11.1	1.7	11.1	2.0	13.6
400	1.3	11.1	1.4	12.9	1.7	15.4	1.7	15.4	2.0	19.9
500	1.3	14.3	1.4	16.6	1.7	20.0	1.7	20.0	2.0	25.0
600	1.3	17.6	1.4	20.7	1.7	25.0	1.7	25.0	2.0	31.6
700	1.3	21.2	1.4	25.0	1.7	30.4	1.7	30.4	2.0	38.6
800	1.3	25.0	1.4	29.6	1.7	36.4	1.7	36.4	2.0	47.1
900	1.3	29.0	1.4	34.6	1.7	42.8	1.7	42.8	2.0	56.3
1000	1.3	33.3	1.4	40.0	1.7	50.0	1.7	50.0	2.0	66.7

ED 为电渗析法, DI 为离子交换法

表4 天然水源组份分类

水 型	I	II	III	IV	V	VI
总硬度(毫克当量/升)	2.4	4.7	9.5	14.4	24.0	25.7
碳酸盐硬度/总硬度(%)	88.0	85.0	56.0	37.4	26.5	
含 盐 量(mg/L)	<250	<500	<1000	<1500	<2200	5000
各种离子含量(meq/L)						
Ca ²⁺	1.7	3.3	7.3	8.9	16.8	10.9
Mg ²⁺	0.7	1.4	2.2	5.5	7.2	15.8
Na ⁺	0.4	0.5	1.8	7.1	10.7	
HCO ₃ ⁻	2.1	4.0	5.3	5.8	6.4	5.4
SO ₄ ²⁻	0.3	0.7	4.7	8.6	17.2	48.2
Cl ⁻	0.3	0.5	1.3	7.1	11.1	25.4

房山站锅炉补给水处理工艺改造的实践证明：运行一年左右即能回收水工艺改造的全部投资，包括土建工程、设备及安装费用。因此，对原水碱度、硬度和含盐量较高的地区而言，这种联合的除盐和软化工艺是很理想的。只有当原水含盐量在 300~400 mg/L 时，排污率可小于10%，除 I 型水外，一般天然水含盐量均在此范围(表 4)。因此，建议工业锅炉补给水处理方法按表 5 所列进行选择。

ED/DI 工艺不仅节省大量化学药剂，减少对环境的污染，而且降低锅炉燃料耗量，节省能源。所以，当原水含盐量大于800 mg/L 时，应采用 ED/DI 工艺处理，当原水含盐量小于800 mg/L 时，根据具体情况，可以选择 ED/DI、ED 法或 DI 法处理，而单级 ED 法处理仅适用于低压锅炉给水。

表 5 锅炉给水处理方法选择

处 理 方 法	ED/DI	ED	DI
含盐量(mg/L)			
>800	选择	选择	
800~300	选择	选择	选择
<300		选择	选择

三、结 束 语

为了补给锅炉用水，房山站打了两口专用深井。由于生产发展，两口井的井水不能满足生产工艺的需要，为此，设计中采用浓水循环方案，水的总利用率按80%计。运行表明，当原水浓缩2.5倍时，浓、淡水含盐量相差12倍左右，浓水循环系统中的精密过滤器易堵塞，表面有沉淀物。因此在新的设计中应注意以下两点：

1. 浓水循环系统中应增设机械粗滤装置，以减轻精密过滤器的负荷。
2. 应从电渗析器的浓水出水管按装一根专用排放支管，而不宜在浓水贮罐上按放排放管。贮罐上的排渣放空管仅用于不定期排除罐中沉渣及放空后清洗罐体。浓水贮罐最好加导流隔板，避免水流短流。

关于举办第九期全国电渗析技术应用培训班的通知

中国海水淡化与水再利用学会决定，于一九九〇年五月中旬在浙江省杭州市举办第九期全国电渗析技术应用培训班。按照《电渗析脱盐装置操作人员培训大纲(初稿)》安排教学，主要采用《电渗析工程》为教学用书以及有关参考材料。学习内容包括电渗析的基础知识及预处理技术；电渗析技术；电渗析的组装、运行管理与保养维修技术。凡电渗析器应用单位具有高中(或相当于高中)以上文化程度的操作、维修和管理人员均可报名参加学习。培训班每个学员学费160元，教材费20元，学习期20天。凡要参加者可向学会秘书处联系。地址：杭州文三路西溪河下9号中国海水淡化与水再利用学会。邮政编码：310012。