

国产反渗透膜在首钢水处理系统中的应用

仲惟雷

摘要:针对北京首钢某子公司锅炉补给水的要求,以及原水(当地的地下水)的特点,确认了以反渗透技术为主的水处理技术,以及在钢厂水处理中的应用情况。

关键词:钢厂水处理 国产反渗透膜 地下水 锅炉补给水

反渗透水处理技术是近几十年来兴起的水处理技术,具有高脱盐率、环保、适应水质范围广等特点,广泛应用于地表水回用、废水回用、海水淡化等水处理^[1-4]。钢厂水处理系统取的原水大都属于地下水等苦咸水,根据地下水的水质特点,反渗透膜元件通常选用苦咸水膜,其具有低压运行、产水量高、除盐性能好的特点;另外,它具有很高的去除溶解性盐类、TOC、SiO₂的性能,特别适用于电子、电力、钢铁行业高纯水的制备^[5]。

该子公司是首钢集团的全资子公司,是中国重点特殊钢生产企业之一。由于该钢厂生产用水的需要,建立了一套以反渗透为主的水处理系统,并且将国产的反渗透膜用到了该水处理系统中,其产水主要用于锅炉系统的给水中,系统运行至今,为钢厂提供了高等级的生产用水。本文着重介绍国产反渗透膜在首钢水处理系统中的应用。

1. 原水的水质

北京首钢集团子公司水处理系统的产水主要用于该厂的锅炉系统的给水中,而水处理系统的原水取自当地的地下水,地下水的水质情况见表1。

表1 地下水水质情况

检测项目	检测值	检测项目	检测值
Al(mg/L)	0.05	Sr(mg/L)	0.62
Ba(mg/L)	0.01	Cl-(mg/L)	197.86
Ca(mg/L)	167.53	SO42-(mg/L)	234.56
Fe(mg/L)	0.02	HCO3-(mg/L)	254.81
K(mg/L)	13.69	N03-(mg/L)	86.79
Mg(mg/L)	50.32	P043-(mg/L)	0.21
Mn(mg/L)	0.02	F-(mg/L)	4.95
Na(mg/L)	90.62	Si(mg/L)	4.02
TDS(mg/L)	1108	电导率(μS/cm)	1570
pH	7.69	COD(mg/L)	2.31

2. 反渗透水处理工艺流程的设计

针对首钢子公司当地的地下水的水质特点,此套水处理系统设置了以砂滤+UF为主的机械过滤装置,作为反渗透的预处理装置;以一级反渗透系统为主脱盐装置,以二级反渗透系统+EDI为精细脱盐装置的水处理系统设计。首先将地下水用潜水泵引入到原水池中,进入原水池前加入絮凝剂和氧化剂,絮凝剂的加入加速了水中的胶体等颗粒物质的沉淀,杀菌剂则对地下水进行杀菌处理,在原水池中反应后,颗粒物大都沉淀了下来;之后用原水泵将水引入砂滤器,经过砂滤器后,水中的悬浮物得到了进一步的过滤,为后续的超滤系统减轻了负担;由于超滤(UF)对水中的悬浮物和微生物的截留率非常高,所以超滤出水的水质非常好,SDI≤3,有效的保证了反渗透的进水SDI要求;超滤产水进入一级反渗透系统之前要添加还原剂进行还原,使得进水的余氯≤0.1mg/L,保证了一级反渗透系统的正常运行,另外氧化剂在还原之前在水中停留了很长时间,对水中的细菌和微生物进行了有效的去除,保证了反渗透系统免受微生物的污染;之后水进入到二级反渗透系统中进行进一步的脱盐处理,出水电导率可在5 μ S/cm以下;水再进入到EDI装置中进行更为精细的脱盐处理,产水的电阻率在10MΩ·cm以上,保证了钢厂锅炉系统的用水要求。由于此套水处理系统的主脱盐装置是一级反渗透系统(水处理流程图被虚线圈定的部分),本文着重介绍此部分。钢厂的水处理流称图见图1。

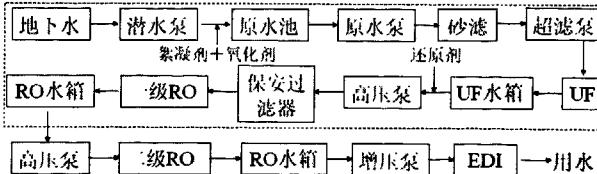


图1 钢厂水处理流称图

3. 一级反渗透系统

一级反渗透系统由高压泵、保安过滤器、一级反渗透装置、一级RO水箱组成。其中一级反渗透装置是核心部分,是系统的脱盐装置。一级反渗透装

置由2组反渗透膜堆组成，每组膜堆有7根6芯装的8寸膜壳，采用一级两段式设计：(4:3)×6，42支膜元件，两套系统共84支膜元件，反渗透膜元件为VONTRON公司的苦咸水膜LP22-8040，系统标准化产水量在40m³/h(25℃)左右，系统回收率为70%左右。

3.1 LP系列膜元件

LP(Low Pressure)系列是北京时代沃顿公司(VONTRON)研制开发的用于苦咸水脱盐淡化的芳香族聚酰胺复合膜元件，具有低压运行、产水量高、除

盐性能好的特点。另外，它具有很高的去除溶解性盐类、TOC、SiO₂的性能，特别适用于电子、电力行业高纯水的制备。LP系列膜元件适用于含盐量(TDS)约10000mg/L以下的地表水、地下水、自来水及市政用水等水源的脱盐处理，主要应用于各种规模的工业用纯水、发电厂锅炉补给水等各种工业用水，也可用于处理高浓度含盐废水、饮料水制造等苦咸水应用领域。而一级反渗透系统使用的膜元件是LP22-8040。LP22-8040膜元件具体的性能指标和膜元件的尺寸规格见表2、图2。

表2

LP22-8040性能参数^[6]

膜元件型号	有效膜面积ft ² (m ²)	产水量GPD(m ³ /d)	稳定脱盐率(%)	进水流道宽度(mil)	最小脱盐率(%)
LP22-8040	400 (37)	10500 (39.7)	99.5	27	99.3
测试压力psi(bar)	测试溶液(NaCl)	测试温度(℃)	测试pH	回收率(%)	进水余氯含量
225(15.5)	2000mg/L	25	7.5	15	<0.1mg/L

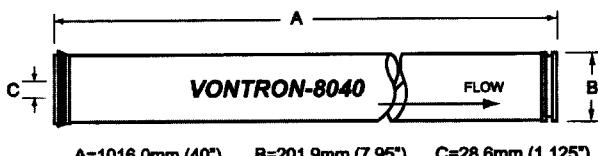


图2 LP22-8040反渗透膜元件的规格

4. 一级反渗透系统的运行状况

此套水处理系统针对地下水含盐量的特点以及锅炉给水的水质要求，设置了两级反渗透+EDI的处理工艺。一级反渗透系统承担着稳定水质的重要任务，特别是在脱盐方面是主力军。一级反渗透系统经过调试后，系统的脱盐率始终在95%以上，优异的脱盐效果为后续的水处理系统提供着高质量的水。一级反渗透系统1天的运行状况见表3。

一级反渗透系统经过一段时间的运行，系统的产水水质趋于稳定，并且产水的水质非常好，为后续的

二级反渗透系统的供水提供了水质保障。一级反渗透系统的水质情况见表4。

5. 水处理系统产水的水质

一级反渗透系统的产水直接进入到二级反渗透系统中，而二级反渗透系统的产水则进入到EDI装置中。经过两级反渗透系统处理后，出水的水质已经非常好了，再经过EDI后，水质又有了一个新的提高。所以整套水处理系统产水的水质都在一个非常好的水平，优于钢厂规定锅炉系统的给水水质。具体的水质比较情况见表5。

6. 结论

将反渗透技术应用到钢厂地下水的处理中，有效地保证了整个水处理系统的运行灵活性和操作稳定性，给钢厂生产用水的水质带来了很好的保证，也证明了UF+两级反渗透+EDI的水处理工艺在钢厂锅炉给水系统中应用的可行性。同时，LP22-8040膜元件在钢厂

表3

一级反渗透系统1天的运行状况

	时间	2:00	6:00	10:00	14:00	18:00	22:00
流量(m ³ /h)	给水	53.62	55.63	54.67	58.00	57.04	53.42
	产水	37	39.5	41	40.6	38.5	39
系统回收率(%)	69	71	75	70	67.5	73	
TDS(mg/L)	给水	950	1170	1050	1321	1290	1102
	产水	9.5	11	12	11.3	12.5	11.7
系统脱盐率(%)	99.00	99.06	98.86	99.14	99.03	98.94	
给水	压力(bar)	15.2	14.6	13.9	13.2	13.8	14.3
	ORP(mV)	-30	-93	71	62	-27	59
	SDI	2.1	2.3	3.5	2.2	1.5	1.7
	温度(℃)	18.1	20.9	21.7	22.3	21.3	19.9

表4 一级反渗透系统的产水情况

检测项目	检测值	检测项目	检测值
Na (mg/L)	1.36	Cl ⁻ (mg/L)	3
K (mg/L)	0.21	SO42- (mg/L)	1.3
Ca (mg/L)	1.3	HCO3- (mg/L)	1.2
Mg (mg/L)	0.7	NO3- (mg/L)	1
Fe (mg/L)	<0.0005	P043- (mg/L)	0.0023
Al (mg/L)	<0.001	F- (mg/L)	0.07
Sr (mg/L)	<0.01	Si (mg/L)	0.06
TDS (mg/L)	10.2	电导率 (μS/cm)	20.1
pH	6.8	COD (mg/L)	<0.5

表5 锅炉系统给水和系统产水水质的比较

分析项目	锅炉给水的水质要求	系统产水
电阻率(25℃)	≥5MΩ·cm	≥10MΩ·cm
联氨	≤30μg/L	未检出
SiO2	≤10μg/L	≤5μg/L
TOC	≤200μg/L	≤100μg/L
Fe	≤5μg/L	≤3μg/L
硬度	未检出	未检出

水处理系统中的成功应用，也为国产反渗透膜在钢厂的应用添加了精彩的一笔。■

参考文献

- [1] 马学武, 张鸿英. 反渗透技术在电厂水处理的应用 [J]. 新疆电力, 2006, (2): 20-23
- [2] 仲惟雷, 罗勇, 刘枫, 等. 反渗透技术在菲律宾 ILIJAN 电厂水处理系统中的应用 [J]. 工业水处理, 2010, 30 (10): 89 - 91.
- [3] 仲惟雷, 刘根廷, 费庆志. 反渗透抗污染膜在污水回用上的工艺研究 [J]. 大连交通大学学报, 2011, 32 (1): 79 - 81
- [4] 仲惟雷, 张彬, 罗勇, 等. 国产反渗透膜在焦化厂锅炉补给水中的应用 [J]. 给水排水, 2010, 36 (z1): 247 - 250.
- [5] 仲惟雷. 低压反渗透膜在化工厂精馏塔循环冷却水中的应用 [J]. 给水排水, 2010, 36 (10): 64 - 66.
- [6] 北京时代沃顿科技有限公司产品技术支持与服务手册.

(作者单位: 北京时代沃顿科技有限公司)

中冶赛迪建设的首钢水钢4号高炉创造新纪录

中冶赛迪总承包建设的首钢水钢4号高炉第一炉铁水, 3月30日已顺利流入铁水罐。其建成投产标志着中冶赛迪创造了同行业、同等容积高炉建设的世界纪录, 同时也标志水钢产能由300万吨向500万吨跨越的实现, 是水钢向加快建成西部长材精品基地迈出的重要一步。

首钢水钢4号高炉炉容2500立方米, 高炉及公辅配套设施占地面积6.8万平方米, 仅相当于1000立方米级高炉的占地面积。中冶赛迪作为总承包单位, 充

分发挥高炉工程总图布置经验和工艺流程优化技术优势, 为首钢水钢提供优质解决方案, 完成了同行业、同等容积高炉建设“占地面积最小、分步台阶最多、工艺流程最紧凑”的工程奇迹。

该高炉采用目前国内较为先进的精料、高风温、高压、高富氧、高喷煤等冶炼工艺, 装备技术达到国内同级别设备先进水平, 尤其在总图运输、工艺流程、自动控制、节能减排方面作了系统优化和相应投入。■

(陶海银)

(上接第17页)

业和现象。鼓励使用资源综合利用产品。

9. 加强钢铁渣资源化综合利用的国际合作

进一步扩大开放, 借鉴国外先进管理经验和成熟的技术, 加强国际合作, 大力吸引外商投资。

10. 加强组织领导, 搞好协作配合

资源综合利用是一项系统工程, 需要国家有关部门配合, 共同推动。在国家部委资源综合利用管理部

门的领导下, 协调各地区、各有关部门及企事业单位要加强对资源综合利用工作的领导, 确立专门机构和专人负责, 做到层层有责任, 逐级抓落实。加强部门的合作, 充分发挥行业协会等机构的作用, 建立有效的协调工作机制, 扎扎实实地推进钢铁渣的资源化综合利用工作。■

(作者单位: 中冶建筑研究总院有限公司)