

土右电厂废水综合利用及 全厂零排放

——华电内蒙古能源有限公司
土默特发电分公司
环保办公室主任 赵红文

主要内容

一、土右电厂用水情况

二、废水综合利用及节水措施

三、烟道蒸发零排放运行

四、结论及前景

一、土右电厂用水情况

1.供水系统

土右电厂供水水源主要为萨拉齐污水处理厂再生水、地下水及美岱召水库水，备用水源为黄河水。再生水经深度处理后主要作为辅机循环水系统、锅炉补给水系统、工业水系统及脱硫系统等全厂生产用水；地下水和水库水主要作为厂内生活及消防水系统用水。

工业蓄水池出水通过工业水泵送至全厂各工业水用户，主要为脱硫系统各转机设备冷却用水及脱硫工艺水水箱补水，设备冷却后回用至除雾器冲洗水箱；少量工业水作为厂区生产配药等杂用水。



一、土右电厂用水情况

2.供水分配

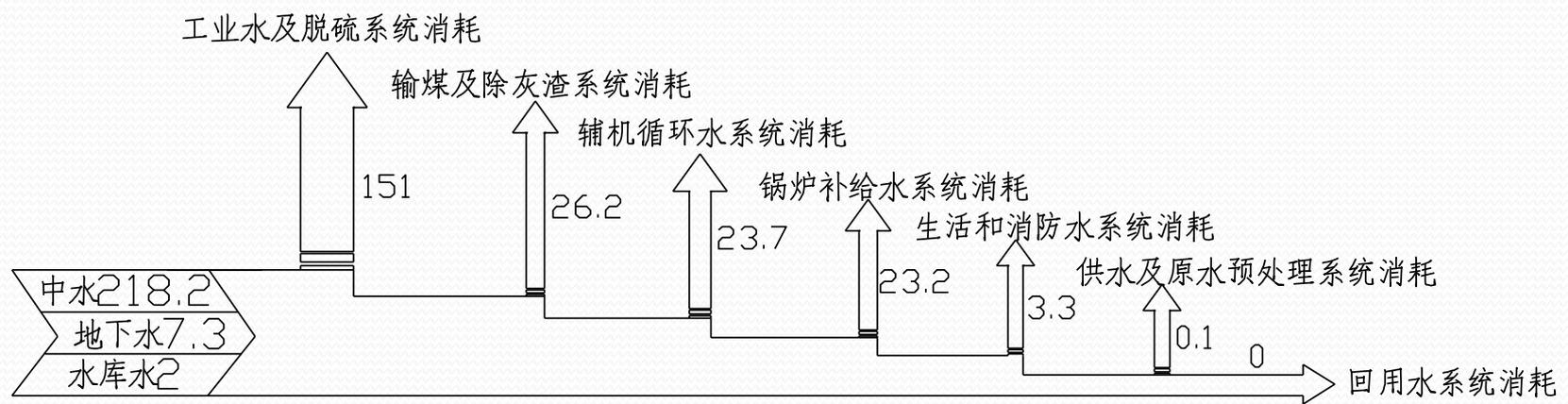
自萨拉齐污水处理厂取水 $218.2 \text{ m}^3/\text{h}$ ，深井水 $7.3 \text{ m}^3/\text{h}$ ，美岱召水库来水 $2 \text{ m}^3/\text{h}$ ，合计 $227.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。污水厂中水主要用于：供水及原水预处理系统 $0.1 \text{ m}^3/\text{h}$ ，锅炉补给水系统 $62.1 \text{ m}^3/\text{h}$ ，辅机循环水系统补充水 $62 \text{ m}^3/\text{h}$ ，工业及脱硫水系统 $94 \text{ m}^3/\text{h}$ ；地下水及美岱召水库水主要用于生活及消防水系统 $9.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 。



一、土右电厂用水情况

3.耗水情况

全厂主要耗水主要包括工业水系统及脱硫系统损失 $151\text{m}^3/\text{h}$ ，输煤及除灰渣用水系统消耗 $26.2\text{m}^3/\text{h}$ ，辅机循环水系统风吹及蒸发损失 $23.7\text{m}^3/\text{h}$ ，锅炉补给水系统消耗 $23.2\text{m}^3/\text{h}$ ，生活及消防水系统消耗 $3.3\text{m}^3/\text{h}$ ，供水及原水预处理系统消耗 $0.1\text{m}^3/\text{h}$ ，以上耗水合计 $227.5\text{m}^3/\text{h}$ 。



一、土右电厂用水情况

4.排水情况

土右电厂全厂无外排水。



二、废水综合利用及节水措施

1. 废水综合利用

电厂主要由原水预处理及再生水深度处理站废水、辅机循环水排污水、化学废水、含煤废水、脱硫废水、生活污水等组成。

- ▶ 原水预处理及中水深度处理站废水主要包括污泥脱水系统上清液、变孔滤池清洗水等。废水经回收水池收集后回用至机械加速澄清池。
- ▶ 辅机循环排污水通过排污水管道送至脱硫系统作为除雾器冲洗水箱补水。



二、废水综合利用及节水措施

➤ 水处理车间产生的化学废水主要有：除盐水处理系统设备的自清洗过滤器排水、超滤设备反洗水、超滤浓水、反渗透设备冲洗水、反渗透浓水、化学再生及实验室用水、精处理前置过滤器反洗排水、汽水取样、精处理再生废水等。

自清洗过滤器排水、超滤设备反洗水、超滤浓水、精处理前置过滤器反洗排水等低盐废水进入工业废水调节池，经处理后作为机力通风冷却塔补水；反渗透设备冲洗水、反渗透浓水、化学再生及冲洗水等进入酸碱再生废水池，汽水取样、精处理再生废水进入机组排水槽，酸碱再生废水池及机组排水槽出水汇集至高盐废水管道最终进入锅炉酸洗废水池或直接补入脱硫系统。



二、废水综合利用及节水措施

- 含煤废水主要由地面冲洗、输煤皮带冲洗水组成。经煤水处理系统处理后进入清水池重复使用。
- 生活污水包括生活区、生产区生活水使用后排放。所有生活污水收集至生活污水调节池，经生活污水处理系统处理后，进入工业废水回用水池。
- 脱硫废水通过烟道蒸发零排放处理。



二、废水综合利用及节水措施

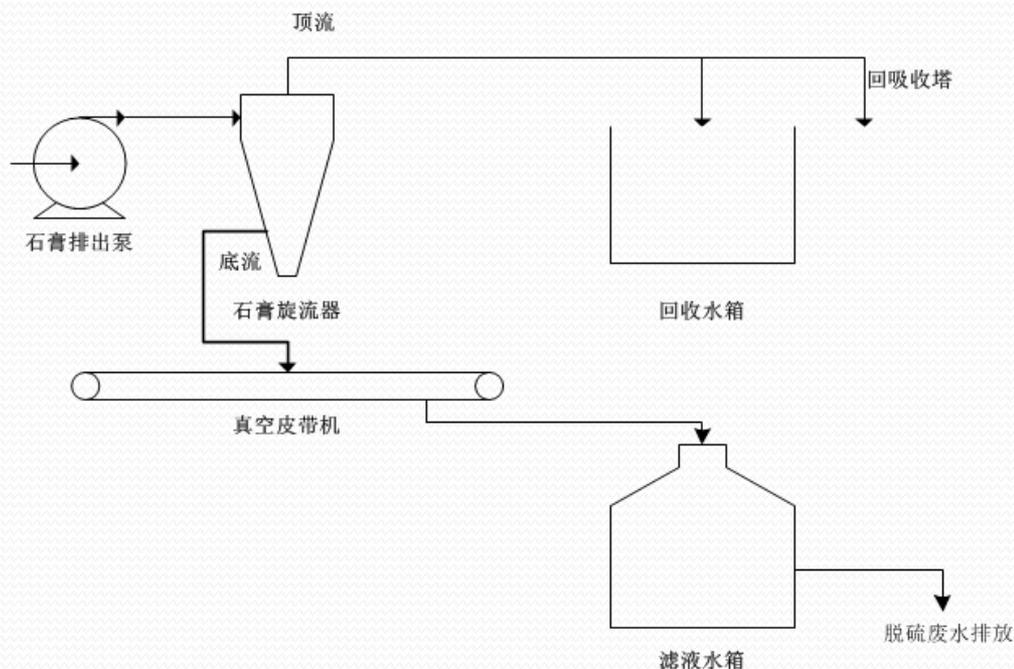
2. 节水措施

- 化学制水车间、精处理再生等高盐废水和化学车间、精处理前置过滤器反洗等低盐废水分类回用，减少了电厂不合理用水；
- 辅机循环水系统排污水用于脱硫系统除雾器冲洗水箱补充水，减少了新鲜取水量；
- 采用干除灰系统（电除尘气力输灰系统），减少了除灰用水量；
- 采用干除渣系统，减少了除渣系统新鲜取水量；
- 输煤系统的排水经煤水处理系统处理后回用于本系统，减少了新鲜取水量；
- 机侧和炉侧大部分辅机冷却用水采用闭式循环水系统；
- 脱硫废水采用烟气蒸发技术处理后回用至脱硫系统，减少了新鲜水取水量；
- 部分关键部位装水量计量装置，加强用水量的监视和控制，减少了不合理用水。



三、烟道蒸发零排放运行

土右电厂脱硫浆液经石膏排出泵→石膏旋流器顶流→废水旋流器顶流排出至回收水箱，回用至吸收塔；脱硫浆液经石膏排出泵→石膏旋流器底流→真空皮带机排出至滤液水箱，排放脱硫废水。



三、烟道蒸发零排放运行

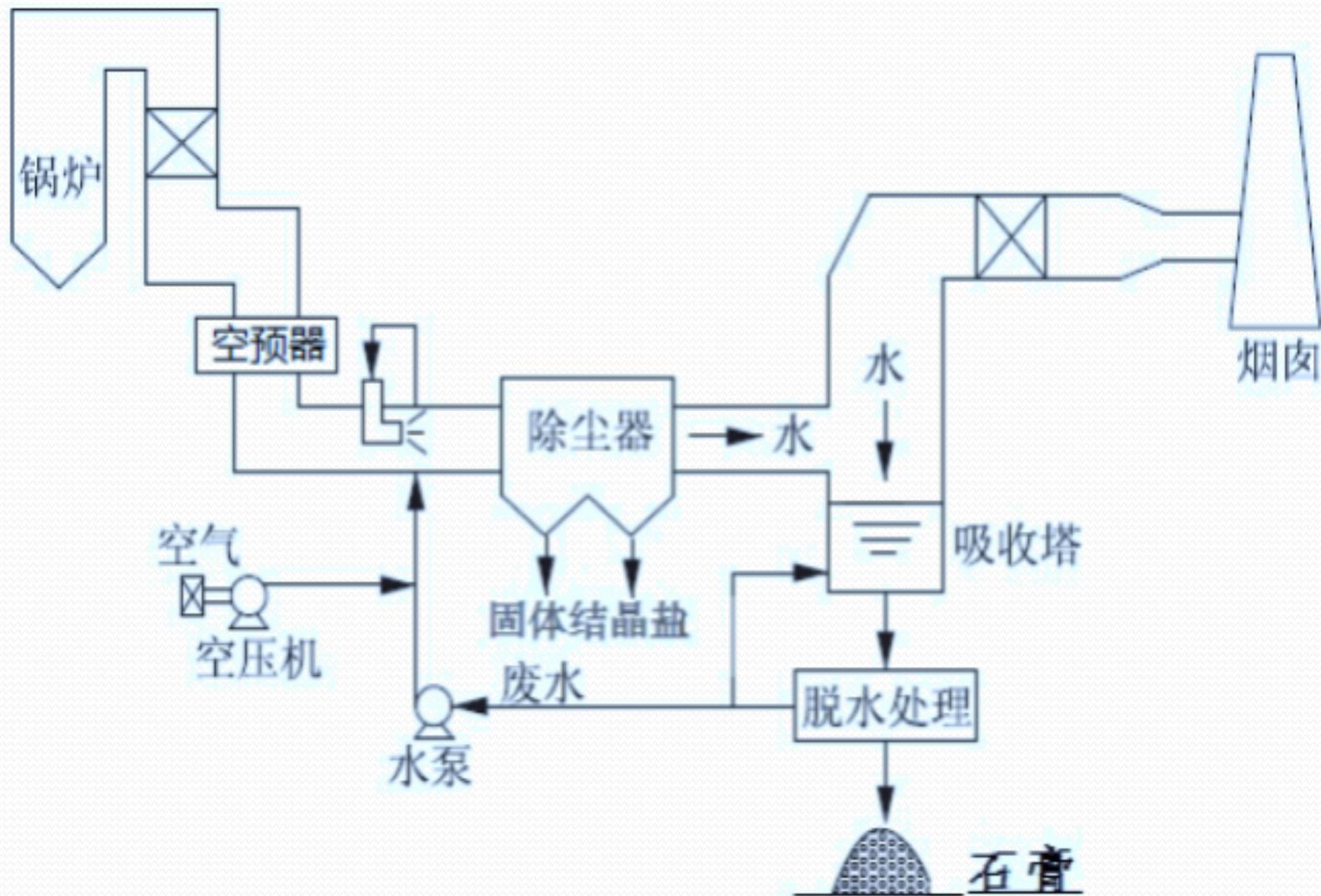
根据土右电厂脱硫系统脱水系统水平衡数据，采用真空皮带脱水机滤液水为脱硫废水处理系统水源，机组在BMCR工况下，真空罐运行期内产水量为 $35\text{m}^3/\text{h}$ ，脱硫系统单台机组每天运行7小时，总水量为 $35 \times 7 = 245\text{m}^3/\text{d}$ ，按时计平均水量为 $10.2\text{ m}^3/\text{h}$ 。

三、烟道蒸发零排放运行

采用气液双相流喷嘴雾化废水，将其喷入到空预器和除尘器之间的烟道，并利用锅炉尾部高温烟气加热作用快速蒸发，废水中的污染物盐转化为结晶物或者盐类等固体，随烟气中的飞灰一起被除尘器收集并随灰一起外排，从而去除污染物盐；废水蒸发形成的水蒸气进入吸收塔被重复利用，从而现废水的零排放。



华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司



三、烟道蒸发零排放运行

1. 单台机组废水处理能力

机组负荷(MW)	烟气温度(°C)	处理水量(m ³ /h)
660	≥125	≥10m ³ /h
≥550且<660	≥120	≥7m ³ /h
≥450且<550	≥115	≥5m ³ /h
≥400且<450	≥110	≥2m ³ /h
≥330且<400	≥105	≥1m ³ /h

2. 烟道蒸发废水系统对电厂下游设备的影响

通过提取和脱硫废水烟气蒸发处理系统相关设备（除尘器等）的运行参数，比较系统运行和非运行时参数的变化来评估脱硫废水烟道蒸发系统的运行对电厂正常运行的影响。

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司

①.电除尘器电场运行参数

脱硫废水零排放系统停运工况下电除尘器试验结果

机组负荷	MW	500			
除尘器	/	A台		B台	
	/	左室	右室	左室	右室
进口烟气温	°C	124	115	125	135
出口烟气温	°C	107	104	109	109
进口烟气静压	Pa	-2207	-2207	-2238	-2211
出口烟气静压	Pa	-2586	-2557	-2595	-2591
进口烟气流量	×10 ⁴ m ³ /h	74.6558	73.6305	74.4754	76.6976
进口烟气流量 (标)	×10 ⁴ m ³ /h	44.5685	44.9760	44.3333	44.5509
出口烟气流量	×10 ⁴ m ³ /h	73.3243	73.1754	73.3138	73.8173
出口烟气流量 (标)	×10 ⁴ m ³ /h	45.5347	45.8596	45.2852	45.5588
烟气含湿量	%	6.8	7.3	7.3	7.3
本体阻力	Pa	353		358	
漏风率	%	2.07		2.20	
进口含尘浓度 (标、干、6%O ₂)	g/m ³	18.72	18.72	19.01	18.90
		18.72		18.96	
		18.84			
出口含尘浓度 (标、干、6%O ₂)	mg/m ³	19.36	17.85	19.26	21.15
		18.61		20.21	
		19.41			
除尘效率	%	99.899		99.892	
		99.895			

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司

脱硫废水零排放系统投运工况下电除尘器试验结果

机组负荷	MW	500			
除尘器	/	A台		B台	
	/	左室	右室	左室	右室
进口烟气温度	°C	123	114	124	134
出口烟气温度	°C	106	104	107	109
进口烟气静压	Pa	-2112	-2127	-2115	-2153
出口烟气静压	Pa	-2485	-2496	-2468	-2562
进口烟气流量	×10 ⁴ m ³ /h	79.1072	78.2354	78.7788	82.3610
进口烟气流量 (标)	×10 ⁴ m ³ /h	47.3962	47.9561	47.0790	47.9899
出口烟气流量	×10 ⁴ m ³ /h	77.5393	78.1046	77.3067	79.3276
出口烟气流量 (标)	×10 ⁴ m ³ /h	48.3349	48.9397	48.0725	49.0186
含湿量	%	8.1	7.7	7.7	7.8
本体阻力	Pa	358		369	
漏风率	%	2.02		2.13	
进口含尘浓度 (标、干、6%O ₂)	g/m ³	23.21	22.92	23.35	23.00
		23.06		23.17	
		23.12			
出口含尘浓度 (标、干、6%O ₂)	mg/m ³	23.18	20.61	23.04	26.40
		21.89		24.72	
		23.31			
除尘效率	%	99.904		99.892	
		99.898			

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司

②. 机组电除尘器电场运行参数

脱硫废水零排放系统装置停运工况

参 数	一次电压 (V)	一次电流 (A)	二次电压 (kV)	二次电流 (mA)
A11电场	501	84	48.5	1092
A12电场	506	133	45.8	1532
A13电场	247	319	44.8	1198
A14电场	186	212	33.4	700
A15电场	255	319	44.0	1198
A21电场	514	114	48.3	1244
A22电场	510	132	44.9	1490
A23电场	228	279	41.9	1000
A24电场	204	240	33.7	900
A25电场	246	286	45.0	1098
B11电场	507	107	48.7	1042
B12电场	507	134	45.8	1420
B13电场	276	367	45.9	1404
B14电场	211	262	33.5	918
B15电场	205	372	43.5	1602
B21电场	504	104	48.6	1122
B22电场	502	130	45.1	1276
B23电场	302	397	44.4	1508
B24电场	214	264	33.4	1000
B25电场	291	385	45.5	1598

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司

脱硫废水零排放系统装置投运工况

参数	一次电压 (V)	一次电流 (A)	二次电压 (kV)	二次电流 (mA)
A11电场	506	76	48.6	1000
A12电场	513	129	45.8	1546
A13电场	210	252	40	898
A14电场	185	213	33.1	700
A15电场	230	276	40.7	1004
A21电场	519	100	49.6	1150
A22电场	517	120	44.2	1440
A23电场	210	258	38.8	898
A24电场	202	240	33	898
A25电场	233	274	42	1042
B11电场	506	76	48.8	1000
B12电场	513	129	45.8	1546
B13电场	226	285	39.1	1000
B14电场	210	262	39.3	1000
B15电场	282	372	426	1604
B21电场	513	72	49	906
B22电场	510	114	44.3	1282
B23电场	273	357	40.1	1308
B24电场	212	264	32.6	1000
B25电场	267	349	42.2	1402

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司

③. 机组电除尘器效率

项目	喷雾前除尘器 灰斗灰样1	喷雾前除尘器 灰斗灰样2	喷雾后除尘器 灰斗灰样1	喷雾后除尘器灰 斗灰样2
	(mg/kg)		(mg/kg)	
Cl ⁻	70.2	71.3	890	1320
铬	33	40	42	42
砷	3.92	5.49	6.94	6.14

- 1、脱硫废水烟道蒸发零排放系统的投运可以提高电除尘器的除尘效率；两个工况测试期间除尘设备运行参数并无明显变化，烟道蒸发废水处理系统的投运不会对电厂的后续设备造成不利影响。
- 2、脱硫废水烟道蒸发系统投运后，脱硫废水中Cl⁻等高盐离子绝大部分进入干灰中。

3. 烟道蒸发废水出现的问题

①. 结垢问题的产生

烟道蒸发废水主要技术风险在防止烟道腐蚀和结垢。

在电厂运行初期，锅炉负荷高，单机组处理水量达 $10\text{m}^3/\text{h}$ 以上，未发现烟道内部的腐蚀或结垢问题。

但在后续运行过程中，锅炉出现频繁低负荷情况，低负荷烟气量降低，烟气携带能力变差，烟道内部转弯处堆积大量飞灰无法带走，导致废水喷入后，直接与堆积飞灰接触形成结垢；同时由于堆积的飞灰层扰乱了烟道内部的运动场，进一步加剧了烟道内结垢问题

3. 烟道蒸发废水出现的问题



3. 烟道蒸发废水出现的问题

土右电厂空预器后水平烟道长度约1.5m；烟道由西北设计院设计，没有按烟道蒸发要求进行优化。

①. 结垢问题的解决

通过对烟道内部导流板的重设置，使运动场改变，避免雾化后的废水直接接触低负荷条件下堆积的飞灰。改变雾化运行参数，降低雾化粒径，使废水雾滴更易被烟气拖拽运动，消除废水由于烟道内部运动场变化造成的碰壁导致结垢现象。

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司



3. 烟道蒸发废水出现的问题

②. 喷嘴堵塞

由于所处理的废水为真空皮带机滤液水，皮带机老化，滤布孔径变大，滤布连接处出现裂缝，使得大量石膏细颗粒进入废水中，废水悬浮物浓度异常升高，石膏颗粒黏附在喷嘴内表面，系统无废水处理停运时，烟道内部烘烤喷嘴，随着系统投运时间的累积，石膏不断累计，造成喷嘴流道堵塞，严重影响雾化效果，喷嘴频繁出现堵塞报警，系统投运率下降。

3. 烟道蒸发废水出现的问题



3. 烟道蒸发废水出现的问题

②. 喷嘴堵塞的解决

所处理的废水不能含有大量粘性悬浮物，通过对废水澄清处理，避免高粘性悬浮物进入到废水中，喷嘴堵塞现象消除，保证了废水系统投运率，满足我厂废水零排放要求。

喷嘴可以在线拆卸清理。在施工时优化外部检修空间，方便拆卸工作。

四、结论及前景

1. 结论

- ① 通过前期的优化调整，截止目前，土右电厂投运的烟道蒸发零排放系统达到设计要求，满足厂内废水全部零排放需求，运行情况良好；
- ② 系统的投运可以提高电除尘器效率，截至目前，后续设备未发现因废水投运引起结垢和腐蚀等不利影响；
- ③ 经西安热工院性能检测结果数据表明， Cl^- 等污染物盐类结晶绝大部分被电除尘器收集进入干灰中；
- ④ 土右电厂烟道蒸发废水零排放系统实现了自动启停，故障报警、无需专人值守。

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司

#1吸收塔浆液化验单



文档保存至本地，建议[上传至云文档](#)，更安全。

华电内蒙古能源有限公司土默特发电分公司

脱硫系统吸收浆液化验报告

发电运行部化验班

报告日期：2018年06月27日

取样时间	样品名称	pH	密度	Cl ⁻	含固量	碳酸钙 CaCO ₃	硫酸钙 CaSO ₄ ·2H ₂ O	亚硫酸钙 CaSO ₃ ·1/2H ₂ O	化验员
		/	g/cm ³	mg/L	%	%	%	%	
		4.8~6.0	—	<20000	<25	<3	≥90	<1	
2018.06.27	#1吸收塔浆液	5.89	1.184	9866	28	1.6559	85.4664	0.0520	全晓辉、金玉洁

备注：在线 PH: 5.70

在线密度: 1.176g/cm³

班长：周琳

审核：郭东生

2. 前景

随着国家环保政策法规的出台实施，以脱硫废水为代表的电厂高盐废水零排放越来越受到关注。

对出现的几种脱硫废水零排放工艺路线相比较来看，烟道蒸发技术的吨水运行费用低、不影响锅炉效率，占地面积小、建设周期短以及设备维护简单等方面都有其独特的优势。

从目前已实施烟道蒸发零排放系统的电厂运行情况来看，由于技术支持厂家工艺细节把控的差别，运行状况迥异。

综上所述，烟道蒸发废水零排放系统在燃煤电厂有极大推广价值。但电厂机组情况和水质条件各异，还需区别对待，一厂一策，设计阶段需进行全工况条件的计算、分析，充分的可行性研究论证后分而实施。

谢谢！

