



火电厂深度节水和废水零排放技术

浙江浙能技术研究院
2018年7月

冯向东

目录

CONTENTS

1

背景现状

2

浙能废水治理思路

3

深度节水

4

废水零排放

5

结论与推荐方案

1. 背景现状

环保政策对燃煤发电机组污染物排放限制日益严格，淡水资源的持续短缺。



1. 2014年浙江省政府提出“五水共治”。
2. 2015年国务院出台《水污染防治行动计划》（即“水十条”），工业废水排放纳入强力监管范围。
3. 2017年浙江省政府提出消灭“劣五类水”。

2. 浙能废水治理思路

2014年开始制定废水零排放路线

- 分三步走策略



2. 浙能集团工业废水治理方针

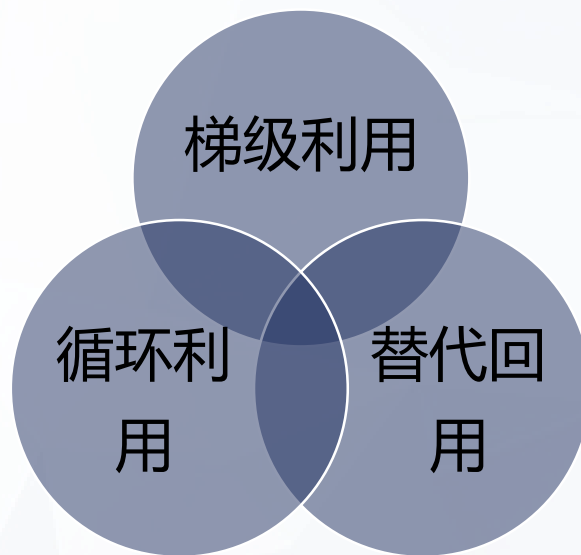
- 十八字方针
- **先减量再利用**
- **能分质不混排**
- **先浓缩后固化**



2. 浙能工业废水治理方针

◆先减量再利用

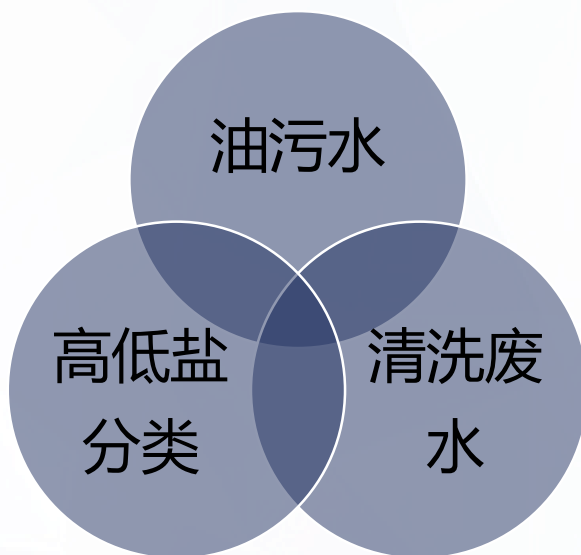
即利用各种技术对各类废水进行最大程度的减量，从源头上减少废水产生量；对各类废水按照水质高低分类，不用处理或简单处理即可实现梯级回用，减少处理费用；



2. 浙能集团工业废水治理方针

◆能分质不混排

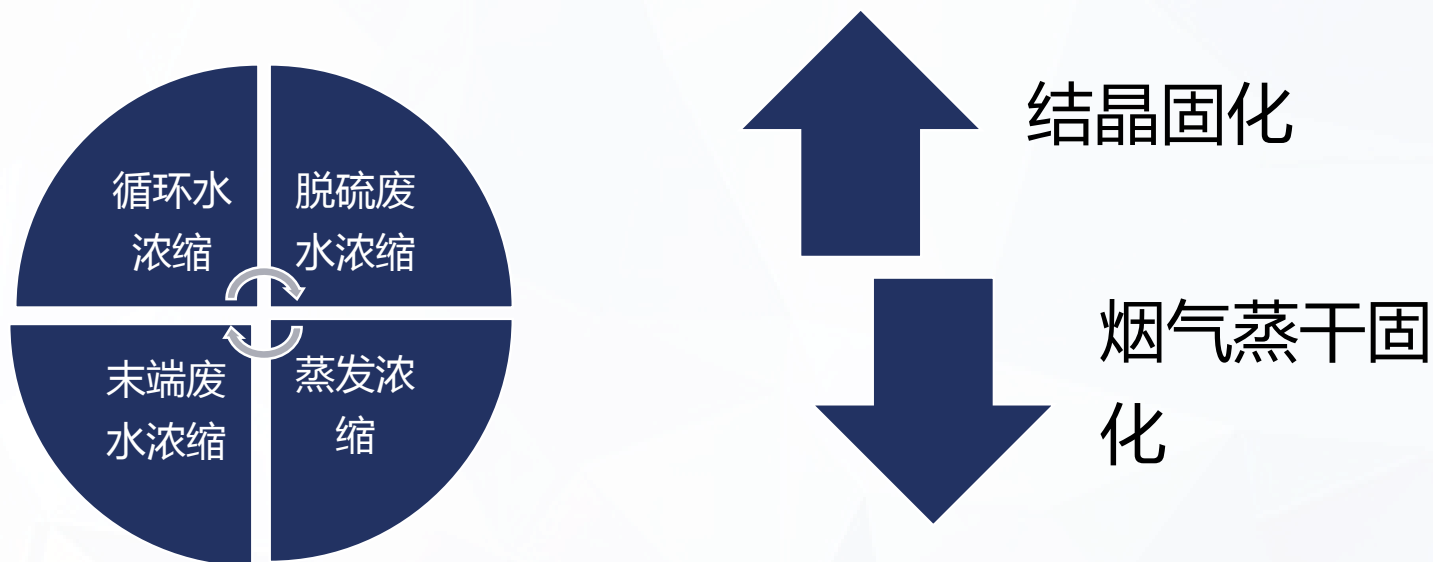
指各类废水有条件的尽量分开收集，不混在一起，这样处理废水的难度就大大降低了。



2. 浙能集团工业废水治理方针

◆先浓缩后固化

指末端废水深度处理阶段，对各废水先进行浓缩，含盐量达到一定程度后再考虑固化处理，这样可以大大减少结晶固化系统的规模，降低工程造价。



3、火电厂深度节水



- ✓ 煤泥废水
- ✓ 含油废水
- ✓ 含泥废水
- ✓ 冲灰冲渣废水
- ✓ 反渗透浓水

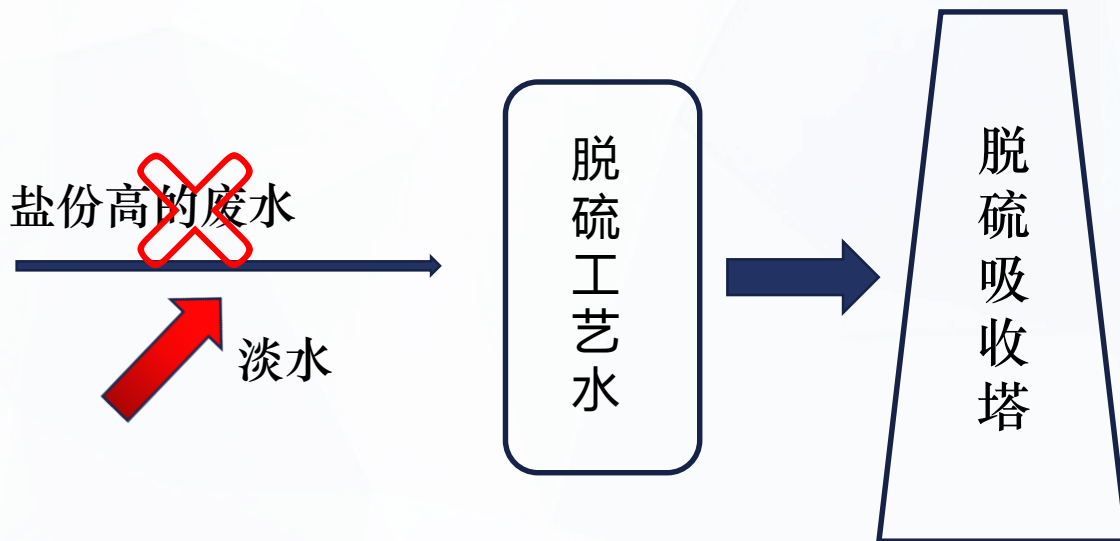


- 补给水再生废水
- 精处理再生废水
- 反渗透浓水
- 脱硫废水
- 循环水排水

3、火电厂深度节水

提前减量

将浓缩减量放到前端，
减少脱硫废水排放量。



3、火电厂深度节水

废水回用脱硫系统补水

- 须考虑如下问题：
- 废水回用是否会造成除雾器结垢？
- 废水回用是否会影响石灰石吸收剂反应活性？
- 废水中表面活性剂含量如何？回用是否造成塔内起泡？
- 废水回用是否影响石膏结晶反应？是否影响石膏品质及脱水性？
- 废水回用是否影响脱硫塔内金属材质腐蚀速率？
- 废水回用对脱硫水平衡的影响？

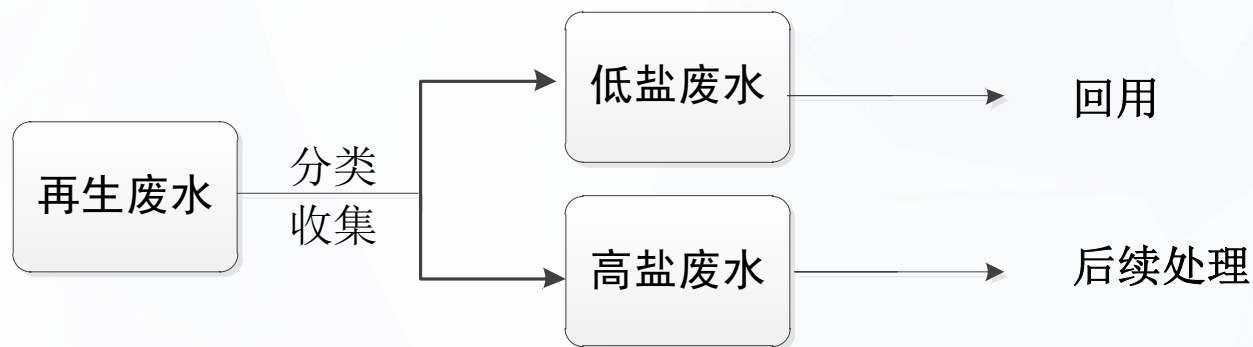


3、火电厂深度节水

再生废水分类收集

回收大部分低盐废水，

仅对少部分高盐废水再
处理，水量减少70-
85%。



循环水排污水回用路线1：高浓缩倍率运行

某电厂循环水排污水量与浓缩倍率关系

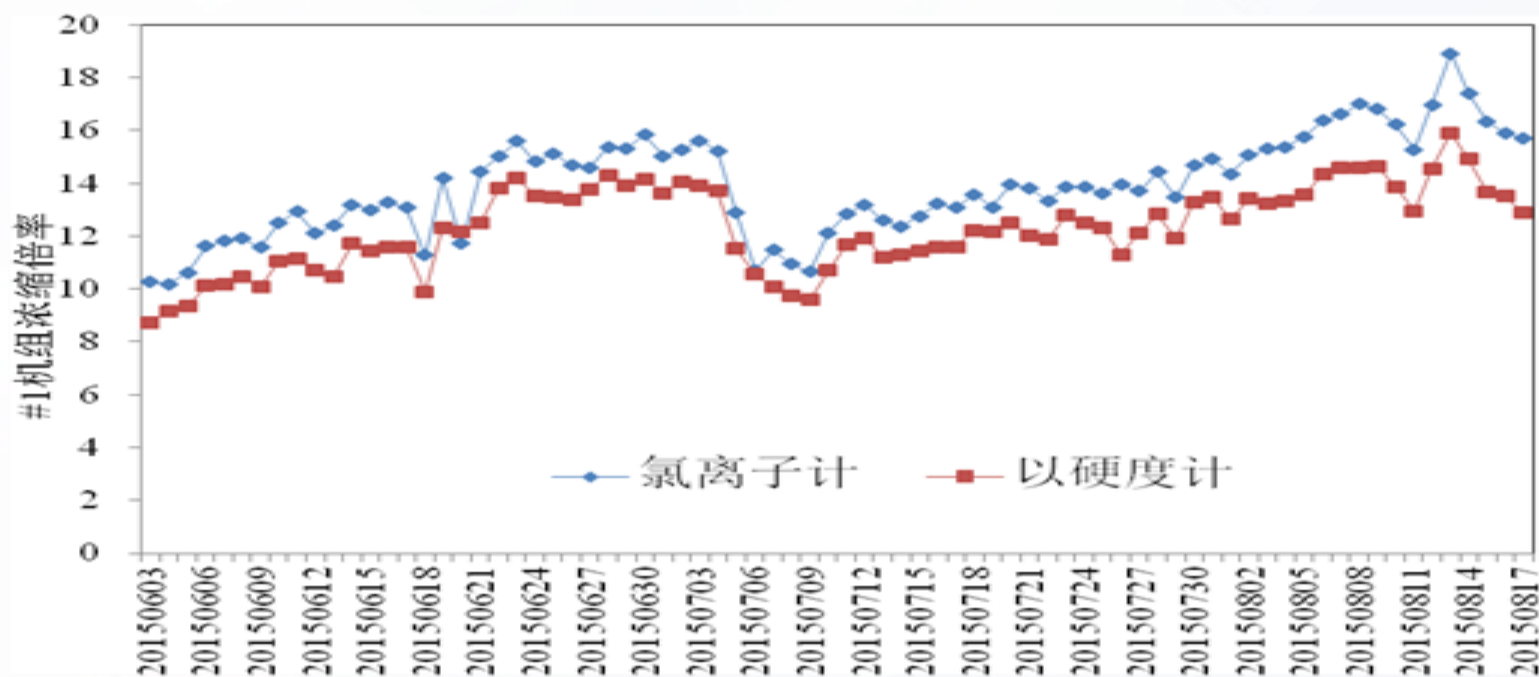
浓缩倍率	排污量t/h	备注
2.47	1020	浓缩倍率的提高需要做具体的动态试验，得出最佳运行数据，以防结垢。
3	838	
3.5	544	
4	348	
4.5	208	
5	104	

高浓缩过程中必须解决的问题

- **防止结垢（碳酸钙结垢、硫酸钙、二氧化硅结垢、硅酸镁结垢）问题**
- 通过阻垢试验，得到不同水处理条件下的极限碳酸硬度。
- **控制腐蚀问题**：通过腐蚀试验，判断凝汽器管材的腐蚀风险，并由此确定系统的缓蚀方案。
- **菌藻控制问题**：通过杀菌试验，优选适宜的杀菌剂及杀菌方式

循环水排污水回用路线1：高浓缩倍率运行

采用新型阻垢剂实现高倍率运行。
2015年，在浙能兰溪电厂进行了高浓缩倍率运行
(原水含盐量200-300mg/l，17倍稳定运行)。



循环水排污水回用路线2：低污染排放

首先尽量采用无磷或者低磷缓蚀阻垢剂，可以降低循环水排水的磷含量，兰溪电厂采用超低磷阻垢剂后，循环水排污水主要指标总磷和COD都达到了地表四类水标准，这样对环境的影响降到了最小，可以值得推广。



超低磷或无磷药剂

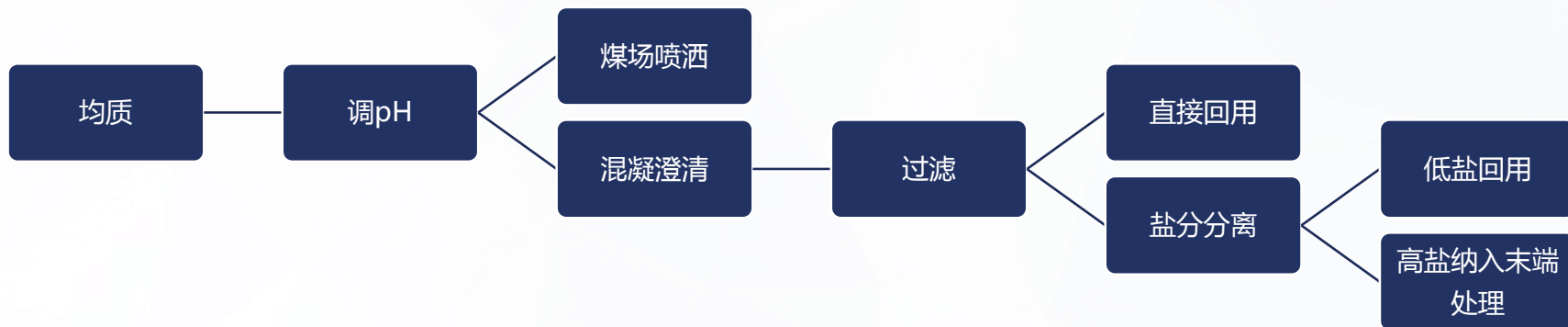
排污水达标

清下水排放



梯级利用思路

其它非经常性杂难废水处理



3.废水零排放总体思路

制定本技术路线遵循以下原则：

1. 系统简化、运行控制灵活，设备可靠性高。
2. 造价合理，运行维护费用低。
3. 不产生新固废，尽量实现资源化利用。
4. 零排放技术路线经济合理



高盐废水干燥固化

高盐废水干燥固化手段：

➤ 烟道蒸干

- 旁路烟气干燥塔：（已在长兴电厂#2机组实现脱硫废水零排放）
- 烟道直喷干燥

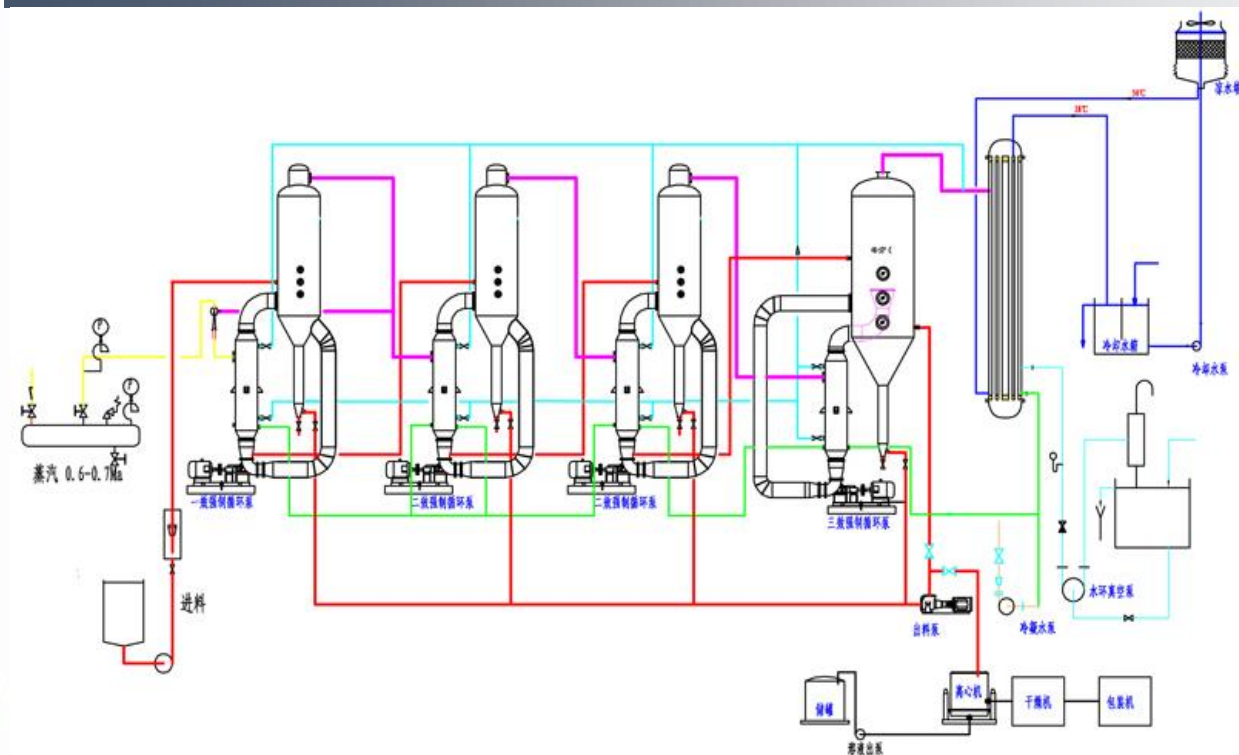
➤ 蒸发结晶

- MVR蒸发结晶：
- MED蒸发结晶：

两者在脱硫废水零排放项目中均有应用，但蒸发结晶成本高，一般都配有前端浓缩减量工艺，且最终产生的结晶盐去向仍存在困难。



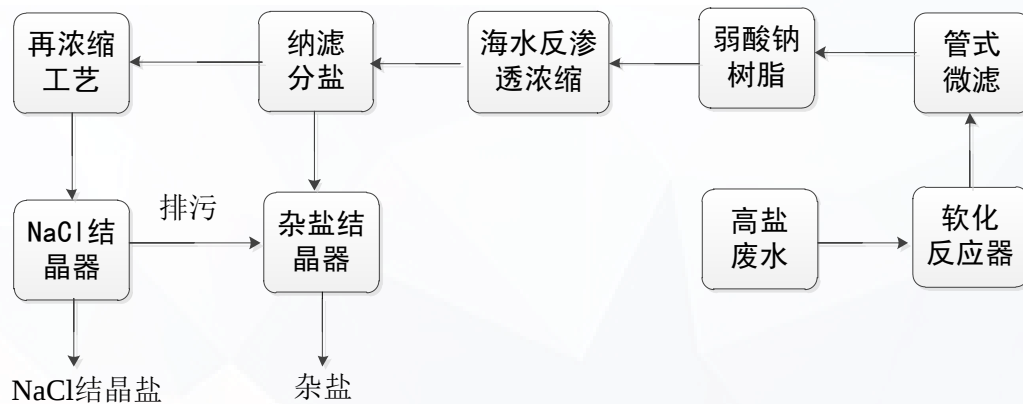
蒸发结晶



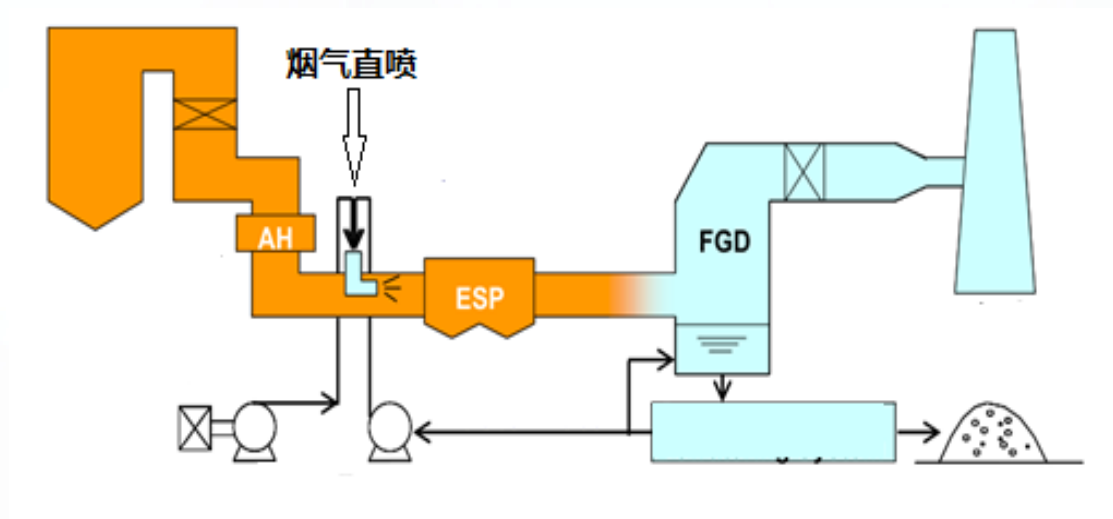
需要结合浓缩技术，并在浓缩前软化去除绝大部分硬度，药剂、电耗、蒸汽耗费量大。

如果要制取高纯度的工业盐，需要配套进行精制盐设计。

典型分盐工艺



烟道直喷干燥固化



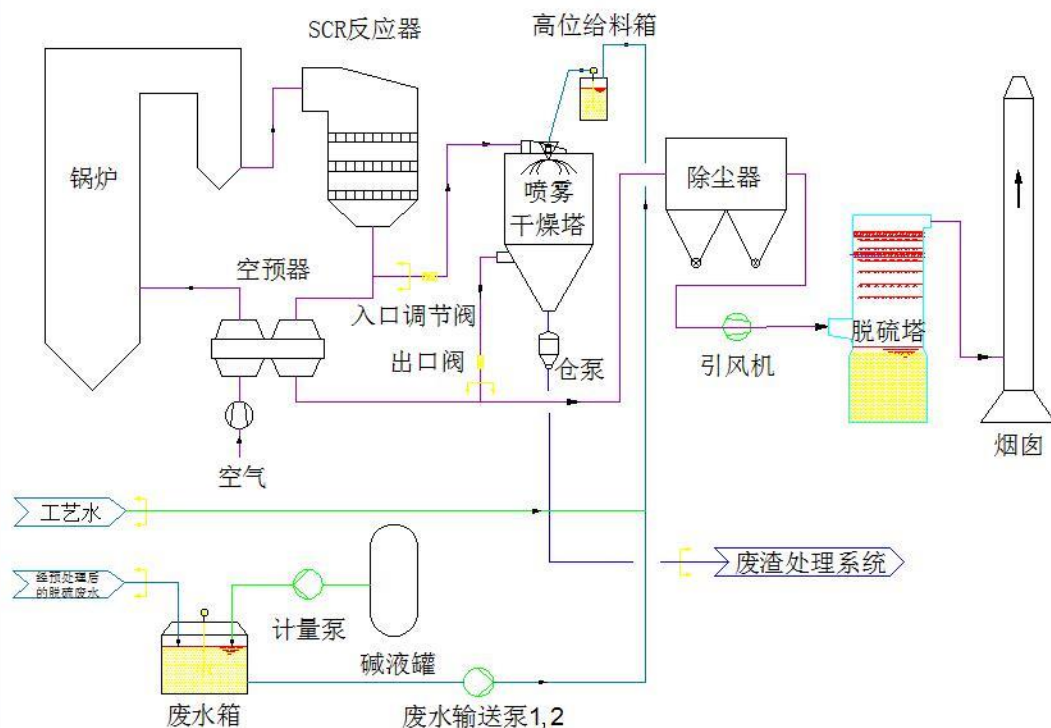
如果尾部直烟道较短，水量大，旁路抽取的5%烟气热量不足以干燥，可以在主烟道上设置干燥塔，当废水量大，即：废水量蒸干所需的烟气量大于机组总烟气量的10%，则不宜采用旁路烟道干燥（避免旁路烟道与主烟道的抢风），而应采用主烟道上设置干燥塔进行干化。

旁路烟气干燥塔工艺

原理：喷雾干燥是一种将液体雾化后喷入干燥塔，在热气体作用下，将液体中的溶解物质干燥成为粉末的技术。热烟气经分散后进入干燥塔，与雾化后平均直径 $10\sim 60\mu\text{m}$ 的细小雾滴直接接触，雾滴被迅速蒸发。通过控制热气体分布、液体流量、雾滴直径、雾化角度等，可使雾滴到达干燥塔壁之前，完成干燥过程。最后废水中的盐类形成粉末状的产物并与烟气中原有的烟尘混合在一起，大部分干燥产物（上述烟和烟尘的混合物）落入干燥塔底端后被收集转运，少部分干燥产物随烟气进入除尘器处理。



旁路烟气干燥塔工艺



长兴电厂#2机组脱硫
废水烟气干燥塔，设计处理
量4t/h。自2016年8月12
日投运以来，已经连续运行
将近2年，系统简单，操作
灵活，运行可靠。主要动力
源于引入烟气，无需预处理，
药剂、电耗费用很少

长兴干燥塔项目	单位	数值				
处理量（最大量）	t/h	4（5）				
投资	万元	800				
运行	万元	总计	药剂	电费	烟气耗煤	折旧
		243	2.4	7.2	178.2	55.3
增加煤耗	g/kWh	1.2				



浙能技术研究院

ZHEJIANG ENERGY

旁路烟气干燥塔实景图片



旁路烟气干燥塔实景图片



旁路烟气干燥塔影响因素

烟气量影响

机组容量	300MW级	600MW级	1000MW级
100%负荷	4t/h	8	15
75%负荷	3t/h	6	9
50%负荷	2t/h	4	6

- 抽取4%烟气量条件下计算。若水量超过干燥塔消耗上限，需对废水进行浓缩。同时需考虑粉煤对废水量的限制。

粉煤灰因素

- 废水经烟气干燥塔蒸干，盐分进入粉煤灰中，粉煤灰主要送往混凝土搅拌站和水泥厂；
- 粉煤灰的掺配利用主要受氯离子的影响；
- 按粉煤灰利用掺配比例计算，氯离子最大比例可按0.375%消纳；

旁路烟气干燥塔运行效果

• 废水干燥效果

1.浙能长兴电厂#2炉脱硫废水旁路烟气干燥系统于2016年5月开工建设，8月12日正式投入运行，至今已运行8个月，从此全厂脱硫废水（两台机组运行）不再外排。

2.机组100%负荷（330MW）时抽取约3~5%的烟气，约3~5万Nm³/h的热烟气，烟温在330~350℃时，干燥塔可以蒸干大约3~4t/h的脱硫废水 干燥塔底部取样干灰渣含水率低于2%。

3.停运期间对干燥塔内壁检查，没有发现干燥塔内壁的粘壁腐蚀现象，加热后返回主烟道的尾气烟温控制在130℃以上，对尾部烟气超低排放设备设施也没有影响。



粉煤灰影响

表1 水泥、混凝土、粉煤灰对杂质的要求表

标准	指标	氯离子	钠	粉煤灰添加比例
	普通混凝土	0.2%	$\leq 0.60\%$	20%
GB175-2007	通用硅酸盐水泥标准	$\leq 0.06\%$	$\leq 0.60\%$	粉煤灰硅酸盐中添加20%-40%，普通水泥中添加5%-20%。

用于普通混凝土，添加比例20%；用于普通水泥，添加比例12.5%；用于粉煤灰水泥，添加比例30%；

表2 粉煤灰中氯、钠含量限值表

	用于普通混凝土时	用于普通水泥时	用于粉煤灰水泥时
粉煤灰比例	20%	12.5%	30%
粉煤灰中允许氯含量	小于0.76%	小于0.375%	小于0.165%
粉煤灰中允许钠含量（以 $\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$ 计）	小于2.96%	小于4.73%	小于1.97%



烟气干燥塔与蒸发结晶优缺点

	优点	缺点
旁路 烟气 干燥 塔	1. 盐进入灰中，无盐处理问题，不产生新的固废； 2. 脱硫废水无需软化；直接运行费用很低，大部分运行费用来源于煤耗增加； 3. 占地面积小 4. 进一步优化可省去三联箱絮凝沉淀步骤，同时省去三联箱的处理过程；	1. 需要引入5%左右的高温烟气，增加一定的煤耗；
蒸发 结晶	1. 无处理水量限制，可根据需求设置处理水量； 2. 多台机组时只需设置一套系统；	1. 需考虑结晶盐及其它固体废弃物的处置问题；如无法回用则成为固废。 2. 脱硫废水软化预处理投资高、运行费用高，软化药品消耗多； 3. 浓缩系统大，浓缩流程长，稳定运行难度较高；运维工作量大，成本高 4. 占地面积大；

旁路烟气干燥塔优点

- 旁路烟气系统可低成本实现脱硫废水零排放
- 系统对主机、超低排放指标无影响
- 系统运行对灰渣品质影响可控
- 系统简单，调节灵活，无新的固废产生
- 系统投资省、运行成本低、运维简单、值得推广



浙能大面积推进烟气干燥塔

- 长兴电厂：4*300MW，#2、3
- 兰溪电厂：4*600MW
- 台州第二电厂：2*1000MW
- 阿克苏电厂：2*350MW
- 舟山煤电：2*1000MW



5、结论与推荐方案

1. 采用旁路烟气干燥塔方案无论投资还是运行成本都相对较低,设备系统简单,运行维护方便,因此推荐作为废水零排放末端干化的主要技术路线。
2. 若煤价大幅上涨（如当煤价上升至1200元/吨左右），末端高盐废水总量超过干燥塔处理能力时，可以考虑从前端对高盐废水进行预处理和浓缩，再进行烟气干化。
3. 为了节约淡水，减量废水，化学补给水和精处理再生废水应实施分类收集改造；
4. 若考虑闭式循环水排污水零排放，则循环水处理首先推荐采用低磷或少加药、甚至不加药的处理系统，建议设置循环水旁滤系统，改善循环水水质，并提高循环水的浓缩倍率，减少排污水量。最终循环水排污水与其它高盐废水一并考虑浓缩和干化处理。



**谢谢！
请各位专家指正！**

