

# 大型燃煤电站低成本脱硫废水零排放技术介绍



北京国电龙源环保工程有限公司  
2018年5月



## 目录

- 1 公司基本情况介绍
- 2 脱硫废水特点及排放现状
- 3 龙源环保脱硫废水零排放技术
- 4 合作模式



1

公司基本情况介绍

2

脱硫废水特点及排放现状

3

龙源环保脱硫废水零排放技术

4

合作模式



## 国家能源集团旗下的节能环保企业

**CHN ENERGY**  
国家能源集团



**国家能源集团**：经党中央、国务院批准，2017年11月28日**国电集团**与**神华集团**合并重组成立的特大型综合能源企业

**八大业务板块**：煤炭、常规能源发电、新能源、交通运输、煤化工、产业科技、**节能环保**、产业金融

**四个世界之最**：煤炭生产、火力发电、可再生能源发电、煤制油煤化工

**龙源环保**：国家能源集团旗下节能环保板块的领军企业



# 电力环保“领头羊”

连续**12**年保持行业第一

- 1993年成立，25年专注电站大气、水、固废治理
- 脱硫装机容量**2.2**亿千瓦，15%市场占有率
- 脱硝装机容量**1.4**亿千瓦，16%市场占有率
- 2017年，全年完成**87**台机组环保改造项目，在建**99**台机组

## 大气治理

- 国华台山超超低改造
- 恒泰电厂超高硫煤超低排放改造
- 赤峰化工氨法脱硫
- 谏壁电厂SO<sub>3</sub>前端脱除改造

## 固废治理

- 在宿州、荆门、绥中、庄河电厂推广应用生物质气化耦合掺烧技术
- 在三河、惠州、舟山、阳宗海、红雁池推广生活污水耦合掺烧技术

## 水污染治理

- 在泰州和金堂应用低成本脱硫废水零排放技术
- 在福州、克拉玛依等项目推广DUC技术，降低工艺水耗

## 能源清洁高效利用

- 在催化剂再生利用、海水淡化、分布式光伏、发电侧储能等多个领域深入拓展，深入践行节能减排，推动能源生产和消费革命



## 节能减排“国家队”

### “绿水青山”生态文明建设



- **全国**：酸雨治理；火电绿色转型；
- **西南区域**：资源回收型脱硫技术
- **西部缺水区域**：节水型脱硫
- **农业省份**：生物质气化耦合发电
- **京津冀、珠三角、长三角**：污泥、垃圾

### 京津冀“蓝天保卫战”



- 国家“**总理基金**”雾霾治理专项；
- 环保部《**大气十条终期评估**》；
- 首都煤改气、燃气电厂脱硝；
- 协同处置污泥。

### “一带一路”走出去



- 积极服务“一带一路”沿线11个国家电力环保建设
- 已在6个沿线国家成功实施项目
- 正执行印尼西加海水脱硫项目

### 互联网+环保



- **环保岛运维**：智慧环保平台已在33家电厂应用；
- **催化剂**：基于大数据的**催化剂全生命周期**管理；
- **EPC**：PW平台、三维设计

不忘初心，助推国家战略性新兴产业落地



# 科技创新“引领者”

应用新技术，帮助用户提质增效

完成废水零排放示范项目

DUC除尘一体化超低排放示范项目

全负荷脱硝并联合SO<sub>3</sub>前端脱除示范项目

开发高比表面积**60**孔脱硝催化剂

研发成套工艺并规模化应用

湿法脱硫技术**100%**国产化

二氧化硫超低排行

脱硝工艺及催化剂生产的**100%**国产化

中低温脱硝催化剂



持续强化科技软实力

“总理基金”专项课题

院士专家工作站

博士后工作站

国家工程实验室

北京市工程技术研究中心

科技成果

授权专利**334**项，发明专利**84**项

国家技术发明奖**1**项，省部级科技奖**26**项

国家**863**课题**9**项

国家科技支撑课题**3**项

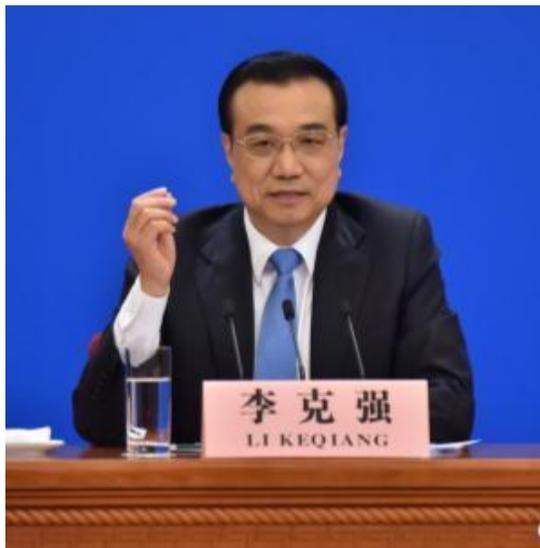
国家重点研发计划课题**3**项，国家能源局重点专项课题**4**项

积极示范应用新技术，助力电厂提质增效



## 正在承担的服务于国家环保政策的项目

### 承担“总理基金”项目：大气重污染成因与治理攻关



■ “国家将设立雾霾治理专项资金，集中最优秀的科学家，抓紧把**雾霾形成**的未知因素研究透，**解人民群众的呼吸之忧**。国务院常务会议决定：针对京津冀**雾霾的来源成因、排放现状、政策建议、健康影响**等难题攻关，推动空气质量改善，**为全国和其他重点区域大气污染防治提供经验借鉴**。

■ 龙源环保提出的“**燃煤电站污染物治理成套工艺与设备评估**”为子课题。对京津冀“2+26”城市电站环保装置评估，为**明年“两会”政府工作报告**提供建议，为京津冀“**2+26**”城市**大气治理精准施策**提供依据。

### 国家环保部：《大气十条》终期评估项目

■ 今年是《大气污染防治行动计划》（简称“大气十条”）收关之年，**国家环保部委托中国工程院**对过去五年的实施效果进行评估，并提出未来五年的计划（“大气十条”二期）。

1

公司基本情况介绍

2

脱硫废水特点及排放现状

3

龙源环保脱硫废水零排放技术

4

合作模式



## 废水零排放的必要性



燃煤电厂主要污染物

大气

灰渣

废水

- ❖ 大气污染治理的发展历程——力证国家在环保治理方面的决心。
- ❖ 继脱硫、脱硝、超低排放、“大气十条”后，“水十条”的出台表明“水”领域将成为下一步的重点。
- ❖ 各地多电厂积极探索解决方案。

2013年12月，《大气污染防治行动计划》（大气十条）

2015年4月，《水污染防治行动计划》（水十条）

2017年1月，《中华人民共和国环境保护税法》



## 脱硫废水背景

### 燃煤火力发电厂废水分类及处理方式

分 类	废水种类	废水特性及处理方法
<b>I类排水</b>	辅机冷却水、热力系统排水、过滤器反洗排水。	悬浮物及含盐量较低，可不处理或降温等简单处理后回用。
<b>II类排水</b>	厂房冲洗水、含煤废水、含渣废水、含油废水、生活污水、原水预处理站泥水。	悬浮物或COD较高，需经混凝沉淀、气浮、生物法等常规处理后回用。
<b>III类排水</b>	循环水排污水、化学再生废水、原水及化学车间反渗透浓水。	含盐量较高需经反渗透等深度处理后回用。
<b>IV类排水</b>	脱硫废水。	高含盐、高悬浮物，目前常规处理方案为中和絮凝澄清， <b>水质最差，零排放实现难度大。</b>

**分级利用 集中处理**



## 龙源环保对脱硫废水零排放的理解和优势

❖ 全厂废水零排放思路：**分级利用，集中处理。**

解决了脱硫废水零排放，才能解决全厂废水零排放。

❖ 脱硫废水零排放的技术方向：低运行成本、高适应性、高可靠性。

降低环保运营负担，同时兼顾对水质、水量的适应性和可靠性。

❖ 基于在脱硫废水系统、电厂热力系统等方面全方位的深厚功底，制定最适合电厂零排放技术路线。



## 脱硫废水的特点

### ❖ 成分复杂

高含盐：TDS 10,000~40,000mg/L，以 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{SO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 为主；

高浊度：SS10,000~30,000mg/L，以飞灰、石膏晶粒、氟化钙、酸不溶物为主；

高硬度：钙、镁离子浓度高，易结垢

腐蚀性：氯根浓度20000ppm左右，具有较强腐蚀性

重金属：微量铅铬镉铜锌锰汞等重金属；

不稳定：组分多变，受地域、季节、煤源、石灰石源等影响极大，同一厂水质波动大。



## 脱硫废水的零排放技术现状1——自然蒸发结晶路线

1. 蒸发塘模式，受场地、气候条件及地方要求限制，可实施性不强。
2. 类似的做法有通过湿排渣解决，受水量影响、排渣现状限制。

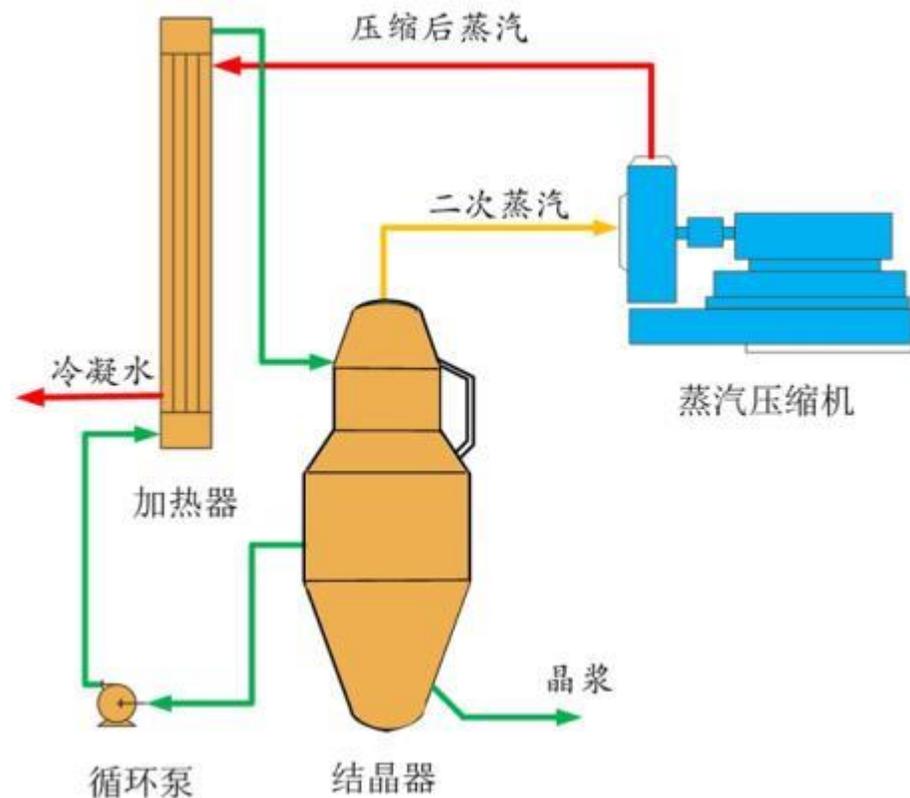


## 脱硫废水的零排放技术现状2——热法浓缩结晶路线

1. 通过用蒸汽将水分全部蒸发，耗能大。
2. 为保障蒸发设备稳定运行，需对原水进行软化、除垢精处理。

软化成本估算：

以处理废水氯根浓度20000ppm计，每吨废水需添加30公斤 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ， $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 市场价格3000元/吨，即软化成本光 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 一项就90元/吨废水！



## 脱硫废水的零排放技术现状3——膜法浓缩结晶路线

预处理

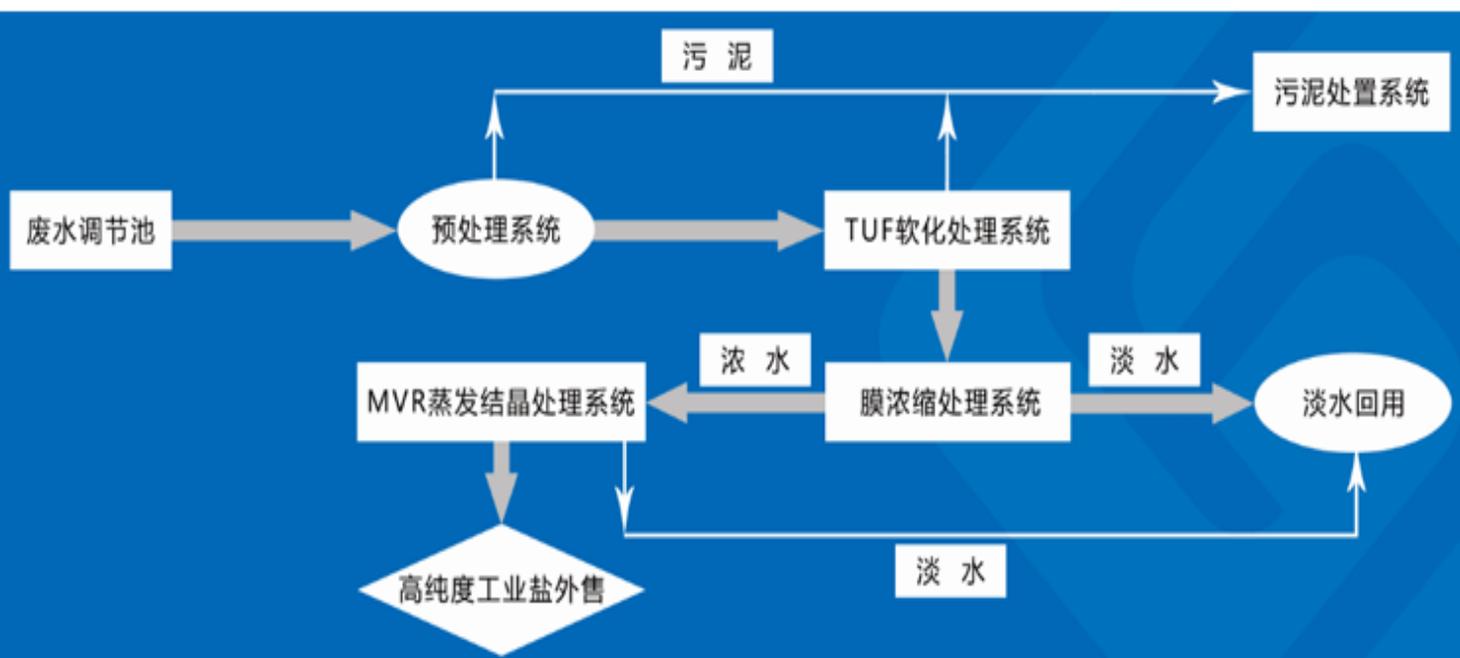
浓缩减量

蒸发结晶

脱硫废水  
原水三联箱  
+软化

膜法浓缩

蒸发结晶



原水水质要求高（需进行深度软化、澄清处理，以提高水质适应后续膜及蒸发器工作要求）

软化药品费高（以废水控制氯根20000ppm计，吨水药品费仅碳酸钠1项就高于80元）

膜浓缩倍率低（以废水控制氯根2万ppm计，膜法可浓缩至5万左右，浓缩倍率2~3倍，后续水蒸发需要消耗大量蒸汽）

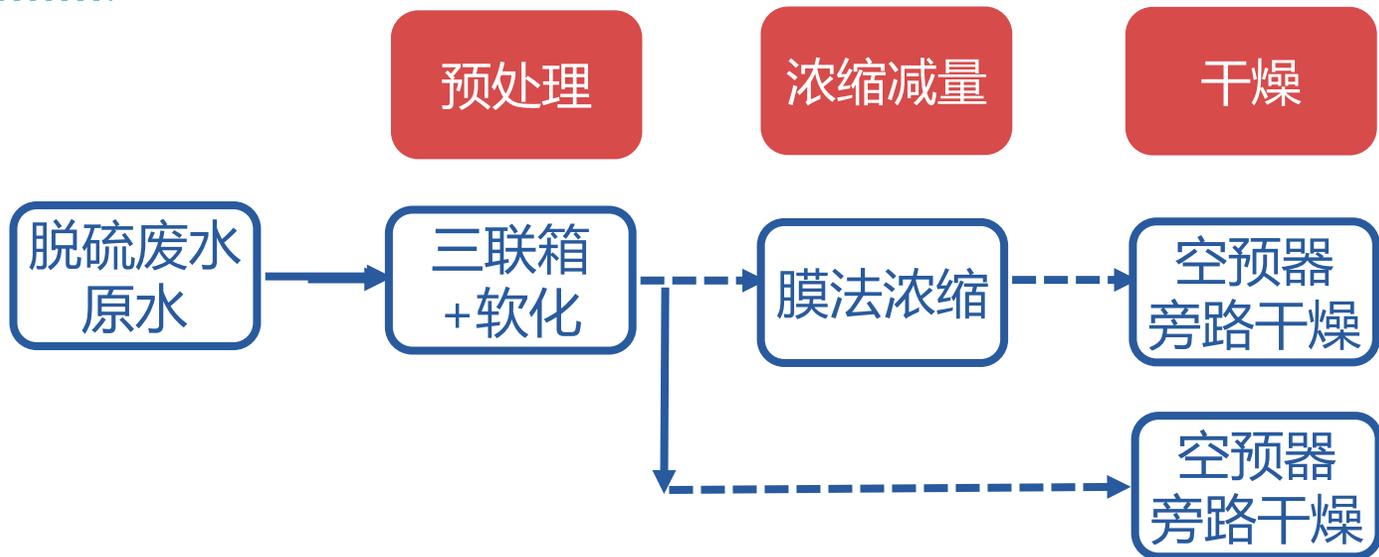
系统复杂，工序多，运行难度大

水质适应性差（脱硫废水水质发生波动时，系统需作出相应精细化调整，适应性不强）

盐去哪？



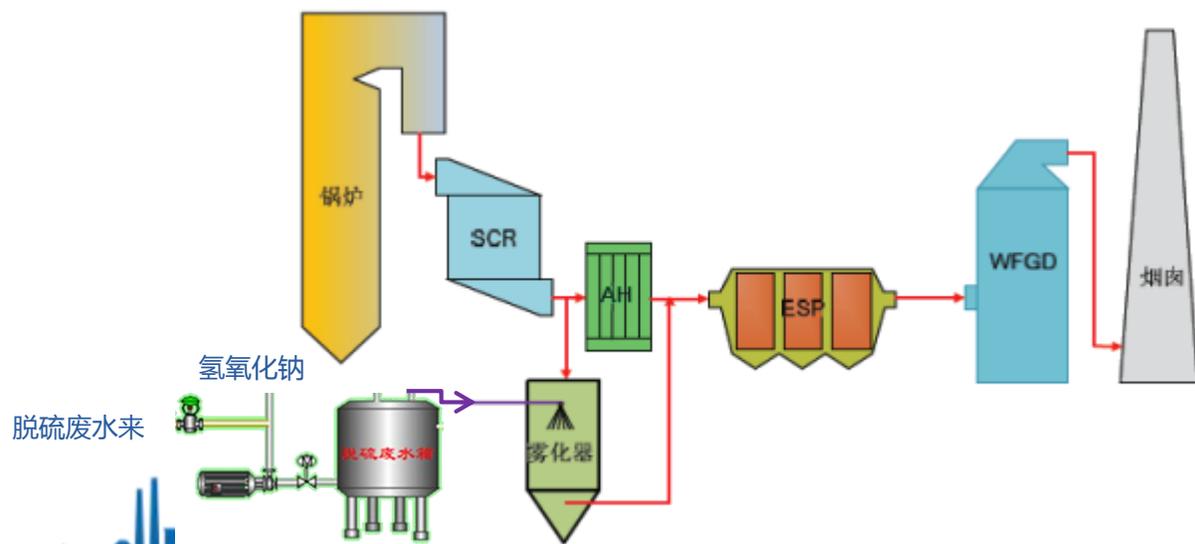
# 脱硫废水的零排放技术现状4——高温烟气干燥



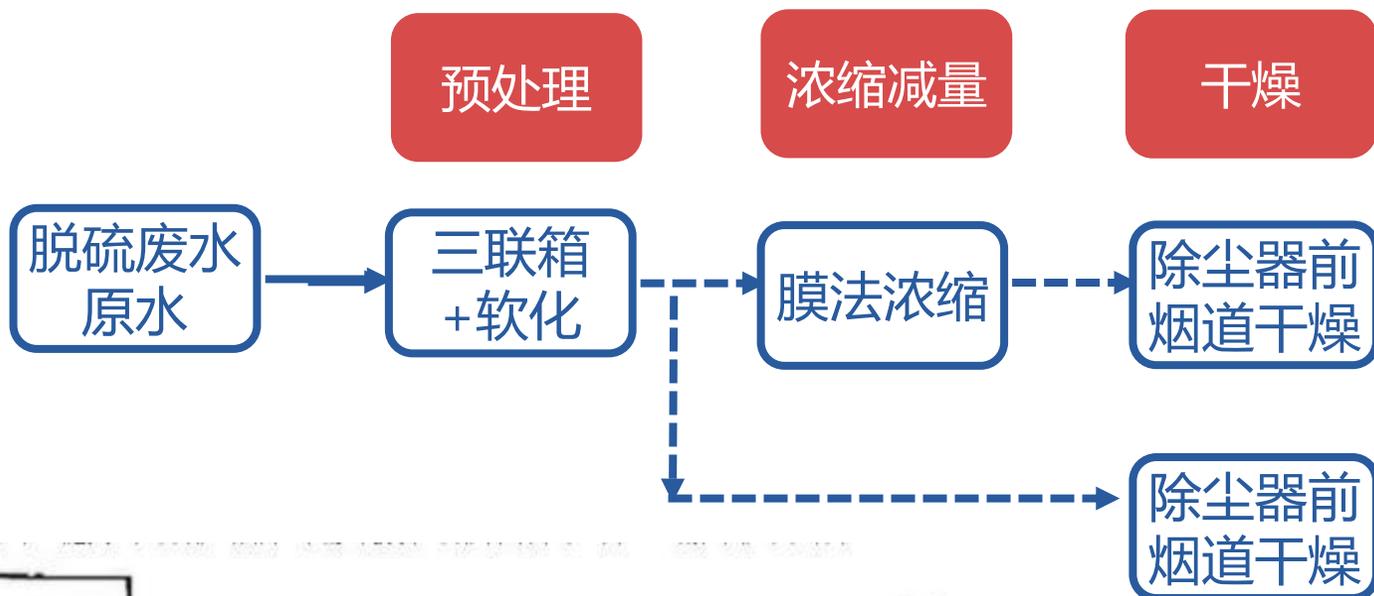
设备占地大（高温高灰烟气宜设置旋转喷雾，1t/h的干燥床直径5m，占地大）

直接干燥，高品位热源消耗量大，锅炉煤耗影响大

喷嘴易堵塞,喷雾干燥内易贴壁、堵塞；



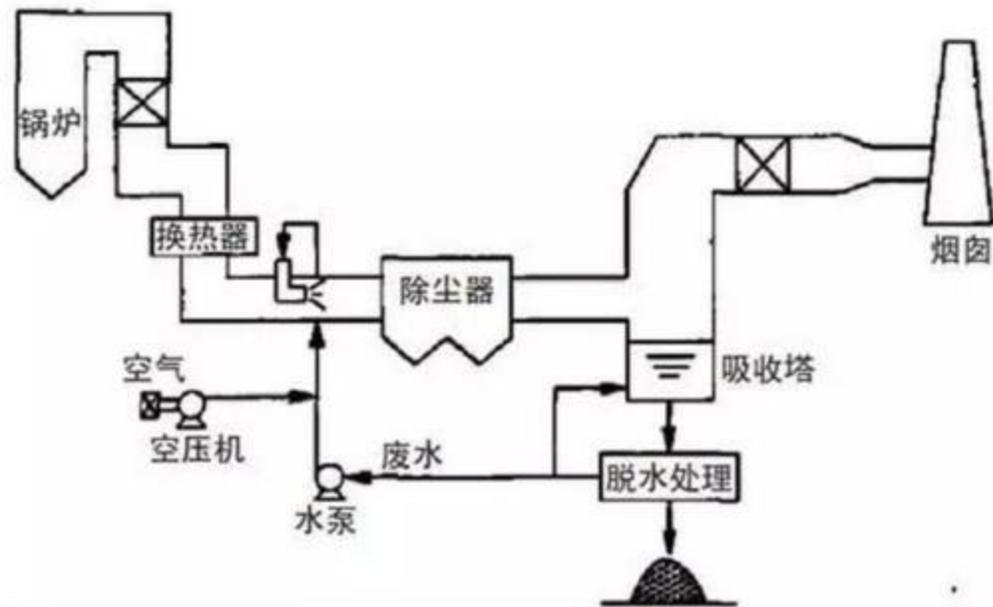
## 脱硫废水的零排放技术现状5——低温烟道喷雾干燥



干燥不彻底，对下游设施有影响（通常130°C烟温下，雾滴的干燥时间需要1~3秒，干燥不彻底会造成烟道、除尘器腐蚀，积灰）

喷嘴易堵塞，无旁路不易维护

常规膜法浓缩问题多，对水质要求高、软化成本高、系统复杂



## 脱硫废水的零排放技术现状小结

**目前国内外废水零排放的工艺技术鲜有成功的应用：**

**没有解决脱硫废水（高含盐、成分复杂、波动变化）的问题；**

**普遍存在运行成本高、处理工艺复杂、喷嘴易堵塞结垢等问题。**



1

公司基本情况介绍

2

脱硫废水特点及排放现状

3

龙源环保脱硫废水零排放技术

4

合作模式



## 龙源环保废水零排放技术前期探索

❖ **2013年，立项国电集团课题《燃煤机组脱硫废水零排放技术研究工程示范》，谨慎、科学地思考零排放的原则路线、核心技术。**

(1)在金堂电厂完成1.5吨/小时的烟气余热浓缩脱硫废水的工业中试装置。

(2)在金堂电厂完成 8.0吨/小时蒸汽多效蒸发脱硫废水零排放工业中试装置。

❖ **2014年，在宿迁电厂完成利用高温热风实现浆液干燥的工业化装置；**

❖ **2017年，立项科环集团课题《低成本脱硫废水零排放关键技术研究》**

依托国电泰州2#机组(1000MW)，完成基于烟气余热浓缩的脱硫废水零排放工程，处理量15t/h。

金堂示范装置



宿迁示范装置



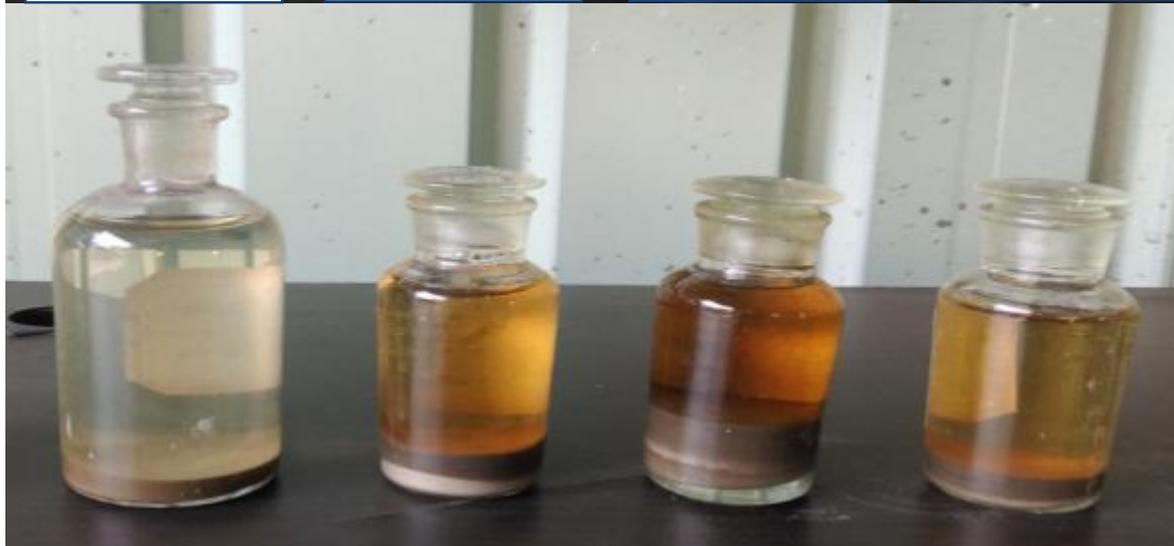
## 金堂运行表明：低成本、高浓缩效果、高可靠性的浓缩技术

废水  
原水

浓缩  
废水  
10倍

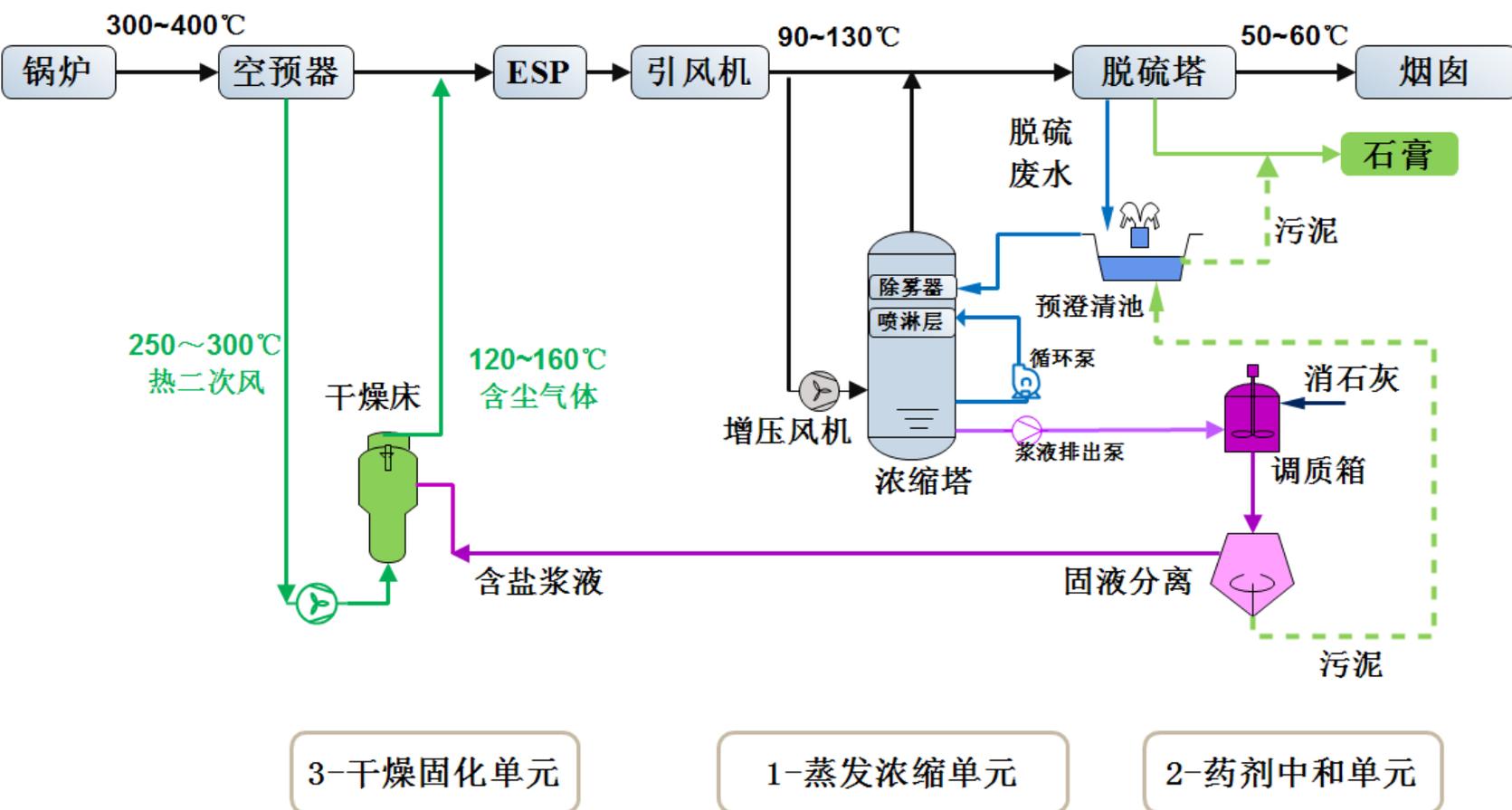
浓缩  
废水  
15倍

浓缩  
废水  
6倍



- ❖ 以脱硫废水氯根浓度为基准，浓缩能力超出膜技术8倍。可以达到膜无法企及的高浓缩倍率和高浓度！
- ❖ 仅消耗电能，无需高昂的药品费，无需三联箱精细处理。

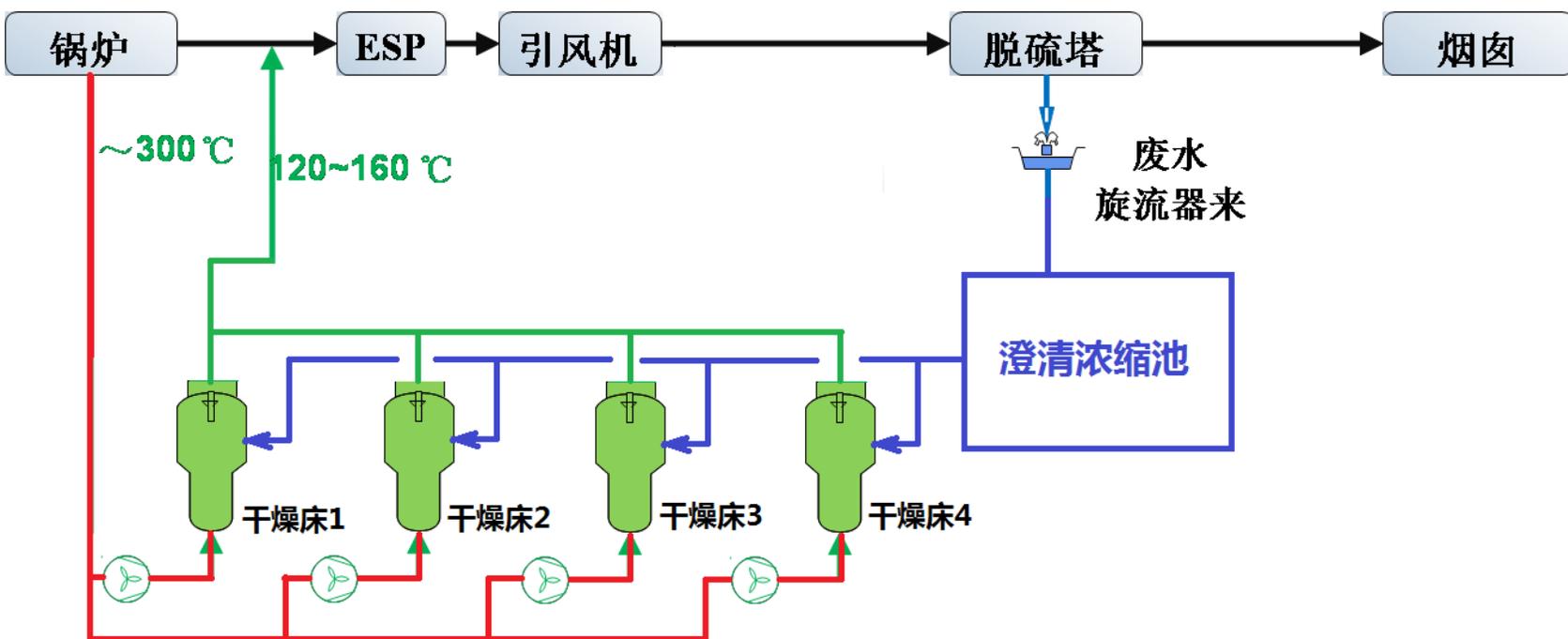
# 龙源环保脱硫废水零排放技术方案（推荐水量大于6t/h/台炉项目）



- ❖ 废水不需进行三联箱化学沉淀处理，直接进入浓缩塔浓缩；
- ❖ 利用脱硫前烟气余热实现废水的浓缩减量，浓缩倍率高达10倍以上；
- ❖ 加药仅利用消石灰，药剂成本低；不添加有机硫、絮凝剂等，污泥成分与石膏相似，通过脱水皮带排出；重金属在溶液中经过干燥后排至灰库。
- ❖ 利用高温热二次风实现浆液的彻底干燥，干燥粉尘气力输送、均匀掺混进入烟道，由除尘器收集。
- ❖ “零”：水进入烟囱，固进入灰库



## 龙源环保脱硫废水零排放技术方案（水量小于5t/h/台炉项目）



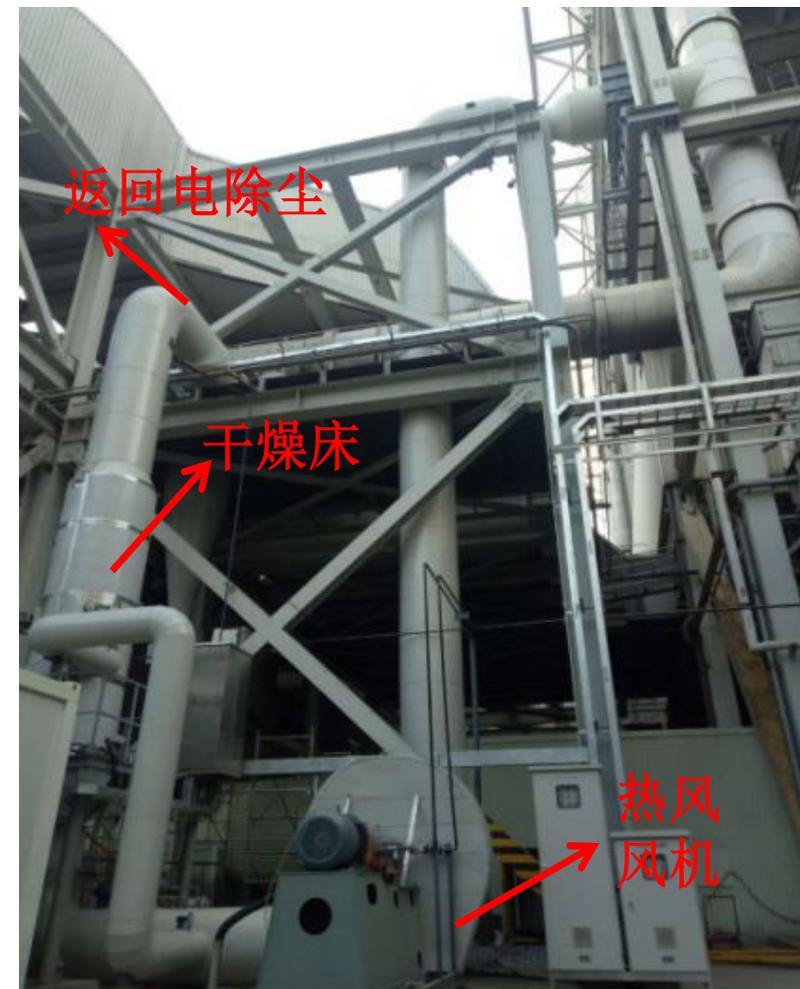
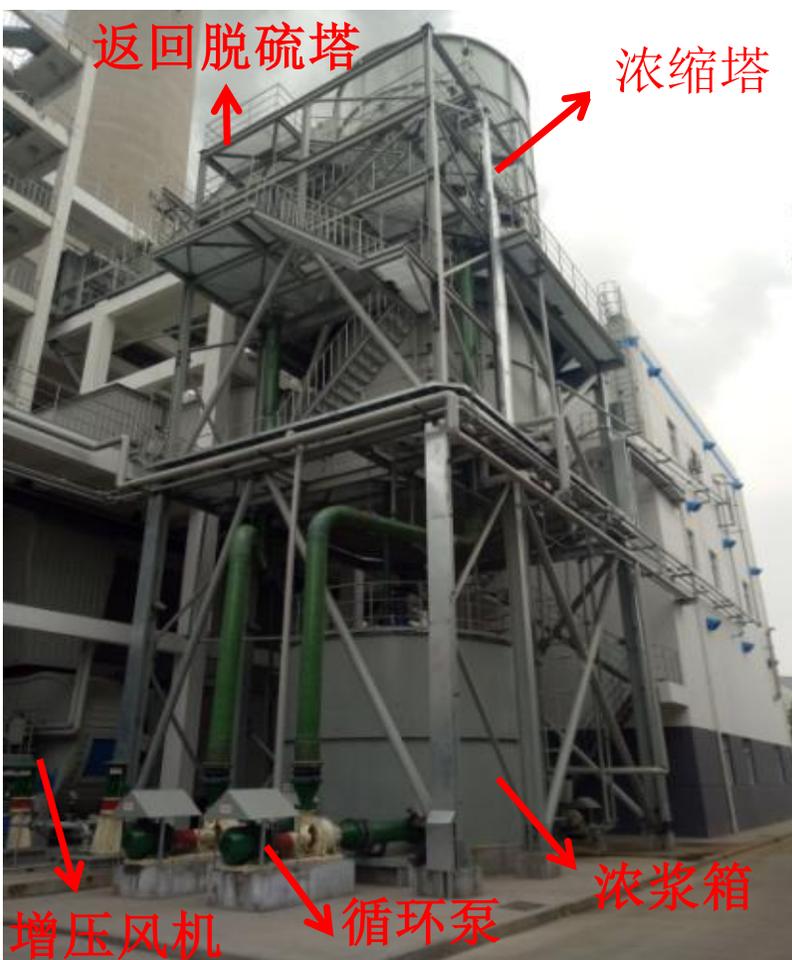
- ❖ 废水经澄清浓缩池后直接送至干燥床进行干燥；
- ❖ 无浓缩、加药，系统简约；
- ❖ 利用高温热二次风，设置多套干燥床系统，集中干燥处理废水；
- ❖ 适用于废水量小于5t/h/台炉的项目；
- ❖ 水量介于5~6t/h/台炉的项目，可根据需要选择浓缩预处理单元。

2-干燥单元

1-原水单元



# 泰州电厂2#机组（1000MW）15t/h脱硫废水零排放装置

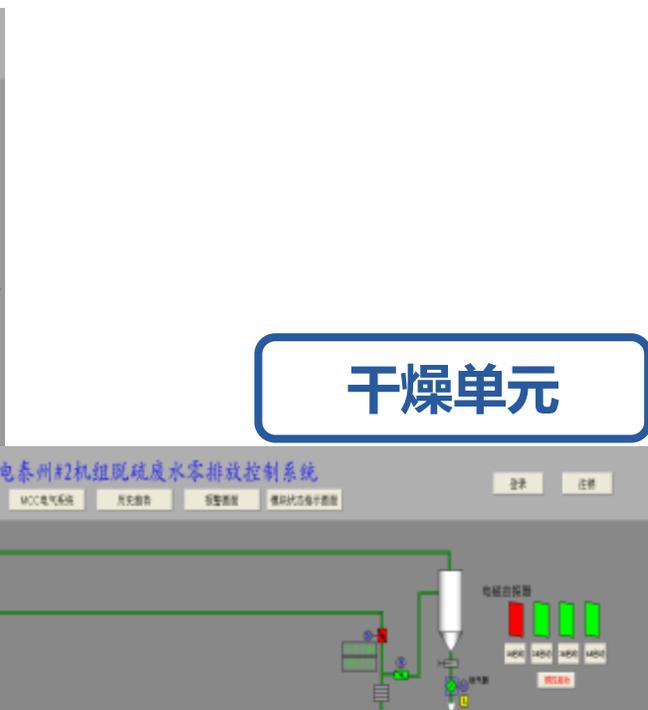
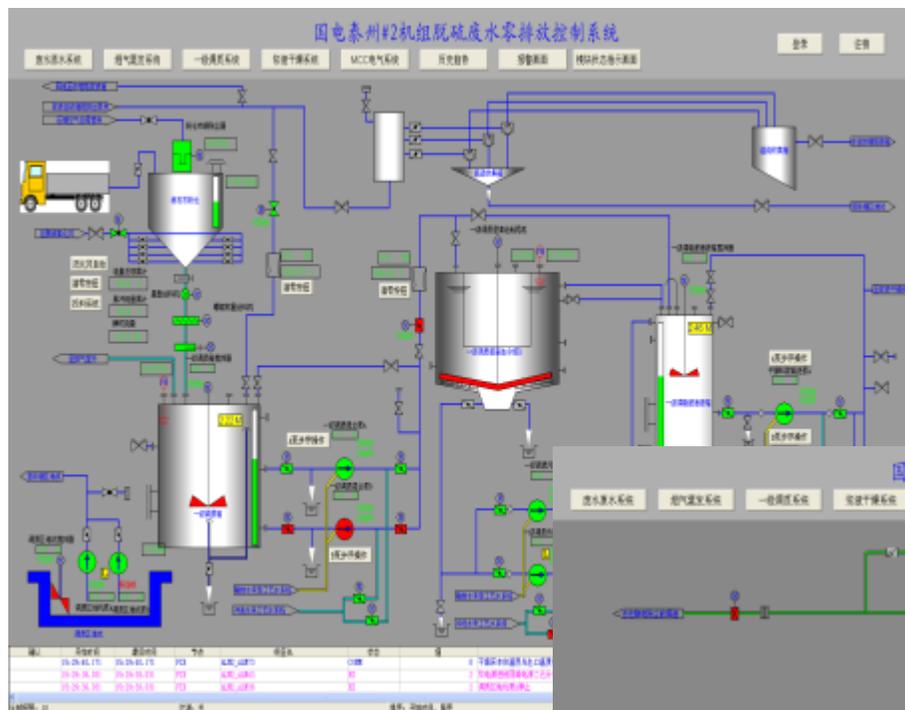
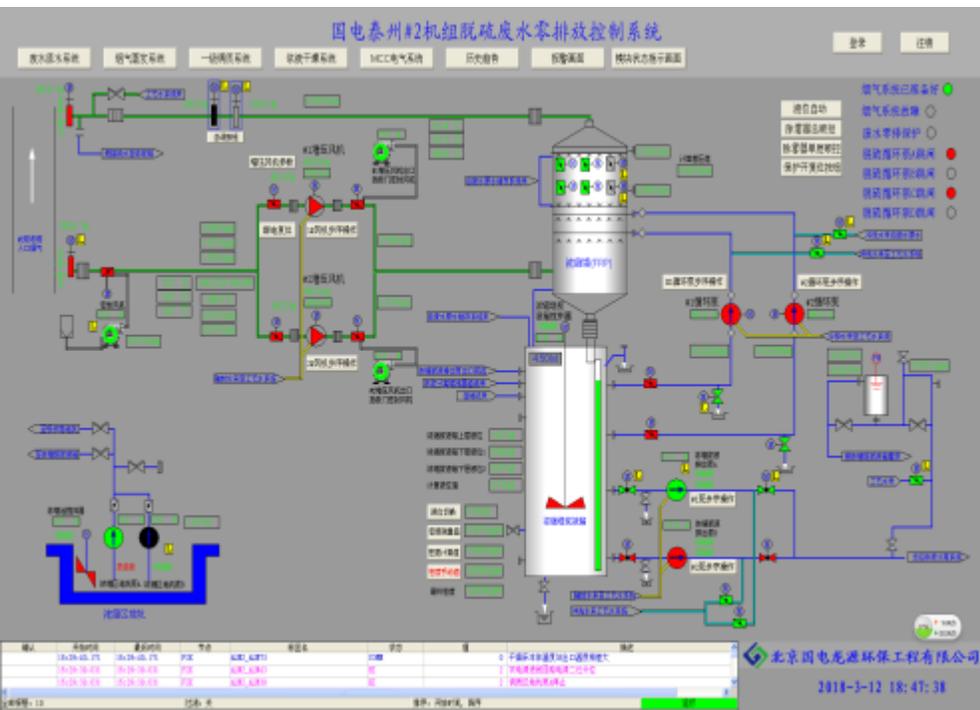


浓缩单元

调质单元

干燥单元

# 泰州电厂2#机组（1000MW）15t/h脱硫废水零排放装置



浓缩单元

调质单元

干燥单元

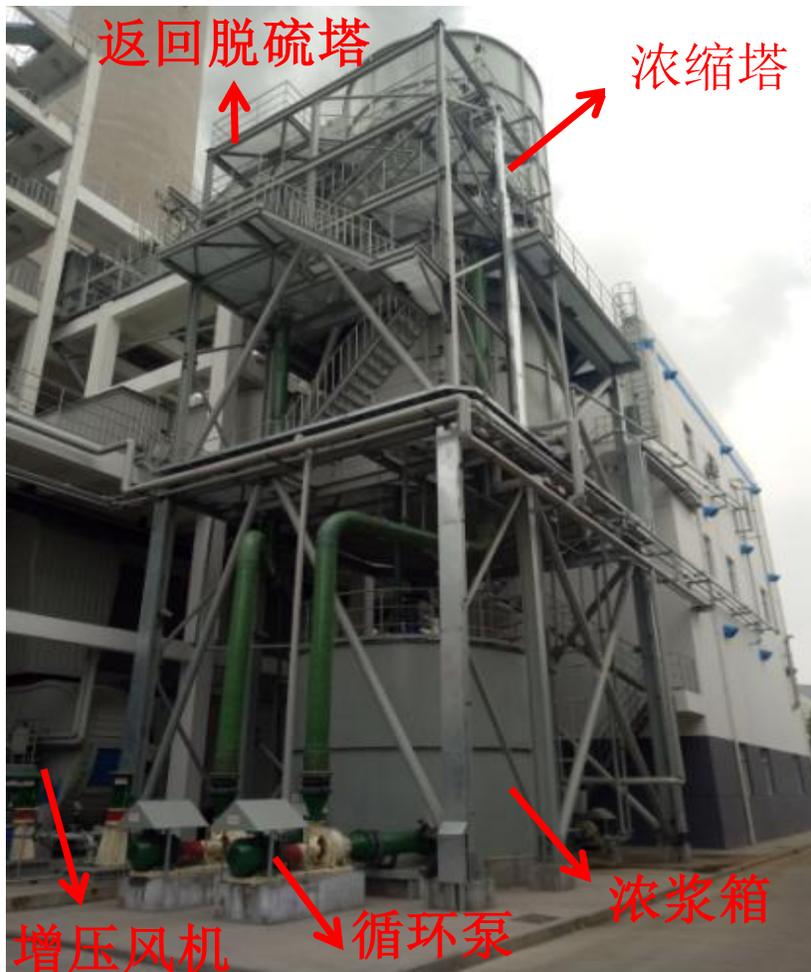
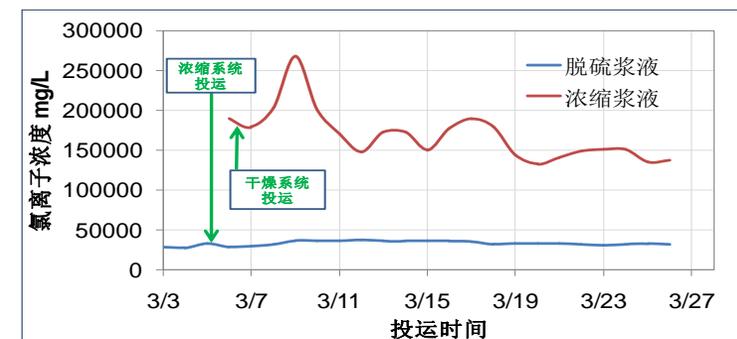


# 泰州电厂2#示范工程实施案例及适用说明

## 浓缩单元

基于大量工程经验和中试研究，研制可靠稳定的浓缩“利器”，低品位热源的科学利用实现“低成本、高浓缩倍率”

- ❖ 设计抽取原烟气量360000Nm<sup>3</sup>/h，设计废水蒸发量15t/h，设置2台增压风机、2台循环泵，对脱硫超低排放无影响
- ❖ 占地面积约400平，布置于脱硫吸收塔入口烟道附近，1台炉设置1套

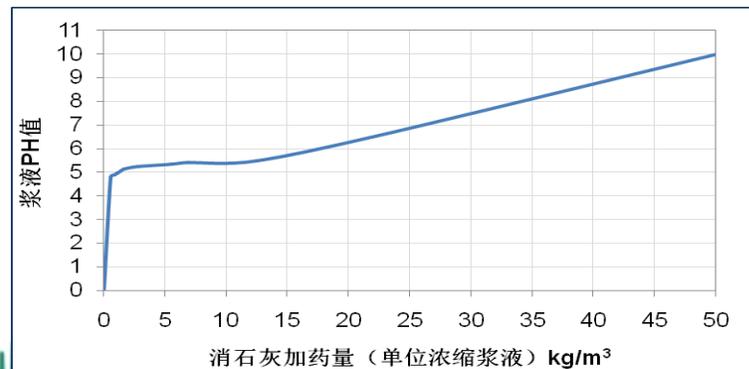


# 泰州电厂2#示范工程实施案例及适用说明

## 调质单元

源于科学的技术路线思考，最经济、简便的中间处理技术。

- ❖ 设置1座调质箱、1座澄清池、1座滤清液箱、1座消石灰粉仓；
- ❖ 占地面积约150平，可在泵的合理输送范围内灵活布置，宜近现有废水处理车间，利旧原废水车间压滤机出泥，泥量不增加
- ❖ 仅消耗少量消石灰作为药剂，**实现加药低成本**；
- ❖ 可2台或多台炉公用1套

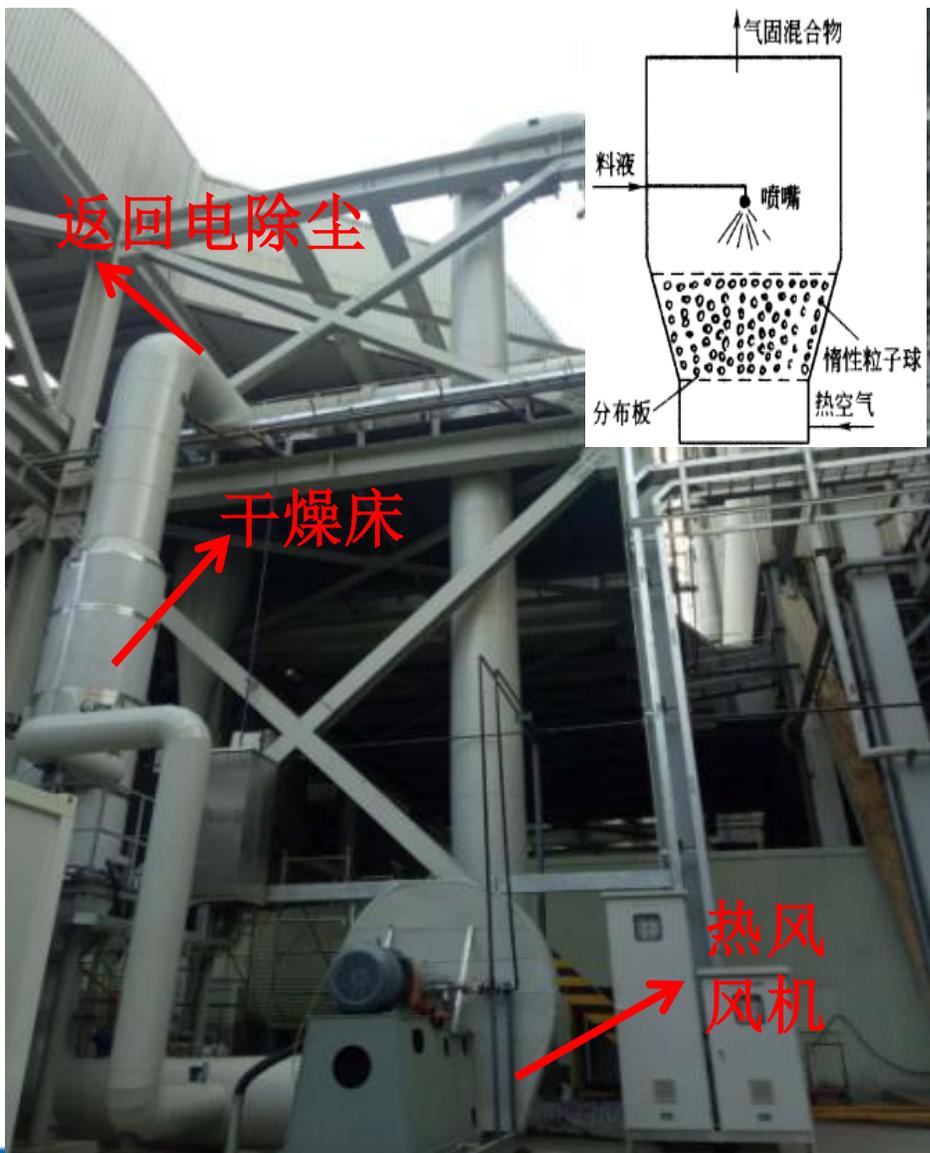


# 泰州电厂2#示范工程实施案例及适用说明

## 干燥单元

专门针对脱硫废水研制的干燥设备，高效、稳定的同时，将高品位热源耗量降至最低，最大限度降低对机组煤耗影响，干燥后固体物连续均匀掺混进入灰库综合利用。

- ❖ 设置1座干燥床，设计出力1t/h，设计抽取二次风量9000Nm<sup>3</sup>/h，设置二次风增压风机1台
- ❖ 干燥后固体物气力输送，连续、均匀掺混进入除尘器前烟道并捕捉进入灰库。运行期间，未发现对除尘器工作影响。运行期间粗、细灰库化验，平均氯含量分别为：0.027%~0.064%，电厂粉煤灰出厂化验合格（3月2日、9日、16日报告）。



# 项目验收

## “低成本脱硫废水零排放关键技术研究” 项目验收意见

2018年3月30日,国家能源集团在江苏泰州组织召开了北京国电龙源环保工程有限公司、国电江苏电力有限公司和国电泰州发电有限公司等

“低成本脱硫废水零排放关键技术研究”项目验收会,听取了项目承担单位的工作汇报,进行了质询、讨论,形成验收意见。

一、资料齐全、完整  
二、完成了预定研究

1、项目研发的新型脱硫废水零排放技术,采用低温烟气余热对浓缩浆液干燥,固体进

2、开发了浓缩、调质设备,形成了系统集成技术

3、在国电泰州发电工程应用,运行实践表明,技术和设备具有优异的性能

4、申请专利12项  
三、创新性地提出了

的技术路线,系统简洁、工艺合理、运行可靠,实现了低成本废水零排放。

专家组同意该项目通过验收,建议进一步完善、加强推广。

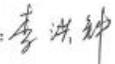
专家组组长:

2018年3月30日

2018年3月,在泰州召开了“低成本脱硫废水零排放关键技术研究”项目验收会,与会专家一致认为,该技术创新性地提出了低品位热源浓缩、高品位热源干燥的技术路线,系统简洁,工艺合理,运行可靠,实现了低成本废水零排放。



# 技术鉴定

鉴 定 意 见	<p>2018年5月4日,中国环境保护产业协会在北京组织召开了“大型燃煤电站低成本脱硫废水零排放关键技术及应用”成果鉴定会。与会专家听取了研发单位的汇报,观看现场运行视频,审阅了相关技术资料。经质询和讨论,形成如下意见:</p> <p>一、提供的资料齐全,内容翔实,符合鉴定要求。</p> <p>二、该成果针对燃煤电厂脱硫废水零排放的环保需求和低成本运行的经济需求,开发了具有自主知识产权的大型燃煤电站低成本脱硫废水零排放关键技术,并实现了工程化应用。</p> <p>三、主要创新点:</p> <p>1、提出具有显著节能特征的“废水余热浓缩减量结合二次风干燥蒸干”工艺流程。充分利用电厂废弃低温烟气余热实现高含盐废水浓缩减量,并利用少量电厂二次风对浓缩后废水进行蒸发干燥。在国电成都金堂发电有限公司、国电泰州发电有限公司的工程应用表明,脱硫废水可浓缩减量80-90%,浓缩后总含盐量达到<math>50 \times 10^4 \text{mg/L}</math>。</p> <p>2、首次利用惰性载体流化床干燥高含盐(最高达到<math>80 \times 10^4 \text{mg/L}</math>)脱硫废水,蒸发后固体呈粉末状,避免了结块,动态输送至除尘器前烟道,与粉煤灰均匀掺混,实现同步综合利用。</p> <p>3、浓缩塔采用碳化硅空心喷嘴,解决了堵塞问题;对于塔器、容器、阀门、管道、转动部件等位置,采取了不同的防腐措施。</p> <p>4、废水中的水以水蒸气形式进入脱硫塔前烟气中,降低了后续脱硫塔的运行水耗,实现了水资源回收利用。</p> <p>综上所述,该成果具有综合利用电厂余热、运行稳定,占地面积小等特点,为脱硫废水零排放提供一种低成本、环保节能的工艺技术和装置,达到国际领先水平。</p> <p>建议:</p> <p>进一步优化装置结构和工艺参数,加快该成果在燃煤电厂脱硫废水治理领域的推广应用。</p> <p style="text-align: right;">主任委员: </p> <p style="text-align: right;">日期: 2018年5月4日</p>
------------------	--

2018年5月,在北京召开了“大型燃煤电站低成本脱硫废水零排放关键技术及应用”鉴定会,专家组认为,该技术具有综合利用电厂余热、运行稳定、占地面积小等特点,为脱硫废水零排放提供了一种低成本、环保节能的技术和装置,达到了国际领先水平。



## 成本分析

运行成本：泰州2#机组脱硫废水零排放装置成本及物耗（平均每小时处理废水量12t）

运行成本	单位	耗量	单价/元	总成本/元
电耗	KW	723	0.4	289.2
消石灰	t/h	0.05	800	40
热二次风	Nm <sup>3</sup> /h	9000	0.006	54
折合吨水处理成本 32 元				

基于对废水零排放的科学理解，基于脱硫系统、电厂热力系统、电厂运行全方面的深厚功底——低成本，高质量。

- ❖ 建设成本：比现有市场技术降低约40%，建得起。
- ❖ 运行成本：仅消耗电能和少量消石灰，用得起。



1

公司基本情况介绍

2

脱硫废水特点及排放现状

3

龙源环保脱硫废水零排放技术

4

合作模式



## 多合作方式

### ❖ 脱硫废水零排放EPC模式

招投标执行，建设完成后电厂运维。

### ❖ 脱硫废水零排放B00模式

专业化运维，按设计基准水量执行，建设、运维打包。

### ❖ 脱硫+脱硫废水零排放B00模式

脱硫废水零排放与脱硫系统息息相关，如脱水运行、原废水车间运行，统一考虑更好。

### ❖ 全厂废水零排放B00模式

专业单位进行梯级利用，难处理废水一并集中处理，一体化解决全厂废水零排放问题。



# 绿色使命 责任环保

