



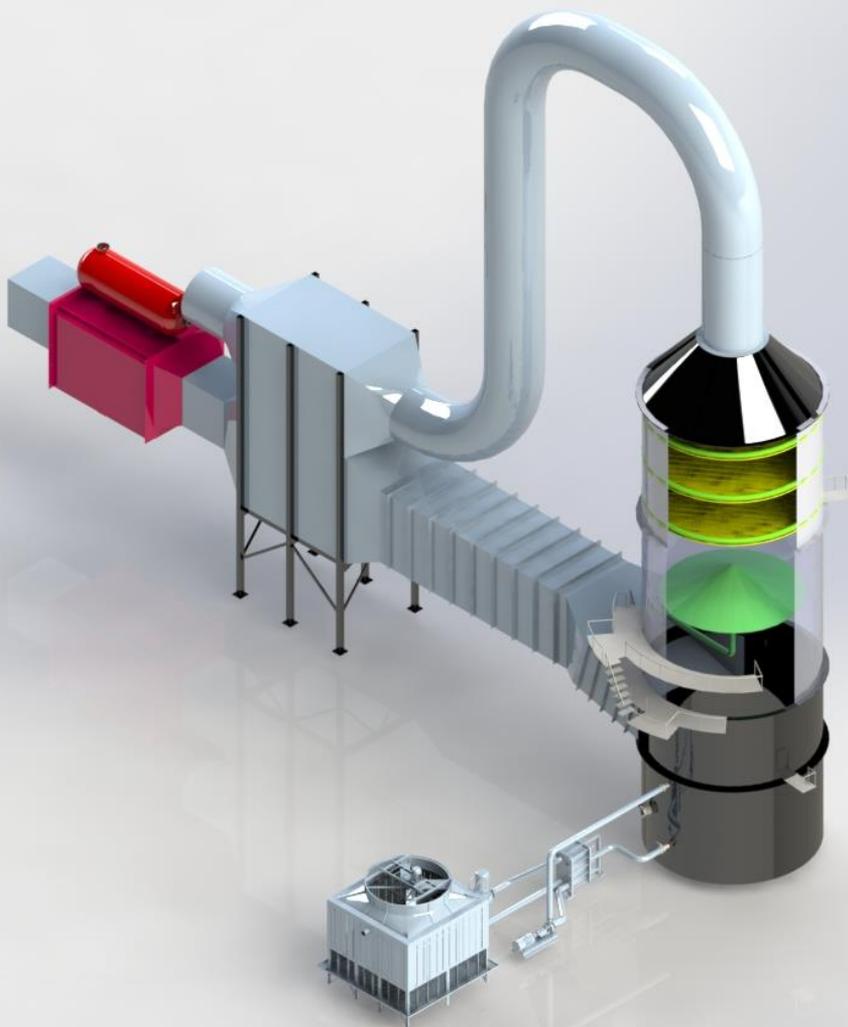
创元热能 发明 共赢

金露系统

烟气脱白 · 低温余热回收 · 紊流场过滤

【 降温冷凝和过滤除湿是湿法脱硫烟气脱白的最根本途径，国内首创的“金露系统”创新并集成余热回收、降温再热、除湿除尘等多种技术，最终实现“有收益的环保”。 】

烟台创元热能科技有限公司





企业简介

Company Profile

● 秉承“发明共赢”理念，提供高能效的烟气治理技术和工程总承包服务

筹备三年的烟台创元热能科技有限公司于2003年成立，坐落于美丽的滨海城市烟台海阳市，注册资本6000万元，占地118亩，创业十多年来专注烟气余热回收和高能效环保治理。

2012年与山东融世华租赁公司合作设计安装了国内第一套无缝钢管环形炉余热发电系统。2014年与山东钢铁合作发明并实施了国内第一套余热回收和脱硫脱硝一体化示范项目，通过节能收益对环保成本的覆盖首次实现“有收益的环保”。得到省环保厅等部门的肯定和支持。

历时三年时间与山东钢铁、山东大学威海校区合作，研究白汽成因和消除机理，开创性地提出烟气“白度”概念并分级，最终研发成功国内首创的金露烟气脱白暨余热回收系统技术。它集成余热回收、降温、过滤、再热和控制等技术和装置，可对不同炉型和烟气提出最高能效解决方案。在明显淡化甚至消除烟羽的前提下，大大降低运行功耗和节约脱硫工艺水，实现“有收益的环保”。



一、有色烟羽

Colored Plume

湿法脱硫后的石膏雨或有色烟羽主要是烟气中气态水凝结形成，与自然界露、雾现象类似。雾状水汽会因天空背景色和天空光照、观察角度等原因发生颜色的细微变化，形成“有色烟羽”，通常为白色、灰白色或蓝色等颜色。

湿法脱硫需要大量的水，主要用于汽化加湿、降温和吸收 SO_2 （每10万 Nm^3 烟气降温 10°C 需要消耗0.6t水）三方面作用。烟气吸纳水的能力有限，即饱和度，烟气饱和后喷水不再汽化也几乎不再降温。烟气排放后迅速降温，饱和度降低，大量水冷凝，另外常规除雾器效率低时，雾滴也会随烟气排放至大气造成白汽现象加重，消耗大量脱硫工艺水。

烟气中的白汽不仅感观较差而且含有颗粒物、脱硫产生的盐等未脱除的有害物质。



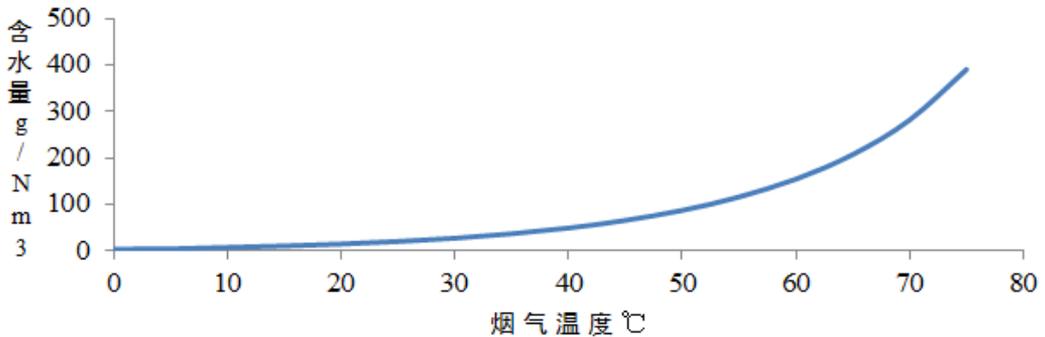


烟气湿度与白度

Humidity and Whiteness

烟气温度越高吸纳水气的能力--饱和度越高，而且远高于温度升高速度。湿法脱硫的高温饱和烟气遇到冷空气，温度降低饱和度降低，导致大量水冷凝。

烟气温度与饱和含水量关系表



烟气白度（透明度）与烟气-环境温差、环境温度、湿度有关。经创元能效设计室的长久观察研究，对烟气白度进行量化定义：

脱硫烟气冷凝及白度/透明度表 (g/Nm³)

排放温度 (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
35	33.27	32.61	29.36	26.29	22.19	16.73	9.51	0
40	45.75	45.09	41.84	38.77	34.67	29.21	21.99	12.48
45	62.16	61.5	58.25	55.18	51.08	45.62	38.4	28.89
50	83.74	83.08	79.83	76.76	72.66	67.2	59.98	50.47
55	112.48	111.82	108.57	105.5	101.4	95.94	88.72	79.21
60	150.98	150.32	147.07	144	139.9	134.44	127.22	117.71
65	203.78	203.12	199.87	196.8	192.7	187.24	180.02	170.51
70	277.98	277.32	274.07	271	266.9	261.44	254.22	244.71

举例：1Nm³烟气在70 °C排放时，在20°C环境中会冷凝析出266.9g水。此时烟气白度非常高。

二、相关标准

Standards

2017年6月6日，上海市环境保护局印发《上海市燃煤电厂石膏雨和有色烟羽测试技术要求（试行）》的通知，执行地方大气污染物排放标准，规范燃煤电厂环保设施运行。

2017年8月28日，浙江省环保厅发布了浙江省强制性地方环境保护标准《燃煤电厂大气污染物排放标准》，标准要求：位于城市主城区及环境空气敏感区的燃煤发电锅炉应采取烟温控制及其他有效措施消除石膏雨、有色烟羽等现象。

同年10月21日，天津市环保局印发了《关于进一步加强我市火电、钢铁等重点行业大气污染深度治理有关工作的通知》；同要求“燃煤发电锅炉应采取烟温控制及其他有效措施消除石膏雨、有色烟羽等现象”，并将《石膏雨和有色烟羽定义》作为附件随文印发。

与此同时，其他省份也在加紧制定大气污染物排放地方标准。即通过采取相应技术降低烟气排放温度和含湿量，收集烟气中过饱和水蒸汽中水分，减少烟气中可溶性盐、硫酸雾、有机物等可凝结颗粒物的排放。

附件

上海市燃煤电厂石膏雨和有色烟羽测试 技术要求 (试行)

- 1 -

1 适用范围

本技术要求规定了燃煤电厂石膏雨和有色烟羽测试的一般性原则、内容、程序、方法和结果评估。

本技术要求适用范围参照《燃煤电厂大气污染物排放标准》(DB31/963-2016)。采取烟气加热或烟气冷凝再热技术的燃煤电厂可免于测试但不得无故停运相关设施，其中，采取烟气加热技术的，正常工况下排放烟温应持续稳定达到75℃以上，冬季（每年11月至来年2月）和重污染预警启动时排放烟温应持续稳定达到78℃以上；采取烟气冷凝再热技术且能达到消除石膏雨和白色烟羽同等效果的，正常工况下排放烟温必须持续稳定达到54℃以上，冬季和重污染预警启动时排放烟温应持续稳定达到56℃以上。同时，企业可以安装摄像头监控烟囱烟羽，在确保不见有色烟羽时适当降低排放烟温，并固定每小时的第15分钟、30分钟、45分钟及整点拍照留档一年备查，视频资料保存一年备查。采用其它技术的，经专家评估达到消除石膏雨和白色烟羽同等效果的，也可免于测试但不得无故停运相关设施。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本技术要求的引用而成为本规范的条款。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB 16157 固定污染物排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

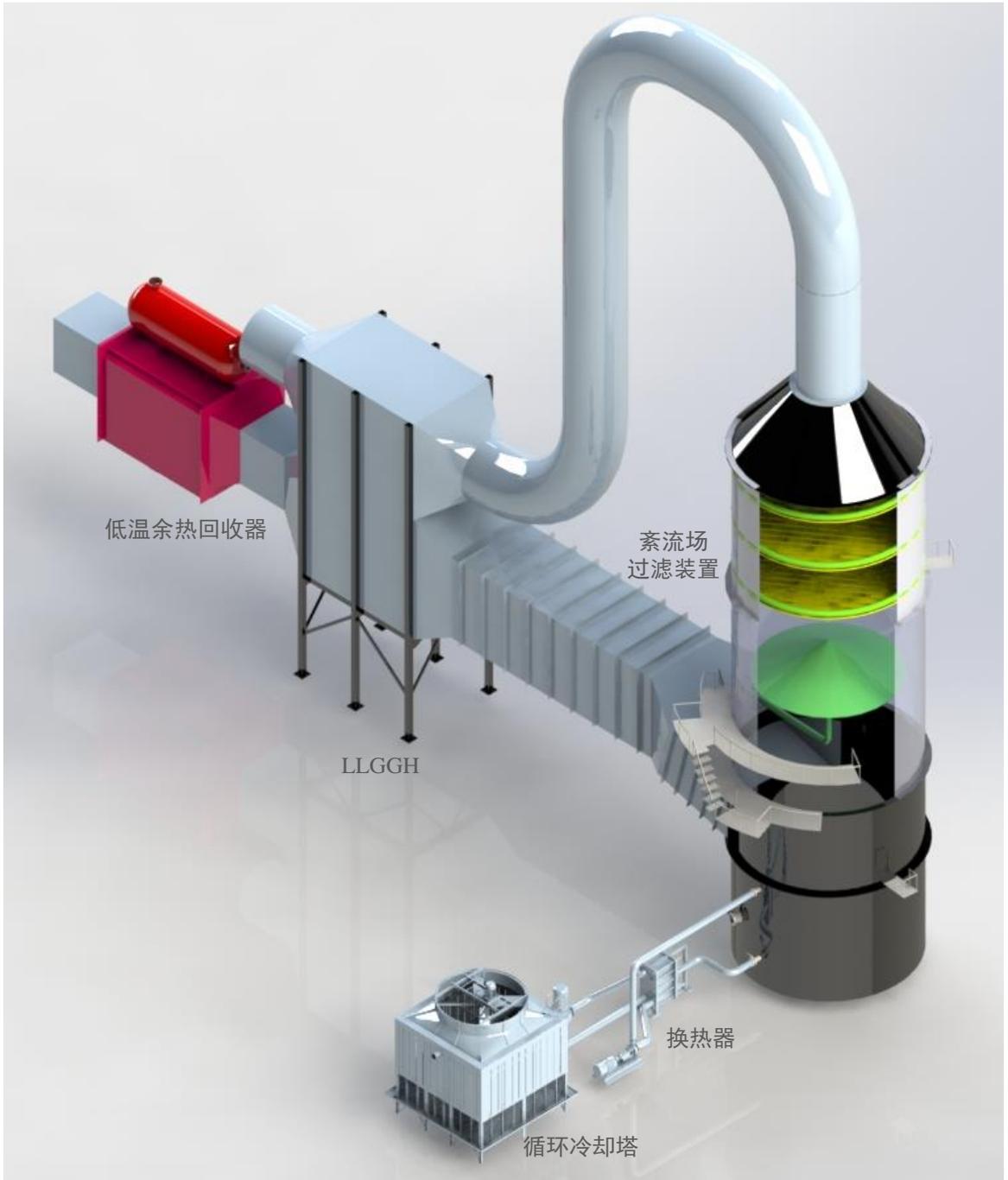
HJ 664 环境空气质量监测点布设技术规范(试行)

- 5 -



三、金露™系统

Gold Dew System



烟气“脱白”暨余热利用

Colored Plume Elimination & Residual Heat Recovery

“金露”原理

Gold Dew Principles

烟气“脱白”即除湿的过程。气态水无法与烟气分离，须先将烟气降温使水冷凝析出进行捕捉过滤再排放。降温过程产生的热量可以通过尾气再热、冷却塔散热释放，最优的方案则是采用我公司独家研发的低温余热回收技术进行余热回收创造节能收益。

● 降温冷凝 | 低温烟气余热回收+塔外冷却

利用低温余热回收器代替喷淋降温，同时对脱硫循环液进行降温进一步降低烟气温度和饱和度，减少脱硫过程烟气含水率。

● 除雾除尘 | 紊流场过滤

优化塔内除雾装置，最大程度拦截烟气携带气溶胶，可控制颗粒物低于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，配合在线冲洗装置防止堵塞，保证烟气排放通畅。对控制氨法脱硫气溶胶尤其有效。

● 排烟升温 | LLGGH

烟气直接排放，低温余热回收器可以对锅炉补水预热；如果烟气回原烟囱，则利用另一台烟气升温换热器组成LLGGH（分离式低低温烟气再热器）将回收的余热用于烟气再热。

系统特点 Advantage

● 消除白汽

通过多次的烟气余热回收、降温和独家的紊流场过滤对液滴和粉尘捕捉，“除湿脱白”。

● 节能增效

在满足烟气脱白的基本要求下，充分地利用低温烟气余热，产生节能收益抵消新增环保设备和运行的成本。

● 节约用水

通过余热回收和GGH减小蒸发降温用的工艺水消耗，每 $10\text{万Nm}^3/\text{h}$ 烟气节约 $3\text{-}5\text{t/h}$ 水。

● 超低功耗

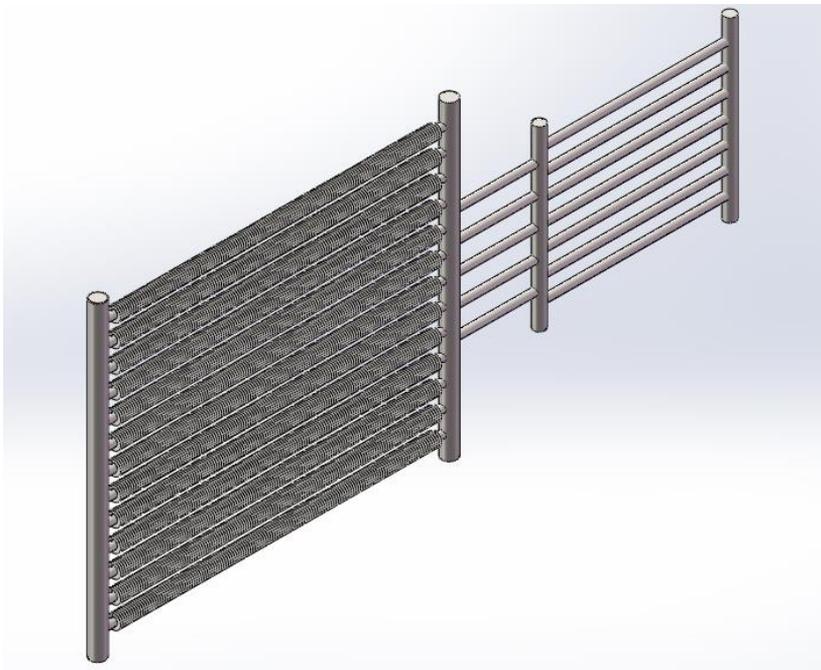
换热器、循环和紊流场过滤装置均采用低阻力设计并对通风系统进行CFB模拟，特别是紊流场过滤装置无电力消耗，除雾效率远高于离心原理的普通除雾器。



1. 低温余热回收器

Thorough Energy-saving

脱硫前烟气含有大量低品位余热，若加以利用不仅减小脱硫工艺水的消耗，而且可以创造节能收益。公司在十五年余热回收的技术和经验积累的基础上，开发了专用于低温烟气余热回收的模块化换热器。



工艺简介 Technology Introduction

将低温余热回收器安装于脱硫塔前，降低入塔烟气温度，回收烟气余热。几乎可以用于任何低温烟气的场合满足低品位热用户的需求。

对于热电锅炉，可将 $120\sim 150^{\circ}\text{C}$ 低温烟气余热降温至 90°C 左右，为锅炉除氧水预热，节约高品位蒸汽；也可以用于预热空气提高燃烧效率。

对于焦炉烟气，可将余热锅炉后 $160\sim 200^{\circ}\text{C}$ 低温烟气余热降温至 130°C 左右，生产 130°C 高温饱和水用于化产车间蒸氨热源代替50%以上蒸氨用蒸汽。

对于天然气锅炉可以将烟气降温至 60°C 预热锅炉给水，热效率提升3%以上。

核心技术

Core Technology

- 可修复热管
- CO₂法真空
- 模块化隔断
- 高强度框架
- 无热损包装



全面的能效

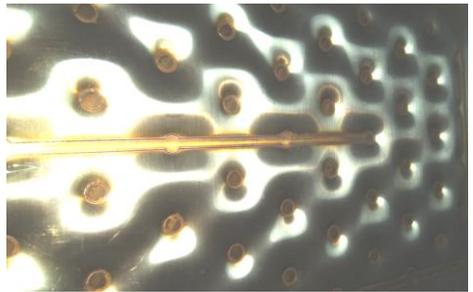
Energy efficiency

- 每10万Nm³/h烟气降10℃，可回收余热30万kcal以上，折合45kgce（千克标准煤）或0.5t饱和蒸汽。
- 低阻力设计相比一般列管省煤器阻力小30%。
- 得益于丰富的制造经验和模块化结构，供货周期最短10天。
- 拥有ND钢、316L、2205、316Ti等15种材质选择和成熟可靠的焊接制造技术，可为几乎所有烟气提供合适的材质和设备。
- 对于确定的使用环境，可以承诺使用寿命和节能效果；并提供合同能源管理服务。
- 终身提供售后服务，免费提供保养和能效提升建议。



2. LLGGH

Low-Low Temperature Gas Gas Heater



工艺简介

Technology Introduction

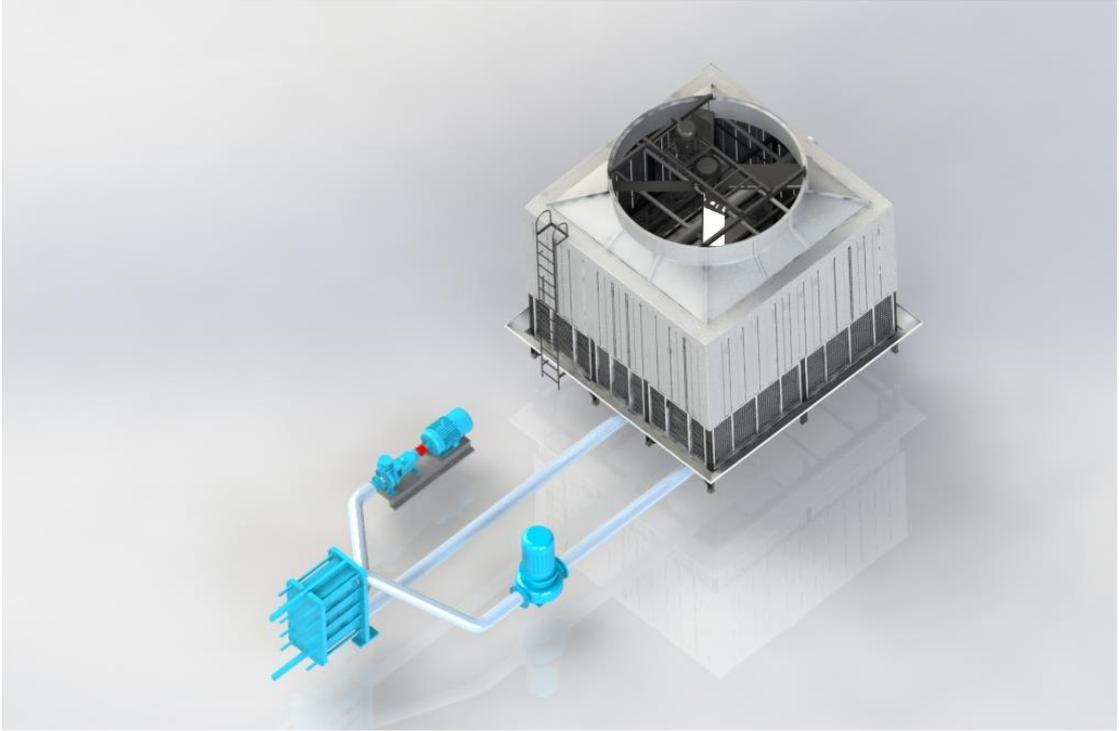
LLGGH为创元独家研发新型低低温烟气再热器，拥有管式和国内首创的板式换热结构灵活应对各种场合。克服了传统GGH易结垢堵塞、传动部位易故障、特别是漏风缺陷，无直接电耗、低运行成本。

产品优势 Advantage

- 不漏风
- 运行阻力小
- 模块化设计和多种换热结构，安装灵活
- 最高再热温度达120℃，可回混凝土烟囱排放

3. 塔外循环冷却

Circulating Cooling Outside



工艺简介

Technology Introduction

塔外循环冷却实现烟气二次降温，塔外循环冷凝系统置于脱硫塔脱硫反应层上方，替代传统的喷淋降温形式，降低烟气含水率，实现烟气脱硫塔内冷凝。

系统组成

System Composition

- 循环泵
- 换热器
- 循环冷却塔
- 管道

技术优势

Advantage

- 换热器不腐蚀不易堵
- 适用各种脱硫的烟气终冷
- 不产生二次污染



4. 紊流场过滤装置

Turbulent Flow Field Filtration

工艺简介

Technology Introduction

紊流场过滤为专用于湿法脱硫尾气高效除湿和除尘，为创元独家研发。采用复合滤料，改变烟气的流动场状态，使粉尘与水滴充分结合，利用过滤、吸附两种方式将烟气中的水滴及微小水雾阻挡下来、对烟气中所裹挟固体颗粒物高效截留。

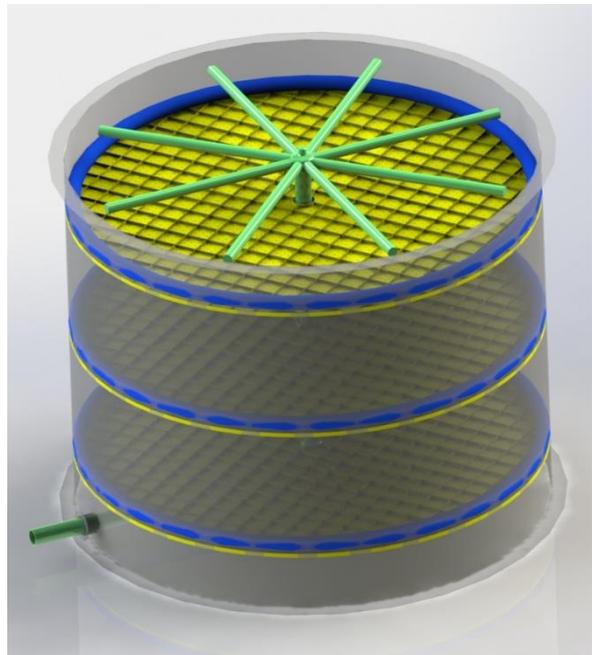
系统组成

System Composition

- 初级过滤器
- 精密过滤器
- 在线清洗装置
- 监测系统

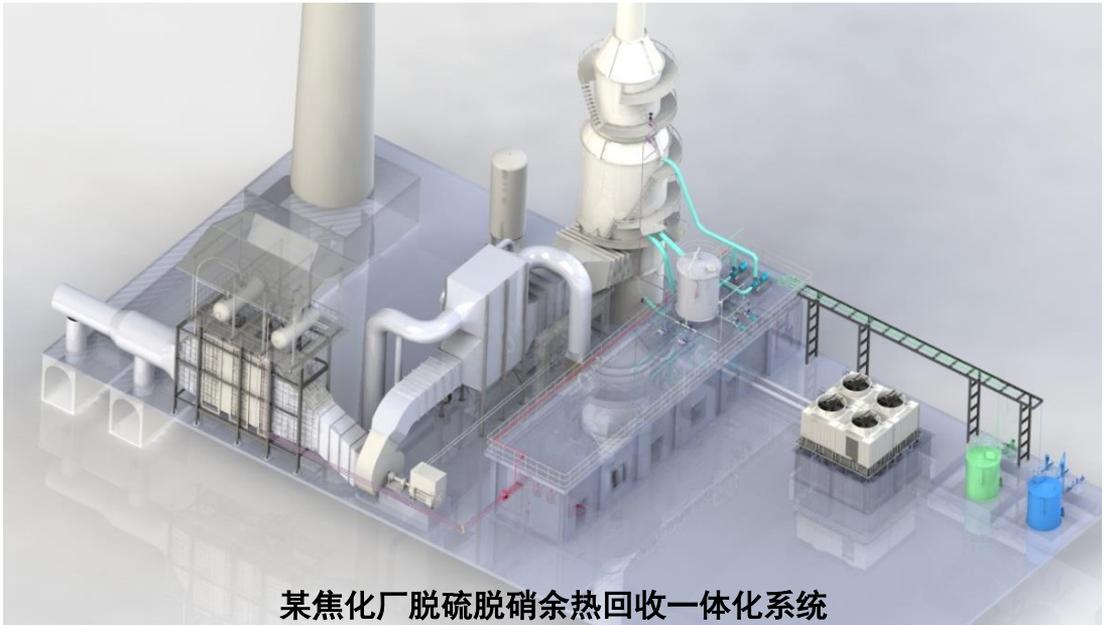
技术优势 Advantage

- 可替代湿式电除雾器
- 无电力消耗，低运行成本
- 投资成本仅为湿电的1/3
- 解决排烟“白雾”现象



四、工程案例

Project Case



金露™系统运行前后对比

博睿检测 Boopu Testing

检测报告

报告编号: 2017年博睿 第1963号 第2页,共2页

去除尘排放检测结果

采样日期	点位	检测项目	测定浓度(mg/m ³)
2017.05.31	排筒出口	低浓度颗粒物	7.35
		二氧化硫	<3
		氮氧化物	143
		以下空白	

检测结果:

- SO₂ <3mg/Nm³
- NO_x 143mg/Nm³
- 颗粒物 7.35mg/Nm³

出口
低浓度颗粒物: 山东省固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法
检测依据
DHS3771-2013-2014
二氧化硫: 固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法 HB 629-2011
检出限 3mg/m³
氮氧化物: 固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法 HB 692-2014

备注 无

地址: 山东省淄博市高新区柳园路125号院内博睿产品检测部1701室 电话: 0533-8170917



四、工程案例

Project Case

运营成本			
耗材		耗量/单价	单位
电	355	0.70	元/kWh
		597	万kWh/a
除盐水	60	6.00	元/t
		10	万t/a
氨水	28	100	元/t
		2803	t/a
人工	40	40	万元/a
双氧水	128	980	元/t
		1305	t/a
液氧	75	680	元/t
		1100	t/a
维修折旧	105	万元，按造价5%	
小计		791万元/a	

节能收益			
产品		产量/单价	单位
蒸汽	1043	140	元/t
		7.45	万t/h
硫铵	62	550	元/t
		141	kg/h
小计		1105万元/a	

“有收益的环保”	
节能收益	1105万元
环保投入	791万元
综合收益	314万元
年产量	74.6万t
吨焦收益	4.2元
SO ₂	<3mg/Nm ³
颗粒物	7.35mg/Nm ³

高节能收益-低环保成本= “有收益的环保”

五、共同发展

Joint Development

我们专注低温烟气换热，坚持研究和创新，与志同道合的伙伴成立烟台创元能效设计室，为行业用户提供高效率的余热回收、烟气脱白、脱硫等治理的技术咨询、设计和工程承包。

合作单位



中国计量大学



山东大学威海校区



山东融世华租赁有限公司



山钢股份济南分公司



杭州锅炉集团股份有限公司

出于对节能环保事业的热爱和对创新的信仰，我们相信通过与志同道合的伙伴精诚合作，共同努力，定能一起开创节能环保行业的美好明天。

创元热能 发明 共赢

工厂地址：山东省烟台市海阳郭城工业园

能效设计室：烟台市芝罘区大海阳路7号

三水大厦6#楼1905（烟台站对面）

公司网址：www.cyrn.cn

公司邮箱：ytcyrn@126.com



烟台创元热能科技有限公司