

附件

煤炭和电力行业 典型案例

目录

(一) 煤炭行业.....	1
案例一：皮带式光电智能干选机.....	1
案例二：脱稳耦合平板膜法矿井水零排放集成装备.....	3
案例三：煤矿疏干水再利用技术.....	5
案例四：矿山生产生活废水处理及利用工艺.....	7
案例五：矿井水资源化综合利用技术.....	9
案例六：矿物高效分离装备.....	11
(二) 电力行业.....	13
案例一：褐煤发电机组节水技术.....	13
案例二：燃煤火力发电厂全厂零排放智慧水网.....	16
案例三：火电脱硫废水旁路烟气蒸发零排放技术.....	18

(一) 煤炭行业

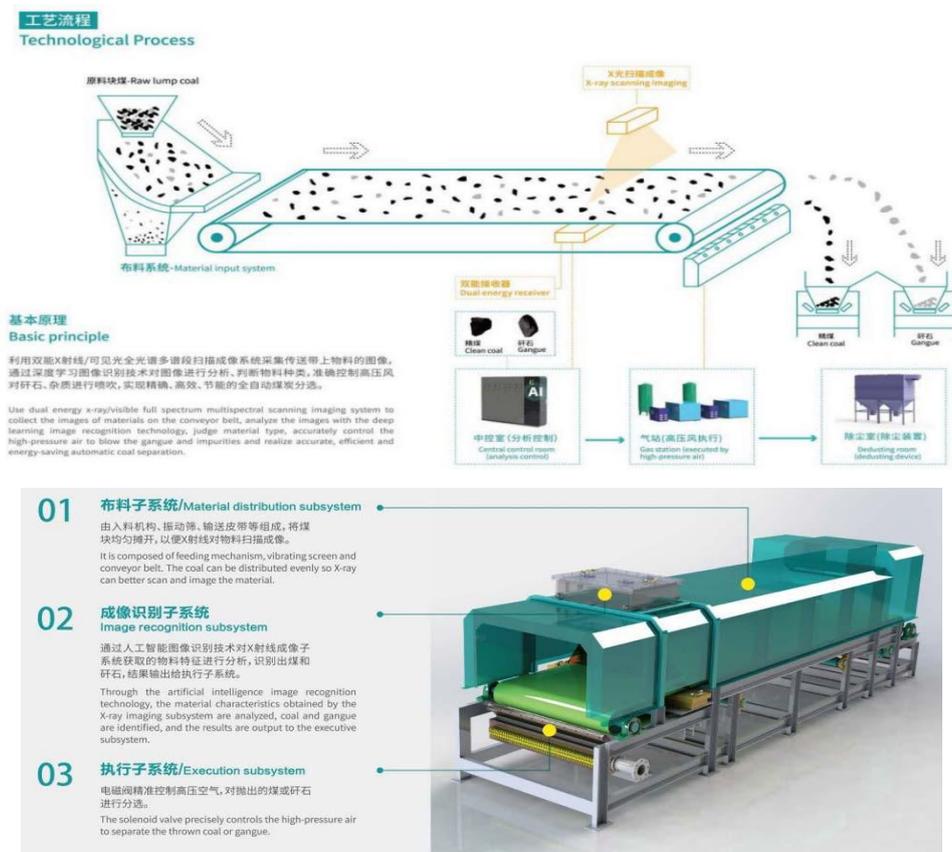
案例一：皮带式光电智能干选机

1.技术适用范围

适用于煤炭行业用水管理。

2.技术原理及工艺

利用双能X射线/可见光全光谱多谱段扫描成像系统，采集传送带上物料的图像。通过深度学习图像识别技术进行分析、判断物料种类。利用高效气选执行系统，控制高压风，对矸石、杂质进行喷吹，实现精确、高效、自动煤炭分选。



皮带式光电智能干选机工艺流程图

3.技术指标

- (1) 可处理30~600毫米原煤。
- (2) 排矸率达95%以上，矸中带煤率小于2%。
- (3) 处理量达55~320吨/小时。

4.技术特点及先进性

- (1) 采用可见光全光谱成像技术，采集物料表面纹理信息，对图像识别系统进行分析处理，获取的物块射线特征信息进行分析。
- (2) 分选精度高，煤种适应性强，智能化程度高。

5.应用案例

项目名称：淮南矿业有限公司的张集选煤厂皮带式光电智能干选机项目

项目概况：对年处理 760 万吨煤量的选煤线，实施皮带式光电智能干选机改造。矿井来煤由给煤机送至皮带，带式输送机将煤转运至动筛车间分级，筛上块煤送至智能干选系统，经振动布料器布料，进入皮带式光电智能干选机分选，将煤和矸石分别输送各自带式输送机，筛下末煤送至末煤皮带。项目投资 1327 万元，年节水约 10 万立方米。

6.推广前景

该技术属于研发类，阶段性成果具备节水潜力，可带来较好的社会经济效益。

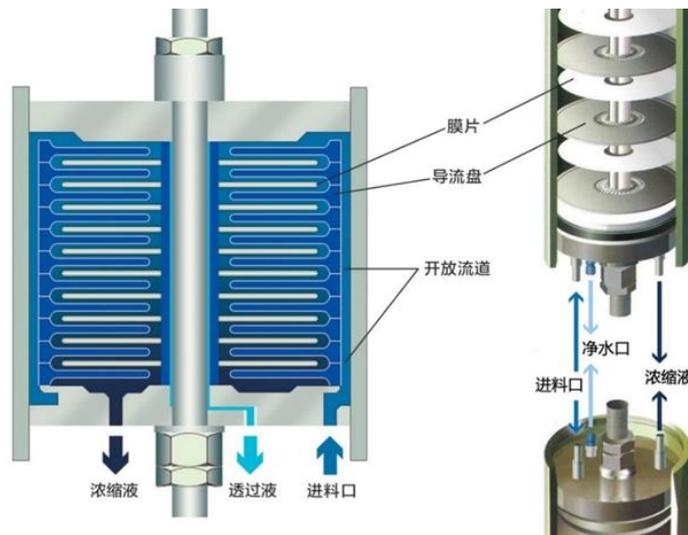
案例二：脱稳耦合平板膜法矿井水零排放集成装备

1.技术适用范围

适用于矿井水处理回用。

2.技术原理及工艺

采用脱稳耦合平板膜技术。脱稳技术将高盐水中的硬度去除约40~70%，转化成可资源化的石膏产品，降低膜系统运行结垢风险；平板膜系统，将脱稳后的料液过滤浓缩，得到回用水，浓缩液部分回流至前端脱稳工艺段，进一步脱稳，转化成石膏。



碟管式膜组件（DTRO）原理示意图

3.技术指标

项目	单位	适用进水水质	出水水质
悬浮物	毫克/升	≤200	/
COD _{Cr}	毫克/升	≤30000	≤100
氨氮	毫克/升	≤2000	≤15
硫酸盐	毫克/升	≤10000	≤50
氯化物	毫克/升	≤20000	≤100
溶解性总固体	毫克/升	≤50000	≤300
电导率	微西门子/厘米	≤65000	≤500
总硬度	毫克/升	≤5000	≤100

项目	单位	适用进水水质	出水水质
氟	毫克/升	≤100	≤2

碟管式膜组件核心参数指标

序号	项目	单位	指标
1	处理能力	立方米/(天·台)	800~1200
2	回收率	百分比	60~95
3	吨产水能耗	千瓦时	6
4	系统寿命	年	≥5

4.技术特点及先进性

(1) 根据进水水质及产水等要求，进行脱稳及膜过程有机排列与结合，实现废水零排放、盐资源化等过程。

(2) 整个系统设有完善的监测、控制系统，PLC可以根据传感器参数适时发出报警信号，对系统形成保护。

(3) 各工艺段进行模块化设计，集中式布置。

5.应用案例

项目名称：中煤蒙大高硅废水处理项目

项目概况：针对该煤化工园区高盐废水，建设处理规模为1000立方米/天的集成化处理系统。采用“废水→软化系统→沉淀池→缓冲水池→PCF过滤器→保安过滤器→碟管式膜组件（DTRO）系统→产水箱”的工艺，实现废水回用率85%，产水用于园内企业补水。年减少废水排放36万立方米，年节水31万立方米。

6.推广前景

预计未来五年推广比例达到10%，年节水1500万立方米。

案例三：煤矿疏干水再利用技术

1.技术适用范围

适用于煤矿疏干水处理回用。

2.技术原理及工艺

采用“重介质高效澄清池+过滤+反渗透”工艺。重介质高效澄清池二级软化去除钙、镁、二氧化硅、钡、锶等致垢离子。经过滤降低浊度，采用苦咸水膜对疏干水进行脱盐，产水回用。一级RO浓水采用“二级反渗透+浓水高效除硬流化结晶反应器+二级反渗透”浓水循环极限浓缩技术，可将回收率提升至海水渗透压力限值，二级RO浓水经电渗析进一步浓缩减量。

3.技术指标

- (1) 重介质高效澄清池絮体沉降速度快，达50米/小时以上。
- (2) 高效除硬流化结晶反应器，上升流速60~120米/小时，副产物碳酸钙含量大于90%。
- (3) 反渗透浓水总回收率35%~90%。

4.技术特点及先进性

- (1) 通过浓水循环减少浓差极化并克服水化学限制，提高反渗透系统回收率。
- (2) 耦合晶种除硬技术，降低结垢倾向。

5.应用案例

项目名称：黄陵煤矸石热电有限公司煤矿疏干水再利用项目

项目概况：采用慢速脱碳废水处理系统对疏干水进行处理，建设

处理能力 2×150 立方米/小时的疏干水处理设施。一部分出水与反渗透产水混合后作为水塔补水，可将水塔浓缩倍率提高到4左右；一部分出水与循环排污水混合后作为废水超滤反渗透系统的水源，提高系统进水水质，改善膜系统的使用条件。项目总投资758万元，减少井下疏矸水排放300立方米/小时，年节水161万立方米。

6.推广前景

该技术属于研发类，阶段性成果具备节水潜力，可带来较好的社会经济效益。

案例四：矿山生产生活废水处理及利用工艺

1.技术适用范围

适用于煤炭行业废水处理回用。

2.技术原理及工艺

针对选矿废水含金属离子和选矿药剂的特点，将选矿工艺、废水处理及回用技术紧密结合，在满足选矿指标的前提下，对选矿废水进行分质分步回用、适度处理、深度处理，使选矿废水能够满足选矿生产需要。工艺主要包括采坑水处理及回用、硫化铅锌矿选矿废水分质分步回用、选矿废水适度处理、选矿废水深度处理、氧化矿选矿废水处理、尾矿库污水处理、生活污水处理及生活用水处理八项工艺。涉及主要设备有圆形蓄水池、环形水池、膜超滤设备、特种海砂过滤、超滤-反渗透-电渗析设备等。

3.技术指标

项目	进水指标（毫克/升）	出水指标（毫克/升）
（一）采场疏干水进、出水指标		
SS	≤50	≤5
Ca ⁺⁺	≤40	≤40
石油类	≤0.5	≤0.1
（二）尾矿库污水进、出水指标		
COD _{Cr}	29	≤15
锌	0.54	≤0.05
铅	0.236	≤0.01
镉	0.014	≤0.001
铬	0.03	≤0.01
铜	0.05	≤0.01

4.技术特点及先进性

水资源利用率超过95%，实现废水“零”排放。

5.应用案例

项目名称：扎兰屯市国森矿业有限责任公司矿山生产、生活废水处理及回用项目

项目概况：针对采选矿过程产生的废水，通过采坑水处理及回用、选矿废水分质分步回用、适度处理、水深度处理、氧化矿选矿废水处理、尾矿库污水处理、生活污水处理及生活用水处理等工艺，实现废水的循环利用。同时提高了铅、锌、银等金属回收率，年节水332万立方米。

6.推广前景

预计未来五年推广比例达到25%，年节水40000万立方米。

案例五：矿井水资源化综合利用技术

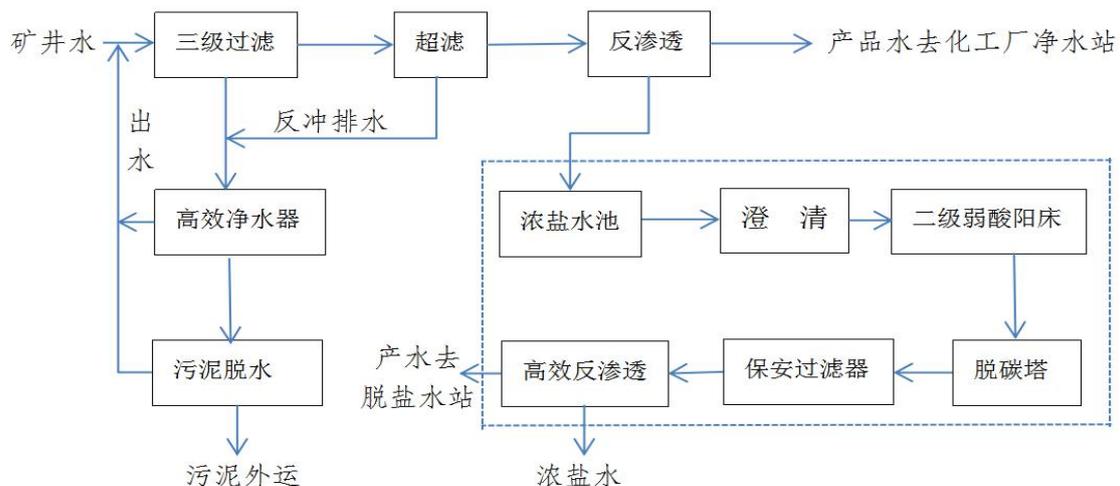
1.技术适用范围

适用于煤炭行业废水处理回用。

2.技术原理及工艺

集成三级过滤、超滤、反渗透、纳滤、蒸发结晶等，形成成套矿井水资源化利用工艺生产技术。矿井水经过“多介质过滤+核桃壳过滤+活性炭过滤+超滤+反渗透”的工艺处理，产出水供化工生产使用。剩余浓盐水输送至浓盐水处理站，采用“接触式澄清+多介质过滤+离子交换+脱碳+高效反渗透”的工艺进一步处理，产出水供化工生产使用。矿井水浓盐水采用“AOP+MVR+蒸发结晶+膜分离”工艺技术路线产出硫酸钠。

化工回用浓水采用“接触式澄清+多介质过滤+离子交换+脱碳+高效反渗透”工艺进一步提浓，产出水供化工生产使用。化工水的浓盐水采用“膜分离+MVR+蒸发结晶”工艺技术路线产出氯化钠。



矿井水深度处理工艺流程



浓盐水浓缩与蒸发结晶工艺流程

3.技术指标

- (1) 废水COD去除率达到66%以上。
- (2) 出水色度小于10倍。
- (3) 盐的回收率达到95%。

4.技术特点及先进性

- (1) 提高废水中COD去除率。
- (2) 有效分离高浓盐水一价盐和二价盐的有效分离。

5.应用案例

项目名称：中煤鄂能化公司矿井水资源化综合利用项目

项目概况：建设矿井水深度处理回用装置和浓盐水资源化装置。矿井水浓盐水进入AOP装置进行脱色和降低COD，再进入MVR进行浓缩，浓缩液经双效强制蒸发。通过控制蒸发结晶浓度，析出硫酸钠晶体，分离硫酸钠后的母液采用纳滤膜技术进一步处理，得到硫酸钠液和氯化钠液，分别处理后得到结晶盐。年处理矿井水2521万立方米，实现矿井水资源化利用。

6.推广前景

预计未来五年推广比例达到80%，年节水20000万立方米。

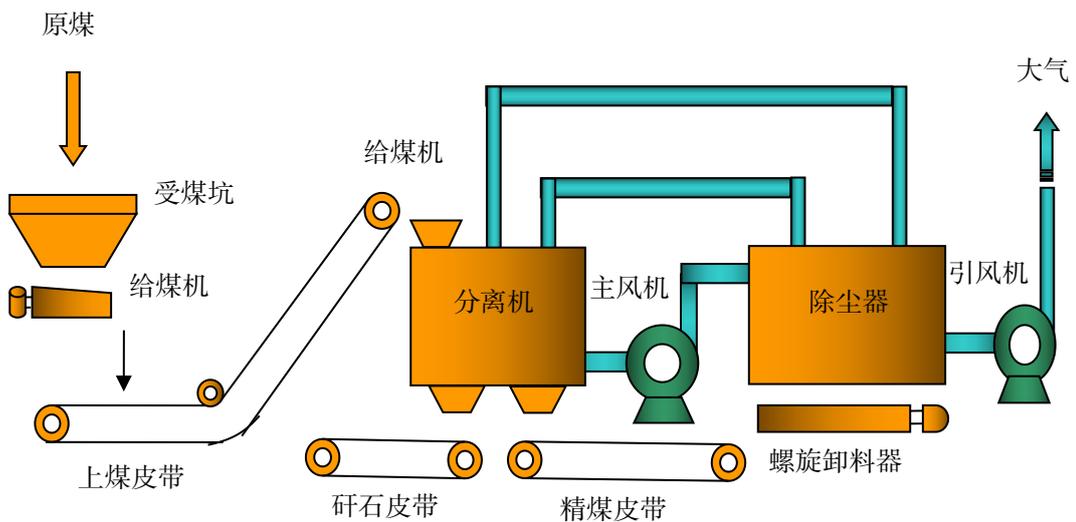
案例六：矿物高效分离装备

1.技术适用范围

适用于煤炭资源综合利用。

2.技术原理及工艺

采用阶梯式分离原理，根据不同阶梯区间分选功能，实现自生介质的不同程度流态化。各区间配合不同程度的激振力，物料在流化时按密度分层，使高低密度物料在不同分离区间分别越过溢流堰而实现矿物的完整分离。



矿物高效分离装备工艺流程图

3.技术指标

序号	名称	指标
1	处理能力，吨/小时	600
2	分选精度，克/立方厘米	0.13-0.23
3	入料粒度，毫米	80-0
4	分选密度，克/立方厘米	1.7~2.2
5	分选数量效率，百分数	>90
6	吨煤电耗，千瓦时/吨	2.65

4.技术特点及先进性

(1) 选煤不用水、能耗低、效率高。

(2) 采用模块化全封闭设计、可移动式分选、无污染物排放。

5.应用案例

项目名称：鄂尔多斯市转龙湾煤矿 300 万吨干法选煤厂项目

项目概况：针对产能 8.0 兆吨（含矸量高达 25%）的煤矿，配套建设选煤系统。采用矿物高效分离成套装备进行全粒级干法分选，设备最大处理能力 300 万吨/年。分选精度 0.15 ~ 0.22 克/立方厘米；入料粒度 100 ~ 0 毫米；分选数量效率 >95.00 %。项目总投资 2430 万元，年节水 60 万立方米。

6.推广前景

预计未来五年推广比例达到20%，年节水13100万立方米。

(二) 电力行业

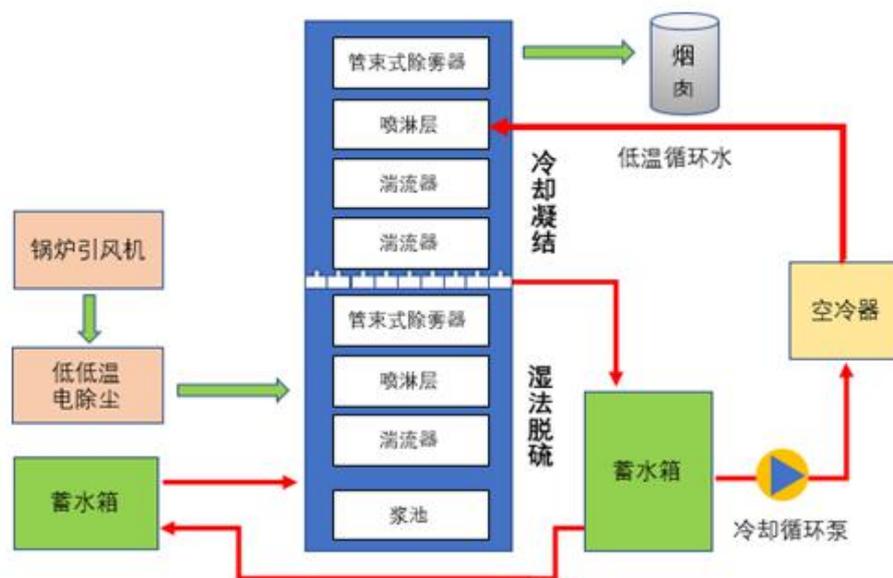
案例一：褐煤发电机组节水技术

1. 技术适用范围

适用于电力行业空冷机组。

2. 技术原理及工艺

该技术集成火电厂烟气提水系统和化学制水系统。核心是烟气冷凝提水技术，利用烟气中水蒸汽分压相变凝结露换热原理，通过降低烟温的方式，使烟气中水蒸气低于露点温度后冷凝析出。湿法脱硫尾部净烟气为饱和湿烟气，随着温度的降低，烟气含湿量下降，烟气中的气态水凝结为液态水，实现烟气中水的回收。



烟气冷凝提水技术工艺流程图

3. 技术指标

660MW级火电机组烟气提水电水联产系统主要指标和参数：

- (1) 收水量：不低于90吨/小时。
- (2) 冷却塔收水区阻力：1400帕。
- (3) 零补水系统电耗：1440千瓦时。
- (4) 加药量（碳酸钠）：20千克/小时。
- (5) 水平衡不平衡率：小于0.05%。

4.技术特点及先进性

(1) 研发一体化烟气脱硫提水塔，应用塔内升气盘实现了气液分离和塔中收水。

(2) 形成一体化脱硫提水塔与冷源端、冷凝端等集成协调的系统装备。

(3) 研发高效脱硫提水协同烟气超净处理技术，进一步降低二氧化硫、烟尘、颗粒物等污染物浓度。

(4) 实现烟气脱硫提水协同处理三氧化硫技术，消除了烟囱“蓝烟”效应。

5.应用案例

项目名称：京能（锡林郭勒）发电有限公司五间房草原生态产业综合示范项目

项目概况：项目针对装机规模为2×660MW超超临界褐煤空冷机组，配套建设烟气脱硫提水一体化系统。主要设备包括冷却凝结塔和机力通风冷却塔。冷却凝结塔采用烟气-水媒混合式直接接触换热形式，实现烟气降温冷凝。塔体安装在脱硫吸收塔上方，与脱硫塔体一

体化布置。系统配套设置表面式机力通风冷却塔， 烟气冷凝换热器的循环水受热后进入机力通风冷却塔由空气冷却，冷却后的循环水经水泵加压，再回至烟气冷凝塔，完成一个循环过程。项目占地34公顷，年节水150万立方米，实现发电“零”取水。

6.推广前景

预计未来五年推广比例达到7%，年节水1500万立方米。

案例二：燃煤火力发电厂全厂零排放智慧水网

1.技术适用范围

适用于电力行业用水管理。

2.技术原理及工艺

通过在各级用、排水系统安装在线流量及水质监督仪表，利用二、三维平台与系统流程相结合，直观在线监督各级系统用、排水水量、水质数据，对全厂水量及水质进行分级管理，实现水量及水质的全面平衡。依据“水量、水质平衡”及“梯级使用、清污分流”，实现生活污水及含煤废水的再利用、化学自用水的回用、辅机冷却水和脱硫设备表面式冷却水再利用、非经常性废水回收、凝结水精处理废水的合理回用、脱硫废水零排放产水的合理利用。

3.技术指标

- (1) 降低 50%的生产用水量。
- (2) 综合水耗可降至 0.20 立方米/兆瓦时以下。

4.技术特点及先进性

(1) 通过“两级澄清+超滤(UF)+弱酸阳床(WAC)+纳滤(NF)+反渗透(RO)+结晶”组合处理工艺处理脱硫废水，出水回用至化学制水系统，结晶产出的工业盐品质高。

- (2) 实现废水“零”排放。
- (3) 通过综合数据分析，提高水系统运行稳定性。

5.应用案例

项目名称：河北涿州京源热电有限责任公司全厂零水排放及智慧

水网建设项目

项目概况：针对 2×350 兆瓦超临界间接空冷燃煤供热机组，实施全厂零水排放及智慧水网建设项目。给排水网络系统包括生产水系统、雨水回用系统和生活用水系统。生产水池通过中水管路连接到化学水处理系统、湿式除尘器、辅机冷却系统、主机冷却系统、综合利用系统、工业废水处理系统、脱硫系统和脱硫废水零排放系统。雨水回用系统连接到辅机冷却系统，辅机冷却系统的出水口连接到脱硫系统。生活用水系统一路连接到综合利用系统，一路连接到生活污水池。项目投资 265 万元（不包括全厂水系统设备、施工等基建费用），综合水耗由 0.42 立方米/兆瓦时降至 0.2 立方米/兆瓦时以下，年节水 70 万立方米。

6.推广前景

预计未来五年推广比例达到 2%，年节水 850 万立方米。

案例三：火电脱硫废水旁路烟气蒸发零排放技术

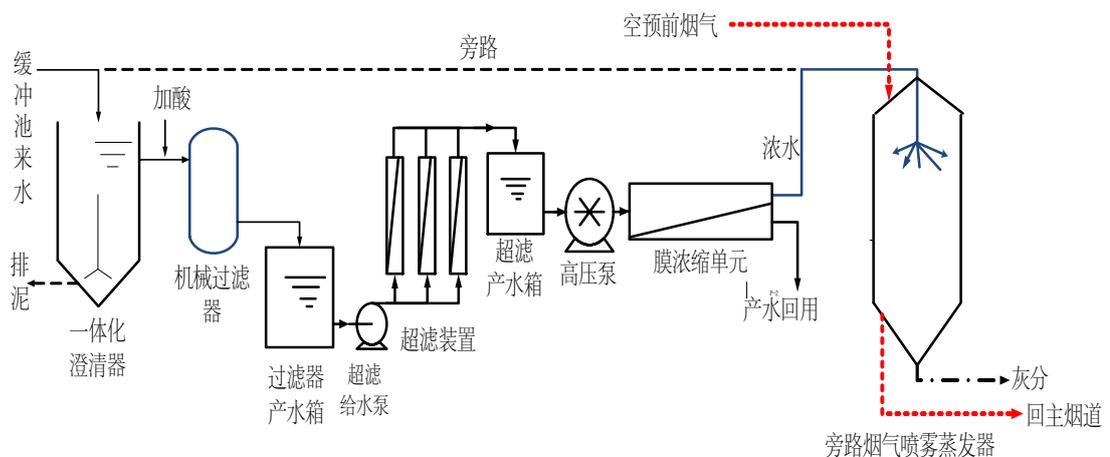
1.技术适用范围

适用于电力行业废水处理回用。

2.技术原理及工艺

该技术利用旁路烟气热量蒸发干燥脱硫废水，水中溶解性盐结晶析出，在不影响粉煤灰综合利用的前提下，将废水中的盐分返回至粉煤灰中，避免产生单独的结晶盐固体废物，达到零排放处置脱硫废水。系统可分为预处理单元、膜浓缩单元和旁路烟气蒸发单元三大主体部分。

旁路烟气蒸发单元是该系统的核心。该旁路烟气蒸发单元抽取一部分空预器前的热烟气至该蒸发器，并与喷成雾状的脱硫废水传热、传质后，将废水蒸干而达到零排放。废水中的盐分与飞灰结合，一部分飞灰直接掉落至蒸发器锥斗的底部，通过输灰装置送至灰库；剩余部分飞灰随烟气送回至主烟道，被空预器后的电除尘器捕捉收集。



脱硫废水旁路烟气蒸发工艺流程

3.技术指标

(1) 单台蒸发器最大蒸发能力为 3 立方米/小时。

(2) 产生的灰分 60%以上落入锥斗。

4.技术特点及先进性

(1) 与传统的蒸发结晶工艺相比，旁路烟气蒸发零排放系统投资和运行成本低。

(2) 研发了两相流雾化、旋转雾化两种类型蒸发器的烟气均布器和流场稳定装置，以及蒸发塔内部防垢关键技术，实现蒸发塔长周期稳定运行。

5.应用案例

项目名称：华能济南黄台发电有限公司脱硫废水旁路烟气蒸发零排放项目

项目概况：该项目对10号机组进行脱硫废水零排放改造，新建脱硫废水旁路烟气蒸发处理系统，设置2台蒸发器，分别为旋转喷雾蒸发器和双相流蒸发器，每台蒸发器的设计蒸发能力为2立方米/小时，最大蒸发能力为3立方米/小时。年处理脱硫废水5.5万立方米，实现废水“零”排放。

6.推广前景

该技术属于研发类，阶段性成果具备节水潜力，可带来较好的社会经济效益。