

JSE

江苏省能源行业协会团体标准

T/JSE/Z 2-2024

高低温耦合脱硫废水零排放技术指南

Guidelines to zero-discharge process for desulfurization wastewater
treatment by coupling low-temperature flue gas concentration and
high-temperature flue gas drying

2024-11-30 发布

2025-01-01 实施

江苏省能源行业协会 发布

目 次

前 言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 工艺设计	2
6 运行与维护	5
附录 A（资料性） 高低温耦合脱硫废水零排放系统工艺流程	8
附录 B（资料性） 日常分析检测及检测	8
附录 C（资料性） 主要设备的检修要求	9

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏新海发电有限公司提出。

本文件由江苏省能源行业协会归口。

本文件起草单位：江苏新海发电有限公司、成都锐思环保技术股份有限公司、江苏方天电力技术有限公司。

本文件主要起草人：马丙军、郑伟、刘全军、朱文瑜、张野虎、曹贵永、王曙、顾卫东、杜云涛、王亚欧。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至江苏省能源行业协会（南京市建邺区江东中路371号金融城3号楼9层）。

高低温耦合脱硫废水零排放技术指南

1 范围

本文件规定了高低温耦合脱硫废水零排放系统工艺设计、材料防腐、检测及过程控制、及运行维护的技术要求。

本文件适用于燃煤锅炉高低温耦合脱硫废水零排放系统。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50040	动力机器基础设计标准
GB 50046	工业建筑防腐蚀设计标准
DL/T 5032	火力发电厂总图运输设计规范
DL/T 5046	发电厂废水治理设计规范
DL/T 5068	发电厂化学设计规范
DL/T 5072	发电厂保温油漆设计规程
DL/T 5121	火力发电厂烟风煤粉管道设计规范
HG/T 2640	玻璃鳞片施工技术条件
SY/T 0326	钢质储罐内衬环氧玻璃钢技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 低温浓缩系统 concentration by low-temperature flue gas

利用燃煤锅炉除尘系统与烟气脱硫系统之间的低温烟气（100℃左右）对脱硫废水进行蒸发浓缩的系统。低温烟气与脱硫废水直接接触换热，废水中的部分水分被烟气蒸发，浓缩后的废水进入后端系统进行处理。

3.2 高温干燥系统 drying by high-temperature flue gas

利用锅炉空预器入口前的高温烟气或空预器出口热二次风（约 300℃）对废水进行蒸发干燥的系统。废水中盐份等固体物混入烟气或热风中，部分沉降到干燥装置底部，另一部分随

烟气进入后端除尘系统。

3.3 高低温耦合脱硫废水零排放系统 zero discharge process system for desulfurization wastewater treatment by coupling low-temperature flue gas concentration and high-temperature flue gas drying

耦合低温浓缩系统和高温干燥系统，实现脱硫废水零排放的系统。包括预存及缓冲系统、低温浓缩系统、浓缩浆液调质系统、高温干燥系统、浆液排放和回收系统等。

4 总体要求

4.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统的设计和运行维护应遵守国家和行业相关的法律法规和标准的规定及安全、环保、经济、可靠的原则。

4.2 高低温耦合脱硫废水零排放系统应不影响机组其它系统正常运行，系统性能应满足机组运行的要求。

4.3 高低温耦合脱硫废水零排放系统设计寿命应满足机组寿命的要求。

5 工艺设计

5.1 一般规定

5.1.1 高低温耦合脱硫废水零排放工艺设计应在满足环保管理要求的前提下，充分考虑高低温耦合脱硫废水零排放系统长期运行的可靠性和稳定性。

5.1.2 高低温耦合脱硫废水零排放系统设计工艺参数应考虑烟气特性、运行要求、脱硫废水水质、副产物综合利用、厂址场地布置等因素，经全面分析优化后确定。

5.1.3 高低温耦合脱硫废水零排放系统宜采用单元制配置，也可采用多机共用；当采用多机共用时应考虑风机及烟气系统的出力，宜按单台机组或锅炉抽取烟气，并考虑足够的检修时间、运行灵活性和隔离措施。

5.1.4 低温浓缩系统的设计工况下废水浓缩倍率宜为3~6倍。废水浓缩倍率为进入低温浓缩系统的废水平均流量与低温浓缩系统排出浓缩浆液平均流量的比值。

5.1.5 高温干燥系统在锅炉BMCR工况下的设计出力宜为低温浓缩系统处理后的设计浓缩浆液流量的120%。

5.1.6 低温浓缩系统的辅助工艺系统如压缩空气、工业水等宜从脱硫系统引接，高温干燥系统的辅助工艺系统如压缩空气、工业水等宜从锅炉引接。

5.1.6.7 高低温耦合脱硫废水零排放系统的电气设计应符合GB50052中的规定。

5.2 系统设置

5.2.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统工艺流程参见资料性附录A。

5.2.2 高低温耦合脱硫废水零排放工艺系统包括：脱硫废水预及储存系统、低温浓缩系统、

调质系统、高温干燥系统、浆液排放和回收系统等。

5.3 总平面布置

5.3.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统的总平面布置应满足DL/T 5032的规定，应避免拆迁燃煤锅炉主体工程的生产建（构）筑物和地下管线。当不能避免时，应采取合理的过渡措施。

5.3.2 低温浓缩系统宜靠近脱硫塔入口原烟道侧布置。

5.3.3 高温干燥系统宜靠近锅炉空气预热器，采用独立支架布置。

5.3.4 脱硫废水预沉及缓存、浓缩浆液调质等系统宜采用公用制，根据工艺流程和场地条件因地制宜布置。

5.4 预沉及缓存系统

5.4.1 脱硫废水宜来自脱硫系统废水旋流器溢流或经过脱硫废水处理系统处理后的脱硫废水箱。

5.4.2 当脱硫废水悬浮固体含量高于2%时，宜设置预沉装置，可采用澄清器进行处理，处理后废水悬浮固体含量宜不低于1%。

5.4.3 脱硫废水系统宜设置废水缓存箱，容积不小于8小时的废水处理量。废水缓存箱可做低温浓缩系统事故浆液箱。

5.5 低温浓缩系统

5.5.1 烟气系统

5.5.1.1 新建项目原烟气设计温度应采用燃煤锅炉主体工程提供的BMCR工况下烟气设计数值。改扩建项目原烟气设计温度宜采用脱硫塔前烟气系统实测BMCR工况下烟气温度最小值。

5.5.1.2 低温浓缩系统应设置增压风机，增压风机宜根据系统所需风量及静压升选用高效离心风机或轴流风机。风机设计额定流量为低温浓缩系统设计工况烟气量，设计工况烟温为主烟气BMCR工况下接口处的设计温度。

5.5.1.3 低温浓缩系统进出口烟道应设置挡板门，宜靠近主烟道接口处，宜采用带密封风的双百叶挡板门，挡板门及密封条材料应能耐受最恶劣运行工况下的腐蚀。

5.5.1.4 低温浓缩系统出口烟道返回脱硫系统主烟道接口尽量靠近脱硫吸收塔；低温浓缩系统入口烟道引接口应尽量远离出口烟道返回接口，必要时，可设置烟道导流板，避免反吸入现象。

5.5.1.5 增压风机前的烟道设计压力应不低于脱硫烟道的设计压力。增压风机后的烟道及浓缩塔设计压力应不低于脱硫原烟道最高运行压力及增压风机出口最大压升之和。

5.5.1.6 低温浓缩系统入口烟道、出口烟道低位处应设置排水装置，低位点疏水回收至脱硫塔地坑或浓缩塔地坑。

5.5.1.7 增压风机进口烟道宜采用碳钢材质，浓缩塔进出口烟道宜采用玻璃钢材质或碳钢内衬玻璃鳞片防腐，挡板门过流件需考虑防腐。

5.5.1.8 低温浓缩系统进口烟道应充分考虑盲端烟气冷凝腐蚀问题，必要时局部烟道等不流通盲端应进行防腐。

5.5.2 浓缩塔系统

5.5.2.1 浓缩塔宜采用整体结构，可采用平底落地布置或锥底架空布置，塔本体宜采用带防腐防渗内层的玻璃钢材质。浓缩塔内最低液位须满足循环泵汽蚀余量要求。

5.5.2.2 浓缩塔外应设置检修钢平台，可支撑在浓缩塔体。

5.5.2.3 浓缩塔浆池应设置颗粒防沉积设施，采用脉冲悬浮搅拌装置或设置底部浓浆箱配置顶进式搅拌器。

5.5.2.4 喷淋层宜按照两层设计，保证喷嘴的最小流量及烟气均布性，浆液喷淋管材质宜采用FRP，浆液喷嘴宜采用碳化硅材质。

5.5.2.5 浓缩塔顶部应设置除雾器，宜采用屋脊式除雾器，除雾器出口烟气液滴携带量应小于 $150\text{mg}/\text{m}^3$ （湿基，6%含氧量）。除雾器应设置冲洗水系统，水源宜取自脱硫除雾器冲洗水母管。

5.5.2.6 浓缩塔浆液循环泵宜选用离心式碳化硅整体铸造泵，其流量应根据BMCR设计工况下循环浆液量确定，扬程应根据浓缩塔浆池正常运行液位范围至喷淋层喷嘴出口（含喷嘴背压）的全程压降确定。

5.5.2.7 浆液管道材质宜采用FRP、碳钢衬胶或钢塑复合管。

5.5.2.8 所有箱罐搅拌器轴、叶片采用碳钢衬胶、衬氟等材质，搅拌器及配套材质选择应充分考虑浆液的腐蚀特性。

5.5.2.9 泵机封水、管道及设备冲洗水应收集后进入浓缩系统。

5.5.2.10 低温浓缩系统浆液pH及氯离子宜手动取样化验。

5.6 浓缩浆液调质系统

5.6.1 经浓缩后的脱硫废水浓缩浆液应经调质系统处理后进入高温干燥系统，调质后浓缩浆液pH值宜为3~5。

5.6.2 调质系统宜为多台机组或锅炉公用。

5.6.3 调质药品宜采用氢氧化钠溶液、石灰石浆液等碱性物质。调质箱搅拌器宜采用高转速顶进式搅拌器。

5.6.4 采用氢氧化钠溶液调质时，宜设置氢氧化钠溶液储存箱，不小于3天需要量，且不小于 20m^3 。应设置变频控制加药泵调节碱液投加量。

5.6.5 采用石灰石浆液调质时，宜从脱硫系统石灰石浆液管道引接，设置自动开关阀进行控制。

5.6.6 根据调质后的浓缩浆液悬浮固体含量，可设置澄清池，底部污泥输送至板框压滤机。

5.7 高温干燥系统

5.7.1 高温干燥系统热源可采用锅炉空预器入口前的高温烟气或空预器出口热二次风，浓缩

后的浆液不宜采用烟道直喷干燥方式，宜采用旁路烟气或热风干燥方式。

5.7.2 旁路烟气或热风干燥方式宜采用旋转喷雾干燥装置。当浓缩后废水经过澄清处理后，也可采用双流体雾化干燥装置。

5.7.3 高温干燥系统BMCR工况下需要抽取烟气体积与单台空预器烟气流量的比值小于3%时，宜从单侧空预器抽取烟气；大于5%时，应同时从两台空预器抽取烟气。

5.7.4 热二次风或高温烟气应直接取自主热二次风道或主烟道，引接口应设置隔离门，宜采用三偏心硬密封蝶阀或插板门。

5.7.5 利用热二次风作为干燥系统热源时，干燥系统进口风道应设置调节阀门。

5.7.6 选择喷雾干燥装置的离心雾化器雾化粒径（D50）宜小于50 μm ，烟气分布器的设计应能适应最高烟气体积及最低烟气体积的运行工况变化，宜通过流场模拟进行设计。

5.7.7 离心雾化器接触浆液部件的材料宜选用C276，干燥塔体材料宜选择Q345。

5.7.8 干燥塔底部应设置排灰接口，宜采用气力输送仓泵输送到主机除尘器输灰管或直接输送到灰库、干渣仓。

5.7.9 干燥塔应设置人孔，用于停机检修清灰。

5.8 浆液排放和回收系统

5.8.1 浆液排放和回收系统设计应满足浆液在系统内部循环回用的要求。事故浆液箱容积应不小于单台浓缩塔正常运行液位时的浆液量。

5.8.2 高低温耦合脱硫废水零排放系统区域应设计合理的地坑和沟道，收集区域内浆液或装置排水。

5.8.3 脱硫废水处理区域和脱硫区域地坑宜分开设置。

5.9 热工检测与控制

5.9.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统热工自动化控制水平宜与脱硫工程的自动化控制水平相一致。

5.9.2 高低温耦合脱硫废水零排放系统应设置检测仪表，以反映主要设备及工艺系统在正常运行、启停、异常及事故工况下安全、经济运行的参数。

5.9.3 热工检测主要参数包括：浓缩塔浆液密度、浓缩塔液位、除雾器压差、箱罐液位、调质后浆液pH值、热二次风或高温烟气温度及压力、浓缩塔进口废水流量、浓缩塔出口浓缩浆液流量、干燥系统喷雾流量等。

5.9.4 浓缩塔液位等重要参数测量仪表应双重冗余设置。

6 运行与维护

6.1 一般规定

6.1.1 运行维护单位应制定完整的运行规程、运行维护管理制度并明确物理范围及边界、建

立与周边设施的协调机制及责任权限。

6.1.2 系统运行、维护、管理人员应经过专业培训，考试合格后方可上岗。

6.1.3 系统投入运行前应对设备、管道、电气装置、热控仪表进行检查，确认正常。

6.1.4 系统运行过程中应加强巡检，发现问题应及时处理。

6.2 系统启动

6.2.1 低温浓缩系统

低温浓缩系统启动应遵循：

- a) 浓缩塔内浆液液位达到正常值，搅拌装置投入运行；
- b) 启动循环泵；
- c) 开启烟气出口挡板门；
- d) 启动增压风机；
- e) 开启烟气出口挡板门。

6.2.2 高温干燥系统

高温干燥系统启动应遵循：

- a) 启动雾化器及其辅助系统，运行正常；
- b) 开启烟气进出口挡板门；
- c) 输灰系统投入运行；
- d) 干燥塔温度高于 200℃后，开启废水浆液进料阀，向干燥塔内喷入废水浆液。

6.3 系统运行

6.3.1 低温浓缩系统的运行出力应通过增压风机入口导叶进行调整。运行中宜每班调节一次入口导叶开度。

6.3.2 低温浓缩系统浓缩倍率宜为 3-6 倍，必要时通过降低低温浓缩系统出力进行控制。

6.3.3 浓缩塔中的浆液悬浮固体含量宜控制在 6-10%，通过人工取样分析指导运行调整。

6.3.4 浓缩塔除雾器宜每 8 小时冲洗一次。

6.3.5 高温干燥系统运行中应根据干燥塔出口烟温及锅炉负荷，调整进料流量，维持干燥塔出口烟温不低于 160℃。

6.3.6 系统中压力变送器及液位计宜每天手动冲洗一次。

6.4 系统停运

6.4.1 浓缩系统正常停运应遵循：

- a) 停运增压风机；
- b) 关闭烟气进、出口挡板门；
- c) 启动挡板门密封风机；
- d) 停运循环泵；
- e) 将浓缩塔浆液转运至事故浆液箱；
- f) 冲洗浆液管道。

6.4.2 干燥系统正常停运应遵循：

- a) 关闭浆液进料阀，开启工艺水阀，对雾化器进行冲洗，3 分钟后关闭工艺水阀；
- b) 关闭烟气进出口挡板门；
- c) 停运雾化器；
- d) 输灰系统退出运行。

6.5 分析检测

6.5.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统日常分析检测项目及检测周期参见资料性附录B。

6.6 维护与检修

6.6.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统的检修维护宜纳入脱硫工程统筹考虑，检修周期和工期宜与脱硫工程同步。

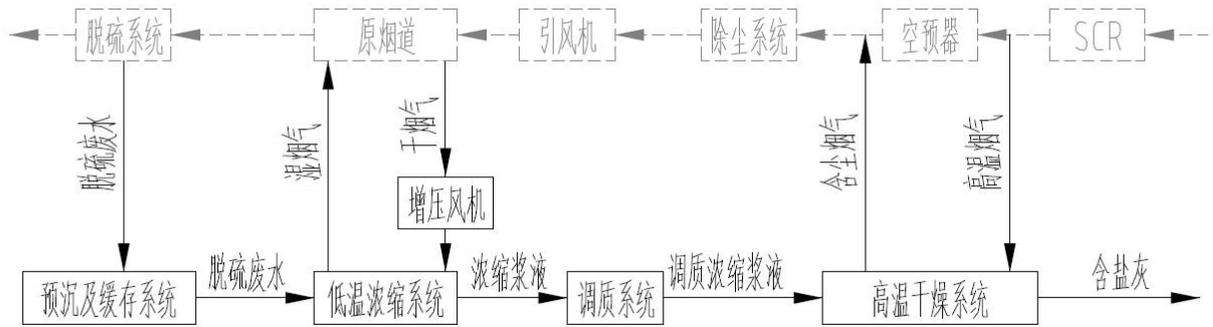
6.6.2 维修人员应根据维护保养规定定期检查、更换或维修必要的部件，并做好维护保养记录。

6.6.3 主要设备的检修要求见附录C。

附录 A (资料性)

高低温耦合脱硫废水零排放系统工艺流程

A.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统典型工艺流程见图A.1



图A.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统工艺流程

附录 B (资料性)

日常分析检测及检测

B.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统日常分析检测项目及检测周期见表B.1。

表B.1 日常分析检测项目及检测周期表

编号	测试项目	测试方法	测试周期
1	脱硫废水密度及悬浮固体物含量	密度法	每天 1 次
2	浓缩塔浆液密度及悬浮固体物含量	密度法	每天 1 次
3	脱硫废水 pH 值	pH 计	每周 3 次
4	浓缩塔浆液 pH 值	pH 计	每周 3 次
5	脱硫废水氯离子含量	滴定法	每周 3 次
6	浓缩塔浆液氯离子含量	滴定法	每周 3 次

附录 C (资料性)

主要设备的检修要求

C.1 高低温耦合脱硫废水零排放系统主要设备的检修要求见表C.1。

表C.1 主要设备的检修要求

设备名称	检修项目	检修内容
烟道挡板门	烟道挡板叶片	检查叶片表面是否有积垢、腐蚀、裂纹、变形，铲刮清除灰垢
	烟道挡板密封	检查轴封及密封空气管道的腐蚀及接头的连接，疏通管道
	烟道挡板轴承	检查轴承有无机械损伤，轴承座有无位移或裂纹
	烟道挡板蜗轮箱	检查蜗轮蜗杆及箱体有无机械损伤及裂纹，更换润滑油
	烟道挡板	检查挡板连接杆有无变形、弯曲。先检查每一块转动，再装好传动连接杆检查整个挡板
增压风机	联轴器检修	(1) 对轮检查 (2) 对轮与轴颈配合 (3) 对轮螺栓的检查
	叶轮检修	(1) 叶轮转动晃度 (2) 叶轮静平衡 (3) 叶片顶尖间隙 (4) 叶片平行度 (5) 轮廓检查 (6) 大轴平行度
	轴承及轴承箱检修	(1) 检查轴承合金表面 (2) 处理合金面 (3) 调整轴承各部接触面积 (4) 调整各部间隙
	风机壳体及动叶调整装置检查	检查机壳风道和挡板
	对轮找中心	(1) 对轮间隙 (2) 对轮径向偏差 (3) 对轮轴向偏差
烟道补偿器	膨胀节	外观检查，压条及螺栓无腐蚀及松动，膨胀节无漏水
浓缩塔本体	塔的磨损及变形	(1) 清除塔内及干湿界面的灰渣及垢物 (2) 检查外部有无渗漏，内衬是否光滑无剥离现象 (3) 检查塔壁变形及开焊情况。
	各部冲洗喷嘴及管道、阀门	(1) 检查喷嘴。 (2) 检查管道应无腐蚀，法兰及阀门无损坏
	除雾器	(1) 冲洗芯体，除去垢块，检查芯体 (2) 检查紧固件

设备名称	检修项目	检修内容
		(3) 检查漏斗排水管
离心泵	油室及轴承	清洗
	密封环	损坏和不圆度
	叶轮和轴套	检查
	叶轮	检查
	密封环与叶轮	检查
	叶轮与泵体	检查
地坑泵	油室及轴承	清洗
	密封环	损坏和不圆度
	叶轮与轴套	
	叶轮	调整偏差
	密封环与叶轮	调整偏差
	叶轮与泵体	调整偏差
	盘根挡套与轴	调整偏差
箱罐及地坑搅拌机	容器外部噪声异常	(1) 风扇轮内进入异物 (2) 轴承缺油干磨 (3) 电机齿轮箱缺油 (4) 油质量差, 油号不对 (5) 部件磨损 (6) 容器内部件如叶轮、螺栓
	振动	(1) 叶轮定位不正确 (2) 轴承损坏 (3) 叶轮、轴结垢 (4) 部件松动
	电机超载掉闸	(1) 叶轮安装不正确 (2) 介质颗粒过大 (3) 工艺水流量低, 稀释不够
	齿轮过热	(1) 齿轮箱缺油 (2) 齿轮间隙低于要求值 (3) 齿轮轴承损坏 (4) 油质不当
	机械密封处理浆液	(1) 动静环密封损坏 (2) O型圈损坏 (3) 管件连接松动
	电动转机械不转	(1) 联轴器损坏 (2) 齿轮损坏 (3) 齿轮箱轴承损坏 (4) 三角皮带打滑 (5) 叶轮碰到硬物 (6) 部件(水平键)安装时遗漏

设备名称	检修项目	检修内容
地坑池	坑	液位
	坑池四面墙壁及防腐层	检修是否破损
	坑底及防腐层	检修是否破损
