

ICS 13.020.40

CCS Z05

团 体 标 准

T/ACEF 052—2022

燃煤锅炉脱硫废水烟气余热浓缩干燥 技术指南

Technical guide for waste water concentration and drying via waste heat of
flue gas on desulfurization system of coal-fired boiler

2022-12-29 发布

2023-01-01 实施

中 华 环 保 联 合 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 主要辅助工程	5
7 材料与防腐	6
8 检测与过程控制	6
9 运行与维护	6
10 劳动安全与职业卫生	7
附录 A (资料性) 脱硫废水处理工艺流程	8
附录 B (资料性) 日常分析检测项目及检测周期表	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。

本文件由国能龙源环保有限公司提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件主编单位：国能龙源环保有限公司、上海电力大学、成都锐思环保技术股份有限公司、中环博通生态科技（北京）有限公司。

本文件参编单位：华电水务工程有限公司、中电华创（苏州）电力技术研究有限公司、国电环境保护研究院有限公司、国家能源集团泰州发电有限公司、国家能源集团宿迁发电有限公司、南通天电智慧能源有限公司。

本文件主要起草人：钟洪玲、陈鸥、姚宣、段威、张鑫、潘卫国、王建华、朱文瑜、李筱璋、许勇毅、韦飞、冉初萌、蔡晨、韩潇。

燃煤锅炉脱硫废水烟气余热浓缩干燥技术指南

1 范围

本文件规定了燃煤锅炉脱硫废水治理中烟气余热浓缩及浆液干燥固化工程建设的工艺设计、辅助工程、材料与防腐、检测与过程控制、运行与维护、劳动安全与职业卫生等技术要求。

本文件适用于燃煤锅炉脱硫废水采用烟气余热浓缩及浆液干燥固化工程的设计、施工及运行。

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。

GB50016	建筑设计防火规范
GB50046	工业建筑防腐蚀设计标准
DL/T5046	火力发电厂废水治理设计技术规程
DL/T5068	火力发电厂化学设计技术规程
HG/T 2451	设备防腐橡胶衬里
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

脱硫废水烟气余热浓缩干燥处理工程 **waste water concentration and drying project via waste heat of flue gas on desulfurization system**

烟气余热浓缩干燥处理工程所指脱硫废水通过烟气余热浓缩，再进行调质处理后，干燥固化为固体颗粒后进入除尘器所需的设施、设备、组件及系统集成。

3.2

调质剂 **texturizers**

指与浓缩后脱硫废水反应的碱性物质。燃煤锅炉脱硫废水烟气余热浓缩及浆液干燥固化工程使用的调质剂为氢氧化钙（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）或氢氧化钠（ NaOH ）。

3.3

浓缩塔 **concentration tower**

指脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程中实现脱硫废水蒸发浓缩，废水减量化的装置。

3.4

干燥系统 **drying system**

指将浓缩后的浆液进行蒸发干燥，形成固体颗粒的装置。

4 总体要求

4.1 烟气脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程宜和燃煤锅炉主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

4.2 应充分考虑燃煤锅炉运行负荷的变化，提高脱硫废水处理工艺系统的适应性和可调节性。

4.3 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程所需的水、电、气等辅助介质宜由该燃煤机组提供。

4.4 干燥系统选用惰性载体流化床时，工艺流程参见资料性附录A 图A.1 脱硫废水处理工艺流程示意图。干燥系统选用旋转喷雾设备时，工艺流程参见资料性附录A 图A.2 脱硫废水处理工艺流程示意图。

5 工艺设计

5.1 一般规定

5.1.1 应在满足环保管理要求的前提下，充分考虑脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程长期运行的可靠性和稳定性。

5.1.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥处理工艺参数应考虑包括但不限于烟气特性、运行要求、脱硫废水水质情况、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 根据烟气性质、运行工况、脱硫废水量及燃煤锅炉主体工程对脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程的要求，脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程配置宜采用单元制，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 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程应设置供操作、测试、巡检、维护用的平台和扶梯，并符合GB 4053的要求。

5.2 系统设置

5.2.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程包括但不限于：工艺系统、公用系统、辅助系统等。

5.2.2 脱硫废水处理工艺系统包括但不限于：烟气系统、浓缩系统、预处理系统、调质系统、干燥系统、浆液排放和回收系统等。

5.2.3 公用系统包括但不限于：工艺水及冲洗水系统、压缩空气系统等。

5.2.4 辅助系统包括但不限于：电气系统、热控系统、建筑与结构、给排水及消防系统、采暖通风、道路与绿化等。

5.3 总平面布置

5.3.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程的总平面布置宜符合DL/T 5032的要求，避免拆迁燃煤锅炉主体工程的生产建（构）筑物和地下管线。若现场实际情况无法避免，则宜在保障主体

工程安全的基础上，采取合理的过渡措施。

5.3.2 浓缩系统宜单元制布置，靠近脱硫塔入口原烟道侧；事故浆液池或事故浆液箱的位置宜便于多套装置兼用或共用。

5.3.3 干燥系统宜单元制布置。惰性载体流化床宜布置在原送风机及锅炉钢架。惰性载体流化床地面布置时，宜靠近除尘器。

5.3.4 采用旋转喷雾干燥时，宜靠近锅炉空气预热器，采用独立支架布置。

5.3.5 预沉及缓存区、调质区公用制，根据工艺流程和场地条件因地制宜布置。

5.4 浓缩系统

5.4.1 烟气系统

5.4.1.1 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锅炉最大连续出力的运行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锅炉最大连续出力的运行工况下烟气温度最小值。

5.4.1.2 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，配套密封风系统。

5.4.1.3 浓缩塔进出口烟道应设置单轴双百叶挡板门，宜靠近主烟道接口处。

5.4.1.4 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；浓缩系统入口烟道引接口宜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。

5.4.1.5 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，烟道流速参照DL/T 5121-2020。

5.4.1.6 浓缩塔入口烟道、出口烟道低位处应设置排水及水封装置，低位点疏水回收至脱硫塔地坑或浓缩塔地坑。

5.4.2 浓缩塔系统

5.4.2.1 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，塔本体宜采用玻璃钢材质。浓缩塔内最低液位应满足循环泵汽蚀余量要求。

5.4.2.2 浓缩塔外应设置检修钢平台，可支撑在浓缩塔体，浓缩塔顶或净烟道顶部可设置排气阀。

5.4.2.3 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。

5.4.2.4 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。

5.4.2.5 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 $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ (湿基，6%含氧量)。除雾器应设置冲洗水系统，水源宜采用脱硫废水，同时接入脱硫工艺水作为备用水源。

5.4.2.6 浓缩塔浆液循环泵宜选用离心式，其流量应根据锅炉最大连续出力的运行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。

5.4.2.7 设备冷却水、密封水等不宜进入浓缩系统，宜与附近主体设施机封水系统统一处置或回收。浓缩系统浆液pH及氯离子宜手动取样化验。

5.5 废水预沉及缓存系统

5.5.1 脱硫废水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。脱硫废水含固量宜低于2%。

5.5.2 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。单元制设置的废水缓存箱可兼做事故浆液箱。

5.5.3 当采用脱硫废水作为浓缩塔除雾器的冲洗水时，宜设置脱硫废水预澄清池，处理后废水含固量应低于0.5%，废水输送泵出力应同时满足除雾器的最大冲洗水量及管道冲洗。

5.5.4 当采用脱硫工艺水作为除雾器冲洗水时，宜从脱硫系统除雾器冲洗水泵后管道引接。

5.6 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干燥系统，调整后浓缩浆液pH值宜为6~8。

5.6.2 调质系统宜为多台机组公用；调质用药品储存量不少于3天需要量。

5.6.3 当采用旋转喷雾设备时，采用氢氧化钠调质，氢氧化钠加药设备应考虑强碱腐蚀性，储存设备宜与化水车间统一考虑。

5.6.4 当采用惰性载体流化床时，采用氢氧化钙粉调质，粉仓下料宜采用螺旋给料装置，并具备计量功能。调质系统加药管道进入调质箱前，应设置隔离密封装置，避免调质过程产生的热汽板结药品。调质箱搅拌器宜设计双层叶片，采用高转速顶进式搅拌器，提高搅拌溶解效果。

5.6.5 当调质后的浓缩浆液固含量不满足干燥系统要求时，可设置澄清池，底部污泥输送至板框压滤机，同时预留一支管道均匀喷洒至脱硫真空皮带机适当位置。

5.7 干燥系统

5.7.1 干燥系统热源可采用热二次风或热烟气，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/热风干燥方式。旁路烟气/热风干燥方式可采用旋转喷雾或惰性载体流化床装置，干燥设备应根据干燥方式进行选型设计。

5.7.2 干燥系统若设置排灰接口，宜采用气力输送仓泵输送到主机电除尘器输灰管或直接输送到灰库，压缩空气应控制含水率。

5.7.3 采用惰性载体流化床时宜放置原送风机及锅炉钢架上，尽量靠近除尘器。采用旋转喷雾干燥时宜靠近锅炉空气预热器，采用独立支架布置。

5.7.4 热二次风或热烟气应直接取自主烟/风道，引接口应设置隔离门，隔离门应保证零泄漏，宜采用三偏心硬密封蝶阀或插板门。

5.7.5 干燥系统进出口烟/风道应分别设置人孔，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 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程区域应设计合理的箱罐、地坑和沟道用于脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程区域内浆液或装置排水的收集。

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 公用系统

5.9.1 工艺水及冲洗水系统

5.9.1.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程工艺用水包括：浓缩系统工艺水、浆液管道冲洗水、辅助设备的冷却用水等。脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程所需工艺用水应由脱硫工程提供，可直接由工艺水母管引接。

5.9.1.2 脱硫设备冷却水和设备密封水宜采用工业水，水质应满足GB 50050的规定。

5.9.1.3 浆液系统管道和设备冲洗宜设计为自动冲洗方式，冲洗水阀门宜采用电动阀或气动阀。浆液管道冲洗水可采用预澄清后的脱硫废水或脱硫工艺水。

5.9.2 压缩空气系统

5.9.2.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程压缩空气宜由脱硫工程提供，可直接由压缩空气母管引接。

5.9.2.2 当压缩空气从燃煤锅炉主体工程引接时，应在脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程区域内设置稳压储气罐。

6 主要辅助工程

6.1 建筑与结构

6.1.1 建筑

6.1.1.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程建筑物室内宜优先利用天然采光，建筑物室内天然采光照度应符合GB 50033的有关规定。

6.1.1.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程建筑物热工与节能设计应符合GB 51245的有关规定。

6.1.1.3 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程建筑防腐设计应符合GB 50046的有关规定。

6.1.1.4 建筑物的防火设计应符合GB 50016的规定。

6.1.2 结构

6.1.2.1 土建结构的设计应符合GB 50009、GB 50011及相关行业规范的要求。

6.1.2.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程建（构）筑物抗震设防类别按丙类考虑，地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。

6.2 给排水及消防系统

6.2.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程应依托主厂区的给排水系统和消防给水系统设计完善的给排水系统和消防给水系统。

6.2.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程的生产生活给水系统、排水系统以及雨水排水系统应符合GB 50013、GB 50014的有关规定。

6.2.3 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程的建（构）筑物的消防系统应符合GB 50084、GB 50016及GB 50222的有关规定。

6.3 采暖通风

6.3.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程应设有采暖、通风系统，符合GB 50019和GB 50243的规定。

6.3.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程建筑物的采暖应与脱硫建筑物一致。严寒地区应考虑机械排风或除尘系统排风等导致的热量损失补偿措施。

6.4 道路与绿化

6.4.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程区域内道路设计应为道路建成后的经常性维修、养护和绿化工作创造有利条件。

6.4.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程区域内绿化应符合GB 50187的有关规定。

7 材料与防腐

7.1 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。

7.2 浓缩进口烟道应充分考虑盲端烟气冷凝腐蚀影响，增压风机、调节挡板、局部烟道等不流通盲端应进行防腐。

7.3 浓缩塔宜采用玻璃钢结构，内部结构宜根据烟气流动和防磨、防腐技术要求进行设计，可参照HG/T 20678和JB 4710执行。

7.4 浆液喷淋管材质可采用纤维增强复合塑料、碳钢衬胶或镍基合金钢管。浆液喷嘴宜采用碳化硅材质，设计选型应避免快速磨损、结垢和堵塞。

7.5 接触腐蚀性浆液的搅拌器，轴、叶片采用碳钢衬胶材质，连接螺栓采用合金材质，搅拌器及配套材质选择应充分考虑浆液的腐蚀特性。

7.6 管道材料应满足管道介质的要求。对于腐蚀性浆液介质管道，管道包括但不限于碳钢衬陶瓷管道、碳钢衬胶管道、玻璃钢管道或钢塑复合管。

8 检测与过程控制

8.1 热工检测与过程控制

8.1.1 热工检测主要包括：浓缩塔浆液密度浓度、浓缩塔液位、浓缩塔除雾器压差、储罐液位、调质后浆液pH值、二次风的温度和压力、烟气的温度和压力、干燥系统喷雾流量等。

8.1.2 浓缩塔入口烟气温度、出口烟气温度、浓缩塔液位等重要参数监测仪表应双重冗余设置。

8.1.3 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程热工自动化控制水平不低于脱硫工程的自动化控制水平。

8.2 分析检测

脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程日常分析检测项目及检测周期参见资料性附录B。

9 运行与维护

9.1 一般规定

9.1.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程的运行应根据燃料、原料及燃煤锅炉负荷的变化及时调整。

9.1.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程运行应在满足设计工况的条件下进行，并根据工艺要求定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检查维护。

9.1.3 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程不应在超过设计负荷的条件下长期运行。

9.1.4 应建立健全与脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程运行维护相关的各项管理制度，以及运行、操作和维护技术规程；建立脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程、主要设备运行状况的台帐。

9.2 人员与运行管理

9.2.1 应至少设置1名脱硫废水工艺专职管理人员。

9.2.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程的管理和运行人员应定期进行培训。

9.2.3 运行人员应按照运行管理制度和技术规程要求做好交接班和巡视，并做好相关记录。

9.3 维护与检修

9.3.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程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。

9.3.2 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。

10 劳动安全与职业卫生

10.1 劳动安全

10.1.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程劳动安全管理应符合GB 5083中的有关规定。

10.1.2 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程调质剂选用熟石灰、氢氧化钠等时，应对操作人员采取必要的劳动安全防护措施。

10.2 职业卫生

10.2.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程职业卫生管理应符合GB/T 12801中的有关规定。

10.2.2 应符合GBZ 1、GBZ 2.1、GBZ 2.2的规定。

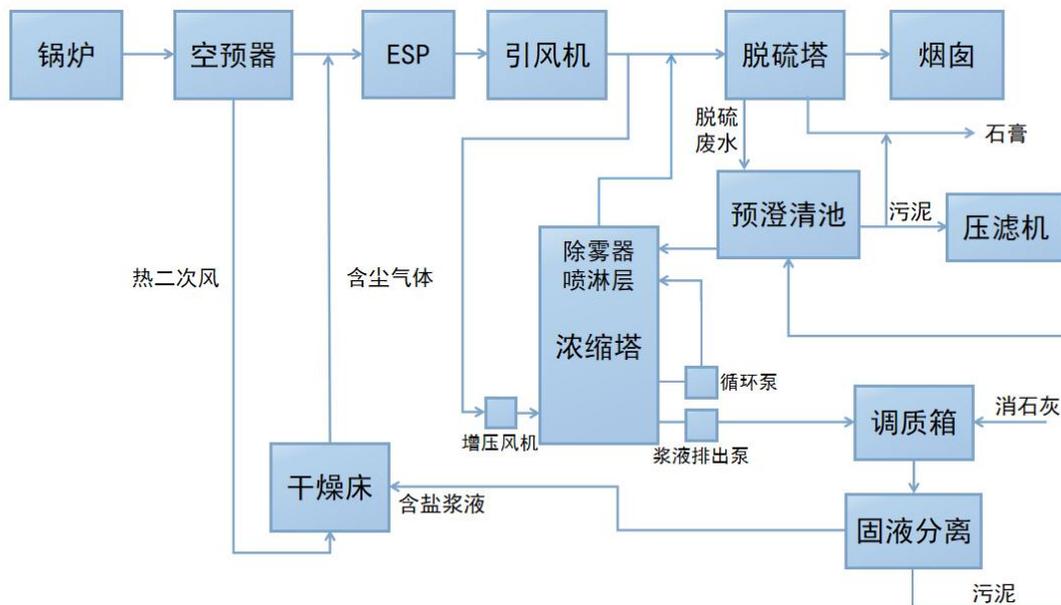
10.2.3 为防止职业中毒，脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程工作场所的卫生工程防护措施应符合GBZ/T 194中的有关规定，浓缩系统宜设置洗眼器。

10.2.4 在易发生粉尘飞扬或洒落的区域应设置必要的除尘设备或清扫措施。

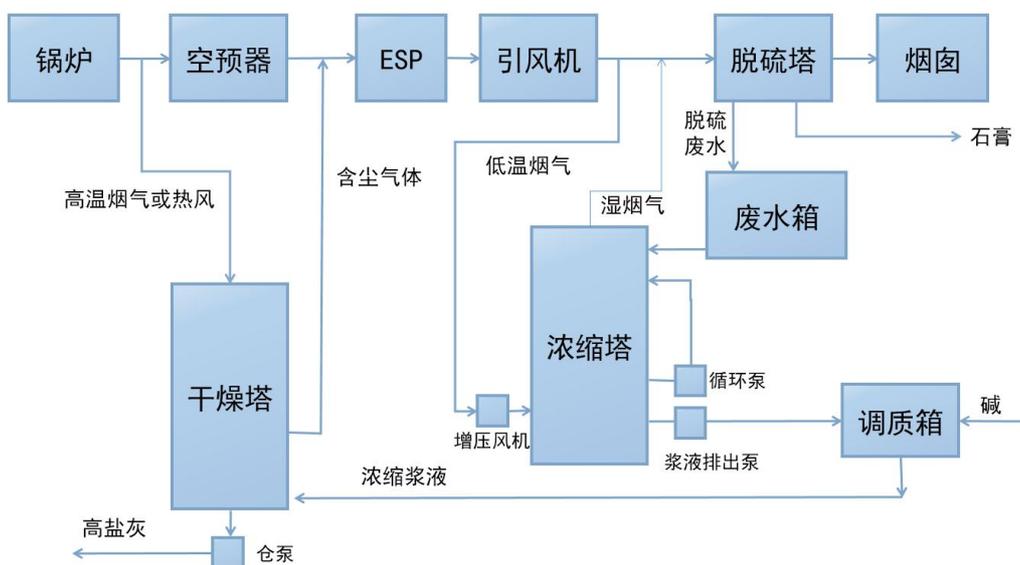
10.2.5 采用低噪声、低振动设备，对于噪声和振动较高的设备应采取减振消声等措施。将噪声和振动源与操作人员隔开。

附录A (资料性) 脱硫废水处理工艺流程

燃煤锅炉脱硫废水烟气余热浓缩及干燥典型工艺流程见图 A.1 及图 A.2



图A.1 脱硫废水处理工艺流程示意图



图A.2 脱硫废水处理工艺流程示意图

附录B（资料性）
日常分析检测项目及检测周期表

脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程日常分析检测项目及检测周期见表B.1。

表B.1 脱硫废水烟气余热浓缩干燥工程日常分析检测项目及检测周期

编号	测试项目	测试方法	测试周期
1	脱硫废水密度	重量法	每天1次
2	浓缩塔浆液密度	重量法	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	硝酸银络合滴定	每周3次
6	浓缩塔浆液氯离子含量	硝酸银络合滴定	每周3次
7	脱硫废水 TDS	重量法	每周3次
8	浓缩塔浆液 TDS	重量法	每周3次

注：暂采用下列方法,待国家方法标准发布后,执行国家标准.

1) 《水和废水检测分析方法》（第四版），中国环境科学出版社。