



60-F23341C-V01-01

甘肃能化庆阳 2×660MW 煤电项目

初步设计阶段

第 8 卷

烟气脱硫工艺部分说明书

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

Northwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Power Engineering Consulting Group

2024年11月 西 安

批 准 人： 刘 学 军

审 核 人： 袁 瑞 山

校 核 人： 张 晔

设 计 人： 王 辛 平

目 录

1 概述	1
1.1 项目概况	1
1.2 设计依据	1
1.3 设计范围	2
2 设计基础数据及主要设计原则	2
2.1 设计基础数据	2
2.2 主要技术原则	5
2.3 脱硫装置设计接口	6
2.4 脱硫吸收剂及副产品	7
3 石灰石湿法脱硫工艺系统及主要设备选择	8
3.1 设计烟气参数	8
3.2 工艺系统说明	9
3.3 主要设备选择	12
3.4 检修起吊设施	12
3.5 保温油漆及防腐	13
3.6 节能措施	13
3.7 系统运行方式	13
4 进口设备与工作服务范围	15
5 烟气脱硫装置布置	15
6 劳动安全及职业卫生	16
6.1 脱硫系统劳动安全措施	16
6.2 脱硫部分职业卫生防护设计	16

1 概述

1.1 项目概况

甘能化庆阳电厂（2×660MW 机组）工程为新建工程为甘肃能化九龙川煤矿配套建设煤电一体化项目，本期拟建设 2×660MW 超超临界间接空冷燃煤机组，厂址位于甘肃省宁县境内。

甘肃省陇东地区是国家规划的 14 个大型煤炭基地之一，境内煤炭资源丰富，探明资源量 359.8 亿吨（其中庆阳 271.8 亿吨），保有资源量 184 亿吨。九龙川矿井地处西北地区甘肃省宁县，资源储量丰富，煤质好，开采条件较好，适宜建设现代化大型矿井。本工程所在宁县具备建设大规模煤电基地的有利条件，电源建设成本及发电成本相对较低。

宁县地方工业弱小，没有大型工业企业支撑，本项目的建设将有力带动全县财政税收、建筑建材、商贸服务、餐饮、住宿、食品加工、运输、基础建设等众多行业的发展，有效地推动当地经济建设的发展，缓解就业压力，增加居民收入，提高生活水平，对地方经济的发展具有重要意义。

本期工程供煤煤矿已具备建设条件；供水水源利用城市中水和煤矿疏干水；主机采用高参数大容量空冷机组。高效节能环保型电厂是本工程的建设目标。

本项目由甘肃能化股份有限公司投资，项目资本金为 20%，其余为银行贷款。

本工程计划在 2024 年 12 月开工，第一台机组计划于 2027 年 5 月建成投产，第二台机组计划于 2027 年 6 月建成投产。

本期工程新建 2×660MW 超超临界间接空冷燃煤机组，配套建设 100% 烟气处理量的脱硫装置，采用石灰石—石膏湿法烟气脱硫装置。本项目环保排放标准执行超净排放标准，设计脱硫效率不低于 99.5%，最终排放达到 NO_x 小于 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ ， SO_2 小于 $20\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，烟尘小于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

1.2 设计依据

1.2.1 《甘肃能化庆阳 2×660MW 煤电项目环境影响报告书的批复》（待补）。

1.2.2 本工程可行性研究报告及可研评审意见。

1.2.3 国家法律法规、国家标准、建设标准强制性条文。

1.2.4 大中型火力发电厂设计规范（GB50660-2011）；

1.2.5 火力发电厂初步设计文件内容深度规定（DL/L5427-2009）。

1.2.6 火力发电厂石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统设计规程（DL/T5196-2016）。

1.2.7 石灰石 石灰—石膏湿法烟气脱硫工程通用技术规范（HJ 179-2018）。

1.2.8 烟气脱硫工艺设计标准（GB51284-2018）

1.3 设计范围

根据目前国内同类型电厂烟气脱硫建设经验，并结合本工程的实际情况，本工程采用石灰石—石膏湿法烟气脱硫。为提高脱硫系统可靠性，关键设备和材料国外进口，性能保证由国内脱硫技术方保证。

本次投标文件为脱硫装置的工艺部分，包括脱硫工艺系统的拟定、主要设备的选择和布置，其设计范围如下：

- SO₂吸收系统
- 烟气系统
- 石灰石浆液制备系统
- 石膏脱水系统
- 工艺水供应系统
- 浆液排空及回收系统
- 仪用和杂用压缩空气系统
- 钢结构、楼梯和平台
- 附属管道和辅助设施
- 阀门和配件
- 保温、油漆、防腐

脱硫工艺系统以外的其它部分，如电气、热控、土建、采暖通风、脱硫废水处理等详见相关专业卷册。

2 设计基础数据及主要设计原则

2.1 设计基础数据

2.1.1 煤质分析资料

燃煤分析特性如表2-1。

表2-1 设计煤种和校核煤种煤质特性

检测项目	符号	单位	设计煤* NC-24-0326	校核 1* NC-24-0427	校核 2* NC-24-0428	适用标准
全水分	M_t	%	10.3	12.6	9.4	GB/T211-2017
空气干燥基水分	M_{ad}	%	2.34	3.59	2.50	GB/T212-2008
收到基灰分	A_{ar}	%	23.81	26.33	20.83	
干燥基挥发分	V_d	%	25.26	24.21	26.62	
收到基碳	C_{ar}	%	54.34	48.75	57.05	DL/T568-2013
收到基氢	H_{ar}	%	3.07	2.85	3.33	
收到基氮	N_{ar}	%	0.73	0.62	0.77	
收到基氧	O_{ar}	%	7.24	8.43	8.07	
全硫	$S_{t,ar}$	%	0.98	1.23	1.48	GB/T214-2007
收到基高位发热量	$Q_{gr,v,ar}$	MJ/kg	21.46	19.25	22.66	GB/T213-2008
收到基低位发热量	$Q_{net,v,ar}$	MJ/kg	20.59	18.37	21.76	
哈氏可磨指数	HGI	/	55	61	52	GB/T2565-2014
煤灰熔融特征温度/ 变形温度	DT	°C	1210	1280	1220	GB/T219-2008
煤灰熔融特征温度/ 软化温度	ST	°C	1250	1290	1230	
煤灰熔融特征温度/ 半球温度	HT	°C	1260	1300	1240	
煤灰熔融特征温度/ 流动温度	FT	°C	1270	1310	1250	
煤灰中二氧化硅	SiO_2	%	56.62	56.04	53.37	GB/T1574-2007 DL/T1037-2016
煤灰中三氧化二铝	Al_2O_3	%	19.39	22.88	19.34	
煤灰中三氧化二铁	Fe_2O_3	%	7.20	7.81	6.61	
煤灰中氧化钙	CaO	%	7.08	5.69	9.92	
煤灰中氧化镁	MgO	%	1.46	1.46	2.11	
煤灰中氧化钠	Na_2O	%	0.71	0.64	1.00	
煤灰中氧化钾	K_2O	%	2.11	1.90	1.89	
煤灰中二氧化钛	TiO_2	%	0.93	1.09	0.92	
煤灰中三氧化硫	SO_3	%	3.62	1.75	3.50	
煤灰中二氧化锰	MnO_2	%	0.096	0.084	0.101	
煤灰中五氧化二磷	P_2O_5	%	0.295	0.280	0.321	
煤中氯	Cl_{ar}	%	0.037	0.024	0.057	GB/T 3558-201
煤中汞	Hg_{ar}	μg/g	0.043	0.034	0.034	ASTM D6722-20

煤中氟	F_{ar}	μg/g	193	171	148	GB/T 4633-201
煤中砷	As_{ar}	μg/g	2	4	2	GB/T 3058-201
煤中镉	Cd_{ar}	μg/g	0.3	0.3	0.2	GB/T16658-200
煤中铬	Cr_{ar}	μg/g	56	56	47	
煤中铅	Pb_{ar}	μg/g	6	8	6	
煤中铜	Cu_{ar}	μg/g	8	10	7	GB/T19225-200
煤中镍	Ni_{ar}	μg/g	13	13	11	
煤中锌	Zn_{ar}	μg/g	24	29	20	
煤中游离二氧化硅	$SiO_2(F)_d$	%	5.70	5.88	4.88	DL/T258-2012
煤灰中游离氧化钙	$CaO(F)$	%	1.28	1.22	2.52	DL/T498-1992
煤的冲刷磨损指数	Ke	/	0.2	2.4	2.9	DL/T465-2007

为提高脱硫装置对煤质变化的适应性，本次设计煤质含硫量按1.5%进行设计和性能保证。

2.1.2 主要设计基础参数（单台炉）

表2-2 脱硫系统入口设计参数：

序号	项 目	单位	设计煤种	校核煤种 1	校核煤种 2	含硫量 1.5%
1	FGD 入口烟气量 (湿)	Nm³/h	2037329	2059039	2036051	2059039
2	FGD 入口烟气量 (干)	Nm³/h	1898867	1904120	1899793	1904120
3	FGD 入口 SO ₂ 浓度	mg/Nm³	2351	3291	3372	3598
4	FGD 入口烟尘浓度	mg/Nm³	≤20	≤20	≤20	≤20
5	FGD 入口烟气温度 低温省煤器运行	℃	~90	~90	~90	~90
6	FGD 入口烟气温度 低温省煤器停行	℃	125	125	125	125

2.1.3 石灰石分析资料

本工程脱硫吸收剂采用石灰石，本工程按供应石灰石块（粒径≤20mm）到电厂，

厂内湿磨制浆的方案设计。石灰石碳酸钙含量按 $\geq 90\%$ 设计。

2.1.4 脱硫工艺用水

脱硫系统工艺水采用电厂工业水、工业废水处理回用水及锅炉补给水处理系统排水。

脱硫系统真空泵密封水、浆液泵密封水采用电厂工业水。

脱硫系统辅机冷却水采用全厂辅机闭式冷却水，循环使用。

2.2 主要技术原则

(1) 采用石灰石—石膏湿法脱硫，按本期工程两台锅炉 BMCR 工况全烟气量脱硫。设计煤质含硫量 0.98% ，校核煤质 1 含硫量为 1.23% ，校核煤 2 含硫量为 1.48% 。本工程烟气脱硫属大容量机组脱硫，烟气量大，脱硫效率要求高。考虑到电厂长期运行燃煤含硫量变化，脱硫应有一定裕度，脱硫设计含硫量按 1.5% 设计。脱硫装置脱硫效率暂按 99.5% 设计，设计控制 SO_2 排放浓度 $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$ ；脱硫装置附带协同除尘效率 75% ，控制烟尘排放浓度 $\leq 5 \text{ mg/Nm}^3$ 。

(2) 脱硫工程与本期工程同步建设，二氧化硫吸收系统采用单元配置，即每台炉设 1 套吸收塔系统。吸收塔拟采用逆流式喷淋单塔、内设一层均流整流装置，每座吸收塔设 5 台浆液循环浆泵，配置 5 层喷淋层，不设备用。吸收塔顶部设置高效三级屋脊式除雾器（或管束式除雾器）。氧化风机采用高性能、高效率的离心式风机，每座吸收塔配置两台 100% 容量的氧化风机，一运一备。

(3) 本工程脱硫系统不设置旁路烟道，不设置 GGH。增压风机与引风机合并。

(4) 本工程按厂内湿磨进行石灰石浆液制备。两炉公用一套石灰石浆液制备系统，系统内设两台湿式球磨机，每台湿式球磨机出力按脱硫设计含硫量两台锅炉 BMCR 工况 100% 的浆液量设计，一运一备。磨制后产品粒径 $\leq 0.043 \text{ mm}$ （325 目，通过率 90% ）。

系统设置 2 座石灰石块仓，石灰石仓容积按两台机组 BMCR 工况脱硫装置 3 天石灰石耗量设计。设一座 7 天容积的石灰石室内堆料场。

(5) 脱硫工程按 100% 石膏脱水考虑，石膏脱水后含水率 $\leq 10\%$ 。本工程设一套公用的石膏脱水系统，设两台真空皮带脱水机，每台脱水机出力按脱硫设计含硫量两台锅炉 BMCR 工况 100% 石膏排出量，一运一备。设脱硫石膏储存库 1 座，石膏库容积按两台炉 48h 石膏储量设计，由卡车运往综合利用用户。

(6) 工艺水系统按本期工程两台机组脱硫装置设置。设 1 座工艺水箱，2 台工艺水泵（1 运 1 备），3 台除雾器冲洗水泵（2 运 1 备）。

(7) 设 1 座事故浆液箱，其容量满足单个吸收塔检修排空时和其他浆液排空的要求，1 台事故浆液返回泵；每座吸收塔设 1 座排水坑、2 台排水坑泵，脱硫工艺楼内设 1 座排水坑、2 台排水坑泵。

(8) 脱硫装置不设独立的仪用压缩空气系统，由电厂主厂房空压机站为脱硫系统提供仪表、气动阀门仪用压缩空气。

(9) 脱硫系统关键设备国外进口品牌，其余设备国内配套。工艺系统进口品牌设备范围建议为：吸收塔侧进式搅拌器、除雾器，石灰石、石膏和废水旋流子；循环泵入口阀门和磨机减速机，自动调节阀门；镍基合金材料，主要测量仪表。

(10) 吸收塔露天布置在烟囱两侧，吸收塔中心线与烟囱中心线对齐布置。石灰石制浆、石膏脱水系统设备在一个建筑物内集中布置。

2.3 脱硫装置设计接口

脱硫装置与电厂主体系统接口：

(1) 烟气：

入口：原烟气从引风机出口烟道引出

出口：净烟气接入烟囱入口烟道

(2) 石膏：

进口：脱硫装置内

出口：石膏库

(3) 石灰石：

进口：汽车卸料间

出口：脱硫装置内

(4) 工艺水：

进口：脱硫装置外 1m

出口：脱硫装置内

(5) 冷却水：

进口：脱硫装置外 1m

出口：脱硫装置外 1m

(6) 排水和其他废水流（从 FGD 区域来）

进口：脱硫装置内

出口：脱硫装置外1m

(7) 电缆

电厂电气（包括I&C）设备 / 装置端子排处。

(8) 电缆敷设设施

脱硫装置外1m。

(9) 接地

脱硫装置外1m。

(10) 各种沟道、管架、支架

脱硫装置外1m。

2.4 脱硫吸收剂及副产品

2.4.1 脱硫吸收剂来源

本工程石灰石供应考虑外购石灰石颗粒(粒径不大于20mm)，石灰石块采用汽车运输方式（利用社会运力），由供应方运至厂内石灰石仓储存。

按脱硫效率99.5%、Ca/S=1.03计，脱硫所需石灰石耗量见表2-3。

表2-3 石灰石耗量表（2×660 MW）

煤 质	每小时耗量 (t/h)	每日耗量 (t/d)	每年耗量 (10 ⁴ t/a)
设计煤质 Star:0.98%	16.17	323	8.9
校核煤质1 Star:1.23%	22.72	454	12.5
校核煤质2 Star:1.48%	22.94	459	12.6
脱硫设计煤质 Star:1.5%	24.76	495	13.6

注：日利用小时数20小时，年利用小时数按5500小时考虑。

2.4.2 脱硫副产品

本工程脱硫石膏全部进行脱水处理，脱水后石膏含水量小于10%。脱硫石膏应积极进行综合利用，可将含水为10%的脱硫石膏（工艺中已考虑石膏的脱水系统）用汽车运至石膏用户进行综合利用。当石膏无法全部综合利用时，由卡车运往电厂灰场堆存。脱硫石膏在灰场与灰渣分开单独堆放。据有关运行电厂的经验，该脱硫石膏的成分稳定，不分解，不飞扬，对环境基本没有影响。

石灰石湿法烟气脱硫副产品为二水石膏，脱水后石膏含水量≤10%，纯度按≥90%，

本期脱硫石膏的产量列于表2-4中。

表2-4 脱硫石膏产量统计表（2×660 MW）

煤 质	每小时产量 (t/h)	每日产量 (t/d)	每年产量 (10 ⁴ t/a)
设计煤质 Star:0.98%	30	600	16.5
校核煤质1 Star:1.23%	42.16	843	23.2
校核煤质2 Star:1.48%	42.57	851	23.4
脱硫设计煤质 Star:1.5%	45.93	918	25.3

注：日利用小时数20小时，年利用小时数按5500小时考虑。

3 石灰石湿法脱硫工艺系统及主要设备选择

石灰石—石膏湿法烟气脱硫工艺主要由烟气系统、SO₂吸收系统、石灰石浆液制备系统、石膏脱水系统、工艺水供应系统、仪用/杂用压缩空气系统和浆液排空及回收系统等组成。

3.1 设计烟气参数

考虑到电厂长期运行燃煤含硫量变化及来煤灵活性，脱硫装置留有一定裕度，脱硫设计含硫量按1.5%进行设计。

表3-1 湿法脱硫主要设计性能参数（两台炉）

序号	项 目	单 位	脱硫设计含硫量 (1.5%)
1	FGD入口烟气量(湿烟气)	Nm ³ /h	2×2059039
2	FGD入口烟气量(干烟气)	Nm ³ /h	2×1904120
3	FGD入口SO ₂ 浓度(干基)	mg/Nm ³	3598(6%O ₂)
4	FGD入口烟尘浓度(干基)	mg/Nm ³	20 (6%O ₂)
5	FGD脱硫效率	%	99.5
6	FGD入口烟气温度	°C	~90/低省投运 ~125/低省解列
7	烟囱入口烟气温度	°C	45~50
8	烟囱出口SO ₂ 浓度	mg/Nm ³	设计 ≤20 (6%O ₂) 保证 ≤35 (6%O ₂)
9	烟囱出口烟尘浓度	mg/Nm ³	≤5 (6%O ₂)
10	液气比	L/Nm ³	~19

序号	项 目		单 位	脱硫设计含硫量 (1.5%)
11	钙硫比			1.03
12	SO ₂ 脱除量		t/h	13.8
15	脱硫吸收剂	石灰石粒径	mm	≤20
		石灰石纯度	%	≥90
		石灰石耗量	t/h	24.76
16	副产品石膏CaSO ₄ ·2H ₂ O		t/h	45.93
	纯度		%	90
	含水率		%wt	≤10
17	耗水量(低省运行/解列)		t/h	130/210

3.2 工艺系统说明

(1) 石灰石浆液制备系统

本工程拟采用厂内石灰石湿磨制浆系统。系统由石灰石料斗、给料机、斗式提升机、石灰石仓、布袋除尘器、称重式皮带给料机、湿式磨机、磨机循环浆液箱、磨机循环浆液泵、旋流分离器、石灰石成品浆液箱、石灰石浆液泵等组成。由当地石灰石矿购得的粒径小于20mm的石灰石块料，由自卸卡车运输至电厂，经地磅计量后倒进地下料斗，由给料机、皮带输送机、斗式提升机送入石灰石块仓贮存。石灰石块仓主要功能为石灰石磨机给料，石灰石块仓下设皮带称重给料机，将石灰石块加入湿式球磨机进行浆液磨制，球磨机流出的浆液进入中间循环浆液箱，用泵送入粗细分离器，粗浆返回磨机，细的成品浆液进入成品浆液箱，然后经石灰石浆液输送泵送往脱硫吸收塔内。

a) 石灰石仓

设2座石灰石块仓，用于储存石灰石。石灰石块仓主要功能为石灰石磨机给料，筒仓容积满足两台炉BMCR工况3天的石灰石耗量。

本工程石灰石运输距离约150公里，考虑冬季雨雪天气对运输影响。增设一座7天容积的石灰石室内堆料场。

b) 湿式球磨机

设两台湿式球磨机，每台湿式球磨机出力按脱硫设计含硫量两台炉BMCR工况下100%石灰石用量设计，一运一备。磨制后石灰石产品粒径≤0.043mm（325目，通过率90%）。

c) 旋流分离器组

每台磨机设一套旋流分离器组，一级旋流，配磨机循环浆液箱、循环浆液泵。

d) 石灰石浆液箱

设两座碳钢加衬的成品浆液箱，用于缓冲、贮存合格石灰石浆液。浆液箱容积满足两台炉6小时石灰石浆液耗量。

e) 浆液输送泵

每座吸收塔设2台变频离心式浆液泵，一用一备，将成品浆液箱浆液送至吸收塔。

(2) 烟气系统

每台锅炉设一套烟气系统，本期共两套。

系统流程：锅炉引风机后的烟气经总烟道上引出，直接进入吸收塔进行脱硫净化。经吸收塔洗涤脱硫后的烟气温度约45~50℃，经除雾器除去水雾后，烟气直接进入烟囱排入大气。本工程脱硫系统不设旁路烟道及旁路挡板门，当FGD装置故障停运时，锅炉停止运行。为保护吸收塔的防腐材料，吸收塔的进口烟道应设置事故喷水装置。

本工程烟气系统的脱硫增压风机与引风机合并设置。

本工程不设烟气换热器（GGH）。本工程不设旁路烟道。

(3) SO₂吸收系统

湿法脱硫吸收塔集脱硫、氧化和协同除尘等多项功能于一体，多层喷嘴将浆液以雾状均匀地喷射于充有烟气的吸收塔中，烟气中的SO₂在吸收塔内被浆液洗涤并与浆液中的CaCO₃发生反应，在吸收塔底部的循环浆池内被氧化风机鼓入的空气强制氧化，最终生成稳定的石膏，由石膏排浆泵排出吸收塔送入石膏脱水系统。

SO₂吸收系统按单元制配置，每台锅炉配一套SO₂吸收系统，即一台锅炉配一座吸收塔。

本工程采用新型高效脱硫除尘一体化单吸收塔，喷淋层下部设烟气均布装置(托盘装置等)，烟气经均布装置均布，改善了气液传质条件，提高吸收塔传质反应速率。除雾器采用新型高效三级屋脊式除雾器或管束式除雾器。脱硫装置考虑协同除尘措施，采用塔内设置烟气均布装置（配三级新型高效屋脊除雾器）技术方案可保证脱硫协同除尘75%的除尘效率，满足烟尘排放浓度满足小5mg/Nm³的要求。

· 吸收塔循环泵

每塔采用5台离心式循环浆泵，分别对应5层喷淋层，喷淋层不设备用。多层循环

泵配置，可满足机组燃煤硫份变化、负荷改变和深度调峰时的节能要求。泵体采用铸钢+衬胶泵，或全金属泵。

· 氧化风机

离心风机具有流量大、扬程高、效率高等特点，氧化风机采用高性能、高效率的离心式风机，每座吸收塔配置两台100%容量的氧化风机，一运一备。

· 石膏排出泵

每塔设2台变频离心式浆液排出泵，一运一备，泵体采用铸钢+衬胶。

(4) 石膏脱水系统

从脱硫吸收塔排出的石膏浆液固体物浓度含量约为15%-20%，石膏浆经水力旋流器浓缩后进入石膏脱水装置，经脱水处理后的石膏固体物表面含水率不超过10%，脱水石膏送入石膏库中存放待运。水力旋流器分离出来的溢流液一部分经废水旋流器澄清后排入废水处理系统，浓缩部分返回吸收塔作为补充水。石膏脱水过程中设有石膏及滤布冲洗装置，对石膏及滤布进行冲洗，冲洗水循环使用。石膏脱水装置滤出液返回制浆系统或吸收塔。

· 石膏旋流浓缩器

每套吸收塔设一套石膏旋流浓缩器，本期共两套。

· 石膏脱水机

本期两台炉公用一套石膏脱水系统，**设两套真空皮带脱水机**。每台脱水机出力按脱硫设计含硫量两台机组BMCR工况下石膏总量的100%，一运一备。脱水机配置真空泵、气液分离器、滤布石膏冲洗等辅助设备。

· 废水旋流器

两台机组共设一套废水旋流器。废水旋流器溢流液进入脱硫装置外的废水零排放系统。

· 石膏库

在脱硫工艺楼零米层设一座石膏仓库，其库容满足两台炉不小于48h的石膏储量。石膏仓库封闭设计，脱水石膏直接落入石膏库，可便于在石膏仓库内倒运、装车。石膏运输车辆可在石膏仓库内装车将石膏运出。

(5) 工艺水供应系统

工艺水系统按两台FGD装置容量设置，设一座公用的工艺水箱，接收电厂工业水、工业废水处理回用水及锅炉补给水处理系统排水作为脱硫工艺用水。设2台工艺水

泵（1运1备）升压后送至制浆系统、吸收塔系统各用水点；吸收塔设3台除雾器冲洗水泵（2运1备）。

电厂工业水作为脱硫装置石膏冲洗、泵、风机等转动设备及真空泵密封水。

脱硫装置冷却水采用电厂闭式冷却水，冷却后回至主系统。

FGD装置工艺水系统包括：

- 吸收塔浆池、石灰石制浆系统、皮带脱水机装置用水；
- 除雾器、所有浆液输送设备、管路、贮存箱的冲洗水。

（6）浆液排空及回收系统

浆液排空及回收系统包括集水坑、泵、冲洗系统和事故浆液箱。

在脱硫系统出现事故需要检修时，吸收塔内的吸收浆液由事故浆泵排入事故浆液箱中，并作为吸收塔重新启动时的石膏晶种。FGD装置的浆液管道和浆液泵等，在停运时需要进行冲洗，其冲洗水就近收集在各个区域设置的集水坑内，然后用泵送至事故浆液箱或吸收塔浆池。

在石灰石制浆区、石膏脱水区、吸收塔区分别设置有集水坑，FGD正常运行时的浆液管和浆液泵停运时须进行冲洗，冲洗水收集在各自的集水坑中，通过地坑泵送至事故浆液箱或返回吸收塔浆池。

本期工程设置一座事故浆液箱。

每座吸收塔区设一座吸收塔集水坑，共两座。

石膏脱水区设一座集水坑，共一座。

（7）仪用压缩空气系统

脱硫装置内不设置单独的空压机站，由主厂房空压机站统一为脱硫装置提供仪用压缩空气。仪用压缩空气用于向脱硫装置内的气动仪表、阀门、控制设备和热工仪表检修等提供无油、清洁、干燥的仪用压缩空气。

3.3 主要设备选择

详见60-F23341C-Q06 主要设备材料清册。

3.4 检修起吊设施

吸收塔、石灰石仓料斗、旋流站、湿式球磨机、石膏脱水机等设置维护检修平台，方便运行维护。

吸收塔除雾器、浆液循环泵、氧化风机、球磨机及石膏脱水机、真空泵等设备根据需要设置电动或手动葫芦起吊设施。

其它各种泵、箱罐、搅拌器等，可利用汽车吊进行检修起吊。

小型露天设备设就地手动葫芦。

3.5 保温油漆及防腐

烟道保温材料采用岩棉，设备及烟道保温护板材料采用0.75mm左右的压型钢板。

所有管道、平台扶梯和箱罐等的外表面都要涂刷防腐低漆和面漆。

所有工作介质为石灰石浆液或石膏浆液及石膏滤出液的设备和管道和所有可能接触到低温饱和烟气冷凝液的低温烟道都需要采取防腐措施：

吸收塔壳体内衬玻璃鳞片衬里防腐；

各种浆液泵的壳体内衬橡胶衬里（叶轮采用合金钢）；

浆液泵采用全金属合金浆液泵；

各种浆液箱及浆液池内衬鳞片树脂防腐；

各种浆液管道采用橡胶内衬（小管道用不锈钢）；

低温烟道（包括吸收塔入口部分烟道和脱硫吸收塔后净烟道）内衬鳞片树脂；

3.6 节能措施

3.6.1 氧化风机采用离心风机

离心风机具有流量大、扬程高、效率高等特点，满足脱硫压力、流量要求。离心风机效率可达82~86%，采用离心氧化风机节能效果明显，因此本工程推荐采用离心风机。

3.6.2 采用多层循环泵浆液配置

本工程推荐采用带烟气均布高效单吸收塔技术方案，多层循环泵配置。

本工程煤质含硫量设计煤质含硫量0.98%，校核煤质1含硫量为1.23%，校核煤2含硫量为1.48%。为提高脱硫装置对煤质变化的适应性，适当提高了煤质含硫量，含硫量按1.5%进行设计和性能保证，脱硫效率要求不低于99.5%。为满足超低排放的环保要求，每塔采用5台离心式循环浆泵，分别对应5层喷淋层，不设备用。多层循环泵配置，可满足机组燃煤硫份变化、负荷改变和深度调峰时的节能要求。

3.7 系统运行方式

锅炉机组正常运行时，FGD系统同时运行，FGD装置应能适应锅炉任何负荷；当脱硫装置故障时，本工程不设旁路烟道，FGD停运。FGD可用率大于98%，或因脱硫系统故障强迫机组停运率小于2%。

（1）FGD正常运行

采用集中控制系统，自动控制、指示、记录整个过程，使FGD装置正常运行。

由全厂DCS实现FGD的自动控制，通过石灰石浆液流量的控制回路，吸收塔液位控制回路、石膏浆液排出控制回路实现正常稳定运行。

低负荷时或含硫量低时，按吸收塔特性曲线可停运一层或两层喷淋层，节能运行。

（2）FGD停运

a、短时停运

如果停运几小时，不必使全部FGD装置停止工作，仅仅关闭停运期间如不采取补充措施就会发生问题的设备，或不必要的耗能设备。如吸收塔浆液循环泵，氧化风机。同时应考虑冲洗增加的水耗。

工艺水仍然送至石膏脱水和石灰石浆液制备系统，所有搅拌器仍然运行。

b、短期停运

如果停运持续几天，除上述停运设备和设施外，除雾器冲洗系统、石灰石浆液制备和分配系统、石膏脱水系统也将停运，包括管线自动冲洗的全部设备的停运。

搅拌器和工艺水供给系统仍然运行。

c、长期停运或吸收塔检修

如果长期停运或吸收塔进行全面检修，所有辅机设备停运，浆液从吸收塔和浆液箱排入事故浆液箱，事故浆液箱搅拌器运行。

（3）FGD装置故障的保护措施

FGD系统自动运行期间，保护FGD系统的所有设备免受装置中其它部件误动作的影响。

以下可能发生的情况会使烟气系统受到干扰：

- 循环泵没有运行
- 原烟气温度太高
- 烟道压力超出了允许范围

烟气通道的压力和温度监测加强FGD装置的保护。

如果FGD入口烟气温度超过最大允许值，启动事故喷淋装置，并发出报警信号。

除了温度监测外，还设计了过压/低压监测系统，如果烟气压力超过了设定的最大/最小值，也发出报警信号。

4 进口设备与工作服务范围

根据目前国内湿法脱硫技术应用的实际情况，为保证脱硫装置整体脱硫性能要求，脱硫系统关键设备采用进口设备，脱硫装置性能保证由脱硫承包商保证，其余设备国内配套。工艺系统的设备采购分国外进口和国内配套两部分，具体内容如下。

(1) 采用进口品牌设备：

- 吸收塔侧进式搅拌器
- 除雾器
- 所有接触石膏浆液、石灰石浆液和废水的水力旋流器旋流子
- 循环泵入口阀门
- 磨机减速机
- 所有接触石灰石、石膏浆液、滤液、工艺水的自动调节阀门
- 主要测量仪表
- 镍基合金

(2) 其他一般设备和材料，在满足技术要求及有关规范要求的前提下由国内供货。如吸收塔壳体、烟道、钢结构、一般管道、阀门及浆液泵、搅拌器等。

5 烟气脱硫装置布置

脱硫装置位于炉后东侧，布置在引风机与厂区环行公路以内。脱硫设备组合场临时用地位于工程建设施工场地。

本工程不设旁路烟道及档板门，不设增压风机（与引风机合并设置），两台引风机横向布置，由引风机出口烟道接出直接进入吸收塔；吸收塔布置于烟囱中心两侧，与烟囱中心线对齐布置。浆液循环泵和氧化风机布置在吸收塔侧。氧化风机噪声较大，浆液循环泵和氧化风机室内布置。

脱硫装置设备布置主要考虑工艺流程及技术经济因素，辅助车间相对集中。

吸收塔、事故浆液箱、烟道等采用露天布置。

吸收剂制备间集中布置于脱硫工艺楼及石膏库，脱硫工艺楼尺寸75.5×20m²，石灰石卸料间为地下布置，石灰石贮仓位于磨制间的屋顶11.80 m 标高。卧式球磨机布置于底层0.00 m，两台并列布置。在12.00 m层标高放置石灰石水力旋流分离器。工艺水箱布置于综合楼0.00 m。

本工程脱硫工艺楼 0.00 m 设一座石膏仓库，其库容满足设计煤质时两台炉 48h 的石膏储量。石膏脱水楼与石膏仓库合并布置，底层 0.00 m 为车辆运输通道；二层 12.00 m 布置石膏脱水机和真空泵；石膏水力旋流分离器放置 20.00m 层独立间。石膏库旁设一座 7 天容积的石灰石室内堆料场，封闭设计，石灰石室内堆料场尺寸 30×24m²。

石膏仓库封闭设计，脱水石膏直接落入石膏仓库，便于在石膏仓库内倒运、装车。石膏运输车辆可在石膏仓库内装车将石膏运出。

6 劳动安全及职业卫生

6.1 脱硫系统劳动安全措施

(1) 石灰石浆液系统的管线、阀门、设备、泵等均按照规范、规程、标准进行密封设计，做到严密不漏。

(2) 脱硫吸收塔为防止浆液腐蚀及磨损，在不同位置对材质进行不同的处理，吸收塔能经受温度、腐蚀、摩擦的综合作用，可以保证在任何情况下不致损坏。

(3) 对于易腐蚀和磨损的部位或部件采用防腐、耐磨的材料或采用衬胶的方法，以减少腐蚀和磨损。

(4) 石灰石仓采用密封设计，设布袋除尘器，设置检修平台。

(5) 石膏储存采用石膏库，密封设计，实现装卸车环境干净、卫生。

6.2 脱硫部分职业卫生防护设计

(1) 采用外购石灰石块进行厂内石灰石浆液制备，外购石灰石块厂内制浆工艺稳定，占地面积小，污染源较少。

(2) 脱水石膏储存于封闭的石膏仓库内，脱硫石膏暂不综合利用时用汽车运至灰场贮存，脱硫石膏含水 10% 左右且具有粘性，在装卸、运输时和灰场堆放时不易产生扬尘问题。

(3) 脱硫系统设备订货时，根据噪声标准的要求，向制造厂家提出设备制造限制噪声要求，并作为设备考核的重要因素。

(4) 脱硫系统设备的基础和平台按《作业场所局部振动卫生标准》和《动力机器基础设计规范》中的规定进行防振动设计。