

深圳市西部电厂2[#]机组烟气海水脱硫项目
海洋环境影响专题研究报告

承担单位：中国科学院南海海洋研究所

协作单位：深圳晶源环保科技有限公司

深圳市环境科学研究所

深圳市环境监测站

一九九五年十月

课题负责人: 温伟英

报告编写人: 何清溪 李 琳 黄小平 杜完成

报告统稿校核: 温伟英 黄小平

主要参加人员:

南海海洋所: 温伟英 黄小平 何清溪 杜完成

李 琳 张观希 古森昌 郑庆华

吴仕权 张 穗 黄良民 尹健强

林永水 刘云旭 何悦强 孙 云

深圳晶源环保科技有限公司: 唐崇武 夏天 郭新德

深圳市环境科学研究所

深圳市环境监测站

目 录

第一章 概述	(1)
§ 1.1 课题来源	(1)
§ 1.2 研究的目的意义	(1)
§ 1.3 研究的依据、法规和标准	(2)
1.3.1 研究依据	
1.3.2 法规和标准	
§ 1.4 研究内容和技术路线	(4)
1.4.1 研究内容	
1.4.2 技术路线	
第二章 工程分析	(7)
§ 2.1 电厂工程建设概况	(7)
§ 2.2 海水法烟气脱硫工艺概述	(8)
2.2.1 F-FGD工艺基本原理	
2.2.2 F-FGD工艺系统	
2.2.3 F-FGD工艺设计参数和校核参数	
§ 2.3 现场实验	(12)
2.3.1 烟气主要化学成分浓度	
2.3.2 煤粉和煤灰中重金属含量	
2.3.3 冷却水水质分析	
2.3.4 30分钟现场烟气吸收实验	
§ 2.4 F-FGD工艺排水水质和源强	(16)
2.4.1 F-FGD工艺排水水质	
2.4.2 F-FGD工艺排水主要物质源强	
第三章 海区环境与资源现状调查与评价	(19)
§ 3.1 自然条件及社会经济概况	(19)
§ 3.2 水生态生物资源	(25)

3.2.1	初级生产力和浮游生物	
3.2.2	底栖生物	
§ 3.3	渔业资源状况	(41)
3.3.1	鱼类	
3.3.2	虾类	
3.3.3	珍稀水生动物	
3.3.4	禁渔期	
3.3.5	渔业资源状况综述	
§ 3.4	电厂冷却水排放口附近海域环境质量现状	(53)
3.4.1	水质现状	
3.4.1.1	pH值、盐度、碱度	
3.4.1.2	DO、COD	
3.4.1.3	无机氮	
3.4.1.4	重金属	
3.4.1.5	有机毒物	
3.4.2	沉积物环境质量现状	
3.4.3	底栖生物残毒量现状	

第四章 工艺排放入海物质迁移扩散研究

§ 4.1	海流运动研究	(59)
4.1.1	海流观测资料分析	
4.1.2	流场数值模拟	
4.1.3	水文特征分析	
§ 4.2	F-FGD工艺入海物质迁移扩散研究	(87)
4.2.1	水质数学模型	
4.2.2	入海物质迁移扩散预测	

第五章 F-FGD工艺排水对海域环境影响分析

§ 5.1	SO_4^{2-} 增加的影响分析	(109)
§ 5.2	COD_{Mn} 增加的影响分析	(111)

§ 5.3 DO降低的影响分析	(111)
§ 5.4 飞灰的影响分析	(111)
§ 5.5 pH值变化的影响分析	(112)
§ 5.6 温升影响分析	(113)
§ 5.7 重金属增量的影响分析	(113)
§ 5.8 增加的NO _x 对海水营养盐浓度的影响分析	(115)
§ 5.9 有机化合物对海洋环境影响分析	(116)
§ 5.10 CO ₂ 对海水水质的影响分析	(117)

第六章 结论与建议	(119)
-----------------	-------

参考文献	(125)
------------	-------

第一章 概 述

§ 1.1 课题来源

深圳市妈湾电厂工程是一个大型燃煤电厂工程,计划总装机容量为 $6 \times 300\text{MW}$ 。妈湾电厂一期工程($2 \times 300\text{MW}$)已于1994年竣工投产,二期工程已改由深圳市西部电力有限公司负责建设(改称西部电厂),规模暂定为 $2 \times 300\text{MW}$ 。该项目的环境影响报告书已由国家环保局批复。目前正在进行施工建设。根据国家环保局对该项目的环境影响报告书的批复要求(环监[1994]434号文),西部电厂第二台机组(即 $1 \times 300\text{MW}$)必须首先配置烟气脱硫装置。

深圳市西部电力有限公司为了严格认真地执行国家环保局的上述批复,曾先后委托晶源公司、龙源公司及华北电力设计院对国际上现行几种成熟的烟气脱硫工艺方案进行深入的技术经济论证和可行性研究,对每种方案均编制完成了专门的研究报告,并在此基础上进行方案比选。比选结论认为在深圳市西部电厂最有条件实施的工艺方案为海水法和石灰石/石膏法,其中海水法又明显优于石灰石/石膏法而作为首选方案。根据1995年3月11日在北京召开的深圳市西部电厂海水脱硫方案研讨会的会议精神,又进一步委托深圳晶源环保科技有限公司和华北电力设计院完成《深圳市西部电厂烟气脱硫项目可行性研究报告》的编制工作。

为了进一步确定海水法脱硫工艺对海洋环境的影响问题,中国科学院南海海洋研究所受西部电力有限公司的委托,承担深圳市西部电厂2[#]机组海水烟气脱硫工艺的海洋环境影响研究。深圳晶源环保科技有限公司,深圳市环境监测站和深圳市环境科学研究所参与协作完成。本专题研究报告作为工程可行性研究工作的补充资料。

§ 1.2 研究的目的意义

深圳市西部电厂紧邻妈湾电厂,位于深圳市经济特区南头半岛南端,珠江口伶仃洋的东岸,属于珠江三角洲经济发达地区。由于珠江三角洲地区内电厂企业约占广东全省的70%,并且几乎都是燃煤电厂,造成珠江三角洲地区大

气 SO_2 污染较严重,酸雨频率高,在全国来讲仅次于长沙地区。因此从某种角度来讲,新建的西部电厂烟气脱硫可以减轻对珠江三角洲地区的大气 SO_2 的污染。

西部电厂实施F-FGD工艺,也是保护深圳市荔枝的重要举措。电厂所在的南山区是深圳市荔枝的重要产地,该区的“南山荔枝”享誉海外,颇有名气。南山脚下的荔枝林已有数百年历史,主要的优良品种有糯米糍、桂味和黑叶等,出口港澳。1985年深圳市政府就已把南山村、南园村和北头村等列为南山荔枝保护区。大气中 SO_2 污染或酸雨对荔枝生产有严重威胁,特别是在荔枝扬花季节, SO_2 污染对荔枝的产量和质量将产生更大的影响,因此防止荔枝保护区的大气 SO_2 污染就成为当务之急,并具有重要的社会效益、经济效益和环境效益。

海水脱硫工艺是利用天然海水的碱性吸收和中和电厂锅炉烟气中酸性的 SO_2 ,以达到消除大气污染,保护陆地生态环境。自然界硫的循环路径见图1-1。截断工业燃用矿物燃料排放的硫(SO_2)回到大海之前进入大气、酸雨、湖泊、河流并造成污染和破坏的路径,而通过海水直接吸收并转化成天然海水中大量存在的 SO_4^{2-} 形式回归大海,是利用海水的物理化学净化原理的典型范例。

本课题研究目的是了解深圳市西部电厂一期工程2[#]机组采用F-FGD工艺烟气海水脱硫后的排水对海洋环境的附加影响。

§ 1.3 研究的依据、法规和标准

1.3.1 研究依据

[1] 国家环境保护局文件环监[1994]434号“关于深圳妈湾电厂二期工程环境影响报告书审批意见的函”。

[2] 电力工业部文件电计[1994]344号“关于深圳妈湾电厂二期工程环境影响报告预审意见的函”。

[3] 国家环境保护局司发文,环监建[1995]066号,关于印发深圳市西部电厂海水脱硫方案研讨会会议纪要的函。

[4] 深圳市西部电厂海水脱硫方案研讨会会议纪要(1995年3月11日)。

[5] 《深圳市西部电厂烟气脱硫可行性研究报告》,1995年4月。

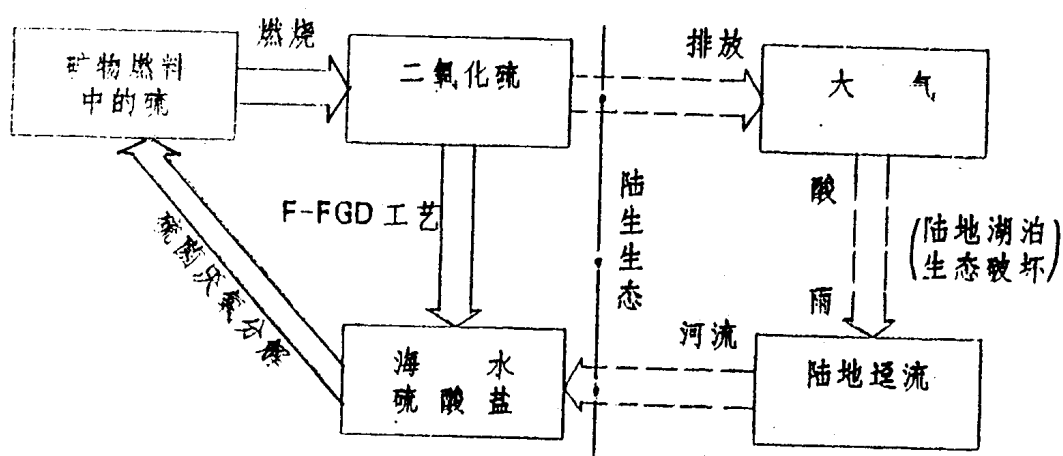


图1-1 硫的循环路径简图

[6] 1995年7月深圳市西部电力有限公司委托中国科学院南海海洋研究所进行“深圳市西部电厂2[#] 机组烟气海水脱硫项目海洋环境影响专题研究”的委托书。

[7] 深圳晶源环保科技有限公司代业主提供的工程分析和源强资料。

[8] 深圳市西部电厂2[#] 机组海水脱硫工程海洋环境影响专题研究合同书, 1995年7月。

[9] 南海水产资源保护示意图, 农牧渔业部(见附图1)。

[10] 广东海洋功能区划图, 广东省环保局(见附图2)。

1.3.2 法规和标准

1.3.2.1 法规

①中华人民共和国环境保护法。

②中华人民共和国海洋环境保护法。

③中华人民共和国水污染防治法。

1.3.2.2 标准

①中华人民共和国《海水水质标准》(GB3097-82)。码头港口区执行三类水质标准, 其余海域执行一类水质标准。

②中华人民共和国《渔业水质标准》(GB11607-89)。

③全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程中规定的环境质量标准《底质污染物评价标准》, 《海洋生物体内污染物评价标准》。

1.3.3 保护目标

珠江口海域是广东省水产资源保护区, 经济鱼类繁育场。环境保护目标重点为大铲、仔洲、妈湾、内伶仃一带水域的水质以及这一带的海洋生物资源和渔业资源。

§ 1.4 研究内容和技术路线

1.4.1 研究内容

烟气被海水洗涤后, 不单吸收烟气中的 SO_2 , 还吸收烟气中的温度、粉尘和其它物质。从而使海水水温、pH值、化学耗氧量、溶解氧、悬浮物、水质化学成分组成等与原冷却海水水质比较, 有不同程度的增加或减少。工艺排水入海后, 对海洋环境的影响程度是人们相当关注的问题。

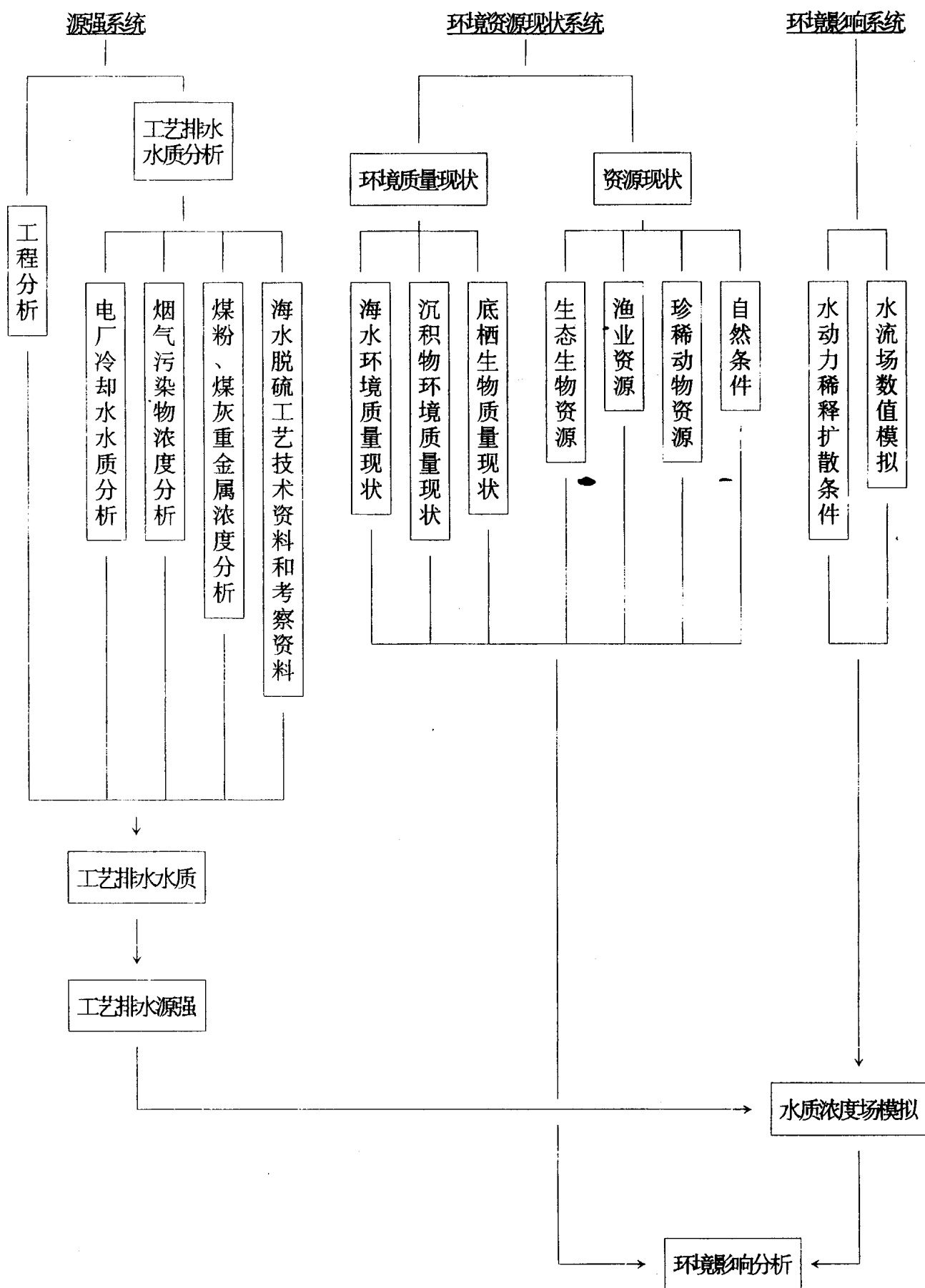
本课题主要研究内容:

1. 工艺排水的水质状况。

2. 排水海区的水环境质量现状。
3. 排水海区的生态生物资源和渔业资源状况。
4. 排水海区的水动力对工艺排放物的稀释扩散程度。
5. 工艺排水对海洋环境的影响分析。

1.4.2 技术路线

技术路线见方框图如下:



第二章 工程分析

§ 2.1 电厂工程建设概况

2.1.1 规模

深圳西部电厂容量为 $2 \times 300\text{MW}$, 其中2[#]机组 (即 $1 \times 300\text{MW}$) 的烟气实施脱硫。

2.1.2 燃料

西部电厂燃煤与妈湾电厂相同, 设计煤种为晋北烟煤, 以澳大利亚进口煤和山西安太堡煤为校核煤种。煤质资料见表2-1所示。

表2-1 煤质分析表

		设计煤种	校核煤种	
项目	单位	晋北烟煤	澳大利亚煤	安太堡煤
W_{ar}	%	9.61 ± 3	8.3	8.4
W_{ad}	%	2.85	2.3	2.53
V_{daf}	%	32.31 ± 5	31.9	37.48
A_{ar}	%	19.77 ± 10	13.6	14.19
C_{ar}	%	58.56	67.06	62.93
H_{ar}	%	3.36	3.84	4.27
O_{ar}	%	7.28	5.38	8.22
N_{ar}	%	0.79	1.35	1.12
S_{ar}	%	0.63	0.47	0.87
$Q_{net\ ar}$	kJ/kg	22441 ± 2093	25680	24326

电厂燃用设计煤种时, 每台机组额定负荷耗煤量为 114.2t/h 。

2.1.3 水源

电厂冷却水取自海水, $2 \times 300\text{MW}$ 机组取用海水量约为 $24\text{m}^3/\text{s}$ 。工业生活消防用淡水由城市自来水管网供给, 用水量约为 $600\text{m}^3/\text{h}$ 。

2.1.4 总平面布置

本工程厂区总平面布置基本遵循妈湾电厂总体规划的布置格局,即结合电厂工艺流程特点分片规划。根据妈湾电厂环评和二期工程可研预审意见,本期工程在煤场和循环水泵房东侧与烟囱之间预留了二块面积为 $50 \times 135\text{m}$ 的脱硫场地。其平面布置图见图2-1。

2.1.5 排水

排水口与妈湾电厂的排水口相同,即两间电厂共4台机组的冷却水一并外排入妈湾港。

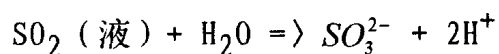
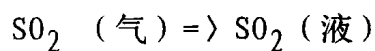
§ 2.2 海水法烟气脱硫工艺概况

海水脱硫工艺,是利用纯海水的FGD(烟气脱硫)工艺,作为一种成熟的烟气脱硫技术,在国外已得到日益广泛的应用。利用海水作为脱硫剂,洗脱了 SO_2 后的海水经水质恢复后,又流回到海洋中。

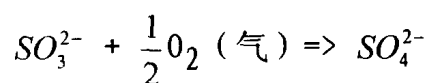
2.2.1 F-FGD工艺基本原理

由于海水中含有的碳酸根和重碳酸根离子,具有一定的吸收和中和 SO_2 的能力。Flakt-Hydro 烟气海水脱硫(简称为F-FGD)工艺流程如图2-2,工艺的主要原理如下:

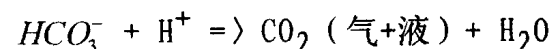
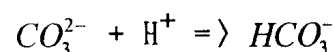
烟气中的 SO_2 在吸收塔中被海水吸收生成亚硫酸根(SO_3^{2-})和氢离子(H^+):



在吸收 SO_2 的海水中通入大量空气(曝气),使 SO_3^{2-} 与空气中的氧反应生成硫酸根离子(SO_4^{2-}):



同时,利用海水中的碳酸根和重碳酸根离子(CO_3^{2-} 、 HCO_3^-)中和 H^+ ,使海水pH值得以恢复:



曝气过程也加速 CO_2 的置换释出作用,有利于中和过程和溶解氧达到接近饱和水平。

2.2.2 F-FGD工艺系统

该工艺系统主要由海水输送系统、烟气系统、吸收系统、海水水质恢复系统和监控调节系统等组成。

2.2.2.1 海水输送系统

脱硫用的海水取自凝汽器出口的冷却水。在设计工况下,供吸收塔喷淋用的海水量约为 $7360\text{m}^3/\text{h}$,海水增压泵房就近建在排水沟旁,内设两台海水增压泵,二台同时运行,不设备用。海水从吸收塔顶部进入吸收塔,将烟气中的 SO_2 洗脱后,从吸收塔底部流出,靠自重流至曝气池。

2.2.2.2 烟气系统

烟气从电厂引风机出口经调节风门引入FGD系统,在FGD系统调节风门前设100%的烟气旁路系统,正常运行时,旁路烟道上的调节风门关闭。当FGD系统停运时,旁路烟道上的调节风门打开,FGD系统入口调节风门关闭,以确保电厂运行不受影响。

进入FGD系统后的绝大部分烟气经气—气热交换器(GGH)降温后,从塔底部自下而上流经吸收塔,吸收塔出口的清洁烟气经增压风机,进入GGH加热升温至 70°C 以上(保证值为 70°C),经烟囱排入大气。

2.2.2.3 吸收系统

吸收塔是该系统的主要设备之一。系统设一座逆流式吸收塔,海水自塔的上部喷入,烟气自塔底向上。塔体横截面为正方形,外壳用钢筋混凝土制成。吸收 SO_2 后的酸性海水直接排出塔外。塔内装有填料床,提供较大的气液接触面积,以增强吸收 SO_2 的能力。洗涤后的烟气经除雾器除去其中的雾沫及携带物。

2.2.2.4 海水水质恢复系统

本系统用大量的来自凝汽器的冷却海水与吸收塔排出的酸性水在曝气池中混合。在曝气池下部,安装多排通气管,管道上有很多排气孔,由曝气风机鼓入大量压缩空气,细碎的气泡使曝气池内海水中溶解氧达到饱和,并将亚硫酸盐氧化成硫酸盐。本系统的另一个目的是通过曝气池使海水中的 HCO_3^- 被中和后释放出 CO_2 ,使排水中的pH值得到恢复。曝气风机建在曝气池旁。处理后的海水pH值保证在6.5以上。合格后的海水由曝气池溢流至排水沟,再排入大海。

2.2.2.5 监控调节系统

FGD系统主要监测点及参数为: 吸收塔进口、出口处及烟囱出口烟气的 SO_2 浓度、烟温, 曝气池排放口处排水的COD、pH值、水温等。这些参数反映FGD系统工况、主系统对FGD系统的影响及要求, 据此调节操作FGD系统。

2.2.3 F-FGD工艺设计参数和校核参数

①排放源: 西部电厂2号机组300MW

- a. 燃料种类 晋北烟煤
- b. 燃煤量 114.2t/h
- c. 煤的含硫量 设计值: 0.63%
- d. 年运行小时数 6500h

②FGD系统进口烟气

- a. 处理量 1100000 Nm^3/h
- b. 烟温 120°C
- c. 进口烟气组分 SO_2 1118 mg/Nm^3
 O_2 6~8%
飞灰 183 mg/Nm^3

③FGD系统出口烟气

- a. SO_2 浓度 112 mg/Nm^3 , 按脱硫效率为90%计算
- b. 温度 $\geq 70^\circ\text{C}$

④FGD系统设计入口海水水质

- a. 海水盐度 23‰
- b. 水温 按循环水取水口水温增加 8.5°C 温升确定,
年平均水温为 34.2°C
- c. SO_4^{2-} $\leq 1890\text{mg}/\text{L}$
- d. pH值 7.5
- e. COD 1.2 mg/L

⑤FGD系统设计排水水质

- a. SO_4^{2-} $\leq 45\text{mg}/\text{L}$ (增加值)
- b. pH值 ≥ 6.5

c. COD	≤ 5mg/L
d. 温升	≤ 1℃
⑥脱硫效率	90%

§ 2.3 现场实验

为了剖析F-FGD工艺提供方提供的排水水质化学指标, 我们于1995年7月25日至28日(大潮期)和8月18日(小潮期)进行了现场实验。包括现场采样实验和30分钟海水吸收烟气实验。

现场采样实验包括:

- ①采集妈湾电厂一期工程的烟气量, 分析烟气的主要化学成分浓度。
 - ②采集妈湾电厂一期工程所用的燃煤煤粉(炉前煤), 分析煤粉中的重金属等物质含量。
 - ③采集妈湾电厂一期工程的煤灰, 分析煤灰中的重金属等物质含量。
 - ④采集妈湾电厂一期工程的冷却水, 分析各种化学指标浓度。
- 其分析方法和最低检出限见表2-2, 2-3。

表2-2 烟道气中监测方法及检测限

名 称	测 定 方 法	检测限 (mg/m ³)
二氧化硫	盐酸副玫瑰苯胺比色法	< 0.2
氧化氮	盐酸萘乙二胺比色法	< 3.0
汞	冷原子吸收光谱法(溶液采样)	<0.001
酚	4-氨基安替比林比色法	< 0.25
砷	二乙氨基二硫代甲酸银比色法	< 0.05
铅	石墨炉原子吸收光谱法	<0.0008
氧化镉	石墨炉原子吸收光谱法	<0.00002
三氧化铬	石墨炉原子吸收光谱法	<0.0006
苯并(a)芘	高效液相色谱法	<0.005 (μg/m ³)