

福建漳州后石电厂 烟气脱硫工程可行性研究

卷 一 总报告

(修订送审版)

SEPT

武汉晶源环保科技有限公司
武汉晶源环工(集团)有限公司

一九九七年十二月 武汉

批 准: 彭斯干

总工程师: 方家厚

项目经理: 唐崇武

校 审: 梁汉桥

编 写:	唐崇武	杨力生
	张学林	梁汉桥
	夏 天	梁绿荫
	陈学军	刘志强
	张 雨	晏莉华
	郭新德	

前 言

为贯彻环境保护基本国策,实施可持续发展战略,实现《国家环境保护“九五”计划和 2010 年远景目标》规定的有关 2000 年力争使环境污染和生态破坏加剧的趋势得到基本控制的环境保护目标,由华阳电业有限公司独资建设和营运的福建漳州后石电厂(一期 $2 \times 600MW$,建设规模 $6 \times 600MW$)拟同时配套建设烟气脱硫 (FGD) 工程。

依据华阳电业有限公司委托,福建漳州后石电厂烟气脱硫工程可行性研究工作由武汉晶源环保科技有限公司承担。本报告由卷一和卷二组成,卷一为总报告,卷二为纯海水法 FGD 工程方案的海洋环境影响专题研究。武汉晶源环保科技有限公司、武汉晶源环工(集团)有限公司主要编写本报告卷一,中国科学院南海海洋研究所主要编写本报告卷二。

福建漳州后石电厂烟气脱硫工程可行性研究报告

卷 一

目 录

第一章 概 述.....	1
1.1 项目概况	1
1.2 研究范围	2
1.3 主要工作原则及技术原则	3
1.4 工作过程	6
第二章 电厂概况	9
2.1 电厂规模	9
2.2 机组状况及主要设备	9
2.3 燃料	10
2.4 水源及水量	11
2.5 厂址概述	12
2.6 工程地质	23
2.7 气象特征	27
2.8 海洋水文特征	29
2.9 交通运输	31
2.10 污染物排放状况	32
2.11 废水排放及治理	34
2.12 电厂热力控制方式和控制水平	34
2.13 电厂总平面布置	37
第三章 脱硫工程建设条件	41
3.1 二氧化硫控制水平	41
3.2 脱硫场地条件	42
3.3 脱硫剂的供应	42
3.4 脱硫渣浆的利用与处置	48
3.5 脱硫用淡水的供应条件	52
3.6 供电	52
3.7 厂内运输条件	52
3.8 灰场	53

第四章 脱硫工艺选择	55
4.1 设计基础参数	55
4.2 脱硫工艺简介	55
4.3 烟气脱硫工艺的选择	62
第五章 纯海水法脱硫工艺的应用	64
5.1 纯海水法脱硫工艺在国外	64
5.2 纯海水法脱硫工艺在我国	67
5.3 纯海水法脱硫工艺的局限性	68
第六章 工程方案设想	69
6.1 纯海水法 FGD 工程方案	69
6.2 石灰石-石膏法 FGD 工程方案	76
6.3 氢氧化镁加海水法 FGD 工程方案	83
第七章 环境效益和社会效益	87
7.1 环境保护标准	87
7.2 脱硫系统主要排放源及其控制	87
7.3 烟气脱硫后环境影响分析	91
7.4 脱硫工程环境效益	95
7.5 脱硫工程社会效益	95
第八章 节约和合理利用能源	97
第九章 劳动安全和工业卫生	99
9.1 劳动安全	99
9.2 工业卫生	99
第十章 生产定员	101
10.1 生产组织	101
10.2 定员	101
第十一章 项目实施条件和轮廓进度	102
11.1 施工条件	102
11.2 水、电、气供应	102
11.3 脱硫工程轮廓进度	103
11.4 可行性研究后阶段必须注意的问题	103
第十二章 投资估算与经济分析	105

12.1 纯海水法 FGD 方案	105
12.1.1 投资估算	105
12.1.2 脱硫成本计算	106
12.2 石灰石-石膏法 FGD 方案	114
12.2.1 投资估算	114
12.2.2 脱硫成本计算	115
第十三章 几种 FGD 工程方案的综合比较	123
13.1 采用纯海水法 FGD 工艺的条件	123
13.2 采用纯海水法 FGD 工艺存在的问题及对策	123
13.3 采用石灰石-石膏法 FGD 工艺的条件	124
13.4 采用石灰石-石膏法 FGD 工艺存在的问题	124
13.5 采用氢氧化镁(钠)加海水法 FGD 工艺的条件	124
13.6 采用氢氧化镁(钠)加海水法 FGD 工艺存在的问题	124
13.7 几种 FGD 工程方案综合比较	125
13.8 漳州后石电厂与深圳西部电厂 FGD 工程方案比较	127
第十四章 结论及建议	128
14.1 主要结论意见	128
14.2 建议	130
附件 1 国家计委计外资(1996)738 号《国家计委关于台塑美国公司独资建设福建漳州后石电厂一期工程项目的批复》	
附件 2 国家环保局环发(1997)481 号《关于福建漳州后石电厂一期工程环境影响报告书审批意见的复函》	
附件 3 电力工业部电计(1996)881 号《关于福建漳州后石电厂一期工程环境影响报告书预审意见的函》(附专家评审意见)	
附件 4 福建省环保局闽环保[1997]监 028 号《关于漳州后石电厂一期工程环境影响报告书审查意见的函》	
附件 5 关于福建漳州后石电厂烟气脱硫工程可行性研究工作的委托书	
附图一 厂区地理位置图	
附图二 电厂总平面布置图	
附图三 石灰石-石膏法 FGD 工艺流程图	
附图四 喷雾干燥法 FGD 工艺流程图	
附图五 纯海水法 FGD 工艺流程图	

- 附图六 氢氧化镁加海水法 FGD 工艺流程图
- 附图七 炉内喷钙加尾部增湿活化 FGD 工艺流程图
- 附图八 纯海水法 FGD 原则性系统图
- 附图九 纯海水法 FGD 方案布置图
- 附图十 石灰石 - 石膏法 FGD 原则性系统图
- 附图十一 石灰石 - 石膏法 FGD 方案布置图
- 附图十二 石灰石 - 石膏法 FGD 系统平面布置图
- 附图十三 氢氧化镁加海水法 FGD 工艺原则性系统图

福建漳州后石电厂烟气脱硫工程可行性研究报告

卷 一

第一章 概 述

1.1 项目概况

1.1.1 任务依据

华阳电业有限公司“关于福建漳州后石电厂烟气脱硫工程可行性研究工作的委托书”。

1.1.2 编制依据

- (1) 国家计委计外资(1996)738 号《国家计委关于台塑美国公司独资建设福建漳州后石电厂一期工程项目的批复》；
- (2) 国家环保局环发(1997)481 号《关于福建漳州后石电厂一期工程环境影响报告书审批意见的复函》；
- (3) 电力工业部电计(1996)881 号《关于福建漳州后石电厂一期工程环境影响报告书预审意见的函》（附专家评审意见）；
- (4) 福建省环保局闽环保(1997)监 028 号《关于漳州后石电厂一期工程环境影响报告书审查意见的函》；
- (5) 电力部西南电力设计院编制《漳州后石电厂新建工程环境影响报告书（报批版）》；
- (6) 电力部西南电力设计院编制《漳州后石电厂新建工程可行性研究（修改版）》；
- (7) 漳州后石电厂新建工程初步设计文件；
- (8) 华阳电业有限公司提供的其他有关资料 and 文件。

1.1.3 项目概况

福建漳州后石电厂新建工程由华阳电业有限公司独资建设和运行。

一期工程 $2 \times 600MW$ ，建设规模 $6 \times 600MW$ ，一次设计，连续建设。本工程一期项目建议书已得到国家计委批复，二期待批。主体工程可行性研究业已完成，工程初步设计已经中国电力建设工程咨询公司评估。

我国近年来环境保护法规不断完善，有关污染物排放总量控制原则的提出和相应法规的建立，标志我国环境保护工作的污染物控制模式已从单纯浓度控制模式向以总量控制为主的模式转变。特别是《国家环境保护“九五”计划和2010年远景目标》的制订和落实，进一步明确了新建大型燃煤工业装置的环境工程的配置要求。随着我国环境保护事业的不断发展，近年我国被要求配备排烟脱硫设施的大型火力发电厂已日渐增多。

早在福建漳州后石电厂工程项目洽谈之初，华阳电业有限公司即已提出建设“一流企业，一流环保”的目标，并主动规划拟建的漳州后石电厂配置高效脱硫装置、低 NO_x 燃烧器、五电场电气除尘器及全封闭煤仓等一系列先进设施，以提高漳州后石电厂的环境保护水准。

1.2 研究范围

根据华阳电业有限公司与晶源环保科技有限公司签定的“漳州后石电厂烟气脱硫工程可行性研究工作委托合同”，脱硫工程可行性研究按一期工程 $2 \times 600 MW$ 和建设规模 $6 \times 600 MW$ 开展工作，对常用的烟气脱硫（FGD）工艺进行比较，并重点研究纯海水法烟气脱硫工艺方案的可行性。

参照电力部电规总院“关于实行〈火电厂工程项目初步可行性研究与可行性研究深度规定〉的通知”要求，本可行性研究报告主要包括下列内容：

- (1) 脱硫工程的建设条件；
- (2) 脱硫工程设想；
- (3) 脱硫工程对环境的影响；
- (4) 投资估算与技术经济分析；

(5) 脱硫方案技术经济比较。

1.3 主要工作原则及技术原则

1.3.1 主要工作原则

本可行性研究工作涉及一项重大环境保护工程及其工程方案的提出包括 FGD 工艺方案的选择。环境保护工程建设应遵循全面控制并削减污染物质排放总量的方针，为此烟气脱硫工艺的选择及可行性研究工作应遵循下述三项基本原则：全面符合法规原则、费用最省原则和因地制宜原则。

1.全面符合法规原则

企业实施的 FGD 工艺并无直接经济效益可言，而是根据法规的要求，对其排放的污染物承担环境保护的社会责任，因此是一种法规行为而非企业行为。既是法规行为，当然须以符合法规而且是全面满足环境保护各项法规要求为准。

FGD 装置在脱除烟气中二氧化硫的同时，必然会有其它形态的物质相应排出，而这些排放物往往会形成一定程度的次生污染。全面符合法规原则要求工业设施配备 FGD 装置后在其二氧化硫的排放满足当地环境保护法规要求的同时，还要有效地防止 FGD 装置的次生污染，其次生污染物质排放总量亦应限制在环境质量管理限值之内。否则一种污染形态转变为另一种污染形态，不仅与配置 FGD 的目的大相径庭，也将为有关环保法规所不容。

拟建的 FGD 工程，其主体功效和自身排放，二者均须遵循总量控制原则。

2.费用最省原则

费用最省原则不仅关系到业主的经济承受能力和工业设施的经济指标，更重要的还在于：资金的消费等效为一定的能耗和物耗，环境工程同样是一项工业设施，凡是工业设施，都不是永动机，都必然会发生相应的能耗、物耗等资源生态的损耗，这就必然会直接或间接地排放相应的污染物质；而能耗和物耗

过高，将从宏观上意味着该环保设施的环保功效得不偿失。减少资金的消耗，意味着降低能耗和物耗，意味着从一开始就相对减少污染物的排放总量，这本身就是一项积极的、带根本性的环保措施。节约资源和保护环境，二者互为表里，相辅相成，不可或缺。

环境工程的环境保护功效即环境效益，必然是也只能是等于该项工程所降低的污染物质的排放量与所引起的资源生态损耗量之差。

降低投资及运行费用，合理利用自然资源，在提高脱除污染物质能力的同时降低资源生态的损耗量，才能确保环境工程的环境保护功效，才能真正获取显著的环境效益。费用最省原则的本质就是追求最低的资源生态损耗量和最高的环境效益值。

3.因地制宜原则

因地制宜原则是世界各地营建环境工程特别是烟气脱硫工程时普遍遵循的又一重要原则。

由于烟气脱硫工艺系统是一个介于工业装置系统与环境大系统之间的界面系统，与工业装置系统、环境系统间的交互关系十分复杂。FGD 系统的功效是使工业装置、环境两大系统良好地衔接，同时其自身也必须与这两大系统良好地相容，这就必须充分考虑两大系统的条件和要求，实行因地制宜的原则。全世界数千套 FGD 装置，即便属于同一类型，也几乎没有哪两个厂的系统完全一样，更找不到一个放之四海而皆准，可以简单移植成功的标准模式。同一个脱硫工艺，其表现往往因地而异，适用于此一厂址，却不完全甚至完全不适用于彼一厂址的情形十分普遍。不同的脱硫工艺其工艺原理及工艺要求、对环境的影响及对环境的要求更是大不相同。

制订一个具体的 FGD 工程方案首先面临的脱硫剂、脱硫工艺类型以及脱硫副产物的处理等一系列问题，离开因地制宜的原则将寸步难行。

世界各地概凡成功的 FGD 装置，其工艺类型莫不首先依据当地容易获得

的脱硫吸收剂类型来加以确定。目前世界各地 FGD 使用的脱硫吸收剂种类繁多，其中钙基占了很大的比重。全世界数千套 FGD 装置，用石灰石（石灰）作为主要脱硫吸收剂的工艺装置超过 85 %，其基本原因正是由于在世界上大部分地区石灰石矿储量丰富，开采价格低廉。而在另一些采用镁法、钠法或双碱法工艺的地区，也正是因为当地有较丰富的碱资源可资利用。这些正是因地制宜原则的典型表现。反之，如果在严重缺乏上述吸收剂的地区实施相应工艺，则势必陷该项环境工程的建设和运行于困境之中，终将导致该环境工程难以甚或完全无法实现其预定的、应有的环境功效。这样的教训在世界 FGD 装置建设史上并非鲜见。削足适履，何以致远？

每一套有效的烟气脱硫工艺系统，都将是技术的经济的及社会等诸多方面因素制约之下因地制宜、优化选择的产物，都必须针对所在地区的具体环境条件精心设计。

综上所述，全面符合法规原则是企业配置 FGD 工艺装置目的之所在，费用最省原则和因地制宜原则是达成目的之必需。

1.3.2 主要技术原则

经征询各有关方面意见，并考虑业主要求及依据上述三项基本原则，本可行性研究确定如下主要技术原则：

(1) 高脱硫效率与高系统可用率并重，以确保拟建的后石电广二氧化硫排放总量符合规定；

(2) 采取有效的工艺技术措施，以确保拟建的 FGD 装置的次生污染物质排放总量符合规定，并依此制订工艺系统运行的浓度控制指标；

(3) 依据因地制宜原则确定脱硫剂的来源及脱硫副产品的处理；

(4) 选用成熟的 FGD 工艺技术；

(5) 主要将石灰石—石膏法和纯海水法脱硫工艺方案进行全面的环境及

技术经济指标比较及投资估算和经济分析;

(6) 按推荐方案进行厂区总平面布置。

1.4 工作过程

1995 年 11 月 28 日, 台塑美国公司 (Formosa Pastics Corp. U.S.A) 与福建省电力工业局签定《台塑美国公司独资建设漳州后石电厂协议》, 其中第一条规定: “后石电厂建设规模为 $6 \times 600MW$ 燃煤机组及其相应配套设施, 由台塑美国公司分两期建设。第一期及第二期工程建设上网功率各为 $3 \times 600MW$ 燃煤机组及其相应配套设施。电厂应配置除氮、脱硫排烟装置, 以确保电厂排放符合国家环保要求。”

1996 年 4 月 19 日, 国家计划委员会以计外资(1996)738 号文批准台塑美国公司独资建设福建漳州后石电厂一期工程项目。该文第一条关于建设规模及经营期限中批复“福建漳州后石电厂总装机规模 6×600 万千瓦, 一期工程 120 万千瓦, 建设安装两台进口燃煤机组, 含脱硫、脱氮装置, 并配套建设一座专用煤码头 (要符合岸线规划, 经交通部审核同意后由我委确认)。该电厂一期工程由台塑美国公司独资建设。……在福建省电力平衡需要及资金落实情况下, 后四台机组可另行报批连续建设。”

该文在“第六条环境影响评价报告”中批复: “后石电厂环境影响报告需经国家环保局审查批准, 各项指标达到国家规定的标准后, 电厂才能开工建设。”

1996 年 6 月 7 日, 华阳电业有限公司在福建漳州设立, 以专事漳州后石电厂的建设和营运。

1996 年 7 月 16 ~ 18 日, 漳州后石电厂工程初步设计经中国电力建设工程咨询公司评估。评估确认对日本富士化水株式会社(FKK)提出的脱硫工艺方案——氢氧化镁加海水法工艺是否符合我国有关环境保护法规要求的问题尚须

进一步研究，同时要求对其它可比选的脱硫工艺方案作出可行性研究。

1996年7月~1997年元月，华阳电业有限公司与晶源环保科技有限公司就有关烟气脱硫工艺方案的选择问题展开了多次讨论。

1997年3月26日，福建省政府办公厅主持召开了漳州后石电厂脱硫方案汇报会，听取晶源环保科技有限公司受华阳电业有限公司委托所作的关于脱硫方案可行性研究的中间结果汇报。出席会议的有福建省环保局、电力局、福建省环境科学研究所、漳州市各有关负责同志、漳州市环保局等。多数与会单位和专家均希望将纯海水法脱硫工艺方案作为主要比选方案之一开展深入研究，福建省环保局要求脱硫工程本身的各种污染物排放必须达到国家规定的排放标准并满足总量控制的要求。省政府有关负责同志对脱硫工程设计及施工能否真正满足脱硫工程环境质量要求的问题极为关注。

1997年10月20日，福建省计委负责人受福建省政府领导委托在福州主持召开了漳州后石电厂脱硫工程进展情况的汇报会，出席会议的有福建省环保局、电力局、漳州市有关领导等。会议再次听取了华阳电业有限公司、晶源环保科技有限公司关于漳州电厂脱硫工艺方案及工程进展情况的汇报。会议特别通报了福建省厦门市优越的环境质量在全国突出地位的有关情况，表达了福建省政府对贯彻环境保护基本国策的决心和对漳州后石电厂建设项目的支持。会议再次表示了对如何切实保障脱硫工程设计及施工能真正满足脱硫工程环境质量要求问题的极大关注。

1997年10月22日，漳州市委、人大、政府、政协主要领导人在漳州再次会见华阳公司负责人并听取汇报，晶源环保科技有限公司参加了会见。会见中，漳州市主要领导人重申对漳州后石电厂项目的支持和对环境保护问题及脱硫工程质量问题的高度关注，对华阳公司为创“一流企业、一流环保”所作的努力予以高度肯定，并希望业主随着后石电厂建设项目的进展，对该项目的环境保护问题继续坚持我国现行的环境保护标准，建设好配套的环境工程。

本可行性研究报告征求意见稿于 1997 年 5 月出版，送审版于 11 月初修改定稿出版。

1997 年 12 月 9 ~ 11 日，华阳电业有限公司等与晶源环保科技有限公司在武汉晶源环境工程(集团)有限公司所在地对本可行性研究报告送审版的修订问题进行了深入商讨并达成纪要。根据该纪要约定，本可行性研究报告的（修订）送审版于 12 月 22 日出版。

第二章 电厂概况

2.1 电厂规模

漳州后石电厂一期工程 $2 \times 600 \text{ MW}$ ，建设规模 $6 \times 600 \text{ MW}$ 。二期项目待批。

2.2 机组状况及主要设备

(1) 锅炉

采用单炉膛、超临界、一次再热、平衡通风、室内直流炉。

	MCR 工况	ECR 工况
连续出力	1,895.99 t/h	1,772.74 t/h
过热器出口压力	约 25.35 Mpa	25.35 Mpa
过热器出口温度	542 ℃	542 ℃
再热器出口压力	3.76 Mpa	3.76 Mpa
再热器出口温度	568 ℃	568 ℃
给水温度	286 ℃	282 ℃
锅炉效率	约 93.84 %	93.84 %

(2) 汽轮机

超临界、中间再热、单轴、三缸四排气、凝汽式 TC4F — 30 型。

(3) 凝汽器

每机配两台双水室，单流程，单背压，钛管凝汽器。

冷却水量	MCR 工况	73,858 t/h
	ECR 工况	69,487 t/h
冷却水温:	24 ℃	

2.3 燃料

2.3.1 煤源及用量

——根据《漳州后石电厂新建工程可行性研究修改版》之附件2“台塑美国公司独资建设漳州后石电厂协议”中确定的原则：“电厂生产所需的燃料由台塑美国公司采用多渠道方式解决，福建省将积极协助台塑美国公司争取采购国内煤炭”。

——燃煤采用海运方式。燃煤量见表2—1

表2—1 后石电厂耗煤量（ECR）

机组容量	吨/小时	吨/日	10 ⁴ 吨/年
2 × 600MW	2 × 210	9240	252
6 × 600MW	6 × 210	27720	756

注：日运行按22小时计，年运行按6,000小时计，购电合同规定满负荷

年运行小时数为5,000。

2.3.2 煤质

根据华阳电业有限公司提供的设计煤质资料如表2—2：

表2—2 煤质资料

项 目	符号	单位	设计煤种	校核煤种
水	W^p	%wt	10.76	1 ~ 6
碳	C^p	%wt	62.83	63 ~ 75
氢	H^p	%wt	3.37	3.0 ~ 6.0
硫	S^p	%wt	0.89	0.4 ~ 1.5
氮	N^p	%wt	1.06	0.5 ~ 2.1
氧	O^p	%wt	7.29	6 ~ 14
灰	A^p	%wt	13.8	7 ~ 19
氯	Cl^p		微量	微量
可磨度	HGI	哈氏	50	> 40
低位发热量	Q_{dw}^y	kJ/kg	23865	21060 ~ 28805
挥发份	Va	%wt	26	24 ~ 35
分析基水份	W^p	%wt	3	1 ~ 6
灰熔 点	软化温度	t_2	℃	1100 ~ 1600
	液化温度	t_3	℃	1250