

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 21220051302219

UDC _____

廈門大學

碩 士 学 位 论 文

燃煤电厂脱硫海水对海域环境的影响及典型水质参数分析方法研究

Study on Impact of Discharging Desulfurized Seawater of
Coal-fired power plant on Marine Environment and Analysis
Method of Typical Water Quality Indexes

郭娟

指导教师姓名: 袁东星 教授

专业名称: 环境科学

论文提交日期: 2008 年 8 月

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人： _____

2008 年 8 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 郭娟

2008年9月1日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 2013 年 12 月 1 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：郭娟

2008 年 9 月 1 日

摘 要	I
ABSTRACT	IV
第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 海水脱硫技术综述	2
1.2.1 海水脱硫技术的发展.....	2
1.2.2 烟气海水脱硫的化学原理及工艺系统.....	3
1.3 烟气海水脱硫的二次污染问题	6
1.4 国内外相关研究的进展和不足	7
1.4.1 国内外研究的进展.....	7
1.4.2 国内外研究的不足.....	8
1.5 本课题的提出及研究内容	9
第 1 章参考文献	10
第 2 章 监测方案的建立	12
2.1 引言	12
2.1.1 S 电厂概况	12
2.1.2 S 电厂周边海域状况	12
2.2 监测内容及目的	13

2.3 监测因子的选择	13
2.4 分析方法的确立	15
2.5 监测站位及监测频率的确立	21
第 2 章参考文献	23
第 3 章 海水样中煤屑及亚硫酸盐快速分析方法的建立	24
3.1 海水中煤屑快速分析方法的建立	24
3.1.1 仪器和试剂.....	24
3.1.2 结果与讨论.....	24
3.2 海水中亚硫酸根离子快速测定方法的建立	26
3.2.1 $\text{SO}_3^{2-} / \text{SO}_2$ 的测定方法综述.....	27
3.2.2 实验部分.....	29
3.2.2.1 仪器与试剂.....	29
3.2.2.2 仪器参数.....	30
3.2.2.3 结果与讨论.....	31
第 3 章参考文献	38
第 4 章 研究结果及分析.....	40
4.1 引言	40
4.2 脱硫海水排海前水质的监测结果及分析	42
4.3 电厂附近海域水质的监测结果及分析	47

4.3.1 温度场和泡沫场.....	47
4.3.1.1 电厂附近海域表层水温的实际监测结果及分析.....	48
4.3.1.2 温度场及泡沫场的遥感数据分析.....	50
4.3.1.3 电厂温排水对附近海域表层以下水温的影响.....	58
4.3.2 煤屑.....	59
4.3.3 pH 值.....	59
4.3.4 DO.....	61
4.3.5 COD _{Mn}	64
4.3.6 SO ₃ ²⁻	67
4.3.7 SO ₄ ²⁻	67
4.3.8 重金属.....	70
4.3.8.1 Hg.....	70
4.3.8.2 其他重金属 (As、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Ni)	72
4.3.9 PAHs	77
4.4 电厂附近海域海洋生物的监测结果及分析	82
4.4.1 浮游植物的监测结果及分析.....	82
4.4.2 浮游动物的监测结果及分析.....	85
4.4.3 底栖生物的监测结果及分析.....	87
4.4.4 生物体内重金属的监测结果及分析.....	89
4.5 电厂附近海域沉积物的监测结果及分析	89
4.5.1 硫化物的监测结果及分析.....	89
4.5.2 PAHs 的监测结果及分析	91

4.5.3 重金属的监测结果及分析.....	93
4.6 本章小结	96
第 5 章 趋势分析及建议.....	97
5.1 趋势分析	97
5.2 本课题的不足及建议	98
攻读硕士学位期间发表的论文.....	979
致谢.....	100

厦门大学博硕士论文摘要库

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT (In Chinese)	I
ABSTRACT (In English)	IV
Chapter 1 Preface	1
1.1 Introduction	1
1.2 Review for seawater flue gas desulfurization	2
1.2.1 Development of seawater flue gas desulfurization	2
1.2.2 Chemical principle and processing system of seawater flue gas desulfurization	3
1.3 Secondary pollution of seawater flue gas desulfurization	6
1.4 Reviews for relative researches	7
1.4.1 Progress	7
1.4.2 Shortages	8
1.5 Objective and interests of this research	9
Cited references for chapter 1	10
Chapter 2 Establishment of the monitoring scheme	12
2.1 Introduction	12
2.1.1 General situation of S coal-fired power plant	12
2.1.2 Marine environment nearby the plant	12
2.2 Content and objective of the monitoring	13
2.3 Choice of the monitoring indexes	13

2.4 Set up of the analytical method	15
2.5 Set up of the monitoring sites and frequency	21
Cited references for chapter 2.....	23
Chapter 3 Development of rapid analysis method for coal cuttings and sulfite in seawater	24
3.1 Development of rapid analysis method of coal cuttings in seawater.....	24
3.1.1 Instruments and reagents.....	24
3.1.2 Results and discussion	24
3.2 Development of rapid analysis method of sulfite in seawater	26
3.2.1 Review of sulfite determination	27
3.2.2 Experimentals	29
3.2.2.1 Instruments and reagents.....	29
3.2.2.2 Instrumental parameters.....	30
3.2.2.3 Results and discussion	31
Cited references for chapter 3.....	38
Chapter 4 Results and analysis.....	40
4.1 Introduction.....	40
4.2 Monitoring results and data analysis of desulfuring seawater quality before discharging into the sea	42
4.3 Monitoring results and data analysis of seawater quality	

nearby the S coal-fired power plant	47
4.3.1 Temperature and foam field	47
4.3.1.1 Monitoring results and data analysis of surface seawater temperature	48
4.3.1.2 Analysis of remote sensing data of temperature and foam field	50
4.3.1.3 Impact of desulfuring seawater on seawater temperature under the surface	58
4.3.2 Coal cuttings	59
4.3.3 pH.....	59
4.3.4 DO.....	61
4.3.5 COD _{Mn}	64
4.3.6 SO ₃ ²⁻	67
4.3.7 SO ₄ ²⁻	67
4.3.8 Heavy metals.....	70
4.3.8.1 Hg.....	70
4.3.8.2 Other heavy metals (As、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Ni)	72
4.3.9 PAHs	77
4.4 Monitoring results and data analysis of marine organisms	82
4.4.1 Monitoring results and data analysis of phytoplankton	82
4.4.2 Monitoring results and data analysis of zooplankton	85
4.4.3 Monitoring results and data analysis of benthos.....	87
4.4.4 Monitoring results and data analysis of heavy metals in organism	

samples.....	89
4.5 Monitoring results and analysis of sediment samples	89
4.5.1 Monitoring results and analysis of sulfide	89
4.5.2 Monitoring results and analysis of PAHs.....	90
4.5.3 Monitoring results and analysis of heavy metals.....	93
4.6 Summary of chapter 4	96
Chapter 5 Overall trend analysis and suggestions.....	97
5.1 Trend Analysis.....	97
5.2 Shortages of this research and suggestions	98
Manuscripts during the graduate study	99
Acknowledgements.....	100

摘要

本论文研究了燃煤电厂海水烟气脱硫（Seawater Flue Gas Desulfurization, SWFGD）工艺造成的海水水质变化，及脱硫海水排放后对附近海域环境的影响。SO₂是导致大气污染的主要酸性气体之一，给生态环境、人类健康、文化古迹等带来重大的危害和损失。火电厂是SO₂的排放大户，因此，有效控制火电厂SO₂的排放，成为大气污染治理的首要任务。烟气脱硫是控制SO₂排放的最为有效和主要的技术手段，其中，SWFGD法直接利用海水的天然碱度洗涤、中和烟气中的SO₂，脱硫后的海水经过曝气后直接排向大海，具有运行成本低、投资少、系统简单、无固态废弃物等特点，成为沿海地区各火电厂烟气脱硫的首选方法。随着SWFGD的普遍推广与应用，脱硫海水是否对附近海域造成长期、累积性的环境影响，越来越受到人们的关注，并成为研究的热点。

本论文借鉴国内外现有研究结果，结合S电厂SWFGD工艺的投运实况，对脱硫海水可能造成海域环境影响的因子进行了监测，根据监测结果，讨论并预测了脱硫排水对附近海域环境的影响及影响趋势。研究的主要内容和结果如下：

（1）监测方案的建立

确立了监测对象，即对SWFGD各工艺阶段的水质及电厂排水口附近海域的水体、生物体及沉积物同时分别进行监测，用以评价SWFGD工艺造成的脱硫海水水质变化及脱硫海水对附近海域环境的影响。由于附近污水厂的排污管道与S电厂的排水管道并行铺设，排水口相距仅50 m，为了全面考察污染源，对污水厂的出水水质也一并进行监测。确立了监测内容，对脱硫海水的监测项目进行了筛选，选取温度、煤屑、pH值、DO、COD、8种煤中常见的重金属（As、Hg、Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Ni）、16种优先控制的PAHs、SO₃²⁻和SO₄²⁻作为监测的关键项目。监测频率每年两次，即在每年的丰水期（春夏季）及枯水期（秋冬季）进行现场采样监测，每期于高、低平潮分别进行。

（2）分析方法的选择及研发

本课题所研究的各污染物和特征物质的分析均参照《海洋监测规范》、《水和废水监测分析方法》及当地环保局现行的海水中相关污染物的分析方法执行。由

于海水中的煤屑和 SO_3^{2-} 含量的测定目前并无标准方法可依，因此自行建立。

鉴于水样中悬浮的煤屑颗粒粒径极细且含量很低，为了快速方便地对其进行测定，建立了 200 目煤粉悬浮样与水样的显微镜比较法。系列水样中分别加入一定量的土样（200 目）及不同重量的煤粉（200 目）后过滤，得到不同煤屑含量的系列滤膜；一定量的待测水样过滤，用体视显微镜或放大镜观察滤膜上的物质，分辨悬浮土粒和悬浮煤粒，对煤屑粉末进行计数，并与系列滤膜比较，即可得煤屑的含量。

由于海水基底复杂，为了准确、快速地对其中的 SO_3^{2-} 进行检测，建立了海水中 SO_3^{2-} 测定的阴离子交换色谱-脉冲安培检测法，并采用梯度淋洗程序，有效地去除了海水基底的干扰，得到了较好的结果。

(3) 2006 和 2007 两个年度监测计划的执行、典型污染物和特征物质的监测结果的统计与分析、脱硫排水口附近海域的环境变化趋势分析

2006 年度和 2007 年度共 4 次对脱硫工艺阶段海水水质和电厂附近海域的水质、沉积物及海洋生物进行了监测，对监测结果进行分析、统计和比较后发现，除 Hg 外，电厂附近海域水质均可满足三类海水水质标准。此外，由于混合、稀释作用，脱硫海水排海后，可在短时间内迅速扩散，对附近海域的影响轻微。对沉积物及浮游动植物、底栖生物的监测结果也表明，电厂脱硫排水并未对附近海域的沉积物及生物造成可视影响。

研究了各因子在 4 次监测中的变化，并预测了电厂排水口附近海域环境变化的趋势，具体如下：脱硫海水带来的排水口附近海域的温升问题将长期存在，但影响范围仅局限在排水口附近 100 m 左右的小范围海区内；所监测海域水体中的 Hg 含量与本底值相比增量较大，但沉积物和生物体内的 Hg 含量尚未见增高和超标现象。随着时间的推移，水体中的 Hg 可能会逐渐在沉积物和生物体内积累，最终导致沉积物和生物体内 Hg 含量的普遍升高；所监测海域水体中的 PAHs 总量也有逐渐增高的趋势，但从海域各站位 PAHs 含量的变化规律来看，其增高并不完全由脱硫海水引起。其余各监测项目的结果均满足三类海水水质标准，未发现浓度异常现象，即脱硫海水对海域环境的影响轻微，未表现出累积性影响的趋势。

尽管如此，脱硫海水对附近海域造成的环境影响情况仍需长期监测，对脱硫海水引起的 Hg 污染应给予特别关注。

关键词：海洋环境监测；海水脱硫；环境质量分析；阴离子交换色谱；脉冲安培检测器。

说明：本研究中的监测计划由本人为主负责组织实施；温度场和泡沫场的结果数据由李炎教授课题组提供；浮游动植物的监测由林元烧教授课题组完成；底栖生物的监测由蔡立哲教授课题组完成；其余常规检测项目主要由本课题组其他成员协助完成；煤屑和亚硫酸盐的分析方法由本人建立；监测数据分析由本人完成。

ABSTRACT

The variation of seawater quality and impact of discharging desulfurized seawater on the sea area due to the seawater flue gas desulfurization (SWFGD) has been studied in this dissertation. It is well known that SO_2 is one of the main acid gas sources, which can cause serious damage to ecological environment, human health and cultural assets. Coal-fired power plant is one of the largest pollution sources of SO_2 , therefore effectively controlling SO_2 emission of coal-fired power plant is a chief task of air pollution treatment. Flue gas desulfurization (FGD) is the most effective and main technique for SO_2 emission control. The method of SWFGD directly uses seawater to remove and neutralize SO_2 in the flue gas, and the desulfurized seawater is discharged into the sea after aeration process. The method is considered to have the advantages of low cost, less investment, system simple and free of solid waste, and thus becomes the first choice of FGD for the coal-fired power plants along coastal area. As the extension and application of SWFGD, large amount of desulfurized seawater has been discharging into the sea, whether it will cause the long-term and cumulative effect on the marine environment has become the research hotspot and obtained increasingly concerned.

The aim of this dissertation was to monitor the indexes that could cause possible effect of marine environment near S coal-fired power plant based on the results of other studies and the operation of the plant. From the monitoring results, the impacts of desulfurized seawater on the marine environment and the trend analysis have been discussed. The main experiments and results are as follows:

(1) Establishment of the monitoring scheme

The monitoring objects included the water quality during the process of SWFGD and the water quality, biological quality and sediment quality of the nearby sea area. Afterwards the monitoring results were used to evaluate the variation of seawater quality and the impact on the sea area. Since the discharging site of a sewage treatment plant is only 50 m away from that of the coal-fired power plant, the water

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库