

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 19920131152897

UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

总碱度在线监测与控制系统的研究

Research of Total Alkalinity Online Monitoring and Control  
System

陈 宜 飞

指导教师姓名: 冯勇建 教授

专 业 名 称: 机械设计及其理论

论文提交日期: 2016 年 4 月

论文答辩时间: 2016 年 5 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2016 年 4 月

总碱度在线监测与控制系统的研究

指导教师

教授

厦门大学

## 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):

年 月 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 年 月 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）：

年 月

## 摘 要

总碱度是锅炉水处理过程中的一项重要指标，为保证锅炉的安全运行，需要对锅炉水总碱度进行精确测量并随时了解锅炉水中碱度的情况。目前，锅炉水总碱度的监测一般采用传统滴定的方法，即人工移取水样后再进行滴定的方式，但该方法不仅劳动强度大，还具有错误率较高、效率低下、管理混乱等问题，对安全生产也会产生一定的影响。针对以上问题，本文研究了一种对锅炉水总碱度进行自动测算、数据传输以及监控的总碱度在线监测和控制系统。

为了满足锅炉水总碱度自动测算和远程监测的需求，本文建立了锅炉水总碱度在线监测和控制系统，实现了锅炉水总碱度的自动测量和远程监控。首先，分析了总碱度现场测量监控终端的功能需求，以双腔滴定技术为基础建立了现场测量设备控制模块和数据采集模块，实现了总碱度自动测算；并基于 GPRS 网络建立了数据通信模块，实现了现场设备与数据服务器的数据通信。然后，总碱度后台监控中心以 .NET Framework 为开发平台，并基于 Socket 实现了与现场测量设备的通信；搭建了基于 Entity Framework 的数据库以及基于 ASP.NET 构架的客户端网站，提供了人机交互界面和远程监控的操作接口，使工作人员可以随时随地通过电脑、手机来完成对总碱度的监测和控制。最后，针对系统负载问题，本文建立了总碱度在线监测系统负载均衡机制，研究了能够满足总碱度在线监测系统使用的负载均衡算法，使系统能够自动调配服务器负载，确保系统稳定运行，并对负载均衡器的性能进行了测试。

本文建立的总碱度在线监控系统实现了锅水总碱度的实时在线监测和远程控制，确保锅水总碱度保持在允许范围之内，为锅炉安全经济的工作提供了可靠的基础。

**关键词：**锅炉水碱度；B/S 架构；负载均衡器

## Abstract

Total alkalinity is an important indicator in the process of boiler water treatment, to ensure the safe operation of the boiler, it is necessary to measure the total alkalinity of boiler water accurately and keep informed of the boiler water alkalinity. At present, the traditional method is generally used to monitor the total alkalinity of boiler water, namely titrating the specimen of the boiler water manually. This method is not only labor intensive, but also has the problem such as high error rate, low efficiency, management confusion, also has certain effect to production safety. To solve above problems, this paper studies the online monitoring and control system of boiler water's total alkalinity for automatic measurement, data transmission and monitoring.

This paper has established the boiler water's total alkalinity online monitoring and control system, realized the automatic measurement of boiler water's total alkalinity in order to meet the demand of automatic measurement and remote monitoring of boiler water's total alkalinity. First of all, analysis the function demand of the total alkalinity measure and monitor terminal, establish the control module and data acquisition module of the measuring equipment based on the double cavity titration technique, realized the total alkalinity automatic measurement; established the communication module based on GPRS network, realizes the data communication between field devices and the data server. Then, total alkalinity background monitoring center developed with the.net Framework, and realized the communication with field measurement devices based on the Socket; build a database base on Entity Framework, and client site based on ASP.NET Framework, provides the human-computer interface and remote monitoring interface, the staff can monitor and control the total alkalinity anytime and anywhere through the computer, mobile phone. Finally, according to system load problem, This paper has established the load balancing mechanism for total alkalinity on-line monitoring system, and

studied the load balancing algorithm for the total alkalinity on-line monitoring system, allow the system relocation server load automatically, and ensure the stable running of the system, and the performance of the load balancer were tested.

This paper set up the total alkalinity online monitoring system to realize the real-time online monitoring and remote control of the boiler water's total alkalinity, to keep the boiler water total alkalinity within the scope of the permit, provides a reliable basis for safety and economic operation of the boiler.

**Key words:** Total alkalinity of boiler water; B/S structure; load balancer

## 目录

摘 要.....	1
第一章 绪论.....	1
1.1 研究的背景.....	1
1.2 远程监控系统的发展状况.....	2
1.2.1 国外研究现状.....	2
1.2.2 国内研究现状.....	3
1.3 本文主要工作与创新点.....	3
1.3.1 研究意义.....	4
1.3.2 研究内容.....	5
第二章 系统总体方案设计.....	7
2.1 系统功能需求分析.....	7
2.2 系统的总体架构设计.....	8
2.2.1 系统硬件结构设计.....	8
2.2.2 系统软件设计.....	10
2.3 本章小结.....	11
第三章 总碱度现场测量监控终端的设计和实现.....	13
3.1 总碱度在线监测系统的测量原理.....	13
3.1.1 试剂准备.....	13
3.1.2 标定与测量.....	14
3.2 总碱度测量监控终端的硬件设计.....	14
3.2.1 采集模块的设计.....	15
3.2.2 控制模块的设计.....	16
3.2.3 远程通信模块的设计.....	16
3.3 总碱度测量监控终端的软件设计.....	17
3.3.1 软件功能设计.....	17
3.3.2 人机界面设计.....	24

3.4 系统测量结果分析与对比 .....	27
3.5 本章小结 .....	28
<b>第四章 总碱度后台监控中心的研究与设计 .....</b>	<b>31</b>
4.1 系统后台监控中心的架构设计 .....	31
4.1.1 后台监控中心架构的设计 .....	31
4.1.2 系统的网络拓扑结构图 .....	31
4.2 数据库的设计 .....	33
4.2.1 数据库简介 .....	33
4.2.2 数据库结构设计 .....	33
4.2.3 数据库读写功能的实现 .....	34
4.3 数据服务器的设计与开发 .....	36
4.3.1 数据服务器的设计 .....	36
4.3.2 数据服务器与现场测量监控终端交互的实现.....	39
4.3.3 数据服务器与客户端网站交互的实现 .....	42
4.4 本章小结.....	44
<b>第五章 系统负载均衡与安全问题的研究 .....</b>	<b>45</b>
5.1 系统的负载均衡研究 .....	45
5.1.1 服务器负载均衡算法的设计与实现 .....	45
5.1.2 总碱度在线监测系统负载均衡分析.....	45
5.1.3 测试环境软硬件配置.....	48
5.1.4 测试环境搭建.....	49
5.1.5 测试结果分析 .....	50
5.2 系统的网络安全问题.....	54
5.2.1 系统面临的安全威胁 .....	54
5.2.2 系统中的安全策略 .....	55
5.3 本章小结.....	56
<b>第六章 系统测试与运行 .....</b>	<b>57</b>
6.1 设备安装 .....	57



6.2 系统运行效果 .....	58
第七章 总结与展望 .....	65
7.1 总结 .....	65
7.2 前景展望 .....	66
参考文献 .....	67
攻读硕士学位期间的科研成果 .....	71
致谢 .....	72

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## Contents

<b>Abstract</b> .....	<b>I</b>
<b>Chapter1 Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1 Research background .....	1
1.2 Research status of remote control system .....	2
1.2.1 Abroad research status.....	2
1.2.2 Domestic research status .....	3
1.3 Main work and innovation points .....	3
1.3.1 Research significance .....	4
1.3.2 Research contents .....	5
<b>Chapter2 Overall design scheme</b> .....	<b>7</b>
2.1 Functional requirements analysis.....	7
2.2 The overall architecture design .....	8
2.2.1 System hardware structure design.....	8
2.2.2 Software design of the system.....	10
2.3 Chapter summary .....	11
<b>Chapter3 Design and implementation of the total alkalinity monitor terminal</b> ..	<b>13</b>
3.1 Measure principle of the total alkalinity on-line monitoring system.....	13
3.1.1 Preparation of reagents.....	13
3.1.2 Calibration and measurement.....	14
3.2 Hardware design of total alkalinity monitoring terminal.....	14
3.2.1 Design of the acquisition module.....	15
3.2.2 Design of the control module .....	16
3.2.3 Design of the communication module .....	16
3.2.3 Design of the communication module .....	17
3.3.1 Software function design.....	17
3.3.2 Human-machine interface Design .....	24

3.4 Comparative analysis of system measurement result .....	27
3.5 Chapter summary .....	28
<b>Chapter4 Research and design of the total alkalinity background monitoring center .....</b>	<b>31</b>
4.1 Architecture design of background monitoring center system .....	31
4.1.1 Architecture design of background monitoring center .....	31
4.1.2 Network topology structure of the system .....	31
4.2 Database design .....	33
4.2.1 Introduction of database .....	33
4.2.2 Database physical structure design .....	33
4.2.3 Realization of database's read and write function .....	34
4.3 Design and development of the data server .....	36
4.3.1 Design of the data server .....	36
4.3.2 Implementation of the interaction between data server and monitoring terminal .....	39
4.3.3 Implementation of the interaction between data server and the client site .....	42
4.4 Chapter summary .....	44
<b>Chapter5 Research of system load balance and system security .....</b>	<b>45</b>
5.1 Study of the system load balance .....	45
5.1.1 Design and implementation of server load balancing algorithm .....	45
5.1.2 Load balance analysis of the total alkalinity of on-line monitoring system .....	45
5.1.3 Hardware and software configuration of the test environment .....	48
5.1.4 Environment setup .....	49
5.1.5 Results analyse .....	50
5.2 Network security problems of the system .....	54
5.2.1 Security threat of the system .....	54
5.2.2 Security policy of the system .....	55

---

5.3 Chapter summary .....	56
<b>Chapter6 System testing and operation.....</b>	<b>57</b>
6.1 Equipment installation .....	57
6.2 The results of system running .....	58
<b>Chapter7 Summary and forecast .....</b>	<b>65</b>
7.1 Summary .....	65
7.2 Prospect forecast .....	66
<b>References.....</b>	<b>67</b>
<b>Publications and patents.....</b>	<b>71</b>
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>72</b>

## 第一章 绪论

随着计算机技术的不断进步以及控制、通讯与互联网络技术的发展,计算机网络已成为当下信息社会中不可或缺的一个重要环节。而互联网的快速发展,也促使了远程监控技术迈向了一个新的高度。通过互联网实现的远程监控系统是远程控制以及网络技术共同发展的一个必然结果<sup>[1]</sup>。监控与数据采集系统(SCDA, Supervisory Control and Data Acquisition),是一种功能强大、集成度高的计算机远程监测和控制系统以及数据采集系统<sup>[2]</sup>。将该系统应用到总碱度监测中,可以实现远程设备控制、数据采集、参数设置、滴定以及报警设置等功能,为提高生产安全水平、提高能源利用率、降低生产成本、改善工人劳动条件提供了可靠的基础,对于提高采油效率也提供了一定的帮助<sup>[3]</sup>。

### 1.1 研究的背景

油田对重油层的开采,一般采用注入适量的蒸汽再进行原油开采的方法。蒸汽由锅炉提供,锅炉水碱度过高,不仅使蒸汽品质恶化,影响用汽单位的生产品质,而且使得锅炉易形成水垢。锅炉结垢后会造成垢下腐蚀、燃料浪费和缩短锅炉寿命,甚至会引发胀管、变型或者爆管等事故<sup>[4]</sup>。

对于锅炉水碱度的测量,一般由人工使用滴定法每隔 1 至 2 小时检验一次。由于滴定过程较为繁琐,人工测量成本大且错误率高,不同工人对变色点的判定有所差异,不利于实现对碱度数据进行科学合理的测量。不能及时地检测碱度变化,可能导致油田由于锅炉问题发生停产事故。人工采集的纸质数据亦难以对锅炉水碱度变化情况进行科学的统计及分析。

传统的生产管理方法造成工人的工作开展非常的困难,同时管理效率较低,数据错误率较高,不仅造成人工和时间成本的浪费,而且对于锅炉水碱度监测工作也产生了非常大的阻碍。

针对目前锅炉水碱度数据采集和监测存在的问题,本文提出了一种能够替代原有生产管理方式的解决方法。该方法不仅实现了自动化生产,同时还设计了一套 SCDA 系统,将数据采集、远程控制引入了系统,实现锅炉水碱度在线远程

控制、数据采集、参数修改、报警等功能。为提高生产安全水平、提高能源利用率、降低生产成本、改善工人劳动条件提供了可靠的基础，同时对于提高采油效率也提供了一定的帮助。

## 1.2 远程监控系统的发展状况

### 1.2.1 国外研究现状

一直以来，远程监控都被视为工业控制领域中的重要课题，很多高校、研究机构以及公司都在积极的进行着开发<sup>[5,6]</sup>。国外由于互联网技术发展较早、较快，因此其研究也启动得较早。斯坦福大学和麻省理工在 1997 年 1 月，就联合主办了第一届的 Internet 远程监控诊断工作会议，此次会议有 30 个公司、研究机构的 50 多位代表出席。会议中针对远程监控系统的开放式体系、诊断信息规程、信息传输协议等方面进行了讨论，同时对远程监控技术以后的发展趋势进行了预测和讨论。会议中还展示了基于 Internet 的新一代远程监控诊断示范系统，并且该系统也得到了 Sun、HP、Intel、Ford 等来自制造业、仪表行业和计算机业的规模较大公司的支持和肯定。同时，如 MIMOSA (Machine Information Management Open System Alliance)、SMFPT (Society for Machinery Failure Prevention Technology)、COMADEM (Condition Monition and Engineering Management) 等国际组织也都逐步开展关于远程设备监控与故障诊断的工作，并进行了标准的制定<sup>[7]</sup>。

之后，由各大公司联合开发的 Testbed 被推出，其使用了嵌入式 Web 组网，在网络范围内实现了信息监控和故障诊断的开端。目前，已有许多大公司 Internet 功能引入到了自己产品中<sup>[8-10]</sup>，例如，NI (National Instruments) 公司在 Lab Windows/CVI 和 Lab View 中都引入了网络通讯处理模块，能够通过 FTP、E-mail 的形式在网络中实现数据的监测<sup>[11]</sup>。

目前，国外开发的远程监控系统在生产过程中达到了较好的水平。以煤矿综采装备为例，JOY、Eichhoff、CAT 等高端设备制造商，其产品采煤机、刮板输送机、液压支架等设备上已经实现了与巷道监控中心联网、通信，实现了监控中心对“三机”及井下环境安全信息实时监测与控制<sup>[12]</sup>。

### 1.2.2 国内研究现状

早在 2004 年，国内许多高校就已开启了对远程监控系统的研究，例如西安交通大学、华科大以及哈工大等，都获得了比较成功的成果。例如哈工大建立的计算机化组状态监视与故障诊断专家系统（MMMDDES）<sup>[11]</sup>、南京工业大学建立的基于 B/S 模式的远程监控系统<sup>[13]</sup>等。

经过近十年的发展，远程监控系统的概念以及系统的实现已经得到了很大程度上的普及。许多高校、研究机构以及公司都开展了在各领域应用的远程监控系统<sup>[14-17]</sup>，例如，山东大学的基于 WEB 的中央空调远程集中监控系统<sup>[18]</sup>、华南理工大学的基于 Zigbee 技术的大功率 LED 路灯监控系统<sup>[19]</sup>、浙江大学的基于物联网的猪舍环境监控系统等<sup>[20]</sup>。

相对于国外系统，国产系统大多是模仿国外系统开发，国产化的优势在于本地化能力强、性价比高，但普遍存在的多任务调度能力差、诊断能力缺乏等问题也是国产系统目前较为薄弱的环节。为满足企业级的大型集中监控管理系统要求，国产系统还有较长的路需要走。由于人力成本以及资金的限制，国产系统大多只能在较长的一段时间内维持对现有功能的维护和补充，对于大型监控项目的开发仍然需要结合系统集成公司开发的专用模块来完成<sup>[21,22]</sup>。

### 1.3 本文主要工作与创新点

远程监控系统中用户所操作的是接收远程指令的现场设备，用户的每一个操作都能够对实际生产过程产生影响，在设计和开发过程中需要时刻考虑这个特性。为保证用户对现场设备的操作能够有效、正确地执行，同时又不会对设备产生危害，主要需要考虑以下几个方面的特性：

（1）远程监控系统的实时性。保证系统的实时性，使系统能够在指定的时间范围内将数据正确地、完整地传输至现场设备中，同时，现场设备的反馈信息也应当有效地、正确地、完整地传回控制中心，控制系统通常要求系统的实时性，实时性尤其重要。

（2）系统的可靠性以及容错性。可靠性是要求系统在一定时间内、一定条件下无故障地执行指定功能的能力。无法保证设备以及系统的可靠性是不能将设

备投入生产使用的,但容错性则要求系统在故障状态下,能够自动或半自动地采取相应的措施,使系统恢复正常,除此之外,由于用户水平参差不齐,对于错误输入以及错误操作的判断及防范,也需要纳入容错性的考虑范围。对于远程监控系统,由于数据是经由 Internet 传输,数据包存在被监听、窃取、篡改等类型的攻击,因此,安全性也是在系统设计及实现过程中必须纳入考虑的主要指标之一[23,24]。

### 1.3.1 研究意义

目前,我国锅炉水碱度的测量较多地采用人工测算的方式,将锅炉水进行取样测量,而测量时间一般需要每 1-2 小时完成一次。滴定过程的繁琐、测量者水平参差不齐使得总碱度测量过程中容易出现错误率高、测量成本高等问题,而大量的纸质数据也不适合进行总碱度变化的测算以及分析。传统的人工方法不仅对测算者水平要求较高,同时也造成了管理效率低、出错率高、人工成本大等问题。因此,建立一种能够进行自动化总碱度测量管理系统是十分必要的。

针对以上问题,本文建立了锅炉水总碱度在线监测和控制系统。该系统实现了通过滴定比色法对总碱度的自动测量,同时,通过 GPRS 网络以及 Internet 实现了将数据传送至远程服务端。并以 B/S 架构为基础建立了客户端网站的搭建,通过浏览器访问的客户端网站能够对数据进行查看以及进行远程设备管理,包括设备状态查询、设备远程操作等。相对于现有方法,本文的主要创新点有:

1. 锅炉水总碱度的自动测量。无需人工干预,即可完成总碱度的滴定测算,不仅减少了工人的工作量,同时也保证了测算标准的统一,保证了测量精度。
2. 系统的远程功能。客户端网站以及数据服务器实现了对现场设备端的远程控制,结合远程数据库,实现了现场无人值守。同时,数据服务器能够同时连接多台现场设备端,实现了现场设备的集中管理,对于管理效率的提高有着一定程度上的帮助。
3. 智能服务器任务调配。在面对较大负载时,系统中的负载均衡器能够自动对服务器负载进行调配,降低单一服务器的负载状况,确保系统稳定运行。
4. 轻量化客户端。采用 B/S 架构搭建的远程监控系统,使得客户端资源配置降到了最低,任何能够连接至 Internet、甚至是与 Web 服务器处于同一局域网



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts 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](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.