



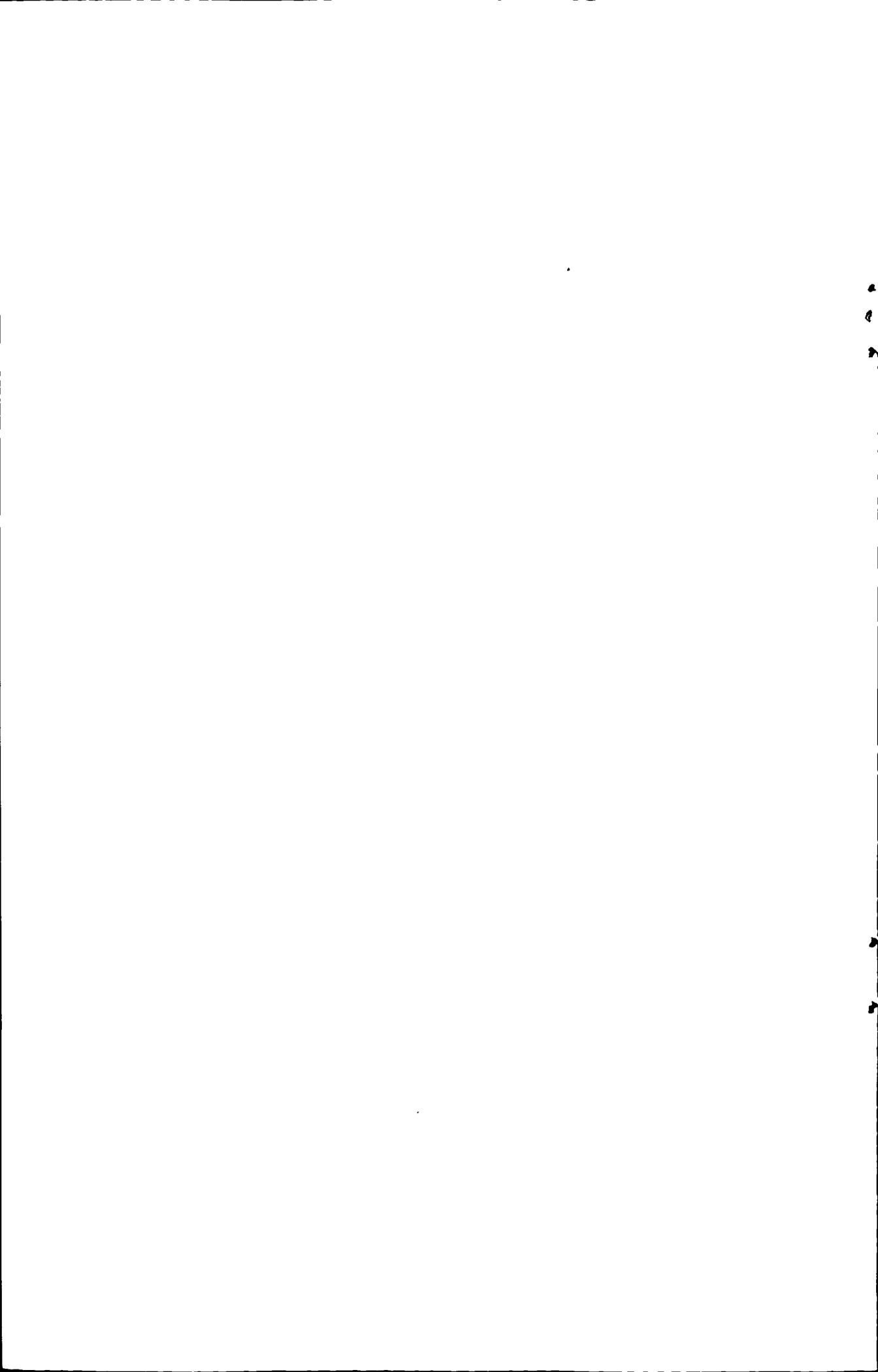
**The Design and Realization
of Oil Discharge Monitoring and Controlling System**

**A Thesis Submitted to
Dalian Maritime University
In partial fulfillment of the requirements for the degree of
Master Degree**

**by
Zhou Feiyun
(Marine Engineering)**

Thesis Supervisor: Professor Zhao Youtao

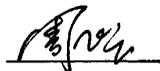
May 2011



大连海事大学学位论文原创性声明和使用授权说明

原创性声明

本人郑重声明：本论文是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，撰写成博/硕士学位论文“船舶排油监控系统设计与实现”。除论文中已经注明引用的内容外，对论文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本论文中不包含任何未加明确注明的其他个人或集体已经公开发表或未公开发表的成果。本声明的法律责任由本人承担。

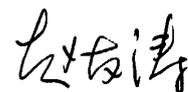
学位论文作者签名：

学位论文版权使用授权书

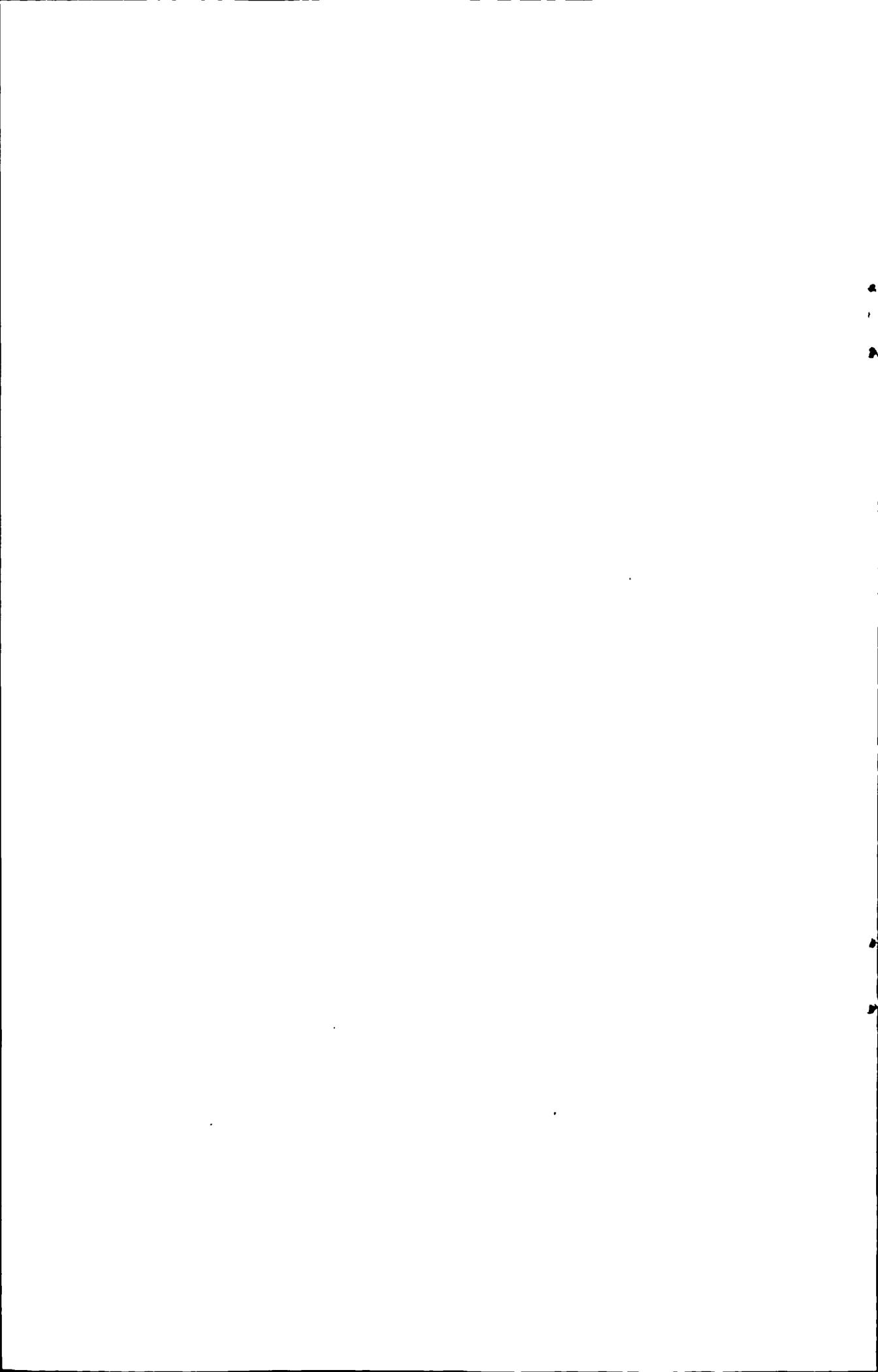
本学位论文作者及指导教师完全了解大连海事大学有关保留、使用研究生学位论文的规定，即：大连海事大学有权保留并向国家有关部门或机构送交学位论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权大连海事大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，也可采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编学位论文。同意将本学位论文收录到《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》（中国学术期刊（光盘版）电子杂志社）、《中国学位论文全文数据库》（中国科学技术信息研究所）等数据库中，并以电子出版物形式出版发行和提供信息服务。保密的论文在解密后遵守此规定。

本学位论文属于： 保 密 在 _____ 年解密后适用本授权书。

不保密 （请在以上方框内打“v”）

论文作者签名： 导师签名：

日期：2011年6月27日



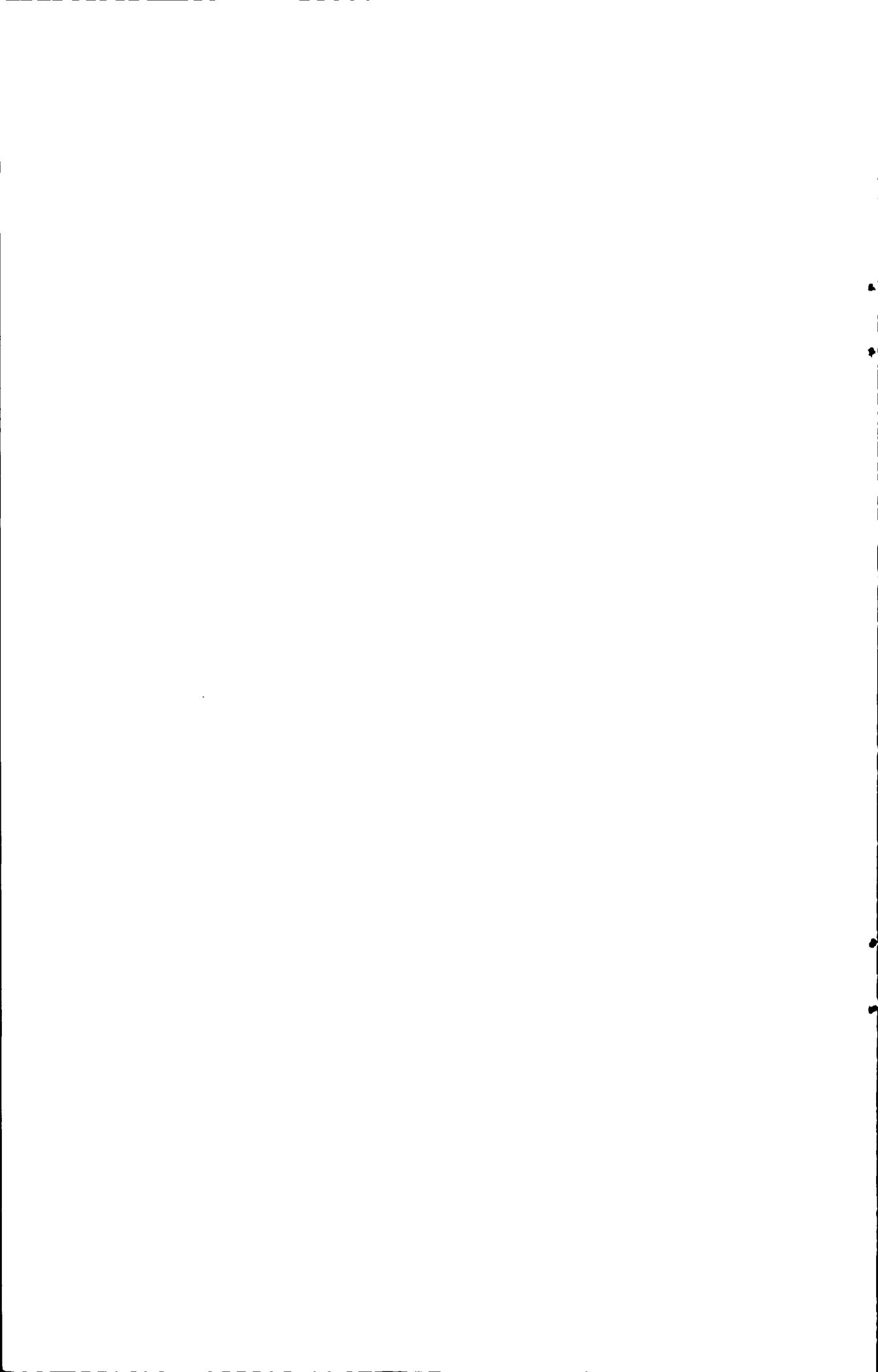
摘 要

随着世界海运贸易量的不断增长,船舶数量也在不断增加,而船舶含油污水的排放是造成海洋污染的一个重要因素,国际海事组织也出台了各种法律、法规来制止船舶含油污水的肆意排放,但是目前部分船舶因排油监控设备和监督措施的不完善,将含油污水不经过处理直接排入海洋,造成海洋污染。因此设计一套符合最新国际公约、规范的要求的排油监控系统对于防止船舶含油污水对海洋造成污染具有重要意义。

船舶排油监控系统是控制船舶操作性排油,防止含油污水对海洋造成污染的重要设备,73/78防污公约附则I对船舶含油污水的排放做出了详细严格的规定,国际海事组织海上环境保护委员会第49届会议通过了MEPC.107(49)决议和MEPC.108(49)决议,对船舶的排油监控系统的设计提出了最新的标准,并要求船舶排油监控设备应能利用船舶位置指示装置记录船舶位置,能将监控数据以电子方式存储以备检查。

本课题在分析现有主流排油监控系统的不足之处的基础上,根据MEPC.107(49)决议、MEPC.108(49)决议及GB/T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的新要求,改进并设计出一套更为完善的新型船舶排油监控系统。该系统通过读取油份浓度、船速、流量等信号,经过单片机的计算分析,从而自动控制含油污水的排放,除了能够完成监控数据的显示、打印及报警功能外,还能够利用GPS定位系统实现船舶位置信号的采集并通过SD卡实现了监控数据的存储,符合最新国标及国际公约的要求。

关键词: 油船; 排油监控系统; 单片机; SD卡



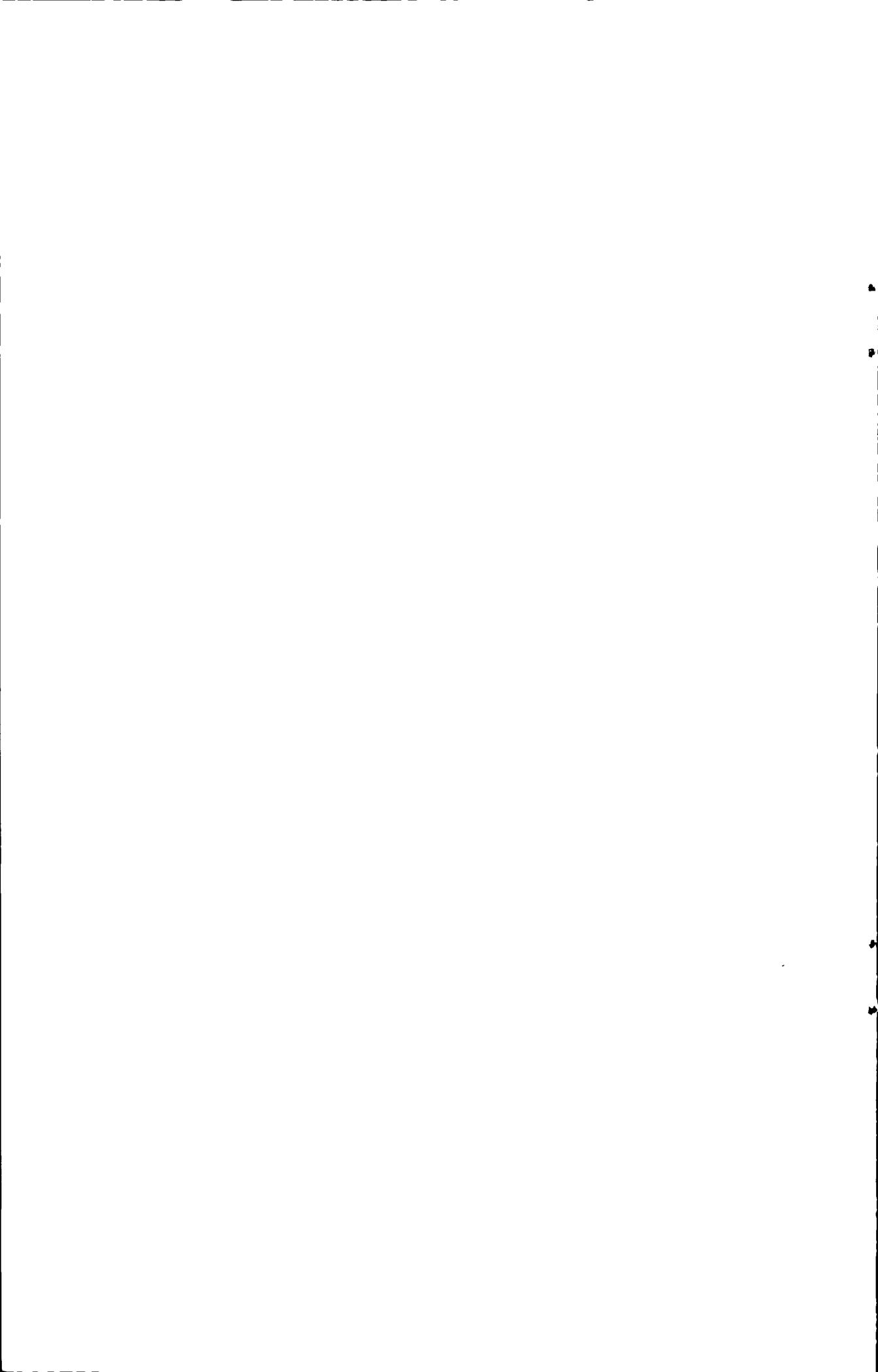
Abstract

With the development of world shipping, the number of ships also increases rapidly. The discharge of ship oily bilge water is an important factor in causing marine pollution. So the International Maritime Organization has introduced a variety of laws and regulations to stop the discharging of oily bilge water, but some ships still discharge oily bilge water directly into the sea because of incomplete monitoring equipment and measurement, leading to marine pollution. Therefore, it is necessary to design a new oil discharge monitoring and controlling system based on the latest international conventions and regulations to prevent the sea pollution caused by the discharge of oily bilge water.

Oil discharge monitoring and controlling system is an important equipment which controls the operation of ship oil discharge and protects the sea from pollution. Annex I of MARPOL 73/78 makes stringent requirements for the discharge of ship oily bilge water. Marine Environment Protection Committee 49th session has adopted MEPC.107 (49) and MEPC 108 (49) resolutions, proposing the latest new standards and requirements for oil discharge monitoring equipment. New designed oil discharge monitoring system should be able to record the ship's position by the position indicating device, and the monitoring data should be electronically stored for checking.

By analyzing the deficiencies of mainstream vessel oil discharge monitoring system, this paper designs a new type of oil discharge monitoring and controlling system based on the resolution of IMO. MEPC.107 (49) and IMO. MEPC.108 (49) . The oil discharge monitoring system could measure the signals of oil density, ship speed, flow and ship position by sensors, and control the discharge of oily bilge water by computer calculating. The system can collect ship position signal from GPS system , also display, print and store the monitoring data by SD card, meeting the latest national standard GB / T 12918-2009 "oil tanker oil discharge monitoring system technical conditions" and international convention.

Keywords: oil tanker; Oil discharge monitoring and controlling system; Single-chip computer; SD card



目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 课题的研究背景及研究意义.....	1
1.1.1 船舶防污染概况.....	1
1.1.2 课题的研究背景.....	3
1.1.3 课题的研究意义.....	4
1.2 本课题所做工作.....	5
1.3 排油监控系统功能介绍.....	6
第 2 章 船舶排油监控系统的总体设计.....	9
2.1 船舶排油监控系统设计的总体原则.....	9
2.1.1 系统硬件设计的基本原则.....	9
2.1.2 系统软件设计的基本原则.....	10
2.2 船舶排油监控系统总体构成.....	11
2.2.1 取样系统及油分计.....	12
2.2.2 船速与流量指示系统.....	14
2.2.3 船舶位置指示装置.....	14
2.2.4 中央控制单元.....	16
2.2.5 舷外排放控制装置.....	17
第 3 章 控制模块硬件电路设计与实现.....	20
3.1 控制单元功能概述.....	20
3.2 微处理器及外围硬件电路设计.....	22
3.2 船舶位置信号采集模块设计.....	25
3.3 时钟接口电路设计.....	26
3.4 A/D 转换电路设计.....	28
3.5 开关量输入输出电路设计.....	31
3.6 监控数据存储与打印单元设计.....	33
3.6.1 SD 卡介绍.....	33
3.6.2 SD 卡通讯模式选择.....	34
3.6.3 SD 卡与 STC12C5A60S2 接口电路设计.....	36
3.6.4 STC12C5A60S2 与微型打印机接口电路设计.....	37
3.7 基于 ZLG7289A 的人机交互界面设计.....	39

3.7.1 ZLG7289A 介绍	39
3.7.2 键盘驱动电路设计	42
3.7.3 液晶显示接口电路设计	44
3.8 控制单元电源模块设计	46
第 4 章 船舶排油监控系统软件设计	49
4.1 软件组成及架构	49
4.2 监控系统运行流程	49
4.3 监控系统初始化	51
4.3 数据采集与处理程序设计	53
4.3 监控数据打印与存储程序设计	55
4.3.1 监控数据的打印程序设计	55
4.3.2 SD 卡的初始化与读写程序设计	56
4.4 船舶位置信号采集程序设计	59
第 5 章 船舶排油监控系统的综合测试	63
5.1 控制单元测试	63
5.2 控制单元测试总结	67
5.3 上位机监控测试	68
5.4 本章小结	72
第 6 章 总结与展望	73
6.1 论文总结	73
6.2 展望	74
参考文献	76
附录 船舶排油监控系统控制单元硬件电路板	79
攻读硕士学位期间公开发表论文	80
致 谢	81
研究生履历	82

第 1 章 绪论

1.1 课题的研究背景及研究意义

1.1.1 船舶防污染概况

随着全球贸易量的增大,进行海洋运输的船舶数量也在不断增多,特别原油运输船舶的大幅度增加,而船舶在通常的营运过程中,也不可避免的直接或间接把一些含油污水引入海洋环境,这对于海洋环境造成了严重的威胁。

在船舶机舱,为保证船舶柴油机等动力装置正常运转,需要用水对其进行冷却,而当这些水流经系统时,由于系统的不完善或者故障,部分水就会渗漏到机舱并与那里的油混合,形成机舱舱底污水,这些含油污水包括机舱中主推进机械、辅助设备及机舱管路在船舶营运中泄漏的燃料油、润滑油、淡水、海水等混在一起的油污水。据有关调查,一条船舶每年大约排放其总吨位的 10%的机舱舱底水量,而这些污水中含油量可高达 50000mg/L,所以全世界每年随船舶机舱舱底水排入海洋的油量多达几十吨甚至几百吨。

油船是对海洋环境造成油污染影响最大,危害程度最大的污染源,因为正常营运中的油船,不但和普通船舶一样也会形成需要排出舷外的舱底含油污水,而且还要排放含油压载水和洗舱水。在正常气候条件下,油船在空载航行其压载水量应为载重量的 35%~40%,而在恶劣海况气候条件下,空载航行时其压载水量可达载重量的 60%~70%,而对于一般油船只有少部分专用压载舱,每航次需要装入货油舱的压载水至少有载重量的 20%~25%。按 73/78 国际防止船舶造成污染公约及议定书的要求,对于新建造或改装的船,在恶劣天气装入货油舱的压载水也要有载重量的 30%~40%。但是由于在卸油时,无论任何先进精密的设备、先进的扫舱方式也不会将货舱的残油全部抽吸干净,在船舶舱壁和舱底必然要粘附和沉淀一些残油。通常油船每次卸油后,留在舱内的残油量约为载货量的 0.2%,货舱内压载水的含油量大约为 1000~3000mg/L,如一艘载重量 10 万吨的油船,每航次随压载水一起排入海洋的油量为 100~150t,以上这些含油机舱舱底污水及含油压载水、洗舱水的排放是各类油船存在的污染源^[1]。

根据 MARPL 公约的要求,150 总吨及以上所有油船都应安装经主管机关认可

的排油监控系统, 而且对油船含油污水的排放提出了更高的要求。根据 1993 年 7 月 6 日生效的修正案的排放规定, 油船在排放含油污水时, 船舶不在特殊区域内, 货油舱处所含油污水的排放距最近陆地 50 n mile 以上, 机器处所的舱底含油污水的排放距最近陆地 12 n mile 以上, 并且排放过程中, 船舶需正在航行途中, 油量的瞬间排放率不超过 30L/n mile; 排入海中的总油量不得超过上航次载油量的 1/30000; 排油监控系统正在运行中, 即瞬时油份浓度不得超过 15ppm^[2]。本文所设计的排油监控系统是根据 MEPC.107 (49) 决议、MEPC.108 (49) 决议及 GB/T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的新要求, 将油份浓度信号、船速信号及流量信号等模拟量信号送入单片机进行计算分析, 经过计算油量瞬间排放率和排放总量, 从而决定是否打开舷外排放阀进行排放, 当油量的瞬间排放率不超过 30L/n mile, 油份浓度未超过 15ppm, 排放总量未超过上次载油量的 1/30000 时, 由单片机发出打开舷外排放阀的指令, 进行正常排放。当参数越限时即不符合公约要求的排放标准时发出声光报警, 并关闭舷外排放阀, 停止排放。

虽然国际公约及国内法规关于船舶含油污水排放的相关规定在不断完善, 国际海事组织也出台了各种法律、法规来制止船舶含油污水的肆意排放, 但是如何才能监督船舶执行相关法律、法规是当前一个重要课题。部分船舶因排油监控设备和监督措施的不完善, 仍偷排机舱含油污水, 通常在航行到公海中进行偷排营运过程中形成的含油污水。而造成这种现状的主要原因是很多船舶船员认为使用油水分离器、排油监控设备麻烦、操作复杂或者整个监控系统工作不稳定, 容易出现故障, 所以就根本不使用油水分离器或者污油水排放不经过监控系统, 从而保持整个系统完好以备检查。按规定, 使用油水分离器和油类操作均要填写、记录在《油类记录簿》中^[3]。由于目前无法进行实时监控, 为应对 PSC 检查, 大多数船舶均按规定的格式, 模拟排油监控设备运行状态下的含油污水排放情况, 将操作过程记录在《油类记录簿》中, 虚假填写以备 PSC 检查和防止各级环保管理部门的处理, 因此通过油水分离器和排油监控系统防止含油污水对海洋环境的污染破坏的效果并没有真正实现^[4]。油水分离器及其监控系统使用的现状概括为: 硬件设备、资本投入大, 但是其运转率不高, 污水排放信息严重虚填假报, 整个系统设备维修保养管理不完善, 船舶含油污水对海洋环境造成的污染仍日趋严重。针对这种情况, 有必要设计一种性能更好、易于操作的排油监控系统, 而且能够

保存监控记录,方便监督检查,这对于保护海洋环境具有重要意义。

1.1.2 课题的研究背景

国际海事组织(IMO)海上环境保护委员会第49届会议(MEPC49)以MEPC.107(49)决议的方式通过了《修订的船舶机舱舱底水防污染设备指南和技术条件》,它将替代MEPC.60(33)决议。此外还以MEPC.108(49)决议的方式通过了《修订的油船排油监控系统指南和技术条件》,它将替代A.586(14)决议。

《修订的船舶机舱舱底水防污染设备指南和技术条件》适用于在2005年1月1日或以后安放龙骨或处于类似建造阶段的船舶所设装置,该指南和技术条件与以前的要求相比,主要变化如下:(1)考虑到MEPC.60(33)决议执行过程中遇到对舱底水乳化液处理的困难,在性能试验技术条件中增加了试验液“C”,即油水乳化液。新制定了对乳化混合液的试验程序,试验台架和试验流程图也做了进一步改进,而对残余船用燃油和船用蒸馏燃油的试验程序保持不变。(2)制定了制备乳化稳定的试验液体“C”的严格程序,以保证世界范围内试验参数的一致性。(3)15ppm舱底水报警装置增加了记录装置的要求,以记录日期、时间、报警状态和15ppm舱底水分离器的运行状态,该记录装置应能显示或打印记录结果以便接受官方检查。(4)为了便于试验和检查,提出了一些对再循环和取样装置的要求。(5)15ppm舱底水报警装置的响应时间要求由以前的不超过20s减少到不超过5s。(6)为了避免蓄意操纵15ppm舱底水报警装置,除了采用简单装置核查仪表的零点漂移、读数可重复性和零位恢复能力外,在每次接触15ppm舱底水报警装置时应需拆去封条^[5]。

《修订的油船排油监控系统指南和技术条件》适用于安装在2005年1月1日或以后安放龙骨或处于类似建造阶段的油船的设备,该指南和技术条件和以前的要求相比,主要变化如下:(1)新的指南和技术条件中只包含一类排油监控设备,其适用于150总吨及以上所有油船;(2)排油监控设备应能利用船舶位置指示装置记录船舶位置(经度和纬度),并允许速度参数的更准确输入;(3)对油分计和流量计的精度要求更加严格,从而对排放有更好的控制;(4)随着许多新品种原油的出现和原油规格的变化,按物理特性如密度、粘度和浊点进行原油规格分类,替代了A.586(14)决议中的“地理”名称,从而为全球的型式认可试验确定了统一的试验条件。

根据 MEPC.108(49)决议通过的《修订的油船排油监控系统指南和技术条件》的要求,我国于2009年3月19日发布了 GB/T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》,该标准于2009年11月1日实施。与 GB/T 12918—1991《油船排油监控系统技术条件》相比,主要变化有:要求船舶排油监控系统应能准确利用船舶位置指示装置记录船舶位置(经度和纬度);对油分计和流量计的准确度要求更加严格,并允许速度参数的更准确输入,从而对排放有更好的控制;按物理特性对原油进行分类,替代了原标准按“地理”名称的分类方式。

本文根据上述国际海事组织海上环境保护委员会决议的新要求及 GB/T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的新变化,通过分析现有主流排油监控系统的不足之处的基础上,改进并设计出一套更为完善、符合最新国际排放标准的排油监控系统,能够有效监督船舶含油污水的排放,从而达到保护海洋环境、节省石油资源的作用。

1.1.3 课题的研究意义

在正常情况下,船舶排入海中的含油污水包括三方面:①船舶舱底含油污水,这些污水形成的主要原因是为保证船舶机舱机器设备的正常安全运行,有些设备需要淡水或者海水作为系统的冷却介质,如为了保证柴油机能够正常安全运转,需要配备高温冷却水系统和低温冷却水系统,而这些系统又不可避免的发生泄漏与油类混合,从而形成舱底污水。②油船货舱洗舱水,对于像油船这样的液货船每次卸完货后,一般都需要洗舱,尽管目前已经有原油洗舱等先进的比较环保的洗舱方式,但是大多数情况也不可避免的要用淡水进行彻底的冲洗,这就必然形成含油洗舱水。③油船含油压载水,运输原油的船舶大多是单程装货,而当空载航行时,为了保证船舶的安全,必须保证足够的吃水量,由于目前大多数油船为了实现最大载重吨,专用压载舱容量有限,所以在一些恶劣海况下就不得不动用货油舱作为压载舱,压载水与舱内的残油便形成了含油压载水^[6]。因此,如果这些舱底污水、洗舱水、压载水不经过有效的处理措施而直接排入海洋就会造成严重的海洋环境污染,所以为了防止船舶含油污水的排放造成海洋环境的污染,实现绿色航运,《MARPOL73/78》及其修正案对船舶含油污水的处理及排放标准做出了详细严格的规定,其中对于油船的含油压载水及舱底含油污水排放,要求必须

了详细严格的规定,其中对于油船的含油压载水及舱底含油污水排放,要求必须经过虑油设备的过滤使其含油量不超过 15ppm,而且还应装设有排油监控系统,这个监控系统在当所排放含油污水的含油量超过 15ppm 时就发出报警并通过自动控制装置关闭舷外排放阀,停止含油污水的排放。所以整个排油监控系统运行状况的好坏直接关系到含油污水排放是否符合国际标准,这对于减少船舶含油污水的排放,保护海洋环境,节省石油资源具有十分重要的意义。

《MARPOL73/78》附则 I 第 15(3)(a)条明确规定,150t 及以上的油船应装有经主管机关批准的排油监控系统,MEPC.108(49)决议对油船排油监控系统的指南和技术条件做了修订,对船舶操作性排放标准提出更高要求,即对船舶机舱舱底油污水的排放标准改为在任何海域油份浓度均应小于 15ppm,对油船货油舱油污水排放的油量瞬间排放率由 60L/n mile 改为 30L/n mile^[7]。

目前,船舶上安装运行的排油监控系统种类繁多,但普遍存在可靠性不高、集成度低、人机界面单调、操作比较复杂等缺点,对其运行的监督措施不够完善,不利于官方检查。本文利用一些高智能、多功能芯片设计开发的排油监控系统高度集成化,电路简单,人机界面友好,操作容易,并且根据 MEPC.107(49)决议、MEPC.108(49)决议及 GB / T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的新要求,完成了船舶位置信号的采集与记录以及监控数据的存储,为 PSC 检查提供了依据,从而达到保护海洋环境、节省石油资源的作用。本文所设计的含油污水排放监控系统以单片机为核心,通过读取测量传感器测定的油份浓度信号、流量信号和船速信号,经过单片机的计算分析,计算出油量瞬时排放率和排油总量,从而自动控制含油污水的排放,并能实现显示、打印存储相关数据的功能,自动记录系统操作的时间、日期和取样信号数据,完成了船舶位置信号的采集与记录以及监控数据的存储。这些记录为船舶因排放舱底水造成的油污染事故时提供直接证据,确定肇事船舶,这就给海事调查人员的工作降低了难度,做到公正执法,因此具有重要的现实意义。

1.2 本课题所做工作

本课题研究的主要目的是通过对 MEPC.107(49)决议通过的《修订的船舶机舱舱底水防污染设备指南和技术条件》与 MEPC.108(49)决议通过的《修订的油船排

油监控系统指南和技术条件》进行分析,并和 MARPL73/78 修正案中关于船舶排油监控系统技术条件相关内容进行对比,根据最新国家标准 GB/T 12918—2009 《油船排油监控系统技术条件》的新要求,在分析现有主流排油监控系统的不足之处的基础上,改进并设计出一套全新的符合国际排放标准的排油监控系统。该系统能够将油份浓度信号、流量信号、船速信号等模拟信号转换为数字信号送入到 CPU 进行分析计算,根据计算结果自动控制含油污水的排放,而且能显示、打印一些重要监控数据,如流量、船速、瞬时排放率、船舶位置等,并能将监控数据以电子方式进行存储。在本课题的研究过程中,主要研究内容包括以下几个方面:

(1)深入分析 MEPC.107(49)决议通过的《修订的船舶机舱舱底水防污染设备指南和技术条件》与 MEPC.108(49)决议通过的《修订的油船排油监控系统指南和技术条件》中关于排油监控系统设计的新要求,分析目前已有船舶排油监控系统存在的问题,提出一种新型船舶排油监控系统的总体设计方案。

(2)以高速、低功耗、超强抗干扰的 STC12C5A60S2 单片机为中央处理器设计出整个监控系统控制单元的硬件电路;

(3)通过使用 ZLG7289A、LCD12864 等高智能芯片设计出监控系统的人机交互界面,不仅能够通过液晶显示器显示公约所要求的监控系统重要参数及系统工作状态,而且通过 GPS 全球定位系统实现了船舶位置信号的采集,并实现了由 SD 卡存储监控数据。

(4)根据监控系统的总体要求,编写代码实现监控数据的采集、转换、处理,通过液晶显示器显示监控数据,通过微型打印机打印以及通过 SD 卡存储所要求的监控数据,并设计了上位机监控界面。

1.3 排油监控系统功能介绍

本文所设计的新型船舶排油监控系统是根据 MEPC.107(49)决议通过的《修订的船舶机舱舱底水防污染设备指南和技术条件》与 MEPC.108(49)决议通过的《修订的油船排油监控系统指南和技术条件》中关于排油监控系统的新要求设计,通过数据采集与分析处理单元将测量传感器送来的模拟量信号转换为数字量信号,然后进行分析计算,通过与预先设定的信号进行比较分析来决定是否打开舷外排

放阀进行排放含油污水，并给出相应的报警信号。本系统的主要功能模块有：

(1)A/D 转换模块

在本设计中，由速度传感器、油份浓度计、流量计送来的速度信号、油份浓度信号以及流量信号均假设为 4~20mA 的标准电流信号，将这些模拟电流信号通过一个电流电压转换电路使其变为 0~5V 的电压信号，然后将其送入 A/D 转换器转换为数字量信号，送给单片机进行计算分析。由于本文所选用的 CPU 为 STC12C5A60S2 单片机，是高速、低功耗、超强抗干扰的新一代 8051 单片机，指令完全兼容传统 8051，但速度快 8~12 倍，其自带八路十位精度 A/D 转换，只需通过 P1ASF 特殊功能寄存器中的相应位置为“1”，相应的 I/O 口即设为 A/D 转换口，其转换速度可达 250K/s，所以省略了专门的 A/D 转换芯片，从而减少了元器件数量，使得硬件设计更为简单，提高了系统可靠性。

(2)CPU 模块

CPU 模块主要对采集的数据进行分析计算，通过与人工设定的相关参数进行比较做出决策。根据《73/78 防污公约》规定，排放含油污水包括含油压载水和洗舱水都必须在排油监控系统监控下，所排放的含油污水油份浓度小于 15ppm，油的瞬间排放率小于 30L/n mile，排油总量不得超过上次载油量(T)的 1/30000^[8]。

$$\text{瞬间排放率由下列公式计算：} C = \frac{Q \times m}{V} \times 10^{-3} \quad (1.1)$$

式中：C—瞬间排放率(L/n mile)；

m—油份浓度(ppm)；

Q—含油污水排出流量(m³/h)；

V—船舶航行速度(n mile/h)；

$$\text{排油总量计算公式：} L = \sum_{t_i=0}^t (Qm)_{t_i} \cdot t \times 10^{-3} \quad (1.2)$$

式中：L—排油总量(L)；

t—排放含油污水的累积时间(h)；

m_{t_i}—t_i时刻所排放污水中油份浓度(mg/L)；

Q_{t_i}—t_i时刻含油污水排出流量(m³)；

(3)人机交互模块

本设计中通过采用广州周立功单片机发展有限公司的专用键盘芯片 ZLG7289-A 与显示芯片 LCD12864 实现公约所要求的相关数据的显示和相关参数的人工设定, 此模块与 CPU 模块通过 SPI 总线实现串行通信。

(4) 监控数据存储及打印模块

按照公约和国标的要求, 排油监控系统控制部分的记录装置应包括一个可电子格式化的数字打印机, 记录的参数应在打印纸上清晰显示, 自动记录的数据包括油量瞬时排放率、瞬间含油量、排油总量等, 并以电子方式存储, 此模块主要用一微型打印机完成公约所求数据的打印并通过一个 SD 卡将所要求的数据以电子方式存储。

(5) 其他功能模块

除了上述功能模块外, 系统还包括时钟模块、GPS 模块等, 通过 DS1302 时钟芯片对整个监控系统提供准确的时钟信号, 由 GPS 模块提供船舶位置信号, 在船舶排放含油污水的时候能够实时采集并记录船舶所在的位置, 从而确保船舶未在公约所禁止的区域进行污水排放。

第2章 船舶排油监控系统的总体设计

2.1 船舶排油监控系统设计的总体原则

任何监控系统都必须与其所工作的环境相适应,即在设计任何一套监控系统时除了遵循一般的软、硬件设计原则外,还必须考虑其工作环境的特殊性,对其进行适当改进,只有这样才能保证所设计的系统能够按照要求,实现相应的功能。本文所设计的船舶排油监控系统,由于考虑到船舶在航行过程中会遇到各种恶劣的海况,因此对设备的可靠性、可操作性、可维修性要求比较高,所以在设计的过程中除了应严格遵循软、硬件设计的基本原则外,另外还应考虑船舶机舱环境的特殊性。

2.1.1 系统硬件设计的基本原则

硬件设计过程中应尽量运用芯片的典型工作电路,并且提供必要的扩展接口,具有可扩展能力,这样可以提高整个硬件系统的可靠性,为硬件系统的标准化、模块化打下基础,船舶排油监控系统的整体设计应遵循以下原则:

(1)经济合理

整个系统的硬件设计中,在满足所要求的计算速率、存储容量、可靠性及兼容性的基础上,选用合理的芯片及外设,而不是仅仅为了其在理想状态的工作速度等而片面追求高性能、高配置的微机及外设等。尽量减少硬件投入,降低价格,从而使所设计的硬件设备具有较高的性价比,这是在市场经济条件下争取、扩大市场的需要,是硬件设计的一个优先考虑的重要指标。例如,在数据的采集单元,当用低分辨率、低转换速度能够满足系统的精度与速度要求,就不必要选用高分辨率、高转换速度的 A/D 转换器,在数据存储单元应尽量选用与数据量相匹配的存储芯片,从而得到较高的性能价格比。

(2)安全可靠

对于任何一个系统,都要求具有较高的安全性,由于船舶特殊的环境,对于所安装的设备安全性要求更高,在设计过程中选用设备、芯片时应充分考虑环境温度、震动、湿度、压力、粉尘等对其性能的影响。在电路设计中,通过光耦隔离实现高低电压的隔离,保证芯片不被烧毁,应有超量程和过载保护,保证输入、

输出通道正常工作，因此安全可靠是硬件设计中应遵循的一个根本准则^[9]。

(3)足够的抗干扰能力

对于像船舶机舱这样的恶劣环境，存在各种干扰，因此在硬件设计时应注意正确接地、高输入阻抗下的防止漏电等，通过强电与弱电的隔离措施，屏蔽电磁干扰，从而使整个系统能够正常稳定工作。

(4)简化硬件电路设计

简化硬件电路设计一方面节省成本，另一方面也提高硬件的可靠性，电路设计者应当遵循的一个重要原则是最简单的电路实现最完善的功能，而且硬件电路越简单，可靠性越高，功耗越低。

(5)低功耗设计

低功耗设计不仅是降低系统的功耗与干扰的重要原因，也是我国现阶段转变经济发展方式，提高经济发展质量，实现科学发展的迫切需要。

(6)标准化、通用化设计

硬件设备只有按照行业标准或者国家标准去设计，使其具有普遍通用性，这样才能抢占、扩大市场。例如数据采集模块应尽量采用目前市场通用的设计，模拟量信号应为4~20mA的电流信号，这些都有利于商品化生产，方便技术人员的调试、安装及维修。

(7)可扩展性设计

任何系统的设计不可能一劳永逸，而是随着技术的进步不断改进完善，所以应结合今后的发展需要，设计时应充分考虑系统的可扩展性。

2.1.2 系统软件设计的基本原则

(1)软件结构合理优化

程序采用模块化设计，这样不仅在写程序时思路清新，代码编写容易，而且有利于程序的扩充、调试及修改。为便于阅读和理解，在编写程序时，尽量使用子程序，使整个程序结构层次分明，而且在运行时较少占用内存量。

(2)可操作性好

充分考虑船舶轮机管理人员的工作习惯，并尽量降低操作人员对专业的要求，所以在程序设计中应尽量使用图表或简单易懂的菜单实现人机对话，充分提高程

序的可操作性，这对于防止船舶造成海洋污染和保障船舶安全航行具有重要意义。

(3)合理的保护措施

在设计程序时，应充分考虑船舶排油监控系统会出现的一些突发故障，编写状态检测和诊断程序以便能够帮助工作人员尽快查找故障，解决故障，对于一些重要参数要定时存储，以防止掉电发生数据丢失。

(4)提高程序执行速度

充分优化程序结构，根据调试结果不断改进不合理的代码，尽量采用高级语言与汇编语言混合编程，发挥各自语言的优点，提高程序运行速度。

(5)合理的程序解释说明

2.2 船舶排油监控系统总体构成

船舶排油监控系统的主要功能是监控油船含油压载水、含油洗舱水及船舶舱底污水在排放过程中的相关参数，通过计算分析瞬时排放率、排油总量等参数，从而决定是否打开舷外排放控制阀进行含油污水的排放。整个监控系统主要由取样系统与油分计、船速测量单元、流量计、控制单元等组成，当含油压载水、含油洗舱水或者其他油污水向舷外排放时，监控系统开始取样、分析、记录，如果不满足规范要求，则终止排放物排入海中，图 2.1 为船舶排油监控系统的总体结构框图。

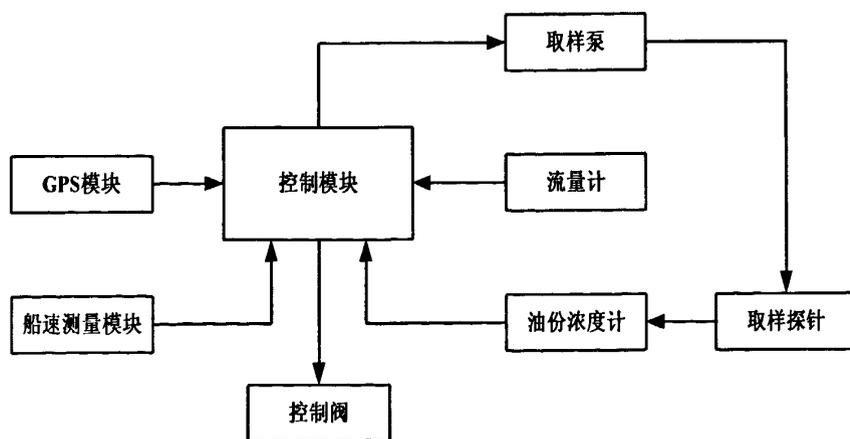


图 2.1 排油监控系统结构框图

Fig.2.1 The Block Diagram of Oil Discharge Monitoring System

2.2.1 取样系统及油分计

(1) 取样系统

要实现在含油污水排放过程中对油份浓度的监控, 必须通过取样系统将从排油总管取出的含油污水样本送入相应的油份浓度测量单元, 取样系统由含油量检测分析单元、取样泵、取样头、转换单元和光导纤维所组成^[10]。

在本课题中通过取样系统的取样泵、取样头在含油污水的排出总管路上将代表性含油污水样本送入到油份浓度计的光学测量室即测量转换单元, 将油份浓度信号转换为电平信号, 并通过光导纤维送入数据采集单元, 完成了取样过程, 最后样水被送回排出管路或者回到污油舱。根据公约要求, 船舶含油污水包括油船货舱区域含油污水、含油压载水及舱底含污油水的排放应在水线以上专用舷侧排放口排出, 取样点的位置应使取样系统能从符合规范规定的舷外排出口获得相关样品, 取样点的位置应设在该排出口的舷外排放管路上, 位于舷外排放管路的取样探针和连接取样探针与油分计的管系应符合相关规定, 管路和取样探针的材料应为耐火、耐腐蚀、耐油, 时间, 规范要求反应时间为20s以内。为了保证测得油份浓度的准确性, 取样系统一般都自带永久清洗水冲洗装置清洗取样探针、油分计和管系, 其中冲洗装置在取样管通常采用不锈钢材料(SUS316)。管路和取样探针应有足够强度并予以适当连接和支撑, 取样系统应在每个取样探针附近设置一个截止阀, 如果取样探针位于货物管路上, 则取样管路上应设有两个串联的截止阀, 其中一个可以是遥控样品选择阀。取样探针的布置应便于拆装, 并应尽可能位于排放管路垂直且易于接近的位置, 如果有必要在排放管路的水平部位安装取样探针, 应确保排放物排放时管路中一直充满液体, 取样探针一般应穿透排放管至管路直径的1/4处, 取样探头与油分计之间的取样管路应尽可能短, 以缩短反应时间。在取样泵的下游点处或者主管机关认可的等效部位设置一个阀, 用于从油分计入口管路上手动收集样品。当取样水返回污油水舱时, 不允许自由流到船舶污油水舱内, 对装有惰性气体的污油水舱, 返回的取样水应通过一个有一定高度的U型水封管^[11-14]。

为了保证系统能够获得准确的测量数据, 对检测单元即取样系统和油分计定时进行清洗, 通过时间继电器定时, 每3min启动冲洗水泵对取样系统和油分计进行冲洗一次。

(2)油分计

船舶排油监控系统的主要功能是监控油船含油压载水、含油洗舱水及船舶舱底含油污水在排放过程中油份浓度及流量，通过取样系统的取样泵从含油污水排出管路的取样管路将所排放含油污水样本送到油分计，通过油分计将其流过的含油污水的含油量多少转化为电平信号，从而来测量出舷外排出物含油量 ppm 值。

目前测量油份浓度信号大多利用光的透射和反射原理，即光学浊度法来测量通过测量室的含油污水的含油量。由于所排放的含油污水中的不同位置的油份浓度不均匀，油的颗粒细化不均匀，所以这样测量的数据变化幅度较大，测量精度较差。因此，须将取样水在进入测量室之前进行乳化处理，使所排放含油污水中油的颗粒细化均匀，然后送入油分计的测量室，这样就保证了所测量油份浓度信号准确。利用光学浊度法测量油份浓度的一个不足之处就是油分计的光学测量室极容易被含油污水污染，造成测量精度变差，所以为了保证测量精度，就要使流过油分计的油污水尽可能的对测量室的感光元件不造成污染或者能够定期对感光元件进行清洗，所以在油分计的设计时，一般都加入了定期自动清洗功能，确保其测量精度^[15]。

根据国际海事组织 MEPC.108(49)附件第 I 部分《油分计型式认可的试验和性能技术条件》的要求，设计成大油量范围的油分计应能测量每次试验期间进入油分计的样品的实际含油量，测量准确度应在 $\pm 10\text{ppm}$ 或者 $\pm 10\%$ 之内，取其绝对值的较大者，当存在油以外的污染物，例如空气、铁锈、泥和沙，且动力源（电力和压缩空气）在设计值的 $\pm 10\%$ 范围变化时，油分计的准确度仍应在 $\pm 10\text{ppm}$ 或者 $\pm 10\%$ 之内。油分计的读数一般应不受油的种类的影响，如有影响，应不必在船上标定油分计的刻度，但应按制造商的操作说明书预先校正刻度。油分计可有一些用作预期用途的标度，标度的最大范围应不小于 1000ppm 。通常情况下，油分计一般都安装在油船货油泵舱内，或者机舱舱底水排出管路上，通过光电电缆与安装在机舱内一侧的整个监控系统装置的电气设备连接，距离不宜过远，应满足规范所要求的油分计的反应时间不得超过 20s ^[16]。

油分计是整个排油监控系统的核心部件，其本身工作状态的好坏直接影响到整个监控系统的有效性，所以在整个系统的整体设计中，应考虑周全，而且油分

计本身设计应符合 GB/T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》附录 A 中油分计型式认可的试验和性能技术条件。

2.2.2 船速与流量指示系统

由于系统需要计算瞬时排放率,即每海里含油污水的排放量,就需要船舶航行速度信号,可以是对水速度或对地速度,这取决于船上安装的速度测量装置,监控系统所要求的船舶速度信号应从船舶速度指示装置通过转发器信号获得,送入到监控系统数据采集单元的信号应为 4~20mA 的标准电流信号。

流量信号一般是通过一个孔板式流量计来测定,孔板式流量计是差压式流量计的一种,充满管道的流体流经管道内的节流装置,在节流件附近造成局部收缩,流速增加,在其上、下游两侧产生静压力差。其测量原理是基于流体的机械能相互转换的原理,在水平管道中流动的流体,具有动压能和静压能(位能相等),在一定条件下,这两种形式的能量可以相互转换,但能量总和不变。孔板式流量计是由一次检测件(节流件)和二次装置(差压变送器和流量显示仪)组成,广泛应用于气体、蒸汽和液体的流量测量,具有结构简单、维修方便、性能稳定、使用可靠等特点,所以可以用来测量船舶含油污水的排放量^[17]。

用于测量排放流量的流量计应尽量安装在排放管路的垂直位置,如安装在排放管路的其它适当位置,应保证流量计中一直充满所排放的液体,由于在管路中流体的流量正比于通过孔板后流体压降的平方根,所以只要测出孔板前后的压力差,通过一个压电转换器,将压差信号转换成相应的 4~20mA 的电流信号,即可知道流量的大小,然后再将流量信号送入中央控制单元,计算排油总量和瞬时排放率。流量计的准确度应为排放期间的瞬间排放率的 $\pm 10\%$,流量计中与排放物接触的任何部件应由足够强度的耐腐蚀、耐油材料制成,选用流量计应根据污油水的输送泵排量来定。

2.2.3 船舶位置指示装置

根据 MEPC.108(49)决议通过的《修订的油船排油监控系统指南和技术条件》的要求及我国于 2009 年 11 月 1 日实施的 GB/T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的标准,要求船舶排油监控系统应能准确利用船舶位置指示装置记录船舶位置(经度和纬度)。船舶位置指示装置应由一个全球航行卫星系统或者地球

无线电航行系统接收器或者其他装置组成，它适合于在整个预期航行中随时使用，通过自动方式建立和更新船舶位置^[18]。

根据国际海事组织 73/78 防污公约附则 I 中对船舶含油污水排放的要求，在一些特殊海域不允许含油污水的排放，这些特殊区域为地中海区域、波罗的海区域、黑海区域、红海区域、海湾区域、亚丁湾区域、南极区域和西北欧水域，其界限如下^[19]：

(1)地中海区域系指地中海本身，包括其中的各个海湾和海区在内，与黑海以北纬 41° 为界，西至直布罗陀海峡，以西经 $5^{\circ}36'$ 为界。

(2)波罗的海区域系指波罗的海本身以及波的尼亚湾、芬兰湾和波罗的海入口(以斯卡格拉克海峡中斯卡晏角处的北纬 $57^{\circ}44.8'$ 为界)。

(3)黑海区域系指黑海本身，与地中海以北纬 41° 为界。

(4)红海区域系指红海本身，包括苏伊士湾和亚喀巴湾，南以拉斯西尼(北纬 $12^{\circ}28.5'$ ，东经 $43^{\circ}19.6'$)和胡森穆拉得(北纬 $12^{\circ}40.4'$ ，东经 $43^{\circ}30.2'$)之间的恒向线为界。

(5)海湾区域系指位于拉斯尔哈得(北纬 $22^{\circ}30'$ ，东经 $59^{\circ}48'$)与拉斯阿尔法斯特(北纬 $25^{\circ}04'$ ，东经 $61^{\circ}25'$)之间的恒向线西北的海域。

(6)亚丁湾区域系指红海和阿拉伯海之间的亚丁湾部分，西以拉斯西尼(北纬 $12^{\circ}28.5'$ ，东经 $43^{\circ}19.6'$)和胡森穆拉特(北纬 $12^{\circ}40.4'$ ，东经 $43^{\circ}30.2'$)之间的恒向线为界，东以拉斯阿西尔(北纬 $11^{\circ}50'$ ，东经 $51^{\circ}16.9'$)和拉斯法尔塔克(北纬 $15^{\circ}35'$ ，东经 $52^{\circ}13.8'$)之间的恒向线为界。

(7)南极区域系指南纬 60° 以南的区域。

(8)西北欧水域包括北海和它的入口，爱尔兰海和它的入口，凯尔特海，英吉利海峡和它的入口以及大西洋直接通向爱尔兰西部的东北海域，以下述点的连线为界：

(i)法国海岸线上北纬 $48^{\circ}27'$ ；

(ii)北纬 $48^{\circ}27'$ ，西经 $6^{\circ}25'$ ；

(iii)北纬 $49^{\circ}52'$ ，西经 $7^{\circ}44'$ ；

(iv)北纬 $50^{\circ}30'$ ，西经 12° ；

- (v)北纬 56°30', 西经 12°;
- (vi)北纬 62°, 西经 3°;
- (vii)挪威海岸线上北纬 62°;
- (viii)丹麦和瑞典海岸线上北纬 57°44.8';

为了有效防止船舶含油污水在上述特殊区域排放,新修订的船舶排油监控系统技术条件要求船舶排油监控系统应能准确利用船舶位置指示装置记录船舶位置(经度和纬度),从而控制含油污水在特殊区域排放。

GPS 全球定位系统是目前远洋船舶必备的导航与通信设备,而 GPS 设备一般都安装在驾驶台,并且提供 NMEA0183 格式和 RS485 两种格式的信号输出接口。因考虑到在本课题所设计的排油监控系统中央控制单元所用的单片机为 STC12C-5A60S2,具有 RS232 与 RS485 双串口功能,所以只需通过光纤通信从 GPS 设备获得 RS485 格式的船舶位置信号,然后送入到中央控制单元,提取船舶位置信号再送到液晶显示器进行显示并进行存储记录,从而实现规范所要求的船舶位置信号的采集、显示与记录^[20]。

2.2.4 中央控制单元

中央控制单元主要功能是通过采集船舶航速信号、含油污水排放流量信号、油份浓度信号及船舶位置信号等数据,通过 A/D 转换将模拟量转换为数字量,送入 CPU 进行计算分析,并根据分析判断结果发出相应的动作指令来控制舷外排放阀的开关及声光报警等,整个控制单元主要包括 CPU 模块、A/D 转换模块、人机交互模块、时钟模块、打印记录模块、数据存储模块、串口通讯模块等。

CPU 单元主要通过从油分计读取排出含油污水的油份浓度值(ppm),从流量计中读取每小时含油污水排量(m^3/h),同时从船舶航速仪读取船速信号(kn),然后计算瞬时排放率和排油总量,当油份浓度、油量瞬间排放率、排油总量这三项指标的任何一项超过规定指标时,CPU 就发出信号关闭通向舷外的排出阀,停止含油污水的向外排放,打开通向污油舱的循环阀使不合格的含油污水返回污油舱,重新进行油水分离,同时发出警报、并打印、存储相关数据。A/D 转换模块用来将传感器送来的模拟信号转换为数字信号,人机交互模块是为了实现数据显示及监控参数的设定功能,打印记录模块实现规范所要求的主要监控数据的打印记录,

通过数据存储模块实现监控数据以电子形式进行存储,并且保存三年,满三年后以前数据将被覆盖,另外通过 RS485 和 RS232 串口通讯实现船舶位置信号的采集以及与上位机的通讯。

根据 MEPC.107(49)决议通过的《修订的船舶机舱舱底水防污染设备指南和技术条件》与 MEPC.108(49)决议通过的《修订的油船排油监控系统指南和技术条件》,排油监控系统的中央控制单元应从油分计、流量指示系统和船速指示系统以不超过 5s 间隔接受信号,并自动计算下列数据:

- (1)油量瞬间排放率,单位为升每海里(L/n mile);
- (2)航行期间的排油总量,单位为立方米(m³)或升(L);

当油量的瞬间排放率超过 30L/n mile 或油份浓度超过 15ppm 或排放总量超过上次载油量的 1/30000,只要其中任意一个指标超过设定的范围,系统就会发出指令关闭舷外排放阀,打开回流阀终止排放物排入海中,同时发出声光报警并打印记录相关数据^[21]。中央处理单元有一个时钟模块,可以连续产生时间和日期信息为整个监控系统提供时钟信号。如果突然断电,中央控制单元可以保存排油总量计算、时间和日期的记忆,当监控系统为手动操作时,也能打印存储所获得的数据。

2.2.5 舷外排放控制装置

舷外排放控制装置能通过接受控制单元的信号关闭舷外排放阀或终止污水泵来自动停止排放物排入海中,舷外排放控制具有实效保护功能,当监控系统在非工作状态、报警状态或当控制系统失效时能停止所有排放物的排放,从而防止含油污水误排入海中造成污染。

舷外排放控制系统主要组成部件有排出阀控制箱、电磁阀箱和遥控阀,由于流经舷外排放阀的污水量较大,所以舷外排放阀采用气动控制阀,由中央控制单元控制排出阀的开关单元送出电信号给舷外排放阀控制箱,再将信号转换放大后送到电磁阀箱,最终控制压缩空气开关阀来控制舷外排放阀门的开或关。在监控系统自动工作时,舷外排放阀和回流阀的开关是互相连锁的,即排放阀打开时回流阀关闭,排放阀关闭时回流阀则打开^[22]。当系统发生以下情况之一时,舷外排放阀关闭,回流阀打开:

- (1)当油份浓度超过15ppm时;
- (2)在停止对含油污水排放监控期间;
- (3)油量瞬时排放率超过30L/n mile的标准时;
- (4)排油总量超过上次载油量的1/30000时;
- (5)当任何传感器的输入超过系统的有效范围时;
- (6)当监控系统中某单元发生故障时, 例如: 断电、样品丢失、测量或记录系统出现重大失误时。

上述6种情况系统均会发出声光报警并给出报警提示, 方便工作人员尽快解决故障。为了防止因油份浓度或者含油污水瞬时排放率在所设定的极限标准附近波动而引起舷外排放阀的频繁开闭, 在舷外排放阀的开/闭控制系统中专门设立了延时继电器, 这样可以保证: 当含油污水瞬时排放率达到或超过规定极限值(30L/n mile)时, 排出阀关闭, 如果30s内瞬时排放率已下降到25L/n mile以下, 则30s后排出阀开启; 如果30s内瞬时排放率降不下来, 则当排放率小于30L/n mile 后延时4 min, 瞬时排放率不再上升到30 L/n mile 以上时, 排出阀才自动开启^[23]。

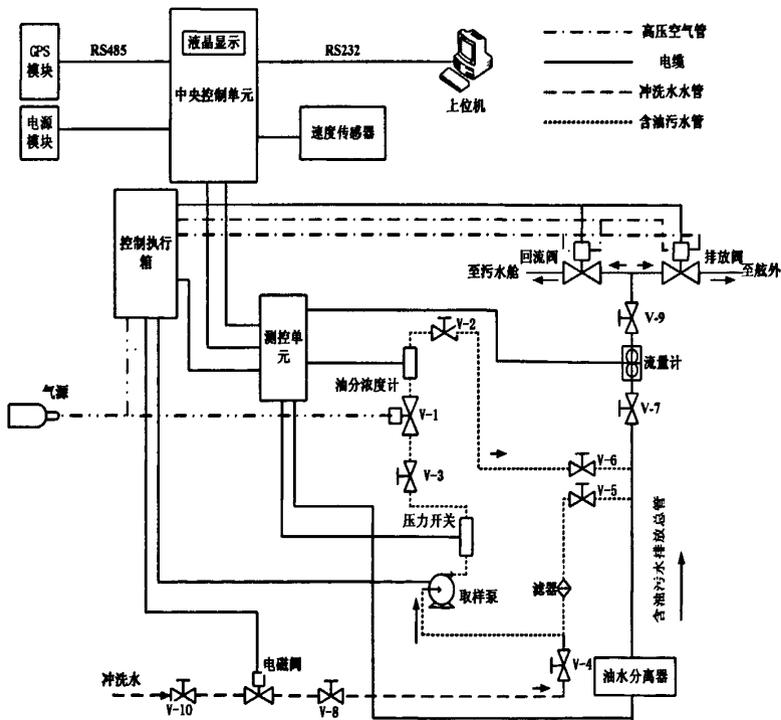


图 2.2 排油监控系统图

Fig.2.2 The Diagram of Oil Discharge Monitoring and Controlling System

本文在参考 BW 公司油船所安装的排油监控系统图的基础上,改进并设计一套新型的排油监控系统,图 2.2 为改进的排油监控系统简图。舱底污水、洗舱水或者含油压载水经过油水分离器进行分离后进入含油污水排放总管,采样系统通过取样泵将油污水样本送入到油分计的的测量单元,完成测量后返回到排放总管中,油份浓度信号信号转换为电流信号送入到中央控制单元的模拟量输入口,进行 A/D 转换、分析计算。含油污水的排放总管中安装有一个孔板式流量计,用于测量含油污水排放流量,其所测得的流量信号同样转换为电流信号送入中央控制单元,用于计算油量的瞬时排放率,系统中的速度信号是从船上的航速仪中获得,送入到中央控制单元时也为标准电流信号。控制执行箱通过接受中央控制单元送来的开关信号,来控制气阀的开关和继电器的开关,进而实现排放阀的开关控制和取样泵、冲洗水阀的开关功能,其中排放阀和回流阀互锁,其中一个打开,另一个必然关闭。由于需要采集、记录船舶位置信号,所以通过 RS485 连接 GPS 模块,实现船舶所处的经纬度的记录,另外通过 RS232 串口通讯实现了上位机监控。

第3章 控制模块硬件电路设计与实现

3.1 控制单元功能概述

本课题中所设计排油监控系统的控制单元 CPU 选用 STC12C5A60S2 单片机, 是高速、低功耗、超强抗干扰的新一代 8051 单片机, 指令完全兼容传统 8051, 但速度快 8~12 倍, 其自带八路十位精度 A/D 转换, 转换速度可达 250K/s^[24]。整个电路以 STC12C5A60S2 单片机为核心, 实现如下功能:

(1)8 路开关量信号的输入输出: 包括声光报警信号、舷外排放阀的开/关、取样泵的开/关等信号的输入输出;

整个系统投入运行时, 首先开始系统自检, 自检完成后打开取样泵的控制阀使取样装置投入运行, 当检测到参数越限时, 系统输出报警信号的同时发出关闭舷外排放阀信号, 含油污水重新返回污水舱进一步通过油水分离装置进行分离。报警出现时, 系统就会发出声光报警, 当控制单元面板上的复位按钮被按下时会使报警器消音, 控制单元显示器上会显示报警内容, 其中报警信息包括:

①15ppm 超限报警;

②30L/n mile 超限报警;

③总油量超限报警, 即当排油总量超过上航次载油量的 1/30000 时输出报警;

④系统故障报警, 包括油分计故障、流量计故障、水故障(监测过程中指取样水, 试验运行过程中指净水)、打印机缺纸故障、水泵电机被错误供电、排放阀错误打开、校验故障等。

(2)4 路模拟量输入: 油份浓度、船速、流量等模拟信号的输入;

由传感器送来的油份浓度信号、船速信号、流量信号均为 4~20mA 的电流信号, 将其转换为 0~5V 的电压信号, 经过 A/D 转换器转换为数字量送给 CPU 进行计算分析。

(3)键盘输入: 设定系统参数、进行人工操作等;

(4)液晶显示: 显示排放过程中的相关参数、舷外排放阀的状态及时间日期等, 主要包括:

①油量瞬间排放率, 单位为升每海里(L/n mile);

②排油总量, 单位为立方米(m³)或升(L);

- ③瞬间含油量即油份浓度(ppm);
- ④排放流量, 单位为立方米每小时(m^3/h);
- ⑤船舶航行速度, 单位为节(kn);
- ⑥各种报警信号的显示;
- ⑦舷外排放控制情况;
- ⑧时间日期;

(5)打印记录功能: 打印排放过程中的实时参数、参数超限记录打印、参数修改记录打印。根据 GB / T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的要求, 船舶排油监控系统的控制部分的记录装置应包括一个可电子格式化的打印机, 记录的参数应在打印纸上清晰显示, 一旦从记录装置中取下也能保持原样, 并应至少保存 3 年。

在排油监控系统监测期间, 每隔 10 分钟, 打印机自动打印记录数据包括:

- ① 油量瞬间排放率, 单位为升每海里(L/n mile);
- ② 瞬间含油量即油份浓度(ppm);
- ③ 排油总量, 单位为立方米(m^3)或升(L);
- ④ 时间和日期(GMT);
- ⑤ 船舶航行速度, 单位为节(kn);
- ⑥ 船舶位置—经度和纬度, 单位为度($^{\circ}$);
- ⑦ 排放物流量, 单位为立方米每小时(m^3/h);
- ⑧ 舷外排放控制状态;
- ⑨ 油种类选择器设定;
- ⑩ 报警条件;

此外当下列情况发生时, 打印机也会自动打印记录数据:

- ①每当数据被修改时;
- ②每当系统出现报警时;
- ③每当系统断电时;
- ④每当排油量按 10L/n mile 增加时;

另外如果系统出现故障(如无流动、错误等)或越控动作(即手动越控、清洗、

校准等)时,也会自动打印相关数据。

(6)RS232 串口通信:实现单片机与上位机的通信,实现上位机的监控功能。

(7)RS485 串口通信:用来从 GPS 全球定位设备传送船舶位置信号。

(8)监控数据的存储:

GB / T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》要求船舶排油监控系统应将系统运行过程中的一些重要参数以电子的方式存储起来,除了要将监控期间的参数进行存储外,还包括排放开始时间、排放终止时间、报警开始与结束时间以及一些手动操作命令等,本文选用一种基于半导体快闪记忆器的新一代记忆设备—SD 卡(Secure Digital Memory Card),具有高记忆容量、快速数据传输率、极大的移动灵活性以及很好的安全性^[25-26]。

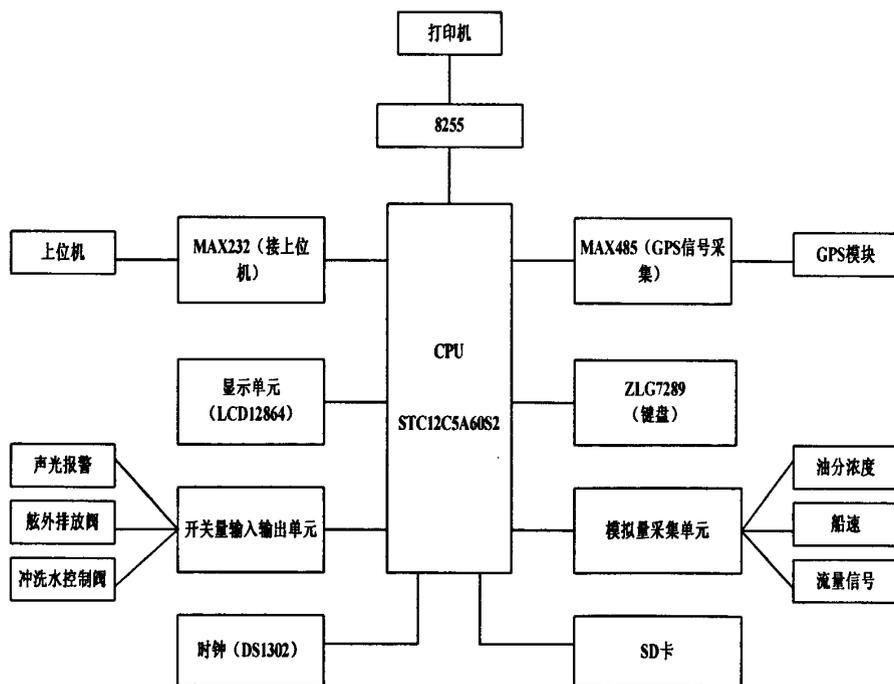


图 3.1 控制单元功能结构图

Fig. 3.1 Functional Block Diagram of Control Unit

3.2 微处理器及外围硬件电路设计

本设计中选用宏晶公司生产的单时钟/机器周期、高速、低功耗 STC12C5A60S2 单片机作为控制单元的 CPU, STC12C5A60S2 单片机是具有超强抗干扰能力的新一代 8051 单片机,指令完全兼容传统 8051,但速度快 8~12 倍,内部集成有高可靠 MAX810 专用复位电路,外部复位电路可彻底省略掉,也可以继续使用外部复

STC12C5A60S2 单片机内部有一个高增益反相放大器，当外接晶振频率为 11.0592MHz 的石英晶体后，就构成了自激振荡器，并产生震荡时钟脉冲，其中电容 C6 和 C7 起稳定震荡频率、快速起振的作用，其电容的大小会影响振荡器工作的稳定性、起振的难易程度等，本设计中电容选用 20pF^[29]。

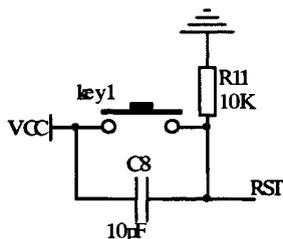


图 3.3 复位电路

Fig.3.3 The Diagram of RST Circuit

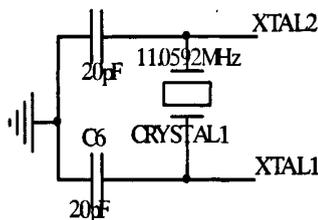


图 3.4 晶振电路

Fig.3.3 The Diagram of Crystal Oscillator Circuit

(3)ISP 在线下载电路设计

STC12C5A60S2 单片机内部固化有 ISP 系统引导固件，具有系统可编程(ISP)特性，ISP 的好处是：省去购买通用编程器，单片机在用户系统上即可下载烧录用户程序，而无需将单片机从电路板上拆下，再用通用编程器将程序代码烧录进单片机内部，而且烧录速度较快，无需仿真器，直接将程序代码下载进单片机看运行结果对错^[30]。

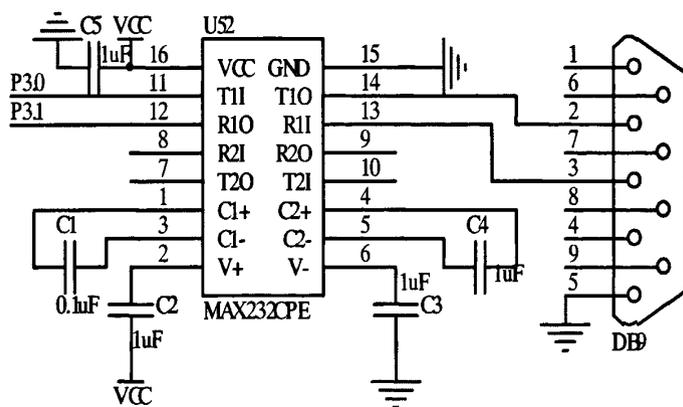


图 3.5 ISP 电路图

Fig.3.5 The Diagram of ISP Circuit

本设计中需要 RS232 串口实现与上位机通信，根据 STC12C5A60S2 单片机的芯片资料，由于 ISP 在线下载接口和 RS232 的接口一致的，所以在本设计 RS232 接口电路与 ISP 在线下载电路共用，与上位机的接口均为 DB9 接口，电路原理图

离 6N137 连接到 STC12C5A60S2 单片机的 RXD2 和 TXD2 引脚上,单片机的 P2.4 引脚通过连接 MAX485E 的 DE/RE 引脚来控制数据的接受与发送,当 P2.4 引脚为高电平时,MAX485E 芯片的 DE/RE 引脚为高电平“1”,接收器停止,此时单片机通过 RS485 总线发送数据;当 P1.4 引脚为低电平时,MAX485E 芯片的 DE/RE 引脚为低电平“0”,发送数据被禁止,接收器有效,此时单片机可以接受通过 RS485 传输来的船舶位置信号。

在本设计中,为了实现船舶位置信号的采集试验,选用了 Motorola M12 GPS 模块,通过 RS485 总线与 STC12C5A60S2 单片机实现经纬度信息的接收采集。M12 模块支持逆向差分的能力、RTCM 格式的差分功能、NAEA0183 格式输出、双通讯串口、可控制的速度滤波器和一个天线检测回路^[32]。M12 接收器电源要求为 3.3 V,所以为了实现电平匹配,在 M12 模块与 STC12C5A60S2 单片机的接口电路中需要一个电平转换电路,图 3.6 为 M12 模块与 STC12C5A60S2 接口电路图。

3.3 时钟接口电路设计

本课题所设计的船舶排油监控系统需要显示、记录并能存储监控状态参数,包括含油污水排放的时间、日期等,为了能够准确无误的为系统提供时钟信号,本文采用 DS1302 时钟芯片来实现,其引脚图见图 3.7 所示。

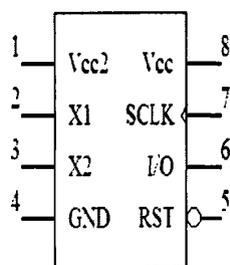


图 3.7 DS1302 引脚图

Fig.3.7 The Pin of DS1302

DS1302 是美国 DALLAS 公司推出的一种高性能、低功耗、带 RAM 的实时时钟芯片,它可以对年、月、日、周、时、分、秒进行计时,具有闰年补偿功能,工作电压为 2.5V~5.5V。在电路设计中,采用三线接口与 CPU 进行同步通信,并可采用突发方式一次传送多个字节的时钟信号或 RAM 数据,DS1302 内部有一个 31×8 的用于临时性存放数据的 RAM 寄存器^[33]。DS1302 是 DS1202 的升级产品,

与 DS1202 兼容, 但增加了主电源/后背电源双电源引脚。

图 3.7 为 DS1302 的引脚排列, 其中 V_{cc2} 为后备电源, V_{cc} 为主电源, 在主电源关闭的情况下, 也能保持时钟的连续运行。DS1302 由 V_{cc} 或 V_{cc2} 两者中的较大者供电, 当 V_{cc2} 大于 $V_{cc}+0.2V$ 时, V_{cc2} 给 DS1302 供电, 当 V_{cc2} 小于 V_{cc} 时, DS1302 由 V_{cc} 供电。X1 和 X2 是振荡源, 外接 32768Hz 晶振。RST 是复位/片选线, 通过把 RST 输入驱动置高电平来启动所有的数据传送, RST 输入有两个功能: 首先, RST 接通控制逻辑, 允许地址/命令序列送入移位寄存器; 其次, RST 提供终止单字节或多字节数据的传送手段。当 RST 为高电平时, 所有的数据传送被初始化, 允许对 DS1302 进行操作, 如果在传送过程中 RST 置为低电平, 则会终止此次数据传送, I/O 引脚变为高阻态。上电运行时, 在 $V_{cc}>2.0V$ 之前, RST 必须保持低电平, 只有在 SCLK 为低电平时, 才能将 RST 置为高电平, I/O 为串行数据输入输出端(双向), SCLK 为时钟输入端^[34-35]。

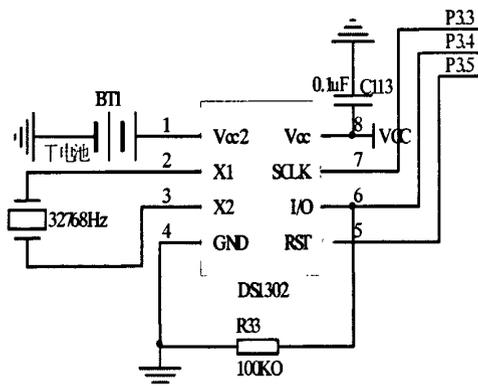


图 3.8 STC12C5A60S2 与 DS1302 的接口电路图

Fig. 3.8 The Interface Circuit of STC12C5A60S2 with DS1302

本设计中 STC12C5A60S2 单片机与 DS1302 的接口电路如图 3.8 所示, 按照 DS1302 芯片资料的要求, 需用 32768Hz 的石英晶片作为其本身的晶振。当电路通电后, 在 SCLK 引脚上测出的频率应为 32768Hz, 但是一般测出的数据与实际还是有一定误差, 其误差大小取决于石英晶片, 这也是导致出现时钟误差的原因之一, 但平均偏差一般小于 5 分钟/年^[36]。

本设计中, 通过软件操作实现时钟数据的读取, 初始化要求 RST 为低电平, SCLK 为低电平, 当 RST 被设置为高电平时就启动了一个数据传送的过程, SCLK 的 16 个方波完成一次数据传送, 其中前 8 个方波用于输入命令字节, 后 8 个方波

用于数据的输出，在 SCLK 的上升沿，I/O 线上数据被送入 DS1302，在 SCLK 下降沿 DS1302 输出数据在 I/O 线上，图 3.9 为 STC12C5A60S2 与 DS1302 数据通信软件流程图。

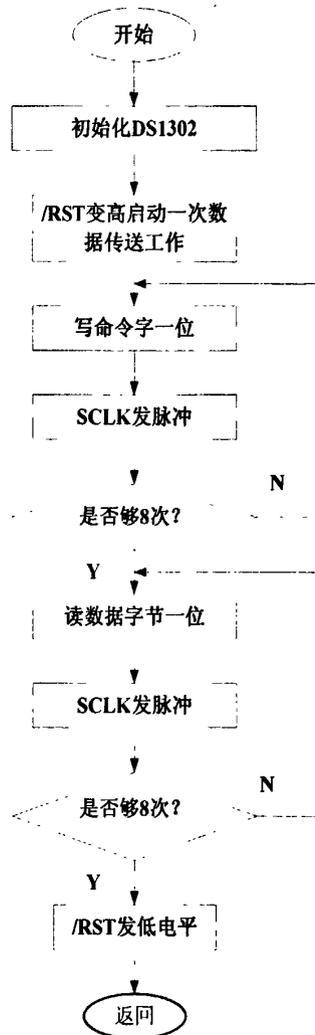


图 3.9 STC12C5A60S2 与 DS1302 通信软件流程图

Fig.3.9 The Flow Chart of Communication Program between STC12C5A60S2 and DS1302

3.4 A/D 转换电路设计

本课题选用 STC12C5A60S2 单片机为船舶排油监控系统控制单元的 CPU，其自带八路 10 位电压输入型高速 A/D 转换器，P1(P1.7-P1.0)口可作为 A/D 转换口，转换速度可达 250KHz。上电复位后 P1 口为弱上拉型 I/O 口，可以通过软件设计将 8 路中的任何一路设置为 A/D 转换口，不需做 A/D 转化口可以继续做 I/O 口使用，需做 A/D 转换使用的引脚需先将 P1ASF 特殊功能寄存器中的相应位置为“1”，

将相应的口设为模拟功能。

本设计中将 P1.0、P1.1、P1.2、P1.3 作为 A/D 转换口，所以将 P1ASF 的相应位置“1”，P1ASF.0=1，P1ASF.1=1，P1ASF.2=1，P1ASF.3=1，如果允许 A/D 转换中断，则需要将相应的控制为置“1”，将 EADC 置“1”，允许 ADC 中断，这是 ADC 中断的中断控制位，将 EA 置 1，打开单片机总中断控制位，此位如果不打开，也是无法打开 ADC 中断的。

表 3.1 P1 口模拟功能控制寄存器

Tab.3.1 The Analog Control Register of P1

Mnemonic	P1ASF
Add	9Dh
Name	P1 Analog Special function
7	P17ASF
6	P16ASF
5	P15ASF
4	P14ASF
3	P13ASF
2	P12ASF
1	P11ASF
0	P10ASF
Reset Value	0000, 0000

由于本课题中所设计的船舶排油监控系统中所要采集的油份浓度信号、流量信号、船速信号均为 4~20mA 电流信号，而 STC12C5A60S2 单片机自带八路 10 位 A/D 转换器为电压输入型，所以需要通过调理电路将电流信号转换电压信号，如果仅仅使用一只 I/V 转换取样电阻，就可以把输入电流转换为信号电压，其取样电阻可以按照 $V_{in}/I=R$ 求出， V_{in} 是单片机需要的满度 A/D 信号电压， I 是输入的最大信号电流。这种电路虽然简单，但是却不实用，首先，其实际意义是零点信号的时候，会有一个零点电流流过取样电阻，如果按照 4~20mA 输入电流转换到最大 5V 电压来分析，零点的时候恰好就是 1V，这个 1V 在单片机资源足够的时候，可以由单片机软件去减掉它。可是这样一来，其有用电压就会剩下 4V 而不是

5V 了, 由于单片机的 A/D 最大输入电压就是单片机的供电电压, 这个电压通常就是 5V, 因此处理这种简单的输入转换电路时比较麻烦。

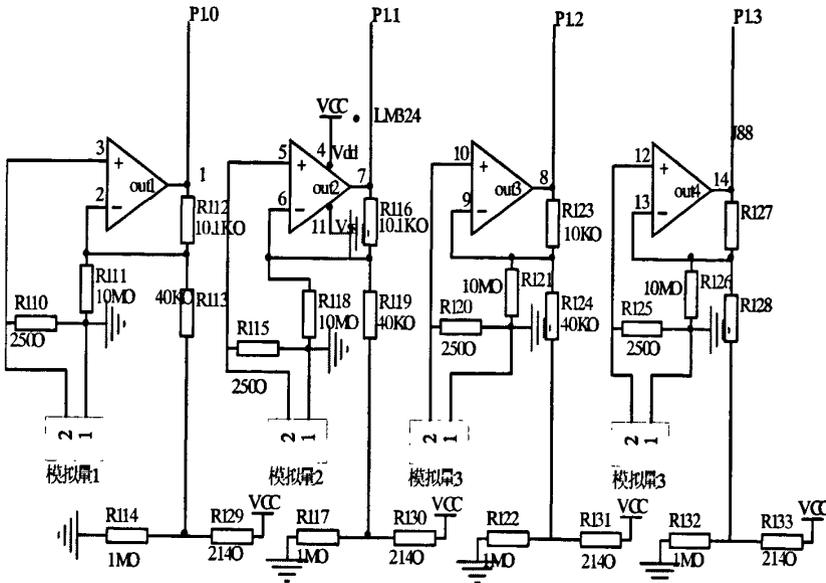


图 3.10 电流电压转换电路

Fig.3.10 Current-Voltage Conversion Circuit

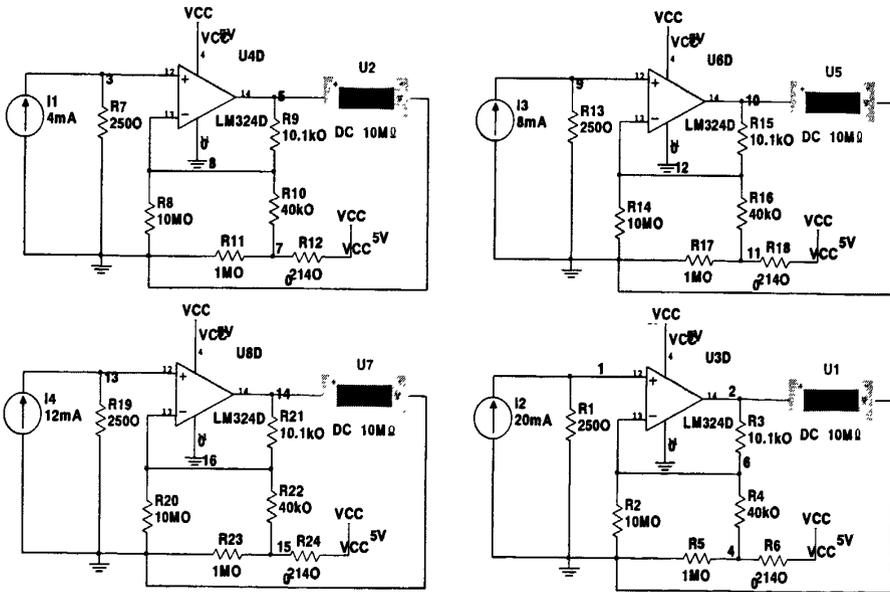


图 3.11 I/V 转换模拟数据

Fig.3.11 The Analog Data of I / V Conversion

在本设计中为解决上面的问题, 在单片机输入之前配置一个由运算放大器 LM324 组成的缓冲处理电路, 从而将 4~20mA 的电流信号转换为 0~5V 的电压

信号。增加这级运算放大器可以起到对零点的处理会变得更加方便,无需耗用单片机的内部资源,尤其单片机是采用 A/D 接口来接受这种零点信号不为零电压的输入时,可以保证 A/D 转换位数的资源能够全部应用于有用信号上,同时使线路输入与主电路的隔离,这个隔离级还可以起到保护单片机系统的作用。

当 4~20mA 的电流信号输入时,图 3.10 中的 R110、R115、R120、R125 是电流取样电阻,其值的大小主要受传感变送器供电电压的制约,当前级采用 24V 供电时,RA0 经常会使用 5000 的阻值,对应 20mA 的时候,转换电压为 10V,本设计中仅仅需要最大转换电压为 5V,所以取 $R110=R115=R120=R25RA0=2500$,这时候,传感变送器的供电只要 12V 就够用了。图 3.10 所示的电流电压转换电路采用了一个运放 LM324,其对零点的处理是在反相输入端上加入一个调整电压,其大小恰好为输入 4mA 时在 R110、R115、R120、R125 上的压降,这样就可以真正把 4~20mA 电流转换成为 0~5V 电压了。

通过图 3.11 可知,当输入 4mA 电流时,其输出电压约为 0.012mV,输入 8mA 时,输出电压为 1.252V,输入 12mA 时,输出电压为 2.504V,输入 20mA 时,输出电压为 5.009V,出现误差的主要原因是随着信号电流的变化,运算放大器反向端的电压总是与零点调整电压相互矛盾,就是零点电压随着运放输出的变化而变化,造成非线性加大,可用软件纠正。由于本设计中对数据的精度要求误差不得超过 10%,所以不用通过软件校正纠正即可满足系统的要求。

3.5 开关量输入输出电路设计

本文所设计的排油监控系统通过采集数据信号,进行计算分析后需要执行相应的指令,例如需要发出声光报警信号、舷外排放阀的开/关信号、取样泵的开/关等,这些信号的传输都可通过开关量来实现,本课题根据实际需要分别设计了八路开关量输出与输入,并通过 4 个光电隔离器实现电路前后的光电隔离,从而消除脉冲信号的干扰,并有效保护控制单元芯片。

光电隔离器又称为光电耦合器、光电去耦器或光子耦合器等,其主要由光源(如发光二极管)和光传感器(如光敏三极管)组成,当高电平脉冲信号到光电耦合器输入端时,发光二极管因导通而发光,通过光耦合作用使光敏三极管导通,故可在 V_{OUT} 输出高电平,当 V_{IN} 端输入 0V 时,发光二极管熄灭,光敏三极管截止, V_{OUT}

输出低电平^[37]。

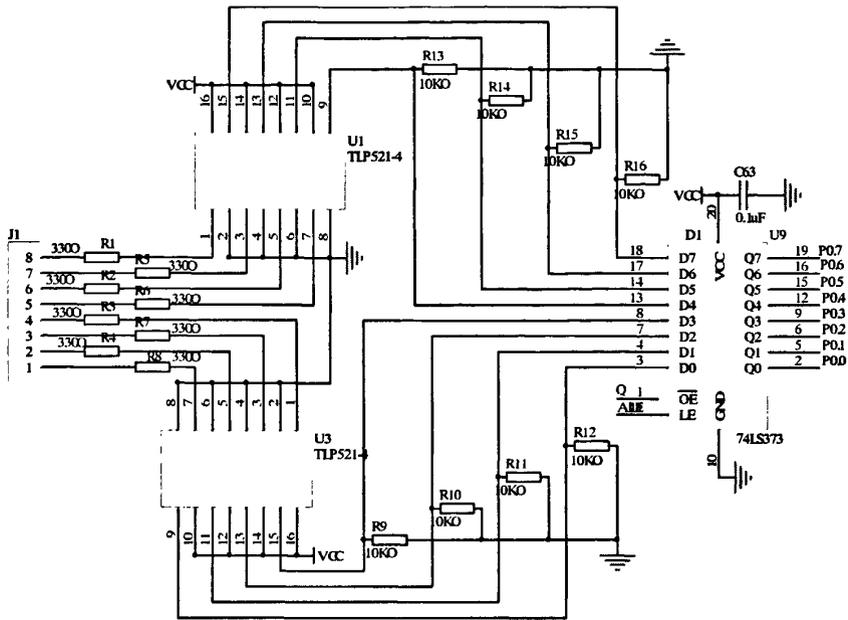


图 3.12 开关量输入电路

Fig.3.12 The Diagram of The Switch Input Circuit

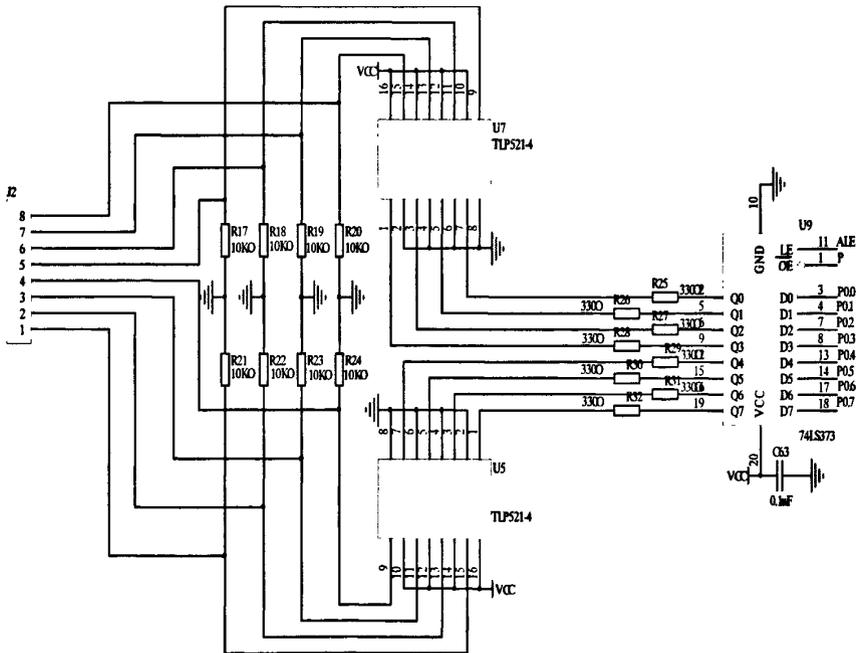


图 3.13 开关量输出电路

Fig.3.13 The Diagram of Switch Output Circuit

TLP521 是可控制的光电藕合器件，光电藕合器广泛应用在电脑终端机、测量仪器、影印机、自动售票、家用电器等，如风扇、加热器等电路之间的信号传输，

使之前端与负载完全隔离，目的在于增加安全性，减小电路干扰，简化电路设计。本设计所用的 TLP521-4 提供了 4 个孤立的光耦，采用 16 引脚 DIP 封装，从而实现了 8 路输入输出电路的光耦隔离，图 3.12 与图 3.13 分别为开关量输入与输出电路原理图。

3.6 监控数据存储与打印单元设计

3.6.1 SD 卡介绍

SD 卡(Secure Digital Memory Card)中文翻译为安全数码卡，是一种基于半导体快闪记忆器的新一代记忆设备，它被广泛地在便携式装置上使用，例如数码相机、个人数码助理(PDA)和多媒体播放器等。SD 卡由日本松下、东芝及美国 SanDisk 公司于 1999 年 8 月共同开发研制，大小犹如一张邮票的 SD 记忆卡，重量只有 2 克，但却拥有高记忆容量、快速数据传输率、极大的移动灵活性以及很好的安全性。SD 卡的技术是基于 MultiMedia 卡(MMC)格式上发展而来，大小和 MMC 卡差不多，尺寸为 32mm×24mm×2.1mm，长宽和 MMC 卡一样，只是比 MMC 卡厚了 0.7mm，以容纳更大容量的存储单元。SD 卡接口除了保留 MMC 卡的 7 针外，还在两边加多了 2 针作为数据线，采用了 NAND 型 Flash Memory，基本上和 SmartMedia 的一样，平均数据传输率能达到 2MB/s^[38]。

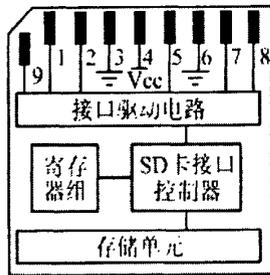


图 3.14 SD 卡结构示意图

Fig.3.14 The Schematic Diagram of SD card

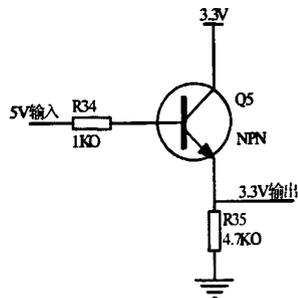


图 3.15 电平转换电路

Fig.3.15 Voltage Conversion Circuit

SD 卡的内部结构如图 3.14 所示，SD 卡内部除了具有大量存储单元外，还具有 SD 卡接口控制器、寄存器以及 SD 和 SPI 两种模式的对外接口等。外部主控制器访问卡的外部信号线并不与存储器单元直接相连，而是通过卡的接口控制器与存储器单元接口相连，这样主控制器并不直接访问存储器，而是通过卡的接口控

制器来访问存储器。卡内存储单元的读、擦、写由卡接口控制器根据主控制器的命令自动处理完成，而主控制器无须知道卡内是如何操作、管理存储单元的，这将大大减轻主控制器对存储器操作的负担。SD卡内部有6个信息寄存器，用来设置和保存操作卡的关键信息，有两个状态寄存器，用来记录操作卡的当前状态。在本课题中，根据国际公约的要求，船舶在排放含油污水的过程中，需要将一些重要监控数据以电子方式进行存储，保存排放记录以备检查，本文选用容量比较大、体积小、数据存储方便且传输率快的SD卡作为存储器，符合公约的实际要求。

3.6.2 SD卡通讯模式选择

在一般情况下，对SD卡的读写操作有两种模式可以选择：SD BUS模式和SPI BUS模式。根据SD卡规范的定义，在SD BUS和SPI BUS下各引脚功能定义见表3.2中SD卡引脚功能表说明。SPI BUS一般用SPI协议规范的接口来做CLK HOST时钟信号线、DATA IN HOST-SD Card数据信号线、DATA OUT SD Card-HOST数据信号线，除了以上几根数据线外，SPI BUS多了CS片选，如果是以SPI方式来对SD卡进行操作就需要片选线^[39-40]。

(1) SD BUS 模式

SD总线允许强大的1线到4线数据信号设置，当上电后，SD卡默认使用DAT0。初始化之后，主机可以改变线宽，混和的SD卡连接方式也适合于主机，在混和连接中Vcc、Vss和CLK的信号连接可以通用，但是命令、回复和数据(DAT0~DAT3)这几根线，各个SD卡必须从主机分开，这个特性使得硬件和系统交替使用，SD总线上通信的命令和数据比特流从一个起始位开始，以停止位中止。CLK为时钟信号，每个时钟周期传输一个命令或数据位，频率可在0~25MHz之间变化。CMD为命令信号线，命令从该CMD线上串行传输，一个命令是一次主机到从卡操作的开始，命令可以以单机寻址(寻址命令)或呼叫所有卡(广播命令)方式发送，回复从该CMD线上串行传输，一个命令是对之前命令的回答，回复可以来自单机或所有卡。DAT0~DAT3为数据口，数据通过数据线传输，数据可以从卡传向主机或相反。

SD BUS模式通过采用四条数据线并行传送数据，数据的传输速率较高，适用于传输速率要求比较高的情况，但是由于但多数单片机没有专门的SD BUS接

口,只有少数的单片机才有此接口,如果通过软件模拟 SD BUS 模式则比较复杂繁琐,也会降低 SD 卡的数据传输速率,所以在本设计不采用 SD BUS 模式存储数据而采用 SPI BUS 模式实现数据的串行传送。

(2)SPI BUS 模式

SPI 是英文 Serial Peripheral Interface 的缩写,中文意思是串行外围设备接口,SPI 是 Motorola 公司推出的一种同步串行通讯方式,是一种四线同步总线,因其硬件功能很强,与 SPI 有关的软件就相当简单,使 CPU 有更多的时间处理其他事务,是目前单片机应用系统中常用几种串行接口之一。SPI 是 Motorola 首先在其 MC68HCXX 系列处理器上定义的,SPI 接口主要应用在 EEPROM、FLASH、实时时钟、A/D 转换器,还有数字信号处理器和数字信号解码器之间。SPI 是一种高速、全双工、同步通信总线,并且在芯片的管脚上只占用四根线,节约了芯片的管脚,同时为 PCB 的布局上节省空间提供方便,正是出于这种简单易用的特性,现在越来越多的芯片集成了这种通信协议,比如 AT91RM9200、STC 系列芯片等。SPI 总线系统是一种同步串行外设接口,它可以使 MCU 与各种外围设备以串行方式进行通信以交换信息。

SPI 的通信原理很简单,它以主从方式工作,这种模式通常有一个主设备和一个或多个从设备,需要至少 4 根线,事实上 3 根也可以(用于单向传输时,也就是半双工方式),它们是:①DO—主设备数据输出,从设备数据输入;②DI—主设备数据输入,从设备数据输出;③SCLK—时钟信号,由主设备产生;④CS—从设备使能信号,由主设备控制,其中 CS 是控制芯片是否被选中的,也就是说只有片选信号为预先规定的使能信号时(高电位或低电位),对此芯片的操作才有效,这就允许在同一总线上连接多个 SPI 设备成为可能。接下来就负责通讯的 3 根线了,通讯是通过数据交换完成的,这里先要知道 SPI 是串行通讯协议,也就是说数据是一位一位的传输的,这就是 SCK 时钟线存在的原因,由 SCK 提供时钟脉冲,DI、DO 则基于此脉冲完成数据传输,数据输出通过 DO 线,数据在时钟上升沿或下降沿时改变,在紧接着的下降沿或上升沿被读取,完成一位数据传输,输入也使用同样原理。这样,在至少 8 次时钟信号的改变,就可以完成 8 位数据的传输。要注意的是,SCK 信号线只由主设备控制,从设备不能控制信号线,所以在一个基

于 SPI 的设备中,至少有一个主控设备。这样的传输方式有一个优点是 SPI 允许数据一位一位的传送,甚至允许暂停,因为 SCK 时钟线由主控设备控制,当没有时钟跳变时,从设备不采集或传送数据,而普通的串行通讯一次连续传送至少 8 位数据,也就是说,主设备通过对 SCK 时钟线的控制可以完成对通讯的控制。SPI 作为一个数据交换协议,其数据输入和输出线独立,所以允许同时完成数据的输入和输出。

由于 SPI 总线模式传输协议简单,比较容易实现,大多数单片机都能够提供 SPI 接口,而且即使没有专门的 SPI 接口也易于通过软件方法模拟实现,所以本设计采用 SPI 总线模式实现 SD 卡与单片机的数据传输。

表 3.2 SD 卡引脚功能

Tab.3.2 The Description of SD Card Pin

引脚	SD 模式			SPI 模式		
	名称	类型	描述	名称	类型	描述
1	CD/DATA3	I/O/PP	卡的检测/数据线位 3	CS	I	片选(低)
2	CMD	PP	命令/响应	DI	I	数据输入
3	Vss1	S	电源地	Vss1	S	电源地
4	Vdd	S	电源	Vdd	S	电源
5	CLK	I	时钟	SCLK	I	时钟
6	Vss2	S	电源地	Vss2	S	电源地
7	DATA0	I/O/PP	数据线位 0	DO	O/PP	数据输出
8	DATA1	I/O/PP	数据线位 1	RSV	--	--
9	DATA2	I/O/PP	数据线位 3	RSV	--	--

注: S—电源; I—输入; O—输出; PP—采用推拉驱动的输入输出

3.6.3 SD 卡与 STC12C5A60S2 接口电路设计

本文通过 SPI 协议实现了 STC12C5A60S2 单片机与 SD 卡的接口电路设计及软件模拟的 SPI 总线数据通讯,主要通过软件方法实现 SPI 模式的数据传输,包括串行时钟、数据的输入与输出。根据 SPI 通讯模式的要求,有四根线即时钟线、

两根数据传输线和一根片选线，其硬件接口电路见图 3.16 所示，由于 SD 卡的正常工作电压为 3.3V，所以在和单片机的接口电路中需要一个电平匹配转换电路实现电平匹配转换，电平转换电路见图 3.15 所示。

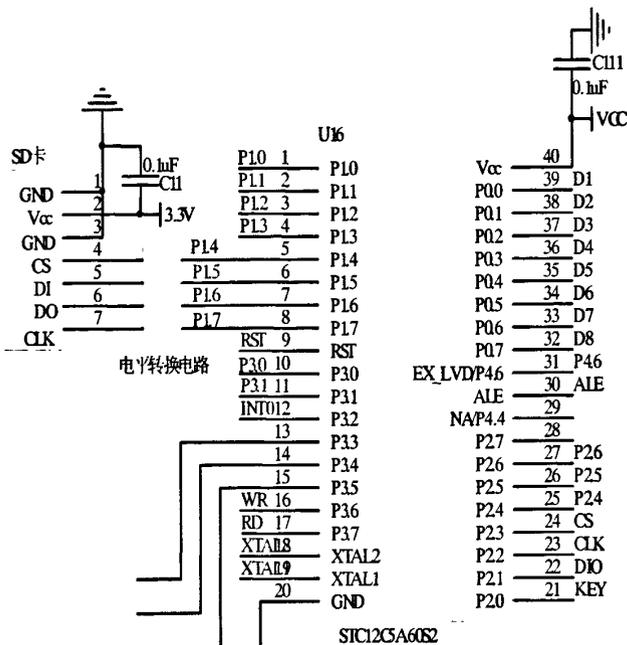


图 3.16 SD 卡与 STC12C5A60S2 接口电路

Fig.3.16 The Interface Circuit Diagram of SD card with STC12C5A60S2

3.6.4 STC12C5A60S2 与微型打印机接口电路设计

根据 MEPC.107(49)决议、MEPC.108(49)决议及 GB / T12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的要求，船舶排油监控系统的控制部分的记录装置应包含一个可电子格式化的打印机，记录的参数应在打印纸上清晰显示，一旦从记录装置中取下也能保持原样，并应至少保存 3 年，打印记录内容包括排放过程中的实时参数、参数超限记录、参数修改记录。

本设计中采用北京炜煌公司的 WH-A6 型热敏微型打印机，该打印机为并口微型打印机，时序严格，能打印全部 ASCII 码、国家一二级标准汉字、曲线和条形码等，其相关性能指标见表 3.3 所示。

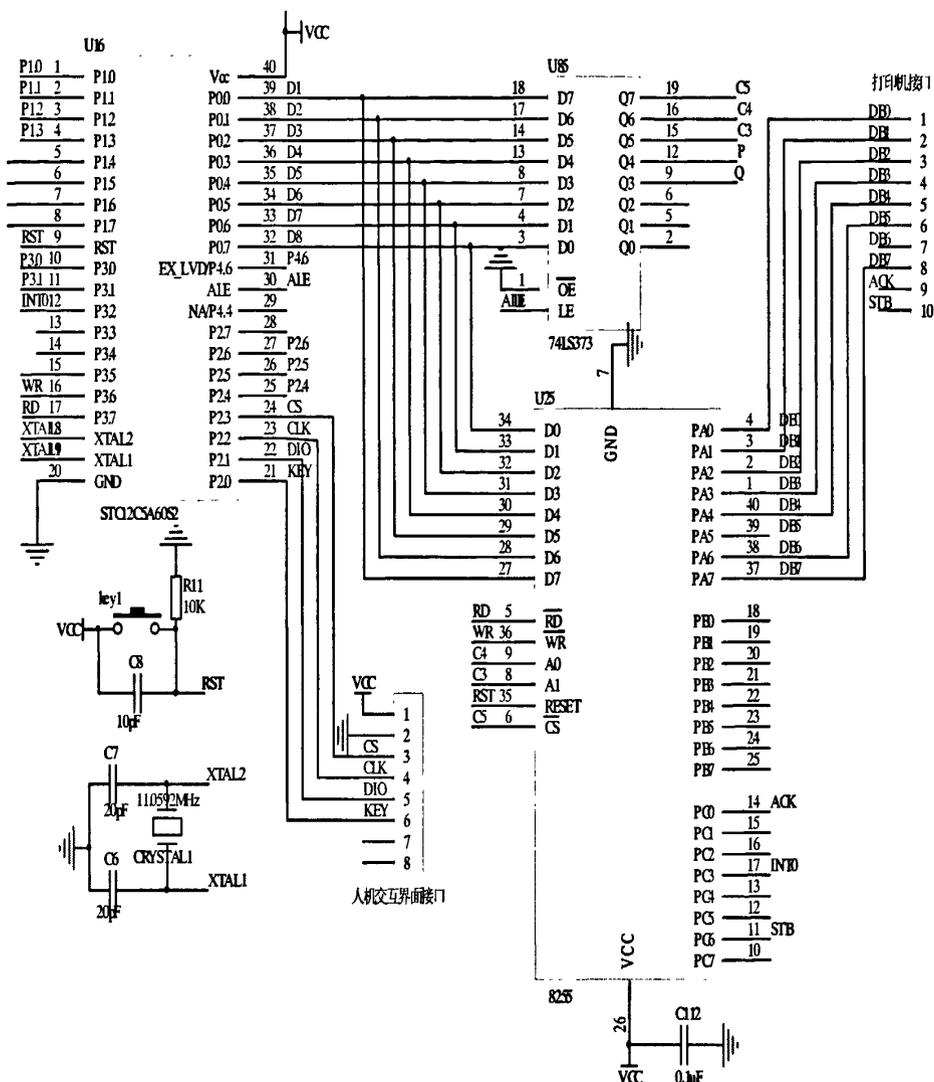


图 3.17 8255A 与 STC12C5A60S2 的接口电路图

Fig.3.17 The Interface Circuit Diagram of 8255A with STC12C5A60S2

本设计中，由于 STC12C5A60S2 单片机的端口限制，选用 8255A 扩展 I/O 端口，如图 3.17 所示，8255A 是 Intel 公司生产的通用可编程并行 I/O 端口，允许采用同步、异步和中断方式传送数据。为了简便起见，STC12C5A60S2 单片机采用线选法与 8255A 相连，只要 P0.0=0 的地址均可选中 8255A。8255A 有模式 0、模式 1、模式 2 三种工作模式，本设计中，根据实际需要采用模式 1 选通输出工作方式，当 $A1A0=00$ ， $\overline{RD}=1$ ， $\overline{WR}=0$ ， $\overline{CS}=0$ 时，即可通过 A 口的 PA7~PA0 传送需要打印的 I/O 数据，C 口的 PC7~PC0 作为联络线^[41]。

表 3.3 WH-A6 型热敏微型打印机性能参数

Tab.3.3 The Parameters of WH-A6-type Micro-printer

打印方式	直接热敏行式打印
装纸方式	易装纸
纸宽	57 mm
打印宽度	48 mm
分辨率	8 dots/mm(384 dots/line)
打印头寿命	6,000,000 字符行
打印速度	30mm/秒(字符利用率为 25%时)
字符大小	6×8dots, 8×16dots, or12×24dots
汉字库	GB2312, 16x16dots, or24x24dots
外形尺寸 WxHxD mm)	85mm×85mm×50/37mm
安装尺寸(WxH mm)	80mm×80mm
嵌入深度	48mm
纸的规格	热敏卷纸 (57mm wide, 30mm ϕ)
接口	串口(RS-232C, TTL)/并口
输入电源	DC 3.5V-9V, 15W/ DC 5V, 3A, MAX 4A
操作温度	5° C ~50° C

3.7 基于 ZLG7289A 的人机交互界面设计

3.7.1 ZLG7289A 介绍

人机界面作为面向用户的控制面板，在家用电器、智能仪器仪表以及一些工控设备中，其使用方便性和可靠性越来越受到生产企业和用户的重视。这些人机接口包括键盘接口、显示接口大多是以单片机为核心，再外加专用芯片器件构成，目前市场上有 NTE8279、MAX7219 等很多专用的键盘、显示接口器件，这些专用芯片都可以用于设计 LED 数码显示电路和键盘输入电路。但使用 NTE8279、MAX7219 这些芯片设计键盘显示接口电路时，软件设计比较麻烦，需要进行动态刷新及消除键抖动干扰等处理，而在硬件方面需要占用大量单片机的 I/O 口，给实际应用带来了不便^[42]。

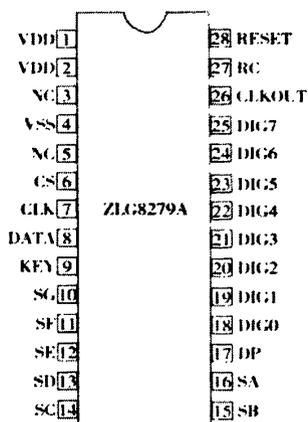


图 3.18 ZLG7289A 引脚图

Fig.3.18 The Pin of ZLG7289A

表 3.4 ZLG7289A 引脚功能

Tab.3.4 The Description of ZLG7289A Pin

引脚	名称	说明
1, 2	VDD	正电源
3, 5	NC	悬空
4	VSS	接地
6	CS	片选输入端
7	CLK	同步时钟输入端，此引脚电平上升沿表示数据有效。
8	DATA	串行数据输入/输出端
9	KEY	按键有效输出端，平时为高电平
10-16	SG-SA	段 g—段 a 驱动输出
17	DP	小数点驱动输出
18-25	DIG0-DIG7	数字 0—数字 7 驱动输出
26	OSC2	振荡器输出端
27	OSC1	振荡器输入端
28	RESET	复位端

在本设计中选用广州周立功公司设计的一种管理键盘和 LED 数码管显示的专用智能控制芯片 ZLG7289A, ZLG7289A 是一片具有串行接口的、可同时驱动八位共阴式数码管(或 64 只独立 LED)的智能显示驱动芯片，该芯片同时还可连接多达

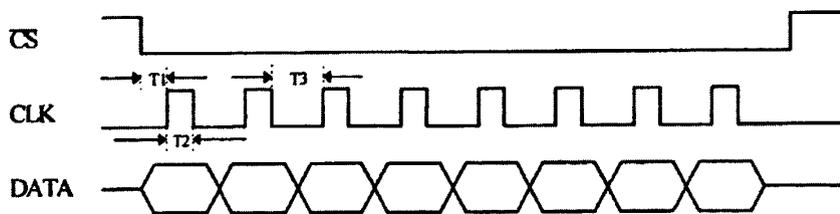
64 键的键盘矩阵，单片即可完成显示、键盘接口的全部功能，它采用 SPI 串行接口，与微处理器之间的接口电路及外围电路均较简单，占用单片机 I/O 口少，按键具有消除键抖动并识别按键代码的功能，具有较高的性能价格比，在智能仪表控制面板等领域中日益获得广泛的应用^[43]。

ZLG7289A 内部含有译码器，可直接接受 BCD 码或 16 位进制码，并同时具有两种译码方式，此外还有多种控制指令，如消隐、闪烁、左移、右移、段寻址等。ZLG7289A 采用串行方式与微处理器通讯，串行数据从 DATA 引脚送入芯片，并由 CLK 端同步，当片选信号变为低电平后，DATA 引脚上的数据在 CLK 引脚的上升沿被写入 ZLG7289A 的缓冲寄存器。

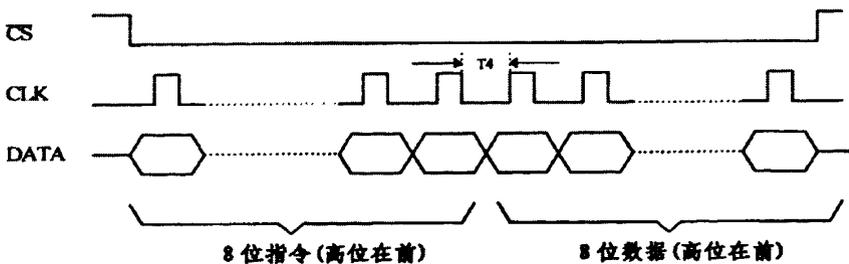
ZLG7289A 的指令结构有三种类型：1. 不带数据的纯指令，指令的宽度为 8 个 BIT，即微处理器需发送 8 个 CLK 脉冲；2. 带有数据的指令，宽度为 16 个 BIT，即微处理器需发送 16 个 CLK 脉冲；3. 读取键盘数据指令，宽度为 16 个 BIT，前 8 个为微处理器发送到 ZLG7289A 的指令，后 8 个 BIT 为 ZLG7289A 返回的键盘代码，执行此指令时 ZLG7289A 的 DATA 端在第 9 个 CLK 脉冲的上升沿变为输出状态，并与第 16 个脉冲的下降沿恢复为输入状态，等待接收下一个指令。

串行接口的时序如下图：

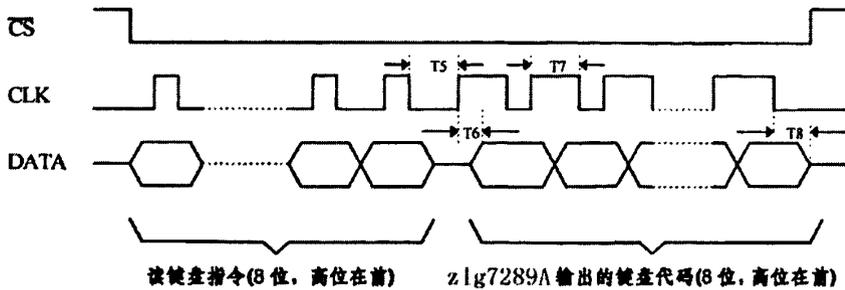
(1) 纯指令



(2) 带数据指令



(3) 读键盘指令

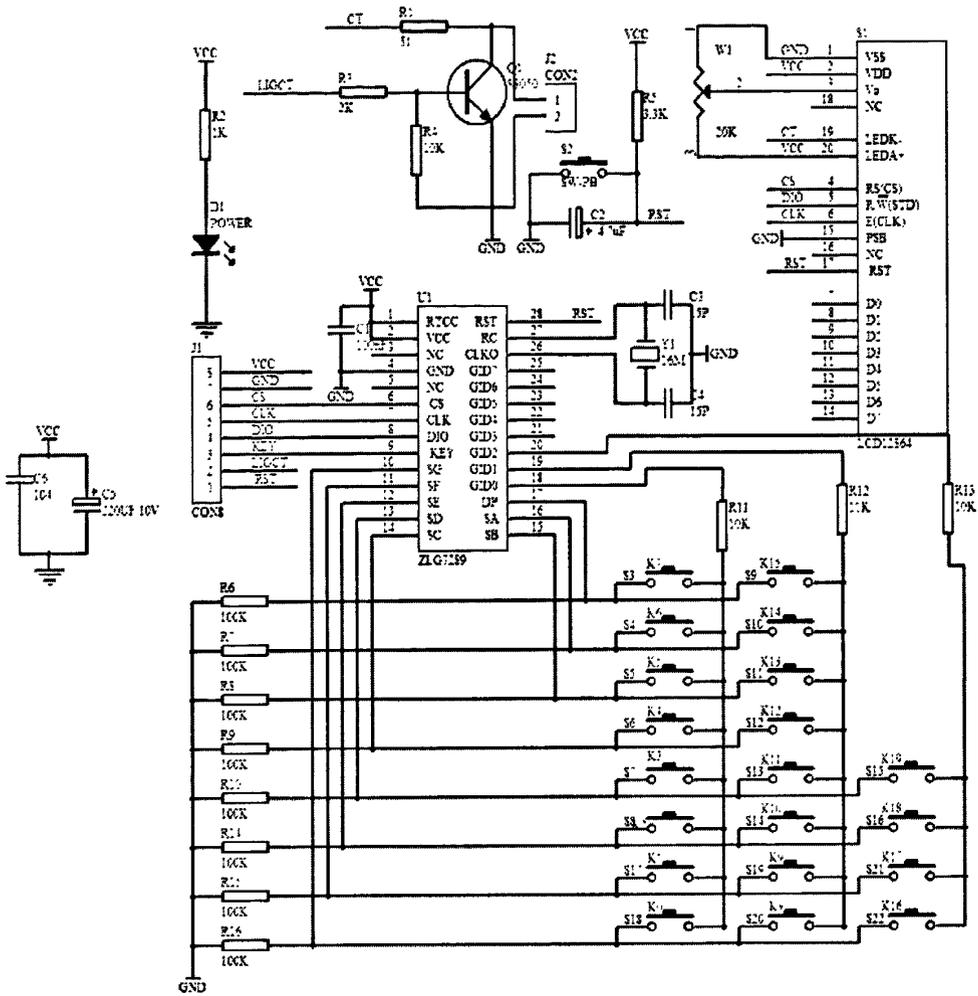


3.7.2 键盘驱动电路设计

本文所设计的人机交互界面主要目的是为了实现监控系统的参数设置、监控数据显示等功能。在具体硬件设计中选用了一片具有串行接口的,可同时驱动八位共阴式数码管(或64只独立LED)、可连接多达64键的键盘矩阵智能显示驱动芯片ZLG7289A,本设计根据实际需要,设计了24键的专用键盘并连接了一个4×16字节的液晶显示器,其硬件电路原理图见图3.19所示。

ZLG7289A应连接共阴式数码管,应用中无需用到的数码管和键盘可以不连接,省去数码管和对数码管设置消隐属性均不会影响键盘的使用,本设计中不用数码管,只需连接键盘。在图3.16所示电路中连接到键盘的3只10K电阻和8只100K下拉电阻均不可以省去,而且在实际应用中8只下拉电阻和键盘连接位选线DIG0~DIG2的3只电阻(位选电阻)应遵从一定的比例关系,下拉电阻应大于位选电阻的5倍而小于其50倍,典型值为10倍,下拉电阻的取值范围是10K~100K,位选电阻的取值范围是1K~10K,在不影响显示的前提下,下拉电阻应尽可能的取较小的值,这样可以提高键盘部分的抗干扰能力。在本设计中位选电阻选用10KΩ,下拉电阻选用100KΩ,从而最大的限度的提高键盘的抗干扰能力^[44-46]。

当芯片直接驱动LCD显示,电流较大,且为动态扫描方式,故如果该部分电路电源连线较细较长,可能会引入较大的电源噪声干扰,在电源的正负极并一47μF~220μF的电容,从而提高电路抗干扰的能力^[47]。ZLG7289A不适于应用在需要2个或2个以上键同时按下的场合,如果有2个键同时按下,ZLG7289A将只能给出其中一个键的代码,本设计中不存在2个或2个以上键同时按下的场合,所以符合本设计的要求。



3.19 人机交互界面硬件电路原理图

Fig.3.19 The Diagram of Man-machine Interface Circuit

ZLG7289A 需要一外接晶体振荡电路供系统工作，取其典型值分别为 $F=16\text{MHz}$ ， $C=15\text{PF}$ ，如果芯片无法正常工作，首先应检查此振荡电路，在本设计的印刷电路板布线时，所有元件尤其是振荡电路的元件尽量靠近 ZLG7289A 并尽量使电路连线最短。ZLG7289A 的 RESET 复位端在一般应用情况下，可以直接和 VCC 相连，在需要较高可靠性的情况下，可以连接一外部复位电路或直接由 MCU 控制。在上电或 RESET 端由低电平变为高电平后，ZLG7289A 大约要经过 18~25ms 的时间才会进入正常工作状态。上电后所有的显示均为空，所有显示位的显示属性均为显示及不闪烁，当有键按下时，KEY 引脚输出低电平，此时如果接收到“读键盘”指令，ZLG7289A 将输出所按下键的代码，如果在没有按键的情况下收到“读

键盘”指令，ZLG7289A 将输出 0FFH(255)^[48-50]。根据本设计的要求，按键处理程序流程图如图 3.20 所示，程序中尽可能地减少 CPU 对 ZLG7289A 的访问次数，可以使得程序更有效率。

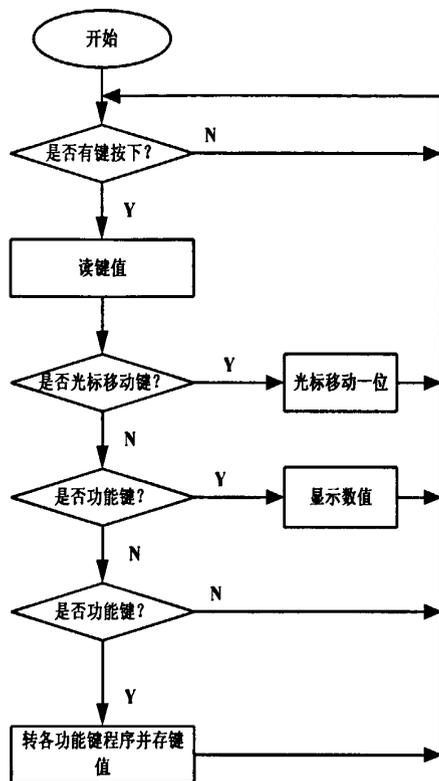


图 3.20 按键处理程序流程图

Fig.3.20 The Flow Diagram of Key Process Program

3.7.3 液晶显示接口电路设计

根据 GB / T12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的要求，船舶排油监控系统除了打印记录监控数据外，排放过程中的相关参数、舷外排放阀的状态及时间日期等实时数据还应清晰显示，主要包括：

- ①油量瞬间排放率，单位为升每海里(L/n mile)，
- ②排油总量，单位为立方米(m³)或升(L)，
- ③瞬间含油量即油份浓度(ppm)；
- ④排放物流量，单位为立方米每小时(m³/h)；
- ⑤船舶航行速度，单位为节(kn)；
- ⑥各种报警信号的显示；

⑦舷外排放控制情况;

⑧时间日期;

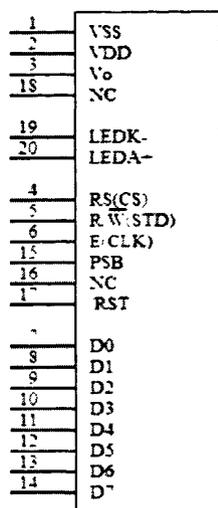


图 3.21 LCD12864 引脚图

Fig.3.21 The pin of LCD12864

本设计中选用一种图形点阵液晶显示器 LCD12864, 图 3.21、表 3.5 分别为其引脚图和相应的引脚功能表。它主要由行驱动器、列驱动器及 128×64 全点阵液晶显示器组成, 可完成图形显示, 也可以显示 8×4 个(16×16 点阵)汉字。逻辑工作电压(VDD)为 4.5~5.5V, 电源地(GND)为 0V, 在 0~60°C(常温)/-20~75°C(宽温)能够正常工作^[51]。LCD12864 模块有并行和串行两种连接方法, 本文通过 SPI 串行接口与 LCD12864 模块通信, 实现实时监控数据的显示, STC12C5A60S2 单片机与 LCD12864 模块接口电路图见图 3.19 所示。

表 3.5 LCD12864 引脚功能表

Tab.3.5 The Function Table of LCD12864 Pin

管脚号	管脚名称	LEVER	管脚功能描述
1	VSS	0	电源地
2	VDD	+5.0V	电源电压
3	V0	-	液晶显示器驱动电压
4	D/I (RS)	H/L	D/I=“H”, 表示 DB7~DB0 为显示数据, D/I=“L”, 表示 DB7~DB0 为显示指令数据
5	R/W	H/L	R/W=“H”, E=“H”, 数据被读到 DB7~DB0, R/W=“L”, E=“H→L” 数据被写到 IR 或 DR
6	E	H/L	R/W=“L”, E 信号下降沿锁存 DB7~DB0, R/W=“H”, E=“H”, DDRAM 数据读到 DB7~DB0
7	DB0	H/L	数据线
8	DB1	H/L	数据线
9	DB2	H/L	数据线
10	DB3	H/L	数据线
11	DB4	H/L	数据线
12	DB5	H/L	数据线
13	DB6	H/L	数据线
14	DB7	H/L	数据线
15	CS1	H/L	H: 选择芯片(右半屏)信号
16	CS2	H/L	H: 选择芯片(左半屏)信号
17	RET	H/L	复位信号, 低电平复位
18	VOUT	-10V	LCD 驱动负电压
19	LED+	-	LED 背光板电源
20	LED-	-	LED 背光板电源

3.8 控制单元电源模块设计

根据本设计中硬件电路芯片的电压要求, 整个排油监控系统的控制单元需要的电源电压为 5V 和 3.3V 两种, 例如用于存储监控数据的 SD 卡、Motorola M12 模块所需要的电源供电范围为 2V~3.6V, 而作为 CPU 的 STC12C5A60S2 单片机、DS1302 时钟芯片、ZLG7289A 等芯片要求其供电电压为 5V, 所以本文所设计的电

源模块需能够实现 5V 与 3.3V 两种电压输出。

控制系统电源模块工作的稳定性，对于整个船舶排油监控系统工作的稳定性、有效性具有重要的意义。所以本文在设计控制单元的电源模块时，采用了 DC-DC 隔离芯片和过压保护电路来保证电源工作的稳定性，电源模块的电路图如图 3.18 所示。

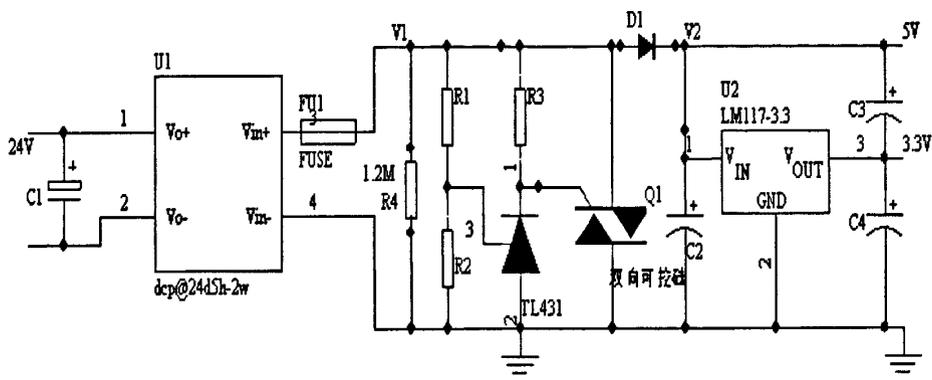


图 3.18 控制单元电源模块电路图

Fig.3.18 Power Modules Circuit of Control Unit

在控制单元硬件电路中，STC12C5A60S2 单片机、DS1302 时钟芯片、ZLG7289A、RS485 通信模块等芯片其工作电压为 5V，而用于存储监控数据的 SD 卡、Motorola M12 模块所需要的电源电压为 3.3V，这样电源模块就要能够同时提供 5V 和 3.3V 的稳定电压输出。本文所设计电源模块有三个部分组成：第一部分是 24 转 5 伏的 DC-DC 隔离，这样既实现了隔离，又提供了 5V 的电压输出，为 STC12C5A60S2 单片机、DS1302 时钟芯片、ZLG7289A、RS485 通信模块等芯片供电；第二部分是过电压保护单元，防止特殊情况下，电压过高烧坏芯片、影响船舶安全等；第三部分是 5 伏转 3.3 伏的线性降压单元，提供了 3.3V 电压的输出，从而为 SD 卡、Motorola M12 模块供给电源。

本文所设计的电源模块为了实现和船舶 24V 电网的隔离，采用 DC-DC 隔离，从而避免了船舶 24V 电网出现故障时，损坏控制单元硬件电路。本文根据系统的实际需要，选用了 DCP@24S5H-2W 隔离型电源模块，该模块能够提供高达 400 毫安电流的输出，能够满足整个控制单元的工作要求，同时还能实现高达 3000V 的电压隔离，即使船舶 24V 电网出现故障，也很难损坏隔离芯片之后的硬件电路，对于保证电路的安全工作起到了非常重要的作用^[52]。

本文所设计的电源模块的第一部分输出电压是 5V，该电压可以供给 STC12C5A60S2 单片机、DS1302 时钟芯片、ZLG7289A、RS485 通信模块等芯片使用。在一些极端情况下，隔离电源模块可能出现故障，使得其输出电压高于芯片的正常工作电压 5V，而在这种情况下，就很有可能损坏隔离电源模块之后的控制电路或者相关芯片。为了保证在极端特殊情况下，控制系统的硬件电路不受到高电压的损坏，本文所设计的排油监控系统控制单元电源模块增加了一个过压保护单元，当隔离电源模块后的电压高于预先设定值时，图 3.18 所示的电源模块过压保护单元中的双向可控硅 Q1 就会导通，这样就会熔断电路中的保险丝 FU₁，从而达到保护控制单元硬件电路的目的，保证系统安全运行^[51-52]。本文所设计的电源模块的过压保护单元，采用了热稳定性良好的三端可调分流基准电压源 TL431，见图 3.18 所示，TL431 的输出电压只需通过 R1 和 R2 的阻值设置即可实现，过压保护电压的设定： $V_{TRIP}=(1+R1/R2)V_{ref}$ ， V_{ref} 一般取值为 2.5V，这样只要选取 R1 和 R2 的阻值就可以实现过压电压值的设定了，通过 R1 和 R2 这两个电阻就可以任意的设置从 2.5V~36V 的范围内的任何数值。本文设定的过压保护数值为 7.5V，也就是说在电压超过 7.5V 时，双向可控硅就会导通熔断保险丝，从而实现过压保护^[53-54]。

本监控系统控制单元电源模块的第三个组成部分是 5V 转 3.3V 的降压单元，该降压单元为控制单元的一些芯片(SD 卡、Motorola M12 模块)提供 3.3V 稳定的电压输出。本文所设计的电源模块的降压单元采用 LM117-3.3V 芯片，是一种高效率的线性电压转换元件，它的外围电路比较简单，只需要在输入端和输出端接入电容就可以了，其输出电流可以达到 1A，满足本设计中控制单元电源供给的要求。

第 4 章 船舶排油监控系统软件设计

4.1 软件组成及架构

整个监控系统的硬件设计完成以后，对于系统的软件编写和调试也是相当重要的，只有编写正确的应用软件，系统的 CPU 才能协调电路板上的各个硬件正常而有序的工作，才能完成预期的监控任务。本文所设计的船舶排油监控系统软件采用 C51 计算机高级语言编写，并且采用模块化的思想进行程序设计，具有可读性好、便于修改、可移植性好等优点^[55]。

首先根据整个系统的功能要求，设计出监控系统主程序，其次设计出单片机与各个外部设备连接的驱动程序，这些设备包括键盘、液晶显示、打印机等，另外还有串口通讯、时钟日期等程序，最后根据监控系统的需要，设计出中断服务程序进行模拟量采集、分析与计算以及报警信号的输入输出等。整个系统软件设计运用模块化思想，程序设计简单，程序运行速度快，从而使整个系统更加可靠，运行效率高，人机交互界面友好，操作简单。本文所设计的船舶排油监控系统的应用程序主要包括九个功能模块，具体见图 4.1 所示。

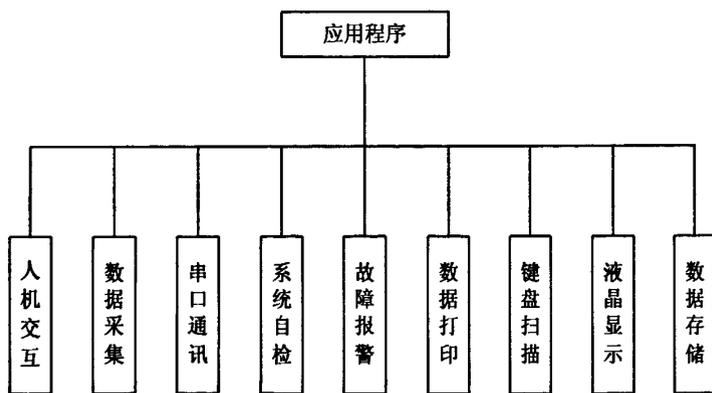


图 4.1 排油监控系统软件功能框图

Fig. 4.1 The Functional Block Diagram of Oil Discharge Monitoring System Software

4.2 监控系统运行流程

系统开机后自动启动自检程序，对系统的各个端口、外接设备进行初始化，当初始化失败后，系统会发出报警信号，需进行人工复位或重启系统。当初始化完毕后，显示进入初始页面，需对各个参数进行赋初值设置，如时间日期、油份

浓度报警值等参数设置, 设置完毕后整个系统就进入含油污水排放监控主页, 图 4.2 为本文所设计的船舶排油监控系统软件流程图。

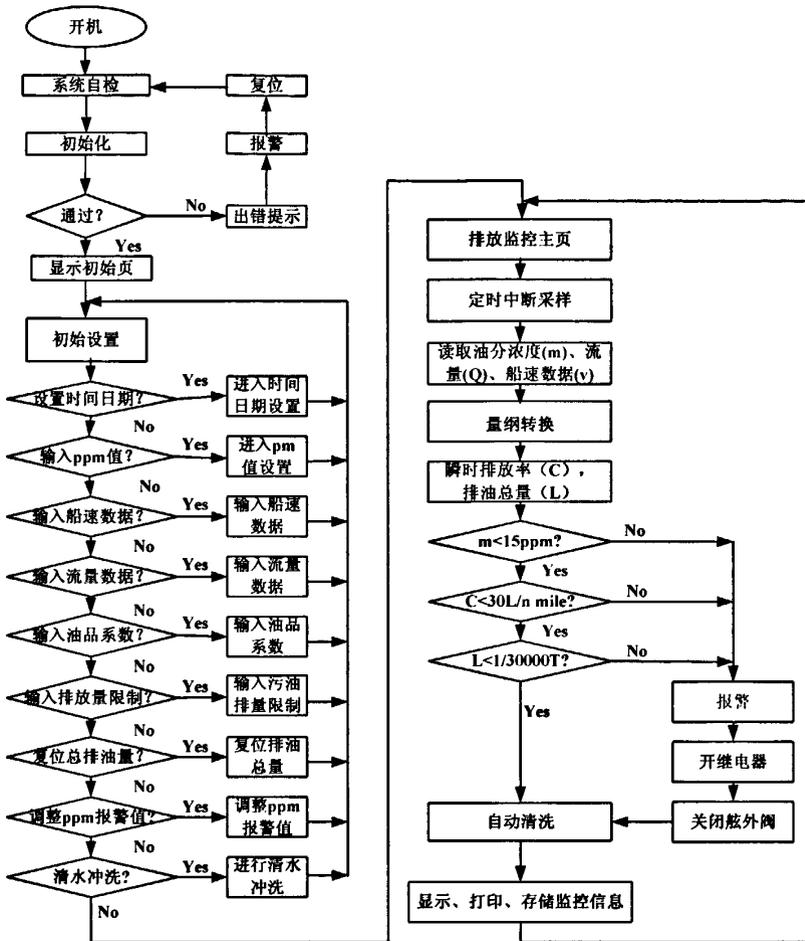


图 4.2 排油监控系统软件流程图

Fig.4.2 Software Flow Chart of Oil Discharge Monitoring System

整个系统正式进入监控工作状态后, 通过定时中断采样程序对油份浓度、流量、船速等模拟量数据进行采集, 采集的模拟数据经过 A/D 转换、量纲转换后送入到 CPU 进行计算分析。当油份浓度、瞬时排放率和排油总量三个参数中任何一个超过预先设定的上限时, 系统就会自动关闭舷外污水排放阀, 同时发出声光报警, 并能自动启动冲洗水阀对系统进行清洗。通过液晶显示器显示系统运行过程中的一些重要参数, 另外本文通过一个微型打印机和一个微型存储芯片实现了监控数据的存储, 包括越限报警后对相关参数的存储记录, 而且系统运行过程每隔十分钟自动启动打印机打印监控参数, 同时将一些重要数据以电子方式存储在

SD 卡中。

4.3 监控系统初始化

本设计所研究的船舶排油监控系统的软件部分采用模块化设计，系统上电后主程序部分主要完成系统自检和各个部分的初始化操作，初始化是程序设计中很重要的一部分，也是编程的难点，其中包括清除中断、设置堆栈以及对一些 I/O 口、寄存器、变量进行赋值。图 4.3 为系统的自检与初始化流程图，包括对单片机本身 I/O 口的初始化，也包括对系统外设的初始化，如对打印机、SD 卡等的初始化。

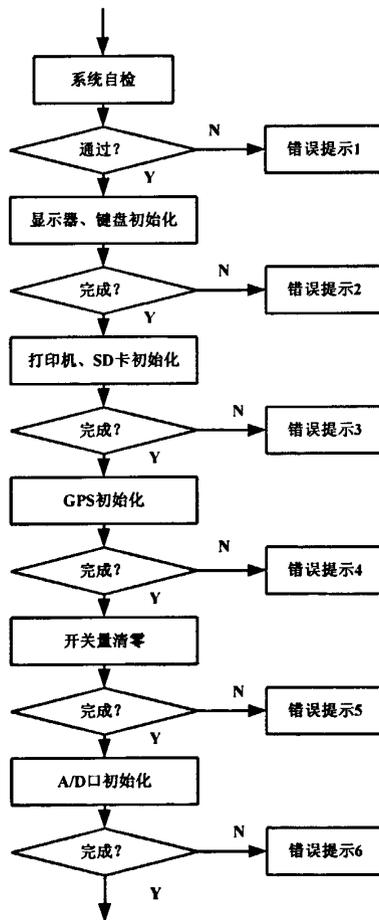


图 4.3 系统自检与初始化流程图

Fig.4.3 The Flow Chart of System Self-Test and Initialization

初始化部分代码如下：

```

{ /*----液晶显示、键盘初始化部分----*/
    ZLG7289A_init();          //调用子程序初始化 ZLG7289A
  
```

```
LCDInit();           //调用子程序初始化 LCD
clear_all();         //清屏
SPI_write_com(0xA4); //键盘复位
delay(15);
/*---打印机、SD卡初始化部分---*/
sbit BUSY = P0.0;    //定义打印机忙信号引脚
sbit nSTB = P0.6;    //定义打印机 nSTB 信号引脚
A1A0=00;            //选中 A 口作为打印数据的输出口
RD/=1; WR/=0;
void initprint()    //调用子程序对打印机进行初始化
INT8U SD_Initialize() //调用子程序初始化 SD 卡
/*----GPS 初始化部分-----*/
UFCON0=0x0;
UMCON0=0x0;
ULCON0=0x3;
UCON0=0x245;
UBRDIV0= ((int)(Fclk/(16*9600))-1);
/*---定义时钟参数及赋初值部分---*/
char symbol=0xff;
buffer[0]=0x00;     //秒
buffer[1]=0x20;     //分
buffer[2]=0x16;     //时
buffer[3]=0x15;     //日
buffer[4]=0x06;     //月
buffer[5]=0x02;     //星期
buffer[6]=0x10;     //年
}
```

4.3 数据采集与处理程序设计

本设计中监控系统通过中断服务程序实现对模拟信号的采集、转换以及计算分析，图 4.4 为采样中断程序流程图。

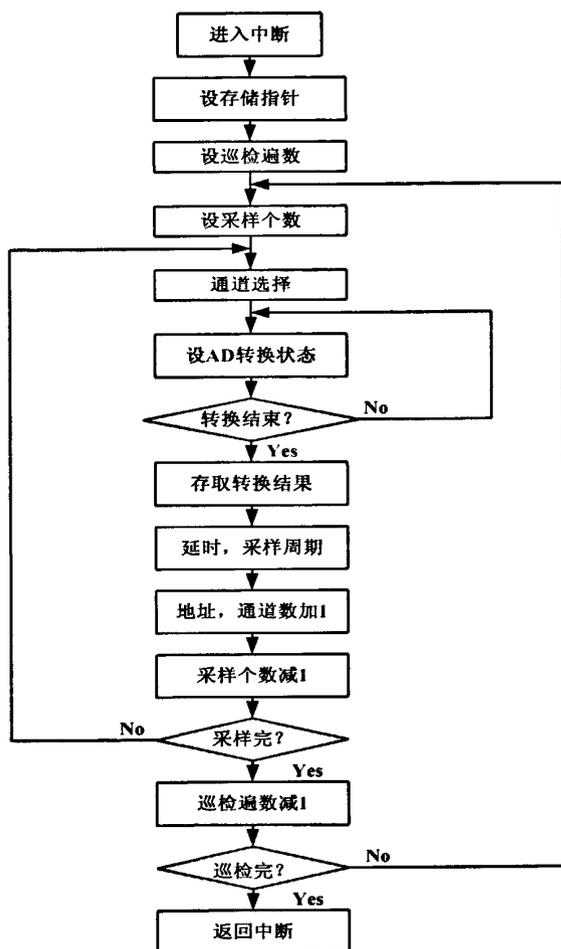


图 4.4 采样中断程序流程图

Fig.4.4 The Flow Chart of Sampling Interrupt Program

CPU 将经过 A/D 转换后的数据结果与设定值进行对比分析，从而决定是否发出报警、打开舷外排放阀等操作，软件流程图见图 4.2 所示。

监控系统数据采集与处理程序程序代码如下：

```
void discharge_v1()
```

```
{
```

```
    v=(ppm/speed)*flo;        //计算瞬间排油量
```

```
    oil=oil+ppm*flo*3/3600;   //计算累计排油量
```

```
}  
void INIT_interrupt() //中断初始化包括定时中断, 断电检测中断  
{  
    IP=0X02; //0x42  
    IE=0X82; //0xc2  
    TMOD=0X01;  
    TH0=0X00;  
    TL0=0X00;  
}  
void time0() interrupt 1 //中断子程序  
{  
    TH0=0X00; //重装初值  
    TL0=0X00;  
    counter0++;  
    counter1++;  
    if(counter0==46) //隔3秒钟采集一次  
    {  
        Get_ADC_speed();  
        Get_ADC_flo();  
        Get_ADC_ppm();  
        counter0=0;  
        discharge_vl();  
        if(v>30||oil>Moil||ppm>15)  
        {  
            alarm_contr=1; //关闭排放阀  
        }  
        else  
        {  
            alarm_contr=0;  
        }  
    }  
}
```

```

}
    if(counter1==7000)          //约 10 分钟打印一次
    {
        counter1=0;
    }
}

void pow_down() interrupt 6    //掉电保护
{
    byte_program(0x0000,oil);
    byte_program(0x0001,Mppm);
    byte_program(0x0002,Moil);
}

```

4.3 监控数据打印与存储程序设计

4.3.1 监控数据的打印程序设计

为了实现对船舶含油污水排放过程中相关监控数据的打印记录,本设计中选用了北京炜煌公司的 WH-A6 型热敏微型打印机,为并口微型打印机,该打印机时序严格,能打印全部 ASCII 码、国家一二级标准汉字、曲线和条形码等。

在本设计中,由于 STC12C5A60S2 单片机的端口限制,选用 8255A 扩展 I/O 端口,如图 3.15 所示,为了简便起见,STC12C5A60S2 单片机采用线选法与 8255A 相连,只要 P0.0=0 的地址均可选中 8255A。8255A 有模式 0、模式 1、模式 2 三种工作模式,本设计中,根据实际需要采用模式 1 选通输出工作方式,当 $A1A0=00$, $\overline{RD}=1$, $\overline{WR}=0$, $\overline{CS}=0$ 时,即可通过 A 口的 PA7~PA0 传送需要打印的 I/O 数据, C 口的 PC7~PC0 作为联络线。

图 4.5 为监控数据打印程序流程图,当需要打印监控数据时,首先打开并口,发送所要求的打印数据至相应的端口,此时判断打印机是否有纸,如果没有打印纸或者打印纸放置不当等错误时,就会发出报警并提醒进行错误处理,当检测到打印机一切正常时,读取通过并口传送的监控数据并进行打印,直到打印完毕退出,等待下次打印响应^[56]。

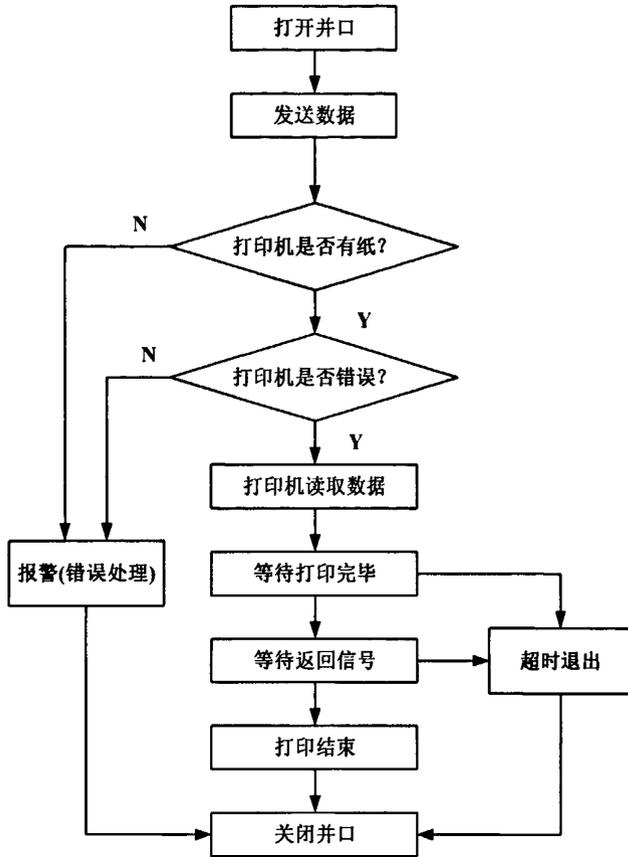


图 4.5 监控数据打印程序流程图

Fig.4.5 The Flow Chart of Monitoring Data Printing Program

4.3.2 SD 卡的初始化与读写程序设计

本设计中 SD 卡与 STC12C5A60S2 的通讯采用 SPI 总线模式，是目前单片机应用系统中最常用的几种串行扩展接口之一，SPI 总线主要通过同步时钟线 SCK、主机输入/从机输出数据线 MISO、主机输出/从机输入数据线 MOSI 三根线进行数据传输，还有一条低电平有效的从机片选线 \overline{CS} ，片选信号以及同步时钟脉冲由主机提供。SPI 总线模式的数据是以字节为单位进行传输的，主机与 SD 卡的各种通信都由主机控制。

SD 卡上电后首先需要初始化，然后方可进行数据的传送及对 SD 卡正确的读写操作，当 SD 卡上电后，STC12C5A60S2 单片机向 SD 卡发送 74 个时钟周期，以完成 SD 卡的上电过程。通常 SD 卡的默认为 SD 总线模式，在此模式下向 SD 卡发送复位命令(CMD0)，由于本文中 SD 卡与单片机的通讯采用 SPI 总线模式，所以在对 SD 卡的操作前，首先拉低 SD 卡的片选信号，从而使 SD 卡进入 SPI 总

线模式，再由单片机向 SD 卡发送命令，SD 卡响应单片机发送的各种应答信号，同时向单片机发送一个特殊的数据响应标志，当单片机读到 SD 卡响应的应答信号为 01 时，则 SD 卡转换为 SPI 总线模式，此时主机即可不断的向 SD 卡发送命令字(CMD1)，读取 SD 卡应答信号，直到应答信号为 00，表明 SD 卡已经初始化完毕^[57]。之后单片机可读取 SD 卡的各寄存器，从而实现读写操作，图 4.6 为 SD 卡的初始化流程图。

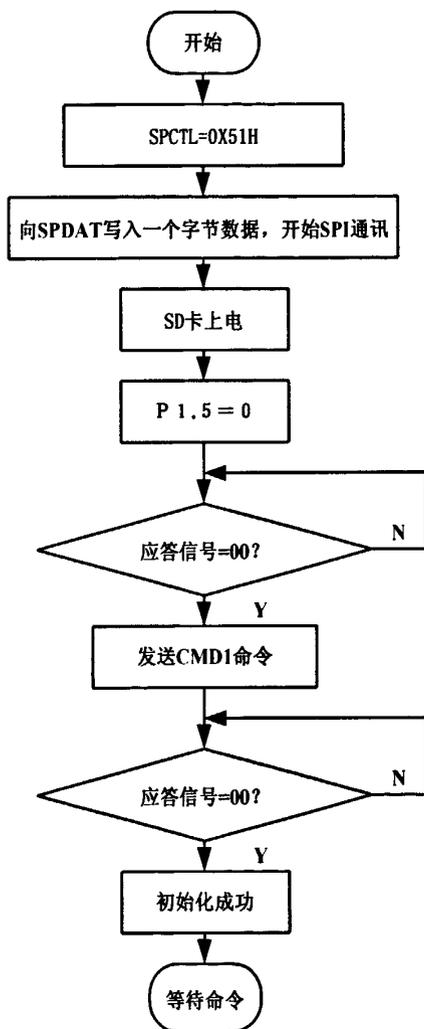


图 4.6 SD 卡初始化流程图

Fig.4.6 The Flow Chart of SD Card Initialization

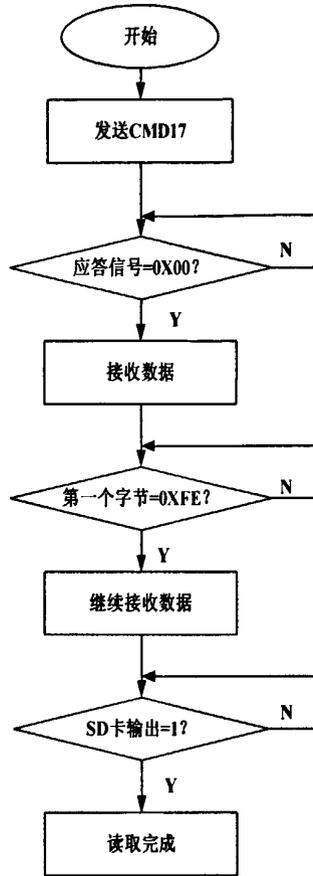


图 4.7 SD 卡读写程序流程图

Fig.4.7 The Flow Chart of SD card reading and writing program

完成 SD 卡的初始化之后即可进行对它的读写操作，SD 卡的读写操作都是通过发送 SD 卡命令完成的。在需要读取 SD 卡中数据的时候，读 SD 卡的命令字为 CMD17，接收正确的第一个响应命令字节为 0xFE，随后是 512 个字节的用户数据块，最后为 2 个字节的 CRC 验证码。在 SPI 模式下，读操作包括读单块和读多块，SPI 总线模式支持单块(CMD24)和多块(CMD25)写操作，多块操作是指从指定位置开始写下去，直到 SD 卡收到一个停止命令 CMD12 才停止。单块写操作的数据块长度只能是 512 字节，单块写入时，命令为 CMD24，当应答为 0 时说明可以写入数据，大小为 512 字节。SD 卡对每个发送给自己的数据块都通过一个应答命令确认，它为 1 个字节长，当低 5 位为 00101 时，表明数据块被正确写入 SD 卡，图 4.7 为 SD 卡的读写流程图。

4.4 船舶位置信号采集程序设计

根据 GB/T12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的要求,排油监控系统应能利用船舶位置指示装置记录船舶位置(经度和纬度),在本设计中为了实现船舶位置信号的采集试验,选用了 Motorola M12 GPS 模块,通 RS485 总线与 STC12C5A60S2 单片机实现经纬度信息的采集。

在本设计中,通过 STC12C5A60S2 的串口向 M12 模块发出控制指令和接收定位信息,M12 模块支持 Motorola 二进制格式和 NMEA0183 格式两种不同的数据输出模式,在本文中为了获取更高的数据传输速度,使用了 M12 模块默认的工作模式,即 Motorola 二进制模式。在 Motorola 二进制模式下,M12 以 9600bps 的速率输出数据和接收指令,而在 NMEA0183 模式下,M12 以 4800bps 的速率输出数据和接收指令。默认状态下,M12 模块工作在 Motorola 二进制模式下,在该模式下,串行数据传输格式为:8 位数据位,1 位停止位,无奇偶校验和硬件流控制,本设计所用的 STC12C5A60S2 单片机对 M12 的控制是通过向其发送 AT 指令的方式实现。Motorola 共有 69 条 AT I/O 指令,其中 M12 模块所支持的指令有 51 条,利用这些指令可以很方便的对 M12 模块进行日期时间设定、自定义坐标设定和定位信息读取等操作。在本文所设计的船舶排油监控系统中,只需要读取 M12 模块的定位信息,因此在本部分程序中只用到 51 条指令中的 1 条指令:

@@EqmC<CR><LF>

这条指令主要用于控制 M12 模块输出定位信息,其中:

@@——I/O 指令的前缀;

Eq——指令的关键字;

m——M12 模块输出信息模式选择位;

根据实际需要,指令中 m 的数值可以是 0~255 之间的整数,当 m=0 时,响应信息只输出一次,当 m=1 时,响应信息每秒钟输出一次,当 m=2 时,响应信息每 2s 输出一次,如此类推,当 m=255 时,响应信息每 255s 输出一次。在本文所设计的船舶排油监控系统中,为了便于采集定位数据,将 m 的数值设置为 0,使 M12 模块每接收一次指令就回复一次定位数据^[58]。

C——指令的校验和数据(Checksum);

<CR>——回车符;

<LF>——换行符;

本课题中所用到的@@EqmC 指令格式如下:

Message format: @@EqmC<CR><LF>

Hexadecimal: 40 40 45 71 00 34 0D 0A

其中校验和 C 是指 E、q 和 m 三个的校验和, 即 0x45、0x71 和 0x00 之间的校验和, 即将 0x45 和 0x71 按位异或的结果再和 0x00 进行按位异或, 计算结果为 0x34。所以为了获得船舶位置信号即经纬度信息, 需向 M12 输入相关指令, 使其输出相应的信息。在向 M12 模块输入指令时, 只需要按照 8 位数据位、1 位停止位、9600b/s、无奇偶校验和硬件流控制的串口格式, 将 0x40、0x40、0x45、0x71、0x00、0x34、0x0D 和 0x0A 八个数从 M12 模块的串口连续输入进去即可, M12 模块在接收到其可识别的@@EqmC 指令之后会在 1s 之内做出响应。当 M12 模块接收到@@EqmC 指令之后, 会将通过天线接受到的 GPS 信号以相同的格式与速率输出到 STC12C5A60S2, 这些信号中包含船舶位置(经纬度)信号, 该信息一般是按照 ASCII 码的形式输出的, 每段信息均以逗号相隔^[59]。

定位信息格式:

@@Eq, mm, dd, yy, hh, mh, ss, dd, mm.mmmm, n, ddd, mm.mmmm, w, s, hhhh.h, sss.s, hhh.h, m, t, dd.d, nn, rrrr, aa, CC<CR> <LF>

(1)日期信息:

mm——月, 数值为 01~12;

dd——日, 数值为 01~31;

yy——年, 数值为 98~18;

(2)时间信息:

hh——时, 数值为 00~23;

mh——分, 数值为 00~59;

ss——秒, 数值为 00~60;

(3)纬度信息:

dd——度, 数值为 00~90;

mm.mmmm——分, 数值为 00.0000~59.9999;

n——方向，有两个取值，其中 N 代表北纬，S 代表南纬；

(4)经度信息：

ddd——是度，数值为 000~180；

mm.mmmm——分，数值为 00.0000~59.9999；

w——代表方向，他有两个取值，其中 W 代表西经，E 代表东经；

(5)海拔高度：

s——是符号，有+和-两个取值；

hhhh.h——是以米为单位的高度数据，海拔高度信息的数值范围为：-1 000.0~+18000.0；

(6)速度信息：

sss.s——是以节为单位的的速度数据，其数值为 000.0~999.9；

hhh.h——为以度为单位前进方位角数据，其数值为 000.0~359.9；

(7)接收终端的状态信息：

m——是定位工作模式信息，取值为 0 或 1，0 代表单机模式，1 代表差分模式；

t——是定位类型信息，取值为 0~3，0 代表无定位，1 代表 2D 定位，2 代表 3D 定位，3 代表广播模式；

dd.d——是几何因子信息，取值为 00.0~99.9；

nn——使用中的卫星数目，数值为 00~37；

rrrr——为参考站识别码，数值为 0 000~1023；

aa——是以秒为单位的差分数据时间，数值为 00~60；

CC——为校验和；

本文所设计的船舶排油监控系统，只需要采集在船舶含油污水排放过程中的船舶位置信号，所以只需接受 M12 模块的船舶经纬度信号，即通过程序提取上述 7 部分信息中的(3)、(4)即可。

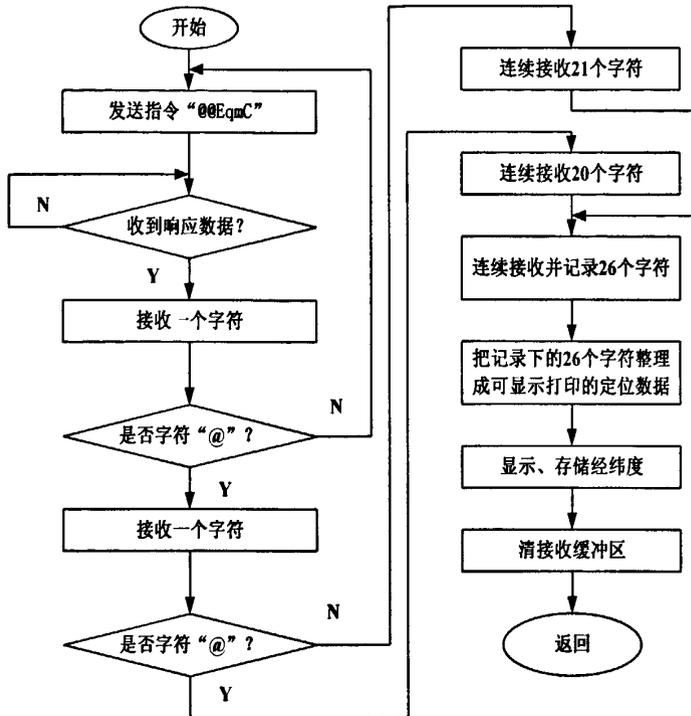


图 4.8 船舶位置信号采集程序流程图

Fig.4.8 The Flow Chart of Ship Position Signal Acquisition Program

STC12C5A60S2 单片机与 M12 模块通讯程序流程如图 4.8 所示，STC12C5A60S2 单片机首先请求 M12 模块输出定位数据(向 M12 模块发出指令 @@EqmC)，然后等待 M12 模块回送数据。当 M12 模块回送数据时，STC12C5A60S2 首先做出判断，确认其收到的是预期的定位信息，然后将定位信息(经纬度数据)截取下来，整理成可供显示的数据信息后在液晶显示器上显示，进行打印记录以及通过 SD 卡存储经纬度数据，最后将串口的接收缓冲区清空，以免下次接收信息时出错^[60]。由于 M12 模块在 1s 之内只能响应一条指令，所以接收终端的数据信息最快 1s 更新一次，对本文所设计的船舶排油监控系统来说，能够满足船舶位置信号的采集要求。

第 5 章 船舶排油监控系统的综合测试

5.1 控制单元测试

由于实验条件限制,在本部分的综合测试中,用 4~20mA 的标准电流信号代替油份浓度信号、流量信号以及船速信号等模拟量信号。

图 5.1 为本文所设计的整个排油监控系统的测试模块图,其中模拟量 1、模拟量 2、模拟量 3 分别代表油份浓度、航速和流量,在测试中,只需将标准的电流信号送入相应的模拟量口即可。由于三个模拟量输入口分别代表不同的参数,其大小与量纲也不一样,所以在软件设计中,需注意量纲转换,这样才能获得正确的油份浓度信号、航速信号和流量信号,为此需先确定各个传感器的量程范围。

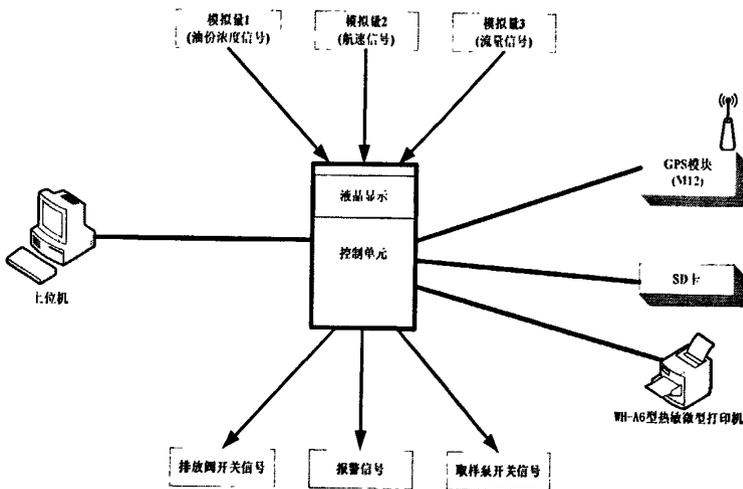


图 5.1 测试模块图

Fig.5.1 The Diagram of Testing Module

为获得正确的模拟量信号,在数据采集的软件设计前,首先假设了传感器的量程范围:油分计量程范围为 0~100ppm,船速仪量程范围为 0~30kn,流量计量程范围为 0~40m³/h。而油分计、航速仪、流量计送入控制系统的信号均为 4~20mA 的电流信号。

本设计中采用 Keil uVision3 作为 STC12C5A60S2 单片机软件的开发环境,如图 5.2 所示,uVision3 是 KeilSoftware 公司推出的一款可用于多种 8051MCU 的集成开发环境。

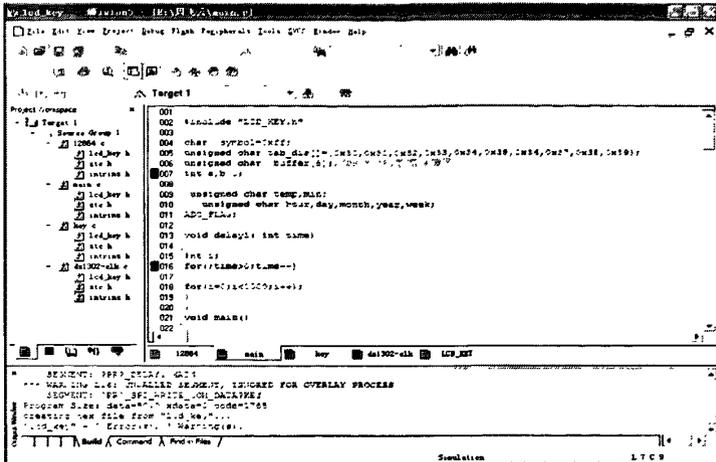


图 5.2 软件开发环境

Fig.5.2 The Environment of Software Development

编写的系统程序通过 STC-ISP 烧录进控制单元的单片机，如图 5.3 所示，STC-ISP 是针对 STC 系列单片机而设计的一款单片机下载编程烧录软件，可用于 STC89 系列、12C2052 系列和 12C5410 等系列的 STC 单片机，使用简便，现已被广泛使用。

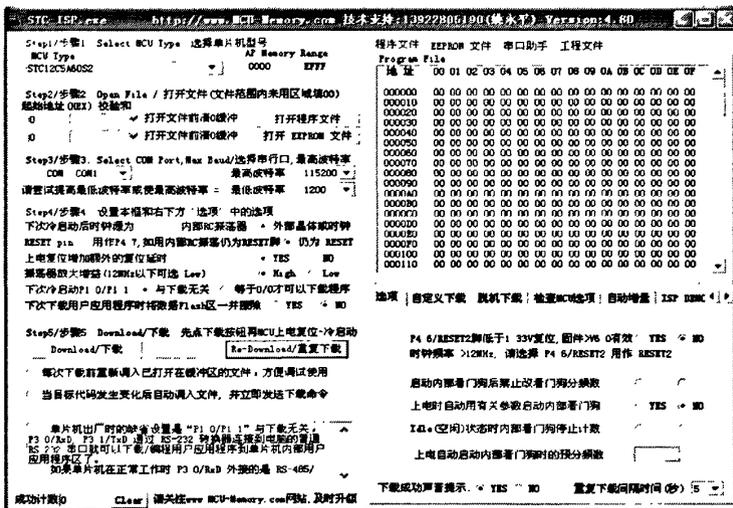


图 5.3 程序烧录软件

Fig.5.3 The Downloading Software of Program

在烧录程序时，需注意选择相对应的芯片型号，选择合适的波特率限制，在烧录之前一定要先彻底断电，按下“Download/下载”按钮后，再恢复供电，程序即可成功烧录。

在系统控制单元的测试中，从标准电流源取如表 5.1 所示的电流值，并根据上文

所确定的传感器量程计算出实验模拟量输入值。

如图 5.1 所示, 将这三个模拟量送入到 CPU 单元进行 A/D 转换、分析处理, 计算瞬时排放率和排油总量, 在测试中没有连续测量, 所以没有排油总量数据, 在上位机测试中测了排油总量的计算, 其分析处理过程主要根据下面公式完成:

$$\text{瞬间排放率计算公式: } C = \frac{Q \times m}{V} \times 10^{-3}$$

式中: C—瞬间排放率 (L/n mile);

m—油份浓度 (ppm);

Q—含油污水排出量 (m^3/h);

V—船舶航行速度 (kn);

表 5.1 实验参数设定值

Tab.5.1 The Given Parameters of Experiment

油份浓度 (ppm)		流量 (m^3/h)		航速 (kn)	
给定电流 (mA)	计算值	给定电流 (mA)	计算值	给定电流 (mA)	计算值
4.0	0.0	4.0	0.00	4.0	0.0
4.5	3.1	4.1	0.25	5.0	1.9
4.8	5.0	4.3	0.75	5.5	2.8
5.0	6.3	4.5	1.25	7.0	5.6
5.2	7.5	4.8	2.00	8.5	8.4
5.5	9.4	5.0	2.50	9.0	9.4
5.8	11.3	5.5	3.75	9.5	10.3
6.0	12.5	5.8	4.5	10.0	11.3
6.1	13.1	6.0	5.0	11.5	14.1
6.2	13.8	6.1	5.25	12.0	15.0
6.3	14.4	6.4	6.0	13.0	16.9
6.4	15.0	6.5	6.25	14.5	19.7
6.5	15.6	6.8	7.0	15.0	20.7
7.0	18.8	7.0	7.5	16.0	22.5

将表 5.1 所设定的模拟电流信号送入到控制单元进行分析处理, 并将所得到的油份浓度、流量、航速以及瞬时排放率显示在液晶显示器上, 表 5.2 为本实验所测

得数据。

表 5.2 实验测量数据

Tab.5.2 The Data of Experiment

油份浓度 m (ppm)		流量 Q (m^3/h)		航速 V (kn)		瞬时排放率 C (L/n mile)	
计算	实测	计算	实测	计算	实测	计算	实测
0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
3.1	3.2	0.25	0.28	1.9	1.9	0.4	0.4
5.0	5.0	0.75	0.72	2.8	2.6	1.3	1.5
6.3	6.0	1.25	1.20	5.6	5.6	1.4	1.3
7.5	7.5	2.00	1.91	8.4	8.5	1.8	1.7
9.4	9.5	2.50	2.40	9.4	9.2	2.5	2.8
11.3	11.5	3.75	3.65	10.3	10.3	4.1	4.3
12.5	12.7	4.50	4.62	11.3	11.5	4.9	4.6
13.1	13.1	5.00	5.15	14.1	14.0	4.6	4.8
13.8	13.8	5.25	5.30	15.0	15.0	4.8	4.7
14.4	14.0	6.00	5.95	16.9	17.0	5.1	4.9
15.0	14.6	6.25	6.25	19.7	19.4	4.8	4.9
15.6	15.8	7.00	6.95	20.7	20.7	5.3	5.3
18.8	19.2	7.50	7.50	22.5	22.5	6.4	6.5

本文通过假设代表油份浓度、流量、船速的电流值，并根据每个模拟量所代表参数的设定范围进行计算，如表 5.1 所示。表 5.2 为根据设定参数值所测得的实验结果数据，包括油份浓度值、流量值、船速值、瞬时排放率等参数值。根据实验数据与理论数据对比，如图 5.2 和图 5.3 所示的流量和瞬时排放率的理论值与实验数据的对比曲线图，系统的误差范围在 10% 之内，符合规范的精度要求。

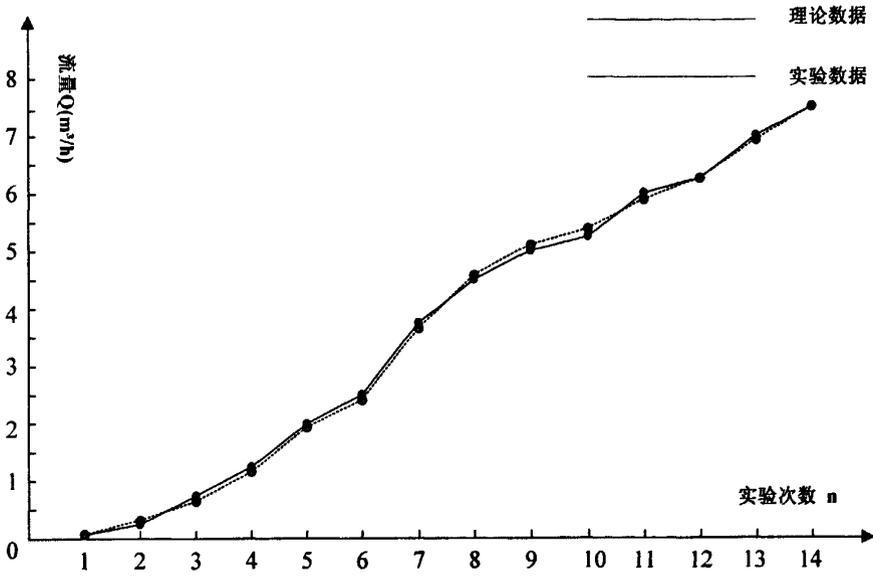


图 5.2 流量测试结果

Fig.5.2 The Results of Flow Acquisition

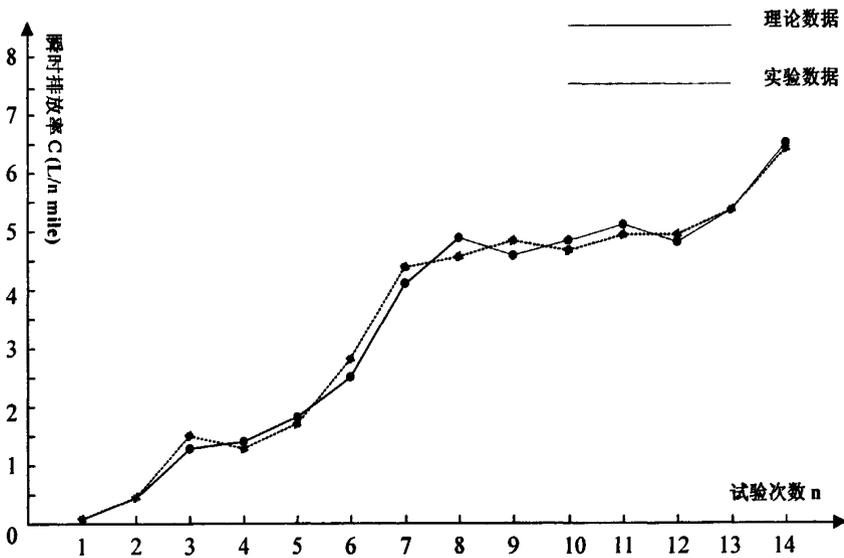


图 5.3 瞬时排放率测试结果

Fig.5.3 The Results of Instantaneous Discharge Rate Acquisition

5.2 控制单元测试总结

本文所设计的排油监控系统在模拟实际运行时，能够根据设计要求，实时监控船舶含油污水的排放，一旦油份浓度等相关参数超标或者系统出现故障时，会发出声光报警，同时关闭舷外阀停止排污，直到工作人员发现故障并解决之后才

恢复正常的排放工作。每次报警都会自动打印相关参数并以电子方式保存在 SD 卡中,另外本系统除能够查询和打印所选定的一段时间的相关数据外,在排放运行过程中,每隔十分钟自动打印当前相关参数留存,这些记录可以监控这段时间内的船舶排污情况。系统能够在线实时的显示具体的时间和日期、油份浓度、航速、瞬时排放率、排油总量、船舶位置、舷外阀及冲洗水阀的状态等数据,还可以通过 SD 卡以电子方式存储这些数据。本文所设计的船舶排油监控系统与传统的监控及目前主流排油监控系统相比,能同时实时地监控多个数据,立即响应报警并马上进行故障处理,能够完成最新公约要求的船舶位置信号的采集与记录,能够及时完整的保存相关记录,从而能够有效地起到防止船舶含油污水的排放造成海洋环境污染。

5.3 上位机监控测试

本课题所设计的船舶排油监控系统的上位机监控界面是以 Visual C++6.0 为软件平台完成的,包括上位机监控界面的设计和利用 ADO 操作数据库的实现,从而通过 RS232 串口完成控制单元与上位机的通信,实现上位机监控。本文选用 Visual C++6.0 作为软件开发平台,主要是 Visual C++6.0 在图形处理和数据库管理等方面具有较强的功能,并且用它来实现底层的通信控制有着更快的速度。在 Visual C++6.0 中,对串口进行读写操作,利用 MSComm 通信控件比 Windows API 函数更简单,所以本设计通过 MSComm 通信控件实现上位机与单片机的通信^[61]。

随着 Windows 操作系统的流行,窗口程序设计在编程领域异军突起,它以简单、方便的操作备受用户的青睐。在没有 Windows 框架(例如 MFC、OWL、VCL)之前,开发人员要建立一个简单的窗口需要使用很多 API 函数,而且在窗口函数中需要处理大量的 Windows 消息,要将窗口界面设计美观更是难上加难。后来,随着 Microsoft、Borland 等一些厂商推出相应的 Windows 框架后,Windows 程序开发才变得简单、快捷。在这些框架中提供了丰富的控件,可以直接使用这些控件设计应用程序,而无需处理大量的窗口信息,本设计所做的监控界面采用 MFC 提供的常用控件来设计实现^[62-64]。

本文通过 Visual C++6.0 所设计的船舶排油监控系统上位机监控界面如图 5.2 所示,以菜单的形式实现各个功能,包括实时监控界面、历史数据、报警信息、

参数设置等菜单。

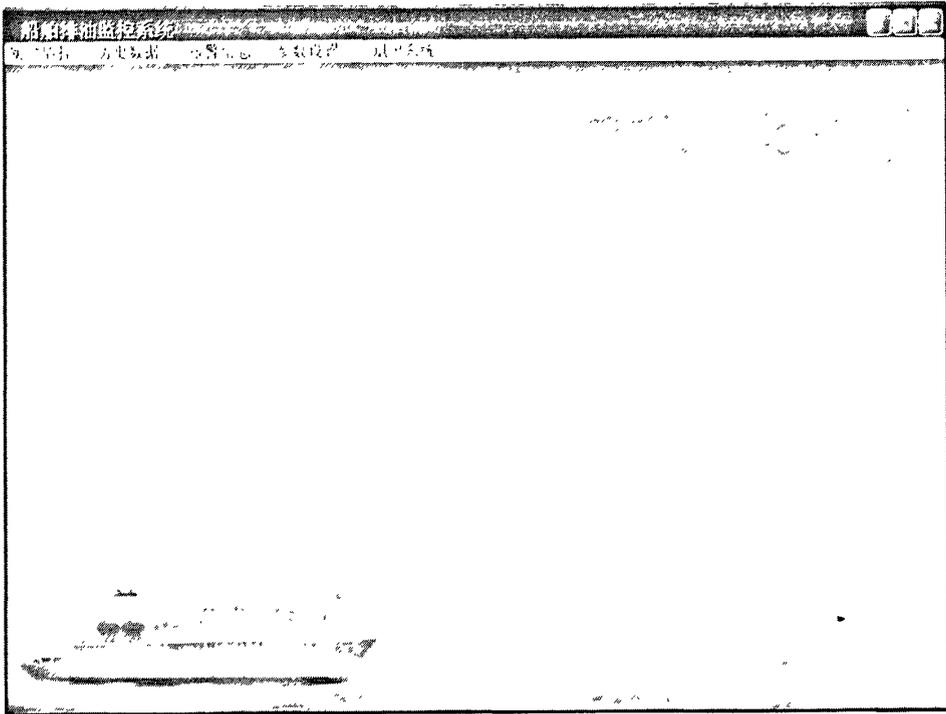


图 5.2 船舶排油监控系统上位机监控界面

Fig.5.2 PC Monitoring Interface of Ship Oil Discharge Monitoring System

实时监控界面能够实时显示系统运行过程中的各个参数及排放阀的开关状态，另外还有打印按钮，能够打印特定时间范围的监控参数的，越控按钮用于在特殊情况下，可以不受监控系统的控制，打开排放阀进行排放，当按下停止按钮时，系统就停止运行，当发生声光报警时，按下复位按钮可消音，待故障解除后消除报警，图 5.3 为实时监控界面。

Microsoft ActiveX Data Objects (ADO)是 Microsoft 数据库应用程序开发的新接口，是建立在 OLEDB 之上的高层数据库访问技术。ADO 封装了 OLEDB 所提供的接口，用户能够编写应用程序以通过 OLEDB 提供者访问和操作数据库服务器中的数据，ADO 的优点是易于使用、速度快。使用 ADO 连接数据库有两种方法，最为简便的方法就是直接使用 ADO 控件，这样可以最大程度的简化应用程序的编写，但是这种方法对于程序的控制较差；另一种方法是直接使用 ADO 对象，ADO 对象中包含了连接(Connection)、命令(Command)、记录集(Recordset)和参数(Parameter)对象等。

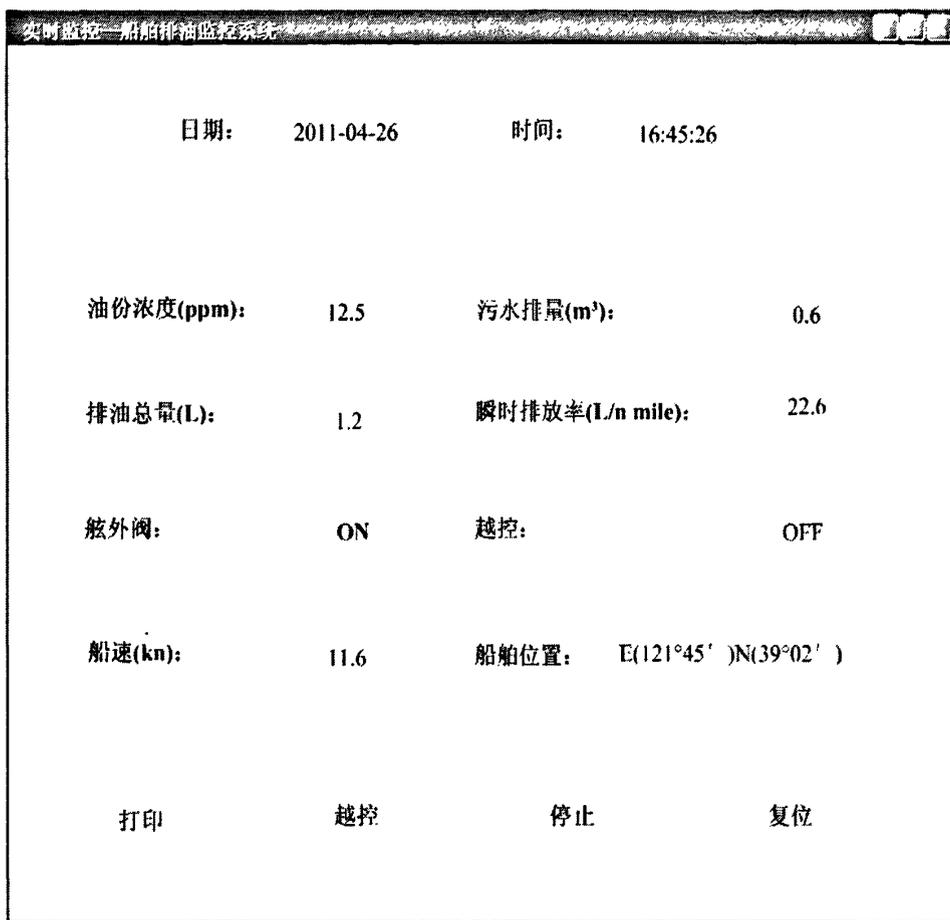


图 5.3 上位机实时监控界面

Fig.5.3 PC real-time Monitoring Interface

在本设计中，通过使用 ADO 连接 Access 数据库实现监控信息数据的动态连接，要使用 ADO 连接 Access 数据库，需要使用 Connection 对象的 Open 方法打开与数据源的连接，首先导入动态链接库 msado15.dll，该动态库位于系统盘的“Program files\System\ado”目录下，本设计中系统盘为 C 盘，则该文件位于“C:\Program files\System\ado”目录，然后通过设置连接字符串来连接一个 Access 数据库。在 Visual C++ 中，需要使用预处理命令 #import 将动态库导入到系统中^[65]。

串口通信模块完成对串口通信控件及其对象的初始化以及上位机和下位机之间的数据收发。软件方面，目前在 VC++ 环境常用串口编程方法有两种：用 API 函数实现串口编程和用 MSComm 控件实现串口通信开发。API 函数属于 Windows 底层函数，利用 API 函数进行串口程序设计，具有很强的灵活性，执行效率高，

但是需要详细了解串口程序开发过程和一些复杂的 API 函数，对编程人员要求比较高。MSComm 控件是 Microsoft 提供的一个 ActiveX 控件，用于简化串口程序开发。使用 Microsoft 控件、用户不必了解复杂的 API 函数，通过 Microsoft 控件的属性、方法、事件，就可以实现串口操作的大部分功能，本系统采用 MSComm 控件来进行串口通信开发。

在上位机的测试过程中，模拟监控数据通过 RS232 串口送入到上位机，并以 Access 数据库形式存储，通过 Microsoft 数据库应用程序开发的接口 ADO 来实现对排油监控系统历史数据的连接。图 5.4 为排油监控系统的上位机监控历史数据显示窗口，在本设计中，每 5S 采集一次参数，包括时间日期、油份浓度、瞬时排放率、排油总量、船速、流量和船舶位置数据，并将这些数据存储在数据库中，界面窗口通过 ADO 实现实时调用。

时间日期	油份浓度(ppm)	瞬时排放率(L/n mile)	排油总量(L)	船速(kn)	流量(m3/h)	船舶位置
2011-05-12 15:22:26	12.8	25.9	0.0	8.6	17.4	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:22:31	11.2	26.8	0.09	8.7	20.8	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:22:36	11.8	24.6	0.19	9.2	19.2	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:22:41	13.2	26.2	0.28	8.5	16.9	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:22:46	11.5	26.1	0.38	9.5	21.6	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:22:51	11.2	25.9	0.50	12.3	28.4	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:22:56	14.2	27.3	0.62	8.6	16.5	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:01	9.5	22.3	0.73	13.5	31.7	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:06	12.6	26.1	0.84	7.9	16.4	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:11	13.6	26.9	0.93	8.3	16.4	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:16	11.2	24.6	1.04	12.5	27.5	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:21	13.7	26.9	1.16	9.6	18.8	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:26	10.6	23.5	1.28	14.3	31.7	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:31	10.8	22.9	1.41	12.8	27.1	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:36	13.1	25.4	1.53	11.9	23.1	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:41	13.9	25.9	1.66	12.3	22.9	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:46	13.9	9.6	1.75	12.3	8.5	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:51	12.5	16.8	1.80	8.6	11.6	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:23:56	8.6	5.3	1.85	12.3	7.6	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:24:01	11.6	7.8	1.88	8.6	5.8	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:24:06	13.9	6.3	1.91	14.5	6.6	E(121°45)N(39°02)
2011-05-12 15:24:11	12.0	10.8	1.94	5.0	4.5	E(121°45)N(39°02)

图 5.4 历史数据界面

Fig.5.4 The Interface of History Data

当排油监控系统参数超标或者系统出现故障时，发出声光报警的同时，在报警信息窗口中显示报警类型、报警值及报警原因，这样就提醒工作人员进行相应的操作。如图 5.5 所示的报警信息表中，当油份浓度超过 15ppm 时，系统发出报警，报警类型为上限报警，报警值为当前超标的油份浓度值，报警内容注释栏中

显示具体的报警内容。

报警对象	报警开始	报警结束	报警类型	报警值	内容注释
瞬时排放率	2011-05-12 16:35:22	2011-05-12 16:35:28	上限报警	38.5	瞬时排放率超标了!
瞬时排放率	2011-05-12 16:36:23	2011-05-12 16:36:31	上限报警	35.5	瞬时排放率超标了!
油份浓度	2011-05-12 16:38:22	2011-05-12 16:38:29	上限报警	21.6	油份浓度超标了!
瞬时排放率	2011-05-12 16:38:52	2011-05-12 16:38:56	上限报警	45.5	瞬时排放率超标了!
排油总量	2011-05-12 16:44:22	2011-05-12 16:44:28	上限报警	11.5	排油总量超标了!
油份浓度	2011-05-12 16:48:22	2011-05-12 16:48:28	上限报警	18.6	油份浓度超标了!
油份浓度	2011-05-12 16:51:25	2011-05-12 16:51:32	上限报警	17.5	油份浓度超标了!
油份浓度	2011-05-12 16:55:15	2011-05-12 16:55:21	上限报警	21.8	油份浓度超标了!
瞬时排放率	2011-05-12 16:57:22	2011-05-12 16:57:28	上限报警	38.5	瞬时排放率超标了!
油分计	2011-05-12 16:59:22	2011-05-12 16:59:28	超量程报警	320	油分计超量程了!
取样泵	2011-05-12 17:02:22	2011-05-12 17:02:28	系统故障报警	0	取样泵故障!
流量计	2011-05-12 17:08:36	2011-05-12 17:08:41	系统故障报警	0	流量计故障!
瞬时排放率	2011-05-12 17:10:22	2011-05-12 17:10:28	上限报警	38.5	瞬时排放率超标了!
瞬时排放率	2011-05-12 17:12:15	2011-05-12 17:12:29	上限报警	42.5	瞬时排放率超标了!
油份浓度	2011-05-12 17:14:35	2011-05-12 17:14:40	上限报警	19.5	油份浓度超标了!
打印机	2011-05-12 17:16:22	2011-05-12 17:16:28	系统故障报警	0	打印机缺纸!
打印机	2011-05-12 17:17:56	2011-05-12 17:18:00	系统故障报警	0	打印机断电!
SD卡	2011-05-12 17:21:22	2011-05-12 17:21:28	系统故障	0	SD卡未插好!
油份浓度	2011-05-12 17:23:35	2011-05-12 17:23:39	上限报警	26.7	油份浓度超标了!
油份浓度	2011-05-12 17:26:02	2011-05-12 17:26:09	上限报警	23.6	油份浓度超标了!
油份浓度	2011-05-12 17:35:46	2011-05-12 17:35:52	上限报警	16.9	油份浓度超标了!
油份浓度	2011-05-12 17:38:22	2011-05-12 17:38:29	上限报警	18.9	油份浓度超标了!

图 5.5 报警信息界面

Fig.5.5 The Interface of Alarm Information

5.4 本章小结

本章通过在实验室以 4~20mA 的标准电流信号模拟输入信号, 将这些送入到 STC12C5A60S2 单片机的 A/D 转换口进行模数转换, 然后送入 CPU 进行计算分析后, 能够准确的执行相应的指令, 并能在液晶显示器上显示监控参数, 通过 RS232 串口将监控信息传送到上位机。另外, 通过 Visual C++6.0 实现了上位机监控界面的设计, 并通过 Microsoft 数据库应用程序开发接口 ADO 实现与 Access 数据库的连接, 从而实现了历史数据信息的查询以及报警信息、实时数据信息的显示。

第6章 总结与展望

6.1 论文总结

本文研究了国际海事组织海上环境保护委员会 MEPC.107(49)、MEPC.108(49) 决议对船舶含油污水排放监控系统的新要求及 GB/T 12918—2009《油船排油监控系统技术条件》的新变化,在分析现有主流排油监控系统不足之处的基础上,设计出一种新型的船舶排油监控系统,通过数据采集与分析处理单元将测量传感器送来的模拟量信号转换为数字量信号,然后进行分析计算,通过与预先设定的信号进行比较分析来决定是否打开舷外排放阀进行排放含油污水,并给出相应的报警信号。

本文按照系统软硬件设计的基本原则,根据船舶排油监控系统技术条件的具体要求,通过选用一些高智能芯片,重点对船舶排油监控系统的控制模块进行了设计并调试,本设计的创新之处增加了对船舶排油监控系统对监控数据的电子存储及对船舶位置信号的采集与记录,从而完全符合最新公约与相关法规的要求,这对于减少船舶含油污水的排放、保护海洋环境、节省石油资源具有十分重要的意义。

在本课题的研究与硬件开发过程中,主要完成了以下工作:

(1)通过查阅最新国际公约以及最新国标对船舶排油监控系统设计的新要求,主要包括要求船舶排油监控系统应能准确利用船舶位置指示装置记录船舶位置(经度和纬度);对油分计和流量计的准确度要求更加严格,并允许速度参数的更准确输入,从而对排放有更好的控制;按物理特性对原油进行分类,替代了原标准按“地理”名称的分类方式。本文根据公约新要求,分析了现有船舶上使用的主流排油监控系统的不足之处,对船舶排油监控系统进行重新设计,其排放标准符合公约的要求。

(2)根据最新公约对监控系统的设计要求,本文完了控制单元的硬件设计,包括模拟数据的采集与转换单元即 A/D 转换单元、CPU 单元、人机交互界面单元、监控数据的存储与打印单元,另外还有 RS232 接口、RS485 接口以及系统的电源模块等。

(3)根据 MARPL73/78 对船舶含油污水排放标准,详细设计了含油污水排放监控程序流程,利用韦福仿真器的软件开发平台,运用 C51 编写的程序实现了监控数据的采集、处理分析、显示及打印记录等功能。使用 Visual ++6.0 编写了与上位机交互的软件,实现了上位机通过 RS232 传输监控数据及完成相关的操作功能。

(4)根据本文所设计的控制单元,将硬件与软件相结合,在实验室条件下进行了综合测试。通过假设模拟量数据包括油份浓度信号、船速信号和流量信号均为 4~20mA 电流信号,将假设的信号送入 CPU 进行处理分析,实现了数据的显示以及报警功能;通过采用 M12 模块,成功实现了位置信号的采集与存储,通过 WH -A6 型热敏微型打印机成功实现了监控数据的打印功能。

6.2 展望

随着航运不断发展,世界船队数量的不断增加,而对于海洋环境的保护将越来越受到国际海事组织及其成员国的重视。而船舶在营运过程又不可避免的产生一些含油污水,其肆意排放会对海洋环境造成严重的威胁,因此对船舶含油污水的有效处理及排放标准将越来越严格,虽然 MARPL73/78 以及国际海事组织海上环境保护委员会 MEPC.107(49)、MEPC.10849)决议对船舶含油污水排放监控提出了更高的要求,但是要真正落实需要对船舶含油污水的彻底有效防控,需要各成员国对本国的船舶防污染工作能够按照公约要求认真落实,包括船员培训、防污染设备的及时更新升级等。由于本文作者时间、精力与知识水平有限,论文中难免存在一些不足之处,需要进一步的研究和改进,本课题还有一些后续工作需要完善,主要包括:

(1)船舶排油监控系统的总体设计需充分考虑船型、船舶机舱的实际情况,进行合理布局,优化设计,包括含油污水的取样点、流量计的安装位置等,使整个系统能够在各种情况下均能正常工作。

(2)控制系统硬件设计的可靠性需进一步提高,由于船舶机舱环境比较恶劣,要使船舶排油监控系统能够在恶劣海况下及强烈振动下正常工作,需要在硬件设计方面进行更深入的研究,进一步优化电路设计。

(3)在软件功能发面需升级,尤其是人机交互软件方面功能不够完善,还需要进一步细化软件功能。

由于实验条件的限制，本课题所设计的系统没有在船舶上进行调试，仅在实验室的条件下通过假设相关参数进行了测试。另外，由于本人的精力和水平有限，考虑问题难免存在遗漏和缺点，仍需在今后的工作中，不断努力，加以改进。

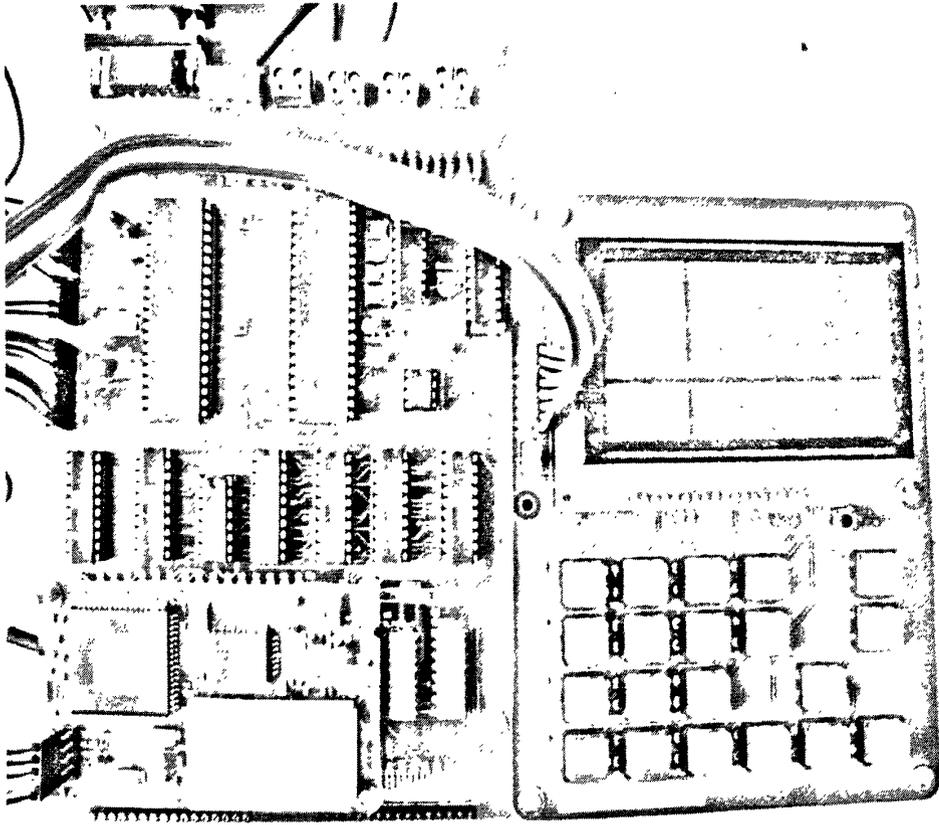
参考文献

- [1]殷佩海.船舶防污染技术.大连海事大学出版社,2000:45-60.
- [2]IMO.“1973年国际防止船舶造成污染公约”的1978年议定书[S]. London: [s.n.],1978.
- [3]杨杰.基于单片机控制的船舶油水分离器监测系统的设计与实现:(硕士学位论文).武汉:武汉理工大学,2009.
- [4]李传昌,屈波,王学勤.船舶污水处理设施运行监控系统的应用.交通环保.2000(2):28-29.
- [5]李红.油船排油监控系统技术条件.北京:中国标准出版社,2009:10-13.
- [6]王良,李进富.船舶防油污染工作浅析.船舶防污染管理论文集,2008.
- [7]殷佩海.船舶港口防污染技术.大连:大连海事大学出版社,1992:225-227.
- [8]张莉.油船排油监控系统简介.船舶设计通讯.2008,1(18):44-47.
- [9]张大明.单片微机控制应用技术.北京:机械工业出版社,2007.
- [10]蔡伟昭.油船排油监控系统设计.广船科技,2002(2):27-31.
- [11]江彦桥.海洋船舶防污染技术.上海:上海交通大学出版社,2000.8.
- [12]周根明,何海洋,王晓春.一种新型船舶排油监控系统的研究.江苏科技大学学报(自然科学版),2009(03):193-195.
- [13]黄浩.排油污水监控系统的设计与实现:(硕士学位论文).杭州:浙江大学,2006.
- [14]林洪贵,李寒林,蔡振雄.船舶舱底水分离器使用的自动记录与监控系统设计.船海工程.2008(16):136-138.
- [15]王仲生.智能检测与控制技术.西安:西北工业大学出版社,2002.
- [16]REVISED GUIDELINES AND SPECIFICATIONS FOR OIL DISCHARGE MONITORING AND CONTROL SYSTEMS FOR OIL TANKERS, RESOLUTION OF MEPC.108(49).2003.
- [17]申忠如,郭福田,钱政,陆陆.智能化孔板式流量计.测试技术学报.1996(8):89-91.
- [18]REVISED GUIDINGS AND SPECIFICATIONS FOR BILGE WATER POLLUTION PREVENTION EQUIPMENT, RESOLUTION OF MEPC.107(49).2003.
- [19]国际海事组织 73/78 防污公约附则 I(续).港航节能,2007(5):207-208.
- [20]王占猛.GPS 与单片机接口程序设计.电子测试.2007.07:32-33.
- [21]刘雁澄,殷佩海,孙秀军.船舶污油水排放监控系统的研制.大连海事大学学报,1999,25(4):70-73.
- [22]柯广庆.浅谈船舶排放舱底水造成污染事故的现状原因及对策.中国水运,2007.07:9-10
- [23]黄浩,赵光宙,刘栋良.基 VB 的排油污水监控系统.工业控制计算机,2005.18(7):28-30.
- [24]林倩,严桂林.基于 STC12C5A60S2 单片机的 SD 卡读写.电子元器件应用.2010:12(4):1-3.
- [25]SanDisk Corporation.Secure Digital Card Product Manual Revision 1.7,2003.

- [26]安冬.基于 MCF51JM128 的 SD 卡读写系统设计与实现:(硕士学位论文).沈阳:东北大学,2009.
- [27]STC12C5A60S2/STC12C5A01AD 系列单片机器件手册.www.STCMCU.com.
- [28]李群,肖看.单片机原理、接口及应用.北京:清华大学出版社,2005.3:27-28.
- [29]来清民.传感器与单片机接口及实例.北京:空航天大学出版社,2008.
- [30]张海燕.RS232/RS485 与 CAN 总线协议转换器的研究与设计:(硕士学位论文).大连:大连海事大学,2008.
- [31]冯文旭,朱庆豪.单片机原理及应用.北京:机械工业出版社,2008:83-84.
- [32]黄伟锋,叶祥,李苏.基于 ATmega16 的 GPS 经纬度数据接收系统.研究与开发,2009,8(8):51-53.
- [33]姚德法,张洪林.串行时钟芯片 DS1302 的原理与使用.开发与应用,2006(1):91-94.
- [34]www.maxim2ic.com.DS1302 Trickle Charge Timekeeping Chip DALLAS,2001.
- [35]王晨光,孙运强.串行时钟芯片 DS1302 在温度测量记录仪表中的应用.电子测试,2008(12):65-66.
- [36]黄明强.DS1302 在单片机系统中的应用.保定师范专科学校学报,2007,17(2):30-34.
- [37]胡汉才.单片机原理及其接口技术.北京:清华大学出版社,2004.2:404-405.
- [38]张恒.基于 AT89S52 和 FAT16 的 SD 卡读写系统设计.单片机与嵌入式系统应用,2009(8):54-56.
- [39]余善恩,郭森,傅国定.基于 SD 卡存储的便携式温湿度记录仪.机电工程,2009(11):28-29.
- [40]Microsoft Corporation. FAT: General Overview of On DiskFormat Version 1.03,2000.
- [41]张大明.单片机控制应用技术.北京:机械工业出版社,2007.
- [42]广州周立功单片机发展有限公司.zlg7289A(串行接口 8 位 LED 数码管及 64 键键盘智能控制芯片).http://www.zlgmcu.com.
- [43]蔡建军,朱如鹏.一种基于 ZLG7289A 的人机接口设计.无锡职业技术学院学报,2009,8(6):47-48.
- [44]杨云飞. I^2C 接口 ZLG7289 在智能控制器测试仪中的应用.低压电器,2007 (9):15-16.
- [45]解金榜.新型 SPI 总线在人机接口设计中的应用.河南科技学院学报,2006 (4):103-105.
- [46]董雪峰.基于 SPI 总线的人机接口设计.长沙电力学院学报,2005,4 (3):47-50.
- [47]周立功单片机.ZLG7289A 串行接口 LCD 数码管及键盘管理器件数据手册. http://www.zlgmcu.com.
- [48]李海真,孙运强,王晨光.键盘显示控制芯片 ZLG7289A 在仪器仪表中的应用.国外电子测量技术,2008,2(27):58-60.
- [49]钟富昭.单片机典型模块设计与应用.北京:人民邮电出版社,2007.

- [50]胡元胜,周伟.智能显示驱动 ZLG7289A 的原理及应用.电子世界,2004(11):46-47.
- [51]张斌.点阵式液晶显示器 LM12864 与 51 单片机的接口设计.电子世界,2004,4.
- [52]马川.基于 ZigBee 的电推船舶电气设备过热监测系统设计:(硕士学位论文).大连:大连海事大学,2010.
- [53]TL431/TL431A Programmable Shunt Regulator.<http://www.fairchildsemi.com>.
- [54]贺桂芳.精密电压调节器 TL431 三种应用电路设计.山东大学.2006,19(1):50-52.
- [55]张立科.8051 系列单片机 C 程序设计完全手册.人民邮电出版社,2006:536-540.
- [56]王素凤.单片机与微型打印机的接口硬件设计.科技信息.2006(2):179-180.
- [57]Microsoft Corporation. How FAT Works: Local File Systems[OL]. <http://technet.Micros-oft.com>.
- [58]Motorola Inc.Motorola GPS Product & Oncore User's Guide(Rivision 5.0)[M].USA:Motorola Inc, 2002.
- [59]刘大杰,施一民,过静琚.全球定位系统(GPS)的原理与数据处理.上海:同济大学出版社,1996.
- [60]黄伟锋,俞龙,孙道宗.基于 S3C44B0X 和 M12 模块的 GPS 接收终端.现代电子技术.2007(21):22-23.
- [61]明日科技,宋坤,刘锐宁,李伟明.Visual C++开发技术大全.北京:人民邮电出版社,2007.
- [62]胡志坤.Visual C++通信编程工程实例精解.北京:机械工业出版社,2007.
- [63]郑莉,董渊,张瑞丰.C++语言程序设计(第3版).北京:清华大学出版社,2003.
- [64]赵辉,叶子青.Visual C++系统开发实例精粹.北京:人民邮电出版社, 2005.
- [65]郑莉,董渊,张瑞丰.Visual C++6.0 MFC 类库参考手册.北京:人民邮电出版社,2002.

附录 船舶排油监控系统控制单元硬件电路板



攻读硕士学位期间公开发表论文

- [1] 周飞云,赵友涛,刘彦呈,张巧芬.新型船舶排油监控系统设计与实现.机电设备, 2011 年第 1 期,P25-28.
- [2]周飞云,赵友涛,刘彦呈.噪声发电在船舶机舱中的应用.《船海工程》.(已收录)
- [3]胡顺强,刘彦呈,周飞云.基于 WSN 与现场总线的机舱监控网络设计研究.《船电技术》.(已收录)
- [4]张巧芬,刘彦呈,张勤进,周飞云.基于 WSN 的变电站设备温度监测系统设计.《低压电器》.(已收录)

致 谢

在本论文即将完成之际，谨此向我的导师赵友涛教授和刘彦呈教授致以衷心的感谢和崇高的敬意！本论文的工作是在赵老师和刘老师的悉心指导下完成的，两位老师以他们敏锐的洞察力、渊博的知识、严谨的治学态度、精益求精的工作作风给我留下了深刻的印象，这些使我受益匪浅，并将成为我终身献身事业的动力。

在攻读硕士的两年里，导师不仅为我创造了优越的科研和学习环境，使我得以在知识的海洋中自由翱翔，而且在思想上、人生态度和意志品质方面给予了谆谆教诲，这些教益必将激励着我在今后的人生道路上奋勇向前。

真诚感谢教研室的文元全老师、孙凡金老师、艾丽丽老师、王川老师和陈洋老师，他们不仅在学术上给我指引，而且在生活上予以帮助，从他们身上我学到很多知识。实验室的张勤进、张巧芬、张赅及师弟师妹们对论文中的软硬件的开发工作给予了热情的帮助，在此也向他们表达我的感激之情。

感谢我的室友同学，他们热情的帮助和支持给予我很大的信心，无数次的争论和探讨使我的研究工作有了长足的进展。

衷心地感谢我的父母和其他亲朋好友对我的关心支持和理解，没有他们的关心、鼓励和支持，我无法完成现在的硕士学业。

最后，感谢曾经教育和帮助过我的所有老师，衷心地感谢为评阅本论文而付出宝贵时间和辛勤劳动的专家和教授们！

研究生履历

姓 名	周 飞 云
性 别	男
出生日期	1986 年 03 月 18 日
获学士学位专业及门类	轮机工程
获学士学位单位	大连海事大学
获硕士学位专业及门类	轮机工程
获硕士学位单位	大连海事大学
通信地址	辽宁省大连市凌海路 1 号
邮政编码	116026
电子邮箱	zhoufeiyun.ling@163.com