

学校编码: 10384

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_

学号: X2011230750

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

# DCS 系统过程控制功能的设计与实现

The Design and Implementation of Process Control

Functions of DCS

孙勇

指 导 教 师: 段 鸿 副 教 授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论 文 提 交 日 期: 2013 年 09 月

论 文 答 辩 日 期: 2013 年 11 月

学 位 授 予 日 期: 2013 年 月

指 导 教 师: \_\_\_\_\_

答 辩 委 员 会 主 席: \_\_\_\_\_

2013 年 09 月

## 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 日

## 摘要

DCS 系统是 70 年代中期在 PLC 基础上随着现代大型工业自动化不断兴起而发展起来的新型控制系统,是为满足日益复杂的控制需求应运而生的综合控制系统。目前已发展成为工业过程控制的主体设备,为提高工业生产的安全、平稳运行创造了条件,为提高工艺过程操作、控制及生产管理水平发挥了重要作用。

DCS 系统紧密依赖于自动控制技术、计算机技术、通讯技术以及 CRT 显示技术,实现了生产过程的集中监控和集中管理,避免了常规仪表功能单一、布局分散以及计算机控制系统危险高度集中的问题。提高了工业生产过程的控制精度,降低了维护及运行成本。

随着计算机技术及通讯技术的发展,DCS 系统已不再是一个局限于以单纯的过程控制功能为目的的控制系统,而是一个充分发挥信息管理功能的综合平台,系统开发商也不再将开发组态软件或制造各种硬件单元视为核心技术,而是采用第三方集成方式来共同开发满足用户需求的功能,在这个前提下,DCS 系统向着信息化和集成化方向继续发展。

本文以化工生产过程的监控需求为出发点,通过七个章节对 DCS 系统关键技术、系统性能需求、软件和硬件设计进行了详细阐述,并通过实例结合自动化控制技术对系统功能的实现过程进行了初步探讨,最后以实际工作经验对系统测试与维护方面的内容进行了介绍。

**关键词:** DCS; 组态; 自动控制

## Abstract

As a new type of control system based on PLC and developed with the continuous rise of modern large-scale industrial production automation in the mid-1970s, DCS is an integrated control system designed to meet the increasingly complex control requirements. For the present DCS develops into the main equipment of industrial process control, creates the conditions for improving the safety and smooth operation of industrial production, and plays an important role in improving the process operation, control and production management level.

DCS, closely dependent on the automatic control technology, computer technology, communication technology and CRT display technology, achieves the centralized monitoring and management of production process, and avoids the problems of single function, scattered layout and highly centralized danger of computer control system in the conventional instrument. DCS improves the control precision of industrial production process, and reduces the costs of maintenance and operation.

With the development of computer and communication technology, DCS is not confined to a control system with the purpose of mere process control functions any more, but rather an integrated platform for information management functions. System developers don't see the development of configuration software or manufacture of various hardware units as the core technology any more, but rather use a third-party integration method to develop functions to meet the demands of users together. Based on that, DCS develops continuously towards informatization and integration.

Beginning with monitoring needs of chemical production process, this paper uses seven chapters to state the key technologies, performance requirements, software and hardware design of DCS system in detail, and preliminarily discusses the realization of system functions through the combination of examples and automation control technology, and finally based on the actual work experience, introduces the system testing and maintenance.

**Keywords:** Distributed Control System; Configuration; Automatic Control;

## 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 项目开发背景及意义.....	1
1.2 DCS 系统的发展.....	2
1.2.1 DCS 系统的发展背景.....	2
1.2.2 DCS 系统的发展概况.....	3
1.2.3 国内外 DCS 系统研究现状.....	5
1.3 论文的主要研究内容.....	6
1.4 论文章节安排.....	6
<b>第二章 DCS 系统关键技术</b> .....	<b>8</b>
2.1 工业自动化控制技术.....	8
2.2 分散型集中控制技术.....	8
2.2.1 分级分布式设计结构.....	8
2.2.2 功能、危险分散.....	9
2.2.3 集中控制.....	9
2.3 信号采集与数据预处理.....	10
2.4 系统组态.....	10
2.5 图形化组态.....	10
2.6 数据存储与通信.....	11
2.7 OPC 技术的运用.....	11
2.8 本章小结.....	12
<b>第三章 需求分析</b> .....	<b>13</b>
3.1 工业生产过程的监控.....	13
3.1.1 工业生产过程.....	13
3.1.2 工艺监控.....	14
3.2 系统基本功能.....	15
3.2.1 安全性能.....	15
3.2.2 数据处理功能.....	15

3.2.3 信息发布功能.....	15
3.2.4 远程访问功能.....	15
3.2.5 操作监控功能.....	15
<b>3.3 系统性能要求.....</b>	<b>20</b>
3.3.1 通讯功能技术要求.....	20
3.3.2 工程师站功能技术要求.....	21
3.3.3 现场控制站总体技术要求.....	21
3.3.4 维护和可靠性技术要求.....	23
<b>3.4 本章小结.....</b>	<b>24</b>
<b>第四章 系统硬件设计及工程实现.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 系统硬件设计.....</b>	<b>25</b>
4.1.1 仪表 I/O 点清册的制定.....	25
4.1.2 I/O 模块设计.....	28
4.1.3 主控制模块和数据转发模块的设计.....	29
4.1.4 通讯网络设计.....	29
4.1.5 工程师站/操作员站配置.....	31
<b>4.2 工程硬件实现.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3 本章小结.....</b>	<b>34</b>
<b>第五章 系统软件设计及功能实现.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 方法选择.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 组态软件.....</b>	<b>36</b>
5.2.1 组态软件功能.....	36
5.2.2 组态软件的组建.....	37
5.2.3 系统组态信息的输入.....	38
5.2.4 常用组态软件.....	38
<b>5.3 实时数据库.....</b>	<b>39</b>
<b>5.4 组态软件功能实现.....</b>	<b>40</b>
5.4.1 控制站组态概念.....	41
5.4.2 控制单元（主控制卡）组态.....	42

5.4.3 数据转发卡组态.....	43
5.4.4 I/O 组态.....	43
5.4.5 自定义变量组态.....	46
5.4.6 回路算法的实现.....	49
<b>5.5 系统与智能设备的通讯实现.....</b>	<b>59</b>
5.5.1 通讯模块.....	59
5.5.2 ModbusRTU 通讯协议.....	59
5.5.3 系统与多个从站数据通讯.....	60
5.5.4 系统与单从站多数据通讯.....	63
<b>5.6 系统数据的存储与传输.....</b>	<b>65</b>
5.6.1 系统数据存储.....	65
5.6.2 系统应用软件的数据传输.....	67
<b>5.7 用户权限管理功能的实现.....</b>	<b>73</b>
<b>5.8 本章小结.....</b>	<b>76</b>
<b>第六章 系统测试与维护.....</b>	<b>77</b>
<b>6.1 配电单元测试.....</b>	<b>77</b>
<b>6.2 I/O 通道测试.....</b>	<b>77</b>
6.2.1 AI 通道测试.....	77
6.2.2 AO 通道测试.....	78
6.2.3 DI 通道测试.....	78
6.2.4 DO 通道测试.....	78
<b>6.3 系统冗余配置测试.....</b>	<b>78</b>
6.3.1 主控制卡的冗余测试.....	78
6.3.2 数据转发卡的冗余测试.....	78
6.3.3 通信系统冗余测试.....	78
<b>6.4 应用软件功能测试.....</b>	<b>79</b>
6.4.1 监控画面测试.....	79
6.4.2 历史数据管理功能测试.....	79
6.4.3 报警管理功能测试.....	79
6.4.4 控制回路参数整定.....	79



6.4.5 其他测试.....	82
<b>6.5 系统维护.....</b>	<b>82</b>
6.5.1 组态编译.....	82
6.5.2 组态下载.....	82
6.5.3 数据备份.....	82
6.5.4 组态传送.....	83
<b>6.6 本章小结.....</b>	<b>84</b>
<b>第七章 总结与展望.....</b>	<b>85</b>
7.1 总结.....	85
7.2 展望.....	86
7.2.1 系统的信息化发展.....	87
7.2.2 系统信息化的实现.....	87
7.2.3 系统的集成化发展.....	87
7.2.3 系统的开放化发展.....	88
<b>参考文献.....</b>	<b>89</b>
<b>致    谢.....</b>	<b>91</b>

## Contents

<b>Chapter 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background and significance of project development.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 DCS development.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Background of DCS development.....	2
1.2.2 Overview of DCS development.....	3
1.2.3 DCS research status at home and abroad.....	5
<b>1.3 The main research content.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Chapters arrangement.....</b>	<b>6</b>
<b>Chapter 2 Key technologies of DCS.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Industrial automation and control technology.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Distributed and centralized control technology.....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Hierarchically distributed design structure.....	8
2.2.2 Distribution of functions and risk.....	9
2.2.3 Centralized control.....	9
<b>2.3 Signal acquisition and data preprocessing.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 System Configuration.....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Graphical configuration.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Data storage and communication.....</b>	<b>11</b>
<b>2.7 Application of OPC technology.....</b>	<b>11</b>
<b>2.8 Chapter Summary.....</b>	<b>12</b>
<b>Chapter 3 Requirements Analysis.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Industrial production process monitoring.....</b>	<b>13</b>
3.1.1 Industrial production process.....	13
3.1.2 Process monitoring.....	14
<b>3.2 System basic functions.....</b>	<b>15</b>
3.2.1 Safety performance.....	15
3.2.2 Data processing function.....	15
3.2.3 Information dissemination function.....	15
3.2.4 Remote access function.....	15
3.2.5 Operation monitoring function.....	15
<b>3.3 System performance requirements.....</b>	<b>20</b>

3.3.1	Technical requirements of communication function.....	20
3.3.2	Technical requirements of engineer station function.....	21
3.3.3	General technical requirements of the field control station.....	21
3.3.4	Technical requirements of maintenance and reliability.....	23
<b>3.4</b>	<b>Chapter summary.....</b>	<b>24</b>
<b>Chapter 4</b>	<b>System Hardware Design and Engineering Implementation.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>System hardware design.....</b>	<b>25</b>
4.1.1	Design of instrument I/O points inventory.....	25
4.1.2	Design of I/O module.....	28
4.1.3	Design of the main control module and data forwarding module.....	29
4.1.4	Design of communication network.....	29
4.1.5	Engineering / operator station configuration.....	31
<b>4.2</b>	<b>Engineering hardware implementation.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3</b>	<b>Chapter summary.....</b>	<b>34</b>
<b>Chapter 5</b>	<b>System software design and function implementation...35</b>	
<b>5.1</b>	<b>Methods choices.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Configuration software.....</b>	<b>36</b>
5.2.1	Configuration software function.....	36
5.2.2	Configuration software building.....	37
5.2.3	Input of system configuration information.....	38
5.2.4	Common configuration software.....	38
<b>5.3</b>	<b>Real-time database.....</b>	<b>39</b>
<b>5.4</b>	<b>Configuration software function implementation.....</b>	<b>40</b>
5.4.1	Concepts of control station configuration.....	41
5.4.2	The control unit ( master control module ) configuration.....	42
5.4.3	Data forwarding module configuration.....	43
5.4.4	I/O configuration.....	43
5.4.5	Custom variables configuration.....	46
5.4.6	Implementation of loop algorithm.....	49
<b>5.5</b>	<b>Implementation of communication between systems and intelligent devices.....</b>	<b>59</b>
5.5.1	Communication module.....	59

5.5.2 ModbusRTU communication protocol.....	59
5.5.3 Data communications between systems and multiple slave stations....	60
5.5.4 Multiple data communications between systems and a single slave station.....	63
<b>5.6 Production information management system.....</b>	<b>65</b>
5.6.1 Heterogeneous systems building.....	65
5.6.2 Implementation of functions of production information management system.....	67
<b>5.7 Implementation of user rights management function.....</b>	<b>73</b>
<b>5.8 Chapter summary.....</b>	<b>76</b>
<b>Chapter 6 Testing and Maintenance of System.....</b>	<b>77</b>
<b>6.1 Power distribution unit tested.....</b>	<b>77</b>
<b>6.2 I/O channel tested.....</b>	<b>77</b>
6.2.1 AI channel tested.....	77
6.2.2 AO channel tested.....	78
6.2.3 DI channel tested.....	78
6.2.4 DO channel tested.....	78
<b>6.3 System redundancy configuration test.....</b>	<b>78</b>
6.3.1 The main control module redundancy test.....	78
6.3.2 Data forwarding module redundancy test.....	78
6.3.3 Communication system redundancy test.....	78
<b>6.4 Application software function test.....</b>	<b>79</b>
6.4.1 Monitoring HMI test.....	79
6.4.2 Historical data management function test.....	79
6.4.3 Alarm management function test.....	79
6.4.4 Control loop parameter tuning.....	79
6.4.5 Other tests.....	82
<b>6.5 System maintenance.....</b>	<b>82</b>
6.5.1 Configuration compilation.....	82
6.5.2 Configuration download.....	82
6.5.3 Data backup.....	82
6.5.4 Configuration transmission.....	83
<b>6.6 Chapter summary.....</b>	<b>84</b>

<b>Chapter 7 Conclusions and Outlook.....</b>	<b>85</b>
<b>7.1 Conclusions .....</b>	<b>85</b>
<b>7.2 Outlook.....</b>	<b>86</b>
7.2.1 System informatization development.....	87
7.2.2 System informatization implementation.....	87
7.2.3 System integration development.....	87
7.2.4 System opening development.....	88
<b>References.....</b>	<b>89</b>
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>91</b>

厦门大学博硕士学位论文摘要

## 第一章 绪论

### 1.1 项目开发背景及意义

以炼油厂催化裂化装置分馏单元操作监控屏为例，来讲述本项目开发背景及意义，如图所示。

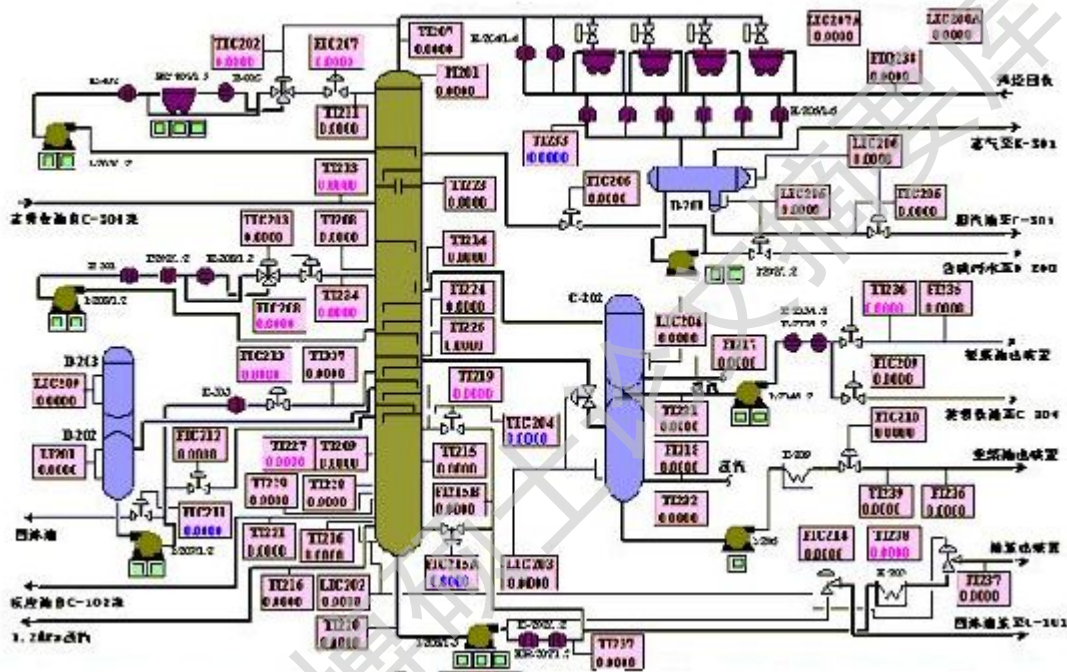


图 1-1 炼油厂催化裂化装置分馏单元操作监控屏

该图展示了一套炼油生产装置其中一个单元的监控流程。在 90 年代，我国炼油化工装置操作室内都是将工艺流程图绘在操作室内的仪表监控盘（一面墙）上，流程图中包含有各类设备图形以及工艺管线的示意，按照工艺监控的要求，在流程图墙壁上安装有各类监控仪表（二次表），每个仪表就代表一个工艺检测参数或控制回路，监控操作人员就是在这面墙上通过来回走动监视仪表参数、操作仪表上的按钮对工艺过程进行监控的；

仪表维护人员需要熟练掌握各类仪表结构、原理、性能才能满足仪表设备维护的需求。当有流程改动或使用新的仪表设备时，墙面上的流程图也会进行相应改动，同时墙壁后的二次仪表盘柜接线也要做相应改动，工作量是比较大的。

对于诸如电机类的监控操作，则是将所有所有电气二次回路引入操作室内的控制台上，通过口头指令由专人进行监控；

至于生产参数的曲线记录，则是通过纸墨记录仪（后逐渐改为无纸记录仪）进行曲线绘制；仪表工的日常巡检工作包括对笔墨记录仪进行填充墨水和记录纸的更换。报表记录是通过操作人员定时对各仪表显示数据进行人工记录，数据分析则是通过翻阅人工记录来开展的；

报警功能则是通过仪表或电器回路的通断来接通或断开声光报警仪的声音、灯光回路，发出报警，提醒操作人员；由于没有有效的手段对数据进行存储，所以也就没有数据传输和信息管理的功能。在工艺不平稳或操作较多时，操作室内是非常繁忙的。

上述内容，所表现出的弊端是显而易见的，各个环节都不可避免存在人为因素的干扰，操作、监控、记录、维护乃至施工检修等方面对于人员的要求是较高的，由于没有网络接入，信息的传送仅仅是通过电话、人工报表的形式来建立的，过程的统一协调也都是通过人工调度来实现的。

综上所述，为减少过程监控中的人为干扰因素，使过程控制更加便捷、安全可靠，提高产品质量和工作效率，实现数据共享达到信息化管理的目的，建立一套分散型综合控制系统 DCS（Total Distributed Microprocessor Control System）是十分必要的。

## 1.2 DCS 系统的发展

### 1.2.1 DCS 系统的发展背景

随着工业现代化的飞速发展，工艺过程日趋复杂，流程中前后工序的相互关联与制约更加紧密，与此同时，为连续、安全、平稳生产，提高效率及质量，相应地对过程信息与控制管理提出了更高的要求。

在 50~60 年代，工业自动化仪表以气动仪表为主，仪表信号为气源信号。随着电子技术的迅速发展，在 50 年代末 60 年代初出现了电动单元组合仪表，并得到广泛的应用。仪表信号也由气动信号变为电信号，在具体实施中，其施工维护的难度及强度也大大的减小。

60 年代末，工业生产规模不断扩大，生产过程的复杂程度在不断增加，工艺流程中各单元之间的耦合关联度也在不断加强，常规的电动单元组合仪表已不能满足需求，对于工业控制系统，除了要求完成常规控制外，还要求系统既能处理大量数据，又能实现高级控制，于是便逐渐引入计算机控制。<sup>[1]</sup>

计算机控制在实现集中监控的功能时，同时使实现高级控制、信息通信等功

能变得更加容易，其控制精度高的优点，使生产过程综合控制水平得到进一步提高。但是，在一个大型化工厂或生产装置中，一台计算机控制系统往往要集中控制几十个甚至几百个回路以及几百个需要集中显示操作报警的过程变量，显然随着控制功能高度集中，事故发生的危险性也高度集中，一旦计算机控制系统出现故障，控制、操作、监视将无法进行，给生产带来很大影响，甚至会造成全局性的重大事故<sup>[2]</sup>。由于计算机控制系统的不足之处，常采用双机运行方式或以常规模拟仪表作为后备是经常采用的方法，这种做法最终导致维护工作量增大，成本增加，并且对于危险分散和可靠性提高的问题任然没有解决。

进入 70 年代中期，随着大规模集成电路的问世、微处理器的诞生，控制技术、计算机技术、显示技术、通讯技术等得到进一步发展，开发研制出了以微处理器为基础的新型过程控制系统—DCS 系统，该系统集成了常规模拟仪表和计算机控制系统的优点，使控制系统安全性和可靠性得到进一步提高。

DCS 系统是按照分级递阶结构进行组织的，在硬件上，按控制功能或区域将微处理器进行分散配置给各个控制站，每个控制站可控制多个回路。若干个控制站组合成整套控制系统，控制整个生产过程，从而达到了控制功能分散、危险分散的目的；系统中使用多台计算机对生产过程进行监视、操作和管理，各个站通过完全双重化的数据通信系统连接起来。此外以微处理器为基础的分散控制系统，解决了常规模拟仪表系统控制功能单一、人机接口不好的缺点；系统将连续控制、批量控制、顺序控制、数据采集处理、操作、管理与生产过程有机结合起来<sup>[2]</sup>。

### 1.2.2 DCS 系统的发展概况

1975 年，美国霍尼韦尔公司首次发布 TDC2000 系统，从此过程控制进入分散控制系统的时代。同期日本横河株式会社(YOKOGAWA)推出的 CENTUM；美国泰勒仪器公司推出 MOD III 系统；美国贝利控制公司推出 NETWORK-90 系统；美国福克斯波罗公司推出 I/A S；美国西屋公司推出 WODPF 系统；德国西门子公司推出 TELEPERM M 系统；英国肯特过程控制公司推出 P 400 系统等<sup>[2]</sup>。

自 1975 年以来，随着分散型控制系统的硬件和软件功能的不断完善和发展，DCS 系统的发展大致经历了三个阶段，DCS 系统在不同阶段所采取的重点技术不同，表现如下。

第一阶段：1975 年~1980 年；



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

厦门大学博硕士论文摘要库