

摘 要

氰化工艺作为金矿冶炼的主要步骤,在整个冶金过程中占有极其重要的地位。但是我国的氰化工艺尚未成熟,没有形成比较规范的模式,大部分工艺流程都是在企业技术人员的摸索下自行完成的,大部分设备采用人工进行操作监控。由于车间设备繁多,条件比较恶劣,各种外界干扰比较严重,而工艺指标要求又比较高,很难实现最优化的控制。同时工艺流程也是在不断的扩充和改建,使得现场操作的难度不断的增加。

随着计算机的普及,计算机管理制度也在现代企业中逐渐深入人心。对于大量数据的快速处理和重复性的劳动都要让计算机来完成,而对于处理结果的分析、判断、决策等创造性劳动,则由管理人员来完成。这种人尽其才、物尽其用的人机系统是当前计算机用于企业管理的主要格局。因而为了使氰化工艺的各项技术指标更加稳定,工艺更加流畅,在提高提取比例的同时降低工人劳动强度,改善工人工作环境,对氰化工艺进行全程自动化控制势在必行。

本文从实际出发,以山东招远招金集团金翅岭金矿氰化一厂为例,介绍了基于 DCS 的氰化工艺自动控制系统的设计与开发。该系统采用德国西门子公司的 SIEMENS PCS7 过程控制系列产品搭建,完成了对现场 980 个点的数据采集任务。该系统在传统的 DCS 系统的基础上,引进了现场总线技术,提出了基于现场总线的 DCS 控制系统。PLC 的编程使用西门子开发的 STEP7 编程软件,上位机组态同样使用西门子公司的 SIMATIC WINCC。通过该系统管理人员可以实时监测生产过程中各种主要参数以及工人工作量的真实情况,并对所采集数据的进行统计分析,存档,为提高企业管理水平提供了可信的依据。

本文介绍了金矿氰化厂自控系统的硬件、软件设计,以及通讯网络的连接。通过对现场数据的采集、控制室上位监控、通过 DDE 的 LED 大屏幕显示、数据的远程访问四个主要部分的设计,实现了对现场设备的集中控制和信息资源共享,提高了金矿的综合自动化水平和管理水平。弥补了金矿自动化水平普遍较低的不足。

本系统已在山东招远招金集团金翅岭金矿氰化一厂投入运行,使用本系统能使现场工人实时了解生产过程的主要参数的变化,及时发现问题并解决问题,最

山东大学硕士学位论文

大限度地优化了工艺，从而达到工艺最优的目的。与此同时提高了企业的经济效率和管理水平。

关键词：氰化工艺、DCS、SIMATIC WINCC、MFA（无模型自适应）、现场总线

ABSTRACT

As the main step of gold mine smelt, cyaniding craft plays an important role in the whole process. However, the performance of domestic cyaniding craft is not efficient enough, and it hasn't shaped a canonical pattern. Most of the crafts were completed tentatively by skilled workers of these factories. Most of the equipments are operated manually. Because of various equipments, atrocious circumstance, serious disturbance of environment, it is difficult to realize optimal control and to achieve the high craft target. Moreover, the requirements and needs of manufacturing are increased day by day, which is resulted in the augment of the complexity of the field control continuously.

With the popularization of the computer, the supervisory system of the computer is going deep into the heart of the people. The computer disposes of a great deal of data fleetly and does a lot of repeated work, however much creationary work such as analyzing, estimating the result and making the decision of these result will be done by manager. This system is the main pattern of using the computer into the management of the enterprise. So, in order to make technical parameter more stable, and the craft more perfect, automatic control of the whole arts and crafts must be done.

This paper setting out from an actual problem introduces a automatic control system of cyaniding arts and crafts based on DCS, for an example of Jinchiling gold mining ltd. of ZhaoJin group in Shandong. This system was setted up with the process controlling produces of SIEMENS PCS7, and gather the message of 980 dots. On the base of traditional DCS, the fieldbus was used to this system. The PLC was programmed with SEIMENS STEP7, the senior PC was programmed with SIMATIC WINCC. This system also transmits important data into EXCEL sheets by way of DDE connection of WinCC. The manager can inspect the main craft parameters and workload of operators via this system. The system also gives an important criterion of making use of energy sources.

In this paper, the development and design of the automation control system is

知识水坝为您整理

introduced. Four parts included in the system are as follows: filed data acquirement, computer monitoring and control, LED display connected by DDE, remote access. By the system we designed, we realized the collective control for the field equipments and the information resource sharing, so the commonly insufficiency of gold mineral was solved, and the automation management of gold mineral was improved to a new level.

This system runs well in the plant of Jinchiling gold mining ltd. of ZhaoJin group in Shandong after it was completed. It realizes such functions as letting the operators know the alteration of main field parameters, so they can find and solve the problems very soon once it happens. As a result, it makes the arts and crafts work in optimal status, and it improves the efficiency of the economic and the level of management.

KEYWORDS: cyaniding craft、DCS、SIMATIC WINCC、MFA(model-free adaptive)、fieldbus

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

论文作者签名：杨伟杰 日期：2006.4.20

关于学位论文使用授权的声明

本人完全了解山东大学有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留或向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权山东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，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。

(保密论文在解密后应遵守此规定)

论文作者签名：杨伟杰 导师签名：Yuef 日期：2006.4.20

第一章 前言

1.1 项目背景

世界经济的发展使人类对金属的需求量逐年增加,矿物资源随着矿石的大量开采利用而日益贫乏,人们越来越多地利用贫矿和复杂矿,因而需要处理的矿石量也越来越大,矿冶工艺越来越复杂,能耗和生产成本不断上升,对环境的污染也日益严重,人们普遍认为这已成为当今世界矿物工业所面临的最严峻的挑战。为了迎接这种挑战,国内外都加强了新技术、新工艺、新设备的研究和应用工作,并取得了很大进展。其中,计算机和自动化技术在矿冶过程中的研究和应用尤其令人瞩目,从过程检测、过程控制到生产综合管理,成为更新矿冶这一传统产业,提高其经济效益和增强企业竞争力的强有力手段。国外在矿冶自动化技术上发展较快,特别是澳大利亚、加拿大、芬兰和南非等国家,他们不仅重视工艺、设备的改进,而且也非常重视自动化技术的研究与应用,计算机监控系统和计算机集散控制系统得到普遍应用。而国内在这方面起步较晚,同国外相比,技术水平明显落后,许多矿山企业不注重成本效益,科技投入少,使运营成本高,生产效率低,损耗浪费严重。进入上世纪八十年代之后,在市场竞争的压力下,矿冶自动化技术逐步得到重视,生产自动化水平得到一定的提高,一些先进控制技术开始得到研究与应用,但由于我国在过程数学模型和仿真系统的研究方面水平较低,因而也在一定程度上限制了矿冶自动化技术的研究和应用。

1.2 项目建设的必要性

山东招远招金集团是采、选、氰、冶综合配套的中(一)型国家二级企业、国家金、银冶炼加工定点企业。其现有氰化处理能力已达到易选冶精矿 400 吨/日,复杂精矿 100 吨/日。随着氰化处理规模的不断扩大,硫精矿(副产品)产量不断增加,但受工艺技术条件的制约,易选冶硫精矿中的 Cu、Pb 等有价金属得不到回收,复杂硫精矿中仍含有品位较高的金、银,这些有价金属只能随硫精矿销售,其价值得不到利用,造成了很大的资源浪费。同时,该公司的氰化厂因建设年代久远,且经过了多次扩建,造成基础设施老化、设备布局不合理、

工艺不完善等问题。因此,对氰化生产的全过程进行自动化改造,不仅可以充分利用国家资源、解决氰化生产过程中的跑、冒、滴、漏给环保带来的隐患,而且可以对提高生产技术指标、提高企业的技术含量、拓宽企业增效途径具有重要意义。

1.3 系统建设的意义

随着市场经济的逐渐深入,自动控制的观念越来越深入人心。为了减轻员工的负担,提高工作的效率,完善企业的管理,招金集团决定对整个企业的生产进行自动控制,以完成提高生产效率的功能。建立该系统可以给企业带来巨大的工作效益。具体地可以带来如下好处:

1. 使用本系统能使工艺的各项技术指标更加稳定,工艺更加流畅,降低工人工作量,并帮助现场工人实时了解工作进程,及时发现问题并解决问题,以便最大限度地优化工艺。

2. 提高了记录数据的可靠性和正确性,提高了计算准确率,减少了由于人为记录的不准确和误差造成的损失。

3. 系统的开放性和可扩展性,为以后扩容或其它工段形成全集成控制网络体系建立了基础,也使整个企业的现代化管理水平达到同行业的先进水平。

1.4 系统设计原则

氰化厂自控系统涉及计算机技术、自动控制技术、传感器技术、通信和网络技术等高新技术,是一项体系庞大而复杂、集成难度高的系统工程,因此系统建设和设计必须遵循如下原则:

1. 标准化原则:必须依据有关技术标准、技术规程等进行规范化和标准化设计,做到数据的接口定义和传输格式标准化,必要时采用相同型号或厂家的软硬件产品,便于系统集成。

2. 安全性和可靠性原则:系统运行的安全性、可靠性必须优先考虑,方案中所选择的每个元件和设备必须满足系统运行要求。设备应具有自检、自诊断功能;系统应能及早发现设备故障,避免发生事故,局部故障不应造成错误输出,并能自动报警;现场监控站应具有必要的冗余配置;信息采集及控制输出,要考

虑多重软件的硬件闭锁。

3. 先进性原则：当今世界高新技术日新月异，系统设计应把握先进稳定的传感器技术、最新电子控制技术、计算机技术、网络和通信技术的发展方向，采用先进的体系结构。应尽量选用同行业内先进成熟的技术和设备，选用先进的软硬件平台，营造高起点的系统开发与应用环境，并使系统能随着科学技术的发展而不断平滑升级。

4. 开放性和可扩展性原则：由于国内氰化工艺现在还没有完善，工艺流程、设备是在不断改进之中，本系统的开放性和可扩展性一定要很好的适应车间改良的需求，可根据用户的要求方便的链接多个从站，因而系统应留有扩充现场控制单元、外围设备和系统通信的接口。

5. 易于实施和可维护性原则：土建工程应易于施工，布线应合理，安装的设备应具有较好的可维护性。控制传输等设备应有利于系统设置、故障监测和恢复。软件系统设计应该方便操作员的操作，并易于维护。

2.1 工艺流程介绍^{[1][2]}

氰化工艺主要包括加料、磨矿、碱浸压滤、浸出、置换、浮选前压滤、综合回收、浮选尾矿压滤等几个主要工段，最终把金、银、铜、铅等分离出来；尾矿渣回收，用来提取其他非金属（硫等）。详细的工艺流程如下：

31. (1) 磨矿浸出

金银精矿由一台 5T 抓斗起重机加到 4 台 $\Phi 650 \times 2000$ 绞笼给料机，经过 4 台 $\Phi 2 \times 2\text{m}$ 搅拌槽，调浆后通过除草机进入 2 台 $\Phi 4 \times 4.5\text{m}$ 缓冲槽，同时石灰注入一台 $\Phi 3 \times 8\text{m}$ 石灰罐，放入一台 $2 \times 2\text{m}$ 搅拌槽，调浆由一台 KP600 单管软管泵加入缓冲槽，经混合后，由 4 台 3/2C-AHR 渣浆泵分别打入对应的 6 组 $\Phi 150$ 旋流器组，进行分级，旋流器沾砂往 6 台 $\Phi 1.5 \times 4\text{m}$ 球磨机磨矿。磨机排矿与旋流器分级形成闭路磨矿。分级溢流浓密机为 10-15%，细度为 -400 目占 88% 以上。氧化钙浓度 0.3-0.4%，溢流自流分别流入三台 $\Phi 16\text{m}$ 单层浓密机进行沉淀。溢流部分作加料，球磨分级泵调浆水部分外排。单层放矿分别流入每台 $3 \times 3.5\text{m}$ 缓冲槽，再用三台 65EGB 泵分别打入三台 XAZ240/1500-A 板框压滤机进行压滤，滤液分别流回 $\Phi 16$ 单层浓密机，滤饼水分低于 20%，用三台 $\Phi 650 \times 1500$ 绞笼给料机经贫液调浆后给入三台 $\Phi 2 \times 2\text{m}$ 搅拌槽，搅拌后流入 $\Phi 3 \times 3.5\text{m}$ 缓冲槽。浓度为 38-42%。金银矿浆由四台 4/3C-AHR 泵分别打入七台 $\Phi 5 \times 5.6\text{m}$ 一浸浸出槽，及六台 $\Phi 5 \times 5.6\text{m}$ 一浸浸出槽，进行浸出，金一浸 NaCN 浓度控制在 3-4%，游离 CaO 浓度控制在 0.2-0.4%，浸出矿浆浓度为 38-42%。银一浸 NaCN 浓度控制在 5-6%，游离 CaO 浓度控制在 0.2-0.4%，矿浆浓度为 38-42%。金一浸矿浆用两台 65QV-SPR 泵打入两台 $\Phi 13.5\text{m}$ 三层浓密机进行一次洗涤，底流放矿用两台 2RGB75 软管泵打入 7 台 $\Phi 5 \times 5.6\text{m}$ 浸出槽进行二浸。二浸 NaCN 浓度为 3-3.5%。矿浆浓度为 38-42%。二浸后矿浆用两台 650V-SPR 泵打入两台 $\Phi 13.5\text{m}$ 三层浓密机进行二次洗涤。二次洗水溢流到一洗浓密机洗水箱，做为一次洗涤的洗水。一次洗涤溢流贵液自流到两台 $\Phi 3.8 \times 7\text{m}$ 净化外储液罐。银一浸矿浆用两台 65QV-SPR 泵打入一台 $\Phi 12\text{m}$ 三层浓密机进行一次洗涤。底流放矿用一台 2RCTB75 软管泵打入 6 台 $\Phi 5 \times 5.6\text{m}$ 浸出槽进行二浸。二浸 NaCN 浓度为 5-5.5%，矿浆浓

度为 38-42%。二浸后矿浆用两台 65QV-SPR 泵打入一台 $\Phi 12\text{m}$ 三层浓密机进行二次洗涤。二次洗涤溢流自流到一洗浓密机做为一次洗涤的洗水。一次洗涤溢流贵液自流到一台 $\Phi 18\text{m}$ 单层浓密机中进行沉淀。

(2) 净化置换

金银贵液分别用 3 台 6N6 冷凝泵打入 4 台 XAZ240 板框压滤机, 滤渣分别经两台 $\Phi 2\times 2\text{m}$ 搅拌槽后, 用两台 2PNJB 泵打入一洗 $\Phi 13.5\text{m}$ 三层浓密机。经过净化后的贵液金银分别自流到 4 台 $\Phi 3.8\times 7\text{m}$ 和 2 台 $\Phi 3.8\times 7\text{m}$ 的储液罐中, 储液罐中的贵液经三台 $\Phi 1.4\times 4.4\text{m}$ 脱氧塔进行真空脱氧。真空度不低于 0.08Mpa, 置换流量金 $>90\text{m}^3/\text{h}$, 银 $>45\text{m}^3/\text{h}$ 。脱氧塔内真空是靠 3 组射流真空泵组实现的。脱氧后的金银贵液与 3 台 LXG-30 锌粉给料机给入的锌粉混合后, 经 3 台 6N6 冷凝泵打入金 6 台银 3 台 BAY30/630 板框压滤机中, 进行置换沉淀。贫液流入金 3 台银 2 台 $\Phi 3.5\times 7\text{m}$ 储液罐中, 金银贫液用 3 台 6N6 泵分别打入各自的二洗洗水箱, 做为二洗洗液。置换后的金银泥送入冶炼室进一步提纯。

(3) 过滤

精矿经过二浸二洗后, 金银放矿自流到两台 $\Phi 3\times 3.5\text{m}$ 搅拌槽中, 用两台 65EGB 渣浆泵达到金 1 台 340m^3 银 1 台 240m^3 的溢流压滤机中进行压滤, 滤饼由两台 B1100 的皮带运至多元素浮选。回水由两台 65QV-SP 液下泵送到二次洗涤作洗水。

氰化尾矿经一台 XMZ340 压滤机, 两台 XMZ240 压滤机分别对一厂金、银、尾矿, 二厂氰化尾矿进行压滤。滤饼经调浆加药进行浮选, 分别回收 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 等元素。浮选精矿分别经 2 台 $\Phi 9\text{m}$ 单层, 1 台 $\Phi 6\text{m}$ 单层浓密机浓缩, 底流经 3 台 XAZ60 过滤机进行过滤, 生产出 Cu、Pb 及 Au、Ag 精矿, 出售有关冶炼厂, 浮选尾矿送入 $\Phi 21\text{m}$ 单层浓密机。

浮选尾矿经 2 台 XMZ340/1500 压滤机过滤, 滤液返回 $\Phi 21\text{m}$ 单层浓密机, 滤饼经两条 B1100 皮带运输机送到硫矿库出售。

工艺流程图见图 2-1。

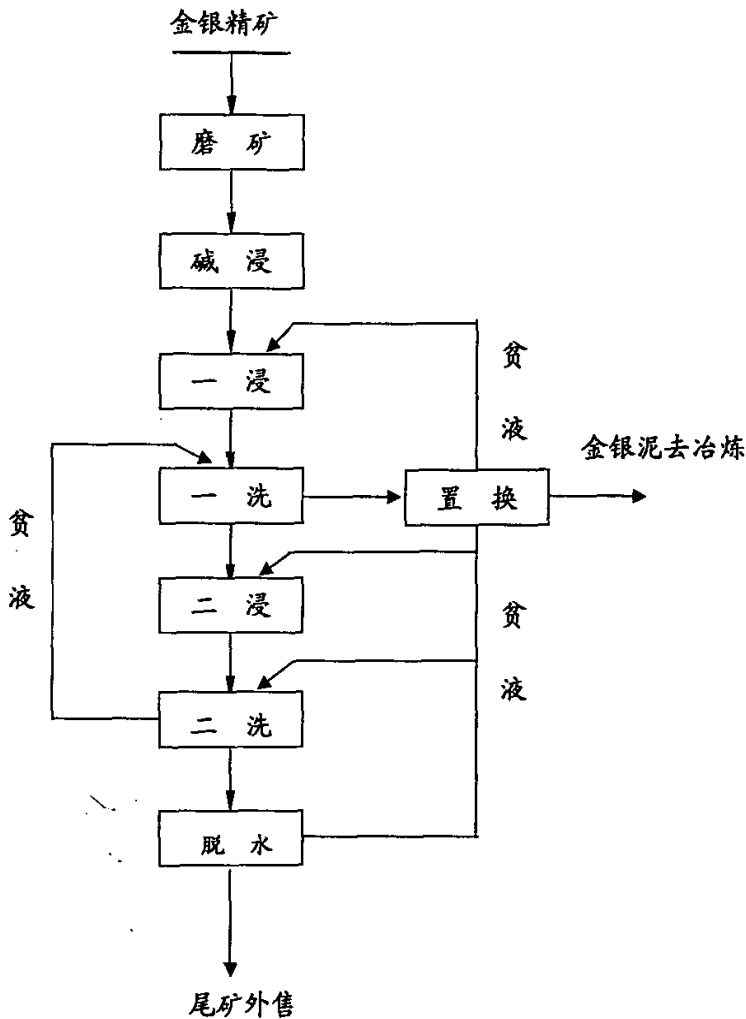


图 2-1 金银矿氰化工艺流程示意图

2.2 系统主要功能要求

系统共有模拟输入点 108 个，模拟输出点 101 个，数字量输入点 698 个，数字量输出点 73 个，主要实现的控制功能有：

(1) 在主控室计算机上显示所有电机的状态（启、停、故障），普通电机只在现场可控制其开、停，带变频器的电机可现场控制、远程控制、部分自动控制。现场可以显示电机的频率、电流，当在手动方式时，可在现场启动、停止电机，且可设定变频器频率。当在远程控制方式时，操作人员可通过主控室的计算机启

动、停止电机，且可设定变频器频率。在自动方式时，PLC 可把现场采集的数据与工艺要求值比较，通过运算，控制电机输出频率，从而满足工业要求，实现电机的闭环控制。

(2)对生产现场的重要数据（液位、压力、密度、流量、PH 等）进行实时采集汇总，并依据这些数据对相关部分仪表进行自动控制，从而使工艺指标水平提高。同时，要把这些数据显示在车间 LED 上，让车间工人对自己得操作有的放矢，最后对这些数据进行归档，形成趋势、报表，并定时打印。

(3)对现场处理矿量、各工段压滤出柜数目等重要工作量指标进行累积。
各工段控制点明细如下：

2.2.1 加料工段：

- (1) 螺旋给料机 4 台，电机功率 5.5kw，变频控制/现场控制/远程控制。
- (2) 缓冲槽液位检测，量程 0~4.5m (2 台)。
- (3) 软管泵，功率 5.5kw，变频控制/现场控制/远程控制 (1 台)。
- (4) 球磨机渣浆泵，密度检测、流量检测，量程 50M³/h，管径 75mm，变频控制，现场控制/远程控制/自动控制，干矿量累计 (4 套)。
- (5) 球磨机功率 55 kw, 主轴承温度检测、报警 (1 台， 2 个轴承)。

2.2.2 磨矿工段：

- (1) 分级泵变频控制，功率 15kw (6 台)，现场控制/远程控制/自动控制，液位计量程：0~1.2m (6 台)，自动控制补加水电动调节阀，管径 65mm (6 台)，旋流器进口压力变送器，量程 0~4Kg (6 台)。
- (2) 球磨机功率 95 kw, 主轴承温度检测、报警 (6 台，12 个轴承)。
- (3) 空压机变频控制，功率 130kw，现场控制/远程控制/自动控制，排气口温度检测，排气口压力控制，量程 0~2.5Kg (2 台)。

- (4) 软管泵变频控制，功率 5.5kw，现场控制/远程控制 (1 台)。

2.2.3 碱浸压滤：

- (1) 放矿缓冲槽液位自动控制，电动调节阀，管径 100mm；渣浆泵变频控制，功率 37kw，压力变送器，现场控制/远程控制/自动控制 (4 套)。
- (2) 滤饼螺旋给料机变频控制，功率 5.5kw，现场控制/远程控制 (3 台)。
- (3) 一浸渣浆泵，变频给矿，功率 7.5kw，流量检测，量程：250m³/h (DN65)，密度检测，现场控制/远程控制/自动控制 (4 套)。

山东大学硕士学位论文

(4) 滤饼调浆电动调节阀 (DN65), 自动控制 (3 台)。

(5) 二浸软管泵, 变频控制, 功率 11kw, 现场控制/远程控制/自动控制、浓度检测 (3 台)。

(6) 压滤机出柜拉板数记录、累计 (班累计) 3 套。

2.2.4 浸出工段:

(1) 计量泵, 功率 1.1kw, 变频控制, 现场控制/远程控制 (2 台)。

(2) 一浸渣浆泵, 金: 11kw (2 台), 银: 15kw (2 台), 变频控制, 现场控制/远程控制。

(3) 二浸打矿泵, 金 11kw (2 台), 银 15kw (2 台), 变频控制, 现场控制/远程控制。

(4) 凝聚剂软管泵变频控制, 功率 5.5kw (1 台), 现场控制/远程控制。

(5) NaCN 罐液位报警/显示量程 0~2.5m (2 套)。

2.2.5 置换工段:

(1) 贵液池液位, 量程: 0~7m, 报警显示 (3 套)

(2) 贵液净化泵, 功率 37kw, 变频控制, 现场控制/远程控制 (3 台)。

(3) 贵液入脱氧塔电动调节阀 (DN100), 流量变送量程: 90m³/h (3 套)。

(4) 脱氧塔流量变送, 量程: 90 m³/h, 压力变送器量程: 0~-0.1Mpa, 置换泵功率 37kw, 变频控制, 现场控制/远程控制/自动控制 (3 套)。

(5) 锌粉给料, 功率 0.55kw, 变频控制, 现场控制/远程控制/自动控制, 混合漏斗液位变送, 量程: 0~0.8m, 液位电动调节阀, 管径 80mm (3 套)

(6) 贫液池液位, 量程 0~3.5m, 显示/报警 (2 套)

(7) 贫液泵 37kw, 变频控制, 现场控制/远程控制/自动控制, 流量变送, 量程 90 m³/h, 管径 100mm (3 套)。

(8) 软管泵, 功率 5.5 kw, 变频控制, 现场控制/远程控制 (1 台)。

2.2.6 浮选前压滤:

同浸前碱浸压滤, 回水池液位, 量程 0~2.5m, 回水泵电机功率分别为: 15kw (1 台), 7.5kw (1 台), 11kw (1 台)。变频控制, 现场控制/远程控制/自动控制 (3 套)。

2.2.7 综合回收工段:

(1) 自动加药、计量 (9 台)

(2) 自动检测 PH 值, 以此自动调节 H_2SO_4 流量, 变频控制, 现场控制/远程控制/自动控制 (2 台)。

(3) 浮精压滤渣浆泵 11kw, 变频控制, 现场控制/远程控制 (3 台)。

(4) 叶氏风机, 30kw, 出口压力变送, 变频控制, 现场控制/远程控制/自动控制 (2 套)。

(5) 精矿泵, 功率 3kw, 变频控制, 现场控制/远程控制 (3 台)。

(6) 压滤机出柜数记录, 班累计 (3 台套)。

2.2.8 浮选尾矿压滤:

(1) 缓冲槽液位 (量程 0~3.5m), 浓度显示 (2 套)。

(2) 尾矿泵变频控制, 功率 7.5kw, 现场控制/远程控制/自动控制 (3 台)。

(3) 回水池液位 (量程 2.5m), 11kw 回水泵, 变频控制, 现场控制/远程控制/自动控制 (1 套)。

(4) 压滤机出柜数记录, 班累计, 2 台套。

2.2.9 有关电机控制要求

(1) 在计算机上可显示所有电机的状态 (开、停、故障), 普通电机只在现场可控制其开、停, 加变频器的电机可现场控制、远程控制 (部分自动控制)。

(2) 电机的现场控制, 是指可在现场显示电机的频率、电流, 当在手动方式时, 可在现场启动、停止电机, 且可设定变频器频率。

(3) 电机的远程控制, 是指当在远控方式时, 操作人员可通过控制室的计算机启动、停止电机, 且可设定变频器频率。

(4) 电机的自动控制, 是指在自动方式时, 计算机或 PLC 将从现场采集的数据与工艺要求值比较, 通过运算, 控制输出设备, 满足工业要求 (液位、压力、密度、流量、PH 等), 实现闭环控制。

2.2.10 所有的电动调节阀都要求有阀位反馈信号, 可在上位机显示其状态。

2.2.11 控制输入、输出点要留有 20% 余量。

2.3 控制系统构成

2.3.1. SIMATIC PCS7 系列简介^[3]

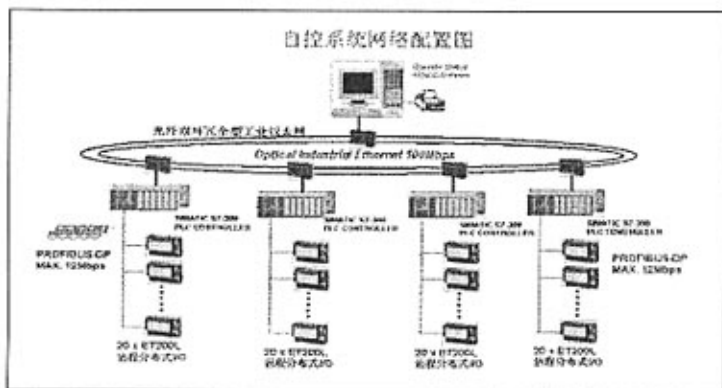
本系统主要使用德国西门子公司的现场控制设备搭建, 主要利用了 SIMATIC

PCS7 系列的产品。SIMATIC PCS7 是西门子公司在 TELEPERM 系列集散系统和 S5, S7 系列可编程控制器的基础上, 结合先进的电子制造技术、网络通讯技术、图形及图像处理技术、现场总线技术、计算机技术和先进自动化控制理论的先进过程控制系统。它采用优秀的上位机软件 WinCC 作为操作和监控的人机界面, 利用开放的现场总线和工业以太网实现现场信息采集和系统通讯, 采用 S7 自动化系统作为现场控制单元实现过程控制, 以灵活多样的分布式 I/O 接收现场传感检测信号。SIEMENS PCS7 过程控制系统具备了以下几个方面的特点:

- 1、高度的可靠性和稳定性 ;
- 2、高速度, 大容量的控制器 ;
- 3、客户/服务器的结构 ;
- 4、集中的, 从上到下的组态方式;
- 5、能灵活、可靠地嫁接于老系统 ;
- 6、集中的, 友好的人机界面 ;
- 7、含有配方功能的批量处理包 ;
- 8、开放的结构, 可以同管理级进行通讯;
- 9、同现场总线技术融为一体。

SIMATICPCS7 采用符合 IEC61131-3 国际标准的编程软件和现场设备库, 提供连续控制、顺序控制及高级编程语言。现场设备库提供大量的常用的现场设备信息及功能块, 可大大简化组态工作, 缩短工程周期。SIMATIC PCS7 具有 ODBC、OLE 等标准接口, 并且应用以太网、PROFIBUS 现场总线等开放网络, 从而具有很强的开放性, 可以很容易地连接上位机管理系统和其它厂商的控制系统。

图 2-2 是一个 SIMATIC PCS 7 组建的系统示意图。



2.3.2 系统简介^{[4][5]}

我们根据 PCS7 的优越性能并结合标书要求,对本系统进行了设计以及设备的选型,可以以最优化的配置完成工艺要求。本系统设有两个中央控制室,其中 1#中央控制室配置一个 CPU 414-2DP 主站,其所控制、监视、管理范围包括加料工段、磨矿工段、碱浸压滤工段、浸出工段、置换工段等主要生产流程;在中央控制室对生产工艺过程的现状和趋势进行监视、管理和操作,从而达到使生产工艺设备稳定、可靠运行的目的;根据工艺及现场设备的分布配置 1#、2#、3#、4#、5#、6#六个以 ET200 为分布式 I/O 的现场控制站。2#中央控制室配置一个 CPU 412-2DP 主站,其所控制、监视、管理范围包括浮选前压滤工段、综合回收工段以及浮选尾矿压滤工段等主要生产流程,根据工艺要求配置 1#、2#两个以 ET200 为分布式 I/O 的现场控制站。现场控制站通过 PROFIBUS-DP 总线与主站连接,主站通过高速数据通道与中央控制室操作站进行过程数据和信息传输。操作站还具有在线/离线组态功能,自诊断等功能分布式控制系统的现场控制站均可独立完成各自的控制任务。

数据采集过程大体如下:现场传感器的输出信号由各站信号模板采集、转化为相应的数字信号然后通过通讯模块送到 400PLC 主站,400PLC 主站把各站送来的数据按要求进行各种运算、处理后通过 MPI 网络传到服务器。客户机和服务器之间通过 OPC 方式进行数据的传递。

整个系统的软件均采用西门子的 WINCC V5.1(上位编程)和 STEP7 V5.1(下位编程)作为开发平台。通过分布在全厂的 ET200M 分布式系统采集现场的实时信号,S7-400 主站将各个子站传送来的数据进行处理,通过计算实现各重要控制点的自动控制,主要使用西门子公司的 STEP7 对 PLC 进行编程。上位服务器组态采用 SIMATIC WINCC,实现数据的实时显示,数据查询和报表的打印。同时利用 WINCC 中的 DDE 连接把主要数据导入 EXCEL 然后通过局域网连接到车间 LED 大屏幕显示,显示数据每分钟更新一次,使现场操作工能够实时掌握工作进程。400 主站通过 PROFIBUS_DP 和下面的各个子站相连,完成数据的传输,这种连接方式适合数据比较分散的分布式处理场合。为保证数据采集的实时性和正确性,

400 主站通过 MPI 协议与上位机的数据采集卡相联。各个子站采集到的信号经过通讯模块的处理后，通过 PROFIBUS 总线把信号传给 400 主站，400 主站通过计算处理，通过 MPI 方式把数据传给上位机即服务器。并把服务器纳入企业的网络，这样使得客户机的扩展变得异常简单，只需将计算机纳入局域网，再通过 WINCC 中自带的 OPC 读写协议实现数据的共享即可。

系统的总体配置见图 2-3:

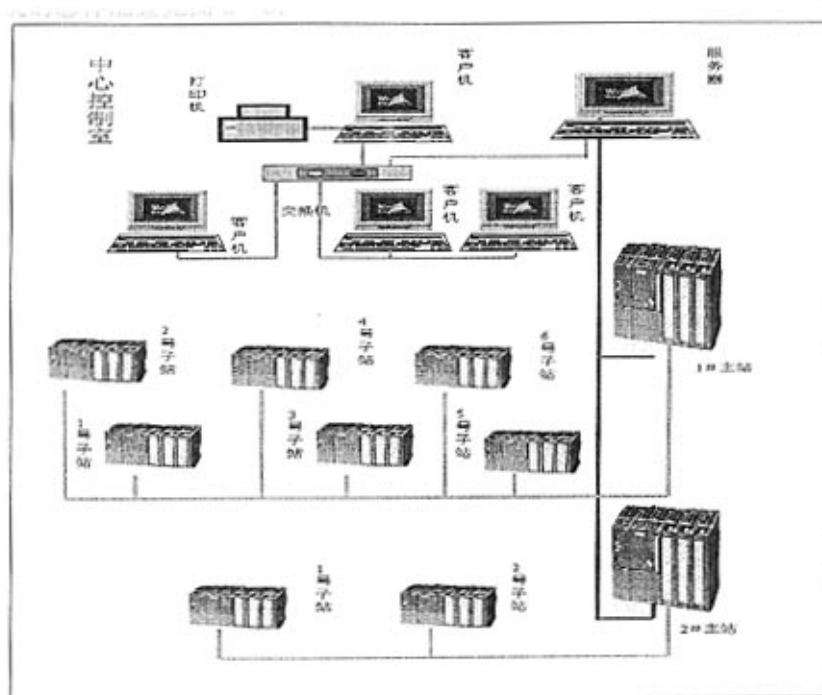


图 2-3 系统配置图

3.1 设备选型^{[6][7]}

3.1.1 1#主站的模块选型及介绍

在 1#现场控制总站共有二线制 4-20MA 模拟输入信号 42 个，我们选用了 6 块 8 点 AI 模块 SM331-7KF，组成了 1#现场控制子站。

1#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM	SM		
307	153	331	331	331	331	331	331		

在 1#现场控制总站共有四线制 4-20MA 模拟输入信号 55 个，我们选用了 8 块 8 点 AI 模块 SM331-7NF，组成了 2#现场控制子站。

2#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
307	153	331	331	331	331	331	331	331	331

在 1#现场控制总站共有数字量输入信号 439 个，我们选用了 16 块 32 点 DI 模块 SM321-1BL，8 块组成 3#现场控制子站，5 块组成 4#现场控制子站，另有 3 块放在 6#现场控制子站。

3#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
307	153	321	321	321	321	321	321	321	321

4#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM			
307	153	321	321	321	321	321			

在 1#现场控制总站共有模拟量输出信号 75 个，我们选用了 11 块 8 点 A0 模块 SM332-5HF，8 块组成了 5#现场控制子站，另 3 块在 6#现场控制子站。

5#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
307	153	332	332	332	332	332	332	332	332

在 1#现场控制总站共有数字量输出信号 56 个，我们选用了 2 块 32 点 D0 模块 SM322-1BL，他们和 3 块模拟量输出模块以及 3 块数字量输入模块组成了 6#现场控制子站。

6#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
307	153	332	332	332	322	322	321	321	321

3.1.2 2#主站的模块选型及介绍

在 2#现场控制总站共有数字量输入信号 259 个，我们选用了 9 块 32 点 DI 模块 SM321-1BL，组成 1#现场控制子站。

1#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
307	153	321	321	321	321	321	321	321	321

在 2#现场控制总站共有二线制 4-20MA 模拟量输入信号 6 个，我们选用了 1 块 8 点 AI 模块 SM331-7KF，四线制 4-20MA 模拟量输入信号 5 个，我们选用了 1 块 8 点 AI 模块 SM331-7NF，模拟量输出信号 26 个，我们选用了 4 块 8 点 A0 模块 SM332-5HF，数字量输出信号 17 个，我们选用了 1 块 32 点 D0 模块 SM322-1BL，组成了 2#子站。

2#子站的具体分布如下：

PS	IM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
307	153	331	331	332	332	332	332	322	321

3.1.3 本系统所用 PLC 的功能模块

1、数字量输入 (DI): 信号输入由独立的常开无源接点提供, 输入回路由独立电源供电。设接点抖动滤波措施, 接点状态改变后, 其持续时间为 4~6ms 以上者, 视为有效信息。信号输入都经光电隔离和浪涌吸收回路, 光电隔离器能承受 1500V(RMS)、1min 的绝缘水平, 如有必要可考虑对从高压设备引入的信号加设中间继电器。每个数字输入端口都有一个 LED 指示灯显示其状态。

2、模拟量输入/输出 (AI/AO): 模拟量模块的输入/输出信号为 4~20mA, 接口的输入阻抗小于 500 Ω , 并且模块内部具有高精度的内部参考值, 以校验 A/D 转换器在零值和满刻度的读数, 亦可对 A/D 转换精度自动检验和校正。模拟输入/输出接口参数满足:

- ①A/D 分辨率: 12 位 (含符号位);
- ②转换精度: 包括接口和 A/D 转换, 误差小于满量程的 $\pm 0.1\%$;
- ③绝缘耐压: 500V(RMS), 1min;
- ④冲击耐压: IEEE SWC 试验标准。

3、数字量输出 (DO): 数字量输出接点的容量、数量和电压应满足控制对象的要求, 并留有充分的裕度, DO 输出模块满足如下要求:

- ①仅用于信号显示的开关量输出可直接驱动 LED 指示器, 用于反映位置状态或故障信号;
- ②输出继电器为插入式, 带防尘罩, 继电器耐压水平为 1500V(RMS), 1min;
- ③每一数字输出有 LED 指示灯反映其状态;
- ④瞬时的数字量输出信号持续时间可调。

3.2 信号采集现场的连接^[8]

本系统现场传感器的接线方式大体为两类: 四线制和两线制。对电压、电流和电功率的采集, 采用的仪表为四线制接线方式: 现场仪表有专门的电源供电, 仪表输出 4~20mA 电流。而对于压力、流量信号采用两线制接线方式, 这种制式有两种接法: 一种是仪表与信号采集模块串联然后由端子排上的 24V 电源供电; 另一种是利用信号采集模块的内部电源由信号采集模块直接给现场仪表供电。对于大多数两线制仪表均采用后一种接法。对所采集的信号采用统一的编号方式:

站号—信号输入模板号—信号输入模板的通道号，方便以后的查对。

3.3 数据通讯系统

3.3.1 通讯系统简介

一个大型的氧化车间，要采集数据的地点分布在整个厂区，而且数量也很多，在数据采集和传输方面需解决分布广，数量多的问题。为了解决这个问题，在传统的 DCS 系统上引进了现场总线技术，提出了基于现场总线 PROFIBUS 的 DCS 控制系统。

一、DCS 简介^{[9][10]}

DCS 技术是计算机技术、自动控制技术、通信技术和 CRT 显示技术竞相发展并紧密结合的产物，而通信技术在集散控制系统中占有重要地位。所谓 DCS 是用分散的过程控制单元实现控制过程对象的目的，利用集中监视和操作管理单元来达到综合信息全面管理的目的。过程控制单元（现场控制站）、监视操作单元（操作单元）和系统管理单元（工程师站）通过通讯网络构成一个完整的系统，从而实现分散控制集中管理的目的。工业控制通讯系统与一般的办公局域网有所不同，主要特点有：

1、快速的实时响应能力：他能快速及时的传输现场过程信息和操作管理信息，具有良好的实时性。一般的办公室局域网的响应时间在几秒范围内，而工业通讯网络的反映时间要求在 $0.01\sim 0.5s$ ，高优先级信息对网络存取时间则应不超过 $10ms$ 。

2、具有极高的可靠性：工业通讯系统必须连续运行，任何故障和中断都可能造成数据的丢失或是停产，因此用于工业中的通讯系统必须具备极高的可靠性。

3、适应恶劣的工业生产环境：通讯系统必须保证在恶劣的工业生产环境中能正常的运行，工业生产环境中通常存在着各种干扰，一般可分为以下几种

①电源干扰，由于设备供电网络串入网络的上升时间约 $1\mu s$ 和峰值为 $2.5kV$ 的脉冲。

②雷击干扰，打雷时靠近传输线任意一点的干扰电位基本上是 $10\mu s$ 上升到

5000v, $20\mu\text{s}$ 下降到 2500v 的脉冲, 俗称 10/20 μs 脉冲。

③电磁干扰, 在 10K~30KHz 之间的 2V/m 电磁干扰以及在 30M~1GHz 之间的 5V/m 电磁干扰。

为了克服各种干扰, 现场通讯系统要采取各种措施, 比如通讯用的电缆要采用屏蔽双绞, 以减少电磁干扰: 通讯线路避免与供电线路平行, 减少电源干扰等。

4、分层结构: DCS 是分层结构的, 所以其通讯网络也具有分层结构。可将通讯系统分成三层, 每一层都有自己的网络系统。现场设备层是连接各种现场仪表的网络。工程控制层是连接各个子站的网络, 每个子站之间信息共享。集中操作管理层是连接各个监视操作监视单元和各种服务器的网络, 通过实时数据库从而达到对现场生产设备的监视和控制。

二、现场总线技术简介^{[11][12]}

现场总线技术是当今工业自动化领域技术发展的热点, 适用于现场仪表、控制系统和控制室之间的一种全分散、全数字化、智能、双向、互联、多点、多站的通讯系统, 被誉为自动化领域的计算机局域网。现场总线是一种全数字, 双向、串行的通讯系统, 将现场设备和控制器连接起来, 可将控制分散在整个网内, 现场设备也可由现场总线直接供电。

根据国际电工委员会 IEC1158 定义, 现场总线 (Fieldbus) 是“安装在生产过程区域的现场设备/仪表与控制室内的自动控制装置/系统之间的一种串行、数字式、多点通信的数据总线”。或者说, 现场总线是以单个分散的、数字化、智能化的测量和控制设备作为网络节点, 用总线相连接, 实现相互交换信息, 共同完成自动控制功能的网络系统与控制系统。其中, “生产过程”应包括断续生产过程和连续生产过程两类。现场设备/仪表指位于现场层的传感器、驱动器、执行机构等设备。因此, 现场总线是面向工厂底层自动化及信息集成的数字化网络技术。

现场总线既是通信网络, 又是自控系统。作为通信网络, 它所传送的是接通、关断电源, 开关阀门的指令与数据; 作为自动化系统, 它是一种由网络集成的自动化系统, 显著特征是通过网络信号的传送联络。

基于现场总线的自动化监控系统主要优点:

(1) 基于现场总线的自动化监控系统增强了现场级信息集成能力现场总线可从现场设备获取大量丰富信息, 能够更好的满足工厂自动化及 CIMS 系统的信

息集成要求。现场总线是数字化通信网络，它不单纯取代 4-20mA 信号，还可实现设备状态、故障、参数信息传送。系统除完成远程控制，还可完成远程参数化工作。

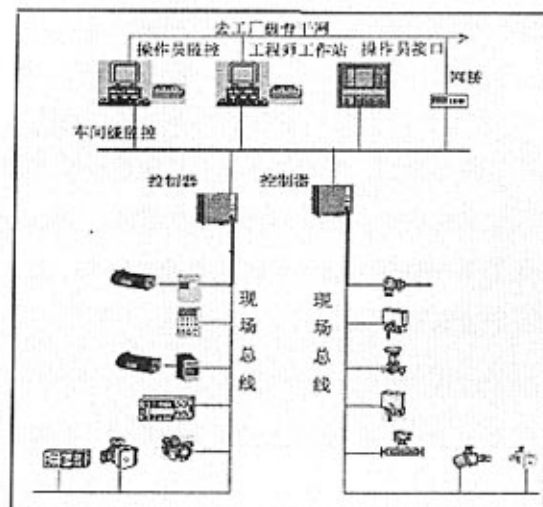


图 3-1 基于现场总线的自动化监控系统示意图

(2) 开放式、互操作性、互换性、可集成性

不同厂家产品只要使用同一总线标准，就具有互操作性、互换性，因此设备具有很好的可集成性。系统为开放式，允许其它厂商将自己专长的控制技术，如控制算法、工艺流程、配方等集成到通用系统中去，因此，市场上将有许多面向行业特点的监控系统。

(3) 系统可靠性高、可维护性好

基于现场总线的自动化监控系统采用总线连接方式替代一对一的 I/O 连线，对于大规模 I/O 系统来说，减少了由接线点造成的不可靠因素。同时，系统具有现场级设备的在线故障诊断、报警、记录功能，可完成现场设备的远程参数设定、修改等参数化工作，也增强了系统的可维护性。

(4) 节省成本

对大范围、大规模 I/O 的分布式系统来说，省去了大量的电缆、I/O 模块及电缆敷设工程费用，降低了系统及工程成本。

三、PROFIBUS 基本功能

(1) 传输技术：RS485 双绞线、双线电缆或光缆；

(2) 总线存取：各主站间令牌传递，主站与从站间为主—从传送，支持单主或多主系统，总线上最多站点数为 126；

(3) 通信：点对点（用户数据传送）或广播（控制指令）。循环主—从用户数据传送和非循环主—从数据传送；

(4) 运行模式：运行，清除，停止；

(5) 同步：控制指令允许输入和输出同步。同步模式：输出同步；锁定模式：输入同步；

(6) 设备类型：第一类 DP 主站是中央可编程控制器，如 PLC、PC 等。第二类 DP 主站是可进行编程、组态和诊断的设备。DP 从站是带二进制或模拟量输入输出的驱动器、阀门等。

(7) 传输距离：电缆最大长度取决于传输速率，PROFIBUS-DP 传输速率与电缆长度关系如下表：

波特率 (Kbps)	9.6	19.2	83.75	187.5	500	1500	1200
距离 (M)	1200	1200	1200	1000	400	200	100

3.3.2 站与站之间的通信

在本系统中各子站与 400PLC 主站采用 Profibus-DP 方式相连。对于数据比较分散的分布式处理的场合，这种连接方式无疑是经济合理的。它的更为突出的优点是：当其中的一个或几个子站停电或由于其他原因而不能正常运行时，不会影响其他子站的正常运行。对于距离相隔很远的子站，在每个子站加上一个中继器以保证数据传输的准确性和实时性。子站采集到的现场仪表信号由通讯模块处理后通过 Profibus-DP 线送入 400PLC 主站，在 400 主站运算处理后通过 MPI 方式传输到上位机。400 主站都是采用 MPI 协议与上位机的数据采集卡 SIEMENS 公司的 CP5611 相连，该网卡兼容 MPI 协议。采用 MPI 方式可以非常经济的解决信号的高速传输问题。但是，MPI 方式传输距离不是很远，故在距离较远的子站数据采集箱内安装中继器以延长传输距离，从而保证信号可靠传输。

3.3.3 数据网络通讯

本系统的通讯系统大体结构是：主站通过 Profibus_DP 和下面的各个子站相连，完成数据的传输。400 主站通过 MPI 协议与上位机的数据采集卡相联，并把服务器纳入企业的网络，这样使得客户机的扩展变得异常简单，只需将计算机纳入局域网，再通过 WINCC 中自带的 OPC 读写协议实现数据的共享即可。为了帮助操作工能实时的掌握生产情况，本系统中把 PLC 采集的数据实时显示到车间 LED 大屏幕上，主要通过将连接大屏幕的计算机通过 HUB 连接到系统的监控计算机网络，使它们组成一个小型的局域网络。利用 DDE 连接把数据从 WINCC 运行系统的数据库中调到外部应用程序 EXCEL 中，并将导入数据做周期性的保存，这样在大屏幕上便可以动态的跟踪所有需要显示的过程数据。

第四章 软件的总体设计

4.1 简介

整个系统的软件采用西门子的 WINCC V5.1(上位编程)和 STEP7 V5.1(下位编程)作为开发平台。

400 主站将各个子站传送来的数据进行处理,通过计算实现各重要控制点的自动控制,主要使用西门子公司的 STEP7 对 PLC 进行编程。

上位机通过 WINCC 组态,主要实现实时数据的显示、归档、查询以及报表的打印等功能。同时利用 WINCC 中的 DDE 连接把主要数据导入 EXCEL 然后通过局域网连接到车间 LED 大屏幕显示,显示数据每分钟更新一次。

4.2 PLC 控制程序的开发^{[13][14][15][16]}

STEP7 是用于 SIMATIC S7300/400 站创建可变成逻辑控制程序的标准软件,可使用梯形逻辑、功能块图或语句表。以下为 400 主站主要程序说明:

1、SIMATIC Manager 主界面

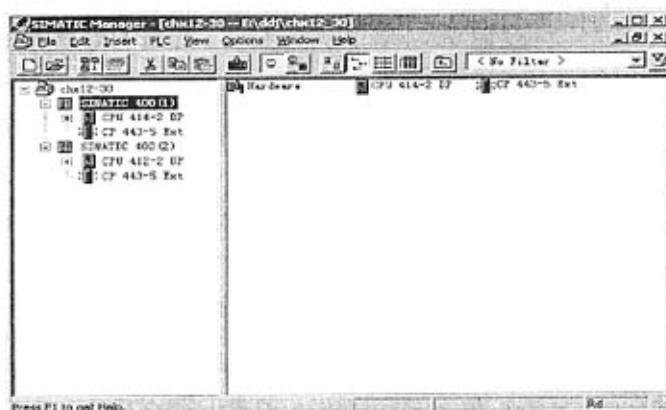


图 4-1

2、PLC 网络组态图

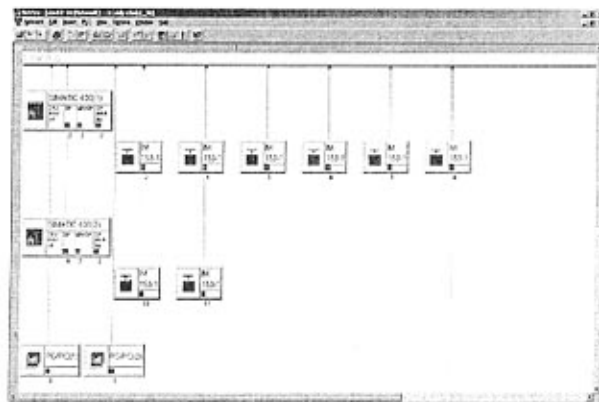
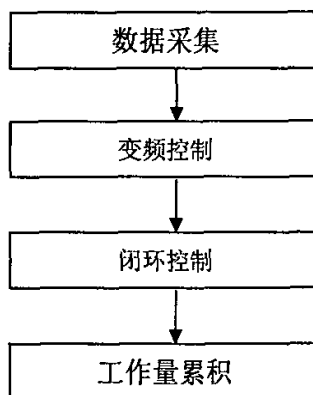


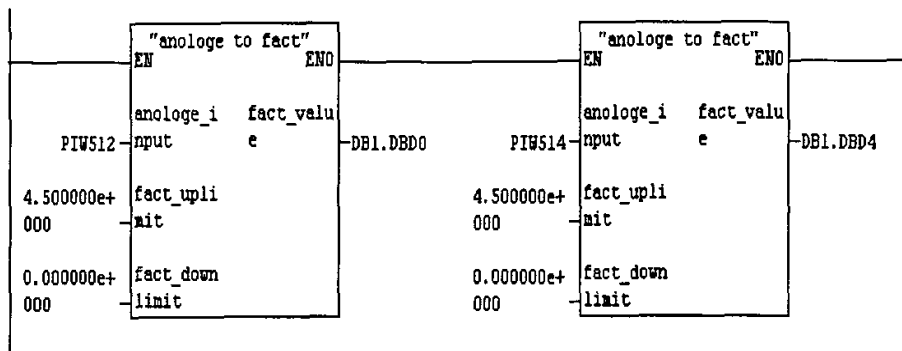
图 4-2

3、主循环程序块 OB1 流程

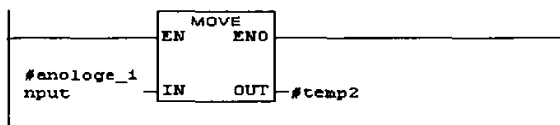


4、主要数据采集与数值转换程序

数据采集程序

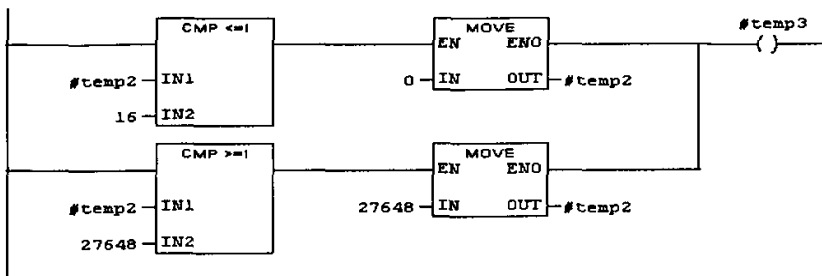


数值转换程序



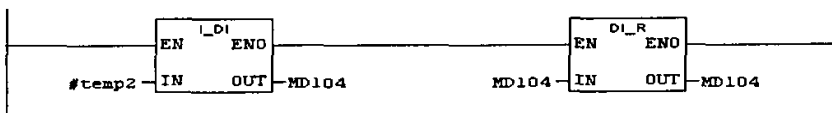
Network 2 : Title:

Comment:



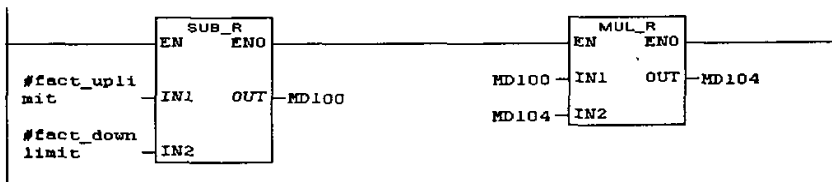
Network 3 : Title:

Comment:



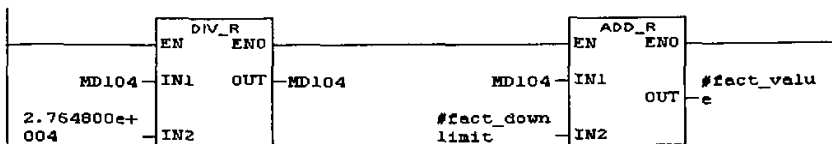
Network 4 : Title:

Comment:

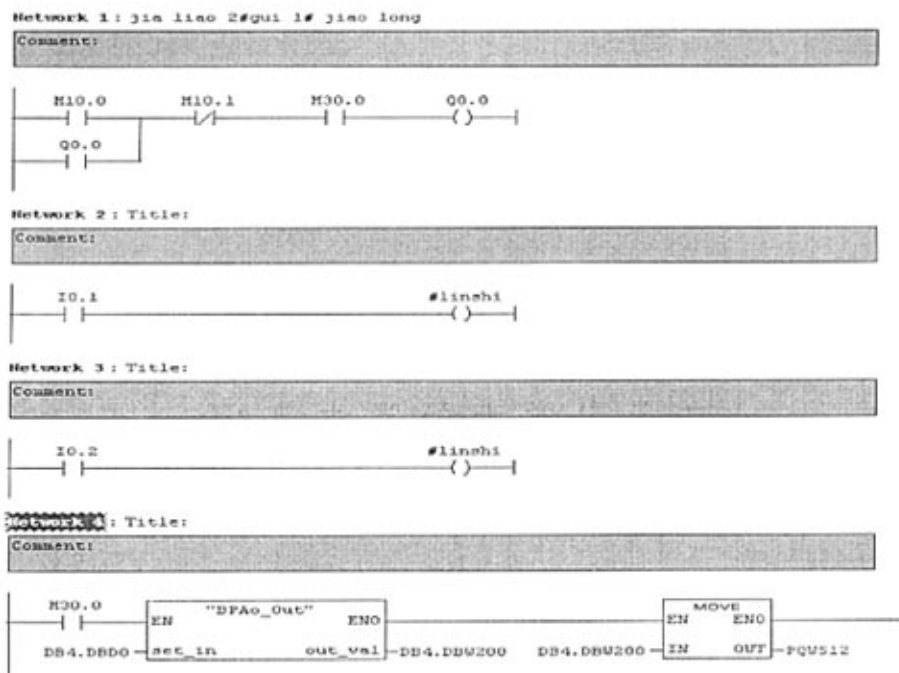


Network 5 : Title:

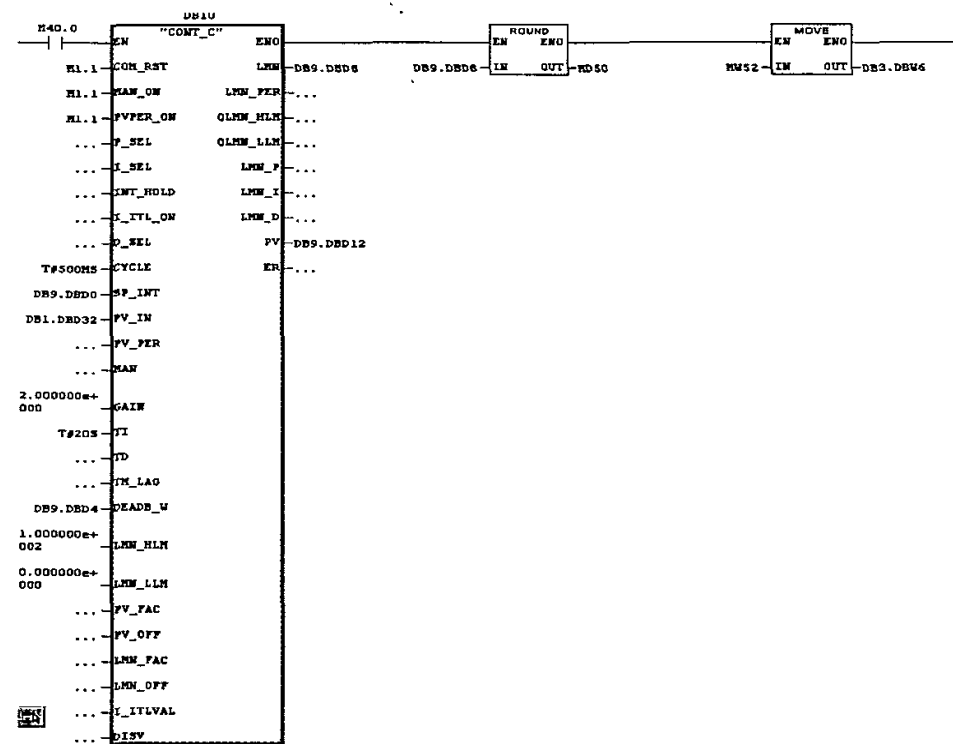
Comment:



5、主要电机变频控制程序



6、主要闭环控制程序（以PID控制为例）



4.3 上位机 SIMATIC WinCC 组态说明

4.3.1 SIMATIC WinCC 简介^[17]

本系统采用西门子公司监控软件 SIMATIC WinCC (视窗控制中心) 设计而成, 具有数据显示, 累积量查询和报表打印等功能。

SIMATIC WinCC (视窗控制中心), 是西门子 (SIEMENS) 在自动化领域中的先进技术和 Microsoft 的强大功能相结合的产物。它有各种有效功能用于自动化过程, 是用于个人计算机上的, 按价格和性能分级的人机界面。可以容易的结合标准和用户程序生成人机界面, 准确的满足实际要求。与其他监控系统相比, WinCC 具有以下系统特性:


- (1) SIMATIC WinCC 是一个通用的系统;
- (2) SIMATIC WinCC 功能可随任务增加;
- (3) SIMATIC WinCC 人机界面是为全球用户开发的自动化领域中先进技术的产品;
- (4) SIMATIC WinCC 提供安全保障;
- (5) SIMATIC WinCC 保证数据的完整性;
- (6) SIMATIC WinCC 是全面开放的软件;
- (7) SIMATIC WinCC 易于使用。

SIMATIC WinCC 主要包括计算机 (Computer), 标签管理 (Tag Management), 数据类型 (Data Type) 和编辑器 (Editor) 四大部分。其中计算机一项是对计算机进行有关的设置; 标签管理是对标签进行初始化定义; 数据类型是对标签所代表的的天数据类型进行定义; 编辑器则是最为主要的部分, 它主要包括以下几个部分:

- (1) 图形编辑器 (Graphics Designer)
- (2) 报表系统 (Report Designer)
- (3) 标签存档 (Tag Logging)
- (4) 报警存档 (Alarm Logging)

4.3.2 SIMATIC WinCC 在本系统中的应用^[18]

在该系统中，WinCC 是与用户进行数据交流的主要程序平台。它主要完成对所采集信号的实时显示、日累积、月累积、生成参数曲线、数据的输入和修改、报表及打印等功能。

启动该系统只需双击桌面上的图标快捷方式按钮进入如图 4-3 所示画面：

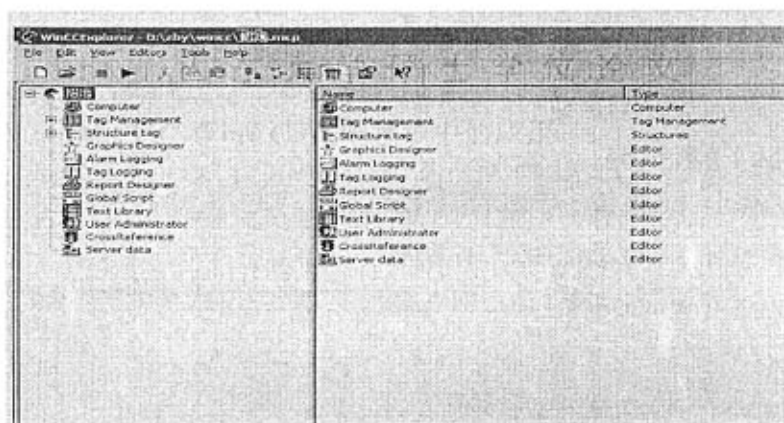


图 4-3 WinCC 资源管理器


然后单击工具栏上的按钮即可启动监控程序。程序启动后即进入如图 4-4 所示的界面。



图 4-4

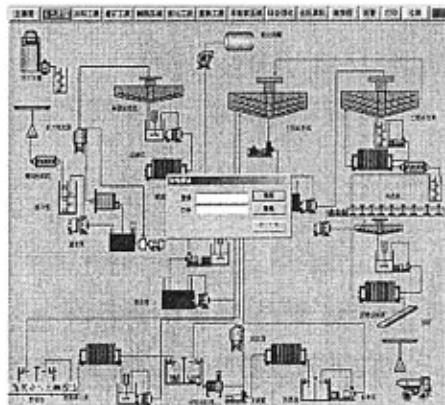


图 4-5

然后单击[进入系统]按钮,即可进入“工艺流程”(见图 4-5)监控画面。先进行操作登陆。没有一定的操作权限,可以浏览监控系统的主要数据,但不能对监控系统进行任何控制操作。操作登陆时,将出现如图 4-5 的画面,在登陆对话框中“登录”中输入操作员名,在“口令”中输入登陆密码,按“确定”键,如果操作员名及密码都正确,则登陆成功;否则会出现错误提示,确定正确的操作员名及密码后方可重新登陆。“注销”按钮用于注销操作员的登陆,保证操作安全。若要退出程序,只需点击监控画面右上角的红色“退出”按钮即可自动退出。

监控画面由主画面和按钮两部分组成。主画面部分主要用来显示被采集量的实时数据、报表、曲线等数据;按钮主要用来完成在各个工段之间切换。若要显示某个工段的采集数据,只需按相应的按钮即可。

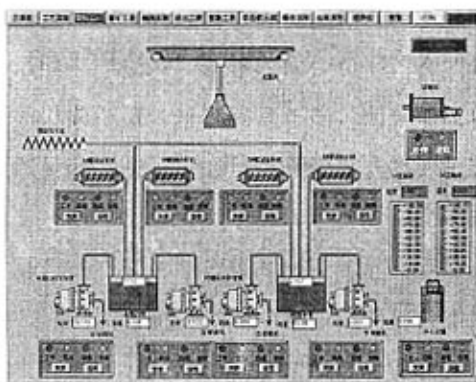


图 4-6 加料工段

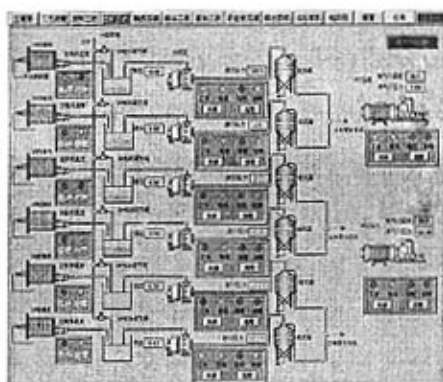


图 4-7 磨矿工段

加料工段的主要功能是检测金银缓冲槽的液位,自动控制 4 台螺旋给料机和球磨机,监控软管泵的运行状态,进行必要的矿密度检测。

磨矿工段的主要功能是通过控制电磁阀的开度和检测分级泵槽的液位,将分级泵槽的液位控制在一定的范围内,同时检测球磨机的轴承温度,提供及时的报警。此外对空压机进行自动控制,使其将压力控制在生产要求范围之内。

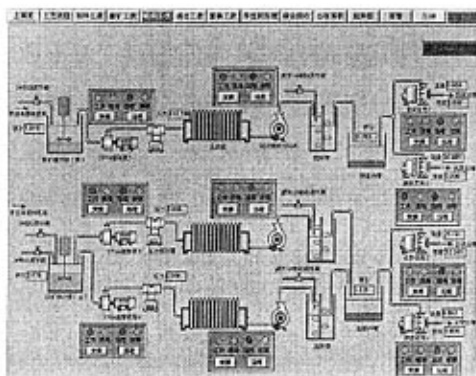


图 4-8 碱浸压滤工段

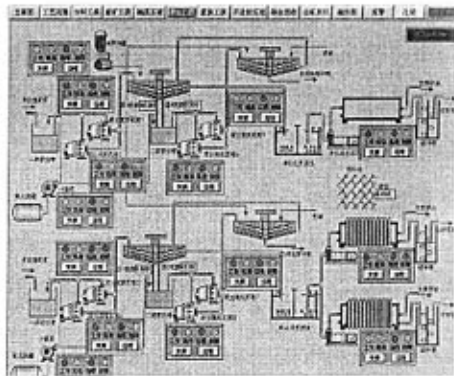


图 4-9 浸出工段

碱浸压滤工段的主要功能是放矿缓冲液位的自动控制，通过超声波液位计检测缓冲槽液位，来自动调节电磁阀的开度，从而使放矿缓冲槽的液位恒定在某一范围。还有对各个泵的自动远程控制，滤饼调浆电动阀的远程控制等。

浸出工段的主要功能是计量泵、一浸渣浆泵、二浸打矿泵的现场远程控制。凝絮剂软管泵的变频控制和 NACN 大罐的液位检测及超高报警。

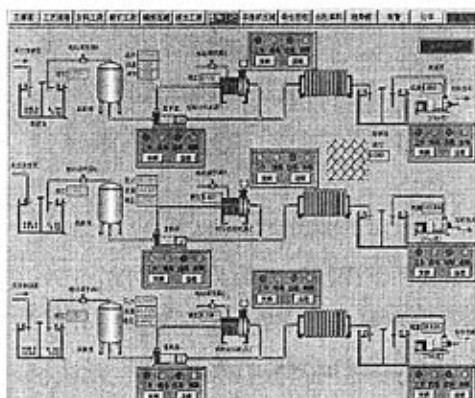


图 4-10 置换工段

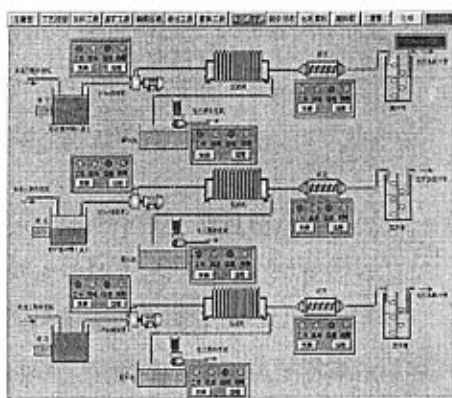


图 4-11 浮选前压滤工段

置换工段的主要功能是对贵液池液位进行显示、报警，对脱氧塔、混合料斗进行自动控制，对贫液池液位进行检测。对渣浆泵、软管泵进行变频控制。

浮选前压滤工段的主要功能是对回水池液位进行检测、报警，对回水泵电机以及螺旋给料机进行现场、远程、自动控制。

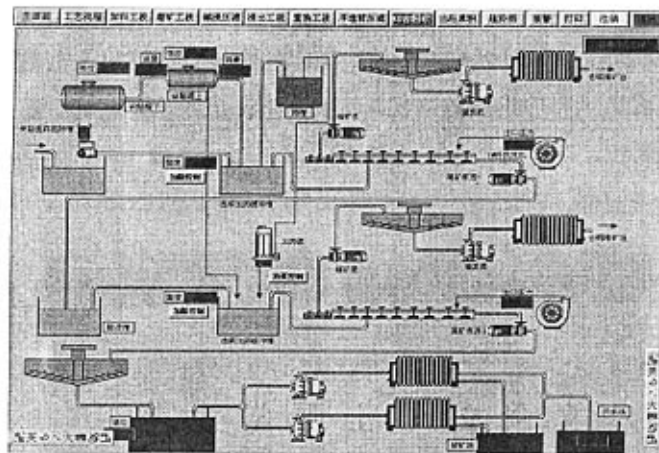


图 4-12 综合回收工段

综合回收工段的主要功能是自动检测选铅槽、选铜槽 PH 值，以此来调节硫酸的流量，从而达到酸碱度的自动控制。根据出口压力自动调节叶氏风机的频率，实现自动控制。精矿泵的现场及远程控制。大小硫酸罐的液位检测。

综合回收工段									
选前压滤出料量					选后压滤出料量				
1 班	2 班	3 班	4 班	5 班	1 班	2 班	3 班	4 班	5 班
总重量	443	433	433	433	总重量	412	393	393	393
总重量	443	433	433	433	总重量	412	393	393	393
液位显示	11	12	13	14	液位显示	11	12	13	14
液位设置	11	12	13	14	液位设置	11	12	13	14
总重量	1	1	0	0	总重量	0	0	0	0
压滤机总重量	538	508	508	508	压滤机总重量	538	508	508	508
综合回收工段									
综合回收出料量					加料干矿量				
1 班	2 班	3 班	4 班	5 班	1 班	2 班	3 班	4 班	5 班
总重量	274	250	267	267	总重量	187300	187310	144874	144874
总重量	274	250	267	267	总重量	187300	187310	144874	144874
液位显示	11	12	13	14	液位显示	121.878	117.220	93.061	93.061
液位设置	11	12	13	14	液位设置	121.878	117.220	93.061	93.061
总重量	1	0	0	0	总重量	45.032	45.038	45.015	45.015
压滤机总重量	274	250	267	267	总重量	1529.010	1333.754	9475.269	9475.269
综合回收工段									
综合回收工段					加料干矿量				
1 班	2 班	3 班	4 班	5 班	1 班	2 班	3 班	4 班	5 班
总重量	274	250	267	267	总重量	187300	187310	144874	144874
总重量	274	250	267	267	总重量	187300	187310	144874	144874
液位显示	11	12	13	14	液位显示	121.878	117.220	93.061	93.061
液位设置	11	12	13	14	液位设置	121.878	117.220	93.061	93.061
总重量	1	0	0	0	总重量	45.032	45.038	45.015	45.015
压滤机总重量	274	250	267	267	总重量	1529.010	1333.754	9475.269	9475.269

图 4-13 出柜累积

范围，系统就会产生报警信号，并自动将报警数据点显示在报警画面中，并可以根据需要显示各个报警数据点所在的工段，从而对报警点进行监控，便于操作人员进行及时的了解和确认，进行后续的处理。

4.4 WinCC 与车间 LED 大屏幕显示之间的数据通讯

4.4.1 关于动态数据交换

动态数据交换 (DDE, Dynamic data exchange) 是 Microsoft Windows 运行环境下的一个显著特性。通过动态数据交换协议，应用程序之间可以进行各种类型的数据交换。动态数据交换还允许应用程序建立与 DDE 服务器的热链接从而可以实时地获取数据。热链接可以完成从一个应用程序 (DDE 服务器) 到另一个应用程序 (DDE 客户机) 之间的直接数据传递。

建立 DDE 连接有两种方式：

1. 本地 DDE 连接 IDH_Lokale DDE-Kopplung(Control Center)WinCC 在本地计算机上作为单用户系统运行，或在服务器计算机上作为多用户系统运行。
2. 通过网络的 DDE 连接，通过这种方法建立的 DDE 连接不必在本地计算机上启动 WinCC。

4.4.2 DDE 在本系统中的应用

本系统中要求把 PLC 采集的数据实时显示到车间 LED 大屏幕上，从而方便现场工人操作。主要方法如下：首先将连接大屏幕的计算机通过 HUB 连接到系统的监控计算机网络，使它们组成一个小型的局域网络。将各个计算机的 IP 地址等相应的参数设置好。然后在监控的计算机上，利用 DDE 连接把数据从 WINCC 运行系统的数据库中调到外部应用程序 EXCEL 中，在 EXCEL 中，设计好投放在大屏幕的数据格式、内容，这样在 EXCEL 中就可以实时动态的显示各个数据，由于大屏幕系统无法动态读取 EXCEL 中的数据，我们又想了各种方法，最后调用了 EXCEL 中的宏处理命令，将导入数据做周期性的保存，这样在大屏幕上便可以动态的跟踪所有需要显示的过程数据。

下图显示了Excel WinCC 资源管理器以及WinCC 运行系统之间的相互作用。

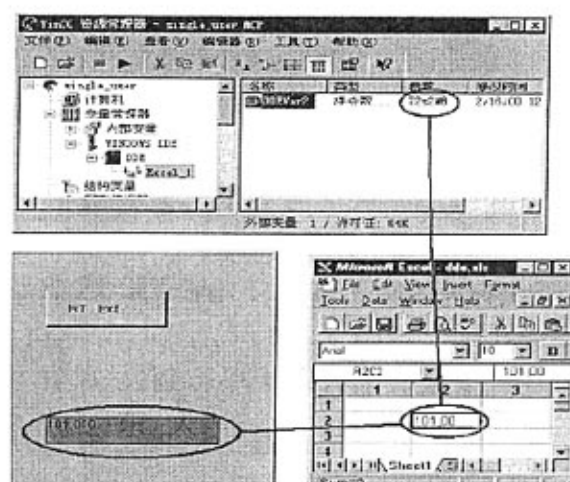


图 4-16 Excel 与 WinCC 变量关系图

4.5 与服务器之间的数据通讯

由于统计办公室要对各个部门进行月结考核，并据此进行奖金的评估，所以其要求更为复杂。它需要记录车间多个指标以及数据的变化并进行相应的数据处理来实现对各班组工人的考核，同时需要计算生产成本并打印详细月报表等。如果用上位组态软件 WinCC 来满足这么多细致的要求，工作量十分大，而且由于 WinCC 自身的很多性能特点，也很难实现和满足厂方的要求。所以考虑到在统计报表及访问数据库方面 Visual Basic 6.0 具有强大的数据操作功能，于是该系统采用 VB6.0 结合 Access 数据库进行开发。在通讯方面客户机与服务器的通讯采用了服务器上的 Wincc.Client 与 Wincc.Server 上的 WinCC 内部集成的 OPC 互相通讯的方式，而客户机上的 Visual Basic 6.0 与本机上的 Wincc.Client 的通讯则是通过在 VB 中开发 OPC 客户端程序实现的。具体结构如图 4-17 所示。图中所示的 Wincc.Client 的角色非常特殊，它对于图中所示的 Wincc.Server 来说是客户端，而对于该管理软件来说则成了服务器端。这样做的目的是为了更更好的利用 WinCC 内部集成的 OPC 来进行比较复杂的通讯，只在简单部分使用 vb 的 OPC 客户端应用程序。

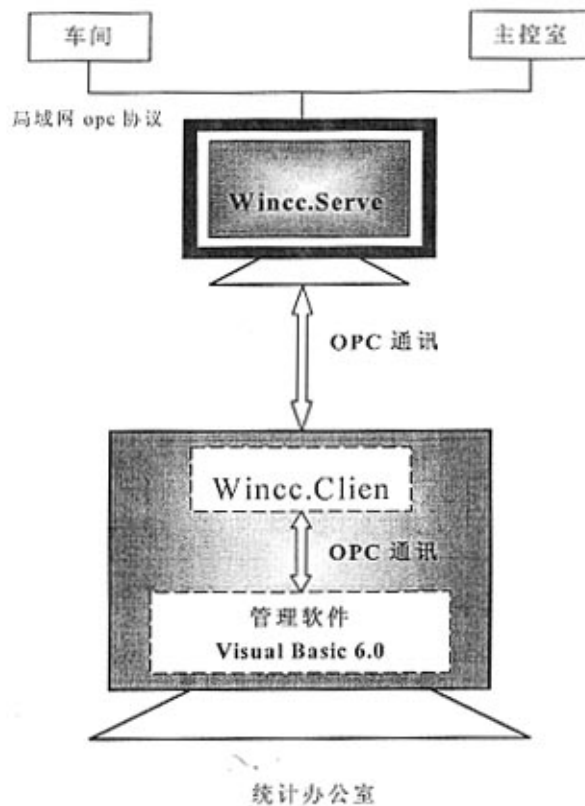


图 4-17 通讯系统结构图

4.5.1 OPC 技术简介^{[19][20]}

工业控制领域用到大量的设备，应用程序需要不断的和这些设备进行数据交互，在 OPC 技术出现以前，应用程序开发商需要不断的开发这些设备的驱动程序，这带来重复性的开发工作，也带来了很多问题，只要硬件供应商做一些小小的改动，应用程序就可能需要重写；同时，由于不同设备甚至同一台设备的不同单元，驱动程序可能不同，我们很难期望同时对这些设备进行访问以优化操作。硬件供应商尝试解决这个问题，然而不同客户有着不同的需要，同时也有着不同的数据传输协议，硬件供应商对此也束手无策。

在传统工业控制程序的开发中，需要大量的不同设备的驱动程序。出现这种问题的关键在于没有一个统一的接口标准，OPC 正是为了不同供应厂商的设备和应用程序之间的软件接口标准化，使其间的数据交换更加简单化的目的而提出

的。从而可以向用户提供不依赖于特定开发语言和开发环境的可以自由组合使用的过程控制软件组件产品。

OPC(OLE For Process Control)基金会将 Microsoft 的 OLE/COM 技术引入到过程控制领域,制定了一套标准的 OLE/COM 接口协议,以便灵活而有效的在应用程序和过程控制之间读写数据。OPC 采用客户服务器模型,其实只是在硬件供应商和软件开发商之间建立了一套“游戏规则”,只要遵循这套规则,数据交换对两者来说都是透明的,硬件供应商无需考虑应用程序的多种需求和传输协议,软件开发商也无须了解硬件的实质和操作过程。OPC 带来的好处实显而易见的。OPC 把硬件供应商与软件开发商分离开来,提供了从设备和数据库等数据源获得数据和用一种标准方法与任何客户通信的机制。这样,硬件开发者通过提供带有 OPC 接口的服务器,使任何客户程序(带有 OPC 接口)均可采用统一的方式存取不同硬件厂商的设备,从而把软件开发者不得不考虑不同厂商的繁杂的硬件细节中解放出来,大大提高了工作效率。

应用程序与 OPC 服务器之间必须有 OPC 接口,OPC 规范提供了两套标准接口: Custom 标准接口,OLE 自动化标准接口。通常在系统设计中采用 OLE 自动化标准接口。OLE 自动化标准接口采用 OLE 自动化技术进行调用,定义了以下三层接口,依次呈包含关系,说明如下:

OPC Server:OPC 启动服务器,获得其它对象和服务器的起始类,并用于返回 OPC Group 类对象。

OPC Group: 存储由若干 OPC Item 组成的 Group 信息,并用于返回 OPC Item 类对象。

OPC Item:存储具体 Item 的定义、数据值,状态值等信息。

OPC 以引入组织客户请求到服务器内的组的概念,为了存取数据,客户应用程序需要完成下面几项工作:

指定服务器的名字(如使用 CoCreateInstance, CoCreateInstanceEx 函数等;)

指定 OPC 服务器所在主机的名字(如使用 CoCreateInstanceEx);

指定生产商特定 OPC 数据项定义(即服务器地址空间内特定数据项的名字)。

一般来说,使用脚本语言如 VBA 开发的客户程序会使用自动化接口,用开发的客户应用程序使用客户接口更容易而且会得到最佳性能。OPC 规范指定了 COM

接口,而没有给出这些接口的实现.与所有 COM 实现一样, OPC 这个结构也是客户——服务器模型, OPC 服务器组件给 OPC 对象提供一个接口并管理它们,但 OPC 服务器的实现有许多独特的考虑,主要的问题是它要经常通过某种非共享通信路径与物理设备“通话”,正因为如此,一般希望 OPC 服务器是本地的或远程 EXE 形式的,无论是两种中的哪一种,服务器都包含负责从物理设备搜集数据的源代码。

OPC 接口可以潜在地应用在许多地方,一方面可以用在最底层为 SCADA 或 DCS 从物理设备中获得原始数据;另一方面它们也能被用来为应用程序从 SCADA 或 DCS 系统中获得数据。

4.5.2 OPC 技术在本系统中的应用^{[16][21][22][23]}

WinCC 是西门子公司在自动化领域采用最先进的技术与微软公司在共同开发的居于世界领先地位的工控软件。WinCC 即 WINDOWS CONTROL CENTER (视窗控制中心)。WinCC 是一个功能强大的全面开放的监控系统,既可以用来完成小规模的过程监控应用,也可以用来完成复杂的应用。在任何情况下 WinCC 都可以生成漂亮而便捷的人机对话接口,使操作员能够清晰地管理和优化生产过程。它集成的 OPC(OLE for process control)服务器使得过程数据可由其它应用程序(OPC 客户机)访问。

统计办公室的客户机,通过厂区的局域网与服务器相连。我们在客户机上开发一个简单的 WinCC 应用程序,由于接下来用 VB 开发的应用程序中 also 要求显示监控画面,所以我们没有在该客户机上的 WinCC 应用程序中简略监控画面,而仅仅只是利用 WinCC 内置的 OPC 进行数据的传递,把服务器上的实时数据读到该客户机上,方便 VB 应用程序的读取。由于该通讯程序是 WinCC 内部集成的,所以省去了许多编程工作,极大的推动了工程的进展。具体的操作是这样的,如图 4-18。在 WinCC Explorer 窗口中,右击 Tag Management 选择 Add New Driver,在弹出的对话框中选择 OPC.CHN 打开,在 Tag Management 目录下就会添加 OPC 目录。打开 OPC 目录,下面会出现 OPC GROUPS,右击他选择 System Parameter,弹出 OPC Item Manager 对话框,点击 computer 按钮在弹出的对话框中输入服务器的计算机名完成搜索,从服务器上打开的文件夹中选择要读取的变量,完成

OPC 连接工作。

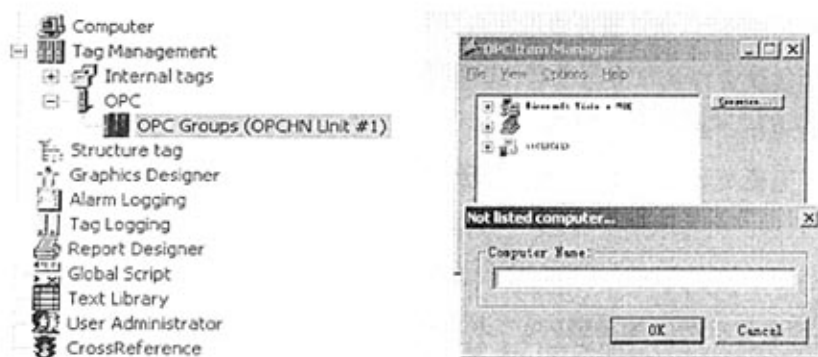


图 4-18

当然工程开始时，我们也想省去中间环节，不借助 WinCC 内置的 OPC 功能，而直接编写一个 VB 通讯程序，实现客户机与服务器的通讯。但是通过对该系统一段时间的使用和观察，我们发现实际和理论之间确实存在着差距，在通讯程序运行过程中，总会出现一些我们理论上没有考虑周全的问题，使得通讯程序频频出错，造成很多数据的缺失，导致系统运行的不稳定。下面对方案的采纳和改进作一下具体的说明。

在初期，在客户机与服务器的通讯方面，我们在 Visual Basic 的环境下开发了一个 OPC 客户端应用程序，利用该程序与服务器进行通讯，但是运行不久后，客户机出现死机的问题，通过日志文件的监测，发现死机时的服务器状态为 $ServerState = 2$ ， $OPCFailed$ 表示 OPC 服务器由于异常而停止，出现该错误的原因是，客户端程序中没有实现较为完善的容错和故障诊断的功能，当服务器出现短暂错误时，造成 OPC 连接中断，此时客户机不能及时的实现故障诊断，造成死机。为了解决这一问题，提出第二种方案：即在客户端程序中加入诊断程序，通过不断连接服务器从而不断检测 $Sverstate$ 参数来判断服务器是否出现故障，若服务器状态不正常，于是重新启动该系统软件，从而实现故障的诊断和处理。但是运行数周后，发现服务器资源被大量的消耗，经过查阅资料与反复试验发现这种现象是由于客户机与服务器频繁的连接与断开而引发，从而造成服务器资源被大量的消耗。于是提出了第三种方案：第三种方案将 OPC 通讯分为两部分来做（如图 4-19），第一部分也就是最重要的部分是客户机与服务器的通讯，这部分通讯我们利用了 WinCC 内部集成的 OPC 接口，也就是说在客户机上开发了一个小型

的 WinCC 客户端应用程序, 利用 WinCC 内部集成的 OPC 接口进行服务器和客户机之间数据的传输, 把服务器上的数据传输入 WinCC 客户端应用程序中的标签内, 这是考虑到了其内部集成的接口的稳定性与较完善的故障诊断与处理, 这种方式可以应对服务器所出现的各种情况, 彻底避免死机情况。第二部分是 Visual Basic 和客户机上的 WinCC 进行通讯, 这一部分的通讯我们是利用了自己开发的一个 OPC 客户端应用程序来实现的, 这个客户端程序是在 Visual Basic6.0 的开发环境下进行开发的, 其作用就是把 WinCC 客户端应用程序中的标签内的数据通过 OPC 接口传输入该系统软件的界面上及数据库内, 以便进行整个系统的开发。

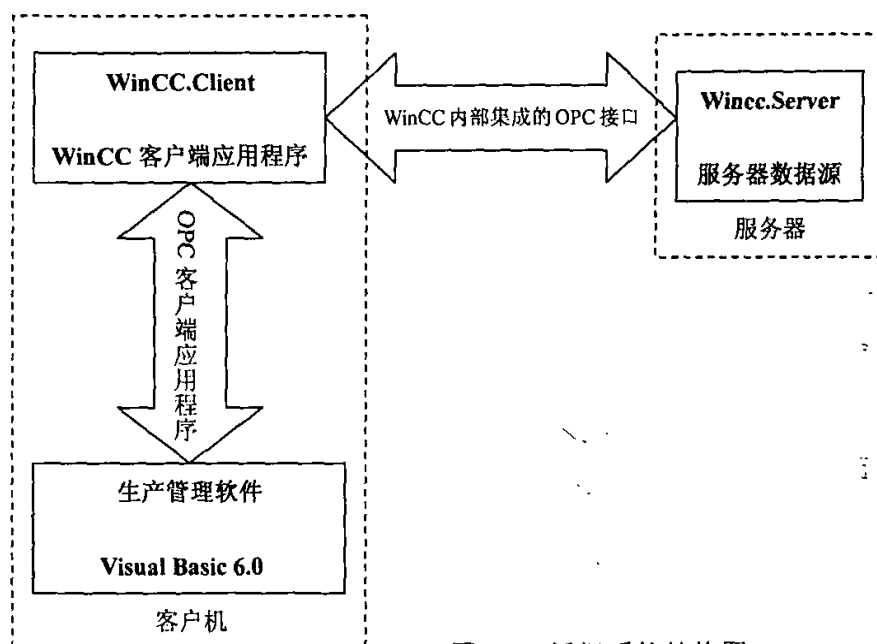


图 4-19 通讯系统结构图

WinCC 在安装时提供了 OPC 的客户端控件: Siemens OPC DAAutomation 2.0(SOPCDAAuto.dll), 这个控件就是我们在 VB 中要用到的控件, 我们也可以使用通用的 OPC 客户端控件: OPC Automation 2.0。OPC 连接部分的程序设计思路如下图所示:

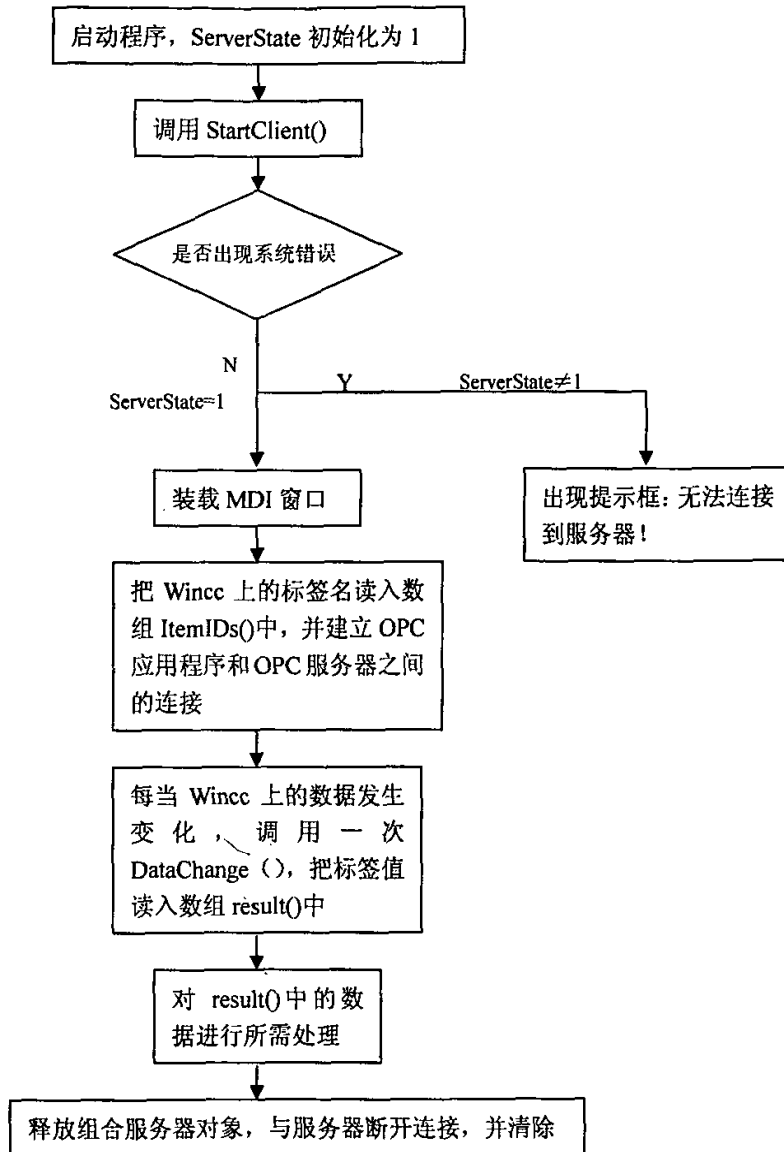


图 4-20 OPC 连接部分的程序设计流程图

5.1 液位控制系统

在生产过程中, 由于来矿矿量、球磨机处理量及其运行台数的变化, 常常造成分级泵槽中液面波动较大。正常稳定工作的要求是: 泵槽的液位保持相对稳定, 若矿浆液面过高而溢出, 就会造成矿浆溢流损失; 若矿浆液面过低, 使打矿泵管路开口露出液面, 就会造成空气进入泵内, 不仅降低了打矿效率, 而且打矿泵容易产生的“喘气”事故。因此采用一种泵槽液位自动控制系统, 保证选矿厂工艺过程稳定正常运转, 是生产中提出的迫切要求。

因此根据氰化厂工艺的具体需求, 我们采用由 PLC、液位变送器、变频调速器构成液位自动控制系统, 将给定的液位值与实际检测的液位值进行比较, 对液位数值进行 PID 调节, 通过改变电机频率来控制打矿泵流量, 保持分级泵槽液位的相对稳定, 保证生产正常运行, 并且在车间主控室通过监控计算机模拟显示矿浆液位和各台电机和打矿泵的运行情况, 并且判断是否存在故障, 如果液位越过上、下限、电机异常工作等故障发生, 则立即发出报警。

液位检测采用 NIVELCO 公司的超声波液位计, 这种非接触式的传感器可靠性高, 不承受直接的磨损, 适合于选矿厂较为恶劣的环境, 超声波液位计可实时检测泵池中矿浆的液位值, 测量信号通过 4-20mA 接口进入 PLC 进行数据的处理。

5.2 空气压缩机节能控制系统^[24]

空气压缩机是工业生产的主要动力设备, 耗电量较大, 空压机的运行方式恰当与否, 对安全生产和节约能源都有十分重要的意义。

风机水泵类负载多是根据满负荷工作需要来选型, 实际应用中大部分时间并非工作于满负荷状态, 由于交流电机调速很困难, 常用挡风板、回流阀或开/停机时间来调节风量或流量。

大电机在工频状态下频繁开/停比较困难, 电力冲击较大, 势必造成电能损耗和开/停机时的电流冲击。机组运行于进气阀开、关控制方式, 压力上限时关阀, 压力下限时开阀, 效率低, 运行电流大, 设备能耗大。功率因数低, 无功损

耗大。机组频繁加减负荷,冲击电流大,对设备和电网冲击大。电磁阀动作频繁,损坏率高。供气压力偏低时,不能满足工艺要求;供气压力偏高时,电耗高;但为满足工艺要求势必要供气压力偏高,从而造成供气成本高,能耗高。由于运行转速高,以及进气阀门启、闭频繁,造成机房噪音大。

采用变频器直接控制风机、泵类负载是一种最科学的控制方法。当电机在额定转速的 80%运行时,理论上其消耗的功率为额定功率的 51.2%,除去机械损耗、电机铜、铁损等影响,节能效率也接近 40%。同时也可以实现闭环恒压控制,节能效率将进一步提高。

由于变频器可实现大的电动机的软停、软启,降低了启动时的电流和对电网及机械的冲击,减少电动机故障率,延长使用寿命,同时也降低了对电网的容量要求和无功损耗。降低启动电流和对电网及机械的冲击,自动控制,简便高效,可靠和自保护,无需专人看护;运转平稳,延长压缩机系统寿命,减少维护量;保证供气压力恒定,提高供气质量;采用变频控制可大幅度降低压缩机系统的噪声,改善职工的工作环境;

我们设计的系统集成专家 PID 技术、模糊智能控制理论、PLC 技术及变频调速技术为一体。由于空压机在启动时,内部有少量的滞留气压,启动和加减速运行时要求变频器反应快速,我们采用专家 PID 控制器自动选择调节规律,确定最优运行参数,从而克服大扰动对系统的影响,实现低超调、快响应、强鲁棒性控制;利用模糊智能控制技术设计准确合理的切换逻辑,实现平稳切换;采用 PLC 技术实现多机协调群控,保证系统的高可靠性、多功能性、灵活性和可扩展性;利用变频调速技术及其参数优化技术,实现最小损耗运行,无级调速,平稳起停。

调节方式采用闭环自动调节。压力变送器将空气压缩机出口的压力信号转换为 4—20mA 模拟信号,该信号被传到可编程控制器 (PLC),PLC 通过转换、运算、处理后输出一控制信号,通过改变变频器的频率来调整压缩机电机的转速,在确保空气压缩机出口压力稳定的前提下,保证电机以最小的功率输出。

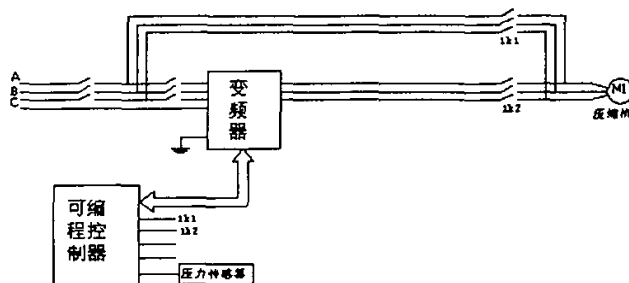


图 5-1 空压机控制系统图

这样可以当变频器及 PLC 发生故障时，自动切换到原软启动柜工频电源运行，以保证压缩机的正常工作。在软件控制下，机组能够实现变频、工频无扰动切换。

鉴于空气压缩机属大型关键设备，对其采取如下措施：

（1）运行监控

开机：确认给水泵已开、打开前后冷却水阀、确认冷却水压力和温度、确认排空阀已开、确认进气阀门关闭、开机。

运行：监测电机电流、监测油压、打开进气阀和关闭排空阀、监测气压、气温、水压、水温。

关机：停主机、关闭进气阀、延时关闭冷却阀、打开排空阀、监测一级缸压力和出口气压。

（2）保护功能

实时监测冷却水压力，当压力超过上限或下限时均自动停车保护，并声光报警指示。

实时监测冷却水温度，当温度超过上限或下限时均自动停车保护，并声光报警指示。

实时监测润滑油压力，当压力超过上限或下限时均自动停车保护，并声光报警指示。

实时监测一级缸气压和总管气压力，当压力超过上限或下限时均自动停车保护，并声光报警指示。

5.3 浓度控制系统

在生产过程中, 为了达到理想的效果, 必须将矿浆浓度控制在一定范围内。欲实现矿浆浓度的自动控制, 首先要通过安装在打矿管道上的核子密度计检测矿浆的浓度信号, 该信号经PLC的模拟输入通道进行A/D转换, 转换结果除上传到上位机进行数据归档外, 还要与浓度设定进行比较, 对其进行PID运算, 运算结果通过PLC的模拟输出通道进行D/A转换, 输出标准的4-20mA电流信号, 通过控制浓度稀释水电动调节阀的阀门开度, 来控制加水的流量, 从而实现矿浆浓度的稳定控制。电动调节阀的阀门开度信号经PLC的模拟输入通道进行A/D转换后, 上传到工控机进行数据处理、显示、报警。

另外, 为了实现瞬时干矿量的测量及累计, 在管道上安装对夹式超声波流量计, 用它来检测矿浆瞬时流量信号。(在此选用ABB-Fischer&Porter公司生产的电磁流量计来对矿浆进行测量。)瞬时流量信号经PLC的模拟输入通道进行A/D转换, 由PLC上传到上位机, 由上位机进行数据归档。

矿浆中的干矿量计算公式:

$$C=A \times B$$

A: 表示矿浆浓度 B: 表示矿浆流量 C: 表示矿浆中的干矿量

上位机根据实际的矿浆密度信号和矿浆瞬时流量通过上述公式计算出瞬时干矿量, 累积干矿量, 并进行数据归档。

5.4 数据统计系统

该子系统主要包括矿量累积和压滤机出柜累积两部分。工人的工作量主要也是靠这两部分的数据来衡量的。现行系统中矿量累积主要是靠行车操作工人目测为根据计算然后记录, 并且对照料厂的进出料记录核算得到, 其统计量必然存在较大的偏差。同样压滤机出柜数也是现场工人自行记录, 必然出现多记或漏记的情况。那么工人的工作量累积必然是不准确的。从而会引起某些工人的不满。

为了便于生产管理, 提高职工的生产积极性, 降低消耗, 我们针对压滤机的运行情况, 设计了压滤机出柜数统计系统。该系统自动将每个班实际拉板数量录入上位机, 由上位机计算出该班的出柜数, 并显示出来, 并由上位机对每

一个班的当月的出柜数进行累计。（注：改车间的倒班规则是每天上午八点、下午四点、晚上十二点三班倒，每到每个月的一号更改白中夜班的班次，此规律也是程序难点所在。）该累计数可由上位机通过公司内部局域网进入决策管理层。软件实现的流程图，如图 5-2。

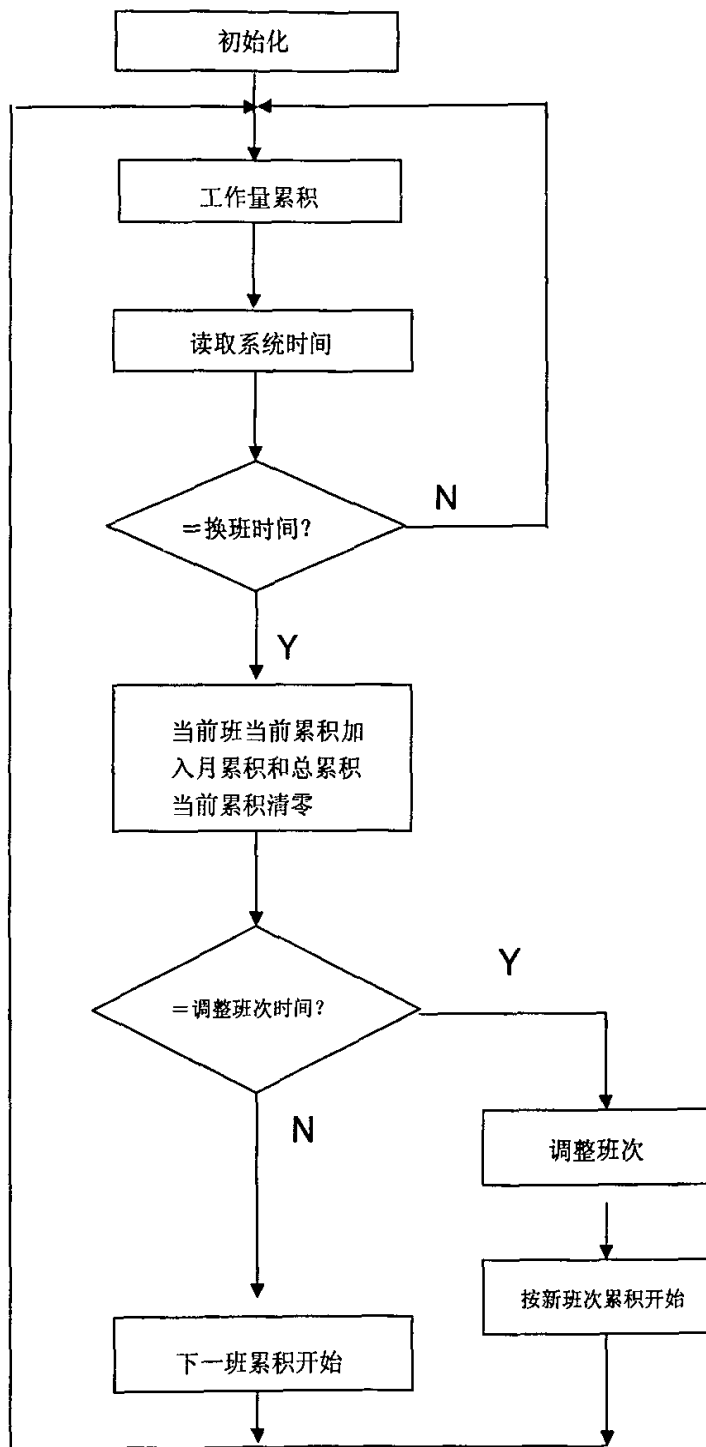


图 5-2 工作量累积程序流程图

5.5 脱氧塔压力控制系统

真空脱氧是置换工段的关键所在,直接影响金的置换比例。脱氧塔内的真空是靠水力喷射泵实现的,而脱氧塔的进、出口是由电动调节阀来控制矿浆流量的,调节阀因使用的时间长而磨损,导致流量变化成非线性特性,而且管道内的压力又是波动的,所以很难用普通的 PID 算法来控制脱氧塔的压力,而脱氧塔内负压控制的好坏直接影响工艺效果。因而在脱氧塔压力控制系统中采用模糊控制,将基于专家经验知识的控制策略转换为自动控制的策略,来达到理想的控制效果。

5.5.1 模糊控制系统简介^{[25][26][27]}

根据流量误差及压力误差构成 2 输入 1 输出模糊控制器,其中压力的误差作为主要因素,具体控制结构图如图 5-3 所示。

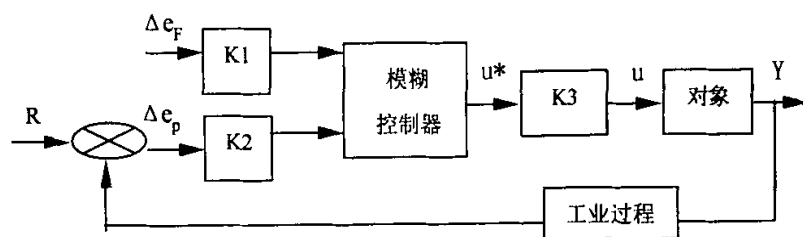


图 5-3 双输入单输出模糊控制系统

5.5.2 控制算法^{[27][28][29]}

1. 输入输出的量化

该系统选用模糊语言值为 NL (负大)、NS (负小)、0 (零)、PS (正小)、PL (正大) 五个级别,相应的论域取为 $[-4, 4]$ 。其流量偏差赋值表、压力偏差赋值表及输出赋值表分别如表 1、表 2、表 3。

由于实际上的偏差值是连续变化的量,必须先将偏差量化为 -4 到 $+4$ 之间的整数以便于合成运算。如果偏差不是整数,则可以先将其归入最接近的整数:如 $5.8 \rightarrow 6$, $3.2 \rightarrow 3$, $-1.4 \rightarrow -1$ 等。例如设当前流量为 98.6 立方米每小时,偏差

为 $98.6 - 93 = 5.6$ 立方米每小时，将其归入最接近的整数 6。最后根据公式可将其量化为区间 $[-4, +4]$ ，设流量偏差的采样值论域为 $[-12, +12]$ 。

$$\Delta e^* = 8 \times \Delta e / (\beta - \alpha) = 8 \times 6 / 24 = 2$$

在该系统中压力的偏差采样值论域为 $[-0.4, 0.4]$ ，即阀门开度偏差实际值论域为 $[-0.4, 0.4]$ 。

等级 语言值	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
PL _u	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1
PS _u	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
O _u	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
NS _u	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
NL _u	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0

表 1 流量偏差赋值表

等级 语言值	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
PL _u	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1
PS _u	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
O _u	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
NS _u	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
NL _u	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0

表 2 压力偏差赋值表

等级 语言 值	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
PL _u	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1
PS _u	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
O _u	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
NS _u	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
NL _u	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0

表 3 输出开度偏差赋值表

对于输出量来说，由已得到的模糊控制决策得到精确控制的方法，一般有以下两种：^[30]

选择隶属函数最大的原则，由公式计算出的模糊控制量是一个模糊子集。选择模糊子集中隶属函数最大的元素作为确定输出量，如对应的模糊子集为 C ，则所确定的输出量 u^* 应满足 $\mu_c(u^*) \geq \mu_c(u)$ 。例如若 $C = \frac{0.2}{2} + \frac{0.7}{5} + \frac{1}{4} + \frac{0.2}{6}$ ，按隶属函数最大的原则应选取 $u^* = 4$ 。

这种方法简单易行，在计算机操作时，有很好的实时性。缺点是它概括的信息量少，没有考虑其他隶属函数较小的点的情况，没有区分隶属函数的宽窄和分布状况，也没有考虑到其他隶属函数较小的控制量应起的作用。

如果隶属函数最大的点不止一个，即模糊子集的隶属函数分布曲线出现双峰或顶部平坦的情况，此时的确定输出值取双峰中点或平坦部分的中点。

加权平均原则，设模糊子集 C 中有 n 个元素 u_1, u_2, \dots, u_n 。其对应的隶属函数为 $\mu_c(u)$ ，取加权系数 $k_i = \mu_c(u_i)$ ，则确定输出量 u^* 由下式决定：

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_c(u_i) \cdot u_i}{\sum_{i=1}^n \mu_c(u_i)}$$

这种计算方法，类似于概率论中求数学期望的方法。这种算法考虑到其他非最大隶属函数控制量的影响，包含了较多的信息，因此较简单取最大值的方法要

好。值得注意的是加权系数的决定直接影响系统响应特性，所以在实用时应加以必要的调整。

2. 建立模糊控制策略

根据对此阀门控制系统的操作经验及长期的检测数据可以得到一组控制策略表：

$\Delta e_F \backslash \Delta e_p$	NL	NS	0	PS	PL
PL	PS	PS	NS	NL	NL
PS	PS	PS	0	NL	NL
0	PL	PS	0	NS	NL
NS	PL	PL	0	NS	NS
NL	PL	PL	PS	NS	NS

表 4 控制规则表

上表中共包含有 $5 \times 5 = 25$ 条控制策略，每一条控制策略可用一条对应的条件语句来表示

if $\Delta e_F = \text{NL}$ and $\Delta e_p = \text{NL}$ then $\Delta u = \text{PL}$

if $\Delta e_F = \text{NS}$ and $\Delta e_p = \text{NL}$ then $\Delta u = \text{PL}$

if $\Delta e_F = \text{NL}$ and $\Delta e_p = \text{NS}$ then $\Delta u = \text{PL}$

if $\Delta e_F = \text{NS}$ and $\Delta e_p = \text{NS}$ then $\Delta u = \text{PL}$

.....

第一句的意思是若流量误差为负大并且压力误差为负大，则控制策略为正大。由此可算出对应于每一控制策略的模糊关系。这种语言控制策略是一个多级（由于本系统不需要精确控制，本例为 5 级）条件语句，级数可以根据实际情况决定。

3 计算模糊关系矩阵

$$\text{例如：} \Delta e_F = \text{NL} = \frac{1}{-4} + \frac{0.5}{-3}$$

$$\Delta e_p = \text{NL} = \frac{1}{-4} + \frac{0.5}{-3}$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0.5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, B_1 = [1 \quad 0.5 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

$$\text{令 } D_1 = A_1 \times B_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

上式中 $m=9$, $n=9$ 。再将 D_1 改写为 $m \times n$ 维列向量 D_1^T 的形式, 则可算出三元模糊关系 $R_1 = D_1^T \times C_1$

该系统总的控制策略所对应的模糊关系为各个分别的模糊关系的并集, 得到了总的模糊关系矩阵 R 以后, 再取 Δe_F 和 Δe_P 的非模糊观测作为输入量。所谓非模糊观测结果, 是指将和的观测或量化结果化为其论域中的某个等级。例如量化 Δe_F 为 -4 级, 量化 Δe_P 为 -2 级, 则将其相应等级的隶属函数定为 1, 其余为零。此时的输入 $\Delta e_F = A$ 可表示为列向量, 而输入 $\Delta e_P = B$ 可表示为行向量如下

$$A = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad B = [0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0]$$

再按式 $C = (A \times B) \cdot R$ 的合成算法计算出相应的控制量模糊子集 C ，再按取隶属函数的最大值原则得到模糊控制表。该模糊控制表是模糊决策表的具体实现。在不同系统中控制策略不一定相同，在实际使用时，控制表可根据运行结果进行具体修正。

4. 编程求模糊控制表^[32]

根据操作人员对系统的操作和控制经验，可以总结出一套控制策略或控制规则，这一套策略或规则排列为表格，称为状态作用表，如表 4 就是控制策略表。根据状态作用表，可写成一系列的模糊条件语句，模糊条件语句有多种形式，经常应用的如上式所示。这一系列模糊条件语句事实上便构成一个模糊的模型，利用这个模型便可以设计出模糊控制器。例如根据上表可写出 25 条条件语句：

if $\Delta e_r = NL$ and $\Delta e_p = NL$ then $\Delta u = PL$

if $\Delta e_r = NS$ and $\Delta e_p = NL$ then $\Delta u = PL$

if $\Delta e_r = NL$ and $\Delta e_p = NS$ then $\Delta u = PL$

if $\Delta e_r = NS$ and $\Delta e_p = NS$ then $\Delta u = PL$

.....

观察以上 4 条条件语句不难看出，他们可以合并为一条条件语句为：if $\Delta e_r = NL$ or NS and $\Delta e_p = NL$ or NS then $\Delta u = PL$

同理可以推出：

if $\Delta e_r = NL$ or NS and $\Delta e_p = PL$ or PS then $\Delta u = PS$

if $\Delta e_r = PL$ or PS and $\Delta e_p = PL$ or PS then $\Delta u = NL$

if $\Delta e_r = PL$ or PS and $\Delta e_p = NL$ or NS then $\Delta u = NL$

通过类似的合并，可将上述 25 条语句合并为 12 条，具体合并方法是将上下左右相邻的控制输出相同的控制策略合并为一条语句，且合并规则个数只能是 2 的次方，一般不超过 4。具体合并方法可参照下表：

$\Delta e_F \backslash \Delta e_p$	NL	NS	0	PS	PL
PL	PS	PS	NS	NL	NL
PS	PS	PS	0	NL	NL
0	PL	PS	0	NS	NL
NS	PL	PL	0	NS	NS
NL	PL	PL	PS	NS	NS

表 5 控制策略表

如果 Δe_F 、 Δe_p 、 Δu 的隶属函数的赋值表分别如表 1、表 2、表 3 所示，应用模糊集合运算规则可以求出：

$$u_1 = \Delta e_F \cdot [(NLe_F \cup NSe_F) \times PLu] \cap \Delta e_p \cdot [(NLe_p \cup NSe_p) \times PLu]$$

上式中“.”、“ \cup ”、“ \times ”、“ \cap ”分别表示合成、并、笛卡儿积、交 4 种运算。但在实际上， Δe_F 和 Δe_p 都是实际测量到的确定值，因此不是模糊的，他们的隶属函数除了对应于所测量到的等级号为 1 以外，其余都是零。这样上式可大大简化。

在本系统中假定测量到的流量误差为第 i 级 ($i = -4, -3, \dots, 0, \dots, +3, +4$)，水位误差为第 j 级 ($j = -4, -3, \dots, 0, \dots, +3, +4$)，则上式可简化为

$$u_1 = \min\{\max[\mu_{NLe_F}(i); \mu_{NSe_F}(i)]; \max[\mu_{NLe_p}(j); \mu_{NSe_p}(j)]; \mu_{PLu}\}$$

上式中 $\mu_{NLe_F}(i)$ ， $\mu_{NSe_F}(i)$ 是模糊集合 NSe_F 和 NLe_F 是第 i 个元素的隶属函数值；而 $\mu_{NLe_p}(j)$ ， $\mu_{NSe_p}(j)$ 是模糊集合 Nse_p 和 Nle_p 是第 j 个元素的隶属函数值。

用同样的方法可求出 u_2 ， u_3 ， \dots ， u_{12} 。则对于为第 i 个等级，为第 j 个等级的控制量 u 应为 $u = u_1 \cup u_2 \cup \dots \cup u_{12}$

u 是一个模糊集合，为了得到一个确定的控制量 u^* 可按选择隶属函数最大值的原理或加权平均的原理决定。以上的运算大多属于逻辑运算，可以方便地使用计算机编程实现。对于不同的 i 值和 j 值，计算出不同的 u^* 值最后得出模糊控制表表 6。

5. 控制结果讨论

根据收集的三个月的压力数据表，结合操作人员的实际经验，模糊控制效果

满意率可以达到 98%。在大多数以往由于阀门调节不及时所造成的流量产生较大的波动的情况下,根据模糊算法计算出的阀门调节量可有效地恒定流量值。而且,自动调节的效果与一个有经验的工程技术人员调节尺度基本相符。因此,该方案在脱氧塔负压控制中投入使用,可有效地控制阀门的流量,以达到在无人监守状态下,自动控制阀门开度的目的。

$\Delta e_p \backslash \Delta e_F$	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
4	2	2	1	1	-1	-2.5	-3.5	-3.5	-4
3	2	2	2	1	-1	-2.5	-3	-3.5	-4
2	2	2	2	2	0	-2	-3	-3	-3.5
1	2.5	2.5	2	2	0	-2	-2	-2.5	-3
0	3	2.5	2	2	0	-2	-2	-2.5	-3
-1	3.5	3	2.5	2	0	-2	-2	-2.5	-2.5
-2	3.5	3	3	2	0	-2	-2	-2	-2
-3	4	3.5	3	2.5	1	-1	-2	-2	-2
-4	4	3.5	3.5	2.5	1	-1	-1	-2	-2

表 6 模糊控制查询表

5.5.3 具体实现^{[35][37][38]}

脱氧塔上面的压力变送器,将脱氧塔内部的负压转换为 4—20mA 的电流信号,以及两个电动调节阀的阀位反馈信号,都要进入 PLC,PLC 根据采样的量求得系统误差和误差变化率,并对其量化得到各自论域元素,通过查询表获得控制量 u^* 。然后,输出两路 4—20mA 电流信号,分别控制两个电动调节阀,最终达到负压稳定的目的。图 5-4 给出了双输入单输出模糊控制器的查询表算法流程图。整个系统的控制流程如图 5-5。

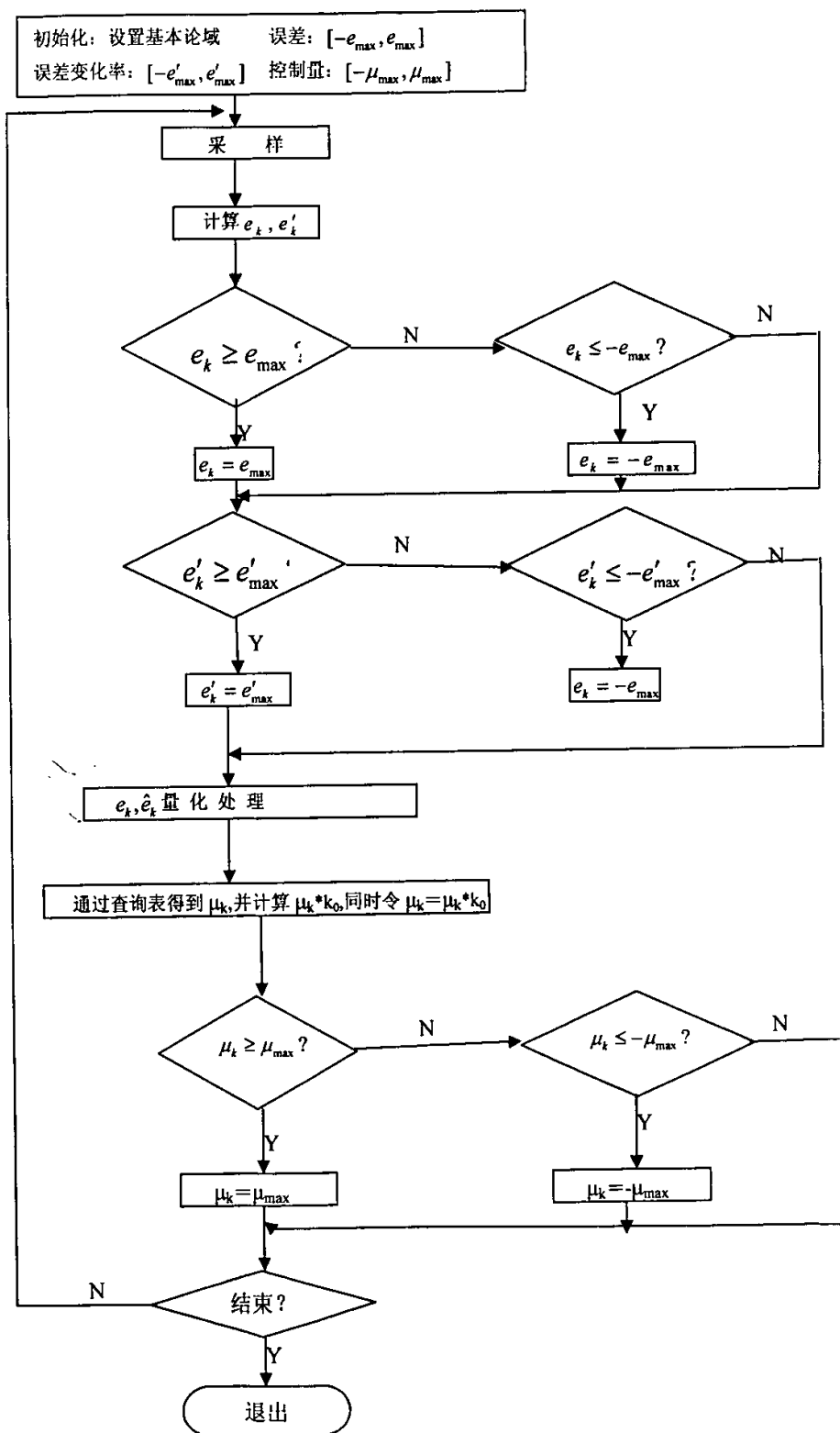


图 5-4 模糊控制器算法流程图

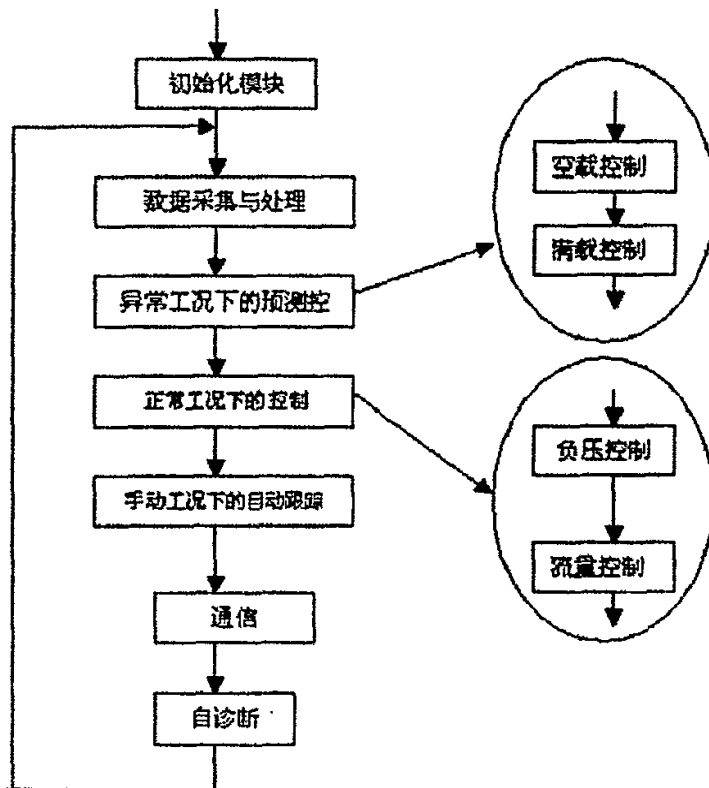


图 5-5 系统控制流程图

5.6 PH 控制系统

在氰化工艺最后的浮选阶段也是实现铜、铅等其他元素的提取的阶段，这个阶段始终需要加入浓硫酸进行反应，而且此过程中 PH 值对反应的程度有着重要的影响，由于 pH 值的波动，容易造成生产过程波动，质量不稳定，产量降低，原材料浪费，装置腐蚀，操作困难和环境污染等状况。在实现自动控制之前，一直是由现场工人实时检测，然后手动调节阀门来控制加酸的，这样不仅浪费人力，而且准确度达不到要求。

5.6.1 控制过程设计

1、工艺分析^{[39][40][43]}

经现场观察分析发现：

(1) 从 pH 过程的滴定曲线可以看到，pH 是具有极度非线性（S 型）的过程对象。酸性区和碱性区各有一个非敏感段，特性十分迟钝；而中性区是敏感段，特性十分灵敏。这意味着在一定量的 pH 值不同的溶液中滴入等量的酸（碱）液，对溶液的 pH 值的影响是不同的；中性段的反映最强，越向两端反映越弱，强弱对比会达到上千倍。当目标是要控制一个固定的 pH 值时，需要根据当前的 pH 值按滴定曲线不断调整加药量，这就要求控制器根据该曲线不断修正控制器增益，尤其在 A、B 两点的附近。因此采用 PID 调节器起码要分为三段分别控制，而且控制器的参数要整定得相对迟钝，以保证在各段内增益变化时控制器不至于失效。然而，在工业现场 pH 值的控制往往不是这么理想的，工艺过程导致的大滞后和时变，使控制过程更加困难。

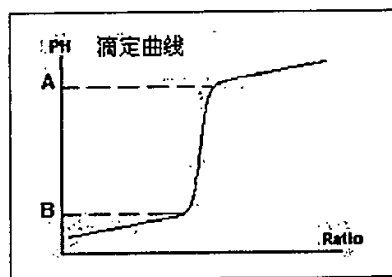


图 5-6 PH 非线性特性

(2) 大滞后

由于生产装置的工艺路线的限制，往往加药后会迟滞一段时间才能看到过程的反映，这段时间为滞后时间（ τ ）。很多因素都可以影响滞后时间，如加药点距传感器安装点较远、加药管路较长等。在溶液中加入一定量的药液，这时从过程开始反应到达到其稳态值的 63% 左右时所经历的过渡时间为时间常数（ T ）。一般说 $\tau / T \geq 1$ 就可以认为有大滞后， $\tau / T \geq 2$ 时传统 PID 控制的效能将急剧下降甚至导致控制失效。从 pH 过程的滴定曲线可以看到，在中性段的 pH 值非常敏感，因此会导致过程较强的反应，从而使过程的 τ / T 比增加，过程体现大滞后特征。

为了有效控制大滞后过程，可以采用预估算法来解决，但该算法要求对滞后时间的估计值比较准确，否则估算器也会失效。但是实际生产过程，滞后时间往往是变化的，即系统具有时变特征。

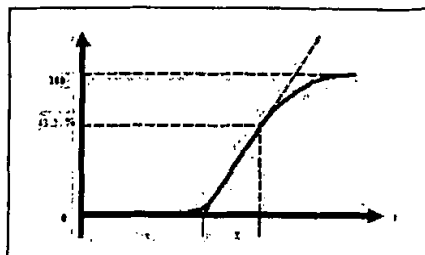


图 5-7 PH 大滞后特性

2、提出控制方案

(一)MFA 控制技术^{[42][43]}

MFA 控制是自动控制领域中一种全新的理论和技术，它为了解决工业过程中的复杂回路控制问题提出了新颖而有效的理念和方法。MFA 控制技术与 PID 和自整定 PID、模糊控制、神经网络、专家系统控制等流行方式是完全不同的。

MFA 技术的关键可以归纳为：(1)所有过程的信息都已包含在输入输出的信号中，只是以往采用传统的控制方法缺乏有效提取这些信息并加以利用的手段；(2)通过无事先训练的快速强制学习等方式，使 MFA 控制器能够准确把握过程对象当前的特征，产生更合理的对策，从而获得理想的调节控制结果。

MFA 控制技术具有稳定性证明，对于开环稳定的线性与非线性过程对象的适用性在理论上得到确认。

MFA 控制技术主要的应用范围：非线性（包括 PH）、大滞后、强耦合和时变采用传统控制手段难以控制的过程。

MFA 控制技术对于 PH+大滞后过程有其独特的技术特点：

(1) 仅需大致估计滴定曲线的折点和滞后时间，MFA 就可以有效地控制（如图 5-7）

(2) 有效控制流入速率和 PH 的变化，滴定曲线移动，及其他不确定性

(3) 自适应并补偿大的增益改变

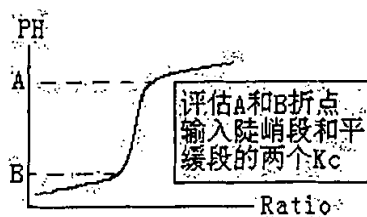


图 5-8

在一般的应用场合建立 MFA(PH) 模块控制器后, 利用其默认值就可以得到比较稳定的投运效果。简单的 PH 模块可以抵抗 $\tau/T < 2$ 的滞后过程。当 $\tau/T > 2$ 时可将 MFA 的 Time-Varying 模块设为 Enable, 然后估计出最大和最小的滞后时间, 填入模块参数表就可以得到满意的控制效果。

(二) MFA 控制器工作原理

MFA 与其它负反馈控制器(自适应或非自适应)一样, 是根据设定值和过程变量之间的偏差决定如何最好地控制过程。但与传统的过程控制器不同的是, MFA 通过前 N 个采样值来分析偏差的整个趋势。这就使控制器可以观察到过程的动态特性。

然而, MFA 并不试图通过这种观察来创建过程的固定模型, 而是利用如图 5-9 所示的神经网络, 根据偏差的历史数据直接计算出下一步控制作用。

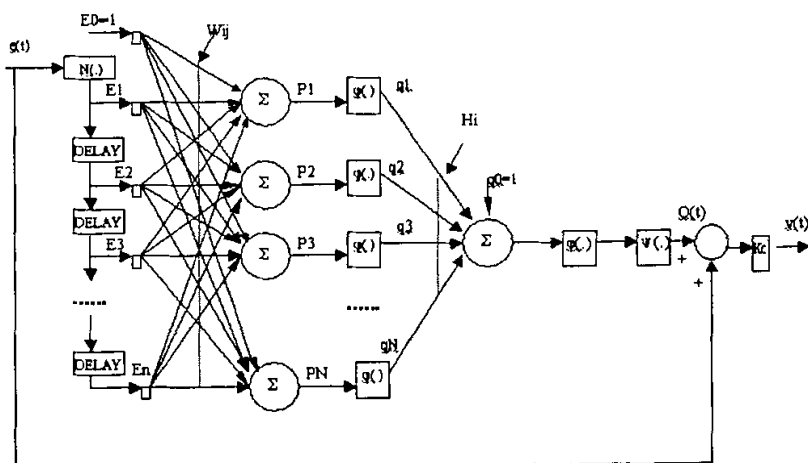


图 5-9 MFA 控制模型示意图

MFA 控制算法的核心包括如下的差分表达式:

$$p_j(n) = \sum_{i=1}^N w_{ij}(n) E_i(n) + 1, \quad (1)$$

$$q_j(n) = \varphi(p_j(n)), \quad (2)$$

$$o(n) = \psi[\varphi(\sum_{j=1}^N h_j(n)q_j(n) + 1)] = \sum_{j=1}^N h_j(n)q_j(n) + 1, \quad (3)$$

$$v(t) = Kc[o(t) + e(t)], \quad (4)$$

其中 n 表示第 n 项迭代, $o(t)$ 是 $o(n)$ 的连续函数, $v(t)$ 是 MFA 控制器的输出, Kc 是 MFA 控制器的增益, 对调节控制性能非常有用。其中加权因子可以在每个采样间隔通过一下公式在线更新:

$$\Delta w_{ij}(n) = \eta K_c e(n) q_j(n) (1 - q_j(n)) E_i(n) \sum_{k=1}^N h_k(n), \quad (5)$$

$$\Delta h_j(n) = \eta K_c e(n) q_j(n), \quad (6)$$

这个神经网络在过程控制应用中的关键部分: 首先是存储测量到的偏差之历史数据, 这可以通过网络输入端的延时模块实现。最新的测量偏差进入模块顶端, 先前的每一个测量偏差被依次向下推入历史文件。接着, 网络将每一个历史测量偏差乘以加权因子, 经过迭加和滤波产生输出 $o(t)$ 。最后, 将 $o(t)$ 与当前的测量偏差 $e(t)$ 相加, 再乘以用户设定的增益 Kc 得到实际的控制作用 $v(t)$ 。

(三) MFA 如何解决 pH 值过程控制问题^{[42][44]}

CyboCon 是应用 MFA 技术设计的通用控制器产品, 它内部针对一些特殊的过程对象设计了相应的控制模块, 用户可以根据实际的过程激活使用一个或多个模块, MFA 会自动到把这些模块整合起来, 形成一个有机的整体。

3.2.1 解决非线性问题

针对 pH 过程的非线性 MFA 设计了 pH Control 模块, 用户只需要粗略估计 A、B 两个拐点的位置以及敏感段、迟钝段的两个增益就可以得到理想的控制结果。

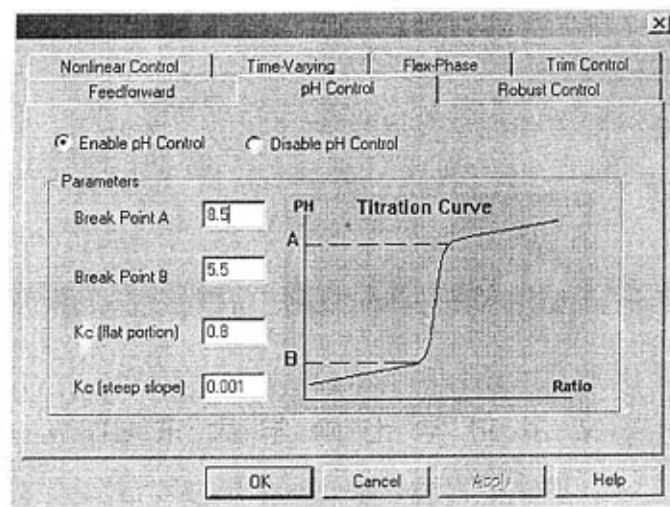


图 5-10 pH Control 模块

在实际操作中，上述四个参数大多直接采用默认值直接投运，必要时根据投运效果对两个增益进行修正就可以了。例如某滴定装置在投运后感到收敛速度较慢，将陡峭段 K_c 设为 0.01，平缓段 K_c 设为 3，收敛速度明显提高，且在各种负荷下未出现震荡。

3.2.2 解决大滞后问题

如果现场存在大滞后而且滞后时间会变化，MFA 也设计了 Time-Varying 模块（图 5-11）。用户只需要填入粗略估计的最短和最长的滞后时间。这个模块实际就是专门为滞后时间不确定的现场情况设计的。MFA 允许其与 pH Control 模块联合使用，由 MFA 来解决两个模块之间的平滑过渡问题。

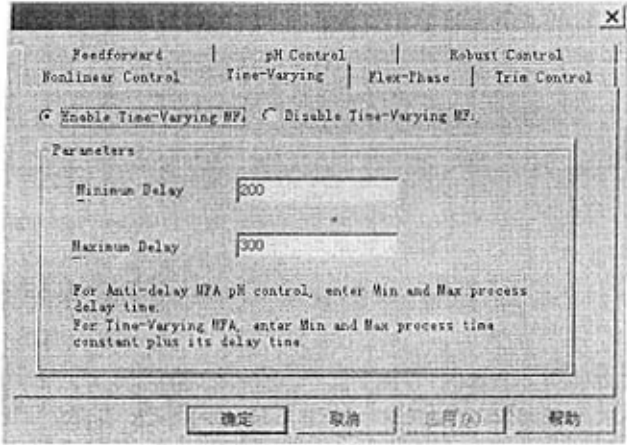


图 5-11 Time-Varying 模块

5.6.2 具体实现

1、控制目标

- (1) 将选铅加药槽 PH 值控制在 7.5~8.5 之间，选铜加药槽 PH 值控制在 5~6.5 之间，从而稳定生产。
- (2) 减少控制系统的超调量，减少中和酸的注入量，达到节能降耗的目的。
- (3) 增强系统的抗干扰能力，使系统即使在大的干扰出现的时候，仍然能够保持稳定，且能够快速收敛；

2、控制逻辑

如图 5-12

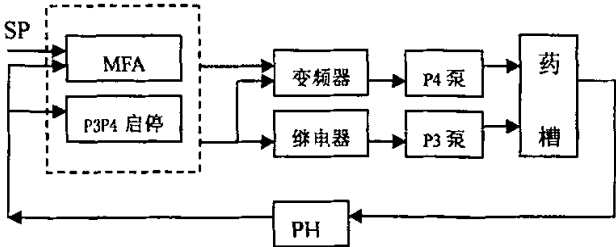


图 5-12 系统控制逻辑图

3、具体实现^[49]

(1) 控制器选择 CyboCon CE。该控制器是美国博软公司将无模型自适应(MFA)控制技术与 Microsoft Windows CE 实时操作系统结合起来, 嵌入 GE Fanuc 公司的 FC2000 工业平台, 是一种即插即用式, 功能强大的一体化先进控制器。可以通过其自带的 I/O 通道直接与一次仪表连接; 触摸屏完成控制组态和调节趋势显示; 内置的控制逻辑算法实现连续、间歇控制逻辑的组态。

(2) 考虑到药槽中腐蚀性较强且油污较多, 经常污染 PH 计探头, 造成 PH 值偏离实际值, 无法满足控制需要。所以采用了 MPD53 智能型 PH/氧化还原监控仪, 经过安装、调试、使用发现, 具高抗扰能力。可匹配 PH 玻璃电极, 铈电极和氧化还原电极。具有探头自动清洗控制功能, 清洗期间自动锁定电流输出, 从而保持正常工作, 很好的满足了控制要求。

(3) 为实现连续控制, 在 P4 泵上安装了变频器。该变频器接受 MFA 控制器的输出信号。对控制对象实现连续控制。

(4) 考虑到工作过程中加药流量有可能有较大的变化, 而变频调速技术有其应用的限制, 即当输出频率低于工频的 20% 时, 电机较易发热, 这就意味着最大与最小处理能力的比值不能超过 5。但现场工况的考察结果表明, 这样的处理能力是远远不够的。因而选择了双泵工作方案, 即 P4 泵做常稳态的连续调节, 并限制其不在工频的 20% 以下工作, 必要时可关闭该泵; P3 泵作为 P4 泵的补充, 在 P4 泵的能力不够时开启。

主要控制逻辑是: 在设定值的上下各设一个带, 形成 PH 值的上下限, 上限与变频器输出频率构成逻辑控制 P3 泵的启停, 下限与变频器的输出频率过程逻辑控制 P4 泵的启停, 中间作为连续调节区。并可由 CyboCon CE 输出 DO 信号作为监控信号, 接至指示灯, 反映 CyboCon CE 的运行状态。指示灯闪烁, 表示 MFA 正常; 指示灯停止闪烁, 表示 MFA 异常。

结 束 语

本课题所研究的系统是一个涉及面较广,较为完整的监控系统,综合运用了通信、网络、PLC、计算机、自适应控制、模糊控制、智能检测及自动化等现代化信息技术,实时进行数据采集和分析,实现对整个氰化工艺的整体监控,解决了矿山企业长期以来无法实施有效自动控制的问题。本系统现已投入运行,且运行情况良好。系统对工艺流程和相关设备进行了改造,使重金属的提取比例提高,使磨矿分级、氰化浸出、污水排放等工艺指标达到较高水平,不但为企业创造更大的经济效益而且减少了环境污染,同时也改善了工人的工作环境降低了工作强度。由于国内氰化工艺现在还没有完善,工艺流程、设备也处于不断改进之中,本系统的开放性和可扩展性也很好的适应了车间改良的需求,可根据用户的要求方便的链接多个从站,受到了用户的好评。

通过本课题的设计,对控制系统的组成和控制算法的实现有了更深一步的了解和研究。对于本专业的知识有了更为全面的了解和认识。此外,通过毕业设计期间到现场的调试和安装过程,使我深刻地认识到要成为一名优秀的工程科学技术人员,不但要具备扎实的专业理论知识,还要注重平时现场经验的积累,当然尽可能地掌握一些现代工具的使用技能也是必不可少的。更为重要的是在具备治学严谨的科研态度和扎实肯干的吃苦精神的同时,时刻保持一种乐观向上、锲而不舍的自信心往往是成功的关键。

参考文献

1. 焦瑞琦,王德明,王静 《桐沟金矿氰化工艺技术改造实践》 黄金. 2004, 25 (8)
2. 贺飞玥 《赛乌素金矿氰化厂工艺流程技术改造》 有色矿山 2000. 1
3. SIMATIC Components For Totally Integrated Automation Catalog ST70.1998
4. 吴成友、王如忠 《一种大型分散式远程监控的解决方案》 光电子技术 2004/04
5. 王洒宏、任继平 《分布式网络技术的实时性分析》 计算机工程 2003. 06
6. SIEMENS S7-300 硬件安装及模板规范手册
7. SIEMENS S7-400 硬件安装及模板规范手册
8. 张宝芬, 张毅 《自动检测技术及仪表控制系统》 化学工业出版社 2000. 12
9. 胡道元, 《信息网络系统集成技术》. 清华大学出版社, 1996
10. 秦肖榛 《集散控制系统实时网络通信设计》 计算机工程与应用 1997. 5
11. 唐济扬, 《用于自动控制系统的工业通讯网络》, 2000 (1)
12. 唐济扬, 《现场总线 (PROFIBUS) 技术应用指南》, 2000 (1)
13. SIEMENS STEP7 5.0 编程手册
14. SIEMENS STEP7 5.0 语句表手册
15. SIEMENS STEP7 5.0 梯形图手册
16. SIEMENS SIMATIC NET 组态手册
17. SIEMENS 深入浅出西门子 WinCC V6.0
18. SIEMENS WINCC 组态手册 (1-6)
19. OPC 技术介绍 (一) ~ (八) 自动化博览 2002
20. 周爱华, 汪仁智 OPC 接口技术规范 (上、中、下) 世界仪表与自动化 2003
21. 王平、王浩 《工业以太网中实时性问题的研究进展》 仪器仪表标准化与计量 2003. 4
22. 候昉、沈琪、夏永明 《工业以太网的实时性分析及其改进对策》 工业控制计算机 2004. 8
23. OPC Task Force. OPC Data Access Custom InterfaceStandard (Version 2.04).

<http://www.opcfoundation.org>, 2000

24. 李强、屈宝存, 葛智强 《PLC 和变频器在空压机节能改造中的应用》 环保行业应用 2006. 3
25. 龚瑞昆 《模糊控制器在线算法的改进》 河北理工学院学报 1999. 2
26. V.Novak, "Fuzzy Set and its application" , 1989。
27. Dubois D, Prade H. "Fuzzy Sets in Approximate Reasoning, Part :Inference with Possibility Distributions" Fuzzy Sets and Systems, 1991 , 40 (2) :143~202
28. Joseph R. Adamaki, "Fuzzy Logic For Appliance Control, "Electronic Progress, Publication of the Corporate Office of Engineering of the Raytheon Company, Vol.32 , No. 1 , pp. 34-39, 1992。
29. Yang Gao, Meng Joo Er "Online adaptive fuzzy neural identification and control of a class of MIMO nonlinear systems" , IEEE Transactions on Fuzzy Systems On page(s): 462- 477, Volume: 11, Issue: 4, Aug. 2003
30. B. Kosko, "Neural Networks and Fuzzy Systems:A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence, "Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, Inc. 1992
31. Stephen J.Konffman, R.Rees fullmer R.C. Brown, "Fuzzy Logic Control of a Fluidized Bed Combuster", The American Control Conference, 1989。
32. E.H.Mandeni, "Fuzzy Reasoning and its Application" , 1981。
33. Y. Lin and C.A. Cunningham III, "*A new approach to fuzzy-neural system modelling*", IEEE Trans. on Fuzzy Systems, vol.3, no.2, pp. 190-199, May 1995.
34. Shou-Heng Huang and Ron M. Nelson, "Artificial Neural Networks Used as a Rule Selector for Fuzzy Logic Controllers, "Proceediggs of the 1993 ASME Computers in Engineering Conference, San Diego, Colifornia, August1993。
35. Shou-Heng Huang and Ron M. Nelson, "Rule Development and Adjustment Strategy of a Fuzzy Logic Controller for an HVAC System Part One-Analysis, " ASHRAE Transactions. Vol. 1 0 0 Pt. 1 January 1994。
36. Bernard Widrow and Michadl A. Lehr"30Years of Adaptive Neural Networks:Percettron, Madeline and Backpropagation. "Proceeding of The IEEE Vol. 78, No. 9. (Sept.) , pp, 1415-1441 , 1990
37. Chao CT, Teng C C. A PD-Like Self-Tuning Fuzzy Controller Without

Steady-State Error. Fuzzy Set and Systems, 1997, 87(2):141~154

38. C.Batur and V.Kasparian, "A reel time fuzzy self-Tuning Control"A.C.C, 1989.
39. 李辉, 洪涛 《污水处理过程中 PH 值控制方法研究》 电子科技大学学报 2003. 12
40. 李辉 洪涛 "Reserch on pH value control for sewage treatment" 电子科技大学学报 2003
41. 彭永臻, 曾薇, 李探微 《污水处理系统的在线模糊控制》 哈尔滨建筑大学学报 1999.8
42. 邓重一 《无模型自适应控制技术》 PLC&FA 2004. 1
43. Cheng, G.S "Model-free adaptive (MFA). control" Computing & Control Engineering Journal Volume 15, Issue 3, June-July 2004
44. Zhongsheng Hou Dan Xiong "The adaptive control system design with a model-free external loop as a compensator" Intelligent Control and Automation, 2004. WCICA 2004. Fifth World Congress on Volume 1, 15-19 June 2004
45. 于晓东 《无模型自适应控制技术在工业污水处理系统中的应用》 石油化工自动化 2004.2
46. 杜树新 《污水生化处理过程建模与控制》 控制理论与应用 2002. 10
47. 杨亚炜、张明廉 《一种新的模糊控制方法及其仿真》 北京航空航天大学学报 1999. 6
48. 周东华, 孙优贤 《控制系统的故障检测与诊断技术》 清华大学出版社 1994.09
49. 王运森, 郑建明, 孙豁然 《过程自动控制及遗传算法在新城金矿自动控制系统中的应用》 黄金 2003. 6 第六期

致 谢

本文是在马思乐副教授的悉心指导下完成的，并得到了黄彬师兄、张曦师兄、董杰师兄的耐心帮助。导师学识渊博，治学严谨，和蔼可亲，集中体现了中年科研工作者所具有的高尚的、令人尊重的科研态度和人格作风，指导我度过了人生中进步最快、学的最多、最充实快乐的三年时光。我衷心的感谢我的导师。我无以回报，只有在今后的学习工作中更加勤奋努力，拼搏进取，争取以更大的成绩向老师献礼！

在我读硕士研究生期间和课题研究过程中常发亮老师、王平老师、自动化工程中心的栾义忠工程师等都给予了我多方面的指导、无私的帮助和热情的关怀。在此，一并向所有关心、帮助过我的老师和同学表示衷心的感谢！

在研究生期间发表的论文

- [1]杨伟杰,马思乐,董杰 基于 DCS 的金矿氰化厂自控系统的设计与开发 《信息技术与信息化》 [J] 2006.2
- [2]杨伟杰,陈长亮 金矿氰化工艺中的 MFA 控制 《自动化博览》 [J] 2006.2
- [3]董杰,杨伟杰 无线通讯在供水系统中的应用 《PLC&FA》 [J] 2005.2
- [4]陈长亮,杨伟杰,陈振生 基于图像识别句法分析的心电图计算机自动分析 《中国医疗器械信息》 [J] 2006 年 4 月
- [5] 陈长亮,杨伟杰,陈振生 用于存储,传输和分析的 12 导同步心电图标准化系统的设计 《医疗设备信息》 2006 年 4 月