

## ABSTRACT

In this paper, a computer control system which is applied to transferring ash in power station is designed and analyzed based on the project background. The system consist of DCS and PLC which can achieve processing automation and information management automation. During my writing this paper, introduced the present situation and discussed the total plan and designation of the control system. Taking control system design based on principles expounded ash distributed control system for the overall program design and selection process. Discussed the PLC-based control system in the selection, configuration, programming and other aspects of the point. Introduced the picture supervisory system manufacture process as well as the matters needing attention. The article focuses on the dry ash pulping process of production, simulation testing and field testing.

Based on the sufficient practical argumentation, the paper proves that this system could effectively realize automatic monitoring and automatic enhancement of the process safely, the control system which combines the field bus technology with the PLC looks practical and feasible from the technical angle, has potential market influence. The successfully utilization of this kind of integration control system in ash distributed control system in power plant of GDCF, has certain reference value for other use in power plants or other domains applications.

**Keyword:** plc, DCS , PLC programming

## 声 明

本学位论文是我在导师的指导下取得的研究成果，尽我所知，在本学位论文中，除了加以标注和致谢的部分外，不包含其他人已经发表或公布过的研究成果，也不包含我为获得任何教育机构的学位或学历而使用过的材料。与我一同工作的同事对本学位论文做出的贡献均已在论文中作了明确的说明。

研究生签名：单锦良

2007年7月9日

## 学位论文使用授权声明

南京理工大学有权保存本学位论文的电子和纸质文档，可以借阅或上网公布本学位论文的部分或全部内容，可以向有关部门或机构送交并授权其保存、借阅或上网公布本学位论文的部分或全部内容。对于保密论文，按保密的有关规定和程序处理。

研究生签名：单锦良

2007年7月9日

# 1 绪论

## 1.1 工程背景

本课题来源于国电谏壁发电厂的2×600MW超临界二期新灰库控制系统工程。灰库控制系统是火力发电厂配套的辅助处理系统,该系统能否保持长期连续稳定的工作关系到整个发电机组安全生产的一个重要环节。建立先进、可靠、便捷的控制系统是本次工程的主要目标。系统的可靠运行,将大大提高生产效率,降低故障率,保证生产安全,提高自动化水平和管理水平,并取得良好的经济效益和社会效益。该控制系统技术要求高,系统稳定性及可靠性要求强,有一般控制系统的普遍性和本身的特殊性。通过研究国电谏壁二期新灰库控制系统,首先可以对灰库控制系统的工艺及流程有一个全面而深入的了解,并掌握灰库控制系统建造过程中的要求及重点。其次通过对该控制系统的研究可以举一反三,对其他类似的控制系统有很大的借鉴作用。本文基于这一工程背景,讨论与研究了集散型计算机系统(DCS)与可编程序控制器(PLC)融合为一体的、过程控制自动化与信息管理自动化相结合的新型综合控制系统。

## 1.2 灰库控制系统的发展与趋势

灰库控制系统作为工业控制系统中的一个典型运用,它的发展主要经历了以下几个阶段。

### (1) 继电器接触器控制系统阶段

20世纪20年代起,技术人员把各种继电器、定时器、接触器及触点按一定的逻辑关系连接起来组成控制系统。由于它结构简单、容易掌握、价格便宜,在一定范围内能满足控制要求,因而使用甚广<sup>[1]</sup>。早期的灰库控制系统多采用该技术组建现场控制箱来控制现场设备。

### (2) 以小型计算机为核心的控制系统阶段

20世纪60年代起,小型计算机的出现和大规模生产及多机群控的发展,技术人员以小型计算机为核心实现工业控制的要求,但由于价格高,输入、输出电路不匹配和编程技术复杂等原因,该控制系统没有得到广泛运用<sup>[2]</sup>。

### (3) 以PLC为核心的控制系统阶段

20世纪70年代起,微处理器和微型计算机技术得到广泛运用,人们将微型计算机技术应用到PLC中,使得它能更多的发挥计算机的功能,不仅用逻辑编程取代硬连线逻辑,还增加了运算、数据传送和处理等功能。在使用继电器接触器控制系统后的灰库改造以及新建灰库项目大多采用该控制系统。虽然20世纪80年代以来,工业控制技术得到不断的提高和发展,先后出现了DCS集散型

控制系统以及现场总线控制系统。但由于灰库作为电厂的辅助处理部分，所以出于本身的重要性考虑，很少把该系统单独建成 DCS 集散型控制系统或者现场总线控制系统。

灰库控制系统的发展是建立在工业自动化控制技术的发展之上的。通过对工业自动化技术的回顾以及展望可以更好的了解灰库控制系统的过去以及它未来的发展趋势。

工业自动化控制技术是一种运用控制理论、仪器仪表、计算机和其它信息技术，对工业生产过程实现检测、控制、优化、调度、管理和决策，达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的的综合技术<sup>[3]</sup>。

在工业控制发展史上，人们一般把 50 年代前的气动信号控制系统 PCS 称作第一代，把 4~20mA 等电动模拟信号控制系统称为第二代，把可编程控制器系统 PLC 称为第三代，而把 70 年代中期以来的集散式分布控制系统 DCS 称作第四代。现场总线控制系统 FCS 作为新一代控制系统，即第五代控制系统<sup>[4]</sup>。

虽然 FCS 是最新的控制系统，但它的应用受到其它技术的限制（如仪器仪表技术），还有一个重要的因素就是用户对新事物的接受能力。所以，目前基层的控制系统还是以 PLC、DCS 为主，大型的系统多数采用 PLC、DCS 和 FCS 三者的集成系统。

目前，我国工业控制自动化技术、产业和应用都有了很大的发展，我国工业计算机系统行业已经形成。工业控制自动化技术正在向智能化、网络化和集成化方向发展，具体的有以下几个方面：

#### (1) PLC 在向微型化、网络化、PC 化和开放性方向发展

微型化、网络化、PC 化和开放性是 PLC 未来发展的主要方向。随着软 PLC 控制组态软件的进一步完善和发展，安装有软 PLC 组态软件和 PC-based 控制的市场份额将逐步得到增长。当前，过程控制领域最大的发展趋势之一就是 Ethernet 技术的扩展，PLC 也不例外。现在，越来越多的 PLC 供应商开始提供 Ethernet 接口。

#### (2) 面向测控管一体化设计的 DCS 系统

小型化、多样化、PC 化和开放性是未来 DCS 发展的主要方向。小型 DCS 所占有的市场，已逐步与 PLC、工业 PC、FCS 共享。今后小型 DCS 可能首先与这三种系统融合，而且“软 DCS”技术将首先在小型 DCS 中得到发展。开放性的 DCS 系统将同时向上和向下双向延伸，使来自生产过程的现场数据在整个企业内部自由流动，实现信息技术与控制技术的无缝连接，向测控管一体化方向发展。

#### (3) 控制系统正在向现场总线（FCS）方向发展

由于 3C 技术的发展, 过程控制系统将由 DCS 发展到 FCS。FCS 可以将 PID 控制彻底分散到现场设备中。基于现场总线的 FCS 又是全分散、全数字化、全开放和可互操作的新一代生产过程自动化系统, 它将取代现场一对一的 4~20mA 模拟信号线, 给传统的工业自动化控制系统体系结构带来革命性的变化。

#### (4) 仪器仪表技术在向数字化、智能化、网络化、微型化方向发展

今后仪器仪表技术的主要发展趋势是: 仪器仪表向智能化方向发展, 将产生智能仪器仪表; 测控设备 PC 化, 虚拟仪器技术将迅速发展; 仪器仪表网络化, 将产生网络仪器与远程测控系统。

#### (5) 工业控制网络将向有线和无线相结合方向发展

计算机网络技术、无线技术以及智能传感器技术的结合, 产生了“基于无线技术的网络化智能传感器”的全新概念。这种基于无线技术的网络化智能传感器使得工业现场的数据能够通过无线链路直接在网络上传输、发布和共享。无线局域网技术能够在工厂环境下, 为各种智能现场设备、移动机器人以及各种自动化设备之间的通信提供高带宽的无线数据链路和灵活的网络拓扑结构, 在一些特殊环境下有效地弥补了有线网络的不足, 进一步完善了工业控制网络的通信性能<sup>[6]</sup>。

纵观工业自动化控制技术的发展趋势, 本控制系统设计时应该着眼于电厂未来的改造升级, 顺应控制系统的发展潮流, 保证未来升级的可行性, 避免改造时“大刀阔斧”, 造成旧设备的不可重复利用, 从而浪费资源, 增加改造投入。

### 1.3 本文的主要研究内容

一个大型控制系统通常由多个部分组成, 不过从大体上可分为控制部分和电气部分。本论文讨论的是前者, 主要工作如下:

#### (1) 控制系统功能设计

根据灰库控制工艺设计控制系统功能, 确定该控制系统可以完成的任务, 执行的操作。在操作过程中都会发生什么具体情况, 有没有应对措施甚至是紧急措施等。然后把整个控制系统按照功能, 操作频率, 连贯性, 重要性等因素划分功能块。即确定在某一功能块中可以执行的操作, 实现的功能。重点把握功能块之间的联系因素。

#### (2) 控制系统组建

控制系统功能的软硬件实现。完成控制系统功能基础上选择性价比较高的软硬件及通讯网络, 使得组建好的控制系统既能够满足控制要求又留有系统升级余地。规划在单一功能块内部具体可以执行的操作, 实现的功能。即某些相

关流程，设备集中在某一功能块中显示或操作。并且把握该控制系统的重点和难点所在，进行有针对性的技术探讨。

### (3) 程序编制及现场调试

程序是控制系统的重要环节，程序中的任何一个语句都关系到系统的整体性能。其中下位机程序的可靠性直接影响到设备的运行安全性，上位机程序的完整性直接关系到整个控制系统的可靠性。系统投入运行前的现场调试是必不可少的，只有经过现场的检验才能确认控制系统的最终效果。

## 2 灰库控制系统的总体设计

### 2.1 控制对象统计及工艺流程介绍

国电谏壁二期新灰库控制系统的设计基础是对控制对象的了解。下面以项目的工艺图为准，对被控对象进行统计，统计结果见表 2.1 灰库设备明细。项目的系统工艺图见附录 1。

表 2.1 灰库设备明细

工 艺 段	设备名称	设备数量	备 注
灰库进灰	库顶气动出灰阀	48	/
灰库储灰	空气储气罐出口 仪表空气压力计	1	/
	灰库差压压力表	5	/
	灰库连续料位计	5	/
	库顶布袋除尘器	4	#10 灰库没有
灰库出灰	库底气动出灰阀	14	/
干灰制浆	灰浆前池液位计	1	/
	灰浆前池给水电动阀	1	/
	回转给料机	2	/
	灰水混合器	2	/
	灰浆泵入口电动阀	2	/
	灰浆泵回水电动阀	2	/
	灰浆泵出口电动阀	2	/
	灰浆泵出口压力计	1	/
	灰浆泵	2	/
干灰调湿	双轴干灰调湿机电动阀	1	/
	双轴干灰调湿机	1	/
	双轴干灰调湿机工业水压力计	1	/
干/湿灰 码头装船	管式螺旋输送机	8	/
	脉冲袋式除尘器	2	/
	脉冲袋式除尘器 收尘风管气动阀	2	/
	带式输送机	2	/

	装船干灰散装机	1	/
	电动推杆	1	/
流化空气系统	罗茨风机	5	/
	罗茨风机出口电动阀	5	/
	流化风切换电动阀	2	/
	流化风管气动阀	13	/
	空气电加热器	5	/
	去一期灰库	1	/
	流化风切换电动阀		

从上面的灰库设备表中可以看出该控制系统设备多、种类杂，对系统设计来说并不轻松。其中除了传感器以外主要以电机居多。

灰库控制系统无论怎么设计最终必须满足工艺操作的实际需要，下面对该项目的工艺部分进行介绍。

国电谏壁二期新灰库控制系统的整个灰库包括#6，#7，#8，#9，#10 5 个小灰库，它们的用途各不相同。其中#6，#7 灰库为原灰库；#8，#9 为细灰库；#10 为超细灰库。#6，#8，#10 这三个灰库的灰用来干灰装车；#7，#9 这两个灰库的灰用来装船。#9 灰库的灰还可以用来干灰制浆。整个控制系统在结构上大体可以分解为以下 6 个操作流程。

#### (1) 干灰装船流程操作

灰库里的灰首先通过螺旋输送机到达皮带，然后由近 80 米长的皮带输送至码头边上的货船。

#### (2) 干灰装车流程操作

#6、#8 灰库里的灰通过管道输送至于灰散装机下的罐车。

#### (3) 干灰进库流程操作

来自电厂电除尘的灰通过 8 根管道输送至灰库库顶，并且经过库顶的气动阀进入不同的库中。所以必须控制阀门的开启和关闭来控制每个灰管灰的去向以及进灰的时间等。

#### (4) 干灰分选流程操作

从#7 灰库输出的灰由风选风机的作用力输送到库顶。经过旋风除尘器后，粗灰掉落到#9 灰库中，其他的灰根据等级吹到#8 细灰库或者#10 超细灰库。

#### (5) 干灰制浆流程操作

从#9 灰库出来的灰经过管道后掉入到#9 灰库底下的灰浆池中，在进灰之前有工业水在池中。在池中经过充分搅拌后，由灰浆泵输送灰浆到灰浆前池。

#### (6) 气化风操作



灰库中的灰在掉入管道前很容易堆积、搭桥或者因为天气潮湿而难以掉落，这个时候就需要气化风在库底吹入灰库，使得灰库里的灰变的蓬松而容易掉落。

## 2.2 控制系统设计原则

发电厂的灰库控制系统是与整个发电机组相配套的辅助处理系统，控制系统直接面向生产的重要设备，且运行环境极其恶劣，粉尘多，水汽重，振动大，控制线路长，控制逻辑复杂<sup>[11][12][13]</sup>。建立以计算机为核心的控制系统，充分发挥现有设备的能力，降低能耗，保障系统中设备安全可靠的运行，提高系统的自动化水平。因而在设计时必须坚持可靠、实用、先进、开放的原则。

### (1) 可靠性原则

在系统中所采用的控制设备的耐用是最重要的。必须选用成熟可靠的控制产品与各类传感器。主要控制设备必须具备防尘、防水、防干扰、防振动的能力。在信号采集、开关确认等方面加强处理，确保系统的长期稳定可靠运行。

### (2) 实用性原则

控制系统所设计的控制方式必须从保护安全生产、简化操作、实现生产自动化的目标出发。并对各种故障准确定位，对重要参数和控制动作及时记录并制作报表，以达到信息管理自动化。从传统的手工操作方式控制设备到自动控制为主、手工操作为辅的操作方式。所有软件实现全中文图形界面，且信号反应准确，操作方便，数据实时查询。使全系统真正成为一套可靠实用的控制系统。

### (3) 先进性原则

随着控制技术、计算机技术及网络通讯技术的发展，现代化设备提供了更加先进、成熟和强大的控制功能。控制系统易于采用最新成果，如DCS、PLC技术、工业现场总线技术、分布式I/O技术。利用先进技术来对生产管理进行优化。

### (4) 开放性原则

系统在设计时应充分考虑到以后系统功能扩充和升级的余地。在设备选型时应考察其接口的通用性与互连性，不宜采用封闭式的、自成体系的连接体系。

### (5) 简便性原则

系统在建成后，无论在控制界面理解上还是在操作上都要求简单明了。有利于操作人员的理解、操作和日常维护<sup>[9][9]</sup>。

## 2.3 控制方案的选择

在工业控制领域当前运用比较成熟的控制系统有 DCS 集散型控制系统、可编程控制器 (PLC) 控制系统、单片机控制系统。下面分别介绍各个控制系统的概念及特点，最终做一个最优的选择。

### (1) DCS 集散型控制系统

DCS 集散型控制系统是利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种新型控制技术。它具有以下特点:

#### ● 自主性

系统上各工作站是通过网络接口连接起来的,各工作站独立自主地完成合理分配给自己的规定任务,如数据采集、处理、计算、监视、操作和控制等。

#### ● 协调性

各工作站间通过通信网络传送各种信息协调地工作,以完成控制系统的总体功能和优化处理。

#### ● 友好性

集散型控制系统软件是面向工业控制技术人员、工艺技术人员和生产操作人员设计的,其使用界面就要与之相适应。

#### ● 适应性、灵活性和可扩充性

硬件和软件采用开放式、标准化和模块化设计,系统积木式结构,具有灵活的配置,可适应不同用户的需要。

#### ● 在线性

通过人机接口和 I/O 接口,对过程对象的数据进行实时采集、分析、记录、监视、操作控制,并包括对系统结构和组态回路的在线修改、局部故障的在线维护等,提高了系统的可用性。

#### ● 可靠性

高可靠性、高效率和高可用性是集散型控制系统的生命力所在,制造厂商在确定系统结构的同时,进行可靠性设计,采用可靠性保证技术<sup>[15][16]</sup>。

### (2) 可编程控制器 (PLC) 控制系统

可编程控制器 PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令,并能通过数字式或模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程<sup>[12]</sup>。

可编程控制器控制系统是一种以可编程控制器为核心的配合以其他辅助设备主要用于生产过程中按时间顺序控制或逻辑顺序控制的工业场合,以取代复杂的继电器控制装置。它具有以下特点:

#### ● 可靠性高,抗干扰能力强

高可靠性是电气控制设备的关键性能。PLC 由于采用现代大规模集成电路技术,采用严格的生产工艺制造,内部电路采取了先进的抗干扰技术,具有很高的可靠性。从 PLC 的机外电路来说,使用 PLC 构成控制系统,和同等规模的

继电器接触器系统相比, 电气接线及开关接点已减少到数百甚至数千分之一, 故障也就大大降低。此外, PLC 带有硬件故障自我检测功能, 出现故障时可及时发出警报信息。这样, 整个系统具有极高的可靠性也就不奇怪了。

●配套齐全, 功能完善, 适用性强

PLC 发展到今天, 已经形成了大、中、小各种规模的系列化产品。可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑处理功能外, 现代 PLC 大多具有完善的数据运算能力, 可用于各种数字控制领域。近来 PLC 的功能单元大量涌现, 使 PLC 渗透到位置控制、温度控制、CNC 等各种工业控制中。加上 PLC 通信能力增强及人机界面技术的发展, 使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

●易学易用, 深受工程技术人员欢迎

PLC 作为通用工业控制计算机, 是面向工矿企业的工控设备。它接口容易, 编程语言易于为工程技术人员接受。梯形图语言的图形符号与表达方式和继电器电路图相当接近, 只用 PLC 的少量开关量逻辑控制指令就可以方便地实现继电器电路的功能。为不熟悉电子电路、不懂计算机原理和汇编语言的人使用计算机从事工业控制打开了方便之门。

●系统的设计、建造工作量小, 维护方便, 容易改造

PLC 用存储逻辑代替接线逻辑, 大大减少了控制设备外部的接线, 使控制系统设计及建造的周期大为缩短, 同时维护也变得容易起来。更重要的是使同一设备经过改变程序改变生产过程成为可能。这很适合多品种、小批量的生产场合。

●体积小, 重量轻, 能耗低

以超小型 PLC 为例, 新近出产的品种底部尺寸小于 100mm, 重量小于 150g, 功耗仅数瓦。由于体积小很容易装入机械内部, 是实现机电一体化的理想控制设备<sup>[12]</sup>。

### (3) 单片机控制系统

单片机控制系统是以单片机 (CPU) 为核心部件, 扩展一些外部接口和设备 (RAM、ROM、模拟量与数字量通道、独立电源等), 组成单片机工业控制机, 主要用于工业过程控制, 但是控制点数少, 其他的功能与现场控制站大同小异。

它具有以下特点:

高可靠性、功能强、高速度、低功耗和低价位。

要进行单片机系统设计首先必须具有一定的硬件基础知识; 其次, 需要具有一定的软件设计能力, 能够根据系统的要求, 灵活地设计出所需要的程序; 第三, 具有综合运用知识的能力。最后, 还必须掌握生产过程的工艺性能及被测参数的测量方法, 以及被控对象的动、静态特性, 有时甚至要求给出被控对

象的数学模型。

单片机系统设计主要包括以下几个方面的内容：控制系统总体方案设计，包括系统的要求、控制方案的选择，以及工艺参数的测量范围等；选择各参数检测元件及变送器；建立数学模型及确定控制算法；选择单片机，并决定是自行设计还是购买成套设备；系统硬件设计包括接口电路，逻辑电路及操作面板；系统软件设计，包括管理、监控程序以及应用程序的设计，应用系统设计包含有硬件设计与软件设计两部分最后还有系统的调试与试验。

通过上面的介绍，我们通过表 2.2 控制方案选择来选择适合当前这个灰库控制系统的控制方案。

表 2.2 控制方案选择

控制系统	可实现性	操作难度	维护难度	性价比
单片机为核心	可实现	难	难	中等
PLC 为核心	可实现	易	易	高
DCS	可实现	易	易	中等

通过对表 2.2 各项技术指标的比较与分析，认为在本工程中最适合选择以 PLC 为核心的控制系统方案。

在以上这些设计大背景下电厂对该控制系统也提出了一些具体的要求：

- 控制系统要求有同时可操作的两个监控画面。
- 控制系统采用莫迪康的 PLC 并且能实现双机热备。
- 控制系统的所有工艺段都能达到不间断运行。

从以上这些具体要求中可以总结出该控制系统的不间断运行以及 PLC 的双机热备就要求在数据采集上采用双设备冗余，同时可操作的两个监控画面要求在画面监控上采用双机热备配置，这必然使得数据采集设备与画面监控设备之间的网络连接采用可靠的双网络冗余配置。从而得出图 2.1 主控系统结构图。

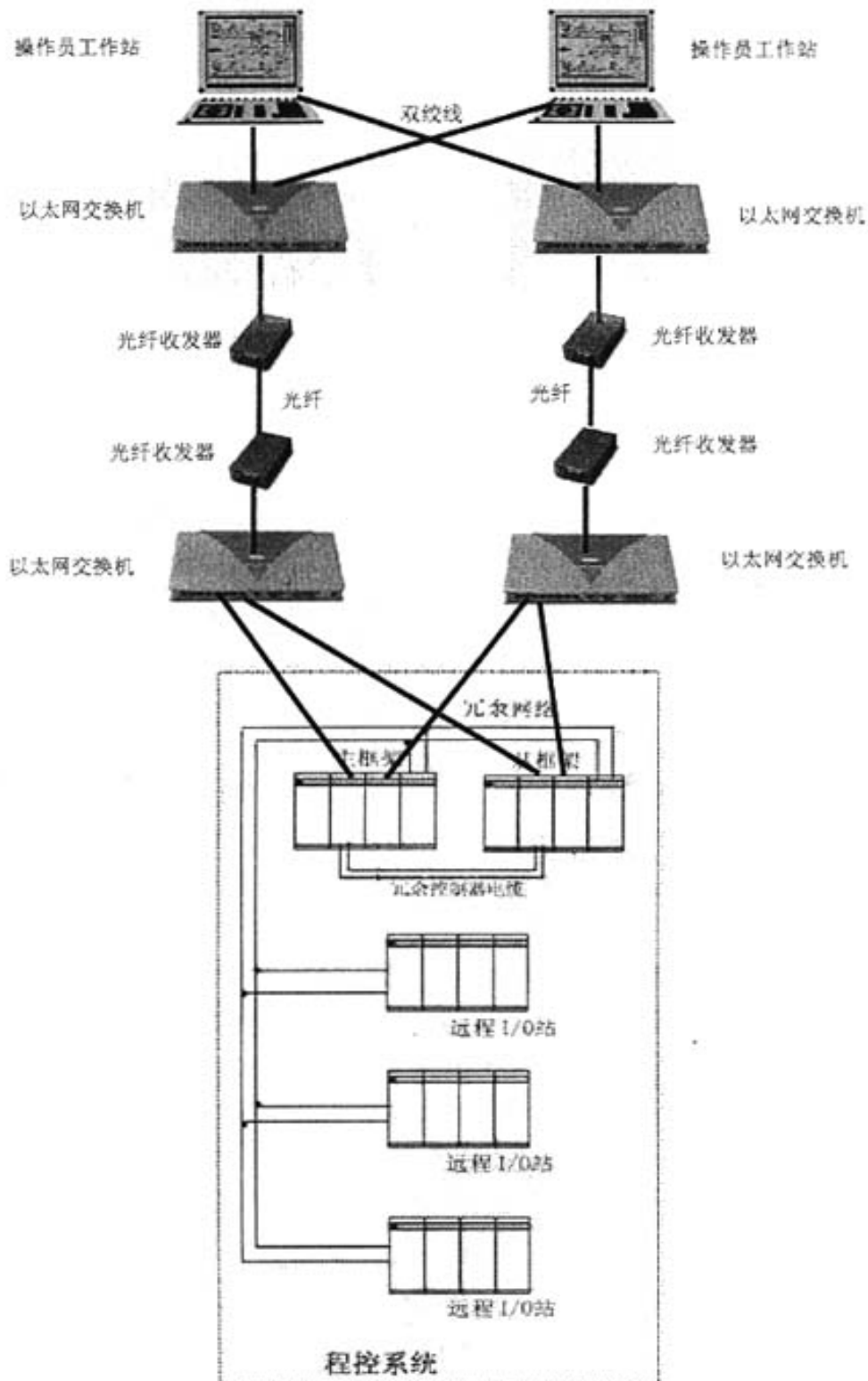


图 2.1 主控系统结构

由于操作员工作站使用 RJ45 接口读取 PLC 数据，所以选择以太网交换机作为中间数据传输设备。两个以太网交换机之间的距离太远，大概在 300 米左右，

为了确保传输的速率以及传输的可靠性，在此使用光纤收发器做一个转换。其他网络接线都是冗余网络的标准接法。

## 2.4 控制系统的功能划分

如主控系统结构示意图所示，可将整个控制系统分成两个部分。

### (1) 下位机部分

下位机部分即系统功能执行部分，在主控系统结构图中就是程控系统部分，向上它与上位机连接，向下它与现场控制系统连接，是控制系统的核心部分。在简单的控制系统中可以只使用下位机部分，也就是说下位机可以脱离上位机而单独工作，在这种情况下，系统是不存在人机之间的信息交互，PLC 不停的扫描输入信号然后按照既定的程序做出相应的反应。所以下位机的可靠性是整个控制系统性能的关键。

下位机的主要功能：

- 采集上位机以及现场控制系统输入的信号。
- 根据输入信号扫描程序。
- 根据程序执行结果刷新输出结果。

### (2) 上位机部分

上位机部分即监控系统部分，在图 2.1 主控系统结构中就是程控系统以上部分，向上它与信息网络连接，向下它与下位机控制系统连接，是控制系统的拓展部分。它负责信号处理、动态监视，对生产管理进行优化，同时把信息上传给服务器以达到信息管理自动化的目标<sup>[8]</sup>。

监控组态软件投入运行后，操作人员可以在它的支持下完成以下任务：

- 察看生产现场的实时数据及流程画面。
- 自动打印各种实时/历史生产报表。
- 自由浏览各个实时/历史趋势画面。
- 及时得到并处理各种过程报警和系统报警。
- 在需要时，人为干预生产过程，修改生产过程参数和状态。
- 与管理部的计算机联网，为管理部门提供生产实时数据。

### 3 灰库控制系统中 PLC 控制系统的设计与实现

#### 3.1 可编程控制器 PLC 介绍

PLC 即可编程控制器 (Programmable logic Controller), 是指以计算机技术为基础的新型工业控制装置。在 1987 年国际电工委员会 (International Electrical Committee) 颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 做了如下定义: “PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器, 用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令, 并能通过数字式或模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体, 易于扩展其功能的原则而设计”<sup>[22]</sup>。

##### (1) PLC 的特点

- 可靠性高, 抗干扰能力强。
- 配套齐全, 功能完善, 适用性强。
- 易学易用, 深受工程技术人员欢迎。
- 系统的设计、建造工作量小, 维护方便, 容易改造。
- 体积小, 重量轻, 能耗低。

##### (2) PLC 的应用领域

目前, PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业, 使用情况大致可归纳为如下几类。

##### ● 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域, 它取代传统的继电器电路, 实现逻辑控制、顺序控制, 既可用于单台设备的控制, 也可用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

##### ● 模拟量控制

在工业生产过程当中, 有许多连续变化的量, 如温度、压力、流量、液位和速度等都是模拟量。为了使可编程控制器处理模拟量, 必须实现模拟量 (Analog) 和数字量 (Digital) 之间的 A/D 转换及 D/A 转换。PLC 厂家都生产配套的 A/D 和 D/A 转换模块, 使可编程控制器用于模拟量控制。

##### ● 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说, 早期直

接用于开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构，现在一般使用专用的运动控制模块。如可驱动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各主要 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能，广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

#### ●过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机，PLC 能编制各种各样的控制算法程序，完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有 PID 模块，目前许多小型 PLC 也具有此功能模块。PID 处理一般是运行专用膜 ID 子程序。过程控制在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

#### ●数据处理

现代 PLC 具有数学运算（含矩阵运算、函数运算、逻辑运算）、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能，可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据可以与存储在存储器中的参考值比较，完成一定的控制操作，也可以利用通信功能传送到别的智能装置，或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统，如无人控制的柔性制造系统；也可用于过程控制系统，如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

#### ●通信及联网

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其它智能设备间的通信。随着计算机控制的发展，工厂自动化网络发展得很快，各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能，纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 都具有通信接口，通信非常方便<sup>[23]</sup>。

### (3) PLC 工作原理

PLC 是按集中输入、集中输出，周期性循环扫描的方式进行工作的。每一次扫描所用的时间称为扫描周期或工作周期。CPU 从第一条指令执行开始，按顺序逐步地执行用户程序直到用户程序结束，然后返回第一条指令开始新一轮扫描。PLC 就是这样周而复始地重复上述循环扫描的。其中每一个扫描周期分为下面三个步骤：

#### ●输入采样阶段

PLC 在输入采样阶段，首先扫描所有输入端子，并将各输入状态存入相应的输入映像寄存器中。此时，输入映像寄存器被刷新。接着，进入程序执行阶段，在此阶段和输出刷新阶段，输入映像寄存器与外界隔离，无论输入信号如何变化，其内容保持不变，直到下一个扫描周期的输入采样阶段，才重新写入输入端的新内容。所以一般来说，输入信号的宽度要大于一个扫描周期，否则



很可能造成信号的丢失。

### ●程序执行阶段

根据 PLC 梯形图程序扫描原则, 一般来说, PLC 按从左到右、从上到下的步骤顺序执行程序。当指令中涉及输入、输出状态时, PLC 就从输入映像寄存器中“读入”对应输入端子状态, 从元件映像积存器“读入”对应元件“软继电器”的当前状态。然后, 进行相应的运算, 运算结果再存入元件映像寄存器中。对元件映像寄存器来说, 每一个元件“软继电器”的状态会随着程序执行过程而变化。

### ●输出刷新阶段

在所有指令执行完毕后, 元件映像寄存器中所有输出继电器的状态(接通/断开)在输出刷新阶段转存到输出锁存器中, 通过一定方式输出, 最后经过输出端子驱动外部负载<sup>[17] [18]</sup>。

## 3.2 控制系统中控制点的统计

控制系统的设计基础是对控制对象, 在第二章节中通过工艺图的统计已经列出了所有的控制设备。表 3.1 控制系统控制点统计对每一个控制设备的控制点进行细化。该工作为 PLC 的选型提供依据。

表 3.1 控制系统控制点统计

工艺段	设备名称	设备数量	单设备控制点数	总控制点数
灰库进灰	库顶气动出灰阀	48	4	192D
灰库储灰	空气储气罐出口 仪表空气压力计	1	1	1A
	灰库差压压力表	5	1	5 A
	灰库连续料位计	5	1	5 A
	库顶布袋除尘器	4	10	4A +36D
灰库出灰	库底气动出灰阀	14	4	56 D
干灰制浆	灰浆前池液位计	1	1	1 A
	灰浆前池给水电动阀	1	1	1 A
	回转给料机	2	8	2 A+14D
	灰水混合器	2	4	8D
	灰浆泵入口电动阀	2	6	12D
	灰浆泵回水电动阀	2	6	12D
	灰浆泵出口电动阀	2	6	12D

	灰浆泵出口压力计	1	1	1 A
	灰浆泵	2	8	2 A+14D
干灰调湿	双轴干灰 调湿机电动阀	1	6	6D
	双轴干灰调湿机	1	8	1A+7D
	双轴干灰调湿机 工业水压力计	1	1	1 A
干/湿灰 码头装船	管式螺旋输送机	8	8	8A+56D
	脉冲袋式除尘器	2	10	2A+18D
	脉冲袋式除尘器 收尘风管气动阀	2	4	8D
	带式输送机	2	14	2A+26D
	装船干灰散装机	1	9	9D
	电动推杆	1	9	9D
流化空气 系统	罗茨风机	5	10	15A+35D
	罗茨风机出口电动阀	5	6	30D
	流化风切换电动阀	2	6	12D
	流化风管气动阀	13	4	52D
	空气电加热器	5	10	15A+35D
	去一期灰库 流化风切换电动阀	1	6	6D
电气系统	/	/	/	6A+15D
分选系统	/	/	/	10A+48D
开关量 (D) 总计	/	/	/	726
模拟量 (A) 总计	/	/	/	82

其中 A 表示模拟量, D 表示开关量

### 3.3 PLC 选型及通讯网络组态

#### (1) PLC 的选型

当某一个控制任务决定由 PLC 来完成, 选择 PLC 就成为最重要的事情。在这个项目中电厂确定本控制系统使用 Unity Quantum 系列 PLC。Unity 是施耐德电气自动化的核心产品, 它是新一代的软硬件自动化平台。其全新的独创设计缩短了开发时间, 处理器的灵活性可以实现更高的运行性能。基于开发性和工具的协同式应用, Unity 在软件开发和控制系统运行上达到了很高的水平, 它将生产率的

提高放在首位，在工业控制领域享有盛誉<sup>[31]</sup>。

出于对控制系统可靠性、重要性以及电厂对该控制系统的具体要求的考虑，最终选择 67160 这一型号的 CPU。该控制器具备双机热备功能，能充分满足控制系统功能的需要，并且能为该控制系统日后的功能升级留下空间。其他模块的选择见下一小节。该控制系统 I/O 点全部采用继电器隔离，使得电气部分和控制部分进行有效隔离，从而可靠地保护模块。

在通常情况下 PLC 的选型是项目实施中不可或缺的一个环节，所以还是有必要介绍一下 PLC 选型的原则。选型时一方面是选择多大的 PLC，另一方面是选择哪个公司的 PLC 及外设。

对第一个问题，首先要对控制任务进行分析，把所有的 I/O 点找出来，包括开关量 I/O 和模拟量 I/O 以及这些 I/O 点的性质。I/O 点的性质主要指它们是直流信号还是交流信号，它们的电源电压，以及输出使用继电器型还是晶体管或是可控硅。控制系统输出点的类型非常关键，如果它们之中既有交流 220V 的接触器、电磁阀，又有直流 24V 的指示灯，则最后选用的 PLC 的输出点数有可能大于实际点数。因为 PLC 的输出点一般是几个一组共用一个公共端，这一组输出只能有一个电源的种类和等级。所以一旦它们是交流 220V 的负载使用，则直流 24V 的负载只能使用其他组的输出端了。这样有可能造成输出点数的浪费，增加成本。所以要尽可能选择相同等级和种类的负载，比如使用交流 220V 的指示灯等。一般情况下继电器输出的 PLC 使用最多，但对于要求高速输出的情况，如运动中控制的高速脉冲输出，就要使用无触点的晶体管输出的 PLC。知道这些以后，就可以定下选用多少点和 I/O 是什么类型的 PLC 了。

对第二个问题，则有以下几个方面要考虑：

#### ●功能方面

所有 PLC 一般都具有常规的功能，但对某下特殊要求，就要知道所选用的 PLC 是否有能力完成控制任务。如对 PLC 与 PLC、PLC 与智能仪表及上位机之间有灵活方便的通信要求；或对 PLC 的计算速度、用户程序容量等有特殊要求；或对 PLC 的位置控制有特殊要求等。这就要求用户对市场上流行的 PLC 品种有一个详细地了解，以便做出正确的选择。

#### ●价格方面

不同厂家的 PLC 产品价格相差很大，有些功能类似、质量相当、I/O 点数相当的 PLC 的价格能相差 40% 以上。在使用 PLC 较多的情况下，这样的差价当然是必须考虑的因素。

#### ●个人喜好方面

有些工程技术人员对某种品牌的 PLC 熟悉，所以一般比较喜欢使用这种产

品。另外，甚至一些政治因素或个人情感有时也会成为选择的理由。

PLC 主机选定后，如果控制系统需要，则相应的配套模块也就选定了。如模拟量单元、显示设定单元、位置控制单元、热电偶单元等。

## (2) 模块选择及硬件网络组态

根据上一小节中控制点数统计，以及控制柜的设计需要，最终决定各控制柜的设计如下：

整个下位机系统分为主机柜和远程柜两个部分。

主机柜主要包括 Modicon Quantum Unity 热备系统。热备系统包括两个机架，其中每个机架的模块包括一个 Modicon Quantum I40 CPU 67160，两个 Modicon Quantum 电源模块 (CPS)，一个 Modicon Quantum RIO 主站以及两个 NOE 通讯模块。主机柜内模块配置见表 3.2 主控制站模块统计。

表 3.2 主控制站模块统计

主站	CPU	NOE	RIO	CPS
模块数	2	4	2	4

远程柜有三个。每个远程柜都有一个远程机架。机架上的模块包括两块电源模块，远程通讯以及其他的数字量输入/输出模块 (DI/DO) 和一些模拟量输入/输出模块 (AI/RTD)。远程站模块配置见表 3.3 远程站模块统计。

表 3.3 远程站模块统计

	DI	DO	AI	RIO	CPS	RTD
#1站模块数	5	4	1	1	2	/
#2站模块数	6	3	2	1	2	/
#3站模块数	5	3	2	1	2	2
模块数总计	16	10	5	3	6	2
#1站控制点	156	104	14	/	/	/
#2站控制点	164	66	22	/	/	/
#3站控制点	118	88	23	/	/	10
控制点总计	438	258	59	/	/	10

主机柜中的CPU通过通讯模块CRP和CRA与远程柜中的输入/输出模块通讯，从而达到控制现场设备的目的。它们之间的通讯是通过同轴电缆传输的。

主机柜中的CPU模块通过NOE77101网络通讯模块，再经过交换机以及光纤转换器可以实现与上位机的通讯。这样就把上位机、主机柜、远程柜、现场设备从上而下的连接起来。另外CPU模块也可以通过串口和USB口与上位机通讯。最终得出图3.1 控制柜内部PLC连接图：

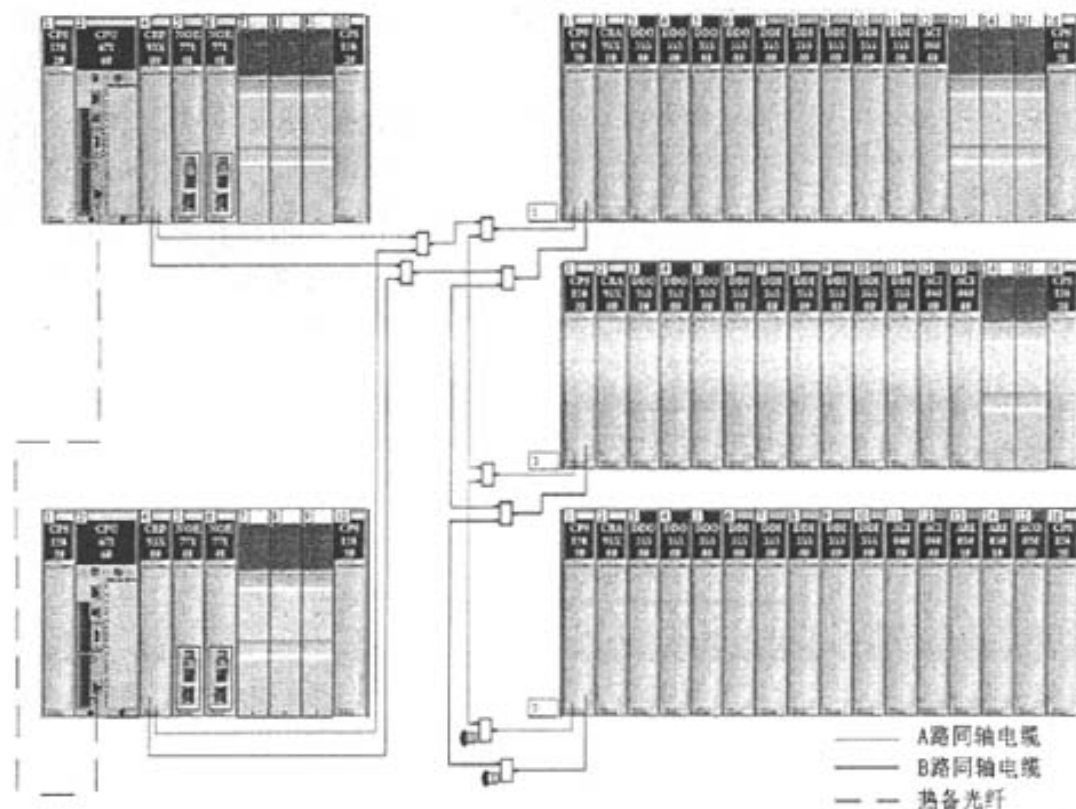


图3.1 控制柜内部PLC连接图

### 3.4 PLC 双机热备介绍

所谓双机热备，就是将中心服务器安装成互为备份的两台服务器，并且在同一时间内只有一台服务器运行。当其中运行着的一台服务器出现故障无法启动时，另一台备份服务器会迅速地自动启动并运行，从而保证整个网络系统的正常运行。

PLC 控制器的热备类型有冷备和热备两种。以两个控制器为例，冷备就是指备用的控制器平时不通电工作，只有在主控制器故障时人为接通备用控制器，并切除主控制器。冷备的优点是不需要监控器，节省投资，但当主控制器出现故障时，需要停运系统，并人为加载备用控制器程序，系统可靠性低。这个系统用的是双机热备。即用两台完全相同的控制器构成同一个系统，其中一台控制器起控制作用，同时把控制信息传递给备用控制器。由监控计算机实时监视两台控制器的工况，并比较它们执行的结果。当起控制作用的主控制器出现故障时，就把控制权交给备用控制器，并关断主控制器的控制，指示出现故障。

热备冗余的方式也分为软件冗余和硬件冗余两种。软件冗余方法主要是利用系统中不同部件在功能上的冗余性，结合程序设计来提高整个控制系统的冗余度，从而改善系统的容错性能。硬件冗余技术主要是系统冗余方式，通过对

重要部件及易发生故障部件提供的双重或更高备份实现容错要求，以提高系统的可靠性。

软件冗余的方法，是将两个相同型号的 CPU 模块插在同一个框架上，利用背板通讯，进行冗余控制。

软件的冗余方式只需要增加一块 CPU 模块，成本增加很少。软件冗余中两个 CPU 模块的状态监视和主控权转移是通过编程实现的。冗余程序的编写质量是提高整个设备安全运行的关键<sup>[21][22][23]</sup>。其硬件配置如图 3.2 所示。

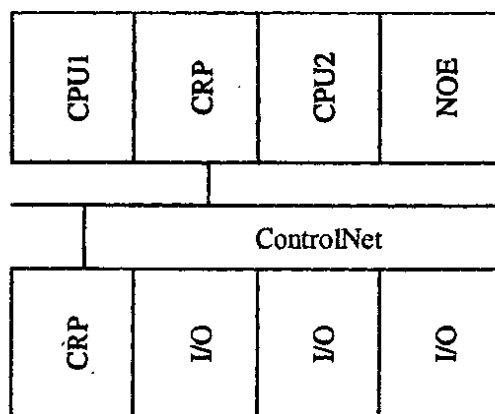


图 3.2 软件冗余的配置

硬件冗余的方法，是将两个型号相同的 CPU 模块插在不同的两个机架上，每个机架上除了 CPU 模块，还要有通讯模块 CRP、NOE、电源模块 CPS 和两个热备模块之间的连接光缆<sup>[21][22][23]</sup>。其硬件配置如图 3.3 所示。

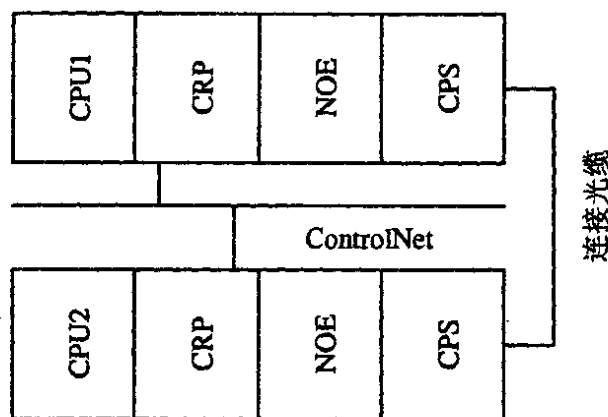


图 3.3 硬件冗余的配置

双 CPU 冗余采用纯硬件的冗余方式则完全不需要用户编程，CPU 的状态监视和主控权的转移是由两个热备模块来完成的，保证在最高优先级任务逻辑控制下的输出的无扰动切换，切换只需要 100ms，切换相对于通过各种网络与冗余框架连接的其它设备来讲完全透明。这种方式在硬件上增加了投入，但缩短了系统的开发时间，简易了程序的编写，减少了切换时间。相对于软件冗余，硬件冗余的可靠性更强。

不管是软件冗余还是硬件冗余，都得要解决两个问题：主控权的裁决、转移和双 CPU 模块的同步控制。虽然一个利用编程来解决，一个通过硬件来实现，但它们的原理是一样的，工作流程相同。

(1) 主控权的裁决和转移

两块 CPU 同时在线运行，一块处于主控模式，另一块处于热备模式。拥有主控权的 CPU 具有 I/O 控制权，而热备 CPU 输出被禁止，只采取数据和保持通讯连接。两个 CPU 模块互相监视对方的运行状态和通讯情况，如果发现主控 CPU 模块故障，热备 CPU 模块将获得主控权<sup>[23]</sup>。主控权的裁决和转移的流程如图 3.4 所示。

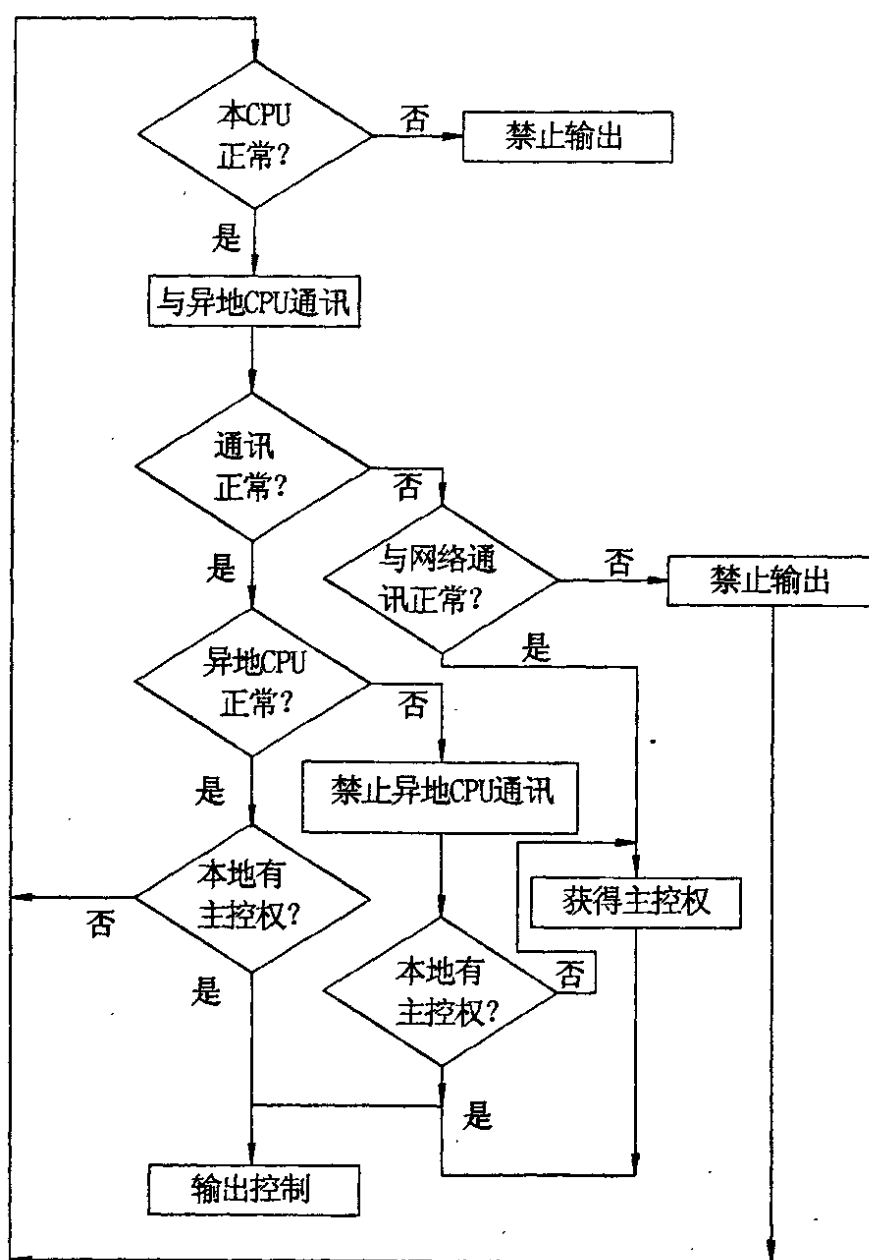


图 3.4 主控权的裁决和转移的流程图

## (2) 双 CPU 模块的同步控制

热备 CPU 要随时准备着，一旦主 CPU 故障，就立即获取主控制权而成为主控 CPU。因此，主 CPU 必须将自己的状态信息实时传递给热备 CPU，而热备 CPU 必须跟踪主 CPU 的变化，与主 CPU 保持同步。这样，在两块 CPU 模块进行主控权的转移时，才可以实现无扰动切换<sup>[23]</sup>。双 CPU 模块的同步控制的流程如图 3.5 所示。

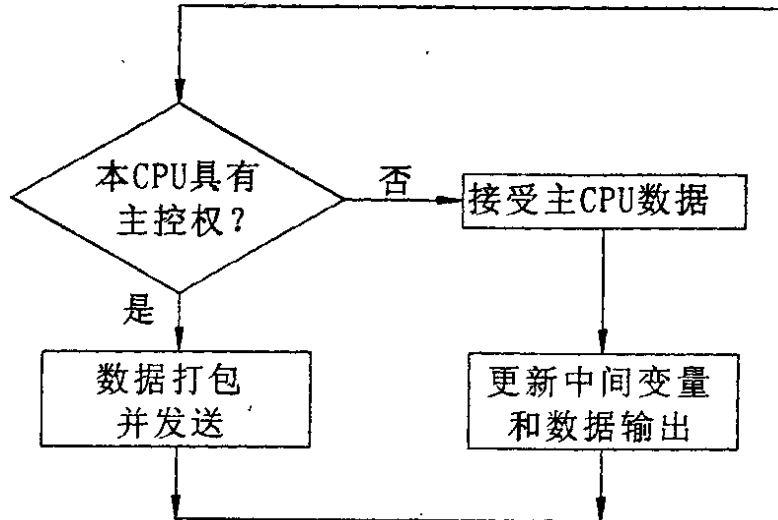


图 3.5 双 CPU 模块的同步控制的流程图

本控制系统中的 Quantum 140 CPU67160 热备处理器所采用的就是硬件冗余。它集最新科技于一身，深受业界欢迎，并且在以下功能上有较大的突破：

### ● 无忧切换

新的 Quantum 140 CPU67160 热备处理器设计用于要求有高可靠性控制系统体系结构、不能出现系统停机的关键场合。热备方案基于一个主/备原理，它可保证出现故障时的切换不会造成任何过程控制的过程损失。

### ● 功能强大

最新一代 Quantum CPU 模块特别是 140 CPU67160 模块中的组件代表了其最高的技术水平。这种模块有两项主要功能：PLC 处理器和一个专门用作冗余控制的协处理器。

### ● 确保关键功能的可靠性

主/备体系结构对管理 PLC 中数据处理和通讯提供了基于硬件的自动冗余。这种可靠性的提高可以保证不间断的过程管理与确保控制的关键功能。其余的体系结构为常规型，可保证总体系统预算得到控制。

## 3.5 控制系统 I/O 点及地址分配

在拿到整个控制系统的控制点，并且已经确定了模块后紧接着的工作任务



就是进行输入输出控制点的分配。在进行控制点的分配过程中一般要注意以下几个问题：

(1) 模块槽位的预留问题。

随着工程的进展，或者当初设计上的失误都有可能对设计方案上的更改，其中很有可能的环节就是对模块数量进行调整。所以在设计初期必需预留出一些空槽位。不能在设计初期就占用了所有槽位以至于后期无法增加模块。

(2) 控制点数的预留问题。

一般预留的控制点数和实际使用的控制点数的比例应该控制在一定的范围，具体值视实际工程而定。在注意预留一定数量的空闲控制点数背景下还应充分考虑空闲控制点的位置布置。一般空闲控制点的布置有两种方法：一种是统一把所有空闲控制点都布置到最后；另一种方法是在每一个模块都拿出几个控制点作为备用控制点。其中第二个方法比较好，它有利于控制柜内部的改线。

(3) 控制点编号问题。

编号问题是一个必须重视的问题，尤其是在中型或者大型控制系统项目中。这个问题处理得好会对日后上位机以及下位机的编程带来意想不到的收获，能够让你减少许多工作量。如果轻视了这个问题，也许有一天你会因为忽视它而忙得焦头烂额。

(4) 设备控制点的布置问题。

一个项目的控制点可以根据不同的方法进行分类。按控制点类型大体可以分为：离散型输入点、离散型输出点、模拟型输入点、模拟型输出点。而一个被控设备往往需要其中的某几个类型的控制点才能完成对它的监控。所以在进行控制柜设计的时候，是把单个设备的所有类型的控制点都集中到一起，还是把所有设备的相同类型的控制点集中到一起是设计者需要考虑的问题。这两种方法各有利弊。前一种方法有利于现场接线以及系统的日后维护，但是对控制柜初期接线造成一定难度；后一种方法恰恰相反。

下面针对以上几个注意点以#1 远程站为例子进行控制点的分配。#1 远程站控制点分配表见附录 B。

### 3.6 PLC 程序设计

控制一个任务或者进程，是通过 PLC 在 RUN 方式下，使主机循环扫描并连续执行用户程序来实现的，用户程序决定了一个控制系统的功能。程序的编制可以使用编程软件在计算机或其他专用编程设备中进行（如图形输入设备），也可使用手编器。

广义的程序有三部分构成：用户程序、数据块和参数块。

### (1) 用户程序

用户程序是必选项。用户程序在存储器空间中也称为组织块，它处于最高层次，可以管理其他块，他是用各种语言（如 STL、LAD 或 FBD 等）编写的用户程序。不同机型的其程序空间容量有不同。用户程序的结构比较简单，一个完整的用户控制程序应当包含一个主程序若干子程序和若干中断程序三大部分。不同编程设备，对个程序块的安排方法也不同。程序结构示意图 3.6 所示。

### (2) 数据块

数据块为可选部分，它主要存放控制程序运行所需要的数据。

### (3) 参数块

参数块也是可选部分，它存放的是 CPU 组态数据，如果在编程软件或其他编程工具上未进行 CPU 的组态，则系统以默认值进行自动配置。

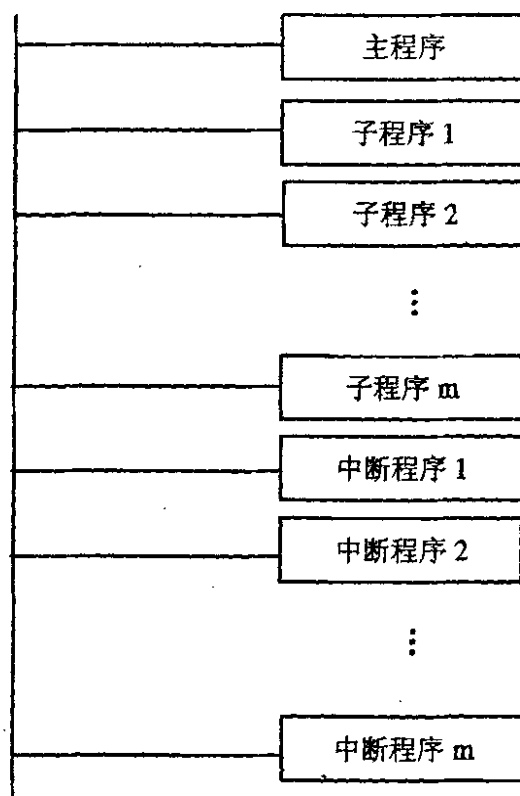


图 3.6 程序结构

该控制系统根据灰库的工艺流程，可以把 PLC 程序分成几个相互独立的子程序块。如图 3.7 所示。

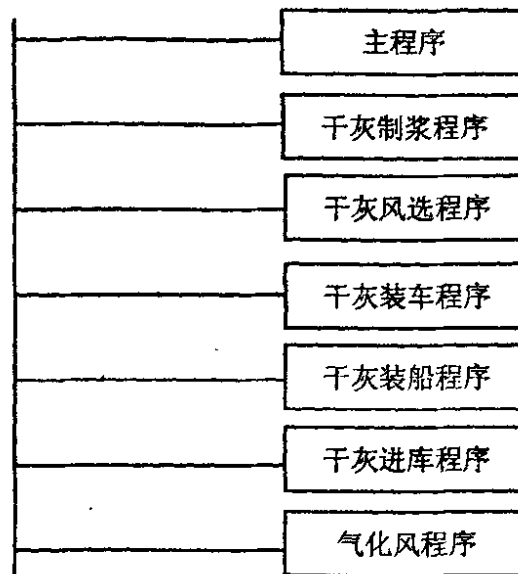


图 3.7 控制系统 PLC 程序结构

### 3.7 PLC 示例程序

下面以干灰制浆这一子程序为例，按照上面的步骤来介绍它的编程过程。

干灰制浆这一子程序的编制需要以该工艺段的实际操作流程为基础。干灰制浆控制系统中包括两个流程：浆泵组流程以及下灰组流程。在进行干灰制浆输送操作过程中，这两个流程需要相互配合操作。启动过程中先开浆泵组再开下灰组，在浆泵组没有启动完成的情况下不允许启动下灰组。停止过程中先关下灰组再关浆泵组。在运行过程中浆泵组发生故障而停止时，必须同时关闭下灰组，即在浆泵组没有运行的情况下下灰组不可以运行。不过两个流程可以相互交叉运行，即浆泵组 1 不但和下灰组 1 同时运行也可以和下灰组 2 同时运行。在 PLC 程序中我们把浆泵组 1、浆泵组 2、下灰组 1、下灰组 2 单独隔离开。即每个组都是独立的小程序，在每个组程序的开头和结尾都加标志信号，代表该程序段的运行状态。例如该程序段处于启动或停止状态以及该程序段启动操作完成或失败，停止操作完成或失败等状态。具体思路见图 3.8 和图 3.9。

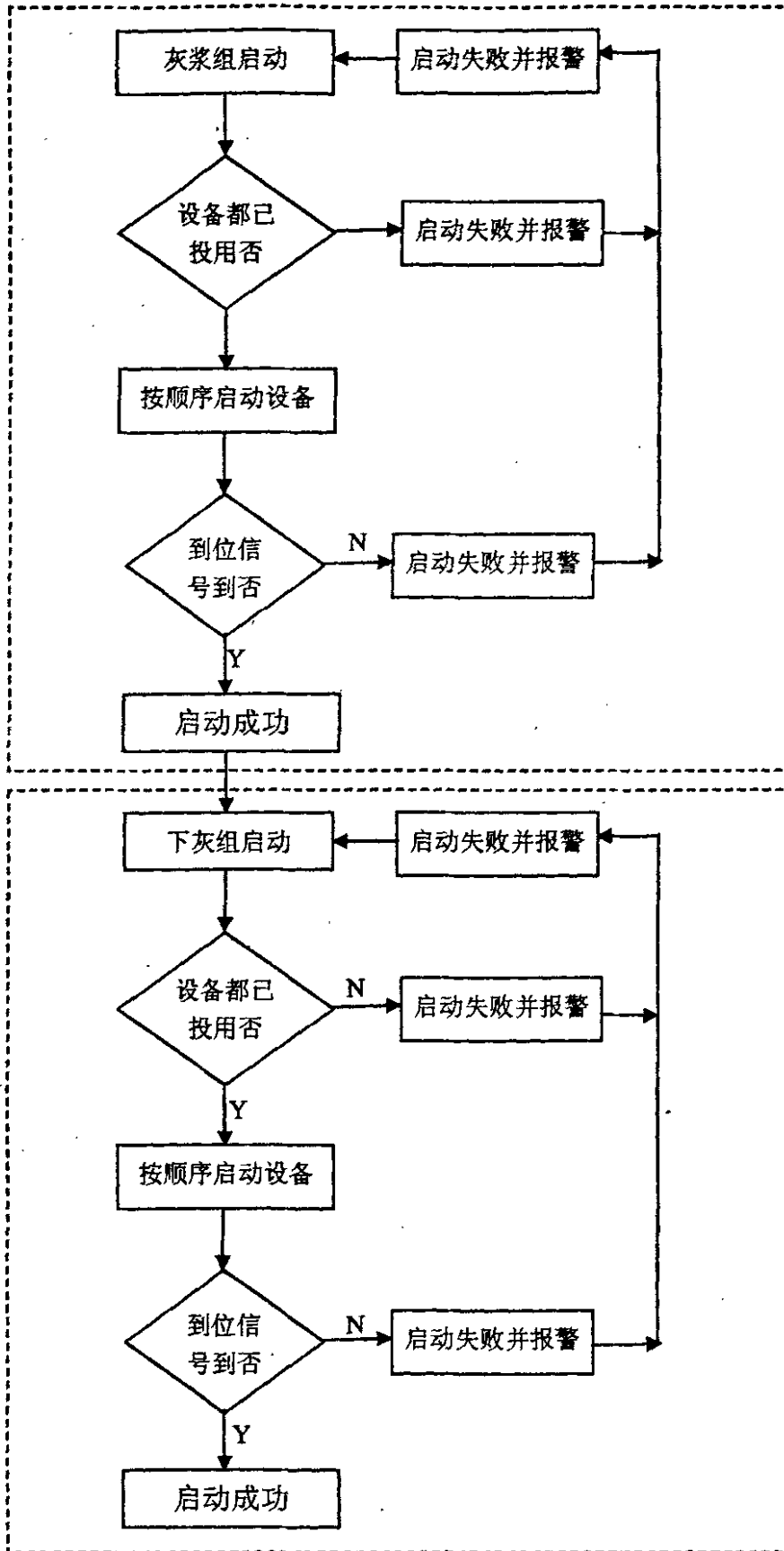


图 3.8 起动流程示意图

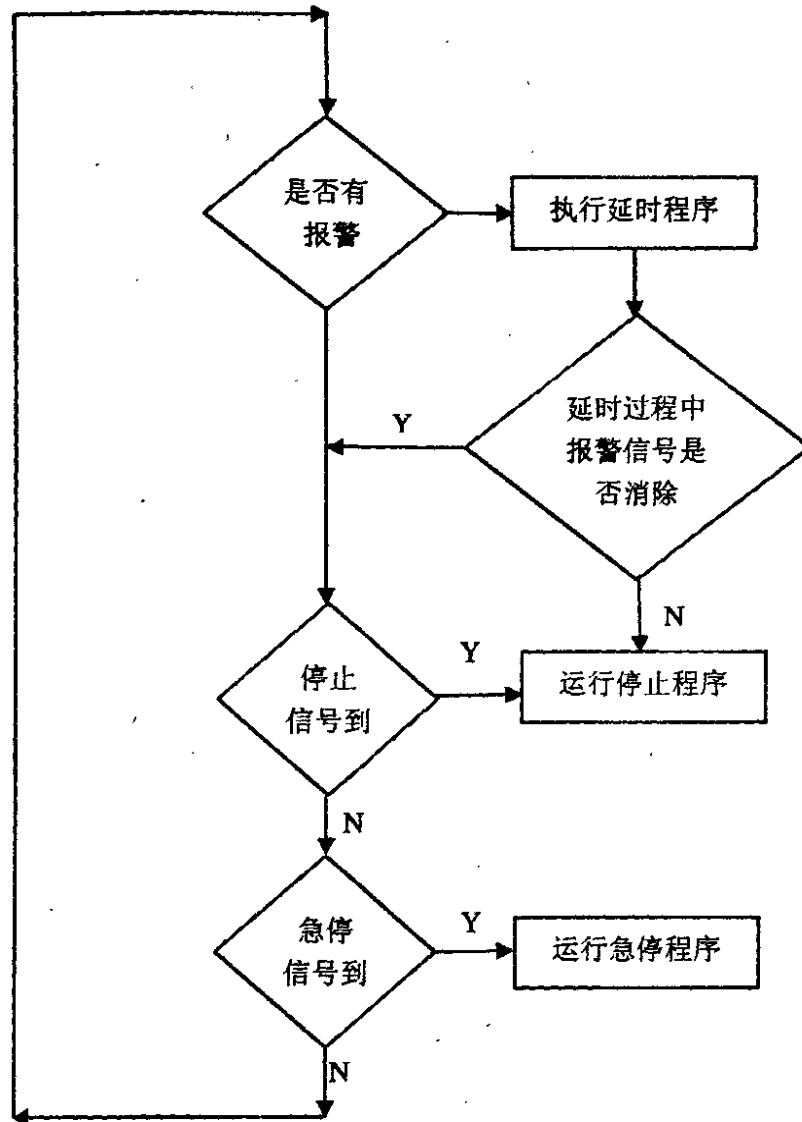


图 3.9 运行过程示意图

### 3.8 PLC 程序的离线仿真调试

PLC 控制系统软件完成后,要通过反复的调试、检查、测试、模拟仿真运行来检验 PLC 控制软件是否满足控制系统功能上的要求。PLC 控制软件设计和编写中产生的错误和缺陷应尽可能的在模拟仿真阶段得到纠正和完善,以缩短现场调试周期,提高运行成功率,避免现场调试时造成不必要的经济损失<sup>[39]</sup>。

Quantum 的该仿真器自动随 Unity Pro 一起安装。可用于仿真 PLC Premium 和 Quantum 系列的 CPU。可以通过使用断点、步进和转至功能,在仿真的 PLC 中测试用户程序,进行故障诊断,具有方便和安全的特点,因此非常适合前期的工程调试。

Unity Pro 强大的仿真模拟功,为用户提供了方便。与真实 PLC 相比,它的灵活性更高,提供了许多 PLC 硬件无法实现的功能,使用也更方便。但是同

时软件毕竟无法完全取代真实的硬件，不可能实现完全的仿真，它受到以下的限制：

### (1) 一般限制

●PLC 仿真器可仿真一个完整的项目，包括它的所有用户任务，但是，仿真器的运行行为不能当作真实 PLC 的运行行为，也不能基于它得出真实 PLC 的行为。这包括多任务行为和所有的时间信息。

●PLC 仿真器不支持任何形式的 I/O, 虽然仿真器包含了用于 I/O 的所有项目组件，但是 PLC 仿真器并不处理这些组件，只能通过项目或 Unity Pro 在线功能（读取、写入、强制、动态显示等）访问输入和输出。

●PLC 仿真器不支持通过设置/强制%I 位触发 I/O 事件。

### (2) 通讯限制

●PLC 仿真器只支持基于 TCP/IP 的通讯。对于其他所有情况，将返回 Modbus 错误。

●PLC 仿真器不支持 Modbus、Modbus Plus 或 UNITE。

●PLC 仿真器不支持与其他远程或本地 PC 或 PLC 仿真器进行通讯。

●PLC 仿真器不存在通讯超时。

●PLC 仿真器不支持通讯网络，例如 ETHWAY、FIWAY、Modbus、Modbus Plus 等。

通过这种方式的调试，能及早的发现不符合实际流程的程序错误及程序中的其它错误。及早做出修改，提高程序的调试效率和程序的可靠性。

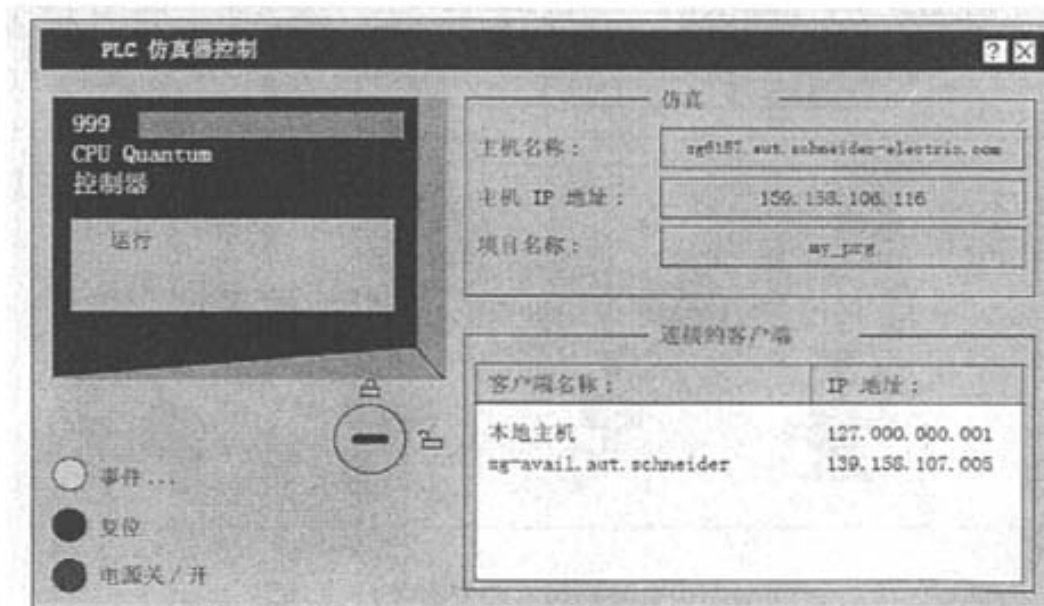


图 3.10 PLC 仿真器结构图

## 4 灰库控制系统中监控系统的设计与实现

### 4.1 监控软件介绍

在一个自动监控系统中，投入运行的监控组态软件是系统的数据收集处理中心、远程监视中心和数据转发中心，处于运行状态的监控组态软件与各种控制、检测设备（如 PLC、智能仪表、DCS 等）共同构成快速响应/控制中心<sup>[30]</sup>。控制方案和算法一般在设备上组态并执行，也可以在 PC 上组态，然后下装到设备中执行，根据设备的具体要求而定，如图 4.1 监控软件在控制系统中的地位所示。

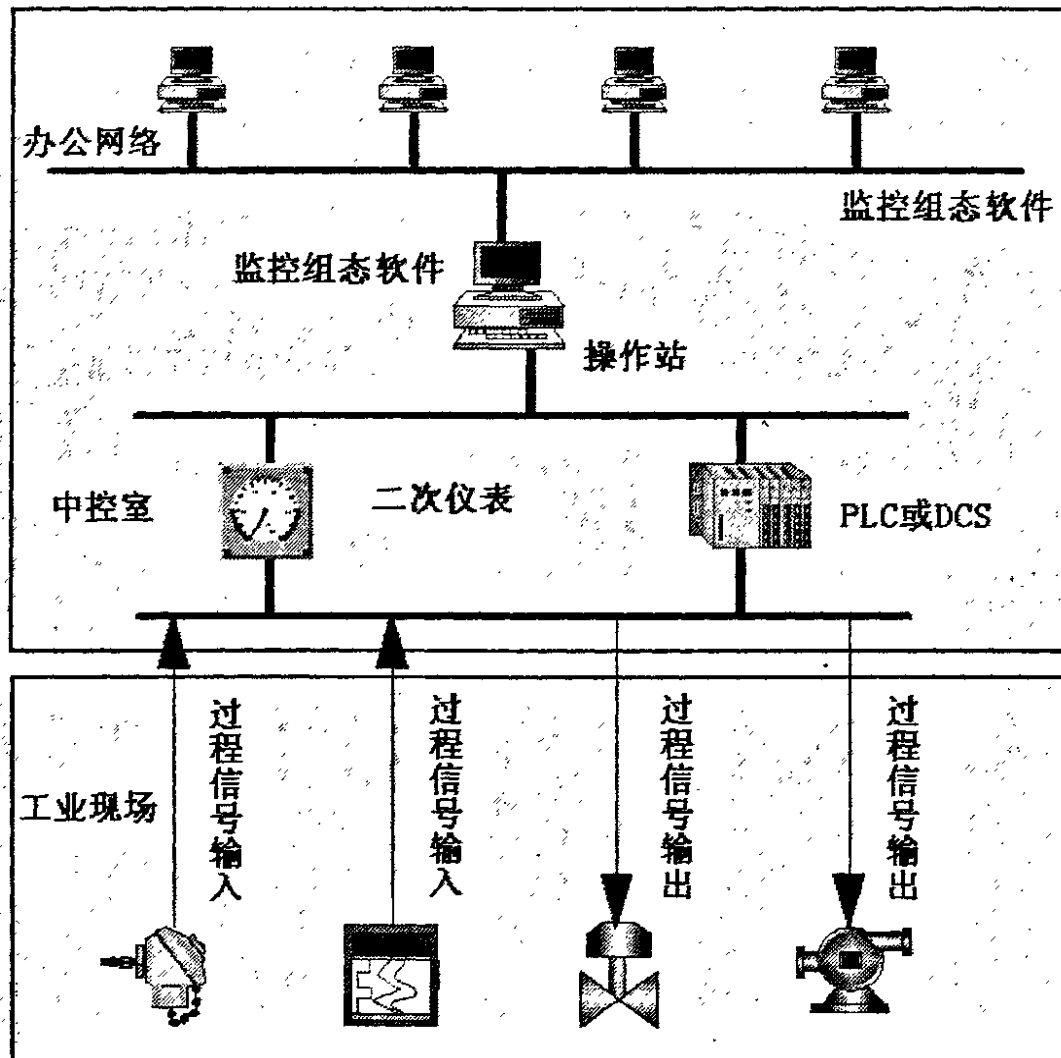


图 4.1 监控软件在控制系统中的地位

#### (2) 工业控制软件的开发方式

- 采用通用的软件开发工具(如 VB、VC++等)进行开发，其特点是需要专业

的软件开发技能，且开发工作量大、开发周期长。但生成的软件具有较高的运行效率和完善的控制功能。

●采用工业界流行的组态软件(著名的有 INTOUCH、GENIE、WINCC 等)进行开发。由于工业组态软件提供了图形显示、数据库管理、控制运算、历史趋势及报警显示等成熟的模块与功能，软件开发的过程相当于功能模块的组合与配置过程，因而不需要掌握专门的软件开发技能，且开发工作量小、开发周期短。其缺点是软件运行速度慢、功能受到一定的限制。

#### 4.2 组态软件选择及通讯网络组态

##### (1) 工控组态软件及其特点

组态软件的概念最早来自英文 configuration, 含义是使用软件对计算机及软件的各种资源进行配置, 达到使计算机或软件按照预先设置, 自动执行特定任务, 满足使用者的要求<sup>[30]</sup>。监控组态软件是面向监控与数据采集(Supervisory control and data acquisition, SCADA) 的软件平台工具, 具有丰富的设置项目, 使用方式灵活, 功能强大。监控组态软件最早出现时, HMI (human machine interface) 或 MMI (man machine interface) 是其主要内涵, 即主要解决人机图形界面问题。随着它的快速发展, 实时数据库、实时监控、SCADA、通信及联网、开放数据接口、对 I/O 设备的广泛支持已经成为它的主要内容。国际上知名监控组态软件见表 4.1。

表 4.1 国际上知名监控组态软件

公司名称	产品名称	国别	公司名称	产品名称	国别
Intellution	FIX, IFIX	美国	Rock-Well	.RSView32	美国
Wonderware	Intouch	美国	信肯通	Think&Do	美国
Nema Soft	Paragon	美国	Iconics	Genesis	美国
TA Engineering	AIMAX	美国	National instruments	Labview	美国
通用电气	Cimplicity	美国	PC Soft	WizCon	以色列
西门子	WinCC	德国	Citech	Citech	澳大利亚

组态软件最突出的特点是实时多任务。例如, 数据采集与输出、数据处理与算法实现、图形显示及人机对话、实时数据的存储、检索管理、实时通信等多个任务要在同一台计算机上同时运行。

组态软件的使用者是自动化工程设计人员。组态软件的主要目的是使使用者生成适合自己的应用系统时不需要修改软件程序的源代码, 因此在设计组态软件时应充分了解自动化工程设计人员的基本需求, 并加以总结提炼, 重点解



决共性问题<sup>[30]</sup>。下面是组态软件主要特点：

- 与采集、控制设备间进行数据交换。
- 关联来自设备的数据与计算机图形画面上的各个元素。
- 处理数据报警及系统报警。
- 存储历史数据并支持历史数据的查询。
- 生成及打印各类报表。
- 为用户提供灵活、多变的组态工具，可以适应不同应用领域的需求。
- 最终生成的应用系统运行稳定可靠。
- 据有与第三程序的接口，方便数据共享。

国内比较出名的工业组态软件有北京亚控公司的组态王软件，该软件对于在 Microsoft 公司的 Windows 2000 或者 Windows NT 操作系统上创建人机界面

(Human-Machine Interface, 简称 HMI) 应用程序而言，这是一套简单快捷的应用程序。组态王广泛应用于包括食品加工、半导体、石油、汽车、化工、制药、纸浆和造纸、交通等在内的全球众多纵向市场。

通过使用组态王，可以创建性能强劲、功能齐全的应用程序，充分利用 Microsoft Windows 的各项主要功能，包括 ActiveX 控件、OLE、图形及联网等。通过添加自定义的 ActiveX 控件、向导、一般对象以及创建组态王扩展等，还可以充分扩展组态王的功能。组态王环境下下位机与上位机的连接见图 4.2。

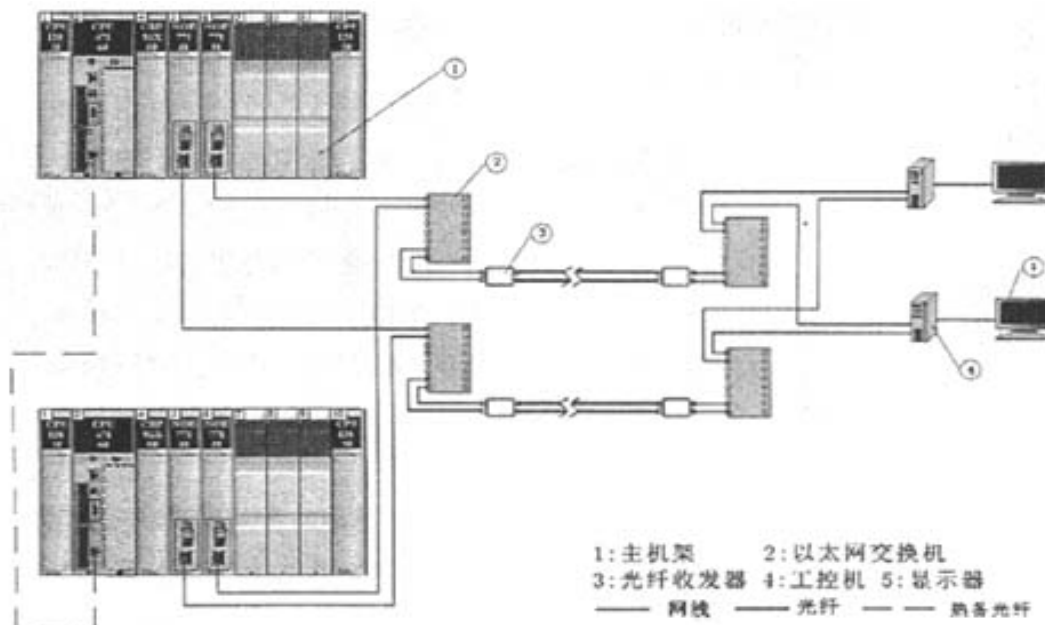


图 4.2 组态王环境下下位机与上位机之间的连接

上位机双机热备系统采用配置完全相同的两台工控机，两台 21 寸三星显示器，两个以太网交换机以及两个光纤收发器，其中两个以太网交换机之间的距

离太远, 大概在 300 米左右, 为了确保传输的速率以及传输的可靠性, 在此使用光纤收发器做一个转换。最终达到如下功能:

在正常情况下, 双机都可作为系统状态监视, 即可分画面双屏监视, 并且两台工控机处于同等状态, 所有操作命令: 如流程选择, 设备启停, 数据输入及查询等, 都同时可以在两台工控机上同时操作。

当其中的某一台工控机发生故障时, 另一台工控机处于单独工作状态, 所有操作命令可以毫不受干扰的传送到执行设备。所有控制功能和监视功能不受影响。

#### 4.3 组态监控程序设计要素

系统监控软件包括主控监视、控制和查询, 服务器监视和查询, 应用程序服务器, 客户端监视和查询等软件, 如人机交互界面程序、通讯程序、实时数据及报警记录的查询程序、报表打印程序等。

##### (1) 监控软件基础——操作系统

操作系统软件采用 Microsoft 中文 Windows2000 操作系统。该软件是一个图形化的多任务操作系统, 具有新颖美观的图形界面和功能强、速度快的多窗口图形处理能力, 并且具备即插即用和强大的联网功能。同时 Windows2000 中文版提供了较为完备的中文环境, 可满足本系统实时监控、多任务并行处理及人机友好界面的要求。

##### (2) 监控系统软件设计原则

- 使用与操作力求方便快捷。
- 用户所要求的功能在软件界面上应有合理体现。
- 用户界面应力求直观友好。
- 控制与管理功能齐全完善。
- 使用上符合 Windows 操作习惯。
- 通讯规约完备, 保障通讯可靠。
- 具有较高的容错率, 在用户操作失误的情况下给予提示, 并保证系统能够正常运行。

##### (3) 组态王的构成及建立新程序的过程

组态王包含三个主要程序, 它们分别是组态王工程浏览器、组态王开发系统以及组态王运行系统。

组态王工程浏览器用于组织管理创建的应用程序。它也可以用于将组态王运行系统配置成 NT 服务、为基于客户机和基于服务器的架构配置“网络应用程序开发”(NAD), 以及配置“动态分辨率转换”(DRC) 和(或)分布式报警。

组态王开发系统是一种开发环境,在其中可以使用面向对象的图形来创建富于动感的触控式显示窗口。这些显示窗口可以连接到工业 I/O 系统以及其它的 Microsoft Windows 应用程序。

组态王运行系统则是一种运行环境,用于显示在组态王开发系统中创建的图形窗口。组态王运行系统可以执行组态王 QuickScript、执行历史数据记录与报告、处理报警记录与报告,并可以充当 DDE 与 SuiteLink 通讯协议的客户端和服务端。利用组态王建立新程序的一般过程是:

- 设计图像界面
- 构建变量
- 建立动画连接
- 运行和调试

在用组态王画面开发系统和编制应用程序时要依照此过程考虑四个方面:

**图形:**就是用抽象的图像画面来模拟实际工业现场和相应的监控设备。“组态王 6.51”采用面向对象的编程技术,使用户可以方便地建立画面的图形界面。用户构图时可以像搭积木那样利用系统提供的图形对象完成控制系统的画面,同时支持画面之间的图形对象拷贝,可重复使用以前的开发结果。

**数据:**怎样用数据来描述工控对象的各种属性?也就是创建一个具体的数据库,此数据库中的变量反映了工控对象的各种属性,数据库是“组态王 6.51”最核心的部分。在组态王运行系统运行时,工业现场的生产状况要动态反应在屏幕上,同时操作者在计算机前发布的指令也要迅速送达现场,所有这一切都是以实时数据库为中介环节,数据库是联系上位机和下位机的桥梁。在数据库中存放的是变量的当前值,变量包括系统变量和用户定义的变量。变量的集合称为“数据词典”,数据词典记录了所有用户可使用的数据变量的详细信息。

**动画连接:**所谓“动画连接”就是建立画面的图素与数据库变量的对应关系,当变量的值改变时,在画面上以图形对应的动画效果表示出来;或者由软件使用者通过图形对象改变数据变量的值。这样,工业现场的数据当它们变化时,先通过 I/O 接口,引起实时数据中变量的变化再通过“动画”在画面上反映出来。

**硬件接口:**组态王软件系统与最终用户使用的具体现场部件无关。对于不同的硬件设施,只需为组态王配置相应的通信驱动即可<sup>[30]</sup>。

#### (4) 该系统组态界面设计注意事项

根据干灰输送控制系统的工艺流程,结合上位机和下位机的控制分工特点,突出上位机的实时监控特点,根据系统工艺要求把不同操作工艺的画面分在不同的画面中,以及系统操作最频繁的画面做主画面。依据系统的完整性还必须包括数据库,实时监控,历史曲线等画面。

### 4.4 组态王示例程序

依照监控系统软件设计原则，按照组态王的构成及建立新程序的过程以及上面提到的一些注意事项就可以进行画面编制了。下面介绍主画面的制作思路以及干灰制浆输送子画面的制作过程。

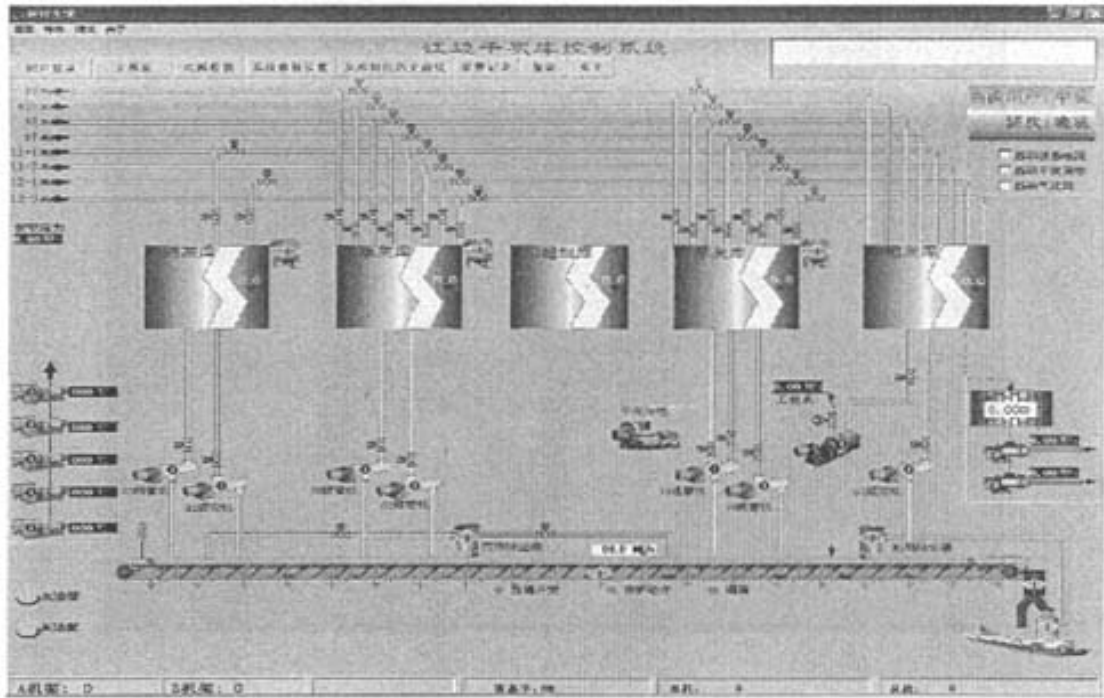


图 4.3 控制系统主画面

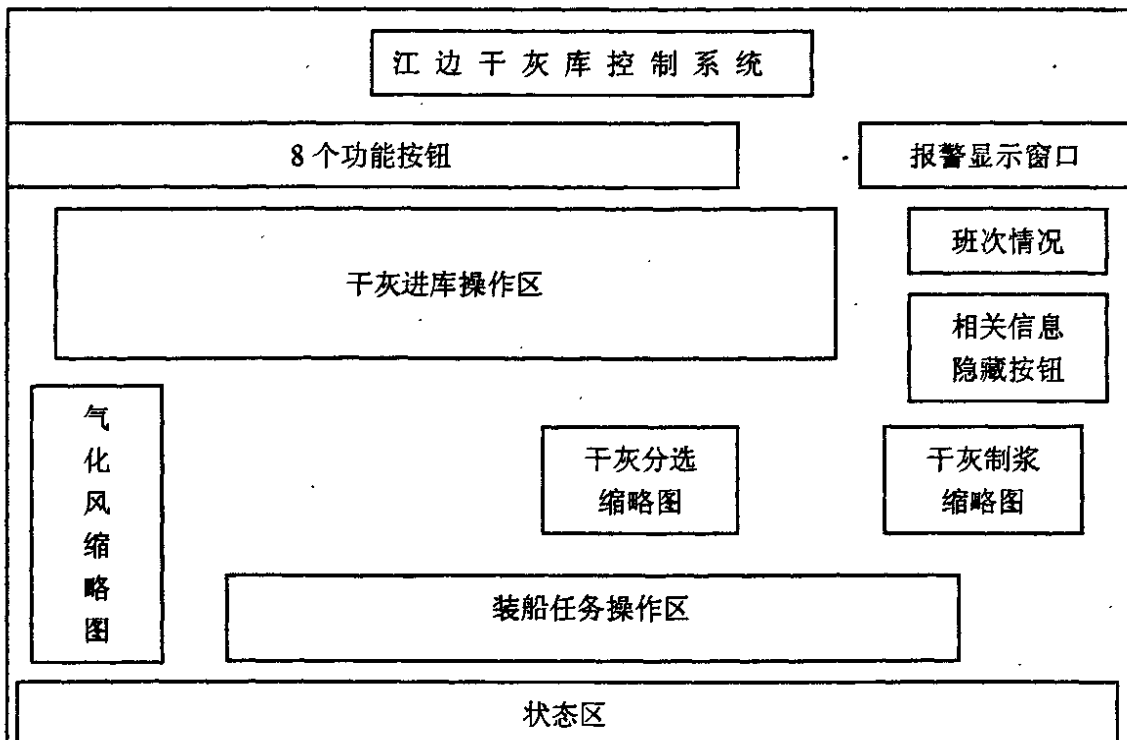


图 4.4 主画面功能缩略图

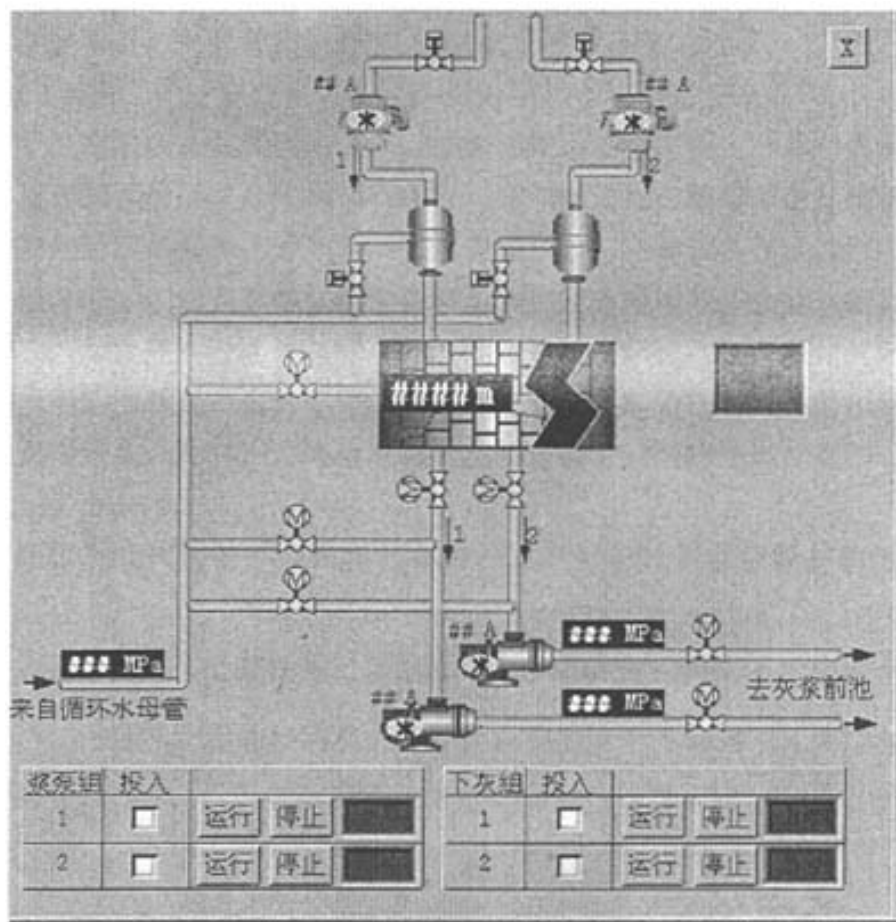


图 4.5 干灰制浆系统控制画面

按下图 4.3 主控画面中的干灰制浆缩略图则会弹出图 4.5 干灰制浆系统控制画面。该系统的主要功能就是对干灰制浆任务中的流程进行操作及对设备和流程的运行情况进行监控。

干灰制浆控制系统中包括两个流程：浆泵组流程以及下灰组流程。在进行干灰制浆输送操作过程中，这两个流程需要相互配合操作。启动过程中先开浆泵组再开下灰组，在浆泵组没有启动完成的情况下不允许启动下灰组。停止过程中先关下灰组再关浆泵组。在运行过程中浆泵组发生故障而停止时，必须同时关闭下灰组，即在浆泵组没有运行的情况下下灰组不可以运行。不过两个流程可以相互交叉运行，即浆泵组 1 不但可以和下灰组 1 同时运行也可以和下灰组 2 同时运行。其中灰水混合器给水延迟时间设置及灰浆泵冲洗时间设置在系统参数设置按钮中进行设置。下面是按照上面的控制工艺编制好的控制画面及其操作：

#### (1) 设备颜色与该设备运行状态之间的关系

通常情况下显示设备的有红，绿，蓝，黄四种颜色。红色代表该设备正处在运行状态，绿色代表该设备正处在停止状态，蓝色代表该设备正处在命令执

行中（即设备正在开或者正在关），黄色代表该设备发生故障。

## (2) 单设备操作

整个控制系统在正式投用之前，或者在使用过程中都会对单个设备进行设备正常与否的确认，即设备调试。在单设备调试过程前都必须进行确认该设备的当前操作经现场允许，否则容易发生现场事故。在单设备调试过程中也必须是操作室与现场工作人员相互配合，以免发生意外时事故扩大化。比如当某一灰库有灰，如果需要检测该灰库下的气动阀是否工作正常，必须先关闭该气动阀上面的手动闸板阀，否则不允许操作该气动阀。库顶气动阀也是如此，当某一管道正在送灰，此时不允许检测该管道相连的气动阀的性能，否则管道来灰将误送到其他灰库中。

下面以气动阀为例子介绍单设备操作。把鼠标放置在要操作的气动阀上



，点击后弹出气动阀操作对话框 。在这个操作对话框上可以进行气动阀的启动和关闭操作。要对这个气动阀进行更深入的操作请点击第三个按钮，此时会弹出图 4.6 气动阀总操作对话框。



图 4.6 气动阀总操作对话框

在这个总操作对话框上除了可以进行开启和关闭气动阀操作外还可以对该气动阀的投用，到位屏蔽，检修进行设置。选中投用，则该气动阀可以被自动流程所调用，否则包含该设备的自动流程将无法启动。选中到位屏蔽，则该气动阀不会发生到位信号故障报警。点击检修，则会弹出图 4.7 气动阀检修操作提示框，让操作员再次确认该操作。

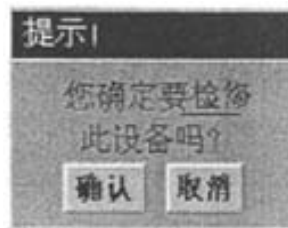



图 4.7 气动阀检修操作提示框

当操作员点击确认后，被操作设备上将醒目的显示一块检修牌。被挂上检修牌后，操作员将无法对其进行启动，停止操作，除非先将其检修解除。点击气动阀总操作对话框中的解除检修，则会弹出图 4.8 气动阀解除检修提示框。

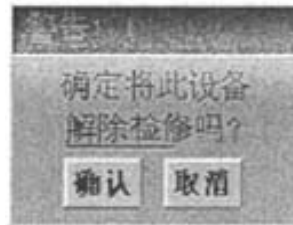


图 4.8 气动阀解除检修提示框

当操作员确认解除检修后，被操作设备上的检修牌将消失。此时可以对该设备进行正常的启动停止操作。

### (3) 浆泵组的操作

启动流程时先点击投入，此时系统自动检查该流程设备是否可以投入使用。如果满足操作要求，那么确认选择框中将显示对钩符号，当不满足操作要求时将弹出图 4.9 错误对话框。



图 4.9 浆泵组错误对话框

通常不满足操作要求是因为与所选管道相连的阀门没有选择投用选择框，其他不满足操作要求的情况包括灰浆池液位过低或者流程中的相关设备处在检修状态。当确认选择框选中后便可以点击运行按钮，此时系统将自动启动相关阀门。点击停止按钮则恰好相反，系统将按照工艺要求自动停止相关阀门。

### (4) 下灰组的操作

启动流程时先点击投入，此时系统自动检查该流程设备是否可以投入使用。如果满足操作要求，那么确认选择框中将显示对钩符号，当不满足操作要求时将弹出图 4.10 下灰组错误对话框。



图 4.10 下灰组错误对话框

通常不满足操作要求是因为与所选管道相连的阀门没有选择投用选择框，其他不满足操作要求的情况包括流程中的相关设备处在检修状态。当确认选择框选中后便可以点击运行按钮，此时系统将自动启动相关阀门。点击停止按钮则恰好相反，系统将按照工艺要求自动停止相关阀门。

#### (5) 干灰制浆流程操作注意事项

●注意浆泵组与下灰组的启动停止次序。先开浆泵组后开下灰组，先关下灰组后关浆泵组。

●在浆泵组没有运行的情况下不允许启动下灰组。

### 4.5 组态王离线调试

在控制系统的程序设计过程当中，可以分为若干个相互独立的子程序。在设计思路 and 主控制画面都已经确定的前提下，任意一个子画面程序都可以单独进行编写。并且在子画面程序编写完成以后就可以通过下位机 PLC 的仿真器进行测试。这样当每一个经过检验的子程序组合后就是一个最终的可以交付使用的程序。

下面我们以上一节中的干灰制浆输送这一独立的子程序为例子详细介绍它的调试过程。

调试前提：

- 干灰制浆输送工艺段 PLC 程序已经编写完成。
- 上位机的变量定义工作已经完成。
- 控制画面及画面的代码已经编写完成。

调试目的：

- 检测监控画面中的脚本。
- 检测上位机定义的变量和下位机定义的控制点是否对应。

调试标准：

在上位机上操作相关的设备，在仿真器上检查对应的 PLC 控制点是否有相应的变化。

下面介绍它的调试步骤：



- 打开 Unity Pro 的 PLC 编程界面。
- 把干灰制浆输送该工艺段 PLC 程序下载到仿真器中。
- 把仿真器打到运行状态。
- 把上位机组态软件组态王打到运行状态。
- 观察组态王信息窗口。
- 在上述步骤都正常情况下，组态王信息窗口中能见到连接上 PLC。
- 按照设备调试流程图进行后续调试。

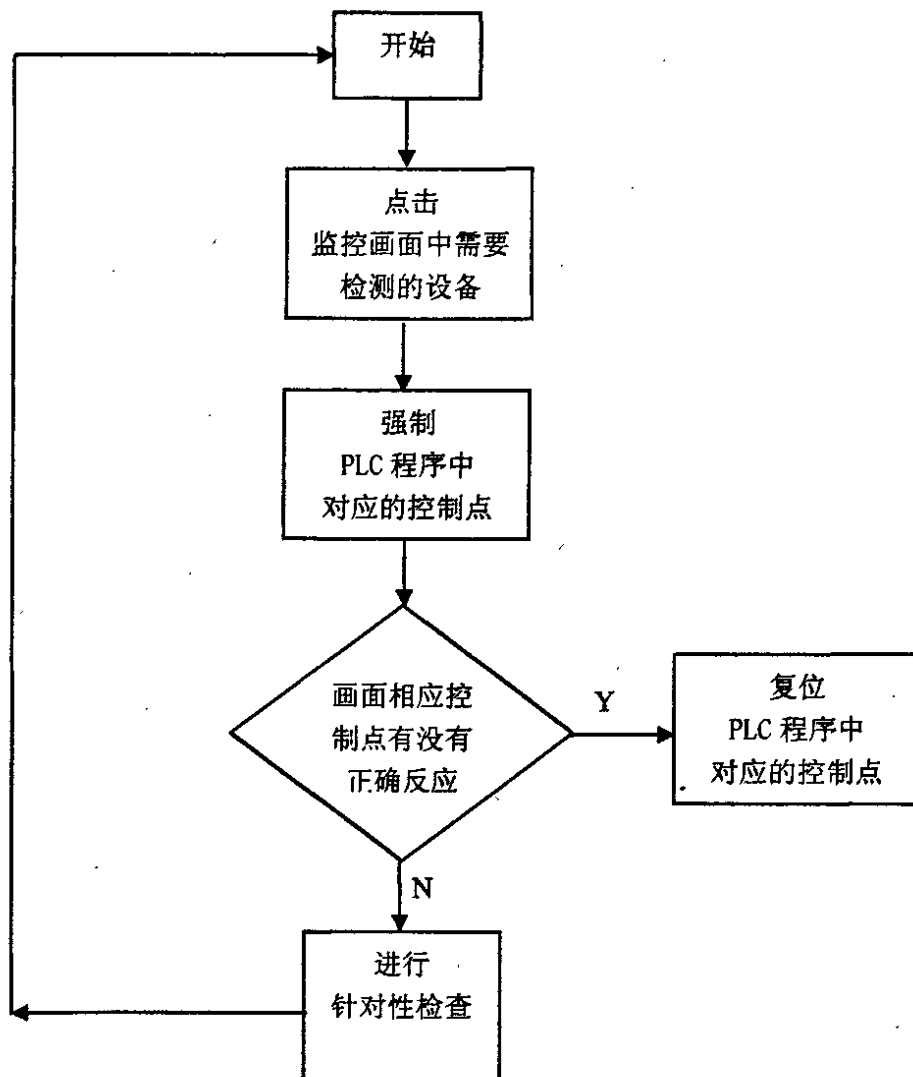



图 4.11 设备调试流程图

干灰制浆输送工艺段的所有可操作设备进行单独点动操作，通过 PLC 的配合来查看监控画面的改变，最终检测画面脚本和 PLC 编程的正确性。例如以干灰制浆输送工艺段的电动阀为例。点击该电动阀，弹出操作提示框（图 4.12 电动阀启停操作框），在弹出操作提示框中点击启动按钮。





图 4.12 电动阀启停操作框

此时在 PLC 程序中查看该电动阀的启动控制点有没有置位。然后在 PLC 程序中强制该电动阀的开到位控制点，接着查看监控画面中的该电动阀的开到位

状态有没有显示 。如果有显示，就说明该电动阀的启动按钮已经编程成功。最后把 PLC 中强制的控制点复位。

启动功能测试完成以后继续测试停止功能，同理点击该电动阀，在弹出提示框中点击停止按钮（图 4.12 电动阀启停操作框）。此时在 PLC 程序中查看该电动阀的停止控制点有没有置位。然后在 PLC 程序中强制该电动阀的关到位控制点，接着查看监控画面中的该电动阀的关到位状态有没有显

示 。如果有显示，就说明该电动阀的停止按钮已经编程成功。最后把 PLC 中强制的控制点复位。

最后检测该电动阀的故障信号。此时只需要在 PLC 程序中强制该电动阀的故障控制点，接着查看监控画面中的该电动阀的故障状态有没有显示 。如果有显示，就说明该电动阀的故障功能已经编程成功。最后把 PLC 中强制的控制点复位。

## 5 灰库控制系统的调试与讨论

### 5.1 控制系统中调试的重要性

一个系统设计完成后, 错误是在所难免的。如果不经过调试就进入系统安装, 那么在现场运行时可能会造成设备或系统故障或重大事故。如果在现场发现错误后再进行调试则工作量是很大的。由于一个系统其组成可能是由不同的厂家、人员来协同完成的, 而在现场的可能就是几个核心技术人员, 这样当发生错误的时候现场技术人员没有办法进行快速的故障诊断和处理, 还要求助于厂家一起努力, 导致时间的拖延, 浪费现场宝贵的时间, 甚至影响到整个队伍的情绪, 付出相当大的代价。所以对于一个系统, 在设计时期的调试是非常重要的, 不仅可以在设计初期发现问题解决问题, 而且可以把各个部件联合调试。这样如果在开发初期发现问题, 就排除了系统内部的错误, 就可以集中在外部解决。不仅找到了解决的方向, 而且缩短了时间, 所涉及的人员也大大减少。有利于系统的提前完工。

一个大型控制系统通常由多个部分组成, 不过从大体上可分为控制部分和电气部分。本论文讨论的是前者。其中控制部分又由下列几主要单元: PLC 控制柜, PLC 控制软件, PLC 硬件, 上位机监控软件。每个单元有其各自的调试方法, 而各个单元的连接也要调试。所以在这个系统中有如下的调试: PLC 控制软件的调试; PLC 硬件的调试; 加入硬件后的 PLC 控制柜的调试; 结合软件后控制柜的调试; 上位机监控软件调试; 整个控制系统的联合调试(包括软件硬件); 控制柜和电气柜的联合调试; 整体和现场的最终调试。

### 5.2 控制系统调试各阶段方案设计与实现

PLC 控制程序软件的调试: 在程序编写完成后进行调试, 这一部分已经在前面介绍过了, 是用 Unity pro 套件中的仿真软件和组态王软件调试界面相结合来进行逻辑程序的调试。

#### (1) PLC 硬件调试。

在 PLC 硬件安装完毕而没有进入 PLC 控制柜安装前进行调试。调试的目的主要是观测 PLC 的模块有没有存在坏通道: 模块与导轨之间能不能很好的连接; PLC 的 Profibus 现场总线能不能通讯。在 Unity pro 里把正确的硬件组态下载到 CPU 中, 然后分别在 PLC 硬件中手动给出数字量和模拟量的值, 在线监控检查得到的值和实际是否一致, 然后在 Unity pro 中强制 PLC 输出口, 在硬件模块上通过看指示灯和用万用表测量来检测数字量和模拟量模块的好坏。在

这个调试阶段为了检测输入模拟量模块的通道，需要用信号发生器加以配合。比如用信号发生器产生一个 4~20mA 或者是 0~10V 的信号，然后在线监控察看数据变化。如果值能发生相应变化，说明该模块以及通道是可用的。

### (2) PLC 控制柜现场调试。

经过上面两步调试，就可以正式的把 PLC 安装到控制柜里面。对于控制柜的调试主要是检查它的接线有没有错误；和设计的原理图是不是对应；能否正常的提供电源及其保护；能不能使得 PLC 正常工作，正确反应 PLC 的输入和输出。其中最后一点是最重要的。PLC 控制柜的调试和 PLC 硬件调试非常相似，只是把由手动给的输入信号由控制柜来给出。输出信号输出到控制柜中通过观看指示灯来判断。模拟量因为没有现场设备所以还是一样的调试，只是这里是通过控制柜的连线进行的。最后还要测试控制柜的报警灯、日光灯、排风扇等。

### (3) 上位机监控软件调试。

在这个里面主要是完成组态王软件和 PLC 的通讯调试；组态王的监控界面及控制功能调试。监控软件的调试需要 PLC 控制器还有被控对象的一起配合，由于不在现场没有被控对象，为此模拟仿真被控对象。在上位机监控软件组态王中定义一个设备，该设备就是莫迪康的 Quantum 系列中的 CPU 型号为 67160 的设备。把编好的 PLC 程序下载到仿真器当中，并且打到运行位置，最后把上位机组态王程序打到运行界面。此时监控画面就和现场一模一样了。当需要一个输入信号时，在 PLC 中强制该输入控制点即可。在上位机中打开一个输出点时，在 PLC 程序中就能看到相应的控制点有变化。

### (4) 整个控制系统的联合调试。

整个控制系统的联合调试就是通过 PLC 控制器给出信号，来观察整个 PLC 程序运行的情况及组态王的监控情况，还有控制柜的情况。这是所有调试中最为重要的调试步骤，许多问题都能在这个环节当中挖掘出来。

### (5) 控制柜和电气柜的联合调试。

这一步是整个系统中最重要，也是最复杂的调试。它的顺利成功使得现场的工作完成了一大半。在这一步的主要工作就是调试信号线，检查两个柜子之间的线的连接。如果在调试中发现接线错误有两种修改的方案：一是改线；二是改上位机的控制点，显然第二种方式简单，只要重新分配一下地址就可以解决问题。这样接线不用改，程序中的地址也不用改。

### (6) 整体和现场的最终调试。

调试到这里，这个系统可以放心的使用了，系统地问题已经不大可能产生了，主要检测和解决现场产生的其他问题。

### 5.3 控制系统的联合调试介绍

经过前期的开发调试之后控制系统还不能马上正式投入使用，还需要到工程现场进行整个控制系统的联合调试。这个调试过程主要包括三个阶段：系统手动控制的调试、系统自动控制的调试、系统急停控制的调试。

#### (1) 系统手动控制的调试

通过外围设备测试、I/O 端子测试和通信调试之后，就要转入 PLC 程序的调试。首先要测试的是手动控制程序，这是系统最原始的功能，也是最基本的功能，厂家对这项测试要求很高。系统设置手动控制方式的目的是能够直接、有效的控制现场设备，因此手动控制程序是以对开关量输出点的置位和复位为主，代码编写比较简单，这就说明系统手动控制调试的主要工作是检查人机界面的操作与现场设备运行的一致性。

系统手动控制调试的具体流程如图 5.1 系统手动控制的调试流程图所示。

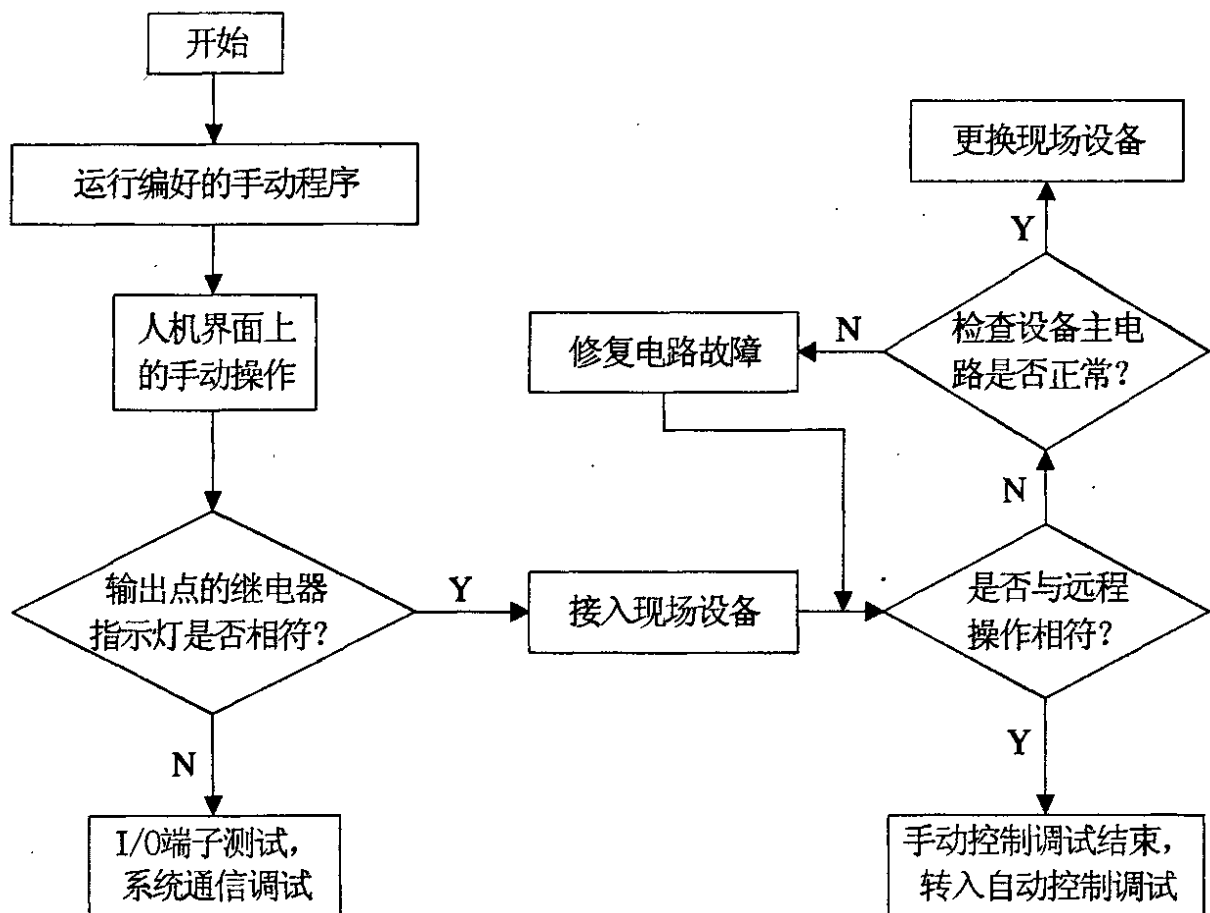


图 5.1 系统手动控制的调试流程图

系统手动控制调试的步骤如下：

- 把编写的程序下载到 PLC 控制器，并使其处于运行状态。把控制方式选择为手动控制。

- 调试人员可以在上位机界面上选择要测试的设备，并进行运行操作，这

个系统主要是泵或者阀门的启/停和电机的开/关。在现场安排一个工作人员配合观察与所操作对应的输出点的继电器指示灯是否相符，若相符，则表示正常。若不符，应重新测试该输出端子，检查通信情况，直到全部恢复正常为止。这一步调试时，一定要先将现场设备的主电路断电，确保现场不会出现事故。

●接入现场设备，总体测试系统的手动控制功能。连接现场设备的主电路以及外围的控制电路（主要是跟 PLC 输出控制点之间的连接）。调试人员在主界面上选择要测试的设备，并进行运行操作。现场的工作人员配合观察这些设备的状态是否与所操作的相符，若相符，则表示正常。若不符，则有可能是主电路的问题，应该切断电源，在确保安全的情况下检查电路的接线，直到排除故障、恢复正常为止。

## (2) 系统自动控制的调试

自动控制方式是系统正常运行时采用的方式，系统绝大部分时间都是采用自动控制方式运行的，所以厂家对系统的自动控制不仅有可靠性的要求，还有灵活性、经济性等其它性能方面的要求。灵活性主要体现在系统自动控制程序维护和修改的方便程度，经济性则要求对系统工艺流程的进一步优化，在完成除渣的情况下，尽量减少系统用电量、用水量和人力工作的投入。

经过上面的 I/O 端子测试、系统通信测试以及系统手动控制的调试，系统的供电电源、现场设备的电路，I/O 端子以及系统的通信都正常，因此系统自动控制调试的主要工作是对 PLC 的自动控制程序进行优化。

系统自动控制调试不像手动控制调试，只需调试输出点。它要结合来自现场的输入信号，按照设计的工艺流程来自动控制输出点的状态。

系统自动控制调试的步骤如下：

●把编写的程序下载到 PLC 控制器，并使其处于运行状态。把控制方式选择为自动控制。

●模拟调试。模拟调试，是指模拟系统的输入/输出信号，对 PLC 自动控制程序的进行调试。模拟系统的开关量 I/O 信号，可借助于模拟开关和 PLC 输出端子的继电器指示灯；需要模拟量 I/O 时，可用电位器和万用表配合进行模拟。这一步调试时，一定要先将现场设备的主电路断电，模拟调试只是对控制条件进行测试，也为了确保现场不会出现误伤事故。调试时，可利用上述外围设备模拟各种现场开关和传感器状态，然后观察 PLC 的输出逻辑是否符合系统要求。如果出现不符合系统要求的现象，可以首先检查外部接线是否正确，当接线准确时再检查程序，修改控制程序不完善之处，然后反复调试，直到控制程序能够满足系统要求为止。

●联机调试。联机调试，就是在现场设备接入控制系统的情况下，把模拟

调试过程中得到的最后控制程序下载到 PLC 中，使程序处于运行状态。调试人员在上位监控计算机上监视系统运行的情况，跟现场工作人员反馈回来的实际情况相比较，来检验自动控制程序的质量。也可以通过更改系统参数，观察系统运行状态的变化，来测试系统的灵活性。通过现场输入信号的接入，常常还会发现软硬件中的问题，有时候厂家还会根据具体工况增加控制要求，这种情况下，要反复的测试系统，直到运行稳定。

系统自动控制调试的具体流程如图 5.2 系统自动控制的调试流程图所示。

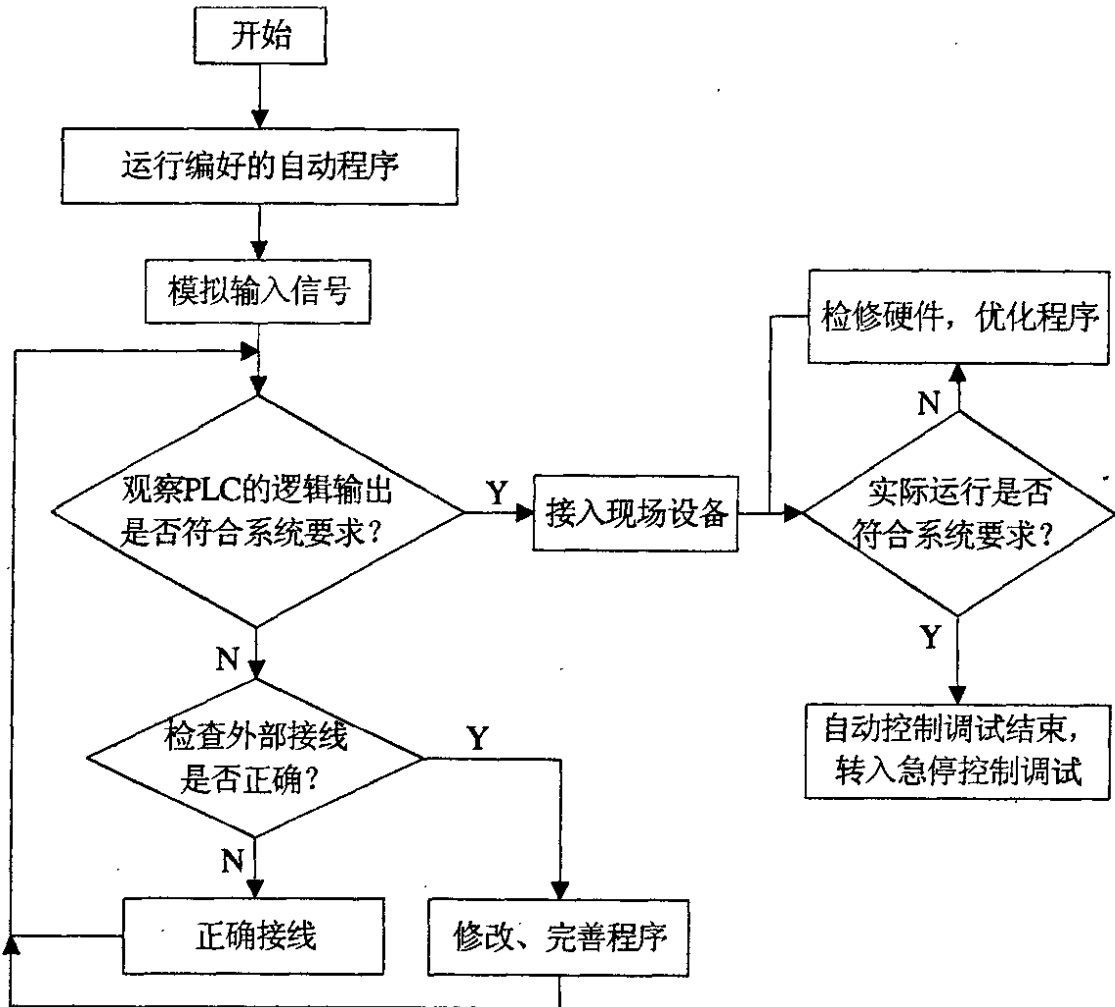


图 5.2 系统自动控制的调试流程图

### (3) 系统急停控制的调试

系统急停控制的功能，就是停止现场所有的设备运行，避免事故发生或者减小事故的影响范围。功能虽简单，但性能要求却很高，要保证急停动作执行的可靠、有效。所以厂家要求不能省略此项调试。

系统急停控制调试的步骤如下：

- 把编写的程序下载到 PLC 控制器，并使其处于运行状态。把控制方式选择为自动控制。

●模拟调试。在进行急停控制调试之前，先使系统处于自动控制运行状态，为急停控制调试提供模拟工况条件。这一步调试，也要求将现场设备的主电路断电。调试人员在人机界面上点击“急停”按钮，现场的工作人员观察 PLC 输出端子的继电器指示灯是否与急停控制程序设计的相符，若相符，则表示正常。若全不符，应先检查通信系统；若个别一些不符，应检查电气接线是否正确，当接线正确时，再检查程序，从设备硬件和程序软件两方面加以检查，找出故障并排除，直至完全相符。

●联机调试。联机调试，就是在模拟调试的基础上，接入现场设备。也是先使现场设备处于自动控制状态，然后由调试人员在人机界面上点击“急停”按钮，现场的工作人员观察现场设备是否全部停止运行，若全停止，则表示正常。若某一个或某一些设备还在运行，则故障原因属于该设备控制电路的问题，应及时检查并排除，直至全部符合急停控制要求。

系统急停控制调试的具体流程如图 5.3 所示。

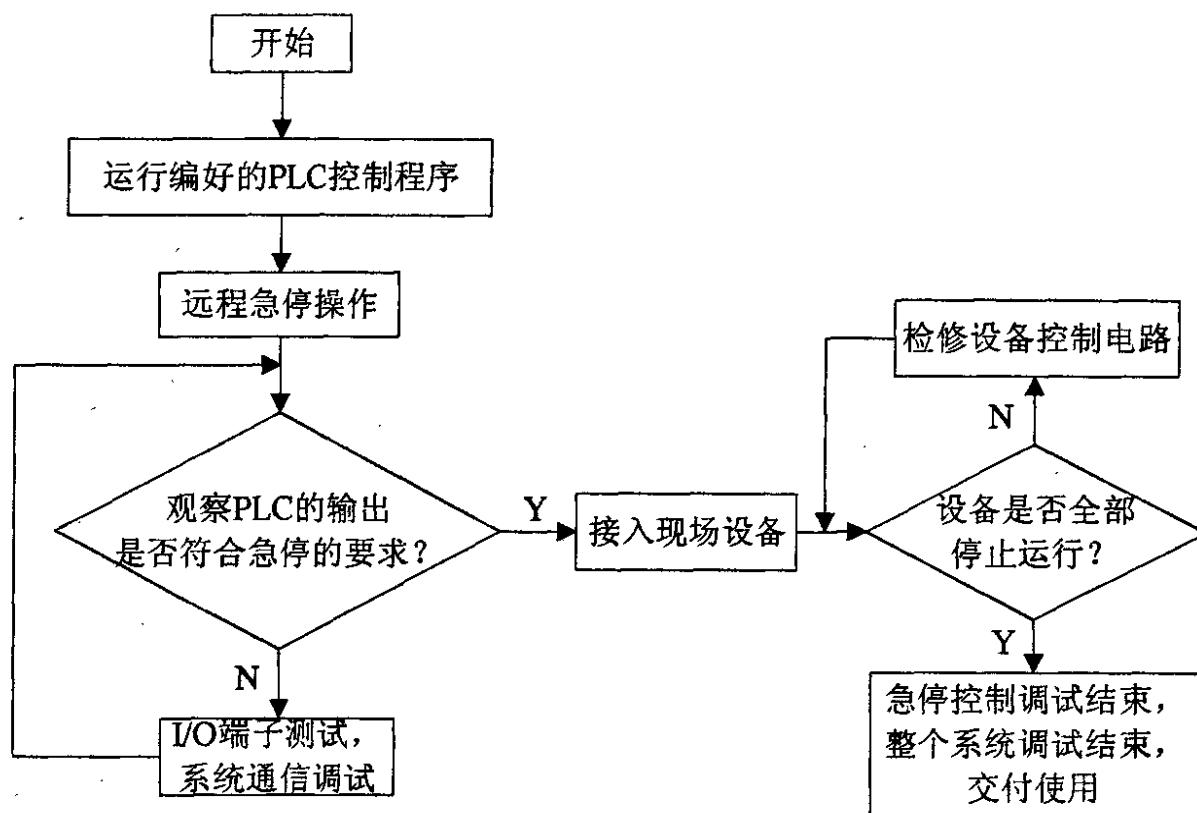


图 5.3 系统急停控制的调试流程图

#### 5.4 编写技术文件

系统交付使用后，应根据调试的最终结果整理出完整的技术文件，并提供给厂家，以利于系统的维护和改进。技术文件包括：

(1) 电气柜的设计图、PLC 的外部接线图和其它电气图纸。



- (2) PLC 的 I/O 表、PLC 模块清单、系统电缆规格表等。
- (3) 控制系统使用说明书。
- (4) 系统功能与设计初期有改变处做记录。
- (5) 对控制系统做系统备份。
- (6) 对上述所有数据及其他资料进行备份。

## 总结与展望

本课题采用施耐德自动化公司的Unity 双机热备冗余系统对国电谏壁发电厂的2×600MW超临界灰库控制系统进行设计与研究。作者负责系统总体结构的设计、PLC控制程序和监控人机界面的策划和编写以及系统的现场调试。

本文研究是在前人研究的基础上进行了丰富,经过实践论证,用现场总线技术与PLC集成形成控制系统,切实可行且具有潜在的市场影响力。对于这种集成控制系统在其它领域的应用有一定的参考作用。

本系统主要有以下特点和创新:

- (1)系统采用双机热备技术。有效地提高了整个系统的可靠性。
- (2)PLC程序按功能模块设计。这样程序就易于扩展和维护。
- (3)监控系统采用统一的界面设计。本监控系统的人机界面借鉴了Windows的界面风格,使得界面友好,操作方便。

本系统在工程的具体实施中得出了以下结论:

- (1)国电谏壁发电厂的灰库控制系统于2006年8月开始运行,至今没有发生任何问题,事实证明本系统在设计以及实施上的成功。
- (2)本系统的硬件配置满足了国电谏壁发电厂的硬件要求。冗余的PLC控制器,电源模块,通讯模块及其传输介质提高了整个系统的可靠性。
- (3)本系统的软件设计符合了厂家的技术要求,大大提高了辅助系统的自动化水平,确保了主控系统安全、稳定的运行,进一步减少了运行人员和热工维护人员的工作量。
- (4)系统带来了良好的经济效益和安全效益。

由于时间和客观条件的限制,以及本人能力所限,系统以及系统实施过程中仍存在一些问题,有待于今后进一步探讨和完善:

- (1)在控制系统的配置上有待提高。

整个控制系统的下位机数据采集部分功能强大,控制器的各项性能都很优秀,并且是双机热备。但是与之不协调的是上位机的配置上:工程师站、操作员站两者合二为一;数据服务器与操作站合二为一。这样给上位机的稳定性和可靠性带来了损害。

- (2)控制系统在现场调试前必须进行PLC程序以及组态画面的联合调试,确保自身没有问题,把问题都留给现场。这样可以有效提高调试效率及进度。
- (3)控制系统的稳定及可靠需要多方面的努力。高性能的硬件设备以及无可挑剔的软件都大大的提高了系统的各方面的性能。但是无论在何种情况下,意外发生的可能性始终是存在的,所以一定要注重系统的维护。具体的说就是日常工作中把各种资料及数据的备份提到重要位置上来。

## 致 谢

首先感谢我的导师周建勋副教授。在他近两年的关心鼓励和严格要求下，我的专业知识得到拓展，科研能力有了长足进步。在论文撰写过程中，从选题、方案设计到具体的写作技巧，都给了我悉心指导和无私帮助。此外，在生活上给了我诸多帮助，为人处事上也让我受益匪浅。

在论文撰写过程中还得到了公司员工据飞兵、顾丽，师兄陈躬炎以及教研室同学杨庆飞、王超、孙永飞等的大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意。

衷心感谢一直爱护着我的父亲和母亲，我所取得的任何进步都凝聚着他们的心血和期望。

## 参考文献

1. 王永华. 现代电气控制及 PLC 应用技术. 北京航空航天大学出版社. 2003 (5) :42-44
2. 袁任光. 集散型控制系统技术与应用实例. 机械工业出版社. 2004 (1) :40-42
3. 吴帆, 李东风, 许应宏. 电站辅助系统中 DCS 技术的研究与运用. 华东电力. 1998(9):36-38
4. 孟丽. 现场总线技术在电厂中的应用. 自动化仪表. 2005 (3) :33-35
5. 徐明, 杨平等. 现场总线技术在电厂中的应用. 微计算机信息. 2006 (1) :25-27
6. 刘鑫. 我国工业控制自动化技术的现状与发展趋势. 自动化博览. 2003 (1) :51-55
7. 张永红. 现场总线技术在电力自动化中的应用. 电力建设. 2005 (3) :59-61
8. 王常力, 罗安. 集散型控制系统选型与应用. 2003 (2) :74-76
9. 白雄昂等. 大型火电厂除灰除渣控制系统的设计和应用. 热力发电. 2000 (6) :39-41
10. 汪志锋. 可编程控制器原理与应用. 西安电子科技大学出版社. 2004 (1) :6-7
11. 许华, 臧清. 电厂大型机组除渣系统探讨 (续). 水利电力机械. 2005 (2) :8-13
12. 甘永梅, 李庆丰等. 现场总线技术及其应用. 北京:机械工业出版社, 2004
13. 李正军. 现场总线及其应用技术. 北京:机械工业出版社, 2005
14. 张浩, 谭克勤, 朱守云. 现场总线与工业以太网应用技术手册. 第二册. 上海:上海科学技术出版社, 2004
15. 张浩, 谭克勤, 朱守云. 现场总线与工业以太网应用技术手册. 第一册. 上海:上海科学技术出版社, 2002
16. 夏德海. 现场总线技术. 北京:中国电力出版社, 2003
17. 高钦和. 可编程控制器应用技术与设计实例. 北京:人民邮电出版社, 2004
18. 求是科技. PLC 应用开发技术与工程实践. 北京:人民邮电出版社, 2005
19. 弭洪涛, 王忠礼. PLC 应用技术. 北京:科学出版社, 2005
20. Rockwell Automation 公司. ControlLogix 选型指南. 2003
21. 王佩璋, 王芳. 燃煤电厂除灰排渣系统的发展过程及现代化技术. 内蒙古电力技术. 2000 (4): 42-43
22. 于庆广. PLC 控制系统双机热备及可靠性设计与实现. 仪表技术与传感器. 2004 (4): 22-24
23. 张建峰, 陈在平等. 基于 ControlNet 现场总线的 PLC 双 CPU 冗余控制系统实现. 制造业自动化. 2005 (8) :42-45
24. 于庆广. 可编程控制器原理及系统设计. 北京:清华大学出版社, 004
25. 齐从谦, 王士兰. PLC 技术及应用. 北京:机械工业出版社, 2000
26. 李全利. 可编程控制器及其网络系统的综合应用技术. 北京:机械工业出版社, 2005
27. 张凯. 可编程控制器教程. 南京:东南大学出版社, 2005

28. 刘敏. 可编程控制器技术. 北京:机械工业出版社, 2000
29. 李道霖. 电气控制与 PLC 原理及应用. 北京:电子工业出版社, 2004
30. 马国华. 监控组态软件及其应用. 北京:清华大学出版社, 2001
31. 宫淑贞. 可编程控制器原理及应用. 北京:人民邮电出版社, 2002
32. 何亚清, 陈奉群. Windows 2000 Professional 中文版实用大全. 北京:机械工业出版社, 2000
33. 李栋梁. Windows 2000 Professional 中文版详解. 北京:电子工业出版社, 2000
34. Wonderware 公司. InTouch 用户指南. 2002
35. CI. ControlNet Specifications, Version 2.0, Errata 3. March 2003
36. Rockwell Automation. ControlNet Network System Overview. 1997
37. Rockwell Automation. EtherNet/IP Performance and Application Guide. June 2001
38. Rockwell Automation. EtherNet/IP Media Planning and Installation Manual. January 2001
39. EtherNet/IP Drives Mining Standards Down Under. <http://www.odva.org/>
40. Industrial Ethernet. <http://www.anybus.com>
41. EtherNet/IP Background Information. <http://www.odva.org>
42. EtherNet/IP Background Information. <http://www.ethernet-ip.org>
43. EtherNet/IP Network. <http://www.ab.com>
44. Jones N., Moss, W.H. Introducing EtherNet/IP. 6th ODVA Annual Meeting. Tampa. March 2000

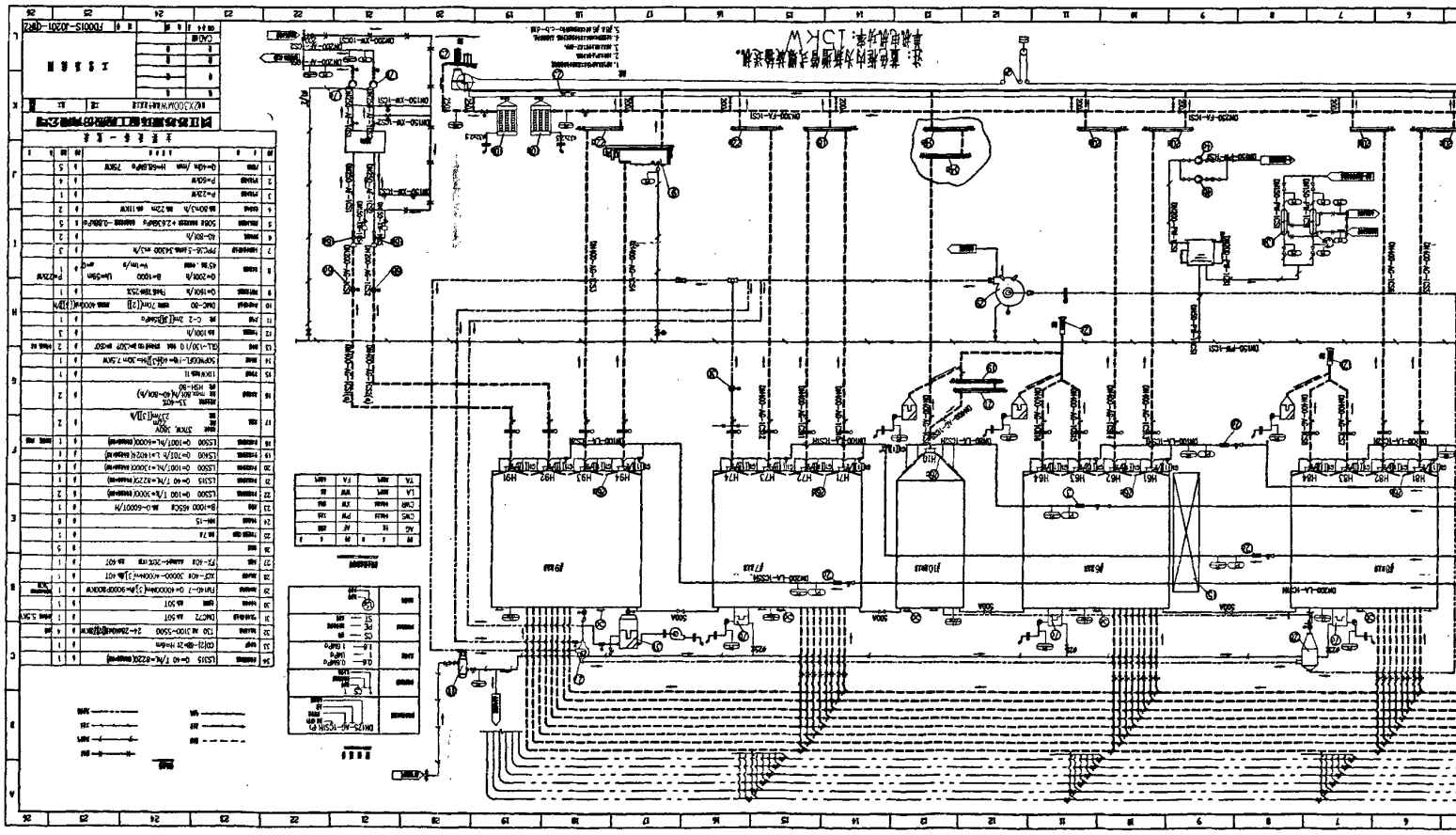
## 附录 A

系统工艺图

## 附录 B

表 B1 #1 远程站控制点分配表

模块 1 (电源模块)				
模块 2 (网络模块)				
模块 3 (DO 32)	备注			备注
库顶气动灰渣阀 Q9-101 开		000001	库顶气动灰渣阀 Q7-001 开	000017
库顶气动灰渣阀 Q9-101 关		000002	库顶气动灰渣阀 Q7-001 关	000018
库顶气动灰渣阀 Q9-102 开		000003	库顶气动灰渣阀 Q7-002 开	000019
库顶气动灰渣阀 Q9-102 关		000004	库顶气动灰渣阀 Q7-002 关	000020
库顶气动灰渣阀 Q9-103 开		000005	库顶气动灰渣阀 Q7-003 开	000021
库顶气动灰渣阀 Q9-103 关		000006	库顶气动灰渣阀 Q7-003 关	000022
库顶气动灰渣阀 Q9-104 开		000007	库顶气动灰渣阀 Q7-004 开	000023
库顶气动灰渣阀 Q9-104 关		000008	库顶气动灰渣阀 Q7-004 关	000024
库顶气动灰渣阀 Q9-105 开		000009	库顶气动灰渣阀 Q7-005 开	000025
库顶气动灰渣阀 Q9-105 关		000010	库顶气动灰渣阀 Q7-005 关	000026
库顶气动灰渣阀 Q9-106 开		000011	库顶气动灰渣阀 Q7-006 开	000027
库顶气动灰渣阀 Q9-106 关		000012	库顶气动灰渣阀 Q7-006 关	000028
库顶气动灰渣阀 Q9-107 开		000013	库顶气动灰渣阀 Q7-007 开	000029
库顶气动灰渣阀 Q9-107 关		000014	库顶气动灰渣阀 Q7-007 关	000030
库顶气动灰渣阀 Q9-108 开		000015	库顶气动灰渣阀 Q7-008 开	000031
库顶气动灰渣阀 Q9-108 关		000016	库顶气动灰渣阀 Q7-008 关	000032
模块 4 (DO 32)				
库顶气动灰渣阀 Q7-101 开		000100	库顶气动灰渣阀 Q6-001 开	000116
库顶气动灰渣阀 Q7-101 关		000101	库顶气动灰渣阀 Q6-001 关	000117
库顶气动灰渣阀 Q7-102 开		000102	库顶气动灰渣阀 Q6-002 开	000118
库顶气动灰渣阀 Q7-102 关		000103	库顶气动灰渣阀 Q6-002 关	000119
库顶气动灰渣阀 Q7-103 开		000104	库顶气动灰渣阀 Q6-003 开	000120
库顶气动灰渣阀 Q7-103 关		000105	库顶气动灰渣阀 Q6-003 关	000121
库顶气动灰渣阀 Q7-104 开		000106	库顶气动灰渣阀 Q6-004 开	000122
库顶气动灰渣阀 Q7-104 关		000107	库顶气动灰渣阀 Q6-004 关	000123
库顶气动灰渣阀 Q7-105 开		000108	库顶气动灰渣阀 Q6-005 开	000124
库顶气动灰渣阀 Q7-105 关		000109	库顶气动灰渣阀 Q6-005 关	000125
库顶气动灰渣阀 Q7-106 开		000110	库顶气动灰渣阀 Q6-006 开	000126
库顶气动灰渣阀 Q7-106 关		000111	库顶气动灰渣阀 Q6-006 关	000127
库顶气动灰渣阀 Q7-107 开		000112	库顶气动灰渣阀 Q6-007 开	000128
库顶气动灰渣阀 Q7-107 关		000113	库顶气动灰渣阀 Q6-007 关	000129
库顶气动灰渣阀 Q7-108 开		000114	库顶气动灰渣阀 Q6-008 开	000130
库顶气动灰渣阀 Q7-108 关		000115	库顶气动灰渣阀 Q6-008 关	000131
模块 5 (DO 32)				
库顶气动灰渣阀 Q6-101 开		000200	库顶气动灰渣阀 Q8-001 开	000216



本图仅供参考，不作为施工依据。

库顶气动灰渣阀 Q6-101 关		000201	库顶气动灰渣阀 Q8-001 关		000217
库顶气动灰渣阀 Q6-102 开		000202	库顶气动灰渣阀 Q8-002 开		000218
库顶气动灰渣阀 Q6-102 关		000203	库顶气动灰渣阀 Q8-002 关		000219
库顶气动灰渣阀 Q6-103 开		000204	库顶气动灰渣阀 Q8-003 开		000220
库顶气动灰渣阀 Q6-103 关		000205	库顶气动灰渣阀 Q8-003 关		000221
库顶气动灰渣阀 Q6-104 开		000206	库顶气动灰渣阀 Q8-004 开		000222
库顶气动灰渣阀 Q6-104 关		000207	库顶气动灰渣阀 Q8-004 关		000223
库顶气动灰渣阀 Q6-105 开		000208	库顶气动灰渣阀 Q8-005 开		000224
库顶气动灰渣阀 Q6-105 关		000209	库顶气动灰渣阀 Q8-005 关		000225
库顶气动灰渣阀 Q6-106 开		000210	库顶气动灰渣阀 Q8-006 开		000226
库顶气动灰渣阀 Q6-106 关		000211	库顶气动灰渣阀 Q8-006 关		000227
库顶气动灰渣阀 Q6-107 开		000212	库顶气动灰渣阀 Q8-007 开		000228
库顶气动灰渣阀 Q6-107 关		000213	库顶气动灰渣阀 Q8-007 关		000229
库顶气动灰渣阀 Q6-108 开		000214	库顶气动灰渣阀 Q8-008 开		000230
库顶气动灰渣阀 Q6-108 关		000215	库顶气动灰渣阀 Q8-008 关		000231
模块 6 (DO 32)					
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c		000300	库底气动出灰阀 Q7-201 开		000316
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c		000301	库底气动出灰阀 Q7-201 关		000317
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b		000302	库底气动出灰阀 Q7-202 开		000318
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b		000303	库底气动出灰阀 Q7-202 关		000319
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a		000304	库底气动出灰阀 Q7-203 开		000320
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a		000305	库底气动出灰阀 Q7-203 关		000321
#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d		000306	备用		000322
#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d		000307	备用		000323
库底气动出灰阀 Q6-201 开		000308	备用		000324
库底气动出灰阀 Q6-201 关		000309	备用		000325
库底气动出灰阀 Q6-202 开		000310	备用		000326
库底气动出灰阀 Q6-202 关		000311	备用		000327
库底气动出灰阀 Q6-203 开		000312	备用		000328
库底气动出灰阀 Q6-203 关		000313	备用		000329
库底气动出灰阀 Q6-204 开		000314	备用		000330
库底气动出灰阀 Q6-204 关		000315	备用		000331
备用		000415	备用		000431
模块 7 (DI 32)					
库顶气动灰渣阀 Q9-101 开		000400	库顶气动灰渣阀 Q7-001 开		000416
库顶气动灰渣阀 Q9-101 关		000401	库顶气动灰渣阀 Q7-001 关		000417
库顶气动灰渣阀 Q9-102 开		000402	库顶气动灰渣阀 Q7-002 开		000418
库顶气动灰渣阀 Q9-102 关		000403	库顶气动灰渣阀 Q7-002 关		000419
库顶气动灰渣阀 Q9-103 开		000404	库顶气动灰渣阀 Q7-003 开		000420
库顶气动灰渣阀 Q9-103 关		000405	库顶气动灰渣阀 Q7-003 关		000421
库顶气动灰渣阀 Q9-104 开		000406	库顶气动灰渣阀 Q7-004 开		000422
库顶气动灰渣阀 Q9-104 关		000407	库顶气动灰渣阀 Q7-004 关		000423
库顶气动灰渣阀 Q9-105 开		000408	库顶气动灰渣阀 Q7-005 开		000424
库顶气动灰渣阀 Q9-105 关		000409	库顶气动灰渣阀 Q7-005 关		000425
库顶气动灰渣阀 Q9-106 开		000410	库顶气动灰渣阀 Q7-006 开		000426
库顶气动灰渣阀 Q9-106 关		000411	库顶气动灰渣阀 Q7-006 关		000427
库顶气动灰渣阀 Q9-107 开		000412	库顶气动灰渣阀 Q7-007 开		000428
库顶气动灰渣阀 Q9-107 关		000413	库顶气动灰渣阀 Q7-007 关		000429
库顶气动灰渣阀 Q9-108 开		000414	库顶气动灰渣阀 Q7-008 开		000430



库顶气动灰渣阀 Q9-108 关		000415	库顶气动灰渣阀 Q7-008 关		000431
模块 8 (DI 32)					
库顶气动灰渣阀 Q7-101 开		000400	库顶气动灰渣阀 Q6-001 开		000416
库顶气动灰渣阀 Q7-101 关		000401	库顶气动灰渣阀 Q6-001 关		000417
库顶气动灰渣阀 Q7-102 开		000402	库顶气动灰渣阀 Q6-002 开		000418
库顶气动灰渣阀 Q7-102 关		000403	库顶气动灰渣阀 Q6-002 关		000419
库顶气动灰渣阀 Q7-103 开		000404	库顶气动灰渣阀 Q6-003 开		000420
库顶气动灰渣阀 Q7-103 关		000405	库顶气动灰渣阀 Q6-003 关		000421
库顶气动灰渣阀 Q7-104 开		000406	库顶气动灰渣阀 Q6-004 开		000422
库顶气动灰渣阀 Q7-104 关		000407	库顶气动灰渣阀 Q6-004 关		000423
库顶气动灰渣阀 Q7-105 开		000408	库顶气动灰渣阀 Q6-005 开		000424
库顶气动灰渣阀 Q7-105 关		000409	库顶气动灰渣阀 Q6-005 关		000425
库顶气动灰渣阀 Q7-106 开		000410	库顶气动灰渣阀 Q6-006 开		000426
库顶气动灰渣阀 Q7-106 关		000411	库顶气动灰渣阀 Q6-006 关		000427
库顶气动灰渣阀 Q7-107 开		000412	库顶气动灰渣阀 Q6-007 开		000428
库顶气动灰渣阀 Q7-107 关		000413	库顶气动灰渣阀 Q6-007 关		000429
库顶气动灰渣阀 Q7-108 开		000414	库顶气动灰渣阀 Q6-008 开		000430
库顶气动灰渣阀 Q7-108 关		000415	库顶气动灰渣阀 Q6-008 关		000431
模块 9 (DI 32)					
库顶气动灰渣阀 Q6-101 开		000400	库顶气动灰渣阀 Q8-001 开		000416
库顶气动灰渣阀 Q6-101 关		000401	库顶气动灰渣阀 Q8-001 关		000417
库顶气动灰渣阀 Q6-102 开		000402	库顶气动灰渣阀 Q8-002 开		000418
库顶气动灰渣阀 Q6-102 关		000403	库顶气动灰渣阀 Q8-002 关		000419
库顶气动灰渣阀 Q6-103 开		000404	库顶气动灰渣阀 Q8-003 开		000420
库顶气动灰渣阀 Q6-103 关		000405	库顶气动灰渣阀 Q8-003 关		000421
库顶气动灰渣阀 Q6-104 开		000406	库顶气动灰渣阀 Q8-004 开		000422
库顶气动灰渣阀 Q6-104 关		000407	库顶气动灰渣阀 Q8-004 关		000423
库顶气动灰渣阀 Q6-105 开		000408	库顶气动灰渣阀 Q8-005 开		000424
库顶气动灰渣阀 Q6-105 关		000409	库顶气动灰渣阀 Q8-005 关		000425
库顶气动灰渣阀 Q6-106 开		000410	库顶气动灰渣阀 Q8-006 开		000426
库顶气动灰渣阀 Q6-106 关		000411	库顶气动灰渣阀 Q8-006 关		000427
库顶气动灰渣阀 Q6-107 开		000412	库顶气动灰渣阀 Q8-007 开		000428
库顶气动灰渣阀 Q6-107 关		000413	库顶气动灰渣阀 Q8-007 关		000429
库顶气动灰渣阀 Q6-108 开		000414	库顶气动灰渣阀 Q8-008 开		000430
库顶气动灰渣阀 Q6-108 关		000415	库顶气动灰渣阀 Q8-008 关		000431
模块 10 (DI 32)					
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c		000400	#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d		000416
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c		000401	#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d		000417
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c		000402	#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d		000418
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c		000403	#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d		000419
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c		000404	#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d		000420
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b		000405	#6 灰库除尘器风机状态		000421
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b		000406	#6 灰库除尘器工作状态		000422
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b		000407	#7 灰库除尘器风机状态		000423
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b		000408	#7 灰库除尘器工作状态		000424
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b		000409	#8 灰库除尘器风机状态		000425
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a		000410	#8 灰库除尘器工作状态		000426
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a		000411	#9 灰库除尘器风机状态		000427
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a		000412	#9 灰库除尘器工作状态		000428

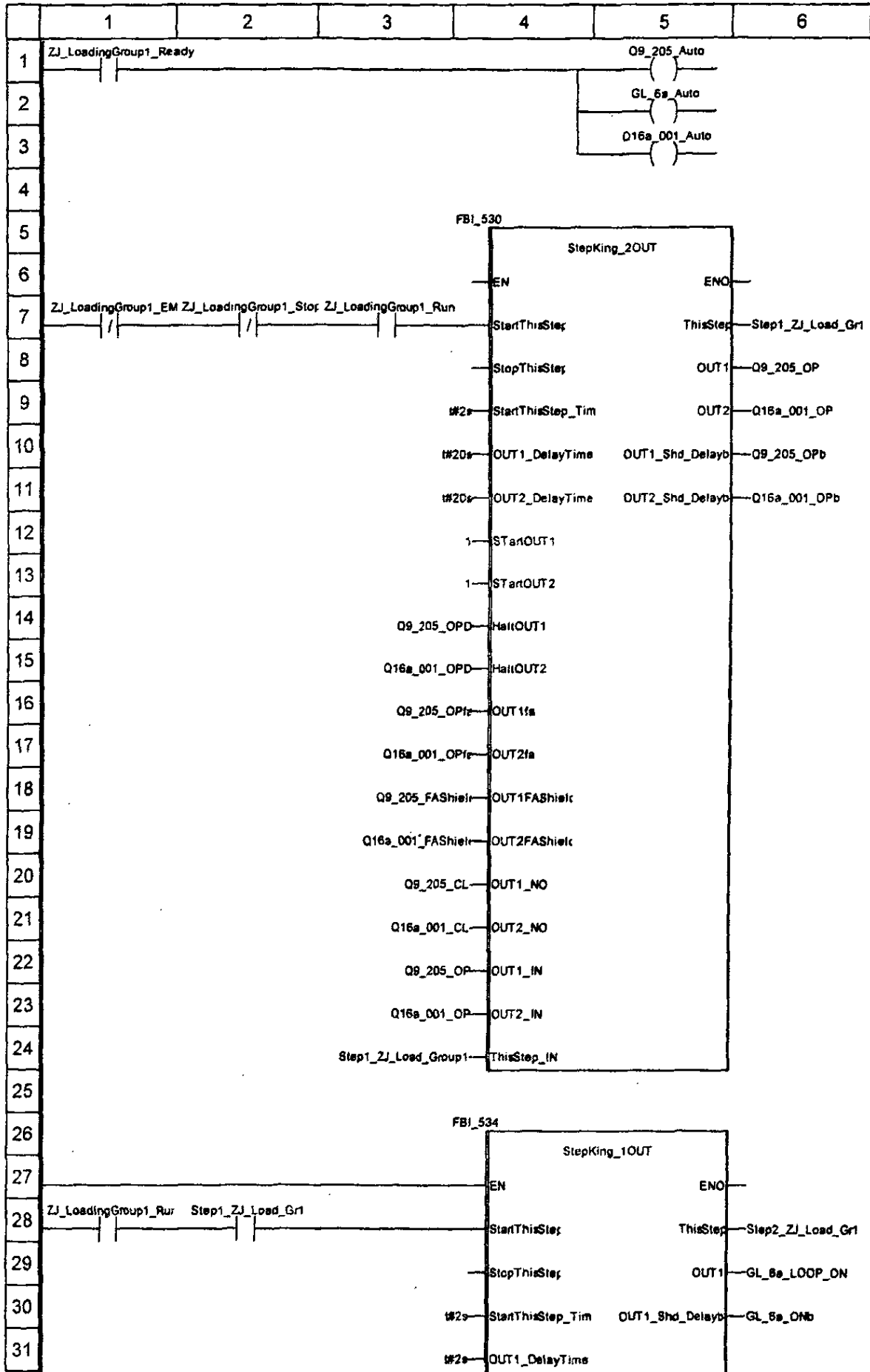
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a		000413	备用		000429
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a		000414	备用		000430
备用		000415	备用		000431
模块 11 (DI 32)					
库底气动出灰阀 Q6-201 开		000400	库底气动出灰阀 Q7-201 开		000416
库底气动出灰阀 Q6-201 关		000401	库底气动出灰阀 Q7-201 关		000417
库底气动出灰阀 Q6-202 开		000402	库底气动出灰阀 Q7-202 开		000418
库底气动出灰阀 Q6-202 关		000403	库底气动出灰阀 Q7-202 关		000419
库底气动出灰阀 Q6-203 开		000404	库底气动出灰阀 Q7-203 开		000420
库底气动出灰阀 Q6-203 关		000405	库底气动出灰阀 Q7-203 关		000421
库底气动出灰阀 Q6-204 开		000406	#7 流风管气动阀 Q7-301 开		000422
库底气动出灰阀 Q6-204 关		000407	#7 流风管气动阀 Q7-301 关		000423
#6 流风管气动阀 Q6-301 开		000408	#7 流风管气动阀 Q7-302a 开		000424
#6 流风管气动阀 Q6-301 关		000409	#7 流风管气动阀 Q7-302a 关		000425
#6 流风管气阀 Q6-302a 开		000410	#7 流风管气动阀 Q7-302b 开		000426
#6 流风管气阀 Q6-302a 关		000411	#7 流风管气动阀 Q7-302b 关		000427
#6 流风管气阀 Q6-302b 开		000412	备用		000428
#6 流风管气阀 Q6-302b 关		000413	备用		000429
备用		000414	备用		000430
备用		000415	备用		000431
模块 12 (AI16)					
#6 灰库差压压力	两线	000400			
#7 灰库差压压力	两线	000401			
#8 灰库差压压力	两线	000402			
#9 灰库差压压力	两线	000403			
#10 灰库差压压力	两线	000404			
#6 灰库连续料位	四线	000405			
#7 灰库连续料位	四线	000406			
#8 灰库连续料位	四线	000407			
#9 灰库连续料位	四线	000408			
#10 灰库连续料位	四线	000409			
#6 灰库仓顶布袋除尘器 7c	无源	000410			
#7 灰库仓顶布袋除尘器 7b	无源	000411			
#8 灰库仓顶布袋除尘器 7a	无源	000412			
#9 灰库仓顶布袋除尘器 7d	无源	000413			
气化风总管压力 1		000414			
气化风总管压力 2		000415			
电源模块 13					

## 附录 C

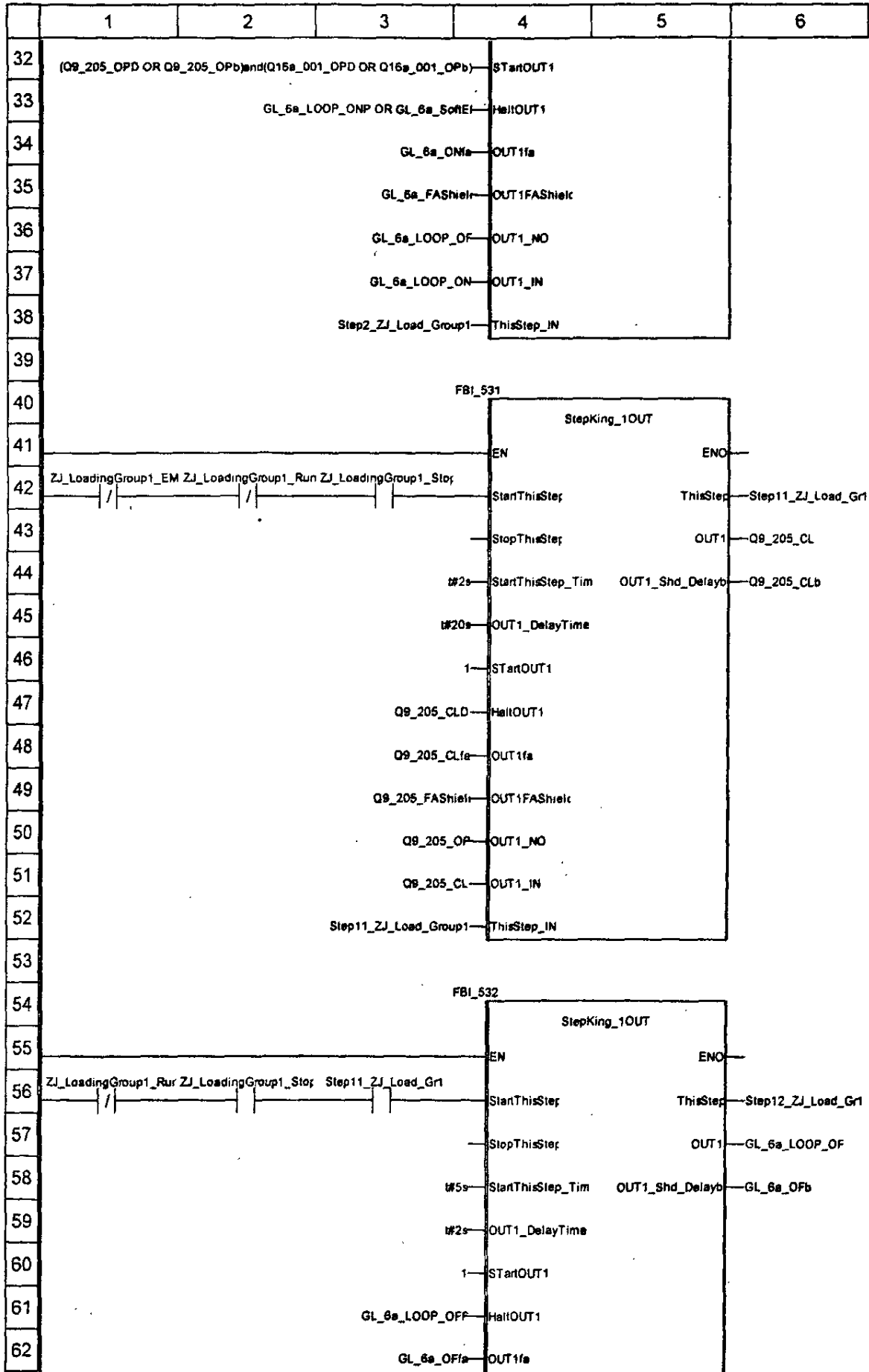
附录 C.1 干灰制浆下灰组 1PLC 程序 (ghzj-xhz1)

附录 C.2 干灰制浆浆泵组 1PLC 程序 (ghzj-jbz1)

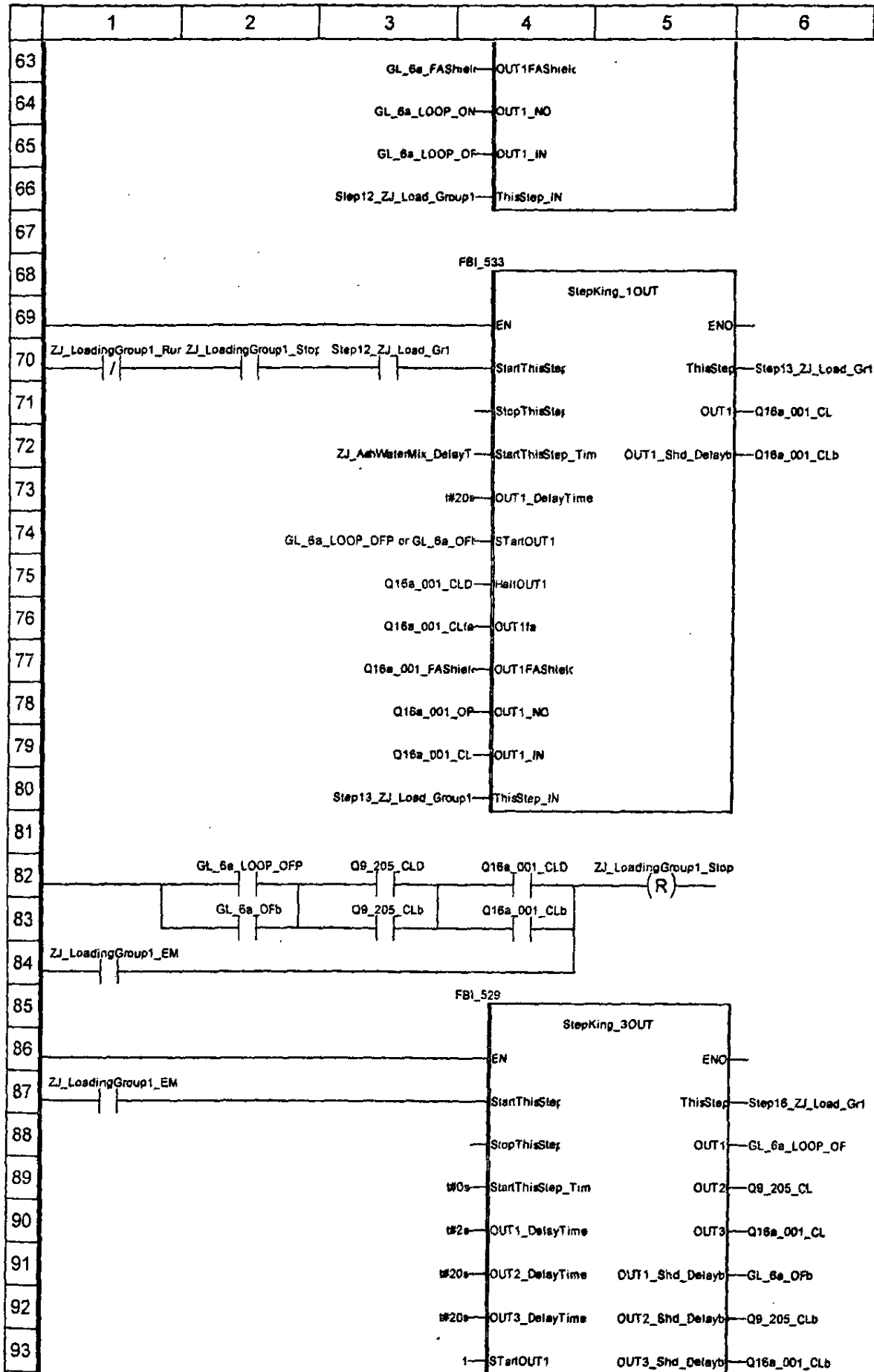
# ghzj\_xhz1



# ghzj\_xhz1



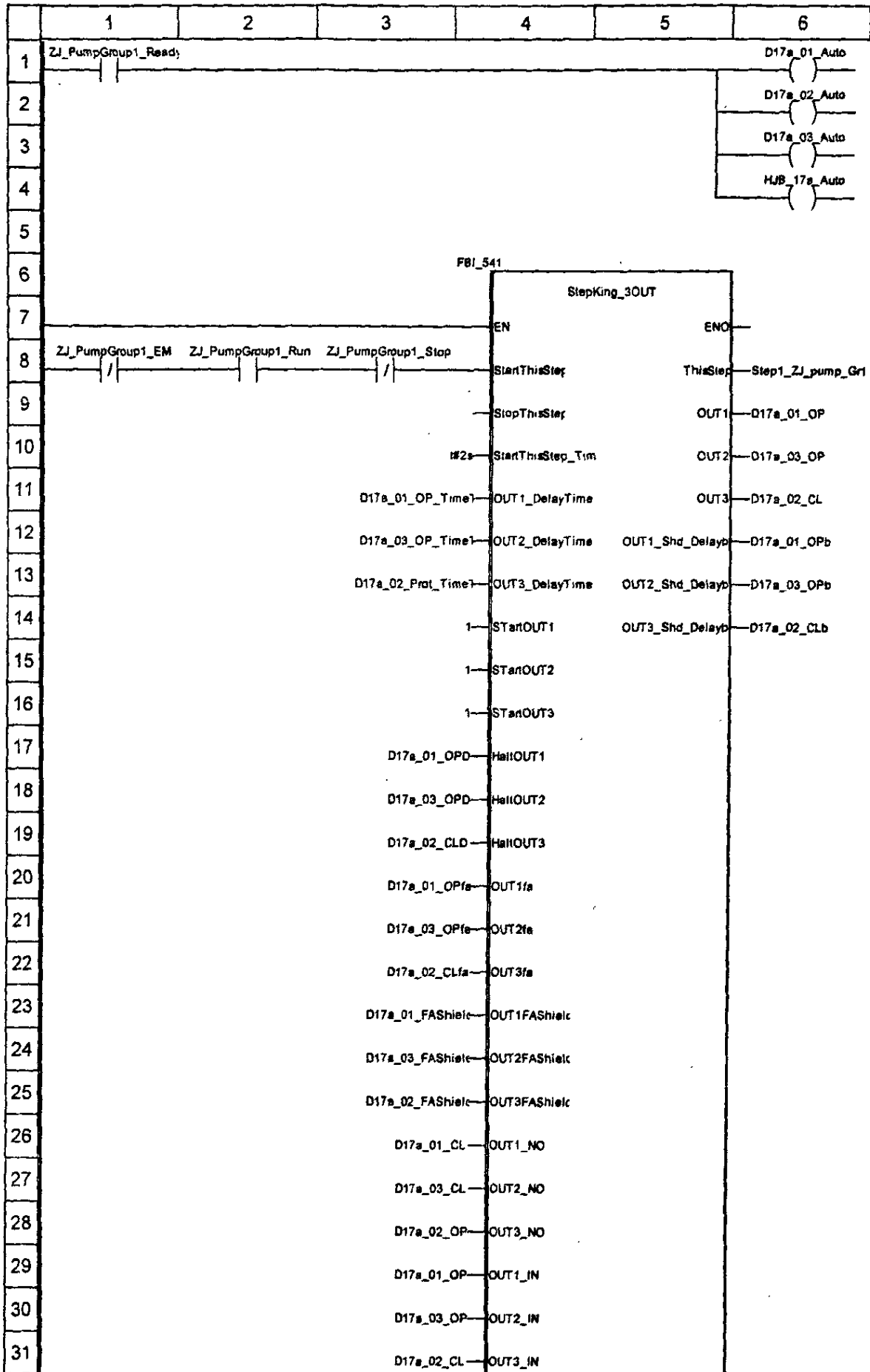
# ghzj\_xhz1



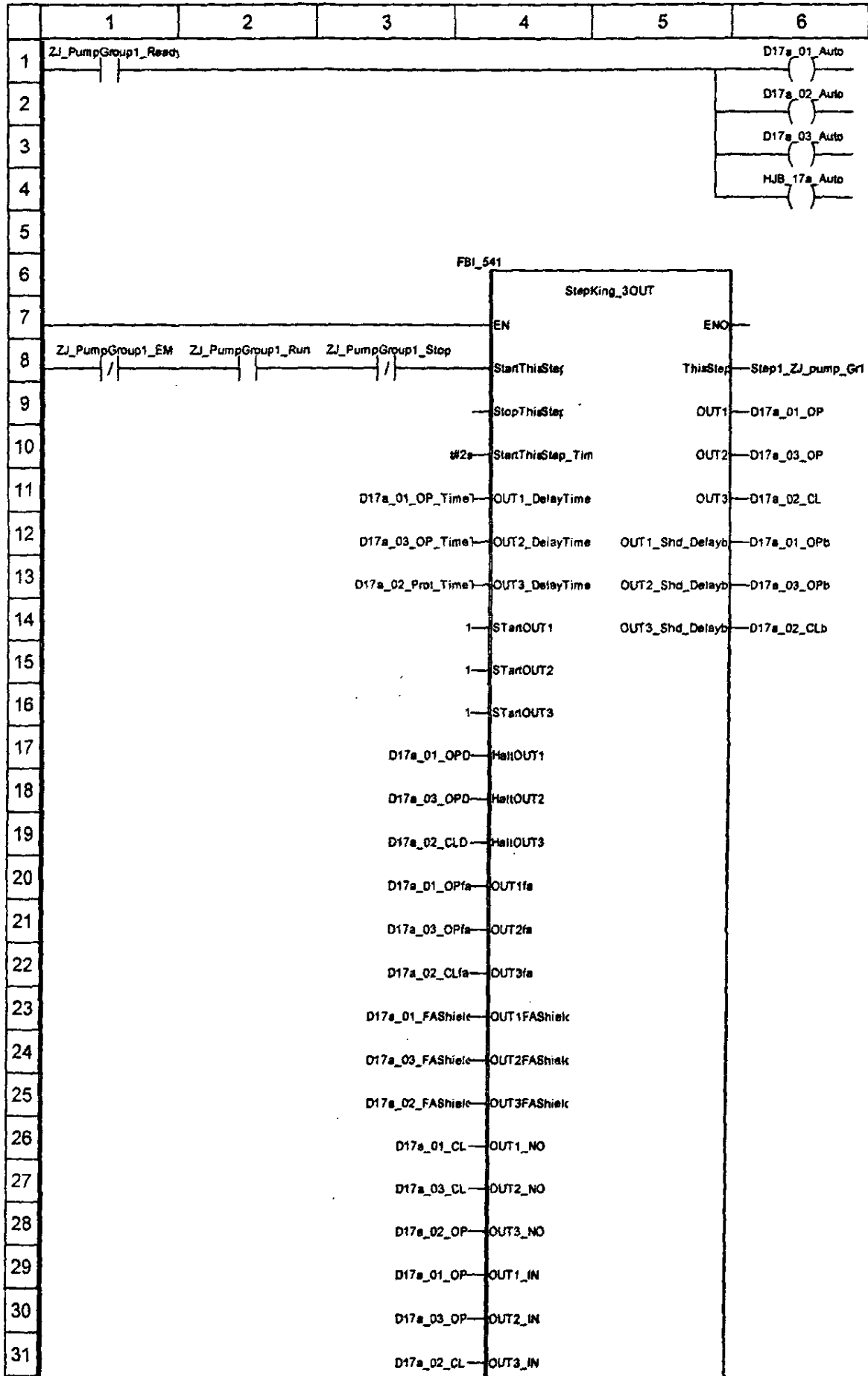
# ghzj\_xhzt

	1	2	3	4	5	6
94				1-StartOUT2		
95				1-StartOUT3		
96			GL_6a_LOOP_OFF	HallOUT1		
97			Q9_205_CLD	HallOUT2		
98			Q16a_001_CLD	HallOUT3		
99			GL_6a_DF1a	OUT1fa		
100			Q9_205_CL1a	OUT2fa		
101			Q16a_001_CL1a	OUT3fa		
102			GL_6a_FAShield	OUT1FAShield		
103			Q9_205_FAShield	OUT2FAShield		
104			Q16a_001_FAShield	OUT3FAShield		
105			GL_6a_LOOP_ON	OUT1_NO		
106			Q9_205_OP	OUT2_NO		
107			Q16a_001_OP	OUT3_NO		
108			GL_6a_LOOP_OF	OUT1_IN		
109			Q9_205_CL	OUT2_IN		
110			Q16a_001_CL	OUT3_IN		
111			Step16_ZJ_Load_Group1	ThisStep_IN		

# ghzj\_jbz1

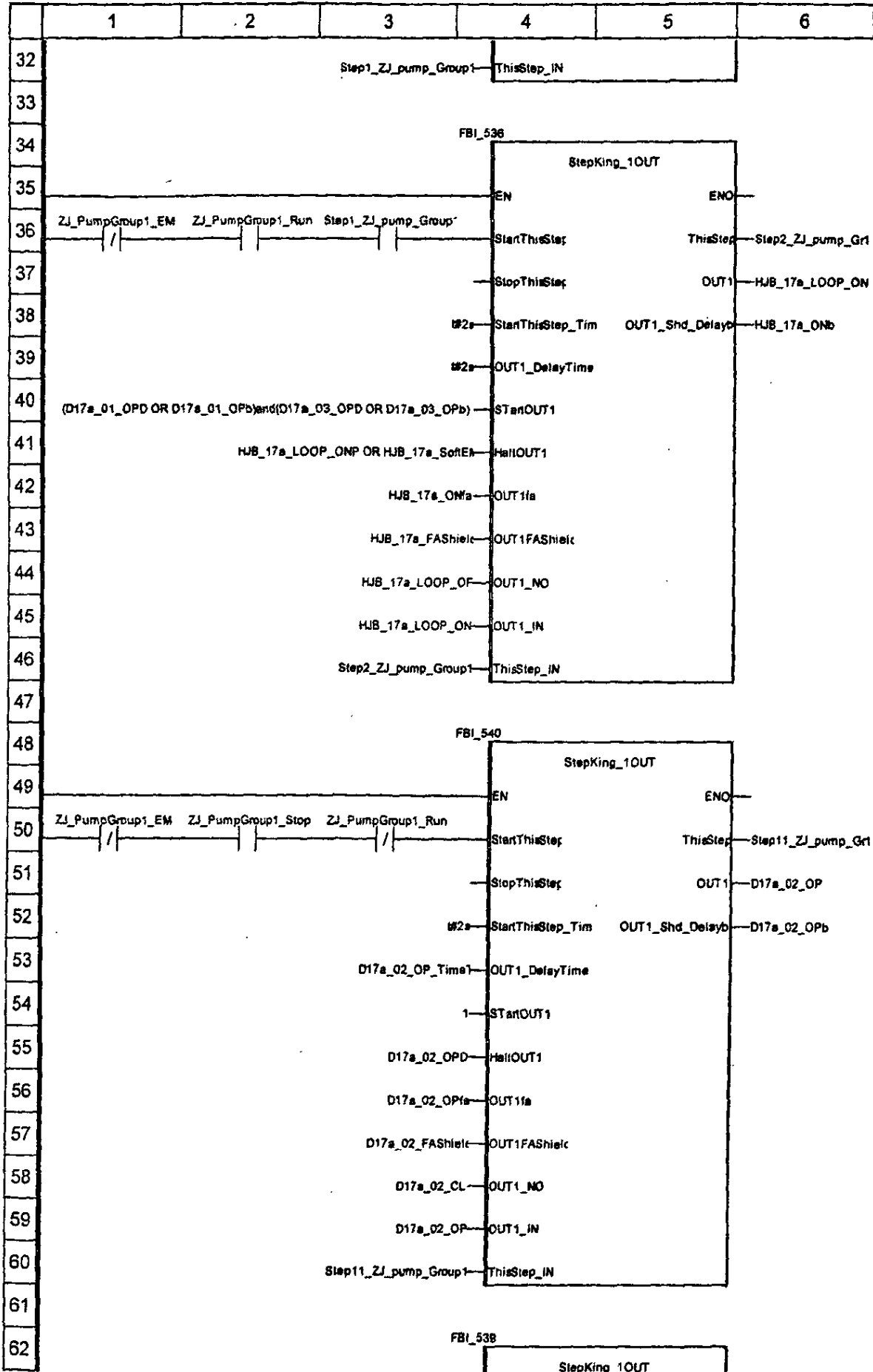


# ghzj\_jbz1

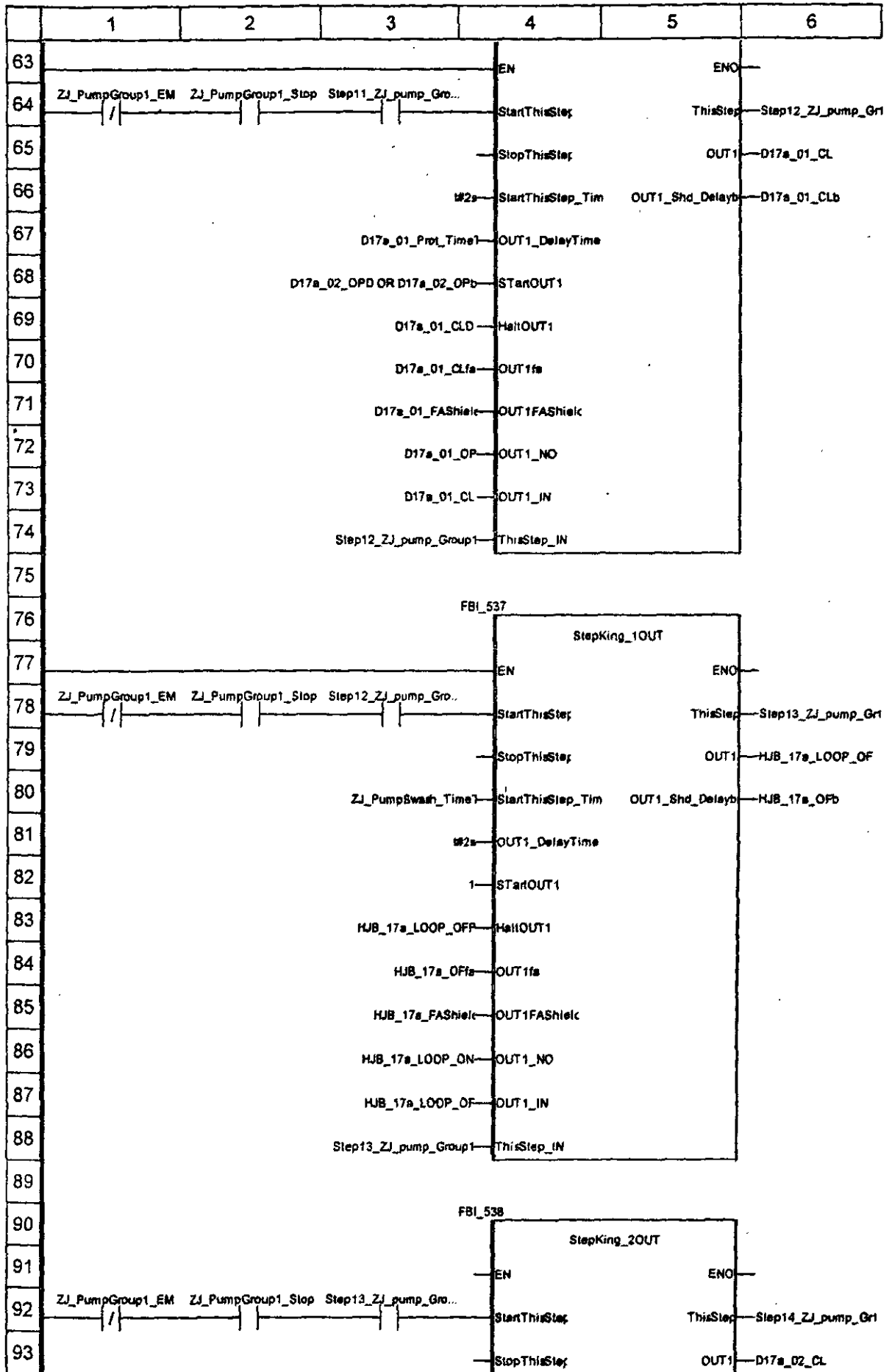




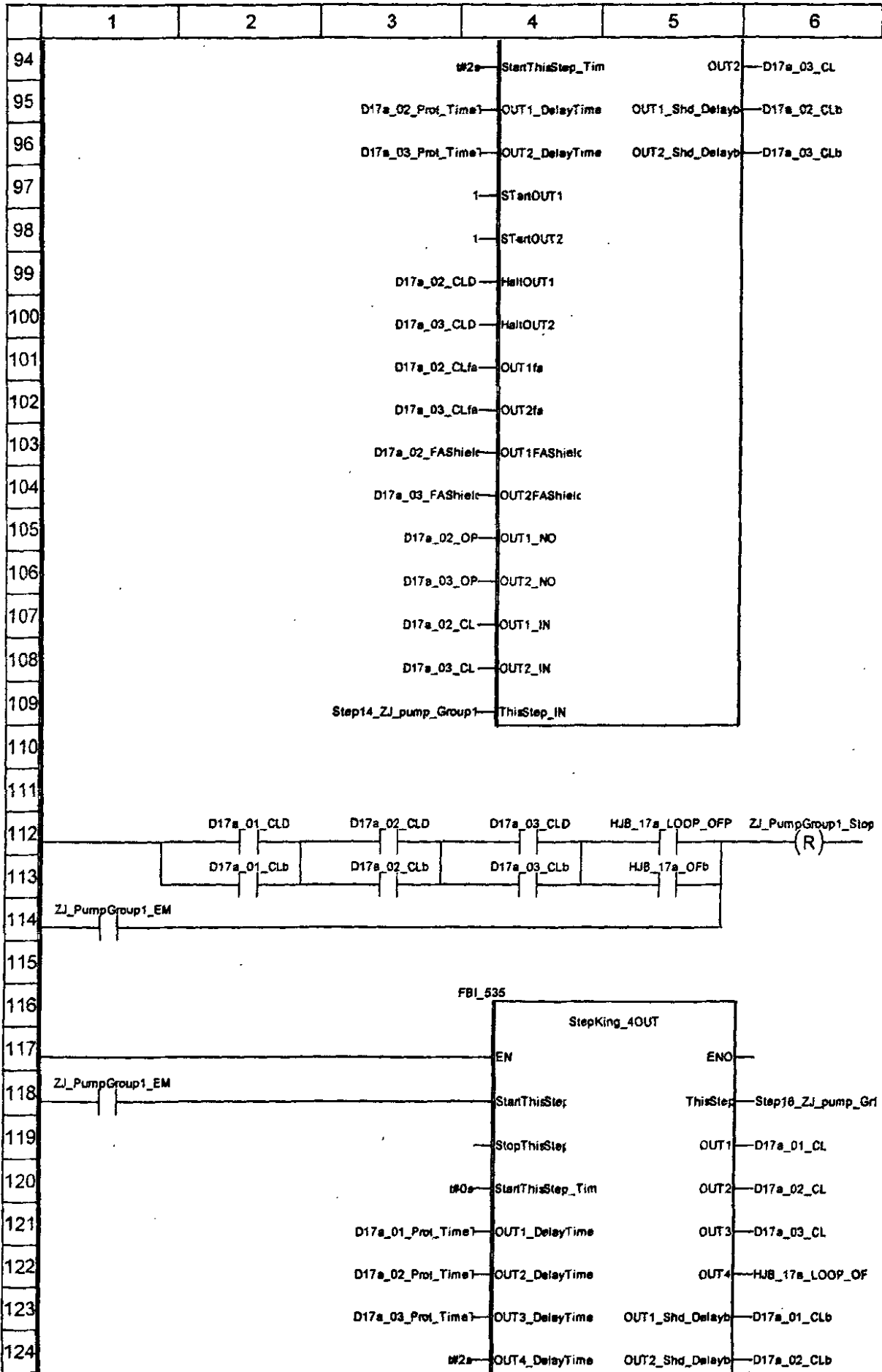
# ghzj\_jbz1



# ghzj\_jbz1



# ghzj\_jbz1



# ghzj\_jbz1

	1	2	3	4	5	6
125				1-StartOUT1	OUT3_Shd_Delayb	D17a_03_CLb
126				1-StartOUT2	OUT4_Shd_Delayb	HJB_17a_OFb
127				1-StartOUT3		
128				1-StartOUT4		
129			D17a_01_CLD	HaltOUT1		
130			D17a_02_CLD	HaltOUT2		
131			D17a_03_CLD	HaltOUT3		
132			HJB_17a_LOOP_OFF	HaltOUT4		
133			D17a_01_CLfa	OUT1fa		
134			D17a_02_CLfa	OUT2fa		
135			D17a_03_CLfa	OUT3fa		
136			HJB_17a_OFfa	OUT4fa		
137			D17a_01_FAShield	OUT1FAShield		
138			D17a_02_FAShield	OUT2FAShield		
139			D17a_03_FAShield	OUT3FAShield		
140			HJB_17a_FAShield	OUT4FAShield		
141			D17a_01_OP	OUT1_NO		
142			D17a_02_OP	OUT2_NO		
143			D17a_03_OP	OUT3_NO		
144			HJB_17a_LGOP_ON	OUT4_NO		
145			D17a_01_CL	OUT1_IN		
146			D17a_02_CL	OUT2_IN		
147			D17a_03_CL	OUT3_IN		
148			HJB_17a_LOOP_OF	OUT4_IN		
149			Step16_Zj_pump_Group1	ThisStep_IN		