

南京理工大学

硕士学位论文

PLC控制的玻璃生产流水线设计

姓名：冷颖

申请学位级别：硕士

专业：工业工程

指导教师：朱蕴璞;汪立洲

20080301

摘 要

本次选题是基于某企业的玻璃生产流水线的 PLC 控制。目前，玻璃生产线的电气控制系统经多年发展已日趋成熟，从传统的单回路过程控制仪表、定时器、继电器逻辑控制，过渡到工控机、PLC 控制。本系统采用了 PLC 结合变频调速控制系统，完成对温度、投料辊道运行速度等参数的计算和输出、系统运行的顺序控制、已经状态、报警显示等任务。

在玻璃制造中采用变频调速方式，达到了显著的节电效果、并具有较高的调速精度、较宽的调速范围、完善的保护功能；而采用 PLC 编程不但提高了现场控制信号的精度，而且现场可修改程序，维修方便。采用模块化结构，使可靠性高于继电控制且体积更小，数据可直接送入管理计算机，成本可与继电器控制竞争。使用组态软件，用户可以方便地构造适应自己需要的“数据采集系统”，实现实时数据监控管理，保证信息在全范围内的畅通，适应现代化生产的需要。

关键词： PLC 变频调速 组态软件

Abstract

This thesis is based on the PLC control of an enterprise's glass production line. After years of development, the electrical control system of this glass production line has been improved. Improvements have been made from the traditional single-loop process control instrument, and timer to the relay logic control for IPC (Industrial Personal Computer) and PLC control. This system, which applies to the PLC combining VVVF control system, can fulfill many tasks such as temperature output and production line running speed calculation, operating sequence control, previous condition and the alarm indicator.

The frequency control method is used to achieve positive results in the manufacturing of glass such as energy efficiency, high speed precision, a wide range of operating speeds and an effective safety system. Application of the PLC program not only makes it easy to improve the precision of control signals on the spot, but also to modify procedures. The program is also easy to maintain and repair. The modular structure is smaller, more reliable, and less expensive than its relay control counterpart, and the data can be uploaded directly to the computer. Using the King View Software, users can easily adapt their own "data acquisition system" that suits their needs to achieve real-time data monitoring and management, and ensure the smooth transfer of information between parties and adapt to the needs of modern manufacturing.

Key words: PLC VFVC KingView Software

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: 

2008年3月30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全部或部分内容，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全部或部分内容。对于保密论文，按保密的有关规定和程序处理。

研究生签名: 

2008年3月30日

1 绪论

1.1 论文背景及研究意义

某厂原有的玻璃生产流水线至今仍采用电磁接触器来控制电机的运行,启动时加频敏电阻及电磁能耗制动等方式,该启动方式由于电动机在启动过程中启动转矩大,导致电动机启动电流过大,使设备极易损坏。而且由于玻璃生产线的特殊性,要求电机频繁的启动、制动,消耗了大量的电能,使企业生产成本始终居高不下。再加上电磁控制系统故障率高,给维修人员带来大量工作,也影响了生产。随着电子技术、自控技术及计算机技术的不断发展,交流调速系统以其良好的动、静态性能广泛应用于工业领域的各个控制环节。交流变频调速技术更以其良好的软启动特性,调速性能,高效的节能降耗,以及电子保护功能和组合控制功能,在玻璃行业得到了广泛的应用。对于该条玻璃生产流水线,采用 PLC 和组态软件结合控制代替了传统的继电器控制,使得操作界面友好,下层控制器的历史数据和报警信息能够直接读取,便于控制和进行故障诊断。

玻璃生产中,热工参数控制直接影响了玻璃制品的质量,该厂原先对热工参数如温度等的控制主要通过操作工人的经验来进行,通过工人不断观察情况来调整燃烧状况,控制温度,由于人工操作在测量和操作频率上的限制,很难把流水线的温度长时间稳定在最佳生产工艺下,导致该厂玻璃生产的合格率不高。因此考虑采用 PLC 对炉辊道的温度进行控制,由于 PLC 具有控制能力强、精度高、操作灵活方便、可靠性高的特点,不但具有复杂的逻辑能力,还具有复杂的运算能力,适宜长期连续工作,能工作在各类恶劣的环境下,可满足对工业生产不间断流水线的高效控制。使整个系统始终工作在正常高效的状态。提高了该厂的生产效率,减少了劳动强度,提高了产品质量。

1.2 相关技术发展概况

1.2.1 PLC 技术综述^[8]

第一台可编程控制器（以下简称PLC）的设计规范是美国通用汽车公司提出的，当时的目的是要求设计一种新的控制装置以取代继电器，在保留了继电器控制系统的简单易懂，操作方便、价格便宜等优点的基础上，同时具有现代化生产线所要求的时间响应快、控制精度高、可靠性好、控制程序可随工艺改变、易于与计算机接口、维修方便等诸多高品质与功能。这一设想提出后，美国数字设备公司（DEC）与1969年研制成第一台PLC，型号为PDP-14，投入通用汽车公司的生产线控制中，并取得了令人满意的效果。

在短时间内，PLC在其它工业部门也得到应用。到70年代初，食品、金属和制造等工业部门相继使用PLC代替继电器控制设备，迈出了PLC实用化的第一步。

70年代中期，由于大规模集成电路的出现，出现了8位处理器和位片处理器，是编程控制技术产生了飞跃。在逻辑运算功能的基础上，增加了数值运算，闭环控制，提高了运算速度，扩大了输入输出规模。

70年代末由于超大规模集成电路的出现，使PLC向大规模、高速性能方向发展，形成了多种系列产品。这时，面向工程技术人员的编程语言发展成熟，出现了工艺人员使用的图形语言，在功能上PLC已经可以代替某些模拟控制装置和小型机的DDC系统。

进入八九十年代后，PLC的软硬件功能进一步得到加强，PLC已发展成为一种可提供诸多功能的成熟的控制系统，能与其它设备通信，生成报表，调度产出，可诊断滋生故障及机器故障。这些改进使得PLC复合今天对高质量高产出的要求。尽管PLC功能越来越强，但它仍然保留了先前的简单与宜用的特点。

PLC的未来发展不仅依赖于对新产品的开发，还在于PLC与其它工业控制设备和工厂管理技术的综合。无疑，PLC将在今后的工业自动化中扮演重要的角色。

目前PLC朝以下几个方面发展^[21]：

（1）大型网络化：主要朝DCS方向发展，网络和强通信能力是PLC发展的一个主要方面，向下与多个智能装置相连，向上与工业计算机、以太网等相连成特殊的控制任务。

(2) 多功能：为了适应特殊功能的需要，连续推出多种智能模块，如模拟量输入输出、回路控制、通信控制、机械运动控制、高速技术、中断输入等。这些智能模块以外处理器为基础，其CPU与PLC的CPU并行工作，占用主机CPU时间很少，有利于提高PLC扫描速度和完成特殊的控制任务。

(3) 高可靠性、好兼容性：由于现代控制系统的可靠性和兼容性日渐受到人们的重视，一些公司强自诊断技术、冗余技术、容错技术广泛应用到现有的产品中，提出了高可靠的冗余系统。

(4) 编程语言向高级语言发展：PLC的编程语言在原有梯形图语言、顺序功能块和指令表语言基础上，推出了可运行于计算机windows环境下，界面友好的强劲的梯形图和语句表两种形式的编程、调试、诊断等功能。体现了面向未来的种种特征。

1.2.2 组态软件技术发展概况

组态软件^[22]是伴随着计算机技术的突飞猛进发展起来的。20 世纪 50 年代虽然计算机开始涉足工业过程控制，但由于计算机技术人员缺乏工厂仪表和工业过程的知识，导致计算机工业过程系统在各行业的推广速度比较缓慢。20 世纪 70 年代初，微处理器的出现，促进了计算机控制技术走向成熟。首先，微处理器在提高计算能力的基础上，大大降低了计算机的硬件成本，缩小了计算机的体积，很多从事控制仪表和原来一直就从事工业控制计算机的公司先后推出了新型控制系统，其中具有代表性的是美国 Honeywell 公司于 1975 年推出的世界上第一套 DCS，即 TDC-2000。在随后的 20 年中，DCS 及其计算机控制技术日趋成熟，并得到了广泛应用，市场发展迅速。但当时的 DCS 软件是专用和封闭的，且成本居高不下。80 年代中后期，随着个人计算机的普及和开放系统(open system)概念的推广，基于个人计算机的监控系统开始进入市场并发展壮大。基于个人监控系统呈现出智能化、小型化、网络化、PC 化的发展趋势，并逐渐形成了各种标准的网络结构、硬件规范。组态软件在自动化系统的“水平”和“垂直”集成中起着桥梁和纽带的作用，已成为自动化系统的重要组成部分。计算机的监控系统开始进入市场，为组态软件提供了发展空间。目前自动化产品呈现出智能化、小型化、网络化、PC 化的发展趋势，并逐渐形成了各种标准的网络结构、硬件规范。组态软件作为个人计算机监控系统的重要组成部分，比 PLC 监控的硬件系

统具有更为广阔的发展空间。这是因为,第一,很多 DCS 和 PLC 厂家主动公开通信协议,加入“PLC 监控”的阵营;第二,由于 PLC 监控大大降低了系统成本,使得市场空间得以扩大,从无人值守的远程监视(如防盗报警、江河汛情监视、环境监控、电信线路监控、交通管制与监控、矿井报警等)、数据采集与计量(如居民水电气表的自动抄表、铁道信号采集与记录等)、数据分析(如汽车和机车自动测试、机组和设备参数测试、医疗化验仪器设备实时数据采集、虚拟仪器、生产线产品质量抽检等)到过程控制,几乎无处不用。第三,各类智能仪表、调节器和 PLC 可与组态软件构筑完整的低成本自动化系统,具有广阔的市场空间。第四,各类嵌入式系统和现场总线的异军突起,把组态软件推到了自动化系统主力军的位置,组态软件越来越成为工业自动化系统中的灵魂。

1.2.3 变频器发展概况

经过近年的发展,变频器技术经历了更新换代、不断完善的过程^{[11][19]}。主要表现在这样几个方面:一是通过对单元参数的设置,可实现对电机多种功能的控制(如正、反转控制、多段速控制、点动控制等);二是采用矢量控制技术,实现低频情况下大起动转矩的平稳运行,特别适合风机负荷控制;三是通过对控制功能端子板的不同连接,可实现灵活、准确的控制效果;四是可由外部方式输入4~20mA 信号,实现远程遥控(如计算机输出4~20mA 信号控制变频器运行,形成闭环回路控制系统);五是报警功能完善,对过流、缺相、欠压等故障均有报警显示,同时可输出信号给远程计算机,在计算机系统中同步显示,便于生产人员及时发现和处理;六是变频器内部的滤波技术及外部加装屏蔽网,可有效地抑制电网谐波干扰、电磁噪声等不利因素。综上所述,针对玻璃生产线的主要电气设备,采用变频器控制风机、电机、辊道传动等环节,控制系统,便于设备的维护,可实现节能降耗,提高系统设备的可靠性。经过几年来的实践,其优越性已得到广大技术人员的共识。

1.3 本文研究的主要内容

根据企业生产需要,设计基于 PLC 控制的玻璃生产流水线。

(1) 硬件选型。主要包括:PLC 硬件的选型,各区温度控制模块的选择,变频调

速器的选择。本系统采用PLC为中心控制器，通过扩展的多路温控模块采集现场16路温度，并通过PLC对各路温度进行PID输出控制。同时在上料辊道与下料辊道的传送带上各安装一个旋转编码器，以检测玻璃在传送道上的位置，确保玻璃在整条生产线的运动定位准确，并通过PLC控制变频调速器来控制上料、加热、冷却三台电机。系统的操作控制、数据采集和动作过程监视、各种参数的显示设定，由挂接在PLC的上位组态软件来实现

(2) 程序设计。程序设计主要分两部分，PLC 程序的设计，以及上位机监控程序的设计。其中核心是 PLC 程序设计。PLC 程序设计部分主要包括实现对温度、流水线运行速度等参数的计算和输出，系统运行的顺序控制，已经状态和报警显示等任务。在上位机上实现工艺流程图的实时监测、数据处理是通过可编程控制器操作系统软件和组态软件来实现的。

本章总结：本章首先介绍了与本项目相关领域的发展动态，主要包括：系统简介、PLC 技术综述、组态软件技术发展概况、变频器技术发展等内容，最后交代了本论文的主要内容。

2 控制系统的设计

2.1 系统简介

2.1.1 流水线简介

该玻璃生产流水线主要用于玻璃制品的深加工，其生产工艺过程如图 2.1 所示，待加工的玻璃原料由运送辊送入加热炉内，图中标号 1—7 的为温度由低到高的 7 个区，加工原料从 1 区上部进入，在每个区内作适当停留，均匀加热使玻璃逐渐升温，达到工艺温度后送入 8 区进行高温加工，加工完毕后再从下料辊道逐渐冷却返回。由上下两层的传动机构带动 15 个小车上下循环运行进行玻璃加工，这样即完成了一个周期的生产过程。

系统上下料一共有 4 个电机牵引，上牵引、下牵引、前加热炉引导和后引导。其中，前加热炉为主加热炉，后引导是为了填料和取成品。每个小车运行时都由传动横杆带动小车下面的钩子进行牵引。

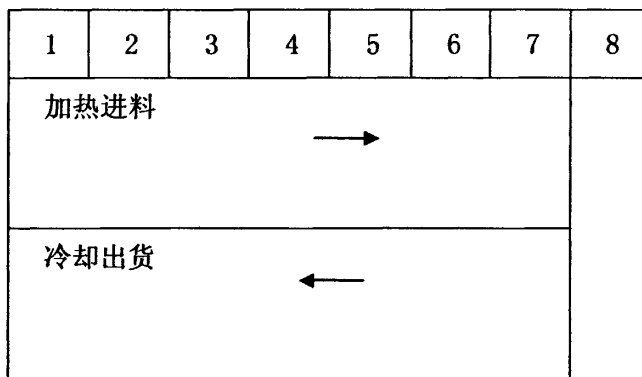


图 2.1

2.1.2 系统技术要求

用户要求对该系统进行技术改造，具体要求为：

- (1) 上料和下料速度可根据各区温度情况自控调节，并能够集中对电机的控制，可调节电机运行速度。

- (2) 生产工艺流程图具有可浏览, 并能够通过屏幕监视生产过程, 对于出现的事故及时报警响应。
- (3) 控制系统方便用户管理, 并能随时控制, 运行主要数据均可记录, 以便管理人员核查。

该系统可应用于钢化玻璃、中空玻璃、夹层玻璃、制镜玻璃等玻璃深加工生产流水线。

对该系统进行分析可以发现, 要实现各个动作的控制, 实际上就是对各种运动部件的控制。总体上看, 系统中的运动部件全部是由电动机、气缸来驱动的。因此对于各运动部件的控制, 实际上就是对各驱动部件、电机、气缸的控制。控制系统的作用就是对各驱动部件进行控制, 并使各驱动部件按一定的顺序和限定条件自动运行。从传统的机床电气控制来看, 对电动机、电磁阀及其它电器的通断控制是采用继电器、接触器、开关、按钮等控制电器组成的网络来进行控制。这种传统的控制方式称为继电器、接触器控制。这种控制方式简单、直接、成本较, 在一定范围内能够满足生产线自动控制的需要。

但是, 现代加工业的发展, 使得系统的复杂程度越来越高。对系统的柔性要求越来越高, 要求系统有可调、可变的控制功能。由于继电器、接触器控制方式, 线路固定、功能单一, 一旦系统要有所变动, 就必须对复杂的控制线路进行修改。不仅操作十分不便, 而且很难保证系统的可靠、稳足运行。同时, 必须注意到控制线路的复杂程度随着系统的复杂程度以几何级数增加。这样, 对于复杂系统而言, 用继电器方式不仅不经济, 而且很多时候根本就是不现实的。

通过分析, 可以看到, 系统的控制比较复杂。系统中调速的实现、定位控制的实现都不是通过简单的继电器回路能够实现的。而且执行器件比较多, 动作逻辑比较复杂。鉴于此特点, 摒弃了传统的继电器、接触器控制方式, 但由于系统的运行过程整体来看基本上还是顺序控制, 又可以在很大程度上基于继电器接触器控制下的思想来进行设计和分析。因此, 采用了以可编程逻辑控制器(Programmable Logical Controller/PLC)为核心, 结合继电器网络进行控制。以 PLC 的内部继电器逻辑部分取代传统的继电器接触器固定逻辑线路。这是由于 PLC 具有计算机的优点、具有编程能力, 灵活、通用性好。在技术上能够满足复杂系统工业控制的需要, 而且最大的特点是可靠性极高, 调试、维护方便, 能够节省大量的开发时间和费用。

由于 PLC 的功能强大、容易使用、高可靠性。常常被用来作为现场数据的采集和设备的控制。组态软件作为用户可订制功能的软件平台工具，在 PC 机上可开发出友好的人机界面，通过 PLC 对自动化设备进行“智能”控制。所以拟采用 PLC 技术，组态软件技术，变频调速技术来对原来的生产线进行改造，来实现用户的要求。

2.2 系统的组成及功能

该系统的设计主要包含两大部分，硬件部分选型，软件部分设计。其中软件部分包括 PLC 软件部分设计，组态软件设计两部分部分。而 PLC 部分的设计是核心内容。

一般来说，PLC 控制系统有以下三种类型：

(1) PLC 构成的单机系统

这种系统的被控对象是单一的机器生产或生产流水线，其控制器是由单台 PLC 构成，一般不需要与其他 PLC 或计算机进行通信。但是，设计者还要考虑将来是否有联网的需要，如果有的话，应当选用具有通信功能的 PLC。如图 2.2 所示

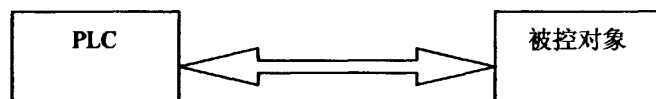


图 2.2 PLC 单机控制

(2) PLC 构成的集中控制系统

这种系统的被控对象通常是数台机器或数台流水线构成，该系统的控制单元由单台 PLC 构成，每个被控对象与 PLC 指定的 I/O 相连。由于采用一台 PLC 控制，因此，各被控对象之间的数据、状态不需要另外的通信线路。但是，这种系统也有一个缺点，一旦 PLC 出现故障，整个系统将停止工作。对于大型的集中系统，通常采取冗余系统克服上述缺点。如图 2.3 所示

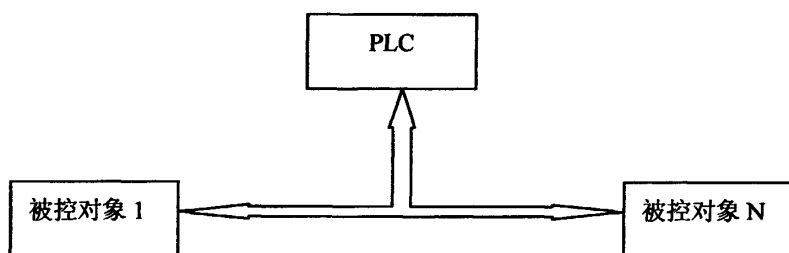


图 2.3 PLC 集中控制系统

(3) PLC 构成的分布式控制系统

这类系统的被控对象通常比较多，分布在一个较大的区域内，相互之间比较远，而且，被控对象之间经常的交换数据和信息。这种系统的控制器采用若干个相互之间具有通信能力的 PLC 构成，系统地上位机可以采用 PLC，也可以采用工控机。如图 2.4 所示

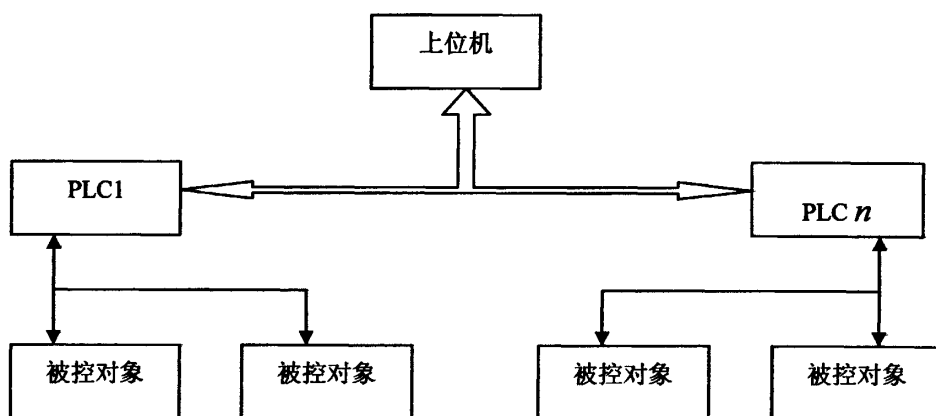


图 2.4 PLC 分布式控制系统

由于该系统现场有 3 台被控电机以及数量不是很多的其他被控对象，可以使用单台 PLC 进行多个对象的控制，只要适当的选用高性能的 PLC，完全能够胜任，另外，为了用户的直观方便的使用，需要给予人机界面，采用如图 2.5 所示的控制结构。

在整个控制系统硬件中，总共有五大部分组成，分别是：PLC 控制器、上位机、温度检测模块、变频控制模块、选择计数器。下面分别介绍各个组件的功能。

- (1) PLC控制器：系统的控制核心。利用传感器采集电机、各区温度、变频器、玻璃原料位置等有关的各类对象信息。PLC经过对输入信号的处理，综合所获得的信息，反馈控制监控对象，将信息送入上一级监控器。同时接受上位机的控制指令，输出控制信号，完成对监控对象的实际控制。
- (2) 上位机：在整个系统中，监控主要完成三个作用，一是通过串口下载参数进PLC，这些参数作为PLC控制的依据，二是从串口读出PLC中相应的参数，并在显示器上显示，三是将PLC传上来的参数作一定的处理，并将最终得到的信息存入数据库中，以备以后可以查询。
- (3) 温度检测模块：该部件主要是检测各区温度变化情况，并通过串口将温度值发往PLC，由PLC采用PID方式后续操作。
- (4) 变频控制模块：实现对上、下料辊道电机的变频控制。
- (5) 选择计数器：用于检测位置状态，以检测玻璃原料在加热炉内的位置，确保玻璃原料在整条生产线的运动定位准确。

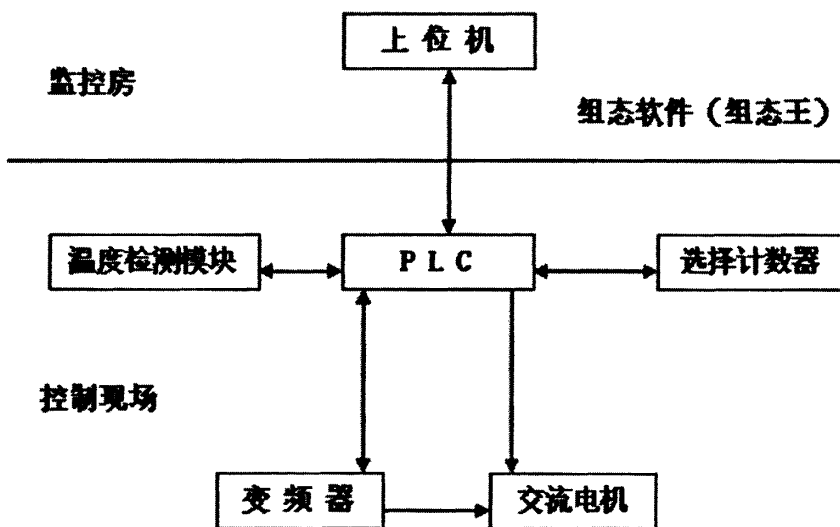


图 2.5 系统的构成

2.3 控制算法

2.3.1 整体控制

在工业控制系统中，目前有以下几种控制策略。

(1) 开环控制

开环控制策略主要是在输入和输出的过程中，不采用任何的反馈信号，这样的控制使得系统反应速度快，缺点是系统精度不高，不够稳定，如图 2.6 所示



图 2.6 开环控制系统

(2) 闭环控制

闭环控制策略主要是在输入和输出的过程中，采用一定的反馈信号，再将该反馈信号与输入信号进行“+”（正反馈）或者“-”（负反馈）运算后，作为新的信号输入系统中，特点是控制精度高，可以将系统的输出值控制在要求的范围之内，如图 2.7 所示。

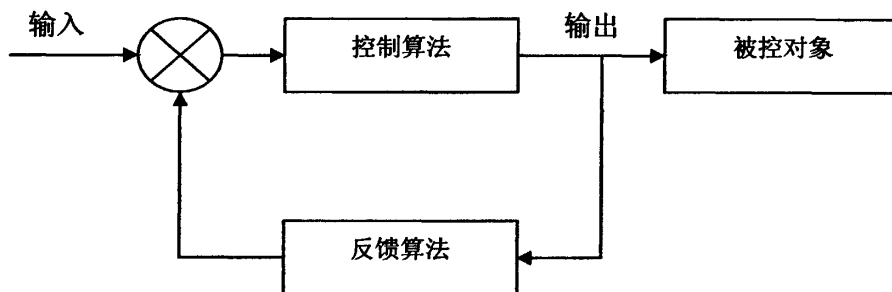


图 2.7 闭环控制图

在本系统中，是利用电机转速与输入控制信号（一般是电压信号）成反比的特性来控制电机的速度的可调节性，希望电机运行频率或者运行速度稳定在某个值附近，所以开环控制策率是难以满足控制要求，故拟采用闭环控制。从被控电机取回速度值或者频率值作为反馈信号与电机运行频率设定值进行运算后，再作为输入信号给电机。

2.3.2 温度控制

在本系统中, 采用的 PLC 通过 PID 方式对温度进行后续控制, PID 控制是一种负反馈控制, 是一种比较精确的常规控制, 并具有以下优点^{[30][31][32]}:

- (1) 原理简单, 使用方便。
- (2) 适应性强, 可广泛应用于各种场合和工业部门。
- (3) 鲁棒性强, 即其控制品质对被控对象特性的变化不太敏感^[33]。

由于以上优点, PID 控制已成为迄今为止最通用的控制方法。实际运行经验和理论分析均表明, 将这种控制规律用于大多数工业对象能够得到比较满意的结果。所以虽然 PID 控制器产生于 19 世纪初, 但今天仍被广泛应用于化工、冶金、电力、机械等工业过程控制中。目前全世界大约有 90% 的过程控制仍在使使用 PID 控制器及其改进型来完成反馈回路的控制^[34]。基于上述内容, 本系统采用 PID 算法。PID 控制的全称叫做比例积分微分控制, 是由比例控制、积分控制和微分控制三种控制组合而成的组合控制方式。

①比例 (P) 控制比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入误差信号成比例关系。当仅有比例控制时系统输出存在稳态误差 (Steady-state error)。

②积分 (I) 控制在积分控制中, 控制器的输出与输入误差信号的积分成正比关系。对一个自动控制系统, 如果在进入稳态后存在稳态误差, 则称这个控制系统是有稳态误差的或简称有差系统 (System with Steady-state Error)。为了消除稳态误差, 在控制器中必须引入“积分项”。积分项对误差取决于时间的积分, 随着时间的增加, 积分项会增大。这样, 即便误差很小, 积分项也会随着时间的增加而加大, 它推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减小, 直到等于零。因此, 比例+积分 (PI) 控制器, 可以使系统在进入稳态后无稳态误差。

③微分 (D) 控制在微分控制中, 控制器的输出与输入误差信号的微分 (即误差的变化率) 成正比关系。自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳。其原因是由于存在有较大惯性组件 (环节) 或有滞后 (delay) 组件, 具有抑制误差的作用, 其变化总是落后于误差的变化。解决的办法是使抑制误差的作用的变化“超前”, 即在误差接近零时, 抑制误差的作用就应该是零。这就是说, 在控制器中仅引入“比例”项往往是不够的, 比例项的作用仅是放大误差的幅值, 而目前需

要增加的是“微分项”，它能预测误差变化的趋势，这样，具有比例+微分的控制器，就能够提前使抑制误差的控制作用等于零，甚至为负值，从而避免了被控量的严重超调。所以对有较大惯性或滞后的被控对象，比例加微分（PD）控制器能改善系统在调节过程中的动态特性。

由于计算机控制是一种采样控制，它只能根据采样时刻的偏差值计算控制量，因此在控制规律中积分和微分项不能直接准确计算，只能用数值计算的方法逼近，其控制规律为：

$$U(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] + U_0 \quad (2-1)$$

式中：

$e(t)$ ——调节器输入函数，即给定量与反馈量的偏差；

$U(t)$ ——调节器输出函数

k_p ——比例常数；

T_i ——积分时间常数；

T_d ——微分时间常数；

U_0 ——控制常量，即 $e = 0$ 时的输出值。

公式（2-1）表示的调节器的输入函数和输出函数均为模拟量。为了用计算机对它进行计算，可以把连续形式微分方程转换位离散形式的差分方程。

$$\int e(\tau) d\tau \approx \sum_{i=0}^k e(\lambda) T$$

取 T 为采样周期， k 为采样序号， $k = 0, 1, 2, 3, \dots, i, \dots, k$ 。因为采样周期 T 相对于信号变化周期是很小的，所以可以用矩形法来计算积分，用后向差分来代替微分，即

$$\frac{de(t)}{dt} \approx \frac{e(k) - e(k-1)}{T}$$

这样式（2-1）可以写成（ $U_0 = 0$ ）

$$U(k) = K_p \left[e(k) + \frac{1}{T_i} \sum e(i) T + T_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \right] \quad (2-2)$$

式中:

$U(k)$ ——采样时刻 k 的输出值

$e(k)$ ——采样时刻 k 的偏差值

$e(k-1)$ ——采样时刻 $k-1$ 的偏差值

式 (2-2) 中的输出量为全量输出。它对应于被控制对象的执行机构每次采样时应达到的位置。因此, 式 (2-2) 也是 PID 控制规律的离散化形式。称为位置型 PID 控制算式。

另有增量型 PID 控制算式。在增量型中, 输出是执行机构的增量 Δu_n , 即

$$\begin{aligned}\Delta u_n &= K_p \left[(e_n - e_{n-1}) + \frac{T_0}{T_i} e_n + \frac{T_D}{T_0} (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \right] \\ &= K_p (e_n - e_{n-1}) + K_i e_n + K_D (e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \quad (2-3)\end{aligned}$$

式中, $K_i = K_p \frac{T_0}{T_i}$ 为 PID 控制算式的积分系数; $K_D = K_p \frac{T_D}{T_0}$ 为 PID 控制算式的微分系数。

2.4 控制系统的运行

2.4.1 控制方式

该系统有手动和自动及维修三种运行方式:

手动为步进运行, 即操作一按钮, 一部分动作执行, 操作另外一个按钮, 另外一个动作执行。主要用于分步控制流水线。

自动为全部一次性执行, 即在自动模式下, 自动的完成整个生产流水线的所有动作。用于长时间生产。

维修为单独的点动模式, 专为维修调试时所用, 所有操作均为点动。即操作相应的按钮时动作, 否则不动作。

电控系统的工作原理及其操作方法扼要叙述如下:

(1) 温度控制 由热电偶来感测各区温度, 当温度符合要求时, 停止加温, 当

温度低于要求时，开始加温，用来保持各区的恒温。

(2) 运动控制 原料由传送辊的作用下面在上下两层循环运行，用来送料加工，并把加工完毕的成品送出。为了更好的利用，这里用变频器对上、下料电机进行调速，即刚送入相应区的时候慢速，到达区的中部的时候快速，出区的时候又改为慢速。所有操作都有相应的限位保护。

(3) 在手动和自动档中，当系统出现问题，操作人员应立即按下急停按钮，待故障解除后，重新通电，系统能自动从急停前的状态开始继续往下运行（对于自动档可以直接运行，手动档需人工再次按下当前步骤的状态启动按钮）。

(4) 为防止误操作，在自动运行状态下，启动按钮启动系统后，除急停、系统电源的启动和停止按钮，系统所有按钮均无效。在手动运行状态下，当按下启动按钮后，系统将在状态选择按钮控制下按照预定流程运行，正确的状态能顺利运行，错误状态不运行，且报警，便于任何人操作此系统。

2.4.2 故障报警

系统设有安全保护，在自动运行模式下，当上次运行没有到位的情况下，第二轮循环不进行，并且报警。在手动模式下，当操作人员没有按照生产流程操作时，系统会拒绝执行，同时报警。

本章总结：本章首先分析了流水线的生产过程及整个系统的技术要求，研究了控制系统的组成及运行，提出了系统的控制模式，然后重点讨论了流水线控制系统的设计，包括控制系统的要求、组成、具体的控制参数、控制算法等。

3 PLC 的选型与设计

3.1 PLC 系统设计

3.1.1 PLC 系统设计原则

任何一种电器控制系统都是为了实现被控对象(生产设备或生产过程)的工艺要求,以提高生产效率和产品质量。因此,在设计 PLC 控制系统时,应遵循以下基本原则:

(1)最大限度地满足被控对象的控制要求。设计前,应深入现场进行调查研究,搜集资料,并与机械部分的设计人员和实际操作人员密切配合,共同拟定电器控制方案,协同解决设计中出现的各种问题。

(2)在满足控制要求的前提下,力求使控制系统简单、经济、使用及维修方便

(3)保证控制系统的安全、可靠。

(4)考虑到生产的发展和工艺的改进,在选择 PLC 容量时,应适当留有余量。

PLC 控制系统设计的基本内容:

PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入、输出设备连接而成的。因此,PLC 控制系统设计的基本内容应包括:

(1)选择用户输入设备(按钮、操作开关、限位开关、传感器等)、输出设备(继电器、接触器、信号灯等执行元件)以及由输出设备驱动的控制对象(电动机、电磁阀等)。这些设备属于一般的电器元件,其选择的方法在其他有关书籍中已有介绍。

(2)PLC 的选择。PLC 是 PLC 控制系统的核心部件,正确选择 PLC 对于保证整个控制系统的技术经济性能指标起着重要的作用。选择 PLC 应包括机型的选择、容量的选择、I/O 模块的选择、电源模块的选择等。

(3)分配 I/O 点,绘制 I/O 连接图。

(4)设计控制程序。包括设计梯形图、语句表(即程序清单)或控制系统流程图。控制程序是控制整个系统工作的条件,是保证系统工作正常、安全、可靠的关键。控制系统的设计必须经过反复调试、修改,直到满足要求为止。

(5)必要时还需设计控制台(柜)。

(6)编制控制系统技术文件。包括说明书、电器图及电器元件明细表等。传统的电器图，一般包括电器原理图、电器布置图及电器安装图。在 PLC 控制系统中，这一部分图可以统称为“硬件图”。它在传统电器图的基础上增加了 PLC 部分，因此在电器原理图中应增加 PLC 的 I/O 连接图。

此外，在 PLC 控制系统的电器图中还应包括程序图(梯形图)，可以称它为“软件图”。向用户提供“软件图”，可便于用户生产发展或工艺改进时修改程序，并有利于用户在维修时分析和排除故障。

3.1.2 PLC 控制系统硬件设计

PLC 控制系统的硬件设计是至关重要的一个环节，这关系着 PLC 控制系统运行的可靠性、安全性、稳定性。

3.1.2.1 PLC 的选型

在工程中主要根据工艺要求、控制对象、用户需要等方面选择合适的 PLC，以获得最佳的性能价格比。就一个控制系统而言，PLC 的选型原则和考虑因素如下：

(1)PLC 一般用于开关量控制为主兼有模拟量控制的系统，尤其适合于动作频繁、逻辑关系复杂、程序多变的系统。应用于这样的系统，将会最大限度发挥技术经济效益。

(2)是否与计算机连接，是否要求构成网络信息系统，以及对远程站的设置要求。是否需要中断输入、双机热备、位置控制、高速计数器等特殊模块和智能模块。

(3)开关量 I/O 点数、模拟量 I/O 路数、电压等级及输出功率、内存容量。I/O 点数直接关系到 PLC 输入/输出模块的选择，I/O 点数一般要考虑 10%~20%的余量，特别是开关量输入更应考虑多些余量；合适的电压等级可提高 PLC 的抗干扰能力；主机用户内存容量的大小对设备费的影响不大，故建议内存容量可选大一些。

(4)其他考虑因素选择 PLC 还要对其外型、结构、系统组成、设置条件、价格、技术服务、应用业绩等多项指标综合分析比较，然后才能确定理想的 PLC 产品。

3.1.2.2 系统的安装

无远程功能的 PLC 用在单机或控制范围不大的系统，有远程功能的 PLC 则用于大范围的控制系统。远程系统中，本地站一般设在集中控制室，远程站一般设在低压配电室或仪表室，这样可使 PLC 的外部接线最短。PLC 忌安装在高温、结凝、特别是有振动冲击的场所。

3.1.2.3 输入/输出模块的选择

模块电源：

在选择交流 I/O 模块时，宜采用隔离变压器为其供电，这样可防止外部电路故障冲击模块。电源线采用双绞线，绞距 1~2cm。隔离变压器的容量按 PLC 电源组件容量的 1.5~2 倍选择。直流模块的外接电源，其波纹值应满足模块要求；若是模拟量直流模块，尚需用稳压电源。

电压等级：

在选择 I/O 模块时，电压等级是一个比较重要的参数，它要根据现场设备与模块之间的距离来选。当外部线路较长时，可选用 AC220V 模块；当外线短且控制相对集中时可选择 DC24V 模块。

输出电路：

PLC 的模块输出方式一般有 3 种：晶体管输出、继电器输出、双向可控硅输出。

确定负载类型根据 PLC 输出端所带的负载是直流型还是交流型，是大电流还是小电流，以及 PLC 输出点动作的频率等，从而确定输出端采用继电器输出，还是晶体管输出，或晶闸管输出。不同的负载选用不同的输出方式，对系统的稳定运行很重要。

每个输出点、每组输出点、每个输出模块的负载电源不得超过额定电流。其中继电器输出模块的负载电流以不能太接近额定电流，当接近额定电流时，最好先带动一个小型中继，再通过中继扩展输出模块的输出容量。

采用双向可控硅输出模块，其负载电流必须大于双向可控硅的维持电流，否则应在负载上并联电阻。

对于动作频繁、电感性或功率因素低的负载，不宜选用继电器输出模块，而应该采用晶体管输出模块。

如果 PLC 输出带感性负载，负载断电时会对 PLC 的输出造成浪涌电流的冲击，为此，对直流感性负载应在其旁边并接续流二极管，对交流感性负载应并接浪涌吸收电路，可有效保护 PLC。

当频率为 10 次/min 以下时，既可采用继电器输出方式；也可采用 PLC 输出驱动中间继电器或者固态继电器 (SSR)，再驱动负载；对于两个重要输出量不仅在 PLC 内部互锁，建议在 PLC 外部也进行硬件上的互锁，以加强 PLC 系统运行的安全性、可靠性。

输入电路：

PLC 输入电路电源一般应采用 DC24V，这对系统供电安全和 PLC 安全至关重要，同时其带负载（接近开关等）时要注意容量，同时作好防短路措施（因为该电源的过载或短路都将影响 PLC 的运行），建议该电源的容量为输入电路功率的两倍，PLC 输入电路电源支路加装适宜熔丝，防止短路。以直流输入模板为例。

3.1.2.4 开关量 I/O 点的节省和模拟量 I/O 模块的代用

相同控制作用且每个接点在编程中仅使用一次的若干个输入接点，可在外部电路进行串、并联后作为一个输入点处理，编程时用常开编程接点。如某个设备的多个故障信号接点可在外部电路串联后接在一个输入点上，而不必占用多个输入点。

相同控制逻辑的输出，如集中联锁控制系统发往各现场的启动预告信号，可只用一个输出点，再用接线端子扩展至各现场设备。

3.1.2.5 抗干扰措施

由于产生干扰的因素是复杂而多样的，因此采取的抗干扰措施要根据情况而定。

PLC 供电电源一般为 AC85—240V，适应电源范围较宽，但为了抗干扰，应加装电源净化元件（如电源滤波器、1:1 隔离变压器等）；隔离变压器也可以采用双隔离技术，即变压器的初、次级线圈屏蔽层与初级电气中性点接大地，次级线圈屏蔽层接

PLC 输入电路的地，以减小高低频脉冲干扰。

设置一个 PLC 信号专用接地装置。该装置不能和防雷接地装置、电器设备接地装置有金属连接。接地电阻可参见使用说明书，一般小于 $100\ \Omega$ 即可。接地线进入 PLC 控制柜中的信号接地端子排。当出现干扰时将 PLC 的接线端子与信号接地端子排连。

3.2 本项目的选型设计

本项目的要求有以下几点：

- ①、经济实用，能够适应现场的温度变换和恶劣环境，提高设备的可靠性
- ②、方便现场数据的修改，具有一定的柔性。
- ③、保证加热温度控制准确，提高生产率。
- ④、提高设备自动化率。

根据原设备存在的缺点，以及改进提出的要求，我们优先考虑安全稳定性好、有质量保证的 PLC 品牌，综合以上的考虑，决定采用如下硬件设备。

核心 PLC 选择 FBE-40MC，这是永宏系列中的高功能型，它内含三个通信接口（RS-232 两个、RS-485 一个）；24 点 DC24V 输入，16 点输出，四路 AB 相或八路单相高速计数（频率达 20KHz）；一路脉冲输出，频率达 20KHz；内置 PID 指令。能够很好的满足设计要求。

由于整套控制系统共有 26 路输入，20 路输出，需再加扩展模块，考虑到整套系统以后的可扩展性，采用 FB-8EX、FB-8EY 用于扩展其输入输出点。FB-8EX 是永宏的配套扩展输入模块，含 8 点 DC24V 输入，FB-8EY 是永宏的配套扩展输出模块，具有 8 点输出，两扩展模块通过扩展数据线和核心 PLC 连接。

热电偶温度采集模块是一种现场物理测控模块，它内含微处理器，通过多路模拟开关和高精度模/数转换器采集现场问题度，将其转换为数字量，经微处理器转换为温度值，通过数据总线上传给核心 PLC，这样不但免除了核心 PLC 的温度采集，转换工作量，并且将 PLC 直流逻辑电平与现场电平隔开，其可靠性得到了提高。所以我们考虑加装了永宏专用温控模块 FB-4AK18，它可以直接采集 18 路温度，通过核心 PLC，可是实现对 18 路的 PID 温度控制。

由于对于上料辊道和下料辊道的速度需要调节，如果采用滚筒机构加装变速箱的

方式,增加了上下料结构的复杂性,并且无柔性可言,不利于用户以后对生产线的升级,故考虑采用变频器,经综合考虑,选择 VFD-M 台达变频调速器,它性能优良,价格便宜,具有 MODBUS 通讯功能。并且永宏 PLC 支持 MODBUS-RTU 通信协议,可通过 FB-DTBR 的 port1 与变频器之间进行通讯,实现对上料辊道电机,下料辊道电机的控制。

由于需要和上位机以及变频器之间进行通讯,故采用 FB-DTBR 作为 PLC 的通信适配器,实现和上位机之间的通信联系以及与交流变频器的通信以实现电机的控制。

整个系统框架结构如图 3.1 所示。

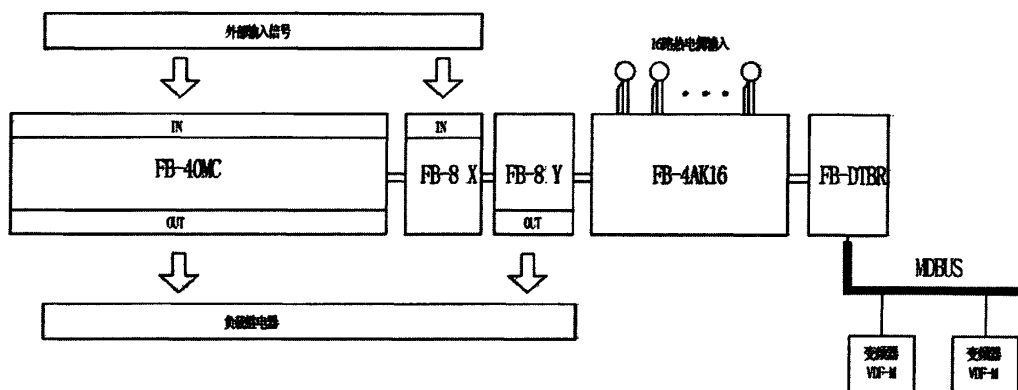


图 3.1 系统框架结构图

3.3 软件设计

PLC 软件设计主要分三部分：第一部分为总体控制流程，第二部分为温度控制程序，第三部分为手动自动程序。

3.3.1 流水线的整体设计

总体控制流程如图 3.2 所示:当系统运行时,根据拨段开关的状态选择运行手动、自动和维修程序,温控程序用来控制各个加热间的温度,与整个运动系统无关。程序开始后,首先选择是否需要手动操作,如果是,则程序进入手动程序,如果否,则程序进入自动操作。进入自动操作程序后,根据指令决定是否进行自动操作,如果是,

则程序进入自动程序，整个流水线自动运转；如果否，则程序进入维修程序，进行维修操作。温控程序自动控制各个加热位置的温度。

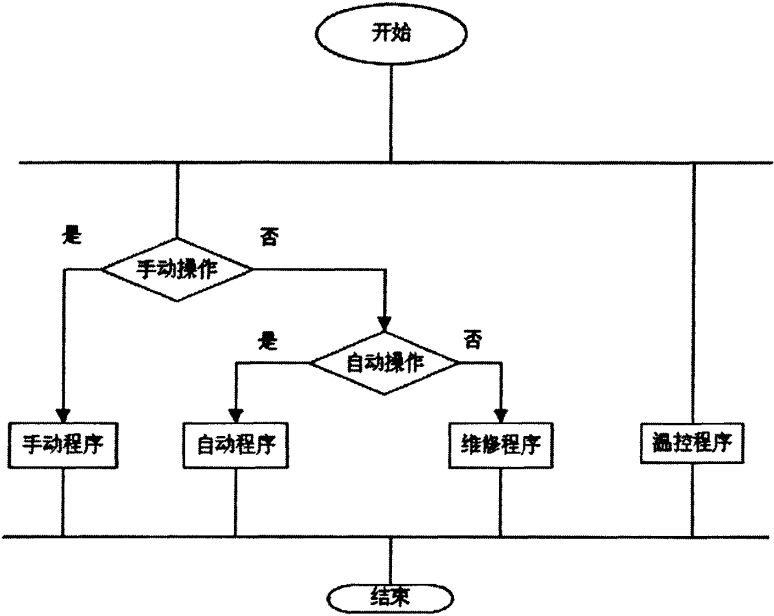


图 3.2 系统总体控制流程图

3.3.2 温度控制

温控流程如图 3.3 所示：温度控制系统按每个加热间单独设置一个温度，温控程序根据加热位置的热电偶回馈的数据指令判断，当温度高于最高值的时候停止加热，当温度低于最低值的时候进行加热，否则就保持原来状态不变。

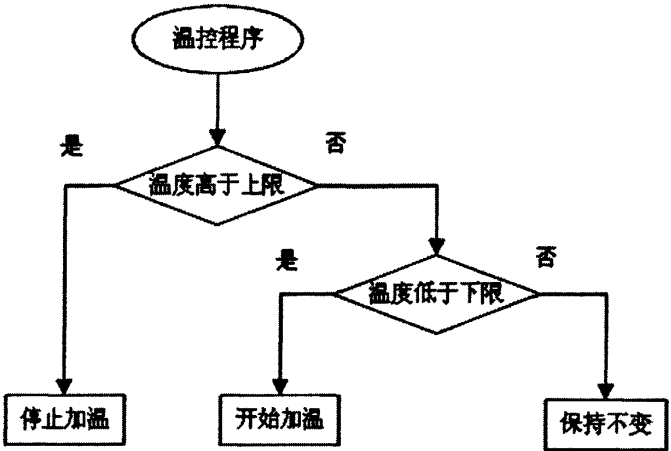


图 3.3 温度控制流程图

3.3.3 手动自动控制

由于手动控制程序和自动控制程序流程相同，区别仅在于自动程序是完全自动进行生产，不需要人工干预，而手动程序则是步进执行。手动自动控制流程如图 3.4 所示，动作内容如表 3.1 所示。

为保证安全，对于自动和手动程序设定了安全报警，如果出现错误就自动报警，并切断当前所有动作，以便维修。在整个动作过程中，一共有 10 个连续的动作步骤，且循环往复。同时利用断电保持的状态号对每个动作进行记忆，一旦出现停电状态后能保持最后数据。

PLC 控制电路接线端子表如表 3.2、表 3.3 所示

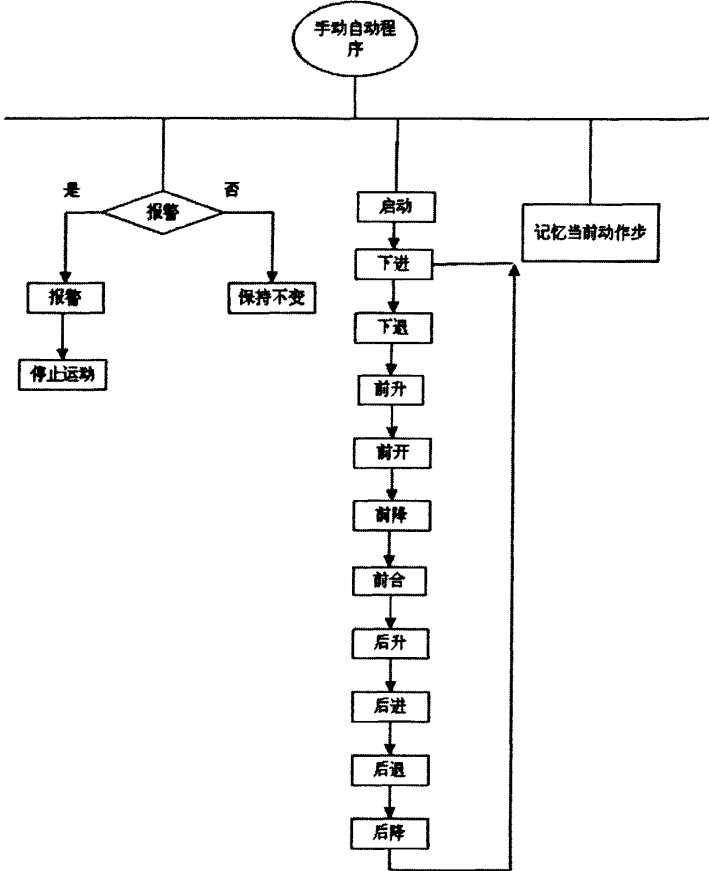


图 3.4 手动自动控制流程图

表 3.1 流程动作内容

名称	动作内容
下进	下层的小车在传动杆的作用下面由 7 炉向 1 炉的方向移动，准备出货
下退	传动杆在运动了一个车位后回到初始位置，准备进行下次引导
前升	通过托盘机构上升，将上层 7 区内已经加工好的小车运下来
前开	打开 7 区上层的轨道，便于小车下降
前降	在托盘的机构作用下，小车由上层转移到下层
前合	7 区上层的轨道复位
后升	7 区小车下降后，上层车位有空闲，通过托盘在进口 1 区补充原料小车
后进	将 1—6 区小车向右移动一个位置，填补 7 区空位，以进行进一步加工
后退	上层的传送横杆复位，准备进行下一辆小车的牵引
后降	把 1 区的上升托盘进行复位

表 3.2 PLC 控制电路接线端子表（输入端子）

输入端子	用途
X0	手动自动模式启动按钮
X1	上行位置判断
X2	下行位置判断
X3	维修工作模式
X4	全自动工作模式
X5	急停开关
X6	下进启动
X7	下退启动
X8	前升启动
X9	前开启动
X10	前降启动
X11	前合启动
X12	后升启动
X13	后进启动
X14	后退启动
X15	后降启动
X16	下进停止
X17	下退停止
X18	前升停止
X19	前开停止
X20	前降停止
X21	前合停止
X22	后升停止
X23	后进停止
X24	后退停止
X25	后降停止

表 3.3 PLC 控制电路接线端子表（输出端子）

输出端子	用途
Y0	报警信号
Y1	一区加热
Y2	二区加热
Y3	三区加热
Y4	四区加热
Y5	五区加热
Y6	六区加热
Y7	七区加热
Y8	下进输出
Y9	下退输出
Y10	前升输出
Y11	前开输出
Y12	前降输出
Y13	前合输出
Y14	后升输出
Y15	后进输出
Y16	后退输出
Y17	后降输出
Y18	上行变频输出
Y19	下行变频输出

PLC 控制电路图接线端子如图 3.5 所示

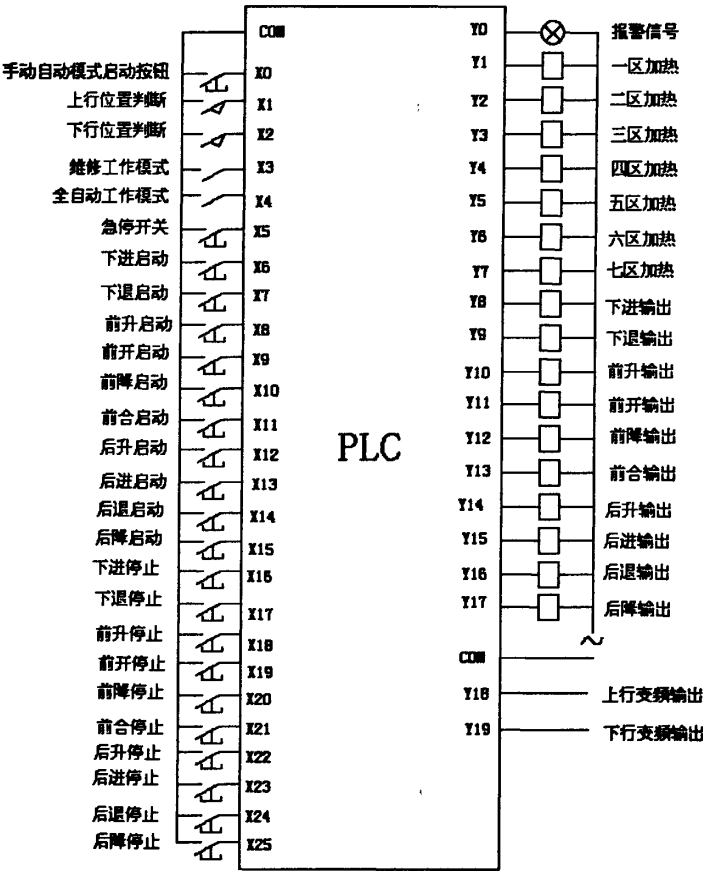
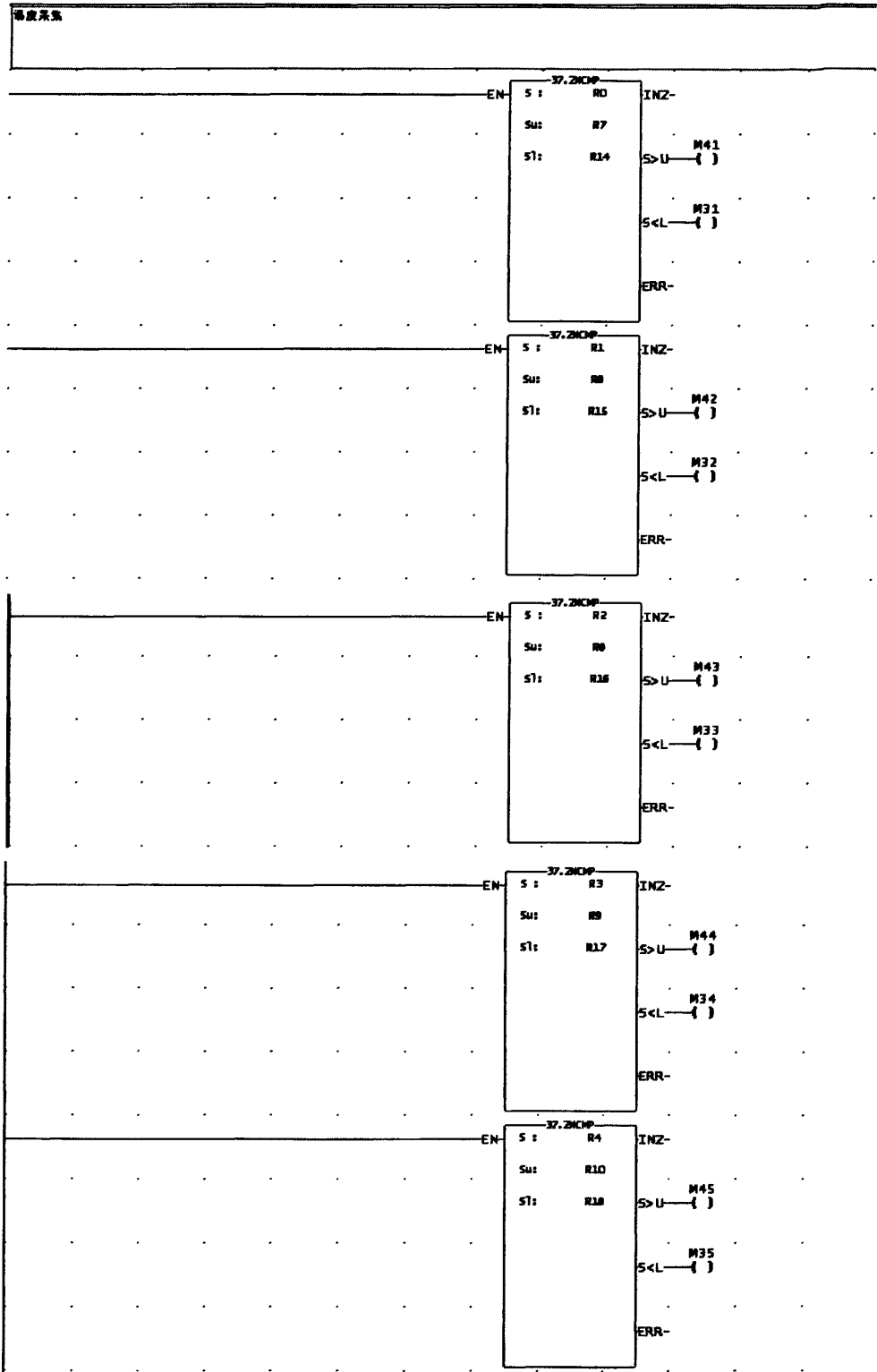


图 3.5 控制电路接线端子图

主要梯形图程序:

(1) 温度控制

本部分使用 PLC 比较指令，R0-R6 取的是当前几大区的实际温度，图 3.6 中各个 SU 和 SL 表示有组态软件按照工艺流程设置的当前区温度上下限值，最后根据实际判断的结果输出，如果大于上限值则相应的 $S>U$ 那部分有输出，如果小于下限值则相应的 $S<L$ 部分有输出。控制程序流程如图 3.6 所示



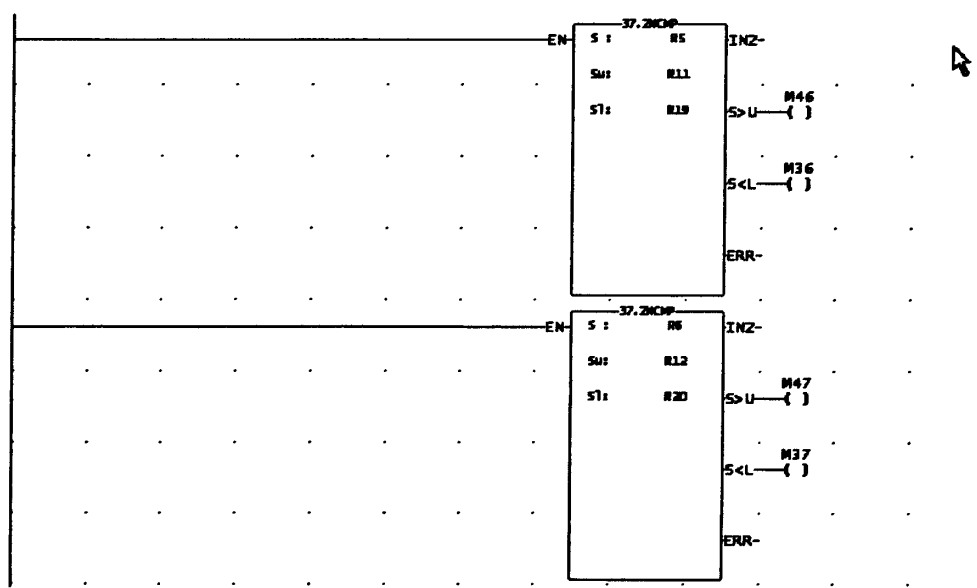
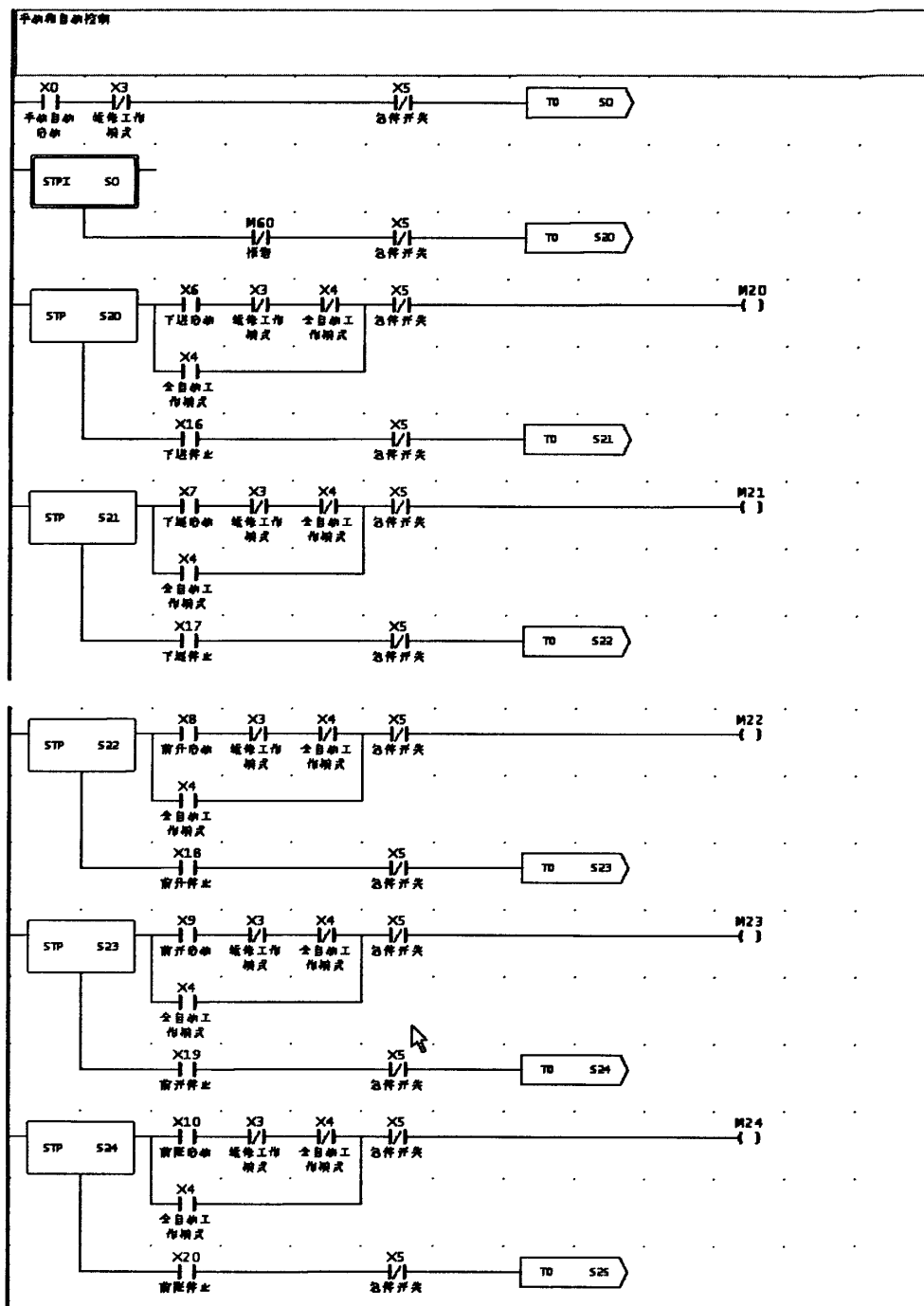


图 3.6 温度控制流程图

(2) 手动自动控制

本部分用步进指令编写，主要是为了无论在全自动还是半自动模式下面均能按照步骤执行。整个过程一共有 10 个步骤，由 X3 和 X4 的状态来判断工作模式，当 X4 触发为全自动工作模式，X3 和 X4 都不触发为半自动工作模式。当启动按钮 X0 动作后，系统在步进指令的控制下面就可以按照流程执行动作。控制程序流程如图 3.7 所示，相应的输入 X 功能见图 3.7 上的注释。



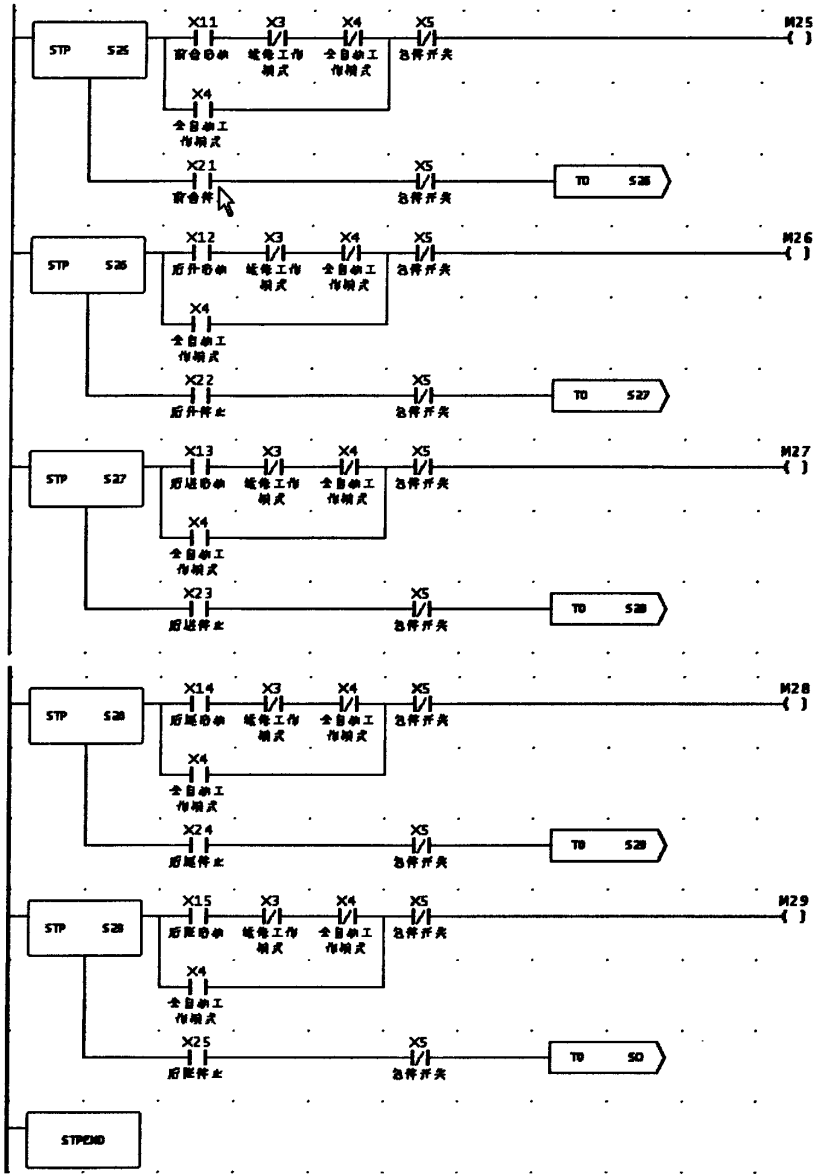
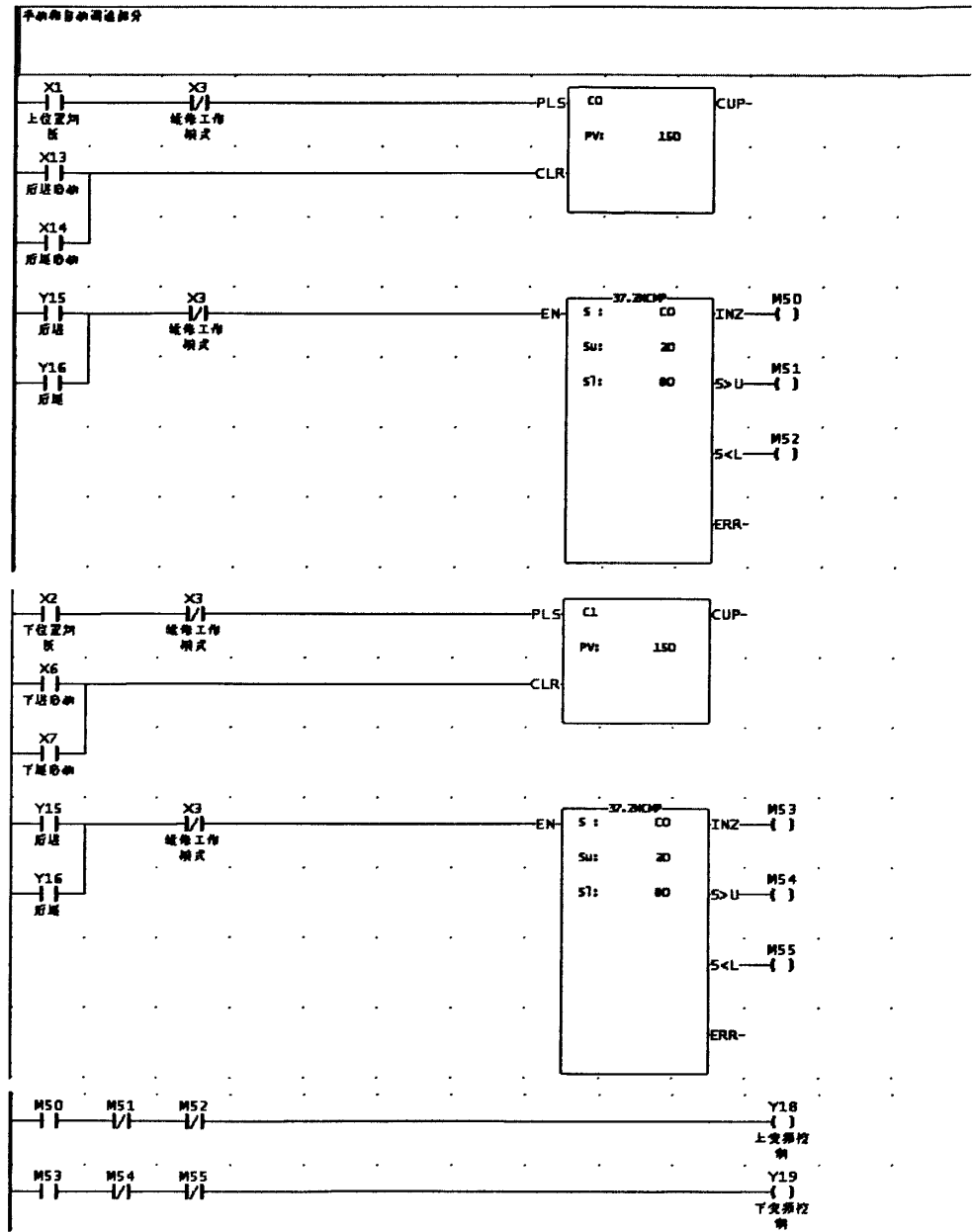


图 3.7 手动自动控制流程图

(3) 上下运行调速

本部分为上下运行调速控制，包括上调速和下调速 2 部分，控制策略完全一样，因为玻璃在一个区内加工的时间有限，所以利用给小车调速来控制加热的时间。假设小车通过一个区所触发的齿轮数为 100，分配一个计数器对小车实际齿轮数进行计数，当小车在 0—20 和 80—100 这 2 个过程中时，状态输出至一个中间继电器，由它控制相应的输出线圈使变频器动作，小车慢速前进。当在 21—79 这个过程中时，使

小车快速前进。控制程序流程如图 3.8 所示



本章总结：本章分析了该流水线的技术要求，根据 PLC 选型的一般原则，提出了本系统的硬件选型，以永宏 FRB-40MC 为系统核心控制单元；按照生产过程，设计了 PLC 控制系统的软件，并对系统中的总体控制、手动自动控制流程、温度控制流程做了详细说明。本章最后提供了本系统温度控制、手动自动控制和上下行调速控制三个项目的流程图。

4 上位机软件实现

4.1 监控系统的整体策划

4.1.1 监控系统开发目的

监控系统实现以下设计目的：对流水线生产过程进行实时监控，实时获得其运行状态数据、产量数据、工艺数据等；其次能根据企业生产管理的需要，对所采集的数据进行处理分析，向管理者提供有价值的统计分析图。最后监控系统具有向设备传送工业参数的能力，使整条流水线能够按设定的要求运行的功能。

4.1.2 监控系统开发手段

（1）采用 VB, VC 等开发工具进行开发

软件的控制界面和控制算法功能是靠软件工作人员通过编程从底层来实现的，工作量大且设计的软件通用型差，软件功能可靠性也低。因为自动化系统的差异性，每次系统应用，其软件都是新的。但科技的发展，对自动化程度、可靠性要求都很高的工业监控领域，对软件的要求越来越高。而对软件人员的高要求，相对于开发出来的软件的薄弱功能的情况尤其突出。

（2）采用组态软件进行开发

实时监控系统中上位机应用软件的开发建立在组态软件的基础之上，是工业控制系统软件开发的一个方向。当计算机硬件有了飞速发展之后，各种应用领域对软件提出了更高的要求，所谓组态软件，即一组功能强大的软件包，它有一个友好的人机界面，且不用编什么代码程序便可以自己需要的应用“软件”。图形界面和可视化设计使组态软件具备了良好的人机交互界面。开发时操作简易灵活，开发的产品直观生动、显示画面丰富、工业控制中的各种显示仪表控制表盘、回路调节图、历史趋势图、实时曲线都可通过它来实现。

在组态软件的基础上开发的控制软件可以适用于一大类被控对象，对于不同的对象只需改变底层驱动即可。用组态软件实现用于工业控制的系统软件，不仅可以大大提高系统软件的开发速度，而且保证了系统软件的成熟性、可靠性和易于维护性。考

虑到上面的因素，所以我们拟采用组态软件来在上位机上进行应用开发。国内组态软件已经商业化，本课题选用实用性较好的组态王软件做为监控系统的开发平台。

4.1.3 组态王介绍

(1) 组态王介绍^[28]

组态王可用于电力、制冷、化工、机械制造、交通管理等多种工程领域。无论应用场合如何，都可以使用组态王构造有效的监控和数据采集系统。组态王能够：

使用清晰准确的画面描述工业控制现场

使用图形化的控制按钮实现单任务和多任务

设计复杂的动画显示现场的操作状态和数据

显示生产过程的文字信息和图形信息

为任何现场画面指定键盘命令

监控和记录所有报警信息

显示实时趋势曲线和历史趋势曲线

使用多样而灵活的方式查询历史数据

时间驱动和事件驱动的报表的打印

设计多级安全控制和访问权限

(2) 组态王的工作过程^[29]

组态王可以与现场的 I/O 设备直接进行通讯（如图 4.1 所示）。

I/O 设备的输入提供现场的信息，例如产品的位置、机器的转速、炉温等等。I/O 设备的输出通常用于对现场的控制，例如启动电动机、改变转速、控制阀门和指示灯等等。有些 I/O 设备（例如 PLC），其本身的程序完成对现场的控制，程序根据输入决定各输出的值。

输入输出的数值存放在 I/O 设备的寄存器中，寄存器通过其地址进行引用。大多数 I/O 设备提供与其他设备或计算机进行通讯的通讯端口或数据通道，组态王通过这些通讯通道读写 I/O 设备的寄存器，采集到的数据可用于进一步的监控。不需要读写 I/O 设备的寄存器，组态王提供了一种数据定义方法，只要定义了 I/O 变量后，可直接使用变量名用于系统控制、操作显示、趋势分析、数据记录 and 报警显示。

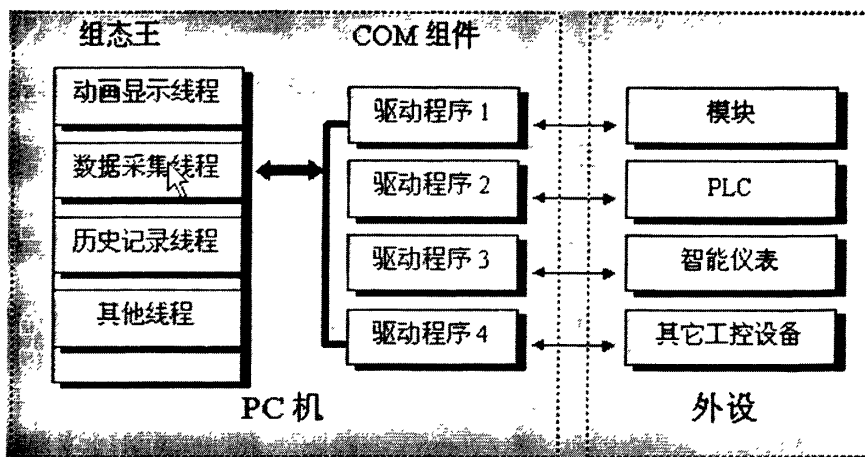


图 4.1 上位机与外设通讯图

（3）组态王运行的硬、软件环境

适用于 IBM586 以上的微型机及其兼容机；

VGA、SVGA 以及支持 Windows 256 色的图形卡；

主频 100MHZ 以上，内存不少于 32 兆；若要同时运行多个大型程序，建议使用更大的内存；

运行于 Windows 98 第二版/2000/NT 4.0 补丁 6 环境。

4.2 流水线监控系统的功能模块

根据设计目的的要求，及生产的实际需要，将流水线的运行情况、采集数据进行集成，形成了参数设定模块、数据词典设置模块、页面设置模块、权限设置模块等 4 个功能模块。

4.2.1 参数设置模块

- （1）安装永宏 PLC 驱动程序，并设置通讯参数
- （2）添加新的 I/O 设备在工程浏览器中进行。

步骤如下：

①、确定 I/O 设备与组态王的通讯方式。

组态王支持五种通讯方式：串行通讯方式、板卡方式、网络模块方式、人机接口卡方式、DDE 方式。

②、在工程浏览器中选择“设备”大纲项下的相应成员名。

当 I/O 设备采用“网络节点”方式时，必须选择“网络节点”；对于其它方式，可选择除“网络节点”方式外的任何方式。

单击工具栏中的“新建”按钮；或者在工程浏览器的目录内容显示区单击“新建”；或者单击图标鼠标右键，在菜单中选择“新建逻辑设备”。

③、设置 I/O 设备的有关参数。

若采用“网络节点”方式时，则在弹出的网络节点对话框中输入网络节点的机器名。对于其它方式，则激活安装配置向导。在安装配置向导中设置 I/O 设备的设备名及相应参数，如图 4.2 所示。

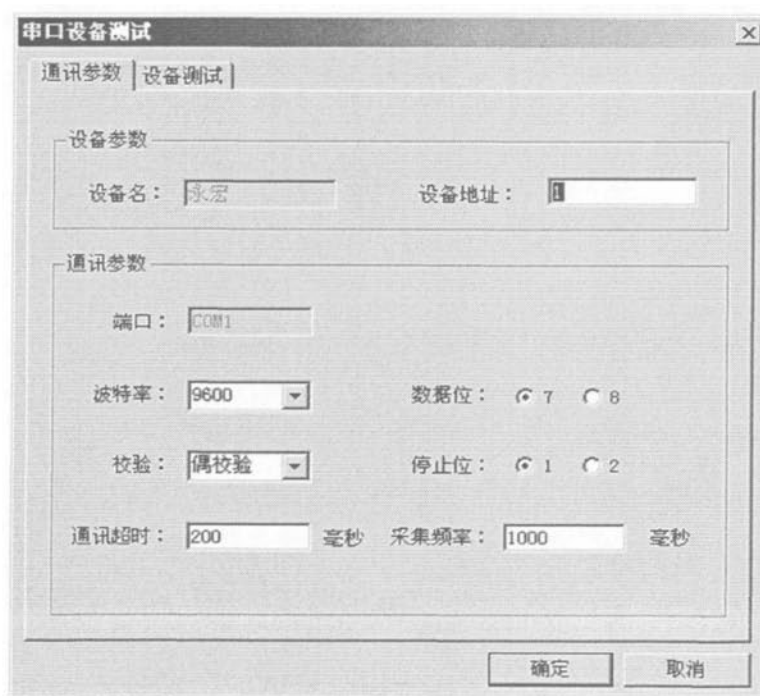


图 4.2 串口设备测试对话框

4.2.2 数据词典设置模块

数据词典（数据库）是组态王软件的核心部分。在组态王（TOUCHVIEW）运行时，工业现场的生产状况要以动画的形式反映在屏幕上，同时工程人员在计算机前发布的指令也要迅速送达生产现场，所有这一切都是以实时数据库为中介环节，数据词典（数据库）是联系上位机和下位机的桥梁。

组态王系统支持多种变量类型。组态王的变量包括系统变量和用户定义变量两大类。变量定义在工程浏览器（见图 4.3）的“数据词典”中进行，定义时要指定变量名和变量类型，某些类型的变量还需要一些附加信息。不同类型的变量具有不同的变量属性，在定义变量时，有时需要设置它的部分属性。

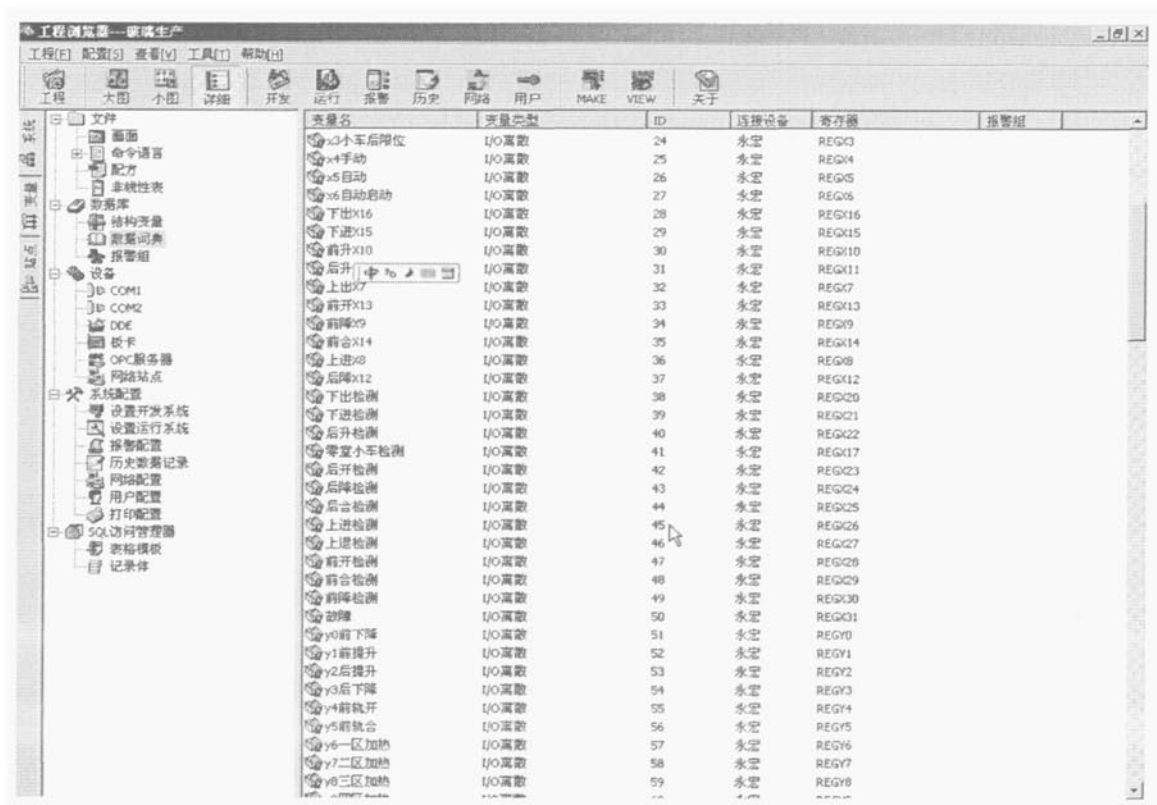


图 4.3 工程浏览器窗口

4.2.3 页面设置模块

4.2.3.1 首页

本页面为系统控制页面，可以完全代替硬件控制台完成整个生产的控制，如图 4.4 所示，所有操作都有相应的启动按钮，所有的加热都有相应的指示灯进行显示。值得注意的是，控制按钮所驱动的 PLC 软元件必须用辅助继电器 M。

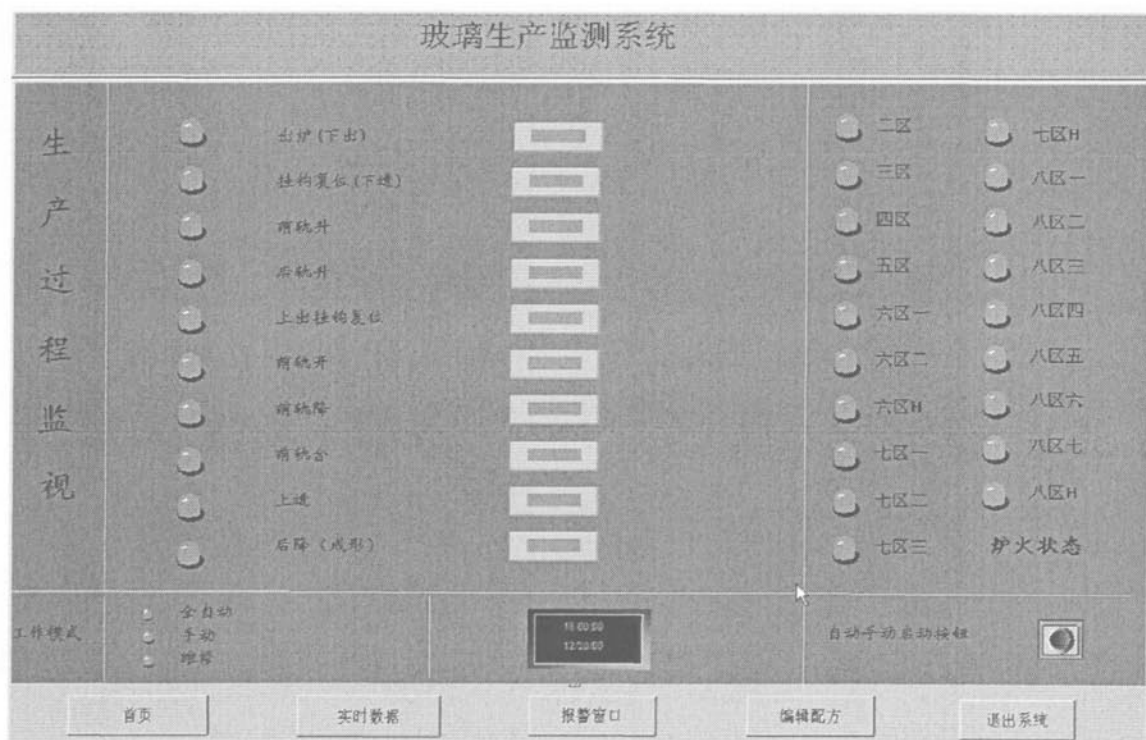


图 4.4 系统控制页面

4.2.3.2 数据页面

数据显示窗口如图 4.5 所示，主要用来显示玻璃生产中温度控制的效果。左上为当前区的温度，下方为每个区设置的温度允许变化的范围（由配方控制），右边为相应的温度曲线查询对话框，可以显示当前温度变化情况和历史温度变化趋势。



图 4.5 数据显示窗口

4.2.3.3 实时曲线图

单个加热间的实时温度变化曲线趋势图如图 4.6 所示，主要用于实时显示数据的变化情况。在画面运行时实时趋势曲线对象由系统自动更新。数据将从趋势的右边进入，同时趋势将从右向左移动。

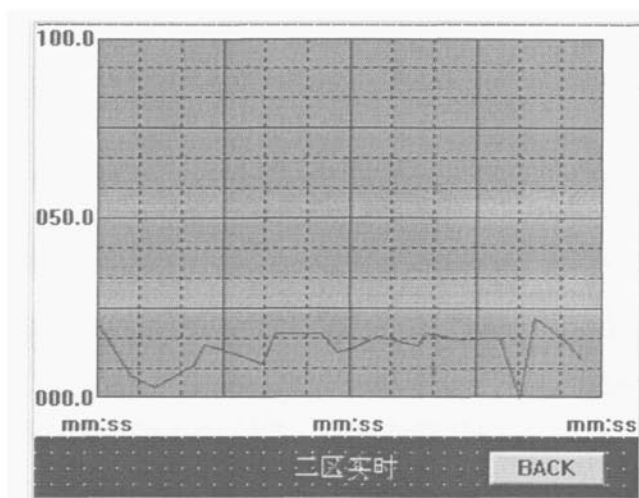


图 4.6 实施曲线趋势图

4.2.3.4 历史曲线图

历史曲线图如图 4.7 所示，主要用于显示历史记录数据的变化情况。

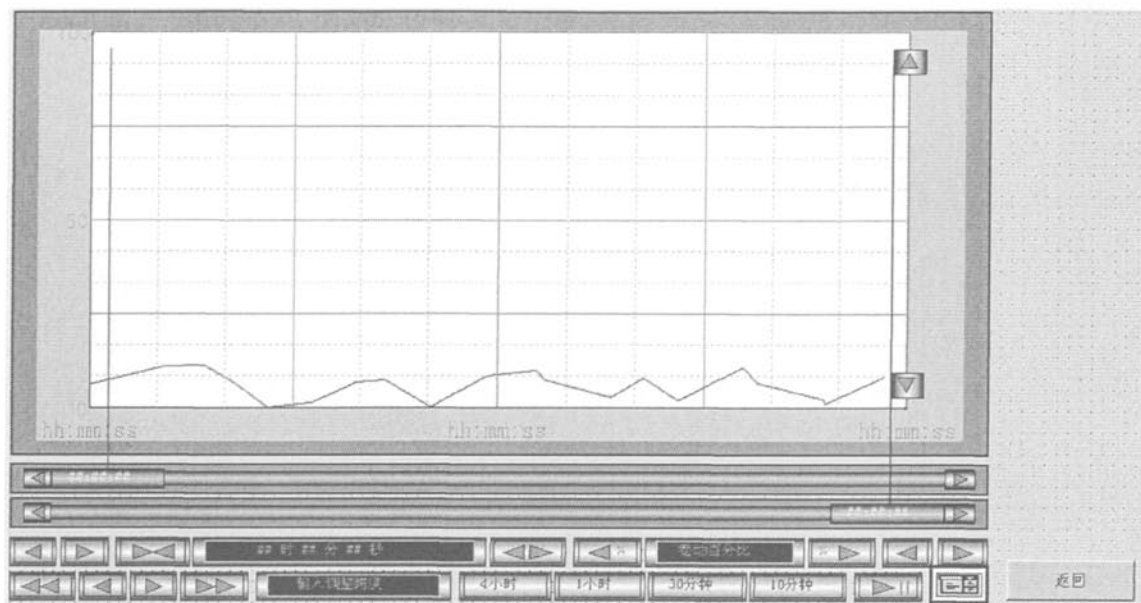


图 4.7 历史数据曲线图

4.2.3.5 报警页面

运行报警和事件记录是控制软件必不可少的功能，当变量的数值或数值的变化异常时，将产生报警，以便操作者采取必要的措施。“组态王”提供强有力的报警和事件系统，并且操作方法简单。

组态王中的报警和事件主要包括变量报警事件、操作事件、用户登录事件和工作站事件。通过这些报警和事件，用户可以方便地监视和查看系统的报警、操作和各个工作站的运行情况。当报警和事件发生时，组态王把这些事件存于内存中的缓冲区中，报警和事件在缓冲区中是以先进先出的队列形式存储，所以只有最近的报警和事件在内存中。当缓冲区达到一定数目或记录定时时间到时，系统自动将报警和事件信息写到报警存储文件、打印机或数据库中（请注意：要先定义是否存储到文件、数据库或直接输出到打印机）。报警和事件在报警窗中会按照设置的过滤条件实时显示出来。

组态王系统变量属性对话框中的报警配置卡片进行变量报警条件的定义。报警定义后,如果在运行阶段,变量的数值或变化情况满足已定义的报警条件、从报警条件恢复正常状态、报警应答时均可以产生报警事件(报警发生、报警恢复、报警应答)。同时对每一个变量的报警,可以规定报警的优先级和所在的报警组,分别用于描述报警的严重程度和报警分类信息。

报警信息可以在报警窗口(如图 4.8 所示)中显示进行。组态王中既可以显示当前的报警,也可以显示历史的报警事件。报警信息还可以用文件的形式进行历史记录或实时打印报警信息。用户可以自定义报警信息的显示格式、记录格式和打印格式。同时可以利用命令语言实现对报警事件的复杂控制和灵活处理。



图 4.8 报警系统窗口

在本系统中,主要对超标的温度值进行记录报警。

4.2.3.6 配方控制

在制造领域,配方是用来描述生产一件产品所用的不同配料之间的比例关系。是生产过程中一些变量对应的参数设定值的集合。例如,一个面包厂生产面包时有一个基本的配料配方,此配方列出所有要用来生产面包的配料成份表(如水,面粉,糖,

鸡蛋,香油等),另外,也列出所有可选配料成份表(如水果,果核,巧克力片等),而这些可选配料成份可以被添加到基本配方中用以生产各种各样的面包。

组态王支持对配方的管理,用户利用此功能可以在控制生产过程中得心应手,提高效率。比如当生产过程状态需要大量的控制变量参数时,如果一个接一个地设置这些变量参数就会耽误时间,而使用配方,则可以一次设置大量的控制变量参数,满足生产过程的需要。

在配方控制页面中(如图 4.9 所示),使用人员可以根据生产的需要进行添加配方来进行多种生产。使流水线的灵活性大大的增强。



图 4.9 配方控制页面

设置配方的参数,如图 4.10 所示

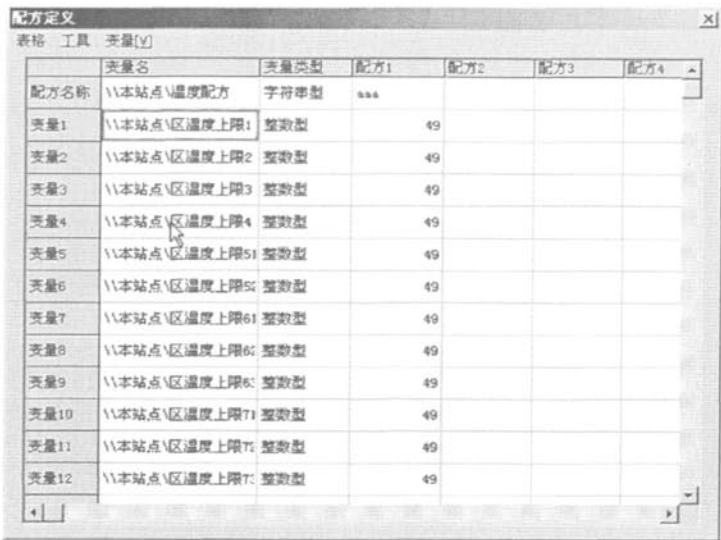


图 4.10 配方定义页面

当把配方存入数据库后使用时只要选择相应的名称就可以调用（如图 4.11）。



图 4.11 调用配方页面

4.2.4 权限设置模块

因为本系统全部由计算机控制，为保证整个系统的安全性和稳定性。特别的还增加了多用户权限。

在“组态王”系统中，可以对画面上的图形对象设置访问权限，同时给操作者分配访问优先级和安全区，当操作者的优先级小于对象的访问优先级或不在对象的访问安全区内时，该对象为不可访问，即要访问一个有优先级设置的对象，要求先具有访问优先级，而且操作者的操作安全区须在对象的安全区内时，方能访问。操作者的操作优先级级别从 1~999，每个操作者和对象的操作优先级级别只有一个。系统安全区共有 64 个，用户在进行配置时，每个用户可选择除“无”以外的多个安全区，即一个用户可有多个安全区权限，每个对象也可有多个安全区权限。除“无”以外的安全区名称可由用户按照自己的需要进行修改。组态王以此来保障系统的安全运行。在软件运行过程中，优先级大于 900 的用户还可以配置其他操作者、设置用户名、口令、访问优先级和安全区。如图 4.12 所示。

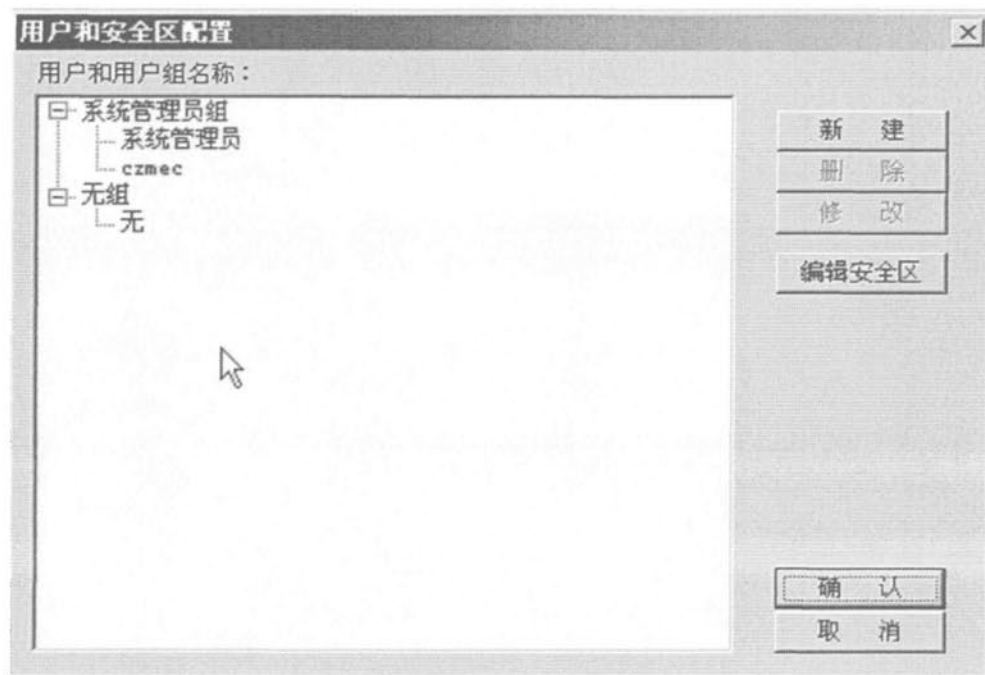


图 4.12 用户和安全区配置对话框

本章总结：本章结合组态王软件功能，分析了系统要求，基于组态王软件开发了与系统对应的监控系统，给出了本控制系统的各个功能模块，并对各个功能模块做了详细的说明，通过实际运行证明了该系统完全能满足企业需要。

5 结论与总结

5.1 项目总结

该流水线改造工程是和常州某公司合作完成的。结合企业原有生产线的生产情况,利用成熟的可编程控制器和组态软件结合,对玻璃生产过程的自动化改造技术进行研究,开发出一套具备手动/自动功能、高性能、高可靠性的生产线自动控制系统。本文重点进行玻璃生产流水线自动控制系统的的设计、电机驱动技术、PLC 程序控制技术和上位机监控系统的研究与开发。所完成的工作主要有以下几个方面:

(1) 对于各个加热区的温度控制。原来加热控制精度低,加热区的目标温度偏差较大,如目标温度设定在800℃时,偏差一般超过 $\pm 40^{\circ}\text{C}$,使玻璃受热不均匀,难以保证质量。改造后通过PLC采用PID温度控制,提高了控制精度,使产品质量大幅提高,实现了生产效益。

(2) 原生产线上原料在各个加热区内的位置,传动电机的启动、变速和往复运动,生产周期的长短等,需要在各个工作位安排人员,整个系统无法实现整体监控。改造后则是组态王软件和可编程控制器通过程序来控制的,不但能对该流水线的运行状态进行监视,提供及时故障报警信息。并且通过上位机友好的操控界面可以实现绝大部分的实时调试和运行工作。具有较高的易用性和人性化设计。

(3) 整个系统的控制器件少,实时数据清晰,不但减少了设备故障率,而且具备有效数据记录功能,大大缩短了故障检修的时间。

(4) 扩充了流水线的功能,当生产工艺近似的产品时,可以通过PLC和组态王软件构成的控制系统找出各工作点的最佳工艺参数,很快投入生产。

5.2 项目的展望

在本项目的基础之上,再预期进行一些深入的研究和探讨,主要体现在两个方面:

①、监控系统的数据处理及信息管理功能和工厂信息管理系统之间的集成和通讯功能的加强。

现代化工厂有 ERP 或 CRM 等大型的生产或销售等管理系统,如果现场设备的相关运行数据能够直接导入这类大型的系统,那对企业的管理和决策或者是设备的监控等

都会有很大的帮助。本项目由于时间的紧急，监控软件数据库还不能与管理数据库直接通讯，这也是此项目下一步需要研究的工作。

②、PLC 设计算法和程序设计的优化。

PLC 采用梯型图设计法非常简单直观，但相同的任务不同的人编程可能程序会五花八门，因此程序设计时有一个优化的思路，尽可能的采用最短的程序实现最短的运行控制。现在先进的控制算法非常多，比如说神经元算法、遗传算法等等，因此把一些先进的算法运用到本项目中，是该项目下一步研究的一个方向。

致 谢

首先感谢我的老师-朱蕴璞副教授，导师热忱的态度，创新的思维方法和严谨治学精神让我受益匪浅，在本论文在研究和撰写过程中，朱老师对我精心指导和严格要求，同时不断地鼓励我，激励我，让我顺利完成论文，在此我向她表示最真挚的感谢！

感谢在我学习、论文期间给我帮助的南京理工大学机械学院的各位老师，在此向这些老师表示由衷的谢意。

在论文的完成过程中，师兄们和同事们真诚的交流与共同的探索也使论文顺利完成，在此一并表示感谢，并祝大家在未来的人生道路上一帆风顺、鹏程万里！

参考文献

- [1] 戴争勇. 基于 PLC 控制在工业中的典型应用[J]. 科技资讯. 2006
- [2] 李岳. PLC 在平板玻璃钢化流水线中的应用[J]. 电工技术杂志. 2002(3):3
- [3] 殷洪义. 可编程序控制器选择设计与维护[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003
- [4] 陈露晨主编. 计算机通信接口技术[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2002
- [5] 吕景泉. 可编程控制器技术编程. 北京: 高等教育出版社, 2001
- [6] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [7] 谢宋等编著. 单片机模糊控制系统设计与应用实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999
- [8] 范永胜, 王岷编著. 电器控制与 PLC 应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004
- [9] 隋振有, 隋凤香. 可编程控制器应用解析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006
- [10] 杨京安. 玻璃生产过程控制与燃料消耗[J]. 玻璃. 1993(2):16-19
- [11] 张武. 改进浮法玻璃熔窑结构和温度制度提高溶化能力[J]. 玻璃. 1993(1):24-26
- [11] 刘岩, 张乃明, 谢军, 张松波, 苗中林, 陆海鸥. 浮法线交流调速系统若干问题探讨[J]. 河南建材. 2002(2):36-37
- [12] 何小阳主编. 计算机监控原理及技术[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2003
- [13] 郭宗仁等编著. 可编程序控制器及其通信网络技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1999
- [14] 宋伯生编著. PLC 编程理论算法及技巧[M]. 机械工业出版社, 2005
- [15] K. W. Gokhay. Design of PLC Control System [J]. Electric Transmission. 2001, 33(7):13-15
- [16] Lagelongr. Bush. The PLC Control System of Metal Wave Plate Forming Machine[J]. Machine Tool Control Techinque. 2000, 23(9):31-35
- [17] I. Rusnak. Optimality of PID Controllers[J]. Control Systems Technol. 2000, 8(5):842-847
- [18] Lasepas. John. The PLC Control of Packaging Production Line[J]. Packaging Engineer. 2003, 27(3):17-20
- [19] 李传伟, 王燕妮. 变频器与 PLC 的连接与配合使用[J]. 电器传动自动化. 2005, 27(2):46-49
- [20] 祝木田, 史勇. ModBus 协议通信的应用[J]. 微计算机信息. 2004, 20(6):9-11

- [21] MLmlzuka. Smith. Application of PLC in Logic Control System[J]. Control Engineering. 1999, 40(5):65-67
- [22] 马国华. 监控组态软件及其应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2001
- [23] 徐世国, 张全贵. 组态软件中串口设备通信实现方法设计[J]. 微计算机信息. 2004, 20(8):25-26
- [24] 王亚民. 组态软件设计与开发[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2003
- [25] 莫晓齐, 王耀南. 组态软件用户图形界面的设计与开发[J]. 计算机工程与设计. 2006, 27(1):49-52
- [26] 李琳, 郭文成. 基于组态王的监控系统设计和数据处理[J]. 工业控制计算机. 2006(1):70
- [27] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社. 1999
- [28] 孙旭霞, 李生民, 张维娜. 工业自动化通用组态软件-“组态王”的功能分析及应用. 仪器仪表用户. 2001(04):29-31
- [29] 组态王使用手册. 北京:北京亚控自动化科技软件有限公司
- [30] 林燕, 薛钰芝, 周丽梅, 孙青卉, 林纪宁. 高精度智能温控系统的实现 [J]. 控制工程. 2005 (12):3
- [31] 邵文秀, 程明霄. 高精度智能 PID 控制[J]. 现代电子技术. 2004 (19):186
- [32] 林德杰主编. 过程控制仪表及控制系统[M]. 第 1 版. 机械工业出版社, 2004
- [33] 姜忠良, 陈秀云编著. 温度的测量与控制[M]. 第一版. 清华大学出版社, 2005
- [34] 夏红, 宋建成. 模糊 PID 控制器的发展[J]. 化工纵横. 2003, 17(1):1~4
- [35] 陶永华. 新型 PID 控制及其应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2002
- [36] 张宝芬. 自动检测技术及仪表控制系统[M] 北京:化学工业出版社, 2005
- [37] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统[M]. 北京:机械工业出版社, 2004
- [38] 胡跃明. 非线性控制系统理论与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2005
- [39] 许振伟. 永磁交流伺服系统及其控制策略研究[D]. 浙江大学博士学位论文. 2003

PLC控制的玻璃生产流水线设计

作者：冷颖

学位授予单位：南京理工大学

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1367633.aspx