

东北林业大学

毕 业 设 计

气力除尘系统的电气设计

学生姓名： 范云飞

专业班级： 电气工程及其自动化4班

指导教师： 宋蛰存 教授

学 院： 机电工程学院

2016年6月

气力除尘系统的电气设计

摘要

木材加工行业中，木屑，粉尘对工作环境，工人健康和生产效率造成极大的影响，并且大量的木质粉尘堆积造成安全隐患。粉尘污染和噪音，安全并称为三大工业危害。气力除尘系统的发展为木材加工行业的除尘措施带来了新的方案，也带来了新的问题。目前，国内木材加工行业普遍采用风机最大化运行来进行除尘，造成了极大的浪费，增加了企业生产成本，降低了企业的竞争力。如何根据工厂实际粉尘量来调整风机的转速，功率成了木材加工行业气力除尘系统的的主要研究方向。

本设计针对木材加工行业的实际需求，研究设计了一种基于 PLC 变频调速的 PID 控制系统。本设计采用基于 PLC 内部 PID 整定控制方法，通过控制变频器来调整风机转速，功率，实现除尘系统的低功耗，高效率运转。为实现控制目的，研究了外部信息采集传感器的选型；利用 PLC 的 SETP7-Micro/Win 软件对 PLC 进行梯形图编程。同时，本设计上位机选用了 MCGS 组态软件对现场数据进行记录，反馈和控制，具体设计了主监控界面，实时数据曲线界面，历史数据曲线界面，实现了现场远程控制；本设计使用 PLC 内部 PID 整定环节对 PID 参数在线整定，使控制过程的动态，静态性能更理想。

关键词 PLC ； 气力除尘系统 ； MCGS ； PID 整定

Electrical Design of pneumatic dust control system

Abstract

Wood processing industries, wood chips, dust caused great impact on the work environment, workers' health and productivity, and a lot of wood dust accumulation pose a security risk. Dust pollution and noise, safety called the three major industrial hazards. Development of pneumatic dust control system for the wood processing industry, dust measures brought new program, it also brings new problems. At present, the domestic wood processing industry commonly used to maximize the fan running to dust, resulting in a great waste, increasing production costs and reduce the competitiveness of enterprises. How to plant according to the actual amount of dust to adjust the speed, power became the main research direction of the wood processing industry of pneumatic dust control system.

The design of the actual demand for the wood processing industry, a study design based on PLC Frequency of PID control system. It uses internal PLC PID tuning control method based on the control by the drive to adjust the fan speed, power, low-power dust removal system, high-efficiency operation. To achieve control purposes, to study the selection of external information acquisition sensor; use of PLC SETP7-Micro / Win software for the PLC programming topographic map. At the same time, the design of the PC selected MCGS configuration software for field data recording, feedback and control, specifically designed to monitor the main interface, real-time data curve interface, historical data curve interface, to achieve site remote control; this design uses internal PLC PID tuning links to online tuning PID parameters, so that the process of dynamic control and static performance is more ideal.

Keywords PLC ; Pneumatic Cleaning System ; MCGS ; PID

目录

摘要

Abstract

1 绪论	1
1.1 气力除尘系统的发展	1
1.2 研究的背景和意义	1
1.3 研究内容和采用的方案	2
2 气力除尘系统的总体设计	3
2.1 气力除尘系统的概述	3
2.1.1 模块化分析气力系统	3
2.1.2 控制对象分析	3
2.2 气力除尘系统的装置分析和安装设计	4
2.2.1 气力除尘基本装置	4
2.2.2 气流管道的参数确定	4
2.2.3 风机和分离除尘器的设计	5
2.3 控制环节的总体设计	6
2.4 本章小结	7
3 硬件设计	8
3.1 PLC（可编程控制器）选型	8
3.2 传感器的选型	9
3.2.1 温湿度传感器选择	9
3.2.2 火花传感器	10
3.2.3 气体流量传感器	10
3.2.4 微压差变送器	11
3.3 变频器选型	12
3.4 上位机	12
3.5 总结	13
4 软件设计	15
4.1 PLC 程序设计	15
4.1.1 PLC 端口接线和 PLC 地址分配	15
4.1.2 PLC 总体程序设计	17
4.1.3 PID 整定	19
4.2 上位机 MCGS 组态软件设计	20
4.2.1 系统工作流程界面	21
4.2.2 实时监控曲线界面	21
4.2.3 历史曲线监控界面	22
4.3 系统安装调试	23
结论	24
参考文献	25
致谢	26

1 绪论

1.1 气力除尘系统的发展

气力除尘系统是指在一定直径和线路的气流输送管道内，借助于空气的压力差送形成得到气流能量，推动输送管道内的散碎物料的方法。气力除尘系统设计的基础是气力输送技术，其初始是用于液体的输送，之后随着工业设计的进步，逐渐发展到固体物料的运送，并逐渐在各行各业取得的长足的发展。气力除尘系统便是通过气力输送技术来实现除尘的目的。随着工业发展对气力除尘的要求日益严格，气力除尘系统的控制技术也发生了巨大的变化，由原先的简单逻辑开关控制发展为现在的 PLC(Programmable Logic Controller) 和单片机控制以及 DCS 集散控制，并能通过上位机界面即时了解除尘系统的运行参数。

气力除尘系统运用广泛，在木材加工行业，纺织品加工行业以及半导体制造业等产生粉尘污染的行业中都有不同的运用。尤其在木材加工行业，刨花，碎料，打磨等每个生产工序都会产生木质粉尘，不仅对工人身体造成危害因木材粉尘的可燃性又伴随着火灾，粉尘爆炸等危险，所以在木质加工行业除尘措施必不可少。目前在大型木材加工车间均能够采用气力除尘装置，它可以改善生产车间的环境条件，提高劳动生产合格率，改善生产条件及提高产品质量。但由于不同企业生产装备，生产规模不同，气力除尘系统存在电能浪费活除尘效果不达标等毛病，从而增加了生产成本，降低产品市场竞争力，成为制约企业发展的要素。若小型生产企业能够自身需要引进自动控制气力除尘装置，通过生产环境自动调整气力除尘装置功率，将节约大量电能，降低生产成本，给企业带来可观的经济效益。

以往的气力除尘系统的控制装置主要是采用普通监控仪表加继电器和电子线路来实现系统控制。但由于生产环境复杂，常使得继电器灵敏度降低，触点烧坏并伴随着火灾危险。随着控制技术的发展，气力除尘的控制方式也由原先的简单逻辑开关控制发展到如今的单片机控制，PLC 控制，集散控制和智能控制。工业控制系统中往往直接采用单片机组成最小控制系统，从而利用软件设计简化硬件结构，具有结构简单针对性强等特点，但因其针对某个特定的目的设计，因此存在通用性兼容性差等问题。PLC 控制采用 PLC 制造商出厂的 PLC 设备和周边传感器，变频器等来实现控制。PLC 具有通用性强，安全性高，开发周期短等特点。而在大规模生产环境中，随着控制环境的复杂，控制作业的集中，集散控制气力除尘系统和智能控制系统应运而生。集散控制系统采用分散控制其中管理的控制思想，通过采用若干个控制器控制不同的节点，不同控制器通过通讯技术进行数据交换；控制人员能够通过网络对每个控制器下达指令并收集生产数据，因此集散控制系统在大规模作业中很常见。智能控制的除尘系统是通过实时采集生产环境的参数，通过软件编程来实现对控制器的智能调节，目前在气力除尘系统中运用有限，不过目前在部分企业已经采用智能控制气力除尘系统来完成对生产环境有高要求的生产业务。

1.2 研究的背景和意义

目前，粉尘污染已经和“噪音”“安全”并称为工业三大危害。然而在我国的中小水平的木材加工行业中却存在两种极端：一是采用传统人工清扫和工人戴口罩作业，降低工人了工人工作环境和生产效率，；二是除尘设备大功率满负载运行，造成极大的电

能浪费并且提高了生产成本，降低了产品竞争力。

另外，在某些木材加工行业中使用的除尘设备控制方案老旧，没有充分考虑木材加工行业的粉尘特性，采用通用的除尘设备，造成一系列问题。主要表现为：一不考虑粉尘浓度比，导致管道内固气比浓度高，从而导致管道堵塞等影响工业生产的问题。二因不了解木质粉尘特性，在制造安装管道时不充分考虑弯管处管道设计，导致弯管处长时间运行后易损坏。三不能根据生产需要即时调节风机功率，导致排放气体不达标，除尘效果不好等问题。

随着市场竞争的日益激烈和全球经济一体化进程发展，我国中小型木材加工企业急需改善自己的生产环境，降低生产成本，而在需要除尘措施的生产车间中，急需一种有效除尘的解决方案。因此在保证生产成本不大幅上涨，而又满足生产除尘要求的气力除尘系统在企业中越来越被需要。

本课题研究的目的是针对木材加工行业的生产特点，研究根据生产参数的不同实时进行智能控制，变频调节除尘系统风机的转速，最终达到在不大幅增加生产成本的前提下实现除尘效果的最优化。

1.3 研究内容和采用的方案

研究采用合理的控制手段，通过变频器根据实际生产情况实时的调节除尘系统风机的转速，以此解决木材加工行业粉尘污染和能耗过高的问题。本气力除尘系统应包括信息采集模块，智能控制模块，除尘执行模块，安全防范模块，监控模块，以此实现除尘效果与节能降耗的双重目的。

本课题拟采用气力输送技术，PLC 控制技术，传感器技术，变频器技术，PID 控制技术以及组态监控技术来针对中小型木材加工车间的气力除尘装置进行合理设计。整体的设计方案是利用传感器采集除尘管道的参数，通过 PLC 和设定值比较得出误差，设置 PID 控制器，通过误差得到控制值来通过变频调节技术改变电机的转速，从而使电机转速使管道参量达到设定值。并且可以 PLC 的网络接口利用组态监控技术来对控制系统的运行参数监控和调节。具体流程图如下如图 1.31。

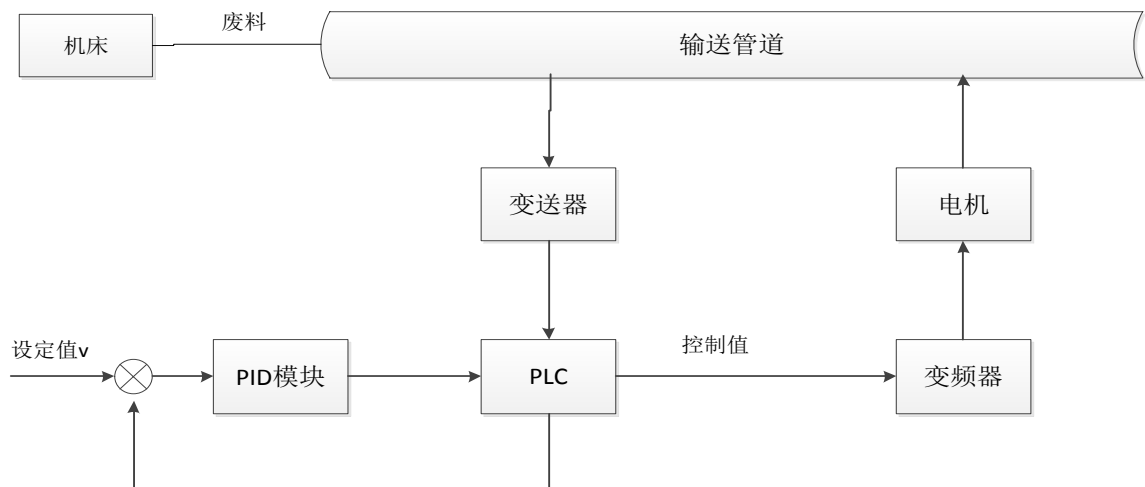


图 1-1 气力除尘系统的控制流程

2 气力除尘系统的总体设计

2.1 气力除尘系统的概述

在工业生产领域，自动控制系统是指在无人参与的前提之下生产过程能够按照期望的规律或者预定的程序自动执行一系列操作的系统。自动控制系统是由控制对象和自动控制装置组成。

2.1.1 模块化分析气力系统

自动控制装置作用是检测各个控制对象的参数，把数据传送给控制单元进行运算得出结果值控制对象执行特定的操作。根据装置在系统中的作用的不同可以把装置分为信息采集模块，智能控制模块，执行模块，安全防范模块，监控模块五个部分：

(1) 信息采集模块：自动控制系统能够实时的得到现场的环境参数主要依靠信息采集模块不断对设备中各个参数进行检测，并转换为控制模块可以识别的信息。信息采集模块主要通过各类检测传感器实现相应的功能。气力除尘控制系统主要使用压力传感器，火花传感器，湿度传感器，温度传感器，流量传感器，从而实现对控制对象的多方位采样，综合考虑控制系统的影响因素。

(2) 智能控制模块：智能控制模块能够智能的处理传感器传送来的各项数据，从而控制执行装置按期望值操作，相当于自动控制系统的“大脑”。智能控制模块可以采用单片机，PLC，DSP 等装置作为控制中心。本次研究的气力除尘系统通过 PLC 作为控制中心，通过 PID 算法对采集的数据进行最优化处理来控制执行器达到人们的期望值。

(3) 执行模块：在除尘系统中，通过智能设备优化运算得出的何合理值最终都要通过执行模块去实施。

(4) 安全防护模块：在所有工业设计中，安全是所有工业设计首要考虑的问题，安全措施穿插在所有的模块中。安全防护模块能够自动检测危险信号及时采取措施，防止事故发生和扩大，保护人身和设备安全。在气力除尘系统中，从火花传感器，湿度传感器到 PLC 内部逻辑设计以及执行装置的强电隔离，大功率报警装置都是为自动控制的安全做保护。

(5) 监控模块：随着工业水平的提高，控制系统变的越来越复杂，所有的自动控制过程难免出现错误。因此需要监控设备对现场控制数据进行实时的检测，并能够在特定状况下根据需要手动改变控制方案。随着发展，监控模块界面变得越来越人性化，不仅能够实时得出各项生产参数，而且能够通过控制界面实时编程改变控制策略。

2.1.2 控制对象分析

生产车间中的粉尘气力输送方式主要分为稀释流输送和密集流输送两种。稀释流输送的特点是粉尘在管道内呈悬浮状，通过气流在管道内产生的压差来输送物料，需要的气流速度比较大；密集流输送特点是物料挤满输送管道横截面，气流速度小，适用于形状均匀的物料，如锅炉处灰。

木材加工行业中，产生的主要粉尘危害为锯末，刨花，木屑，木质粉尘。其中锯末，刨花，木屑颗粒直径大，在加工过程中因为外力作用，具有飞溅速度快，不易收集等特点。而包括木工刨床，木工铣床，钻床，木工车床都会在生产过程中产生木质粉尘，它具有易漂浮，可燃，人体可吸入等特点。

综合考虑木材加工行业粉尘特点后，拟采用的气力除尘方式为稀释流输送方式。另外由于机床加工时不同岗位出现的粉尘特性不同，在设计除尘管道时需根据具体情况调整吸嘴的形状和位置。

采用稀释流气力输送的气力除尘系统需控制的参数对象可分为三类：

(1) 管道内混合气体的实时参数，这些参数包括管道内风速，风压和管道气体温度湿度。风速，风压参数恒定能够保证除尘效果达到要求。管道内温度湿度能够防止管道内出现火花和粉尘保证等危险。

(2) 为避免除尘风机过载或除尘效果不佳，需对除尘机基本参数进行整定，控制除尘风机的转速和功率。

(3) 因气力除尘设备的存在，室内空气会在短时间置换，因此需要控制生产车间内空气的质量参数。

2.2 气力除尘系统的装置分析和安装设计

2.2.1 气力除尘基本装置

气力除尘系统有由供料装置，气流输送管道系统，风机，分离装置和临时料仓组成。

供料装置：供料装置包括安装在木材加工机床刀口处的吸料口，吸嘴等。它主要是保证木材加工中产生的废料，木质粉尘能够及时进入气力除尘管道，所以供料器的合理设计能够改善除尘系统的效果。供料装置应根据生产中的实际情况调节吸料口的直径和位置。

气流输送管道：目前所使用的气力洗尘系统是普通型气力洗尘系统，它的特点是随着气流方向支气管数量逐渐增加，从而使主气流管的直径却越来越大，适用于车床数量比较少的小型企业。否则主气管道会变得非常大。气流输送管道系统包括管道，阀门，管道连接器等。

风机：风机是气力除尘系统的主要装置，用来提供气力除尘管道内的气流动力。选用风机的指标应包括风机的型号，风压，风量，效率，转速和功率，另外根据实际工厂的供电系统不同，需要考虑风机的供电方式和工作电压。风机的种类众多，根据各个风机的特性不同，气力除尘系统采用叶轮离心风机。叶轮离心分机根据动能转换为势能的工作原理，利用高速旋转的叶轮将气体加速，改变流向，使动能转换成势能。

分离装置和临时料仓：分离装置把混合气体中的固态粉尘和气体分离出来，气体用来循环利用或者排放到室外，固态废料放到临时料仓回收。目前分离装置通常利用离心力，重力，惯性力作用和布袋过滤等方法进行除尘。

2.2.2 气流管道的参数确定

气流管道的安装应该根据现场的实际情况确定采用何种结构的系统，再根据车间的平面图和立体图来布置主管道，支路管道，风机，分离器，料仓的位置。在设计时应遵循一下原则：

(1) 尽量采用室外集中除尘的方式。采用室外除尘的方式能够保证车间内的环境，有利于废料的集中管理。另外能够有效防止风机的噪音对车间环境造成二次污染。

(2) 主管道的布置应该全面考虑车间的采光，走向应遵循平行或垂直的特点。分支管道在遵循以上原则之外还要尽量减少弯头数量，不影响工人操作和车间内交通。另外，三通管，多通管，弯头，变径管要安装标准结构设计，并要保证内博的光滑整齐，接头处应有密封措施。

(3) 在机床洗尘口处应安装自动或手动闸门用以调节和节约风量。在主管道或物

料量较大的支管道处等容易堵塞的部位应开检查门，方便及时清除堵塞的物料。

(4) 主气管的横截面应等于各支气管的横截面之和：

$$\pi R^2 = \pi r_1^2 + \pi r_2^2 + \pi r_3^2 + \dots$$

其中 π 为圆周率， R 为主管道直径， $r_1 \ r_2 \ r_3 \dots$ 为支管道直径(支管道数量不应过多)

(5)在除尘系统运行时，管道内的风量，风速，风压能够反映除尘系统的基本运行情况，这三个参数相互联系，相互制约。在风量和风速共同决定了管道内横截面积。风量不变的情况下，减小横截面积能够提高风速，提高风压。因管道内各支管道风量等于主管道风量，而横截面积又遵循支气管横截面等于主气管截面积，所以管道各处的风速应基本相等。

除尘管道直径和风量风速的关系为：

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{3600\pi V}}$$

其中 Q 为风量 (m^3/h), V 为管道风速 (m/s), D 为管道直径 (m)

2.2.3 风机和分离除尘器的设计

(1) 气力除尘系统中气力输送环节根据风机安装方式不同，可分为吸送式，压送式和混合式三种。

吸送式。吸送式风机启动后，整个系统出现一定的真空度，在压差作用下空气流使物料进入吸嘴，并沿输料管输送至卸料处的分离器内，物料从空气流分离后由分离器底卸出分离物料，气流经除尘器净化后排入大气。优点是供料简单，能从数处同时吸取物料。但输送距离短，生产率低，工作时密封性要求高。

压送式。鼓风机将混合气体压入输送管，物料从供料口供入，空气和物料的混合物沿输送管道被压送到分离器处，物料经分离器后卸出，空气经除尘器净化后排入大气。特点与吸送式相反，可同时将物料输送到几处，输送距离较长，生产率高，但结构复杂。

混合式。混合式是吸送式和压送式的组合，与机械式连续输送装置相比，其特点是：物料在输送过程中是完全密闭的，受外部环境的影响小，工人工作环境有保证，物料不会污损或混入杂质，设备简单，结构紧凑，布置灵活，易于集中控制，可实现自动化，提高输送能力。混合式缺点是能耗比较大，对物料的块大小、粘性和湿度有限制，风机工作噪声大，输送具有磨削性的物料时，管道易磨损。

在实际生产布置中，可根据不同的生产环境和环境需要采用不同的废料输送手段。

(2) 除尘器设备是指把粉尘从混合气体中分离出来的设备。除尘器按照工作原理可分为机械力除尘器，洗涤式除尘器，过滤式除尘器，静电除尘器，磁力除尘器。其中在除尘器设备选型时，应根据现场的因素考虑处理风量，使用温度，入口含尘浓度，出口含尘浓度，操作压力和过滤速度。

在气力除尘系统中经常使用属于过滤式除尘方式的袋式除尘器，另外根据不同需要离心式除尘器也使用广泛。袋式除尘技术是利用滤袋来进行过滤除尘的技术，滤袋的材质可采用天然纤维，化学合成纤维，玻璃纤维，金属纤维等。在选用袋式除尘器时，过滤速度是重要的考虑因素，它的定义是过滤气体通过滤料的速度，或者是通过滤料的

风量和滤料面积的比。袋式除尘器过滤面积，处理风量的大小和过滤速度的关系满足下列公式，公式为：

$$Q = V \times S \times 60$$

Q——处理风量（ m^3/min ）

V——过滤风速（ m/min ）

S——过滤面积（ m^2 ）

为了提高除尘效果和连续工作能力，在实际时将袋式除尘器分为若干室，每一个室都有一个主气阀来控制该室是处于过滤状态还是离线状态。这样可以使在对一个室清理维修时处理风量由其他室负担，能够达到在线维修的设计要求。

2.3 控制环节的总体设计

本课题主要研究在保证风机风量风速满足除尘要求的前提下，采用自动控制系统使除尘风机能够自动调速并能实时监控除尘参数，从而达到节能和防范危险的目的。考虑到国内木材加工企业的资金，生产规模考虑采用 PLC 作为控制中心，通过 PLC 的 PID 调节模块来自动化调节风机。具体实现过程为：传感器和变送器将输送气管各项参数和供料装置的状态采集发送给 PLC，PLC 通过优化运算得到控制值，通过变频器来控制电机的转速，从而使主输送管道的参数核定，另外上位机通过 PLC 的通信接口实时监控控制数据和参数。如图：

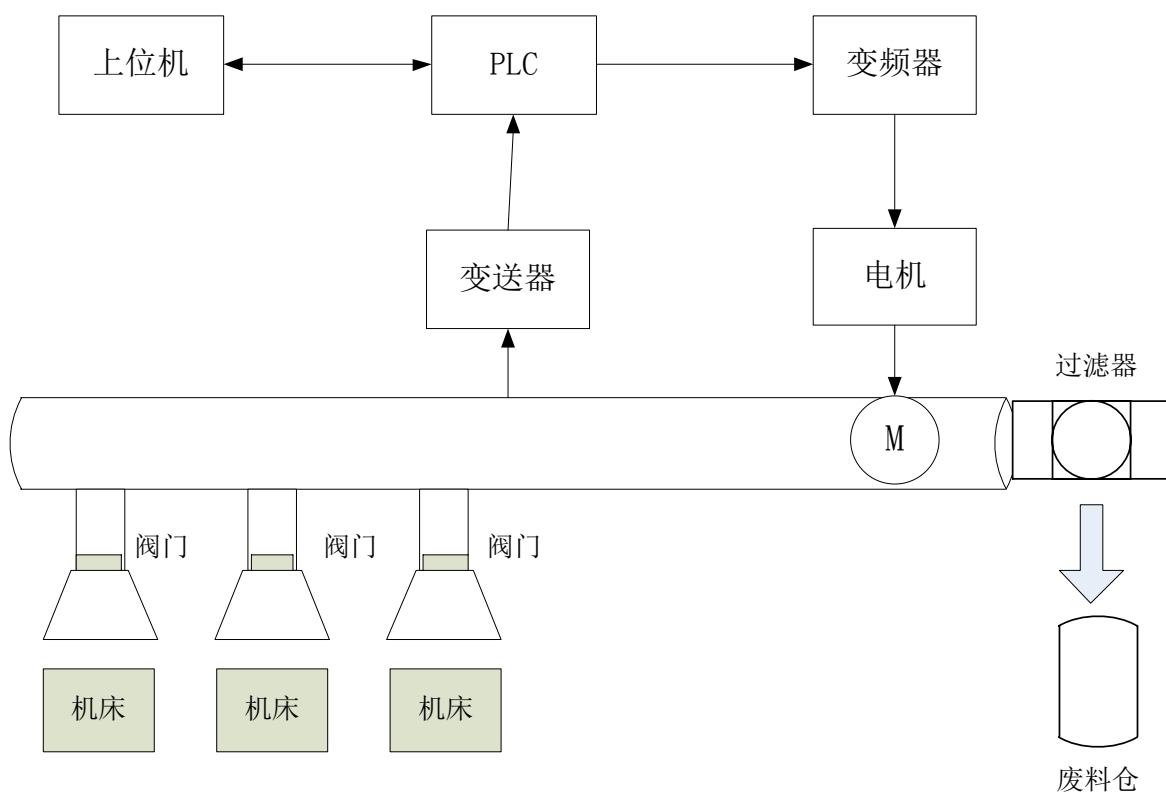


图 2-1 气力除尘系统的总体设计

在控制系统中 PLC 主要监控的参数有：主输送管道压力值，室内温度值，室内湿度值，管道内是否产生火花，分支压力值，供料阀的开关状态。PLC（可编程控制器）具体控制结构图如下：

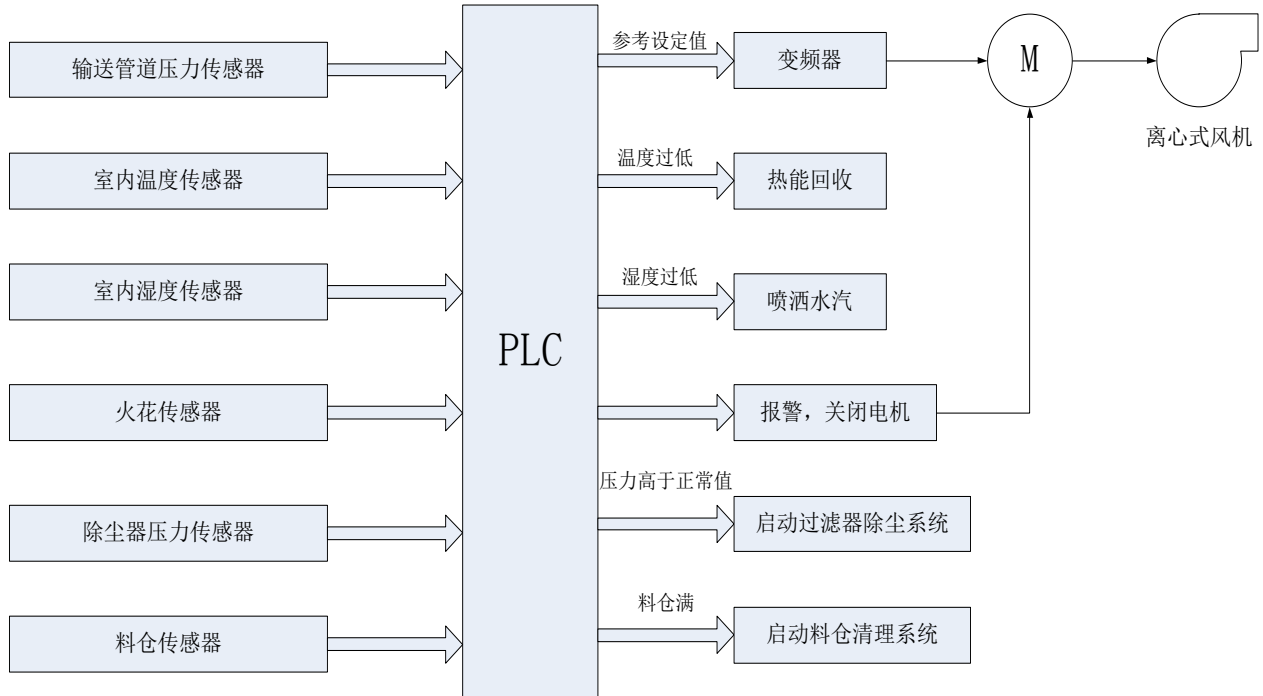


图 2-2 PLC 监控结构图

2.4 本章小结

本章通过模块化分析整个气力除尘系统，介绍了各个模块的组成，功能和参数的确定。另外具体介绍了控制环节需要监控的环境变量和与之对应的解决方法。

3 硬件设计

针对中小型木材加工行业的特点，本次设计采用 PLC（可编程逻辑控制器）作为控制中心，通过传感器和变送器来实现对现场的参数监控，并通过组态控制器来监控除尘系统的工作状态。在本章节中主要确定 PLC（可编程逻辑控制器），传感器，变送器，变频器和风机的选型。

3.1 PLC（可编程控制器）选型

PLC 本质上是一台可以用于控制的专用计算机。PLC 的主要特点是与控制对象有更强的接口能力，主要围绕着适宜于过程控制（即过程中数据的采集和控制信号的输出的以及数据的处理）的要求来进行设计的。

PLC 选型主要考虑 CPU（中央处理模板 Central Processing Unit），RAM 和 ROM，I/O 接口，通讯接口，扩展能力等。

（1）中央处理模版（Central Processing Unit，简称 CPU）是可编程控制器的核心部件。它的主要任务是按照一定的规律和要求读入被控对象的各种工作状态和环境参数，然后根据用户所编制的用户程序来处理有关数据，再通过执行器按照理想值去控制参数。

具体说 PLC 的 CPU 主要完成以下工作：

- 1，用户从编程器或 PC 编程软件送入的用户程序，并将它们存入用户存储区；
- 2，用扫描方式采集来自传感器，变送器的状态信号，并存入相应的数据区；
- 3，用户程序语法错误检查，并给出错误信息
- 4，系统状态及电源系统的检测；
- 5，执行用户程序，完成各种数据的处理，传输和存储等功能；
- 6，根据数据处理的结果，刷新输出状态存储表以实现对各种外部设备的实时控制和其他辅助工作。

（2）I/O 接口分为数字 I/O 接口和模拟 I/O 接口以及智能 I/O 接口。数字 I/O 主要实现 CPU 和 I/O 装置和外设之间的数字信号的联系，它完成电平转换，电气隔离，串并联数据转换，码字错误检测以及提供足够驱动能力的各种数字驱动信号等工作，有时还可提供各种中断和通讯等方面的控制信号。模拟 I/O 接口实现 PLC 与 I/O 装置之间模拟信号的连接，其中输入部分主要完成阻抗匹配，I/V 转换，小信号放大，信号过滤以及 A/D 转换等功能，以实现被控对象送出的模拟量转换成 PLC 易于处理的数字量的作用；输出部分主要完成阻抗匹配，功率放大和波形矫正等功能，以便向被控对象提供正常工作所需要的模拟控制信号。另外智能 I/O 接口进一步扩充了 I/O 的功能，以满足控制过程中的特殊要求，同时可以较少 CPU 的工作量。

（3）通讯接口是专用于数据通信的一种智能模块，在 PLC 中普遍使用，常常单列为一种接口。它主要用于实现人机对话，在一个具有多台 PLC 的复杂系统中，也可以通过通讯接口互联起来，以构成多机几部网络控制系统，或在计算机与 PLC 之间可使用通信接口，实现多级分布控制系统。

根据多项采样综合比较以及考虑未来扩展能力，本次设计采用 SIEMENS S7-200 类型 PLC，采用 CPU224 型 PLC。西门子 S7-200（CPU224）型 PLC 本机集成 14 输入/10 输出共 24 个数字量 I/O 点，2 输入/1 输出共 3 个模拟量 I/O 点，可连接 7 个扩展模块，最大扩展值至 168 路数字量 I/O 点或 38 路模拟量 I/O 点。20K 字节程序和数据存储空间，6 个独立的高速计数器（100KHz），2 个 100KHz 的高速脉冲输出，2 个 RS485 通讯/编程口，具有 PPI 通讯协议、MPI 通讯协议和自由方式通讯能力。本机还新增多种功能，

如自整定 PID 功能，内置模拟量 I/O,位控特性，线性斜坡脉冲指令，诊断 LED，数据记录及配方功能等。S7-200（CPU224XP）是具有模拟量 I/O 和强大控制能力的 CPU。



图 3-1 西门子 S7-200(CPU224XP)PLC

3.2 传感器的选型

传感器和变送器是实现自动检测和自动控制的首要环节，国家标准 GB7665-87 对传感器下的定义是：“能感受规定的被测量件并按照一定的规律(数学函数法则)转换成可用信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成”。

本次设计中主要用到的传感器有：温度传感器，湿度传感器，火花传感器，气体流量传感器，压差传感器。

3.2.1 温湿度传感器选择



图 3-2 温湿度传感器

根据工厂的实际情况，拟采用厦门泰勒斯公司的 TS-FTWI3 温湿度传感器。该系列变送器采用灵活的壁挂式安装，使用方便，输出两路标准 0-10v 电压，适用于大多数工控设备。

(1) 具体参数如下；

温度量程：0~+50℃/-20℃~+80℃/-40~+60℃（可根据拨码开关调节）

准确度：±0.3℃（全量程均值）

产品功耗：15mA

分辨率：0.1℃

湿度量程：0~100%RH

准确度(包括非线性度，迟滞和重复性)：±3%RH

工厂校验不确定度：

±0.6%RH(0~40%RH) / ±1.0%RH(40~97%RH)

响应时间 (90 %)静止空气：5s

分辨率：0.1%RH

(2) 电气接线图：



(3) 工作和存储环境

工作环境温度：-40~+80℃

工作环境湿度：0~99.9%无冷凝

工作电压：15~36VDC（建议值 24VDC）

存储温度：10 - 50° C (0 - 125° C peak)

存储湿度：20 - 60%RH

3.2.2 火花传感器

火花传感器选用特罗克斯 TX6321/2,它可以监测不能直接看到暗藏猛烈的火焰和火花



图 3-3 火花传感器

主要技术指标:闪烁频率为 3 — 15Hz,输出接点为 125vac,1A,1 个常开(火焰)1 个常开(故障),响应时间为 0.1 秒，为数字量输出。

3.2.3 气体流量传感器

本次设计采用上海扬基电子的 FCR70 气体流量传感器。FCR70 侧棒型热线式气体流量传感器采用热式原理，用于流体测速的测量，五转动元件因此具有高稳定性和重复性，并具有过电压，逆向电气保护。

FCR70 规格表：

测量介质：空气

流速测量范围：1m/s;10m/s;20m/s

准确度: $\pm 5\%$

工作环境: 温度 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$; 湿度: $10\sim 90\%$

响应时间: 1s

输出: 三线式 $0\sim 10\text{Vdc}$ 或输出负载 R_A : $R_A > 19\text{k}$

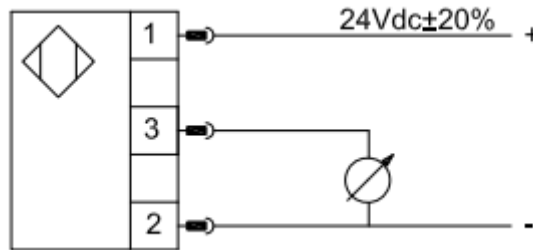


图 3-4 气体流量传感器电气接线

3.2.4 微压差变送器

微压差变送器 Setra（西特）265 型压差变送器。Setra 的 265 型压力变送器可测量差压或表压，并将此压差转换为成比例的电信号输出。265 系列电压输出可选用 24VAC 的激励，可提供 $4\sim 20\text{mA}$ 、 $0\sim 5\text{VDC}$ 和 $0\sim 10\text{VDC}$ 的输出形式。

Model 265 微差压变送器的量程从 $0\sim 50\text{Pa}$ 到 $0\sim 25\text{KPa}$ 。在常温的环境下，精度为满量程的 $\pm 1\%$ 。在 $-18^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内，温度影响小于 $\pm 0.06\% \text{ FS}/^{\circ}\text{C}$ 。Model 265 系列微差压变送器利用全不锈钢弹性膜片技术，由不锈钢膜片与固定电极构成一个可变电容，当压力变化时，电容值也会随之发生变化。Setra 独特的检测电路将电容值的变化转换为线性直流电信号。弹性膜片可最高可承受 70KPa 过压（正向/负向均可）而不会损坏。此变送器已进行了温度补偿，从而提高了温度性能和长期稳定性。



图 3-5 Setra（西特）265 型压差变送器

电气数据:

电压型: 电路: 3 路 (EXC, OUT, COM)

输出电压: $0\sim 10\text{VDC}/0\sim 5\text{VDC}$

输出阻抗: $100\ \Omega$

电流型: 电路: 2 路

输出: $4\sim 20\text{mA}$

零压时双向输出：12mA

电气负载：0-800 欧姆

3.3 变频器选型

变频器（Variable-frequency Drive, VFD）是应用变频技术和微电子技术，通过改变电机工作电源频率方式来控制交流电动机的电力控制设备。变频器主要由整流（交流变直流）环节、滤波环节、逆变（直流变交流）环节、制动单元、驱动单元、检测单元微处理单元等组成。主要作用是根据需要提供所需要的电源电压，进而达到节能，调速的目的，另外还有过压保护，过载保护等保护功能。

目前国内外变频器厂家无数，拥有众多性能良好，适合本次设计的变频器。经过多方位比对，最终选择松下电气生产的 VF100 三相 400 伏输入型变频器。

电气数据：

标准适用电机输出：0.75~15KW

额定输出电压：三相 380~460V

输入电源：单项 380~460V AC 50、60Hz

频率设定信号：0~5V DC，0~10V DC 或 4~20mA 0~20mA

外部控制信号：PWM 信号（信号周期：0.9~1100ms）

支持 RS485 通信接口



图 3-6 松下 VF100 型变频器

3.4 上位机

上位机是指可以直接发出操控命令的计算机，一般是 PC/host computer/master computer/upper computer，屏幕上显示各种信号变化。

根据各方面比较，本次设计上位机选用北京昆仑通态自动化公司生产的 MCGS-TPC1061Ti 型上位机。TPC1061Ti，是一套使用先进的 Cortex-A8 CPU 为核心（主频 600MHz）的高性能嵌入式一体化触摸显示屏。该产品采用了 10.2 英寸高亮度 TFT 液晶显示屏（分辨率 1024×600），四线电阻式触摸屏（分辨率 4096×4096）。同时出厂预装了 MCGS 嵌入式组态软件（运行版），具有强大的图像显示和数据处理功能。可通过其 COM（串行接口）接口与 PLC 进行数据交换，实现控制和监控操作。

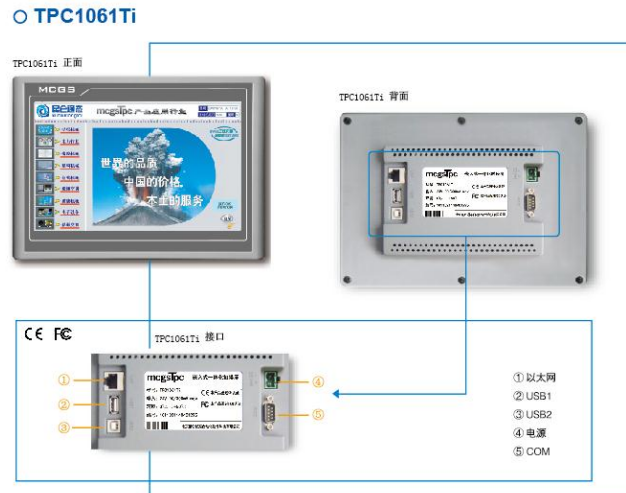


图 3-7MCGS-TPC1061Ti 型触摸屏

3.5 总结

本控制设计系统可将 PLC，变频器和扩展模块等安装在机柜内，可以保护设备不收车间内木屑，粉尘等污染，适应生产车间内的生产环境，设计中可以在控制柜上家上各种报警信号灯，控制信号灯来实时显示工作状态，提高设计的紧凑感。本次设计控制柜面板可以参考图 10.控制柜面板设计；设计中涉及到的输入输出量参考 表 1.控制输入输出信号统计。



图 3-8 控制柜面板设计

表格 3-1 PLC I/O 端口统计

信号来源	信号类型 (I/O)	信号类型	数量
温湿度传感器	输入	0~10V 模拟量	2
火花传感器	输入	数字量	1
气体流量传感器	输入	0~10V 模拟量	1
微压差变送器	输入	0~10V 模拟量	1
指示灯	输出	数字量	5
变频器	输出 (反馈存在输入)	0~10V 模拟量	1
变频器反馈	输入	0~10V 模拟量	1
面板按钮	输入	数字量	3
热能回收系统	输出	数字量	1
喷洒装置	输出	数字量	1
料仓控制装置	输出	数字量	1

4 软件设计

本次设计采用 PLC 编程设计方法，能够应对复杂的工作环境，工作可靠，数据处理能力强。软件设计主要用于参数的采集，数据处理，实时监控等功能

软件设计部分主要包括 PLC 程序设计，组态软件设计，调试三个部分。

4.1 PLC 程序设计

西门子 S7-200（224Xp）型 PLC 本机具有 14 数字量输入，10 数字量输出，并具有 2 模拟量输入和 1 模拟量输出。本次设计有 4 数字量输入，5 数字量输出，5 模拟量输入，1 模拟量输出，因此需要加入模拟量输入输出模块 EM235（4 模拟输入，2 模拟输出）来扩展模拟量。

4.1.1 PLC 端口接线和 PLC 地址分配

PLC 通过寄存器地址来进行信号的输入输出，本次涉及到的接口存取地址依次为：14 数字量输入对应 I0.0~I0.7 I1.0~I1.5；10 数字量输出对应 Q0.0~Q0.7 Q1.0~Q1.0~Q1.2；加上扩展模块 EM235 共有 6 模拟输入对应 AIW0 AIW2 AIW4 AIW6 AIW8 AIW10，3 模拟量输出对应 AQW0 AQW2 AQW4。

在 PLC 的端口接线时候需要根据实际信号的特性接到不同的端子上。在本次设计中，需要加入 EM235 模拟输入输出模块。EM235 共有 4 模拟输入，1 模拟输出，可通过拨码开关调节输入信号的范围和灵敏度，本次须将其设为 0~10V 采样，并加上 CPU 本身自带的一个模拟量端口来完成模拟量的采集。数字量可通过 S7-200 自身的数字量端口完成数字量采样和输出。具体端子接线图 4.11

PLC 内部编程时需要根据接线端确定输入对象的类型和具体位置。表 4.1 和表 4.2 给出了 PLC 接线端对应的 PLC 内部地址。

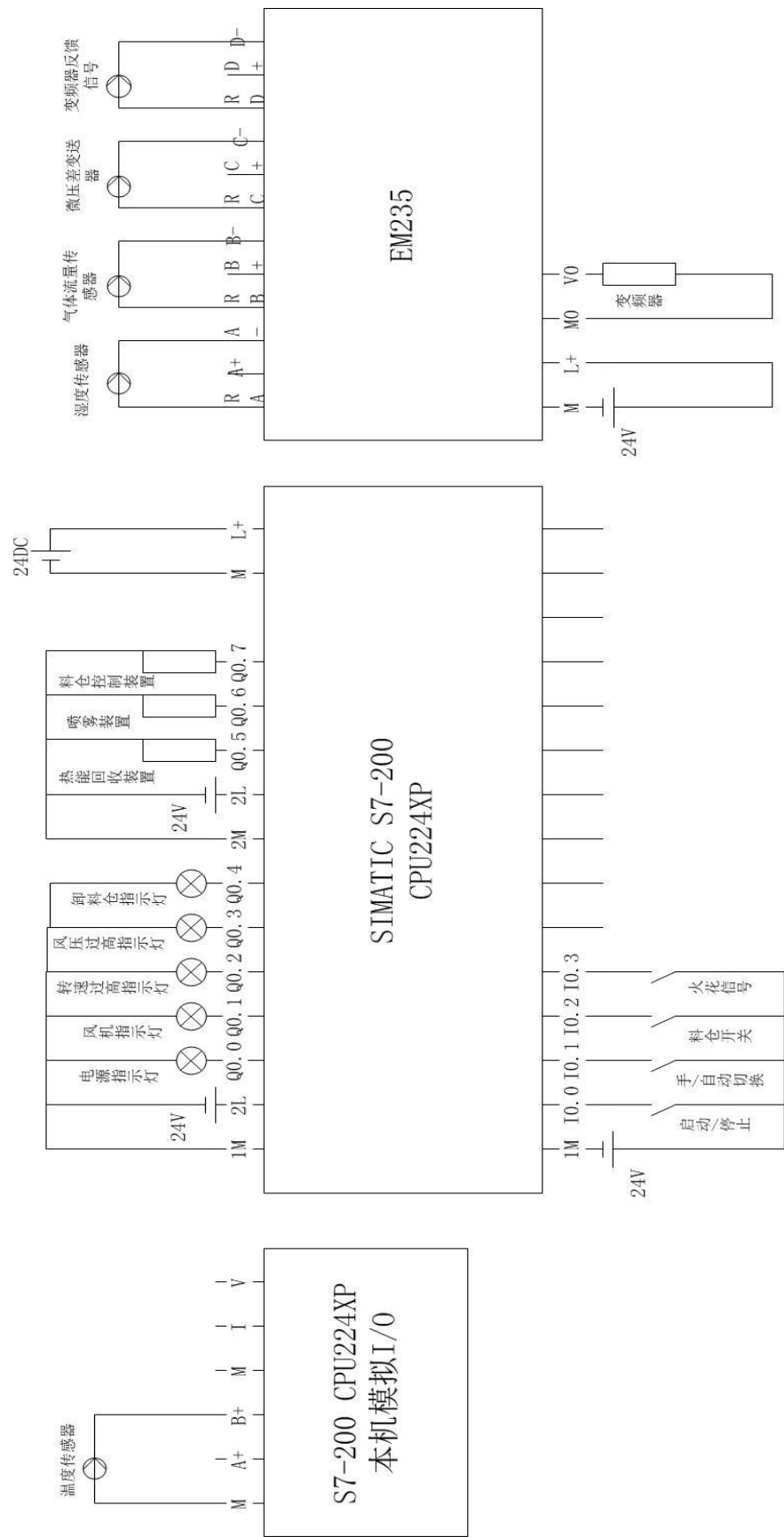


图 4-1 PLC 与外部设备接线图

表格 4-1 PLC 输入信号地址分配表

IR 区位	注释
I0.0	启动/停止信号
I0.1	手/自动切换信号
I0.2	料仓开关控制信号
I0.3	火花传感器状态信号
AIW2	温湿度变送器温度信号
AIW4	温湿度变送器湿度信号
AIW6	气体流量传感器信号
AIW8	微压差变送器信号
AIW10	变频器反馈信号

表格 4-2 PLC 输出信号地址分配表

QR 区位	注释
Q0.0	电源指示灯
Q0.1	风机工作指示灯
Q0.2	风机转速过高指示灯
Q0.3	管道压力过高指示灯
Q0.4	卸料仓满指示灯
Q0.5	热能回收系统
Q0.6	喷洒装置
Q0.7	料仓控制装置
AQW2	变频器控制信号

4.1.2 PLC 总体程序设计

本控制系统的总控制流程图如 图 4.12 所示。系统开机后，进行初始化，之后依次检测是否有系统设备故障，管道风压是否低于设定值，室温是否低于设定值，室内湿度是否低于设定值，卸料仓是否满等状态，然后根据不同的信号采取不同的执行动作。

具体工作流程：系统开机启动后，PLC 进行内部程序初始化，载入用户程序。传感器根据时间环境转换为电信号传送给 PLC I/O 接口。PLC 对传感器和开关等信号进行处理（模拟量进行模数转换为数字量）。PLC 根据用户程序的设定对数据进行对比，进行比较之后通过 PID 算法计算出控制量，通过 I/O 端口传送给变频器，喷雾系统，热量回收系统进行执行相应的动作。

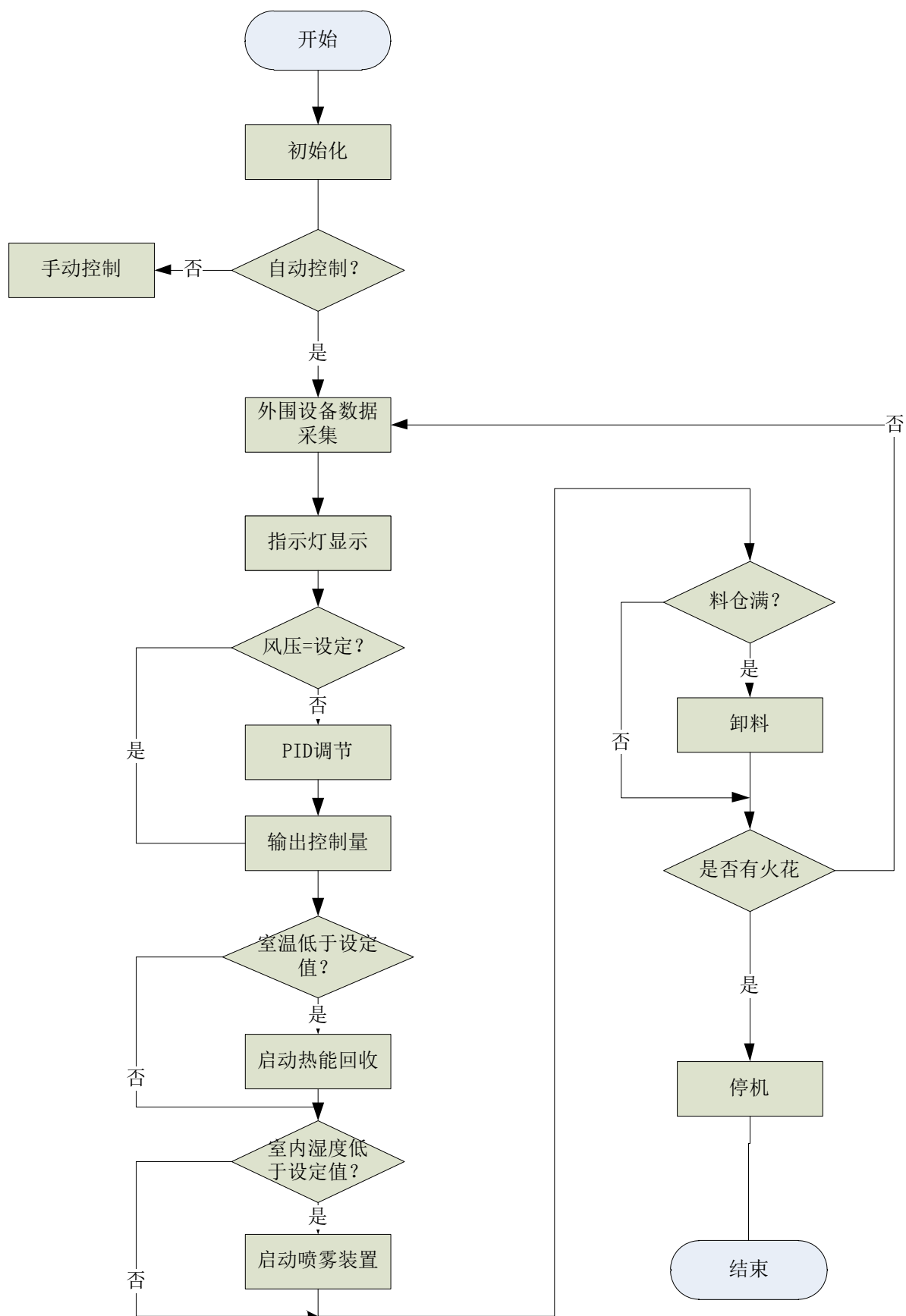


图 4-2 PLC 总体用户程序流程图

4.1.3 PID 整定

PID 控制器是应用最广泛的控制器，在本次设计中使用的西门子 S7-200 型 PLC 内部拥有 8 路 PID，能够很好的适应复杂的控制现场。PID 控制器的整定是控制系统设计的核心内容，它能够根据被控过程的特性，确定 PID 控制器的比例参数，积分时间和微分时间的数值。PID 控制器就是根据系统的误差，利用比例，积分，微分算法的结合计算出的控制量来进行控制：

(1) **比例 P 控制：** 比例控制是一种最简单，最常用的控制方式，如放大器，减速器。比例控制器能立即成比例的响应输入的变化量，当仅有比例控制时，系统输出存在稳态误差

(2) **积分 I 控制：** 在积分控制中，控制器的输出量输入量对时间的积累。对一个自动控制系统，如果在进入稳态后存在稳态误差，这样是控制系统统称为有差系统。为了消除稳态误差，在控制器中需要引入“积分项”。积分项对误差运算取决于时间的增加，积分项会增大。所以即使误差很小，积分项对误差的运算取决于时间的积分，随着时间的增加，积分项会增大。所以即使误差很小，积分项也会随着时间的增大而加大，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，采用比例加积分 (PI) 控制器，可以使系统在进入稳态后无静态误差。

(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）成正比函数关系。自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现震荡甚至失稳等状况。其原因是由于存在有较大的惯性组件或者存在滞后环节，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”，即在误差接近零的时候，抑制的作用就是零。而微分项就能够预测误差变化的趋势，这样就能够避免被控量的严重超调。

PID 控制器参数整定的方法有很多，概括起来有如下两大类：

一，理论计算整定法：它只要依据系统的数学模型，经过理论计算确定控制器的控制参数，这种方法所得到的计算数据未必可以直接使用，还必须通过工程实际去调整和修改。PID 算法控制原理基于一下公式：

$$M(t) = K_c \cdot e + K_c \cdot \int_0^1 e dt + M_{initial} + K_c \cdot \frac{de}{dt}$$

其中 $M(t)$ 是 PID 回路的输出； K_c 是 PID 回路的增益； e 是 PID 回路的偏差（给定值与过程变量的差）； $M_{initial}$ 是 PID 回路输出的初始值。

二，工程整定法：它主要依赖于工程经验的方法，直接在控制系统的试验中进行整定，它具有方法简单，易于掌握的特点，在工程实际中被广泛采用。PID 控制器参数的工程整定方法，主要有临界比例法，反应曲线法和衰减法。这三种方法各有特点，但其都要通过试验，然后按照工程经验公式进行最后的调整和完善。

现在一般采用的是临界比例法。利用该方法进行 PID 控制器参数整定步骤如下：

- 1，首先选择一个足够短的采样周期让系统正常工作。
- 2，仅加入比例控制环节，直到系统对输入的阶跃响应出现临界震荡，记录这时的比例放大系数和临界周期。
- 3，在一定的控制参数下通过公式计算得到 PID 控制器的参数。

本次气力除尘系统的设计需要根据实际的操作情况，通过工程整定法完成 PID 控制器参数的整定。

在 SETP7-Mico/Win 的 PID 中，PID 可以通过设置向导添加 PID 环节，之后可以根据

设置向导设置给定值，回路参数（包括比例增益，积分时间，采样时间，微分时间）等参数，之后确定输入输出的类型。PID 环节在程序中作为一个子程序来调用，可以在应要加入 PID 控制的环节加入创建的 PID 子程序，方便现场对 PID 进行整定。

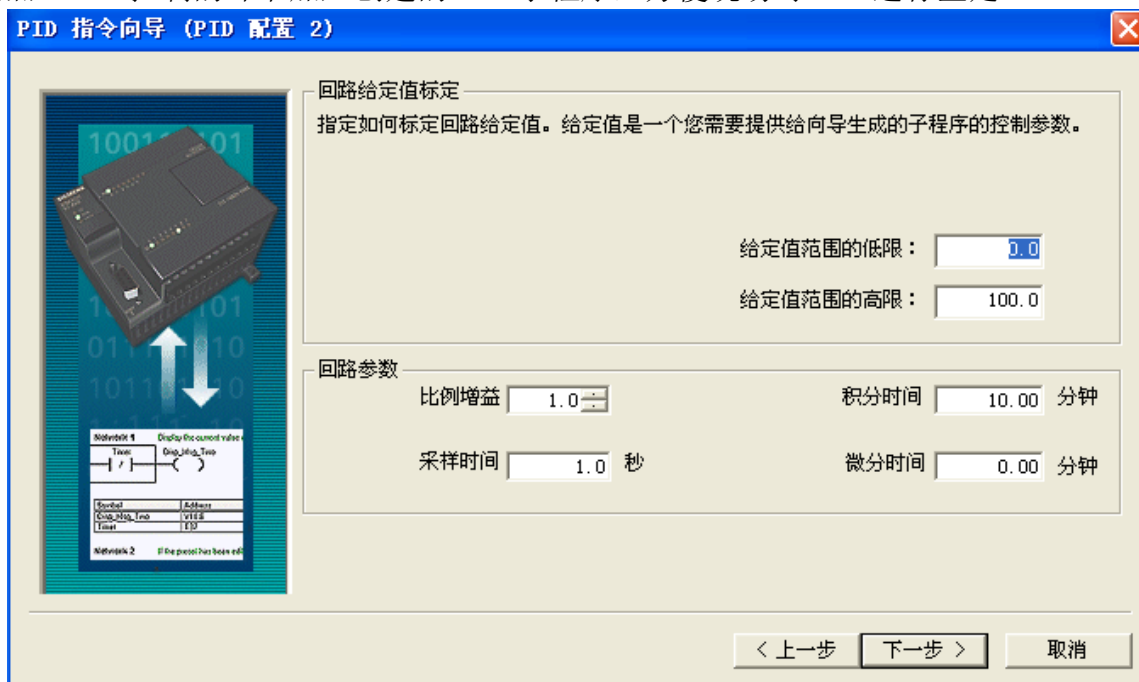


图 4-3 PID 模块回路参数设置

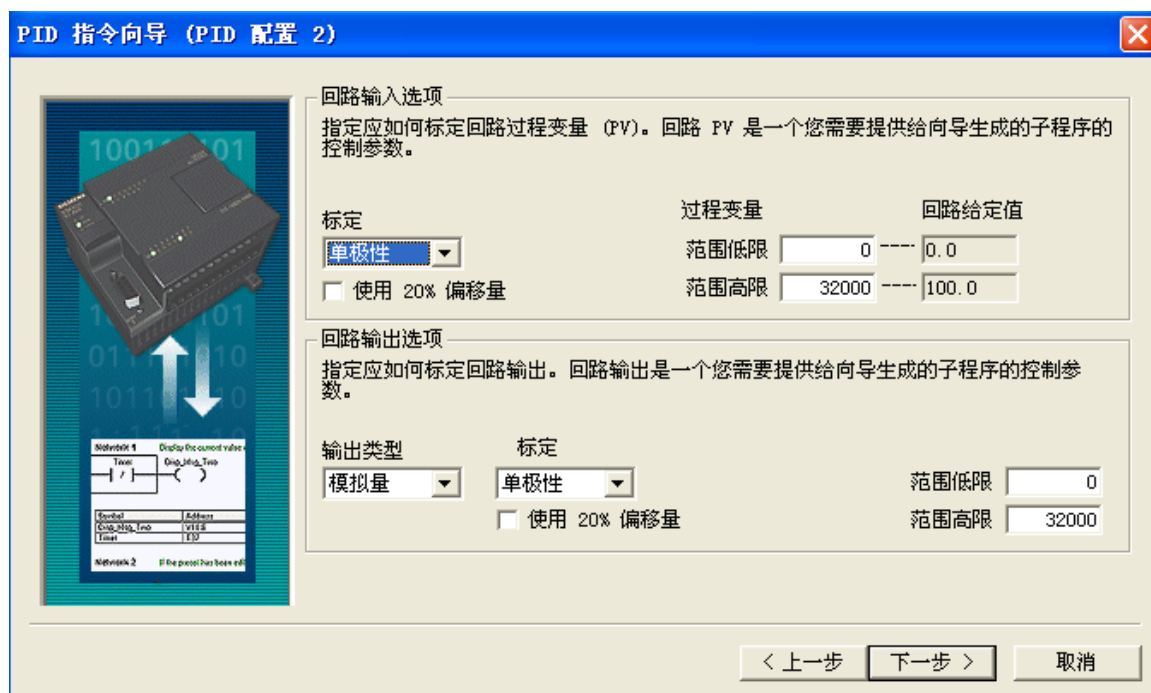


图 4-4 PID 模块输入输出类型设置

4.2 上位机 MCGS 组态软件设计

组态软件是指在用户程序软件领域中，操作人员根据应用对象及控制任务要求，配置（包括对象的定义，制作和编辑，对象状态特征属性参数的设定等）用户应用软件的过程。即使用软件工具对计算机及其软件的各种资源进行配置，达到让计算机或者软件

按照自动执行特定任务满足使用者要求的目的，也就是把组态软件视为“应用程序生成器”。

本次设计使用的上位机是北京昆仑通态自动化公司生产的 MCGS-TPC1061Ti 触摸型监控界面。它具有响应速度快，程序设计简单等优点。MCGS 的组态软件设计采用其公司配套提供的 MCGS 嵌入式版软件进行组态编程。

4.2.1 系统工作流程界面

系统流程监控界面是上位机开机启动显示的界面，是主监控界面。主监控着界面应包括手自动切换，手动控制区，自动控制监控曲，系统流程监控区和报警区等部分，以保证能够在主监控界面对气力除尘系统工作状态有总体的把握。

本次设计的主监控界面包括手自动切换区，手动控制区，自动控制区，系统流程区和报警信息五部分组成。能够对气力除尘系统的手自动控制，状态监控，自动控制参数监控和报警信息进行实时监控。

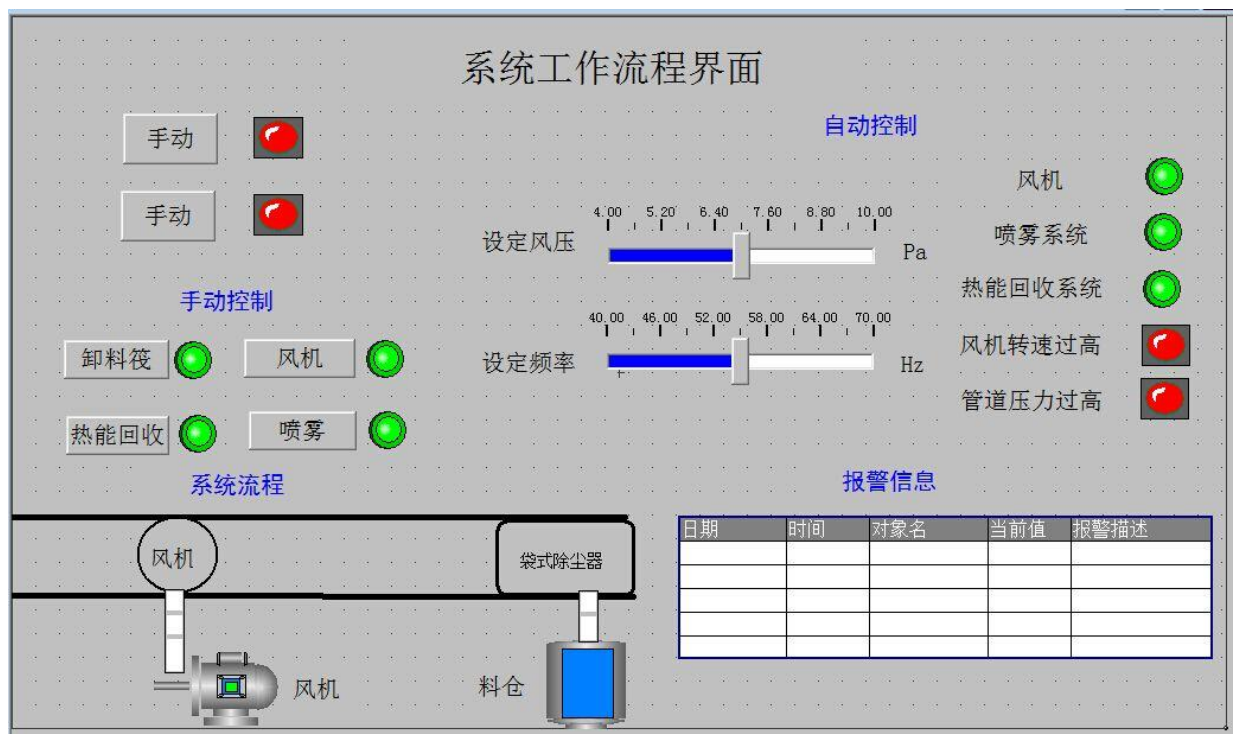


图 4-5 MCGS 主界面

4.2.2 实时监控曲线界面

工程中在对系统进行组态时经常需要实时了解各种参数的变化，用以判断工作状态是否正常，因此需要对重要的参数进行组态分析。

气力除尘系统中，风机的功率，管道内风压，生产环境的温湿度都是重要的生产参数，因此在组态时需要对这四项目参数进行组态分析。所以在本次设计中加入实时监控曲线界面对风机功率，管道内风压，温湿度进行曲线图实时记录。

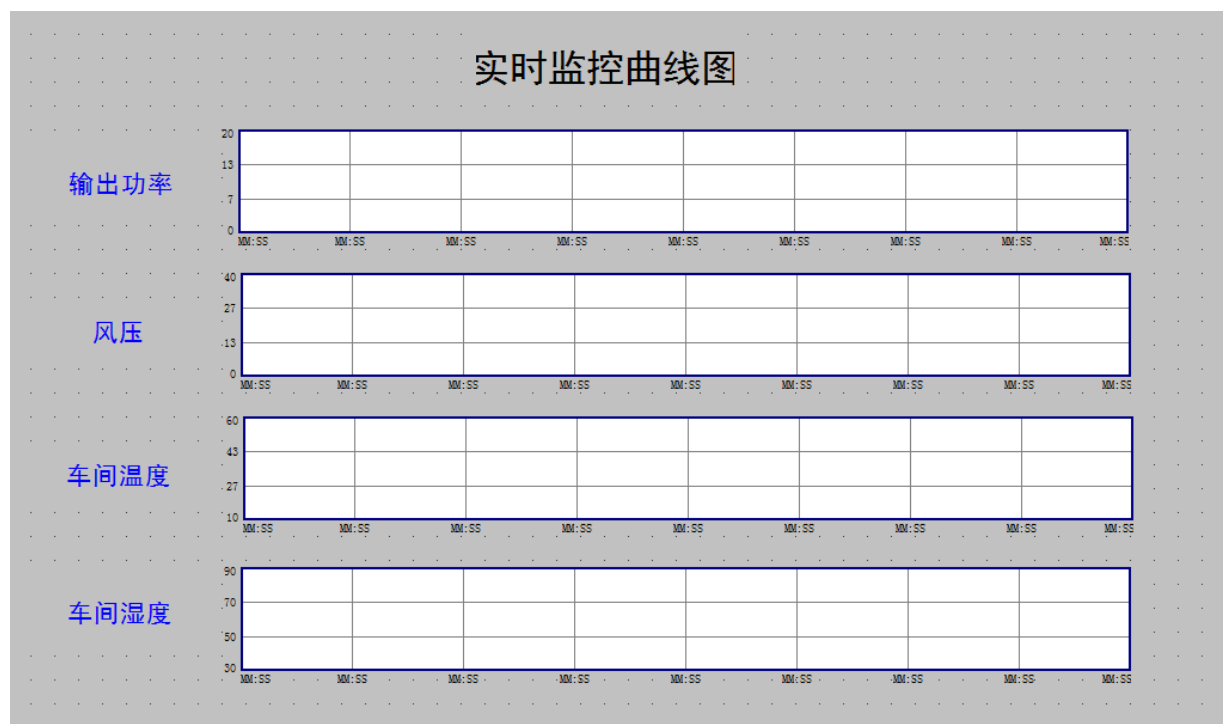


图 4-6 MCGS 实时监控曲线界面

4.2.3 历史曲线监控界面

在工业生产中，系统故障有时是避免不了的，而怎样快速解决系统故障成为现代控制的研究方向。排除故障就需要对系统工作的历史数据进行分析，因此系统工作时各项参数的记录保存是必不可少的。

本次设计加入了历史监控界面来记录历史数据，使工作人员在系统故障时能够即使得到系统各项参数的历史数据，方便工作人员检查故障。

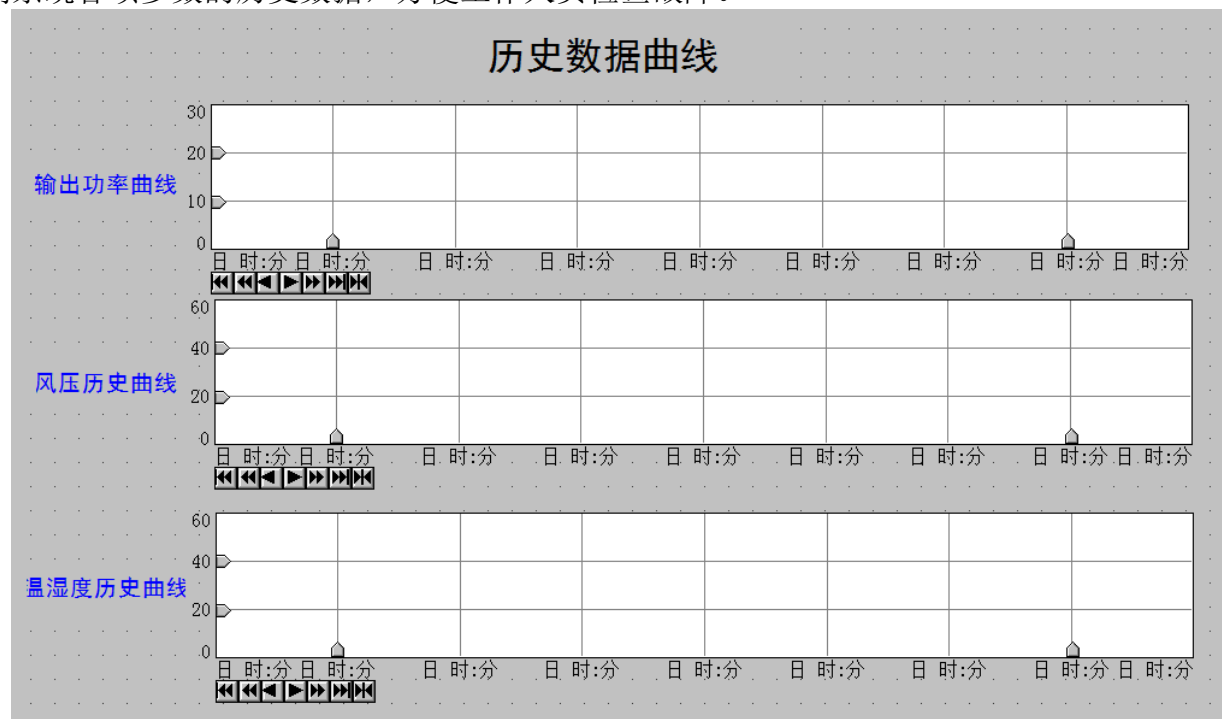


图 4-7 MCGS 历史数据界面

4.3 系统安装调试

在木材加工行业生产环境中，由于木屑，粉尘的存在，对 PLC 控制系统的可靠性带来了新的要求。PLC 的稳定运行直接影响到生产的安全稳定。所以在系统安装时需要根据实际情况考虑种种因素。

（1）在生产车间中，PLC 与外围设备的通讯距离远，需要的通讯电缆长，在电缆上阻抗大，而且有各种干扰信号可能使设备误操作。因此对 PLC 的信号可以通过继电器隔离后发给外设，这样能够有效解决信号干扰问题。

（2）信号传输工程中，通信线之间产生分布电容，电感的电磁耦合现象，影响了信号的收发正确率。因此，在选择通讯线路时，应选用金属屏蔽型电缆，并把弱点和强电分开布置。

（3）木材加工行业中容易产生木质粉尘，因此 PLC 和各个外部设备应尽可能放在一个控制柜内，减少木质粉尘危害，并合理安排控制柜，外部风机的位置，从而缩短通信距离，减少干扰信号。另外控制柜应尽可能远离高压柜，高频设备等易产生干扰信号的设备。

（4）为避免感性负载产生的浪涌电压对设备，元件造成破坏，应在控制器触点输出的位置并接续流二极管。为保护 PLC 的输出模块，应在输出端并接旁路电阻或者在负载处串联限流电阻等措施来保护系统内部元件。

结论

在木材加工行业，除尘措施是必不可少的。而随着工业化发展和自动控制理论的发展，除尘系统的自动化设计也日新月异。而如何设计出安全，可靠，节能，实用的除尘系统成为木材加工行业提高企业竞争力，改善劳动环境的关键。本次设计通过 PLC 作为控制中心的气力除尘系统，对气力除尘自动化有了深刻的了解。

（1）本次设计通过“PLC 和编程软件+上位机组态软件+变频器+传感器”的整体控制方案，实现了基于 PID 控制的气力除尘系统，有效解决了除尘效果和节能的矛盾，实现在满足除尘效果的同时最大程度节约电能的目的。

（2）本系统采用 PLC 作为控制中心，能够有效应付各种复杂的生产环境，提高系统的可靠性。PLC 抗干扰能力强，能够在木材加工行业中恶劣的环境中可靠工作，故障修复时间短。而且 PLC 的控制程序可根据需要实时改变，有很好的柔性。

（3）本次设计采用传感器技术来对现场的数据进行实时采集分析，能够实时监控各项参数，通过 PLC 强大的数据处理能力来对生产现场的状态分析，从而即使挑战气力除尘系统的工作参数，保证各项生产参数的正常。

（4）PLC 使用 PID 控制原理控制变频器来控制风机的实时参数能够精确的调整风机的功率，风量。PID 控制原理的良好的鲁棒性能够保证气力除尘系统风压风量等参数在合理的范围内。

（5）通过 MCGS 设计用户界面良好的组态设计，能够实现系统的远程监控管理。良好的监控界面简单，易懂，通用性强，操作方便简单，操作人员不必接收专门的培训。

本次设计完成了木材加工行业的气力除尘的系统设计，具有可控性强，实时性强，上位机用户界面等优点。因为生产要求的不断提高和生产环境的复杂性，可在生产环境进行模拟，可本系统之上添加各种监控变量，控制变量来设计出实用性最强的气力除尘系统。

参考文献

- [1]李健东.基于 PLC-模糊 PID 气力除尘控制系统在家具车间应用中的研究[D].东北林业大学,2008.
- [2]王成明.木材工业气力输送与除尘工程验收评价体系的研究[D].南京林业大学,2008.
- [3]池雪莲.传感器技术应用及发展趋势展望[J].襄樊职业技术学院学报,2006,01:7-9.
- [4]祝彦杰,李政,花军,曹军.基于 PLC 控制的气力除尘装置设计[J].应用能源技术,2006,09:38-41.
- [5]陈楠,施德,孙毅,孟峰,王重任.PLC 模/数转换及并行通讯在装载系统中的应用[J].矿山机械,2006,11:136-137.
- [6]包建华,丁启胜,张兴奎.工控组态软件 MCGS 及其应用[J].工矿自动化,2007,03:92-94.
- [7]李健东,花军,宋蛰存.浅析气力除尘系统控制技术在木材加工领域的应用[J].林业机械与木工设备,2007,11:14-17.
- [8]郭书杰.软件 PLC 梯形图编程系统的研究与实现[D].中国科学院研究生院(沈阳计算技术研究所),2010.
- [9]付翔.木材工业除尘装置性能在线监控系统的研制[D].南京林业大学,2010.
- [10]王红梅.现有气力除尘系统现状及应用分析[J].包钢科技,2010,01:75-77.
- [11]吕品.PLC 和触摸屏组合控制系统的应用[J].自动化仪表,2010,08:45-47+51.
- [12]邹伟,杨平,徐德.基于 MCGS 组态软件的上位机控制系统设计[J].制造业自动化,2008,12:103-108.
- [13]韦寿祺.可编程控制器数模转换和模数转换装置的设计[J].广西轻工业,2008,07:46-47.
- [14]王述彦,师宇,冯忠绪.基于模糊 PID 控制器的控制方法研究[J].机械科学与技术,2011,01:166-172.
- [15]何芝强.PID 控制器参数整定方法及其应用研究[D].浙江大学,2005.
- [16]韩兵兵.PLC 梯形图编程系统研究与实现[D].华南理工大学,2013.
- [17]陆遥.传感器技术的研究现状与发展前景[J].科技信息,2009,19:31-32+35.
- [18]王雪松,张春来,赵殿礼.基于 PLC-200 的大功率直流电动机调速系统的设计[J].大连海事大学学报,2009,S1:224-226.
- [19]王蕊,宋正强.PLC 梯形图程序的设计方法[J].机床电器,2009,06:28-31+39.
- [20]李文,赵慧敏,邓武.变频器驱动异步电机振动频谱特征分析[J].电机与控制学报,2012,08:67-73.
- [22]韩焦.通用变频器调速系统关键技术研究[D].南京理工大学,2014.
- [23]Wang Deming,Lu Xinxiao,Wang Hetang,Chen Mingjie. A new design of foaming agent mixing device for a pneumatic foaming system used for mine dust suppression[J]. International Journal of Mining Science and Technology,2016,02:187-192.
- [24]Jiao Yin,Hu Liu,Jun Wang,Ke Li. Control System Design of Pneumatic Conveying in Sand/Dust Environment Simulation Test[A]. International Materials Science Society.Proceedings of 2013 International Conference on Materials Engineering and Mechanical Automation(MEMA 2013)[C].International Materials Science Society:,2013:6.
- [25]Frede Blaabjerg. Research for Single-phase Two-level Photovoltaic Inverter Connected to Grid[A]. Information Engineering Research Institute.Advances in Biomedical Engineering——2012 International Conference on Mechanical Engineering and Automation(ICMEA2012)[C].Information Engineering Research Institute:,2012:9.

致谢

非常感谢宋蛰存教授在我大学的最后学习阶段——毕业设计阶段给我的指导从最初的定题到资料收集到写作、修改到论文定稿他给了我耐心的指导和无私的帮助。同时感谢所有任课老师和所有同学在这四年来给自己的指导和帮助是他们教会了我专业知识教会了我如何学习教会了我如何做人。正是由于他们我才能在各方面取得显著的进步在此向他们表示我由衷的谢意并祝所有的老师培养出越来越多的优秀人才桃李满天下。！

感谢机电工程学院老师和同窗们的关心和支持！感谢所有帮助过我的人！感谢我的家人！

毕业设计评审意见表 A

毕业设计题目	气力除尘系统的电气设计		
学生姓名	范云飞	专业班级	电气工程及其自动化 4 班
指导教师评语：			
建议成绩：			
指导教师（签字）：			
年 月 日			

毕业设计评审意见表 B

毕业设计题目	气力除尘系统的电气设计		
学生姓名	范云飞	专业班级	电气工程及其自动化 4 班
评阅人评语：			
建议成绩：			
评阅人（姓名、职称）：			
年 月 日			

毕业设计评审意见表 B

毕业设计题目	气力除尘系统的电气设计		
学生姓名	范云飞	专业班级	电气工程及其自动化 4 班
评阅人评语：			
建议成绩：			
评阅人（姓名、职称）：			
年 月 日			

答辩委员会(教师姓名、职称):

答辩委员会意见:

毕业设计成绩: