



东南大学学位论文独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得东南大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生签名：袁运建 日期：2010.4.6

东南大学学位论文使用授权声明

东南大学、中国科学技术信息研究所、国家图书馆有权保留本人所送交学位论文的复印件和电子文档，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。本人电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。除在保密期内的保密论文外，允许论文被查阅和借阅，可以公布（包括以电子信息形式刊登）论文的全部内容或中、英文摘要等部分内容。论文的公布（包括以电子信息形式刊登）授权东南大学研究生院办理。

研究生签名：袁运建 导师签名：叶 日期：2010.4.7

摘 要

高温工业炉电视监控系统是高温工业环境的特种闭路电视监视系统,利用内置摄像头的探头伸入高温炉内观察炉内的工件运行、物料熔化和火焰形状等状况,可以保证生产安全,改善工作环境,降低劳动强度,提高产品质量,便于实现生产过程的自动监控和集中调度,并使安全管理人员和操作人员能及时发现问题或隐患的同时,在操作室或调度室就可以及时处理、解决问题或及时提醒现场的工作人员和操作人员以防事故的发生,可广泛用于冶金、电力、建材、轻工、化工、机械等行业的加热炉、蒸汽锅炉、玻璃熔融槽、烧结炉等工业高温设备上。

首先,论文分析了高温工业炉电视监控系统研究的背景、意义、相关技术及其研究现状;针对课题所需实现的系统各方面需求功能进行了简要的分析,并在此基础上,规划了监控系统的总体设计,包括设计思路和整体架构。

接着,论文进行了系统下位机软硬件的设计与实现。基于单片机的下位机控制器首先利用模数转换接口,采集现场的温度、冷却气流量、冷却气压力、冷却水压力传感器的模拟量信号,再将得到的实时参数显示在控制箱的小型液晶屏上,并与上位机进行实时数据通讯;在温度过高或风压过低或时间过限时,下位机控制器可实现探头自动退出保护控制。在控制系统硬件设计和功能需求的基础上,论文分别编写和调试了下位机的功能软件。

然后,论文进行了系统上位机的设计与实现,主要分为组态界面和视频 VC 窗口两部分。依据“组态王”开发工程的步骤,依次建立监控系统工程,架构整个工程的骨架,详细设计实现功能的各个画面、定义和单片机连接的 IO 设备、新建并关联保存数据信息的数据库,建立画面的动画连接,运行调试系统工程,最终实现所需的生动形象直观的人机界面。最后利用集成了大量的 SDK(软件开发工具包)函数的 VC404P 视频卡来二次开发实现视频 VC 窗口。

在上下位机都设计好的基础上,进行了联调测试,并对项目过程中的工作内容做了总结,提出了作者的体会和对产品改进的展望。

关键词: 电视监控 探头装置 单片机 液晶模块 RS485 组态王

Abstract

The television monitored system of high temperature furnace is a special closed-circuit television system, which worked in high temperature environment, can be put directly into the high temperature furnace to observe the condition, such as the operation of workpiece, material melting, flame shape and so on. Therefore, it can ensure the safety in production, improve the working environment, reduce labor intensity, enhance the quality of production, realize the process of production scheduling and centralized monitoring. And at the same time, it can remind security management personals or operators the hidden danger and question to notice them to handle, solve problem in time or to prevent from case of accidents. It can be used in many trades, including metallurgy, power, building materials, light industry, chemical industry and machinery industry.

Firstly, the paper analyses the research background, significance, related technology and research status of the television monitored system of high temperature industrial furnace. Then, the subject system for all aspects of demand function is analyzed briefly. And on the basis, the overall design of the monitoring system is planned, including the design idea and the whole structure.

Secondly, the design and realization of the hardware and the response software of the system is presented. The controller is based on Single-Chip Microcomputer (SCM), it gets analog signals through its A/D conversion interface, and these analog signals include the standard current signals by the temperature sensor, cooling air flow sensor, cold air pressure sensor and water pressure sensor on the spot. The controller makes these obtained real-time parameters display in the LCD(Liquid Crystal Display) and it communicates with the monitoring host. When the temperature is too high or the cold air pressure is too low or the time is too long to work, it also can control the probe to quit automatically to protect the device. Then according to the hardware design and requirement, the response software of the hardware is programmed and debugged.

Thirdly, the design and realization of the human-computer interface on television monitored control system and video VC window is presented. According to the steps of the "KingView" development project, establishing monitoring system engineering, planning of the project architecture, and designing in detail the framework of each functional picture, defining IO(Input/Output) devices which connect with SCM, creating and associating database to save the parameters, embedding language to obtain animations results, running and debugging the project is done successively to achieve the needed vivid intuitive human-computer interface. Finally, video VC window is designed by using the video card (VC404P) SDK (Software Development Kit) integrated functions.

Finally, the controller and the human-computer is debugged and tested together after all design finished, and the work of project is made a summary, and the following research work is discussed in briefly.

Keywords: Television Monitor Probe Device Single-Chip Microcomputer(SCM)
Liquid Crystal Display(LCD) Module RS485 KingView

目 录

摘要.....	I
Abstract.....	II
目录.....	I
第一章 绪论.....	1
1.1 课题研究的背景和意义.....	1
1.2 相关技术及其研究现状.....	2
1.2.1 相关技术.....	2
1.2.2 研究现状.....	3
1.3 本课题的主要研究内容.....	5
1.3.1 监控系统下位机设计与实现.....	5
1.3.2 监控系统上位机设计与实现.....	5
1.4 本文的章节脉络安排.....	5
第二章 需求分析和总体设计.....	7
2.1 监控系统功能需求简析.....	7
2.2 监控系统总体设计规划.....	7
2.2.1 设计思路.....	8
2.2.2 整体架构.....	8
2.3 本章小结.....	10
第三章 监控系统下位机设计.....	11
3.1 监控系统探头装置分析.....	11
3.1.1 探头装置简述.....	11
3.1.2 高温针孔镜头.....	12
3.1.3 CCD 摄像机.....	12
3.1.4 冷却保护系统.....	12
3.2 基于单片机的硬件设计.....	13
3.2.1 单片机的选型.....	13
3.2.2 LCD 模块设计.....	15
3.2.3 OSD 模块设计.....	17
3.2.4 通信接口设计.....	19
3.2.5 模数接口设计.....	20
3.2.6 I/O 模块设计.....	21
3.2.7 JTAG 接口设计.....	24
3.3 基于单片机的软件设计.....	25
3.3.1 系统的初始化.....	25
3.3.2 模数采集函数.....	26
3.3.3 按键检测函数.....	27
3.3.4 液晶显示函数.....	28
3.3.5 字符叠加函数.....	34
3.3.6 串口通讯函数.....	35
3.3.7 系统软件结构.....	38
3.4 本章小结.....	39

第四章 监控系统上位机设计.....	40
4.1 监控系统人机界面的设计.....	40
4.1.1 组态王简介.....	40
4.1.2 建立系统工程.....	42
4.1.3 界面架构设计.....	42
4.1.4 创建组态画面.....	43
4.1.5 定义 IO 设备.....	52
4.1.6 数据库及变量.....	53
4.1.7 建立动画连接.....	58
4.1.8 运行和调试.....	60
4.2 VC404P 视频卡的开发利用.....	63
4.2.1 VC404P 简介.....	63
4.2.2 VC404P 安装.....	64
4.2.3 SDK 使用方法.....	65
4.2.4 视频窗口设计.....	69
4.3 本章小结.....	70
第五章 监控系统测试和联调.....	71
5.1 监控系统下位机测试.....	71
5.2 监控系统上位机测试.....	72
5.3 监控系统的联调测试.....	73
第六章 结束语.....	74
6.1 主要工作.....	74
6.2 体会心得.....	74
6.3 研究展望.....	74
参考文献.....	75
附录 A LCD 字符代码表.....	78
附录 B 下位机硬件电路图.....	79
附录 C 下位机电路实物图.....	80

第一章 绪论

1.1 课题研究的背景和意义

工业炉是在工业生产中,利用燃料燃烧或电能转化的热量,将物料或工件加热的热工设备^[1]。随着工业生产的不断发展,工业炉的应用也越来越广泛,如冶金工业的金属熔炼炉、矿石烧结炉和炼焦炉,石油工业的蒸馏炉和裂化炉,煤气工业的发生炉,硅酸盐工业的水泥窑和玻璃熔化、玻璃退火炉,食品工业的烘烤炉等。

工业炉的加热工艺、温度控制和炉内气氛等,都会直接影响加工后的产品质量。比如在锻造加热炉内,金属的加热温度的上升,会降低变形阻力,但温度过高会引起晶粒长大、氧化或过烧,严重影响工件质量^[2]。在许多工业领域,工业炉能否安全稳定运行、燃料燃烧是否充分,工件在炉内的运行状况及火焰对炉壁的影响等小则关系到产品质量的优劣,大则关系到一个工厂或企业的生死存亡;此外,技术发展的日新月异,对生产的要求越来越高,这就使得对工业炉生产进行过程监视和实时控制变得至关重要。

高温工业炉,顾名思义,工作在高温环境的工业炉,其工作环境温度极高,可能高达一千多度;作为工业炉的一个特殊分支,其加热工艺、温度控制和炉内气氛等同样会严重影响其产品质量,因此更有必要对其进行监控,但是一千多度的高温对人来说是不可能承受的,所以炉内的监控只能依赖设备来实现。随着社会的发展和科学的进步,工业企业取得了迅猛的发展,企业不仅在规模上越来越大,而且在企业设备的智能化程度上也有了长足的发展。很多设备通过自身所具有的微控制器和现代控制算法,已经可以对工业现场所发生的情况做出相应的判断。但是在类似冶金、化工、钢铁等需要高温工业炉设备的工业现场,如何对工业炉设备进行有效的监控,简化监控手段,提高监控效率,还是一个非常迫切需要解决的问题。

在高温工业窑炉运行自动控制质量要求日益提高的今天,除了尽量严格测量和控制炉内温度等热工参数之外,监控炉内燃烧实况(包括火焰工作状态)也是实现燃烧式工业窑炉稳定运行和节能的重要措施。不少工厂在采用工业电视系统对生产线上主要机械设备和工序进行成功监控的同时,也开始考虑采用高温工业电视系统对窑炉内部运行状况进行监控。基于此各种应用于高温环境的特种闭路电视装置(或设备或系统)应运而生,如常州华卓电子有限公司的 SG-FLB400 内窥式高温工业电视、SG-FLB900 内窥式拐角高温工业电视、SG-FLB1200 加长型内窥式高温工业电视和 SG-LB 炉壁式内窥式高温工业电视,常州科宇电子有限公司的 SG-LB-I 玻璃熔窑高温工业电视、SG-FL520 钢铁加热炉高温工业电视和 SG-FL520 型内窥式高温工业电视系统,武汉华之洋光电系统有限责任公司的 HITV-3 型彩色高温电视监控系统等。这些闭路电视装置(或设备或系统)的基本工作原理都是将内置摄像头的探头伸入高温炉内来观察炉内各种实况如火焰形状、物料熔化和工件运行等以监控炉内工作状态,能改善高温工业炉的监控环境,降低工人劳动强度和难度、节约工业生产能源和成本,同时和人工相比,能更好地提高产品质量和保证生产安全,也便于集中调度生产资源和自动监控生产过程,因而能显著提高工业企业的生产效率和设备的安全性及使用寿命,目前已经广泛应用于冶金、电力、建材、轻工、化工、机械等行业的加热炉、蒸汽锅炉、玻璃熔融槽、烧结炉等工业高温设备上。但是这些闭路电视装置(或设备或系统)大都是探头获取图像,控制箱操作设备工作和现场读取环境参数,没有直观的人机操作界面和直接的数据统计记录,并且所有的操作和数据的读取都要求操作人员亲自到現場的控制箱所在地,这些严重影响了其使用效能,也和日益发展的科技创新潮流不符,因而它们的自动化程度有待进一步提高。

随着我国工业制造技术的高速发展,对高温工业的技术要求也越来越高,高温工业炉的高效、节能、安全运行显得尤为重要,这就使得对窑炉内部运行状况进行监控很有必要且提出了更为严格的要求,故而对高温工业炉电视监控技术进行改进研究有着很高的社会和经济价值。本课题来源于常州市某电子有限公司高温工业电视控制系统的改进项目,由于生产自动化水平在经过不断改造后有了一定的提高,使得原有的控制系统已经不能匹配现有的技术水平和要求;本文以此为背景,详细阐述基于微处理器和组态软件的高温工业炉电视监控系统的设计和实现。

1.2 相关技术及其研究现状

1.2.1 相关技术

高温工业炉电视监控系统是高温工业环境的特种闭路电视监视系统,利用直接伸入高温炉内内置摄像头的探头观察炉内的工件运行、物料熔化和火焰形状等状况,可以保证生产安全,改善工作环境,降低劳动强度,提高产品质量,实现集中调度和生产过程的自动监控,并使安全管理人员或操作人员及时发现问题或隐患,同时在操作室或调度室及时处理、解决问题或提醒现场的工作人员和操作人员以防事故的发生^[3],能广泛用于冶金、电力、建材、轻工、化工、机械等行业的加热炉、蒸汽锅炉、玻璃熔融槽、烧结炉等工业高温设备。

为了保证系统长期安全工作,必须保证其寿命,而设备的寿命主要以其核心部件的寿命而定,对高温工业炉电视监视系统而言,主要看摄像探头中图像传感器的寿命。目前高温工业炉电视监控系统的摄像探头一般均采用国际上先进的图像传感器——CCD (Charge Coupled Device, 电荷耦合器件)。电荷耦合器件是 70 年代才发展起来的新型半导体表面器件,当“器件”受光照以后,光为半导体吸收产生电子-空穴对,电子被吸引到势阱中,形成电荷包,电荷包的大小反映了光的强弱,这样就实现了光电信息间的转换;然后利用移位寄存器功能,将这些电荷包自扫描到输出端,在二极管上产生的电压变化与电荷包的大小成正比,并经过 MDS 场效应管输出形成视频信号^[4];因此,这种摄像机不存在惰性,无拖尾现象,灵敏度高,使用寿命长。

高温工业电视监控系统大都工作于高温、高粉尘、大的照度差等高温工业环境下,因此设计高温工业电视监视系统应用于高温工业现场要综合考虑高温、高粉尘、大的照度差这三大因素的影响。从现场环境的这三大因素来分析,摄像机的整体防护尤为关键,因为整体防护能力强,摄像机及与之相配的各项功能、技术性能才能发挥其作用。

为了看到炉内实况图像,附带有摄像头的探头要伸进炉内,这就要求伸进炉内的探头能长期稳定地工作在高温的炉膛内,因此,高温工业炉电视监控系统的首要问题是如何解决探头在高温环境下长期稳定工作而不受损坏。最直接简单的方法是强制风冷,即向摄像机防护套内吹入压缩空气,压缩空气从防护套前端出风口流出,利用空气的快速流动把其中的热量带走;同时为了防止不够纯净甚至带有油污粉尘的空气对摄像机造成伤害而影响其正常工作,把防护套做成双层,让压缩空气在夹层中流动,而不吹入摄像机所在的套芯。对高温监控系统所选用的各种冷却方式之利弊进行比较,结合工业高温炉工作的外部条件考虑,目前国内外高温监控系统都偏向于选用水冷和气冷却保护技术^[4]。其中水冷却保护技术原理是:在探测头进入高温炉内后,由于炉内燃烧火焰产生大量的热辐射以及强烈的热对流,使探测头表面温度急骤升高,采用水冷以强迫对流的方式将热量带走。

综上所述,高温工业炉电视监控系统应注意以下技术要点:

1) 气冷却保护:整体防护罩的机械连接部分可采用橡胶垫封闭或在防护罩内注入压缩空气,以形成内外压差达到防尘的目的^[5]。一般利用探头夹层内通洁净压缩空气,

一方面带走摄像机本身功耗及内壁辐射热量，另一方面防止炉内微尘污染镜头，提供动态透明界面。同时流动的压缩空气在探头前端形成锥形气流屏障即气墙，空气射流的卷吸与掺混作用，阻止了炉内烟尘对探头的影响，保证了钝化氧化层的稳定性^[6]。

2) 水冷却保护：采用循环的经过滤的水降温（保护摄像机镜头，端机（指长距情况下使用放大器或采用光纤传输所需的发送端机）以及其它电气部件，使其工作在正常的温度范围^[5]。一般利用水套进行强迫水冷，有效削弱炉壁对探头罩的传热^[6]。

3) 为减少炉窑对设备的辐射热，应该考虑只将高温镜头推进炉膛，摄像机放在其外；同时采用体积小的针孔镜头直接采集图像信号，这样可大大降低辐射面积。

4) 摄像机选型：电视监视系统可大量采用 CCD 固体摄像机，因为它除了具有一般摄像机的主要技术性能外、还兼有体积小、重量轻、抗灼烧能力强、使用低电压和数据处理信号的提取方便等优点。此外，选用耐高温值高于摄像机的高温镜头，仅镜头伸进炉内，可减少冷却面积且对冷却保护的要求不致太高，因而更利于冷却。

系统应具有良好的保护功能、较高的可靠性和自适应性，整体防护冷却系统应满足特定的电气、机械设备对环境条件的要求。为使系统安全可靠地工作，应装备必要的控保装置，对温度、压力、流量进行监测控制。不同的工作环境对摄像机有不同的要求，如防雨、防尘，特殊场合还要求防辐射、防水等，室外工作时要求具有自动调温和遥控雨刷等功能，因此摄像机防护罩的选择要分场合和工作环境。

1.2.2 研究现状

高温工业炉电视监控系统是高温工业炉自动化的重要组成部分，随着我国工业制造技术的高速发展，高温工业炉的高效、节能和安全运行愈来愈引人注目；而工业自动化控制技术的全面提升和不断进步，使得高温工业炉电视监控系统在高温工业炉的监控中大量使用，显著提高了工业企业的生产效率和设备的安全使用寿命^[7]；它可以完全替代人工清晰、准确、全面、实时地反映被加热材料的状态、颜色和尺寸等炉内变化情况，对提高生产过程的控制水平、减少废品率、改善产品质量、减轻人工劳动强度、降低生产成本和节约能源起到积极和重要的作用^[8]。

工业化之初，对高温窑炉的监控都是采取人工观察，这样人眼容易疲劳，直接人工观察也不安全，而且由于在炉外开小孔观察，只能粗略的反映炉内状况，不能够清晰、准确、全面地提供实时炉况，且增加了生产系统的人力负担和生产人员的劳动强度。因此，发达国家的企业首先提出了采用高温工业电视代替人工监控高温窑炉的方法。上世纪 70 年代以来，高温工业电视在欧美、日本等发达国家的工业领域已经广泛应用^[9]。

美国 SPYROMETER 型高温工业电视系统采用视频摄像和比色双波长红外辐射测温两项技术，在控制室内用监视器观察和记录窑内火焰和燃烧情况，并采用显示画面选择所需的测温区域，进行多区域检测点的温度测量。其摄像头采用洁净空气或水保护和冷却，压缩空气由系统内的净化装置进行处理。摄像机内的测温仪安装在一个 X-Y 平移板上，可以扫描到摄像机范围内的任何地方。两个光电管检测器的工作光谱范围，可以精确地集中于 0.8 微米和 0.6 微米。通过比较这两个波长信号，并计算比率，可较好地克服因粉尘模糊图像轮廓，及被测对象和物料热辐射系数变化造成的不良影响。SPYROMETER 型高温工业电视系统有多种不同的配置，可以满足监视和实时控制的各种要求。该系统在水泥、造纸和玻璃等行业的燃烧式工业窑炉上进行了成功的应用，一般可以获得 5%~10% 的节能效果^[10]。

德国 PIEPER 高温工业电视系统采用水冷和风冷，最高可承受 2400℃；摄像机具有电子调焦功能，能四周移动和局部放大，得到的图像十分清晰，摄像机的保护镜片能转动 10 次；该系统带有自动退出装置，当遇到停水、停电等意外情况，能够保护摄像系统不被损坏。系统所有的功能都可以实现远程控制，在操作室就可实现所有功能自动化操作。

为了保障高温锅炉安全而经济地运行,我国在上世纪 80 年代从欧洲引入炉内高温工业电视系统,实现了工业超高温条件下的炉内电视监控,我国的高温工业电视监控技术由此兴起。

1984 年由上海宝山钢铁总厂无缝钢管厂引进两套德国公司生产的炉内高温工业电视系统以监控高温锅炉的运行实况,首次实现了超高温条件下的炉内监视,但因价格昂贵、国内炉型多异、系统安装复杂等问题,远不能满足国内需要。1987 年安徽大学无线电厂与安徽省电力设计院、安庆石化总厂热电厂共同研制成功了“MB 型高温内窥式工业电视锅炉火焰监视系统”^[4](为了实现对工业炉窑内部的有效监视,在许多情况下必须将摄像探头伸到其内部,因此,探头前部常处在极其高温的环境中。因为这个特点,所以称它为“内窥式”高温电视系统^[11]),该监视系统结构合理、操作简便、图像清晰而稳定,适用国内使用的各种炉型,在广州、沙角、九江、未阳、合肥、淮南以及安庆石化、扬子石化等电厂投入使用,并且配套出口到国外。后来为了适合不同的应用场合,分别设计出内窥式、外窥式和水位电视等多种 MB 型电厂锅炉电视监视系统。

常州科宇电子 KY-XZ790 型内窥拐视旋转型高温工业电视设备,现场采用微电机涡轮传动方式带动摄像机及镜头进行稳定匀速的旋转来实现炉窑全方位的观测,打破了固定监控的传统格局。其出厂的全炉膛旋转监控高温工业电视,通过旋转进行全炉膛监控,首创国内技术,提高了全炉膛分析工作的效率。

伴随着高温工业电视的不断发展,越来越先进的技术及工艺逐渐被应用到其中,同时由于其能让操作者通过监视屏幕身临其境地看到炉膛内物料加热、退火、垃圾焚烧燃烧状况及煤渣的燃烧火焰的真实图像,即使在锅炉点火及正常运行突然出现异常情况时也能给操作者提供真实可靠的图像,且适用于各种直接燃烧燃料的锅炉或窑炉的火焰或物料监测,高温工业电视监控系统也越来越被现代企业所重视。到现在,各种国产高温工业电视监控系统已经能够满足越来越多的国内工业现场的需要,在钢铁、水泥、化工、玻璃、电力、半导体、有色金属、环保等领域都发挥着重要的作用,逐渐取代同类进口产品成为国内工业企业的首选,这些高温工业电视监控系统的应用大大提高了高温工业生产的自动化程度,对提高生产过程的安全性、可靠性和产品质量的稳定性起到重要的作用。

目前国内市场上推出的高温工业炉监控装置一般都是在吸收和消化国外公司相关产品技术基础上,二次开发或直接引进,大都采用高温工业电视的模式——即采用镜头伸进高温工业炉炉内获取图像,传回到监视器观看,探头装置附近的控制箱控制探头伸进退出。故一般都指向说明为高温环境的特种闭路电视设备,不附带真正的远程智能监控功能,只能监视炉内视频,所有的操作都依赖现场控制箱完成。而且通过查找的资料反馈来看,这种闭路电视设备基本以 PLC 为控制器,采集摄像机温度、探头罩内腔压力和停电参数,并进行函数运算,进而控制探头伸进或退出。因而现有的高温工业炉电视监控系统都或多或少的存在不足,以下列出一些常见的问题:

1) 现有的监控系统对于生产数据的收集、处理还沿用传统的处理方法,容易造成数据的不完整、不准确、不及时,难以进行保存,甚至可能出现人为的失误。

2) 工作人员并不能对多个炉内图像同时监控,一般只能一个屏幕观看一个探头的图像;操作也只能分别对每个控制箱控制,即不能同时操作几个探头装置;这样对需要监控几个高温工业炉的企业来说,并不能完整的了解整个工序状况,从而可能造成生产现场调度协调的不及时。

3) 采用 PLC 控制技术,和当前大都通用的具有针对性强、成本低等优点的专用控制器相比有很多不足,并且 PLC 控制辅助设备体积相对比较大,使得控制终端体积大,安装生产都不方便。

4) 对现场的监控一般除了图像外,没有其他的记录,比如探头工作情况记录、设置参数记录、报警预警信息等,这些都是分析高温工业炉正常工作不可或缺的判断依据,

因而对故障不能及时准确解决，甚至影响设备的使用寿命。

这些常见的问题均会影响工业生产的效率和质量，最终制约着企业经济效益的提高，因此有必要对其进行进一步的改进和完善。从体积和现有的技术方面考虑用单片机代替 PLC 进行控制，这样既可以减小体积，又可以利用单片机小巧灵活又高度集成的中央处理器功能。

1.3 本课题的主要研究内容

本课题——高温工业炉电视监控系统，以单片机为控制器，集实时视频监控和实时参数采集于一体，具备形象的人机监控界面，主要实现现场环境信息反馈、实况图像监控、自动退出保护和预警提示等功能。

1.3.1 监控系统下位机设计与实现

1 监控系统的硬件设计与实现

在充分分析监控系统的功能需求和参考现有的高温炉监控设备的结构基础上，设计监控系统硬件部分由工控机、打印机、高温探头罩、现场控制箱（下位机控制器）等组成；其中高温探头罩、自动退出装置基本是在现有的炉用高温工业电视设备原有系统上改造利用的，新配备工控机、打印机以实现形象化的人机操作界面和图片数据打印的功能。硬件设计部分主要体现在现场控制箱的主控板的单片机上，单片机是整个硬件部分的控制中心，设计模数 A/D 电路获取传感器采集到的现场的运行参数，设计 I/O 电路检测和控制探头装置工作及指示设备工作状态，设计字符叠加模块叠加字符到视频卡采集的图像信号中，设计液晶显示电路实时显示参数，设计串口和上位机界面通信。

2 监控系统主控板的软件设计与实现

作为系统核心功能的系统软件的设计与实现是系统各项功能的核心和载体。在硬件设计的基础上，为了实现采集或转换现场的运行参数，控制液晶屏显示，把获取的参数叠加到视频信号中，控制探头伸进退出、自动退出探头、前后限位探头及给出报警信息等功能，综合利用单片机的资源，对系统的软件结构进行详细的分析，划分系统的各个软件实现模块，并据此分别编写各个模块的 C 语言源程序。

1.3.2 监控系统上位机设计与实现

1 监控系统监控界面的设计与实现

监控系统当然离不开监控界面，为了让入方便直观地监视和控制系统，在工控机中利用组态软件“KingView”（组态王）平台设计生动形象的人机操作界面。考虑需求，配合下位机功能要求分别设计了主窗口、参数设置、报表、查询和页眉等画面，并为实现界面功能写入各种组态王命令语言，将数据采集和数据库结合以方便查询。人机操作界面模拟现场装置操作和动作，可实现警示运行环境参数过高和超限并自动退出探头装置（和主控板配合）、视频采集观看（VC 视频窗口实现）、数据库存储等功能。

2 视频卡 VC 窗口的设计与实现

利用天敏公司的 VC404P 视频卡采集摄像头信号获取现场图像，为了能将采集到视频在应用窗口显示，依照开发包的函数流程和设计格式，在开发环境 Microsoft Visual C++6.0 中设计 VC 视频窗口，实现实时观看、随时录像、切换窗口和同时显示等功能，以对现场实时图像进行监控。

1.4 本文的章节脉络安排

本课题的目标是结合计算机控制技术、通信技术和高温工业炉的自身特点，研究和

设计高温工业炉电视监控系统，课题的任务是设计实现一个在高温工业炉应用的监控系统。

第一章是绪论，介绍该课题的背景和意义，高温工业炉监控的相关技术和发展现状，并概述本课题需要研究的内容。

第二章是系统总体需求分析及设计，在简析了系统功能需求分析的后，给出系统的总体设计规划，考虑了简单的思路并在此基础上进行整体架构。

第三章是系统下位机的设计。从系统的需求出发，在系统总体设计的基础上，分别进行系统硬件设计和软件设计，并依此对系统的硬件及相应的软件各个组成部分进行详细设计与实现。首先分析和介绍了监控系统的主要组成部分（探头装置及其四个主要组成部分）；接着选择单片机型号，并以此为核心进行控制中心的硬件设计，包括 LCD 模块、OSD 模块、通信接口、模数接口、I/O 模块及 JTAG 接口设计；然后编写相应的底层 C 语言程序以实现硬件的功能。

第四章是系统上位机的设计。在介绍了开发平台“组态王”的后，依照组态王开发过程进行系统组态界面的设计与实现，然后利用视频卡的集成函数开发了视频 VC 窗口以查看视频信息。

第五章是系统测试和联调。上位机和下位机分别进行了简要测试，并对下、上位机进行了联调测试。

最后对系统的开发过程做了一个总结，介绍作者在其中所承担的工作，研究心得和收获，以及仍然存在或可以进一步研究解决的问题。

第二章 需求分析和总体设计

2.1 监控系统功能需求简析

对高温工业炉进行监控,首先需要获取炉内视频信号以掌握炉内实时状况,这依赖于探头装置中的摄像镜头可以完成;设备的安全运行与否完全取决于伸进高温工业炉的探头和镜头的正常工作,而影响其工作的最大最主要的因素是其工作环境,就高温工业炉来说,显而易见就是环境温度,所以需要实时监控探头罩内温度来决定设备是否能正常或继续工作。为了保护探头和镜头在高温下正常长时间的工作须要添加冷却保护系统,以减少高温环境对设备正常工作性能的影响,冷却保护系统有风流和水流,所以也需要对冷却保护系统的风压、风流量和水压等参数进行检测,以了解保护装置运作情况(照应相关技术要点的“为使系统安全可靠地工作,需装备必要的控保装置,对温度、压力、流量进行监测控制”)。

在检测到不适宜工作的环境时应该能给出报警信号并自动退出监控的设备,即在系统异常情况下(温度超过设置的最大值时——此时,即使有冷却保护系统也不足以完全保证设备正常工作而不受损坏、风压低于设置的最小值时——此时,即意味着冷却保护系统对设备关键部分不能达到冷却保护的效果、探头伸进或退出动作(即电机持续工作)时间超过设置的最大值时——按照探头执行机构的速度计算,电机在预设的最大时间限内完全能使探头到达其道轨终点,如果电机持续工作超过了最大时间而探头还没有到达期望位置,则此时视为设备有故障),要自动退出探头装置。一般的视频监控都需要监视器,以大屏幕清晰地看图像,所以考虑将视频信号接到监视器上观看现场的炉内实况图像,但是这时仅仅有视频信息,不能知道设备运行环境情况,应该考虑在视频信号上叠加(运行参数如温度、水压、风压力及风流量等)字幕,也就是要考虑字符叠加模块。

为了在现场的控制箱上直接看到这些运行参数,在控制箱上应该要配备一个小液晶显示模块以实时显示数据。既然配置电机带动探头的伸进退出,那就要有其对应的控制,考虑在控制箱上设置伸进退出按钮;同时探头伸进到预定位置或退出到原始不工作的停放位置后应该停止,应设置到位的前后限位开关。为了完成所有的操作和控制,基于体积、成本和性能考虑用单片机作为控制部分的核心部件。

从监控平台考虑,在上位机(工控机)上做人机操作界面。监控界面应该形象生动、直观清晰,充分考虑以下功能:设备运行参数显示、记录信息显示、操作和打印权限、图像分屏及全屏切换显示、数据图像存储等。人机操作界面应该模拟现场设备,同动作同状态(即现场操作了设备,操作界面应有相应的动作显示或说明,同样操作界面操作了设备,现场设备也应该同样的动作);这样就要充分考虑上下位机的实时通讯和控制。而为了实现双视频图像显示保存调用功能,需要额外配备一片支持多路(至少两路)的视频卡,然后在此视频卡的基本功能上剪裁实现需要的功能(即在VC平台上利用其开发包设计监视窗口)。

2.2 监控系统总体设计规划

通过上面的功能需求简要分析,理顺归纳其中的要求,总结得到下面的初步设计思路(参考了文献^[12])。

2.2.1 设计思路

1 现场控制箱（即下位机控制器）内使用单片机进行程序控制。

1) 单片机的数据接口方面：利用单片机四个数据输入接口，接入现场温度传感器、冷却气流量传感器、冷却气压力传感器、水压力传感器的标准模拟量信号。

2) 单片机的数据通讯接口方面：将实时运行环境参数（水压、温度、冷却气压力和冷却气流量）显示在控制箱的小型液晶屏上，同时和监控主机（上位机）实现数据通讯，在上位机上同步显示实时环境参数。

3) 单片机的开关量接口方面：控制探头伸进退出位置的前限位和后限位开关、检测内腔压缩空气压力低于设定值的压力开关（自动退出依据）、探头的伸进和退出按钮及报警指示灯等。

4) 在检测到异常情况时需要给出报警信号并控制探头自动退出以保护设备。

5) 现场控制箱采集到的系统运行参数数据与探头装置摄像头采集的视频信号同时送到操作控制室的监控主机上的界面显示。

6) 探头采集的视频信号经字符叠加器叠加字符后，再传到大屏幕的监视器中显示。

2 监控主机采用品牌工控机，在其上利用组态软件设计生动形象的人机操作界面。

1) 在界面的上面合适的固定位置始终显示公司图标和设备名称。

2) 始终动态显示一号炉和二号炉的设备运行环境参数，并可对各参数的上、下限进行设置，当运行参数超出设定范围值时，提供报警输出信号，并自动控制探头及时退出炉膛。

3) 现场叠加有字幕的一号炉和二号炉的图像同时显示在屏幕上，并可通过切换按钮单独大画面显示一号炉或二号炉的图像和文字信息。

4) 系统运行参数具有存储保护及查询记录打印功能，现场实时图像也可录像存储。

3 充分利用原有的内窥式炉用高温工业电视设备的探头装置。

2.2.2 整体架构

依据上面的基本设计思路，同时参考内窥式炉用高温工业电视设备的基本功能，初步考虑监控系统主要由探头装置、现场控制箱、监视器、工控机、打印机等几个部分组成（如图 2-1 所示）。

探头装置包含高温探头罩、摄像机、耐高温针孔镜头、伸退装置和冷却保护系统。其中摄像机和针孔镜头安装在针孔防护探头罩内，耐高温镜头随探头伸至炉内采集图像，形成的全电视信号，用同轴电缆经控制箱转接，传送至监控室内的监视器显示图像。伸退装置是带动探头伸进和退出的执行机构，采用 60W 交流电机在进口专用道轨以链轮传动方式工作。电机的正转和反转，带动探头伸进炉内获取图像、退出炉内保护镜头。冷却保护系统是镜头与摄像机及其附属构件的保护系统，保证探头装置能长期稳定安全正常的工作。

现场控制箱（即下位机控制器）以单片机为主体，一方面采集或转换采集到的现场运行参数并通过串口传给上位机显示，另一方面收集探头装置传来的图像信号并叠加字幕信息然后将其传到上位机；同时是前台控制中心，采集和分析运行参数，并控制探头的伸进（退出）及判断安全工作条件是否满足，不满足的情况下自动退出探头。在控制箱上的小液晶屏显示实时运行环境参数并能对需要设置的参数进行设置。

大屏幕的监视器是供远离工作现场的监控室操作人员观看视频的，控制箱转接电视信号并叠加字幕信息再在里面直观地显示，这样也方便那些不具备操作权限的一般工作人员了解现场实时图像及工作环境。

监控主机配置视频监控卡以供人机界面的视频监控。在监控主机即上位机上，设计监控系统的人机界面，既直观显示控制箱传来的运行和设置参数，又生动形象地模拟现

场控制箱和探头，既可以通过视频卡调用视频以监控炉内实况，又可以远程控制探头装置动作，既能把数据保存在数据库，又能调用数据库查询以前的工作记录。

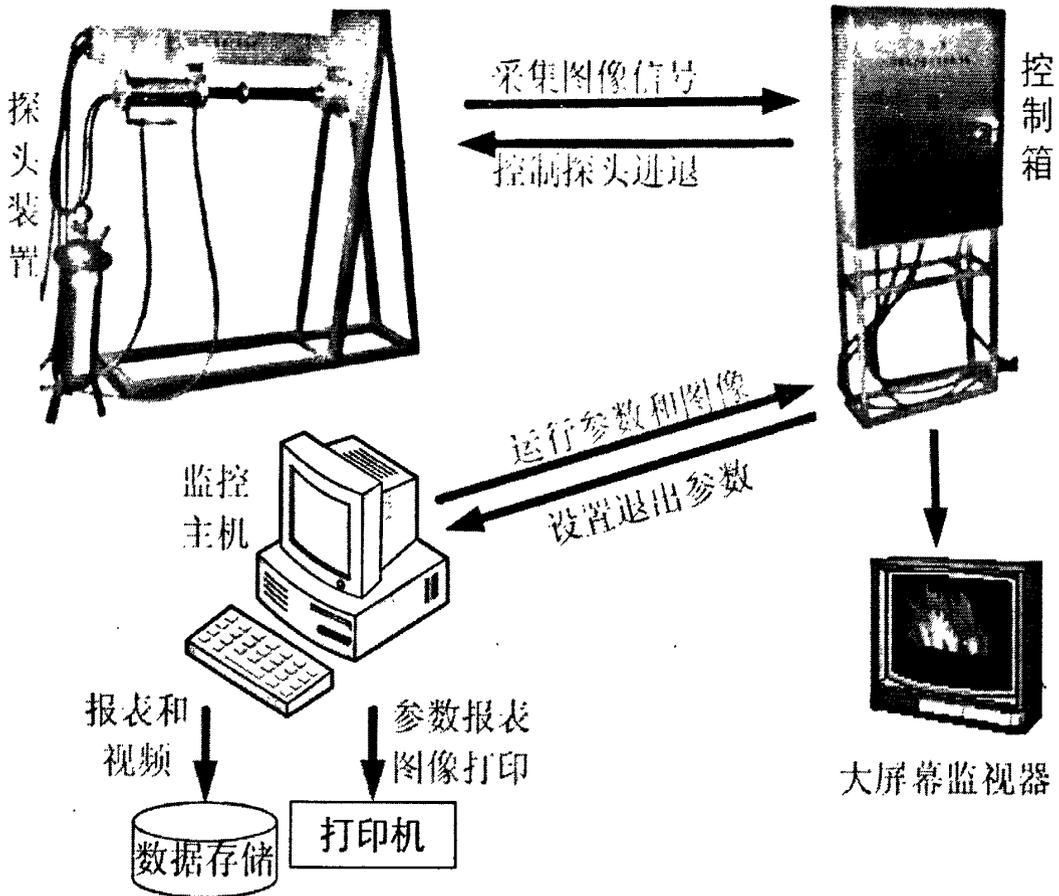


图 2-1 系统总体框架

打印机是为了让拥有一定权限人员查看和分析事故时打印如运行参数和探头伸进退出等信息而配备给工控机的，配备打印机也能满足监控过程中随时打印图片。任何拥有打印操作权限的用户都可以打印和查询有关的记录。

综合上述，可以得出监控系统主控板的外部设备器件及通信简图如 2-2 所示。

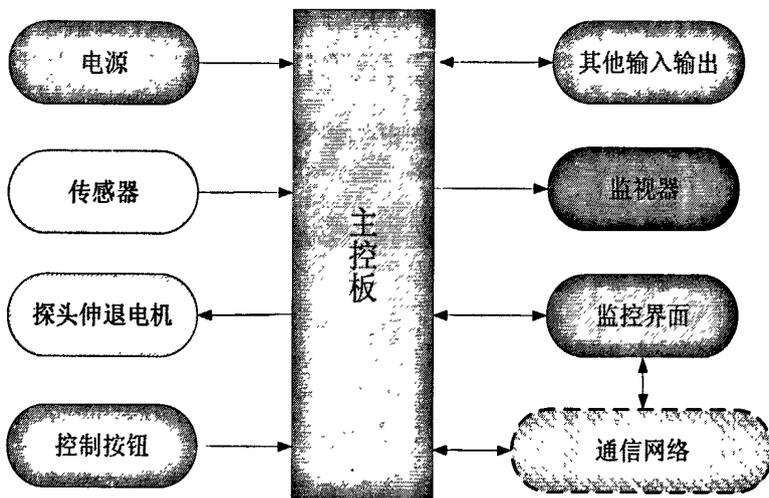


图 2-2 系统和外部设备器件及网络的连接图

根据系统实际需求，在上述连接图中，监控系统和各个设备器件及网络间的关联如表 2.1 所示。

表 2.1 系统和外部设备器件及网络的关联对应表

监控系统相关设备	关联或作用
稳压电源	提供系统电源即供电
探头装置的传感器	系统输入信号，获得环境参数
探头伸退电机	系统输出信号，控制探头伸进或退出
控制按钮	系统输入信号，控制液晶屏显示
其他输入输出	限位开关、报警灯、控制探头伸退按钮等
监视器	控制室观看实时现场状况
监控界面	上位机的操作界面
通信网络	上位机和下位机通信，交换数据和命令

结合需求分析和设计规划，进一步细化内部模块，在外部设备器件及通信简图的基础上得到的系统的总体结构图如图 2-3 所示。

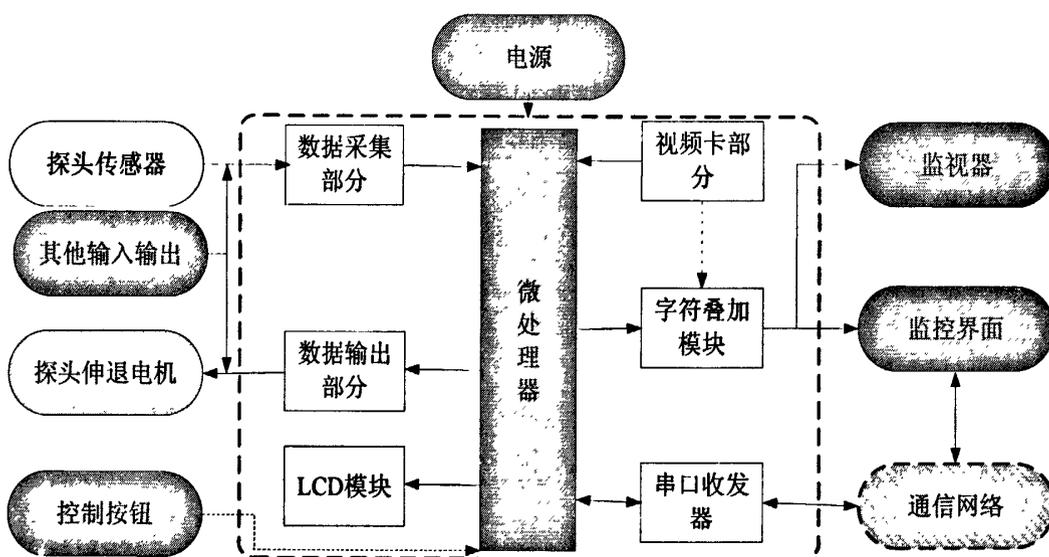


图 2-3 系统的总体结构图

2.3 本章小结

本章首先介绍了本课题系统的需求分析，从实际应用考虑，分析所需的功能和控制设备，其中器件包括探头装置、传感器、监视器、字符叠加器、液晶屏、视频卡和 PC 机等；在需求分析的基础上，简要分析了课题系统的设计思路，初步明确系统的基本性能；并基于各项要求，依据基本设计思路，同时参考内窥式炉用高温工业电视设备的基本结构和各部分功能，初步进行了系统的总体架构设计。

本章是设计的前期准备，通过本章的介绍，可以从总体上了解这个监控系统的功能与组成以及各个组成部分的功能与结构。系统总体设计的完成为后面各部分的详细设计做好了准备，是后面各部分详细设计的基础。

第三章 监控系统下位机设计

按照第二章的基本架构,监控系统硬件部分主要由工控机、打印机、高温探头罩、现场控制箱等组成,其中高温探头罩和自动退出装置基本是在炉用高温工业电视设备原有系统上加以改造利用的,工控机和打印机是新配置的,所以下位机的设计集中在现场控制箱的单片机上。

3.1 监控系统探头装置分析

高温工业炉的电视监控,很重要的一步就是要获取炉内视频图像,这完全依赖于探头装置来实现的,因此有必要先介绍一下探头装置。在整体框架中介绍过探头装置包含高温探头罩、摄像机、耐高温针孔镜头和冷却保护系统及执行机构,具体实物如图 3-1 (以下文字借鉴了文献^[13](《LN-1C 型内窥式炉用高温工业电视设备说明书》))。

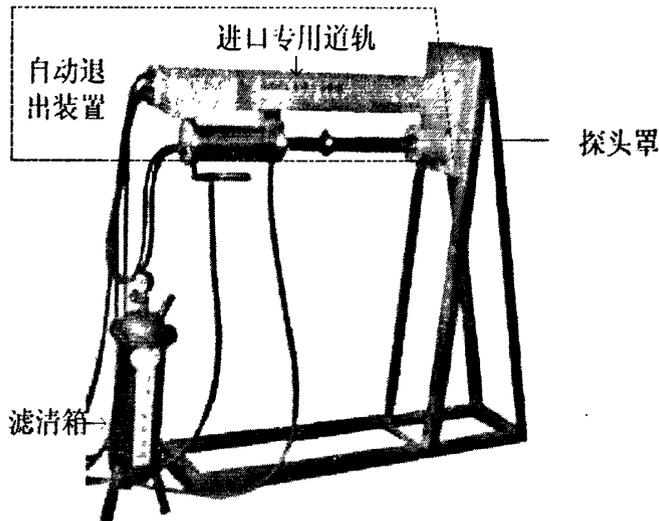


图 3-1 探头装置图

3.1.1 探头装置简述

摄像机和镜头安装在针孔防护探头罩内,耐高温镜头随探头伸至高温炉内采集图像。采用镜头伸进炉内,这样既可以减少炉壁开孔尺寸,又可以使摄像机留在炉墙外面,既增加了摄像机的选择余地,又适当减少了对探头的冷却要求。

为承受高温工业环境,探头罩是用双层不锈钢材料做成的。为了保护探头和镜头,充分借鉴了内窥式炉用高温工业电视设备的冷却保护系统:探头罩夹层通压缩空气直接致冷,至前端喷出形成风帘;内腔压缩空气通过精密过滤后对摄像机和镜头进行冷却,然后在探头罩前端针孔喷出形成风帘(两层压缩空气形成的强风帘,能有效防止炉内的高温热辐射,防止镜头积灰和被烧坏);利用水冷套水冷却,减少炉墙上的温度传导。

执行机构采用 60W 单向交流电机、进口专用道轨、链轮传动方式。电机的正转和反转,带动探头伸进炉内获取图像、退出炉内保护镜头。高稳定的进口专用道轨,使设备在伸进与退出过程中,偏移量不超过 $\pm 1\text{mm}$ 。滤清箱在现场用来过滤来自压缩空气站的压缩空气。

3.1.2 高温针孔镜头

监控系统采用专用高温自动光圈针孔镜头(标准型),高温自动光圈针孔镜头是一种特种耐高温光学镜头,镜头设计采用中继物镜两次成像系统,使像面在远离观察孔的摄像机 CCD 靶面上形成,最大限度地减少进入摄像机的热辐射^[8]。前端采用耐高温、耐腐蚀、高硬度的红宝石镜片组,标准镜头长 787mm(可按实际需要重新确定非标长度)。采用长镜头,可使摄像机等耐温性较差的设备不直接伸入炉内,而由耐温性较好的镜头伸入炉内摄取图像,能更好地保护摄像机避免高温的伤害。为满足“斜视”的要求,有些加长型镜头前端与镜头中轴成一定夹角以取得最佳的视角范围。

镜头预制帽与镜体是以插入式结合在一起的,紧固螺钉可以把它们固定在一起,预制帽上的锁紧轮是供安装时与周围物体固定的,安装使用极为方便和可靠。镜头之所以设计成针孔镜头,是因为这样可使炉内各部分图像光线均等传递到 CCD 靶面上,避免出现火焰图像光强失真或互相干扰,这样当锅炉高负荷运行时,炉内景物图像对比度得到了改善,监视器上显示更为细致清晰^[14];此外,针孔镜头摄得的图像变形小、色差小,更能如实反映炉内燃烧工况。

3.1.3 CCD 摄像机

摄像机采用固体摄像器件,即电荷藕合器件 CCD,它将光学镜头成像面分解成几十万个像素,经光电转换后,再转移输出,最后形成视频信号,CCD 具有长寿命、高可靠性、无惰性、体积小、重量轻等优点^[15]。新一代超动态数字处理 CCD 彩色摄像机,经高温固化工艺处理,在抗高温、抗干扰及图像处理方面大大优于普通摄像机^[16]。本监控系统的 CCD 性能指标如下: CCD 水平解析力——彩色 480 线,黑白 600 线,信噪比——彩色不低于 42dB,黑白不低于 46dB,摄像机靶面最低照度——彩色 0.1Lux(Lux 是照度的单位勒克斯,数值越小,表示需要的光线越少,监控摄像机的灵敏度以最低照度来表示),黑白 0.0001Lux,供电——220±10%V 交流电压,功耗——100W 以内。摄像机通过隔热材料制成的接口安装于镜头的后端,既可防止热向后传导,又可隔离摄像机,防止电源不同相位地的干扰。CCD 摄像机由防护探头提供合适的工作环境。

3.1.4 冷却保护系统

保护系统是整个系统安全工作的重要保证和前提条件。就高温工业炉来说,由于工作环境是高温,保护系统主要指对探头装置的冷却保护,包括伸进炉内的探头罩、和探头一起进去捕获图像的镜头和摄像机。由第一章就知,探头在高温环境下长期稳定工作而不受损坏是高温电视监视首要解决问题,这就对高温电视监视系统的冷却设计提出了很高的要求。当前国内外高温监视系统所选用的冷却方式有水冷却和气冷却保护技术, LN-1C 型内窥式炉用高温工业电视的探头装置既有水冷却又有气冷却保护技术,这些冷却保护技术足以满足内窥式炉用高温环境的保护功能,从节约成本和充分利用现有设备的基础上考虑,本设计充分借鉴 LN-1C 型内窥式炉用高温工业电视的冷却保护系统,分别利用探头罩压缩空气冷却系统、炉门吹扫气冷却部分和水冷套水冷却装置来保护探头罩、镜头及摄像机等设备以使其正常稳定工作。

探头罩压缩空气冷却系统——由空压站输入干净的压缩空气先经过滤清箱过滤,再经油水分离器分离油水,然后输入到控制柜内分成两路:一路经过过滤器过滤和调压阀调压后(过滤减压阀与压力开关配合使用)输入到探头罩内腔,直接冷却摄像机和镜头;另一路经过调压阀后送入探头罩隔层,该低温高速气流在探头罩隔层内形成气墙,能有效地减小外层对内层的热辐射及热传导;气流至探头前端口喷出形成的压力风帘,既可以防止炉内火焰的反串现象,又可以消除炉内的高温粉尘对镜头的侵蚀。探头罩压缩空气冷却系统的构成如图 3-2 所示。

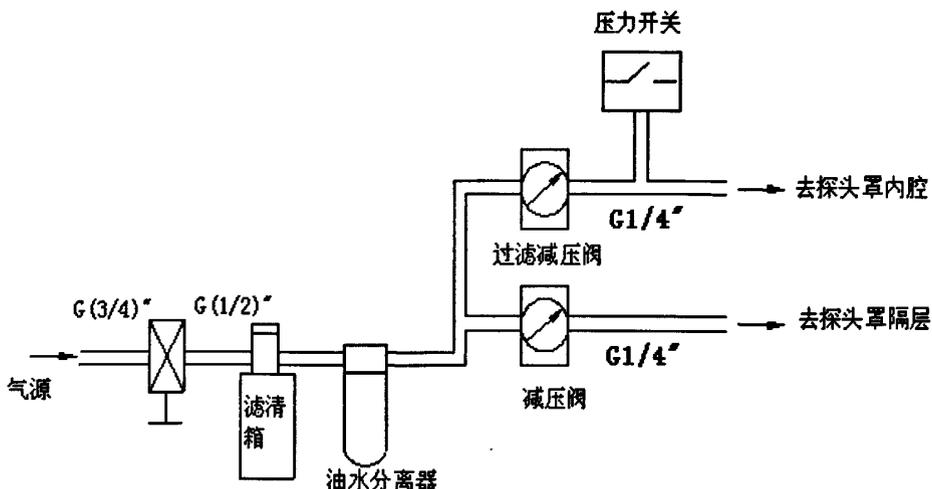


图 3-2 冷却气管路图

炉门吹扫气冷却部分——采用一般压缩空气，用 G(1/2)" 管（G 代表管道，后面的数字表示大小，" 是英寸的简写符号）引入至炉门装置，经炉门内部转换后在预埋陶瓷管（或铁管）的末端形成具有一定压力的风帘，防止由于炉内正压而产生火焰经炉门向外喷出现象，以封堵火焰，并可以有效地减小炉内高温对探头罩外层产生的热辐射。压缩空气流量与压力以能够完全封堵住“正压炉”的炉门火焰为原则，这也是探头在不能满足空气压力的情况下要自动退出的依据。

水冷套水冷却装置——在预埋件位置处，设有水冷套，主要用于防止炉墙上的温度直接传导到自动退出装置，导致自动退出装置温度过高而不利于设备。

3.2 基于单片机的硬件设计

硬件部分的设计是以单片机为核心来进行扩展的。由前面的需求分析和总体设计框架可知，单片机是整个硬件部分的控制中心，其要实现的功能包括：采集或转换现场的运行参数、控制液晶屏显示、叠加运行参数到视频信号中、和上位机实时数据通信、控制探头伸进退出、自动退出探头、前后限位探头及给出报警信息等。

3.2.1 单片机的选型

单片机是系统的核心所在，因而其选型特别重要，直接影响到系统的方方面面。对单片机选型，主要应从单片机应用系统的技术性（从单片机的技术指标角度），实用性（从单片机的性价比、货渠道和信誉程序等角度）和开发性（可靠的可以开发手段）三方面来考虑。

参照设计思路，监控系统对处理器的要求主要在以下几个方面：

- 1) 需要 2 个以上的串行口（一个数据通讯接口，一个字符叠加器的通讯控制口）。
- 2) 需要 4 个以上的 A/D 口（数据输入接口，以接入现场温度传感器、冷却气流量、冷却气压力和水压力传感器的标准模拟量信号）。
- 3) 低功耗，工作在较低电压（从节能方面考虑）。
- 4) 需要非易失性存储器（保存上次的设置参数）。
- 5) 需要外部存储器读信号、写信号和地址锁存使能信号口，以方便控制如液晶屏等外部存储器。

AVR 单片机是 1997 年由 ATMEL 公司研发出的增强型内置 Flash 的精简指令集 CPU（Reduced Instruction Set CPU, RISC）高速 8 位单片机，它废除了机器周期，抛弃复杂指令集 CPU（Complex Instruction Set CPU, CISC）追求指令完备的做法；采用精简指

令集 RISC, 以字作为指令长度单位, 将内容丰富的操作数与操作码安排在一字中, 指令存取周期短, 又可预取指令, 实现流水作业, 故可高速执行指令, 性能方面大大优于 MCS51 系列单片机^[17]; 并且简便易学, 费用低廉、高速、低耗、保密、I/O 口功能强、具有 A/D 转换等电路、有功能强大的定时器/计数器及通讯接口。ATmega128 是 Atmel 公司的 AVR 系列单片机的性能最好的一款^[18], 相对于普通单片机, 这种较完善的 SoC 系统的 AVR 单片, 其片上集成了丰富的资源, 具有以下特点^{[19][20]}:

(1) 先进的 RISC 精简指令集结构。高性能、低功耗的 AVR 8 位微控制器; 133 条功能强大的指令, 其中大部分指令可以在单时钟周期内执行; 32 个 8 位通用工作寄存器; 全静态操作; 工作在 16MHz 下, 具有 16MIPS (Million Instructions Per Second, 每秒百万条指令) 的性能, 片内带有执行时间为两个时钟周期的硬件乘法器。

(2) 非易失性程序和数据存储器。有 128K 字节在线可重复编程 Flash ROM, 擦写次数达到 10000 次; 启动区具有独立的加密位; 可通过片内的引导程序实现在系统编程, 写操作时真正可读; 4K 字节的 EEPROM, 擦写次数达到 100000 次; 有 4K 字节内部 SRAM; 最大 64K 字节扩充外部存储器空间; 程序有加密位, 保证程序的机密性; 在线可编程 SPI 接口。

(3) 外设特点。两个带预分频器和一种比较模式的 8 位定时/计数器; 两个扩充的带预分频器和比较模式, 捕获模式的 16 位定时/计数器; 具有独立振荡器的实时计数器; 两通道 8 位 PWM; 6 通道 2 到 16 位精度 PWM; 输出比较调节器; 8 个单端通道; 7 个差分通道; 2 个增益为 1×, 10×或 200×的差分通道; 两线串行接口; 两个可编程串行 UART 接口; 主/从 SPI 串行接口; 带内部振荡器的可编程看门狗定时器; 片内模拟比较器。

(4) 特殊的 MCU 特点。上电复位和可编程的低电压检测; 内部可校准的 RC 振荡器; 外部和内部中断源; 六种睡眠模式: 空闲模式、ADC (Analog to Digital Converter, 模拟数字转换器) 噪声抑制模式、省电模式、掉电模式、待命模式和扩展待命模式; 可软件选择时钟频率; 通过一个熔丝选定 ATmega103 兼容模式; 全局上拉禁止。

(5) 输入/输出接口和封装。53 个可编程的输入/输出引脚; 64 脚 TQFP (Thin Quad Flat Pack, 薄型四方扁平封装) 封装。

(6) 低电压版本的工作电压为 2.7~5.5V。

(7) 速度等级。ATmega128 的速度是 0~16MHz。

可靠性高、功能强、速度快、功耗低和价位低一直是衡量处理器性能的重要指标, 由上述介绍可见 ATmega128 单片机的可靠性、功能性、速度都很高, 能满足系统所需的各方面要求, 同时简化了扩展, 各存储器容量不仅足以满足监控系统的数据存储, 且留有了足够的容量余量可供系统以后的扩展, 而功耗和价格 (电子市场 32 元/片) 均不高; 此外, 现有的 AVR 的 C 语言开发平台有多种版本如 ICC AVR、CVAVR、IAR、WIN AVR 等。因此, 从技术性、实用性和开发性来考虑, 本监控系统选用 Atmel 公司发布的 8 位 RISC 系列微控制器的高档品种 ATmega128 单片机为控制器。之所以不选择 C51, 一方面是因为 C51 必须要 AD 转换芯片才能采集到模拟量的值, 另一方面是因为 ATmega128 的 CPU 执行当前指令时取出将要执行的下一条指令放入寄存器中, 避免传统 MCS-51 系列单片机中多指令周期的出现, 且 ATmega128 单片机的寄存器由 32 个通用工作寄存器组成, 并且任何一个寄存器都可以充当累加器, 有效地避免了传统的 MCS-51 系列单片机所有的数据处理由于基于一个累加器的瓶颈效应, 提高了系统的性能, 这些结构提高了代码效率, 使 AVR 的运行速度比普通 CISC 单片机高出 10 倍^[21]。由于系统有通信需要, 需要较高精度的晶振来提供较高的通信波特率精度, 虽然 AVR 片内附带了 RC 振荡器, 但片内 RC 振荡器在 5V, 25°C 和频率为 1.0 MHz 时, 其可提供精度为标称频率±3%; 而市售的普通石英晶体振荡器, 其精度为±30ppm (parts per million, 百万分率), 明显优于片内 RC 振荡器^[22], 因此系统的晶振不用内部 RC 振荡器

而需要采用外部石英晶体振荡器。在振荡频率的选取上，采用常见的频率，其晶振可选范围为 0~8MHz（低电压版本时），所以本系统采用 4MHz 的常用晶振，通信所需的波特率依照公式可以相应计算。

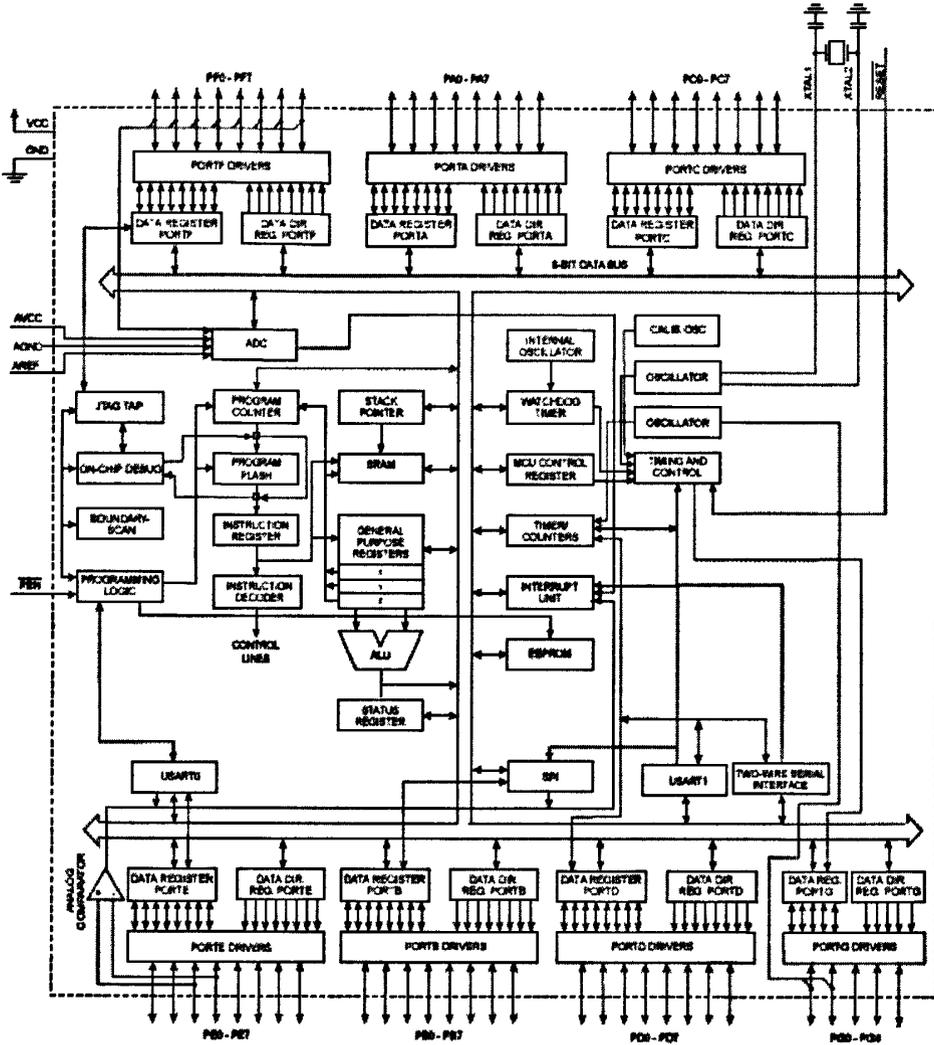


图 3-3 ATmega128 芯片内部结构框图

由于 AVR 支持 JTAG 口在线仿真和下载编程，避免了贴片的插拔损坏芯片^[23]。薄四方扁平封装对中等性能、低引线数量要求的应用场合而言是最有效利用成本的封装方案，且可以得到一个轻质量的不引人注意的封装。TQFP 系列支持宽泛范围的印模尺寸和引脚数量，尺寸范围从 7mm 到 28mm，引线数量从 32 到 256^[24]，结合市场供货，本监控系统采用常见的薄四方扁平封装的 ATmega128，图 3-3 为其内部结构框图。

3.2.2 LCD 模块设计

为了能在控制箱上直观读出采集到的运行参数，在控制箱配置一个小型液晶器（LCD——Liquid Crystal Display）来显示。LCD 具有功耗低、体积小、重量轻、超薄等许多其它显示器无法比拟的优点，近几年来被广泛用于单片机控制的智能仪器、仪表和低功耗电子系统中。目前市场上有段位式 LCD、字符式 LCD 和点阵式 LCD，其中，段位式 LCD 和字符式 LCD 只能用于字符和数字的简单显示，不能满足图形曲线和汉字显示的要求；而点阵式 LCD 不仅可以显示字符、数字、各种图形、曲线及汉字，而且可以实现屏幕上下左右滚动、动画显示、分区开窗口、反转、闪烁等功能，用途十分广泛^[25]。为了在显示数据的同时能显示公司图标，本设计采用点阵式 LCD。

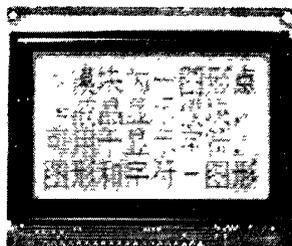


图 3-4 LCD 模块外观图

目前国内一些厂商将驱动路、汉字库和点阵液晶显示器做成一个组成液晶模块，模块带有和 MCU (Microprogrammed Control Unit, 微程序控制器) 通信的并行或串行口, MCU 只要通过通信口下发相应的控制指令给液晶模块就能显示各种信息^[26], 使用起来十分方便。从设计的角度来看, 利用 LCD 专用的显示驱动芯片东芝公司的 T6963C 可以实现与单片机的硬件接口, 并且只要对单片机进行一些简单的软件编程就可以设置 LCD 的显示内容。因而根据显示的需要, 本系统采用内藏 T6963C 控制器的 240×128 点阵图形液晶显示模块 (其外观如图 3-4 所示, 在图中下面一排黄色点是液晶的 21 个引脚), 它由控制器 T6963C、行驱动器/列驱动器及 240×128 全点阵液晶显示器组成, 可以显示数字、字符、汉字和图标等, 极大地方便了用户个性化设计和显示。

ATmega128 外部存储器接口包括 D7-D0 (多工的地址总线 and 数据总线)、A15-A8 (位数可配置的高位地址总线)、ALE (地址锁存使能)、RD (读锁存信号) 和 WR (写使能信号), 分别为端口 A 的第二功能——低字节地址及数据、端口 C 第二功能——地址高字节、端口 PG2、PG1、PG0 的第二功能, 这些接口所提供的特性非常适合于与如外部 SRAM、Flash、LCD、A/D 和 D/A 等存储器器件互连, 因而考虑直接利用这些接口来控制液晶模块。由于外扩的器件不多且 ATmega128 端口多达 64 个, 从方便考虑, 直接采用并行总线间接方式控制液晶模块。将液晶模块接口的数据总线 D7-D0 和单片机的 PA 口相连, 利用单片机端口 PC0 和 PC1 分别控制 T6963C 的片选信号 (/CE) 和通道选择信号 (C/D), 单片机的 PG0、PG1 和 PG2 直接被利用来控制 LCD 的读 (/RD)、写 (/WR) 选通信号和 FS 字体选择 (选择为 8×8 的字体, PG2 置零); 此外把液晶电源地 (1 引脚) 和铁框地 (2 引脚) 接地, 液晶电源端 Vss (3 引脚) 接 5V 工作电压, 再接电阻和旁路滤波电容 (用来对 5V 电压去藕 (decouple), 防止电源的交流杂讯干扰芯片的正常工作), 接着电容接地, 然后复位端 (9 引脚) 接到电容和电阻之间, 形成上电复位 (也叫初始化复位, 开始电容是没有电的, 电容内的电阻很低, 通电后, 5V 的电压通过电阻给电解电容进行充电, 电容两端的电压会由 0V 慢慢地升到 4V 左右 (此时间很短, 一般小于 0.3 秒), 正因为这样, 复位脚由低电位升到高电位, 引起了内部电路的复位工作), 每次一上电, 液晶就复位; 为了调节液晶对比度, 在 LCD 驱动电压输入端 Vo、电源端 Vss 和液晶负压 VEE 之间接一个可调 (10K) 电阻即电位器。

液晶模块不仅要显示运行参数还需要切换为设置界面对退出参数进行设置, 所以需要液晶换屏和设置的切换或设置按钮, 为此在控制箱外部 (以方便操作人员操作) 增加三个按键 S1、S2 和 S3。按键端口最上设计为电源 5V (高电平), 下为地 (低电平), 如果有按键按下则和地通, 端口电平为低 (因而按键开关低电平时有效)。按键输出值先经过 RC 滤波电路滤除干扰 (太小的脉冲, 视为干扰滤除) 以消除按键的机械抖动, 为了防止干扰抖动误判断需要 SN74HC74 锁存器^[27]保存按键的键值 (定时检测, 连续的快动作或抖动视为没有动作或仅检测到一次, 这样可以消除按键抖动导致误判断), 再接到单片机的 PB 空闲口 (PB5~PB7), 这样直接检测 PB5~PB6 是否为低即可判断是否有键按下。LCD 模块和其控制按键的电路原理图如图 3-5 和 3-6, 其中 KEY_1~KEY_3 分别接到单片机的 PB5~PB7。

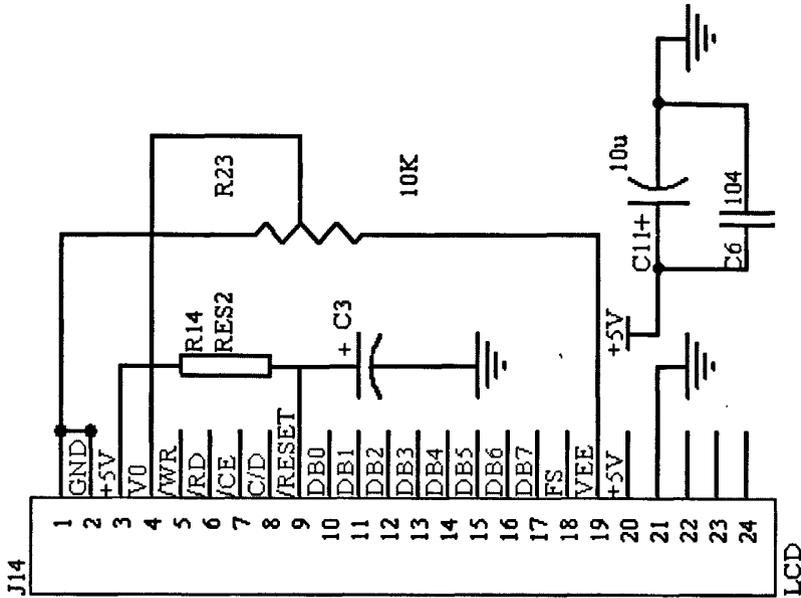


图 3-5 LCD 模块电路接口图

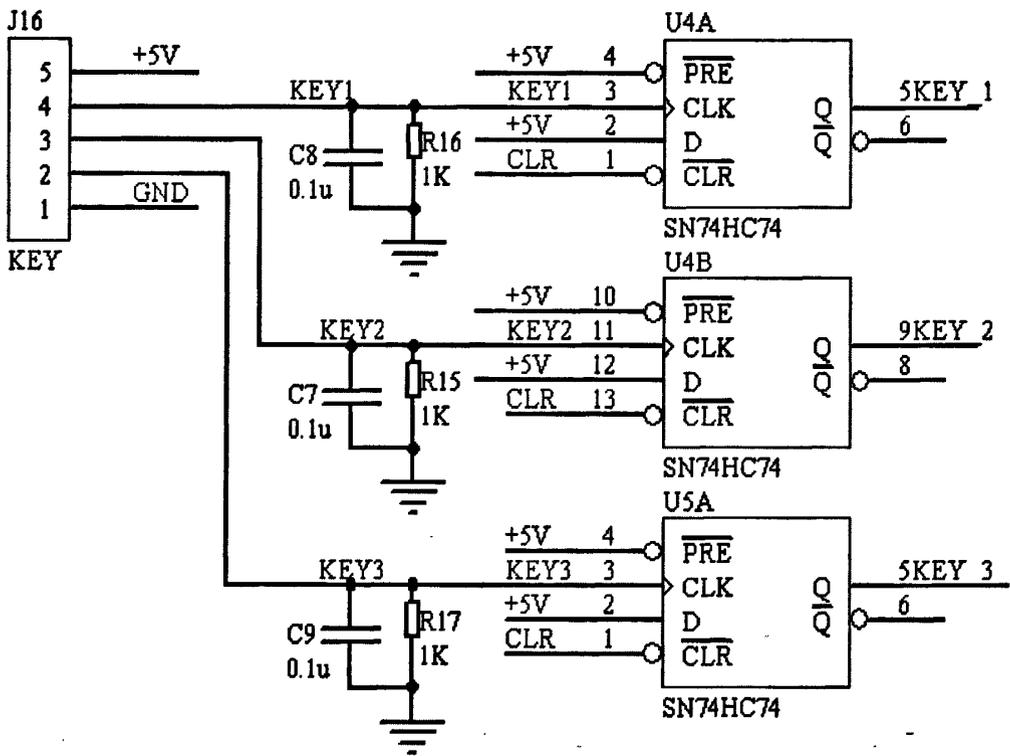


图 3-6 LCD 模块控制按键电路图

3.2.3 OSD 模块设计

视频字符叠加器 OSD (On-screen Display)，也叫在屏显示，是一种可以在复合视频信号 (VIDEO) 中叠加中英文字符或图片信息的设备，广泛应用于视频监控系统、数据采集显示和信息发布等各种领域。字符叠加器按照功能分型可分为动态字符叠加器和静态字符叠加器，动态字符叠加器与微机或其他智能设备配合，可显示随现场情况变化的字符信息 (字符信息与现场视频信号相结合，为监控者提供更为详尽准确的信息)；而价格低廉的静态字符叠加器只在视频信号上显示相对固定字符信息的设备，主要用于在

视频信号上叠加摄像头位置信息^[28]。

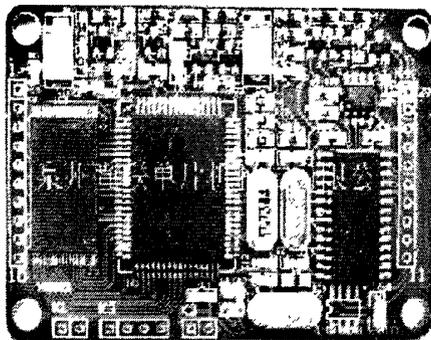


图 3-7 字符叠加器外观图

本系统中为了能将视频信号与各参数同时显示在监控器屏幕上，采用字符叠加器模块（对应设计思路的 1 中的 5）和 6），将接收到的视频信号与单片机采集到的运行参数等字符相叠加，再送到监视器和监控界面显示。泉州强联单片机科技有限公司的视频字符叠加器，内部自带彩色视频发生器，可以与 PC 机及各种单片机连接，使得复杂的 OSD 技术的应用变得非常简单。其中视频字符叠加器 QL508 兼有静态及动态字符叠加功能，集成了 SPI、UART、RS232 和 RS485 这四种常用控制接口，方便与任何单片机及 PC 机接口，可叠加国标一二及简体 24×24 点阵汉字字库^[29]（八千多个汉字字符内码参考文献^[29]第 36 页），使用 UART（RS232 或 RS485）操作一次可发送多达 120 个字符，这种视频字符叠加器为用户提供了全面的灵活且快捷的视频字符叠加的 PC 机及单片机二次开发平台^[30]。从性价比和端口兼容性考虑，本设计采用这款 QL508 通用视频字符叠加模块，外形图如 3-7。按照此模块技术资料接口引脚描述，需求功能示意图如 3-8，整个模块有 32 个引脚，分别对应着的 SPI、UART、RS232、RS485、一路视频输入和两路视频输出接口，由于是集成模块，只要设计和单片机相连的直插的接口即可，按照其资料手册的引脚说明，设计接口电路如图 3-9。

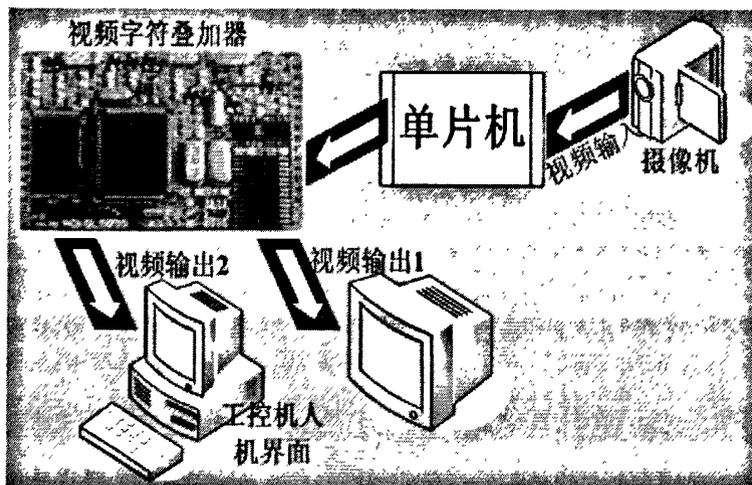


图 3-8 视频字符叠加器模块需求功能示意图

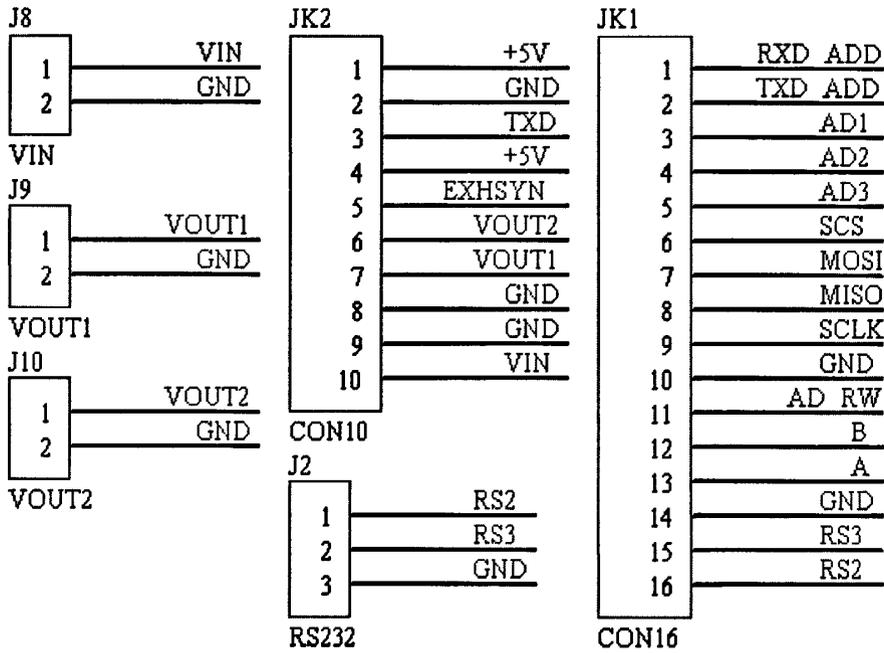


图 3-9 视频字符叠加器模块的接口电路

3.2.4 通信接口设计

串行通信是一种一位一位传输的通信方式，通过计算机和外设之间的少数几条线（数据线、地线和控制线）即可完成^[31]，所以如果没有特殊要求，单片机的通信一般都考虑用串口。监控系统需要把采集到的数据传到监控主机的人机界面实时显示，因此单片机和工控机要组成一个协调工作的系统，需要保证有一个良好的通信串口（设计思路中的 1 中 2）。RS485 由于采用差分传输方式，有效地提高了抗共模干扰的能力，最高传输速率可达 10Mb/s，最远传输距离可达 1200m，支持数据通信设备之间的多连接，已成为工控系统串行通信的主要选择方式^[32]。由于本监控系统设计要监控两个探头装置，并且考虑到本系统用于工业生产环境，高温工业炉与监控主机有一定距离，所以本设计首选具有良好的抗噪声和抗干扰性、较长的传输距离和多站能力等优点的 RS485 接口。由于 RS485 通信接口所组成的工控设备网是工业控制及测量领域较为常用的网络之一，其总线一般最大支持 32 个节点，所以选用 RS485 接口也为今后监控系统监控设备数的扩展留有空间。

RS485 接口组成的是半双工网络，一般只需二根连线，在一般场合采用普通的双绞线就可以，在要求比较高的环境下可以采用带屏蔽层的同轴电缆，本监控系统只要满足控制终端和控制主机的通讯即可，故采用屏蔽双绞线传输。RS485 采用的是差分信号负逻辑，+2V~+6V 表示“0”，-6V~-2V 表示“1”，而单片机的电平为 TTL（5V 等价于逻辑“1”，0V 等价于逻辑“0”），这显然和 RS485 电平不匹配，故需要能实现电平转换的 RS485 接口芯片，一般考虑用常见的 485 接口专用芯片 MAX485（MAX 代表生产厂家 MAXIM 公司），MAX485 能将 TTL 电平转换为 RS485 电平，单一工作电源 5V，额定电流为 300 μ A，采用半双工通讯方式，与单片机连接时接线非常简单，只需要一个信号控制 MAX485 的接收和发送即可^[33]。MAX485 是通过两个引脚 RE（2 脚）和 DE（3 脚）来控制数据的输入输出：当 RE 为低电平时，MAX485 数据输入有效；当 DE 为高电平时，MAX485 数据输出有效。本系统数据通讯（发的时候不需写，写的时候不需发）视为半双工使用，因而可将 RE 和 DE 两个引脚直接连在一起，然后由单片机输出的高低电平让 MAX485 在接收和发送状态之间转换^[34]。为了终端匹配，采用终端电阻匹配电缆的特征阻抗以最小化反射干扰，对于通常的 RS485 电缆而言一对 24AWG(American

Wire Gauge, 美国导线规格) 双绞线需要在电缆两端挂接 120Ω 匹配电阻。

由于上位机通常只提供 RS232 串行接口, 因此需要使用 RS232/RS485 通信接口进行转换。本监控系统中采用 RS232/RS485 模块 STM485S 实现转换, 其通信距离为 1200 米 (RS485 端) 和 5 米 (RS232 端)。通用同步和异步串行接收器和转发器 (USART) 是一个高度灵活的串行通讯设备^[18], ATmega128 单片机自带有两个 USART (USART0 和 USART1), 可工作于主机/从机模式且支持同步或异步操作, 本系统选择使用接口 USART1 实现 485 串口通讯, 把运行数据和参数传到工控机。参照文献^[35] RS485 的接口设计电路如图 3-10。

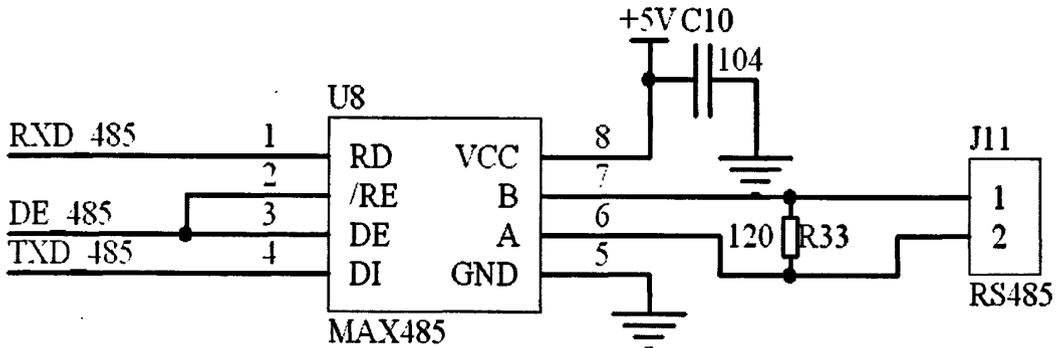


图 3-10 RS485 的接口电路

3.2.5 模数接口设计

依照需求分析和总体架构 (设计思路中的 1 中 1)), 需要获取现场设备的四个运行参数 (水压、温度、冷却气压力及冷却气流量), 而 ATmega128 片内集成了 8 路 10 位 ADC, 可以充分满足对各种模拟传感器信号的采集, 因而直接利用其四路 ADC 采集。参数的测量市场上一般都有相应的传感器, 所以本设计采用输出为标准 4~20mA 模拟量信号的冷却气流量、冷却气压力和水压力传感器, 而温度的采集比较方便, 从性价比考虑, 直接用简单的热电阻测温电路即可。

3.2.5.1 传感器采集口

监控系统采用输出为标准 4~20mA 模拟量信号的传感器采集现场设备的冷却气流量及压力、水压力, 而单片机中的 ADC 要求输入为正电压, 因而需要电流→电压的转换电路, 把传感器输入的电流值转换为电压值, 然后利用 ATmega128 的 ADC1~3 采集。电路接口如图 3-11, 传感器传来的标准模拟量电流信号经过取样电阻得到压降, 再直接加到单片机模拟数字转换电路的输入端, 其中电阻 $R1=R2=R3=250\Omega$, 因而风流量/风压/水压传感器标准电流值 4~20mA, 经过电流→电压的转换电路到 ADC 输入的电压值为 1~5V。单片机读取数据后采用软件对其进行处理, 再对照传感器说明对应表, 获取真正的水压、风压和风流量值。

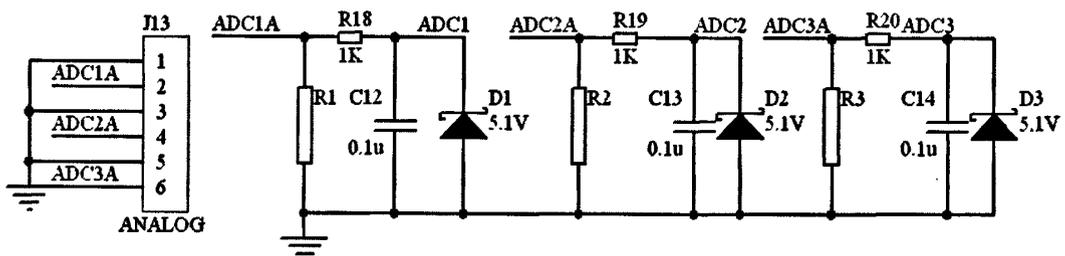


图 3-11 传感器采集口电路

3.2.5.2 电阻测温电路

按照设计思路,电阻测温电路是为了采集探头罩内温度,以随时跟踪了解探头工作的实时温度。

电阻 PT100 温度传感器因其测量范围大、复现性好和稳定性强等特点而被广泛使用。PT100 是铂热电阻,PT 后的 100 即表示它在 0°C 时阻值为 100Ω,因此 PT 做成的电阻式温度检测器,又称为 PT100^[36],它的阻值会随着温度的变化而改变,PT100 温度感测器属于正电阻系数,其电阻和温度变化的关系式如下: $R=R_0(1+\alpha T)$,其中 α 为系数,数值上为 0.00392, T 为参考摄氏温度, R_0 为参考摄氏温度的电阻值基准值。目前市面上的 PT100 价格在 10 元以内,和温度传感器相比是很低的,因而本系统利用铂电阻 PT100 来采集温度。由于被测温度的变化是直接通过 PT100 阻值的变化来测量的,因而 PT100 的引出线等各种导线电阻的变化会给温度测量带来影响,一般采用三线制(在热电阻的根部的一端连接一根引线,另一端连接两根引线的方式称为三线制)来消除引线电阻的影响;一般的热电阻测量电路都是采用桥电路和差分的方式,而三线制与电桥配套使用,可以较好地消除引线电阻的影响,是工业过程控制中的最常用的,为此 PT100 以三线制方式先和其他电阻构成电桥电路,然后再通过差分运放输出桥式电路的两端电压差;但此时输出的电压太小,考虑到单片机的 ADC 转换精度要求,需要对信号放大,设计用运算放大器来放大。综上所述,PT100 铂电阻测温系统电路结构图如图 3-12 所示:铂电阻信号通过桥式电路转换为电压信号,再经过放大后送单片机的 ADC0 进行 A/D 转换处理。最后根据输入电压变化换算出阻值变化情况,然后依照公式 $R=R_0(1+\alpha T)$ 演算出相应的温度(或者对照 PT100 温度阻值对照表)。

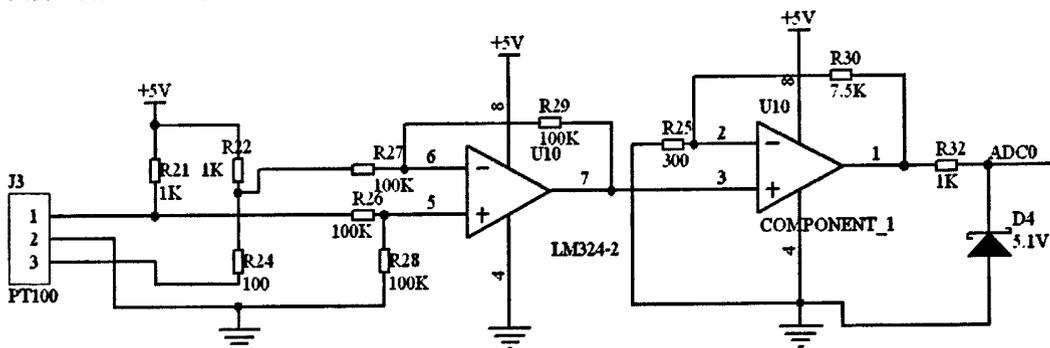


图 3-12 PT100 测温电路

3.2.6 I/O 模块设计

I/O 模块即输入/输出 (Input/Output) 模块。监控系统的输入主要包括:模拟量输入、按键输入和开关量输入。模拟量输入即采集四个运行参数的输入口,前面模数接口已经阐述;按键输入是控制液晶换屏显示界面及修改退出参数值,也已经在液晶小节叙述过;因而本节的输入主要指开关量的输入,而输出主要指除 OSD 模块和 LCD 模块的输出外的开关量输出。

从第二章的需求分析和总体设计中知,探头需要前限位开关、后限位开关、压力开关、探头的伸进和退出按钮;探头的前限位开关是探头伸进到达期望位置后即使继续给伸进命令探头也停留在期望位置不动,相当于探头伸进到位反馈通知;同理后限位开关就是探头退出到位反馈通知;压力开关是检测压缩空气压力是否低于压力设定的最低值,如果低于则开关动作,反馈通知压力过低信号;探头的伸进和退出按钮是反馈消息给控制中心让其控制实现探头伸进和退出的信号。开关量,只有两种状态即开与关或通与断,数字表示为 1 与 0,开关量输入输出即输入输出信号不是为高 (1) 就是为低 (0);

因而本监控系统探头的前限位开关、后限位开关、压力开关、探头的伸进和退出按钮的信号都可视为开关量输入，而开关量的输入需要的功能动作即开关量输出，对本系统而言，就是带动探头伸进的电机正转信号或退出的电机的反转信号，及报警指示灯的亮灭。综合上述，本小节主要对探头的前限位开关、后限位开关、压力开关、探头的伸进和退出按钮的开关量输入与电机正转、反转、报警灯工作的开关量输出进行设计。

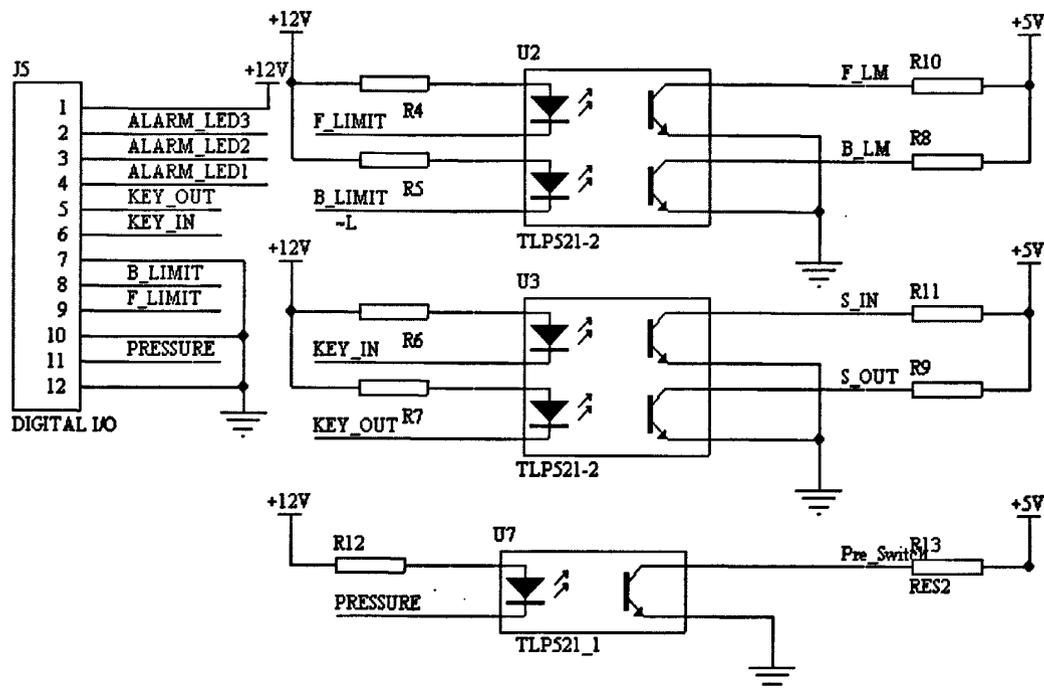


图 3-13 开关量输入电路图

开关量输入由于与外电路有联系，需经光耦器件进行隔离，以防接点输入回路引入的干扰，并隔断前后通道的电磁联系，提高抗干扰能力。光电耦合器是一种利用光电效应隔离电信号的器件，其关键成分为砷化镓 (GaAs) 化合物半导体；源级信号首先需要驱动一个发光管，该管一般发出红外波段的光线，接收管感应到后就能够使次级接通，达到信号的“电→光→电”的转换过程；这个过程完全能够隔断源级和次级的电气连接，两次变换都在密封的狭小空间中完成，因此能够保证很高的传输效率，并且不会受到环境光的影响。本监控系统选用 TLP521-2 (双光耦) 或 TLP521-1 (单光耦)，这是一种通用光耦产品，打开时间 t_{on} 和关断时间 t_{off} 都在 $3\mu s$ 左右，隔离电压至少为 2500V。发光二极管发光一般需要至少 1mA 的，从亮度考虑应该高于这个值，在 12V 电平输入时，光耦前级电阻值取为 $2.7k\Omega$ ，这样前级电流 I_f 约为 4mA，满足发光条件。光耦前级为开关量输入，后级光耦输出也即是开关量输出，需要的是输出电平，三极管饱和导通时输出低电平 0.7V，否则就是拉高为高电平，为了尽快进入光敏三极管的饱和区，要把光耦的光敏三极管的上拉电阻加大；故光耦后级采用大的电阻 (如果取 $10K\Omega$ 电阻， $5/10K=0.5mA$ ，作为开关量的调理，足够饱和导通) 和 5V 左右的板上主电源；综合上述，开关量输入部分的电路如图 3-13 所示。

如果输入为有效信号 (开关或按钮动作)，那么相应的光耦就输出为低，和其相连的单片机控制口也就为低，所以对控制中心的单片机而言只要检测开关量输入端是否为低即可判断是否有输入，然后控制实现开关或按钮的需要的功能。由于端口 D 和 E 第二功能都可以作为外部中断的输入，开关量就相当于外部中断，故外部开关量输入输出可以利用除 USART 的发送接收口外的 D 和 E 空闲端口。因而将本监控系统退出按钮的光耦输出 S_OUT 和 PD0 相连，伸进按钮的光耦输出 S_IN 和 PD1 相连，退出限位开关的光耦输出 B_LM 和 PD5 相连，伸进限位开关的光耦输出 F_LM 和 PD6 相连，压力开

关光耦输出 Pressure 和 PD7 相连。

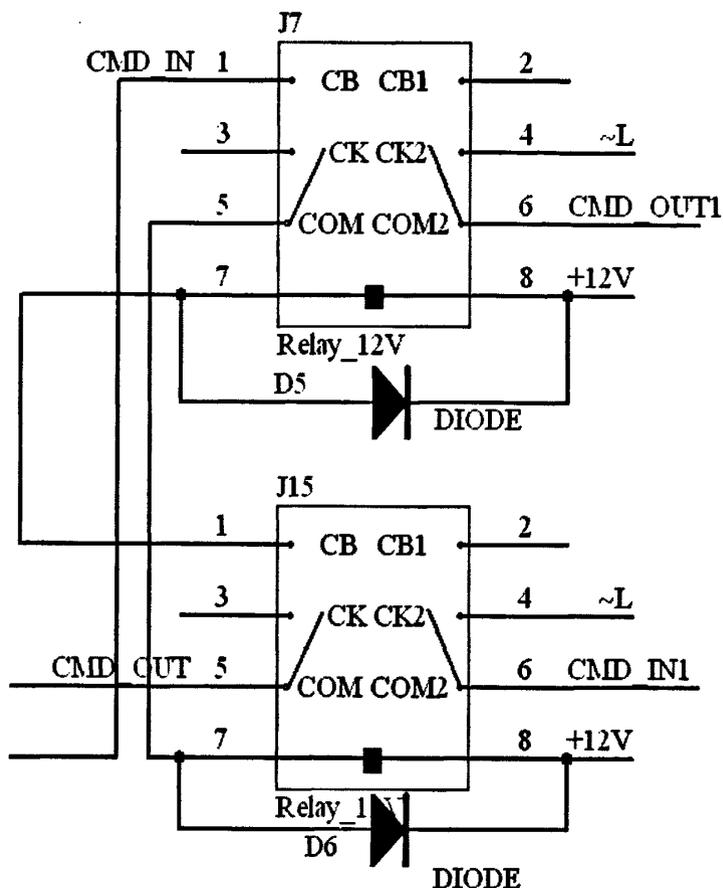


图 3-14 继电器互锁示意图

探头的伸进退出是依靠单向交流电机的正反转实现的，电机只要三个控制口即可，分别是 `CMD_OUT1`、`CMD_IN1` 和 `~L`，对应电机的反转、正转和公共端，如果正转端和公共端导通则电机正转，如果反转端和公共端导通则电机反转。探头伸进时不能退出，退出时不能伸进，即伸进和退出实现功能是互锁的，这点考虑用继电器来实现。采用 12V 继电器（12V 继电器能直接夹在 12V 直流电源的正极和负极上面，继电器触头控制 220V 的；选用 12V 的没有特别的原因，只是看引入电源的方便，之前光耦芯片用到 12V 电源，因而从方便性考虑选用 12V 的，选用 24V 的继电器，同样可以驱动电机）来互锁控制单向交流电机（即执行机构）正转或反转。原理如图 3-14，其中，`CMD_OUT`、`CMD_IN` 均是低有效，由于互锁两个不会同时有效。当有伸进命令时即 `CMD_IN=0` 且 `CMD_OUT=1`，此时和 `CMD_IN` 相接的继电器 J7 的 1 和 5 脚（常闭）均为低电平，使得互锁的继电器 J15 的 7 脚同样为低，而继电器 J15 的 8 脚接的是 12V 的电源，因而继电器 J15 的线圈导通，使得 J15 的常闭触点断开，常开触点闭合，这样导致继电器 J15 的输出边的常开触点也闭合即引脚 4 和 6 导通，也就是单向交流电机的正转回路工作，因而电机正转带动探头前进。此外，为了防止继电器反接，在继电器引脚 7 和 8 之间加一个二极管，这个二极管还在继电器断电（线圈带电的）时候组成放电回路以放电。对反转也是同样的道理，在此不再详述。

相对单片机而言，继电器和指示灯都可以说是大器件，它们的工作电压电流都是很大的，需要大电流的驱动电路来驱动。ULN2003 是集成达林顿管 IC，内部集成了一个消线圈反电动势的二极管，采用集电极开路输出，输出电流大，故可直接驱动继电器或固体继电器，也可直接驱动低压灯泡，所以系统选用 ULN2003 驱动芯片驱动控制电机的继电器和报警指示灯的亮灭。由于 ULN2003 采用集电极开路输出故只有其输入端为

高时，器件导通输出端才输出低^[37]，此时才是继电器或指示灯的有效信号，而相应的单片机输出控制端一般有效输出都是0(不用的引脚都悬空为高)，因而有效信号输出时(0)要反相(1)才能使驱动芯片工作，并且单片机和驱动芯片如果直接连接的话，驱动芯片电流过大时会直接影响单片机性能甚至可能烧坏单片机，为了避免此种情况，单片机输出控制端先接反相器再和驱动芯片相连。按照前面所述，端口D和E空闲端口第二功能可控制开关量输入输出，前面已经用了D口，故控制电机正转、反转、报警灯工作的开关量输出利用单片机E口，具体接线为PE2--ALARM1、PE3--ALARM2、PE4--ALARM3、PE5--Z_ROTATE、PE6--F_ROTATE。

综上所述，本节的开关量输出部分电路图如3-15所示。

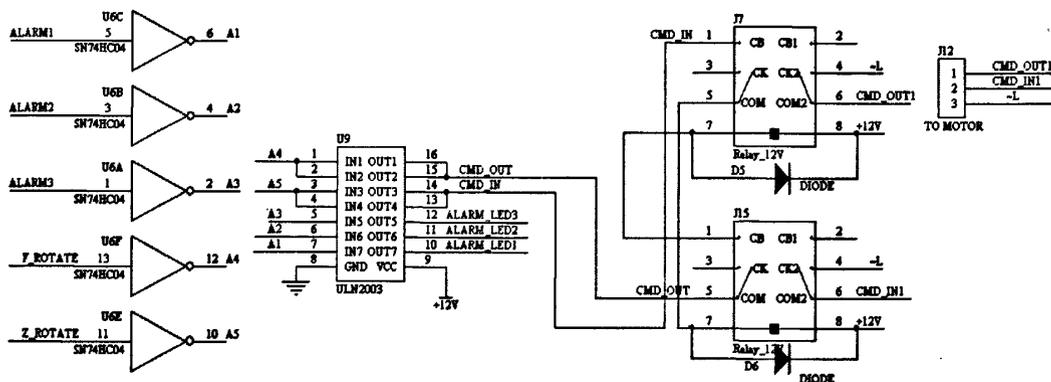


图 3-15 开关量输出电路图

3.2.7 JTAG 接口设计

JTAG 是一种硬件测试标准，支持扩展的片内调试，兼容 IEEE 1149.1 标准，可通过 JTAG 接口实现对 Flash、EEPROM、熔丝位和锁定位的编程，它通过一个测试访问口 (TAP)，对芯片内部进行测试。多设计为 10 口的通用插针，除去电源 V_{CC} 和地 GND，其主要为模式选择脚 (TMS)、测试时钟 (TCK)、测试数据输入 (TDI)、测试数据输出 (TDO)，还有一个复位端 (TRST)。由于看门狗是采用的片内的，AVR 系统没有其它复位信号，该复位引脚直接接入 AVR 芯片的复位端。JTAG 接口的电路图如图 3-16 所示。

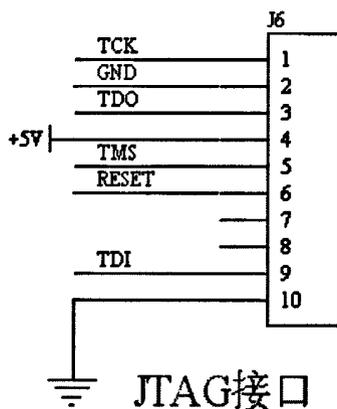


图 3-16 JTAG 接口电路图

仿真下载器采用 Atmel 的 JTAG MkII，在线调试和下载软件为 AVR Studio4，这样通过 JTAG 接口，可以实现系统的调试和编程。

综上所述，本监控系统硬件部分以单片机为控制中心，选用内藏 T6963C 控制器的 240×128 点阵图形液晶显示模块在控制箱外面显示运行参数，单片机的 PA 口并行总线方式控制液晶模块传输数据命令；单片机的 USART1 口控制字符叠加器 QL508 在视频

中叠加环境参数等信息再在监控器中显示；USART0 口控制 RS485 收发数据，和组态王上位机串行通信；三个传感器测出运行参数并经电流电压信号转换或测温电路输入到单片机模数转换器 ADC 读出数值，另外利用 PD 和 PE 空余的口控制探头伸进伸出和报警指示灯工作及电机正反转。主体硬件设计结构如图 3-17 所示。

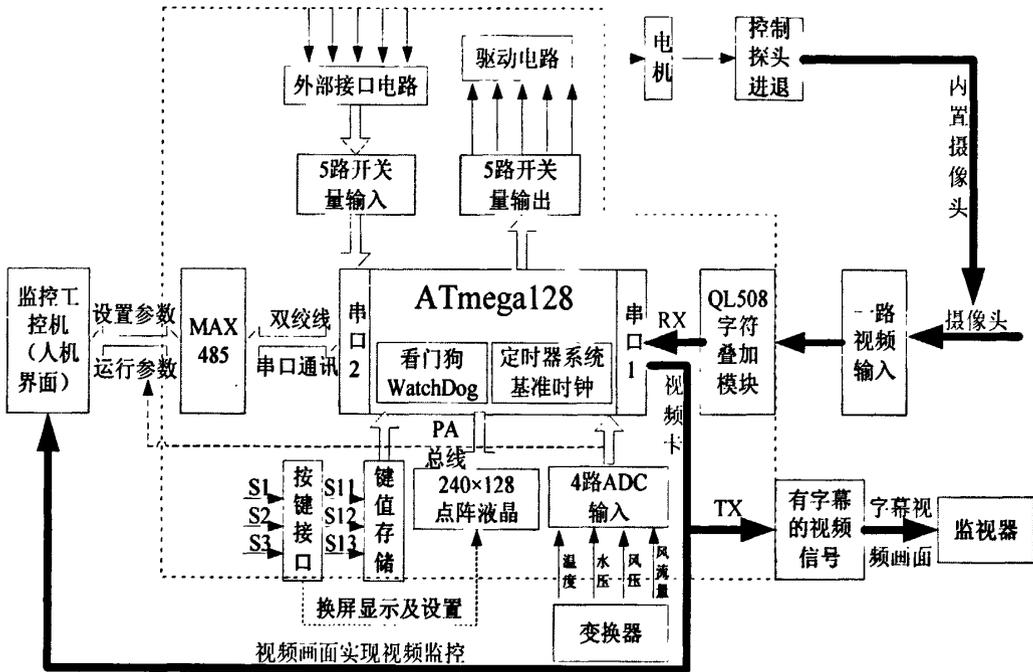


图 3-17 主体硬件设计框架

3.3 基于单片机的软件设计

作为系统核心功能的系统软件的设计实现是系统各项功能实现的核心和载体。AVR 上的软件设计有多种方式，在程序语言上，主要有汇编语言和 C 语言两种。汇编语言适用于效率要求高且功能比较简单的设计；由于 C 语言有良好的层次结构，因而用 C 语言编写的程序更容易阅读和维护；且使用 C 语言编写程序，相对来说比汇编语言编写程序更能符合人们的思维习惯，因而能有效地减少开发和调试时间，因此，在资源与响应时间允许的情况下 AVR 上的软件设计一般都采用 C 语言开发^[38]。

本次设计选择 C 语言对单片机进行软件编程，利用 AVR 单片机 C 编译器 ICC AVR 编程环境进行开发^[39]，程序设计好后再用 AVR Studio 4 仿真和 JTAG MkII 下载程序到单片机中。在系统的主程序中，主要完成以下两项功能：系统初始化和主循环，其中，主循环中包括模数采集函数、按键检测函数、液晶显示函数、字符叠加函数和串口通信函数五个部分，下面我们就分别针对这几个部分进行阐释或设计（软件部分 C 语言的编程参考了文献^{[38][40][41][42]}）。

3.3.1 系统的初始化

系统初始化的成功与否是系统正确运行的前提和保障。监控系统的初始化主要包括以下一些部分：系统初始化（全局变量的定义和初始赋值等），单片机初始化（IO 口初始化、串口 USART 初始化、定时器初始化、模数转换 ADC 初始化及一些接口的宏定义等），LCD 初始化，QL508 初始化^[43]，整体单片机初始化流程如图 3-18，其中各个模块的初始化将在各模块部分介绍。

IO 口初始化即各输入输出端口功能设定为输入或者输出，并初始化引脚状态。

由前面的设计知，两个 USART 串口均被使用，进行通信之前首先要对 USART 进行初始化。初始化过程通常包括波特率的设定、帧结构的设定以及根据需要使能接收器或发送器。对用到 USART 中断的操作，在初始化时首先要清零全局中断标志位（全局中断被屏蔽）。程序的实际编写说明如下：

- a) 当设定波特率时，禁止发送和接收。
- b) 设置串口方式：异步串口模式，禁止奇偶校验，1 位停止位，8 位帧模式。
- c) 设置波特率：期望的波特率为 9600 波特，实际能达到 9615 波特，误差 0.2%。
- d) 串口使能，即串口接收器与发送器使能。

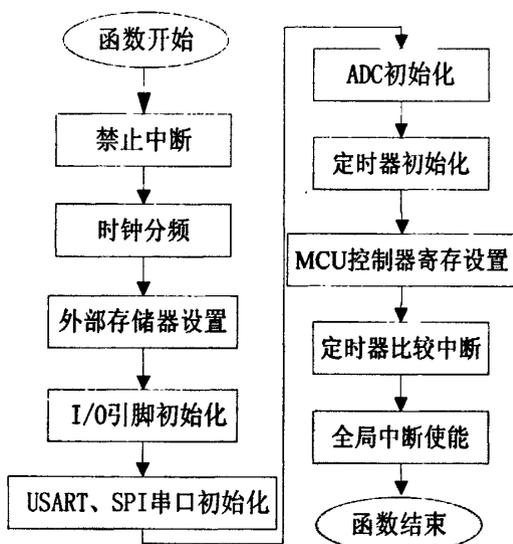


图 3-18 单片机初始化流程图

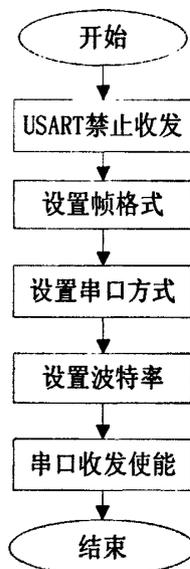


图 3-19 串口初始化流程图

系统主循环需要秒定时中断来处理输入输出等相关系统变量或延时定时操作，设计用 AVR 定时器 1 的秒定时溢出中断来实现：用 8 位比较器持续对计数器和输出比较匹配寄存器进行比较，如果两者相等，比较器就给出匹配信号，发生中断，工作前应该初始如下：

- a) 定时器禁止工作。
- b) 计数器初始化，置 0。
- c) 比较匹配寄存器初始化，比较值置为 6250，由于预分频为时钟频率的 1/256，得中断频率为 100HZ，即 10ms。
- d) 启动定时器。

模数转换 ADC 初始化应该选择通道和设置精度等，为了方便，初始化和转换合并放到模数采集子函数中去。

看门狗是恢复系统正常运行的有效的监视管理器，从系统安全运行考虑应该加入。AVR 片内自带系统看门狗，可以在系统跑飞时自动进入系统复位。程序开始时要将内置看门狗使能，并设置取看门狗最大计数时间（在配置为 1024k 个振荡周期，5V 电压系统下时）2s。

3.3.2 模数采集函数

因为针对的是模数采集，故需要模数转换，为此设计单片机的模数转换函数。按照技术手册，ATmega128 可得到 10 位分辨率，其转换函数的流程（包括 ADC 初始化）如图 3-20。

按照前面的硬件设计，模数转换接口采集运行参数——利用 PT100 测温电路采集温度数据，三个传感器获取水压、风压和风流量。10 位分辨率模数转换得到的最大数值是 1024，对应 5V 的输入电压，因此实际的输入电压应该是：模数转换值 $\times 5.0/1024$ 。对 PT100 测温电路，由得出电压值，按照硬件设计电路的电压和 PT100 电阻的线性关系，逆推得出 PT100 阻值然后依照 PT100 阻值和温度的关系式 $R=R_0(1+\alpha(T-T_0))$ ，推算温度 $T=(R/R_0-1)/\alpha+T_0$ 。而在传感器的测量电路中，由硬件设计决定，实际电压值的 1~5V 线性对应传感器电流值 4~20mA，由此得到：实际电压值 $\times 4$ =传感器电流值（数值上），所以利用模数转换得到的数值得出传感器电流值，然后对照水压、风压和风流量传感器的实际测量参数和电流值的对照表或借助简单的数学运算得出实际的测量参数大小。

3.3.3 按键检测函数

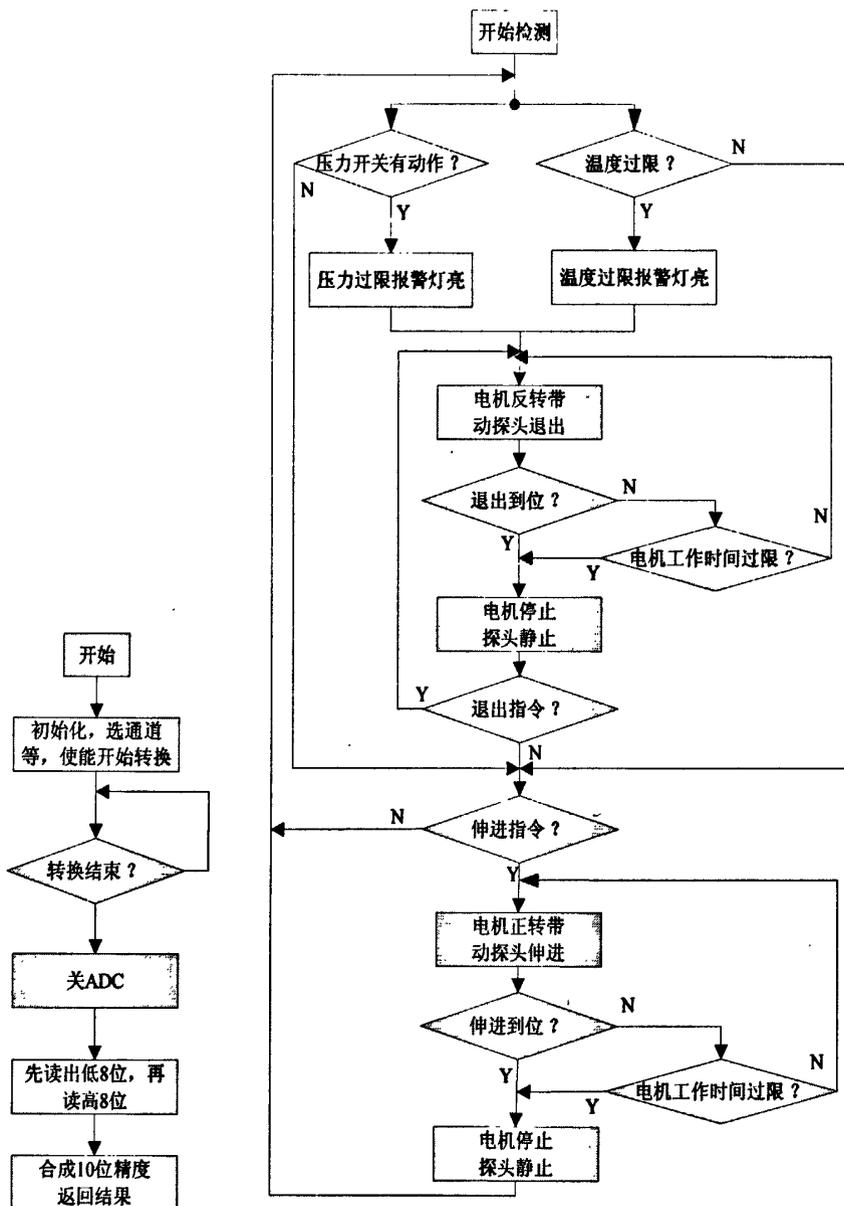


图 3-20 模数采集参数

图 3-21 按键检测

按键检测是针对 I/O 模块中的开关量的输入/输出功能——检测开关量是否有输入，再控制执行相应的输出动作。开关量输入检测即通过检测对应的单片机输入口电平（为高即无效输入，为低则是有效的输入），开关量输出即是根据开关量的输入将对应的端

口置位或置零以实现控制功能。由硬件设计知，监控系统的开关量输入有探头的前限位开关、后限位开关、压力开关、探头的伸进和退出按钮，开关量输出有电机正转、反转和报警灯工作的控制信号。依据功能需求其程序工作流程应该是：在温度、压力和时间没有超限（即不满足自动退出）时，按下伸进按钮电机正转带动探头伸进，至前限位开关动作（到达设定的位置）时停止；按下退出按钮电机反转带动探头退出，至后限位开关动作（到达设定的位置）时停止；如果温度、压力和时间任何一个过限时，则探头自动退出至后限位开关动作时停止，并且给相应的开关量输出有效信号使得相应的指示灯亮。所以按键检测的软件流程应该是首先检测三个报警输入信号（限位开关、温度开关（亦可以软件检测是否超过限定值，这样可以省去温度开关，进一步节省成本）、电源是否掉电（实际未接上，以后待扩展，故流程图里没说明）），如果是有效输入（限位开关动作、温度开关动作或软件检测超过限定值、电源掉电），即开关动作或按下按钮，对应报警标志位为 1，否则不置位；再检测伸进开关是否有动作（即检测是否有伸进命令）及限位开关是否动作，如果前者有而后者无并且报警标志位不为 1 则给继电器信号控制电机正转，实现探头伸进，否则电机不动；如果检测到有报警信号，或有退出命令，则给继电器信号控制电机反转至检测到限位开关有动作为止，实现探头退出；然后重复上述检测流程，相应的检测函数的流程如图 3-21。

3.3.4 液晶显示函数

3.3.4.1 LCD 需求的分析

由需求分析知，对液晶屏而言有显示界面和设置界面，分别用来观看实时运行参数和对退出参数人为进行设置，控制箱外部的三个按键 S1、S2 和 S3 用来在显示界面和设置界面之间切换。按照前面的需求分析，液晶屏需要实时显示四个运行参数（温度、水压、风压和风流量），其显示格式应该为温度：**°C、水压：**Kpa、风压：**Kpa 和风流量：**L/Min；并且可以通过外部三个控制按钮，切换到设置界面显示当前的三个退出参数：温度上限：**°C、风压下限：**Kpa 和时间上限：**S，此时其中两个按钮复用，作为参数增加值按键和减少值按键。界面相应的画面如图 3-22 和 3-23。

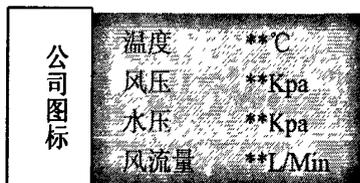


图 3-22 界面一（显示界面）



图 3-23 界面二（设置界面）

主控板通过接口向液晶模块写入指令来实现模块控制，程序的设计主要包括两个部分，一是设计液晶读写指令或数据、初始化及清屏等通用子程序，其中，初始化设置主要包括以下几方面：设置文本显示缓冲区、图形显示缓冲区和 CGRAM 区各自的首地址和区域宽度，设置 LCD 工作模式和显示模式以及选择光标形状等。另一部分是汉字和图形的显示模块程序，显示内容是文本还是图形由初始化中显示方式设置部分决定，显示操作就是将欲显示的字符或图形的点阵信息写入显示缓冲区中的指定位置，点亮某些二极管，让字符或图形显现出来；当显示基本的字符和数字时，直接送入其代码即可；当显示自定义的图形方式时，图形字模先写在 Flash 存储器中，显示时再从 Flash 存储器中取出来。

3.3.4.2 LCD 通用子函数

由于采用内置 T6963C 控制器的点阵式 LCD 显示器,所以有必要先对它进行介绍。T6963C 控制器时序^[44]如图 3-24 及内置 T6963C 的液晶显示模块框图如 3-25 图所示。

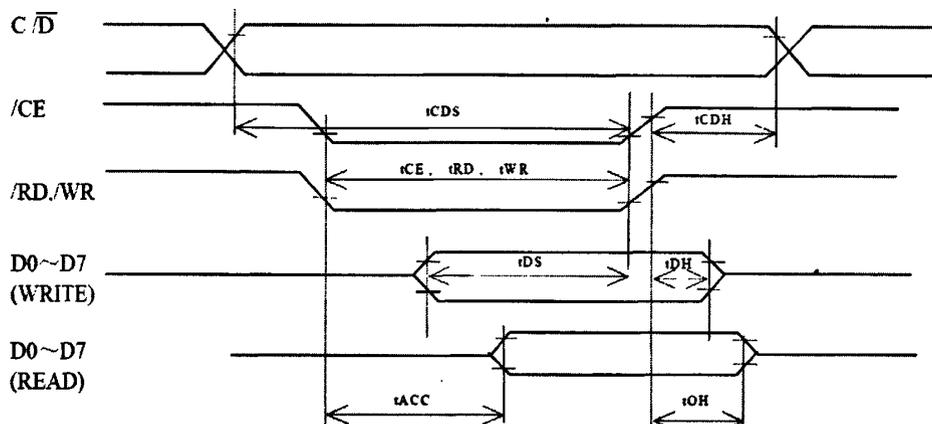


图 3-24 T6963C 控制器时序图

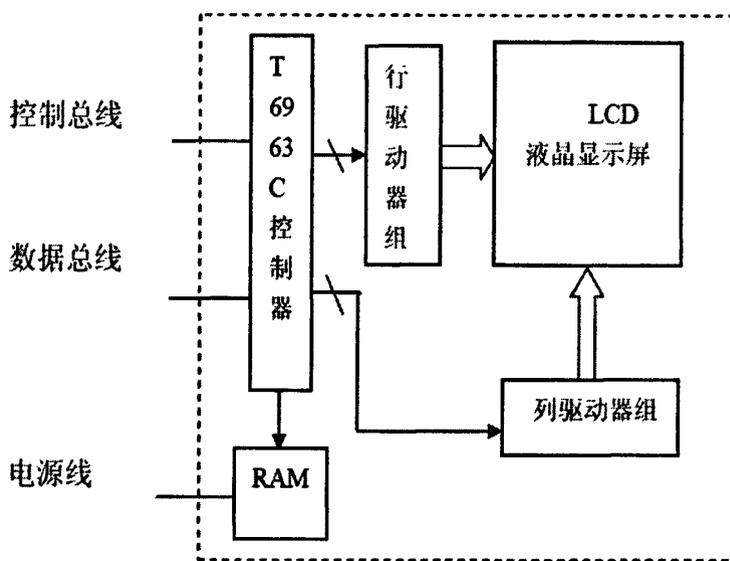


图 3-25 内置 T6963C 的液晶显示模块框图

从时序图可知:当数据指令设置位 C/D 为高,使能位/ \bar{CE} 为低,写状态位/ \bar{WR} 为高,读状态位/ \bar{RD} 为低时,可以从并行数据口读取内部控制器的状态。当数据指令设置位 C/D 为高,使能位/ \bar{CE} 为低,写状态位/ \bar{WR} 为低,读状态位/ \bar{RD} 为高时,可以通过并行数据口向内部控制器写指令。当数据指令设置位 C/D 为低,使能位/ \bar{CE} 为低,写状态位/ \bar{WR} 为低,读状态位/ \bar{RD} 为高时,可以通过并行数据口向内部控制器写数据。由于硬件设计为并行总线间接控制,其接口电路与时序无关,此时时序通过软件编程实现,对照 3.2.2 节的硬件连接,如果单片机对液晶进行写操作要发写命令,要选通 T6963C 的片选信号即单片机的连线 $PC0=\bar{CE}=0$,且选择为命令通道即要求 $PC1=C/D=1$,此时外部存储器 LCD 字节地址 A15:8 ($PC7\sim PC0$) 和 A7:0 ($PA7\sim PA0$) 组合的地址是 200H (由于非兼容 103 模式下,外部存储器地址从 2000H 开始,因而 $2000H+200H=2200H$,此即为外部存储器命令地址),同理可知单片机向 LCD 写数据的字节地址是 2000H ($PC0=\bar{CE}=0, PC1=C/D=0$)。因而直接给地址 2000H 或 2200H 赋值就能快速实现写命

令或数据。单片机的间接控制方式与内置 T6963C 控制器的液晶显示模块的接口电路参照图 3-5 所示。

1) T6963C 指令流程

T6963C 指令集中有的指令需要参数的补充,如地址指针设置等。T6963C 指令参数的输入是在指令代码写入之前,指令参数从数据口被送入数据栈内,再随后输入到指令锁存器内的指令代码被译码,控制部根据译码输出选通的寄存器或显示缓冲区单元将参数送入其内^[45]。图 3-26 是 T6963C 指令写入的流程图。

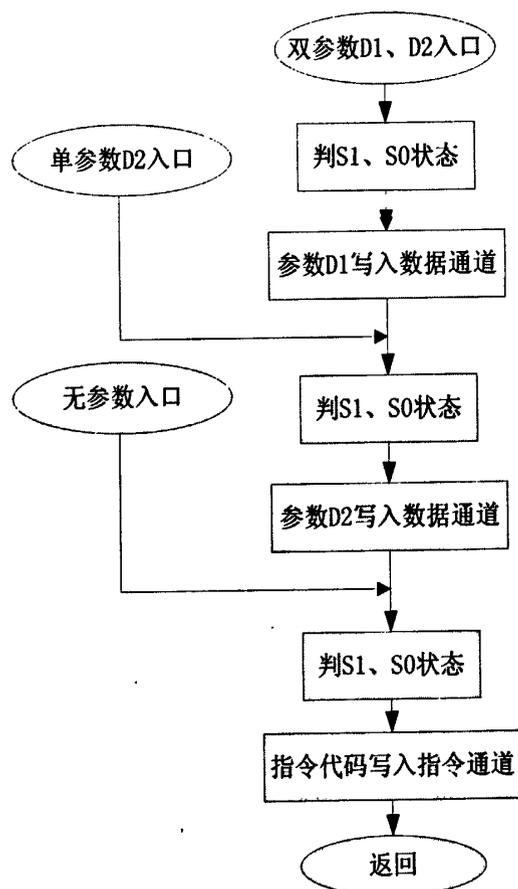


图 3-26 T6963C 指令写入的流程图

2) 状态检测函数

在写数据或写命令之前,应先检查 LCD 的状态,状态寄存器中命令就绪 (STA0) 和数据就绪 (STA1) 需要同时检查,只有这两位同时为“1”(即 LCD 空闲状态)时,才可以进行数据和命令的写操作,通常情况下,可以设计一个读状态子函数,用以判断两个标志位的空/忙状态^[46]。如果准备就绪,则返回 1,否则返回 0。

3) 写命令函数

按照 T6963C 指令流程,写命令之前要先保证状态寄存器中命令就绪 (STA0=1) 和数据就绪 (STA1=1),这通过调用 LCD 状态检测子函数即可实现检测,如果就绪则给命令地址 2200 写入命令参数或指令,否则继续等待准备就绪后再写入。

4) 写数据函数

同样按照 T6963C 指令流程,调用 LCD 状态检测子函数检测状态寄存器中命令就绪位和数据就绪位是否就绪,如果就绪(即返回 1)则给数据地址 2000 写入相应数据。

5) 单参数指令写入函数

单参数指令写入函数是写入一个字节参数和一个命令代码的函数,按照 T6963C 指令流程,先写入指令参数再写入指令代码,所以依次调用写数据函数写入指令参数和写

命令函数写入指令代码。

6) 双参数指令写入函数

双参数指令写入函数，顾名思义，要写入两个字节参数和一个字节命令代码，同单参数指令写入函数一样，也是调用写数据函数和写命令函数来实现，不同的是需要调用写数据函数两次，即调用写数据函数依次写入第一字节的指令参数和第二字节的指令参数，再调用写命令函数写入一字节指令代码。

7) 清屏函数

在显示数据前，首先要清除屏幕上上次显示的内容，为此要用到清屏函数。设计用单参数指令写入函数，向整个屏幕位置写入空白对应的代码“0”，这样就不显示任何东西，即清除了之前的痕迹。

8) 文本显示函数

液晶显示屏的显示方式包括文本和图形显示。采用文本显示方式时，写入文本显示缓冲区的不是点阵状态信息，而是字符代码，每个代码对应着放在 CGROM (Character Generator ROM, 字符发生器 ROM) 或 CGRAM (Character Generator RAM, 字符发生器 RAM) 中的一个 (8×8) 点阵状态信息，可用的字符代码为 00H~FFH，其中 00H~7FH 为内置的 128 个英文 ASCII 码字符占用，多为一些数字、字符和标点符号 (具体参见附录 A) 即 CGROM 内置的字符；CGRAM 则是由用户自定义 128 个自定义字形，对应可用的代码为 7F~FF。文本显示的原理是：字符代码写入文本显示缓冲区后，T6963C 从 CGROM 或 CGRAM 中取出该字符代码所对应字符的点阵状态信息，通过行列驱动器驱动液晶屏显示该字符。因此，对内置的字符，只要送入字符代码就可以驱动液晶显示；对非内置的字符比如汉字，需要先把字符的字模写入 CGRAM，再调用代码驱动液晶显示。

这里需要解释一下汉字字模。汉字字模是用 0 和 1 表示汉字的字形图形，将汉字图形放入 n 行 m 列的方形内，该方形共有 $n \times m$ 个小方格，每个小方格用一位二进制表示，凡是笔划经过的方格值为 1，未经过的值为 0 (如 3-27 示意图)，每 8 个点阵对应一个八位的整数 (图形字模原理也类似)。汉字字模一般都为正方形，目前汉字点阵字模有 16×16 点、24×24 点、32×32 点和 48×48 点等几种，对应的每个汉字字模分别需要 32、72、128、288 个字节存放，点数愈多，输出的汉字愈美观。字模的建立是利用专门的汉字图形点阵信息提取软件 (如 zimo21 或 Image2LCD 等) 提取在汇编或 C 语言状态下的点阵信息和各种图片的点阵数据。

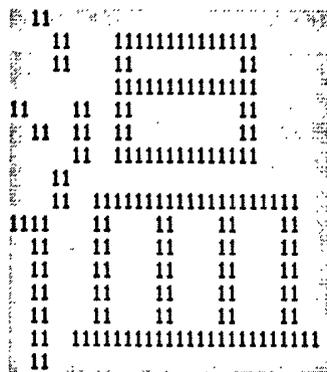


图 3-27 汉字“温”字模示意图

由于显示的内容不是太多，并且考虑液晶屏的大小和字符显示的美观，汉字的字模大小设置为 24×24，为此选用汉字图形点阵信息提取软件 zimo21 提取“温度”、“水压”、“风压”、“风流量”、“温度上限”、“风压下限”和“时间下限”这些需要显示汉字的 24×24 点阵字模。需要注意的是，生成的字模不是按照一个 8×8 点阵紧凑排列的，而是从左到右再从上到下生成的 (即先生成第一行的 24 点阵，再第二行的 24 点阵，再第三行的 24

点阵……)，而一个代码对应一个 8×8 点阵（第一行的 8 点阵，再第二行的 8 点阵，再第三行的 8 点阵……），因而需要先将一个 24×24 的点阵分为 9 个 8×8 点阵，即 9 个独立的紧连在一起的 8×8 正方形小块，这样一个汉字就对应了 9 个代码，为此编写字模数组调整顺序子函数，将字模调整为这样的顺序，然后再写入 CGRAM。注意此时独立小方块写入的顺序（从左到右再从上到下或从上到下再从左到右），后面要按照此顺序调用这 9 个代码，编写汉字文本显示子函数。同样的道理，汉字变大了，那么紧跟后面显示的数据也不能太小，故而不采用内置的 8×8 的内置数据，但是前面的不同的 10 个汉字已经占用 $10 \times 9 = 90$ 个代码，剩下能用的代码个数为 $128 - 90 = 38$ ，如果数据也用同汉字一样的 24×24 点阵以匹配，就需要 $10 \times 9 = 90$ 个代码，显然是不够的，因而数字采用 8×16 点阵，此时需要 $10 \times 2 = 20$ 个代码，还能有剩余的代码作为参数的单位字模的代码。

9) 图形显示函数

采用图形显示方式时，液晶屏显示信息的管理单位是 8×1 点阵，称为一个图形显示单位。T6963C 按此单位把 240×128 液晶屏在水平方向上分成 30 列，垂直方向上分成 128 行，共 30×128 个图形显示单位，每个图形显示单位对应图形显示缓冲区中的一个存储单元。将点阵状态信息写入这个存储单元，再在对应的位置显示出图形，因而图形显示是从显示的起始位置开始，写入图像字模对应的数据，每写入（图形宽度/8）个数据后，应该换行再写，直至写完所有的数据。

上面这些通用子程序都编写好后，就可以被利用来构造各种显示程序，以实现需要的各种功能。按照前述，液晶要显示汉字（运行参数名称）及其单位、三位数据（温度及温度上限是字节型）和五位数据（水压、风压、风流量及风压下限是字型）、公司图标，为此利用通用子函数编写显示运行参数名称及其单位汉字函数、数据函数、显示公司图标函数、欢迎提示语句等。

3.3.4.3 LCD 显示和控制

为了实现 LCD 模块的功能，首先需要初始化设置 LCD 模块，主要包括以下方面：

a) 文本和图形首地址和区域设置

文本和图形首地址的设置分别定义了文字（自定义字符内存）显示数据的起始地址和图形显示区域（图形内存）的起始地址；而区域设置则是设立每行字符数，通常设置文本区域和图形区域每行字符数目为液晶显示模块每行字符数，在本监控系统里都设置为 $0x1E$ 即 30 字符/行。

b) 光标形状和光标位置的设置

当光标启用的时候，光标形状设置命令选择显示时光标的形状，这里设置为一横线型 1×8 大小的光标（设置命令为 $A0H$ ）。光标指针设置命令有两个与之相关数据字节用来为光标指定停放的位置，这也是唯一用来使光标转移和移动的命令（数据写入命令并不会使光标转移）。光标位置应当被设置在实际显示区域内。

c) 外部 RAM 地址指针设置，指定外部 RAM 地址指针开始的位置。

d) 模式选择，文字与图形逻辑设置为“或”。这样当设置文本方式和图形方式均打开时，文字与图形以逻辑“或”合成显示图案。

e) 文本使能，图形使能（因为要显示文字也要显示公司图标）。

f) 清除屏幕和存储器内容。

g) 创建 CGRAM 用来存储在文本方式下要显示的汉字或字符代码。

h) 显示欢迎语句（节省代码考虑，用图形显示方式实现语句行）。

刚进入系统时液晶显示“欢迎使用高温工业炉电视监控系统”，然后配合外部三个设置按键显示实时运行参数或探头自动退出参数设置。定义液晶三个按键标志位 S1、

S2 和 S3, (定时) 每隔 100ms 检测是否有按键动作——如果 S1 按下并且之前 S2 没有按下, 则进入四个运行参数显示界面, 调用显示汉字及单位函数显示四个运行参数的名称和单位, 并依据采集到的数据调用数据显示函数。否则, 若按下 S2, LCD 将切换到参数设置界面, 显示三个设置参数名和数值, 调用设置参数和数据显示子函数 (每按一下键 2 则其标志 S2 加一, 如果计数到 4 则回归为 0, 也就是说对此按键只取有效值 0、1、2、3, 以此为标志来实现按键 1 和 3 的复用功能); 首次按下 S2 即 S2=1, 提示进入第一个参数设置, 再通过键 1 和键 3 的操作来增加或减少参数值, 然后再按下键 2 (即 S2=2) 确认该参数设置完成, 同时提示进入第二个参数设置; 同样第二个参数设置是通过键 1 和键 3 来增加或减少参数值, 再按下键 2 (即 S2=3) 则确认该参数设置完成, 同时提示进入第三个参数设置; 第三个参数设置也是通过 1 和 3 来增加或减少参数值, 此时再按下键 2 (即 S2=4, 此时 S2 回归为 0) 则确认该参数设置完成, 同时视为所有参数设置完成, 此时要释放按键 1 和 3 的设置功能 (即此时, 按键 1 时显示参数界面, 按键 3 时不动作) 或者再按键 2 重新进入设置界面依次设置三个数值。即使没有按键也要更新显示参数数据或设置数值, 因而利用 S1 标志决定是更新参数数据还是设置参数, 同时判断如果进入设置界面两分钟之内都没有动作, 此时默认设置完成不需要再设置了, 则自动切换到显示界面; 最后置位键值寄存器复位标志位, 清空寄存器, 为下一次键值存储准备。

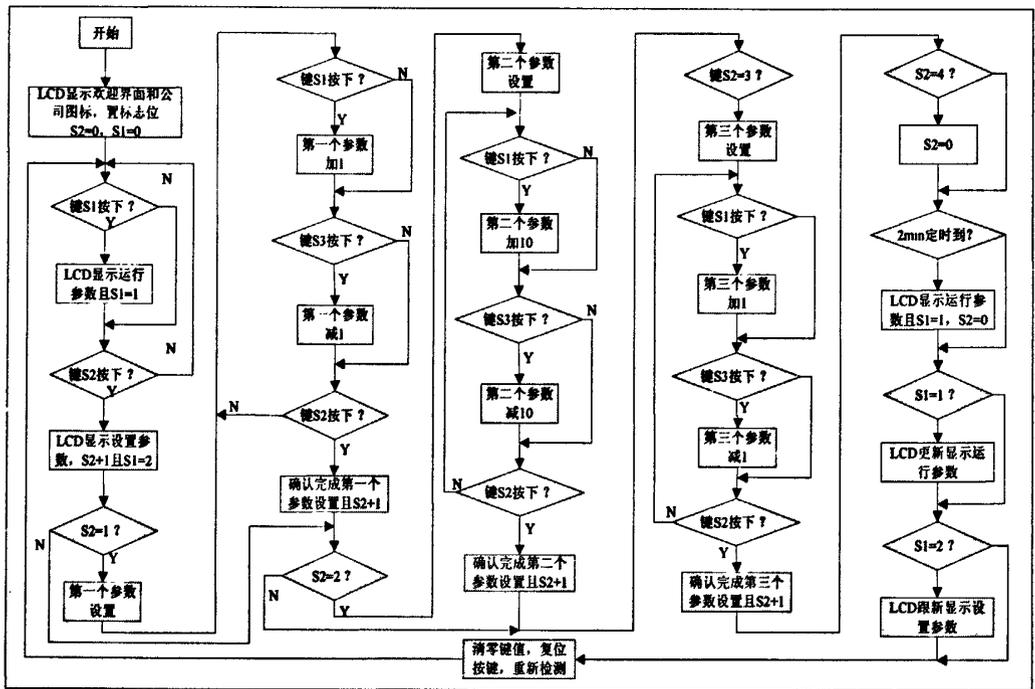


图 3-28 LCD 子函数流程示意图

归纳上面的 LCD 显示和控制流程子函数流程, 液晶控制显示解释如下: 如果首次检测到键 1 按下, 则视为显示参数命令, 此时显示上面的界面一旦置 S1=1 (S1=1 为运行参数更新标志)。如果首次检测到键 2 按下 (每按一下键 2 其按下次数标志 S2 加一), 则视为设置参数命令, 此时显示上面的需求分析中的界面二且置 S1=2 (S1=2 为设置参数更新标志); 如果键 2 的按下次数标志为 1 (即 S2=1), 则视为第一个参数设置, 再通过操作按键 1 (3) 来实现其数值的增加 (减少) 一; 如果键 2 的按下次数标志为 2 (即 S2=2), 则视为第一个参数设置完成进入第二个参数设置, 再通过操作按键 1 (3) 来实现其数值的增加 (减少) 十; 如果键 2 的按下次数标志为 3 (即 S2=3), 则视为第二个参数设置完成进入第三个参数设置, 再通过操作按键 1 (3) 来实现其数值的增加 (减少) 一。参数设置好 (即再次按下按键 2, 此时 S2=4, S2=4 时软件检测回归为 0) 以后可以

手动切换（按下键 1）回到运行参数显示界面，否则依赖 T 定时 2 分钟自动切换为显示界面。如果 S1 是 1 则更新显示参数数据，如果 S1 是 2 则更新显示设置参数。完成后清空寄存器，复位标志位，准备下一次 LCD 显示和控制。由此得到 LCD 按键检测流程如图 3-28 所示。

3.3.5 字符叠加函数

QL508 视频字符叠加器模块对单片机有 RS_232（或 RS_485）、UART、SPI 通讯接口，具有良好的可扩展性，本系统软件程序设计使用 UART 口。要在上位机显示的内容包括汉字（温度、水压、风压、风流量、风压下限、温度上限）及相应的单位和数据。

QL508 视频字符叠加器对 UART 口有 30 条基本控制指令，包括清屏、视频扫描方式设置、根据汉字内码显示字符、设置背景颜色等很多方面，足以满足字符叠加需求，故编程简单而灵活。每条指令包含五字节，这五个字节中第一个字节是同步码 0x55，以提高数据传输的可靠信，后面四个字节分别为命令方式、数据内容、地址码（对于所有指令其地址可选 0~255，本设计程序中都选用广播地址 255）；其指令格式如表 3.1（命令方式 8 即为根据汉字内码显示字符）。

表 3.1 QL508 视频字符叠加器命令方式 8 下的指令格式

第一字节	第二字节	第三字节	第四字节	第五字节
同步码 0x55	命令方式(8)	内码高字节	内码低字节	地址码

字符叠加器是根据内码显示不同的字符的，为此需要先利用内码生成软件生成需要显示的汉字内码，一般的内码都是双字节的，生成的“温、度、水、压、风、流、量、上、限、下”的汉字内码依次是 CEC2、B6C8、CBAE、D1B9、B7E7、C1F7、C1BF、C9CF、CFDE、CFC2，而为了和汉字一样显示数据，也用生成内码软件生成 0 至 9 数字的内码依次为 0xA4A0、0xA4B0、0xA4C0、0xA4D0、0xA4E0、0xA4F0、0xA5A0、0xA5B0、0xA5C0、0xA5D05。

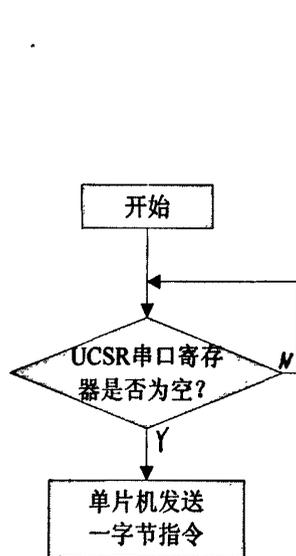


图 3-29 写入单字节子函数

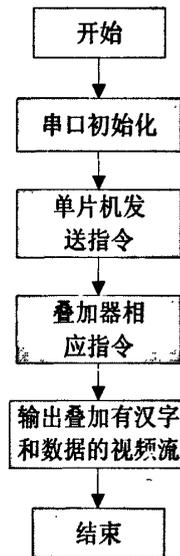


图 3-30 叠加器工作流程图

由于 QL508 模块是通过 UART 口来和单片机联系的，因此先编写向 USART 的数据寄存器 UDR 写入数据的串口写单字节函数（其示意图如 3-29）；而 QL508 模块 UART 口每条控制指令包含五字节，因而利用单字节函数编写连续写五个字节命令的通用子函数，针对不同的指令，第一个字节写入同步码 0x55，第二字节写入对应的命令代码，第三、四字节写入紧接命令后面的参数数值，第五字节写入地址 255，以封装成不同的指令子函数，供后面送入实参调用。比如编写的字符显示函数是按照表格 3.1 的格式，调

用五字节函数依次送入同步码 0x55、根据内码显示字符命令 8、内码高字节、内码低字节和地址 255。编写的数据显示函数则是根据其大小和位数进行的，首先获取每位的数值再根据数值的不同到数字数组中提取对应的数字内码，然后调用字符显示函数显示，每显示一位数字后将光标移位到下一位，再显示第二位数字再移位光标，重复这样的操作至显示完数据的所有的位。对温度和温度上限、时间上限只需显示三位数据即可，而对水压、风压、风流量及风压下限有五位数据，故分别编写三位和五位数据显示子函数。

开始时也需要进行初始化，视频字符叠加模块的初始化主要包括以下几个方面：

- a) 设置扫描方式。选择扫描方式 14，灰字（全周描边）。
- b) 设置水平和垂直方向开始显示的位置，并设置行距。
- c) 设置清屏时的颜色为蓝色。
- d) 设置字符大小。
- e) 设置字符颜色，白底蓝字。

为了实现显示所有需要的汉字和数据，编写函数 QL508XY 以供主程序调用。每次显示不同的汉字前都需要调用定位函数以限制文字显示位置，然后调用字符显示函数显示汉字，同时根据此显示顺序调用对应的数据显示函数显示数据，在开始前要清屏即写入空白对应的内码以清除上次的显示痕迹。

3.3.6 串口通讯函数

3.3.6.1 通讯协议 HEX

系统的上位机界面是用组态软件“组态王”做的（后面讲述），组态王提供的与通用单片机的通讯协议有 HEX 型和 ASCII 型两种，相对而言，HEX 型效率较高，因而本系统采用通用单片机通讯协议（HEX）和单片机串口通信。通用单片机通讯协议（HEX）中单片机和组态王通讯^[47]应答有 7 种格式，具体格式如表 3.2~3.8。

表 3.2 组态王地址请求格式（格式 1）

ENQ	Sta	EOT	CRC
-----	-----	-----	-----

表 3.3 单片机应答地址格式（格式 2）

ACK	Sta	ETX	CRC
-----	-----	-----	-----

表 3.4 组态王读数据请求格式（格式 3）

ENQ	R	Data Type	Data Addr	Data Num	EOT	CRC
-----	---	-----------	-----------	----------	-----	-----

表 3.5 单片机应答读数据格式（正确）（格式 4）

ACK	Data Long	Data....	ETX	CRC
-----	-----------	----------	-----	-----

表 3.6 单片机应答读数据格式（错误）（格式 5）

NAK	Error Code	ETX	CRC
-----	------------	-----	-----

表 3.7 组态王写数据请求格式（格式 6）

ENQ	W	Data Type	Data Addr	Data....	EOT	CRC
-----	---	-----------	-----------	----------	-----	-----

表 3.8 单片机应答写数据格式（正确）（格式 7）

ACK	Error Code	ETX	CRC
-----	------------	-----	-----

单片机和组态王通讯完全依照这七种格式进行的，格式中的数据均为 16 进制数，字头字尾及字符格式解释如表 3.9-3.10。

表 3.9 字头字尾含义

字头/字尾	代码	表示意义	备注
ENQ (头)	H05	询问	请求帧的开始代码
ACK (头)	H06	确认	ACK 应答帧的开始代码
NAK (头)	H15	否认	NAK 应答帧的开始代码
EOT (尾)	H04	正文的结束	请求帧的结束 ASCII 代码
ETX (尾)	H03	结束正文	应答帧的结束 ASCII 代码

表 3.10 格式字符对照解释表

格式字符	含义及备注
Sta	设备地址, 占 1 字节, 可以为 0~255, 识别设备
R	读标志, 占 1 字节 (0x52)
W	写标志, 1 字节 (0x57)
DataType	数据类型, 占 1 字节, 有效数字是 1、2、3 依次代表字节、字、浮点型
DataNum	数据的字节数量, 1 字节
DataAddr	数据偏移地址 2 字节, 低字节在前, 高字节在后
Data	实际传输的数据, 低字节在前, 高字节在后
DataLong	单片机返回 Data 的字节数, 2 字节, 低字节在前, 高字节在后
CRC	为从第一个字节至 CRC 前的所有字节的异或值, 1 字节
ErrorCode	错误代码可以为 0、1、2、3、4, 分别代表正确应答、数据类型错误、数据范围超限、指令无法识别

由于本程序完全按照协议格式来写的, 并且单片机是依据接收的数据来应答的, 故一般不会用到格式 5, 单片机和组态王是依照下面的时序来通讯的。

1) 组态王从单片机读数据

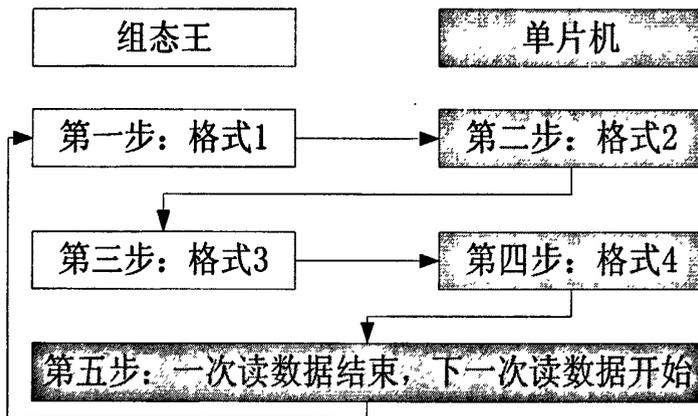


图 3-31 组态王读数据时序

2) 组态王向单片机写数据

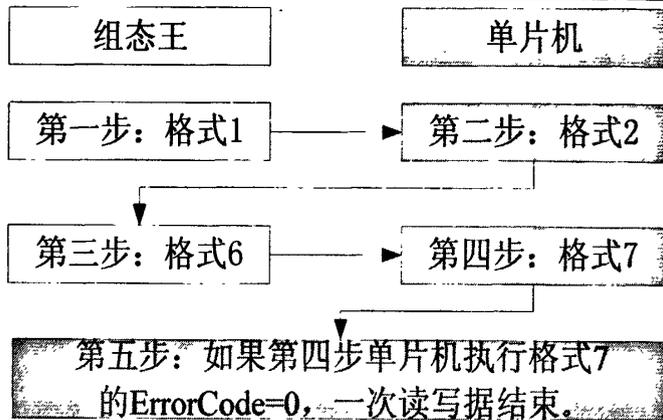


图 3-32 组态王写数据时序

3.3.6.2 串口通讯设计

由通讯时序知，每次通讯都是组态王主动发送指定设备地址来要求读写指定设备的数据，然后单片机依据上面的通讯格式应答。所以单片机的通讯程序是先通过串口接收组态王发送的数据包，然后按照协议来解析和应答。由于 ATmega128 的数据吞吐率高达 1MIPS/MHz^[42]，用串口查询发送和中断接收足以满足监控系统的要求，因而本设计串口通讯程序以中断方式接收数据而以查询方式发送数据。

单片机串口中断接收的具体步骤是：单片机先通过串口接收中断检测是否收到有效数据包，如果第一个字符是 ENQ，第二个字符是 Sta 或 R 或 W，那么认为是组态王发送过来的有效数据包，数据长度 Length 置 0，此时开始计算接收到的数据个数，接收标志 Receive 置 Sta 或 R 或 W 对应的格式 1 或 3 或 6，并把收到的数据放入接收缓冲数组 RBuf1[Length]中，每接收一个字节数据 Length 就自增一，如果收到结束标志 EOT 则将其送入接收数组并把接收到有效数据包结束标志 End 置位，这样即完成一次数据包的接收并准备开始等待下一有效数据包的接收。

单片机串口查询发送的具体步骤是：时刻不停查询收到有效数据包与否，如果收到有效数据包则开始解析数据包：

1) 如果查询到接收标志 Receive 是 1 即组态王发送要求通讯的设备地址过来（通讯格式 1），则给发送缓冲数组 TBuf1 通讯格式 2 的数据包，如“06+Sta+03+(06^Sta^03)”格式，然后通过单片机的查询发送子函数发送给上位机（即组态王），如果发送了则返回 1，这就是子通讯函数 Communication12。

2) 如果查询到接收标志 Receive 是 3 即组态王要求读数据（通讯格式 3），则应该回应发送通讯格式 4 的数据包，格式 4 数据包格式为“06+数据长度+数据+03+CRC”，因而要稍微解析一下格式 3 才能得到需要发送的格式 4。数据长度即组态王格式 3 发过来的数据字节数 DataNum 也就是 RBuf1[4]；格式 4 中的数据因数据类型不同而不同，根据接收缓冲数组代表数据类型的 RBuf1[1]中的数据（1-DB、2-DW、3-DF）来决定数据的数值（DB-1、DW-2、DF-3），如果 RBuf1[1]为 1 则代表 DB，则应该发送要求读的字节数组，如果 RBuf1[1]为 2 则代表 DW，则应该发送给程序得到的字数组，如果 RBuf1[1]为 3 则代表 DF，则应该回应发送程序得到的浮点数数组，由于四个运行参数和三个设置参数均是整型的，故在此省略浮点型；其中需要具体发送第几个字节或字数组则通过格式 3 中的 RBuf1[3]和 RBuf1[2]组合成的地址（(RBuf1[3]<<8)+RBuf1[2]）决定，即这个地址是多少那么就发送第几个字节或字数数据。字节数据可以直接根据地址，把对应的长度的字节数组数据放入除字头外第三个发送缓冲数组 TBuf1 中，发送给上位机；对

于字节数据发送则是拆分为两个字节数据（先低字节再高字节），那么字长度就是数据长度（以字节计算）的一半，再按照前面字节的方式赋给发送缓冲数组 TBuf1。最后将发送数组 Tbuf1 中从开始到结束（0x03）之间所有数据异或。这样即获得了格式 4 要求的数据包（06+数据长度+数据+03+CRC），然后通过单片机的查询发送子函数发送给上位机（即组态王），这就是子通讯函数 Communication34。

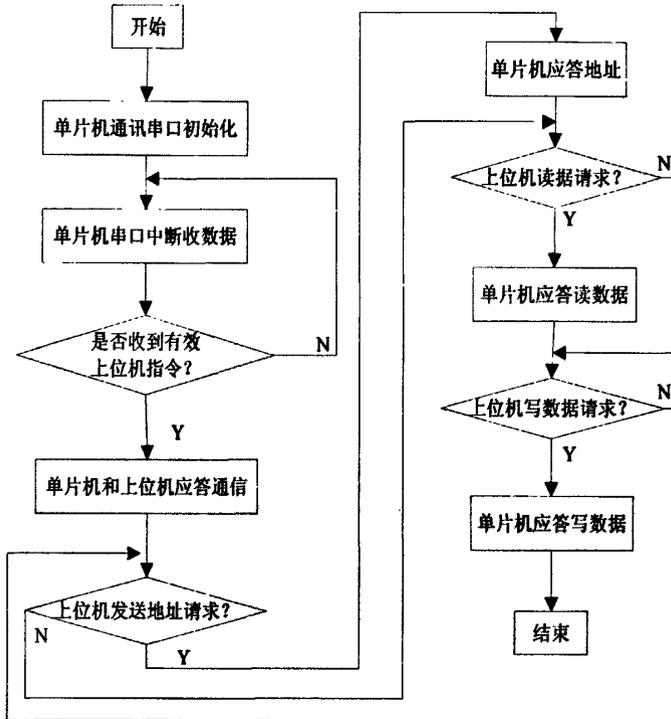


图 3-33 RS485 串口通讯流程图

3) 如果接收标志 Receive 是 6 即组态王要求写数据（通讯格式 6），此时应该根据要求将接收到的字节或字数据，赋给由 RBuf1[3]和 RBuf1[2]合成的地址指定的字节或字数组，而字节个数则是 RBuf1[4]。因为完全按照格式组合发送的，所以回复给组态王的格式 7 中错误代码应该是代表正确的数值——00，然后通过单片机的查询发送子函数发送给上位机（即组态王），这就是子通讯函数 Communication67。

综合上述，主程序中的通讯程序按照时序流程是：如果接收到有效数据包则开始解析，如果有效数据包是组态王请求地址，则回应发送格式 2，即调用 Communication12 函数，并返回 1；如果返回 1 并且下一个有效数据包是读数据请求则回应发送格式 4，即调用 Communication34 函数；如果返回 1 并且下一个有效数据包是写数据请求则重写指定的数据然后回应发送格式 7，即调用 Communication67 函数；否则不执行任何动作。其通讯函数流程框架如图 3-33 所示。

3.3.7 系统软件结构

由于单片机系统资源丰富及各模块集成度高，监控系统软件的复杂度也不是很高，因此系统程序主要由初始化和无限循环程序及中断处理程序组成。无限循环内主要完成对数据进行处理显示等操作。而中断处理程序中，由于中断的速度要求等，主要负责处理时间要求相对严格的操作，往往执行一些简单快速的简短程序，本系统包括定时中断和 RS485 串口接收中断。系统的总体软件结构如图 3-34 所示。

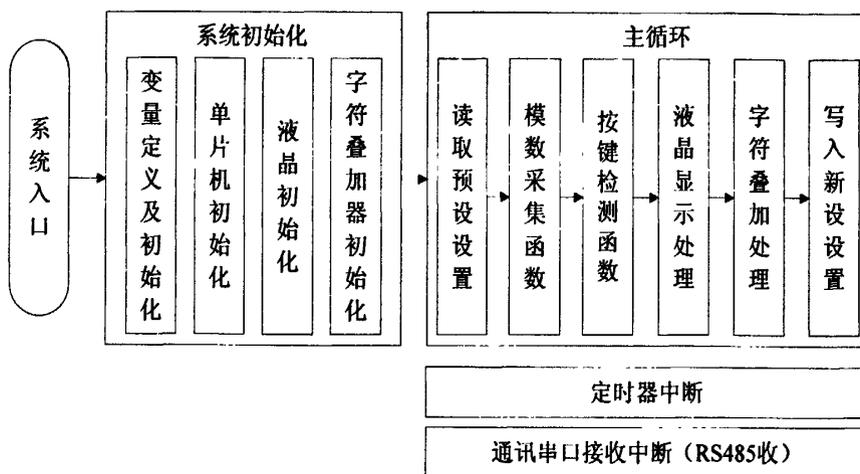


图 3-34 监控系统的总体软件结构

单片机初始化、LCD 初始化、QL508 初始化均放在开始部分的系统初始化（具体见 3.3.1 节介绍）中。主循环是一个 while 无限循环，在里面循环执行模数子函数以采集现场环境参数，按键检测函数以检测是否有操作及是否满足探头工作条件并控制执行相应的动作，液晶显示函数以在控制箱的小液晶屏上显示现场环境参数，字符叠加函数以在现场实况图像上叠加获取的环境参数，RS485 函数以将实时环境参数传递到监控室的监控主机的人机界面。在调用这些函数之前，要把设置参数从 EEPROM 中读取出来，在设置完成后要把新的设置值存入 EEPROM 中，这样使得设置参数能在上次设置的基础上进行并保存每次的设置值。

3.4 本章小结

本章主要完成了课题系统的硬件设计和对应的软件设计。在需求分析的基础上，先简述高温工业炉的探头装置的组成及功能，然后根据需求分析以单片机为主体设计了硬件部分，并相应的设计了硬件的功能实现——软件。硬件设计是系统的实现的前提，在对系统硬件要求有一个具体了解的基础上，对系统的硬件结构进行了详细的分析，划分了系统的各个硬件功能模块，并据此进行了各个硬件模块详细的设计。在需求功能和硬件设计的基础上，本章划分了系统的各个软件实现模块，并据此进行了各个软件部分的详细设计。

第四章 监控系统上位机设计

4.1 监控系统人机界面的设计

人机界面 HMI (human-machine interface) 是指人与机器进行交互的操作方式, 即用户与机器互相传递信息的媒介^[48]。本设计的人机界面就是监控室的人机操作界面, 即一方面监控装置前台的现场的信息在界面上直观显示, 另一方面操作人员可通过操作界面来对现场的监控装置进行操作。参照第二章的设计思路, 其需要的基本功能包括: 设备工作状态显示, 如指示灯 (报警)、按钮 (控制探头伸退及界面切换)、文字 (报警提示等指示性文字)、图形 (主要设备的模拟图) 等; 数据、文字输入操作 (输入设置及设置查找范围等), 打印输出; 连接工业控制设备 (和下位机通信)。

组态软件是指一些数据采集与过程控制的专用软件, 它们是自动控制系统监控层一级的软件平台和开发环境, 使用灵活的组态形式, 能为用户提供快速构建工业自动控制系统监控功能的、通用层次的软件工具。对于原有的 HMI 的概念, 组态软件应该是一个能使用户能快速建立自己 HMI 的软件工具或开发环境^[49]。因而, 本设计从快速简单方便考虑, 用组态软件设计人机操作界面。

4.1.1 组态王简介

组态王作为国内领先的通用组态软件, 具有一般组态软件通用性好、功能完善、稳定可靠、开发及维护成本低等特点, 在国内有 50000 多个成功应用案例, 经历过航天等环境的严格考验, 并且已于 2006 年成功进军海外市场, 成为构建各种软件平台的首选方案。组态王软件是运行在 Windows 98/2000/NT 系统下的工业控制组态软件, 包括开发系统和运行系统两部分; 纯中文界面、编程风格简单、实时性能好, 且与其他应用程序交换方便、易调试、支持数百种国内流行的外部设备; 具有良好的用户口碑、快速完善的售后服务体系和极富竞争力的价格优势, 在诸多竞争对手中脱颖而出。组态王软件具体的特点如下^[50]:

- (1) 可视化操作界面, 真彩显示图形、支持渐进色、丰富的图库、动画连接。
- (2) 分布式报警管理, 提供多种报警管理功能, 还可记录应用程序事件和操作人员操作信息。
- (3) 内嵌式报表系统提供丰富的报表函数, 能够进行报表组态。
- (4) 支持 Windows 标准的 ActiveX 控件, 包括 Microsoft 提供的标准 ActiveX 控件和用户自制的 ActiveX 控件。
- (5) 丰富的设备支持库, 支持常见的 PLC 设备、智能仪表、智能模块。
- (6) 方便的配方处理功能, 便于一次同时处理多个变量。
- (7) 支持 OPC 标准, 组态王既可以作为 OPC 服务器, 也可作为 OPC 客户端。
- (8) 全新的 WebServer 架构, 全面支持画面发布、实时数据发布、历史数据发布以及数据库数据的发布。

(9) 组态王软件是真正的客户/服务器模式, 支持分布式历史数据库和分布式报警系统, 其网络结构是一种柔性结构, 可将整个应用程序分配给多个服务器, 如指定报警服务器和历史数据记录服务器, 这样可以提高项目的整体容量结构并改善系统性能。

综合上述性能特点, “组态王”完全能满足系统的人机界面的需求, 因而, 从快速简单方便考虑, 本监控系统就以先进的组态软件——组态王 6.5 版本为开发平台来进行监控界面的设计。设计目标是: 直观、形象、实时地显示高温工业炉电视监控系统中的

数据和状态，通过生动的动态组态画面和视频监控，真实再现生产现场的信息。

“组态王”是全中文界面的组态软件，软件运行稳定可靠，采用了多线程、COM 组件等新技术，实现了实时多任务；它包含一个集成开发环境“组态王工程浏览器（TouchExplorer）”，在工程浏览器中可以查看工程的各个组成部分，也可以完成构造数据库、定义外部设备等工作^[51]；工程浏览器又包括画面开发系统“TouchMake”和画面运行系统“TouchView”；TouchMake 是应用程序的开发环境，具有先进完善的图形生成功能，组态王在这个环境中完成设计画面、动画连接等工作；TouchView 是“组态王”软件的实时运行环境，在 TouchMake 中建立的图形画面只有在 TouchView 中才能运行，TouchView 从工业控制对象中采集数据，并记录在实时数据库中，它还负责把数据的变化用动画的方式形象地表示出来，同时还能完成变量报警、操作记录、趋势曲线等监视功能，并按实际需求记录在历史数据库中。

4.1.1.1 组态王和外部设备的通讯

组态王把每一台与之通讯的设备看作是外部设备，为实现组态王和外部设备的通讯，组态王内置了大量设备的驱动程序作为组态王和外部设备的接口，在开发过程中只需根据工程浏览器提供的设备配置向导一步步完成连接过程，即可实现组态王和相应外部设备驱动的连接。配置完成后，在运行期间组态王就可通过驱动接口和外部设备交换数据，包括采集数据和发送数据。每一个驱动都是一个 COM 对象，这种方式使驱动和组态王组成一个如图 4-1 所示的完整的系统，既保证了运行系统的高效率，也使系统有很强的扩展性^[52]。

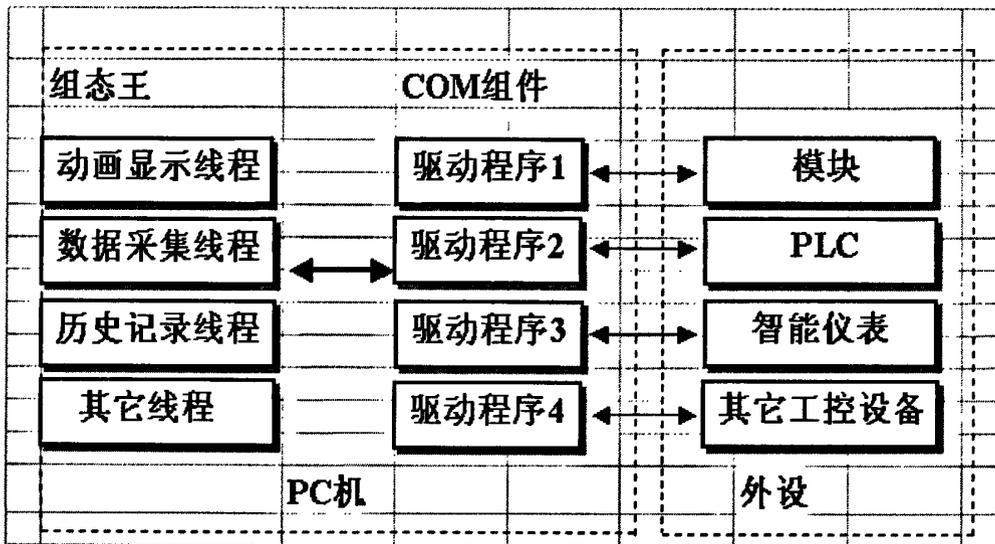


图 4-1 组态软件与下位机通讯

和硬件设计部分对应，本系统的外部通讯接口是串口，对应 COM1，利用 RS485 协议集中监控两台高温炉的工作情况（具体参考 4.1.5 小节）。

4.1.1.2 组态王开发工程的步骤

(1) 建立组态新工程

建立新的组态王工程，首先要为工程指定工作目录（或工程路径），不同的工程应置于不同的目录下。在工程管理器中利用“新建工程向导”依次选择存放路径和给工程命名及添加描述即完成新工程的创建。

(2) 创建组态画面

利用组态王提供的绘图工具箱,结合现场设备的布局和外观,创建组态画面,以抽象的图形画面来模拟实际的工业现场和相应的工控设备。每一个组态画面都像是一个窗口,可开启、关闭和切换。

(3) 定义 IO 设备

IO 设备即外部设备,组态王把与之交换数据的设备或程序都作为外部设备。外部设备包括:下位机(PLC、仪表、智能模块、板卡、变频器等,它们一般通过串行口和上位机交换数据)、其他 Windows 应用程序(它们之间一般通过 DDE 交换数据)、网络上的其他计算机。只有在定义了外部设备之后,组态王才能通过定义的 IO 变量和它们交换数据。为方便定义外部设备,组态王设计了“设备配置向导”引导用户一步步完成设备的连接。

(4) 构造数据库变量

数据库是组态王软件的核心部分,是联系上位机和下位机的桥梁。在建立动画连接和编写命令语言之前,应预先定义数据库变量,变量类似于高级语言中“变量”的集合概念^[53],变量的定义是在组态王数据词典中完成的。

(5) 建立动画连接

建立动画连接是指在画面的图形对象与数据变量之间建立一种关系,当变量的值改变后,在画面上以图形对象的动画效果表示出来。动画连接实现各种动画效果和监控画面与现场设备的运行状态的一致。

(6) 运行和调试

进入组态王的运行系统,按照设计好的调试方案进行调试。

下面就按照上述步骤来进行监控系统的人机操作界面的开发设计。

4.1.2 建立系统工程

安装完“组态王”之后,在系统“开始”菜单“程序”中生成名称为“组态王 6.5”的程序组,该程序组中包括:组态王 6.5——组态王工程管理器程序(ProjManager),用于新建工程、工程管理等;工程浏览器(TouchExplorer)——组态王单个工程管理程序,内嵌组态王画面开发系统(TouchMake),即组态王开发系统;运行系统——组态王运行系统程序(TouchView);信息窗口——组态王信息窗口程序(KingMess)。通过“开始”菜单或桌面快捷方式的“组态王 6.5”进入工程浏览器,单击菜单栏“文件\新建工程”命令或工具条“新建”按钮或快捷菜单“新建工程”命令后,弹出“新建工程向导之一”对话框,单击“下一步”;弹出“新建工程向导之二”对话框,在对话框的文本框中输入新建工程的路径(如果输入的路径不存在,系统将自动提示用户),或单击“浏览”按钮,从弹出的路径选择对话框中选择工程路径;单击“下一步”进入新建工程向导之三,在“工程名称”文本框中输入新建工程的名称:高温工业炉电视监控系统,在“工程描述”中输入对新建工程的描述文本(有效长度小于 40 个字符);单击“完成”确认完成新建工程操作。

按照上述步骤新建的工程,在实际上并未真正创建,只是在用户给定的工程路径下设置了工程信息,当用户将此工程作为当前工程,并且切换到组态王开发环境时才真正创建工程。表示选定的蓝光标一般停留在刚创建好的工程上,鼠标点击即切换到组态王工程浏览器,这样即表示正式进入工程的设计和开发过程。

4.1.3 界面架构设计

“组态王”通过实时数据库、数据词典及命令语言和组态画面联系,对监控系统的各个流程进行监视控制,因而组态王的最主要的要素是画面、数据和动画,下面就从这三个方面来架构界面^[54]。

(1) 画面

从功能需求考虑,建立实现各功能的画面。建立“页眉”画面,在界面的最上面始终显示研发公司名称和商标,并从后面功能考虑“页眉”上还设计切换到其他画面或功能的系统管理、设置查询、监控图像、报表管理、帮助文档菜单。建立“主窗口”画面动态显示一号炉和二号炉的设备运行参数和控制探头伸进退出,其中用自画图形或控件模拟控制箱和工作环境恶化报警灯告警及探头伸进退出、炉火燃烧等。建立“参数设置”画面,设置退出参数的上限和下限和参数预警范围及数据库保存记录的天数。另外再设置工作环境许可的范围内,如果运行参数过高或过低,显示警告信息的高低限值等预警信息给工作人员,考虑用“运行信息”画面实现。建立“数据报表”和“探头工作报表”画面,实现系统运行参数和探头工作情况的统计显示和打印功能,其中利用用户权限的设置或双密码确认以保护授权功能。记录在案的各种信息都应该可以被查询,为此设计“报警信息查询”查询有记录的如温度超过正常工作范围的一定限度等预警信息,设计“探头信息查询”来查询有记录的如探头何时何故退出等探头工作信息,设计“运行参数查询”实现按时间查询有记录的运行参数信息,这些查询功能能查询监控系统历史工作的状况,为设备检修及事故发生提供分析依据。当然操作过程不能没有如帮助等文档,设计“文本帮助”打开操作说明、产品描述、公司简介等文档。此外,应该设计“报警信息提示”等提示画面和命名对话框。

(2) 数据

在数据词典中定义工程需要的数据变量。由于是监控两个窑炉所以定义的变量打包成结构变量“运行参数”(包括温度、水压、风压、风流量、伸进、退出、伸进次数、温度上限、风压下限和时间上限),定义字符串变量“Condition1”和“Condition2”为查询输入条件及命名等的链接输入符,定义整型变量“伸进1动画”、“伸进2动画”和“水平动画”实现探头伸进退出及水流风流的动画模拟。而为了和数据库实现连接,应该定义“DeviceID”连接数据库及“String1”、“String2”、“String3”和“String4”分别对应探头1和2的伸进和退出信息插入数据库。为了统一日期格式为“2010/01/05”形式,定义“日期”变量;然后定义内存整型变量“天数”来设置数据库只保存多少天的记录。为了方便查看、记录和区别,要将变量产生的报警信息归到不同的组中,即使变量的报警信息归属于某个定义好的报警组;为此在报警组里定义“高温工业炉电视监控系统”报警组并增加“温度”、“水压”、“风压”、“风流量”四个运行参数报警组节点。

(3) 动画

为了实现探头伸进退出动画模拟,用定义好的内存整型变量“水平动画”和探头的水流和风流连接起来,最左最右分别和水平动画0和150对应,再在画面语言中嵌入:if(探头伸进条件)……水平动画=水平动画+5……,按照同样的步骤和原理,用此实现水流和风流垂流。依照这样的方法步骤用“伸进1动画”和“伸进2动画”分别实现模拟探头1和探头2的伸进退出功能。伸进探头后,要看到探头右边炉内运动的炉火,为此在五幅连续拍摄的炉火图片依次插入:if(\\本站点\时间%5=0)显示 picture0、if(\\本站点\时间%5=1)显示 picture1、if(\\本站点\时间%5=2)显示 picture2、if(\\本站点\时间%5=3)显示 picture3、if(\\本站点\时间%5=4)显示 picture4,以让它们循环显示和隐藏;伸进到位后探头左边也看到一模一样的动画炉火,所以复制同样的图片放在探头的另一边,并在原先命令语言条件中增加“伸进1动画=50或伸进2动画=50即探头1或2伸进到位标志”后即能实现。报警灯动画链接嵌入闪烁间隔,只要检测到报警信号或有了报警条件报警灯闪烁。

4.1.4 创建组态画面

监控系统的人机操作界面设计即是在组态王中创建组态画面。利用组态王提供的绘图工具箱,结合现场设备的布局和外观,创建组态画面,以抽象的图形画面来模拟实际

的工业现场和相应的工控设备。

新建画面的方法有三种：

方法一：单击工程浏览器左边“工程目录显示区”显示的文件选项中“画面”项，右边“目录内容显示区”中显示“新建”图标，鼠标双击该图标，弹出“新画面”对话框。

方法二：单击工程浏览器左边“工程目录显示区”显示的文件选项中“画面”项，右边“目录内容显示区”中显示“新建”图标，右键单击“新建”画面图标，显示快捷菜单，再选择“新建画面”命令，弹出“新画面”对话框。

方法三：单击工具条“MAKE”按钮或右键单击工程浏览器空白处，从显示的快捷菜单中选择“切换到 Make”命令，进入组态王“开发系统”，选择“文件\新画面”菜单命令，弹出“新画面”对话框。

4.1.4.1 首页登录

不同的操作人员应该具有各自的登陆密码，一般的操作人员和专业技术人员也应该分别具有各自不同的操作权限，权限低的登录用户人员不能打开和设置权限高的画面内容，这在很大程度上保障了系统的可靠性，便于对事件操作的管理和跟踪，按照 4.1.3 节界面架构此功能设计“首页登录”画面来实现。

利用上述的创建画面的第一种方法来创建画面，在弹出的“新画面”对话框中可设置画面的名称、大小、位置、风格及画面在磁盘上对应的文件名。文件名可由“组态王”自动生成，工程人员可以根据自己的需要进行修改，输入完成后单击“确定”按钮使当前操作有效，或单击“取消”按钮放弃当前操作。

在“画面名称”处输入新的画面名称“首页登录”；“对应文件”中输入本画面在磁盘上对应的以扩展名为“.pic”文件名“pic00001.pic”（后面的画面命名均按此格式pic0000*.pic，*为画面对应的画面序号数字）；画面位置中输入六个数值决定画面显示窗口位置、大小和画面大小，左边和顶边位置是画面左上角水平和垂直坐标，显示宽度和显示高度是以像素为单位显示窗口的宽度和高度，画面宽度和画面高度以像素为单位显示画面总的宽度和高度（总是大于或等于显示宽度和高度）；本画面左边和顶边均设置0，显示宽度和显示高度设置为1600和900（和显示的分辨率大小一致），画面宽度/高度设置和显示宽度/高度同样的值（后面的画面均这样设置）；为了在开发系统画面上显示画面名称，选中画面风格中标题杆前面的小方框；选择画面风格中的“大小可变”，这样在运行的时候可由工程人员随心所欲地改变画面大小（改变画面大小的操作与改变Windows窗口相同——鼠标挪动到画面边界，鼠标箭头变为双向箭头时拖动鼠标）；为减少运行所占的资源，使用“替换式”画面（新画面出现时，其他所有画面被关闭），画面设计中的其它属性都默认，不用更改。点击“确定”按钮即打开画面进入内嵌的组态王画面设计中。

为了加载图标图片“*.bmp”为背景，单击工具箱中的“点位图”按钮，在画面上绘制图片区域，然后使用“粘帖点位图”命令，将公司图标图片粘帖到组态王画面中。画面的上面中间位置通过工具栏的文字图标插入文字：高温工业炉电视监控系统，利用工具箱中的“椭圆”和“调色板”设计想要的按钮图形图标，再嵌入“进入系统”文字，然后双击图标进入动画连接对话框，在其中命令语言连接的“弹起”中嵌入语言实现其想要的功能（具体语言在此忽略）。以此同样的方法建立“关闭系统”按钮。另外，为了每次运行时都运行此登录画面，在运行系统中设置此画面为主窗口。

4.1.4.2 页眉

为了在界面的最上面合适的固定位置始终显示公司图标和设备名称，按照 4.1.3 节界面架构在此设计“页眉”画面实现此功能。

因为是页眉，也就是每个画面运行时都必须在上面显示（正式进入系统后就一直让其运行不关闭），因而其设置的大小要适合挂在每个画面窗口上面，设置画面显示高度/画面高度均为 100，显示宽度/画面宽度为 1600，具体创建如上面的 4.1.4.1 节中步骤；按照同“首页画面”一样的方法，分别插入两个点位图，然后粘贴公司图标和自定义图画，在名称字符背景上插入“高温工业炉电视监控系统”文字。为了能方便的进入其他画面窗口，在页眉上设计切换到其他画面或功能的系统管理、设置查询、监控图像、报表管理、帮助文档菜单，创建菜单具体方法是：工具箱选中“菜单”拖放到画面中，再调整其合适的大小，然后双击出现其对话框，在菜单文本中输入对应的名字，菜单项中新建其下拉的选项名称，如果还想设计子菜单，应该选定下拉选项以同样的方法新建子项。

4.1.4.3 主窗口

按照 4.1.3 节界面架构建立“主窗口”来实现始终动态显示一号炉和二号炉的设备运行参数和控制探头伸进退出，在其中用自画图形或控件真实模拟再现控制箱和工作环境恶化报警灯告警及探头伸进退出、炉火燃烧和监控到的炉火。建立画面方法过程如上面的 4.1.4.1 节（画面创建均同，后面不在述）。

利用工具箱中的“椭圆”修改编辑成控制箱的模拟图，由于控制两个高温炉，故控制箱、报警灯，探头等均是成双对称布局的，在画面的中上位置画对称的两个模拟图，并在里面嵌入两个方框做现场的液晶屏模拟图以随时显示参数数据，再在液晶屏上嵌入文字语言和变量连接（即和定义的变量绑定）以随时显示参数数据。

为了形象直观地看到数据变化，加入两个立体棒图控件显示当前运行参数。选中工具箱/插入控件→创建控件对话框→趋势曲线/立体棒图，拖放到画面中并调整其大小，再取名为“立体棒图 1”和一号炉运行参数对应，然后双击控件进入其属性对话框，在其中图表类型选择“三维条形图”，标签位置选择“位于底部”，颜色设置默认，进入标签字体设置框选择为粗体小五宋体，由于所有数据均是整数，故刻度小数位选为 0，显示属性中选定自动刻度和标注数值。以同样的步骤加入并设置名为“立体棒图 2”立体棒图控件属性以和二号炉运行参数对应。

为了更形象地模拟动态报警灯，设计三个报警灯，自画双层圆形图，为了彰显报警提示，报警颜色用两种红色填充，同时用红色文字在旁边标注。

为了模拟开墙探头伸进，利用矩形画墙壁锥形并至附件中画图功能修改成开膛墙壁，利用点位图插入“开膛墙壁图”；再利用矩形组合成探头内外层和探头通道；然后打开图库插入其中的管道以模拟其冷却系统的管道通道；为了模拟炉火，在探头左边添加五张层叠的连拍的炉火照片，探头伸进后，右边也可以显现其一模一样的图片，故在右边放置其复制件。

另外作为主窗口，需要能随时方便地切换到其他主要画面，故还应该设置几个主要画面的按钮以快捷切换到需要看到的画面窗口。组态王添加按钮的方法很简单，从工具箱中选中“按钮”，拖放到画面中并调整其大小，然后右击按钮选择“字符串替换”，输入按钮的命名；添加完成后还可以右击按钮并通过右击选项中的“按钮类型”和“按钮风格”修改按钮的类型和风格。最终设计的主窗口图如 4-2。

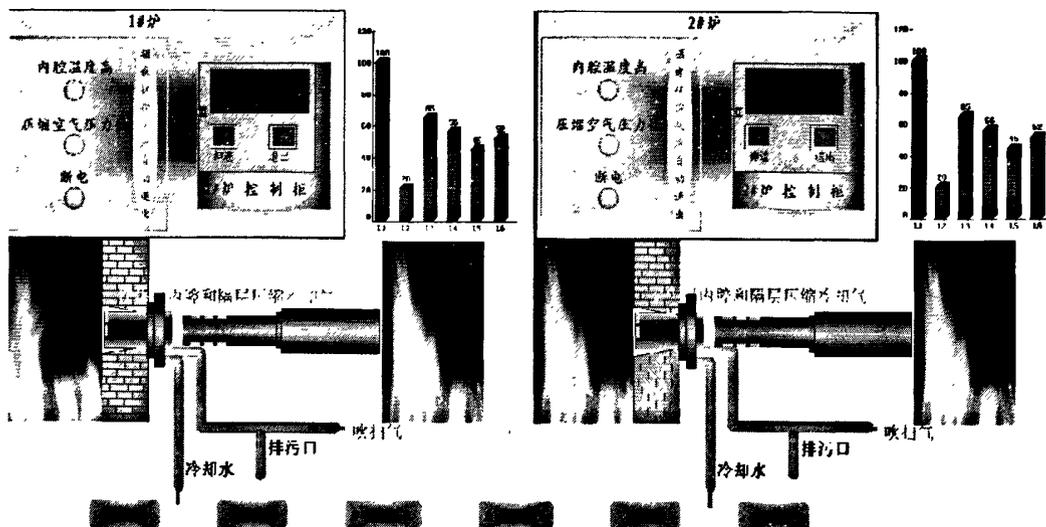


图 4-2 主窗口画面

4.1.4.4 系统信息

为了随时看到系统登陆、退出、事件等系统信息，建立“系统信息”画面。在工具箱中选择“报警窗口”控件加入画面，再根据系统需要，设置其具体属性：双击插入的控件，出现报警窗口属性配置页，在通用属性中设置命名为“系统运行信息”，选择报警表格属性和日期时间属性，在列属性中选择报警表格列选项，条件属性中选择报警类型和事件类型，颜色和字体属性设置字体类型、颜色等（从简便上考虑，这其中很多都可直接用默认的设置）。这样当系统运行时，各项信息如系统启动、用户登录、用户退录、系统退出及参数超限等信息都会在窗口显示，且通过事件语言（后面介绍）实现当出现参数过高或过低等报警信息自动调出“系统信息”作为当前画面且红字体显示信息，如果连上数据库并设置保存这些信息到数据库中，那么这些信息记录会保存在数据库中且可供以后查询。

为方便地切换到其他主要画面，同“主窗口”画面一样设置几个主要画面的按钮以快捷切换到需要看到的画面窗口。最终效果图如图 4-3 所示。

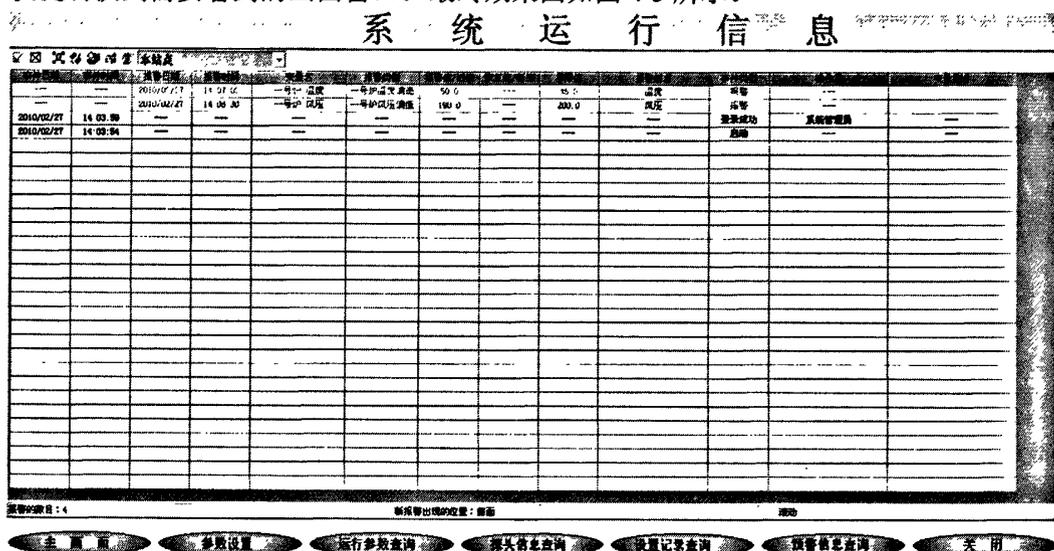


图 4-3 系统运行信息画面

4.1.4.5 文本帮助

为了能调用显示帮助、操作手册等文本文档，需要借助工具箱中的超级文本控件，为此仍按照前述方法新建“文本帮助”画面。再点击工具箱“插入控件”→“超级文本显示”→“显示框”，双击或选择“创建”，这样会直接切换回画面窗口，随后将出现十字光标放在在画面适当位置，再托放到合适大小释放，然后双击控件编辑其命名为：文本控件，访问权限为0。文本帮助只需在调用时出现，查看完毕或不需调用时应该可以关闭，故按照前述设计个性化的按钮方法添加一合适的关闭按钮图标并嵌入关闭画面语言。

4.1.4.6 参数设置

建立“参数设置”画面以实现监控系统的退出参数设置和报警预警值设置，窗口分为上下两部分，对应退出参数设置和报警参数设置。

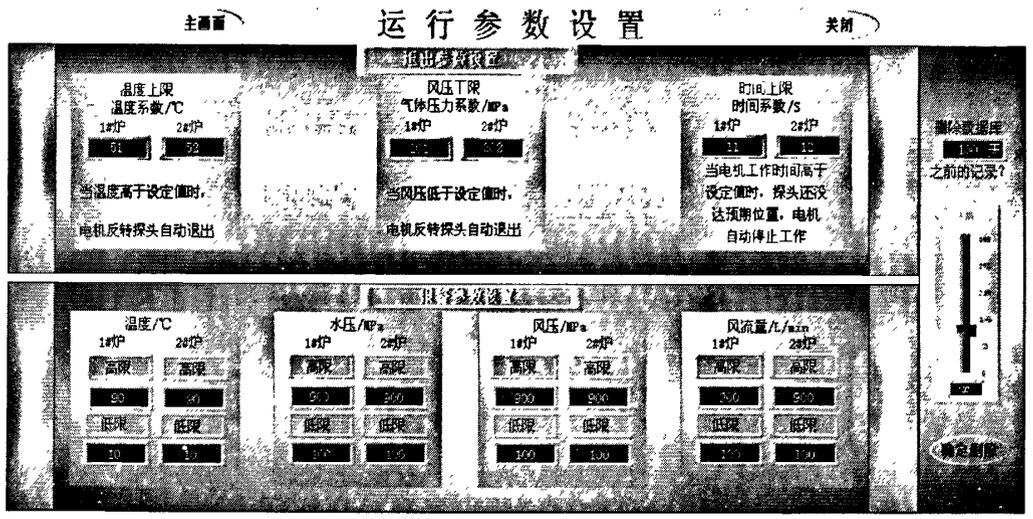


图 4-4 参数设置画面

1) 退出参数设置

为保护探头装置，如果探头罩内腔温度超过设定值（初始设置为 50℃）或探头罩内腔压缩空气压力低于一般设定值（初始设置为 200Kpa=0.2Mpa）或探头伸进或退出动作（即电机持续工作）时间超过设置的最大值（初始设置为 10s）时，探头装置应自动退出，为此要在本画面设计探头自动退出的温度上限和风压下限及时间上限的设置。为了突显形象，先利用矩形工具堆砌成暗黑发亮的背景方块和七大突显有立体感的方块。在上面的三个突显块进行两个炉子的温度上限、保护系统的风压下限和电机连续工作的时间上限的设置。在每个突显块设计两个小液晶编辑栏，液晶编辑栏上面附上对应的解释说明文字，液晶编辑栏里面输入“####”并双击进入字符动画连接对话框，再在值输出/模拟值输出一模拟值输出连接/表达式中输入或选择对应的变量名以绑定变量的读，然后在权限保护动画连接/值输出/模拟值输出→模拟值输入连接/变量名中输入或选择对应的变量名以绑定变量的写，这样液晶栏的字符就和对应的变量同变化。

2) 报警参数设置

为向操作人员预警——此时参数过高或过低了，应该小心注意并检查设备。应对监控炉子的参数的数据进行上下限的预警设置。

同退出参数设计过程一样，下面的四大突显块分别对应炉子的四个运行参数。每个

突显块设置两个炉子的一同名参数规定数值的上下限,因此每个突显块设计四个液晶编辑栏并附上参数名等文字及按照退出参数设置的方法绑定指定的参数,分别对应一号炉的某参数的上限和下限、二号炉的某参数的上限和下限。在右边以同样的方法插入保存数据库记录的天数设置栏,并且为形象直观,加入一个“游标”控件(工具箱/打开图库→图库管理器/游标→选择游标并拖到画面中),然后设置其属性并绑定数据库定义好的变量“天数”以使得运行时可以通过移动游标来改变天数或直观显示天数。最终效果图如 4-4 所示。

4.1.4.7 数据报表

图 4-5 数据报表画面

监控系统中除了监控视频外还必须时刻注意参数数据,为此建立“数据报表”画面实现系统运行参数报表显示、统计、存储保护和打印功能。报表功能考虑用组态王功能强大的报表控件实现,在组态王工具箱中,用鼠标左键单击“报表窗口”按钮,鼠标箭头变为小“+”字形,在画面上需要加入报表的位置按下鼠标左键,拖动以画出一个矩形,松开鼠标键后画面就成功创建了报表窗口。鼠标箭头移动到报表区域周边,当鼠标形状变为双“+”字型箭头时,按下左键,可以拖动表格窗口,改变其在画面上的位置。将鼠标挪到报表窗口边缘带箭头的小矩形上,鼠标箭头形状变为与小矩形内箭头方向相同,按下鼠标左键并拖动,可以改变报表窗口的大小。当在画面中选中报表窗口时,会自动弹出报表工具箱,不选择时,报表工具箱自动消失。添加报表成功后双击报表窗口命名为“实时数据报表”,报表初始设置为 66 行 13 列。此时仅仅是画了一个表格,还需设计表头,在表格的最上行合并所有单元格,使其为一个单元格的行,双击后光标落入此格,再插入“实时数据报表”粗体红字为表格名称;再用同样的方法在表头其他行合并或插入以实现如图 4-5 那样的表格表头和边框需要的设计。

为配合报表实现其显示、统计、存储保护和打印等功能,在报表上面另外设计命名报表、保存报表、清空报表、打印报表、搜索报表和调入报表按钮,及辅助帮助搜索报表的列表式组合框(插入方法:工具箱→插入控件→窗口控制→列表式组合框)和返回主窗口按钮。为了在查询保存过的报表时不干扰实时报表统计显示数据,在下面添加一“历史数据报表”报表,查询的历史报表也就是保存过的报表,可通过调入报表命令调入历史数据报表中,因为是直接调入有格式的记录,其表头无需设计。为了显示当前命

名的报表名,在最下面设计报表名文字显示;为了清楚当前调入报表名也设计当前调入报表名的动画连接。

4.1.4.8 探头工作报表

同数据报表一样,为了监视探头伸进退出的工作情况,建立“探头工作报表”画面。其方法如数据报表一样,建立 50 行 5 列的报表,再设计表格表头:首行合并所有单元格显示表名“探头操作表”;第二行输入合并为两列并分别输入“日期”及“=\本站点\日期”(和系统日期绑定);第三行前两列合并输入列名“一号炉”,后两列合并输入列名“二号炉”;第四行依次输入列名:当日启动设备、工作情况、当日启动设备、工作情况、操作员。

为配合报表实现其显示、统计、存储保护和打印等功能,在报表上面附加设计命名报表、保存报表、清空报表、打印报表、搜索报表和调入报表按钮,及辅助帮助搜索报表的列表式组合框和返回主窗口按钮;为了在查询保存过的历史工作报表时不干扰实时报表工作,在下面添加一“探头历史操作表”报表,其表头也无需设计;为了清楚当前实时报表名和显示调入的历史报表名,在最下面设计显示当前实时报表名和当前调入报表名的动画连接(具体方法同上小节一样)。

4.1.4.9 报警信息查询

为了查询报警信息(这里的报警信息是指参数过高和过低的预警信息,参数超限报警及探头操作的信息归属到探头操作信息中),以了解设备之前和现在的状况或提供检修设备的依据,新建“报警信息查询”画面。

组态王提供了一个通过 ODBC 数据源访问开放型数据库中大量数据的控件——KvDBGrid,通过该控件,用户可以方便地设置不同的条件访问数据库,进行数据查询,还可将查询结果以表格的方式打印出来。为配合实现查询功能,要添加 KvDBGrid 控件:在组态王工具箱上单击“插入通用控件”或选择菜单“编辑\插入通用控件”命令;弹出“插入控件”对话框,在列表框中选定“KvDBGrid Class”,将其放置到画面中,取名为:报警查询表,设置其合适的位置和大小及其属性。

KvDBGrid 可以按照多种条件来查询信息,由于报警变量不多,本系统为方便分别设置日期查询、报警变量查询、日期+变量查询。为此,添加日期控件(工具箱→插入通用控件→Microsoft Date and Time Picker control)(日期控件默认的是日期格式 Format-1-dtpShortDate),取名为: date1,在日历控件上单击鼠标右键,选择弹出的快捷菜单中的“控件属性”项,弹出固有属性页,在如图 4-6 的控件属性对话框中设置初始值、日期范围、格式、字体、各部分显示颜色等属性。在控件的右边配备其命令按钮“日期查询”并附上文字说明:选择查询日期。报警变量查询即按照报警变量名来查询,因而一般是文字性的,这里的报警信息仅仅指运行参数超过预定的正常范围的预警信息,因而报警变量是两个炉子的四个运行参数,为此按照 4.1.4.7 小节的方法添加一个列表式组合框,再在组合框上面配备按钮“报警变量”,然后在此按钮中嵌入语言使得每次点击按钮后就能将“一号炉.温度”、“一号炉.水压”、“一号炉.风压”、“一号炉.风流量”、“二号炉.温度”、“二号炉.水压”、“二号炉.风压”、“二号炉.风流量”这八个变量名显示在组合框中;再设计一个“查询”按钮,和“报警变量”按钮配合使用:先选择“报警变量”按钮使得组合框中出现可选的变量名,再在组合框中的选定一变量,然后执行“查询”按钮以按照选定变量来查询记录。设置“日期+变量查询”按钮查询满足日期和变量这两个条件的记录信息;同时设计“清除表格”按钮清空当前表格、“打印查询

结果”按钮将查询的表格结果打印、“关闭”按钮关闭画面及切换到其他查询画面窗口的快捷键。其中“打印查询结果”按钮属性要设置特别的权限，双密码验证通过或授予权限的用户才能执行此功能。

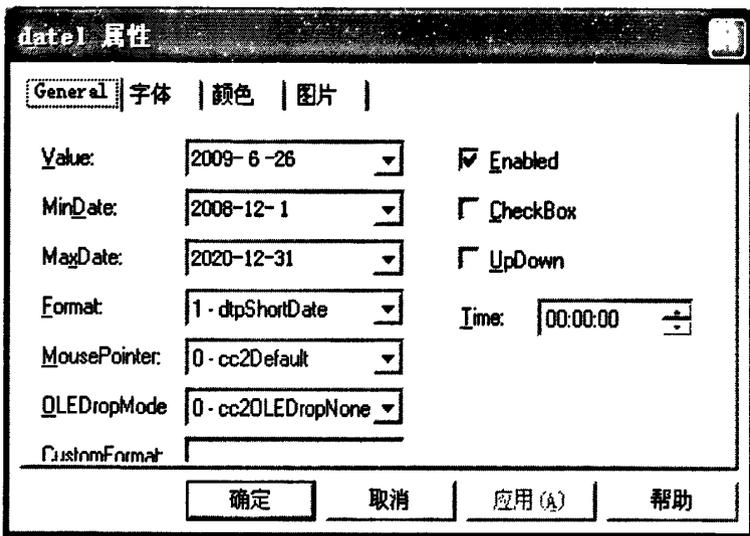


图 4-6 日历控件属性对话框

4.1.4.10 探头信息查询

为了查询探头信息（所有探头信息均记录在数据库中），以了解探头的操作情况，新建“探头信息查询”画面。

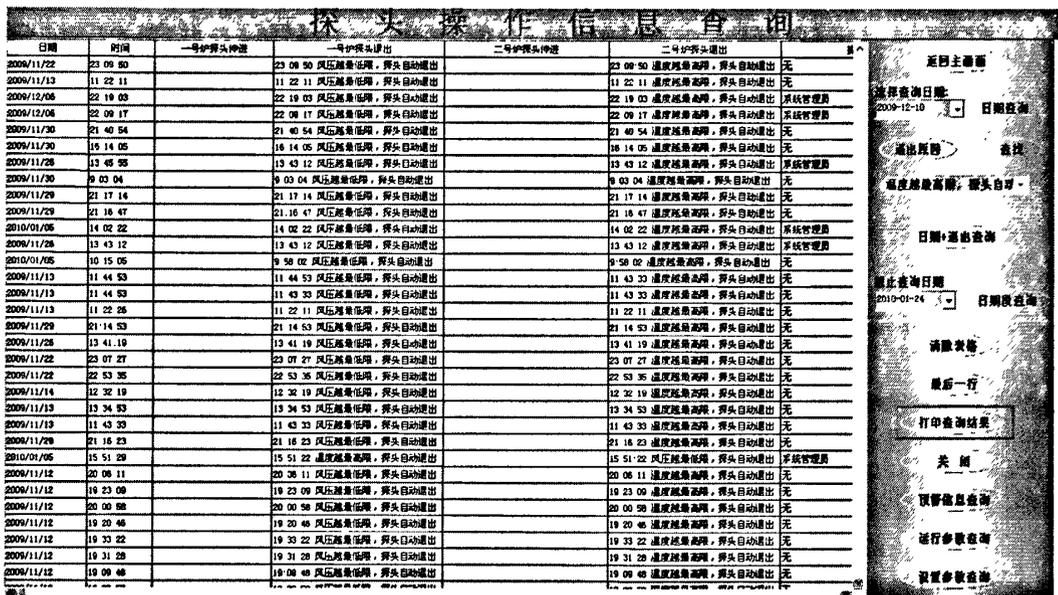


图 4-7 探头信息查询

同前小节一样配置，插入 KvDBGrid Class，命名（探头操作查询表）并设置其合适的位置和大小等各种控件属性。添加日期控件取名为：date2，设置其属性，在其上面附上文字说明：选择查询日期，右边配备其命令按钮“日期查询”。添加一个列表式组合框，然后在组合框上面配备按钮“退出原因”，嵌入语言以每次点击“退出原因”按钮即将“温度越最高限，探头自动退出”、“风压越最低限，探头自动退出”、“正常工作条件下控制探头退出”显示在组合框中；再设计一个“查询”按钮，和“退出原因”组

合框中选定的原因配合,可按照选定的退出原来查询探头退出记录。设置“日期+退出查询”按钮综合前面两个按钮的功能,以实现双条件查询。新添加日期控件 date3,和 date2 一起配合使用,作为日期段的查询,即查询从 date2 中选定的日期开始到 date3 选定的日期结束这段时间的探头信息;同时设计“清除表格”按钮清空当前表格、“打印查询结果”按钮将查询的表格结果打印、“最后一行”按钮将光标定位到查询结果的最后一行以方便查询结果过多时看到最后的记录、“关闭”按钮关闭此画面。同样需要设置切换到其他查询窗口的快捷键。设计好的查询窗口运行效果如图 4-7 (4.1.4.9 和 4.1.4.11 小节中两个查询窗口外观布局 and 这个一样)。

4.1.4.11 运行参数查询

为了查询所有记录在数据库的运行参数数据,创建“运行参数查询”画面。

同样插入 KvDBGrid Class 并取名为:运行参数查询表,再设置其属性如合适的位置和大小等。运行参数是每秒都显示,并且每分钟都记录到数据库中,这样使得每天的记录都很多,仅仅按日期查询,记录比较多,查询时间也很长,因而要更精确的时间定位,故而本设计考虑日期时间一起作为查询条件,为此分别添加日期控件 date5 和 date6 及 time 和 time1,其中 date5 和 date6 做起始和截止日期查询用,控件默认属性如图 4-6, time 和 time1 做起始和截止时间查询用,要将图 4-6 中的 Format 设置为 Format-2-dtpTime 即时间格式。将 date5 放置于合适位置,然后在其上面附加“(起始)查询日期”说明文字,在其右边添加“日期查询”按钮实现按日期查询参数;date6 附加说明文字为:(截止)查询日期,右边设置“日期段查询”按钮,嵌入语言以和 date5 配合组成日期段查询;将 time 放置于合适位置,然后在其上面附加“(起始)查询时间”说明文字,在右边添加“时间查询”按钮实现按时间查询参数;time1 附加说明文字为:(截止)查询时间;右边设置和 time 配合组成时间段查询的“时间段查询”按钮。为了更有针对性,直接指定日期段指定时间段来查询,配置“指定日期时间段查询”按钮实现按照 date5 和 date6 选定的日期段 time 和 time1 选定的时间段查询记录。和前面两个查询窗口一样,同时设计“清除表格”、“打印查询”“关闭”、“最后一行”按钮等辅助实现清空、打印、关闭报表及定位查询记录。

4.1.4.12 报表名链接框

报表保存需要额外的对话框实现命名输入和确认,故创建“报表名链接框”画面。添加自画液晶编辑栏,在编辑栏里输入:#####,上面附上文字说明:请输入报表的命名;再加上“确认”按钮和“取消”按钮以实现确认输入的报表名和取消其命名并关闭命名对话框。按照界面架构,输出文字都要链接变量,为此双击“#####”进入动画连接对话框,在其中的字符串输入输出中均选择文本输入输出连接,在表达式中均写入 Condition2,这样每次“#####”输入就是改写 Condition2,每次输出就是显示 Condition2。由于是小对话框,需要的画面高度和宽度都很小,只要能容纳这些即可。

4.1.4.13 报警提示

如果探头伸进退出的条件没有满足,硬性地要探头伸进退出是不可能的,所以配备“报警提示”画面,如果温度正常和压力正常不能同时满足的话,不可“伸进”,而只要温度正常、压力正常或者断电,“退出”就可以执行。本画面是不符合伸进(退出)条件时而给伸进(退出)命令,跳出的告警提示对话框,仅有文字提示不需要什么语言,

只是在跳出后，提供一个确认按钮以让操作者关闭此对话框。因此设计过程如下：在画面的最左上利用插入点位图来插入报警图标（黄三角内嵌感叹号），再输入文字：报警！。在下面一行输入文字：只有温度正常、压力正常，“伸进”才可以实现；换一行输入：只要温度正常、压力正常或者断电，“退出”就可以执行；为突出报警，选用黄色做窗口背景并用红字粗体。然后在右上角添加一“确认”按钮。

4.1.4.14 命名为空提示

建立“命名为空提示”画面实现系统命名报表时误保存告警，同“报警提示”画面的设计基本一样：在画面的最左上插入点位图以插入报警图标，再输入文字：报警！下一行输入：报表名为空！可能会覆盖之前命名为空的报表；最后一行输入：最好重命名，再保存；再在画面右上角添加一“关闭”按钮，以通告关闭此提示窗口。同样为了突出报警全部以黄色做窗口背景并用红色粗体字。本画面是检测到命名为空时，跳出的提示对话框，除关闭按钮外仅需文字提示而不需要什么语言。

综上所述，本监控系统设计的所有画面功能框图示意如图 4-8 所示。

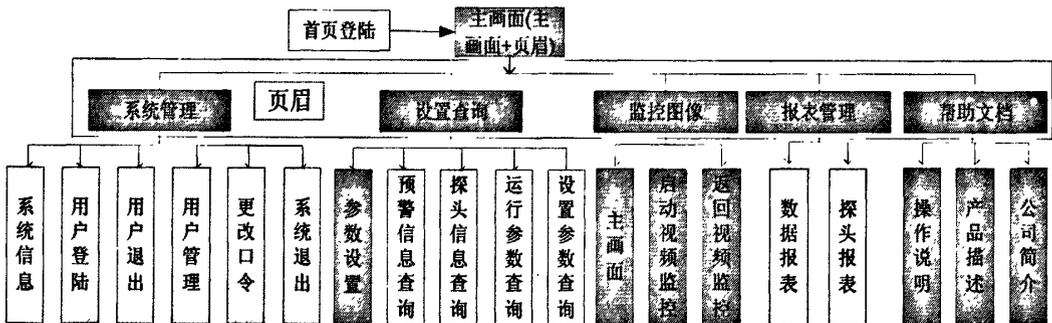


图 4-8 画面指示图

4.1.5 定义 IO 设备

组态王把与之交换数据的设备或程序都作为外部设备即 IO 设备，监控界面要接收下位机串口送过来的参数数据，故要定义 IO 设备。按照硬件部分的设计，上下位机通信采用串口，按 RS485 协议用双绞线传输，再经 485→232 模块直接和工控机的 232 串口相连，故需在此定义和 COM1 相连的串口类逻辑设备（这和 4.1.1.1 节中对应）。

串口类逻辑设备实际上是组态王内嵌的串口驱动程序的逻辑名称，内嵌的串口驱动程序不是一个独立的 Windows 应用程序，而是以 DLL 形式供组态王调用，这种内嵌的串口驱动程序对应着实际与计算机串口相连的 I/O 设备，因此，一个串口逻辑设备也就代表了一个实际与计算机串口相连的 I/O 设备^[55]。组态王与串口类逻辑设备之间的关系如图 4-9 所示。

为和第一台下位机联系，定义 COM1 的串口类逻辑设备“RS485A”。先选择工程浏览器左侧大纲项“设备\COM1”，再在工程浏览器右侧用鼠标左键双击“新建”图标，然后运行“设备配置向导”，依次选择智能模块→单片机→通用单片机 HEX→串口→下一步，再逻辑命名为 RS485A，选择“下一步”，选择“COM1”，继续“下一步”（后面均是默认值），直到“完成”。以同样的方法创建 COM1 的串口类逻辑设备“RS485B”对应第二个下位机。为了和软件驱动配合，设置串口 COM1 通讯参数，其中波特率设置为 9600，数据位为 8，无校验，1 位停止位，通信超时设为 3000 毫秒，通信方式选择为 232。

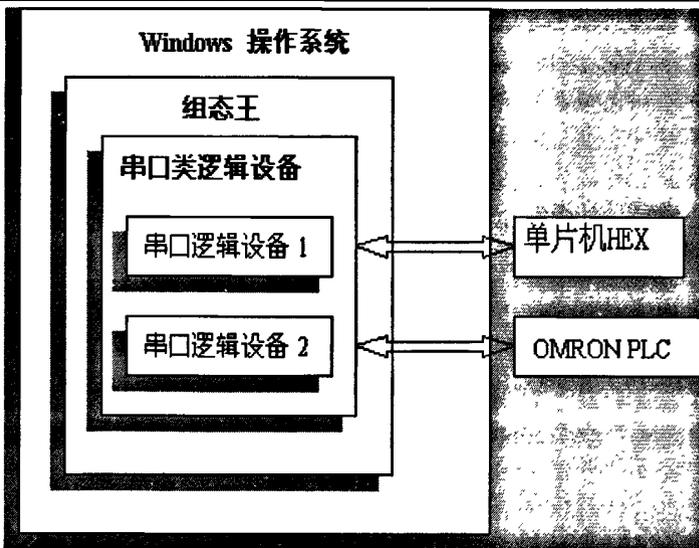


图 4-9 组态王与串口类逻辑设备图

4.1.6 数据库及变量

数据库是“组态王”最核心的部分。在组态王运行时，工业现场的生产状况要以动画的形式反映在屏幕上，数据要在画面上实时显示，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，这其中有很多的数据及信息需要保存，所有这一切都是以实时数据库为中介存储环节，数据库是联系上位机和下位机的桥梁。组态王 SQL 访问功能能够和其他外部数据库（支持 ODBC 访问接口）之间的数据传输，建立组态王和数据库连接后就可以使用组态王与数据库进行数据通讯，当然这得先依赖数据源才能实现。组态王的工程浏览器左边“工程目录显示区”中数据库下包括结构变量、数据词典和报警组三个部分，而为了实现和数据连接及插入数据库要定义 ODBC 数据源、表格模板和记录体，为此下面以这几个方面来进行简述。

4.1.6.1 数据源定义

在工程所在文件夹里新建“高温电视监控系统.mdb”（自己新建一个 mdb 文件或复制安装盘里的 mdb 模板然后命名：高温电视监控系统.mdb），进入工控机的“控制面板”中的“管理工具”，用鼠标双击“数据源（ODBC）”选项，弹出“ODBC 数据源管理器”对话框，点击“系统 DSN”属性页，单击右边“增加”按钮，弹出“创建新数据源”窗口，从列表中选择“Microsoft Access Driver (*.mdb)”驱动程序，单击“完成”按钮，进入“ODBC Microsoft Access 安装”对话框，在“数据源名”中输入数据源名称：高温工业炉电视监控系统；单击“选择”按钮，从计算机上选择建好的“高温电视监控系统.mdb”数据库，点击“确定”按钮，完成数据源定义，再点击“确定”关闭“ODBC 数据源管理器”窗口，这样就完成了 Microsoft Access 数据库 ODBC 数据源的定义。定义好后，后面在组态王中调用 SQLConnect 函数即可连接这个数据库。

4.1.6.2 结构变量

为了减少工作量提高效率，组态王引入了结构变量的概念，结构变量是指利用定义的结构模板在组态王中定义变量，该结构模板包含若干个成员，当定义的变量的类型为该结构模板类型时，该模板下所有的成员都成为组态王的基本变量。由于要监控两个窑

炉，每个窑炉要监控七个 IO 设备 RS485 送过来的运行参数变量（温度、水压、风压、风流量、温度上限、风压下限和时间上限），另外对每个窑炉都有探头伸进、退出及统计伸进的次数，所以将这些的变量打包成结构变量（温度、水压、风压、风流量、伸进、退出、伸进次数、温度上限、风压下限和时间上限），并命名为“运行参数”。

“运行参数”的定义过程如下：双击右侧的结构变量，进入其定义对话框，单击<新建结构>按钮，弹出结构变量名输入对话框；输入结构变量名称：运行参数，单击<确定>按钮；再选中结构模板，单击<增加成员>按钮，弹出新建结构成员对话框，在成员名编辑框中输入成员名称，然后单击成员类型列表框，选择该成员的数据类型等，每增加完一个成员确认后可继续依此方式增加其他的成员，本监控系统最终定义结构成员“运行参数”如表 4.1 所示。新建结构成员对话框中主要属性设置参照表 4.1，其他的属性暂且均按照默认设置；对于 IO 整型连接设备可以是定义好的串口类逻辑设备 RS485A 和 RS485B，暂且都选择为 RS485A，后面应用于二号炉时再修改为 RS485B（所有结构成员在被引用时都可以按照需要修改寄存器、数据类型、读写属性及范围等属性）。

表 4.1 结构变量“运行参数”成员表

成员名	成员类型	连接设备	寄存器	数据类型	读写属性
温度	IO 整数	RS485A	BYTE0	BYTE	只读
水压	IO 整数	RS485A	UINT0	USHORT	只读
风压	IO 整数	RS485A	UINT1	USHORT	只读
风流量	IO 整数	RS485A	UINT2	USHORT	只读
温度上限	IO 整数	RS485A	BYTE1	BYTE	读写
风压下限	IO 整数	RS485A	UINT3	USHORT	读写
时间上限	IO 整数	RS485A	BYTE2	BYTE	读写
伸进	IO 整数	RS485A	BYTE3	BYTE	读写
退出	IO 整数	RS485A	BYTE4	BYTE	读写
伸进次数	内存整数	无效	无效	无效	无效

4.1.6.3 数据词典

在数据库中存放的是变量的值，变量包括系统变量和用户定义的变量。变量的集合形象地称为“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。

在工程浏览器中左边的目录树中选择“数据词典”项，双击“新建”图标，弹出“定义变量”对话框。对话框里面有很多属性，对变量的这些基本属性的解释如表 4.2 中所示^{[52][56]}，定义变量即在“定义变量”对话框输入或选择变量的各种属性，完成了必要的属性设置即定义了变量。按照 4.1.3 节中数据部分的叙述，在数据词典定义工程需要的数据变量有“运行参数”型变量“一号炉”和“二号炉”，字符串变量“Condition1”、

“Condition2”、“日期”、“String1”、“String2”、“String3”和“String4”，整型变量“伸进 1 动画”、“伸进 2 动画”、“水平动画”、“DeviceID”和“天数”。对“运行参数”型变量“一号炉”的定义设置如表 4.3 所示（结构变量中的变量还有要设置的其他的几个属性，其中，最小值、变化灵敏度和初始值均设置为 0，I/O 整数变量灵敏度属性均设置为 0，转换方式均为线性，采样频率均为 100，其他的均默认或不设置），“二号炉”除了连接设备改为 RS485B 其他设置类同；对字符串变量的定义需设置命名和描述；对整型变量的定义需设置名字、描述、初始值和最大值，其他的所有属性都可不设置或默认。

表 4.2 “变量属性”对话框的基本属性

属性名	说 明
变量名	唯一标识一个应用程序中数据变量的名字，区分大小写，不能重名
变量类型	可为八种基本类型（内存离散、内存实型、内存长整数、内存字符串、I/O 离散、I/O 实型、I/O 长整数、I/O 字符串）中的一种，当定义有结构模板时，一个结构模板就是一种变量类型
描述	数据变量的注释信息
变化灵敏度	数据类型为模拟量或长整型时此项有效；只有当该数据变量的值变化幅度超过“变化灵敏度”时，“组态王”才更新与之相连接的图素（缺省为 0）
初始值	软件开始运行时变量的初始值，与所定义的变量类型有关，定义模拟量时可输入一个数值，定义离散量时有开和关两种选择，定义字符串变量时可输入字符串
最小值	变量值在数据库中的下限
最大值	变量值在数据库中的上限
最小原始值	变量为 IO 模拟变量时，驱动程序中输入原始模拟值的下限
最大原始值	变量为 IO 模拟变量时，驱动程序中输入原始模拟值的上限
保存参数	在系统运行时修改变量的域的值（可读可写型），系统自动保存这些参数值，退出后，其参数值不会发生变化。当系统再启动时，变量的域的参数值为上次系统运行时最后一次的设置值，无需用户再去重新定义
保存数值	系统运行时，当变量的值发生变化后，系统自动保存该值；当系统退出后再次运行时，变量的初始值为上次系统运行过程中变量值最后一次变化的值
连接设备	只对 I/O 类型的变量起作用，从下拉式“连接设备”列表框中选择相应的组态王设备管理中已安装的逻辑设备名
寄存器	指定要与组态王定义的变量进行连接通讯的寄存器变量名，与指定的连接设备有关
数据类型	只对 I/O 类型的变量起作用，定义变量对应的寄存器的数据类型，共有 9 种数据类型供用户使用，即 Bit(1 位, 0 或 1)、BYTE(1 个字节, 0~255)、USHORT(2 个字节, 0~65535)、SHORT(2 个字节, -32768~32767)、BCD(2 个字节, 0~9999)、LONG(4 个字节, -999999999~999999999)、LONGBCD(4 个字节, 0~99999999)、FLOAT(4 个字节, 10e-38~10e38)、String(128 个字符长度)
采集频率	数据变量的采样频率；只读属性的采集频率不能为 0；写属性的采集频率为 0 时，只有组态王上的变量值发生变化时，才会进行写操作，不为 0 时，会不停地往下写
转换方式	规定 I/O 模拟量输入原始值到数据库使用值的转换方式，有线性转化、开方转换、和非线性表、累计等转换方式
读写属性	可为“只读”属性、“只写”属性、“读写”属性
允许 DDE 访问	是否允许与 DDE 服务程序进行数据交换

表 4.3 “一号炉”变量成员具体设置表

结构成员	成员类型	最大值	最小原始值	最大原始值	连接设备	寄存器	数据类型	读写属性
温度	I/O 整数	200	0	200	RS485A	BYTE0	BYTE	只读
水压	I/O 整数	65535	0	65535	RS485A	UINT0	USHORT	只读
风压	I/O 整数	65535	0	65535	RS485A	UINT1	USHORT	只读
风流量	I/O 整数	65535	0	65535	RS485A	UINT2	USHORT	只读
温度上限	I/O 整数	200	0	200	RS485A	BYTE1	BYTE	读写
风压下限	I/O 整数	65535	0	65535	RS485A	UINT3	UINT	读写
伸进	I/O 整数	1	0	1	RS485A	BYTE2	BYTE	读写
退出	I/O 整数	1	0	1	RS485A	BYTE3	BYTE	读写
时间上限	I/O 整数	50	0	50	RS485A	BYTE4	BYTE	读写
伸进次数	内存整数	9999	无效	无效	485A	无效	无效	无效

4.1.6.4 报警组定义

往往在监控系统中,为了方便查看、记录和区别,要将变量产生的报警信息归到不同的组中,即让变量的报警信息更细化地划分到某个规定的报警组。组态王中提供报警组的功能,通过报警组名可以按组分门别类地处理变量的报警事件。报警组是按树状组织的结构,缺省时只有一个根节点,缺省名为 `RootNode`,可以通过报警组定义对话框为这个结构加入多个节点和子节点。

点击“报警组”图标,按提示双击右边的提示,进入报警组定义对话框,将 `RootNode` 修改为:高温工业炉电视监控系统,然后依次增加它的“温度”、“水压”、“风压”、“风流量”四个子报警组。再回到数据变量中“一号炉”和“二号炉”变量定义对话框,分别在其温度、水压、风压、风流量的报警定义中,将其各自的变量归到其对应的报警组并设置其对应的高低界限值和报警文本。

4.1.6.5 表格和记录体

组态王与数据库连接成功之后,可以通过组态王的命令语言和函数在数据库中创建表格,但在创建表格之前必须先建表格模板和记录体,表格模板定义了创建的表格的结构,记录体使组态王中的变量和数据库表格中的变量相关联。为了把运行参数和设置参数及探头伸进退出信息在数据库中保存起来,应利用模板先建对应的表格,再利用记录体定时将组态王的数据保存到数据库对应的表格中。为此,本监控系统需要数据模板表格、设置参数表格模板、探头操作表格模板及对应的三个记录体。

创建表格模板的方法如下:选择工程浏览器左侧大纲项“SQL 访问管理器文件\表格模板”,在工程浏览器右侧用鼠标左键双击“新建”图标,进入“创建表格模板”对话框,在模板名称中输入表格模板的名称,在字段名称输入表格中字段的名称再选定变量类型及设置字段长度,选定索引类型后再点击“增加字段”即确认完成了表格中指定列名为字段名称的列字段。按照此方法创建本系统如表 4.4 的数据表格模板、如表 4.5 的探头操作表格模板的字段和如表 4.6 的设置参数表格模板的字段。

表 4.4 数据表格模板：运行参数表字段

字段名称	变量类型	字段长度	索引类型
日期	定长字符串型	255	有(不唯一)
时间	定长字符串型	255	有(不唯一)
一号炉温度	整型	默认 1	没有
一号炉水压	整型	默认 1	没有
一号炉风压	整型	默认 1	没有
一号炉风流量	整型	默认 1	没有
二号炉温度	整型	默认 1	没有
二号炉水压	整型	默认 1	没有
二号炉风压	整型	默认 1	没有
二号炉风流量	整型	默认 1	没有
操作员	定长字符串型	255	没有

表 4.5 探头操作表格模板：PROBE-OPERATION 字段

字段名称	变量类型	字段长度	索引类型
日期	定长字符串型	255	有(不唯一)
时间	定长字符串型	255	有(不唯一)
一号炉探头伸进	定长字符串型	255	没有
一号炉探头退出	定长字符串型	255	没有
二号炉探头伸进	定长字符串型	255	没有
二号炉探头退出	定长字符串型	255	没有
操作员	定长字符串型	255	没有

表 4.6 设置参数表格模板：QUIT-SET 字段

字段名称	变量类型	字段长度	索引类型
日期	定长字符串型	255	有(不唯一)
时间	定长字符串型	255	有(不唯一)
一号炉温度上限	整型	默认 1	没有
一号炉风压下限	整型	默认 1	没有
二号炉风流量	整型	默认 1	没有
二号炉温度上限	整型	默认 1	没有
操作员	定长字符串型	255	没有

记录体用来连接表格的列和组态王数据词典中的变量，为了将创建的表格和组态王中定义的变量绑定，需要建立记录体。创建运行参数表表格模板对应的记录体（注意记录体中字段的顺序和数据库中表格的顺序一致）：选择工程浏览器左侧大纲项“SQL 访问管理器文件\记录体”，在工程浏览器右侧用鼠标左键双击“新建”图标，在弹出的对话框中，记录体名中输入“运行参数表”，字段名称中依次输入运行参数表表格模板的字段名，组态王变量是表格运行参数表中指定列的列名相关联的对应的组态王变量名称，通过点击“组态王变量”右边“?”按钮，弹出“选择变量名”窗口中选择组态王变量；定义完字段名称和组态王变量后，点击“增加字段”按钮，将会把定义好的字段增加到显示框中。依此方法创建如表 4.7~4.9 相应的记录体字段：

表 4.7 记录体名: 运行参数表

字段名称	变量名称	字段名称	变量名称
日期	日期	时间	时间
一号炉温度	一号炉.温度	二号炉温度	二号炉.温度
一号炉水压	一号炉.水压	二号炉水压	二号炉.水压
一号炉风压	一号炉.风压	二号炉风压	二号炉.风压
一号炉风流量	一号炉.风流量	二号炉风流量	二号炉.风流量
一号炉温度上限	一号炉.温度上限	二号炉温度上限	二号炉.温度上限
一号炉风压下限	一号炉.风压下限	二号炉风压下限	二号炉.风压下限
操作员	\$用户名		

表 4.8 记录体名: probe-operation

字段名称	变量名称	字段名称	变量名称
日期	日期	时间	时间
一号炉探头伸进	String1	二号炉探头伸进	String3
一号炉探头退出	String2	二号炉探头退出	String4
操作员	\$用户名		

表 4.9 记录体名: quit-set

字段名称	变量名称	字段名称	变量名称
日期	日期	时间	时间
一号炉温度上限	一号炉.温度上限	二号炉温度上限	二号炉.温度上限
一号炉风压下限	一号炉.风压下限	二号炉风压下限	二号炉.风压下限
操作员	\$用户名		

4.1.7 建立动画连接

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,建立动画连接是指在画面的图形对象与数据库的数据变量之间建立一种对应关系,当变量的值改变后,在画面上以图形对象的动画效果表示出来。动画连接实现了监控画面与现场设备的运行状态的一致即动态的画面效果,而动画一般是借助各种语言来实现的。

本监控系统的动画连接主要体现在“主窗口”画面中。

符合报警条件时报警灯应该有闪烁动画,双击炉一中画好的温度灯的图标,进入其动画连接/特殊/闪烁→闪烁连接中,闪烁条件编辑框中写入:一号炉.温度>一号炉.温度上限,闪烁速度编辑框里嵌入:100 毫秒/隔。以同样的方式对风压报警灯嵌入动画,其中,闪烁条件设为:一号炉.风压<一号炉.风压下限,闪烁速度设为:100 毫秒/隔。为了报警的同时有提醒退出的闪烁字样,在报警灯旁添加的文字提示图标并在其动画连接/特殊/闪烁→闪烁连接/闪烁条件中写入:一号炉.温度>一号炉.温度上限||一号炉.风压<一号炉.风压下限,闪烁连接/闪烁速度:500 毫秒/隔。

在正常情况下,按下伸进按钮,伸进标志为有效信号,应缓缓伸进探头到指定位置,在异常情况下,伸进操作不能执行并有提示原因,为此要给伸进按钮嵌入命令语言,双击伸进按钮,进入动画连接/命令语言连接/弹起时,编写按钮命令语言:

```
if ((一号炉.温度<一号炉.温度上限) && (一号炉.风压>一号炉.风压下限) && (一号炉.退出!=1)) {一号炉.伸进=1;一号炉.退出=0;}
else {一号炉.伸进=0;ShowPicture("警告提示");}
```

探头伸进过程模拟动画:双击探头模拟图,进入模拟图的动画连接对话框,在水平移动→水平移动连接/表达式中写入:伸进 1 动画,移动距离/向左:110,移动距离/向右:0,对应值/最左边:50,对应值/最右边:0,再在画面语言中嵌入移动语言:

```
if((一号炉.伸进==1 &&一号炉.退出!=1) &&伸进<50) {伸进1动画=伸进1动画+5;}
if(伸进1动画==50) {一号炉.伸进=0;}
```

在正常情况下,按下退出按钮,退出标志为有效信号,应缓缓将探头退出到指定位置,为此在退出按钮的弹起时的动作时嵌入命令语言:

```
if((一号炉.温度<一号炉.温度上限 || 一号炉.风压>一号炉.风压下限 &&一号炉.退出!=1)
    {一号炉.退出=1;一号炉.伸进=0;}
else {一号炉.退出=0;ShowPicture("警告提示");}
```

这样点击退出按钮时就可以在符合退出条件时或满足自动退出时退出探头。

报警包括温度报警(一号炉.温度<一号炉.温度上限)和风压报警(一号炉.风压>一号炉.风压下限),有报警提示即意味着工作环境恶化,此时应自动退出探头,这等同退出按钮有动作,为此,在画面语言中加入:

```
if(一号炉.温度>=一号炉.温度上限 || 一号炉.风压<=一号炉.风压下限)
    {一号炉.退出=1;一号炉.伸进=0;}
```

探头退出过程模拟动画:仿照伸进模拟动画的语言思路,只要把伸进1动画递减到0即可,在画面语言中语句为:

```
if((一号炉.退出==1) &&伸进1动画!=0) {伸进1动画=伸进1动画-5;}
if(伸进1动画==0) {一号炉.退出=0;}
```

为了探头伸进时模拟内腔保护气流动的模拟动画,进入内腔风流方块的动画连接对话框/水平移动→水平移动连接/表达式中,在对应的编辑框里输入:流动动画,移动距离/向左:100,移动距离/向右:0,对应值/最左边:50,对应值/最右边:0,且在特殊/隐含→隐含连接/表达式写入:伸进1动画==50,并选择表达式为真时显示,再在画面语言中嵌入流动语言(后面移动连接表达式为流动动画的均共享这段语言):

```
if(流动动画<50) {流动动画=流动动画+5;}
else if(流动动画==50) {流动动画=0;}
```

同样进入隔层风流方块的动画连接对话框/水平移动→水平移动连接/表达式的编辑框中写入:流动动画,移动距离/向左:30,移动距离/向右:0,对应值/最左边:50,对应值/最右边:0,且在其动画连接/特殊/隐含→隐含连接/表达式嵌入语言:伸进1动画==50,并设置表达式为真时显示。

另外隔层风流到探头出口处形成隔离屏蔽层风墙,也要有运动的动画,为此进入接口处风流方块的动画连接对话框/垂直移动→垂直移动连接中,设置如下:表达式:流动动画,移动距离/向上:0,移动距离/向下:20,对应值/最上边:0,对应值/最下边:50,且在其动画连接/特殊/隐含→隐含连接/表达式写入“伸进动画==50”,在表达式为真时选中“显示”。

系统一运行吹扫气就该对设备进行保护,即要一直有流动的气体过来保护系统,为此要设置其实现动画,进入其动画连接对话框/水平移动→水平移动连接对话框中,分别这样设计,表达式:流动动画,移动距离/向左:160,移动距离/向右:0,对应值/最左边:50,对应值/最右边:0。同吹扫气一样,只要监控系统一运行排污口就要一直在排污,因而要设置其实现动画,进入排污口图片的动画连接/垂直移动→垂直移动连接对话框中,将表达式设置为“流动动画”,移动距离/向上设置为0,移动距离/向下设置为55,对应值/最上边设置为0,对应值/最下边设置为50。

冷却水运行时也一直冷却保护系统,同样在冷却水方块图片的动画连接/垂直移动→垂直移动连接中,将表达式设置为“流动动画”,移动距离/向上设置为110,向下设置为0,对应值/最上边设置为50,最下边设置为0。

为了模拟炉内的动起来的炉火,应该让探头左边的连拍的五张燃烧的炉火图片交替

显示,故在这连续五张图片中的动画连接/特殊/隐含→隐含连接/表达式中嵌入命令: \$秒%5=(对应的动画序号 0、1、2、3、4),并选择表达式为真时显示,然后让五张图片合并组合;而为了实现运行时探头伸进后左右两边有一模一样的动态的炉火,在探头右边炉火图片的动画连接/特殊/隐含→隐含连接/表达式: \$秒%5=(对应的动画序号 0、1、2、3、4) &&伸进 1 动画(伸进 2 动画)=50(探头伸进到位标志),表达式为真时显示。

炉二所有的动画也是基于上面同样的方法和步骤建立。

在页眉中显示日期时间也要动画更新,因此分别进入代表年、月、日、时、分、秒的字符“##”中的动画连接/模拟值输出→表达式中分别绑定对应的年、月、日、时、分、秒。

4.1.8 运行和调试

4.1.8.1 配置运行系统

在运行组态王工程之前首先要在开发系统中对运行系统环境进行配置。在开发系统中单击菜单栏“配置\运行环境”命令或工具条“运行”按钮或工程浏览器“工程目录显示区\系统配置\设置运行系统”按钮后,弹出“运行系统设置”对话框,进入“运行系统外观”属性页;为让运行窗口“TouchView”启动时占据整个屏幕,选中“启动时最大化”;为使 TouchView 运行时隐去标题条,全屏显示,“窗口外观标题条文本”设置为空;为让运行时标题栏中带有系统菜单框、最小化按钮、最大化按钮、可改变窗口大小分别选中对应选项;为调试时全面跟踪运行情况,将菜单中所有选项都选中。在“主画面配置”属性页中,选中“首页登陆”以让每次运行系统启动时自动调入登陆画面来登陆,只有输入正确的用户名和密码后才能进入系统。“特殊”属性页中设置运行系统的基准频率为 100,时间变量更新频率为 100;为了保证退出的正确执行,除关机外不能退出运行,选中“禁止退出运行环境”;选中“使用虚拟键盘”,则在需要输入时自动弹出模拟键盘窗口,操作者用鼠标在模拟键盘上选择字符即可输入;为让操作有音效,选中“点击触敏对象时有声音提示”。

报警信息查询和报警配置密不可分,为此有必要先进行报警配置。通过快捷图标或系统配置中的报警配置,进入报警配置。为减小工程大小,报警信息不记录到文件,故报警配置/文件配置所有选项均不选。报警配置/数据库配置中选择数据源——高温工业炉电视监控系统(在上面建好的数据库中先要设定用户名、密码),组名:高温工业炉电视监控系统。之后选定“记录报警事件到数据库”再点击进入后面的报警格式,从本系统的需求和报警查询考虑,设置报警日期/日期格式为 YYYY/MM/DD,报警时间只选时、分和秒,然后如下设置,变量名:20,报警组名:20,报警值:6,限值:6,报警类型:31,操作员名:31,其他的忽略,并把右边已选字段从上到下排序为:报警日期、报警时间、变量名、报警类型、报警值、限值、组名、操作员名。选定“记录操作事件到数据库”进入后面的操作格式,同前面的设置一样(从本系统的需求和报警查询考虑),设置事件日期/日期格式为 YYYY/MM/DD,事件时间选时、分和秒,对事件类型、变量名、新值、范围、旧值、操作员名的范围(字符或数字个数)分别设为 31、8、6、6、31,其他的忽略,并把右边已选字段从上到下排序为:日期、时间、事件类型、变量名、新值、旧值、操作员名。选定“记录登录事件到数据库”进入后面的登录格式,从本系统的需求和报警查询考虑,设置登录格式日期/日期格式为 YYYY/MM/DD,登录时间/时间格式选择为时、分、秒,事件类型和操作员名右边的编辑框均设置为 31,其他的忽略,并把右边已选字段从上到下排序为:日期、时间、报警类型、操作员名。报警配置/打印配置暂时不考虑,故此忽略。

4.1.8.2 命令语言

组态王中命令语言是一种在语法上类似 C 语言的程序,具有完备的词法语法查错功能和丰富的运算符、数学函数、字符串函数、控件函数、SQL 函数和系统函数,设计人员可以利用这些程序来增强应用程序的灵活性、处理一些算法和操作等,命令语言都是靠事件触发执行的,如定时、数据的变化、键盘键的按下、鼠标的点击等。根据事件和功能的不同,命令语言包括应用程序命令语言、热键命令语言、事件命令语言、数据改变命令语言、自定义函数命令语言、动画连接命令语言和画面命令语言等。这些命令语言都是通过“命令语言编辑器”编辑输入,在“组态王”运行系统中被编译执行;其中应用程序命令语言、热键命令语言、事件命令语言、数据改变命令语言被称为“后台命令语言”,它们的执行不受画面打开与否的限制,只要符合条件就可以执行。

1) 应用程序命令语言

应用程序命令语言是运行系统启动、运行和停止时执行的语言,分别对应“应用程序命令语言”对话框里启动时、运行时和停止时编写的应用程序命令语言。进入“应用程序命令语言”编写窗口的方法是:在工程浏览器的目录显示区,选择“文件\命令语言\应用程序命令语言”,则在右边的内容显示区出现“请双击这儿进入<应用程序命令语言>对话框…”图标,双击此图标。

监控系统启动时,需要利用 SQLConnect 连接前述设置好的数据库,并在第一次运行时要利用前述表格模板和 SQLCreateTable 来创建“运行参数表”、“探头操作表”和“设置参数表”以为后面的数据信息保存做好准备。同时为了不让数据库保存量超负荷,数据保存超过指定天数就该就利用 SQLDelete 自动删除。另外为了数据库中“2009/12/06”日期格式记录,在启动时编写命令语言以使得定义的变量“日期”为形如“2009/12/06”的当天日期。

监控系统停止时,用 ActivateApp 激活视频窗口并调用 SendKeys (“{ESCAPE}”)模拟键盘退出命令来自动关闭视频窗口。

2) 数据改变命令语言

数据改变命令语言是当连接的变量或变量的域的值发生了变化执行的语言。在工程浏览器中选择命令语言中的数据改变命令语言,在浏览器右侧双击“新建……”,在弹出数据命令语言编辑器“变量[域]”编辑框中输入或通过单击“?”按钮来选择变量名称或变量的域(以此作为数据改变命令语言的名称),然后在下面的编辑框中编写相应的代码即完成数据改变命令语言的定义和编写。

监控系统中“数据报表”画面中表格设计每秒更新显示运行参数数据,按当前时间的分是多少,当前数据就在表格显示数据行的第多少行显示,为此,需要写入变量域为“秒”的数据改变命令语言。为了能将每分的第 59 秒数据(即“数据报表”数据行最后定格数据)保存到数据库中,要每分钟都要插入数据到数据库中的“运行参数表”表格中,需要变量域为“分”的数据改变命令语言,在其中利用记录体及函数 SQLInsert 插入新数据。

为了把一号炉的探头伸进信息写进数据库表格及在探头工作表显示,新建变量域为“一号炉.伸进”的数据改变命令语言,而为了把一号炉的探头退出的信息写进数据库表格及在探头工作表显示,设计变量域为“一号炉.退出”的数据改变命令语言,同样建立“二号炉.伸进”和“二号炉.退出”的数据改变命令语言。为了每次退出参数改动时都能保存到数据库中的设置参数表以便查询,分别建立“一号炉.温度上限”、“一号炉.风压下限”、“一号炉.时间上限”、“二号炉.温度上限”、“二号炉.风压下限”和“二号炉.时间上限”数据改变命令语言。

3) 事件命令语言

事件命令语言是指当规定的表达式的条件成立时执行的命令语言，有三种类型：发生时、存在时和消失时，分别对应事件条件初始成立时执行一次、事件存在时定时执行（在“每……毫秒”编辑框中输入执行周期，当事件条件成立存在期间周期性执行）、事件条件由成立变为不成立时执行一次。在工程浏览器中选择命令语言中的事件命令语言，浏览器右侧双击“新建……”，在弹出事件器命令语言编辑器的事件描述（指定命令语言执行的条件）编辑框中输入执行的条件，然后在下面的编辑框写入语言即完成一事件命令语言。

监控系统为了在有报警时，出现“系统信息”画面中的报警窗口和报警语音提示（配备麦克风或喇叭才能听到），编写事件描述为“\\本站点\\$新报警”的事件命令语言。

4) 自定义函数命令语言

开发者可自行定义各种类型的函数以实现工程各种特殊的需要，自定义函数是利用类似 C 语言来编写的一段程序，其自身不能被组态王触发调用，必须通过其他命令语言来调用执行。进入编辑自定义函数编辑框的方法是：在工程浏览器的目录显示区，选择“文件\命令语言\自定义函数命令语言”，右边的内容显示区会出现“新建”图标，左键双击此图标。

有报警时会自动出现“系统运行信息”窗口，双击报警表中的报警条“确认”应该表示操作者已知报警，为此添加预置自定义函数 void \$\$System_RealAlarm(RealTag rTag, long time, long nEvent, long nAction); 为了实现报表保存时的命名及检验命名是否为空，设计 string save_name(string name, string folder, string type) 和以时间命名的函数 string time_as_name(string name); 分别编写 LONG summation(float year1, float month1) 来计算指定年本日前的指定月的天数，LONG Addbeforeday(float month, long num) 计算指定月之前的指定个月总天数，string datefind(long montht, long dayt, long n) 查找指定月指定日前指定月的日期，string simplefind(float months, long days) 获得指定月本日前的指定日(小于本日)的日期，再调用这些函数编写 string complicatedfind(float months, long days) 获得指定月的指定天前的日期，这样即可利用它获得当前操作日期的指定天数前的日期，以配合 SQLDelete 函数删除历史记录，保证数据库不会占用过多的存储空间。

5) 画面命令语言

每个画面为了实现其各自功能要有各自的画面语言。进入画面，在右击后出现的列表中选择“画面属性”，再选择“画面属性”中的命令语言按钮可进入画面语言编辑框。画面语言有显示、存在、隐含三种，因而其编辑框也有显示、存在和隐含之分，分别对应画面前端显示时、存在时及隐含时执行。

4.1.8.3 系统调试

进入运行系统，即可看到实现效果怎么样，命令语言一旦运行起来，往往看到的是最终的结果，如果结果出现差错，就需要查看命令语言的执行过程即调试命令语言。当工程浏览器、TouchView 等启动时，会自动启动信息窗口。“组态王信息窗口”是一个独立的 Windows 应用程序，用来记录、显示组态王开发和运行系统在运行时的状态信息。一般情况下启动组态王系统后，在信息窗口中可以显示的信息有：“组态王”系统的启动、关闭、运行模式，历史记录的启动、关闭，I/O 设备的启动、关闭，网络连接的状态，与设备连接的状态，命令语言中函数未成功执行的出错信息等。由于本监控系统定义了外部设备和表格模板并且和数据库绑定，所以一启动系统，就可以看到打开通讯设备是否成功，初始化设备是否成功，数据库连接是否成功，表格模板是否成功载入等反馈信息。

为了查看与下位机设备通讯的具体信息,选择运行系统“调试”菜单下的“读成功”、“读失败”、“写成功”、“写失败”等项以跟踪 I/O 变量调试信息。

此外,组态王提供了一个函数——trace(),该函数可以将设定的信息发送到组态王信息窗口中,类似于程序的调试,根据这些信息,用户可以了解到命令语言执行的过程和期间变量的值。该函数可以添加到命令语言程序的任何需要跟踪的位置,因而在所有画面语言、按钮语言、菜单语言、命令语言调试中都可嵌入函数 trace()以在信息窗口看到实时运行反馈情况,比如为了检测自定义保存文件函数 save_name()是否忘记了命名而默认命名为“空”,在其中嵌入跟踪函数 trace(),如果是空的话就反馈信息:没有有效命名,默认为空,命名可能覆盖!

4.2 VC404P 视频卡的开发利用

4.2.1 VC404P 简介

本监控系统需要监视两个高温工业炉的图像实况,因而系统是两路视频输入,需要能采集两路的视频采集卡,但是市场上的采集卡只有单路和四路或者其他的四的倍数的路数,故选择采用四路的视频卡;同时为了满足系统的视频监控要求需要设置符合系统的视频界面,因此最好采用能提供 SDK 开发包的视频卡,从性价比综合考虑,本监控系统采用天敏公司的 VC404P 视频卡。

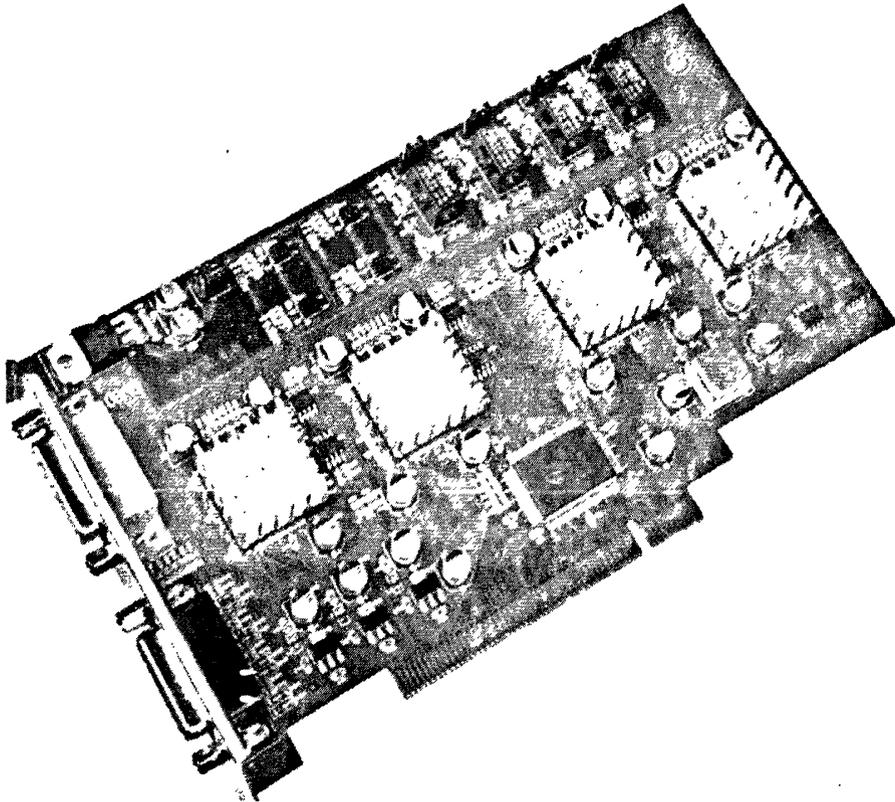


图 4-10 VC404P 板卡

VC404P 卡是专门针对系统开发商进行四路视频开发的 PCI 视频卡,它具有低 CPU 占用率、多路实时显示、支持报警输入输出的特点,提供完整的二次开发包 SDK,通过该 SDK,可以使用 VB 或 VC 等编程软件进行系统设计,可选择存储成为 AVI 或使用软件 MPEG-4 (MPEG=Moving Picture Experts Group, 研究视频和音频编码标准的小组,现泛指该小组指定的一系列的视频编码标准, MPEG-4 是 MPEG 中的新一代基于

内容的多媒体数据压缩编码国际标准)压缩引擎进行压缩,可对图像的对比度、色度、亮度、灰度进行调整,可以捕获图像通道中的动态图像并存储成为 JPG 静态图像,并且可以通过卡上的 I/O 报警接口连接各种报警器。外形图^[57]如图 4-10。

VC404P 是天敏率先推出的市场上第一款采用 Philips 7134 芯片的监控卡,其 PCI 卡为单卡 4 路 SAA7134 (即可以同时传输 4 路实时音视频信号的音频和视频解码器),SAA7134 是一种高度集成、低成本、用于个人电脑的电视捕获、模拟电视和数字视频的基础芯片^[58]。相对于市场上采用 8 位 ADC BT878 芯片的卡来说,采用超强 9 位 ADC 的 Philips 7134 芯片的 VC404P,图像质量和颜色的饱和度方面都要强很多。另外,Philips7134 芯片本身就集成了音视频采集的功能,它独具的 4 线 3D 梳状滤波器能自动消除噪点使它的图像监视质量比 BT878 提高 35%左右。因此,VC404P 具有超强的功能和优质的画质,其具体特点如下:

1) 支持 PNP (Plug and play, 即插即用,系统自动侦测周边设备和板卡并自动安装设备驱动程序,做到插上就能用,无须人工干预),支持 Windows 2000/XP。

2) 一个 VC404P 卡可接四路输入,支持一机多个 VC404P 卡,支持 PAL/NTSC (现行的彩色电视制式, PAL (Phase Alternation Line) 制采用正交平衡调幅逐行倒相制, NTSC (National Television System Committee) 制采用正交平衡调幅制),每路视频带一路音频,各通道同时工作互不干扰。

3) 支持 Overlay (一种数字视频的显示技术,它允许数字信号不经过显示芯片处理,而直接通过显存输出到显示器屏幕上),多路可同时预览,且 CPU 占用率极低。

4) 软件视频编解码器

支持 MPEG-4 采样编码,其压缩位率: 64K~2Mbps,帧率: 1~30 帧/秒 (可选),支持 CIF 视频 MPEG-4 编码器。

5) 软件音频编解码器。

6) 提供 MPEG-4 压缩引擎,可对多路视频图像进行压缩。

7) 支持 A/V (audio/video, 音频/视频) 复合,长时间同步。

8) 支持压缩流/预览流叠加年、月、日、时、分、秒和简单文字的功能。

9) 提供动态 AVI (Audio Video Interleaved, 音频视频交错格式) 图像捕获。

10) 可将动态图像捕获为 JPG 静态图像存盘。

11) 视频卡中内置 4 路报警输入 4 路报警输出,可接入多种类型报警器。

12) 提供功能全面的二次开发包,可应用于保安监控,医疗,交通,银行等方面的系统的开发。

4.2.2 VC404P 安装

把 VC404P 卡插入电脑的插槽里,由于 VC404P 卡具有即插即用的功能,所以在硬件安装完毕后,启动 Windows 时会自动检测到 VC404P 卡,此时系统将提示“发现新硬件”并弹出:“找到新硬件向导”。插入板卡附带的监控系列光盘,光盘自动运行,选择 VC404P,点击“安装驱动程序”,再按照提示一步一步安装,其中,如果 Windows XP 提示,没有通过 Microsoft 测试,此时选择“仍然继续”(有四路视频,就会弹出四次),然后选择下一步,安装完成对话框将出现,单击“完成”,重复以上安装步骤(有多少路,就要重复多少次),直至安装完所有的音视频驱动。安装完成后,到设备管理器中里面可以看到 SAA7134 driver。

安装好视频卡和其驱动后,重新启动电脑,回到监控安装光盘,选择 VC404P,点击“安装 SDK 开发包”安装 SDK 开发包,选择安装语言和目标文件夹后,然后按照提示一步一步完成开发包的安装。

4.2.3 SDK 使用方法

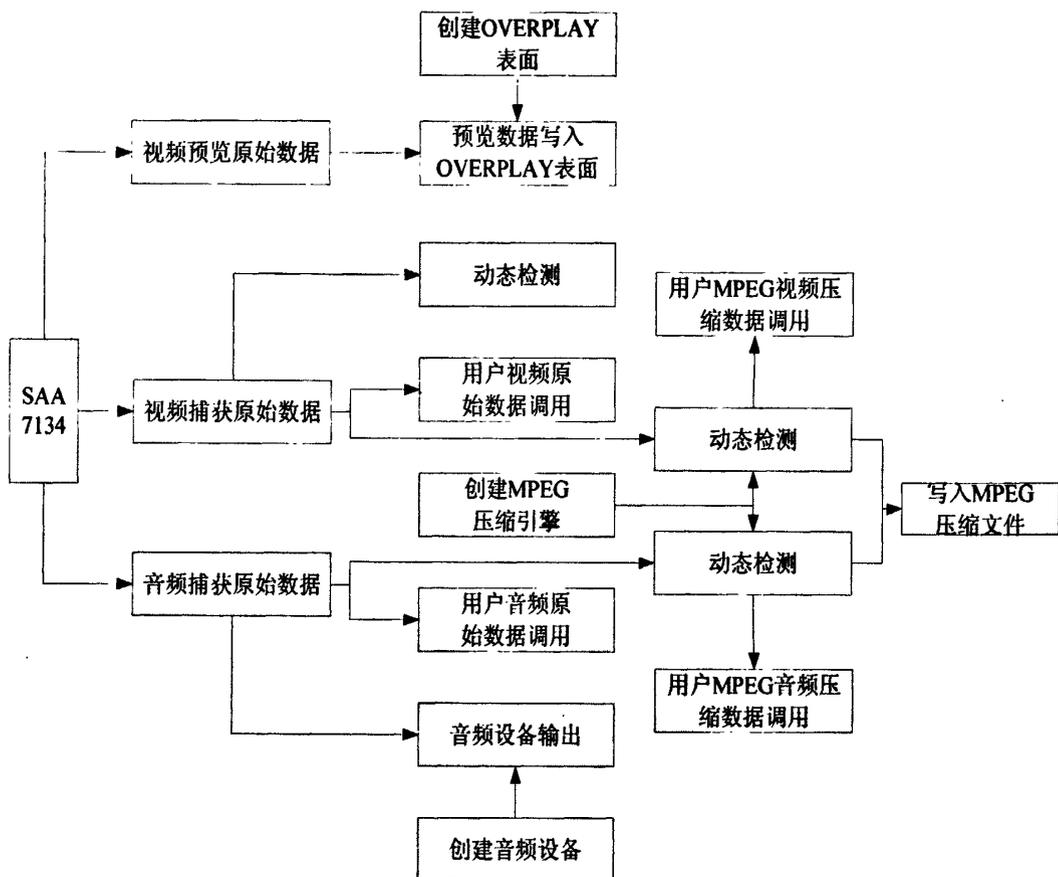


图 4-11 SAA7134_SDK 模块图

由于附带的安装文件有 VC 软件开发包，里面集成了丰富的视频函数，基本的视频采集和播放函数都具备，本监控系统的视频采集和录像功能就是在利用安装文件夹 SDK 开发包的资源基础上进行简单的二次开发实现的。

SDK 模块框图如 4-11 所示，利用二次开发包的函数调用框架图及使用方法如图 4-12^[59]。由此知道，VC404P 视频卡为看到图像，要经过初始化、视频预览、视频录像、设置视频捕获叠加、设置视频的色彩、反初始化等几个步骤。为此下面简要介绍 VC404P SDK 的二次开发包的函数调用及使用方法。

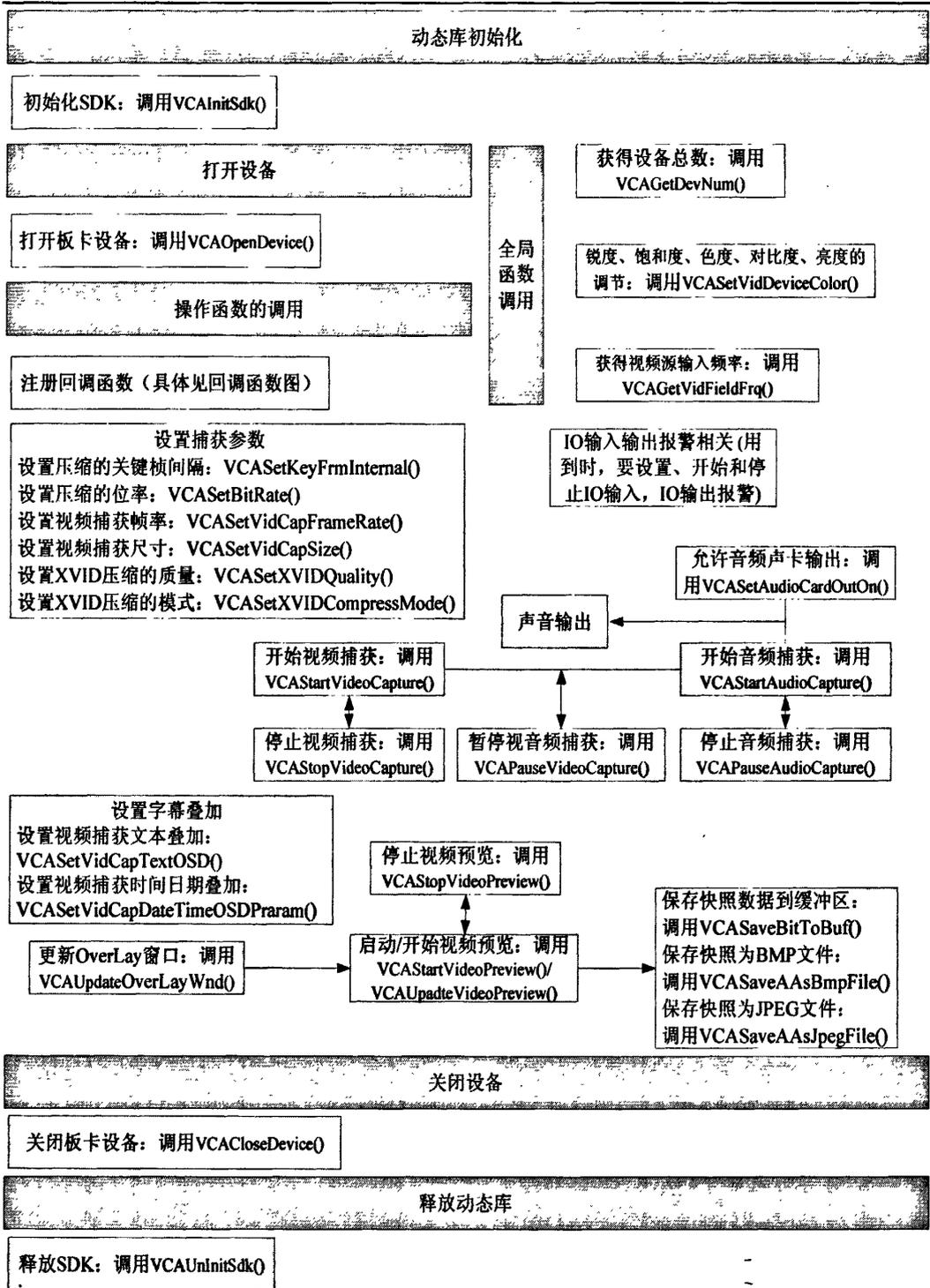


图 4-12 VC404P SDK 调用框架图

1) 应用程序的初始化

应用程序的初始化是在刚开始运行视频窗口的时候, 对所有的设置功能进行默认设置, 为后面具体的功能实现做准备。一般开始的时候, 要分配相应系统资源, 初始化开发包, 为此调用 MTASetRequestTimeout(10000) 函数设置请求超时的时间长度为 10000 毫秒即 100 秒; 调用 VCAInitSdk(hWndMain) 函数(hWndMain 为视频显示所在的窗口句柄)初始化 SDK, 如果初始化失败要给出提示“VC404 卡驱动初始化失败”; 调用 VCAGetDevNum() 函数来获取 SAA7134 个数也就是系统当中能捕获视频的路数, 如

果检测不到硬件 SAA7134 则说明没有安装驱动, 给出提示“请确定 VC404 卡驱动程序是否安装成功! ”。定义一个设备变量以获取设备信息, 再分别对视频参数进行初始赋值, 包括捕获视频参数 (捕获高度、宽度、帧率、切换时长、关键帧间隔)、视频参数 (锐度、饱和度、色度、对比度、亮度等)、压缩方式、保存路径、叠加字幕等; 由于本监控系统是对炉内的火焰监控的, 看重的是图像, 对音频不做要求, 故从节省空间考虑, 可在初始化中默认即略去音频, 只选择视频; 然后调用函数 `VCAOpenDevice()` (省略了具体参数及格式, 后面函数均如此) 即可按这些初始的设置打开设备。利用函数 `OnCreateWindow(dwCard)` 构造一个大窗口的视频框视为视频窗口。为使用各种回调函数, 需要注册设备的各种回调, 为此, 调用函数 `VCARegVidCapCallBack()` 注册视频捕获原始数据回调, 调用函数 `VCARegVidMpegCallBack()` 注册视频 MPEG 压缩数据回调, 调用函数 `VCARegVidSaveErrCallBack()` 注册视频捕获存盘出错回调等, 注册调用函数框架图如 4-13 所示。

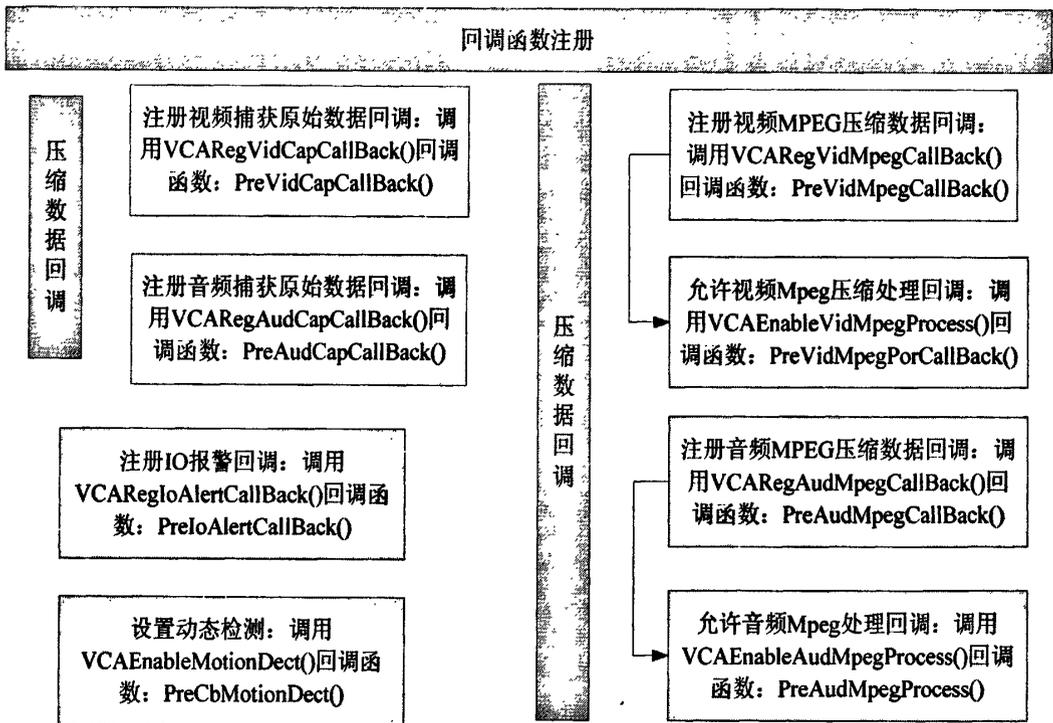


图4-13 SDK注册函数

2) 开始视频预览

视频预览, 顾名思义, 预先浏览看到视频, 就是刚开始进入窗口时, 能看到图像。由于是四路输入, 要考虑四路的视频预览, 其实在初始化中能检测到多少个 SAA7134 就应该有多少路输入。利用视频卡内部函数 `VCASetVidPreviewSize()` 可对板卡的输入进行预览, 其中利用 `GetWindowRect()` 获取视频窗口中的每路对应的小窗口的大小以获取预览函数的调用参数。如果是首次预览用开始视频预览函数 `VCAStartVideoPreview()`, 如果不是首次预览可用更新视频预览函数 `VCAUpdateVideoPreview()` 预览视频。

3) 停止视频预览

既然有开始预览, 那么就应该有相应的停止预览以关闭预览。同上面一样, 有多少路就要停止多少路的预览, 实现起来也非常简单, 直接利用 SDK 中的集成函数 `VCAStopVideoPreview()` 即可。

4) 开始视频录像:

录像就要把图像保存起来, 也就涉及到视频文件保存和压缩的问题。由前面的简介知, 本卡可支持存储成为 AVI 或使用软件 MPEG-4 压缩引擎进行压缩, 由于 MPEG-4 利用

很窄的带宽,通过帧重建技术、数据压缩等手段,用最少的数据可获得最佳的图像质量,MPEG-4的高压缩率和高图像还原质量可以把视频文件转换为体积更小的视频文件,因而本监控系统默认为MPEG压缩。开始录像之前,要设置视频捕获和MPEG压缩录像的参数。故而调用VCASetKeyFrmInterval()设置MPEG压缩的关键帧间隔,其中间隔参数(dwKeyFrmInterval)必须大于等于帧,否则录像不连贯;调用函数VCASetBitRate()设置MPEG压缩的位率;调用函数VCASetVidCapFrameRate()设置视频捕获帧率,调用函数VCASetVidCapSize()设置视频捕获尺寸,其他的MPEG压缩录像设置不详述。此外,还要对开放源代码的MPEG-4视频编解码器XVID进行必要的设置,为此调用函数VCASetXVIDQuality()设置XVID的编码质量,VCASetXVIDCompressMode()设置XVID的压缩模式(这两个设置要特别注意,决定着压缩的程度、保存文件的大小及视频质量的好坏)。

视频捕获和MPEG压缩录像的参数设置好后,要开始视频录像直接调用视频卡集成捕获图像函数VCAStartVideoCapture()即可。视频文件不应该过长以免将来查看不方便,因此录像一段时间后,要切换到新的文件继续录像,为此,根据视频切换时长m_pDev[m_dwDevID].dwSwitchFreq,设计定时器SetTimer(),录像一开始就开始计算录像时间,并将录像时间在窗口左边以文字形式显示;为呼应定时器和实现定时切换功能,在OnTimer()函数中,检测如果录像时间到了预设最大时间时就调用VCAPauseCapture()暂停捕获过程,再切换到新的以时间命名的文件中,然后利用VCAStartVideoCapture()继续录像。

5) 停止视频录像

停止视频录像是对应开始视频录像的终止,即结束视频捕获,关闭定时器,并停止写入保存文件。因而调用KillTimer()移除先前用SetTimer()设置的定时器,然后利用板卡函数VCAStopVideoCapture()结束视频捕获。

6) 设置视频捕获叠加

利用VCASetVidCapDateTimeOSD()函数可将视频当前时间和日期叠加在视频流里,然后在窗口中显示。VCASetVidCapDateTimeOSD()是设置视频时间和日期叠加的函数,指明了叠加文本的内容、显示的位置和是否透明,必须先调用其参数函数VCASetVidCapDateTimeOSDParam()设置好参数后并在视频捕获停止时或暂停时调用才有效。VCASetVidCapDateTimeOSDParam()是用于所有的视频时间、日期叠加参数的设置,一旦设置,所有视频捕获将一直沿用这些时间、日期叠加参数,它也是在视频捕获停止时或捕获暂停时,调用才有效。调用格式分别是:

```
for ( DWORD i = 0; i < m_dwDevNum; i ++ )
{VCASetVidCapDateTimeOSDParam (& ( m_pDev[i].stuOSDPARAM[1].OSDParam ));
VCASetVidCapDateTimeOSD ( i,m_pDev[i].stuOSDPARAM[1].cfEnableOSD,
m_pDev[i].stuOSDPARAM[1].cfTopLeft );}
```

7) 设置视频的彩色

由于摄像机看到的是彩色图像,录像也是彩色捕获,因而需要对视频色彩进行设置,以达到所需的图像效果。在本监控系统中涉及的视频色彩设置有亮度、饱和度、对比度、色度和锐度五个方面,在板卡里都分别有集成的函数,直接调用即可。调用格式如下:

```
VCASetVidDeviceColor ( m_dwDevID, BRIGHTNESS,
m_pDev[m_dwDevID].dwBrightness );
VCASetVidDeviceColor ( m_dwDevID, SATURATION,
m_pDev[m_dwDevID].dwSaturation );
VCASetVidDeviceColor ( m_dwDevID, CONTRAST, m_pDev[m_dwDevID].dwContrast );
VCASetVidDeviceColor ( m_dwDevID, HUE, m_pDev[m_dwDevID].dwHue );
VCASetVidDeviceColor ( m_dwDevID, SHARPNESS, pDev[m_dwDevID].dwSharpness );
```

4.2.4 视频窗口设计

为了能将采集到视频在应用窗口打开,依照开发包的函数流程和设计格式,在 VC 开发环境 Microsoft Visual C++6.0 中建立工程,添加一视频窗口应用对话框并取名为 IDD_SAA7134DEMO_DIALOG,里面再添加视频编辑 IDC_SHOW_STATIC 窗口。根据上小节的 VC404P SDK 函数框架和使用流程及使用方法,对每个部分单独设计一个功能按钮来实现,这样系统视频监控的功能基本能实现,但为了个性化的界面,还需要添加和修改一些函数。

一进入监控系统就初始化应用程序及开始视频预览,把函数停止视频预览嵌入停止视频录像按钮应用中,因为视频捕获叠加功能要进行一些参数设置,为此设计“设置捕获参数”按键入口,其功能是打开捕获参数对话框来对捕获高度、宽度、帧率、切换率、位率、关键帧率等捕获参数的设置。

开始视频录像中的录像切换间隔应该恰当,初始化为 1 小时即:

```
SetTimer ( m_dwDevID + 1, 3600000, NULL ); // 捕获计时频率, 定时 3600000ms 即 1
//小时
```

而用 SetTimer () 函数设定时钟发送时钟消息来响应:

```
CDialog::OnTimer ( nIDEvent );
```

视频录像中的保存路径可以自主设置,系统默认的录像路径为 f 盘的 capfile 文件夹,且检测到录像图像为“第 N 路”输入就将录像文件存在 capfile 文件夹命名为“N”的子文件夹里,在录像前应该选择“设置捕获参数”进入捕获参数设置的对话框中以设置保存路径、图像高宽、帧率、切换时长等:

```
strTemp.Format ( "f:\\capfile\\%d\\capfile.avi", dwCard );
CString strPath;
int nPos = 0;
nPos = strTemp.ReverseFind ( '\\' ); //从字符串结尾开始检索, 定位第 N 路输入
strPath = strTemp.Left ( nPos );
CreateFilePath ( strPath, 0 );
strcpy ( m_pDev[dwCard].strCapDir, strTemp ); //录像文件就保存在 f 盘 capfile 文件夹
//里命名为 N 的文件夹里
```

```
.....
CString strPath; // “设置捕获参数”对话框重新设置保存路径
```

```
int nPos = 0;
nPos = m_strCapDir.ReverseFind( '\\' );
strPath = m_strCapDir.Left(nPos);
CreateFilePath(strPath, 0);
strcpy(m_pDev->strCapDir, m_strCapDir);
```

同理抓拍图片存储路径在 f 盘(图像保存路径和基本录像路径一样,故如果在上面重新设置了路径即 strPath 改变了,那么这里路径也改变)文件夹 Picture,由于图片存储格式为“.jpeg”比格式为“.bmp”要小的多,故监控系统默认保存为“.jpeg”格式:

```
CString strDir ;
strDir.Format ( "%d", m_dwDevID + 1 );
strDir = "f:\\Picture\\" + strDir;
SfxCreatePath ( strDir );
str = strDir + "\\ " + str + ".jpeg";
VCASaveAsJpegFile ( m_dwDevID, str, m_nQuality ); //调用全局函数创建图片文件
```


第五章 监控系统测试和联调

5.1 监控系统下位机测试

经过详细的硬件电路的设计与仔细的 PCB 图的制作后,委托工厂做成硬件电路板,电路板作为系统最根本的组成部分,必须保证电路不能有任何差错,故第一步测试便是印制电路板的测试。首先检查电源线和地线的连接情况,因为这是系统工作的前提条件,而且电源和地线连接上产生的差错很有可能导致电路板的烧毁而不能正常工作,因而从外部电源和地线的引入端,逐个测试各个器件的电源端和接地端的连接;其次,对系统的外部输入端的接线进行测试,以保证系统的准确输入;最后,对照系统的硬件原理图,对系统内部的接线进行测试,以保证系统的正常工作。

系统使用的元器件有些是集成的,有些不是。从原理上讲,每个元器件都是可以进行单独测试,但实际上没有必要。针对系统要求及硬件设计,论文主要对接插件和按键进行测试。对于接插件,主要是测试其两端是否接通,防止在压线中的失误。对于按键,主要是测试按键是否灵敏,逐一按键,观察读入的值是否正确。

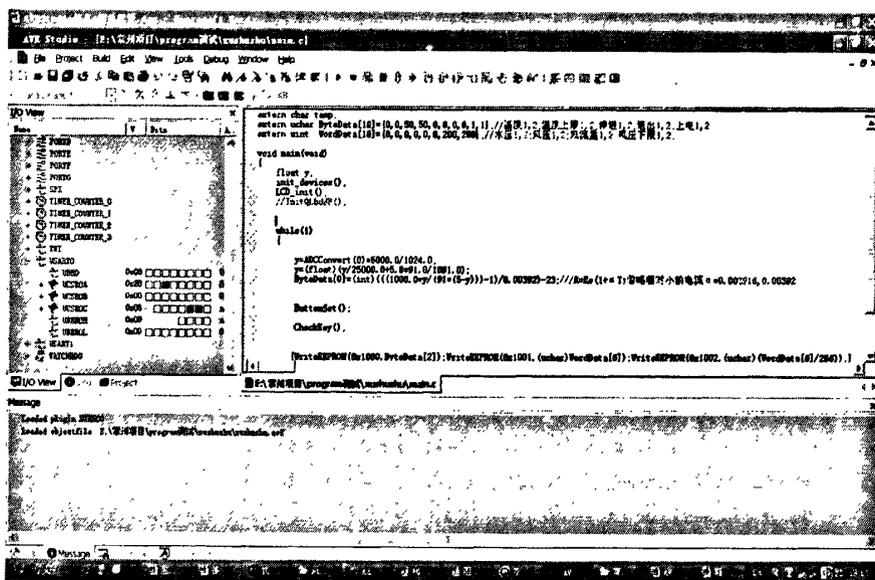


图 5-1 AVR Studio 软件仿真界面

下位机的软件和硬件是一个整体,都是系统不可缺少的部分,下位机的软件测试是在建立在其硬件基础上的。由第三章软件部分可知,本次设计利用 AVR Studio 仿真编译器和 C 语言编辑平台 ICC AVR, AVR Studio 具有强大的仿真功能,它能观察到程序运行时单片机各个引脚、时钟、串口、AD 寄存器等的状态和变化,其仿真界面如图 5-1 所示。在调试程序中,先写简单的程序看单片机能否正常工作,验证单片机工作正常后,再写单片机的各种初始化函数,然后参照功能需求及硬件设计,分别编写 3.3 节中的软件程序。注意,软件程序是单个编写函数,每编写完一个,检查编译无误后即利用 AVR Studio 强大的仿真功能测试一个,比如对单片机的串口发送测试,就编写一个简单发送程序,利用 AccessPort (串口调试器)跟踪串口,查询收到的是否是单片机发送的,如果是则此串口发送测试通过,否则要重新编写再调试;测试通过后再以同样的方法编写测试其他单个子函数(主程序中只加入这个测试程序,其他测试通过或待测试的均不加入以免影响测试结果或增加测试时间);所有单个子函数都单独测试通过后再把它们都加入主程序中联调测试。在调试程序的过程中要充分利用“单步执行”、“逐过程”、“运

行到光标处”及“设置/取消断点”等调试控制栏的命令，一条一条语句调试或一段或多段语句跟踪测试。比如在测试电阻测温的过程中，发现温度剧变（冰冷空杯子到盛满 100℃ 开水杯子）时，继电器不连续的闭合又断开然后又闭合再又断开，持续发出不间断无规律的吸合断开声音，跟踪调试检测代码及参照原理得知：由于电阻的阻值不能剧变，使得测得的温度在每个主循环中都不同且超过温度上限，因而按照程序流程在每个循环都会给报警标志置位并让继电器工作，而其中又由于其他子程序的执行占有时间所致，使得继电器工作不连续。这种情况不仅严重影响继电器的性能及使用寿命，还影响整个系统的可靠性和安全性，为此，增加一个循环软件滤波，缓冲剧变的影响，连续测值多次，如果平均值都是超过温度限，就视为温度是稳定连续过限的，那么再给报警信号；经过测试检验，加入软件滤波后不再存在继电器不停合开的现象。

5.2 监控系统上位机测试

上位机即人机界面，按照第四章所述，包括组态界面和视频 VC 窗口。

```

2010/02/27 13:33:41.046 开发系统: 开发系统启动.
2010/02/27 13:54:10.718 运行系统: 启动.
2010/02/27 13:54:10.734 运行系统: 单机模式运行.
2010/02/27 13:54:10.750 运行系统: 打开通讯设备成功!
2010/02/27 13:54:10.750 运行系统: 设备初始化成功—RS485A
2010/02/27 13:54:10.750 运行系统: 设备初始化成功—RS485B
2010/02/27 13:54:10.750 运行系统: COM1 Initial data time = 0 ms
2010/02/27 13:54:11.828 运行系统: 历史库: 历史库服务程序没有启动.
2010/02/27 13:54:11.968 运行系统: SQL: 3个表格模板已正确载入.
2010/02/27 13:54:12.156 运行系统: SQL: 3个数据库(C:\常州项目\高温工业炉电视监控系统)连接成功!
2010/02/27 14:03:49.468 运行系统: 停止记录历史数据!
2010/02/27 14:03:49.546 运行系统: 停止记录历史数据!
2010/02/27 14:03:51.578 运行系统: SQL: 3个设备(C:\常州项目\高温工业炉电视监控系统)断开连接.

```

图 5-2 上位机信息窗口

组态王可通过组态王信息窗口（在 4.1.8 有介绍，不详述，实际效果如图 5-2 所示）测试通讯设备是否成功，初始化设备是否成功，数据库连接是否成功，与设备连接的状态，命令语言中函数未成功执行的出错信息等。对组态画面的测试，主要是每个画面的功能调试，单独运行看画面的动画、数据显示、打开和关闭、切换等是否能完全达到理想的效果，对用到数据库的画面要先设计并连接好数据库才能测试（此时相当于也测试了数据库的连接与否）。由于组态王有点数（定义变量个数）限制，所以要额外注意是否超限，为此要利用组态王中工具栏的“工具”菜单，分别执行“变量使用报告”、“更新变量计数”及“删除未使用变量”操作来检查变量使用情况及删除冗余没用的变量以节约资源。对数据库测试是难点。组态王的虽然具备很多功能也集成了不少数据库函数，但是使用说明中没有命令语言的辅助格式说明；因此，上位机用到数据库的时候，SQL 语言总会有一些问题，比如和数据库显示连接成功，但很多基本的功能（像新建表格）利用数据库直接来实现就不能成功，又比如组态王数据库具体语言实现时由于没有具体说明指导手册调用起来常常显示语法错误，再比如当数据库中查询的任务量较大时由于耗时使得有延时。在调试的时候，严格参考及借阅演示或已实现的工程的语句行，并且按照 SQL 语言格式特点，一行一行地尝试运行，除定义的中文变量外，其他的输入法都得注意用英文；建立数据库要充分借用安装光盘提供的模板，因为模板里有报警表、操作表等，只要连上数据库并配置好报警设置后，系统里的报警和登录等事件被直接记录到数据库里（自建的数据库不能做到，且经过尝试组态王里的很多数据库语言和自建的数据库连接有问题），因此必须严格要求在组态王框架内实现表格创建等数据库基本功能。

视频 VC 窗口的测试直接在 VC 环境下运行看效果即可，但是在观看整体效果前也要利用 VC 的断点、值 Watch、Memory、Variables 寄存器等调试中介及 TRACE、

ASSERT、VERIFY 等调试手段来一段一段调试或检测；VC 程序都没问题的话就可以运行看效果。如果设计好后觉得还不满意，可根据实际要求添加或修改功能及外观。

5.3 监控系统的联调测试

上位机和下位机都设计完成并各自测试通过后，应该联调上位机和下位机。由需求分析及设计可知：下位机（控制器即单片机）和上位机组态界面是通过串口 RS485 通信的，因而上下位机联调即测试串口 RS485 通信是否正确。在开始调试下位机单片机的时候，通过串口调试器已经测试单片机串口收发都正常，所以上下位机联调只看上下位机通信协议，也就是检验 RS485 单片机通用协议 HEX 是否解析正确。

由于提供协议的很简单，没有进一步详细的说明，并且其对应到组态王的集成的智能模块中的单片机组件具体工作步骤没说明，故而编写调试通信程序时是一步一步尝试来理解协议。对协议第一不确定的地方就是协议格式 3 中一字节的数据量 DataNum 及格式 4 中一字节的数据长 DataLong 是指字节个数还是类型数据的个数。由 3.3.6 节中知每次通信都是组态王主动按照协议格式进行的，上位机都设计好后，运行上位机，利用监视工具 AccessPort 跟踪串口发现：组态王对一个字节数据和一个字数据的写操作，发送的分别是一字节数据和两字节数据，DataLong 显示的分别是 1 和 2，因而格式 4 中数据长 DataLong 是指字节的个数。同样利用 AccessPort 跟踪串口确定格式 3 数据量 DataNum 也是字节的个数。对协议第二不确定的地方是协议格式 7 中 ErrorCode 怎么确定，为编程简单，假设所有写数据都是正确的，即将 ErrorCode 视为正确代码 00，利用监视工具 AccessPort 跟踪串口发现写成功（即上位机能正确对下位机修改数据），而上位机也能正确显示下位机设置的数值，所以这样设计是可行的。

上下位机通信都是上位机组态界面主动开始的，所以按照 3.3.6 中的协议过程来编程：先串口收数据，如果接收到有效数据包则开始解析；如果有效数据包是组态王请求地址，则回复发送地址，如果回复发送地址正确并且下一个有效数据包是读数据请求则回复发送请求读的数据；如果回复发送地址正确并且下一个有效数据包是写数据请求则重写指定的数组数据然后回复发送写正确。但是联调时发现，数据的读和写好像不能即时，通过跟踪串口得知：组态王的读写数据不是一次性就读写完所有的数据，比如本监控系统读字节数据共 8 个，但是开始几次的读，组态王都只发送读 4 个或 6 个数据的请求，运行一会儿后才发送 8 个读数据请求，所以导致开始时后面 2 个或 4 个字节数据没有实际数据，一会儿后才有数据。因此系统开始运行时存在某些数据读写不及时是由组态王本身决定的而不是程序问题，系统运行一会儿后数据读写都是正确的。

至此，高温工业炉电视监控系统设计与实现都完成了。本系统相对传统的高温工业电视监控系统，除了保留了原有的视频监控及设备保护外，用微控制器取代 PLC 控制，减小了控制器的体积，并增加了生动形象的上位机人机操作界面，添加了运行参数统计显示、历史数据信息查询及视频录像保存等功能，使得高温工业炉在本监控系统下能追踪事故原因、查看历史运行记录，并能在远距离现场所在地的监控室操作现场设备，因而进一步减轻了人工操作，并对维修检修设备提供依据。

第六章 结束语

6.1 主要工作

论文研究开发的是一个高温工业炉电视监控系统,系统开发的目的是为了实现对高温工业炉现场进行实时监测和控制。本人完成的主要工作如下:

- 1) 完成了监控系统的需求分析和总体设计。
- 2) 完成了监控系统的下位机硬件部分的设计和调试。
- 3) 完成了监控系统的下位机软件部分的设计和调试。
- 4) 完成了监控系统上位机的基于组态的人机界面的设计与实现。
- 5) 完成了监控系统上位机的基于视频卡的 VC 视频窗口二次开发。

以上工作均在实验室完成了测试验证。

6.2 体会心得

做项目前,首先要有一定的理论基础,积极地掌握熟悉所要涉猎的知识,包括对涉及的多个学科多个领域知识的了解熟悉、用户需求的深入理解,并在此基础上进行项目的各方面调研和需求分析。在设计中必须具备严谨细致的工作作风,仔细分析需求,认真查询资料,要考虑各方面因素,选择最合理的方案。在硬件设计时应该仔细研究电路相关资料,事先拟定调试方案,为后面调试工作打下坚实的基础。在现场环境下通常都会发现一些在实验室里预想不到的问题,如何通过对系统进行合理的修改来解决这些问题非常重要。设计最好留有余量,这样便于修改或扩展。

项目在开发过程中,用户需求可能会因为种种原因而改变,要在分析用户进一步需求的基础上,充分考虑改变以满足新的需求并进一步完善系统。项目需要团队协作才能完成,同学之间的协作和帮助及客户的沟通交流配合是顺利完成的保障。和有项目经验的师兄或同门学习交流是很有裨益的,可以少走弯路并能得到启示或指导。

6.3 研究展望

针对目前本系统的研究现状,提出如下展望:

1) 功能扩展上,可以加入网络传输功能,作为网上资源共享或远程控制 and 监视。应用在高温工业炉的电视监控系统,其主要目的是对高温工业炉现场及其运行环境进行状态监测和远程控制。在已经实现的监控基础上,可以对现场的图像和参数等信息让多个用户共享管理,由于人机界面可运行在基于 TCP/IP 网络协议的网上,供多个远程用户使用,可进一步增加监控距离(控制室的监控主机和用户的距离),新建高度集中的监控中心,监控不同的子厂或不同的城市现场,可以更好地完成监测和控制任务。

2) 性能提高上,可以采用更高性能的微处理器构建终端的硬件平台,提高数据处理速度。当扩展的功能再多再复杂的时候,性能的提高就迫在眉睫了,功能越多,需要处理的任務就越多,程序也相应就越复杂。为了提高程序的运行效率,最合适的是采用操作系统进行任务管理,而要应用操作系统就需要提高系统的性能,包括微处理器等多方面内容。此外,可采用更多的路数和压缩率更好的视频卡实现对更多窑炉的同时监控(选择多路视频卡配合要监控的窑炉个数)及减少录像保存占用空间或延长删除录像的天数(压缩率更好,故视频文件占用空间低)。

参考文献

- [1] 百度百科. 工业炉[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/25052.htm>
- [2] 中国建材网. 工业炉的介绍[EB/OL]. http://www.bmlink.com/news/html/news_Info82_0912512017_2.html
- [3] 何俊正, 申凌云. 电视监控系统的应用及优化改造[J]. 中国设备工程, 2009 (03): 49-50
- [4] 聂长发. M 型电厂锅炉火焰电视监视系统及其应用[J]. 电力技术, 1992 (09): 73-75
- [5] 王大齐. 浅谈钢铁厂用工业电视监控系统的防护问题[J]. 半导体光电, 1998 (01): 89-90
- [6] 胡长明, 罗超人. SX 型高温内窥式火焰自动监视系统摄像装置热设计综述[J]. 电子机械工程, 1994 (02): 30-37
- [7] 王国耀. 浅谈电厂燃烧炉高温电视监控[EB/OL]. 中国工控网论坛 http://www.gkong.com/gkong_bbs/dispbbs.asp?ID=77016
- [8] 费建军, 崔毅. 高温工业电视应用技术的发展[J]. 数字技术与应用, 2009 (8): 89-92
- [9] 谢宁. 高温工业电视的现状[J]. 数字技术与应用, 2009 (8): 93-95
- [10] 干大川. 采用燃烧工况监视控制系统实现工业窑炉的最优化运行和节能—新型高温工业电视系统及应用[J]. 信息产品与节能, 2001 (2): 5-6
- [11] 罗纲. 气冷内窥式高温电视监控系统[J]. 航天控制, 2000 (1): 74
- [12] 高波. 高温工业电视控制系统的改进方案(初步)[Z]. 常州信通电子有限公司, 2008
- [13] 常信通. LN-1C 型内窥式炉用高温工业电视设备说明书[Z]. 常州信通电子有限公司, 2008
- [14] 吴迪. 内窥式炉膛火焰监视系统改造前后的性能比较[J]. 广东电力, 2001 (3): 65-67
- [15] 宋伟, 陈风华, 聂长发. YD-NQ 型高温工业电视系统的应用[J]. 电视应用, 1999 (203): 58-59
- [16] 温艳芬. 一种实用的回转窑工业监视系统[J]. 数字技术与应用, 2004 (6): 89-93
- [17] 查明华. ATMEGA128 新型微控制器及应用[J]. 工业控制计算机, 2002 (10): 57-58
- [18] 马潮. 高档 8 位单片机 ATmega128 原理与开发应用指南[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004. 1
- [19] Atmel Corporation. Cn_Mega128-128L Data Sheet[Z]. Atmel Corporation, 2005
- [20] Atmel Corporation. Mega128-128L Data Sheet[Z]. Atmel Corporation, 2005
- [21] 温正, 何嘉扬, 赵志鹏. AVR 单片机开发从入门到精通[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009. 1-2
- [22] 陈华. 车载高精度 GPS 定位装置的研究与实现[硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2009
- [23] 霍宏伟, 牛延超, 黄吉莹. ATmega128 / 2560 系列单片机原理与高级应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [24] 百度百科. TQFP 封装[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/407807.html?fromTaglist>
- [25] 陆爱明. 单片机和图形液晶显示器接口应用技术[J]. 电子产品世界, 2001 (15): 27-30
- [26] 马潮. AVR 单片机嵌入式系统原理与应用实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007. 191

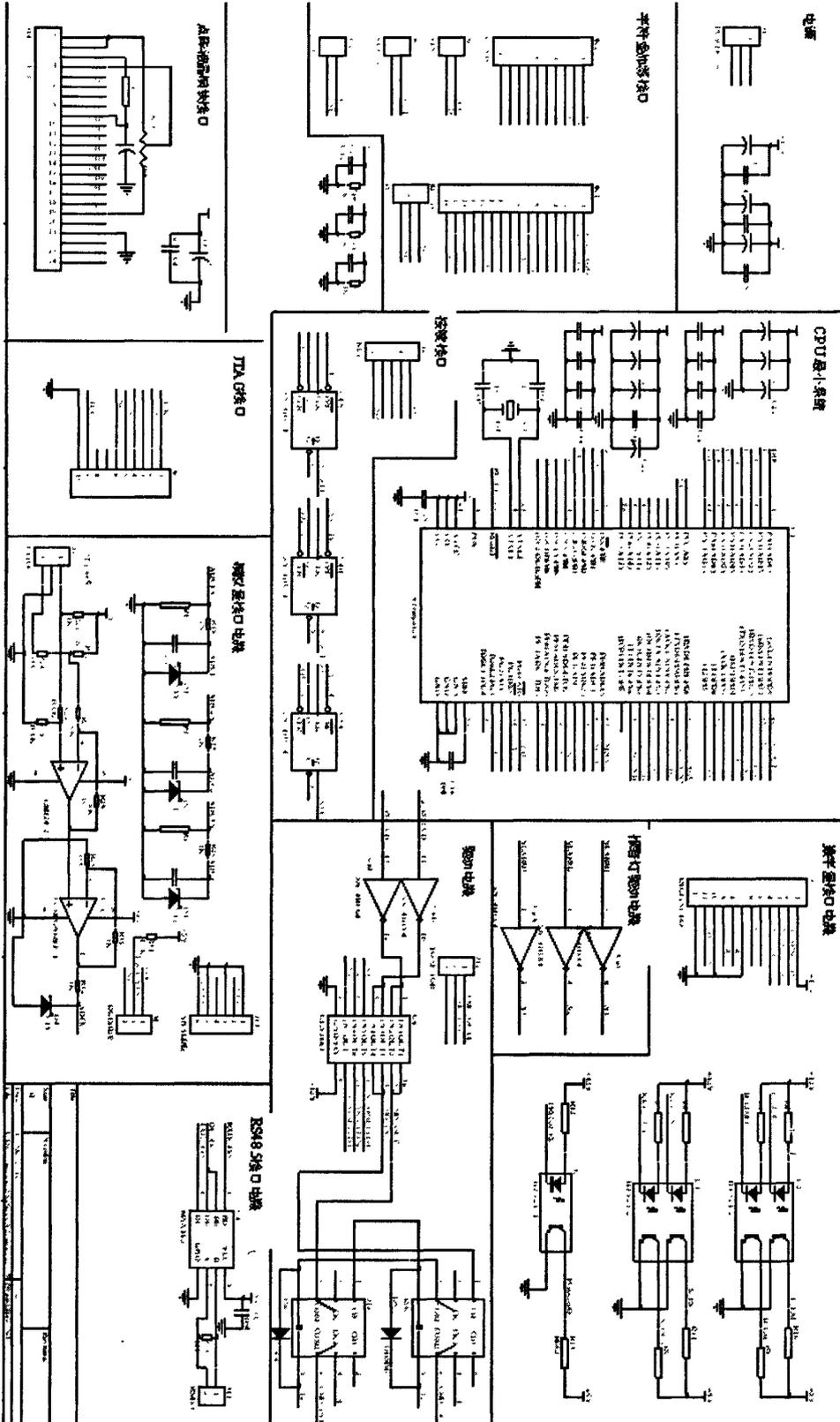
- [27] Texas Instruments Incorporated. SN54HC74/SN74HC74 Datasheet[Z]. Texas Instruments Incorporated, 2003
- [28] 百度百科. 字符叠加器[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/1883628.htm?fr=ala0>
- [29] 台湾矽创电子公司. ST7920 中文字型点矩阵 LCD 控制/驱动器技术资料[Z]. 台湾矽创电子公司, 2007
- [30] 强联. 视频字符叠加器模块 QL508F 用户手册[Z]. 强联单片机科技公司, 2008
- [31] TENG Yingyan, HE Zonggang, WANG Xiaowei. Design and Implementation of Interface Interactivity Based on Virtools and Serial Communication[C]. 2009 Ninth International Conference on Hybrid Intelligent Systems. 2009. 3-6
- [32] 陈四华, 陈新元, 罗国超, 等. 基于 PLC 和组态软件的在线监控系统[J]. 冶金自动化, 2004 (z1): 238-239
- [33] 刘涛, 马积勋, 廉海涛. 利用 RS-485 通讯协议实现 PC 机与单片机的多点通讯[J]. 现代电子技术 2002 (5): 86-88
- [34] 龚仁喜, 江波, 叶丽, 等. 基于 51 单片机的智能仪表与组态王的通讯[J]. 仪器仪表学报, 2008 (4): 384-387
- [35] Maxim Integrated Products. MAX485 Datasheet [Z]. Maxim Integrated Products, 1996
- [36] 蔡辉, 孙德保. 铂电阻测温电路的线性化设计方法[J]. 传感器世界, 2002 (3): 17-19
- [37] Texas Instruments Incorporated. ULN2003 Datasheet [Z]. Texas Instruments Incorporated, 2004
- [38] 金春林, 邱慧芳, 张皆喜. AVR 系列单片机 C 语言编程与应用实例[M]. 北京: 清华大学出版社. 2003
- [39] 学友(成都). 单片机的开发工具[N]. 电子报, 2001
- [40] 江海波, 王卓然, 耿德根. 深入浅出 AVR 单片机[M]. 北京: 中国电力出版社. 2008
- [41] 沈文, Eagle lee, 詹卫前. AVR 单片机 C 语言开发入门指导[M]. 北京: 清华大学出版社. 2003
- [42] 金钟夫. AVR ATmega128 单片机 C 程序设计与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008
- [43] 袁运莲, 叶桦. 基于单片机的高温工业炉电视监控装置[C]. 2009 年中国智能自动化会议的会议论文集, 南京: 江苏电子音像出版社, 2009. 1634-1637.
- [44] TOPWAY. LM240128TCC-LCD Module User Manual Datasheet[Z]. Shenzhen TOPWAY Technology Co,Ltd, 2005
- [45] 李宏, 张家田. 液晶显示器件应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社. 2004. 162-170
- [46] Golden Palm Electronics OCM240128 Graphic dot matrix LCD Module User Manual Datasheet[Z]. Golden Palm Electronics Co,Ltd.
- [47] 亚控科技. 通用单片机 HEX 协议[Z]. 北京亚控科技发展有限公司, 2003
- [48] 周苏, 左伍衡, 王文等. 人机界面设计[M]. 北京: 科学出版社 2007. 1
- [49] 李方园. 人机界面设计与应用[M]. 北京: 化学工业出版社 2008. 35
- [50] 王庆兰. 基于组态王的煤研石窑炉监控系统的设计与实现[硕士学位论文]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2008
- [51] 亚控科技. 帮助文档[Z]. 北京亚控科技发展有限公司, 2003
- [52] 宋荣. 组态王简明教程[EB/OL]. <http://www.teachersong.com/kingview/K1.htm>
- [53] 袁秀英. 组态控制技术 M]. 北京: 电子工业出版社, 2004. 169
- [54] 袁运莲, 叶桦. 高温工业炉监控系统人机界面的设计与实现[J]. 工业控制计算机, 2009 (9): 15-16
- [55] 亚控科技. 6.5 初级培训教程[Z]. 北京亚控科技发展有限公司, 2007

- [56] 亚控科技. 组态王 Version 6.5 用户手册[Z]. 北京亚控科技发展有限公司, 2003
- [57] 天敏科技. 产品说明书[Z]. 广州天敏科技发展有限公司, 2008
- [58] Philips Semiconductors. SAA7134HL Datasheet [Z]. Koninklijke Philips Electronics N.V. 2002
- [59] 天敏科技. 天敏公司 VC 系列卡开发使用手册[Z]. 广州天敏科技发展有限公司, 2008

附录 A LCD 字符代码表

Hex	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
7	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

附录 B 下位机硬件电路图



附录 C 下位机电路实物图

