

doi: 10.7690/bgzd.2015.02.020

高低温空间环境模拟测控系统

邓丁奇¹, 张继华², 高飞³, 刘旺开¹(1. 北京航空航天大学航空科学与工程学院, 北京 100191; 2. 中国人民解放军 63853 部队, 吉林 白城 137001;
3. 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院, 北京 100191)

摘要: 为满足航天天线在不同温度条件下展开各项试验研究的要求, 设计一种高低温空间环境模拟测试系统。运用图像技术、计算机技术及控制技术, 分别从硬件和软件设计 2 方面进行测控系统结构设计, 并针对系统设计过程当中遇到的困难, 就温度控制和切换、串口通信等关键问题进行讨论。实践结果证明: 该系统的响应速度较快, 控制精度以及串口通信误码率等均符合要求, 能很好满足数据采集及温度控制的要求。

关键词: 高低温; 测控系统; 软-硬件设计; 温控切换

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A

High/Low Temperature Space Environment Simulation Measurement and Control System

Deng Dingqi¹, Zhang Jihua², Gao Fei³, Liu Wangkai¹

(1. School of Aeronautic Science & Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

2. No. 63853 Unit of PLA, Baicheng 137001, China;

3. School of Automation Science & Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: For the test requirements of the aircraft antenna carry out test under different temperature conditions, design the high/low temperature space environment simulation system. Use image technology, computer technology and control technology and so on, carry out measurement and control system structure design from hardware and software design. Aiming at the difficulties in system designing, discusses key problems of temperature control and switch, serial communication. The practice result shows that the system has fast response speed, control precision and serial communication error code rate meet requirements. And it satisfies data collection and temperature control requirement.

Keywords: high/low temperature; measurement and control system; software-hardware design; temperature switch

0 引言

为满足航天天线在不同温度条件下展开机构的运行状态研究, 拟设计该高低温环境模拟系统。该系统可用于大型空间可展开天线及其他大型机构、结构的高低温极限环境下的展开功能试验、机械性能测试及其他相关试验。还可进行其他大型装备、设备等的高低温试验, 具有温度自动控制, 数据自动记录等功能。

鉴于本系统需要进行比较复杂的控制, 故采用分布式控制系统技术作为该测控系统的设计方法。分布式控制系统的控制核心为计算机, 负责对信号进行相应处理。同时该类系统将工作负载进行了分散, 而且综合运用了计算机技术、图像技术、控制技术等技术, 使得控制系统具有分散控制、集中管理的特点^[1]。

1 系统硬件设计

系统采用上位级管理、检测与执行级(即现场级)和下位级控制的分布式测控系统。配合单元组合仪器以及微处理器, 以工业计算机为核心, 对整个试验系统进行管理和控制^[2]。测控平台的设备流程图如图 1 所示。测控系统硬件设计结构如图 2。

1.1 检测与执行级

系统的检测与执行机构即为现场的各种数据采集及控制设备。其主要任务是获取现场的各种传感器传递回来的测控参量的信号, 然后在计算机上进行显示, 并能响应智能仪表或者计算机给出的控制信号, 对现场的测控参量进行相应的调节。

1.2 下位控制级

下位控制级主要由智能数字仪表构成, 系统既可通过智能数字仪表对现场的控制设备进行 PID 调

收稿日期: 2014-09-24; 修回日期: 2014-10-27

基金项目: 高低温模拟系统(13000002013105071)

作者简介: 邓丁奇(1987—), 男, 山东人, 硕士, 从事计算机测量与控制方向的研究。

节，又可通过计算机将预先给出的控制量发送至智能仪表处，进而对现场的执行设备进行控制与调节。

该部分主要是通过 RS485 与上位管理级(如工业计算机)进行相互通信。

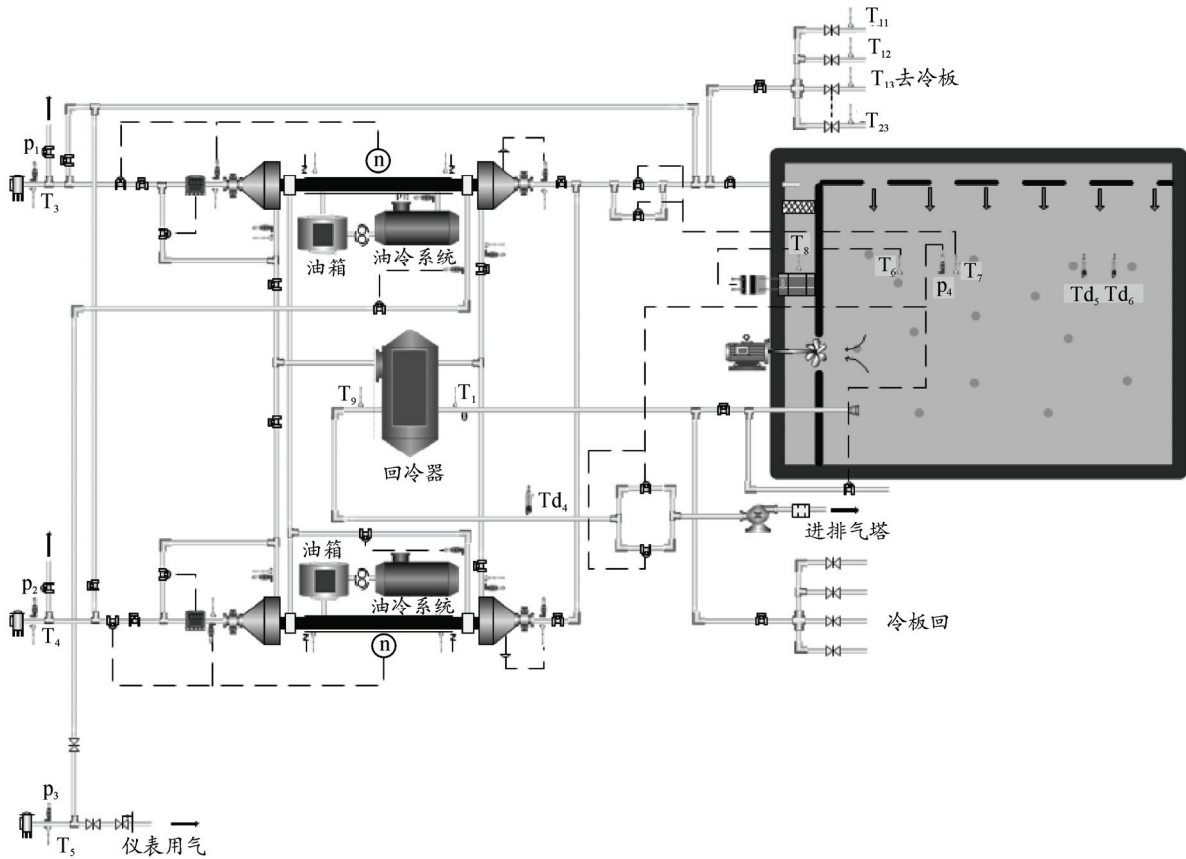


图 1 测控平台设备流程

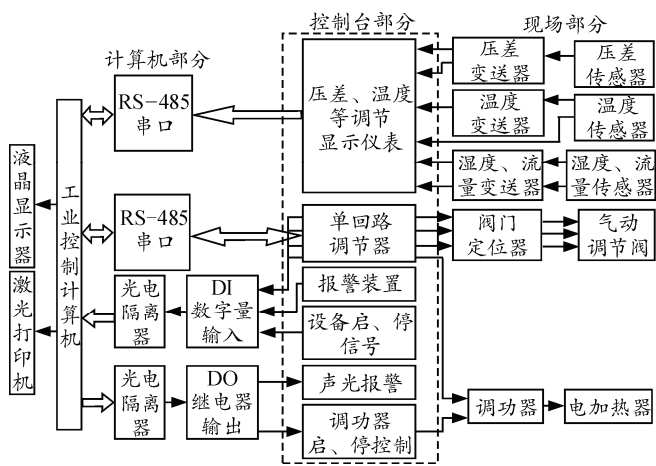


图 2 测控系统硬件结构

1.3 上位管理级

上位管理级在本系统中即为计算机，可对整个系统进行协调控制。计算机将现场采集的数据存入相关数据库，并实时显示这些数据。同时，计算机还会对这些数据进行处理和分析，并根据与初始设定值的对比作出相应的响应，然后发送控制信号至下位控制级以实现测控参量的自动控制功能。

2 系统软件设计

系统软件采用 VC 开发，按照组件技术将功能模块均封装为相应的 DLL 文件，依此设计的测控软件系统具有更新方便和可移植性高的优点，软件整体结构如图 3 所示。

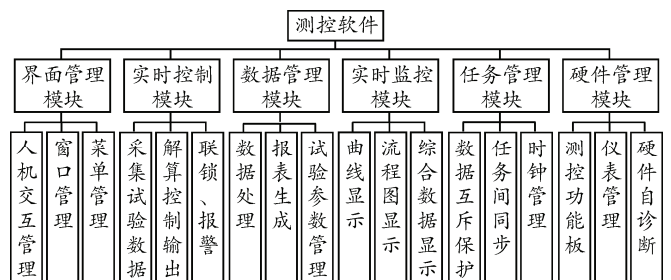


图 3 测控系统软件结构

2.1 界面管理模块

界面管理模块主要负责流程图界面的显示，各种命令窗口的响应以及公式编写的窗口化方法。

软件有 3 个主界面：流程图界面、数据界面、曲线显示界面。

流程图界面显示的是整个系统的运行状态和所

有测控参量的当前值，使操作者可以宏观地得知各个位置的环境模拟状态。同时，在该界面上可通过点击相关元素调出命令窗口以更改参量的目标值。

数据界面显示测控参量的当前或者历史值。操作者可以根据需要选择显示或者打印之前任一周期内系统所采集的数据。数据界面数据的显示方式也会随着当前值是否超限而产生颜色变化。

曲线显示界面可以显示历史曲线，可以根据操作者的需要更改显示界面的精度(即曲线横坐标或者纵坐标的单位数量级)，并可打印任一时间段内的历史数据。

2.2 数据管理模块

数据管理模块结合了数据库技术，可以将现场采集的数据存入相应的数据库中。该模块的主要功能包括历史数据的打印以及数据格式转换等，同时当数据库文件达到一定的大小之后，会转存之前的数据库文件，以避免当前磁盘存满。

2.3 实时控制模块

该模块将系统在本周期内采集的数据显示到计算机上，并根据一定的解算公式进行运算，得出合适的控制量以对执行机构进行控制。

2.4 实时监控模块

实时监控模块负责对整个试验的测控参量进行监控，实时显示参数的当前值并结合之前的运行状态参数作出曲线图。

2.5 硬件管理模块

硬件管理模块主要管理与硬件相关的功能以及硬件自身的驱动程序，当硬件出现故障或者报警现象的时候，该模块相关函数被调入使用。

2.6 任务管理模块

任务管理模块主要负责保证不同任务线程在运行的时候互不干扰，以便高效地实现数据采集、数据存储、执行机构控制以及报警等功能。该状态的实现主要运用了多线程技术，通过设立临界区，以及设立同步、互斥信号量，使得线程之间有序协调运作，防止类似数据读写同时操作等现象的发生^[3]。

3 关键问题及解决办法

3.1 环境舱温度编程自控制

对于环境舱内温度的控制，笔者采用智能控制仪表来进行控制。当希望按照自定义 PID 参数来进

行温度控制的时候，拟参考过程计算机控制的方法编写控制程序^[4]。

参数设定界面如图 4 所示。

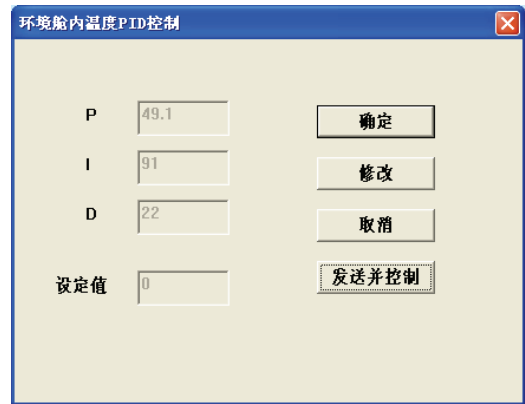


图 4 环境舱内温度 PID 控制参数设定界面

计算机运行时的线程控制方法如下：

```

UINT PIDProc(LPVOID pParam)
{
    CMeasureCtrlView* pView =
    (CMeasureCtrlView*)pParam;
    CMeasureCtrlDoc* pDoc = pView->GetDocument();
    static float e_n0;
    static float e_n1;
    static float e_n2;
    static float e_n;
    int m_counter=0;
    CControlLoop* loop=pDoc->m_CtrlLoopArray[0];
    while(WaitForSingleObject(hStopEvent,0)!=WAIT_O
    BJECT_0)
    {
        WaitForSingleObject(hPIDEvent,INFINITE);
        {
            m_counter++;
            if(m_counter=1)
            {e_n0=loop->m_SValue-loop->m_PValue;}
            if(m_counter=2)
            {e_n1=loop->m_SValue-loop->m_PValue;}
            if(m_counter=3)
            {e_n2=loop->m_SValue-loop->m_PValue;}
            if(m_counter>3)
            {
                e_n=loop->m_SValue-loop->m_PValue;
                loop->m_CValue=(1/pDoc->m_p*(1+p
                Doc->m_Period/pDoc->m_i+pDoc->m_
                d/pDoc->m_Period))*e_n0-(1/pDoc->m
                _p*(1+2*pDoc->m_d/pDoc->m_Period)
                )*e_n1+(1/pDoc->m_p*pDoc->m_d/pD
                oc->m_Period)*e_n2;
            }
        }
    }
}

```

```

    e_n0=e_n1;
    e_n1=e_n2;
    e_n2=e_n;
  }
}
return 0;
}

```

根据以上方法，通过对 PID 参数进行整定，可以得到一组温控效果良好的 PID 参数。得到的控制效果图如图 5 所示。

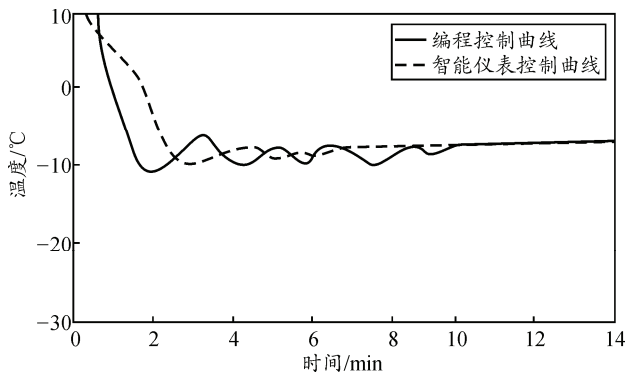


图 5 低温温度控制曲线

由上图可见：编程得到的控制方法可以取得一定的控制效果，但相对于精密仪表的控制来说，在系统达到稳态的时间和振荡的幅度等方面还是存在一定的差距，可作为仪表出现问题时的备用控制方案^[5]。

3.2 温控仪表切换

由于环境舱在低温和高温时所需要的控制方式不同，低温时更偏重于响应的灵敏度而高温时更倾向于温度的稳定性，所以在设计控制台电路的时候需要根据温度的不同来自动切换控制仪表。

其实现方法如图 6 所示。

图中 TE01-1 测量的是加热器出口的温度，开始温度变化比较大，且温度较低，可以看到继电器 J20 的 1 和 9 触点，4 和 12 触点是处于常闭状态，即由仪表 TIC01-1 来控制调功器，进而控制电加热器出口 1 的温度。

图中 TE02 测量的是环境舱内的温度，当温度逐渐升高，使得环境舱内的温度达到一定值的时候，继电器 J20 的 5 和 9、8 和 12 这两组常开点变为常闭点，之前的 1 和 9、4 和 12 两组常闭点变为常开点。此时，调功器 1 是由仪表 TIC06 来进行控制。此时完成温度控制的切换功能。

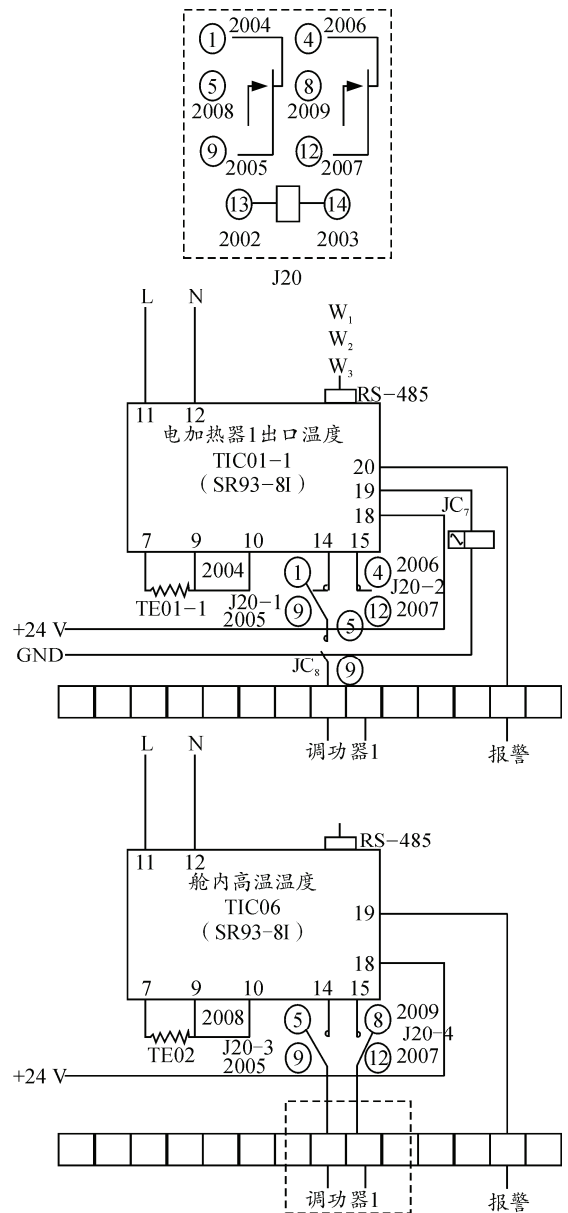


图 6 温控仪表切换电路

3.3 智能仪表的串口通信

上位机通过 COM 口与智能仪表、温度采集等模块进行通信，串口通信的部分是测控系统软件的重要组成部分。

仪表间进行通信时，要采集其数据，对其发送控制量、设定值等，若每次通信都要编写 COM 口的通信代码，工作量将复杂且重复性很高。为了提高效率，可以把与串口通信的相关操作封装到一个类当中^[6]，使其作为一个功能模块，在类中实现通信的各种功能，这样在每次使用时仅需要获得通信接口即可。

但是大部分智能仪表只提供使用说明，并不提供自身使用的数据结构，这时进行软件的集成设计

将比较麻烦。笔者使用的智能仪表提供了通信协议，其数据结构如图 7 所示。

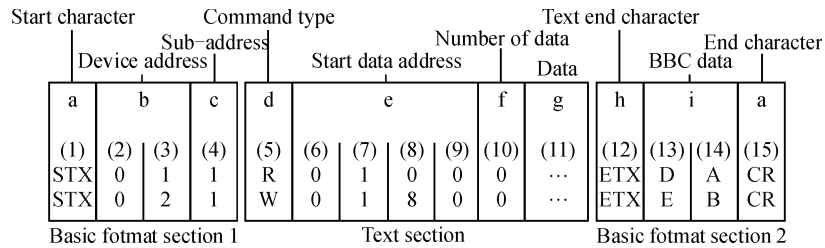


图 7 智能仪表通信数据结构

经过封装的串口通信类中主要函数有：

SetPID_D、SetPID_I、SetPID_P、SetToAuto、SetToMan、CloseCom()、WriteCom、CtrlValue、SetValueInitCom(int Com)等。以CtrlValue(写入控制量)为例进行说明。

BOOL CCommunicate::CtrlValue(int address, int type, float value,int dot)

```

{
    if(dot<0)
    {
        return FALSE;
    }
    value = (float) (value*pow(10.0,dot)+0.5);
    int intValue = (int)value;
    if(intValue < 0)
    {
        intValue = 0;
    }
    if(intValue > pow(10.0,dot+2))
    {
        intValue = int(pow(10.0,dot+2)+0.5);
    }
    char ComOut[100];
    for(int i=0;i<100;i++)
    {
        ComOut[i]='\0';
    }
    sprintf((char*)ComOut,"1W01820,%04X",intValue);
    return WriteCom(address,ComOut);
default:
    return FALSE;
}
}

```

同时需在程序的主线程当中添加相应的串口线程^[7]：

UINT ComProc(LPVOID pParam);

4 结论

运用计算机过程控制的编程方法实现系统的PID调节功能，可以作为先进智能仪表的补充部分完善整个环境模拟系统。运用温控切换技术可以更好地根据系统不同温度段的要求实现对温度的精确调节。运用构件技术进行相应的软件设计可以提高资源的可重用性及可扩展性。该测控系统目前处于调试阶段，相应功能已经基本实现。系统无论在响应速度方面还是控制精度方面都取得了比较好的效果。由于本测控系统在软件设计的时候便采用了组件方法^[8]，且系统的硬件设计方面也采用了较为常用的DCS系统，故该系统在同类测控系统中具有一定的借鉴意义。

参考文献：

- [1] 王常力, 廖道文. 集散控制系统的设计与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993: 225-227.
- [2] 常海娟, 庞丽萍. 战斗机高空综合环境模拟舱压力控制策略研究[J]. 兵工学报, 2008, 29(11): 5-8.
- [3] 北京博彦科技发展有限公司. MFC Windows 程序设计[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社, 2001: 43-72.
- [4] Echel B, Allison C. Thinking in C++,Volume 2: Practical programming[M]. UpperSaddle River: Prentice Hall, 2004: 65-88.
- [5] Dale Rogerson. COM 技术内幕: 微软组件对象模型[M]. 杨修章, 江英, 译. 北京: 清华大学出版社, 1999: 258-264.
- [6] 向运飞, 刘旺开, 沈为群. 双路热动力试验台集散控制系统的设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2002, 10(10): 653-655.
- [7] 曾光奇, 胡均安, 刘春玲. 模糊控制理论与工程应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006: 86-112.
- [8] 张晓青, 贾豫东, 周哲海, 等. 相控阵天线幅相控制仿真[J]. 四川兵工学报, 2013, 34(11): 120-124.