

# 多通道计算机温度采集系统的研究及应用

黎振华, 刘美红, 蒋业华, 周荣锋, 周 荣

(昆明理工大学 机电工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:** 针对传统测温方法精度低、数据处理繁琐等缺陷, 根据温度场数据采集的要求, 研制了采样频率可达 40 kHz、采样误差 < 0. 2%、采集时间仅受计算机物理存储空间容量限制, 具有 Windows 图形界面的多通道温度场计算机采样系统. 系统应用于厚大断面球墨铸铁件凝固温度场的测试, 准确记录了长达 12 000 s 的凝固过程和温度分布, 为工艺设计和铸件质量控制提供了依据.

**关键词:** 温度场; 数据采集; 计算机应用; 铸件凝固

**中图分类号:** TP315 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007- 855X( 2006) 05- 0044- 04

## Research and Application of Automatic Multichannel Temperature Data Acquisition System

LI Zhen-hua, LIU Me-hong, JIANG Ye-hua, ZHOU Rong-feng, ZHOU Rong

(Faculty of Mechanical and Electronic Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract** Based on analogue-to-digital conversion technology and object oriented program method, a new automatic multichannel data acquisition system of ISA bus interface is developed. Without the limitations of traditional instruments, such as low precision, limited measuring points and difficulty of data processing, this system provides 16 channels of maximum 40 kHz sampling frequency to monitor temperature field. The sampling error of the system is less than 0. 2% and the run time of it is limitless except deficient storage space of computer hard disk, which enables the system to automatically record the temperature field accurately in industrial condition for a long time. This system is applied to testing the solidification process of a heavy section ductile iron casting with 12 000 s recorded and 72 000 precise temperature data obtained, which will be helpful for quality control of castings.

**Key words** temperature field; data acquisition; solidification of casting; computer application

## 0 引言

冶金、铸造、热处理等行业中, 温度场的准确监测是制定合理生产工艺, 控制产品质量的基础. 以铸造行业为例, 铸件温度场实时准确检测不仅是研究铸件凝固过程和凝固规律的有力手段, 也是制定合理铸件工艺, 获得合格铸件的基础. 通过温度场的分布可以预测铸件中缺陷的产生及其部位, 并进而通过控制铸造工艺条件来控制铸件的凝固过程, 以达到消除铸造缺陷、改善铸件组织、提高综合使用性能、获得优质健全的铸件的目的. 此外, 在铸件凝固过程计算机模拟仿真研究中, 也需进行温度场实际测量, 以便校正模拟计算结果<sup>[1]</sup>.

传统的温度场检测通过多点自动平衡记录仪记录热电偶电势的变化来实现, 这一方法精度低、误差大、采样点少、数据处理繁杂, 难以实现温度场的准确检测与实时记录<sup>[2]</sup>. 近年来, 计算机与自动控制技术发展迅速, 高速数值处理芯片与大容量数据存储器的出现为模拟信号的快速数值化处理和实时记录提供了可能. 根据工业现场使用的要求, 使用微机和合适的模数转换接口卡, 研究准确敏捷、稳定可靠的温度场

收稿日期: 2005- 12- 22 基金项目: 云南省教育厅科技开发项目 (项目编号 04Y256D).

第一作者简介: 黎振华 (1976~), 讲师, 工学博士. 主要研究方向: 铸造合金及熔体状态评估, 厚大断面球墨铸铁件质量控制, 新材料及成型控制与应用. E-mail: lzhus@sohu.com

采集系统, 将热电偶等传感器反馈的模拟信号数值化处理后进行存储, 是温度场检测的必然发展趋势。

## 1 工况条件要求

### 1.1 信号放大与抗干扰

温度场检测时采集的模拟信号是由热电偶反馈的毫伏级的电压信号, 在工业现场条件下往往还伴随有各种交流干扰信号。为了确保系统采集的数据的可靠性, 模拟信号在转化为数字信号前必须通过调理放大和滤波, 提高信号幅值, 抑制高频噪声<sup>[3]</sup>。

### 1.2 采样频率与数值处理精度

为了适应各种条件下瞬态温度场的快速变化, 系统应具备较高的采样频率和数据处理精度, 以准确及时地反馈各种条件下温度场的变化规律。

### 1.3 通用性

通用性有两方面的要求。一方面, 系统的硬件部分应具有通用接口, 能方便地与通用计算机系统连接, 软件可以运行于通用的 Windows 操作系统平台。另一方面, 不同条件下, 测量的温度范围往往不同, 为此, 温度场测试时通常会使用各种不同型号的热电偶。温度采集系统应能适应 K、B、S、J 等各种不同的常见热电偶, 准确将其反馈的热电势转换成正确的温度值予以记录。

### 1.4 存储能力与易用性

系统控制软件应能够准确及时地将采集到的模拟信号转变为对应的温度值以文件形式存入计算机硬盘中, 除硬盘的容量空间外, 不应有其他限制, 以保证系统能够长时间实时记录温度场的变化。此外, 控制软件应基于 Windows 操作平台进行开发, 提供友好的人机界面。

### 1.5 数据可移植性

系统采集的温度场数据应能够方便地被第三方软件使用, 适应研究或生产过程中的数据处理与记录。

### 1.6 成本与运行可靠性

国外的温度采集系统发展已经比较成熟, 日本 KEYENCE、英国 SOLARTRON 等公司均提供商品化系统, 但价格昂贵, 限制了应用。另一方面, 通过选择合适的价格低廉的通用模数转换卡和调理放大卡, 构建温度场采集系统并自行开发控制软件, 成本将大大下降。此外, 工业现场环境恶劣, 系统应考虑一定的容错能力, 确保测试结果的可靠性<sup>[4]</sup>。

## 2 硬件构成

根据以上的分析, 通过对常见的模数转换卡和调理放大板的比较, 选择 ADVANTECH PCL-818L 数据采集卡和 PCLD-789D 多路扩展放大板构成系统的硬件部分。其中, PCLD-789D 多路扩展放大板用于热电偶信号的调理放大和通道扩展, PCL 818L 用于将经过调理放大的热电偶电压信号数值化后供软件系统处理。它们的主要技术参数如下<sup>[5]</sup>。

### 2.1 PCL 818L 数据采集卡

PCL 818L 数据采集卡通过 ISA 扩展槽与 IBM-PC 系列兼容机连接, 具备 12 位 A/D 转换能力, 转换时间  $25\mu\text{s}$ , 采样速率  $40\text{kHz}$  提供 16 路单端或 8 路差分模拟量输入, 输入通道增益可编程。其通过 DB-37 型 37 针数据线与扩展放大板连接, 接收模拟信号, A/D 转换方式可以通过程序触发、定时器触发或者外部信号触发来实现, 输入的信号范围可以通过软件在  $\pm 10\text{V}$ ,  $\pm 5\text{V}$ ,  $\pm 2.5\text{V}$ ,  $\pm 1.25\text{V}$ ,  $\pm 0.625\text{V}$  间选择, 增益为 1 时, 系统最大误差不超过  $0.01\% \text{FSR} \pm 1 \text{LSB}$ 。此外, PCL 818L 提供的免费 Windows DLL 动态链接库文件中包含各种热电偶电势值与温度的对应关系表, 大大降低了二次开发应用的难度。

### 2.2 PCLD-789D 多路扩展放大板

PCLD-789D 多路扩展放大板板载 1, 10, 50, 100, 200, 1000 等 5 种增益供选择, 输出信号范围  $\pm 10\text{V}$ , 可以将 PCL818L 数据卡的每路差分模拟输入扩展为 16 路差分输入通道, 通过 DB-37 型 37 针数据线将微小信号放大后传送到数据采集卡, 方便测定多点温度值。此外, 板内建冷断补偿电路, 提供的驱动程序能够

结合这一电路对不同热电偶进行软件补偿和线性化,适应各种场合不同热电偶测温的要求.每通道设置的低通滤波电路能够较好地排除各种高频干扰信号,适应各种工况条件.

### 3 软件系统

利用 ADVANTECH PCL-818L 数据采集卡和 PCLD-789D 多路扩展放大板提供的驱动程序和 Windows DLL 动态连接库,使用面向对象的编程方法,利用 VISUAL C++ 开发了 Windows 平台下具有图形界面温度采集系统控制软件,其流程图如图 1 所示.软件充分考虑了使用方便性与运行的可靠性,采样前可以通过菜单设置采样频率和使用的热电偶种类,采样时每一通道采集的温度值及对应的时刻均能及时记录到以对应通道名命名的文本文件中,图形界面实时显示温度与时间的关系曲线,供操作者参考.系统采样时间理论上仅受计算机硬盘容量的限制,即便采样过程中发生意外,此前采集的数据也会永久保存在计算机硬盘中.图 2 是系统在进行 16 通道温度实时采集时的软件运行实时界面.

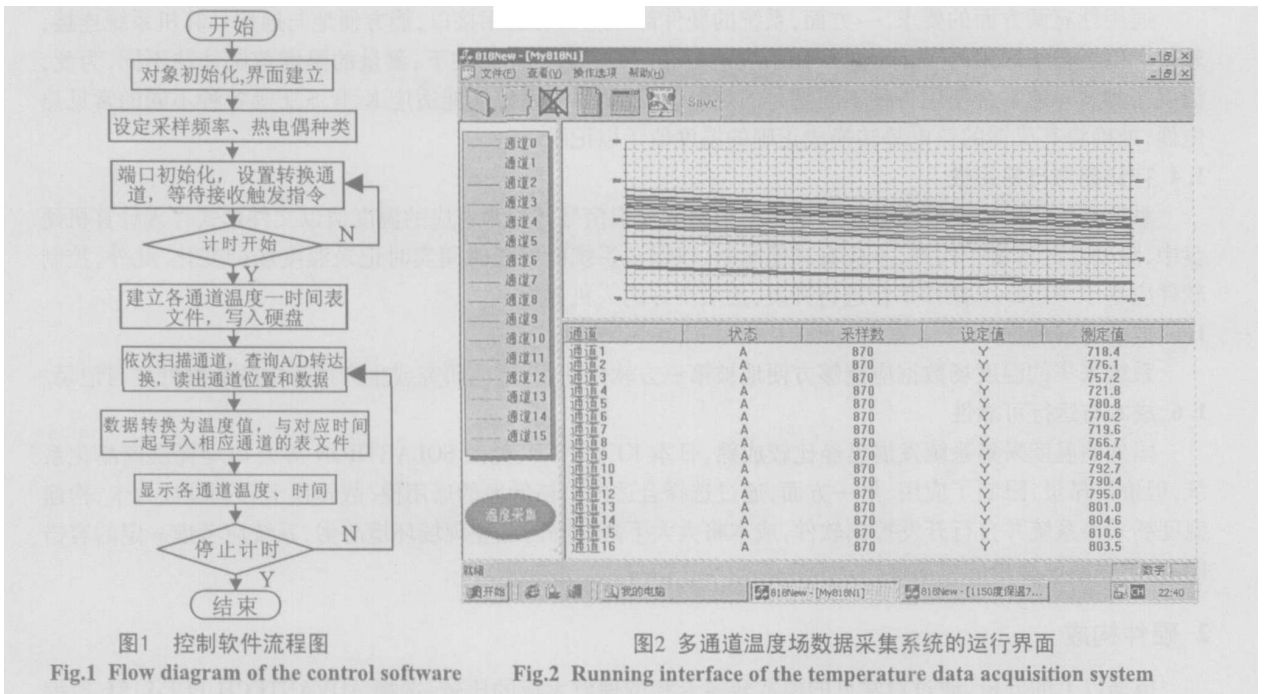


图1 控制软件流程图

图2 多通道温度场数据采集系统的运行界面

Fig.1 Flow diagram of the control software

Fig.2 Running interface of the temperature data acquisition system

### 4 误差分析

对于研制的温度采集系统而言,其误差来自以下两方面:一是 A/D 转换引起的量化误差,二是热电势与温度转换时的误差.而对于实际的测温过程而言,则还要考虑热电偶本身的误差以及工况条件下的各种干扰产生的误差.

系统采用的 PCL-818L 数据采集卡具备 12 位 A/D 转换能力,系统最大误差不超过 0.01% FSR (满量程)  $\pm 1$  LSB (1 个最低有效位),当模拟量在 0~10V 范围(热电偶电势值通过 PCLD-789D 多路扩展放大板放大后输出的信号值范围)内时,此值相当于  $10\text{V} \times 0.01\% + 10\text{V} / 2^{12} = 4\text{mV} + 2.44\text{mV} = 3.24\text{mV}$ ,相对误差为  $3.24\text{mV} / 10\text{V} \times 100\% = 0.0324\%$ .此外,其板载输入阻抗为  $10\text{M}\Omega$ ,提供的 Windows DLL 链接库文件内建的热电势-温度值对照表具有较高的精度.实验室条件下,使用上海直流仪器厂 UJ33a 型直流电位差计对系统进行校核的结果表明,对于 K、B、S、J 等几种常用热电偶而言,测定的温度与给定的标准电势值对应的温度间的差值小于 0.2%.

在实际测温过程中,由于热电偶丝本身允许存在一定误差,补偿导线屏蔽性能等也会影响温度测量的准确性,为了提高测温的可靠性,应尽量选择精度高的热电偶和质量好的补偿导线.而对于工况条件下其他各种随机干扰信号,PCLD-789D 多路扩展放大板每一通道均提供低通滤波电路,能够有效地防止误差的产生.

## 5 应用

为考核研制的多通道数据采集系统在工业现场的使用可靠性, 同时研究厚大断面球墨铸铁凝固过程, 为厚大断面球墨铸铁件工艺设计与质量控制提供参考, 使用研制的系统采集了  $\phi 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$  树脂砂型大型球墨铸铁圆柱形试块中各点的温度场变化情况。

试验使用石英管保护的  $\phi 1.0 \text{ mm}$  的 NiCr-Ni 热电偶, 测温点分布如图 3 所示, 采样频率  $2 \text{ Hz}$ , 整个测温过程持续 3 个多小时, 系统运行稳定可靠, 共记录 3 个测温点在 12 000 多秒内的温度变化, 储存 72 000 多个温度值, 获得的铸件中各点的冷却曲线如图 4 所示。由图可见, 厚大断面球墨铸铁件凝固时间漫长, 各点凝固结束时间差别不大, 测定的凝固温度曲线除准确反映了厚大断面球墨铸铁的糊状凝固特征和凝固时间, 为工艺设计和铁水熔体质量控制提供了基础。

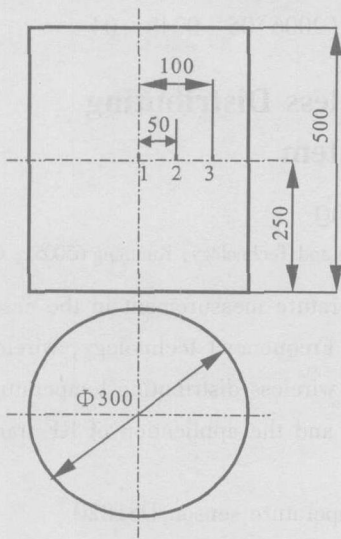


图3 试块及测温点分布示意图

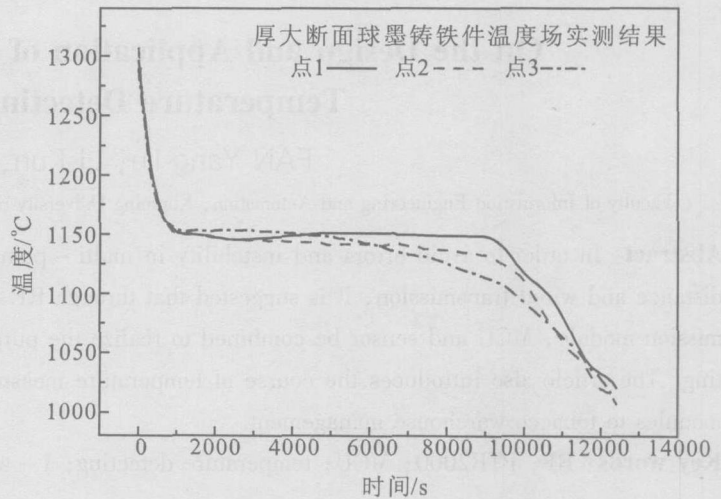


图4 厚大断面球墨铸铁件温度场实测结果

Fig.3 Sketch of position of the test points in the block Fig.4 Measure results of the temperature field in the block

## 6 结论

1) 针对传统温度场采集方法的缺陷, 通过对温度场采集工况条件的分析, 选择合适的通用模数转换卡和调理放大板, 研制成功成本低廉、操作方便、运行稳定可靠、通用性好的多通道温度场数据采集系统并开发了基于 Windows 平台的图形界面控制软件。

2) 研制的多通道温度场数据采集系统可以针对不同工况条件设定热电偶种类和采样频率, 最大采样速率可达  $40 \text{ kHz}$  对 16 个测温点同时进行实时温度测量, 最快采样频率可以达到  $40 \text{ kHz}$  最长采样时间仅受计算机物理存储空间限制, 实验室条件下采样误差小于  $0.2\%$ , 工业现场具有良好的抗干扰能力。

3) 研制的系统应用于厚大断面球墨铸铁件凝固温度场的测定, 连续采集时间超过 12 000 s 记录的温度值超过 72 000 个, 准确测定了厚大断面球墨铸铁件的凝固温度场和凝固时间, 为工艺设计和铸件质量控制提供了依据。

### 参考文献:

- [1] 郭长海, 李宗田, 胡继国, 等. 铸件凝固温度场计算机采集及其后处理 [J]. 天津大学学报, 2000(5): 348-350
- [2] 阮殿波, 吴建军, 梁吉, 等. 用计算机数据采集系统改造铸造原理教学实验 [J]. 实验技术与管理, 2001(2): 142-145.
- [3] 许庆彦, 柳百成, 熊守美. 32通道快速数据采集和管理系统的研制 [J]. 中国铸造装备与技术, 1999(5): 13-17.
- [4] 周世军, 梅志光, 袁修干. 热工通用多通道微机数据采集和自动控制系统 [J]. 测控技术, 2000(7): 33-35.
- [5] 陈峻岭, 罗安, 李正国. PCL-818L 在智能大功率电弧炉控制系统中的应用 [J]. 计算机自动测量与控制, 2001(6): 25-26