

网络出版时间与地址: 2011-11-15 15:07; www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20111115.1507.017.html

# 深井地层冻结一线总线监测系统的研发

翟延忠<sup>1</sup>, 赵玉明<sup>2</sup>

(1. 华北科技学院, 北京 101601; 2. 北京中煤矿山工程有限公司, 北京 100013)

**摘 要:** 针对深井冻结监测中测点多、距离长的难题, 分析了冻结温度场监测的内容与特点, 提出采用一线总线技术构建统一的冻结监测系统的解决方案, 即由 DS18B20 实现众多温度点的监测, 而对于其他模拟信号与 I/O 信号, 应用专门的一线器件将其转换为一一线总线信号。针对一线总线监测系统的开发, 介绍了以数据库为核心的一线总线集中开发环境软件的构建。一线总线监测模块为地层冻结监测系统的关键单元, 通过应用高性能单片机、精准电平比较、增强驱动与阻抗匹配等措施, 使一线总线网络的监测性能测点达到 60 个、分布距离超出 800 m, 满足了当前深井冻结监测的要求。

**关键词:** 地层冻结监测; 一线总线; 监测软件; 矿井

**中图分类号:** TD67 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2011)11-0104-04

## Research and Development of One Line Bus Monitoring and Measuring System for Deep Mine Shaft Ground Freezing

ZHAI Yan-zhong<sup>1</sup>, ZHAO Yu-ming<sup>2</sup>

(1. North China Institute of Science and Technology, Beijing 101601, China;

2. Beijing China Coal Mine Engineering Company Ltd., Beijing 100013, China)

**Abstract:** According to the difficulties of many measuring points and long distance in the monitoring and measuring of the deep mine shaft ground freezing, the paper analyzed the monitoring and measuring contents and features of the freezing temperature field and provided a solution with a one line bus technology applied to establish a general freezing monitoring and measuring system. Thus, a DS18B20 was applied to monitor and measure the multi temperature points and as for the other simulation signals and I/O signals, the specific one line bus device was applied to convert the signals to the one line bus signals. According to the development of the one line bus monitoring and measuring system, the paper introduced the establishment of the integrated development environment for the one line bus based on the database as the key. The monitoring and measuring module of the one line bus was the key element of the ground freezing monitoring and measuring system. With the application of the high performance MCU, accurate electrical level comparison, enhanced driving and impedance matched, and other measures, the monitoring and measuring performance points of the one line bus network could be reached to 60 points and the layout distance could be over 800 m, which could meet the requirements of the monitoring and measuring in the present deep mine shaft freezing.

**Key words:** monitoring and measuring of ground freezing; one line bus; monitoring and measuring software; mine shaft

随着煤炭浅层资源的枯竭, 国内矿井建设正朝着 800 m 深地层进发。在煤矿深井井筒建设中, 对于某些含水不稳定地层, 采用人工冻结的方式预先加固是保证井筒建设安全的有效手段。冻结施工过程中, 为掌握地层冻结进程、冻结壁发展与形成状况, 需实时监测冻结温度场的状况。深井冻结中冻

结器增多、测温孔加深, 需安放的测温点数量也随之增加, 监测信息量很大, 只有建立自动监测系统才有可能实现完善的监测。冻结工程从开冻伊始至全面停机工期短至几个月, 长则 1~2 年, 这一周期内监测系统本身也面临着设计、安装、调试、运行及撤除等多道工序, 因此要求冻结监测系统安装

收稿日期: 2011-04-09; 责任编辑: 赵 瑞

基金项目: 天地科技股份有限公司技术创新基金资助项目 (TZ-JJ-09-ZM-5)

作者简介: 翟延忠 (1965—), 男, 河北永年人, 研究员, 博士, 主要从事冻结监测技术的研究与开发。E-mail: zeverest@sohu.com

方便、构造简单、调试快速、回收容易。

## 1 冻结温度场监测技术的发展概况

随着冻结工程难度的增加, 冻结监测技术也发生了深刻的变化, 监测方式从早期的人工监测到现在的自动监测, 以往的监测元件常采用热敏电阻、热电偶等模拟元件, 每一个测点均需要单独的引线, 当测点增多、测温孔加深时, 仅是线缆的放置就成为了一种挑战, 制约了冻结监测技术的深入应用<sup>[1]</sup>。近年来, 一线总线监测技术在冻结监测中得以推广应用, 它采用总线式的集成数字温度传感器, 多个传感器可以搭接在一根作为总线的线缆上, 使信号线缆得以简化, 放置也变得容易。

一线总线监测的根本在于准确掌控总线上电平信号的时间槽宽度, 但当线缆延长、测点增多时, 总线负载加重、信号波形畸变, 使得一线总线信号的掌控变得困难。据调研, 国内现有一线总线监测产品最多只能支持 600 m 深井冻结监测要求。

## 2 冻结监测内容

1) 盐水干管温度。盐水通过干管输送至集配液圈, 再分配至所有冻结器, 干管温度为各冻结器盐水冷量的消耗确定了基准, 通过干管的回路温度及盐水流量还可掌握瞬态的冷量消耗。

2) 冻结器回水温度。深井冻结中通常采用多圈冻结, 相应地冻结器数量成倍增加。监测每个冻结器的工作状况, 并通过流量调节使各个冻结器的冻结发展尽可能一致, 有利于冻结壁的均匀形成。采用一线总线方式监测时, 仅需制作 1 条或多条带有分支的测温电缆放置在冻结沟槽内, 每个分支端部的温度传感器插入测温导管内, 使电缆的布置形式成环形, 而每个分支成放射型式, 如图 1 所示。

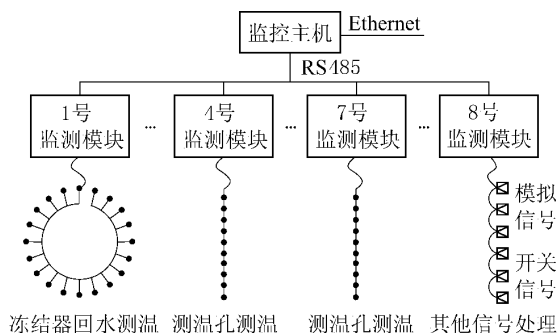


图 1 地层冻结监测系统结构示意图

3) 测温孔内地层温度。井筒冻结的目的是形成一个从井底至地表的筒形冻结壁, 地层冻结状况如何, 尤其某些不稳定地层 (如砂层、黏土层) 的冻结状态是冻结施工关注的焦点, 只有这些地层达到一定的冻结强度才能启动井筒开挖。为监测这些地层的冻结状态, 通常根据前期冻结管造孔的偏斜情况, 选择冻结的薄弱位置设置几个测温孔, 以放置测温元件监测若干关键地层的温度, 由此推断其他冻结器周围相应地层的冻结状态<sup>[2]</sup>。以上, 由冻结器的回水及其内外侧测温孔内的所有测温点就形成了一个三维空间内的温度场。随着冻结深度的加大, 所关注的薄弱地层也相应增多, 从温度场监测的角度来看, 测点增多, 放置的线缆更长。

4) 其他信号。冻结温度场监测是冻结监测系统的核心内容, 但并不是全部, 还有一些其他信号需监测。如: ①盐水干管流量。它反映了冷冻站输送冷却盐水的能力, 只有达到一定的流量才有条件赋存足够的冷量进行热交换, 通常采用电磁流量计监测流量。②盐水干管压力。压力监测便于判断盐水管路循环系统的工作状况, 正常运行时应保持在一定的范围内, 过高或过低意味着管路的阻塞或泄漏。③盐水箱液位报警。对盐水箱的关注点是防止盐水泄漏, 为此设置液位报警器, 同时将液位报警信号接入监测系统, 以掌握报警时刻与持续时间。④冷冻机组开停信号。凭此了解冻结站的运行情况, 方便现场管理。

## 3 一线总线监测系统的开发

1) 信号处理。地层冻结监测中占主导地位的监测内容是众多的温度测点, 之所以采用一线总线技术构建监测系统, 缘于一线总线数字温度传感器 DS18B20, 它直接感知周围环境温度, 将其转换为数字温度信号, 且具有简洁的一线总线接口, 只需要 1 根两芯线缆, 测温范围与精度完全满足冻结温度场监测的需求。对于流量、压力等信号的监测, 由于仪表输出多为标准的 4 ~ 20 mA 电流信号, 无法直接接入一线总线网络, 如果使用常规的智能监测模块, 既使系统变得复杂, 又增加系统的成本, 还存有多线制的不便。因此, 使用一线总线 A/D 芯片, 设计、开发一线总线模拟信号接口单元, 将外接信号转化为一一线总线数字信号, 使其可以方便地接入一线总线网络。对于开关量信号也可使用类

似的方法将其接入一线总线网络,具体使用 DS2413,它为一种具有双路 I/O 的一线总线接口芯片,可监控 2 路开关量信号。如此可将所有的监测信号纳入一线总线监测网络中,从而形成了一套统一的一线总线监测系统。

2) 监测系统的组成。如图 1 所示,位于底层的为一线温度传感器和其他监测仪表及转换单元,在监测模块的操控下,通过一线总线接口实现对所有信号的监测。位于系统中枢的是一线总线监测模块,它一方面要实现接入的一线总线网络的搜索与标识,提取所有一线温度传感器及其他信号的监测信息;另一方面监测模块听从上位机的指挥,将收集的监测信息发至上位机。系统中上位机与监测模块间为主从式结构,采用 RS-485 标准构成半双工通信网络,各模块按其地址编码相互区别。上位机为整个冻结监测系统的操作界面,其上运行冻结监测软件,实现若干监测管理功能,冻结监测信息可通过以太网实现远程监测与共享<sup>[7]</sup>。

3) 层间通信协议。地层冻结监测系统实现了信息从监测现场至上位机以至网络的流动,作为中枢的监测模块起着收集转发的作用,保证这一信息通畅流动的关键在于 2 层通信协议。①面向一线器件的通信协议:监测模块直接管理一线总线网络,要实现对一线器件的监测,监测模块须遵循一线总线协议,执行搜索、匹配、转换、读取等命令,对常规的模拟信号与开关信号采用一线器件接口保证该层协议的一致性。②面向监控主机的通信协议:在监测模块层,系统允许接入的监测模块数量最多为 256 只,上位机在该层的管理中,需掌握接入的监测模块数量、每只监测模块的工作状态、每只监测模块所接全部一线器件的监测参数等,在此自主制订了两者之间的通信协议。在协议的制订中,将一线器件的 ID 码与其监测信息捆绑传送,既使一线器件容易识别,又使得监测信息不易混淆<sup>[3]</sup>。

#### 4 集中开发环境与运行监控系统

地层冻结监测的功能与性能是通过监控主机所运行的软件来体现的,监控软件基于 VC++ 开发,以 Access 数据库管理为核心,各功能模块分别对数据库进行操作。冻结监测软件的组成结构如图 2 所示。

1) 数据库管理模块。数据库采用 Access,它

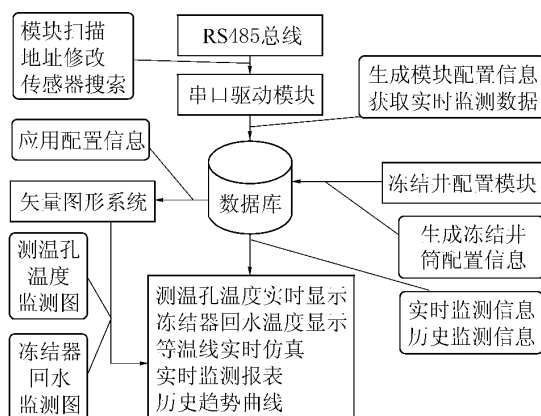


图 2 冻结监测软件的组成结构

是监测系统运行的核心。其内部设立多个数据表,包括模块配置信息、冻结井筒配置信息、一线器件 ID 配置、实时监测信息、历史监测信息等。

2) 串口驱动模块。依据监控主机与监测模块间的协议,上位机通过串口向下属的监测模块发布命令,读回监测模块返回的信息,并将读取的信息存入数据库中。这一部分实现了监测模块扫描、模块状态信息读取、所选模块监测信息的显示、模块地址修改、对模块所接一线总线网络重新搜索等功能<sup>[4]</sup>。

3) 矢量图形系统。系统具有图形绘制、编辑、浏览、保存等功能,可以绘制的基本图形是线段、折线、矩形、圆弧、圆、曲线、文字等,用于绘制监测画面的背景,并可对所选中的绘图单元(字符、图形)与配置信息中指定的传感器进行动态链接,使之能够在监测运行时动态地显示数字,反映数据的状态。通过此系统可以绘制各式各样的测温孔温度显示画面和冻结器回水温度显示画面。

4) 冻结井筒配置模块。按照井筒冻结监测的内容,可以配置多个冻结井(如主井、副井、风井),每个冻结井可按实际配置测温孔与冻结器。在测温孔配置中,将测温孔内每一水平位置测点与所在模块一线器件一一对应(实际通过一线器件的唯一代码 ID 标识)。同样,冻结器配置中,为每个冻结器的回水测点指定一线器件。此外,配置模块还设有一般测点,盐水干管温度、流量、液位等监测都归入此类,以此将监测信息与物理信号关联起来。

5) 监测运行模块:在监测运行状态下,显示由矢量图形系统所生成的监测画面,对应的监测数

据与图形随采集结果即时改变。

6) 历史趋势曲线。为实现监测参数的历史曲线功能, 对监测信息的处理设有 2 个数据库: ①暂态数据库, 用于监测参数的即时显示、报表生成等; ②历史数据库, 当设定的定时时间间隔到时, 将最新采集的监测参数予以记录。为此, 在历史曲线配置中, 需设置监测参数定时记录的时间间隔, 以便生成历史曲线。

## 5 一线总线监测模块的关键技术开发

在深井冻结监测中, 测温孔内的测温电缆可长达 800 m, 其上所布测点可超过 50 个, 因此必须提高监测模块的性能, 使其在大于 800 m 的线缆长度的范围内, 实现对任意长度、任意数量 (1 ~ 50 只)、任意分布的一线总线负载的可靠监测。通过几年的实践, 开发了具有强大驱动能力的一线总线监测模块。其主要技术特点如下:

1) 监测模块基于 AVR 系列的 MEGA16 单片机开发, AVR 系列单片机采用先进的 RISC 架构, 大多数指令可在一个时钟周期内完成。以外接 4 MHz 晶振为例, 单周期指令执行时间仅为 0.25  $\mu$ s, 在执行一线总线的电平检测时, 可利用软件指令实现精准的定时<sup>[5]</sup>。

2) 一线总线信号的“0”、“1”识别是通过严格的时间槽宽度的变化来实现的, 对于一个长距离、多点数的一线总线负载, 由一线器件所发出的“0”、“1”信号在波形上会出现一定程度的钝化, 易导致电平判断的错误。这里采用电平比较器, 将总线电平与一固定电平值 1.4 V 进行比较, 使得对一线总线信号的分辨更为精准, 这一电平可由一电阻分压电路产生。

3) 一线总线的接口驱动采用具有“上拉下拽”结构的双管驱动电路, 使得一线总线能够产生双管截止时的高阻状态、Q1 导通 Q2 截止时的快速上位高电平、Q1 截止 Q2 导通时的灌电流带载能力, 在单片机接口信号的控制下, 按照一线总线的时序, 确保可以提供较强的驱动能力。

4) 对于长达 800 m 的一线总线线缆, 其出现传输线效应的临界频率为 375 kHz, 为抑制传输线效应, 应降低一线总线信号的频谱, 并使驱动电路的输出阻抗 ( $R_3 + R_6$ ,  $R_4 + R_6$ ) 与线缆的特性阻抗相匹配<sup>[6]</sup>。一线总线的电路结构如图 3 所示。

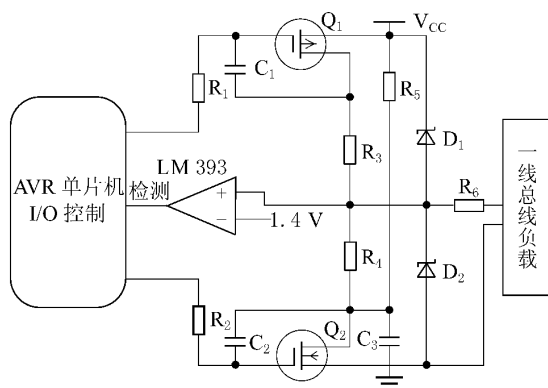


图 3 一线总线的电路结构

通过施行上述措施, 所开发的监测模块能够实现距离长达 800 m、测点数多达 60 只的一线总线负载的监测。该地层冻结监测系统在内蒙古泊江海子、宁夏红一矿、安徽张集 3 个井筒冻结工程中得以实际应用, 效果良好。

基于深井冻结监测的需要所开发的地层冻结监测系统, 应用一线总线技术实现冻结温度场的监测, 并通过一线总线接口芯片将常规信号纳入了一线总线监测网络, 构建了完整的一线总线监测系统, 发挥了一线总线系统布线简单、成本经济的优点。所开发的一线总线监测模块, 采用多种技术手段, 解决了长距离、多点数的一线总线监测难题, 满足了深井冻结监测的需要。所开发的地层冻结监测软件, 实现了对一线总线监测模块与一线器件的管理功能, 契合井筒冻结的监测模式, 具有常规监测系统的画面显示、报表与趋势曲线功能。地层冻结监测系统在网络监控与软件功能上还有许多细节内容有待完善。

### 参考文献:

- [1] 陈文豹, 徐光济. 建井工程手册: 第 4 卷 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1986: 456 - 458.
- [2] 黄家会, 杨维好, 李 峰, 等. 立井井壁温度变化规律实测研究 [J]. 辽宁工程技术大学学报: 自然科学版, 2007, 26 (3): 360 - 362.
- [3] 北京中煤矿山工程有限公司. 基于一线总线器件 ID 的通讯协议: 中国, 200810116209 [P]. 2010 - 01 - 13.
- [4] 王振明. SCADA (监控与数据采集) 软件系统的设计与开发 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 212 - 236.
- [5] 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: 20 - 28.
- [6] 翟延忠. 地层冻结监测中超长距离一线总线驱动技术的研究 [J]. 建井技术, 2004, 25 (6): 20 - 23.