

DSP和粗集理论在瓦斯突出预测系统中的应用^①

彭泓, 王斌

(辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 葫芦岛 125105)

摘要: 瓦斯突出预测是一个十分复杂的课题。本系统基于理论和实践相结合的原则, 通过粗集理论和 DSP 技术把瓦斯突出预测理论与实践结合起来。本系统设计了基于 DSP 的不同频率数据采集通道, CAN 总线通信, DSP 数据处理; 并对软件设计做了详细的介绍。通过具体实践应用, 本系统能够准确的预测瓦斯突出。

关键词: 粗集理论; 瓦斯突出; DSP; CAN 总线

Gas Outburst Prediction System Based on DSP and Rough Set Theory

PENG Hong, WANG Bin

(Faculty of Electrical and Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: Gas outburst prediction is a complex project. Based on the principle of the combination of theory and practice, the theory and practice of gas outburst prediction is combined by rough set theory and DSP technology. Data acquisition channels at different frequencies based on DSP, CAN bus communication and DSP data processing is designed in the system. A detailed description of Software design is introduced in the paper. Through specific actual applications, the system can accurately predict gas outburst.

Keywords: rough set theory; gas outburst; DSP; CAN bus

为了能及时准确的监测影响瓦斯突出的影响指标, 得出精准的预测结果。本文采用了 DSP 技术和粗集信息融合理论相结合方法, 设计出一种准确性高的煤矿瓦斯突出监测系统。DSP 具有很强大的控制和信号处理能力, 能实现复杂的控制算法, 本文利用 DSP 内嵌的 CAN 控制器进行通信, 并且稳定性好。粗集理论是一种处理含糊和不精确性问题的新型数学工具, 是一种刻划不完整性和不确定性的工具, 能有效地分析和处理不精确、不一致、不完整等各种不完备信息^[1]。

1 硬件设计

本设计由数据采集处理部分和 CAN 总线通信部分组成数据采集处理部分的核心是 IT 公司生产的 TMS320F2812DSP 芯片, 该芯片集微控制器和高性能的 DSP 的特点于一身。32 位的 TMS320F2812 整合了 DSP 和微控制器的最佳特性, 片上整合了 FLASH, 从

而使该处理器能够完成更高精度的处理任务^[2]。

由于 CAN 总线具有通信速率高, 可靠性高, 连接方便和性价比高等诸多特点, 本文网络拓扑结构采用 CAN 总线式结构。为了提高系统的抗干扰能力和防爆能力, 采取在控制器和传输介质之间加接光电隔离。具体设计如图 1 所示。

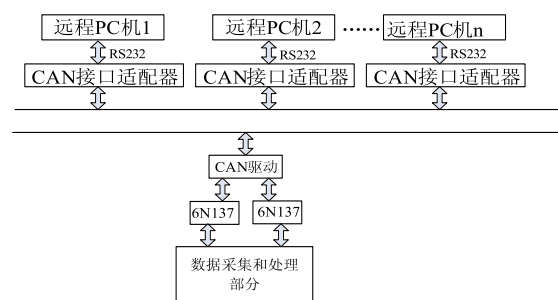


图 1 基于 DSP 和粗集理论的瓦斯突出预测系统原理图

① 基金项目: 国家自然科学基金(50874059)

收稿时间: 2010-07-24; 收到修改稿时间: 2010-09-14

1.1 数据采集和处理部分

数据采集部分分为高频信号采集，普通信号采集和低频信号采集。原理图如图2所示。在每个数据采集通道上都要加上 CPLD。CPLD 作用主要有：实现对数据采集通道的控制，实现 DSP 与其他器件之间的逻辑电平转换。

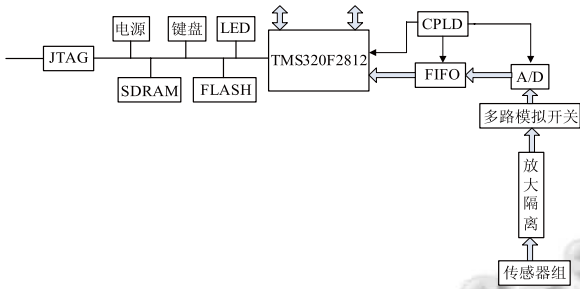


图2 数据采集和处理部分原理图

因为信号周期较短，不可能用 DSP 直接读取，因此使用 CPLD 控制 FIFO，将 A/D 转换成的数据直接通过双口 FIFO 的右端写入双口 FIFO。读取到了一定数量的数据以后，CPLD 向 DSP 发出中断，通知 DSP 可以对 FIFO 中的数据进行读取了。在启动 A/D 采样后，系统 FIFO 的输入输出均被配置为 32 位，由逻辑控制部分控制数据写入 FIFO，当 FIFO 达到半满时，半满标志信号 HF# 翻转(1 变成 0)，逻辑控制部分根据他向 DSP 接口控制器发出中断，通知计算机启动数据传输。

1.2 CAN 总线通信

TMS320F2812 通过光电隔离和 CAN 驱动连接都 CAN 总线上，连接电路图如图4。TMS320F2812 首先对采集到的影响指标进行融合。通过 CAN 控制器发送给地面 PC 机，同时可接收地面 PC 机的控制指令，实现对瓦斯突出的远程控制。CAN 总线接口适配器连接

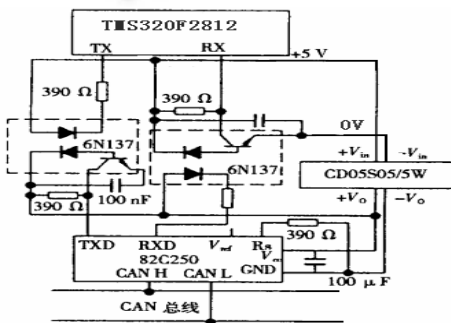


图4 CAN驱动连接图

原理图如图5，采用总线挂接式结构，与其他节点之间完成信息交换。由于 TMS320F2812 内嵌的 CAN 总线控制器和 CAN 总线收发器 PCA82C250 可以方便实现与 CAN 总线接口。82C250 是 CAN 控制器与 CAN 总线的接口器件，对信号进行差分式的发送和接收。

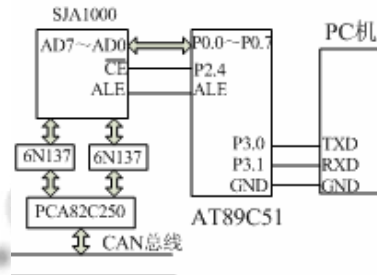


图5 CAN总线接口适配器原理图

2 信息融合算法

多传感器信息融合主要有贝叶斯估计、卡尔曼滤波、粗集理论、D—S 证据推理、模糊推理和神经网络等方法。这些理论和方法都有各自的优点和不足。由于煤矿环境的特殊性，传感器测得的信息具有冗余性、不确定性、不一致性。粗集理论是处理这类信息比较理想的方法。

2.1 基本知识介绍

论域就是知识直接与真实或是抽象的世界有关的不同分类模式联系在一起。知识就是有兴趣的领域的分类模式组成。

假设给定知识库 $K=(U,R)$ ，对于每个子集 $X \in U$ 和一个等价关系 $R \in \text{ind}(K)$ 。可以根据 R 的基本集合的描述来划分集合 X 。为了衡量 $\{des(Y_i), Y_i \in R\}$ 地说明 X 中对象的隶属度情况，考虑两个子集：

$$R^-(X) = \bigcup \{Y \in U / R : Y \subseteq X\} \tag{1}$$

$$R^+(X) = \bigcup \{Y \in U / R : Y \cap X \neq \emptyset\} \tag{2}$$

分别称他们为 X 的 R 下近似集和 R 上近似集^[3]。

知识约简，就是在保持知识库分类能力不变的条件下，删除其中不相关或不重要的知识。令 R 为一组等价关系，对于 $R \in R$ ，若 $\text{IND}(R) = \text{IND}(R - \{R\})$ ，则称 R 是 R 中可省略的，否则称 R 是 R 中不可省略的。若任意 R 都为 R 中不可省略的，则称 R 为独立的，否则称 R 为依赖的。设 $Q \in P$ ，若 Q 是独立的， $\text{IND}(Q) = \text{IND}(P)$ ，则称 Q 为 P 的一个约简。记作 $Q = \text{red}(P)$ 。 P 可以有多个约简。 P 的所有约简的交集称为 P 的核。

记作 $\text{core}(P)=\text{Ured}(P)$ 。可以看出，核这个概念的用处有两个方面：首先它可以作为所有约简的计算基础，因为核包含在所有的约简之中，并且计算可以直接进行；其次可解释为在知识约简时它是不能消去的知识特征集合。

决策表是一类特殊而重要的知识表达系统，他指当满足一定条件时，决策行为应怎样进行，多数决策问题都可以用决策表形式来表达，决策表的定义就是 $K=(U,A)$ 为一知识表达系统，且 C,D 是两个属性子集，分别称为条件属性和决策属性。具有条件属性和决策属性的表达系统就可表达为决策表。记作 $T=(U,A,C,D)$ 或简称为 CD 决策表。

2.2 利用粗集理论的方法进行决策分析

为了能够更好的说明本系统的可靠性，准确性。根据粗集理论的方法，决策分析就是给定知识表达系统的条件属性和结果属性，求出所有最小决策算法。决策算法最小化可以利用决策表的简化方法处理，即从决策表中去掉那些不必要的条件，求出决策算法最小化。

决策表的简化就是化简决策表中的条件属性，化简后的决策表具有化简前的决策表的功能，但是化简后的决策表具有更少的条件属性。因此，条件表的化简在工程应用中相当重要，同样的决策可以基于更少量的条件，通过一些简单的手段就能获得同样要求的结果。

决策表的简化步骤如下：

- ① 根据测得的数值，绘制决策表；
- ② 进行条件属性的简化，即从决策表中消去某些列；
- ③ 进行初等条件范畴的简化，即消去条件属性的冗余值；
- ④ 进行决策规则的简化，即消去冗余决策规则；
- ⑤ 决策规则组合，得到最终决策算法；

3 软件设计

本系统的实时系统控制软件采用模块化的设计方法，主要包括系统初始化模块，CPLD 模块，数据采集模块，数据处理模块和 CAN 通信模块。流程图如图 6 所示。

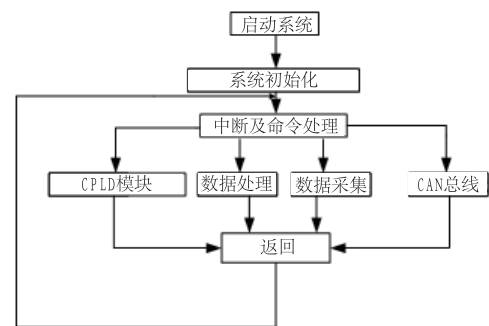


图 6 主程序流程图

软件流程：系统启动 DSP 芯片首先通过 BOOTLOADER 程序将存储在 FLASH 中的程序代码转移到 RAM 中，高速运行程序。程序首先进行初始化。然后由 DSP 本身完成对数据的自动采集，计算机并不参与采集的具体过程。采集后的部分数据暂时存储在 FIFO 中，当采集到一定数量的一组数据，由 DSP 芯片利用粗集理论对数据根据需要进行处理。这样经过处理后的数据量大大减少，再上传给主机以减轻了传输压力和主机处理负担，从而避免了数据通讯瓶颈^[4]。经过处理获得的数据，DSP 芯片将其按照 CAN 协议送至 PC 机，以进一步分析、处理数据。部分程序如下：

```

Void main()
{
    Uint16 i;
    {
        unsigned n;
        InitSysCtrl();
        DINT;
        IER = 0x0000;
        IFR = 0x0000;
        InitPieCtrl();
        InitPieVectTable();
        InitECan();
        MessageReceiveCount = 0;
        ErrorCount = 0; ..... }
}
  
```

4 系统应用

本文选取综合指标 D/K ，地质构造 T 最大钻屑量 S 瓦斯涌出初速度 q 作为条件属性，对瓦斯突出进行

预测, 用 a 代表综合指标 D/K, b 代表地质构造 T, c 代表最大钻屑量 S, d 代表瓦斯涌出初速度 q。e 代表决策, 其中 1 代表安全, 2 代表存在危险, 3 代表瓦斯突出。详细过程如下;

1) 测的相关数据, 得到决策表 1;

表1 决策表

U	a	b	c	d	e
1	1	1	2	2	1
2	1	2	2	2	1
3	2	1	2	2	1
4	3	1	2	2	1
5	1	1	1	2	2
6	1	2	1	2	2
7	2	1	2	2	2
8	2	2	1	2	2
9	3	2	1	2	2
10	1	1	2	1	3
11	2	1	2	1	3
12	3	1	1	2	3
13	3	2	1	1	3

2) 通过不相容计算, 进行条件属性的简化;

首先去掉条件属性 a。因为有 $b_2c_2d_2 \rightarrow e_1$; $b_2c_2d_2 \rightarrow e_3$; 这就意味着不能有条件属性 $b_2c_2d_2$ 唯一的确定决策 e_1e_3 , 所以不能去掉条件属性 a; 类似从表中去掉属性 b,c,d 都会出现类似的不相容决策对。所以条件属性 a,b,c,d 都不能去掉。

3) 消去条件属性的冗余值;

我们通过计算每项决策的核准来去除冗余值。过程如下: 例如在第一项决策中 $a_1b_1c_2d_2 \rightarrow e_1$, 其中其中 c_2d_2 为核值。因为规则 $b_1c_2d_2 \rightarrow e_1, a_1c_2d_2 \rightarrow e_1$ 为真。而规则 $a_1b_1d_2 \rightarrow e_1, a_1b_1c_2 \rightarrow e_1$ 为假。用类似方法可以消去条件属性的冗余值, 得到表 2。

表2 决策规则核值表

U	a	b	c	d	e
1	—	—	2	2	1
2	1	—	2	2	1
3	—	1	2	2	1
4	—	1	2	2	1
5	—	—	1	2	2
6	—	—	1	2	2
7	2	—	2	2	2
8	—	—	1	2	2
9	—	2	1	2	2
10	—	—	—	1	3
11	—	—	—	1	3
12	3	1	1	—	3
13	—	—	—	1	3

4) 决策算法最小化;

去除冗余决策项, 都到最小决策算法如下;

表3 最小决策算法

U	a	b	c	d	e
1	X	1	2	2	1
2	1	X	2	2	1
3	1	X	1	2	2
4	X	2	1	2	2
5	2	X	1	2	2
6	X	X	1	2	2
7	X	X	X	1	3
8	2	2	2	X	3
9	3	2	2	X	3

5) 决策规则组合, 得到最终决策算法;

将上面的决策规则组合, 每一决策类得到如下决策算法;

$$(a_1 \vee b_1)c_2d_2 \rightarrow e_1; \tag{3}$$

$$(a_1 \vee a_2 \vee b_1)c_1d_2 \rightarrow e_2; \tag{4}$$

$$d_1 \vee (a_3b_3c_1) \vee (d_2 \vee a_3)b_2c_2 \rightarrow e_3 \tag{5}$$

经过上述对决策表简化后, 瓦斯突出的预测可以演变为使用以上这三个决策算法得出结果。应用上面的决策算法来预测瓦斯突出时, 可以克服信息不完整和冗余的缺点, 简化决策过程, 提高决策精度。

6) 具体应用

首先测得实验数据, 然后对数据离散化, 使用决策算法就可以得到预测结果。实验数据表 4 和离散后的数据表 5 如下:

表 4 瓦斯突出影响指标数据表

序号	D	K	s	q	实际结果
1	-8.20	6.35	4.9	3	不发生突出
2	-7.85	53.20	5.2	12	发生突出

表 5 离散后的影响指标数据表

序号	D	K	S	q
1	1	1	2	2
2	1	2	2	2

利用算法 $(a_1 \vee b_1) c_2d_2 \rightarrow e_1$; 可以得出第 1 组数据的预测结果为不发生突出。同理利用 $d_1 \vee (a_3b_3c_1) \vee (d_2 \vee a_3)b_2c_2 \rightarrow e_3$, 可以得出第 2 组数据的预测结果为存在突出危险。由此可见, 该算法能够准确的预测瓦斯突出。

(下转第 68 页)

直接录入并进行归一化。在综合评价界面(图 7 所示), 输入模糊评判矩阵后, 点击模糊评价按钮即可进行模糊评价。



图 8 评价结果图示

最后, 可用饼图、柱状图、线形图等二维图形来表示“质量经济效益”的综合评价结果向量(0.05, 0.2725, 0.47375, 0.1925, 0.01125)。根据最大隶属度原则, 说明该企业的质量经济效益属于一般水平(0.47375 的分值明显高于其他评语隶属度)。

通过对这一实例的评价, 得到的评价结果与文献[5]结果十分接近。

(上接第 168 页)

5 结语

本文设计了一个以 TMS320F2812 DSP 芯片为核心, 以粗集理论为融合算法的瓦斯突出预测系统。很好的利用了 DSP 芯片的快速处理信号的能力, 并且使用了 CAN 总线通信, 加快了信息传递速度。在软件方面, 采用了模块式编程, 提高了程序执行的速度, 并且使程序具有了可移植性。并且把粗集理论添加到了处理数据的过程中。有助于得到准确的预测结果。

6 结论

通用型 FCE 软件充分考虑了评价指标的灵活构建、赋权方法和模糊合成算子的自由选择, 完全满足各评价对象对评价指标、赋权以及算子的不同要求。目前, FCE 软件已经应用于风险投资项目决策、物流中心选择、企业技术创新能力分析等评价问题。但针对专家权重分配、群评价、分布式评价等问题, 还应该进一步考虑通过采用计算机网络、数据库管理技术对模糊综合评价软件扩充, 使其更加完善。

参考文献

- 1 秦寿康.综合评价原理与应用.北京:电子工业出版社,2003.165-169.
- 2 杜栋,庞庆华,吴炎.现代综合评价方法与案例精选.第 2 版.北京:清华大学出版社,2008.18-20.
- 3 吴炎,杜栋.AHP 评价软件设计与实证研究,2008,11:35-39.
- 4 杜栋.基于 0.1~0.9 标度的模糊综合再研究.系统工程与电子技术,2001,23(5):36-38.
- 5 关晓光,葛志杰.质量经济效益的模糊综合评价.管理工程学报,2002,14(4):88-90.

参考文献

- 1 张文修,吴伟志,梁吉业,等.粗糙集理论与方法.北京:科学出版社,2001.
- 2 万山明.TMS320F281x DSP 原理及应用实例.北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- 3 曾黄麟.粗糙集理论及其应用.重庆:重庆大学出版社,1996.
- 4 王洪梅.基于 DSP 的多通道数据采集系统的设计与实现. DSP 开发与应用,2007,(11):185-187.