

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 02 - 0141 - 05

基于 Windows 平台的采掘工作面煤与瓦斯突出预测专家系统

郝吉生, 倪小明

(河南理工大学 资源与环境工程系, 河南 焦作 454000)

摘 要: 在全面分析采掘工作面煤与瓦斯突出影响因素的基础上, 构建了突出预测推理知识模型; 在此基础上借助 XF6.1 开发工具设计实现了基于 Windows 平台的采掘工作面煤与瓦斯突出预测专家系统。在知识表达方面采用可视化的、面向对象的“知识体 - 对象块 - 构件”的综合知识表示方式和“规则架 + 规则体”的规则知识表示方法; 推理机设计则采用混合推理策略。初步应用表明, 本专家系统基本能以“准”专家水平对采掘工作面煤与瓦斯突出作出预测, 较以往预测手段预测精度有明显提高。

关键词: 采掘工作面; 煤与瓦斯突出; 预测; 专家系统; 知识模型

中图分类号: TD713 **文献标识码:** A

A expert system for coal and gas outburst prediction of the working face based on Windows

HAO Ji-sheng, NI Xiao-ming

(Department of Resource and Environment Engineering Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: Based on the overall analysis of the influence factors of coal and gas outburst of the working face, an inference knowledge model of coal and gas outburst prediction was constructed. With the developing tool of XF6.1, combined with the visual and user - faced programming methods, a expert system, based on Windows, for coal and gas outburst prediction of the working face was developed. In the expert system, comprehensive knowledge expression method of “Knowledge Object - Object Block - Frame Unit” and rule knowledge expression method of “Rule Frame + Rule Body” were used to express and memorize the knowledge and experience of the human specialist of domain. Inference engine adopted alternate reasoning strategy. Test running reveals that this system, with the level of expert, can conduct out a satisfactory prediction of coal and gas outburst calamity.

Key words: working face; coal and gas outburst; predict; expert system; knowledge model

煤与瓦斯突出是发生在煤矿井下的一种地质灾害, 常造成井下生产设施的严重破坏和人员的重大伤亡, 威胁煤矿的安全生产。由于影响煤与瓦斯突出因素的复杂性、观测的间接性 (难以亲临现场全程观测其发生、发展的演变过程) 和研究程度的局限性^[1], 导致煤与瓦斯突出预测的实际效果常不尽人意。专家系统作为人工智能最活跃的一个分支, 能准确表达、存储和处理领域专家的知识 and 经验, 进而模拟人

收稿日期: 2004 - 08 - 22

基金项目: 河南省自然科学基金资助项目 (994070500); 河南理工大学博士基金资助项目 (5905)

作者简介: 郝吉生 (1963 -), 男, 山西运城人, 博士, 教授。Tel: 0391 - 3980911, E - mail: hjs@hpu.edu.cn

类专家对领域问题进行求解,从而克服了生产现场专家的不足,有效地提高了预测精度。

本文采用知识工程的方法和技术,对人类专家开展采掘工作面煤与瓦斯突出预测的有关知识与经验进行挖掘和提炼,归结出了相应的突出预测推理知识模型;而后,应用面向对象的程序设计方法和专家系统开发技术,设计建造了基于 Windows平台的、对用户友好的采掘工作面煤与瓦斯突出预测专家系统,应用表明,可以实现采掘工作面煤与瓦斯突出的正确预测,同时给出了相应的防突措施和建议。

1 专家系统的结构

如图 1所示^[2],专家系统是由知识库、推理机、知识获取、事实黑板和人机接口等 5部分组成。知识库用于存储领域专家知识,主要包括领域共有知识和专家特有的启发式知识。推理机实质是一组程序,根据用户提供的事实、数据,利用知识库中的知识,按一定的推理策略和算法,去解决当前的问题。知识获取是指通过与领域专家交谈、阅读有关文献,进行知识挖掘,并将其转化为新知识补充到知识库中,或对知识库中的原有知识进行修改或更新。事实黑板用于存放本次问题求解过程中的事实及推理过程中生成的中间结构和证据。人机接口主要是实现用户与系统之间的信息交互。

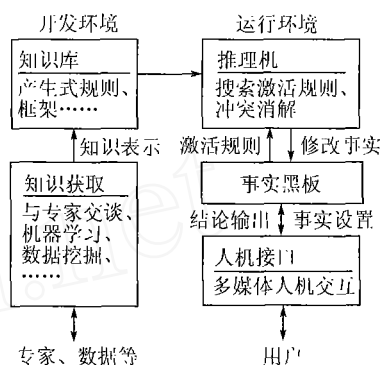


图 1 专家系统结构

Fig.1 Structure of expert system

2 采掘工作面煤与瓦斯突出推理知识模型

建立采掘工作面煤与瓦斯突出预测专家系统的关键是搞清楚突出事件与各种影响因素之间的相关规律。在广泛收集、整理与归纳采掘工作面煤与瓦斯突出预测人类专家经验和知识的基础上,对焦作东部矿区历年来煤与瓦斯突出的实际资料进行了认真分析和提炼,得出了采掘工作面煤与瓦斯突出预测的推理知识模型(图 1)。

2.1 采掘工作面突出危险性判定的短路条件

所谓“采掘工作面突出危险性判定的短路条件”是指优先判定条件,就是说只要满足这些条件便可以不再考虑其它因素即可得出预测结论。根据文献^[3]的有关规定,突出煤层中布置的采掘工作面,有下列情况之一的即可确定为突出危险工作面:

(1) 突出预兆显现区 如果煤体中出现劈裂声、炮声、闷雷声;煤层层理紊乱、煤体变软变暗;支架来压、掉渣;煤体外鼓、片帮;瓦斯浓度增大;打钻时顶钻、夹钻等情况之一者,即可确定为突出危险工作面。

(2) 地质构造特殊地区 一般情况下,突出发生在压性或压扭性断层、背斜轴部及煤层产状急剧变化部位。煤厚变化部位也易发生突出,尤其是薄煤层进入厚煤层时概率最高。同时,采掘应力叠加区也易发生突出。所以,位于这些特定构造部位的采掘工作面也可视为突出危险工作面。

2.2 采掘工作面突出危险性判定的知识工程方法

采掘工作面突出危险预测,主要是对石门揭煤工作面、煤巷掘进工作面、采煤工作面的突出危险进行预测、预报,俗称“点预报”。文献^[3]中明确规定:石门揭煤工作面可采用综合指标法、钻屑瓦斯解吸指标法进行预测;煤巷掘进工作面可采用钻屑指标法、 R 值指标法和钻孔瓦斯涌出初速度法进行预测;采煤工作面预测可使用煤巷掘进工作面的预测方法。为此,结合焦作东部矿区实际地质构造特征^[4],在咨询人类专家和对煤与瓦斯突出事件和影响突出因素进行相关分析的基础上,确定了划分突出危险的各指标的临界判定值及彼此相关性;然后,应用安全系统工程事故树分析方法,分别建立了石门揭煤工作面、煤巷掘进工作面与采煤工作面突出危险预测的推理知识模型。限于篇幅,这里只列出石门揭煤工作面突出

危险性判定的推理知识模型 (图 2).

3 采掘工作面煤与瓦斯突出预测专家系统设计

3.1 知识表示与知识库

本系统采用可视化的面向对象的“知识体 - 对象块 - 构件”的综合知识表示方式和“规则架 + 规则体”的规则知识表示方法^[5], 后者尤其能够很好地适用于煤与瓦斯突出预测中逻辑推理、规则演义及相关性计算等知识类型的表达. 知识表示的基本元素包括知识对象 (KO - Knowledge Object)、规则推理对象及多技术的集成描述等. 每个知识对象代表相对独立的、能够根据特定的领域知识, 通过局部决策推理进行问题求解的一个实体. 知识对象又由一组相关的特征属性和行为组成, 行为则由对象的状态 (特征属性的不同值) 来驱动执行. 对象行为包括: 根据不同的状态和相应的知识执行相应的问题求解过程、请求其它对象为其提供相应的服务、执行缺省的行为等. 规则推理对象执行的实体称作规则体 (RB - Rule Body), 规则体描述了规则前件事实项和结论事实项之间的广义映射关系, 它可以是简单的模式匹配关系, 也可以是复杂的数值函数关系, 还可通过置信度 (CF - Certainty Factor) 来表征事实、规则和结论的不确定性.

系统的另一突出特点是: 系统设计由于采用了构件技术, 可容易地将其它智能信息处理方法 (神经网络、模糊推理、机器学习、数据挖掘等) 以构件的形式, 以外部自动化对象的集成服务方式集成到系统中, 从而大大拓宽了系统的应用功能.

知识库的基本结构如下所示:

```

ASK
  变量定义
BEGN
  {...}
RG 规则组名
  KO 功能名: 目标值;
  ...
  RULE 规则 1
    IF 前提项集, THEN 结论项集;
    RB {结论项集 = FUNCTDN (前提项集);}
  ...
END;
KO 知识体
  {...}
  RUN RULE 规则名 . 功能名; /* 规则组功能启用 */
  ...
}
    
```

例如, 规则推理对象“瓦斯防治”的知识表示为:

```

RG 瓦斯防治 /* 规则组对象 */
KO 探放决策: 排放瓦斯, 抽放瓦斯; /* 知识对象 */
    
```

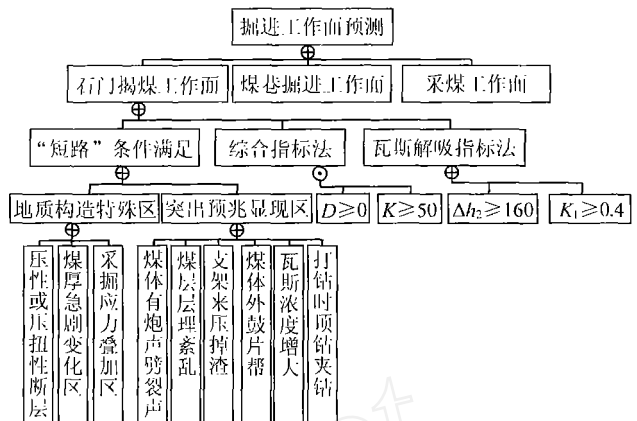


图 2 石门揭煤工作面突出预测的知识推理模型

Fig. 2 The knowledge reasoning model of the prediction of the crossdrift takes off the coal working face

```

KO 开采解放层: 完全解放, 不完全解放;
...
RULE 1 /*规则 1*/
IF 瓦斯浓度低, THEN 排放瓦斯 /*规则架*/
RB
(排放瓦斯 =瓦斯涌出量 *排放时间;) /*规则体*/
RULE 2 /*规则 2*/
IF 瓦斯浓度高, THEN 抽放瓦斯
RB
(抽放瓦斯 =单位平均抽放量 *抽放时间;)
...
END;

```

而启用规则知识对象的相应目标功能的更是方法快捷、简单:

```

KO 探放决策
{...
RUN RULE 瓦斯防治探放决策
...
}

```

3.2 推理策略

采用混合推理的控制策略, 即从原始数据推导结论的正向推理和从假设结论反向验证原始数据的反向推理相结合的推理策略。首先考虑“求解目标”与哪些“前提因素”有关, 及其与前提因素间的关系, 建立一个推理链, 再以“前提因素”作为下一个“求解目标”重复上述过程, 直到前提集不能再分解为止; 而在规则中对知识库数据的搜索则采用了正向推理或数据驱动的推理策略。

具体算法可归结如下:

```

Procedure A lternate (KB, Context)
Repeat Data-Drive (KB, Context)
G: =Choose-Goal (Goals)
P: Goal-Drive (G, KB)
Until P is true
END

```

3.3 解释机制

借助 XF6.1提供的功能, 可在规则中加入建议或注解, 还可以网页形式对问题给出文本、表格或图形化解释, 既形象生动, 也便于用户理解和接受系统得出的结论。

3.4 用户界面

对于有限取值变量, 设计成菜单项方式供用户选择; 而对于任意取值的变量, 则设计了录入同步检测机制, 从而可以及时发现输入错误, 提醒用户改正。上述设计方法大大减少了录入出错率, 有效地提高了系统的容错性与稳定性。

3.5 知识获取与管理

知识的获取与管理是通过人机接口来完成, 获取及转化操作目前尚须在人工参与下完成。

4 结 语

采掘工作面煤与瓦斯突出预测专家系统建立以后, 随机选择焦作东部矿区部分工作面煤与瓦斯突出历史数据情况进行了应用测试^[6], 运行结果见表 1。

表 1 采掘工作面煤与瓦斯突出预测专家系统测试运行结果
 Table 1 The mock test operation result of expert system about
 the prediction of the excavate working face coal and gas outburst

突出矿井及地点	标高 /m	突出强度 /t	系统预测结论	实际情况
九里山矿 1231 配风巷	- 75.0	3	突出危险区, 可信度 0.75	发生瓦斯突出
九里山矿 11051 工作面	- 140.0	124	突出危险区, 可信度 0.95	发生瓦斯压出
九里山矿 11061 运一贯	- 141.0	39	突出危险区, 可信度 0.91	发生瓦斯倾出
中马村矿 17 轨道下山	- 60.0	30	突出危险区, 可信度 0.84	发生瓦斯突出
小马村矿 46 下山	- 48.0	98	突出危险区, 可信度 0.92	发生瓦斯突出
韩王矿 2141 运输巷	- 57.0	15	突出危险区, 可信度 0.78	发生瓦斯压出
朱村矿 2331 上贯	- 65.3	23	突出危险区, 可信度 0.80	发生瓦斯倾出
朱村矿 2331 运输巷	- 80.5	360	突出危险区, 可信度 0.98	发生瓦斯突出

测试结果表明, 本系统预测结果与实际情况相符。从随后现场初步应用看, 本系统能够以“准”专家级水平进行煤与瓦斯突出预测, 且具有功能强劲、维护方便、预测快捷、操作简便等优点, 用户普遍反映良好。对于其它矿区, 只须更换知识库中的相关内容便可借鉴使用, 具有较好的推广应用前景。

参考文献:

- [1] 郝吉生, 袁崇孚. 模糊神经网络技术在煤与瓦斯突出预测中的应用 [J]. 煤炭学报, 1999, 24 (6): 624 ~ 627.
- [2] 武波, 马玉祥. 专家系统 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2001. 8 ~ 10.
- [3] 中华人民共和国煤炭工业部制定. 防治煤与瓦斯突出细则 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995. 20 ~ 26.
- [4] 郝吉生, 袁崇孚, 韩德馨. 煤与瓦斯突出区域预测集成专家系统 [J]. 辽宁工程技术大学学报 (自然科学版), 2000, 19 (3): 240 ~ 243.
- [5] 熊范伦, 乔克智, 胡海赢. 雄峰专家系统开发工具 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999. 116 ~ 119.
- [6] Hao Jisheng, Ni Xiaoming, Miao Shaochen. Development of an expert system based on windows for coal and gas outburst prediction [A]. Progress in Safety and Technology [C]. Shanghai: Science Press, 2004.

本刊讯: 据网上查讯, 2004 年《煤炭学报》被 EI 收录 100 篇 (前 5 期, 第 6 期无数据), 其中第 5 期 29 篇全部被 EI 收录。另收录增刊 23 篇。2005 年第 1 期 30 篇全部被 EI 收录。