

文章编号: 0253-2697(2006)06-0107-05

油气储层损害识别及诊断信息融合模型研究

王江萍¹ 张宁生²

(1. 西安石油大学机械工程学院 陕西西安 710065; 2. 西安石油大学石油工程学院 陕西西安 710065)

摘要: 应用信息融合技术与不确定性决策理论, 构建了对油气储层损害进行识别、诊断、评价和预测的信息融合模型。该模型以储层多源信息构成储层类型识别的样本空间, 以储层损害所有可能类型构成目标类型论域, 利用证据合成规则进行多层次空间信息融合, 以置信区间作为各类可能损害的智能诊断和决策的依据; 同时建立了储层损害诊断和保护智能决策系统的体系框架, 提出以分级多层黑板模型为基本框架, 以产生式规则构建知识源和以证据理论作为不确定性推理的多源信息融合专家系统的智能诊断和决策实现技术。该技术更加有效地利用储层及储层损害多源信息, 准确判断储层损害成因及损害程度, 使油气储层保护技术及时、准确和系统地得到应用。

关键词: 储层损害; 诊断技术; 信息融合模型; 油气储层保护技术; 黑板模型

中图分类号: TE353.3 文献标识码: A

Data fusion technique for discernment and diagnosis of formation damage

Wang Jiangping¹ Zhang Ningsheng²

(1. School of Mechanical Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China;

2. School of Petroleum Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

Abstract: The mechanism of formation damage and the relevant protection technology are discussed. An information fusion model for identification, diagnosis, estimation and forecast of formation damage using the data fusion technique and the uncertainty decision theory was established. The reservoir information from multi-source constructed the sample space for recognizing type of reservoir, and all possible types of formation damage composed the objective discrimination domain. The information fusion in multilayer space was carried out by the evidence theory. Then, based on the multilayer blackboard model, a systematic framework for decision-making of diagnosis of formation damage and formation protection was set up. This technique can use formation information effectively, discern the causes of formation damage accurately and help the formation protection measures to be implemented in time.

Key words: formation damage; diagnostic technique; information fusion model; oil-gas reservoir protection technology; blackboard model

1 信息融合的基本内涵

多源信息融合^[1]是将系统中若干个相同类型或不同类型、同时刻或不同时刻所测量的, 或经过初步处理的多源信息加以分析、处理与综合, 生成更能反映客观实际的合成信息, 从而得出更为准确、可靠的结论。它是一门关于协同利用多源信息, 最大程度地提炼出关于目标和环境的最大信息量的综合技术。多源信息是信息融合的加工对象, 协调优化和综合处理是信息融合的核心。

信息融合过程是一个在多个级别上对信息数据进行综合处理的过程, 它包括从检测到决策判断、信息分配与关联和过程组织的完整过程。对于具体的融合系

统而言, 它所接受到的信息可以是单一层次上的信息, 也可以是几种层次上的信息。融合的基本策略就是先对同一层次上的信息进行融合, 从而获得更高层次的融合信息, 然后再汇入相应的信息融合层次。各层次的信息逐次在各融合节点合成; 各融合节点的融合信息和融合结果, 也可以交互的方式通过系统进入其他融合节点, 从而参与其他融合节点的融合。因此, 信息融合本质上是一个由低(层)至高(层)对多源信息进行整合、逐层抽象的信息处理过程。

2 储层损害诊断数据融合模型

2.1 油气储层损害特征分析

以长庆苏里格气田、青海柴达木碳酸盐岩气田和

基金项目: 国家自然科学基金项目“油气储层损害的信息融合理论研究与方法研究”(No. 50274059) 和中国石油石油科技中青年创新基金项目“复杂钻井、完井过程中油气储层保护信息融合技术研究”(2002F70123) 联合资助。

作者简介: 王江萍, 女, 1959 年 11 月生, 1997 年获西安交通大学硕士学位, 现为西安石油大学教授, 主要从事机械工程运行状态监测与故障诊断、信息融合理论与模式识别技术的教学与研究工作。E-mail: jpwang@xsysu.edu.cn

新疆塔里木气田岩性特征分析^[2-4]为基础, 通过收集并制作岩石薄片、铸体薄片, 分析岩石粒度、孔渗资料、岩石组成、流动物的物理化学性质等资料, 结合室内储层岩石敏感性流动实验, 并通过测井、试井等矿场评价资料, 综合分析油气层损害的多源性、不确定性影响因素和判别特征, 确定出油气储层损害诊断与保护所需数据信息。在利用融合模型对多源信息进行综合处理之前, 首先须对储层评价原始数据进行预处理。原始数据分为定性数据和定量数据。预处理时, 首先将定性数据定量化, 然后对所有的数据进行归一化处理, 以满足融合系统综合信息的要求。

在储层损害诊断数据融合系统中, 用于决策的信息来自室内岩心评价的许多不同的分析技术和场矿测试评价的各种方法, 如显微镜观察、射线衍射数据分析、射线扫描、核磁共振技术、能谱技术、流体研究和随钻测井技术以及井下电视观测技术等, 这些技术、方法所提供的数据包含了实时和非实时两类数据信息, 它们一般是不完整、不精确、模糊的, 甚至是相互矛盾的。具体地说, 在储层损害诊断多源信息融合系统中, 属性信息具有以下特征: ①输入状态的多变性; ②储层及储层损害各种信息数据和知识类型的多源性和复杂性; ③知识库和解空间的庞大性; ④各种评价技术和方法的局限性和不确定性。因各种技术方法只能对储层损害的单一因素进行评价, 其综合结果表现为不精确、不完整、不可靠、模糊和报告冲突等。

2.2 融合模型

通常用于储层损害类型识别的知识源很多, 如储层孔隙压力、地应力、地层塌陷和破裂压力及储层岩石矿物的组成结构、储层敏感性参数、孔喉特征参数、孔渗特性参数和储层流体性能参数等。这些知识源构成了储层类型识别的样本空间, 不同的储层评价技术在自己特定级别上提供了关于储层类型识别的信息, 由上述知识源到目标类型的映射所得到的结果往往是一个目标类型集合。因此, 不同评价技术是在不同层次上提供信息, 各种评价技术提供的信息具有层次化的特征。

由于不同评价技术提供的储层信息具有不同的不确定程度, 可用一个二元组(U_k, m)来描述第 k 种评价技术提供的关于类型识别的决策信息, 其中 U_k 表示第 k 种评价技术提供的反映目标类型的信息, 是储层损害所有可能类型组成的集合 U (称为识别空间)的一个子集, 称为一个命题; m 是对 U_k 的确信程度, 它是一种概率测度, 称为基本概率分配^[1,5], 满足条件:

$$m(\emptyset) = 0, \sum_{U_k \subseteq U} m(U_k) = 1$$

的映射

$$m: U_k \rightarrow [0, 1]$$

其中 \emptyset 表示空集。

对假设命题 U_k 的支持程度及可能性, 分别定义为信任测度 $Bel(U_k)$ 和似然测度 $Pl(U_k)$, 设

$$\forall U_k \subseteq U$$

则

$$Bel(U_k) = \sum_{D \subseteq U_k} m(D) \quad (1)$$

$$Pl(U_k) = \sum_{U_k \cap D \neq \emptyset} m(D) \quad (2)$$

假设两种评价技术提供类型识别的信息证据关于某一假设命题 U_k 的基本概率分配分别为 m_1 和 m_2 , 利用 Dempster-Shafer 证据理论^[1,5]可将其融合为新的基本概率分配 m , 即

$$m(U_k) = m_1 \quad m_2 = \frac{1}{N} \sum_{A_i \cap B_j = U_k} m_1(A_i) \cdot m_2(B_j) \quad (3)$$

其中

$$N = \sum_{A_i \cap B_j \neq \emptyset} m_1(A_i) \cdot m_2(B_j) > 0$$

基本概率分配 $m(U_k)$ 表示对命题 U_k 的精确信任程度; 似然测度 $Pl(U_k)$ 反映可能性, 它是概率上限函数; 信任测度 $Bel(U_k)$ 反映必然性, 它是概率下限函数。

由式(1)和式(2)得到

$$Pl(U_k) \geqslant Bel(U_k)$$

称 $[Bel(U_k), Pl(U_k)]$ 为 U_k 的置信区间, 因此置信区间就描述了命题 U_k 的不确定性。

式(1)、式(2)和式(3)实际是储层评价域上的空间信息融合模型。在数据融合时, 首先在各层次上使各个评价技术当前的决策信息与其历史累计信息进行融合, 以得到当前各评价技术的累计信息; 然后再在整个储层评价域上对各个评价技术的累计信息进行空间融合, 以得到总的累计融合信息, 以此作为储层损害诊断和智能决策的依据, 实现对储层的有效诊断。

3 储层保护信息融合智能决策系统的构建

这里给出了基于分级多层黑板模型的储层保护信息融合智能决策系统的结构设计方案(见图 1)。由于涉及到多源、异类等大量评价信息以及相关的储层损害机理知识, 储层损害诊断与保护问题本质上是应用知识进行推理求解的过程, 它是在不同级别上对评价信息进行分类处理的渐进式求解过程。在黑板框架下, 应用知识从基本证据推断出正确的决策结果的过程也就是从原始评价数据分析出确切的储层损害类型

的步步逼近的过程。

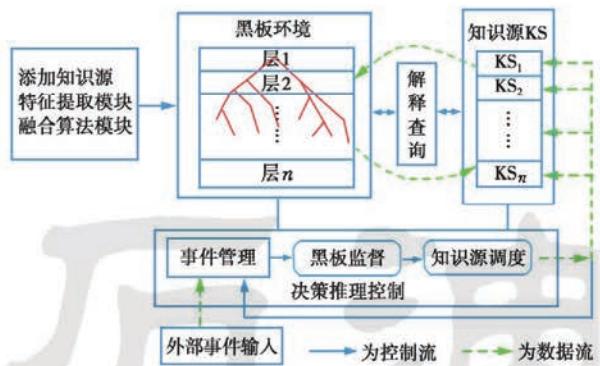


图1 储层保护信息融合智能决策黑板模型

Fig. 1 Decision-making blackboard model for information fusion of formation protection

基于黑板模型的储层保护信息融合智能决策系统^[6-9]主要包括黑板框架、知识源、决策推理控制及解释查询4个功能模块。

(1) 黑板模型的基本框架: 黑板模型是一种互相协作的多信息融合专家系统, 可以对全空间的各类储层评价技术提供的多源数据进行处理。它以黑板为中心, 适时激活知识源进行渐进式问题求解。在此框架下, 一个动态问题分解成许多方面, 每个专家在其特定领域提供解决问题的方法, 并利用黑板交流如何利用它们的专家经验解决问题, 在执行过程中可动态地修改黑板上的数据。

(2) 知识源: 在基于黑板模型的储层保护信息融合智能决策系统中, 知识源相当于一般专家系统中的

知识库, 它包含描述关系、现象、方法的规则以及在系统专家知识范围内解决问题的知识, 知识源可由事实性知识与推理性知识组成。由此可见, 知识源是推理规则与函数的集合, 各知识源是独立的, 它们通过黑板联系。

(3) 黑板控制模块: 储层保护信息融合智能决策系统的决策控制模块负责监视黑板上信息的变化状态, 并不断调用知识源对黑板状态进行更新, 最终获得问题的解。它包括: ①监视黑板内容改变的黑板监督; ②对输入到黑板中的事件进行分类, 由优先权最高的事件去激发知识源, 将事件按照所属类别及所属类别的不同层次放入不同层次上进行推理的事件管理; ③以信息融合后所产生的证据为依据, 调度对知识源进行推理的知识源的3个子模块。

(4) 解释查询: 解释查询模块的主要任务是对系统所作出的决策进行解释。根据决策推理得到的储层潜在损害原因的评价结果, 针对储层潜在损害的类型, 不但指出钻开油层及完井过程中应避免使用的技术方法以及可以使用的技术措施, 定性提供防止储层损害相应的预防措施, 指导工程技术人员进行各施工方案的优化设计, 而且使系统进一步完善。

4 应用实例

对柴达木盆地非常规裂缝性油气储层的速敏伤害情况进行了分析诊断。由于难以进行水速敏实验, 所以采用了煤油进行速敏实验, 实验结果如表1所示。

表1 柴达木非常规裂缝性油气储层岩心煤油速敏实验评价

Table 1 Test of speed sensitivity using kerosene for the core of abnormal crack formation in Qaidam Basin

井号	岩心号	深度/m	孔隙度/%	气测渗透率/ $(\times 10^{-3} \mu\text{m}^2)$	最大渗透率/ $(\times 10^{-3} \mu\text{m}^2)$	最小渗透率/ $(\times 10^{-3} \mu\text{m}^2)$	伤害率/%	水敏程度
狮32斜	K1-S	1 240.42	1.74	26.630	2.47	1.049	57.51	中偏强
浅11-11	N9	1 462.11	16.08	5.581	4.23	0.952	77.50	强
南7	E12	1 783.50	16.67	7.725	7.11	0.612	91.40	极强
南7	E4	1 432.00	10.45	5.292	2.30	0.039	98.30	极强
浅5-5	T8	1 281.30	1.86	1.863	1.59	0.451	70.30	待检
风5	F5	3 013.40	5.89	4.903	3.67	0.449	87.20	待检
浅11-11	42	1 231.60	14.72	3.044	6.36	0.513	91.90	待检

速敏伤害一般分为极弱 U_1 、弱 U_2 、中偏弱 U_3 、中偏强 U_4 、强 U_5 和极强 U_6 , 这些构成了速敏伤害类型识别空间 U :

$$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6, \theta\}$$

其中, θ 表示不能识别为 $U_1 \sim U_6$ 中的任何一种类型, 称为不确定性。

这里选择孔隙度、气测渗透率、最大渗透率和最小渗透率4个参数为基本特征数据证据体, 以速敏伤害

率作为检验参考特征。调用速敏伤害知识源对3个待检岩心预处理, 得到4个基本特征参数对速敏伤害类型的属性信息, 其中储层浅5-5井T8号岩心的速敏伤害属性信息见表2。从表2中看到, 各特征参数对伤害类型及程度的属性信息并不能完全说明储层伤害状况; 类似地, 储层风5井F5号岩心和浅11-11井42号岩心的属性信息也很难以反映伤害类型。所以系统将按式(1)和式(2)证据体信息基本概率分配函数和

Dempster-Shafer 证据合成规则并配合一定的加权系数对各属性信息进行融合处理, 其结果如表 3 所示。这一结果将发布在黑板上, 供系统各模块查询调用。权值系数的大小是根据特征参数结构以及待检样本与目标类型离差的大小自动调整的。系统按置信度最大法则输出的诊断结果与实验结果吻合, 但第一个待检样本浅 5-5 井 T 8 号岩心决策诊断出现较大不确定性,

表 2 浅 5-5 井 T8 岩心煤油速敏伤害属性信息

Table 2 Attributes of speed sensitivity of T8

core sample of Well Qians-5

特征参数	伤害类型		
	中偏强 U_4	强 U_5	极强 U_6
孔隙度	0.4954	0.5551	0.6175
气测渗透率	0.7339	0.0993	0.0419
最大渗透率	0.4642	0.1395	0.4394
最小渗透率	0.4762	0.4938	0.4666

表 4 柴达木非常规裂缝性储层岩石全岩矿物成分 X 衍射分析数据

Table 4 X Diffraction analysis data of rock ingredients of the abnormal crack formation in Qaidam Basin

井号	岩心号	深度/m	矿物成分/%						速敏程度
			石英	钾长石	斜长石	方解石	白云石	伊利石	
浅 3-3	L1	1 246.10	20.96	3.91	6.66	30.69	12.30	14.40	9.19 中偏强
浅 11-11	N8	1 462.06	22.00	3.65	12.20	29.40	19.22	8.28	5.28 强
南 7 井	E12	1 783.50	23.05	12.90	11.90	11.90	2.79	19.50	15.30 极强
南 7 井	E4	1 432.00	28.31	2.78	21.10	14.03	16.36	10.60	8.09 极强
浅 5-5	T7	1 281.30	22.51	4.92	10.50	14.75	11.73	15.10	10.20 待检
风 5 井	F5	3 013.40	15.24	2.38	10.02	41.10	23.12	3.35	2.44 待检
浅 11-11	42	1 231.60	28.87	4.20	12.20	18.21	7.52	14.60	9.23 待检

根据柴达木盆地非常规裂缝性储层全岩矿物成分 X 衍射数据, 在很多区块不存在储层的次要矿物和粘土矿物中的石膏、黄铁矿、 Al_2O_3 和高岭石, 即使存在, 含量也较低, 所以采用了储层骨架颗粒石英、钾长石、斜长石、方解石、白云石、储层粘土矿物伊利石及绿泥石共 7 个诊断决策特征参数, 对待检样本浅 5-5 井 T7 号岩心特征参数进行属性信息转换的结果见表 5。与速敏实验属性信息一样, 表 5 中反映的储层全岩矿物

表 5 浅 5-5 井 T7 岩心全岩矿物成分 X 衍射分析

速敏伤害属性信息

Table 5 Attributes of X diffraction analysis for speed

sensitivity of T7 core sample of Well Qians-5

特征参数与属性信息	伤 害 类 型		
	中偏强 U_4	强 U_5	极强 U_6
石英	0.6826	0.8673	0.8606
钾长石	0.7675	0.7241	0.2946
斜长石	0.4647	0.6623	0.7042
方解石	0.1730	0.1854	0.5391
白云石	0.8540	0.3080	0.2716
伊利石	0.8264	0.3283	0.4310
绿泥石	0.7675	0.4039	0.3953

表 3 煤油速敏伤害属性信息融合诊断结果

Table 3 Fusion results of attribute data from speed sensitivity test

井号	岩心号	融合信息与伤害类型			$m(\theta)$
		$m(U_4)$	$m(U_5)$	$m(U_6)$	
浅 5-5	T7	0.4140	0.1034	0.0787	0.2335
风 5 井	F5	0.0036	0.7239	0.1124	0.0845
浅 11-11	42	0.0143	0.1331	0.5711	0.1578

$$m(\theta) = 0.2335。$$

对柴达木非常规裂缝性油气层的岩性分析和物性分析特征信息也进行了类似的分析处理。由储层岩石全岩矿物成分 X 衍射分析可知, 柴达木盆地非常规裂缝性储层骨架颗粒主要成分为石英、钾长石、方解石和白云石, 而储层的次要矿物和粘土矿物主要由石膏、黄铁矿、 Al_2O_3 和伊利石、高岭石及绿泥石构成, 表 4 列出了两者主要成分的含量和定量分析数据。

表 4 柴达木非常规裂缝性储层岩石全岩矿物成分 X 衍射分析数据

Table 4 X Diffraction analysis data of rock ingredients of the abnormal crack formation in Qaidam Basin

井号	岩心号	深度/m	矿物成分/%						速敏程度
			石英	钾长石	斜长石	方解石	白云石	伊利石	
浅 3-3	L1	1 246.10	20.96	3.91	6.66	30.69	12.30	14.40	9.19 中偏强
浅 11-11	N8	1 462.06	22.00	3.65	12.20	29.40	19.22	8.28	5.28 强
南 7 井	E12	1 783.50	23.05	12.90	11.90	11.90	2.79	19.50	15.30 极强
南 7 井	E4	1 432.00	28.31	2.78	21.10	14.03	16.36	10.60	8.09 极强
浅 5-5	T7	1 281.30	22.51	4.92	10.50	14.75	11.73	15.10	10.20 待检
风 5 井	F5	3 013.40	15.24	2.38	10.02	41.10	23.12	3.35	2.44 待检
浅 11-11	42	1 231.60	28.87	4.20	12.20	18.21	7.52	14.60	9.23 待检

成分 X 衍射数据分析的属性信息也不能完全说明储层伤害的类型和程度, 所以需要进一步进行属性信息融合处理, 其诊断结果见表 6。

表 6 岩石全岩矿物成分 X 衍射分析速敏

伤害属性信息融合结果

Table 6 Fusion results of attribute data from

X diffraction analysis for speed sensitivity

井号	岩心号	融合信息与伤害类型			$m(\theta)$
		$m(U_4)$	$m(U_5)$	$m(U_6)$	
浅 5-5	T7	0.1076	0.0905	0.2643	0.2816
风 5 井	F5	0.2679	0.4589	0.0248	0.2128
浅 11-11	42	0.1080	0.0849	0.3122	0.2717

从表 6 中可见, 由于第 1 个待检样本(浅 5-5 井 T7 号岩心)计算出的不确定性 0.2816 远远大于其信任度 0.1076, 无法判断储层的伤害类型。这是由于表 5 中第一个参考样本(浅 3-3 井 L1 号岩心)与储层岩心速敏实验表 1 中的第一个参考样本(狮 32 斜井 K1-S 号岩心)来自不同的区块, 油田仅提供了参考样本(狮 32 斜井 K1-S 号岩心)的煤油速敏实验数据, 而

没有提供其岩性分析和物性分析结果。在这种情况下,为了验证本研究系统的可行性,选取了油井深度与狮32斜井K1-S号岩心相近的浅3-3井L1号岩心的储层岩性分析和物性分析数据作为参考样本,由岩石全岩矿物成分X衍射分析速敏伤害属性信息诊断的

储层伤害程度。其结果是信任测度较低,而不确定性较高。为此,系统调用了决策层融合规则式(3),对储层岩心速敏实验评价和储层岩石全岩矿物成分X衍射分析数据进行了融合处理,对储层的伤害类型给出了最终的决策诊断,融合诊断结果见表7。

表7 储层岩心速敏实验评价与岩石全岩矿物成分X衍射分析数据融合诊断结果

Table 7 Fusion results of attribute data from X diffraction analysis and speed sensitivity test

井号	岩心号	评价方法	速敏类型	$Bel(U_k)$	$Pl(U_k)$	$m(\theta)$	诊断结果
浅5-5	T7	速敏实验	中偏强	0.4140	0.6475	0.2335	中偏强
		X衍射	中偏强	0.1076	0.3892	0.2816	不确定
		融合结果		0.3345	0.4526	0.1181	中偏强
风5井	F5	速敏实验	强	0.7239	0.8084	0.0845	强
		X衍射	强	0.4589	0.6717	0.2128	强
		融合结果		0.8490	0.8781	0.0291	强
浅11-11	42	速敏实验	极强	0.5711	0.7289	0.1578	极强
		X衍射	极强	0.3122	0.5839	0.2717	极强
		融合结果		0.6322	0.7030	0.0708	极强

根据储层岩心速敏实验评价和储层岩石全岩矿物成分X衍射分析数据进行决策融合处理,给出的储层伤害类型最终决策结果正确,而且判断的信任测度提高了,不确定性下降了。尤其是第1个检测样本(浅5-5井T7号岩心)在储层岩心速敏实验评价基本正确、岩石全岩矿物成分X衍射分析评价无法做出决策判断的情况下,通过决策层信息融合得到了正确的结果,但是最终信息融合诊断结果的信任测度(0.3345)稍低于岩心速敏实验评价融合诊断结果的信任测度(0.4140)。其原因是由于数据库缺少相应的数据。

通过信息融合分析诊断可知,在动态流动实验、岩性分析和物性分析特征信息不冲突的情况下,信任测度增加;在证据冲突情况下,信任测度下降;在缺少相应数据时,系统既不确认,也不否认,只是按照不确定性如实地输出给用户。

5 结 论

(1) 根据多源信息融合储层损害类型诊断的特点,建立了求解储层损害诊断与保护问题的体系结构,提出了以分级多层黑板模型为基本框架、以产生式规则构建知识源和以证据理论作为不精确推理技术的多源信息融合专家系统,可以在不同的黑板层次输入不同性质的储层评价技术数据,符合储层多源的融合性质。

(2) 本研究所提出的体系结构能够应用于复杂的储层损害类型识别与保护决策问题的高层信息融合,

而不是简单的底层数据融合。

(3) 采用面向对象的编程方法,可以在黑板与知识源、控制系统之间进行信息传递,使融合模型的模块性能好,便于系统维护。

参 考 文 献

- [1] Wang Hongfei, Wang Jiangping. Fault diagnosis theory: Method and application based on multisensor data fusion[J]. Journal of Testing and Evaluation, 2000, 28(6): 513-518.
- [2] 任晓娟, 张宁生, 张喜凤, 等. 水相滞留对低渗透率的损害分析[J]. 天然气工业, 2004, 24(11): 106-108.
- [3] 王志伟, 张宁生, 李洪波, 等. 低渗透天然气气层损害机理及其预防[J]. 天然气工业, 2004, 24(增刊): 28-31.
- [4] 张宁生, 任晓娟, 魏金星, 等. 柴达木盆地南翼山混积岩储层岩石类型及其与油气分布的关系[J]. 石油学报, 2006, 27(1): 171-174.
- [5] Lefevre E, Colot O, Vannoorenbergh P. Belief function combination and conflict management[J]. Information Fusion, 2002, 3(2): 149-162.
- [6] Verlinde P, Chollet G, Achery M. Multi-model identity verification using expert fusion[J]. Information Fusion, 2000, 1(1): 17-33.
- [7] Yager R R. A framework for multi-source data fusion[J]. Information Sciences, 2004, 163(3): 175-200.
- [8] 程岳, 王宝树. 基于分级多层黑板模型的态势估计系统结构研究[J]. 计算机应用研究, 2002, 22(6): 29-31.
- [9] Gader P D, Keller J M. Recognition technology for the detection of buried land mines[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2001, 9(1): 31-43.