

基于地质体智能识别的剖面图自动绘制研究

陈巍瑛^{1,2}, 武强¹, 关文革^{1,2}

(1. 中国矿业大学 资源与安全工程学院, 北京 100083;

2. 石家庄经济学院 信息工程学院, 河北 石家庄 050031)

摘要:剖面建模是三维建模中常用的建模方法,但因剖面数据不足,存在过多依赖领域专家、必须通过人工交互方式才能完成等诸多不足。为解决由此带来的软件效力削弱、自动化程度降低等问题。遵循地质基本规律,分析研究专家判定思路、方法,提出一种基于知识的地质体智能识别框架,实现任意基于钻井的地质剖面图自动生成。利用面向对象技术,采用具有层次结构的知识表示和嵌入式的推理机制,以某煤矿为例,实现了剖面图的自动生成与显示,有效地解决了剖面建模中地质剖面图不足带来的弊端,对提高三维建模自动化程度有重要的实际意义。

关键词:地质体识别;智能识别;面向对象技术;知识表示

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)10-0233-04

Study of Auto-Drawing Section Based on Intelligent Recognition for Geological Solids

CHEN Yi-ying^{1,2}, WU Qiang¹, GUAN Wen-ge^{1,2}

(1. School of Resource and Safety Engineering, China University of Mining

and Technology, Beijing 100083, China;

2. Dept. of Information Engineering, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: The recognition for geological solids of mine depends on the analysis and reasoning of experts, and implements by interaction with people during the 3D modeling and visualization of mine geology. As a result, it is a crucial factor affecting the effectiveness of software, and the degree of automation of such a task. Therefore, based on the studies on analyzing the basic geology rules and the processing of experts reasoning, put forward an intelligent recognition framework for geological solids in this work. Our framework adopts the object-oriented techniques to represent hierarchy knowledge regarding to the recognition task, and implements the embedded reasoning based upon object-oriented principles. To validate framework, show an illustrative example. Believe that method has an important significance for the effective exploitation and utilization of mine.

Key words: geological solids recognition; intelligent recognition; object-oriented technique; knowledge representation

0 引言

地质剖面图根据在地表上画的一条剖面线,利用此剖面线上分布的各个钻孔数据,结合断层、褶皱等信息,在图纸上绘出该剖面上地层的分层信息、形态特征以及受到地质构造的影响等,再利用不同的颜色或图形对每一地层的区域进行填充,很好地描述了地质体的空间形态及分布特征,直观反映地下地质体特征。地质剖面图的自动生成,对指导勘探、开发具有一定的

实际意义。在基于剖面的三维地质建模中,它能弥补因原始剖面数据不足造成的交互性操作过多、自动化程度下降的缺陷^[1]。因此,寻求具有专家水平的智能识别方法,根据建模需求自动生成剖面,已成为剖面建模的迫切需要,对指导勘探、生产也具有重要的理论和现实意义。

1 地质体识别方法及相关研究

地质剖面图通常反映的是地下未知地质体形态特征、空间分布等信息,因此,地下未知地质体的正确识别是生成剖面图的前提,文中从人工识别入手,分析讨论地质体智能识别方法。

1.1 地质体识别方法及步骤

图1显示了地质体人工识别的基本流程,分为资

收稿日期:2008-01-29

基金项目:2006年河北省科技研究与发展指导计划项目(06213557)

作者简介:陈巍瑛(1971-),女,河北石家庄人,副教授,博士研究生,研究方向为地学信息技术及开发;武强,教授,博士生导师,从事矿井防治水与水文信息系统研究。

料收集、整理分类、分析解析和推断识别四个阶段。

1) 资料收集阶段。完成对研究区原始资料的收集,为判断、识别工作提供基础数据。目前被广泛使用且易于获取的资料,大致可分为地质资料、勘探工程资料和物探资料三类。

2) 整理分类阶段。对原始资料按上述三类分别整理,便于下一步的分析、判断。

3) 分析解析阶段。地质资料和勘探资料可以直接分析、判断,确定标志层,并依据相应的规则,进行地层对比。它们是各矿山地质领域开展工作的基本资料,也是实现识别所需的最基本资料。物探资料以各种复杂波形、曲线等形式出现,必须由专家结合相应的地质资料、勘探资料,进行解析,才能利用。

4) 推断识别阶段。这一阶段与分析解析阶段并没有严格的分界线,实际工作中是一气呵成的,为了便于描述,文中加以区别对待。本阶段的主要任务是遵循基本地质规律,依据上一阶段的地层对比情况,实现各钻孔之间相应地层的合理连接,最终确定研究区地质体及相关构造的空间分布情况。

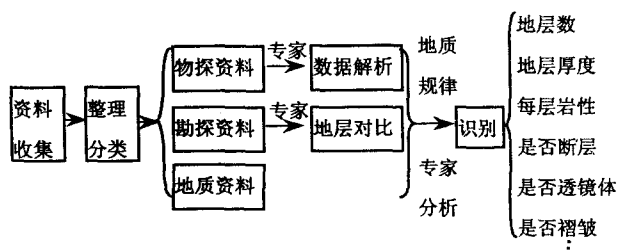


图 1 地质体识别基本步骤

地质体是一个连续分布的空间实体,但所获得的基本资料(钻井、剖面等),只能描述有限范围内点或面的信息,数据的离散性、稀疏性,决定了识别过程一定程度上是建立在推断的基础之上的。因此,识别是否接近实际情况,取决于对研究区地质规律,及地层对比规则的掌握程度。同样,智能识别结果正确与否,取决于能否运用计算机获取、表达并正确应用这些规律和规则。

1.2 相关研究工作

目前,国内外有不少商业化的三维地质体可视化软件,如:GOCAD、Earth Vision、Lynix、T3M、Geo Star等^[2]。不少学者针对不同应用领域,研究了各种三维可视化建模技术及方法^[3,4],他们研究的重点大多在模型的选择和建立方面(比如选择面模型、体模型还是混合模型),或模型建立后的使用上。对建模中涉及的地质体识别的问题,通常采用两种方法解决。其一,按照图 1 所示的基本步骤,人工分析、推测二维平面中各地层的空间形态及受各种构造的影响,绘制剖面图,为

实现建模提供依据;其二,在建模软件中提供人机交互界面,以交互的方式确定原始资料不能提供的各种控制点、线、面等重要建模素材,以完成模型的建立。

上述两种识别地质体的方法,很大程度上限制了三维建模在资料不完备,或缺少专家参与情况下的使用。吴键等^[5]指出人工干涉是属性建模中的重要步骤;包世泰^[6]提出目前三维建模中,受断层影响,对地层倾覆、错位、上下重复等情况的自动计算判别比较困难,需要人工辅助判别;郑贵州^[1]指出建模质量过多地依赖地质专家的水平,不仅影响了软件的效力,也限制了建模的自动化程度的提高。

因此,文中提出基于知识的地质体智能识别框架,模拟人工识别思路,实现智能识别。

2 基于知识的地质体智能识别框架

2.1 识别框架的介绍

实现智能识别的关键在于:

1) 最大限度地获取与研究内容相关的各种基本地质规律、地层对比中的各种规则,以及专家头脑中的潜规则(即通常所说的常识)。下面统称它们为知识;

2) 对获得的知识进行形式化表示,即用计算机能处理的方式存储这些知识,同时确保便于实现添加、删除、检索、推理等操作;

3) 建立一种模拟专家思维、判断的推理机制。因此,提出了如图 2 所示的基于知识的智能识别框架图,主要包括输入模块、知识获取模块、知识表示模块、推理接口和显示模块五部分。其中输入模块提供输入界面,供用户输入被识别对象的原始数据(即事实);知识获取模块主要完成各种知识的收集;知识表示模块利用面向对象的方法实现对知识的表示,把知识的属性、推理规则、处理方法等封装在对象中;推理接口的功能是把从用户处获取的原始数据及要求,传递给相应的知识对象。具体的推理过程由对象调用其内部规则实现,一个对象内部无法完成的识别,通过对象间的消息传递,由其他相应对象继续推理,最终得出推理结论;显示模块将得出的结论以图形或文字的形式输出,或者作为与三维建模系统的接口,将正确的识别结果转化为建模过程中的控制性输入数据。在知识(或事实)不足的情况下该模块将显示无法识别并提示缺少的知识。

以上五个模块中,知识表示模块一方面利用面向对象技术实现了合理、有效的知识表达;另一方面,通过对对象中封装的推理规则完成整个推理、识别过程。它集知识表达和推理于一身,是一个非常重要的核心模块,下面重点介绍该模块中知识表示方法的选择及

表示方法本身,并在下一章中以实例的方式,介绍推理过程。

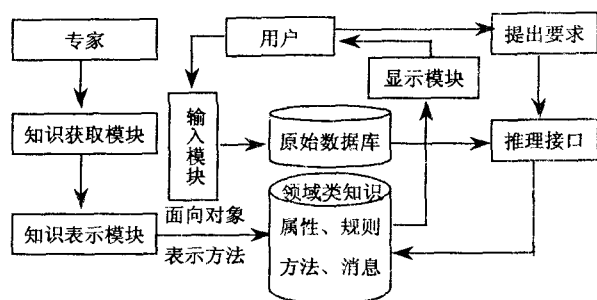


图 2 基于知识的智能识别框架图

2.2 知识表示方法

知识表示方法的选择与知识的特点、类型密切相关,下面以地质体识别中的基本知识“地层”为例,分析推理知识的特点。如图 3 所示,实现对某地层的空间形态识别,首先要分析地层是层状还是非层状;如果是层状地层,需进一步确认是否受构造影响;如果已受构造影响,判断是受断层切割,还是褶皱变形;如果没有构造影响,判断是正常地层还是尖灭地层(即透镜体);如果最终的分析结果是正常层状地层,可以得出地层以平行层状形态分布的结论;否则,还需利用断层、褶皱、透镜体等其他相关知识,进一步分析、判断地层的正确分布形态。判定过程中所应用的知识具有层次关系,识别需要一步一步地深入分解,才能得出最终结论。可见,知识之间环环相扣、层层深入,又彼此交叉、关联,最终形成了一个纵横交错,层层递推的庞大知识网。

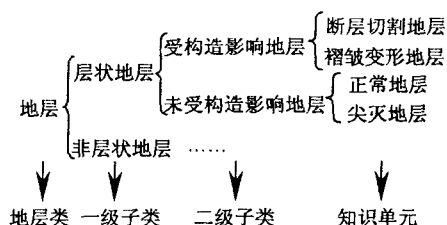


图 3 知识的层次性结构

利用面向对象的技术可以很好地表达这种复杂的知识关系^[7],把具有相同属性和方法的知识抽象成一个知识类,按照层次关系,分别定义该类的各级子类,逐层细化,最底层是知识单元。因此,可以把有关地层的知识,抽象成图 3 所示的以“地层类”为树根,各级子类为树枝,知识单元为树叶的知识类层次结构。从根到叶子知识之间的层数称为知识类的深度,由识别任务的复杂程度决定。

知识类的形式化描述为:类::=< ID, AT, RU, ME, MI>,其中, ID 是描述对象的标识符;AT 是描述对象当前的内部状态或具有的静态属性;RU 是对象

的规则;ME 是对象的方法集合;MI 是对象的消息接口。依据上述形式化描述,一个知识类可被定义如下:

类::= CLASS(类名)< 父类名>< 属性>< 类属规则>< 方法>< 消息接口>END

类名::=< 字符串>

父类名::= FROM(类名)

属性::= SLOT < 类型> < 值类型>< 属性名>< 属性值>END

类型::=< Public|Private>

值类型::=< 整型|浮点型|字符型|布尔型>

属性名::=< 字符串>

属性值::=< 整型|浮点型|字符型|布尔型>

类属规则::= RULE(规则名)< 规则体>END

规则名::=< 字符串>

规则体::=< 字符串>

方法::= METHOD(类型)< 方法名>< 方法体>END

类型::=< Public|Private>

方法名::=< 字符串>

方法体::=< 字符串>

消息接口::= MESSAGE< 消息名> < 消息类型> < 回应方法名> END

消息名::=< 字符串>

消息类型::=< 字符串>

回应方法名::=< 字符串>

知识类的实例,即知识对象定义为:

对象::= OBJECT < 对象名> CLASS < 类名>

对象名::=< 字符串>

类名::=< 字符串>

以地层知识类为例,它的部分定义如图 4 所示。

地层知识类
类名=地层知识
父类集= \emptyset
属性集={地层, ...}
方法集={添加规则, ..., 激活规则...}
子类集={层状地层类, 非层状地层类}
规则={判断层状地层的规则的集合}
消息接口=消息类型, 回应方法

图 4 地层知识类的部分定义

这种知识表示方法,非常适合具有层次关系的知识的表达。而且,通过面向对象的封装、继承和消息机制,易于实现知识类的联系与信息交换。基于这种表示方式,推理机不再单独出现,而是嵌入在对象的方法中,利用封装的规则及消息传递关系实现推理、识别。

3 剖面图自动绘制

本节以某煤矿实际钻孔数据为基础数据,任意选择剖面起点和终点,在地质体智能识别的基础上,实现剖面图的自动绘制。

图 5 为剖面线平面示意图,剖面由三个钻井“孔 9

-2", "孔 9-3" 及钻井 "孔 9-4" 控制, 其中 "孔 9-4" 不在剖面线上, 需要把孔口坐标投影到 P 点, 把所有钻井数据投影到剖面上。

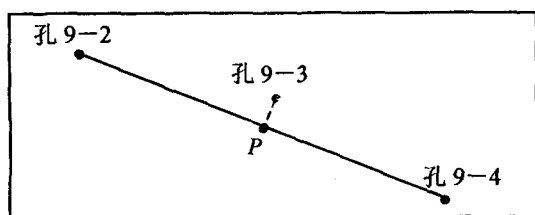


图 5 剖面线平面示意图

系统推理、识别及绘制的基本过程如下:

1) 推理接口将原始数据、用户要求传递给地层类对象。

2) 地层类对象调用类中的相应规则, 进行推理, 得出待识别对象具有“层状”属性, 将消息传递给具有该属性的子类。

3) 子类继续调用内部规则进行推理, 层层递推, 确定识别对象未受构造影响, 并由 ZK_2 中的 C_2t^1 地层在 ZK_1 中没有对应地层, 识别出 C_2t^1 为尖灭地层, 其他地层均为正常层状地层, 把消息分别传给尖灭地层类和正常地层类。

4) 尖灭地层类对象, 调用与尖灭相关的规则, 确定尖灭点的位置, 调用外部函数修改原始数据, 添加尖灭点相关信息。

5) 正常地层类对象, 调用外部函数, 修改原始数据, 添加正常层状地层相关信息。

6) 由输出模块调用已修改的数据, 实现对应地层的连接, 形成如图 6 所示的剖面图。

4 结束语

提出了基于知识的地质体智能识别框架。基于面向对象技术, 解决了复杂知识的结构化表达及嵌入式

的推理机制的问题。以某煤矿实际钻井数据为例, 运用该框架在没有人工参与的情况下, 实现地质体智能识别, 剖面图的自动绘制, 为弥补三维建模中过多依赖专家干预的缺陷, 提高三维建模的自动化程度, 提供了一条有效的解决途径。

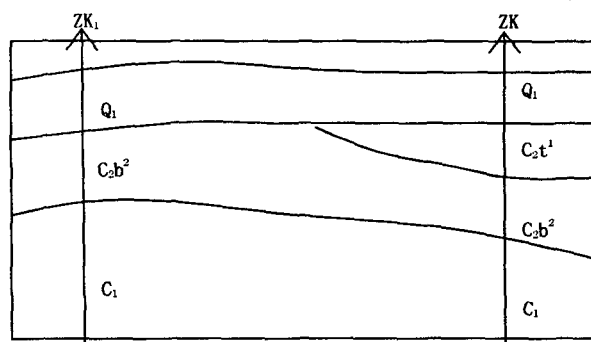


图 6 识别剖面示意图

参考文献:

- [1] 郑贵洲, 申永利. 地质特征三维分析及三维地质模拟现状研究[J]. 地球科学进展, 2004, 19(2): 218-223.
- [2] 徐立明, 牛新生. 地质体三维可视化模拟的现状与展望[J]. 西南民族大学学报: 自然科学版, 2006, 32(1): 151-154.
- [3] 武强, 徐华. 三维地质建模与可视化方法研究[J]. 中国科学(D辑), 2004, 34(1): 54-60.
- [4] 王纯祥, 白世伟, 贺怀建. 三维地层可视化中地质建模研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(10): 1722-1726.
- [5] 吴键, 曹代勇, 邓爱居, 等. 三维地质建模技术在油田基础地质研究中的应用[J]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(2): 52-55.
- [6] 包世泰, 夏斌, 崔学军, 等. 地质三维信息模型研究及其应用[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(4): 470-476.
- [7] 沙宗尧, 边馥苓. 基于面向对象知识表达的空间推理决策及应用[J]. 遥感学报, 2004, 8(2): 165-171.

(上接第 232 页)

参考文献:

- [1] IBM DeveloperWorks 中国. Linux 集群[EB/OL]. 2001-05-12. <http://www.ibm.com/developerworks/cn/linux/theme/cluster.html>.
- [2] Kopper K. Linux Enterprise Cluster[M]. Sebastopol: O'Reilly, 2005.
- [3] lamafan. LVS 集群系统网络核心原理分析[EB/OL]. 2005-12-19. <http://blog.chinaunix.net/u/553/showart-430386.html>.
- [4] Zhang Wensong. Linux Virtual Servers for Scalable Network Services[EB/OL]. 2007-03-04. <http://www.linuxvirtu->

alserv.org/.

- [5] Sloan J D. High Performance Linux Clusters with OSCAR, Rocks, OpenMosix and MPI[M]. Sebastopol: O'Reilly, 2004.
- [6] Robertson A. The High Availability Linux Project[EB/OL]. 2007-12-21. <http://www.linux-ha.org/>.
- [7] Nntp. Chinaunix 集群版置顶索引[EB/OL]. 2007-11-19. <http://linux.chinaunix.net/bbs/forum-9-1.html>.
- [8] 张媛, 卢泽新, 刘亚萍. NFS over Lustre 性能评测与分析[J]. 计算机工程, 2007, 33(10): 274-276.
- [9] 王莉, 白欣. 实时集群系统设计与性能分析[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(18): 120-122.