

专家系统在矿业中的应用

APPLICATIONS OF EXPERT SYSTEMS IN MINERAL INDUSTRY

周迎新

专家系统是一种智能程序。这种程序运用知识和推理过程解决那些难度达到需要专家才能解决的问题。换句话说,专家系统所用知识和推理过程可看作是某一领域最好专家的模拟。

专家系统是人工智能的一个领域,最近几年才在实际应用中取得突破性进展。在过去的近10年内,专家系统走出实验室,开始在各行各业得到应用。除在技术上,即硬件(计算机)和软件(程序语言)已达到可行外,专家系统在经济上也已达到可行。其中一个重要的发展是,在概念上已从包罗万象的大系统转向针对具体特殊问题的小系统。从目前的情况看,专家知识愈专,专家系统的用途就愈大。

专家系统在矿业中的应用已受到美国、西欧和日本等国的日益重视。其在矿业中有广泛的应用前途是由于采矿专家知识的经验性。由于矿业中复杂的地质条件及其它因素,获得这种经验性专门知识需要很长时间的积累,还要不断更新,以掌握新技术。所以这些知识往往掌握在少数人手里,随着专家的离去而失去。专家系统为模拟和保存这类专家知识提供了一个有效工具。

专家系统

系统结构 (System Structure) 专家系统一般由以下四个部分组成:知识库、推理机、知识获取模块和用户界面(图1)。知识库包含被认为是专家知识的信息,包括被各专家所公认的事实和推理过

程的规则。推理机则使用知识库的知识和用户输入信息,对某一问题进行推理,并达到解决问题的目的。这两个部分是专家系统的核心。后两部分或其他的辅助部分则用来维护系统,为用户向“专家”提出询问提供渠道。用户可以对系统提出的问题或解答提出反问,比如说“为什么”或“怎样”之类的问题,系统应能象一个专家一样向用户作进一步的解释。知识获取模块是知识工程师(向专家获取知识并将其用计算机语言加以表达的工程师)用以不断更新或修正知识库的渠道。

知识工程 (Knowledge Engineering) 知识工程是指从获取专家知识并将其表达成计算机语言的一系列过程。知识工程目前被认为是发展专家系统的主要难题,因为许多专家解决问题的方法似乎是不能解释清楚的。一般来说,表达知识的方法有:语义网 (Semantic Network)、结构 (Frames)、“如果—就”型式的规则 (If-Then Rules) 和逻辑表达式。至今为止,大多数专家系统都是使用对象—属性—值和规则法来表达专家知识。为了克服知识工程中知识获取这一难关,目前专家系统的研究还包括知识获取的自动化。

应用准则 (Application Considerations) 并非所有的问题都适于采用专家系统。所有使用算法(包括数据处理)的计算机程序(如有限元程序)均不属于专家系统。专家系统所进行的工作原来是由专家来完成的,它由知识工程师和专家来维持,而常规程序是由程序员来维持。专家系统通常可用于以下几种类型的工作:诊断、咨询、设计、监控、

决策辅助、指导、维修。以上这些专家系统的适用范围，也可反过来作为专家系统的应用准则。在考虑应用专家系统时，一般还需考虑以下几个方面：所需解决的问题需要相当程度的专门知识；这个问题必须在有限时间内解决，而在此时间内又不能找到更好的专家，或者所需专家人数过大而实际上做不到；所需专家知识将随专家的退休离职等而失去。其他方面的考虑还包括计算机系统的大小（主机还是个人计算机），现有人力、财力，所用程序语言和应用市场等因素。

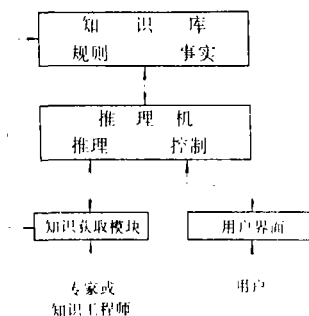


图1 专家系统结构示意图

矿业中的应用

矿业中的大多数领域都可通过专家系统得到改进。这里着重介绍用于地质探矿的一个叫“探矿者”（Prospector）的大型系统，并按大至的分类，结合目前科研应用的情况，简单介绍其他方面的应用。

地质探矿 地质探矿是一种难度大，风险高的工程，其成功与否受到诸多因素的影响，其中最重要的莫过于用于这一勘探问题的知识和判断。如果一项勘探计划能组织一批具有丰富经验的地质专家来实施，那么在勘探过程中受忽视的矿床将大大减少。但在实践中，无论从经济上还是技术上，组织这样一批勘探专家往往是做不到的。专家系统的应用有效地解决了这一问题。这方面最有名的系统就是“探矿者”。“探矿者”是由美国斯坦福研究院（SRI）于70年代开发的，其用途是为地质探矿人员在勘探中对可能成矿地段进行专家咨询。输入的数据主要是对地质条件的一些不确定或不完整的地面观测，输入时基本采用人机对话形式。根据这些数据，“探矿者”向用户提供可能的解释，并指出达到更可靠结论所需要的观测数据。

“探矿者”是一个很大的专家系统，其知识库集数十个地质勘探专家的知识为一体，这是矿业中第一次真正认真的尝试。到目前为止，试用结果都很

成功，比一般专家好，接近于最好的专家。主要原因是“探矿者”能系统地应用其知识库的许多专家的知识。

石油钻探 与地质探矿相似，石油钻探也是风险大、成本高。在石油钻探中，一个特殊的技术问题往往需要空运专家到现场解决。这类问题若不能及时解决，往往会使整个钻台（井）瘫痪，造成高达每日10万美元的经济损失。由此可见使用专家系统带来的经济效果。这方面的一个实例是法国建成的一个叫“钻探顾问”（Drilling Advisor）的专家系统。该系统是针对钻井中的一个特殊问题—潜孔钻粘滞问题设计的。目前“钻探顾问”的知识库有250条规则，其中175条用于问题的诊断，其余75条则用于“开处方”。“钻探顾问”对问题的解答包括：出现问题的原因、解决问题的办法和预防措施。迄今试用的结果（特别是它成功地辅助处理了几起较难处理的案例）表明其发展前途非常乐观。其他为钻井开发的系统有DIPMETER, MUDMAN和SECOFOR。

矿山生产与管理 专家系统在这方面的应用包括开采计划，日常井下作业分工和人员调配，设备维修，生产计划与设计以及工人及管理人员培训等。以设备维修为例，专家系统的最大优点是能使知识档案化。每个矿山都有一批经过长期培训，经验丰富的维修人员，但他们退休后会把他一生积累的经验全带走了。专家系统为保留这些专门知识提供了行之有效的工具。另一例是子用专家系统当井下工头。美国坦诺瓦（Tanowa）煤炭公司开发的CHOOZ系统，就是用来从事井下工班编排，派工等工作的专家系统。

岩石力学 岩石力学是采矿中最复杂的领域之一。从最早的土力学和弹性理论的引入到现在，建立的各种理论和学说繁多。这些理论的实际运用相当复杂，而且只有少数经验丰富的专家教授才能用它们解决具体问题。在美国，岩石力学和地压控制专家的咨询费高达每天1200美元。专家系统在这个领域中的应用研究，目前多集中在学校和科研机构，所涉及的问题有楔块岩体的稳定性、岩石裂隙流动、大变形不连续介质力学等。这些均为较大系统，且多面向大型军民建设。其他更适合于采矿应用的则包括更专更小的系统，如锚杆支护、房柱设计和稳定性、地压预测和控制、露天边坡稳定性和工程岩石分类等。目前已经应用的有美国亚力桑那大学的Roof Bolter系统和Rock Slope Analyser系统。

通风防尘与安全 在采矿通风防尘方面专家系统的作用是为计划和控制提供一个决策系统，特别是处理井下爆炸之类的紧急事件。美国矿业局已向宾州大学提供经费，研究一个较大的井下通风监测系统。另外，矿业局已推出三个小型系统给工业界试用，其中两个用于井下防尘（连续采矿和长壁采矿机），另一个用于煤矿井下甲烷气控制。

发展方向及其在中国的应用开发

在近期内，专家系统将主要用于解决较窄较专且大量依赖专门知识的问题，主要采取顾问咨询或诊断方式。传统的计算机程序或模拟程序将作为专家系统的辅助与其相辅相成。将来的发展完全可能将专家系统直接装在采矿设备上，形成具有智能的作业机。

根据中国目前的情况，笔者提出以下几点看法。首先，专家系统若能在采矿业中推广使用，将会改变我国目前矿山管理落后的面貌。许多由于在大学缺乏管理方面的训练而不懂管理之道的工程师，可借助于专家系统参与矿山管理和决策。其次，目前我国可供采矿使用的大型计算机极少，而小型和个人计算机的数量与日俱增。个人计算机成本低，易使用，携带方便，易更新，加之程序员和知识工程方面的考虑，我国矿山应用应以发展小型知识系统为主。第三是语言问题的考虑。目前欧美国家开发的通用软件，在语言上直接用于中国市

场，没有什么障碍，但要在我国推广使用专家系统，还需在用户界面上解决一些语言上的问题。这样才能减少工业界用户对计算机的“畏惧感”。最后，由于我们比欧美起步晚，我们应尽量通过“改编”等方式借用国外比较成功的系统，根据我国矿山地质等条件将其知识库加以修正。这样可以加快速度，缩短时间，也同时达到引进吸收的目的。

需要指出的是，尽管专家系统在矿业中的应用在欧美等国已受到普遍重视，但在推广应用中仍有各种各样的阻力。这种阻力主要是由于对这一新技术缺乏了解和信心。克服这种阻力要从以下两个方面努力：开发易学，易懂，易用的系统；通过各种途径向广大用户，特别是管理人员，宣传专家系统的优越性和应用潜力。

结 语

本文通过实例，对专家系统及其在矿业中的应用作了简单的综述。随着计算机技术和人工智能的不断发展和完善，专家系统在矿业中的应用潜力是无穷的。这种应用经验知识的人工智能为解决采矿业中有关的问题提供了一个新的，非常有效的手段。总之，专家系统将给人工智能和计算机的应用带来一次突破。

本文作者周迎新 (Zhou Yingxin) 系美国弗吉尼亚州理工学院采矿工程系博士后。