

软基处理专家系统的初步研究

王剑平

(南京水利科学研究院土工所, 210024)

1. 问题的提出

多年来, 岩土工程领域存在着知识不足和专家不足的问题。知识不足指有关技术人员知识的广度和深度不够, 专家不足指专家太少。以数值方法和计算机为手段的计算岩土力学, 运用结构性知识, 解决了许多大型、复杂的岩土工程问题。然而, 岩土工程学是一门经验性较强的学科, 含结构和非结构性知识, 大多数岩土工程问题需要运用这两种知识才能得到较好的结果。专家系统是一个基于知识的计算机程序^[1], 一般由知识库、上下文(又称数据库)、推理机、解释设施和学习系统组成(图1)。知识库是以某种形式表示的知识的集合; 推理机是运用知识进行推理、演绎求解的机构; 上下文是问题解的状态; 解释设施对系统行为进行解释和说明; 学习系统具有从大量的事例中归纳显式知识的能力。

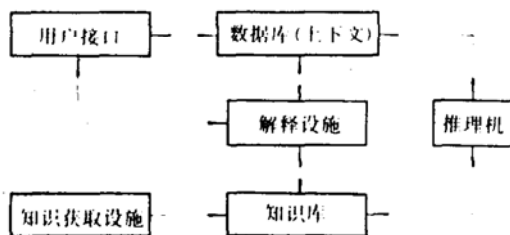


图1 专家系统的组成

如果我们将岩土工程某一领域的知识, 包括一般性的知识和专家们的特殊知识和经验, 构造成知识库, 借助于专家系统技术, 使计算机能够灵活运用结构性和非结构性知识, 求解更加广泛的岩土工程问题, 从而解决知识不足和专家不足的问题。基于上面的想法, 我们选择了软基处理问题, 探求将专家系统技术用于岩土工程领域的途径。

2. 基本思想

一般来说, 地基处理方案的确定及设计过程可由图2表示。图中a, c两栏是其运用的知识。a栏基本上是非结构性知识, 一般用自然语言表示, c栏基本上是结构性知识, 通过一定的数学模型表达。从运用知识的方法看, B-b栏采用推理和判断, C-b栏则是推理、判断与数值分析并举。进一步分析, A栏是问题的初始状态; B, C栏是求解过程; D栏则是问

题的解。因此，软基处理专家系统应能处理自然语言表达的非结构性知识，也能处理数学模型表达的结构性知识；能演绎推理，也能数值分析；从建筑物的要求及天然地基条件出发，给出地基处理的设计方案。其基本思想如图3。

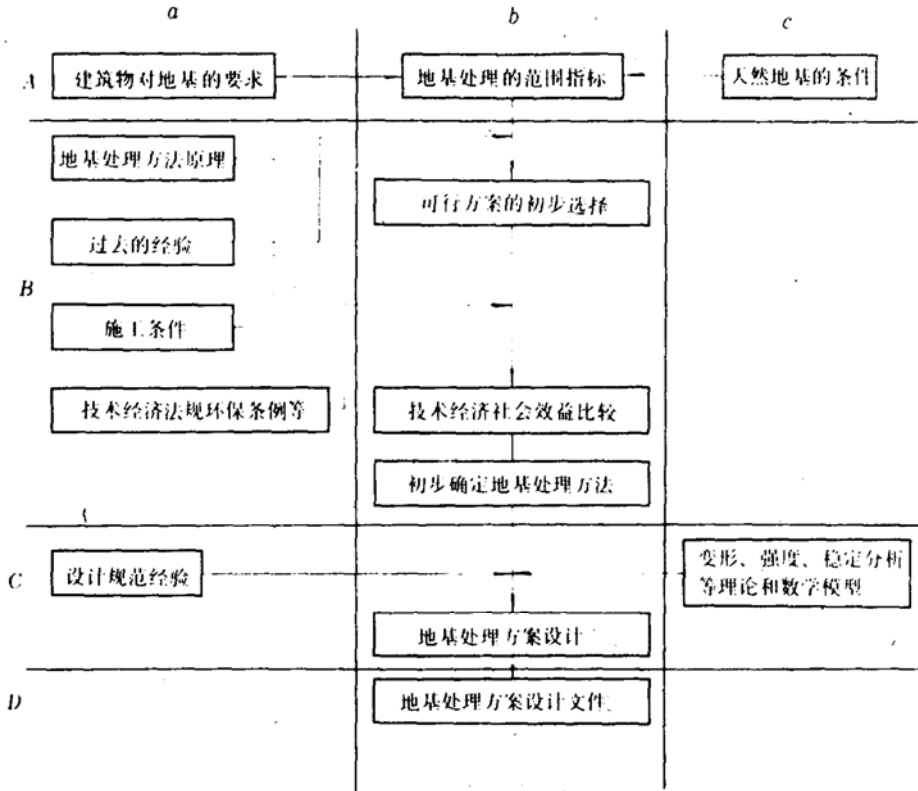


图2 地基处理方案设计过程

3. 知识问题

3.1 知识的分类

人们在求解问题时，总是自觉或不自觉地对知识有选择地运用，把握住求解方向，保证解的正确性。知识工程中把控制知识运用和求解方向的知识叫元控制级知识，简称元知识，其余知识叫对象级知识，简称知识^[2]。我们把初步确定地基处理方法的知識作为元知识，把针对某一方法进行具体设计的知识作为对象级知识。

3.2 知识的表达

知识是以一定的形式表达的。知识工程中有产生式规则、语义网络、框架等知识表示法。专家系统中知识的表达形式不但与推理方法，而且与问题领域特征密切相关。软基处理知识的最大特点是经验性。经验性的知识往往是扩散型的，问题解的过程可以视为一个或多个经验性规则条件部分的满足。因此，基于规则的产生式表示法比较符合软基处理知识的表达。其形式为“如果——条件部分，那么——结论部分”。条件部分可以是一个或多个条件的组合，其间的关系可以是逻辑“和”或逻辑“或”；结论部分也可以是一个或多个结论的组合，但

必须是独立的唯一的，其关系只是逻辑“和”。条件部分的满足，使结论成立或实现一个或多个相对独立的操作。

3.3 知识库

知识库是某一问题领域知识的集合，需具备一定的结构形式，便于组织、修改和运用。我们把基于规则的软基处理知识组成一个双层规则架(图4)。规则架的顶层是初步确定地基处理方法的元规则集，决定何时运用何种具体的地基处理知识进行设计；规则架的第二层是具体的设计知识。图5是计算机内知识库的一部分。

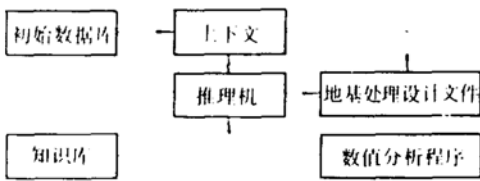


图3 系统的基本思想

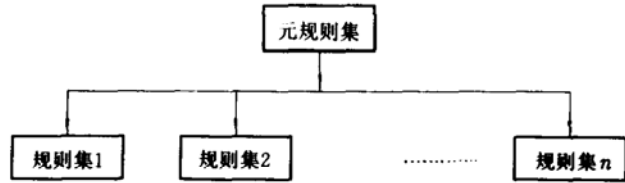


图4 知识库的结构

如果	上部构筑物是堤坝	那么	堤坝自重作为预压荷载
如果	地基主要压缩层内有承压水层	那么	地基处理时设置减压井
如果	当地中粗砂源丰富	那么	排水垫层材料用中粗砂
如果	当地中粗砂源贫乏且碎石源丰富	那么	排水垫层料用碎石
如果	当地中粗砂源丰富且劳动力费用低	那么	排水井用袋装砂井
如果	当地劳动力费用较高	那么	排水井用塑料排水板
如果	软土层较薄	那么	排水井的深度取软土层的厚度
如果	软土层较厚	那么	排水井的深度取地基主要压缩层的厚度
如果	上部构筑是堤坝	那么	排水井的深度取略大于最危险滑弧的深度
如果	天然地基固结时间不满足工期要求	那么	地基处理时设置排水井

图5 知识库的一部分

4. 推理机制

4.1 产生式规则的冲突消解

软基处理知识表示成基于规则的产生式，规则的条件部分从上下文中得到满足后，其结论成立，从而导致上下文的改变，改变的上下文又会使一部分规则的条件得以满足，如此反复，便可求解问题。但是，由天然地基条件及建筑物对地基的使用要求构成的初始上下文，可能同时使多条规则的条件得到满足，引起一系列规则的结论成立，并产生相应的操作，即在解题的某一步，存在多条可用的知识。根据人们通常的思维方式，必须从多条可用知识中选用一条知识，这个过程叫冲突消解。冲突消解的方法较多^[9]。我们采用比较简单的冲突消解方式，即先将知识库中规则的条件部分逐条取出并与上下文中的事实相匹配，记下所有匹配的规则，若有多条规则匹配，则按知识库中规则的先后次序，决定规则结论的启用。这种冲突消解策略要求构造知识库时，考虑各规则间的优先顺序，赋予一个隐含的优先值。

4.2 推理策略

上面的冲突消解过程只解决了规则的启用, 不一定能得到问题的最终解。因此, 如何运用冲突消解, 并得到最终解, 便是推理策略。推理策略不仅与知识表示模式有关, 而且还取决于问题求解的方法。人们在解决软基处理问题时, 总是从已知条件出发, 运用知识, 寻找适当的处理方法。这种从问题已有信息(或事实)开始, 正向使用规则, 通过冲突消解, 寻找问题解答的推理策略叫数据驱动推理策略(图6)。与数据驱动策略相反的是目标驱动, 它假定一个目标, 通过验证规则集中与其有关的条件, 以证明假定目标成立与否, 进而产生新的假定目标, 重复这一过程, 直至求解终结(图7)。根据软基处理问题的特点和知识的表示方式, 我们采用混合推理策略, 以数据驱动推理策略为主, 在适当的时候采用目标驱动推理策略。

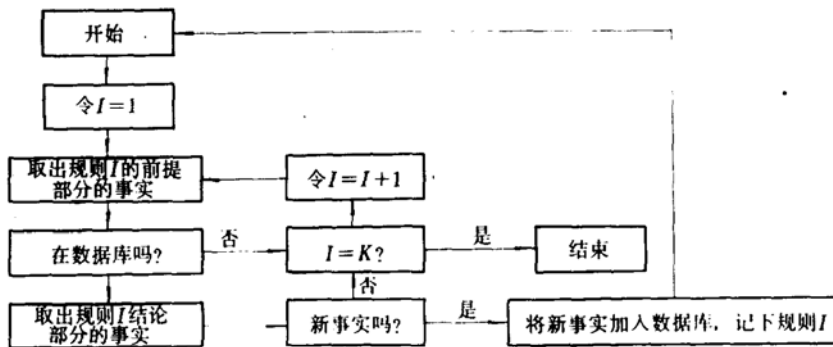


图 6 数据驱动推理策略示意

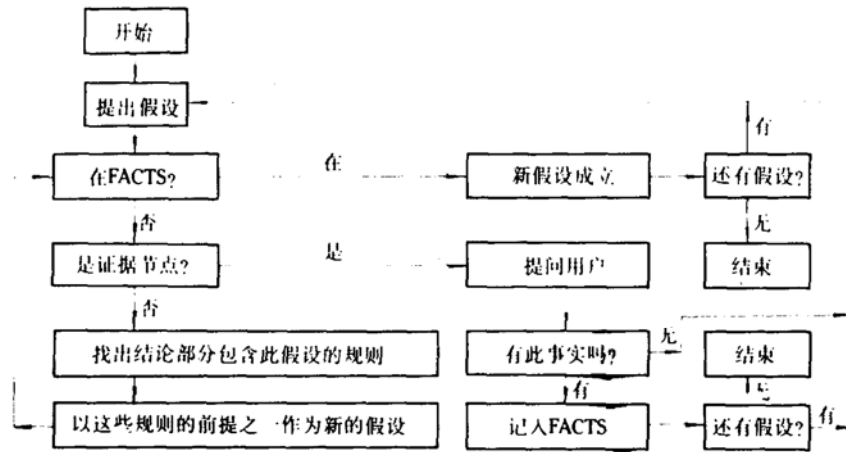


图 7 目标驱动推理策略示意

4.3 推理机

与知识库结构相适应, 我们采用双层结构的推理机(图8)。元推理机运用元知识推理, 并通过上下文控制着推理机的启动。元推理机以数据驱动控制策略为主, 从初始上下文开始, 正向使用规则, 当无规则可匹配时, 从元知识库中选择一假定目标, 通过人机对话验证假定的目标。只有在①已经初步确定一种处理方法; ②天然地基可以作为建筑物地基; ③所有元规则都被使用且无结论成立三种情况下, 元推理机停止工作。推理机采用目标驱动控制策略,

以人机对话方式决定具体设计知识的采用, 设计完成后终止工作。

5. 程序设计

5.1 程序设计语言的选择

由于软基处理专家系统需同时处理结构性和非结构性知识, 其设计语言应既具有较强的符号处理能力, 又具有较好的代数运算能力, 以及与现有数值分析程序接口。因此, 我们采用TRUE BASIC语言作为设计语言。它有以下特点: ①控制结构符合结构化程序设计理论, 用FORTRAN类语言编制的程序在不改变程序结构的情况下, 作少量改动便可在TRUE BASIC环境下运行; ②具有较强的符号处理能力, 能适应处理自然语言的需要; ③使用正文、记录、字节三种文件, 便于知识的表达和数据处理; ④允许建立外部子程序, 在小的内存下运行大型程序, 便于把不同功能的程序组织成高效的软件包。

5.2 程序设计

程序设计采用菜单操作、多窗口和多级外部子程序库。咨询部分是系统的主体, 其框图如图9。其功能有地基参数及有关信息的输入、修改、打印、进行咨询、输出咨询结果和知识库维护等。

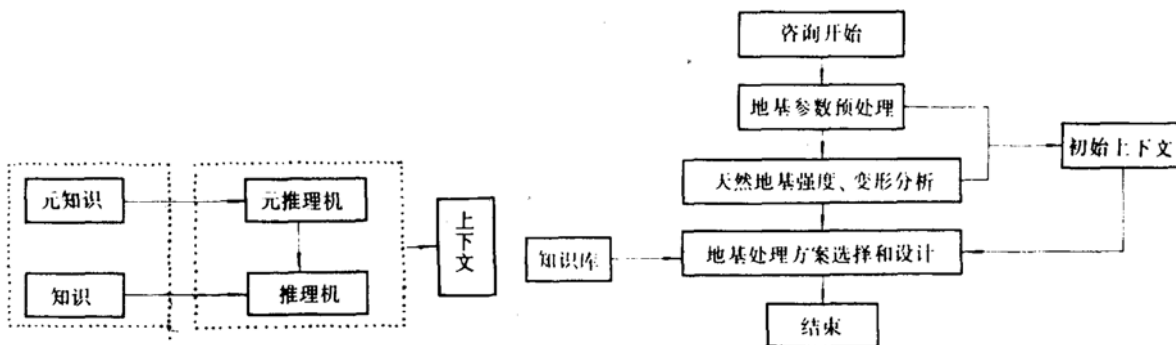


图8 推理机结构

图9 咨询系统程序框图

6. 举 例

本文研究仅是初步的, 特别是知识库很不完备, 本例仅说明系统的可运行性。输入一个软土地基的物理力学性指标及有关数据(表1)。系统得出的结果为文字说明和图两部分, 如图10。

表1

层号	土名	厚度 (m)	含水量 (%)	天然容重 (kN/m ³)	孔隙比	压缩指数	垂直向固结系数 (cm ² /s)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)
1	淤泥质粘土	6	50.8	17.2	1.413	0.42	0.00108	12	0
2	淤泥	3	54.9	17.0	1.505	0.38	0.00134	12	0
3	淤泥质粘土	4	45.0	17.8	1.236	0.30	0.00075	12	0
4	淤泥质粘土	5	43.66	17.8	1.217	0.30	0.0017	12	0

文字说明: 地基用堆载预压法处理, 排水垫层材料用中粗砂, 排水井用袋装砂井, 砂井长17.5m, 间距2.0m。

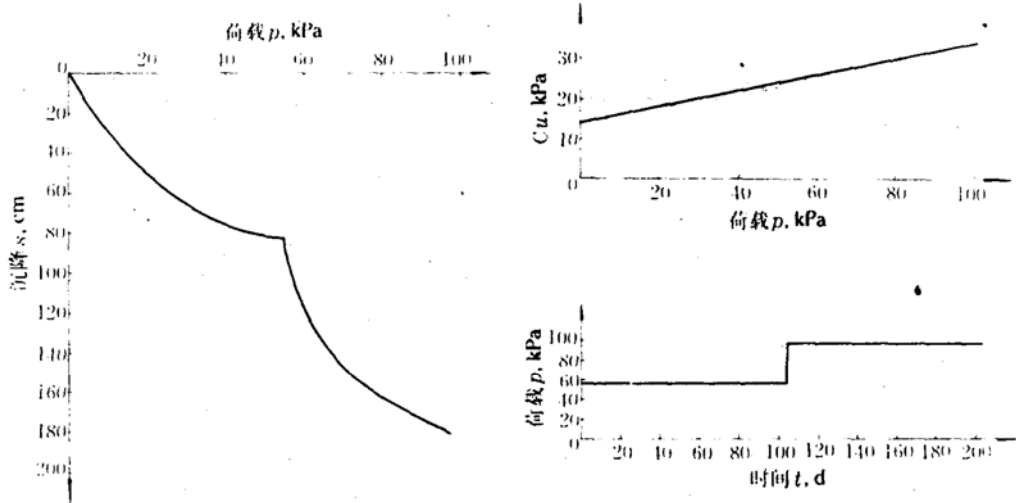


图10 咨询结果示例

7. 结 语

综上所述, 将专家系统技术应用于岩土工程领域, 研究建立若干问题领域实用专家系统, 对于解决知识不足和专家不足问题是可能的。这类系统的建立必须兼顾数据处理和知识处理两个方面。知识及知识库的表示方法必须考虑问题领域的特征, 并采用与之相适应的推理机制。象软基处理这类问题, 知识用基于规则的产生式表示, 知识库采用双层规则架结构, 推理机采用数据驱动为主, 辅以目标驱动的控制策略是可行的。

研究建立实用岩土工程方面的专家系统是一个新课题, 它是否具有生命力将取决于能否作出具有专家水平的解答, 这就依赖知识库的完备和水平。因此, 岩土工程知识问题的研究, 包括知识的表示方法, 知识库的结构, 特别是把专家们的知识移到计算机中, 建立高水准的知识库, 这是一项艰巨的长期的细致的工作, 有待人们去努力研究。

参 考 文 献

1. 孙瑞清. 专家系统原理. 北京: 气象出版社, 1987. 55~98.
2. 陈世福, 潘金贵. 知识工程语言与应用. 南京大学出版社, 1989. 10~57.
3. 吴信东, 邹燕. 专家系统技术. 北京: 电子工业出版社, 1988. 25~144.
4. 张鹤龄. TRUE BASIC语言程序设计[资料]. 1988.