

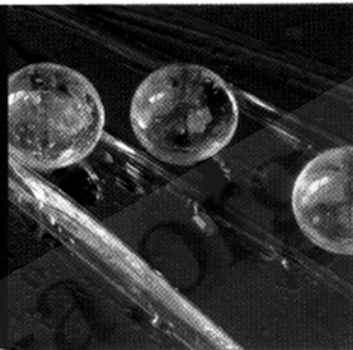
用 VC 建造混凝土抗冻专家系统

许丽华 (同济大学 计算机系 200092)

吴学礼 (材料研究所)

摘要: 本文主要介绍用 Visual c++ for windows 来实现混凝土抗冻专家系统,在系统设计用 VC 来进行推理、分析及判断的过程。本系统结构主体由知识库、推理子系统和帮助子系统组成。

关键词: 专家系统 Visual c++ 混凝土抗冻专家系统 知识库 推理机和用户接口



1 专家系统基础

1.1 专家系统及其在水泥砼领域发展现状

我国于 90 年代开始在水泥砼领域研制专家系统。南京化工大学于 1991 年研制了预防硷碱——集料反应的专家系统 [2]。1994 年原上海建材学院完成了关于硷耐久性 (抗冻性、碳化与 CL⁻ 离子侵蚀) 的专家系统 (第一阶段) [3]。1997 年,清华大学研制了关于高性能硷的配比设计及商品硷生产质量控制方面的计算机程序 [4]。混凝土抗冻性专家系统是九五攻关项目《重大工程硷安全性专家系统》的一个子系统。

1.2 专家系统的组成

专家系统一般由知识库、推理机、知识处理系统、解释系统和接口五个部分组成。知识库用于存储专家知识,是专家系统模型。为了象人类专家那样解决问题,专家系统必须获取足够的专家知识,知识获取主要有两种方式,一种是人工收集,另一种是系统通过自学自动获取知识,这

一种方式还处于探索阶段。目前主要通过人工收集的方式获取专家知识。即由开发者向有关专家咨询或从教科书、资料库等途径获取专家知识。

推理机用来从事实和知识推导出结论,专家系统的“思维”正是源于对存储在知识中的专业知识进行有效的推理。推理机除了具有推理能力外,还具有和用户进行交互的能力,可以向用户收集信息,并给出适当的结论。

专家的知识需要更新和扩充,知识管理系统用来帮助用户建立、修改和扩充知识库,应具有编辑、提供菜单和维护知识库的功能。

解释和帮助系统用来向用户解释专家系统得出结论的依据和过程。帮助部分是解释部分的补充。接口包括用户接口 (人机接口) 和外部接口,用户接口用来建立用户与系统之间的联系;外部接口则用来建立系统与其他系统之间的联系。

在专家系统中从人类专家获取的

知识流向知识库,使用者将信息通过人机接口送入推理机,推理机在知识库中检索有关知识,并应用这些知识进行推理提出进一步的问题,直到得出最后结论。如果用户需要,系统会提供相应的解释和帮助信息。用户通过知识管理对知识库进行管理。

2 专家系统开发平台与开发工具的选择

专家系统的实现就是构造由以上内容组成的专家系统外壳 [6]。专家系统的外壳一般有两种实现方法:一是利用专门开发工具制作专家系统的外壳,如 INSIGHT, GURU 等。利用这类工具可以比较容易建立知识库和推理机等,但使用这类工具前必须先学习它们的使用方法,在一定程度上也受某些限制。二是利用高级语言 (如 Visual C++, Prolog, VB 等) 制作专家系统的外壳。此种方法较为灵活,但编写代码的工作量大。

在本系统的开发中专家系统的开发平台也可以有多种选择,如 MSDOS、Windows、以及近期较受关注的 Linux 等。选择合适的操作系统平台与开发工具对专家系统开发工作非常重要。本系统选用 Windows 作为系统开发平台,将使系统更直观、更方便和更美观。为了体现本系统在计算机技术方面的先进性,我们选用 Visual c++ 6.0 for Windows (简称 VC) 为程序设计语言。VC 是 90 年代主流的程序设计

语言。使用 VC 具有很多优点，VC 支持面向对象的程序设计方法，基本思路是按人类通常的思维模式建立应用软件的开发模型，非常接近于人类的思维活动。

3 混凝土抗冻专家系统的设计

本系统包括三个主要组成部分：知识库、推理机和用户接口。我们用 VC 中的结构、枚举、函数原型、数组及函数名重载等来描述专家系统的知识库。特别是函数名重载，其含义是：一个函数名或运算符可以在相同的作用域内具有多种含义，其不同含义依赖于函数或运算符选择不同的参数类型，共享同名的函数被称为重载。函数名重载在本系统编程中广泛应用，它提供了将类和推理连接起来以响应用户查询的一种工具。

使用 VC 在本系统编制推理机也十分方便，由于 VC 是一种面向对象的语言，而在专家系统中能将对象看成是实体在计算机中的表示。对象能在单个实体中封装数据和操作。对对象进行抽象形成类；通过封装把对象定义与应用分开，类可以通过继承机制来实现事物内涵的扩大及外延的缩小。由此形成了类的动态聚合性及实体的多态性，为专家系统的知识和被模拟领域中的实体的表示提供条件。本系统的用户接口要求可用性强和良好的交互性，这点用 VC 的类库开发的应用程序来实现更是得心应手。而且 VC 基本类库成功地面向对象和事件驱动的程序设计概念结合起来，为高效地编写和调试应用程序提供了方便。

下面我们具体介绍各部分实现过程。

3.1 知识和知识库

知识是本系统制定决策的基础。

知识是以各种方式把一个或多个信息关联在一起的信息结构。本系统把知识用 BNF 形式定义如下：

<知识>::=<信息列><关联><信息列>|<信息列><关联><知识列>|

<知识列><关联><信息列>|<知识列><关联><知识列>

其中：

<信息列>::=<信息>|(<信息>的一个序列)

<知识列>::=<知识>|(<知识>的一个序列)

<关联>::=<各种关联运算符>

这里指的关联是具有方向性的，但其含义可以是各种各样的，而且关联方式既可以是一对一的，也可以是一对多的，还可以是多对一的，甚至是多对多的。

本系统中的知识按其含义来分大体上可分为：事实、规则、推理方法和理论等。

(1) 事实：事实指人类对客观事物属性的值的描述。一般这种知识中不包含任何变量，可以用一个值为“真”的命题陈述来表示。

例如：水密度 为 1000 Kg/m³ 环境温度低于 0 度或高于 - 3 度 事实表示了客观事物在条件下各种属性的真实的值（或状况）。

系统用全局变量、局部变量和数组来实现系统的事实。这部分较为简单。

如：Rc=1000; //全局变量 Rc 表示水密度 1000 Kg/m³

char *String2 []={"低于 0 度或高于 - 3 度","低于等于 -3 度, 高于 - 10 度","等于低于是 0 度"} //用指针数组 String2 [] 表示环境状况的字符串

(2) 规则：规则指可以分解为前

提（条件）和结论两部分的那种能够表达因果关系的知识，因此其一般形式为：

如果 A 则 B

其中 A 为判断的前提，B 表示结论或应采取的动作，规则的执行是由 A 产生 B。

例如：设定前提 A 为“若坍落度 SL₀>90mm”，则结论 B 取为“建议采用减水剂”。

由于一条规则的结论，又可能是另一条规则的前提（或前提的一部分），因此本系统用这类知识根据演绎推理形成一条推理链。

例如在上例建议采用减水剂的情况下：

“若采用普通减水剂，则 SL=SL₀-80mm，若采用高效减水剂，则 SL=SL₀-120mm”。

注：SL₀ 为坍落度，采用减水剂后，坍落度应相应减少。

本系统中用类来实现这类知识，如确定砼的配制强度（R_配），可以通过参数强度均方差（f_B）调整配制强度（R_配）。

```
float FCD::ConfectIntensity(float fB)
```

```
{ float fA;
```

```
fA=Rb+1.645f*fB; //Rb为
```

砼标准强度，f_B 为强度均方差

```
return fA;} //返回配制强度
```

用类实现这些规则比条件语句灵活、方便。在程序中可以让用户选择各种方法输入参数，如强度均方差 f_B，然后调用相应的类。

系统中还有一些规则是带变量的，但当规则中的变量一旦被实例化为一个具体的值，

规则就变成了一条具体的不带变量的规则。如确定混凝土的砂率（%）时，当确定水灰比后，根据粗集

料规格就可以用表 1 求出砂率。

表 1 混凝土砂率确定表

水灰比 (W/C)	卵石最大粒径(mm)			碎石最大粒径(mm)		
	10	20	40	1	20	40
0.40	26~32	25~31	24~30	30~35	29~34	27~32
0.50	30~35	29~34	28~33	33~38	32~37	30~35
0.60	33~38	32~37	31~36	36~41	35~40	33~38
0.70	36~41	35~40	34~39	39~44	38~43	36~41

可见,随着变量实际水灰比和粗集料规格的不同,砂率取为各种不同的值,也就是可从一条规则引出许许多多具体的规则,这类知识是比一般不带变量的规则反映现实更深刻的一种知识。

对表格的处理我们说明如下的类: int FCD::GetRp5()

```
{
    ....
    if(CW>0.7) SP=0.4 //边界条件,水灰比>0.7砂率取0.4
    else if(CW<0.4) SP=0.28 //边界条件,水灰比<0.4砂率取0.28
    else { fa=CW;
        for(iA=0;iA<24;iA++) //表格共24项
            if(iType==F6 [iA]
                .iType&& iStoneMax==F6 [iA]
                .iMax&& \
                    fa>F6 [iA]
                .fa&& fa<F6 [iA] .fa) break; //如果集料为最大值
            SP=F6 [iA] .Domn+(CW-fa)*(F6 [iA] .Up-F6 [iA] .Domn)*10
        } //采用插值法求水灰比
    .... }
}
```

(3) 推理方法:是知识很重要的一部分,用它可以从已有的知识推出新知识,是获得知识的重要方法。我们在下面介绍本系统所使用的推理方法。

(4) 理论:知识处理中,更复杂的一类知识称之为“理论”,理论是一种

知识体系,是由上述知识构成的更高层次的知识。理论亦称“知识空间”,形式上,它由一组概念,若干条公理(事实),若干条推理规则(法则)和一组解题方法和环境约束组成。特别是概念与解题方法,在本系统中充分反映了抗冻性混凝土领域的特征。

本系统的知识库既不同于普通意义上的数据库,也有别于现行一般的专家系统知识库的典型格式,而是针对抗冻性混凝土系统设计中经常遇到的设计复杂、公式繁琐和设计经验特点,按照知识的二分法建立起来的纯产生式知识库。所谓“知识的二分法”就是将本系统设计专家所拥有的知识分为两类,第一类称为专业范畴内的事实,即为广大设计者所公认的专业理论及公式。第二类称作探试式的知识,即系统设计专家在专业领域的正确设计和正确判断分析的知识,又称凭多年实践经验得到的知识。根据这种“二分法”将本系统设计中应用的公式逐一分门别类地编排成子程序,形成子程序库,再汇集本专家在设计过程中积累的设计经验,整理编排成适于在计算机上运行的规则集。子程序库和规则构成了抗冻性混凝土系统的知识库。具体设计时,子程序的编排及子程序库的建立方法,类似于传统的程序设计方法;而规则集则是采用产生式专家系统的设计方法,即把设计专家的设计经验以“IF A THEN B”的形式编成一条条互相独立的规则,顺序排列成规则集。

其他例子不再这里细述。

3.2 专家系统的推理机制

推理机制是专家系统的一个主

要组成部分,它采用一定的控制策略,对推理过程进行控制。简单地说推理就是依一定的原理从已有事实推出结论的过程。

在本系统中,采用以下三种基本推理方法:

(1)数据驱动型推理:系统利用C++建立了许多类函数,各个类函数好比一个对象,对类函数发布引用、设置、撤消的消息,类函数自动地改变工作存储器中的相应部分并作出调整来模拟人的智能活动。由此可知,只要管理对有直接联系的类函数发送信息,而不必关心接受信息的对象的实际处理,这样既减轻了整理知识的负担,又可以易于理解的形式来整理知识。

(2)正向推理:正向推理即对当前工作存储器的状态,选择条件部分成立的规则并执行在行动定义的过程,改变工作存储器的状态。对变化了的工作存储器,再次进行规则的选择和执行的执行,如此反复进行。在本系统的抗冻混凝土配合比设计中,采用正向推理形式,即从已知的信息出发,选用合适的知识,逐步求解待解的问题。

正向推理求解的条件是:具有一个存放当前状态的“数据库”,一个存储知识的“知识库”和一个进行推理的推理机。系统工作的程序是用户提出解问题有关的信息,推理机根据这些信息从知识库中选取适用的知识,再根据当前状态选用知识求出解来。

正向推理的详细处理过程如下:

- ①断言一个事实。
- ②使事实与某个规则的前提相匹配。
- ③完成事实与前提的合一替换。
- ④把替换应用于规则的结论。

⑤断言结果,并把它应用于进一步的推理。

⑥重复步骤 1-5。

从上述算法看,好象问题很简单,然而事实上,总是要比想象的复杂得多,比如,根据当前状态在知识库中适用合适的知识,这就涉及到什么样的顺序查找,如何判断知识是否可用等等。系统中涉及的查找方法有顺序查找,索引查找,指针链查找等方法。判断知识是否可用更要复杂一些,一般很少用直接匹配,而要考虑问题的表示方法和知识运用条件的形式。

若适用的知识只有一条,系统将毫无问题地应用它,若适用的知识不止一条,则出现在这些适用知识中选用哪一条的问题,就有正向推理的改进。

例如系统的第一部分是混凝土基本配合比设计,其中有多个窗体组成,为用正向推理形式,从已知的信息出发,选用合适的知识,逐步求解待解。系统使用了一系列类:

```
int (FCD:: * TurnFunction []
)(void)={&FCD::GetRp1
,.....,&FCD::GetRp16};
```

而推理的方向由 fcd->iStep 进行控制。若用户断言的一个事实与某个规则的前提相匹配,当前的 GetRpX(X 为 1-16 中之一)完成事实与前提的合一替换,并把替换应用于规则的结论,通过 Windows 的消息机制传送出去,并执行:

```
fcd->iStep= fcd->iStep+1;
```

这种处理方向还适合系统的回溯,只要执行

```
fcd->iStep= fcd->iStep 牒 1;
```

即可。

(3)反向推理:反向推理即预先确定了要验证的项目,反向(从验证

项目向事实)运用规则来分析各项目成立的可能性。系统的第二部分抗冻性评估大量使用了反向推理。

3.3 专家系统软件结构

本系统功能部分由几个子模块组成,有些子模块又由相应低一层次子模块组成。

(1)抗冻混凝土配合比设计。由三个子模块组成:①混凝土基本配合比设计 ②混凝土含气量设计 ③引气混凝土配合比设计。

(2)抗冻性评估。此模块由二个子模块组成,①配合比评估法;②混凝土样芯评估法。

此外还有保存结果、察看结果、打印功能和帮助系统等组成。帮助系统部分又包括联机帮助与工程实例照片等。在这里就不再一一介绍了。

4 用 VC 开发专家系统软件设计特点

4.1 知识与知识处理机构分开和互相独立的原则

系统中有独立存放知识的知识库以及作推理、搜索或解释等功能的推理机和解释模块等。这使系统有很好的模块性、可扩充性与可维护性。

4.2 按系统功能实现模块化构造的原则

为了使结构清晰、调试容易。系统采用按系统功能严格分割模块的构造原则,把系统分成几个互相比较独立的功能模块。

4.3 良好的交互性

系统的软件界面采用 Windows 的窗口对话形式,系统中运用命令菜单、下拉式菜单、单选框、多选框、文本框等各种形式以方便用户,若这些框呈暗淡色,说明这些框暂时不能使用,当用户输入一些条件后,相应的功能框就能使用了。

系统能区分不同的情况给出不同的对话框,有时系统根据实际情况给出减水剂的品种和用量提示;有时系统根据情况给出单选框,请用户自行选择,同时给出系统的建议值用户选择。这样的设计方式,既保证了系统的完整性,同时又方便了用户,减少了用户的输入操作,而且使不熟悉抗冻性混凝土知识的人员也能很好地使用本系统,提高了系统的通用性。用户在操作过程中,可用标题栏上的“?”把光标移到需查询的文字上,就可以获得此名称的解释和操作帮助,若用户觉得这些在线的帮助还不够,可利用工具栏上的“帮助”按键得到详细的操作帮助。

为了使用户在输入过程中随时了解中间信息,本系统在内存中开了一个缓冲区,存放各种中间结果和各功能模块的通信消息等。即在画面的右面设置了“信息框”,以反映操作中得到的动态的数据变化。用户可用“保存功能”把“信息框”中有用信息保存在文件中,以备以后查看。以后希望再查看此结果时可用“打开功能”恢复“信息框”的内容。■

