

## 饲料加工工艺设计专家系统的设计

刘贤喜<sup>①</sup> 陈忠良 李晓民

(中国农业大学 CAD 中心)

**摘 要** 采用面向对象的设计方法,开发了基于 Windows 的配合饲料加工工艺流程设计专家系统(FPES)的实现技术。该系统根据人类专家的设计知识,从饲料厂工程设计大纲入手,能自动完成设备选型、设计计算、参数选择、流程图绘制等工作。

**关键词** 面向对象; 饲料加工工艺; 专家系统

**中图分类号** S 818.1; TP 39

## Design of Feed-processing Expert System

Liu Xianxi Chen Zhongliang Li Xiaomin

(CAD Center, CAU)

**Abstract** The design technology of the feed-processing expert system for windows by the object oriented method is introduced. The selection of equipment and parameters, design and calculation, as well as the flow chart drawing according to expert knowledge can be conducted by this system.

**Key words** object oriented; feed-processing; expert system

饲料加工工艺设计是饲料厂工程设计中一项首要的和关键性的工作。这不仅因为工艺设计是一切后续设计工作的基础和依据,而且工艺设计本身对饲料产品的性能指标有决定性意义<sup>[1]</sup>。传统的饲料加工工艺设计主要依靠饲料工程专家的思维劳动,对饲料厂的工艺流程、工艺规范、工艺参数、加工设备等进行分析、计算、对比、优选和规划,确定最终方案,再辅以手工或计算机绘图来表达其设计成果。随着饲料厂自动化、智能化水平的提高,其工艺路线越来越复杂,设计工作量也越来越大,尽管采用了计算机辅助设计系统(如 Auto CAD),也仅仅是利用计算机进行工艺流程图的辅助绘制,而无法模拟人类专家进行智能化的设计计算、分析判断,更不能有效地利用专家的经验知识。专家系统集人脑知识、思维和电脑的高速、不疲为一体,为饲料加工工艺的智能化设计开辟了一条新路。

### 1 FPES 的主要模块与功能

配合饲料加工工艺设计专家系统(FPES)的组成见图 1。本系统是利用 Borland C++ OWL, Auto CAD ADS 开发的一个基于 Windows 的面向对象(object oriented)的设计型专家系统,其主要模块与功能如下。

1)设计大纲输入模块:主要用于输入并存储饲料厂的设计大纲或依据,如产品类型、主副原料、生产能力(规模)、投资金额和出厂(包装)方式等信息。

收稿日期:1997-12-15

<sup>①</sup>刘贤喜,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)212 信箱,100083

2) 知识库: 由事实概念库、设计规则库和设备符号(图形)库组成。它收集了我国配合饲料加工工艺设计方面的标准和规范<sup>[2]</sup>、饲料加工设备符号和专家的设计思想、专业知识及实践经验等。

3) 动态数据库: 用于动态存储推理过程中的当前信息、中间结果等, 以便跟踪推理过程和解释推理结果。

4) 推理机制: 用于控制、协调整个系统的运行, 根据当前输入的设计

要求和动态数据库, 利用知识库中的现有知识, 按一定的推理策略, 模拟专家选配和优化加工工艺方案, 并把结果传送给 Auto CAD。

5) 知识获取: FPES 具有交互学习功能, 可随时扩充、修改或更新知识库中的现有知识, 以适应饲料工业的技术发展, 不断完善专家系统本身。

6) 工艺流程图绘制模块: 接收推理信息和有关数据, 分析计算工艺参数, 自动选取加工设备, 处理、规划设备符号及位置, 智能模拟设计人员操作 Auto CAD, 生成加工工艺流程图。

7) 人机接口: 采用友好的 Windows 图形用户界面(GUI)和在线帮助机制。

使用时, 用户只需通过交互方式输入或选取设计要求, 如饲料厂名称、产品类型、主副原料、生产能力(规模)、投资金额和出厂方式等信息, 系统便模拟人类专家, 根据设计要求选择并加载知识库, 进行推理匹配, 最后自动控制 Auto CAD 生成工艺流程图。若用户对设计结果不满意, 可通过“再设计”菜单进行自动再设计, 也可利用本专家系统在 Auto CAD 环境下生成的“饲料加工工艺”下拉菜单, 进行人机交互修改, 并可通过知识修改模块添加或修改知识。

## 2 面向对象的知识表示与推理机制

知识表示就是将关于世界的事实、关系、过程等编码成为一种合适的数据结构, 即寻找知识与表示之间的映射。知识库的组织 and 结构是专家系统的核心问题<sup>[3]</sup>。面向对象的方法是知识表示的一种新的、理想的形式。在面向对象系统中, 现实世界中任一个事物、概念等都被定义为一个对象, 具有相同特性的对象抽象为一个类(对象类), 将数据和操作封装在对象的统一体中, 作用在对象上的所有操作都是通过传递消息来实现的<sup>[4]</sup>。FPES 根据饲料加工工艺设计知识的特点, 采用面向对象的产生式规则来表示知识。

笔者把饲料工程设计领域内常用的概念或术语抽象为事实类(fact class), 把一个具体的概念或术语定义为事实对象(fact object), 形式为( $\langle \text{Object} \rangle, \langle \text{Attribute} \rangle, \langle \text{Value} \rangle$ )。其中: Object 为具体的事实, 如鸡饲料、玉米、粉碎机; Attribute 为事实具有的某一特性; Value 是一个广义的概念, 可以是数值、字符串或指针等。先把加工设备符号用 Auto CAD 建成图形库, 并建立设备名称与其符号意义的对应关系和检索机制, 每一设备本身也是一事实对象。

产生式规则由一组条件和结论组成, 其形式为( $\langle \text{Rule-name} \rangle, \langle P(p_1, p_2, \dots, p_m) \rangle = \langle A(a_1, a_2, \dots, a_n) \rangle$ ), 其中 Rule-name 为规则名,  $P$  是前提条件集合,  $A$  是结论或操作的集合。把

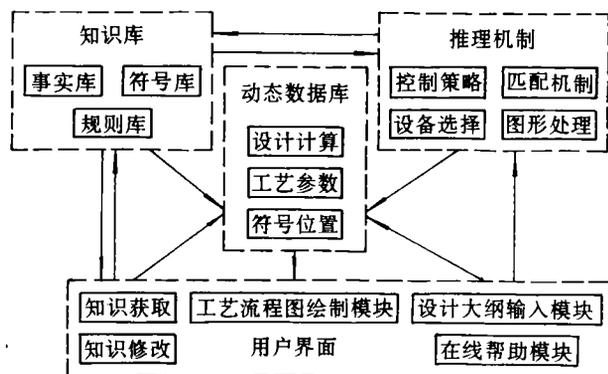


图1 系统组成示意图

饲料加工工艺设计规范、标准及专家的知识经验定义为规则对象(rule object),把规则的结构及其推理使用定义为规则类(rule class),由规则类生成的所有规则对象组成知识库,对知识库的操作方法由规则类的操作方法提供。规则的结构如图 2。

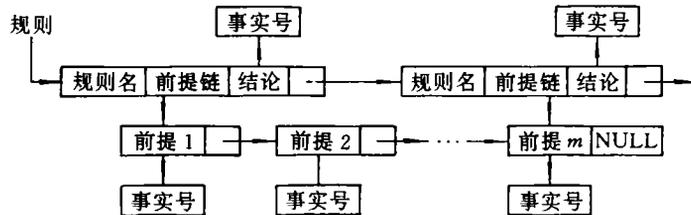


图 2 规则的结构

利用 Borland C++ 对规则类的定义如下:

```
class rule          // 定义规则类
{
    int No;          // 规则号
    list * Pre;     // 前提链表
    char Conc[11];  // 结论
    .....
public:             // 以下为规则类的公共成员
    rule * Next;   // 指向下一条规则
    rule( );       // 构造函数
    int Query( );  // 推理函数
    .....
};
```

FPES 中除规则库外,还有 1 个事实库和 1 个设备图形符号库。

FPES 采用基于规则的数据驱动推理机制,即对知识库中的规则进行搜索和匹配从而推理出问题的解。这由笔者自行定义的规则类成员函数(推理机)来实现。推理机首先把用户的输入设计要求转化为能与知识库规则中的前提条件相匹配的形式并建立动态数据库。在推理过程中,推理机动态数据库的信息从知识库中选取适用的知识,当事实与某个规则的前提相匹配时输出饲料加工工艺的有关信息,随之改变动态数据库的内容并转向新的匹配过程,循环往复,直到整个流程图绘制完毕为止。在 Query 函数中,笔者采用指针链查找方法和冲突裁决策略,较好地解决了知识查找方式和怎样判断知识是否可用的复杂问题,提高了推理效率。

### 3 FPES 与 Auto CAD 的消息传递和流程图的生成

Auto CAD for Windows 是世界上最流行的通用 CAD 平台,在我国用户众多,影响深远。特别是其开放的体系结构,允许用户和开发者在几乎所有方面对它进行扩充和修改,能最大限度地满足用户的特殊要求。ADS(Auto CAD Development System)为在 Auto CAD 上进行二次开发提供了更有力的编程手段<sup>[5]</sup>,它没有直接提供面向对象的 C++ 的支持,但现有的许多编译器都支持 C++,如 R12 for WIN 版,因此可用 C++ 对 ADS 进行面向对象的封装。

为了便于 FPES 与 Auto CAD 之间相互传递消息,关键是要利用 Windows 的消息传递机制登记窗口消息和获取窗口句柄<sup>[5]</sup>(如图 3)。

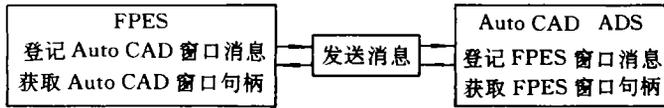


图 3 FPES 与 Auto CAD 消息传递

登记窗口消息时,笔者采用 Windows API 函数 RegisterWindowMessage,并用 FindWindow 函数来获取窗口句柄,然后利用消息发送函数(SendMessage)来实现 FPES 与 Auto CAD 之间的命令或数据的传递。

笔者在 Auto CAD 中按饲料加工专业标准建立饲料加工设备符号图形库,利用 ADS 开发了几个智能模块来绘制流程图,如加工设备符号(图块)几何信息的自动获取模块,由设备符号自动识别设备名称的模块,自动确定设备位置、设置图形比例、图幅、明细表等的模块。

对加工符号几何信息的自动获取,是智能化绘制工艺流程图的关键,但 Auto CAD 不能直接获得未炸开图块所包含的几何实体信息。笔者利用 ADS 和图形数据交换标准码实现了对图块全部几何信息的自动获取,并自动区别设备符号和非设备符号,通过设备符号还可判断出设备名称和类型,最后自动生成标题栏和明细表,完成整个流程图的绘制工作。

## 4 结 论

计算机及其相关技术的发展不仅要求 CAD 具有交互性、综合性,而且对其自动化、智能化提出了更高的要求。面向对象的开发技术能够数十倍地提高软件的生产率和可重用性,更可彻底解决软件维护困难和维护量过大的问题。

笔者利用配合饲料厂工艺流程设计实例对 FPES 进行了测试。结果表明:用 FPES 进行流程图设计,不仅有助于加快设计进程,提高设计质量,缩短设计周期,而且能够不断地积累、储存专家知识和经验,具有实际应用价值。

## 参 考 文 献

- 1 庞海声,饶应昌. 配合饲料机械. 北京:农业出版社,1989. 403~416
- 2 SBJ05—93,饲料厂工程设计规范
- 3 冯培恩,刘 瑾. 专家系统. 北京:机械工业出版社,1993. 6~7
- 4 殷国富. 工程专家系统技术及其应用. 成都:成都科技大学出版社,1993. 63~68
- 5 方 铁. Auto CAD C 语言高级编程. 北京:清华大学出版社,1995. 260~261