

# 一种设计型专家系统模型及其实现

郝博 蔡青 高光焘 杨彭基

(西北工业大学 CAD/CAM 研究中心, 西安, 710072)

## A MODEL FOR DESIGNING EXPERT SYSTEMS AND ITS IMPLEMENTATION

Hao Bo, Cai Qing, Gao Guang-tao, Yang Peng-ji

(Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072)

**摘要** 针对工程设计的复杂性、规模, 提出了一种通用的设计型专家系统模型, 讨论了该模型的特点; 并结合飞机结构中压延零件成型方案的确定及其模具设计, 论述了该模型专家系统的实现方法。

**关键词** 专家系统模型, 设计型专家系统, 知识表示, 黑板结构

**Abstract** As the characteristics of engineering design are considered, a universal model for designing expert systems is presented. The model is given on the basis of HEARSAY-III. The model possesses quite a few new features. By use of the model, the knowledge for designing can be expressed and dealt with easily, and expert systems can be established easily. The designing expert systems based on the model are able to solve complex designing problems effectively. With the model, an expert system for designing deep-drawing dies is constructed. The performance of the dies proves that this model is effective and practical.

**Key words** Expert system model, designing expert system, Knowledge representation, Blackboard structure

目前, 设计型专家系统主要是基于规则和黑板结构。基于规则的专家系统可处理简单的设计问题; 基于黑板结构的专家系统可处理较复杂的设计问题, 但系统处理效率不高。本文提出了一种可处理较复杂设计问题的专家系统模型。应用这种模型已为工厂初步建立了压延模设计专家系统, 用来设计简单的或稍复杂的航空压延零件的加工模具。实践表明是较为有效的, 模型系统的性能是良好的。

## 1 模型

压延零件成型工艺方案确定及其模具设计的复杂性较高, 范围较宽, 规模中等。考虑这些因素, 专家系统模型应具有较强的通用性, 由 HEARSAY-III 黑板系统推导出来。

### 1.1 HEARSAY-III 黑板系统模型

1990年4月20日收到, 1991年3月2日收到修改稿

国家自然科学基金资助项目

HEARSAY-III 黑板系统模型结构如图 1 所示<sup>(1,2)</sup>。其具有的特点是：(1) 适合处理中等或较大规模问题及较复杂的问题；(2) 模型系统处理的问题复杂，系统复杂性小；系统处理的问题简单，系统复杂性大；(3) 模型系统的通用性较强；(4) 模型系统处理效率低；(5) 系统可维护性一般。

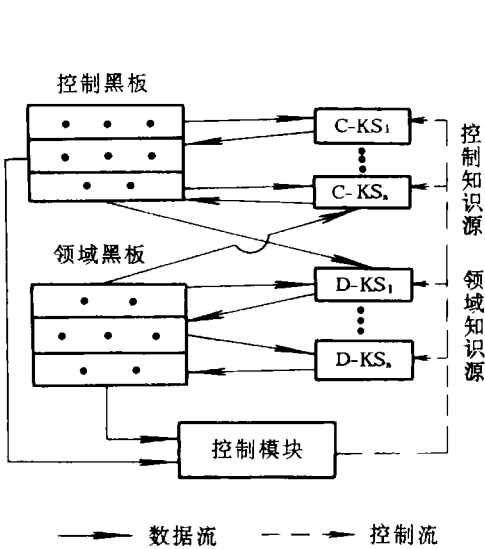


图 1 HEARSAY-III 系统模型结构

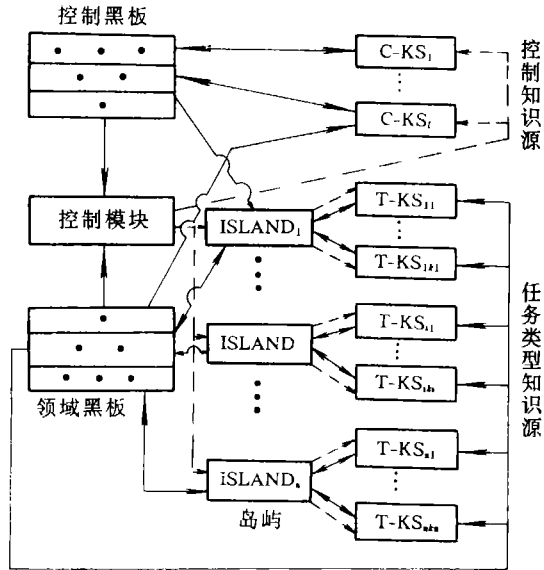


图 2 设计型专家系统模型结构

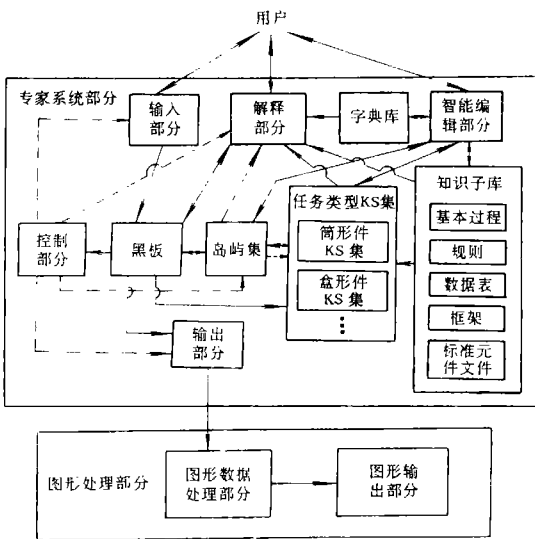


图 3 压延模设计专家系统结构

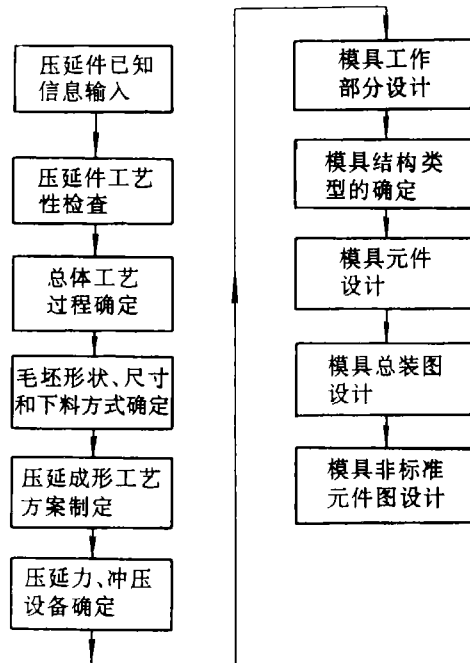


图 4 系统总的工作流程图

## 1.2 对 HEARSAY-III 模型的改进

HEARSAY-III 模型中知识源是程序型的。如果放宽对领域知识源的要求, 领域知识源既可是程序型的, 又可是智能模块型的, 模型系统将可处理更复杂的问题。此外, 在控制模块和领域知识源之间增加一些岛屿, 一个岛屿管理几个领域知识源。这样, 可把一部分具体的过程性控制知识分散到岛屿中去。为了方便, 把领域知识源改名为任务类型知识源。改进后系统模型结构如图 2 所示。和原模型相比, 新模型系统具有特点: (1) 处理效率提高; (2) 通用性增强; (3) 可处理问题的规模增大, 处理问题的复杂性有所提高; (4) 系统复杂性稍有增加; (5) 系统可维护性略有降低。本文采用了改进模型构造了压延模设计专家系统。

## 2 压延模设计专家系统

压延模设计系统是在 CDC830-130 机上开发的。系统结构如图 3 所示。系统可分成两部分: 专家系统部分和图形处理部分。专家系统部分是系统的核心, 以 LISP 语言为其具体实现环境; 图形处理部分以 FORTRAN 语言为实现环境。专家系统部分输出过渡零件尺寸、模具尺寸及其它数据; 图形处理部分对这些数据进行处理, 输出零件和模具的图形。图 4 是系统总的工作流程图。

系统中的知识以多各种型式表达。从高到低分为 4 个抽象层次: 控制 KS、岛屿、任务类型 KS 和基本知识表示 (基本过程、规则、表、框架和数据文件)。其中, 任务类型 KS 和岛屿是比较重要的两种知识表达型式。

### 2.1 任务类型 KS

KS 设计任务表示型式, 如表 1 所示, 由输入方式 (SPECI-PAR、SPETYE、PARKEY、SPEPRO)、任务处理方式 (TASK-PROCESSING、RESULT-ORGANIZATION) 和结果格式 (GOAL、RESULT-PAR、GOTYE) 组成。输入方式表示任务的输入参数、参数求值方式等; 任务处理方式是该类型任务的具体处理方法, 包括任务解决者 (可以是具体任务处理者, 也可以是任务处理网络, 其型式依任务的复杂程度而定) 和结果组织者; 结果格式是任务的结果表示型式。

表 1 任务类型 KS 基本属性

基本属性	定义
SPECI-PAR	输入参数集
SPETYE	输入参数总求值方式
PARKEY	输入参数求值方式
SPEPRO	输入参数求值程序
TASK-PROCESSING	具体任务处理者或处理网络名
RESULT-ORGANIZATION	结果组织者
RESULT-PAR	输出参数集
GOAL	子任务类型集
GOTYE	子任务属性

## 2.2 岛屿

岛屿用于管理和处理设计任务。一些任务类型具有某些共性，这些任务的处理方法就有一些共同特征；因此，可由一个岛屿对其统一管理和处理。如表 2 所示，岛屿由触发条件（VUL）、处理者（JSOR、PROCESSOR）和局部库（TABNA、TADNA、MODE）组成。触发条件是岛屿能处理的任务类型集合。岛屿既能处理一定类型任务，又可为控制 KS 检索某些它所管理的信息。岛屿的处理者有两个，任务处理者和信息检索者。局部数据库主要存放与任务处理相关的一些信息。

表 2 岛屿基本属性

基本属性	定义
VUL	触发条件
TABNA	有关任务类型 KS 地址
TADNA	有关任务名地址
TAPREN	有关任务优先级子库名
MODE	有关任务处理网络地址
JSOR	信息检查者
PROCESSOR	任务处理者

## 2.3 系统的控制

系统控制通过控制模块、控制 KS 和黑板来实现。黑板是系统的全局工作区，描述问题求解的中间状态；其上动态知识用特性表和框架表示。黑板分为两部分：控制黑板和领域黑板。控制黑板存放系统自身行为的控制启发和决策；领域黑板存放问题求解的中间结果。

2.3.1 控制黑板 分为 4 个层次：VG、PENDING、ACTIVE、ISLAND，如图 5 所示。任务的输入参数有两种类型，一种是必要参数，即对任务进行处理之前必须要求值的参数；另一种是辅助参数，这些参数值未知，也可对任务作一定的处理。待激发任务就是必要输入参数值不全已知的任务；已激发待处理任务是必要输入参数值全已知的任务；当前处理任务是当前要处理或正在处理的任务；当前岛屿是处理当前任务的岛屿。

2.3.2 领域黑板 分为 4 个层次：RESULT、DICTIONARY、CONCRETE-TASK、CHANNEL，如图 6 所示。RESULT 层主要存储已处理任务的数据结构信息；DICTIONARY 层存储当前已出现类型任务的当前可用任务名；CONCRETE-TASK 层用以存储当前待处理、正在处理和已处理任务的动态信息；CHANNEL 层用于岛屿与全局的数据通信。控制 KS 要求岛屿检索指定任务的有关信息，岛屿通过 CHANNEL 把检索结果返给控制 KS。

## 2.4 系统的求解策略

求解策略是将复杂任务分解成多个简单的任务，然后再对简单任务进行处理，直至把问题解决<sup>[3]</sup>。系统的专家系统部分就是用这个策略对用户输给系统的设计任务进行处理。其处理过程是把待激发、待处理任务转换成已处理任务，如图 7 所示。用户输入任务首先成为待激发任务；当待激发任务的必要输入参数值全已知时，任务就转换成了已激发待处理任务；已激发待处理任务中最重要的任务，即优先级最高的任务，将被选为下次的当前处理任务。当前任务的处理结果有两种可能，一是处理顺利完成，当前任务变为已处

理任务，其子任务成为待激发任务；二是处理部分完成（只获部分解），主要是因为任务的有用的辅助参数值不全已知，那么该任务暂缓求解，其优先级别降低，任务重新成了已激发待处理任务。

VG:待激发任务集
PENDING:已激发待处理任务集
ACTIVE:当前处理任务
ISLAND:当前岛屿

图 5 控制黑板结构

RESULT:当前结果数据结构
DICTIONARY:任务名字典
CONCRETE-TASK:具体任务表示
CHANNEL:通信通道

图 6 领域黑板结构

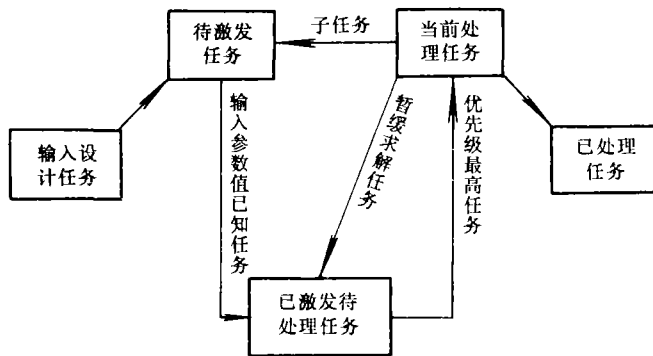


图 7 任务状态转换图

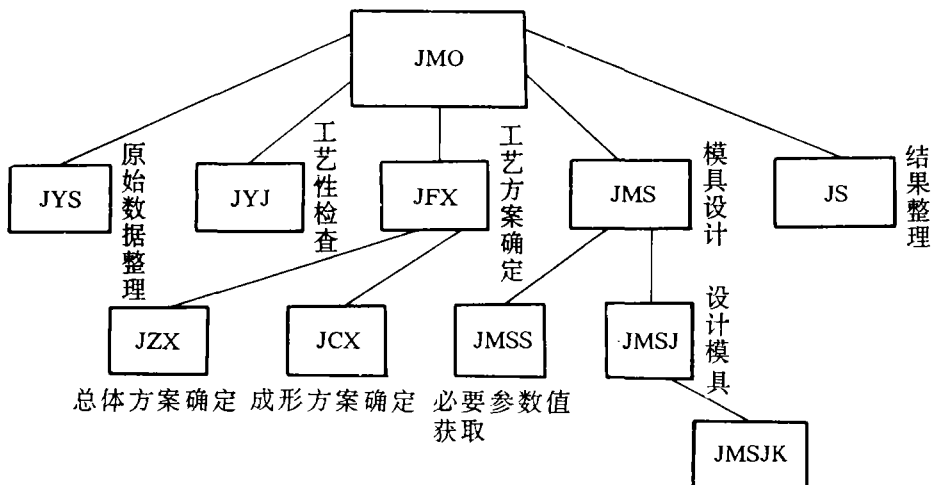


图 8 盒形件模具设计任务类型分解图

表3 岛屿集

岛屿	岛屿可处理的任务类型	任务特点
NODE-F	JMO JFX JMS	无输入参数,无输出参数
NODE-N	JYS JMSS JYJ JZX JCX	无子任务
NODENG	JMSJ	子任务数量不定
NODENI	JMSJK	任务输入参数值通过知识源求得
NODEOUT	JS	任务结果输到指定文件,输出参数不存值

表4 任务优先级

优先级 任务级	任务类型	JMO	JYS	JYJ	JFX	JZX	JCX	JMS	JMSS	JMSJ	JMSJK	JS
	*-1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*-2		1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1
*-3		1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.2	11.2

### 3 示 例

以盒形件模具设计任务为例,基类型分解简化图如图8所示<sup>[4]</sup>。任务类型共有11个,根据这11个任务类型的特点,用5个岛屿进行管理,如表3所示。规定任意任务类型 $X_i$ 的任务名字集为: $\{X_{i-1}, \dots, X_{i-n}\}$ 。例如,JMO的任务名集为 $\{JMO-1, \dots, JMO-n\}$ 。盒形件模具设计任务的优先级如表4所示,其中,\*代表任务类型;如优先级为1的任务名是JMO-1。优先级值越小的任务,其优先级别越高。已知这些信息,系统基本上就可以对盒形件模具设计任务进行处理了。假定一盒形压延零件需要两次压延方能成型,用户把该零件的模具设计任务输给系统,则系统的专家系统部分对该任务进行处理其过程如表5所示。

### 4 结 论

已初步建立了压延模设计专家系统。通过厂方组织的阶段鉴定,认为系统的性能和实用性良好;借助于系统进行指定类零件压延模设计,可大大缩短设计周期。提高设计质量,实践表明此模型系统能够用来处理较复杂的设计问题,系统具有较好的扩展性和效率;将专家系统技术引入压延模设计中,可为一般设计人员提供便利和帮助。

表 5 盒形件模具设计任务处理过程

求解循环次数	任务集	待激发任务	已激发待处理任务	当前处理任务	已处理任务
0		JMO-1			
1		JYS-1 JYT-1 JFX-1 JMS-1 JS-1		JMO-1	JMO-1
		JYJ-1	JFX-1 JMS-1 JS-1	JYS-1	
2		JYJ-1	JFX-1 JMS-1 JS-1		JMO-1 JYS-1
			JFX-1 JMS-1 JS-1	JYJ-1	
3			JFX-1 JMS-1 JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1
			JMS-1 JS-1	JFX-1	
4		JZX-1 JCX-1	JMS-1 JS-1		JMO-1 JYS-1
		JCX-1	JMS-1 JS-1	JZX-1	JYJ-1 JFX-1
5		JCX-1	JMS-1 JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1
			JMS-1 JS-1	JCX-1	JFX-1 JZX-1
6			JMX-1 JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1
			JS-1	JMS-1	JFX-1 JZX-1 JCX-1
7		JMSS-1 JMSJ-1	JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1 JFX-1
		JMSJ-1	JS-1	JMSS-1	JZX-1 JCX-1 JMS-1
8		JMSJ-1	JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1 JFX-1
			JS-1	JMSJ-1	JZX-1 JCX-1 JMS-1 JMSS-1
9		JMSJK-1 JMSJK-2	JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1 JZX-1 JFX-1
		JMSJK-2	JS-1	JMSJK-1	JCX-1 JMS-1 JMSS-1 JMSJ-1
10		JMSJK-2	JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1 JFX-1
			JS-1	JMSJK-2	JOX-1 JFX-1 JMS-1 JMSS-1 JMSJ-1 JMSJK-1
11			JS-1		JMO-1 JYS-1 JYJ-1 JFX-1
				JS-1	JZX-1 JCX-1 JMS-1 JMSS-1 JMSJ-1 JMSJK-1 JMSJK-2
12					JMO-1 JYS-1 JYJ-1 JFX-1
					JZX-1 JCX-1 JMS-1 JMSS-1 JMSJ-1 JMSJK-1 JMSJK-2 JS-1

参 考 文 献

- 1 Nii H.P. 黑板系统: 问题求解的黑板模型及黑板结构的演变, 计算机科学, 1987; (6) 41~47
- 2 张慰南. 黑板控制结构. 计算机科学, 1987; (6) 58~67
- 3 Brown D.C. An Approach to Expert Systems for Mechanical Design. ADA131340, 1983; 1~18
- 4 罗曼诺夫斯基. 冷压手册. 中国工业出版社, 1965; 106~261