

短文

一个基于规则的空间站 GaAs 自动生产线 实时故障诊断维修系统

李明树 洪炳镕

(哈尔滨工业大学计算机系, 150006)

摘 要

本文在大量前期相关工作的基础上,从系统结构、知识组织、执行机制、推理机制等方面,详细讨论了一个基于规则的空间站 GaAs 自动生产线故障诊断维修系统的实时特征。

关键词: 基于规则的,实时,空间自动生产,诊断维修。

一、引 言

利用外层空间超净、微重的条件生产优质 GaAs 半导体材料很有发展前景。这种空间站生产线舱内一般不允许人进入,生产过程不仅要凭确定的工艺流程控制,还要依靠专家知识及专家系统的支持。空间生产的自主性要求有一个高质量、高可靠的诊断维修系统,以保证正常生产的连续进行。

空间自动生产线上故障诊断维修问题包括正常生产的维护和异常情况的诊断维修两个内容^[1],作者已经设计了一个包括五方面功能的空间站自动生产线故障诊断维修专家系统^[2],并采用基于规则的专家系统开发工具 OPS5^[3],实现了一个基于知识的机器人手臂及其相关机构在 GaAs 空间外延晶体生长和晶片制造各生产流程中的质询式故障诊断系统^[4]。

专家系统及基于知识方法在工程领域中的应用存在着良好结构、启发知识、推理策略、解释机制、噪声处理等问题,而对其实时性要求被公认为最困难问题之一。本文在上述相关工作的基础上,讨论这样一个基于规则的故障诊断维修系统的实时特征,特别地称之为 RTDAMS (Real-Time Diagnosis And Maintenance System)。

二、基于规则系统的实时性

一个系统的“实时性”是指它能在某个持续的过程(包括连续的或离散的)中,对应于

系统的一组特定的输入数值,在它们尚未发生有意义的变化时,就做出恰当的反应。

基于规则系统 (rule-based system), 也称为产生式系统 (production system), 是一种重要的人工智能程序设计语言,被广泛地应用于各个领域,而且通常被认为是最接近人类思维过程的专家系统开发工具。但它却有两个严重问题影响其在实时工程领域中的应用:(1) 低执行速度;(2) 对异步外部事件不敏感。因此,建立实时基于规则系统势属必然。

在分析基于规则系统及其在实时应用方面主要不足的基础上,可以得出开发实时基于规则系统的几个可能途径,包括通过开发新的快速匹配算法、改进系统的推理执行机制、引入其它特别是传统命令式程序设计思想、把基于规则系统映射到神经元结构等方法来加快基于规则系统的执行速度,以及通过建立实时异步环境来提供对异步外部事件的实时反应能力,从而使系统具备实时特征。

三、RTDAMS 的系统结构及知识组织

RTDAMS 系统结构模式如图 1 所示。其中每个功能模块分别由相应的知识推理规则及规划控制策略构成。这种模块化结构,极好地增强了系统的自适应和自扩充能力、增加了系统的可靠性,特别是提供了各模块间并行操作的可能性,从而提高了系统的工作效率。

另外,系统还设计了如下两个策略:

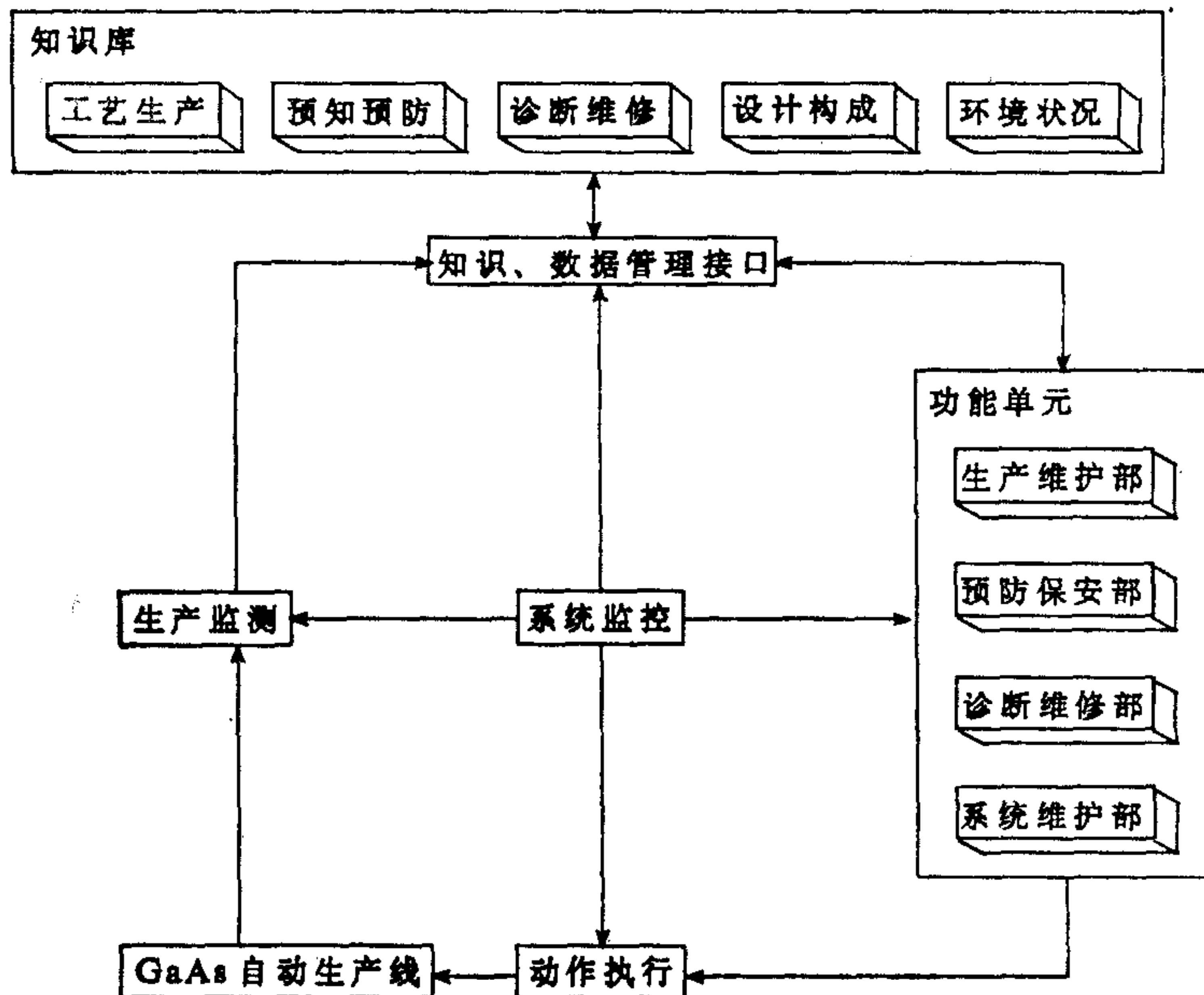


图 1 RTDAMS 系统结构

1) 建立层次诊断推理的问题求解方式。

在诊断问题的规划求解过程中,并非一次应用所有全部信息进行盲目的诊断搜索匹配,而是逐步进行,把某一个子阶段结果及其条件仅仅当作细节,并把这些细节推迟到主要规划推理步骤确定之后。这样诊断问题的规划求解过程从最高层开始,先确定故障类型和故障大致位置,然后再一层一层推理下去,最终判定哪一生产点、哪个设备发生什么性质的故障以及应该采取哪种维护措施。这一策略能实现“聚焦推理”,避免和缓解了基于规则系统大量匹配时间带来的瓶颈问题,有效地支持了系统的实时特征。

2) 引入关联存储器概念简化推理步骤。

这一策略有助于把基于规则系统映入到三层环结构反馈网络结构中,从而建立起有效并行处理机制,提高系统的处理能力和处理效率。已经证明,引入关联存储器的方法后,基于规则系统的匹配时间为 $O(1)^{[9]}$ 。特别是当有部分情况或情况的组合经常出现时,引入关联存储器推理的效益是显而易见的。这种情形还可以考虑引入学习机制。

四、RTDAMS 的执行机制

基于规则系统固有的顺序处理方式极大地影响其推理执行效率的提高,因此 RTDAMS 系统必须采用并行执行机制工作。

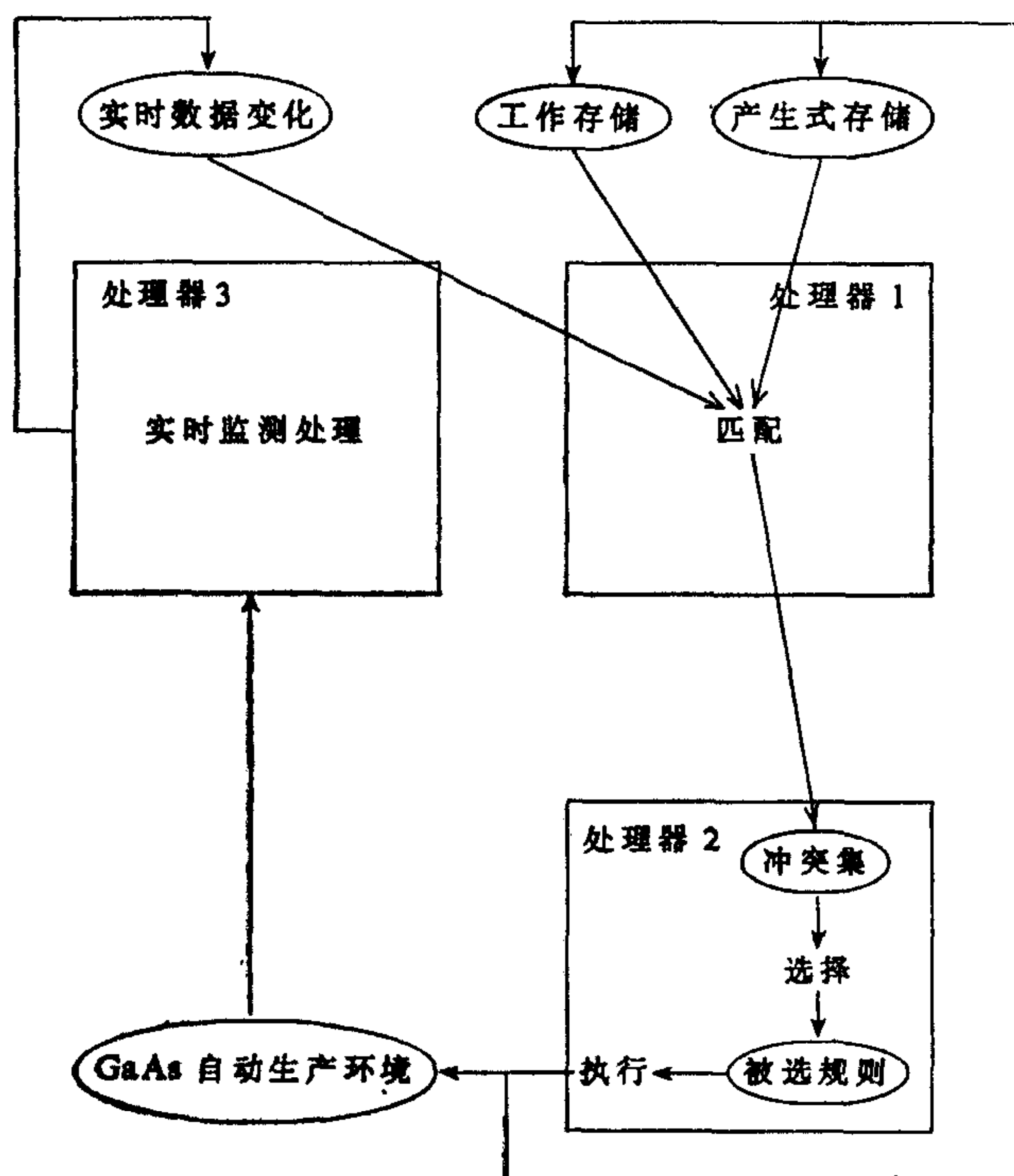


图 2 RTDAMS 执行机制

不考虑系统各功能模块之间的及其内部的并行性，设计要求至少有 MIMD 方式下的三个处理器。在基于规则系统认知-动作循环的匹配、选择、执行三个阶段中，选择阶段所费的时间最少、相对而言可以忽略。匹配阶段则往往占用全部计算时间的 90%，动作执行阶段因为要涉及 I/O 操作等工作，也要花费一定的时间。这样，全部三个阶段可以分别在两台处理器上并发地进行。第三台处理器则用于实时监测。在其它三个模块（两台处理器）执行的同时，异步监测和预处理空间自动生产环境各监测点实时数据变化（见图 2）。

图 3 给出 RTDAMS 并行执行机制的一个共享存储、共享总线、中断驱动结构实现。

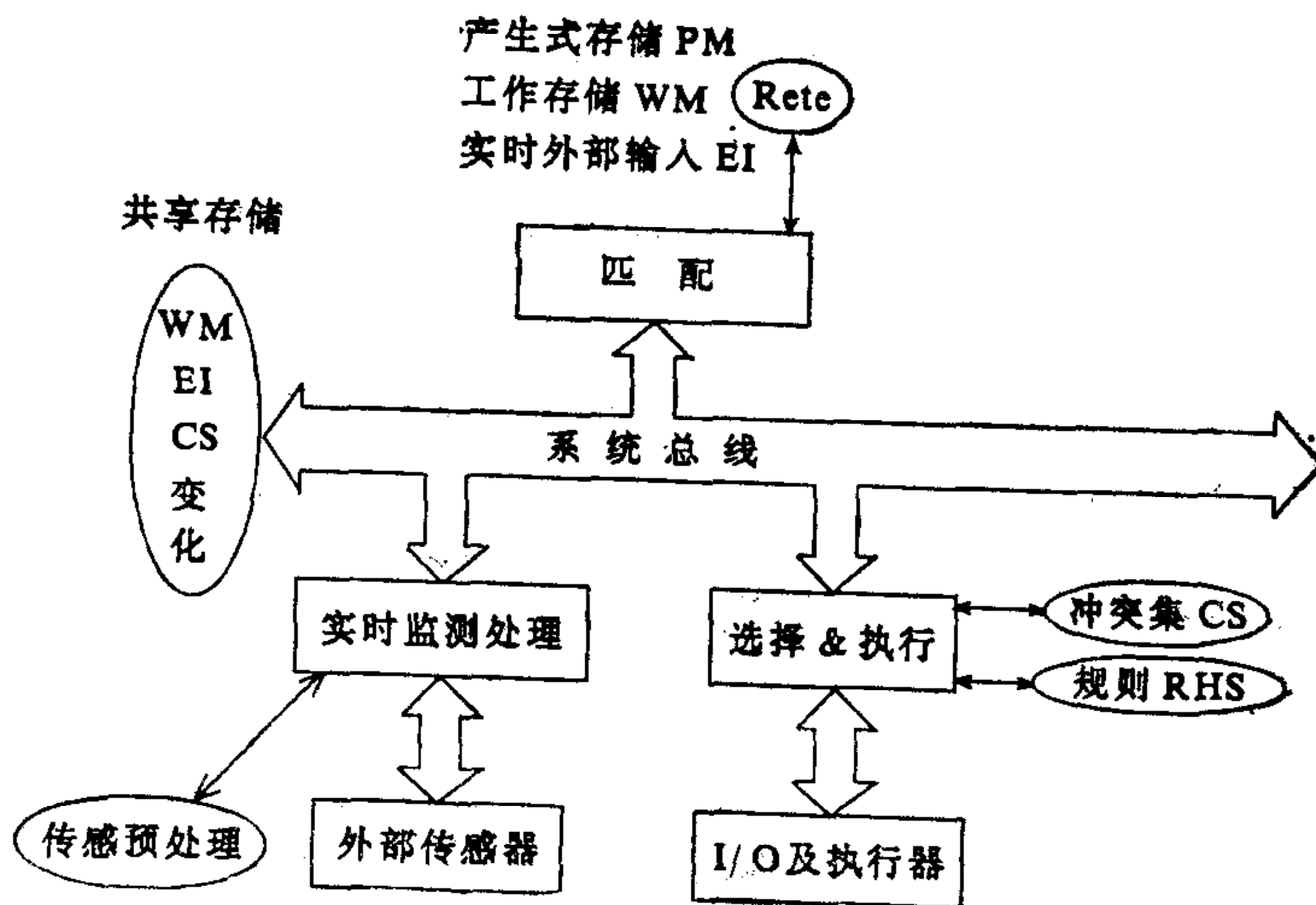


图 3 RTDAMS 并行执行机制的实现

系统的 Rete 网存储在匹配模块所在的处理器 1 的局部存储器中，选择模块与执行模块所在的处理器 2 之局部存储器则存储冲突集及规则右手部 RHS。系统的工作存储器 WM、实时外部输入 EI 及冲突集 CS 等全局数据变化的读写发生在共享存储器。这样结构下的 RTDAMS 采用的是中断驱动控制流，即当一台处理器修改其输出数据集时，它也通过共享总线发一个信号给修改该数据集变化所影响的处理器。

当采用四个或更多的处理器时，就可以考虑选择模块独占一台处理器及匹配模块的进一步并行执行。当然，处理器数目的增加并不能无止地提高系统的运行效率，因为机间通讯开销也随之增加。应该根据系统各模块工作量的评估决定处理器的数目及分配。

五、RTDAMS 的推理机制

RTDAMS 并行执行机制要求原基于规则的三步循环、顺序推理机制也做相应改动如下：

1 initialize

```

2 repeat
3   while (no external input available) and
4     (general maintenance requirements available) do
5     begin
6       carrying out the general maintenance operations
7       RUN-PROCESSOR1    {match}
8       RUN-PROCESSOR2    {select & execute}
9     end
10  repeat
11    read and process the real-time external input
12    RUN-PROCESSOR3      {read more data}
13  until (no more real-time data)
14  add important data to the knowledge base
15  RUN-PROCESSOR1      {diagnosis}
16  RUN-PROCESSOR2      {maintenance}
17 until (assigned space production tasks done) or
18  (need giving an emergency alarm to the earth)

```

这一推理控制流程可以分为三个相对独立的部分。第一部分(3—9行)是当没有实时外部输入即各生产环境实时监测点没有数据变化但有诸如清洗设备、更换原晶等维护要求时,执行一般性生产维护工作;第二部分(10—13行)意味着监测点数据畸变,执行读入并处理生产环境监测点实时故障数据的工作;第三部分(14—16行)执行系统诊断维修功能。空间生产任务全部完成或必须向地面报警时,才结束推理。

尽管受条件限制,空间站 GaAs 自动生产线至今尚属于规划设计阶段,但本文提出的基于规则的实时诊断维修系统 RTDAMS 的有关原理及方法都已经过部分验证,并且可以应用于类似的实时工程环境之中。

参 考 文 献

- [1] Li Mingshu, Hong Bingrong, et al., An Analysis of Requirements of Automatic Production on Space Station and Design of a Knowledge-Based Diagnosis and Maintenance System, Proc. of Asia-Pacific Int. Conf. on Measurement & Control, China, 1991, 345—348
- [2] Li Mingshu, Hong Bingrong, et al., GBDAMS: A Knowledge-Based Diagnosis and Maintenance System of Automatic GaAs Production Line on Space Station, Proc. of Int. Conf. on 11th Production Research, 1991, 827—830.
- [3] 李明树、洪炳镛等,空间站自动生产线故障诊断维修专家系统开发工具的选择,微电子学与计算机, 7(1990), (9),14—17.
- [4] 李明树等, HIT-DIAG1: 一个基于知识的空间站 GaAs 自动生产线故障诊断系统,微电子学与计算机, 8(1991),(2),24—27.
- [5] A. Sohn and J. Gaudiot, Representing and Processing Production Systems in Connectionist Architectures, *Int. J. of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 4(1990), (2), 199—214.

A RULE-BASED REAL-TIME FAULTS DIAGNOSIS AND MAINTENANCE SYSTEM FOR AUTOMATIC GaAs PRODUCTION LINE ON SPACE STATION

LI MINGSHU, HONG BINGRONG

(Dept of Computer, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006)

ABSTRACT

On the basis of a series of previous research works, this paper thoroughly discusses the real-time characteristics of a rule-based faults diagnosis and maintenance system for an automatic GaAs production line on a space station. The discussion is divided into four aspects; architecture, knowledge structure, execution mechanism, and inference mechanism.

Key words: Rule-based, real-time, automatic space production, diagnosis and maintenance.