

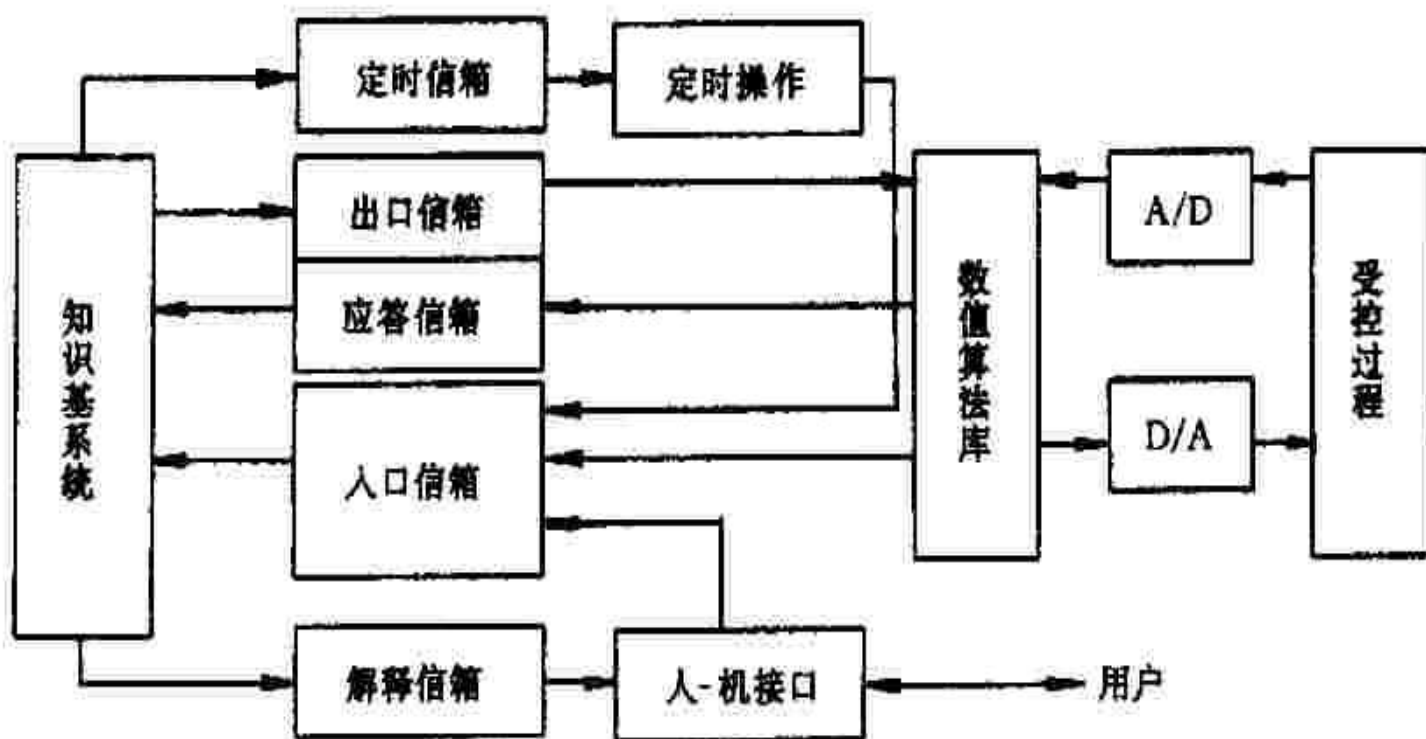


第五部分 专家控制 (续)

五、专家控制系统

1、专家控制系统的工作原理

专家控制系统还没有统一的体系结构。下图给出一个专家控制系统的结构。



(1) 专家控制系统的工作原理

专家控制系统有**知识基系统**、**数值算法库**和**人机接口**三个并发运行的子过程。三个子过程之间的**通讯是通过下列5个“信箱”进行的**。

① **出口信箱**。将控制配置命令、控制算法的参数变更值以及信息发送请求从知识基系统送往数值算法部分。

② **入口信箱**。将算法执行结果、检测预报信号、对信息发送请求的回答、用户命令，以及定时、中断信号分别从数值算法，人机接口，以及定时操作部分送往知识基系统。

③ **应答信箱**。传送数值算法对知识基系统的信息发送请求的通讯应答信号。

④ **解释信箱**。传送知识基系统发出的人机通讯结果，包括用户对知识库的编辑、查询、算法执行原因、推理根据以及推理过程跟踪等系统运行情况的解释。

⑤ **定时器信箱**。用于发送知识基系统内部推理过程需要的定时等待信号，供定时操作部分使用。

系统的控制器主要由数值算法部分和知识基子系统组成。

算法库由控制、辨识和监控等算法构成：

◆**控制算法：**如PID算法、极点配置算法、离散滤波器算法和最小方差算法等，每次运行一种控制算法。

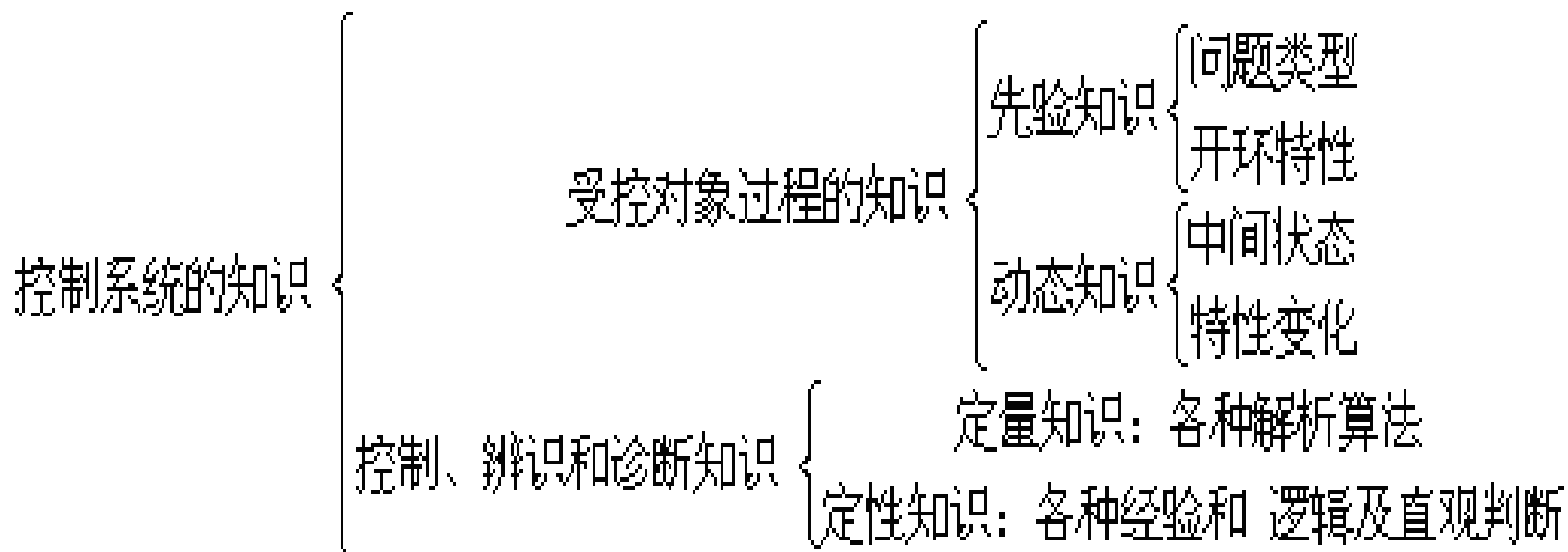
◆**辨识算法和监控算法**

知识基子系统所包含的是定性的启发式知识，进行符号推理，它通过数值算法与受控过程间接相连。

(2) 知识基系统的内部组织和推理机制

① 控制的知识表示

专家控制系统是基于知识的系统，系统所包含的知识信息内容可表示如下：



按照专家系统知识库的构造，控制的知识可以分类组织，形成数据库和规则库。

◆数据库 它包括：

事实——已知的静态数据，例如传感器测量误差，运行阈值，操作序列的约束条件等。

证据——测量到的动态数据，例如传感器的输出值，仪器仪表的测量结果等。

假设——由事实和证据推导得到的中间状态，作为当前事实集合的补充。（例如通过各种参数估计算法推得的状态估计等。）

目标—系统的性能目标。

例如对稳定性的要求，对静态工作点的寻优，对现有控制规律是否需要改进的判断等。

目标既可以是预定的**静态目标**，也可以根据外部命令或内部运行状况在线建立的**动态目标**。

◆**规则库** 是专家系统中**判断性知识集合及其组织结构**。

对于控制问题中各种启发式控制逻辑,一般常用产生式规则表示:

IF (控制局势) THEN (操作结论)

其中,控制局势即为事实、证据、假设和目标等各种数据项表示的前提条件,而操作结论即为推理结果,它可以是对原有控制局势知识条目的更新,也可以是某种控制、估计算法的激活。

②控制的推理模型

专家控制系统中的问题求解机制可表示为如下的推理模型：

$$U=f(E, K, I)$$

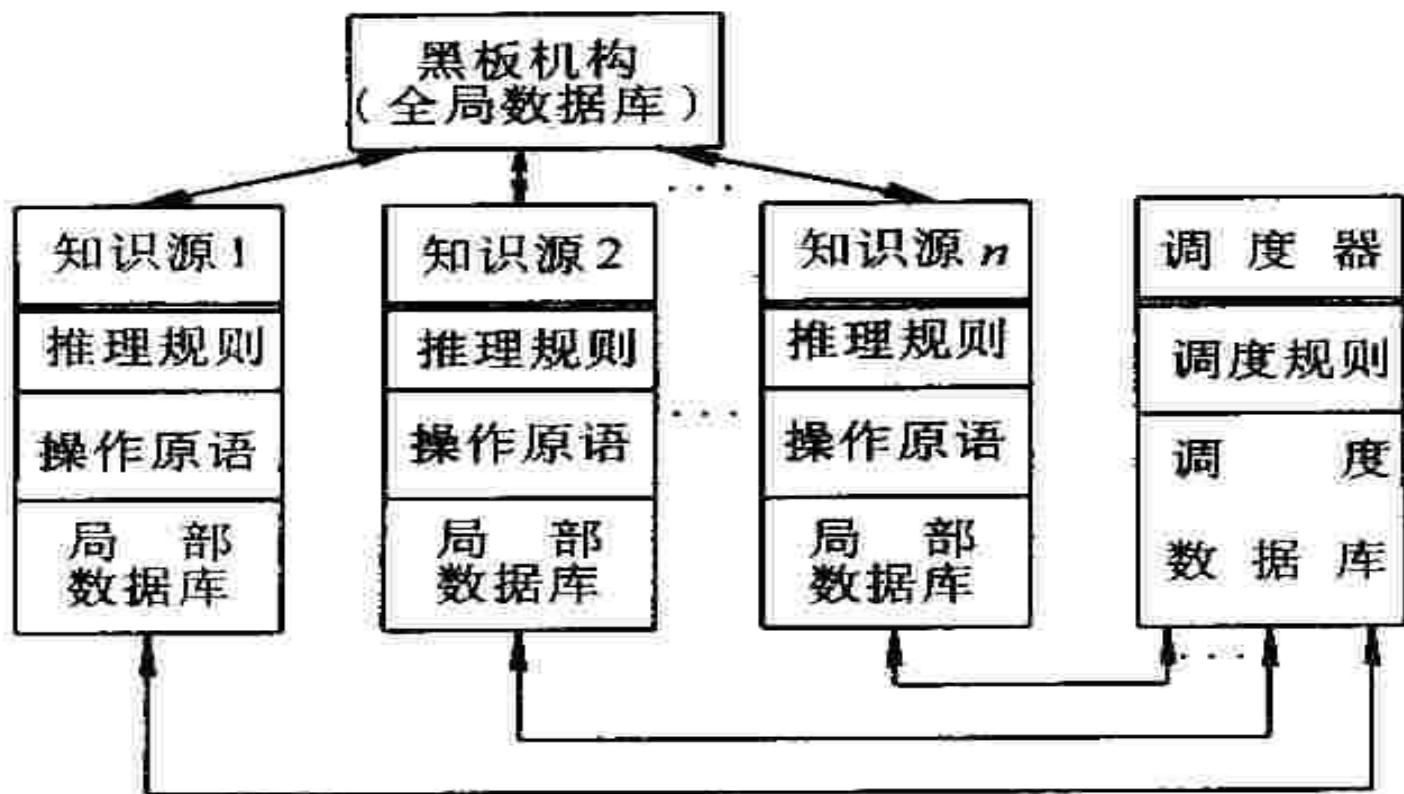
其中： $U=\{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 为控制器的输出作用集； $E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ 为控制器的输入集； $K=\{k_1, k_2, \dots, k_p\}$ 为系统的数据项集； $I=\{i_1, i_2, \dots, i_q\}$ 为具体推理机构的输出集。而 f 为一种智能算子，它一般可表示为：

$$\text{IF } E \text{ AND } K \text{ THEN (IF } I \text{ THEN } U)$$

即根据输入信息 E 和系统中的知识 K 进行推理，然后根据推理结果 I 确定相应的控制行为 U 。

③知识基系统的组成

知识基系统主要由一组**知识源**、**黑板机构**和**调度器**三部分组成, 如图所示。整个知识基系统是基于所谓的黑板模型进行问题求解的。



◆黑板模型

黑板模型是一种高度结构化的问题求解模型,用于“**适时**”**问题求解**,即在最适当时机运用知识进行推理。

特点: 能够决定什么时候使用知识、怎样使用知识。

黑板模型除了将适时推理作为运用知识的策略外,还规定了领域知识的组织方法,包括知识源这种知识模型,以及数据库的层次结构等。

◆ 知识源

知识源是与控制问题子任务有关的一些知识模块, **可以把它们看作是不同子任务问题领域的小专家**。每个知识源都具有比较完整的知识库结构:

推理知识——“IF-THEN”产生式规则, 条件部分是全局数据库(黑板)或是局部数据库中的状态描述, 动作、结论部分主要是对黑板信息或局部数据库内容的添加和修改。

局部数据库——存放与子任务相关的中间推理结果。

操作原语——一类是对全局或局部数据库内容的增添、删除和修改操作; 另一类是对本知识源或其它知识源的控制操作, 包括激活、终止、固定时间间隔等待或条件等待等。

◆黑板机构

黑板是一个全局数据库，即各个知识源都可以访问的公共关系数据库。它存放、记录了包括事实、证据、假设和目标所说明的静态、动态数据。

通过知识源的访问，整个数据库起到在各个知识源之间传递信息的作用；通过知识源的推理，数据信息得到增删、修改和更新。

◆调度器

调度器的作用是根据黑板的变化激活适当的知识源,并形成有次序的调度队列。

激活知识源可采用串行或并行激活方式。

串行激活方式又分为:

相继触发—一个激活的知识源的操作结果作为另一个知识源的触发条件,此起彼伏。

预定顺序—按控制过程的某种原理,预先编一个知识源序列,依次触发。

动态生成顺序—对知识源的激活顺序进行在线规划。

并行激活方式即为同时激活一个以上的知识源。例如,一个知识源负责实际控制算法的执行,而另外一些知识源同时实现多方面的监控作用。

调度器的结构类似于一个知识库。其中包括一个**调度数据库**,记录着各个知识源的激活状态的信息,以及某些知识源等待激活的条件信息。

调度器内部的规则库包括了体现各种调度策略的**产生式规则**,例如:

“ IF a *KS* is ready AND no other *KS* is running THEN run this *KS* ”

整个调度器的工作所需要的时间信息(知识源等待激活,彼此中断等)是由定时操作部分提供的。

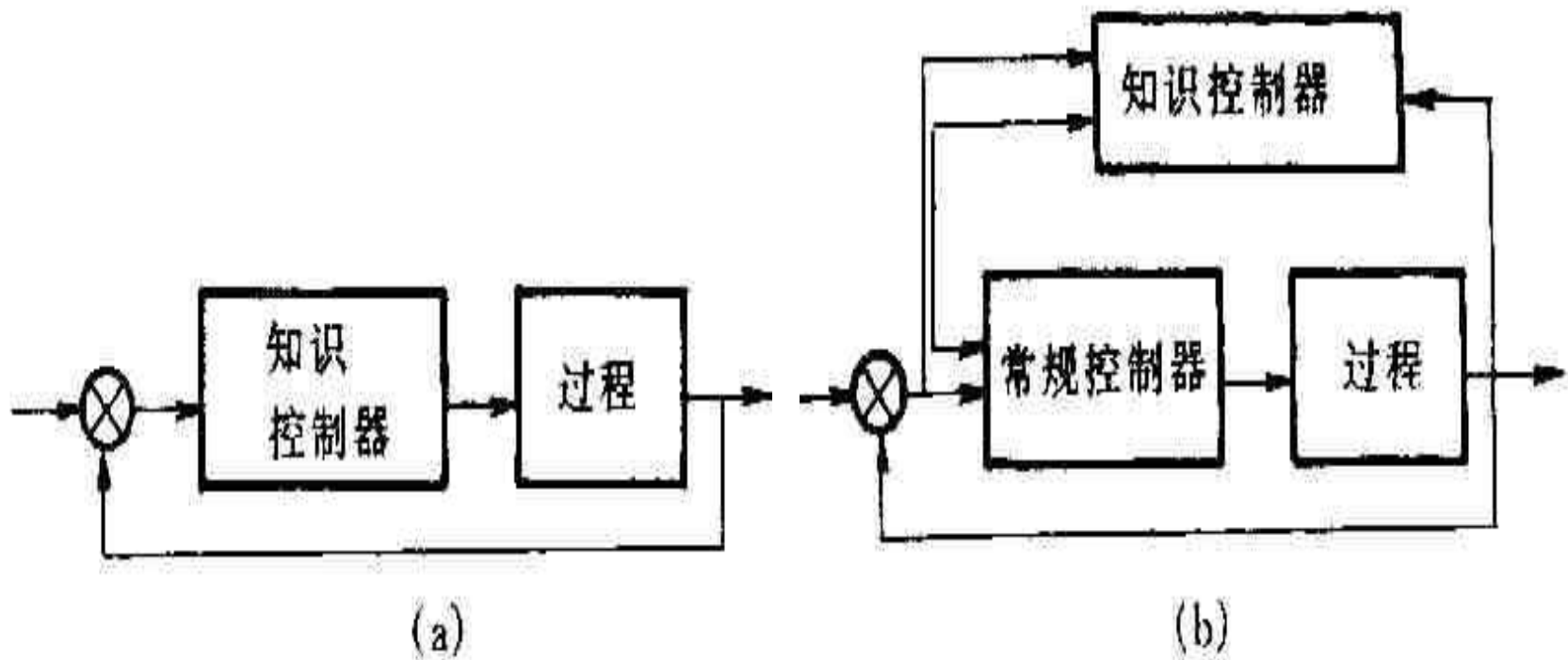
2、专家控制系统的类型

根据专家系统方法和原理设计的控制器称之为**基于知识的控制器**。

按照基于知识控制器在整个系统中的作用,专家控制系统分为**直接专家控制**和**间接专家控制**两类。

在直接专家控制系统中,控制器向系统提供控制信号,并直接对受控过程产生作用。

在间接专家控制系统中,控制器间接地对受控过程产生作用。



直接专家控制

间接专家控制

在间接专家控制系统中，知识控制器用于调整常规控制器的参数，监控受控对象的某些特征，如超调量、上升时间和稳定时间等，然后拟定校正PID参数的规则，以保证控制系统处于稳定和高质量的运行状态。

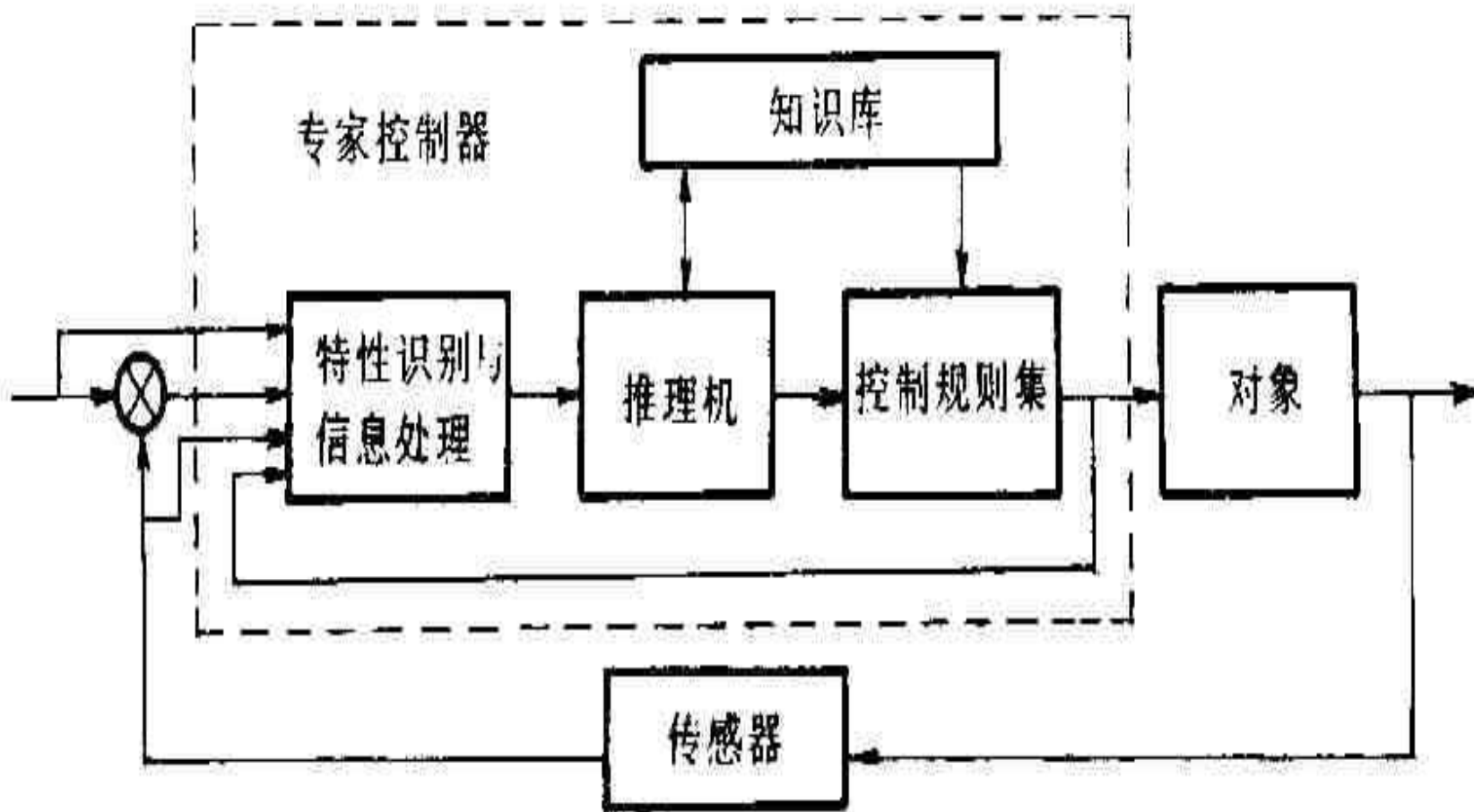
◆直接专家控制系统

直接专家控制系统一般用于具有高度非线性或难以用数学解析描述的对象或过程的控制。

在直接专家控制系统中，推理机在每个采样周期内，根据当前数据库的内容和知识库中的知识进行推理，改变数据库的内容，并最后产生控制信号，加到被控对象上。

与传统控制器相比较：专家控制器的输入不仅包括控制的误差和误差的导数，而且还包括反映过程特征的各种信息，并对各种过程信息进行加工处理和特性识别后再用于系统的推理，推理的输出经过控制决策转换为控制信号。

直接专家控制系统的基本结构如图所示：



◆间接专家控制系统

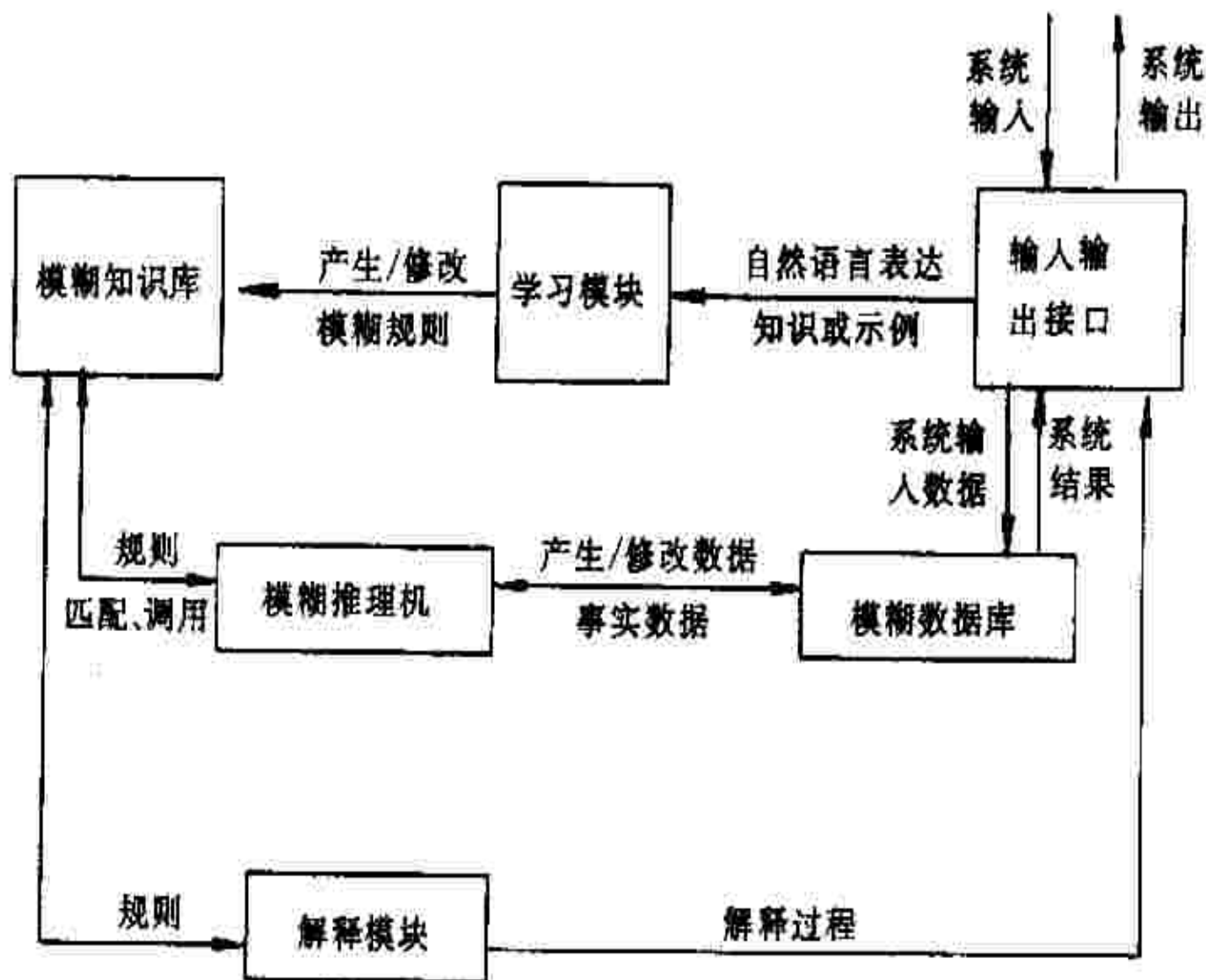
如，间接专家控制系统或专家调节器调节常规PID控制器的参数，使得系统闭环阶跃响应能限定在所设定的范围内。专家调节器工作的极限值包括最大上超调量，最大下超调量，阻尼比等。

专家调节器把闭环的阶跃响应与所希望的响应曲线进行比较，根据它们之间的差异来更新控制器的参数，使二者能很好地匹配。

3、模糊专家系统

模糊专家系统是一类在知识获取、知识表示和知识运用过程中全部或部分地采用了模糊技术的专家系统。

基于规则的模糊专家系统通常包括：输入输出接口、模糊数据库、模糊知识库、模糊推理、学习模块和解释模块等，其一般体系结构如图所示。



模糊专家系统的主要特点是通过模糊推理解决问题。

这种系统善于解决那些含有模糊性数据、信息或知识的复杂问题，也可以通过把精确数据库的信息模糊化，通过模糊推理处理复杂问题。

模糊推理机是模糊专家系统的核心，它的功能是根据系统输入的不确定证据，利用模糊知识库和模糊数据库中的不确定性知识，按一定的不确定性推理策略，解决系统问题域中的问题，给出较为合理的建议或结论。

模糊专家系统在控制领域中非常有用，它已发展成为智能控制的一个重要分支。