

## 第7章 专家系统

---



# 第7章 专家系统

## ✓ 7.1 专家系统的产生和发展

## □ 7.2 专家系统的概念

## □ 7.3 专家系统的工作原理

## □ 7.9 专家系统的开发工具

- 掌握专家系统的概念、特点、结构等基本内容
- 了解专家系统的发展历史、开发工具及应用例子

# 7.1 专家系统的产生和发展

- 第一阶段：初创期（20世纪60年代中期-70年代初）

- DENDRAL系统（1965-1968年，斯坦福大学Feigenbaum和遗传学家J.Lederberg, 物理化学家C. Djerassi等）：根据化合物的分子式和质谱数据推断化合物分子结构的专家系统。



费根鲍姆（1936—）



李德伯格（1925—2008）

# 7.1 专家系统的产生和发展

- 第一阶段：初创期（20世纪60年代中期-70年代初）

- **DENDRAL**系统（1965-1968年，斯坦福大学Feigenbaum和遗传学家J.Lederberg, 物理化学家C. Djerassi等）：根据化合物的分子式和质谱数据推断化合物分子结构的专家系统。

- **MYCSYMA**系统（1971年，麻省理工学院）：用于数学运算的数学专家系统，能解决600多种数学问题，包括微积分、解方程和方程组、泰勒级数展开、矩阵运算等。

- 第一代专家系统的特点：

高度的专业化；专门问题求解能力强；

结构、功能不完整；移植性差；缺乏解释功能。

# 7.1 专家系统的产生和发展

## ● 第二阶段：成熟期（20世纪70年代中期—80年代初）

- **MYCIN**系统（1972-1974，斯坦福大学E.H.Shortliffe等）：血液感染病诊断专家系统，第一个结构较完整、功能较全面的专家系统，第一次使用了知识库的概念，并使用了似然推理技术，标志专家系统从理论走向应用。

### MYCIN（1972-1974, 血液感染病诊断专家系统）

- **best-known** of all expert systems.
- diagnoses and recommends therapy（治疗方案） for **blood diseases**
- **only advises**； final responsibility with the doctor.
- useful to **alert doctor** to extremely **rare diseases**
- provides **check** against accuracy of human diagnosis.
- contains approximately **500 rules**.
- deals with **uncertainty** and may give several possibilities.
- **chooses drug therapy**(药物治疗方案) which minimises interactions.

# WHAT IS AN EXPERT SYSTEM?

- 知识表示：产生式
- 不确定性推理方法：  
可信度方法
- 不确定性度量：确  
定性因子（可信度）

MYCIN 的处方准确率是 69%，当时专科医生的准确率是 80%，但 MYCIN 的成绩已经优于非本专业的医生。

## SIMPLIFIED DIALOG of a TYPICAL EXPERT SYSTEM

what is the patient's name?

**FRED SMITH**

sex?

**MALE**

age?

**55**

Do you know the type of the **infection**（感染）？

**YES**

What is the type of infection?

**BLOOD INFECTION**

Have you obtained a blood sample（血液样本）？

**YES**

What is the **morphology of the organism** in this sample？

**ROD**（杆形）

What is **the gram stain**（革兰氏染色体） of the sample?

**NEGATIVE**（阴性）

Is the organism **aerobic**（需氧） or **anaerobic**（厌氧）？

**ANAEROBIC**

....

....

....

....

....

....

....

....

many questions  
later



### Rule 293

if **gramstain** is negative  
and **morphology** is rod  
and **aerobicity** is anaerobic  
then this evidence suggests that  
organism is **E.Coli** (CF 0.65)

The organism is probably **E.Coli**（大肠杆菌）（**certainty 0.9**）  
It is also possible that it is **Salmonella**（沙门氏菌）（**certainty 0.1**）.



# 7.1 专家系统的产生和发展

## ● 第二阶段：成熟期（20世纪70年代中期—80年代初）

- **MYCIN**系统（1972-1974，斯坦福大学E.H.Shortliffe等）：血液感染病诊断专家系统，第一个结构较完整、功能较全面的专家系统，标志专家系统从理论走向应用。
- **PROSPECTOR**系统(1976, 斯坦福国际研究所R.O. Duda等)：探矿专家系统, 1982年发现华盛顿州价值1亿美元以上的钼矿。
- **CASNET**系统（1978, 拉特格尔大学Weiss和Kulikowski等）：用于清光眼诊断与治疗。
- **AM**系统（1981，斯坦福大学）：模拟人类进行概括、抽象和归纳推理，发现某些数论的概念和定理。
- **HEARSAY**系统（1973-1976, 卡内基—梅隆大学）：语音识别专家系统，标志专家系统从理论走向成熟。

# 7.1 专家系统的产生和发展

## ● 第二阶段：成熟期（20世纪70年代中期—80年代初）

### ■ 第二代专家系统的特点：

- 大多数专家系统都使用自然语言与用户对话；
- 多数系统具有解释功能，增强了系统的透明性，同时也利于发现错误，修改知识；
- 许多系统使用了似然推理技术，开拓了使用启发性知识解决问题的新途径；
- 许多系统把具有一定普遍意义的推理方法与大量领域专门知识结合，使系统具有一定的通用性。



# 7.1 专家系统的产生和发展

## ● 第三阶段：发展期（20世纪80年代至今）

- **XCON**专家系统（1978-1981,卡内基—梅隆大学和DEC公司）：为VAX计算机系统制订硬件配置方案，节约资金近1亿美元；
- IBM公司为**3380磁盘驱动器**建立诊断专家系统，创利1200万美元；
- American Express 信用卡,通过使用**信用卡认可专家系统**，避免损失达2700万美元。
- **专家系统开发工具**：
  - 骨架系统：**EMYCIN、KAS（PROSPECTER）、EXPERT（CASNET）**等；
  - 通用型知识表达语言：**OPS5（基于产生式表示）**等；
  - 专家系统开发环境：**AGE**等。

# 7.1 专家系统的产生和发展

## ● 第三阶段：发展期（20世纪80年代至今）

- 我国研制开发的专家系统：
  - **关幼波肝病诊断**专家系统：世界上第一个中医专家系统，由中科院自动化研究所控制论组（涂序彦教授为组长）于**1977**年研制成功。该系统采用**模糊条件语句**为知识表达方法，根据中医理论和关幼波的临床经验对病情进行病理诊断，并根据中医药理给出治疗方案。
  - **施肥**专家系统（中科院合肥智能机械研究所）、**勘探**专家系统及**油气资源评价**专家系统（吉林大学）、**服装剪裁**专家系统及**花布图案设计**专家系统（浙江大学）
- 我国研制开发的专家系统开发工具：**“天马”**专家系统开发环境(中科院数学研究所)、**OKPS**（中科院计算技术研究所）。

# Expert System Shell

<http://www.mcgoo.com.au/esbuilder/index.php>

 ES-Builder

 Expert

 System

 Shell



## ES-Builder Web

### Expert System - Sailing Ships by McGoo Software

Based on the responses you have made:  
The vessel is **probably** a Barquentine

**Conclusion Notes:**  
This sailing ship has 3 or more masts with square sails on the first mast only.

**Expert System Rule:**  
**IF** the number of masts on the vessel is 3 or more  
**AND** there are square sails on first mast only  
**THEN** the vessel is **probably** a Barquentine.

Calculated Certainty Factor: **0.69 = probably** ?



78



# 7.1 专家系统的产生和发展

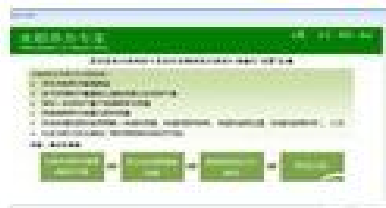
[健康专家系统下载](#)|[健康专家系统下载](#) [快猴软件下载](#)



2017年1月19日 - 这是健康专家系统下载,健康专家系统一切为了您和您家人的健康,《健康专家》系统是一个健康知识辅助软件,里面内容仅供研究和学习参考,疾病的治疗务遵医嘱!《健康专家...

[www.kuaihou.com/soft/1...](#) - [百度快照](#) - [133条评价](#)

[基于Windows系统的养分专家系统软件下载-网络版本](#)



64-位操作系统的用户,点击 [jira-windows-C4.exe](#) 文件

JRE 安装程序,点击下

网页版 app ...

[china-zh.ipni.net](#)

互联网催生的电子商务,有很多和 **XCON** 类似的应用场景,于是新瓶装旧酒,专家系统摇身一变,改名**规则引擎**,成为中间件的标配

[可研专家系统官方下载](#)|[可研专家系统\(可研\)](#)

2016年3月28日 - 已有45878 次下载 可研专家系统

新版本为5.0,是根据国家计委、建设部发布的《建设项目经济评价》

[www.xiazaiba.com/html/...](#) - [百度快照](#) - [287条评价](#)

[财务系统](#)|[财务顾问专家系统 v1.0下载](#) [非凡软件站](#)

2016年10月19日 - 软件分类: 行业软件/财务软件 软件投稿:\*\*\*oft 运行环境:

WinXp,Win2000,Win2003,WinVista,Win 7 关键字: 财务系统,财务软件财务,顾问专家系统,财务系...

[www.crsky.com/soft/408...](#) - [百度快照](#) - [261条评价](#)

# 7.1 专家系统的产生和发展

## ● 第三阶段：发展期（20世纪80年代至今）

- 进入20世纪90年代后，专家系统的发展趋势：
- **功能集成——大型化**，即从单学科、单功能、专门性的小型专家系统，向多学科、多功能、综合性的大型知识系统发展。
- **技术集成——集成化**，即除了表达方法、知识推理技术外，**神经网络方法、遗传算法、模糊数学**等技术的集成，设计和建造**集成化、混合化**的专家系统。
- **智能集成——拟人化**，即实现具有自学习、自组织、自适应、多媒体人机智能接口，声、图、文并茂的专家系统。



# 第7章 专家系统

- 7.1 专家系统的产生和发展
- 7.2 专家系统的概念
- 7.3 专家系统的工作原理
- 7.9 专家系统的开发工具



## 7.2.1 专家系统的定义和组成

### 1. 定义



费根鲍姆（1936—）

■ 费根鲍姆（E. A. Feigenbaum）：

“专家系统(Expert System)是一种**智能的计算机程序**，它运用**知识**和**推理**来解决只有专家才能解决的复杂问题。”

■ 专家系统的四要素：

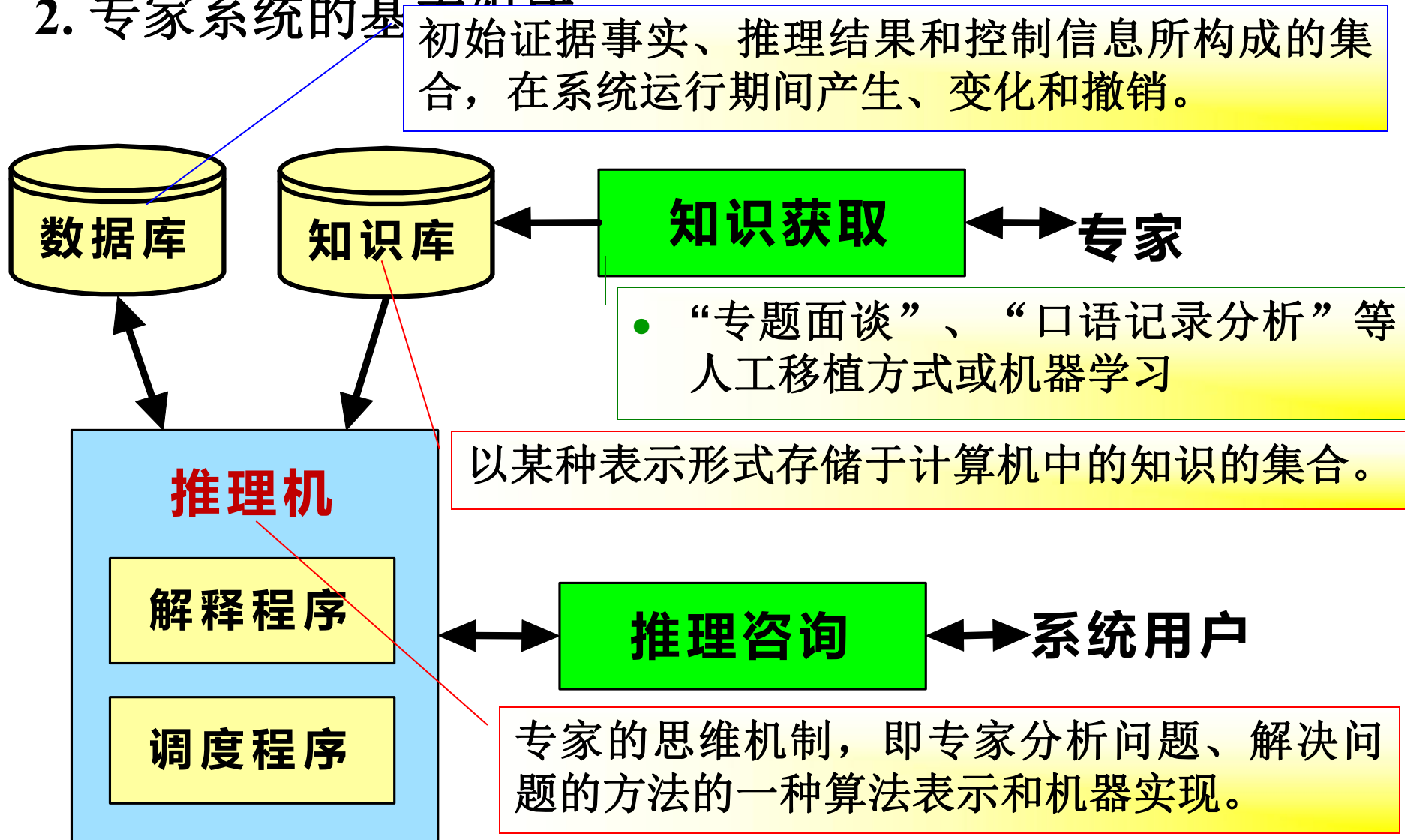
- 应用于某专门领域；
- 拥有专家级知识；
- 能模拟专家的思维；
- 能达到专家级水平。

An expert system may :-

- diagnose an illness .
- monitor a factory process.
- help design a building.
- find an ore deposit.
- troubleshoot a telephone network.
- assist in preparing a legal case.

## 7.2.1 专家系统的定义和组成

### 2. 专家系统的基本组成



## 7.2 专家系统的概念

- 7.2.1 专家系统的定义和组成
- 7.2.2 专家系统的特点
- 7.2.3 专家系统的类型

## 7.2.2专家系统的特点

### □ 专家系统与传统程序的比较

传统程序	专家系统
■ 数据结构、算法	■ 知识、推理
■ 关于问题求解的知识隐含于程序中	■ 知识单独组成知识库，与推理机分离
■ 知识：数据级、程序级	■ 知识：数据级、知识库级、控制级
■ 数值计算和数据处理	■ 符号处理
■ 不具有解释功能	■ 具有解释功能
■ 产生正确的答案	■ 通常产生正确的答案，有时产生错误的答案

## 7.2.2 专家系统的特点

- (1) 善于解决那些不确定性的、非结构化的、没有算法解或虽有算法解但在现有的机器上无法实施的困难问题。
- (2) 具有专家水平的专业知识，能进行有效的推理。
- (3) 灵活性：采用知识库和推理机分离的构造原则。
- (4) 启发性。
- (5) 透明性。
- (6) 交互性。
- (7) 自学习：不断对自己的知识进行扩充、完善和提炼。

一个计算机程序系统的透明性：系统自身及其行为能被用户所理解。

专家系统适合于那些没有公认的理论和方法，数据不精确或不完整，人类专家短缺或专门知识十分昂贵的诊断、解释、监控、预测、规划和设计等任务。

# 第7章 专家系统

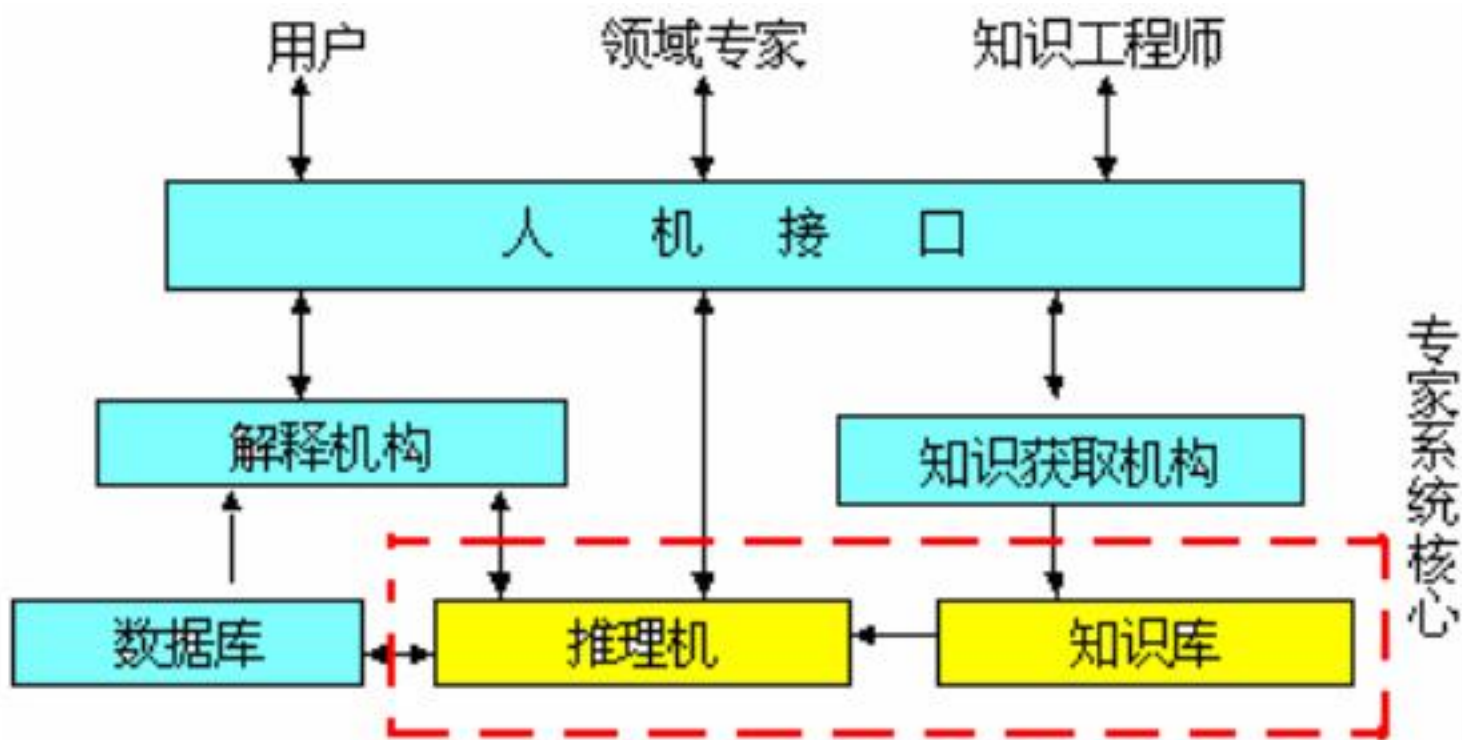
- 7.1 专家系统的产生和发展
- 7.2 专家系统的概念
- 7.3 专家系统的工作原理（结构与建立）
- 7.9 专家系统的开发工具



## 7.3 专家系统的结构与建立

### □ 一、专家系统的结构

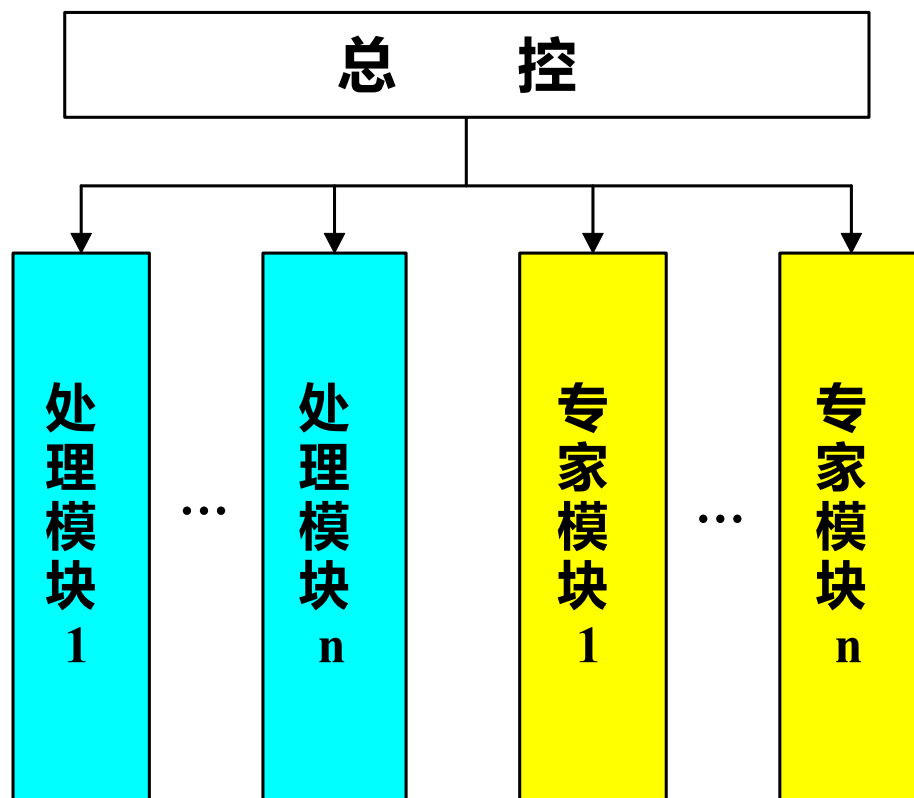
#### ■ 1. 专家系统的一般结构（专家系统的概念模型）



## 7.3 专家系统的结构与建立

### □ 一、专家系统的结构

### ■ 2. 实际结构

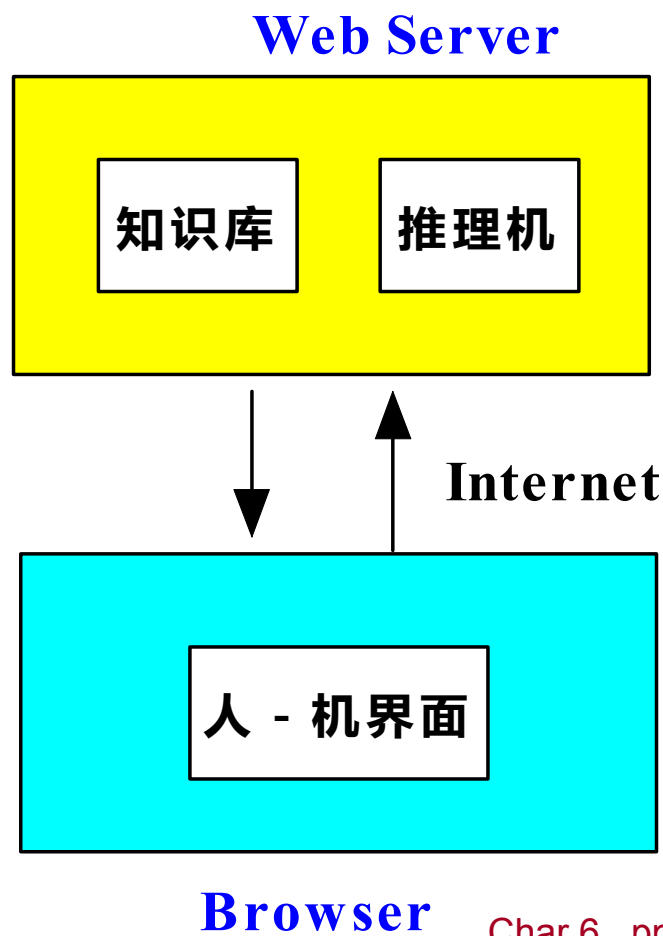
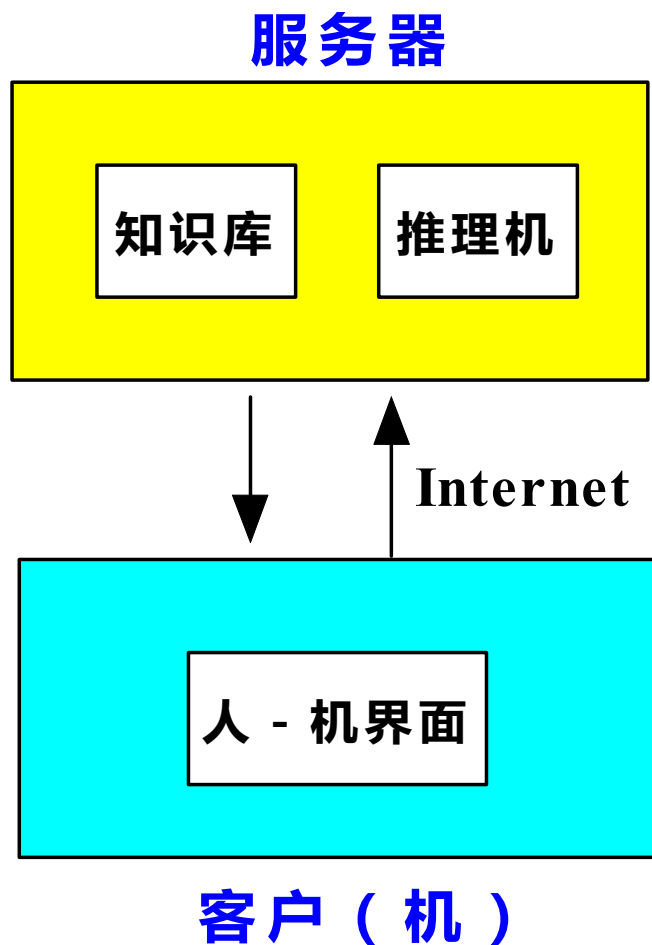


## 7.3 专家系统的结构与建立

### □ 一、专家系统的结构

#### ■ 3. 网络结构

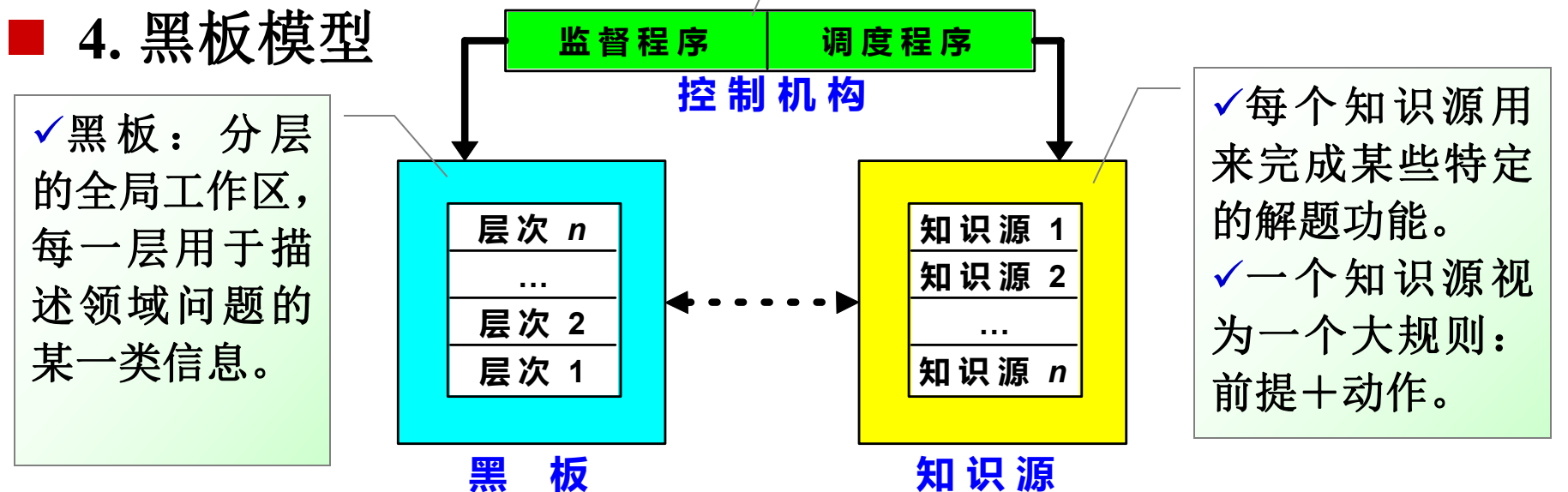
例如：网上咨询型专家系统



## 7.3 专家系统的结构与建立

### 一、专家系统的结构

#### 4. 黑板模型



**HEARSAY – II** (1973 ~1976年, 美国Carnegie – Mellon大学, F.Hayes Roth, V.R.Lesser, L.D.Erman等) 的黑板模型:

- ◆ 黑板：参数层、片断层（音素与单音等）、音节层、单词层、词组层、短语层。
- ◆ 知识源：五大类共13个知识源，每个知识源涉及黑板中一个或多个信息层。

## 7.3 专家系统的结构与建立

### □ 二、专家系统的建立

#### ■ 可行性分析：

传统的程序设计能有效地  
解决此问题吗？

#### ■ 威特曼(Waterman)，如何选择适合专家系统开发的问题？

- 什么情况下开发专家系统是可能的？
- 什么情况下开发专家系统是合理的？
- 什么情况下开发专家系统是合适的？

# 7.3 专家系统的结构与建立

## □ 二、专家系统的建造

### ■ 如何选择适合专家系统开发的问题——威特曼 (Waterman)

#### 1. 什么情况下开发专家系统是可能的？

- (1) 主要依靠经验性知识，不需运用大量常识性知识。
- (2) 存在真正的领域专家，且专家必须能够描述和解释他们用于解决领域问题的方法。
- (3) 有明确的开发目标，且任务不太难实现。



# 7.3 专家系统的结构与建立

## □ 二、专家系统的建造

### □ 如何选择适合专家系统开发的问题——威特曼 (Waterman)

#### 2. 什么情况下开发专家系统是合理的？

- (1) 具有**较高的经济效益**。
- (2) **人类专家奇缺**，但在许多地方又十分需要。
- (3) **人类专家经验不断丢失**。
- (4) **危险场合**需要专业知识。

## 7.3 专家系统的结构与建立

### □ 二、专家系统的建造

### □ 如何选择适合专家系统开发的问题——威特曼 (Waterman)

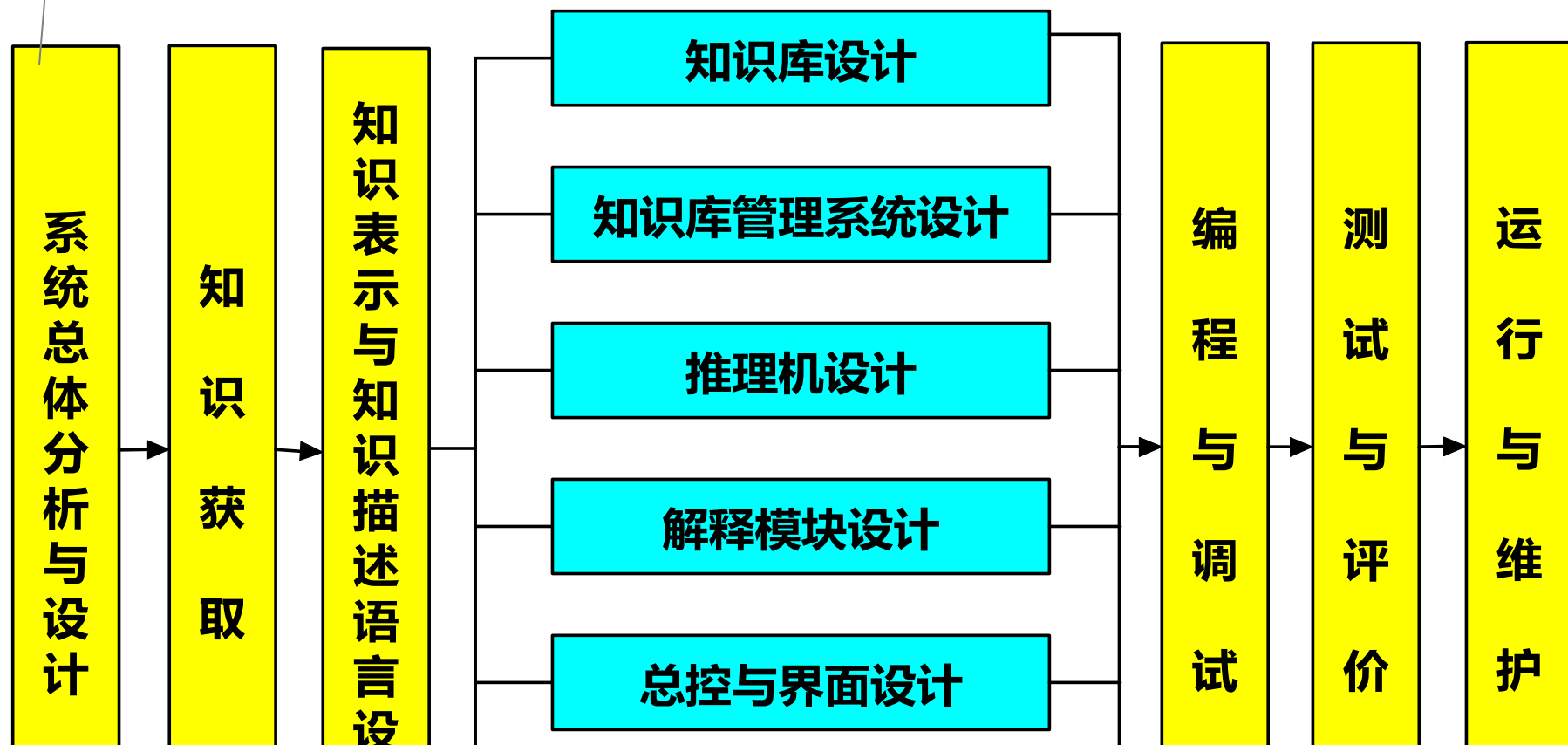
#### 3. 什么情况下开发专家系统是合适的？

- (1) 本质：问题能通过符号操作和符号结构进行求解，  
且需使用启发式知识、经验规则才能得到答案。
- (2) 复杂性：问题不是太容易且较为重要。
- (3) 范围：所选任务的大小可驾驭；任务有实用价值。

## 7.3

系统中哪里需要专家知识，专家知识的作用是什么？以及各专家模块的输入是什么？处理是什么？输出又是什么？


### □ 二、专家系统的建造



快速原型与增量式开发：开发前，先尽快建立一个简单的小型系统“模型”（系统原型）；然后，对原型进行扩充，即在原型的基础上进行地继续开发，即增量式开发，这样像滚雪球似地直至完成整个系统。

# 第7章 专家系统

- 7.1 专家系统的概念
- 7.2 专家系统的产生和发展
- 7.3 专家系统的工作原理（结构与建立）
- 7.9 专家系统的开发工具



专家系统的建造：  
复杂、困难、费时。

# 7.9 专家系统的开发工具

## 1. 骨架系统

EMYCIN系统、KAS系统  
EXPERT系统、**ES-Builder**系统

<http://www.mcgoo.com.au/esl>

- **四部推理机**：常规、规划、演绎和近似推理机。
- **三个知识获取工具**：知识库管理系统、机器学习和知识求精。
- **四套人机接口**：窗口、图形、菜单和自然语言。
- **六大类知识库**：规则库、框架库、数据库、过程库、实例库和接口库。

## 2. 通用型知识表示语言

OPS5、**CLIPS**、FRL等

专家系统  
开发工具

## 4. 专家系统开发环境

AGE、“天马”等

[Clips专家系统开发工具下载|Clips专家系统开发工具 6.30 免费版 -...](#)



• Check Out the New CLIPS Web Site  
• CLIPS 6.30  
• CLIPS .NET 0.1 Beta  
• CLIPS Java Native Interface 0.5 Beta  
• CLIPS Common Gateway Interface 0.1 Beta  
• CLIPS iOS 0.2 Beta  
• News and Information  
• What is CLIPS?  
• Download CLIPS  
• Online Documentation  
• Support Information  
• SourceForge Project Page  
• Frequently Asked Questions  
• Web Links

A Tool for Building Expert Systems

9月10日 - CLIPS专家系统开发工具是一款专家系统的开发工  
多快速开发... 很多朋友都在找这款工具,这里免

## 3. 专家系统程序设计语言

PROLOG语言、LISP语言  
C++语言、Java语言等

专家系统...

评价