

第2章 知识表示

□ 2.1 知识与知识表示的概念

□ 2.2 一阶谓词逻辑表示法

□ 2.3 产生式表示法

□ 2.4 框架表示法

✓ 2.5 语义网络表示法

2.5 语义网络表示法

2.5.1 语义网络

2.5.2 基本命题的语义网络表示

2.5.3 连接词在语义网络中的表示方法

2.5.4 变元和量词在语义网络中的表示方法

2.5.5 语义网络表示法的特点

- 什么是语义网络？
- 常见的一些语义联系？
- 如何用语义网络表示知识？
（在语义网络中如何表示命题中的连接词、量词？）
- 如何用语义网络求解问题？
- 语义网络表示法的优缺点是什么？
- 语义网络表示法适合描述什么样的知识？

2.5.1 语义网络 (Semantic Network)

- 1968年, J.R.Quillian提出语义网络 (Semantic Network)作为显式心理学模型, 应用到可教式语言理解器TLC 中。
- 1972年, Simon将语义网络应用到自然语言理解的研究中。
- 1975年, 亨德里克 (G. G. Hendrix) 提出了语义网络分区技术。
- 语义网络: 通过概念及其相互间语义关系, 图解表示知识的网络(“带标识的有向图”)。



基本网元



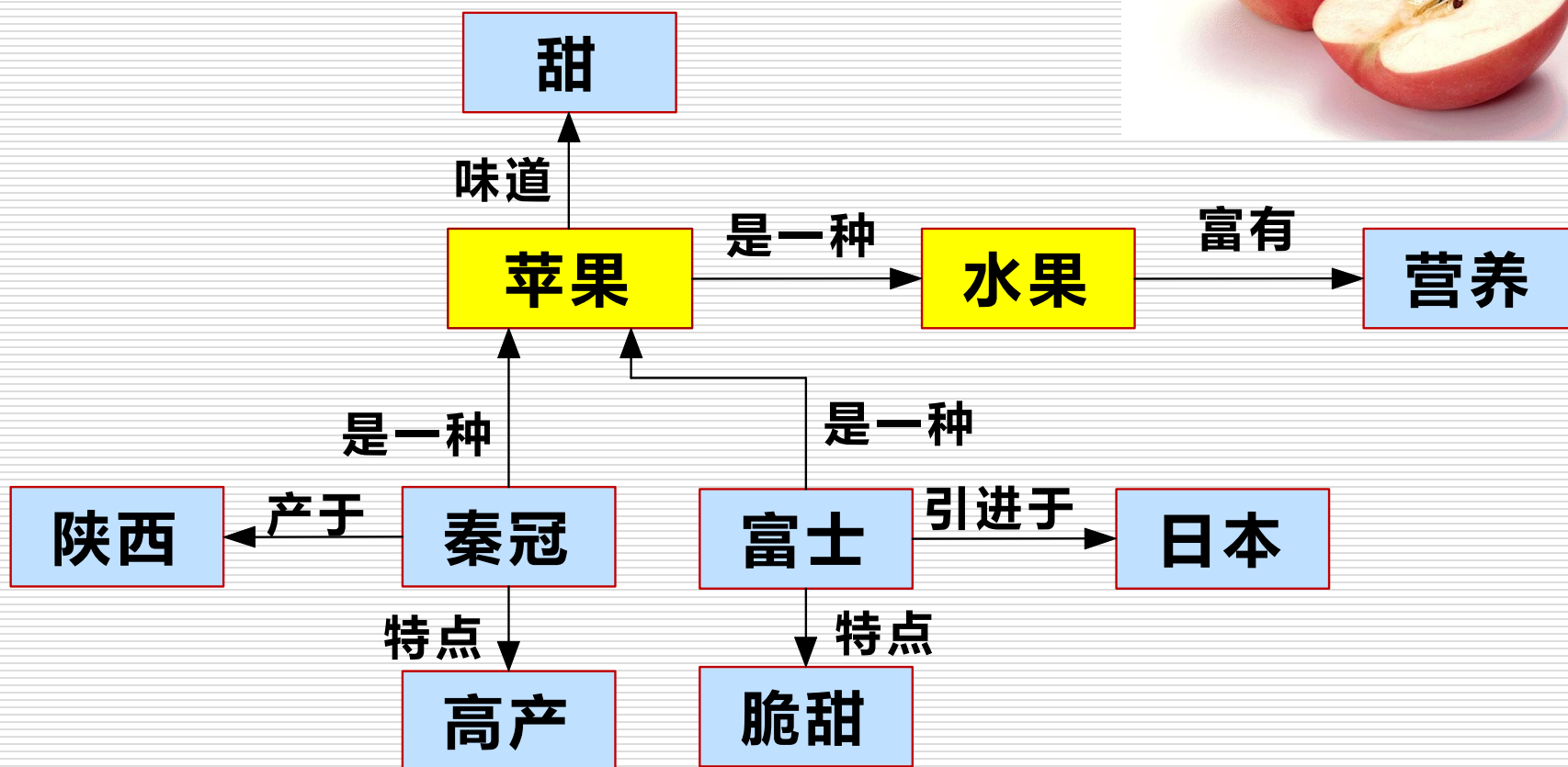
苹果与水果的语义网络

三元组 (节点1, 弧, 节点2) 即 (A, R_{AB}, B)

节点: 表示实体, 表示各种事物、概念、情况、属性、状态、事件、动作等。

2.5.1 语义网络 (Semantic Network)

- 水果，苹果，红富士，它们可能指向同一物体，又可能不同。



苹果的语义网络

2.5.1 语义网络 (Semantic Network)

□ WordNet Python的nltk (natural language toolkit) 库的一个组件

- WordNet是最著名的词典知识库，主要用于词义消歧。WordNet由普林斯顿大学认识科学实验室从1985年开始开发。
- WordNet主要定义了名词、动词、形容词和副词之间的语义关系。例如名词之间的上下位关系（如：“猫科动物”是“猫”的上位词），动词之间的蕴含关系（如：“打鼾”蕴含着“睡眠”）等。
- WordNet3.0已经包含超过15万个词和20万个语义关系。

Hamburger

- Hamburger (an inhabitant of Hamburg)
 - direct hypernym:
 - German (a person of German nationality)
 - sister term:
 - German (a person of German nationality)
 - East German (a native/inhabitant of the former GDR)
 - Bavarian (a native/inhabitant of Bavaria)
 - derivationally related form
 - Hamburg (a port city in northern Germany on the Elbe River that was founded by Chalemagne in the...)

WordNet Search - 3.1

- [WordNet home page](#) - [Glossary](#) - [Help](#)

Word to search for:

Display Options:

Key: "S:" = Show Synset (semantic) relations, "W:" = Show Word (lexical) relations
Display options for sense: (gloss) "an example sentence"

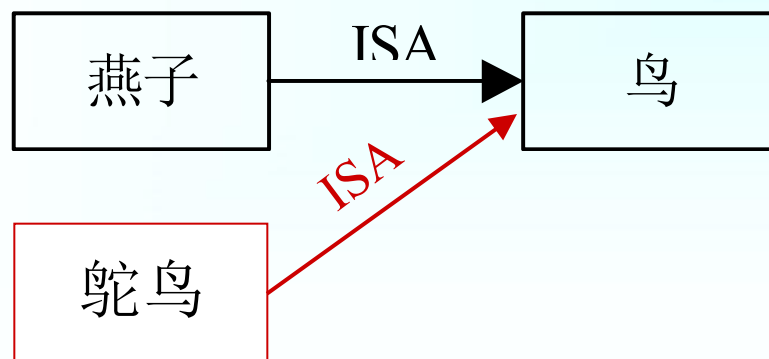
Noun

- [S: \(n\) hamburger](#), [beefburger](#), [burger](#) (a sandwich consisting of a fried cake of minced beef served on a bun, often with other ingredients)
- [S: \(n\) ground beef](#), [hamburger](#) (beef that has been ground)

2.5.2 基本命题的语义网络表示

1. 以个体为中心组织知识的语义联系

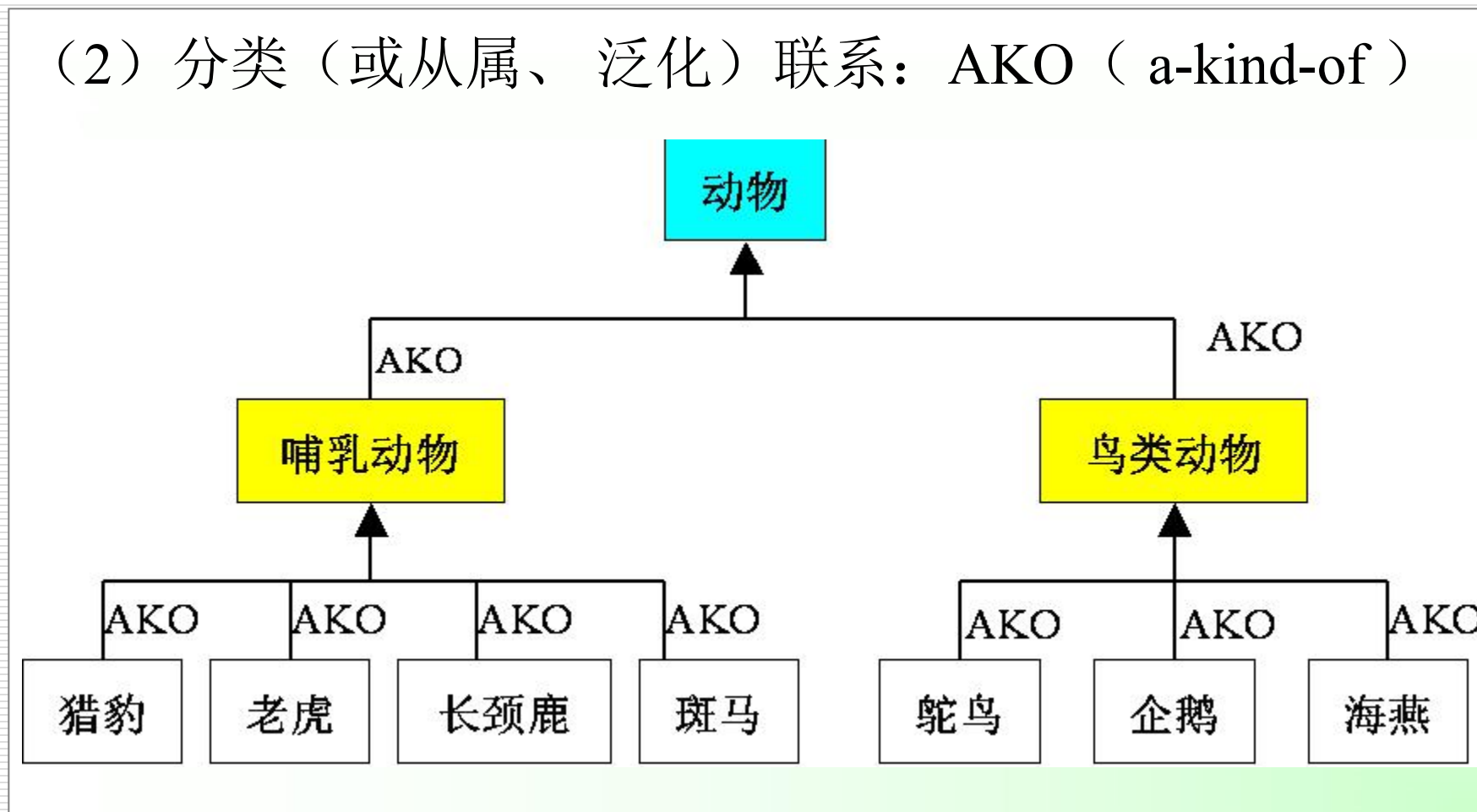
(1) 实例联系: ISA (is-a)



2.5.2 基本命题的语义网络表示

1. 以个体为中心组织知识的语义联系

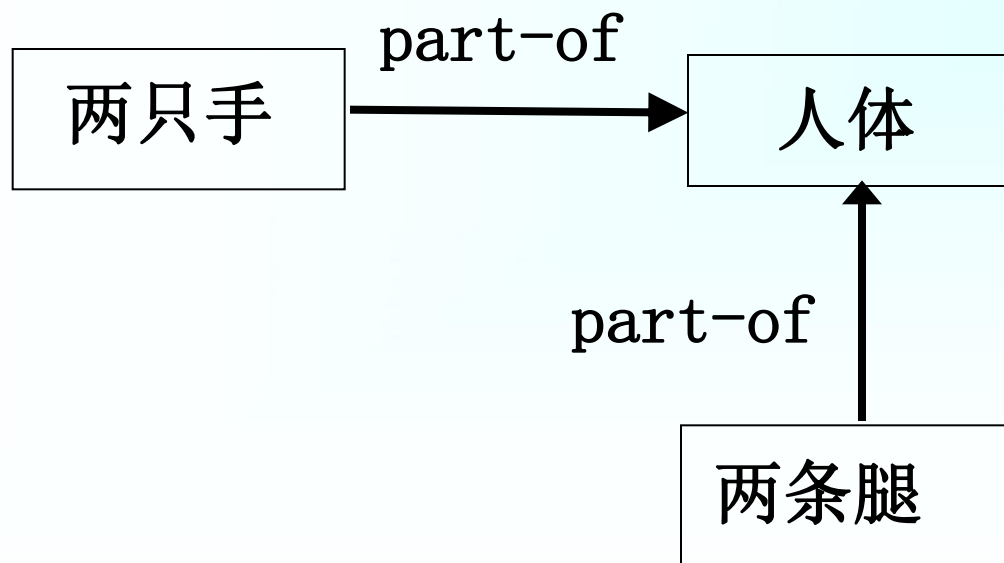
(2) 分类（或从属、泛化）联系：AKO（a-kind-of）



2.5.2 基本命题的语义网络表示

1. 以个体为中心组织知识的语义联系

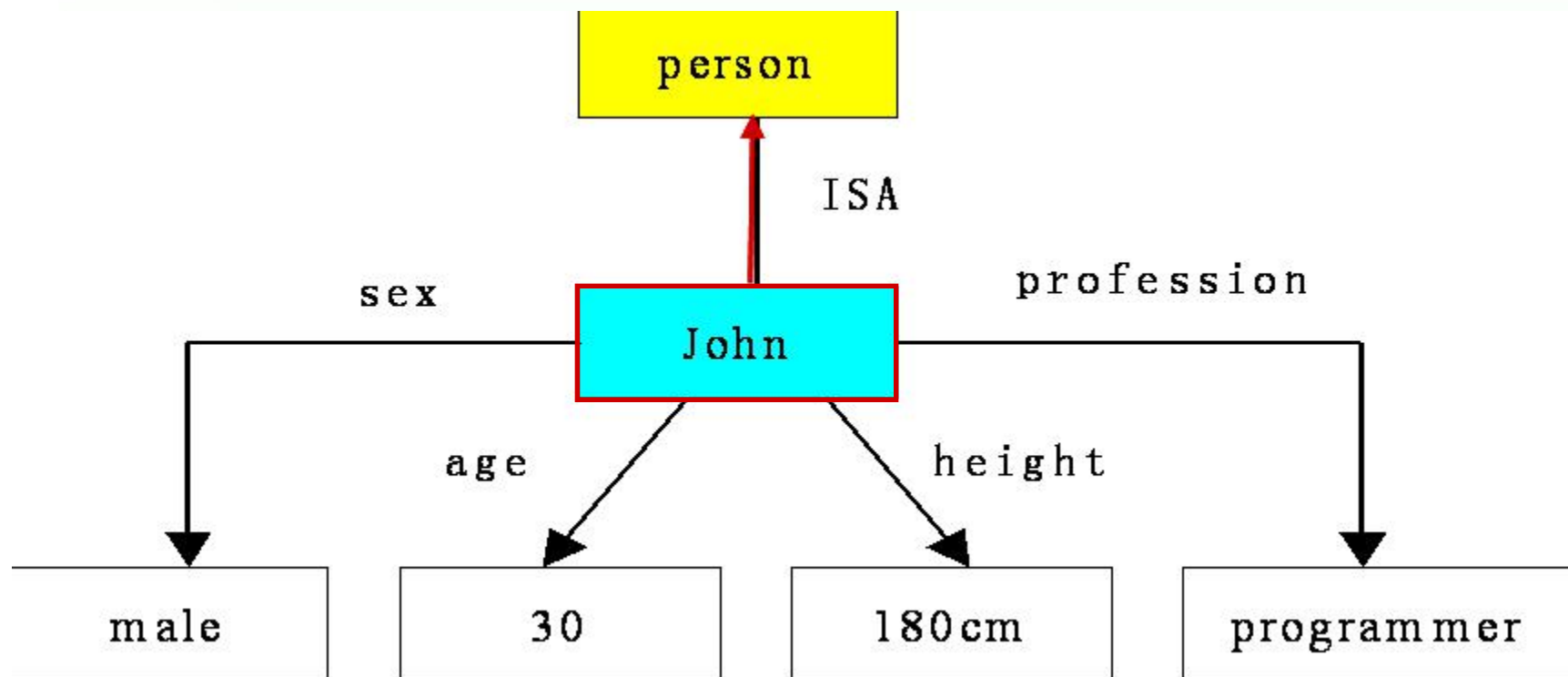
(3) 聚集联系：part-of



2.5.2 基本命题的语义网络表示

1. 以个体为中心组织知识的语义联系

(4) 属性联系：个体、属性及其取值之间的联系。

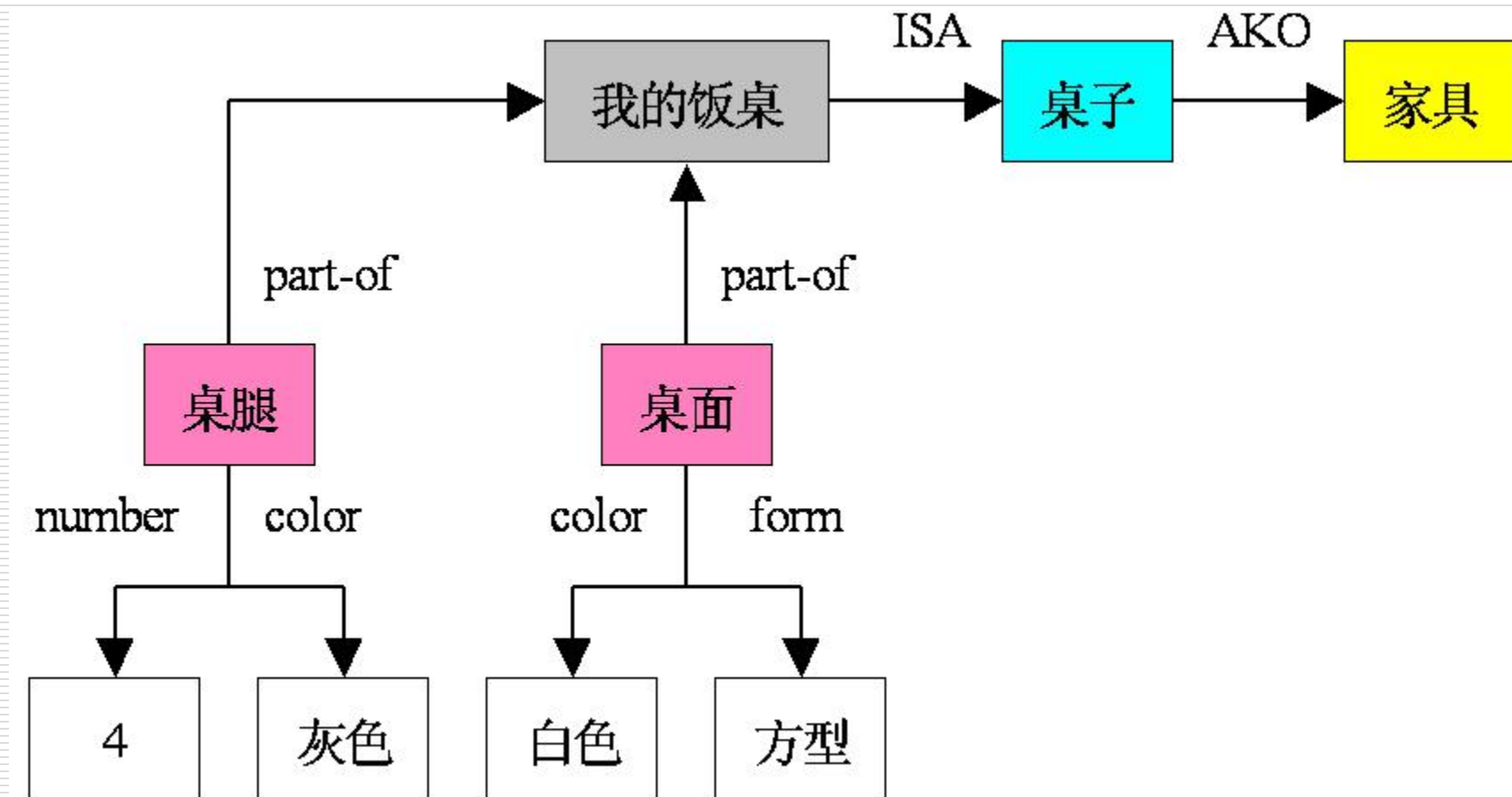


联系	说明	示例
A-Member-of	个体与集体之间的关系	张三是工会会员
Composed-of	"构成", 一对多	整数由正整数、负整数和零组成
Have	"占有"关系	鸟有翅膀
Before、After、AT	事件之间的时间先后关系	唐朝在宋朝之前
Located-on(-at,under,-inside,-outside)	事物之间的位置关系	书在桌子上
Similar-to,Near-to	事物之间的相似和接近关系	猫与虎相似

其他常用的语义联系

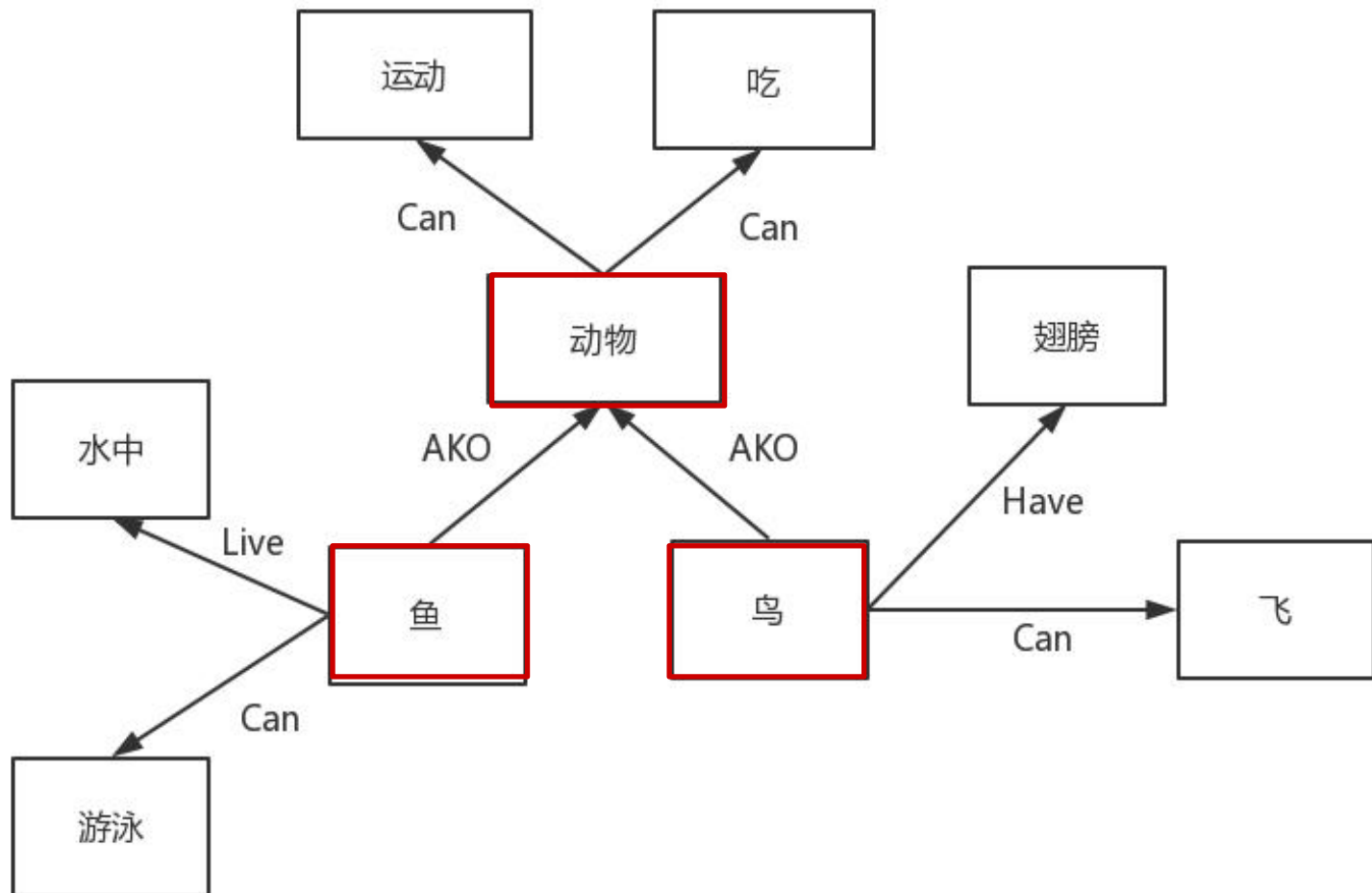
2.5.2 基本命题的语义网络表示

□ 例2.5 描述桌子的语义网络



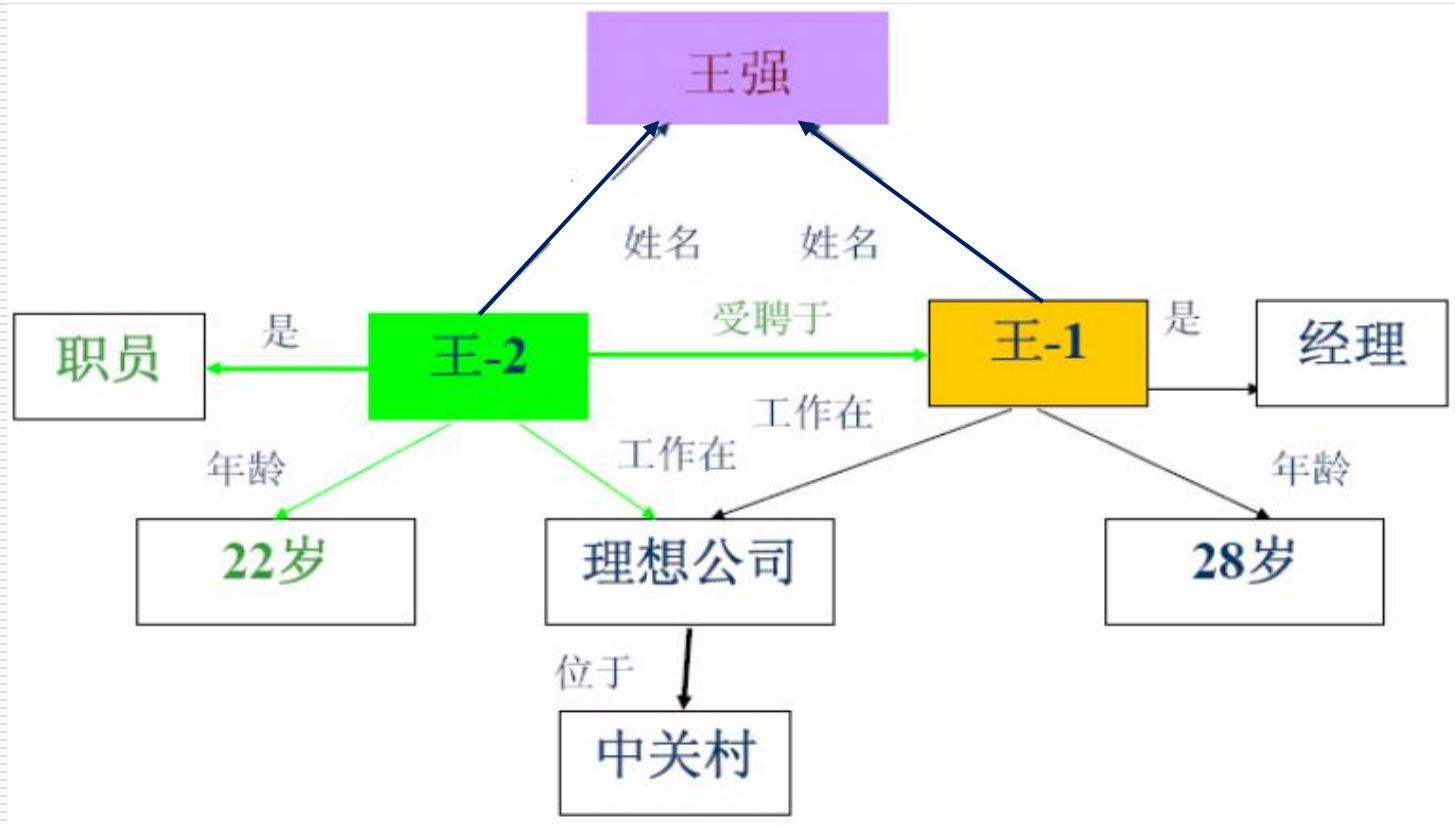
事实性知识表示例子

- 例1：动物能运动、会吃。鸟是一种动物，鸟有翅膀、会飞。鱼是一种动物，鱼生活在水中、会游泳。



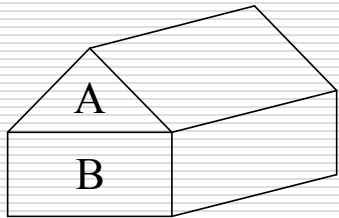
事实性知识表示例子

- 例3：王强是理想公司的经理；理想公司在中关村；王强28岁。另有一个王强是理想公司经理聘用的职员，职员王强22岁。

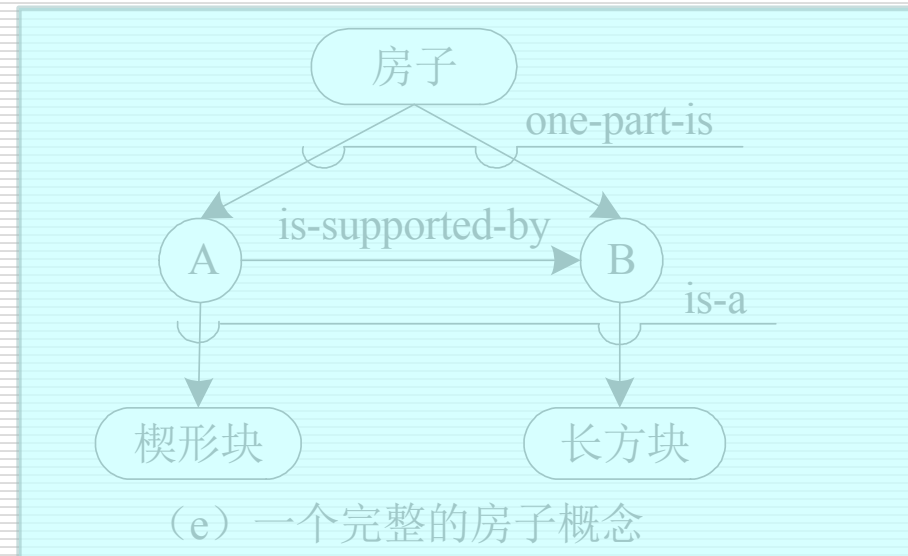
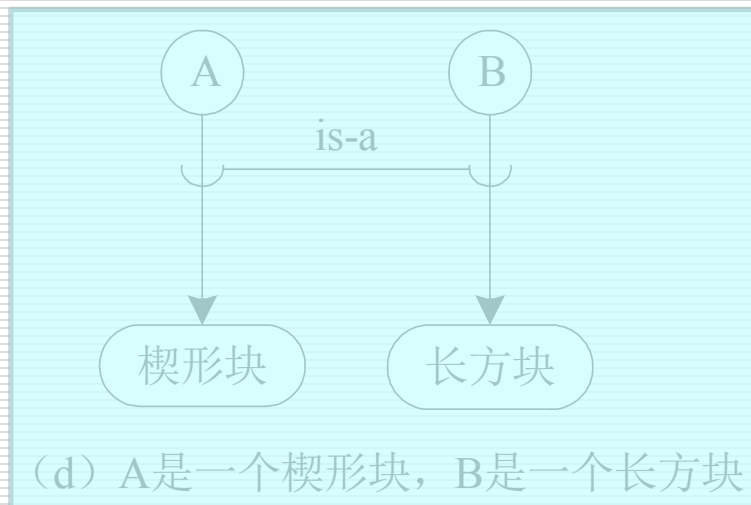
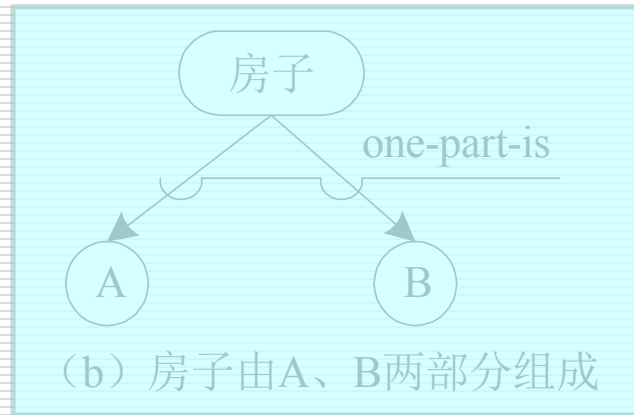


概念表示例子

□ 用语义网络描述积木世界中的一个房子(House)



(a) 房子



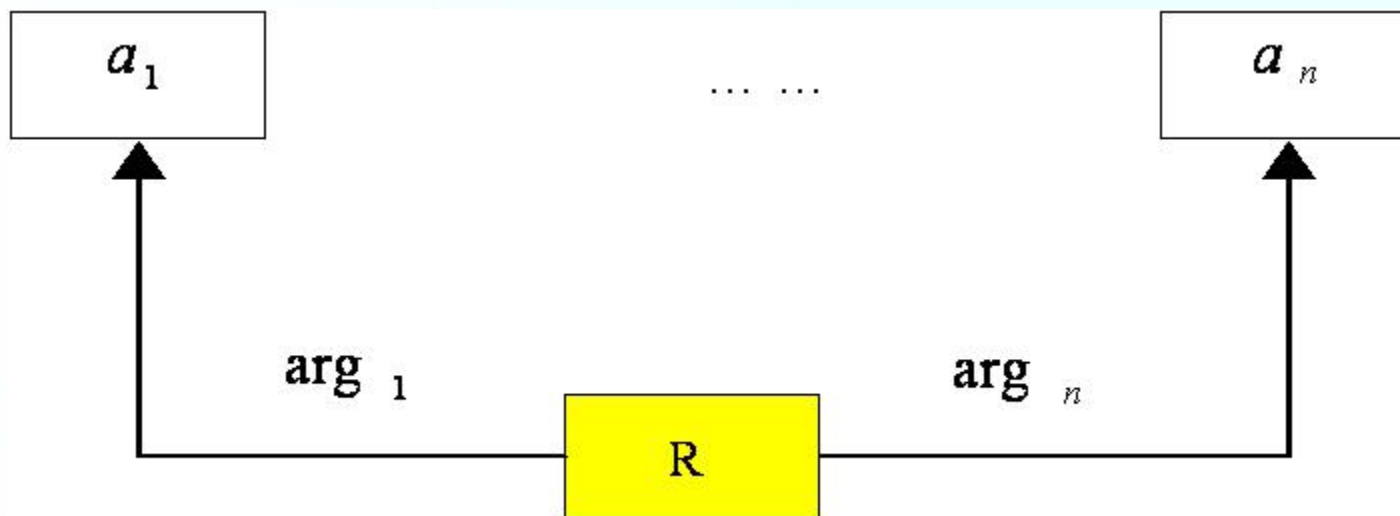
思考：用框架表示法描述积木世界中的一个房子(House)

2.5.2 基本命题的语义网络表示

2. 以谓词或关系为中心组织知识的语义联系

n 元谓词或关系 $R(\arg_1, \dots, \arg_n)$, \arg_1 取值为 a_1, \dots, \arg_n 取值为 a_n
, 可化为等价的一组二元关系:

$$\arg_1(R, a_1), \dots, \arg_n(R, a_n)$$

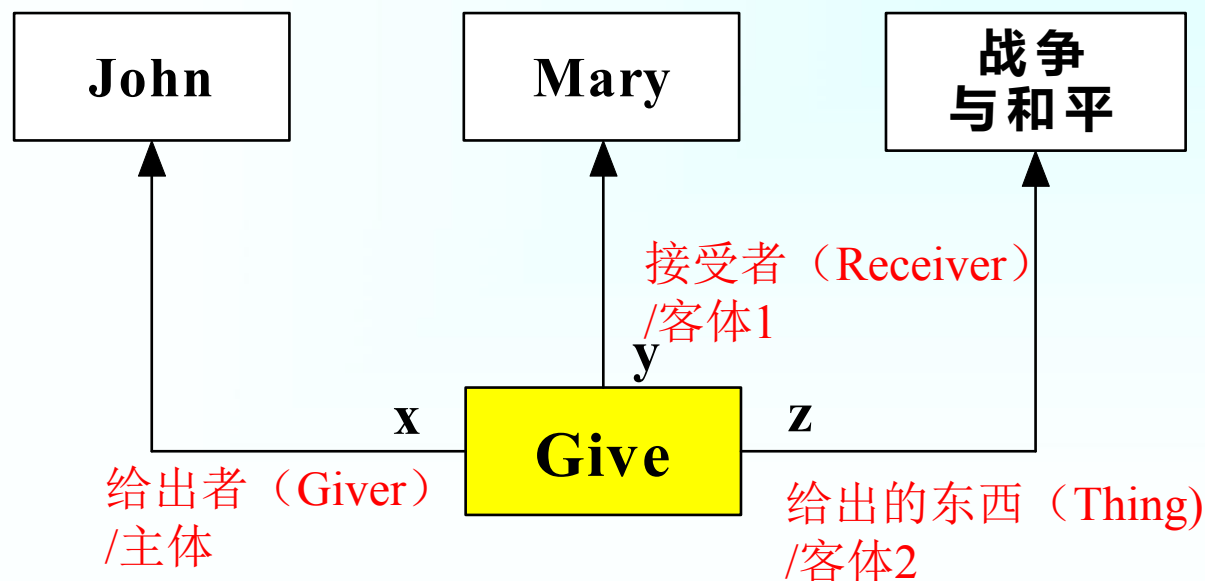


2.5.2 基本命题的语义网络表示

2. 以谓词或关系为中心组织知识的语义联系

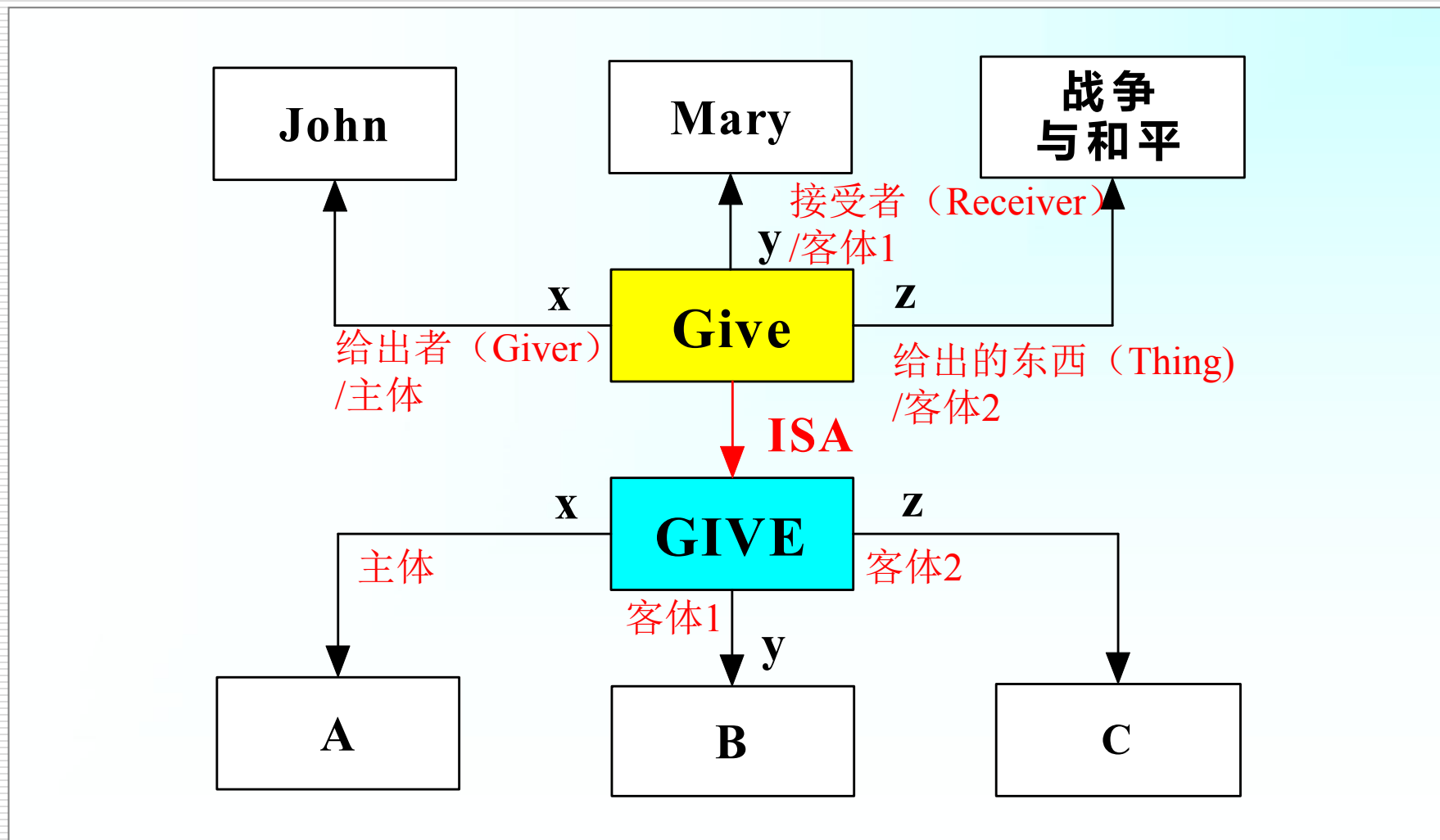
3元谓词 **Give**(x, y, z) : z 是 x 给 y 的。

x : John, y: Mary, z: 战争与和平



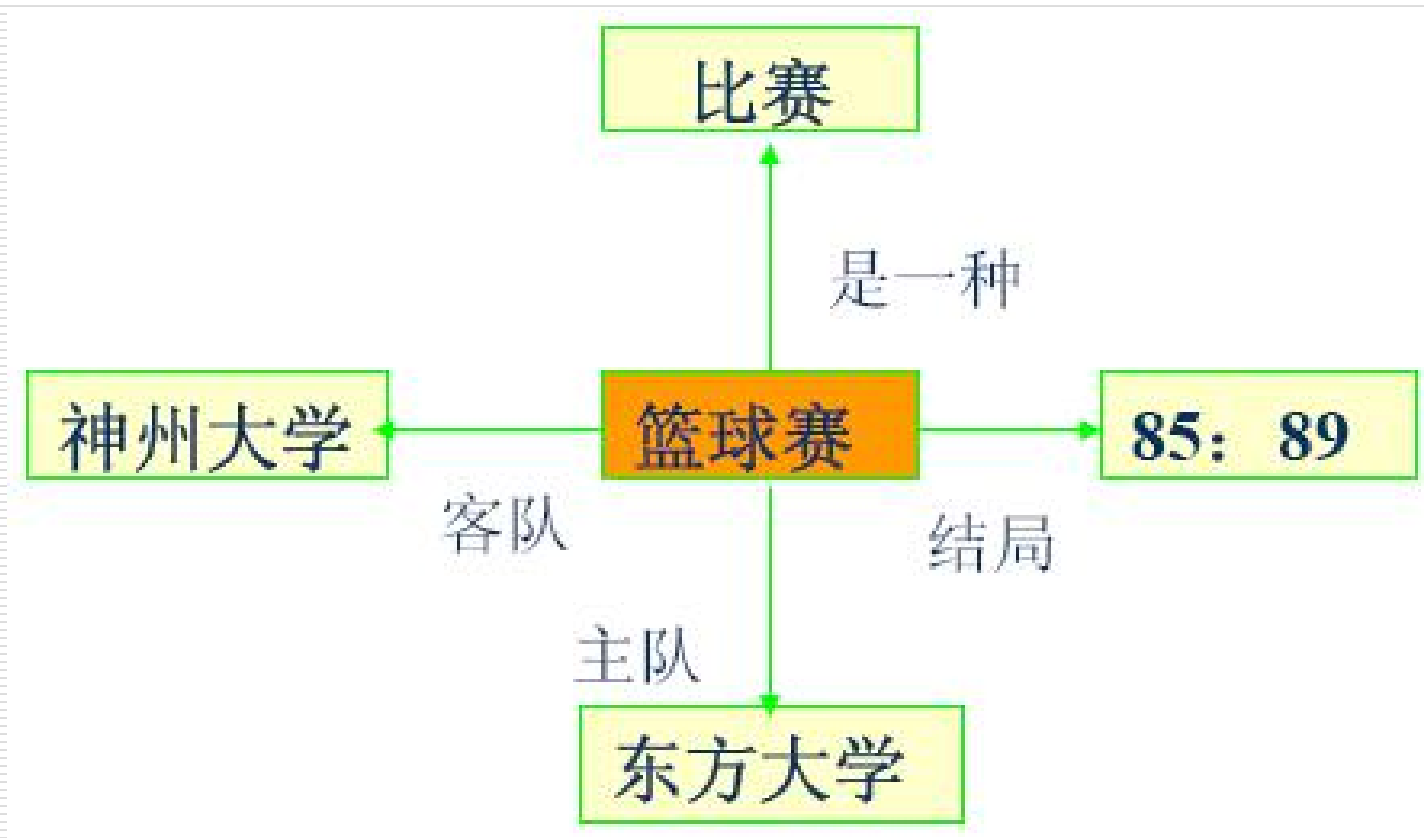
2.5.2 基本命题的语义网络表示

2. 以谓词或关系为中心组织知识的语义联系



情况和动作的表示

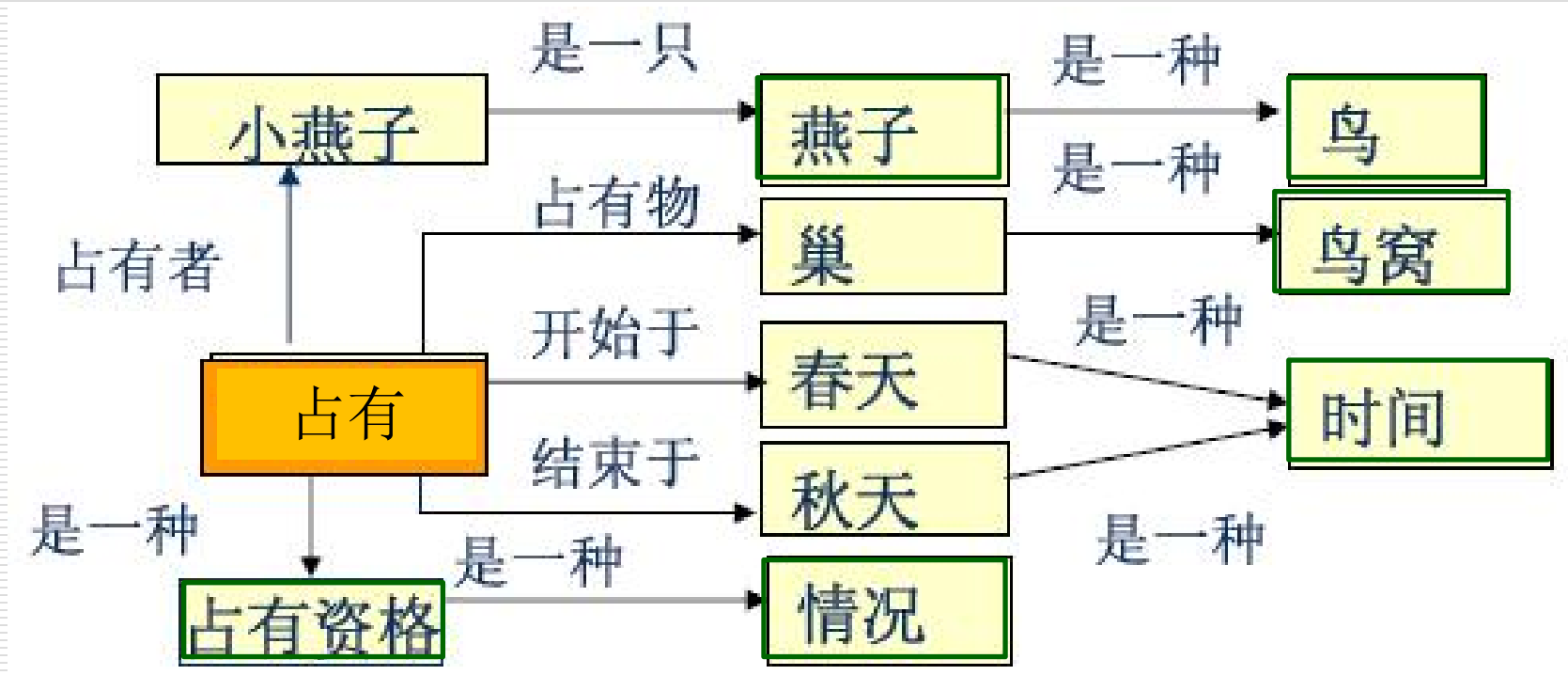
- 例1：神州大学和东方大学两校篮球队在东方大学进行一场比赛，结局的比分是85：89.



节点：表示实体，表示各种事物、概念、情况、属性、状态、事件、动作等。

情况和动作的表示

□ 例2：这只小燕子从春天到秋天占有一个巢。

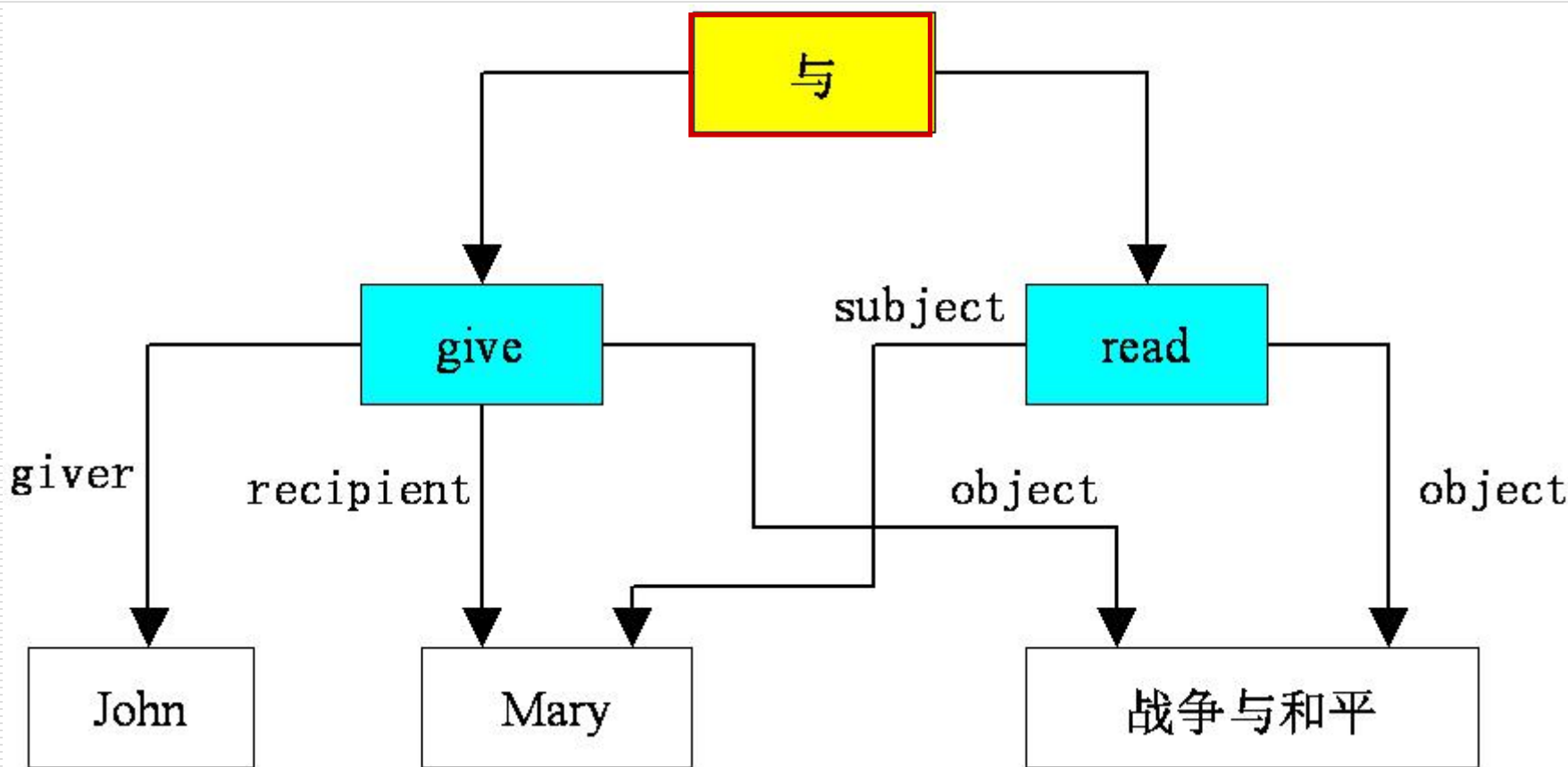


节点：表示实体，表示各种事物、概念、情况、属性、状态、事件、动作等。

2.5.3 连接词在语义网络中的表示方法

1. 合取（“与”）

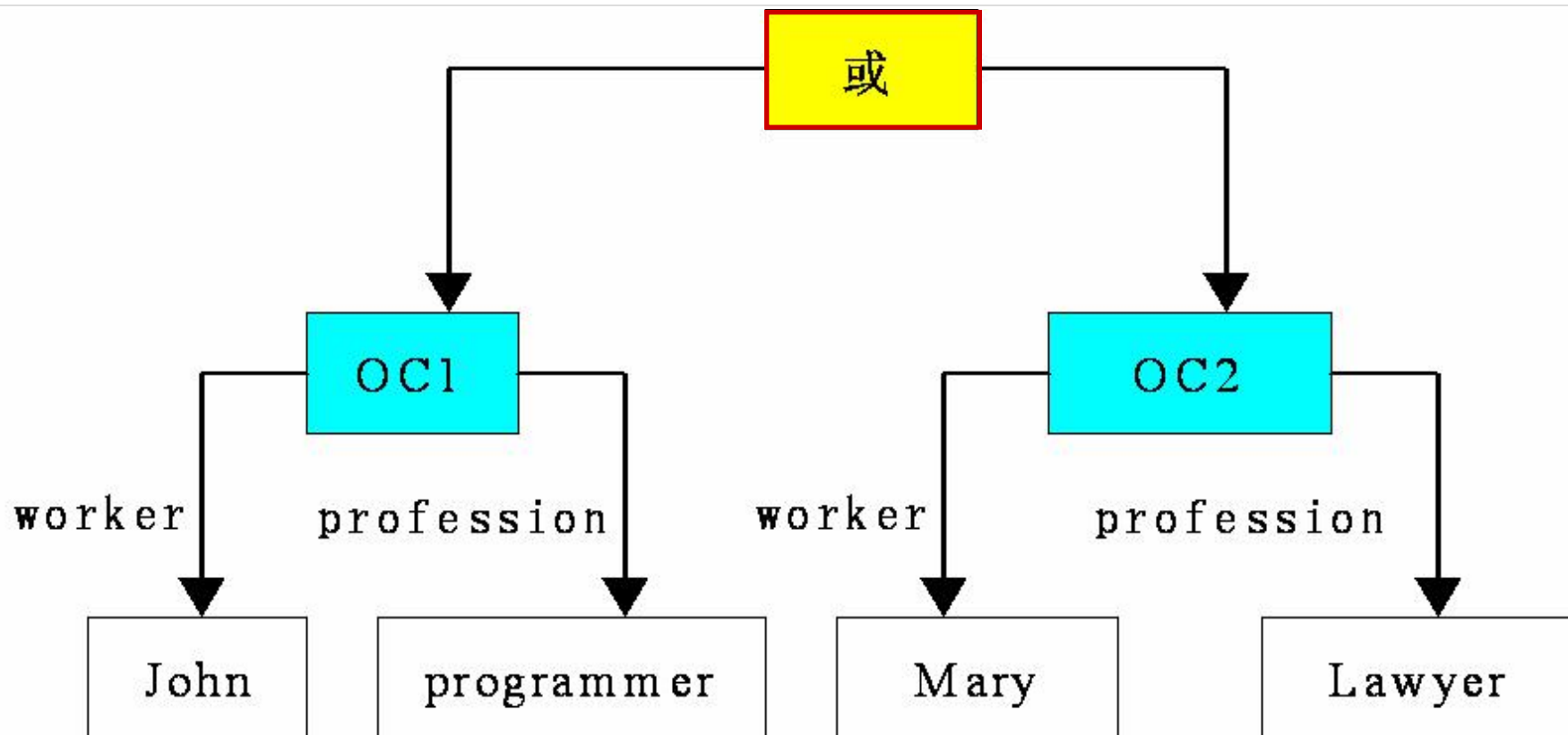
- $\text{give}(\text{John}, \text{Mary}, \text{“战争与和平”}) \wedge \text{read}(\text{Mary}, \text{“战争与和平”})$



2.5.3 连接词在语义网络中的表示方法

2. 析取（“或”）

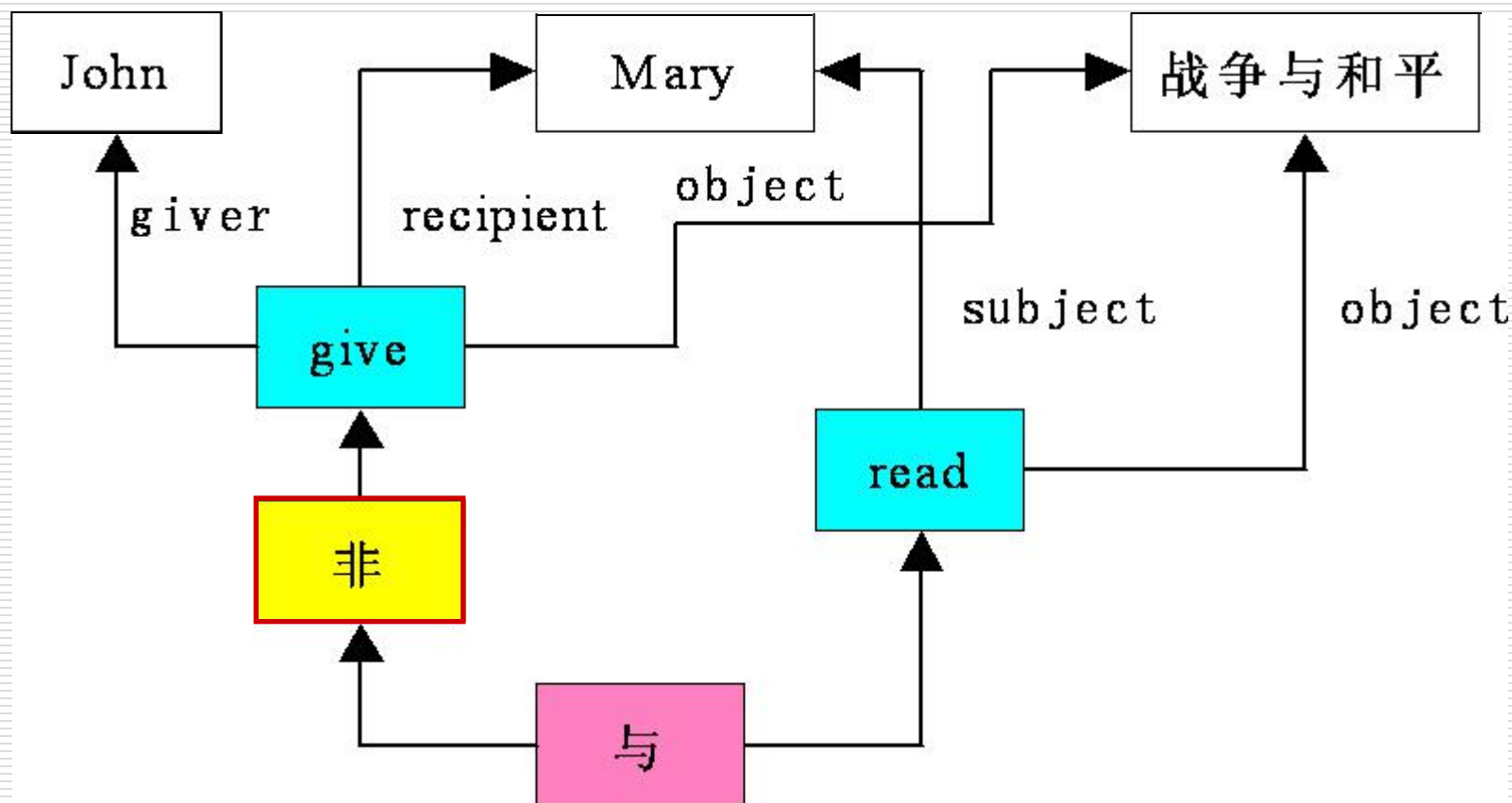
- John is a programmer or Mary is a lawyer



2.5.3 连接词在语义网络中的表示方法

3. 否定(“ \neg ISA、 \neg AKO、 \neg part-of” 或 “非”)

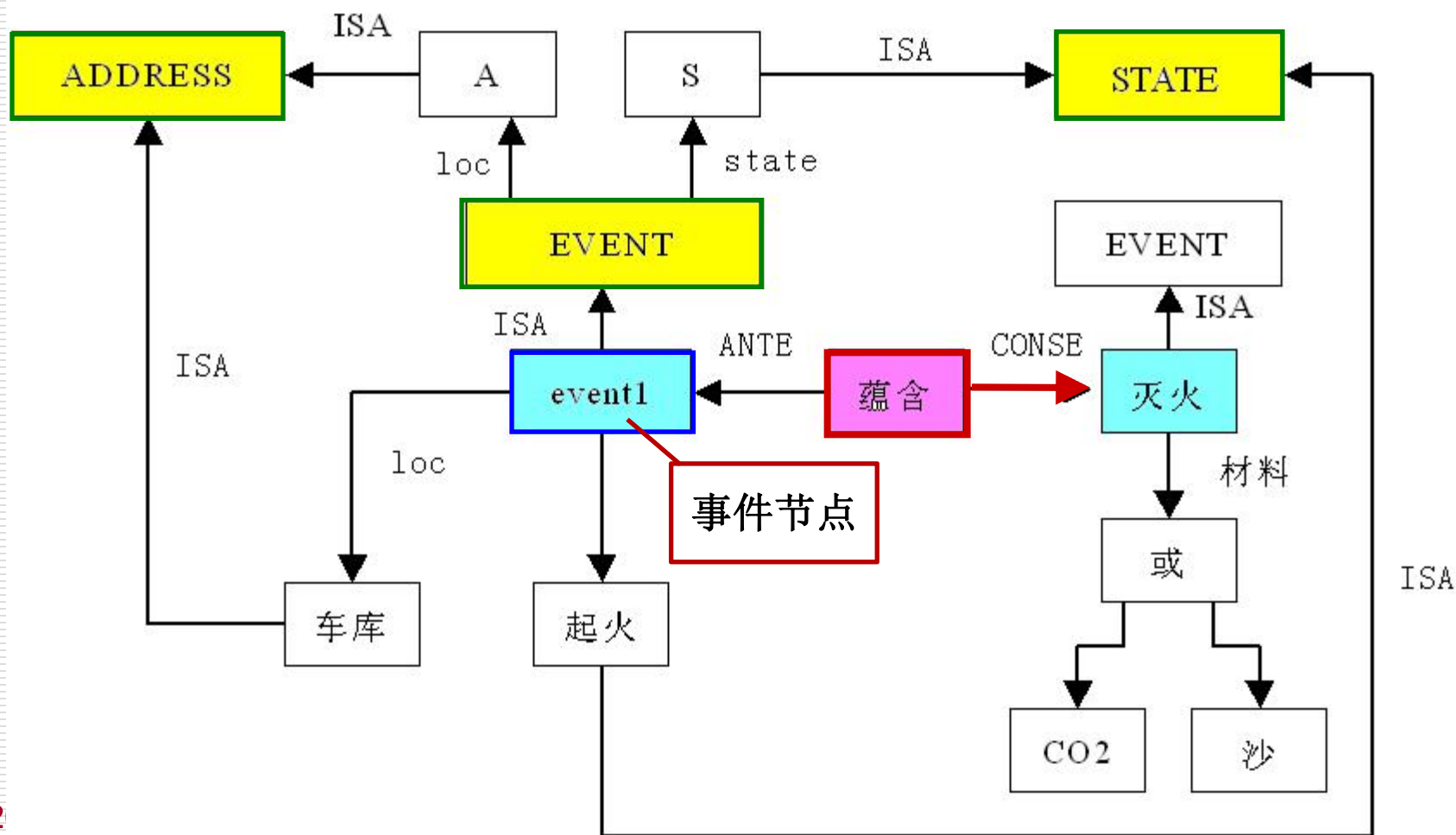
- $\neg \text{give}(\text{John}, \text{Mary}, \text{“战争与和平”}) \wedge \text{read}(\text{Mary}, \text{“战争与和平”})$



2.5.3 连接词在语义网络中的表示方法

4. 蕴含

- “如果车库起火，那么用CO₂或沙来灭火”



2.5.4变元和量词在语义网络中的表示方法

□ 存在量词： ISA弧

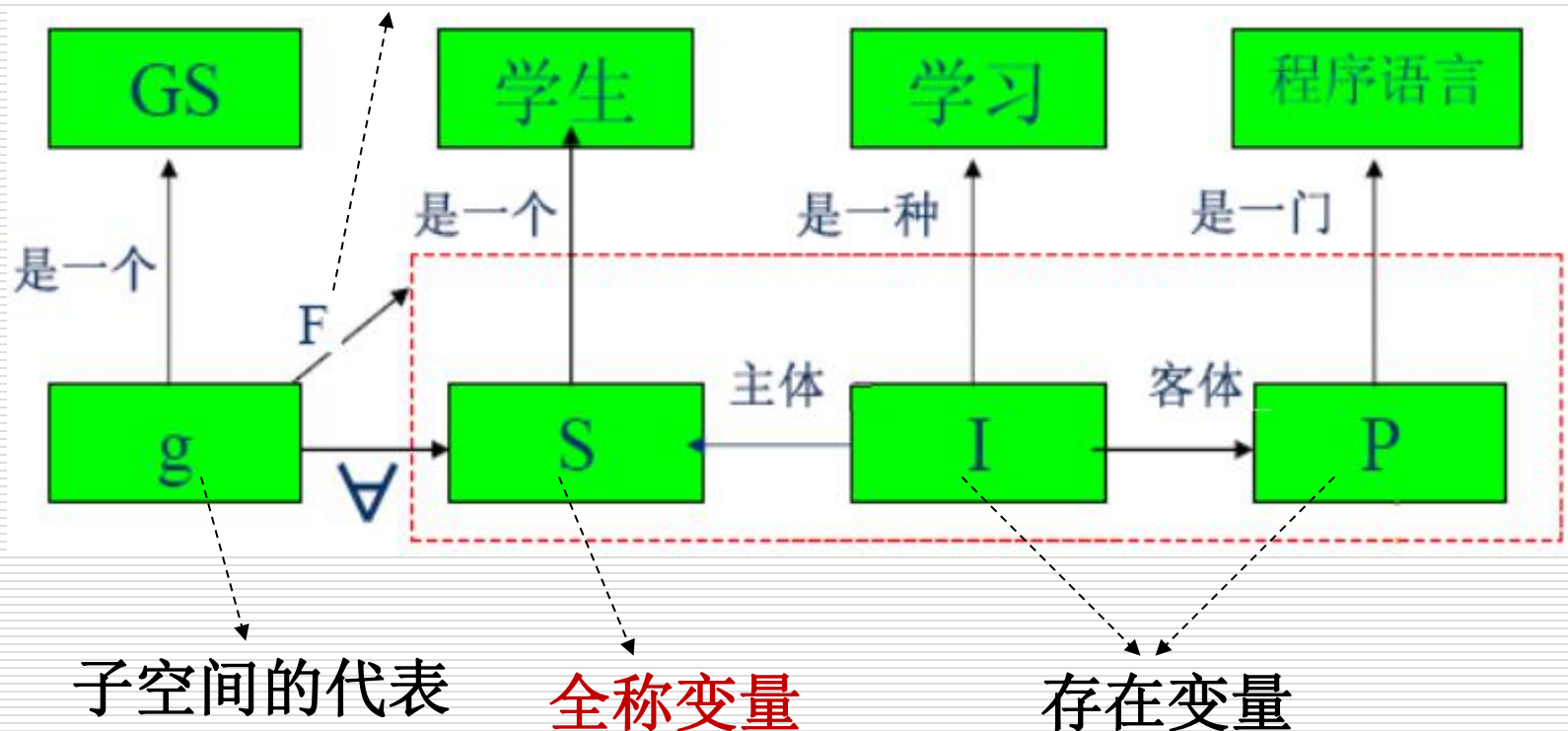
□ 全称量词： 分块表示

- 1975年，亨德里克(G .G .Hendrix)对全称量词的表示提出了语义网络分区技术。
- 亨德里克提出的网络分区技术：把复杂命题划分为若干个子命题，每一个子命题用一个较简单的语义网络表示，称为一个子空间，多个子空间构成一个大空间。每个子空间看作大空间中的一个结点，称作超结点。空间可以逐层嵌套，子空间之间用弧互相连接。

2.5.4变元和量词在语义网络中的表示方法

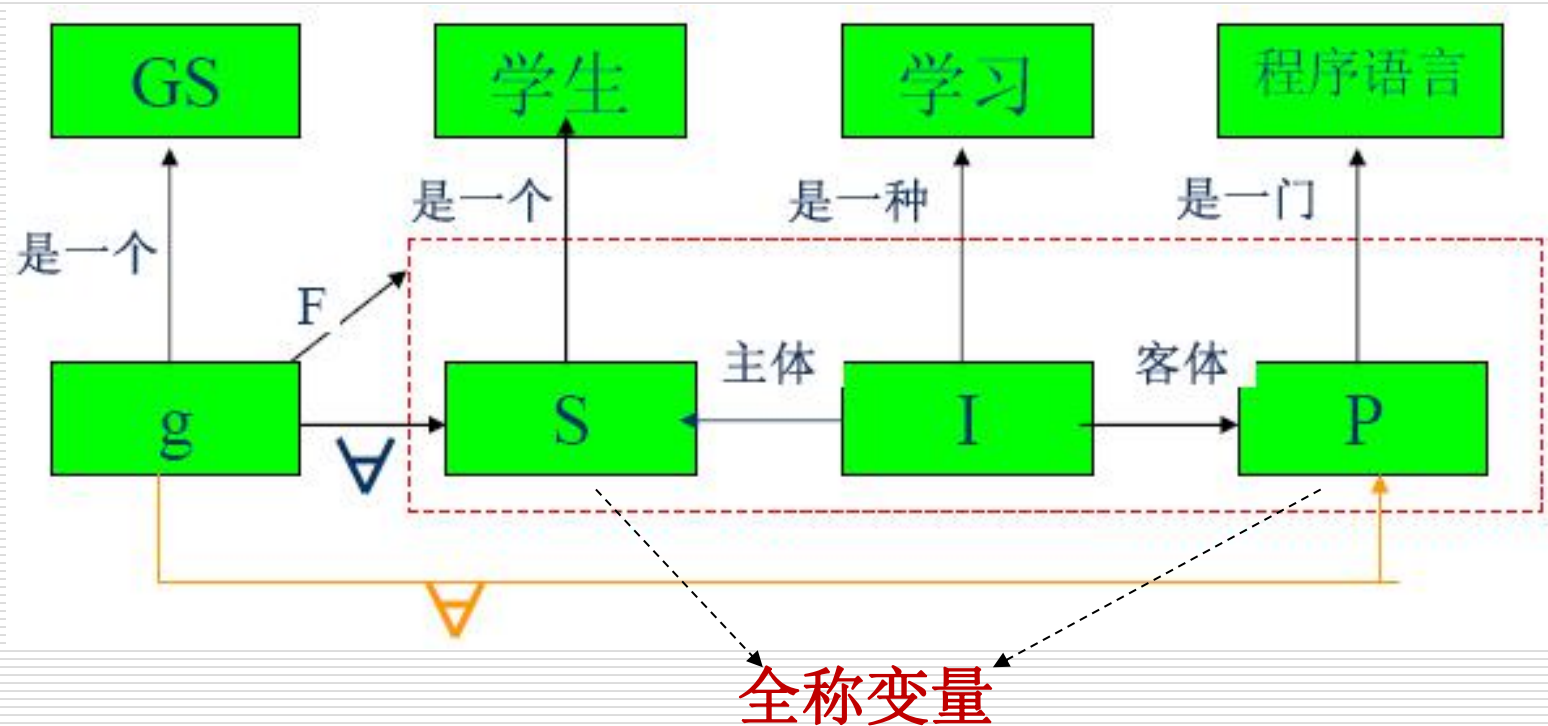
□ 量词例1：每个学生都学习了一门程序设计语言

与子空间的联系



2.5.4变元和量词在语义网络中的表示方法

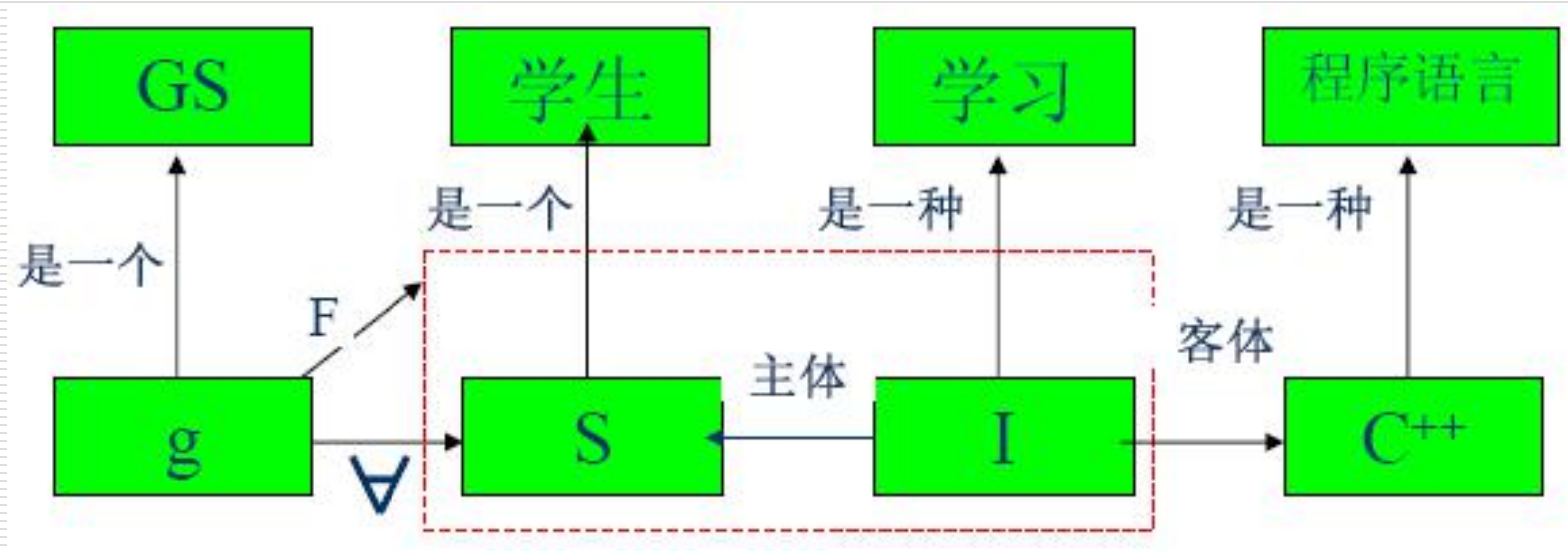
□ 量词例2: 每个学生都学习了所有程序设计语言



全称变量弧的个数 = 全称变量个数

2.5.4变元和量词在语义网络中的表示方法

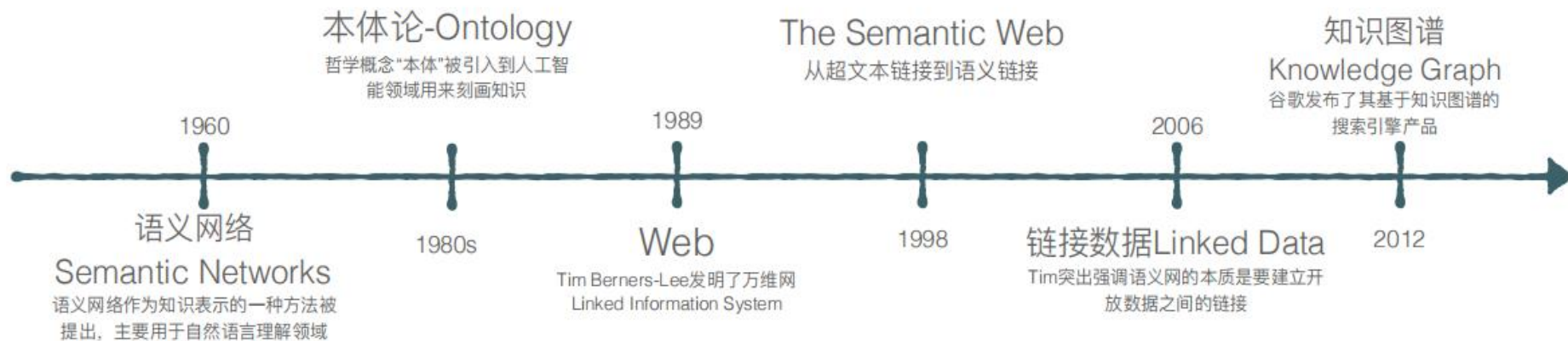
□ 量词例3: 每个学生都学习了C++语言



子空间中所有非全称变量必须是全称变量的函数

在网络分区技术中，要求F指向的子空间中的所有非全称变量结点都应该是存在量词约束的变量，否则应放在子空间的外面。

补充：知识图谱的知识表示



知识表示与知识库- Knowledge Representation / Knowledge Base

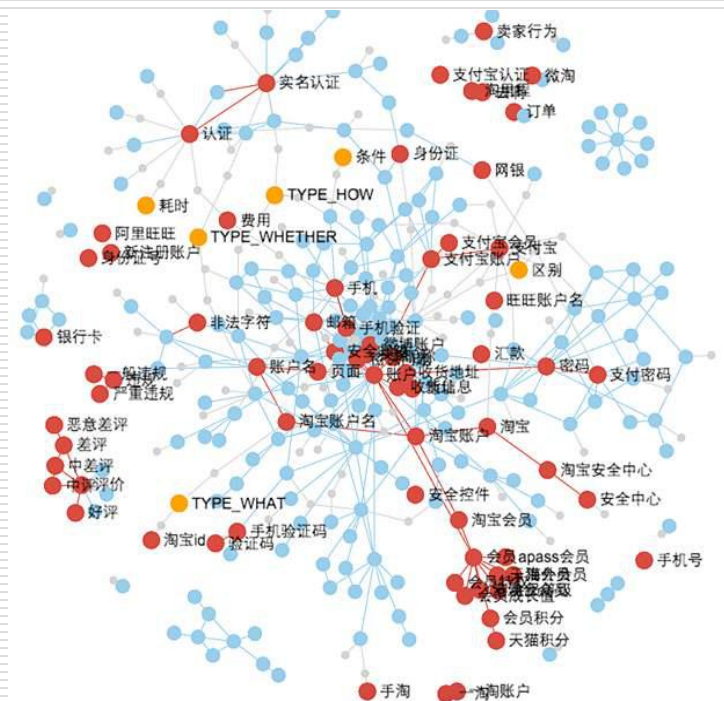
人工智能研究者陆续提出了大量知识表示的方法，如框架系统、产生式规则、描述逻辑等。

知识图谱旨在以结构化的形式描述客观世界中存在的概念、实体及其间的复杂关系

知识图谱得益于Web的发展（更多的是数据层面），有着来源于KR、NLP、Web、AI多个方面的基因。

实体和关系

- **概念**：人们在认识世界过程中形成的对客观事物的概念化表示，如人、动物、组织机构等。
- **实体**：客观世界中的具体事物，如画家达·芬奇、篮球运动员姚明等。

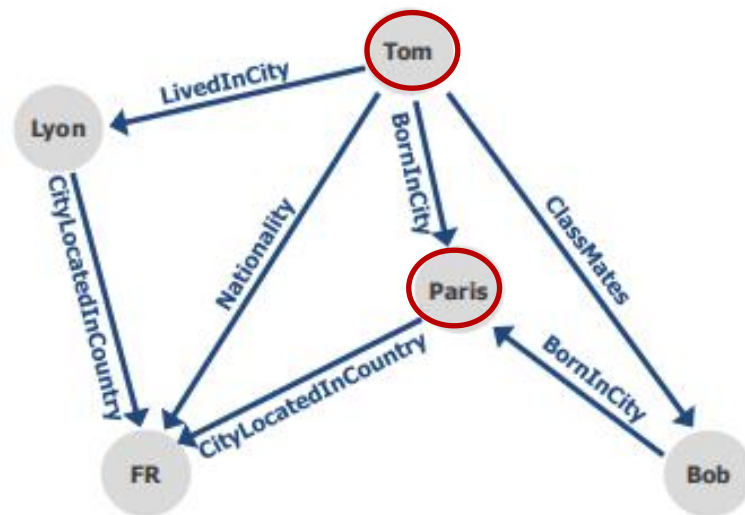


- **关系**：描述概念、实体之间客观存在的关联，如毕业院校描述了个人与其所在院校之间的关系等

知识图谱

■ **知识图谱 (knowledge graph)**: 概念或实体和关系所构成的**有向图**，是表征实体间语义关联的语义网络。

- **节点**代表概念或实体
- **边**代表不同类型的关系或属性
- **两个节点之间有边相连**表明它们之间存在相应关系
- **边是有向的**表明关系是非对称的



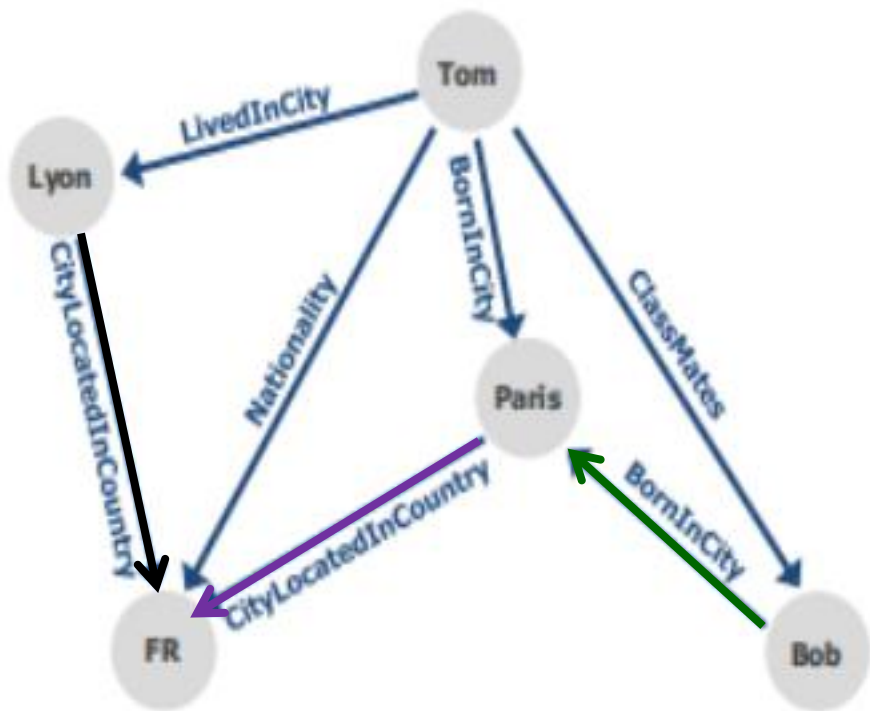
- 知识图谱中，每个节点是一个实体（如人名、地名、事件和活动等），任意两个节点之间的边表示这两个节点之间存在的关系。
- 一般而言，可将知识图谱中任意两个相连节点及其连接边表示成一个三元组（**triplet**），即**(left_node, relation, right_node)**，例：**(Tom, BornInCity, Paris)**

知识图谱

- **三元组 (triple/triplet)**: 也称事实 (fact), 是最基本的知识存储方式, 表现为 (主语, 谓词, 宾语) 形式



例如: 主语 (浙江工业大学), 谓词 (位于), 宾语 (杭州)



(Tom, BornInCity, Paris)

(Tom, LivedInCity, Lyon)

(Tom, Nationality, France)

(Tom, ClassMates, Bob)

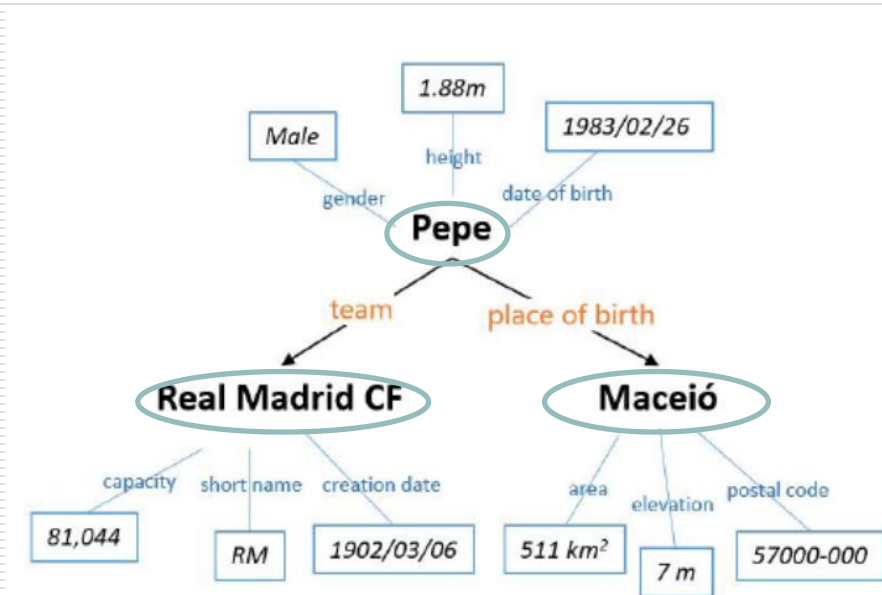
(Paris, CityLocatedInCountry, France)

(Lyon, CityLocatedInCountry, France)

(Bob, BornInCity, Paris)

知识图谱中的知识表示

- ❑ 知识图谱中的知识通常通过**RDF (Resource Description Framework)** 的结构进行表示的，其基本构成单元是事实，每个事实被表示为一个形如 **<subject, predicate, object>** 即（主语, 谓词, 宾语）的三元组。
- **主语:** 通常是实体、事件或者概念中的任何一个
- **谓语:** 通常是关系或者属性
- **宾语:** 实体、事件、概念，或者普通的值（如数字、字符串等）



RDF Data

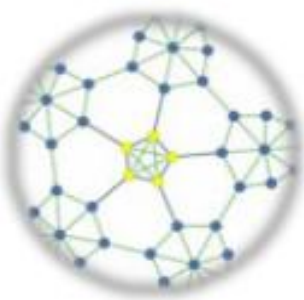
<S,	P,	O>
<Pepe,	gender,	male>
<Pepe,	height,	1.88m>
<Pepe,	date of birth,	1983/02/06>
<Pepe,	team,	Ream Madrid CF>
<Pepe,	place of birth,	Maceió>
<Maceió,	area,	511km²>
<Maceió,	elevation,	7m>
<Maceió,	postal code,	57000-000>
...		
...		

知识图谱中的知识表示

Knowledge Graph is more expressive than pure graph but less complex than formal logic

表达能力逐渐增强

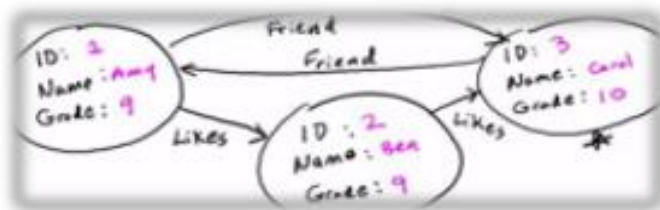
简单图建模



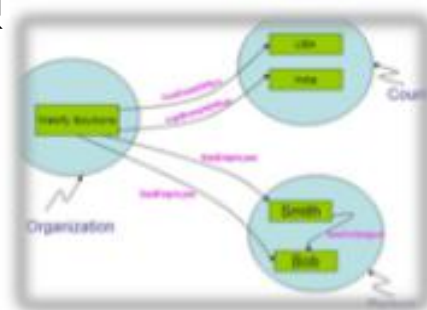
有向标记图

RDF or Property Graph

属性图（Property Graph）是Neo4J实现的图结构表示模型



描述逻辑与Ontology



推理能力逐渐变弱

采用较为简单的图表达；弱关联表达，无逻辑基础，不支持自动推理。

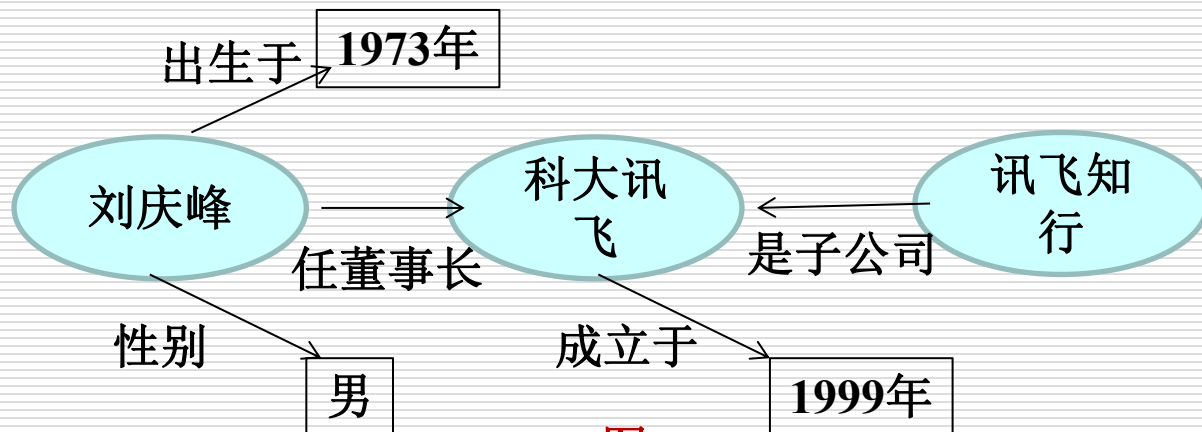
采用主谓宾三元组表达，具有较强的关联表达，有基本逻辑学基础，支持较简单的自动推理。

具有完整的逻辑表达能力，很强的关联表达，完备的逻辑基础，完备的自动推理能力。

RDF模型与属性图模型的区别

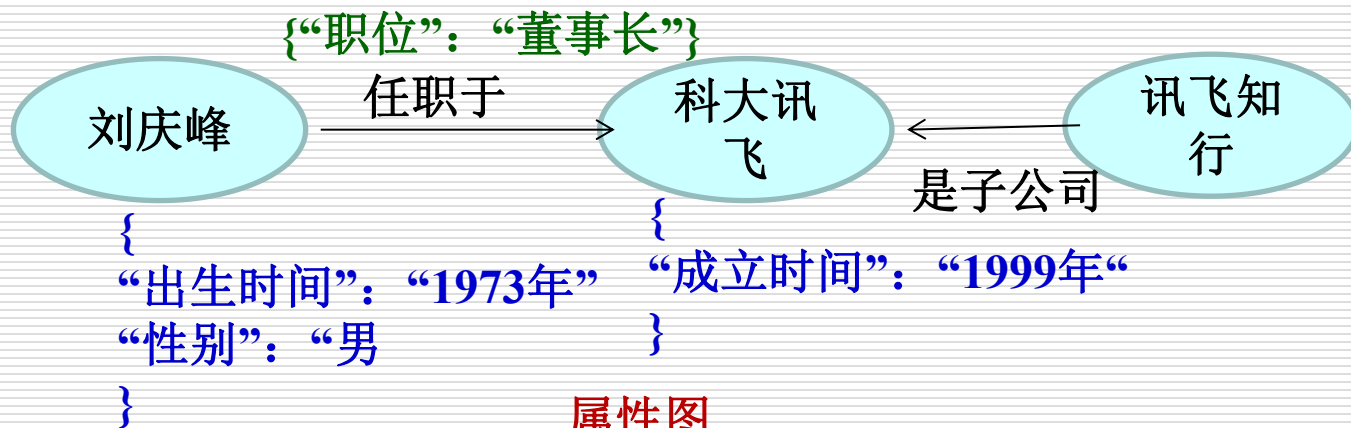
- 刘庆峰，性别男，1973年出生，在1999年创办科大讯飞，并担任董事长。同时，讯飞知行是它的全资子公司。

• **RDF模型**：所有数据都由三元组组成，W3C标准，支持语义表达和推理
• 代表框架：**Jena Framework**



RDF图

• 属性图中所有的值属性可以全部存储在节点和边的成员变量
• 代表数据库：**Neo4J**



属性图

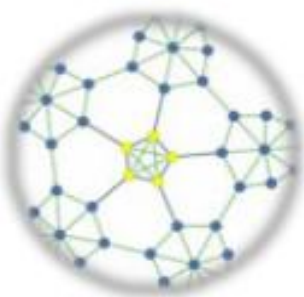
知识图谱中的知识表示

Knowledge Graph is more expressive than pure graph but less complex than formal logic

描述逻辑是一阶谓词逻辑的可判定子集，
主要用于描述本体（ontology）概念和属性

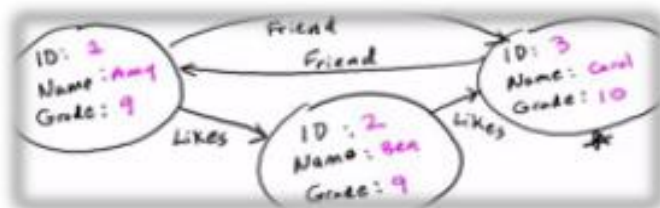
表达能力逐渐增强

简单图建模

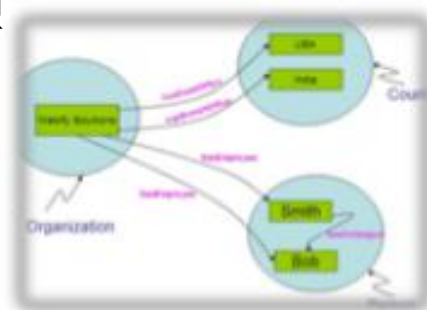


有向标记图
RDF or Property Graph

属性图（Property Graph）是Neo4J实现的图结构表示模型



描述逻辑与Ontology



推理能力逐渐变弱

采用较为简单的图表达；弱
关联表达，无逻辑基础，不
支持自动推理。

采用主谓宾三元组表达，
具有较强的关联表达，有基本逻辑
学基础，支持较简单的自动推理。

具有完整的逻辑表达能力，很强
的关联表达，完备的逻辑基础，
完备的自动推理能力。

语义网络系统中求解问题的基本过程

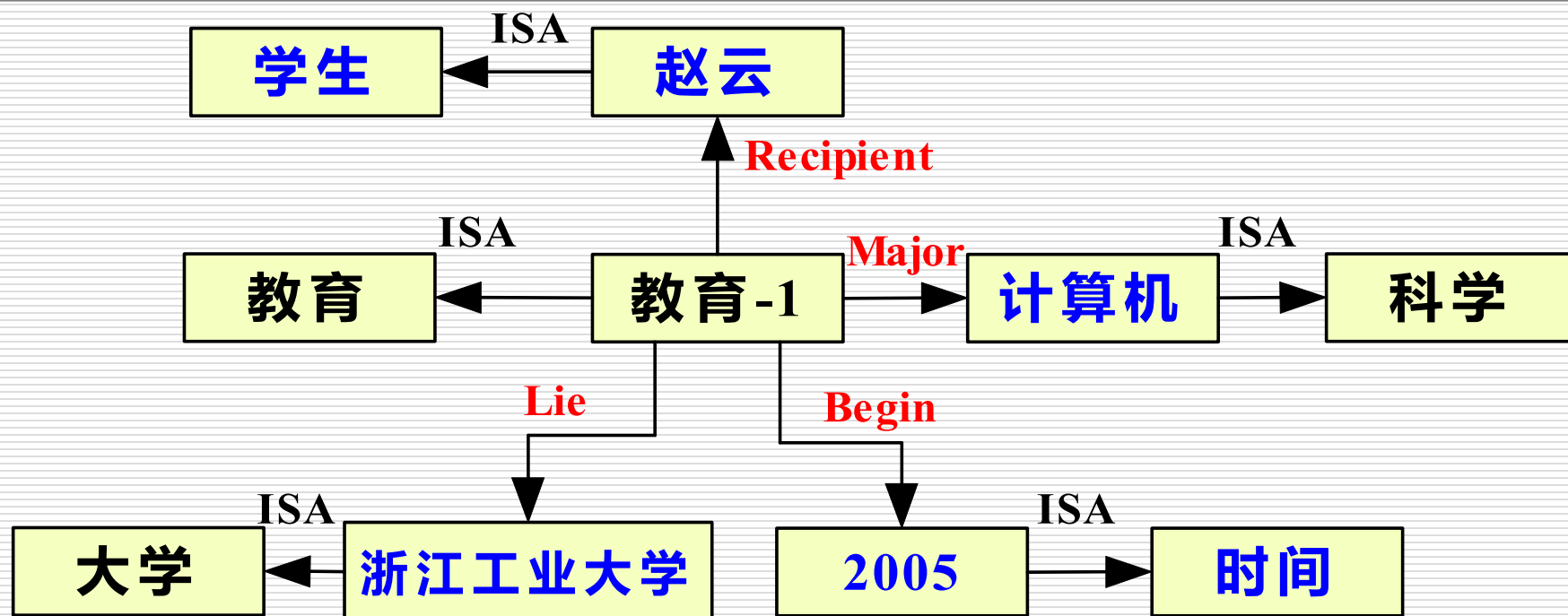
- 语义网络系统：用语义网络表示知识的问题求解系统。
- 语义网络系统的组成：知识库、语义网络推理机。
- 语义网络系统求解问题的基本过程：

- 根据待求问题构造一个网络片断；
- 到知识库中寻找可匹配的网络；
- 当问题的语义网络片断与知识库中的某语义网络片断匹配时，则与询问处匹配的事实就是问题的解。

语义网络系统中求解问题的基本过程

□ 设有如下事实：

- 赵云是一个学生。
- 他在浙江工业大学主修计算机。
- 他入校的时间是2005。

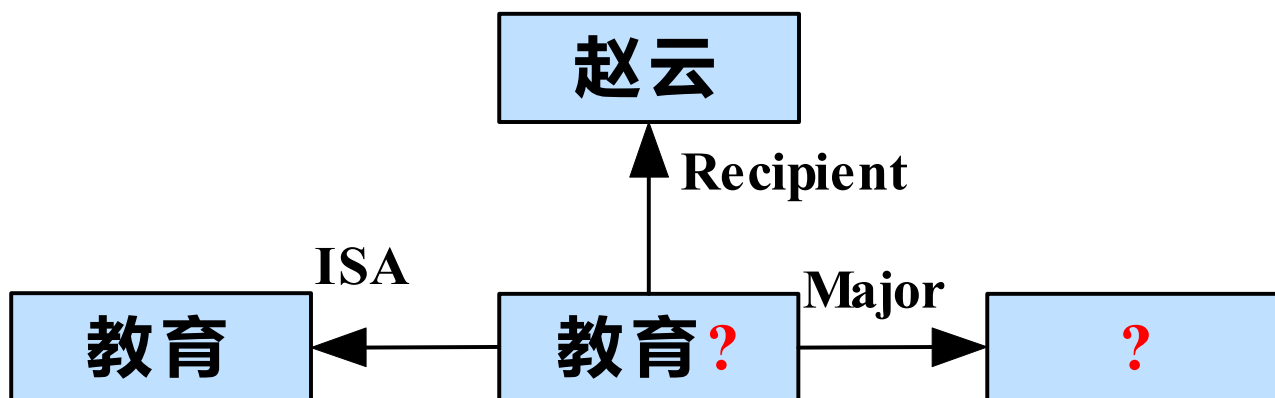


语义网络系统中求解问题的基本过程

□ 设有如下事实：

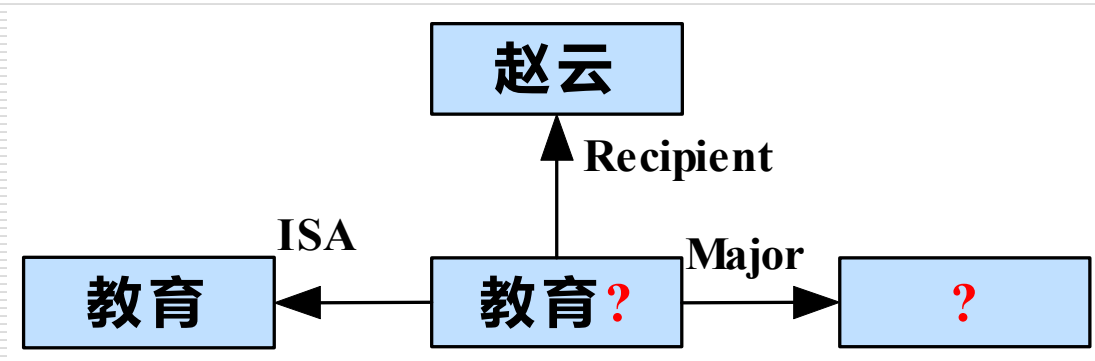
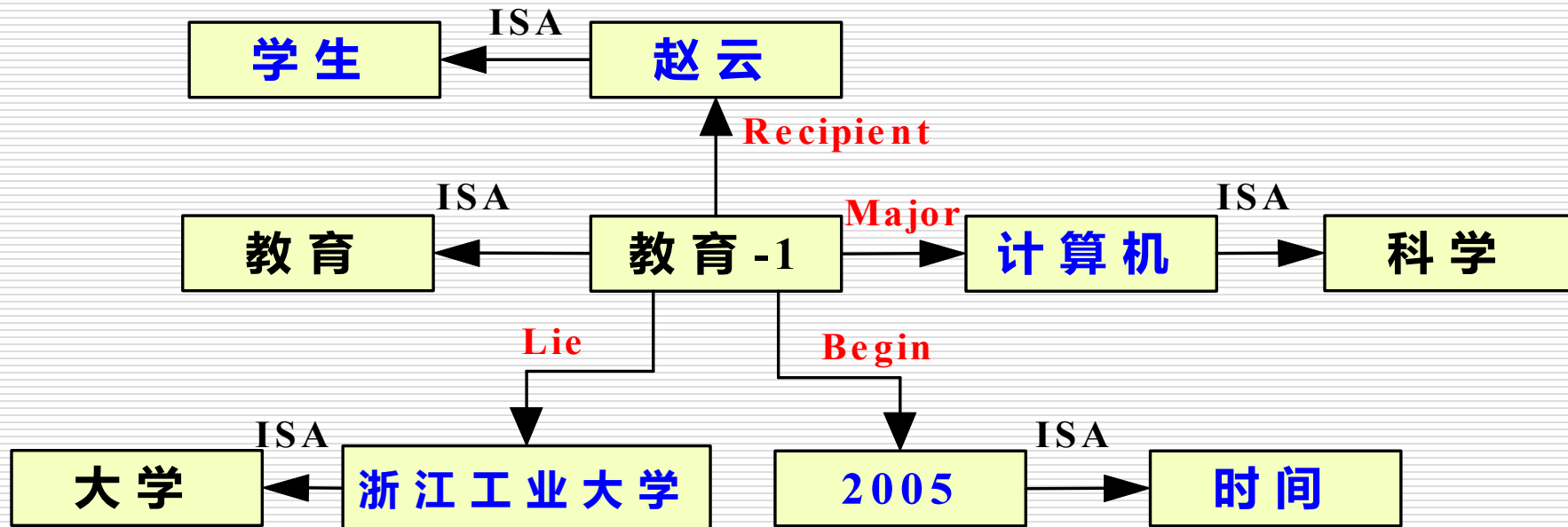
- 赵云是一个学生。
- 他在浙江工业大学主修计算机。
- 他入校的时间是2005。

□ 问题：赵云主修什么？



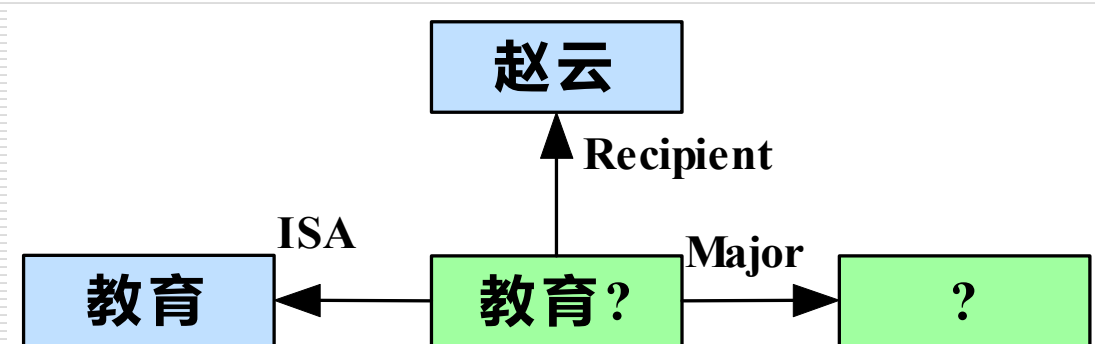
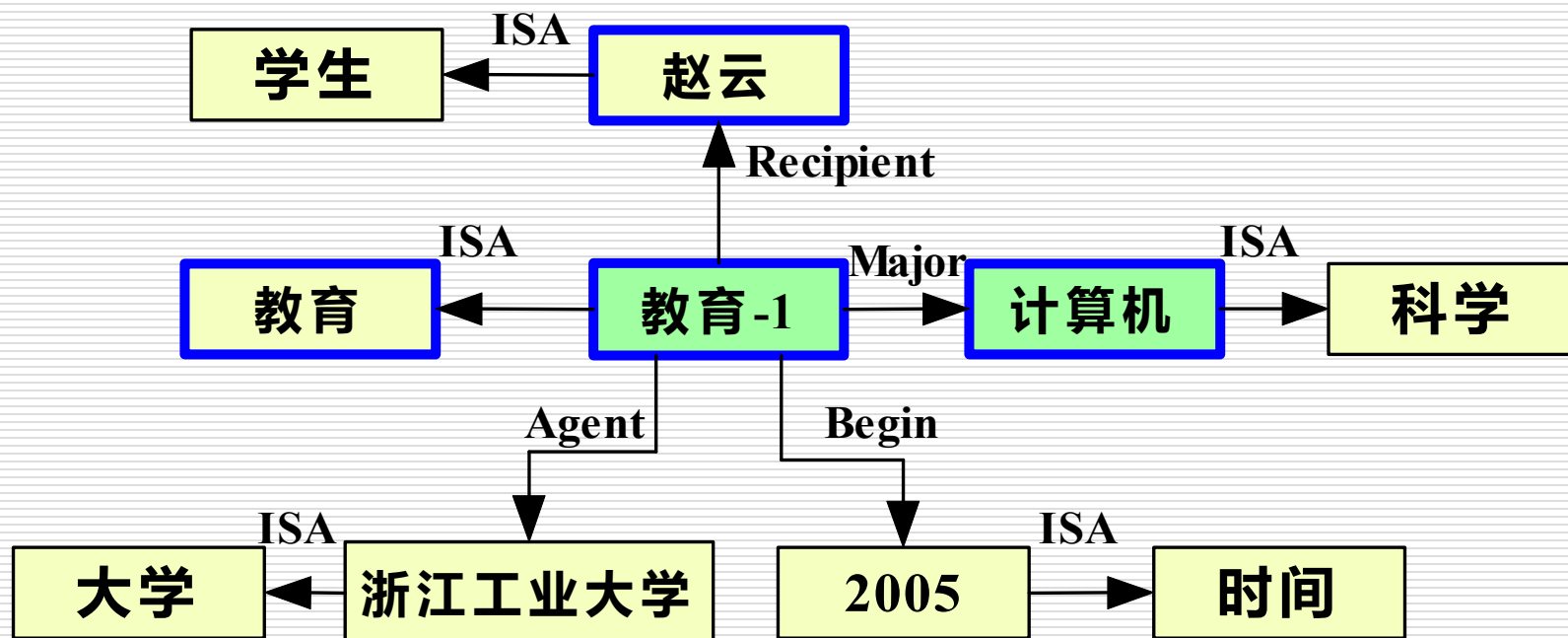
语义网络系统中求解问题的基本过程

□ 语义网络片断与语义网络匹配



语义网络系统中求解问题的基本过程

□ 语义网络片断与语义网络匹配



2.5.5 语义网络表示法的特点

□ 优点:

- ① **结构性**: 能把事物的属性及事物间的各种语义联系显式地表示出来。
- ② **联想性**: 便于以联想的方式实现对系统的检索, 使之具有记忆心理学中的联想特性。
- ③ **自然性**: 便于理解, 自然语言与语义网络间的转换易实现。

□ 缺点:

- (1) **非严格性**: 没有公认的形式表示体系, 所表达的含义依赖于处理程序如何对它进行解释。
- (2) **处理上的复杂性**: 表示形式的不一致性导致处理复杂。

■ 应用: 自然语言理解系统 (Simmon、Hays、Walker 等)

第2章 知识表示

□ 2.1 知识与知识表示的概念

□ 2.2 一阶谓词逻辑表示法

□ 2.3 产生式表示法

□ 2.4 框架表示法

□ 2.5 语义网络

网络教学平台：
W2-2作业

■ 其他知识表示方法：

- 脚本表示法
- 面向过程表示法
- Petri网表示法
- 面向对象知识表示
- XML
- OWL（网络本体语言）

.....

本章结束