

# KRLab 使用手册

刘东峰

## 前 言

**KRLab** 是本课题组开发的专门用于课程语义网络建模的软件，可用于学生不同阶段的课程知识库建模。由于“大学、中学和小学”的学习课程与一般文本相比，有其特殊性，语义网络的构建非常困难，现阶段无法做到自动建模，所以我们开发了 **KRLab** 软件，通过 **KRLab** 图形界面，可视化输入节点和连接，制作语义网络，用于智慧学习系统(intelligent tutoring system, ITS)中的知识库快速构建。

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1 KRLab 语义网络建模方法 ..... | 4  |
| 1.1 语义网络简介 .....       | 4  |
| 1.2 关于 KRLab .....     | 7  |
| 1.3 语义网的节点 .....       | 11 |
| 1.3.1 行为/事件节点 .....    | 11 |
| 1.3.2 属性节点 .....       | 13 |
| 1.3.3 派生节点 .....       | 13 |
| 1.3.4 实例节点 .....       | 13 |
| 1.3.5 特征节点 .....       | 13 |
| 1.3.6 与或节点 .....       | 13 |
| 1.4 语义网的连接 .....       | 14 |
| 1.4.1 IS 类属的连接 .....   | 14 |
| 1.4.2 关联连接 .....       | 17 |
| 1.4.3 时间和空间关系 .....    | 21 |
| 1.4.4 行为/事件相关的连接 ..... | 25 |
| 1.4.5 比较相关关系 .....     | 30 |
| 1.4.6 限制相关连接 .....     | 34 |
| 1.4.7 其他连接 .....       | 37 |
| 2 课程语义项目中语义网的建模 .....  | 43 |
| 2.1 目录语义网的建模 .....     | 43 |
| 2.2 章节语义网的建模 .....     | 45 |
| 2.3 概念语义网的建模 .....     | 48 |
| 2.4 公式语义网的建模 .....     | 50 |
| 2.5 单位语义网的建模 .....     | 54 |
| 2.6 实验语义网的建模 .....     | 57 |
| 2.7 器材语义网的建模 .....     | 59 |
| 2.8 结论语义网的建模 .....     | 60 |
| 2.9 过程语义网的建模 .....     | 61 |
| 2.9.1 基本结构 .....       | 62 |
| 2.9.2 条件的表达 .....      | 63 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 2.9.3 执行已知算法 .....             | 63 |
| 3 常用语句的建模方法 .....              | 63 |
| 3.1 添加适当的动词 .....              | 63 |
| 3.2 利用“伪动词” .....              | 64 |
| 3.3 ATT 和 ISC 的巧妙结合 .....      | 64 |
| 3.4 ACT、ASSOC 和 ATT 结合 .....   | 65 |
| 3.5 "有"的表述 .....               | 66 |
| 3.6 ACT 或 ACTED 与 ISC 结合 ..... | 66 |
| 3.7 COMP 与 IFTHEN 结合 .....     | 67 |
| 3.8 COMP 与 REF 结合 .....        | 68 |

# 1 KRLab 语义网络建模方法

## 1.1 语义网络简介

语义网络是知识表示领域最著名的模型之一。语义网络是一种基于图的数据结构，通过自定义节点和关系类型方便地表达和存储自然语言，在人类可理解性和存储与推理的效率之间取得平衡。语义网络的根本理念是抽象化的关系图结构可以帮助理解和推论。

### （1）语义网络与语义网、知识图谱

随着互联网的发展，语义网络有了新的应用场景——语义网(Semantic Web)。其核心是给万维网上的文档添加能够被计算机所理解的语义，从而使整个互联网成为通用的信息交换介质。本质上，语义网是以 web 数据为核心，以机器可理解和处理 的方式进行链接形成的语义网络，严格来说，语义网并不是一种知识表示方法，而是一种数据组织方式。语义网与传统互联网的区别之一是用户可以上传各种图结构的数据，并能够在数据之间建立链接，从而形成关联数据。知识图谱本质上是一种语义网络结构的知识库，即具有有向图结构的知识库，其中图的结点代表实体(entity)或者概念(concept)，边代表实体或概念之间的各种语义关系。与语义网络不同，知识图谱不太专注于对知识框架的定义，而是从工程的角度出发处理操作问题，目前着重从文本中自动抽取或者依靠众包方式获取知识三元组。

语义网络、语义网和知识图谱三者关系十分紧密。从概念层面分析，语义网络的概念提

出最早，源于采用图结构方法描述人脑的知识组织，语义网和知识图谱在可视化形式上与语义网络基本一致；语义网的概念则不同，其出发点不是为了描述人类知识，而是针对 web 资源、面向计算机搜索而生的一种描述框架；知识图谱的设计理念是为知识检索而生，此点与语义网极为相似，因此可以认为知识图谱源于语义网，也可以认为知识图谱来源于语义网络。从本体的演化进程探究，语义网络侧重于本体的设计原则和规范，深入探讨本体的形式化表达方式，例如属性能不能作为实体节点；语义网以网络资源作为唯一实体类型，简化了本体的设计；而知识图谱的实体节点可以是概念或者属性，继承了语义网络中万物互联的思想，对事实进行了概念性和结构性约束，在本体表示上扩展了语义网的单一类型。与语义网络相比知识图谱利用本体编辑器在不需要专家参与的情况下就能实现特定领域中一系列实体及实体间关系的形式化表达，更偏向实际运用。

## （2）语义网络的概念和特征

- 语义网络是计算机所需的结构和处理操作的计算机语言学理论；
- 语义网络是意义的结构图形；
- 语义网络是一种通过使用图形符号来表示概念的知识或底层结构的方法；
- 语义网络用节点和线的互连模式表示知识的图结构

网络中的节点表示实体、属性、事件和状态等概念。网络中的连线，通常称为概念关系，表示概念节点之间的关系，连线上的标签表示关系类型。关系可表示实例，例如实施者、接受者或工具等，也可表示空间关系、时间关系、因果关系和逻辑连词等。

概念节点可以按照层次进行组织。层次结构通常称为类型层次结构或分类层次结构，也被称为包含层次结构。典型代表是 UMLS 的语义网络中的 127 种语义类型和 54 种语义关系即按照概念层次结构进行组织。后续研究中，这些语义类型和语义关系得到不断修改和完善，还被用于构建医学领域种子本体和检索模型，帮助临床决策支持。

特定类型的概念属性由子类型通过层次结构继承。继承是语义网络实现推理的重要特性，被广泛应用于自动问答分级、语义检索和知识发现。语义网络常用的推理算法包括激活扩散和带点积的向量空间等。

拓扑结构具有小世界网络特征。Chen 对三个大型语义网络：Word Associations, WordNet 和 Roget's Thesaurus 的网络结构进行了分析，认为语义网络存在小世界结构。其他学者对生物医学等不同领域的语义网络进行研究，也发现了相似的小世界结构特征，Gri lo 等人验证了这些语义网络的小世界网络特征的鲁棒性。

## （3）语义网络的分类

语义网络是陈述式的图形表达，经过定义和规范链接关系，语义网络的逻辑系统高度形式化。Sowa 根据语义逻辑关系进行分类，归纳了六种基本类型：定义网络、断言网络、蕴涵网络、执行网络、学习网络和混合网络。

#### （4）语义网络的构建方法

早期的语义网络通过手动构建的方式提取层次清晰、逻辑严密的语义知识。目前语义网络常用的构建方法是半自动或自动方法，主要包括概念抽取和关系抽取两个步骤。统计分析是概念抽取的典型方法，其假设是如果两个概念在文档中频繁共同出现，则两个概念密切相关。如果它们共同出现的文档数量较高，则强度成比例地增加，并且相应生成的图形变为共现图。在统计语义网络中，概念之间的关系强度是统计推导出来的。统计生成的语义网络使用节点表示概念，统计权重表示关系，但它们之间的关系没有被明确定义。还有部分使用命名实体识别技术提取概念，该方法的特点是在抽取概念时就已知概念的语义类型，例如人名，组织名，地名等，其基本思想是构建一个实体类型词表，词表可以手工定义，也可以根据一些种子数据自动生成。关系抽取的常用方法是模式匹配，通常是自定义语义模式，用于发现特定的语义关系。

#### （5）语义网络的优势

语义网络，作为一种强大的知识表示方法，融合了计算机科学、语言学、认知科学、人类学和工业研究中关系语义学等多个学科的理论发展和应用。一些实证研究表明了语义网络表达知识具有的潜在优势，可以将其归纳为概念化、可视化、语境化和推理化。

- 概念化。Chein 等人认为，语义网络最重要的功能是生成一个认知概念的地图，赋予概念意义，并通过关联最终理解每个概念。
- 可视化。可视化能力是语义网络强大优势之一。大型语义网络可能很复杂，但直观的可视化用户界面可以显著降低用户的认知负荷。
- 语境化。相比线性文本的知识表示而言，语义网络的图结构可以更好地表示自然语言的情境，从而更好地提取自然语言的语义。
- 推理化。网络结构为语义知识和推理建模提供了直观且高效的表示。

#### （6）语义网络应用难题和挑战

从知识表示的能力来看，语义网络目前不能表示动态知识和过程性的知识。语义网络没有公认的代表形式体系，并且由于语义网络表示知识的手段多种多样，这种不一致的代表形式使得标准化的复杂度相对较高，也给不同语义网络的融合提出了挑战。在演绎结构上，语义网络不具备一阶谓词逻辑的推理演绎结构。相比之下，语义网络更适用于基于认知的知

## 1.2 关于 KRLab

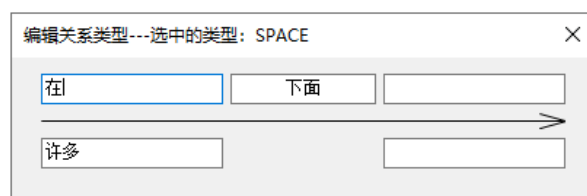
左边视图是工作区，进行语义网的可视化设计和编辑，使用快捷键“ALT+A”创建节点，“ALT+E”创建连接，双击节点可以编辑节点内容，由于节点查找大多数情况下要通过节点名称进行查找，所以在输入文字时不要输入多余的空格，比如说不小心在名称前后输入了空格，下面的连接标签也是一样，要注意。双击连接可以出现连接编辑器，见下图，



连接编辑器的下面展示了可用的连接类型，上面是连接标签的文本输入窗口，每个输入窗口的作用如下，

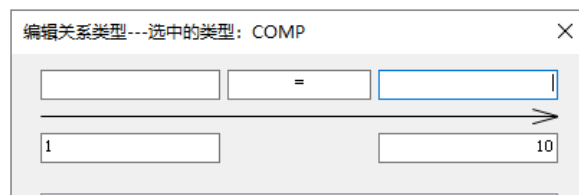
- 1，“连接标签” 文本输入
- 2，起始节点的补充文本输入
- 3，终止节点的补充文本输入
- 4，起始节点的数量描述文本输入
- 5，终止节点的数量描述文本输入

以“许多人在桥下面”为例，“人”和“桥”分别为起始节点和终止节点，连接编辑器的输入为，

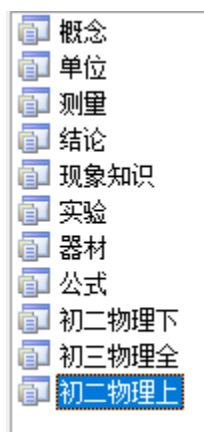


再比如，“1 分米=10 厘米”，“分米”和“厘米”分别为起始节点和终止节点，连接编辑器的输入为，





右边视图是语义项目浏览窗口，列出了所导入的语义项目(project)，每个项目下面是独立的语义图(diagram)。在软件的右边空白处（项目/语义网浏览窗口），点击鼠标右键-->新工程-->语义网项目-->选择相应的语义类型。如下图是多个语义项目，



针对每门课程，我们要建立课程语义项目和知识类型语义项目。课程语义项目用于描述一门课程的目录结构和学习课题的学习顺序。课程中的所有知识按类型进行分类，针对每个知识类型建立相应的知识类型语义项目。目前已经建立的知识类型语义项目主要有下面几种，

- 概念
- 测量
- 单位
- 公式
- 结论
- 实验
- 现象知识
- 过程
- 器材

每个课程语义项目以课程名称命名，课程语义项目下面包含若干个语义网，其中一个语义网命名为"目录"，用于构建课程的目录，其余的语义网用于描述每个章节的学习课题。下

面是“初中物理上”的目录语义项目的结构。请注意每个语义网的命名规则，其中一个一定是“目录”，另外的一定是“章序号.小节序号-小节名称”。



每个知识类型项目的名称就以知识类型名称命名，比如“概念”语义项目。每个知识类型项目下面包含若干个语义网，每个这样的语义网对应这种知识类型的一个知识点。比如“概念”语义项目下的语义网，



## 1.3 语义网的节点

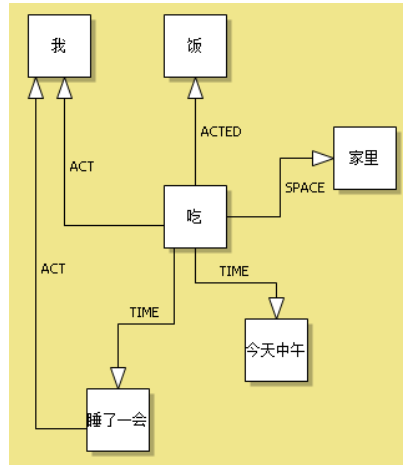
KRLab 软件新建一个语义网之后，利用“左 Alt”+“A”键可以在该语义网中创建网络“节点”。在输入节点名称时，要注意不要输入无用的空格，比如，名称前后不要有空格，目前没有特殊处理，节点查找是严格按照字符串比对。跟其它语义网络不同，KRLab 语义网的节点不分类型，但连接是分类型的。

在不引起歧义的前提下，语义网可以有重名的节点。

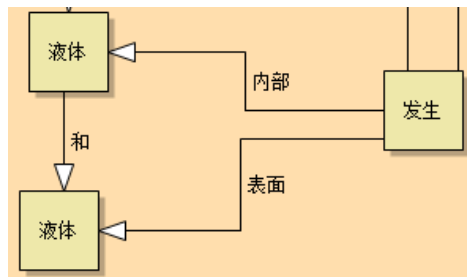
### 1.3.1 行为/事件节点

在语义网节点的建模中，行为或动作节点（下面简称行为节点）非常重要。在很多情形下，可以在文本中适当添加动词，简化语义网的建模。所有发出“ACT”或“ACTED”连接的节点都是行为节点。一个行为节点可以有下面的多种连接（注意，连接都是从行为节点发出），

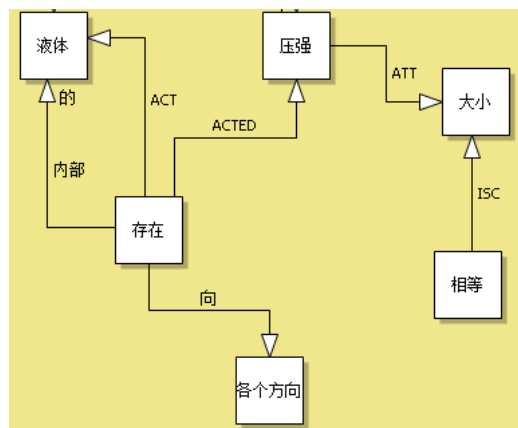
- ACT，指明行为主体，即行为的执行者
- ACTED，指明行为的作用对象，即行为客体
- TIME，指明行为发生的时间，也可以指明多个行为发生时间的先后。举例说明，“我今天中午在家吃的饭，然后睡了一会”，其语义网可以如下，



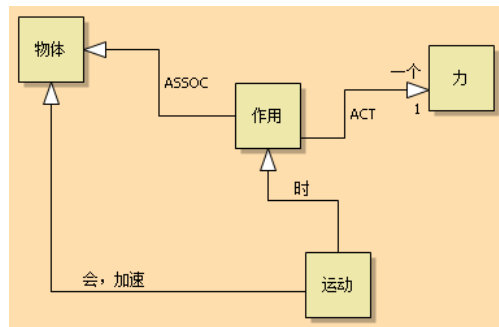
- SPACE，指明行为发生的地点，如果指明多个地点



再比如，“在液体内部各个方向的压强相等”，转换为一个行为节点进行表述，



- RESULT，指明该行为导致的结果，
- DEPT，指明行为执行的“条件”、“制约因素”等。在很多文本表述中，出现“时”，往往不是指时间。比如“一个力作用物体时，物体会加速运动”，这里的“时”表示“运动”行为的相关制约环境。



- **GOAL**, 指明行为的目的
- **ENVIR**, 指明行为发生时的“环境”、“状况”或“情况”，往往也描述行为发生时的某种制约。

### 1.3.2 属性节点

作为某个节点的属性，用 **ATT** 关系连接的节点

### 1.3.3 派生节点

派生节点，作为某个节点的子类，用 **IS** 连接指向父类节点

### 1.3.4 实例节点

实例节点，做个某个节点的实例，用 **ISA** 连接指向某个节点

### 1.3.5 特征节点

与某个节点用 **ISC** 关系连接的节点。

### 1.3.6 与或节点

发出 **AND** 或 **OR** 连接的节点称为与或节点。

## 1.4 语义网的连接

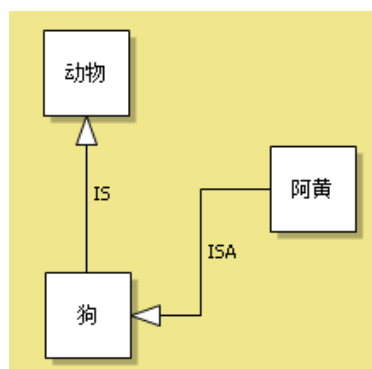
### 1.4.1 IS 类属的连接

#### (1) IS 和 ISA

<o1 IS o2>

<o ISA c>

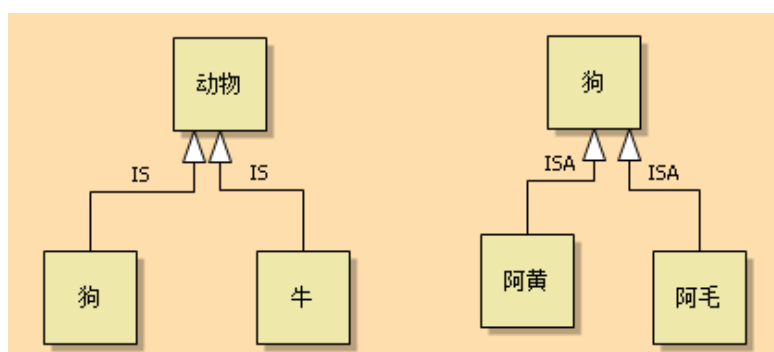
IS 和 ISA 分别表示“是”和“是一个”的语义关系。比如“狗是动物”，“阿黄是一条狗”，其语义网表示为，



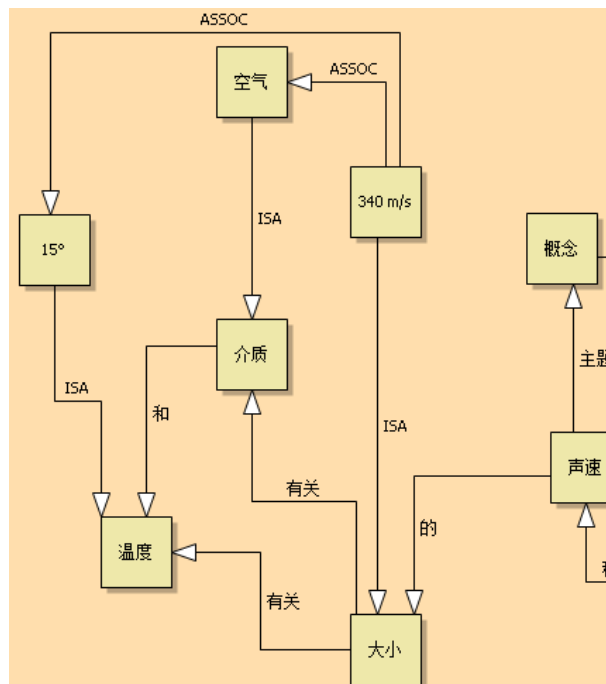
IS 是一种父类和子类关系，从面向对象概念来说，是继承和派生关系，ISA 是一个实例关系，即某个类属的实例。在这里“狗”是一个类属，而“阿黄”是某个具体的对象，称为这个类属的实例。在语义网建模中，IS 和 ISA 往往很难严格区分。

需要说明的是，为了在图中显示连接类型，我们有意没有添加连接标注，但在实际建模中，我们应该添加适当的连接标注。如果是缺省的标注，比如“ACTED”，“CAUSAL”，“ATT”等，都会被忽略。

当不同的节点有相同的 IS 或 ISA 父节点时，系统应该要解析出是不同的同类。比如，下面的语义网，解析出“狗和牛是两种不同的动物”，“阿黄和阿毛是两只不同的狗”。



ISA 除了继承其类型的属性，类型的关联信息也应该被继承下来，特别是 DEPT。如下，



上图中声速的大小与“介质”和“温度”有关，340m/s 是一个声速，其条件是 15° 和空气中，这个信息要能解析出来。

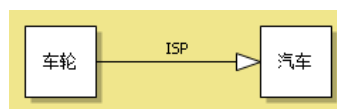
## (2) ISP、ISPG 和 ISO 连接

<o ISP s>

<o ISPG s>

<o ISO s>

ISP 是 is part of 的简写，表示组合关系。比如，“车轮”和“汽车”，车轮是汽车的组成部分，用语义网表示，

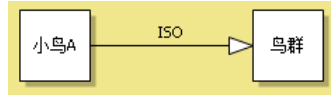


ISP 也表示一种部分与整体的关系，但与 ISO 不同，ISP 关系表示的本质是，如果没有这个“部分”，则“整体”不存在，显然，没有车轮，成不了汽车。

ISPG 称为广义 ISP，处理没有严格界限、很难区分的部分和整体关系，比如，

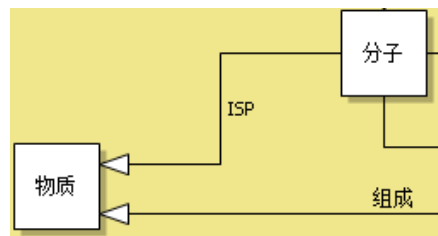
- 事情的一部分 <一部分 ISPG 事情>
- 集合中的成员 <成员 ISPG 集合>

ISO 是 is one of 的简写，表示“其中之一”，表示聚合关系。比如，“小鸟 A”和“鸟群”，

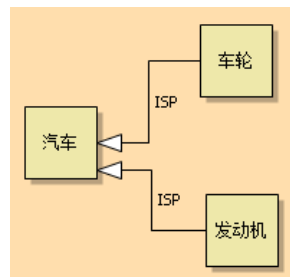


ISO 与 ISP 一样，表达了一种部分和整体的关系，但 ISO 与 ISP 有显著的不同。一方面，ISO 中所有的“部分”都是同一个种类的东西，比如都是鸟，但 ISP 中的“部分”强调是不同的东西，比如有“车轮”，“方向盘”，“喇叭”等。另一方面，ISO 缺少这个“部分”，“整体”还是存在，比如，鸟群是由很多鸟构成的，缺少“小鸟 A”，这个由其余的小鸟构成的“鸟群”还是存在。

在文本表述中经常遇到“什么是由什么组成的”这种句型，我们可以用 ISP 或 ISO 连接表达，比如，“物质是由分子构成的”，我们可以表达成，



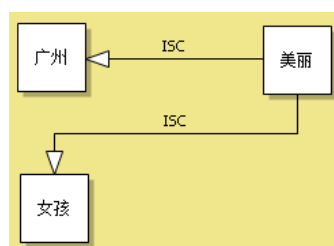
比如，“汽车有车轮和发动机”，



### (3) ISC 连接

#### <s ISC o>

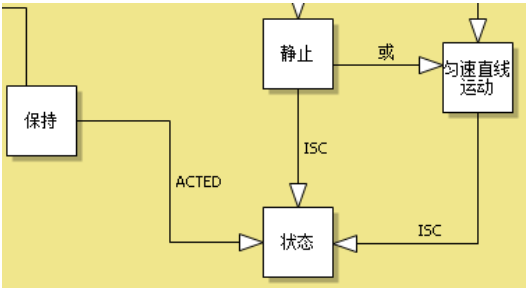
表示 s 是 o 的特征或性质，要注意性质和属性的不同，属性是物体本身所具有的某种数据或功能。ISC(is characteristics of)表示“是...的特征”，在语义网中主要用来对**单个对象**建模。比如，“美丽的广州”，“美丽的女孩”，其语义网如下，



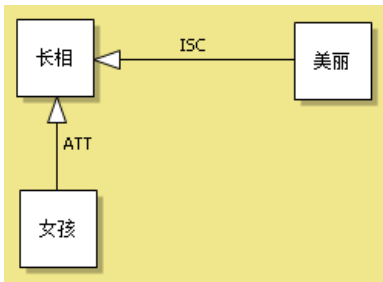
注意箭头的指向。必须说明的是，在 KRLab 中没有专门连接处理副词，对于修饰动词的副词，



我们直接用连接标签进行说明，参见 ACT 和 ACTED 相关介绍。再比如，“保持静止状态或匀速直线运动状态”，其语义网如下，其中“静止”和“匀速直线运动”作为修饰“状态”的特征，



也可以结合 ATT 连接，描述一个事物的特征。还是“美丽的女孩”，可以表述如下，



#### （4）AREC 连接

<s AREC os>

ISC 是针对单个对象的建模，当描述一个群体的特征时，我们引入 AREC 连接，比如，

- 全等三角形 <全等 AREC 三角形>

这里虽然只是一个三角形，但实际含义是两个或两个以上的三角形，因为涉及“全等”讲的就是两个三角形之间的特征，单个三角形不存在全等的问题。

### 1.4.2 关联连接

#### （1）ASSOC 连接

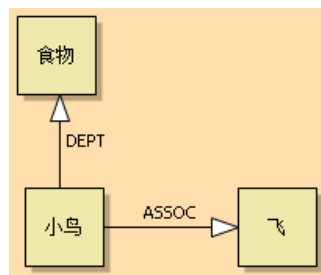
<o1 ASSOC o2>

表示对象 o1 与 o2 相关联，ASSOC 关系是最为广泛的语义关系，很多其它关系可以归结为是这种关系中的一种，比如后面要介绍的 DEPT、SPACE 和 TIME。为了处理一些比较模糊的，不好严格分类的关系，我们保留了 ASSOC 关系。

## （2）DEPT 连接

### <s1 DEPT s2>

表示现状或对象 s1 依赖于 s2，DEPT 表示依赖关系。ASSOC 表达的往往是概念本身紧密相关的东西。比如，“小鸟”与“食物”和“飞”，我们可以说“小鸟”DEPT “食物”和“小鸟”ASSOC “飞”。“飞”是小鸟本身具有的一种行为，而“食物”不是小鸟本身具有的东西。“小鸟”DEPT “飞”就不是很准确，因为小鸟不飞也是可以的。

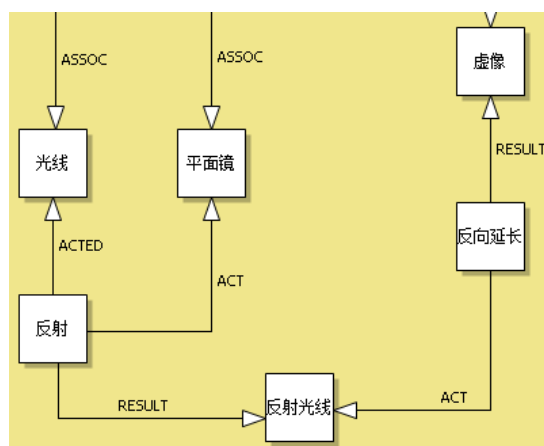


ASSOC 和 DEPT 连接表达的含义有：“有关”、“相关”、“依赖”、“依靠”，“取决于”，等等。

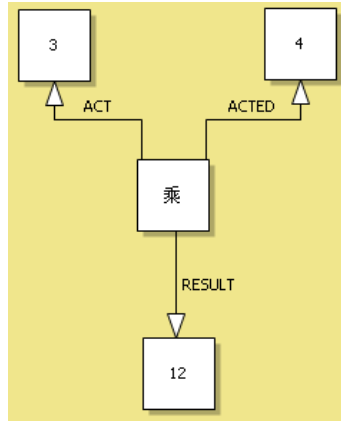
## （3）RESULT 连接

### <e RESULT e>或<e RESULT o>

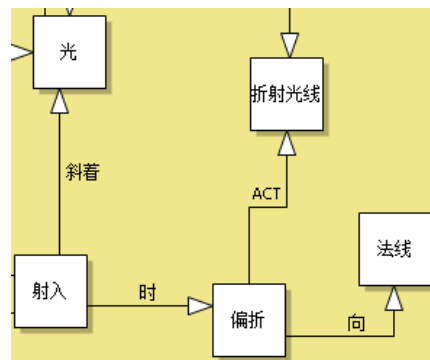
RESULT 连接表示一个行为、动作或事件“导致”的结果，也表示一个算法或函数的输出。比如，“平面镜反射光线，形成反射光线”，可以表达为，



要注意 RESULT 连接的方向，是从“事件起因”指向“结果”，但要注意 RESULT 并不是仅仅用来表达因果关系，RESULT 更多用于科学论述中的所“得到的结果”，比如，“3 乘以 4 得到 12”，我们表述为，



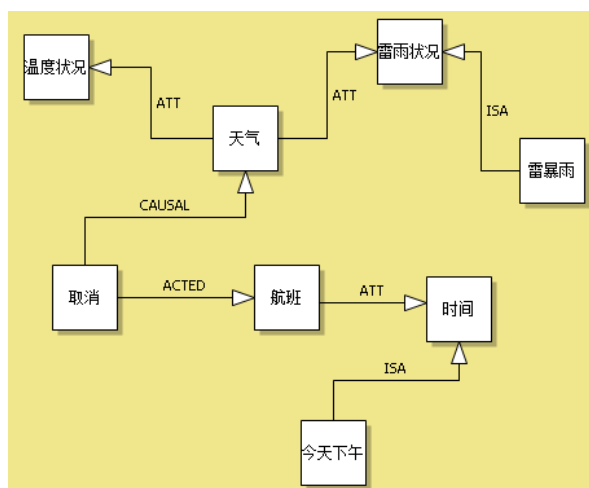
在上面的表述中，我们并不强调“因果”关系，所以得到的结果“12”不适合用 CAUSAL 关系来表达。在科学表述中的“....时，....”，可以用 RESULT 连接，并将 RESULT 连接标签改为“时”。比如，“光从空气斜射入水中或其他介质中时，折射光线向法线方向偏折”，这个句子的前后部分可以用 RESULT 进行表达，



#### (4) CAUSAL 连接

##### <s CAUSAL c>

表示事件或行为 s 的原因 c，CAUSAL 连接表达事件的因果关系。比如，“由于雷暴雨天气，今天的航班被取消了”，可以表述为，



注意 CAUSAL 连接是从“结果”指向“原因”。为了在图中显示连接类型，我们有意没有添加连接标注，在实际建模中，我们应该添加适当的连接标注，如果是缺省的标注，比如“ACTED”，“CAUSAL”，“ATT”等，都会被忽略。

## （5）ATTCH 连接

### <o1 ATTCH o2>

表示 o1 依附 o2，o2 被依附到 o1 上。这种依附关系，可以表示具体对象，也可以表示抽象的对象特征的附着。比如，

<儿子 ATTCH 母亲>

<皮肤 ATTCH 身体>

## （6）CONFM 连接

### <s CONFM f>

指明 s 是遵循某种规律或计划 f 的状态或事件，表达“根据”、“依据”的含义，比如，“该计划依据收支平衡的原则执行”，

<计划执行 CONFM 收支平衡>

## （7）IMPL 连接

### <s1 IMPL s2>

表示情形或概念 s1 隐含了 s2，但 s2 不一定会发生，在语义上有“意味着”的含义。

## （8）MCONT 连接

### <s MCONT c>

表示主观认知过程所涉及的内容，比如，

- 女孩梦到她的偶像 <梦到 MCONT 她的偶像>

也用 MCONT 连接表达一个从句，比如，

- 法官相信找到了证据 <相信 MCONT 找到了证据>

## （9）ORIG 连接

### <o1 ORIG o2>

表示信息或认知 o1 的出处 o2，比如，

- 他从电视上听到新闻 <新闻 ORIG 电视>
- 使用线性代数方法 <方法 ORIG 线性代数>

注意与 ORIGL 区别，

## （11）ORIGM 连接

### <o1 ORIGM o2>

表示构成或制造对象 o1 的全部或部分材料 o2，比如

整个戒指是金子做的 <戒指 ORIGM 金子>

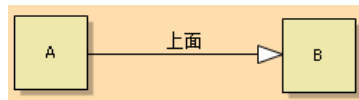
## 1.4.3 时间和空间关系

### （1）SPACE 连接

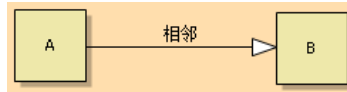
#### <o1 SPACE o2>

表述对象之间的空间关系，两个物体之间的相对空间关系，为此，在标签上标明相关文字：

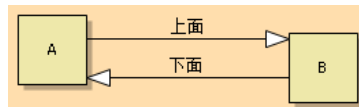
上面、下面、左边、右边、前面、后面、相邻等。比如，下图表示 A 在 B 的上面，



“A 与 B 相邻”，则表述如下，



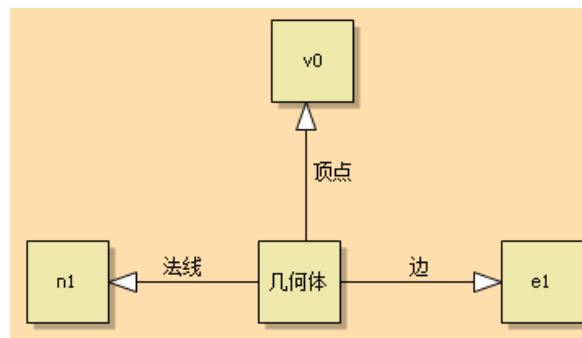
为了，表示逆向关系，B 与 A 的关系，可以添加一个连接，如下，



## (2) GEOM 连接

**<o GEOM p>**

表示 p 是几何体 o 的几何要素：顶点、边、面、法线， 比如，



在 GEOM 连接的标签上注明上述保留字。

## (3) LOC 连接

**<e LOC c>**

一个行为或事件 e 发生的地点 c， 比如，

- 教师在教室 302 上课 <上课 LOC 教室 302>
- 上海发生了瘟疫 <发生 LOC 上海>

## (4) DIR 连接

**<e DIR d>**

事件发生的方向，或某个对象的方向。第二个参数 **d** 可以用一个对象的地址来表达。比如，

- 船驶向上海 <行驶 DIR 上海>
- 驶向上海的火车 <火车 DIR 上海>

上述情况也可以用 **DEST** 来表达，但如果语义有“沿着”的语义，用 **DIR** 更为合适。

## （5）LRANG 连接

### <o LRANG d>

表示对象或情形 **o** 的空间范围，这个范围一般没有特定的起点和终点，比如，

- 石油污染了整个海岸线 <污染 LRANG 整个海岸线>
- 他步行了 3 公里 <步行 LRANG 3 公里>

## （6）PATH 连接

### <s PATH w>

表示行为或对象 **s** 所用的空间路径，比如，

- 他沿着河跑步 <跑 PATH 河>
- 通过花园进入房间 <进入 PATH 花园>

## （7）DEST 连接

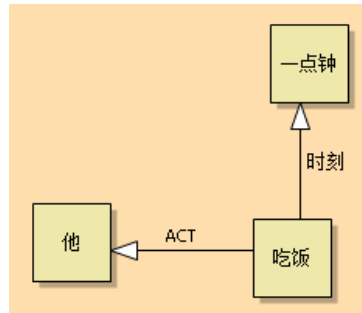
### <s DEST g>

表示事件或对象 **s** 的目的地 **g**，

## （8）TIME 连接

### <e TIME t>

表示事件或行为发生的时间。比如，“他在一点钟吃饭”，



## （9）ANTE 连接

**<t1 ANTE t2>**

表示事件的时间 t1 早于 t2，比如，

- 停产之后，解散了很多工人 <停产 ANTE 解散工人>

## （10）DUR 连接

**<s DUR t>**

表示事件或状态 e 持续的时间 t，比如，

- 他等了三小时 <等了 DUR 三小时>
- 他在整个飞行中看书 <看书 DUR 整个飞行>

## （11）TDEST 连接

**<s TDEST t>**

表示事件结束的时间，比如，

- 会议下午结束 <结束 TDEST 下午>

经常表达“直到...，才...”，比如，

- 直到他们到达，会议才开始 <开始 TDEST 他们到达>

## （12）STRT 连接

**<s STRT t>**

表示事件 s 的开始时间 t。



## （13）ORIGL 连接

**<s ORIGL l>**

表示事件 s 的起始空间位置。

## 1.4.4 行为/事件相关的连接

### （1）ACTR 连接

**<e ACTR o>**

e 表示行为或动作，ACTR 连接表达一个行为或动作的执行者 o，执行的结果，执行主体的属性不会被改变，否则用 EXECR。要注意，ACTR 连接是从“开车”指向“他”，即从行为或动作指向行为的主体。所有发出 ACTR 连接的节点都是行为或动作节点。。

### （2）MACTR 连接

**<e MACTR o>**

e 表示一个精神或情感方面的行为，比如“思考”、“认为”等。

### （3）ACTED 连接

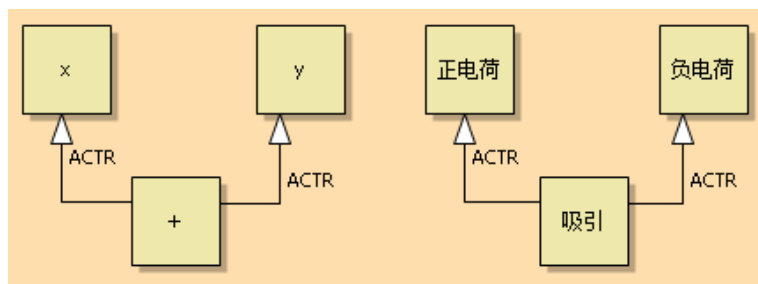
**<e ACTED o>**

ACTED 连接表示一个动作或行为 e 的作用对象 o，即行为的客体，在语法上是宾语。比如，“平面镜反射光线”，可以表示为，

- <反射 ACTR 平面镜>
- <反射 ACTED 光线>

所有发出 ACTR、MACTR 或 AACTED 连接的节点都是行为节点。

如果一个“行为”的执行主体和客体可以相互交换，则只是用 ACT 连接，比如，“x+y”，“正电荷吸引负电荷”，表述如下，



## （4）AFFED 连接

### <e AFFED o>

表示动作或行为 e 的执行客体 o 之间的关系，而该客体 o 会被该行为所改变，往往与 INIT 连接配合使用，比如，

- 该学者将这篇文章从英文翻译成俄文 <翻译 AFFED 这篇文章>

## （5）CSTR 连接

### <e CSTR o>

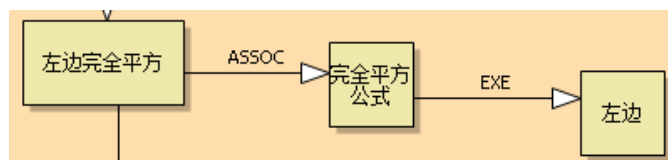
表示行为 e 触发 o 的发生，与 ACTR 不同，ACTR 表示的是行为的主动执行者。比如，“大风造成汽车开不动”，因为汽车开动的执行主体是发动机，不是风，所以这里不能用 ACTR 连接。再比如，“沙石让车辆减速”，这里“沙石”和“减速”直接构成 CSTR 关系。

- <减速 CSTR 沙石>

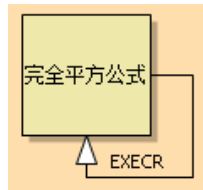
## （6）EXECR 连接

### <e EXECR o>

e 可以是一个过程、事件、算法或函数，EXECR 连接表示执行主体 o 执行 e，也就是谁调用该函数或谁执行该算法，如下图，



表示等式的左边执行完全平方公式。如果一个函数或算法没有执行主体，则用 EXECR 指向自己，比如，

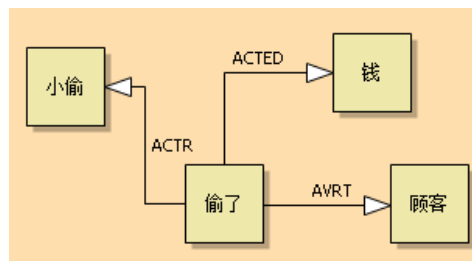


与 ACTR 不同，EXECR 的执行者会被改变。

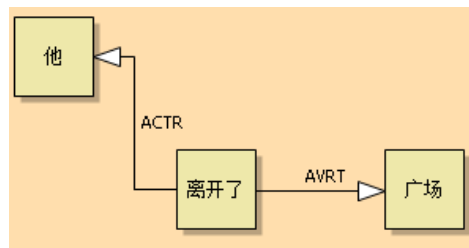
## (7) AVRT 连接

### <e AVRT o>

指明事件或行为 e 与参与事件的对象 o 之间的关系，而该事件促成某种物质或非物质所有权的转移。一种情形是表达“从”的语义，比如，“小偷偷了顾客的钱”，可以表达如下，



有时候语句中没有“从”的表面意思，但实际意思是“从”，比如，“他离开了广场”，



## (8) CHPE 连接

### <p CHPE e>

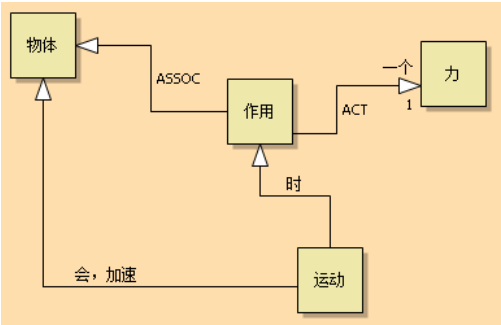
指明事件 e 得到的结果，这个结果是一个属性值，比如，<黑 CHPE 黑化>，<深 CHPE 变深>，还有，<凉 CHPE 变凉>。

## (9) CIRCU 连接

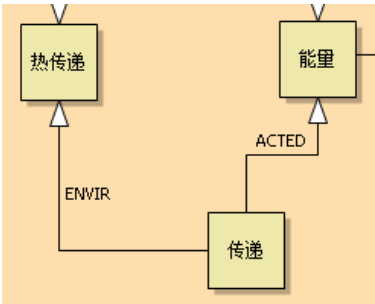
### <s1 CIRCU s2>

CIRCU 连接表示事件、状态过程中伴随的“环境”，这个环境可以是具体的，也可以是抽象

的，指明行为发生时的“环境”、“状况”或“情况”。严格来说，这个环境往往不表示一个行为发生的约束，在很多文本表述中，出现“时”，往往不是指时间。比如“一个力作用物体时，物体会加速运动”，这里的“时”用 CIRCUC 连接，表示“运动”这个行为的相关制约环境，要注意不是条件。



很多情况下，行为的这种“环境”，可以用 RESULT 和 DEPT 连接来表达，请根据具体情况适当选择。再比如，“在热传递过程中，会传递能量”，



将“在....过程中”用 CIRCUC 连接进行建模。要注意与 COND 进行区分。

### (10) ORNT 连接

#### <s ORNT o>

指明现状或事件 s 所针对的对象 o，通常表达一个动作的“针对”对象，比如，

- 我借了一本书给他 <借了 ORNT 他>

此处，“借”这个动作是针对“他”。

- 父亲送了个礼物给我 <送了 ORNT 我>
- 我同学写了封信给我 <写了 ORNT 我>

### (11) SUPPL 连接

#### <s SUPPL o>

表达动作 *s* 的内在作用对象 *o*，*o* 是 *s* 的内在组成部分，是对 *s* 的补充，比如，

- <玩 SUPPL 游戏>
- <唱 SUPPL 歌>

当一个对象是动作不可分割的一部分时，应该用 SUPPL。

## （12）ARGU 链接

### <o1 ARGU o2>

表示 *o2* 是 *o1* 的输入或相关参数，可以用于指明行为、函数或算法的输入参数，如果有多个输入，在连接标签上添加序号，1、2、3、...。

## （13）TOOL 连接

### <s TOOL o>

表示事件或行为执行过程中使用的工具 *o*，比如，

- 他用铅笔写字 <写字 TOOL 铅笔>

要注意区别 TOOL 和 METH 连接。

## （14）METH 连接

### <s METH m>

表示事件 *s* 的执行方法 *m*，或保持情形 *s* 的方法 *m*，比如，

- 使用 Simpson 方法进行积分 <积分 METH Simpson 方法>

## （15）MODE 连接

### <s MODE m>

表示一个事件或情形 *s* 的执行或维持方法，是 TOOL、METH 和 MANNR 连接的泛化。

## （16）MODAL 连接

### <s MODAL m>

表示事件或行为 s 的执行意愿或情态，用于表达可以、能、一定、可能修饰动词的情态动词，  
比如，

- 他能游泳 <游泳 MODAL 能>

## (17) MANNR 连接

### <s MANNR m>

表示事件或情形执行的方式，比如，

- 他快速行走 <行走 MANNR 快速>
- 按升序排列数据 <排列 MANNR 升序>
- 画挂倒了 <挂 MANNR 倒了>

## 1.4.5 比较相关关系

### (1) EQUIL 连接

#### <o1 EQUIL o2>

表示两个对象是、称为、叫做、等价、就是、表示、简称的关系。EQUIL 与“IS”和“ISA”不同，前者主要用于比较和判断，表达“是不是”的含义，后者只是进行陈述。EQUIL 的这种表述主要用于两个节点相互解释。也可以连接两个“行为节点”，解释两个行为。

### (2) CORR 连接

#### <e1 CORR e2>

指明 e2 在定性和定量上对应于 e1，表达“对应于”、“相当于”的含义。比如，“这树相当于两层楼高”，

<树的高度 CORR 两层楼的高度>

CORR 除了表达数量上的这种关系，还可以定性表达两个现象之间的“相当”关系，比如，“这次爆炸相当于一次原子弹爆炸”，这里可以用 CORR 连接。要注意，与 EQUIL 不同，CORR 不能说两个对象完全相等。

### （3）CNVRS 连接

#### <s1 CNVRS s2>

表示对象 s1 和 s2 语义上相反，是逆的关系。比如，

<给 CNVR 收>，

<妻子 CNVR 丈夫>，

<出发 CNVR 到达>

### （4）CONTR 连接

#### <p1 CONTR p2>

表示性质 p1 和 p2 相反。比如颜色属性，

<白 CONTR 黑>

### （5）COMPL 连接

#### <s1 COMPL s2>

s1 和 s2 语义上相反，构成互补的关系，是某个事物的属性的完全集，也就是说事物的属性

要么是 s1，要么是 s2。比如，

<白天 COMPL 夜晚>

<死 COMPL 活>

<战争 COMPL 和平>

<s1 COMPL s2>是<s1 CNVR s2>的子集。

### （6）OPPS 连接

#### <s OPPS e>

s 可以是处境、状态、动作，OPPS 表达 s 与 e 之间的冲突、对立，与 BENF 连接的语义相反。

比如，

- 与敌人搏斗 <搏斗 OPPS 敌人>
- 投票反对该法案 <投票 OPPS 该法案>

不能简单地将“与”理解为语义上的“AND”。OPPS 可以表达语句中的转折，“虽然...，但是...”。

## （7）CONC 连接

### <s1 CONC s2>

表示让步，语义上表达：“尽管” s2，s1 “还是” 发生，s2 对 s1 有妨碍的含义。

## （8）COMP 连接

### <o1 COMP o2>

表达对象 o1 和 o2 之间的对比，**仅限于数学或算法表达上使用**，>，<，>=，<=，==，!=，~，!~，~~，分别表示“大于”，“小于”，“大于等于”，“小于等于”，“相等”，“不相等”，“正比”，“反比”，近似。

## （9）ANLG2 连接

### <g ANALG2 a>

表示所有 g 中的元素相对它们的属性 a 都类似。

## （10）ANLG3 连接

### <o1 ANALG3 o2 a>

表示 o1 与 o2 之间在**属性** a 方面近似、类似、相似关系。此时，o1 节点一定要用 REF 连接指出 a 节点。

## （11）MAJ 连接

### <q1 MAJ q2>

表达数值或数量 q1 大于 q2。

## （12）MAJE 连接

### <q1 MAJE q2>

表达数值或数量 q1 大于等于 q2。



### （13）MIN 连接

**<q1 MIN q2>**

表达数值或数量 q1 小于 q2。

### （14）MINE 连接

**<q1 MINE q2>**

表达数值或数量 q1 小于等于 q2。

### （15）DIFF2 连接

**<g DIFF2 a>**

表示所有 g 中的元素相对它们的属性 a 都不同。

### （16）DIFF3 连接

**<o1 DIFF3 o2 a>**

表示 o1 与 o2 在属性 a 方面不同。

### （17）ANTO 连接

**<s1 ANTO s2>**

概念上两个对象相反，是 CONTR、CNVRS 和 COMPL 更高层的知识层面上的语义关系。

### （18）SYNO 连接

**<e1 SYNO e2>**

表示两个相同类属的两个概念语义相近，e1 和 e2 在表述中可以相互替换，比如，

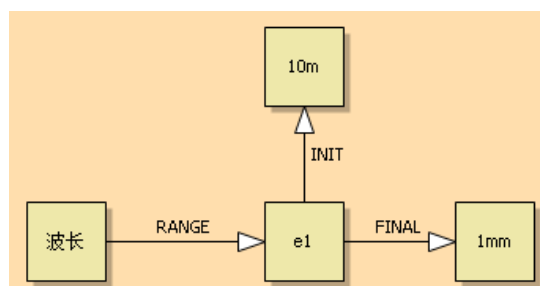
- <GDUT SYNO 广东工业大学>
- <美丽 SYNO 漂亮>

## 1.4.6 限制相关连接

### （1）RANGE 连接

**<o1 RANGE o2>**

表示概念的范围，比如，“波长从 10m 到 1mm”，



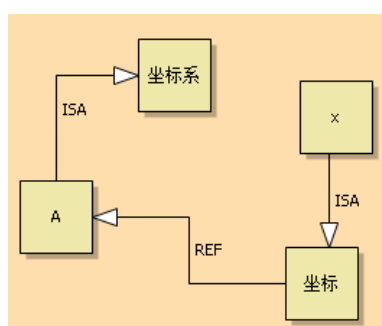
用 INIT 和 FINAL 指明 NRANGE 的起始值和终止值。RANG 表示空间和时间之外的范围，后者由专门的连接进行表示。

### （2）REF 连接

**<s1 REF s2>**

表示状态或事件 s1 是以 s2 为参考点。REF 连接表示语义中的“相对”，作为参考、榜样。

REF 在科学描述中大量用于参考点，比如电势、电压、坐标的表示。比如，“相对 A 坐标系的坐标为 x”，表述如下，

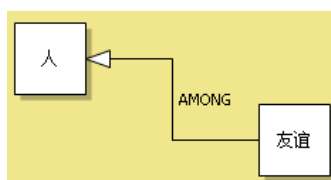


应用于“相对”语义时，要注意 REF 和 COMP 的区别，虽然他们之间的区分不是很明确。前者表述参考、榜样的语义，后者侧重于比较。

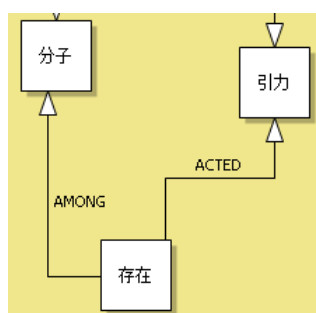
### （3）AMONG 连接

**<s AMONG o>**

表示状态或概念  $s$  是在  $o$  之间存在或在  $o$  之间进行考虑的。**AMONG** 连接表示时间和空间之外的“空间”，比如“人与人之间”，“分子与分子之间”等的，这些所谓的“之间”并不是指时间和空间维度。我们常讲的“人与人之间的距离”，这个“距离”并不是指空间距离，这时，我们可以用 **AMONG** 关系。所以，“人之间的友谊”可以表述为，



“分子之间存在引力”可以表述为，

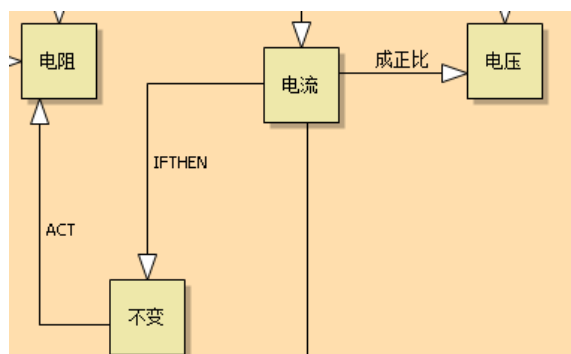


当然，上图中的 **AMONG** 连接标签最好改为“之间”。

## （4）COND 连接

### <s1 COND s2>

指明状态或事件的条件，表示中文中的“如果...，就...”。比如，“如果他同意，我们就开始”，语义网表述如下，注意连接是从“结果”指向“条件”。比如，“如果电阻不变，电流与电压成正比”，可以表述如下，



在实际建模当中，我们可以认为的将一些字词转为动词来用，称为“伪动词”，比如，“在”这个词，我们在很多情形下将其作为动词来用，这样 **COND** 连接就可以处理很多情形。

## （5）CONXT 连接

### <s CONXT c>

指明事件或状态 s 在限制条件 c 下成立，这里要注意与 COND 和 CIRC 进行区别，CONXT 连接突出限制的场景，经常表达“对于...”、“考虑到...条件”、“针对”等，比如“这个价格对于普通人来说太高了”，“价格太高”是对“普通人”来说，可以用 CONXT 指明。“这条规则是针对少数人的”，这个句子的语义表达用 CONXT 指明“少数人”。

## （6）INIT 连接

### <e INIT s>

表达事件 e 的初始值或初始状态，比如，

- 该程序将矩阵从初始形式转换为对角形式 <转换 INIT 初始形式>

INIT 往往与 AFF 相结合使用，表示一个对象或概念从初始状态的改变。

## （7）FINAL 连接

### <e FINAL s>

表达事件 e 的终止状态或对象的末了值。

## （8）QMOD 连接

### <d QMOD q>

指定物质的量或多个对象的数量，比如，

- 10 升水 <水 QMOD 10 升>
- 3 公斤铁钉 <铁钉 QMOD 3 公斤>

用 QMOD 也可以表述笼统的数量，比如，

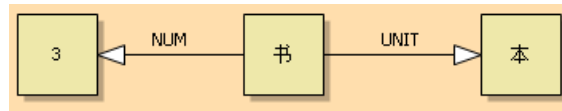
- 所有的人 <人 QMOD 所有>

## （9）NUM 和 UNIT 连接

### <o1 NUM o2>

<o1 UNIT o3>

NUM 连接表示 o1 的数量 o2，UNIT 表示 o1 的单位 o3，比如“三本书”，



尽量使用 NUM 和 UNIT 相结合的方式，而不是简单用 QMOD 连接，因为前者便于基于语义网的提问。

## (10) ASSGN 连接

<o1 ASSGN o2>

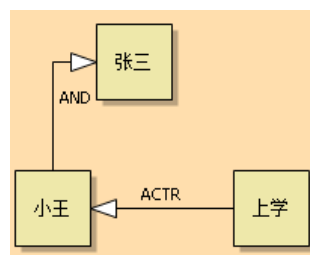
表示给 o1 赋值 o2。

## 1.4.7 其他连接

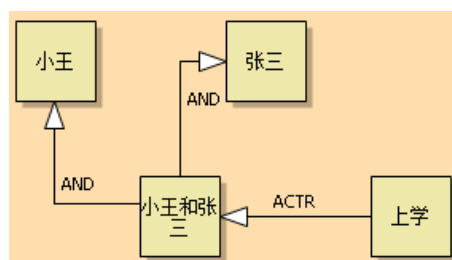
### (1) AND 和 OR 连接

<s AND o>

表示对象 o 是通过“和”的操作构成 s，比如，“小王和张三一起去上学”，语义网可以表述如下，



上述语句也可以如下表述，

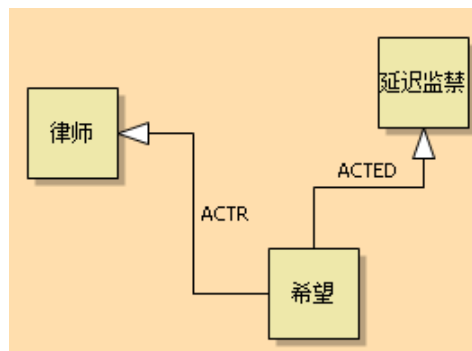


OR 连接的使用方法与 AND 一样，在此不重复。

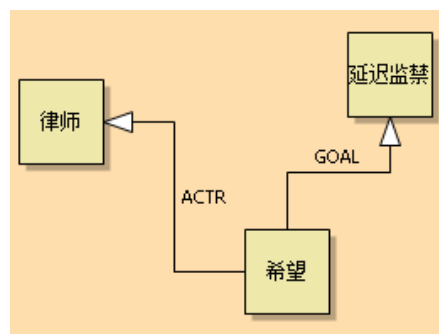
## （2）GOAL 连接

### <s GOAL g>

表示意志和精神层面上的“目的”、“目标”，主要表达除时间和空间之外的目的目标，常常与行为节点一起，用来表达“为了....，而.....”，比如，“为使小车加速运动，给小车施加力一个水平推力”。“律师希望延迟监禁”，“希望”在这里不是一个严格意义上的行为，实际上表达的是一种状态，如果直接用行为节点和 ACTED 连接不能够完整表达“目的”和“希望”的含义，



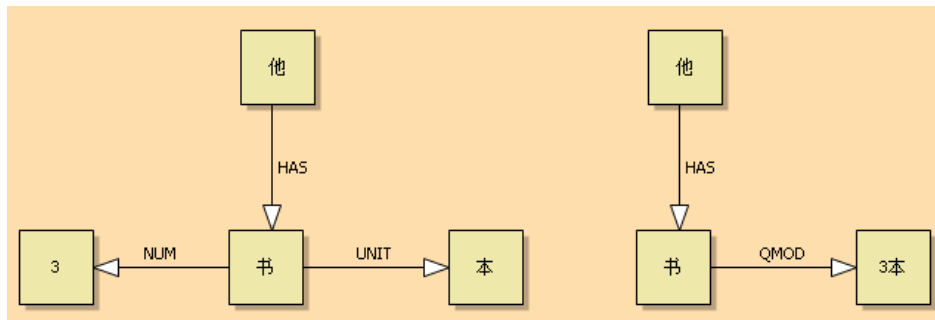
从表达上来说，我们简单从文字“希望”上，不能知道律师的目的和希望。改用 GOAL，



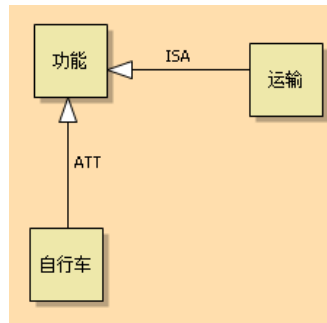
## （3）HAS 连接

### <o1 HAS o2>

表示 o1 拥有 o2。由于 HAS 连接在语义表达中比较常见，所以单独列出，表示“有”、“拥有”的含义。比如，“他有 3 本书”，可以用下面两种语义网表述，为了便于提问，尽量使用第一种方案。



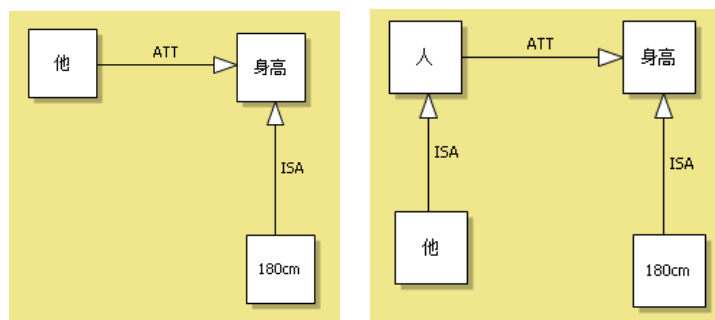
在表达“有什么功能”的时候，用下面的方法，不要用 HAS，比如，



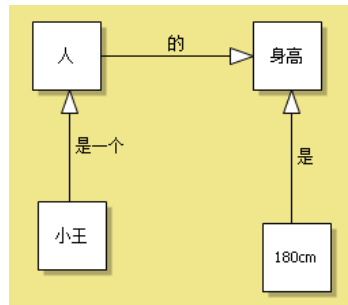
#### (4) ATT 连接

##### <o ATT a>

表述物体或状态普遍具有的，而不是某种特殊情形下才有的属性，比如“物体的颜色”，“某人的身高”。由于属性的继承性，某类事物的属性可以被其子类继承。比如，人有姓名这个属性，“小王是一个人”，则小王自然具有姓名。表述“他的身高是 180cm”，可以用下面的两种语义网络，

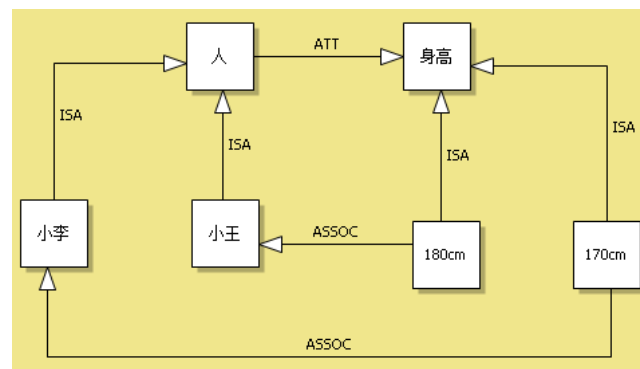


当然第二个语义网络表达的语义更为详细。为了能准确解析出一个完整的语句，最好加上适当的连接标签，如下所示。

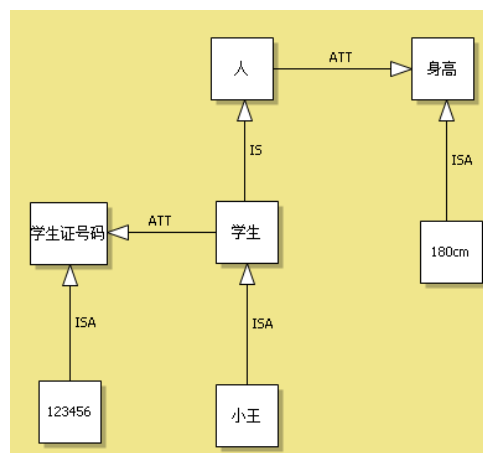


上图的语义网解析的信息就是“小王的身高是 180cm”。如果进行查询“小王的身高是多少？”，则很容易得到是“180cm”。

如果有多个人的身高信息，则要添加 ASSOC 连接，将身高数据与人关联起来。“ASSOC”表示关联关系，我们在后面详述之。假如还有“小李的身高是 170cm”，则语义网为，



下面的语义网表示了属性的继承性，



人具有身高，学生有学生证的号码，小王继承了其父类的属性，上面的语义网表示小王的身高是 180cm，学生证号码是 123456。

## (5) BENF 连接

**<s BENF b>**



指定某个状态或行为的受益方或益处，注意与 GOAL 的区分。比如，

“他为他的朋友写了一封信”，<写了 BENF 他的朋友>

“实习对研究生非常有帮助”，可以表达为，<非常有帮助 BENF 研究生>

## （6）CHPA 连接

<p CHPA c>

表示性质 p 对应的属性 c，比如

- <长 CHPA 长度>
- <高 CHPA 高度>
- <重 CHPA 重量>

构建这样的关系，便于提问。比如，“房子很高，有 20 米”，

● <房子 ATT 很高>，

- <很高 CHPA 20 米>

针对 ATT，可以提问“房子的高度如何？”，针对 CHPA 提问“房子的高度是多少？”。

## （7）CHPS 连接

<p CHPS s>

表示状态 s 的特征，状态 s 是由特征 p 决定的，比如，

<险境 CHPS 危险>

## （8）CHSP1 连接

<s CHSP1 p>

表示状态或动作 s 与性质 p 之间的语义关系，p 与 s 之间是主动的含义，比如，

- <工作 CHSP1 工作中>

## （9）CHSP2 连接

<s CHSP2 p>

表示状态或动作 s 与性质 p 之间的语义关系，p 与 s 之间是一种被动的含义，比如，

- <治疗 CHSP2 治愈>

但要注意下面的表达，

- <治疗 CHPS1 治疗中>

## （10）NAME 连接

**<e NAME n>**

表示一个实体的名称，比如，

- 获奖者小王 <获奖者 NAME 小王>
- 流氓国家美国 <流氓国家 NAME 美国>

## （11）FORM 连接

**<o1 FORM o2>**

指定 o1 的表现形式 o2，比如，

- 碳以二氧化碳的形式被植物吸收 <碳 FORM 二氧化碳>
- 该条例以法律的形式给予颁布 <条例 FORM 法律>

## （12）SUBST 连接

**<x SUBST y>**

表示是 x 而不是 y 参与某个过程或行为，比如，

- 他用 C#编程而不是用 C++ <C# SUBST C++>

## （13）VAL 连接

**<a VAL v>**

ATT 连接所指向的属性 a 所赋予的值 v，比如，

- <颜色 VAL 红>
- <高度 VAL 30 米>
- <形状 VAL 圆柱形>

## （14）VALR 连接

<a VALR b>

表示属性 a 的值不是某个单一的值，而是一个范围，比如，

- <颜色 VALR 从红到黄>

# 2 课程语义项目中语义网的建模

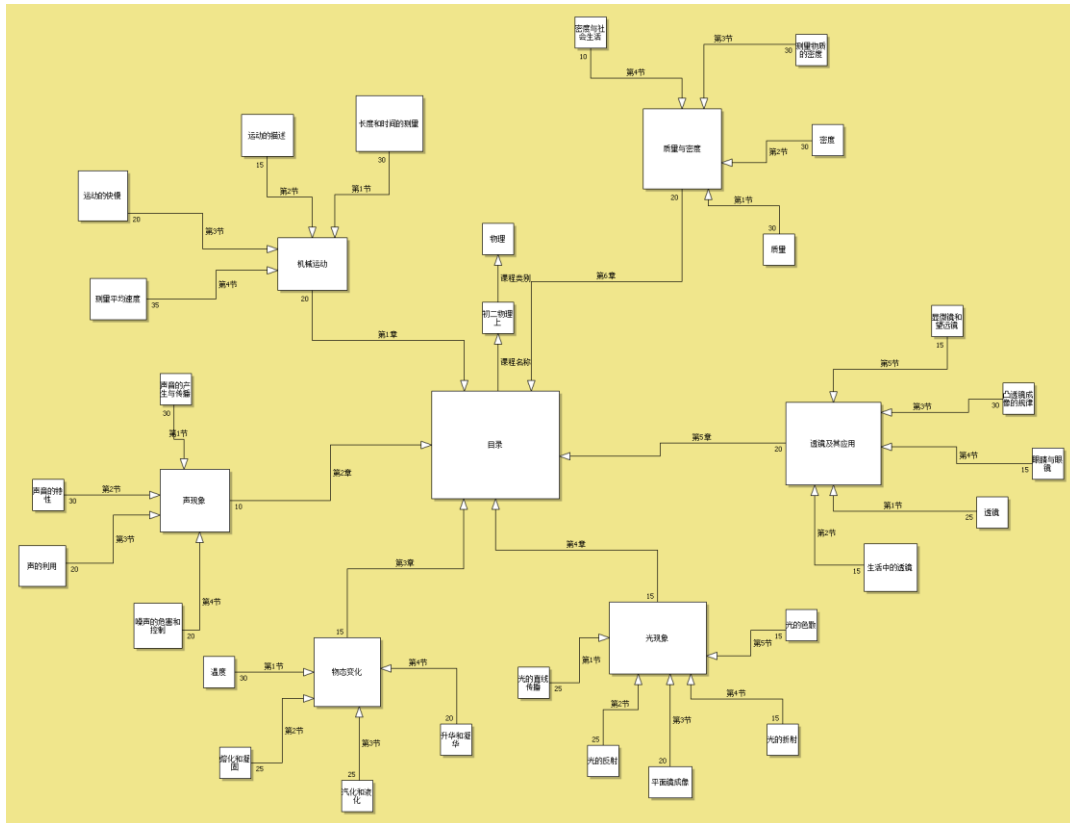
## 2.1 目录语义网的建模

目录语义项目就是以课程名称为题目的一个语义项目，主要建立目录中的章节关系。下面以初二物理上为例进行说明。

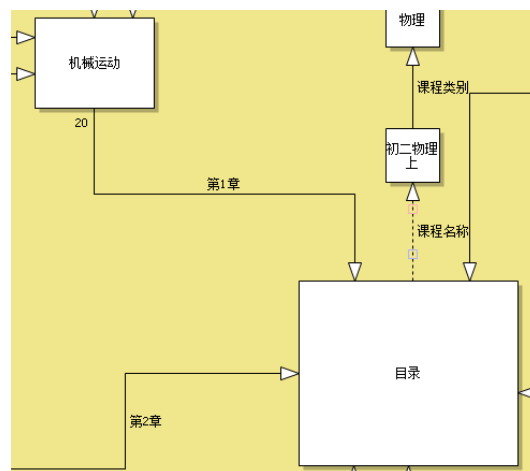


完全对照课本中的章节名称和顺序建立下面的项目和其中的语义网，其中必须要有一个

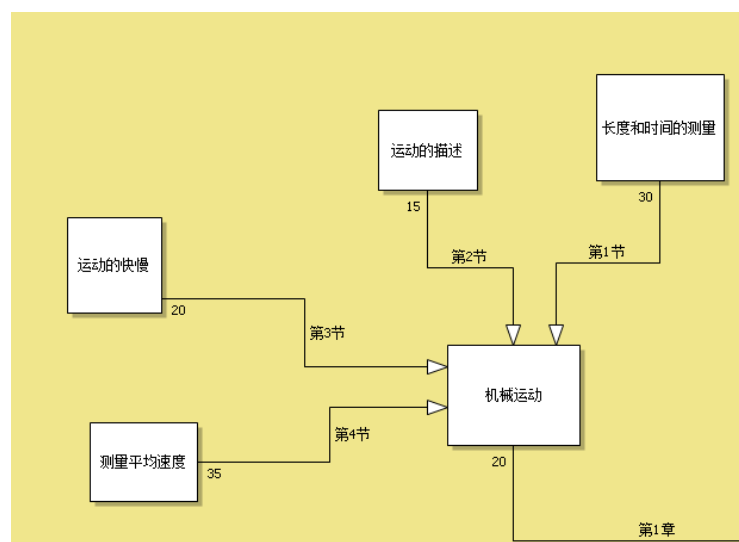
名为“目录”的语义网，该语义网的例子如下，



- 其中有一个“目录”节点，以及以 ASSOC 关系连接的课程名称节点“初二物理上”，连接上标明“课程名称”，这个语义表示这个目录是“初二物理上”这门课程。
- 目录节点下面是以 ISP 关系连接的“章”名称节点，比如“第 1 章 机械运动”，连接的标签上标明“第 1 章”。在靠近“机械运动”节点给出这一章在课程中的权重，比如这里是 20.



- 在章节节点下面以 ISP 关系指明小节节点，比如“机械运动”下面的所有小节，小节节点边上的数字是这一小节在本章中的权重，所有小节的权重加起来应该等于 100.

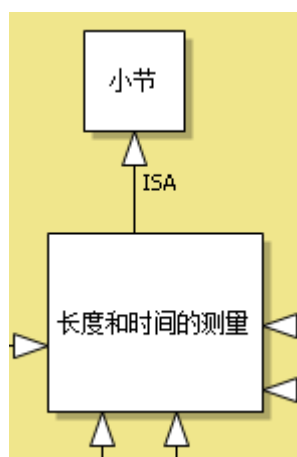


## 2.2 章节语义网的建模

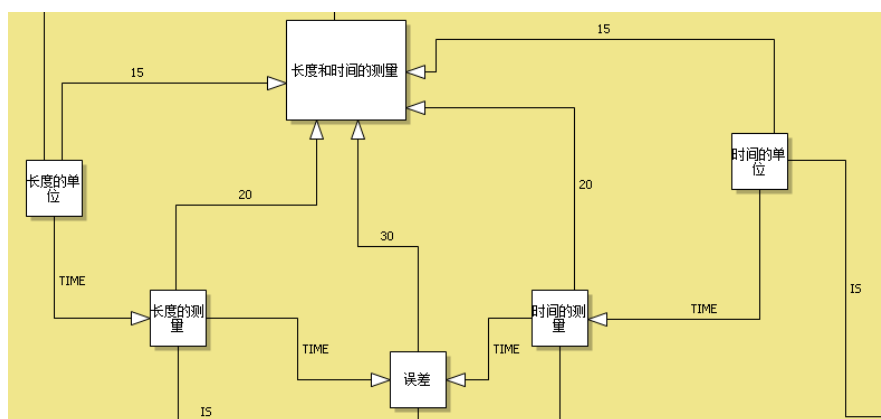
在课程语义项目中，除了目录语义网之外就是章节语义网。章节语义网的命名格式如下，

“章序号.小节序号-小节名称”。下面以“1.1-长度和时间的测量”为例，讲解章节语义网的建模方法。

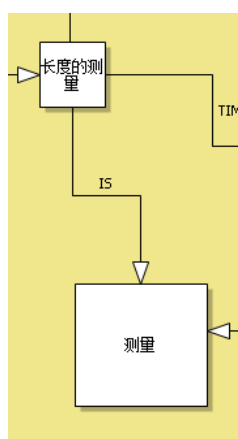
- 首先，以小节名称建立一个节点，并以 ISA 关系指向“小节”节点。



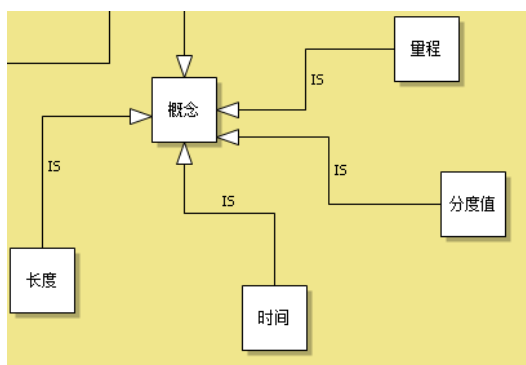
- 在“长度和时间的测量”节点下面以 ISP 关系建立若干个“学习课题”节点，并在连接上标注每个学习课题在本小节中的权重。所有权重加起来等于 100.同时，以 TIME 关系指明每个学习课题的学习次序。一般以课本上每小节的下一级标题作为学习课题。



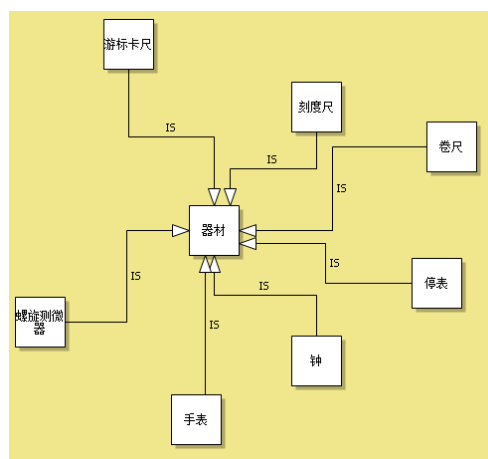
每个学习课题必须以 IS 关系标明其知识类型。



- 每个小节除了学习课题之外，还有其他相关的知识点，也必须标出，并进行归类。比如，在“长度和时间的测量”中，相关的知识点有：量程、分度值、长度、时间，作为概念进行归类。

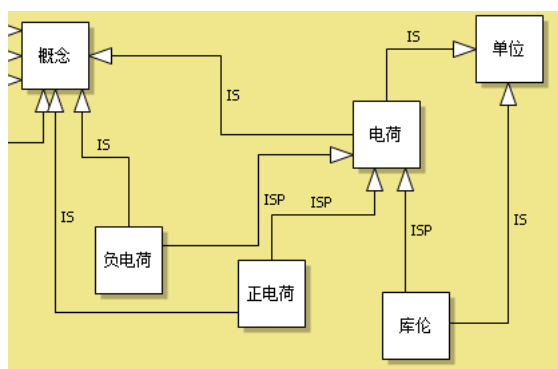


有仪器，

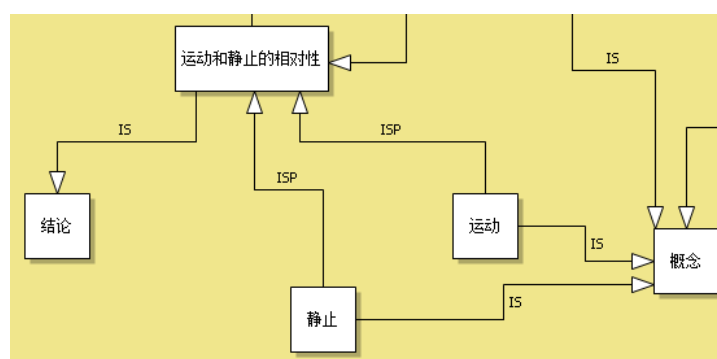


总之，在每个小节对应的语义网中，除了小节名称节点和“小节”节点之外，所有的其它节点代表了学习课题和知识点，都必须指明其知识类型。

- 对于有些知识点非常重要，但不需要单独建立一个语义网，此时需要在章节语义网用 ISP 关系指明作为其它知识点的一部分进行了建模，可以到该语义网中进行查询。比如下图，库仑、负电荷和正电荷等知识点都在电荷的语义网中进行了建模，不需要单独建模。所以，我们在进行“电荷”的语义网建模时，就必须有这些知识点的定义和说明，否则在进行查询时会出错。在进行一个知识点或学习课题的建模时，要结合章节语义网进行，要查看在章节语义网中的这些要求。

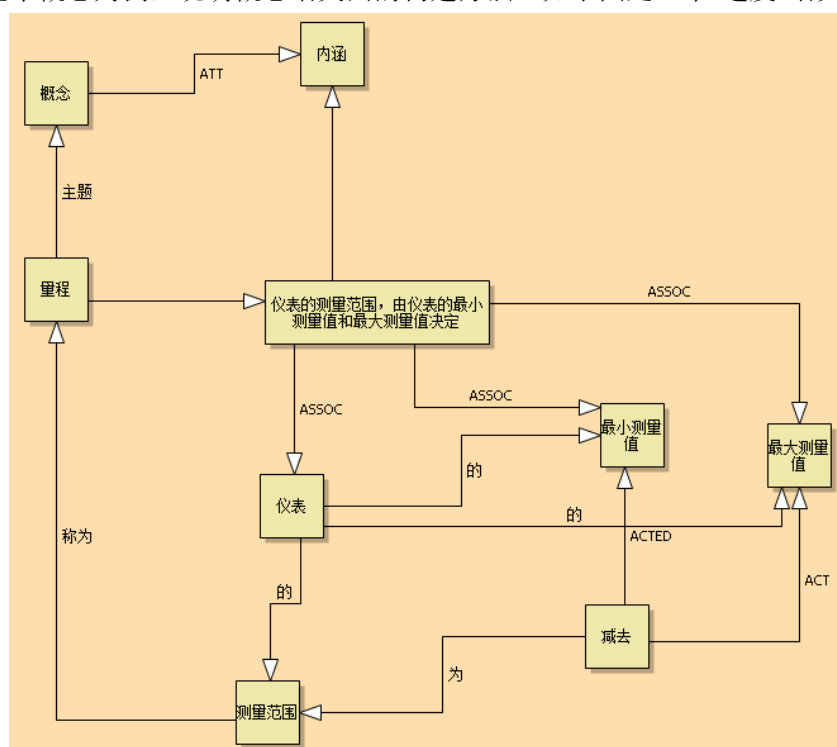


再比如下图，“静止”和“运动”在非常重要的结论“运动和静止的相对性”中进行建模，

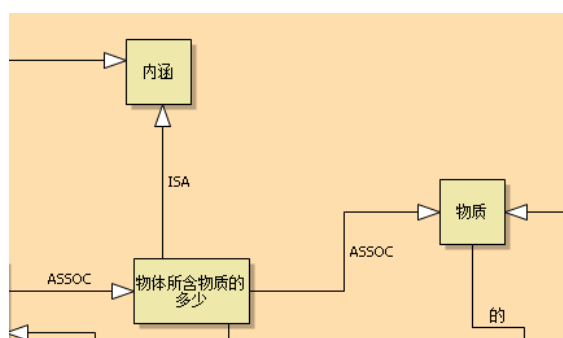


## 2.3 概念语义网的建模

以“速度”这个概念为例，说明概念语义网的构建方法。如下图是一个“速度”语义网，

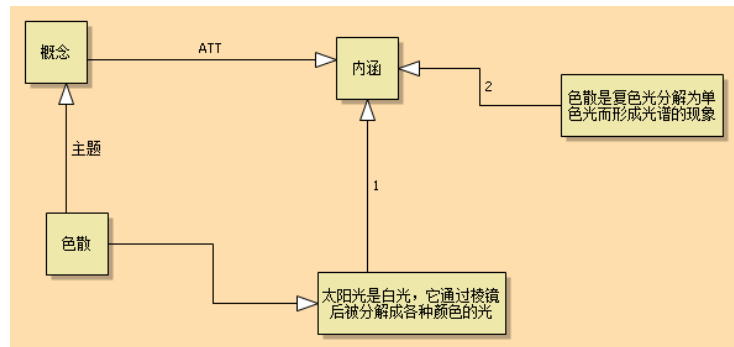


- 首先，必须有一个名称为“速度”的节点，表示这个语义网的主题。
- 必须有一个名为“概念”的节点，表示这个语义网是一个概念语义网。
- 主题节点用 IS 关系与“概念”连接，并标注为“主题”。
- 一个概念可以有多个属性，比如“内涵”，“外延”，“近似概念”，“区别概念”，“关联概念”，用 ATT 连接指向。其中，“内涵”属性是必须的。
- 必须指明一个概念的“定义”节点，该“定义”节点以 ISA 连接指向“内涵”节点，

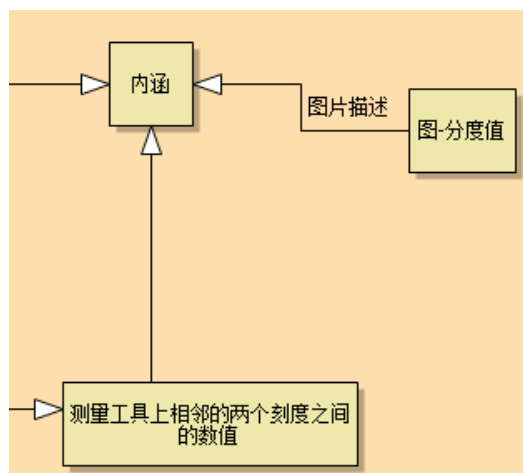


一个概念可以有多个定义节点，如果这些定义有等级区分，可以给 ISA 连接标签加上数字，1，2，3 等等，数字越高，定义的知识水平越高，对应高年级的课程。



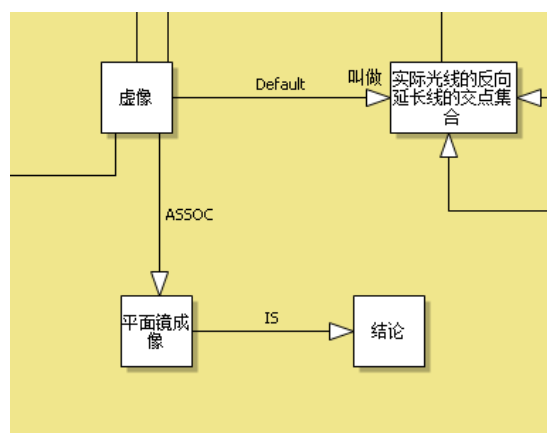


- “内涵”除了可以有“文字描述”节点之外，还可以添加“图片描述”节点，

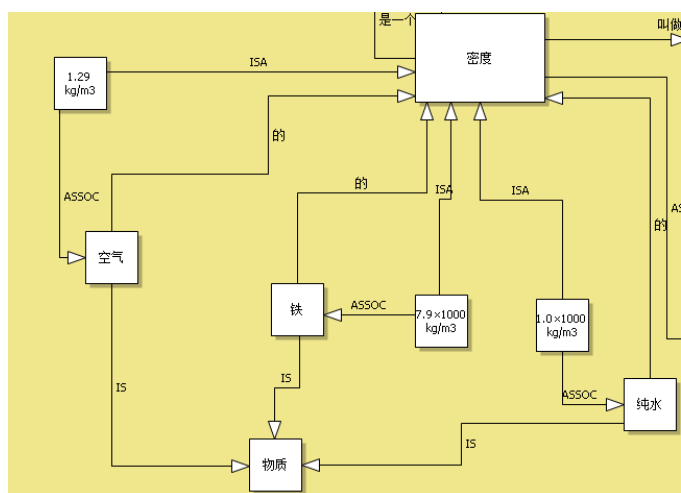


“图片描述”节点对应一个图像文件名称。

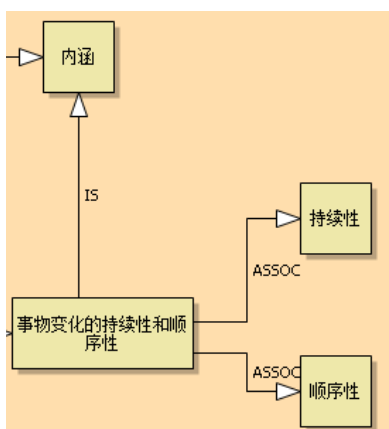
- 可以指明一个概念的上位概念，比如速度的上位概念是“矢量”，用 IS 关系指明其上位概念。可以用标签表明与上位概念的语义名称，比如“是一个”。
- 一个概念可以用 ASSOC 连接“关联”其它知识点，比如概念“速度”与公式“速度”相关联。比如，“虚像”概念与“平面镜成像”的规律相关联。



- 一个概念可以有一些典型实例，比如“物质的密度”，水的密度作为一个典型值，应该给予关注，可以用下面的方法指明，



- 对于每个概念的“定义”节点，必须用 ASSOC 连接指明定义的“特征”节点，



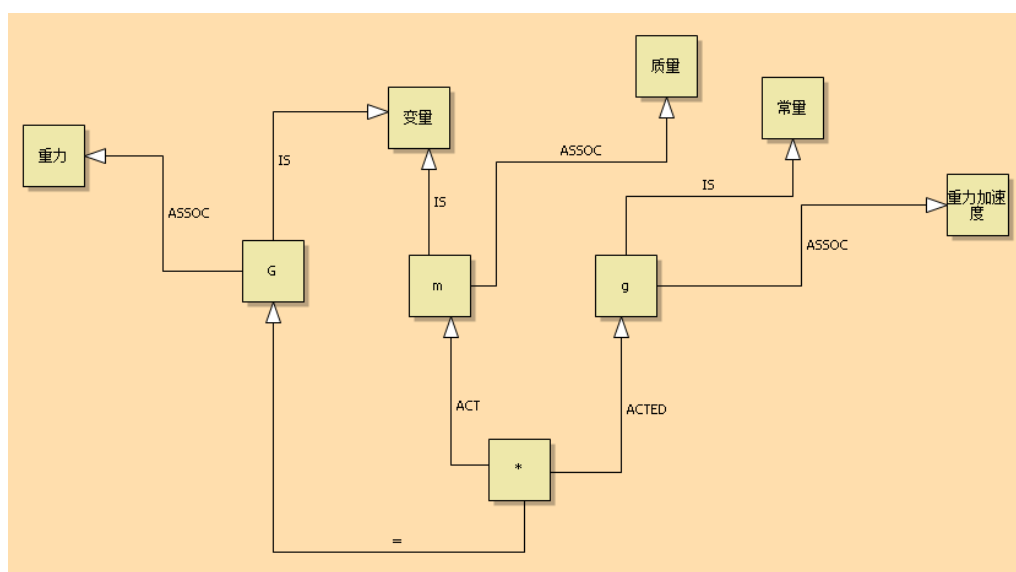
这些特征节点是一个概念区别其上位概念的关键特征,或简单理解为定义节点文本中的关键词。

## 2.4 公式语义网的建模

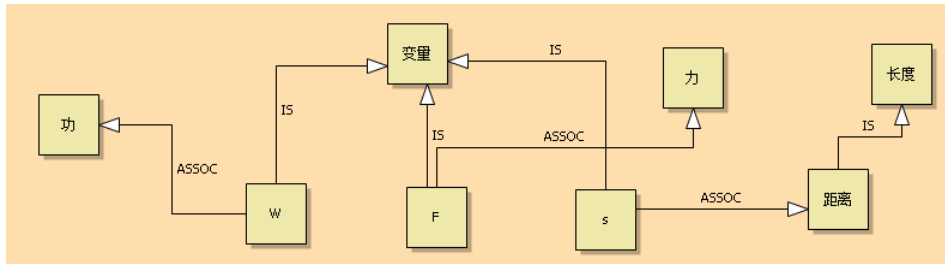
公式或表达式中进程出现希腊字母，下面是希腊字母的输入对应表。比如用中文输入 gama，即可以输入  $\gamma$ 。

| 字母名称    | 国际音标                  | 大写字母 | 小写字母 | 字母名称    | 国际音标                           | 大写字母 | 小写字母 |
|---------|-----------------------|------|------|---------|--------------------------------|------|------|
| alpha   | /ˈælfə/               | A    | α    | nu      | /njuː/                         | N    | ν    |
| beta    | /ˈbiːtə/<br>或 /ˈbɛtə/ | B    | β    | xi      | 希腊 /ksi/;<br>英美 /zai/ 或 /ksai/ | Ξ    | ξ    |
| gamma   | /ˈɡæmə/               | Γ    | γ    | omicron | /əuˈmaɪkrən/<br>或 /ˈɑmiˌkrən/  | Ο    | ο    |
| delta   | /ˈdeltə/              | Δ    | δ    | pi      | /paɪ/                          | Π    | π    |
| epsilon | /ˈepsɪlən/            | Ε    | ε    | rho     | /reɪ/                          | Ρ    | ρ    |
| zeta    | /ˈziːtə/              | Ζ    | ζ    | sigma   | /ˈsɪgmə/                       | Σ    | σ, ς |
| eta     | /ˈiːtə/               | Η    | η    | tau     | /təʊ/ 或 /taʊ/                  | Τ    | τ    |
| theta   | /ˈθiːtə/              | Θ    | θ    | upsilon | /ˈɪpsɪlən/<br>或 /ˈʌpsɪlən/     | Υ    | υ    |
| iota    | /aɪˈəʊtə/             | Ι    | ι    | phi     | /faɪ/                          | Φ    | φ    |
| kappa   | /ˈkæpə/               | Κ    | κ    | chi     | /kaɪ/                          | Χ    | χ    |
| lambda  | /ˈlæmdə/              | Λ    | λ    | psi     | /psaɪ/                         | Ψ    | ψ    |
| mu      | /mjuː/                | Μ    | μ    | omega   | /ˈəʊmɪɡə/<br>或 /ouˈmega/       | Ω    | ω    |

- 公式语义项目中的一个语义网一般对应一个数学公式或表达式,后面都用公式进行叙述。一个公式一定要有变量,所以相应的语义网一定要有一个“变量”节点。此外,一个表达式可能含有常量,比如系数,还有物理中的常量,如重力加速度等,为此,公式语义网中应该要有一个“常量”节点。



- 公式中所有的变量都要用 ASSOC 连接指明其对应的物理量。因为单位在计算中非常重要,相应的物理量要能在单位语义项目中找到其对应的单位,比如一个物理量是“距离”,但在单位语义项目中没有叫做“距离”的语义网,实际上对应的是长度,所以在语义网中指明:“距离” IS “长度”,例如,



- 一个公式语义网至少要有有一个 **RESULT** 连接，并且其连接标签为“=”，表示公式的等号及其等式两边。
- 公式中的基本运算用带下面符号的节点表示，所连接的操作数，用发出的 **ACT** 或 **ACTED** 连接，

-，表示“相减”，只能发出两个连接，一个是 **ACT**，另一个是 **ACTED**

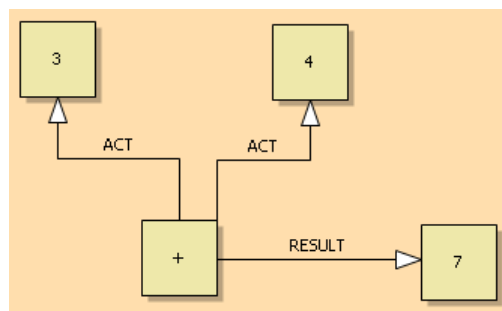
+, 表示“相加”，“求和”，都是 **ACT** 连接

\*, 表示“相乘”，都是 **ACT**

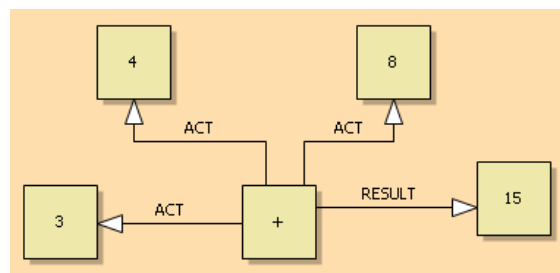
/, 表示“除以”，一个是 **ACT**，另一个是 **ACTED** 连接

^, 表示“幂指数”，一个是 **ACT**，另一个是 **ACTED**

比如， $3+4=7$ ，表述为，



将所有的运算理解为一个行为节点，所以操作数都用 **ACT** 或 **ACTED** 连接。由于+和\*可以交换，所以可以不用 **ACTED** 连接，都用 **ACT** 连接。同时，对于+和\*，可以连接 2 个以上的操作数，比如， $3+4+8=15$ ，表述为，



- 公式中的基本数学表达式用一个与 **C#** 数学库中名称一样的节点表示，输入的参数是一个，用一个 **ACTED** 连接，表示这个参数被函数作用到上面，

sin, 表示 C#数学库中的 Math.Sin, 正弦

tan, 正切

cos, 表示 Math.Cos, 余弦

ctan, 余切

ln, 表示 Math.Log, e 为底的对数, 自然对数

log, 表示 Math.Log10, 10 为底的对数

sqrt, 表示 Math.Sqrt, 求平方根

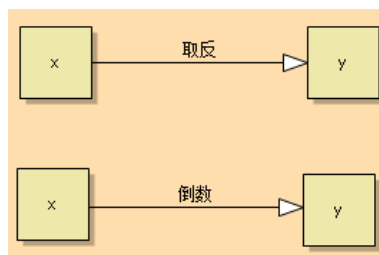
abs, 表示 Math.Abs, 求绝对值

cosh, 双曲余弦

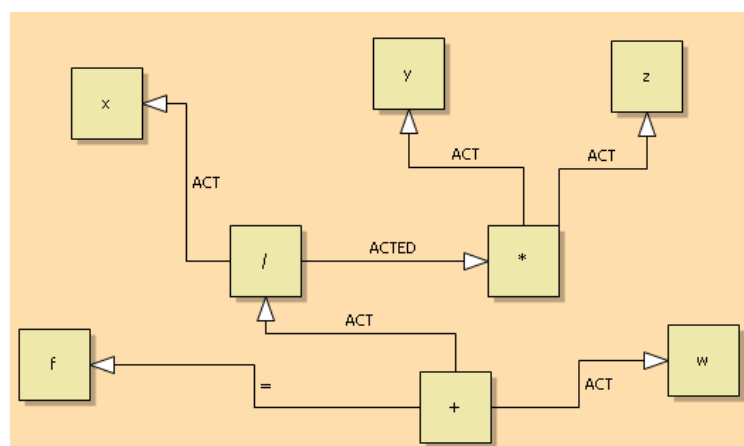
sinh, 双曲正弦

注意, 字母小写。

- 对于常用的“取反”和“倒数”操作, 利用 RESULT 连接, 加上相应的标签“取反”和“倒数”。比如, “ $y=-x$ ”和“ $y=1/x$ ”,

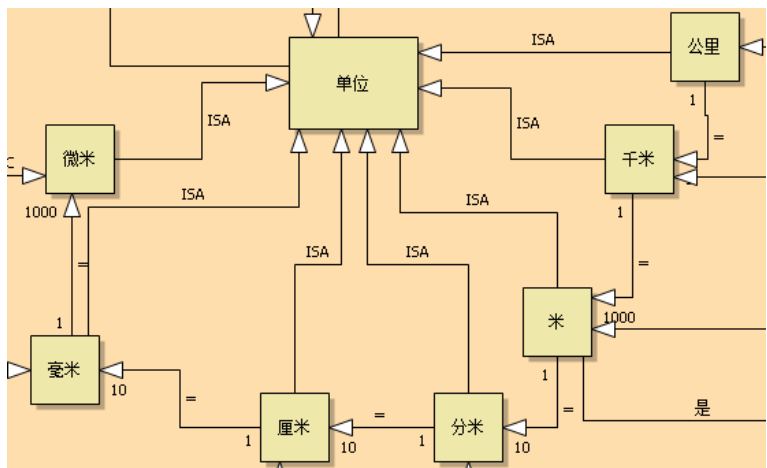


对于多种运算的混合运算, 需要小心处理运算的先后顺序, 比如,  $f=x/(y*z)+w$ ,

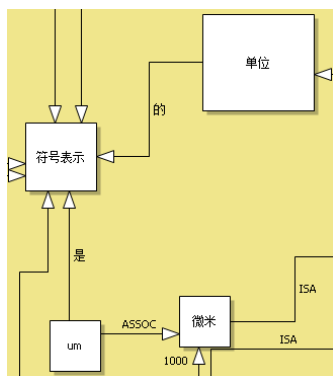


在这里,  $y*z$  的运算结果不重要, 所以不需要记录其结果, 所以我们用一个 ACTED 连接得到其结果, 再参与后面的 “/” 的计算。否则, 要用一个节点表示其计算结果。但是, 如果一个公式中的某项具有特定的物理含义, 虽然是中间结果, 最好用一个节点记录下其运算结果。比如, 浮力的计算中,  $F=G=\rho *V*g$ , 表述如下, 其中  $\rho *V$  的中间结果表示质量, 有特定的

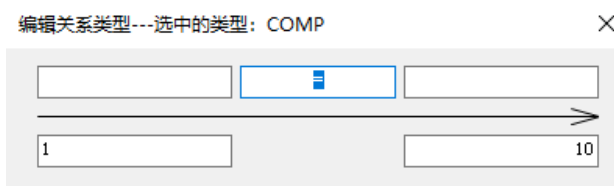




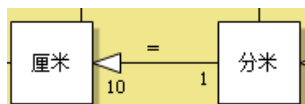
- 单位的符号表示。创建一个“符号表示”节点，以 ATT 关系与“单位”节点相连，表示“单位”节点有符号表示的属性，以 ISA 关系指明符号表示的实例，并将该实例与某个具体的单位用 ASSOC 关系连接，这样就指明了某个单位的符号，比如微米的符号是 um，其语义表示如下，



- 单位之间的换算关系，比如，1 分米=10 厘米，用 COMP 关系从分米指向厘米，其连接的标签为“=”，在连接编辑器中的 StartMultiply 和 EndMultiply 上添加 1 和 10，如下，

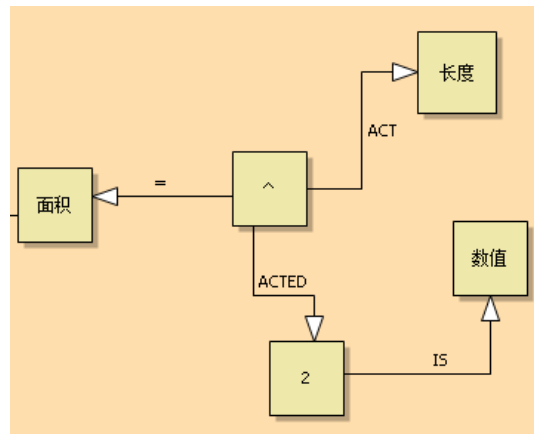


1 分米=10 厘米，其语义网络表示如下，

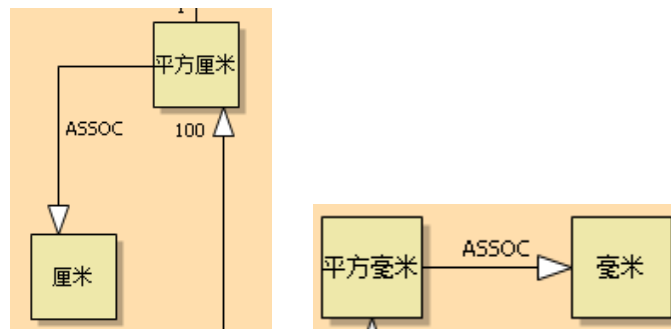


- 最后要指明该单位的国际单位，创建“国际制”节点，并用 IS 关系将“米”节点与“国际制”节点相连。“国际制”节点要作为主题节点的属性节点进行标注。
- 如果是“导出”单位，应该用 RESULT 连接指明其运算结果。比如“面积”单位，是导

出单位，在主题节点，即“面积”节点上用 **RESULT** 描述其演算过程。

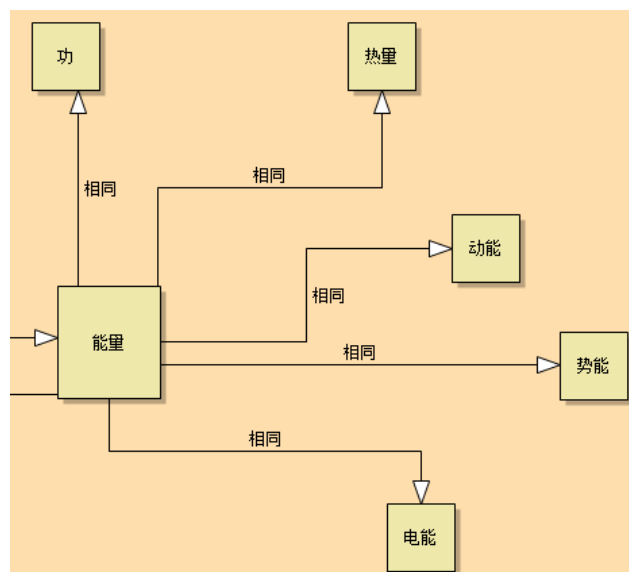


- 在具体的单位节点上用 **ASSOC** 连接指明与上面演算相关联的基本单位，比如“平方厘米”和“平方毫米”分别关联“厘米”和“毫米”，



系统根据演算公式和这些关关节点，到相应的语义网中查找，比如上面的厘米和毫米，就到“长度”的单位语义网中查找。

- 可以利用 **COMP** 连接指明单位相同的物理量，比如，在能量的单位语义网中，可以添加“功”和“热量”，

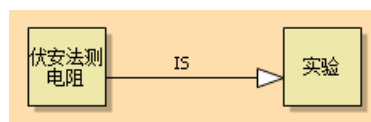




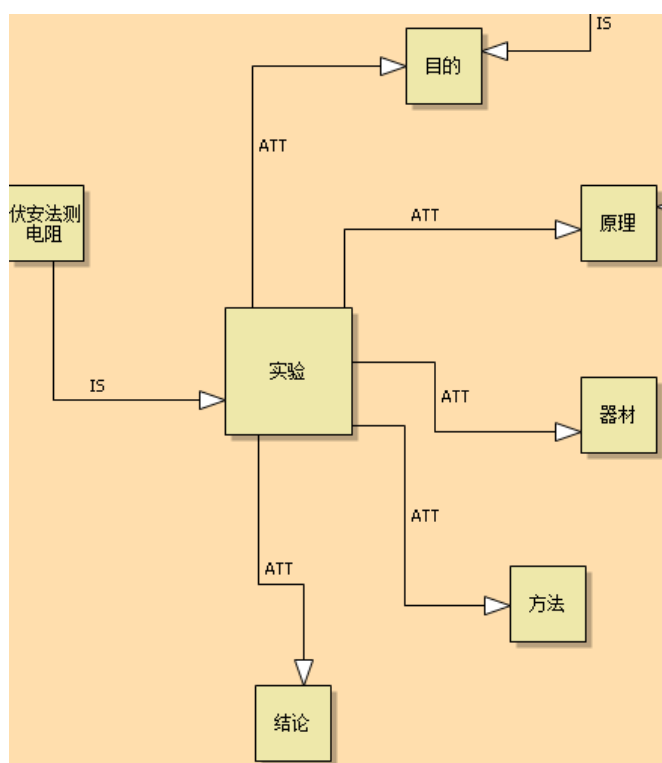
## 2.6 实验语义网的建模

实验及其相关知识是科学技术相关课程中非常重要的知识，所以在我们的语义建模中以“实验语义项目”单独列出。数据测量、现象观察和记录等，凡是通过某种特定工具和方法进行的操作都称为“实验”。下面以“伏安法测电阻”为例，说明实验语义网的建模方法，

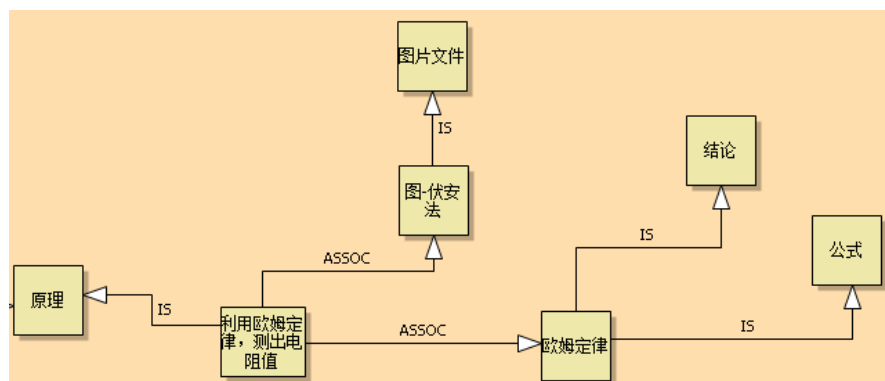
- 首先，建立主题节点“伏安法测电阻”及其类型节点“实验”，并用 IS 关系连接，



- 创建“目的”、“原理”、“器材”、“方法”及“结论”节点，并用 ATT 连接，分别表示实验的内容：实验目的、实验原理、实验器材、实验方法及实验结论，

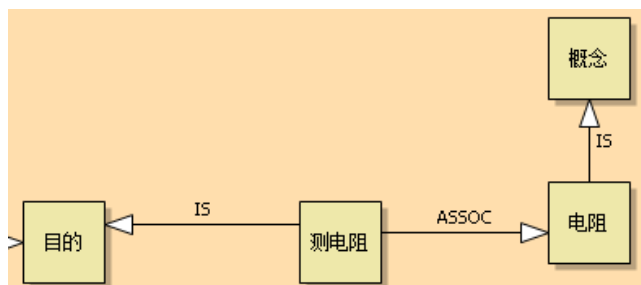


- 用 IS 连接创建一个或多个节点，描述实验原理，并进行相应的语义建模。因为“伏安法测电阻的原理就是一欧姆定律，在结论和公式语义项目中已经建模，所以此处只需要简单指明“欧姆定律”在“结论”语义项目和“公式”语义项目中都有相应的建模，即可，不需要额外建模。

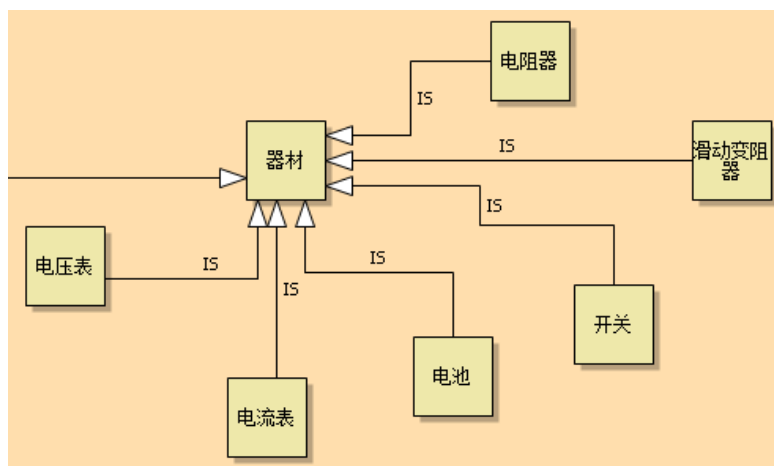


原则上，一个实验可以多个原理，可以在语义网中用同样的方法，创建多个原理节点的子节点即可。可以结合图片描述实验原理。

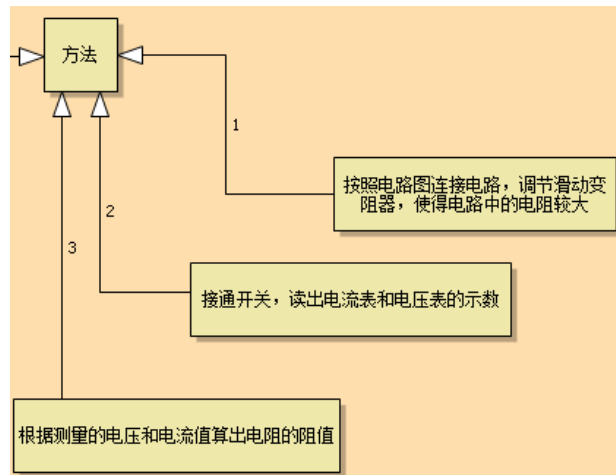
- 用 IS 连接指明具体的实验目的，



- 用 IS 连接指明实验所需器材，



- 用 IS 连接指明具体的实验方法或步骤，

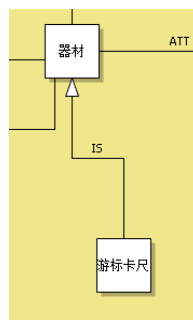


并不是所有实验都需要“目的”、“原理”、“器材”、“方法”及“结论”。比如，一些演示性实验指明“器材”、“方法”和“结论”即可。

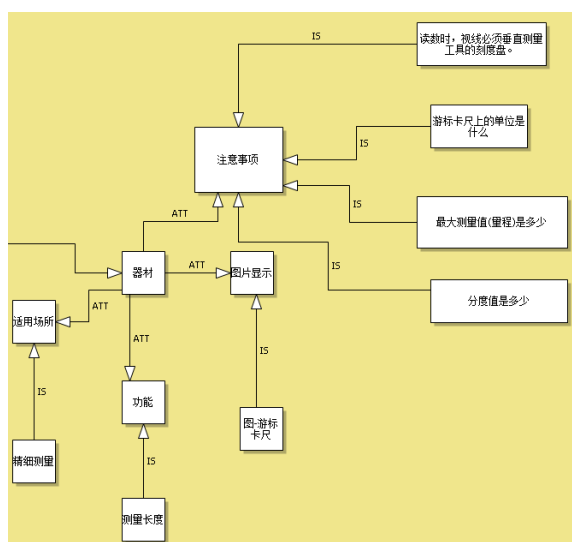
## 2.7 器材语义网的建模

针对测量和实验中的仪器和工具进行建模。下面以“游标卡尺”为例进行说明，

- 首先，创建主题“手表”节点和“器材”节点，并以 IS 关系连接，



- 器材有多个属性节点，其中包括，“图片显示”，“适用场所”，“功能”和“注意事项”等节点。“图片显示”节点用于仪器和工具的图片展示。“适用场所”节点表示器材的使用范围和场所，“功能”节点表示器材的功能和作用，这些属性节点都应该有以 IS 关系连接的派生节点，

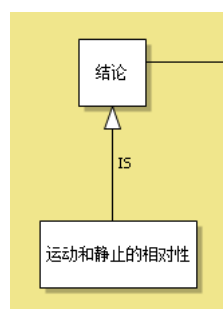


要注意的是，图片节点的名称必须以“图-器材名称”命名，否则，文件读取失败。

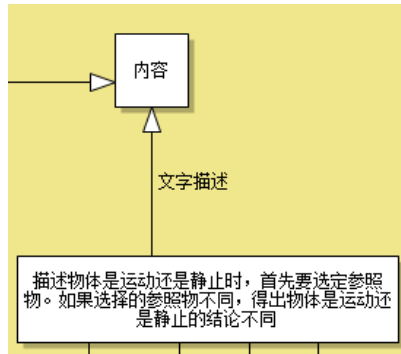
## 2.8 结论语义网的建模

一门课程必定包含一些非常重要的结论，比如定律、原理、公理和定理等都可以作为结论知识类型。需要注意的是，结论作为一个知识类型，比较灵活，很多知识点都可以归纳为结论。请注意与后面的“现象知识”进行区分。下面以“运动和静止的相对性”为例说明结论语义网的构建方法。

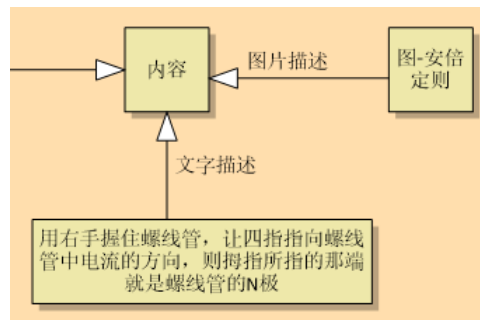
- 首先，建立主题节点和知识类型节点：“运动和静止的相对性”和“结论”，并以 IS 关系连接，



- 添加“结论”节点的内容属性节点，并指明“内容”节点的实例节点，在连接上标注“文字描述”，

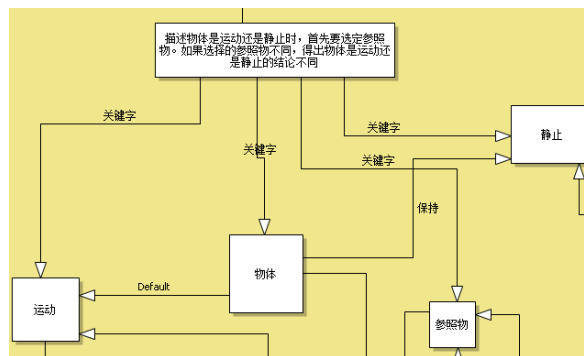


也可以给“内容”添加一个实例节点“图片描述”，如下图，



在相应的文件夹中要有名为“图-安培定则”的图片文件。

- 给“内容”节点的实例节点添加若干“关键字”节点，所有与实例节点以 ASSOC 关系连接的节点都当成“关键字”节点。连接线上的标签“关键字”可以不加。



- 针对内容的实例节点中的文本进行语义分析，新建若干节点，建立他们之间的语义连接。

## 2.9 过程语义网的建模

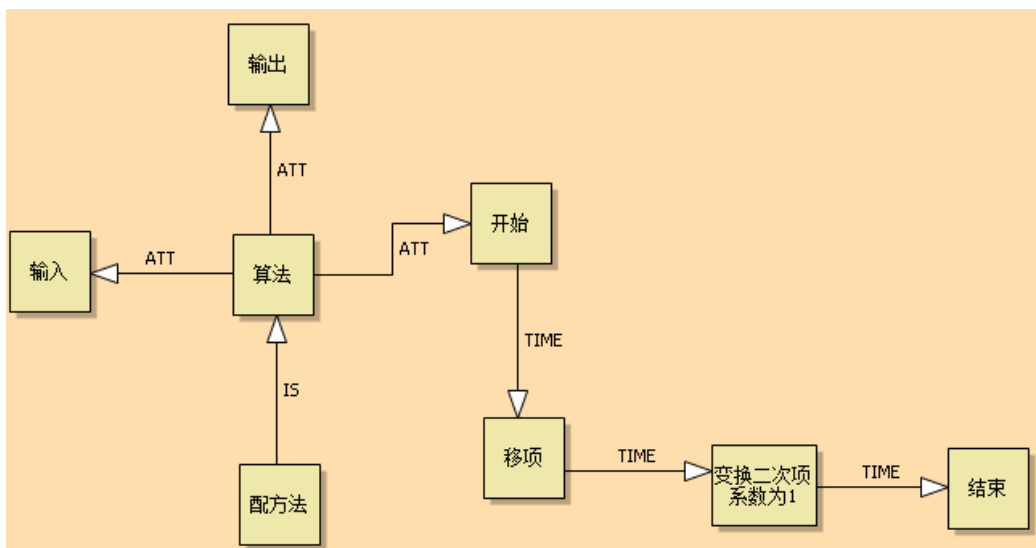
过程语义网用于构建具有明确步骤的事件发展过程，其中特别重要的是描述算法。这里所说的过程，具有明确的开始和结束，以及输入和输出。

## 2.9.1 基本结构

必须包含：

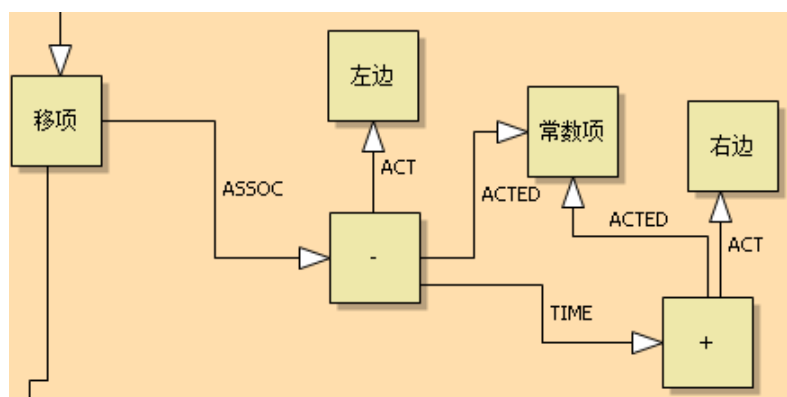
- 一个“过程”或“算法”节点，
- “算法”节点的“输入”和“输出”节点各一个，表示算法的输入和输出
- 一个“算法名称”的节点，算法的名称
- 一个“开始”节点，算法的开始
- 一个“结束”节点。算法结束，结束之前要给输出概念节点赋值。

从“开始”节点到“结束”节点，中间是具体的算法步骤，一个步骤用一个节点表示，这些节点用“TIME”连接，表示执行顺序。如下图所示，



这里“配方法”是一个算法名称，与顶端节点“算法”用 IS 关系连接，“开始”节点作为“配方法”的属性，用 ATT 连接，表示算法的开始。算法的执行顺序是顺着“TIME”的方向。

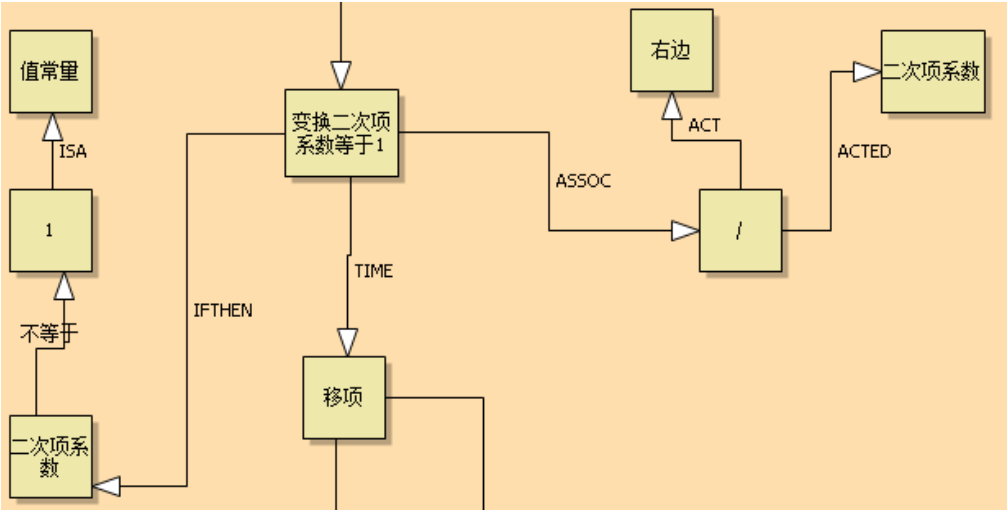
每个算法步骤，比如“移项”的具体执行算法用 ASSOC 连接开始执行，如下图所示，



之后的步骤用 TIME 连接表示，比如图中执行完“+”后，再执行右边的“+”。

## 2.9.2 条件的表达

用 IFTHEN 表示算法执行的条件。比如，在配方法求解一元二次方程中，如果等式左边的二次项系数不为 1，则要进行“变换二次项系数为 1”，否则不执行，而直接执行下一步“移项”，如图，



## 2.9.3 执行已知算法

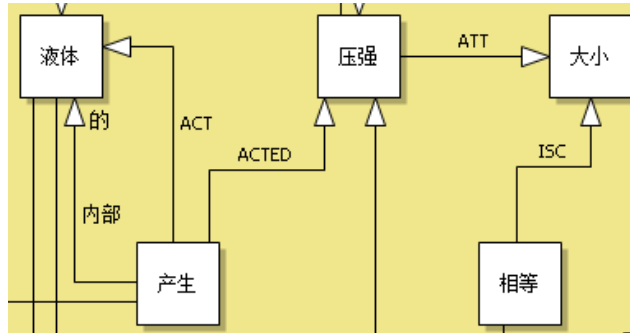
在新的算法执行过程中，尽量用到已有的现存算法，不必完全重写。为此，利用

# 3 常用语句的建模方法

在自然科学和工程技术课程中，有些语句用现有的语义连接很难表达，而实际当中我们也不必为此添加专门的语义连接，采用一些技巧可以解决这些问题。

## 3.1 添加适当的动词

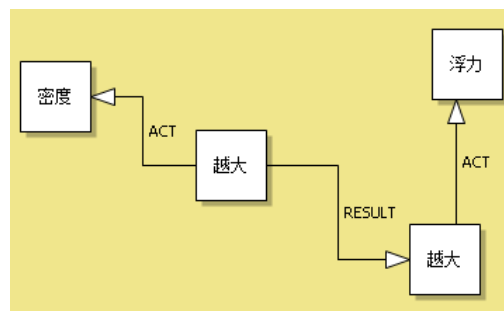
有一种语句在课程的描述当中非常普遍，比如，“在液体内部的同一深度，向各个方向的压强都相等”，由于这里面没有明确的两个对象进行比较，所以很难用 COMP 连接表述“相等”。



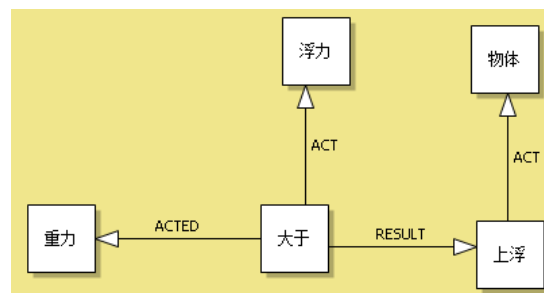
增加一个“产生”的行为节点，并用 ISC 连接描述压强向各个方向都相等。

## 3.2 利用“伪动词”

我们引入“伪动词”的概念。在某些文本表述中，虽然有些词语不属于动词，但可以将其理解为“伪动词”，利用行为节点进行语义网建模。在科学表述中，经常出现类似“密度越大，浮力越大”的这种句型，我们可以将“越大”理解为“伪动词”，建模如下，



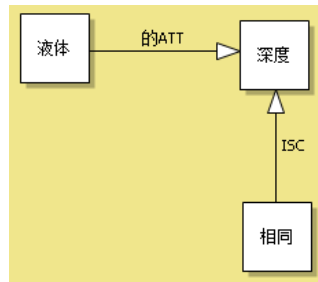
再比如，“浮力大于重力时，物体上浮”，将“大于”理解为“伪动词”，



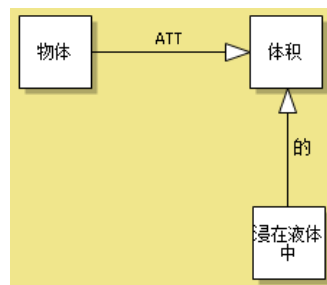
## 3.3 ATT 和 ISC 的巧妙结合

在描述“液体内部的同一深度”类似问题，进行适当的分解，深度是液体的属性值，“同一”是“深度”的特征，所以类似的问题可以用 ATT+ISC 连接来处理，



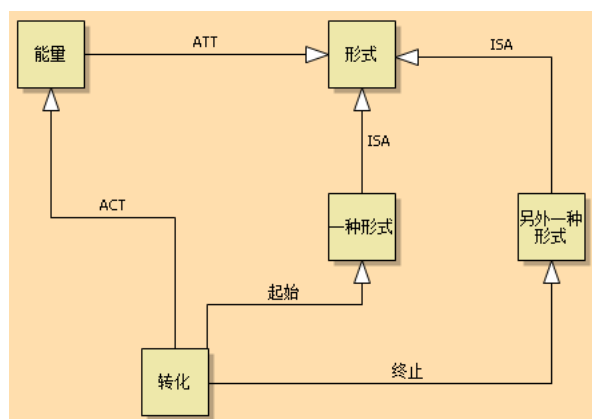


在这里，“内部的”完全可以不处理，因为液体的深度，肯定指的是液体内部。同理，“物体浸在液体中的体积”，可以表述为，

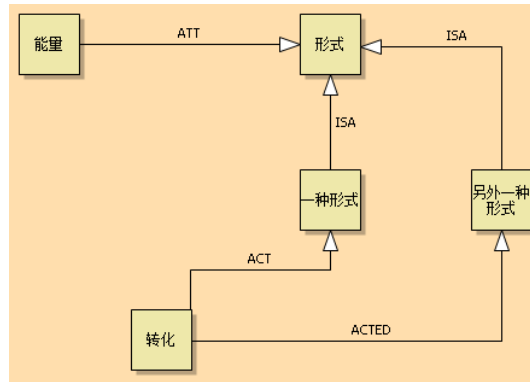


### 3.4 ACT、ASSOC 和 ATT 结合

在文本当中，经常会遇到事物的某个属性发生变化，并且要指明变化的初始和最终值，这时我们可以用 ACT 连接表述事物的“变化”，然后用 ATT 连接指明属性，用 ASSOC 连接指明变化所涉及的变化值。如果文本非常明确指明是事物的属性发生变化，这种情形比较好处理。有一种情形，比如，“能量只是会从一种形式转化为另一种形式”，这种表达突出的是“能量”的“变化”，所以如果“转化”节点应该用 ACT 直接连接“能量”，而不是能量的“属性”。可以如下表述，



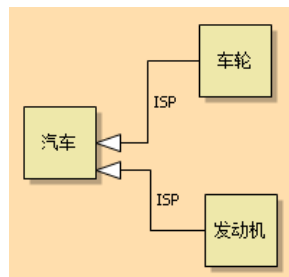
上图的语义网解析为“能量从一种形式转化为另一种形式”。如果是下面的表述方法，



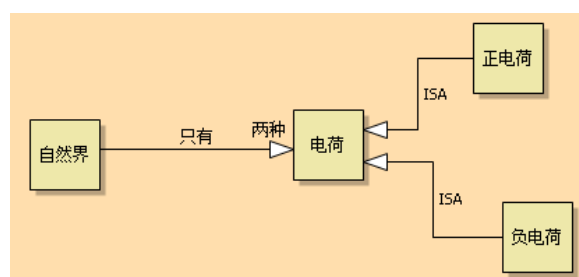
解析为“能量的形式，从一种形式转化为另外一种”。

### 3.5 "有"的表述

我们会经常碰到“一辆汽车有车轮和发动机”，“自然界只有两种电荷，正电荷和负电荷”，这类语句使用了“包括”，“有”等字眼，并且列出了实际“包括”，“有”的对象，比较适合用 ISP。比如，“汽车有车轮和发动机”，用 ISP 即可，

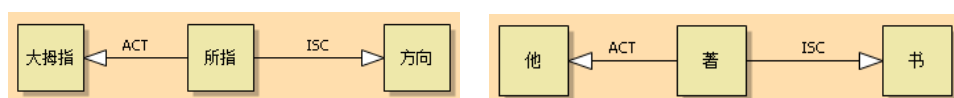


“自然界只有两种电荷，正电荷和负电荷”结合 HAS 和 ISA 连接，表述为，

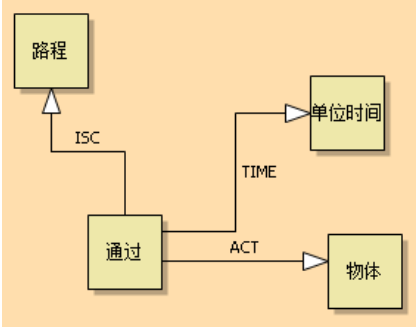


### 3.6 ACT 或 ACTED 与 ISC 结合

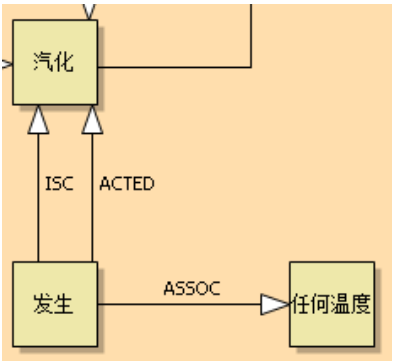
在文本表述中，经常会遇到诸如“大拇指所指的方向”、“他所著的书”等类似句型，这种类型的文本比较适合用一个行为节点和 ISC 连接进行表述，



这里的“方向”和“书”与一个行为节点用 ISC 关系连接，表述它们具有某些特征，这些特征是跟某个行为相联系的。“物体在单位时间内通过的路程”可以表述为，



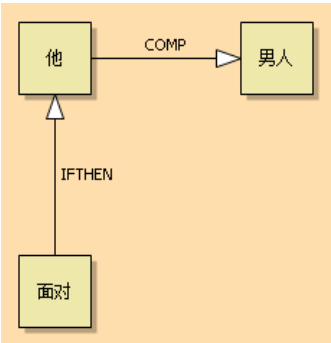
有时候行为节点没有明确的执行主题，比如“在任何温度下发生的汽化”，动词“发生”没有执行主题。这种情况下，节点之间用两个连接，ISC 和 ACTED 连接，



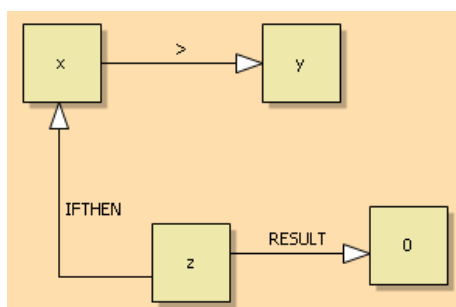
这种情况下，ACTED 连接只是让我们识别“发生”节点是一个行为节点，在实际解析的时候我们让 ISC 连接具有优先权。

### 3.7 COMP 与 IFTHEN 结合

IFTHEN 与 COMP 连接相结合进行判断和操作，比如“如果他是一个男人，就应该勇敢面对”，为了正确解析“如果，就”，“他是一个男人”就不能用“ISA 连接”，要用 COMP 连接进行表述。整个句子表述如下（再次重申，为了突出说明连接类型，我们有意没有添加连接标签），



另外一个例子，“如果  $x > y$ ，则  $z=0$ ”，可以表述如下，



上图用到了 RESULT 连接，请参见其详细说明。

### 3.8 COMP 与 REF 结合

在文本中经常出现类似“相对于 C，A 类似于 B”，

