

## 数字化信息组织的结构与技术（一）

张晓林

### 1. 数字化信息组织的环境和要求

正在迅速普及的数字化信息机制正为我们提供一个崭新的信息组织环境：

- a. 任意层次的信息内容元素、信息单元和信息集合体系正逐步以计算机可识别和理解的方式定义、描述、指向、链接、传递和动态组织；
- b. 信息资源、信息组织工具、信息系统日益聚合在同一数字介质层面，它们间的动态链接、转换、互操作和集成等正逐步实现；
- c. 信息资源系统、信息服务系统和用户及其信息系统（例如电子邮件信箱、个人网页、课题网站、机构信息系统、业务信息管理系统等）也日益连接在同一网络空间，它们之间的链接、交换、互操作和协作也日益成为可能；
- d. 各种基于网络、基于知识、基于协作的信息组织工具和系统机制也日益成熟，并可按照开放的、计算机可识别处理的方式进行描述、交换和互操作。

这种环境使得我们第一次有可能摆脱传统图书情报系统（甚至传统数字图书馆系统）只对信息单元进行描述组织和将信息组织与用户应用相隔绝的局限，真正从用户信息检索利用全过程来重新审视信息组织的要求和功能，从整体信息交流环境角度来建设信息组织机制和工具。

所谓用户信息检索利用过程，指用户检索和处理信息以解决特定问题的全过程。在此过程中，用户通过对信息进行多方面多层次甚至反复的检索、处理、组织和传递来提炼信息、创造知识，并通过信息传递和协调来应用知识实际解决特定问题。为此，用户需要：

- a. 运用知识的、逻辑的、语义的和语法的多种方法对信息内容进行检索；
- d. 对信息内容进行识别、过滤、析取、合并、集成，以形成新的信息集合；
- c. 对信息内容进行批注、修改、增删、链接、重组，以形成新的信息内容集合；
- d. 对信息内容及其组织结构、记载格式和表现方式进行识别和转换，以适应不同内容成分、不同使用对象、不同表征媒介、不同应用环境的信息表达需要；
- f. 将信息单元或其某些部分灵活地连接入相关的信息组织机制，能按照不同专业领域、不同应用需要、不同知识体系和不同用户特征来动态地进行存储、发布、传递和表现；
- g. 这些检索和组织功能应能覆盖所有可能的数据类别，不受技术、语言或系统形式的限制，能灵活方便地进行，并具有与思维同步的速度和与专家媲美的能力。

所谓整体信息交流环境，指在一定应用领域为完成一定任务而需要的信息内容、文件格式、参与对象、交流过程、交流规则、控制审计规则等的集合，例如 EDI 体系。在这个体系中，用户需要

- a. 对各种内容元素、格式、交流对象、交流过程和规则进行定义、描述、组织、登记；
- b. 对有关信息内容、格式、交流对象、交流过程和规则进行检索、验证、解释、连接；
- c. 利用上述功能来组织、实施、控制和审计交流活动，形成基于信息交流活动的业务流程；
- d. 将上述业务流程嵌入相应的信息系统，以计算机可识别处理的方式进行操作；
- e. 将上述业务流程与其他业务系统兼容或集成，保障信息交流和业务衔接的流畅和高效；
- f. 这些功能、活动、流程应能开放地接纳所有可能的数据类别、交流对象，不受技术、语言或系统形式的限制。

### 2 数字化信息组织机制

从上述要求出发，我们可建立一个新的信息组织能力框架：

- a. 能根据语义、应用和结构需要对任何信息内容（包括数据、文件、规则、过程、体制）进行定义、标记、描述、识别、验证和解释；

- b. 能运用逻辑、语义、语法或结构方法对这些信息内容进行指向、确认、检索和传递；
- c. 能运用逻辑、语义、语法或结构方法对这些信息内容及其集合进行过滤、析取、链接、合并、集成或重组；
- d. 能按照语义关系、知识体系、应用需要或用户对象对信息内容组织格式和表现形式进行定义、标记、识别和转换；
- e. 能以计算机可识别、解析和理解的方式实现上述功能，支持智能代理对信息内容及其交流处理过程的自动处理；
- f. 能在多语种分布式开放式环境中实现上述能力；
- g. 能根据用户的具体需要和应用环境调整上述能力及其实现方式，能根据新的媒体形式、文献形式、技术能力和系统形态调整和发展上述能力及其实现方式，能以方便、经济和灵活的方式实现上述能力及其调整。

通过这样的开放灵活的信息组织技术机制，现代信息系统将能真正根据用户在其信息活动全过程任何阶段的要求来动态地获取、析取、组织、转换、集成、交换信息。

我们可以通过图 1 来粗略地表示数字化网络化信息组织中所涉及的方面和任务。

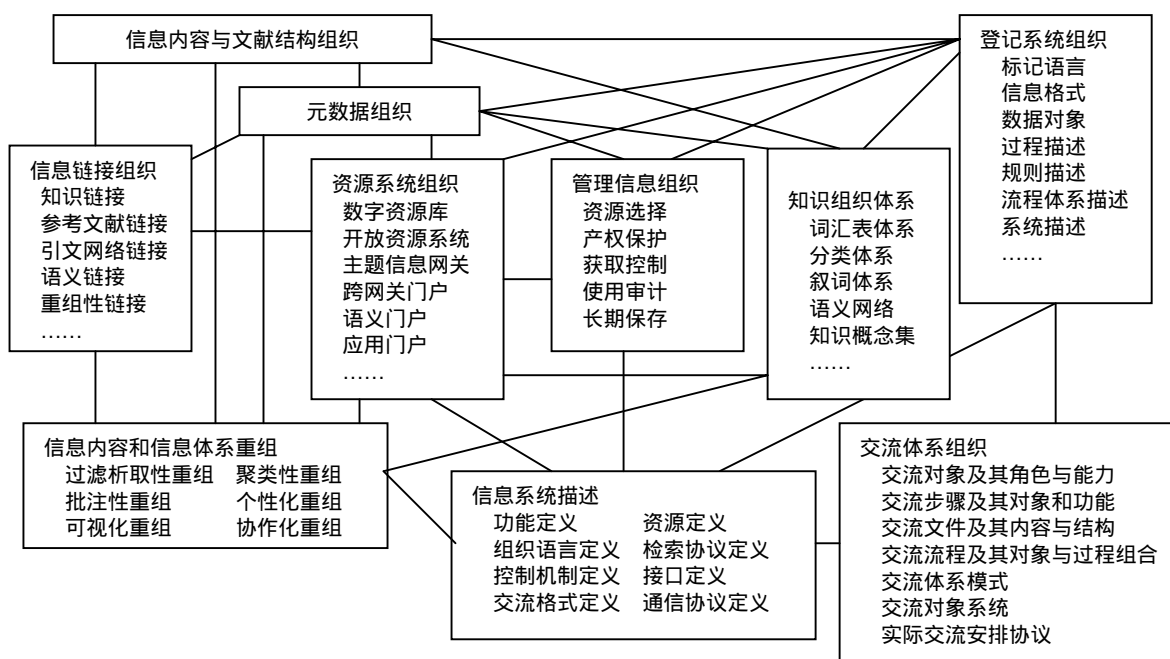


图 1

在这样的体系里，各个应用领域按照开放标准和计算机可识别形式对有关信息内容元素、信息格式、元数据、知识组织体系、信息资源集合、信息系统、信息交流流程等进行定义和描述，并以唯一标识符予以标记，在开放（分布式）登记系统进行登记，以供公开查询和调用。利用这些组织工具，信息系统可根据应用领域或用户过程要求，按照有关规则和条件，通过开放界面、检索与通信协议、信息交换格式，对具体信息对象进行检索、传递、存储、描述和组织；在此基础上，信息系统还可对信息内容或信息对象进行往往是动态的链接和重组。

### 3. 基于 XML 技术的信息内容与结构组织

所谓 XML 技术体系，指以 XML 语言为代表和基础的一系列信息组织和信息处理技术 [1-2]。

XML (Extensible Markup Language) 是基于 SGML (标准通用标记语言, ISO8879) 的一种文本形式标记语言，可定义由层级内容元素构成的树型文件逻辑结构，定义由 XML 声明、文献类型定义 (DTD) 和 XML 实例三者组成的文件物理结构，定义内容元素和文献结构的标记语言和语法，从而建立一种独立于任何系统、语言和程序的信息内容与结构

定义和交换机制。

在 XML 基础上, 人们还正定义和发展一系列信息组织与处理标准 (图 2), 使 XML 技术体系日益成为全球数字化信息环境中各种信息的定义、组织、处理和交换的核心基础。

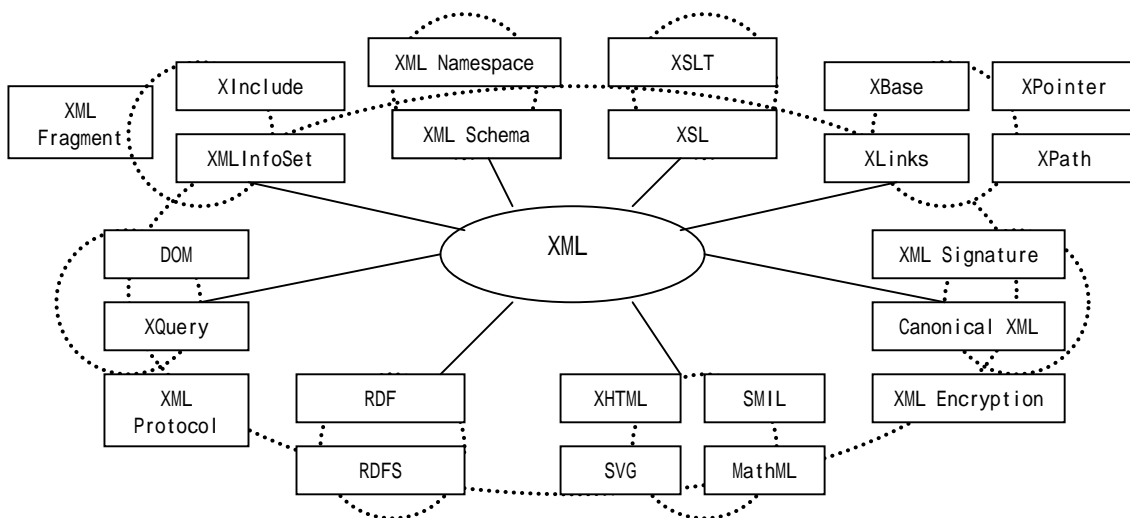


图 2

在图 2 表示的 XML 技术体系中:

XML Schema 和 XML Namespace 提供文献格式和元素集共享复用机制, 其中 XML Schema 是文件模式定义语言, 提供定义和描述文献结构的基本规则和标记工具, 支持复杂数据类型和更为丰富的文献内容结构。XML Namespace 通过在 XML 声明语句中嵌入名称域 (Namespace) 链接, 可复用外部元素集来标记 XML 文件的元素或属性名称。

XMLInfoSet、XMLFragment、XInclude 提供文献内容体系抽象描述组合机制, 其中 XMLInfoSet (XML Information Set) 为 XML 文件定义一个树形结构的抽象数据对象集, 称为 XML 文件信息集, 可抽象表征和指向 XML 文件结构和内容。XML Fragment Interchange (XMLFragment) 解决在抽取和传递 XML 文件片段时如何保存和传递该片段与整个 XML 文件的位置与关系信息。XML Inclusions (XInclude) 建立基于文件信息集的合并 XML 文件的标准方法。

XPath、XPointer、XLink、XBase 提供指向和链接文件或文件片段的机制, 其中 XML Path Language (XPath) 定义表达、识别和指向 XML 文件中任一内容节点的标准路径描述语言, 通过节点路径标记来穿寻 XML 文件层级结构, 查找、确认和指向任何节点。XML Pointer Language (XPointer) 基于 XPath 并予以扩展, 定义在 URI 中嵌入文件节点路径标记的方法, 实现指向和链接 XML 文件内部任何片段的能力。XML Linking Language (Xlinks) 定义在 XML 文件中建立单向链接、多资源链接、双向链接、内容片段链接以及链接属性和角色等的标准方法。

XSL 和 XSLT 提供 XML 文件转换和格式单表现机制, 其中 XSL (Extensible Stylesheet Language) 是 XML 文件格式单 (Stylesheet) 定义语言, 可根据输出介质、应用所需和系统要求来建立描述具体显示或打印格式的格式单, 支持跨系统的灵活表现。XSLT (XSL Transformation) 是 XML 文件转换方式定义语言, 用以定义从一种 XML 文件中选择指定的内容节点转换为另一种 XML 文件的转换模板。

DOM、XQuery、XMLProtocol 提供对基于 XML 的信息资源进行处理的机制, 其中 Document Object Model (DOM) 定义一系列与系统平台和程序语言无关的应用编程界面 (API), 由此可对 XML/HTML 文件的逻辑结构及内容节点进行操作。XQuery 提供 XML 文件的标准查询语言, 对 XML 文献及其集合以及分布式 XML 资源进行查询, 并为其他数据库提供基于 XML 的查询界面和集成界面。XML Protocol 将提供允许多个系统在分布环境中利用 XML 作为封装语言来进行通信或传递远程程序调用的技术手段。

XML Signature Syntax and Processing (XMLSignature) 定义利用 XML 语言建立和表达数字签名的语法和规则, Canonical XML 解决将实质上相同但标记上不同的 XML 文件转换

成物理表示上完全相同的 XML 文件，从而保证相同文献的数字签名也相同。XML Encryption 希望建立一种加密 XML 格式并确定加密时的具体技术要求。

RDF 和 RDFS 提供基于 XML 的元数据描述机制，我们下面还将进一步讨论它们。

XHTML、SMIL、SVG、MathML 都是利用 XML 语言标记特定数据类型的专门语言，其中，XHTML 建立将 HTML 文件转换为 XML 文件的标准方法，SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language, 同步多媒体合成语言) 定义根据演示时序和空间布局将一组独立多媒体对象 (包括声音、图像、文字、视频图像等) 合成为同步多媒体演示的标准方式。SVG (Scalable Vector Graphics) 定义用 XML 语言表述基于矢量图形、点阵图像和文本的二维图像的标准方式。MathML (Mathematical Markup Language) 则是基于 XML 语言的描述数学公式结构和内容的标准方法，支持基于 Web 的数学信息表达、传递和处理。实际上，不同领域还定义了其他一些基于 XML 的特别数据标记语言。

利用这些及其他 XML 技术，各类信息内容、信息格式、信息过程和信息系统都成为开放、可互操作、可即插即用的信息环境的一部分，保证灵活方便地进行复杂和自动的信息组织处理<sup>[3]</sup>。

#### 4. 元数据组织

元数据组织是当前数字化信息组织研究发展的热点<sup>[4]</sup>。其中，各个应用领域根据自己的目的可定义相关的元数据模式，例如 MARC、Dublin Core、GILS、PICS，在定义中可引用或复用其他元数据模式或其中的某些元素。在此基础上，需要用开放方式对元数据模式进行标记，利用元数据模式对信息资源进行标注，利用开放机制对元数据进行检索。本文主要对这些问题进行讨论。

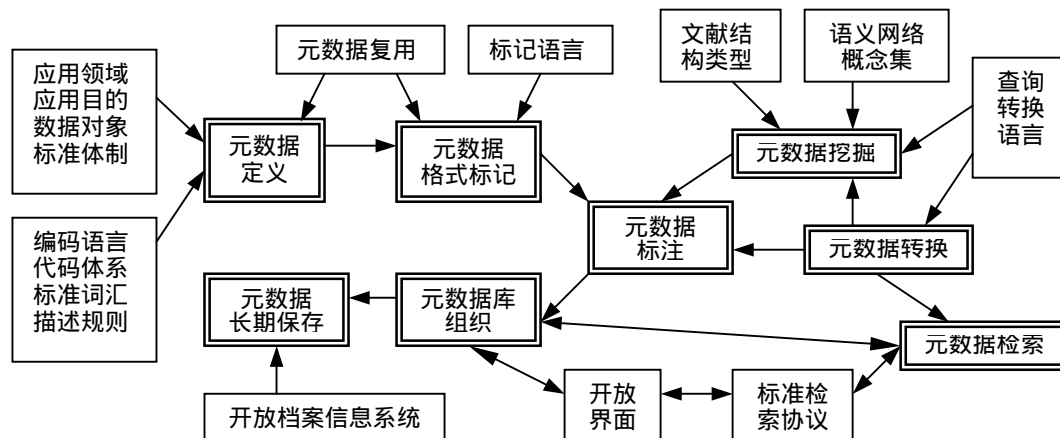


图 3

为自动识读不同的元数据，需要统一的描述框架和标记语言，W3C (WWW Consortium) 定义了资源描述框架 (Resource Description Framework, RDF) 作为元数据描述的开放式标准<sup>[5]</sup>。RDF 认为，任何元数据都是关于某个资源的某个属性的赋值，例如 ABC 网页 (资源) 的作者 (属性) 是 XYZ (赋值)，可表示为一个由资源 (Resource)、属性 (Property)、声明语句 (Statement) 构成的数据模式。一个声明语句包含主体 (subject)、述语 (predicate) 和对象 (object)，其中主体代表被描述的资源，述语代表被描述的属性类别，对象代表该资源的该属性的取值。不同元数据可能有不同属性集合，但它们都只是上述数据模式的具体体现而已。RDF 定义了用 XML 语言来描述这种基本模式的方式，建立了元数据定义和交换的标准。例如，“Ora Lassila 是 http://www.w3.org/Home/PubText/的作者”可由图 4 和下例 RDF 语句表示：

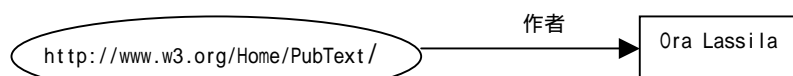


图 4

<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#">

```

xmlns:dc="http://purl.org/DC/">
<rdf:Description about="http://www.w3.org/Home/PubText/">
  <dc:Creator>Ora Lassila</dc:Creator>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

其中, rdf:Description about=URI 通过 URI 指出所描述的资源, dc:Creator 标记所描述的资源属性名, 而属性标记符之间的值就是属性取值。RDF 还可对更复杂的情况进行描述, 包括: 属性值也是资源 (例如作者有主页)、属性有限定属性 (例如来自什么主题词表)、对声明语句又有相关声明 (例如声明是谁做的), 以及多值性声明语句等。RDF 还可用 XML 名称域技术来复用已有的甚至是多个元数据集。由于 RDF 由 XML 语言标记, 用 RDF 标记的元数据可在任何能识别 XML 的系统平台上被解析。

在元数据标注 (著录) 中, 我们可利用有关标注 (著录) 系统以人工方式对文献进行分析并建立相应的元数据记录, 但也可通过元数据挖掘代理来实现元数据标注。元数据挖掘代理直接从以 XML 方式标记的文献中查找和确认相关的元数据元素, 并按规定格式组成元数据记录。例如, 可利用 XML 的 DTD 和 Schema 进行元数据元素映射。由于 DTD 或 Schema 定义文献内容结构和内容元素, 可建立特定元数据格式与特定 DTD/Schema 之间的映射关系, 从而自动查找确认有关数据内容并将其转换为对应的元数据元素。还可利用语义网络和概念集对有关内容元素的语义性质和关系进一步分析确认, 提高挖掘准确性和表现丰富性。挖掘中, 将利用标准查询语言查找验证 DTD/Schema 内容元素, 利用标准转换语言进行格式转换。挖掘过程还可能通过元数据转换功能来直接引用其他格式的元数据。标注所形成的元数据可被封装在资源对象中, 也可独立存储于元数据库 (例如 MARC 库)。

元数据库检索的趋势将是开放检索系统, 利用标准检索协议来检索分布的具有不同内部结构的元数据库。这些协议包括 OAI (Open Archives Initiative)<sup>[6]</sup>、DASL (DAV Search & Locating)<sup>[7]</sup>、LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)<sup>[8]</sup>、WHOIS++<sup>[9]</sup> 以及 Z39.50<sup>[10]</sup> 等。元数据库通过支持标准协议的开放界面来支持不同检索系统。检索指令和结果传递格式将是 XML/RDF 形式。

在元数据挖掘和检索过程中, 都可能需要进行元数据转换, 将用其他格式 (源格式) 表达的元数据转换为目标系统所需要的元数据格式 (目标格式)。在转换中将利用 XSLT 语言, 定义一系列转换模板, 通过这些模板从源格式元数据中匹配和选择指定的元数据元素及其属性, 将它们转换成目标格式的元数据元素; 转换模板还可能在转换过程中, 根据源文献数据或转换操作, 增加一些新的元素或新的标记; 还可定义有关规则来规定在什么条件下使用什么转换模板或如何限制转换操作。由针对某类源格式的转换模板集和规则集构成的文件称为 XSLT 转换格式单。

## 5. 知识组织体系的组织

所谓知识组织体系 (Knowledge Organization Systems)<sup>[11]</sup>, 作为一定领域内的对象或概念及其关系的结构化集合, 对各层次信息资源按照知识结构进行描述、连接和组织, 使我们不再仅依赖信息资源的简单特征而是根据自己的知识需要和一定的知识体系来发现、确认、检索和组合相关的信息内容, 从而方便地构成新的应用知识。知识组织体系是任何信息组织体系的核心构件。

从网络信息资源组织的角度, 有人将现有各种知识组织体系分为三个层次<sup>[12]</sup>, 它们在结构、复杂性、功能等方面存在明显的差异:

a. 词汇表 (term lists), 强调概念的定义, 一般不涉及复杂语义关系和分类结构, 例如规范档 (Authority Files)、词汇表 (Glossaries)、字典 (Dictionaries)、地名表 (Gazetteers) 等。

b. 分类聚类体系 (classification/categorization), 强调概念间的层级聚合和类别体系, 例如主题词表 (Subject Headings) 和分类表 (Classification Schemes)。

c. 关系列表 (Relationship Lists), 强调表现概念之间关系, 例如叙词表 (Thesauri)、语义网络 (Semantic Networks) 和概念集 (Ontologies)。

在网络环境下, 知识组织体系本身也是一种数字化信息, 可用计算机可识别的开放方

式定义、描述、标记和传递, 并提供利用知识组织体系链接、组织、描述信息资源的技术机制, 促进用户及其代理系统对它们的准确解析和运用, 保障不同体系间的交换、映射和复用。坦率地说, 我们对此还理解不多, 下面通过几个实例来探索可能的方法和机制。

**A. XTM (XML Topic Maps) 语言<sup>[13]</sup>**。主题图 (Topic Maps) 可代表特定主题概念体系 (例如主题词表), 也可是一定资源集合主题内容的结构化表现 (例如百科全书主题索引或网站 Sitemaps)。主题图独立于应用技术平台, 可描述所涉及的主题词汇、主题间关系以及主题与具体资源的链接, 可“标引”信息资源并建立相应索引或交叉参照, 还可链接复杂主题范围的分布式资源来建立虚拟知识体系, 可通过主题概念与资源的不同链接在同一资源体系上建立面向不同主题体系或不同用户的资源界面。XTM 就是基于 ISO13250 标准来定义用 XML 语言描述和标记主题图的标准方式, 所形成的主题图称为 XTM 主题图文件, 从而用计算机可识别的开放方式标记主题词表、叙词表及语义网络。XTM 用主题 (topic) 代表具体的实体或概念对象, 这些主题可被一定信息资源描述、讨论或提及。XTM 规定这些主题在主题图中具有唯一确认名 (ID), 具有一个基准名称 (baseName), 可出现 (occurrences) 在不同的用 URL 表示的信息资源里。主题可通过一定角色与其他主题发生语义关系 (association), 例如类属关系、实例关系、逻辑关系及其他语义关系, 这些关系可作为特殊主题在主题图中定义。因此, XTM 主题图就是用 XTM 标记的一组主题及其相互关系和这些主题所链接资源的集合。一个 XTM 主题图可被用来以不同形式描述和链接不同资源集合。反之, 同一资源集合也可被不同 XTM 主题图以不同形式描述和链接。

**B. RDFS (RDF Schema) 语言<sup>[14]</sup>**。我们已经介绍了 RDF 语言标记和描述元数据的方式, 但元数据元素间及其属性间可能具有复杂的语义关系以及取值限定。W3C 通过 RDFS (RDF 模式语言) 定义用 RDF/XML 来描述元数据模式及元数据关系的标准方法。从 RDFS 角度, 任何元数据模式涉及一系列概念, 这些概念往往组成一个层级化的概念类体系, 具体元数据值只是某个概念类的实例。这些概念类还具有一定属性, 这些属性间又可能有一定的层级关系。RDFS 提供对它们的标准定义工具, 例如

- a. rdf:type 定义了两个最基本的类 (概念类——Classes 或概念属性-Properties) ;
- b. rdfs:subClassOf 定义概念类间的类属关系 ;
- c. rdfs:subPropertyOf 定义属性间类属关系 ;
- d. rdfs:range 和 rdfs:domain 定义属性所允许的取值范围和应用类别。

利用 RDFS 语言, 元数据设计者可用计算机可识别方式定义元数据的复杂类别体系和语义关系体系, 所形成的元数据定义称为 RDF 元数据模式, 这些模式可方便地被具备 XML 处理器的系统识读和解析。当发现某个元数据时, 即使事先不知道其意义和关系, 可调用被链接的 RDF 元数据模式来理解和解析。而且, 人们可同时链接和利用多个分布的 RDF 元数据模式来多角度多层面地描述资源, 可以共享和重用这些 RDF 模式, 甚至可利用若干 RDF 模式来方便地定义新的 RDF 模式, 从而使元数据的定义和利用更具灵活性和可扩展性。

**C. Ontologies (概念集) 标记<sup>[15]</sup>**。所谓概念集 (Ontology), 指特定应用领域公认的关于该领域的对象及对象关系的概念化表述 (这里并不表示哲学上的本体论)。概念集包含以下组成部分 :

- a. 本领域对象类的层级体系, 即不同对象类间存在 is\_a、kind\_of、part\_of 等关系, 父子类之间往往存在继承关系。类别间往往存在复杂的逻辑组合关系。
- b. 对象类的属性及属性取值限制, 这些属性由具体对象类决定, 可按照层级关系继承, 具有取值限定, 并具有关于交换性、对称性、可传递性等的规定。
- c. 语义关系体系, 即对象类之间的逻辑相互关系, 例如 caused\_by、used\_by、interact\_with、supervised\_by、written\_by 等。某些逻辑关系只能存在于特定对象类之间。
- d. 关于对象类及语义关系的推理规则, 例如 IF\_THEN 规则、全称量化规则和存在量化规则、属性选择性继承规则、对象类组合规则、逻辑关系推理规则等。这些规则往往用谓词逻辑等表示。

在一定领域内往往存在层级化的概念集体系, 下层概念集将自己的概念类定义为上层概念集某个概念类的子类来继承上层概念集; 概念集还可直接引入另一概念集中的某些概念类, 并可予以语义限制、属性限制、取值限制、重命名、与当前概念集中某个类组合等

方式进行重定义。另外, 还可将元数据元素引入作为概念集的概念类或某概念类的属性集。

概念集通过计算机可识别的语言定义和标记后成为显性知识, 可用来在信息系统中表征和交换知识组织体系, 并可被知识代理 (agents) 利用概念集中的关系和规则进行自动解析和推理。实际上, 这就是 Semantic Web<sup>[16-17]</sup> 的目标。

目前对概念集进行定义标记主要有两种方式, 一是通过扩展 HTML 语言, 例如 SHOE (Simple HTML Ontology Extensions)<sup>[18]</sup>, 一是采用 RDF/RDFS 语言, 例如 DAML (DARPA Agent Markup Language)<sup>[19]</sup>和 OIL (Ontology Interchange Language)<sup>[20]</sup>。这些语言一般提供关于概念类、概念类属性、语义关系和推理规则的定语语句及语法形式, 并定义若干最基本的顶层概念类、属性类别、关系类别和推理规则。利用这些工具, 人们可以定义标记自己的概念集, 利用这些概念集对信息内容进行语义标注, 从而在智能代理支持下实现数字化信息的智能检索和组织。

#### 参考文献:

- [1] XML Home Page. <http://www.w3.org/XML/>
- [2] Extensible Markup Language 1.0. 2nd Ed. W3C Recommendation, Oct 6, 2000
- [3] Robin Cover. The XML Cover Pages. <http://www.oasis-open.org/cover/>
- [4] 张晓林. 元数据开发应用的标准化框架. 现代图书情报技术, 2001(3)
- [5] Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification. W3C Recommendation. February 22, 1999. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>
- [6] Open Archives Initiative. <http://www.openarchives.org/>
- [7] Davis, J. et al. INTERNET-DRAFT: DAV Searching & Locating, April 20, 2000. <http://www.webdav.org/dasl/protocol/draft-davis-dasl-protocol-00.html>
- [8] M. Wahl, et al. Lightweight Directory Access Protocol (v3), RFC 2251, December 1997. <http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc2251.html>
- [9] P. Deutsch, et al. Architecture of the WHOIS++ service RFC 1835, August 1995. <http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc1835.html>
- [10] THE Z39.50 DOCUMENT. <http://lcweb.loc.gov/z3950/agency/document.html>
- [11] Networked Knowledge Organization Systems/Services. <http://alexandria.sdc.ucsb.edu/~lhill/nkos/>
- [12] G. Hodge. Systems of Knowledge Organization for Digital Libraries: Beyond Traditional Authority Files. CLIR Pub 91. April 2000. <http://www.clir.org/pubs/abstract/pub91abst.html>
- [13] XML Topic Maps (XTM) 1.0. TopicMaps.Org Approved Specification. <http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/>
- [14] Resource Description Framework. (RDF) Schema Specification 1.0. W3C Candidate Recommendation, March 27, 2000. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>
- [15] N. Guarino. Formal Ontology and Information Systems. In Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of FOIS'98, June 1998.
- [16] W3C Semantic Web Activity Statement. <http://www.w3.org/2001/sw/Activity>
- [17] 张晓林. Semantic Web 与基于语义的网络信息检索. 情报学报, 21(4), 2002
- [18] S. Luke and J. Heflin. SHOE 1.01. Proposed Specification, April 28, 2000. <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/spec.html>
- [19] DARPA Agent Markup Language. <http://www.daml.org/>
- [20] Ontology Interchange Language. <http://www.ontoknowledge.org/oil/>

原载于《大学图书馆学报》, 2001 年第 4 期