

# 语义驱动的层次化地图符号设计方法

田江鹏<sup>1</sup>, 贾奋励<sup>1</sup>, 夏青<sup>1</sup>, 吴金兵<sup>2</sup>

(1. 信息工程大学 地理信息空间学院, 郑州 450052; 2. 69028 部队, 乌鲁木齐 830006)

**摘要:** 地图符号是地图学的重要组成部分。当前有关地图符号的研究, 主体均集中在地图符号的视觉图形方面, 而对地图符号的概念语义缺乏足够的重视。本文提出了一种语义驱动的层次化地图符号设计方法, 即以语义关系作为符号图形构造的基准, 通过语义关系控制地图符号的图形构成, 以充分发掘地图符号的概念语义成分在符号设计中的内在价值。重点论述了本体层次的语义特征提取、符素设计、聚合语义结构建模和语义驱动的符号生成 4 个关键步骤。利用本文符号设计方法对现有符号标准进行改进设计和认知实验。结果表明, 该方法在符号认识效率方面表现较优, 且在模拟信息传输过程中体现了较为稳定的高传输效率, 具备有效提升地图符号的信息感知效率的潜力。

**关键词:** 地图符号; 语义驱动; 符素; 语义关系建模; 符号设计

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2012.00736

## 1 引言

地图符号是地图学的重要组成部分。关于地图符号的理解, 一种观点体现了地图符号作为模型的特征, 即制图对象的图形、图像, 以及图解模型; 另一种观点体现了地图符号作为空间信息传输工具的特征, 即地图符号及其符号系统是一种“图解语言”, 利用这一语言地图制图者将制图对象表现在地图上, 而用图者则通过识别地图符号认识制图对象。地图符号作为一种模型和信息传输工具, 成为地图学研究的核心问题。

按照索绪尔对语言符号的分析, 地图符号是一个包含 2 项要素的心理实体: 一是经过综合抽象的制图对象的概念, 称为“所指”; 二是符号的视觉形象, 称为“能指”, 也可以是一种能被感知的心理印迹——心象<sup>[1]</sup>。从“能指”和“所指”区分的角度, 当前有关地图符号的研究, 大部分均集中在地图符号的能指(视觉图形)方面, 而地图符号的所指(概念语义)方面缺乏系统、深入的研究: 传统上只是将地图符号的图形与其所表征的语义进行一一对应, 并没有独立地、显式地对地图符号的语义系统进行考察。针对这一现状, 本文提出了一种语义驱动的层

次化地图符号设计方法, 以充分发掘地图符号的概念语义成分在符号设计中的内在价值。

## 2 地图符号的相关研究

根据地图符号的能指和所指组成成分的区分, 可以将当前相关研究划分为以下 2 类:

第一类是在视觉图形方面的研究, 主要集中在地图符号视觉变量<sup>[2-3]</sup>、构图规律<sup>[4]</sup>、地图符号构造描述模型<sup>[5]</sup>、计算机环境下的符号生成方法<sup>[6-7]</sup>、符号库以及符号编辑器<sup>[8-9]</sup>等方面。这类研究重点关注于地图符号图形方面, 对图形变量、图形描述与构造、计算机建模等研究已经较为成熟, 但忽略了地图符号概念语义的作用。

第二类是在地图符号语义方面的研究, 仅有部分与之相关的成果。Schlichtmann<sup>[10-11]</sup>长期致力于地图符号基本理论研究, 明确指出了地图符号设计的三要素: 即概念特征、图形表达和构图规则。苏艳军等<sup>[12]</sup>定义了一种属性驱动的网络地图符号, 使用一项或多项属性数据驱动符号的视觉变量进而构成符号, 这里的属性实际上可以理解为语义数据。张金禄等<sup>[13]</sup>提出了一种自适应地图符号模型

**收稿日期:** 2012-11-02; **修回日期:** 2012-12-02.

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(41271393); 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室开放研究基金项目(10 重 01)。

**作者简介:** 田江鹏(1987-), 男, 安徽铜陵人, 博士研究生, 研究方向为战场环境仿真。E-mail: tjpeng2011@163.com

——树结构模型,并描述了该模型的符号设计方法,本文认为其所描述的树结构本质上就是符号语义结构模型。这些研究虽然没有正面的从图形和语义两个方面对地图符号展开系统论述,但是可以看出,关于符号语义方面的研究也越来越受到广泛的重视。

### 3 地图符号设计理念与流程

#### 3.1 符号设计理念

##### (1) 语义驱动理念

本文认为地图符号设计内容应包含以下 3 点:一是概念语义模型;二是符号设计赖以构成的物质材料基础——图形形式;三是符号的构造生成法则。符号是空间信息的载体,用于表征空间信息,因而在符号的构成范畴内,语义模型直接描述了空间信息的本质特征,图形形式是空间信息或语义模型的外在表现形式,构造法则更多的专注于符号的构造程序。因此,以语义关系作为符号图形构造的基准,通过语义关系控制符号的图形构成,这种以语义关系为“骨架”来驱动符号图形构造的符号设计思路,本文称之为语义驱动的符号设计理念。

##### (2) 符号与符号设计

语言学中,“语言”和“言语”是两个彼此不同而又相互联系的概念<sup>[14]</sup>。可以简单的认为,语言为“话”,言语为“说”,语言和言语共同构成了言语活动,即“说话”。类比语言和言语的概念区分,本文界定了符号、符号设计及符号设计活动这 3 个基本概念,三者之间的关系如图 1 所示。符号(类比“语言”)是指面向某一领域的约定的符号标准、规范或体系;符号设计(类比“言语”)是指符号设计者(或使用)通过自己的构思创造(或使用)符号的一种心理过程,是人驾驭符号语言能力的体现;符号及符号设计构成了符号设计活动的内容。

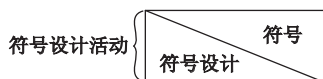


图 1 符号、符号设计以及符号设计活动

Fig. 1 Symbol design activities

明确区分符号及符号设计的概念,才能真正使得地图符合人类“第二语言”这一称谓。这是因为:语言最为重要的特征在于交流,交流是一种双向的信息传输过程。作为人类第二语言的地图,理应具

备空间信息双向传输(即交流)的能力,而这一能力体现在符号设计活动之中:符号设计者(或使用)通过设计(或使用)地图符号进行空间信息的表达、传输和理解,实现空间知识的双向、互动交流,并最终实现地图符号语言的地理空间认知。

#### 3.2 相关概念

(1) 语义特征——亦称义素,反映了空间要素和现象的客观本质,是凭经验或对客观事物本质的了解而分析出来的语义成素。语义特征与词所表达的真实世界的本体有着密切联系。

(2) 符素——是借鉴语言学中“语素(morpheme)”的概念定义的,即一定图形形式和概念语义的最小结合单位。区别于符号,其不可以独立用于符号表达;区别于基本几何图元,其具有一定的语义内涵(基本几何图元仅是图形成素)。符素是地图符号图形结构中,介于符号和基本几何图元层次之间的概念。

(3) 组合、聚合语义关系——组合语义关系是符号所表达的对象或对象类之间的部分整体关系,具有序列性、整体性和扩展性等特点;聚合语义关系也称上下义关系,即一个类包含于另一个类,包含其他类的类中的词称为上义词,被其他类包含的类中的词称为下义词,具有类型性、继承性和置换与推理等特点<sup>[15-16]</sup>。

#### 3.3 符号设计流程

以地图符号的语义结构关系为骨架驱动符号图形的构造,语义结构关系的约束使得所设计的地图符号具有较为显著的结构化特征。语义驱动的层次化地图符号设计流程如图 2 所示。

① 对应用领域的空间对象进行语义成分分析,提取语义特征词汇。

② 符素表设计,即合理使用视觉变量,设计步骤①语义特征对应的图形形式,形成符素;符素表即为一定数量符素的集合。

③ 根据应用领域空间对象的内在结构特征,梳理符号系统语义的聚合关系,构建聚合关系语义结构模型。

④ 单个符号组合关系语义描述,即对聚合关系语义结构中的每一个节点(单个符号),形式化描述为符号语义的组合关系结构;

⑤ 符号图形构造,即根据符号组合关系语义结

构,通过选取特征语义对应的符素图形形式,组合构造符号,完成符号设计;

⑥ 按照符号设计的一般原则,对符号进行一定程度的简化、美观等操作;

⑦ 遍历聚合关系语义结构的每一个节点,设计构造每一个节点对应的符号图形形式,完成整个应用领域的符号系统设计。

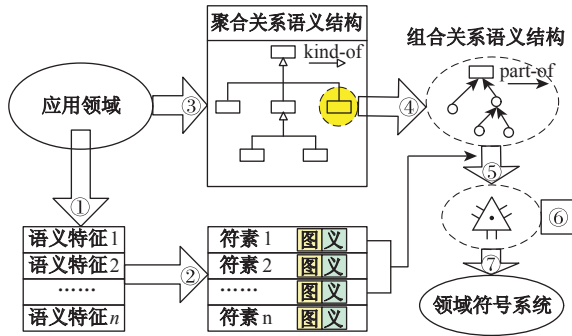


图2 语义驱动的层次化地图符号设计流程

Fig. 2 The design flow of the semantic-driven hierarchical map symbols

从图2看出,语义驱动的层次化地图符号设计方法的4个关键步骤是:语义特征提取(①)、符素设计(②)、语义建模(③)和符号构造(④、⑤),下文将对其进行详细分析。

## 4 地图符号设计方法

### 4.1 基于本体层次的语义特征提取

在语言学、本体论和地理本体研究中,语义特征的提取尚无有效理论。例如,地理本体研究领域,常见的做法是通过收集和整理文献资料、领域标准规范,并结合领域专家知识等方法实现领域知识规范化,归纳概念语义<sup>[17]</sup>。从目前的研究情况来看,语义特征提取的主要手段是依靠经验和内省的方法,如杜清运<sup>[15]</sup>采用Guarino等的“本体层次”理念对空间信息的语义特征进行了系统归纳,例如:

(1)物质(部分-整体层次):水、土、泥、石、沙、植物、人造材料等;

(2)形态(形态层次):流动、静态、自然弯曲、规则形态、维度等;

(3)大小(形态层次):大、中、小等;

(4)功能(功能层次):交通、阻隔、居住、蓄积、旅游、养殖等;

(5)等级(社会层次):政治、经济、文化等。

其中,部分-整体层次、形态层次、功能层次等即为本体层次。以地图符号表征的地理要素的语义特征为例,可以进行如下的语义成分分析,进而得到语义特征:

(1)河流-[水]+[流动]+[自然弯曲]+[交通]+[现状];

(2)湖泊-[水]+[静态]+[旅游]+[养殖]+[面状];

(3)公路-[人造材料]+[交通]+[约束弯曲]+[线状]+[经济含义];

(4)围墙-[人造材料]+[阻隔]+[规则形态]+[线状];

(5)建筑-[人造材料]+[居住]+[规则形态]+[面状]+[阻隔]+[政治、经济含义];

### 4.2 符素设计

符素是本文符号设计方法的核心概念,是区别于传统符号设计方法的重要特征。符素对地图符号的构成具有重要的承上启下作用:首先,符素是以基本几何图元(可参见文献[18])和视觉变量构造而成,其自身是数量有限的,但有限数量的符素可组合成无限数量的符号系统。其次,由于符素具有一定的语义概念,基于符素进行符号设计,降低了符号语义形式化描述的难度。最后,符素统一了地图符号的图形和语义的组合关系,使得符号更易于识别和解译,提高了地图符号的易用性。

符素的设计应包含以下3个主要原则,以文献[19]和[20]为参照原型进行说明:

#### (1)继承原则

现有基本比例尺地图符号或专题图符号标准,均已经过了长期的设计实践积累,具有很高的科学性和广泛的认知惯性。符素是构成符号的基础,因此符素设计可遵从认知的惯性,从已有符号设计成果中汲取经验,在继承的基础上创新。最为简单有效的方法就是分析现有的符号规范标准,抽象提取满足符素条件的基本“图形-语义”结构作为符素。表1为从文献[19]、[20]抽取出来的符素,并标注有其表征的特征语义。

#### (2)对立与统一原则

统一是指对某一类型语义特征,应使用相同视觉变量的不同值进行表达。例如,在设计有系列关系的符素时,可使用不同颜色或尺寸变量进行表达,而不能部分应用颜色变量而部分应用尺寸变

量。对立是指符素设计应能体现显著的区分特点。对立与统一原则能够保证符素能够清晰、易识别且不失系统规律特点。例如,可以使用颜色表示公路等级,但不同等级公路的颜色应当具有显著的可分辨特点。

### (3)相似与抽象原则

相似是指所设计的符素图形形式应能够抓住

其所表征的对象的某一特征,体现特征的相似性,以激发人的联想。抽象是指符素设计应注意符素图形形式的抽象设计,抓住对象的最主要特征,使得符素简单、规则。在符素设计过程中应把握二者之间的平衡,过于抽象则符素难以识别,过于相似则易丧失简洁特点。

表 1 基于公共地理信息通用地图符号标准和基本比例尺地形图图式抽取的符素示例(部分)

Tab. 1 The morphemes extracted from common map symbols for the public geographical information and cartographic symbols for national fundamental scale maps (part)

基础地理信息符号相关的符素		公共场所与服务机构信息符号相关的符素	
✈	飞机、机场相关	+	医疗卫生相关
🚂	铁路、铁路站点相关	🏠	社会福利相关
🚢	港口、码头相关	★ ◆ ◇	党政机关、政府机构相关
○ ●	行政中心、社区、村庄等相关	🎓	科研教育、学校相关
🚄	铁路、城际高铁相关	🏪	专卖店、专卖场相关
🌲 🌱 ↓	林地、草地、耕地等相关	🚒	治安消防、应急避险相关
🌿 🌊	与植被、河流、湖泊等相关	⚡	发电厂、变电站相关

### 4.3 聚合关系语义结构建模

聚合关系语义结构建模与本体建模具有强烈的类同性。本体建模元语中,具有 4 类重要的概念之间的关系:part-of, kind-of, instance-of, attribute-of<sup>[21]</sup>。就本质而言,符号语义的聚合关系即为本体建模元语中的 kind-of 关系,因此,本文认为聚合关系语义结构建模可视为 kind-of 这一特殊语义关系的本体建模。

当前,关于本体的开发或建立方法,基本上均采用手工方式,没有形成一个统一的工程方法。归纳起来,比较著名的本体建模方法有 Mike Uscholded & King 的“骨架法”、Gruninger & Fox 的企业建模法、Gomez - Perez 等的 Methontology 方法等<sup>[21]</sup>。总结这些本体建模方法,其一般步骤是:

① 明确本体范围:即梳理所要建模的本体范围,定义本体的边界条件;

② 本体建立阶段:即进行领域本体的获取、概念化、确定概念之间的关系、本体的形式化语言描述以及本体集成等;

③ 评价与文档化:进行已构本体的评估和标准化,并最终形成本体成果并发布。

在这 3 个步骤中,与聚合关系语义结构建模密切相关的是本体的建立阶段,借鉴于上述对本体建立方法的分析,总结了聚合关系语义树构建的一般步骤,如图 3 所示。

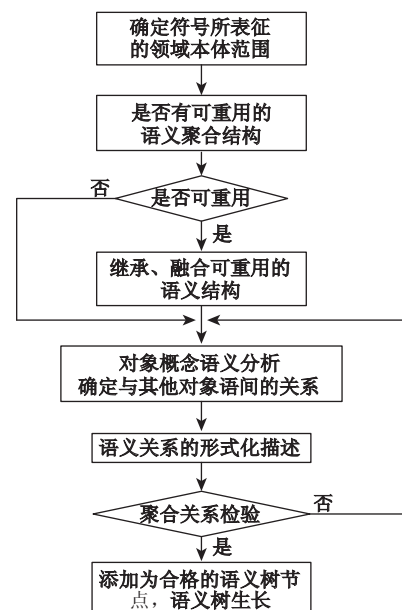


图 3 聚合关系语义结构建模的流程

Fig. 3 Process of the associative relation modeling



其中,最为重要的步骤就是对象概念的语义分析,并确定与其他对象语义之间的聚合关系。目前,本体构建方法仍无法实现自动化建模,需要人的参与和领域专家知识的指导,对领域知识越了解,其所构建的语义聚合关系也就越完善和科学。

根据聚合语义结构建模的流程,结合文献[20]可得到以下基础地理信息符号相关的聚合语义结构,如图4所示。国家基本比例尺地形图符号第一等级可划分为测量控制点、水系……植被与土质、注记等大类。每一大类均可以继续按照聚合关系进行细分,例如,测量控制点可分为三角点、埋石点、……等小类;三角点还可以分为(常规)三角点和土堆上的三角点。通过这一方式,可以有效地将整个基本比例尺地形图符号组织为一个完整的聚合关系树形结构模型。

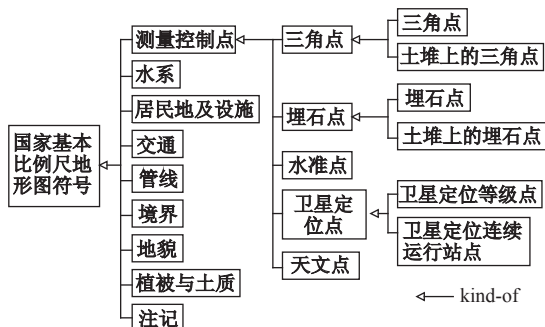


图4 基本比例尺地形图符号聚合语义结构

Fig. 4 Associative relation structure of fundamental scale map symbols

#### 4.4 语义驱动的地图符号生成

本节主要讨论的是由符素组合为一个完整地图符号的方法。首先,地图符号的语义应该包括有以下两个部分构成:

〈符号语义〉 ::= 〈构词规则语义〉 | 〈符素语义〉

其中,构词规则语义是指符号不同的空间造型赋予符号的含义;符素是构成符号的基础材料,因此,符素语义是符号语义的主体构成部分。

其次,单个符号组合关系语义形式化描述。组合语义关系亦称部分整体关系,主要体现在“符素→符号”的构造环节中。以语义“土堆上的三角点”为例,可以将其分解为如图5(a)所示的组合语义分解结构。其中,“土堆上的三角点”、“三角点”为语义特征的组合结构,其余为独立语义特征,该符号的语义对应的图形符号组织方式如图5(b)所示。

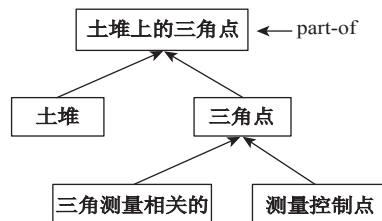


图5(a) 组合语义分解结构

Fig. 5(a) Deconstruction of the syntagmatic relation

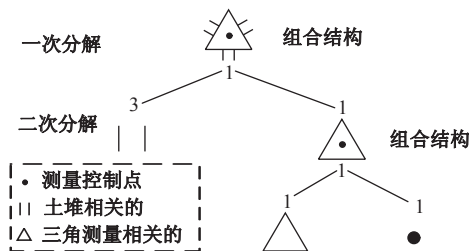


图5(b) 组合语义分解结构对应的符号图形组织

Fig. 5(b) The symbol graphical organization corresponding to Fig. 5(a)

最后,根据符号语义的组合关系形式化描述模型,驱动符号构造生成。图6示例了语义驱动的地图符号构建流程,符素“测量控制点”和符素“三角测量相关的”可以按照独立构造规则组合为“三角点”组合结构,该结构可以作为独立的符号出现,也可以作为组合更高级符号的符素。符素“土堆”采取了极向旋转重复构词规则与符素“三角点”组合成“土堆上的三角点”符号。还可以进一步通过其他构造规则,添加例如高程、比高等语义信息,构建更为复杂、详细的符号。



图6 语义驱动的地图符号构建流程

Fig. 6 The construction flow of the semantic-driven map symbols

语义驱动的符号生成方法具有以下典型特征:第一,符号的最终设计样式取决于语义信息的详细程度:语义信息越丰富,符号样式越详细具体,也更容易认知,反之亦然。第二,符号具有显著的结构规律可循,亦即符号设计时符素、构造规则是根据符号所蕴含的语义信息进行选取的,语义信息决定了符号的最终样式。第三,对于每一个符号,均可以使用这种方法将其分解为组合语义结构,进而根据该结构组构符号。

## 5 地图符号设计实验

本文设计了一组认知实验,用于验证语义驱动的层次化地图符号设计方法是否具有可行性和科学性。

### 5.1 实验设计与实施

(1) 实验素材:素材 I 为从文献[19]中选取的部分符号组成;素材 II 是利用本文符号设计方法,对素材 I 进行重构改进而成。素材 II 包含有 2 个部分:一是符素表部分,将符素显式地展现给被试人员;二是按照聚合语义层次结构组织的符号系统。

(2) 实验人员:被试人员主要为信息工程大学二年级本科学员共计 47 人,所有人员视力、智力等各方面正常,但不具备地图符号的学习知识基础。

实验一:不同符号系统认知效率测试实验。本实验通过测量两套素材在认知效率上的数值指标,数字化测定符号认知效率,以验证本文符号设计方法能否一定程度上提高符号认知效率。本实验设计 6 次“训练→测试”循环,每次循环均给定训练时间(3~5min 不等)。实验结果如图 7(a)所示。

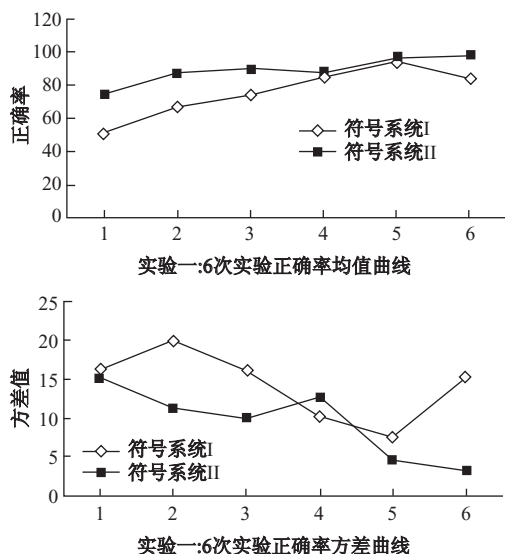


图 7(a) 实验一认知正确率均值和方差曲线

Fig. 7(a) Mean and variance curve of correct ratio of the cognitive experiment I

实验二:符号信息传输过程模拟实验。本实验通过模拟自然语言交流过程,验证本文符号设计方法是否具有“语言交流机制”这一特征。实验方法

是通过给定语义,被试 A(或 B)设计符号,并交予被试 B(或 A)识别解译,并通过相似度判断信息传输效率。实验共有 6 次循环,其结果如图 7(b)所示。

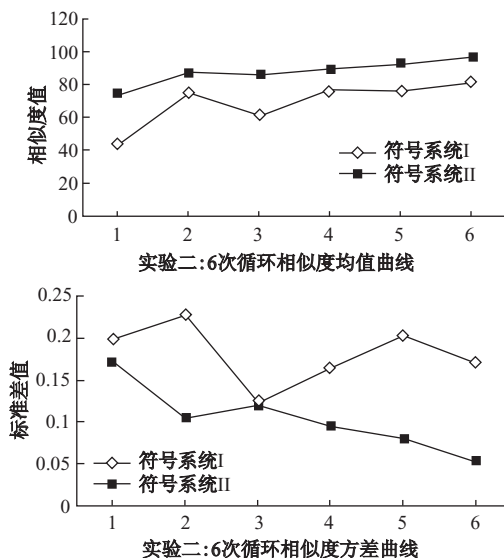


图 7(b) 实验二相似度比率均值和方差曲线

Fig. 7(b) Mean and variance curve of similarity ratio of the experiment II

### 5.2 结果分析

由于所有被试人员不具备地图符号的学习知识基础,因此,本实验结果反映了符号系统的学习、掌握和使用的效率。本次实验不讨论被试具备地图符号学习经验基础的情况。

实验一结果表明:①总体趋势上,两套素材的识别正确率均随着学习时间的累积而提高,且标准差随时间累积而降低,反映了被试学习并掌握符号系统能力的提升;②重构后的素材 II 正确率均值均高于素材 I,反映了本文符号设计方法在符号认知效率方面的高效性;③6 次实验正确率方差曲线表明,重构后的符号系统在统计意义上具有更好的稳定性。因此,可以认为本文符号设计方法在符号认知效率测试方面表现较优。

实验二结果表明:6 次实验中,重构后的符号系统在信息传输效率方面均较优,且方差呈现出显著的下降趋势,这说明了本文重构的符号系统在模拟信息传输过程实验中体现了较为稳定的高传输效率。

## 6 结语

本文论述以空间对象的语义结构关系为核心、

以地图符号图形设计与理解为目标,特点在于面向领域本体的符号设计,使得符号更具有语义自明能力,以便于识别、理解和应用。一方面,通过符素表、语义结构驱动地图符号生成,提高了符号设计的系统性和结构性;另一方面,符号设计者和使用者均能够掌握符号设计能力,设计者通过这一能力完成符号设计的信息编码,使用者则通过这一能力完成符号信息的解码,设计者和使用者共同参与符号设计活动,能够有效提升地图符号的信息感知效率。

#### 参考文献:

- [1] 马晨燕,刘耀林. 结构主义和解构主义符号哲学导向下的地图视觉艺术[J]. 武汉大学学报(自然科学版), 2006, 31(6):552-557.
- [2] Ramroop S. Appropriate selection of cartographic symbols in a GIS environment [C]. //Presented at the 10<sup>th</sup> Colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago, New Zealand, 16-19 November, 1998.
- [3] 徐智勇,艾廷华,危拥军,等. 三维地图符号视觉参量研究[J]. 武汉大学学报(自然科学版), 2006, 31(6):557-561.
- [4] 谢超. 电子地图符号体系设计[D]. 郑州:信息工程大学, 2006.
- [5] 尹章才,李霖,朱海红,等. 基于 SVG 的地图符号描述模型研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(6): 544-548.
- [6] 谢超,陈毓芬,王英杰,等. 基于参数化模板技术的电子地图设计[J]. 武汉大学学报(自然科学版), 2009, 34(8): 956-961.
- [7] 刘建敏,田剑,杨欣. 电子地图中多级符号的设计[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2008, 31(11): 1755-1759.
- [8] 任敬婧. 面向对象空间模型的地图符号研究[D]. 西安:长安大学, 2007.
- [9] 车森,吴明光,程越. 高精度地图符号编辑器的设计与实现[J]. 测绘科学与技术学报, 2006, 23(6): 418-422.
- [10] Schlichtmann, H. On the semantic analysis of map symbolism: order by oppositions [J]. // In A. Wolodtschenko & H. Schlichtmann (eds.), Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie, Dresden: Selbstverlag der Technischen Universität Dresden, 2004(7):20-34.
- [11] Schlichtmann H. Overview of the semiotics of maps [C]. //Proceedings of 24th International Cartographic Conference, Santiago, Chile, 2009, 15-21.
- [12] 苏艳军,王英杰,罗斌,等. 新型网络地图符号概念模型及其描述体系[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(6):839-843.
- [13] 张金禄,王英杰,余卓渊,等. 自适应地图符号模型与原型系统的实现[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(4):468-473.
- [14] 菲尔迪南. 得. 索绪尔. 普通语言学教程[M]. 北京:中国社会科学出版社, 2009.
- [15] 杜清运. 空间信息的语言学特征及其自动理解机制研究[D]. 武汉:武汉大学, 2001.
- [16] 王铭玉,宋尧. 符号语言学[M]. 上海:上海外语教育出版社, 2004.
- [17] 李晓轩,王光霞,温程杰,等. 基于本体集成的地理信息分类分级表达研究[J]. 测绘工程, 2010, 19(5): 61-67.
- [18] Youngmann C. A linguistic approach to map description[C]. //First International Advanced Study Symposium on Topological Data Structure for GIS, 1977(7): 11-17.
- [19] GB/T 24354. 中华人民共和国国家标准——公共地理信息通用地图符号[S]. 北京:中国标准出版社, 2009.
- [20] GB/T 20257. 3. 中华人民共和国国家标准——国家基本比例尺地图图式第3部分:1:25000 1:5000 1:10000 地形图图式[S]. 2006.
- [21] 李宏伟. 基于 Ontology 的地理信息服务研究[D]. 郑州:信息工程大学, 2007.
- [22] 冯志伟. 语言与数学[M]. 北京:世界图书出版社, 2011.
- [23] 唐曦. 空间规划专题地图的符号构建与可视化策略[D]. 上海:华东师范大学, 2010.

## Design Method of the Semantic-driven Hierarchical Map Symbols

TIAN Jiangpeng<sup>1</sup>, JIA Fenli<sup>1</sup>, XIA Qing<sup>1</sup> and WU Jinbing<sup>2</sup>

(1. *Institute of Geography Spatial Information, Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China;*

2. *69028 Troops, Urunchi 830006, China*)

**Abstract:** Research of map symbols is an important part of cartography. Currently, the main research of map symbols was focused on the visual graphics but paying little attention to the semantic. This paper puts forward a method of semantic-driven hierarchical map symbols design. In this method the semantic relation of map symbols is as a benchmark to the construction of symbol graphics, and the symbol graphics is controlled by semantic model. So we can fully exploit the intrinsic value of the semantic components of the map symbols in its design activities. We mainly focused on such four key steps of the method. The first one is semantic feature extraction. We systematically summarized the semantic feature of the map symbols by using ontological level concept. Second step is about morphemes design. The concept, design principles of morphemes and its important role in map symbols design was discussed. The third is about modeling of the associative semantic relation. In this step the modeling methods was discussed and a practice that show how to construct an associative semantic model based on common map symbols for the public geographical information was conducted. The fourth is semantics-driven generation of map symbols. The processes and characteristics of a symbol's generation was analyzed. An existing map symbol standard was improved by using our symbol design method. And a group of cognitive experiments have been done which show that the propound method has a superior performance in cognitive efficiency and relatively stable and high transmission efficiency in the analog process of information transmission. In conclusion, the semantic relation of the geospatial objects is the core of the method of semantic-driven hierarchical map symbols design, which is aimed to improve the graphic design and understanding of map symbols. Characterized by the symbol design oriented ontology domain, this method makes the map symbols more semantic-evident for better recognition, understanding and application.

**Key words:** map symbols; semantic-driven; morphemes; semantic modeling; symbol design