

语言学视角下的地图演化

于峰一泽^{1,2,3}, 汤国安^{1,2,3}, 陆鼎阳^{1,2,3}, 林晓芬^{1,2,3},
胡光辉^{1,2,3}, 沈婕^{1,2,3}, 吴明光^{1,2,3}

(1. 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210023; 2. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023; 3. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023)

摘要: 地图作为地理学的第二语言, 具有与自然语言相类似的结构、功能和性质。以往的地图语言研究主要关注地图符号的语言学机制, 但缺乏从地理学语言视角分析地图语言的内涵与特征。同时, 随着信息技术的发展和大数据时代的到来, 泛地图的概念被提出并得到进一步发展。在泛地图背景下, 地图在表现形式和表达内容等方面发生了明显的改变, 演化出许多新的特征。本文首先基于语言学理论分析了地理学语言的语言学内涵, 指出在地理学视角下地图语言的概念应当从地图符号转向整个地图体系。在此基础上分析了地图的语言学内涵, 阐述了现代地图语言的概念泛化特征, 即“内容”泛化和“形式”泛化。其次, 本文以地理学语言的视角分析了地图的语音、语义和语法结构, 以及地图演化进程中语言结构的演变特征。最后, 本文类比语言学中元功能的概念, 对地图的语言元功能, 即概念、人际和语篇功能进行了剖析, 并指出地图演化过程中语言功能发展的新特点, 涉及地图的信息载负、信息传播、认知和模拟功能。本文基于语言学视角, 对作为地理学语言的地图及其演化过程进行剖析, 深化了对地图语言机制的理解, 为地理学语言的研究提供了一种新的范式。

关键词: 地理学语言; 地图学; 地图语言学; 地图演化; 泛地图

DOI: 10.11821/dlxb202401011

1 引言

地理学语言是一种学科语言, 是人类理解、表达和传播地理信息的方式^[1]。地图作为以图形化表达方式直观传递空间信息的方法^[2], 克服了自然语言描述地理信息的不足, 是人类对世界的地理形式表达^[3]。因此, 地图被认为是地理学的第二语言, 是地理学重要的语言系统。

运用语言学的方法研究地图被称为地图学理论的“第三力量”^[4]。Lyutyy 探讨了对地图语言本质的理解^[5], Head 更是直接提出“作为自然语言的地图——一种理解范式”这一将地图与自然语言类比的思想, 认为地图使用的本质目的是地理理解, 通过类比人类理解自然语言的方式, 利用心理语言学、人类信息处理的方法, 更好地研究地图阅读过程^[6]。目前, 语言学视角下的地图研究主要以地图符号论为理论基础^[7], 研究地图符号的语言形式与组成^[8]、地图符号的语言学机制^[9]、信息传输方式^[10]和表现形式^[11], 以及地图符号与语言符号的类比分析^[12]。

收稿日期: 2023-03-31; 修订日期: 2023-11-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41930102) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41930102]

作者简介: 于峰一泽(1999-), 男, 山东青岛人, 硕士生, 主要从事 GIS 和数字地形分析研究。E-mail: yz370202@126.com

通讯作者: 汤国安(1961-), 男, 浙江宁波人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事 GIS 和数字地形分析研究。

E-mail: tangguoan@njnu.edu.cn

随着人类社会的发展和科学技术的进步,地图作为地理学语言也在不断发展演化^[13]。从最早的原始图画发展到具有严格数学基础的纸质地图,传统地图学的理论得到建立和发展。然而,随着信息与通讯技术的快速发展,以及大数据时代的到来,数字化与信息化的电子载体地图逐渐取代平面纸质载体地图,这对传统地图学理论产生了极大的冲击。从地图表达的形式来讲,电子载体突破了传统纸质载体的限制,使得地图在表达上呈现出多维、动态、交互、多媒体、个性化等新特征。地图符号更加灵活多样,地图的尺度也可以实现连续表达^[14]。从地图表达的内容来看,随着地理研究空间的扩展,地图表达的空间已经从地理空间扩展到信息空间,地图表达的对象具有虚实融合的特征,对空间信息的表达也呈现出“非空间化、类空间化”的新需求^[15]。动态化、多视角、示意化等地图的泛化表达需求催生出了新的地图表达内容和方式^[16]。因此,“地图学是守城还是突围?”成为了现代地图学研究的关键问题。王家耀等剖析了时空大数据时代给地图学带来的新变化,在回顾地图学发展的历史进程的基础上,指出大变化时代地图学发展的新特点,由数字化到智能化是地图科学技术发展的主要趋势^[17-19]。郭仁忠提出地图学复兴问题^[14],针对数字时代和大数据的发展机遇和需求,拓展了地图学框架,并提出了三元空间下的泛地图理论^[20-23]。

面对地图在新时代发展演化的新特点,本文从语言学的视角分析地图作为地理学语言的语言学机制与演变。然而,传统基于地图符号的语言学理论难以涵盖地图的地理学语言要素和特征,因此需要建立从地理学角度的地理学语言理论框架,分析地理学语言所具有的语言学内涵,并将地图语言的概念从地图符号转向更广义的地理学语言。此外,在地图演化过程中,地图作为地理学语言,其内涵、结构和功能也发生了明显的改变,这值得进一步思考与讨论。因此,本文首先采用语言学理论方法,建立了语言学视角下的地理学语言基本理论框架。在此基础上分析地图的语言内涵、结构和功能,以及地图在演化进程中的内涵泛化、结构演变和功能发展趋势,以深化对地图的语言机制理解,丰富地图的语言学理论,为未来地图的发展提供借鉴。对地理学第二语言的剖析,有助于深入理解地理学语言的发展历程,为地理学语言的研究提供了一种新的范式。

2 地图的语言内涵及泛化

2.1 语言学视角下的地理学语言

地理学语言在地理学中扮演着传递地理概念和知识的重要角色,同时也反映了地理学的学科范式和表达方式。语言学理论为研究地理学语言提供了一个全新的视角,从语言学的观点来看,语言是概念和音响形象相联结的复合体,由两个要素构成,即“能指”和“所指”^[24]。“能指”即“音响形象”,是语言符号的外在表征;“所指”即“概念”,是语言符号的内在含义。从符号学的角度来说,语言是一种表达观念的符号系统^[24],包含“能指”和“所指”的二元关系,是形式和内容的统一。语言既脱离不了形式,也脱离不开内容,二者的结合才能构成语言。在地理学语言中,“能指”是地理学语言的表达形式,“所指”是地理学语言所代表的地理现象、地理实体或地理概念(图1)。地理学语言通过特定的规则和方式建立“能指”和“所指”之间的关系,比如地理学语言往往通过图形化的语言形式来表达地理实体和地理现象,需要运用一定的投影法则并建立特定的坐标系来表达地理实体和对象的空间位置,这样可以使得人们能够准确地表达和理解地理学语言所蕴含的意义。

地理学语言具有语言的结构特征。语言具有语音、语义和语法的基本结构^[25],作为以

对象和概念,此时不同的符号之间是等价的,具有任意性。地图语言的约定性是指使用特定的符号对象来表示特定的空间对象和概念,是对任意性选择的约束和确定。

2.3 地图演化进程中的语言概念泛化

信息和通信技术 (Information And Communication Technology, ICT) 的迅速发展对地图学理论带来冲击,传统地图的概念已经无法涵盖信息时代大量涌现的准地图^[30-31]、类地图^[14],因此泛地图的概念被提出。泛地图是传统地图的延伸和拓展,是一种广义的地图表达形式^[20],泛地图将类地图、准地图以及其他新型

地图形式结合传统地图一同纳入地图的范畴,扩展了地图的概念。从语言学的视角来看,地图作为地理学语言,在地图泛化的背景之下,其“所指”和“能指”的内涵也在发生泛化,即对应地图的“内容”泛化与“形式”泛化。

2.3.1 地图语言的“内容”泛化 从地图的发展历程来看,不同时期的地图都是对空间的再现和表征^[32],包括空间中的地理现象、地理实体或地理概念。地理空间是容纳人类活动的地球表层空间^[33],其概念在地图演化的过程中逐渐发生扩展和泛化。传统地图是对地理现实世界的表现或抽象,是“地球表面在一个平面上的简化、概括和数学定义的表示”^[34]。此时地图表达的地理空间包括自然地理空间和人文社会空间^[21],并且以自然地理空间为主。随着信息技术的快速发展,地图制图的目的、主体、客体和应用环境等都发生了深刻变化,地图学从专业领域的应用逐步走向大众领域和社会需求^[21]。有学者开始将视角更多地转入到人文社会空间的地图表达,故事地图^[35-37]、基于自发地理信息 (Volunteered Geographic Information, VGI) 的地图视觉设计^[38]以及历史人文地图的理论与应用得到发展^[39]。此外,信息空间纳入到地图可视化表达的范畴,地图对象空间从由自然和人文组成的二元地理空间扩展到了包含信息空间在内的三元空间^[20],并且很多学者从不同的角度丰富了三元空间的理论框架^[40-42]。三元空间的表达不仅包含对原有二元空间的信息化,还包括对新型信息空间的表达,包括网络空间、赛博空间、虚拟空间、社交媒体空间、社会心理空间等^[20]。对三元空间的实体、现象与概念的表达构成了现代地图语言的表达内容。

2.3.2 地图语言的“形式”泛化 地图的不同发展阶段,地图语言的“能指”也有所不同。传统地图以纸质材料作为地图信息存储传输的媒介^[43]。受到表达载体的限制,地图表达呈现出平面特征与固化属性^[14]。随着地图数字化与信息化的日益推进,地图的表达载体由单一的纸质走向数字、多媒体等多种形式发展,由此催生出地图新的表达模式与表达机制。地图表达的维度从二维向2.5维、三维以及时空多维的方向发展。地图表达的感官通道从单一视觉通道发展到包括听觉、触觉等在内的多种感官通道。地图表达的视角从俯视表达发展到侧视以及多模式场景表达^[3, 44]。这些表达模式与表达机制的变化使得地图语言在表达上呈现出交互、多维、动态、多媒体等新特征,地图在呈现方式上从绘制在纸面上的简单系统发展为在计算机载体上的复杂系统,并融合多种不同的表达形式与手段,增强了地理信息的传输效率,使读图者对地理空间信息的认知过程更加生动准确^[45]。

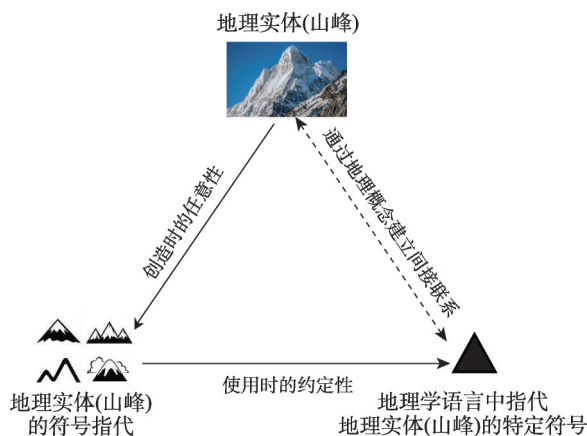


图2 地图语言的任意性和约定性

Fig. 2 The arbitrariness and conventionality of map language

因此, 地图语言的形式和内容都发生了含义的扩展, 其“内容”泛化为由自然地理空间、人文社会空间和信息空间组成的三元空间中的地理实体、现象和概念; 其“形式”泛化为运用视觉、听觉、触觉等多种感官符号在多种载体上的可视表达 (图3)。

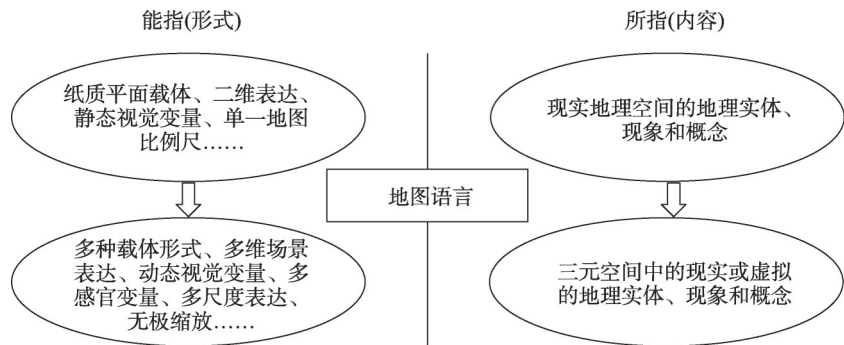


图3 地图语言的“能指”和“所指”及其演变
Fig. 3 The "signifier" and "signified" of the map language and their evolutions

3 地图的语言结构与演变

3.1 地图的语言结构

地图与自然语言之间在语言结构上存在着映射关系^[46]。从微观语言学的角度来看^[47], 语言系统由语音、语义和语法3个要素构成, 其中语音和语义是语言成分的构成要素, 是语言符号的两个“极”, 体现语言符号的“两极性”。语言成分是由语音和语义组合而成的词汇成分和语法成分构成, 体现语言符号的“层次性”^[25]。在地图中存在与自然语言相类似的语音、语义和语法结构。

语音是语言的物理特性, 是语言的物质材料。地图的语音是地图语言的物理表达手段, 可视表达是地图作为地理学语言典型的语音特征。传统地图在纸质载体上用二维平面的方式表达地理对象, 以视觉传输为主, 并且表达视角是单一的俯视视角, 具体以地图符号、图例和注记等形式呈现。地图符号主要是由视觉变量控制下的几何元素构成。视觉变量最早是由法国学者贝尔廷提出, 后来许多学者又对视觉变量的类型进行了扩充^[48-49]。基于语音切分的方法, 可将视觉变量切分为图形元素和特征变量^[47, 50], 其中颜色、亮度、大小和方位是基本的特征变量。地图符号运用视觉变量及其组合实现对不同地理实体和对象的可视表达。地图的图例提供了地图符号与其对应的解释, 是地图信息可视表达的重要辅助手段。地图的注记是地图上符号属性的标注和文字说明, 不仅可以反映地理对象的位置, 还可以反映符号无法反映的地理对象的名称、质量和数量方面的信息。

语义是语言的意义特性, 是语言所表达的概念、想法和观念。空间信息语义是地图作为地理学语言典型的语义特征。空间信息语义是凭经验或对空间现象本质的了解而分析得到, 不依赖具体语言环境^[46], 可将其归纳概括为空间语义和属性语义两个部分。空间语义是用来描述地图所表达空间对象和现象的语义, 包括地理要素的位置和相互关系, 可进一步细分为绝对的空间位置语义和相对的空间关系语义。地图的属性语义反映的是地图表达的客观对象和现象的非空间属性特征, 包括地理要素的属性和性质, 可进一步细分为微观的描述空间对象属性的语义和宏观的描述地图主题信息的语义。地图通过空间信息语义的表达, 可以实现对地理要素位置和关系、属性和性质的表达, 同时能够进行地图分析应用^[51], 反映空间分布模式以及地理过程的演变规律。

语法是语言的形式特性，是组织语言单元的规则和原则。地图中的数学法则、符号法则和综合法则可以归纳为地图的3个核心语法，其解决了地图学的两大矛盾，即地图平面与地球曲面之间的矛盾，和缩小、简化了的地图表象与实地复杂现实之间的矛盾^[52]。地图的数学法则涉及到球面到平面的映射变换，地图的符号法则涉及到对地图要素的表达方式，地图的综合法则涉及到对地图要素的抽象和概括。

语言具有系统性的组织结构，存在组合关系和聚合关系这两类基本关系。在地图语言的不同层次上也广泛存在着组合和聚合关系。从语音结构组成来看，图形元素和特征变量任意组合可以形成不同的视觉变量，体现了地图在语音结构上的横向组合性特征。而视觉变量、基本几何图元、符素、地图符号的层次结构^[50]，体现了地图在语音结构上的纵向聚合性特征（图4）。

3.2 地图演化进程中的语言结构演变

随着地图突破原有平面纸质载体的限制，实现了信息空间的数字化表达，并呈现出泛化特征^[20]，地图语言的结构也发生了许多显著变化。本文以构成地图语言的语音、语义和语法3个微观结构来分析地图语言结构的特征演变。

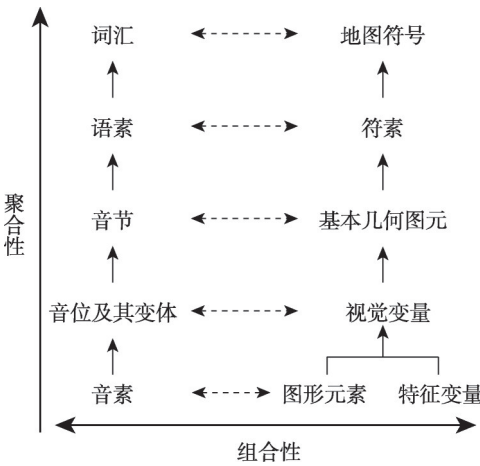
3.2.1 地图语音的特征演变 作为地图的物理表达手段，地图的语音结构很大程度上取决于地图表达的载体，电子载体为地图表达提供了新的物质材料，数字地图、多媒体地图、三维地图、动态地图、虚拟现实（Virtual Reality, VR）地图、增强现实（Augmented Reality, AR）地图、混合现实（Mixed Reality, MR）地图等众多地图形式应运而生^[21]，使得地图语音的结构呈现出新的特征。

（1）地图语音由二维静态向多维动态的特征发展。随着电子地图、网络地图等电子媒体地图的广泛应用，地图语音的传输通道从单一的视觉通道转向包括听觉、触觉等在内的多种感官通道，视觉变量的表达维度从二维拓展到三维^[50, 53-54]。在地图表达过程中多以静态或动态的表达方式融合多感官信息实现交互式传输^[21]。

（2）地图语音的交互形式明显增加。传统纸质地图无法实现读图者与地图之间的信息交互，计算机介质下的电子地图能够实现读图者与地图之间的交互功能，地图可以根据用户个性化的需求进行自适应的可视化表达^[55]。地图的交互手段从单一的鼠标键盘交互，发展到手势、触控以及语音交互、眼动交互等多样的交互形式^[56-58]，并且能够适用于在虚拟现实场景中的地图交互^[58-59]。

（3）地图语音的表达视角逐渐丰富。从表达的观察视角来看，除了俯视视角的表达之外，侧视视角、透视视角表达的地图正日益增多^[60-62]。从表达的人称视角来看，第一人称视角的地图在某些特定的场景下正取代第三人称视角的地图，同时存在多人称视角同时表达的地图^[16]。

地图语音的这些演变特征体现了地图表达形式的系统性逐渐增强。与纸质地图相比，计算机介质下的地图多以地图系统的形式呈现，这些地图系统往往以某一特定的应用主题为核心，将多种不同的表达形式和功能结合，并呈现出多维、动态、交互等特征^[63-64]。



注：修改自文献[50]。

图4 地图语音结构的组合性和聚合性
Fig. 4 The compositionality and aggregability of map phonological structures

3.2.2 地图语义的特征演变 信息技术的发展带来了地图制图方式的多样以及应用需求的变化,使得地图的语义内涵得到了极大丰富,地图语义的表达也呈现出一些新的特点。

地图的空间位置语义得到了拓展。地图不仅可以表达地理对象在现实空间中的位置,还可以表达其在虚拟空间中的位置,包括游戏地图中的虚拟空间^[65]、赛博地图中的赛博空间^[66-67]以及心象地图中的认知空间^[68]等。在特定的地图表达需求中,呈现出绝对空间位置的语义弱化和相对空间关系的语义强化趋势。许多地图不再强调对地理空间位置的准确描述,而侧重于突出或淡化对特定空间关系的表达。拓扑地图就是在保持图形拓扑关系的前提下,使地图变形,从而突出表达主题内容的空间特征^[69]。可以将拓扑地图按照几何类型简单归纳为两类,即线状拓扑地图和面状拓扑地图。地铁图(Metro Map)或路网架构图(Schematic Map)是典型的线状拓扑地图,其采用固定转角的折线绘制线路网络,在保证拓扑结果正确的前提下进行适当的几何变形表达站点的空间分布,而忽略站点的实际位置与距离关系^[67, 70-71],这类地图弱化了绝对的空间位置语义而强化了相对的空间关系语义,从而更好地表达地铁站点的换乘情况和相对位置关系。

在表达特定属性和主题的地图中,呈现出地理对象的属性语义弱化和地图表达的主题语义强化趋势。现代地图不仅仅对单一的地理要素进行描述,而且要描述众多地理要素所构成的结构关系和空间格局^[15],突出地图所蕴含的主题语义信息。在大众化、个性化的制图需求与日俱增的背景下,逐步形成了以地图主题为核心,通过隐喻、变形、规则化等方法,示意性表达地理空间对象分布、拓扑关系和时空关系的写意地图^[22]。其中,焦点地图通过弱化非重点对象和区域的表达让读图者的注意力集中在某些特定的对象或特定的区域,可以使读图者快速地获取地图想要表达的特定主题信息^[72]。此外,地图的图例和注记也是传递地图属性和主题语义信息的重要载体,专题地图的图例系统可以融合统计图表等多种类型的非空间信息,提高地图的可读性,以便读图者更好地理解专题地图所表达的主题内涵,挖掘地图背后的地理学规律。

此外,本体论的思想引入到地理学中产生了地理本体论,地理本体论可以用来描述地图中地理对象的语义信息。对于地理本体的概念在不同的研究目的下有所不同^[73-77],在本文中地理本体可以理解作为一种空间实体、空间关系和空间属性的形式化描述^[78],其中蕴含着地图所描述的地理对象的语义信息。利用地理本体的思想,可以实现基于地图中对象的地理语义的地理本体构建、地理本体匹配和地理本体检索^[78],并可在网络地图制图等领域得到应用^[79]。

3.2.3 地图语法的特征演变 地图的语法结构在地图泛化的时代,突破了传统地图制图技术的束缚,在数学法则、符号法则和综合法则方面也发生了特征演变。

从地图的数学法则来看,地图表达载体的改变影响了地图空间坐标的映射关系。地图不再受限于正射投影平面,允许多重数学映射关系的存在^[21, 80]。为了满足多级瓦片存储的网络地图表达,出现了在传统墨卡托投影基础上将椭球体简化为标准球体的Web墨卡托投影^[42]。随着地图表达视角的转变,需要基于轴测投影等方式实现地图的多视角侧视表达^[60]。此外,地图突破了传统比例尺的概念,不同比例尺的地图可以自由切换展示,可以实现连续比例尺的无极缩放。

从地图的制图法则来看,对空间对象属性表达的方式变得更加多元。Cartogram地图采用规则化的符号代替不规则的区域单元,利用形状变形但保持空间拓扑关系的面域表达空间信息,能够减少在表达比例数据时区域面积大小带来的判读问题,为直观反映如人口分布等区域统计数据提供了一种新的表达方式^[81-83]。地图风格迁移的发展使得地图在符号化样式和地图设计特征上可以具有多样的风格特征,实现地图制图的个性化风格表

达^[84]。地图的图例和注记的制作和表达方面呈现出新的特点。图例设计从原有的“设计图示符号,按顺序摆放”的固化思维模式转向利用可视化方法的多元表达以及动态交互的新模式^[85-86]。

从地图的综合法则来看,地图的自动综合技术得到进一步发展,并逐步实现从数字化向智能化的突破^[19],知识驱动下的地图自动综合技术得到进一步发展^[87-88]。在数据综合层面,多尺度数据的管理、转换和表达技术已逐渐成熟,基于知识、机器学习等智能化方法已经应用于地图综合的多尺度转换中^[89]。在图形综合层面,根据不同的表达需求,发展出了写实和写意两种不同的综合方式。示意性地铁线路图在制图的过程中,在保留站点之间拓扑关系的基础上对路线简化,并对每条路径增加方向限制以及其他约束条件,以提高线路图的可用性并符合认知心理^[90-93]。在对三维城市地图的制图综合中,根据几何对应关系及语义信息表达的不同需求,分为仿真可视化与非仿真可视化。仿真可视化侧重形似,可用于支持虚拟地理环境的模拟计算。非仿真可视化侧重神似,可用于智慧城市的信息传输^[31]。

4 地图的语言功能发展趋势

4.1 地图的语言元功能

语言作为人类最重要的交际工具,具有交际、思维表达和情感表达等多种功能^[25]。在系统功能语言学中,韩礼德提出语言元功能的概念,包括概念功能、人际功能和语篇功能^[94]。语言元功能是对语言表征在不同语境中发挥的具体功能的抽象和概括^[95]。地图作为地理学语言,具有信息载负、信息传递、空间认知和模拟的功能。借鉴语言学中语言的三大元功能,可以将地图的语言功能进行抽象概括。

概念功能是语言表达人类的经验和逻辑关系的功能,是语言对主客观世界的反映,这一元功能在地图的信息载负功能中得到体现。地图是地理信息的载体,是人类对自然地理、人文社会和信息三元空间的综合表达。地图通过直接或间接的方式反映空间概念。在等高线地形图中,山顶点的位置与高程、等高线的高程值等信息可以通过地图的图形符号直接表达,而地形坡度的陡缓、山脊与山谷的位置分布等信息则需要通过等高线的高程与形态等图形符号间接表达。

人际功能是运用语言来表达社会和个人的关系的功能,这一元功能在地图的信息传播与认知功能中得到体现。地图是地理信息传递的工具,地理信息通过制图者的认识,形成概念,并使用符号等可视化的方式呈现,使读图者读懂地图符号表达的内容,并形成对地理信息的概念。地图将制图者和用图者在地图信息传递的过程中联系起来。

语篇功能是指语言表达的语篇和语境的关系,以及语篇内部组织的功能,这一元功能在地图的认知功能和模拟功能中得到体现。三元空间中的信息是丰富多样的,在地图表达的过程中,需要保证空间对象之间的一致性和完整性,体现本质和重要的空间信息,有侧重的表达专题对象的空间信息。

4.2 地图演化进程中的语言功能发展

4.2.1 地图的信息载负功能扩展 受限于数据采集的方式和表达载体,传统地图的信息载负能力是有限的。计算机载体为地图信息载负能力的增强提供了物理基础。在传感网、物联网和移动智能终端技术飞速发展的背景下,泛在信息与大数据时代已经到来,为地图信息载负的增强奠定了数据基础。地图表达载体的转变以及泛在地理信息的出现极大

地增强了地图信息载负的能力^[96],使得地图的信息载负呈现出多源融合、实时和动态更新的特点,可以支持高精度地图导航与自动驾驶技术^[97-98]。同时,地图支持对表达内容的个性化与自适应显示,读图者可以根据需要选取特定的地图内容进行阅读。

4.2.2 地图的信息传播功能增强 地图载体的改变使得地图制图与传输的成本大大降低。在自媒体快速发展的今天,地图作为传输地理信息的重要媒介,同样呈现出自媒体化的特点,并演化出“微地图”的地图形式^[99]。微地图在内容上凸显特定的专题信息,制作过程简单,地图表达形式丰富多样,并可以迅速地在不同电子设备与社交网络上广泛传播,极大地增强了地图语言的信息传播功能。

4.2.3 地图的认知功能深化 借助认知理论对地图的认知功能研究具有重要意义,对地理空间的认知一直是地理信息科学的基本研究领域^[100],这一领域的研究促进了地图学理论研究的发展^[101-102]。基于眼动跟踪方法是地图认知研究的重要手段,地图眼动研究采用心理学驱动^[103]和可用性工程驱动^[104]两类不同的方法,为地图视觉认知研究的定量化、实用化提供了有力支持^[105]。

概念隐喻理论是认知语言学中的重要理论。将概念隐喻理论引入地图语言中,产生隐喻地图的概念,进一步深化了地图的认知功能。概念隐喻理论认为隐喻是一种认知机制,是从源域到目标域的跨域映射。正是这种映射关系,帮助人们通过源域概念的结构、关系和相关知识去构建和理解目标域的概念^[106]。隐喻地图的理论则建立在概念隐喻的理论框架之下。隐喻可以为地图符号提供新的组织机制,并可以增强地图认知的有效性^[107]。苏世亮在总结前人对隐喻地图研究的基础上,提出隐喻地图是以感性意向为单位,以地图符号语言为载体,按照某种特定的意图,通过地图符号的组构,生成的具有合成结构的文本,实现了从地图符号生成的视觉形象到地图传达的文化、观念和精神的跨域映射^[108]。

此外,地图的认知主体也从人类逐步拓展到以人工智能为基础的无人平台。借鉴人类对地图的认知过程,针对智能无人平台的机器地图应运而生,并应用于战场环境模拟、即时定位与地图构建(Simultaneous Localization and Mapping, SLAM)和面向自动驾驶的高精地图等多种使用场景^[109-110]。

4.2.4 地图的模拟功能拓展 地图可以对地理空间中的地理要素、现象、环境等进行模拟。在传统纸质介质下,地图的模拟功能主要是以二维形式呈现地理信息,比如在对地形进行模拟时运用等高线来反映地面高程、坡度、坡形、山脉走向等基本的地貌形态。随着测量技术与计算机图形学理论的发展完善,地图的三维模拟功能得以实现,并应用于三维地形表达、三维城市等众多领域。如今地图的模拟功能呈现出多样化的特征,并具有许多新的特点。

虚实结合是地图模拟功能发展的重要特点。将地图与虚拟现实(VR)和增强现实(AR)等技术相结合,可以提供更真实和沉浸式的视觉体验。在城市规划领域,利用虚拟现实技术将规划的实体与真实场景相结合,实现城市空间的虚实交互^[111]。

时空动态模拟是地图模拟功能发展的另一特点。由于犯罪行为与时间、地理环境有密切的关系,可以通过犯罪地图将具有时序特征的犯罪事件分布数据运用空间统计方法展示在地图上,实现犯罪时空数据的可视化表达,并可对犯罪网络关系的动态演化进行可视分析^[112]。

此外,现代地图支持与大数据与地理计算模型的结合,利用数学模型和算法来模拟和预测复杂的地理现象,并以地图的形式进行可视化表达。

5 结论与展望

本文从语言学的视角,剖析了地图作为地理学语言在信息化时代的特征与演变规律。地理学语言在概念上具有与语言相类似的“能指”和“所指”。从地理学语言的角度来看,地图语言的指代从地图符号转向整个地图体系。地图语言同样具备“能指”和“所指”两个要素,对应地图语言的“形式”和“内容”,地图语言在演化过程中在概念上呈现出“内容”泛化和“形式”泛化的特点。在地图语言的结构方面,地图存在语音、语义和语法的语言结构,并且发生了明显的特征演变。在地图语言的功能方面,地图语言具备与自然语言相类似的元功能,在地图演化过程中地图的语言功能得到了发展。

本文并没有将全部的语言学理论应用于地理学语言和地图演化的研究中。一方面,自然语言与学科语言之间仍然存在差异,将语言学的理论全部生搬硬套到地理学语言可能会适得其反。另一方面,由于地理学科具有其独特的学科属性与学科范式,语言学的理论观点并不能完全涵盖对地理学语言的理论表达。但是,运用语言学的视角研究作为地理学语言中的地图语言,会带来地理学与地图学的理论与方法创新,同时丰富新时代的地理学语言的内涵。站在地图发展演化的视角来看,语言学理论为认识地图的发展演化提供了一个全新的方式。地图表达载体的演化深刻影响了地图的语言结构与内涵,并拓展了地图的语言功能。信息与通讯技术的发展为地图学注入了新的活力,传统地图的表达要素发生了很大的改变。地图投影不再限定在正射平面与地理空间的映射,多种新兴的投影方式得到应用。地图符号的种类和形式更加多元,并支持多维动态的交互显示。地图的图例和注记的内容更加丰富,表达方式也更加多样。地图的表达呈现出交互、多维、动态、多尺度、多媒体等新特征,地图的表达空间扩展到三元空间,表达的对象也更加丰富。相信随着人工智能技术的发展,地图语言在信息时代演变的基础上,将进入智能化的时代。

参考文献(References)

- [1] Lin Hui, Gong Jianhua, Shi Jingjing. From maps to GIS and VGE: A discussion on the evolution of the geographic language. *Geography and Geo-Information Science*, 2003, 19(4): 18-23. [林珏, 龚建华, 施晶晶. 从地图到地理信息系统与虚拟地理环境: 试论地理学语言的演变. *地理与地理信息科学*, 2003, 19(4): 18-23.]
- [2] Hu Zui, Tang Guoan, Lv Guonian. The concept and characteristics of GIS language. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(7): 867-877. [胡最, 汤国安, 闫国年. GIS作为新一代地理学语言的特征. *地理学报*, 2012, 67(7): 867-877.]
- [3] Lv Guonian, Yu Zhaoyuan, Yuan Linwang, et al. Is the future of cartography the scenario science? *Journal of Geo-Information Science*, 2018, 20(1): 1-6. [闫国年, 俞肇元, 袁林旺, 等. 地图学的未来是场景学吗? *地球信息科学学报*, 2018, 20(1): 1-6.]
- [4] Su Li. Study of cartographic semantics model based on description logic. *Science of Surveying and Mapping*, 2009, 34(3): 92-93, 80. [苏里. 基于描述逻辑的地图语义模型初步研究. *测绘科学*, 2009, 34(3): 92-93, 80.]
- [5] Lyutyy A A. On the essence of the language of the map. *Mapping Sciences and Remote Sensing*, 1986, 23(2): 127-139.
- [6] Head C G. The map as natural language: A paradigm for understanding. *Cartographica*, 1984, 21(1): 1-32.
- [7] Wang Jianhua. A new exploration of map linguistics. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2000(5): 21-22, 28. [王建华. 地图语言学的新探讨. *测绘通报*, 2000(5): 21-22, 28.]
- [8] Su Li, Chen Yijin. Linguistic characteristics of symbols of topographic maps. *Science of Surveying and Mapping*, 2007, 32(5): 34-35, 38, 201. [苏里, 陈宜金. 地形图符号的语言学特征. *测绘科学*, 2007, 32(5): 34-35, 38, 201.]
- [9] Hu Zui, Yan Haowen. Analysis on linguistics mechanism for cartographic symbols and its application. *Geography and Geo-Information Science*, 2008, 24(1): 17-20, 34. [胡最, 闫浩文. 地图符号的语言学机制及其应用研究. *地理与地理信息科学*, 2008, 24(1): 17-20, 34.]
- [10] Deng Yibo, Wang Yusheng, Hou Yanhu. Research on information transmission mode of cartographic language. *Beijing*

- Surveying and Mapping, 2012(5): 22-25. [邓毅博, 王雨生, 侯彦虎. 地图语言信息传输方式研究. 北京测绘, 2012(5): 22-25.]
- [11] Li Yunxing. Map language and its expressive function. Standardization of Surveying and Mapping, 2010, 26(1): 20-23. [李云星. 地图语言及其表现力的研究. 测绘标准化, 2010, 26(1): 20-23.]
- [12] Peng Keman, Xia Qing, Tian Jiangpeng, et al. Theoretical study on linguistics method of cartographic symbol. Bulletin of Surveying and Mapping, 2014(3): 63-66, 123. [彭克曼, 夏青, 田江鹏, 等. 地图符号语言学方法研究的理论问题初探. 测绘通报, 2014(3): 63-66, 123.]
- [13] Wang Jiayao, An Min. Map evolutionism and its inspiration. Journal of Geomatics Science and Technology, 2012, 29(3): 157-161. [王家耀, 安敏. 地图演化论及其启示. 测绘科学技术学报, 2012, 29(3): 157-161.]
- [14] Guo Renzhong, Ying Shen. The rejuvenation of cartography in ICT era. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(10): 1274-1283. [郭仁忠, 应申. 论ICT时代的地图学复兴. 测绘学报, 2017, 46(10): 1274-1283.]
- [15] Chen Yifan. Quasi-map system and its diagrammatic construction, China [D]. Shanghai: East China Normal University, 2020. [陈一凡. 类地图体系构建及形式表达[D]. 上海: 华东师范大学, 2020.]
- [16] Ti Peng, Hou Xiaotong, Li Zhilin, et al. Construction of pan-map representation mechanism based on visualization dimension system. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2022, 47(12): 2015-2025. [遆鹏, 侯晓彤, 李志林, 等. 基于可视化维度的泛地图表达机制. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 2015-2025.]
- [17] Wang Jiayao. Cartography in the age of spatio-temporal big data. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(10): 1226-1237. [王家耀. 时空大数据时代的地图学. 测绘学报, 2017, 46(10): 1226-1237.]
- [18] Wang Jiayao, Wu Fang, Yan Haowen. Cartography: Its past, present and future. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2022, 51(6): 829-842. [王家耀, 武芳, 闫浩文. 大变化时代的地图学. 测绘学报, 2022, 51(6): 829-842.]
- [19] Wang Jiayao. Cartography: From digital to intelligent. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2022, 47(12): 1963-1977. [王家耀. 地图科学技术: 由数字化到智能化. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 1963-1977.]
- [20] Guo Renzhong, Chen Yebin, Ying Shen, et al. Geographic visualization of pan-map with the context of ternary spaces. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2018, 43(11): 1603-1610. [郭仁忠, 陈业滨, 应申, 等. 三元空间下的泛地图可视化维度. 武汉大学学报(信息科学版), 2018, 43(11): 1603-1610.]
- [21] Guo Renzhong, Chen Yebin, Zhao Zhigang, et al. A theoretical framework for the study of pan-maps. Journal of Geomatics, 2021, 46(1): 9-15. [郭仁忠, 陈业滨, 赵志刚, 等. 泛地图学理论研究框架. 测绘地理信息, 2021, 46(1): 9-15.]
- [22] Guo Renzhong, Chen Yebin, Ma Ding, et al. Pan-map representation in ICT era. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2022, 51(7): 1108-1113. [郭仁忠, 陈业滨, 马丁, 等. 论ICT时代的泛地图表达. 测绘学报, 2022, 51(7): 1108-1113.]
- [23] Guo Renzhong, Chen Yebin, Zhao Zhigang, et al. Scientific concept and representation framework of maps in the ICT era. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2022, 47(12): 1978-1987. [郭仁忠, 陈业滨, 赵志刚, 等. ICT时代地图的科学概念及表达框架. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 1978-1987.]
- [24] Ferdinand de Saussure. Course in General Linguistics. Beijing: The Commercial Press, 1980. [费尔迪南·德·索绪尔. 普通语言学教程. 北京: 商务印书馆, 1980.]
- [25] Gao Mingkai. Linguistic Theory. Beijing: The Commercial Press, 1995. [高名凯. 语言论. 北京: 商务印书馆, 1995.]
- [26] Du Qingyun. Study on linguistic characteristics and automatic understanding mechanism of spatial information [D]. Wuhan: Wuhan University, 2001. [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.]
- [27] Zhang Chunxiao, Lin Hui, Chen Min. Discussion about scale adaptability in virtual geographic environments. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 100-109. [张春晓, 林珏, 陈旻. 虚拟地理环境中尺度适宜性问题的探讨. 地理学报, 2014, 69(1): 100-109.]
- [28] Mao Zanyou, Zhu Liang, Zhou Zhan'ao, et al. The New Comprehensive Tutorial on Cartography. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2017. [毛赞猷, 朱良, 周占鳌, 等. 新编地图学教程. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2017.]
- [29] Zhu Danyao. A research on the nature of map symbols. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1987, 12(2): 55-63. [朱敦尧. 地图符号及其本质的研究. 武汉测绘科技大学学报, 1987, 12(2): 55-63.]
- [30] Meng Liqiu. Some theoretical concerns along with the development of cartographic technologies. Journal of Zhengzhou Institute of Surveying and Mapping, 2006, 23(2): 89-96, 100. [孟丽秋. 地图学技术发展中的几点理论思考. 测绘科学技术学报, 2006, 23(2): 89-96, 100.]

- [31] Meng Liqiu. The constancy and volatility in cartography. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2017, 46(10): 1637-1644. [孟立秋. 地图学的恒常性和易变性. 测绘学报, 2017, 46(10): 1637-1644.]
- [32] Yang Zhiyuan. From spatial representation to cultural practice: A critical reflection on the net electronic map. *Journal of Central South University (Social Science)*, 2015, 21(4): 209-215. [杨致远. 从空间表征到文化实践: 对电子地图的批判性反思. 中南大学学报(社会科学版), 2015, 21(4): 209-215.]
- [33] Liu Yu, Wang Keli, Xing Xiaoyue, et al. On spatial effects in geographical analysis. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(3): 517-531. [刘瑜, 汪珂丽, 邢满月, 等. 地理分析中的空间效应. 地理学报, 2023, 78(3): 517-531.]
- [34] Salichtchev K A. Some reflections on the subject and method of cartography after the Sixth International Cartographic Conference. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 1973, 10(2): 106-111.
- [35] Mocnik F, Fairbarin D. Maps telling stories? *The Cartographic Journal*, 2018, 55(1): 36-57.
- [36] Caquard S, Fiset J. How can we map stories? A cybercartographic application for narrative cartography. *Journal of Maps*, 2014, 10(1): 18-25.
- [37] Caquard S, Cartwright W. Narrative cartography: From mapping stories to the narrative of maps and mapping. *The Cartographic Journal*, 2014, 51(2): 101-106.
- [38] Meng L Q, Murphy C E, Ding Li F, et al. A review of research works on VGI understanding and image map design. *Journal of Cartography and Geographic Information*, 2017, 67(1): 17-22.
- [39] Su Shiliang, Zhang Jiangyue, Du Qingyun, et al. Narrative map design for the areas with historical cultural features: Readable framework and visualization strategy. *Science of Surveying and Mapping*, 2021, 46(10): 194-201. [苏世亮, 张江玥, 杜清运, 等. 历史文化风貌区叙事地图设计: 可读性框架与表达策略. 测绘科学, 2021, 46(10): 194-201.]
- [40] Rudström A, Höök K, Svensson M. Social positioning: Designing the seams between social physical and digital space. *The 1st International Conference on Online Communities and Social Computing*, Las Vegas, USA, 2005.
- [41] Freitas C A D. Changing Spaces: Locating public space at the intersection of the physical and digital. *Geography Compass*, 2010, 4(6): 630-643.
- [42] Ai Tinghua. Development of cartography driven by big data. *Journal of Geomatics*, 2016, 41(2): 1-7. [艾廷华. 大数据驱动下的地图学发展. 测绘地理信息, 2016, 41(2): 1-7.]
- [43] Gong Jianhua, Lin Hui, Xiao Lebing, et al. Perspective on geo-visualization. *National Remote Sensing Bulletin*, 1999, 3(3): 236-244. [龚建华, 林晖, 肖乐斌, 等. 地学可视化探讨. 遥感学报, 1999, 3(3): 236-244.]
- [44] Xu Dijun, Wang Kun. Research and production of new digital surveying and mapping products of Ningbo. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2011(8): 84-87. [徐狄军, 王坤. 宁波市新型数字测绘产品的研究与建设. 测绘通报, 2011(8): 84-87.]
- [45] Zhou Zhao, Liu Haiyan, Li Shaomei, et al. Modern cartographic language. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2008, 17(2): 6-8. [周昭, 刘海砚, 李少梅, 等. 现代地图语言. 测绘工程, 2008, 17(2): 6-8.]
- [46] Du Qingyun, Ren Fu. Representation model of spatial information in natural language. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(6): 682-688. [杜清运, 任福. 空间信息的自然语言表达模型. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(6): 682-688.]
- [47] Du Qingyun. The microlinguistic conceptual model of spatial information. *Geomatics World*, 2004, 2(6): 5-8, 20. [杜清运. 空间信息的微观语言学概念模型. 地理信息世界, 2004, 2(6): 5-8, 20.]
- [48] Ling Shanjin, Wang Xiaoling, Ding Yuanyuan. Classification and function of the visual variables of static map symbol. *Journal of Anhui Normal University (Natural Science)*, 2017, 40(1): 69-76. [凌善金, 王晓铃, 丁园园. 静态地图符号视觉变量的分类及作用. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2017, 40(1): 69-76.]
- [49] Bai Yalan, Yan Haowen, Lu Xiaomin, et al. Visual variables of We-maps symbols and their applications. *Science of Surveying and Mapping*, 2021, 46(7): 182-188, 204. [白娅兰, 闫浩文, 禄小敏, 等. 微地图符号的视觉变量及其应用. 测绘科学, 2021, 46(7): 182-188, 204.]
- [50] Tian Jiangpeng, Jia Fenli, Xia Qing. Research on 3D symbol design based on linguistic methodology. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2013, 42(1): 131-137. [田江鹏, 贾奋励, 夏青. 依托语言学方法论的三维符号设计. 测绘学报, 2013, 42(1): 131-137.]
- [51] Zhou Chenghu, Sun Jiulin, Su Fenzhen, et al. Geographic information science development and technological application. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(12): 2593-2609. [周成虎, 孙九林, 苏奋振, 等. 地理信息科学发展与技术创新应用. 地理学报, 2020, 75(12): 2593-2609.]
- [52] Wang Jiayao, Sun Qun, Wang Guangxia, et al. *Principles and Methods of Cartography*. Beijing: Science Press, 2006. [王家耀, 孙群, 王光霞, 等. 地图学原理与方法. 北京: 科学出版社, 2006.]

- [53] Jiang Bingchuan, Xia Qing, Yue Liqun, et al. Design of 3D military symbols based on the 3D map symbol visual variable theory. *Science of Surveying and Mapping*, 2009, 34(6): 159-161. [蒋秉川, 夏青, 岳利群, 等. 基于三维地图视觉变量理论的三维符号设计. *测绘科学*, 2009, 34(6): 159-161.]
- [54] Hu Shengwu. Basic theory research on three-dimensional map symbols. *Science of Surveying and Mapping*, 2010, 35(6): 17-19. [胡圣武. 三维地图符号的基本理论研究. *测绘科学*, 2010, 35(6): 17-19.]
- [55] Wang Yingjie, Yu Zhuoyuan, Su Ying, et al. The main frames and achievements in adaptive geo-visualization system research. *Science of Surveying and Mapping*, 2005, 30(4): 7-8, 92-96. [王英杰, 余卓渊, 苏莹, 等. 自适应空间信息可视化研究的主要框架和进展. *测绘科学*, 2005, 30(4): 7-8, 92-96.]
- [56] Huang Weikai, Chen Ling, Chen Gencai. Multi-user collaborative exploration of map and decision-making on a multi-touch tabletop. *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*, 2010, 40(Suppl.2): 242-247. [黄伟恺, 陈岭, 陈根才. 基于多点触控桌的多用户协同地图浏览与决策. *东南大学学报(自然科学版)*, 2010, 40(Suppl.2): 242-247.]
- [57] Zhu Lin, Wang Shengkai, Yuan Weishun, et al. An interactive map based on gaze control. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, 45(5): 736-743. [朱琳, 王圣凯, 袁伟舜, 等. 眼动控制的交互式地图设计. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2020, 45(5): 736-743.]
- [58] Newbury R, Satriadi K A, Bolton J, et al. Embodied gesture interaction for immersive maps. *Cartography and Geographic Information Science*, 2021, 48(5): 417-431.
- [59] Zhang Fengjun, Dai Guozhong, Peng Xiaolan. A survey on human-computer interaction in virtual reality. *Scientia Sinica (Informationis)*, 2016, 46(12): 1711-1736. [张凤军, 戴国忠, 彭晓兰. 虚拟现实的人机交互综述. *中国科学: 信息科学*, 2016, 46(12): 1711-1736.]
- [60] Wu Xiuyun, Wang Haijiang, Xu Dijun, et al. Research and application of multi-view map based simulation side. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2014, 37(3): 213-214, 224. [吴秀芸, 王海江, 徐狄军, 等. 基于多视角侧视仿真地图的研究与应用. *测绘与空间地理信息*, 2014, 37(3): 213-214, 224.]
- [61] Zhu Yuanyuan, Zhu Qing, Zhang Yeting, et al. Automatic extraction of contours of buildings on oblique view maps based on 3D city models. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2015, 44(9): 1036-1041. [朱园媛, 朱庆, 张叶廷, 等. 侧视地图中建筑物轮廓线提取的三维城市模型法. *测绘学报*, 2015, 44(9): 1036-1041.]
- [62] Adabala N. A technique for building representation in oblique view maps of modern urban Areas. *The Cartographic Journal*, 2009, 46(2): 104-114.
- [63] Hu Zhenyu, Deng Yi, Ren Fu, et al. Design and implementation of online dynamic water conservancy thematic map system. *Journal of Geomatics*, 2020, 45(3): 84-87. [胡振宇, 邓轶, 任福, 等. 在线动态水利专题地图系统设计与实现. *测绘地理信息*, 2020, 45(3): 84-87.]
- [64] Kuai Xi, He Biao, Luo Heng, et al. Three-dimensional map of urban space and its application to smart cities. *Journal of Geomatics*, 2021, 46(1): 66-70. [蒯希, 贺彪, 罗恒, 等. 城市空间三维地图及其在智慧城市中的应用. *测绘地理信息*, 2021, 46(1): 66-70.]
- [65] Ying Shen, Hou Siyuan, Chen Yebin, et al. Virtuality and reality of game maps. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 2085-2095. [应申, 侯思远, 陈业滨, 等. 游戏地图的虚与实. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2022, 47(12): 2085-2095.]
- [66] Jiang B, Ormeling F J. Cybermap: The map for cyberspace. *The Cartographic Journal*, 1997, 34(2): 111-116.
- [67] Ai Tinghua. Maps adaptable to represent spatial cognition. *National Remote Sensing Bulletin*, 2008, 12(2): 347-354. [艾廷华. 适宜空间认知结果表达的地图形式. *遥感学报*, 2008, 12(2): 347-354.]
- [68] Chen Yufen. Mental map and its role in map design. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 1995, 12(4): 290-293. [陈毓芬. 心象地图及其在地图设计中的作用. *解放军测绘学院学报*, 1995, 12(4): 290-293.]
- [69] Hua Yixin. Introduction to the topological maps. *Map*, 1989(3): 39-42. [华一新. 拓扑地图介绍. *地图*, 1989(3): 39-42.]
- [70] Böttger J, Brandes U, Deussen O, et al. Map warping for the annotation of metro maps. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2008, 28(5): 56-65.
- [71] Avelar S. Visualizing public transport networks: An experiment in Zurich. *Journal of Maps*, 2008, 4(1): 134-150.
- [72] Richter K F, Peters D, KuhnMünch G, et al. What Do Focus Maps Focus On? *Spatial Cognition Vi: Learning, Reasoning, and Talking about Space: International Conference Spatial Cognition*. Berlin: Springer, 2008: 154-170.
- [73] Sun Min, Chen Xiuwan, Zhang Feizhou. Geo-ontology. *Geography and Geo-Information Science*, 2004, 20(3): 6-11, 39. [孙敏, 陈秀万, 张飞舟. 地理信息本体论. *地理与地理信息科学*, 2004, 20(3): 6-11, 39.]
- [74] Chen Jianjun, Zhou Chenghu, Wang Jingui. Advances in the study of the geo-ontology. *Earth Science Frontiers*, 2006, 13(3): 81-90. [陈建军, 周成虎, 王敬贵. 地理本体的研究进展与分析. *地学前缘*, 2006, 13(3): 81-90.]
- [75] Miao Jinhua, Wang Jiayao, Cheng Yi, et al. Overview and trend analysis of geo-ontology. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 2014, 31(6): 653-658. [苗瑾花, 王家耀, 成毅, 等. 地理本体研究综述及趋势分析. *测绘科学技术学*

- 报, 2014, 31(6): 653-658.]
- [76] Tambassi T. A geographical taxonomy for geo-ontologies. *Axiomathes*, 2017, 27(4): 355-374.
- [77] Tambassi T. What kind of ontological categories for geo-ontologies? *Acta Analytica*, 2019, 34(2): 135-144.
- [78] Bharambe U, Durbha S S. Adaptive Pareto-based approach for geo-ontology matching. *Computers and Geosciences*, 2018, 119: 92-108.
- [79] Zeng Xingguo, Du Qingyun, Peng Zifeng, et al. An ontology based online thematic mapping service model. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2012, 37(3): 358-361. [曾兴国, 杜清运, 彭子风, 等. 本体驱动下的网络专题地图制图服务模型. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2012, 37(3): 358-361.]
- [80] Gao Jun. Let's take another look at map. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2009(1): 1-5. [高俊. 换一个视角看地图. *测绘通报*, 2009(1): 1-5.]
- [81] Kobakian S, Cook D, Roberts J. Mapping cancer: The potential of cartograms and alternative map displays. *Annals of Cancer Epidemiology*, 2020, 4(9): 1-17.
- [82] Webb R. A popular perspective. *Nature*, 2006, 439: 800.
- [83] Sun H, Li Z L. Effectiveness of cartogram for the representation of spatial data. *The Cartographic Journal*, 2010, 47(1): 12-21.
- [84] Wu Mingguang, Sun Yanjie, Lv Guonian. Cartographic style transfer: Idea, review and envision. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 2069-2084. [吴明光, 孙彦杰, 闰国年. 地图风格迁移: 概念、综述与展望. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2022, 47(12): 2069-2084.]
- [85] Zhou Mengjie, Wang Rui, Mai Shumin, et al. A new design mode of legend: legend visualization. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2019, 28(1): 14-21. [周梦杰, 王睿, 买淑敏, 等. 地图图例设计的新模式: 图例可视化. *测绘工程*, 2019, 28(1): 14-21.]
- [86] Dykes J, Wood J, Slingsby A. Rethinking map legends with visualization. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 2010, 16(6): 890-899.
- [87] Wang Jiayao. The progress and trend of automatic generalization of spatial data. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 2008, 25(1): 1-7, 12. [王家耀. 空间数据自动综合研究进展及趋势分析. *测绘科学技术学报*, 2008, 25(1): 1-7, 12.]
- [88] Wu Fang, Gong Xianrong, Du Jiawei. Overview of the research progress in automated map generalization. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2017, 46(10): 1645-1664. [武芳, 巩现勇, 杜佳威. 地图制图综合回顾与展望. *测绘学报*, 2017, 46(10): 1645-1664.]
- [89] Wang Di, Qian Haizhong, Zhao Yuzhe. Review and prospect: Management, multi-scale transformation and representation of geospatial data. *Journal of Geo-information Science*, 2022, 24(12): 2265-2281. [王迪, 钱海忠, 赵钰哲. 综述与展望: 地理空间数据的管理、多尺度变换与表达. *地球信息科学学报*, 2022, 24(12): 2265-2281.]
- [90] Cabello S, Berg M D, Kreveld M V. Schematization of networks. *Computational Geometry: Theory and Applications*, 2004, 30(3): 223-238.
- [91] Agrawala M, Stolte C. Rendering effective route maps: Improving usability through generalization. *Computer graphics and interactive techniques*, 2001.
- [92] Lan T, Li Z L, Ti P. Integrating general principles into mixed-integer programming to optimize schematic network maps. *International Journal of Geographical Information Science*, 2019, 33(11): 2305-2333.
- [93] Dong Weihua, Guo Qingsheng, Liu Jiping, et al. Progressive generalization research of schematic road network maps. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2007, 32(9): 829-832, 837. [董卫华, 郭庆胜, 刘纪平, 等. 道路网示意性地图的渐进式综合研究. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2007, 32(9): 829-832, 837.]
- [94] Halliday M A K. *An Introduction to Functional Grammar*. Beijing: Foreign Language Teaching and Research Press, 2008.
- [95] Lin Zhengjun, Tang Wei. The embodied philosophical foundation of language metafunction. *Modern Foreign Languages*, 2019, 42(4): 462-474. [林正军, 唐玮. 语言元功能的体验哲学基础. *现代外语*, 2019, 42(4): 462-474.]
- [96] Liu Jiping, Wang Yong, Hu Yanzhu, et al. A review of web-based ubiquitous geospatial information discovery and integration technology. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2022, 51(7): 1618-1628. [刘纪平, 王勇, 胡燕祝, 等. 互联网泛在地理信息感知融合技术综述. *测绘学报*, 2022, 51(7): 1618-1628.]
- [97] Liu Jingnan, Zhan Jiao, Guo Chi, et al. Data logic structure and key technologies on intelligent high-precision map. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2019, 48(8): 939-953. [刘经南, 詹骄, 郭迟, 等. 智能高精地图数据逻辑结构与关键技术. *测绘学报*, 2019, 48(8): 939-953.]
- [98] Massow K, Kwella B, Pfeifer N, et al. Deriving HD maps for highly automated driving from vehicular probe data. 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). Rio de Janeiro: IEEE, 2016: 1745-

1752.

- [99] Yan Haowen, Zhang Liming, Du Ping, et al. We-map: A new type of map in the era of we media. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 2016, 33(5): 520-523. [闫浩文, 张黎明, 杜萍, 等. 自媒体时代的地图: 微地图. *测绘科学技术学报*, 2016, 33(5): 520-523.]
- [100] Montello D R. Cognitive Research in GIScience: Recent Achievements and Future Prospects. *Geography Compass*, 2009, 3(5): 1824-1840.
- [101] Gao Jun, Cao Xuefeng. The new development direction of cartography promoted by spatial cognition. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2021, 50(6): 711-725. [高俊, 曹雪峰. 空间认知推动地图学学科发展的新方向. *测绘学报*, 2021, 50(6): 711-725.]
- [102] Zheng Shulei. The theory, map tools and development directions of geographis spatial cognition. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2021, 50(6): 766-776. [郑束蕾. 地理空间认知理论与地图工具的发展. *测绘学报*, 2021, 50(6): 766-776.]
- [103] Franke C, Schweikart J. Mental representation of landmarks on maps: Investigating cartographic visualization methods with eye tracking technology. *Spatial Cognition & Computation*, 2017, 17(1/2): 20-38.
- [104] Manson S M, Kne L, Dyke K R, et al. Using eye-tracking and mouse metrics to test usability of web mapping navigation. *Cartography and Geographic Information Science*, 2012, 39(1): 48-60.
- [105] Dong Weihua, Liao Hua, Zhan Zhicheng, et al. New research progress of eye tracking-based map cognition in cartography since 2008. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(3): 599-614. [董卫华, 廖华, 詹智成, 等. 2008年以来地图学眼动与视觉认知研究新进展. *地理学报*, 2019, 74(3): 599-614.]
- [106] Lakoff G, Johnson M. *Metaphor We Live By*. Chicago: University of Chicago Press, 2003.
- [107] Wu M G, Qiao L G. Designing metaphorical multivariate symbols to optimize dockless bike sharing. *The Cartographic Journal*, 2022, 59(3): 220-238.
- [108] Su Shiliang, Wang Lingqi, Du Qingyun, et al. Fundamental theoretical issues of metaphorical map. *Journal of Geo-information Science*. (2022-12-29) [2023-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5809.P.20221228.1741.001.html>. [苏世亮, 王令琦, 杜清运, 等. 隐喻地图的基本理论问题. *地球信息科学学报*. (2022-12-29) [2023-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5809.P.20221228.1741.001.html>.]
- [109] You Xiong, Jia Fengli, Tian Jiangpeng, et al. The machine map and its conceptual model. *Journal of Geo-information Science*. (2023-03-09) [2023-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5809.P.20230308.1038.002.html>. [游雄, 贾奋励, 田江鹏, 等. 机器地图及其概念模型. *地球信息科学学报*. (2023-03-09) [2023-03-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5809.P.20230308.1038.002.html>.]
- [110] You Xiong, Tian Jiangpeng. Research on geographical battlefield environment model facing autonomous platform. *Journal of System Simulation*, 2020, 32(9): 1645-1653. [游雄, 田江鹏. 面向无人自主平台的战场地理环境模型研究. *系统仿真学报*, 2020, 32(9): 1645-1653.]
- [111] Dai Zhimei, Hua Chen, Tong Lei, et al. Virtual-physical relationship of future urban space: Based on the evolution of technology. *City Planning Review*, 2023, 47(2): 20-27. [戴智妹, 华晨, 童磊, 等. 未来城市空间的虚实关系: 基于技术的演进. *城市规划*, 2023, 47(2): 20-27.]
- [112] Ding Weijie, Liang Ronghua, Sun Guodao, et al. Research progress of crime data visualization. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2023, 35(7): 979-989. [丁伟杰, 梁荣华, 孙国道, 等. 犯罪数据可视化研究进展. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2023, 35(7): 979-989.]

Evolution of maps from a linguistic perspective

YU Fengyize^{1,2,3}, TANG Guoan^{1,2,3}, LU Dingyang^{1,2,3}, LIN Xiaofen^{1,2,3},

HU Guanghui^{1,2,3}, SHEN Jie^{1,2,3}, WU Mingguang^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Ministry of Education, Nanjing Normal University,

Nanjing 210023, China; 2. School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China;

3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: As the second language of geography, maps have similar structure, function, and property to the natural language. The linguistic mechanisms of the map symbol are the focus of the previous map language research, however, the connotation and characteristics of the map language are still hardly studied from the perspective of geography. Additionally, with the development of information technology and the advent of the big data era, the concept of "pan-map" has been proposed and further developed, which brings noticeable changes and new features to the forms and contents of the map representation. Firstly, we analyzed the linguistic connotation of geographical language based on linguistic theory and indicates that, from the perspective of geography, the concept of map language should be shifted from the linguistics of map symbol to the entire map system. Then, we further examined the linguistic connotations of map, and elucidated the concept generalization of the modern map language, specifically, the concept generalization of the "signifier" and "signified". Next, from the perspective of geographical language, we explored the phonetic, semantic, and syntactic structures of map, along with the evolutionary characteristics of language structures during the map evolution process. Finally, we analyzed the meta-functions of map language by analogy with the concept of meta-functions in linguistics, that is ideational function, interpersonal function, and textual function. We also found the new characteristics of functional aspects that emerge during the map evolution, including new features manifested by maps in terms of information carrying, information dissemination, cognitive and simulation function. From the perspective of linguistics, we studied the geographic language property of the map and its evolution, which deepens the understanding of the language mechanisms of maps and offer a new paradigm for research in geographic linguistics.

Keywords: geographical language; cartography; map linguistics; map evolution; pan-map