引文格式:刘慧敏,曾颖,邓敏.泛地图时代的地理场景地图认知研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(3):425-435.DOI:10.13203/j.whugis20250102

Citation: LIU Huimin, ZENG Ying, DENG Min. Cognitive Research on Geographic Scene Map in Pan-Map Era[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2026, 51(3):425-435.DOI:10.13203/j.whugis20250102

泛地图时代的地理场景地图认知研究

刘慧敏[1] 曾 颖[1] 邓 敏[1]

1 中南大学地球科学与信息物理学院,湖南 长沙,410083

摘 要:在信息化时代,大众化的制图需求拓展了地图学的内涵,催生出集科学、艺术和实用于一体的泛地图。从人类地理空间认知的视角出发,建立地理场景地图制图的理论与方法,对于完善泛地图的表达体系、提升地图知识服务能力具有重要研究价值。首先,论述了地图向地理场景转化的内在逻辑;然后,以现有典型地图产品为例,阐述了地理场景地图的内涵与形式化表达框架;最后,在地理空间多层次认知机制的驱动下,提出了地理场景地图的设计原则与实现思路。

关键词:泛地图;地理空间认知;地理场景地图;情境表达

中图分类号:P208 **文献标识码**:A **收稿日期**:2025-08-19

DOI:10.13203/j.whugis20250102 **文章编号**:1671-8860(2026)03-0425-11

Cognitive Research on Geographic Scene Map in Pan-Map Era

LIU Huimin[1] *ZENG Ying*[1] *DENG Min*[1]

1 School of Geosciences and Info-physics, Central South University, Changsha 410083, China

Abstract: **Objectives**: In the era of information, the popularization of mapping requirements has been extending the connotation of cartography, and has brought out a novel form of maps with the characteristics of scientificity, artistry and practicability, namely the pan-map. From the perspective of geospatial cognition, constructing theories and methodologies of geographic scene map will be of great value for both improving representation system of the pan-map and promoting the knowledge service abilities of maps. **Methods**: In this case, we firstly expound the inner logic of integrating the geographic scene into mapping process. Then, through constructing the relationship between geographic scene elements and geospatial information, the connotation and formalized representation framework of geographic scene maps are both elaborated by utilizing the method of typical case analysis. Finally, driven by the mechanism of multi-level geospatial cognition, the design principles and realization route of geographic scene maps are proposed. **Results**: (1) Geographic space plays the role of providing unified spatial reference for geographic scene. Geographic scene can be characterized by spatial distribution, association relationship and evolution process of geographic entities. Contextualized expression is the critical mean of visually depicting abstract information, such as social economic, history culture, and so on, which can enhance the geospatial information transmission from element description to meaning construction. (2) The geographic scene map is derived from the visualization of geographic scene elements, including time, place, person, thing, event and phenomenon. These elements have multi-dimension geospatial features, such as spatial location, geometrical morphology, thematic attribute, and so on, which are the ones to be exhibited using contextualized visual language. The feedbacks of users further guide the optimization of geographic scene map. (3) The progressive relationship between intuition, feeling, perception, sensation, awareness and cognition constitute the mechanism of multi-level geospatial cognition. Based on this mechanism, geographic scene map designing should satisfy

基金项目:国家自然科学基金(42471487,42171441)。

第一作者:刘慧敏,博士,教授,研究方向为地图智能综合、地理场景制图。lhmgis@csu.edu.cn

通信作者:邓敏,博士,教授。dengmin@csu.edu.cn

five core principles, namely sensory adaptability, semantic clarity, task orientation, cognition support and intuition optimization, for the purpose of balancing scientificity and artistry. (4) There are multiple targets of map designing, including space perception, multi-scale exhibition, mental representation, dynamic inference and context dependency, which can promote the decision support quality of geographic scene maps. Two typical map products, Riverside Scene at the Qingming Festival and the Disneyland Park Map, fully illustrate that geographic scene maps become important mediums for spatial decision with both functionality and emotionality. **Conclusions:** The occurrence of pan-maps are extending the researches of contemporary cartography. Geographic scene can comprehensively present the inter-relation among geographic entities in the real world. From the perspective of pan-map, constructing geographic scene maps has the potential of enabling upgrades from visual perception experience to psychological context building, from geographic information description to geographic knowledge inference, from static visualized map-reading to dynamic interactive decision-making.

Key words: pan-map; geospatial cognition; geographic scene map; situational expression

地图是人类抽象描述与深刻认知现实世界的重要工具[1-3]。传统地图主要基于特定数学法则与符号语言概括地理信息,反映自然地理环境、社会经济状态等的空间分布、关联关系与演化趋势[4-6]。随着传感器、云计算、互联网等技术的蓬勃发展,海量多源异构地理大数据极大地丰富了地图的科学内涵,社交媒体平台的普及催生了以应用需求为导向的大众制图模式,促使地图服务向广泛的社会生活领域延伸扩展,地图表达呈现出前所未有的形式多样、信息多元、技术智能、场景自由、边界模糊等特点[7-11]。在形式上,地图从传统的静态表现扩展为动态交互、艺术化、沉浸式表达;在信息层面,融合自然、社会、文化等多元要素,形成语义化与情境化的地图表达;在人工智能、云计算等技术的驱动下,地图制图向智能化、实时化升级;在服务场景中,地图已突破专业限制,广泛渗透至导航、教育、娱乐、社交等社会生活领域。另外,地图表达逐渐模糊了虚拟与现实、专业与大众的边界,成为跨学科研究与文化传播的重要媒介,开始从传统地理可视工具向综合认知载体演变。制图主体、用户类型、表现形式、应用需求的广义化为地图塑造了一种全新形态,即全面表达自然、人文、信息三元空间实体的泛地图[12-16]。

传统意义上的标准地图以地图投影、地理坐标、抽象符号、比例尺为理论核心,强调地图传输地理空间信息的科学性与客观性[2]。泛在信息时代,叙事地图、隐喻地图、示意地图、微地图、风格地图等类地图大量涌现,弱化了精确空间位置、地物形状、空间关系等严格约束,融入了对美学艺术元素的自由运用,开辟了大众制图的创新通道,其目的在于突出地图传达的主题信息,降低用户的认知负担。泛地图是标准地图与类地图的集合,对当今地图多元化内涵的共性进行了统一表达,体现了地图的科学性、艺术性与实用性的融合[12]。在现实世界中,各类虚实地理实体通过关联、交互、协同等相互作用构成不可分割的功能结构综合体,即地理场景[17]。传统地图由于受图层化表达模型所限,人为割裂了多元地理实体间的有机联系,且多侧重于描述空间位置、几何形态、专题属性等显性的浅表信息,难以有效、直观地传输空间分布模式、事件关联规则、时空演化规律等隐性的深层次地理知识,从而影响用户对现实地理场景的感知认知与个体行为决策。因此,如何充分利用泛地图的全要素信息传输与多样化可视表达机制,系统构建符合人类认知习惯的地理场景地图,实现地图从表层信息向深层知识传递的升级,将成为当代地图学的重要研究方向[17-18]。

本文认为地理场景地图通过整合多源地理信息,采用虚拟场景构建或真实场景还原等方式实现地理空间信息的情境化视觉传达,使用户能够沉浸式地感知和理解地理现象或事件,是泛地图的一种重要表现形式。其中,情境化表达将空间信息进行情境嵌入,增强用户对地理场景的直观认知与情感共鸣,是地理场景地图区别于传统地图的核心特点。当前已有相关研究关注对地理场景地图的技术实现与案例解析,例如,由故宫博物院与国际商业机器公司联合开发的数字化文化遗产保护与传播工程——虚拟故宫项目[19],融合地理信息系统、三维建模、虚拟现实等数字化技术,精确复原故宫的空间结构与建筑形态,并将其转化为兼具空间真实性、历史情境性和文化叙事性的动态地理场景,为用户提供沉浸式的文化体验。

但当前对地理场景地图的认知机制、设计逻辑及其在空间认知与行为决策中的作用,尚缺乏系统性研究。因此,本文从泛地图的视角探讨地理场景地图的本体内涵、形式表达、设计思路及决策价值(见图1),为完善泛地图的概念描述体系与统一表达准则提供理论支撑。

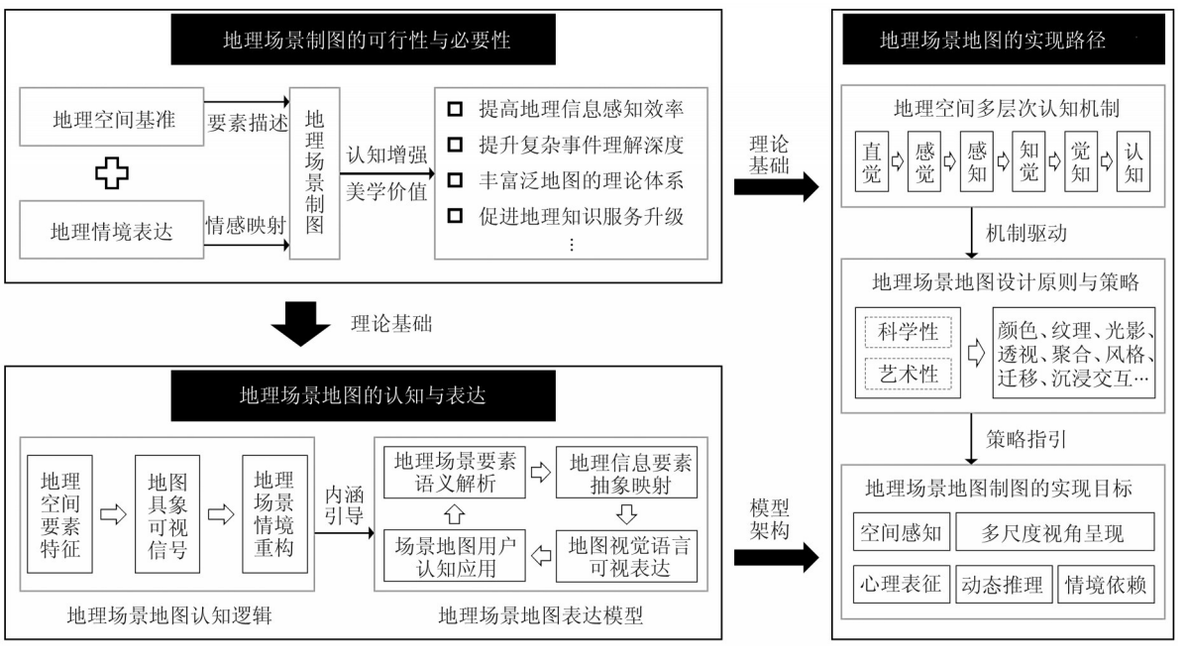


图1　地理场景地图认知与设计的研究框架

Fig. 1　Research Framework of Cognition and Designing for the Geographic Scene Map

1　地图向地理场景转化的内在逻辑

1.1　地理空间与地理场景的辩证关系

地理空间是承载自然环境、人类活动、社会经济、地域文化等多维度要素的复合载体,反映了地球表面各类地理实体的分布格局、关联关系以及动态变化[20]。

地图的本质是对复杂多维地理空间信息的符号化抽象表达,而地理场景则是现实景象在特定空间、时间和背景条件下的综合呈现[17],强调对地理空间的感官体验,尤其是视觉的即时感知。例如,城市街景图像就是对城市地理场景的写实展现。另外,地理场景具有动态性与瞬时性,例如,日间和夜间的城市街道地理场景具有显著差异。

在地理学领域,地理场景是对特定区域地理空间信息的感知与描绘[21],侧重对地理实体(如建筑物、道路、河流等)的形态结构及其各类关联关系的空间配置表现,不仅是对静态物理环境的感官呈现,同时涵盖对地理空间中人类活动、环境变化等动态过程的描述。以地理场景为基础,深度解读地理实体及其关联关系,赋予社会、文化、历史、情感等多维语义内涵,能够进一步激发地理空间的潜在生命力,以情境化表达的形式实现地理空间从要素性具象表征向情感化抽象认知的跃迁,如图2所示。例如,旅游地图大多以景点的空间分布及周边地理环境等要素性信息传递为核心,若叠加历史背景、文化符号、游客体验等多维信息,可赋予景点更深层次的历史记忆与文化意义,从而以情境化表达的形式形成具有情感共鸣与叙事价值的地理场景地图[22-23]。

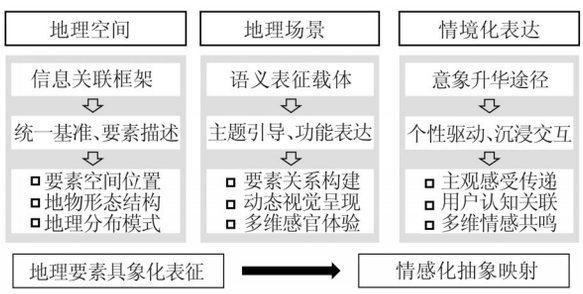


图2　地理空间-地理场景-情境化表达的内在逻辑关系

Fig. 2　Intrinsic Logical Relationship Among Geographic Space, Geographic Scene and Contextualized Expression

总而言之,地理空间为地理场景提供底层基础,地理场景是地理空间实体分布、关联关系及其变化过程的具象化表现。构建地理场景地图能够提升城市规划、环境管理、应急等领域分析决策的直观性与交互性。另外,情境化表达是刻

画社会经济、历史文化、人类情感等抽象信息的关键手段,进一步深化了地理场景的表达体系,引导用户从“看见”到“理解”、从“感知”到“共鸣”,实现地理空间的信息传递从要素性描述到意义性建构的升华,增强地理空间认知向行为决策响应的转化能力。

1.2 地图融入地理场景表达的必要性

传统的标准地图以“地”为主要研究对象,重在精确展示地理实体的空间分布和属性特征,是对现实复杂地理环境的抽象概括与简化表达[24-25]。在信息化时代,多元化、个性化的应用需求促使地图的服务群体从专业人员扩展到普通用户,用户更注重对地理场景的整体感知与主观体验,以更全面地感知地理空间信息,更深入地理解地理空间知识,更科学地做出逻辑推理决策。因此,泛地图时代的制图过程需要融入对地理空间信息的深层次加工,需要适当打破标准地图制作的规则约束,以更加灵活的方式表达多元地理实体通过有机关联构成的地理场景,深入揭示复杂地理现象或事件的动态演化规律,为用户提供可支持行为决策的地图知识服务。

地理场景地图的核心作用在于将地理实体多类型关联关系、地理现象或事件演化规律、主题情感体验等地理知识转化为易于感知和理解的视觉图形,更形象地呈现现实世界的复杂性、动态性和交互性,具体表现在:(1)融合三维建模、虚拟现实、数字孪生等技术,强调对地理场景的三维视觉动态呈现,增强用户在虚拟环境中的沉浸式体验,通过与地图进行深层次的互动来提升地理空间认知与决策的深度参与感。(2)交叉融合地理学、环境科学、城市学、社会学等多学科知识,整合地理环境、人类活动、社会经济等多源空间数据,结合用户与地理场景地图间的互动体验,提供更综合、更具情境感的空间理解。(3)将情感认同和文化价值融入地理场景地图的制图过程,例如,针对历史遗址、文化景点等地理场所,设计地理场景地图能够生动地传达场所的历史背景和文化意义,使地图成为蕴含人文色彩的文化载体。(4)灵活定制地理场景地图,降低用户的读图负担,提升地图应用的普适性,满足信息化时代多样化的应用需求。例如,在城市土地利用场景中,动态模拟并可视化不同政策影响下的用地未来演化状态,可为城市规划决策提供直观的具象依据;在旅游叙事场景中,利用设计学视觉语言精准传达景点分布、特色美食、主题事件、文化价值等地理场景要素信息,能够提高个性化游览路线的定制效率,提升游客游览过程的沉浸式体验感。

因此,为有效满足城市规划、环境监测、教育科普、文化遗产保护、智慧旅游等众多领域对地图的个性化应用需求,需要融入对地理场景的逻辑认知与视觉表达,构建兼具实用功能与美学价值的地理场景地图。利用多元化、动态化和交互式的传达机制,提升不同领域用户对海量地理空间信息的感知效率,增强对复杂地理现象与事件的理解深度,丰富泛地图的理论框架与产品体系,促进地图从地理信息服务向地理知识服务的升级。

2 地理场景地图的认知与典型案例解析

2.1 地理场景地图的基本内涵

地理场景是指在特定的时间条件下,区域内自然环境、社会经济、人类活动等多类型地理信息通过关联组合而形成的具有特定功能的有机综合体[17]。地理场景地图旨在通过设计合理的符号体系与风格布局,将空间位置、几何形态、语义描述、属性特征、关联关系、演化过程等抽象的多维度地理信息转换为具象的可视信号,实现对特定时间、空间中地物布局、地理现象、社会事件等地理场景要素信息的动态情境化表达。

地理场景地图根植于人类对地理空间认知的底层需求,从古代地图对地形地物、交通线路、土地资源、社会经济等各种类型地理实体的空间精确融合绘制,演进到现代地理信息系统对多图层地理要素信息的数字化表达,再到数字孪生、虚拟现实等新型建模技术的综合应用,已经成为直观展现地理空间要素分布、关联关系和演化过程的关键手段。随着移动互联网、大数据、物联网等技术的广泛应用,人类对地理空间的认知突破了物理环境视觉描述的限制,地理场景地图能够满足人类对环境、社会、文化、经济等多要素集成的地理空间的综合认知与行为决策需求。例如,融合交通流量、能源消耗、环境监测、商业活动等多部门地理信息,厘清城市各环节间的协同运行关系,构建城市场景画像,可为优化城市功能资源配置提供更加系统化的决策依据。另外,面向不同类型用户的应用需求,例如,城市规划者需要掌握土地利用、地形地貌、建筑设施、人口分布等信息,而普通居民则重点关注工作与各类生活设施的交通出行可达性,需要根据地理实体的重要程度针对性地设计个性化视觉表达方案,

为用户提供精准化的地理场景地图服务。

2.2　地理场景地图的形式化表达

构建地理场景地图的关键在于精准认知并表达地理场景要素(时间、地点、人物、事物、事件、现象)与地理空间信息(空间位置、几何形态、语义描述、属性特征、关联关系、演化过程)之间的映射表征关系,以此指导设计合适的视觉语言来传达地理场景要素相互耦合形成的有机综合体。因此,本文提出了一种地理场景地图的形式化表达模型,如图 3 所示。

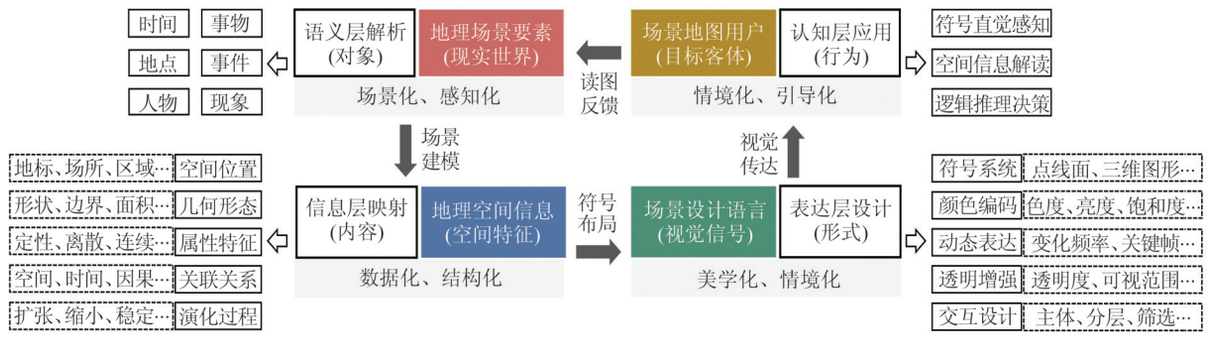


图 3　地理场景地图的形式化表达模型

Fig. 3　Formal Representation Model of the Geographic Scene Map

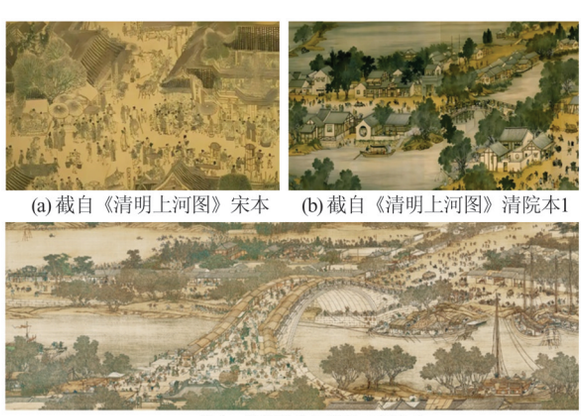
空间位置是有机关联地理场景要素的纽带,构成了地理场景地图的基本骨架。空间位置不仅依赖于地理空间的坐标系统,还可以基于相对位置和空间关系进行派生,几何形态就是对地理实体空间分布特征的细致描绘。“事物”(如建筑群)和“现象”(如局部降雨)通常通过几何形态来体现空间分布结构。属性特征用于定性或定量描述地理场景各个要素的专题内容,通过对不同类型属性特征的提取与分类,可以实现对地理场景要素的多维度刻画。语义描述主要用于表达“人物”“事物”“事件”“现象”等要素的深层次内涵,通过对事件发生背景、人物行为动因、现象分布特征等信息进行语义标注,赋予地理场景更丰富的认知价值。例如,在场景制图中,在展示地震震中位置和震级的基础上,还需要采用语义描述方式关联受灾区域的社会经济属性、人口分布和应急响应措施,从而为受灾群众提供更加全面和直观的认知框架。

除此之外,情境化作为地理场景地图的核心特征,其关键在于通过多维地理信息的时空融合,有效表达地理场景要素间的各类关联关系,揭示形成地理场景的内在关联机制,同时需要呈现“事件”与“现象”的动态演化过程,赋予地理场景地图以叙事特性。与叙事地图相比,地理场景地图更关注于构建并传达空间情境,通过空间视觉表达营造功能感知与情感氛围。具体而言,地理场景地图的空间组织以情境为中心,注重地理场景要素关联与整体氛围塑造,而时间要素通常处于可被意会感知的隐性状态,更多依赖于空间布局设计与符号化暗示进行表达。叙事地图则聚焦于时间与事件的逻辑叙述,其空间组织更强调事件的发展过程,二者具有相互融合的特性。因此,地理场景地图的情境化表达立足于语义描述与要素关联关系的构建,以满足用户的地理空间认知和行为决策需求。

2.3　地理场景地图的典型案例

2.3.1　典型案例 1:《清明上河图》

《清明上河图》是一幅高度情境化的地理场景地图,如图 4 所示,通过对清明节期间北宋都城汴京及其周边区域的设施空间布局、社会经济活动以及特色人文景观的叙事化写实进行符号表达,揭示特定历史时期的城乡社会经济运作逻辑和空间组织特征。



(a) 截自《清明上河图》宋本　(b) 截自《清明上河图》清院本1

(c) 截自《清明上河图》清院本2

图 4　《清明上河图》示例

Fig. 4　Example of *Riverside Scene at Qingming Festival*

在“时间”要素表达方面,《清明上河图》主要采用隐性手法将清明节这一传统节令嵌入地理场景。清明节承载祭祖扫墓的礼俗功能,亦是民

众踏青游览的时节,图中借助“人物”“地点”“事件”等要素的空间关联关系(如居民群体踏青、码头繁忙商贸等)进行情境化表达。各类要素以动态化视觉信号组合的形式传递了地图中事件时序发展的流动感,增强了场景地图的叙事功能。

针对“地点”要素,《清明上河图》主要利用手绘写实手段对汴河、虹桥、街市、乡村等典型地理实体进行还原描绘,展现北宋都城汴京的功能分布格局。例如,通过宽阔的河面以及河流与河岸、桥梁间构成的一体化连通布局,强化汴河在全图的空间主轴地位,反映水运网络在该时期经济发展中的核心地位及其对城市空间结构的塑造作用。

“人物”是《清明上河图》的主体要素,融合穿着服饰、举止形态等符号元素精细地刻画了涵盖多阶层、多职业的800余个动态人物。进而结合“人物”在特定“地点”与各类“事物”关联构成的行为活动,例如,商人在街市交易货物、工匠在船坞修理船只、船夫在汴河拉纤等,反映了社会阶层的空间分布和行为特征,赋予了地图对复杂社会系统的表达能力。

总体而言,《清明上河图》以汴河沿线水陆交通与商业活动为主线,采用主体强调、色彩对比、氛围烘托等手段,实现对虹桥货物装卸、码头商贸交易、乡村农耕运输等多个“事件”的串联式情境化表达。该图通过呈现经济活动的空间组织逻辑与城乡物资的流通过程,沉浸式地勾勒出汴京商业繁荣、水运交通发达、城乡功能互补、节庆文化浓厚等“现象”,强化了读图者对北宋时期区域经济一体化与社会文化多样性的视觉情感体验。

2.3.2 典型案例2:迪士尼乐园地图

迪士尼乐园地图综合符号化、叙事化与功能化的多重表达,构建了一个虚拟与现实交融的旅游地理场景,如图5所示。该图承载了情境化表达叙事的功能性与象征性,在为游客提供空间定位与行为引导的同时,也体现了空间结构、功能分布、人地关系的科学认知与理论应用。



(a) 主题园区分布地图 (b) 园区游览综合地图

图5 迪士尼乐园地图

Fig. 5 The Disneyland Park Map

在迪士尼乐园地图中,“时间”基于线性(如花车巡游路径)、瞬时性(如烟火表演)等方式得以具象化,利用植被符号与色彩变化传递“夏日游园”等特定时令的文化意涵,强化了空间的时序氛围,通过地图内容的动态更新展现了不同时序下的空间功能与情境氛围。

“地点”主要体现在功能分区与叙事结构的融合。其中,空间分区(如“梦幻世界”“明日世界”)用于构建不同的叙事主题,每个区域均采用特定的几何形态和空间位置强化其独特的情境特征。例如,“梦幻世界”以柔和曲线和中心对称的几何形态呈现出童话般的空间意象,“明日世界”则通过尖锐线条和未来科技感的布局传递出前瞻性与创新性。

“人物”是迪士尼乐园地图的核心叙事要素,重点借助米老鼠、小飞象等经典角色进行符号化呈现,并将其与游客以及空间区域标志性“事物”相结合。例如,“梦幻童话城堡”作为地标建筑“事物”,承载了人物角色与游客互动的叙事功能,强化了游客对乐园的情感认知和心理归属,使地图表达了超越传统地理信息的文化内涵。

对于“事件”要素,该地图融合节庆活动与特定事件(如角色见面会、巡游表演),将空间功能与游客体验紧密结合。这种“时间”与“事件”共同驱动的空间构建,拓展了地图的语义深度与情境特征,使游客在动态地理场景中能够获得叙事化的空间体验。

“现象”作为最具动态性的要素,其情境化表达主要体现在采用符号化与抽象化手段塑造空间氛围,包括巡游路线、灯光效果等,以优化游客的游玩体验。需要特别强调的是,“现象”表达具有高度抽象性,其空间分布与动态变化常以色彩梯度或写实符号进行呈现。另外,“现象”与其他要素的交互进一步强化了整体氛围,如烟火表演的灯光效果与城堡建筑的结合,提升了视觉与情感的沉浸式体验。

总体而言,《清明上河图》、迪士尼乐园地图均通过符号设计、色彩编码、主次对比、氛围表达等视觉传达手段,赋予地图中的时间、地点、人物、事物、事件、现象等要素以直观形象的视觉信号。此外,以空间布局与事件情节紧密结合的方式强化了对叙事逻辑的构建。例如,汴河沿岸的商贸活动通过人物形态符号来反映清明节背景下的经济文化繁荣,“星球大战”主题区通过颇具未来感的几何形态和科技符号体现科幻叙事。

这种符号体系与叙事逻辑的结合,构建出具有强烈区域文化象征、情境化特征与沉浸式空间认知体验的地理场景,使地图成为功能性与情感性兼备的空间决策媒介。

3　地理空间认知驱动的地理场景地图实现路径

地图的核心目标在于促进人类对地理空间信息的感知、记忆、分析和联想,通过高效的多尺度地理空间认知过程[26-27],实现对地理现象或事件空间格局、关联关系和动态变化的深入理解与推理,提高空间行为决策的可靠性[28-29]。

地理场景地图的构建需要以人脑对地理空间的认知机制为底层驱动,通过设计兼具科学规范性和美学艺术性的视觉传达策略,对地理场景要素的空间分布和动态演变过程进行集成融合和可视模拟,突破传统标准地图在地理空间认知与动态表达方面的局限性,为用户理解复杂地理现象或事件提供更加直观和全面的沉浸式体验。因此,本文提出了地理空间认知驱动的地理场景地图的设计原则与实现路径,如图 6 所示。

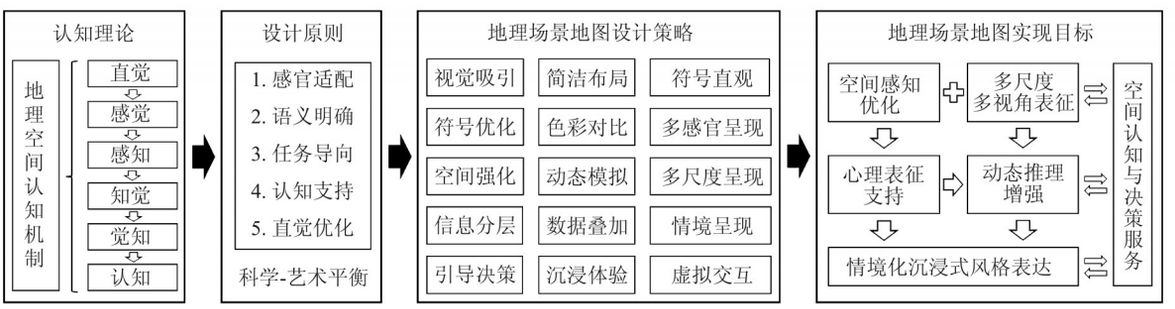


图 6　地理空间认知驱动的地理场景地图的设计原则与实现路径

Fig. 6　Design Principle and Implementation Path of the Geographic Scene Map Driven by Geospatial Cognition

3.1　地理空间的多层次认知机制

视觉是大脑接收外界信息最高效直接的感官通道,利用地图、图表、动画等可视形式将多尺度、多维度的空间数据转化为视觉信号,支撑用户对空间关系、分布结构、时空演化等各类地理空间模式的深层认知[30]。视觉信息处理具有“直觉→感觉→感知→知觉→觉知→认知”的多层次递进性(见图 7),这种心理与感官间的协同机制构成了地理空间认知的基础,帮助用户借助颜色、形状、大小等视觉变量组合,在动态交互式环境中形成对地理场景的综合认识,从而做出与应用需求相匹配的行为决策[31-34]。

具体而言,直觉是一种依赖经验积累和潜意识而做出的快速且无需逻辑推理的判断或推测,例如,个体基于地形特征,利用直觉快速判断通向目的地的可能路径。感觉是通过感官接收外界刺激的过程,可为地理空间认知提供原始信号,例如,基于视觉获取地形特征、道路分布、环境变化等地理信息。感知是对感觉信息的处理与整合,形成对外界事物的初步理解,例如,针对视觉接收的地形信息,经过感知可形成对地势起伏的基本认识。知觉涉及对外部信息的组织和解释,是感知的更高级阶段。例如,在读图任务中,用户在感知色彩和符号的基础上,通过知觉可以进一步理解符号代表的地理意义,如蓝色表示水体,绿色表示森林。觉知是对知觉的反思和意识化,反映了个体对认知过程的觉察,通常表现为对空间决策的主动控制。例如,在导航过程中意识到方位感的丧失,采取主动措施实施纠正。认知是对地理空间信息进行整合、加工与分析应用的高级心理过程,涵盖记忆提取、空间推理、决策制定等复杂过程,旨在实现对地理环境的全面理解与动态适应,支持个体构建心理空间地图,指导个体在地理空间中的高效行为决策。

综上所述,感觉和感知属于感官层次,负责从地理空间中获取环境信息;知觉和觉知属于理解和意识层次,强调空间关系的解读和主动意识的参与;认知属于高级信息处理层次,通过整合多源空间信息实现复杂分析、推理与决策;直觉则贯穿认知全过程,为快速判断和决策提供潜意识支持。这种多层次的地理空间认知机制是人类视觉认知复杂地理场景的底层逻辑,实现了从表层空间信息接收到深层空间语义理解、再到高级空间推理决策,为地理场景地图的设计提供了理论基础。

3.2　地理场景地图的设计原则

地理空间视觉认知是设计地理场景地图的核心驱动,地理场景地图的整体形式(如色彩运用和图形布局)需要契合视觉系统的处理机制与认知偏好,保证地图的直观性与易读性。同时,科学的制图方案(如信息的层次化组织和动态交

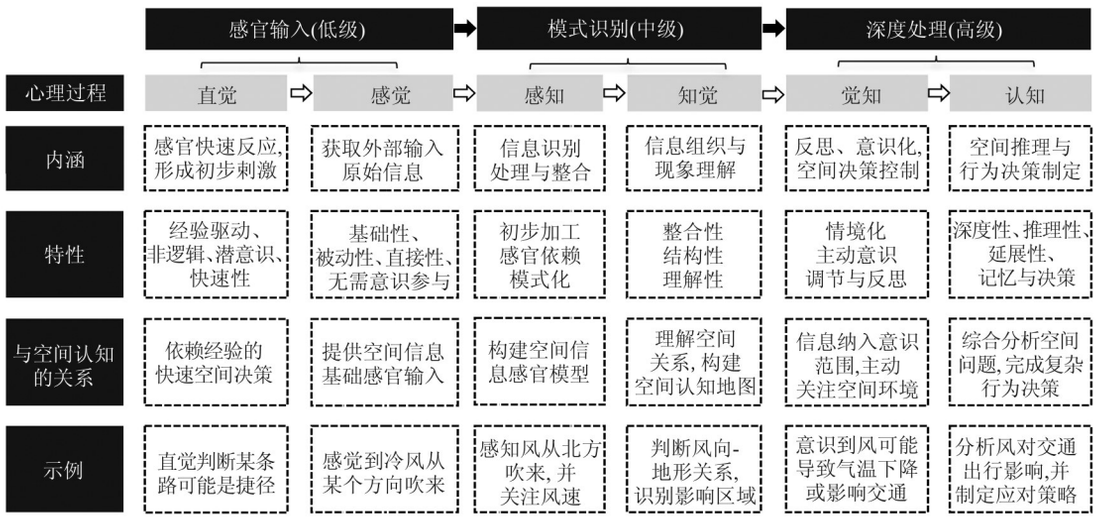


图7 地理空间的多层次认知机制

Fig. 7 Multi-level Mechanism of Geospatial Cognition

互设计)应该能够将关系推理、模式识别、变化发现等隐性的认知过程转化为显性的图形化表达,使地理空间认知过程可被观察、操作和优化,通过有效引导视觉注意力的分配来突出关键信息,降低信息处理的复杂性与视觉认知负荷,强化用户对复杂地理场景的可视认知能力。基于人类对地理空间的多层次视觉认知机制,科学系统的地理场景地图设计需要满足以下基本原则:

1)感官适配。地理场景地图的读图过程始于对地图符号、颜色、线条、图形布局等基本信息的感觉,并通过视觉感知识别道路、建筑物、山川河流等地理实体。因此,地理场景地图元素的设计需要符合人类感官的感知特性,如符号可辨、颜色对比等,注重视觉友好性与清晰度以降低感官负荷,确保地理空间信息的高效传递与感知准确。

2)语义明确。知觉赋予地图符号及其空间关系以语义,是对地理场景地图的内涵解读,例如,基于地图符号的空间分布来理解城市道路网络结构或区域土地利用布局。对地图符号系统进行标准化设计,能够增强地图语义信息的清晰性与一致性,提高用户对复杂地理场景的读图效率。

3)任务导向。觉知引导用户对地理场景地图中局部信息的主动关注,例如,在地理场景地图中,用户大多优先关注危险区域或疏散路线。为使地理场景地图能够有效满足用户的任务需求,需要在地图符号系统设计中重点突出关键空间信息,优化空间信息的层次结构与呈现方式,主动引导用户的觉知过程与注意力分配。

4)认知支持。认知是对地理空间信息的全面整合、深度推理与行为决策,例如,基于多源气象信息预测台风路径,或融合多类型交通状态信息选择最优出行路线。这要求地理场景地图需要对多维度的动态空间信息进行层级化、个性化展示,支持用户对复杂地理现象的综合分析与准确推理,尽可能降低地理空间高级认知与决策过程的视觉负担。

5)直觉优化。直觉贯穿地理空间认知与行为决策的全过程,例如,用户在导航中更多基于过往经验或地理空间认知习惯,直觉地选择看似更快捷的路线,而不依赖繁杂的推理计算。优化符号设计、界面布局与交互方式,是提升地理场景地图界面的直观性、支持用户在任务紧迫或信息不完备的情形下快速做出精准判断与决策的有力手段。

3.3 地理场景地图的设计策略与目标

地理空间认知是连接地图制图与行为决策的关键桥梁。符号复杂度、空间布局、色彩对比度、交互设计等因素决定认知负荷,可影响用户行为决策的效率[35-36]。本文认为地理场景地图的设计需要覆盖空间感知、多尺度呈现、心理表征、动态推理、情境依赖等多维度目标,从而为提升行为决策的质量提供深层次的知识服务。

地理场景地图需要强调真实感。视觉符号以图像形式存储,易于被快速记忆与提取[37]。对颜色纹理、光影效果、透视关系等视觉传达手段的有效利用,能够提高用户对地理场景的整体感知效率,帮助用户快速捕捉各要素的空间分布与关联关系,从而有效降低地理空间认知负荷[37-38]。另外,地理场景地图需要具备多尺度、多视角的动态切换功能。多尺度符合人脑的地理空间多层次认知机制,通过局部细节与整体结构的自由

切换,实现对多尺度地理空间信息的综合分析;多视角能够激活人脑的空间旋转与视点变换能力,增强用户对复杂地理场景认知的灵活性。

心理表征是人脑认知地理空间信息、理解地理场景的核心机制,包括对地理实体位置、形状等静态特征的认知,以及对地理事件演化态势、影响范围等动态过程的推理。在地理场景地图设计中,可借助邻近性、相似性、连续性、分离性等格式塔理论原则构建视觉信号,增强用户对地理场景的心理表征能力[39]。例如,基于邻近性与相似性将地标、建筑物等实体聚合为群组,形成对地理场景的整体认知;基于分离性能够高效区分前景(如路网)与背景(如社区)信息;连续性原则将离散信息整合为连续过程,强化用户对动态变化场景的推理。

地理场景地图的设计还需要寻求科学与美学的平衡性,通过嵌入情境化表达与动态可视增强机制,借助地图风格迁移等智能化技术,赋予地理场景地图以故事叙述、氛围营造、情感共鸣等美学艺术价值[40-43],增强用户对动态地理场景的沉浸式交互体验,实现要素多样化、信息不完备等复杂地理场景下的综合认知与精准决策。

综上所述,地理场景地图为信息感知、语义认知与空间决策提供视觉载体,用户的地理空间认知能力、目标任务需求与行为决策模式反向影响地理场景地图设计的迭代优化。地理场景地图的双向交互设计机制体现了地图制图与用户决策的深度耦合,是泛地图时代提升地图知识服务价值最直接有效的途径。

4　结　语

地图是人类直观感知自然与社会事物空间分布特征、认知地理过程时空演化规律的第一语言。在大数据人工智能时代,多样化、大众化的应用需求极大地丰富了地图的科学内涵、表现形式、服务场景与用户类型,衍生出叙事地图、风格地图、微地图等形态崭新的类地图,与传统标准地图共同构成兼具科学性、艺术性与实用性的泛地图,当代地图学研究得到进一步拓展。

地理场景是综合呈现现实世界地理实体有机联系的重要载体,从泛地图的视角构建地理场景地图将为情境式交互决策提供更深层次的知识服务支撑。本文从地理空间与地理场景间的内在辩证关系出发,充分论证了在地图中融入地理场景表达的必要性;基于地理场景解构并结合典型案例,阐述了地理场景地图的内涵与表达模型;受地理空间多层次认知机制的启发,凝练出地理场景地图的设计在感官接收、语义理解、任务引导、认知推理、直觉决策等方面需要遵循的原则,围绕制图目标提出了地理场景地图的设计策略,旨在实现从视觉感知体验到心理情境构建、从地理信息描述到地理知识推理、从静态可视读图到动态交互决策的升级。

未来,在时空大数据分析、地理知识图谱、实景三维建模等新兴技术的协同助力下,地理场景地图将在城市管理、智能导航、灾害应急等众多领域表现出巨大的应用潜力。例如,面向重大灾害应急防控需求,整合气象、交通、人口等多源信息构建地理场景地图,能够快速、直观、动态地呈现受灾区域的损失程度与可用救援资源的空间分布,同时通过推理来预测潜在的高危险区域,将地图从“看得见”升级为“认得透”“辨得准”,极大地提升对次生灾害风险预警的时效性,以“身临其境”的全新模式辅助应急部门高效率地开展灾后处置与资源调配工作。另外,随着大模型时代的到来,充分融合地图学理论、生成式人工智能技术与脑认知科学,构建“人-机-图”三元协同的地理场景智能制图的全新范式,或将成为未来地图制图学理论与方法研究的主流发展趋势。

参　考　文　献

[1] 王家耀. 地图科学技术:由数字化到智能化[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 1963-1977.
WANG Jiayao. Cartography: From Digital to Intelligent [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 1963-1977.

[2] 王家耀, 陈毓芬. 理论地图学[M]. 北京: 解放军出版社, 2000.
WANG Jiayao, CHEN Yufen. The Theory of Cartography [M]. Beijing: PLA Press, 2000.

[3] 董卫华, 刘毅龙, 黑巧松, 等. 泛地图空间认知理论与方法研究框架[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 2007-2014.
DONG Weihua, LIU Yilong, HEI Qiaosong, et al. Research Framework of the Theories and Methods for Pan-Map Spatial Cognition [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 2007-2014.

[4] 郭仁忠, 林浩嘉, 贺彪, 等. 面向智慧城市的GIS框架[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(12): 1829-1835.
GUO Renzhong, LIN Haojia, HE Biao, et al. GIS Framework for Smart Cities[J]. *Geomatics and In-*

formation Science of Wuhan University, 2020, 45(12): 1829-1835.

[5] 艾廷华. 大数据驱动下的地图学发展[J]. 测绘地理信息, 2016, 41(2): 1-7.
AI Tinghua. Development of Cartography Driven by Big Data[J]. *Journal of Geomatics*, 2016, 41(2): 1-7.

[6] 周成虎. 全息地图时代已经来临: 地图功能的历史演变[J]. 测绘科学, 2014, 39(7): 3-8.
ZHOU Chenghu. The Era of Holographic Maps Has Arrived: The Historical Evolution of Map Functions[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2014, 39(7): 3-8.

[7] 李千千, 苏世亮. 数智媒介下叙事地图的基本理论问题: 概念界定、叙事结构与意义生成机制[J/OL]. 武汉大学学报(信息科学版), 2025. https://doi.org/10.13203/j.whugis20250261.
LI Qianqian, SU Shiliang. Fundamental Theoretical Issues of Narrative Maps Under Digital-Intelligent Media: Definition of Concepts, Narrative Structure, and Meaning-Generating Mechanism[J/OL]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2025. https://doi.org/10.13203/j.whugis20250261.

[8] 齐如煜, 尹章才, 顾江岩, 等. 高精地图的知识图谱表达[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2024, 49(4): 651-661.
QI Ruyu, YIN Zhangcai, GU Jiangyan, et al. Knowledge Graph Expression of High Definition Map[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2024, 49(4): 651-661.

[9] 王海鹰, 闫浩文, 田江鹏, 等. 后现代哲学视野下的微地图[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 2026-2037.
WANG Haiying, YAN Haowen, TIAN Jiangpeng, et al. WeMaps in the Perspective of the Post-Modernist Philosophy[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 2026-2037.

[10] 任福, 翁杰, 王昭, 等. 关于智能地图制图的几点思考[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 2064-2068.
REN Fu, WENG Jie, WANG Zhao, et al. Some Thoughts on Smart Cartography[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 2064-2068.

[11] 吴明光, 孙彦杰, 闾国年. 地图风格迁移: 概念、综述与展望[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 2069-2084.
WU Mingguang, SUN Yanjie, LÜ Guonian. Cartographic Style Transfer: Idea, Review and Envision[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 2069-2084.

[12] 遥鹏, 侯晓彤, 李志林, 等. 基于可视化维度的泛地图表达机制[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 2015-2025.
TI Peng, HOU Xiaotong, LI Zhilin, et al. Construction of Pan-Map Representation Mechanism Based on Visualization Dimension System[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 2015-2025.

[13] 郭仁忠, 陈业滨, 赵志刚, 等. 泛地图学理论研究框架[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(1): 9-15.
GUO Renzhong, CHEN Yebin, ZHAO Zhigang, et al. A Theoretical Framework for the Study of Pan-Maps[J]. *Journal of Geomatics*, 2021, 46(1): 9-15.

[14] 闾国年, 袁林旺, 俞肇元. 信息地理学: 地理三元世界的新支点[J]. 中国科学: 地球科学, 2022, 52(2): 374-376.
LÜ Guonian, YUAN Linwang, YU Zhaoyuan. Infogeography: A New Fulcrum of the Geographic Tripartite World[J]. *Scientia Sinica (Terrae)*, 2022, 52(2): 374-376.

[15] 郭仁忠, 陈业滨, 应申, 等. 三元空间下的泛地图可视化维度[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2018, 43(11): 1603-1610.
GUO Renzhong, CHEN Yebin, YING Shen, et al. Geographic Visualization of Pan-Map with the Context of Ternary Spaces[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2018, 43(11): 1603-1610.

[16] 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[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2022, 47(12): 1978-1987.
GUO Renzhong, CHEN Yebin, ZHAO Zhigang, et al. Scientific Concept and Representation Framework of Maps in the ICT Era[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2022, 47(12): 1978-1987.

[17] 闾国年, 俞肇元, 袁林旺, 等. 地图学的未来是场景学吗?[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(1): 1-6.
LÜ Guonian, YU Zhaoyuan, YUAN Linwang, et al. Is the Future of Cartography the Scenario Science?[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2018, 20(1): 1-6.

[18] 高俊. 地图的空间认知与认知地图学[M]. 北京: 测绘出版社, 1992.
GAO Jun. Spatial Cognition of Maps and Cognitive Cartography[M]. Beijing: Surveying and Mapping

Press, 1992.

[19] 陈枫, 王峰. VR/AR技术在虚拟博物馆游览系统中的应用研究:以故宫博物院为例[J]. 大众文艺, 2020(4): 61-62.
CHEN Feng, WANG Feng. Research on the Application of VR/AR Technology in Virtual Museum Tour Systems: A Case Study of the Palace Museum [J]. *Art and Literature for the Masses*, 2020(4): 61-62.

[20] HEI Q S, YANG T Y, DONG W H, et al. Leveraging Psychology and Neuroscience for Geospatial Cognition Research[J]. *Annals of GIS*, 2025, 31(1): 1-13.

[21] 应申, 侯思远, 苏俊如, 等. 论游戏地图的特点[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(9): 1334-1343.
YING Shen, HOU Siyuan, SU Junru, et al. Characteristics of the Game Map[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, 45(9): 1334-1343.

[22] PASE A, PRESTI L L, ROSSETTO T, et al. Pandemic Cartographies: A Conversation on Mappings, Imaginings and Emotions [J]. *Mobilities*, 2021, 16(1): 134-153.

[23] CAQUARD S, CARTWRIGHT W. Narrative Cartography: From Mapping Stories to the Narrative of Maps and Mapping [J]. *The Cartographic Journal*, 2014, 51(2): 101-106.

[24] KAINZ W. Cartography and the Others: Aspects of a Complicated Relationship[J]. *Geo-spatial Information Science*, 2020, 23(1): 52-60.

[25] PEUQUET D J. Representations of Space and Time [M]. New York: Guilford Press, 2002.

[26] TOLMAN E C. Cognitive Maps in Rats and Men[J]. *Psychological Review*, 1948, 55(4): 189-208.

[27] BAI T Y, PENG C, WU Y L, et al. Not Simply a Circle: Directional You-Are-Here Symbol Design Improves the Usability of Indoor Layout Maps[J]. *Cartography and Geographic Information Science*, 2023, 50(2): 214-231.

[28] 艾廷华. 适宜空间认知结果表达的地图形式[J]. 遥感学报, 2008, 12(2): 347-354.
AI Tinghua. Maps Adaptable to Represent Spatial Cognition[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2008, 12(2): 347-354.

[29] LIAO H, ZHANG C B, ZHAO W D, et al. Toward Gaze-Based Map Interactions: Determining the Dwell Time and Buffer Size for the Gaze-Based Selection of Map Features[J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2022, 11(2): 127.

[30] WARE C. Information Visualization: Perception for Design[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2021.

[31] EVANS G W, FELLOWS J, ZORN M, et al. Cognitive Mapping and Architecture[J]. *Journal of Applied Psychology*, 1980, 65(4): 474-478.

[32] MACEACHREN A M. How Maps Work: Representation, Visualization, and Design [M]. New York: Guilford Press, 1995.

[33] KESSLER F C, BATTERSBY S E. Cognition and Perception of Map Projections: A Literature Review[J]. *Cartography and Geographic Information Science*, 2024, 51(4): 533-548.

[34] KRESS G R, VAN LEEUWEN T. Reading Images: The Grammar of Visual Design [M]. New York: Routledge, 1996.

[35] FISH C S. Elements of Vivid Cartography[J]. *The Cartographic Journal*, 2021, 58(2): 150-166.

[36] BI Y C. Dual Coding of Knowledge in the Human Brain [J]. *Trends in Cognitive Sciences*, 2021, 25(10): 883-895.

[37] SWIENTY O. Attention Guiding Geovisualisation: A Cognitive Approach of Designing Relevant Geographic Information[D]. Munich: Technical University of Munich, 2008.

[38] HAN Z X, WANG L Q, ZHANG J Y, et al. Map Design for Public Health Emergencies: A Novel Conceptual Framework for Thematic Content Selection [J]. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 2021, 5(2): 25.

[39] WAGEMANS J, ELDER J H, KUBOVY M, et al. A Century of Gestalt Psychology in Visual Perception: I. Perceptual Grouping and Figure-Ground Organization[J]. *Psychological Bulletin*, 2012, 138(6): 1172-1217.

[40] BOGUCKA E P, MENG L Q. Projecting Emotions from Artworks to Maps Using Neural Style Transfer [J]. *Proceedings of the ICA*, 2019, 2: 1-8.

[41] WU M G, SUN Y J, LI Y Q. Adaptive Transfer of Color from Images to Maps and Visualizations[J]. *Cartography and Geographic Information Science*, 2022, 49(4): 289-312.

[42] CHRISTOPHE S, MERMET S, LAURENT M, et al. Neural Map Style Transfer Exploration with GANs [J]. *International Journal of Cartography*, 2022, 8(1): 18-36.

[43] CHENG M M, LIU X C, WANG J, et al. Structure-Preserving Neural Style Transfer [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2020, 29: 909-920.