

DOI:10.13203/j.whugis20180066



文章编号:1671-8860(2019)08-1124-07

VR移动城市导航地图设计中的空间认知要素

方浩¹ 宋章通¹ 杨流¹ 马义涛² 秦前清³

1 中国地质大学(武汉)艺术与传媒学院,湖北武汉,430074

2 中国核电工程有限公司郑州分公司,河南郑州,450000

3 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北武汉,430079

摘要:虚拟现实(virtual reality,VR)环境中,移动导航地图设计中的空间认知要素是影响用户导航绩效的重要因素。借鉴现实环境中移动城市导航地图设计原则,将空间认知要素分为有、无空间认知价值两种,引入VR环境,探究不同搜索任务中两种要素对导航绩效的影响,并分析性别及被试空间认知能力差异造成的效果差别,以期提出VR环境中移动城市导航地图的界面设计原则。研究表明,与现实环境一致,VR移动城市导航地图设计中,有、无空间认知价值的要素存在差异,有空间认知价值的要素可显著提高被试导航绩效;在目标搜索任务中,被试性别存在差异,男性被试使用无空间认知价值的实验地图导航绩效显著高于女性;被试在空间认知能力上不存在差异。该研究结果可为VR移动导航地图的界面设计提供依据。

关键词:虚拟现实;移动导航地图;空间认知要素;导航绩效

中图分类号:P208

文献标志码:A

虚拟现实(virtual reality,VR)技术已经广泛应用于生产生活的众多领域,但由于眩晕、视角等问题,人们在VR环境中的空间认知及导航过程可能与现实环境存在差异^[1]。目前VR环境中导航的相关研究主要集中于导航策略和定向方面^[2-3],也有学者从空间认知的角度出发研究VR环境中导航地图的设计原则^[4]。总体来说,VR环境中移动导航地图^[5]设计中空间认知要素的相关研究较为匮乏。现实环境中移动城市导航地图相关研究发现,路线名称、拐点地标信息和地标名称是对空间认知有价值的设计要素,而路段实际长度、拐点角度和地标经纬度则是对空间认知无价值的设计要素。在VR虚拟环境中是否同样如此,仍需进一步探究。

为此,本文设计验证性实验,探究现实环境中移动城市导航地图空间认知要素的研究结论是否适用于VR环境,及其在性别和空间认知能力上的差异,为VR环境中移动城市导航地图的设计提供理论依据,进而设计更为高效的移动城市导航地图。另外,对VR环境中移动导航地图设计中的空间认知要素进行个体差异研究,了解不同群体之间的需求差异,以便于设计兼具包容性

且满足个性化需求的VR移动城市导航地图。研究表明,与现实环境一致,VR移动城市导航地图设计中有、无空间认知价值的要素存在差异,有空间认知价值的要素可显著提高被试导航绩效;在目标搜索任务中,被试性别存在差异,男性被试使用无空间认知价值的实验地图导航绩效显著高于女性;被试在空间认知能力上不存在差异。

1 研究内容及思路

1.1 空间认知要素

空间认知是人类对自身与环境位置、距离、方向、运动等空间属性的认知^[6]。在导航过程中,人会不断地借助自身位置以及环境中的空间认知要素进行空间信息加工,空间认知要素是人对环境进行空间认知的基本对象^[7]。城市意象学提出了5个城市空间认知的基本要素,即路径、边缘、街区、节点和地标;其中地标是重要的点状标志物,是最基本、最有价值的空间认知要素^[8]。地标主要是指大型环境中具有显著特点的对象或结构,在导航行为中,总是以地标作为定位、定向和路径识别的参考点^[9]。

收稿日期:2018-12-18

项目资助:国家重点研发计划(2016YFB0502200);中国人类工效学学会-津发科技优秀青年学者联合研究基金(CES-KF-2016-2018);中国地质大学研究生教育教学改革研究项目(YJG2018217)。

第一作者:方浩,博士,副教授,主要从事位置导航信息设计研究。fanghao@cug.edu.cn

地图是辅助导航及空间认知的重要工具^[10],在地图中,不同要素及要素不同信息的呈现具有不同的空间认知价值。对于移动导航地图,宁永香等^[11]认为地标、路段和路线概观是地图信息可视化的重点,是具有重要空间认知价值的地图设计要素,地图简化时应保持原图的拓扑关系,但长度、角度等几何数据允许一定的失真。基于认知心理学的研究成果和现实生活经验也表明,对寻路或导航过程有空间认知价值的地理信息是路线经过的每一路段的名字、拐弯点的数据资料以及沿途的路标资料,而路段长度、角度和形状等几何数据对移动用户导航并不重要^[12]。

1.2 个体差异

对空间认知个体差异的研究主要集中在性别与个体空间认知能力方面。研究者发现,性别会对导航方式和寻路策略产生影响^[13-14],男性善于从整体上把握全局地图,擅长使用定向策略;而女性则更关注局部特征,擅长使用路线策略。有学者进一步研究指出,对不擅长使用定向策略的男性而言,标志导航最佳,而对擅长使用定向策略的男性而言,导航方式对寻路绩效的影响不显著;对女性而言,导航方式对寻路影响显著,其中标志导航最佳。也有相关研究表明,无论基于何种参照系及地图朝向方式,高空间认知能力被试的导航效率总是优于低空间认知能力被试^[15]。因此,个体性别和空间认知能力也可能是影响VR环境移动导航地图设计要素有、无空间认知价值的重要因素。

1.3 地图导航任务

目前,基于地图空间认知的导航任务实验研究主要采用两种参照系,一是自我参照系,主要参照观察者自身进行空间认知,例如观察者的位置等;二是环境参照系,主要参照环境中的空间信息进行认知,例如地标等^[16]。进一步研究表明,基于地图的导航过程需要完成由自我参照系到环境参照系的转化。导航任务主要分为目标搜索、引物搜索、单纯搜索与探索4种,其中目标搜索是自我参照系的导航任务,地图常定位为前进向上模式,地图上显示导航路径、起点和终点,引物搜索是环境参照系的导航任务,地图常定位为北向上模式,地图上的导航路径、起点和终点消失^[15]。

总体上看,国内外对现实环境中关于移动导航空间认知要素的研究已较为成熟,而对VR环境中移动导航地图的空间认知要素的研究还较为缺乏,空间认知与导航的相关规律有待进一步

发掘和探索,研究环境从现实转移至虚拟已逐渐成为了一种新的趋势。基于此,本文设计研究思路如图1所示。

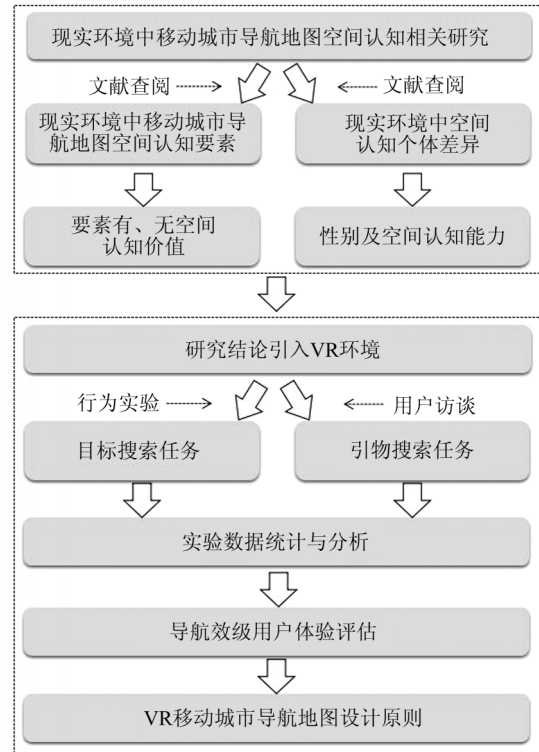


图1 研究思路图

Fig. 1 Flowchart of Research Route

2 研究对象与方法

2.1 实验对象

2016年上半年发布的《中国VR用户行为研究报告》(<http://www.199it.com/archives/458393.htm>)显示,VR用户以20~40周岁用户为主。因此,本研究选取来自中国地质大学(武汉)多个专业的学生,总计80名,年龄在20~28岁之间,其中男性与女性各40人。使用心理切割测试问卷(mental cutting test, MCT)测量被试的空间认知能力。对分组按照27%原则进行高低分组,前27%被试为高空间认知能力,后27%被试为低空间认知能力,并进行 t 检验,结果显示 $t=16.212$, $p<0.001$,高低分组之间差异显著,分组有效。分别筛选出高、低空间认知能力的男性、女性各10名。所有被试均未参加过类似实验,报告无3D眩晕症,现实环境中使用移动导航地图经历。

2.2 实验设计

本研究主要采用3因素混合实验:2(性别:男、女) \times 2(被试空间认知能力:高、低) \times 2(地图设计的空间认知要素:有、无空间认知价值),选

取导航时间作为实验因变量。在实验过程中,被试在VR城市环境中手持有/无空间认知价值要素设计的移动导航地图完成导航任务并记录导航时间。基于前人关于地图导航任务的研究^[15]及移动导航地图的实际应用场景,本研究选取目标搜索与引物搜索两种导航任务进行实验。在目标搜索任务中,被试需根据路径引导完成任务,从起点出发到达中途目的地后再到达最终目的地。引物搜索任务中,地图上的导航路径、起点和两个目的地消失,被试进行搜索任务回到前一个任务中的出发点。实验后辅以访谈,以了解被试的导航过程和策略,以及在实验中的导航感受和体验。

2.3 实验设备与材料

1)头盔。本实验采用HTC Vive 头盔套装设备,HTC Vive屏幕单眼有效分辨率为1 200×1 080,双眼合并分辨率为2 160×1 200,画面刷新率为90 Hz,数据显示延迟为22 ms。

2)问卷。MCT是国际公认的空间认知能力测试问卷,问卷中对不同形状的物体进行不同角度的切割,需要被试判断切割面的实际形状^[17]。具体题项如图2所示。

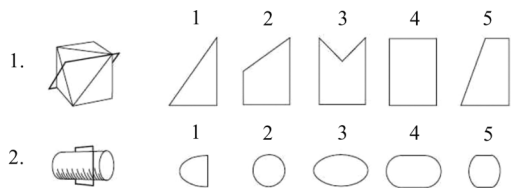


图2 MCT 测试题项
Fig.2 MCT Test Item

3)VR环境。实验采用虚拟城市环境,如图3所示,包括物理组成相似的3种VR环境:练习环境、有空间认知价值移动导航地图对应的城市环境和无空间认知价值移动导航地图对应的城市环境。



图3 虚拟实验环境
Fig.3 Virtual Experimental Environment

4)实验地图。除研究所需的自变量外,实验中所使用的移动导航地图从界面配色到布局等均模拟百度地图,如图4所示。在有空间认知价值的移动导航地图中,地图显示路段名称、转弯点地标信息和地标名称;在无空间认知价值的移动导航地图中,地图显示路段实际长度、转弯点角度和地标经纬度。为避免被试对实验环境产生记忆,两次实验地图材料中显示的起点与终点并不相同,但其中路径的总距离、转弯点数量相同。

2.4 实验过程

将被试随机分为两组,每组各20人,一组先采用有空间认知价值要素设计的地图,后采用无空间认知价值要素设计的地图,另一组则顺序相反。首先,被试佩戴VR设备进行调试;然后,引导被试进入练习环境,根据要求完成一个简单的导航任务,该数据不计入结果中;之后进入正式实验,被试需要在VR环境中逐个完成有、无空间认知价值两个要素的导航任务,在每个实验中都执行目标搜索与引物搜索两种导航任务,分别记录每个任务的执行时间。为避免对实验环境产生记忆,被试完成第一个实验后间隔至少24 h方可进行下一实验。

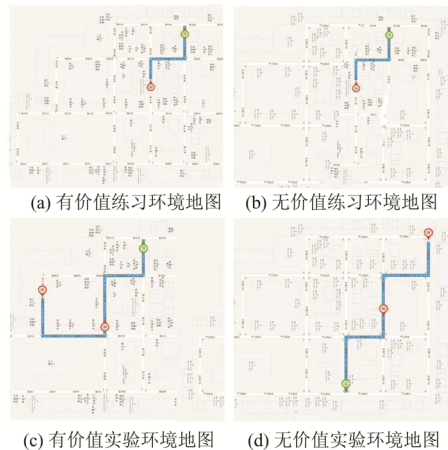


图4 实验导航地图
Fig.4 Experimental Navigation Map

3 结果与分析

3.1 全部任务导航时间

本文以完成全部导航任务的时间为因变量指标,进行2×2×2重复测量方差分析。在本实验中,全部任务导航时间=目标搜索导航时间+引物搜索导航时间,探究全部任务导航时间有助于分析被试在沉浸式VR环境中导航的总体情况。首先进行F检验,得到 $p=0.563, p>0.05$ 时,方差齐性。进一步进行F检验后发现,空间认知

要素有/无空间认知价值的主效应显著, $F(1, 36)=10.629, p=0.002, p<0.005$; 性别的主效应不显著, $F(1, 36)=3.281, p=0.078$; 空间认知能力的主效应不显著, $F(1, 36)=1.579, p=0.217$; 有/无空间认知价值与性别的交互作用不显著, $F=0.910, p=0.347$; 有/无空间认知价值与空间认知能力的交互作用不显著, $F=0.183, p=0.671$; 有/无空间认知价值与性别、空间认知能力的三重交互作用不显著, $F=0.555, p=0.461$ 。

3.2 目标搜索任务导航时间

以完成目标搜索任务的时间为因变量指标, 进行重复测量方差分析, 首先进行 F 检验, $p=0.054, p>0.05$, 方差齐性。检验后发现, 有/无空间认知价值的主效应不显著, $F(1, 36)=3.036, p=0.09$; 性别的主效应显著, $F(1, 36)=4.917, p=0.033$; 空间认知能力的主效应不显著, $F(1, 36)=2.239, p=0.143$; 有/无空间认知价值与性别的交互作用显著, $F(1, 36)=6.018, p=0.019, p<0.05$; 有/无空间认知价值与空间认知能力的交互作用不显著, $F=1, p=0.996$; 有/无空间认知价值、性别与空间认知能力的三重交互作用不显著, $F=0.633, p=0.432$ 。

因有/无空间认知价值与性别的交互作用显著, 为进一步探究两种因素分别是在何种水平上产生差异, 继续进行简单效应检验。结果表明, 女性在VR环境中使用有、无空间认知价值设计的移动导航地图时存在显著差异, $p<0.05$; 男性无显著差异, $p>0.05$ 。在使用有空间认知价值的移动导航地图时, 男女无显著差异, $p>0.05$; 在使用无空间认知价值设计的移动导航地图时, 男女存在显著差异, $p<0.05$ 。以上结果表明, 在沉浸式VR环境中, 女性进行自我参照系任务时, 使用无空间认知价值的移动导航地图所花费的导航时间(117.93 ± 46.7 s)要显著高于有空间认知价值的导航时间(98.4 ± 26.65 s); 使用无空间认知价值的移动导航地图进行自我参照系任务时, 女性花费的时间(117.93 ± 46.7 s)要显著高于男性(85.43 ± 25.19 s), 具体见表1、表2。

3.3 引物搜索任务导航时间

以完成引物搜索导航任务的时间为因变量指标, 进行重复测量方差分析, 首先进行 F 检验, $p=0.067, p>0.05$, 方差齐性。进行 F 检验后发现, 有/无空间认知价值的主效应显著, $F(1, 36)=7.023, p=0.012, p<0.05$, 这说明被试在沉浸式VR环境中进行环境参照系任务时, 使用有空间

表1 性别在空间认知价值水平上的简单效应检验

Tab 1 Simple Effect Test of Gender on the Level of Spatial Cognitive Value

性别	空间认知价值	标准误差	p
男	有	6.584	0.618
	无		
女	有	6.584	0.005
	无		

表2 空间认知价值在性别水平上的简单效应检验

Tab 2 Simple Effect Test of Spatial Cognitive Value on the Level of Gender

空间认知价值	性别	标准误差	p
有	男	9.094	0.295
	女		
无	男	11.897	0.010
	女		

认知价值的地图花费的时间(83.01 ± 24.57 s)显著低于无空间认知价值的地图(109.32 ± 67.37 s); 性别的主效应不显著, $F(1, 36)=0.620, p=0.436$; 空间认知能力的主效应不显著, $F(1, 36)=0.335, p=0.566$; 有/无空间认知价值与性别的交互作用不显著, $F=0.019, p=0.893$; 有/无空间认知价值与空间认知能力的交互作用不显著, $F=0.210, p=0.65$; 有/无空间认知价值与性别、空间认知能力的三重交互作用不显著, $F=1.357, p=0.252$ 。

3.4 访谈结果

被试报告在全部实验中均使用环境中路牌、转弯点信息和建筑物等空间认知手段。在有空间认知价值实验中, 被试同时借助地图上路段名称与地标名称来进行导航。无空间认知价值的实验中, 未有被试报告借助地图上路段长度与经纬度坐标来进行导航。在沉浸式VR环境中, 被试报告路牌的总词频为36次, 弯点信息为10次, 建筑物17次, 可见被试对于这3个空间认知要素的使用率依次为路牌>建筑物>转弯点信息。性别差异上, 多数女性被试倾向于利用环境中的路牌信息、转弯点信息与地图上的路段名称等, 而男性被试, 特别是在无空间认知价值实验中, 倾向于凭感觉导航。在空间认知能力水平上, 低空间认知能力的女性被试要明显比高空间认知能力的女性更多地借助环境中的路牌、转弯点信息和建筑物等空间认知手段; 而男性被试在空间认知能力水平上不存在明显差异。

4 讨论

4.1 全部任务

根据对实验数据与访谈的综合分析可知,在沉浸式VR环境中进行导航任务时,有空间认知价值的地图设计要素可显著提高任务导航的效率。VR环境中,地图显示路段名称、转弯点地标信息和地标名称等有空间认知价值的要素,能使被试获得更为丰富的有空间认知价值的导航信息,进而与环境中的空间认知元素形成对应。一方面,根据信息加工理论,丰富的外界信息有助于人类的导航决策过程,可以极大提高导航的性能,同时有利于减轻用户在陌生环境下的心理压力与认知负荷,这与Burnett^[18]的研究一致。另一方面,有空间认知价值的要素以文字形式呈现,使用户感觉信息更清晰易用。而无空间认知有价值的路段实际长度、转弯点角度和地标经纬度等要素多以数字形式呈现,用户对于数字的敏感度不及文字,环境中的空间认知元素与地图对应困难,也会在一定程度上影响被试导航效率。

4.2 目标搜索任务

在目标搜索这种自我参照系任务中,地图上会显示导航路线与箭头指向,地图方向以被试前进向上为主,与自身方向一致,故被试大都能够按照导航线路完成搜索任务。女性在VR环境中进行自我参照系任务时倾向于利用环境中的路牌信息、转弯点信息与地图上的路段名称等形成对应,因此使用无空间认知价值要素设计的地图导航时间要显著高于有空间认知价值的地图。在无空间认知价值实验中,女性所花费的时间要显著高于男性,这可能与男女的空间认知风格差异有关,即女性更关注局部特征,更多使用路线策略,男性擅长使用定向策略,从整体上把握全局地图,不依赖环境中的局部具体信息^[13,19]。访谈中男性被试表达的凭感觉导航可能与此类似,因而在无空间认知价值的实验中基本没有受到影响。

4.3 引物搜索任务

在引物搜索任务中,地图自动切换为北向上定位模式,由于地图上没有显示导航路线,被试需要寻找适合自身的导航策略来完成搜索任务。在有空间认知价值实验中,大多数被试依据路牌、建筑物、转弯处信息以及地图上的空间认知要素进行导航,说明这些要素具有重要的空间认知价值,被试会将环境信息与地图内容进行对

应,从而判断自身所处位置与导航方向的正确性;在无空间认知价值实验中,地图使用率低下,部分被试甚至放弃使用,大多被试只能凭借地图之外的导航策略完成任务。因此,有空间认知价值的要素可以显著提高被试的导航绩效。

在上述研究基础上,本文可总结得出适用于VR环境的移动城市导航地图设计原则。首先是一致性原则,即VR环境中地图设计应基本遵循现实环境中的设计原则,采用和现实环境同样有空间认知价值的地图设计要素,如路段名称与地标名称等。其次,根据VR场景使用人群的定位差异,实现具有针对性、实用性的地图设计。例如,针对男性用户群体VR场景的地图设计可以适当简化局部信息,以提供全局地图为主,而女性则相反。另外,鉴于VR环境的特殊性,其视角、视野清晰度方面与现实环境不同^[20],故移动导航地图界面设计更应遵循易读性原则,如以文字代替数字、采用更大字体,简化地图信息的呈现等,以减轻用户认知负荷。

5 结语

本文从现实环境中移动城市导航地图设计的空间认知要素研究出发,进行VR环境中的验证性实验。结果表明,与现实环境一致,VR移动城市导航地图设计中的有、无空间认知价值的要素存在差异,有空间认知价值的要素可显著提高被试导航绩效;在目标搜索任务中,被试性别存在差异,男性被试在使用无空间认知价值的移动导航地图的导航绩效显著高于女性。不同空间认知能力的被试在导航时间上均未呈现差异,究其原因,首先可能是被试样本的筛选存在不足,本研究使用的MCT量表主要测量被试的心理旋转及心理切割能力等,并不能全面代表空间认知能力;其次可能是由于眩晕和视角等问题,被试在沉浸式VR环境与现实环境中感受不同,导致两种环境中被试空间认知能力存在差异;最后,由于技术条件的限制,实验中VR环境的搭建存在不足,也可能对实验造成一定程度的影响。因此,后续相关研究可从上述几个角度着手开展。

参 考 文 献

- [1] Shen Shen, Gong Jianhua, Li Wenhong, et al. A Comparative Experiment on Spatial Cognition Based on Virtual Travel Behavior [J]. *Geomatics and*

- Information Science of Wuhan University*, 2018, 43(11):1 732-1 738(申申, 龚建华, 李文航, 等. 基于虚拟亲历行为的空间场所认知对比实验研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2018, 43(11): 1 732-1 738)
- [2] Stanney K M, Mourant R R, Kennedy R S. Human Factors Issues in Virtual Environments: A Review of the Literature[J]. *Presence*, 2006, 7(4): 327-351
- [3] Riecke B E, Bodenheimer B, Mcnamara T P, et al. Do We Need to Walk for Effective Virtual Reality Navigation? Physical Rotations Alone May Suffice [M]//Spatial Cognition VII. Berlin, Heidelberg: Springer, 2010
- [4] Ilkay U, Ugur H, Kemal L. 3D Cognitive Map Construction by Active Stereo Vision in a Virtual World [M]. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004: 400-409
- [5] Li Deren. Brain Cognition and Spatial Cognition: On Integration of Geo-Spatial Big Data and Artificial Intelligence [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2018, 43(12): 1 761-1 767 (李德仁. 脑认知与空间认知——论空间大数据与人工智能的集成[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2018, 43(12): 1 761-1 767)
- [6] Liang Ningjian. Contemporary Cognitive Psychology [M]. Shanghai: Shanghai Education Publishing House, 2014: 26-33(梁宁建. 当代认知心理学[M]. 上海: 上海教育出版社, 2014: 26-33)
- [7] Gläscher J, Daw N, Dayan P, et al. States Versus Rewards: Dissociable Neural Prediction Error Signals Underlying Model-Based and Model-Free Reinforcement Learning [J]. *Neuron*, 2010, 66(4): 585-595
- [8] Lynch K. The Image of the City [M]. Massachusetts: The MIT Press, 2006: 46-68
- [9] Zhao Changkun. Understanding Human Spatial Navigation Behaviors: A Novel Cognitive Modeling Approach [D]. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2016
- [10] Shu Hong. The Being of Geographical Space [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2004, 29(10): 868-871(舒红. 地理空间的存在[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(10): 868-871)
- [11] Ning Yongxiang, Liu Zhaoqin, Xie Caixiang. Design of Mobile Navigation Digital Map Based on Space Cognitive Theory [J]. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2007, 16(2): 43-46(宁永香, 刘召芹, 谢彩香. 基于空间认知理论的移动导航电子地图设计[J]. 测绘工程, 2007, 16(2): 43-46)
- [12] Zhang Xiaonan, Jiang Nan, Feng Changqiang, et al. Research on Spatial Cognition of LBS Mobile Navigation Map [J]. *Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources*, 2013, 29(3): 3-5(张晓楠, 江南, 冯长强, 等. LBS移动导航地图的空间认知研究[J]. 地矿测绘, 2013, 29(3): 3-5)
- [13] Lawton C A. Gender Differences in Way-Finding Strategies: Relationship to Spatial Ability and Spatial Anxiety [J]. *Sex Roles*, 1994, 30(11-12): 765-779
- [14] Fang Huicong, Zhou Lin. The Effect of Gender, Wayfinding Strategy and Navigational Support on Wayfinding Behaviour [J]. *Acta Psychologica Sinica*, 2012, 44(8): 1 058-1 065(房慧聪, 周琳. 性别、寻路策略与导航方式对寻路行为的影响[J]. 心理学报, 2012, 44(8): 1 058-1 065)
- [15] Darken R P, Cevik H. Map Usage in Virtual Environments: Orientation Issues [C]. IEEE Virtual Reality Proceedings, Houston, USA, 1999
- [16] Roskosewoldsen B, Mcnamara T P, Shelton A L, et al. Mental Representations of Large and Small Spatial Layouts are Orientation Dependent [J]. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory & Cognition*, 1998, 24(1): 215-226
- [17] Li Ping. Study on the Relationship Between Graphics Education and Space Cognitive Ability Based on MCT [J]. *Journal of Graphics*, 2006, 27(3): 156-160(李平. 基于MCT测试评价图学教育与空间认知能力关系的研究[J]. 图学学报, 2006, 27(3): 156-160)
- [18] Burnett G E. "Turn Right at the King's Head" Drivers' Requirements for Route Guidance Information [D]. UK: Loughborough University of Technology, 1998
- [19] Coluccia E, Iosue G, Brandimonte M A. The Relationship Between Map Drawing and Spatial Orientation Abilities: A Study of Gender Differences [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2007, 27(2): 135-144
- [20] Xu Bingli, Jing Tao, Lin Hui, et al. CryEngine Based Virtual Geographic Environments Construction [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2017, 42(1): 28-34(徐丙立, 荆涛, 林珺, 等. 利用CryEngine构建虚拟地理环境[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2017, 42(1): 28-34)

Spatial Cognitive Elements of VR Mobile City Navigation Map

FANG Hao¹ SONG Zhangtong¹ YANG Liu¹ MA Yitao² QIN Qianqing³

1 School of Arts and Communication, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2 Zhengzhou Branch, China Nuclear Power Engineering Co Ltd, Zhengzhou 450000, China

3 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: The spatial cognitive element of virtual reality (VR) mobile navigation map is an important factor that affects navigation efficiency. Based on the analysis in the real environment, this paper divides spatial cognitive elements of mobile city navigation map into two kinds, with and without value. Then, it introduces the analysis conclusion into VR environment to explore the influence of spatial cognitive elements of mobile map design on navigation efficiency in different search tasks. This paper also analyzes the gender differences and the space cognitive ability differences of the effect to verify the applicability of the conclusions in the VR environment. Finally, we proposed the design principles of mobile navigation map in the VR environment. The result shows that: Consistent with the real environment, there are differences in spatial cognitive element with and without spatial cognitive value, and the elements with cognitive value can significantly improve the navigation efficiency. In the target search task, there are differences in gender. Men's navigation efficiency is significantly higher than women's when using the element without spatial cognitive value; there is no difference in spatial cognitive ability. The results of this study can provide the basis for the interface design of VR mobile navigation map.

Key words: virtual reality; mobile navigation map; spatial cognitive elements; navigation efficiency

First author: FANG Hao, PhD, associate professor, specializes in information interaction and navigation. E-mail: fanghao@cug.edu.cn

Foundation support: The National Key Research and Development Program of China, No. 2016YFB0502200; China Ergonomics Society-KingFar Joint Research Fund for Outstanding Young Scholars, No. CES-KF-2016-2018; China University of Geosciences Research Project on Teaching Reform of Postgraduate Education, No. YJG2018217.