

基于 E-Prime 的电子地图符号适应性 视觉阈值研究

吴增红¹⁾ 陈毓芬¹⁾ 王英杰²⁾

¹⁾(信息工程大学测绘学院, 郑州 450052) ²⁾(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要 电子地图显示与感受环境特征否定了传统纸质地图符号设计标准的适用性,在继承用户认知惯性的基础上,对电子地图符号进行基于屏幕视觉感受特征的实验研究,从而确定具有适应性的电子地图符号标准,对电子地图设计标准化、数据共享、自适应空间信息可视化、地理信息协作可视化具有重要意义。本文分析了屏幕分辨率对符号细节描述能力的差异,提出以像素为单位经 GDI+ 处理有利于符号的量化、艺术性设计;从电子地图符号视觉感受与可视化绘制的角度对地图符号图元进行划分,利于明确实验目标,提高实验结果的可用性;进行了基于 E-Prime 的电子地图符号图元视觉阈值实验,得到了各图元的视觉阈值,并依据提出的电子地图符号设计基本原则,实现了效果良好的电子地形图符号设计。

关键词 电子地图符号 视觉感受实验 图元 视觉阈值 E-Prime

中图法分类号: P283 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)04-582-07

A Study on Adaptive Visual Threshold of E-map Symbols Based on E-Prime

WU Zenghong¹⁾, CHEN Yufen¹⁾, WANG Yingjie²⁾

¹⁾ (Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052)

²⁾ (Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract The standards of traditional paper map symbols are inapplicable for electronic maps in new display and perception environment. Experimental studies of E-map symbols based on screen visual perception, to make new adaptive standards, are of great importance for E-map standardization, data sharing, adaptive spatial information visualization, and geo-information collaborative visualization. This paper analyzes the various screen sizes and resolutions, and points out that adopting pixel as the unit and GDI+ technique is beneficial for quantificational and artistic symbol design. It's helpful for making the goal clear and enhancing the usability of the experiment that splitting the symbols into meta-graphs from the point of their visual perception and drawing. At last, the authors find out the visual threshold of meta-graphs through the experiments based on E-Prime, and combining with the basic E-map symbol design principles, excellent topographic E-map symbols are acquired.

Keywords E-map symbols, visual perception experiment, meta-graph, visual threshold, E-Prime

基金项目: 资源与环境信息系统国家重点实验室开放基金“自适应空间信息可视化知识表达的机理研究”资助项目。

收稿日期: 2008-12-31; **改回日期:** 2009-03-05

第一作者简介: 吴增红(1981—),女。2007年获信息工程大学测绘学院地图学与地理信息系统博士研究生。研究方向为空间信息可视化、地图空间认知,已发表论文10篇。E-mail: wzh_81@163.com

0 引言

面对电子地图的多样化屏幕显示环境,现有纸质地图符号设计标准^[1]已不能满足电子地图用户感受与认知的需求。个性化、适人化的电子地图设计甚至需要满足显示设备与环境、用户需求等条件的自适应性。显示环境引发了电子地图视觉感受及符号显示计量单位的变化,若继续沿用纸质地图符号设计标准会导致符号间原有的视觉差异消失、尺寸改变、比例失调,致使符号绘制粗糙、可识别性减弱、美观性降低。在视觉实验基础上以像素为绘制单位的电子地图符号图式,则能避免以上问题。有学者曾实验研究小屏幕显示器上符号的尺寸阈值和显示密度^[2]。从电子地图符号视觉感受与绘制的角度划分地图符号图元能够进一步明确实验目标,即验证符号图元间的重要属性值:大小、间距、长宽、

密度等的视觉阈值,进而依据电子地图符号设计遵循的基本原则确定组合符号的以上属性值;此外,对图面点、线、面符号间的间距设置有重要参考价值,是地图空间关系认知的视觉基础。本文采用视觉刺激与反应的基本原理进行电子地图符号适应性视觉阈值研究,理论与实践证明 E-Prime 是非常有效的实验系统。

1 研究背景与目的

1.1 显示环境与分辨率

相对于纸质地图,电子地图的设计面临着更多困难,地图设计者无法控制地图显示终端的软硬件设备。单就显示设备而言,其种类多样,有台式机 CRT、液晶屏 LCD、投影仪、电视机、车载显示器等,如常用的液晶显示器尺寸和分辨率如表 1 所示。

表 1 常用液晶显示器(LCD)尺寸和分辨率

Tab. 1 Size and resolution of commonly used liquid crystal displays (LCD)

显示器尺寸	像素数	可视范围/mm	像素大小/mm	分辨率/(dot/inch)
17"	1 280 × 1 024	338 × 270	0.264	96
19"	1 280 × 1 024	376 × 301	0.294	86
20"	1 400 × 1 050	408 × 306	0.292	87
20"	1 600 × 1 200	408 × 306	0.255	100

分辨率表征了显示器描述图像细节的能力,用单位英尺包含的像素数(dot/inch)描述。96 dot/inch 分辨率下单位像素的平均直径为 0.26 mm,比纸质印刷时的分辨率低 10 倍。因此,像素矩阵显示不能足够精细地描述图像微小细节,而且不同分辨率设置也影响对地图符号微小细节的描述。

在常用的 96 dot/inch 分辨率下,一个像素的大小已经超过了人眼可察觉的尺寸。图 1 显示了 30 cm 远处阅读纸质地图人眼可以清晰分辨 0.09 mm,鉴于此纸质地图设计时要求白底黑实线粗至少为 0.1 mm;依据同样的原理计算机屏幕阅读距离 60 cm 时,单位像素的 0.26 mm 已超出了人眼能够分辨的 0.17 mm。这说明如果对比明显,人眼可以清晰分辨单个像素,但同时图像锯齿现象更加明显。

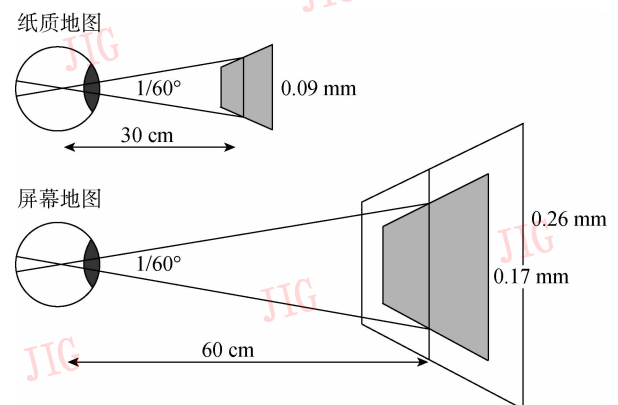


图 1 人眼的视觉机理^[3]

Fig. 1 Performance of the human eye

1.2 从纸质到屏幕显示的计量单位变化

为了增强屏幕地图可读性,需要充分考虑屏幕分辨率,并应用反走样技术^[4]。根据以上分析,与纸质地图相比,屏幕地图线状符号线宽更大,点状符

号最小值增大,各要素的间隔空间加大。

为了能够形象直观地绘制电子地图符号,目前的绘制系统大都采用可视化界面,多数仍以毫米为绘制单位,不同的是增加了毫米与像素的换算关系(如 1 mm = 40 pixel, 线宽 0.025 mm 转换为 1 pixel),当然也可以随意设置换算关系(如图 2)。同样线状符号绘制时也进行换算(如 0.1 mm = 1 pixel),其以毫米为单位绘制经 GDI+ 处理后的效果如图 3(左)。可见屏幕显示的最小单位为 1 pixel,0.1 mm,0.15 mm 时线宽都是 1 pixel 且其颜色值没有变化;0.16 mm,0.25 mm,0.3 mm 线宽实质上为 3 pixel,边缘两像素颜色逐渐加深;0.35 mm 时为 5 pixel。可见屏幕显示时线宽不是平滑渐变过程,而是跳跃与渐变的结合。

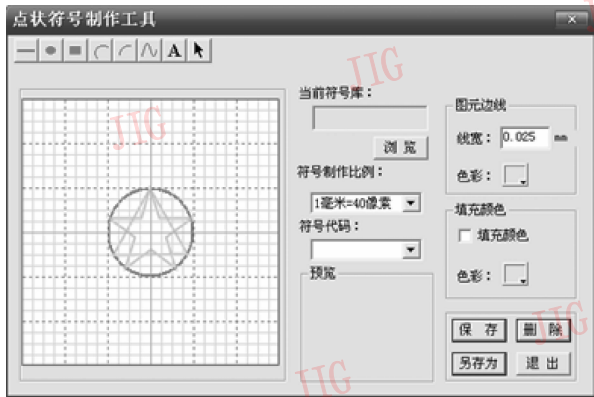


图 2 点状符号绘制中毫米与像素的换算关系
Fig. 2 The conversion between millimeter and pixel in drawing of point symbol

异消失、尺寸改变、比例失调,致使符号绘制粗糙、可识别性减弱、美观性降低,同时加大图幅负载量。若在视觉实验基础上制定以像素为绘制单位的电子地图符号图式,则能避免以上问题。以像素为单位绘制经 GDI+ 处理后的效果如图 3(右),线宽层次清晰,视觉差异明显,方便量化绘制。

1.3 图元划分

目前电子地图符号中点状、线状符号的形状设计基本沿用普通地图图式,面状符号的设计多采用色彩填充,减少了纹理变量的应用。因此主要针对点状、线状符号,从电子地图符号视觉感受与可视化绘制的角度进行图元划分(如表 2)。

表 2 电子地图符号图元归类表

Tab. 2 Meta-graphes of E-map symbol

图元		适用符号举例
圆形	无填充圆	
	半填充圆	
	填充圆	
三角形	无填充三角形	
	填充三角形	
矩形	无填充矩形	
	填充矩形	
星形		
圆弧		
箭头		
箭尾		
无间隔点	单虚线	
虚线	双虚线	
有间隔点	普通线段	
虚线	“工”字线段	
栅栏线		
实线	单实线	
	双实线	
城墙线		
文字	汉字、字母、数字	

1.4 研究目的

根据 Christopher 等人提出的新地图符号设计的基本要求^[5],电子地图符号设计应遵循以下基本原则:1) 继承纸质地图符号设计;2) 消除符号体系内部的混淆性;3) 符号含义清晰,具有易联想性。由于屏幕显示空间有限,分辨率低,电子地图符号设计难度增大:1) 要控制符号大小和繁简度,保持符号体系的一致性、平衡性和逻辑性;2) 要保持符号的清晰度,满足基本视觉感受要求;3) 要有细节上足

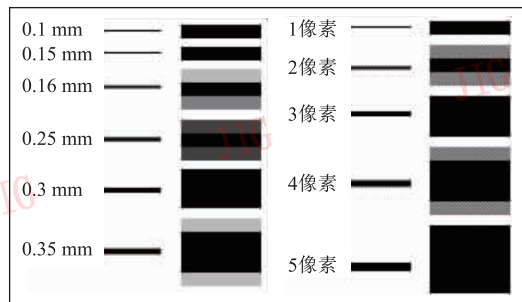


图 3 以毫米(左)和像素(右)为单位绘制符号时经 GDI+ 处理后毫米与像素的对照

Fig. 3 The compare of millimeter and pixel drawing with GDI+ in millimeter (left) and in pixel (right)

因此依纸质地图图式绘制电子地图符号将会出现小数个像素、使不同毫米数归为相同像素数、使定位点位置发生变化。进而导致符号间原有的视觉差

够的差异,消除符号间的混淆性;4) 要用简洁图形表示出符号含义。

要改善电子地图符号设计,首先需要寻求不同分辨率下符号图元的视觉阈值,以改善符号的大小和形状,并考虑色彩变量的影响。本项研究的目的即在不同规格显示器、分辨率等条件下,确定电子地图符号图元的恰可识别视觉阈值,为电子地图符号设计提供基本视觉感受依据。如确定圆形、三角形等的恰可识别直径、边长等。

2 基于 E-Prime 的实验设计与分析 ——以圆为例

2.1 研究方法 with 基本原理

地图视觉感受实验是地图认知实验的一部分,从 20 世纪 60 年代开始,经过近半个世纪的认知地图学研究,地图学认知实验综合应用了大量的心物学方法、心理学实验方法、可用性工程实验方法。由于屏幕地图设计的实验需求及计算机技术的发展,目前的地图认知实验已经实现了计算机化,并引入了一些心理与生理学的辅助设备。

E-Prime 是 Experimenters' Prime (best) 的简称,是实现计算机化行为研究的一个跨平台标准化心理学实验系统。它能呈现文本、图像、视频和声音及其组合刺激,提供了详细的时间信息和事件细节(呈现时间、反应时间、按键值等);反应输入设备有键盘、鼠标及反应盒 SRBox,也提供声音输入或外接其他设备;提供了与功能性磁共振脑成像技术(fMRI)等外部设备连接的接口,及 fMRI 研究的工具套装。目前采用该系统编制的实验,涉及的领域包括知觉、注意、记忆、高级认知、认知神经科学、社会心理学和工程心理学等^[6-7]。

视觉感受实验的基本原理是呈现一定的视觉刺激,要求被试者对其视觉所受到的直接刺激做出反应,研究者对实验变量进行统计分析,总结出其中的规律进而得到结论。该实验应用 E-Prime 能够方便地随机呈现图片、文字及详细准确记录反应时间的特点,设置一系列的不同大小和颜色的图元及干扰图像,收集被试者对图元视觉刺激的反应数据。

该项研究包括一系列的实验,涵盖了众多图元,下面以空白圆为例说明实验设计与成果分析。

2.2 圆的视觉阈值实验设计与分析

1) 无地图背景实验

实验目的:无地图背景条件下确定电子地图符号中圆的视觉阈值。

被试者:非地图专业大三学生 30 人、地图及相关专业研究生 30 人,视力或矫正视力均正常。60 人均参加环境 1 实验,其中 46 人参加环境 2 实验。

实验环境:实验选用两种环境:(1) 17 英寸 CRT 显示器,1 024 pixel × 768 pixel,32 位真彩色,分辨率 96 dot/inch,屏幕刷新率 85 Hz;(2) 19 英寸液晶显示器,1 440 pixel × 900 pixel,32 位真彩色,分辨率 96 dot/inch,屏幕刷新率 60 Hz。实验室室内环境,光线充足。

实验设计与材料:操作训练材料为字母‘X’和‘Y’。正式实验材料为直径 $R = 3 \sim 8$ pixel 的 6 个圆,电子地图 GDI+ 程序绘制符号效果。

操作训练实验为 2×3 重复测试设计。正式实验为 6×2 重复测试设计,自变量为圆直径 R ,因变量为判断图形是否为圆的认可率。

实验步骤:被试者坐在计算机前约 60 cm 处,两眼平视屏幕中心(该系列实验被试位置同此)。

鉴于被试者大都不熟悉该实验操作方式,为避免正式实验中由此引起的误差,首先进行操作训练。

操作训练阶段:引导语——现在进行正式实验前的训练,帮助您熟悉该实验的操作步骤和方法。当您的正确率达到或超过 80% 时,进入正式实验。屏幕中将出现字母‘X’和‘Y’,若为‘X’,请按‘1’;若为‘Y’,请按‘2’。按空格键开始。

正式实验阶段:(1) 引导语——恭喜您进入正式实验!屏幕中将出现一个图形,请判断是否为清晰的圆。如果是,请按“1”;不是,请按“2”。按空格键开始。(2) 一个注视星号出现在屏幕中心,持续 1 000 μ s。星号下注明:是圆,请按“1”;不是圆,请按“2”。(3) 随后刺激呈现,被试者判断时间不限,每个被试者进行一组实验共需判断 12 次。(4) 实验结束语——实验结束,感谢您的参与!

数据分析:统计被试者对各直径大小不同的圆判断是否为圆的百分率,根据恰可识别理论中验证的具有统计意义的百分率——75%,超过的为可识别,否则不可识别,找到恰可识别圆的直径大小。

结论:分析表 3 可知,无地图背景条件下在两种实验环境中,圆的可识别直径为 5 pixel。

讨论:实验环境 1 下 $R = 8$ pixel 的圆仍有被试者的答案为“2”,经访问得知,被试认为圆的光滑度不好。实验环境 2 下每个圆的认可率都高于实验环境 1。

表 3 实验数据统计表

Tab. 3 Statistics in the two environments

圆直径 /pixel	是否 圆形	环境 1		环境 2	
		数量	百分率/%	数量	百分率/%
R = 3	1	7	11.67	15	32.61
	2	53	88.33	31	67.39
R = 4	1	36	60.00	27	58.69
	2	24	40.00	19	41.31
R = 5	1	49	81.67	38	82.61
	2	11	18.33	8	17.39
R = 6	1	53	88.33	43	93.48
	2	7	11.67	3	6.52
R = 7	1	57	95.00	43	93.48
	2	3	5.00	3	6.52
R = 8	1	55	91.67	46	100
	2	5	8.33	0	0

2) 有地图背景实验

实验目的: 在无地图背景实验结论的基础上, 进一步确认有地图背景条件下圆的视觉阈值。

实验设计与材料: 共 4 幅实验用图, 底图为一电子地形图区域, 其上标有 $R = 3 \sim 6$ pixel 的圆。若 $R = 3$ pixel 的圆 2 个, $R = 4$ pixel 的圆 3 个, $R = 5$ pixel 的圆 3 个, $R = 6$ pixel 的圆 1 个, 则此图编号为 34562331, 即前 4 个数字代表直径, 后 4 个数字代表相应直径圆的个数。实验为 4×2 重复测试设计, 自变量为圆直径 R , 因变量为被试判断圆形的个数。

实验步骤: (1) 引导语——屏幕中将出现一幅地图, 将给您足够的时间阅读, 请找出清晰圆的数量。确定后将清晰圆的数量通过键盘输入。按空格键开始。(2) 一个注视星号出现在屏幕中心, 持续 $1\ 000\ \mu\text{s}$ 。星号下注明: 确定清晰圆的数量后, 请通过键盘输入。(3) 随后刺激呈现, 被试者输入清晰圆数量后切换到下一屏。(4) 实验结束语。

数据分析: 统计被试者输入圆数量与图上圆真实数量的差别, 判断被试者看清的圆的直径。如对于图号为 34562331 的地图, 若被试者判断图中有 5 个圆, 则认为此被试者可以看清 $R = 4$ pixel 的圆; 若判断为 8 个圆, 则认为看清 $R = 5$ pixel 的圆; 若介于两者之间, 可能情况为被试漏数, 或圆有一定的模糊度。

结论: 地形图背景条件下在两种实验环境中, 圆的可识别直径为 4 pixel。

讨论: 地形图背景条件下圆的可识别直径小于无背景条件下的, 原因在于地形图背景条件下一幅图中有不同直径大小的圆, 被试者通常会做比较, $R = 3$ pixel 时接近于实点, 则认为 $R = 4$ pixel 时是空白圆形, 实际上 $R = 4$ pixel 时的空白圆仍有一定模糊度。

3) 恰可识别差异实验

实验目的: 经前两步实验分析, 初步确定 $R = 4$ pixel 是圆的视觉阈值。该步验证直径少一个像素的圆不能看清, 直径大一个像素的圆更加清晰。

实验设计与材料: 实验材料底图为一电子地形图区域, $R = 3 \sim 5$ pixel 的 3 个圆, 两两组合生成六幅地图 (如图 4)。实验为 6×2 重复测试设计, 自变量为圆直径 R , 因变量为被试判断圆形的个数。

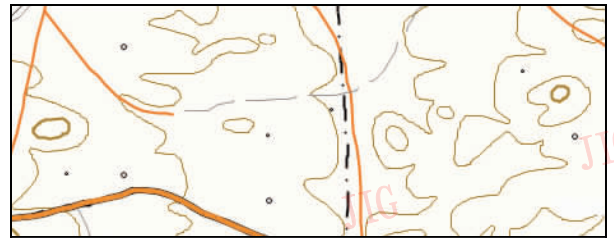


图 4 步骤 3 实验用图缩小图示例 ($R = 3$ pixel, 5 pixel)

Fig. 4 One map used in step 3

(minified, $R = 3$ pixel and 5 pixel)

实验步骤: (1) 引导语——屏幕中将出现一幅地图, 将给您足够的时间阅读, 请找出清晰圆的数量。确定后将清晰圆的数量通过键盘输入。按空格键开始。(2) 一个注视星号出现在屏幕中心, 持续 $1\ 000\ \mu\text{s}$ 。星号下注明: 确定清晰圆的数量后, 请通过键盘输入。(3) 随后刺激呈现, 被试输入清晰圆数量后, 切换到下一屏。(4) 实验结束语。

数据分析: 通过分析被试判断清晰圆的个数, 确定圆的视觉阈值。

结论: 两种实验环境下, $R = 3$ pixel 时, 圆无法看清; $R = 4$ pixel 时, 多数被试认为可以分辨; $R = 5$ pixel 时, 能够清晰分辨。所以圆的视觉阈值确定为 $R = 4$ pixel。

3 各图元视觉阈值实验结果

采用以上相似的实验方法可分别得出表 2 中各图元的视觉感受阈值, 如表 4。其中的图形仅代表形状 (非阈值大小), 环境 1 与环境 2 同实例圆实验

表 4 电子地图图元视觉感受阈值表

Tab. 4 Visual threshold of e-map meta-graphes

图元	参数值/pixel		参数说明	
	环境1	环境2		
无填充圆		$R=4$	$R=4$	R -圆直径
圆形	半填充圆	$R=9$	$R=9$	R -圆直径
	中心点圆	$r=2$ $d=2$	$r=2$ $d=2$	r -点圆直径 d -两圆空白间距
无填充三角形		$L=5$	$L=5$	L -三角形边长
长方形		$H=2$	$H=2$	H -长方形内高
正方形		$L=3$	$L=2$	L -正方形内边长
十字形		$L=3$	$W=1, 3$ 时, $L=3$ $W=2$ 时, $L=2$	W -十字形线宽 L -十字形翼长度
圆弧		$R=8$	$R=8$	R -半圆直径
箭头角		$L=5$	$L=6$	L -箭头翼长度
箭头		$L=4$	$L=4$	L -箭头翼长度
箭尾		$L=5$	$L=5$	L -箭头翼长度
点状虚线	黑色	$S=2$	$S=1$	S -虚线点间隔
虚线	褐色	$S=2$	$S=1$	S -虚线点间隔
单虚线		$S=2$	$S=2$	S -虚线段间隔
双虚线		$D=2$	$D=2$	D -两虚线间隔
		$L=3$	$Ss=4$	$Ss=4$
		$L=3$	$Ss=4$	L -虚线线段长度
间隔点虚线		$L=5$	$Ss=3$	$Ss=3$
		$L=7$	$Ss=2$	$Ss=2$
		$L=7$	$Ss=2$	Ss -虚线线段与点间隔
“工”字虚线		$Ss=2$	$Ss=2$	Ss -线段与点间隔
城墙线		$L=2$ $H=3$	$L=2$ $H=3$	L -突起矩形宽 H -内高

中的两种实验环境,参数指阈值尺寸参数。

4 电子地图符号设计指导原则

该系列实验获得的图元视觉阈值,即大小、间距、长宽、密度等,均为电子地图符号设计的重要参考变量,实验证明小于此系列阈值的图元人眼无法识别。以像素为单位的屏幕显示特征及分辨率特征,给电子地图符号设计提出了新的要求。据此电子地图符号及符号体系的设计应注意以下原则:

- 1) 对于图元本身就可以作为符号的,如圆、三角形、矩形等,其大小不小于视觉阈值。
- 2) 对于由多个图元组合而成的符号,其各图元部分均不能小于各自的视觉阈值,同时注意图元间的关系——间距关系、对称关系、比例关系等。
- 3) 同类符号间主体图元大小统一,有时考虑对称性的影响变化少量像素数,有的符号需简化。
- 4) 非同类符号大小差异也不能过大,保证符号体系的整体协调性。

5) 色彩对地图符号的视觉感受效果影响很大,浅色符号的视觉阈值增大,符号设计相应大些;同时,浅色符号不能给人眼带来强烈刺激,重点符号应设为深色,缩小符号,减小图面负载量。

6) 由于分辨率降低,电子地图的图面负载近双倍于同等比例尺的纸质地图,而且读图距离增大,因此为增强图面的可读性,部分点状、线划符号和填充面状符号也需简化,只保留关键信息^[8]。

7) 若要提高符号对屏幕尺寸与分辨率的适应性,应采用各类环境中较大的阈值作为最低标准。

依据上述原则设计的部分电子地形图符号如表 5 所示。

表 5 部分电子地形图符号设计

Tab. 5 Part of topographic E-map symbols

符号名称	符号图形	符号尺寸/pixel
水塔		高 13,宽 9,顶部短线 2,矩形高 4
体育场		宽 24,高 10
城楼		底宽 8,高 12,线高 6,定位点直径 2
雕塑		底线宽 11,矩形宽 7、高 10,顶圆直径 5
医院		圆直径 13,十字线宽 3、长 9
石质陡崖		短线高 4,间隔 8,点直径 2
高速公路		边线 1,内填充高 3

5 结 论

本文的创新思想与实践在于:1) 适应屏幕显示环境,提出以像素为单位绘制图元能够优化地图符号绘制;2) 从视觉实验与可视化绘制角度划分电子地图图元,寻求其在多种显示环境中的视觉阈值;3) 运用 E-Prime 心理学实验方法,以图元为主要视觉刺激,探索人眼视觉对不同图元的感受差异;4) 依据屏幕显示特征与图元视觉实验结论提出电子地图符号及符号体系的设计原则,并依此设计了部分符号。

不足与改进设想主要有:1) 由于需要实验的内容很多,实验未能涵盖所有图元,需进一步增加;2) 电子地图符号的视觉变量涵盖广泛,如形状、尺寸、方向、密度、色彩、饱和度、亮度等,该实验获得了包括大小、间距、长宽、密度等视觉阈值,考虑了部分色彩变量,其他视觉变量未能全面涵盖;3) 图元识别率除受视觉影响外还受被试者个人经验的影响,

实验中给被试者足够的观察时间,只在一定程度上避免此误差;4)实验只在两种计算机设置环境中进行,可进一步选择其他分辨率计算机、投影仪和移动设备环境。

参考文献 (References)

- [1] GB/T 20257-2006. Cartographic symbols for fundamental scale maps-Part 2: Specifications for cartographic symbols 1:5 000, 1:10 000 topographic maps and Part 3: 1:25 000,1:50 000 and 1:100 000 topographic maps [S]. [GB/T 20257-2006. 国家基本比例尺地图图式 第2部分:1:5 000 1:10 000 地形图图式, 第3部分:1:25 000 1:50 000 1:100 000 地形图图式[S].]
- [2] Kimberly Myles. The Identification of War-Fighting Symbolology with the Use of a Small Display [DB/OL] (2006) [2008-09] <http://www.arl.army.mil/arlreports/2006/ARL-TR-3807.pdf>.
- [3] Jenny B, Jenny H, Råber S. Map Design for the Internet [M]// M. P. Peterson (editor), International Perspectives on Maps and the Internet, Berlin Heidelberg, New York: Springer Press, 2008, 31-48.
- [4] Che Sen, Liu Haiyan. The application of GDI+ in E-map visualization [J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(1): 225-228. [车森,刘海砚. GDI+在电子地图可视化中的应用[J]. 测绘科学,2008,33(1):225-228.]
- [5] Christopher J. Jarosz and Steven P. Rogers. Evaluation of Map Symbols for a Computer Generated Display Transfer of Symbol Confusion, and Association Value Studies [DB/OL] (1982) 2008-9. <http://handle.dtic.mil/100.2/ADA133590>.
- [6] Chen Wenfeng, Cui Yao, Zhang Jianxin. An introduction to E-Prime and its application [J]. Psychological Science, 2005, 28(6): 1456-1458. [陈文锋,崔耀,张建新. 心理实验系统 E-Prime介绍及其应用[J]. 心理科学,2005,28(6): 1456-1458.]
- [7] Psychology Software Tools, Inc. (PST). E-prime Key Features [EB/OL]. [2009-2-15]. <http://www.pstnet.com/products/e~prime/e-prime-key-features.htm>.
- [8] Brown A. Map design for screen displays [J]. The Cartographic Journal, 1993, 30(2): 129-135.