

轨道交通线路图的站点符号表达对信息搜索速率的影响分析

何曼丽¹, 唐 曦^{1,2*}, 黄余明^{1,2}

(1. 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062; 2. 华东师范大学地图研究所, 上海 200062)

摘要: 轨道交通线路图是一种广泛应用于交通运输网络的新图形,它在出行中具有不可替代的作用。本文选取上海城市轨道交通线路图中7种有代表性的站点符号表达形式,采用时间统计和定量分析的方法,以站点符号的色彩、线型、尺寸和几何形态等四类要素,对用户测试时视觉搜索速率的影响作了分析。结果表明,对轨道交通体系的熟悉程度越高,信息搜索速率越快;当符号表达形式的相关要素改变时,对上海轨道交通背景概念和换乘体系熟悉的用户所受影响不大;有一定背景知识且对上海轨道交通背景概念和换乘体系一般熟悉的用户,对于彩色、大于线路宽度、双线边框的站点符号,具有较高的信息搜索速率;而对轨道交通完全陌生的用户,在信息搜索时虽然对符合视觉感受的站点符号表达形式具有一定的认知优势,但在各种符号的信息搜索速率上差别并不明显。

关键词: 轨道交通;符号;信息搜索速率;视觉感受

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00424

1 引言

轨道交通是现代城市最为快捷高效的公共交通方式之一,其交通路线和站点间的关联性而非精确的地理坐标,易于乘客进行轨道交通出行规划时的空间定位和导向。它是联结空间信息和用户感知的纽带^[1]。因此,轨道交通路线图的设计者在信息加工和表达过程中要充分考虑用户需求,用合理的符号体系引导用户有效识读和正确理解相关要素^[2]。孙明^[3]提出应从地下环境空间心理学分析乘客的行为方式,完善地铁导向系统的设计。在轨道交通线路图中,站点符号的形式表达直接影响用户进行视觉信息搜索的速率(即信息搜索所需时间),符合视觉认知特征的设计能引导使用者在最短时间内找到信息,达到信息搜索速率的最优。本文以搜索指定信息的时间作为定量测评的指标,统计并比较了不同轨道交通线路图案例的站点符号设计方案所对应的信息搜索速率,分析了站点符号设计的思路。

2 实验设计及测试方法

2.1 实验底图选取

测试用底图是在上海申通地铁网站(www.

shtmetro.com)公布的轨道交通线路图(1500×1058 像元)的基础上进行数字化,保留现行线路(2009 年资料),去除规划中线路得到的(图 1)。其中,线路颜色采用轨道交通线路识别色标准^[4](表 1)。线路走向采用伦敦 Tube Map 规范,即拓扑综合为 0°、45°、90°、135°四个方向,并对线路转角作圆角平滑;此外,保留内环线、中环线、黄浦江、苏州河等具有地理位置指示的线状地物要素。

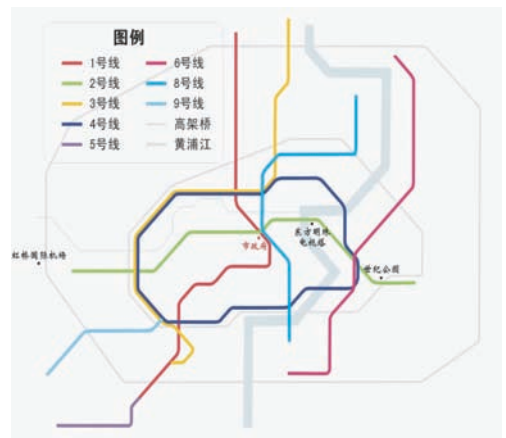


图 1 实验底图

Fig. 1 Base line-map of Shanghai urban mass transit used in this study

收稿日期: 2010-10-20; 修回日期: 2011-05-27.

基金项目: 国家自然科学基金理科人才基地项目(J0730534)。

作者简介: 何曼丽(1988-),女,硕士研究生。研究方向:专题地图编制。E-mail:13817651762@163.com

* 通讯作者: 唐 曦(1983-),男,讲师。研究方向:空间规划制图。E-mail:xtang@geo.ecnu.edu.cn

表 1 轨道交通线路识别色标准^[4]

Tab. 1 Standard identification color of transit lines

线路名	彩通标准 (Pantone)	RGB 三原色		
		R	G	B
1 号线	185C	234	4	55
2 号线	375C	135	211	0
3 号线	109C	255	209	0
4 号线	267C	19	31	145
5 号线	2583C	153	80	178
6 号线	Magenta C	215	0	108
8 号线	Cyan C	0	157	217
9 号线	297C	120	199	235

2.2 注记配置原则

根据中文文字总体形式为“方块”式矩形等书写习惯的特点^[5],轨道交通线路图的中文注记,为利于阅读呈水平或竖直方向排列(呈 45°或 135°倾斜则不利于阅读),因此,实验底图的注记,均为采用水平方向配置。

根据国家测绘局发布的 1 : 250 000 地形图编绘规范及图式^[6],一般地图点状注记的备选位置有 4、8 备选位置,4 备选位置如图 2-a 所示,优先级从高到低依次为正右、正上、正左、正下;8 备选位置如图 2-b 所示,优先级从高到低依次为正右、正上、正左、正下、右上、左上、左下、右下^[7]。

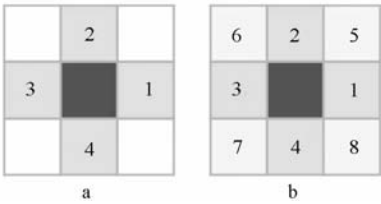


图 2 点状注记备选位置示意图

Fig. 2 Alternative labeling locations of the point-feature

轨道交通线路图与一般地图不同,其注记配置位置与路网形态、符号间距、注记文字长度等均密切相关,如图 3。一般地图注记配置的规则只能作为基础参考,根据点一线相对位置不同需进行灵活调整。本文主要探讨符号形态对信息搜索速率的影响,因此对轨道交通线路图注记的配置不作深入研究,仅以 4 备选位置优先级为基础进行配置。在尽可能不压盖被注记要素和其他地图要素的基础上尽量提高注记的优先级。文字注记统一为宋体,

注记大小高于最小阈值 6 磅^[8],并调整到适合屏幕大小且人眼能清晰分辨。

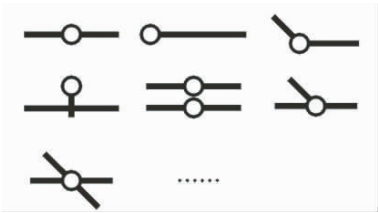


图 3 轨道交通线路图点-线相对位置举例

Fig. 3 Examples of point-line relative position in transit maps

2.3 符号选取

20 世纪 60 年代法国地图学家贝尔廷(Bertin)提出地图符号的视觉变量有 6 种:形状、尺寸、色彩、亮度、方向和纹理^[9]。本文在参考国内外多个城市的轨道交通线路图方案后,分别改变点状符号的填充色(包括白色、无色及彩色符号)、线型(包括单线框符号、双线框符号及无边框符号)、尺寸(符号直径大于轨线宽度、符号直径小于轨线宽度),以及几何形态(包括圆形、方形及数字符号)4 种要素,并将这些要素在实验底图基础上进行组合产生如下 7 种具有代表性的符号方案:

- a. 白底黑框,普通站点符号小于轨线宽度,换乘站点符号大于轨线宽度;
- b. 白底黑框,普通站点符号大于轨线宽度,换乘站点符号为双线圈,大于轨线宽度;
- c. 普通站点白底无边框,小于轨线宽度,换乘站点符号为白底黑框,大于轨线宽度;
- d. 空心黑框,普通站点符号大于线框宽度,换乘站点符号大于普通站点符号;
- e. 彩色底彩色框,色彩与线路颜色一致,换乘站点为普通站点的叠加;
- f. 普通站点为数字,换乘站点为双线圈,大于轨线宽度;
- g. 普通站点为正方形齿状色块,颜色与线条颜色相同,换乘站点为白底黑框。

将注记和以上 7 种符号方案置于底图合适位置后,得到 7 种测试用图(见图 4)。

2.4 实验方法

本测试使用 Visual Basic 6.0 编写“时间”(表征搜索速率)统计程序,即在预先设定的底图(包括文字注记、站点位置)上,按图 3 方案改变站点符号

样式进行测试。考虑到屏幕尺寸的局限性,在每种符号方案全图基础上随机截取两个全图幅面的 1/4 作为测试图背景。每幅测试图上随机选取 4 个站点,选取时尽量使 4 个站点的排布呈四方形,以顾及全局,并且选取的站点包括普通站点和换乘站点。测试时,首先呈现给被试一张测试样图(控制测试样图不能拖动或缩放),使被试熟悉测试方法,测试样图不计时;待被试完全知晓测试内容后开始正式计时测试。被试按照系统提示点击相应的站点,系统自动计算寻找站点的平均时间,直至测试结束。整个测试时间控制在 10 分钟内,避免被试出现疲劳、烦躁等不良心理反应^[8]。测试界面大小为 13425×9825 twips(1440 twips/inch),位于分辨率为 1024×768 像元的显示屏幕的中心位置。

分别选取对上海轨道“交通完全陌生、乘坐过但不熟悉、一般熟悉、很熟悉”4 个等级(分别以数字 0,1,3,5 表示)共 50 名被试,并将其分为“20 以下、20-30、30-40、40-50、50 以上”五个年龄段。舍去 4 份因中断、数据不完整等各方面因素导致测试结果不合格的样本外,共获得 46 份为有效数据。

测试记录了各被试在不同站点符号方案地图上从出现要求指令到搜索到信息并点击所花费的时间,并将其写入 xml 文件中,便于存取及统计计算,形式如下:

```
<ID>1</ID><Familiarity>3</Familiarity><Index>P1011</Index><Time>00:00:02</Time>
<ID>1</ID><Familiarity>3</Familiarity><Index>P1012</Index><Time>00:00:02</Time>
.....
<ID>1</ID><Familiarity>3</Familiarity><Index>P1021</Index><Time>00:00:02</Time>
.....
<ID>1</ID><Familiarity>3</Familiarity><Index>P7024</Index><Time>00:00:02</Time>
```

进行分析计算时,分别选取相应字段进行耗时总平均时间,以及各符号要素影响下的信息搜索平均时间进行统计分析。

3 站点符号表达实验与结果分析

3.1 耗时总体分布

将 46 名被测试者根据完成搜索任务耗费的总平均时间,以及对上海轨道交通熟悉程度进行分类

人数统计,结果见图 5。

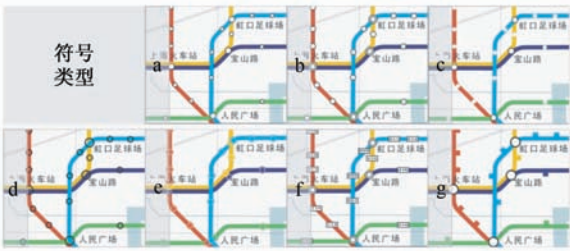


图 4 7 种轨道交通线路图符号方案
Fig. 4 Seven symbology schemes of transit maps

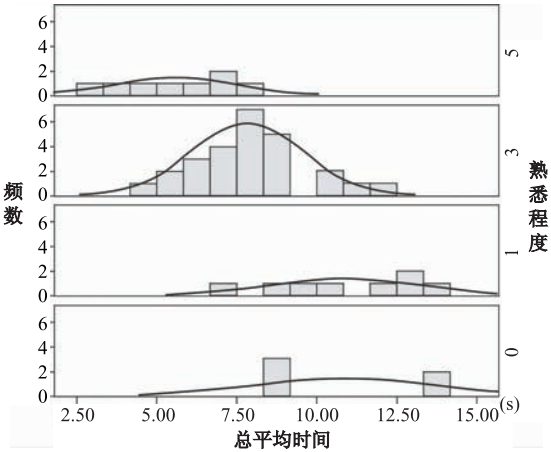


图 5 不同熟悉程度的被试所花费的总平均耗时分布
Fig. 5 Average time-consumption distribution of testees with different familiarity to Shanghai metro system

数据显示,对上海轨道交通的熟悉程度与完成搜索任务花费的总平均时间整体上呈反比关系,即熟悉程度越高的被试,其所花费的总平均时间越少。此外,在熟悉程度为“完全陌生”组中分为两段相差较大的平均时间,其中集中于总平均时间较小部分的被试均为年龄段为 20-30 岁的青年人群,而较大部分的被试则为中老年人。

人眼的视觉注意力在屏幕介质上的分布是不均匀的^[10],自左上角向左下角递减。以数学象限与其对应:左上——第一象限,右上——第二象限,右下——第三象限,左下——第四象限。分别将 46 名被试的测试内容分为不同象限计算平均时间作分布统计,结果(图 6)表明,轨道交通线路图的站点符号位于第一象限的,搜索信息所用的平均时间最短,第二、三、四象限时间依次递增,说明测试所用符号的位置可以影响被试的注意力分配,其影响效果与视觉注意力在屏幕介质上自左上角向左下角递减的规律相符。

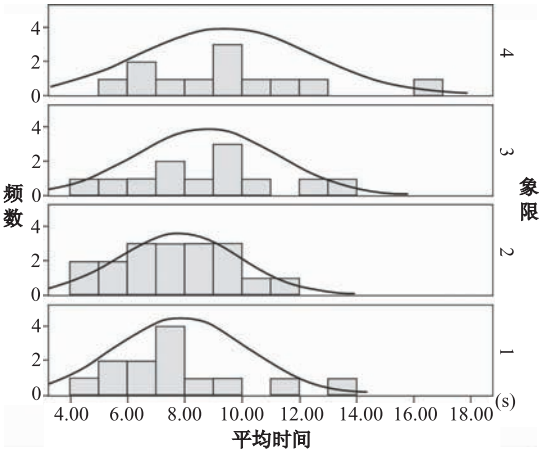


图 6 位于不同象限的符号所花费的平均耗时分布
Fig. 6 Average time-consumption distribution on symbols in different screen quadrant

在实际中,用图者不需要在某一次读图任务中取得地图上的全部信息,而只是在复杂的图形和符号中选择性地寻找所需要的信息^[11]。一般来说,换乘站点的符号在颜色、大小或线型等方面与非换乘站点的符号有所差别,其视觉感受不同。因此,实验分类统计了所测试的 7 种符号类型的换乘站点与非换乘站点的平均搜索时间(图 7),发现符号类型 d 和 f 的非换乘站符号,以及符号类型 c 的换乘站点符号搜索信息所需的时间最短;符号类型 a、b、f、g 中换乘站点和非换乘站点符号信息搜索速率相近,但其余 3 种符号的时间相差较大,其中符号类型 c 的换乘站点符号信息搜索的时间明显低于非换乘站点符号,而符号类型 d 和 e 则相反。

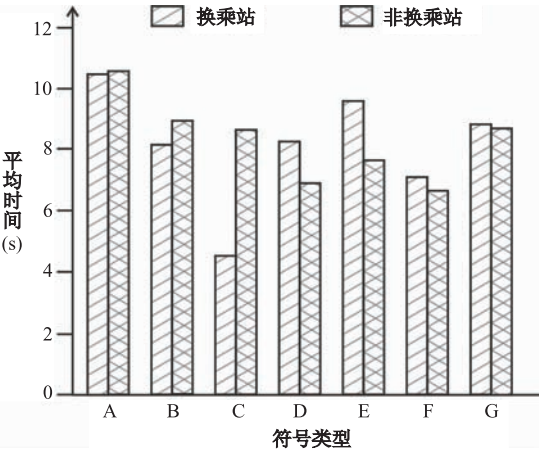


图 7 各种符号类型的换乘站点与非换乘站点平均时间分布曲线
Fig. 7 Average time distribution of transfer and non-transfer stations

3.2 不同符号要素的耗时分布

3.2.1 符号色彩

图面要素颜色的统一规划使用可使要素间的关系简单、清晰、密切、有序,从而增强地图的可读性,也拓展了地图的信息负载量和表现力^[12]。

符号色彩对被试信息搜索的反应时间有一定影响,图 8 中选取白色、无色与彩色(即与轨线同色)等 3 种符号色彩进行对比,以红色垂线为界,第一部分为对上海轨道交通完全陌生的被试(简称 S 类被试),第二部分为对上海轨道交通一般熟悉的被试(简称 C 类被试),第三部分为对上海轨道交通非常熟悉的被试(简称 V 类被试)。可见,不同熟悉程度对站点符号信息搜索时间的影响有明显差异,熟悉程度越高,其信息搜索的整体时间越少。

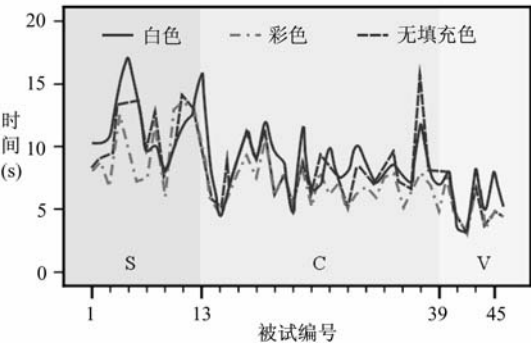


图 8 符号色彩影响下的平均耗时分布曲线
Fig. 8 Average time consumption affected by the symbol colors

对于 S 类被试,其信息搜索时间 T 由长到短为: $T_{S白} > T_{S无} > T_{S彩}$ 。由于此类被试没有关于上海轨道交通体系整体分布的背景知识,搜寻信息时主要依靠提示语辨别符号的方位,因此,符号的各种构成要素对其视觉效果影响较大。白色填充色符号包括白底黑边框、白底无边框两种,白底与轨线色彩对比明显,但与背景色相同,增加了辨识难度,尤其是白底无边框符号,容易形成视觉混淆,减慢被试寻找信息的速率。彩色符号采用与轨线相同的颜色,在视觉上达到整体和谐,同时其白色边框使符号得以在视觉上与轨线隔离,而高于背景色层次,有利于信息的搜索。无填充色符号在视觉上较为突兀,若与文字颜色相同,还会对被试寻找信息产生额外干扰,不利于搜索信息的进行。

对于 C 类被试:对彩色符号较之 S 类信息搜索

的时间缩短,可能因彩色符号较为满足其潜意识中的符号审美倾向。而 V 类被试主要是通过自己的经验来判断各个站点的位置,故符号色彩的影响较小。

3. 2. 2 符号线型

符号要素构成的复杂程度影响人们对信息的理解和接受^[13]。而站点符号的边框线型则是其中重要的影响因子。轨道交通线路图中通常使用双线边框符号表示换乘站点,单线边框符号表示普通站点。实验方案中不同符号边框线型对应的信息搜索时间的分布情况如图 9 所示。对 S 类被试,符号边框的影响因人而异,整体来看单线边框和无边框的符号信息搜索速率较高,一方面由于这类符号的构成要素简单,对图面上其他信息的影响较小,另一方面说明换乘站和非换乘站的符号差异对于 S 类被试搜索信息并无明显意义。C 类被试对站点符号等级的设置区别较为了解,故双线边框在多数被试测试结果中显现出时间优势;单线框次之;无边框符号的视觉上美感较弱且会对文字注记造成干扰,其信息搜索速率很低。V 类被试的信息搜索速率对于三种符号边框线型的影响相差不大,但对双线边框符号的信息搜索速率最高。

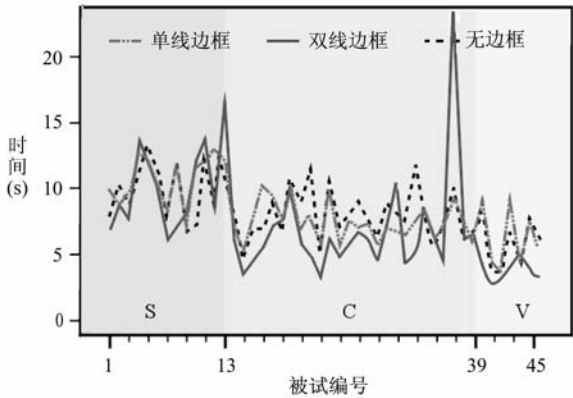


图 9 符号边框影响下的平均耗时分布曲线
Fig. 9 Average time-consumption affected by
linetype of symbol borders

3. 2. 3 符号尺寸

图面上各种符号的尺寸配置关系要兼顾对象的名义、类别和等级、达到视觉与心理上的协调对应关系,才能产生理性的美感,利于读图者识读。本研究以底图轨道交通轨线线宽为参照,将符号分为大于和小于线宽的符号,分别统计其耗时分布(图 10),发现 S 类被试对于大于线宽的符号表现出

一定的识读速率优势;C 类被试对大于线宽的符号的信息搜索速率比小于线宽的符号高,且两者差异明显;而对于 V 类被试,大于线宽的符号仍然搜索速率较高,但两者差距较 C 类小。总体上,大于线宽的符号具有较显著的识读效率,也证明在部分地图方案中,换乘站点使用大于线宽的符号表达可凸显于小于线宽的非换乘站点符号之上,体现出站点的等级差异。

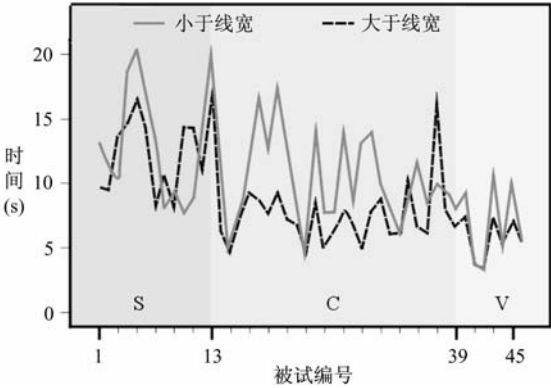


图 10 符号大小影响下的平均耗时分布曲线
Fig. 10 Average time-consumption affected by symbol size

3. 2. 4 符号几何形态

分类统计不同形态的站点符号(包括圆形、方形及数字站点)对信息搜索速率的影响(图 11)发现,整体上,数字符号的识读效率优势比较明显,因为人眼对数字的分辨能力大于文字和几何抽象形式^[14],且在人类的短时记忆广度上,数字在不同年龄段的记忆广度均最高^[15]。S 类被试对圆形符号的信息搜索速率比方形符号高。因为圆形是最完美的几何图形,分布在轨线上不易使整体凌乱,而方形齿状设计易造成视觉破碎感,影响信息的搜索

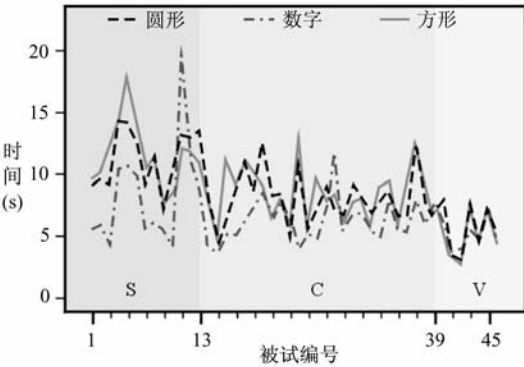


图 11 符号几何形态影响下的平均耗时分布曲线
Fig. 11 Average time-consumption affected
by symbol shape

速率。C类被试中对圆形符号的时间优势减弱,原因在于此类被试已经具有部分上海轨道交通的知识背景,在搜索信息时自身经验起到一定补偿作用,减弱了符号几何形态的影响。而V类被试中三类符号形态的信息搜索速率相近,数字符号优势不明显,可能因为其较强的经验背景和熟悉程度使站点符号造型的差别在使用上并无意义。

4 结语

整体上看,对上海轨道交通体系的熟悉程度与用图时信息搜索的速率呈正相关关系。通过考察不同轨道交通线路图站点符号方案的色彩、线型、尺寸和几何形态4种要素发现:(1)V类被试由于具有丰富的相关知识背景,主要依赖已有的方位判读经验寻找信息,其信息搜索速率受符号要素差异的影响不大,但双线边框符号和数字符号略有优势。(2)C类被试是受符号要素改变影响最大的群体,其在搜索信息时一方面希望通过自有经验来搜索,但由于经验不足,仍需依靠提示信息通过线路颜色图例来搜寻站点;彩色、双线边框、大于线宽、数字等比较符合视觉感受的符号表现出明显的效率优势。(3)S类被试由于其缺乏相关背景知识,对符合视觉感受的符号虽然表现出一定的搜索速率优势,但由于方向目的性不强,导致对各种符号设计方案的影响差异不明显,有理由认为此群体是轨道交通线路图最重要的服务目标对象。

在测试过程中仍有很多不确定因素对结果造成影响。如通过网络发放的问卷,造成对部分被试在测试时是否出现中断不可知,在一定程度上会导致测试数据的不准确。另外,部分轨线颜色相近,用户所熟悉的线路颜色会先验性地影响所不熟悉线路的信息搜索速率,如部分用户对1号线的信息搜索速率明显高于6号线。此外,本文仅采用注记配置的4备选位置为基础进行测试,其对信息搜索速率的影响还有待深入研究。

可见,评估并设计一套符合大众视觉心理与空间认知的站点符号方案,对于完善城市轨道交通视

觉导向系统、节约乘客的出行时间有其重要价值,同时也是提升轨道交通服务质量,建设文明、高效的轨道交通环境的重要方面。

参考文献:

- [1] 胡最, 闫浩文. 地图符号的语言学机制及其应用研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 1(24): 17-34.
- [2] 陈蕴奇, 陈春玲. 认知科学与空间地理信息系统[C]. 中国测绘学会九届四次理事会暨2008年学术年会论文集, 2008, 216-220.
- [3] 孙明. 城市轨道交通地下车站标识导向系统研究[J]. 铁道标准设计, 2008(4): 119-121.
- [4] 凌启渝. 地铁智慧之旅[M]. 上海: 中国福利会出版社, 2005, 118-121.
- [5] 孙钧瑞. 汉字基本知识[M]. 石家庄: 河北人民出版社, 1980, 38-51.
- [6] GB/T 12343.2-2008. 国家测绘局 1:250 000 地形图编绘规范及图式[S]. 北京: 测绘出版社, 1985.
- [7] 杨勇, 邓淑丹, 李霖, 等. 基于禁忌搜索的点状注记研究[J]. 测绘科学, 2007, 11(32): 46-48.
- [8] 邱菲菲, 黄余明, 唐曦. 数字地图符号屏幕可视阈值的研 究[C]. 第六届全国地图学与GIS学术会议, 武汉大学, 2006.
- [9] 毛赞猷. 新编地图学教程(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008, 159-161.
- [10] Staufer M J. Programme for Computer[M]. New York: De Gruyter, 1987.
- [11] 刘国强, 刘增林. 地图符号的信息传播研究[J]. 四川测绘, 2007, 2(30): 11-14.
- [12] Robinson A H. Psychological Aspect of Color in Cartography[J]. International Yearbook of Cartography, 1967(7): 50-61.
- [13] 熊顺, 刘平芝, 张卫柱, 等. 地图的视觉感受和显示效果在信息传输中的作用[J]. 测绘科学与工程. 2007, 3(27): 28-33.
- [14] 蔡厚德. 阿拉伯数字与汉字大写数字认知的大脑功能一体化实验研究[J]. 心理学报, 1996, 5(28), 209-214.
- [15] 王晓丽. 短时记忆一生发展的横断研究[D]. 华东师范大学心理学系, 2004.

The Impacts of Station Symbols in Urban Rail-Transit Maps on the Information Search Efficiency

HE Manli¹, TANG Xi^{1, 2}, HUANG Yuming^{1, 2}

(1. *Key laboratory of Geographic Information Science, Ministry of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China*; 2. *Institute of Cartography, East China Normal University, Shanghai 200062, China*)

Abstract: Transit maps are widely used diagrams in transportation network, which play important roles in travel, and get a perfect balance among geographical positions and understandable grids. The quality of station symbol design for urban rail-transit maps, which are also represented as schematic maps or called ‘tube’ maps, directly affects users’ efficiency and effectiveness (usually measured by ‘time consumption’) when they search for information. A better symbol design considering human visual perception can lead to faster information acquirement, as well as to optimization of interacting experience. We selected seven types of representative station symbols of transit maps in Shanghai, and designed a statistical system to compare the information searching time during test tasks on railway station symbols with different colors, sizes, outline types and geometrical forms. Tests are carried out in three kinds of people, including Class S (completely unfamiliar with Shanghai metro system), Class C (commonly knowing about Shanghai metro system), and class V (having a detailed knowledge of Shanghai metro system). Time that they spent on searching for designated information on Shanghai metro system maps with different station symbol styles is recorded. Time distribution curve of all subjects shows that the subjects’ familiarity to Shanghai metro system has negatively related with the total mean time-consumption in searching for information. Besides, the symbol placement can affect the allocation of subjects’ attention. Moreover, different symbol forms have less impact on the time-consumption of class V. But class C reaches high information searching efficiency when they are tested with double-circle color station symbols, which are also larger than railway line’s width. Although class S has certain cognitive superiority on the station symbols close to human perception, the differences of searching efficiency among different symbol faces is not obvious.

Key words: urban rail-transit; symbol; information search efficiency; visual perception