

公共空间导视系统的空间视域模型及其眼动验证

晋良海^{1,2}, 闵露^{1,2}, 陈述^{1,2}, 郑霞忠^{1,2}, 江新^{1,2}, 陈雁高³

- (1. 水电工程施工与管理湖北省重点实验室(三峡大学), 湖北 宜昌 443002;
2. 三峡大学, 水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002;
3. 中国水利水电第七工程局有限公司, 四川 成都 610081)

摘要: 为研究公共空间导视系统的空间视域, 考虑人口学统计特征, 引入垂直视场角、水平视场角和视域比例等空间视域概念, 构建导视系统的视觉空间模型。以某公共客运站为研究对象, 根据现场调查结果筛选出旅客购票乘车活动的主流线; 兼容被试者的自然状态、准确度和精确度, 采用眼动追踪技术观察旅客购票乘车过程的视觉行为特征; 提取被试者注视、眼跳、瞳孔等眼动特征值, 生成聚类树状谱系图。眼动实验结果表明: 导视标识在水平视场角 $5.69^{\circ}\sim 19.51^{\circ}$ 、垂直视场角 $8.42^{\circ}\sim 25.73^{\circ}$ 、视域比例 $0.45\sim 2.38$ 的空间视域范围内的视觉搜索效率高。设计者宜按此范围对导视系统进行规划布置。

关键词: 公共空间; 导视系统; 空间视域; 眼动特征; 寻路

中图分类号: J524

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2017)05-0430-09

引言

大型公共空间的结构复杂, 人流、物流交汇导致主客体关系多样且易发生异位现象^[1]。当导视系统不能满足寻路者视觉工效要求时, 寻路者获取有效的寻路信息将变得非常困难, 导致其寻路效率低下, 造成人群聚集甚至发生踩踏事故。研究寻路者对导视系统的视觉搜索行为, 推求导视系统空间视域的最佳参数, 有助于优化导视系统的空间布置, 提高公共空间内人群的寻路效率。

目前, 国内外学者进行了大量寻路行为中导视系统作用的研究。关于寻路行为的研究, Kevin Lynch^[2]首次提出寻路(Wayfinding)概念, 并指出环境特征、视觉可接近性与空间布局等因素会影响寻路效率; Hajibabai 等^[3]模拟了逃生者在复杂建筑物内的逃生过程, 有效验证了引导标识在

寻路问题中的重要性; 为了量化乘客在建筑物中定向的容易性, Braaksma 和 Cook^[4]提出了用利用率测量标识可见性指数。研究表明, 结合人与导视系统的交互作用, 标识有效性受到物理、生理和心理因素的影响^[5-7]; Xie 等^[8]基于行人视线角度, 从心理方面研究了标识可见区域; Lam 等^[9]运用能见度指数、导视标识利用率来量化评估导视效果; Lam^[10]结合旅客视线、设施布局和导视标识属性, 构建导视系统的平面布置模型; 吴娇蓉等^[11]优先将水平和垂直视角空间指标运用于评价标识的可见度。对于导视系统这一寻路设计的关键环节, 学者多采用行为观察法、动线观察法、问卷调查方式进行研究, 缺乏从人眼视觉行为的角度来量化研究, 无法客观定量地评价导视系统的空间布置优劣。

收稿日期: 2017-06-22; 修回日期: 2017-08-13

基金项目: 国家自然科学基金(51609128); 水电工程施工与管理湖北省重点实验室(三峡大学)开放基金(2016KSD13, 2016KSD06)

作者简介: 晋良海(1973-), 男, 博士, 副教授, 从事安全认知学、建设项目运筹研究, E-mail: 16405495@qq.com

闵露(1994-), 女, 硕士研究生, 主要从事工程项目全寿命周期管理研究, E-mail: 496401641@qq.com

陈述(1986-), 男, 博士, 副教授, 主要从事安全管理研究, E-mail: chenshu@ctgu.edu.cn

为此,基于人口学统计特征,建立包含垂直视场角、水平视场角和视域比例等参数的视觉空间模型;以某公共客运站为研究对象,应用眼动追踪技术测出行人的注视轨迹并分析区域内容的关注度,采集被试者的注视、眼跳、瞳孔直径等眼动数据;基于眼动特征数据、注视频数对导视标识进行聚类,筛选出视觉搜索率高的导视标识;测算空间视域模型的水平视场角、垂直视场角和视域比例等参数,为评价导视系统三维空间布置合理性提供科学依据。

1 空间视域

人的视觉机能决定了空间认知的有限性,视场角对三维空间内信息的提取具有显著影响,对空间实体的信息提取效率影响显著^[12]。视线可达的范围就是视域,是由通过空间中特定一点形成的水平视线切面,每一视点的视域特性决定了与其他视点间的可见性^[13]。视域分析可探寻空间的基本视觉属性,帮助寻找空间的视觉联系,分析实体信息在视觉上的控制力和影响力^[14]。

根据《中国成年人人体尺寸》(GB10000-1988)标准,按平均百分位数(50%)计算,男性平均眼高1.57 m,女性平均眼高1.45 m。使用时应根据鞋跟补偿眼高,男子大约需加2.50 cm,女子大约需加7.60 cm。按此计算,男女平均眼高为1.56 m。从导视系统在立体空间的视域指标——水平视场角、竖直视场角与视域比例入手,分析导视标识视觉搜索效率较高的空间位置特征,构建导视系统的视觉空间模型。

在视域空间系统中,垂直视场角是垂直方向视线边缘与观察点(眼睛)连线的夹角 α ,根据人眼垂直视野的视觉特性,确定垂直方向的敏感区域:

$$\alpha = \arctan \frac{h-1.56}{d} \quad (1)$$

式中, α -垂直视场角, $^{\circ}$;

h -导视标识中心标高,cm;

d -标准测量距离,根据《标准对数视力表》(GB11533-2011),取5m。

在显示系统中,水平视场角是水平方向视线边缘与观察点(眼睛)连线的夹角 β ,根据人眼水平视野的视觉特性,确定水平方向的敏感区域:

$$\beta = \arctan \frac{l/2}{d} \quad (2)$$

式中, β -水平视场角, $^{\circ}$;

l -导视标识长度,m;

其余符号同上。

客观物体占据的自然空间有一定的大小比例关系,反映到眼睛里,它们所占据的视觉空间的大小比例关系称为视域比例 λ ,视域分析可帮助寻找空间的视觉联系,也可探寻空间的基本视觉属性:

$$\lambda = \frac{\alpha}{\theta} \times \frac{\beta}{\phi} \quad (3)$$

式中, λ -视域比例,%;

θ 为垂直视野范围, $^{\circ}$;

ϕ 为水平视野范围, $^{\circ}$;

其余符号同上。

人类的视角有一定的范围,视野界限为向上约 50° ,即 θ 为 130° 左右各 60° 左右,即 ϕ 为 120° 。

2 实验场景与被试

2.1 实验现场场景

实验场景为宜昌市伍家岗区公共客运站,紧邻宜昌火车东站,与东站组成城市交通枢纽中心,是市内唯一的枢纽型客运站。该站衔接公路、铁路、城市公交、出租车等多种客运方式,辐射宜昌市东西方向跨省、跨地区的客运中心。图1为客运站平面布置图,客运站共三层,一层为售票大厅,分为两个主要入口。入口1通往旅游信息咨询中心,入口2直达票务中心。客运站一层配备室内停车场、行李寄存处,旅客在一楼完成购票后乘坐扶梯上至二层;二层为商业区,无需购物的乘车旅客可乘扶梯前往三层;三层为

候车区,除旅客等候区 外,还设有便利超市 、卫生间 、母婴休息室 、医务室 、吸烟区 。具体见图 1。

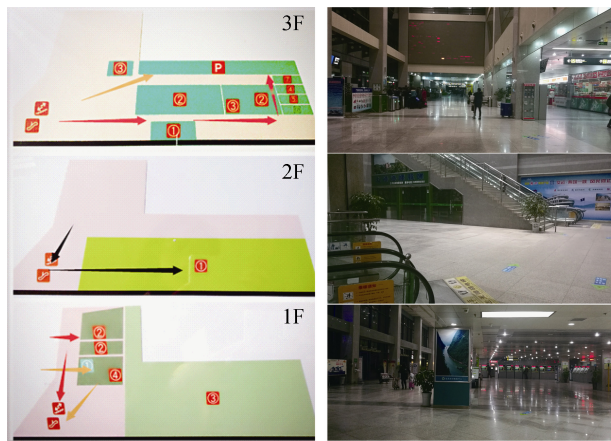


图 1 试验场景图

2.2 旅客被试类型筛选

旅客对公共客运站的熟悉程度对其寻路过程有着重要的影响。对客运站非常熟悉的乘客,仅需要部分标识确定其方位与走向;对站内区域并不太熟悉的旅客,则需要导视系统的指向与提示;而对客运站完全陌生的旅客,完全依赖于导视系统提供指示(或依赖于询问,不考虑),他们往往需要在若干标识牌前驻留,这也是造成人流盲从并拥挤的主要原因。由表 1 可得:只有 12.5%的旅客对该公共客运站内部环境十分熟悉,其余大部分旅客寻路时主要依靠标识来引导。

表 1 旅客被试对客运站内环境的熟悉程度

熟悉程度	不熟悉	较熟悉	熟悉
旅客比例/%	37.5	50	12.5

由表 2 可知,大部分旅客文化程度偏高,对导视系统布置规则不明,但可以无障碍识别导视标识。旅客跟踪记录显示,学历高低不同没有对其寻路时间形成显著影响,故本次实验暂不考虑。

表 2 旅客文化程度调查表

学历	初中及以下	高中(含专科)	本科及以上
数据	13.8	40.2	46

基于人群类型的概率统计分析,大多数旅客对客运站内部环境不熟悉,且对导视系统布置规则不明,但均可无障碍识别导视标识,寻路仍依赖导视系统的指引。其他非典型旅客特征引起的实验误差较小,且结论存在一致性(不熟悉到熟悉),不影响实验精度,故暂不考虑。根据以上典型旅客特征,本次实验选取三峡大学学生志愿者共 40 人,男性 20 人,女性 20 人,对公共客运站内部环境不熟悉,均满足主要素材要求,可作为精准的认知行为实验被试。为避免造成眼动仪记录误差,被试均视力正常或佩戴隐形眼镜校正,无眼部病症。

2.3 旅客主流线筛选

从客运站内众多旅客流线中筛选出旅客流量较大的若干条主流线,这些主流线在很大程度上影响着客流组织水平和乘车效率,本文只分析主流线上导视标识的视觉搜索效率,而次要流线影响较小、予以忽略^[15]。本次实验随机选定进站的旅客进行跟踪,记录各个乘客的完整寻路流线,统计使用率最高的旅客寻路流线作为主流线,结果见表 3。

表 3 各流线旅客数量及分布情况

流线编号	旅客比例/%	通行旅客数量/人次
流线 1	51.28	20
流线 2	33.33	13
流线 3	5.13	2
流线 4	5.13	2
流线 5	2.56	1
流线 6	2.56	1

表 3 表明流线 1 和流线 2 旅客比例占总旅客数量 80%以上,其他流线则占比不足 20%,说明流线 1、流线 2 为该公共客运站内的主流线,图 1 中用箭头所示。以流线标识为节点,流线 1 和流线 2 的通路为:

流线 1:标识 S1→标识 S2→标识 S4→标识 S5→标识 S6→标识 S7→标识 S8→标识 S9→标识

S10→标识 S14→标识 S15→标识 S16。

流线 2: 标识 S3→标识 S4→标识 S5→标识 S6→标识 S7→标识 S8→标识 S9→标识 S10→标识 S11→标识 S12→标识 S13。

3 实验方法

3.1 实验仪器

实验采用 Tobii Glasses 眼动追踪系统, 包括眼动眼镜、辅助记录器、红外标记器 (IR Marker) 和 Tobii Pro Glasses 2 分析系统。Tobii Glasses 2 眼动仪提供非接触式眼动追踪解决方案, 采集率

为 50 Hz, 穿戴式设备采用 1 点式校准, 水平视野范围为 160°。内置场景摄影机分辨率为 1920×1080 pixels, 摄像机视野范围水平 82°、垂直 52°、对角线 90°, 对角线比例 16:9。

3.2 实验步骤

主试为被试佩戴眼动仪并进行校正, 要求被试在主流线上完成购票乘车任务。通过眼动仪记录眼球连续移动数据, 眼动数据采集率达 60% 以上则为合格数据, 对合格的眼动特征数据进行编号、存储。试验步骤见图 2。

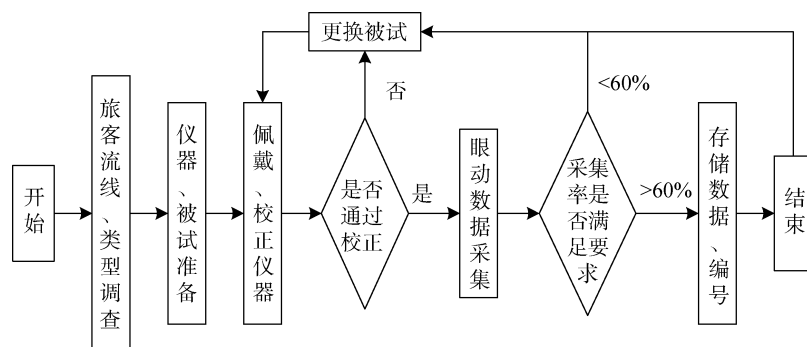


图 2 实验步骤流程图

3.3 眼动指标预处理

本次试验选取注视、眨眼与瞳孔等特征值分析眼动行为。首先运用 Tobii Pro Glasses 2 分析系统截取被试与不同导视标识交互的视频场景, 将各场景中被试的眼动数据进行整理。针对不同标识整合被试眼动数据, 最后按不同眼动特征指标取均值, 以保证分析结果的准确性, 减小随机误差。因各眼动指标数值单位存在差异, 将数据归一化后绘制箱线图进行数据分析, 见图 3~图 5。

由图 3 可知, 不同标识的总注视时间指标、总眼跳时间比例指标差异较大。当注视对象位置信息变化时, 就可以作为刺激引起眼跳。实验中被试对不同标识的总注视时间最长为 5.13s, 最短为 1.03s, 说明对不同标识, 被试的信息加工时间存在较大差异。总眼跳时间比例指标数值最低为 10%, 最高达 41.91%, 反映了不同标识的刺激性

信息、快速搜索情况整体偏差较大。

由图 4、图 5 可知瞳孔直径的标准差指标数值偏差大, 瞳孔直径的变化是信息加工心理负荷的量化指标。当心理负荷比较大时, 瞳孔直径增加的幅度也较大。对于不同标识, 被试总的瞳孔直径的标准差范围为 0.01~0.07mm, 说明对于不同

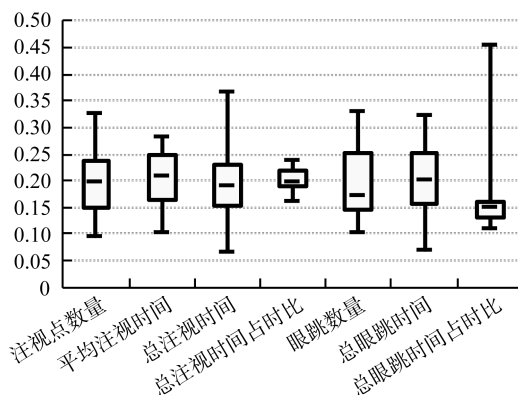


图 3 注视特征值的箱线图

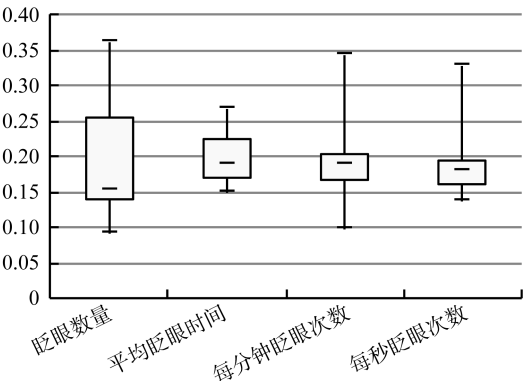


图 4 眨眼特征值的箱线图

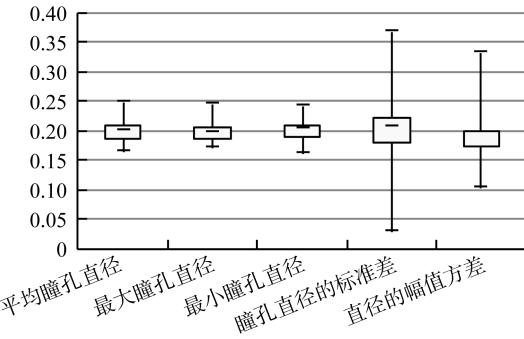


图 5 瞳孔特征值的箱线图

标识, 被试进行信息加工时的心理负荷程度大不相同。

4 导视标识聚类及眼动指标分析

4.1 指标相关性分析

为探讨注视频数是否适用于评价导视系统的搜索效率, 对标识的注视频数与眼动特征指标进行相关性分析, 结合旅客对标识的利用情况和眼动指标, 验证注视频数是否具有评价导视系统的作用, 结果见表 4。

由表 4 可得, 注视频数与注视点数量、眨眼数量、平均眨眼时间具有相关性; 与注视时间、眼跳数量、眼跳时间、最小瞳孔直径、瞳孔直径标准差具有弱相关性; 与其他指标不相关。

导视标识的注视频数直观地反映导视标识的可用性, 将试验得到的各标识注视频数绘制成图 6。

表 4 相关性分析

眼动特征指标	注视频数		备注
	Pearson 相关性	显著性 (双侧)	
注视点数量	0.531*	0.042	相关性判断依据: $r>0$ 代表两变量正相关; $r<0$ 代表两变量负相关; r 大于等于 0.8 时, 可以认为两变量强相关; r 大于等于 0.5 小于 0.8 时, 可以认为两变量相关; r 大于等于 0.3 小于 0.5 时, 可以认为两变量弱相关; r 小于 0.3 说明不相关。 粗体字表示具有 Pearson 相关性。 “*”表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关; “**”表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关。
平均注视时间	0.306	0.267	
总注视时间	0.380	0.163	
总注视时间比例	-0.102	0.719	
眼跳数量	0.432	0.108	
总眼跳时间	0.434	0.106	
总眼跳时间比例	-0.388	0.153	
眨眼数量	0.667**	0.007	
平均眨眼时间	0.580*	0.023	
每分钟眨眼次数	0.242	0.385	
每秒眨眼次数	0.289	0.296	
平均瞳孔直径	-0.295	0.286	
最大瞳孔直径	-0.249	0.371	
最小瞳孔直径	-0.349	0.202	
瞳孔直径的标准差	0.359	0.189	
直径的幅值方差	0.286	0.301	

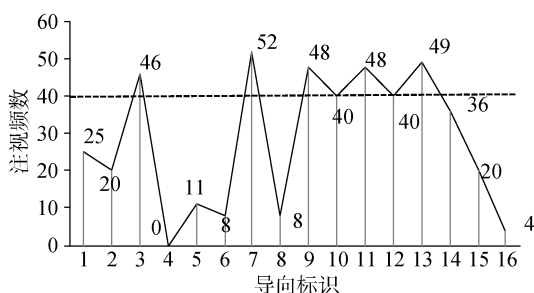


图6 各导视标识注视频数

4.2 导视标识聚类分析

将眼动特征值作为统计指标, 根据指标相似性对标识进行归类。利用 SPSS 软件计算眼动指标关联系数, 将导视标识进行更准确、细致的定量化分类, 分类结果见图 7。

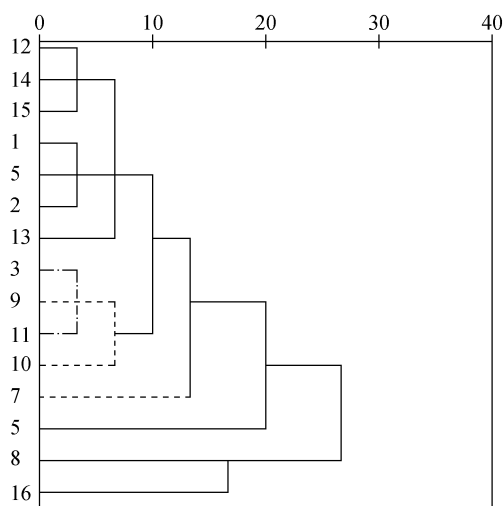


图7 导视标识聚类树状谱系图

因导视标识 S4 无眼动数据, 故只有 15 个标识的分类结果。由图 7 表明, 导视标识可分为 6 类。根据流线将导视标识聚类结果进行二次分类, 结果见表 5。

表5 标识聚类分析结果

标识类别	整体	旅客流线 1	旅客流线 2
T1	S1、S2	S1、S2	—
T2	S3、S11	—	S3、S11
T3	S13、S14	S14	S13
T4	S12、S15	S15	S12
T5	S7、S9、S10	S7、S9、S10	S7、S9、S10
T6	S5、S6、S8、S16	S5、S6、S8、S16	S5、S6、S8

采用空间视域来评价导视标识的可用性, 结合表 5 的聚类结果与图 6 中导视标识的注视频数, 可知 T2 与 T5 的空间视域较好, 容易被旅客感知。将情景中导视标识的全部注视点叠加生成热点图, 热点图中红橙黄绿四种颜色依次标识注视点数量由多到少^[16], 可以反映旅客对于导视标识的注视热度。其中, T2 中导视标识 S3 和 S11 注视热点图见图 8、图 9。



图8 导视标识 S3

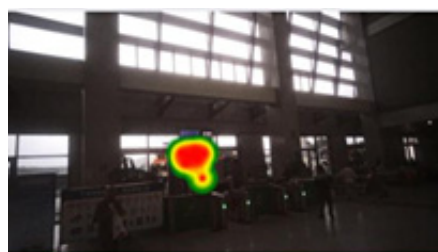


图9 导视标识 S11

T5 中导视标识 S7、S9 和 S10 的热点图见图 10~图 12。



图10 导视标识 S7

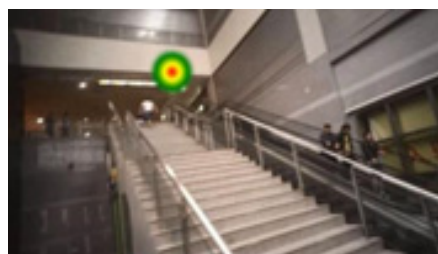


图11 导视标识 S9



图 12 导视标识 S10

图 8 中 S3 信息“乘车请上三楼”为典型的旅客注视热点，注视点数量向外圈售票窗口、自动售票机依次递减；图 9 中 S11“1 检票口”处大范围为旅客注视点集中区；图 10 中 S7 注视点的密集区域涵盖了上行箭头、“候车厅”和“卫生间”，标识下方存在一些分散的注视点，为行人、扶梯等无效视觉刺激物；图 11 中旅客注视点集中于

S9 中直行箭头和“客运站候车厅”，颜色依次向外圈递减；图 12 中被试注视点分布按照颜色深浅、区域大小排序分别为：S10 左行箭头、S10“检票口 1-5”、标识上方灯光位置和下方行人。

4.3 眼动指标分析

总注视时间指标反映不同导视标识的信息利用情况；加工新的场景信息导致注视点的改变，形成眼跳，总眼跳时间比例指标可以评价被试对导视标识信息的快速搜索、信息的被获取效率；当心理负荷变大、认知加工的紧张程度变高时，被试的瞳孔直径增大，相应瞳孔直径的变化标准差也大，故瞳孔直径的标准差指标能够刻画被试的心理负荷变化程度。根据导视标识分类结果将眼动数据进行整理，见表 6。

表 6 不同类别导视标识眼动指标分析

导视标识类别	T2			T5			其他	
总注视时间/s	3.11	3.45	3.47	5.93	2.49	2.41	3.37	...
总注视时间均值/s	3.28			3.96	3.17			
总眼跳时间比例/%	13.66	13.98	13.62	10	17.07	19.04	15.93	...
总眼跳时间比例均值/%	13.82			13.56	16.36			
瞳孔直径标准差/mm	0.03	0.04	0.02	0.07	0.03	0.04	0.04	...
瞳孔直径标准差均值/mm	0.04			0.04	0.03			

由表 6 可知，导视标识 T2 和 T5 相比于其他类别的导视标识的总注视时间长、总眼跳时间占全部时间比例小、瞳孔直径的标准差大。注视时间长即越容易被旅客关注、总眼跳时间比例数值小即导视标识信息被获取速度越快、瞳孔直径的标准差大心理负荷就越重，由此验证导视标识 T2 和 T5 的空间视域较好。空间认知是复杂的时空感知过程，个体通过视觉获取位置和空间结构的信息来简化空间决策行为。初级眼动控制理论（primary oculomotor control, POC）表明，获取信息时的眼动是由低水平眼动运动策略（如肌肉收缩）控制，push-pull 模型可知眼跳的时间计划是由眼球运动系统成分之间的相互推-拉作用形成的^[17]。表 6 中 T2 和 T5 的导视标识更具视觉竞争力。

4.4 导视系统空间视域

根据导视标识空间位置数据，代入空间视域模型式（1）、式（2）和式（3）可以计算水平视场角、垂直视场角和视域比例等空间视域指标，见表 7。

表 7 导视标识空间视域指标

视域指标	S3	S7	S9	S10	S11
水平视场角/(°)	5.69	19.51	19.51	16.59	7.37
垂直视场角/(°)	底高	8.42	9.87	17.54	21.21
	顶高	11.75	15.00	22.29	25.73
视域比例/%	0.45	2.38	2.21	1.79	1.21

注意梯度导向理论（guidance by intentional gradient, GAC）认为视觉认知过程中存在注意分

配问题,注意是有梯度的^[18],阅读中眼动控制的交互激活模型(Glenmore模型)表明被试的眼动是由低水平的视觉运动程序和高水平的认知加工共同决定的,视觉认知存在显著的选择性^[19,20],故结合眼动指标分析可分析导视标识的空间可用性,由表7所示,空间视域范围内导视标识S3、S7、S9、S10、S11具有高度的视觉选择性。因此,把导视标识等注视对象放在表7所示的最佳空间视域内,是设计者应该把握的设计准则。

5 结论

(1)本文基于空间设计学与视觉工效学原理,结合人对导视系统的心理感知、感觉和公共空间的格式塔类型,考虑人口学统计特征,以眼高作为控制依据,根据导视标识空间属性,构建有效空间视域模型。

(2)以宜昌市伍家岗区公共客运站为研究对象,采用Tobii Glasses眼动追踪系统采集旅客购票乘车过程的视觉行为参数,提取被试者注视、眼跳、瞳孔等眼动特征值,通过相关性分析验证注视频数是否具有评价导视系统的作用,生成聚类树状谱系图。

(3)眼动行为实验结果显示:注视频数与注视点数量、眨眼数量、平均眨眼时间具有相关性;人群视觉工效的最优视域范围为水平视场角 $5.69^{\circ}\sim 19.51^{\circ}$ 、垂直视场角 $8.42^{\circ}\sim 25.73^{\circ}$ 、视域比例 $0.45\%\sim 2.38\%$ 。导视系统应设计布置于上述最优视域范围内,方能满足人群视觉工效要求。

(4)导视系统无法避免人群的盲从现象,且人群寻路受多方面因素影响,实验聚焦人与环境的信息关系,忽略了与其他情境的交互性以及被试自身水平的影响,未来研究还需探讨更多层次因素的影响。

参考文献

- [1] Kuipers B. Modeling spatial knowledge *[J]. Cognitive Science, 1978, 2(2): 129-153.
- [2] Lynch K. The Image of the City[J]. American Journal of

Sociology, 1988, 11(1): 46-68.

- [3] Hajibabai L, Delavar M R, Malek M R, et al. Agent-Based Simulation of Spatial Cognition and Wayfinding in Building Fire Emergency Evacuation[J]. 2007, 6752(4): 255-270.
- [4] Braaksma J P, Cook J W. Human Orientation in Transportation Terminals[J]. Transportation Engineering Journal, 1980, 106(2): 189-203.
- [5] Robert M, Tanguay M. Perception and representation of the Euclidean coordinates in mature and elderly men and women[J]. Experimental Aging Research, 1990, 16(3): 123.
- [6] 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(8): 1058-1065.
- [7] Lawton C A. Gender differences in way-finding strategies: Relationship to spatial ability and spatial anxiety[J]. Sex Roles, 1994, 30(11): 765-779.
- [8] Xie H, Filippidis L, Gwynne S, et al. Signage Legibility Distances as a Function of Observation Angle[J]. Journal of Fire Protection Engineering, 2007, 17(1): 41-64.
- [9] Lam W H K, Tam M L, Wong S C, et al. Wayfinding in the passenger terminal of Hong Kong International Airport[J]. Journal of Air Transport Management, 2003, 9(2): 73-81.
- [10] Mei L T. An optimization model for wayfinding problems in terminal building[J]. Journal of Air Transport Management, 2011, 17(2): 74-79.
- [11] 吴娇蓉,胡山川,陈振武. 基于运动空间视觉感知的导向标志布局评价[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2011(8): 1167-1172.
- [12] 刘兵,董卫华,王彦文,等. 视场角与观察角度对三维地图视觉信息加工的影响研究[J]. 地球信息科学学报, 2015(12): 1490-1496.
- [13] 茹斯·康罗伊·戴尔顿, 龚强. 空间句法与空间认知[J]. 世界建筑, 2005, (11): 33-37.
- [14] 李智杰,李昌华,李晨,等. 空间句法中定量视域分析算法研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2011(5): 716-719.
- [15] 郭长弓,顾保南. 城轨站行人流线网络构建及走行时间计算[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2014, 42(3): 429-434.
- [16] 王海燕,黄雅梅,陈默,等. 图标视觉搜索行为的ACT-R认知模型分析[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2016, 28(10): 1740-1749.
- [17] 闫国利,刘妮娜,梁菲菲,刘志方,白学军. 中文读者词汇视觉信息获取速度的发展——来自消失文本的证据[J]. 心理学报, 2015.
- [18] 陈庆荣,邓铸. 阅读中的眼动控制理论与SWIFT模

型[J]. 心理科学进展, 2006, 14(5): 675-681.

- [19] 张智君, 刘志方, 赵亚军, 等. 汉语阅读过程中词切分的位置: 一项基于眼动随动显示技术的研究[J]. 心理学

报, 2012, 44(1): 51-62.

- [20] 何立国, 周爱保, 郭田友, 等. 任务信息通达对视觉表象眼动的影响[J]. 心理学报, 2012, 44(7): 910-923.

Visual Space Model and Eye Motion Verification of Visual Guiding System in Public Space

Jin Lianghai^{1,2}, Min Lu^{1,2}, Chen Shu^{1,2}, Zheng Xiazhong^{1,2}, Jiang Xin^{1,2},
Chen Yangao³

(1. Hubei Key Laboratory of Construction and Management in Hydropower Engineering, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China; 2. College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China; 3. Sinohydro Bureau 7 Company Limited, Chengdu 610081, China)

Abstract: To research the spacial view field of public building visual guiding system, a visual space model is established by considering demographic static characteristics and integrating the concepts of special view such as vertical view angle and view scale of view field etc. Main passenger flow of the public bus station is analyzed by screening of their movement during the ticket boarding process with their nature status to ensure the accuracy of the experiment. A dendrogram is obtained by utilizing the eye tracking system to observe the passengers' visual behavior which including the eigenvalue of staring, saccade and pupil of the tested passengers. The eye movement experiments shows that the relatively higher efficiency of visual search appears with guiding sign at horizontal view angle of 5.69° to 19.51° , vertical view angle of 8.42° to 25.73° and visual scale in scope of 0.45 to 2.38. Designers are suggested to layout the visual guiding system accordingly.

Keywords: public space; visual guiding system; spacial view field; eye movement characteristics; wayfinding