

基于量化分析的地下街道空间适宜尺度研究*

孙良^{1,2}, 李战¹, 冯乐¹

(1. 中国矿业大学 建筑系, 江苏 徐州 221116; 2. 江苏建筑节能与建造技术协同创新中心, 江苏 徐州 221116)

摘要:地下街道尺度变化直接影响人的空间认知及心理感受,进而作用于人的行为方式。针对地下街道空间尺度的心理认知,笔者试图探索舒适的地下街道尺度,结合实验心理学的相关理论与街道宽高比、面宽比和长宽比理论,运用虚拟现实技术展开空间尺度认知实验,运用 SPSS 专业统计软件量化分析地下街道空间各个心理认知指标、物理尺度指标与心理认知量之间的相关关系;进一步运用 SPSS 软件中的因子分析,根据评分筛选出较适宜试验场景的物理尺度指标值及其对映尺寸。研究结果得出:地下街道空间尺度指标在宽高比 1.0~1.7 之间、面宽比指标比值在 1.9~2.7 之间、长宽比指标比值在 10.2~12.2 之间的数值范围较为适宜。

关键词:地下街道尺度;认知实验;相关分析;因子分析;适宜尺度

中图分类号:TU91

文献标识码:A

文章编号:1673-0836(2019)01-0025-07

Research on Spatial Appropriate Scale of Underground Street Based on Quantitative Analysis

Sun Liang^{1,2}, Li Zhan¹, Feng Le¹

(1. School of Architecture and Design, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, P.R. China;

2. Jiangsu Collaborative Innovation Center for Building Energy Saving and Construction Technology,

Xuzhou, Jiangsu 221116, P.R. China)

Abstract: Changes in the scale of the underground street directly affect people's spatial cognition and psychological feelings, and then act on human behavior. For the underground street space scale of psychological cognition, this paper tries to explore the comfort of the underground street scale. Based on the theory of experimental psychology and the theory of D/H (Distance/Height), W/D (Width/Distance) and L/D (Length/Distance) of the street, the virtual reality technology is used to carry out the spatial scale cognitive experiment, and the SPSS professional statistical software is used to quantitatively analyze the psychological cognition index, physical scale index and psychology. And then the factor analysis in SPSS software is used to filter out the physical scale index value and its envisioning size according to the score. The results show that the suitable D/H of the underground street is from 1.0 to 1.7, and the suitable W/D is from 1.9 to 2.7 and the suitable L/D is from 10.2 to 12.2.

Keywords: underground street scale; cognition experiment; correlation analysis; factor analysis; suitable scale

* 收稿日期:2018-09-05(修改稿)

作者简介:孙良(1975-),男,山东滕州人,博士,副教授,主要从事建筑环境心理学、地下空间等领域的教学与科研工作。E-mail:13905208073@126.com

通讯作者:李战(1993-),男,江苏徐州人,硕士生,主要从事地下空间心理认知方面的研究工作。

E-mail:578147302@qq.com

基金项目:住建部科学技术项目计划(2015-K1-031);江苏建筑节能与建造技术协同创新中心开放基金(SJXTY1511)

0 引言

地下街道尺度变化直接影响人的空间认知及心理感受,进而作用于人的行为方式。目前,建筑学领域在传统街道的空间尺度与地下空间的寻路行为^[1]、空间认知^[2]和地下商场心理环境^[3]等方面的研究等均有基础和成果,但在地下街道空间尺度及其与心理认知关联的方面仍有缺失。并且,其研究方法仍大多为实地调研和问卷、行为注记法等基于现场的传统方法,虽可以较为真实地反映现场情况和被测试者的心理认知,但存在较难控制的额外变量,步骤较为繁琐,耗时较长。虚拟现实技术可以弱化额外变量的干扰,单纯强调尺度变量,沉浸式体验是非物质体验与心理感知、视觉影像与超现实的融合,有抽象性、暂时性和互动性的特点,以实体界面为触媒,体验实体空间,打破地理割据,提高研究效率^[4]。为完善地下街道空间相关理论研究,弥补传统研究方法不足,本次研究结合实验心理学理论与虚拟现实技术设计空间尺度认知实验,试图探索合理及舒适的地下街道尺度。

1 研究框架

1.1 空间尺度认知实验的理论依据

凯文·林奇言“观察者所见来源于环境的外在形态,但是他表达和组织的方式,以及引导自身注意力的方法,都会反过来影响观察者的所见。”^[5]这句话表达了一个基础的实验心理学的原理,即外界物理环境变化带来的刺激会直接影响心理认知^[6]。本次研究试图通过改变地下街道的尺度变化来引发被试心理认知的变化,并根据被试的测试结果,通过相关性分析和因子分析,总结出较为适宜的地下街道尺度。

1.2 地下街道空间尺度的物理指标选取

芦原义信对街道的理论研究显示,街道的宽高比(D/H)、面宽比(W/D)等指标的比值变化对街道空间的认知和体验有非常重要的影响。地下街道在空间建构时与传统街道明显不同,其顶部覆盖的空间限定将直接改变人对街道的心理认知和行为体验。根据笔者的实地调研与随机访谈,地下街道的长度相对较短时容易被认知和体验。因此,地下街道宽度 D 与地下街道长度 L 的比值是保证街道空间形态与行为距离的重要指标^[7]。基于此,选择宽高比、面宽比和长宽比三项空间尺度物理指标,结合实验心理学理论设计地下街道空间认知实

验,来探索不同尺度指标之间的变化及界面的变化对心理认知的影响。

1.3 基于 SPSS 的量化分析方法

SPSS 是一款专业统计分析软件,本研究将运用 SPSS 软件的相关性分析与因子分析^[8],研究基于空间尺度认知实验所得到的心理数据,并对 12 个地下街道实验场景的物理指标数据进行相关分析,分析二者的关联性;运用因子分析,根据评分筛选总结出较适宜实验场景的物理尺度指标值及其对应尺寸。

2 实验样本

本研究以上海、南京、苏州、成都、徐州等城市的地下街道空间为调研对象,测量、收集和统计街道尺度相关的变量(如长、宽、高、店面宽度等),建立尽可能单纯反映地下街道空间尺度的理想模型,作为空间认知实验的基础。城市地下街道具有街道长度较短、宽度和高度变化幅度都较小、店面宽度变化较大及形式多样、照明充足、铺地色调偏向白色等明亮色调等特点。

地下街道实验场景的尺寸取值均总结归纳自上海、南京、苏州、成都、徐州等城市的地下街道空间的调研测量值。

2.1 街道长度取值

实验场景取值自调研数据汇总后相对具有典型性的值,如图 1 所示。20~40m 之间以 30 m 长的地下街道出现频率最高,具有一定的典型性,因此将 30 m 作为地下街道实验场景的短距离值。41~90 m 范围内长度值以 50~61 m 最具代表性,因此取其中间值 55 m 作为本次实验街道场景的中距离值。大于 100 m 的地下街道样本之中,长度值多集中在 100~112 m,设置 100 m 为试验场景的长距离值。综上,选取 30 m、55 m、100 m 作为地下街道实验相对典型的长度值。

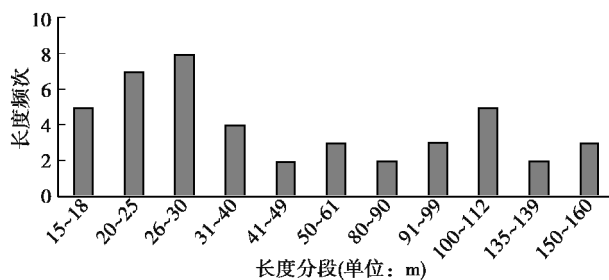


图 1 长度值出现次数汇总柱状图

Fig. 1 The number of occurrences of length bar charts

2.2 街道宽度取值

调研数据分析得出,地下街道道宽度和长度变化呈一定程度的正相关性(相关系数为 0.5,呈中等正相关),如图 2 所示。宽度取值随长度的增加呈上升趋势。分析 3 组长度等级的地下街道样本,选取出现次数最多的两组宽度作为宽度选取的参考标准:长度为 3 m 的地下街道样本中,出现频率最高的宽度值为 2.4 m 和 3.0 m,选择其作为实验数据;长度为 55 m 的场景中选取 4.5 m 和 5.4 m 的宽度值;100 m 的场景中选取 7.5 m 和 9.6 m 的宽度值。

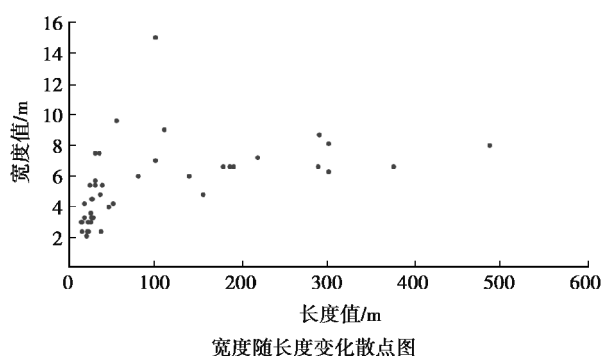


图 2 宽度随长度变化散点图

Fig. 2 Width with length scatterplot

2.3 街道高度取值

地下街道高度变化差值较为均质,试验场景的地下街道高度根据调研数据出现频率较高、较有典型性的高度为 3.0、3.3、3.6、4.2 和 4.5 m。

2.4 店面宽度取值

地下街道店面宽度差值变化幅度较大(2.4~12 m),试验场景的店面宽度根据调研数据出现频率最高且具有典型性的店面宽度为 3.6 m、7.8 m、8.4 m 和 12 m。除店面宽度外,店面形式等也是影响空间尺度感知的重要因素。为控制变量,选取出现频率高的典型店面形式作为本次实验的模型基础。

综上,实验以长、宽、高、面宽 4 个方面的尺度指标组合搭配,最终形成 12 个基本理想场景,如图 3 所示。

2.5 实验场景变量

实验之前需对 3 种变量进行考虑,即刺激变量、反应变量和控制变量,控制刺激变量与反应变量之间的函数关联应尽可能纯粹、可靠。刺激与认知之间的心理物理关系,依赖于收到刺激的特定的

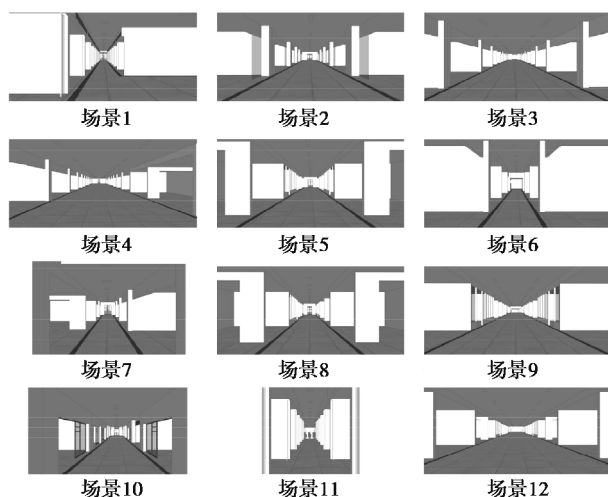


图 3 12 个地下街道实验场景

Fig. 3 12 Experimental scenes of underground street

感觉特征^[6]。依据实验心理学理论和街道空间尺度理论,本文提取宽高比、长宽比、面宽比 3 个与地下街道尺度有关的基本指标作为本实验的刺激变量(即自变量),作为后期建立地下街道尺度指标与心理认知量的量化指标之一。

2.5.1 场景自变量的选取

芦原义信在《街道的美学》中对宽高比 D/H 和面宽比 W/D 两项指标做过较为详细的阐述; $D/H < 1$ 时会产生接近之感; $D/H = 1$ 时有一种均质之感,是一个尺度转折点; $D/H > 1$ 时会逐渐产生远离之感,开敞空旷;而 $W/D < 1$ 街道就会显得有生气^[9]。根据笔者实地调研与随机访谈,地下街道的长度相对较短时容易被认知和体验。因此,地下街道宽度 D 与地下街道长度 L 的比值是保证街道空间形态与行为距离的重要指标。

2.5.2 实验场景的因变量选取

本次实验将人们对地下街道的整体认知、界面认知、长度认知、宽度认知和高度认知作为反应变量(即因变量),用以反映刺激变量的变化所引起的心理认知变化的程度,也作为后期建立地下街道尺度指标与心理认知量的量化指标之一。

2.5.3 额外变量的控制

为避免额外因素对被试的心理认知产生不可控的影响,理想场景中灯光照度统一采用 700 lx 为我国地下街道的普遍适宜光照强度^[10],天花板统一采用白色石膏板,店铺统一采用白色墙面漆,地面统一采用 600 mm×600 mm 白色瓷砖贴面,不设景观。

3 空间尺度认知实验

3.1 实验设备

本实验使用 OculusRift DK2 虚拟现实眼罩, Vizard 5 软件对虚拟现实场景编写脚本设置基本参数。

3.2 被试

被试者为在读本科生或研究生,年龄在 20~24 岁之间,共 26 名男生、19 名女生。

3.3 问卷设置

实验问卷采用 5 级 Likert 量表对被试心理认知程度进行测量。量表描述词汇在芦原义信对宽高比、面宽比的比值变化时空间体验的描述及实地调研访谈时所得到的空间认知词汇汇总的基础上。其中,“整体评价”指标中的 4 个指标分别表述为“拥挤-开敞”代表空间认知的开敞感,“压抑-轻松”代表轻松感,“乏味-有趣”代表趣味感,“沉重-轻盈”代表轻盈感;“界面”指标中的两个指标表述为“无序-有序”代表有序感,“单调-变化”代表变化感。此外,问卷还设置“长度认知”、“宽度认知”和“高度认知”3 个心理指标,量表分数并按照“消极至积极”程度打分(即 1~5 分,1 为最消极表述,5 为最积极表述)。

3.4 实验过程与结果

正式实验进行之前,被试佩戴虚拟现实眼罩经 5 min 左右静坐,调整情绪以免对实验结果产生影响。随后实验正式开始,被试在技术人员的协助操作下依次游历体验 12 个虚拟场景。为避免被试因佩戴虚拟眼罩产生眩晕,将游历速度设置为正常人类步速偏慢的速度约为 1 m/s。试验结束后,邀请被试填写问卷,配合实验场景的视频回放以帮助被试回忆。实验过程如图 4 所示。本次实验共发放问卷 45 份,回收问卷 45 份。其中,有效问卷 37 份,无效问卷 8 份。

4 实验数据分析

4.1 物理指标与心理指标的相关性分析

被试问卷中各认知指标的分值集合取算数平

均值,作为相应场景的心里认知量指标。运用专业统计软件 SPSS 进一步对心里认知量和物理尺度指标进行相关性分析^[11],并使用 Pearson 相关系数分析,并标记显著性得到数据如表 1 所示。根据统计学原理,当相关系数 $r \in (0.5, 0.8]$ 时,为一般相关;当 $r \in (0.8, 1)$ 时,为较强相关^[12]。

4.1.1 心理认知指标间相关性分析

相关系数表格显示,“整体评价”指标中,开敞感和轻松感两项心理认知指标具有强相关性,相关系数达 0.84;轻盈感与轻松感、趣味感两项心理认知指标具有强相关性,相关系数分别达到 0.899 和 0.885;开敞感指标又与长度认知心理量、宽度认知心理量具有较强的正相关性,相关系数分别达到 0.766、0.994,并与高度认知心理量呈现较强负相关性(-0.806)。轻松感与宽度认知心理量具有较强正相关性,相关系数达 0.815。

界面认知的有序感与趣味感呈现较强负相关性,相关系数为-0.75。“界面”指标的变化程度心理认知量与趣味感、轻盈感两项指标均呈现强正相关性,相关系数分别为 0.968 和 0.825,同时与“界面”指标的有序程度心理认知量呈现强负相关性,相关系数为-0.81。

4.1.2 物理指标与心理认知指标相关性分析

物理指标宽高比与开敞感、长度认知心理量和宽度认知心理量呈现较强正相关性,相关系数达到 0.915、0.83 和 0.934,而与高度认知心理量呈现较强负相关,系数为-0.838;物理指标面宽比与“界面”指标中的有序感和长度心理认知量都呈现较强的负相关性,相关系数分别达到 -0.74 和-0.813。

综上,地下街道的长、宽、高 3 个维度的尺度认知对地下街道整体认知的影响较大。地下街道界面的营造也影响地下街道的趣味性。物理指标宽高比和面宽比对地下街道的界面和长度认知有着较大影响,长宽比指标对各个心理认知指标均呈现较小相关性。

表 1 各指标相关系数表
Table 1 Correlation coefficient

			开敞感	轻松感	趣味感	轻盈感	序列感	变化感	长度 认知	宽度 认知	高度 认知	宽高比	长宽 比	面宽 比
整体 认知	开敞感	Pearson 相关性	1											
		显著性												
	轻松感	Pearson 相关性	0.840 **	1										
		显著性	0.001											
	趣味感	Pearson 相关性	0.258 **	0.648 *	1									
		显著性	0.418	0.023										
	轻盈感	Pearson 相关性	0.629 *	0.899 **	0.885 **	1								
		显著性	0.028	0.000	0.000									
界面 认知	序列感	Pearson 相关性	0.075	-0.165	-0.750 **	-0.456	1							
		显著性	0.818	0.609	0.005	0.137								
	变化感	Pearson 相关性	0.236	0.564	0.968 **	0.825 **	-0.810 **	1						
		显著性	0.461	0.056	0.000	0.001	0.001							
维度 认知	长度 认知	Pearson 相关性	0.766 **	0.462	-0.080	0.311	0.403	-0.070	1					
		显著性	0.004	0.131	0.805	0.325	0.194	0.828						
	宽度 认知	Pearson 相关性	0.994 **	0.815 **	0.235	0.620 *	0.108	0.214	0.814 **	1				
		显著性	0.000	0.001	0.463	0.032	0.737	0.504	0.001					
	高度 认知	Pearson 相关性	-0.806 **	-0.630 *	-0.020	-0.355	-0.246	0.033	-0.572	-0.790 **	1			
		显著性	0.002	0.028	0.952	0.257	0.441	0.920	0.052	0.002				
物理 指标	宽高比	Pearson 相关性	0.915 **	0.686 *	0.105	0.506	0.222	0.080	0.830 **	0.934 **	-0.838 **	1		
		显著性	0.000	0.014	0.744	0.093	0.489	0.806	0.001	0.000	0.001			
	长宽比	Pearson 相关性	-0.018	-0.076	0.038	-0.006	0.094	0.144	0.333	-0.011	0.238	-0.050	1	
		显著性	0.957	0.815	0.908	0.984	0.770	0.654	0.291	0.974	0.456	0.878		
	面宽比	Pearson 相关性	-0.492	-0.183	0.404	0.017	-0.740 **	0.411	-0.813 **	-0.537	0.453	-0.687 *	-0.293	2
		显著性	0.104	0.570	0.192	0.957	0.006	0.184	0.001	0.072	0.139	0.014	0.355	

** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。
* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

4.2 心理指标数据的因子分析

因子分析^[13]可以用较少的新指标代替实验设置的 9 个心理认知指标,同时这些新指标尽可能地

反映原指标信息。研究使用 SPSS 软件对 9 个心理认知指标进行因子分析,因子分析的抽取方法选用主成分法,旋转方法选用最大方差法。

4.2.1 9 个心理指标公因子的提取

旋转后的因子载荷矩阵如表 2 所示。表中可以看出,第一公因子在 x_1 、 x_2 、 x_3 有较大的载荷,主要在界面变化程度认知、“乏味-有趣”、界面有序程度认知反映被试对地下街道道理想模型的认知,可命名为界面因子。第二公因子在 x_5 、 x_6 和 x_7 上有较大载荷,表现为高度认知、“拥挤-开敞”和宽度认知方面,可命名为宽高因子。第三公因子在 x_9 上有较大的载荷,表现为长度认知指标,可命名为长度因子。

表 2 旋转后的因子载荷矩阵

Table 2 Factor load matrix before whirling

		旋转成分矩阵		
		成分(公因子)		
		1	2	3
x_1	界面变化感	0.983		
x_2	趣味感		0.98	
x_3	界面序列感	-0.837		
x_4	轻盈感	0.822	0.433	
x_5	高度认知		-0.964	
x_6	开敞感		0.819	0.509
x_7	宽度认知		0.785	0.573
x_8	轻松感	0.551	0.721	
x_9	长度认知		0.436	0.864

4.2.2 实验场景综合得分的计算

因子得分值设为新变量,默认变量如表中显示为 FAC1_1-FAC3_1。因上述 3 个公因子分别对应 3 个方向的地下街道道理想场景认知,单独使用某一公因子很难做出全面的综合评价,因此考虑按照各公因子对应的方差贡献率比例为权数计算如下综合得分,相应 SPSS 程序如下:

COMPUTE Score = 41.10/94.33 * FAC1_1 + 34.99/94.33 * FAC2_1 + 18.24/94.33 * FAC3_1.
EXEC.

按照计算得出的综合因子得 score 排名如表 3。综合评分中,场景 10、场景 8 分数相对其他场景高出较多,具有一定代表性。宽高因子与长度因子的最适宜分值应为平均值 0,较适宜场景的得分应接近该平均值。由此可见,宽高因子项的较适宜场景为场景 7、场景 5 和场景 9。长度因子项较适宜

场景为场景 10、场景 8、场景 2。界面因子项的较适宜场景排名与综合得分项相似,在此不再赘述。

表 3 综合因子得分排名表

Table 3 Score ranking table

场景	界面因子	宽高因子	长度因子	综合得分
	FAC1_1	FAC2_1	FAC3_1	Score
10	1.92	-0.58	0.34	0.69
8	1.32	-0.31	-0.06	0.46
5	0.97	0.15	-0.67	0.36
9	0.27	0.15	0.85	0.34
4	-0.60	1.24	0.65	0.32
3	-0.25	0.73	0.70	0.29
12	-0.58	0.81	1.12	0.26
2	-0.35	1.05	-0.32	0.18
7	0.40	-0.02	-0.91	0.00
1	-1.46	-0.37	-0.42	-0.86
6	-0.72	-0.31	-2.31	-0.87
11	-0.93	-2.54	1.04	-1.15

4.2.3 适宜尺度的总结

综上,地下街道的较适宜尺度宽高比集中在 1.0~1.7(场景宽度值在 3.0~7.5 m,高度值在 3.0~4.5 m)之间,与芦原义信提出的街道宽高比尺度理论在一定程度上相似。面宽比的数值跨度较大集中在 1.9~2.7(店面宽度值范围为 8.4~12 m)。相较前文关于面宽比的理论研究存在一定差异,这个差异有可能存在于:地下街道的特有空间界面、性质、环境和尺度所导致的界面认知发生一定程度上变化,因而认知较好的面宽比指标同前文研究值有所不同,而长宽比这一指标集中在 10.2~12.2,场景长度值都集中在 55 m,可见中等长度的地下街道在被认知和体验时较为合理与舒适。

5 结论

(1) 本研究中,空间尺度认知实验所使用的虚拟现实技术和烘焙贴图技术较为真实地还原了地下街道的尺度环境,削减了其他干扰变量的影响,沉浸式体验可以使被试全方位的感知地下街道空间,心理认知数据也较为真实可靠。

(2) 宽高比、面宽比两项物理刺激指标能够较直接和显著地影响对地下街道的心理认知,在空间尺度认知方面具有重要作用,可见芦原义信针对传

统街道提出的尺度理论在地下街道的尺度认知中依然具有一定的适用性。

(3)通过对9个心理认知指标的分析,提取3个公因子为界面因子、宽高因子、长度因子。综合评判地下街道的心理认知,确立较适宜的地下街道尺度范围:宽高比集中在1.0~1.7(场景宽度值在3.0~7.5 m,高度值在3.0~4.5 m)之间;面宽比集中在1.9~2.7(店面宽度值范围为8.4~12 m);长宽比这一指标集中在10.2~12.2,场景长度值都集中在55 m。可见,芦原义信对传统街道提出的尺度理论在地下街道的尺度认知中依然具有一定的适用性,对今后地下街道的空间尺度设计具有一定的理论参考价值。

(4)基于实验心理学理论与方法的空间认知实验,在一定程度上简化了地下街道的变量,虽相对于传统研究方法有一定的进步意义,但受限于实验设计的方法和虚拟现实技术的尚未完善,地下街道的理想场景与现实仍有一定差距,将在以后的研究中不断补足。

参考文献(References)

- [1] 陈家运, 陈志龙, 朱星平. 基于期望的地下步行空间寻路初探[J]. 地下空间与工程学报, 2016, 12(5): 1145-1149, 1156. (Chen Jiayun, Chen Zhilong, Zhu Xingping. Wayfinding study based on traffic intention theory by pedestrian in underground space[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2016, 12(5): 1145-1149, 1156 (in Chinese))
- [2] 吕元, 曲青青, 张雅娟, 等. 基于空间认知的地下综合体导向设计研究[J]. 地下空间与工程学报, 2015, 11(2): 271-277. (Lü Yuan, Qu Qingqing, Zhang Yajuan, et al. Research on indirect orienting design for underground complex based on spatial cognition[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2015, 11(2): 271-277. (in Chinese))
- [3] 王保勇, 侯学渊, 束昱. 地下商场心理环境影响因素关系的分析[J]. 地下空间与工程学报, 2001, 29(6): 724-728. (Wang Baoyong, Hou Xueyuan, Shu Yu. Analysis of relations among factors affecting the psychological environment in underground mark[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2001, 29(6): 724-728. (in Chinese))
- [4] 赵能. 虚拟仿真技术在建筑设计中的应用研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2009. (Zhao Neng, Research on the application of virtual simulation technology in architectural design [D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2009. (in Chinese))
- [5] 凯文·林奇. 城市意象[M]. 北京: 华夏出版社, 2001. (Kevin L. The image of the city[M]. Beijing: Huaxia Press, 2001. (in Chinese))
- [6] 坎特威茨 B H., 罗迪格 H L., 埃尔姆斯 D G. 实验心理学——掌握心理学的研究[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001. (Kantowitz B H, Roediger H L. Elmes D G. Experimental psychology [M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2001. (in Chinese))
- [7] 钱利. 城市商业街道空间尺度分析研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2010. (Qian Li. Study on the spatial scale analysis of commercial block in the city [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2010. (in Chinese))
- [8] 郑宁, 胡雄, 薛晓光. SPSS 21 统计分析与应用从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015. (Zheng Ning, Hu Xiong, Xue Xiaoguang. SPSS 21 statistical analysis and application from entry to proficient [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015. (in Chinese))
- [9] 芦原义信. 街道的美学[M]. 北京: 百花文艺出版社, 2006. (Nobuyoshi A. The aesthetic townscape[M]. Beijing: Baihua Literature and Art Publishing House, 2006. (in Chinese))
- [10] 童林旭. 地下建筑学[M]. 济南: 山东科技出版社, 1994. (Tong Linxu. Underground architecture [M]. Jinan: Shandong Technology Press, 1994. (in Chinese))
- [11] 张文彤, 董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015. (Zhang Wentong, Dong Wei. SP statistical analysis advanced course [M]. Beijing: Higher Education Press, 2015. (in Chinese))
- [12] 杰克·莱文, 詹姆斯·艾伦·福克斯. 社会研究中的基础统计学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2015. (Levin J, Fox J A. Elementary statistics in social research[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2015. (in Chinese))
- [13] 王保勇, 束昱. 影响城市地下空间环境的因素分析[J]. 同济大学学报, 2000, 28(6): 656-660. (Wang Baoyong, Shu Yu. Analysis of factors affecting urban underground space environment [J]. Journal of Tongji University, 2000, 28(6): 656-660. (in Chinese))