

doi:10.11835/j.issn.2096-6717.2019.018



# 图书馆照明环境中电子阅读视觉 满意度预测模型

郭琦, 王立雄

(天津大学 建筑学院; 天津市建筑物理环境与生态技术重点实验室, 天津 300072)

**摘要:** 基于 11 个大型公共图书馆和高校图书馆的调研数据, 建立多元线性回归方程, 探讨客观照明参数与主观评价的关系, 建立主观评价视觉满意度与照明参数相关的预测模型。该模型表明, 在图书馆开放阅览空间中使用电子阅读媒体阅读时, 读者视觉满意度随着水平照度平均值和垂直照度平均值的增加而提高; 随着斜面照度平均值减少而增加; 随着斜面照度均匀度和垂直照度均匀度的增加而提高。由此可以看出, 斜面照度均匀度对视觉满意度的影响较大。

**关键词:** 图书馆; 阅读空间; 电子阅读; 视觉满意度

**中图分类号:** TU113      **文献标志码:** A      **文章编号:** 2096-6717(2019)01-0144-06

## Electronic reading visual satisfaction prediction model in library lighting environment

Guo Qi, Wang Lixiong

(School of Architecture; Tianjin Key Laboratory of Architectural Physics and Environmental  
Technology, Tianjing University, Tianjin 300072, P. R. China)

**Abstract:** Based on the survey data of 11 large public libraries and university libraries, the multivariate linear regression equation is established to investigate the relationship between the objective lighting parameters and subjective evaluation, which aims to establish the prediction model of subjective evaluation of visual satisfaction associated with lighting parameters. The model shows that when using the electronic reading media in open reading space of the library, the readers' visual satisfaction would be improved with the increase of average value of horizontal illumination and vertical illumination, the decrease of the average degree of slope illumination, the increase of the uniformity of oblique illumination and vertical illumination. The results indicate that the uniformity of oblique illumination has a greater impact on visual satisfaction.

**Keywords:** library; reading space; electronic reading; visual satisfaction

中国新闻出版研究院在京公布的第十三次全国国民阅读调查数据显示: 国民电子阅读方式的接触

率为 64.0%, 电子阅读行为的成年人中近九成为 49 周岁以下人群<sup>[1-2]</sup>。“电子阅读”, 英文简称 E-

收稿日期: 2018-03-14

基金项目: 国家自然科学基金(51678399)

作者简介: 郭琦(1992-), 女, 主要从事建筑光环境研究, E-mail: dearguoqi@qq.com。

王立雄(通信作者), 教授, E-mail: wlixiong0011@sina.com。

Received: 2018-03-14

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 51678399)

Author brief: Guo Qi(1992-), main research interest: building lighting environment, E-mail: dearguoqi@qq.com,

Wang Lixiong (corresponding author), professor, E-mail: wlixiong0011@sina.com.

reading(electronic reading),指涉及数字化环境、设备、内容的阅读行为<sup>[3]</sup>。电子阅读不仅仅只是指向静态的图文,还包括视频、动画、三维互动等形式的阅读内容<sup>[4-5]</sup>。电子阅读媒体是指在带有阅读功能的手持设备上的阅读,载体形式包括台式电脑、笔记本电脑、手机、平板电脑、电子纸书等<sup>[6-7]</sup>。传统的阅读媒体为纸质载体,一般为水平放置,通过光线反射实现阅读。电子阅读媒体一般与工作有一定倾角甚至垂直于工作面放置,通过电子阅读媒体屏幕发光实现阅读。中国现行标准中并没有针对电子阅读媒体的特点提出相应的设计要求。程翠玲等<sup>[8]</sup>论述了图书馆阅览室中人工照明的视角与眩光问题,并提出阅读者最佳视觉效果的措施。蒋新等<sup>[9]</sup>对图书馆建筑光环境的要求和标准及中国现有图书馆建筑普遍存在采光不足、光照度偏低现象产生的原因进行探讨和分析,并给出建议。张智君等<sup>[10]</sup>研究了 VDT 屏面亮度和文件背景照度对视觉阅读作业的影响效应。牟晓非等<sup>[11]</sup>进行了环境照明对液晶显示屏可读性影响的实验研究,得出最佳可见度水平的显示屏面垂直照度范围。Feng 等<sup>[12]</sup>评估了背光照明和非发光电子阅读器对视力下降患者的阅读速度和舒适度的影响。总体上看,有系统、大规模、科学化的调查尚缺,有关电子阅读媒体使用时的照明设计与读者视觉舒适性角度的相关研究很少。

笔者以中国 11 个图书馆中电子阅读媒体在图书馆阅览空间中的使用状况、读者阅读行为以及阅览空间照明参数为对象,建立读者电子阅读主观视觉满意度的预测模型,探讨图书馆阅览空间照明客观参数与读者的主观评价之间的关系。

## 1 调研内容及调研方法

调研范围为北京市、天津市和上海市,选取 11 个有代表性的大型公共图书馆和高等院校图书馆作为研究对象,如表 1 所示。调研内容主要包含图书馆建筑阅览空间功能分区、照明方式、照明光源类型、照明数据(0.75 m 水平照度、垂直照度、45°斜面照度),调研内容和测试方法如表 2 所示。

表 1 调研对象一览表

Table 1 List of survey objects

图书馆名称	建成时间
国家图书馆新馆	2008 年
清华大学图书馆	1991 年

续表 1

图书馆名称	建成时间
北京大学图书馆	2005 年
天津市图书馆新馆	2012 年
天津大学北洋校区图书馆	2015 年
南开大学津南校区图书馆	2015 年
上海浦东新图书馆新馆	2010 年
复旦大学李兆基图书馆	2008 年
同济大学四平校区图书馆	1990 年
上海交通大学大学图书馆	2006 年
嘉定区图书馆	2005 年

表 2 调研内容与调研方法

Table 2 Research topics and methods

调研内容	调研方法
照明方式	现场记录
灯具布置方式	现场记录
阅读面水平照度	现场测试
阅读面 45°斜面平照度	现场测试
阅读面垂直照度	现场测试
主观评价	问卷调查
阅读行为比例	现场记录

相关研究概念界定如下:

**开放阅览空间:**指采用开架式布局布置阅览分区的藏阅一体空间。

**照明平均值:**指为阅览空间中所有阅读活动创造一个充足照度的照明条件,以照度平均值为度量标准。

**照明均匀度:**指规定表面上的最小照度与平均照度之比,用来度量整个阅览空间照度的均匀程度。

**视觉满意度:**指读者对阅览空间使用电子阅读媒体的视觉满意程度,以调研数据中“非常满意”的百分比值的整数部分为取值,取值范围为[0,100]。

**主观问卷调查:**每个图书馆随机抽取 50 名读者,填写 50 份调查问卷,保证百分之百收回,读者填写调查问卷得到主观评价数据,共收回 550 份有效问卷。

### 1.1 调查问卷的可信度分析

通过克朗巴哈  $\alpha$  系数检测调查问卷的可信度,结果如表 3。 $\alpha$  系数为  $0.822 > 0.8$ ,可见,问卷可信度系数较大,问卷内部设计一致性好,结论可靠度高,可用于分析研究视觉满意度。

表 3 问卷可信度分析

Table 3 Questionnaire reliability analysis

Cronbach's $\alpha$	基于标准化项的 Cronbach's $\alpha$	项数
0.805	0.822	11

### 1.2 照明参数及读者阅读行为分析

通过对客观数据的统计分析,整理中国图书馆照明参数及视觉满意度,如表 4 所示。

表 4 照明参数及满意度调查结果

Table 4 The investigation results of the lighting parameters and satisfaction

图书馆类别	水平面		45°斜面		垂直面		满意度百分比/%		
	E/lx	U	E/lx	U	E/lx	U	非常满意	比较满意	累积百分比
国家图书馆新馆	517	0.7	364	0.6	166	0.6	14	68	82
天津市图书馆新馆	345	0.7	274	0.7	115	0.6	27	65	92
北京大学图书馆	295	0.7	236	0.7	118	0.6	26	66	92
清华大学图书馆	646	0.7	518	0.7	257	0.5	28	62	90
天津大学北洋校区图书馆	206	0.7	146	0.7	73	0.8	50	42	92
南开大学津南校区图书馆	544	0.7	447	0.7	311	0.8	46	50	96
上海浦东新图书馆新馆	191	0.7	121	0.7	55	0.4	32	50	82
复旦大学李兆基图书馆	616	0.2	504	0.2	211	0.2	14	54	68
同济大学四平校区图书馆	314	0.3	250	0.3	101	0.4	28	66	94
上海交通大学大学图书馆	563	0.4	462	0.4	210	0.4	30	50	80
嘉定图书馆	844	0.4	256	0.4	61	0.5	28	60	88

根据现场记录,图书馆阅览空间中读者使用电子阅读媒体进行不同阅读的习惯,包括水平面、45°斜面以及垂直面阅读的比例分布如图 1 所示。

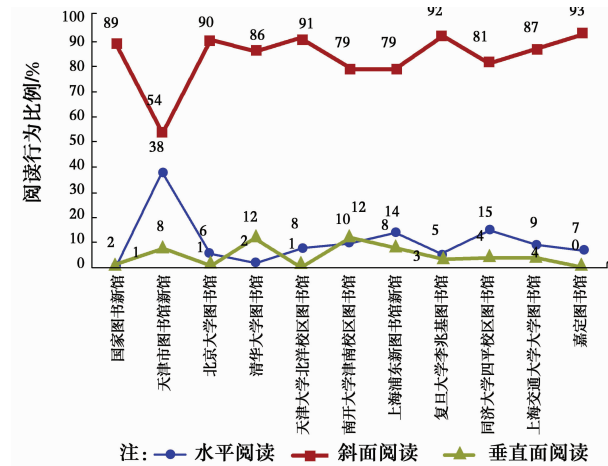


图 1 读者不同阅读行为比例分布

Fig. 1 The distribution of readers' different reading behaviors

由表 4 可知:图书馆阅览空间内不同阅读面的照度平均值分布比较离散,水平面照度平均值最大 844 lx,最小 191 lx,75%的数值接近 600 lx,高于相关规范标准值<sup>[9]</sup>。45°斜面照度平均值和垂直面照度平均值中,50%的数据低于 300 lx。不同图书馆开放阅览空间中的不同平面照度,除了水平照度平均值大部分满足相关规范要求,45°斜面照度和垂直照度没有统一标准,数值变化较大。

由图 1 可知:图书馆开放阅览空间使用电子阅读媒体的读者中,除了天津市图书馆新馆,其他图书馆开放的阅览空间中采用斜面阅读的读者占到 70%以上,多是笔记本电脑、平板电脑等设备;小部分读者采用水平阅读方式,以手机阅读为主,垂直阅读多是台式电脑和部分笔记本电脑。由此可见,斜面阅读是读者使用电子阅读媒体的最主要阅读方式,斜面照度对读者阅读的舒适性可能会有较大影响;电子阅读媒体屏面倾斜角度在 45°~90°之间应作为后期研究重点范围。

考虑调研中读者不同阅读方式的比例可能会对视觉满意度结果产生影响,进行相关性分析,结果如表 5 所示,读者视觉满意度与不同阅读面读者阅读比例显著性值均大于 0.05,因此,读者视觉满意度与调研不同阅读面读者阅读比例不相关,视觉满意度结果具有统计意义。

表 5 视觉满意度与读者不同阅读行为比例的相关性分析  
Table 5 Partial correlation analysis between the satisfaction and readers' different reading behaviors

控制变量	视觉满意度		
	相关性	显著性(双侧)	df
水平面阅读比例	0.113	0.741	11
45°面阅读比例	0.078	0.819	11
垂直面阅读比例	0.255	0.449	11

## 2 视觉满意度预测模型

研究中一个因变量与多个自变量存在线性相关关系,因此,采用多元线性回归分析方法对数据进行统计分析,以建立视觉满意度预测模型,探讨因变量与多个自变量之间的关系。

模型中,假定自变量为独立变量,以读者视觉满意度为因变量  $S$  建立两个模型:照度充足度影响模型自变量以水平照度平均值为  $x_1$ 、45°斜面照度平均值为  $x_2$ 、垂直面照度平均值为  $x_3$ ,反映照明充足度对视觉满意度的影响;照度均匀度影响模型自变量以水平面照度均匀度值为  $y_1$ 、45°斜面照度均匀度值为  $y_2$ 、垂直面照度均匀度值为  $y_3$ ,反映照明均匀度对视觉满意度的影响,尝试建立预测模型。

模型中  $n=11 \leq 50$ ,首先,对因变量  $S$  采用具有较高检验效能的 Shapiro-Wilk Test 法进行正态性检验,结果如表 6,统计量为 0.882, Sig 值为 0.110 > 0.05,可见,因变量  $S$  服从正态分布,可进行回归分析。

表 6 正态性检验表  
Table 6 Normal test results

Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
统计量	df	Sig.	统计量	df	Sig.
0.222	11	0.137	0.882	11	0.110

### 2.1 照度充足度预测模型

表 7 可见,  $R$  为 0.758, 大于 0.75, 表明自变量与因变量之间具有较强的线性相关关系。  $R^2$  为 0.575, 反映模型对样本数据的拟合程度较好。

表 7 模型总体参数表  
Table 7 Model Summary

Model	$R$	$R^2$	Adjusted $R^2$	Std. Error of the Estimate
1	0.758	0.575	0.392	8.564 15

通过对回归方程样本均数差别的显著性检验分析,如表 8 所示,  $F=31.53$ ,  $P=0.005$ , 可见, 此回归方程成立。

表 8 回归方差分析表  
Table 8 Anova

参数	Sum of Squares	df	Mean Square	$F$	Sig.
回归	693.723	3	231.241	31.53	0.005
残差	513.413	7	73.345		
总计	1207.136	10			

通过方差分析对方程中每个变量做回归分析及显著性检验,如表 9。由表 9 可见,  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  和常数项的显著性概率为  $0.001 < 0.05$ , 因此,  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  和常数项均应存在。

表 9 回归系数及显著性检验表  
Table 9 Coefficients

参数	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	$t$	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
	(Constant)	40.477	7.229		
$y_1$	0.017	0.020	0.318	0.829	0.013
$y_2$	-0.164	0.061	-2.100	-2.700	0.031
$y_3$	0.224	0.083	1.738	2.709	0.030

故,多元线性回归方程为

$$S = 40.477 + 0.017x_1 - 0.164x_2 + 0.224x_3, S \in [0, 100]$$

式中:  $S_1$  为视觉满意度;  $x_1$  为水平照度平均值;  $x_2$  为 45°斜面照度平均值;  $x_3$  为垂直照度平均值。

由根据调研数据建立的方程可见,  $x_1$ 、 $x_3$  与  $S$  为正相关关系,读者视觉满意度会随着水平照度充足度和垂直照度充足度的增加而提高;而  $x_2$  与  $S$  为负相关关系,读者视觉满意度会随着斜面照度充足度减少而增加。可见,使用电子阅读媒体时,斜面照度平均值对视觉满意度的影响与水平照度平均值对传统阅读媒体的影响不同,应作为后期研究重点。

### 2.2 照度均匀度预测模型

由表 10 可见,  $R$  为 0.915, 大于 0.75, 表明自变量与因变量之间具有很强的线性相关关系,  $R^2$  为 0.766, 说明模型对样本数据的拟合效果很好。

表 10 模型总体参数表  
Table 10 Model summary

Model	$R$	$R^2$	Adjusted $R^2$	Std. Error of the Estimate
2	0.915	0.836	0.766	5.310 30

对回归方程样本均数差别的显著性检验分析如表 11, 其中  $F=11.936$ ,  $P=0.004$ , 差异有显著性意义, 此回归方程成立。

表 11 回归方差分析表  
Table 11 Anova

参数	Sum of squares	df	Mean square	$F$	Sig.
回归	1009.741	3	336.580	11.936	0.004
残差	197.395	7	28.199		
总计	1207.136	10			

通过方差分析对方程中每个因变量做回归分析,结果如表12,  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  和常数项的显著性概率为  $0.018 < 0.05$ , 因此,  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  和常数项均应存在。

表12 回归系数及显著性检验表  
Table 12 Coefficients

参数	Unstandardized coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	18.826	6.150		3.061	0.018
$y_1$	-231.831	58.402	-3.831	-3.970	0.005
$y_2$	204.884	54.236	3.574	3.778	0.007
$y_3$	56.235	14.148	0.918	3.975	0.005

故多元线性回归方程为

$$S_2 = 18.826 - 231.831y_1 + 204.884y_2 + 56.235y_3, S \in [0, 100]$$

式中:  $S$  为视觉满意度;  $y_1$  为水平照度均匀度值;  $y_2$  为  $45^\circ$  斜面照度均匀度值;  $y_3$  为垂直照度均匀度值。

根据调研数据建立的方程可知,  $y_2$ 、 $y_3$  与  $S$  为正相关关系, 读者视觉满意度随着斜面照度均匀度和垂直照度均匀度的增加而提高, 斜面照度的均匀度对视觉满意度的影响较大; 而  $y_1$  与  $S$  为负相关关系, 读者视觉满意度随着水平照度均匀度减少而增加。可见, 使用电子阅读媒体时, 斜面照度的均匀度和垂直面照度的均匀度对视觉满意度的影响应作为后期研究重点。

### 3 结论

1) 所调研图书馆阅览空间照明环境设计大多仅考虑 0.75 m 阅读面的水平照度平均值满足建筑照明设计标准的规定, 不同阅读面的照度平均值分布比较离散, 水平面照度平均值最大 844 lx, 最小 191 lx, 75% 的数值接近 600 lx, 高于相关规范标准值。  $45^\circ$  斜面照度平均值和垂直面照度平均值中, 50% 的数据低于 300 lx,  $45^\circ$  斜面照度和垂直照度没有统一标准, 数值变化较大, 针对斜面阅读面和垂直阅读面照度参数也没有相关标准规范。因此, 现有图书馆照明设计时, 应关注电子阅读媒体使用的特殊性, 针对电子阅读媒体使用所需的相关照度参数有待进一步研究。

2) 基于多元线性回归分析理论和方法, 对图书馆开放阅览空间中读者使用电子阅读媒体的视觉满意度与阅览空间照明参数进行统计分析, 得到照度充足度与照明均匀度不同程度上影响读者视觉满意

度的预测模型。读者视觉满意度随着水平照度充足度和垂直照度充足度的增加而提高; 随着斜面照度充足度减少而增加。读者视觉满意度随着斜面照度均匀度和垂直照度均匀度的增加而提高, 斜面照度均匀度对视觉满意度的影响较大; 读者视觉满意度会随着水平照度均匀度减少而增加。

3) 图书馆开放阅览空间中, 斜面阅读是读者使用电子阅读媒体的最主要阅读方式, 斜面照度对读者阅读的舒适性有较大影响, 因此, 电子阅读媒体屏面倾斜角度  $45^\circ \sim 90^\circ$  应作为后期研究阅读舒适性的重点范围; 使用电子阅读媒体时, 斜面照度的充足度和斜面照度的均匀度对视觉满意度的影响应作为后期研究重点。

### 参考文献:

- [1] 杜羽. 第十三次全国国民阅读调查结果公布[N]. 光明日报, 2016-04-19(009).  
DU Y. The 13th national national reading survey results [N]. Guangming Daily, 2016-04-19(009). (in Chinese)
- [2] 魏玉山, 徐升国, 拜庆平, 等. 第十三次全国国民阅读调查主要发现[J]. 出版参考, 2016(5): 34-35.  
WEI Y S, XU S G, BAI Q P, et al. The 13th national national reading survey mainly found [J]. Information on Publication, 2016(5): 34-35. (in Chinese)
- [3] The New Media Consortium & The Educause Learning Initiative. The horizon report 2011 edition [DB/OL]. <http://www.nmc.org/publications/2011-horizon-report>, 2011-03-03.
- [4] WANG P, DICKSON K W C, KEVIN K W H, et al. Why read it on your mobile device change in reading habit of electronic magazines for university students [J]. Journal of Academic Librarianship, 2016, 42(6): 664-669.
- [5] E-book readers available in the library [EB/OL]. [2010-11-21]. <http://library.bowdoin.edu/news/ereaders.html>.
- [6] 杨志刚, 张新兴, 庞宏燊. 电子书阅读器在国外图书馆的应用现状及存在问题[J]. 大学图书馆学报, 2011(4): 11-21.  
YANG Z G, ZHANG X X, PANG H S. Libraries and english department partner in exploration of digital readers [J]. Journal of Academic Libraries, 2011(4): 11-21. (in Chinese)
- [7] Library begins lending E-readers [EB/OL]. [2010-11-21]. <http://www.statepress.com/2010/09/14/library-begins-lending-e-readers/>
- [8] 程翠玲. 图书馆书库、阅览室的采光和照明[J]. 安庆

- 师范学院学报(自然科学版),2000(3):83-86.
- CHENG C L. A brief talk on lighting and illumination of library stack room and reading room [J]. Journal of Anqing Teachers College (Natural Science Edition), 2000(3):83-86. (in Chinese)
- [9] 蒋新,刘尧琪. 现代图书馆建筑光环境的要求与实现 [J]. 图书馆杂志,2003(8):27-29.
- JIANG X, LIU Y Q. The requirements of modern library building light environment and implementation [J]. Library Journal, 2003(8):27-29. (in Chinese)
- [10] 张智君,朱祖祥. VDT 屏面亮度和文件背景照度对视知觉核读作业的影响 [J]. 心理科学,2001(1):26-28,125.
- ZHANG Z J, ZHU Z X. VDT screen luminance and file background illumination effects on visual check reading assignments [J]. Psychological Science, 2001(1):26-28,125. (in Chinese)
- [11] 牟晓非. 液晶显示器在不同的环境照明和亮度对比度条件下可读性的研究 [C]//中国系统工程学会人机环境系统工程创立 20 周年纪念大会暨第五届全国人机环境系统工程学术会议论文集,2001.
- MU X F. Liquid crystal display under the condition of different ambient lighting and brightness contrast readability study [C]//Systems Engineering Society of China. Man-Machine Environment System Engineering Founded 20 Anniversary of The Congress and of The Fifth National Conference on Man-Machine Environment System Engineering Academic, 2001. (in Chinese)
- [12] FENG H L, ROTH D B, FINE H F, et al. The impact of electronic reading devices on reading speed and comfort in patients with decreased vision [J]. Journal of Ophthalmology, 2017(3):1-4.
- [13] YANG L J, LIU S S, Tsoka S, et al. Mathematical programming for piecewise linear regression analysis [J]. Expert Systems with Applications, 2016,44(C):156-167.
- [14] KENGO N, TETSUO Y, TATSU K, et al. Development of a predictive model for lead, cadmium and fluorine soil - water partition coefficients using sparse multiple linear regression analysis [J]. Chemosphere, 2017,186:501.
- [15] 李娜,张明宇. 户外 LED 广告屏色光侵扰问题调查研究 [J]. 土木建筑与环境工程,2016,38(5):148-156.
- LI N, ZHANG M Y. Research on the problem of color optical intrusion in outdoor LED advertising [J]. Journal of Civil, Architecture & Environmental Engineering, 2016,38(5):148-156. (in Chinese)
- [16] BOR Y T, JUNGN Y. The influence of self-efficacies on readers' intention to use E-reading devices: An empirical study [J]. International Journal of Distance Education Technologies, 2014,12(3):41-61.
- [17] ATTIA M S, KHORAMNIA R, AUFFARTH G U, et al. Near and intermediate visual and reading performance of patients with a multifocal apodized diffractive intraocular lens using an electronic reading desk [J]. Journal of Cataract and Refractive Surgery, 2016,42(4):582-590.
- [18] AMOLD M, DICKENS R W. Re-branding libraries to embrace open space and aesthetic reflections: a case of USIU-Africa as a benchmark of Kenyan libraries [J]. Library Hitech News, 2017,34(1):125-126.
- [19] 魏志静,刘希玉,赵庆祯,等. 基于 SPSS 软件与多元线性回归分析理论的分析——分析儿童血液必需元素与血红蛋白浓度的相关关系 [J]. 信息技术与信息化, 2006(2):107-109.
- WEI Z J, LIU X Y, ZHAO Q Z, et al. Analysis of SPSS software and multivariate linear regression analysis theory -analysis of the correlation between essential elements of children's blood and hemoglobin concentration [J]. Information Technology and Information Technology, 2006(2):107-109. (in Chinese)
- [20] HOU J U, JUSTIN R, LEE K W. Cognitive map or medium materiality? Reading on paper and screen [J]. Computers in Human Behavior, 2017,67:84-94.
- [21] LI C H, WENL S, YA H L. What factors satisfy E-book store customers? Development of a model to evaluate E-book user behavior and satisfaction [J]. Internet Research, 2017,27(3):66-67.
- [22] CHIA L H, YU H L, MU C C, et al. Investigating the determinants of E-book adoption [J]. Program, 2017,51(1):45-49.
- [23] MIROSLAW G, JOLANTA M. Key users of polish digital libraries [J]. The Electronic Library, 2012,30(4):543-556.