

DOI:10.11918/j.issn.0367-6234.201703085

游客在博览建筑空间中的行为互动设计策略

韩雪莹^{1,2,3}, 邹广天^{1,2,3}

(1.哈尔滨工业大学 建筑学院,哈尔滨 150006;2. 哈尔滨工业大学 建筑计划与设计研究所,哈尔滨 150006;
3. 黑龙江省寒地建筑科学重点实验室(哈尔滨工业大学),哈尔滨 150006)

摘 要: 互动式博览建筑是凭借虚拟现实技术、多媒体技术、信息技术等数字技术,利用独特方式互动沟通的特殊建筑类型.为研究博览建筑以“游客行为”为中心的互动性,首先需要明晰几种可以提高互动效果手段的优缺点,以此来确定采用视觉测量法实地追踪人群行为动态的优势,然后在实验室中利用混合设计设备整理分析 3 类游客(学生群体、以家庭为单位的群体、邻近区域居住的老年群体)的行为特征,并以游客的行走路径及停留分析作为互动研究的基础数据.最后结合成型的互动设计实例,总结出 4 种互动设计策略:发掘人们的必然行为、感官互动可视化、单元模块变形强调联系、借助数字技术虚实共建.结果表明:博览建筑中的行为互动使游客与所处空间及展品之间形成了平等的对话关系.在厘清博览建筑中的布展方式、流线组织及展厅空间与互动之间关系的基础上,调动游客的互动行为,使人们在探索和新奇中加深对展品信息记忆的同时,进一步指导博览建筑互动设计研究.

关键词: 博览建筑设计;互动性;互动设计策略;游客行为;数字技术

中图分类号: TU375.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2018)04-0160-07

Interactive behavior design strategy of visitors in museum buildings

HAN Xueying^{1,2,3}, ZOU Guangtian^{1,2,3}

(1.School of Architecture, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006, China;
2.Architectural Planning and Design Institute, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006, China;
3.Heilongjiang Cold Region Architectural Science Key Laboratory(Harbin Institute of Technology), Harbin 150006, China)

Abstract: Aiming at interactivity based on visitors' behaviors in museum buildings and depending on digital technique such as virtual reality technology, multimedia technology and informational technology, interactive museum building uses unique information exchangeable method to communicate. At first, this paper clarifies merit and demerit of methods, which can improve interactive effect to determine the superiority of video method which can track visitors' dynamic behavior on-the-spot investigation. Then taking walking path, position, duration as basic data of interactive study, this paper analyzes the behavior characteristics of three types of visitors (student groups, family-based collectives, the old in communities). Finally, this paper tries to conclude four strategies of interactive design: exploring the inevitable behaviors of visitors; visualizing sensory interaction; emphasizing connection between unit module deformation; making joint efforts to build virtual and physical environment by virtue of digital technique. Result shows that the relationship among visitors' behaviors, exhibitions and displayed space forms a dialogue on the basis of equality. On the basis of clarifying the interactive relationship among exhibition layout, streamline organization and exhibition space, and adding digital technique, interactive behaviors would strengthen the consciousness visiting, and allow visitors deepen memory of exhibition information through exploration and novelty, and could guide museum building design.

Keywords: museum building design; interactivity; interactive design strategy; visitors' behaviors; digital technique

近年来,随着社会经济的发展以及对文化传承的重视,博览建筑设计日益受到人们的关注,展览空间的展示形式正在向高新化和多元化发展,并因数字技术的加入被赋予了新的意义.设计模式由单纯的空间

营造转向以“人”的行为模式及空间感受为主.
本文选择博览建筑作为主要研究目标,其主要原因是博览建筑研究领域长久以来停留在展示功能及设施配置等建筑客体研究层面上,博览建筑设计也较多地遵循“通用设计”和“为所有人设计”的原则,而从建筑使用者的行为需求展开的研究一直被忽略.并且由于博览建筑具有特殊的信息分享功能属性,促使本文有必要思考信息应该如何被传递和反馈,才能更好的被人们接受.所以在博览建筑环境

收稿日期: 2017-03-16
基金项目: 国家留学基金委 CSC 博士生联合培养基金(201606120211)
作者简介: 韩雪莹(1990—),女,博士研究生;
邹广天(1960—),男,教授,博士生导师
通信作者: 邹广天 zoug@hit.edu.cn

中对使用者行为起互动作用的设计策略进行研究是有必要的。

1 博览建筑中的互动性分析

1.1 互动性浅析

可以说博览建筑的互动效果充盈在空间中的每一个角落。展柜的开合、展品的布置、多媒体影音的播放等都在空间、展品与人的互动关系中起着不可或缺的作用。博览建筑中的互动性可以分为3类:博览建筑中人与人之间的互动、人与展览空间中的展品之间的互动、人与展览空间之间的互动。本文的侧重点为最后一个。

研究表明在人与建筑之间的关系中,传统博览建筑往往处于被动的角色^[1]。如何化被动为主动,如何将人与展品之间的互动融会贯通是本文需要考虑的问题。在这之前,首先要厘清博览建筑中的布展方式、流线组织及展厅空间与互动之间的关系。

1.1.1 布展的互动方式

许多调研结果表明^[2],将互动理念融入到展厅空间设计中能极大的增强游客的好奇心并提升观感兴趣。互动方式主要来源于3个方面:1)展品自身。例如,在展厅内有真实的雪橇摩托车,游客可以坐在摩托车上通过旋动油门手柄感受驾驶乐趣。2)展厅空间环境。从环境心理学上讲,如果人所处的空间发生变化必然会引起人心理的变化,进而影响人的行为。从另一个方向讲博览建筑中游客行为与展厅空间的相互作用增强了环境的感染力,感染力的递增可以使游客的情感色彩越发鲜明。这就是展厅空间的互动性。3)数字智能技术。通过数字技术构建有趣的游戏激发游客的好奇心,可以更好的实现观展目的。例如,展厅中雪橇车旁还设有智能屏幕,游客能够在屏幕中看到驾驶中的自己置身于真实的雪景中,这种虚拟环境下的体验给游客带来了丰富的想象。

1.1.2 游客流线的互动方式

博览建筑中的交通流线主要有3种基本形式:串联式、放射式、通道式。将这3种基本形式灵活组合可以创作出良好的空间互动体验。如:放射式与串联式的组合,这种组合方式是将各自首尾相连的展厅空间围绕一个中心枢纽区布置,体现观展的连续性。再如,放射式与放射式的重叠组合,这种组合方式打破了单一放射式流线形成的非圆即方的单一布局方式,使布展方式更加灵活。

1.1.3 展厅空间的互动方式

通过协调空间尺度减弱空间围合度的设计方法将博览建筑的空间功能相互融合,将休闲区域、展厅、外部空间、过渡空间包容交错。提高游客参观路

线选择性的同时也增强了室内空间的互动性。

1.2 技术路线

随着数字技术的发展可移动甚至是可随身携带的智能定位终端开始涌现,并出现在很多大型建筑空间中,很好地解决了室内场景中用户的定位问题。

根据它们的数据采集方式以及感知环境方式的不同,目前使用率较高的室内定位技术大致可以分为以下3类。

1)基于特定的硬件设备。1990年,Chou等^[3]设计的电子识别卡系统(active badge)算是室内信号追踪的开端。基于该系统每一个追踪者都被无线射频识别并具有独特的红外标签。但是此系统采用集中式系统构架,不仅使用及管理费用高昂,而且因室内墙壁的阻隔可能会降低射频信号强度,所以只能估算出目标的大概位置。包括之后的10年内剑桥大学AT&T实验室研制的BAT系统及麻省理工大学开发的Cricket系统,虽然将集中式改为分布式构架,但还是无法将无线信号的传播时间计算在使用者的行走时间内,所以数据也不够精准。

2)基于室内无线通信设备。在特定硬件设备基础上,有些定位系统采用RFID(radio frequency identification)、蓝牙、无线超宽带等不同无线通信方法。但是需要提前在室内空间中布置相应的设备,成本高昂而且耗费时间^[4]。

3)基于WiFi信号测距。迄今为止无线网络信号已覆盖绝大部分地区,因此该方法是目前室内轨迹追踪中使用率最高的。并且此方法几乎不再需要额外的硬件设施,只要追踪使用者随身携带的手机、平板或其他能够接受无线网络信号的可携带设备即可,但是无法获取停留时间等更精细的数据^[5]。

上述3类定位方法都有自身的局限性,本文采取的追踪手段是基于数字信息技术之上的视觉测量法。用5台摄像机和1台360°环绕摄录设备追踪人群的行走动态,将录像视频以OBJ的格式导入试验设备中,在实验室里整理分析所有游客的行为数据。此方法不需要博览建筑中的游客额外花费经历配合追踪工作,并且在实验室中可以反复观看游客的行为,准确评定游客的体验过程。

2 博览建筑中的行为分析

众所周知,建筑空间中容纳的游客行为是多种多样甚至是千变万化的,空间与人行为的互动过程更为生动有趣。通过分析游客的种类及其行为方式、追踪行为路线,以此为空间设计服务。从这个度角说,互动式博览建筑设计的根基就是“人”的行为设计^[6]。

2.1 调研准备

这里以加拿大蒙特利尔市博览建筑中的“创意工作室”展厅为例.如图 1 所示为此博览建筑官网中的图片.



图 1 博览建筑官网图片

Fig.1 Photo images of the museum

该博览建筑位于蒙特利尔市以东约 120 km 处,始建于 1965 年,以雪上娱乐设施及其配套设备为展览主题.选择此博览建筑作为调研目标,其原因主要为:1) 该建筑并不是一个庞大的建筑体,它属于小型博览建筑.其建筑外形简洁,内部空间遮挡物较少,便于收集游客的行为数据;2) 加拿大是一个喜好并提倡雪上运动的国家,此博览建筑中的展览物品以机动雪橇模型、滑雪用具模型、驾驶雪橇互动体验等为主,非常受本土游客的喜爱,所以来此博览建筑游览的游客种类多样便于采取数据进行调研;3) 展厅以曲线形状展台为主.开敞空间与同样面积的封闭空间相比,空间流动感更强,给人的感受更为开放、活跃,是现代展示空间设计的常用形式.

此博览建筑内主要的室内空间有:3 个通用展厅,1 个临时展厅,1 个多媒体室,供游客休息的餐饮休闲区、纪念品店及办公区域.平面图如图 2 所示.本文选择“概念工作室”展厅作为主要研究空间.此展厅共有 3 个进出口,因进出口 A 最接近博览建筑的大门入口,所以大多数游客选择从 A 门进入.从 B、C 门出展厅或从原门走出,根据每个人自己的游览路径不同而不同.

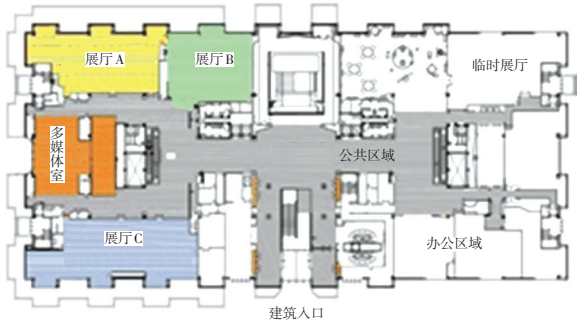


图 2 博览建筑平面图

Fig.2 Construction plan

此博览建筑因其特殊的地理位置,游客主要由

学生、家庭成员、临近区域居住的老人 3 大类组成^[7],3 类人群各追踪 10 组游客.行为种类包括行走、驻足、观看欣赏、闲坐、交流等.用 5 台摄像机和 1 台 360° 环绕设备摄录各组人群的行走动态,将录像视频导入试验设备中,在实验室里整理分析所有游客的行为数据,得到图 6~8 所示的路径图,棕色体块代表图中展品的位置,并且按照实际展厅中展品的实际尺寸按比例绘制,一条黑线代表一个游客在展厅中的行走路线,线条重复越多的地方说明展品越受欢迎.圆点的位置代表了游客停留的地点,其面积大小代表了 3 类游客停留时间的长短.图中圆点大小包括 9 种,由小到大代表的停留时间为:1-3、4-6、7-10、11-14、15-19、20-29、30-34、45-49、60+s.圆点越密集的地方说明停留的次数越多.从图中可以看出游客们更愿意长时间停留在展厅周边,或者在展品周围作短暂停留^[8].具体图斑事例如图 3 所示.

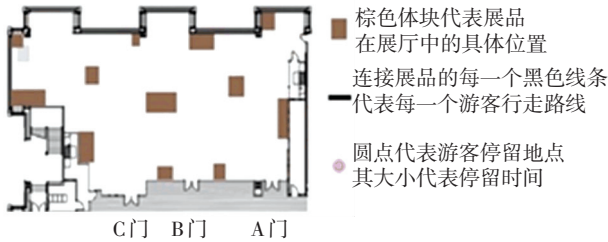


图 3 展厅平面图

Fig.3 Construction plan of the exhibition

2.2 游客行为收集与分析

2.2.1 学生群体

学生群体如图 4 所示.

1) 利用课余时间参观.没有具体的游览目标,经常在以娱乐休闲为目的公共休息区域停留,例如展厅中靠近窗户的板凳沙发等.

2) 完成学校布置的参观作业.带着学校布置的任务来参观,通常会按照既定的路线走向要参观的位置,并在该区域作较长时间的逗留,与自己无关或不感兴趣的展品区域可能直接略过.

2.2.2 以家庭为单位的群体

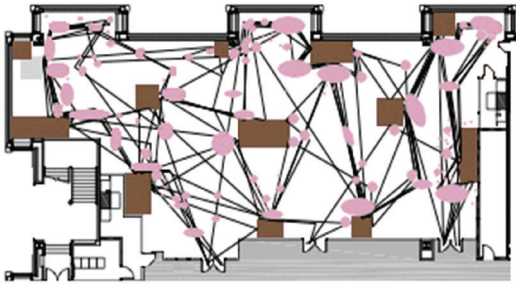
以家庭为单位的群体如图 5 所示.

1) 利用周末等假期时间参观,以一个家庭为单位的游客们,一般会按照展览空间中已经被标记好的路线慢慢行走,他们喜欢互相探讨展览艺术或日常家庭琐事,并不以学习展览内容为目的.

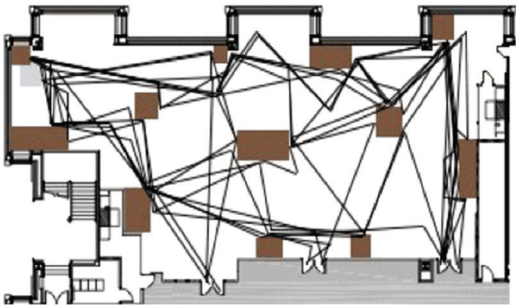
2) 居住在博览建筑周围的家庭成员们一旦得到展览内容更新的消息,他们就会从熟知展览路线上到达新的区域.一般不在某一点做较长时间的逗留,以走走停停的状态游览.

3) 这类人群多数不以关注展品信息为主要目

的,一般不走回头路。



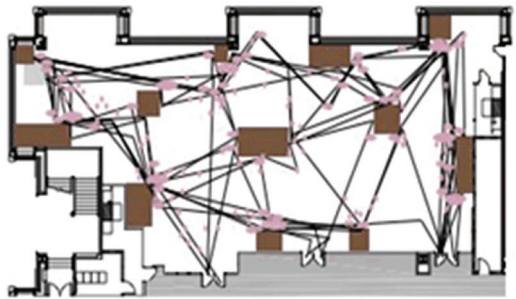
(a) 学生群体行走路径



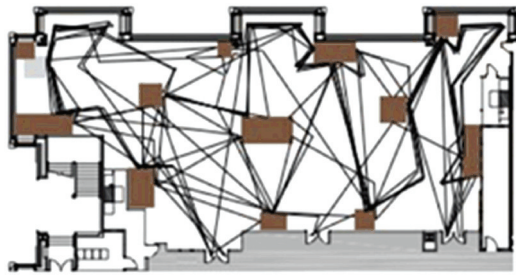
(b) 学生群体停留位置及时间

图 4 学生群体行走路径和停留位置及时间

Fig.4 Walking path and resident time, location of student groups



(a) 以家庭为单位的行走路径



(b) 以家庭为单位的停留位置及时间

图 5 以家庭为单位的行走路径

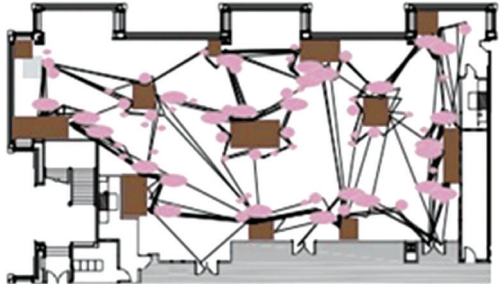
Fig.5 Walking path and resident time, location of family groups

2.2.3 临近区域居住的老年群体

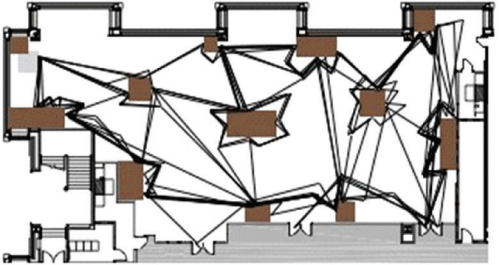
临近区域居住的老年群体如图 6 所示。

1) 离退休的老人们可能每周都会来参观,他们采用迂回的行走方式花费比其他人更多的时间游览。每一个展览区域如果时间合适,他们会参加每一个主题展览活动,并且会选择在自己感兴趣的展品前驻足详细阅读展品资料,围绕展品多角度观摩。

2) 目的性较强,不会在展品以外的地方驻足。



(a) 老年群体行走路径



(b) 老年群体停留位置及时间

图 6 老年群体行走路径

Fig.6 Walking path and resident time, location of elderly groups

3 行为带来的互动

基于对博览建筑中“概念工作室”展厅的游客种类及其行为的归纳分析,结合已经成型的互动设计实例,总结归纳出展厅空间设计需要考量的设计策略为:发掘人们的必然行为、感官置换互动可视化、单元模块变形强调联系、借助数字技术虚实共建。通过这 4 种设计策略,以数字技术为基础,将现有的互动设计装置应用到合适的建筑类型中,这些互动设计在与人互动的过程中影响并反作用于人的行为,让人们在相同的环境下产生不同的心理反应进而逐渐形成新的行为,这往往是互动式建筑设计中更有效的一种设计方案^[9]。

3.1 发掘人们的必然行为

必然行为就是指人的本能行为。本能理论是著名精神分析家弗洛伊德从本能出发解释人行为动机的理论,这种本能行为不需要经过学习、练习、适应、模拟或经验,即能表现出某种协调一致的复制固定性行为,包括趋光性行为 and 聚集效应等等^[10]。由于展厅空间中互动设计的动态可变性较强,可以说游客行为互动性是千变万化的。鉴于此,本文在生活中寻找了原本就可变的互动细节,植入到展厅空间中并赋予了它们新的设计元素。

柏林艺术学院 (University of the Arts Berlin) 的 Frédéric 等^[11]于 2005 年设计了名为“aperture”光圈的互动装置应用于建筑空间中。运用生活中既有的光圈形态组成了镜头形状、开口直径可变的矩阵状

态,成为互动建筑中能够捕捉人们行为的动态单元模块。同时,“光圈”是一种新的叙事显示模式,可以保存装置前所有人的活动。

在博览建筑中,因展厅种类多样、行走路线不固定,室内空间不会明确标识行走方向。将互动“光圈”设置在室内空间的地面上,当游客需要快

速明确的行走指引时,记忆模式启动,装置开始回顾并显示之前存储的行走路线。如图7(a)所示为“光圈”的装置细节;如图7(b)所示,当人在装置前走动时,光圈会随着人的接近和远离发生光影变化;如图7(c)所示,“光圈”还可以将人走过的路线记录下来。

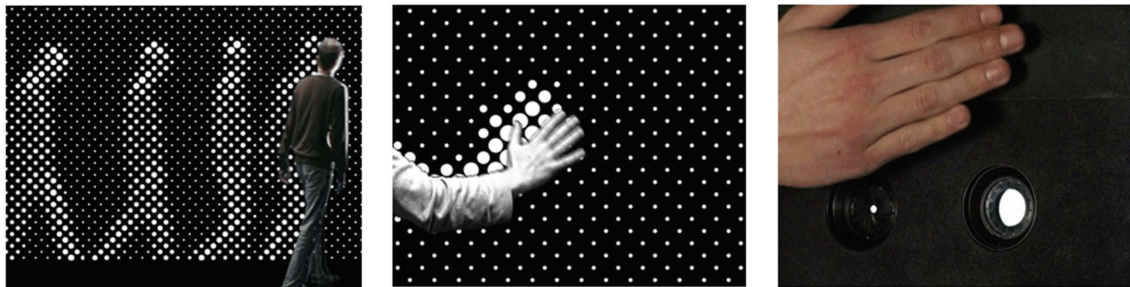


图7 Aperture 互动装置细节、互动反应、人影记忆

Fig.7 Interactive details of Aperture equipment, interactive response, shape memory

注:图片来源于 University of the Arts Berlin Website.

如果将“光圈”互动装置安装在博览建筑的地面上,记录 Linear、Circle、Twist 等3种游览方式。因人的本能反应具有趋光性行为,游客会本能的按照地面上“光圈”颜色的变化根据自身情况选择适合自己的路径,如图8所示。3种游客群体的游览方式并不能完全一一对应。例如:如果用a代表学生群体,b代表以家庭为单位的游客,c代表离退休的老人们,那么3种类型的人群如果在时间允许的情况下可能都会选择迂回式游览路径进行游览。

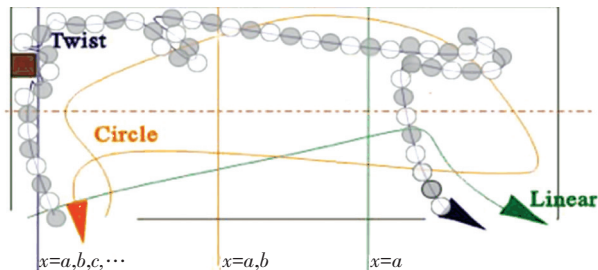


图8 游览方式

Fig.8 Visiting type

图中:Linear 线型游览——学生群体,即时间较少、目的性较强,选择自己感兴趣的目标直奔主题。Circle 环型游览——以家庭为单位参观的游客,即家人们互相交谈的过程中可能会错过部分展品,因时间较充裕,会选择迂回的形式环形游览。Twist 迂回式游览——临近区域居住的老年群体,即时间非常充裕,不会错过展厅中的每一个展品,部分行走路线呈“S”型。

3.2 感官置换的互动可视化

博览建筑最显著的特征就是传递、加工信息。游客们将接收到的信息经过自身加工再一次反馈给建筑空间的过程就是认知心理学中的认知过程^[12]。在

这个过程中,有着不同阅历的人们会对展示空间设计有不同的认知过程,对信息的最后感知结果必然也会存在一定的异同。哪怕是同一个人在不同的感知环境下都会出现认知偏差,视觉假象便由此诞生。利用这种差异就可以让在此展厅空间中游览的人们通过相同的认知产生关联,也通过认知的差异带来视觉上的新鲜感。感官置换由此而来并产生了相应的互动可视化效果^[13]。

3.3 单元模块变形强调联系

互动设计的精髓不应追求复杂的原理,而应该运用简单的模块组合变形实现互动目标。“元模块”建筑系统的技术灵感来自于生物界的集群效应,通过每个模块单元互相适应形成整体的形态^[14]。当互动装置放大到建筑尺度时,设计师们经过大胆尝试,对人的行为进行剖析后将模块组合、压缩、折叠,通过局部与局部的关系对空间整体产生影响。

单元模块按顺序依次排列组成平面后,经过平行、垂直方向折叠挤压形成千变万化的三维形态,如图9所示。通过对展厅停留位置及时间的调查,游客们较多的停留在展品墙的左侧角落和右侧角落,当参观人数过多时会造成空间的拥挤感,将这样的单元模块设计应用于展厅设计中,单元模块组合可以根据游客人数及其行为进行适当的变形,供人休息、交谈、游览。这样的互动空间设计相信更能引起游客的游览兴趣。如图10所示。

3.4 借助数字技术虚拟共建

如今,数字信息技术在博览建筑中发挥着至关重要的作用。信息的传播方式不再局限于文字、音频。在互动式博览建筑中开始以新媒体的形式存在于展览空间中,给千篇一律的博览建筑增添了活力

的色彩.信息的传播方式不再单单依靠 LED 屏幕播放视频,人的行为因素被纳入到互动机制中^[15],成为博览建筑的关键主题.

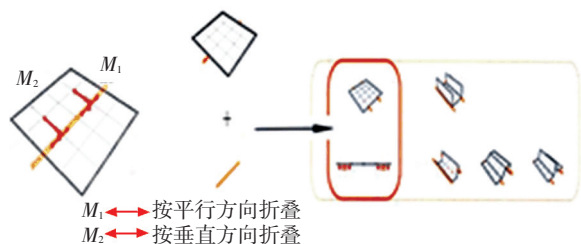


图9 由二维平面变化成三维形态的单元模块

Fig.9 Transformation from 2D to 3D



图10 单元模块设计模拟

Fig.10 Unit module design simulation

注:图片来源于英国建筑联盟.

由 The federal institute of technology in Zurich 的理工设计学院设计的智能空间——“Ada”,将人体感应装置放置于地板砖底部.当人们踩在“Ada”地板砖上参与反馈实验时,地板砖能产生异于地板砖本身颜色的光亮指引人们到被期望的位置上.区别于其他传统的感应装置,“Ada”的创新之处在于它与参与者之间的互动是持续不断变化的.之前本文提到的“aperture”光圈是根据人先天的本能反应做出相应互动变化,“Ada”则根据人后天的学习能力,通过人们对已有的或记忆中似曾相识的情景经验,随时变幻出多种应对方案.因此可以说,“Ada”是一个不断成长的“有机体”,如图 11 所示.

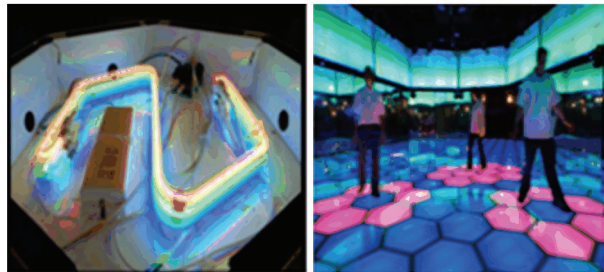


图11 Ada 智能空间

Fig.11 Ada intelligent space

注:图片来源于 The Federal Institute of Technology in Zurich 设计学院.

因此,将“Ada”互动装置安装于博览建筑的展厅空间中,可以让游客产生互动反应.首次游览此展厅的游客群体和反复多次游览此展厅的游客行走路

线肯定截然不同,根据不同种类的游客,“Ada”可以做出不同的反应以此引导游客按灯光变化行走.如图 12 所示,以首次游览此展厅的游客群体为例.黄色圆点为发生颜色变化后的“Ada”装置,红色线条为行走路线.

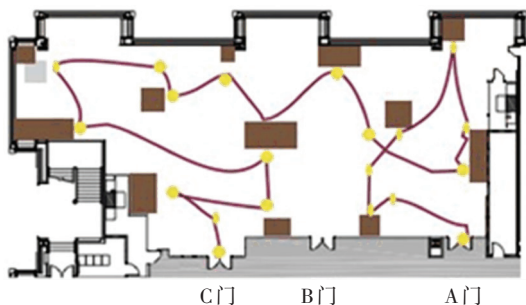


图12 装有 Ada 的展厅平面图

Fig.12 Construction plan applied by Ada

4 博览建筑中互动的方向

博览建筑中的对话与交流不仅仅只能被人与展品之间的互动代表,未来的博览建筑可能会像生物般有自我智能反馈,不需任何操作就可以针对建筑整体的需求自我调整^[16].

4.1 用展品创造空间

通过对游客行走路线的记录观察,分析哪一类展品最能吸引游客,便将此类展品放置在展厅与展厅间的过渡空间内,让展品、游客、展厅空间之间形成无形的对话.

4.2 气氛烘托

在展品创造空间的基础上,过渡空间便成为展厅的辅助展览空间,空间与空间的分割与重组使游客处于似是而非的观展空间中.控制灯光的数量及强弱,只对需要传播信息的部分给予照明,光影之间的转变能够形成良好的互动方式.

4.3 增强感官感受

游客的感官感受除了可以从展品信息中获得外,还可以从空间中的声、光、热、电中得到.以光为例,因考虑到对展品的保护博览建筑的设计过程中会减少展厅空间的窗户数量,所以室内空间的光照以自然光线与人工照明结合为主,降低照射到天花板及地面的光源强度营造安静氛围,以此提高对展品的光照对比度.将结合后的光线与本文中提到的 Ada 智能空间相结合,引导游客行走路线的同时分割空间并且创造空间.

4.4 游客与展品相结合

在本文对游客停留位置及停留时间的图例中可以明显发现游客们喜欢聚集的位置.因人天生具有被他人的聚集活动所吸引的应激反应,可以将这种暂时的聚集行为融入到互动空间设计中,新的互动

对话就在这种聚集事件中交叉不断的进行着。

4.5 非常规展示角度

常规的观展角度对于游客体验来说是被动的,走马观花的游览方式对调动游客积极性方面是非常不利的。非常规的展示角度也可以带动游客以非常规的观展姿势“仔细”观看展品。在调动游客主观能动性的同时,强化了空间的互动效果。

5 结 论

1)利用视觉测量法实地追踪游客行为是非常有效的,此方法可以反复观看游客行为,准确评估游客体验过程。

2)通过游客的行为互动使展厅空间与展品之间形成了对话关系,在数字技术的基础上,互动设计也积极的调动了游客的行为意识,可以让游客们在探索和新奇中加深对展品信息的记忆。

3)将人群分为3类,分析各自的行走路径,停留位置及停留时间,能够更透彻的研究游客行为的互动过程。通过对游客互动行为的数据整理,总结出4种互动设计策略。

参考文献

- [1] 迈克尔·A·福克斯. 互动建筑将改变一切[J]. 装饰, 2010(3): 44-51.
FOX M A. Interactive architecture will change everything[J]. Chinese Journal of Design, 2010(3): 44-51.
- [2] LIN Zhijie, YUAN Qingshu, LU Dongming, et al. A novel interactive exhibition method based on handheld devices[C]// Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Ubi-media Computing (U-Media). Jinhua, China: IEEE, 2010: 282-286. DOI: 10.1109/UMEDIA.2010.5544446.
- [3] CHOU S C, HSIEH W T, GANDON F L, et al. Semantic web technologies for context-aware museum tour guide applications[C]// Proceedings of the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. Taipei, Taiwan: IEEE, 2005. DOI: 10.1109/AINA.2005.307.
- [4] HUANG Y P, WANG S S, SANDNES F E. RFID-based guide gives museum visitors more freedom[J]. IT Professional, 2011, 13(2): 25-29. DOI: 10.1109/MITP.2011.33.

- [5] CHAN L W, CHIANG J R, CHEN Y C, et al. Collaborative localization: enhancing wifi-based position estimation with neighborhood links in clusters[J]. International Conference on Pervasive Computing, 2006: 50-66. DOI: 10.1007/11748625_4.
- [6] FALK J H. Identity and the museum visitor experience[M]. [S.l.]: Left Coast Press, 2009.
- [7] HAQUE U. Architecture interactions systems[D]. AU: Arquitetura & Urbanismo, 2006.
- [8] 贾巍杨.交互空间——多媒体时代的建筑[J]. 山东建筑工程学院学报, 2005, 20(4): 32-35.
JIA Weiyang. Interactive space: architecture of multimedia age[J]. Journal of Shandong University of Architecture and Engineering, 2005, 20(4): 32-35.
- [9] 邢钊赫. 互动思维在当代建筑设计中的应用[D]. 天津:天津大学, 2012.
XING Zhaohe. The application of interactive thinking in the modern architectural design[D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.
- [10] LOEWALD H W. Freud's conception of the negative therapeutic reaction, with comments on instinct theory[J]. Journal of the American Psychoanalytic Association, 1972, 20(2): 235-245.
- [11] 龚彦,理查德·卡斯特里.身体·媒体-为国际互动艺术展而著[M]. 上海:上海锦绣文章出版社, 2007.
GONG Yan, CASTRIES R. Body-media: for international interactive art exhibition[M]. Shanghai: An Embroidered Piece of Literature, 2007.
- [12] ANDERSON D, LUCAS K B, GINNS I S, et al. Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities[J]. Science Education, 2000, 84(5): 658-679.
- [13] FALK J H, DIERKING L D. The museum experience revisited[M]. London: Routledge, 2016.
- [14] GANGULY P K, CHAKRAVARTY M, LATIF N A, et al. Teaching of anatomy in a problem-based curriculum at the Arabian Gulf University: the new face of the museum[J]. Clinical Anatomy, 2003, 16(3): 256-261. DOI: 10.1002/ca.10144.
- [15] LIAN Fei, ZOU Guangtian. Theory and methods on tactics generation of extension architectural programming facing to artificial intelligence[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 236-237: 659-665. DOI: 10.4028/www.Scientific.net/AMM.236-237. 659.
- [16] MARSTINE J. New museum theory and practice: an introduction[M]. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008.

(编辑 张 红)