

简述眼动仪在建筑空间色彩设计中的应用

顾一琦 邵嘉心

天津城建大学，天津 南开 300384

摘要: 本文旨在简述眼动仪技术及其在建筑空间色彩设计中的应用。文章将介绍眼动仪的基本原理、数据分析指标，并结合具体案例阐述其在空间色彩偏好、视觉舒适度、空间氛围营造等方面的应用价值，为建筑设计师提供一种科学客观的设计辅助工具，以提升建筑空间色彩设计的科学性和人性化水平。

关键词: 眼动仪；建筑空间色彩；视觉感知；色彩偏好

引言

空间色彩设计是建筑构建城市特色的必然，也是改善建筑、城市人居环境的重要途径。我国在《城市容貌标准》(GB50449-2008)和《城市居住区规划设计规范》(GB50180-2018)中对建筑设计用色的着重点放在建筑色彩要与环境、地方特色和宜居性匹配，而文献显示合理建筑色彩有助于人的情绪、行动和心理感受。传统的颜色设计依靠设计师的主观判断和经验而进行，存在明显的弊端：主观性导致缺乏客观依据，不能根据用户不同需求合理制定和调整；缺乏量化分析依据而导致不能量化地评估色彩对人的情绪、行为和使用效率的影响；忽略了地区文化差异导致设计趋同化，不符合地域性、包容性需求的特点，其色彩设计远远不能适应当今设计对科学性、人性与文化性表达的高要求。眼动仪技术客观和精确的研究是目前可用的科学化手段，它是通过用户的眼动轨迹，记录、分析以及量化用户在面对具体刺激的反应，能够客观地反映用户对空间色彩视觉注意力的认知加工和情感的触发等，以这些眼动数据为设计提供依据，进而改进设计方案。同时利用眼动仪技术还可以比较不同文化背景下、不同

年龄段的人群对某一特定空间色彩的感受差异，以便设计师设计出具有包容性和人性化的空间。

1 眼动仪技术概述

1.1 眼动仪的工作原理

视觉信息处理是人类认知活动的核心环节，眼球运动作为视觉信息获取的主要方式，其动态特征直接反映了认知加工的内在机制。眼动仪 (Eye Tracker) 作为研究视觉认知的关键工具，通过高精度追踪技术记录眼球运动轨迹，收集眼球的角膜反光和瞳孔位置，测定眼睛的运动轨迹和注视点等，由配套软件记录的测量数据包括反应人眼睛的注视点、注视时间、扫视路径以及瞳孔变化等为解析人类视觉注意分配、信息搜索策略及思维决策过程提供了客观量化指标。

1.2 常见的眼动仪类型及其优缺点

眼动仪作为视觉认知研究的核心工具，根据其类型可分为桌面式、头戴式及遥测式三类，各类型在技术特征与应用场景上存在显著差异。桌面式眼动仪采用高精度红外摄像头与下视镜反射系统，实现单眼或双眼追踪，具有高空间分辨率与采样率，广泛应用于实验室条件下的静态刺激呈现研究，如词汇识别、视觉搜索等

任务，但头部固定限制了自然头部运动，可能影响数据自然性。头戴式眼动仪为轻量化头戴设备，通过头部校准算法实现三维空间定位，支持自由头部运动，适用于动态场景下的视觉行为研究，如驾驶模拟、虚拟现实交互，但需定期进行头部校准，且设备重量与佩戴舒适度可能引发被试疲劳。遥测式眼动仪基于双目立体视觉原理，实现非接触式追踪，支持多人同时追踪，适用于群体行为观察，如教室教学、

公共场所广告效果评估，但受追踪距离与角度限制，且远距离追踪可能导致空间分辨率下降。

在选择眼动仪类型时，需综合考量研究目标、实验场景及被试特征等多重因素，如基础认知研究可优先选择桌面式眼动仪以获取高精度数据，应用场景模拟则采用头戴式眼动仪模拟真实环境下的视觉行为，而群体行为观察则利用遥测式眼动仪实现大规模自然场景下的数据采集。



图 1 头戴式眼动仪

1.3 眼动数据分析指标及其意义

眼动数据分析核心指标有量化注视点分布、注视时间、扫视路径及瞳孔变化。注视点分布反映视觉注意力的空间分配模式，揭示兴趣区域选择规律，其生理基础源于视网膜中央凹的高分辨率感知能力；注视时间表征信息加工的认知负荷水平，长注视常关联语义理解与问题

解决过程，其与视觉场景复杂度及认知资源分配密切相关；扫视路径体现视觉搜索策略与认知资源分配模式，路径复杂度与认知负荷呈正相关，由额叶眼区与上丘共同调控；瞳孔变化反映自主神经系统活动水平，其扩大与认知负荷、情绪唤醒度及决策难度呈正相关，缩小则与认知放松状态关联^[1]。



图 2 扫视路径图

这些指标在视觉注意力分配研究中可验证注意控制理论，在兴趣程度评估中可区分浅层感知与深层语义加工，在信息搜索策略解析中可表征决策策略差异，在情绪状态解析中可量化受众对色彩的情绪感受。比如研究建筑空间

中不同色彩的感知，在该空间所看到的注视点就是受众的关注点，注视时间的长短即是色彩的吸引程度，而瞳孔的变化表示出颜色的情绪感受，对如何处理优化建筑色彩提供了参考^[2]。



图 3 眼动热图

2 眼动仪在建筑空间色彩设计中的应用

2.1 空间色彩偏好研究

眼动仪在空间色彩偏好研究中发挥着关键作用，其通过量化视觉注意力分配与认知加工特征，为解析年龄差异与文化差异对空间色彩感知的影响提供了科学工具。在年龄差异研究方面，基于发展认知神经科学理论，不同年龄群体的视觉注意力分配模式与认知加工效率存在显著差异，眼动仪可记录被试在虚拟空间中的注视点分布、注视时间等数据，通过数据分析发现青年群体在高饱和度区域的注视点密度与注视时间显著高于老年群体，且瞳孔扩大程度更强，反映更强的认知唤醒度，基于此构建的“色彩偏好指数”模型揭示了青年组偏好高饱和度色彩、老年组偏好低饱和度柔和色彩的规律，进而提出“动态色彩适配”设计策略，如青年空间采用高饱和度对比色组合、老年空间应用低饱和度渐变色系等；在文化差异研究方面，跨文化心理学理论指出色彩感知受文化符号系统与审美价值取向的双重制约，眼动仪

可记录不同文化背景被试在公共空间场景中的眼动数据，数据分析表明中国被试在红色区域的注视点密度与注视时间最长且瞳孔扩大程度最大，反映红色在中国文化中的高唤醒度，结合霍夫斯泰德文化维度理论构建的“色彩文化适配度”模型揭示了不同文化群体对色彩的偏好差异，进而提出“文化语义映射”设计策略，如在中国空间中强化红色符号系统、在西方空间中应用蓝色科技感设计等^[3]。

2.2 视觉舒适度评估

视觉舒适度作为衡量建筑空间色彩设计质量的关键指标，传统评估方法多依赖主观问卷与行为观察，存在效度局限，而眼动追踪技术通过记录眼动数据的客观指标实现了视觉舒适度的量化评估。基于视觉认知理论，视觉舒适度与认知负荷呈负相关，眼动数据作为视觉认知过程的客观反映，可量化色彩环境参数对视觉舒适度的影响，其核心指标体系包括反映视觉注意力分配模式的注视点分布（高对比度区域注视点密度增加与视觉疲劳正相关）、表征

信息加工深度的注视时间（长注视时间与认知负荷增加及视觉舒适度下降关联）、体现视觉搜索策略的扫视路径（复杂扫视路径与视觉疲劳程度呈正相关）以及反映自主神经系统活动水平的瞳孔变化（瞳孔扩大程度与认知负荷及视觉疲劳正相关）。例如在儿童活动空间色彩设计中，背景色选用低纯度、中高明度的蓝色、蓝绿色系，降低儿童对背景色的关注度，同时避免大面积色彩因纯度过高引发“视觉残像”，造成儿童视觉疲劳。这种色彩儿童的喜好度也较高，符合儿童的色彩心理；学习区及游乐区的家具、教器具选用纯度明度均较高的紫红色、红色、黄色、蓝紫色等色系。增加儿童游戏嬉闹时对空间中“障碍物”的视觉关注度。同时利用空间中色彩鲜艳的“点”，刺激儿童的视神经，促进眼睛发育；选用儿童喜好度较高的色彩。不论是背景色还是空间中家具、教器具的颜色，尽可能符合儿童色彩喜好，而非仅符合成人审美的原木色、高级灰等。儿童处于自己喜好的色彩环境中，才能最大限度地正向促进儿童的身心发展。同理，基于眼动研究结果，可提出“动态对比度适配”“分层饱和度设计”“视觉引导设计”等设计优化策略，通过动态调节色彩对比度与饱和度、营造空间层次感等方式提升视觉舒适度^[4]。

2.3 空间氛围营造

建筑空间色彩不仅影响用户的视觉感知和情绪体验，还参与空间氛围的营造，不同的色彩搭配可以营造出不同的空间氛围和情绪感受。学者陈最锋采用眼动仪对博物馆展陈空间色彩设计进行了研究，通过眼动仪记录和分析用户对色彩环境的注视点和瞳孔变化等数据，揭示了色彩对空间氛围营造的影响机制，得出结论冷色使人感受宁静而专注，有助于营造学术氛围和沉浸式体验，而暖色能够唤起观众的情感

共鸣，增强展览的互动性和趣味性。这为博物馆空间色彩设计的研究提供了有力的实验佐证，对于博物馆空间色彩设计传达博物馆空间情绪有重要的意义。在此基础上，学者们进一步揭示了眼动仪技术在对比不同风格与主题的建筑空间色彩设计对用户视觉感知及情绪体验影响方面的独特作用。借助对用户眼动数据的细致收集与深入分析，建筑设计师能够更透彻地洞察色彩在不同风格、主题空间内的运作机理。这一过程增强了设计师对色彩效果的理解，能够依据用户的实际需求与期望，打造出更加贴合用户心意的建筑空间色彩方案。具体而言，通过对眼动数据的解析，设计师可以精准捕捉用户在不同色彩环境下的视觉焦点、停留时长乃至情绪波动，从而为实现色彩设计的个性化与最优化提供科学依据^[5]。

结论与展望

随着科技的不断发展，眼动仪技术在建筑空间色彩设计领域的应用前景越来越广阔。通过量化分析用户对色彩的视觉反应和情感触发等数据，眼动仪技术为设计师提供了一种科学客观的设计辅助工具。未来随着智能化技术的不断进步其在建筑空间色彩设计中的应用将更加多元化和深入化。

一方面，眼动仪技术可以与虚拟现实（VR）、增强现实（AR）等先进技术相结合，实现更加真实、沉浸式的色彩体验环境。设计师可以利用这些技术模拟不同的色彩搭配方案，并通过眼动仪收集用户的实时反馈数据，以便更加准确地评估和优化设计方案。另一方面，眼动仪技术还可以与大数据、人工智能等技术相结合，实现更加智能化、个性化的色彩设计服务，通过分析大量用户的眼动数据和行为习惯等信息，设计师可以挖掘出用户的潜在需求

和偏好特征，并据此定制出更加符合用户期望的建筑空间色彩方案。

眼动仪技术作为一种科学客观的研究工具，在建筑空间色彩设计领域具有巨大的应用潜力

和价值。未来随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，眼动仪技术必将为建筑空间色彩设计带来更加精准、高效和人性化的设计体验。

参考文献

- [1]李美莲. 基于眼动仪的幼儿园室内空间色彩设计研究[J]. 湖南包装, 2024, 39(05): 94-99
- [2]郭素玲. 基于眼动的中国东部山岳旅游景观视觉感知与评价初探[D]. 南京大学, 2018.
- [3]陈最锋. 基于头戴式眼动仪的博物馆观众行为与认知分析[D]. 浙江大学, 2022.
- [4]高晓宇. 基于眼动数据的可用性测试方法研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2014.
- [5]陈晨. 眼动技术简介及其在广告心理学中的应用[J]. 中山大学研究生学刊(自然科学. 医学版), 2014: (04) 23-34.

基金项目：2024 年省级大学生创新创业计划项目，项目编号：202410792028