



图书馆物理空间触觉设计的框架与路径研究*

陈婧 杨威 陈卓

[摘要] 许多图书馆物理空间都存在“触觉饥饿”问题,探讨图书馆物理空间的触觉设计可以为改善图书馆空间服务提供新思路。图书馆物理空间触觉设计基于多感官交互与整合理论、人体工程学、环境心理学等理论,其价值在于延伸读者的视觉体验,激发读者的触觉情感,打造沉浸式体验;其要点包括安全性、适当性和灵活性。图书馆物理空间设计可以基于读者的触觉感知、触觉解释、触觉情感和触觉表现四个基本维度,从粗糙度—平滑度、软度—硬度、弹性—塑性、轻—重、冷—热、干—湿维度展开触觉设计,同时还应使各种触觉属性互为补充,形成最佳触觉刺激组合。

[关键词] 图书馆 物理空间 触觉设计

[中图分类号] G252 **[文献标志码]** A **[DOI]** 10.19764/j.cnki.tsgjs.20230646

[本文引用格式] 陈婧,杨威,陈卓.图书馆物理空间触觉设计的框架与路径研究[J].图书馆建设,2024(4):128-137.

Study on the Framework and Path of Tactile Sensation Design of Physical Space in Libraries

Chen Jing, Yang Wei, Chen Zhuo

[Abstract] Many library spaces suffer from “tactile hunger”. Exploring the tactile sensation design of library physical space can provide some new ideas for improving library space services. The tactile sensation design of physical spaces in libraries is based on theories such as multi-sensory interaction and integration, ergonomics, and environmental psychology. Its value lies in extending the visual experience of readers, stimulating their tactile emotions, and creating an immersive experience. Its key points include safety, appropriateness, and flexibility. The physical design of library spaces can be based on four fundamental dimensions of readers' tactile perception: tactile sensation, tactile interpretation, tactile emotion, and tactile performance. The tactile sensation design can be developed along dimensions such as roughness-smoothness, softness-hardness, elasticity-plasticity, light-heavy, cold-hot, dry-wet. At the same time, various tactile attributes should complement each other to form the optimal combination of tactile stimuli.

[Keywords] Library; Physical space; Tactile sensation design

0 引言

目前,读者对图书馆实体空间的设计体验需求发生了变化,要求图书馆物理空间能提供更为人性化的设计。触觉是读者在图书馆物理空间中获取非语言信息的最佳感知方式。它不仅能够使读者产生触摸知觉,还可以帮助读者获取温度、湿度等各种沉浸式的体验。因此,图书馆空间可以利用触觉设计突破传统视觉空间设计的局限,打造图书馆空间独特的触觉感官,提

高图书馆空间的吸引力。近年来,图书馆触觉空间的设计受到了不少关注,如美国图书馆协会(American Library Association)将触觉设计列为影响图书馆未来的36个问题之一^[1],但在具体的设计实践中,图书馆空间如大多数建筑空间一样面临着“触觉饥饿”的问题,关于图书馆物理空间触觉设计的研究国内刚刚处于起步阶段。基于此,本课题小组选用国外图书馆名称与“tactile design”“physical space”等关键词进行组合,通过网络检索得到公共图书馆调查名录;再综合公共图书馆的设计风格历史、室内建筑空间触觉设计经验、学习空间服务等要素,选取其中

* 本文系国家社科基金一般项目“基于环境心理学视角的图书馆学习空间建设研究”的成果之一,项目编号:20BTQ002。



50 个公共图书馆作为重点研究对象，对其进行网络调研和开放式邮件咨询，调查内容针对图书馆物理空间的触觉设计的实践进展与优秀经验。此外，本课题小组还选取了 2022 年 QS 世界大学排名前 200 大学的图书馆进行调查，同时考虑到因地区教育发展水平差异所产生的选择性偏差，对各地区 QS 排名前 20 大学的图书馆也进行了补充调查，进一步探讨图书馆空间触觉设计框架和设计方法，以期为图书馆物理空间的触觉设计提供参考和借鉴。

1 图书馆物理空间触觉设计的理论基础

触觉涉及认知科学、建筑学、工程学、心理学、计算机科学，以及教育学等多个领域，其本质上是多学科的。图书馆物理空间触觉设计是一系列以触觉刺激形式发挥功能的设计，在理论层面，多感官交互与整合理论、人体工程学和环境心理学能为图书馆物理空间触觉设计提供理论支持与指导。

1.1 多感官交互与整合理论

根据多感官交互与整合理论，当读者与图书馆空间互动时，读者触觉感官通道所获取的表面和几何信息会与视觉、听觉、嗅觉等可用的感官通道获取的信息相互传递与影响，最终各单感官信息将合并为整体知觉以提高读者感知图书馆空间属性的可靠性^[2]。这种不同感官通道之间的信息传递过程称为多感官交互（multi-sensory interaction），而不同感官信息的合并统一过程称为多感官整合（multi-sensory integration）。在图书馆空间中，读者触觉感官通道与其他感官通道的交互与整合对读者的空间体验具有重要意义。具体表现为读者获取的触觉信息可以与其在图书馆空间获取的单调视听觉信息相互交互、相互验证，从而提高读者加工视听觉等感官信息的效率与准确性，提升读者在图书馆空间中的视听体验。除此之外，读者所获取的触觉信息也能够丰富和完善其在空间中的整体知觉，有利于读者形成图书馆空间的整体印象和加深对图书馆空间的记忆，使其对图书馆空

间做出更高评价。触觉分为两个模块：肤觉和动觉。其中，肤觉是对冷与热、粗糙与平滑等感觉，读者可以利用该感觉确定图书馆空间书桌、书架等物品的表面特性；动觉是指关节、关节囊、肌腱和肌肉周围的感受器传递的关于肢体位置和运动的感觉，该感觉对读者确定图书馆空间内座椅、图书的几何特性（如大小或重量）非常重要^[3]。基于此，图书馆物理空间应该完善触觉设计，支持空间的变化和创新，促进读者触觉感官通道的信息与其他感官通道的信息进行交互与整合。

1.2 人体工程学

人体工程学是关于人体与机械、环境相互关系的一门学科，致力于使机械与环境的设计更好地适用于用户。其中，“机械”包括家具、设备、仪器、计算机等。将人体工程学与空间设计相结合时，强调以人为中心的准则，研究促进人体结构、行为模式、心理结构与空间相协调的设计方法，为图书馆物理空间触觉设计提供了诸多启示。第一，根据人体工程学，人们不恰当的姿势、重复性动作、施力强度以及施力点可能会造成肌肉骨骼疾病（Musculoskeletal Disorders，简称 MSD）。而在图书馆空间中，读者使用家具的时间长、频率高，不合理的家具设计可能会使读者与家具长接触时进行不必要的施力或产生不必要的肌肉紧张，影响读者的健康状况和学习表现，所以图书馆空间应根据读者身体尺度、身体构造以及动作进行人性化的家具设计，确定书桌、座椅、沙发等家具的弹性、硬度等，提高读者学习时触觉舒适度。第二，根据人体工程学，“图书馆读者—家具、设备、仪器—环境”构成了一个整体系统。在这个系统内，读者的触觉在其与图书馆空间的设备和环境的互动过程中发挥着重要作用，具体表现为读者在图书馆空间中，利用触觉感知设备特征与操纵设备，从而更好地适应图书馆环境。因此，图书馆物理空间应完善触觉设计，将读者与图书馆环境、设备更好地联结起来以构成一个统一整体。



1.3 环境心理学

环境心理学是社会心理学的一个分支，是研究人的心理、行为与环境之间关系的应用研究领域。根据环境心理学，图书馆物理空间触觉设计应该遵循“6S”法则^[4]：①令读者感到安全（safety）。图书馆物理空间在触觉设计时应为读者提供必要的触觉提示，消除各种明显或潜在的空间障碍，使读者在该空间中开展学习活动时具备足够的安全感。②令读者感到舒心（soothing）。图书馆物理空间建设时应选择舒适的地板、墙壁、家具材料，还应合理设计空间布局保证空气流通，使读者触碰材料和感受微风“触摸”时心情舒畅。③令读者感到满意（satisfactory）。图书馆物理空间建设时需要基于不同读者的需求开展针对性的触觉设计，使读者产生满足感。④彰显图书馆空间特性（site features）。在开展触觉设计时，图书馆空间应注重彰显包容、柔性、弹性等空间特性，展示现代化、开放性的公共学习空间形象。⑤具备足够的美感（sense of beauty）。体验经济时代下，读者对图书馆空间触觉美学水平的要求日益提高，图书馆物理空间建设时应利用触觉设计提高空间中物品的稳定性、平衡性和组织性，提高触觉美学水平，彰显触觉美学的享乐特性。⑥具备新颖的特征（strange）。图书馆物理空间建设应利用触觉设计增强新奇感与趣味性，激发读者的探索欲，鼓励读者与图书馆空间积极互动。

2 图书馆物理空间触觉设计的价值

图书馆物理空间设计应注重激发读者触觉识别和验证的功能，将空间设计焦点由单一视觉设计扩展到视觉与触觉的复合知觉设计，延伸读者在图书馆物理空间的视觉体验，激发读者的触觉情感并打造图书馆空间沉浸式体验。

2.1 延伸读者在图书馆物理空间的视觉体验

人们一般认为，在图书馆这类安静的公共学习空间中，读者的视觉占据了知觉的主导地位，触觉则是一种相对次要的知觉。但多感官交互与整合理论^[2]提

供了一种更为客观的观点，即视觉与触觉分别适合于不同的识别任务，前者能高效获取图书馆空间中物体的宏观信息，后者则可以识别图书馆空间中物体微观的结构特性，延伸读者在图书馆物理空间的视觉体验。触觉延伸视觉体验的作用主要表现在补充视觉信息与验证视觉信息两个层面。在补充视觉信息层面，读者会根据自身丰富的触摸经验形成关于触觉属性的专属记忆，即触觉记忆。当读者在图书馆空间看到一个物体时，他们会根据视觉刺激迅速搜寻大脑中的触觉记忆。如果读者存在视力问题或有关的触觉记忆不存在时，那么读者需要进一步启动触觉探索获得接触区域中物体变形和接触力的线索，补充视觉所不能获取的物体柔度、弹性等触觉属性信息或盲文信息。本研究调查发现，在美国北卡罗来纳州盲人和残疾人图书馆中，盲人读者可以依靠触觉记忆识别馆内的盲文，从而在图书馆中正常学习。验证视觉信息层面，如果读者成功搜寻到相关触觉记忆，那他们可以在不触摸的情况下，在约 1.5 秒内做出属性判断^[5]。此外，外观相似的物体可能会有完全不同的触觉属性。尽管读者能基于视觉信息对物体触觉属性做出粗略判断，但他们仍需要通过触摸验证物体的触觉属性。例如，大英图书馆内的读者不仅可以观赏部分古老的藏品，他们还可以触摸这些藏品以获取触觉信息，使观赏体验变得更加真实和立体。总之，图书馆物理空间触觉设计可以帮助读者收集视觉所不能获取的触觉属性信息，或验证视觉所获取的触觉属性信息，从而延伸其在图书馆空间中的视觉体验。

2.2 激发读者的触觉情感

触觉情感是指读者触摸某种物体时产生的情感反应。读者在触摸过程中接收到的触觉刺激，大脑处理这些刺激信号后便会产生比视觉情感更活跃的触觉情感。在图书馆空间中，物品的材料和形状、空间的温度等都会激起读者独特的触觉情感。在物品材料层面，迄今为止，图书馆物理空间设计经历了三个选材阶段：①注重材料耐用性的阶段；②注重材料功能性的阶段；

③注重材料情感特性的阶段。在目前所处的第三阶段，每一种材料都具有独特的情感特征，图书馆空间设计时通常会从中选择具备特定情感导向的材料。本研究调查发现，美国怀俄明州的提顿县图书馆使用结合樱桃木、橡木和皮革材料的家具，营造了自然、古朴的空间氛围，激发了读者怀旧的情感。在物品形状设计层面，图书馆空间中不同形状的物品也会使读者产生不同的情感。例如，相较于有尖角的桌子，圆弧形的桌子存在较少的安全隐患，容易营造平等感而让读者感到安心和舒适。在空间温度层面，有研究发现，一定范围内温度的升高会引起人们更强的社会亲近感和信任感^[6]，因而越来越多的图书馆在空间设计时开始注重温度的情感调节作用。由此可见，触觉设计具有激发读者触觉情感的作用，图书馆物理空间设计可以通过选择合适的物品材料、设计合理的物品形状和设定适当的空间温度激发读者对图书馆空间的积极情感，引起读者的情感共鸣，并让读者在与图书馆空间互动的过程中感到舒适与惬意并形成对图书馆空间的积极印象。

2.3 打造图书馆物理空间的沉浸式体验

图书馆空间可以通过触觉设计打造沉浸式体验，而这种沉浸式体验需要发挥触觉技术的作用。触觉技术于20世纪70年代首次开发，它是一种以创造自然触觉体验为目的的技术，人们能够利用该技术与环境进行交互。图书馆物理空间引入触觉技术打造沉浸式体验主要基于以下三个优势。①从读者感知角度看，当读者面临触觉干扰过多或者对于触觉刺激敏感时，会难以专注于学习任务，故而触觉技术能帮助读者更好地获取反馈。读者对触觉反馈比对视觉反馈更加敏感，将触觉技术引入图书馆空间，可以使读者在图书馆环境中快速获得反馈并实现交互，从而加强读者的沉浸感。②从读者学习角度看，触觉技术能帮助读者更好地集中注意力。读者在阅读数字文本很容易受到干扰并分散注意力，因此图书馆空间需要遵循心理学家 Thorngate^[7] 提出的“减少注意力回报”原则，

帮助读者更好地集中注意力并获得沉浸式的纸质文本阅读体验。③从读者享受服务角度看，触觉技术能帮助读者更有效地操纵家具。图书馆在物理空间建设时可以将触觉技术应用于智能家具中，使读者能够通过手势、动作多点收拉智能窗帘和开启自动门，由此提高图书馆空间中反馈性服务的响应性、直观性、友好性与真实性，使读者在图书馆空间内获得沉浸式体验。

3 图书馆物理空间触觉设计的要点

图书馆物理空间进行触觉设计时应合理设计空间物品的形状，确定合适的触觉刺激强度，根据读者和环境的变化提供相应的服务，保证图书馆物理空间触觉设计的安全性、适当性和灵活性。图书馆物理空间触觉设计要点具体如图1所示。

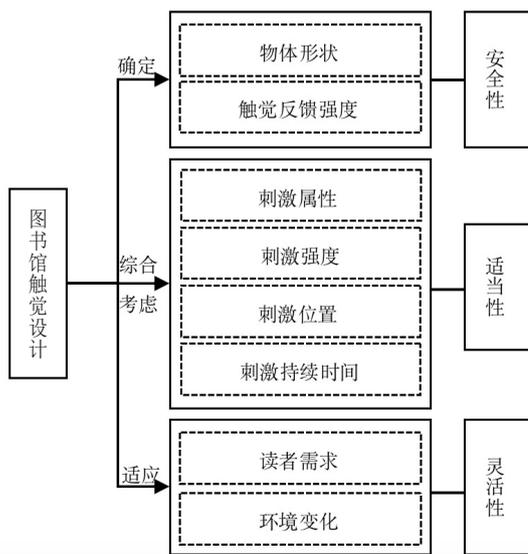


图1 图书馆空间触觉设计要点

3.1 保证触觉设计的安全性

安全性是图书馆物理空间触觉设计的基本准则，图书馆空间应合理设计物品形状和触觉反馈强度以保障空间读者的安全。①在物品形状方面，图书馆空间应尽可能减少物品棱角，降低读者磕碰风险。以往图书馆空间最主要的功能是收藏书籍，所以许多图书馆



通常遵循空间利用最大化原则，将桌椅、书柜等家具设计成方形以节约空间，从而收藏更多的书籍。然而，目前图书馆空间已经由传统的“图书仓库”向服务型学习中心转变，因此，图书馆在物理空间建设时应将一些方形家具改进成圆弧形，以提高读者的安全感。例如，一般图书馆的儿童阅览室普遍使用圆形书桌，在一定程度上降低了活泼好动的儿童撞伤的风险。^②在触觉反馈强度方面，图书馆空间要根据不同的触觉属性维度设置不同的弹性强度。例如，在对沙发进行弹性设计时，图书馆空间应选择弹性适中的沙发材料，避免沙发弹性过高而导致肢体活动困难的老年读者和肢体残疾读者由于难以调整坐姿，出现肢体麻木、酸痛、抽筋等问题；在对地板进行弹性设计时，图书馆空间也不宜选择弹性过大的地板材料，防止读者在行走时扭伤脚踝或发生跌倒。

3.2 保证触觉设计的适当性

读者对触觉属性的感知与四个触觉刺激因素有关——刺激属性、刺激强度、刺激位置和刺激持续时间^[3]。其中，刺激属性指的是触觉刺激的类型，不同类型的触觉刺激往往会引起读者不同的感觉，如读者会对图书纸张的粗糙度和软硬度产生完全不同的触觉感受。刺激强度指的是刺激力度大小。刺激位置是指读者皮肤接触触觉刺激点的具体位置，读者不同位置的皮肤对刺激的感知不同。例如，读者手背对冷热度的感知比手掌更灵敏。刺激的持续时间指的是触觉刺激从开始到结束所持续的时间。目前，越来越多的图书馆物理空间设计开始重视这四种触觉刺激因素。本研究调查发现，美国西肯塔基大学主图书馆在设计座椅时，考虑到读者与图书馆座椅的接触时间通常较长，且接触位置主要局限于较小面积的背部与臀部，读者在硬质座椅上久坐后容易感到疲惫，所以最终选用半封闭布罗迪椅（私人学习舱）取代了部分传统直背座椅，这种新式座椅增强了坐垫的柔软度，并适度增大了与读者的接触面积，读者在长时间的学习后仍能感到舒适和放松。总之，图书馆物理空间在进

行触觉设计时，应根据读者在图书馆空间中的活动，预估读者接受触觉刺激的类型和时间长短，设定合适触觉刺激强度，保证触觉设计的适当性，让读者在触摸物品时感到自然与舒适。

3.3 保证触觉设计的灵活性

图书馆物理空间需要根据读者和环境的变化对触觉设计进行灵活调整，从而打造更适宜的学习环境。读者性别或年龄不同，身型也会不同，固定尺寸的家具无法满足所有读者的需要，所以图书馆空间应改变传统家具“一刀切”的触觉设计，尽可能用可灵活调节的家具代替固定型家具，从而提高读者与家具之间的匹配性。本研究调查发现，美国的华盛顿图书馆使用了一种具备灵活椅背的休闲躺椅，读者可以自行调节椅背倾斜角度以获得舒适的入座体验。除身型外，不同读者的触觉敏感性也不同。有研究表明，皮肤内外周机械感受器密度会随着年龄增长而降低，在12至85岁，人们的触觉敏锐度每年下降近1%^[8]，这导致老年读者处理触觉信息的速度较慢，因此，图书馆物理空间为中老年读者提供触觉反馈服务时应适当提高触觉刺激强度，以提高他们获取信息的效率。在环境层面，图书馆室内外环境会因一系列因素综合作用发生改变。例如，昼夜和季节更替以及由此带来的光照水平的变化会影响图书馆空间内的温度与湿度，室内读者数量也会对温度与湿度产生影响，图书馆物理空间设计应根据这些室内外环境情况对室内温湿度进行灵活调整，保证读者在整个学习过程中都感到生理上的舒适和心理上的愉悦。

4 图书馆物理空间触觉设计的框架

图书馆物理空间可以基于读者触觉体验的经验层次开展触觉设计。读者触觉体验的经验层次包括触觉感知、触觉解释、触觉情感和触觉表现^[9]，这四个层次相互关联，层层递进，共同构成了读者最终的触觉体验，如图2所示。

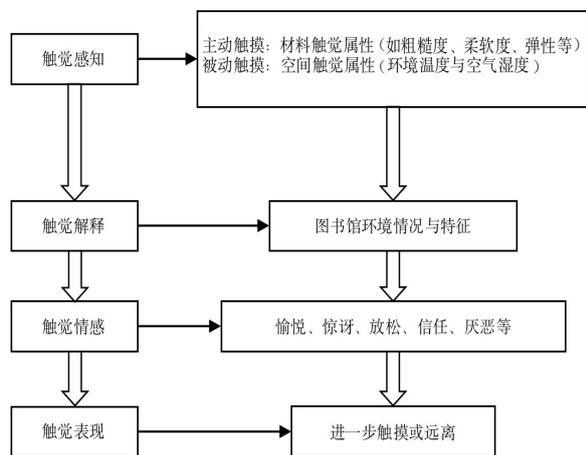


图2 触觉体验的四个经验层次

在触觉体验的第一个层次,读者可以通过主动触摸与被动触摸获得初始触觉感知。主动触摸也称作触觉扫描,它是一种潜意识或有意识的主动探索性行为。它包括一系列探索运动:与粗糙度相关的横向运动;与弹性、硬度相关的压力运动;与重量相关的无支撑把握;与形状相关的轮廓跟踪;与尺寸相关的环绕运动等。读者在图书馆空间中可以进行多种探索。被动触摸是一种间接的触摸行为,读者可以通过被动触摸了解图书馆空间温度与湿度等触觉属性,甚至能够通过头发的摆动,感知图书馆空间的通风效果。图书馆在物理空间触觉设计时要兼顾读者的主动与被动触摸感受,使读者获得良好的初步触觉体验。本研究调查发现,意大利的马拉斯塔塔纳图书馆和西班牙的萨拉曼卡大学历史图书馆改变了家具的尺寸和形状,使得其具有更大的散热面积和更佳的通风性,保证家具具有良好的散热性,此外,它们还利用自然光照合理调节室内冷热度,并选择了保温性强的建筑材料以维持室内冷热度稳定。

在触觉体验的第二个层次,读者会根据自身的价值观、文化背景和经验对主动触摸与被动触摸所获得的基本触觉信息进行解析,并根据这些信息对图书馆环境情况和空间特征做出基本判断。图书馆空间的触觉设计要在保证读者触觉舒适的基础上,选择合适的

物品材料并设计合理的物品形状,形成图书馆空间独特的触觉特征。

在触觉体验的第三个层次,读者会产生一种独特的触觉情感,这种情感受到触觉偏好与触觉记忆两个方面的影响。①从触觉偏好角度看,读者对触觉属性有其独特的偏好,如果读者所触摸材料的属性符合读者的触觉偏好,读者就会感到舒心和愉悦。②从触觉记忆角度看,读者自婴儿时期起就会形成与触觉刺激有关的感官记忆,他们在图书馆空间中获取基本的触觉属性信息后,会将这种信息与其存储的记忆进行快速匹配,记忆匹配结果会影响读者的触觉情感,所以图书馆空间设计应选择能唤醒读者积极触觉记忆的材料和形状。本研究调查发现,德国兰道的公共图书馆使用了大量砂岩和木制家具,让读者在空间中产生更积极的情绪。由于每个读者具有不同的触觉偏好与触觉记忆,他们触摸物品后会产生独特的触觉情感,故而图书馆空间不应只考虑物品材料的安全性和舒适性,还要基于读者的触觉偏好和记忆开展触觉设计。

在触觉体验的最后一个层次,读者将根据自身的情感体验调整触觉表现。例如,在寒冷的冬季,读者往往认为受到阳光照射的图书馆空间是舒适和温馨的,他们在其中容易产生轻松愉快的情绪,这种积极情绪可能会促使读者调整姿势或改变座位,从而保持与阳光大面积接触。这与美国舒斯特曼图书馆员所得出的结论一致,即在冬季阳光充足的日子,靠窗的座位就会变得十分受欢迎^[10]。

综上所述,读者在图书馆空间中的触觉感知、触觉解释、触觉情感和触觉表现构成了其在该空间中的整体触觉体验,其中,读者通过主动触摸与被动触摸所获得的触觉感知是其整体触觉体验的基础,因此,图书馆空间应对读者在馆内实际或可能的主动触摸与被动触摸行为进行分析,据此划分触觉设计的维度,并基于各维度提出具体的触觉设计方法,使读者在图书馆空间中学习、活动时获得更美妙、舒适的触觉体验。



5 图书馆物理空间触觉设计的路径

根据读者主动触摸与被动触摸的行为，图书馆物理空间的触觉属性维度可以分为以下六个组别：粗糙度—平滑度、软度—硬度、弹性—塑性、轻—重、冷—热、干—湿。不同维度的触觉属性信息由读者身体中的不同感受器接收。例如，软硬度与弹塑性等与皮肤变形相关的触觉属性主要由触觉感受器感知，冷热度这类与温度相关的属性则主要由温度感受器感测。由于读者身体中感受器数量众多，这些感受器对刺激也十分敏感，读者仅需 200 毫秒就可以对空间的触觉属性进行粗略的二元区分^[11]，所以图书馆空间应根据读者的需求挑选具备合适触觉属性的材料，并设定适当的温度与湿度，让读者在图书馆空间中开展学习活动时感到舒适并产生愉悦的触觉情绪，最终提高读者对图书馆空间的满意度。

5.1 粗糙度与平滑度设计

粗糙度是物体表面最重要的微空间特性和最明显的触觉特征之一，它表示物体表面微小峰谷的不平度。读者在图书馆空间触摸织物、家具等物品时，不同的粗糙度感知会引起读者不同的反应，在通常情况下，读者触摸粗糙的物品时会产生更多的安全感，触摸平滑的物品时会感到更加舒适，而触摸多种粗糙度水平的物品时会产生更强的触摸兴趣及互动意愿^[12]。

在图书馆空间中，读者用手触摸窗帘等织物时，手指的敏感性、手型和摩擦特性不同，对织物粗糙度和平滑度的主观感知也存在较大差异。图书馆物理空间设计时应尽量选用平滑织物以满足大多数读者的需求。这是因为：一方面，有研究表明，触感平滑的织物比触感粗糙的织物更能增加读者顶叶—额叶区域的 β 振荡以及体感皮层和额叶区域的 γ 振荡，这意味着平滑的织物会引起读者更强的愉悦感^[12]。另一方面，在图书馆空间中老年读者的皮肤机械性能较低，粗糙度过高的织物容易导致老年读者血液循环不畅和组织活性降低，甚至造成擦伤等机械性损伤。因此，图书馆空间应选用平滑织物制成的沙发布套、抱枕枕套、窗帘等，提升读者在馆内学习的舒适度。

图书馆空间中的桌椅是与读者接触最频繁与最持久的家具，其粗糙度与平滑度在很大程度上影响读者的学习体验。由于粗糙的桌椅材料的触觉舒适度低于平滑的材料，粗糙度过高的桌面也会影响读者书写感受，因此图书馆空间应选择较平滑的桌椅材料，如光滑的塑料、抛光或涂油后的木材等。但是，如果图书馆座椅过于平滑，读者靠在椅背上时，躯体容易向下滑，所以图书馆空间设计时可以在椅子上增添小直径凸点或安装 PU 皮革，提高椅子的局部粗糙度，强化其防滑功能，让读者获得安心舒适的触觉体验。本研究调研发现，美国加尔特图书馆在休息室的座椅上增添了较薄的织物坐垫，提高了座椅的粗糙度，使座椅具备了很好的防滑特性。在具体的粗糙度与平滑度设计实践中，图书馆空间还可以调节桌椅面漆中树脂和消光剂的含量以操纵其触觉摩擦系数，定制更准确的桌椅粗糙度。

儿童读者对图书馆空间较为敏感，他们喜欢同时使用视觉和触觉获取图书馆空间的信息。儿童读者通过触摸墙壁来探索图书馆空间有利于他们的触觉发育。所以，图书馆空间的儿童阅览室可以改变传统图书馆空间统一设计墙壁的做法，根据壁画或壁纸图案设计不同的墙壁粗糙度，使儿童读者在触摸墙壁时感到多种粗糙度水平，以此促进儿童与图书馆空间的互动，在满足儿童读者触觉需求的同时推动他们触觉认知的发展。由于老年读者行动不便且体力有限，所以他们在图书馆空间中行走时需要通过扶墙以更好地维持平衡和保持体力，“休息平面”的设计也因此图书馆空间中逐渐兴起。“休息平面”是指在空间中供人们扶、靠、坐、卧的墙面。在设计“休息平面”时，图书馆空间应注重提高平面的平滑度，使老年读者在触摸这种高细腻度的平面墙壁时感到更加舒适与放松。本研究调研发现，美国联合县的卡内基图书馆使用了平滑的石膏墙体，在很大程度上提高了老年读者触摸时的舒适性和愉悦性。

尽管图书馆用户足部的触觉敏感性不如指尖，但读者足部仍能够获取地板表面粗糙度等触觉信息，使读者及时做出行动反应，所以图书馆物理空间也应注重地板的粗糙度与平滑度设计，并在设计过程中遵循



安全性与信息可感知性这两个基本原则。在安全性方面,现在的图书馆空间普遍以光滑的瓷砖为主要的地板材料,充分利用了其经济、抗压、明亮、易清理、耐腐蚀等特点,但过于光滑的瓷砖防滑性较差,因此,图书馆物理空间设计时可以在楼梯等易跌倒处和儿童阅览室内铺设糙面地毯以增加读者对地面粗糙度的触觉感知,提升安全感,降低滑倒风险。此外,图书馆空间应该加强地板粗糙度与平滑度的对比度,让读者能够轻松获取简单、直观的触觉信息。本研究调研发现,巴西伯南布哥联邦大学图书馆安装了触觉地板,该地板与相邻普通地板的粗糙度存在差异,视障读者可以清晰地获得该地板提供的触觉路径信息。因此,图书馆空间应合理设计地板的粗糙度与平滑度,提高地板的信息可感知性,为读者(尤其是有视力障碍的读者)提供方向指引或障碍提示服务。

5.2 软度与硬度设计

软度是指外界施加的力所引起的变形量。瓷砖、玻璃等地板材料的振动反馈强度和频率较低,读者在行走时容易感到腿部疲劳,所以图书馆空间在铺设地板时应选用振动反馈强度和频率较高的软木材料。软木有独特蜂窝状细胞组织结构使其具备较好的张力和压缩性,以及较高的振动反馈强度和频率。图书馆空间选用这种地板材料能够缓解读者在站立和行走时的疲劳性,并且降低读者(尤其是儿童读者)意外跌倒可能造成的伤害。

在过去的几十年,图书馆空间为满足不同体重读者的落座需求,往往选用实木、加厚塑料等较硬材料制成的座椅,然而,硬座椅的耐疲劳性和形变能力较差,读者久坐后容易感到肢体疲劳,读者与桌椅意外碰撞时也容易引起较大程度损伤,所以,目前有许多图书馆适当提高了座椅的软度。本研究调查发现,美国宾夕法尼亚州阿德摩尔图书馆利用软垫长椅打造软质游戏区,以供儿童讲故事与开展游戏,吸引了众多儿童读者。因此,图书馆物理空间设计应该对座椅进行持续的改造升级,选择软木等柔软材料,或增添乳胶海绵、毛毯等柔软坐垫,提升座椅的舒适感与安全性。

5.3 弹性与塑性设计

材料弹性是指材料在外力作用下发生变形,外力消失就恢复原来状态的属性。弹性材料具有降震、承托力大、不易发生形变等独特的触觉优势,因此图书馆空间主要将弹性材料运用于地板与沙发中。人的足部触觉十分发达,图书馆空间应注重地板的弹性与塑性设计。图书馆空间在对地板进行弹性设计时,可以安装弹性较好的橡胶地板。橡胶地板是一种具有减震、降噪和防滑等功能新型地板,图书馆空间安装这种地板不仅可以保障读者的移动安全,还能营造安静的阅读氛围。但值得注意的是,在图书馆空间建设中,铺设大面积高弹性的地板很可能增加儿童和老人这类读者扭伤脚踝的风险,因此,应仅在读者静立或静坐的休息区域安装小面积的橡胶地板。此外,图书馆还可以在电梯内铺设橡胶地毯,以缓解受限的电梯空间内可能引发的社交恐惧症或者幽闭恐惧症。

弹性材料除了能在地板中发挥作用外,也能够坐在座椅中发挥重要作用。本研究调查发现,美国迈阿密市公共图书馆系统的国际商场分馆在椅子上安装了乙烯基软垫,提高了座椅的弹性,使读者获得了更好的落座体验。图书馆空间可以选择弹性适中的海绵和弹簧制作的沙发,使读者落座时能感受到良好的承托力和回弹力,防止沙发弹性过小而导致读者久坐后感到疲惫,也避免沙发弹性过大而导致读者出现腰部不适甚至受损等问题。除此之外,图书馆空间还可以选用棉等弹性针织面料制作椅套,由于这类弹性针织面料具备较好的恢复性,不仅能够提高读者落座时的触觉舒适度,还能避免座椅发生形变而影响下一批读者落座时的触觉体验。

5.4 轻与重设计

重量是由密度和体积共同决定的混合属性。图书馆空间中重量不同的物体会体现出不同的触觉特征。具体表现为较重的物品可以体现稳重、奢华、高质量等特征,具有较强的稳定性,而较轻的物品可以体现轻盈、浪漫等触觉特征,具有较好的易移性和安全性。

读者在搬座椅时,若座椅过重,读者在搬动时会感到费力,他们还会担心座椅与地面摩擦时发出巨大



声响。但过轻的座椅也会存在稳定性不强的问题。因此，图书馆在选用座椅时应优化座椅材料组合，或者选择重量适中的座椅材料。优化座椅材料组合是指图书馆空间可以选择较轻的椅背材料和较重的座板材料以调整椅子重心，从而在保证座椅稳定性的前提下减轻座椅重量，改变老式木质直背椅笨重的触觉感受。本研究调研发现，美国迈阿密市公共图书馆为一些较轻的座椅增添了较重的镀铬钢底座，有效地前移了椅子重心，在保证座椅能够承受较大冲击的同时，避免了座椅过轻导致的不稳定问题，此外，该馆还将馆内过重的座椅更换为由模塑泡沫制成的水滴椅，很好地解决了原有座椅重量过大而导致搬动不便的问题。

5.5 冷与热设计

读者对空间冷热度（即空间温度）非常敏感。空间冷热度不仅会影响读者的物理触觉感受，还会影响读者的情绪。图书馆空间的冷热度随着季节和昼夜更替而变化。世界卫生组织建议的适宜室内温度范围是 $18^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ ^[13]，为了将馆内冷热度保持在 $18^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ 范围内，图书馆空间设计应进行主动式或被动式的冷热度调节。主动式冷热度调节包括使用空调和电炉（冬季）、安装窗帘和建筑保温外壳等一系列措施。图书馆应将空调和电炉等调节冷热度的电器安装在馆内空间的中央，保证馆内冷热度均匀。此外，由于图书馆空间冷热度还与光照强度与时长有关，在同一空间内，直接被阳光长时间照射位置的温度明显高于其它位置的温度，因此，图书馆空间还可以使用竹木、藤条、网眼针织物等材料制成的窗帘弱化和分散强烈的室外光线，从而环保且有效地辅助调节室内冷热度。除使用电器和窗帘调节室内冷热度外，图书馆还可以安装保温外壳，将室内冷热度维持在合理的范围。本研究调研发现，美国劳伦斯公共图书馆设计了一个特殊的隔热外壳，既减少室内冷空气流失，又降低室外热空气对室内冷热度的影响，有效地维持了室内冷热度水平。被动式冷热度调节指的是通过加强室内通风等自然方式调节馆内冷热度。本研究调研发现，英国兰卡斯特大学的罗斯金图书馆将室内设计成通风结构，在夜晚利用通风引入冷气流，有效地调节

了室内冷热度。被动式冷热度调节以节能为最大优势，图书馆空间设计可以利用这种自然的冷热度调节方式，使馆内形成独特的空间微气候，为读者提供舒适的触觉体验。

图书馆空间冷热度不仅会直接影响读者，还会影响空间中的物品以间接影响读者的冷热度体验。由于读者在触摸过热或过冷的物品时会迅速产生不佳的触觉感受，因此，图书馆空间中会受到阳光直射或冷空气影响的位置（如走廊、楼梯扶手）应该尽可能使用木材、塑料等具备良好触觉温暖度的材料，维持其冷热度稳定。

5.6 干与湿设计

湿度表示空气的干湿程度。虽然读者不容易察觉到小范围内湿度水平的变化，但Fanger^[14]的热舒适模型表示，空气湿度会对人们的热舒适性产生较为明显的影响。此外，空气湿度还会影响图书馆空间内表面材料的水汽含量，从而间接影响读者的触觉体验。例如，馆内湿度降低会减少表面材料水汽吸收量，读者在这种低湿度条件下会感到表面变得更加平滑。图书馆空间内的湿度会随着季节更替而变化，因此图书馆空间应基于季节变化调节馆内湿度。

夏季图书馆空间内的湿度普遍比冬季高，高湿度会导致读者皮肤表面存在过多水分，从而引起读者不适，而适度降低湿度可以使读者皮肤变得干燥，还可以使读者在同样的温度中感到更凉爽。因此，图书馆空间在夏季可以利用空调的吸湿功能降低馆内湿度。此外，图书馆空间在夏季还可以安装吸湿墙纸和玻璃窗膜，并使用棉、麻、粘胶纤维等吸湿纺织品制成的沙发布套和抱枕枕套，以此增强墙壁、窗户、沙发和抱枕表面材料的吸湿性，使这些材料能够吸收馆内过多的水汽，使读者保持舒适状态。然而，在冬季，图书馆空间内通常比较干燥，不仅会引起读者的不适感，还可能增加读者干燥症的患病率。图书馆空间应该使用加湿器适度提高冬季馆内湿度。与此同时，图书馆空间也要改善室内空气流通，防止室内湿度过高而导致VOCs（Volatile Organic Compounds，挥发性有机化合物）过度挥发与纸质书籍腐坏。本研究调



研究发现,加拿大多伦多公共北约克图书馆和美国格伦埃林公共图书馆分别修建了空中楼梯和柱式墙壁以改善室内空气流通,有效解决了室内湿度过高的问题。除改变空间结构外,图书馆空间还可以通过开启排扇,合理调整室内桌椅、书架等家具的位置等方式改善室内通风情况。

总之,在图书馆空间中,粗糙度、软硬度、弹性、轻重度、冷热度、干湿度六种触觉属性并不是相互排斥的,而是以交叠的刺激形式影响读者的整体触觉体验,因此,图书馆物理空间设计需要综合考虑这些触觉属性,使各种触觉属性互为补充,形成最佳触觉刺激组合。

参考文献:

- [1] WÓJCIK M.Haptic technology-potential for library services[J].Library hi-tech,2019,37(4):883-893.
- [2] DRIVER J,NOESSELT T.Multisensory interplay reveals crossmodal influences on 'sens-ory-specific' brain regions, neural responses, and judgments[J].Neuron,2008,57(1):11-23.
- [3] 彭聃龄.普通心理学(第五版)[M].北京:北京师范大学出版社,2019.
- [4] 吴相凯,黎鹏展.基于环境心理学的现代室内艺术设计研究[M].成都:四川大学出版社,2018:3.
- [5] KLATZKY R L,LEDERMAN S J,MATULA D E.Haptic exploration in the presence of vision[J].Journal of experimental psychology human perception & performan,1993,19(4):726-743.
- [6] IJZERMAN H,SEMIN G R .The thermometer of social relations:mapping social proximity on temperature[J].Psychological science,2009,20(10):1214-1220.
- [7] BAKER W J,MOS L P,RAPPARD H V,et al.Recent trends in theoretical psychology[M].New York:Springer,1988:247-248.
- [8] STEVENS J C,PATTERSON M Q.Dimensions of spatial acuity in the touch sense:changes over the life span[J].Somatosensory & motor research,1995,12(12):29-47.
- [9] CHEN X,BARNES C J,CHILDS T H C,et al.Materials'tactile testing and characterisation for consumer products'affective packaging design[J].Materials&design,2009,30(10):4299-4310.
- [10] PRENTICE K A,ARGYROPOULOS E K.Library space: assessment and planning through a space utilization study[J].Medical reference services quarterly,2018,37(2):132-141.
- [11] STRERI A,FÉRON J.The development of haptic abilities in very young infants:from perception to cognition[J].Infant behavior and development,2005,28(3):290-304.
- [12] FAUCHEU J,WEILAND B,JUGANARU M,et al.Tactile aesthetics:textures that we like or hate to touch[J].Acta psychologica,2019,201(10):29-50.
- [13] World Health Organization.WHO housing and health guidelines[EB/OL].[2022-11-23].https://www.who.int/publications/i/item/9789241550376.
- [14] FANGER P O.Calculation of thermal comfort, introduction of a basic comfort equation[J].ASHRAE transactions,1967,73(2):1-20.

[作者简介]

陈婧 湖南师范大学公共管理学院教授。E-mail: 287933276@qq.com。

杨威 武汉大学政治与公共管理学院硕士研究生。E-mail: 1244739720@qq.com。

陈卓 复旦大学国际关系与公共事务学院硕士研究生。E-mail: 1543209754@qq.com。

[收稿日期:2023-07-07]

(上接第107页)

- [2023-10-15].https://www.mct.gov.cn/whzx/whyw/202108/t20210830_927412.htm.
- [23] 中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于加快构建现代公共文化服务体系的意见》(全文)[EB/OL].[2024-06-06].https://www.gov.cn/xinwen/2015-01/14/content_2804250.htm.
- [24] 文化部"十三五"时期公共数字文化建设规划[EB/OL].[2023-05-10].https://zwgk.mct.gov.cn/zfxxgkml/202012/t20201204_925713.html.
- [25] 关于做好政府向社会力量购买公共文化服务工作的意见[EB/OL].[2023-05-10].http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2868466.htm.

[作者简介]

陶成煦 武汉大学信息管理学院博士研究生,研究方向为公共文化服务与数据要素治理。E-mail: taochengxu666@163.com。

易凌 湘潭大学公共管理学院博士研究生,研究方向为图书馆学基础理论。

完颜邓邓 湘潭大学公共管理学院副教授,硕士生导师,研究方向为公共文化服务、政府数据开放、信息资源建设。

[收稿日期:2023-05-29 修回日期:2023-11-02]