

优化科学传播中参与进程的协同设计实践研究

王维吉¹, 常盈¹, 魏艳丽¹, 丁晓蕾², 韦晓鹏², 俞嘉华^{1*}

(1.北京化工大学, 北京 100029; 2.中国科学院 数学与系统科学研究院, 北京 100190)

摘要: **目的** 提升科学传播过程中的参与质量, 采用协同设计方式对科研院所内闲置空间进行改造; 同时依据实践成果进行路径总结, 为同类设计活动提供一定参考。**方法** 整体研究分为设计方案的构思、实践、验证及总结四部分: 首先, 构思阶段分为两部分, 一是基于卡诺 (Kano) 模型的问卷调查, 二是焦点小组与深度访谈形式结合的讨论, 旨在获取与转化用户的需求; 其次, 实践阶段依托环境、产品、视传三类专业知识展开, 通过设计学各分支协作将需求物化; 再次, 选取使用情况评估 (POE) 模型对结果进行分析, 以评估参与进程优化效果; 最终, 将上述三阶段各类资料进行汇总, 与院所内专家一同进行理论总结。**结果** 既定方案如期完工, 满足了院所方的各项诉求; 相关各部门通力协作, 助力团队集齐实验所需资料。**结论** 协调利益相关, 实现结果最优化, 是协同设计最大的特点。就本次研究而言: 中科院具备科学传播知识, 并拥有长期举办“科学咖啡馆”活动的经验, 这是本次实践目标达成的根本依据; 我校团队掌握的学科相关知识, 以及设计学科固有的视觉化优势, 是各项设计任务能够完成的基础; 院所内师生、行政及后勤等人员提出的宝贵建议, 使本次的实践研究更趋合理。正是打破了三者间的壁垒, 最终使科学参与进程得到了优化, 且产生了一定的社会效益。

关键词: 协同设计; 科学传播; 社会创新; 科学咖啡馆; 公共空间

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)18-0190-14

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.18.022

Collaborative Design Practice for Optimizing Participation Process in Science Communication

WANG Wei-ji¹, CHANG Ying¹, WEI Yan-li¹, DING Xiao-lei², WEI Xiao-peng², YU Jia-hua^{1*}

(1.Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China; 2.Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

ABSTRACT: The work aims to transform the idle space in scientific research institutes by a collaborative design method to improve the quality of participation in the process of science communication and summarize the path according to the practical results to provide a certain reference for similar design activities. The overall research was divided into four parts: conception, practice, verification and summary of the design scheme. Firstly, the conception stage was divided into two parts: one was the questionnaire survey based on Kano model and the other was the discussion combined with focus group and in-depth interview, aiming to obtain and transform the needs of users. Secondly, the practical stage relied on the three kinds of professional knowledge of environment, product and video transmission, and materialized the needs through the cooperation of various branches of design science. Thirdly, the POE model was selected to analyze the results to evaluate the effect of participation process optimization. Finally, all kinds of data in the above three stages were summarized, and theoretical summary was carried out with experts in CAS. The established scheme was completed on schedule and satisfied the needs of CAS. All relevant departments cooperated with each other to help the team collect the materials needed for the experiment. The most important characteristic of collaborative design is to coordinate the benefit cor-

收稿日期: 2023-04-29

基金项目: 北京化工大学横向课题“中科院力学所主楼二层空间改造设计”(HS20210022)阶段性成果; 北京化工大学横向课题“中科院数学学院思源楼、南楼空间改造设计”(HS20220005)阶段性成果; 国家级大学生创新创业训练计划(202110010004X)资金支持

relation and achieve the best benefit. As far as this study is concerned, CAS has the knowledge of science communication and the experience of holding "Science Cafe" activities for a long time, which is the fundamental basis for the realization of the practice objectives. The discipline related knowledge mastered by the team from Beijing University of Chemical Technology and the inherent visual advantages of design discipline are the basis for the completion of various design tasks. The valuable suggestions put forward by teachers and students, administrative and logistics staff make this practical study more reasonable. It is the breaking of the barriers between the three that finally optimizes the process of scientific participation and produces certain social benefits.

KEY WORDS: collaborative design; science communication; social innovation; Science Cafe; public space

近年来,“三城一区”规划对首都科创资源进行了有力的整合,在一定程度上减轻了科研院所内部空间紧张的问题。^[1]值此机会,中国科学院数学与系统科学研究院(下文简称“数学院”)、力学研究所(下文简称“力学所”)计划通过改造闲置空间来优化“科学咖啡馆”(下文简称“科咖”)活动进程,以期提高科学传播活动的效率^[2]。邀请我校艺设系参与公共空间改造,拟设计对象为力学所主楼二层原图书馆,数学院思源楼原过道、南楼原资料室。该类活动于近现代在世界范围兴起,旨在通过公众参与的形式进行科学交流。中科院近五年内举办了数十场“科咖”活动,记录并刊载于高水平的《物理》杂志,拥有丰富的本土化实践经验^[3]。协同设计正是本次实践的介入方式之一,其广泛应用于乡建、民艺、适老等社会创新领域,意在以设计学方法消除相关方之间的隔阂,实现效益最大化^[4]。本次实践以解决具体问题为主线,满足院所方提出的各项需求,完成既定的设计任务;兼顾总结协同设计的实施路径,以求填补其在城市更新领域的部分空白^[5]。

1 协同设计对科学传播进程的介入

1.1 科学传播学科下“科咖”实践现状

西方发达国家早已将科学传播纳入国策。与其相比,我国具备良好科学素质的公民占比仅为 10.56% (2020 年),远低于美国的 28% (2016 年)及加拿大的 42% (2014 年),于社会层面提升科学参与质量已迫在眉睫^[6]。科学传播活动可增进受众的理性认知、培养系统思维,进而提高参与能力,是国家综合实力可持续提升的重要保障,“科学咖啡馆”是其中较为贴近受众的一种^[7]。

中科院数学院与力学所拟通过本次空间改造,改善开展科学传播活动的体验。在 CNKI 中将“科学咖啡馆”作为主题关键词,以“核心期刊”为文献来源进行筛选,可得 29 项相关文献结果,其中拍照留存且人数可考的共计 22 篇,均发表于权威科学期刊《物理》,如表 1。将文献检索结果作为参照,可对本土化的“科咖”活动作两方面把握:一是粗略绘制参与者的画像,其身份包括科研专家、社会人士、不同教育阶段的学生及所内行政人员等,年龄涵盖了老、中、

青、幼四个年龄层;二是大致了解活动的内容,讨论主题以我国重大科研突破为主,如芯片研发、高速列车等内容,同时包含基础科学知识,如生命科学等,参与人数为 41~20 人,属体量较小的交流活动,活动性质为过程导向,强调讨论过程而不是结果。值得注意的是,文献中除少数“科咖”活动在大型场馆举行之外,大多局限于狭小的室内空间,且交流方式较为单一,这表明科学参与进程存在可优化的空间。

1.2 协同设计方法应用现状

本文关键概念如图 1,丁俊等^[8]明确了用户从“研究对象”到“置身事内”的转变,以及设计模式由产品驱动向目的驱动的转换;何宇飞等^[9]提出将社会工作与社会创新相结合的观点,明确公共空间改造是社会创新的一部分;钟芳等^[10]阐述了设计服务对象随时代变迁的过程,以及设计学科介入公共空间的显著优势与具体方法。



图 1 本文关键概念图示
Fig.1 Diagram of key concepts in this study

协同设计方法在乡村振兴、民艺再造领域的广泛应用,本质上是以前角度审视旧模式,以寻找机会点。不再以产出单一的环境、产品、视传设计内容作为结果,而是关注最终效益的提升,尤其是社会效益。

可明确设计学科内容在本次实践中的优势体现在两方面:一是,视觉化优势可极大地提高沟通的效率,如在不同环节加入直观的图形因素;二是,成熟且灵活的沟通工具能有效推进实践进度,如焦点小组^[10]法。团队由不同领域专家组成时,协同设计能够迸发出巨大动能。

表 1 可供参考的“科学咖啡馆”相关文献汇总
Tab.1 Summary of the literature on "Science Cafe" for reference

篇名	主题	引言	卷·期	人数
《我们的征途是星辰大海》	北斗导航	分阴阳，建四时，均五行，移节度，定诸记，皆系于斗。	46 卷（2017 年） 12 期	29
《迈向火星的第一步》	火星，我们来了	日月安属？列星安陈？	51 卷（2022 年） 1 期	41
《太阳的威胁》	太阳风暴	日出黄，有黑气大如钱，居日中央。	48 卷（2019 年） 3 期	40
《让生命从长度走向品质》	生命周期	懂得生命真谛的人，可以使短促的生命延长。	48 卷（2019 年） 5 期	28
《生命之美》	认识、呵护生命之房	世界上的一切光荣和骄傲，都来自母亲。	48 卷（2019 年） 10 期	26
《探秘量子世界》	量子计算机	没有人真正理解量子力学。	48 卷（2019 年） 2 期	32
《新浪潮下的科学传播》	互联网与科学传播	传播知识就是播种幸福。	50 卷（2021 年） 7 期	29
《理性与浪漫》	科学摄影	帝癸十五年，星错行，夜中星陨如雨。	47 卷（2018 年） 1 期	29
《人工智能芯片的现状与趋势》	人工智能	我设想在未来，我们可能就相当于机器人的宠物狗狗，到那时我也会支持机器人的。	48 卷（2019 年） 7 期	32
《冰雪奇境》	南极探秘	人间若有天堂，应该是南极的模样。	48 卷（2019 年） 1 期	35
《从世园会中国馆看当代展览中的“科技+艺术”》	科技与艺术	没有科学和艺术，就没有人和人的生活。	48 卷（2019 年） 8 期	20
《得“意”忘“形”谋发展》	科技类博物馆认识	道在日新，艺亦须日新，新者生机也；不新则死。	47 卷（2018 年） 12 期	21
《核心技术需要在试错中发展》	自主核心芯片研发	当危险逼近时，善于抓住机会迎头痛击它，要比犹豫躲闪更有利...	47 卷（2018 年） 10 期	30
《科学教育，让孩子心中开出花朵》	科学教育	近距离感受科学的魅力，触及科学之精神。	47 卷（2018 年） 2 期	42
《只聊科学的咖啡馆》	人工智能	向着城市的灯守着我，咬破了冷静的思想。你的眼睛里闪动，无人知道的地方。	46 卷（2017 年） 11 期	18
《科普产业的“寒武纪”时代》	科普产业	地球在 2000 多万年内突然涌现出各种各样的动物……	47 卷（2018 年） 7 期	29
《探索生命奥秘解析基因密码》	基因与健康	我们以及其他一切	47 卷（2018 年） 9 期	35
《当诗词遇见科学》	大自然的 AB 面	科学和艺术是一枚硬币的两面。	48 卷（2019 年） 6 期	35
《探秘宇宙，是谁杀死了恐龙？》	暗物质与恐龙	无穷宇宙，人是一粟太仓中。	47 卷（2018 年） 4 期	35
《光耀未来》	和时间赛跑的激光	光，远而自他有耀者也。	51 卷（2022 年） 3 期	35
《人类认识宇宙过程中的四次飞跃》	科学和咖啡	“我们对群星如斯热爱，丝毫不惧黑暗之夜。”	50 卷（2021 年） 5 期	35
《火山，大自然的骄子》	火山活动	山上有孔，以草投孔中，烟焰上发，可熟食。	48 卷（2019 年） 4 期	34

1.3 协同设计介入的可能性与意义

就本次实践而言,协同设计是围绕利益相关各方之间的壁垒展开的。首先,壁垒存在于科学传播与设计学两大学科之间,设计团队并不具备深厚的“科咖”举办经验,院所方面亦不曾主导公共空间改造活动;其次,通过对院所内科研人员以及师生、行政后勤等群体的需求进行挖掘和转化,能够制定合理的设计方案并实践;最后,依据量化方法对设计结果进行评估,

并复盘实践过程,可对协同设计路径进行有效总结。同时,中科院内相关权威专家全过程参与,有助于设计团队及时发现问题并解决问题。

2 协同设计实践研究框架的搭建

2.1 方案构思阶段

本文的研究框架如图 2 所示,由构思、实践、验证、总结四部分组成。

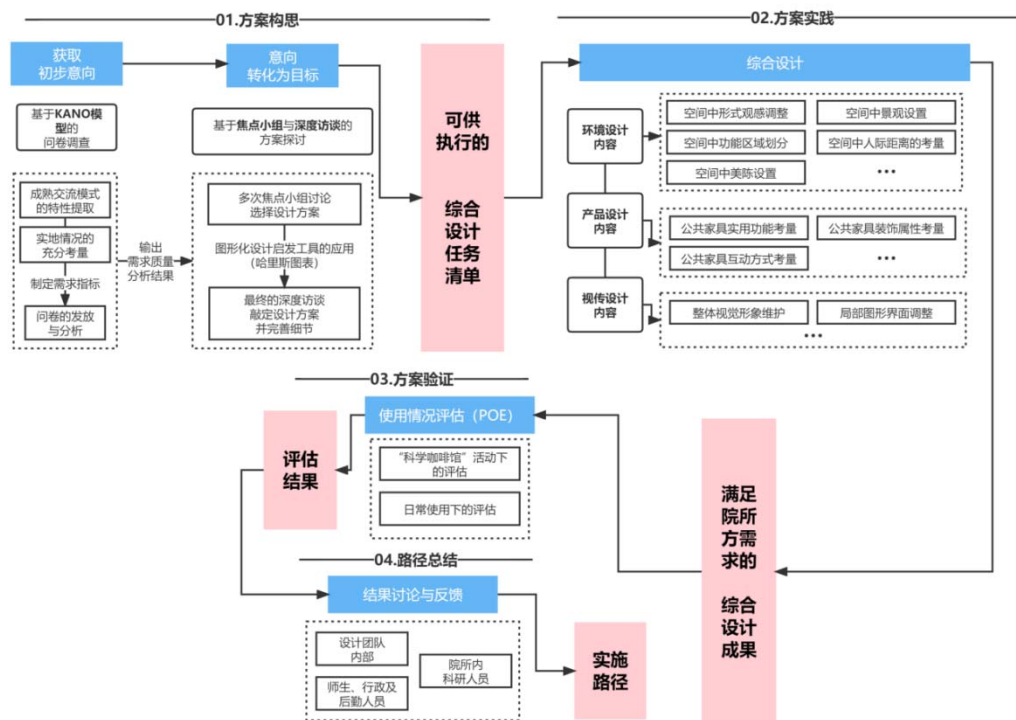


图 2 优化科学传播中参与进程的协同设计实践研究框架

Fig.2 Optimization of collaborative design practice research framework for participation process in science communication

2.1.1 用户需求的初步获取

为获取用户的初步设计意向,拟引入由狩野纪昭教授提出的 Kano 模型,以问卷形式对用户的需求进行分类并排序^[11]。此阶段预设四个步骤:首先,依据“科咖”活动相关资料制定需求指标;其次,依据表 1 中的文献与专家意见制定初步需求细项;再次,面向三类人群投放问卷,分别是院所内的科研人员、在读学生以及行政与后勤人员;最后,回收问卷并校验信、效度,并对收集到的数据进行质量分类,与专家一同确定设计的侧重点。

2.1.2 用户需求的设计转化

拟采用焦点小组 (Focus Group) 与深度访谈 (In-Depth Interviews) 结合的方式,将已获取的设计需求转化为设计任务清单。二者宜结合使用,前者可通过既定议题快速定位用户的具体需求,并且自由讨论的氛围可发现更多的设计机会;后者则在前者的基础上加入了“追问”环节,能够帮助设计团队更精准

地挖掘与定义需求。但仍存在两方面不足:一体现在研究方法上,只有定性环节,缺乏定量环节;二体现在交流方式上,只通过语言进行互动,效率较低。

为弥补短板,在讨论中使用图形化设计启发工具 (Graphical Design Generate Tool),即结合产品图集的哈里斯图表 (Harris Profile)。该图表为三维的打分工具,包括横轴、纵轴及标记,共三重向度,可对设计方案进行主观计分评价;将其与精选的产品图片结合,作为中间媒介,可消除因不同专业背景而产生的隔阂。

2.2 方案实施阶段

为完成构思阶段制定的任务清单,拟通过设计学科各分支解决相应问题。例如,运用环境设计相关知识,对目标空间进行合理的功能划分,调整部分建筑构件以呈现良好的空间效果;运用产品设计相关知识,在考虑功能、结构、材料、成本等要素后,制定满足院所方要求的选品;运用视传相关知识,对整体视觉形象进行维护,并优化局部界面,最终提高空间

的使用效率。

2.3 成效验证阶段

使用状况评价（POE）模型，全称为 Post Occupancy Evaluation，是由 D·柯克·汉密尔顿（D.Kirk Hamilton）提出的。该模型用于建成项目的评估，需结合两方面内容：一是客观的使用痕迹，如污渍、破损；二是用户的主观评价，如对某一改动的积极反应。在空间改造完成后，使用该模型验证参与进程的优化程度，以及日常使用与维护的便利程度。将综合设计成果的使用情况作为指标设置的参照，尤其关注不同于旧有模式的细项，如新增互动道具的移动频率。

拟根据实地情况，制定详细的使用痕迹指标。在数学院与力学所的目标空间内，举办两次“科咖”活动，并录制视频；输出三个空间的热力图作为结果，结合人员反馈及专家意见进行协同设计路径的总结。

3 力学所、数学院内协同设计实践

3.1 力学所、数学院内 Kano 问卷调查

3.1.1 问卷的设计

首先，针对“科咖”活动的四项要素，即“舒适的环境”“称职的主持人”“通俗的主题”及“适时的讨论与提问”^[12]，划分对应的四个维度，即“活动环境”“主导关系”“活动主题”及“个体互动”；其次，与院所内人员交流后对细项进行拓展，使单一维度不少于四项，以便使用 Kano 模型进行分析；再次，每一个细项设置正向与反向问题，即“具备”“不具备”，以提案形式将细项作为题干，如“取消固定座位，采取便于组合的桌椅形式，您的感受是？”，设置五级选项，分别为“很满意”“满意”“一般”“不满意”“很不满意”，维度划分及细项如表 2。

表 2 优化科学传播中参与进程的指标设定
Tab.2 Optimization of the indicator setting for participation process in science communication

类型	编号	初步需求	具体措施
活动环境	A1	空间功能规划	对原有空间进行重新规划，如界定活动与运营区域的界限
	A2	空间性质界定	空间兼顾本院/所日常活动功能，如例会、洽谈等
	A3	食物饮品供应	新增食物与饮品的供应，如提供沙拉与咖啡
	A4	空间细节装饰	新增具备学科特色的装饰，如室内美陈、桌面饰品
	A5	空间细节景观	新增与装饰相匹配的绿植
	A6	儿童使用空间	新增亲子活动区域，为儿童提供绘画、游玩空间
	A7	师生使用空间	新增个人学习区域，为师生提供学习、阅读空间
	A8	空间整体观感	拆除部分原有建筑构件，以塑造完整的视觉观感
主导关系	B1	去中心化要求	取消原有的宣讲区域，达到去中心化的效果
	B2	强调学科属性	新增具备本院/所特色的物品陈列区域，以收纳期刊、奖项等物
	B3	引入民间力量	新增具备本院/所特色的“科学咖啡馆”活动，如数学、力学相关
	B4	拓宽参与渠道	接入新媒体，如采用直播方式进行“科学咖啡馆”活动
活动主题	C1	院所所属主题	新增具备本院/所特色的“科学咖啡馆”活动，如数学、力学相关
	C2	院所自身特色	新增本院/所特色展示栏位，如“中国力学学会之家”
	C3	群众关心内容	将群众关心的热点科学问题或是技术应用纳入选题范围
	C4	儿童科教内容	将儿童趣味类的科学问题或是技术应用纳入选题范围
个体互动	D1	人际距离把控	取消固定座位，采取便于组合的桌椅形式
	D2	隐私尺度保留	新增单独讨论的空间，提供半敞开的隔间
	D3	多种交流方式	新增多种展演道具，提供投影、书写等设备
	D4	营造宽松氛围	营造轻松惬意的讨论氛围，区别于会议室、演讲厅等

3.1.2 问卷回收与结果分析

面向数学院内科研人员、师生、行政和后勤等人员投放 200 份问卷，力学所则为 120 份，并向社会人士投放 20 份作为补充，共计 340 份。回收有效问卷 309 份。使用数据分析软件 SPSS 进行信、效度检验，全部、正向、反向问题的 Cronbach’s α 值分别为 0.893、0.941、0.952，均高于 0.8，表明投发的问卷通过信度测试；KMO 测度值为 0.889，大于 0.8，表示适合进

行因子分析，Bartlett 球体检验统计值显著概率为 0.000，小于 0.01，表示数据适合进行因子分析，具有相关性，且使用主成分分析法的累计方差贡献率为 72.531%，说明问卷具有较好的结构效度，适合 Kano 模型分析^[13]，结果如表 3。

依据问卷数据计算 Better、Worse 系数，结果如表 4，计算公式为：

$$\text{Better} = (O + A) / (M + O + A + I) \quad (1)$$

$$\text{Worse} = (O + M) / (M + O + A + I) \times (-1) \tag{2}$$

Better、Worse 分布如图 3, 取 Better 值与|Worse|值的平均值为原点, 即 (0.33, 0.36); 分别将 Better 值与|Worse|值作为横纵坐标, 据公式(3)依次计算与原点的距离, 得到受访者对该细项的敏感度 R 。计算公式为:

$$|AB| = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{3}$$

首先, 明确六种质量在本次实践中的不同含义: 必备质量 (M), 即保障科学传播基本效果的分类; 期望质量 (O), 即参与进程中可作出功能性改进的分类; 魅力质量 (A), 即除必备与期望质量外, 额外可对个体参与水平产生良性影响的分类; 无关质量 (I), 即与进程优化不直接相关的分类; 反向质量 (R), 即对个体参与水平起负面作用的分类。前三类质量是可介入的范围, 必备质量不可或缺, 期望质量有待改进; 应重点关注魅力质量, 这是设计的可切入点, 更是“科咖”活动启发性的体现。至于无关质量, 因问卷细项是多方讨论的结果, 虽然与本次问卷主题, 即优化参与进程无关, 但与空间日常使用相关, 应酌情保留。

其次, 细项在各维度的分布情况为: 必备质量为 $A2$ 、 $A3$ 、 $B1$ 、 $C2$, 共计 4 项, 主要分布在活动环境维度; 期望质量为 $D1$ 、 $D3$ 、 $D4$, 共计 3 项, 均位于个体互动维度; 魅力质量为 $A4$ 、 $A5$ 、 $A8$ 、 $D2$, 共计 4 项, 大多位于活动环境维度; 无关质量为 $A1$ 、 $A6$ 、 $A7$ 、 $B2$ 、 $C1$ 、 $C3$ 、 $C4$, 共计 6 项, 大多分布于活动环境与活动主题维度; 反向质量为 $B3$ 、 $B4$, 共计 2 项, 均位于主导关系维度。

再次, 对各质量分类中的细项进行解读, 敏感度如表 5, 重要程度排序如表 6。除无关和反向质量外, 对各分类中敏感度最高的一项着重分析: 第一, 在期望质量中 $D4$ 项敏感度最高。这表明, 已举办的“科咖”活动虽产生了广泛的社会影响, 但在鼓励参与者进行提问与讨论方面, 仍存在改进空间, 仅通过言语交流难以给受众留下深刻印象。第二, 在魅力质量分类中, $A8$ 项敏感度最高。经过实地考察, 数学院与力学所目标空间内部分建筑构件的位置不合理, 需在不变动原有建筑结构的前提下, 呈现特定的形式美

感, 使受众因轻松惬意的氛围而对场所产生归属与依赖。第三, 在必备质量中 $B1$ 项敏感度最高。在前文提及的“科咖”活动中, 仍设有宣讲区域, 主持人在“科咖”活动中仅起到把控主题与推进交流的作用, 宣讲台的设置会让人们不自觉地将注意力聚焦在主讲人与主持人身上。另外, 将反向与无关质量单列, 并询问专家意见。在无关质量中 $A1$ 项敏感度最低。由于该类质量与优化目的呈负相关, 表明在空间的日常使用中, 应优先划分出清晰的功能区域。反向质量仅有 $B3$ 、 $B4$, 权威专家对此作出两点解读: 一是, “科咖”传播范围不应过大, 民间力量介入后, 难免带有商业性质; 二是, 活动以启发式的交流为主, 直播形式会增加参与者的心理压力。

最终, 经多方讨论, 确定本次实践的侧重点。依据质量分类结果, 从必备、期望、魅力三类质量出发。一是在基本工作上: 从空间功能切入, 清晰界定科学传播与日常使用间的界限, 避免二者相互影响; 保障饮品、食品的充足供应, 进一步拉近参与者间的心理距离; 通过整体与局部的统筹, 展现院所的学科特色。二是在新增功能上: 摆放家具时, 区分出不同的交流区域; 增加新的交流方式, 如书写、图画及多媒体; 区别于严肃场合, 营造轻松氛围。三是在额外属性上: 调整视觉界面、细部装饰与景观, 使参与者获得愉悦观感; 同时, 适度划分隐私尺度, 平衡群体交流与个人思考的空间需求。此外, 由于单一因素可能造成多重影响, 所以四个维度只是大致划分, 在实践与验证环节可依情况进行调整。

表 3 Kano 问卷信度和效度分析
Tab.3 Analysis of Kano questionnaire reliability and validity

项目	问题类型	结果
Cronbach's α 值	全部问题	0.893
	正向问题	0.941
	反向问题	0.952
样本足够多 KMO 测度	—	0.889
Bartlett 球体检验 Sig.	—	0.000
累计方差贡献率	—	72.531%

表 4 优化科学参与进程需求质量分析汇总
Tab.4 Optimization of scientific participation process need quality analysis summary

编号	必备 质量 M	期望 质量 O	无关 质量 I	魅力 质量 A	反向 质量 R	可疑 结果 Q	Better 值	Worse 值	需求 分类
$A1$	0.06	0.02	0.43	0.16	0.27	0.06	0.27	-0.12	I
$A2$	0.37	0.13	0.30	0.11	0.05	0.04	0.26	-0.55	M
$A3$	0.41	0.07	0.33	0.06	0.09	0.04	0.15	-0.55	M
$A4$	0.06	0.09	0.33	0.44	0.04	0.04	0.57	-0.16	A
$A5$	0.13	0.20	0.25	0.40	0.01	0.01	0.61	-0.34	A
$A6$	0.07	0.01	0.56	0.05	0.28	0.03	0.09	-0.12	I
$A7$	0.10	0.02	0.59	0.10	0.17	0.03	0.15	-0.14	I

续表 4

编号	必备 质量 M	期望 质量 O	无关 质量 I	魅力 质量 A	反向 质量 R	可疑 结果 Q	Better 值	Worse 值	需求 分类
A8	0.06	0.12	0.23	0.49	0.05	0.06	0.68	-0.20	A
B1	0.48	0.06	0.33	0.04	0.05	0.03	0.11	-0.59	M
B2	0.10	0.04	0.50	0.18	0.14	0.04	0.26	-0.17	I
B3	0.17	0.02	0.20	0.03	0.43	0.14	0.12	-0.46	R
B4	0.16	0.01	0.23	0.01	0.45	0.14	0.05	-0.42	R
C1	0.02	0.01	0.45	0.22	0.22	0.07	0.33	-0.05	I
C2	0.47	0.11	0.31	0.07	0.03	0.02	0.19	-0.61	M
C3	0.03	0.01	0.64	0.12	0.17	0.03	0.16	-0.05	I
C4	0.09	0.02	0.49	0.11	0.23	0.04	0.18	-0.16	I
D1	0.28	0.43	0.10	0.16	0.01	0.02	0.60	-0.73	O
D2	0.17	0.21	0.24	0.30	0.05	0.04	0.56	-0.41	A
D3	0.27	0.34	0.14	0.17	0.03	0.05	0.56	-0.66	O
D4	0.25	0.55	0.06	0.14	0.00	0.00	0.69	-0.80	O



图 3 Better-Worse 分布
Fig.3 Better - Worse distribution

表 5 优化科学传播中参与进程敏感度
Tab.5 Optimization of participation process sensitivity in science communication

问卷细项	Better	Worse	R 值
D4	0.69	0.80	0.159 8
D1	0.60	0.73	0.103 4
A8	0.68	0.20	0.075 0
D3	0.56	0.66	0.070 2
C3	0.16	0.05	0.063 8
A6	0.09	0.12	0.058 6
A4	0.57	0.16	0.0498
B1	0.11	0.59	0.049 5
C1	0.33	0.05	0.049 5
A7	0.15	0.14	0.041 3
B4	0.05	0.42	0.040 6
C2	0.19	0.61	0.039 9
A5	0.61	0.34	0.039 6
A3	0.15	0.55	0.033 3
C4	0.18	0.16	0.032 1
A1	0.27	0.12	0.031 7
D2	0.56	0.41	0.027 6
B3	0.12	0.46	0.026 5
B2	0.26	0.17	0.021 3
A2	0.26	0.55	0.019 6

表 6 优化科学传播中参与进程敏感度排序
Tab.6 Optimization of sensitivity ranking of participation process in science communication

质量分类	排序
期望质量	$D4>D1>D3$
魅力质量	$A8>A4>A5>D2$
必备质量	$B1>C2>A3>A2$
无关质量	$C3>A7>A6>B2>C4>C1>A1$
反向质量	$B4>B3$

3.2 力学所、数学院内设计清单确定

依据前文中的设计侧重点制定讨论议程，四次活动的主持人、记录员分别为课题主持者俞嘉华老师与科教管理人员魏艳丽老师，具体流程为：

第一次的焦点小组以公共空间审美意象为议题。数学院方以党委办主任、综合处处长丁晓蕾老师为代表，力学所方以非线性力学国重实验室研究员刘小明老师为代表。丁、刘两位老师向设计团队介绍了各自院所的历史及成就；经共同讨论，决定将学科特性作为空间主题：第一，数学院内目标空间以“思辨”精神为主题，数学学科作为基础科学中的基石，“思辨”精神是其由初等迈向高等的源动力；第二，力学所内目标空间以“空天”特色为主题，力学学科旨在研究机械运动的规律，于实践中为我国航空航天、高速列车等领域的发展作出了突出贡献。

第二、三次的焦点小组以公共空间的功能区划与视觉效果为议题。数学院方以丁晓蕾老师、团委韦晓鹏书记为代表，力学所方以刘小明老师为代表。一是确立了五类空间功能，即开展“科咖”活动的汇报区、交流区，日常使用的轻食售卖、等待区域，以及师生的休憩、阅读区域。数学所于两处实现这五类功能空间，而力学所为一处；二是明确改造后的空间呈现出均衡、韵律的视觉观感，区别于凌乱、粗糙的旧有空间。

第四次的深度访谈以敲定清单细节为议题。数学院方以党委书记兼副院长武艰老师为代表。本次访谈确定了公共空间中的家具, 除承担基本的就座功能外, 需加入互动功能, 以满足公式原理的展演需求, 以及科普影像内容的播放需求; 细部的装饰品以艺科融合的类型为主, 景观小品以盆栽为主; 在视觉设计层面, 力学所方面要求对局部视觉形象进行维护, 即重新设计空间的标志与力学学会之家的公告板。

在四次讨论过程中发放附带产品图集的哈里斯

图表。该图表由两部分内容组成: 一是图表的度量设计, 横、纵轴分别为“科咖”参与者的活跃程度与舒适程度, 从“-4”到“4”, 共 9 个等级, 红、黄、绿 3 种颜色则表示设计方案实现的难易程度; 二是嵌入式的产品图集, 团队依据产品图库制定设计方案, 将单个方案中的代表性图片作为嵌入内容。图表共制作了 7 张, 受限于篇幅, 仅展示入选方案所属图表, 如图 4。讨论结束后汇总各方意见, 得出最终设计清单, 如表 7。



图 4 附带产品图集的哈里斯图表
Fig.4 Harris chart with product atlas

表 7 综合设计任务清单
Tab.7 Comprehensive design task list

设计实践侧重点	设计实践清单	细分目标
清晰界定空间的性质	将两个场景划分为五类空间	兼顾科学传播与日常使用
拓宽互动方式	新增书写、图画、多媒体展演等功能	提升沟通效率
保持恰当的人际距离	可移动的桌椅, 区别于座谈会形式	与参与积极性
保障隐私尺度	营造隔间一类相对独立的空间	交流与内化并举, 兼顾日常个人学习需求
维护视觉界面	实体空间的整体观感, 以及标志、布告栏等传统视觉设计	
凸显所属学科特色	数学院以“思辨”精神为主题, 力学所则是“空天”特色	塑造一致且鲜明的形象, 使进入空间的个体产生场所认同
考量细部装饰与景观	选用具有科学趣味的艺术装饰与景观小品	

3.3 力学所、数学院内实地综合设计

3.3.1 鲜明且整洁视觉形象的塑造

首先, 在获得院所方认可后, 选定“拱门”与“彩虹”作为主要审美意象, 分别表达“思辨”精神与“空天”特色。一是于数学院目标空间中, 构建可升降的拱形顶棚装置, 作为有一定私密性的学习交流空间。灵感来源于文艺复兴时期画家拉斐尔·桑西的画作《雅典学院》, 如图 5 左半部分。数学作为古希腊倡导的“七艺”之一, 正是先贤们探讨的内容^[14]。二是在力学所目标空间中, 设置彩虹线美术陈设与彩虹图案纱帘, 分别作为空间中的重点装饰和软隔断。灵感来源于李白《焦山望寥山桥》诗中“安得五彩虹, 驾天作长桥”的美好想象, 如图 5 右半部分。该诗句中, 以“虹”为意象, 一表天地之间距离之长, 二表仙凡

之间身份悬殊, 是古人宇宙观念的朴素阐述^[15]。今日, 墨子号量子通信卫星已经实现了信息的远距传输, 其示意图酷似古人笔下的彩虹桥。此外, 院所方对局部视觉设计提出补充需求, 一是, 目标空间缺乏简明的视觉象征。“科咖”空间的标志设计如图 6 左半部分, 以简笔画的咖啡杯形象点明设置空间的目的, 深咖色、浅咖色、白色相互对比塑造标志的层次。二是, 学会之家的活动布告板需进行再设计。设计结果如图 6 右半部分, 设计团队将学会标志与标语置于左上角, 依据平均身高设置张贴区域, 整体配色来源于现有学会标志的蓝橙配色。

其次, 依据空间中的形式美法则, 修补目标空间中存在的问题。经过数个世纪的探索, “和谐即美”的空间审美观念已深入人心; 而建筑学家托伯特·哈姆林提出的空间形式美法则, 更为设计实践者指明了

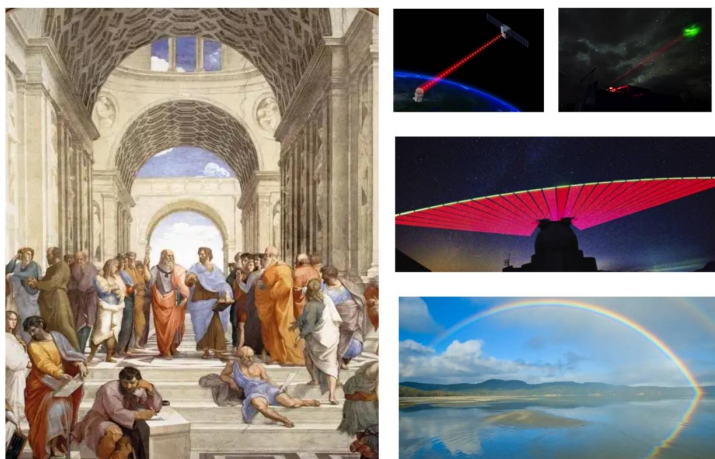


图5 审美意象的选定
Fig.5 Selection of aesthetic images



图6 视觉设计内容
Fig.6 Visual design content

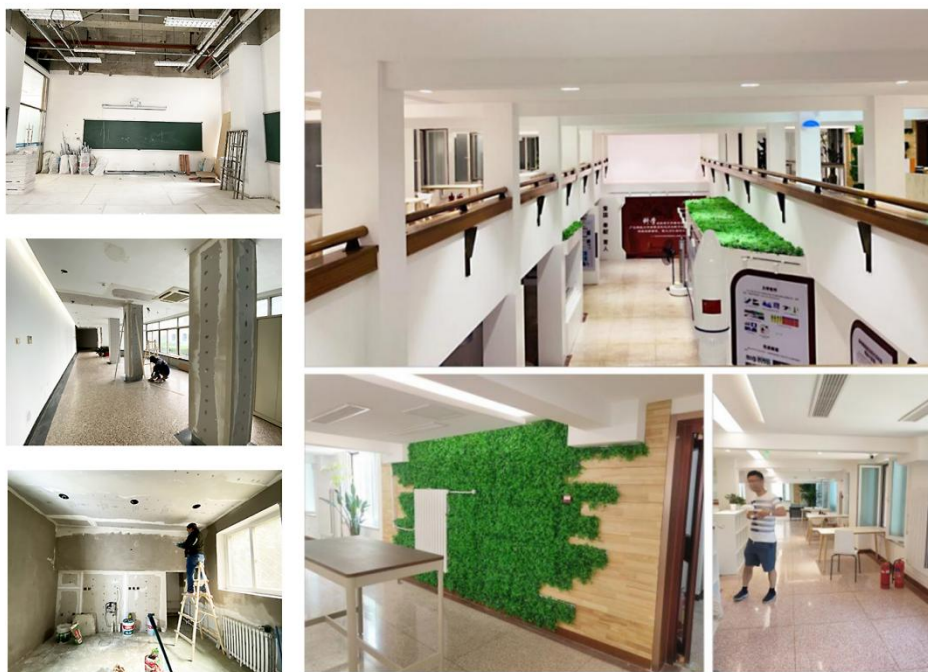


图7 目标空间改造前概况
Fig.7 Overview of target space before transformation

方向^[16]。形式美法则在本次空间改造中对应着以下四个方面:

均衡美感。即视觉中心处存在重点装饰,且两侧视觉分量相当时,观者可获得平静而美好的感受。数学院实地情况如图7左半部分,改造对象由两个独立空间组成,分别存在制约因素:原资料室顶棚处空调管线裸露,极其影响视觉观感;原南楼过道空间整体呈梯形,咖啡售卖区域与过道间存在多级台阶,造成了视觉盲区。遂在原资料室空间中对称排布拱形顶棚结构,且布置几何风格装饰画作为重点装饰;在原过道空间中选用定制家具以贴合梯形空间格局,并以醒目的暗藏灯带起到指示作用,如图8下半部分。力学所实地空间整体呈“回”字形,存在两方面限制因素:一是梁柱与窗洞未均匀排布,细部建筑构件也存在造

型上的差异;二是空间中央挑空,能够清晰看见主楼一层的科学展厅,在一定程度上破坏了空间的整体性。故采取三项措施:第一,将一定数量的桌椅与书柜沿梁柱排列,平衡视觉中心两侧的分量;第二,在入口方向左侧平台处安装彩虹线美术陈设,作为视觉中心处的重点装饰;第三,在中庭的一侧安装移动纱帘,适时地遮蔽无关的干扰信息,如图8上半部分。

韵律美感。即视觉形象中细部元素反复出现而产生的美感,类似心跳、呼吸般的体验。本次实践主要通过有序布置动态平衡雕塑来实现此种美感,即酷似玻尔模型的行星吊饰与几何元素桌面摆件。该类装饰可重复且规则的运动,由艺术家亚历山大·考德爾(Alexander Calder)首创,其艺工结合的专业背景使奇思妙想能够走进现实。

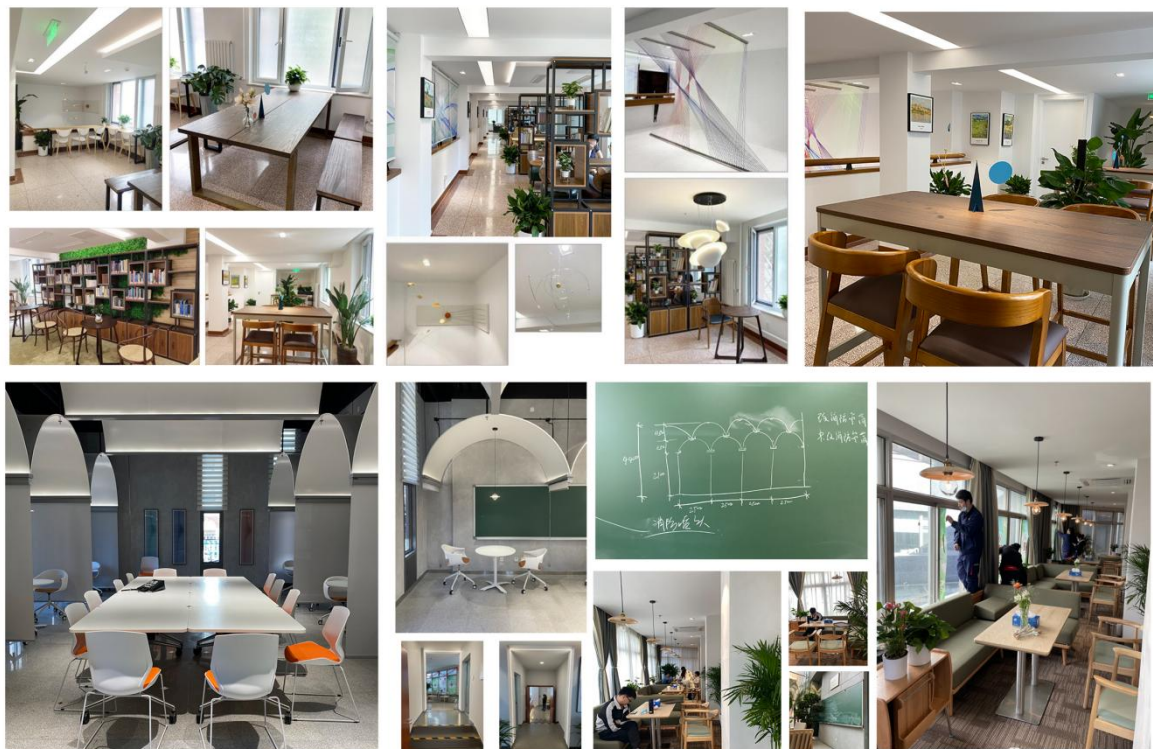


图8 目标空间改造后概况

Fig.8 Overview of target space after transformation

比例与尺度。比例指的是建筑构件自身数据的比值,尺度则是个体与空间中各部分的相互关系,二者密不可分。本次实践尽量以软装修正视觉观感,避免大幅修改建筑本体;同时,合理安排不同体量的座椅与装饰,为使用者营造良好的体验。

统一与序列。统一指的是系统内部视觉元素相互融合,而序列指的是本体与更高级系统之间的从属情况。从改造后的空间内部看来,造型、色彩、材质等方面均符合对比、调和的规律,而改造后的空间整体则能够融入所在建筑物。

3.3.2 半开敞式空间的营造

室内空间的区域划分主要通过隔断来实现,受两方面因素制约:一是中科院的场所性质,其作为重要的科研机构,不能因改造活动而影响运行,且构建硬隔断耗时长、粉尘大;二是“科咖”活动的性质,院所内专家认为设置实体墙与“科咖”活动倡导的开放原则相悖。因此,团队决定采用软隔断,一是,在数学院目标空间内,安装可升降结构的幕布,可根据需要放下或收起;二是,力学所使用置物书架与丝质纱帘作为软隔断,能够保证隐私性,并具有收纳功能;三是,在两处目标空间都通过拼接式地毯区分就座区域和过道。

3.3.3 实用且美观公共家具的选用

为适应不同的使用需求,应选用形态、位置可变的公共家具。形态可变指的是通过调节桌面的角度,实现书写、绘图及展示三种不同的功能,如图9右半

部分;位置可变则是指通过附带卡簧的可固定滑轮桌椅,来适应不同的场景,如“科咖”活动、所内例会等,如图9左半部分;此外,设有可移动和墙面固定的白板作为展示功能的补充。

为适应不同性质的区域划分,而放置不同就座舒适程度的座椅:一是,将沙发等舒适度较高的软质座椅放置在休息区域,因个体在此区域停留的时间较长;二是,附有靠背和软质坐垫的座椅放置在交流区域,个体在此区域停留的时间适中;三是,就座舒适程度较低的高脚椅则应用于餐食的售卖、等待区域,以提升空间中个体的流动率。

为满足院所方审美需求,选用经典造型的家具。经过多次沟通后,确定使用索耐特(THONET)品牌下的两类经典家具,一是209号弯木椅,亦称“咖啡馆”椅,其不但是较早工业化、批量化生产的现代家具之一,而且具有深受科学家喜爱的外观造型;二是S64号悬臂椅,这是一把视觉上失稳的钢管椅,出自家具设计大师马赛尔·布鲁尔(Marcel Breuer)之手,藤编坐垫与靠背表达了不同于不锈钢的温情。院所方认为这两类家具都是人文艺术精神与现代科学技术结合的典范,可提升空间品质。

3.4 力学所、数学院内使用情况评估

为使设计效益获得持续提升,应基于行为科学,对设计结果进行目标验证与成效分析^[17]。依据实地情况制定使用痕迹指标,在“科咖”活动与日常使用两个场景下,进行使用情况评估,全程录制视频,



图 9 桌椅组合使用示意图
Fig.9 Schematic diagram of combined use of tables and chairs

并在关键时间点拍照留存。在举办“科咖”活动的场景下，分别于数学院、力学所的建成空间举办“科咖”活动。数学院以“传统数学思想的贡献”为主题，内容来自周向宇^[18]院士 2022 年 7 月发表于《数学学报》的同名文章，实际参与人数为 33 人；力学所则以“冬奥滑雪项目中的力学问题”为主题^[19]，内容来源于力学相关期刊中的《身体倾斜与雪板变形》一文，实际参与人数为 27 人。具体时间安排为：上、下半场各 45 min，中途休息 10 min。在日常使用场景下，记录工作日内休息区域与咖啡厅的日常人流量，自 7:00 至 17:30。据此前统计，使用阶段人流量约为每日 40 人次。

热力图（Heat Map）可直观显示某一位置人流量的大小，将其作为检验结果输出^[20]。两类场景共用一套使用痕迹指标，以人流量为主要指标，考虑到另外

两方面因素：一是，互动道具的使用情况，包括可移动、墙面固定白板上的书写痕迹，投影仪的使用次数等；二是，桌面杂物的摆放情况，包括咖啡杯、食品包装、书籍文具等。选取四个颜色作为信息可视化节点，记为 1、3、5、7，共四个层级，分别对应绿色（7ee83f）、黄绿色（dae30d）、黄色（efc70f）、红色（fb3303）四个颜色，如表 8。共输出六张热力图作为实验结果，如图 10—11。

表 8 数据可视化颜色对应

Tab.8 Corresponding figure of data visualization color

指标	1	5	3	7
对应颜色				
颜色编号	7ee83f	dae30d	efc70f	fb3303

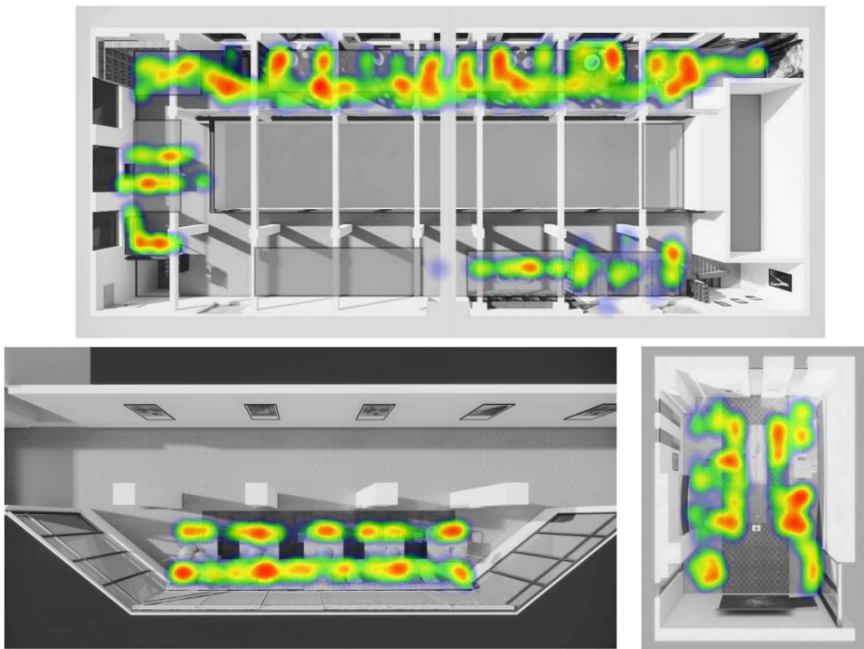


图 10 “科咖”活动期间热力图
Fig.10 Thermal map during the "Science Cafe"

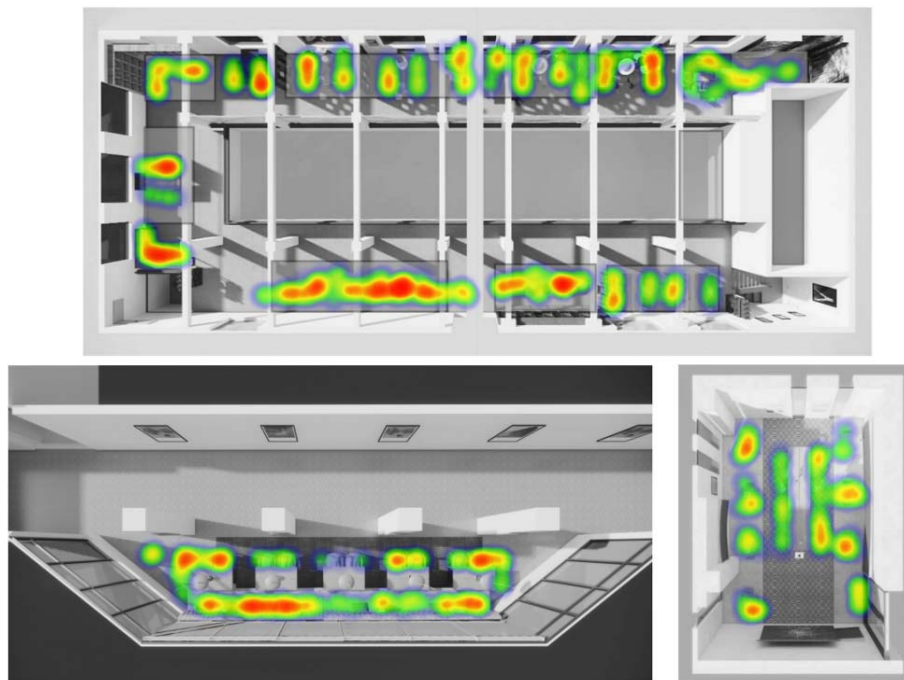


图11 日常运营期间热力图
Fig.11 Thermal map during daily operation

首先,在“科咖”活动场景中,个体活动轨迹以座位为中心,整体活动区域内人流活跃度高。从活动总时长来看,互动道具使用占比较大;同时,轻食与咖啡的供应起到了恰当的辅助作用。对院所内利益相关的三类人群进行回访后,得到了积极反馈,他们表示:与改造前相比,当前环境下互动方式更为多样,空间氛围更加轻松,可根据个人意愿调整人际距离,科学传播的认知提升效果明显。

其次,在日常使用场景中,人流与使用痕迹集中在吧台区域,向空间内部递减,实现了轻食售卖、等待区域与阅读、学习区域互不干涉的目标。在回访环节中同样获得了良好反馈,院所内师生员工表示:就餐与等待区域的划分,保证了日常运营的效率,避免了拥挤情况的出现。

最终,在综合设计团队、院所内各利益相关方对设计评估结果的意见后,得出本次设计实践完成初步设定目标的结论,即完成对科学传播中参与进程的优化工作。

4 科学传播活动中协同设计的路径总结

4.1 相关学科的知识综合

第一,重视科学形象对认知促进的作用。首先,在科学研究活动中,形象思维能够发挥重要作用。力学所首任所长钱学森曾说,形象思维先于语言,也先于抽象思维^[21];著名物理学家爱因斯坦也表达过类似观点,他认为科学活动仅凭逻辑思维是无法向前发展的,必须加入形象思维^[22]。其次,科学形象是此种作

用的具体表现之一,其是科学内容的形象表达,如教材中图形化的原子结构。最后,本次实践塑造了鲜明且合理的科学形象。科研院所对相关学科有着最深刻的理解,能够对科学内容高度概括并输出代表性意见,为设计团队制定装饰方案提供关键素材。

第二,依据特定认知规律进行空间改造活动。在内容组织上,“科咖”活动遵循学科间相互印证的方式。以前文中的“传统数学思想的贡献”活动为例,由简洁图文展开对数理知识的阐释,联系生活情境对相关典籍进行逐句解读,得出“数学思想对社会发展起重大作用”的结论。而在相互印证的间隙,主持人组织参与者进行讨论并提问,主讲人则及时回答以展开下一环节。如此经历发散、回归、总结、内化的过程,可增进参与者对主题的认知。显然,咖啡厅、会议室等常规空间形式不能满足这一目的,需要依据认知规律进行空间功能的设定。

总之,本次空间改造活动的主要依据是“科咖”活动的性质与内容,而不是简单地将空间功能变更。

4.2 高效协同平台的搭建

以多维度的沟通方式细化顶层目标。仅有“优化参与进程”的目标是无法开展实践的,需要通过不同时长、内容以及形式的访谈活动对目标进行分层与细化,例如前文中将“科咖”活动要素转化为具体任务的过程。跨学科协作难免存在盲区,应提高实践过程中的沟通质量。

将多样化的阶段成果作为共同语言。本次实践中依据三类结果来推进工作,分别是可视、定性、定量

结果。可视结果指的是图形化的设计内容或实验结果,如文中的哈里斯图表和热力图;而定性结果则是相关各方对某事物的统一观点,如“科咖”活动的开放性;定量结果来源于问卷、打分等环节,具有精确、严格的属性。

通过即时的反馈机制保持一致步调。各部分工作开展前,尤其是重要实验指标的设定,要保持与专家之间的畅通交流;在物品安装之前,要听取现场工作人员的意见;设计活动进程是动态变化的,遇到问题应及时调整,始终朝目标方向前进。

4.3 社会参与概念的延展

在环境治理、基层建设等领域,鼓励群众参与可避免信息不对等的情况,是解决问题的通行方案。于本次实践而言,改造后的公共空间为“科咖”活动提供了场所,用以打通各类群体与权威专家间交流的通道,在一定程度上弥补了日常生活与科学技术间的隔阂,通过启发性举措提升受众的科学参与水平,成为科技强国战略的重要补充。

设计实践活动难免受到制约,如旧式建筑缺陷、院所日常运营等问题;设计者不妨换位思考,正是这些掣肘才使设计实践更贴近受众。在开展实践之前应进行充分规划,注重从构思到验证的完整过程,做到环环相扣,这也是设计活动可持续性的有力保证。

5 结语

本次实践以公共空间的改造为契机,提高了传播活动的积极与舒适程度,汇集了多方面知识,最终搭建起了高效率的协同平台。这得益于中国科学院多年的实践经验,也表明单一个体或学科解决问题的能力或方式始终是有限的。最后,十分感谢中科院数学院、力学所内专家、师生及员工的宝贵建议与积极配合。

参考文献:

- [1] 黄群慧,崔志新,叶振宇.北京“三城一区”科技创新要素流动和联动发展路径研究[J].北京工业大学学报(社会科学版),2020,20(3):56-64.
HUANG Qun-hui, CUI Zhi-xin, YE Zhen-yu. Research on the Elements Flow in Science and Technology Innovation and Interactive Development in the Program of "Three Cities and one District"[J]. Journal of Beijing University of Technology (Social Sciences Edition), 2020, 20(3): 56-64.
- [2] 李攀.西方科学传播法治对我国《科普法》修订的借鉴价值探析[J].科普研究,2022,17(2):92-94.
LI Pan. Research on Western Rule of Law on Science Communication and Its Value on the Revision of the Law on Popularization of Science and Technology[J]. Studies on Science Popularization, 2022, 17(2): 92-94.
- [3] 马丹,董纯蕾,梁惠芬.“新民科学咖啡馆”提供城轨安全须知“信息大餐”[J].城市轨道交通研究,2009,12(7):35.
MA Dan, DONG Chun-lei, LIANG Hui-fen. "Xinmin Science Cafe" Provides "Information Feast" for Urban Rail Safety Instructions[J]. Urban Mass Transit, 2009, 12(7): 35.
- [4] 王宝升,尹爱慕.艺术介入乡村建设的多个案比较研究[J].包装工程,2018,39(4):226-231.
WANG Bao-sheng, YIN Ai-mu. A Comparison Study on Art-Driven Rural Construction Cases[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(4): 226-231.
- [5] 唐燕,叶珩羽.再探以人为本:城市规划视角下的社会设计[J].装饰,2022(3):28-32.
TANG Yan, YE Heng-yu. Rethink Humanism: Understand Social Design from the Perspective of Urban Planning[J]. Art & Design, 2022(3): 28-32.
- [6] 赵玉龙,鞠思婷,郭进京,等.发达国家科学传播政策分析以及对我国的启示[J].科普研究,2022,17(3):72-82,104,109.
ZHAO Yu-long, JU Si-ting, GUO Jin-jing, et al. Analysis of Science Communication Policies in Developed Countries and Its Enlightenment to China[J]. Studies on Science Popularization, 2022, 17(3): 72-82, 104, 109.
- [7] 李森,成蒙,魏红祥.只聊科学的咖啡馆——中科院物理所“人工智能”主题讨论侧记[J].物理,2017,46(11):780-781.
LI Miao, CHENG Meng, WEI Hong-xiang. Cafe that only Talks about Science—Sidelights on the Discussion of "Artificial Intelligence" in Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences[J]. Physics, 2017, 46(11): 780-781.
- [8] 丁俊,丁诗瑶.黔东南传统工艺现代转化的协同设计研究[J].包装工程,2020,41(24):286-293.
DING Jun, DING Shi-yao. Co-Design of Modern Transformation of Southeast Guizhou's Traditional Craft[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(24): 286-293.
- [9] 何宇飞,李侨明,陈安娜,等.“软硬兼顾”:社会工作与社会设计学科交叉融合的可能与路径[J].装饰,2022(3):24-27.
HE Yu-fei, LI Qiao-ming, CHEN An-na, et al. Soft Plus Hard: Possibility and Paths of Interdisciplinary Development for Social Work and Social Design[J]. Art & Design, 2022(3): 24-27.
- [10] 钟芳,刘新.为人民、与人民、由人民的设计:社会创新设计的路径、挑战与机遇[J].装饰,2018(5):40-45.
ZHONG Fang, LIU Xin. Design for People, with People, by People: The Path, Challenge and Opportunity of Social Innovation Design[J]. Art & Design, 2018(5): 40-45.

- [11] 陆明琦,周波,谭敏. 基于Kano模型的城市标识系统使用需求研究[J]. 包装工程, 2021, 42(12): 312-319, 323.
LU Ming-qi, ZHOU Bo, TAN Min. The Use Demand of Urban Signage System Based on the Kano Model[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(12): 312-319, 323.
- [12] CHILDERS G, GOVERNOR D, OSMOND D, et al. Science Cafés: Exploring Adults' Motivation to Learn Science in a Community Space[J]. Research in Science Education, 2022, 52(4): 1055-1073.
- [13] 李翔,胡昀,王毅力. 基于SPSS和在线评论分析的产品用户需求洞察方法研究[J]. 包装工程, 2022, 43(2): 106-115.
LI Xiang, HU Yun, WANG Yi-li. Product User Demand Insight Method Based on SPSS and Online Comment Analysis[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(2): 106-115.
- [14] 丁坦. 拉斐尔《雅典学院》基督教和希腊人文遗产研究[J]. 美术大观, 2020(9): 40-45.
DING Tan. Study on the Christian and Greek Cultural Heritage in Raphael's Athens Academy[J]. Art Panorama, 2020(9): 40-45.
- [15] 吴曦. 中国拱桥的“天地”形式审美阐释[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2019(6): 137-143.
WU Xi. Formal Aesthetic Interpretation of "Heaven and Earth" of Chinese Arch Bridge[J]. Journal of Nanjing Arts Institute (Fine Arts & Design), 2019(6): 137-143.
- [16] 叶莉,矫苏平. “非和谐”设计形态与审美要素分析[J]. 包装工程, 2020, 41(22): 201-206.
YE Li, JIAO Su-ping. "Disharmony" Design Forms and Aesthetic Factors[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(22): 201-206.
- [17] 刘怿. 从寻证到循证: 一种基于证据的建成环境设计方法探讨[J]. 装饰, 2022(3): 133-135.
LIU Yi. From Searching to Following: Research on Evidence-Based Design Method for Built Environment[J]. Art & Design, 2022(3): 133-135.
- [18] 周向宇. 中国古代数学的贡献[J]. 数学学报(中文版), 2022, 65(4): 581-598.
ZHOU Xiang-yu. The Contribution of Ancient Chinese Mathematics[J]. Acta Mathematica Sinica (Chinese Series), 2022, 65(4): 581-598.
- [19] 万超,易凯军,胡婧,等. 身体倾斜与雪板变形——高山滑雪刻滑回转中的力学[J]. 力学与实践, 2022, 44(2): 479-483.
WAN Chao, YI Kai-jun, HU Jing, et al. Inclined Body and Flexed Board—Mechanics in Carving Turn of Alpine Skiing[J]. Mechanics in Engineering, 2022, 44(2): 479-483.
- [20] 周雨霏,杨家文,周江评,等. 基于热力图数据的轨道交通站点服务区活力测度研究——以深圳市地铁为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2020, 56(5): 875-883.
ZHOU Yu-fei, YANG Jia-wen, ZHOU Jiang-ping, et al. Evaluating Vitality of Metro Station Service Area with Heat Map: A Case Study on Shenzhen Subway[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2020, 56(5): 875-883.
- [21] 徐志磊,董占勋. 认知科学与设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(2): 1-4.
XU Zhi-lei, DONG Zhan-xun. Cognitive Science and Design[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(2): 1-4.
- [22] 陈屹,吴俊明. 化学的形象思维: 概念、过程和结构[J]. 化学教学, 2021(1): 10-15.
CHEN Yi, WU Jun-ming. Imaginal Thinking of Chemistry: Concept, process and Structure[J]. Education in Chemistry, 2021(1): 10-15.

责任编辑: 马梦遥