

智慧化公共空间设计的系统性案例研究

李伟健 吴其正 黄超逸 胡鸿熙 白颖豪 刘峰吕 贾洪婷 张嘉宸 龙瀛

A Systematic Case Study of Smart Public Space Design

LI Weijian¹, WU Qizheng¹, HUANG Chaoyi¹, HU Hongxi¹, BAI Yinghao¹, LIU Fenglyu¹, JIA Hongting¹, ZHANG Jiachen¹, LONG Ying^{1,2,3}
(1. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Hang Lung Center for Real Estate, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 3. Key Laboratory of Eco-Planning & Green Building, Ministry of Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract Technological developments have had a profound impact on public space and its smart design. Most of the existing studies focus on a limited number of design case analyses, and there is a lack of systematic large-scale case studies and reviews. This study attempts to propose a systematic case study methodology for smart public space design, systematically retrieves and sorts out 594 relevant design cases, as well as analyses and summarizes the multi-dimensional characteristics of different cases. The results show that smart public space design has received wide attention from a variety of social subjects, and its development has been accelerated after 2015, with technologies such as photoelectricity/projection/screen display and machinery/robot/automation widely applied. Design cases are more concentrated on buildings and facilities of medium or small scales, and built environment carriers and urban furniture/facility carriers are also used frequently. Ultimately, Smart technologies bring core effects to public space, such as enhancing interactive participation and beautifying

摘要 技术发展对公共空间及其设计的智慧化产生了深刻的影响。现有研究多关注于设计个案分析,缺乏相对系统的大规模案例研究与梳理。文章尝试提出一种适用于智慧化公共空间设计的系统性案例研究方法,系统检索整理得到 594 个相关的设计案例,并分析归纳不同案例间多维度的规律特征。结果表明,智慧化公共空间设计已受到多种社会主体的广泛关注,其在 2015 年后呈现出加速涌现的发展趋势,以光电/投影/屏幕显示以及机械/机器人/自动化为代表的部分智慧技术得到了重点应用。设计案例更多地集中于建筑、设施等中小尺度,并在建成环境载体以及城市家具/设施载体中有较为突出的选择倾向。最终智慧技术为公共空间带来增强互动参与以及美化环境形象等核心作用效果,并在沉浸式空间营造等应用场景中得到具体体现。研究期望为未来的智慧化公共空间设计提供参考与启发。

关键词 智慧技术; 公共空间; 空间设计; 案例研究; 方法论

1 引言

公共空间是面向居民日常使用与社会交往的城市空间,也是城市风貌与意象、地域文脉及场所认知的重要载体(陈竹、叶珉, 2009)。在诸如欧盟的《莱比锡宪章》、联合国的可持续发展目标(Sustainable Development Goals)、《新城市议程》以及我国城市更新、美丽街区等政策理念中,打造高质量公共空间在城市发展过程中的重要性均得到突显,其在优化城市功能、提升居民生活质量、

作者简介

李伟健、吴其正、黄超逸、胡鸿熙,白颖豪、刘峰吕、贾洪婷、张嘉宸,清华大学建筑学院;龙瀛(通讯作者),清华大学建筑学院,清华大学恒隆房地产研究中心,清华大学生态规划与绿色建筑教育部重点实验室。

the image of the environment, and are reflected in application scenarios such as immersive space creation. The study expects to provide reference and inspiration for future smart public space design.

Keywords smart technology; public space; spatial design; case study; methodology

保障居民健康安全等方面均发挥着积极作用 (Barbosa et al., 2007; 邹德慈, 2006; 郭恩章, 1998)。

如今, 第四次工业革命背景下一系列智慧技术的发展成熟对传统公共空间产生了深远影响。一方面, 技术给公共空间本体带来了冲击。通过更加多元的线上与线下、虚拟与现实的交互, 公共空间逐渐摆脱形式与功能间的简单线性关系, 线下空间面临着线上虚拟活动所带来的活力争夺 (徐苗等, 2021; 李昊、王鹏, 2018; Hampton and Gupta, 2008), 滞后于技术迭代的传统公共空间发展亟须转型 (周榕, 2016)。另一方面, 技术作为一种工具, 更已成为一种思维, 为公共空间的设计带来全新赋能。在新数据环境下, 公共空间中个体行为活动将会得到更加精细化的感知与智能反馈, 而数字创新将与传统的空间干预、场所营造更好地结合, 提升公共空间的使用效能 (张恩嘉、龙瀛, 2020)。因此, 未来的公共空间设计势必应考虑技术发展所带来的影响, 重新理解公共空间并积极拥抱新的趋势变化将成为一种必然。

尽管目前在结合智慧技术进行公共空间设计方面已有相对广泛的探索, 但不同方案在设计尺度、技术方法等方面仍存在较大差异, 进而导致彼此间的可比性与借鉴意义有限, 缺乏整体性的规律认知。事实上, 除了“数字化城市设计” (王建国, 2018; 杨俊宴, 2018)、“数据增强设计” (龙瀛、沈尧, 2015)、“计算性设计” (孙澄等, 2018)、“智能规划” (吴志强, 2018) 等数据或模型驱动下的量化分析、循证设计 (evidence-based design) (郭庭鸿等, 2015) 与生成式设计 (generative design) (黄蔚欣、徐卫国, 2013) 外, 案例研究借鉴也是一种常用的设计参考方法。与基于二手资料及主观感知的个案分析不同, 对一定规模的案例对象进行结构化分析将更能提炼并总结相关领域的整体特征与差异化特质。然而, 诸如“空间基因” (段进等, 2019)、“形态基因” (赵万民等, 2021)、“量化案例借鉴” (甘欣悦、龙瀛, 2018) 等案例对象研究仍大多聚焦于城市宏观尺度分析, 针对更为具体的智慧化公共空间设计的案例研

究仍显匮乏。围绕其进行大规模、系统化的案例研究分析显得尤为重要。在这样的背景下，本文提出针对智慧化公共空间设计的系统性案例研究方法，以期洞察当下相关设计方法的趋势特征，为未来的智慧化公共空间设计提供具体参考。

2 系统性案例研究框架

案例研究能为方案设计提供多维度与具体的经验参考（王金红，2007；Dubois and Gadde，2002），而系统性案例研究则在一般案例研究的基础上，兼具大规模案例收集与量化分析优势，洞察相关领域内案例的整体性规律，进而为方案的设计优化提供更具有普适性与前瞻性的科学依据。

本文在量化案例借鉴研究相关方法框架的基础上，提出更适用于智慧化公共空间设计的系统性案例研究框架，具体可分为如下三个步骤（图1）：第一步，明确案例研究对象的具体范围，通过不同信息渠道与策略对相关案例进行系统性检索，初步获取原始的案例信息，并对案例进行审查筛选；第二步，围绕案例对象的特征确定要分析的要素维度（如基本信息要素、空间本体要素、空间效能要素），对筛选后的案例进行结构化分析，根据分析结果归纳不同维度的特征规律；第三步，在具体的方案设计过程中，根据场地现状特征与设计条件要求，匹配案例库中已有案例及相关规律结论，进而为最终设计方案的生成提供多维度的启发与支撑。鉴于对于公共空间定义的不尽相同（陈竹、叶珉，2009），且智慧技术辅助设计的应用场景较为多元，本框架相较于以往的案例研究方法具有更多的包容性，在案例系统检索方法、分析要素选取等方面可进一步结合智慧化公共空间设计的特征进行针对性细化。

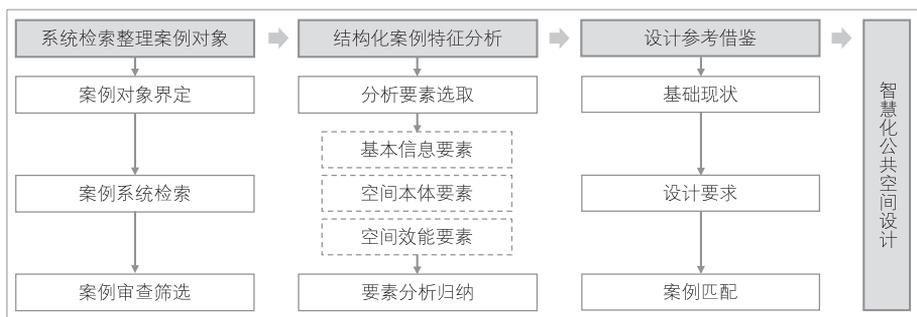


图1 系统性案例研究框架

2.1 案例对象界定

本研究聚焦智慧化公共空间设计，即运用到智慧化技术、理念或设施的公共空间设计，其往往能较好地反映技术应用以及公共空间与人为活动交互的新趋势。同时，研究力求为当下及近未来的设计实践提供启示，重点关注在公众开放性、多元群体复合性等方面具有代表性的城市室外公共空间，

以及部分具有较高可拓展性的综合体、园区或展厅内部公共空间的设计案例。与之对比,使用传统空间干预设计手法,室内半封闭、完全虚拟化或科幻场景畅想式的公共空间设计则不包含在本研究对象的范围内。

2.2 案例系统检索

为最大化保证案例检索的系统性与代表性,研究以案例的核心设计主体为主要线索进行案例的收集工作。经过初步的案例收集与调研,相关的核心设计主体主要包含设计公司/事务所、科技公司、跨界公司、高校机构、艺术家/小型工作室团队以及政府。以不同主体相对权威的世界排名榜单为主要的参考依据,如通过 WA (World Architecture) TOP100 榜单、ENR (Engineering News-Record) TOP 500 Design Firms 等榜单来检索设计公司/事务所相关的设计案例。

在检索渠道方面,主要通过不同设计主体的官网或官方媒体平台(如 Facebook、Twitter 等)检索案例相关的关键词(如“智慧化公共空间设计/Smart public space design”等)来寻求符合要求的原始案例信息。此外,亦通过 Google、Pinterest、ArchDaily、goood、Web of Science 以及中国知网等搜索引擎或平台来辅助进行关键词的检索,对已有案例进行一定的补充。

案例系统检索工作在 2021 年 2~12 月逐步开展。前后共有 8 名受过针对性训练的建筑或城乡规划专业的同学作为志愿者参与到该项工作中来。志愿者以不同核心设计主体为线索进行案例分工收集,最终共有 772 个相关案例被纳入初步的检索结果之中。

2.3 案例审查筛选

不同的信息检索渠道以及志愿者将不可避免地影响案例检索结果的质量,因此,进一步对所收集的案例进行审查。其中,与所研究的智慧化公共空间设计对象相吻合的案例将得到保留,而重复的案例(如同一案例被不同渠道收集多次),未运用智慧化技术、理念或设施的案例(如传统的空间干预设计案例),与既定空间类型有较大差异的案例(如封闭道路空间的设计案例),以及过于科幻、短期不可实现的案例(如科幻场景畅想式的概念设计方案)将被逐步剔除,以保障最终案例的质量与可比性。最终筛选得到 594 个符合要求的案例进入到后续的多要素结构化分析过程(图 2)。

3 结构化案例特征分析

传统上公共空间案例研究多从公共空间的布局类型、空间组织、景观或设施要素、场所营造方法、公众参与机制、运营管理策略等方面进行分析研究(沈娉、张尚武,2019;李芳晟,2012;杨震等,2017)。考虑到大规模系统性案例研究中对于不同维度分析要素信息的可获得性,结合案例对象的特征,最终选取基本信息要素(如案例名称、核心设计主体、提出时间、主要依托的智慧技术、信息来源等)、

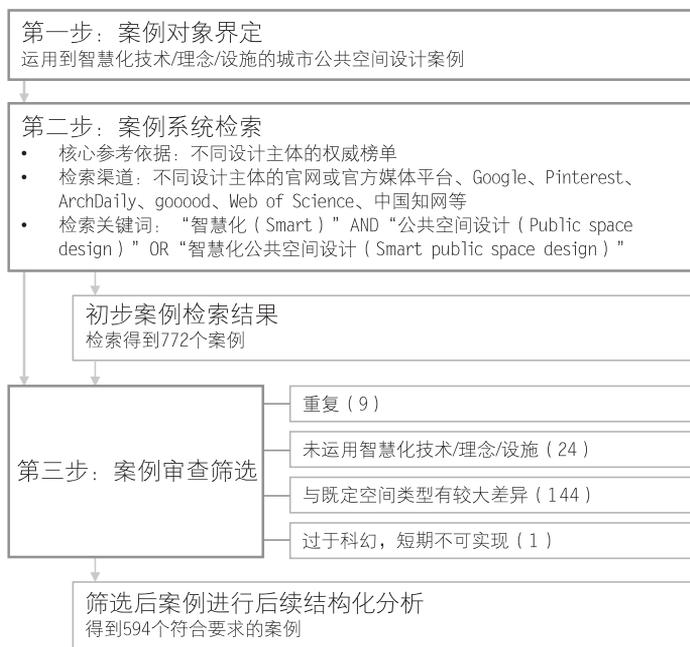


图2 系统检索整理案例对象的流程

空间本体要素（如规模尺度、主要依托的空间要素载体）以及空间效能要素（如主要/次要作用效果、应用场景）作为结构化案例特征分析的要素维度（表1）。每个分析要素中的具体属性类别则在已有研究的基础上，结合案例收集过程中的分析结果进行适度丰富补充。

表1 结构化案例特征分析所选取的分析要素

基本信息要素	序号	该案例在案例库中的序号
	案例名称	设计案例的名称
	核心设计主体	对应设计主体的具体名称
	核心设计主体类型	包含设计公司/事务所、科技公司、跨界公司、高校机构、艺术家/小型工作室团队、政府
	提出时间	设计案例提出的年份
	主要依托的智慧技术	包括移动互联网（4G/5G）、物联网、VR/AR/MR等智慧技术
	案例简述	对设计案例的概括陈述
	信息来源	网址或文献/报告索引等

间设计相结合已逐渐成为世界范围内一种势不可挡的趋势。诸如 d'strict 等数量众多的世界顶级设计公司/事务所已在此方面进行了广泛而积极的探索。其他多元社会主体同样参与到了相关的设计实践过程中，例如 Wonderlabs Studio、teamlab、Jason Bruges Studio 等创意工作室团队是未来愈加不可忽略的创新力量。

进一步量化分析统计的结果显示(图4)，设计公司/事务所仍然是智慧化公共空间设计过程中的核心力量。与之相比，包括艺术家在内的工作室团队以及跨界公司往往融合设计师、工程师、程序员等各个领域内不同的创新群体，能够激发出更加鲜活的创意灵感与先锋体验，因而同样贡献出较多的设计成果。值得一提的是，已有越来越多诸如甲板智慧、幻方科技、唛丁科技等科技公司开始踏足公共空间的智慧化设计领域，凭借相对突出的技术资源优势，在互动装置、智能交互场景等方面进行着深入探索实践。

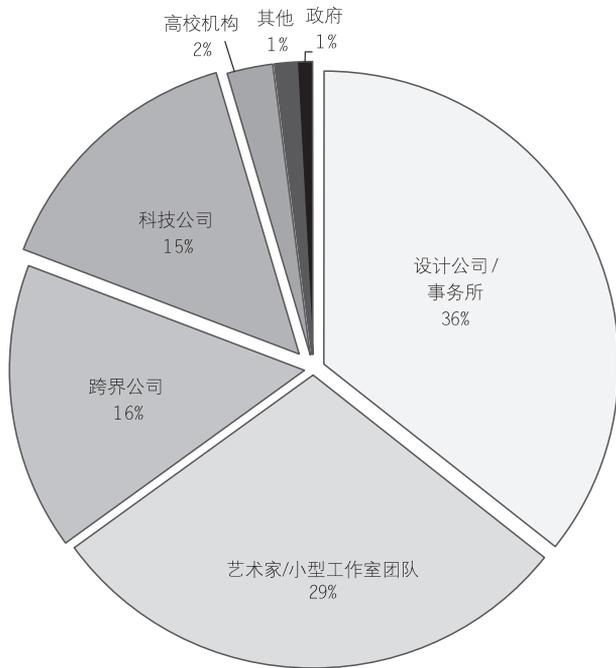


图4 设计案例的核心设计主体比例

3.1.2 提出时间分析

案例库中最早的智慧化公共空间设计出现在2000年初，初期的设计案例大多以公共空间中景观标志物的打造以及形象提升为主要目的，同时已开始考虑利用数字技术增强公共空间中人与空间的互动。例如由 Umbrellium 设计的18层楼高的交互式漂浮结构 Open Burble 早在2006年的新加坡双年展便得

到应用，巨型装置的形态和色彩可随着人群的互动干预而发生改变。此后设计案例的数量开始逐年波动增加，在 2015 年后随着物联网、VR/AR/MR 等技术应用的井喷式发展，相关设计实践案例开始加速涌现，并在 2020 年左右达到峰值。在此过程中，多元技术渗透并投影在公共空间功能形态及人群的行为活动当中，丰富了公共空间的使用场景，重塑了人与空间的交互方式，使得公共空间更加开放、活跃与高效（张恩嘉、龙瀛，2020）。受限于新冠疫情的影响以及案例检索工作的阶段时效性，案例数量在 2020 年后呈现出一定的回落（图 5）。

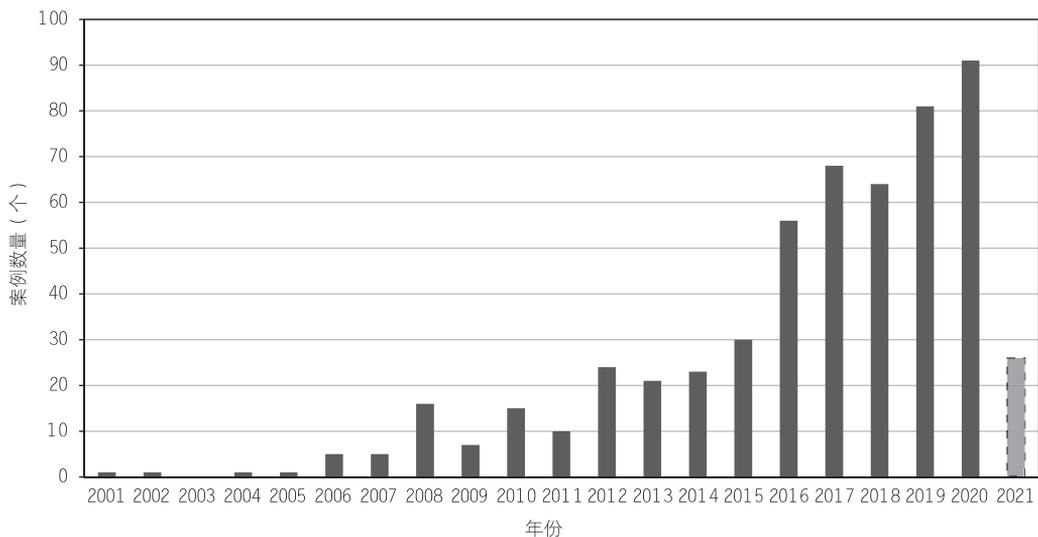


图 5 不同年份提出的案例数量

3.1.3 智慧技术要素特征分析

智慧技术是智慧化公共空间设计的核心要素之一，其一方面能为创新的空间使用及交互方式提供科学的可行性支持，另一方面也不断催化公共空间与人群行为活动需求的转型。同时，相较于产业、交通等其他城市功能场景中的技术，公共空间中所涉及的技术往往与公众日常活动有着更为密切的联系。结合应用场景的差异对不同案例所依托的主要智慧技术进行归类与部分合并（图 6），可以发现光电/投影/屏幕显示相关的技术应用远超其他类别，由此可见与视觉感官相关的公共空间意象与氛围营造仍是当下智慧化公共空间设计的主要途径。机械/机器人/自动化技术的应用也占有较大比例，其在提升空间使用效率以及交互反馈体验的智能性方面有显著优势。除此之外，新能源/能源转化、物联网以及 VR/AR/MR 技术也得到普遍应用，而人工智能仍有较大的普及应用潜力。

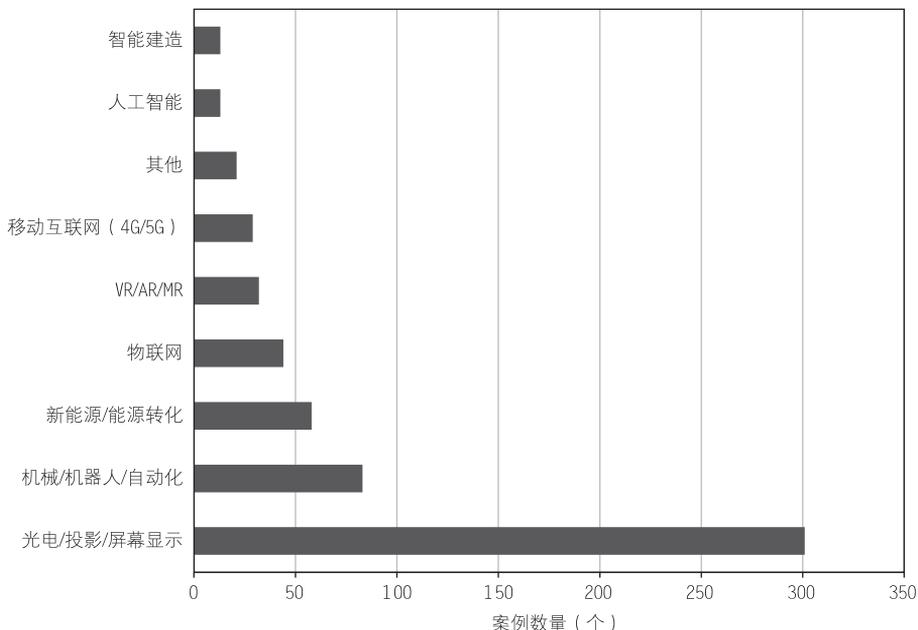


图6 设计案例主要依托的智慧技术

3.2 空间本体要素特征分析

公共空间设计可被视为结合场地周边的空间要素，对场地内的公共及社会生活场景进行的系统设计。设计案例的规模尺度在一定程度上表征了该设计场景的辐射范围，其与场地内的空间要素载体也有着密不可分的关系。因此，研究中将规模尺度与设计案例依托的空间要素载体结合进行综合分析，并绘制出如图7所示的桑基图（Sankey Diagram）。图中不同色带的宽度代表着对应类别案例的数量，而不同的流向则代表不同要素之间的联系。

规模尺度根据公共空间设计的实际范围被划分为城市、街区、建筑及设施四个类别。受到设计建设成本、权属管理难度等方面的影响，案例库中设计案例的数量与其规模尺度呈现出一定的负相关关系。大多数案例集中在中微观的建筑与设施尺度，其中设施尺度的案例应用占比最高，这也侧面体现出作为公共空间的重要组成要素，城市家具的智慧化设计具有广泛的应用。

智慧化公共空间设计所依托的空间要素载体则主要包括将传感器、执行器等在内的智慧设备直接应用的空间界面或设施节点，具体可划分为自然环境载体、建成环境载体以及城市家具/设施载体三个类别。其中，自然环境载体包含植被、水体、天空等自然要素界面；建成环境载体包含街道、广场、街巷节点等硬质界面以及建筑/构筑物的外立面或立柱；而城市家具/设施载体则包含艺术景观设施、照明设施、公共休闲设施、交通设施等多种小尺度的设施类别。在桑基图中对空间要素载体的三个类

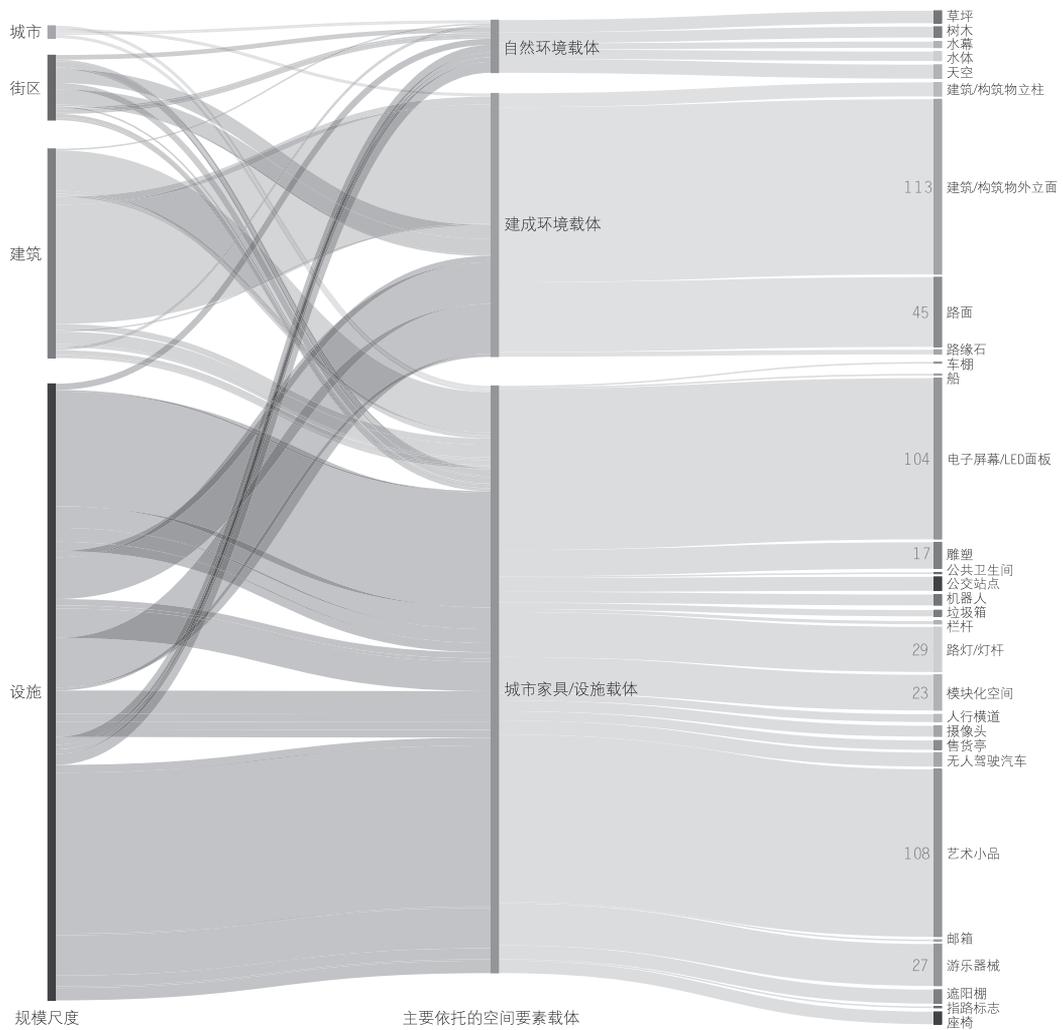


图7 设计案例的规模尺度及主要依托的空间要素载体

别及其对应的细分子类均进行了分析。其中，城市家具/设施载体仍然占比最高，而自然环境载体的应用相对较为有限。建筑/构筑物外立面（113 个案例）、艺术小品（108 个案例）以及电子屏幕/LED 面板（104 个案例）在众多细分要素中占有显著更高的比例。整体而言，街区及建筑尺度的设计案例均倾向于依托建成环境载体，而设施尺度的设计案例则显著倾向于依托城市家具/设施载体。

3.3 空间效能要素特征分析

根据智慧化公共空间设计案例对周边区域起到的作用效果差异可将其划分为六个方面：美化环境形象、增强互动参与、保障健康安全、提供便民服务、优化交通出行以及绿色能源生态（图8）。

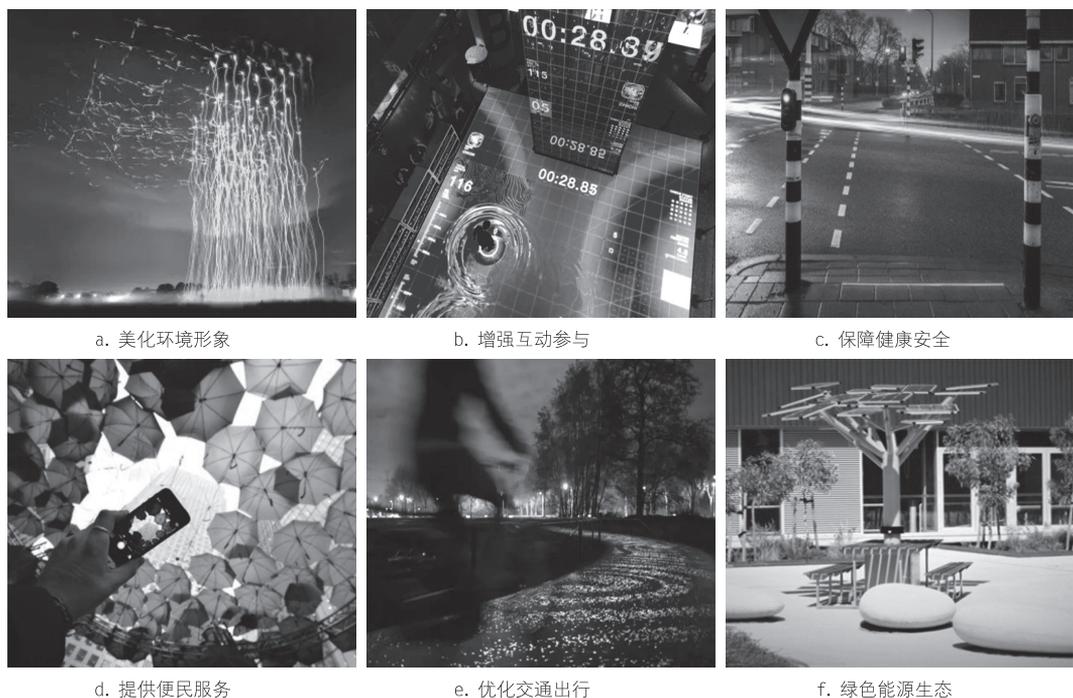


图8 设计案例的不同作用效果

资料来源：a、b、c、d、e、f 图片分别来源于以下网站：<https://ars.electronica.art/aeblog/en/2016/08/16/drone100-in-linz/>；<https://studionowhere.com/wintersports/>；<https://www.trendhunter.com/trends/lights-for-pedestrians>；<https://www.trendhunter.com/trends/free-wifi-spot>；<https://www.studioroosegaard.net/project/van-gogh-path>；<https://www.specsolarsolutions.com.au>。

在美化环境形象方面，无人机集群技术的发展将城市天空变成新的公共艺术展示舞台。SOM 事务所利用编程程序控制的动态立面来进行建筑形象提升。此外，部分公共空间中的装置或建筑立面通过变换的灯光与投影效果，实现对周边环境感知数据的动态映射。数字创新也为传统的公共空间带来更多维度的拓展空间，如利用裸眼 3D、全息沉浸式技术将传统的二维平面空间变得更加丰富立体。在增强互动参与方面，现有的物联传感技术及 App、小程序交互控制为实体空间和公众间搭建了更加智慧化的互动桥梁。例如公共空间中装置或灯光随着行人的行为活动差异或手机操控来实现形态与色彩明暗的变化。此外，可以通过公共空间内居民友好型、可互动反馈的噪声、空气质量监测、智能废物回

收或视觉引导提示装置来达到保障公众健康安全的目的。另外，智慧技术的集成可以丰富和完善现有公共空间中各类基础设施的服务功能，例如提供交互性信息展示的公交站台屏幕，提供户外开放 Wi-Fi 网络的景观装置以及各类智能化改造的公共桌椅。在优化交通出行方面，主要通过智能化的灯光引导系统或弹性可变的空间使用，来实现公共空间内出行的安全便捷、趣味性以及周边交通空间的高效组织。最后，在绿色能源生态方面，现有案例中通过太阳能灯柱、自行车骑行或行人步行的动能踏板等设施或技术理念，在增强空间交互性的同时提供了部分能量的积累与转化。通过灯光、微型涡轮机或监测传感器的结合，实现能源利用、环境感知可视化、景观化与互动化的交融。

在实际的智慧化公共空间设计与实践中，不同的作用效果间亦会彼此组合、重叠覆盖，最终根据不同的场地特征以及设计需求差异灵活组织，达到公共空间智慧空间、智慧设计与智慧人本使用的完美结合。进一步对案例的主要作用效果及部分拥有的次要作用效果进行统计（图9），可以看出增强互动参与以及美化环境形象两个维度拥有显著更高的占比，对于保障居民健康安全等方面的案例相对较少。约47%的案例同时拥有次要作用效果，其占比分布特征与主要作用效果趋于一致。总体而言，当下智慧化公共空间设计仍以体验性功能为侧重，服务性功能仍有较大的提升空间。

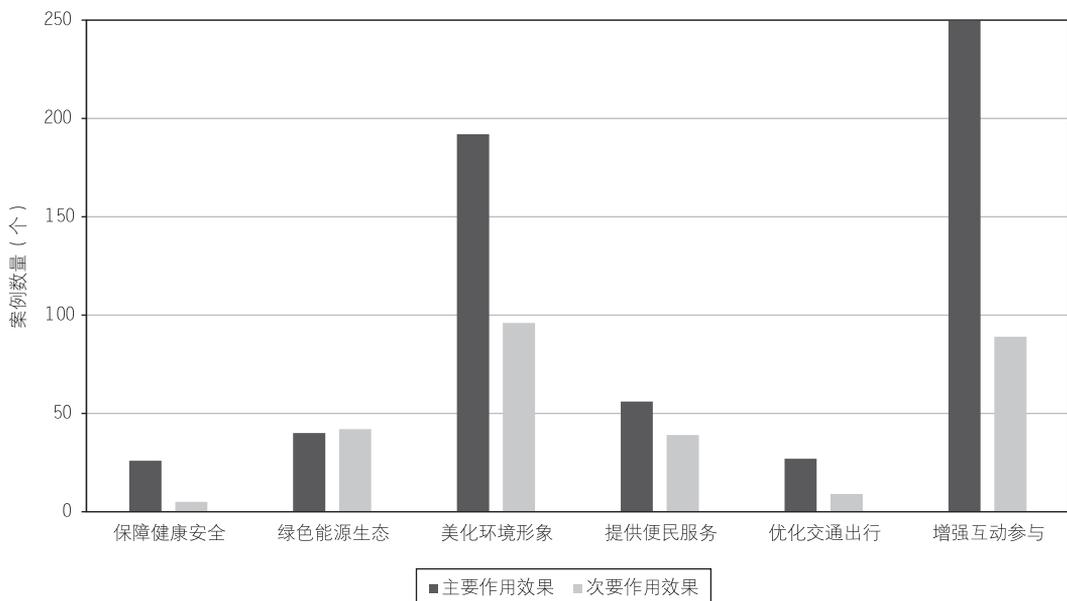


图9 设计案例的主要及次要作用效果

在设计案例作用效果的基础上，可进一步概括出不同作用效果对应下的若干典型应用场景（图10）。尽管不同场景间会存在一定重叠，其数量仍然可以度量智慧技术在公共空间设计中的场景应用倾向。其中，沉浸式空间营造（101个案例）、对人群行为活动类型与强度进行映射（62个案例）、

建筑立面与形象装饰（60 个案例）以及景观标志物打造（53 个案例）占据了最高的比例。不同场景的应用差异也为未来的智慧化公共空间设计提供了创新思路与借鉴经验。此外，也可以发现，在智慧技术对部分传统公共空间造成冲击，使其空间活力下降的同时，也有部分公共空间通过与智慧技术、理念或设施相结合，增强空间的吸引力与体验感，进而充分释放实体空间潜力（张恩嘉、龙瀛，2022）。一方面，通过手机小程序或其他智能物联交互设备，周边环境或人群行为活动的特征或诉求得以被实时精准感知，进而通过空间形态功能等方面的自适应调节实现动态反馈，并不断适应未来空间使用的发展变化；另一方面，实体公共空间通过与智慧互动设施、AR/VR/MR 或虚拟直播等多元数字创新要素结合，增强其交互、沉浸式、虚实融合的个性化体验，这也为未来的公共空间设计提供多样化的可能。

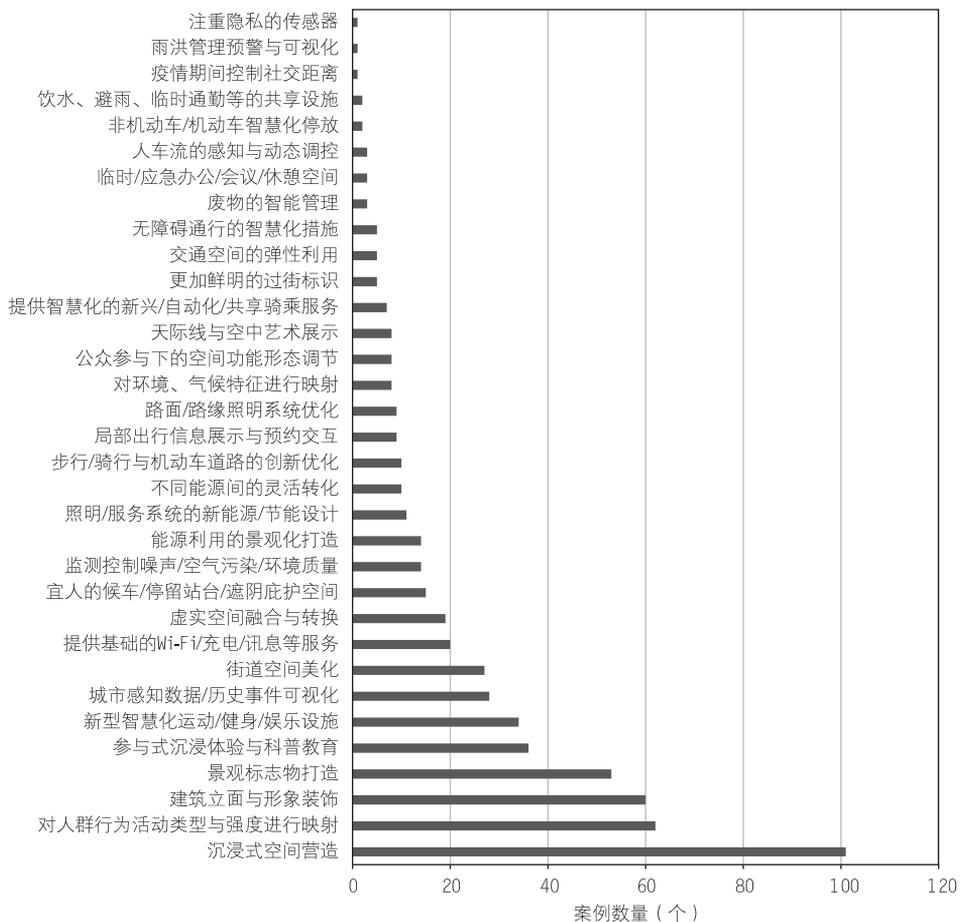


图 10 设计案例的典型应用场景

4 结论与讨论

4.1 案例库特征启示

智慧技术对公共空间的使用及设计带来巨大冲击，为增强对公共空间的理解并为智慧化公共空间设计提供更好的路径参考，本文提出一种系统性案例研究方法，通过多渠道的系统检索与审查筛选得到用于后续分析的设计案例。从基本信息要素、空间本体要素及空间效能要素三方面的多个视角出发对其进行结构化特征分析，归纳不同视角下公共空间设计的规律特征。结果表明，智慧化公共空间设计已受到多种社会主体的广泛关注，其中设计公司/事务所仍然是核心参与力量，而艺术家/小型工作室团队以及跨界公司等同样贡献出较多力量。设计案例在 2015 年后呈现出加速涌现的发展趋势，以光电/投影/屏幕显示技术以及机械/机器人/自动化技术为代表的部分智慧技术得到了重点应用。与此同时，设计案例更多地集中于建筑、设施等中小尺度，并在建成环境载体以及城市家具/设施载体中有较为突出的选择倾向。最后，增强互动参与以及美化环境形象成为设计案例的核心作用效果类别之一，并在沉浸式空间营造等应用场景中得到具体体现。持续更新的案例库将为未来的智慧化公共空间设计与分析研究提供进一步支持。

4.2 案例库应用潜力

在系统检索整理案例对象及结构化案例分析后，智慧化公共空间设计的案例库得以构建。案例库可以以动态更新的网站栏目的形式对外开放共享^①，使用者可结合场地的基础现状与设计要求，选择不同的标签属性对案例库进行分类检索，高效精准地匹配自己所需的案例内容，为方案设计生成与优化提供一定参考。另外，智慧技术、理念或设施在公共空间设计中的应用同时也受到诸如技术发展、政策管控、疫情变化等多方面要素综合影响而呈现出不同的阶段性特征。通过案例库的持续跟踪记录，可以针对不同的研究话题形成周期性的洞察分析报告，以此来进一步挖掘不同时期智慧化公共空间设计的趋势与规律特征，增强对于智慧化公共空间设计的认知与理解。

4.3 案例库发展展望

面向未来，本文所提出的系统性案例研究方法仍然存在一定局限。例如，对于不同公共空间设计过程中的政策管控、利益博弈、多方参与机制等方面的差异缺乏探讨；大规模案例之间的质量权重评估及可比性仍有待进一步加强，而其在实际方案设计过程中的具体应用效果仍待进一步验证。此外，智慧技术、理念或设施与公共空间功能使用的互动作用机制有待结合针对性的调研进行更加深入的研究分析，这些也为未来的系统性案例研究提供了更多的探索空间。

致谢

本研究得到国家自然科学基金面上项目“城市收缩背景下城市空置的智能测度、机理认知与规划设计响应研究”(52178044)以及腾讯“WeCityX 科技规划研究”、华为“泛智慧城市技术在未来中国城市空间发展方向分析”项目资助。

注释

① 目前部分案例已在北京国际设计周专题网站(<https://www.futurecities.org.cn/projects>)进行共享,更多相关研究也可访问北京城市实验室专题版块(<https://www.beijingscitylab.com/projects-1/53-digital-innovation-for-urban-design/>)进行查阅。

参考文献

- [1] BARBOSA O, TRATALOS J A, ARMSWORTH P R, et al. Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 83(2-3): 187-195.
- [2] DUBOIS A, GADDE L E. Systematic combining: an abductive approach to case research[J]. *Journal of Business Research*, 2002, 55(7): 553-560.
- [3] HAMPTON K N, GUPTA N. Community and social interaction in the wireless city: Wi-Fi use in public and semi-public spaces[J]. *New Media & Society*, 2008, 10(6): 831-850.
- [4] 陈竹, 叶珉. 西方城市公共空间理论——探索全面的公共空间理念[J]. *城市规划*, 2009, 33(6): 59-65.
- [5] 段进, 邵润青, 兰文龙, 等. 空间基因[J]. *城市规划*, 2019, 43(2): 14-21.
- [6] 甘悦欣, 龙瀛. 新数据环境下的量化案例借鉴方法及其规划设计应用[J]. *国际城市规划*, 2018, 33(6): 80-87.
- [7] 郭恩章. 高质量城市公共空间的设计对策[J]. *建筑学报*, 1998(3): 10-12+65.
- [8] 郭庭鸿, 董靓, 孙钦花. 设计与实证康复景观的循证设计方法探析[J]. *风景园林*, 2015(9): 106-112.
- [9] 黄蔚欣, 徐卫国. 参数化和生成式风景园林设计——以清华建筑学院研究生设计课程作业为例[J]. *风景园林*, 2013(1): 69-74.
- [10] 李芳晟. 国外公众参与型社区公共空间设计研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2012.
- [11] 李昊, 王鹏. 移动互联网时代公共空间的重构与变革[J]. *城市建筑*, 2018(10): 40-42.
- [12] 龙瀛, 沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J]. *上海城市规划*, 2015(2): 81-87.
- [13] 沈婧, 张尚武. 从单一主体到多元参与: 公共空间微更新模式探析——以上海市四平路街道为例[J]. *城市规划学刊*, 2019(3): 103-110.
- [14] 孙澄, 韩昫松, 任惠. 面向人工智能的建筑计算性设计研究[J]. *建筑学报*, 2018(9): 98-104.
- [15] 王建国. 基于人机互动的数字化城市设计——城市设计第四代范型刍议[J]. *国际城市规划*, 2018, 33(1): 1-6.
- [16] 王金红. 案例研究法及其相关学术规范[J]. *同济大学学报(社会科学版)*, 2007(3): 87-95+124.
- [17] 吴志强. 人工智能辅助城市规划[J]. *时代建筑*, 2018(1): 6-11.
- [18] 徐苗, 陈芯洁, 郝恩琦, 等. 移动网络对公共空间社交生活的影响与启示[J]. *建筑学报*, 2021(2): 22-27.
- [19] 杨俊宴. 全数字化城市设计的理论范式探索[J]. *国际城市规划*, 2018, 33(1): 7-21.

- [20] 杨震, 于丹阳, 蒋笛. 精细化城市设计与公共空间更新: 伦敦案例及其镜鉴[J]. 规划师, 2017, 33(10): 37-43.
- [21] 张恩嘉, 龙瀛. 空间干预、场所营造与数字创新: 颠覆性技术作用下的设计转变[J]. 规划师, 2020, 36(21): 5-13.
- [22] 张恩嘉, 龙瀛. 面向未来的数据增强设计: 信息通信技术影响下的设计应对[J]. 上海城市规划, 2022(3): 1-7.
- [23] 赵万民, 廖心治, 王华. 山地形态基因解析: 历史城镇保护的空间图谱方法认知与实践[J]. 规划师, 2021, 37(1): 50-57.
- [24] 周榕. 硅基文明挑战下的城市因应[J]. 时代建筑, 2016(4): 42-46.
- [25] 邹德慈. 人性化的城市公共空间[J]. 城市规划学刊, 2006(5): 9-12.

[欢迎引用]

- 李伟健, 吴其正, 黄超逸, 等. 智慧化公共空间设计的系统性案例研究[J]. 城市与区域规划研究, 2023, 15(1): 31-46.
- LI W J, WU Q Z, HUANG C Y, et al. A systematic case study of smart public space design[J]. Journal of Urban and Regional Planning, 2023, 15(1): 31-46.