

城市公共开敞空间智慧化 设计研究

(申请清华大学工学硕士学位论文)

培 养 单 位 : 建筑学院
学 科 : 城乡规划学
研 究 生 : 李 伟 健
指 导 教 师 : 龙 瀛 副 教 授

二〇二三年五月

城市公共开敞空间智慧化设计研究

李伟健

Research on Smart Urban Public Open Space Design

Thesis submitted to

Tsinghua University

in partial fulfillment of the requirement

for the degree of

Master of Science

in

Urban and Rural Planning

by

Li Weijian

Thesis Supervisor: Long Ying, Associate Professor

May, 2023

学位论文公开评阅人和答辩委员会名单

公开评阅人名单

梁思思	副教授	清华大学
来源	助理教授/特别研究员	清华大学

答辩委员会名单

主席	武廷海	教授	清华大学
委员	王崇烈	教授级高级工程师	北京市城市规划 设计研究院
	王 英	副教授	清华大学
	刘佳燕	副教授	清华大学
	龙 瀛	副教授	清华大学
	梁思思	副教授	清华大学
	孙诗萌	助理研究员	清华大学
	郑筱津	教授级高级工程师	北京清华同衡规划 设计研究院有限公司
秘书	耿 丹	博士研究生	清华大学

关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解清华大学有关保留、使用学位论文的规定，即：

清华大学拥有在著作权法规定范围内学位论文的使用权，其中包括：（1）已获学位的研究生必须按学校规定提交学位论文，学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存研究生上交的学位论文；（2）为教学和科研目的，学校可以将公开的学位论文作为资料在图书馆、资料室等场所供校内师生阅读，或在校园网上供校内师生浏览部分内容；（3）按照上级教育主管部门督导、抽查等要求，报送相应的学位论文。

本人保证遵守上述规定。

作者签名：

导师签名：

日 期： 2023 年 月 日

日 期： 2023 年 月 日

摘要

打造高品质的城市公共开敞空间是提升城市居民福祉的关键因素之一。在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城市公共开敞空间的使用带来了巨大冲击与重塑。部分传统城市公共开敞空间越来越难以适应技术发展下公众需求的变化，表现出空间使用效能低下、活力不足、管理运营不善等方面的问题，其发展亟需转型。如今，在城市公共开敞空间内已出现越来越多的智慧化设计探索，但其特征规律、实际的使用与评价仍缺乏系统性研究与深入剖析。因此，研究以城市公共开敞空间内的智慧化设计为切入点，对其现状特征、使用及评价进行多维度分析，为未来城市公共开敞空间的更新与设计优化提供参考。

研究首先结合系统性案例研究方法，筛选得到全球范围内 594 个城市公共开敞空间智慧化设计的案例，从案例所依托的智慧化技术、作用效果以及具体的应用场景等层面进行结构化分析，挖掘其宏观现状特征与发展趋势；其次，以北京市为研究范围，经过预调研后选取 4 处代表性调研场地中的 12 个调研节点进行现场调研，通过动态照片拍摄与后期人工虚拟审计的方式评估场地内智慧化设施的实际使用状况，总结现有智慧化设计应用的规律特点；最后，通过问卷调查、访谈等方法分析空间使用者、设计师及其他领域专家等社会主体对于城市公共开敞空间智慧化设计的评价与反馈。

研究结果表明：（1）城市公共开敞空间的智慧化设计已受到多种社会主体的广泛关注，其更多地集中于建筑、设施等中小尺度。增强互动参与以及美化环境形象成为设计的核心作用效果之一；（2）北京市的 4 处调研场地内大部分智慧化设施处于开放运行状态，设施质量较好。智慧化设施的使用比例总体维持在中低水平，工作日与非工作日差异并不显著，中青年和未成年是其核心使用群体。智慧化设施的使用与其所提供的功能服务类型高度相关，而公共开敞空间的类型也会对智慧化设施的使用带来较大影响；（3）未来的智慧化设计应提升实用功能，同时充分考虑不同群体及功能服务类型，结合多样化的场所营造方式，满足不同的公众诉求。随着技术发展成熟，智慧化设计的相关技术成本将大幅度下降，其商业运营模式也会愈加成熟，最终达到经济、社会、生态价值的均衡体现。

关键词：公共开敞空间；智慧技术；数字创新；服务设施；使用后评估

Abstract

Creating high-quality urban public open space is one of the key factors to enhance the well-being of urban residents. In the context of the Fourth Industrial Revolution, the development and maturity of a series of smart technologies have brought great impact and reshaped the use of traditional urban public open space. Some traditional urban public open spaces have become increasingly difficult to adapt to the changing needs of the public under the development of technologies, end with low efficiency, lack of vitality, and poor management and operation. Their development needs to be transformed. Nowadays, there are more and more explorations of design in smart urban public open space, but there is still a lack of systematic research and in-depth analysis of its characteristics and laws, actual use and evaluation. Therefore, the study takes the design of smart urban public open space as the starting point and analyzes its current characteristics, usage and evaluation in multiple dimensions, and provides a reference for the future design and optimization of urban public open space.

Firstly, the research combines systematic case studies to choose 594 cases of the design of smart urban public open space worldwide and conducts structured analysis from the level of the smart technologies, the effect and the specific application scenarios based on the cases to explore their features and development trends. Secondly, taking Beijing as the research scope, 12 research nodes in 4 representative research sites are selected for on-site research after pre-research, and the actual usage of smart facilities in the sites is evaluated through dynamic photo-taking and post-manual virtual audit to summarize the regular features of existing smart design practice applications. Finally, the study analyzes the evaluation and feedback of different social subjects, such as users, designers and experts in related fields through questionnaires, interviews and other methods.

The results of the study show that: (1) The design of smart urban public open space has received wide attention from various social subjects, focusing more on small and medium scales such as buildings and facilities. (2) Most of the smart facilities in the 4 research sites in Beijing are in open operation with high quality. The use of smart facilities is generally maintained at a low to medium level, and the difference between

weekdays and non-weekdays is not significant, with middle-aged youth and minors being the core user groups. The use of smart facilities is highly related to the type of functional services they provide, and the type of open public space also has a large impact on the actual use of smart facilities. (3) The future design should enhance the practical function, while fully considering different groups and service scene to meet the diverse public demand combined with diversified place making methods. With the development and maturity of technologies, the cost of design with technologies will drop significantly, and the commercial operation mode will become more and more mature, finally achieving a balanced embodiment of economic, social, and ecological values.

Keywords: public open space; smart technology; digital innovation; service facility; post occupancy evaluation

目录

摘要	I
Abstract	II
目录	IV
插图清单	VII
附表清单	X
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 我国对于城市公共开敞空间的质量提升日益重视	1
1.1.2 智慧技术为传统城市公共开敞空间带来冲击与重塑	1
1.1.3 城市公共开敞空间的智慧化设计具有现实意义	2
1.2 研究目的与内容	3
1.2.1 研究目的	3
1.2.2 研究内容	3
1.3 研究方法与技术路线	3
1.3.1 研究方法	3
1.3.2 技术路线	6
第 2 章 理论与研究与综述	8
2.1 城市公共开敞空间相关研究进展	8
2.1.1 城市公共开敞空间的概念	8
2.1.2 传统城市公共开敞空间研究	9
2.2 新技术背景下城市公共开敞空间相关研究进展	9
2.2.1 城市公共开敞空间本体演化研究	10
2.2.2 城市公共开敞空间的测度与分析研究	10
2.2.3 城市公共开敞空间的智慧化设计研究	12
2.3 研究评述与总结	13
第 3 章 城市公共开敞空间智慧化设计现状特征研究	15
3.1 研究对象与方法框架	15
3.1.1 研究对象	15
3.1.2 方法框架	15

3.2 数据来源与处理.....	16
3.2.1 案例系统检索.....	16
3.2.2 案例审查筛选.....	16
3.3 结构化案例特征分析.....	17
3.3.1 基本信息要素特征分析.....	18
3.3.2 空间本体要素特征分析.....	21
3.3.3 场景效能要素特征分析.....	23
3.4 城市公共开敞空间智慧化设计现状特征总结.....	26
第 4 章 城市公共开敞空间智慧化设计使用研究.....	28
4.1 研究对象与方法框架.....	28
4.1.1 研究对象.....	28
4.1.2 方法框架.....	35
4.2 调查实验流程与数据处理.....	37
4.3 北京市公共开敞空间智慧化设计的现状特征.....	39
4.3.1 北京市公共开敞空间智慧化设计的基本现状.....	39
4.3.2 北京市公共开敞空间智慧化设计的空间特征.....	49
4.4 北京市公共开敞空间智慧化设计的使用评估分析.....	56
4.4.1 海淀公园调研场地使用评估分析.....	57
4.4.2 温榆河公园·未来智谷调研场地使用评估分析.....	65
4.4.3 大运河森林公园调研场地使用评估分析.....	74
4.4.4 昌盛园社区调研场地使用评估分析.....	83
4.4.5 调研场地使用评估汇总分析.....	92
4.5 智慧化设施使用评估分析.....	96
4.6 城市公共开敞空间智慧化设计使用评估总结.....	101
第 5 章 城市公共开敞空间智慧化设计评价研究.....	103
5.1 城市公共开敞空间智慧化设计的问卷分析.....	103
5.1.1 问卷调查设计.....	103
5.1.2 活动倾向特征分析.....	104
5.1.3 空间使用评价分析.....	107
5.1.4 其他需求与问题分析.....	109
5.2 城市公共开敞空间智慧化设计的访谈分析.....	111
5.2.1 访谈设计.....	111
5.2.2 使用者访谈分析.....	111

5.2.3 设计师及其他领域专家访谈分析	112
5.3 城市公共开敞空间智慧化设计评价总结	113
第 6 章 研究结论与展望	114
6.1 研究结论	114
6.2 研究局限性与展望	115
参考文献	117
附录 A 城市公共开敞空间智慧化设计研究调查问卷	122
附录 B 相关访谈记录	127
附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库（部分）	133
致谢	163
声明	164
个人简历、在学期间完成的相关学术成果	165
指导教师评语	167
答辩委员会决议书	168

插图清单

图 1.1	本研究的技术路线	7
图 3.1	系统性案例研究框架	16
图 3.2	系统检索整理案例对象的流程示意	17
图 3.3	设计案例的核心设计主体词云	19
图 3.4	设计案例的核心设计主体比例	19
图 3.5	不同年份提出的案例数量	20
图 3.6	设计案例主要依托的智慧技术	21
图 3.7	设计案例的规模尺度及主要依托的空间要素载体	22
图 3.8	设计案例的不同作用效果示意	23
图 3.9	设计案例的主要及次要作用效果	24
图 3.10	设计案例的典型应用场景	25
图 3.11	北京国际设计周专题网站	26
图 4.1	最终调研场地分布	35
图 4.2	城市公共开敞空间智慧化设计使用研究框架	36
图 4.3	对调研节点进行三维扫描与精细化建模	37
图 4.4	动态照片原理示意	38
图 4.5	针对调研节点人群行为活动拍摄的部分动态照片	39
图 4.6	海淀公园内的调研节点分布	49
图 4.7	温榆河公园·未来智谷内的调研节点分布	51
图 4.8	大运河森林公园内的调研节点分布	53
图 4.9	昌盛园社区内的调研节点分布	55
图 4.10	海淀公园 A1 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	58
图 4.11	海淀公园 A1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	58
图 4.12	海淀公园 A1 调研节点逐时段人群流量变化	59
图 4.13	海淀公园 A1 调研节点活动人群特征	59
图 4.14	海淀公园 A2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	60
图 4.15	海淀公园 A2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	61
图 4.16	海淀公园 A2 调研节点逐时段人群流量变化	61
图 4.17	海淀公园 A2 调研节点活动人群特征	62

图 4.18	海淀公园 A3 场地逐时段人群使用情况 (工作日)	63
图 4.19	海淀公园 A3 场地逐时段人群使用情况 (非工作日)	63
图 4.20	海淀公园 A3 场地逐时段人群流量变化	64
图 4.21	海淀公园 A3 场地活动人群特征	64
图 4.22	温榆河公园·未来智谷 B1 场地逐时段人群使用情况 (工作日)	65
图 4.23	温榆河公园·未来智谷 B1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	66
图 4.24	温榆河公园·未来智谷 B1 调研节点逐时段人群流量变化	67
图 4.25	温榆河公园·未来智谷 B1 场地活动人群特征	67
图 4.26	温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	68
图 4.27	温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	69
图 4.28	温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点逐时段人群流量变化	70
图 4.29	温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点活动人群特征	70
图 4.30	温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	71
图 4.31	温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	72
图 4.32	温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点逐时段人群流量变化	73
图 4.33	温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点活动人群特征	73
图 4.34	大运河森林公园 C1 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	74
图 4.35	大运河森林公园 C1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	75
图 4.36	大运河森林公园 C1 调研节点逐时段人群流量变化	76
图 4.37	大运河森林公园 C1 调研节点活动人群特征	76
图 4.38	大运河森林公园 C2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	77
图 4.39	大运河森林公园 C2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	78
图 4.40	大运河森林公园 C2 调研节点逐时段人群流量变化	79
图 4.41	大运河森林公园 C2 调研节点活动人群特征	79
图 4.42	大运河森林公园 C3 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	80
图 4.43	大运河森林公园 C3 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	81
图 4.44	大运河森林公园 C3 调研节点逐时段人群流量变化	82
图 4.45	大运河森林公园 C3 调研节点活动人群特征	82
图 4.46	昌盛园社区 D1 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	83
图 4.47	昌盛园社区 D1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	84
图 4.48	昌盛园社区 D1 调研节点逐时段人群流量变化	85
图 4.49	昌盛园社区 D1 调研节点活动人群特征	85
图 4.50	昌盛园社区 D2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	86

图 4.51	昌盛园社区 D2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	87
图 4.52	昌盛园社区 D2 调研节点逐时段人群流量变化	88
图 4.53	昌盛园社区 D2 调研节点活动人群特征	88
图 4.54	昌盛园社区 D3 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)	89
图 4.55	昌盛园社区 D3 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)	90
图 4.56	昌盛园社区 D3 调研节点逐时段人群流量变化	91
图 4.57	昌盛园社区 D3 调研节点活动人群特征	91
图 4.58	调研场地及节点逐时段人群流量变化	92
图 4.59	调研场地活动人群特征	93
图 4.60	调研场地及节点逐时段智慧化设施使用比例及人群流量	94
图 4.61	不同调研场地节点的智慧化设施使用比例	95
图 4.62	调研场地参与智慧化设施使用的群体特征	95
图 4.63	智能分类垃圾桶逐月使用情况	96
图 4.64	智能分类垃圾桶逐小时使用情况	97
图 4.65	智能分类垃圾桶分类使用情况及语音交互词云	97
图 4.66	智能马拉松打卡杆逐月使用情况	98
图 4.67	智能马拉松打卡杆逐小时使用情况	99
图 4.68	智能马拉松打卡杆识别使用者的年龄分布	99
图 4.69	智能互动屏幕逐小时使用情况	100
图 4.70	智能互动屏幕不同类型功能占比	101

附表清单

表 3.1	结构化案例特征分析所选取的分析要素	18
表 4.1	北京市典型的公共开敞空间智慧化设计场地	28
表 4.2	预调研筛选掉的部分场地	30
表 4.3	最终确定的调研场地	34
表 4.4	海淀公园内的典型智慧化设施	40
表 4.5	温榆河公园·未来智谷内的典型智慧化设施	43
表 4.6	大运河森林公园内的典型智慧化设施	46
表 4.7	昌盛园社区内的典型智慧化设施	48
表 4.8	海淀公园内的调研节点信息	49
表 4.9	温榆河公园·未来智谷内的调研节点信息	51
表 4.10	大运河森林公园内的调研节点信息	53
表 4.11	昌盛园社区内的调研节点信息	55
表 5.1	问卷填报者信息统计表	104
表 5.2	前往城市公共开敞空间的次数（每周）[单选]	105
表 5.3	前往城市公共开敞空间的大致时间[多选]	105
表 5.4	在城市公共开敞空间的大致逗留时间[单选]	106
表 5.5	前往城市公共开敞空间的主要目的（按重要性排序）[排序]	106
表 5.6	对于城市公共开敞空间内的智慧化设施的关注度[单选]	107
表 5.7	对于城市公共开敞空间内的智慧化设施的评价[单选]	107
表 5.8	对现有智慧化设施智慧度的评价[单选]	108
表 5.9	对城市公共开敞空间内的智慧化设施数量的评价[单选题]	108
表 5.10	对城市公共开敞空间内不同智慧化场景的需求[矩阵单选]	109
表 5.11	城市公共开敞空间内的智慧化设计（设施）的问题[多选]	110
表 5.12	期望未来的公共开敞空间补充的设施（按照重要性排序）[排序]	111

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 我国对于城市公共开敞空间的质量提升日益重视

改革开放后，我国曾经历快速的城镇化发展历程，但相对粗放型的发展模式使得城市空间品质、资源环境以及公平集约使用等方面的问题日益凸显（陆大道和陈明星, 2015）。在当下城镇化发展转型的新常态时期，内涵式发展成为新的发展理念，更加注重质量提升和以人为本的集约型发展（周素红, 陈菲和戴颖宜, 2019）。随着“城市双修”“美丽街区”“完整社区”以及“共同缔造”等政策理念在近年来被不断提出，改善人居环境，提升城市空间品质以及人民幸福感，强化精细化治理能力成为城市发展的重要目标（吴志强等, 2020）。

在此过程中，面向居民日常与社会生活公共使用的城市公共空间受到广泛关注，其也是城市风貌与意向、地域文脉及场所认知的重要载体（陈竹和叶珉, 2009）。在第三次联合国住房和城市可持续发展会议《新城市议程》中，城市公共空间被强调为城市规划的核心要素。联合国可持续发展目标（Sustainable Development Goals）提出至 2030 年向所有人普遍提供“安全、包容、无障碍、绿色的公共空间”的明确愿景。此外，在欧盟的《莱比锡宪章》、联合国的《公共空间宪章》以及世界城市和地方政府联盟的（The World Organisation of United Cities and Local Governments, UCLG）《公共空间政策框架》等政策文件中，城市公共空间在城市发展过程中的重要性也均得到突显。城市公共开敞空间是城市公共空间的重要组成部分，泛指公众可以体验或进入的城市物理环境的所有部分，如公共绿地、城市广场等（Lofland, 2017）。打造高品质的城市公共开敞空间是提升城市居民福祉的关键因素之一，其在优化城市功能、展现城市形象、促进城市健康与社会包容、提升居民生活质量、保障居民健康安全等方面发挥着积极作用（Barbosa et al., 2007; 邹德慈, 2006; 郭恩章, 1998）。

1.1.2 智慧技术为传统城市公共开敞空间带来冲击与重塑

回溯历次工业革命，技术变革作为核心驱动力之一不断催化人类生产生活方式发生跨越式变化并最终投影于城市空间中。正如上世纪汽车的发展普及也带来了城市公共开敞空间的割裂，其所构建的巨大城市尺度在一定程度上削弱了公共

开敞空间中人与人的社会关系纽带，并造成交通拥堵、空气污染等一系列负外部性效应。如今在第四次工业革命背景下，随着移动互联网、大数据与云计算、物联网、虚拟实境等技术发展成熟，传统城市公共开敞空间面临新的重塑。通过更加多元的线上与线下、虚拟与现实的交互，空间逐渐摆脱形式与功能间的简单线性关系，并面临着线上虚拟活动所带来的活力争夺问题（徐苗 等, 2021; 李昊和王鹏, 2018; Hampton 和 Gupta, 2008），公共开敞空间中的行为准则正在迅速发生变化。新兴技术强化了人与人之间的联系并重新配置了城市空间，产生一种跨越真实和虚拟、个人和非个人、私人和公共的社会空间。空间和时间的界限变得模糊，引发了对公共开敞空间使用的新需求（Menezes et al., 2019）。传统公共开敞空间及空间干预手段越来越难以完全适应新技术发展下公众更加多样化的使用需求，表现出空间使用效能低下、活力不足、管理运营不善等方面的问题，亟需探索新的设计实践路径（周榕, 2016）。

与此同时，智慧技术也为公共开敞空间的设计实践带来全新赋能。在新数据环境下，公共开敞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，例如通过 Wi-Fi 探针、手机信令、移动传感器监测设备等新技术方法结合多源数据增强对城市公共开敞空间及其内部人群行为活动的感知能力，进而为空间问题识别与品质提升提供科学依据（王一睿 等, 2022; 黄蔚欣 等, 2018）。而数字创新也将与传统的空间干预、场所营造更好地结合，提升公共开敞空间的使用效能（张恩嘉和龙瀛, 2020）。技术不仅是一种工具，更已成为一种思维融入至公共开敞空间的设计实践之中。未来城市的公共开敞空间设计实践也势必应考虑技术发展所带来的影响，重新理解公共开敞空间并积极拥抱新的趋势变化将成为一种必然。

1.1.3 城市公共开敞空间的智慧化设计具有现实意义

伴随着城市发展与技术进步，世界范围内已出现越来越多城市公共开敞空间内的智慧化设计与实践探索，其大多结合新技术应用与具体的空间场景特征，打造充满趣味性与活力的高品质空间节点。作为未来城市中公众活动与创意聚集的核心场所，城市公共开敞空间的智慧化设计显得尤为重要。智慧化设计的使用能够进一步鼓励公众参与户外活动，打造更具宜居性和包容性的城市环境（Smaniotto et al., 2017）。然而，这些设计究竟如何影响现有城市公共开敞空间的使用仍不明晰（Menezes et al., 2019）。部分智慧化设计在实际使用体验与效能方面仍具有较多局限性，具体表现在对技术的运用大多停留于表面，依赖技术产品的简单堆砌，建设及运营维护过高成本，对场所文脉特征、人群行为活动逻辑、场地功能组织融合等方面缺乏深层考虑，未能在满足基本功能和提升环境形象的基础上充分考

虑公共用户体验 (Wang 和 Zhou, 2020)。面向未来, 城市公共开敞空间内的智慧化创新设计仍需要探索更多可行的方法路径。

1.2 研究目的与内容

1.2.1 研究目的

本研究重点关注城市公共开敞空间内的智慧化设计, 与传统的空间干预、场所营造方法相比, 其更加考虑技术发展的趋势及技术对空间使用的影响, 并在设计的过程中充分运用到智慧化技术、智慧化理念或智慧化设施, 如随着周边人流量差异而变化颜色与形态的景观装置、可进行动作交互的动态投影幕墙、提供 Wi-Fi 与充电功能的公共座椅等。同时, 研究的落脚点更关注设计结果的智慧化而非设计流程的智慧化。研究结合系统性案例研究以及现场调研等具体方法, 对技术影响下的城市公共开敞空间智慧化设计进行分析。主要的研究目的分为两点。第一, 从规划视角探讨技术影响下的城市公共开敞空间智慧化设计的变化趋势, 充分考虑技术对空间形态、功能与人群行为活动的重塑作用, 进一步挖掘城市公共开敞空间受技术影响下的变化规律, 丰富已有的相关理论研究。第二, 结合主客观、定性与定量方法对既有的城市公共开敞空间智慧化设计实践的实际效果进行多维度评估分析, 以此推断不同智慧化应用场景的发展潜力与未来路径。

1.2.2 研究内容

研究拟围绕城市公共开敞空间的智慧化设计从三方面进行具体研究探讨。第一, 评估当前世界范围内城市公共开敞空间智慧化设计的现状特征与发展趋势, 从不同设计案例所依托的智慧化技术、作用效果以及具体的应用场景等维度进行系统性分析, 作为后续深入研究的背景。第二, 以北京市选取的 4 处智慧化设计调研场地为例, 评估城市公共开敞空间智慧化设计的实际使用状况, 总结现有智慧化设计实践的规律特征。第三, 进一步分析城市公共开敞空间使用者、设计师及其他领域专家等社会主体对于城市公共开敞空间智慧化设计的评价与反馈, 为未来城市公共开敞空间的更新与设计优化提供参考。

1.3 研究方法与技术路线

1.3.1 研究方法

(1) 系统性案例研究

尽管目前在结合智慧技术进行城市公共开敞空间设计方面已有相对广泛的探

素, 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(龙瀛和沈尧, 2015)”“计算性设计(孙澄, 韩昀松和任惠, 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, 董靛和孙钦花, 2015)与生成式设计(Generative Design)(黄蔚欣和徐卫国, 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(王金红, 2007; Dubois 和 Gaddem, 2002)。然而, 诸如“空间基因(段进 等, 2019)”“形态基因(赵万民, 廖心治和王华, 2021)”“量化案例借鉴(甘欣悦和龙瀛, 2018)”等案例对象研究仍大多聚焦于城市宏观尺度分析, 针对更为具体的城市公共开敞空间智慧化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, 研究提出针对城市公共开敞空间智慧化设计的系统性案例研究方法, 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, 进而为空间的设计优化提供更具有普适性与前瞻性的科学依据。研究聚焦运用到智慧化技术、设施或理念的城市公共开敞空间设计案例, 以不同案例的核心设计主体为主要线索, 通过多元检索渠道对其进行系统性检索整理, 最终筛选得到 594 个符合要求的案例, 并从基本信息、空间本体及场景效能三个要素维度出发进行结构化分析, 进而初步提取并归纳相关的规律特征。

(2) 现场调研法

研究所使用的现场调研法在 PSPL 调研法(即 Public Space & Public Life survey, 公共空间—公共生活调研法)的基础上, 结合研究对象与调研需求进行了针对性匹配, 对北京市 4 处调研场地内的公共开敞空间智慧化设计的基本现状、空间特征及具体使用评估进行系统性调查与分析。通过结合定性与定量分析手段, 理解空间环境与人群行为活动间的影响关系, 最终为空间的设计和改造提供科学依据(赵春丽, 杨滨章和刘岱宗, 2012)。

研究首先对调研场地的区位条件、场地规模等基本信息进行调查, 并对场地内所布设的主要智慧化设施要素的种类、功能、运行及使用状况进行核查, 作为后续调研与系统分析的基础信息。为保证不同调研对象间的可比性, 在每处调研场地内选取 3 个具有典型代表性的智慧化设计空间节点进行深入调研。对不同调研节点的平面布局与空间设施要素进行具体分析刻画, 进而总结出不同调研节点

间的差异化空间特征。在工作日与非工作日两个完整日的 7 时至 20 时全时段记录不同场地调研节点内人群的行为特征，对其性别、年龄段、活动位置分布及活动类型进行分析。

(3) 建成环境虚拟审计

随着城市空间研究的数据种类和数量不断增加，建成环境虚拟审计 (built environment virtual audit) 作为一种不受时间和空间限制的虚拟分析方法，开始得到越来越多的关注。如借助遥感或街景图像数据刻画城市空间环境特征，进而提升城市空间环境量化分析的覆盖范围与效率。已有研究通过对分析结果的一致性进行统计分析，验证了建成环境虚拟审计可以有效替代实地调查方法 (Quinn et al., 2016; Bader et al., 2015; Badland et al., 2010)。

研究主要通过动态照片拍摄的方式记录不同场地调研节点内人群的行为特征与使用规律，对活动人群性别、年龄段特征、活动位置分布及活动类型进行分析。使用 iPhone 12 Pro Max 手机系统相机内置的“实况照片”功能进行动态照片的拍摄，记录拍照瞬间前后 1.5 秒内的持续画面和音频，与传统静态照片相比，可以更加完整地记录场地内人群的行为活动的过程（如是否参与智慧化设施的使用），提升后期人工虚拟审计对于场地内人群行为活动类型识别的准确度。

(4) 问卷调查法

问卷调查旨在对城市公共开敞空间智慧化设计潜在使用群体的特征，以及公众的使用感受、需求与满意度等方面的内容进行具体调查分析，进而得到公众对于智慧化设计的真实评价与反馈。由于城市公共开敞空间内的受访者群体部分为老年人或青少年群体，问卷中问题的叙述进行了适度简化与通俗化处理，并结合部分图片进行形象化说明，避免采取过多学术性、专业性用词或带有误导倾向的用语，保证受访者对于题目的理解与设计理念相符。同时，通过精简问卷题目的数量控制受访者的作答时间，避免引起受访者的不耐烦导致作答结果不准确。

由于新冠肺炎疫情期间线下发放问卷进行调查访问的可行性受到一定制约，研究采用线上与线下结合的形式进行最终问卷的发放。其中线下问卷主要在调研场地内部及周边对不同类型的公众群体进行发放，根据受访者的实际情况选择“访问填写问卷”或“直接填写问卷”完成。线上问卷则主要通过问卷星等网络渠道发放。最终线上与线下共收回 76 份调查问卷，剔除掉其中存在显著质量问题的问卷样本，获得 57 份有效问卷进行后续的深入分析，回收率为 75%。

(5) 访谈法

访谈法 (interview) 为受访者提供了直接的发言权，使他们能够清晰表达自己的观点，并减少研究人员强加观点或限制讨论范围的机会 (Thelwall 和 Nevill, 2021)。

根据访谈方式或受访者数量的不同，访谈法又可以分为结构性访谈、半结构性访谈和非结构性访谈，个人访谈和团体访谈等。

研究围绕城市公共开敞空间智慧化设计制定核心议题，以非结构性访谈和半结构性访谈为主的形式对多元社会主体进行访谈，并提取相应的关键词与核心观点用于后续分析参考。具体的访谈对象主要包括调研场地内部及周边不同类型的空间使用者以及此方向的设计师和领域专家。其中，针对使用者采用非结构性访谈，根据不同受访者群体的差异化特征，对其活动体验与需求、问题反馈等进行深入询问访谈。针对设计师与领域专家采用半结构性访谈为主的方式进行，访谈重点关注公共开敞空间智慧化设计已有的工程实践、未来智慧化设计发展迭代与持续运营的方向、智慧化设计的实际效用以及成功或失败的经验等议题。

1.3.2 技术路线

在理论研究与综述的基础上，围绕研究目的，研究内容将从城市公共开敞空间智慧化设计的现状特征、使用及评价三方面进行，具体的技术路线如图 1.1 所示。

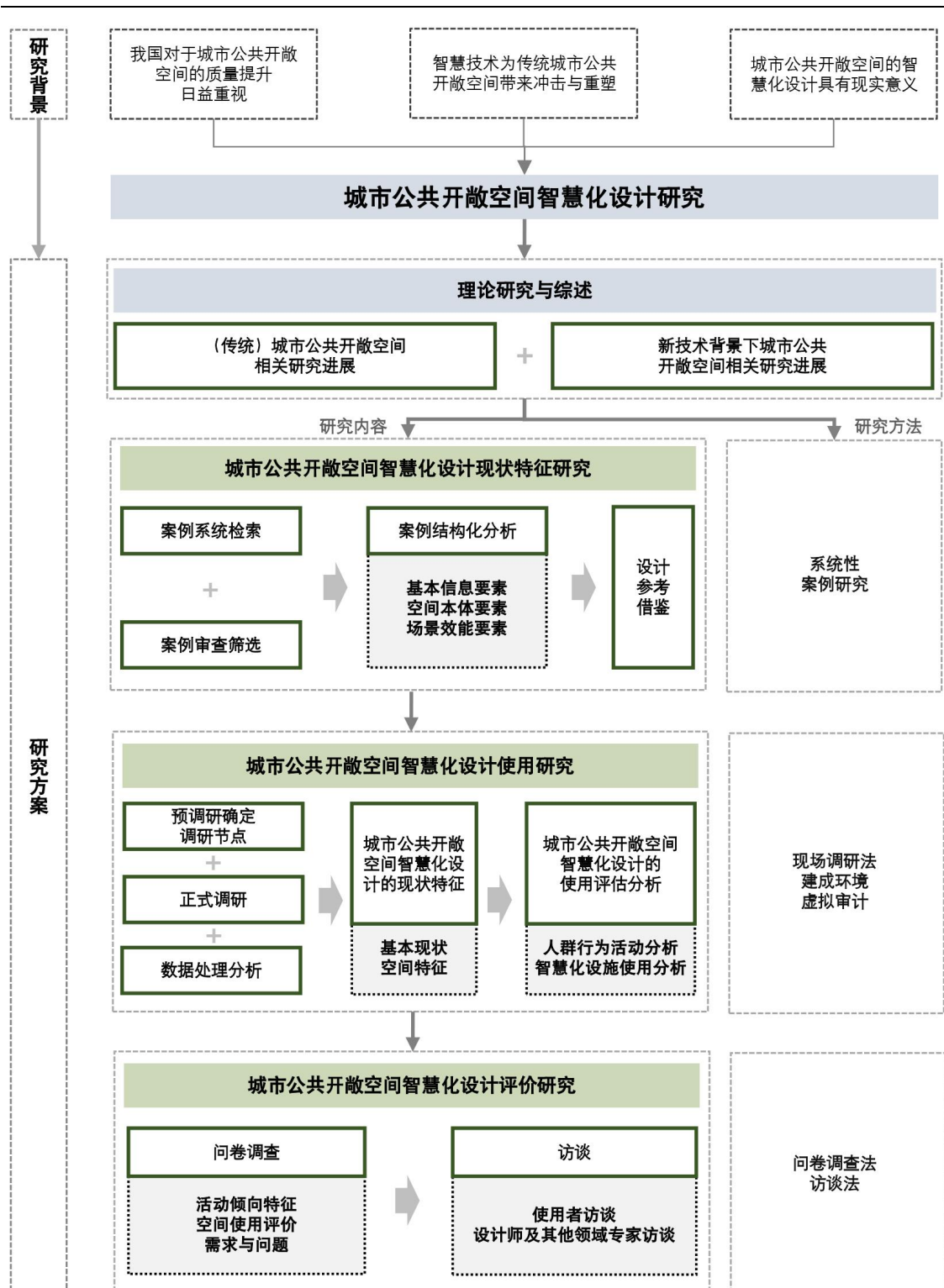


图 1.1 本研究的技术路线

资料来源：作者自绘

第 2 章 理论与综述

2.1 城市公共开敞空间相关研究进展

2.1.1 城市公共开敞空间的概念与内涵

城市公共开敞空间 (public open space) 应同时包含“开敞空间 (open space)”与“公共空间 (public space)”两层概念属性。其中, 现代意义上的城市开敞空间概念的出现, 始于英国伦敦 1887 年制定的《大都市开敞空间法 (metropolitan open space act)》。开敞空间在其中被定义为: 任何围合或者是不围合的用地, 其中没有建筑物, 或不超过十分之一的用地被开发或被建设, 其余的被用作公园或娱乐区、垃圾收集区或未使用的土地。克里斯托弗·亚历山大 (Alexander) 在《模式语言: 城镇建筑结构》中对于开敞空间的定义为: 任何使人感到舒适、具有自然的屏靠, 并可以看到更广阔空间的地方, 均可以称为开敞空间。美国环境保护署 (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) 将开敞空间定义为任何未开发 (没有建筑物或其他建筑结构) 且可供公众使用的开放土地 (Chien, Wu 和 Chan, 2022)。

与之相比, 城市公共空间最早于上世纪 50 年代出现在社会学与政治哲学著作中, 60 年代伊始诸如刘易斯·芒福德 (Mumford)、简·雅各布斯 (Jacobs)、亨利·列斐伏尔 (Lefebvre) 等对城市公共空间及其社会经济功能展开探讨, 该名词由此逐渐进入城市规划相关领域 (陈竹和叶珉, 2009; Nadal, 2000)。然而有别于其他城市空间概念, 城市公共空间的本质属性应将物质空间环境同其社会意义相结合, 强调任何人都有权进入, 面向所有城市居民开放使用的空间 (Woodcraft et al., 2011)。

在此基础上, 城市公共开敞空间泛指公众可以体验或进入的城市物理空间, 例如开放公园、公共绿地、建筑之外地面层的开放露天空间等, 是可连续或集中分布的开敞空间 (Lofland, 2017; Lynch, 1960)。其具有公共开放的属性, 为人们提供了在城市环境中“保护、娱乐、接触自然”的机会 (Jian, Luo 和 Chan, 2020; Lynch, 1984)。城市公共开敞空间一直在发挥着基本的社会、文化、生态等功能, 为多样化的社会活动提供了空间载体, 有助于提升城市居民的生活质量, 增强社会凝聚力、认同感, 并在城市新陈代谢的过程中发挥重要作用 (Martinelli, Battisti 和 Matzarakis, 2015)。随着城市设计的不断发展以及对人这一空间主体的逐渐重视, 城市公共开敞空间已经成为体现市民文化的重要空间结构和组成要素 (张景秋, 曹

静怡和陈雪漪, 2007; Turner, 1992)。研究中所聚焦的城市公共开敞空间涵盖了开敞空间和公共空间的共同属性, 即为城市范围内可供城市居民开放使用的户外城市空间。

2.1.2 传统城市公共开敞空间研究

城市公共开敞空间的研究与现代城市规划密切相关, 相关研究一方面集中在对人的主体性的探讨, 较多研究深入探讨公共开敞空间与人为行为活动之间的关系。在《交往与空间 (livet mellem husene, udeaktiviteter og udemiljøer)》中, 扬·盖尔 (Gehl) 根据人为行为活动对物理空间环境的要求, 评估公共开敞空间的质量, 对活动和空间进行类型划分, 进而研究有利于活动产生的公共开敞空间的特征。威廉·怀特 (Whyte) 利用社会学研究方法, 利用 10 年“街道生活项目”的跟踪记录, 研究人在公共开敞空间活动的心理和行为特征, 并根据使用者的不同需求对公共开敞空间的优化更新提出具体建议。Talbot 和 Kaplan (1986) 指出, 公共开敞空间的尺度并非越大越好, 通过增加对空间宽敞度的感知, 小尺度空间有时更能得到使用者的偏好。Corti 等 (1996) 在一项定性研究中发现, 可达性、空间尺度、空间品质等因素都会影响公共开敞空间的使用频率。

除此之外, 对于城市公共开敞空间内的要素研究同样较为广泛, 其中最具有代表性的是对于城市家具的使用研究。城市家具作为城市公共开敞空间及城市日常生活中使用率较高的公共设施, 在满足公共服务等基本功能需求的同时, 也在美化环境形象、提升空间使用活力等方面发挥着重要作用。城市家具又可称为“街道家具”, 具体指安装在城市公共空间中提供公共服务或功能的物体或设施, 在我国城市家具可进一步泛指城市中的各类户外环境设施。传统的城市家具以静态的城市公共设施为主, 如电话亭、公交候车亭、公共垃圾桶等。按照功能可将其进一步划分为市政、交通、信息、环境设施等类别, 此方面的研究以针对不同类型城市家具的使用后评估为主 (Wang 和 Zhou, 2020)。

2.2 新技术背景下城市公共开敞空间相关研究进展

传统城市空间分析多缺少综合从而可能丧失对其内在联系思考 (尹稚, 1999)。在新技术与数据背景下, 将城市公共开敞空间视作一个有机的复杂系统进行整合考虑成为一种可能。结合智慧技术对于城市空间与行为活动的影响逻辑, 新技术背景下城市公共开敞空间相关研究可划分为空间本体演化、测度与分析以及智慧化设计三个典型维度 (龙瀛和张恩嘉, 2019; 龙瀛和叶宇, 2016; 巫细波和杨再高, 2010)。

2.2.1 城市公共开敞空间本体演化研究

传统上,时间与空间是人类生活及城市发展的两个根本向度,约束着城市的形态功能与布局结构(Castells, 1996),而交通与通讯技术作为与城市时空关系最为相关的核心技术,在历史上对城市空间影响最大(刘泉, 2019)。与之相比,第四次工业革命背景下诸如人工智能、大数据与云计算、移动互联网、传感网与物联网、混合实境、智能建造等颠覆性新兴技术在近十年的发展迭代呈现出更加多元复杂的新趋势,其在多尺度城市应用场景中拥有更加细分且广泛的渗透性,进而为不同层级城市空间的使用赋能(龙瀛等, 2023)。较多新技术与个体生活及需求更加贴近,强调对于产品服务的更新优化,以不断降低的价格得以被更广泛的居民受众使用推广。同时,数据与计算驱动并促进各个城市系统的深度融合,进而推动信息流在城市物质资源与社会供需间的匹配协调作用(王鹏, 2022)。

在此背景下,城市公共开敞空间及居民游憩场景方面发生了诸多层面的系统性变化。网络空间区位愈发重要,数据算法与网络评价使商业与娱乐空间的选址和需求发生改变,线上虚拟空间活力的增强对线下实体空间产生强烈影响,促使其加速转型(Zhang et al., 2022)。另一方面,伴随着以元宇宙为代表的虚实空间的不断交互融合,传统城市公共开敞空间的活力有望得到全新激活。“线下空间+互动设施”“线下空间+直播”“线下空间+AR (Augmented Reality, 增强现实)/VR (Virtual Reality, 虚拟现实)/MR (Mixed Reality, 混合现实)”等模式将成为新的发展趋势。

智慧技术改变了传统城市公共开敞空间的利用方式,依托温湿度传感器、Wi-Fi探针、打猎相机、摄像头等各类物联传感设备增强对于空间环境及人群行为的动态感知能力,结合大数据、云计算及人工智能算法对感知数据进行智能化的特征评估,通过声光电调节、交互式界面等多元化手段实现智能反馈调节,提供更加丰富、趣味性的创新服务,最终实现环境友好、弹性使用、功能活化,促进不同文化群体的融合及平等使用等综合效益(龙瀛和张恩嘉, 2021; 张恩嘉和龙瀛, 2020; Rinaldi et al., 2019)。随着物联传感设备的植入与使用,对于城市公共开敞空间的运营管理也将进一步智能化,并提高公众参与度(李伟健和龙瀛, 2022)。在此过程中,对于自然与健康的不变追求将进一步引导未来城市公共开敞空间在强智能与管理支持下,回归自然生态与可持续发展。

2.2.2 城市公共开敞空间的测度与分析研究

对于城市公共开敞空间的物质环境质量与真实使用状况进行客观测度是对其进行分析评估与设计更新的核心基础与依据。与传统的现场调研相比,技术驱动

下依托物联网与多元传感设备的感知监测方式能够更加高效地实现对本尺度城市公共开敞空间的测度, 是对传统调研及评估分析手段的有效补充(梁思思, 2021)。根据传感器的布置方式与测度途径差异, 可以将现有城市公共开敞空间的主要感知测度方式划分为固定感知、移动感知、卫星遥感与社会感知四类。

(1) 固定感知: 通过在固定站点设立传感器采集公共开敞空间的数据, 属于最为常用的感知途径之一, 与传统的城市气象监测站等测度手段相比, 更加集成化与多元的物联传感设备以更加灵活的方式弥补了传统监测数据的低空间分辨率。通过 Wi-Fi 探针、打猎相机、云台摄影机以及环境监测传感器等结合墙体、灯杆、树木、高层建筑以及井盖等固定载体进行布置, 从不同的监测范围与尺度出发对城市公共开敞空间内的环境行为特征与设施状况进行连续长期监测(黄蔚欣等, 2018)。

(2) 移动感知: 利用汽车、自行车、无人机亦或人等作为移动性的载体, 通过流体、声学、电磁或视觉等多种传感器设备对不同区域的公共空间信息进行连续采集。例如 MIT 的可感知城市实验室 (Senseable City Lab) 利用绑定在垃圾车上的多模块环境传感器对城市空间的温湿度、噪音、空气环境质量、道路质量等进行高精度监测 (Anjomshoaa et al., 2018); 北京城市象限通过将自主研发的高精度集成式感知设备安装在城管执法巡逻车上实现对于街道区域内包括温湿度、空气质量等指标的感知监测(周悦等, 2021)。该途径为较低成本获得更大范围城市公共开敞空间的动态监测数据提供了可能。

(3) 卫星遥感: 通过遥感图像对大范围城市空间的大气环境、土地覆盖特征、街道网络与建筑物等要素信息进行采集(肖钟湧等, 2020; 汪雪森等, 2020)。不过此类测度方式难以关注到更加微观的本尺度城市公共开敞空间的社会经济与行为活动使用特征。

(4) 社会感知: 利用公交刷卡数据、社交网络媒体数据、手机信令数据等对城市公共开敞空间的使用进行量化感知, 进而获取人群对空间环境的情感认知、行为活动轨迹以及个体之间的社交关系等社会经济环境特征信息, 是对传统遥感数据的有效补充(Lai 和 Kontokosta, 2018; 刘瑜, 2016)。但此方面存在诸如部分地区数据匮乏、数据代表性有限、系统性偏差以及安全与隐私性等方面的问题(Liu et al., 2015)。

技术驱动下对于城市公共开敞空间的感知测度手段较为多元, 在针对的尺度范围、采集数据的精度与粒度、聚焦的要素对象等方面具有一定的互补性, 为城市公共开敞空间物质环境与社会行为使用的刻画提供了有效的创新途径。

在感知测度的基础上, 大数据与新兴技术手段同样使得对于城市公共开敞空

间多维度要素特征的高效与精细化分析成为可能 (李伟健和龙瀛, 2022)。典型的分析方法大致可分为三类: 第一类是基于调查或人工虚拟审计的主客观评价: 被访者通过问卷访谈、评价打分、人工标记等方式对获取的街景图片、视频影像以及环境监测数据进行分析 (唐婧娴和龙瀛, 2017; 唐婧娴 等, 2016); 第二类是借助生理传感器的智能分析: 通过诸如眼动仪、脑电、皮电、心电等多种生理传感器, 对被访者在实体或虚拟设备模拟的空间环境中情绪与生理感受进行分析 (徐磊青 等, 2019; Aspinall et al., 2015; Jiang et al., 2014)。此外, 还有基于机器学习等新技术方法对城市公共开敞空间数据进行大规模、自动化的要素识别、智能分析等工作 (陈婧佳和龙瀛, 2021; 陈婧佳, 张昭希和龙瀛, 2020; Fan et al., 2018)。

在具体分析诊断的指标上, 基于实地调研观察多从城市设计的角度出发提出公共开敞空间相关的评估指标来进行分析。例如凯文·林奇 (Lynch) 提出可意向性 (imageability) (Lynch, 1960), 里德·尤因 (Ewing) 等提出了包括意向性 (imageability)、围合度 (enclosure) 等在内的 51 个具有代表性的城市设计感知品质的评价指标 (Ewing 和 Handy, 2009), 周进、黄建中 (2003) 从支持使用活动、形象认知以及运行保障三方面提出城市公共开敞空间品质的评价指标体系, 王一睿等 (2022) 从感知、知觉、认知与行为四个层面对公共开敞空间的评价指标进行分类概括, 龙瀛等 (2019) 从人本尺度城市开敞空间的形态、品质、活力效能等角度出发进行评估。

2.2.3 城市公共开敞空间的智慧化设计研究

世界范围内城市公共开敞空间内的智慧化设计探索早已有迹可循。传统设计公司/事务所与科技公司等多元主体协作, 对城市公共开敞空间从形象美化、公众参与、基础设施布置及能源利用等方面进行了广泛探索。结合对城市公共开敞空间的特征研判与问题规律识别, 以技术层面的数字创新为核心驱动, 通过对传统空间干预的实体设施置入、对场所营造虚拟运营管理的强化, 以及与城市空间本身的孪生互动, 达到城市公共开敞空间智慧化的目标。例如, 谷歌 (Google) 母公司 Alphabet 与 Sidewalk 实验室合作打造的 Quayside 未来社区、丰田与 BIG 合作设计的“编织之城 (Woven City)”等均将技术元素融入城市公共开敞空间。

在微观层面, 公共开敞空间内越来越多的传统设施向智慧化设施/城市家具转变, 通过连接电源 (能量) 和通信网络 (数据), 基于智能系统及可控用户界面提供多样化服务, 增加城市公共开敞空间的吸引力, 同时通过收集有价值的数据以优化其使用与反馈流程 (Premier, GhaffarianHoseini Ali 和 GhaffarianHoseini Amirhosei, 2022; Ghaffarianhoseini et al., 2016)。例如“Smart2Art”是在意大利教

育、大学与科研部 (Italian Ministry of Education, University and Research, MIUR) 资助下意大利院校与科技公司合作进行的一个智慧化城市家具设计实践项目, 从技术发展、社会需求、平台服务、效益与安全性以及增值服务等方面探索了城市公共开敞空间内智慧化设施的设计实践流程框架, 力求满足创新服务、环境监测管理以及商业盈利等方面需求的平衡 (Ciaramella et al., 2018)。在此方面的实践以 SOM、d'strict、Teamlab 等设计公司/事务所的案例居多, 通过编程控制、立面投影、全息沉浸、虚拟 APP 交互、设施智能服务、能量转化与数字景观可视化等手段实现对于公共开敞空间的赋能提升。

在对于城市公共开敞空间的智慧化设计实际使用进行评估方面, 已有研究多聚焦于具体智慧化公共设施的使用与评价研究。Gómez-Carmona 等 (2022) 对模块化、可定制化设计的智慧信息亭 (Birloki) 在公共开敞空间内的使用进行了全面评估, 通过为期 6 个月该设施的定量数据 (如环境和交互数据) 与定性信息 (如使用者主观评价) 的收集, 发现公众对该类设施的总体评价较为满意, 表现出整体积极的情绪与较高的接受度, 但对于智慧化交互的易用性考量仍有提升空间。Menezes 等 (2019) 通过对不同国家 14 至 16 岁青少年群体的结构性访谈, 发现配备有信息与通信技术 (Information and Communications Technology, ICT) 服务的公共开敞空间对不同社会文化与经济背景的青少年群体均具有更多的吸引力。Arvanitidis 等 (2019) 对欧洲不同地理区域大学院校的 168 名学生进行问卷访谈, 探究大学生群体对于公共开敞空间及其中信息与通信技术的使用强度与评价, 结果表明大学生群体对于校园内高质量的公共开敞空间、充足的公共设施以及 Wi-Fi 等智慧化服务具有普遍需求, 但对于空间内潜在限制言论或行为自由的监视设备表现出一定的抵制。

部分传统的城市公共设施因为技术发展进步以及公众需求的改变被逐渐淘汰, 然而在实际使用过程中, 部分智慧化的城市公共设施同样被忽视, 长期处于闲置或关闭使用的状态, 其急需改进以满足公众的真实使用需求。Premier 等 (2022) 通过对国际范围内 80 余个太阳能驱动的智慧化公共设施进行分析, 发现多数设施并未根据所布置空间的具体特征而进行针对性设计与匹配, 对于设施与周边环境的融合度考虑不足。公共开敞空间内的智慧化设施应不仅能够提供单一孤立的智慧化服务, 还要从产品、服务以及系统层面提供更高质量的公共体验 (Wang 和 Zhou, 2020)。

2.3 研究评述与总结

总体而言, 城市公共开敞空间的智慧化设计已在各领域引起广泛讨论, 成为

行业关注与研究的重点之一。在理论认知层面，一系列智慧技术对城市空间与人之间的互动方式产生了颠覆性影响和数字化重塑。已有研究高度重视智慧技术对于城市空间与居民行为活动的重塑作用，思考未来城市公共开敞空间中不同类型场景的交互新模式与内在逻辑。而新技术背景下公共开敞空间的测度与分析手段更加多元，不同手段在针对的尺度范围、数据的精度与粒度、聚焦的要素对象等方面具有一定的互补性，给公共开敞空间的相关研究带来新的机遇。在设计实践层面，不同社会主体进行了多元化的广泛探索尝试，注重智能交互功能与智慧技术的应用。智慧技术增强了既有公共开敞空间及设施的环境信息采集、分析、评估、模拟、建造、绩效评估和可视化等多个阶段，以满足不断变化的公众需求。然而，针对城市公共开敞空间内智慧化设计方面的研究大多以个案分析为主，缺乏系统性的研究与深入剖析，且对于我国既有智慧化设计实践落地后实际使用的分析评估仍然较为匮乏，后续此方面的具体深入研究仍有较大空间。

第 3 章 城市公共开敞空间智慧化设计现状特征研究

3.1 研究对象与方法框架

3.1.1 研究对象

研究聚焦城市公共开敞空间的智慧化设计，即运用到智慧化技术、理念或设施的城市公共开敞空间设计，其往往能较好地反映技术应用以及空间与人行为活动交互的新趋势（李伟健 等, 2023）。同时，研究力求为当下及近未来（10 年内）的设计实践提供启示，除了城市公共开敞空间外，部分具有较高可拓展性的园区、综合体或展厅内部公共空间的智慧化设计案例也被纳入。仅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设计案例则不包含在研究对象内。

3.1.2 方法框架

研究在量化案例借鉴研究相关方法框架的基础上（甘欣悦和龙瀛, 2018），提出更适用于智慧化公共开敞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 3.1）：第一步，在明确案例研究对象的具体范围后，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、场景效能要素），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。鉴于对于城市公共开敞空间定义不尽相同（陈竹和叶珉, 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城市公共开敞空间智慧化设计的特征进行针对性细化。

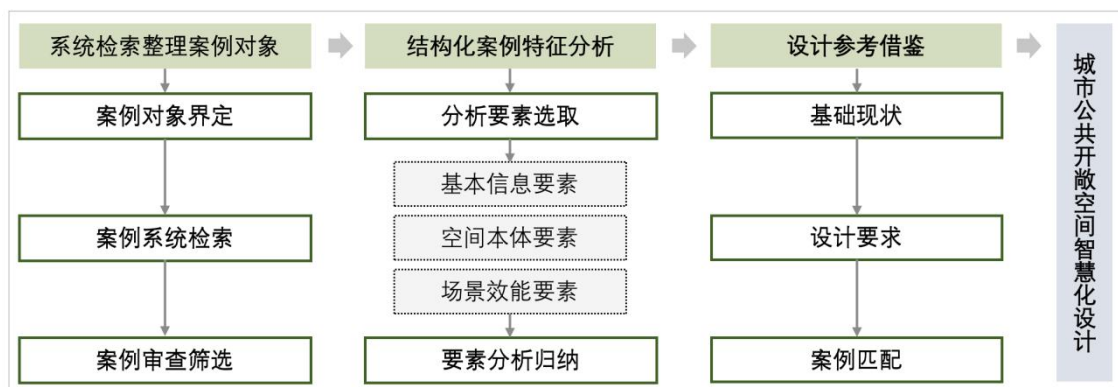


图 3.1 系统性案例研究框架

资料来源：作者自绘

3.2 数据来源与处理

3.2.1 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、gooood、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 月至 2021 年 12 月间逐步开展。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。

3.2.2 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开敞空间设计

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），未运用到智慧化技术、理念或设施的案例，与既定空间类型有较大差异的案例，以及过于科幻、短期不可实现将被逐步剔除，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 3.2)。由于案例库期望对当下及近未来的设计与建设有直接的借鉴与启发意义，因此以建成落地的实际案例为主（占比 90%），概念设计型案例为辅（占比 10%）。

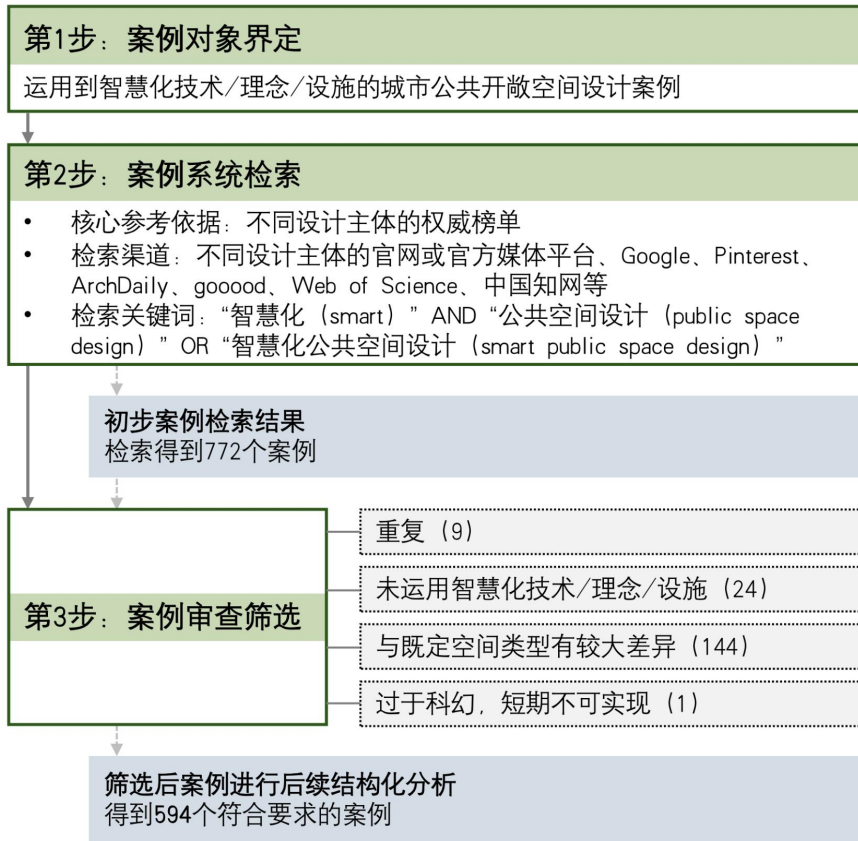


图 3.2 系统检索整理案例对象的流程示意

资料来源：作者自绘

3.3 结构化案例特征分析

传统上城市公共开敞空间案例研究多从空间的布局类型、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(沈媵和张尚武, 2019; 杨震, 于丹阳和蒋笛, 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)、空间本体

要素（如规模尺度、主要依托的空间要素载体）以及场景效能要素（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 3.1）。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 3.1 结构化案例特征分析所选取的分析要素

资料来源：作者自绘

	序号	该案例在案例库中的序号
基本信息要素	案例名称	设计案例的名称
	核心设计主体	对应设计主体（核心）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（4/5G）、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
	空间本体要素	规模尺度
主要依托的空间要素载体		包含自然环境载体、建成环境载体、城市家具/设施载体中的具体要素
场景效能要素	主要作用效果	设计案例对周边区域起到的作用，包含美化环境形象、增强互动参与、保障健康安全、提供便民服务、优化交通出行、绿色能源生态
	次要作用效果	
	应用场景	不同作用效果下更具体的应用场景

3.3.1 基本信息要素特征分析

(1) 核心设计主体分析

设计主体的类型与数量可反映不同社会力量对城市公共开敞空间智慧化设计领域的关注与探索，将不同案例的核心设计主体名称汇总进行词云分析（图 3.3），可以发现将智慧技术、理念或设施与传统公共开敞空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

(2) 提出时间分析

案例库中最早的城市公共开敞空间智慧化设计出现在 2000 年初，初期的设计案例大多以公共开敞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开敞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开敞空间功能形态及人群的行为活动当中，丰富了公共开敞空间的使用场景，重塑了人与空间的交互方式，使得公共开敞空间更加开放、活跃与高效（张恩嘉和龙瀛，2020）。受限于新冠肺炎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 3.5）。

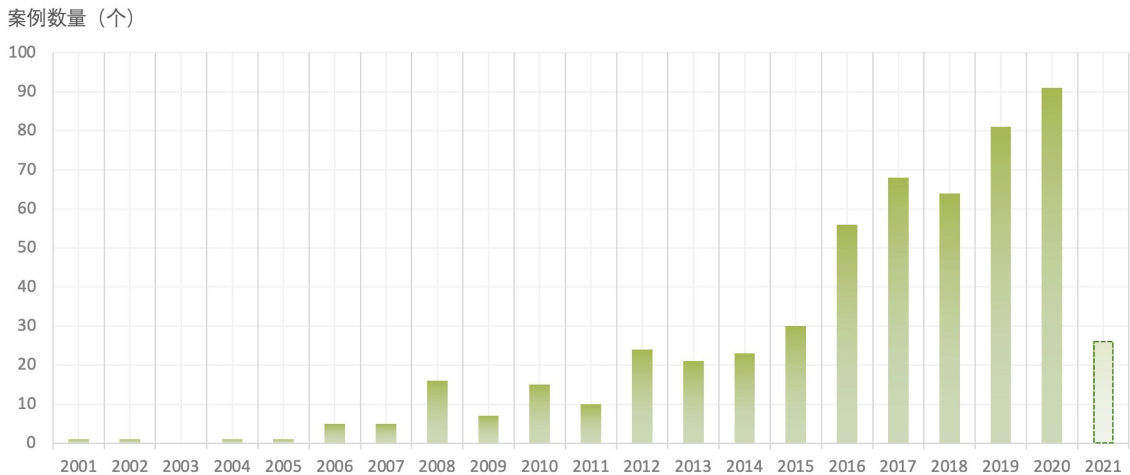


图 3.5 不同年份提出的案例数量

资料来源：作者自绘

(3) 智慧技术要素特征分析

智慧技术是城市公共开敞空间智慧化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着空间与人群行为活动需求的转型。同时，相较于工作、生产、交通等其他城市功能场景中的技术，城市公共开敞空间中所涉及到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技术进行归类与部分合并（图 3.6），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开敞空间意象与氛围营造仍是当下智慧化公共开敞空

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。

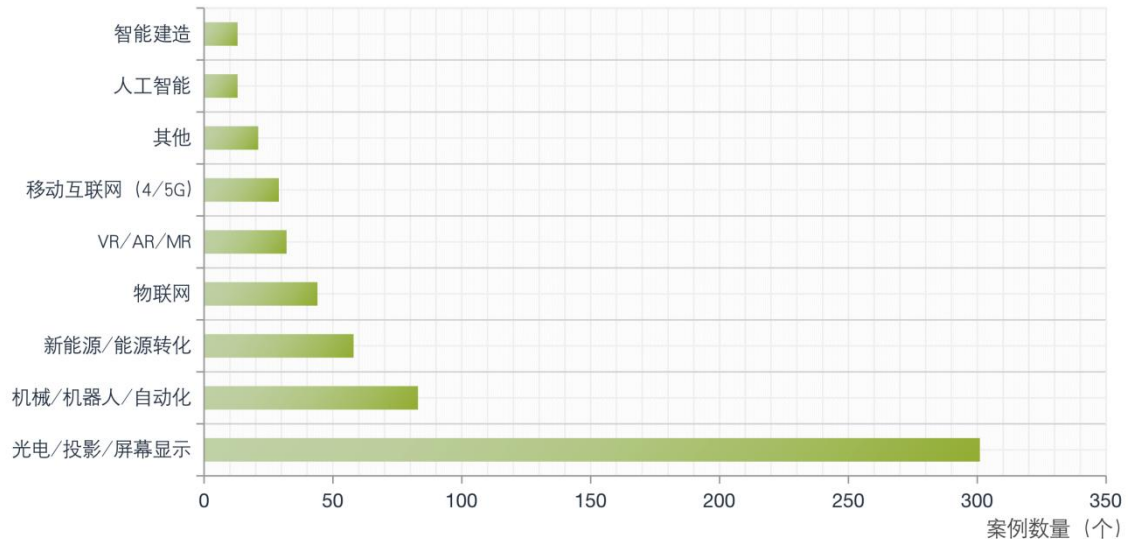


图 3.6 设计案例主要依托的智慧技术

资料来源：作者自绘

3.3.2 空间本体要素特征分析

城市公共开敞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 3.7 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。

规模尺度根据城市公共开敞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多，这也侧面体现出作为公共开敞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。

智慧化公共开敞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括植被、

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多的比例。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。



图 3.7 设计案例的规模尺度及主要依托的空间要素载体

资料来源：作者自绘

3.3.3 场景效能要素特征分析

根据智慧化公共开敞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 3.8）。



图 3.8 设计案例的不同作用效果示意^①

资料来源：网络

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 事务所利用编程序控制的动态立面来进行建筑形象提升。此外，部分城市公共开敞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城市公共开敞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。例如城市公共开敞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，可以通过城市公共开敞空间内居民友好型、可互动反馈的噪音、空气质量监测、

^① 图 3.8 中的 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>

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。另一方面，智慧技术的集成可以丰富完善现有城市公共开敞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。

在实际的城市公共开敞空间智慧化设计与实践中，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 3.9），可以看出增强互动参与以及美化环境形象两个维度有显著更高的占比，对于保障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，当下城市公共开敞空间智慧化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。

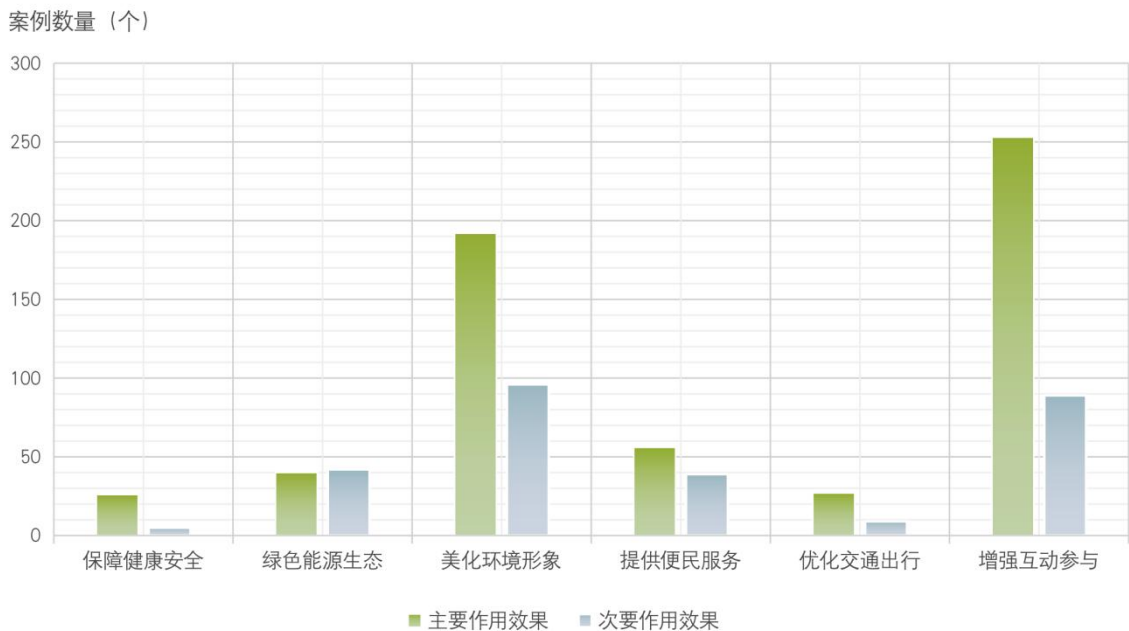


图 3.9 设计案例的主要及次要作用效果

资料来源：作者自绘

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 3.10）。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城市公共开敞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）占据了最多的比例。不同场景的应用差异也为未来的智慧化公共开敞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开敞空间造成冲击，使其空间活力下降的同时，也有部分公共开敞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（张恩嘉和龙瀛，2022）。一方面，通过 APP 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，实体公共开敞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，这也为未来的公共开敞空间设计提供多样化的可能。

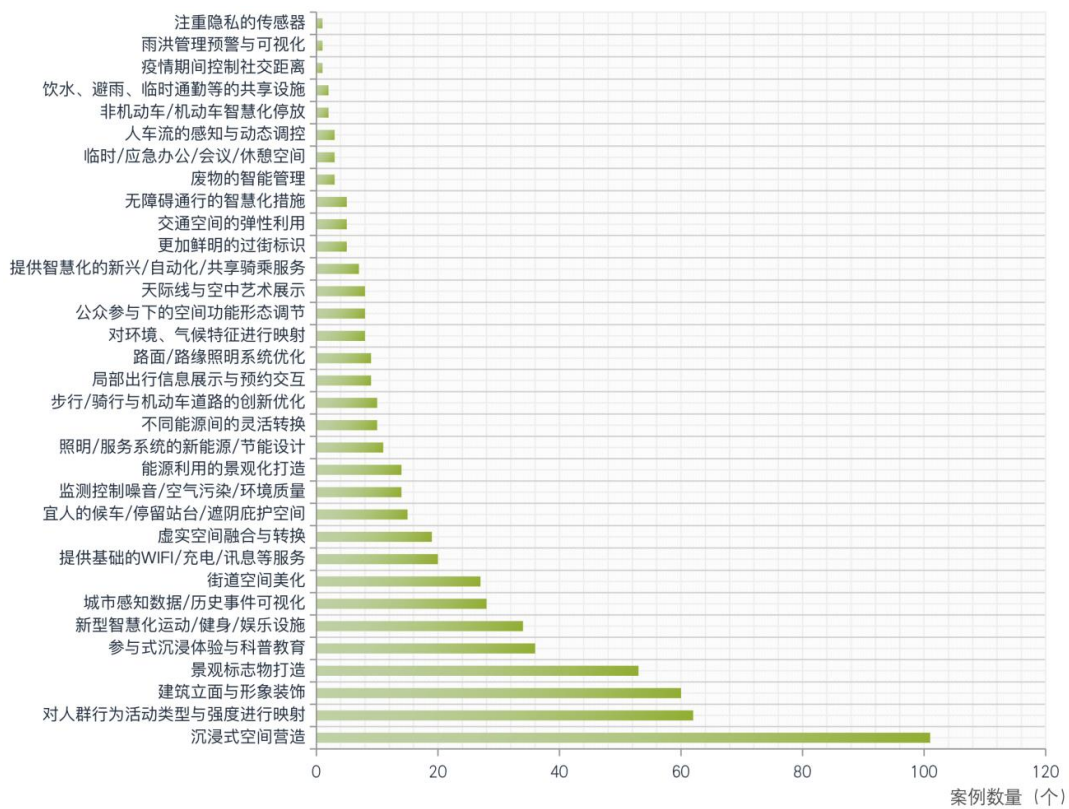


图 3.10 设计案例的典型应用场景

资料来源：作者自绘

3.4 城市公共开敞空间智慧化设计现状特征总结

智慧技术对城市公共开敞空间的使用及设计带来巨大冲击，为增强对城市公共开敞空间的理解并为其智慧化设计提供路径参考，本章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、空间本体要素及场景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开敞空间设计的规律特征。结果表明，智慧化公共开敞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开敞空间设计与分析研究提供进一步支持。


在系统检索整理案例对象及结构化案例分析后，城市公共开敞空间智慧化设计的案例库得以构建。部分案例已在北京国际设计周专题网站以动态更新的栏目形式对外开放共享，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（图 3.11）。



图 3.11 北京国际设计周专题网站

资料来源：<https://www.futurecities.org.cn/projects>

Field of Light



2016 年

应用国家：澳大利亚	规模尺度：街区
核心设计主体：Bruce Munro	空间要素载体：草坪
主要作用效果：美化环境形象	智慧技术：光电/投影/屏幕显示
次要作用效果：增强互动参与	应用场景概括：沉浸式空间营造
是否建成：建成落地	参考： https://www.brucemunro.co.uk/work/field-of-light/

Field of Light (光之场) 创造了一片被照亮的土地，就像干旱沙漠中休眠的种子，在黄昏的时候以及炽热的星光下，随着柔和的光线绽放。

更多

- 增强互动参与
“近月点”互动投影
- 增强互动参与
巨型仓鼠轮
- 美化环境形象
可转换遮阳伞

续图 3.11 北京国际设计周专题网站^①

资料来源：<https://www.futurecities.org.cn/projects>

^① 专题网站包含案例库中 152 个典型案例，专题网站为电脑 PC 端与手机移动端访问进行了适配，访问地址为：<https://www.futurecities.org.cn/projects>

第4章 城市公共开敞空间智慧化设计使用研究

4.1 研究对象与方法框架

4.1.1 研究对象

为了进一步对城市公共开敞空间智慧化设计的实际使用进行有效评估，研究将选取已经建成落地的城市公共开敞空间智慧化设计方案进行系统性观察研究。北京市是中国城市化发展程度最高、最具有代表性的城市之一，其拥有较高的人口密度以及集中的文化和休闲娱乐活动设施，诸如智慧公园、智慧社区、科技园区等与新兴技术结合打造的城市空间单元丰富多样。因此本研究选取了北京市作为城市开敞空间智慧化设计使用评估的研究范围。

研究对象选取方面，重点关注运用到智慧化技术、理念或设施的城市公共开敞空间对象。从小红书、微博、大众点评、美团等社交媒体平台、甲板智慧等领域内专业公司官网 (dreamdeck.cn) 以及中国知网等文献平台对北京市内的公共开敞空间智慧化设计案例进行多元与系统检索。为保证研究对象的代表性与典型性，筛选保留已完全建成落地、开放使用且有一定使用规模与网络评价热度的样本作为初步的研究对象。初步筛选后的研究对象涵盖城市公园、街道广场以及社区等多种不同的空间类型，能够较好地代表北京市公共开敞空间智慧化设计的现实状况，具体包括海淀公园、龙湖 G-PARK 科技园、温榆河公园·未来智谷等 (表 4.1)。

表 4.1 北京市典型的公共开敞空间智慧化设计场地

资料来源：作者自绘

案例对象	位置	公共开敞空间类型
海淀公园	海淀区	公园
龙湖 G-PARK 科技园	海淀区	公园
温榆河公园·未来智谷	昌平区	公园
大运河森林公园	通州区	公园
奥林匹克森林公园	朝阳区	公园
玉渊潭公园	海淀区	公园
西单体育游园	西城区	公园

续表 4.1 北京市典型的公共开敞空间智慧化设计场地

案例对象	位置	公共开敞空间类型
中关村软件园	海淀区	产业园区
亮马河滨水区	朝阳区	滨水
金融街	西城区	街道
望京小街	朝阳区	街道
751D.PARK 北京时尚设计广场	朝阳区	广场
“井点一号”小微空间	朝阳区	社区空地
昌盛园社区	昌平区	社区空地


在对既有的研究对象场地进行正式调研前，进一步通过多次预调研的形式对其真实的空间场所特征与使用现状进行确认，确保所选场地满足后续研究要求。由于智慧化设施或要素的布置数量与密度较低，以及疫情、气候或运行成本等因素影响下智慧设施长期关闭等原因筛选掉其中的部分场地（表 4.2）。

表 4.2 预调研筛选掉的部分场地

资料来源：作者自绘

场地	简介	主要的智能化设施	现场图片	现状及问题
金融街	位于北京西城区，紧邻地铁阜成门站，仅有 100 米长、3 米宽。通过多种智能化设施改造后，成为城市街区中多元人群均可参与的积极公共开敞空间	<p>智能竞速跑道 (可显示跑步速度，跑步过程地面灯带可互动)</p> <p>智能虚拟骑行 (通过骑行参与屏幕中的互动游戏，游戏结束后可查看骑行时长、速度等信息)</p> <p>智能分类垃圾桶 (可通过按钮触控 9 自动开启对应类别的垃圾桶盖)</p>	  	在 2022 年 12 月 11 日、12 月 30 日及 2023 年 02 月 11 日的日间与夜间多次预调研过程中，智能竞速跑道、智能虚拟骑行均未正常运行，核心的智能化功能无法使用


续表 4.2 预调研筛选掉的部分场地

场地	简介	主要的智慧化设施	现场图片	现状及问题
中关村软件园	<p>位于北京西二旗，汇聚了大量出色的科技企业，每天有 10 万余程序员与白领在这里工作。园区以跑步和打卡记录为主题进行了智慧化升级，将智慧设施与建筑、景观、交通综合规划，打造未来户外智慧生活场景</p>	<p>智能马拉松打卡杆 (可显示跑步速度、打卡识别个人身份)</p> <p>智能导览屏幕 (可提供园区介绍、显示实时人流车流与地图导览等)</p> <p>智慧交通 (无人巴士、无人外卖车、无人扫地车)</p>		<p>园区内智慧设施的密度总体较低，户外活动人流量较低，对于智慧化设施的交互使用较少。2022 年 12 月 11 日、12 月 30 日不同时段的多项预调研过程中，智能马拉松打卡杆及智能导览屏幕均处于关闭状态。部分核心跑道区域被无序停放的共享单车侵占</p>

续表 4.2 预调研筛选掉的部分场地

场地	简介	主要的智慧化设施	现场图片	现状及问题
望京小街	望京小街经过提升改造工程后，成为融合商业、餐饮、创意办公、公共广场，以及艺术装置、展览空间和文创步行街于一体的新型城市空间。自 2020 年 8 月开放以来，小街已经成功举办了近百场车展、时尚秀场、体育活动以及日常娱乐展览	<p>手势互动喷泉 (可通过感应手位置的高低来控制喷泉水柱的高低)</p> <p>交互水幕 (可将特定文字或图案以水幕的形式呈现)</p> <p>智能分类垃圾桶 (可通过语音交互控制不同类型垃圾桶盖开合)</p>		<p>在 2021 年 4 月 17 日以及 2022 年 10 月 26 日的多次调研过程中，发现场地内人流量总体较大，智慧设施部分提升了场地活力与活动丰富度。但公众对于智慧设施的交互参与程度有限。部分设施如手势喷泉在实际使用时存在感应不灵敏等问题，影响参与使用</p>

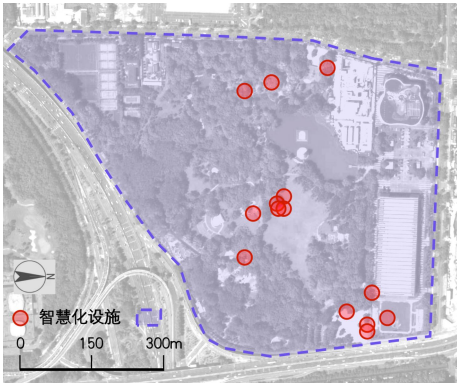
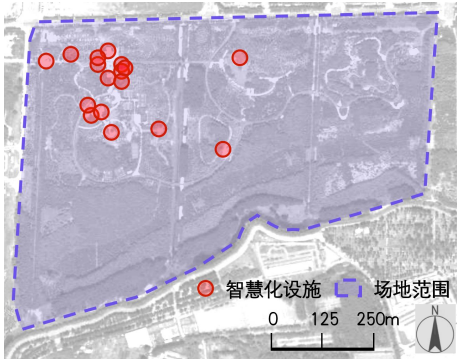
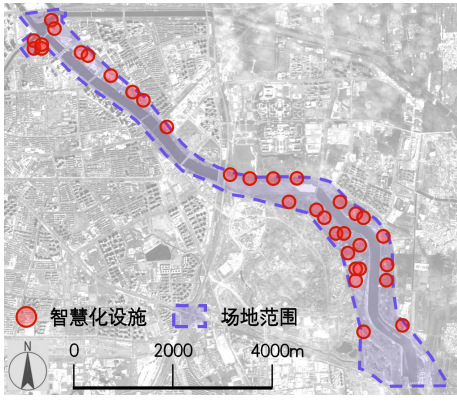
续表 4.2 预调研筛选掉的部分场地

场地	简介	主要的智慧化设施	现场图片	现状及问题
<p>龙湖 G-PARK 科技园</p>	<p>位于北京海淀中关村环保科技园，甲板智慧等公司打造了一个独具创意的科技公园，探索景观与科技的结合，为科技园的员工打造创新的工作环境</p>	<p>珍珠跳跳泉 (应用物联网技术，集电地板结合水景装置使得水珠高度根据踩踏力量不同变化)</p> <p>智能音乐琴弦 (模拟“拨弦”动作感应公众手部移动，发出对应音调的声音)</p> <p>智慧交互屏幕 (公众可浏览操控园区 3D 模型，并可看到集电地板的发电量与效益)</p>		<p>2021 年 4 月 17 日前往预调研，园区内智慧化设计体系较为完备，智慧设施种类丰富，公众参与交互体验较佳，但公园已移交至街道管理，在 2022 年 11 月处于关停状态，对外开放性有限</p>

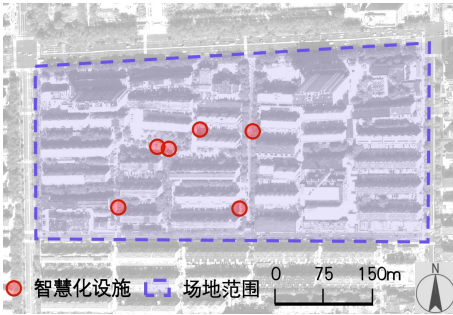
最终，结合调研场地开放状况、智慧化设施的布置与使用状况等方面的具体评估，选取海淀公园、温榆河公园·未来智谷、大运河森林公园、昌盛园社区作为后续深入调研的对象（表 4.3）。4 处调研场地分布于海淀区、昌平区、通州区不同区域（图 4.1），涵盖公园、社区等不同空间类型，具有一定的代表性。

表 4.3 最终确定的调研场地

资料来源：作者自绘

场地	占地面积	简介	平面图
海淀公园	34 公顷	作为 AI 科技主题公园，在互动科普、便民服务、智慧管理等方面进行了创新升级	
温榆河公园·未来智谷	49 公顷	位于昌平区内的未来科学城东区，是北京市的首个“碳中和”主题公园	
大运河森林公园	713 公顷	位于北京城市副中心的核心位置，是大运河文化带的重要节点。通过多种数字技术手段，将“虚实结合”游览体验贯穿整个景区	

续表 4.3 最终确定的调研场地

场地	占地面积	简介	平面图
昌盛园社区	22公顷	位于昌平区城南街道，是一座建设于上世纪90年代的开放式社区。在智慧化更新改造的过程中，利用智慧互动装置在有限的空间内为社区内的不同人群提升趣味性	

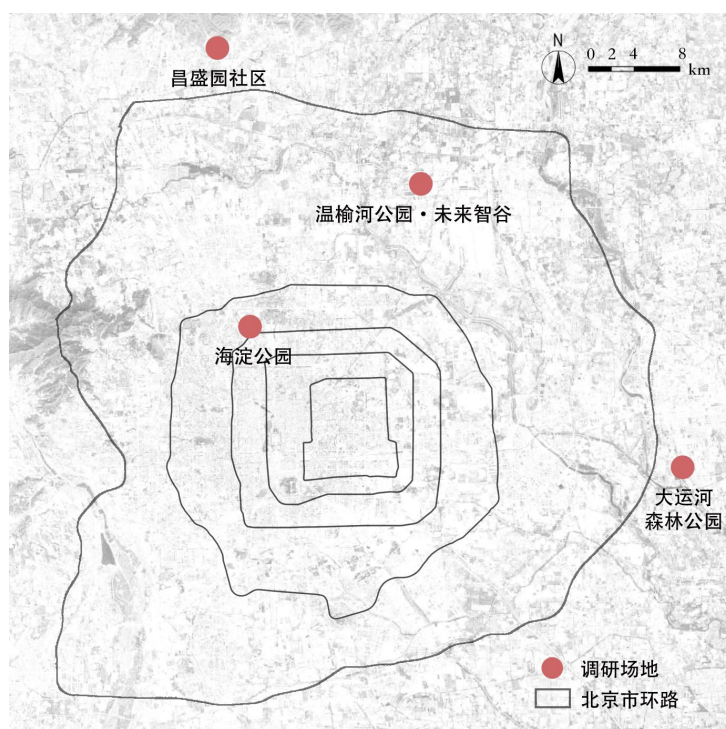


图 4.1 最终调研场地分布

资料来源：作者自绘

4.1.2 方法框架

研究在 PSPL 调研法的基础上，结合研究对象与调研需求进行了针对性匹配，对北京市 4 处调研场地内的公共开敞空间智慧化设计的基本现状、空间特征及具

体使用评估进行多维度调查与分析，并结合部分智慧化设施的运营数据对其使用进行辅助性评估分析，具体的研究框架如图 4.2 所示。

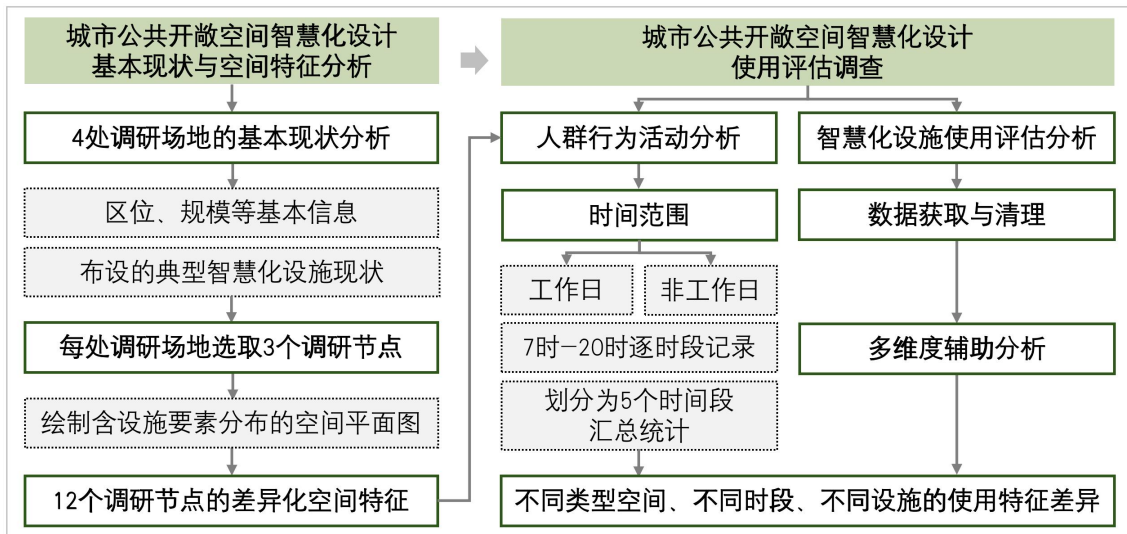


图 4.2 城市公共开敞空间智慧化设计使用研究框架

资料来源：作者自绘

(1) 城市公共开敞空间智慧化设计的基本现状与空间特征分析

研究首先对调研场地的区位条件、场地规模等基本信息进行调查，并对场地内所布设的主要智慧化设施要素的种类、功能、运行及使用状况进行核查，作为后续调研与系统分析的基础信息。由于不同调研场地的规模尺度、空间布局差异较大，场地内的智慧化设施要素布置数量与分布不均，为保证不同调研对象间的可比性，在每处调研场地内选取 3 个具有典型代表性的智慧化设计空间节点进行深入调研。调研节点的选取要求规模尺度相近，涵盖休闲游憩广场、通行廊道等不同的空间类型，且场地内包含有智慧化设施要素及传统设施要素，能容纳多种不同类型的功能活动。在此基础上，对不同调研节点的平面布局与空间设施要素进行具体分析刻画，进而总结出不同调研节点间的差异化空间特征。

(2) 城市公共开敞空间智慧化设计的使用评估调查

研究主要通过动态照片拍摄的方式记录不同场地调研节点内人群的行为活动特征，对其性别、年龄段、活动位置分布及活动类型（包括是否使用智慧化设施等）进行分析。每处调研场地的调研时间包含工作日与非工作日两个完整日，每个完整日对不同调研节点进行逐小时观察记录，每个小时内依次记录不同调研节点各 10 分钟的行为活动数据作为抽样，最终将每日分为 5 个时间段对逐小时数据进行汇总，分别为早晨（7:00~9:00）、上午（9:00~12:00）、中午（12:00~14:00）、

下午 (14:00~18:00) 以及夜间 (18:00~20:00) , 以表征不同时段内的空间使用特征差异。此外, 研究亦通过与甲板智慧公司合作获取的公共开敞空间内智能化设施的运营数据辅助对于人群使用的评估分析。

4.2 调查实验流程与数据处理

(1) 通过预调研确定不同场地内的调研节点

研究首先通过数次预调研, 对海淀公园、温榆河公园·未来智谷、大运河森林公园、昌盛园社区内智能化设施的基本现状与场地空间特征进行排查, 依据空间类型、所含设施及人群行为活动现状确定每个调研场地内 3 个代表性调研节点的具体范围。由于 iPhone 12 Pro Max 手机配备有 LiDAR 激光雷达传感器, 可以以厘米级精度对场地空间要素进行测距, 研究使用 iPhone12 Pro Max 手机上的 3D Scanner 应用 APP, 借助激光雷达传感器对调研节点进行三维扫描与自动化建模, 便于后期对场地空间布局进行精准刻画 (图 4.3) 。

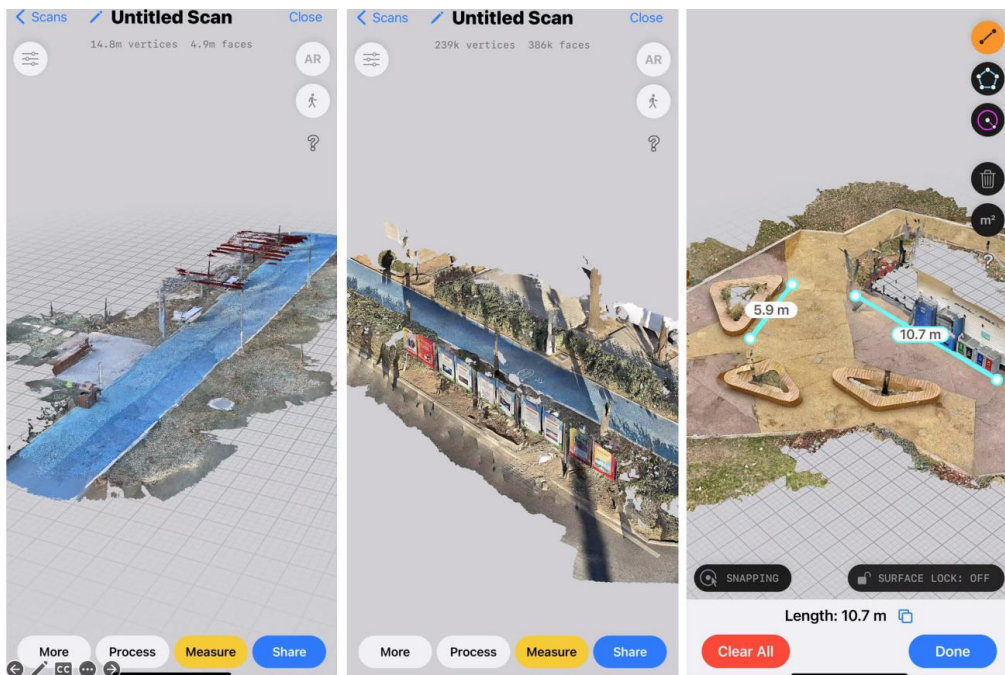


图 4.3 对调研节点进行三维扫描与精细化建模

资料来源: 3D Scanner 应用 APP 截图

(2) 正式调研记录调研节点内的人群行为活动

在现场调研的过程中, 面对调研场地内不同时段数量众多、种类各异的人群与对应的瞬时行为活动, 依靠调研人员个人往往难以及时地记录下完整、详尽的

空间与行为活动信息。与之相比，依托拍摄的图像数据往往可以进行更加高效且不受时空限制的虚拟审计识别，有效提升城市空间研究效率（Bader et al., 2015; Quinn et al., 2016）。研究使用 iPhone 12 Pro Max 手机系统相机内置的“实况照片”功能进行动态照片的拍摄，记录拍照瞬间前后 1.5 秒内的持续画面和音频。与传统静态照片相比，其可以更加完整地记录场地内人群的行为活动的过程，提升后期人工审计对于场地内人群行为活动类型（如是否参与智慧化设施使用）识别的准确度（图 4.4）。



图 4.4 动态照片原理示意

资料来源：作者自绘

对海淀公园（2022 年 10 月 30 日，周日，多云；11 月 9 日，周三，多云）、温榆河公园·未来智谷（2022 年 11 月 12 日，周六，晴；2023 年 1 月 13 日，周五，晴）、大运河森林公园（2022 年 12 月 25 日，周日，晴；2023 年 1 月 6 日，周五，晴）、昌盛园社区（2022 年 12 月 21 日，周三；12 月 24 日，周六，晴）4 处调研场地内的共计 12 个调研节点进行正式调研，记录涵盖非雨雪天气的工作日与非工作日，每日 7 时至 20 时的逐时段抽样信息。最终针对调研节点内的人群行为活动累计拍摄 3,864 张动态照片（图 4.5）。此外，从甲板智慧公司获得部分智慧化设施的运行数据，包括 380,309 条智能垃圾桶运行数据（时间为 2020 年 7 月至 2022 年 11 月）、202,412 条智能马拉松打卡杆数据（时间为 2020 年 11 月至 2022 年 11 月）以及 16,966 条数据智能运动互动屏幕（时间为 2021 年 9 月至 2022 年

11月)。



图 4.5 针对调研节点人群行为活动拍摄的部分动态照片

资料来源：作者自摄

(3) 数据处理分析

使用 3D Scanner 应用 APP 导出所扫描的调研节点的平面图，在其基础上对图像进行人工校正与优化，修复由于扫描合成所产生的个别图形畸变，绘制为完整与规范的空间平面图，用于后期对节点内人群行为活动的种类及数量分布进行空间注记与统计。在人群行为活动方面，将所拍摄的动态照片中的每一个人视为一个样本，识别并标注其性别、年龄段、活动类型（即是否参与智慧化设施使用）、活动位置等信息，在 QGIS 中汇总于不同调研节点的平面图上。此外，对于甲板智慧公司提供的智慧化设施运行数据进行一定的清洗与整理，剔除与调研场地及对象相关性较弱或无效的数据，并将每条运行数据的时间序列信息进行拆分，提取其使用的年、月、日及具体的时间日期，以便于进行后续的深入分析。

4.3 北京市公共开敞空间智慧化设计的现状特征

4.3.1 北京市公共开敞空间智慧化设计的基本现状

(1) 海淀公园

海淀公园位于北京市海淀区新建宫门路，于 2003 年 9 月建成并向社会开放。

公园占地面积约 34 公顷，建有不同类型的公共景区。2018 年海淀区政府着力为海淀公园塑造科技主题，在园区内增设了多种智慧化交互体验项目，进一步提升公园的精细化管理能力，并为周边公众提供充满趣味性的科技体验。目前，海淀公园内拥有类型丰富、数量众多的智慧化设施，提供包括信息导览、运动健身、娱乐交互、科普体验等多种功能服务，大部分设施均处于开放运行状态，设施质量较好，日常被使用频率较高，可部分满足周边不同年龄段居民及游客的休闲与游憩需求（表 4.4）。

表 4.4 海淀公园内的典型智慧化设施

资料来源：作者自绘

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
智能导览屏幕		依托于语音识别技术，以数字大屏为基础，将公园内的所有服务设施集中在互动屏幕上进行直观展示与路线导览，并设有语音介绍和播报	开放运行 质量较好
智能马拉松打卡杆		在公园步道的起点、中间点、终点设置，公众在完成注册后通过人脸识别即可自动对步道内的运动数据进行记录	开放运行 质量较好 人脸识别需要停留一定时间才可以完成
智能健身交互屏幕		屏幕刷脸可获取个人运动数据。包括单圈最快速度、累计运动时长、累计运动里程排行榜等数据，此外可进行运动教学	开放运行 质量较好

续表 4.4 海淀公园内的典型智慧化设施

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
智能存储柜		基于人脸识别进行个人物品的便捷存储与取用	开放运行 质量较好
互动琴键		被踩下的琴键会发光并发出对应声音	开放但未运行，无法发光和发声 质量较好
智能分类垃圾桶		可通过语音或按钮控制实现不同类型垃圾的智能投放以及科普	开放运行 质量较好
电音互动台		可通过移动设备播放音乐，操作台上有一系列调节音量、音效与节奏的按钮，将DJ舞台与即兴音乐、舞蹈与娱乐社交相结合	开放运行 质量较好
未来空间主题展览		未来空间定期以主题展览的形式面向公众开放，室内包含AR、VR等一系列智能化交互娱乐设备，可通过虚拟形象在数字孪生的公园中进行游览体验	开放运行 质量较好

续表 4.4 海淀公园内的典型智慧化设施

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
智能语音亭		智能语音亭搭载了对话式人工智能操作系统, 游客可与智能亭进行交流互动, 体验影音娱乐、信息查询、聊天休闲等多种功能	开放运行 语音交互的灵敏度仍有提升空间
智能座椅		可提供智能加热、无线及 USB 充电以及蓝牙音响播放功能	开放运行 智能加热、无线充电与蓝牙音响播放功能间歇性不灵敏
智能运动互动屏幕		包含切水果、太极教学等互动功能, 屏幕实时显示场地内人群影像, 公众可结合 AR 显示进行趣味化的交互娱乐活动	开放运行 质量较好
无人驾驶小巴		在海淀公园内 2 个固定站点间往返, 公众可通过手机预约体验	开放运行 质量较好

(2) 温榆河公园·未来智谷

温榆河公园位于朝阳区、顺义区和昌平区的交汇处, 是北京市重要的生态走廊与防洪通道。未来智谷位于温榆河公园西北部并坐落于未来科学城东区, 是温榆河公园的重要组成部分, 占地面积约 49 公顷。在碳中和的主题下, 未来智谷建设了系列交互景点与体验设施。当前园区的智慧化设施重点突出且质量较高。结

合沉浸式场景体验与交互以及手机扫码获取积分的游园系统，园区向公众开展低碳科普教育宣传，引导绿色出行与生活方式（表 4.5）。

表 4.5 温榆河公园·未来智谷内的典型智慧化设施

资料来源：作者自绘

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
碳立方主题雕塑		主题雕塑利用 60 个立方体造型的装置或屏幕组合来体现中国 2060 年前实现碳中和的决心	开放运行 质量较好
电动小巴		通过参与园区内不同的游戏或科普答题活动积攒的积分可兑换电动小巴一段时间的使用权，用于园区内低速驾驶体验	开放运行 质量较好
立方环绕屏幕		无缝环绕屏幕，提供园区介绍及科普信息，公众可在此通过“捐赠”微信步数等方式参与公益互动	开放运行 质量较好
智能虚拟骑行		通过骑行参与屏幕中的互动游戏，结束后可查看骑行时长、里程、速度以及消耗卡路里、最大心率等信息	开放运行 质量较好 但在 2023 年 1 月 13 日发现一台骑行设施故障，处于维修状态

续表 4.5 温榆河公园·未来智谷内的典型智慧化设施

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
AI 科普机器人		<p>包含多种交互游戏，公众通过拍击不同位置的屏幕来参与游戏反馈，获得积分</p>	<p>开放运行 质量较好</p>
智能运动互动屏幕		<p>包含多种互动科普游戏，屏幕实时显示场地内人群影像，结合 AR 技术可进行趣味化的交互娱乐活动，适用于多人同时使用</p>	<p>开放运行 质量较好</p>
智能健身交互屏幕		<p>屏幕刷脸可获取个人运动数据。包括运动速度、累计运动时长、累计运动里程排行榜等数据</p>	<p>开放运行 质量较好</p>
AI 音乐科普互动装置		<p>模拟“拨弦”动作感应公众手部移动，发出对应音调的声音</p>	<p>开放运行 质量较好</p>
智能分类垃圾桶		<p>运用语音识别技术、物联网技术与垃圾分类标准相结合，通过智能云端的分析计算和控制，指导垃圾正确投放</p>	<p>开放运行 质量较好 冬季降雪后易结冰需要定期维护</p>

续表 4.5 温榆河公园·未来智谷内的典型智慧化设施

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
AR 望远镜		结合 AR 技术，将实景与虚拟要素结合，提供游戏娱乐与科普教育等交互功能	开放运行 质量较好
语音科普机器人		游客可通过碳知识题目的回答换取一定的碳积分	开放运行 质量较好
智能售货机		游客可通过在公园内积攒的碳积分换取购物优惠	开放运行 质量较好
智能座椅		可提供智能加热、无线及 USB 充电以及蓝牙音响播放功能	开放运行 质量较好 冬季降雪后易结冰需要定期维护

(3) 大运河森林公园

大运河森林公园，即北京（通州）大运河文化旅游景区，位于北京城市副中心的核心位置，是大运河文化带的重要节点，占地面积约 713 公顷。大运河森林公园中的“Hi Bro 运动场”通过一系列智慧化设施与传统景区空间的结合，为参


与者提供了从体测到热身，从运动中到运动后的全流程科学指引。在即时语音和同步画面引导下，让缺乏运动经验甚至零经验的初学者也能科学地参与其中。场地内智慧化设施分布集中，主题鲜明，运行质量较好且被使用频率较高（表 4.6）。

表 4.6 大运河森林公园内的典型智慧化设施

资料来源：作者自绘

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
智能体质监测		能全面监测包括 BMI、体脂率、心率、反应灵敏度等身体状况	开放运行 质量较好
智能运动互动屏幕		包含广场舞、切水果、太极等多种互动游戏，屏幕实时显示场地内人群影像，结合 AR 技术可进行趣味化的交互娱乐活动，适用于多人同时使用	开放运行 质量较好
智能健身魔镜		结合 AR 技术为公众提供多种模式的热身瑜伽锻炼指导与教学	开放运行 质量较好
智能健身交互屏幕		屏幕扫码可获取个人运动数据。包括运动速度、累计运动时长、累计运动里程排行榜等数据	开放运行 质量较好

续表 4.6 大运河森林公园内的典型智慧化设施





典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
智能马拉松打卡杆		公众在完成注册后通过人脸识别即可自动对步道内的运动数据进行记录	开放运行 质量较好
智能虚拟骑行		通过骑行参与屏幕中的互动游戏，游戏结束后可查看骑行时长、里程、速度以及骑行者消耗卡路里、最大心率等信息	开放运行 质量较好
智能导览屏幕		依托于语音识别技术以数字大屏为基础，将公园内的所有服务设施集中在互动屏幕上进行直观的展示与路线导览，并设有语音介绍和播报	开放运行 质量较好

(4) 昌盛园社区

昌盛园社区位于昌平区城南街道，是建设于上世纪 90 年代的开放式社区，占地面积约 22 公顷。该社区曾经是私搭乱建、环境杂乱投诉最多的三无老旧社区，公共区域常年处于无人维护修缮的状态，环境质量亟待改善。在进行社区更新改造的过程中，社区同步考虑了对于传统空间与设施的智慧化升级改造，虽然新增的智慧化设施数量有限，但仍然提供了体质监测、运动健身、便民服务及科普互动等服务功能（表 4.7），在有限的空间内丰富了社区居民日常生活与行为活动的方式，提升了社区综合空间品质与服务质量。

表 4.7 昌盛园社区内的典型智慧化设施

资料来源：作者自绘

典型的智慧化设施	图片	功能简介	运行及使用状况
智能体质监测		<p>能全面监测包括 BMI、体脂率、心率、反应灵敏度等身体状况。此外可推荐运动计划，跑步时可通过 AI 人脸识别记录瞬时速度及排名</p>	<p>开放运行 质量较好</p>
智能虚拟骑行		<p>通过骑行参与屏幕中的互动游戏，游戏结束后可查看骑行时长、里程、速度以及骑行者消耗卡路里、最大心率等信息</p>	<p>开放运行 质量较好</p>
智能座椅		<p>可提供智能加热、无线及 USB 充电以及蓝牙音响播放功能</p>	<p>开放运行 质量较好</p>
AI 科普机器人		<p>通过唤醒词唤醒机器，对科普问题进行回答。点击显示屏，进行科普讲解；拍击小牌子可进行详细介绍</p>	<p>开放运行 质量较好</p>

4.3.2 北京市公共开敞空间智慧化设计的空间特征

(1) 海淀公园

海淀公园内的智慧化设施分布较为分散，预调研后根据空间场地类型的差异，选取了入口廊道（编码为“A1”，下文同）、游憩广场（A2）及休闲庭院（A3）3处场地作为后续跟踪调研的空间节点（图4.6）。其中入口廊道以公园进出及跑步健身行为为主，游憩广场以智能运动互动屏幕前的游憩互动及临时停歇行为为主，休闲庭院位于公园深处，适合于较为静谧的休憩与独处行为（表4.8）。

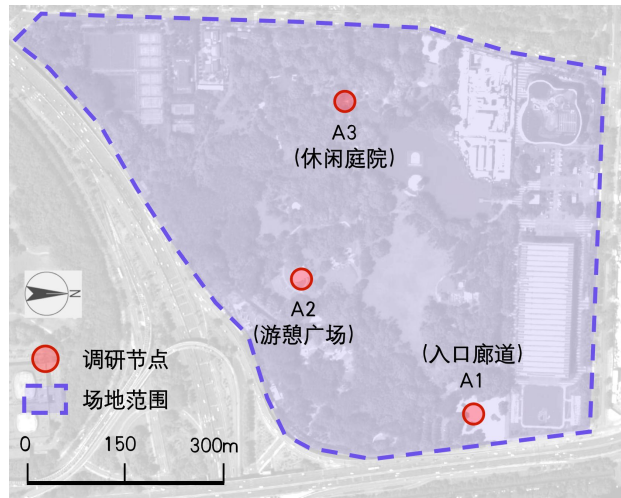


图 4.6 海淀公园内的调研节点分布

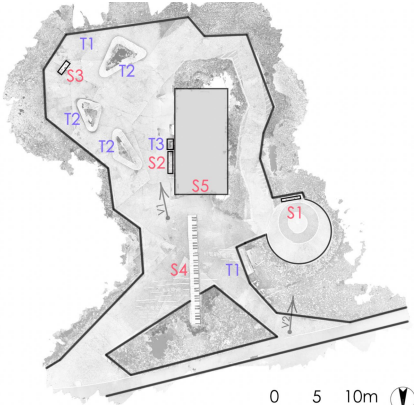

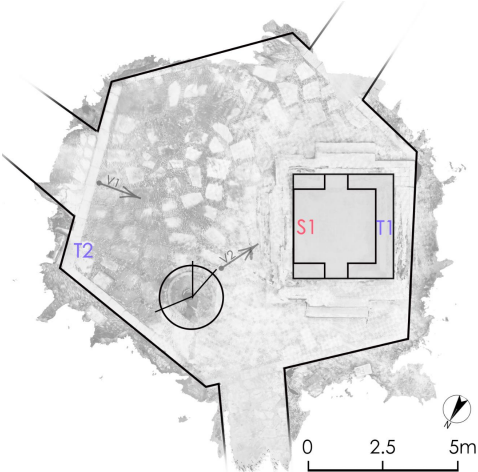
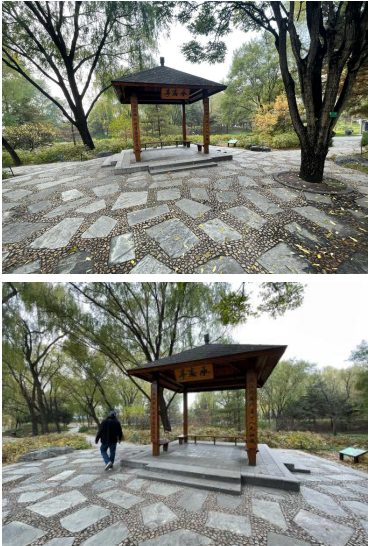
资料来源：作者自绘

表 4.8 海淀公园内的调研节点信息

资料来源：作者自绘

场地	简介	平面图	现场图片
入口廊道-A1	公园东北门入口的廊道空间，西部有跑道穿过。场地内包含智能导览屏幕、智能马拉松打卡杆等智慧化设施	<p> S1 智能导览屏幕 S2 智能分类垃圾桶 S3 智能存储柜 S4 智能健身交互屏幕 S5 智能马拉松打卡杆 T1 信息板 T2 坐台 V1 现场图片拍摄视角（上） V2 现场图片拍摄视角（下） </p>	

续表 4.8 海淀公园内的调研节点信息

场地	简介	平面图	现场图片
游憩广场-A2	中央绿地南部的游憩场地, 包含互动琴键、电音互动台、智能运动互动屏幕等智慧化设施	 <p>0 5 10m</p> <p>S1 智能运动互动屏幕 S2 智能分类垃圾桶 S3 电音互动台 S4 互动琴键 S5 未来空间主题展览 T1 信息板 T2 坐台 T3 售货机 V1 现场图片拍摄视角(上) V2 现场图片拍摄视角(下)</p>	
休闲庭院-A3	公园西部一处较为静谧的休闲空间, 内有智能语音亭	 <p>0 2.5 5m</p> <p>S1 智能语音亭 T1 亭内坐台 T2 垃圾箱 V1 现场图片拍摄视角(上) V2 现场图片拍摄视角(下)</p>	

(2) 温榆河公园·未来智谷

温榆河公园·未来智谷内的智慧化设施分布主要集中在入口区域, 预调研后根据空间场地类型的差异, 选取了入口广场(B1)、运动广场(B2)、游憩广场(B3) 3处场地作为后续跟踪调研的空间节点(图4.7)。其中入口广场主要包含两处智慧虚拟骑行设施, 运动广场与其相邻, 布置有相似种类的智慧化设施, 游憩广场则布置有数量相当的传统设施与智慧化设施, 倾向于满足亲子游憩需求(表4.9)。

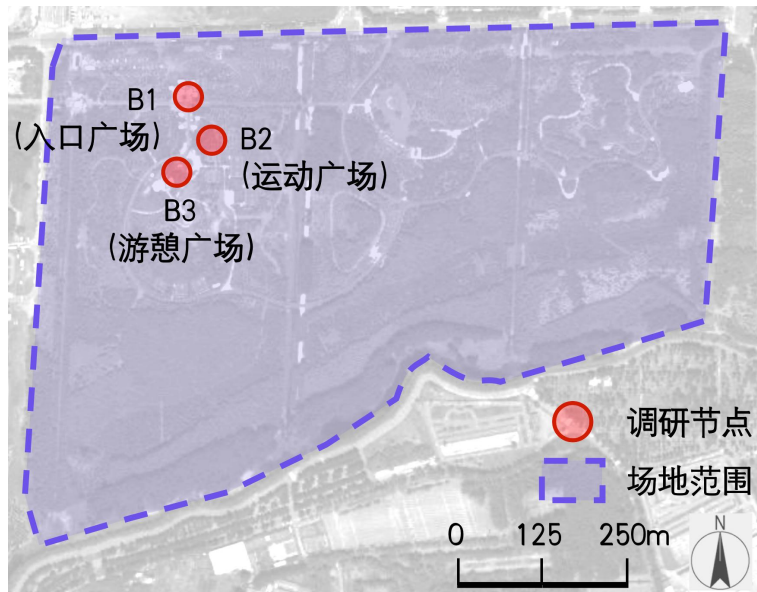


图 4.7 温榆河公园·未来智谷内的调研节点分布

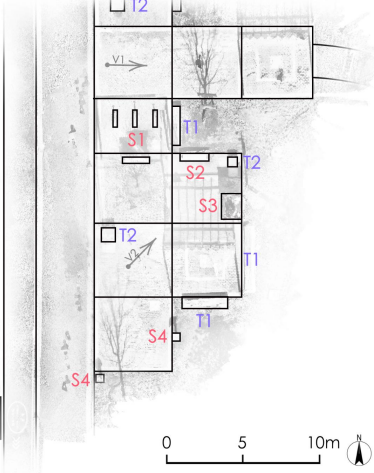

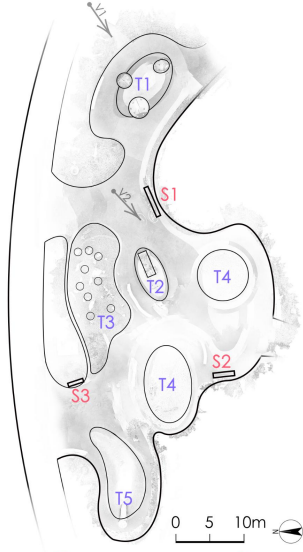

资料来源：作者自绘

表 4.9 温榆河公园·未来智谷内的调研节点信息

资料来源：作者自绘

场地	简介	平面图	现场图片
入口广场 -B1	位于园区入口, 场地周边有健身步道, 场地内含智慧虚拟骑行、AR 望远镜等智慧化要素		

续表 4.9 温榆河公园·未来智谷内的调研节点信息

场地	简介	平面图	现场图片
运动广场-B2	<p>该场地与入口广场相邻,场地周边有健身步道,场地内含智慧虚拟骑行、AR望远镜以及智能座椅等智慧化要素</p>	 <p>S1 智能虚拟骑行 S2 智能座椅 S3 智能售货机 S4 AR望远镜 S5 智能健身交互屏幕 T1 座椅 T2 立方块 V1 现场图片拍摄视角(上) V2 现场图片拍摄视角(下)</p>	
游憩广场-B3	<p>园区南部的一处亲子游乐场,除了有大量传统儿童游乐器械外,还布置有AI科普机器人、智能运动互动屏幕以及AI音乐科普互动装置</p>	 <p>S1 AI科普机器人 S2 AI音乐科普互动装置 S3 智能运动互动屏幕 T1 瓢虫雕塑 T2 攀爬滑梯 T3 传声筒 T4 沙坑 T5 滑梯 V1 现场图片拍摄视角(上) V2 现场图片拍摄视角(下)</p>	

(3) 大运河森林公园

大运河森林公园内的智慧化设施数量较多且分布较广,预调研后主要选取了智慧化设施布置最为集中的“Hi Bro 运动场”及其周边相邻场地作为调研节点,共选取入口广场(C1)、运动广场(C2)以及滨河步道(C3)3个调研节点进行后续深入跟踪调查,其中入口广场、运动广场均布置有运动主题相关的智慧化设施若干,滨河步道则主要包含智能导览屏幕(图4.8和表4.10)。

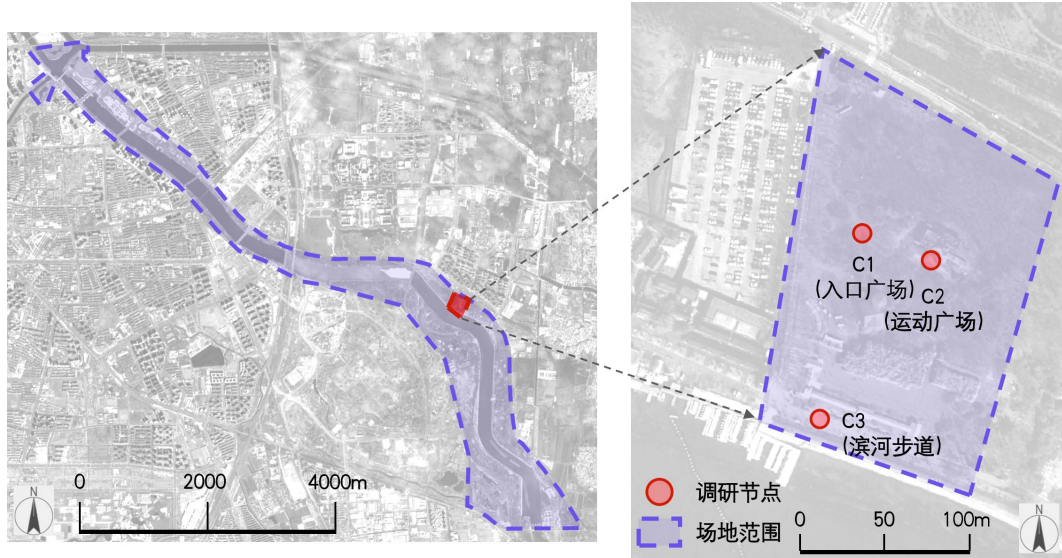


图 4.8 大运河森林公园内的调研节点分布

资料来源：作者自绘

表 4.10 大运河森林公园内的调研节点信息

资料来源：作者自绘

场地	简介	平面图	现场图片
入口广场-C1	该广场是大运河森林公园内主题运动场的入口区域, 拥有开阔场地及多种不同类型的智能运动互动屏幕		

续表 4.10 大运河森林公园内的调研节点信息

场地	简介	平面图	现场图片
运动广场 -C2	<p>紧邻健身步道, 场地内集中布置有高密度的智慧化娱乐设施, 包括智能体质监测、智能运动互动屏幕、智能虚拟骑行等</p>		
滨河步道 -C3	<p>主要承载行人的通行行为, 步道北侧布置有智能导览屏幕可为行人提供多维度信息展示与交互功能</p>		

(4) 昌盛园社区

昌盛园社区内的智慧化设施要素分布较为分散, 预调研后根据空间场地类型的差异, 选取了休闲广场 (D1)、健身步道 (D2 与 D3) 3 处场地作为后续跟踪调研的空间节点 (图 4.9)。其中休闲广场内主要布置有智能虚拟骑行设施, 与公共桌椅相邻具有较好的可对比性。另外两处健身步道分别位于社区入口与内部, 布置有体质监测及智能座椅, 满足一定的健身休闲与停歇需求 (表 4.11)。

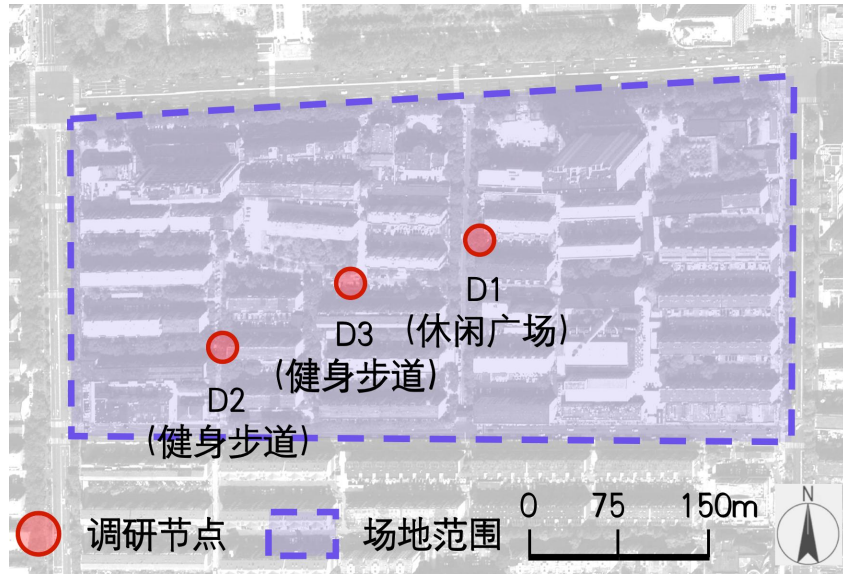


图 4.9 昌盛园社区内的调研节点分布

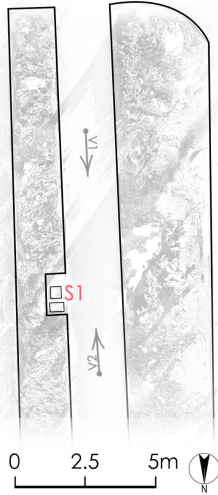

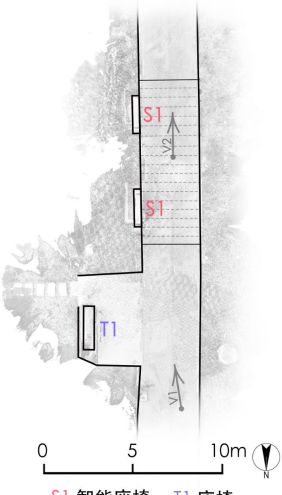

资料来源：作者自绘

表 4.11 昌盛园社区内的调研节点信息

资料来源：作者自绘

场地	简介	平面图	现场图片
休闲广场-D1	为社区内的老人、小孩等群体提供了日常休闲停留的空间，紧邻公共桌椅布置有智能虚拟骑行设施	<p>S1 智能虚拟骑行 T1 象棋桌 T2 坐台 V1 现场图片拍摄视角（上） V2 现场图片拍摄视角（下）</p>	

续表 4.11 昌盛园社区内的调研节点信息

场地	简介	平面图	现场图片
健身步道-D2	位于社区入口位置,是行人日常通行的主要路径,步道一侧布置有智能体质监测设备	 <p>S1 智能体质监测</p> <p>V1 现场图片拍摄视角(上) V2 现场图片拍摄视角(下)</p>	
健身步道-D3	位于小区中央,一侧布置有智能座椅,供通行行人临时停歇使用	 <p>S1 智能座椅 T1 座椅</p> <p>V1 现场图片拍摄视角(上) V2 现场图片拍摄视角(下)</p>	

4.4 北京市公共开敞空间智慧化设计的使用评估分析

由于城市公共开敞空间内的人数众多且构成较为复杂,因此观察到的群体行为活动类型亦相对丰富。通过对不同时间、空间及使用群体进行观察,发现其在公共开敞空间中的行为具有随意性、多样性等特点,具体包括通行、观望、等候、游戏、健身、参与智慧化设施交互等多种行为。

研究对4处调研场地共计12个调研节点在工作日及非工作日内7时至20时逐时段的人群行为活动进行空间注记与统计分析,识别不同类型活动的空间分布

倾向，将人群是否参与场地中的智慧化设施使用进行标记区分，其中参与智慧化设施使用的被观察者分布于智慧化设施周边；其余被观察者在到达调研节点直至离开过程未参与智慧化设施的使用，用其在被观察时刻的位置进行标记。在年龄段划分方面，已有研究从经济、预期寿命与生命历程等视角出发提出多样化的划分方式（罗淳, 2017），本研究在其基础上兼顾对于所拍摄图像中样本年龄识别的难度与准确率，共划分为3个年龄段群体，其中18岁以下为未成年群体，18岁至60岁为中青年群体，60岁以上则为老年群体。通过对调研节点内每个活动个体建立样本库，进一步对不同年龄段、性别人群的行为活动倾向差异进行分析，评估其对于不同类型公共开敞空间内智慧化设施要素的使用倾向。最终，共计识别4,616人的群体特征（年龄段和性别）、活动类型（是否参与智慧化设施使用）以及时空分布信息。下文将依次对不同调研场地与节点的分析结果进行阐述说明。

4.4.1 海淀公园调研场地使用评估分析

(1) 海淀公园入口廊道-A1 调研节点

A1 调研节点为海淀公园的入口廊道区，场地内人群主要进行运动健身、公园出入等行为。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.10 和图 4.11 所示，其中每一个点代表一个个体样本，红色与紫色分别代表参与智慧化设施使用和未参与智慧化设施使用。在工作日时，场地内的人群以在跑道上进行跑步、步行运动为主；在非工作日时，公园出入通行的人群比例明显增多。在参与智慧化设施使用方面，部分受到场地内主要发生行为活动类型的影响，两个调研日内人群对于智能马拉松打卡杆以及智能健身交互屏幕的使用均较为频繁。智能存储柜及智能导览屏幕的使用频率相对较低，多数有信息导览需求的游客更倾向于选择通过与智能导览屏幕并列放置的传统园区介绍信息板来快速获取关键信息。

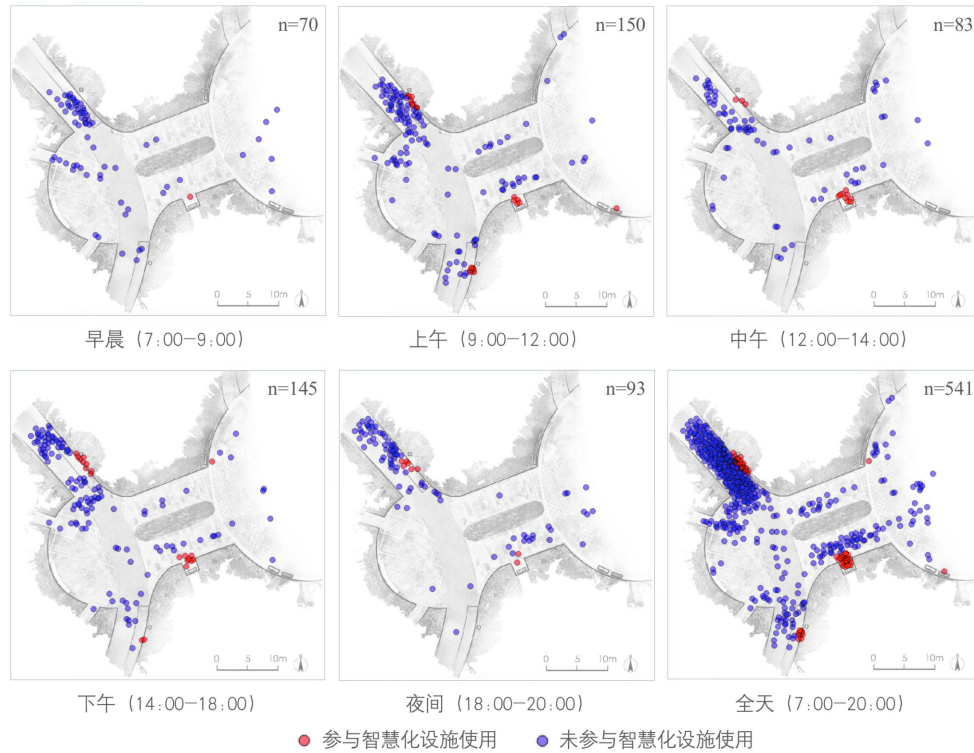


图 4.10 海淀公园 A1 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

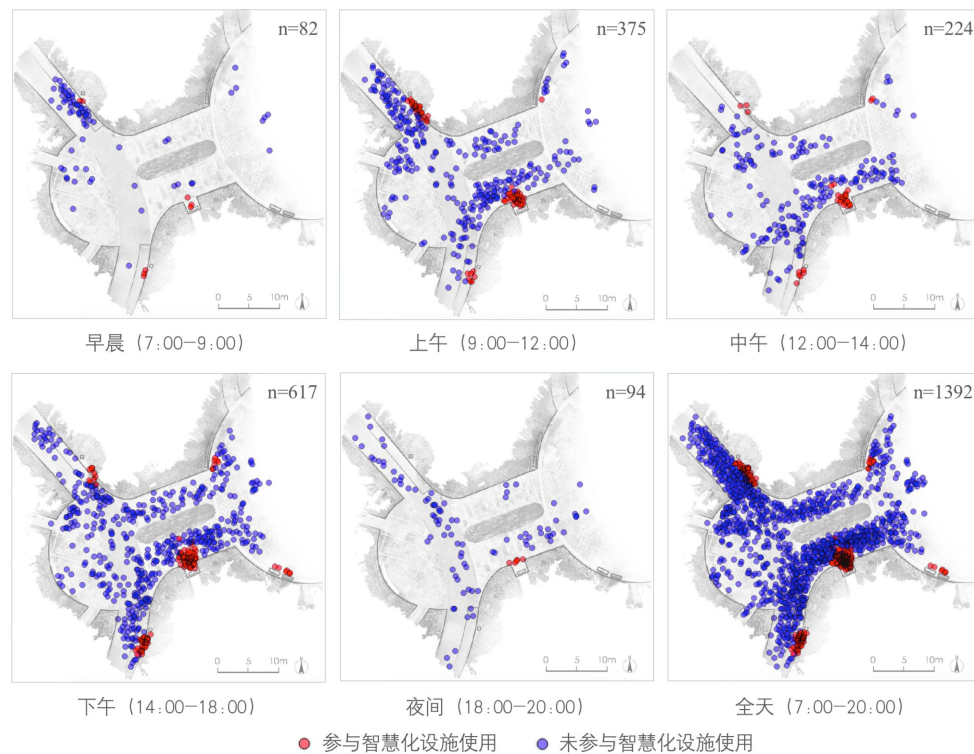


图 4.11 海淀公园 A1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

A1 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.12 所示。总体而言该节点内人群流量相对较高，与工作日相比，非工作日场地内的人群流量在多数时段显著更高，这可能与非工作日家庭出游、亲子活动等需求增加有关。其中，非工作日的上午和下午为人群流量的高峰时段，而工作日全天时段的人群流量相对均匀，在上午达到高峰并波动递减。

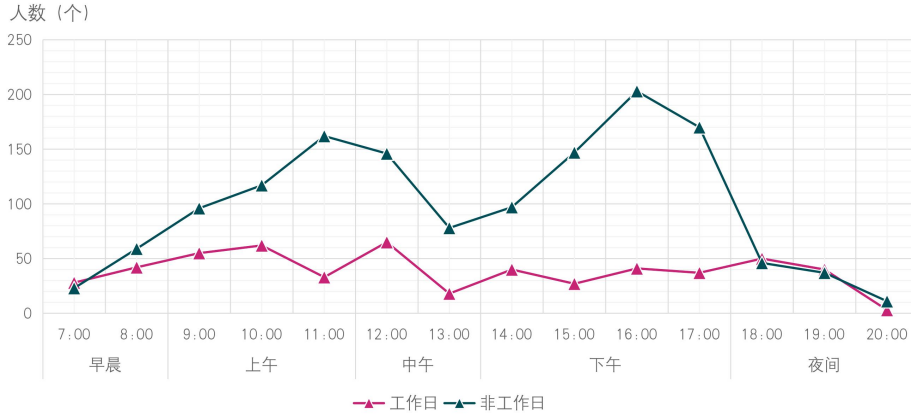


图 4.12 海淀公园 A1 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

为了更加深入地分析 A1 调研节点活动人群的特征，对两个调研日内各时段人群的性别、年龄段结构以及参与智慧化设施使用的比例进行汇总，结果如图 4.13 所示。与工作日相比，非工作日的未成年群体占比显著增多，老年群体占比下降。工作日与非工作日智慧化设施使用的比例差异不大，在非工作日智慧化设施的使用比例略有提升。

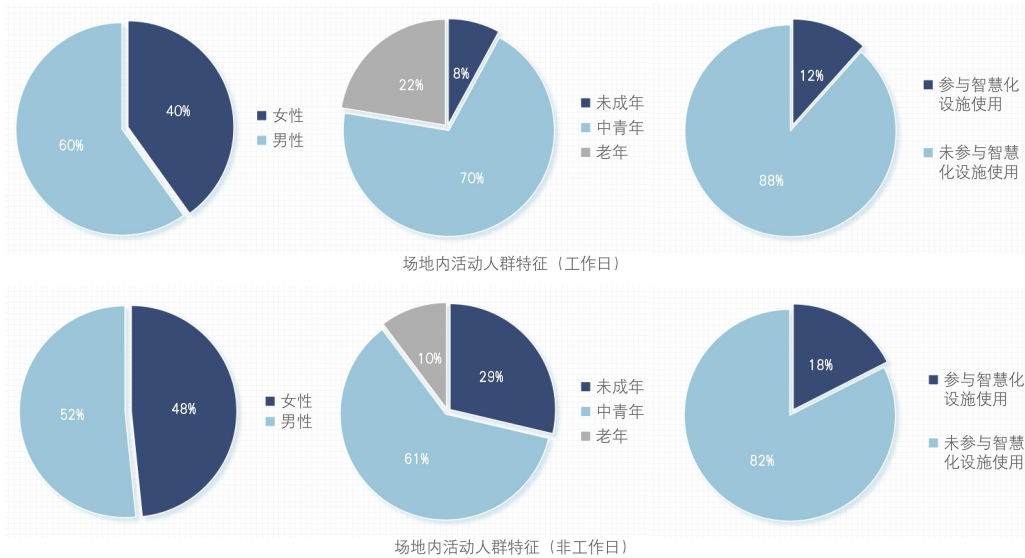


图 4.13 海淀公园 A1 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

(2) 海淀公园游憩广场-A2 调研节点

A2 调研节点位于海淀公园中央绿地南部，是一处可满足人群休闲、娱乐及健身需求的公共开敞空间，场地内人群行为主要以智能运动互动屏幕的游憩互动及临时停歇为主。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.14 和图 4.15 所示。工作日与非工作日调研节点内人群活动模式差异不显著，在早晨时段均以传统的健身、步行运动为主，在夜间光线相对昏暗的时段则以智能运动互动屏幕的使用为主。两个调研日内人群对于智能运动互动屏幕的使用较为集中，在 9:00-20:00 均有一定强度的智慧化活动参与，对于电音互动台和智能分类垃圾桶的使用次之。

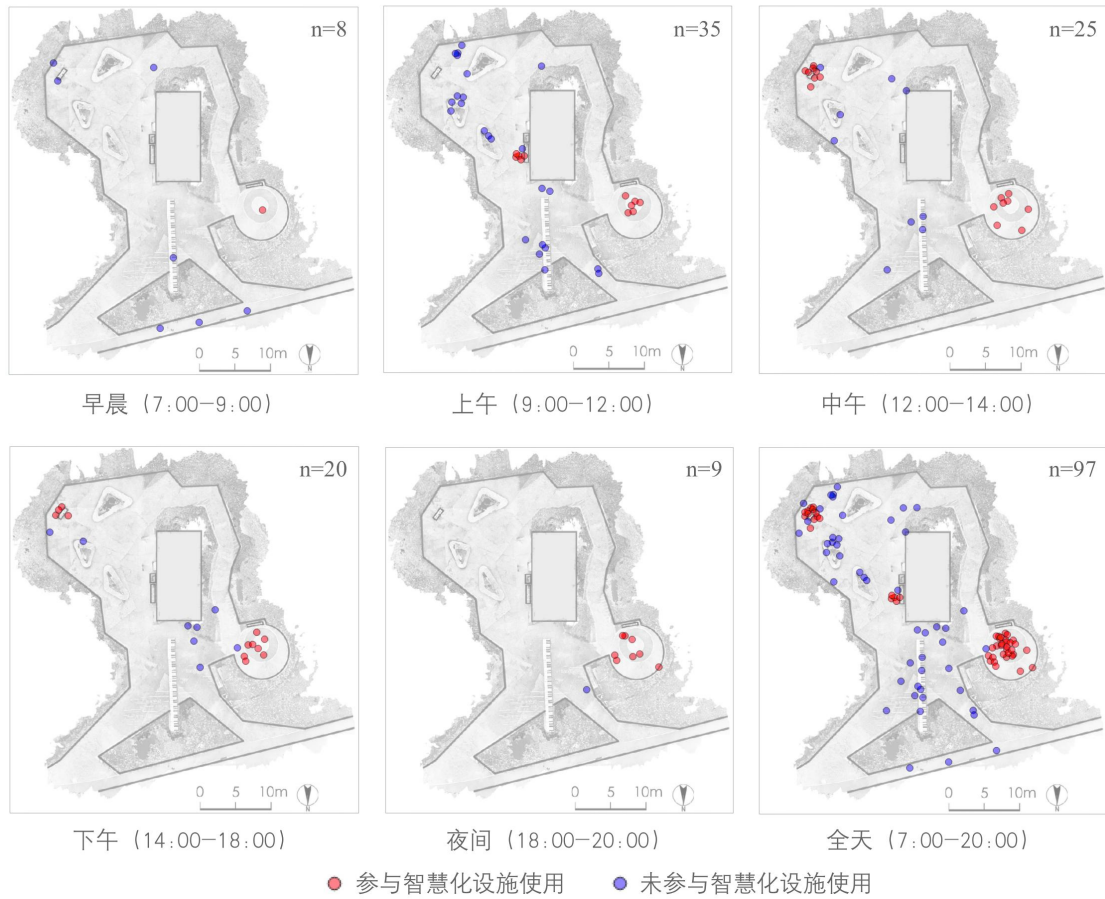


图 4.14 海淀公园 A2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

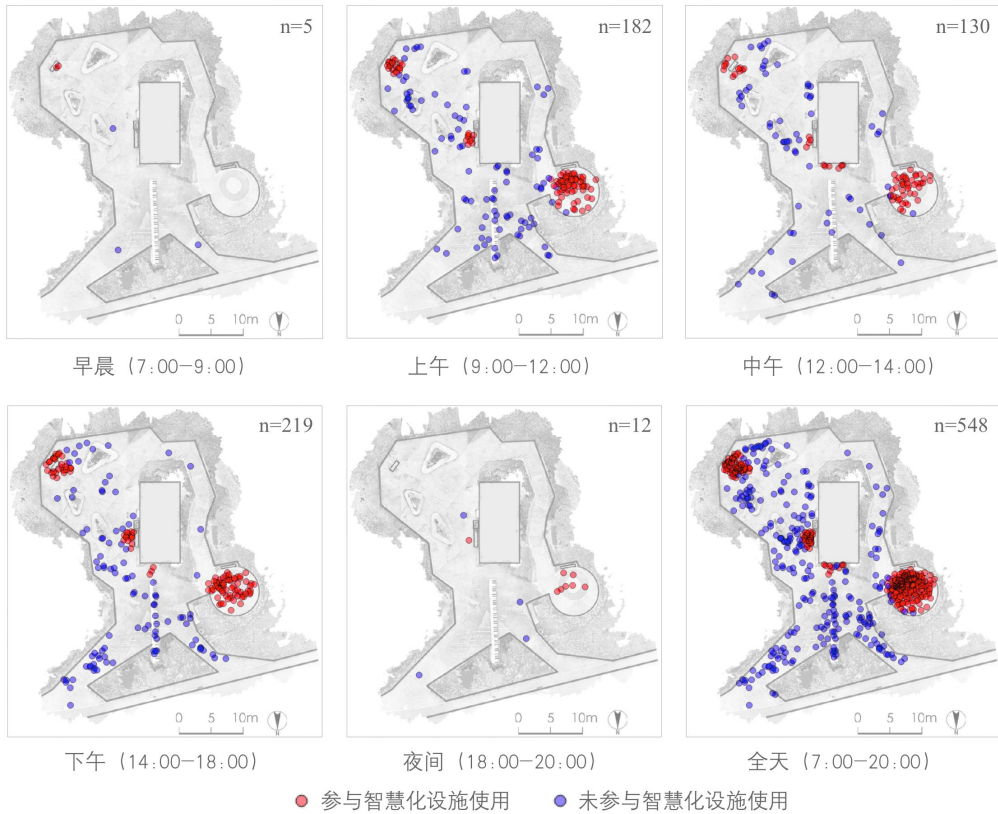


图 4.15 海淀公园 A2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

A2 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.16 所示, 非工作日场地内的人群流量同样在多数时段显著更高。其中, 非工作日的上午和下午为人群流量的高峰时段, 上午人群流量最高, 工作日人群流量在上午达到高峰并波动递减, 两个调研日的早晨与夜间人群流量均处于较低水平。

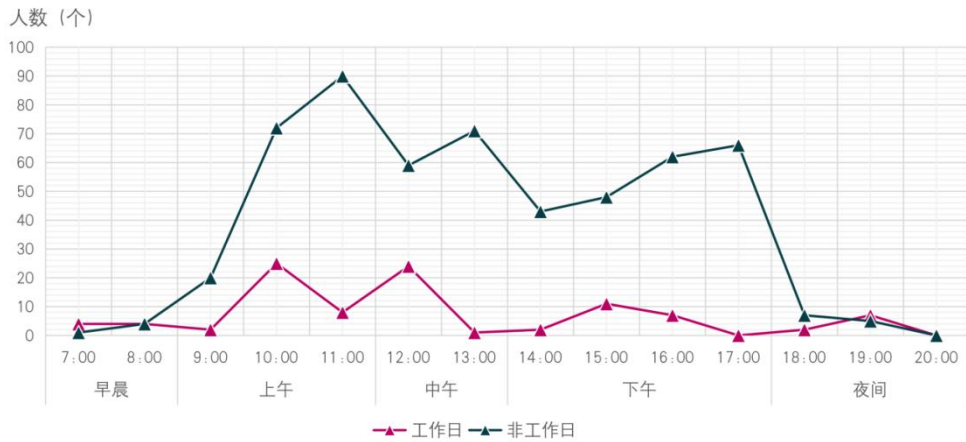


图 4.16 海淀公园 A2 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源: 作者自绘

A2 调研节点活动人群特征统计如图 4.16 所示，与工作日相比，非工作日男性群体占比升高，未成年群体占比显著增多，老年群体占比下降；非工作日及工作日的智慧化设施使用比例无明显差异，其中非工作日智慧化设施使用比例略高。

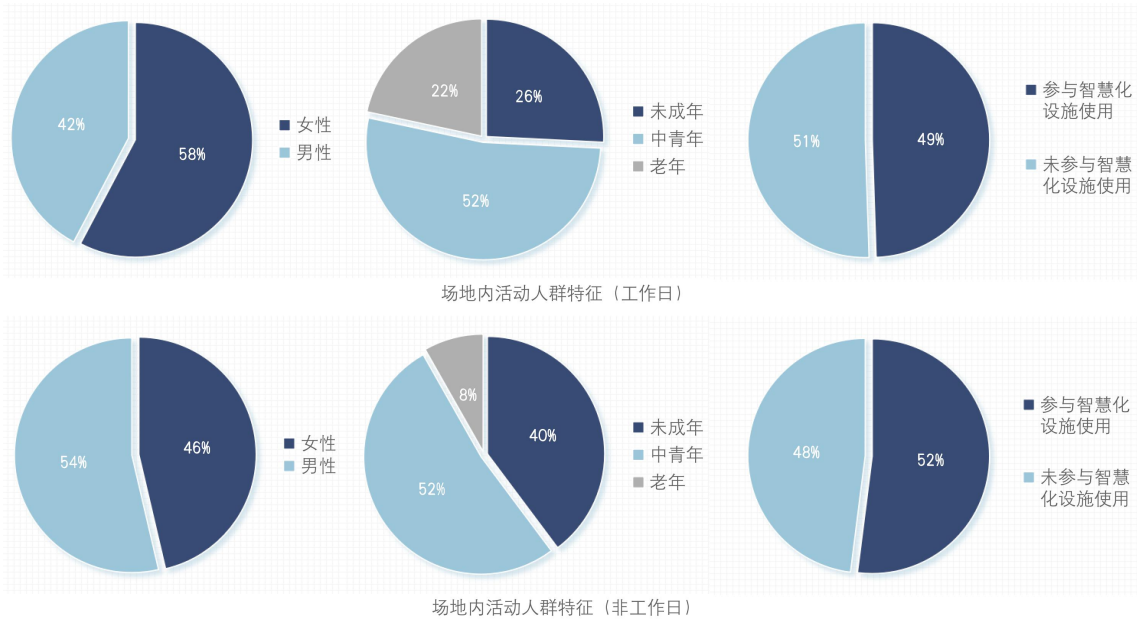


图 4.17 海淀公园 A2 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

(3) 海淀公园休闲庭院-A3 调研节点

A3 调研节点为海淀公园西部一处较为静谧的休闲空间，内有一座智能语音亭。场地内人群主要以通行行为为主，临时停歇行为为辅。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.18 和图 4.19 所示。由于调研节点连接着周边 3 条公园小径，节点内大部分群体为单一的通行行为，在非工作日利用智能语音亭进行临时停歇行为的人群占比相对更高。对于智能语音亭的智能语音交互功能使用比例总体较少，在非工作日的上午至下午时段略有提升。

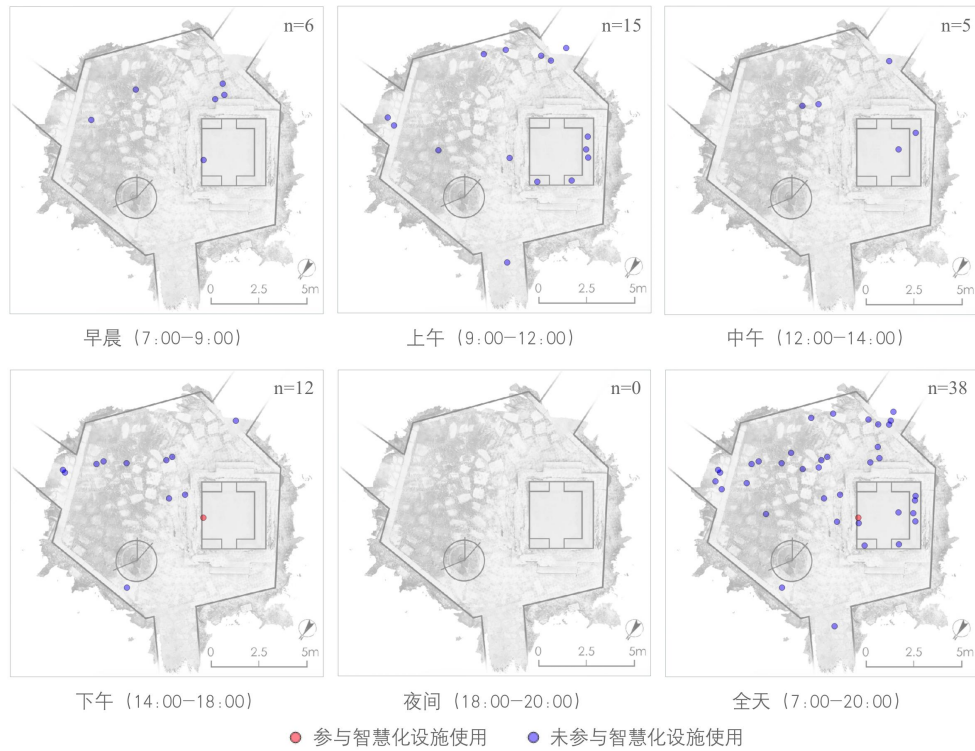


图 4.18 海淀公园 A3 场地逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

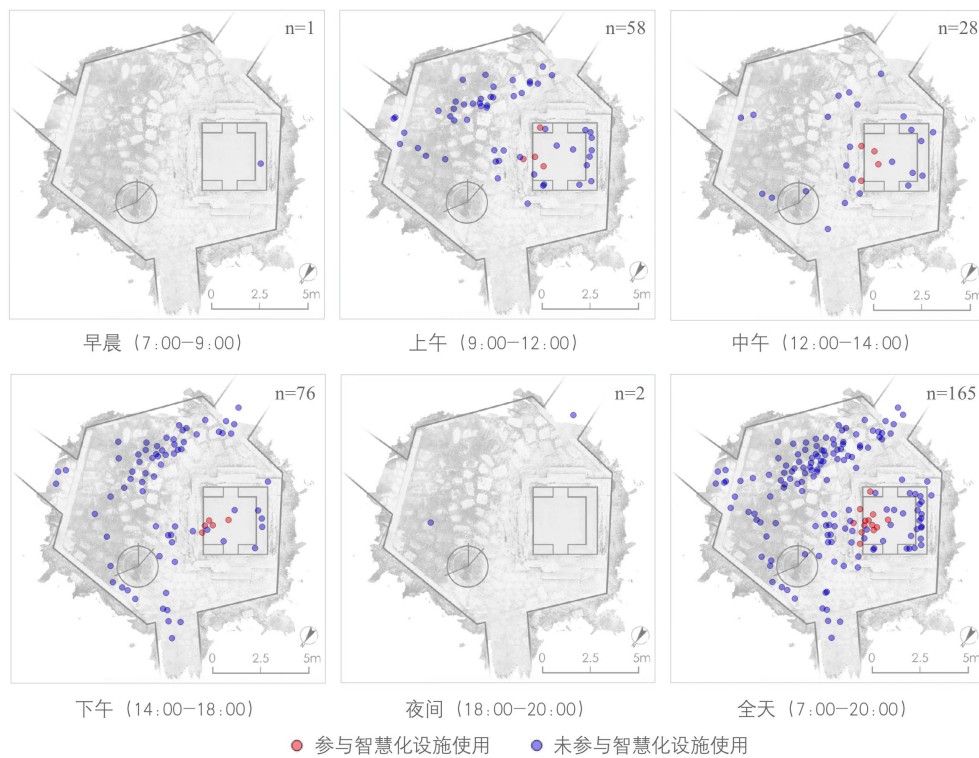


图 4.19 海淀公园 A3 场地逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

A3 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.20 所示，工作日时全天各时段人群流量相对均匀，非工作日总体人流量显著增加，并表现出上午和下午两个人群流高峰。调研节点在早晨及夜间时段的人群活力均处于较低水平。

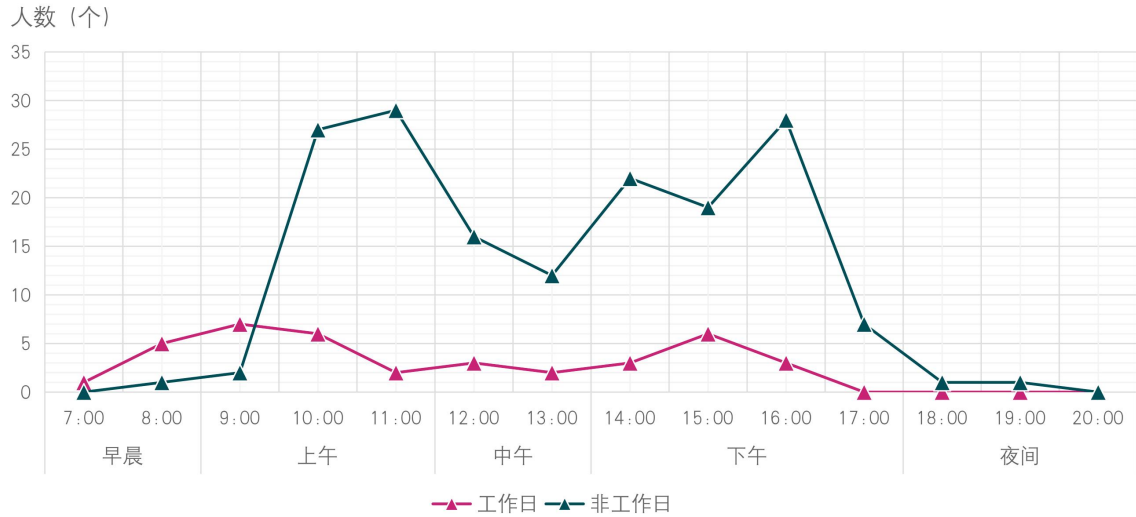


图 4.20 海淀公园 A3 场地逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

A3 调研节点活动人群特征统计如图 4.21 所示，非工作日未成年群体占比显著增多，老年群体占比显著下降。对于智慧化设施的使用总体处于极低水平，在非工作日略有提升，与工作日时无明显差异。

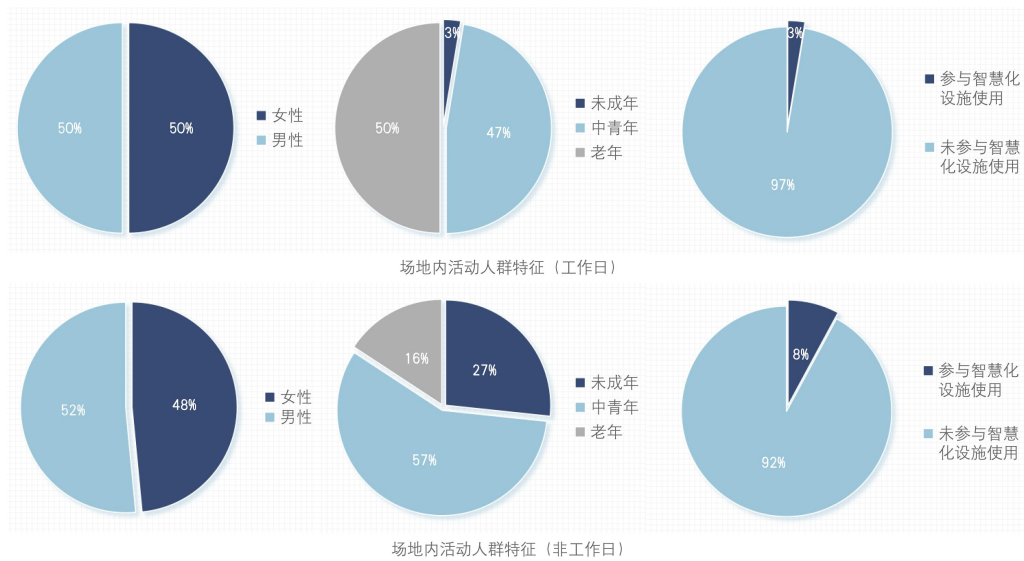


图 4.21 海淀公园 A3 场地活动人群特征

资料来源：作者自绘

4.4.2 温榆河公园·未来智谷调研场地使用评估分析

(1) 温榆河公园·未来智谷入口广场-B1 调研节点

B1 调研节点位于温榆河公园·未来智谷园区的入口。场地内人群以通行行为、及游憩行为为主。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.22 和图 4.23 所示。调研节点内人群对于智慧化设施的使用集中在智慧虚拟骑行上，对于 AR 望远镜、智能分类垃圾桶以及智能座椅的使用较少。此外，在工作日的早晨和夜间时段节点内人群使用活力处于极低水平，而在非工作日对应时段的人群活力显著升高。

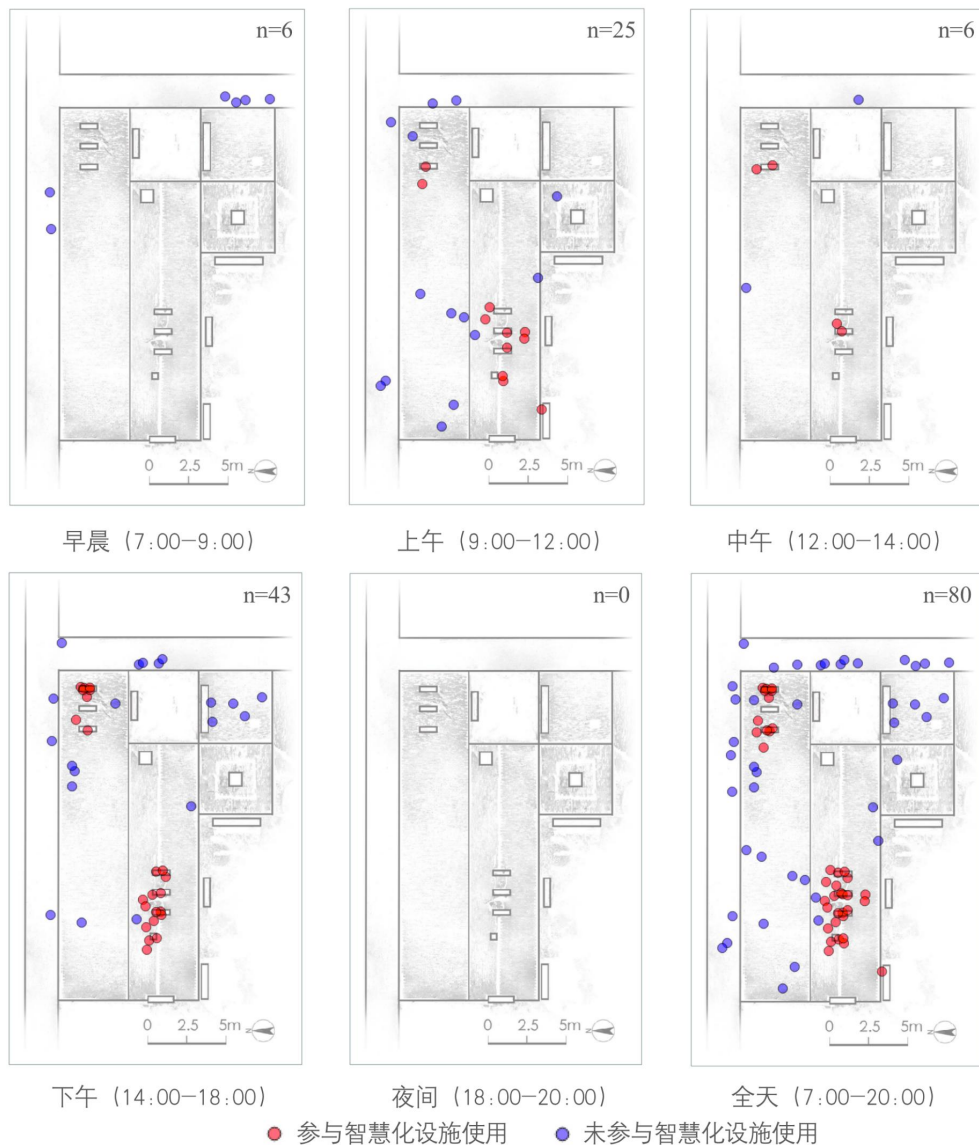


图 4.22 温榆河公园·未来智谷 B1 场地逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

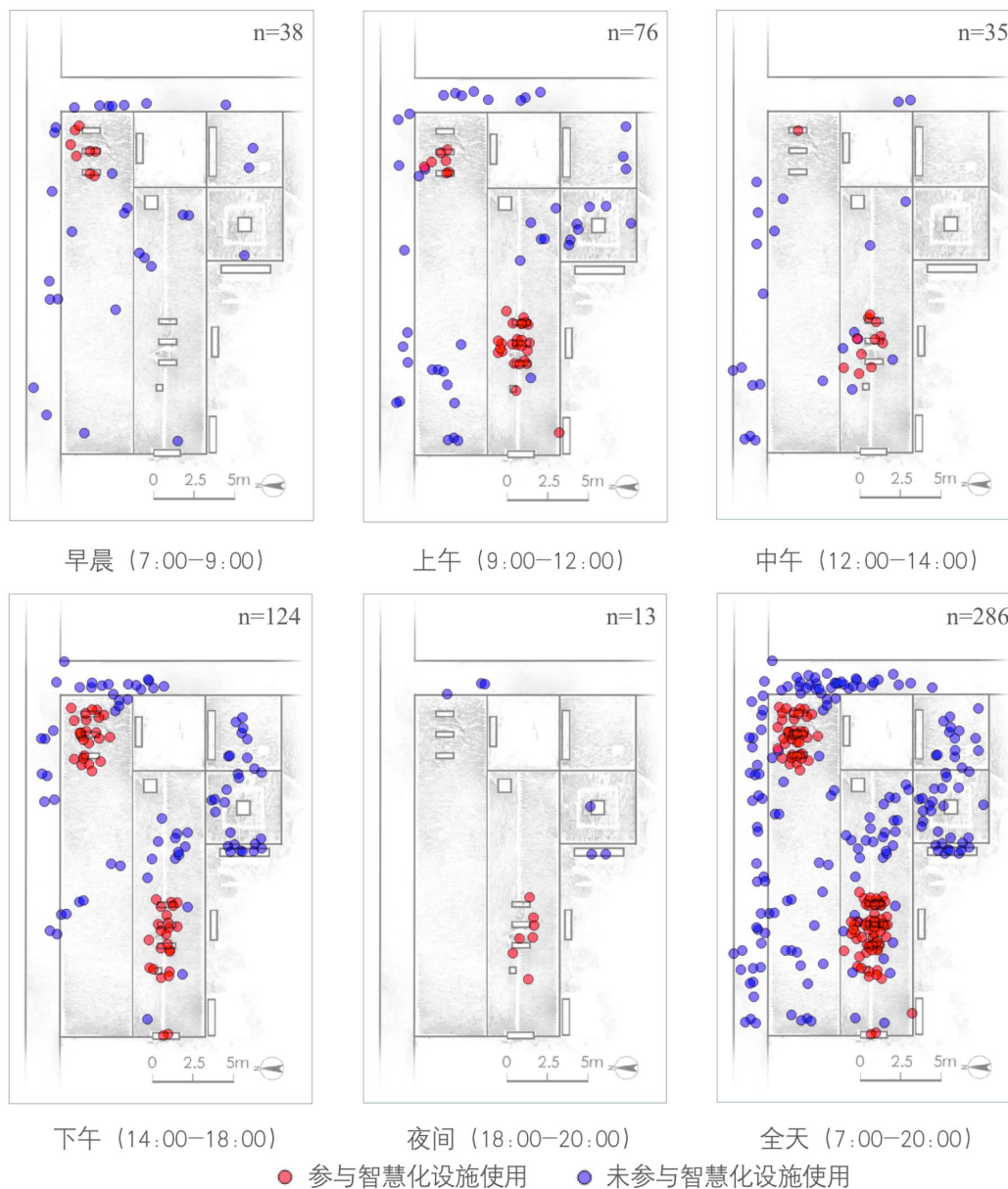


图 4.23 温榆河公园·未来智谷 B1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

B1 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.24 所示, 总体而言非工作日人流量在全天多数时段显著更高, 早晨、上午及下午时段为主要的人流高峰, 在工作日的上午与下午时段人流处于相对高峰。

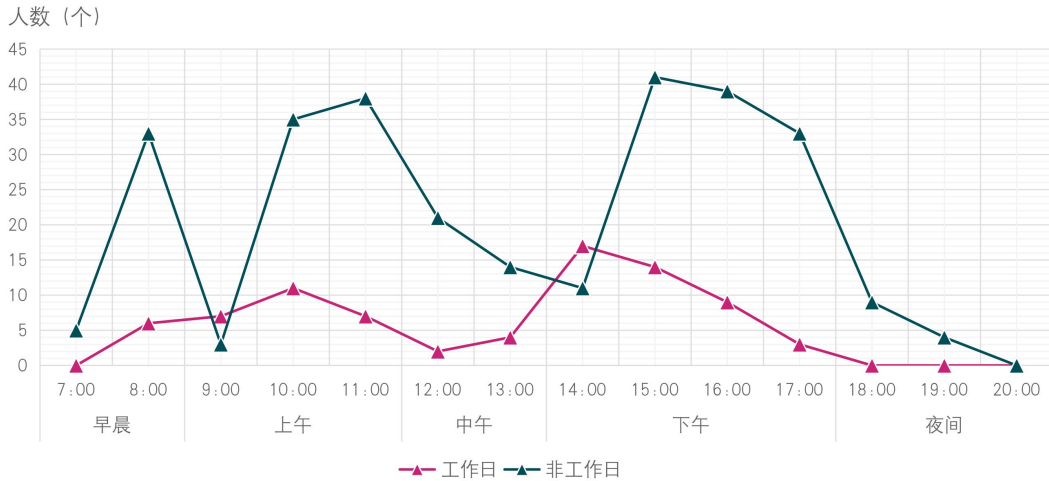


图 4.24 温榆河公园·未来智谷 B1 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

B1 调研节点活动人群特征统计如图 4.25 所示，工作日与非工作日的活动人群的性别与年龄段趋于一致，中青年群体占有较大比重，老年群体相对较少。节点内智慧化设施的使用比例总体较高，但与海淀公园的调研节点不同，智慧化设施的使用比例在非工作日反而下降。

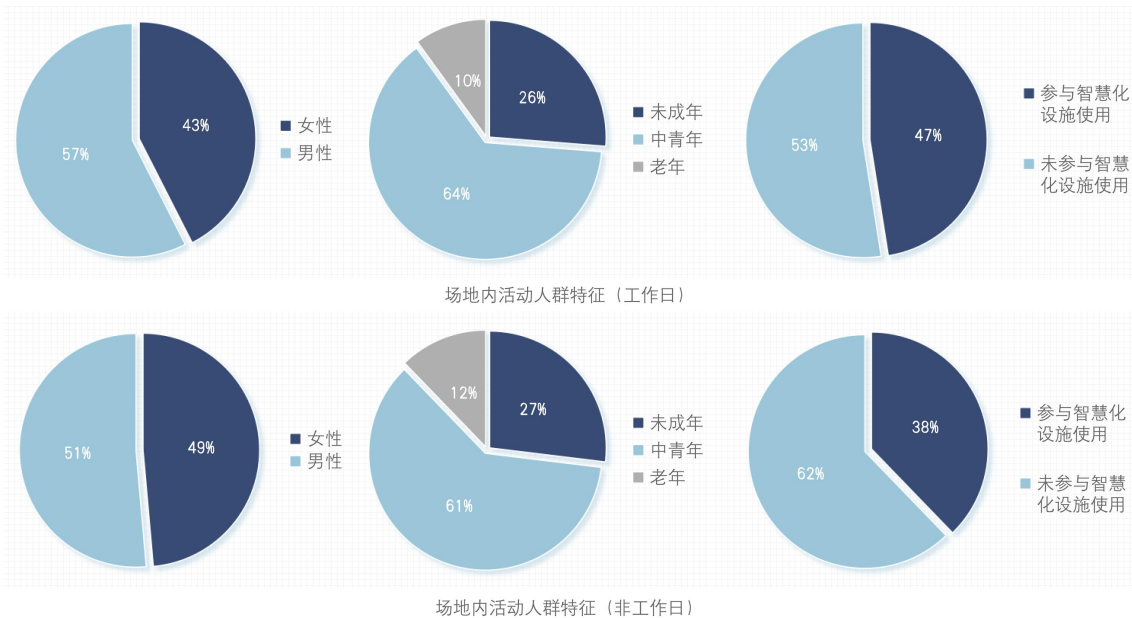


图 4.25 温榆河公园·未来智谷 B1 场地活动人群特征

资料来源：作者自绘

(2) 温榆河公园·未来智谷运动广场-B2 调研节点

B2 调研节点与入口广场相邻，场地内以通行行为、停留及游憩行为为主。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.26 和图 4.27 所示。可以发现在工作日大多数时段场地内以通行行为为主，对于智慧虚拟骑行的使用集中在下午时段，而在非工作日时对于智慧化设施的使用覆盖的时段显著更多，在使用比例方面仍以智慧虚拟骑行设施为主，AR 望远镜存在一定的使用比例，而智能座椅的使用比例较低。

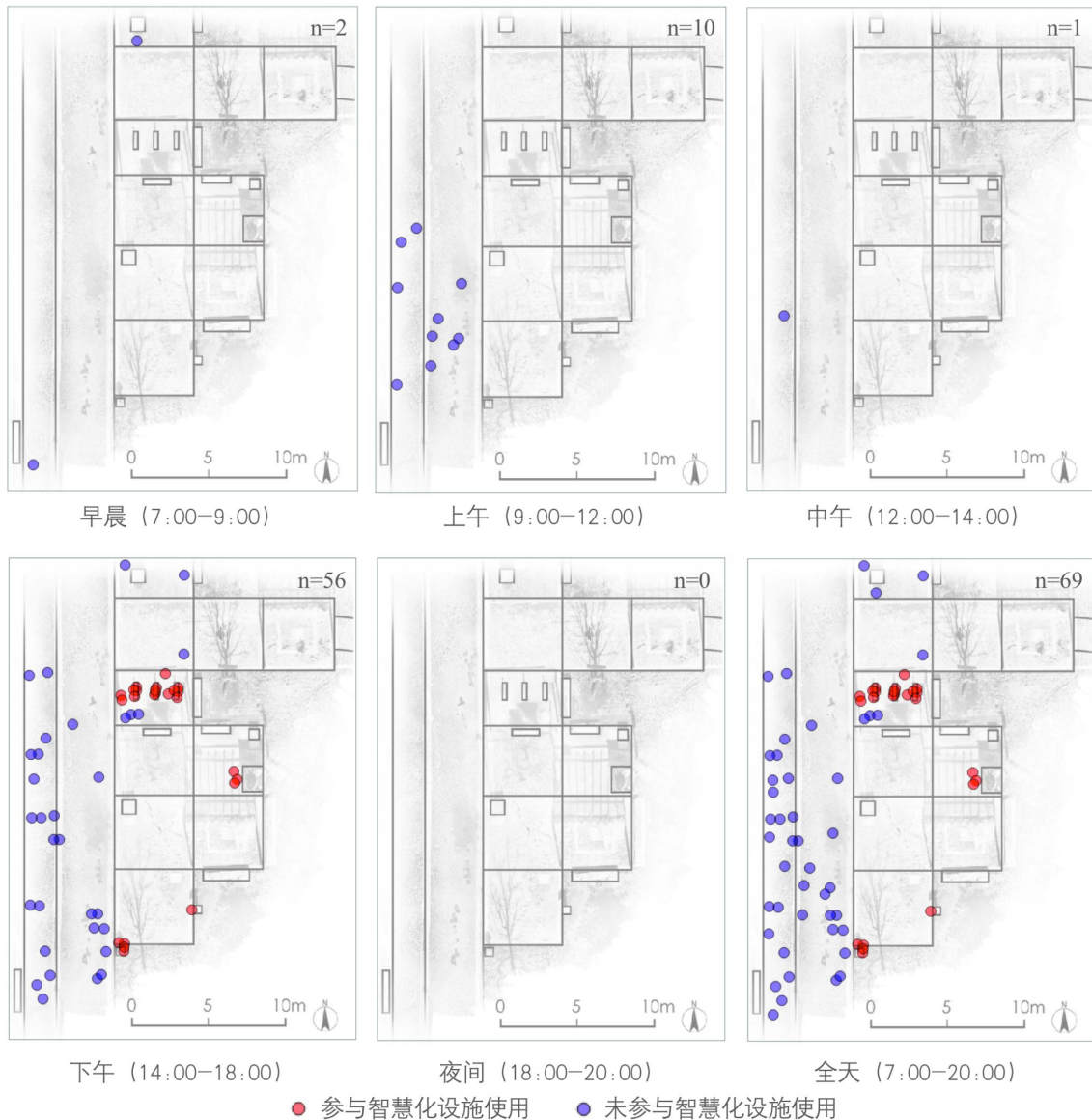


图 4.26 温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源：作者自绘

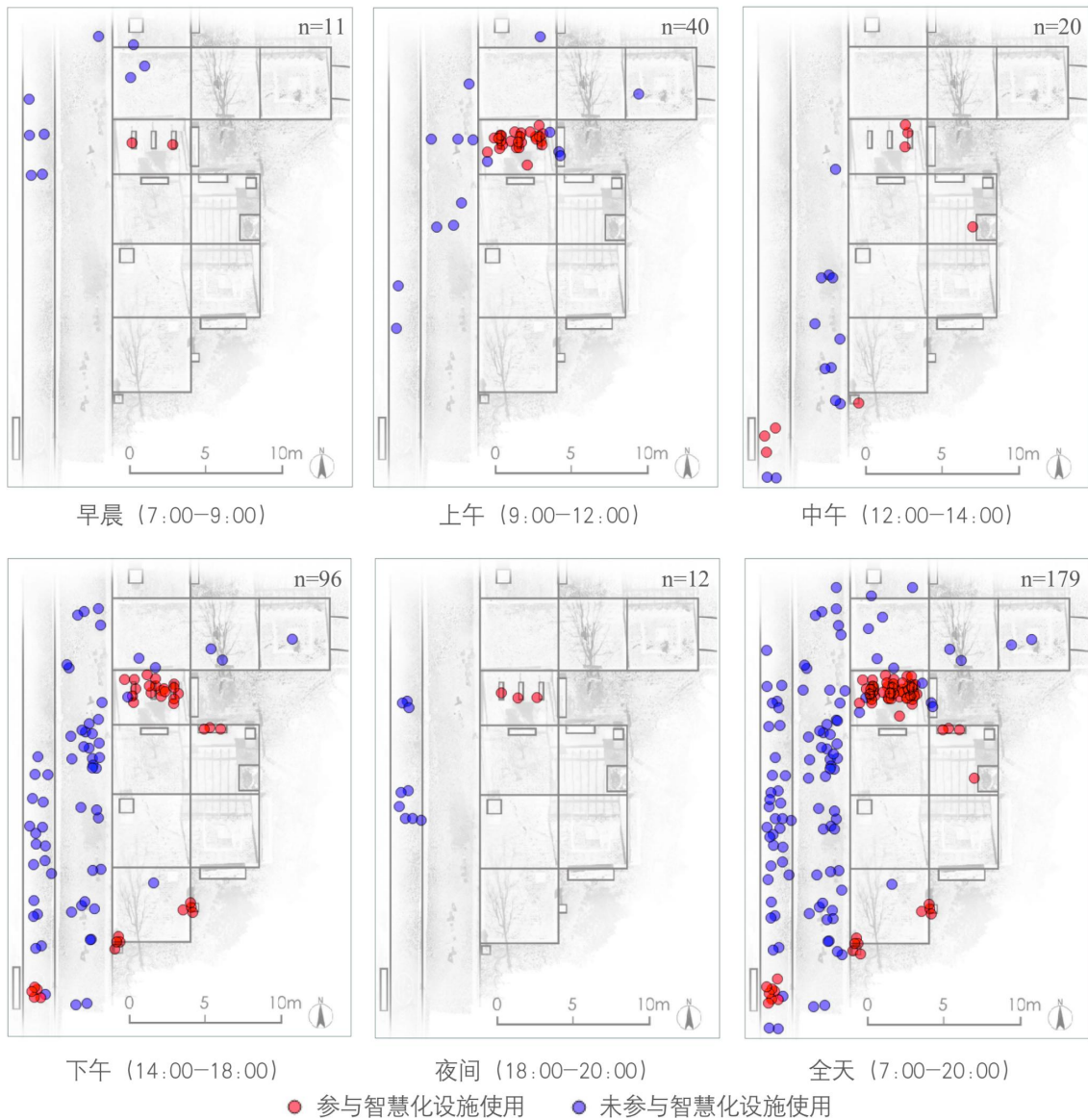


图 4.27 温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

B2 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.28 所示, 总体上非工作日的人群流量更高, 工作日与非工作日的下午时段均达到人流高峰, 其次是上午时段, 在早晨、中午及夜间时段节点内的人群活力相对有限。

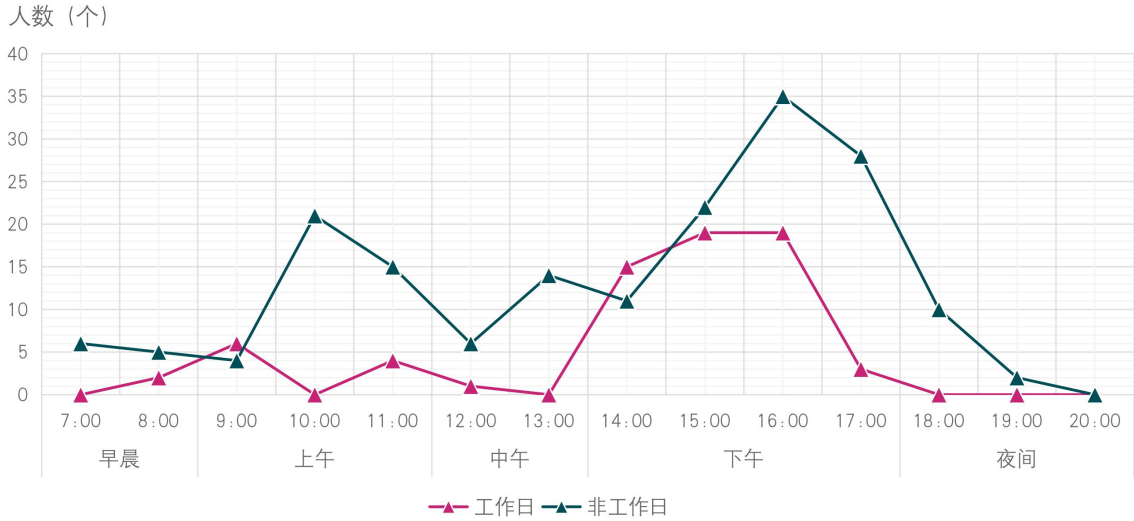


图 4.28 温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

B2 调研节点活动人群特征统计如图 4.29 所示, 非工作日中青年群体占比更多, 老年群体占比下降, 未成年群体占比差异较小。调研节点内智慧化设施的使用比例仍然相对较高, 但工作日与非工作日差异有限。

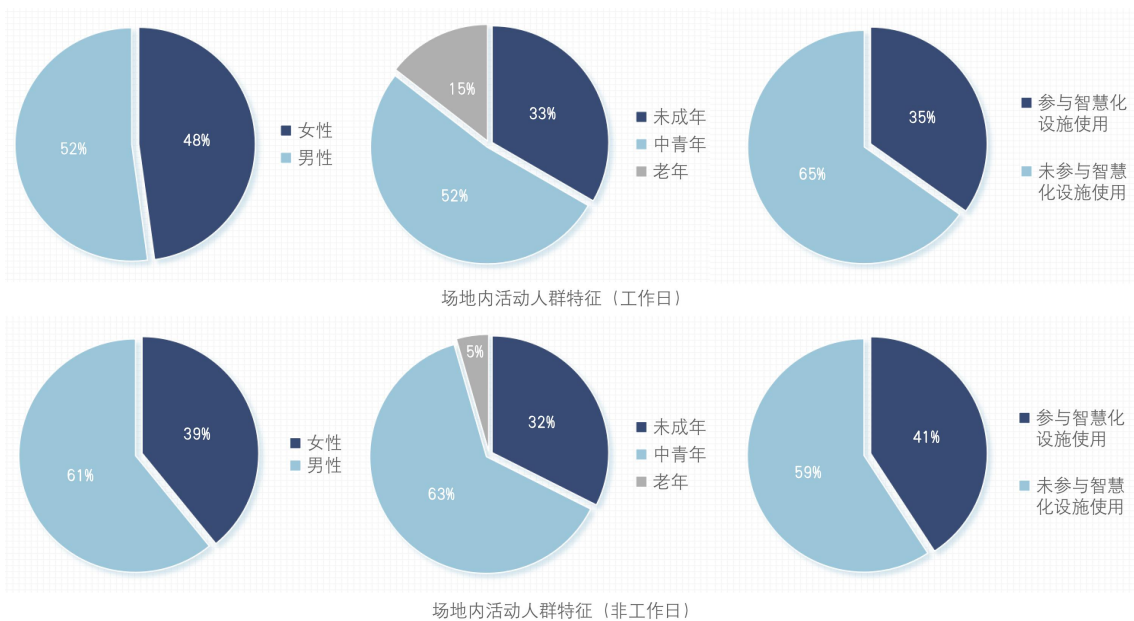


图 4.29 温榆河公园·未来智谷 B2 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

(3) 温榆河公园·未来智谷游憩广场-B3 调研节点

B3 调研节点园区南部的一处亲子游乐场地, 场地内人群以游憩休闲行为为主。

对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.30 和图 4.31 所示。可以发现人群行为活动主要聚集在场地不同的空间区域及设施周边，工作日时人群在 AI 科普机器人、智能运动互动屏幕以及 AI 音乐科普互动装置周边相对聚集，非工作日时则在调研节点内其他的传统儿童游乐器械及场地亦形成团簇状聚集。

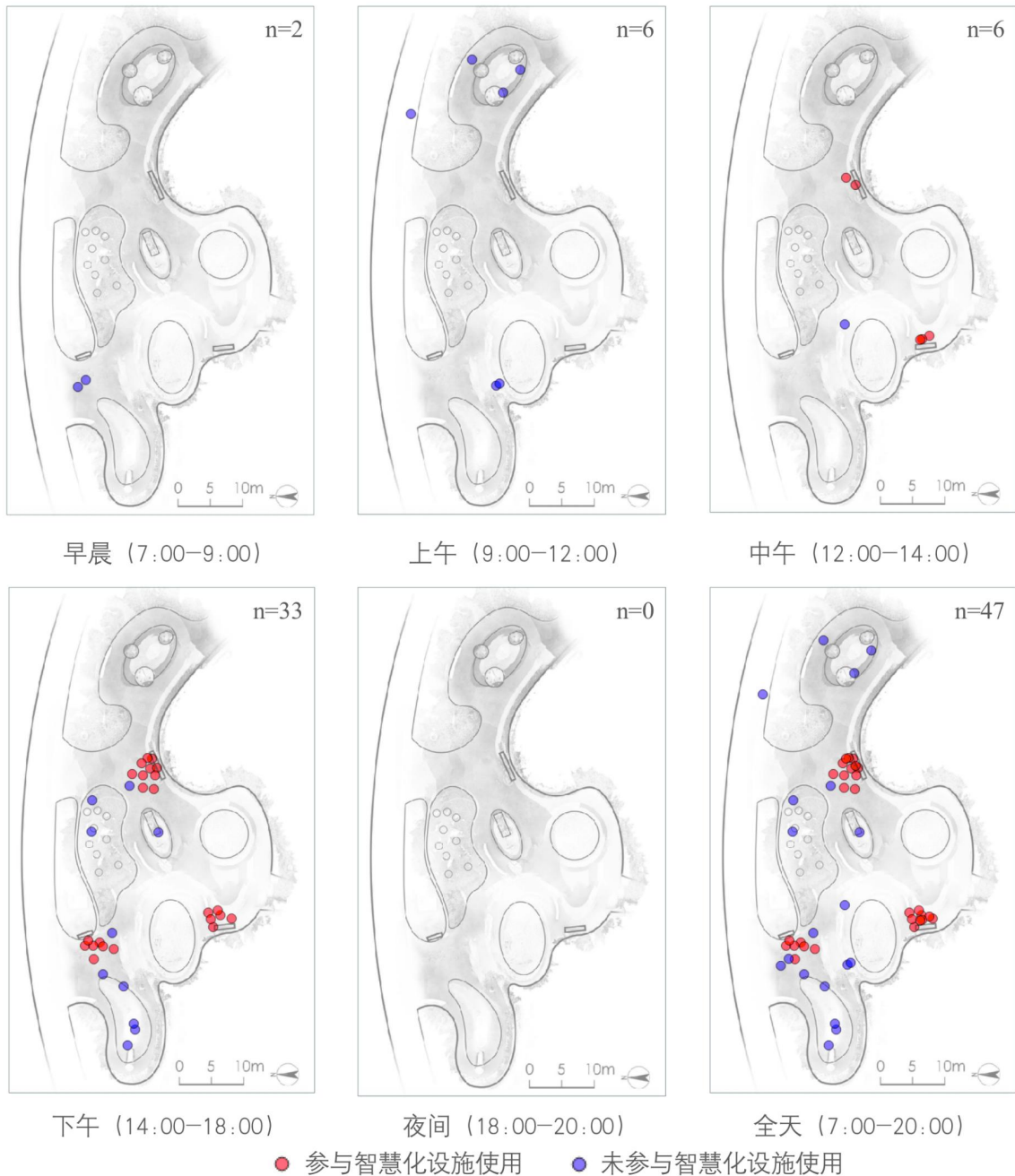


图 4.30 温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

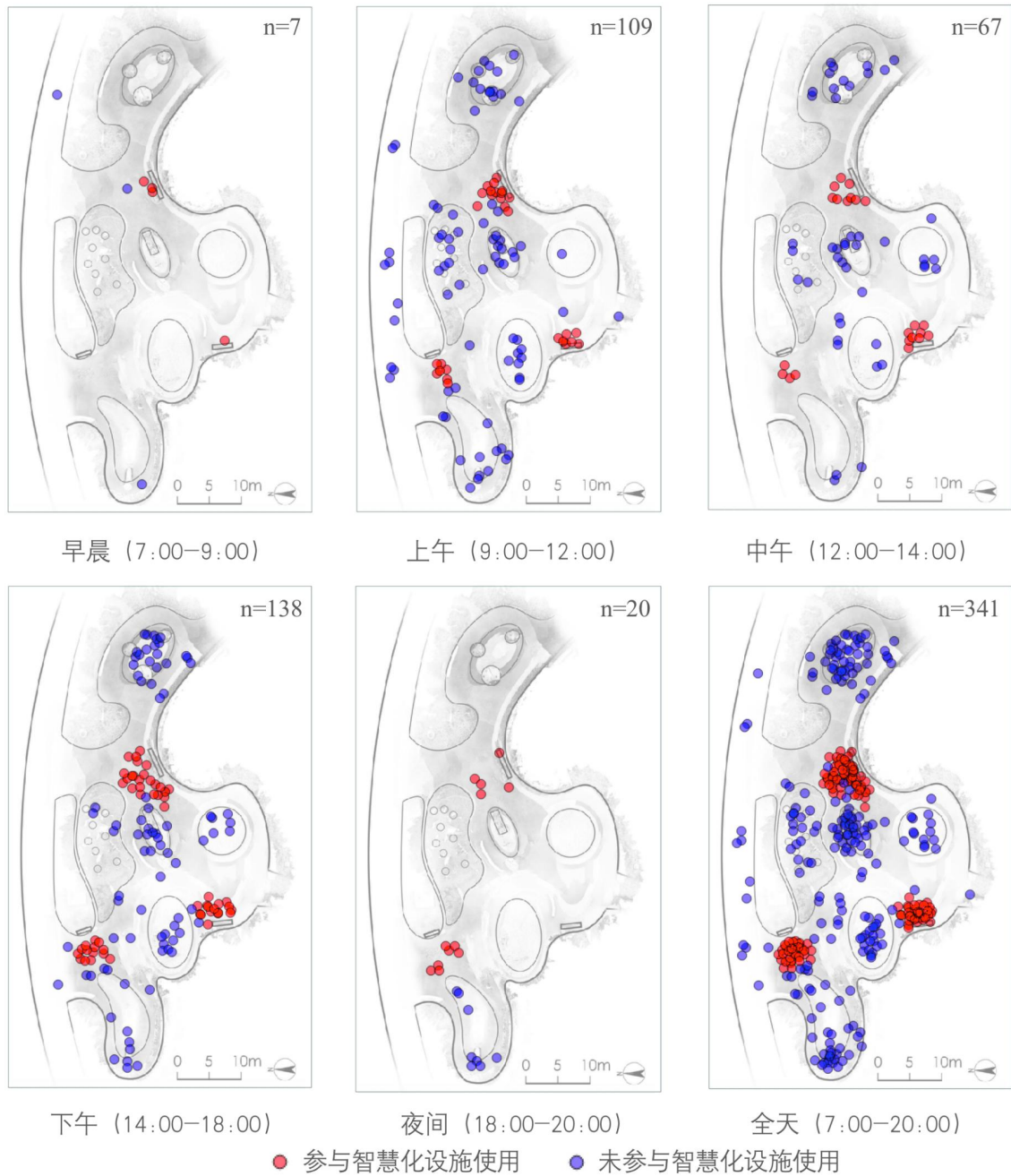


图 4.31 温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

B3 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.32 所示, 非工作日的人群流量显著增加, 工作日时人群流量在下午时段处于高峰, 其余时段相对较低; 非工作日在上午、中午及下午时段均表现出较高的人群活力。

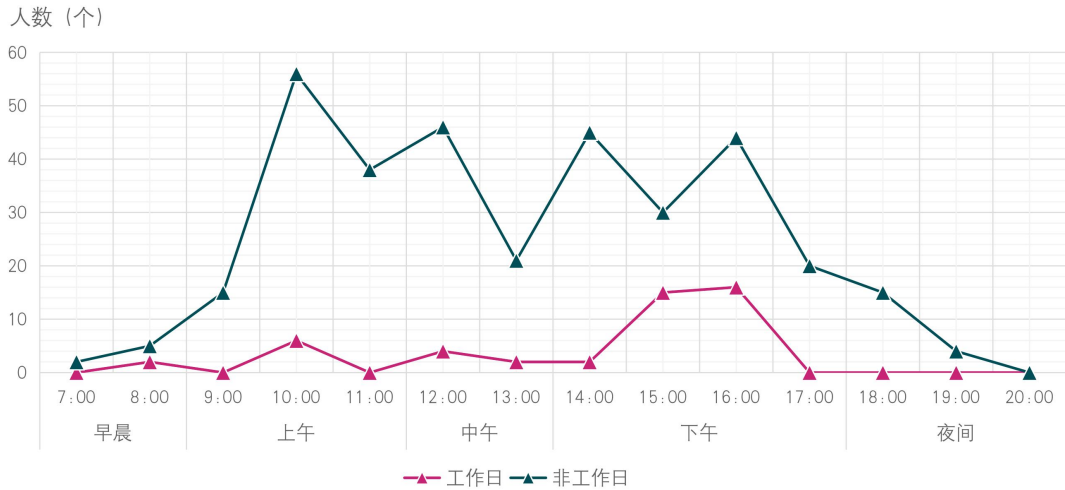


图 4.32 温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

B3 调研节点活动人群特征统计如图 4.33 所示，总体上中青年群体仍是调研节点内主要的活动群体。与工作日相比，非工作日未成年群体占比显著增多，老年和中青年群体占比相对减少。工作日时智慧化设施使用占比显著更多。

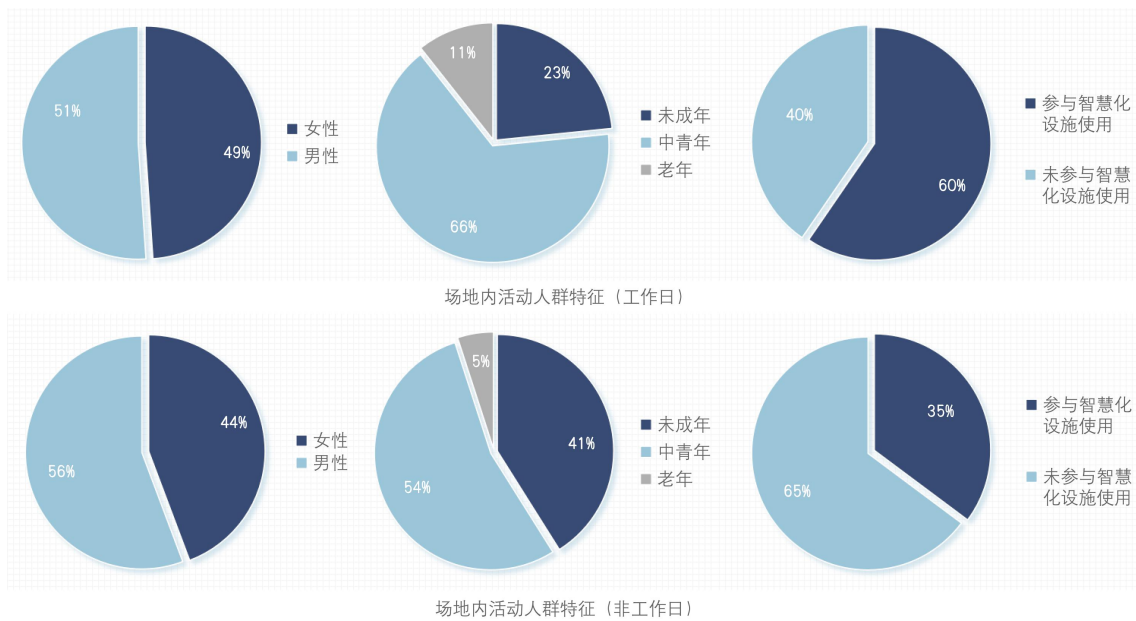


图 4.33 温榆河公园·未来智谷 B3 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

4.4.3 大运河森林公园调研场地使用评估分析

(1) 大运河森林公园入口广场-C1 调研节点

C1 调研节点为是大运河森林公园内主题运动场的入口区域，有 3 台智能运动互动屏幕设施。该调研节点内的人群主要以围绕智慧设施的游憩行为为主。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.34 和图 4.35 所示。工作日与非工作日调研节点内的人群行为活动模式与规律相对趋同，除了在互动屏幕前进行特定的交互运动外，在场地周边或外围存在零星的观望、等待及通行行为。

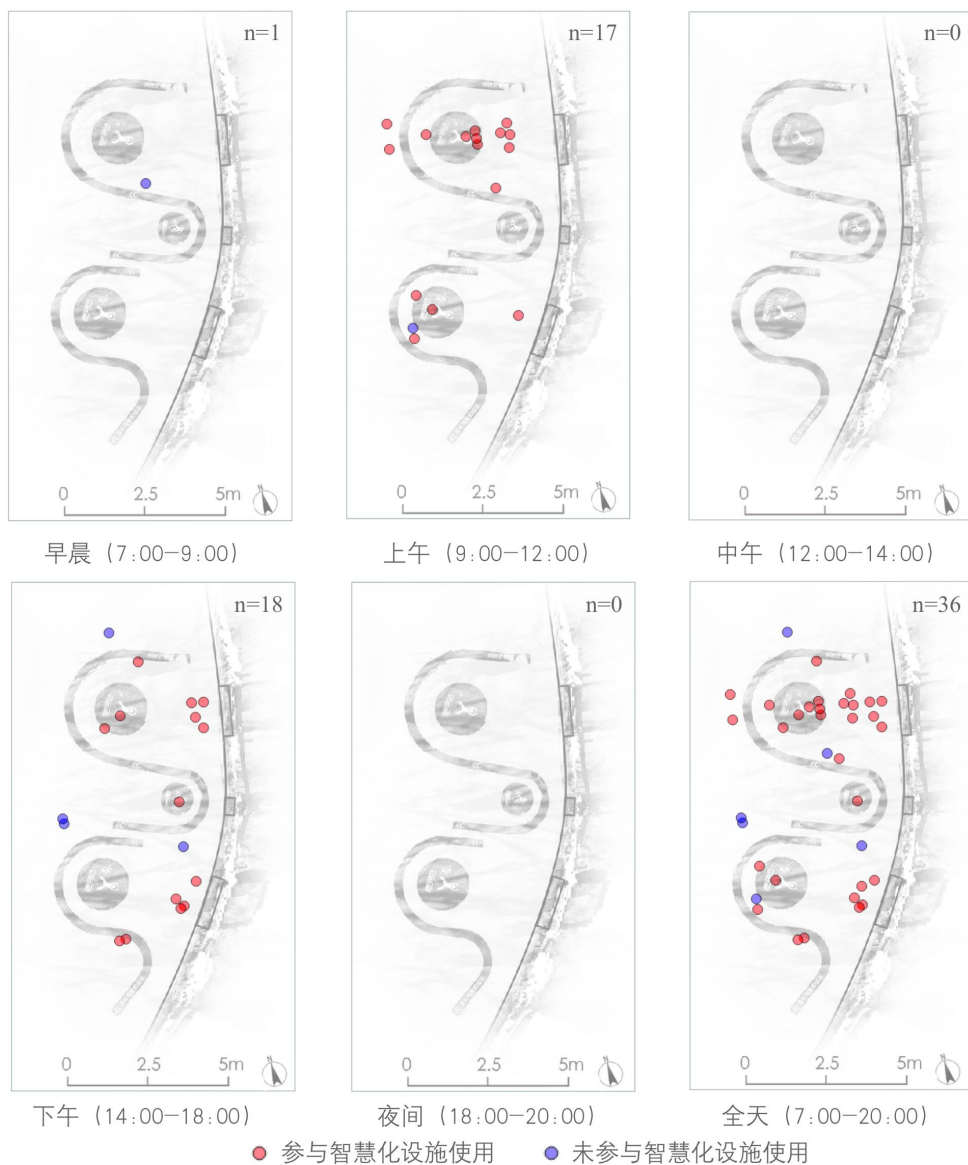


图 4.34 大运河森林公园 C1 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

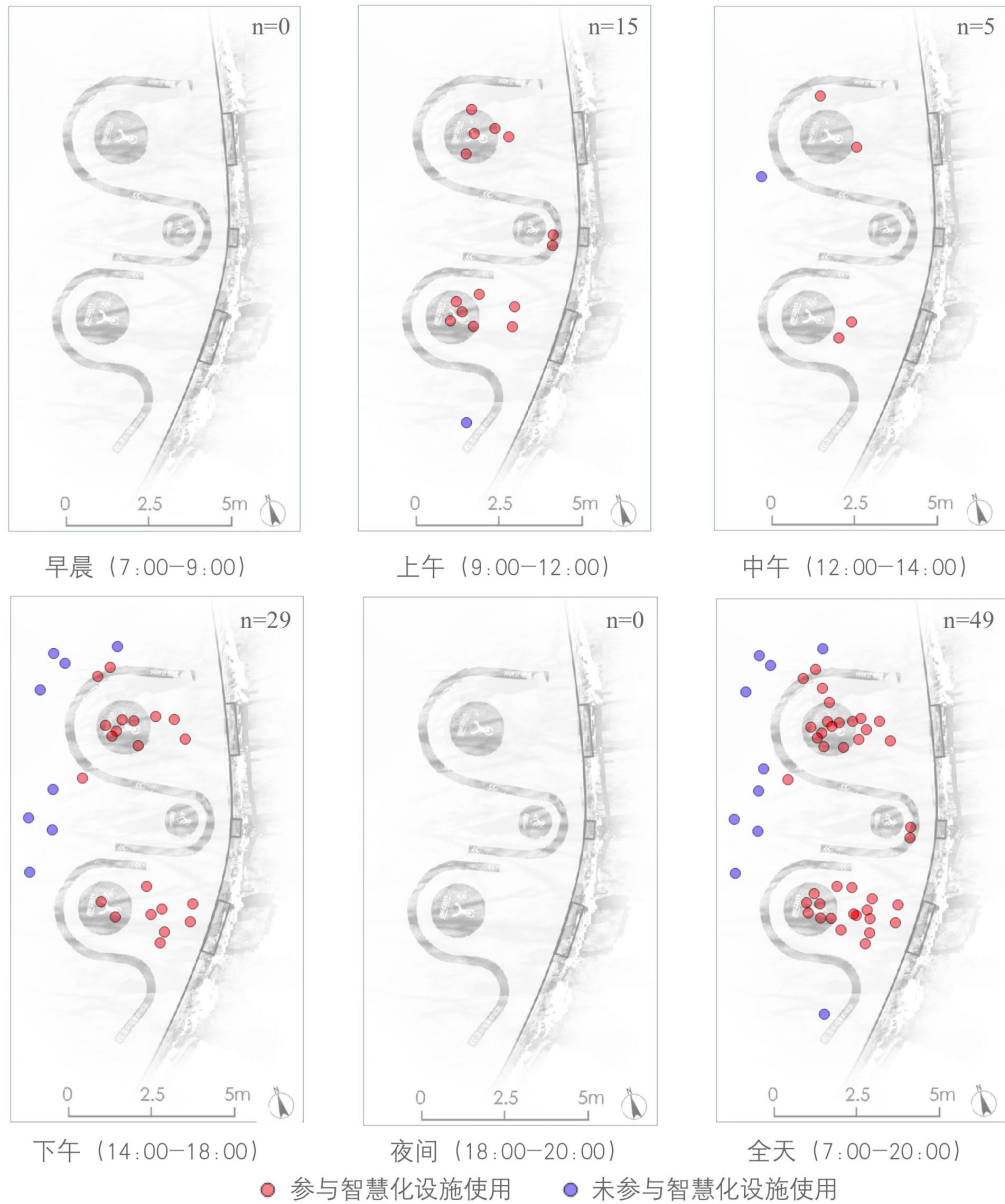


图 4.35 大运河森林公园 C1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

C1 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.36 所示, 可以发现与前几处调研场地的调研节点不同, 该调研节点的人群流量在工作日和非工作日相近, 均在上午及下午时段处于人群流量高峰, 在早晨、中午及夜间人群活力处于较低水平。

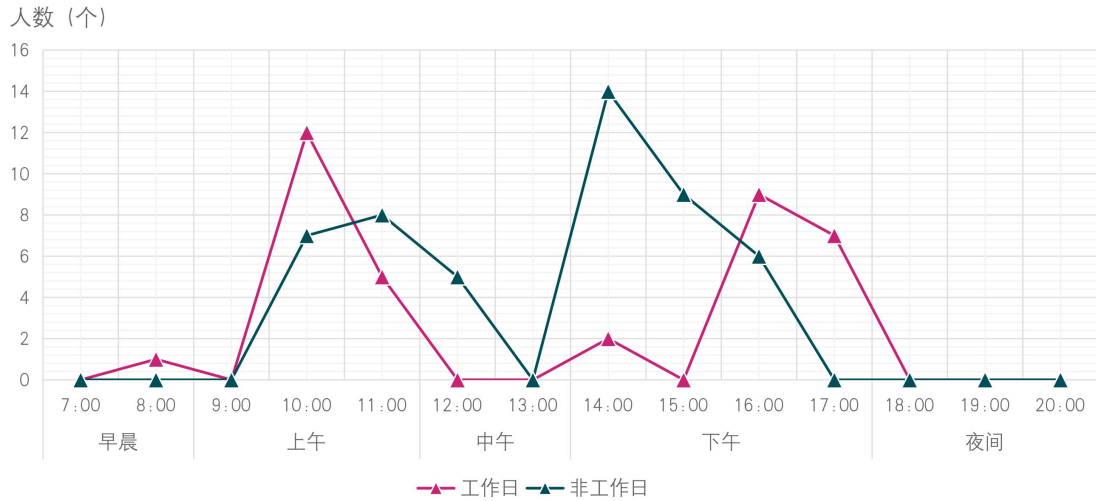


图 4.36 大运河森林公园 C1 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

C1 调研节点活动人群特征统计如图 4.37 所示。与工作日相比，非工作日的未成年群体占比相对减少，中青年群体占比相对增加。在调研节点内智慧化设施的使用方面，工作日与非工作日智慧化设施使用的比例相近，且均具有极高比例。

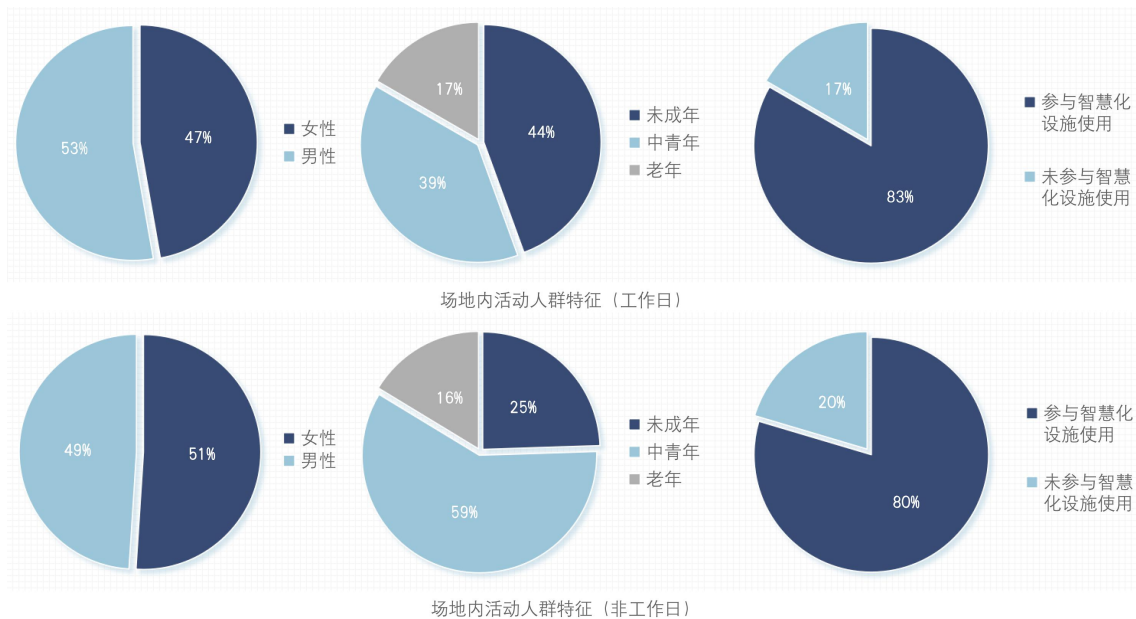


图 4.37 大运河森林公园 C1 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

(2) 大运河森林公园运动广场-C2 调研节点

C2 调研节点内集中布置有高密度的智慧化娱乐设施，人群主要以游憩行为为

主，通行行为为辅。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.38 和图 4.39 所示。结果显示，该调研节点内人群行为特征在非工作日与工作日同样较为趋同，场地北侧不同类型的智慧化设施的使用率均较高，场地南侧的步道上人群的通行和等待行为较多。

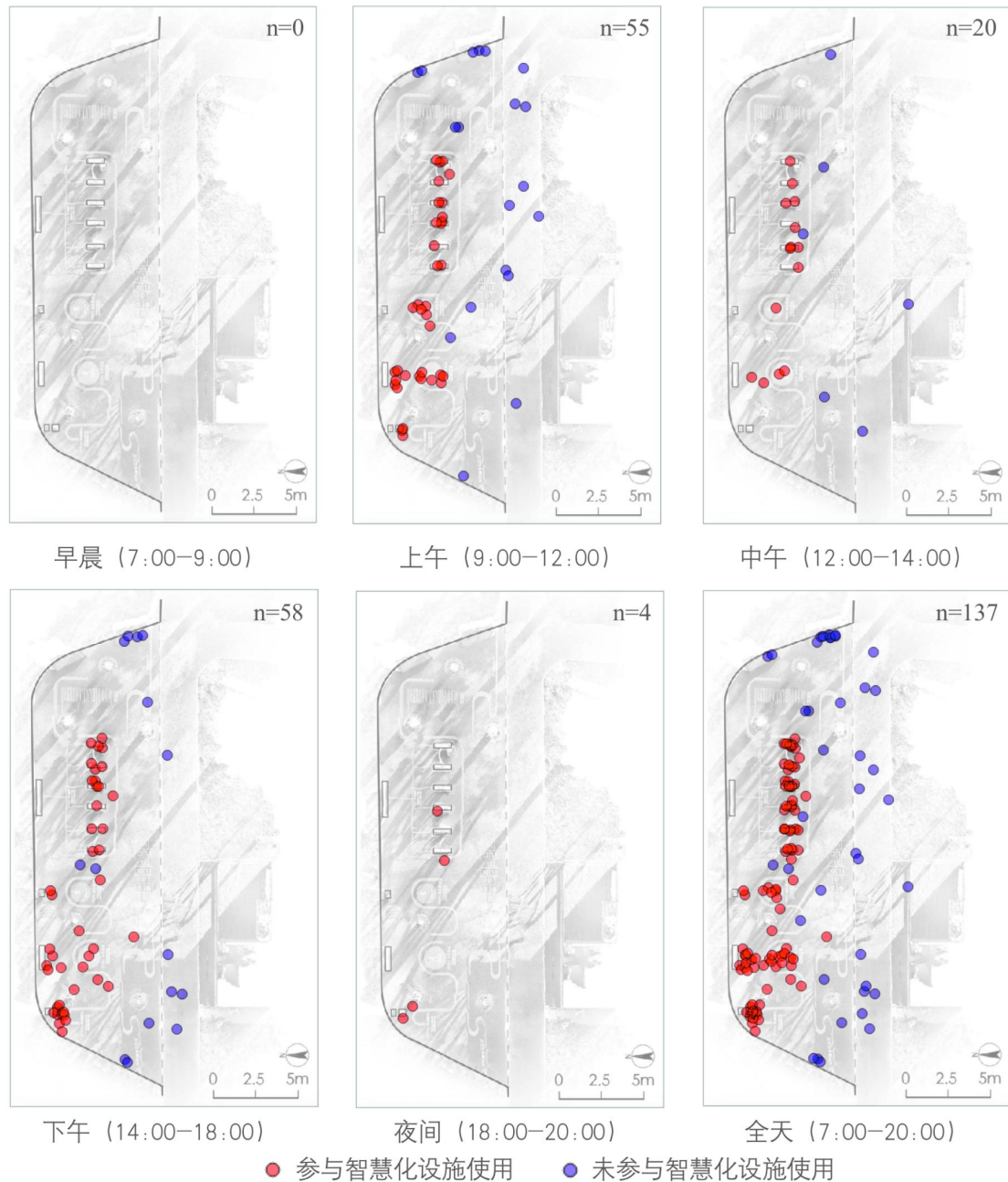


图 4.38 大运河森林公园 C2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源：作者自绘

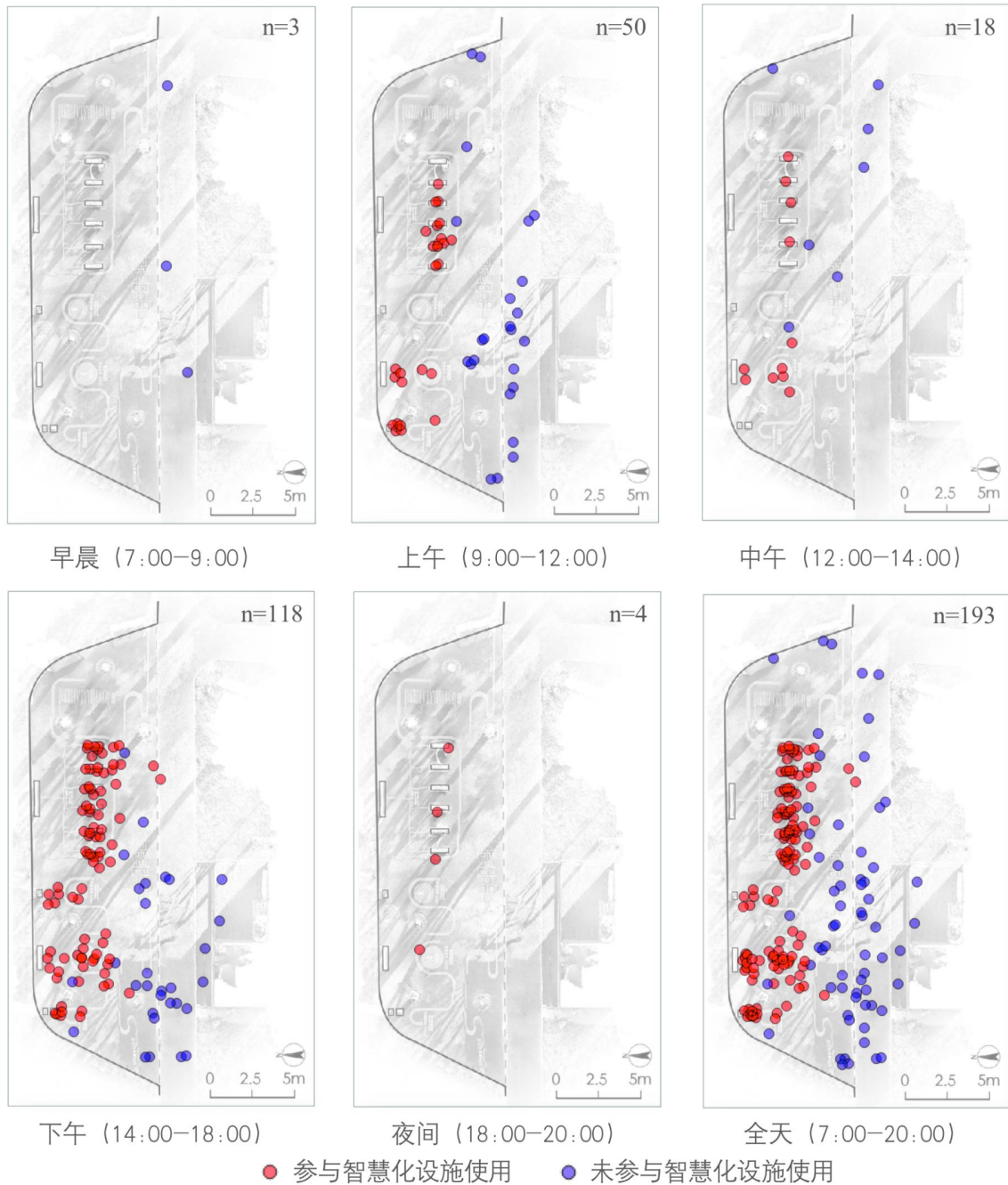


图 4.39 大运河森林公园 C2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

C2 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.40 所示, 人群流量在两个调研日内的变化趋势相对趋同, 同样存在上午及下午两处人群活力高峰, 在早晨、中午及夜间时段人群流量较低, 其中非工作日的下午时段人流量相较工作日更高。

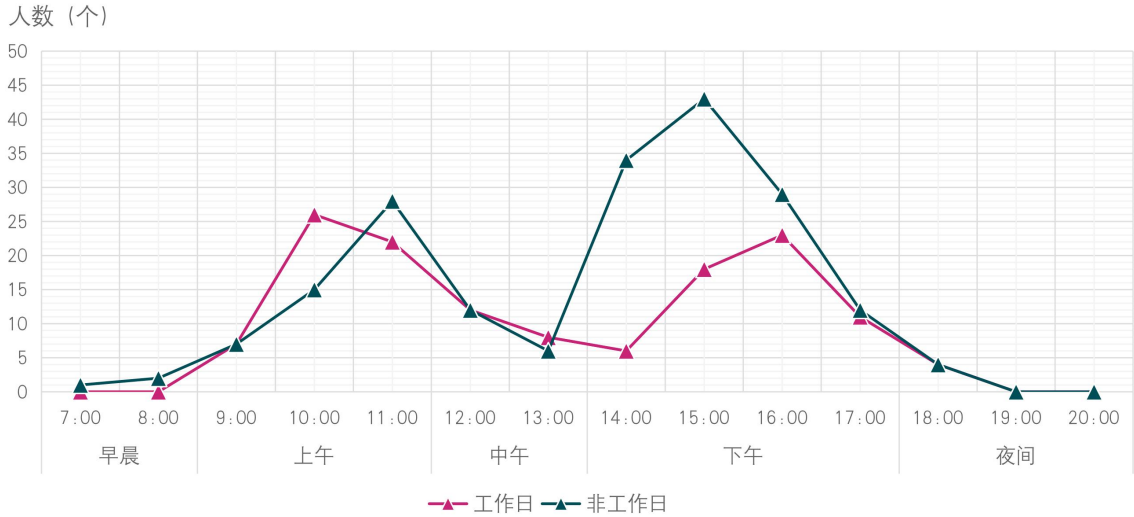


图 4.40 大运河森林公园 C2 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

C2 调研节点活动人群特征统计如图 4.41 所示，可以发现在性别、年龄段及参与智慧化设施使用的比例方面工作日与非工作日相对趋同，其中中青年和未成年群体的占比相对较高，智慧化设施的使用占比同样维持在较高水平。

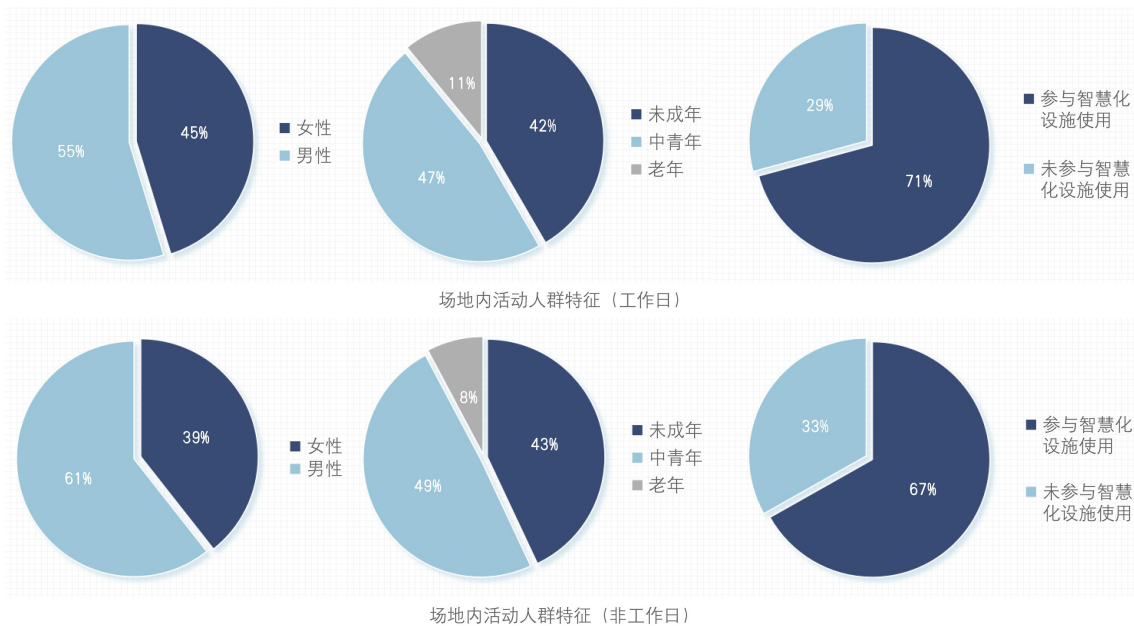


图 4.41 大运河森林公园 C2 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

(3) 大运河森林公园滨河步道-C3 调研节点

C3 调研节点为大运河森林公园内与 C1、C2 节点相邻的一处滨江休闲步道，

主要承载公园内人群的跑步、步行运动等通行行为。调研节点北部的智能导览屏幕可为过往的行人提供基础的信息查询、交互服务。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.42 和图 4.43 所示。调研节点内的行为活动类型相对单一，行为分布在工作日与非工作日的变化差异较小。

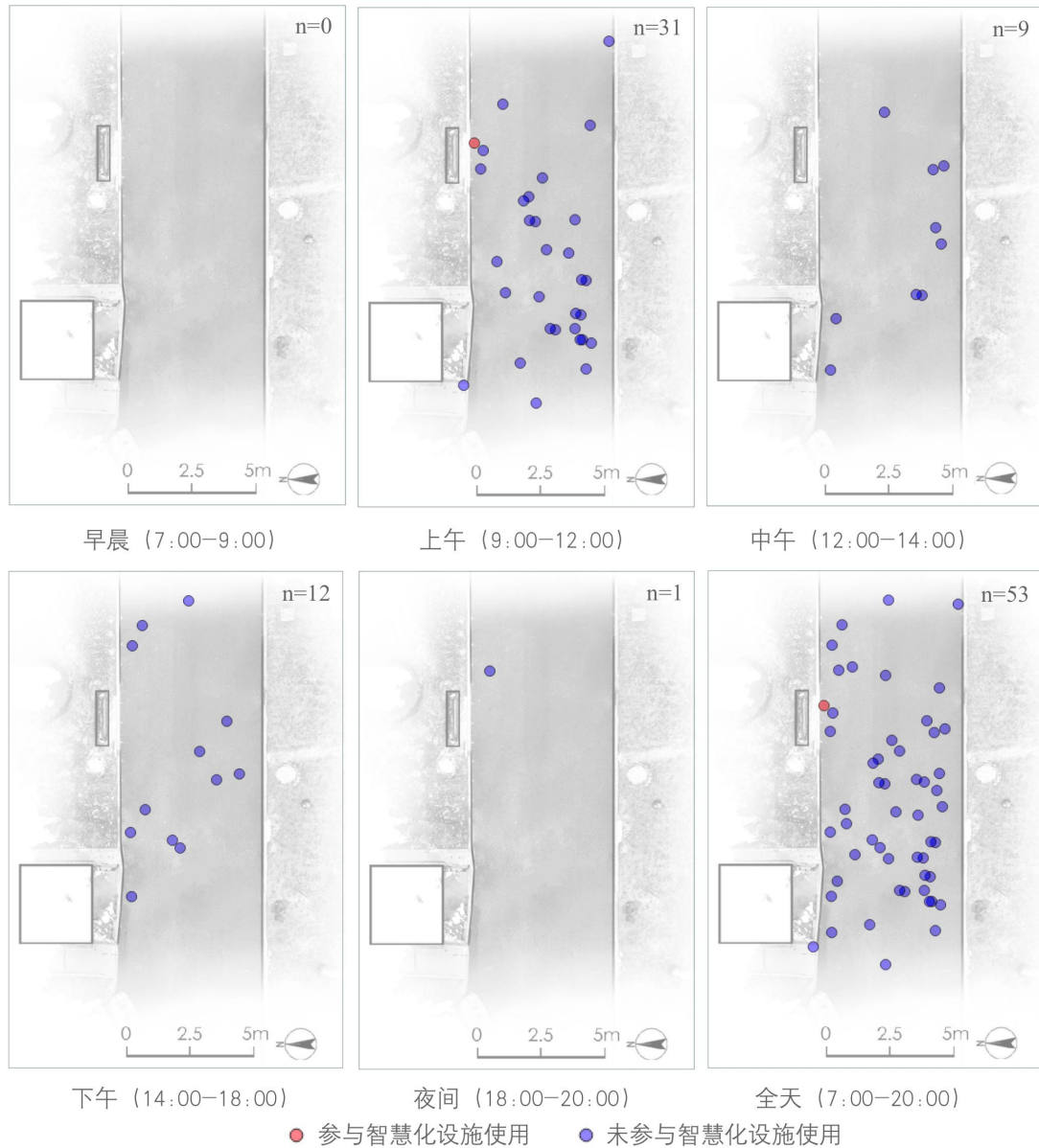


图 4.42 大运河森林公园 C3 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

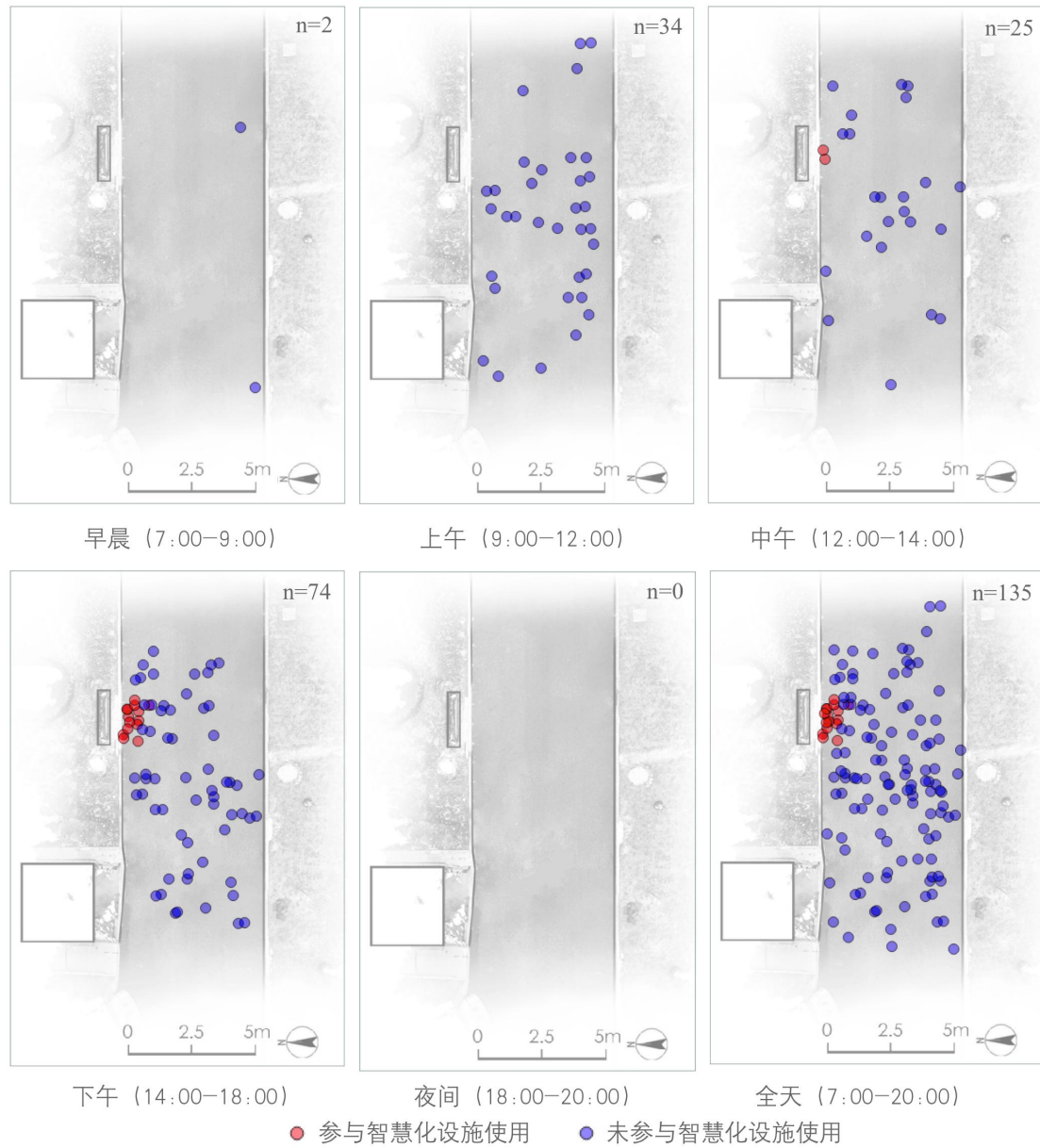


图 4.43 大运河森林公园 C3 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

C3 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.44 所示, 在早晨、上午及夜间时段的人群流量在工作日与非工作日相对趋同, 而在中午及下午时段非工作日的人群流量相对更高。总体而言, 人群流量在上午及下午时段均呈现出不同程度的升高。

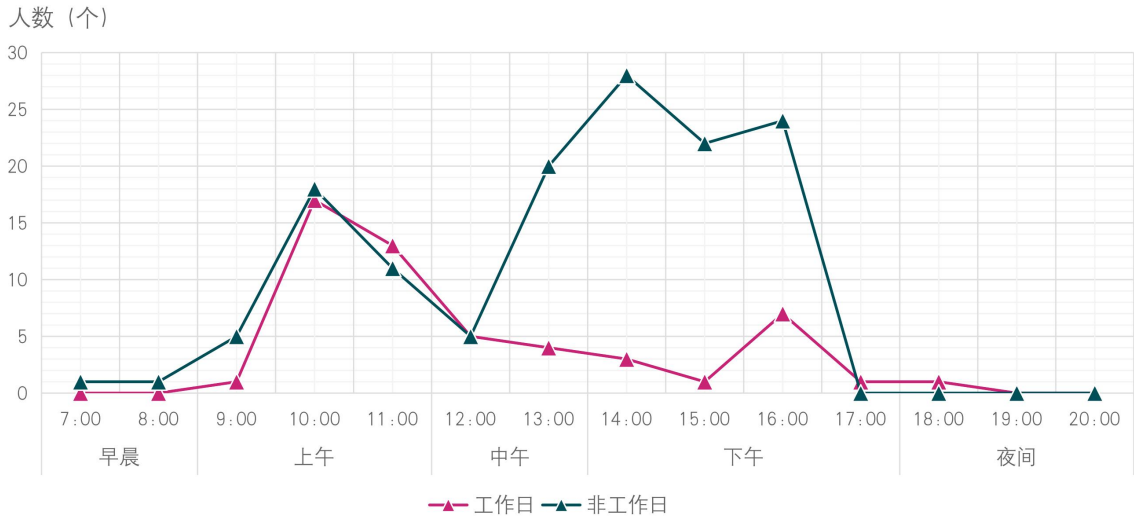


图 4.44 大运河森林公园 C3 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

C3 调研节点活动人群特征统计如图 4.45 所示。与工作日相比，非工作日活动群体中的中青年占比增多，老年人群体相对下降明显。而该调研节点内的智慧化设施使用占比维持在较低水平，其中非工作日的智慧化设施使用占比略高。

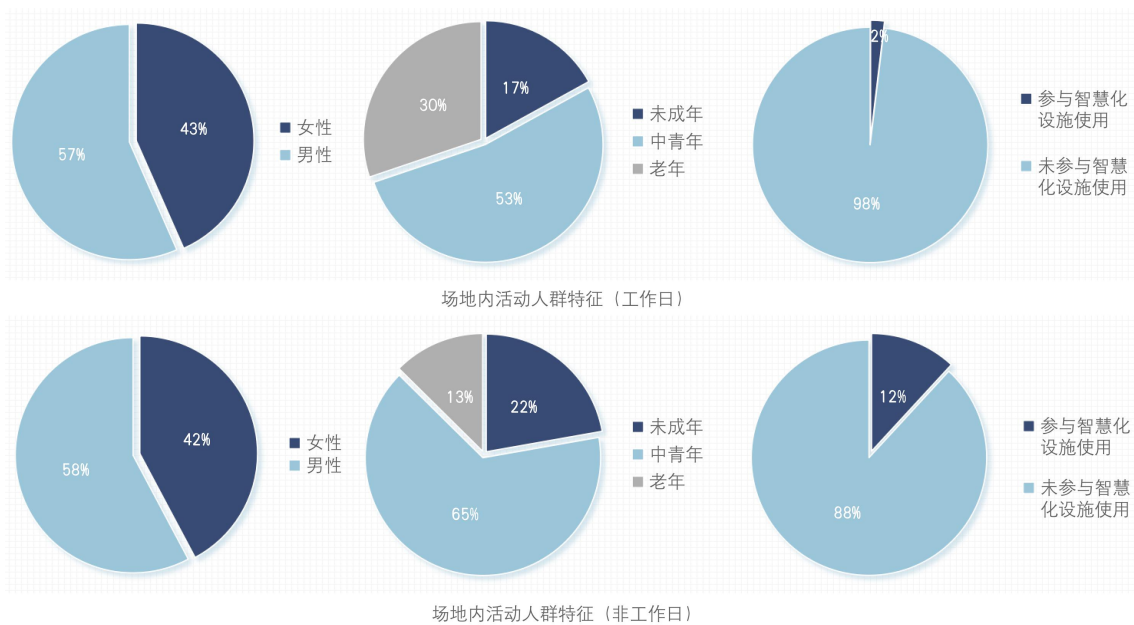


图 4.45 大运河森林公园 C3 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

4.4.4 昌盛园社区调研场地使用评估分析

(1) 昌盛园社区休闲广场-D1 调研节点

D1 调研节点为昌盛园社区内的一处小尺度公共开敞空间，场地内紧邻公共桌椅布置有智能虚拟骑行设施，人群主要以通行行为及部分临时停歇行为为主。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.46 和图 4.47 所示。可以发现工作日及非工作日调研节点内的人群均以相对均匀分布的南北向通行行为为主，场地内的空间及设施使用较为零散，具有较大随机性，其中对于公共桌椅的使用多于智能虚拟骑行设施。

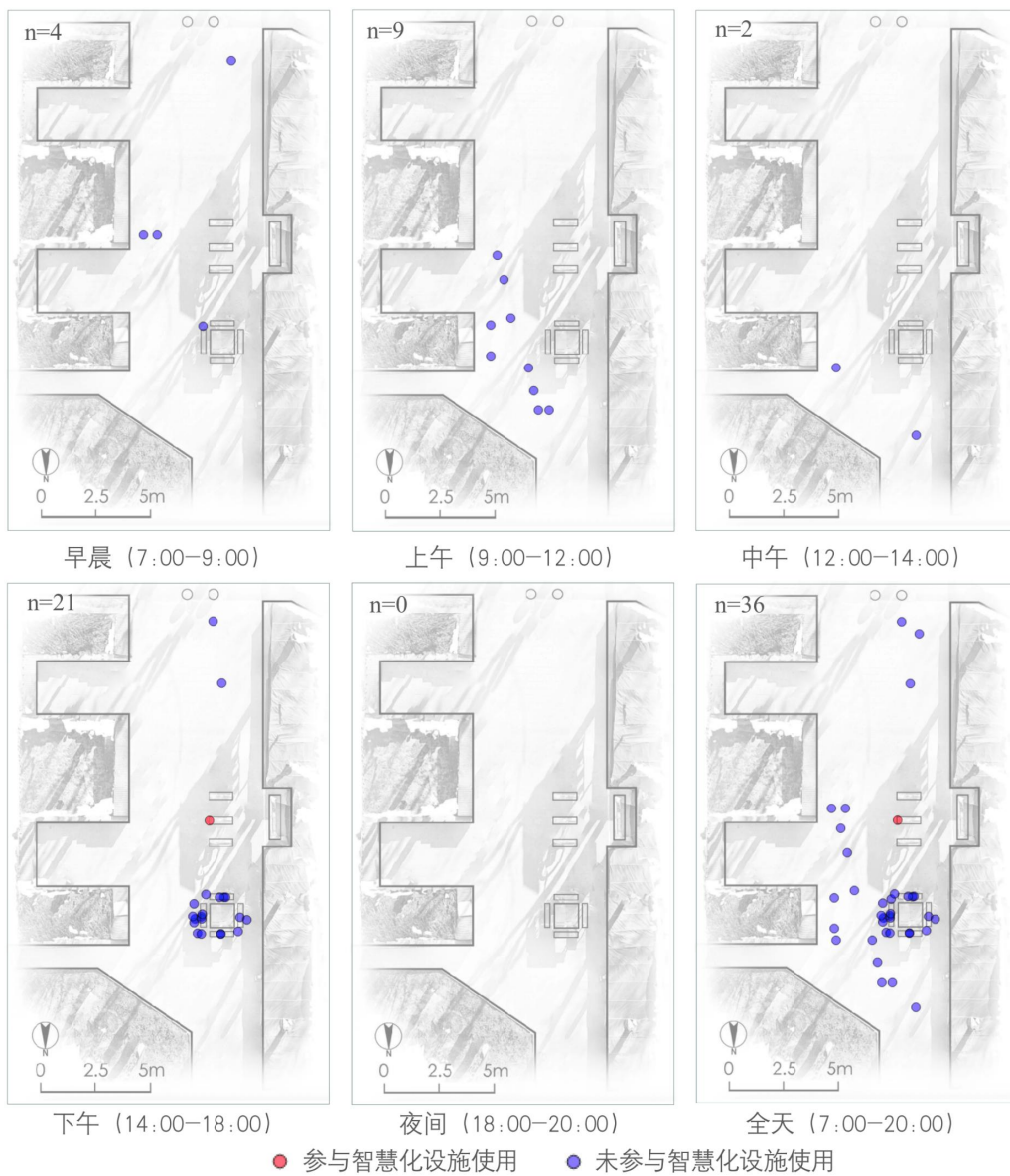


图 4.46 昌盛园社区 D1 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

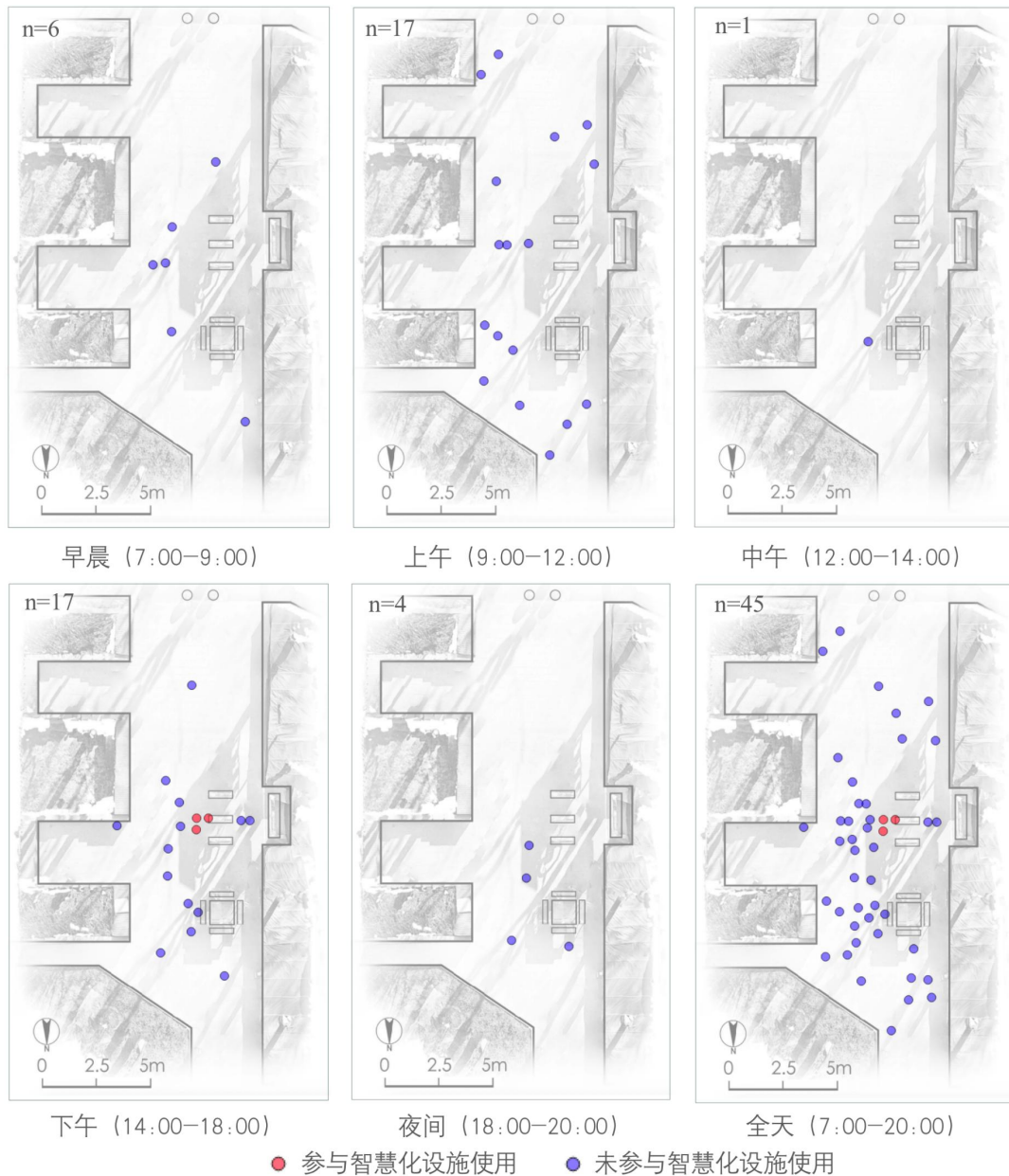


图 4.47 昌盛园社区 D1 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

D1 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.48 所示。在工作日及非工作日节点范围内的人群流量大致趋同, 总体处于较低水平。不同时段的人群流量差异相对较小, 其中早晨、上午及下午时段的人群流量略多于中午及夜间时段。

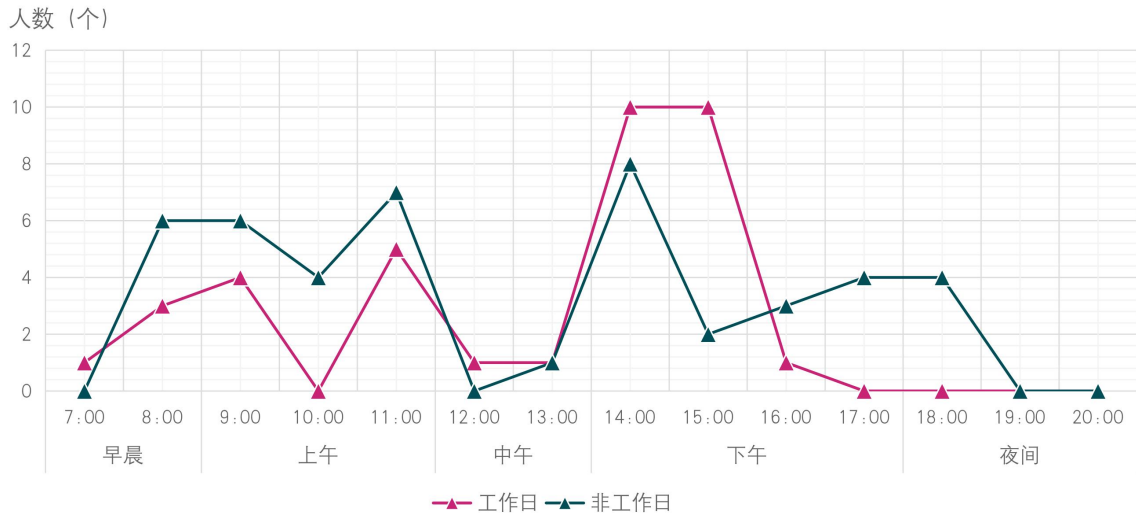


图 4.48 昌盛园社区 D1 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

D1 调研节点活动人群特征统计如图 4.49 所示。与其余几个调研场地内的调研节点相比，该节点内男性群体比例明显更高，未成年群体的比例处于极低水平，而在非工作日时中青年群体的占比相对上升。此外，该处社区内的公共开敞空间内人群参与智慧化设施使用的比例同样处于极低水平，且在工作日与非工作日差异较小。

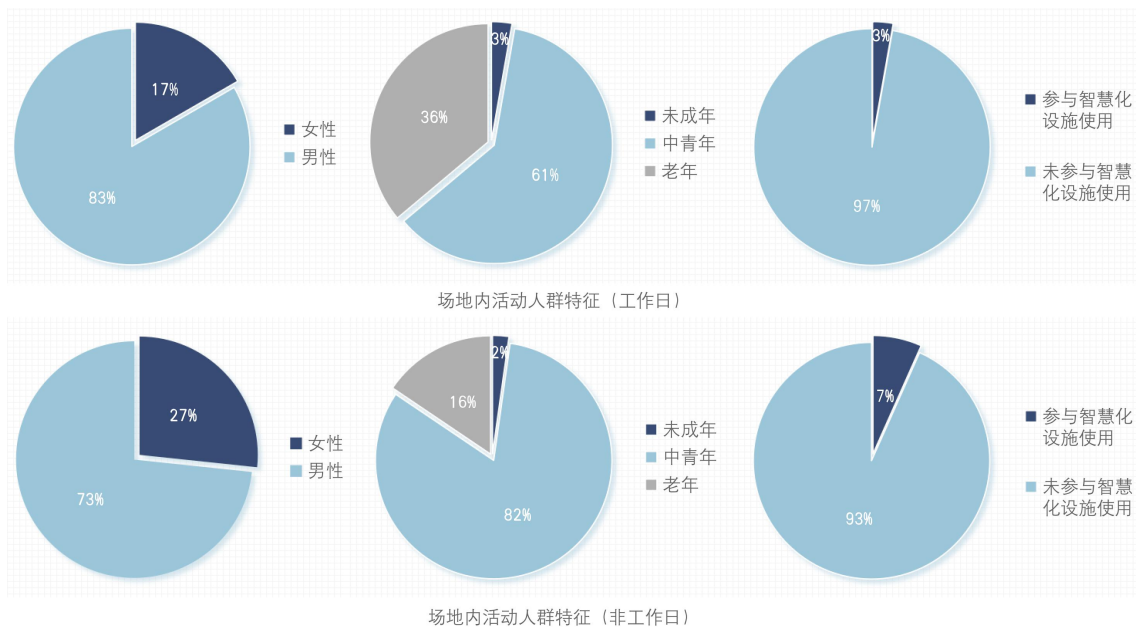


图 4.49 昌盛园社区 D1 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

(2) 昌盛园社区健身步道-D2 调研节点

D2 调研节点位于昌盛园社区入口位置，是社区居民日常通行的主要路径。对其工作日及非工作日调研时段内的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.50 和图 4.51 所示。由于场地内的行为活动类型相对单一，工作日及非工作日人群行为模式相对趋同，均为健身步道上的通行行为，仅在人群流量方面有所差异。对于健身步道一侧的智能体质监测设备，使用人群比例总体处于极低水平。

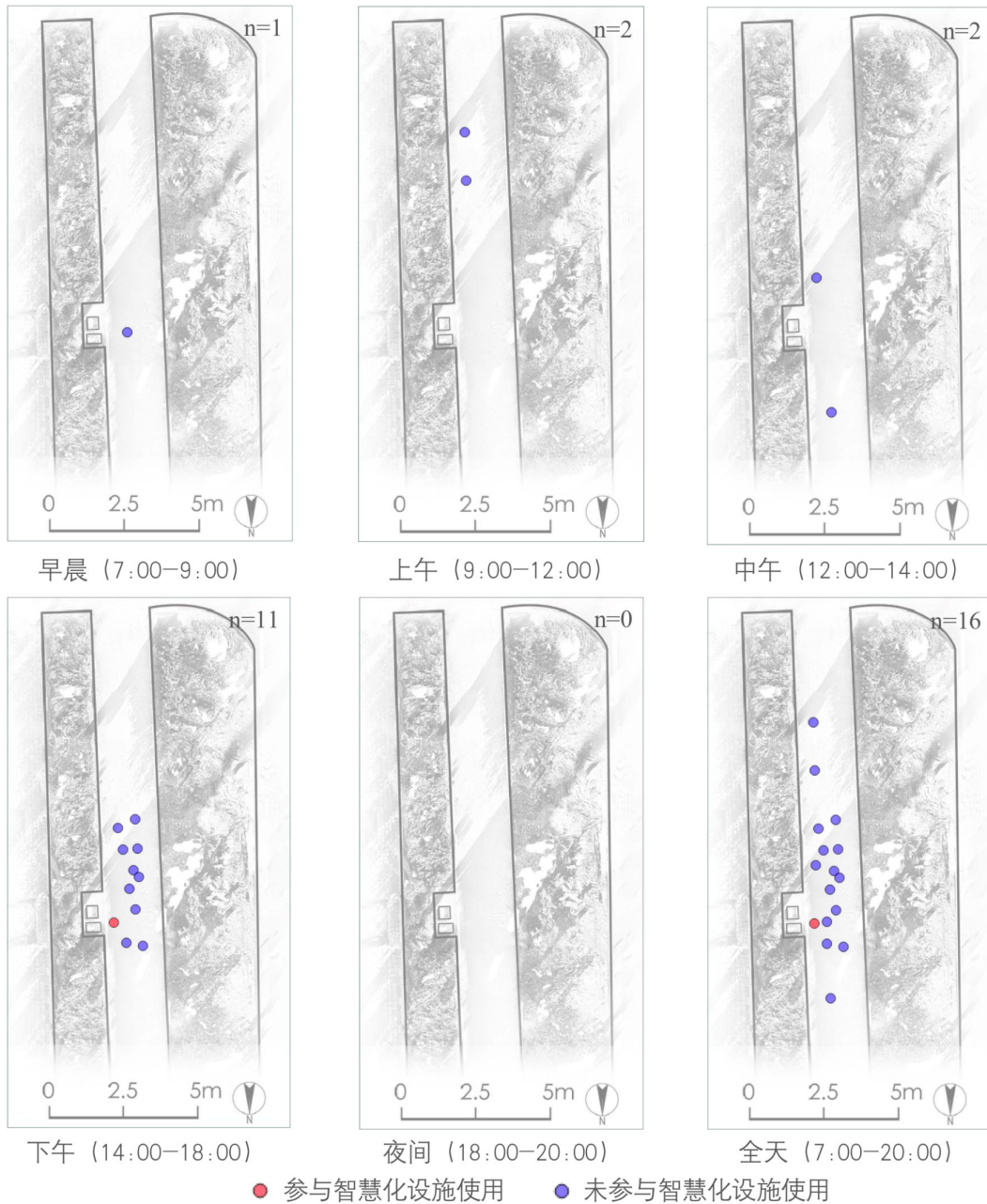


图 4.50 昌盛园社区 D2 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

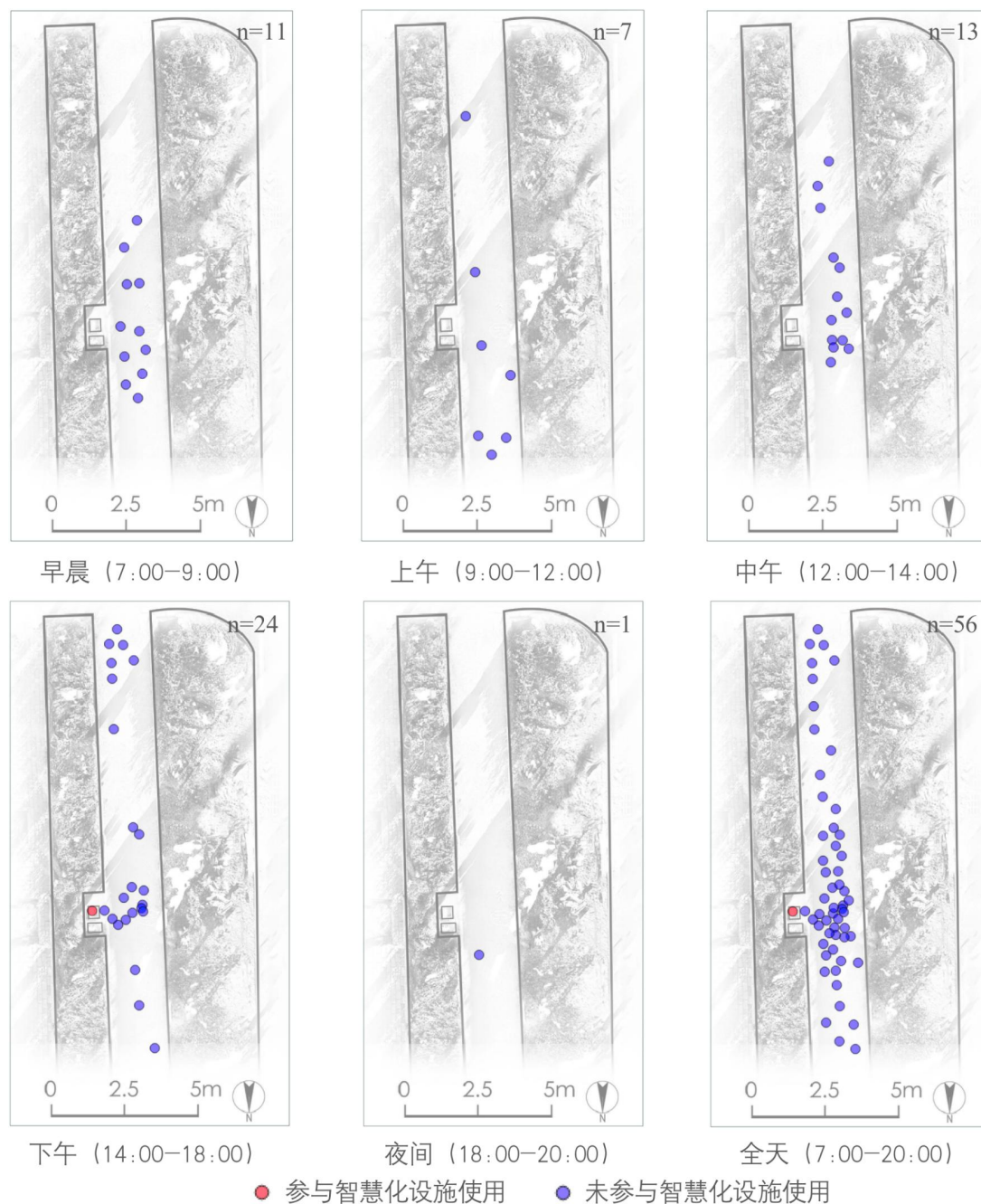


图 4.51 昌盛园社区 D2 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

D2 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.52 所示。总体而言由于非工作日进出社区入口的居民人数有所增加, 调研节点内的人群流量相较于工作日而言更高。在各时段的人群流量变化方面, 非工作日的早晨、中午及下午时段相对人群流量更大, 工作日则在下午时段人群流量更大, 规律性并不显著, 呈现出一定的随机性与波动性。

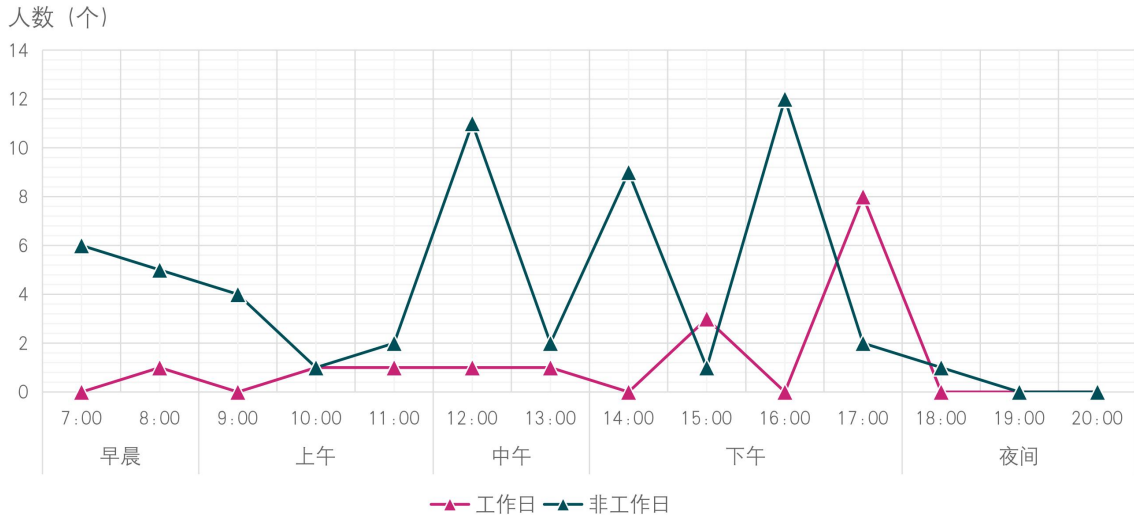


图 4.52 昌盛园社区 D2 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

D2 调研节点活动人群特征统计如图 4.53 所示。在性别方面非工作日的女性群体比例显著增加，未成年群体相对增加而老年群体占比相对保持不变。在参与智慧化设施使用的比例方面，工作日与非工作日均处于极低水平且差异较小。

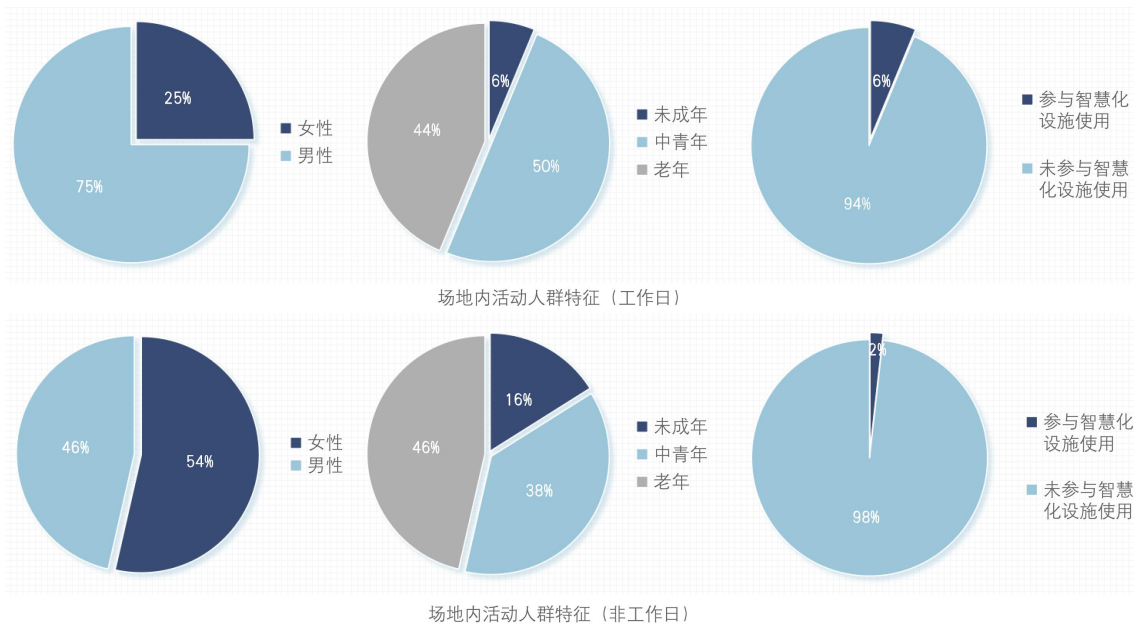


图 4.53 昌盛园社区 D2 调研节点活动人群特征

资料来源：作者自绘

(3) 昌盛园社区健身步道-D3 调研节点

D3 调研节点为社区内部的一处健身步道，对其工作日及非工作日调研时段内

的人群行为活动进行空间注记的结果如图 4.54 和图 4.55 所示。工作日与非工作日的行为模式同样相对趋同，以健身步道上的通行行为为主，仅有少量人群会使用健身步道一侧布置的智能座椅并激活其自动加热、无线充电等智慧服务。

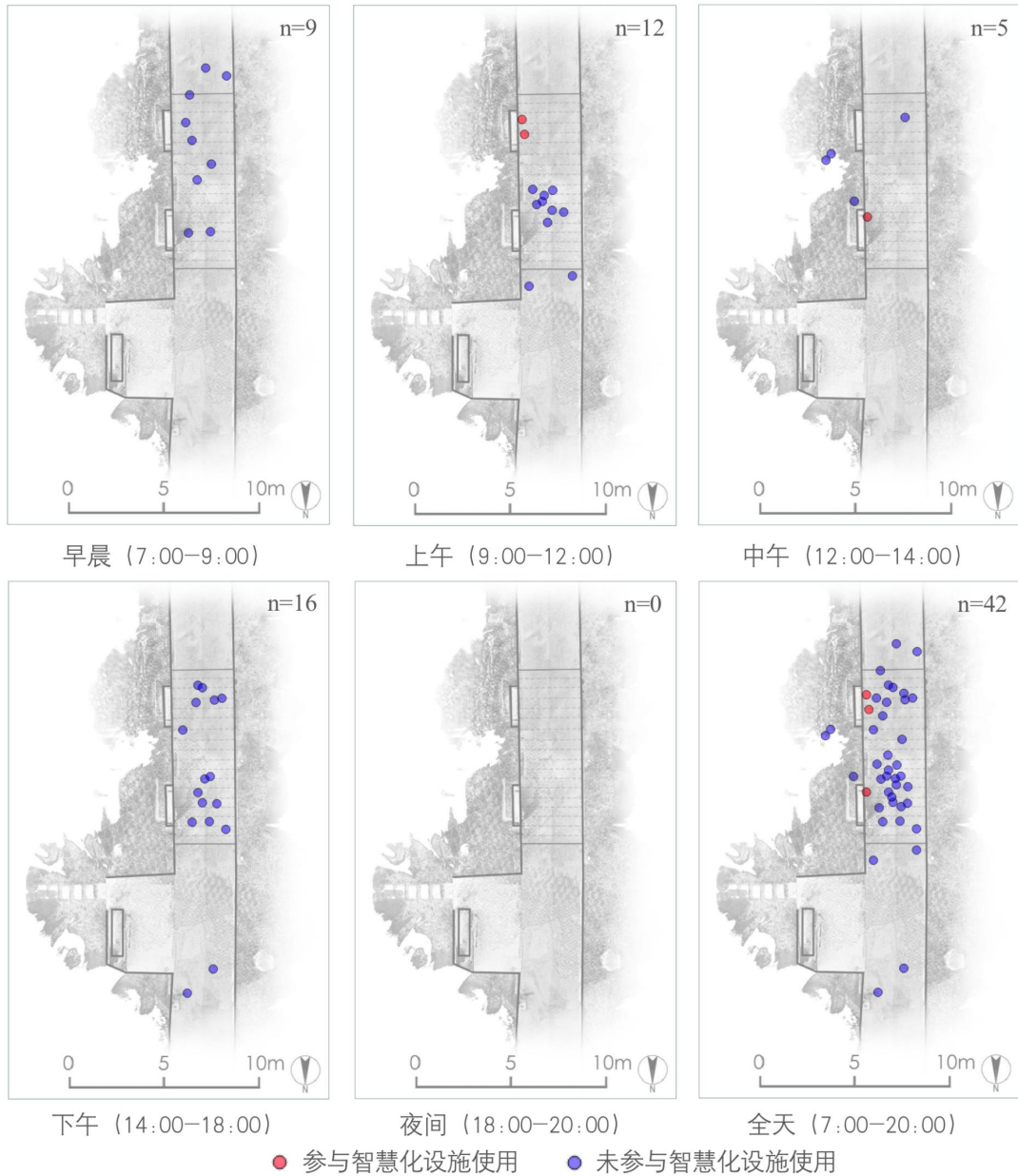


图 4.54 昌盛园社区 D3 调研节点逐时段人群使用情况 (工作日)

资料来源: 作者自绘

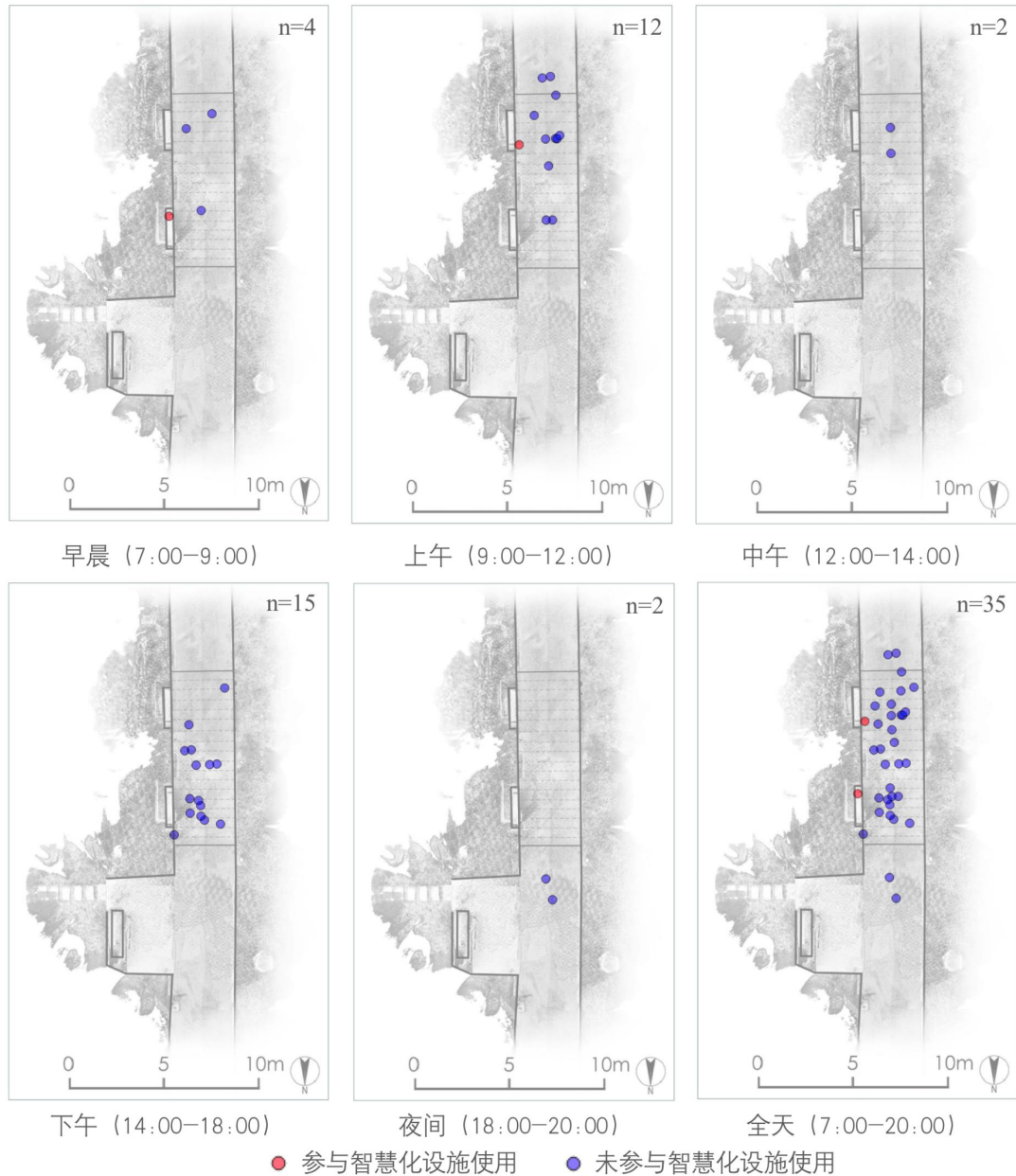


图 4.55 昌盛园社区 D3 调研节点逐时段人群使用情况 (非工作日)

资料来源: 作者自绘

D3 调研节点内逐时段的活动人群流量统计如图 4.56 所示。其中工作日与非工作日的人群总流量及各时段变化趋势相对趋同, 均在上午及下午时段有最多的人群使用, 在中午时段人群流量处于低谷水平, 在早晨及夜间时段人群流量呈现出一定的波动起伏变化。

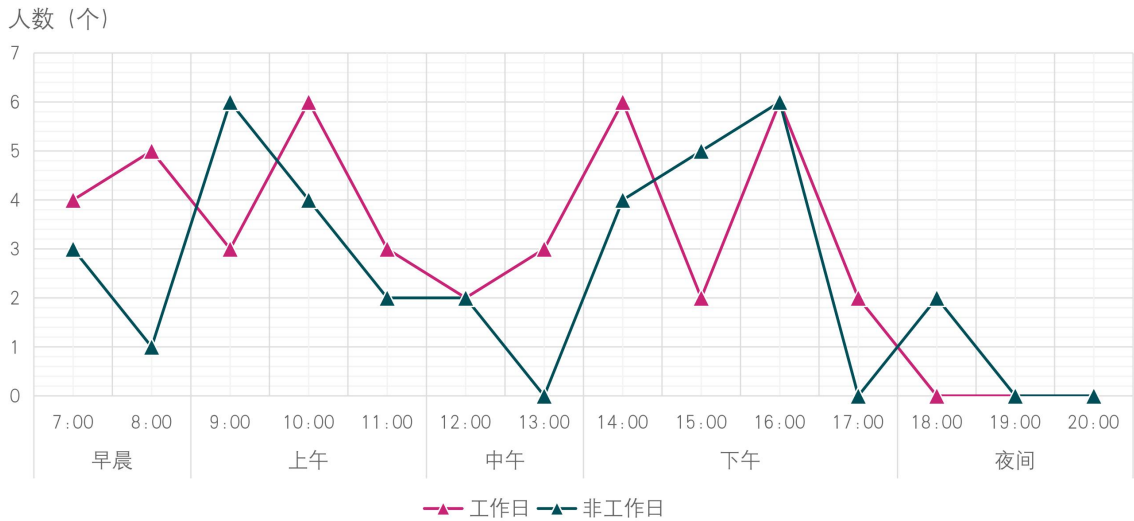


图 4.56 昌盛园社区 D3 调研节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

D3 调研节点活动人群特征统计如图 4.57 所示。总体而言，人群的年龄段及参与智慧化设施使用的比例在工作日及非工作日基本趋于一致，其中，中青年群体占比最多，未成年群体相对最少。与昌盛园社区内其他两个调研节点类似，对于智慧化设施的使用仍然处于极低水平。

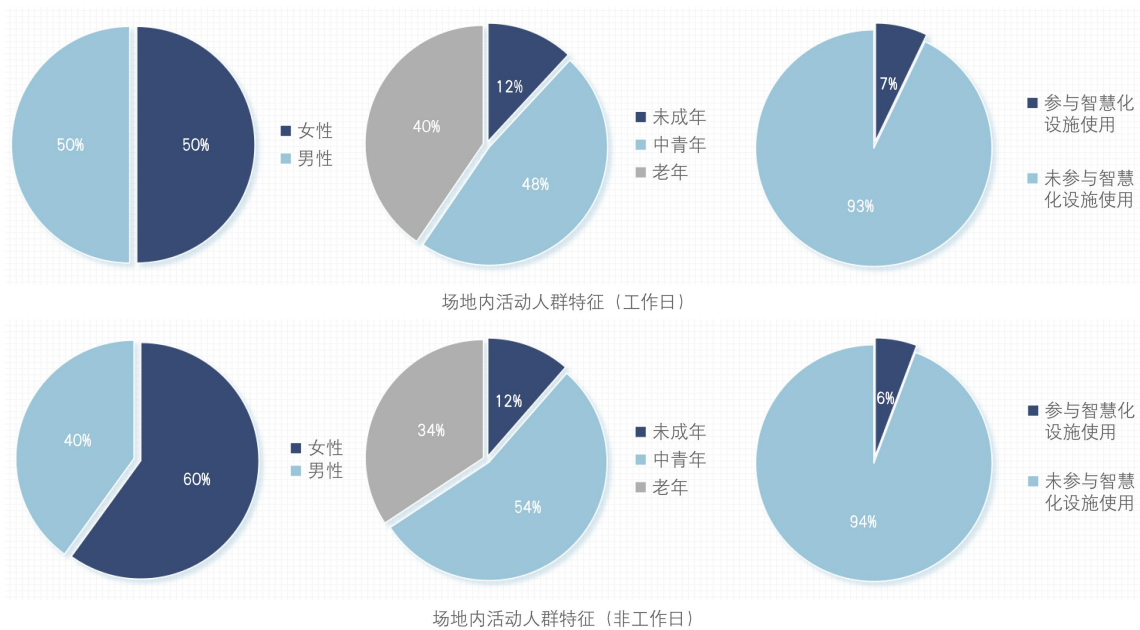


图 4.57 昌盛园社区 D3 调研节点活动人群特征

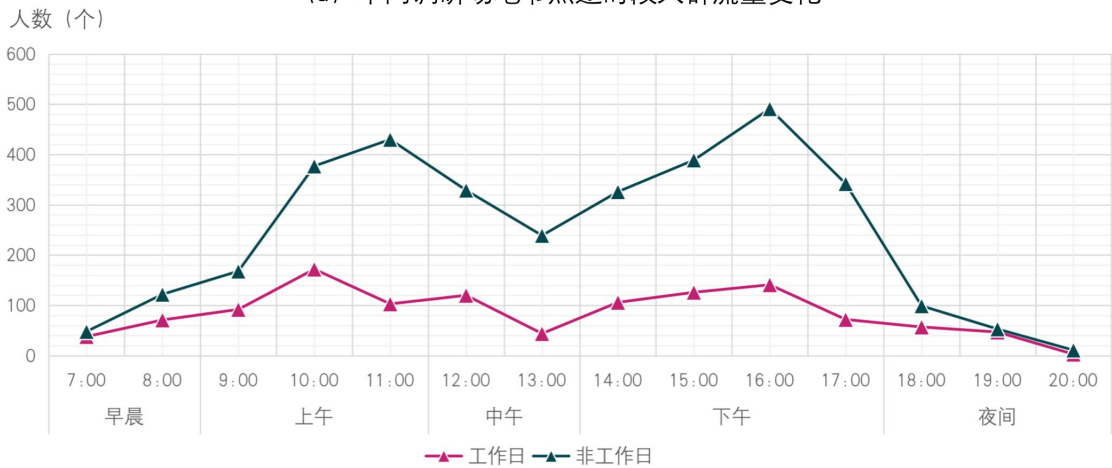
资料来源：作者自绘

4.4.5 调研场地使用评估汇总分析

对海淀公园、温榆河公园·未来智谷、大运河森林公园以及昌盛园社区4处调研场地内的A1至D3的共计12个调研节点的调研数据结果进行汇总。首先将不同调研场地节点的逐时段人群流量进行汇总，结果如图4.58所示。大多数调研节点内的人群流量均在上午和下午时段处于最高水平，中午时段略有下降，而在早晨与夜间则处于相对最低的水平。整体而言，调研节点内的非工作日的人流量仍普遍大于工作日。

A1	51	101	151	179	195	211	96	137	174	244	207	96	77	14
A2	5	8	22	97	98	83	72	45	59	69	66	9	12	0
A3	1	6	9	33	31	19	14	25	25	31	7	1	1	0
B1	5	39	10	46	45	23	18	28	55	48	36	9	4	0
B2	6	7	10	21	19	7	14	26	41	54	31	10	2	0
B3	2	7	15	62	38	50	23	47	45	60	20	15	4	0
C1	0	1	0	19	13	5	0	16	9	15	7	0	0	0
C2	1	2	14	41	50	24	14	40	61	52	23	8	0	0
C3	1	1	6	35	24	10	24	31	23	31	1	1	0	0
D1	1	9	10	4	12	1	2	18	12	4	4	4	0	0
D2	6	6	4	2	3	12	3	9	4	12	10	1	0	0
D3	7	6	9	10	5	4	3	10	7	12	2	2	0	0
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00

(a) 不同调研场地节点逐时段人群流量变化



(b) 所有调研场地逐时段人群流量变化

图 4.58 调研场地及节点逐时段人群流量变化

资料来源：作者自绘

将调研场地节点的人群性别、年龄段及参与智慧化设施使用的比例进行汇总，

结果如图 4.59 所示。可以发现，总体而言所调研的智慧化公共开敞空间内男性群体略多于女性，中青年是最主要的活动群体，未成年群体次之，老年群体相对最少。其中，非工作日的未成年群体比例相对上升，工作日的老年群体比例相对上升。智慧化设施的使用比例总体维持在中低水平，工作日与非工作日差异并不显著。

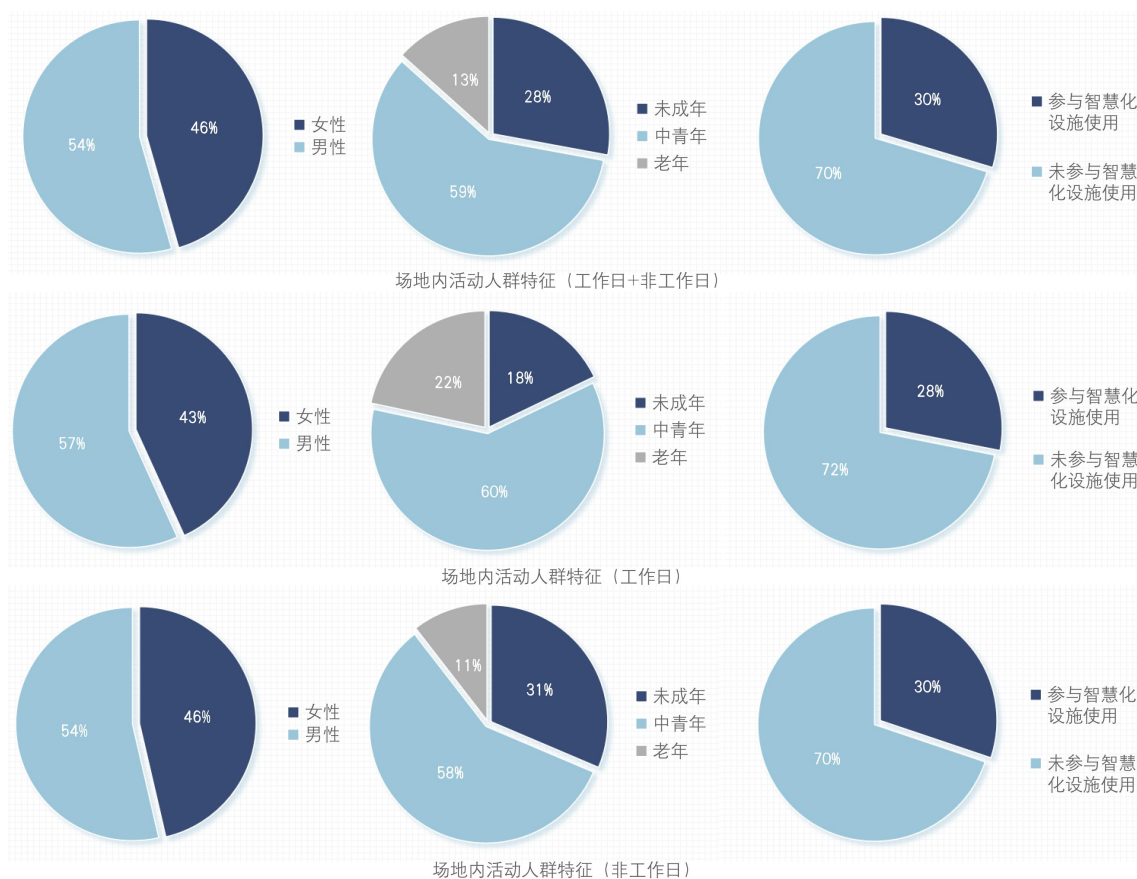


图 4.59 调研场地活动人群特征

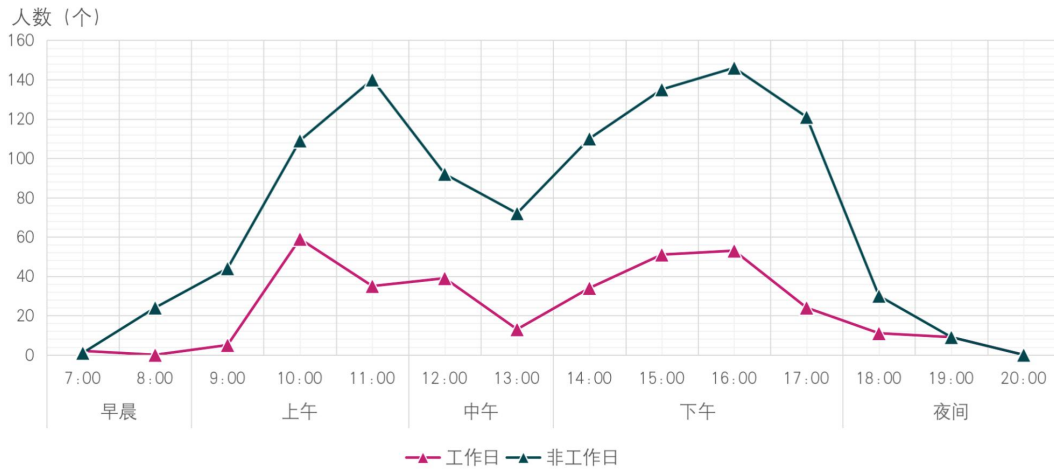
资料来源：作者自绘

其次，针对其中的智慧化设施行为进行汇总，将不同调研场地节点逐时段参与智慧化设施使用的比例及调研场地整体逐时段参与智慧化设施使用的人群流量进行汇总，结果如图 4.60 所示。调研场地节点内智慧化设施逐时段的人群流量变化趋势与所有调研场地逐时段人群流量变化趋势相近，呈现出上午与下午时段最高，中午时段其次，早晨及夜间时段最低的特征。部分差异主要表现在智慧化设施使用水平在工作日早晨时段几乎为零，而总人群流量在该时段仍保持有一定水平。

第 4 章 城市公共开敞空间智能化设计使用研究

A1	2.0%	7.9%	13.9%	14.5%	24.6%	12.8%	19.8%	21.2%	19.5%	15.2%	21.3%	10.4%	3.9%	0.0%
A2	20.0%	25.0%	81.8%	43.3%	41.8%	65.1%	40.3%	40.0%	61.0%	52.2%	60.6%	77.8%	75.0%	0.0%
A3	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	9.7%	10.5%	14.3%	20.0%	4.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
B1	0.0%	20.5%	20.0%	54.3%	35.6%	26.1%	55.6%	35.7%	52.7%	41.7%	36.1%	33.3%	100.0%	0.0%
B2	0.0%	28.6%	0.0%	66.7%	57.9%	42.9%	35.7%	57.7%	36.6%	35.2%	32.3%	30.0%	0.0%	0.0%
B3	0.0%	57.1%	20.0%	22.6%	28.9%	34.0%	43.5%	42.6%	37.8%	50.0%	50.0%	66.7%	50.0%	0.0%
C1	0.0%	0.0%	0.0%	89.5%	100.0%	80.0%	0.0%	68.8%	77.8%	86.7%	57.1%	0.0%	0.0%	0.0%
C2	0.0%	0.0%	35.7%	61.0%	64.0%	70.8%	57.1%	70.0%	70.5%	76.9%	87.0%	100.0%	0.0%	0.0%
C3	0.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	0.0%	8.3%	25.8%	17.4%	6.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
D1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	75.0%	0.0%	0.0%	0.0%
D2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.3%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%
D3	14.3%	0.0%	0.0%	30.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
	早晨		上午			中午		下午			夜间			

(a) 不同调研场地节点逐时段的智能化设施使用比例



(b) 所有调研场地智能化设施逐时段人群流量变化

图 4.60 调研场地及节点逐时段智能化设施使用比例及人群流量

资料来源：作者自绘

进一步对 4 处调研场地内的 12 个智能化公共开敞空间调研节点的智能化设施使用比例进行汇总排序，结果如图 4.61 所示。其中大运河森林公园入口广场 (C1) 拥有最高的智能化设施使用比例，大运河森林公园运动广场 (C2)、温榆河公园·未来智谷入口广场 (B1)、运动广场 (B2)、游憩广场 (B3) 以及海淀公园游憩广场 (A2) 拥有相对较高的智能化设施使用比例，其他调研节点则处于相对较低的比例。在工作日与非工作日的差异性表现方面，海淀公园非工作日智能化设施的使用比例普遍比工作日更高，与之相反的是，温榆河公园和大运河森林公园工作日智能化设施的使用比例反而普遍更高，昌盛园社区工作日智能化设施总体使用较少，差异不显著。

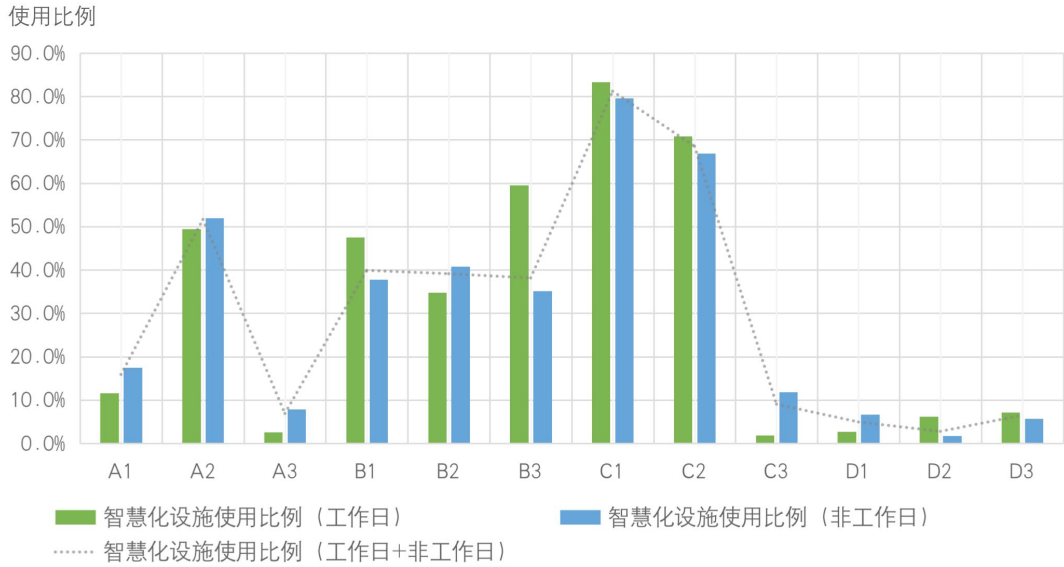


图 4.61 不同调研场地节点的智能化设施使用比例

资料来源：作者自绘

最后，对参与智能化设施使用的群体特征进行汇总统计，结果如图 4.62 所示。其中男性使用群体偏多，中青年和未成年使用占比相对最高，老年群体占比处于较低水平，而非工作日中未成年使用群体的比例普遍相对更高。

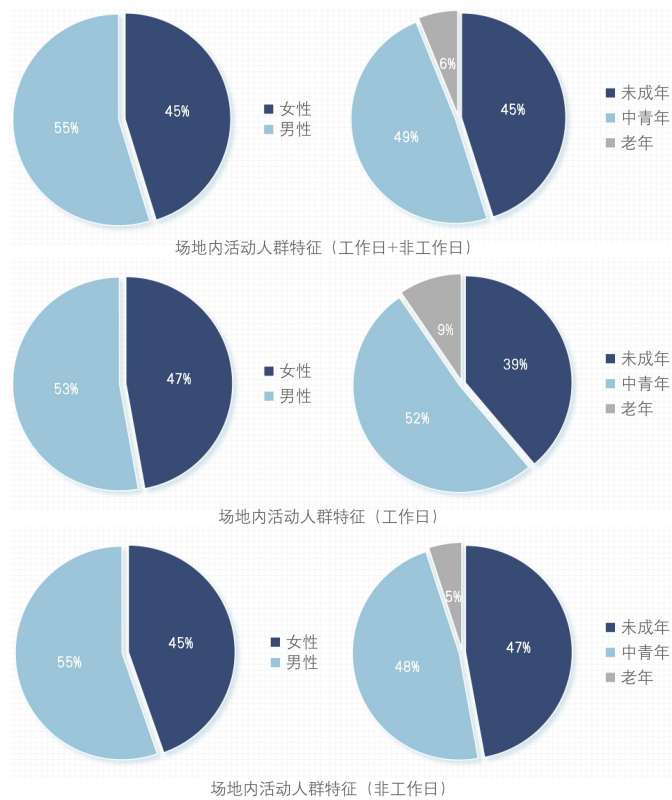


图 4.62 调研场地参与智能化设施使用的群体特征

资料来源：作者自绘

4.5 智慧化设施使用评估分析

研究使用与甲板智慧公司合作获取的智慧化设施运营数据辅助对于人群行为使用的评估与特征分析，具体的智慧化设施包括智能分类垃圾桶、智能马拉松打卡杆、智能互动屏幕，均在所调研场地内有广泛布置和具体使用，具有较好的代表性。

(1) 智能分类垃圾桶使用评估分析

智能分类垃圾桶将传统的垃圾分类桶与语音识别技术、物联网技术及最新的垃圾分类标准相结合，在智能云端的分析计算和控制下，公众可通过语音交互或物理按钮控制实现不同类型垃圾的智能投放。与传统的垃圾分类桶相比，智能分类垃圾桶极大地提升了垃圾投放行为的趣味性，并通过智能语音介绍播报实现较好的公众科普与教育功能。在此过程中也进一步提升了垃圾分类投放的准确度。此外，多数智能分类垃圾桶配套有太阳能光伏板以及垃圾容量监测传感器，以此实现垃圾桶日常运行所需的能源自给与智能管理。

由于智能分类垃圾桶的功能触发方式较为清晰，无需与使用者身份进行匹配，因此该智慧化设施的使用运行数据可以较好地反应其客观使用状况。在对甲板智慧公司提供的智能分类垃圾桶运行数据进行清洗整理后，提取其月度使用情况如下（图 4.63）。结果显示，智能垃圾桶在一年不同月份的使用均保持在较高且相对均衡的状态。其中夏季与秋季使用人次相对更多，在 10 月份达到使用峰值，而冬季使用人次则相对下滑。由于垃圾投递行为持续时间较短，行为逻辑较为简单，且多属于临时性与瞬时性的行为，因此受季度气候变化等因素的影响相对较小，与公共开敞空间内的人流量有一定关联。

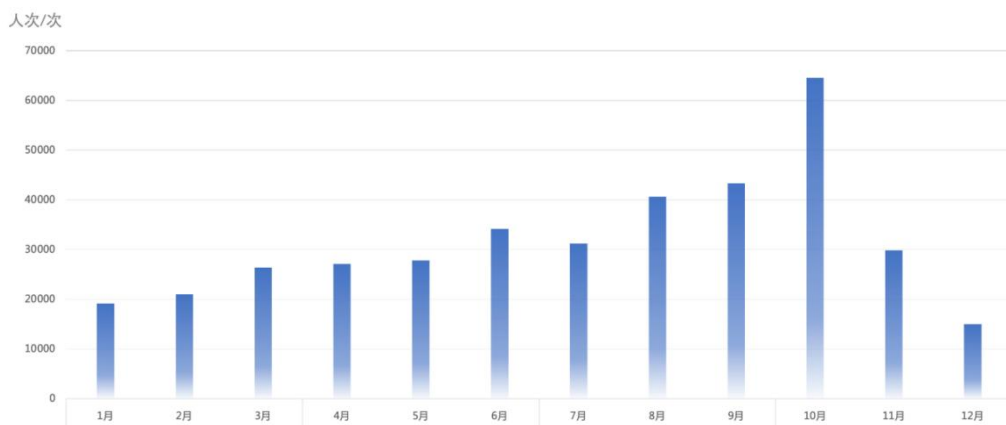


图 4.63 智能分类垃圾桶逐月使用情况

资料来源：作者自绘

进一步细化提取智能分类垃圾桶在每日逐小时的使用情况，可以发现相比于逐月使用情况而言，智能分类垃圾桶逐小时使用情况表现出相对更大的变化幅度（图 4.64）。其在上午 10:00 至 12:00 与下午 15:00 至 17:00 呈现出两个较为明显的使用强度高峰，在中午 12:00 至 14:00 使用强度相对下降，而在早晨 8:00 前以及夜间 22:00 后几乎不再被使用，与公共开敞空间内的人流变化趋势大致吻合。

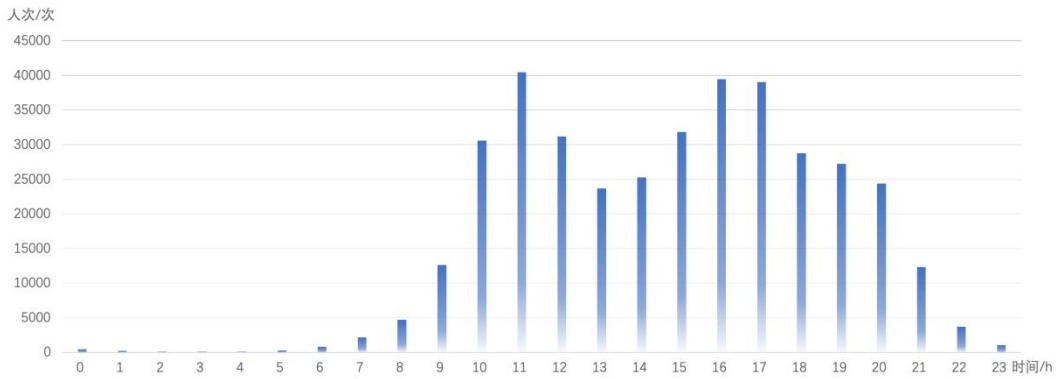


图 4.64 智能分类垃圾桶逐小时使用情况

资料来源：作者自绘

在具体的功能使用上，对不同类型的垃圾投放频次进行提取统计，并将公众语音交互内容关键词进行词云分析（图 4.65）。其中，“厨余垃圾”与“其他垃圾”投放频次最高，对应的“香蕉皮、电池、塑料瓶、矿泉水瓶”等相关的语音关键词出现相对更为频繁。但部分受限于智能分类垃圾桶可识别的关键词词库，其对于部分垃圾的分类识别结果仍然存在一定偏差，例如将“矿泉水瓶”错误地归类为“其他垃圾”而非实际的“可回收垃圾”；将“烟头”归类为“可回收垃圾”而非实际的“其他垃圾”。这种错误的识别结果将不可避免地为公众带来一定的误导。

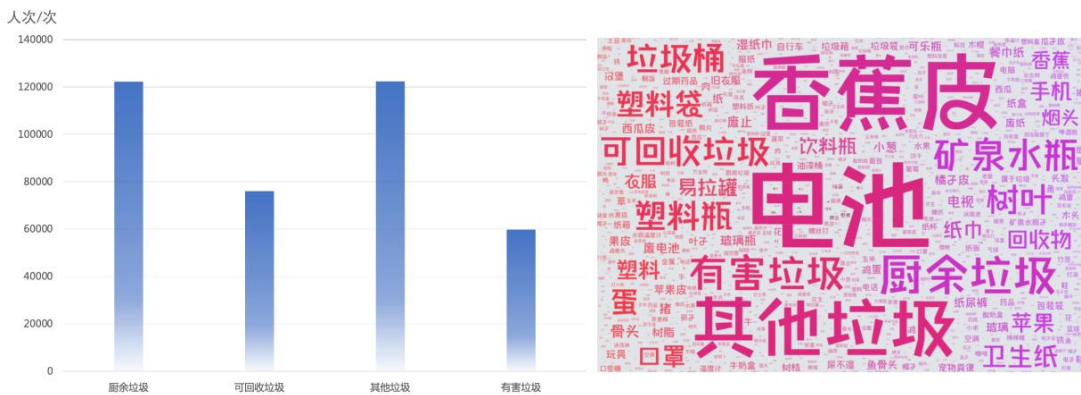


图 4.65 智能分类垃圾桶分类使用情况及语音交互词云

资料来源：作者自绘

(2) 智能马拉松打卡杆使用评估分析

智能马拉松打卡杆可对步道内公众运动的实时状态进行监测与显示。在公众通过微信公众号绑定身份后，无需佩戴硬件装备，即可通过人脸识别自动记录在步道内的运动数据，包括跑步的速度、累计运动时长与里程、卡路里消耗等数据，由此进一步提升园区内公众参与运动的积极性与趣味性。然而在实际运动的过程中，公众需要面向智能马拉松打卡杆的摄像头略作停顿，才能被其人脸识别传感器成功识别身份，这一方面对公众的运动速度与姿态有一定的影响，另一方面也会因为部分运动者并未面向打卡杆传感器或作短暂停留而未被识别出身份，进而导致该设施所捕获的运动者数据低于实际。在 202,412 条智能马拉松打卡杆的数据中，74.7% 的数据匹配了具体的运动者的个人信息，说明在被识别的群体中绝大多数拥有使用该设施记录运动数据的习惯。

智能马拉松打卡杆的逐月使用情况与智能分类垃圾桶相比有着更加显著的极化分布，其在夏季 6 至 7 月以及冬季 11 至 1 月的使用频次明显下降，而在秋季 9 月的使用频次最高（图 4.66）。跑步运动受户外天气的影响相对更大，在华北地区的部分月份由于天气过于炎热或寒冷，影响了户外运动的舒适性，造成户外公共开敞空间内跑步行为频次显著下降。由此可见智能马拉松打卡杆的使用仍然主要依附于跑步运动本身的规律特征，并未与其宏观使用规律与趋势特征产生明显的差异。

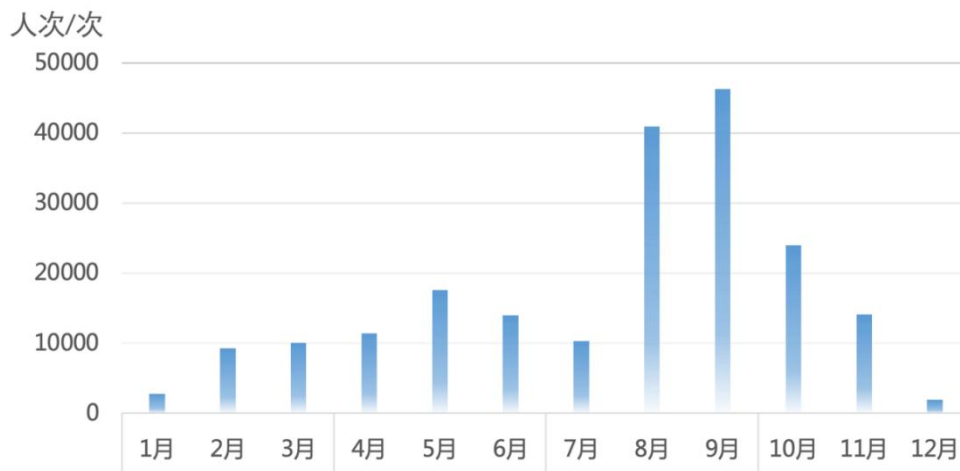


图 4.66 智能马拉松打卡杆逐月使用情况

资料来源：作者自绘

而在具体的逐小时使用情况上，智能虚拟马拉松与智能分类垃圾桶表现出一定的趋同性，即上午与下午时段使用强度较高，而中午时段使用强度略有下降。

与之不同的是，由于公共开敞空间内往往有较多的公众进行晨跑锻炼，因此智能马拉松打卡杆提前在早晨的 7:00 至 8:00 时段便已经达到了较高的使用强度（图 4.67）。

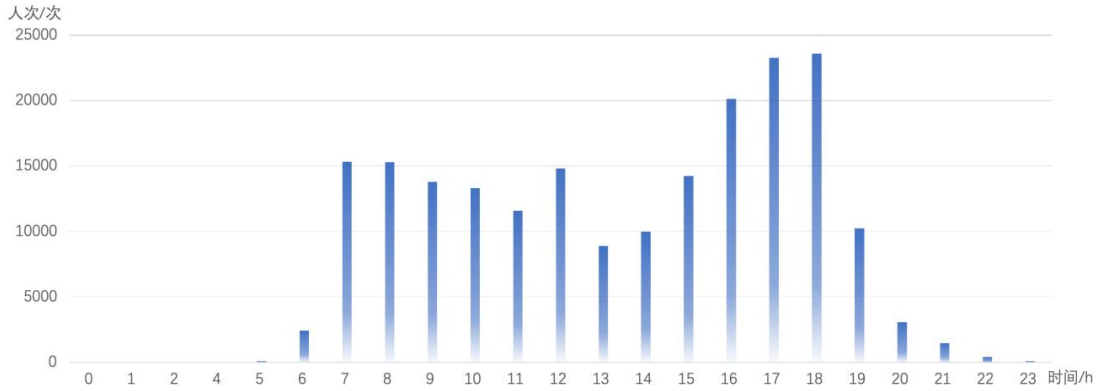


图 4.67 智能马拉松打卡杆逐小时使用情况

资料来源：作者自绘

由于智能马拉松打卡杆可成功识别并匹配部分运动者的个人信息，可对使用该设施记录运动的群体进行特征分析。在如图 4.68 所示的使用者的年龄分布中，可以发现 21 岁至 53 岁范围内的群体有着相对更高的设施使用频次。值得一提的是，部分少年儿童及老年人由于移动设备的缺失或操作不便等原因，未能成果匹配身份记录运动数据，因此也造成该数据一定程度上的失真。

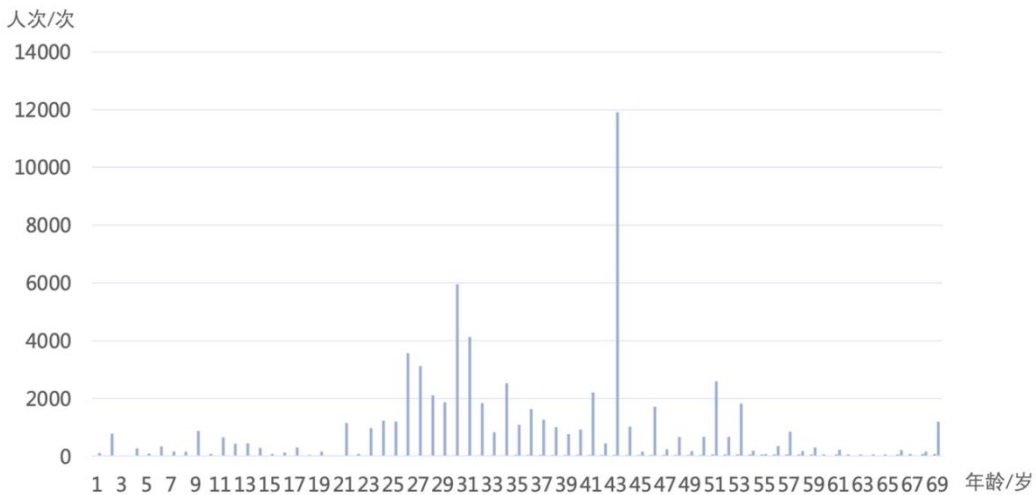


图 4.68 智能马拉松打卡杆识别使用者的年龄分布

资料来源：作者自绘

(3) 智能互动屏幕使用评估分析

智能互动屏幕包含切水果、太极教学等互动功能，屏幕可实时显示场地内的人群影像，公众可结合 AR 显示进行趣味化的交互娱乐活动。该设施逐小时的使用情况与智能分类垃圾桶、智能马拉松打卡杆呈现出不同的特征。其使用频次在一天中呈现出逐渐上升后下降的趋势，上午时段的使用频次略小于中午时段(图 4.69)。

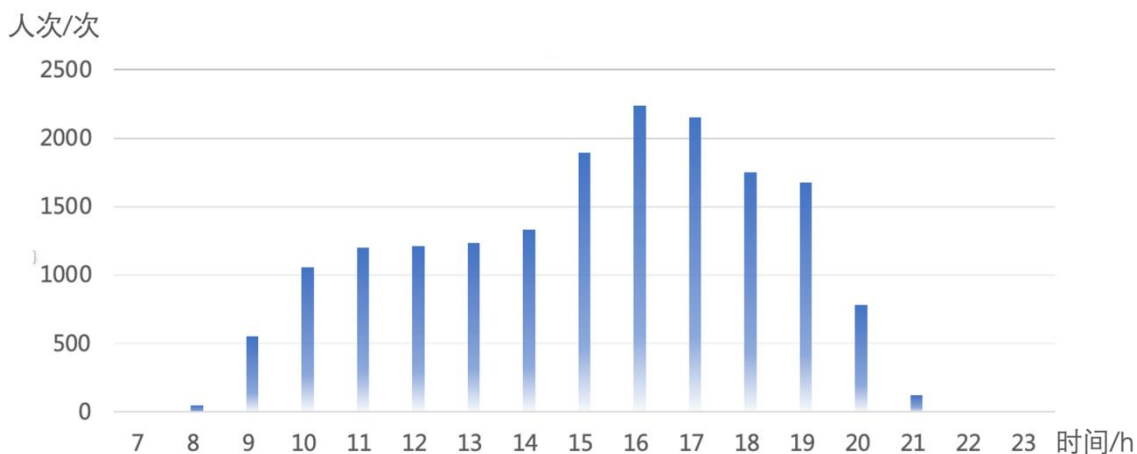


图 4.69 智能互动屏幕逐小时使用情况

资料来源：作者自绘

在具体的互动游戏类型方面，“切水果”游戏由于与苹果 iOS 平台上最为经典的游戏“水果忍者”相类似，为大多数群体所熟悉，是多人场地内进行游戏互动的最佳体验场景，拥有显著最高的选择频次。除此之外，“跳跃游戏”及“广场舞”等互动类型也具有一定比例的选择占比(图 4.70)。在大多数调研场地内，智能互动屏幕可随时选择切换不同的互动游戏类型，而在海淀公园等调研场地内的智能互动屏幕则选择根据人流量及时间的不同切换特定的游戏类型，在人流量较小的上午或晨间开启“太极”教学互动功能，而在人流量较多的午间、下午时段开启“切水果”互动功能，随着场景的差异调整不同的功能服务，最大化提升设施使用效率，激活场地空间的使用活力。

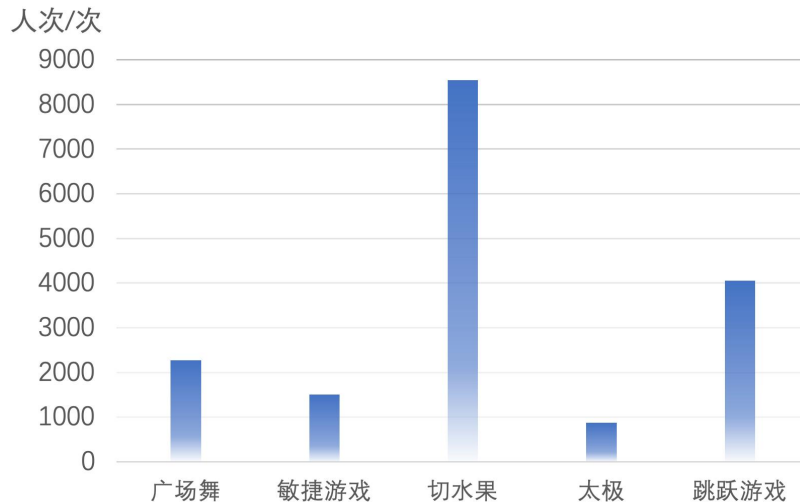


图 4.70 智能互动屏幕不同类型功能占比

资料来源：作者自绘

4.6 城市公共开敞空间智慧化设计使用评估总结

本章为了进一步对城市公共开敞空间智慧化设计的实际使用进行有效评估，选取已经建成落地的智慧化设计方案进行系统性观察研究。经过预调研后，确定海淀公园、温榆河公园·未来智谷、大运河森林公园以及昌盛园社区4处调研场地内的12个调研节点进行深入调研记录，对公共开敞空间智慧化设计的基本现状、空间特征、活动特征及智慧化设施使用特征进行系统评估。

总体而言，调研场地内拥有类型丰富、数量众多的智慧化设施，提供包括信息导览、运动健身、娱乐交互、科普体验等多种功能服务，大部分设施均处于开放运行状态，设施质量较好。大多数调研节点内的人群流量均在上午和下午时段处于最高水平，中午时段略有下降，而在早晨与夜间则处于相对最低的水平。非工作日的人流量仍普遍大于工作日。节点内男性群体普遍略多于女性，中青年是最主要的活动群体，未成年群体次之，老年群体相对最少。其中，非工作日的未成年群体比例相对上升，工作日的老年群体比例相对上升。智慧化设施的使用比例总体维持在中低水平，工作日与非工作日差异并不显著。在参与智慧化设施使用的群体中，男性群体同样偏多，中青年和未成年使用占比相对最高，老年群体占比处于较低水平，而非工作日中未成年使用群体的比例普遍相对更高。

智慧化设施的使用与其所对应的行为活动和提供的功能服务类型高度相关，诸如智慧虚拟骑行、智能运动互动屏幕等具有强交互性与娱乐性，能同时满足亲子等不同年龄段群体共同参与使用的智慧化设施日常被使用频率较高，可部分满

足周边不同年龄段居民及游客的休闲与游憩需求，提升了空间品质与服务质量。对于智能座椅、智能语音亭、智能导览屏幕等提供基础便民服务、交互性与娱乐性相对有限的智慧化设备的使用普遍较少。部分智慧化设施根据人流量和时间段差异提供不同的交互功能服务，最大化提升设施使用效率，激活场地空间的使用活力，少部分智慧化功能的准确度与效率仍有提升空间。此外，公共开敞空间的类型也对智慧化设施的实际使用带来较大影响，例如在社区中布置的智慧化设施使用度普遍较低，在实际的设计实践过程中应充分结合场地现状进行空间的智慧化设计改造。

第 5 章 城市公共开敞空间智慧化设计评价研究

5.1 城市公共开敞空间智慧化设计的问卷分析

5.1.1 问卷调查设计

问卷调查旨在对城市公共开敞空间智慧化设计潜在使用群体的特征, 以及公众对于智慧化设计的使用感受、需求与满意度等方面的内容进行具体调查分析, 进而得到社会公众对于智慧化设计的真实评价与反馈。在具体的问卷题目设计方面, 参考传统城市空间调研相关的问卷设计方法与原则 (Menezes et al., 2019), 主要从四个维度展开进行说明: (1) 受访者身份特征: 主要包含受访者的性别、年龄、职业方面的基本信息; (2) 活动倾向特征分析: 主要包括受访者在城市公共开敞空间中常进行的活动类型与频率、到访目的、逗留时间等信息, 其可用于进一步解释受访者对于部分智慧化设计的评价结果; (3) 空间使用评价分析: 主要由受访者评价城市公共开敞空间是否可以满足活动需求、空间的智慧化程度以及对不同智慧化空间设计的满意度; (4) 需求与问题分析: 询问受访者对于城市公共开敞空间的核心需求、期望智慧化设计可以满足的需求以及当前公共开敞空间的主要问题。

由于新冠肺炎疫情期间线下发放问卷进行调查访问的可行性受到一定制约, 研究采用线上与线下结合的形式进行最终问卷的发放。其中线下问卷主要在调研场地内部及周边对不同类型的公众群体进行发放, 根据受访者的实际情况选择“访问填写问卷”或“直接填写问卷”完成。线上问卷则主要通过问卷星等网络渠道发放。最终线上与线下共收回 76 份调查问卷, 剔除掉其中存在显著质量问题的问卷样本, 获得 57 份有效问卷进行后续的深入分析, 回收率为 75%。

受访者主要集中在青年人和中年人群体中 (表 5.1), 18-44 岁群体累计占比 78.94%, 并覆盖有少数 18 岁以下及 60 岁以上群体; 女性受访者的数量占比 (59.65%) 略多于男性受访者 (40.35%); 在学历方面, 多数受访者为本科学历 (54.39%), 本科学历以下占比 40.35%, 个别受访者拥有研究生及以上学历 (5.26%); 而在职业方面, 33.33% 的受访者为企业员工, 其次是商业服务业员工 (15.79%) 和在校学生 (10.53%)。总体而言, 受访者群体相对全面地覆盖了不同年龄、性别、学历及职业背景, 对于城市公共开敞空间的使用及智慧化设计要素的评价具有一定的代表性。

表 5.1 问卷填报者信息统计表

资料来源：作者自绘

变量	类别	人数 (人)	百分比 (%)
年龄	18 岁以下	3	5.26
	18~29 岁	28	49.12
	30~44 岁	17	29.82
	45~59 岁	7	12.28
	60 岁以上	2	3.51
性别	男	23	40.35
	女	34	59.65
学历	初中及以下	2	3.51
	高中/中专/职高	11	19.3
	大专	10	17.54
	本科	31	54.39
	研究生及以上	3	5.26
职业	政府/事业单位人员	2	3.51
	企业职员	19	33.33
	商业服务业员工	9	15.79
	专业技术人员	5	8.77
	个体私营户	2	3.51
	自由职业	3	5.26
	农林牧渔劳动者	5	8.77
	在校学生	6	10.53
	离退休人员	2	3.51
	无业	3	5.26
	其他	1	1.75

5.1.2 活动倾向特征分析

探究受访者在公园、街道、商业街等城市公共开敞空间的活动倾向规律将有助于为未来公共开敞空间内的设施要素布置提供参考依据，并为受访者后续的空间使用评价提供逻辑支撑。其中，受访者每周前往城市公共开敞空间的平均次数受其日常的生活行为习惯影响较大，表现出较大的个体差异性。统计结果分布如表 5.2 所示，45.62%的受访者为每周 2 至 3 次，每周前往城市公共开敞空间极少(0-1

次, 占比 17.54%) 或极多 (6 次以上, 占比 15.79%) 的受访者相对较少, 这表明公众前往城市公共开敞空间的活动需求客观存在。

表 5.2 前往城市公共开敞空间的次数 (每周) [单选]

资料来源: 作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
0-1 次	10	17.54
2-3 次	26	45.62
4-5 次	12	21.05
6 次以上	9	15.79

受访者前往城市公共开敞空间的大致时间分布如表 5.3 所示, 大部分受访者倾向于选择下午 (57.89%)、上午 (52.63%) 或傍晚时段 (40.35%) 出行, 较少的受访者选择在中午 (26.32%) 或早晨时段 (21.05%) 出行, 这也与智慧化设施逐小时的平均使用情况相吻合。

表 5.3 前往城市公共开敞空间的大致时间[多选]

资料来源: 作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
早晨 (9:00 前)	12	21.05
上午 (9:00~12:00)	30	52.63
中午 (12:00~14:00)	15	26.32
下午 (14:00~18:00)	33	57.89
傍晚 (18:00 后)	23	40.35

受访者在城市公共开敞空间的大致逗留时间分布如表 5.4 所示。逗留时间在 30 分钟至 1 小时内的受访者占比最多, 达到 38.6%; 逗留时间在 10 分钟至 30 分钟内的受访者占比其次 (28.07%), 而每次逗留 2 小时以上的群体占比相对较小, 总体而言受访者每次在城市公共开敞空间内的平均逗留时间有限, 这也会对空间内的设施要素使用与体验带来一定影响。

表 5.4 在城市公共开敞空间的大致逗留时间[单选]

资料来源：作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
10 分钟内	9	15.79
10-30 分钟	16	28.07
30 分钟-1 小时	22	38.6
1-2 小时	6	10.53
2 小时以上	4	7.02

受访者前往城市公共开敞空间的主要目的如表 5.5 所示。其中，优先级最高的目的为亲子/家属陪伴 (57.14%) 以及个人休闲 (35.48%)，其次为体育锻炼 (31.43%)，而商务考察等工作目的相对较少 (17.86%)；从不同目的被选择的次数总和来看，亲子/家属陪伴 (42 次)、体育锻炼 (35 次) 以及个人休闲 (31 次) 同样相对最高。由此可见，城市公共开敞空间内的设施及要素设计应充分考虑多人及个人、健身或休闲等不同群体及服务场景类型，满足多样化的公众诉求。

表 5.5 前往城市公共开敞空间的主要目的 (按重要性排序) [排序]

资料来源：作者自绘

类别	排名位次所占百分比 (%)						人次 (次)
	第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	
亲子/家属陪伴	57.14	23.81	11.9	4.76	2.38	0	42
体育锻炼	31.43	28.57	25.71	14.29	0	0	35
个人休闲 (闲逛、摄影、 打卡等)	35.48	32.26	6.45	19.35	6.45	0	31
学习交流 (看 书、交谈等)	16.67	20	40	20	3.33	0	30
工作 (商务 考察等)	17.86	25	7.14	3.57	42.86	3.57	28
其他	7.69	7.69	7.69	15.38	0	61.54	13

5.1.3 空间使用评价分析

空间使用评价主要用来直接评估城市公共开敞空间内智慧化设计要素的数量、质量及使用满意度。表 5.6 是受访者对于城市公共开敞空间内的智慧化设施的关注度分析，结果表明，大部分受访者对智慧化设计要素有一定感知及关注（累计占比 68.42%），其中 35.09% 的受访者甚至为了体验新兴的智慧化设施而前往对应的公共开敞空间，只有较少部分的受访者（7.02%）完全没有注意到这些智慧化设施。

表 5.6 对于城市公共开敞空间内的智慧化设施的关注度[单选]

资料来源：作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
关注到了，就是因为被其吸引才选择前往体验	20	35.09
有所关注，对某些设施进行过观察或体验	19	33.33
发现有，但还并没有细看或体验	14	24.56
完全没注意到	4	7.02

进一步统计受访者对于城市公共开敞空间内智慧化设施的评价，结果如表 5.7 所示，其中 40.35% 的受访者较为满意，28.07% 的受访者十分满意，持有不满意或非常不满意观点的受访者累计占比 8.77%。总体而言，智慧化设计要素的植入为原有城市公共开敞空间带来了更多趣味性与新鲜感，提升并改善了公众对于公共开敞空间的探索欲望以及使用感受。

表 5.7 对于城市公共开敞空间内的智慧化设施的评价[单选]

资料来源：作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
十分满意，极大提升空间趣味性与吸引力	16	28.07
较为满意，具有一定科技感与新鲜感	23	40.35
不确定，没有特别关注	13	22.81
不满意，和自己期望有落差	3	5.26
非常不满意，存在较多问题，意义也有限	2	3.51

智慧化设计要素类型多样，尺度不一，针对数量最多的智慧化设施，新兴技术手段在改善并丰富传统城市公共服务设施功能的同时，增强其环境感知与交互能力，表现为“智慧度”的提升。表 5.8 是受访者对现有智慧化设施智慧度的评价结果，其中 49.12%的受访者认为其较为智慧，22.81%的受访者认为其智慧度甚至已超出预期。值得注意的是，仍有 12.28%和 15.79%的受访者对智慧化设施的智慧度认可不高，认为其与传统设施相比差异有限，甚至存在难以正常使用的状况。

表 5.8 对现有智慧化设施智慧度的评价[单选]

资料来源：作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
十分智慧，超出预期	13	22.81
较为智慧，可以进行多种互动反馈	28	49.12
正常，和传统设施差异不大	7	12.28
不算智慧，有些功能比较难以使用	9	15.79
非常不智慧，经常会遇到使用问题，不如传统设施	0	0

在城市公共开敞空间内的智慧化设施数量的评价方面，表 5.9 的分析结果显示超过一半的受访者（累计占比 52.64%）认为当下的智慧化设施数量已经相对充足可以满足所需；只有较少比例的受访者（8.77%）认为其数量匮乏亟需增设。这也从侧面反映出当下的智慧化设计要素多为锦上添花，并没有催生出足够多的刚性需求亦或解决迫切的现实问题。

表 5.9 对城市公共开敞空间内的智慧化设施数量的评价[单选题]

资料来源：作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
十分充足，能满足自己的所需	15	26.32
较为充足	15	26.32
正常，不多也不少	16	28.07
一般，较为勉强	6	10.53
较为匮乏，期望能尽快增加更多	5	8.77

5.1.4 其他需求与问题分析

在问卷的最后一部分，进一步挖掘了受访者对于城市公共开敞空间智慧化设计不同应用场景的需求差异，归纳其存在的问题并针对未来的空间更新优化提出建议。表 5.10 围绕智慧化设计典型的应用场景对比分析了受访者对其的需求差异。结果显示，使用需求相对最为迫切的应用场景为提供 Wi-Fi、充电、咨询、加热等便利服务（19.3%），使用需求相对较大的还包括提升运动健身等活动的趣味性、对环境进行监测反映、安防预警（偷窃、晕厥等）等应用场景。对于提供临时/共享空间（临时打电话、办公等）的需求相对较低，由于隐私安全及操作繁琐度等因素影响，受访者对于人脸识别积分打卡的需求最低，其对于设施能够提供基础以及必要性功能服务的需求应得到进一步重视。

表 5.10 对城市公共开敞空间内不同智慧化场景的需求[矩阵单选]

资料来源：作者自绘

类别	各选项所占百分比 (%)				
	非常需要	需要	一般	不需要	非常不需要
形象美化装饰	15.79	19.3	24.56	24.56	15.79
沉浸式空间营造	12.28	26.32	24.56	17.54	19.3
对人群行为活动进行智能交互	14.04	21.05	22.81	24.56	17.54
对环境进行监测反映	15.79	15.79	33.33	22.81	12.28
提升运动健身等活动的趣味性	12.28	31.58	24.56	15.79	15.79
科普教育	14.04	22.81	35.09	19.3	8.77
人脸识别积分打卡	1.75	17.54	29.82	33.33	17.54
提供 Wi-Fi、充电、咨询、加热等便利服务	19.3	17.54	22.81	35.09	5.26
提供临时/共享空间（临时打电话、办公等）	12.28	15.79	31.58	26.32	14.04
优化出行体验（通过自动驾驶车等）	14.04	24.56	22.81	28.07	10.53
提供或补充无障碍设计	10.53	28.07	24.56	21.05	15.79

续表 5.10 对城市公共开敞空间内不同智慧化场景的需求[矩阵单选]

类别	各选项所占百分比 (%)				
	非常需要	需要	一般	不需要	非常不需要
能源转化、节能环保	14.04	28.07	19.3	29.82	8.77
垃圾废物的智能管理、 分类回收	12.28	26.32	22.81	22.81	15.79
安防预警 (偷窃、晕厥等)	14.04	28.07	22.81	22.81	12.28
微气候 (温湿度、空气质量) 调节	14.04	21.05	24.56	31.58	8.77
其他	7.02	15.79	38.6	14.04	24.56

表 5.11 进一步分析了城市公共开敞空间内智慧化设施的问题分布, 其中“功能缺乏, 交互差, 不能完全满足自己的需要”问题最为明显 (61.4%), “功能复杂, 自己不会频繁使用”及“隐私侵犯、信息泄露风险”的问题次之 (49.12%)。这也表明当下的诸多智慧化设施在具体交互功能的完善度、易操作性及隐私保护等方面仍有较大改良空间。

表 5.11 城市公共开敞空间内的智慧化设计 (设施) 的问题[多选]

资料来源: 作者自绘

类别	人数 (人)	百分比 (%)
大多数时候没有开启, 无法使用	24	42.11
功能复杂, 自己不会频繁使用	28	49.12
功能缺乏, 交互差, 不能完全满足自己的需要	35	61.4
隐私侵犯、信息泄露风险	28	49.12

最后, 受访者对于未来公共开敞空间内补充设施的期望如表 5.12 所示, 可以发现对于健身设施等传统游憩设施以及垃圾箱、座椅等便民服务设施的需求优先级最高, 对于智慧化设施的需求仍然存在但依旧不如前两者迫切。这也进一步说明当下大量智慧化设施对于传统游憩设施或便民服务设施的可替代性仍然较弱。

表 5.12 期望未来的公共开敞空间补充的设施 (按照重要性排序) [排序]

资料来源: 作者自绘

类别	排名位次所占百分比 (%)					人次 (次)
	第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	
传统游憩设施 (健身设施、娱乐设施等)	50	36	12	2	0	50
便民服务设施 (公共厕所、垃圾箱、座椅等)	41.46	12.2	29.27	14.63	2.44	41
智慧化设施	22.22	26.67	22.22	26.67	2.22	45
开阔场地	8.57	34.29	31.43	17.14	8.57	35
其他	16.67	0	16.67	50	16.67	12

5.2 城市公共开敞空间智慧化设计的访谈分析

5.2.1 访谈设计

本研究中的访谈旨在针对城市公共开敞空间智慧化设计的日常使用以及相关问题、经验进行更加深入的挖掘调查。访谈对象主要包括调研场地内部及周边不同类型的空间使用者以及此方向的设计师和领域专家。其中, 针对使用者采用非结构性访谈, 根据不同受访者群体的差异化特征, 对其活动体验与需求、问题反馈等进行深入询问访谈。针对设计师与领域专家采用半结构性访谈为主的方式进行, 访谈重点关注公共开敞空间智慧化设计已有的工程实践、市场对于此类实践项目的认可度与需求、未来智慧化设计发展迭代与持续运营的方向、智慧化设计如何与传统空间干预更好地结合、智慧化设计的实际效用以及成功或失败的经验、未来面对的挑战等议题。

5.2.2 使用者访谈分析

本研究在调研的四个场地中选取了 15 名使用者进行随机访谈, 涵盖了未成年、中青年和老年等不同年龄段的群体。通过与使用者的面对面交流, 根据受访者的

行为展开提问，并引导受访者发表关于城市公共开敞空间内智慧化设计的使用评价与发现的问题现状与改进建议。通过对访谈内容进行综述提炼，使用者对于智慧化设计的评价主要可以概括为以下几个方面：

(1) 希望城市公共开敞空间内的智慧化设施能够在操作使用方面更加简化流程，让第一次使用的人容易快速理解与使用。

(2) 部分智慧化设施的“智慧化”程度有待提升，例如会出现部分功能不能正常使用，对于使用者动作或语音命令识别不够准确等问题。

(3) 部分智慧化设施的实用性不够高，实际使用并不理想，反而浪费了资源。

(4) 部分智慧化设施对于老年群体的吸引力与操作友好度仍有提升空间。

5.2.3 设计师及其他领域专家访谈分析

研究针对智慧化空间设计领域的设计师、科技公司创始人（北京甲板智慧科技有限公司 CEO 李长霖、北京城市象限科技有限公司 CEO 茅明睿等）及学界知名领域专家（深圳大学建筑与城市规划学院研究员，本原设计研究中心副主任张宇星、AECOM 亚太区高级副总裁刘泓志、中国城市规划学会副理事长，北京大学城市与环境学院教授吕斌、中国城市规划学会副理事长，清华大学建筑学院教授尹稚等）围绕相关议题进行了多轮次半结构性访谈。

通过对访谈内容进行综述提炼，设计师及其他领域专家对于智慧化设计的评价主要可以概括为以下几个方面：

(1) 社会各界对于建设智慧化设施已经有了相对普遍的诉求，但目前由于公共开敞空间本身缺乏商业运营主体与成熟的商业模式，智慧化设计及设施的规模化建设依旧受限于资金来源等因素。未来随着技术的发展完善，智慧化设施的运营模式会越来越成熟，最终达到经济、社会、生态价值的均衡体现。如经济价值层面节约成本或带来收益，社会价值层面能显著增加使用人群等。

(2) 目前公共开敞空间内大部分智慧化设计的场景与游戏娱乐有关，但目前的技术对于虚拟和实体空间互动融合的支持还不足。现在的技术水平更加适合于可自封闭型技术系统的模拟、运转和调控。例如全智能化管控在很多示范性智慧社区都已经有所实现，智慧化开敞空间的设计应考虑真正的获益方，并与公众的真实需求绑定在一起。

(3) 除了空间干预与数字创新外，场所营造同样重要。例如智慧公园可与周边学校、幼儿园联合举办系列社会实践或劳动教育活动，来丰富学生的课余生活，并提升园区智慧化要素的实际影响力。同时，公共开敞空间内亲子互动场景的打造非常关键，不同类型的智慧化设施考虑设置多种型号尺寸，鼓励家长与孩子同

时互动参与休闲娱乐互动，最大化提升场所空间活力并满足多样化群体的差异化需求。

5.3 城市公共开敞空间智慧化设计评价总结

本章结合调查问卷与访谈对城市公共开敞空间智慧化设计潜在使用群体的特征，以及公众对于智慧化设计的使用感受、需求与满意度以及相关问题、经验进行更加深入的具体调查分析，进而得到社会各界对于城市公共开敞空间内智慧化设计的真实评价与反馈。

总体而言，社会各界对于建设智慧化设施已经有了相对普遍的诉求。虽然公众前往城市公共开敞空间的活动特征受其日常的生活行为习惯影响较大，表现出较大的个体差异性，但其前往城市公共开敞空间的活动需求客观存在。一方面，大部分公众对城市公共开敞空间内的智慧化设计要素有一定感知及关注。智慧化设计要素的植入为原有城市公共开敞空间带来了更多趣味性与新鲜感，提升并改善了公众对于公共开敞空间的探索欲望以及使用感受。智慧化设计要素类型多样，尺度不一，针对数量最多的智慧化设施，新兴技术手段在改善并丰富传统城市公共服务设施功能的同时，增强其环境感知与交互能力，表现为“智慧度”的提升。但另一方面，当下的智慧化设计要素仍存在诸多问题。其多为锦上添花，仍然没有催生出足够多的刚性需求亦或解决迫切的现实问题，当下大量智慧化设施对于传统游憩设施或便民服务设施的可替代性仍然较弱。诸多智慧化设施在具体交互功能的完善度、易操作性及隐私保护等方面仍有改良空间。此外，其前期投资与后期维护成本比较高，使用持久性收到一定制约。

未来的城市公共开敞空间内的智慧化设计应提升实用性功能，同时充分考虑多人及个人、健身或休闲等不同群体及服务场景类型，结合多样化的场所营造方式，满足多样化的公众诉求。随着技术发展成熟，智慧化设施的相关技术成本都将大幅度下降，智慧化设施的商业运营模式也会越来越成熟，最终达到经济、社会、生态价值的均衡体现。

第6章 研究结论与展望

6.1 研究结论

研究通过文献综述分析总结了城市公共开敞空间在新兴技术影响下的空间本体、分析评估手段与设计实践路径演变趋势。在此基础上，首先结合系统性案例研究方法，筛选得到全球范围内 594 个城市公共开敞空间智慧化设计的案例，从案例所依托的智慧化技术、作用效果以及具体的应用场景等层面进行结构化分析，挖掘其宏观现状特征与发展趋势；其次，以北京市为研究范围，经过预调研后选取 4 处代表性调研场地中的 12 个调研节点进行现场调研，记录涵盖非雨雪天气的工作日与非工作日，每日 7 时至 20 时的逐时段抽样信息。针对调研节点内的人群行为活动累计拍摄 3,864 张动态照片，通过人工虚拟审计的方式评估场地内智慧化设施的实际使用状况，结合智慧化设施运营数据，分析总结现有城市公共开敞空间智慧化设计应用的规律特点；最后，通过 57 份有效问卷以及针对使用者、设计师及其他领域专家等不同社会主体的非结构与半结构性访谈，分析不同社会主体对于城市公共开敞空间智慧化设计的评价，为未来城市公共开敞空间的更新与设计优化提供参考依据。不同方面具体的分析结论如下：

(1) 城市公共开敞空间智慧化设计现状特征

城市公共开敞空间智慧化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较多力量。设计案例在 2015 年后呈现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。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。整体而言，当下的公共开敞空间智慧化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。

(2) 城市公共开敞空间智慧化设计使用

部分城市公共开敞空间拥有类型丰富、数量众多的智慧化设施，这些设施提供包括信息导览、运动健身、娱乐交互、科普体验等多种功能服务，大部分设施均处于开放运行状态，设施质量较好。大多数调研节点内的人群流量均在上午和下午时段处于最高水平，中午时段略有下降。智慧化设施的使用比例总体维持在中低水平，工作日与非工作日差异并不显著。在参与智慧化设施使用的群体中，

男性群体偏多，中青年和未成年使用占比相对最高，老年群体占比处于较低水平，而非工作日中未成年使用群体的比例普遍相对更高。

智慧化设施的使用与其所对应的行为活动和提供的功能服务类型高度相关，诸如智慧虚拟骑行、智能运动互动屏幕等具有强交互性与娱乐性，能同时满足亲子等不同年龄段群体共同参与使用的智慧化设施日常被使用频率较高，提升了空间品质与服务质量。对于智能座椅、智能语音亭、智能导览屏幕等提供基础便民服务、交互性与娱乐性相对有限的智慧化设备的使用普遍较少。部分智慧化设施根据人流量和时间段差异提供不同的交互功能服务，最大化提升设施使用效率，激活场地空间的使用活力，少部分智慧化功能的准确度与效率仍有提升空间。此外，公共开敞空间的类型也对智慧化设施的实际使用带来较大影响，例如在社区中布置的智慧化设施使用度普遍较低，在实际的设计实践过程中应充分结合场地现状进行空间的智慧化设计改造。

(3) 城市公共开敞空间智慧化设计评价

社会各界对于建设智慧化设施已经有了相对普遍的诉求。一方面，大部分公众对城市公共开敞空间内的智慧化设计要素有一定感知及关注。智慧化设计要素的植入为原有城市公共开敞空间带来了更多趣味性与新鲜感，提升并改善了公众对于公共开敞空间的探索欲望以及使用感受。但另一方面，当下的智慧化设计要素仍存在诸多问题。其多为锦上添花，并没有催生出足够多的刚性需求亦或解决迫切的现实问题，当下大量智慧化设施对于传统游憩设施或便民服务设施的可替代性仍然较弱。诸多智慧化设施在具体交互功能的完善度、易操作性及隐私保护等方面仍有较大改良空间。其前期投资与后期维护成本比较高，使用持久性收到一定制约。

未来的城市公共开敞空间内的智慧化设计应提升实用性功能，同时充分考虑多人及个人、健身或休闲等不同群体及服务场景类型，结合多样化的场所营造方式，满足多样化的公众诉求。随着技术发展成熟，智慧化设施的相关技术成本都将大幅度下降，智慧化设施的商业运营模式也会越来越成熟，最终达到经济、社会、生态价值的均衡体现。

6.2 研究局限性与展望

面向未来，研究中所使用的系统性案例研究方法仍然存在一定局限。例如，受限于不同案例的可获取信息差异，对于不同公共开敞空间智慧化设计过程中的政策管控、利益博弈、多方参与机制、投资与建设等方面的特征缺乏充分探讨；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也仍待进一步验证。另一方面, 尽管研究的现场调研过程为避免新冠肺炎疫情对调研场地内正常人流活力带来较大影响, 选择在了疫情发展相对弱化与稳定的秋冬季节, 最终所测度的空间行为使用由于气温、疫情等综合因素影响仍不可避免地出现一定误差。

智慧技术、理念或设施在公共开敞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下智慧化公共开敞空间设计的趋势与规律特征, 增强对于智慧化公共开敞空间设计的认知与理解。而在现场调研与问卷、访谈部分, 在疫情、气温等对城市公共开敞空间使用的干扰因素逐渐减小后, 可进一步扩大调研样本量, 在相同实验流程下补充更多的对比研究, 并在测度分析方法上探索更加智能与自动化的手段, 结合实际背景挖掘城市公共开敞空间智慧化设计更加深入的规律特征与作用机制。

参考文献

- Anjomshoaa A, Duarte F, Rennings D, et al, 2018. City Scanner: building and scheduling a mobile sensing platform for smart city services[J]. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6): 4567-4579.
- Arvanitidis P, Kenna T, Maksymiuk G, 2019. Public space engagement and ICT usage by university students: an exploratory study in three countries[M]//Smaniotto Costa C, Šuklje Erjavec I, Kenna T, et al. *CyberParks-The Interface Between People, Places and Technology: New Approaches and Perspectives*. Springer International Publishing, 11380: 87-108.
- Aspinall P, Mavros P, Coyne R, et al, 2015. The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile EEG[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 49(4): 272-U91.
- Bader M D, Mooney S J, Lee Y J, et al, 2015. Development and deployment of the Computer Assisted Neighborhood Visual Assessment System (CANVAS) to measure health-related neighborhood conditions[J]. *Health & Place*, 31: 163-172.
- Badland H M, Opit S, Witten K, et al, 2010. Can virtual streetscape audits reliably replace physical streetscape audits?[J]. *Journal of Urban Health*, 87(6): 1007-1016.
- Barbosa O, Tratalos J A, Armsworth P R, et al, 2007. Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK[J]. *Landscape and Urban planning*, 83(2-3): 187-195.
- Castells M, 1996. *The rise of the network society*[M]. Cambridge. MA. Blackwell Publishers.
- Chien J-W, Wu C, Chan C-C, 2022. Open space and adult's chronic kidney disease, overweight and diabetes in the metropolitan area of new Taipei city[J]. *Journal of the Formosan Medical Association*, 121(9): 1657-67.
- Ciamarella A, Bellintani S, Savio L, et al, 2018. Smart furniture and smart city[J]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 365(2): 022012.
- Dubois A, Gadde L E, 2002. Systematic combining: an abductive approach to case research[J]. *Journal of Business Research*, 55(7): 553-560.
- Ewing R, Handy S, 2009. Measuring the unmeasurable: urban design qualities related to walkability[J]. *Journal of Urban Design*, 14(1): 65-84.
- Fan Z, Zhou B, Liu L, et al, 2018. Measuring human perceptions of a large-scale urban region using machine learning[J]. *Landscape and Urban Planning*, 180:148-160.
- Ghaffarianhoseini A, Berardi U, Chang S, et al, 2016. What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective[J]. *Architectural Science Review*, 59(5): 338-357.
- Giles-Corti B, Donovan R, Holman C D J, 1996. Factors influencing the use of physical activity facilities: results from qualitative research[J]. *Health Promotion Journal of Australia*, 6(1): 16-21.
- Gómez-Carmona O, Sádaba J, Casado-Mansilla D, 2022. Enhancing street-level interactions in smart cities through interactive and modular furniture[J]. *Journal of Ambient Intelligence and*

- Humanized Computing, 13(11): 5419-32.
- Hampton K N, Gupta N, 2008. Community and social interaction in the wireless city: Wi-Fi use in public and semi-public spaces[J]. *New Media & Society*, 10(6): 831-850.
- Jian I Y, Luo J, Chan E H W, 2020. Spatial justice in public open space planning: accessibility and inclusivity[J]. *Habitat International*, 97: 102122.
- Jiang B, Chang C Y, Sullivan W C, 2014. A dose of nature: tree cover, stress reduction, and gender differences[J]. *Landscape & Urban Planning*, 132: 26-36.
- Kaczynski A T, Potwarka L R, Smale B J A, 2009. Association of parkland proximity with neighborhood and park-based physical activity: variations by gender and age[J]. *Leisure Sciences*, 31(2):174-191.
- Lai Y, Kontokosta C E, 2018. Quantifying place: analyzing the drivers of pedestrian activity in dense urban environments[J]. *Landscape and Urban Planning*, 180: 166-78.
- Liu Y, Liu X, Gao S, et al, 2015. Social sensing: A new approach to understanding our socio-economic environments[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(3): 512-530.
- Lofland L H, 2017. *The public realm: exploring the city's quintessential social territory*[M]. Routledge.
- Lynch K, 1984. *Good city form*[M]. MIT Press.
- Lynch K, 1960. *The image of the city*[M]. MIT Press.
- Martinelli L, Battisti A, Matzarakis A, 2015. Multicriteria analysis model for urban open space renovation: an application for Rome[J]. *Sustainable Cities and Society*, 14: e10-e20.
- Menezes M, Arvanitidis P, Smaniotto Costa C, et al, 2019. Teenagers' perception of public spaces and their practices in ICTs uses[M]//Smaniotto Costa C, Šuklje Erjavec I, Kenna T, et al. *CyberParks-The Interface Between People, Places and Technology: New Approaches and Perspectives*. Springer International Publishing, 11380: 109-19.
- Nadal L, 2000. *Discourses of urban public space, USA 1960-1995: a historical critique*[D]. Unpublished PhD Thesis. New York: Columbia University.
- Premier A, GhaffarianHoseini Ali, GhaffarianHoseini Amirhosein, 2022. Solar-powered smart urban furniture: preliminary investigation on limits and potentials of current designs[J]. *Smart and Sustainable Built Environment*, 11(2): 334-345.
- Quinn J W, Mooney S J, Sheehan D M, et al, 2016. Neighborhood physical disorder in New York city[J]. *Journal of Maps*, 12(1): 53-60.
- Rinaldi A, Caon M, Khaled O A, et al, 2019. Designing urban smart furniture for facilitating migrants' integration: the co-design workshop as approach for supporting inclusive design[C]//Cham, F. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, 824: 461-470.
- Saelens B E, Handy S L, 2008. Built environment correlates of walking: a review[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 40: S550-66.

- Sampson R J, Raudenbush S W, 1999. Systematic social observation of public spaces: a new look at disorder in urban neighborhoods[J]. *American Journal of Sociology*, 105(3): 603-651.
- Schipperijn J, Bentsen P, Troelsen J, 2013. Associations between physical activity and characteristics of urban green space[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(1): 109-116.
- Smaniotto Costa C, Bahillo Martínez A, Álvarez F J, et al, 2017. Digital Tools for Capturing User's Needs on Urban Open Spaces: Drawing Lessons from Cyberparks Project[M]//Certomà C, Dyer M, Pocatilu L, et al. *Citizen Empowerment and Innovation in the Data-Rich City*. Springer International Publishing, 935: 177-93.
- Talbot J, Kaplan R, 1986. Judging the sizes of urban open areas: is bigger always better?[J]. *Landscape Journal*, 5: 83-92.
- Thelwall M, Nevill T, 2021. Is research with qualitative data more prevalent and impactful now? Interviews, case studies, focus groups and ethnographies[J]. *Library & Information Science Research*, 43(2): 101094.
- Turner T, 1992. Open space planning in London: from standards per 1000 to green strategy[J]. *The Town Planning Review*, 63: 365-386.
- Wang T, Zhou W, 2020. Current situation and countermeasures of Chinese street furniture design in intelligent development context[C]//Cham, F. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer International Publishing, 996: 471-479.
- Woodcraft S, Bacon N, Caistor-Arendar L, et al, 2011. Design for social sustainability: a framework for creating thriving new communities[J]. *Social Life*, 54.
- Zhang Y, Li Y, Zhang E, et al, 2022. Revealing virtual visiting preference: Differentiating virtual and physical space with massive TikTok records in Beijing[J]. *Cities*, 130: 103983.
- 陈婧佳, 龙瀛, 2021. 城市公共空间失序的要素识别、测度、外部性与干预[J]. *时代建筑*(1): 44-50.
- 陈婧佳, 张昭希, 龙瀛, 2020. 促进公共健康为导向的街道空间品质提升策略——来自空间失序的视角[J]. *城市规划*, 44(9): 35-47.
- 陈竹, 叶珉, 2009. 什么是真正的公共空间?——西方城市公共空间理论与空间公共性的判定[J]. *国际城市规划*, 24(3): 44-49+53.
- 段进, 邵润青, 兰文龙, 等, 2019. 空间基因[J]. *城市规划*, 43(2): 14-21.
- 甘欣悦, 龙瀛, 2018. 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*, 33(6): 80-87.
- 郭恩章, 1998. 高质量城市公共空间的设计对策[J]. *建筑学报*(3): 10-12+65.
- 郭庭鸿, 董靓, 孙钦花, 2015. 设计与实证 康复景观的循证设计方法探析[J]. *风景园林*(9): 106-112.
- 黄蔚欣, 徐卫国, 2013. 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*(1): 69-74.
- 黄蔚欣, 张宇, 吴明柏, 等, 2018. 基于 WiFi 定位的智慧景区游客行为研究——以黄山风景名胜区为例[J]. *中国园林*, 34(3): 25-31.

- 李昊, 王鹏, 2018. 移动互联网时代公共空间的重构与变革[J]. 城市建筑(10): 40-42.
- 李伟健, 龙瀛, 2022. 空间智能体: 技术驱动下的城市公共空间精细化治理方案[J]. 未来城市设计与运营, 1(1): 61-68.
- 李伟健, 吴其正, 黄超逸, 等, 2023. 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, 15(1): 31-46.
- 梁思思, 2021. 基于设计响应的建成环境综合评估方法及新技术应用探索[J]. 新建筑(3): 29-33.
- 刘泉, 2019. 奇点临近与智慧城市对现代主义规划的挑战[J]. 城市规划学刊(5): 42-50.
- 刘瑜, 2016. 社会感知视角下的若干人文地理学基本问题再思考[J]. 地理学报, 71(4): 564-575.
- 龙瀛, 2020. 颠覆性技术驱动下的未来人居——来自新城市科学和未来城市等视角[J]. 建筑学报(Z1): 34-40.
- 龙瀛, 李伟健, 张恩嘉, 等, 2023. 未来城市的空间原型与实现路径[J]. 城市与区域规划研究, 15(1): 1-17.
- 龙瀛, 李伟健, 张恩嘉, 等, 2023. 未来城市的冷热思考——张宇星、刘泓志、沈振江、吕斌、周榕、尹稚、武廷海访谈纪实[J]. 城市与区域规划研究, 15(1): 234-250.
- 龙瀛, 沈尧, 2015. 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(2): 81-87.
- 龙瀛, 唐婧娴, 2019. 城市街道空间品质大规模量化测度研究进展[J]. 城市规划, 43(6): 107-114.
- 龙瀛, 叶宇, 2016. 人本尺度城市形态: 测度、效应评估及规划设计响应[J]. 南方建筑(5): 41-47.
- 龙瀛, 张恩嘉, 2019. 数据增强设计框架下的智慧规划研究展望[J]. 城市规划, 43(8): 34-40+52.
- 龙瀛, 张恩嘉, 2021. 科技革命促进城市研究与实践的三个路径: 城市实验室、新城市与未来城市[J]. 世界建筑(3): 62-65+124.
- 陆大道, 陈明星, 2015. 关于“国家新型城镇化规划(2014-2020)”编制大背景的几点认识[J]. 地理学报, 70(2): 179-185.
- 罗淳, 2017. 关于人口年龄组的重新划分及其蕴意[J]. 人口研究, 41(5): 16-25.
- 沈娉, 张尚武, 2019. 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(3): 103-110.
- 孙澄, 韩昀松, 任惠, 2018. 面向人工智能的建筑计算性设计研究[J]. 建筑学报(9): 98-104.
- 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 等, 2016. 街道空间品质的测度、变化评价与影响因素识别——基于大规模多时相街景图片的分析[J]. 新建筑(5): 110-115.
- 唐婧娴, 龙瀛, 2017. 特大城市中心区街道空间品质的测度——以北京二三环和上海内环为例[J]. 规划师, 33(2): 68-73.
- 汪雪森, 孟庆岩, 赵少华, 等, 2020. GF-2 在城市绿地分类及景观格局度量中的应用[J]. 地球信息科学学报, 22(10): 1971-1982.
- 王建国, 2018. 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, 33(1): 1-6.
- 王金红, 2007. 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)(3): 87-95+124.

- 王鹏, 2022. 城市的第一性原理与数字化转型[J]. 未来城市设计与运营(1): 76-78.
- 王一睿, 周庆华, 杨晓丹, 等, 2022. 城市公共空间感知的过程框架与评价体系研究[J]. 国际城市规划, 37(5): 80-89.
- 巫细波, 杨再高, 2010. 智慧城市理念与未来城市发展[J]. 城市发展研究, 17(11): 56-60+40.
- 吴志强, 王凯, 陈韦, 等, 2020. “社区空间精细化治理的创新思考”学术笔谈[J]. 城市规划学刊(3): 1-14.
- 吴志强, 2018. 人工智能辅助城市规划[J]. 时代建筑(1): 6-11.
- 肖钟湧, 陈颖锋, 陈炯烽, 等, 2020. 粤港澳大湾区 PBL SO₂ 的遥感监测研究[J]. 环境科学与技术, 43(5): 74-81.
- 徐磊青, 孟若希, 黄舒晴, 等, 2019. 疗愈导向的街道设计: 基于 VR 实验的探索[J]. 国际城市规划, 34(1): 38-45.
- 徐苗, 陈芯洁, 郝恩琦, 等, 2021. 移动网络对公共空间社交生活的影响与启示[J]. 建筑学报(2): 22-27.
- 杨俊宴, 2018. 全数字化城市设计的理论范式探索[J]. 国际城市规划, 33(1): 7-21.
- 杨震, 于丹阳, 蒋笛, 2017. 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, 33(10): 37-43.
- 尹稚, 1999. 论人居环境科学(学科群)建设的方法论思维[J]. 城市规划(6): 9-13+19+63.
- 张恩嘉, 龙瀛, 2020. 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, 36(21): 5-13.
- 张恩嘉, 龙瀛, 2022. 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(3): 1-7.
- 张景秋, 曹静怡, 陈雪漪, 2007. 北京中心城区公共开敞空间社会分异研究[J]. 规划师(4): 27-30.
- 赵春丽, 杨滨章, 刘岱宗, 2012. PSPL 调研法: 城市公共空间和公共生活质量的评价方法——扬·盖尔城市公共空间设计理论与方法探析[J]. 中国园林, 28(9): 34-38.
- 赵万民, 廖心治, 王华, 2021. 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, 37(1): 50-57.
- 周进, 黄建中, 2003. 城市公共空间品质评价指标体系的探讨[J]. 建筑师(3): 52-56.
- 周榕, 2016. 硅基文明挑战下的城市因应[J]. 时代建筑(4): 42-46.
- 周素红, 陈菲, 戴颖宜, 2019. 面向内涵式发展的品质空间规划体系构建[J]. 城市规划, 43(10): 13-21.
- 周悦, 陶珊珊, 段雪晴, 等, 2021. 有机更新背景下的社区智能治理探索[J]. 时代建筑(4): 62-69.
- 邹德慈, 2006. 人性化的城市公共空间[J]. 城市规划学刊(5): 9-12.

附录 A 城市公共开敞空间智慧化设计研究调查问卷

您好，我们是来自清华大学建筑学院城市规划系的研究生，正在对城市公共开敞空间内的智慧化设计要素进行调查，目的是了解其使用现状及存在的问题，为未来更好的公共开敞空间设计提供帮助，您的合作对于我们了解有关情况有十分重要的意义。所有答案没有对错优劣之分，您只需按照真实想法和实际情况回答就行。对于您的回答，我们将严格保密，相关信息只用于统计分析。非常感谢您的合作！（大致需要您 3-4 分钟时间填写）

一、公共开敞空间及其使用评估

1. 您前往城市公共开敞空间（公园、广场、商业街等）的次数（每周）

- 0-1 次
- 2-3 次
- 4-5 次
- 6 次以上

2. 您一般来城市公共开敞空间的时间大致是（可多选）

- 早晨（9:00 前）
- 上午（9:00~12:00）
- 中午（12:00~14:00）
- 下午（14:00~18:00）
- 傍晚（18:00 后）

3. 您一般在城市公共开敞空间的逗留时间大致是（多数情况下）

- 10 分钟内
- 10-30 分钟
- 30 分钟-1 小时
- 1-2 小时
- 2 小时以上

4. 您前往城市公共开敞空间主要的目的是（可多选，按重要性排序）

- a. 个人休闲（闲逛、摄影、打卡等）
- b. 亲子/家属陪伴

- c. 学习交流（看书、交谈等）
- d. 体育锻炼
- e. 工作（商务考察等）
- f. 其他（请说明）

5. 您是否有关注意到城市公共开敞空间内的智慧化设施，如智慧跑道、智能交互屏幕、智慧交互景观等



图 A.1 城市公共开敞空间智慧化设施示例

- 关注到了，就是因为被其吸引才选择前往体验
- 有所关注，对某些设施进行过观察或体验
- 发现有，但还并没有细看或体验
- 完全没注意到

6. 您如何评价城市公共开敞空间内的智慧化设施？

- 十分满意，极大提升空间趣味性与吸引力
- 较为满意，具有一定科技感与新鲜感
- 不确定，没有特别关注
- 不满意，和自己期望有落差
- 非常不满意，存在较多问题，意义也有限

7. 您认为和传统设施相比, 现有的智慧化设施足够智慧吗?

- 十分智慧, 超出预期
- 较为智慧, 可以进行多种互动反馈
- 正常, 和传统设施差异不大
- 不算智慧, 有些功能比较难以使用
- 非常不智慧, 经常会遇到使用问题, 不如传统设施

8. 您认为城市公共开敞空间内的智慧化设施数量是否足够?

- 十分充足, 能满足自己的所需
- 较为充足
- 正常, 不多也不少
- 一般, 较为勉强
- 较为匮乏, 期望能尽快增加更多

9. 您对城市公共开敞空间内不同智慧化功能的需求如何? (5: 最需要, 1: 不需要)

- 形象美化装饰 (5 4 3 2 1)
- 沉浸式空间营造 (5 4 3 2 1)
- 对人群行为活动进行智能交互 (5 4 3 2 1)
- 对环境进行监测反映 (5 4 3 2 1)
- 提升运动健身等活动的趣味性 (5 4 3 2 1)
- 科普教育 (5 4 3 2 1)
- 人脸识别积分打卡 (5 4 3 2 1)
- 提供 Wi-Fi、充电、咨询、加热等便利服务 (5 4 3 2 1)
- 提供临时/共享空间 (临时打电话、办公等) (5 4 3 2 1)
- 优化出行体验 (通过自动驾驶车等) (5 4 3 2 1)
- 提供或补充无障碍设计 (5 4 3 2 1)
- 能源转化、节能环保 (5 4 3 2 1)
- 垃圾废物的智能管理、分类回收 (5 4 3 2 1)
- 安防预警 (偷窃、晕厥等) (5 4 3 2 1)
- 微气候 (温湿度、空气质量) 调节 (5 4 3 2 1)
- 其他 (5 4 3 2 1)

10. 城市公共开敞空间内的智慧化设施的问题有哪些?

- 大多数时候没有开启, 无法使用
- 功能复杂, 自己不会频繁使用
- 功能缺乏, 交互差, 不能完全满足自己的需要
- 隐私侵犯、信息泄露风险
- 其他

11. 您期望未来的公共开敞空间应补充哪些设施要素? (多选, 按照重要性排序)

- a. 便民服务设施 (公共厕所、垃圾箱、座椅等)
- b. 传统游憩设施 (健身设施、娱乐设施等)
- c. 开阔场地
- d. 智慧化设施
- e. 其他

二、个人基本情况

1. 您的年龄

- 18 岁以下
- 18-29 岁
- 30-44 岁
- 45-59 岁
- 60 岁及以上

2. 您的性别

- 男
- 女

3. 您的学历

- 初中及以下
- 高中/中专/职高
- 大专
- 本科
- 研究生及以上

4. 您的职业

- 政府/事业单位人员
- 企业职员
- 商业服务业员工
- 专业技术人员
- 个体私营户
- 自由职业
- 农林牧渔劳动者
- 在校学生
- 离退休人员
- 无业
- 其他

附录 B 相关访谈记录

访谈一

访谈时间：2021年2月25日

访谈地点：北京

访谈及整理团队：李文越、张恩嘉、李伟健

受访人物：北京甲板智慧科技有限公司 CEO 李长霖

访谈记录：

问：甲板智慧公司成立的背景与人员结构是怎么样的？

答：公司于2015年成立，因为对智慧技术在园林设计中的应用感兴趣，清华规划院的园林设计师和中科院计算机所的计算机工程师合作组建了团队，目前有70余名工作人员。团队成员组成包含两类，一类具有设计背景，主攻城市空间使用需求的挖掘，另一类具有IT背景，通过软硬件技术开发工作，对需求进行赋能。企业目前在朝阳区也有一个工厂，用于进行产品的测试和组装。

问：甲板智慧公司的业务范围与业务拓展方向是什么？

答：公司业务范围包括智慧园林、智慧水务、智慧城市广场、智慧体育、智慧社区等，业务主要解决提升空间品质、减少空间运维成本两方面的目标。未来业务拓展主要有三个方向：一是整体智能化的场景创新，用成熟和创新的技术去包装场景，代表未来生活方式的呈现，以具体的项目为载体承载。二是智慧产品的设计生产，场景里的具体需求转换成产品，输出到不同场景中，这些产品可以供应给其他企业。三是智慧场景的运维，以实现构建场景后持续的商业价值获得。

问：甲板智慧公司的业主和合作伙伴有哪些？

答：针对公司业务的三个方向有三类不同的业主，智慧场景的业主是政府，智慧产品的业主是企业，智慧运营的业主是客户。企业的合作伙伴还包括两类供应商，一是技术外包供应商，通过合作提高开发效率，另一类是做设备加工、设备配件、设备组装的厂商。

问：公司在公共空间改造项目有哪些成功或失败的经验？

答：评判项目成功与否的依据是看项目的经济、社会、生态价值是否达到预

期。如成功的项目一般是经济价值上能节约成本或带来收益，社会价值上能明显增加使用人群。失败的案例就是产品挖掘伪需求、较少有人使用，或者投入比收益要少。如果收益不能达到预期，就只能叫做探索，而非成功案例。

问：您在公共空间的智慧化感知与测度方面有什么见解？

答：甲板科技在这些方面已经有一些尝试，根据不同目标和需求可以分为围绕管理诉求的监测、结合空间使用者需求的监测，从整体市场情况来看，这两个方向的市场空间都不断增加。以面向管理诉求的监测为例，我们主要做无人管理方向，如能源、安防、消防方面的监测、针对动植物的监测，这些需求都有所提升，对空间管理成本的降低十分有效。对于面向使用者需求的监测，我们主要监测空间中能承载的行为，如健身设施方面，针对跑步、骑行、篮球活动都有相应的采集手段，采集指标如跑步速度等。数据监测可以很好提升诉求，使之得到赋能，因此也有需求上升的趋势。

问：智慧化城市基础设施在我国实践项目普遍的市场认可度与需求是怎样的？

答：早些年的智慧城市多是自上而下提理念政策，现在更多围绕解决具体问题、科技赋能等。随着从业人员综合素质的提高，越来越多人想用科技的方法进行管理，诉求有比较明显的提升。17年市场需求为零，到现在已经有了普遍的诉求，都想做尝试并且有时候目标很明确，受限的是资金来源。

问：智慧设施运营维护的成本极高，智慧化设计过程中是否有考虑可持续性的发展？

答：目前公司成立时间不长，最长落地的设备用了三四年，只要在正常条件下都能照常使用。随着技术的完善，智慧设施的运营会越来越容易。对于可持续性，我们会在前投入和日常运维成本之间的权衡，从经济、社会、生态价值三个角度来思考，如果算经济账不划算，就看社会和生态价值，看政府是否愿意承担这些价值伴随的成本。我们的智慧设施很多以降低成本为目的，如人员管理成本，原来的园林维护需要更多人，智慧设施的植入可以减少人力，这样长期看来是投入产出平衡的，对于接受产品的企业，也会从中获得商业价值，只要是能讲清商业逻辑就可以持续发展。

问：在公共空间品质提升方面，如何看待智慧化设计与设计智慧化产品之间

的差异？智慧化感知技术与空间干预设计之间如何较好地合作融合？

答：对于提升项目和新建项目需要分类讨论。对于提升项目，一般先分析现状、再提升现状，智慧设施的干预目标在于通过智慧设计增强现状。对于新建项目，会在最开始就将智慧设施和科技手段融入空间设计，最后呈现的空间形态会有所不同。

问：与传统公共空间相比，智慧化改造后的公共空间实际使用的活力效能与精细化管理水平是否有明显提高，在此方面是否有一些量化的评估依据？

答：在智慧设施建成后收集了大量监测数据，但还没有挖掘这些数据的应用前景，目前没有展开项目实施前后的量化对比研究，这方面可以和高校开展合作。

问：公司是否有考虑在一些低发展水平城市进行空间的智慧化监测与设计改善项目？可能存在的挑战在哪里？

答：虽然目前只有个别的小城市有类似诉求，但智慧城市的诉求不分城市大小，如果站在人的尺度思考，即使是小城市，只要有人就会有需求。比如原来的园林养护靠人力，园林养护从业人员越来越少，自然要采取智能手段来继续这些事情。一线城市的财政规模能支持创新，小城市的财政有限，就暂时不会做这种非刚需的东西。另外，大城市智慧技术的投入成本比小城市要低，创新涉及研发和软硬件支撑，小城市调取这些技术成本比较高。模式成熟之后，智慧化技术和智慧化设施的投入产出比例越高，越能在小城市越能实现。

访谈二

访谈时间：2021年1月11日

访谈地点：北京

访谈及整理团队：李文越、李伟健

受访人物：北京城市象限科技有限公司 CEO 茅明睿、北京城市象限科技有限公司员工周悦

访谈记录：

问：智慧城市行业内现有的业务场景类型？

答：第一条线，电子政务。传统 IT 企业转型到智慧城市，做的主要是政府信息化、信息链接治理、信息推动治理，核心解决业务协同问题。目前比较有亮点的智慧城市项目都是电子政务，一网通办、一网通管等。青青在线也是政务数据

的打通和协同，和规划设计所说的智能很不一样。不是我们圈子的人需要聚焦和发力的，没有优化决策的诉求。强调大数据中心、数据开放。

第二条线，智能场景。如信号灯控制、智能垃圾桶、智能防疫、自动送货、监测交通流、人脸识别支付等，做一些基于 ICT 技术的小发明，产生了非常多的企业。这一方向是智慧城市当中面向管理末梢和居民日常生活的，也产生了降低生活成本的价值，在于便利。

第三条线，数据驱动治理，或者叫优化治理、决策支持等。更强调在城市治理过程中做出正确的决策，或者做出好的治理方案，这是数据的价值，是有别于智能场景的。“规划的浪费就是最大的浪费”，除了把确定的事情做的更通畅，更重要的是让政府做出正确的决策。这类业务是有决策过程的，回应城市复杂系统。具体场景如优化资源投放，实现资源调度等。这一块，是最接近智能和大数据的内容。难点在于城市科学是滞后于城市管理的。智慧城市应该和城市科学协同起来，让治理观更适应治理逻辑，在决策合理上有数据驱动合理性。

问：城市象限的典型落地项目能否进行介绍？

井点 1 号、2 号。此类项目是面向增量和空间做出的回应，是面向未来的空间干预、未来的空间塑造。除了双井以外，其他项目还很前期。双井街道井点 1 号通过小传感器等智慧设备实现公共空间的活力感知、视觉感知、动态监测。井点 2 号，利用小程序管理无人值守的智能回收空间，也做了线上的社群，居民可以加入到社群提供反馈和建议。把人的连接、物的连接监测进行了整合，为运营服务。井点策划了很多活动来保持城市活力，但还没有做好商业模式。甲方价值在哪？需要支付的成本如何？怎么规模化？还不能短期内挣钱。有可能只是学术上和社会价值有意义，但商业上行不通。因为公共空间本身没有商业运营主体产生收益。

访谈三

访谈时间：2022 年 6-7 月

访谈地点：北京/线上

访谈及整理团队：龙瀛、张恩嘉、李伟健、刘琼、李瑞龙、王鹏、张翼、刘莫闲、徐一平

被访人物（部分）：

深圳大学建筑与城市规划学院研究员，本原设计研究中心副主任张宇星、AECOM 亚太区高级副总裁刘泓志、中国城市规划学会副理事长，北京大学城市与

环境学院教授吕斌、中国城市规划学会副理事长，清华大学建筑学院教授尹稚访谈记录：

问：未来的城市规划建设应如何适应新的时代需求并应做出怎样的改变？

张宇星：我认为可以从几方面入手。首先是消费端，因为城市生活方式的改变非常容易，成本也较低，而目前城市的价值系统已经发生了改变。现代规划与建筑师也受互联网的影响变成新生活方式的设计者。第二是美学标准。柯布西耶在《走向新建筑》等书中一开始也是从美学而不是生产效率入手，认为机器、汽车、轮船是最漂亮的，打动了那一代人。我们今天互联网出现的拼贴形态如果大家进行更加深入的宣传的话，也会持续改变和影响既有的城市建筑空间。第三回到生产端，即能否提高生产效率。如果 ICT 与建造技术可以给每个人解决住房问题，那么也会必然影响整个社会系统。要回答人最本质的需求，例如能否降低房价，给每个人提供更多的居住空间。

刘泓志：首先，思考更加适用于中国的价值，并让其引领智慧城市的建设。其次，谈科技就要谈人民与生活，民众必须成为科技发展的一部分，他们的选择权、倾向性非常重要。应将使用端、落地端效益放在前面。第三，传统的城市规划设计与咨询行业中的空间语言体系和智慧城市空间产品的体系没有挂钩。如何从空间语言体系聚焦到空间产品体系，并让生活品质反哺技术发展与服务内容是我们可以做的改变。最后，现在技术发展的节奏不是越快越好，品质优先的发展节奏非常重要。

吕斌：在未来智慧化对于空间领域的从业者来说是非常重要的。我觉得可以在不同尺度上去阐述智慧化或者未来城市技术给人居环境带来的影响。在大尺度上最重要的是智慧技术如何影响或者改变一个空间节点的区位价值，因为物质流、信息流、货币流、人流都与区位价值相关。中尺度方面，应让智慧化带给人们居住、办公、交通、游憩等方面能够切身感受到的好处，以及消除隐私泄露等隐患。小尺度方面，比如在家庭、社区、或者五分钟、十分钟生活圈内，可以进行全面的智慧化实践，以提升韧性、安全与便捷性。

尹稚：我认为任何一项技术能否落地以及是否具有前景是与城市发展过程中的真实需求绑定在一起的。一个城市不管是低技术水平还是高技术水平，都存在一些永恒不变的基本追求，例如健康与安全、高效便捷、更好的成本收益比例、更高维度精神层面的宜人舒适等。如果满足不了这些基本需求，那么就仅仅是一场短暂的技术秀而已。其次，我认为技术最应该审慎推进的就是用来管理社会和人，最应该积极推进的是可闭合的技术系统。

问：区块链、Web3.0、元宇宙这些技术概念是否会为城市的建设和运行方式带来变化？

张宇星：生产和消费是创造价值的核心，现有的智慧城市系统过于关注管理者，对真正的城市居民和开发商没有足够价值。我认为科技应更多地解决生产和消费端问题，不要和社会制度架构牵扯过多。其次，很多新技术概念的迭代速度很快，平均在两年左右。但是这种迭代是正常的，这也是科技发展生命力的表现。具体而言，元宇宙中人与人之间新的交往场景和城市规划与建筑学关系较大。将来有可能一群人在特定的空间进入元宇宙，那么什么样的空间能适应元宇宙的需求？这样的空间可能对视觉没有要求，但对听觉、嗅觉等有特殊要求。此外，元宇宙也对物理空间有反向影响，很有可能在现实空间进行建造映射。

刘泓志：我认为当下城市建设运行的一大挑战，是在多元主体、多方参与合作的大趋势下，面向未来整合协调的边界条件高度复杂化，其带来的运行门槛与成本效益问题越来越严重。如果把区块链视作一种缺乏信任基础背景下建立信任机制的技术的话，那么有没有可能将其从新金融市场更多地朝向新基础设施市场发展，这样就可能突破并解决多方、多层级契约关系或协作成本等方面的痛点和难点；Web3.0 能否更突出它个性化、用户参与导向的平台特质，促进城市建设与运行过程中的公众参与，同时保障个人与企业的利益；元宇宙融合线上线下的空间一体化，可以为有限的城市资源开拓新的操作筹码。通过元宇宙开发新的资产，创造新的资源，加速要素流动。总而言之，作为一个城市工作者，我也特别期望新技术发展能够彼此融合、并联、互惠并得到各界共鸣。

尹稚：从虚拟现实到元宇宙，大部分应用场景还是跟游戏和娱乐有关。但恐怕这些虚拟应用场景在实际中的普及与受欢迎程度还远不如真实场景。技术发展对于虚拟和实体空间互动融合的支持还不够。现在的技术水平更加适合于可自封闭型技术系统的模拟、运转和调控。例如全智能化管控在很多示范性智慧社区都已经有所实现，但其背后要回答一个重要问题，即真正的获益方是谁？这是一场技术秀还是和老百姓的真实需求绑定在一起？

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库^①

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
1	城市路灯 (CityLight)	Jaymi Heimbuch	艺术家/ 小型工作 室团队	2018	新能源/能 源转化	设施	路灯/灯杆	绿色能 源生态	提供便 民服务	照明/服务系统 的新能源/节能 设计	https://www.treehugger.com/street-lamp-and-fitness-equipment-blend-smart-lighting-concept-4856963
2	自行车存储空 间	Jung Tak	艺术家/ 小型工作 室团队	2012	机械/机器 人/自动化	设施	模块化空 间	优化交 通出行	提供便 民服务	非机动车/机动 车智慧化停放	https://www.trendhunter.com/trends/tbike-by-jung-tak
3	智慧灯杆	广州信盛通 信科技有限 公司	科技公司	2016	物联网	设施	路灯/灯杆	提供便 民服务	保障健 康安全	提供基础的 WIFI/充电/讯 息等服务	http://www.maxfaith.com.cn/pole
4	上海滨江道光 影互动	上海肩并肩 电子科技有 限公司	科技公司	2018	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	美化环 境形象	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://ai.baidu.com/support/news?action=detail&id=484
5	“近月点”互 动投影	Thijs Biersteker	艺术家/ 小型工作 室团队	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	水幕	增强互 动参与	美化环 境形象	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://www.sohu.com/a/211376716_100039920

^① 该案例库共有 594 个案例, 受限于篇幅此处仅展示案例库的前 200 个案例

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计主体	核心设计主体类型	提出时间	主要依托的智慧技术	规模尺度	主要依托的空间要素载体	主要作用效果	次要作用效果	应用场景	信息来源
6	智能景观设施	Mathieu Lehanneur	艺术家/小型工作室团队	2012	其他	设施	遮阳棚	提供便民服务	绿色能源生态	宜人的候车/停留站台/遮阴庇护空间	https://www.designboom.com/architecture/mathieu-lehanneur-escale-numerique-for-icdecaux/
7	共享电动滑板车	Anton Grimes	艺术家/小型工作室团队	2009	机械/机器人/自动化	设施	路灯/灯杆	优化交通出行	提供便民服务	提供智慧化的新兴/自动化/共享骑乘服务	https://www.ubergizmo.com/2009/03/shared-electric-scooters-a-novel-green-idea/
8	植物园巴士站	florent prat	艺术家/小型工作室团队	2009	其他	设施	公交站点	提供便民服务	绿色能源生态	宜人的候车/停留站台/遮阴庇护空间	https://www.designboom.com/project/vegetal-bus-stop/
9	一体化智慧公厕驿站	广州中期科技有限公司	科技公司	2021	其他	建筑	公共卫生间	提供便民服务	无	提供基础的WIFI/充电/讯息等服务	http://www.zontree.cn/img1/img.php?class=2=31
10	太阳能应急避难所	Song Kee Hong、Timothy Hoo、Ng Teck Tiong and Felix Lee	艺术家/小型工作室团队	2010	智能建造	建筑	模块化空间	提供便民服务	保障健康安全	临时/应急办公/会议/休憩空间	https://www.tuvie.com/haven-rapid-deployment-temporary-shelter-system/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
11	棕鸟之家 (The Starling Crossing)	Umbrellium	跨界公司	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	路面	保障健 康安全	优化交 通出行	更加鲜明的过 街标识	https://www.fastcompany.com/40481550/the-crosswalk-of-the-future-moves-and-changes-to-prioritize-pedestrians? https://worldlandscapearchitect.com/solar-changing-station-university-of-texas-austin-usa-beth-ferguson-and-dallas-swindle-of-sol-design-lab/
12	校园太阳能充 电站	Sol Design Lab	艺术家/ 小型工作 室团队	2015	新能源/能 源转化	设施	遮阳棚	提供便 民服务	绿色能 源生态	宜人的候车/停 留站台/遮阴庇 护空间	https://www.washingtonpost.com/goingoutguide/museums/dcs-latest-immersive-art-installation-is-a-mini-cartoon-inside-a-giant-hamster-wheel/2018/08/27/22466b8c-a7b8-11e8-a656-943eefab5daf_story.html
13	巨型仓鼠轮	Olivier Girouard、 Jonathan Villeneuve	艺术家/ 小型工作 室团队	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	游乐器械	增强互 动参与	无	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	https://www.sl-rasch.com/en/projects/texas_umbrellas/
14	可转换遮阳伞	SL Rasch	设计公司 /事务所	2013	机械/机器 人/自动化	设施	遮阳棚	美化环 境形象	提供便 民服务	街道空间美化	https://www.sl-rasch.com/en/projects/texas_umbrellas/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计主体	核心设计主体类型	提出时间	主要依托的智慧技术	规模尺度	主要依托的空间要素载体	主要作用效果	次要作用效果	应用场景	信息来源
15	鸟街	New West End Company	科技公司	2017	新能源/能源转化	街区	路面	增强互动参与	绿色能源生态	步行/骑行与机动车道路的创新优化	https://crossriverpartnership.org/news/bird-street-fresh-air-ethical-shops-and-bird-song/
16	苹果体验店	Foster + Partners	设计公司/事务所	2017	机械/机器人/自动化	建筑	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	绿色能源生态	建筑立面与形象装饰	Apple Dubai Mall Projects Foster + Partners (fosterandpartners.com)
17	上海外滩金融中心	Heatherwick Studio、Foster + Partners	设计公司/事务所	2017	机械/机器人/自动化	建筑	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	无	建筑立面与形象装饰	https://bbs.zhulong.com/101010_group_201803/detail31191245/
18	中联重科展示中心	amphibianArc	设计公司/事务所	2012	机械/机器人/自动化	建筑	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	增强互动参与	建筑立面与形象装饰	https://bbs.zhulong.com/101010_group_201803/detail10060224/
19	布里斯班机场国内航站楼停车场	Urban Art Projects	设计公司/事务所	2011	机械/机器人/自动化	建筑	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	绿色能源生态	建筑立面与形象装饰	https://cn.inhabitgroup.com/project/brisbane-airport-domestic-terminal-carpark-brisbane-australia/
20	智慧舞场系统	清听声学	科技公司	2021	物联网	设施	游乐器械	提供便民服务	增强互动参与	新型智慧化运动/健身/娱乐设施	http://www.audfly.com/product/zh/#a2

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
21	AI 虚拟骑行	Duer 智慧公 园	科技公司	2020	机械/机器 人/自动化	设施	游乐器械	增强互 动参与	提供便 民服务	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	http://www.duero.cn/ archives/216
22	智能互动陪跑 灯	Duer 智慧公 园	科技公司	2020	物联网	设施	路缘石	美化环 境形象	增强互 动参与	街道空间美化	http://www.duero.cn/ archives/245
23	AI+AR 智能 体育娱乐互动 大屏	Duer 智慧公 园	科技公司	2020	VR/AR/M R	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	提供便 民服务	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	http://www.duero.cn/ archives/281
24	佛山文华公园 投石智慧跑道	投石科技	科技公司	2020	人工智能	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	提供便 民服务	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	https://www.dianzish apan.cn/news/1072.h tml
25	迈阿密海滩 ITS 和 SPS	BCC Engineering	科技公司	2016	人工智能	街区	摄像头	优化交 通出行	无	人车流的感知 与动态调控	https://bcceng.com/
26	气氛 (Atmeture)	Loop.pH	艺术家/ 小型工作 室团队	2014	智能建造	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	街道空间美化	https://loop.ph/portfo lio/atmeture/
27	紫外线 (VelO2)	Loop.pH	艺术家/ 小型工作 室团队	2016	物联网	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	城市感知数据/ 历史事件可视 化	https://loop.ph/portfo lio/velo2/
28	智能语音亭	Duer 智慧公 园	科技公司	2020	人工智能	设施	遮阳棚	提供便 民服务	增强互 动参与	提供基础的 WIFI/充电/讯息 等服务	http://www.duero.cn/ archives/327

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
29	斯德哥尔摩的 购物绿洲	Efterklang	设计公司 /事务所	2021	人工智能	建筑	建筑/构筑 物立柱	增强互 动参与	无	沉浸式空间营 造	https://afry.com/en/pr oject/mood-stockhol m
30	会议声景·多 感官沟通	Efterklang	设计公司 /事务所	2018	其他	街区	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	沉浸式空间营 造	https://afry.com/en/pr oject/soundscape-mu lti-sensory-communi cation
31	空气钢琴	唛丁科技	科技公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	路面	增强互 动参与	美化环 境形象	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	https://www.mindyn.c om/blog/33a58df8d1 8
32	灯光互动墙	唛丁科技	科技公司	2019	光电/投影 /屏幕显示	设施	路灯/灯杆	增强互 动参与	美化环 境形象	景观标志物打 造	https://www.mindyn.c om/blog/xiangsudeng
33	恐怖相框	唛丁科技	科技公司	2020	物联网	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	公众参与下的 空间功能形态 调节	https://www.mindyn.c om/shangye?bd_vid= 1120678836145219 8962
34	签到照片墙	U-Sky	科技公司	2021	其他	设施	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	美化环 境形象	参与式沉浸体 验与科普教育	https://www.u-sky.cn /index.php/photowall /
35	你好树木: 对 话自然	Daily tous les jours	艺术家/ 小型工作 室团队	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	增强互 动参与	美化环 境形象	沉浸式空间营 造	https://www.dailytous lesjours.com/en/work /hello-trees
36	钢琴互动墙	幻方科技	科技公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	美化环 境形象	参与式沉浸体 验与科普教育	https://www.huanfang tech.com/blog/d11a0 49836c

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计主体	核心设计主体类型	提出时间	主要依托的智慧技术	规模尺度	主要依托的空间要素载体	主要作用效果	次要作用效果	应用场景	信息来源
37	“光波鼓”互动装置	幻方科技	科技公司	2020	光电/投影/屏幕显示	设施	艺术小品	增强互动参与	无	新型智慧化运动/健身/娱乐设施	https://www.huanfangtech.com/blog/ddfaa95a7e6
38	LUMES 互动墙	Designinc、Eness	设计公司/事务所	2017	光电/投影/屏幕显示	设施	建筑/构筑物外立面	增强互动参与	美化环境形象	参与式沉浸体验与科普教育	https://www.medsci.cn/article/show_article.do?id=d1a9883e132
39	飞行体验互动墙	Chris Milk	艺术家/小型工作室团队	2012	光电/投影/屏幕显示	设施	电子屏幕/LED 面板	增强互动参与	无	对人群行为活动类型与强度进行映射	http://milk.co/treacher/
40	Disobedience 动力墙	Studio INI	设计公司/事务所	2018	机械/机器人/自动化	设施	艺术小品	增强互动参与	美化环境形象	沉浸式空间营造	https://www.sohu.com/na/431315199_100129146
41	光影森林 (Enchanted night walks)	LUMINA	设计公司/事务所	2020	光电/投影/屏幕显示	设施	游乐器械	增强互动参与	美化环境形象	参与式沉浸体验与科普教育	https://momentfactorv.com/lumina/en/
42	城市印记	Studio INI	设计公司/事务所	2019	机械/机器人/自动化	设施	艺术小品	增强互动参与	美化环境形象	沉浸式空间营造	https://www.sohu.com/na/431315199_100129146 https://www.gybn100.com/?lightcase=anli-10;
43	南川东街古城	光影百年数字创意公司	跨界公司	2021	VR/AR/MR	街区	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	增强互动参与	沉浸式空间营造	http://www.pitime.com/2021/9/112521209279.shtml

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
44	光影体验乐园 ——“四面奇 缘”	光影百年数 字创意公司	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	街区	草坪	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	https://www.gybn100.com/?lightcase=anli-04
45	“沐光森林” 3D 光影秀	光影百年数 字创意公司	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	街区	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	https://www.gybn100.com/?lightcase=anli-07
46	雅达利酒店 (Atari Hotels)	GENSLER	设计公司 /事务所	2020	光电/投影 /屏幕显示	街区	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	https://www.gensler.com/projects/atari-hotels?l=featured
47	AT&T 探索园 区 (AT&T Discovery District)	GENSLER	设计公司 /事务所	2020	光电/投影 /屏幕显示	街区	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	https://www.gensler.com/projects/att-discovery-district?e=digital-experience-design
48	Delos 总部	GENSLER	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	美化环 境形象	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://www.gensler.com/projects/delos?q=digital
49	体验性设计- 交互屏	GENSLER	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	https://www.gensler.com/projects/verizon-experience-design?e=digital-experience-design
50	松下未来工作 乐园	GENSLER	设计公司 /事务所	不明	移动互联 网 (4/5G)	建筑	-	增强互 动参与	提供便 民服务	沉浸式空间营 造	https://www.gensler.com/projects/panasonic-future-work-playland?q=digital

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
51	玩具反斗城 (Toys“R”Us)	GENSLER	设计公司 /事务所	不明	人工智能	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	增强互 动参与	建筑立面与形 象装饰	https://www.gensler.com/projects/toysrus?q=digital
52	滨河公园亭	NAC ARCHITECTURE	设计公司 /事务所	2020	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物立柱	美化环 境形象	提供便 民服务	建筑立面与形 象装饰	https://www.nacarchitecture.com/portfolio/RiverfrontParkPavilion.html#
53	智能 LED 路灯 项目 (Smart-Ready LED Streetlights)	VHB	科技公司	2021	新能源/能 源转化	设施	路灯/灯杆	绿色能 源生态	提供便 民服务	照明/服务系统 的新能源/节能 设计	https://www.vhb.com/news/vhb-retrofits-new-england-cities-with-smart-ready-led-streetlights/
54	T-Mobile 竞技场 (T-Mobile Arena)	ME ENGINEERS	科技公司	2016	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	https://flickrread.com/edition/html/576ba2e57ae7f#96
55	洛杉矶潘兴广 场 (LA's Pershing Square)	ME ENGINEERS	科技公司	2017	新能源/能 源转化	设施	遮阳棚	提供便 民服务	绿色能 源生态	宜人的候车/停 留站台/遮阴庇 护空间	https://www.archdaily.com/787448/agency-ter-selected-to-redesign-las-pershing-square-with-proposal-for-radical-flatness

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公司主体	核心设计主体类型	提出时间	主要依托的智慧技术	规模尺度	主要依托的空间要素载体	主要作用效果	次要作用效果	应用场景	信息来源
56	安联球场 (Allianz Field stadium)	ME ENGINEERS	科技公司	2019	光电/投影/屏幕显示	建筑	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	无	建筑立面与形象装饰	https://edition.pagesuite-professional.co.uk/html5/reader/production/default.aspx?pnum=24&edid=02f83253-0672-4ebb-961c-b9bfe3ab5306&isshared=true
57	智能皮艇 (Smart Kayak)	OHM ADVISORS	科技公司	2019	物联网	设施	水体	保障健康安全	无	监测控制噪音/空气污染/环境质量	https://www.ohm-advisors.com/insights/mapping-water-quality-track-contamination-source
58	市中心街道景观 LED 照明系统	BARR ENGINEERING CO	科技公司	2016	物联网	街区	路灯/灯杆	提供便民服务	美化环境形象	路面/路缘照明系统优化	https://www.barr.com/project/led-lighting-system-design-for-a-downtown-streetscape2
59	Celestica 客户体验中心 (Celestica's customer experience center)	LPA INC.	科技公司	2018	光电/投影/屏幕显示	建筑	电子屏幕/LED 面板	增强互动参与	美化环境形象	沉浸式空间营造	https://lpadesignstudios.com/catalyst/a-new-model-for-customer-experience

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公主体	核心设计主体类型	提出时间	主要依托的智慧技术	规模尺度	主要依托的空间要素载体	主要作用效果	次要作用效果	应用场景	信息来源
60	7 屏幕亭 (7 Screen Pavilion)	OMA	科技公司	2012	光电/投影/屏幕显示	建筑	电子屏幕/LED 面板	增强互动参与	无	沉浸式空间营造	https://oma.eu/projects/7-screen-pavilion
61	机械话语 (M é caniques Discursives)	Yannick Jacquet	艺术家/小型工作室团队	2018	光电/投影/屏幕显示	建筑	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	无	城市感知数据/历史事件可视化	http://www.mecaniques-discursives.com/#biography-1
62	水上 (MINAKAMI)	Yannick Jacquet	艺术家/小型工作室团队	2019	其他	设施	艺术小品	增强互动参与	美化环境形象	沉浸式空间营造	https://www.yannickjacquet.net/works/minakami
63	Élytre	Yannick Jacquet	艺术家/小型工作室团队	2016	光电/投影/屏幕显示	建筑	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	增强互动参与	城市感知数据/历史事件可视化	https://www.yannickjacquet.net/works/elvtre https://www.archdaily.com/959741/media-architecture-awards-introduces-new-category-more-than-human?ad_source=search&ad_medium=search_result_all
64	莲花穹顶 (Lotus Dome)	Daan Roosegaarde	艺术家/小型工作室团队	2012	机械/机器人/自动化	设施	艺术小品	增强互动参与	美化环境形象	景观标志物打造	https://www.archdaily.com/959741/media-architecture-awards-introduces-new-category-more-than-human?ad_source=search&ad_medium=search_result_all
65	空间 (Spaxels)	Ars Electronica Futurelab	艺术家/小型工作室团队	2016	机械/机器人/自动化	设施	天空	美化环境形象	无	天际线与空中艺术展示	https://ars.electronica.art/futurelab/de/projects-spaxels/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
66	闪光 (Blinkenlights)	Chaos Computer Club	艺术家/ 小型工作 室团队	不明	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	增强互 动参与	建筑立面与形 象装饰	https://www.archdaily.com/959740/media-architecture-awards-introduces-new-category-more-than-human?ad_source=search&ad_medium=search_result_all
67	人工生态系统 (Artificial Ecology)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	VR/AR/M R	街区	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	美化环 境形象	参与式沉浸体 验与科普教育	https://codeoncanvas.cc/projects/artificial-ecology
68	路的故事 (Stories of the Road)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	2019	VR/AR/M R	设施	艺术小品	增强互 动参与	提供便 民服务	虚实空间融合 与转换	https://codeoncanvas.cc/projects/stories-of-the-road
69	自然相互作用 (Natural Interactions)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	VR/AR/M R	设施	草坪	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	https://codeoncanvas.cc/projects/natural-interactions/
70	移动投影装置 (Mobile Projection Unit)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	美化环 境形象	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	https://codeoncanvas.cc/projects/mobile-projection-unit
71	雨滴快跑 (Rain Run)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	建筑	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	美化环 境形象	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	https://codeoncanvas.cc/projects/rain-run

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
72	迈尔感觉很好 (Myer Feeling Good)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://codeoncanvas. cc/projects/myer-feel ing-good
73	ReFILL	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	设施	垃圾箱	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	https://codeoncanvas. cc/projects/refill
74	数据驱动的光 雕塑 (Data-Driven Light Sculptures)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	城市感知数据/ 历史事件可视 化	https://codeoncanvas. cc/projects/data-driv en-light-sculptures
75	Inanimata	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://codeoncanvas. cc/projects/inanimata
76	海洋启示录 (Ocean Apocalypse)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	设施	游乐器械	增强互 动参与	无	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	https://codeoncanvas. cc/projects/ocean-ap ocalypse
77	分层 (Layers)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	2011	VR/AR/M R	设施	艺术小品	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	https://codeoncanvas. cc/projects/layers-th e-galleries
78	Flume 无限棱 镜 (Flume Infinity Prism)	Code on Canvas	设计公司 /事务所	2013	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物立柱	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	https://codeoncanvas. cc/projects/flume-inf inity-prism

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公司主体	核心设计主体类型	提出时间	主要依托的智慧技术	规模尺度	主要依托的空间要素载体	主要作用效果	次要作用效果	应用场景	信息来源
79	广州船厂主体规划 (Guangzhou Shipyard Master Plan)	Spark Architects	设计公司/事务所	2018	光电/投影/屏幕显示	街区	建筑/构筑物外立面	美化环境形象	增强互动参与	建筑立面与形象装饰	http://www.sparkarchitects.com/portfolio_page/guangzhou-shipyard-master-plan/
80	太阳能兰花 (Solar Orchid)	Spark Architects	设计公司/事务所	2014	新能源/能源转化	建筑	售货亭	提供便民服务	绿色能源生态	提供基础的WIFI/充电/讯息等服务	http://www.sparkarchitects.com/portfolio_page/solar-orchid/
81	海滩小屋 (Beach Hut)	Spark Architects	设计公司/事务所	2015	新能源/能源转化	建筑	模块化空间	绿色能源生态	无	不同能源间的灵活转换	http://www.sparkarchitects.com/portfolio_page/beach-hut/
82	WIMAX	Spark Architects	设计公司/事务所	2010	光电/投影/屏幕显示	设施	电子屏幕/LED 面板	美化环境形象	增强互动参与	建筑立面与形象装饰	http://www.sparkarchitects.com/portfolio_page/wimax/
83	Flyfire Kaiken	Flyfire	科技公司	2021	机械/机器人/自动化	设施	天空	美化环境形象	无	天际线与空中艺术展示	http://flyfire.io/#spec
84	Starling Crossing	Umbrellium	跨界公司	2017	光电/投影/屏幕显示	设施	路面	优化交通出行	无	路面/路缘照明系统优化	https://umbrellium.co.uk/projects/starling-crossing/
85	Marling	Umbrellium	跨界公司	2012	光电/投影/屏幕显示	设施	艺术小品	美化环境形象	增强互动参与	景观标志物打造	https://umbrellium.co.uk/projects/marling/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
86	Assemblance	Umbrellium	跨界公司	2014	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	https://umbrellium.co.uk/projects/assemblance/
87	Augmented BMS	Umbrellium	跨界公司	2017	VR/AR/M R	设施	艺术小品	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	https://umbrellium.co.uk/projects/augmented-bms/
88	City24/7	Cisco IBSG and the City of New York	科技公司	2012	移动互联 网 (4/5G)	设施	电子屏幕 /LED 面板	提供便 民服务	增强互 动参与	局部出行信息 展示与预约交 互	https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/ps/motm/City-24x7_PoV.pdf
89	Soofa	City of Boston	政府	2013	新能源/能 源转化	设施	座椅	提供便 民服务	绿色能 源生态	提供基础的 WIFI/充电/讯息 等服务	https://www.boston.gov/departments/new-urban-mechanics/soofa
90	集装箱环球	PERKINS EASTMAN	设计公司 /事务所	不明	智能建造	建筑	模块化空 间	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	perkinseastman.com
91	阿尔多哈大公 园	PERKINS EASTMAN	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	街区	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	沉浸式空间营 造	perkinseastman.com
92	TSX 百老汇	PERKINS EASTMAN	设计公司 /事务所	不明	光电/投影 /屏幕显示	街区	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	perkinseastman.com
93	冬季喷泉	PENNONI	科技公司	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	景观标志物打 造	pennoni.com

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
94	米勒·埃文 斯·洛根娱乐 中心	Colliers Engineering & Design	科技公司	不明	机械/机器 人/自动化	设施	游乐器械	增强互 动参与	提供便 民服务	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	colliersengineering.com
95	南岸河道	HASKELL	科技公司	不明	光电/投影 /屏幕显示	设施	遮阳棚	美化环 境形象	提供便 民服务	宜人的候车/停 留站台/遮阴庇 护空间	haskell.com
96	科布画廊选框 (Cobb Galleria Marquee)	COOPER CARRY	科技公司	不明	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	无	街道空间美化	coopercarry.com
97	里诺街景设计	Sasaki	设计公司 /事务所	2019	其他	街区	路缘石	美化环 境形象	优化交 通出行	步行/骑行与机 动车道路的创新 优化	https://www.sasaki.com/projects/rino-streetscape-designs/
98	弗吉尼亚理工 大学无限循环 和绿色链接	Sasaki	设计公司 /事务所	不明	机械/机器 人/自动化	街区	路面	优化交 通出行	提供便 民服务	步行/骑行与机 动车道路的创新 优化	https://www.sasaki.com/projects/virginia-tech-infinite-loop-and-green-links/
99	威尔明顿滨水 公园	Sasaki	设计公司 /事务所	2011	新能源/能 源转化	设施	建筑/构筑 物外立面	保障健 康安全	无	监测控制噪音/ 空气污染/环境 质量	https://www.sasaki.com/projects/wilmington-waterfront-park/
100	莲花	studio roosegaard	艺术家/ 小型工作 室团队	2010	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	景观标志物打 造	https://www.studioroosegaard.net/project/lotus

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
101	梵高小路	studio roosegaarde	艺术家/ 小型工作 室团队	2012	新能源/能 源转化	设施	路面	优化交 通出行	美化环 境形象	路面/路缘照明 系统优化	https://www.studioroosegaarde.net/cn/project/van-gogh-path
102	智能高速公路	studio roosegaarde	艺术家/ 小型工作 室团队	2012	新能源/能 源转化	设施	路面	优化交 通出行	无	路面/路缘照明 系统优化	https://www.studioroosegaarde.net/project/smart-highway
103	夜花园	ingrid-ingri d	设计公司 /事务所	2017	智能建造	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	美化环 境形象	参与式沉浸体 验与科普教育	http://ingrid-ingrid.com/night-garden
104	Dtac 记忆灯 墙	apostrophy's	艺术家/ 小型工作 室团队	2009	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	http://apostrophys.blogspot.com/2009/03/big-project-up-coming.html
105	自然小径	Jason Bruges	艺术家/ 小型工作 室团队	2012	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	美化环 境形象	参与式沉浸体 验与科普教育	https://www.jasonbruges.com/art#/nature-trail/
106	消息支柱	teamlab	艺术家/ 小型工作 室团队	2016	移动互联 网 (4/5G)	设施	建筑/构筑 物立柱	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://www.teamlab.art/w/pillar/
107	光波运河	teamlab	艺术家/ 小型工作 室团队	2015	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	增强互 动参与	美化环 境形象	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://www.teamlab.art/w/lightwavecanal/
108	光编织	SOFTlab	科技公司	2020	机械/机器 人/自动化	设施	艺术小品	增强互 动参与	美化环 境形象	街道空间美化	https://softlabnyc.com/project/lightweave/

附录C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
109	天空画与未数 量的火花	echelman	艺术家/ 小型工作 室团队	2014	移动互联 网 (4/5G)	设施	天空	美化环 境形象	增强互 动参与	天际线与空中 艺术展示	<a href="https://www.echelma
n.com/#/project/skies
-painted-with-unnu
mbered-sparks/">https://www.echelma n.com/#/project/skies -painted-with-unnu mbered-sparks/
110	瀑布	Studio Daniel Canogar	艺术家/ 小型工作 室团队	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	无	城市感知数据/ 历史事件可视 化	codaworx.com
111	所有国家的水	Demiurge LLC	艺术家/ 小型工作 室团队	2015	光电/投影 /屏幕显示	设施	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	美化环 境形象	建筑立面与形 象装饰	codaworx.com
112	泡泡树	STRUZIK ART	艺术家/ 小型工作 室团队	2021	光电/投影 /屏幕显示	设施	路灯/灯杆	美化环 境形象	绿色能 源生态	能源利用的景 观化打造	codaworx.com
113	罗索	1ToMn	艺术家/ 小型工作 室团队	2021	光电/投影 /屏幕显示	设施	路灯/灯杆	增强互 动参与	美化环 境形象	沉浸式空间营 造	codaworx.com
114	恒星	Brut Deluxe	艺术家/ 小型工作 室团队	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	天空	美化环 境形象	无	景观标志物打 造	codaworx.com
115	静止+运动	Jacqueline Metz Nancy Chew	艺术家/ 小型工作 室团队	2013	光电/投影 /屏幕显示	设施	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	景观标志物打 造	codaworx.com
116	浪	Squidsoup Ltd	科技公司	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	景观标志物打 造	codaworx.com

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
117	你好, 树	Daily tous les jours	科技公司	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	增强互 动参与	美化环 境形象	景观标志物打 造	codaworx.com
118	望京数据眼	UAP	设计公司 /事务所	2020	物联网	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	城市感知数据/ 历史事件可视 化	https://m.urbanlight.cn/newsdetail/b3076b32-3b3f-41fc-ba63-e4068071d098
119	数据门	Ferdi Alici OUCHHH	艺术家/ 小型工作 室团队	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	景观标志物打 造	http://www.publicspacedesign.com/article/513
120	创新时钟	Eric Gunther Sosolimited	艺术家/ 小型工作 室团队	2015	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	城市感知数据/ 历史事件可视 化	codaworx.com
121	成形	MASARY Studios	艺术家/ 小型工作 室团队	2019	物联网	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	codaworx.com
122	美国运通河拉 力赛	Volvox Labs	科技公司	2015	光电/投影 /屏幕显示	设施	天空	增强互 动参与	无	沉浸式空间营 造	codaworx.com
123	智能艺术	Obscura Digital	科技公司	2016	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	Art on theMart - CODAworx
124	边缘效应	Olivia Guethling	科技公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	codaworx.com

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
125	彩虹之波	Anaisafranco	设计公司 /事务所 艺术家/ 小型工 作室团 队	2012	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	景观标志物打 造	codaworx.com
126	Static	Peter Hite、 PHMMS	设计公司 /事务所 艺术家/ 小型工 作室团 队	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	增强互 动参与	无	景观标志物打 造	codaworx.com
127	交互式照明安 装	Anticlockwis e Arts MIT	设计公司 /事务所 艺术家/ 小型工 作室团 队	2016	光电/投影 /屏幕显示	设施	路灯/灯杆	增强互 动参与	美化环 境形象	街道空间美化	交互式照明安装 - CODAworx
128	roboat	senseable city lab	设计公司 /事务所 艺术家/ 小型工 作室团 队	2016	物联网	设施	模块化空 间	保障健 康安全	提供便 民服务	监测控制噪音/ 空气污染/环境 质量	roboat.org
129	Shutterring	Responsible Sensing Lab	设计公司 /事务所 艺术家/ 小型工 作室团 队	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	保障健 康安全	提供便 民服务	注重隐私的传 感器	https://responsible ensinglab.org/projects/ shutterring
130	扫描汽车	Responsible Sensing Lab	设计公司 /事务所 艺术家/ 小型工 作室团 队	不明	物联网	设施	无人驾 驶汽 车	保障健 康安全	绿色能 源生态	监测控制噪音/ 空气污染/环境 质量	https://responsible ensinglab.org/projects/ scan-cars
131	透明充电站	Responsible Sensing Lab	设计公司 /事务所 艺术家/ 小型工 作室团 队	2017	其他	设施	电子屏幕 /LED 面板	提供便 民服务	无	提供基础的 WIFI/充电/讯息 等服务	https://responsible ensinglab.org/projects/ transparent-charging -station
132	船感	Mobility Sensing	科技公司	2020	物联网	设施	机器人	保障健 康安全	无	监测控制噪音/ 空气污染/环境 质量	mobilitysensing.com

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
133	RESILIO- 阿姆斯特丹蓝 绿色屋顶	阿姆斯特丹 市	政府	2018	新能源/能 源转化	设施	建筑/构筑 物外立面	绿色能 源生态	无	不同能源间的 灵活转换	RESILIO-智能创新 Climate-adaptive Rooftops 的弹性和 一致性 UIA - 城市 创新行动 (uia-initiative.eu)
134	SPIRE- 智能后工业再 生生态系统	巴亚马雷市	政府	2019	新能源/能 源转化	城市	树木	绿色能 源生态	无	不同能源间的 灵活转换	SPIRE-智能后工业 再生生态系统 UIA - 城市创新行动 (uia-initiative.eu)
135	绿色码头	布雷达市	政府	2019	新能源/能 源转化	设施	树木	绿色能 源生态	无	能源利用的景 观化打造	GreenQuays - 通过 自然包容性码头实 现城市河流再生 UIA - 城市创新行 动 (uia-initiative.eu)
136	浮动展馆	Deltasync、 PublicDomain Architects	科技公司	2010	智能建造	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	https://earthtechling.com/2013/01/hollands-floating-pavilion-designed-for-rising-seas/
137	2015年世博会 新荷兰馆竞赛 方案	ATP Architects Engineers	设计公司 /事务所	2014	新能源/能 源转化	建筑	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	绿色能 源生态	宜人的候车/停 留站台/遮阴庇 护空间	https://www.atp.ag/integrated-design/projects/thefield_Mailand_IT

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
138	心件网络办公 室 (Heartware Network Office)	DP Architects	设计公司 /事务所	2018	新能源/能 源转化	建筑	模块化空 间	绿色能 源生态	提供便 民服务	照明/服务系统的 新能源/节能 设计	https://www.dpa.com.sg/projects/heartware/
139	公交站项目	DP Architects	设计公司 /事务所	2016	新能源/能 源转化	设施	公交站点	提供便 民服务	绿色能 源生态	宜人的候车/停 留站台/遮阴庇 护空间	https://www.dpa.com.sg/projects/projectbusstop/
140	根茎屋 (Rhizome House)	DP Architects	设计公司 /事务所	2016	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	https://www.dpa.com.sg/projects/rhizomehouse/
141	创远塔 (Chuangyuan Tower)	DP Architects	设计公司 /事务所	2019	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	https://www.dpa.com.sg/projects/chuangyuantower/
142	2015 年米兰世 博会阿联酋馆	Foster + Partners	艺术家/ 小型工作 室团队	2015	其他	设施	栏杆	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	https://www.fosterandpartners.com/projects/uae-pavilion-milan-expo-2015/ https://whitearkitektur.com/news/proposal-for-smart-streetlights-takes-white-arkitektur-to-final-in-smart-cities-challenge/
143	Yellowknife 城 (The City of Yellowknife)	White Arkitekter	科技公司	2018	新能源/能 源转化	城市	路灯/灯杆	提供便 民服务	绿色能 源生态	提供基础的 WIFI/充电/讯息 等服务	https://whitearkitektur.com/news/proposal-for-smart-streetlights-takes-white-arkitektur-to-final-in-smart-cities-challenge/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
144	幕墙灯光照明 系统	Mitsubishi Jisho Sekkei	科技公司	2019	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	无	照明/服务系统 的新能源/节能 设计	<a href="https://www.mi-sekk
ei.com/rd/works/work
s09.html">https://www.mi-sekk ei.com/rd/works/work s09.html
145	玛吉癌症康复 所的灯光设计 (Maggie's Light Installations)	BDP	设计公司 /事务所	2008	光电/投影 /屏幕显示	设施	指路标志	美化环 境形象	增强互 动参与	路面/路缘照明 系统优化	<a href="https://www.bdp.com/
en/projects/m-o/Mag
gies-Light-Installati
ons/">https://www.bdp.com/ en/projects/m-o/Mag gies-Light-Installati ons/
146	探索大厦	BDP	设计公司 /事务所	2017	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	<a href="https://www.bdp.com/
en/projects/a-e/coron
a-discovery-buildin
g-biocity-nottingha
m/">https://www.bdp.com/ en/projects/a-e/coron a-discovery-buildin g-biocity-nottingha m/
147	过渡 (Transition)	BDP	设计公司 /事务所	2007	机械/机器 人/自动化	设施	艺术小品	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	<a href="https://www.bdp.com/
en/projects/p-z/trans
itions/">https://www.bdp.com/ en/projects/p-z/trans itions/
148	卡塔尔购物中 心 (Mall of Qatar)	Chapman Taylor	设计公司 /事务所	2017	VR/AR/M R	建筑	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	<a href="https://www.chapman
taylor.com/projects/m
all-of-qatar">https://www.chapman taylor.com/projects/m all-of-qatar
149	星汇广场	Lead 8	设计公司 /事务所	2019	机械/机器 人/自动化	建筑	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	<a href="https://www.lead-8.c
om/projects/star-plaz
a">https://www.lead-8.c om/projects/star-plaz a

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
150	深圳湾万象城	Lead 8	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	https://www.lead-8.com/projects/mixc-shenzhen-bay
151	首尔摄影博物 馆 (Museum Of Photographic Arts Seoul)	Nordic - Office of Architecture	设计公司 /事务所	2019	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	https://nordicarch.com/project/museum-of-photographic-arts-seoul-mopas
152	帕特广场总体 规划 (The Barts Square masterplan)	Sheppard Robson	设计公司 /事务所	2019	机械/机器 人/自动化	建筑	建筑/构筑 物外立面	绿色能 源生态	无	对环境、气候特 征进行映射	https://www.sheppardrobson.com/architecture/view/barts-square-ecl
153	高速公路 x 城 市 (Highway x City)	FABRICatio ns	设计公司 /事务所	2016	其他	城市	路面	优化交 通出行	绿色能 源生态	街道空间美化	https://www.fabrications.nl/portfolio-item/highwayxcity/
154	网球塔 (Play Scraper)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2020	光电/投影 /屏幕显示	建筑	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	建筑立面与形 象装饰	https://carloratti.com/project/21816/
155	MEET 数字文 化中心 (MEET Digital Culture Center)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2020	光电/投影 /屏幕显示	建筑	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	沉浸式空间营 造	https://carloratti.com/project/meet-digital-culture-center/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
156	卢加诺水岸 (Lugano Waterfont)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2020	机械/机器 人/自动化	街区	路面	美化环 境形象	优化交 通出行	步行/骑行与机 动车道路的创新 优化	https://carloratti.com/ project/lugano-water font/
157	2020 迪拜世博 会意大利馆 (Italian Pavilion Expo Dubai 2020)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2019	机械/机器 人/自动化	建筑	建筑/构筑 物外立面	增强互 动参与	无	景观标志物打 造	https://carloratti.com/ project/italian-pavili on-expo-dubai-202 0/
158	巴黎新政 (New Deal Paris)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2019	移动互联 网 (4/5G)	城市	路面	优化交 通出行	无	街道空间美化	https://carloratti.com/ project/new-deal-pa ris/
159	书写器 (Scribit)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	建筑/构筑 物外立面	美化环 境形象	无	公众参与下的 空间功能形态 调节	https://carloratti.com/ project/scribit/
160	活力街 (The Dynamic Street)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2018	智能建造	设施	路面	提供便 民服务	美化环 境形象	步行/骑行与机 动车道路的创新 优化	https://carloratti.com/ project/the-dynamic -street/
161	阿纳斯智能路 (Anas Smart Road)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2018	VR/AR/M R	设施	机器人	优化交 通出行	无	人车流的感知 与动态调控	https://carloratti.com/ project/anas-smart-r oad/
162	“人与未来 - Hortus”	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2017	移动互联 网 (4/5G)	设施	草坪	增强互 动参与	无	公众参与下的 空间功能形态 调节	https://carloratti.com/ project/fico-area-del -futuro/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
163	Venchi 可食用 亭子	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2017	人工智能	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://carloratti.com/ project/edible-buildi ng-made-of-chocola te/
164	遮阳天篷 (Sun&Shade)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2017	机械/机器 人/自动化	设施	建筑/构筑 物外立面	提供便 民服务	增强互 动参与	对环境、气候特 征进行映射	https://carloratti.com/ project/sunshade/
165	自由像素 (Free Pixel)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2015	机械/机器 人/自动化	设施	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	无	路面/路缘照明 系统优化	https://carloratti.com/ project/free-pixel/
166	投云 (Cloud Cast)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2015	物联网	设施	建筑/构筑 物外立面	提供便 民服务	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	https://carloratti.com/ project/cloud-cast/
167	物理世界-数 字世界界面 (Arco Tiet ê)	Carlo Ratti Associati	艺术家/ 小型工作 室团队	2013	物联网	设施		提供便 民服务	无	提供基础的 WIFI/充电/讯息 等服务	https://carloratti.com/ project/arco-tiet-e/
168	花影 II	GEEKSART	设计公司 /事务所	2019	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	街道空间美化	http://geeks-art.com/ flower-ii/
169	花影 I	GEEKSART	设计公司 /事务所	2019	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	http://geeks-art.com/ flower-i/
170	流 II	GEEKSART	设计公司 /事务所	2019	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	http://geeks-art.com/ wavelet-ii/

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
171	流 II	GEEKSART	设计公司 /事务所	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	http://geeks-art.com/ wavelet-i/
172	深空	GEEKSART	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	沉浸式空间营 造	http://geeks-art.com/ universe/
173	迭代	GEEKSART	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	http://geeks-art.com/ interation/
174	夜光丛林	GEEKSART	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	http://geeks-art.com/ neuron/
175	觅象	GEEKSART	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	http://geeks-art.com/ mountain/
176	B-12 星球	GEEKSART	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	路面	美化环 境形象	增强互 动参与	街道空间美化	http://geeks-art.com/ b-12/
177	浮游生物	GEEKSART	设计公司 /事务所	2018	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	增强互 动参与	沉浸式空间营 造	http://geeks-art.com/ plankton/
178	天空鸟巢 (The Nest's fly beyond)	Super Nature Design	设计公司 /事务所	2017	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	景观标志物打 造	http://www.supernatu redesign.com/interact ion/thenest/
179	耐克物流中心 设施 (Nike clc installation)	Super Nature Design	设计公司 /事务所	2017	智能建造	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	局部出行信息 展示与预约交 互	http://www.supernatu redesign.com/interact ion/nikeclc/
180	AJ XXXVI 未 来篮球场	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	http://www.wonderla bsstudio.com/channe ls/323.html

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公司主体	核心设计主体类型	提出时间	主要依托的智慧技术	规模尺度	主要依托的空间要素载体	主要作用效果	次要作用效果	应用场景	信息来源
181	CONVERSE 邀你弹弹未来	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	机械/机器人/自动化	设施	艺术小品	增强互动参与	无	对人群行为活动类型与强度进行映射	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/322.html
182	先番城·摇曳	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	机械/机器人/自动化	设施	艺术小品	美化环境形象	无	景观标志物打造	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/320.html
183	CARTIER 互动艺术装置 TRACE	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	光电/投影/屏幕显示	设施	艺术小品	增强互动参与	无	对人群行为活动类型与强度进行映射	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/317.html
184	NIKE PEGASUS 38 领悟你的快	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	光电/投影/屏幕显示	设施	电子屏幕/LED 面板	增强互动参与	无	新型智慧化运动/健身/娱乐设施	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/312.html
185	2021 阿里巴巴设计周	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	光电/投影/屏幕显示	设施	艺术小品	增强互动参与	无	沉浸式空间营造	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/309.html
186	FORD 势能美学智能应心艺术装置	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	光电/投影/屏幕显示	设施	艺术小品	增强互动参与	无	对人群行为活动类型与强度进行映射	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/314.html
187	BURBERRY 海洋童话互动艺术装置	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	光电/投影/屏幕显示	设施	建筑/构筑物外立面	增强互动参与	无	对人群行为活动类型与强度进行映射	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/308.html
188	NIKE REACT INFINITY2 HOI 互动体验	WonderLabs Studio	跨界公司	2021	光电/投影/屏幕显示	设施	电子屏幕/LED 面板	增强互动参与	无	对人群行为活动类型与强度进行映射	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/304.html

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依托 的空间要 素载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
189	好孩子星站陆 家展厅	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	游乐器械	增强互 动参与	无	沉浸式空间营 造	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/302.html
190	港汇恒隆 GATEWAY TO INSPIRATION 互动体验	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	电子屏幕 /LED 面板	美化环 境形象	增强互 动参与	街道空间美化	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/299.html
191	2020 上海国际 马拉松互动体 验	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	游乐器械	增强互 动参与	无	新型智慧化运 动/健身/娱乐设 施	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/297.html
192	NIKE E-SPORTS 互 动体验	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	游乐器械	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/294.html
193	外滩大会 A · MUSEUM 互动体验	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	VR/AR/M R	设施	艺术小品	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/292.html
194	BURBERRY 互动艺术橱窗	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	艺术小品	美化环 境形象	无	街道空间美化	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/290.html
195	法国希思黎时 光见证卓越体 验展互动装置	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	VR/AR/M R	设施	艺术小品	增强互 动参与	无	参与式沉浸体 验与科普教育	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/288.html
196	互动试穿跑步 体验	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影 /屏幕显示	设施	游乐器械	增强互 动参与	无	对人群行为活 动类型与强度 进行映射	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/284.html

附录 C 城市公共开敞空间智慧化设计案例库 (部分)

续表 C.1 城市公共开敞空间智慧化设计案例库

序号	案例名称	核心设计公 主体	核心设计 主体类型	提出 时间	主要依托 的智慧技 术	规模 尺度	主要依 托的空 间要素 载体	主要作 用效果	次要作 用效果	应用场景	信息来源
197	耐克“哪儿挡得了我们”	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影/屏幕显示	设施	游乐器械	增强互动参与	无	新型智慧化运动/健身/娱乐设施	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/280.html
198	NIKE REACT INFINITY 互动体验	WonderLabs Studio	跨界公司	2020	光电/投影/屏幕显示	设施	游乐器械	增强互动参与	提供便民服务	新型智慧化运动/健身/娱乐设施	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/278.html
199	地铁万科未来天空之城装置设计	WonderLabs Studio	跨界公司	2019	光电/投影/屏幕显示	设施	游乐器械	增强互动参与	无	新型智慧化运动/健身/娱乐设施	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/276.html
200	大宁广场 2019 圣诞装置	WonderLabs Studio	跨界公司	2019	光电/投影/屏幕显示	设施	艺术小品	美化环境形象	无	景观标志物打造	http://www.wonderlabsstudio.com/channels/274.html

致谢

2019年秋天初次来清华园的场景仍记忆犹新之时，研究生三年时光便已悄然逝去。回首过往，自己在科研学术、项目实践及生活服务方面进行了广泛而积极的探索，收获颇丰的同时也结识了诸多人生道路上的良师益友。我对智慧技术影响下的城市未来拥有浓厚的探索欲望，在科技抗疫、技术赋能下城市空间演化及设计应对方面的探索研究使我逐渐开始更加深入地理解城市空间与技术发展背后的规律与机理，并对未来的人生探索路途充满动力。

在此由衷感谢导师龙瀛老师过去几年的悉心指导与言传身教。龙老师是我在漫漫科研成长道路上的指明灯，为我提供了丰富而多样的学术研究窗口。新兴技术与城市空间方向的研究需要我们仰望星空的同时不忘记脚踏实地，既需要接触前沿与先锋的发展动向，也需要深入城市扎根泥土发掘现实问题。龙老师不吝于提供我与各大互联网科技公司、先锋设计公司等进行跨界合作的机会，感受当下业界探索研究及实践应用新兴技术的状态，同时也鼓励我通过自行车、出租车移动感知以及线下驻场调研的形式充分观察、记录当下城市空间的真实状况。正如“好走的路都是下坡路”，这些难能宝贵的成长经历也为我硕士论文的选题、撰写及未来的人生发展带来诸多裨益。

感谢实验室同门的李彦博士、张雨洋博士、李文竹博士、李文越博士、张书杰博士、侯静轩博士、张恩嘉学姐、刘宁睿学长等师兄师姐以及吴其正、黄超逸、胡鸿熙、白颖豪、刘峰吕、贾洪婷、张嘉宸、张万蓉苗等同学在案例收集与整理、论文选题及撰写等过程中的帮助与参与支持。感谢室友杜一凡、王子恒在学习生活上的共同进步，特别感谢女友付佳明从本科至研究生一路以来的陪伴与支持。

感谢甲板智慧提供的部分数据支持，以及尹稚老师、武廷海老师、梁思思老师、来源老师、周榕老师、李长霖老师、茅明睿老师等前辈在访谈与指导等方面的支持，对我的论文撰写有极大启发。

最后，感谢家人在此过程中的鼓励与支持，是我不断探索、勇敢前行的坚实后盾。也曾仰望过星空、也曾对未来感到迷茫，但在读研期间始终不忘保持初心，保持踏实诚恳，虽然每一步迈的都挺小，结果回头发现已经走得挺远，也希望自己未来在这条路上能走得更远。

声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人享有著作权的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

签 名： _____ 日 期： _____

个人简历、在学期间完成的相关学术成果

个人简历

1996年出生于山西省太原市。

2015年9月考入华中科技大学建筑与城市规划学院城市规划系，2020年6月本科毕业并获得工学学士学位。

2020年9月免试进入清华大学建筑学院城市规划系攻读城市规划学硕士学位至今。

在学期间发表的学术论文

- [1] 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.
- [2] 李伟健, 龙瀛. 空间智能体: 技术驱动下的城市公共空间精细化治理方案[J]. 未来城市设计与运营, 2022, 1(1): 61-68.
- [3] Li W, Long Y. Smart technologies for fighting against pandemics: Observations from China during COVID-19[J]. Transactions in Urban Data, Science, and Technology, 2022, 1(3-4): 105-120.
- [4] 龙瀛, 李伟健, 张恩嘉, 等. 未来城市的空间原型与实现路径[J]. 城市与区域规划研究, 2023, 15(1): 1-17.
- [5] 龙瀛, 李伟健, 张恩嘉, 等. 未来城市的冷热思考——张宇星、刘泓志、沈振江、吕斌、周榕、尹稚、武廷海访谈纪实[J]. 城市与区域规划研究, 2023, 15(1): 234-250.
- [6] 李文竹, 梁佳宁, 李伟健, 等. 技术驱动下的未来城市空间规划响应研究——以黑河市国土空间规划未来城市专题为例[J]. 规划师, 2023(3): 27-35.

研究成果

2022年6月至2022年12月, 参与了腾讯研究院合作项目, 课题为“WeCityX未来城市科技访谈”。

2021年3月至2022年4月, 参与了腾讯研究院合作项目, 课题为“WeCityX科技图层规划与策划”。

2021年3月至2021年11月，参与了黑龙江省城市规划勘察设计研究院合作项目，课题为“黑河市国土空间规划未来城市专题研究”。

2020年11月至2021年11月，参与了华为合作项目，课题为“泛智慧城市技术在未来中国城市空间发展方向分析”。

2019年11月至2022年7月，参与了腾讯研究院合作项目，课题为“WeSpace未来城市空间”。

指导教师评语

城市公共开敞空间是城市空间最重要的构成部分之一，也承载着绝大多数的公共生活。针对当下部分城市公共开敞空间存在的品质低下、活力不足和互动性有限的问题，越来越多的第四次工业革命下的智慧化技术手段被应用于这类空间的设计和运营中。该论文针对这一重要现实问题和发展趋势，采用多种研究方法，对城市公共开敞空间的智慧化设计开展探索性研究工作。总体上，具有重要的理论探索价值和实践支持意义。

为了评估城市公共开敞空间智慧化设计的现状和使用效果，分别采用系统性案例研究、重要节点动态照片审计、使用者问卷调查、设计师/专家深入访谈等多元方法开展了大量的研究工作。(1) 结合系统性案例研究方法，筛选得到全球范围内 594 个城市公共开敞空间智慧化设计的案例，从案例所依托的智慧化技术、作用效果以及具体的应用场景等层面进行结构化分析；(2) 以北京市为例选取 4 处代表性调研场地中的 12 个调研节点进行现场调研，通过动态照片拍摄与后期人工虚拟审计的方式评估场地内智慧化设施的实际使用状况，总结现有智慧化设计应用的规律特点；(3) 通过问卷调查、深入访谈等方法分析空间使用者、设计师及其他领域专家等社会主体对于城市公共开敞空间智慧化设计的评价与反馈。通过本文研究，基本回答了城市公共开敞空间智慧化设计的发展态势、类型、使用效果和未来发展判读。

论文结构合理，概念明确，资料翔实，论述充分，图文规范，达到了工学硕士论文的学术水平。

答辩委员会决议书

论文研究城市公共开敞空间智慧化设施设计与使用评估，选题具有一定的理论意义和重要的实践价值。

论文分析了全球范围内 594 个城市公共开敞空间智慧化设计案例，总结其在尺度、技术、效能、场景等方面的特征，并对北京 4 个案例的智慧化设施的使用和设计进行评价，提出相关优化建议，有一定的见解和学术价值。

论文工作表明作者对相关领域具有深入的了解，并具有较强的科研能力。论文概念清晰，层次分明，论证深入，文笔流畅，文字图表规范，学风严谨。

答辩阐述清楚，重点突出，很好地回答了答辩委员提出的问题。

答辩委员会表决，一致同意该论文达到了硕士论文的水平，通过论文答辩，并建议授予李伟健工学硕士学位。