

基于时空行为适应性的城市设计方案评价研究 ——以北京怀柔科学城总体城市设计为例

EVALUATION ON URBAN DESIGN PLAN BASED ON SPACE-TIME BEHAVIORAL ADAPTABILITY: A CASE STUDY ON THE OVERALL URBAN DESIGN OF HUIAIROU SCIENCE CITY

翁 阳
WENG Yang

【摘要】 规划领域中时空行为研究的兴起和数字化技术的成熟,使冠以人本主义之名的空间设计不再流于对笼统、泛化的行为需求做出模式化的回应,而是能够尝试深入到关系复杂的细颗粒层面去重新解读需求以及实现需求,这为探索人类活动与城市环境之间的精细耦合提供了契机。在此背景下,本文将以前怀柔科学城总体城市设计为例,开展基于使用主体时空行为适应性的方案评价分析:通过建立时空行为适应性评价标准、搭建数字化分析工具、构建评价分析的框架流程,对总体城市设计成果中与研究目的相关的要素进行评价分析。结果显示:方案适应了使用主体部分行为需求,在午间出行和夜间出行方面未能较好地满足,应对方案中相关设施的布局提出优化建议。

【关键字】 时空行为; 适应性评价; 总体城市设计; 怀柔科学城; 布局关系

ABSTRACT: With the rising of space-time behavior research and the maturity of digital technology in planning, spatial design in the name of humanism can re-understand and realize the behavioral needs in the complicated relationship rather than stay at stereotypical response to ambiguous and general needs, which provides an opportunity for the exploration of the fine coupling between human activities and urban environment. In this background, this paper conducts an evaluation on the overall urban design plan of Huairou Science City based on the users' space-time behavioral adaptability, which includes establishing the evaluation standards, constructing the digital analysis tool, working out the evaluation framework, and conducting the evaluation on the related elements from the plan. Results show that the plan adapts to parts of the users' behaviors, while fails to adapt to the travel behavior at noon and at night. Suggestions should be proposed to

optimize the layout of the relevant facilities.

KEYWORDS: space-time behavior; adaptability evaluation; overall urban design; Huairou Science City; layout relationship

1 引言

20世纪兴起的诸多思潮正突破着基于构图美学、视觉美学的城市设计手法和评判体系所带来的限制^[1],其中,有关满足人本需求、构建人本城市的认识已经得到了学界、业界的普遍认可,并成为城市营造学科的应有之义^[2-5]。然而,囿于理论在纵深方向发展不足、技术手段缺位,以及数据沉淀不够等因素,许多城市设计并未能到个体层面去理解需求、在具体层面去满足需求,而只是笼统、泛化地予以回应,尤其在大尺度的设计实践中,“以人本主义之名,行物质空间决定论之实”的现象更为普遍。

得益于规划学科中时空行为研究的兴起^[6-9]和数字化技术的发展^[10-13],大尺度空间设计能够深入到关系复杂的细颗粒层面,关注、探索人类活动和城市环境之间在时空维度上的联系^[14],从而弥补基于土地利用的静态城市规划对人们日常活动考虑不足的弊端,促进城市规划及管理更加关注个体行为的制约与能动因素,并深入了解和满足居民个性化的服务需求,使规划更加精细、管理更加智慧^[15]。因此,我国规划设计的人本导向转型亟待开展相应的应用研究。

2 研究对象与研究数据

2.1 研究对象:以怀柔科学城总体城市设计作为实证对象

怀柔科学城是中国科学院与北京市共同建设的科研基地^[16],位于北京市怀柔区与密云区之间,基地面积100.9km²,含建设用地约40km²(图1)。

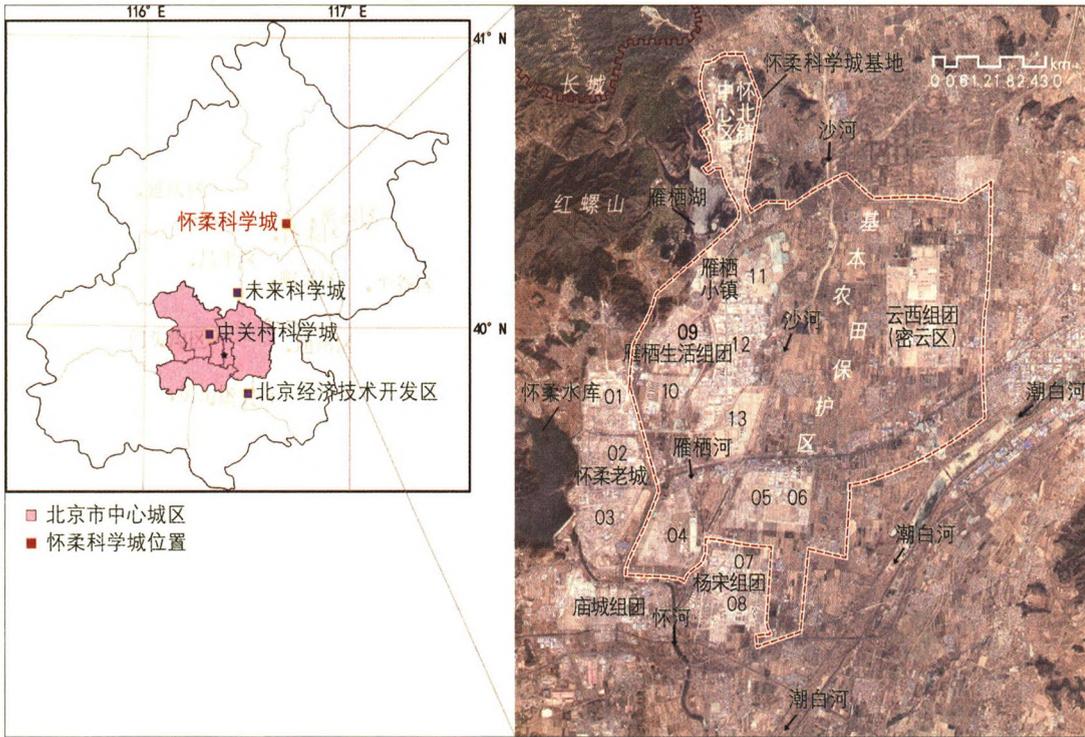


图1 怀柔科学城区位图与基地
Fig.1 Location and site plan of Huairou Science City

资料来源：根据科学城官网资料绘制，<http://www.bjhccd.com/2/space-planning.php#J-middle>。

建设怀柔科学城是北京市落实国家科技创新发展战略、强化科技创新中心职能的重要任务^[17]。

2018年3月中旬，时值怀柔科学城总体城市设计方案征集活动顺利结束，笔者在持续跟进

项目的过程中获得了较为详实的基础资料以及由中国建筑设计研究院（以下简称“中建院”）编制的方案成果资料。选取怀柔科学城总体城市设计作为本研究的实证对象，主要考虑到怀柔科学



图2 怀柔科学城规划结构
Fig.2 Spatial structure of Huairou Science City

资料来源：科学·田园·城市——怀柔科学城总体城市设计方案，中国建筑设计研究院，2018。

城规模适中，使用主体相对单一明确（以科研人员为主），对于研究进展和工作量比较容易控制。

该方案的编制仍然是基于经典的美学主义和功能主义的思路，形成了“核圈插件”与“复合环廊”的总体结构（图2）：（1）“核圈插件”，“核”指根据基本农田分布形成的科学城中央田园绿核，以及作为科学城公共中心的智慧中核，“圈”指建设用地格局呈现圈层形态（包括科研生产活动内圈层与配套设施外圈层），“插件”指以重大科技基础设施主导的建设空间单元（含与科技基础设施相关学科的科研用地、下游应用研究与试验生产用地、一定比例的生活用地，该方案共计9个）；（2）“复合环廊”指在“核圈插件”结构的基础上，依托有轨电车交通环串联各科学插件，并在有轨电车站点上设置各插件的公共中心以形成功能环，在交通环两侧塑造良好的城市公共界面形成形象展示环。方案即在这两

大构型的管控下开展具体的空间设计，对于是否符合使用主体的行为规律及活动需求，方案并未做深入思考。针对该缺陷，本研究将开展基于使用主体时空行为适应性维度的方案评价工作，以指导后期的优化调整。

2.2 研究数据：基于活动日志调查获取科研人员行为活动的时空数据

理想状态下，建立科研人员行为模型应使用与怀柔科学城规模、定位相似的科学城（如筑波科学城）在职科研人员的行为数据，可惜这类数据较难获取，因此，本研究退求其次，选取中科院北京分院现职科研人员作为抽样群体，调查其日常行为活动数据，并基于此建立时空行为适应性评价标准。选择该群体进行抽样还考虑到怀柔科学城是中科院在北京筹建的新基地，未来有相当一部分北京分院现职人员将迁往怀柔科学城

表1 样本社会经济属性及性别差异的描述性统计
Tab.1 Socioeconomic attributes and the gender differences of the samples

变量	分布	男性	女性	合计	ANOVA (F 值)
样本量	—	51	32	83	—
工作地点	中关村基地 (%)	39.22	43.75	40.96	0.873 [*]
	奥运村基地 (%)	29.41	37.50	32.53	
	玉泉路基地 (%)	31.37	18.75	26.51	
年龄	21 ~ 35 岁 (%)	90.20	81.25	86.75	1.613 [*]
	36 ~ 55 岁 (%)	7.84	12.50	9.64	
	56 ~ 75 岁 (%)	1.96	6.25	3.61	
家庭结构	未婚 (%)	72.55	65.63	69.88	0.442 [*]
	已婚无孩 (%)	7.84	0	4.82	
	已婚有孩 (%)	7.84	21.88	13.25	
	三代人家庭 (%)	11.76	9.38	10.84	
主要研究方向	数学 / 物理 (%)	17.65	12.50	15.66	0.661 [*]
	化学 (%)	3.92	25.00	12.05	
	生命科学 / 医学 (%)	13.73	9.38	12.05	
	地学 (%)	11.76	18.75	14.46	
	信息技术 (%)	21.57	3.13	14.46	
	工程技术科学 (%)	27.45	21.88	25.30	
	其他 (交叉研究) (%)	3.92	9.38	6.02	
职称	研究生 (硕、博) (%)	82.35	71.88	78.31	0.098 [*]
	初级职称 (%)	5.88	3.13	4.82	
	中级职称 (%)	7.84	18.75	12.05	
	副高级职称 (%)	3.92	3.13	3.61	
	正高级职称 (%)	3.92	0	2.41	
个人月收入	1999 元及以下 (%)	21.57	12.50	18.07	0.023 [*]
	2000 ~ 4999 元 (%)	41.18	43.75	42.17	
	5000 ~ 9999 元 (%)	17.65	25.00	20.48	
	10000 ~ 19999 元 (%)	5.88	15.63	9.64	
	20000 元及以上 (%)	13.73	3.13	9.64	

注：^{*}表示样本在性别层面无显著差异。

工作生活。由于科学城尚处于规划设计阶段，抽样群体并未实际入驻，因此，本研究所做的时空行为分析与方案评价分析更倾向于一种模拟预测，在既有研究中，蒂姆曼斯等 (Timmermans, et al, 1984)、奥波瓦尔等 (Oppewal, et al, 1997)、王德等 (2009) 也通过收集非真实环境下的行为数据作为重要的论据^[18-20]，其优点在于使研究者能够突破客观环境的限制。

研究数据源自 2018 年 10 ~ 12 月期间，笔者于中科院中关村基地、奥运村基地、玉泉路基地实施的在职科研人员日常活动与交通出行调查的第一手资料，本次调查共收集到 160 个样本，调查内容包括科研人员基本信息、社会经济属性数据、工作日期间的活动日志及轨迹数据、带着意愿，最终有效样本 83 个，有效率 51.88%^① (表 1)。

3 研究方法

3.1 总体思路

基于使用主体时空行为适应性的城市设计方

案评价思路如下 (图 3): 首先, 需对使用主体 (科研人员) 的时空行为进行定量分析, 并通过数理模型将其转译为适应性评价标准; 接着, 根据评价标准的内容从方案中提取出符合研究目的的评价要素, 并将其转化为标准格式的矢量数据待评价; 然后, 依据评价标准与评价要素构思评价思路、建立量化公式并设定符合程度的得分标准, 并根据具体情况构建辅助分析工具; 最后, 将评价要素导入分析工具中开展评价分析, 得出评价结果, 提出优化调整建议。

3.2 评价标准与评价要素

3.2.1 科研人员时空行为概述

根据调研结果对样本的典型活动轨迹进行描述 (图 4): 上班时段, 科研人员由居住地前往科研院所, 部分科研人员途径餐饮设施、零售设施、学校等过程性目的地; 午休时段, 大部分科研人员由科研院所前往餐饮设施, 用餐后返回科研院所, 部分科研人员在返回工作地前还会途经居住地、零售设施等过程性目的地; 下班时段, 大部分科研人员由科研院所直接返回居住地; 夜

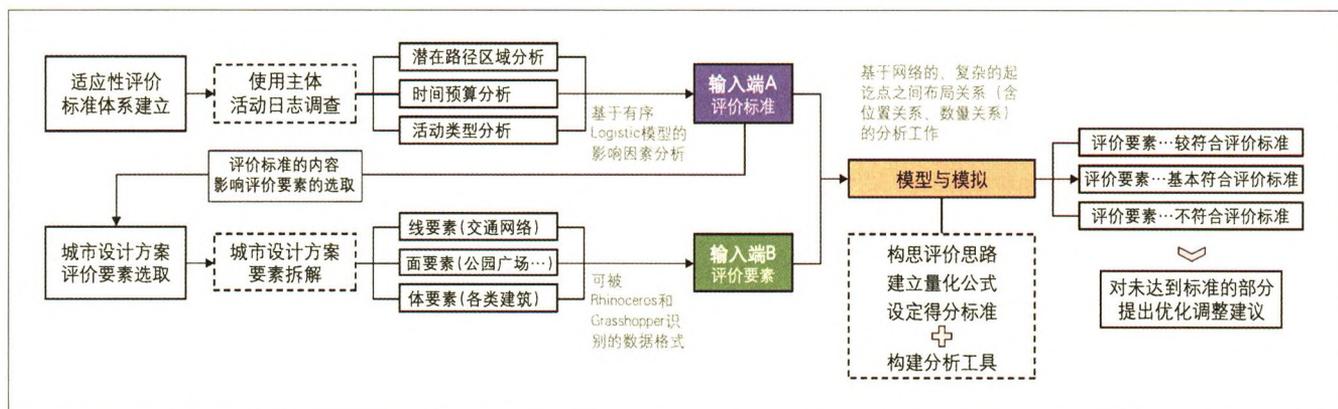


图 3 时空行为适应性评价框架

Fig.3 Framework for space-time behavioral adaptability evaluation

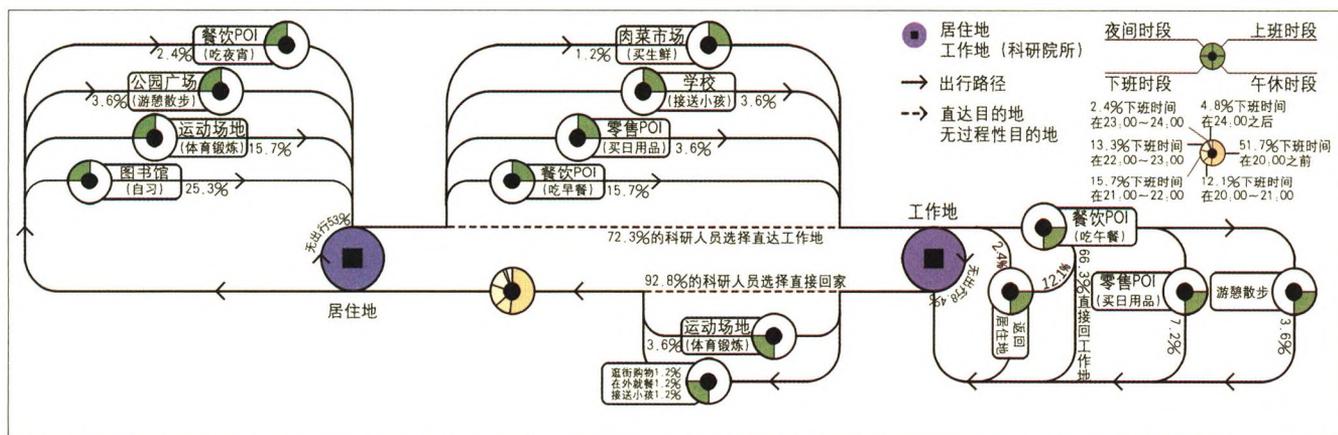


图 4 科研人员工作日典型活动轨迹示意

Fig.4 Illustration of the scientists' activity tracks on workdays

注：数据由笔者对中科院北京分院在职科研人员开展的活动日志调查整理所得，百分比值为对应子项选择人群占有有效样本总数 (83) 的比例；上班时段另有 3.6% 的科研人员在该时段的路径呈现多过程性目的地，且与起讫点之间存在往返折叠的状态，该图中不作展示。

间时段,半数以上科研人员无出行活动(主要原因为下班时间较晚),部分科研人员由居住地前往图书馆、公园广场、体育场地等目的地,后返回居住地。可以看出科研人员的时空行为存在一定的结构性规律,这是方案能够开展适应性评价的基础。

3.2.2 影响因素:在不同层面受到社会经济属性和活动属性的影响

时空行为研究起源于哈格斯特朗(Hägerstrand, 1970)创立的时间地理学的基本框架^[21],在发展过程中逐渐形成时空弹性的研究分支,时空弹性反映了人们受到的时空制约以及拥有的机会,在一定程度上决定了个体的移动能力与时空可达性^[22-24],其试图摆脱具体行为路径,甚至是具体建成环境的研究限制,以解析行为活动的时空抽象为目的。因此,本研究尝试基于时空弹性的视角对科研人员各时段(上班、午休、下班、夜间)的时空行为进行测度^①,并以测度值为反应变量建立回归模型进行影响因素分析:

(1)空间测度,本研究引入潜在路径区域(potential path area, PPA)^[25-27]替代实际路径数据,并选择方向分布算法^②度量其面积作为空间测度值;(2)时间测度,本研究引入时间预算(time budget, TB)^[23, 28-29]替代实际用时数据,通过计算实际用时与理想用时的平均值^③作为时间测度值,该值反映的是科研人员在不指定具体建成环境情况下需求侧的状态;(3)回归模型,以各时段时空弹性测度值为反应变量,在控制科研人员社会经济属性的同时,还考虑交通方式、出行目的等活动属性对时空弹性的影响,鉴于反应变量和解释变量多为次序变量或名义变量,因此选择有序Logistic模型(Ordered Logistic Model, OLM)^④开展该部分工作,模型如下:

$$\log p(\text{PPA})=f\{[\text{个人社会经济属性}];[\text{活动属性}]\};$$

$$\log p(\text{TB})=f\{[\text{个人社会经济属性}];[\text{活动属性}]\};$$

其中:社会经济属性包括科研人员所在基地、性别、年龄段、家庭结构、研究方向、月收入水平、职称,活动属性包括目的地个数、交通方式、出行目的。模型拟合结果如表2所示。

3.2.3 评价标准:基于影响因素分类、分层建立评价标准

关于标准的建立,本研究决定在分时段的基础上,结合时间预算的测度值和影响因素的分析结果进行讨论:首先,潜在路径区域反映的是路径机会的集合,其虽然摆脱了具体行为路径的束缚,但仍与建成环境有着密切的关联,而本次评价所需建立的标准将应用于一个尚未付诸实践的规划方案,因此须进一步摆脱建成环境的束缚,而时间预算能在一定程度上实现这一研究目标;其次,应对显著影响科研人员时空行为的影响因子进行分类、分层讨论,实质上评价标准的建立是一个去均值化的过程,当能够被纳入考虑的影响因素越多,需求的刻画将越趋精准,评价与优化建议也将更具科学性,本次评价以各时段潜在路径区域模型和时间预算模型中共有影响因子作为分类讨论依据。此外,出行目的(trip purpose, TP)也是适应性评价标准建立的重要依据,其反映的是科研人员对设施的需求状况。评价标准的建立详见表3。

3.2.4 评价要素:提取方案中的建筑体块、公园广场、交通网络等要素

根据表3中评价标准的内容可以看出,适应性评价的主要工作是探讨几组起讫点在时间维

表2 模型拟合结果
Tab.2 OLM fitting results

时段/模型	上班时段		午休时段		下班时段		夜间时段	
	PPA	TB	PPA	TB	PPA	TB	PPA	TB
卡方统计量	151.219	54.688	132.436	54.549	194.380	83.231	73.267	54.688
P值	0	0.002	0	0.001	0	0	0	0.002
伪R ²	0.838	0.483	0.797	0.482	0.950	0.633	0.927	0.483
影响因素 (显著性水平为0.01的 解释变量)	职称	职称—研究生与其他选项存在显著差异	目的地个数	收入水平	解释变量 影响较弱	解释变量 影响较弱	解释变量 影响较弱	出行目的一游憩散步、体育锻炼、去图书馆、其他选项之间存在显著差异
	家庭结构	家庭结构—已婚有孩与其他选项存在显著差异	出行目的一回居住地与其他选项存在显著差异	出行目的一回居住地与其他选项存在显著差异				
	交通方式	交通方式—存在显著差异	出行目的一回居住地与其他选项存在显著差异	出行目的一回居住地与其他选项存在显著差异				

注:各模型中协变量和显著性水平内容较多,本文不作展示。

表3 时空行为适应性评价标准推导

Tab.3 Derivation of the adaptability evaluation standards

时段	频率分布	重要影响因子		适应性评价标准建立
上班时段	TB P(TB ≤ 10min)=36.15% P(TB ≤ 20min)=27.72% P(TB ≤ 30min)=10.84% P(TB ≤ 40min)=7.23% P(TB ≤ 50min)=6.02% P(TB ≤ 60min)=8.43% P(TB 超过 60min)=3.61%	→	职称: 研究生 与其他科研人员 (有职称); 家庭结构: 应 考虑已婚有 孩家庭接送小 孩的情况	→ (1) T1-1: 分别满足 44.25%、29.51%、6.56%、8.20%、 4.92%、6.56% 研究生的上班时间在 10min、 20min、30min、40min、50min、60min 以 内, 期望值为 22.0min, 众数 10min; (2) T1-2: 分别满足 13.64%、22.73%、22.73%、 13.64%、9.09%、13.64% 有职称科研人 员的上班时间在 10min、20min、30min、 40min、50min、60min 以 内, 期望值为 30.9min, 众 数为 20min 和 30min; (3) T1-3: 应特别关注上班沿途区域能够完成接送小孩 的活动
	TP P(TP 直达工作地)=72.30% P(TP 沿途买早餐)=15.67% P(TP 沿途买日用品)=3.61% P(TP 沿途接送小孩)=3.61% P(TP 沿途买生鲜)=1.20% P(TP 其他)=3.61%			
午休时段	TB P(TB ≤ 5min)=42.17% P(TB ≤ 10min)=42.17% P(TB ≤ 15min)=10.84% P(TB ≤ 20min)=2.41% P(TB ≤ 30min)=2.41%	→	出行目的: 回居住地与其 他选项	→ (1) T2-1: 分别满足 9.64%、1.20%、2.41%、1.20% 的科研人员在 10min、15min、20min、30min 以 内到达居住地, 期望值为 13.8min, 众 数为 10min; (2) T2-2: 分别满足 42.17%、32.53%、9.64%、1.20% 的科研人员在 5min、10min、15min、30min 到 达目的地(包括餐饮设施、零售设施等), 期望值为 8.4min, 众数为 5min
	TP P(TP 在外就餐)=66.27% P(TP 回居住地)=2.41% P(TP 就餐+回居住地)=12.04% P(TP 就餐+买日用品)=7.24% P(TP 就餐+游憩散步)=3.61% P(TP 无活动)=8.43%			
下班时段	TB P(TB ≤ 10min)=30.13% P(TB ≤ 20min)=30.13% P(TB ≤ 30min)=12.05% P(TB ≤ 40min)=6.02% P(TB ≤ 50min)=8.43% P(TB ≤ 60min)=6.02% P(TB ≤ 70min)=3.61% P(TB 超过 70min)=3.61%	→	—	→ (1) T3-1: 分别满足 30.13%、30.13%、12.05%、 6.02%、8.43%、6.02%、3.61% 的科 研 人员的下班时间在 10min、20min、30min、 40min、50min、60min、70min 以 内, 期望值 为 26.4min, 众数为 10min 和 20min
	TP P(TP 直接回家)=92.78% P(TP 文体娱乐)=3.62% P(TP 逛街购物)=1.20% P(TP 在外就餐)=1.20% P(TP 接送小孩)=1.20%			
夜间时段	TB P(TB ≤ 5min)=8.43% P(TB ≤ 10min)=25.30% P(TB ≤ 15min)=7.23% P(TB ≤ 20min)=6.02% P(TB ≤ 30min)=2.41% P(TB null)=50.61%	→	出行目的: 去图书馆、体 育锻炼、游憩 散步与其他选 项	→ (1) T4-1: 分别满足 4.82%、20.48%、1.20%、1.20% 科 研人员至图书馆的时间在 5min、10min、 15min、20min 以 内, 期望值为 9.8min, 众 数为 10min; (2) T4-2: 分别满足 3.61%、7.23%、4.82%、1.20% 科 研人员至体育锻炼场所的时间在 5min、 10min、15min、20min 以 内, 期望值 为 11.1min, 众数为 10min; (3) T4-3: 满足 3.61% 的科研人员至游憩散步场所的时 间在 20min 以 内
	TP P(TP 无出行活动)=53.02% P(TP 图书馆)=25.30% P(TP 体育锻炼)=15.66% P(TP 游憩散步)=3.61% P(TP 在外就餐)=2.41%			

注: 上班时段另有 4.53% 有职称科研人员的 TB 值超出 60min, 该部分数据分布分散、跨度较大, 本次研究不予考虑; 下班时段另有 3.61% 科研人员的 TB 值超出 70min, 该部分数据分布分散、跨度较大, 本次研究不予考虑。

度上的布局关系（包括起讫点之间基于时间距离的位置关系，也包括基于比例分布得出的数量关系）是否符合评价标准以及符合的程度，起讫点组合包括居住设施与科研院所、居住设施与服务设施、科研院所与服务设施等。在总体城市设计方案成果中，能代表上述起讫点的要素首先是建筑体块，包括居住建筑、科研院所、服务设施等，对建筑体块的用途与具体功能的判断则需通过用地布局规划、户型等辅助信息加以完成；在某些情况下，起讫点可能为地块，如公园广场、运动场地，因此需从成果的绿地系统规划中提取相关要素；对于布局关系的分析，可视为广义的可达性分析，可达性分析通常需要从方案中提取轴线系统^[30-31]，在本方案中具体指街道网络和有轨电车网络；此外，可从成果中提取街块作为辅助分析的备选要素。综上，评价要素可归纳为体要

素（各类建筑体块）、面要素（主要指公园广场用地）、线要素（街道网络、有轨电车网络），数据格式的标准化要求详见图5。

3.3 评价模型

3.3.1 评价工具：基于草蜢插件建立的城市布局关系分析工具

由于本次评价分析涉及的起讫点数量较大，对应关系较复杂，需要借助数字化分析工具，综合比较，笔者选用努里安(Nourian, 2016)开发的“城市布局关系分析工具”(Configurbanist: A Toolkit for Urban Configuration Analysis, 以下简称“UC工具”)^[32]，并在其基础上进行二次开发以适应研究需求。该工具是基于犀牛软件平台(Rhinoceros)中嵌入式的草蜢插件(Grasshopper)搭建的，其包括街道网络生成器、地块赋值器和扑捉工具三个组件，其作用包括：对于给定的起(讫)点，可在规定的时间、规定的交通方式下求出沿网络尽可能延伸所能触及到的面域集合，当给定起点为单个时，选择单点网络算法(NetworkDist)；当给定起点为多个时，可分别选择多点交集算法(Proximity)、多点并集算法(Vicinity)求出各起点所能触及面域的交集、并集；此外，可选择分区算法(Zoning)划分各起点的腹地。UC工具允许对起点赋予权重值，使建筑面积、容纳人口、重要性等指标能够纳入考虑范畴，以增加测算的科学性。为适应本研究，笔者在上述三个组件前后各延伸一个组件：在前方插入起点生成器，可将建筑体块或地块转化为满足研究需求的点数据，如地块质心或其边界锚点、建筑质心投影等；在后方插入建筑规模统计器，用以统计符合条件的建筑面积(图6)。

3.3.2 评价思路：分时段建立量化评价公式与设定分档线

下面将针对各时段中的评价标准构建量化评价公式，并设定“较符合”“基本符合”“不符合”的得分线，以定量评判方案符合标准的程度：

(1) 上班时段，对于评价标准 T1-1、T1-2(表3)，可通过 UC 工具测算出方案中科研院所所在各时间梯度范围内覆盖的集中式公寓、普通住宅规模与对应群体基本居住需求的比值进行评判^⑥。该处将科研院所用地转化为质心^⑦导入输入端 B-1 中(图6)，并依据科研院所用地上的建筑规模给各质心赋予权重值，量化评价公式如下：

$$Eva_i = B_{ij} / B'_{ij} \quad (1)$$

$$B'_{ij} = R_i \cdot C_i \cdot [\sum_j P_i(TB \leq t_j)] \cdot S_i \quad (2)$$



图5 方案拟选取要素展示
Fig.5 The quasi-selected elements from the plan of Huairou Science City
资料来源：效果图同图2；其余为笔者自绘。

其中: B_{ij} 表示用 UC 工具测算出的科研院所
在第 j 个时间梯度范围内覆盖的第 i 类居住建筑
的规模, B_{ij} 表示第 j 个时间梯度范围内至少需布
局的第 i 类居住建筑的规模, 该值等于第 i 类科
研人员总数 R_i 、带着系数 C_i 、各时间预算值对
应人群比例 $P_i(TB| \leq t_i)$ 的累计值与第 i 类科研
人员居住面积标准 S_i 的乘积(公式 2); 对于标准
T1-3, 则是对小学、幼儿园等基础教育设施的
沿途性进行分析, 由于带着(基础教育适龄儿童)
科研人员未来在科学城中的居住地与工作地存在
双向不确定性, 因此, 本研究暂时无法对该项标
准开展评价工作。

(2) 午休时段, 对于标准 T2-1(表 3), 评
价思路类似上文的职住平衡分析, 不同之处在于
起讫点不仅有科研院所与居住设施, 还包括服
务设施与居住设施; 对于标准 T2-2, 即对科学
插件中规划的便民服务设施(服务于科研人员就
餐、购买日用品的设施, 本研究以组团级商业服
务设施为评价对象)相对于科研院所的可达性进
行分析, 可通过 UC 工具测算出各科学插件内便
民服务设施在各时间梯度范围内覆盖的科研人
员中, 时间预算得到满足的人数之和占该插件
内相应活动总人数的比例。该处将便民服务设施
转化为质心投影导入输入端 B-1 中, 并依据便
民服务设施首层面积大小给各点赋予权重值, 量
化评价公式如下:

$$Eva. = \frac{\sum_j R_{ij} \cdot P(TB| \leq t_j)}{85.54\% \cdot R_i} \quad (3)$$

$$R_{ij} = R_i \cdot \frac{B_{ij}}{B_i} \quad (4)$$

其中: R_i 表示第 i 个科学插件内便民服务设
施在第 j 个时间梯度范围内覆盖的科研人员数
量, 假设科研人员分布均匀, 即各科学插件、各科研

院所内工作的科研人员数量与相应的建筑规模成
正比, 且他们的时空行为不存在汇总层面的差异,
则 R_{ij} 的值便可通过 UC 工具测算出相应时间梯
度范围内覆盖的科研院所的建筑面积占比与该插
件内工作的科研人员总数 R_i 的乘积求得(公式 4);
各插件内工作的科研人员总数 R_i 如表 5 所示;
 $P(TB| \leq t_i)$ 表示被覆盖科研人员中时间预算为
 t_i 的科研人员出现的比例。

(3) 对于下班时段的标准 T3-1(表 3), 又
回到了上班时段所做的职住平衡程度分析, 不
同之处在于该处无需对不同科研群体分别展开
讨论, 也无需考虑过程性目的地的问题。

(4) 夜间时段, 对于标准 T4-1、T4-2、
T4-3 的评价思路类似午休时段, 即对各插件、
组团内规划的图书馆、体育锻炼场所、游憩散步
场所相对于居住设施的可达性进行分析, 可通
过 UC 工具分别测算出各插件、组团内, 以上三
类设施在各时间梯度范围内覆盖的科研人员中,
时间预算得到满足的人数之和占该组团内相应
活动总人数的比例; 对于标准 T4-1, 由于方案并
未对图书馆做出具体的布局规划, 而是预留了
若干文化设施, 故以文化设施代入分析, 当组
团内预留文化设施不止一处时, 评价分析给出
最优解时的布局关系状态, 若最优解能较好地
符合标准, 则在后期优化过程中给出图书馆建
设的选址建议, 否则给出调整建议, 该处将文
化设施转化为质心投影导入输入端 B-1 中; 对
于标准 T4-2、T4-3, 可在一定程度上合并讨论,
根据活动日志调查发现, 该时段科研人员在开
展体育锻炼和游憩散步时出行讫点在公园广场
和体育场间存在较大程度的重合, 且这些场地
具有一定的规模性, 活动设施较为丰富, 因此
该部分的分析对象主要针对要素中规模以上的
公园广场(G1、G3)和体育用地(A4), 由于方
案中规模以上的

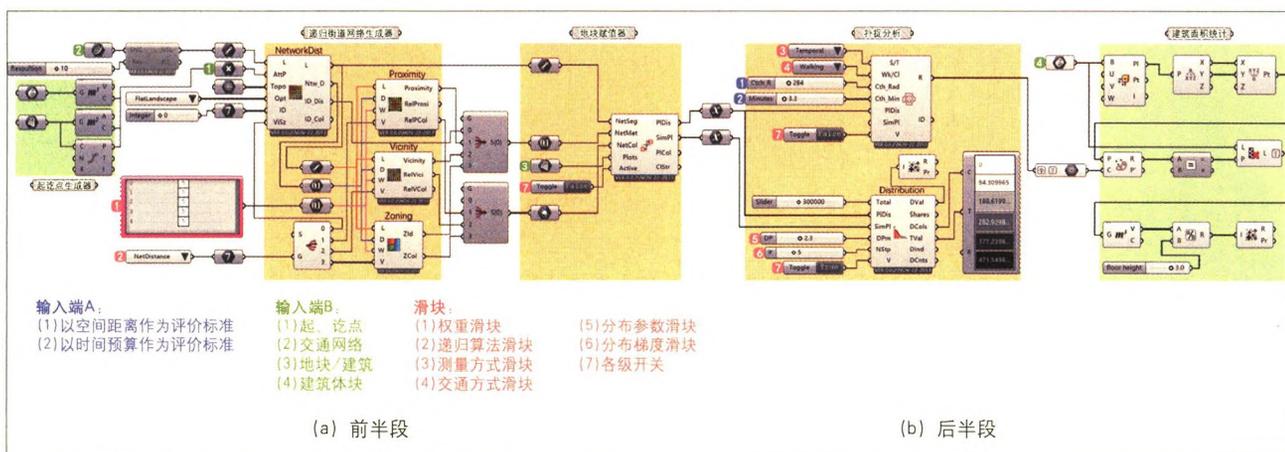


图 6 城市布局关系分析工具

Fig.6 Configurbanist: a toolkit for urban configuration analysis

资料来源: 黄色部分源自参考文献 32, 绿色部分为笔者开发。



公园广场和体育用地分布较广，面积普遍偏大，若全部采用标准化的建设方式，前期投资与后期养护都将产生巨大的花费，因此，本研究仍采取最优解的评价思路——覆盖尽可能多科研人员时所消耗最少面积的公园绿地与体育用地的组合。当最优解较好地符合标准 T4-2 U T4-3 时，在后期优化中给出选址建议，否则给出调整建议。由于规模以上公园绿地和体育用地的形态、规模差异较大，不适合用质心点代替，该处分析工作选择将其转化为边界等距锚点导入输入端 B-1 中，量化评价公式如下：

$$Eva. = \frac{\sum_j R_{ij} \cdot P(TB|<t_j)}{\alpha \cdot R_i} \quad (5)$$

$$\alpha = \begin{cases} 28.06\%, & \text{去图书馆} \\ 19.27\%, & \text{体育锻炼or游憩散步} \end{cases}$$

(5) 评价结果得分线：当 $Eva. \geq 80\%$ 时，评价结果为“较符合”，表示标准中的内容在方案中的完成度达到 80% 及以上；当 $60\% \leq Eva. < 80\%$ 时，评价结果为“基本符合”，表示完成度在 60% ~ 80% 之间；当 $Eva. < 60\%$ 时，评价结果为“不符合”，表示完成度低于 60%。

4 评价结果

4.1 上班时段：评价结果表明方案较好地适应了科研人员职住邻近的需求

不论是标准 T4-1 还是 T4-2，各时间梯度

的 $Eva.$ 值均远大于 80% (表 4)，表明方案布局了充足的居住设施，且分布合理，为不同时间预算梯度的科研人员提供了职住邻近的机会。未来在方案深化以及后续实施阶段，应着重考虑如何将这部分居住设施资源优先分配给科研人员的问题。

4.2 午休时段：评价结果表明方案未能较好地适应科研人员便捷地获取服务的需求

对于标准 T2-1，不论是 2.41% 以科研院所为起点返回居住地的科研人员，还是 12.04% 以餐饮设施为起点返回居住地的科研人员，其行为需求均能在方案中得到满足。由于评价工作与上文近似，该处不展开解释。

对于标准 T2-2，仅信息与智能插件 (IA) 较好地适应了科研人员的行为需求，其 $Eva.$ 得分为 81.80%，另有生命科学插件 (BS)、X1- 科学插件 (X1) 的得分介于 60% ~ 80% 之间，其余插件得分均低于 60% (表 5)。原因在于便民服务设施多以集中式布局为主，缺乏更灵活的布局方式，这使得各科学插件的达标程度与各插件总体规模、科研院所与便民服务设施的紧凑程度相关。在优化过程中建议将未达标插件中的集中式便民服务设施调整为分散式布局或带状布局 (如沿街底商) 等形式。

4.3 下班时段：该时段评价标准能较好地得到满足

在评价之前，笔者对比分析了该时段与上班时段的时间预算值，结果显示：不论是个体层面

表 4 上班时段适应性评价结果
Tab.4 Evaluation results during work hours

分类、分层	B_i (万 m^2)	B'_{ij} (万 m^2)		Eva. (%)		评价结果	
		标准一	标准二	标准一	标准二		
研究生 $R_1=3.07$ 万人	TB <10min	84.99	16.03	25.66	530.19	331.22	较符合
	TB <20min	102.41	26.72	42.76	383.27	239.50	较符合
	TB <30min	119.97	29.10	46.56	412.27	257.67	较符合
	TB <40min	120.20	32.07	51.31	374.81	234.26	较符合
	TB <50min	132.51	33.85	54.16	391.46	244.66	较符合
	TB <60min	140.44	36.23	57.96	387.63	242.31	较符合
有职称科研人员 $R_2=3.23$ 万人	TB <10min	91.42	22.04	31.49	414.79	290.31	较符合
	TB <20min	185.85	58.79	83.98	316.13	221.30	较符合
	TB <30min	322.17	95.53	136.47	337.24	236.07	较符合
	TB <40min	388.58	117.57	167.96	330.51	231.35	较符合
	TB <50min	487.36	132.27	188.96	368.46	257.92	较符合
	TB <60min	同上	154.31	220.45	315.83	221.08	较符合

注：科研人员数量预测为笔者综合科学城规划总人口数 (18 万)、既有科学城人口构成案例分析，以及目前中科院北京分院人员组成等因素而得；研究生 60min 梯度 B_0 值为方案中规划新建的集中式公寓总体规模；有职称科研人员 50min 梯度 B_0 值为方案中规划新建的普通住宅总体规模；分析过程详见图 7a。

表5 午休时段适应性评价结果

Tab.5 Evaluation results during lunch break

科学插件信息		各时间梯度内覆盖的科研人员数 R_{ij} (万人)				Eva. (%)	评价结果
名称 / 代号	R_i (万人)	5min	10min	15min	30min		
物质科学插件 /PS (含光源)	0.76	0.26	0.56	0.66	0.76	56.29	不符合
生命科学插件 /BS	0.48	0.22	0.43	0.48	0.48	68.99	基本符合
信息与智能插件 /IA (含智慧中核)	0.40	0.30	0.35	0.38	0.40	81.80	较符合
空间科学插件 /SS	0.71	0.17	0.30	0.44	0.71	36.36	不符合
地球科学插件 /ES	0.82	0.12	0.50	0.74	0.82	41.89	不符合
大气科学插件 /AS	0.95	0.21	0.60	0.84	0.95	46.49	不符合
X- 科学插件 /X1	0.37	0.17	0.36	0.37	0.37	72.77	基本符合
X- 科学插件 /X2	0.55	该插件内未布置商服设施				0	不符合
X- 科学插件 /X3	1.26	0.24	0.65	0.99	1.26	39.27	不符合

注: 分析过程详见图 7b。

表6 夜间时段适应性评价结果

Tab.6 Evaluation results during nighttime

插件、组团信息		评价标准	各时间梯度内覆盖的人数 R_{ij} (万人)				Eva. (%)	评价结果
名称 / 代号	R_i (万人)		5min	10min	15min	20min		
物质科学插件 /PS (含光源)	0.16	T4-1	未预留文化设施				0	不符合
		T4-2 U T4-3	0.07	0.13	0.16	0.16	84.19	较符合
生命科学插件 /BS	0.12	T4-1	未预留文化设施				0	不符合
		T4-2 U T4-3	0.06	0.07	0.09	0.12	76.50	基本符合
信息与智能插件 /IA (含智慧中核)	0.56	T4-1	0.02	0.49	0.56	0.56	74.50	基本符合
		T4-2 U T4-3	0.05	0.22	0.50	0.56	61.16	基本符合
空间科学插件 /SS	1.07	T4-1	未预留文化设施				0	不符合
		T4-2 U T4-3	0.44	0.75	1.01	1.07	78.84	基本符合
地球科学插件 /ES	0.56	T4-1	0.25	0.45	0.56	0.56	75.50	基本符合
		T4-2 U T4-3	0.28	0.42	0.56	0.56	82.89	较符合
大气科学插件 /AS	0.59	T4-1	0.38	0.58	0.58	0.59	94.18	较符合
		T4-2 U T4-3	0.29	0.45	0.57	0.59	82.97	较符合
X- 科学插件 /X1	0.25	T4-1	未预留文化设施				0	不符合
		T4-2 U T4-3	0.09	0.21	0.25	0.25	81.63	较符合
X- 科学插件 /X2	0.27	T4-1	未预留文化设施				0	不符合
		T4-2 U T4-3	0.08	0.15	0.22	0.27	69.29	基本符合
X- 科学插件 /X3	0.58	T4-1	0.31	0.55	0.58	0.58	87.70	较符合
		T4-2 U T4-3	0.16	0.30	0.41	0.58	66.36	基本符合
怀北镇中心组团 /HT	0.07	T4-1	0.04	0.06	0.07	0.07	82.09	较符合
		T4-2 U T4-3	0.01	0.03	0.05	0.07	66.64	基本符合
雁栖小镇组团 /YT	0.30	T4-1	未预留文化设施				0	不符合
		T4-2 U T4-3	0.07	0.24	0.29	0.30	80.56	较符合
雁栖生活组团 /YL	0.43	T4-1	0.03	0.31	0.43	0.43	63.01	基本符合
		T4-2 U T4-3	0.06	0.17	0.27	0.38	52.29	不符合
怀柔核心区组团 /HC	0.72	T4-1	0.30	0.46	0.71	0.72	64.36	基本符合
		T4-2 U T4-3	0.45	0.61	0.69	0.72	88.01	较符合
高铁商务组团 /SB	0.61	T4-1	0.14	0.38	0.59	0.61	59.82	不符合
		T4-2 U T4-3	0.10	0.20	0.25	0.34	38.47	不符合

注: 分析过程详见图 7c 和 7d。

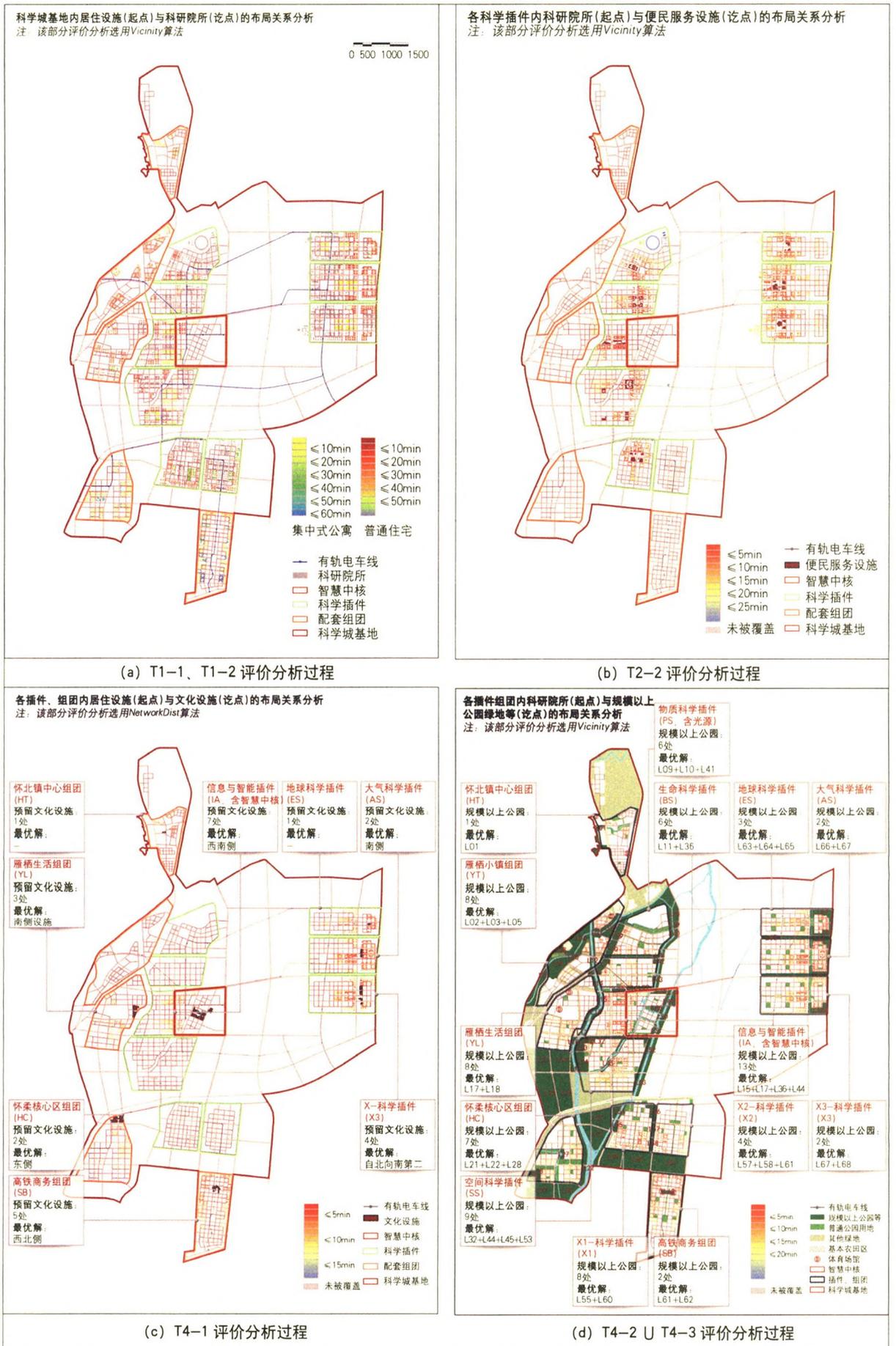


图7 适应性评价分析过程
 Fig.7 Analysis process of the adaptability evaluation

还是汇总层面, 科研人员在该时段的时间预算值要普遍高于上班时段, 即下班时段的时间弹性、活动安排的灵活性更大, 因此, 上班时段的评价结果与下班时段的评价结果形成了一组充分不必要关系——由于方案已经符合了上班时段的评价标准, 下班时段的标准则自动得到满足。

4.4 夜间时段: 评价结果表明方案未能充分适应科研人员的个性化需求

对于标准 T4-1, 仅大气科学插件 (AS)、X3- 科学插件 (X3) 和怀北镇中心组团 (HT) 较好地适应了科研人员的行为需求, 其 Eva. 得分分别为 94.18%、87.70%、82.09%, 其余插件评分均低于 80% (表 6), 原因包括部分插件或组团未预留文化设施, 以及一些预留的文化设施并未结合居住设施分布进行布置, 对于这类与知识生产和技术密集型产品研发密切相关的基础配套设施, 在优化过程中应予以重视: (1) 对于较符合评价标准的插件或组团对最优解的文化设施给出选址建议; (2) 对未预留文化设施的插件和组团应进行增设, 并备注作为图书馆设施用途, 增设规模视服务人数和藏书需求而定, 可独立占地亦可混合开发; (3) 对于已预留文化设施但评分较低的插件和组团建议将文化设施及所属用地向居住设施集中区迁移。

对于标准 T4-2 U T4-3, 大部分插件和组团都较好或基本适应了科研人员的行为需求, 仅雁栖生活组团 (YL) 和高铁商务组团评分低于 60% (表 6), 从规模以上公园广场、体育用地的分布来看, 这些用地主要分布于插件与组团之间的绿隔地带, 使得插件和组团的规模将会显著影响居住于靠近中部的科研人员行至这些用地的时耗, 从而影响评分, 因此在优化过程中, 可考虑对评分较低的插件和组团中某些相邻的社区公园进行用地合并, 为夜间活动场地的开发建设提供更优的选择, 或者适当放宽评价标准 (图 7)。

5 结论与讨论

通过建立科研人员时空行为模型及其适应性评价标准, 并运用城市布局关系分析工具对怀柔科学城总体城市设计方案中居住设施与科研院所、科研院所与便民服务设施、居住设施与文化设施、居住设施与规模以上公园等四组设施的布局关系进行评价分析, 评价结果显示, 第一、四组的布局关系较符合适应性评价标准, 第二、三组的布局关系符合程度较差, 综合反映了方案在编制过程中并未充分考虑科研人员这类特殊群体的行为规律及活动需求, 应对相应设施的布局进行优化调整。

本研究提出基于时空行为分析分类、分层建立评价标准的方法, 以及适应性评价的思路与框架, 为完善城市设计多维度评判体系做了一定的探索。因为条件限制, 行为数据源自虚拟的、非对环境下的抽样数据, 同时抽样过程的随机性、系统性存在一定欠缺 (回收的问卷中高级职称科研人员的问卷比例较低), 这些因素都将在一定程度上影响评价标准中标度的准确性, 研究中笔者引入了时间预算概念和有序 Logistic 模型分析方法后, 行为数据的适用性得到了改善。如果能在即将投入使用的怀柔科学城不断收集实际的行为数据, 构建趋近于真实状态的行为模型, 将优化评价结果, 为规划调整提出更为科学的建议, 也为后续理论研究提供重要的原始资料。

[本文荣获 2019 年度中国城市规划优秀科技论文专项奖 (青年) 三等奖。感谢硕士生导师汪坚强教授和杨一帆主任在本文写作过程中给予的启发与指导。]

注释 (Notes)

- ① 由于问卷发放方式包括定向发放 (指通过熟人传递或邮件等方式向已经确认身份的中科院科研人员发放问卷) 和随机派发 (指在中科院门户网站或特定论坛上发布问卷链接的方式发放问卷) 两种方式, 后者渗入了较多无效问卷, 降低了有效问卷比例。
- ② 选择上班、午休、下班、夜间时段的时空行为作为分析对象, 主要因为这些时段的行为活动属于科研人员城市生活部分, 与城市设计相关度较高, 而科研人员在居住地、工作地内部的活动并不是城市设计尺度考虑的问题。
- ③ 方向分布算法: 通过创建标准差椭圆以概括地理要素的中心趋势、离散和方向趋势, 标准差椭圆的方程为: $SDE_x = \sqrt{\sum(x - \bar{X})^2/n}$; $SDE_y = \sqrt{\sum(y - \bar{Y})^2/n}$, 考虑到本研究路径数据特征及噪声情况, 选择置信度 95% 标准置信椭圆进行潜在路径区域的刻画, 运算平台为 ArcGIS10.2 中的方向分布模块。
- ④ 取实际用时与理想用时平均值的目的在于对理想用时进行适度校正, 防止受访者在填写有关理想用时的问题时过于脱离实际情况。
- ⑤ 有序 Logistic 模型: Logistic 回归模型中的一种, 对于 Logistic 回归模型, 可译作评定模型、分类评定模型, 其诞生主要是为了解决线性回归模型无法解释离散数据的问题, 其基本思路是用反应变量发生的概率代替反应变量参与模型建构, 因反应变量的类型不同可分为二分类回归模型、有序多分类回归模型和无序多分类回归模型。详见: 张文彤主编, SPSS 统计分析高级教程, 北京: 高等教育出版社, 2004: 163-209。
- ⑥ 本研究默认研究生群体对应的居住建筑为集中式公寓, 有职称科研人员对应的居住建筑为普通住宅。
- ⑦ 该处以科研用地为基础进行运算而非科研建筑本身主要出于对计算机运算速度的考虑。
- ⑧ 带眷系数 C: 根据问卷调查所获得的数据分析显示,

研究生群体的带眷系数约为 1.18, 有职称科研人员的带眷系数约为 1.43。

- ⑨ 科研人员居住面积标准 S_1 : 研究生居住面积标准以《宿舍建筑设计规范》(JGJ36-2005)为依据, 包括标准一人均 10m²、标准二人均 16m²; 有职称科研人员居住面积标准以《城市居住区规划设计标准》(GB50180-2018)为依据, 包括标准一人均 35m²、标准二人均 50m²。
- ⑩ 规模以上公园广场、体育用地在本研究中指用地面积大于 5hm² 的公园广场用地和体育用地, 划定依据主要为《公园设计规范》(GB51192-2016)中对综合性公园建设的规定: 当地面面积大于 5hm² 时, 可规划作综合公园, 公园中应设置游览、休闲、健身、儿童游戏、运动、科普等设施。

参考文献 (References)

- 1 王建国. 现代城市设计理论和方法[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001:42-52.
WANG Jianguo. Modern Urban Design Theory and Method[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2001:42-52.
- 2 信丽平, 姚亦锋. 西方人本主义规划思想发展简述[J]. 城市问题, 2006(7):85-88.
XIN Liping, YAO Yifeng. A Brief Introduction to the Development of Western Humanism Planning Thoughts[J]. Urban Problems, 2006(7): 85-88.
- 3 王中. 中西方人本主义规划思想对现代城市规划的影响[J]. 高等建筑教育, 2007(1):16-20.
WANG Zhong. Plan the Impact on Modern Urban Planning of the Thought in China and Western Humanism[J]. Journal of Architecture Education in Institutions of Higher Learning, 2007(1), 16-20.
- 4 秦红岭. 理想主义与人本主义: 近现代西方城市规划理论的价值诉求[J]. 现代城市研究, 2009, 24(11):36-41.
QIN Hongling. Idealism and Humanism: The Value Pursuit of Modern Western Urban Planning Theory[J]. Modern Urban Research, 2009, 24(11):36-41.
- 5 金经元. 芒福德和他的学术思想[J]. 国际城市规划, 2009, 24(S1):141-152.
JIN Jingyuan. Mumford and His Academic Thoughts[J]. Urban Planning International, 2009, 24 (S1), 141-152.
- 6 DIJST M. Action Space as Planning Concept in Spatial Planning[J]. Netherlands Journal of Housing and the Built Environment, 1999, 14(2):163-182.
- 7 KWAN M-P. Time, Information Technologies, and the Geographies of Everyday Life[J]. Urban Geography, 2002, 23(5):471-482.
- 8 柴彦威, 申悦, 陈梓峰. 基于时空间行为的人本导向的智慧城市规划与管理[J]. 国际城市规划, 2014, 29(6):31-37.
CHAI Yanwei, SHEN Yue, CHEN Zifeng. Toward Smarter Cities: Human-Oriented Urban Planning and Management Based on Space-Time Behavior Research[J]. Urban Planning International, 2014, 29(6):31-37.
- 9 TIMMERMANS H, ARENTZE T, JOH C. Analysing Space-Time Behaviour: New Approaches to Old Problems[J]. Progress in Human Geography, 2016, 26(2):175-190.
- 10 BEIRAÃO J N, NOURIAN P, WALDERVEEN B V. Parametric 'Route Structure' Generation and Analysis: An Interactive Design System Application for Urban Design[C]//Rozenburg N F M, CHEN L-L, STAPPERS P J. Diversity and Unity: Proceedings of IASDR 2011, the 4th World Conference on Design Research. Delft, The Netherlands, 2011.
- 11 BEIRAÃO J N, NOURIAN P, MASHHOODI B. Parametric Urban Design: An Interactive Sketching System for Shaping Neighborhoods[C]//ZUPANCIC T S, JUVANCIC M, VEROVSEK S, et al. Respecting Fragile Places: 29th eCAADe Conference Proceedings, the 29th eCAADe Conference. Ljubljana, Slovenia, 2011.
- 12 王建国. 基于人机互动的数字化城市设计——城市设计第四代范型刍议[J]. 国际城市规划, 2018, 33(1):1-6.
WANG Jianguo. Digital Urban Design Based on Human-Computer Interaction: Discussion on the Fourth Generation of Urban Design[J]. Urban Planning International, 2018, 33(1): 1-6.
- 13 王建国. 从理性规划的视角看城市设计发展的四代范型[J]. 城市规划, 2018, 42(1):9-19.
WANG Jianguo. Four Generations of Urban Design Paradigm from a Rational Planning Perspective[J]. City Planning Review, 2018, 42(1):9-19.
- 14 KWAN M-P. Feminist Visualization: Re-Envisioning GIS as a Method in Feminist Geographic Research[J]. Annals of the Association of American Geographers, 2002, 92(4):645-661.
- 15 柴彦威, 申悦, 肖作鹏, 等. 时空间行为研究动态及其实际应用前景[J]. 地理科学进展, 2012, 31(6):667-675.
CHAI Yanwei, SHEN Yue, XIAO Zuopeng, et al. Review for Space-Time Behavior Research: Theory Frontiers and Application in the Future[J]. Progress in Geography, 2012, 31(6):667-675.
- 16 北京市人民政府办公厅. 关于印发《怀柔科学城建设发展规划(2016—2020年)》的通知[Z]. 北京市人民政府公报, 2016(49):70-83.
General Office of the People's Government of Beijing Municipality. Notice on the Issuance of Construction and Development Planning of Huairou Science City[Z]. Communique of Beijing Municipal Government, 2016(49):70-83.
- 17 北京市规划与自然资源管理委员会. 北京城市总体规划(2016年—2035年)[Z]. 2018.
Beijing Municipal Commission of Planning and Natural Resources. Beijing Urban Master Plan (2016-2035) [Z]. 2018-01-10.
- 18 TIMMERMANS H J P, HEIJDEN R V D, WESTERVELD H. Decision-Making Between Multi-Attribute Choice Alternatives: A Model of Spatial Shopping-Behaviour Using Conjoint Measurements[J]. Environment and Planning A, 1984(16):377-387.
- 19 OPPEWAL H, TIMMERMANS H J P, LOUVIERE J J. Modelling the Effects of Shopping Centre Size and Store Variety on Consumer Choice Behaviour[J]. Environment and Planning A: Economy and Space, 1997, 29(6):1073-1090.

(下转第 138 页)

- 版社, 2014.
- THOMAS John Clayton. Public Participation in Public Decisions[M]. SUN Baiying, et al, trans. Beijing: China Renmin University Press, 2014.
- 14 [英]费恩塔克 迈克. 规制中的公共利益[M]. 戴昕, 译. 北京: 中国人民大学出版社, 2014.
- FEINTUCK Mike. 'The Public Interest' in Regulation[M]. DAI Xin, trans. Beijing: China Renmin University Press, 2014.
- 15 蔡文忠. “公共利益”简析[J]. 宜宾学院学报, 2007(10): 12-14.
- CAI Wenzhong. "Public Interest" Brief Analysis[J]. Journal of Yibin University, 2007(10):12-14.
- 16 张庭伟. 中国规划改革面临倒逼: 城市发展制度创新的五个机制[J]. 城市规划学刊, 2014(5): 7-14.
- ZHANG Tingwei. Pursuing Innovative Urban Development Mechanisms in Chinese Cities[J]. Urban Planning Forum, 2014(5):7-14.
- 17 何流. 城市规划的公共政策属性分析[J]. 城市规划学刊, 2007(6): 36-41.
- HE Liu. Interpreting the Public Policy Attributes of Urban Planning[J]. Urban Planning Forum, 2007(6):36-41.
- 18 编委会. 澳门人文社会科学研究文选(2008—2011)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2013.
- Editorial Committee. Selected Works of Social Sciences and Humanities of Macau(2008—2011)[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press(China), 2013.
- 19 耿宏兵. 传承与创新——澳门城市设计总策略概述[J]. 城市建筑, 2011(2): 23-24.
- GENG Hongbing. Inheritance and Innovation: General Strategy of the Urban Design of Macao[J]. Urbanism and Architecture, 2011(2):23-24.
- 20 耿宏兵, 袁壮兵. 资源稀缺条件下的澳门绿色生态环境改善策略研究[J]. 国际城市规划, 2011(5): 98-104.
- GENG Hongbing, YUAN Zhuangbing. Strategies to Improve Ecological Environment Under Conditions of Scarce Resources in Macao[J]. Urban Planning International, 2011(5):98-104.
- 21 耿宏兵. 澳门特殊环境下的总体城市设计目标再思考[J]. 城市规划, 2014(S1): 52-59.
- GENG Hongbing. Reflections on the Objectives of Comprehensive Urban Design in the Special Context of Macao[J]. City Planning Review, 2014(S1):52-59.
- 22 澳门特别行政区政府运输工务司. 新城区总体规划草案咨询文本[R]. 2011.
- Land, Public Works and Transport Bureau of the Macao Special Administrative Region (DSSOPT). Macao New District Master Plan Draft[R]. 2011.
- 23 中国城市规划学会, 中国城市规划设计研究院. 澳门新城区总体规划过程报告[R]. 2010.
- Urban Planning Society of China, China Academy of Urban Planning & Design. Report on the Process of Macao New Districts Master Plan[R]. 2010.
- 24 新城填海区规划工作小组. 新城区总体规划第二阶段公众咨询意见汇编[R]. 2012.
- Urban Planning Research Team of Macao New Districts Master Plan. Public Consultation Report of Macao New Districts Master Plan (Stage Two)[R]. 2011.

(上接第114页)

- 20 王德, 朱玮, 黄万枢, 等. 基于人流分析的上海世博会规划方案评价与调整[J]. 城市规划, 2009, 33(8):26-32.
- WANG De, ZHU Wei, HUANG Wanshu, et al. In-Site Visitor Flow Analysis and Planning Adjustment of the Shanghai EXPO[J]. City Planning Review, 2009, 33(8): 26-32.
- 21 HÄGERSTRAAND T. What About People in Regional Science?[J]. Transport Sociology, 1970, 24(1):7-21.
- 22 申悦, 柴彦威. 基于GPS数据的城市居民通勤弹性研究——以北京市郊区巨型社区为例[J]. 地理学报, 2012, 67(6):733-744.
- SHEN Yue, CHAI Yanwei. Study on Commuting Flexibility of Residents Based on GPS Data: A Case Study of Suburban Mega-Communities in Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(6), 733-744.
- 23 SHEN Y, KWAN M-P, CHAI Y. Investigating Commuting Flexibility with GPS Data and 3D Geovisualization: A Case Study of Beijing, China[J]. Journal of Transport Geography, 2013, 32:1-11.
- 24 申悦, 柴彦威. 基于性别比较的北京城市居民活动的时空弹性研究[J]. 地理学报, 2017, 72(12):2214-2225.
- SHEN Yue, CHAI Yanwei. Space-Time Flexibility of Daily Activities and Gender Differences: A Case Study of Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(12), 2214-2225.
- 25 MILLER H. Modelling Accessibility Using Space-Time Prism Concepts Within Geographical Information Systems[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1991, 5(3):287-301.
- 26 KIM H, KWAN M-P. Space-Time Accessibility Measures: A Geocomputational Algorithm with a Focus on the Feasible Opportunity Set and Possible Activity Duration[J]. Journal of Geographical Systems, 2003, 5(1):71-91.
- 27 LENNTORP B. Paths in Space-Time Environments: A Time-Geographic Study of Movement Possibilities of Individuals[J]. Lund Studies in Geography Series B: Human Geography, 1976(44):1-150.
- 28 KWAN M-P. Gender, the Home Work Link, and Space Time Patterns of Nonemployment Activities[J]. Economic Geography, 1999, 75(4):370-394.
- 29 DOHERTY S T. Should We Abandon Activity Type Analysis? Redefining Activities by Their Salient Attributes[J]. Transportation, 2006, 33(6):517-536.
- 30 YE Y, YEH A, ZHUANG Y, et al. "Form Syntax" as a Contribution to Geodesign: A Morphological Tool for Urbanity-Making in Urban Design[J]. Urban Design International, 2017, 22(1):73-90.
- 31 田宝江, 钮心毅. 大数据支持下的城市设计实践——衡山路复兴路历史文化风貌区公共活动空间网络规划[J]. 城市规划学刊, 2017(2):78-86.
- TIAN Baojiang, NIU Xinyi. Big Data Supported Urban Design: Public Activity Network Plan in Fuxing-Hengshan Road Historical and Cultural Area[J]. Urban Planning Forum, 2017(2):78-86.
- 32 NOURIAN P. Configraphics: Graph Theoretical Methods for Design and Analysis of Spatial Configurations[D]. Delft: Delft Universiteit of Technology, 2016.