

投射：移动性触发下的建筑学时空要素

Projection: Spatio-temporal Elements of Architecture Triggered by Mobility

褚冬竹 | CHU Dongzhu 苏红 | SU Hong

中图分类号: TU-05

文献标志码: A

文章编号: 1001-6740 (2024) 05-0006-08

DOI: 10.12285/jzs.20240515005

摘要:“容纳移动”是建筑学的基本问题之一，并由此承载了若干建筑基础功能。与传统建筑学中移动要素的相对缓和与被动容纳不同，近现代以来不断革新的交通领域探索与成就，催生出丰富、快捷、集体的移动新模式，也象征着人类与时间规模、空间格局的动态关系逐渐迈入崭新境地，由此引发对建筑学基本要素的重新审视。新的移动性将传统建筑学空间体系投射于由“时间”与“空间”共同构成的多维系统中，主动触发了移动空间的动态能量变化，衍化出建筑学时空要素体系——截面、边界、路径、方向、频率、速度，推动着“移动”与“建筑学”动态关联的作用机制构建。

关键词: 移动性、交通、时空要素、能量、截面、速度

Abstract: “Accommodating mobility” is one of the fundamental issues of architecture, and thus carries a number of fundamental architectural functions. Unlike the relatively moderate and passive accommodation of the element of mobility in traditional architecture, the explorations and achievements in the field of transportation that have been constantly innovated in modern times have given rise to new modes of mobility that are rich, fast, and collective, and symbolize the dynamic relationship between human beings and the scale of time and the pattern of space that has gradually entered into a brand-new realm, which triggers a reexamination of the basic elements of architecture. The new mobility projects the traditional architectural spatial system into the multi-dimensional system jointly composed of “time” and “space”, actively triggers the dynamic energy changes in the mobile space, and diffuses the system of architectural spatial and temporal elements: section, boundary, path, direction, frequency, speed, and promote the construction of the mechanism of dynamic association between “mobility” and “architecture”.

Keywords: Mobility, Transportation, Spatio-temporal elements, Energy, Section, Speed

作者:

褚冬竹（通讯作者），重庆市设计院有限公司总建筑师，重庆大学建筑城规学院教授、博士研究生导师；
苏红，重庆大学建筑城规学院在读博士生。

国家自然科学基金资助项目“高极差客流条件下轨道交通站点影响域空间预应变关键技术与设计方法”（52078070）。

录用日期：2024-09

一、变革：历史变迁中的移动演进

秦，为消除各地隔阂闭塞，始皇下令“治驰道”，咸阳与各郡县间开始建立交通四达的道路系统。紧随其后，统一全国车辙阔狭的“车同轨”法令塑造了有规制、标准的显性路网形态，深刻改变着各地城市空间营建格局。唐，长安，网格化交通（里坊制）更加精细组织并控制着这个世

界首个百万人口都市的层级单元。

从骡马嘶叫到机械轰鸣，经过数千年发展，近现代“汽车城市”中移动速度的提升引发了明显的“距离消解”，更激发了人类试图深入地表破除固有地理限制的“连接意志”^[1]。1863年，世界上第一条地铁伦敦“大都会线”（Metropolitan line）开通，这条首期总长3.75英里（6035m）的地下铁轨，为日益拥堵的城市通勤提供了全新

解决方案, 成为城市地下空间的规模性民用发展之滥觞。伦敦地铁蒸汽机所产生的烟雾与水汽, 使得隧道内终日浓烟滚滚。1870年3月1日, 美国人阿尔弗雷德·比奇^① (Alfred Ely Beach) 在纽约设计并开通了世界第一条地下气动轨道交通^②, 通过压缩气泵以每小时10英里速度来回推动车厢, 其创新、清洁的运载模式迅速引起轰动。20世纪初, 英国又进一步基于螺旋滚轮机械装置提出了持续运转的移动性基础设施构想(图1~图3)。

基于更新的移动(motion)方式、思维、视角的公共交通驱动着城市功能布局与形态的建构。随着历史演化进程中移动速度的提升, 移动性(mobility)从城市格局逐渐介入建筑空间, 这不仅意味着人对时间规模的概念展开了新的思考, 也标志着人与空间地点的关系迈入了新的格局^[2]。

从零散移动演变至集体规模性移动, 移动性伴随交通基础设施的提升以点、线、面的进阶形态逐步渗透并融入建筑空间, 触发着移动与空间趋向于更深层的交叉融合^[3]。21世纪, 人文地理与社会科学各领域都开始关注流转、循环(circulation)等移动现象, 并生发出一种以动态观^[4]、本体论、具身性^[5]为视角的研究范式——新移动范式^[6] (the 'new mobilities' paradigm), 也称为“移动转向”(the mobility turn)。新移动范式从物质信息、理念资本、路径方向、身体

情感^[7]等维度探寻移动媒介、机制、技术对社会公平^[8]、自由权利^[9]、地方意义^[10]的影响和作用。

简言之, 建筑学的移动转向是移动性将原建筑学物理静态要素(原始图形 original figure)“投射”到新时空背景, 形成具备新意义的建筑学要素(结果图形 resulting figure)的过程, 其结果即形成移动性建筑学。此时, 移动性犹如触发“投射”行为的光源, 在建筑学已有体系之上形成差异性特性, 构成静态与动态、个体

与集体、显性与隐性、骨架与面域、面域与空间、时间与空间等复合且多维的要素体系。时空要素的构成, 使建筑学成为改变有关当前时间和空间观念的知识手段与行动手段^[11]。在移动性的触发下, 时空被“弯曲”为新的复杂结构, 推动着由“时间支配空间”向“空间组织时间”的宏大转变。“时间”变作第四维度^③被纳入既有的三维空间变量中, 共同构成四维^[12]的建筑学时空要素体系, 成为影响建筑学物质空间的关键载体与实现凭借。

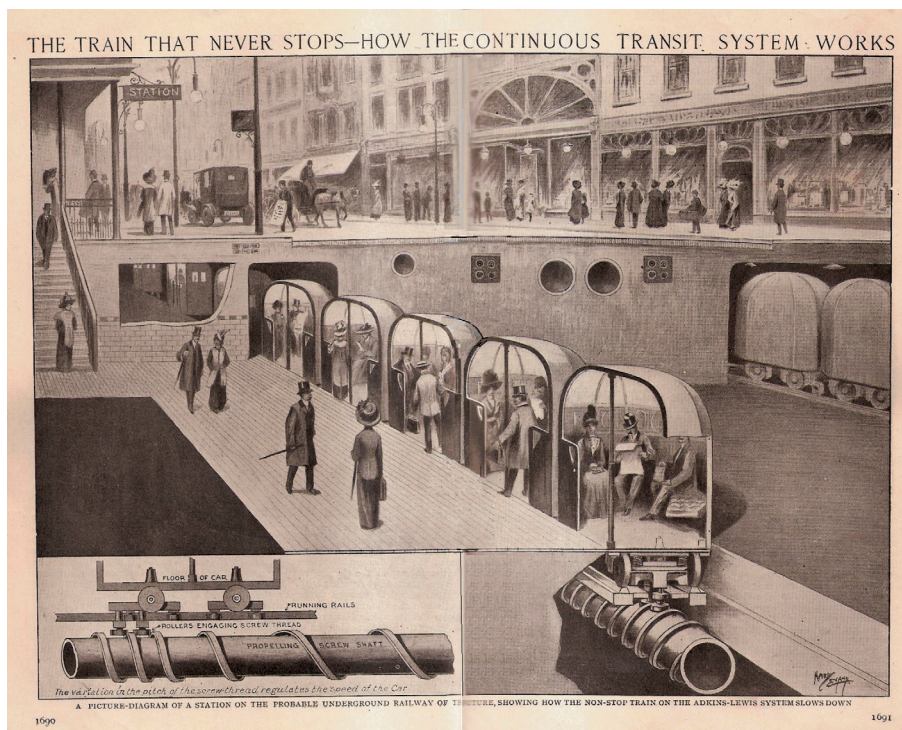


图3: 未来交通发展模式设想: 持续运行的地铁系统, 1912年

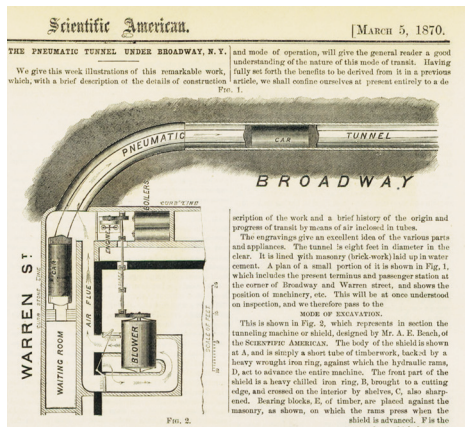


图1: 纽约气动地下轨道交通隧道平面图

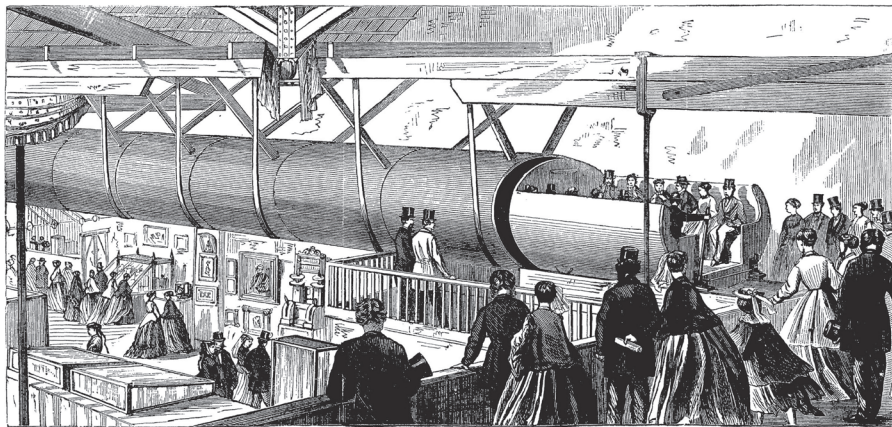


图2: 纽约气动轨道交通站厅内部

二、触发：建筑时空要素的移动构建

能量作为世界物质系统的状态量，是一切移动行为的基础度量^[13]，用于描述移动特质在时间、空间维度的变化及相互转化关系。热力建筑学将空间作为捕获、引导、协同能量的静态容器^[14]，而移动性建筑学进一步将空间视为容纳目的性动态能量的主体。移动性作为控制、平衡、组织城市空间中能量流动的关键要素^[15]，通过能量的转变推动着行为客体在主动观察与被动感知中构建对建筑时空要素^[16]的全新认知。因此，依据本体的能量流动机理与客体的感知认知方式，可将建筑学的“时空要素”归纳为：截面、边界、路径、方向、频率、速度。前三者为静态（空间）要素，后三者为动态（移动）要素，两类要素的结合实现了动态移动空间与静态场所空间的转换与关联（图4）。

1. 截面（section）

建筑学中，移动截面是指行为主体借助工具（步行时，身体即工具）在环境中移动时所需要的立体空间横向截面，用于描述并揭示主体移动中所占据空间的形态、特性与结构。

截面的引入将移动行为的解读视角从

传统的二维平面转换为立体的三维空间。除了考虑移动主体在行进中所占据的水平用地面积，还需延伸至所在的竖向空间，包含了所需空间的高度、宽度和结构等立体特征，与移动主体本身几何性质及其运动状态、社交关系等紧密相关。截面所在立体空间的虚拟构建和认知不仅推动着移动行为的空间化，更增强了城市空间的多维感知和体验。同一个（类）移动主体在不同环境中形成的截面形态的差异，体现了城市中交通网络、建筑形态、地形地貌、功能布局等空间要素的差异性，以及空间要素与移动主体之间的复杂作用关系。

2. 边界（boundary）

一般意义上，建筑学的空间“边界”是对应于空间领域（territory），用于分隔不同功能、权属的空间的实体物理元素。移动性所触发的空间边界是指不同移动主体差异化移动后，由于能量扩散对周围行为产生影响的“隐性”心理边界。

移动速度所带来的能量差异化是形成新的实体空间边界的主要触发因素。当移动速度产生变化时，基于不同速度主体产生的不同需求，空间也会发生相应变更。例如，18世纪40年代阿姆斯特丹街道为区分马拉木橇（Sleighs）与人行，路面铺设了不同大小的石头，形成了早期的人行

道空间。除了实体的空间差异，当移动对象在慢速移动或静态场域中加快移动速度时，移动主体本身所产生的能量构成了隐性的空间边界。边界的渗透性和可穿越性随着移动速度和移动频率的提高（即动态能量的增加）而降低，从而影响并限制人在空间中的活动行为与社交圈层范围^[17]（图5）。

3. 路径（path）

移动路径是移动主体从开始到结束所经过的路线（或空间），是一类由距离（也称为移动步长）和时序^[18]构成特殊的地理时空数据。

人类移动路径的演进是对抗地理阻隔的过程，也是城市空间骨架的拓展历程。城市功能之间的联系所产生的集体移动，推动着道路、隧道、高架、桥梁等公共交通基础设施的建设。这些基础设施成为城市移动路径的显出，同时又为城市塑造了新的空间类型。然而，集体移动和个体移动需要在城市空间中求得平衡，因为移动性带来的城市规模的增长并没有改变个体的身体尺度和行为能力。在顾全集体利益的情况下，移动路径的构建思路需要更为精细化和拆解化，以个体需求为出发点，从“集体人”（people）转向更具体的“个体人”（individual）^[19]。

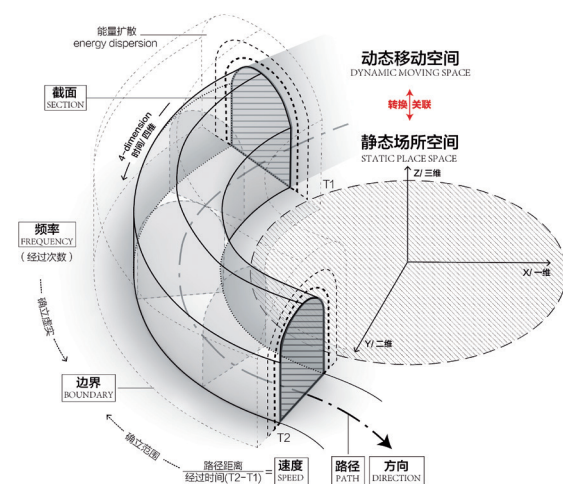


图4：移动性触发下的建筑学时空六要素

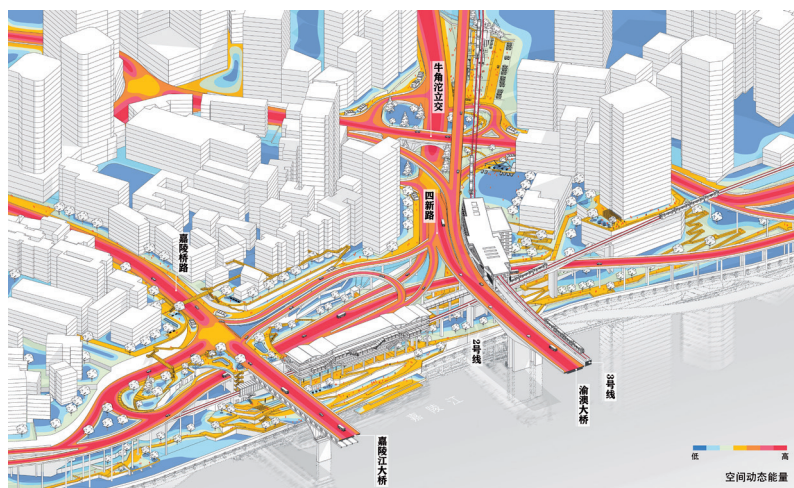


图5：路径空间动态能量分级（重庆牛角沱片区）

同时, 移动路径暗含着城市的社会秩序, 如人口结构、功能结构、文化结构甚至阶级结构。

4. 方向 (direction)

方向是指移动主体在移动行进过程中的具体朝向, 用于指向某个地点或目标。

不同方向的移动意味着移动主体对于空间不同的利用需求。移动主体的方向相对性与冲突性越高, 对应所在空间的分离度也越高。面对方向冲突的移动主体, 需要构建精细、分离的空间权属管理机制, 以确保各个空间移动主体的权益得到充分保障; 另外, 有高度相同的方向性的移动主体, 可以通过并置缩减移动截面及空间, 提高城市空间的紧凑性。

同样地, 城市空间又具有塑造和引导移动方向的作用。它不仅是被动地承载移动行为, 更影响着人们的移动方向和路径选择, 例如出入口的位置、通道的宽窄、商业的布局等。城市空间设计不仅需要综合考虑移动主体的方向性和一致性, 以实现空间利用的最优化和空间权属的合理分配, 更需要基于人群的移动需求和行为特征, 实现最优的移动方向的确立。

5. 频率 (frequency)

移动频率是通过单位时间内移动行为的周期性变化次数, 衡量移动频繁程度的属性。基于移动主体与环境客体所构成的动态共时性特征, 移动频率体现了移动系统中人、物、地点要素之间的联动关系。建筑尺度下, 移动频率的高低显示出空间功能属性与开放程度的差异性; 城市尺度下, 移动频率的高低表征着城市区域空间节点的联系强度的差异性。

群体移动性通常具有一定的空间异质性和时序动态性。移动频率持续波动所引发的人群非均衡态的时空分布, 增加了城市空间潜在的安全隐患。受可预见性集体事件活动影响的群体移动呈现一定的周期性、集中性、协调性, 具有

较高的可控性, 可在移动早期进行空间路径、界面、容量的预应变调整; 而突发事件影响下的群体移动, 因高极差的群体数量, 易对城市空间形成陡变的动态压力, 需通过“空间”置换“时间”的设计优化策略与协同方式实现移动群体的高峰疏解。

6. 速度 (speed)

不同的速度量值形成不同的空间需求。区间速度对应于特定的路径空间, 瞬时速度对应于特定的地点空间 (因此也称为地点速度)。移动的速度变化率越大, 其所在空间的能量值变化越大, 对应空间特征需求差异也越大。

移动速度所产生的能量大小影响着人对空间的感知范围、尺度、重心、构成, 主要包含氛围感知、视觉感知、安全感知。慢速移动中, 个体的氛围感知更专注于环境中的材料、肌理、光线, 甚至是声

音、气味等空间第一层级的直接要素。随着速度的提升, 城市环境中具身尺度的空间氛围感知体验逐渐被过滤。但转弯、上坡、下坡、倾斜等不同行进状态使城市物体在视线中不断涌现、重合、分裂和消失, 激发了新的视觉感知体验^④, 路径中的转折点成为视觉序列中的主要过渡点或决定点^[20]。城市意象在移动速度提升的影响下从连续、静态的序列转变为自由拼贴的节点^[21]。越来越多的城市空间脱离了物体形式 (object form), 并被赋予能动形式 (active form)^[22], 空间成为飞地 (enclaves) 和交通管道 (armatures) 配置 (configure) 而成的系统^[23]。在城市空间或建筑空间内, 移动主体速度的剧烈改变 (陡增或陡降), 往往是空间结构中最关键的节点。同时, 移动速度提升所产生的动态能量增值往往意味着更高的动态负荷。为确保安全感知需求, 城市空间需要为高速移动主体构建宽敞的移动通道, 以确保其行动的安全性、流畅性和机动性 (图 6~ 图 8)。

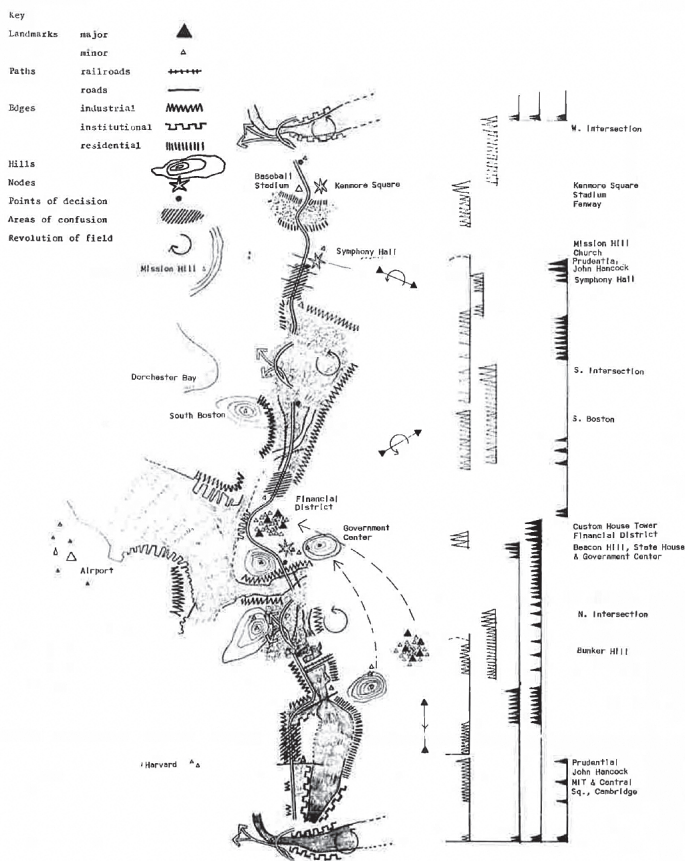


图 6: 高速公路行驶过程中的视觉感知意象图

三、组织：移动与空间的关联模式

快速移动的常态化增强了移动系统的“物质性”，同时又使空间系统在“去物质化”连接，并形成新的“空间黏性”^⑤。面对不同的移动特质以及不同的空间类型，移动性触发的形式与程度均不同，其关联模式可分为从属、支配、构成三种类型。

1. 移动从属空间

“从属”表征空间“容纳”移动的包含性关系。移动作为空间的组成部分之一，在空间初步成形后介入并产生一定的影响。

然而，这种影响并不会引发空间内部的颠覆性变革，即便在缺乏移动性的情况下，空间内部的基本功能和运行仍可得以维持。

移动从属空间的关联模式旨在影响空间内部的组织方式。就“空间-运动-事件”三者的关联性而言，“运动”被认为是身体对空间秩序的入侵^[24]。移动性打破了空间秩序已有的稳定性，不断地将边缘带向中心，将中心向边缘推移，影响了环境秩序中各单元要素以及整体之间的不同层级的复杂关系，使空间趋向于立体化和复杂化。1893年，在纽约市科尼岛（Coney）首次亮相的世界第一台自动扶梯，以倾斜了25°的传送系统为移动主体，创造了一种全新的到达和感知城

市空间的方式。2017年，蒂森克虏伯公司（ThyssenKrupp）将“MULTI”四向电梯系统^⑥应用于高层建筑，并与Squareone合伙人兼设计总监科斯塔斯·普洛普洛斯（kostas poulopoulos）合作提出多层空中城市（hanging city）的设计愿景，将塔楼和空中多层水平区域结合成一个24小时生活、工作和娱乐的三维巨型网络城市中心，构建成为在地面以上的巨大的第二个城市层面。从属于空间的自动扶梯、升降电梯等移动设备，不仅提升了空间内的移动效率，而且借助移动频率与速度的优化改变了空间的多维可达性，使空间尺度开始逐渐走向巨型结构（mega-structure）与巨型形态（mega-form）（图9）。

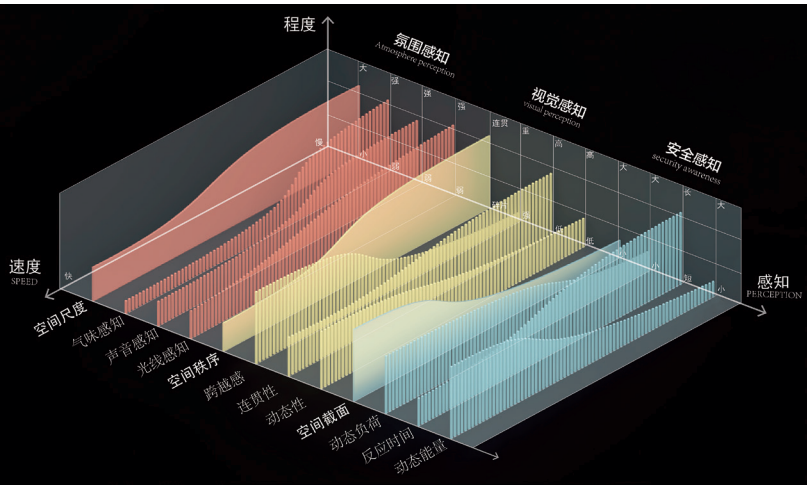


图7：移动速度与空间感知的关联性

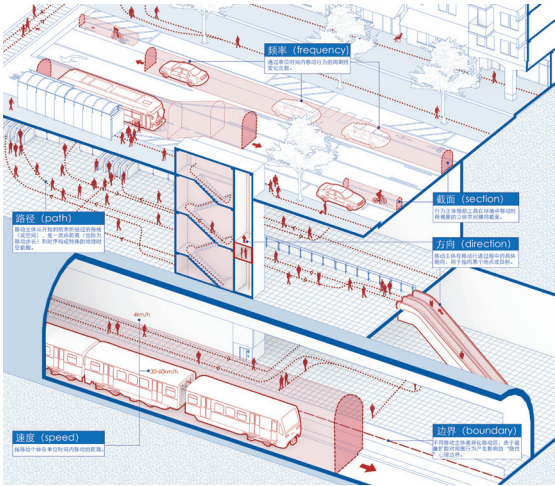


图8：建筑学时空六要素的空间示例

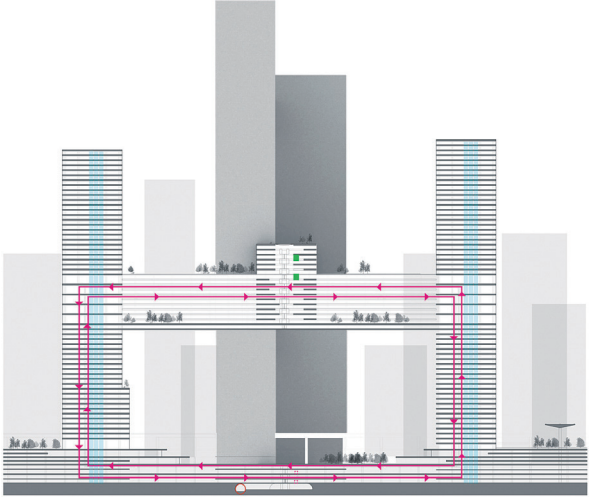
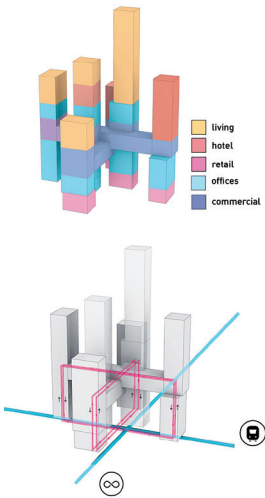


图9：“MULTI”四向电梯系统与多层空中城市（hanging city）

空间通过多种不同的形式适应并容纳移动行为, 包含但不限于上下叠加、左右分置、内外包含。移动与空间的融合程度取决于移动服务对象与原始空间服务对象的一致性。一致性较弱时, 空间更倾向于分离容纳, 将移动独立于原空间, 如重庆李子坝轻轨站通过竖向叠加分离居住与轨道交通。当服务对象高度一致时, 空间与移动的紧密融合可以同时提高移动水平与空间质量 (图 10)。

2. 移动支配空间

当移动深度介入并触发空间要素时, 能够从根本上重塑空间的运行逻辑, 并在支配建筑与城市空间的形态、结构及功能等方面发挥主导作用。

在移动支配下, 空间的前后、上下、表里的相对关系极可能被翻转, 通过影响

空间内部的划分方式、组织顺序、衔接形式, 移动支配着空间的形态和结构。克里斯托·洛根 (Christo Logan) 等建筑师在英国伦敦斯特拉特福德火车站奥运信息亭竞赛设计 (Stratford Station Olympic Kiosk Competition) 中, 将信息亭打造为城市广场中移动速度与方向的“过滤器”。建筑空间完全依据周围城市空间中的关键节点 (例如汽车站、火车站) 中涌现的人流移动的速度、路径、方向进行平面组织, 为前往不同地点的人群提供快速经过、中速穿越与慢速停留的多种空间形式。在此移动语境下, 建筑的空间形式不仅反映了移动性的动态特征, 同时在更高层次上, 通过空间布局和形式的组织, 对移动行为进行系统的引导与调控 (图 11)。

移动在支配城市形态和功能发展层面同样占据着举足轻重的地位。1910 年, 埃德加·钱伯斯 (Edgar Chambless) 直接

将移动路径作为城市的主干结构, 提出了由一栋无尽的两层建筑组成的连续架设在公路上的线性“公路城镇”的构想。随着城市的发展, 移动借助影响城市的产业结构、功能布局支配着城市的空间格局。从春秋时期开凿的第一条运河 (邗沟) 发展至明清时期近万只的漕船, 水运移动推动构建起了以运河为轴线分布密集的城镇带。运河所兴起的“苏、杭之币, 淮阴之粮, 维扬之盐……”^⑦ 的商品贸易盛况推动城市内部建立了商政分离的功能格局: 城市外河岸周围通过码头、货栈、桥渡等形成商品买卖的商铺、市场; 而城墙内则是建有学校、官署、祠庙的政治社区^[25] (图 12、图 13)。

3. 移动构成空间

因移动需求而生成的建筑空间, 通常



图 10: 移动与空间的竖向叠加
(重庆李子坝轻轨站)

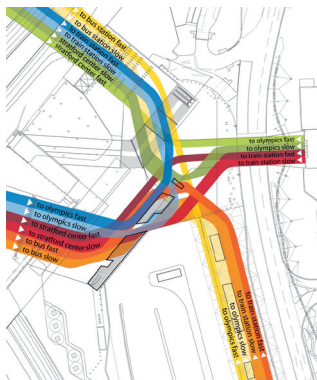


图 11: 斯特拉特福德火车站奥运信息亭竞赛设计提案

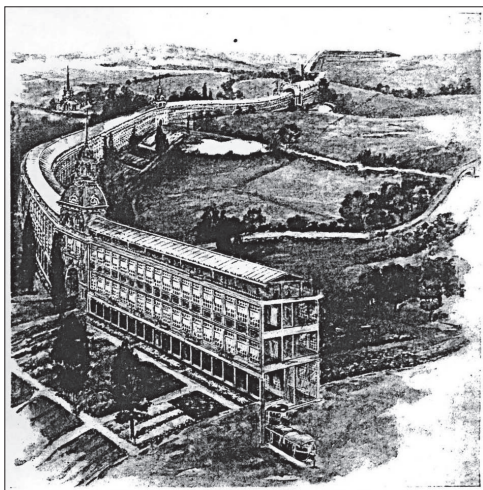
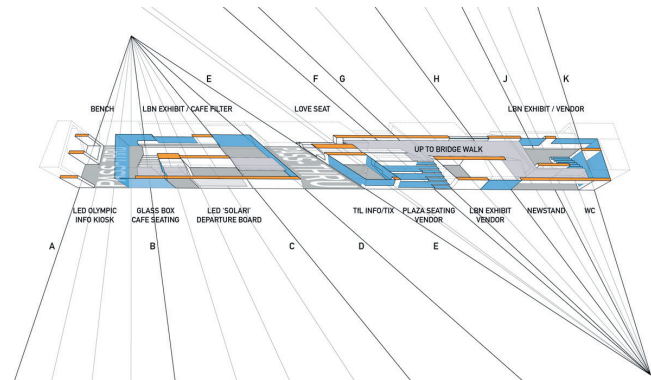


图 12: “公路城镇”设想



图 13: (清) 江南水利河道地形水势修防图说

是为了满足特定的移动行为而设计、构成的空间形式。一旦移动消失，将直接导致其所支撑的空间形式的消退或空间意义的消逝。城市中的公共交通节点是移动性构成城市空间的典型代表。频繁的移动与不稳定必须依附于广泛的“固定性”或“停泊性”^[26]，即由移动速度突变产生新的空间节点，如车站、机场、码头等。

重庆渝中区的曾家岩轻轨站作为中国首例的站桥一体的多线换乘站，构建了一系列由移动创造并产生的空间。站体架设于空间特征复杂与交通体系多样化的曾家岩大桥及嘉陵江沿岸的陡坡上，不同的出入口同时连接着近 50m 高差的城市空间。其中，2 号出入口周围的广场在起初只是一片未建设的绿地，但在站点及周边涌现的移动行为的驱动下，出入口周围的可达性不断提升，可步行范围不断扩展。如今，已经逐渐构建起了站内、站外同时连接滨江路、中山四路、曾家岩大桥的 3 个不同高差空间的连贯的移动体系，并结合防空洞，以长达 400 多米地下通道串联了远处的人民大礼堂和三峡博物馆。具身尺度的步行移动直接构成了站点内外的步行空间，其中移动的方向、速度以及路径选择都在无形中塑造了移动空间的认知和使用模式（图 14、图 15）。

当移动构成空间时，移动行为的矛盾将直接导致所构成空间的矛盾。全球城市设计组织（GDCl, global designing cities initiative）在波哥大的 Plazoleta El Ingles Neighborhood 路口的改造设计中，针对不同主体移动速度矛盾引发的交叉路口的空间安全风险，重新制定了移动规则，将 8 个交叉口减少到 6 个，回收了环岛周围路基的空间，安全地连接了公共空间环岛中心到周围 3 个街区的距离，直接改变了部分空间的属性与范畴，为慢行移动体系构建了新的空间领域（图 16）。

四、结语

邻近与远离、缺席与在场、嵌入与脱离，时空中“动”与“静”的二元对立关

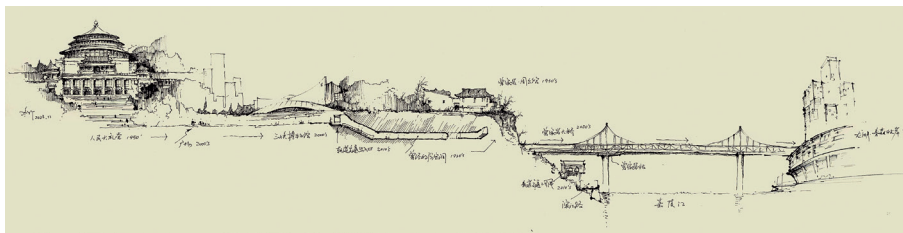


图 14：“重庆人民大礼堂—曾家岩—嘉陵江”一线立体移动空间示意图

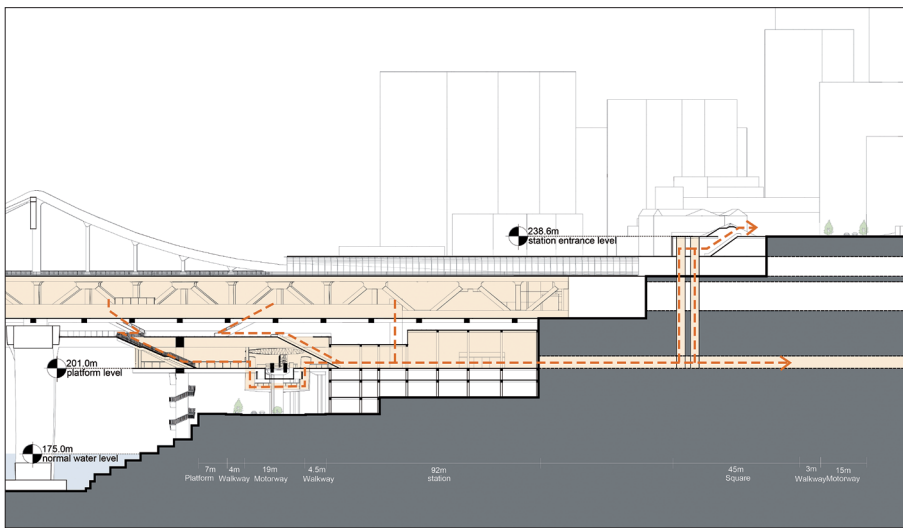


图 15：重庆曾家岩轻轨站内立体移动体系

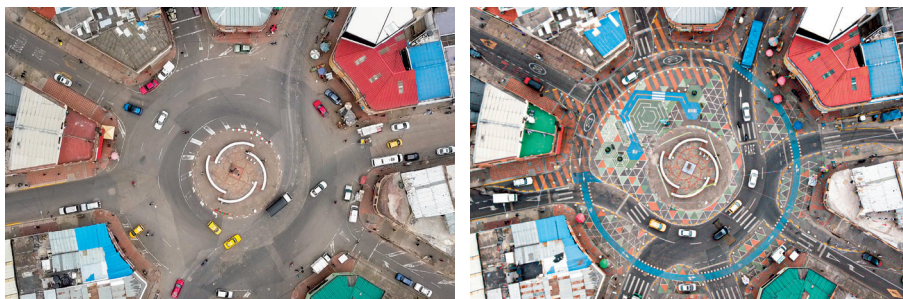


图 16：波哥大 Plazoleta El Ingles Neighborhood 路口改造设计（左：改造前；右：改造后）

系彼此关联、持续存在，且愈发趋向于矛盾、复杂。移动作为城市的运行骨架，所触发的建筑学新意义不仅将架构间的静态场所空间纳入研究范畴，更将动态架构本身作为关键研究对象。通过优化移动空间骨架，激活空间能量，提升城市与建筑机体活力，成为移动性触发下建筑学影响与改造城市空间的积极视角。同时，与讲求比例、风格、构成、尺度、功能等静态议题的经典建筑学要素相比，移动性所触发的建筑学时空要素更关注于动态语境中的空间与行为的关联性，将空间塑造从空间本身转向了空间与行为主体的“关系”的

构建。当具有一定速度的移动性从宏观的城市维度植入于较微观的静态建筑空间内时，移动主体所生成的方向、频率和速度的变化驱动着建筑空间截面、边界和路径的变革，为人与空间建构了更紧密的关联性。

需要看到，移动本身并不是社会运行的目的，在智能基础设施（smart infrastructure）等移动智慧化发展趋势下，更需关注社会发展的实质。过度强化移动，尤其是快速移动，反而会带来城市空间的限制与割裂。问题根源并不在于技术成功的本身，而在于成功技术的身份“越

位”^[27]。在移动演进的过程中, 移动与空间的“关联性”建立主体乃是人, 通过人在先验的时空结构中移动并感知, 嵌入自身的身体经验, 建立与世界空间的联系。移动性的出现不仅激发并显明了人对空间的需求, 而且凸显了个体活动行为对空间结构和形态的深刻塑造, 推动着建筑空间物质范畴与精神范畴的融合。

因此, 在恰当合理的移动性触发下, 新衍生的建筑学时空要素推动着空间中人与空间中的地点、事物、其他个体的关联关系的构建。通过研究不可分割的个体在完整、不间断的连续时空中的移动行为^[28]所产生的物质信息、感观认知、情感体验与社会文化, 将空间从实体的物质设计提升至人与物质的关系设计中。这是对空间人本主义与具身体验的重新审视与聚焦, 也是对人类存在、发展及其感知方式的基础性思索。

注释

① 阿尔弗雷德·伊利·比奇 (Alfred Ely Beach, 1826—1896 年) 是一位美国发明家、企业家、出版商和专利律师, 出生于马萨诸塞州普林菲尔德。他是《科学美国人》(Scientific American) 和美国专利机构 Munn & Co. 的早期所有者和联合创始人。他发明了盲人打字机、太阳能热水系统以及电缆牵引铁路系统。1840 年代, 他就提出地下铁的设计构想, 于 1870 年设计并开通了纽约气动地铁, 被称为纽约的“地铁之父”。

② 气动技术是以空气压缩机为动力源, 以压缩空气为工作介质, 进行能量传递和信息传递的工程技术, 最早出现于 19 世纪 30 年代, 英国工程师威廉·默多克 (William Murdoch) 发明的气动式分水器, 用于传统邮寄包裹等物品。1866 年, 比奇开始进行用于乘客装载的交通运输气动实验。1869 年, 纽约的气动地铁隧道正式开工, 耗时 58 天正式完工。运行第一年, 近 40 万张票售出, 并打算进一步延长线路。1873 年, 由于政客威廉·特威德 (William Tweed) 的掌控以及股市恐慌, 气动运输系统项目被迫关闭。

③ 20 世纪初, 德国数学家赫尔曼·闵可夫斯基 (Hermann Minkowski) 通过数学语言对高维空间进行了理论解析, 闵可夫斯基为 X、Y、Z 的三维空间增加了第四个额外的时间维度, 从而使时间和空间不再是两种毫无关联的事物, 而是紧密地联系在一起, 也称为“闵氏四维时空”。

④ 1964 年, 凯文·林奇 (Kevin Lynch) 等对在美国高速公路上的行驶过程进行视觉感知分析, 绘制了动态视角下的城市意向图, 发现城市中分散的节点如城市天际线、轴向景观、垂直标志物等更能被感知和

记录。

⑤ 此处的“空间黏性”指代空间与空间之间的链接性、关联度和吸引力, 不仅包含显性的物理形态层面的“空间黏性”, 更包含移动语境下, 人、资本和事物依附、脱离和滑动形成的更具社会关系性的“空间黏性”。见: AHMED S. The Cultural Politics of Emotion[M]. Edinburgh: Edinburgh University Press, 2004.

⑥ “MULTI”四向电梯系统能消除建筑结构的约束, 如垂直定位和电梯井的大小等建筑约束, 通过与日本磁悬浮列车使用的磁力机构相同技术设备实现水平和垂直的移动, 并在德国罗特韦尔 (Rottweil) 的创新大楼进行实地测试。

⑦ 明代万历时, 临海人王士性在《广志绎》中称说: “天下马头, 物所出所聚处。苏、杭之币, 淮阴之粮, 维扬之盐, 临清、济宁之货, 徐州之车骡, 京师城隍、灯市之骨董, 无锡之米, 建阳之书, 浮梁之瓷, 宁、台之鲑, 香山之番舶, 广陵之姬, 温州之漆器。”见: 王士性. 方輿崖略 [M]// 广志绎 (卷 1) 中华书局, 1981: 5.

参考文献

- [1] Simmel G. Simmel on culture: Selected writings[M]. London: Sage, 1997.
- [2] Hannam K, Sheller M, Urry J. Mobilities, immobilities and moorings[J]. Mobilities, 2006, 1 (1) : 1-22.
- [3] 褚冬竹, 黎柔含. 城市交通节点空间综合增效设计思路与方法 [J]. 建筑师, 2021 (06) : 19-30.
- [4] Cresswell T. Mobilities III: moving on[J]. Progress in Human Geography, 2014, 38 (5) : 712-721.
- [5] Doughty K, Murray L. Discourses of mobility: Institutions, everyday lives and embodiment[J]. Mobilities, 2016, 11 (2) : 303-322.
- [6] Sheller M, Urry J. The New Mobilities Paradigm[J]. Environment and Planning A: Economy and Space, 2006, 38 (2) : 207-226.
- [7] Salazar G, González P. New mobility paradigm and indigenous construction of places: Physical and symbolic mobility of Aymara groups in the urbanization process, Chile[J]. Sustainability, 2021, 13 (8) : 43-82.
- [8] Massey D. Space, place and gender[M]. London: University of Minnesota Press, 1994.
- [9] Adey P. Facing airport security: Affect, biopolitics, and the preemptive securitisation of the mobile body[J]. Environment and Planning D: Society and Space, 2009, 27 (2) : 274-295.
- [10] Meir A, Ben Israel A, Roded B, et al. Taming the road, tamed by the road: sense of road as place among Indigenous Bedouin in an ethnic frontier in Israel[J]. Mobilities, 2019, 14 (2) : 250-266.
- [11] Chhtcheglov I, Guerriero E. Formulary for a New Urbanism[M]. Seattle: Oblivion Books, 2016.
- [12] (英) 斯蒂芬·威廉·霍金 (Stephen, W. Hawking) 时间简史 [M]. 许明贤, 吴忠超, 译. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1995: 166.
- [13] Asimov I. Words of Science[M]. New York:

mentor, 1969: 110.

- [14] 李麟学. 热力学建筑原型环境调控的形式法则 [J]. 时代建筑, 2018, (03) : 36-41.
- [15] Kiel Moe. Insulating Modernism-Isolated and Non-isolated Thermodynamics in Architecture[M]. Basel: Birkhäuser, 2014.
- [16] Amin A, Thrift N. Cities: Reimagining the urban[M]. Cambridge: Polity, 2002.
- [17] Appleyard D. Livable Streets[M]. Auckland: University of California Press, 1981.
- [18] 刘民士, 龙毅, 孙勇. 移动轨迹的尺度特征 [J]. 测绘通报, 2020 (04) : 134-138.
- [19] 褚冬竹. 城市显微: 作为一种态度和工具 [J]. 新建筑, 2015 (04) : 4-10.
- [20] Appleyard D, Lynch K, Myer J R. The view from the road[M]. Cambridge: MIT Press, 1965.
- [21] 胡兴, 汪原. 基础设施建筑学: 技术塑造下的时空场域 [J]. 建筑学报, 2022 (12) : 92-97.
- [22] Cuff D, Sherman R. Fast-Forward Urbanism: Rethinking Architecture's Engagement with the City[M]. New York: Princeton Architectural Press, 2011.
- [23] Shane D G. Recombinant Urbanism [M]. New York: Academy Press, 2005.
- [24] Tschumi B. The manhattan transcripts[M]. Hoboken: Wiley, 1994.
- [25] 李泉主编. 运河学研究 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2023.
- [26] Canzler W, Kaufmann V, Kesselring S, Vogl G. Tracing Mobilities [M]. Aldershot: Ashgate, 2008.
- [27] (法) 埃德加·莫兰 (Edgar Morin). 复杂思想: 自觉的科学 [M]. 陈一壮, 译. 北京: 北京大学出版社, 2001: 276.
- [28] 许伟麟, 柴彦威. 移动性地理学视角下时空行为研究创新 [J]. 地理学报, 2023, 78 (4) : 1015-1027.

图片来源

- 图 1: The Pneumatic tunnel under Broadway N.Y.[N]. Scientific American, 1870, 05 (22) .
- 图 2: Beach A E. The Pneumatic Dispatch, with Illustrations[M]. New York: The American news company, 1868.
- 图 3: 引自英国伦敦教育图书公司 (EDucational Book Co.) 出版的 Harmsworth Popular Science 杂志第 3 卷, 1912 年 12 月, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Continuous_transit.png.
- 图 4、图 5、图 7、图 8、图 14、图 15: 作者自绘
- 图 6: 引自参考文献 [20]
- 图 9: <http://www.chyssenkrupp-elevator.com>; <https://images.squarespace-cdn.com>.
- 图 10: 褚冬竹、李祖钰绘
- 图 11: <https://images.adsttc.com/>
- 图 12: Chambless Edgar. Roadtown[M]. New York: Roadtown Press, 1910.
- 图 13: 汪德编绘, 清乾隆四年 (1739) 彩绘本, 引自国家图书馆: <http://gjml.nlc.cn/data/images/0101/08071.jpg>.
- 图 16: <https://nacto.org/>