基于运动轨迹数据的健康街道环境优化研究

——以北京核心区为例

祝朝阳，郑善文，甄　冉，戎卿文

[摘　要] 街道健康环境作为健康城市建设的重要内容，近年来受到多学科的关注。在城市更新背景下，基于健身软件记录的运动轨迹数据，以北京首都功能核心区为研究对象，从个人、街道两个视角对体力活动与各类建成环境要素进行相关性分析，探讨街道承载的体力活动特征及其环境优化方法，探索构建街道健康环境网络的优化模式，并从宏观城市健康体系、中观社区健康环境、微观街道健康品质 3 个方面提出规划建议。

[关键词] 健康城市；建成环境；城市更新；体力活动；公共空间；北京

[文章编号]1006-0022(2023)07-0072-08　**[中图分类号]**TU984.191　**[文献标识码]**B

[引文格式] 祝朝阳，郑善文，甄冉，等．基于运动轨迹数据的健康街道环境优化研究：以北京核心区为例 [J]．规划师，2023(7)：72-79．

The Optimization of Healthy Street Environment Based on Sports Tracking Data: A Case Study of Beijing Core Area/ZHU Chaoyang, ZHENG Shanwen, ZHEN Ran, RONG Qingwen

[Abstract] Healthy street environment has received wide attention from multiple disciplines as an important part of healthy city development. In the context of urban renewal, records of sports tracking applications are used to study the correlation of built environmental elements in the core area of Beijing from the perspectives of individual and street. The characters of physical activities, environmental improvement methods, healthy street network optimization models are studied, and planning suggestions concerning cities at macro level, communities at intermediate level, and streets at micro level, are put forward.

[Key words] healthy city; built environment; urban renewal; physical activity; public space; Beijing

0　引言

体力活动 (Physical Activity) 指“由骨骼肌产生的任何需要消耗能量的身体运动”[1]，根据世界卫生组织的报告，定期进行体力活动有助于预防和治疗非传染性疾病，如心脏病、中风、糖尿病、乳腺癌和结肠癌等，并可以促进人们心理健康、提升生活质量和增进福祉[2]。城镇化在促进社会进步、提升居民物质生活水平的同时，也带来了前所未有的公共健康威胁和挑战[3]，随着空气污染、交通拥堵、活动空间缺失等问题日益凸显，人们可以进行体力活动的时间与空间不断被压缩，快节奏、高强度的生活方式导致各种慢性病产生[4]。在此背景下，2016 年中共中央、国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》，表明了国家层面对推进健康中国建设、提高人民健康水平的重视；2021 年国务院印发《全民健身计划 (2021—2025 年)》，提出“全民健身公共服务体系更加完善，人民群众体育健身更加便利”的目标，体现了国家层面对体力活动的关注。

现代城市规划一直致力于提升人们的健康生活水平，其产生也与公共健康密切相关[5]。19 世纪中期的英国《公共卫生法》被广泛认为是现代城市规划的先驱；19 世纪末由霍华德提出的田园城市理论也对健康

[基金项目]　国家自然科学基金项目 (51908004)

[作者简介]　**祝朝阳**，北京工业大学城市建设学部硕士研究生。

郑善文，通信作者，高级规划师，注册城乡规划师，北京工业大学城市建设学部副教授、硕士生导师、城乡规划系副主任，北京北工大规划设计院有限公司副总规划师。

甄　冉，注册城乡规划师，中国建筑设计研究院城镇规划院主任规划师。

戎卿文，北京工业大学城市建设学部讲师、硕士生导师。

问题尤为重视，在这一时期，在多学科的共同关注下城市卫生问题得到了一定的解决。第二次世界大战后，规划者与公共卫生专业人员的联系逐渐减弱，这在一定程度上影响了健康相关政策与设计的实施[6]，城市居民面临高血压、肥胖、焦虑等新一代健康危机。在此背景下，规划领域通过研究活动空间的公平性[7]、规划城市慢行系统[8]、优化街道与公园的运动环境[4]等方式，促进城市居民参与体力活动频率与时长的提高，缓解城市健康问题。其中，街道作为城市中重要的公共空间，从健康视角对其进行优化会对城市健康产生正向影响[9]。

综上所述，本文应用健身软件记录的运动轨迹数据，量化城市街道发生的各类体力活动情况，从运动者个人与城市街道两个视角对各类运动情况进行整理，并将运动情况与建成环境要素进行相关性分析，剖析运动者的空间偏好及街道承载体力活动的情况，针对城市街道体力活动网络与环境优化提出策略。

1 研究背景

1.1 健康城市背景下的体力活动空间营造

为提高城市的健康水平，各国在空间规划引导等方面进行了诸多实践。美国纽约在《OneNYC 2050: Building a Strong and Fair City》中提出打造促进体育活动、社群建设和提升心理健康的建成环境，更新并扩大活动设计指南 (Active Design Guidelines) 的应用范围，包括建筑、街道、城市农业和公共空间等，以促进人们心理健康和增进社会福祉，促使所有纽约人都能更方便地接触到健康的城市环境[10]。英国伦敦除了建设体育设施，还通过编制步行行动规划 (Walking Action Plan)、自行车行动规划 (Cycling Action Plan) 等方式优化城市慢行网络，间接促进居民参与体力活动的频率与时长的提高。但根据居民对公园、绿道等的使用评价，许多城市的体力活动空间仍存在供需失衡、使用效率低下等问题[11-12]，如何为需求最迫切的群体提供体力活动环境、激活潜在的体力活动空间、提高规划选址的科学性，是健康城市实践与研究需要重点关注的内容。

1.2 建成环境视角下的体力活动研究

建成环境是影响人群体力活动的重要空间因素，也是城市规划主动干预人群健康的重要切入点[13]。建成环境对城市体力活动的影响可以从建成环境定量评价、使用者体力活动行为测度、行为制图 3 个方面进行分析[14]。其中：建成环境定量评价要素的选择在不同研究尺度下有所不同，在中观 (一个或多个城市街区)、微观 (建筑、街道、设施) 尺度下可分为空间要素和设计要素两大类[13]；使用者体力活动行为测度通常采用系统观察、心率计、加速度计等对体力活动行为及其强度进行记录；行为制图通常通过直接观察场地活动来记录建成环境变量和体力活动行为变量[14]。目前，在建成环境定量评价方面的研究较为深入，且达成了一定的共识，但对体力活动的测度较为主观，只有少部分研究采用了加速度计、地理信息系统等进行客观测度[15]。

1.3 运动轨迹数据支持下的规划研究

随着智能手机的普及，基于健身软件的运动数据在规划研究与实践中逐渐得到应用，常被用于街道空间与服务[16-17]、居民运动行为特征[18-19]研究。此外，利用运动数据辅助规划设计的实践也开始出现[20]。在数据处理方面，部分研究将轨迹信息投影至栅格[21]进行统计处理，这虽然有助于将运动数据与遥感、统计数据进行关联分析，但是却将原本的线性矢量信息转换为面状统计信息，丢失了数据原本的高精度特征，如此得到的更多的是相对宏观的结论，对于具体的体力活动网络构建的指导性不强。

2 基于运动轨迹数据的北京核心区街道网络优化研究

随着我国城市建设进入以提升质量为主的转型发展新阶段，城市更新日益受到关注[22]。依托于《北京城市总体规划 (2016 年—2035 年)》与《首都功能核心区控制性详细规划 (街区层面)(2018 年—2035 年)》，北京首都功能核心区 (以下简称“核心区”) 街道网络优化的更新实践持续推进，近年来各级各类街道的更新工作初见成效，如骨干道路 (如平安大街、崇雍大街等) 的功能转型与公共空间串联，以及胡同等生活性街道 (如杨梅竹斜街、椿树胡同等) 的慢行系统优化与人本空间改造等，相关实践的经验与成果在《北京街道更新治理城市设计导则》中得到总结、推广。在研究方面，已有研究采用人本观测[23]、量化评估[24]、问卷调查[25]等方法，对游客[26-27]、居民[25，28]的不同行为特征、空间需求进行探究，为街道网络优化提供了理论指导。

本文以北京核心区为研究范围，核心区包括北京东城区与西城区，面积约为 92.5 km^2，2020 年常住人口约有 181.5 万人，贡献了全市 22.20% 的 GDP[29]。北京核心区是北京“四个中心”中全国政治中心、文化中心和国际交往中心的核心承载区[30]。对核心区的研究一方面能够为优化核心区自身慢行系统提供指导，另一方面核心区作为高密度建成环境的代表，其实践能为全国乃至全球高密度城市的体力活动相关研究提供参考。

2.1 数据来源

2.1.1 运动轨迹数据

研究通过描绘、记录 Keep 软件中的轨迹信息与运动次数，量化城市中体力

活动的分布情况。Keep 是一款被运动者广泛使用的健身软件，2017 年其用户数突破 1 亿。该软件的相关数据显示，跑步、散步、骑行运动都在北京最为集中[31]，因此从该软件获取的相关轨迹信息数据能够较好地反映大多数运动者的线路选择。Keep 软件提供了创建路线的功能，在创建新的路线后，其他用户在该路线运动后可以选择将运动数据同步到该路线上，软件将记录该路线上各类运动的完成次数。研究仅收集软件公开的运动线路上各类运动的完成次数及所占比例，将路线轨迹在 ArcGIS 10.5 上进行描绘，避免了对用户个人隐私可能造成的影响。研究收集了起始点位于北京核心区且发生在道路上的运动线路，并剔除马拉松比赛、地图轨迹绘图活动的路线数据，避免比赛或短期活动对日常运动路线数据造成的干扰。研究数据收集于 2022 年 10 月，共获得 231 条线路，1 128 939 次运动记录数据，其中跑步运动 644 100 次、散步运动 194 561 次、骑行运动 290 277 次①，各类运动的分布情况见图 1。

对运动轨迹数据进行处理后，将其与建成环境进行相关性分析，这要求数据尽量呈正态分布，而统计得到的原始数据实际呈现长尾分布。根据相关研究的处理方法[32]，研究对各类运动数量取以 10 为底的对数进行标准化处理，以此为基础进行后续的相关性分析，运动数据的处理结果见图 2。

2.1.2　建成环境数据

研究关注中观层面影响体力活动的建成环境要素，包括连接性要素与邻近性要素[13]。在连接性要素方面，采用不同半径下的空间句法参数值及交叉口数量来表征到达或穿越该道路的潜力，采用运动轨迹内包含的红绿灯数量表征车行交通对运动的阻碍。在邻近性要素方面，采用地块容积率、建筑密度表征建设强度；采用水系、绿地的矢量数据表征自然环境要素；采用邻近道路的绿视率与开敞度模拟所在街道的空间感受。建成环境数据主要来源于 Open Street Map(以下简称“OSM”)、百度街景地图及北京城市实验室 Beijing City Lab(以下简称“BCL”)。见表 1，图 3。

2.2　研究方法

2.2.1　空间句法

空间句法被广泛应用于规划研究领域，常用于探讨社会行为与空间、建成环境与社会活动之间的内在关系[34]。研

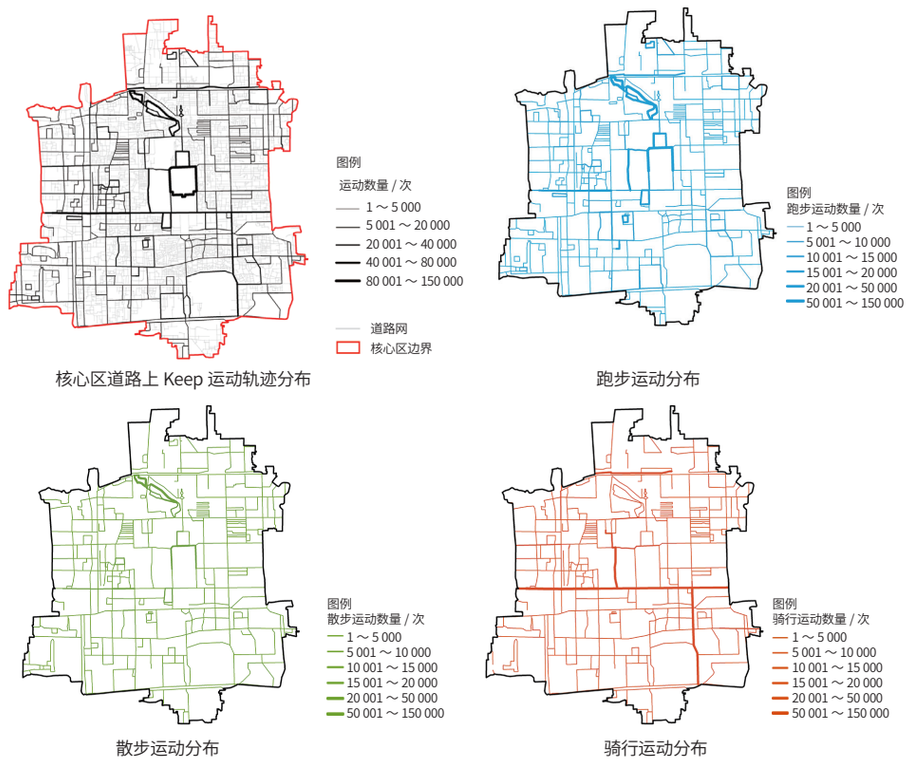


图 1　研究区内各类运动在街道上的分布情况

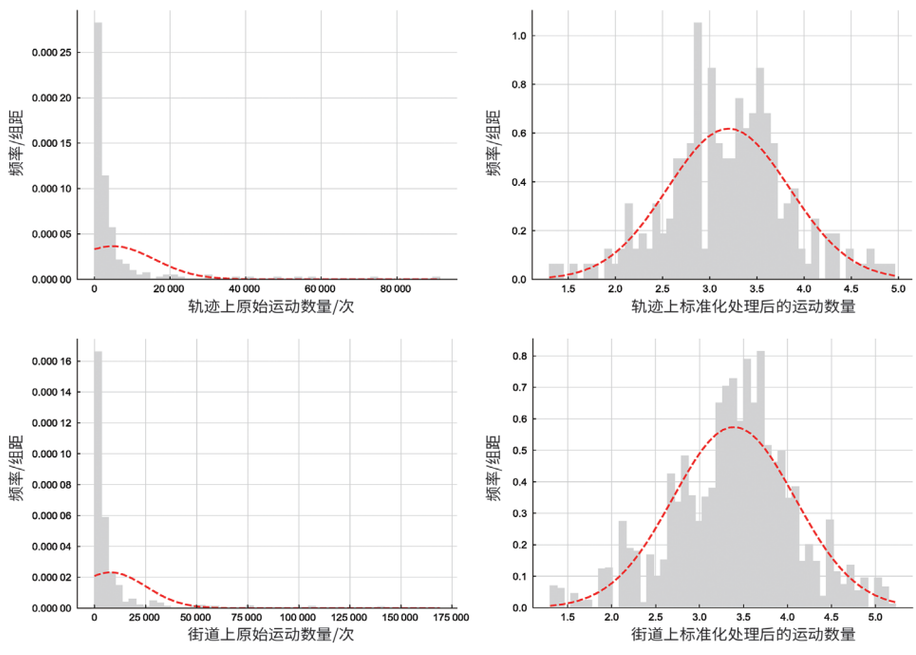


图 2　标准化处理前后的运动数量与拟合曲线

究以北京核心区为研究范围，以北京四环路以内的区域为空间句法建模范围，以避免尺度效应造成的计算结果失真。以 ESRI 公司提供的 World Imagery 影像数据为底图，对城市步行网络进行轴线描绘，本研究是在较为宏观的城市尺度下进行分析的，因此将道路两侧人行的双向流线抽象为单线模型，在护城河、高架桥等对慢行交通有明显阻碍的区域采用双线模型，并对连接点进行校正。

在参数选择上，研究采用整合度 (Integration) 和选择度 (Choice) 两类参数。对于线段分析而言，整合度指理论最大的广义距离与某条路径到其他所有路径的广义距离之间的比值，用于描述这条路径 i 距离其他路径 j 有多远，以此度量到达该路径的空间潜力，整合度 I_i 计算公式如下所示。

$$I_i=n^2/\sum_{j=1}^{n}d(i,j),\ i\neq j \tag{1}$$

选择度 C_i 指最短路径 $\sigma_{s,t}$ 穿过路径 i 的次数与最短路径的比值，用于描述目标路径作为最短路径一部分的程度，度量穿越该路径的空间潜力 [35]，计算公式如下所示。

$$C_i=\sigma_{s,t}(i)/\sigma_{s,t},\ i\neq s\neq t \tag{2}$$

由于研究在城市尺度下进行，并且关注步行、跑步、骑行 3 类运动距离差异较大的活动，经过反复尝试，研究选取 200 m、500 m、1 000 m、2 000 m、3 000 m、5 000 m、10 000 m、20 000 m、30 000 m 共 9 个半径，在 depthmapX 软件中对选择度、整合度进行计算。

2.2.2 个人—街道双视角下的相关性分析方法

个人在运动过程中能直观感受到的建成环境要素是相对有限的，而街道作为城市的一部分，所提供的服务是面向更大范围的，因此研究分别从个人和街道两个视角进行分析。个人视角指以 Keep 运动轨迹为研究对象，统计运动轨迹周边的建成环境情况，并将建成环境情况与轨迹上的各类运动人数进行相关性分析，这些路径的产生是运动者“用脚投票”的结果，体现了个人运动时的路径选择偏好。街道视角指运动轨迹在路网上往往存在重叠之处，即某些热门街道往往会承载多条运动轨迹，且每一条街道的运动环境都有所不同，因而将发生在该街道的各条运动轨迹、各类运动的数量进行统计，并与周边的建成环境进行相关性分析，如此能够反映不同街道的特征。个人视角更倾向于反映个人的行为选择，街道视角则反映不同特征的街道空间对不同运动的承载情况。

表 1　研究选取的建成环境要素及来源 [33]

要素类型	要素名称	数据来源
连接性要素	空间句法整合度	自绘轴线网络后运用 depthmapX 计算
	空间句法选择度	自绘轴线网络后运用 depthmapX 计算
	邻近范围内交叉口数量	根据自绘的轴线网络统计
	运动轨迹内包含的红绿灯数量	结合 OSM 的 traffic_signals 类型与百度地图进行修正并统计
邻近性要素	邻近地块建筑密度	结合 BCL 公布的城市地块数据与百度地图进行修正
	邻近地块容积率	结合 BCL 公布的城市地块数据与百度地图进行修正
	是否邻近水系	结合 OSM 的 water 类型与百度地图进行修正
	是否邻近绿地	结合 OSM 的 park 类型与百度地图进行修正
	街景绿视率	采集 100 m 间距的百度街景地图，应用 Cityscape 包进行机器学习要素识别统计
	街景开敞度	采集 100 m 间距的百度街景地图，应用 Cityscape 包进行机器学习要素识别统计

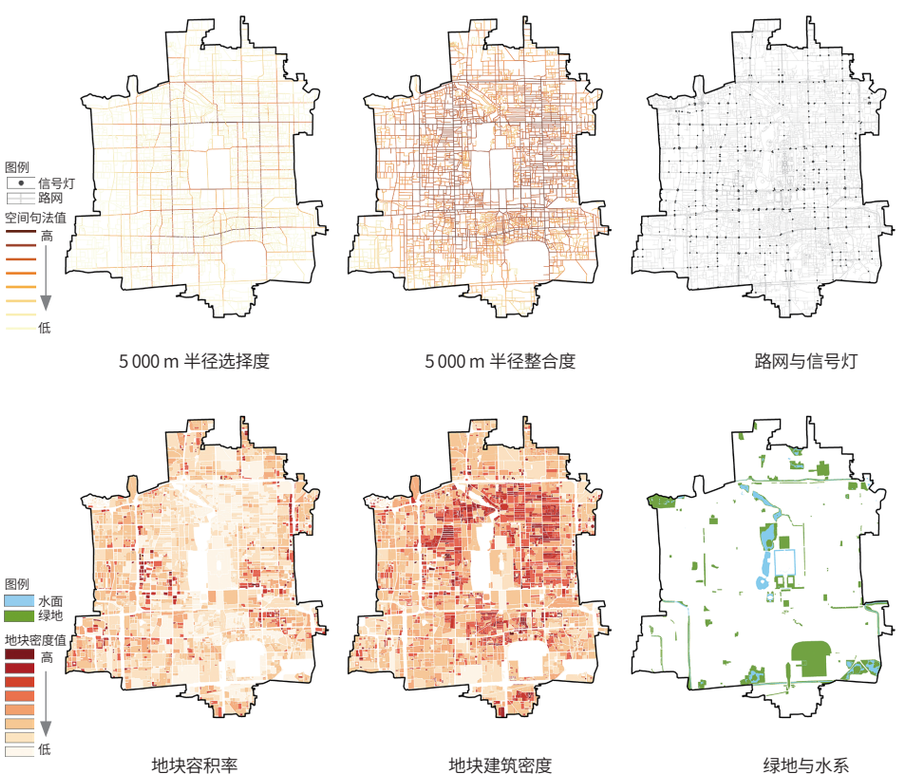


图 3　研究区建成环境要素分布情况②

研究应用 IBM SPSS Statistics 29 软件进行皮尔逊相关系数计算，将两个视角的研究结论进行对比，以为街道体力活动网络优化提供更完善的建议。见图 4。

3 分析结果

3.1 个人视角下的体力活动与建成环境相关性分析

个人视角下，与空间句法相关参数的分析结果表明，跑步运动人数与整合度、选择度存在负相关，且在半径为 5 000 m 时选择度相关系数为 – 0.180，达到最高；散步运动人数与不同半径整合度、选择度的相关性均较低，相关系数大致上随计算半径的增加而降低，在半径大于 5 000 m 之后呈负相关；骑行运动人数与整合度、选择度系数的相关性整体上呈现随着计算半径的增加而提高的趋势，且半径为 5 000 m 时达到峰值，此时整合度的相关系数达 0.234，选择度的相关系数达 0.287。结果表明，跑步运动对全局高可达的道路有所排斥，散步运动对局部高可达的道路有微弱偏好、对全局高可达的道路有微弱排斥，而骑行运动偏向于选择全局可达性高的道路。见图 5。

在与其他建成环境的相关性方面，由于个人在运动中能够感受的范围有限，研究仅统计运动轨迹 50 m 半径范围内的信息。分析结果显示 (表 2)：跑步运动人数与街景绿视率、街景开敞度、周边是否有绿地、运动轨迹内包含的红绿灯数量关系密切，其中与红绿灯数量的负相关性最为显著，相关系数达 – 0.437；散步运动人数与运动轨迹内包含的红绿灯数量存在一定的负相关性，相关系数达 – 0.197；骑行运动人数与街景开敞度关系相对密切，相关系数达 0.272。分析结果表明，跑步者倾向于在绿地周边、树木郁闭度高且较少红绿灯干扰的街道上运动；散步者也倾向于在红绿灯较少的路段运动，但对该因素的敏感性比跑步者弱；骑行者更倾向于在视野开阔的街道上运动。

3.2 街道视角下的体力活动与建成环境相关性分析

街道视角下，与空间句法相关参数的分析结果表明，跑步运动人数与整合度、选择度未呈现显著的相关性；散步运动人数与整合度、选择度呈现微弱正相关；骑行运动人数与整合度、选择度的相关系数大体上随计算半径的增加而显著增加，在大半径下相关性显著，与选择度的相关性在 5 000 m 半径下达到峰值 (0.381)，与整合度的相关性在 10 000 m 半径下达到峰值 (0.439)。这表明高可达性街道承载了较多的散步运动和骑行运动，而不同可达性的街道与跑

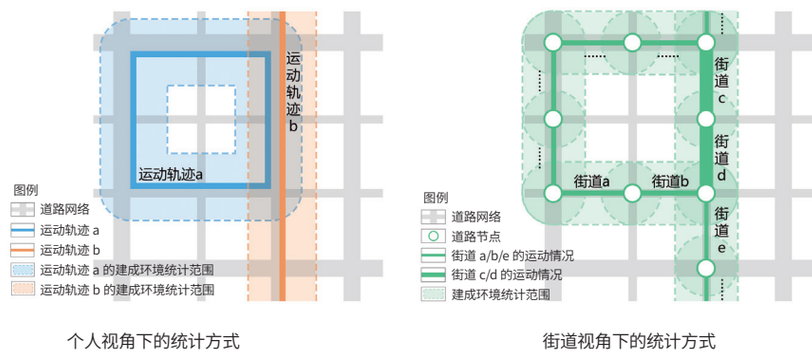


图 4 个人、街道视角下的统计方法示意图

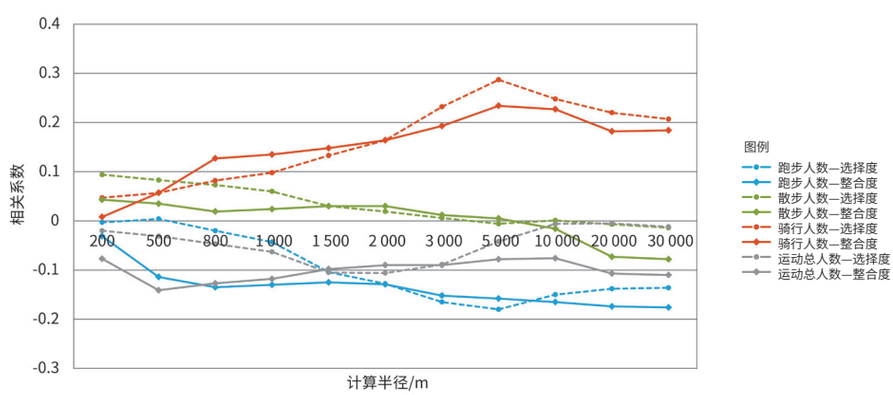


图 5 个人视角下的空间句法相关性分析结果

表 2 个人视角下各类运动与其他建成环境相关性分析结果

影响因素	跑步	散步	骑行	运动总数
运动轨迹内包含的红绿灯数量	– 0.437**	– 0.197**	0.171*	– 0.274**
邻近地块建筑密度	– 0.019	0.107	0.098	0.000
邻近地块容积率	– 0.045	– 0.043	– 0.089	– 0.039
是否邻近水系	0.036	0.017	0.028	0.052
是否邻近绿地	0.266**	0.181*	0.024	0.224**
街景绿视率	0.342**	0.170*	– 0.023	0.240**
街景开敞度	– 0.232**	– 0.075	0.272**	– 0.062

注：本表仅显示部分结果；“**”表示在 0.01 级别 (双侧)，相关性显著；“*”表示在 0.05 级别 (双侧)，相关性显著。

步运动的相关性均不明显。见图 6。

在与其他建成环境的相关性方面，不同于个人视角下仅对运动线路半径 50 m 范围内的信息进行测度，为了反映街道的服务能力，在街道视角下统计 500 m 半径内的地块建筑密度、容积率与交叉口数量。结果显示，建筑密度与跑步人数呈负相关，而与散步和骑行人数则呈正相关，交叉口数量与跑步、散步人数均呈正相关。见表 3。

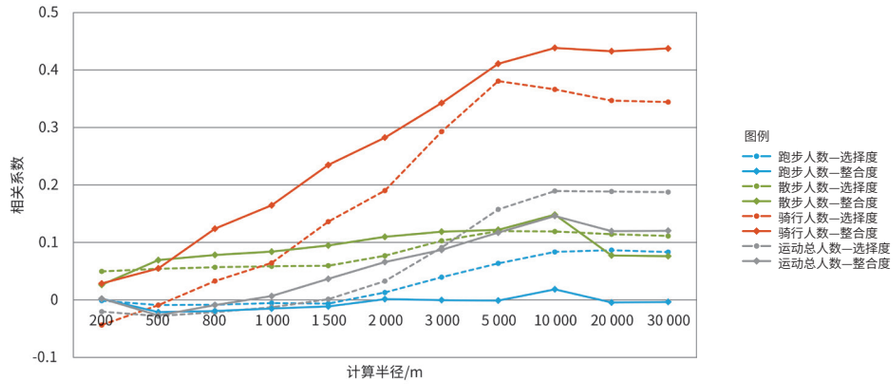


图 6　街道视角下的空间句法相关性分析结果

表 3　街道视角下各类运动与其他建成环境的相关性分析结果

影响因素	跑步	散步	骑行	运动总数
邻近范围内交叉口数量	0.071**	0.096**	– 0.001	0.060**
邻近地块建筑密度	– 0.049**	0.080**	0.051**	– 0.007
邻近地块容积率	– 0.013	0.009	– 0.049*	– 0.014

注：本表仅显示部分结果；“**”表示在 0.01 级别 (双侧)，相关性显著；“*”表示在 0.05 级别 (双侧)，相关性显著。

4　研究结论

4.1　各类运动的空间偏好因运动特征而异

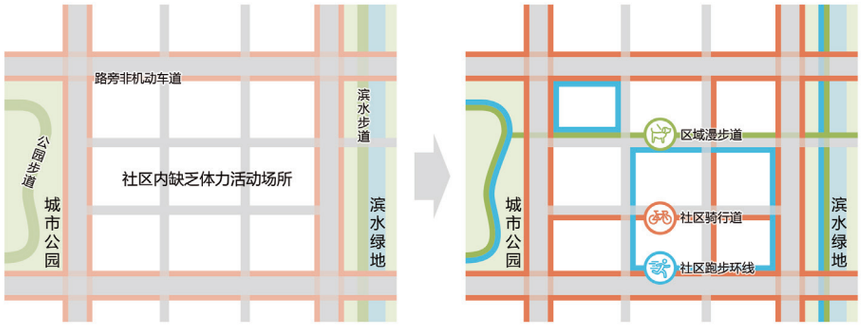
个人视角下的分析结果反映了个体在进行不同运动时对空间的偏好，显示个体在进行跑步与散步运动时对空间的偏好较为相似，骑行运动则与这两项运动有明显差异。跑步运动路线多为短距离多次环绕，实际运动过程中经过的红绿灯数量会随着环绕次数的增加而叠加，因而跑步者往往会尽量避开过街红绿灯；机动车交通是运动的主要障碍之一 [36]，跑步运动速度较快，一些跑步者会选择在人流和车流量较低的道路上运动以保证安全，这类街道的可达性往往也相对较低；跑步路线上有树荫就能够较好地预防晒伤 [37]，因而绿视率高的道路会更具吸引力。散步活动则多发生在步行街、滨水步道等步行优先的道路上，这类道路上的红绿灯数量相对较少，且此类路线往往位于街区内部，局部可达性高，全局可达性低，这体现在个人视角下，散步人数与整合度、选择度的相关性系数均呈现随计算半径提高而由微弱正相关转向微弱负相关。骑行运动具有速度快、距离长的特征，因而具有较大半径和高可达性特征的道路更受骑行者的欢迎。尽管在个人偏好角度，骑行者也同样愿意选择红绿灯较少的路线，但是核心区内供骑行者选择的路线并不多，这是因为绝大多数公园不允许自行车进入，低等级道路大多未设置非机动车道，滨水道路已被散步者与跑步者占据。在此背景下，具备非机动车道的高等级道路似乎成为骑行者唯一的选择，红绿灯数量造成的干扰对骑行者而言很难避免。

4.2　街道对各类运动的承载情况与连接性要素关系显著

街道视角下的分析结果反映了同一街道对不同运动的承载情况，其中的差异是运动者共同选择的结果，并不是个人视角下分析结果的简单放大，街道承载差异与个人选择偏好共同反映了运动空间的供需关系。在各类环境要素中，街道承载的运动人数与连接性要素的相关性最为显著，且该相关性在全局视角下达到最高，其中骑行运动尤为典型，这与个人视角下的骑行需求能够很好地对应，但跑步与散步运动则存在供需错配的情况。在邻近性要素方面，高建筑密度的环境承载了较多的散步活动，在北京核心区范围内高建筑密度往往对应着胡同这一类空间环境，胡同的高宽比更符合步行活动的空间偏好，有限的宽度也难以满足其他类型的运动，因而其承载的更多的是散步活动；建筑密度相对较低的地块对应着公园、水系、旅游景区等要素，此类要素往往被跑步线路环绕，对应街道因此承载了更多的跑步活动。

5　规划建议

城市规划可通过对建成环境的控制来影响市民的健康行为与面临的健康风险，进而产生不同的健康结果 [38]。对于以北京核心区为代表的高密度建成环境，通过新建大型公园提供体力活动场所并不现实 [39]，而对存量巨大的路旁空间进行改造，优化建设成系统的街道体力活动网络，对促进居民的体力活动而言更具操作性和可持续性。本文探索构建了街道健康环境网络的优化模式 (图 7)，基于不同



现状体力活动网络示意图　　结合运动者偏好的体力活动网络优化示意图

图 7　体力活动网络优化模式示意图

尺度的差异化特征，从宏观城市健康体系、中观社区健康环境、微观街道健康品质等方面提出建议。

5.1　宏观层面：基于运动偏好构建城市健康体系

在《“健康中国 2030”规划纲要》的指引下，健康城市成为推进健康中国建设的重要抓手，规划作为城市未来发展的指引，对建设健康城市至关重要。在宏观城市层面的总体规划、专项规划中，应注重健康体系的建设。就体力活动而言，可通过构建“大型公园 / 大型体育场馆—社区公园 / 社区健身中心—健身步道 / 户外健身设施 / 健身房”的体力活动支持空间体系，满足竞技赛事、体育训练、日常健身等不同活动的需求，为健康城市建设提供空间规划支撑。

对具体的跑步、骑行和散步运动而言，应根据街道承载的运动现状、运动者运动偏好以及街道更新潜力，对各类运动网络进行差异化选线与布局。例如：在骑行路线方面，高等级城市道路的非机动车道承载了较多的骑行活动，建议构建基于高等级道路非机动车道的骑行主轴，有条件的可构建骑行 (慢行) 专用道路，并将地铁站、公交站作为重要节点进行衔接，保障公共交通与骑行的无障碍接驳；在散步和跑步路线方面，建议对人流量较低的生活性道路进行更新改造，并将其作为联系公园绿地与居住社区的区域慢行路线。

5.2　中观层面：基于真实需求完善社区健康环境

社区作为城市基层组织单元，能够直接引导社区力量，协调环境和健康资源要素 [40]，同时社区生活圈作为基础性人居单元，是人居环境提升研究的核心研究对象 [41]。当前，高密度城市社区层面的健康更新实践相对不足，一方面是因为社区层面的规划与治理缺少对健康环境的考虑，另一方面是因为针对健康环境的更新难以实现资金平衡。针对前者，建议将健康这一要素纳入社区所对应的详细规划、城市设计、社区生活圈标准，在制度层面落实健康环境建设；针对后者，建议基于供需分析、问卷调查等，梳理人们对活动空间的真实需求，盘活存量低效用地，通过政府与社会资本 (如体育品牌、健身房、运动 App 等) 合作开发的模式，实现开发与经营的资金平衡，共同创建并维护社区健康环境。

5.3　微观层面：基于人本体验优化街道健康品质

从人本及社会生活视角来看，街道不仅具有交通功能，是保障人们日常生活的重要公共空间，更是城市社会、经济、文化生活的聚集地 [42]。尽管北京核心区人行道、非机动车道的覆盖率相对较高，但是实际可供通行街道的有效宽度不足、道路不平整、受机动车干扰较为严重，慢行系统的基础交通功能亟待优化。对跑步运动而言，由于其相对一般的步行运动速度较快，建议在非机动车道增设慢跑优先的断面，并减少与机动车道的交汇，在必要的交叉节点限制机动车车速以保障运动者的安全。对骑行运动而言，路旁机动车停车干扰、非机动车停车空间不足是阻碍骑行运动的重要原因，应通过合理配置停车空间、营造安全通畅的骑行线路等举措优化骑行环境。在满足基本交通功能后，通过营造功能丰富、特征鲜明、服务便利的街道界面，增加街道社会交往空间，提高街道的审美体验，丰富街道娱乐服务功能，吸引更多人选择健康出行。

[注　释]

①各类运动情况数量是通过总运动量 × 运动比例获得的，因此会存在一定的误差，在统计中将各类运动次数的数值四舍五入保留至整数。

②空间句法值、地块密度值均以自然断点分级法 (Jenks) 进行分级。

[参考文献]

[1] MANLEY A F. Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General[M]. Atlanta: US Department of Health and Human Services, 1996.

[2] World Health Organization. Global Action Plan on Physical Activity 2018–2030: More Active People for a Healthier World[EB/OL]. (2018-06-01)[2022-12-16]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241514187.

[3] 杨春，谭少华，李梅梅，等．健康城市主动式规划干预途径研究 [J]．城市规划，2022(11)：61-76．

[4] 谭少华，高银宝，李立峰，等．社区步行环境的主动式健康干预：体力活动视角 [J]．城市规划，2020(12)：35-46，56．

[5] 王兰，廖舒文，赵晓菁．健康城市规划路径与要素辨析 [J]．国际城市规划，2016(4)：4-9．

[6]NORTHRIDGE M E, SCLAR E D, BISWAS P.

Sorting Out the Connections between the Built Environment and Health: A Conceptual Framework for Navigating Pathways and Planning Healthy Cities[J]. Journal of Urban Health, 2003(4): 556-568.
[7] 木皓可，高宇，王子尧，等．供需平衡视角下城市公园绿地服务水平与公平性评价研究：基于大数据的实证分析 [J]．城市发展研究，2019(11)：10-15．
[8] 汪小琦，李星，乔俊杰，等．公园城市理念下的成都特色慢行系统构建研究 [J]．规划师，2020(19)：91-98．
[9] 葛岩，沈璇，蔡纯婷．健康街道设计的理论、方法与实践 [J]．上海城市规划，2020(2)：49-56．
[10]The City of Newyork. OneNYC 2050: Building a Strong and Fair City [Z]. 2019.
[11]LIU K, SIU K W M, GONG X Y, et al. Where do Networks Really Work? The Effects of the Shenzhen Greenway Network on Supporting Physical Activities[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 152: 49-58.
[12]OZKAN D G, ALPAK E M, YILMAZ S, et al. Post Occupancy Evaluation and User Satisfaction in Urban Open Space[J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2015(5): 1 659-1 672.
[13] 鲁斐栋，谭少华．建成环境对体力活动的影响研究：进展与思考 [J]．国际城市规划，2015(2)：62-70．
[14] 王开．健康导向下城市公园建成环境特征对使用者体力活动影响的研究进展及启示 [J]．体育科学，2018(1)：55-62．
[15] 沈晶，杨秋颖，郑家鲲，等．建成环境对中国儿童青少年体力活动与肥胖的影响：系统文献综述 [J]．中国运动医学杂志，2019(4)：312-326．
[16] 沈怡辰，赵宇雯，梁宇珅．基于自发性跑步轨迹的城市街道空间特征研究：以天津市为例 [J]．华中建筑，2020(10)：65-69．
[17] 余洋，唐晓婷，刘俊环，等．基于手机健身数据的城市街道健康服务功能研究[J]．风景园林，2018(8)：18-23．
[18] 柏桐．寒地城市外部环境对市民户外跑步行为的影响 [D]．长春：东北师范大学，2021．
[19] 刘美倩．城市建成环境与线性体育活动的相关性研究 [D]．哈尔滨：哈尔滨工业大学，2018．
[20] 黄红元，干晓宇，陈一．基于运动轨迹大数据的泸沽湖风景名胜区慢行系统优化研究 [J]．规划师，2020(22)：19-24．
[21]SONG L, ZHANG A. Predict the Suitable Places to Run in the Urban Area of Beijing by Using the Maximum Entropy Model[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2021(8). DOI: https://doi.org/10.3390/ijgi10080534.
[22] 丁凡，伍江．城市更新相关概念的演进及在当今的现实意义 [J]. 城市规划学刊，2017(6)：87-95．
[23] 熊文，阎伟标，刘璇，等．基于人本观测的北京历史街道空间品质提升研究 [J]．城市建筑，2018(6)：57-61．
[24] 周梦茹，魏寒宾，边兰春．街道空间步行环境测评研究：以北京什刹海历史文化街区为例 [J]．上海城市规划，2021(3)：74-80．
[25] 丁奇，牛牧．北京西城广安门外街道：基于居民需求的社区商业服务设施优化[J]．北京规划建设，2020(3)：118-121．
[26] 张章，徐高峰，李文越，等．历史街道微观建成环境对游客步行停驻行为的影响：以北京五道营胡同为例 [J]．建筑学报，2019(3)：96-102．
[27] 李翅，侯硕．基于线性旅游空间模式的北京传统中轴线空间活力塑造 [J]．国际城市规划，2014(4)：70-76．
[28] 蒋鑫，徐昕昕，王向荣，等．居民自发更新视角下的北京胡同绿色空间微更新研究：大栅栏片区的探索 [J]．风景园林，2019(6)：18-22．
[29] 北京市统计局，国家统计局北京调查总队．北京市统计年鉴 2021[EB/OL]．(2021-10-01)[2022-12-16]．http://nj.tjj.beijing.gov.cn/nj/main/2021-tjnj/zk/indexch.htm．
[30] 北京市人民政府．首都功能核心区控制性详细规划 (街区层面)(2018 年—2035 年)[Z]．2020．
[31] 袁婷，曹树霞，李凌宇．人民爱健身发布《2022 国民健身趋势报告》[EB/OL]．(2022-08-02)[2022-12-16]．http://health.people.com.cn/n1/2022/0802/c14739-32491985.html．
[32] 咕咚，世界卫生组织驻华代表处，清华大学建筑学院，等．基于咕咚 App 的中国城市体力活动报告 (2018)[EB/OL]．(2018-10-30)[2022-12-16]．https://www.beijingcitylab.com/projects-1/36-physical-activities-in-china/．
[33] 龙瀛，李派，侯静轩．基于街区三维形态的城市形态类型分析：以中国主要城市为例 [J]．上海城市规划，2019(3)：10-15．
[34] 丁传标，古恒宇，陶伟．空间句法在中国人文地理学研究中的应用进展评述 [J]．热带地理，2015(4)：515-521，540．
[35] 段进，杨滔，盛强，等．空间句法教程 [M]．北京：中国建筑工业出版社，2019．
[36]SALLIS J F, FLOYD M F, RODRIGUEZ D A, et al. Role of Built Environments in Physical Activity, Obesity, and Cardiovascular Disease[J]. Circulation, 2012(5): 729-737.
[37]VILJOEN C, VAN RENSBURG D C C J, VAN MECHELEN W, et al. Trail Running Injury Risk Factors: A Living Systematic Review [J]. British Journal of Sports Medicine, 2022(10): 577-587.
[38] 王兰，贾颖慧，孙文尧，等．面向城市规划方案的定量健康影响评估研究 [J]．规划师，2021(19)：72-77．
[39] 郑善文，马默衡，李海龙，等．居民福祉视角下城市中心区生态空间文化服务评价：以北京为例 [J]．城市发展研究，2021(4)：21-27．
[40] 王兰，李潇天，杨晓明．健康融入 15 分钟社区生活圈：突发公共卫生事件下的社区应对 [J]．规划师，2020(6)：102-106，120．
[41] 洪梦谣，魏伟，夏俊楠．面向“体检—更新”的社区生活圈规划方法与实践 [J]．规划师，2022(8)：52-59．
[42] 孙婷，范凌云，魏晓芳．健康街道规划之伦敦经验与启示 [J]．规划师，2020(1)：80-86．

[收稿日期]2023-02-15；
[修回日期]2023-05-06