

青岛都市区通勤圈识别与空间优化策略

王伟智, 曹锴, 潘丽如

(青岛市城市规划设计研究院, 山东 青岛 266071)

摘要: 通勤圈识别不仅有助于提升城市运行效率和改善通勤出行品质, 更能为城市空间规划与资源配置提供科学依据。提出通勤圈识别的技术方法, 基于多源数据和城市轨道交通OD数据, 识别出青岛都市区存在8个通勤中心; 通过多情景模拟后, 确定将10%作为通勤率阈值, 由此识别青岛都市区8个通勤圈范围。总结青岛都市区通勤圈的主要特征: 理论上通勤中心的能级越强, 其通勤圈的范围越大, 但实际上若相邻通勤中心的能级差异显著时, 高能级通勤圈会覆盖部分低能级通勤圈; 通勤走廊对通勤圈范围影响显著, 表现为通勤走廊服务能力越强、辐射范围越广, 通勤圈范围越大且沿通勤走廊延伸的特征越明显。最后, 提出通勤圈空间优化策略, 包括优化通勤中心职住空间布局、提高通勤圈内部空间使用效率、构建与通勤圈相匹配的骨干交通系统。

关键词: 通勤圈; 通勤中心; 通勤率; 职住比; 优化策略; 青岛都市区

Identification and Spatial Optimization Strategies for the Commuting Zones in Qingdao Metropolitan Area

WANG Weizhi, CAO Kai, PAN Liru

(Qingdao Urban Planning & Design Research Institute, Qingdao Shandong 266071, China)

Abstract: Identifying commuting zones not only enhances the operational efficiency of cities and improves commuting experiences, but also provides a scientific foundation for urban spatial planning and resource allocation. This paper proposes a technical methodology for commuting zone identification, employing multivariate data and urban rail transit OD datasets to identify eight commuting centers in the Qingdao metropolitan area. Through multi-scenario simulations, a 10% commuting rate threshold is determined to identify the eight commuting zones. The main characteristics of these zones are summarized as follows: in theory, commuting centers with higher capacity are associated with larger commuting zones; however, in practice, when adjacent centers vary significantly in capacity, higher-capacity commuting zones tend to overlap with the spatial extent of lower-capacity ones. Moreover, commuting corridors exert a significant influence on the spatial extent of commuting zones—the stronger the commuting corridor's service capacity and the wider its coverage, the larger the commuting zone and the more prominent extension along the commuting corridor. Finally, the paper proposes spatial optimization strategies for commuting zones, including optimizing the spatial layout of jobs and housing within commuting centers, enhancing space use efficiency within commuting zones, and developing a backbone transportation system aligned with commuting zone structures.

Keywords: commuting zone; commuting center; commuting rate; job-housing ratio; optimization strategies; Qingdao metropolitan area

收稿日期: 2024-06-19

基金项目: 青岛市哲学社会科学规划项目“青岛大都市区通勤圈识别与优化策略研究”(QDSKL2201390)

作者简介: 王伟智(1989—), 男, 山东莱州人, 硕士, 高级工程师, 交通分院副院长, 研究方向为国土空间规划、综合交通规划, 电子邮箱 wangweizhi1989@126.com。

0 引言

青岛都市区包括市南区、市北区、李沧

区、城阳区、即墨区、胶州市和西海岸新区。都市区陆域面积约6 551 km², 南北长约120 km, 东西长约70 km。受自然地理格局

限制，该区域形成了一个尺度巨大、多核生长的环湾城市簇群。《青岛市国土空间总体规划(2021—2035年)》确定了“环湾引领、组团布局、蓝绿交融、网络支撑”的城市空间发展战略，提出强化“环湾保护、拥湾发展”，推动形成“环湾型、组团式”的都市空间格局，以提升青岛都市区的核心引领作用。基于青岛都市区多中心组团式空间格局，实现城市功能的高效协同成为关键命题。为此，必须对都市区通勤圈进行精准优化，以实现各类要素的精准投放，提高空间和资源使用效率，促进形成等级有序、布局合理的城镇组群，满足都市区高质量发展需求。

通勤圈的概念与日本的生活圈有相似之处。生活圈是指具有地理和社会关联度的人群在日常生产生活中进行各种活动所形成的空间分布，与居住地、就业地存在紧密联系^[1]，其特点体现在务农、通勤、通学及购物活动中。郭亮等^[2]认为，通勤圈是指在一定区域范围内，以通勤中心为核心，以完成特定通勤出行为目的的空间集合；针对提升大城市空间绩效，研究提出了优先完善通勤圈内部交通系统组织、适度拓展跨通勤圈客流通道、审慎发展快速交通系统的优化策略。路启等^[3]提出，通勤圈是由城市居民通勤活动在地理空间上形成的以城市中心为圆心的不规则圆形区域，并针对天津市双城区通勤圈的不同特点，从提升居住功能、提高人口聚集度、改善交通设施等方面提出了改善滨海核心区通勤圈的具体措施。利用空间GIS数据和手机信令数据，刘常平等^[4]对北京城市通勤圈进行分析识别，提出了利用市郊铁路网服务城市通勤圈出行需求的建议。基于通勤视角，陈心雨^[5]提出了都市圈空间半径测算的五要素方法与指标体系。利用百度位置数据挖掘都市圈通勤数据，刘晓冰等^[6]采用基于网格的密度聚类算法识别出中国35个主要都市圈的中心布局。

综上所述，本文界定的通勤圈是指在一定区域范围内，由居民日常就业出行的空间分布所形成的模拟范围。该范围通常以就业岗位或居住集聚区为中心，通过通勤人口的流入、流出轨迹形成空间分布集合。在合理配置就业和居住功能、满足通勤出行需求的基础上，通勤圈内可提供适宜的公共服务设施，以满足居民休闲、教育、就医等多元化

需求。本文聚焦于通勤圈识别的技术方法研究，通过科学识别通勤圈，能够有效判断城市空间结构的合理性，评估城市空间绩效水平，为城市空间发展战略和资源优化配置提供科学决策依据，进而为青岛都市区建设提供有力支撑。

1 青岛都市区通勤圈识别

1.1 研究数据

本文采用百度地图慧眼、手机信令、青岛市第四次交通出行调查等多源数据，在对数据进行清洗和校验的基础上，通过叠加城市国土空间监测数据构建通勤网络，从而开展通勤圈识别和特征分析。

在数据处理与使用方面，百度地图慧眼大数据采用500 m×500 m的空间栅格单元，能够全面反映居住人口与就业岗位分布规模。该数据在镇街层面与第七次全国人口普查数据的对比误差控制在3%以内，与《青岛统计年鉴(2023)》中的就业岗位总数误差率不超过5%，表明能够真实反映青岛都市区人口和就业岗位分布及规模。

通过融合多日通勤时段手机信令数据，识别通勤OD，并与青岛市第四次交通出行调查数据进行对比分析。结果显示，两者的出行分布具有较高的相关性，表明融合后的

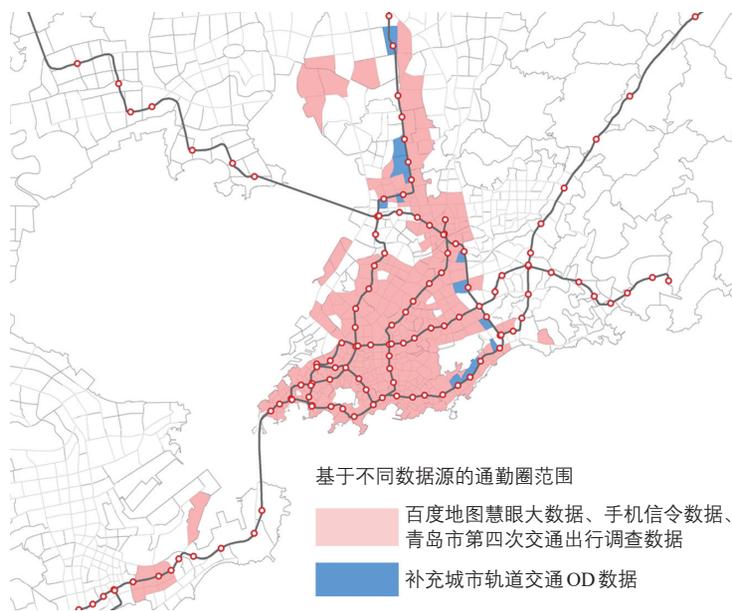


图1 不同数据源条件下青岛市浮山湾通勤圈识别结果对比
Fig.1 Comparison of Fushan Bay, Qingdao commuting zone identification results using different data sources

手机信令数据能够真实反映通勤出行情况。通过与青岛市第四次交通出行调查数据的相

互验证，确定了出行时间、出行距离和交通方式等核心指标。

对于正处于轨道交通网络快速发展阶段的城市而言，仅采用上述3种数据可能无法全面反映通勤空间特征(见图1)。因此，本文将2023年青岛市城市轨道交通OD数据作为通勤圈识别的补充数据源。

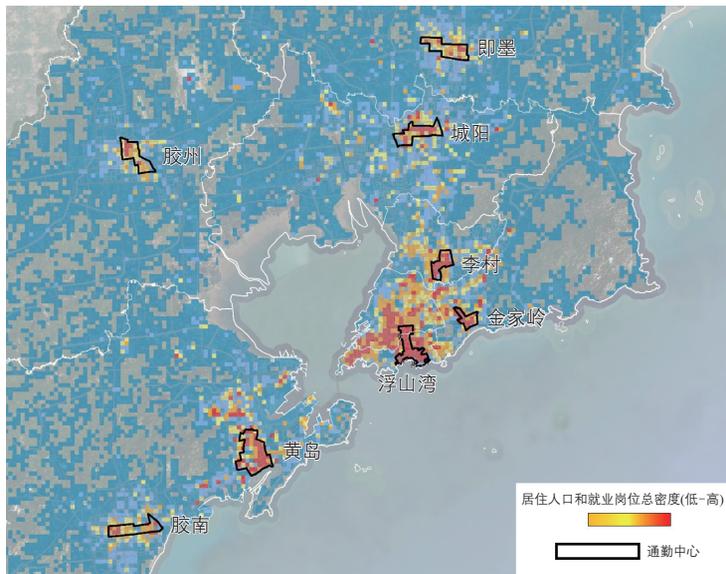


图2 青岛都市区通勤中心分布

Fig.2 Distribution of commuting centers in the Qingdao metropolitan area

表1 青岛都市区通勤中心能级划分

Tab.1 Classification of commuting center capacity in the Qingdao metropolitan area

能级	通勤中心	面积/ km ²	就业岗位密度/ (万个·km ⁻²)	职住比	POI密度/ (个·km ⁻²)	商业与商务 用地比例/%
第一级	浮山湾	8.4	3.2	2.68	2 210	46.2
	金家岭	3.5	2.9	2.27	1 404	53.0
第二级	黄岛	13.0	1.6	0.49	1 164	32.2
	城阳	8.3	1.8	0.52	1 050	32.7
	李村	4.9	1.5	0.59	2 552	32.9
第三级	即墨	8.5	0.7	0.51	1 371	29.4
	胶南	7.7	0.8	0.42	1 213	29.7
	胶州	7.5	0.8	0.43	1 325	21.8

1.2 技术方法

首先，对居住人口和就业岗位密度进行自相关分析，评估居住人口和就业岗位的空间聚集特征，并基于统计显著性阈值确定通勤中心。其次，采用多情景模拟方法确定合理的通勤率阈值范围，以此作为核心指标识别通勤圈范围。最后，通过指标相关性分析明确通勤圈的主要特征。

1.3 通勤中心识别

通勤中心的就业岗位和居住人口集聚度应明显高于外围区域，活跃度比较高，与周边地区联系比较紧密。本文按照以下3个原则确定通勤中心：1)通勤中心应作为社会经济发展的核心建成区，具有较高的居住人口密度或就业岗位密度，在中心城区一般应达到1万人·km²以上，在外围组团不低于0.6万人·km²；2)对于多中心、组团式空间结构的城市，单个通勤中心的用地规模不宜过大，一般不超过15 km²；3)通勤中心内的商业、商务、公共管理与公共服务用地比例及其开发强度应显著高于周边区域。

结合上述原则，识别青岛都市区存在8处通勤中心(见图2)。结合占地面积、就业岗位密度、职住比、POI密度、商业与商务用地比例等指标综合评估，将通勤中心划分为3个能级：第一级为浮山湾和金家岭，第二级为黄岛、城阳和李村，第三级为即墨、胶南和胶州(见表1)。

1.4 通勤圈识别

通勤圈是指以通勤中心为核心，通过通勤联系强度划定的空间范围，其边界主要通过通勤率指标确定。通勤率是指通勤中心及外围空间单元之间的双向通勤交通量占外围空间单元通勤交通总量的比例，其阈值范围通常为10%~30%。测算每个通勤中心与外围空间单元之间的通勤率，将通勤率达到阈值的外围空间单元纳入通勤中心的辐射范

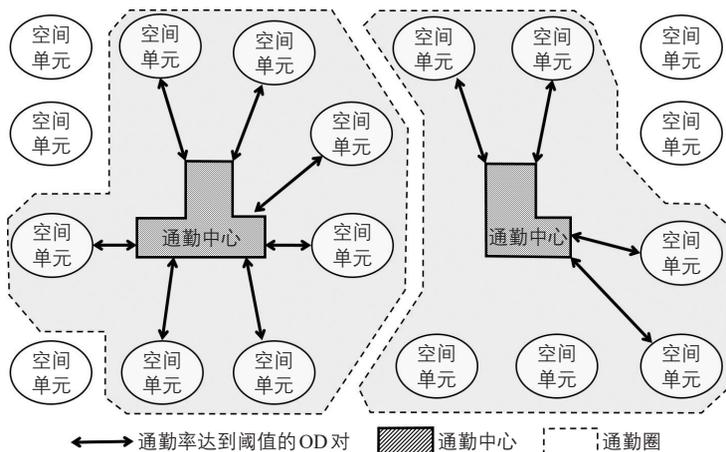


图3 基于通勤率识别通勤圈的逻辑示意

Fig.3 Logic diagram of commuting zone identification based on commuting rates

围，最终识别出通勤圈的空间边界(见图3)。

基于青岛都市区8处通勤中心，分别模拟通勤率大于10%，20%，30%阈值情景下的通勤圈范围(见图4)。结合土地利用数据和青岛市第四次交通出行调查数据的分析结果，考虑到青岛都市区多中心、组团式的环湾空间结构特征，本文确定采用10%作为通勤率阈值。由此识别青岛都市区8个通勤圈(见图5)，分别为浮山湾通勤圈、金家岭通勤圈、黄岛通勤圈、城阳通勤圈、李村通勤圈、即墨通勤圈、胶南通勤圈和胶州通勤圈。

2 通勤圈主要特征

2.1 通勤中心能级影响通勤圈范围

理论上，通勤中心的能级越强，其通勤圈的范围越大。然而，实际分析表明，当相邻通勤中心的能级差异显著时，高能级通勤圈会覆盖部分低能级通勤圈的范围。例如，浮山湾通勤中心的能级显著高于其他通勤中心，导致李村、城阳和金家岭通勤圈的部分范围被其覆盖，并在内部形成明显的低通勤率空白区。相比之下，当通勤中心能级相近时，通勤圈之间的相互影响较小。例如，城阳通勤圈和即墨通勤圈的空间范围相对独立，均呈现出以通勤中心为核心向外均衡拓展的特征。

2.2 通勤圈间职住比差异不明显

通勤圈是城市职住空间的主要集聚区。青岛都市区8个通勤圈的总面积为644 km²，占都市区总面积的比例不足10%，却集中了68%的就业岗位和63%的居住人口。研究发现，通勤中心职住比与通勤圈职住比不存在直接相关性。

与通勤中心职住比的显著差异不同，青岛都市区8个通勤圈的职住比相对均衡，其数值由高到低依次为：金家岭、黄岛、浮山湾、城阳、即墨、胶南、李村和胶州(见表2)。

2.3 通勤圈范围影响出行分布和出行距离

在通勤圈内部，各空间单元与通勤中心之间的出行量呈现由通勤中心向外逐步递减的趋势(见图6)。然而，浮山湾通勤圈不仅遵循这一普遍规律，还呈现出明显的跳跃式分布特征。这一现象表明，浮山湾通勤圈需要在更大范围内实现职住平衡，其内部通勤

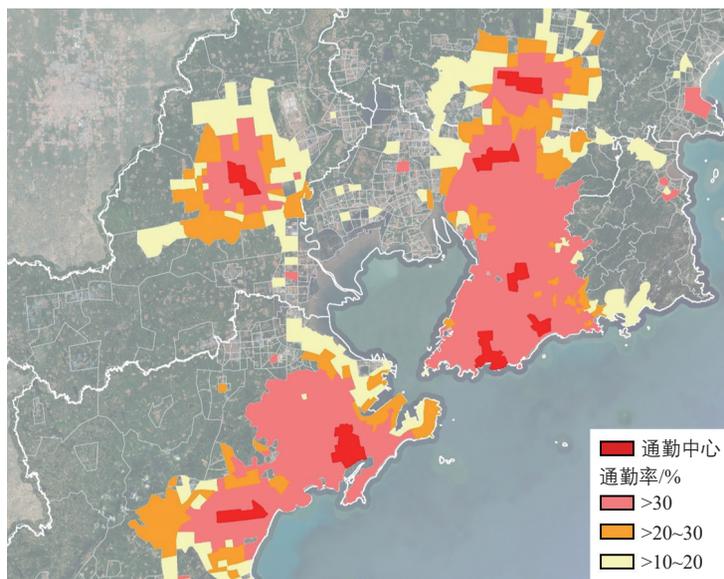


图4 青岛都市区不同通勤率阈值情景下的通勤圈范围

Fig.4 Commuting zone delineation with different commuting rates threshold in the Qingdao metropolitan area

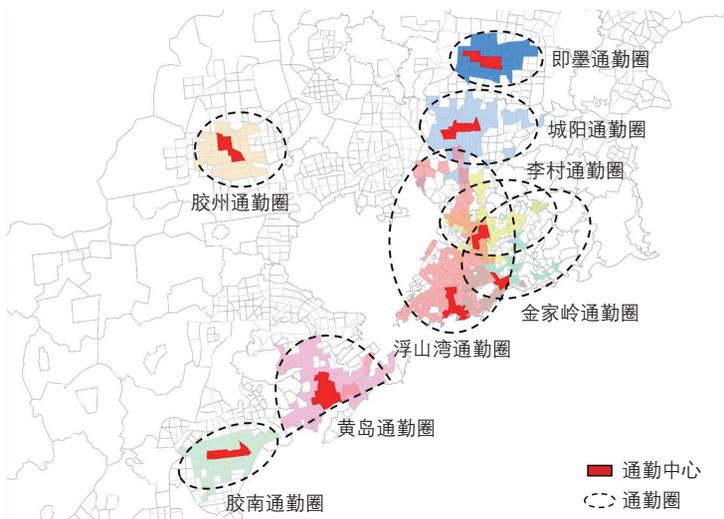


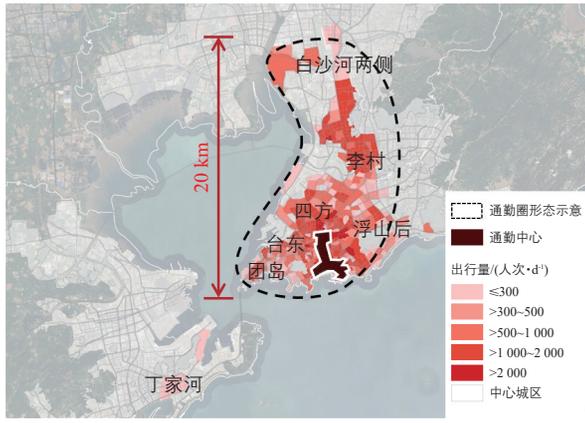
图5 青岛都市区通勤圈分布

Fig.5 Distribution of commuting zones in the Qingdao metropolitan area

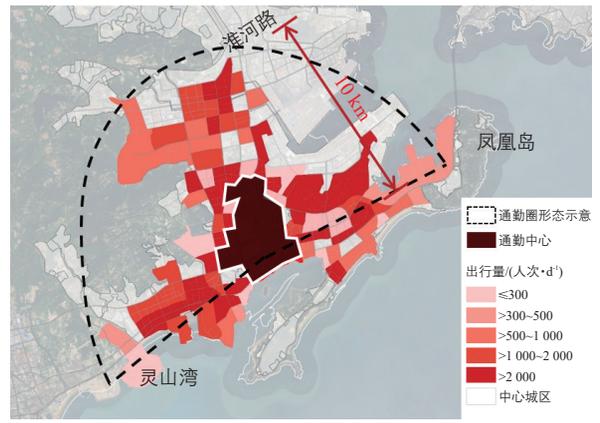
表2 青岛都市区各通勤圈职住指标对比

Tab.2 Comparison of job-housing indicators across commuting zones in the Qingdao metropolitan area

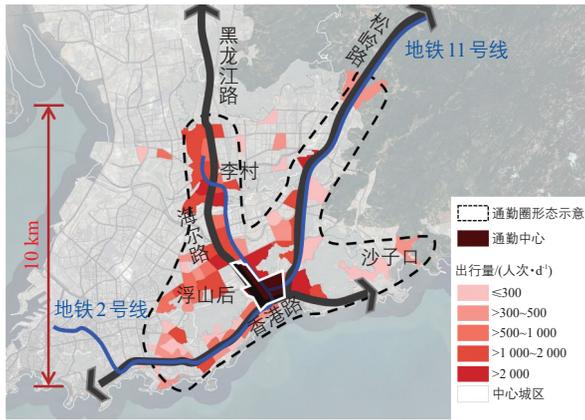
通勤圈	面积/ km ²	人口密度/ (万人·km ⁻²)	岗位密度/ (万个·km ⁻²)	职住比 (不含通勤中心)
浮山湾	154	1.66	0.67	0.40
金家岭	53	1.27	0.63	0.50
黄岛	102	0.79	0.31	0.44
李村	59	1.47	0.50	0.34
城阳	93	0.66	0.29	0.40
即墨	57	0.87	0.33	0.37
胶南	65	0.77	0.27	0.35
胶州	61	0.74	0.24	0.32



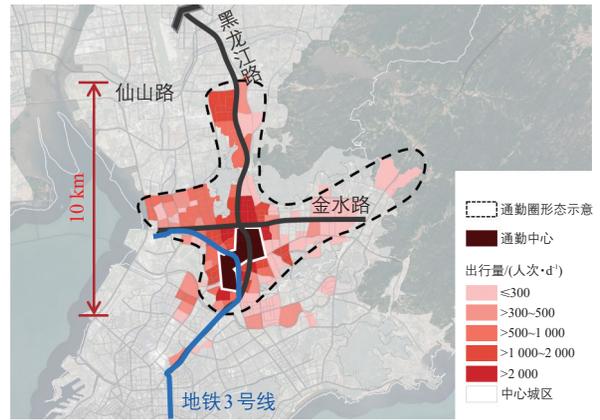
a 浮山湾



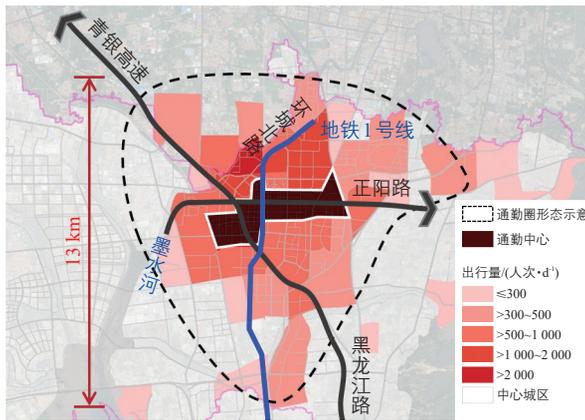
b 黄岛



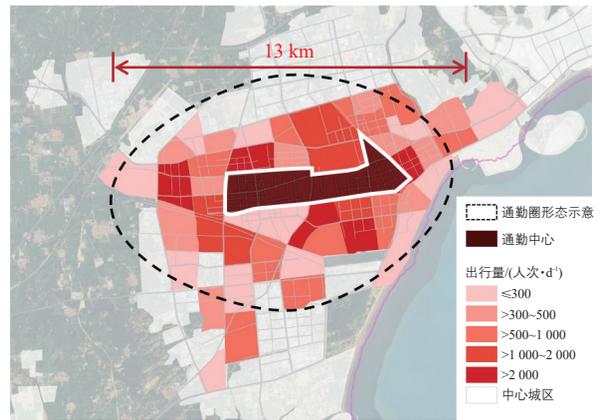
c 金家岭



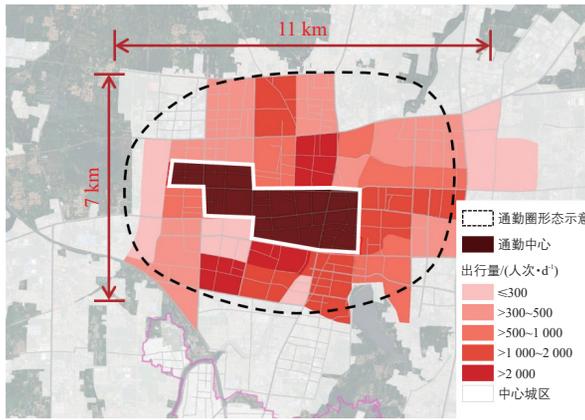
d 李村



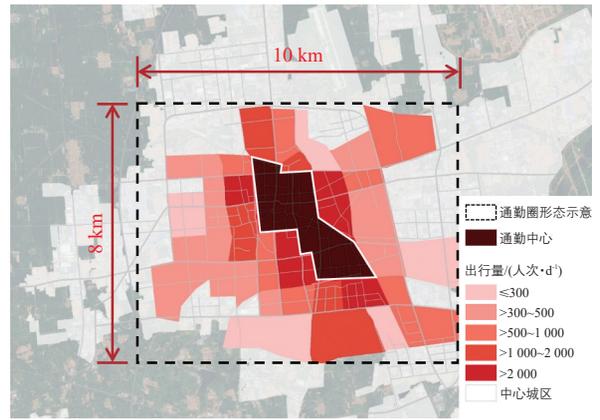
e 城阳



f 胶南



g 即墨



h 胶州

图6 青岛都市区各通勤圈内出行分布对比

Fig.6 Comparison of travel distribution within each commuting zone in the Qingdao metropolitan area

出行已经具有显著的跨区特征。通勤圈范围越大，平均出行距离越大，浮山湾通勤圈出行距离显著高于平均水平(见图7)。

2.4 通勤走廊对通勤圈范围影响显著

通勤走廊包括城市轨道交通线路和城市主干路。一方面，通勤走廊服务能力越强、辐射范围越广，通勤圈范围越大且沿通勤走廊延伸的特征越明显(见图8)。浮山湾通勤圈通勤走廊服务能力明显强于其他通勤圈，其影响范围也显著大于其他通勤圈。另一方面，城市轨道交通线路对通勤圈空间分布的影响更加突出。浮山湾、金家岭、黄岛等影响范围较大的通勤圈通常具有2条以上的城市轨道交通线路。这些通勤圈整体沿城市轨道交通线路分布，其通勤中心往往也位于城市轨道交通枢纽节点。

2.5 通勤圈内部要素互为关联

通勤圈内部要素主要包括用地构成和交通设施。

1) 商业与服务用地比例随着通勤圈范围的扩大而降低；通勤中心能级越高的通勤圈，其商业与服务用地比例和公共管理与公共服务用地比例也越高(见表3)。

2) 道路网密度和公共汽车线网密度随

着通勤圈范围的扩大而减小。在通勤中心能级相同的情况下，道路网密度和公共汽车线网密度越高，意味着机动化出行比例越高，从而通勤圈的范围也越大(见图9)。

3) 通勤圈内部道路网更为发达，道路网密度显著高于通勤圈之外的区域。

3 通勤圈空间优化策略

3.1 优化通勤中心职住空间布局

青岛都市区8处通勤中心与城市中心体系的匹配度不足(见图10)。规划的白沙河、

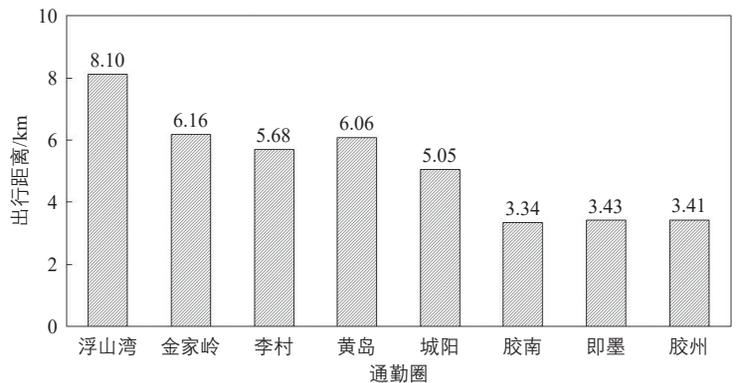
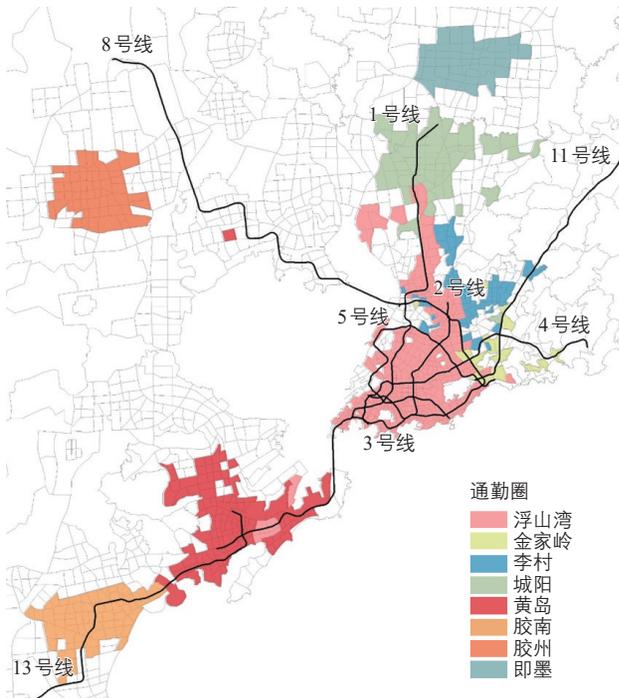
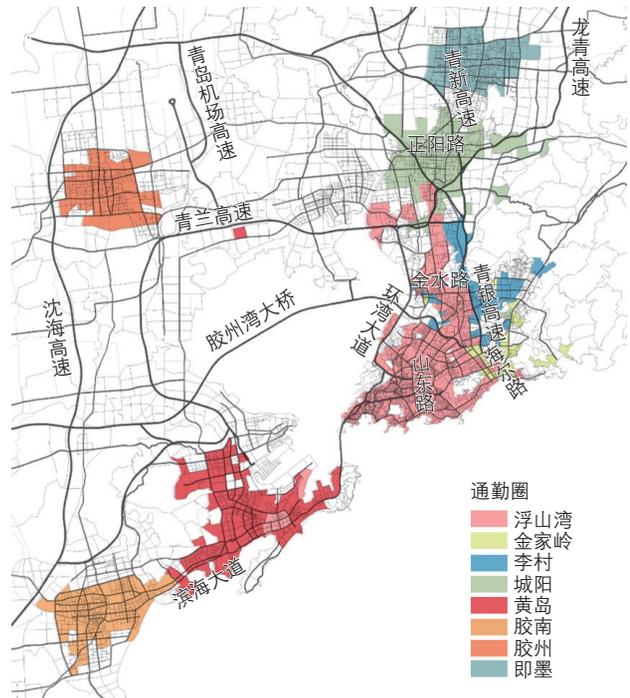


图7 青岛都市区各通勤圈平均出行距离

Fig.7 Average travel distance of each commuting zone in the Qingdao metropolitan area



a 与城市轨道交通的关系



b 与城市主干路的关系

图8 青岛都市区通勤圈与通勤走廊空间关系

Fig.8 Spatial relationship between commuting zones and commuting corridors in the Qingdao metropolitan area

表3 青岛都市区各通勤圈内部要素对比

Tab.3 Comparison of internal elements of commuting zones in the Qingdao metropolitan area

通勤圈	商业与服务用地比例/%	公共管理与公共服务用地比例/%	道路网密度/(km ² ·km ⁻²)	公共汽车线网密度/(km ² ·km ⁻²)
浮山湾	9.80	10.10	7.29	3.31
金家岭	10.30	9.60	6.55	2.84
黄岛	8.00	7.70	4.91	2.19
李村	10.00	8.10	5.21	2.79
城阳	6.80	5.90	5.77	2.01
即墨	9.40	5.20	6.42	2.10
胶南	7.20	5.00	6.10	2.22
胶州	7.90	5.00	5.05	2.12

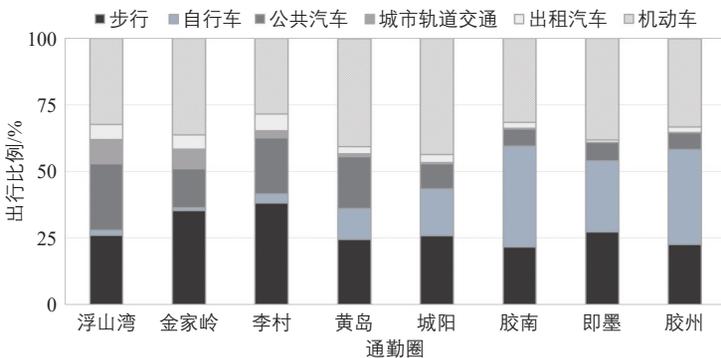


图9 青岛都市区通勤圈交通结构

Fig.9 Travel mode share in commuting zones of the Qingdao metropolitan area

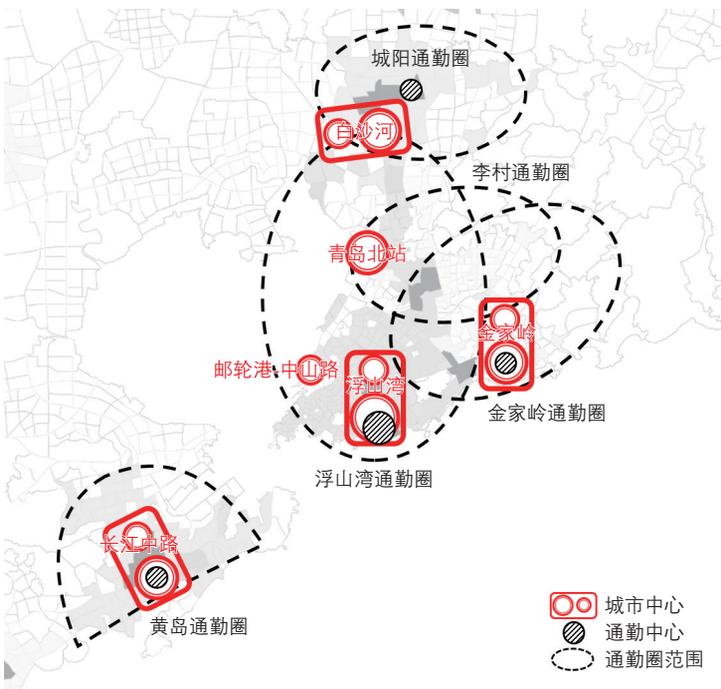


图10 青岛都市区通勤圈与城市中心体系的空间关系

Fig.10 Spatial relationship between commuting zones and the urban center system in the Qingdao metropolitan area

青岛北站等市级中心的居住人口和就业岗位集聚度偏低，辐射带动作用不强。相比而言，浮山湾通勤中心则呈现过度集聚态势，其通勤圈已覆盖白沙河以南20 km范围内的主要居住组团，导致潮汐交通拥堵成为城市最突出的交通问题。通过优化通勤中心的职住空间布局，能够引导通勤出行分布均衡化，进而完善青岛都市区多中心空间格局，缓解潮汐交通拥堵，提高城市空间整体运行效率。

1) 从居民出行便利性、交通运输经济性和城市建设可持续性角度出发，建议优先将浮山湾通勤中心内符合条件的公共服务设施向白沙河、青岛北站、李村等北部次级中心疏解，同时结合主城区低效产业空间和老旧小区更新改造，围绕通勤中心优化居住空间布局。

2) 针对青岛北站、白沙河等北部次级中心，应优先提高用地混合度，重点加强商务和公共服务设施配套，合理控制通勤中心内居住用地供给，适度提高职住平衡水平。青岛北站、白沙河形成成熟通勤中心后，可有效疏解与浮山湾通勤中心联系紧密的主城区北部通勤空间单元，从而促进高品质、多中心城市空间结构的形成。

3.2 提高通勤圈内部空间使用效率

在优化通勤中心职住空间布局的同时，需重点关注通勤中心边界与通勤圈边界之间的国土空间利用效率。具体建议如下：

1) 用地布局优化。建议参照15 min, 10 min, 5 min社区生活圈标准，科学配置公共服务设施和商业设施。通过调控居住用地、公共管理与公共服务用地、商业服务用地的供给结构，优化各空间单元职住平衡水平。除通勤中心内部空间单元外，建议通勤圈各空间单元的平均职住比控制在0.4左右。

2) 交通设施完善。由于道路网密度和公共汽车线网密度与通勤圈紧凑度呈正相关关系，可以理解为在同等条件下，提高道路网密度和公共汽车线网密度有助于提升空间使用效率。因此，建议重点完善由次干路、支路和公共汽电车交通系统组成的内部通勤服务网络，以提高通勤圈内部运转效率。

3.3 构建与通勤圈相匹配的骨干交通系统

青岛都市区通勤圈对城镇开发边界的覆

盖比例仍然较低,且通勤圈外围出行呈现明显的方向离散特征。这一空间特征导致骨干交通设施的客流集聚效应难以充分发挥,既降低了设施使用效率,又在一定程度上推动了小汽车出行,进而加剧道路交通拥堵并推高城市交通设施供给成本。

应构建与通勤中心能级及通勤圈范围相匹配的交通系统,通过通勤走廊在通勤中心的交汇组织,在通勤圈内部形成放射式或网络化的布局模式。具体建议如下:

1) 针对金家岭、李村、黄岛、城阳等核心通勤圈,以通勤中心为核心节点,持续完善城市轨道交通网络布局,确立城市轨道交通在机动化出行中的主体地位,强化城市轨道交通车站与周边用地的协同开发建设;结合经济、环境、舒适性等约束条件,逐步将外围空间单元整合至邻近通勤圈。

2) 针对即墨、胶州、胶南等外围通勤圈,重点发展中低运量公共交通系统和城市干线道路网络,明确城市轨道交通主要承担跨通勤圈联系功能。

4 结束语

本文提供了一种适用于多中心格局和湾区形态城市的通勤圈识别方法。特别针对轨道交通网络快速发展阶段的城市,建议将城市轨道交通通勤OD实时数据作为通勤圈识别的重要补充数据源,该方法可为通勤率阈值范围的科学确定提供参考。

为构建高效的青岛都市区通勤体系,需合理调控城市职住空间的总量规模与空间分布,重点培育青岛北站、白沙河等区域形成功能完善的通勤中心,优化通勤圈内部空间使用效率,并构建与通勤中心能级、通勤圈服务范围相匹配的交通系统。

本文聚焦于通勤出行,尚未对非通勤出行展开详细分析。未来应统筹通勤出行与非通勤出行,整合融合社会属性的多源时空大数据,深入研究大城市居民通勤圈和日常生活空间范畴与土地使用及交通环境构成要素的相互影响机理,为推进绿色低碳出行、提升城市空间使用效率提供更为全面和精准的依据。

参考文献:

References:

- [1] 朱查松,王德,马力.基于生活圈的城乡公共服务设施配置研究:以仙桃为例[C]//中国城市规划学会.规划创新:2010中国城市规划年会论文集.重庆:重庆出版社,2010:2813-2822.
- [2] 郭亮,郑朝阳,黄建中,等.基于通勤圈识别的大城市空间结构优化:以武汉市中心城区为例[J].城市规划,2019,43(10):43-54.
GUO L, ZHENG C Y, HUANG J Z, et al. Commuting circle-based spatial structure optimization of mega-cities: a case study of Wuhan central city[J]. City planning review, 2019, 43(10): 43-54.
- [3] 路启,阚长城,魏星,等.基于LBS数据的天津市双城通勤圈研究[J].城市交通,2020,18(5):45-53.
LU Q, KAN C C, WEI X, et al. Commuting circle in twin cities of Tianjin based on location-based service data[J]. Urban transport of China, 2020, 18(5): 45-53.
- [4] 刘常平,刘铮,徐学明,等.基于城市通勤圈的北京市郊铁路发展建议及对策[J].交通工程,2020,20(1):20-25.
LIU C P, LIU Z, XU X M, et al. Current situation and development of Beijing suburban railway to support the mega-region commuting circle[J]. Journal of transportation engineering, 2020, 20(1): 20-25.
- [5] 陈心雨.都市圈空间与通勤交通发展机理初探与通勤视角都市圈空间规模研究[D].南京:东南大学,2020.
CHEN X Y. Research on the development mechanism and interactive space scale between metropolitan space and commuting transport[D]. Nanjing: Southwest University, 2020.
- [6] 刘晓冰,李奉孝,田欣妹,等.基于通勤模式的都市圈中心结构判别研究[J].交通运输系统工程与信息,2022,22(2):17-28.
LIU X B, LI F X, TIAN X M, et al. Identifying metropolitan center structure based on commuting patterns[J]. Journal of transportation systems engineering and information technology, 2022, 22(2): 17-28.