

TOD 发展模式的内涵解析和若干关键思考

赵鹏林¹, 张宁²

1. 河北省雄安新区管委会, 保定 071703

2. 深圳国家高新技术产业创新中心, 深圳 518000

摘要 公共交通导向的开发(TOD)模式是提高资源利用效率和交通节能减排的有效途径, 符合当前碳达峰、碳中和目标决策要求。新形势赋予TOD模式新目标, 即构建以公共交通主导的绿色生产生活方式。为此, 在交通构建、用地开发和可持续发展等方面提出若干思考。交通方面, 为实现“双碳”目标, 公共交通成为综合交通的主导是必要的, 基础是提供比小汽车有竞争力的公交服务, 并配合良好的慢行系统, 同时引导和控制小汽车使用。土地开发方面, 引导城市生产、生活围绕公共交通系统组织, 优化城市空间形态, 差异化控制开发强度和推动产站城一体化发展。可持续发展方面, 保障公共交通财务可持续和实现公共交通对城市减碳的贡献, 核心是确保充足的客流量, 从而实现公共交通可持续发展与TOD开发的双赢。

关键词 公共交通导向的开发; 碳达峰、碳中和; 公共交通; 可持续发展

近40年来, 南、北极冰川变化加剧, 极端天气发生频次明显增加, 全球气候变化呼唤人类自我革命^[1]。在此背景下, 党中央着眼于构建人类命运共同体, 作出推动中国碳达峰、碳中和的重大战略决策。这是中国对国际社会的庄重承诺, 也是推动高质量发展的内在要求^[2]。中国将提高国家自主贡献力度, 采取更加有力的政策和措施, 二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和^[3]。

目前, 交通运输排放的二氧化碳占中国与能源

相关二氧化碳排放总量近11%^[4], 未来减碳压力巨大。在所有交通方式排放的二氧化碳总量中, 公路运输排放的占比为77%, 亟需调整综合交通运输结构。国务院发布的《2030年前碳达峰行动方案》^[5]提出, 推进城乡建设绿色低碳转型, 推动城市组团式发展, 科学确定建设规模, 控制新增建设用地过快增长; 构建绿色高效交通运输体系, 打造高效衔接、快捷舒适的公共交通服务体系, 积极引导公众选择绿色低碳交通方式。

TOD(transit-oriented development)即公共交通

收稿日期: 2023-04-18; 修回日期: 2023-09-27

作者简介: 赵鹏林, 高级工程师, 研究方向为轨道交通、TOD规划设计, 电子信箱: szgdb001@163.com

引用格式: 赵鹏林, 张宁. TOD发展模式的内涵解析和若干关键思考[J]. 科技导报, 2023, 41(24): 12-19; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.24.002

导向的开发模式,通过协调公共交通和用地开发,实现城市功能复合、立体开发和公交导向的集约紧凑型发展,是提高资源利用效率和节能减排的有效途径,也是实现绿色生产生活方式变革的必由之路,符合当前碳达峰、碳中和目标决策要求。

“双碳”目标赋予 TOD 模式节能减碳的新内涵,从实现交通减碳的角度,结合新发展形势,对 TOD 模式交通发展、土地开发和可持续发展等方面提出若干思考。

1 新形势下 TOD 模式的内涵

1) TOD 的内涵演变。由于空间形态、机动化水平,以及经济社会背景等不同,国内外城市在不同阶段实施 TOD 的出发点也不同,其导向的 TOD 内涵、研究和实践重点也有所差异。TOD 的理念源于 20 世纪 80 年代的美国,为了遏制郊区化带来的低密度蔓延、高度社会隔离、严重依赖小汽车等种种问题,伯尼克(Bernick)和赛维罗(Cervero)主张土地利用和城市公共交通系统相互结合,重点是公共交通站域的土地利用和空间组织,在理论和实践中提出了著名的 3D 密度[(density)、多元化(diversity)、设计(design)]原则^[6]。TOD 理念引入中国与快速城市化、轨道交通大发展过程相伴随。2000 年之前,个别城市从筹措轨道交通建设资金出发,尝试将轨道建设与房地产联合开发;2000—2008 年,城市进入快速化发展阶段,国内城市主动引导商业开发向轨道沿线集聚,满足城市扩张需求并促进城市空间结构优化;2008—2018 年,城市轨道和高速铁路均快速发展,政府推动高铁新城、轨道+社区、轨道+小镇等各层次轨道交通站点 TOD 规划建设;2018 年后,城市进入存量化和高质量发展阶段,从城市、都市圈的战略高度上主动寻求 TOD 引导城市高质量发展,“站城融合”成为规划和实践重点^[7]。

综上,此前中国推行 TOD 模式的重点包括:(1) 构建用地和轨道交通相协调的组团式城市空间形态;(2) 利用土地出让和开发收益筹措轨道交通建设运营资金;(3) 通过轨道站点的综合开发带

动片区发展;(4) 通过合理的混合功能布局、公共空间营造和交通规划组织,形成紧凑、均衡、宜人的片区。

2) TOD 的减碳内涵。交通是城市碳排放的主要来源,纽约、伦敦、巴黎等西方国家大城市的交通碳排放占比均超过 25%,而 TOD 发展最好的东京都的交通碳排放占比仅为 16.7%^[8],TOD 发展模式是实现交通减碳的有效途径。“双碳”目标下,有研究^[9]提出交通运输部门碳排放量在 2025—2030 年间达到峰值,预计 2030 年碳排放量约为 10.9 亿 t,2050 年碳排放量约为 5.5 亿 t,即 2050 年比 2030 年碳排放量降低 50%,中国城市交通亟需借助 TOD 模式实现绿色转型。

TOD 模式减碳的机理,一方面是通过用地的集约化开发和功能混合,促进职住平衡和形成慢行生活圈,缩短出行距离,减少机动化出行总量;另一方面是通过人口岗位与车站的紧密结合,完善片区与车站的慢行接驳,吸引更多人群采用公共交通方式出行^[10]。

但是,值得注意的是,提升公共交通分担率不一定减碳,还需要保证充足的客流。公共交通减碳的本质是利用其载客量大的特点,实现人均出行碳排放量和交通总碳排放量的降低。即公共交通并不天然低碳,只有实际客流达到一定量级时才能实现低碳。公交车满载时人均碳排放量约为小汽车的一半,但空载(按 1 人计算)时人均碳排放量是小汽车的 4~5 倍(图 1)。轨道交通系统总碳排放量主要是驱动载运工具自重所产生的,载客重量对其影响较小(图 2)。根据某市数据,测算不同交通方式实际载客量下的人均碳排放量(图 3)发现,公交车

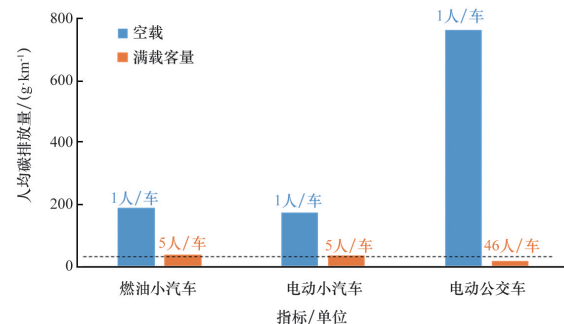


图 1 公交、小汽车不同载客量下的人均碳排放量

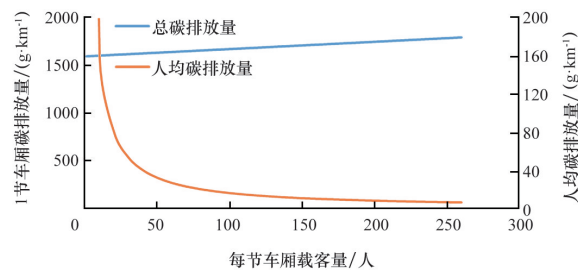


图2 轨道人均碳排放量与客流量关系

和地铁平峰时段载客率较低,其人均碳排放量高于满载情况下小汽车的人均碳排放量。经初步测算,只有公交车载客率大于50%,地铁载客率大于20%(每节车厢载客大于45人)时,公共交通人均碳排放量才能取得对小汽车的相对优势。当前国内客流较好城市的地铁线路,全天满载率仅约10%~30%,需进一步提升客流和精准组织运力,切实提高列车载客率。充足的客流量是公共交通绿色低碳的前提,能否降低人均出行碳排放量是衡量公共交通系统对减碳贡献大小的关键指标。

新形势下,TOD模式的目标是构建以公共交通主导的绿色生产生活方式。TOD的实施不能单纯从房地产开发反哺轨道交通的财务角度出发,也不是仅靠站域的城市设计可以实现的。协调公共交通与综合交通发展政策,统筹用地和产业的协同规划,才能实现高水平的公共交通主导模式;协调TOD多主体间权责关系,保证各方财务的可持续性和对环境的友好性,才能实现长期的可持续发展。

2 新形势下TOD模式的交通发展

国内当前TOD规划建设对交通的研究多聚焦于站域的交通规划组织,缺乏顶层设计,理清TOD模式中的交通发展目标和关键策略意义重大。

1) TOD模式发展的核心是公共交通出行成为主导。伦敦市、东京市和纽约市核心区高峰期公共交通机动化出行分担率均超过80%(表1);深圳市相关研究提出未来TOD区域公交分担率 $\geq 60\%$,核心区 $\geq 80\%$;雄安新区作为“千年大计”,以建设

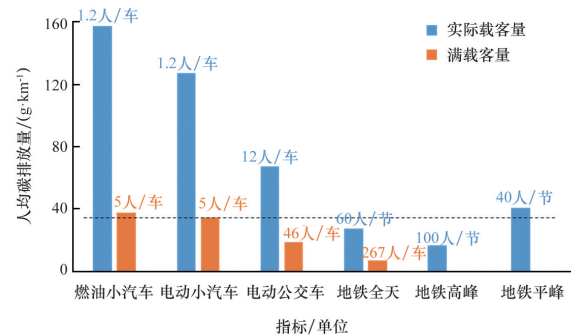


图3 某市实际载客量下不同交通方式人均碳排放量对比

新时代的生态文明典范城市为目标,提出全方式中绿色交通出行比例达到90%,公共交通占机动化出行比例达到80%的出行目标;《关于城市优先发展公共交通的指导意见》(国发[2012]64号)^[11]要求大城市实现公共交通占机动化出行比例达60%左右。国外经验和国内规划目标均表明TOD模式的核心是公共交通成为城市出行的主导。只有实现公交出行占主导地位,TOD模式才算成功,TOD模式才可成为实现“双碳”目标的有效途径(表1)。

表1 国外城市TOD区域公共交通占机动化出行比例

区域	公共交通占机动化出行比例(高峰期)/%
伦敦金融城	93
东京大丸有地区	89
纽约曼哈顿下城区	83

2) 实现公共交通主导的基础是公交系统可以提供相对小汽车更有竞争力的服务。当前新能源汽车的推广大幅降低小汽车用车成本,网约车的发展提升共享小汽车出行的便利性,城市道路智慧化改造进一步释放道路通行能力,公共交通服务竞争力相形见绌,传统的公共交通系统难以形成主导优势。提升公共交通系统竞争力和服务水平,要在确保公交的全出行链时间不超过小汽车出行时间的1.5倍的基础上,采取各种方式优化提升公共交通服务水平和竞争力。(1) 构建“骨干公交+需求响应公交”的一体化服务,紧贴多样化出行需求,在有效控制成本的同时,引入现代科技手段打造需求响应式公交,满足多样化出行需求,实现对大部分出行

需求的有效供给。需求响应公交不需要固定线路,基于用户预约或随时请求,通过智慧调度平台集合需求,实时生成路径(图4)。(2) 创新公共交通站点设计理念,采用“驿站”公交等设计理念,将公共交通站点打造成融合交通、消费、社区服务等多重功能于一身的综合性服务节点,提升站点的服务品质和体验,增加站点与居民生产生活的黏性(图5)。

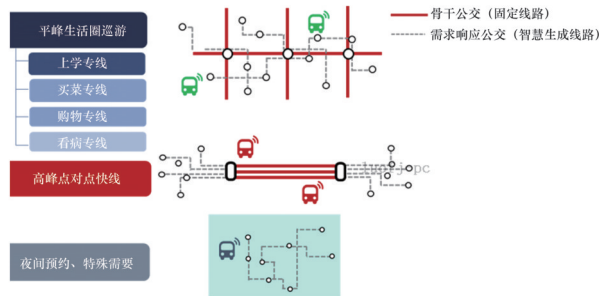


图4 需求响应公交主要服务场景示意



(a) 首末站/枢纽站+驿站 (b) 交叉口换乘枢纽+驿站 (c) 重点停靠站+驿站

图5 “驿站式”交通设计理念

3) 良好的慢行系统配合是公交主导的必备条件。相对于“小汽车门到家门”的出行体验,公共交通需与慢行系统配合才能实现全出行链闭合,良好的慢行系统是公共交通出行必要条件。(1) 适配“公交全覆盖+慢行畅通”的窄密路网和社区功能布局。根据公交站点的适宜覆盖范围,以步行至公交站点不超过5 min为原则,构建无车街区单元,并结合常规建筑模数进一步提升慢行路网密度,形成慢行优先、公交全覆盖的路网体系。围绕慢行走廊、公交站点布局活力街道界面、公园和公共空间、商业、办公场所和公共服务设施等高流量场所。(2) 打造“慢行主导、全龄友好”的街区环境。保障全域骑行路权,形成连续、无障碍慢行网络,街区内

部落落实静化设计,打造安心慢行环境。关注社区人文价值,提供慢行互动设施,营造活力慢行氛围(图6)。

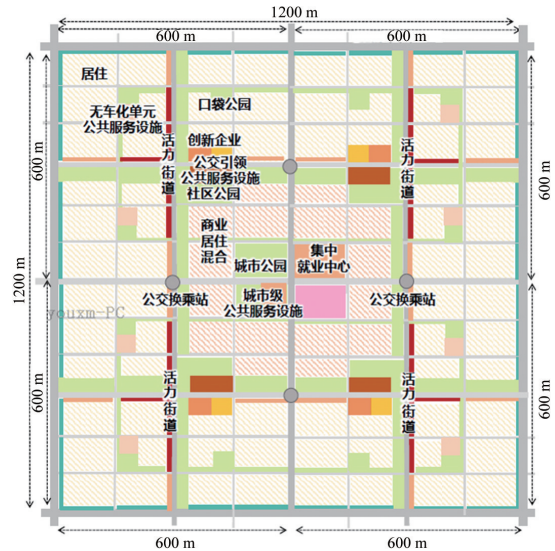


图6 窄密路网下的慢行生活圈

4) 主动引导和控制小汽车使用是必然趋势。经验表明,实现公交主导的发展模式需要在提升公共交通服务的同时,引导和控制小汽车合理使用。全社会倡导公交优先的同时,政府部门需通过调控政策影响对小汽车的基本态度,即满足少量、必要需求条件下,对其进行适度限制(表2)。

(1) 通过提高停车收费等经济手段,适度抑制小汽车使用需求。国外公共交通主导区域每小时停车收费约为城市最低工资水平的1~2倍。

(2) 降低TOD区域停车位配建数量,设配建指标上限,或推行零配建。例如,伦敦市政府在靠近地铁或铁路的新住宅区开展无车住房计划,伦敦内、外地铁附近的新住宅停车位将被分别减至为0个和1个;且政府免费发放租车俱乐部和自行车租赁俱乐部的会员资格及现金卡,激励市民购买无车新住宅。伦敦瑞士再保险大厦零配建小汽车车位,提供3倍的自行车停放区域及淋浴和更衣设施。因此,在TOD区域内,需要对原来的小汽车配建指标进行调整,把大量的资源投入到公共交通建设中,预留给共享单车存放、共享电动车充电,以及城

表2 国外TOD区域小汽车需求调控政策

区域	小汽车需求调控政策
伦敦金融城	(1) 通过停车区划管制、车位划分政策、停车许可证制度精细控制停车位供给。建筑停车配建采用上限指标,压缩市区停车位供给 (2) 在靠近地铁或铁路的新住宅区推行零配建,对购买无停车配建住宅的居民,发放骑行车辆租赁俱乐部会员卡、现金券 (3) 对进入区域的车辆收取拥堵费、排放费,对尾气排放不合格车辆每天征收12.5英镑排放费
曼哈顿下城区	(1) 设定建筑物停车配建上限指标,控制停车供给 (2) 限制对新停车位许可申请 (3) 停车收费高昂,可达10~20美元/小时
东京大丸有地区	大规模建筑物有义务配建停车位,但是配建指标较低

市的其他功能设施,并与公交和地铁充分结合,空间资源和政策导向均充分向公共交通倾斜。

(3) 在TOD区域推行无车区等政策,禁止或限制小汽车驶入。以伦敦车辆尾气低排区为例,2019年,伦敦在市中心一区地带划出的永久性车辆尾气超低排放区开始生效,对尾气排放不合格车辆征收每车每天12.5英镑的费用。

(4) 针对少量小汽车出行需求,提供必要基础支撑设施,加以引导,保证良好秩序。在长距离通勤上鼓励合乘,设置多乘员专用(HOV)车道,公交运行效率允许情况下可与公交专用道合并设置,鼓励集约出行;联合企业、社区建立鼓励拼车制度,对外围区域与TOD区域通勤需求进行合乘引导;在路侧设置必要临停车位并加强管理,主要满足顺路便利店购物、早餐等活动存在的短时停车需求;在其他小汽车使用场景(如紧急就医),视使用必要性进行人性化管理。

(5) 结合中国国情,党政机关、事业单位和国企等单位应率先落实相应措施,加强员工教育引导,减少小汽车使用。

3 新形势下TOD模式的土地开发

实现公共交通主导的发展模式,需要城市和产业功能布局、土地开发形态等与公共交通布局紧密配合,与人流密切相关的生产、生活活动围绕公共交通站点开展。

1) 优化城市空间形态,形成绿色生产生活格

局。城市空间结构与公共交通网络全面叠合,围绕公共交通枢纽和站点,布局城市各级中心和功能单元,优化城市空间形态;通过公共交通线路串联,实现城市功能高效组织和资源高效利用。对应城市轨道交通、地面公交2级城市公共交通体系:(1) 在轨道站域构建单元中心,布局10~15 min生活圈,轨道网串联单元中心(图7);(2) 围绕公交站构建社区中心,布局5 min生活圈,公交网串联社区中心(图8)。公共交通站域即是居民活动中心,是交通的发生和吸引点,可以减少公共交通两端步行接驳距离。

2) 用地规划体现差异化原则,引导人口岗位向公交廊道集聚。根据片区公共交通承载力和可达性,规划差异化的用地功能、开发强度和规模等,



图7 围绕轨道站构建单元中心

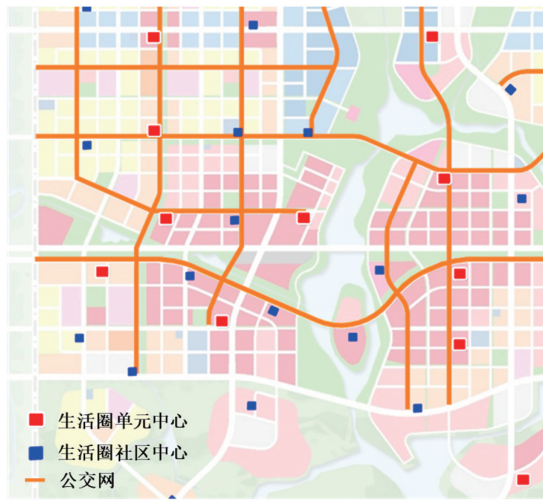


图8 围绕公交站构建社区中心

可采用的具体规划原则如下：(1) 根据高峰时段的公共交通系统的交通容量，按比例分配居住密度、商业密度、控制地块建设强度等；(2) 轨道影响区内，布局高密度就业及居住功能，宜设置建设强度和人口密度下限，以支撑轨道交通客流；(3) 轨道影响区外，宜控制开发强度上限，避免因超过公共交通承载能力而过度依赖小汽车出行。

3) 高度重视产业规划和培育，推动产站城一体化发展。(1) 通过外围产业培育，缓解潮汐客流。传统单中心、圈层式城市发展模式下，单向通勤潮汐特征明显，致使公共交通供应需求大，但客流效益和资源利用率低。应大力推动职住平衡，功能适度混合，并在城市外围站点规划适宜的产业和休闲娱乐场所，引导双向通勤和增加非通勤客流。(2)

注重产站城一体化规划，围绕公共交通属性和客流特征选取和布局产业，实现公共交通与产业发展相互融合促进。轨道站域的高可达性和稳定客流优势，可以吸引知识密集型、科技创新型企业 and 商业等集聚，站域开发应提前开展产业研究，明确产业导入目标和空间需求，按需规划用地功能和建筑。

4 新形势下TOD模式的可持续发展

TOD模式可持续发展的重点包括：如何协调各方利益推动实施；如何保障公共交通系统的长期财务可持续。

1) 多主体投资是TOD开发的特征，理清政府投资和市场投资的责任和权利是基础。TOD开发项目按照站城一体化理念，物业开发本体及红线范围内市政道路、各类公共交通场站和区间等规划建设不可分割，属于多主体投资项目。理清政府投资和市场投资的责任和权利，并选取适宜的投资建设管理模式，是TOD开发实施的基础。大型综合交通枢纽TOD开发项目最为复杂，既存在三维空间上投资界面划分、共用结构投资分劈等问题，还存在多个公共交通项目建设时序难以匹配，未立项政府投资项目如何出资等问题。图9所示为一种投资建设及管理模式构架：红线范围内的公交场站和需要同步实施的区间部分，采用由政府委托物业投资商先行建设运营，后期回购的方式进行投资建设及管理。

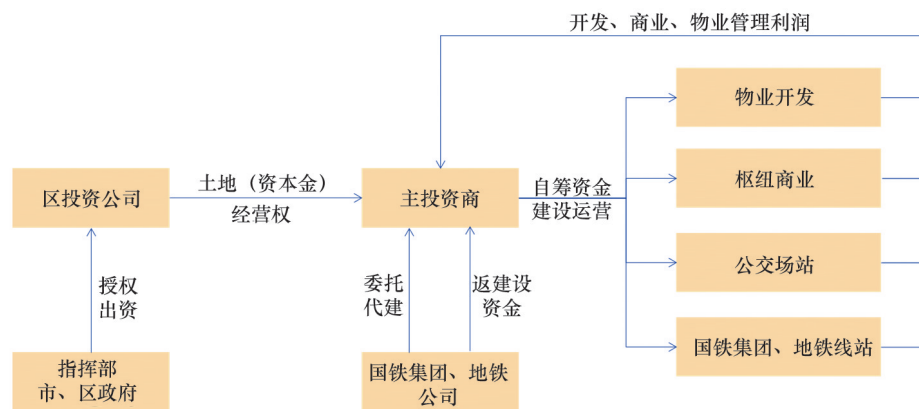


图9 投资建设及管理模式架构

2) 从全生命周期角度统筹城市公共交通绿色低碳可持续发展。公共交通为公益性服务事业,通常情况下票务收入较难覆盖建设运营成本。以轨道交通为例,30年运营期成本约为建设成本的2~3倍;其日常运营成本中,薪酬成本约占50%、能耗成本约占20%、维修及其他成本约占30%。在公共交通的规划建设阶段,首先要研判客流特征和量级,选择合适的制式和建设标准,降低建设成本;其次需要测算全生命周期现金流,并重点研究降本增效措施,以维持公共交通系统可持续发展。

3) 充足的客流量是实现公共交通企业可持续

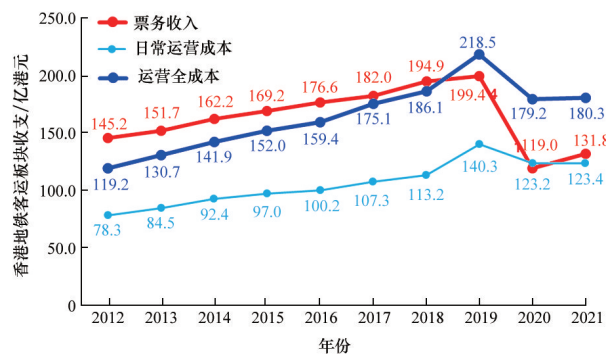


图10 香港地铁历年客运板块收支情况

4) TOD有利于公交增加客流和商圈增加营收,是公交企业可持续发展的优选。良好的TOD模式可以同时实现客流增加和周边商业开发的持续保值增值,由此带来持续稳定的票务收入和商业经营收入,公共交通企业应积极参与TOD开发。深圳地铁、广州地铁、香港地铁、东京JR(Japan Railways)集团、日本东急集团等国内外轨道交通及TOD主体营业收入构成可以佐证,轨道客流与周边物业营收相互促进,客流效益既是轨道交通企业票务收入的保证,也是轨道周边商业增加营收的保证。

5 结论

TOD模式对国家实现“双碳”目标有积极贡献,是公共交通、土地开发行业实现双赢的必然选择。

发展的关键。充足的客流量是效益的基本保障,确保客流量是实现企业可持续发展的关键。香港地铁通过沿线TOD开发保证了线路客流效益,全网平均每天客流强度达到1.9万人次/km,实现了票务收入对运营全成本的覆盖,即使在新冠肺炎疫情期间也基本实现了对日常运营成本的覆盖(图10)。相较于香港地铁,北京、上海、广州和深圳等客流效益较好城市的轨道交通网络每天的客运强度约为0.8万~0.9万人次/km,远低于香港地铁的客运强度,而客流不达标将严重影响公共交通企业财务状况(图11)。

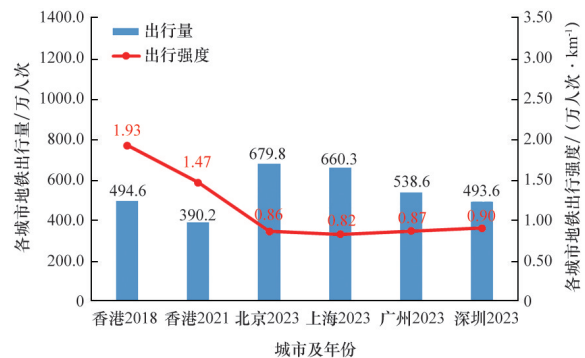


图11 各城市地铁出行量及出行强度对比

实现城市交通总体碳排放量和人均碳排放量的降低,必然要求公共交通成为主导,核心是要保障和提升公共交通的客流量。要提升公共交通和慢行的服务水平和适用场景,辅以交通需求管控政策,形成其对小汽车的全面竞争力;以公共交通网络为基础,调整城市空间形态和组织方式,推动交通-空间-产业一体化发展,实现城市生产、生活方式的绿色转型。

参考文献 (References)

- [1] 《极地气候变化年报(2022年)》揭示南北极海冰减少 极端事件频发[EB/OL]. (2023-08-07)[2023-09-26]. https://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xqxw/2011xqxyw/202308/t20230807_5698717.html.
- [2] 习近平. 正确认识和把握我国发展重大理论和实践问题[J]. 求是, 2022(10): 2-4.

- [3] 习近平. 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[EB/OL]. (2020-09-22) [2023-9-26]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1678546728556033497&wfr=spider&for=pc>.
- [4] 能源基金会. 中国碳中和综合报告 2020——中国现代化的新征程: “十四五”到碳中和的新增长故事[R]. 北京: 能源基金会. 2020.
- [5] 国务院. 国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知[EB/OL]. [2023-09-26]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-10/26/content_5644984.htm.
- [6] 陈莎, 殷广涛, 叶敏. TOD 内涵分析及实施框架[J]. 城市轨道交通, 2008, 6(6): 57-63.
- [7] 夏海山, 韩宝明, 王琳妍. 中国城市轨道交通 TOD 建设发展 30 年回顾与思考[J]. 都市快轨交通, 2022, 35(4): 2-11.
- [8] 金昱. 国际大城市交通碳排放特征及减碳策略比较研究[J]. 国际城市规划, 2022, 37(2): 25-33.
- [9] 项目综合报告编写组. 《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(11): 1-25.
- [10] 刘若阳, 冯海霞, 陆化普. 基于 TOD 模式的交通减碳效果机理分析及测算方法[J]. 城市发展研究, 2022, 29(9): 56-62.
- [11] 国务院. 国务院关于城市优先发展公共交通的指导意见[EB/OL]. (2012-12-29) [2023-09-26]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2013-01/05/content_3346.htm.

Connotation analysis of TOD development model and several key thoughts

ZHAO Penglin¹, ZHANG Ning²

1. Special Advisor Management Committee of Xiong'an New Area, Baoding 071703, China

2. State High-Tech Industrial Innovation Center, Shenzhen, Shenzhen 518000, China

Abstract The public transport-oriented development (TOD) model will improve resource utilization efficiency and transport energy conservation and emission reduction, which fits the requirements for “carbon peaking and carbon neutrality” goals. The new situation gives the TOD model a new goal, i.e. construction of a green style of production and life dominated by public transport. Therefore, new thoughts are proposed on transport construction, land development, and sustainable development. As for transport, in order to achieve the carbon peaking and carbon neutrality goals, it is necessary for public transport to be dominant in comprehensive transportation. The key point is to develop public services with greater competitiveness than cars, coordinating with excellent slow traffic system, and to control cars use. In terms of land development, it is proposed to guide the urban production and lift to be organized around the public transport system, to optimize the urban spatial form, to differentially control the development intensity, and to promote integrative development of production-station-city. In terms of sustainable development, for the financial sustainability of public transport and the realization of urban carbon reduction, the core is to ensure sufficient traffic flow, achieving a win-win situation for public transport sustainable development and TOD exploitation.

Keywords TOD; carbon peaking, carbon neutrality; public transport; sustainable development ●



(责任编辑 王微)