

如何摆脱TOD实践困局:双智驱动的公共交通沿线“站城交响”发展

张峻屹^{1,2}

(1. 东南大学交能材融合研究中心, 江苏 南京 211189; 2. 东南大学交通学院, 江苏 南京 211189)

摘要:以公共交通为导向的开发(TOD)模式被广泛视为可持续城镇发展的核心策略之一,然而,既有文献对其负面影响的讨论严重不足。基于全球TOD典型实践案例,系统识别出一系列相互关联的困境——结构脱节、时间错配、治理失灵、经济脆弱与社会分化。针对上述困局,提出公共交通沿线“站城交响”发展模式,以“双智驱动”为核心动力机制,通过快慢双环耦合实现整体性的涌现效果。具体而言,人工智能负责短期运行调控与实时诱导(对应“快思考”,即D. Kahneman的系统1),聚焦实时运营优化与出行行为引导;免疫智能负责长期结构性治理与战略规划(对应“慢思考”,即D. Kahneman的系统2)。在此基础上,从跨学科视角论证该模式的理论根基,并提出面向未来的政策建议,为摆脱TOD实践困局提供了从理论范式到治理工具的前瞻性方案。

关键词:双智方法论;公共交通沿线“站城交响”发展;TOD困境;人工智能;免疫智能

Resolving the Practical Dilemmas of TOD: Dual-Intelligence-Driven "Symphonic Station-City" Development Along Transit Corridors

Zhang Junyi^{1,2}

(1. Research Center for Transport-Energy-Materials Integration, Southeast University, Nanjing Jiangsu 211189, China; 2. School of Transportation, Southeast University, Nanjing Jiangsu 211189, China)

Abstract: Transit-Oriented Development (TOD) is widely regarded as a core strategy for sustainable urban development globally. Nevertheless, existing research has paid insufficient attention to its unintended negative consequences. Based on typical global TOD practices, this paper systematically identifies a set of interconnected dilemmas, including structural disconnection, temporal mismatches, governance failures, economic fragility, and social fragmentation. To address these challenges, the paper proposes a symphonic station-city development model along transit corridors, underpinned by a dual-intelligence approach. Through the coupling of fast and slow feedback loops, the model produces holistic and emergent outcomes. Specifically, artificial intelligence supports short-term operational management and real-time guidance—corresponding to "fast thinking" (Kahneman's System 1)—with a focus on operational optimization and travel behavior nudging. Immune intelligence, by contrast, guides long-term structural governance and strategic planning—corresponding to "slow thinking" (Kahneman's System 2). Building on this foundation, the paper further establishes the interdisciplinary theoretical basis of the proposed model and advances a set of forward-looking policy recommendations. By integrating a new theoretical paradigm with practical governance tools, it offers a proactive approach for overcoming the persistent challenges associated with TOD.

Keywords: dual-intelligence approach; "symphonic station-city" development along transit corridors; TOD dilemmas; artificial intelligence; immune intelligence

收稿日期: 2026-05-06

基金项目: 国家人才科研经费项目“基于跨学科研究的可持续交通系统规划与管理”(5721002303)、东南大学新进教师科研启动费项目“赋能未来交通与智慧发展科技创新的交叉学科综合研究”(4021002332)、江苏省产业科技创新领军人才经费项目“多模式交能融合与智慧车-路-空-云协同系统研究”(4221002403)、中国工程院战略研究与咨询项目“宁夏副中心城市固原市综合立体交通发展路径战略研究”(6721001039A)

作者简介: 张峻屹(1966—),男,吉林大安人,博士,东南大学首席教授(交通学院),博士生导师,交能材融合研究中心主任,日本工程院外籍院士,罗马俱乐部正式会员,研究方向为以交通运输为核心的交叉学科,涵盖城市与区域发展、能源与环境、健康、旅游、风险与自然灾害等,电子邮箱 zjy890321@outlook.com, zjy890321@seu.edu.cn。

引用格式：张峻屹. 如何摆脱 TOD 实践困局：双智驱动的公共交通沿线“站城交响”发展[J]. 城市交通, 2026, 24(4): 26-38.

Zhang Junyi. Resolving the practical dilemmas of TOD: dual-intelligence-driven "symphonic station-city" development along transit corridors[J]. Urban Transport of China, 2026, 24(4): 26-38.

1 TOD 全球实践困局

以公共交通为导向的开发(Transit-Oriented Development, TOD)自20世纪90年代由彼得·卡尔索普(Peter Calthorpe)正式提出后,便获得全球范围内的推崇,其实践雏形可追溯至20世纪初日本私营铁路的沿线开发模式。然而实证研究表明,TOD的效果远未达预期,不同国家的案例均面临相似困境,而既有文献对其负面影响的讨论严重不足^[1]。本文拟从结构脱节、时间错配、治理失灵、经济脆弱与社会分化这5个维度进行系统梳理。

1) 交通投资与土地政策的系统性脱节。

最基础的结构缺陷在于交通投资与土地使用政策的系统性脱节。法国审计法院(the Court of Auditors)指出,法国高速列车(TGV)部分车站的选址源于地方对融资的追逐而非经济理性,致使车站或与区域发展脱节,或孤悬于田野,TGV服务与地方发展之间并无必然关联^[2]。中国东莞市在TOD开发中,由于其与轨道交通线网规划未同步,导致定位同质化、实施困难以及跨规划协调缺失^[3];武汉市实证研究发现,城市轨道交通虽然刺激了中心区的集聚,却未能引导边缘区紧凑拓展^[4]。跨国案例^[5]表明,交通设施建设与土地开发常存在时空错位,形成“有站无城”或“卧城”模式;部门各自为政、土地增值被开发商攫取,加之房地产主导的开发方式,使TOD沦为脆弱的地产项目。

2) 规划与运营的系统性时间尺度错配。

在结构脱节之上,TOD还面临规划与运营之间的系统性时间尺度错配,常常导致“建成即落后”甚至“建成即停运”。首先,轨道交通客流预测存在系统性偏差:法国TGV项目曾人为夸大腹地范围以抬高预期,而实际出行方向却指向更远的大城市,使发展预期根基脆弱^[2]。其次,开发节奏与建设进度严重脱节:在“先修站、再引产、后聚人”的逻辑下,土地熟化与产业招商的周期远长于土建工期,车站落成后周边往往仍为荒地。再次,决策周期与风险承担周期错位:决策者追求任期内可见的工程形象,而运营亏损、设施闲置等长期成本却由后续政

府承担,形成“受益短期化、成本长期化”的制度症结。

3) 多主体利益冲突与治理失灵。

治理层面的困境体现为多主体利益冲突与制度失灵。在欧洲,荷兰的车站再开发是碎片化治理的典型:各方未事先定义共同目标,公共部门与铁路管理部门各自为政,缺乏整合^[6]。美国TOD面临法理障碍:高密度混合开发在低密度分区的法律框架下不合法,即便地方有意推动,也需经历漫长的立法改革,且已批准的规划可能因政治风向而被废止,开发商将面临损失,居民则常提起诉讼^[7-9]。在日本,治理失灵表现为垄断与央地脱节:JR东日本利用国铁私有化改革中承接的土地优势构筑商业垄断,挤压沿线小经营者^[10];中央政府虽在约600个市町村推行政策,意图将居民集中至公共交通沿线,却几乎未见成效,上级甚至以“不制定计划就无法优先分配补助金”相威胁^[11]。这些案例表明,仅凭自上而下的一刀切式规划,“以站带城”发展的模式必然走向失败。

4) 单一主体商业模式的财务结构脆弱性。

经济与财务的结构脆弱性同样突出。在人口减少与少子、老龄化背景下,日本的“轨道交通+物业+商业”垂直整合模式已面临根本挑战,累积的债务甚至可能动摇铁路公司的经营根基^[12-13]。新型冠状病毒感染疫情后,远程办公普及、年轻群体外出减少,以及住宅区老龄化导致的消费萎缩,使铁路公司独自维持沿线价值日益困难。这揭示了单一主体以商业逻辑驱动的局限性:当人口结构、生活方式等“慢变量”发生变化时,以交通这一“快变量”为核心的运营逻辑难以为继。深圳市地铁集团有限公司的数据印证了这一点:2024年客运量位居全国首位,但因房地产下行冲击“轨道+物业”模式,站城开发收入同比下滑46.23%^[14]。日本正探索向协同共创模式转型,强调跨部门合作与软性要素培育^[13],但该转型尚处于初期,成效有待验证。

5) 空间分化与公平缺失。

前述困境最终在社会层面表现为空间分化与公平缺失。交通投资推高地价房价,富裕阶层受益,中低收入群体被排挤至远郊,

形成交通导向“绅士化”。美国旧金山湾区的一项研究显示,在轨道交通车站周边0.5英里(约800 m)范围内,有34%的区块发生了绅士化现象;而在距车站1.0英里(约1.6 km)以外的区域,这一比例降至20%。2010—2019年,绅士化区域中公共交通通勤出行比例有所上升;然而2020年后,公共交通通勤出行比例急剧下降,汽车通勤出行比例上升,中高收入家庭对公共交通的使用率也显著降低^[15]。澳大利亚新南威尔士州的TOD住房政策仅在富裕区域推行,年轻人及其他低收入人群无力负担^[16-17]。瑞典低收入移民聚居区的TOD项目虽提升了土地价值,但因缺乏防止居民被迫搬迁的措施与保障房政策,不仅未能减少社会隔离,反而引发了绅士化与迁离风险^[18]。中国南京市的实证研究^[19]发现,居民感知到的绅士化程度与社区满意度呈正相关,但租房者群体的满意度显著低于其他群体,表明低收入租房者面临隐性边缘化。

综观上述5类困境,它们并非孤立存在,而是构成具有内在因果链的系统性风险结构。交通投资与土地政策的脱节是根源性缺陷,催生了规划与运营的时间错配,使静态规划与动态运营的冲突被放大。多主体利益冲突与治理失灵使这些矛盾无法有效协调,既无法修正结构脱节,也无法弥合时间错配。治理失灵进一步固化了经济与财务的脆弱性:缺乏统筹与公平分配下,TOD高度依赖不可持续的房地产单一模式,一旦外部环境变化便迅速瓦解。最终,这些问题在社会层面引发空间分化与公平缺失,而运营亏损又反过来削弱公共交通服务,加剧社会排斥。

2 双智驱动的公共交通沿线“站城交响”发展模式

2.1 核心要求

TOD的实践困局并非由单一因素的偶然失误导致,而是多重困境叠加与反馈放大的结果。因此,任何有效的破解方案都不能仅限于局部修补,而必须能够同时切断负面的多重因果链条。基于前述分析,可推导出破解方案须满足的4个核心要求,它们共同构成新发展模式的关键要素。

1) 公共交通必须从静态的物理通道转变为连接“快变量”(运营端的实时因素)与“慢变量”(开发端的结构性因素)的动态纽带。结构脱节与时间错配的叠加造成了“建

成即孤岛”的普遍现象。要切断这一因果链,就需要公共交通本身具备实时感知运营反馈、动态调整规划参数的能力,使其成为运营端与开发端之间活跃的耦合通道。

2) 建立能够整合多元诉求的统一制度框架。碎片化治理与商业垄断使得结构脱节与时间错配无法得到动态修正,进而挤压沿线中小商业、削弱社区参与。克服治理失灵的关键在于构建一个公平、稳定、可预期的规则环境,为政府、交通公司、开发商、商户、居民等多元主体提供博弈与协作的统一平台。

3) 赋予公共交通沿线各车站自主推进“以站带城”发展的权力与责任。避免一刀切规划带来的同质化开发与功能孤立,允许每个车站根据本地区位条件、资源禀赋与社区需求自主演化,在统一规则框架下激发局部适配的内生动力。

4) 引导各公共交通车站形成功能互补、多节点协同的区域共生体。过度依赖高密度房地产将推高房价、加速绅士化与社区瓦解,进而导致客运量下降与运营亏损,形成“死亡螺旋”。要打破这一螺旋,就不能以单个车站的效率最大化为目标,而应将整条走廊视为一个功能整体,通过节点之间的功能分化与客流互哺,实现单一节点无法达成的整体效能。

2.2 定义与内涵

将上述4个核心要求加以综合,本文在TOD全球实践困局分析的基础上推导出一个系统性的破解框架——公共交通沿线“站城交响”发展模式(以下简称“站城交响模式”)。其科学定义如下:以公共交通为动态纽带,在统一的制度框架下,激发沿线各车站自主推进“以站带城”发展,引导形成功能互补、多节点协同的区域共生体。

这一定义并非若干技术措施的简单叠加,而是一个具有内在逻辑一致性的系统性方案。站城交响模式旨在克服TOD的多重困境,其内在逻辑可由交响乐隐喻加以精准表达:

1) 总谱——统一制度框架。直接回应碎片化治理与商业垄断问题,为公共交通全线车站规定共同规则与基本调性。

2) 指挥——动态协调机制。回应快慢变量的结构脱节与时间错配,确保运营与开发的实时耦合及动态平衡。

3) 各声部——公共交通车站自主推

进。回应一刀切规划的同质化失败，每个车站在统一框架下根据自身条件“奏出独特旋律”。

4) 和声——区域共生体。回应经济与社会层面的“死亡螺旋”，通过车站间的功能互补与客流互哺，产生全体大于部分之和的整体效能。

由此，站城交响模式的4个核心要求与5类困境形成了系统的响应关系。正是总谱、指挥、各声部与和声的有机整合，方能奏响超越单一音符叠加的交响乐章。

2.3 交响乐的科学启示

诺贝尔物理学奖得主P. W. Anderson^[20]指出，物理系统在不同复杂度层次上会涌现出全新性质，不能还原为基本粒子的简单定律。交响乐正是“整体不等于部分之和”的典型：独立声部本身仅为离散音符序列，而在指挥下同时奏响时，和声对位与主题呼应便催生出任何单一乐器无法产生的复杂音响结构及情感张力——这种涌现源于各部分之间的非线性耦合。

身兼凝聚态物理学家与中提琴演奏家的J. Berezovsky^[21]进一步揭示，音乐系统存在两种对立力量的竞争：一方面倾向最小化不协和音程以驱动有序，另一方面需要维持一定复杂性以丰富色彩。令人愉悦的音乐正是从有序与无序的张力中涌现出来的。这一相变机制同样适用于交通系统：城市交通网络是多节点协同的非线性复杂巨系统，各公共交通车站通过线路形成时空耦合，其功能定位取决于与相邻车站及整个网络的互动。如同声部协调共鸣，车站耦合需超越“中心—边缘”模式，向多节点、多层次的网络化协同演进。

生态学将城市交通网络理解为耦合的“社会—生态系统”，社会与生态过程的相互依存构成系统韧性^[22]。当每个节点具备独立应对外部变化的能力时，公共交通走廊整体韧性显著提升——某节点受到冲击时，其他节点可通过功能冗余或互补予以补偿。

综上，“交响”不是文学隐喻，而是多学科支撑的分析概念。它将公共交通车站关系从机械串联提升为生态共生，将规划视角从连接两端城市扩展为关注整条公共交通走廊的系统涌现。因此，评估多车站时应追问：在统一制度框架下，这些节点能否形成功能互补、客流互哺、韧性共生的网络耦

合？整体价值是否超越线性加总？这正是站城交响模式的核心命题。

2.4 双智驱动：实现公共交通沿线“站城交响”发展的动力机制

站城交响模式回答了“应当走向何处”的问题，但还需回答“如何抵达”——即需要何种动力机制，以驱动公共交通沿线各车站在统一框架下自主演化并实现功能互补。为此，本文提出“双智驱动”^[23] (dual-intelligence)——人工智能与免疫智能的协同——作为实现公共沿线“站城交响”发展的核心手段。两者的分工基于诺贝尔经济学奖得主D. Kahneman^[24]提出的快慢思考互补原理。人工智能专注于短期、高频、数据密集的运行调控与实时诱导(快思考)，包括公共交通系统的实时运营优化以及基于综合交通信息的出行行为引导。免疫智能则作为慢思考的综合性治理体系，承担两类核心职能：1)应对前述的TOD深层困境以及编制综合立体交通规划、出行方式转移战略等长期宏观政策；2)通过多时间尺度耦合机制，管理与人工智能快思考之间的协调运作(见图1)。

2.4.1 人工智能：短期运行调控与实时诱导的快思考体系

人工智能在公共交通沿线“站城交响”发展框架中扮演“快思考”的角色^[24]，负责秒级至分钟级的短期运行调控与实时诱导。其任务包括对公共交通系统进行实时运营优化，以及基于道路拥堵、停车占用、公共汽车到站、地铁拥挤度等实时信息，向出行者提供个性化诱导，引导其从私人机动车转向公共交通出行。人工智能处理的问题具有随机性高、数据海量、响应时间极短等特征，其输出包括信号配时、列车运行图调整、公共汽车发车频率优化、共享单车调度及出行路径推荐等指令。

从逻辑上看，人工智能首先通过部署在各类交通设施中的多元传感器实时采集客流、车流、气象等多源异构数据，利用深度学习和多源融合技术构建综合立体交通系统的数字孪生模型，实现高保真状态重建。在此基础上，基于各种量化手段，对客流分布、拥堵热点、接驳缺口等进行滚动预测，并随着新数据的持续输入不断修正预测结果，从而提前调配运力、预置接驳资源。在感知与预测之后，人工智能生成最优调控指令并自动执行，包括信号配时调整、列车运

行图重排、公共汽车发车频率动态调整等，形成闭环并在毫秒级时间尺度上迭代优化。

在诱导层面，人工智能通过手机应用等渠道向出行者实时推送拥堵状况、停车位空闲信息、公共交通拥挤度及换乘便利性等动态信息，并可主动推荐更优出行方案，与动态定价机制联动以强化诱导效果。同时，人工智能具备异常检测能力：从海量正常数据中学习统计基线，快速识别站台客流骤增、列车晚点、交通事故等异常事件，自动触发分级预警与应急响应，启动备用运力、加密接驳公共汽车的发车班次、调整信号配时，并协调公共交通与私人交通的分流策略。

此外，人工智能支持多智能体协同——将地铁列车、公共汽车、共享单车、信号灯、出行者等视为独立智能体，连接成分布式决策网络，实现跨交通方式的实时协同。系统还具有持续学习能力，随着数据积累不断自我优化，以适应客流季节性变化、网络重构及出行习惯演变。最后，人工智能聚焦轨道交通车站“第一公里”与“最后一公里”的

接驳问题，通过实时监测客流去向与接驳资源供需状态，动态调整接驳资源的时空分布，实现“出站即换乘、换乘无感化”。

上述智能机制使人工智能成为综合立体交通系统短期运行调控与实时诱导的快速处理中枢，其角色与D. Kahneman^[24]的“系统I”高度吻合——基于数据与训练经验的快速思考，能够对常见情境做出即时反应。而涉及长期、结构性、综合性的治理问题及多时间尺度耦合管理，则由免疫智能承担。

2.4.2 免疫智能：长期结构性治理与战略规划的慢思考体系

相较于人工智能的快思考，免疫智能^[25-26]扮演慢思考的综合性治理体系角色，适用于处理长期、结构性、跨领域的复杂问题，包括应对TOD深层困境、制定综合立体交通规划与出行方式转移战略，以及通过多时间尺度耦合机制与人工智能进行协调。需要强调的是，免疫智能不仅能够弥补AI模型或算法的不足，更是一套借鉴人体免疫系统核心原理的治理思维与方法论。免疫系

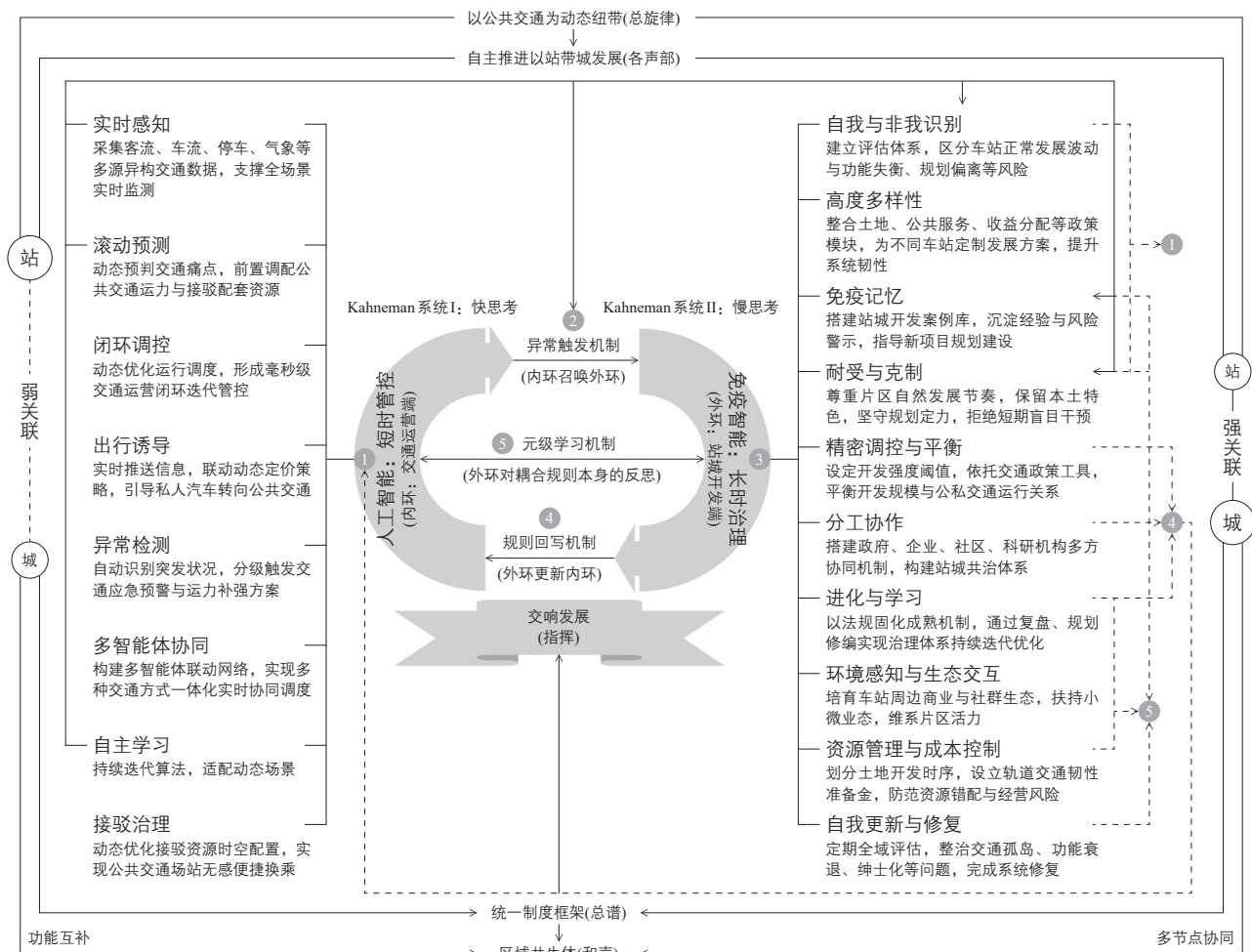


图1 双智驱动的公共交通沿线“站城交响”发展模式概念图

Fig.1 Conceptual diagram of the dual-intelligence-driven "symphonic station-city" development model along transit corridors

统历经数亿年进化，形成了识别、多样性、记忆、耐受、调控、协作、进化、生态、资源管理、自修复等相互支撑的核心智能，涌现出强大的适应性与韧性。本文将这些智能转化为解决“以站带城”发展问题的综合性治理框架。

免疫智能首先要求建立“自我与非我识别”智能，即能够精准区分公共车站的正常发展变化与真正的失衡风险，例如识别出某个车站的功能是否偏离了走廊整体定位，或社会结构是否出现了不可逆裂痕。这需要建立一套评估体系，引导系统基于上下文进行综合判断，而非对所有变化都简单地做出反应。在此基础上，系统应具备“高度多样性”智能，预置可组合、可扩展的政策工具箱(涵盖土地开发、公共设施配比、社区参与、收益分配等模块)，以便新站在面对独特条件时能快速组装定制化方案，而非从零开始设计。这种预适应能力是系统韧性的基础。

“免疫记忆”智能要求建立公共交通沿线站城开发的历史案例库，对各车站的成功与失败模式进行系统性编码。新车站启动开发时，系统自动检索相似情境下的记忆案例，推荐可行的功能定位与风险规避策略；同时，通过实践不断更新记忆——失败教训编码为“禁忌”，成功经验强化为“模式”，从而避免重复犯错。与之相辅相成的是“耐受与克制”智能：系统对车站的正常渐进变化保持耐受，不轻易干预；同时识别出哪些异常实际上是地方特色或自发活力，应予以保护而非纠正。克制智能还体现为不因短期政治压力而强行推动不成熟项目，不因少数投诉而推翻经过科学评估的规划。

“精密调控与平衡”智能要求建立分阶段开发强度阈值和动态调控机制：当车站客流量与商业活跃度超过上限时，自动触发扩容或分流(“踩油门”)；当发展过热导致房价过快上涨、社会排斥加剧时，自动启动限制政策或补偿机制(“踩刹车”)；系统稳定时保持低干预的“巡航状态”。该智能还延伸到宏观交通政策层面，通过长期调整路权分配、停车收费梯度、票制票价体系、公交专用车道网络等工具，维持公共交通与私人交通的动态平衡。这些措施需要季度至年度时间尺度才能见效，与人工智能的快速诱导形成互补。

“分工协作”智能要求建立多主体、多

层次的协同网络：政府负责总体规划与资源调配，公共交通企业保障运营效率，开发商承担建设与资本投入，社区组织与居民提供本地感知与反馈，研究机构研发创新工具。没有任何一方能够单独完成“站城交响”，协同是效率与韧性的保证。“进化与学习”智能则通过双重机制实现：一方面通过立法固化长期验证有效的原则(如增值收益的法定分配比例、社区参与强制程序)，形成系统的“预装软件”；另一方面通过项目后评估、跨城市经验交流、年度规划修订实现持续迭代，形成“软件更新”，使系统兼具稳定性和适应性。

“环境感知与生态交互”智能要求将公共交通沿线车站所处的社会经济生态系统视为共生伙伴。中小商户、非营利组织、本地文化社群如同“共生菌群”，为车站注入活力、提供日常客流、形成社区认同。系统应主动培育这种共生生态——通过租金补贴、技术赋能、市场对接等方式支持小微商业，而非任由其被大型连锁商业挤压至消失。“资源管理与成本控制”智能借鉴免疫系统的分级响应策略，要求建立分阶段、有弹性的投资与运营策略：车站周边土地按启动区、发展区、远景区设定开发强度阈值，每阶段达到预期客运量与商业活跃度后，再启动下一阶段开发；同时从土地增值收益中提取适当比例设立轨道交通韧性准备金，专项用于应对人口减少或市场下行时的亏损弥补，避免资源错配与财务崩溃。最后，“自我更新与修复”智能要求定期对公共交通沿线所有车站进行综合评估，识别功能衰退、设施老化、社会排斥加剧等“病变”区域：对出现绅士化趋势的车站启动租金稳定与优先回迁计划，对沦为“交通孤岛”的车站重新评估其功能定位或实施补偿转移支付，确保系统不会因局部问题累积而导致整体崩溃。

综上所述，免疫智能构成了一个慢思考的综合性治理体系，它应对TOD的深层困境，统筹长期宏观战略，并通过与人工智能的耦合机制实现快慢协同。

2.4.3 双智协同：快慢双环耦合的治理逻辑

快慢双环耦合是双智协同的核心治理逻辑，贯穿人工智能(快思考)与免疫智能(慢思考)互动的全过程。其中，两个核心治理层级构成“双环”：内环为人工智能，负责秒级至分钟级的快速响应；外环为免疫智能，

负责季度至年度的结构性治理。内外环之间通过3个耦合机制(异常触发机制、规则回写机制、元级学习机制)形成闭环互动。该设计严格借鉴 D. Kahneman^[24]双系统理论中系统I与系统II的非独立、双向互动关系:系统I自动且快速地运行;当系统I遇到困难时,它会主动调用系统II;系统II能够覆盖系统I的错误直觉,可以改变系统I的工作方式(即对系统I进行“编程”),并通常拥有最终发言权。

以下按照“内环默认主导—异常触发—外环诊断与规则调整—规则回写—元级学习”的主轴线,逐层阐述快慢双环耦合的具体逻辑。

1) 第一层:人工智能独立运行(内环默认主导)。

人工智能的各种功能全部投入运行,以秒至分钟为周期处理信号配时、列车调度、出行诱导等实时任务,保持“快思考”的高效自动处理。这对应于 D. Kahneman^[24]所描述的系统I自动运行的状态。这时,系统II通常处于一种舒适的低能耗模式,仅有一小部分能力被调动,为后续可能的介入做准备。也就是说,免疫智能构成的外环在后台持续监控系统状态,但不干预内环正常运行。此时仅有两项免疫智能功能处于低强度监控状态:“自我与非我识别”持续建立站城发展基线,“耐受与克制”对正常波动保持包容。这是快慢双环耦合的起点,也是系统I默认主导、系统II低能耗监控的典型状态。

2) 第二层:异常触发机制(内环召唤外环)。

当人工智能持续监测到异常信号——如公共交通出行分担率在一定时间内连续低于阈值、诱导响应率偏低、接驳排队长期超标、绅士化速度超出正常范围——内环进入认知困难状态。人工智能的以下功能在此层负责产生和提交异常信号:“异常检测”从数据流中识别出持续偏离基线的模式,产生认知紧张信号;“滚动预测”发现预测值与实际值的持续偏差,构成意外;“自主学习”判断当前异常是否属于未知模式,若属于未知则意味着系统I无能力处理,需要外部干预。当检测到违反系统I所维持的预期事件时,系统II就会被激活。认知紧张——无论其来源是什么——都会调动系统II,使系统II更有可能拒绝系统I提供的直觉性答案。意外会激活系统II并引导注意力,引发凝视行为并在记忆中搜寻有意义的解释。遭遇未

知模式也会激活系统II。

内环将无法有效处理的认知冲突向上提交,激活异常触发机制。该机制的核心功能是:识别哪些异常信号达到了预设的干预门槛(即认知紧张或意外的程度),并据此激活外环(免疫智能)介入。此时,免疫智能的以下功能被调用:“自我与非我识别”判断该异常是否达到预设的干预门槛,区分正常演化与功能错位或发展失衡风险;“免疫记忆”从历史案例库中检索相似情境,为后续判断提供参照;“耐受与克制”抑制对短期波动或偶发事件的过度反应,确保只有真正的系统性异常才能激活外环。

这是快慢双环耦合的关键枢纽,精确映射了系统I在遇到困难、产生认知紧张、遭遇意外或检测到冲突时主动召唤系统II的双系统互动模式。

3) 第三层:外环诊断与规则调整(免疫智能主导)。

异常触发机制激活后,外环(免疫智能)被正式调用。免疫智能对异常信号进行深度诊断,分析根本原因(属于政策缺陷、基础设施不足,还是外部环境变化),并启动宏观调整程序,包括修正综合交通规划、调整路权分配政策、优化票制票价体系、重新设定接驳设施投资标准等。

免疫智能的以下功能在此层主导诊断与规则制定:“自我与非我识别”精准定位根本原因;“免疫记忆”提供历史案例的应对策略与效果;“精密调控与平衡”制定宏观方案,设定开发强度阈值与交通政策参数;“分工协作”协调政府、公共交通企业、开发商、社区等多主体参与决策。以下功能则提供辅助支持:“高度多样性”确保方案适配差异化车站;“环境感知与生态交互”评估规则调整对社会生态的影响;“资源管理与成本控制”确保方案在财务上可行。

这一过程对应于 D. Kahneman^[24]所论述的系统II的覆盖与编程功能:系统II的任务之一是克服系统I的冲动,当系统I坚持错误信念时,系统II必须覆盖它;系统II有能力改变系统I的工作方式,通过对注意力和记忆等自动运行的功能进行“编程”实现。外环完成“慢思考”后,形成新的决策规则与参数。此外,外环还可能启动信任衰减机制——当系统II发现系统I反复在某些特定问题类型上出现系统性错误时,会逐步削弱对系统I默认判断的信任,并对其未来提交的

信号进行更严格审核。这一机制强化了外环对内环的长期校准能力，体现了系统II对系统I的信任动态调节。

4) 第四层：规则回写机制(外环更新内环)。

外环将调整后的新参数(如新的最小发车间隔、修正后的拥挤度阈值、更新的诱导策略权重)通过规则回写机制传递至内环，覆盖或更新人工智能的原有决策规则。在此层，免疫智能负责将规则可执行化打包：“精密调控与平衡”将宏观参数转化为各模块可识别的具体数值；“分工协作”确保规则得到各方确认；“进化与学习”记录本次调整，为未来学习提供素材。

人工智能的各种功能分别接收并内化新参数：“实时感知”更新重点监测区域的权重；“滚动预测”修正预测基线；“闭环调控”更新发车间隔与信号逻辑；“出行诱导”更新成本权重；“异常检测”更新统计基线；“多智能体协同”更新路权分配与优先级；“自主学习”将新规则纳入先验知识；“接驳治理”更新接驳资源的配置参数。

这对应于D. Kahneman^[24]所述的系统II对系统I的“编程”和“覆盖”的落地执行：新规则内化后，系统I在后续运行中自动按照修正后的参数执行。内环据此以新的约束条件继续执行快速响应。至此完成一个完整的快慢双环耦合周期，体现了D. Kahneman^[24]所述系统II通常拥有最终发言权的裁决功能。

5) 第五层：元级学习机制(外环对耦合规则本身的反思)。

在更高层级的反馈循环中，免疫智能启动元级学习机制，定期审视快慢双环耦合的规则本身是否合理，例如异常触发的阈值设定是否过于敏感或迟钝(即认知紧张的阈值是否恰当)、规则回写的传导时滞是否过长、内环的自主决策边界是否需要重新定义。免疫智能的以下功能在此层主导：“自我更新与修复”评估耦合机制的健康状况，提出修复方案；“进化与学习”通过预装软件固化有效规则，通过软件更新持续迭代；“免疫记忆”提供过去调整耦合规则的历史效果；“耐受与克制”防止因单次事件过度修正耦合规则；“资源管理与成本控制”评估元级调整的财务与运营成本。

这一机制超越了D. Kahneman^[24]对个体双系统的原始描述，但可以视为系统II的元认知扩展：系统II不仅调控系统I的运行规则，还可以调控耦合规则本身。通过这种对

耦合规则的自我反思，外环实现元级学习，使整个耦合系统的适应性持续进化。

综上所述，快慢双环耦合的完整治理逻辑，使公共交通沿线站城系统既具备及时响应短期交通变化的能力，又拥有长远谋划综合交通治理、破解结构性困境的能力。快慢双环耦合不是快慢切换，而是快慢共舞——外环为内环设定舞台与剧本，内环在舞台上即兴演绎并回馈灵感，外环据此调整剧本，双方在统一的制度框架下协奏出完整的交响乐章。

2.5 理论支撑

双智驱动的站城交响模式植根于对TOD全球实践困局的反思，并在多个成熟理论的交叉支撑下得以系统建构。首先，如何使城市系统具备抵御扰动、实现适应性恢复的能力？城市免疫学^[25-26]为此提供了上位解释框架。该理论强调，公共交通沿线站城发展应超越工程优化，转向多元主体间的动态博弈与协同进化。在站城交响模式中，免疫系统的核心智能被转化为站城治理的底层逻辑：“自我与非我识别”精准诊断失衡，“免疫记忆”通过案例库实现持续学习，“精密调控与平衡”在开发强度与社会公平间建立平衡，“分工协作”要求多主体协同，“资源管理与成本控制”则通过分阶段开发与韧性准备金维持系统健康。由此，公共交通成为连接快慢变量的动态纽带，统一制度框架类比免疫调控规则，各车站自主推进对应分布式免疫，功能互补的区域共生体则涌现出超越简单叠加的系统韧性。

然而，免疫智能的落地离不开跨部门的制度协同。交通融入所有政策方法论^[27-28]进一步揭示了交通系统与所有公共政策领域之间的双向影响，这一特征直接支撑站城交响模式中统一制度框架的构建。在该视角下，各车站通过公共交通连成政策网络，公共交通的整体治理效果无法从单个车站还原；长周期政策(如区域发展规划)与短周期政策(如运营调度)的时序协调，以及不同功能车站之间政策资源的互补，使其在走廊尺度涌现出治理韧性。公共交通成为政策连接器，形成的统一制度框架对应跨部门常设机制，例如自主将交通评估嵌入地方决策，通过功能互补进而形成多节点协同的区域治理共同体。

上述两个理论分别从系统整体和制度协同层面提供了解释，但还缺少对微观基础即

居民日常生活的关注。生活导向方法论^[29-30]恰好填补了这一空白。该理论认为, 交通行为嵌入于相互依存的生活选择(居住、就业、购物等)之中, 提出以市民生活作为跨部门通用语言。在站城交响模式中, 整条线路串联的多车站生活节点共同构成市民的一日活动网络: 长节奏的生活基底与短节奏的活动瞬态互补嵌套, 不同类型车站之间的功能协同, 使走廊尺度上涌现出完整的居住、工作、消费与休闲体验。公共交通成为串联生活活动的主旋律线, 统一制度框架以生活周期为总谱, 各车站根据本地生活模式自主优化服务, 整体涌现出单一TOD节点无法提供的完整生活韵律与社区韧性。

综上, 城市免疫学、交通融入所有政策方法论与生活导向方法论, 分别从系统整体、跨部门协同与微观行为3个维度, 共同支撑了双智驱动的站城交响模式。三者之间层层递进、相互补充, 使该模式具备了从宏观治理到微观行为的理论根基。

2.6 理论自证与预期分析

站城交响模式的有效性源于其理论基础的自洽性、逻辑递进的严谨性与机制对照的优越性。传统TOD植根于新城市主义, 强调高密度、混合用地等空间形态, 但实践表明, 仅靠空间设计无法自动解决制度障碍、时间错配、治理碎片化、经济脆弱及社会公平等系统性困境。对此, 站城交响模式构建了遵循“诊断—推导—建构”的递进逻辑: 先识别主要困境及其因果链, 再从反面推导破解要求, 进而映射为核心维度, 最后引入双智驱动机制。相比传统TOD模式的“理想模型”驱动, 这一问题驱动的建构路径在实践相关性上更具优势。在机制对照层面, 站城交响模式在以下维度与传统TOD模式形成明确差异: 将交通与土地的线性关系重构为实时耦合, 将一次性蓝图扩展为多时间尺度迭代, 将自上而下的指令转向分布式治理, 将单一房地产反哺升级为多维风险管控, 将被动承受绅士化转为主动遏制社会分化。这并非局部修补, 而是系统性升维。

从实施效应看, 站城交响模式可从阶段分化、竞争协调和规模效应3个层面加以审视。1)在阶段分化层面, 公共交通走廊上的车站分为先导群落(中心区或枢纽站)、发育群落(近郊区)和储备群落(远郊区)。先导群落率先形成“动态纽带”闭环, 同时通过免

疫智能抑制过度绅士化; 发育群落依赖枢纽客流的溢出效应与资源补偿积累客流; 储备群落则以低强度维持接驳功能, 等待发展窗口。这打破了传统TOD“建成即运营、运营即成效”的线性思维。2)在竞争协调层面, 传统TOD模式放任市场导致马太效应, 而站城交响模式引入收敛检测与资源补偿机制, 使车站间客流分配收敛于走廊均值而非两极分化。3)在规模效应层面, 根据P. W. Anderson^[20]提出的涌现定律, 当车站数量达到临界值后, 系统边际效益呈非线性递增, 涌现出轨道交通跨走廊职住匹配、跨节点产业协作等全新功能, 其网络效应受走廊结构与城市规模的约束。由此, 站城交响模式完成了从问题推演到建构回应再到效果验证的逻辑闭环, 其每一项构成要素均可追溯至具体困境, 每一项核心机制均与成熟理论体系建立关联, 构成了可检验的科学命题——这正是科学方法论在城市与交通研究领域的具体实践。

3 站城交响模式与传统TOD模式对比

如表1所示, 站城交响模式与传统TOD模式之间既存在共性, 也存在根本性差异。需要指出的是, 站城交响模式并非对传统TOD模式的全盘否定, 而是系统性地弥补了其在治理、时序、财务、社会公平及网络涌现等方面的固有缺陷, 从而实现了从静态空间蓝图向动态治理系统的范式转变。

4 公共交通沿线“站城交响”发展政策建议

前文对TOD全球实践困局的系统诊断, 揭示出结构脱节、时间错配、治理失灵、经济脆弱与社会分化5个困境。基于此, 本文提出的站城交响模式, 以动态纽带、统一制度框架、车站自主推进、区域共生体为核心维度, 以人工智能与免疫智能的双智协同为动力机制。政策建议应源于这一理论体系, 为此需先搭建从理论到行动的整体架构。

双智驱动理论的核心在于时间尺度的分工与耦合: 免疫智能主导长周期、结构性的治理规则与风险储备, 人工智能主导短周期、高频次的运行调控与实时诱导。这要求政策体系分为面向长周期的制度根基和面向

短周期的运营智控。此外，还需一个专门层次来管理两种时间尺度的耦合——即短周期运营数据如何反馈以调整长周期规划，长周期规则如何约束短周期决策。由此形成3个层次：制度根基、运营智控、站城协同。在此基础上，还需一项基础性前提——政府可控资源的先行布局，作为破解“先建站、后等人”困局的第一推动力。

4.1 基础性前提

在市场力量尚未跟进时，政府应主动将可直接调配的公共资源向公共交通沿线车站集中布局：将行政办公设施迁入车站周边；在车站开通前或同步建成教育、医疗、文体等公共服务设施；将沿线土地优先用于保障性住房；同步建设公共汽车首末站、共享单车调度中心及停车场；将上述要求纳入土地出让条件或规划导则。这一前提为后续所有政策提供初始客流、服务锚点和制度刚性。

4.2 制度根基

1) 建立站城发展的健康诊断与案例学习制度，并将社会公平与生活品质纳入硬性考核。

构建覆盖所有车站的健康监测指标体

系，定期评估客运量、开发进度、商业活力以及保障性住房比例、公共服务覆盖率、平均通勤时长、住房成本可负担程度、绅士化程度等指标。评估结果分为正常、关注和干预3级，自动触发相应程序。所有新建或改造车站均须提交生活影响评估报告及居民满意度年度调查结果，并将其作为法定审批依据。对于已出现绅士化趋势的区域，设立专项基金用于稳定租金、保障原住居民优先回迁。同时，建设国家和省级案例库，每条新线在可行性研究阶段须完成相似案例的学习比对，运营后回写数据，形成迭代闭环。

2) 构建法定协调平台与增值收益分配机制。

在市级层面设立站城治理委员会，由政府分管领导牵头，成员涵盖交通、规划、住建、财政等部门及街道、居民、商户代表，行使对偏离公共利益的开发方案的否决权、裁定土地增值分配规则、前置调解纠纷等职能。以地方立法明确土地增值收益的固定分配比例，定向用于公共住房、社区服务及绅士化补偿。建立可组合的政策工具箱，供新建车站定制化选用。委员会每年评估公共交通出行分担率等宏观指标，适时调整路权分配、停车收费梯度、公交专用车道网络、票

表1 双智驱动的公共交通沿线“站城交响”发展模式与传统TOD模式的对比

Table 1 Comparison between the dual-intelligence-driven "symphonic station-city" development model along transit corridors and the traditional TOD model

对比维度	相同点	传统TOD模式的挑战	站城交响模式的创新
概念界定	以公共交通为导向，促进公共交通与城市协同发展	将TOD简化为“车站周边高密度、混合开发”的空间设计，忽略制度、时序、治理等系统条件	将TOD提升为“动态纽带+统一制度+自主推进+区域共生”的系统治理范式，强调快慢变量的实时耦合
内涵特征	重视密度、混合、步行友好、多式联运等基本要素	实践中内涵扭曲为单一房地产导向，导致功能同质化、时序脱节、财务脆弱、社会排斥	内涵扩展为动态纽带、统一制度框架、车站自主推进、区域共生体、双智驱动，强调时间尺度耦合与治理进化
制度设计（“总谱”）	需要规则协调多元主体，实现土地增值与公共交通运营的良性循环	碎片化治理，部门各自为政；开发权模糊，增值收益被开发商攫取；缺乏强制分配与纠纷调解机制；依赖房地产反哺；“先建站、后等人”	统一制度框架（元规则）：立法明确开发权、固定增值分配比例、建立纠纷调解机制；设立站城治理委员会；构建多元化资金池；设置保障房硬性考核；政府资源先行布局
动态协调机制（“指挥”）	需要规划与运营的协调，实现设施供给与出行需求的匹配	规划为静态蓝图，运营缺乏动态反馈；决策者存在短期行为倾向；对结构性脱节与时间错配无内置对应机制	快慢双环耦合：内环（人工智能）负责秒级至分钟级的实时调控与诱导；外环（免疫智能）负责季度至年度的宏观参数修正与元级学习；直接对位回应结构脱节与时间错配
车站推进（“各声部”）	认可车站分级分类，倡导差异化发展	实践中自上而下的一刀切规划，模板复制导致同质化；忽视地方差异；被动承受绅士化	在统一制度框架下各车站自主推进，实行分布式决策，实现“和而不同”；主动配置保障房、社区服务、租金稳定等措施，抑制社会分化
区域共生体（“和声”）	主张通过交通走廊形成车站间联动，扩大整体效益	实践中单点最优，车站独立发展，功能同质化；马太效应导致两极分化；缺乏跨站补偿机制；局部冲击易引发整体崩溃（“死亡螺旋”）	构建区域共生体：实现功能分化（枢纽型、居住型、产业型、公共服务型、生态休闲型），促进客流互哺与资源补偿，建立净贡献核算与转移支付机制；节点冗余配置，具备自组织恢复能力，打破“死亡螺旋”

制票价体系。

3) 建立韧性规划与风险储备制度。

实行分阶段开发机制：车站周边土地按启动区、发展区、远景区分期出让，下一阶段启动须以前一阶段实际客运量与商业活跃度达到预期为前提。从每年土地出让收益中提取适当比例，以设立轨道交通韧性准备金，专项用于应对人口减少、市场下行时的亏损弥补。每隔一定年限对整条走廊进行全面评估，对高危车站强制进行功能重组或资源再配置。建立应急模式切换规则，明确在客流骤降、重大疫情或市场剧烈波动时，运营方可自动调减服务频率、转换站场功能。对车站周边持续运营满一定周期的小微商户给予租金补贴与税费减免。

4.3 运营智控

1) 建设基于实时感知与短时预测的动态运力调配与客流诱导系统。

在公共交通线路上部署感知设备，构建综合交通数字孪生平台，实现秒级监测与滚动预测，自动触发运力调整指令(加密班次、启用备用列车、通知接驳公共汽车)。通过手机应用、站内显示屏等渠道实时推送拥挤状况、排队信息、停车位空闲信息及替代出行建议，并与动态定价联动，引导出行者从私人机动车转向公共交通。系统每月自动评估调控效果，并通过持续学习优化模型。

2) 构建基于多智能体协同与异常检测的全方式一体化应急响应机制。

建立分级预警体系：系统实时监测运行状态，按严重程度分级响应。轻度异常发布预警，中度异常启动备用运力并加密接驳公共汽车，严重异常时自动向关联信号灯发出优先通行请求，向共享单车、出租汽车、网约车平台发出协同指令，并向邻近车站预警；极端情况下自动切换至生命线运行模式。每次应急响应后，将事件模式、处置过程存入案例库，优化未来策略。

3) 构建基于持续学习与接驳协同的“最后一公里”无缝衔接机制。

实时监测各出口客流去向、公共汽车排队情况、共享单车空置率、出租汽车等候人数，动态调整公共汽车发车频率、共享单车调度方向和网约车激励策略。根据乘客历史出行与实时接驳条件推送个性化换乘方案。每月对接驳服务进行综合评估，持续优化。对于接驳长期不畅的车站，自动触发外环评

估，由站城治理委员会考虑调整其功能定位或增加投资。

4.4 站城协同

1) 建立快慢双环耦合的规划与运营动态校准制度。

站城治理委员会为每条线路设定关键运行参数的阈值(如最小发车间隔、最大拥挤度、最长接驳时间、最低保障房比例等)。实时监测系统持续跟踪，当某一参数连续多次触及阈值时，自动生成异常报告推送至委员会。委员会按季度召开校准会议，审议异常报告，决定是否调整规划参数(如车站功能定位、开发强度、公交专用车道配置、停车收费梯度等)，调整后回传至实时运营系统。每隔一定年限对参数阈值进行复审。当公共交通出行分担率连续低于目标值时，外环启动对路权分配、票制票价体系等宏观政策的重新评估。

2) 建立基于免疫记忆与人工智能预测耦合的走廊功能谱系动态优化机制。

将整条线路作为功能走廊进行整体定位：开工前基于历史案例库完成功能谱系规划，将车站划分为枢纽型、居住型、产业型、公共服务型、生态休闲型等类别，明确主导功能与禁止功能。运营中按季度分析各车站的客流特征、业态结构、接驳方式，判断功能是否发生漂移。每年核算各车站的净贡献，资金定向用于弱势车站的接驳改善与社区服务。对小微商户给予租金补贴与税费减免，并利用实时数据跟踪商户活跃度。当某车站功能漂移持续多年且偏离原定位较大时，启动功能正式调整程序，经专家论证和社区公示后执行，并将调整结果回写至案例库。

4.5 小结

上述一项基础性前提与各项政策建议，按时间尺度分工与耦合的逻辑，构成了制度根基、运营智控、站城协同3个层次环环相扣的政策体系。基础性前提破解启动困局，制度根基提供长周期规则，运营智控实现短周期响应，站城协同完成长短周期耦合与网络互哺。“以站带城”发展的成功，不取决于某一条线路或某一个车站的设计是否精美，而取决于能否建立一套兼顾统一性与差异性、动态学习、容纳多元利益、在冲击中实现自我修复的制度体系。短周期的实时感

知、预测、调度与诱导，保障运营顺畅与出行行为引导；长周期的健康监测、经验记忆、利益协调、分阶段开发与风险储备，实现系统韧性与战略引领；政府可控资源的先行布局，则是启动这一切的第一推动力。唯有将上述政策建议共同实施，公共交通走廊才能从单一的交通功能升级为复合的生活功能走廊。

5 结束语

通过对 TOD 全球实践困局的系统诊断，本文揭示了一个由多重困境构成的层级递进结构：交通与土地脱节、规划与运营时间错配、治理机制失灵、财务模式脆弱、空间分化。这 5 类困境并非偶然并存，而是沿着“脱节—错配—失灵—脆弱—分化”的因果链条依次触发、逐级放大，最终导向一种深刻的系统失效状态。

传统 TOD 困局的根源在于其静态工程假设：将交通系统视为一次性投入的硬件设施，缺乏对快变量(运营)与慢变量(开发)之间动态耦合关系的识别与调控能力。为此，本文提出站城交响模式，重构“点—线—面”协同逻辑：以公共交通的“线”串联各车站的“点”，再以“点”辐射带动周边城镇区域的“面”。其中，人工智能负责“线”上各“点”之间的实时运行调控，免疫智能负责以“点”带“面”的长期结构性治理，双智驱动统领“点—线—面”的整体协同。两者形成快慢耦合的“双智体”，驱动公共交通沿线车站与城市功能区从机械拼接转向有机交响，最终形成非线性协同、动态均衡的站城生命体。

在实践层面，本文提出了以时间尺度分工与耦合为核心逻辑的政策体系：以政府可控资源先行布局为第一推动力，破解“先建站、后等人”的启动困局；以制度根基提供长周期规则；以运营智控实现短周期的实时响应；以站城协同完成长短周期的制度化耦合与公共交通车站间网络互哺。

本文仍存在明确的边界与局限。当前主要基于国内外案例的定性比较与理论建构，尚未对站城交响模式进行量化效能验证。政策建议侧重于框架设计，未系统讨论其在各国现行土地、规划、财政及行政协调制度下的可行性与实施路径。未来研究应深入不同国家的制度语境，探索“双智体”和站城交

响模式的本土化适配路径，并通过量化验证进一步检验该模式的实践有效性与普适性。

参考文献：

References:

- [1] Farnes K, Hurst N, Wong W W, et al. An exploratory study on the benefits of transit orientated development (TOD) to rail infrastructure projects[J]. Smart and Sustainable Built Environment, 2025, 14(2): 310–325.
- [2] Gorreri S. TGV: un gâchis accablant[EB/OL]. (2015-02-06)[2026-04-28]. <https://www.ifrap.org/tgv-un-gachis-accablant>.
- [3] 黄皓彬, 李红玲, 席倩颖, 等. 东莞轨道交通 TOD 规划工作的回顾与反思[J]. 中国房地产业, 2022(14): 17–23.
- [4] 梁敏, 徐涛. 轨道交通沿线地区多尺度 TOD 效应综合评价：以武汉市 1、2、4 号线为例[J]. 华中建筑, 2023, 41(10): 115–121.
Liang Min, Xu Tao. Multi-scale TOD comprehensive effect evaluation in areas along rail transit: a case of 3 metro routes in Wuhan[J]. Huazhong Architecture, 2023, 41(10): 115–121.
- [5] Knowles R D, Nikitas A. Transit-Oriented Development versus car-dependent development: the importance of high frequency transit services and prior investment in transit[J]. Cities, 2025, 166: 106231.
- [6] Martins da conceicao AL. From city's station to station city: an integrative spatial approach to the (re)development of station areas[D]. Delft: Delft University of Technology, 2015.
- [7] Winzelberg D. Town scraps TOD zoning and stymies multifamily projects[EB/OL]. (2024-11-21) [2026-04-28]. <https://libn.com/2024/11/21/town-scraps-tod-zoning-and-stymies-multifamily-projects/>.
- [8] Chaffee K. The SJC upholds state effort to increase housing production[EB/OL]. (2025-08-29) [2026-04-28]. <https://bostonbar.org/journal/the-sjc-upholds-state-effort-to-increase-housing-production/>.
- [9] Chase C G. Governor Newsom approves SB 79: high-density transit-oriented housing development projects[EB/OL]. (2025-10-10) [2026-04-28]. <https://natlawreview.com/article/governor-newsom-approves-sb-79-high-density-transit-oriented-housing-development>.
- [10] 东洋经济. 「JR 東はずるい」、異業種幹部

- らが取材に本音爆発[EB/OL]. (2024-08-27)[2026-04-28]. <https://toyokeizai.net/articles/-/813096>.
- [11] 高田泰. 地方都市が消える? 立地適正化計画の大半が失敗、それでも「策定しないと脅かされる」現実! いまだ見えぬコンパクトシティへの道[EB/OL]. (2025-02-26)[2026-04-28]. <https://merkmal-biz.jp/post/87067>.
- [12] 河合雅司. 「線路」を残して「住民」が消える 赤字ローカル線“延命策”の末路[EB/OL]. (2024-08-03)[2026-04-28]. <https://www.moneypost.jp/1172133>.
- [13] 山田和昭. 「鉄道会社を作る街」の限界「一方的な供給」から「みんなでやろう」へ急転換 再生あの手この手! [EB/OL]. (2025-12-31)[2026-04-28]. <https://trafficnews.jp/post/616573>.
- [14] 王好涵. 客流创纪录但经营亏损, 深圳地铁的 TOD 模式走到十字路口[EB/OL]. (2025-05-10)[2026-04-28]. <https://www.jiemian.com/article/12760413.html>.
- [15] Berman M. Transit-Oriented Development and commuting patterns in a gentrifying bay area: exploring the relationships between neighborhood change, displacement, and implications for transit use[R]. Berkeley: UC Berkeley Institute of Transportation Studies, 2025.
- [16] Urban Development Institute of Australia (UDIA). Housing accord progress report[R]. New South Wales: Urban Development Institute of Australia, 2025.
- [17] Woollahra Municipal Council. Mayor calls on NSW premier to explain desperate rail and housing plan[EB/OL]. (2025-08-24)[2026-04-28]. <https://www.woollahra.nsw.gov.au/News/Mayor-calls-on-NSW-Premier-to-explain-rail-and-housing-plan>.
- [18] Derakhti L, Baeten G. Contradictions of Transit-Oriented Development in low-income neighborhoods: the case study of Rosengård in Malmö, Sweden[J]. Urban Science, 2020, 4(2): 20.
- [19] Huang Yu, Zhang Shanqi, Ju Yang, et al. Interrelationships between TOD, perceived gentrification, neighborhood satisfaction and sense of community: a case study in Nanjing, China[J]. Journal of Transport Geography, 2026, 131: 104545.
- [20] Anderson P W. More is different: broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science[J]. Science, 1972, 177(404): 393-396.
- [21] Berezovsky J. The structure of musical harmony as an ordered phase of sound: a statistical mechanics approach to music theory[J]. Science Advances, 2019, 5(5): eaav8490.
- [22] Botequilha-Leitão A, Díaz-Varela E R. Performance based planning of complex urban social-ecological systems: the quest for sustainability through the promotion of resilience[J]. Sustainable Cities and Society, 2020, 56: 102089.
- [23] Zhang Junyi. Immune intelligence research for AI-driven transportation development[J]. Transportation Research Today, 2026, 1: 100004.
- [24] Kahneman D. Thinking, Fast and Slow[M]. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.
- [25] Zhang Junyi. Urbanimmunology: rethinking cities and society through immunological principles[M]. Singapore: Springer, 2026.
- [26] Zhang Junyi. Urbanimmunology: shielding cities and society through transportation[M]. Singapore: Springer, 2026.
- [27] Zhang Junyi, Jiang Ying, Zhang Yongyi. Transport-in-all-policies approach[M]//Zhang Junyi, Jiang Ying, Hayashi Y. Research handbook on transport and COVID-19. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2025: 469-490.
- [28] Zhang Junyi. Immunological foundations of transport-in-all-policies approach[M]//Zhang Junyi. Urbanimmunology: shielding cities and society through transportation. Singapore: Springer, 2026: 325-351.
- [29] Zhang Junyi. Life-oriented behavioral research for urban policy[M]. Tokyo: Springer, 2017.
- [30] 张峻屹, 李双金, 马爽. 基于市民生活行为学的交通行为研究综述[J]. 交通运输系统工程与信息, 2022, 22(2): 1-16.
- Zhang Junyi, Li Shuangjin, Ma Shuang. Overview of life-oriented travel behavior research[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2022, 22(2): 1-16.