

基于PEST-SWOT的地下物流系统项目探究

聂芊芊

同济大学经济与管理学院, 上海

收稿日期: 2025年3月15日; 录用日期: 2025年4月15日; 发布日期: 2025年4月24日

摘要

地下物流系统作为现代城市物流的重要创新模式, 在缓解地面交通压力、提高物流效率和优化城市空间利用方面具有显著优势。基于PEST-SWOT分析法, 从政治、经济、社会和技术四个维度, 结合优势、机遇和内外挑战, 系统分析了中国语境下地下物流系统的建设现状、关键影响因素及发展策略。基于分析结果, 提出了政府、私人部门及研究人员的策略建议, 以期推动地下物流系统在中国的可持续发展。

关键词

地下物流系统, PEST-SWOT分析法, 城市物流

Exploring Underground Logistics System Projects in China: A PEST-SWOT Analysis Approach

Qianqian Nie

School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai

Received: Mar. 15th, 2025; accepted: Apr. 15th, 2025; published: Apr. 24th, 2025

Abstract

As an innovative approach to modern urban logistics, underground logistics systems offer notable advantages in alleviating surface traffic congestion, enhancing logistics efficiency, and optimizing urban space utilization. This study employs a PEST-SWOT analytical framework to systematically examine the current state of construction, key influencing factors, and strategic development pathways of underground logistics systems within the Chinese context. The analysis spans four dimensions—political, economic, social, and technological—while integrating assessments of strengths, opportunities, and both internal and external challenges. Based on these findings, targeted strategic

recommendations are proposed for government bodies, the private sector, and academic researchers to support the sustainable development of underground logistics systems in China.

Keywords

Underground Logistics System, PEST-SWOT Analysis, Urban Logistics

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

城市的快速发展带来许多问题,包括空气污染、交通拥堵、可利用土地减少等。这些问题被称为“城市病”。其中,货运扮演着举足轻重的角色。虽然货运车辆只占有所有车辆的 10%~20%,但它们却占发达国家主要城市污染总量的 40%~60% [1]。虽然电动配送车、新能源卡车和环保包装等绿色运输方式受到鼓励,但其影响仍然有限。总之,解决城市病需要创新的解决方案。

地下物流系统作为一种创新性解决方案,引发很多关注。在双碳目标压力下,中国朝着绿色发展目标共同努力,加之中国的人口密度大、物流网络及地铁网络发达,中国能否利用独特优势发展起地下物流系统,打造新型运输范式? 据此研究地下物流系统在中国语境下发展面临的机会、挑战、机遇与威胁[2]。

2. 地下物流系统发展状况

2.1. 地下物流系统

地下物流系统的国际研究已经进行了近 30 年,但它仍然是一个相对较新的扩展领域[3]。城市地下物流系统是一种全自动运输和供应系统,使用清洁能源车辆在封闭空间(如地下隧道或管道)以单独或成组的方式运输货物,最终将货物分配到每个码头。该码头包括工厂、商业中心和居民区。虽然使用了地下一词,但也可以指地上的管道或管道或其他封闭基础设施,只要运输是无人和自动化的。

2.2. 中国地下物流系统发展现状

从中国视角来看,电子商务的发展进一步加剧了城市货运供需之间的矛盾。发展地下货运替代道路运输的理念已逐渐得到社会的认可[3]。自 2003 年以来,中国在研究货运胶囊管道有新应用,例如用于往返上海港口的集装箱运输和上海的垃圾收集。随着近年来对该领域研究的不断完善,越来越多的专家学者将目光投入到更细致的研究中。

研究主题集中在地下空间开发与管理、管网选址与建设、成本效益分析、运营计划研究和相关的优化算法是研究的主流。王小林等[4]初步肯定了地铁物流作为地下物流系统的过渡方案的可行性。陈一村[5]等研究了城市地铁与地下物流系统运输的可行性,提出了协同运输的三种可能方式。郭东君等[6]研究了在新城区开发建设地下物流系统的流程。

2.3. 世界地下物流系统发展状况

国外的起步较早,最早的物流系统是 1853 投入使用,将英国国际电报公司与伦敦证券交易所联系起来。随后各个国家进行了积极的尝试,但是就目前而言,并没有真正成功投入运营的地下物流系统。失败的原因可以归结为时机不成熟,包括没有足够的货物可以运输、地下条件有限、缺乏总体规划等。

3. 基于 PEST 的地下物流系统在中国发展的环境分析

3.1. 优势分析

(1) 政策

虽然中国政府目前提出的相关政策并没有明确支持地下物流系统的发展,但是在过去的 15 年里,根据地下空间发展规划和国家、省、市资助的研究项目,大城市或发达地区开始支持地下物流系统的发展。例如,广东省深圳市交通运输局印发《关于促进现代物流业高质量发展的工作措施(2024~2026 年)》明确,推广形成“一网多用”的轨道物流网络,构筑地下智慧物流体系。国务院办公厅《关于进一步降低物流成本的实施意见》指出,支持地下物流设施的规划和建设。自 2016 年“新型城镇化指导下的城市地下物流系统集成与管理”被国家自然科学基金重点项目支持以来,地下物流系统被列为“十三五”发展规划管理的国家自然科学基金基础优先领域。

(2) 经济

综合效益明显,经济效益良好。直接的社会效益包括缓解交通拥堵、减少交通污染排放、提高货运效率、使用清洁能源,减少能源消耗以及对环境有益。间接社会效益体现在促进区域经济发展、提高城市土地价值等方面[7]。尽管运营成本很高,但地下物流系统仍然具有良好的外部经济性。在考虑用地下物流系统取代目前的城市交通时,其隐形社会效益将甚至高于地下物流系统的运营成本。我国地下空间的网络发展完善,这为初期建设节省成本;其次我国人口密度大,单位里程内地下辐射的用户数量多,会带来更加明显的经济效益。

(3) 社会

地下物流系统可以扩展现有的交通系统,如地铁、城市道路、水路、铁路,甚至使用更大的车辆,来满足日益增长的物流需求。通过城市内部或城市之间的地下管道或隧道运输货物,不占用地面道路,可以减轻地面路线的交通压力,缓解了城市交通拥堵的同时也提高了物流运输效率。地下物流系统使用清洁能源,可以有效减少城市空气污染。

此外,地下物流系统不受外部条件的影响,这使得交通更加可靠和高效。新冠疫情的发生,让社会更加意识到,危机时刻物流运输的关键作用。地下物流系统通过自动化的装配、运输过程,可以最大程度地减少人与人之间的接触。物流系统位于地下,也有效避免了极端恶劣天气对运输的影响,保证物流运输的稳定性。因此,地下物流系统具有巨大的社会效益。

(4) 技术

地下物流系统的可行性和综合效益已得到广泛认可。此外,地下物流系统运输技术多种多样,如 PCP/HCP、SFS(美国)、AGV(荷兰)、Cargo Cap(德国)、DMT(日本)和 Mole 集装箱卡车(英国)。近年来,研究逐渐转向网络布局、优化、可靠性和仿真,表明地下物流系统的研究已逐渐从理论和实验室研究转向应用和工程实践。

国内研究和技术储备表明,在隧道工程、地下空间、自动化和物联网等特定领域,地下物流系统的发展已经具备了一些技术条件。地下物流系统技术体系非常像地铁,施工过程需要与隧道和地下施工技术相同的支撑。中国在隧道工程技术方面处于世界领先地位,地下空间开发利用的规模和速度居世界首位。

3.2. 机会分析

(1) 政策

地下物流系统符合国家重大战略和发展理念的需要:“创新、协调、绿色、开放、共享”。这不仅是

《国家中长期科学技术发展规划》的重点和主要任务，也符合《国家新型城镇化规划》和《十三五规划》的要求。这些发展规划也涉及城市地下空间的开发。

(2) 经济

近年来，中国的基础设施得到了显著发展，但其整体能力仍难以满足现代物流和货运快速发展的需求。此外，中国物流业面临着高成本和各种基本生产要素成本整体上升的问题。由于劳动力成本的快速增长，获得物流用地的难度指数不断增加，能源需求日益增加，燃料价格也在不断上涨。物流供需的逆向关系促进了地下物流的发展。对地下物流系统需求量大的地区的整体经济状况强劲，地方政府通过需求导向和政策刺激增加了对地下空间开发的投资。

(3) 社会

人们的购买力在不断提高，电子商务及交通设施的发展，支撑着日益增长的物流需求。人们对消费的看法也发生了变化，从将价格视为主导因素转向关注质量和服务。越来越多的人开始关注绿色消费和低碳排放，尤其是绿色经济已成为当前社会的主流理念。

(4) 技术

科学技术的发展为地下物流系统提供了良好的技术基础。网络、信息和智能技术促进了智能物流的发展，这已成为许多物流企业的战略重点。交通运输提出“无车承运人”模式，积极探索道路货运转型。智能仓储管理系统在快递、电子商务、冷链、医药等领域迅速发展。机器人和无人机等智能物流技术也得到了应用。机械化、自动化和信息化显著提高了中国物流业供应链各方面的运营和管理水平。

3.3. 内部挑战

(1) 政策

现行政策更加强调效率和成本降低，但缺乏实质性和有效的物流运营评估标准。因此，需要更多促进现代物流业的健康发展的政策。尽管中国政府在许多文件中指出了加强综合运输系统发展的重要性，相应的法律制度仍然存在缺陷。由于没有明确的政策支持，地下物流系统很难顺利实施。特别是在其起步阶段，技术推广和信息收集迫切需要国家和地方政策的支持。

(2) 经济

地下空间的特点决定了地下物流系统运营只能采用半军事管理模式，这与城市轨道交通类似，投资主要由政府负责[8]。这种方式增加了城市财政负担，不利于市场竞争。其次，地下物流系统只能是城市交通系统的重要补充[9]。在形成网络之前，具有现有物流系统的多式联运是唯一的运营模式。再次，地下物流系统对当前的物流业有很大影响，在形成网络之前，直接经济效益可能无法完全补偿投资和运营成本，必须依赖政府的财政补贴。

(3) 社会

地下物流系统作为一种新的运输方式，尚无成功案例。直接投资收益率过高可能是项目失败的根源[10]。高成本导致融资困难和需求不足，投资者和决策者在评估投资效率时忽视了社会效益的优势。在运营方面，地下物流系统高度自动化和信息化的服务几乎涵盖了物流供应链的整个过程，需要高水平的复合人才资源。

(4) 技术

因为地下建设的技术已经存在，所以技术对地下物流系统的发展不再是关键挑战。但是由于城市综合管廊、地下车库、地下商场等地下空间的布局会对地下物流系统施工造成限制，现有地下空间的分布是首要考虑的问题。因此，从交通规划的角度研究地下物流系统网络的理论布局和优化具有重要的现实意义。

3.4. 外部挑战

(1) 政策

与地下物流系统相关的政策体系是复杂的，其制定需要跨层级、跨部门的协调和协调。有必要采取强有力的立场，支持帮助地下物流系统度过艰难的初始阶段的政策，但这一政策尚未制定。应重点关注交通、多式联运、定价和补偿、地下空间使用审批、风险和安全管理、税收等关键规则[11]。由于不同地区地下物流系统的需求和发展形式不同，应分析和制定适当的、有针对性的政策，这需要中央和地方政府之间的积极协调。

(2) 经济

地下物流系统是新兴的分销渠道，承担着物流供应链中“最后一公里”的功能。当运输管道无法直接到达用户时，地下物流必须与地面配送协作。因此，需要通过高效组织上游环节、地下物流系统和消费者之间的运输与存储，提升供应链的响应速度。在初期，地下物流面临低成本地面物流的竞争和缺乏客户的问题，导致经济效益低、社会效益不明显以及融资困难。

(3) 社会

有两个原因导致难以开发地下物流系统。首先，地下物流系统的输入和输出效益是模糊的。对于投资者来说，其地下物流系统的实施缺乏令人信服的定量效益分析。对于用户来说，地下物流系统的成本相对较高，其社会效益也不够吸引人。第二，由于缺乏成功案例，对于地下物流系统能否成功运营存在怀疑。这需要专家学者提出建设性方法，进行更全面的研究。

(4) 技术

地下物流系统是一个复杂的多学科系统。地下物流系统研究整合了城市交通规划、物流和供应链设计、地下工程和工程管理的知识。无论是研究还是工程实践，都需要卓越的跨学科管理和跨学科融合。此外，地下物流系统的建设具有很高的风险。目前的研究尚未强调地下工程的性质[12]，一些关键问题需要进一步研究，例如如何充分利用分散的城市地下空间、采用基于地铁的物流网络时如何实现客货同运。

4. 地下物流系统的发展策略

4.1. 政府

由于 UFT 的公共性质，政府将在决策方面承担一定的责任制定适当的地下活动 3D 规划，以可能实现长距离的隧道甚至可能负责基础设施的建设和运营。政策引导与规划支持方面，政府可以制定地下物流系统发展规划，将其纳入城市综合交通体系，优化土地利用，确保基础设施与城市发展协调推进。财政与税收激励方面提供财政补贴、税收减免或低息贷款，鼓励企业投资建设地下物流系统，降低初期投入成本，吸引社会资本参与。

4.2. 私人部门

私人投资正在成为一种选择，因为私人投资者越来越有兴趣为基础设施提供资金，可以与政府、科研机构建立公私合营模式，共享基础设施建设成本，优化资源配置，提升整体效益。此外加大对智能调度系统、自动化分拣及无人运输技术的研发投入，提高地下物流的运营效率和安全性。结合电商、快递、仓储等行业需求，开发高附加值服务，如即时配送和智能仓储，以增强市场竞争力。积极参与行业标准制定，推动法规优化，确保地下物流系统的可持续发展。

4.3. 研究人员

研究人员应积极推动地下物流系统的多学科融合研究，在现有基础上，重点拓展以下几个方向：一

是完善地下物流系统的成本效益分析模型，推动其纳入城市综合交通与物流战略评估框架；二是开展不同区域地下空间结构条件下的系统布局优化与模拟仿真研究，为多样化场景提供决策支持；三是深入探讨以数字化、智能化技术驱动的系统管理与运行机制，提升系统响应能力与安全水平。此外，研究人员还应加强对制度设计与政策协同的理论研究，推动建立地下物流相关法规标准体系，为系统落地与推广创造有利条件。

5. 总结

综上所述，地下物流系统作为缓解城市“城市病”的重要手段，展现出巨大的发展潜力和多维度效益。本文基于 PEST-SWOT 分析框架，从政治、经济、社会和技术四个维度出发，系统梳理了地下物流系统在中国发展过程中的优势与机遇，同时深入剖析了其所面临的内部与外部挑战。在政策支持日益增强、技术持续进步以及社会对绿色物流需求不断上升的背景下，地下物流系统的发展正处于关键窗口期。然而，其高昂的初期投资、复杂的政策体系协调及公众认知不足等问题，亦亟需多方合力破解。因此，政府需强化顶层设计与激励机制，私人部门应深化产业协同与技术研发，研究人员则应聚焦实践路径探索。唯有三者协同发力，方能推动地下物流系统在中国语境下实现高效、绿色与可持续的发展目标。

参考文献

- [1] 张菁, 高星林, 张苏娟, 等. 从可持续发展到 ESG: 重大交通基础设施的可持续性评价与研究展望[J]. 项目管理技术, 2025, 23(1): 5-12.
- [2] 姜阳光, 庞大钧. 基于集合覆盖模型的城市地下物流系统物流节点选址分析[J]. 物流科技, 2009, 32(10): 54-55.
- [3] 韦凌翔, 郭东军, 吴艳华, 等. 中国地下空间响应“双碳”目标的研究热点及趋势[J]. 地下空间与工程学报, 2025, 2(21): 1-11.
- [4] 王小林, 赵瀚. 基于地铁的城市地下物流系统探讨[J]. 地下空间与工程学报, 2019, 15(5): 1273-1282.
- [5] 陈一村, 郭东军, 陶西贵, 等. 城市地下物流系统货运需求量预测分析[J]. 地下空间与工程学报, 2021, 17(6): 1687-1694.
- [6] 郭东军, 韦凌翔, 赵光, 等. 我国基于存量地铁开展快递物流运输的前景及方向探讨[J]. 隧道建设(中英文), 2024, 44(6): 1145-1153.
- [7] 王晓平, 鲁玮, 李睿麒, 等. 基于地下物流系统的地铁货运文献综述[J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19(S2): 534-539, 548.
- [8] 胡万杰, 董建军, 陈志龙. 基于地铁的城市地下物流系统发展可持续性研究[J]. 综合运输, 2023, 45(10): 67-72.
- [9] 倪洪亮, 侯龙龙, 胡万杰, 等. 基于地下物流的城市物流服务供应系统仿真优化[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(25): 10856-10865.
- [10] 陈慧, 胡万杰, 陈一村. 城市地面地下一体化物流网络货运性能研究[J]. 隧道建设(中英文), 2022, 42(8): 1420-1427.
- [11] 侯雨婕, 梁承姬. 基于地下物流系统的集装箱多式联运网络优化[J]. 计算机工程与应用, 2024, 60(2): 314-325.
- [12] 林锦辉, 胡万杰, 董建军, 等. 基于动态可靠性评价的城市地下物流网络设计[J]. 地下空间与工程学报, 2022, 18(4): 1062-1074.