

# 济南新旧动能转换先行区地下物流系统规划研究

鲁 斌, 张梦霞

(上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092)

**摘 要:**为实现济南新旧动能转换先行区(下称“先行区”)的可持续发展,提出了利用地下物流系统发展智慧城市配送的创新思路,可提升城市物流的运行效率,形成高效的交通系统,支撑产业的新旧动能转换。以先行区的地下物流系统为主要研究对象,通过研究地下物流规划建设可行性,得出先行区内的大桥组团适宜发展地下物流系统的结论;对大桥组团内地下物流的需求进行预测,据此设计了地下物流系统的体系结构、物流节点、物流廊道、运输设备和技术参数等;对研究难点——地下物流廊道建设形式开展了详细设计,以此制定了地下物流近期建设方案,为先行区的智慧城市配送提供了较为全面的发展策略参考。

**关键词:** 地下物流系统;城市配送;智慧物流;分拨中心;配送中心

**中图分类号:** U412.37;F54

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2020)12-0010-05

## 1 概 述

随着电子商务、新零售和用户直连制造(C2M)等新型商业模式的快速发展,城市配送作为新型商业模式的重要支撑,其需求量也随之持续增长。截至 2019 年末,我国快递业务量为 630 亿件,同比增长了 24%<sup>[1]</sup>(见图 1)。



图 1 全国快递服务企业业务量

近几年来,济南市的城市配送需求量也呈现明显的增长趋势,且未来仍将处于快速发展阶段。据统计,2018 年济南市快递量达到 4.3 亿件,同比增长了 43%,增长速度高于全国水平<sup>[2]</sup>(见图 2)。

在此背景下:一方面,城市物流产生了差异化、个性化的物流服务要求;另一方面,较大的城市物流需求量将引发交通拥堵、环境污染等城市交通问题。随着济南市 2018 年机动车保有量突破 230 万辆,交通拥堵问题突出,极大地制约了济南



图 2 济南市历年快递业务量

城市配送的发展。同时,济南市出台的相关发展政策对城市配送提出了较高的发展要求,如济南市政府已提出“至 2020 年快递业务量达到 8 亿件”<sup>[3]</sup>的发展目标。

智慧城市配送可利用信息技术,整合利用空中、地面与地下的城市空间资源进行城市配送,支撑物流市场的需求增长,缓解物流带来的城市交通问题。其中,地下物流作为智慧城市配送中的新型模式,将成为城市配送可持续发展的有效途径之一<sup>[4]</sup>。在政策条件上,国家提出了物流的未来发展方向:打造绿色高效的现代物流系统,加速新业态、新模式发展;推进智能收投终端和末端公共服务平台建设,积极发展无人机(车)物流递送和城市地下物流配送<sup>[5]</sup>。

地下物流作为城市交通的重要组成,代表着未来城市货运的重要发展模式之一,但目前世界范围内地下物流系统缺乏实际建成的案例<sup>[6]</sup>,而济南市新旧动能转换区作为创新驱动的先行区,可先行先

收稿日期: 2020-05-28

作者简介: 鲁斌(1987—),男,博士,高级工程师,从事物流规划设计与研究工作。

试,推行首个落地的地下物流系统,为实现城市物流的可持续发展提供样板示范。

本文以先行区地下物流的可行性研究为基础,针对先行区的区域发展特征,开展了先行区的地下物流系统规划研究,内容包括需求预测、体系结构、规划原则等方面,并对其中面向实施的地下物流系统建设形式进行了较为详细的方案设计。

2 济南新旧动能转换先行区可行性研究

地下物流规划建设的可行性与所在城市的经济发展水平、产业结构及基础设施等因素直接相关。

先行区的重点研究区域为大桥组团和崔寨组团(见图 3)。



图 3 大桥、崔寨组团区位图

大桥组团规划 2035 年人口 50 万,主要发展科研、高端高新产业、总部经济<sup>[7]</sup>。因此,组团内物流以消费型物流为主,高频次、小批量,追求时效性的物流需求量较大。大桥组团规划有地下道路和综合管廊,地下基础设施较为丰富。大桥组团规划建设地下物流的可行性较强。

崔寨组团规划 2035 年人口 25 万,主要发展保税物流、跨境电商物流等现代高端物流产业、氢能产业<sup>[7]</sup>。主要货物类型为保税、跨境货物,货物尺寸类型以集装箱形式为主,且氢燃料等原材料运输存在安全风险。因此,崔寨组团内物流以生产型物流为主,更适宜利用地上开展物流配送。

综上所述,本文将针对大桥组团开展地下物流系统规划研究。

3 地下物流系统方案研究

本文将对大桥组团地下物流系统方案进行详细研究,主要包括需求预测、体系结构和方案设计。

3.1 需求预测

大桥组团城市配送的主要物流类型为消费型物流,包括冷链物流、零担快递业务、逆向物流(生活垃圾)及即时配送(外卖)。其中,地下物流适宜承运的物流类型为零担和快递。

以大桥组团城市配送物流需求量预测结果为基础(见表 1),地下物流主要承担其中的快递物流、连锁超市物流和跨境快递物流等。2035 年大桥组团地下物流需求总量为 46.87 万 t,人均地下物流需求量为 2.57 kg/d。

表 1 大桥组团地下物流需求量预测

| 大类                               | 小类     | 2022 年 | 2028 年 | 2035 年 | 2050 年 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 零担、快递业务/(万 t·a <sup>-1</sup> )   | 快递物流   | 2.0    | 6.1    | 14.5   | 24.9   |
|                                  | 连锁超市物流 | 5.3    | 14.5   | 32.3   | 45.6   |
|                                  | 跨境快递物流 | 0.01   | 0.03   | 0.07   | 0.12   |
| 零担、快递业务总量/(万 t·a <sup>-1</sup> ) |        | 7.31   | 20.63  | 46.87  | 70.62  |

3.2 体系结构

大桥组团地下物流采用由分拨中心、配送中心组成的零担、快递业务两级体系结构(见图 4)。该体系描述了地下物流参与智慧城市配送的全过程,即货物从分拨中心出发,利用新能源物流车运输,经过地下物流廊道到达配送中心,最后通过地面道路或地下空间,经配送员或机器人送达末端用户。

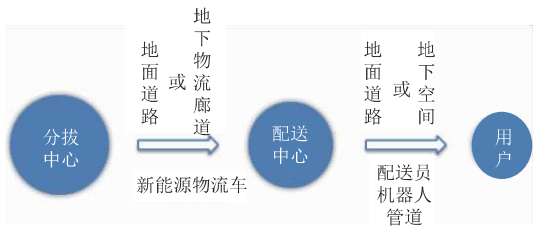


图 4 大桥组团地下物流体系结构图

在地下物流体系结构中,物流节点可分为分拨中心和配送中心两个层级,物流通道可分为干线和支线两个层级。

3.3 方案设计

3.3.1 分拨中心

分拨中心的功能为智能化分拨、存储、收发、安检、容器标准化、信息化处理等。在分拨中心规模上,根据大桥组团城市配送物流需求量和分拨中心坪效可测算得,组团内需配置的分拨中心规模为 2.4 万 m<sup>2</sup>。分拨中心选址遵循以下原则:



表 2 地下物流廊道参数

| 编号 | 地下物流廊道 | 对应道路   | 长度/km |
|----|--------|--------|-------|
| 1  | E1     | 凤凰路北延  | 3.8   |
| 2  | E2     | 科创大道   | 4.0   |
| 3  | E3     | 科创大道   | 1.9   |
| 4  | N1     | S101   | 3.7   |
| 5  | N2     | 二环东路北延 | 3.0   |

3.3.4 地下物流廊道建设形式

地下物流廊道的研究难点为廊道的建设形式。地下物流廊道的选择不仅考虑物流节点布局、零担快递需求空间分布，还需重点考虑可合建的地下基础设施的分布。大桥组团内地下基础设施包括综合管廊、地下道路和轨道交通，在组团内，仅依托单一种类的地下基础设施无法形成系统型成网的地下物流廊道。

因此，本文采用了多方式组合的建设形式，而在方式选择上，综合考虑了线位布局、道路红线宽度、建设时序和设施建设标准等因素。各段建设形式如下：

(1) 凤凰路北延段 E1 与综合管廊合建

凤凰路北延道路红线宽度 42 m，建设空间较为富余，综合管廊在此段舱室独立布局，与地下物流通道合建的条件较好。考虑到综合管廊电力舱不能位于压力舱下方，地下物流廊道与管线舱采用竖向合建(见图 8)。

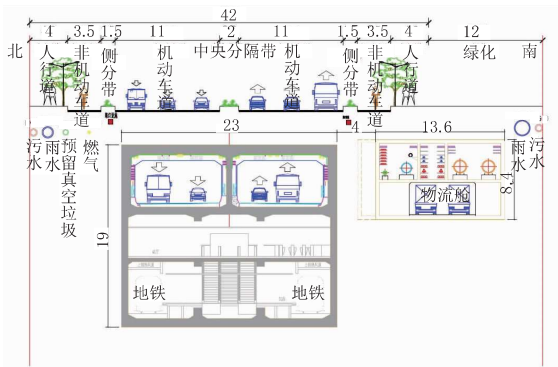


图 8 凤凰路北延段 E1 断面图(单位:m)

(2) S101 段 N1 独建

该段地下空间内西侧规划综合管廊支线，东侧非机动车道下已无建设空间。在建设时序上，综合管廊为先期建设，地下物流通道可远期建设，两者在空间关系上不存在矛盾。因此，该段地下物流廊道可在远期于道路中央绿化带下方进行独建(见图 9)。

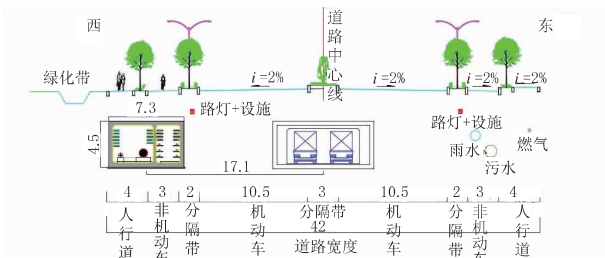


图 9 S101 段 N1 断面图(单位:m)

(3) 科创大道互通立交以西 E2 段独建

该段地下道路、有轨电车通道将于近期建设实施，考虑到工期原因，采用合建方式的可行性较低。同时，地下物流廊道与地下道路合建将与北侧的直埋管线产生竖向冲突。因此，规划将地下物流廊道放置于深层地下空间，采用直径 8.5m 的盾构，并与地下道路留出 1D 距离(见图 10)以保证建设安全。

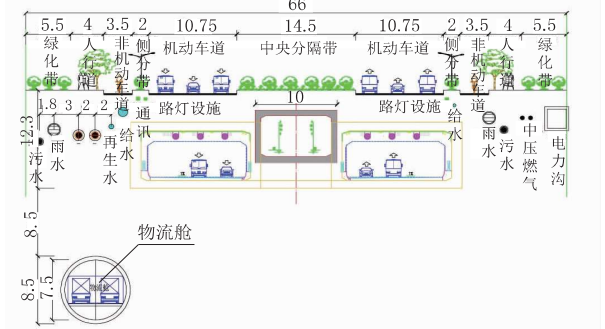


图 10 科创大道互通立交以西段 E2 断面图(单位:m)

(4) 科创大道互通立交以东 E3 段与地下道路合建

由于该段地下基础设施种类较多，廊道应优先考虑出线便利性，因此选择与地下道路在北侧合建，结构底标高与地下道路保持一致(见图 11)。

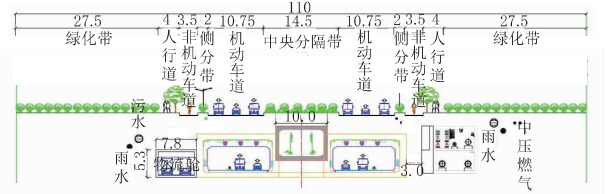


图 11 科创大道互通立交以东段 E3 断面图(单位:m)

(5) 二环东路北延段 N2 与综合管廊合建

二环东路北延道路红线宽度 42 m，且东部有 60 m 宽的绿化带，综合管廊横向拓展的空间较为富余，因此廊道可与综合管廊横向合建(见图 12)。

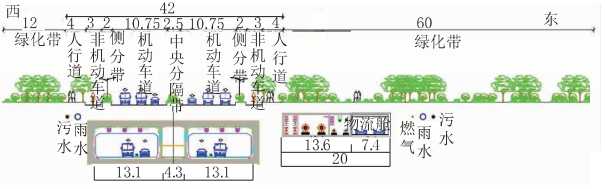


图 12 二环东路北延段 N2 断面图(单位:m)

地下物流廊道与其他地下基础设施交叉节点采用避让原则进行设计,以避免通道间竖向矛盾。

以综合管廊为例,考虑到管廊的平纵技术标准更为灵活,在交叉节点处,可优先保持物流舱标高不变,管线舱灵活上跨或下穿进行避让。通道在节点处可分为合建段和分建段:合建段中,物流舱与其他地下基础设施在结构上合建,在线位上保持一致;分建段中,物流舱在线位上设置转弯半径,与其他地下基础设施在结构上分离(见图 13)。

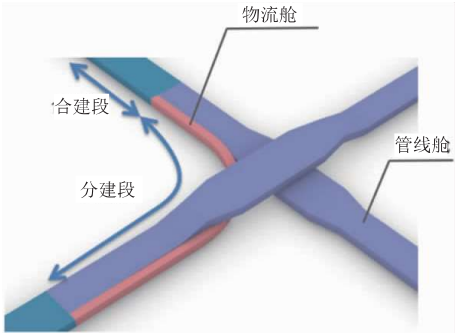


图 13 地下物流廊道节点避让

3.3.5 运输设备及技术参数

地下物流廊道内的运输设备采用自动驾驶车辆,以此为基础设计地下物流标准断面参数(见图 14、表 3~表 5)。

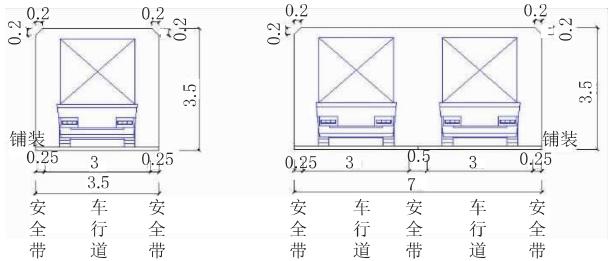


图 14 地下物流道路建筑限界(单位:m)

表 3 地下物流通道空间要求

| 净宽 /m | 净高 /m | 横坡度 /‰ | 铺装厚度 /m |
|-------|-------|--------|---------|
| 3.5   | 3.5   | 3~5    | 0.1     |

表 4 地下物流通道技术参数

| 设计速度 /( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) | 圆曲线最小半径 /m | 最大纵坡 /% | 最大超高横坡度 /% |
|-------------------------------------------|------------|---------|------------|
| 20                                        | 20         | 8       | 2          |
| 30                                        | 40         | 8       | 2          |
| 40                                        | 70         | 6       | 2          |
| 50                                        | 100        | 5       | 4          |
| 60                                        | 150        | 5       | 4          |
| 80                                        | 250        | 5       | 6          |

表 5 地下物流通道预留空间要求

| 设备空间(条件允许) | 预留尺寸 /m   |
|------------|-----------|
| 上层空间       | 顶层预留 1.00 |
| 两侧空间       | 单侧预留 1.00 |

3.4 近期建设规划

由于地下道路与有轨电车通道将于近期实施建设,因此近期规划在科创大道布局地下物流双向廊道,规划总长度约 5.9 km(见图 15)。

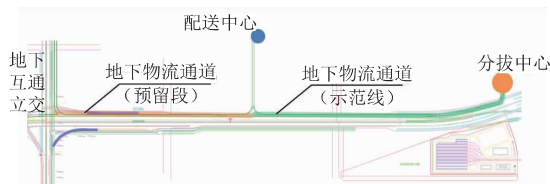


图 15 示范线与预留段示意图

地下物流近期建设廊道为科创大道互通立交以东段 E3,该段分为示范线和预留段两部分。示范线长约 1 km,用于连接分拨中心和配送中心;预留段长约 0.9 km,未来可连接立交以西及二环东路北延地下物流廊道。示范线及预留段均采用明挖法,与地下道路、有轨电车通道近期同步施工。

4 结 语

地下物流系统是一种新型的智慧城市配送模式。在我国快递业务量高速增长、地面交通拥堵问题日益严重的背景下,规划建设地下物流系统可为城市物流高效可持续发展提供新思路。

在对地下物流应用于济南先行区进行研究时,首先比选确定了大桥组团规划建设地下物流的可行性,在明确地下物流的运输对象为零担、快递后,预测得大桥组团 2035 年人均地下物流需求量为 2.57 kg/d。根据需求量:规划了 1 处分拨中心,规模 2.4 万  $\text{m}^2$ ; 22 个配送中心,规模 800~2 000  $\text{m}^2$ ; 规划地下物流廊道 16.4 km,其中 3 条廊道与综合管廊或地下道路合建。确定地下物流廊道采用自动驾驶车辆,通道空间净宽、净高为 3.5 m,通道需在上层或两侧为无人驾驶设备预留 1 m 空间。在近期建设中,规划在科创大道先行建设 5.9 km 双向地下物流廊道。

在后续的研究中,仍需根据大桥组团的用地详细设计情况,对社区配送中心到用户的末端配送环节进行详细研究,形成完整的智慧城市配送过程。

参考文献:

[1] 国家邮政局. 国家邮政局公布 2019 年邮政行业运行情况 [EB/OL]. (2020-01-14)[2020-05-03].<http://www.spb.gov.cn/>.

管上部、变电室外侧通过,形成整体共构断面,见图 3。

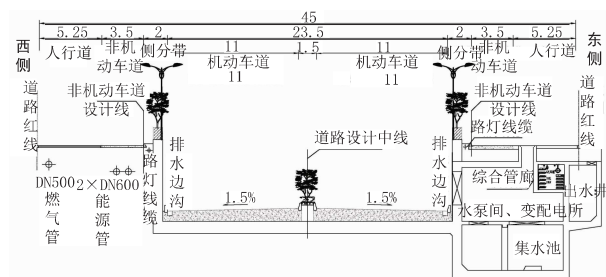


图 3 下穿式隧道泵站与综合管廊共构断面图(单位:m)

#### 4.2 下穿式隧道与地下空间的协同

国际路下穿式隧道与地下慢行空间及地铁 10 号线区间垂直交叉,交叉长度 21.1 m,涉及相关工程竖向衔接和一体化设计事宜。经统筹,交叉节点处地下一层布设市政隧道层,采用双孔闭合框架型式,框架东侧侧墙与综合管廊共构。地下二层布设地下空间人行通廊层,采用单柱双跨框架结构型式,通道标准段净宽 15 m。由于交叉节点处人行通廊层临近地铁 10 号线机场路站,受地铁站厅层竖向标高限制,人行通道净高受限,故在不影响 10 号线轨道区间限界的情况下,该层进行了局部降板,该段人行通道净高由一般段 4 m 压缩为 2.9 m。地下三层布设地铁 10 号线轨行区,与人行通廊层结构同宽,采用单柱双跨框架结构型式,上、下行线路间采用混凝土墙隔离,见图 4。

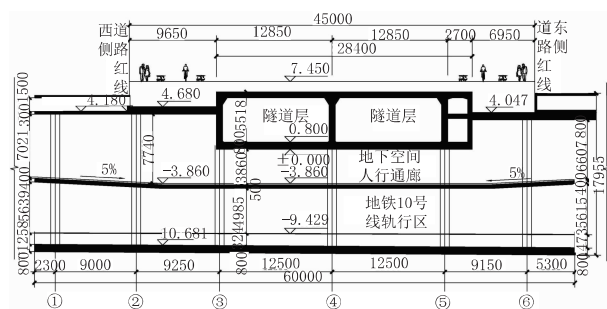


图 4 下穿式隧道与地下空间共构断面图(单位:mm)

## 5 结 语

下穿式隧道涉及的专业多、内容广,面对的工程环境也复杂多变。为建设功能合理、交通安全、工程经济的下穿式隧道,总体设计阶段需要对邻近工程、远期工程、周边环境等细致调查、科学研判,并提出技术应对措施。此外,由于不同工程往往分属各家建设主体,需要先期工程的建设单位牵头对边界条件系统梳理、统筹各方需求、制定衔接方案、明确建设时序。

#### 参考文献:

- [1] 叶至盛,杨凤梅.市政下穿隧道与地铁车站合建设计[J].隧道建设,2015,12(35):1301-1305.
- [2] 王晋.浅析城市交叉口下穿隧道影响因素及对策[J].城市道桥与防洪,2016(5):14-17.
- [3] CJJ 193—2012,城市道路路线设计规范[S].

(上接第 14 页)

- [2] 济南市统计局. 2019 年济南市国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2020-04-03)[2020-05-03].http://sdjn.spb.gov.cn/.
- [3] 济南市人民政府. 济南市邮政业十三五发展规划(2016-2020) [R]. 济南:济南市人民政府,2016.
- [4] 郭东军,陈志龙,钱七虎.发展北京地下物流系统初探[J].地下空间与工程学报,2005(1):37-41.

- [5] 中华人民共和国中央人民政府. 交通强国建设纲要 [M]. 北京:人民出版社,2019.
- [6] 钱七虎.建设特大城市地下快速路和地下物流系统——解决中国特大城市交通问题的新思路[J].科技导报,2004,22(4):3-6.
- [7] 济南市规划局. 济南新旧动能转换先行区总体规划(2018-2035 年)[R]. 济南:济南市规划局,2018.