

“双碳”目标下城市地下空间开发利用相关思考

魏艳波

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:城市地下空间是一种宝贵的资源,在解决交通拥堵问题、优化城市功能配置、提高环境质量和完善基础设施等方面发挥着重要作用。合理开发利用地下空间更是实现“双碳”目标、促进土地集约利用、完成城市绿色低碳可持续发展的重要途径。通过分析地下空间利用的主要特征,提出地下空间开发与城市节能减碳的相关举措,并在具体工程案例中加以应用,从而降低能耗,减少碳排放,为早日实现“双碳”目标提供一定的参考。

关键词:地下空间利用;碳达峰;碳中和;绿色低碳;相关措施

中图分类号: TU924

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)09-0274-04

0 引言

当今世界,气候变化是重要的全球环境问题之一,备受国际社会关注。随着人类活动对全球气候的影响,气候危机的影响范围越来越大。近年来,世界各地的统计数据表明,气候变化导致的各种极端天气事件频发,以全球变暖为主要特征的气候变化已经对人类社会正常生产与生活带来严重的负面影响。

2020年9月,在第七十五届联合国大会上习近平总书记向世界宣布了中国2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和的目标。碳达峰和碳中和是应对气候变化挑战的重要对策,而碳减排和碳吸收则是实现“双碳”目标的关键因素。

城市集聚了人类大部分的资产和经济活动,是化石能源利用的中心,世界能源机构的研究表明,未来与能源有关的碳排放增长将主要来自城市。因此,城市低碳发展、绿色可持续发展是应对气候变化的重要一环。城市空间如何绿色、低碳开发利用,将成为未来的研究热点和重大研究课题。地下空间被视为人类迄今所拥有的少数尚未被充分开发的自然资源之一,在探求当前“城市综合症”解决之道的过程中,开发利用地下空间被证明是一个较为现实有效的途径。加强城市地下空间开发利用,是提高城市空间资源利用效率、提升城市综合承载能力、促进土地节约集约利用的重要手段^[1]。近年来,城市地下空间

开发利用的蓬勃发展,为我们城市低碳、绿色可持续发展提供了新思路。

1 地下空间的主要特征

(1) 地下空间的环境特性

地下空间是指在地表以下,自然形成或人工开发的地下空间。相较于地面开敞、通透的环境特征,地下空间天然具有密闭性好、环境稳定性强等特点。地下空间恒温恒湿、隔热遮光的环境特征,促进了人类对地下空间最原始的利用。如地下菜窖、酒窖等仓储空间建设,即通过地下空间恒温恒湿的环境特征,以最小的能源消耗达到储藏物对光热水汽等储存要素的控制要求。地下空间密闭稳定的特点,也为城市应急避难系统提供了支撑保障,地下人防工程的建设有效提高了城市抗灾避险水平。由此可见,对地下空间环境特征的充分利用,一方面可提高城市综合承载能力,保障城市稳定运行,一方面也能够促进资源合理利用,实现城市节能减排目标。

(2) 地下空间的资源特征

地下空间既是城市重要的国土空间资源,同时也是地下岩土资源、地下水源、地下可再生能源等的重要载体。作为重要的空间资源,在存量发展语境下,地下空间的开发利用对解决城市用地紧张、缓解人地矛盾提供了重要途径。上海静安雕塑公园、杭州钱江新城核心区等均通过设施地下化布局,释放出更多的地面绿色生态资源,提升了城市核心区的减碳固碳能力。作为自然生态系统的重要组成部分,地下绿色资源、清洁能源的合理利用,是支撑城市绿色高效发展的基础保障。上海苏州河通过地下深隧,实现对城市

收稿日期: 2021-12-19

作者简介: 魏艳波(1990—),男,硕士,工程师,从事道路交通运输规划工作。

水资源的动态调蓄,保障城市水安全^[3],雄安新区通过对地下热能资源的利用打造“绿色热网”^[1],减少城市供热碳排放。

(3) 地下空间的发展特征

地下空间是“城建”时代开发利用的重要领域,其发展水平受地面建设影响,与城市发展水平息息相关。地下空间利用的初级阶段以保障地面运行效率为出发点,主要通过轨道交通、地下隧道、综合管廊等基础设施建设,打造高效稳定的地下基盘。随着城市土地价值的不断提升和地下技术的日趋成熟,地下空间利用的发展阶段以提升土地综合效率为重点,逐步将人的活动引入地下,通过地下商业街、地下综合体等公共服务设施的打造提高单位面积的土地开发密度。地下空间利用的成熟阶段,应以资源节约和环境友好为前提,改善地面环境,提高资源效率,保障城市可持续发展。

2 地下空间利用与城市节能减排

碳达峰和碳中和是应对气候变化挑战的主要对策,而碳减排和碳吸收则是实现碳达峰、碳中和目标的关键因素。因此,城市地下空间的开发利用欲在碳中和、碳达峰中发挥作用,需要从碳减排和碳吸收等方面着手,具体举措主要有以下几方面:

(1) 利用城市地下空间大力发展公共交通

地下空间被视为人类迄今所拥有的少数尚未被充分开发的自然资源之一,开发利用地下空间,就是把城市交通尽可能转入地下。通过发展城市地下地铁交通、地下真空高速磁悬浮城际交通等公共交通,发展利用地下物流通道、自动驾驶物流工具等地下物流系统,将车行、人行、商业、管网、车库等组成高效地下系统来减少碳排放是当前城市建设的首要选择^[2]。

(2) 利用城市地下空间调整相关能源结构

当前,利用地热为建筑供暖制冷是替代煤炭供暖,实现能源结构升级转型的重要方式。通过地下空间开发利用可以将地下换热系统的热泵埋设在地下结构基坑围护结构中,例如地下连续墙、排桩、地铁区间隧道内、地下输水管道内等,利用地下储能系统在地下结构中变相发挥材料储能优势,提高地下能源结构能量密度,增大能源地下结构换热量^[3]。此外还可以通过集中能源系统、引入光导技术等减少对传统能源的依赖,从而实现碳减排。

(3) 利用地下空间开发释放地面资源实现碳汇

城市地下空间开发利用是我国城市绿色生态建设取得重要成绩不可或缺的关键因素。通过开发利用地下空间,可有效节约地面土地资源,建设绿色生态系统,从而实现碳汇。此外还可以降低地面建筑密度,扩大城市容量,缓解交通拥挤,改善地面建筑光照,改善环境品质,节约能源消耗,从而实现节能减排的目的。

3 应用案例

某新区核心区规划面积约 10 km²,新区秉承地上地下整体开发的设计理念,坚持“向地下要空间、向空中要效益”规划思想,集综合枢纽与城市功能开发于一体,建立立体交通、公共服务、绿色市政、智慧管理等功能于一体的地下空间网络,营造地上、地下自然过渡,安全舒适高品质的城市环境,打造绿色低碳的城市开发典范,具体的相关举措主要有以下几方面:

(1) 建立便捷可达的地下公共交通系统

大力发展公共交通系统,以轨道交通为主体构建大循环,以地面公交为补充构建小循环,形成地上地下交通“零换乘”体系,提升公共交通的便捷性、可达性。同时注重地下轨道交通站点与周边地下空间开发的互联互通,坚持 TOD 发展导向,以网络化的现代轨道交通体系支撑多中心、分布式、网络化的城市结构。

新区规划地铁线路 2 条,设置站点 5 座,核心区(10 km²)轨交站点 800 m 半径覆盖率 77%,通过地下空间开发串联客流集散点,支撑新区多方式换乘衔接体系,地下轨道交通系统布局见图 1。通过发展公共交通系统,鼓励公共交通出行,减少机动化出行比例,从而缓解城市交通拥堵、降低二氧化碳排放。



图 1 地下轨道交通系统布局图

(2) 构建立体高效的地下车行交通系统

a. 充分利用地下空间,实现立体分离、停车共享

秉承“停车共享、净化交通”的理念,考虑核心区开发强度大、交通吸引大,充分利用新区建设发展契机,挖掘地下交通资源,实现停车资源共享,缓解地面交通压力、提升地面环境品质。创造高效、便捷、舒适、安全、环保的交通环境^[4],有效支撑新区绿色低碳、快速可持续发展。

核心区规划形成“一纵两环”的地下车行系统,一纵为地下隧道长约 2.2 km,双向 6 车道,主要承担核心区的过境交通,同时与地下环路串联,服务片区到发交通;两环为南北两处地下环路,南环长约 3 km,6 对进出口,北环长约 2 km,5 对进出口,单向 3 车道,逆时针交通组织,主要串联地下停车库(约 3 万个车位),外围地面交通可通过地下环路快速进出车库,缓解地面交通压力,同时实现停车共享,均衡地下停车资源(见图 2)。

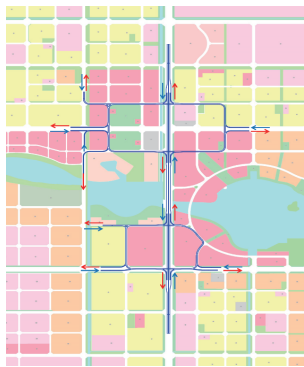


图 2 地下车行系统布局图

b. 大力发展智慧物流,探索地下物流发展

智慧物流可实现物流各环节精细化、动态化、可视化管理,提升物流运作效率。地下物流是通过地下管道、隧道等运输通道,对货物实行运输及分拣配送的全新概念物流系统。智慧物流和地下物流系统可有效解决城市交通拥堵、降低二氧化碳排放,是城市交通可持续发展的重要选择。

新区充分考虑绿色低碳的发展理念,建议核心区结合地下环路系统共建地下物流体系,服务常规快递,利用地下车行系统提升服务品质。根据片区功能及规划配置,核心区货物以消费型物流为主,典型货物类型为时效性要求较高的快递。核心区商务、商业集中,人口密度较高,根据商务商业快递特性,依照一定的增长率,预测 2035 年人均快递业务量 0.1 件/人/d,人口按 30 万计算,日均快递总量约 3 万件,高峰快递量约 1.8 万件。利用地下车行系统服务地下物流,可提升物流配送效率,提升地面环境品质。针对地下物流与地下环路结合的工程方案主要考虑以下两种形式:独立车道和共享车道(见图 3)。

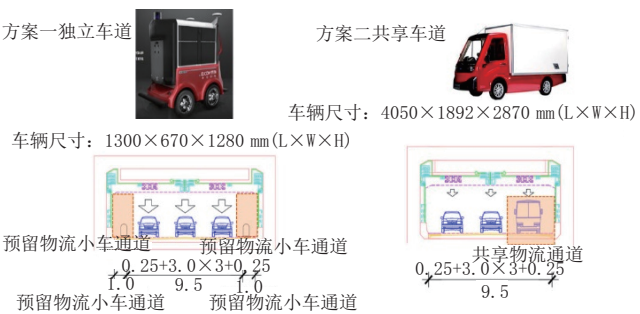


图 3 地下物流方案图

方案一独立车道需要在地下环路车道外侧设置无人驾驶的物流小车专用通道,物流小车对环路交通影响较大,同时还需要增加土建投资。方案二共享车道是利用地下环路的外侧车道通行物流车,可利用平峰时间配送物流,减少对环路交通的影响。通过综合比选(见表 1)暂推荐方案一,后续将结合物流末端配送方案合理确定地下物流运输方案。

表 1 方案对比表

	方案一 独立车道	方案二 共享车道
服务对象	无人物流小车	自动驾驶货车
服务范围	同地下环路覆盖范围	同地下环路覆盖范围
运营形式	待配送货物直接交付末端用户,车辆频次高	需设置楼宇末端将待配送货物转交楼宇内配送
运输能力	单次运输能力小,频次高发车间隔短	单次运输能力大,频次低
对环路交通影响	对出入地块交通干扰大	频次少,车辆少,对既有交通影响较小
运营可靠性	高频次、车辆多运营可靠性差	可避免高峰时段运行
系统成本	道路宽度增加、增加土建成本,机器人配置维护成本高	智能化辅助设备,对土建无影响
推荐方案	推荐	

(3) 发展绿色低碳的地下市政设施系统

市政设施系统的地下化、综合化主要体现在综合管廊、供水厂站、污水厂站、供电设施、供热(供冷)设施以及垃圾收集(处理)站。经过初步分析,本次规划核心区范围内结合地下空间实施的市政设施主要为综合管廊、供电设施、供热(供冷)设施以及垃圾收集(处理)站。考虑低碳集约,新建地下能源站 1 座,地下管廊与地下道路结构共建,节省空间和投资(见图 4、图 5)。

通过以上地下空间系统的建立,可极大提升城市品质,充分利用地下空间、释放地面资源,将新区打造成为绿色低碳、复合低耗、高效智能的城市基盘^[4]。构建集约智慧的物联感知网络,实现人流、车流、能源、物流、固废、水务的全面感知。规划泛在高

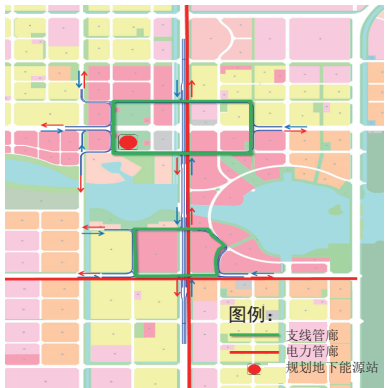


图 4 地下市政系统布局图

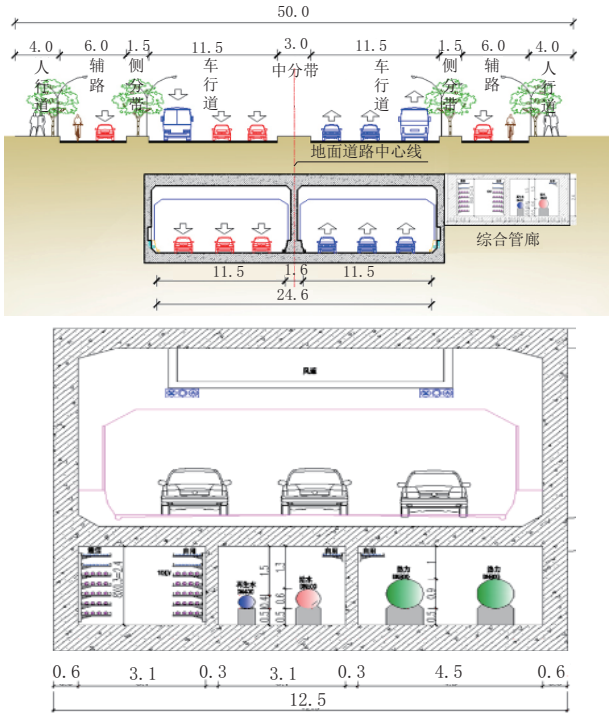


图 5 地下道路与管廊结建布局图

速的通信系统，将感知的市政运行数据传送到管理中心，实现智慧管理决策，助力早日实现“双碳”目标（见图 6）。

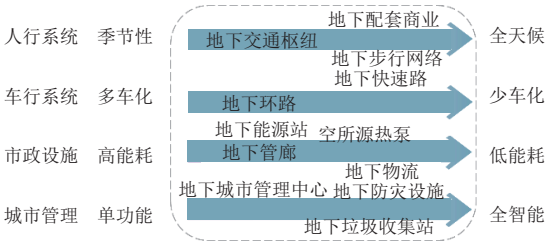


图 6 地下空间规划目标示意图

4 结论与展望

气候变化是人类共同面临的危机，碳达峰、碳中和不仅是我国向全世界的承诺，更是人类的共同利益和责任。建设可持续发展的城市是我国未来城市建设的重要目标，作为城市空间资源的重要组成部分，地下空间的开发利用是城市可持续发展的重要建设领域。通过拓展地下空间、释放地面资源、应用新技术新材料和新工艺，可有效降低能耗，减少碳排放，对于早日实现碳达峰和碳中和的目标具有重要意义。

参考文献：

- [1] 钱七虎. 利用地下空间助力发展绿色建筑与绿色城市[J]. 隧道建设, 2019, 039(11): 1737-1747.
- [2] 俞明健, 范益群, 胡昊. 城市地下空间低碳化设计与评估[M]. 上海: 同济大学出版社, 2015.
- [3] 刘艺, 朱良成. 上海市城市地下空间发展现状与展望[J]. 隧道建设(中英文), 2020, 40(7): 941-952.
- [4] 范益群, 李焕青. 城市地下空间开发助力可持续发展从《东京宣言》到《上海宣言》[J]. 城乡建设, 2019(18): 16.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴，为您提供平台，携手共同发展！

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱: cdq@smedi.com 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com