

基于地下集装箱运输的城市地下环境物流系统建设

范益群¹, 钱七虎²

1. 上海市政工程设计研究总院, 上海 200092
2. 中国人民解放军理工大学工程兵工程学院, 南京 210007

摘要 城市垃圾危机、土地资源枯竭、城市交通拥堵、生态环境恶化等“城市病”严重阻碍了现代城市的可持续发展。本文通过对城市“垃圾危机”现象的说明,揭示了生活垃圾产生量逐年增加,垃圾处置能力不足以及收运方式不合理,从而导致了“垃圾围城”。解决垃圾危机的有效方法,除了做好垃圾分类以及垃圾“减量化、资源化、无害化”工作外,提高垃圾处置能力和改善收运方式非常重要。进一步,本文通过对上海市建设城市地下环境物流系统的规划与概念设计说明,指出了地下环境物流系统能够为缓解垃圾危机提供一条重要出路。此外,发展地下环境物流系统能够减少交通拥堵、改善城市环境,带动相关高新技术研究,促进城市的可持续发展。

关键词 地下环境物流系统;地下集装箱运输;垃圾危机;交通拥堵;生态环境恶化;城市可持续发展

中图分类号 U412.37

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.07.004

Building Urban Underground Environment Freight Transportation System Based on Underground Container Transportation

FAN Yiqun¹, QIAN Qihu²

1. Shanghai Municipal Engineering Design General Institute, Shanghai 200092, China
2. Engineering Institute of Engineer Corps, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China

Abstract City waste crisis, land resource exhaustion, urban traffic congestion, and ecological environment deterioration have seriously hindered the modern urban sustainable development. By describing "waste crisis", it is revealed that the increasing quantity of waste output, the insufficient waste disposal capacity, and the unreasonable waste collection and transportation methods are the cause for the problem of "waste siege" in many big cities. In addition to waste classification and "reduce, reuse, recycle" policy, an effective method for solving waste crisis is to improve the waste disposal capacity as well as the collection and transportation method. Furthermore, the concept of underground environment freight transportation is explained, and plan and conceptual design of urban underground domestic waste transfer logistics system in Shanghai are introduced. It is pointed out that the underground environment freight transportation system provides an important and feasible way to relieve the waste crisis. Besides, underground environment freight transportation system can reduce traffic congestion, improve urban environment, lead to related high-tech researches, and promote the sustainable development of modern cities.

Keywords underground environment freight transportation system; underground container transportation; waste crisis; traffic congestion; ecological environment deterioration; urban sustainable development

0 引言

所谓城市地下环境物流系统,就是利用地下物流^[1-2]进行

城市生活垃圾转运^[3]的系统,即利用大城市中深层地下空间(地下40~50m以下),通过隧道或大直径的管道连接各主要

收稿日期:2011-01-05;修回日期:2011-02-21

作者简介:范益群,教授级高级工程师,研究方向为地下空间开发利用,电子信箱:fan_yq.dxzx@smedi.com

地下垃圾转运站的运输站点,并连接到垃圾终端处置场所,应用自动化、低能耗的运输方式,进行垃圾转运。

根据美国纽约州能源与发展局(NYSERDA)提供的研究报告^[4],纽约市于2002年曾完成了基于气动舱体运输(PCP)技术的地下货物运输系统的技术与经济可行性研究。它运用PCP技术运送9个垃圾周转站的固体垃圾,即将9个分管道(每个管道连接着一个垃圾中转站)连接在一个主管道上,然后通过主管道将各个分管道收集到的垃圾运送到临近的州(如新泽西州)的一个或多个垃圾处理场。通过不间断运转,此系统每天可运送被压缩后的固体垃圾1.8万t。该系统不但可以满足以后20年的垃圾处理需求,而且每吨垃圾运输成本降至原来的1/4。

2009年,上海市政工程设计研究总院立项进行城市地下生活物流研究,提出了采用基于地下集装箱运输的地下物流系统进行上海城市生活垃圾转运的设想^[5-7],建议上海地下环境物流系统的网络建设可分近期和远期两步走,其中近期的网络长度为55.0km,较好解决了浦西中心城区约每天1.0万t生活垃圾的环境物流问题,而且它与目前上海市垃圾收运的水陆联运系统相衔接。鉴于当前上海市采用20英尺(外部6.058m)集装箱进行垃圾水陆联运,及上海具备大量地铁盾构,推荐该网络系统采用6.2m直径的地铁隧道和地下集装箱系统^[8]进行运输。通过对该系统近期网络的成本效益分析表明,该物流网络采用单管方案可满足运输要求,它的建设成本在50亿~60亿元人民币之间,建成后其运营成本降至原来的1/4~1/10。此外,还获得显著的环境和社会效益。

从中国大型城市的实际情况看,采用不占城市地面空间、无污染的城市地下环境物流系统对城市发展具有极大的现实意义,是解决城市生活垃圾围城、垃圾二次污染、交通堵塞与交通安全、节省土地资源的出路之一。本文通过阐述建设地下环境物流应对垃圾危机构想,及对上海市建设城市地下环境物流系统的规划与概念设计说明,指出地下环境物流系统能够为缓解垃圾危机提供一条重要出路,并希望有关部门能重视并推动建设大城市地下环境物流系统的工可研究和试验。

1 建设地下环境物流应对垃圾危机构想

1.1 生活垃圾处理形势严峻

随着城市化进程的加快,中国城市生活垃圾的产生量和堆积量均在逐年增加,2010年以后,垃圾产量将超过2亿t/a。与巨大的城市生活垃圾产生量相对应的,是垃圾处置能力的严重不足。中国现行的生活垃圾处置技术主要有填埋、焚烧和堆肥。截至2008年底,全国城市共建设生活垃圾处理设施579座,处理能力1.03亿t/a,生活垃圾的处理率仅有50%左右,仍有大量的垃圾无法及时处理,只能简单堆放,进一步侵占了土地,加重了污染^[9-11]。

统计数据显示,截至2008年,中国城市生活垃圾的历年

堆存量已达到70多亿t。许多城市形成了“垃圾围城”的严重污染局面,即城市的生活垃圾收集后统一集中倾倒在郊区,虽然城区较为清洁,但郊区受到了污染,垃圾正逐步将城市包围起来。全国600多座城市,除县城外,已有2/3的大中城市陷入垃圾的包围之中,且有1/4的城市已没有合适场所堆放垃圾。垃圾堆存侵占的土地面积已超过6亿m²,每年因垃圾造成的经济损失高达300亿元人民币。中国已成为世界上垃圾包围城市最严重的国家之一,“垃圾围城”是每个地方政府都遇到并感到头痛的难题^[12]。

1.2 垃圾处置以及收运方式亟待变革

目前国内生活垃圾仍采用人工收集、陆路或水路转运^[3],不能承担垃圾长距离外运高昂的成本。此外,在垃圾收运过程中,因人工收拣、垃圾遗落、污水渗漏、恶臭散发等造成的二次环境污染,严重影响了城市的市容环境和居民的身心健康。传统的大型卡车运输方式不可避免地带来尾气污染和噪声污染,并占用了城市的土地资源与道路资源,越来越不适应现代城市高效、节能运转的需要。

解决垃圾危机的有效方法,除了做好垃圾分类以及垃圾“减量化、资源化、无害化”工作^[13],提高垃圾处置能力和改善收运方式非常重要。这是由于即使做到垃圾分类和可回收垃圾的循环利用,根据日本环境部统计年鉴提供资料,仍然有80%垃圾需要处理。而由于建设垃圾处理场所受到环境保护要求的限制,在城市周边设置大规模的垃圾填埋场或焚烧厂是不可能的。虽然垃圾焚烧是垃圾处置的有效方法,但焚烧易产生包括一级致癌物二恶英等。因此,比较理想的方式是垃圾处理处置场所向着远离城市中心居住区的方向发展,或沿海城市在大海中选择一处荒岛建设一座现代化大规模的垃圾填埋场或焚烧厂,从而提高生活垃圾的处置能力,但这对现有的垃圾收运系统提出一个挑战。

1.3 城市地下环境物流系统建设

根据环卫科技网相关报道提供数据,2007年上海市每吨垃圾的清运处理成本为350~400元人民币,2010年会更高,其中垃圾收运的费用占到了60%~80%。按每天产生生活垃圾2万t计,即每天生活垃圾处理的经济成本将达到700万~800万元人民币,而其中的500万~700万元人民币消耗在垃圾收运过程中。另外,加上输出这些垃圾的直接花费以及诸如燃料消耗、空气污染、事故处理上的间接花费将会更高。如果一个现代化大型垃圾处理场离城市更远,那么垃圾的收运成本会更大,为此,提出了建设大城市地下环境物流系统的设想。

城市地下环境物流系统将地下物流与城市生活垃圾收运系统相结合,即将运输隧道/管道和垃圾转运站布置在地下,可节约地面空间、改善地面卫生环境和交通环境、提高运行效率、降低运输成本;此外,该系统能够提供不受天气影响、全天候、大运量、稳定、高效、节能、环保的运输,可以满足现代化大型垃圾处理场所稳定运行的要求,从而减少甚至取

消城市垃圾临时堆放点。另外,它也可节省因建设现代化大型垃圾处理场所修建道路、桥梁、码头等基础设施的投入,这对于缓解日益严重的城市垃圾危机、促进城市节能减排和可持续发展十分有利。

2 上海市建设城市地下环境物流系统的规划和概念设计

2.1 建设城市地下环境物流网络规划构想

建立城市地下环境物流系统网络,主要采取将城市中心环卫规划用地或现有环卫设施用地转化为节点的形式,即根据城市具体环卫设施分布,通过分析选择出具有代表性的地区作为地下环境物流节点。此外,还需要根据城市的具体情况,结合地铁建设规划以及地面物流中心规划等,实现地下物流网络共享。

以上海市为背景的相关研究^[5-7]提出整个城市中心区网络可分为近期和远期两步实施。近期的网络建设以静安垃圾中转站为中心,形成一个“+”字型网络路线,见图1。第一期规划网络已可以独立成系统,并较好解决了浦西中心城区的环境物流问题。远期的网络建设,将浦东中心城区的垃圾分流中心相连,构成一条半环线,并与浦西站点相连构成一个大的椭圆线,见图2;同时将浦西地区的的东西线延伸到老港垃圾



图1 浦西中心城区地下环境物流网络布局方案
Fig. 1 Layout plan of underground environmental logistics system of Puxi downtown area



图2 上海市地下环境物流网络布局方案
Fig. 2 Layout plan of underground environmental logistics system in Shanghai

填埋场;构成一个“ø”字型网络路线。总长度近 100km。

2.2 上海市城市地下环境物流网的几个概念设计

2.2.1 运载工具

上海城市地下环境物流系统,既可选用荷兰 AGV(自动导向车)、日本 DMT(两用卡车)、德国 CargoCap、美国 PCP 等运载工具^[2],也可以选用一种基于磁浮和线性马达泵送式运输的新运载工具。

2.2.2 运输单元和货物处理

由于上海城市生活垃圾在从中转站至远途的焚烧厂、填埋场等终点,多采用 8t 以上压缩式大型集装垃圾卡车,因此,本项目拟采用 5t 压缩式的集装箱,1~3 辆编为一组进行货物运输,见图 3^[5]。

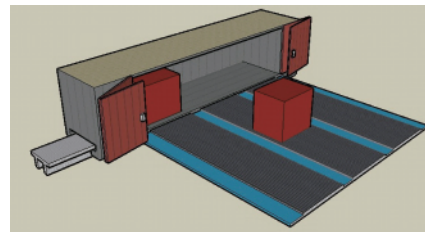


图3 运输舱体设计
Fig. 3 Transport capsule design

2.2.3 运输方式

根据标准箱尺寸,圆形管道直径应为 5.5~6.2m,见图 4。每个舱体将是 8.5 英尺(2.59m)宽,10 英尺(3.05m)高,42 英尺(12.81m)长,以便于能运输一个标准长度的集装箱,其动力推荐利用线性感应电机,为进一步充分利用舱体泵送的特点,也可采用舱体磁浮的方式。每一列由 1~3 个舱体组成,每 5~10min 发送一列,见图 5^[14]。

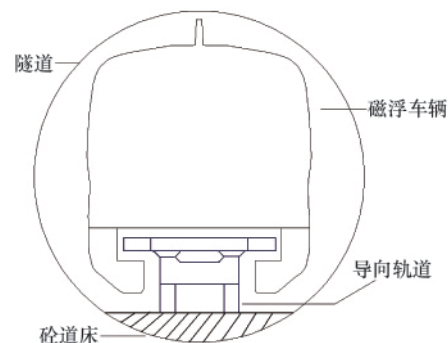


图4 圆形隧道集装箱运输系统
Fig. 4 Round tunnel container transportation system

2.2.4 中间站点

城市地下垃圾转运系统的中间站点是一种用于城市地下物流系统的垃圾中转站。该垃圾中转站由地下垃圾压缩站、超深转运竖井和连接区间隧道的地下运输站点三部分组成^[6],见图 6。

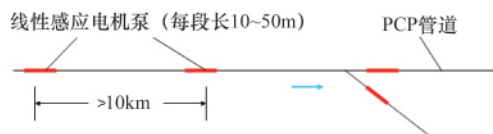


图5 线性感应电机布置示意

Fig. 5 Schematic diagram of linear induction motor layout

地下垃圾压缩站处于地下浅层空间,地下运输站点位于地下深层空间,两者通过超深转运竖井相衔接。装满垃圾的密封集装箱,通过超深转运竖井运至竖井底部的地下运输站点,并将完成作业任务的空载集装箱由地下运输站点向上运至地下垃圾压缩站的空载集装箱转运点。地下垃圾压缩站平面示意图见图7^[6]。

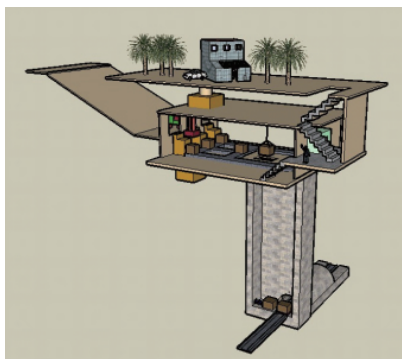


图6 垃圾中转站立面示意

Fig. 6 Schematic diagram of vertical section of waste transfer station



图7 地下垃圾压缩站平面示意

Fig. 7 Schematic diagram of plan for underground waste compression station

该垃圾中转站具有垃圾压缩、装箱、存放、吊运、地下运输的工艺特点,根据垃圾压缩转运工艺、地下物流运输能力和存储要求确定其布局和规模,从而实现城市生活垃圾收运系统的完全地下集约化。

2.2.5 地下建设

为尽可能避开地下障碍物,地下物流系统拟在-50~-40m以下进行开发,其中,隧道采用盾构机进行施工,隧道结构采用预制管片进行拼装;而地下垃圾中转站则拟采用有支撑围护或压气沉箱法修建^[6]。

2.3 经济可行性的考虑

国外研究表明,城市地下物流系统的社会效益、环境效益等间接效益大于其直接效益。在日本的研究成果中,建设城市地下物流系统后,与时间相关的效益(指因节省货物运输时间所获得的社会效益)所占总效益的比例超过了90%。在建设成本方面,根据休斯敦地下物流系统可行性研究^[15],建设54英里(86.94km)的地下物流系统,约投资10亿美元,即0.115亿美元/km,相当于当时约1亿元人民币/km。

考虑到对于许多大城市,目前的垃圾转运系统已购置了大量装备,为了实现与现有地面垃圾运输压缩装备衔接,采用了6.2m直径的地铁隧道及地下集装箱系统进行运输是经济可行的。据此,按单管隧道建设网络做成本分析,其建设成本不超过1亿元人民币/km^[7]。如不考虑与现有地面垃圾运输压缩装备兼容,地下环境物流系统的管道直径一般为2m左右,其造价会降低更多。

3 结论

通过对城市地下环境物流系统研究,得到以下结论。

(1) 建设城市地下环境物流系统可以缓解垃圾危机,释放城市空间,并杜绝垃圾的二次污染,提高运行效率、降低运输成本,从而促进城市节能减排和可持续发展。

(2) 地下生活物流系统初期投资较大,但对长期而言,经济、环境和社会的效益明显,政府应给予财政上的支持。

(3) 发展城市地下环境物流系统,可在某些特大城市(如北京、上海、广州等)先选择特定物流对象(如生活垃圾),选择适当线路进行可行性研究和试验。

此外,中国当前许多大城市正努力建设成一个创新型的城市,而建设地下环境物流则可带动相关高新产业的发展。

参考文献 (References)

- [1] 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.
Qian Qihu. *Science and Technology Review*, 2004, 22(4): 3-6.
- [2] 钱七虎, 郭东军. 城市地下物流系统导论 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
Qian Qihu, Guo Dongjun. *Introduction to urban underground logistics system*[M]. Beijing: China Communications Press, 2007.
- [3] 王罗春, 赵爱华, 赵由才. 生活垃圾收集与运输[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
Wang Luochun, Zhao Aihua, Zhao Youcai. *Collection and transportation of domestic waste*[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [4] Liu H. Feasibility of underground pneumatic freight transport in New York City: Final report [R]. NYSERDA Agreement No. 7643. New York: New York State Energy Research and Development Authority, 2004.
- [5] Yu M J, Fan Y Q. Plan and conceptual design of urban underground domestic waste transfer logistics system [C]. 6th Conference of International Society on Underground Freight Transport (ISUFT2010), Shanghai, Nov 17-18, 2010.
- [6] Fan Y Q, Pei Q. Key issues studies in design and construction of transfer station and terminal of municipal underground environmental sanitation

- freight transport system: A case study in Shanghai [C]. 6th Conference of International Society on Underground Freight Transport (ISUFT2010), Shanghai, Nov 17-18, 2010.
- [7] Fan Y Q, Zhang Z Y, Hu H. Comparative study of domestic waste transfer method in Shanghai Puxi central downtown district [C]. 6th Conference of International Society on Underground Freight Transport (ISUFT2010), Shanghai, Nov 17-18, 2010.
- [8] 郭东军. 上海地下集装箱运输系统基础研究[R]. 上海: 同济大学, 上海市市政工程设计研究总院, 2008.
Guo Dongjun. Preliminary research on underground container transportation system in Shanghai [R]. Shanghai: Tongji University & Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute, 2008.
- [9] 国家统计局. 中国统计年鉴 (2009)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook 2009 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2009.
- [10] 北京市统计局. 北京统计年鉴 (2006)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
Beijing Municipal Bureau of Statistics. Beijing statistical yearbook 2006 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2006.
- [11] 上海市统计局. 上海统计年鉴 (2009) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
2009.
Shanghai Municipal Statistics Bureau. Shanghai statistical yearbook 2009[M]. Beijing: China Statistics Press, 2009.
- [12] 自然之友组织. 中国环境绿皮书——中国环境发展报告(2010)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2010.
Friends of Nature. Annual report on environment development of China 2010[M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2010.
- [13] 赵由才, 宋玉. 生活垃圾处理与资源化技术手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
Zhao Youcai, Song Yu. Domestic waste disposal and recycling technical manual[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2007.
- [14] Liu H, Lenau C. Pneumatic capsule pipeline (PCP): Recent progress[C]. 5th Conference of International Society on Underground Freight Transport (ISUFT2008), Arlington, Texas, USA, March 20-22, 2008.
- [15] James A P, Ir Sanders F M, Ir Arends G. Houston projects 2000 and 2001—research leading to the design of a palletized cargo consolidation and distribution ULS for Houston, Texas [C]. 3rd Conference of International Society on Underground Freight Transport (ISUFT2002), Bochum, Sept 19-20, 2002.

(责任编辑 代丽)



中国科学技术协会

“新观点新学说学术沙龙”

倡导大胆创新,
交流互动, 争辩质疑

联系方式: 中国科学技术协会学会学术部 郭晓芹

联系电话: 010-68580342