

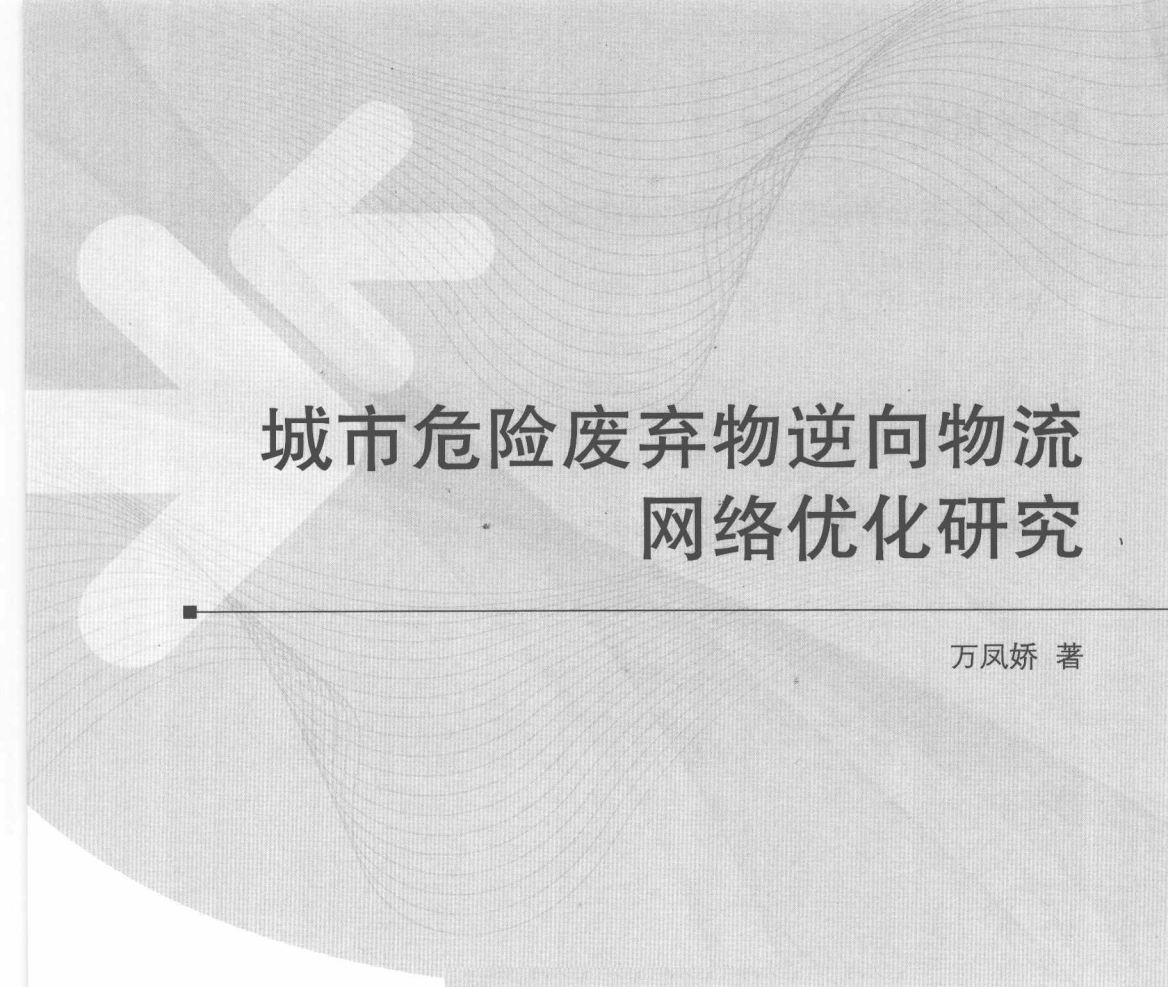
城市危险废弃物逆向物流 网络优化研究

万凤娇 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



城市危险废弃物逆向物流 网络优化研究

万凤娇 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市危险废弃物逆向物流网络优化研究/万凤娇著. —武汉: 武汉大学出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-307-11782-2

I. 城… II. 万… III. 城市—工业废物—危险废弃物—废物处理—物流—研究 IV. X7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 224747 号

责任编辑:唐 伟 责任校对:汪欣怡 整体设计:韩闻锦

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷: 湖北睿智印务有限公司

开本: 720 × 1000 1/16 印张: 12.5 字数: 174 千字 插页: 2

版次: 2013 年 10 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-11782-2 定价: 28.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

本成果受湖北省社会科学基金项目“十二五”规划资助课题、湖北省人文社科重点研究基地——武汉城市圈制造业发展研究中心、湖北省重点学科——管理科学与工程资助。

前 言

在过去的二十多年里，人类开始不断意识到环境问题的存在，考虑到了人类活动给环境带来的长期影响。特别是，城市危险废弃物逆向物流网络优化中的危险废弃物的运输和处理处置带来的风险已经吸引了大众的眼球。因此，为了应对处置过程中发生事故造成的后果，应将处理或处置设施定位在人口较少的区域。另外，为了降低运输风险，需要确定从危险废弃物产生点到处理或处置设施的较为安全、合理的路线。然而，处理或处置设施的选择可能会影响路线的确定，甚至影响整个运输风险。因此，设施选址和路线安排是相互联系的，要集成考虑这两个方面。鉴于以上原因，本书研究了城市危险废弃物逆向物流网络集成优化问题，将危险废弃物逆向物流网络优化中的设施选址和运输路线优化两个问题作为一个整体来研究，统筹考虑两方面不同因素彼此间的影响，采用最优化理论、灰色预测理论、风险评价理论、组合优化理论、模糊集理论、多目标规划理论等方法进行研究，得到了相关的研究结论。本书研究所得出的结论和成果是对现有的物流系统规划理论和方法的完善，所建立的数学模型可为实际的环境保护工作提供指导，并为政府部门的科学决策提供了可参考的理论依据，具有现实意义。

本书是在借鉴国内外危险废弃物逆向物流选址一路径问题研究现状的基础上，结合当前我国城市危险废弃物产生现状，运用灰色预测理论对城市工业危险废弃物的产生量 and 处理量进行了预测，预测结果表明我国工业危险废弃物产生量 and 处理量仍将随着经济的快速增长而大量增加，应该引起国家有关部门的关注。运用风险评价方法、模糊集理论、多目标规划理论及现代智能算法的相关知识，采用理论和实例相结合，定性和定量相结合的方法，探讨了城市危

险废弃物逆向物流的风险评价和城市危险废弃物逆向物流网络集成优化问题。主要研究内容分为三个部分:

第一部分是文献回顾。广泛地搜集和整理与本书相关的国内外研究文献,包括物流选址问题的研究、车辆运输路线安排问题的研究、集成物流选址一路径问题的研究、危险废弃物逆向物流选址一路径问题的研究和国内外危险废弃物逆向物流风险评价的研究,较为深入地掌握了这些方面的研究现状和动态,为本书后续的研究工作打下了基础。

第二部分是本书的主体。首先分析城市危险废弃物产生现状,并预测城市危险废弃物产生量 and 处理量,掌握城市危险废弃物的产生趋势,然后评价了城市危险废弃物逆向物流的风险,包括危险废弃物运输中的风险评价和危险废弃物处理处置中的风险评价,给出了危险废弃物运输总风险的计算公式,并通过实例进行验证。针对危险废弃物处理处置设施的风险的确定,提出了模糊综合评价法。其次,在对集成物流管理系统理论、组合优化理论、LRP 相关问题进行阐述的基础上,建立了模糊环境下的带时间窗约束的多仓库有容量限制的选址一路径问题(LRP)的数学模型,设计了求解 LRP 的禁忌搜索—遗传混合算法,并给出了算例说明模型和算法的应用。最后,针对危险废弃物所具有的特性,建立了区别于 LRP 的 HWLRP 数学模型,并继续应用已设计的禁忌搜索—遗传混合算法求解 HWLRP,并通过算例验证模型和算法的有效性。

第三部分是本书的研究总结和展望。在总结本书主要研究结论的基础上,指出了本书的创新点和研究的不足,并提出了进一步研究的方向。

在本书研究和写作过程中,得到湖北省社会科学基金项目“十二五”规划资助课题、湖北省人文社科重点研究基地——武汉城市圈制造业发展研究中心、湖北省重点学科——管理科学与工程和江汉大学高层次人才科研资助项目“基于禁忌搜索—蚁群混合算法的物流选址—选线问题(LRP)研究”(编号:2010003)的资助,在此谨表示衷心的感谢!

在本书的写作过程中,作者已经尽可能详细地在参考文献中列

出各位专家和学者的研究成果，在此对他们的贡献表示深深的谢意。本书也有可能引用了某些资料，而由于作者的疏忽未能指出参考文献的出处，或在参考文献的标注上出现错误，在此表示万分歉意。

由于城市危险废弃物的研究还属于比较前沿的问题，本书还有许多重要的研究内容未曾探讨，同时所做的工作在许多方面尚需进行深入和细致的研究，需要不断地充实与完善。由于作者水平有限，书中难免有不妥乃至错误之处，敬请读者批评斧正。

万凤娇

2013年1月于江汉大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究的目的地及意义	5
1.2.1 研究目的	5
1.2.2 研究意义	6
1.3 研究的主要内容与方法	7
1.3.1 研究的主要内容	7
1.3.2 研究方法	9
第2章 国内外研究现状综述	12
2.1 相关概念界定	12
2.1.1 集成物流管理系统论	12
2.1.2 物流选址—配给问题 (Location-Allocation Problem, LAP)	14
2.1.3 车辆路线安排问题 (Vehicle Routing Problem, VRP)	16
2.1.4 物流选址—路径问题 (Location-Routing Problem, LRP)	18
2.1.5 城市废弃物及废弃物物流	19
2.1.6 危险废弃物与危险废弃物物流	21
2.2 国内外物流选址—配给问题 (LAP) 的研究现状	22
2.3 国内外车辆路线安排问题 (VRP) 的研究现状	24
2.3.1 国外车辆路线安排问题 (VRP) 的研究现状	25
2.3.2 国内车辆路线安排问题 (VRP) 的研究现状	26

2.4	国内外物流选址—路径问题(LRP)的研究现状	28
2.4.1	国外物流选址—路径问题(LRP)的研究现状	28
2.4.2	国内物流选址—路径问题(LRP)的研究现状	35
2.4.3	国内外LRP研究结论及启示	36
2.5	国内外危险废弃物逆向物流选址—路径问题(HWLRP)研究现状	38
2.6	国内外危险废弃物物流风险评价的研究现状	39
2.7	本章小结	42
第3章	城市危险废弃物产生现状及处理量预测研究	43
3.1	城市危险废弃物产生特性及处置	43
3.1.1	城市危险废弃物的来源分析	44
3.1.2	城市危险废弃物的分类	45
3.1.3	城市危险废弃物的特性	47
3.1.4	城市危险废弃物的收集	48
3.1.5	城市危险废弃物的运输	50
3.1.6	城市危险废弃物的储存	51
3.1.7	城市危险废弃物的处理与处置	52
3.2	城市工业危险废弃物产生现状	53
3.2.1	城市工业危险废弃物产生现状与处理情况分析	53
3.2.2	城市工业危险废弃物产生量与工业总产值的关系	55
3.3	城市工业危险废弃物产生量及处理量的预测	57
3.3.1	灰色系统理论	57
3.3.2	城市工业危险废弃物产生量预测	60
3.3.3	城市工业危险废弃物处理量预测	66
3.4	本章小结	67

第4章 城市危险废弃物逆向物流的风险评价	69
4.1 风险评价概述	69
4.2 城市危险废弃物逆向物流风险评价的必要性	70
4.3 城市危险废弃物逆向物流风险评价的特点	71
4.4 城市危险废弃物物流运输中的风险评价	71
4.4.1 危险废弃物物流公路运输风险评价程序	72
4.4.2 危险废弃物公路运输风险评价模型及公理	72
4.4.3 危险废弃物物流运输中风险的确定	77
4.4.4 算例	81
4.5 基于模糊综合评价法的城市危险废弃物处理中心的风险评价	83
4.5.1 模糊综合评价法的基本理论	84
4.5.2 危险废弃物处理中心风险评价模型的建立	85
4.6 本章小结	96
第5章 带时间窗约束的多仓库有容量限制的选址—路径 问题(LRP)的模型研究	97
5.1 组合优化问题概述	98
5.1.1 组合优化问题的描述	98
5.1.2 组合优化中邻域的概念	99
5.1.3 组合优化问题的求解	100
5.1.4 求解组合优化问题时处理约束条件的方法	103
5.2 模糊集理论基本知识	104
5.3 LRP 的分类	106
5.4 LRP 的求解算法	107
5.5 带时间窗约束的多仓库有容量限制的 LRP 问题的 数学模型构建	109
5.5.1 模型的目标分析	110
5.5.2 基本假设	110
5.5.3 模型参数及决策变量	111
5.5.4 数学模型	113

5.6 本章小结	115
第6章 集成物流管理系统的选址—路径问题的禁忌	
搜索—遗传混合算法	116
6.1 求解 LRP 的思想	116
6.2 约束条件处理方法	118
6.3 模糊变量的估算	119
6.4 求解 LAP 问题的禁忌搜索算法	119
6.4.1 禁忌搜索算法的原理	119
6.4.2 禁忌搜索算法的构成要素	120
6.4.3 基于禁忌搜索算法求解 LAP 的具体实现	124
6.5 求解 VRP 问题的遗传算法	127
6.5.1 遗传算法的遗传表示	128
6.5.2 遗传算法的染色体的初始化	128
6.5.3 遗传算法的遗传算子	128
6.5.4 混合智能算法	129
6.6 算例分析	130
6.7 本章小结	136
第7章 城市危险废弃物逆向物流选址—路径问题	
(HWLRP) 的研究	138
7.1 多目标规划问题	139
7.1.1 多目标规划的数学模型	139
7.1.2 多目标规划解的定义	139
7.1.3 多目标规划的基本解法	140
7.2 危险废弃物逆向物流选址—路径问题(HWLRP)	
的数学模型	144
7.2.1 问题描述	144
7.2.2 假设和符号说明	145
7.2.3 目标分析	148
7.2.4 数学模型	150

7.3 算法设计	152
7.4 算例分析	152
7.5 本章小结	158
 第8章 结论	 159
8.1 本书的研究结论	159
8.2 本书的创新点	160
8.3 进一步研究的工作与展望	162
 参考文献	 163
 附 录	 178
附录1 客户与客户之间的距离表	178
附录2 各路段的基本信息	180
附录3 废弃物产生点与潜在处理中心、填埋场之间的 距离表	184

第1章 绪 论

1.1 研究背景

随着社会经济的快速增长和人类生产、生活水平的不断改善,大规模地开发利用资源以及城市人口的不断剧增,产生的城市固体废弃物的数量也大量增加,中国已经成为世界最大的废弃物产生地之一。据有关资料统计,2007年,全国工业固体废弃物产生量为17.58亿吨,比上年增长16%。2008年,全国工业固体废弃物产生量为19亿吨,比上年增长8.3%,工业固体废弃物综合利用率为64.3%,比上年提高2.2个百分点。2009年,全国工业固体废弃物产生量为20.41亿吨,比上年增长7.3%,排放量为710.7万吨,比上年减少9.1%,综合利用量(含利用往年储存量)、储存量、处置量分别为138348.6万吨、20888.6万吨、47513.7万吨。危险废弃物产生量为1429.8万吨,综合利用量(含利用往年储存量)、储存量、处置量分别为830.7万吨、218.9万吨、428.2万吨。2010年,全国工业固体废弃物产生量为24.09亿吨,比上年增长18.1%,排放量为498.2万吨,比上年减少29.9%,综合利用量(含利用往年储存量)、储存量、处置量分别为161772.0万吨、23918.3万吨、57263.8万吨,分别占产生量的67.1%、9.9%、23.8%。危险废弃物产生量为1586.8万吨,综合利用量(含利用往年储存量)、储存量、处置量分别为976.8万吨、166.3万吨、512.7万吨。2011年,全国工业固体废弃物产生量为32.51亿吨,综合利用量(含利用往年储存量)为199757.4万吨,综合利

用率为 60.5% (见图 1-1)。^① 预计今后几十年, 全国每年的固体废弃物数量还将增长。固体废弃物引发了诸多社会问题以及环境问题, 严重影响着城市居民的生活质量和身体健康乃至社会的稳定和经济发展。改革开放三十多年来, 我国经济取得了举世瞩目的成就, 但在成就的背后, 我们需要意识到高经济增长和产品快速更新换代导致的废弃物污染给环境带来了巨大的影响。城市废弃物的处理已经成为政府部门、社会和广大人民群众普遍关注的社会焦点问题。

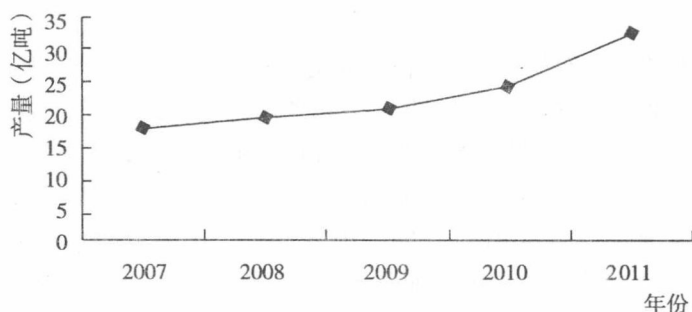


图 1-1 全国工业固体废弃物产生量

近年来, 我国对固体废弃物的管理工作取得了显著的成绩。2005 年全国人大颁布了新的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》, 国家环保总局、各省市相继成立了国家和地方固体废物管理中心, 全国在建和拟建的危险废弃物处置中心有四十多个, 县级行政区都要求建设医疗垃圾集中焚烧厂, 生活垃圾的处理、处置和资源化利用技术以及固体废弃物的分类回收、集散和再利用工作也在各地普遍开展起来。2005 年, 中央又提出发展循环经济和建设节约型社会。这是一种以资源的高效利用和循环利用为核心, 以“减量化、再利用、资源化”为原则, 以低消耗、低排放、高效

^① 参见中华人民共和国环境保护部 2007—2011 年中国环境状况公报 (固体废物)。

率为基本特征,符合可持续发展理念的新经济增长模式,对实现社会经济的可持续发展具有重要的战略意义。固体废弃物资源化强调废弃物资源的回收和再利用,与循环经济之间有着非常紧密的联系,是循环经济理念在实践中较早的应用,是发展循环经济、建设节约型社会的重要内容。2005年12月,《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》也明确提出了“强化对各类废弃物的循环利用”。

人类生存与发展的物质基础是社会的物流过程,包括原料的集运、产品的生产与消费以及废弃物的产生与排放。现代物流的迅速发展已经表明,用物流的理念来进行物体的流动系统研究,对加强管理和提高经济效益具有非常重要的作用。物流产业已经成为国民经济的一个新兴产业和新的经济增长点。现代物流是指在运输、储存、装卸、物流信息、包装、流通加工等基本功能要素的基础上,利用现代管理理念,借助于现代科学技术,通过对物流整体进行系统化管理,使物流功能要素组合达到整体大于部分之和的效果,即对物流各功能要素进行了“整合”的系统。整合后的现代物流不仅包括销售物流和企业内部物流,还包括供应物流、退货物流以及废弃物物流。也就是说,在物资从供应商向消费者流动时,即重视经济效益,又重视社会效益,对生产、供应、销售过程中产生的边角料、包装物和废弃物加以回收,减少其对环境的污染。因此,现代物流是一种双向的物质流动过程,是一种闭环物流,而传统物流则是一种单向的物质流动过程,即只关注商品从生产者流向消费者,而不考虑商品消费以后包装或包装材料等废弃物物品的回收以及退货产生的物流,缺乏可持续发展的观念。废弃物物流是社会活动的必然产物,也是造成环境污染的源头之一。如何管理和规范废弃物的物流是21世纪物流活动必须面对的重要问题,必须服从于有效利用资源和保护环境为指导思想的总目标。综上所述,废弃物物流是当今经济可持续发展的一个重要组成部分,它对社会经济的不断发展和人类生活质量的不断提高具有重要的意义。

从社会资源有限性的角度分析,人类所需要的各种物资都是来自于自然界,而且随着人类社会的进步,人们生活水平的提高,人

类对自然资源的开发增加,使得一些自然界不可再生的资源慢慢地减少,因此从资源紧缺性的角度考虑,人类必须考虑资源保护和对再生性废弃物的回收再利用,由此而形成的废弃物物流的研究与实践,对整个社会的发展起到了积极的推动作用。

从环境保护的角度分析,因废弃物中除了一部分可回收利用外,其余部分已丧失了使用价值,而且废弃物中含有对人体有害的物质,如果不及时有效地处理,肯定会影响到人类的生存环境。尤其是在人口密度大、企业数量多、废弃物排放量高的大城市,不经过任何处理就直接被排放到自然界中的废弃物,会严重影响农业、饮用水源和生态环境。因此,必须对废弃物进行处理,减少废弃物对自然界造成的危害。

从可持续发展和循环经济的观点来分析,在宏观层次上看,可持续发展思想的实质就是追求人与自然的和谐。1987年世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》的报告中对“可持续发展”给出的定义是:可持续发展就是在满足当代人的各种需要的同时,不会使后代人满足他们自身需要的能力受到损害。20世纪90年代可持续发展成为全球的一致。正是因为人们已经充分认识到了社会资源的有限性,所以也就有了“循环经济”的提法,即“资源—产品—再生资源”。江泽民同志曾经指出:“决不能浪费资源,走先污染后治理的路子,更不能吃子孙饭,造子孙孽。”所以从国家长远发展的观点出发,废弃物的有效处理必须加强。

在固体废弃物中危险废弃物约占3%~5%,尽管从数量上讲,危险废弃物产生量所占比重较小,但危险废弃物种类繁多、成分复杂,本身具有毒性大、易燃性、爆炸性、腐蚀性、化学反应性、放射性或极具传染性等一种或几种危害特性,且这种危害具有长期性、潜伏性和滞后性。如果对危险废弃物不加以严格控制和管理,则会因为其在自然界不能被降解或具有很高的稳定性,对生态环境和人类健康造成严重的伤害,一旦其危害性质爆发出来,产生的灾难性后果将不堪设想。此外,危险废弃物不仅仅会给城市的环境带来巨大影响,而且也限制了城市的可持续发展。为了适应当前形势发展的需要,要加强对危险废弃物的管理,最大限度地减少危险废

弃物对环境和人民生命财产的损害,促进环境保护产业的健康发展,这对于实现可持续发展和改善环境质量具有重要意义。因此本书从循环经济和物流的角度,从一个全新的视角看待危险废弃物的管理问题。

城市危险废弃物产生源头极其分散,每个城市家庭、医疗单位、大型工业企业等随时都在产生危险废弃物,由于城市空间有限,所以需要将其运送到城区以外的地方进行处置,由此产生了危险废弃物物流。危险废弃物物流与其他物流活动一样,也包括收集、分类、运输、利用、储存、处理直至最终处置等过程。

在各种危险废弃物逆向物流系统的运作管理中,处理处置设施的选址和运输路线的优化问题是危险废弃物逆向物流系统战术层管理中比较重要也是很复杂的部分。很多专家学者认为,物流管理系统的成功取决于设施和运输路线的决策。因此,本书认为应从以下两个阶段来解决危险废弃物物流管理问题。第一个阶段就是决定设施的最佳定位。第二个阶段是确定最佳运输路线。设施的定位直接影响着运输风险和运输成本,为了从整体上优化危险废弃物逆向物流系统,可以将设施选址与运输路线安排结合起来对危险废弃物逆向物流系统进行全面优化,由此,出现综合考虑设施选址和运输路线优化问题的选址—路径问题(Location-Routing Problem, LRP),这样,可以在一定程度上避免由于单独考虑设施选址问题(LAP)或运输路线优化问题(VRP)所产生的一些局部优化问题。

1.2 研究的意义及目的

1.2.1 研究目的

目前在大多数的物流的理论研究和实践活动中,人们主要侧重于研究如何建立高效运行的从原材料供应到商品配送的物流系统,而对于使用价值不高的废弃物的流动问题关注得较少。实际上,整个物流活动过程应该是一个吐故纳新的过程,“吐故”就是在工业生产和生活消费过程中所产生的废弃物物资的流动,“纳新”就是