



中青年经济学家文库
ZHONGQINGNIAN JINGJIXUEJIA WENKU

城市废弃物物流网络多目标选址 问题研究

王海燕 / 著

CHENGSHI FEIQIWU WULIU WANGLUO DUOMUBIAO XUANZHI
WENTI YANJIU

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

中青年经济学家文库

城市废弃物物流网络 多目标选址问题研究

王海燕 著

中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

城市废弃物物流网络多目标选址问题研究/王海燕著.
—北京: 经济科学出版社, 2017. 2
ISBN 978 - 7 - 5141 - 7668 - 1

I. ①城… II. ①王… III. ①垃圾处理厂 - 选址
IV. ①X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 324465 号

责任编辑: 程晓云
责任校对: 王苗苗
责任印制: 邱 天

城市废弃物物流网络多目标选址问题研究

王海燕 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: www.esp.com.cn

电子邮件: esp@esp.com.cn

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: <http://jjkxcs.tmall.com>

固安华明印业有限公司印装

880 × 1230 32 开 5.625 印张 200000 字

2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 7668 - 1 定价: 38.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: dbts@esp.com.cn

前 言

随着人口的增长、人民生活水平的提高、城市化进程的加快以及工业化的发展，我国城市居民生活垃圾及工业垃圾等产量不断增加。从2004年开始，我国已经超过美国成为世界上最大的废弃物生产国。恶臭的空气，垃圾堆积如山，白色塑料袋挂满树枝……这些情景越来越为人们所熟视，城市的“垃圾之困”也愈发严重。提高废弃物的收集和处理能力成为我国很多城市急需面对的问题。

城市居民产生的生活垃圾及部分工业、医疗废弃物具有明显的逆向公共产品特征。目前，除了极少部分的市场运作之外，我国城市废弃物管理仍然属于市政工程的重要内容，相关费用和成本由公共财政负担。城市废弃物物流网络的规划、建设、运营和管理的成本是非常高昂的。但是废弃物处理设施是一类典型的“邻避”设施，这类设施会给环境以及附近的敏感组织和个体（如居民社区和个体居民）带来负效应。设施如果建在居民区、商业区及生态区附近，会招致居民和环保主义者的强烈抗议。随着人们环保意识的提高，这类设施的选址已成为最重要的社会决策问题之一。甚至有评论指出“垃圾处理厂建到哪里，社会矛盾就聚集到哪里”。由于废弃物处理设施的性质和对选址的特殊要求以及城市化进程的加快，适合建设这类设施的备选点越来越稀缺。不恰当的选址方案不仅会带来巨大的成本浪费，也会使一些原本适宜建设的备选点在城市发展过程中被挪为他用，为城市废弃物物流网络的合理规划埋下隐患。因此，必须充分论证、合理谨慎决策。联系我国国情，在废弃

物物流网络优化中,正确处理成本和负效应的关系更为重要。一方面,我国仍属于发展中国家,相关的财政仍然短缺,不计成本是不现实的。另一方面,城市废弃物流网络优化又必须考虑环境影响以及设施给周围的敏感组织及个体带来的负面效应。选址决策的不当将引发严重的不良社会事件。

本书正式基于这样的背景,应用多目标优化方法研究城市废弃物流网络中的设施选址及其扩展问题。首先根据废弃物处理方式的不同,分析不同性质设施的负效应表现形式,结合负效应非均匀扩散的实际及开发适用于不同的设施性质和应用条件的负效应测度方法;然后将这些测度方法有选择地整合到不同网络结构、不同性质、不同条件及环境下的多目标设施选址问题中;最后结合问题特点,开发多目标优化算法求解并进行检验。

本书的主要框架如下:

第1章为绪论,主要介绍了研究的背景、研究的意义、文献研究等内容。

第2章提出用负效应目标来表达多目标废弃物处理设施选址中的消极准则,对负效应的概念进行定义。基于负效应非均匀扩散的实际,结合不同的设施性质和负效应表现形式及扩散规律,分别开发适用于不同设施及条件的基于非均匀大气污染扩散量的负效应测度方法、基于非均匀扩散因子的负效应测度方法和基于非均匀扩散距离的负效应测度方法。这三种方法虽然表达上不完全一样,但本质上都反映了设施负效应非均匀扩散的实际情况。在多目标设施选址优化中,可以结合具体情况有选择地应用。

第3章分别采用基于非均匀扩散距离和基于非均匀大气污染扩散量的负效应测度方法计算负效应,结合问题背景和负效应测度的内在要求,建立简单的两层网络结构下的考虑设施容量和建站技术等级的一般静态双目标选址模型,设计采用不同结构和策略的多目标混合模拟退火算法求解,分析比较不同的负效应测度方法对选址过程和结果的影响,对比不同的算法结构和策略下的算法表现。

第4章以一类扩展的、当存在多个平行的废弃物来源结点，且来源结点与受设施负效应影响的居民点不重合时的两层城市废弃物物流网络结构为环境，建立考虑废弃物来源、种类和流量变化的静态高维多目标选址优化模型，开发多目标进化算法求解。

第5章采用基于非均匀扩散因子的负效应测度方法计算负效应，结合问题背景建立简单的两层网络结构下、规划期初在使用设施仍有容量、规划期内既可开放设施、也可关闭设施情景下的多期动态高维多目标设施选址模型，开发多目标进化算法求解。

第6章建立三层网络结构下的中转设施的多目标选址模型，开发基于灰熵关联度的多目标微粒群算法求解，分析网络结构对选址过程及结果的影响。

第7章建立三层网络结构下的多目标周期性选址—路径问题的优化模型，将选址问题的研究扩展到周期性选址—路径问题，开发结合了启发式策略的基于 DRECWA-LS 算法的改进的多目标进化算法求解含多个决策的复杂组合优化问题。

希望本书关于多目标城市废弃物物流网络选址及扩展问题的研究可以为城市废弃物物流网络优化和管理实践提供指导和建议，对保障现代城市的可持续发展且有一定的启发和裨益；也希望本书可以丰富设施选址问题、多目标优化问题、废弃物处理设施选址及扩展问题等的理论研究。

目 录

第1章 引言	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究现状	6
1.3 研究对象与思路	26
1.4 研究内容与框架	27
第2章 城市废弃物处理设施负效应测度方法	31
2.1 废弃物处理设施负效应定义	32
2.2 基于非均匀大气污染扩散量的负效应测度方法	33
2.3 基于非均匀扩散因子的负效应测度方法	45
2.4 基于非均匀扩散距离的负效应测度方法	51
2.5 本章小结	58
第3章 两层城市废弃物物流网络静态多目标选址问题	59
3.1 考虑设施容量的多目标选址问题	60
3.2 考虑建站技术等级的多目标选址问题	70
3.3 本章小结	81
第4章 一类扩展的两层城市废弃物物流网络静态多目标 选址问题	83
4.1 问题描述与模型假设	84
4.2 数学模型	85

4.3	模型求解	88
4.4	算例及结果分析	92
4.5	本章小结	97
第5章	两层城市废弃物物流网络动态多目标选址问题	99
5.1	问题描述与模型假设	100
5.2	数学模型	101
5.3	模型求解	104
5.4	算例及结果分析	109
5.5	本章小结	117
第6章	三层城市废弃物物流网络多目标选址问题	118
6.1	问题描述与模型假设	118
6.2	数学模型	120
6.3	模型求解	121
6.4	算例及结果分析	125
6.5	本章小结	131
第7章	三层城市废弃物物流网络多目标周期性选址— 路径问题	132
7.1	问题描述与模型假设	133
7.2	数学模型	133
7.3	模型求解	136
7.4	算例及结果分析	140
7.5	本章小结	144
结论与展望		146
参考文献		150
后记		168

第 1 章

引 言

1.1

研究背景及意义

随着人口的增长、人民生活水平的提高、城市化进程的加快以及工业化的发展,我国城市居民生活垃圾及工业垃圾等产量不断增加。从 2004 年开始,我国已经超过美国成为世界上最大的废弃物生产国。目前,我国大约 660 座城市每年产生约 1.9 亿吨的固体垃圾,占世界年垃圾产生量的 29%^[1]。由于处理设施的短缺,我国有近 70% 的大中城市面临“垃圾围城”、近 25% 的城市没有合适的场所堆放垃圾的困境。以北京为例,如果不采取措施,未来不到 5 年,北京的垃圾就将无处可填^[2]。恶臭的空气,垃圾堆积如山,白色塑料袋挂满树枝……随着这些情景越来越为人们所熟视,城市的“垃圾之困”也越发严重。提高废弃物的收集和处理能力成为我国很多城市急需面对的问题。

城市居民产生的生活垃圾及部分工业、医疗废弃物具有明显的逆向公共产品特征。目前,除了极少部分的市场运作之外,我国城市废弃物管理仍然属于市政工程的重要内容,相关费用和成本由公共财政负担。城市废弃物物流网络的规划、建设、运营和管理的成本是非常高昂的。据测算,北京的垃圾从中转站到堆放场的运输费用高达 100 多元每吨,每年垃圾运输费用就高达 6 亿多元,而垃圾

无害化处理的费用也在每吨 100 元左右^[2]。随着废弃物产量不断攀升,废弃物的处理和管理给城市公共财政带来了巨大的压力。通过科学的技术和方法对废弃物物流网络进行优化,对于减少各项活动中的消耗和浪费,缓解财政压力乃至维护城市的可持续性发展都具有重要的意义。

非正规的露天堆存及正规的卫生填埋是我国城市目前最主要的废弃物处理方式。我国大部分填埋场建于 20 世纪 90 年代初期,目前都已经到了计划服务年限。而超出预见的垃圾产量的增加,使很多现有的小型处理场不堪重负,将缩短其运营年限。建设部在 2002 年开展的一项调查表明,我国的城市垃圾堆存累计已侵占土地 5 亿平方米,并且近年来还在以平均每年 4.8% 的速度增长^[2]。很多城市面临着填埋容量不足及填埋场扩建和新建的压力。此外,随着处理技术的改进,世界各国已经形成了堆肥、焚烧和填埋并存的废弃物处理方式。未来我国城市废弃物处理也将向这个格局靠近。但是由于焚烧和堆肥等方式属于近年来新推广的废弃物处理方式,赖以依托的设施明显不足,急需新建。我国在今后 20 年大约要建设 1400 座废弃物处理设施^[1]。但是,由于设施的性质和对选址的特殊要求以及城市化进程的加快,适合建设这类设施的备选点越来越稀缺。不恰当的选址方案不仅会带来巨大的成本浪费,也会使一些原本适宜建设的备选点在城市发展过程中被挪为他用,为城市废弃物物流网络的合理规划埋下隐患。因此,必须充分论证、合理谨慎决策。

为应对这些状况,我国很多城市将建设和改造废弃物处理设施提上议事日程。如广州市人大城建环资委就提出:如果再不采取措施,2012 年后,广州将面临“垃圾围城”的困境,建议广州市政府“立即启动新的生活垃圾焚烧厂的选址和筹建工作”。北京市市容委在 2009 年也表示,北京在未来六年里将投资一百亿元,新建或改建垃圾处理设施四十余座,以满足全市需求^[3]。

处理设施选址优化是废弃物物流网络优化的一项基本和重要的

内容。废弃物处理设施是一类半厌恶型设施 (semi-desirable facility), 也称“邻避”设施, 这类设施会给环境以及附近的敏感组织和个体 (如居民社区和个体居民) 带来负效应。设施如果建在居民区、商业区及生态区附近, 会招致居民和环保主义者的强烈抗议。

随着人们环保意识的提高, 这类设施的选址已成为最重要的社会决策问题之一。甚至有评论指出“垃圾处理厂建到哪里, 社会矛盾就聚集到哪里”^[3]。自 2007 年以来, 意大利的那不勒斯爆发了“垃圾危机”, 街头垃圾成堆、老鼠横行。市民愤而放火焚烧垃圾, 甚至引发了暴力冲突, 造成数十人受伤, 成为“现代城市垃圾病”的一次预演, 让人后怕。近年来, 我国也有多个城市由于废弃物处理设施的选址爆发了冲突, 如 2006 年江苏南京在江北天井洼填埋场附近建设垃圾焚烧发电厂项目, 就遭到民众的强烈反对, 附近开发商和业主等以各种方式向有关部门反复投诉该项目, 在环保总局评审当天甚至还发生了冲砸评审会场事件。无独有偶, 广州番禺垃圾焚烧项目也因遭到居民的强烈反对而不得不停建并重新开始选址程序。

联系我国国情, 在废弃物物流网络优化中, 正确处理成本和负效应的关系更为重要。一方面, 我国仍属于发展中国家, 相关的财政仍然短缺, 不计成本是不现实的。另一方面, 城市废弃物物流网络优化又必须考虑环境影响以及设施给周围的敏感组织及个体带来的负面效应。选址决策的不当将造成严重的不良社会影响。

目前废弃物处理设施选址, 在预处理阶段已经考虑了“避邻”性质, 也制定了相关的政策法规进行规范。一个选址方案的诞生都会经过相关领域专家的全方位的经济、环境等可行性论证和分析。近年来, 随着民众参与度的增加, 政府也会召开多次听证会, 但是这类听证会常常不欢而散。政府和民众争议的一个焦点就是现有的可行性论证报告通常只给出一个定性的分析和评价, 得出一个是否可以建设设施的结论, 而设施对环境及居民的影响缺乏定量的论证和说明, 如设施按照计划建成后, 对居民区的污染和负效应具体有

多少?设施与居民点之间距离多远才算合理等?以“设施距离居民区多远才合理”这个争论的焦点为例,2008年环境保护部发出的《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》就规定“新改扩建项目环境防护距离不得小于300米”。这个300米的距离是如何得出的,是否合理等就受到了民众的质疑。南京市城管局长期从事垃圾处理设施研究的某专家也曾公开质疑:“300米的距离群众肯定接受不了”。可见,尽管有着法律法规的规范,但是并没有减小废弃物处理设施选址过程中来自附近民众和社会舆论的阻力。

此外,由于城市废弃物的逆向公共产品特点,其处理设施的建设及运营中产生的对于负效应的承担应该尽量公平,不能让一部分距离设施点近的居民承担严重的后果。因此距离较近的居民要求就自己所承担的负效应获得合理的补偿。无论是选址的合理性的论证和说明,还是对居民进行合理的补偿,或是对设施负效应进行控制和治理,都需要进一步探讨合理的负效应测度方法并论证其合理性。但目前实践中恰恰缺少获得大众认可的具有公信力的负效应测度方法。

综上所述,我国大部分城市面临废弃物处理设施短缺的压力,相关设施选址问题成为城市一项重要的公共决策。但是由于设施性质的特殊性,选址决策不能仅仅以成本作为单一的目标和准则,同时还必须考虑负效应及其承担的公平性。而合理科学的负效应测度方法及论证是缓解这类设施选址决策过程中民众与政府的争议以及保障所有居民承担负效应公平性的关键。因此,采用多目标优化方法对城市废弃物物流设施选址问题进行研究以及对设施负效应进行合理刻画和测度可以为我国城市废弃物物流网络优化及管理提供指导和决策建议,进而保障城市的可持续发展。

从理论意义上来说,设施选址问题一直是相关科学领域研究的热点之一。自1909年韦伯(Alfred Weber)提出问题以来,设施选址问题(facility location problem)就一直是相关科学和工程领域的

一个研究热点。在三个基本的选址问题,即 P-中位问题(p-median problems)、P-中心问题(p-center problems)和覆盖问题(covering problems)的基础上,形成了很多扩展的问题,如带固定费用和或容量限制的选址问题、截流问题、Hub 选址问题、选址一分配问题、随机选址问题、动态选址问题、竞争选址问题,等等,引起了研究者的强烈兴趣^[4]。

囿于设施性质及实际的要求,大多数设施选址时只需要考虑一个最基本或主要的目标,采用单目标优化即可,单目标设施选址优化也得到了广泛深入的研究。但是有些设施及决策问题的性质决定其选址优化时至少需要同时考虑两个或两个以上的目标,有时这些目标之间甚至是矛盾和冲突的。半厌恶型设施(semi-desirable/semi-obnoxious facilities)选址问题就是这类问题的代表。

多目标设施选址问题在建模和求解上都比单目标问题更复杂。如在建模上的难点之一就是选择几个以及什么样的模型目标?目标个数及表达和测度方法对最终结果有很大的影响。而在求解上,采用精确算法求解大规模的或高维的多目标优化问题几乎不现实,传统的将多目标转化为单目标的技巧在应用上又存在很多局限性,也不符合真正意义上的多目标优化的期望;启发式近似算法为多目标优化提供了可能,但是解的比较、选择和保持策略、约束条件的处理、寻优过程的引导等又具有很强的技巧性。这些方面的研究都有待丰富和发展。

废弃物处理设施选址是半厌恶型设施选址理论在具体领域及问题条件下的应用。鉴于城市废弃物物流网络的特殊性,运用多目标优化的方法可以提高网络结点选址决策的合理性和科学性。但是,目前对废弃物处理设施选址研究的方法却集中于定性分析方法或者定性定量相结合的方法^[5,6,7]。这些研究虽然夯实了城市废弃物物流网络优化研究的基础,但是,从上述“避邻”设施选址中政府与民众争论的焦点来看,设施的负效应的测度、具体环境和条件下的网络优化问题等是待解决的关键问题。采用多目标建模优化的方法可

以丰富相关研究、弥补现有研究中的不足。国外文献虽然对半厌恶型设施选址问题开展了较广泛的研究,并且在采用多准则方法上也取得了较一致的认可,但是仍存在有待修正和补充之处。如目前常被采用的负效应的表达和计算方法并不能客观地刻画负效应扩散的实际;没有针对不同性质的废弃物处理设施的具体的负效应测度方法;没有开展多目标的周期性选址—路径问题的研究;没有考虑废弃物来源、种类与流量变化对选址结果的影响;多目标的动态的选址模型和算法研究不足,等等。国内研究更主要把城市废弃物物流网络看作逆向物流系统的一部分,采用单目标优化方法进行研究,从多目标优化的视角进行的系统性研究很少。因此,从理论上,多目标的废弃物物流网络设施选址问题研究有较大的可扩展空间。此外,由于废弃物物流网络的构建和优化具有较强的区域性或地方特色,有必要结合我国的具体环境和条件进行选址及相关问题的研究。

1.2

国内外研究现状

1.2.1 半厌恶型设施选址问题

根据设施是否受附近居民的欢迎,可以把设施分为:受欢迎型设施(desirable facilities)、半厌恶型设施(semi-desirable/semi-obnoxious facilities)和不受欢迎型设施(obnoxious facilities)^[8]。

如果设施的存在会给附近的群体或个体带来便利性,受到大家的欢迎,则被称为受欢迎型设施。工厂、商店、仓库、配送中心、服务机构、教育中心 etc 一般属于这种类型。如果设施的存在会给附近的群体或个体带来不良的影响或体验,因此不受欢迎,则称为不受欢迎型设施。典型的有核反应站、化学危险品处理厂、排污厂、发电厂、军事设施等。不受欢迎型设施选址会遭遇到附近民众的反

对,一些新的命名也被用来定义这种反对。如 NIMBY (不要位于我家后院)、NIMNBY (不要位于我家邻居后院)、NIABY (不要位于任何人家的后院)、NIMTOF (不要接近我的办公室)、NOPE (不要位于行星地球)、BANANA (最好哪都别建),等等。

半厌恶型设施是介于受欢迎型设施和不受欢迎型设施之间的概念,如废弃物收集和处理点、机场、火车站、殡仪馆、加油站,等等。一方面,这些设施会给环境及附近敏感组织及个体带来诸如噪音、污染、辐射等种种不良效应,距离这些组织和个体应尽可能远,以减少危害;另一方面,这类设施又有着基本的职能,与一些组织和个体的生活息息相关,过远的距离会造成服务不便利或者物流费用的增加。

设施选址问题可以追溯到 Alfred Webber 于 1909 年提出的韦伯问题。韦伯问题研究单一仓库选址的方法,以期实现从仓库到顾客间总距离最小。1963 年,Cooper 正式提出了设施选址问题。该问题以最小化运输或服务成本为目标,研究需求不连续时,如何在平面上选定多个服务点并确定每个点的服务范围^[9]。设施选址问题自提出后一直是相关领域的研究热点,各种新应用也不断涌现。如企业生产基地和仓库的选址^[10]、城市规划中事故应急响应中心的安置^[11]、路由器和缓冲服务器的网络分布^[12],等等。在 P-中位问题、P-中心问题和覆盖问题这三个基本选址问题上形成的扩展问题也引起了研究者的强烈兴趣^[4]。

选址优化方法随着网络及设施性质的不同而不同,有些可以采用单目标优化,有些需要进行多目标优化。一般来说,受欢迎型设施和不受欢迎型设施都可以采用单目标优化。受欢迎型设施的选址目标要求离客户越近越好,以增加便利性并节约成本。建模的目标通常为最小化设施与客户之间的距离函数值,典型的有 Minsum 函数(加权距离之和最小)和 Minimax 函数(设施点与距离其最远的客户之间的距离最小)两种。P-中心模型、P-中值模型和集覆盖模型在这类设施选址中得到了广泛的应用^[13-15]。这类一般模型结

合具体情景和约束形成的特殊模型以及针对这些特殊问题开发的算法,丰富了相关的研究。

与受欢迎型设施恰好相反,不受欢迎型设施选址的目标通常为最大化距离函数值。选址问题中的“最小最大化模型 (Minmax)”,即中值模型,和“最小和模型 (Minsum)”,即中心模型,都不适用。因此,研究者提出最大最小 (Maxmin)、最大和 (Maxsum) 标准建模,分别对应不受欢迎设施的中心模型和中值模型,或称为反中心和反中值模型^[16-18]。Maxmin 模型要求最大化设施与居民点的最小距离以期最小化设施带来的负面影响,通常用于高潜在风险的设施的选址,如爆炸物生产工厂、核电站等^[19-21]。Maxsum 模型则要求通过距离总和或距离的平均值的最大化使得设施带给所有居民点的不良效应的总和或平均值最小,适用于对环境造成持续威胁的一类设施的选址问题^[22,23]。

半厌恶型设施的选址决策采用多目标、多准则方法更合理^[17,24]。从 20 世纪 80 年代末开始,产生了很多对这类设施的命名,如“semi-obnoxious/semi-desirable facility”“push-pull facility”“facility with pos-neg weights”等^[25]。从国外的研究看,这类设施的选址研究从对象上主要有平面设施选址问题和网络设施选址问题^[26,27];从选择的设施数目的角度,又分为单一设施选址和多设施选址问题等;研究内容集中在以下方面:①基本选址问题建模及模型的合理性证明:即为了获得这类问题的一般模型所做的论证的努力。②考虑特殊目标函数及约束的模型:涉及目标的选择及表示方法、参数的确定性与不确定性、特殊的约束条件,等等。③结合城市和地区的选址案例陈述和分析。④问题求解算法的改进及测试分析。这些研究呈现出一些特点:①同时考虑相互冲突的积极准则和消极准则。②多目标,即对两个准则进行目标的提炼,一个准则至少由一个目标来体现。③强调高效的求解算法的开发及应用。④从文献数量上说,单一设施选址的研究远多于多设施选址的研究。

Colebrook 等^[28]通过引进一个参数把最大最小准则和最大准则

结合在一起,对节点和弧的权重都进行考虑,提出一个网络多目标反—中心—中值模型。Skriver 等^[29]分别建立了一般的平面和网络半厌恶型设施的双目标选址优化模型,并将结果与一个实际案例进行了对比;Melachrinoudis 考虑了在区域内已经存在设施的情形下,再新建一个同类设施的选址问题,用曼哈顿距离表示两点间的距离,用最大化最小距离表示设施的污染效应最小化^[30];在此基础上进一步研究了欧式空间中,在一个有界区域内如何选择一个新的半厌恶型设施的问题,以最大距离和与最小运输成本为目标^[31];Berman^[32]、Berman^[33]等研究了对特别靠近设施的居民点进行补偿的半厌恶型设施选址问题。前者提出的目标是:最大化设施点与距离其最近的非补偿的居民点之间的距离、在保证设施距离非补偿点不在给定的距离内的条件下最小化补偿成本;后者假定居民点与开放的设施的距离在特定范围内可以得到特定补偿的条件下,考虑了最小化加权总运输成本和补偿成本的半厌恶型设施选址问题。此外,Carrizosa^[34]、Farahani^[35]等对半厌恶型设施选址问题进行了文献综述;Boffey^[36]、Cappenera^[37]等则将车辆路径问题与设施选址问题结合起来研究。

国内对应的研究相对较少,王国利^[38]将距离不得少于某特定值作为约束条件,建立了以影响人数最少为目标的半厌恶型设施选址模型,开发了一个启发式算法求解。

半厌恶型设施会给附近环境、敏感组织及个体带来各种表现形式的不良影响。消极准则是这类设施选址时需要秉持的原则之一。不同文献采用了不同的目标名称表达这种消极准则,如风险(risk)^[39-41]、危害性(disutility)^[42]、环境影响(environmental impact)^[43]等。无论采用怎样的命名,被用于反映消极准则的目标的表示和度量都是这类选址模型的一个重要内容。

现有文献中采用了以下几种主要的消极准则的表示方法:

(1) 表示为距离函数。通常表示为与积极准则目标(如加权距离之和最小)相反的距离函数,如加权距离之和最大、与最近的