

“双 M”导向下城市垃圾中转站选址的 经济与生态二维评估 ——以长沙市为例

杨帆 陶蕴哲¹

(中南大学 建筑与艺术学院, 湖南 长沙 410000)

【摘要】: 随着我国经济的增长和城市化的推进,城市产生的垃圾在贮存、转运过程中附带的严重污染逐渐显现,环卫处理系统中各级点、站、场的经济设置与高质量生活环境的矛盾也日益突出。通过对垃圾中转站选址相关理论的研究,结合长沙市中心城区二级垃圾中转站的实地调研与现状剖析,建立基于 Minisum(经济成本最小化)以及 Maximin(生态质量最大化)二重标准分析的垃圾中转站选址评价体系,并利用 GIS 技术将数据处理为可视化结果输出,进而提出相应优化建议。研究成果可为同类型中等城市的垃圾处理体系完善提供技术借鉴。

【关键词】: 垃圾中转站 选址评估 双目标模型 布局优化

【中图分类号】: F062.2; X196 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2020)05-080-05

市民生活垃圾收集、暂存、转运的“生态化处理”一直是建设生态城市的重点项目,同时也是实现城市高质量发展的必要条件。而垃圾中转站选址的科学布局与规划优化是改善现实困境的有效途径之一,也是城市环卫等专项规划重点建设的学科内容。长期以来,相关专家对中转站选址评估开展了大量专业研究,其中涉及站点选址及分析的主要包括集合覆盖模型法、模糊综合评判法、线性与非线性规划法以及人工神经网络法等研究内容^[1]。但是作为群体性基础服务设施,利用群决策模型(AHP)的定量分析与 GIS 空间模拟相结合,进行从数据到空间的垃圾中转站选址研究的内容还较为缺乏。

此外,受垃圾站中转站自身特性的影响:一方面它具有一定的服务半径限制,在区域内必须达到一定的建设指标,才能满足城市“新陈代谢”的基本功能需要;另一方面在发挥其功能时,所产生的消极影响也会一定程度上扰乱城市居民的生活秩序。因此,本文结合长沙市垃圾中转站的实地调研与现状剖析,建立基于成本最小化(Minisum)以及生态最大化(Maximin)二重标准分析的垃圾中转站选址评价体系,利用 AHP 双目标评价模型,对相关影响因子权重赋值,进而借助 Arcgis 平台的空间分析技术,对垃圾中转站进行现状调研和布局模拟分析,以期在城市片区生活垃圾处理系统的站点选址研究提供正向补充。

1 数据来源与现状分析

1.1 数据来源与建库

¹**作者简介:** 杨帆(1982-),女,湖南岳阳人,博士,副教授,研究方向为城市生态系统。E-mail:yangfancsu@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金“城市绿地系统规划与雨洪管理协同的效能评估与实现机理研究”(51608535);湖南省自然科学基金“基于生态修复与水文过程耦合模拟与量化的湘江流域滨水空间适宜性设计研究”(2018JJ3667)。

本次研究整合了研究区包括社会经济统计数据、规划建设图集以及下载遥感影像等资料,具体数据如下:

经济发展数据主要来自长沙市统计年鉴(2018年)和长沙市人口普查(第六次)数据。其他需要的研究统计资料,则借助调查走访取得“数据信息”。

利用政府信息公开网站下载长沙市总体规划(2012年修订版)的相关图集与基础数据,包括总体规划土地利用图、绿地系统规划图、综合交通规划图、重点水源保护区和五线控制图以及中心城区环保环卫工程等。

借助地理空间数据云网站下载长沙市中心城区DEM数字高程数据(分辨率为30m×30m),长沙市中心城区行政区划图(1:50000)。

将采集的相关非遥感空间数据,通过坐标配准、投影转换等技术手段整合成Arcgis平台可分析的空间矢量数据,然后把空间信息矢量化后与经济、人口等非空间属性数据连接,构建长沙市垃圾中转站选址评估与优化研究数据库。

1.2 长沙市城区垃圾中转站及垃圾清运基本情况

近年来伴随长沙经济快速的发展,城镇化步伐加快,武广、沪昆高铁的建设以及黄花机场的扩建,城市空间呈现快速扩张的态势,经历了两次区划调整后,长沙市区面积已由556km²扩大到1930km²[2]。城区内现有一级垃圾转运站138个,二级中转站8处,分别布局在6个行政区中(表1),基本满足了城区垃圾中转的需要。

表1 现状长沙市二次转运站点一览

转运站名称	位置	用地面积/hm ²	与相邻建筑间距/m	绿化隔离带宽度/m	用地权属	备注
果林二次转运站	新世纪片	7.07	>30	≥15	/	大型
捞刀河二次转运站	捞霞片	3.06	>30	≥15	捞刀河镇高源村农业用地	中型
星沙二次转运站	星沙片	3.06	>30	≥15	星沙镇农业用地	中型
树木岭二次转运站	长圭片	3.71	>30	≥15	洞井镇板塘村农业用地	中型
天心二次转运站	新井片	3.00	>30	≥15	新开铺办事处新天村农业用地	中型
高塘岭二次转运站	高星片	4.10	>30	≥15	高塘岭镇裕农村农业用地	中型
谷山二次转运站	青山片	3.02	>30	≥15	望岳街道办谷峰村农业用地	中型
含浦二次转运站	含浦片	3.02	>30	≥15	含浦镇玉江村农业用地	中型

近年来,长沙市逐渐建立了“分区收集—集中转运—部分分选—卫生填埋—沼气利用”[2]的城市生活垃圾处理体系(图1)。城市生活垃圾的处理工作由长沙市城市管理和行政执法局统一管理和调度,清扫和收集环节则由各区环卫部门具体实施。以天心区为例,已建垃圾站的布置网络主要由三级站点构成:①小型垃圾收集点:包括垃圾桶、垃圾清运小推车,以及部分服务范围较小的小型垃圾收集站。②中小型垃圾中转点:属于公共垃圾站,多位于城市干道旁,服务于其隶属的街道以及周边3~5km范围内的居住、商业、行政等其他功能区块。③大型垃圾中转处理站:转运于长沙市第一垃圾中转处理场(跨区域联动清运)。

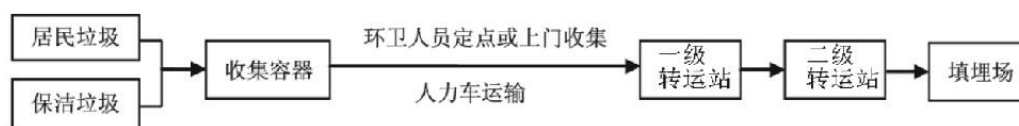


图 1 现状长沙市生活垃圾收运方式流程

总体来看,现有处理体系是从三级各集散点由各区环卫工作人员收集运送至二级中小型中转站点,经过一些初步的简易清洁和压缩处理之后,再由大型垃圾收集车沿清运路线依次收集运输至一级的大型中转处理场,最后集中成批次地送往长沙市城市固体废弃物处理场,按单元分层作业进行消毒填埋和绿化处理整体流程和分工较为明确,每一级处理和清运目的划定比较清晰,处理效率较高。

1.3 现状问题梳理

根据实地调研发现,现有垃圾站的选址布局和垃圾处理体系仍然存在以下缺陷和不足。

1.3.1 前期选址不当,站点难落实

由于当前规划和建设制度的限制,垃圾转运站在不同层级的规划位置常常缺乏对接,尤其是一些“重要专业站点”,在总规层面未进行深入调研,规划位置多位于城市干道旁,所处地块的用地性质多为复合型,人流量相对较大,在这种情况下站点规模就有了一定的限制,以免对区域空间造成大的影响。而专项规划限制于自身技术等级,仅控制到管理单元(表 2),相关配套设施和保护制度缺乏落实,进而会造成周围大气、地表水、地下水和土壤环境造成污染,对周边市民也有一定影响。

1.3.2 中小站点布局不均,效能冲突

对于分片区的中小型垃圾中转站点数量较多,但是整体布局比较错乱,对于服务范围只有平均距离,运输路线更没有一个明确的规定,大部分进行垃圾收集和运送的工作人员都是采取“就近原则”,这就导致规模相同的站点,有的收集量是其他站点的 3~4 倍,形成“爆仓”和“空仓”两个极端情况。此外长沙市生活垃圾一般采用压缩中转法,以便压实减容、容易贮运。实际上各分片区垃圾转运站服务半径内的人口密度(人口数与用地面积比)差异较大,日垃圾生产量也是极大不同,批量设计的站点不能因时制宜发挥出其最大的效能,大大降低了垃圾的处理效率。

表 2 分片区生活垃圾转运站情况统计

总规片区	城市片区	人口/万人	用地/km ²	日垃圾产生量/t	规划生活垃圾转运站		
					数量/座	平均服务半径/m	日垃圾转运量/t
主体	中心区	112.00	48.98	1814.40	183	300~500	1850.00
岳麓山片	岳麓山	20.00	25.07	324.00	26	300~800	350.00
银望片	银望东	18.30	15.14	296.46	14	500~800	300.00
	桐梓坡	17.30	9.78	280.26	28	300~500	280.00

	麓谷	22.50	24.96	364.50	22	500~800	370.00
	青山	3.71	3.21	60.10	5	800~1000	70.00
新井片	新井	45.15	45.30	731.43	47	500~800	750.00
长圭片	长圭	34.11	34.11	552.58	39	500~800	560.00
	黎托	7.50	12.70	121.50	7	800~1000	140.00
新世纪片	新世纪	33.25	37.85	538.65	22	500~800	540.00
星马片	星沙片	50.00	60.00	810.00	18	800~1000	810.00
	东岸乡	13.00	15.60	210.60	8	800~1000	220.00
捞霞片	捞霞	23.00	43.30	372.60	16	800~1000	380.00
高星片	高星	38.20	45.83	618.84	18	800~1000	620.00
含浦片	含浦	39.95	36.69	647.19	13	800~1000	650.00
暮云片	暮云片	20.00	36.20	324.00	13	800~1000	330.00
丁字片	丁字	7.50	12.66	121.50	4	800~1000	130.00
合计		505.47	507.38	81188.61	483		8350

1.3.3 生活垃圾处理方式过于单一,潜力有限

当前,长沙市对生活垃圾的处理方式主要是卫生填埋,尚未建立健全垃圾回收利用机制,导致生活垃圾中有许多高价值可循环资源没有得到妥善处置。与此相对,长沙市仅有一个黑麋峰垃圾场,作为城区唯一的固体废弃物处理场,其设计规模为4000吨/天,试用期为34年。到如今,8000吨的垃圾日处理量早已超出了设计负荷的200%,因此面对长沙市日益增长的生活垃圾处理需求,生活垃圾处理过程中的贮运环节更将直接关系到整个城市的日常运转和众多市民的正常生产生活。

2 影响因子定义与变量权重赋值

2.1 “双M”导向标准

城市垃圾中转站属于非期望型设施^[2],即是指市民在日常生活中必须使用到,但相对应的是设施存在又会造成人们生活质量的负面影响。从主观上看,垃圾中转站距人群近对居民生活质量和精神有较大影响。客观来看,垃圾中转站的服务范围、与垃圾处理场和垃圾产生中心的距离关系控制和配套条件的合格,以及污染控制,影响现实经济成本和环境成本。

因此关于此类非期望必要设施,它们的规划选址应当具备二重标准^[3]的特性:即设施平面选址的“双M”目标导向(Minimum和Maximum)。其中“Minimum”导向是指待建设施距各需求点距离之和最小;Maximum标准是指将产生拥挤、噪声等负面影响的待建设施距最近人口中心的距离最远。而城市中涉及垃圾转运站点的选址决策,“Minimum”导向应对着效率问题,追求经济成本最小化;“Maximum”导向则致力于降低由垃圾中转站作业产生的噪声、气味和细菌等对临近人口的身心健康产生的不利影响,换言之,它还需要满足相距最近人群聚集中心最远的要求,以解决民众接受度低和生态城市高质量发展的问题。

2.2 影响因子的选定

垃圾中转站在其整个过程与城市垃圾密切相关,因此,垃圾转运的选址优化需从其社会环境经济等方面综合考虑,达到社会、经济和生态三重效益。具体而言,就是在解决城市垃圾转运问题基础上,降低成本和环境影响。

综上所述,垃圾转运站作为非期望设施,其选址需要尽可能选择在地质条件优良以及远离水系、重要人口聚集点的地方;而作为一般必要服务设施来讲,其选址的最优结果便是实现服务功能最大化和经济效益最优化。因此,结合前期的调查研究,本文选取服务质量和经济成本两个方面作为主要影响因素,然后根据长沙市地方特色和数据可获得性,对这两方面进行细分和简化后可知:

(1)生态质量最大化(Maximin)——规避受垃圾站点影响的人群最为集中的地方,即学校、居住区、政府机关、公园绿地、水系,根据它们与站点的距离建立初步的单目标选址模型,筛选出对人群生活无干扰的站点选址。

(2)经济成本最小化(Minimum)——考虑垃圾量密度与运输成本,根据实际数据调查发现,站点选建在距交通主干道 500~1000m 范围内是最为适宜,且整套处理和运输的成本加起来是最少的,依此建立双目标选址模型进行二次筛选。

2.3 变量因子权重赋值

根据上述分析,“城市道路”可视作垃圾中转站分布的相对定量因子,不必计算权重,仅作为二次筛选的距离条件;而“区域规避”和“垃圾量密度”可视作变量影响因子,并将前者细分为“医院、政府机构、学校、绿地、水源”通过群决策分析法获取权重,具体如下:

首先制作专项调查问卷,将两个变量影响因子进行并列,而“医院、政府机构、学校、绿地、水源”进行单独并列,以 10 分、8 分、6 分、4 分、2 分分别对应五个等级的重要值。通过实际调研,邀请相关群众进行判别打分,然后将调查数据汇总计算后得到“医院”为 7.11,“学校”为 6.32,“政府”为 5.00,“绿地”为 4.38,“水源”为 8.24。

其次把上述两个计算矩阵求得的关于变量影响因子的初步计算数值一一对应求商,以算出每两个因子的相对重要值(y_{ij}),并利用长方阵排列把这些实数集合建立判断矩阵(Y),整合矩阵后通过并列计算公式后得出每个因子相对权重的系数数值并以 Q_i (排序指数)来表示。最后利用方根法^[4],求出判断矩阵中各个因素相对重要度,以此作为 GIS 空间叠加分析的权重。

根据前述流程,通过表 3 和表 4 两个判断矩阵计算中转站变量因子相对重要度,并得到以下结果。

表 3 垃圾量密度与区域规避相对权重

	垃圾量密度	区域规避	W_i	T_i	Q_i
垃圾量密度	1	0.789	0.789	0.623	0.43
区域规避	1.324	1	1.324	1.102	0.57

表 4 区域规避各因子相对权重

区域	医院	学校	政府	绿地	水系	W_i	P_i	Q_i
医院	1	1.063	1.504	1.783	0.930	2.65	1.276	0.243
学校	0.843	1	1.355	1.604	0.774	1.418	1.091	0.208
政府	0.632	0.738	1	1.174	0.582	0.318	0.751	0.140
绿地	0.560	0.724	0.845	1	0.469	0.161	0.633	0.120
水源	1.107	1.262	1.741	2.112	1	5.136	1.505	0.286

3 “双M”导向下的选址模型模拟分析

3.1 单目标选址模型初级筛选

限于数据精准性与减小误差,本文以发展较为成熟的中心城区为研究和分析筛选的研究对象。从长沙市的GIS数据库中选取了现有的垃圾中转站站点分布示意图和相关的数,并对研究区所有站点进行一个考虑人群影响距离的初步筛选,易得区域规避为 $0.286 \times \text{水源} + 0.12 \times \text{绿地} + 0.14 \times \text{政府} + 0.208 \times \text{学校} + 0.243 \times \text{医院}$,同理适宜建设区域为 $0.43 \times \text{垃圾密度重分级} + 0.57 \times \text{区域规避}$,得到垃圾转运站适宜建设的区域分布。然后根据一般城市规划经验的总结^[5],结合问卷调查所得统计结果的进一步综合分析,转运站点不得设置在餐饮店、商场、影剧院等日常人流聚集的地方,综合衡量站点服务半径、荷载能力、交通成本、污染防治、配套支持等因素,通过上述条件建立区域规避(Maximin)单目标选址模型进行简化筛选,此时可得到转运站初步的适宜的点状空间分布数据(图2)。

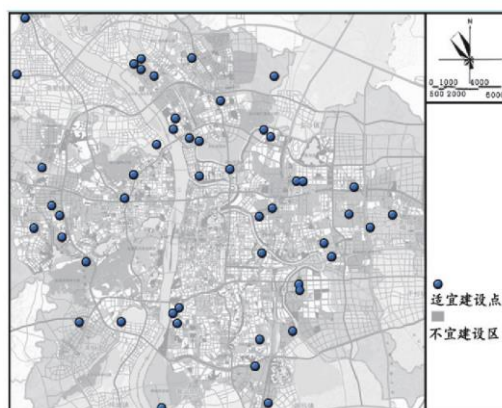


图2 适宜建设站点初步筛选

3.2 双目标选址模型二次筛选

根据单目标选址模型筛选出来的备选点分布密度如图3所示。可知在整个片区内站点的分布是非常不均匀的,部分备选站点十分集中,容易出现上述分析时发生的“空仓与爆仓”^[7]等资源配置问题。因此要在单目标筛选站点的基础上增加考虑另一重要影响因素条件,经济成本(Minimum)——交通与运输成本。根据以往数据的查询我们发现站点选建在距交通主干道500~1000m范围内^[6]最为适宜(图4),且不得设置于立交桥或平交路口旁,此时整套处理和运输的成本加起来是最少的,并依此建立双目标选址

模型进行二次筛选。这样最终就能够保证所筛选出来的保留站点以及新建站点(在一定区域内可自选点进行建设),既不干扰和影响人们的正常生活,同时又能够在整个片区,乃至整个城市通过与交通路网不同距离的疏密交错搭配,形成一个完整的垃圾收集运输和处理回收体系,还能够保证体系的总消耗最少,运输成本相对达到最低(图 5)。

3.3 综合评估与优化

长沙市现有高塘岭、捞刀河、谷山、果林、星沙、含浦、天心、树木岭 8 个垃圾中转站。将现有垃圾中转站放到垃圾中转站最终可建站点分布图中,便可发现天心、树木岭、星沙 3 个中转站规划在不适宜的布置地区,属于设置不当的城市垃圾转运站点(图 6)。



图 3 备选转运站点分布密度分析



图 5 最终可建站点区域分布

而对于新的中转站的分布优化,其中星沙转运站规划位于长株高速防护绿带东侧,被都市区包围,且该处位置并不利于垃圾清运,故建议将其外移;而树木岭与天心转运站,考虑到新一轮城市总规划建设用地的扩展,天心中转站及树木岭中转站相距较近且靠近市中心,综合考量下建议将这两个中转站分别南移至暮云分区及跳马分区城市主体相邻外围,以避免大型垃圾车在贮运转运垃圾时造成交通拥堵,并规避实际操作时该片区较高的拆迁成本影响。

4 结束语

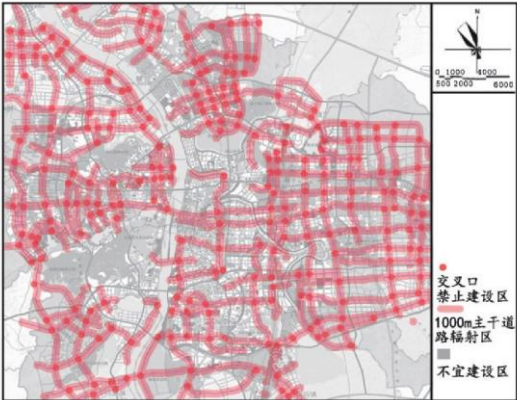


图 4 主干路 1000 米辐射内范围区

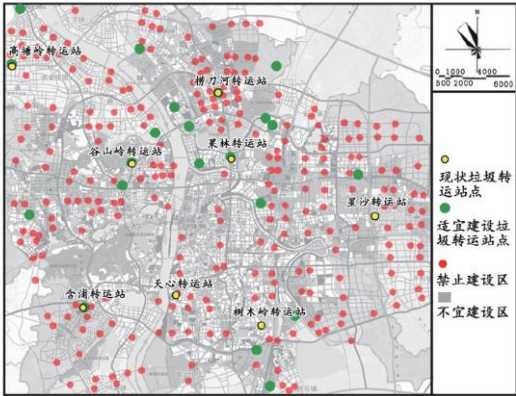


图 6 现状垃圾转运站点选址适宜性评估

随着长沙市城市化水平的进一步提升,垃圾转运站中转站是城市高质量发展时不得跨越的隐性门槛。本文通过调研走访长沙市实地情况,建立基于 Minisum(经济成本最小化)以及 Maximin(生态质量最大化)二重标准分析的垃圾中转站选址评价体系。其中,首先利用群决策分析和 GIS 空间模拟技术对垃圾中转站的选址从“数据到空间”的客观、快速表达,可降低人为等干扰因素的影响;其次借助 Arcgis 平台的缓冲区、叠加、距离栅格等分析方法对长沙市现状二级中转站的布局开展评价并提出反馈意见。通过实践,本文也可同类城市生活垃圾转运站的布局选址提供理论借鉴和技术支持。

参考文献:

[1]叶诗瑛,孙世群,吴克,等.合肥市城区垃圾中转站分布及其建设的思考[J].环境科学与管理,2007(6):1-4,17.

[2]汤钟明.长沙市城市生活垃圾管理系统温室气体排放及其减排策略研究[D].长沙:湖南大学,2014.

[3]席芳娟,张玉斌,秦婷.城市垃圾收运中转站选址分析[J].现代商业,2018(29):177-178.

[4]朱超平,潘方杰,姚秉伟.基于 GIS 和 AHP 的垃圾中转站选址评估与优化研究[J].安庆师范大学学报(自然科学版),2018(1):78-82.

[5]常建娥,蒋太立.层次分析法确定权重的研究[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2007(1):153-156.

[6]崔维鹏,李慧敏.城市生活垃圾中转站的更新设计及策略研究[J].山西建筑,2018(3):197-198.

[7]钟沅源,李南.DEA 模型在垃圾中转站效率评价中的应用[J].环境科学与管理,2010(1):185-187.