

文章编号: 1674-2869(2020)04-0451-05

# 武汉市建筑垃圾处理厂的选址适宜性评价

张明, 王章琼\*, 白俊龙

武汉工程大学土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430074

**摘要:** 开展适宜性评价有助于建筑垃圾处理厂科学、合理选址。选取土地规划、人口密度、距新老城区距离、风向影响、地基承载能力作为选址适宜性影响因子; 采用层次分析法(AHP)构建选址适宜性评价体系; 基于 ArcGIS 对武汉市开展建筑垃圾处理厂选址适宜性评价。结果表明: 武汉市适合建厂的区域主要分布于黄陂区的南部和中部、新洲区的西南部和中部、江夏区的北部和中部、东西湖区的东部和东南部、蔡甸区的东北部、洪山区的北部和东北部。研究结果可为城市建筑垃圾处理厂选址提供参考。

**关键词:** 建筑垃圾; ArcGIS; 选址; 适宜性评价

中图分类号: X705; X799.1

文献标识码: A

DOI: 10.19843/j.cnki.CN42-1779/TQ.201912023

## Suitability Evaluation of Site Selection of Construction Waste Treatment Plant in Wuhan

ZHANG Ming, WANG Zhangqiong\*, BAI Junlong

School of Resource and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract:** Suitability evaluation is scientific and reasonable for the site selection of construction waste treatment plant. According to literature review, land planning, population density, distance between the new and old urban areas, impact of wind direction and foundation bearing capacity were selected as the influencing factors for site selection. Analytic hierarchy process (AHP) was used to establish the suitability evaluation system of site selection. Based on ArcGIS, the suitability evaluation of site selection of the construction waste treatment plant in Wuhan was performed. The results show that the suitable areas for construction waste treatment plants in Wuhan are distributed in the southern and central area of Huangpi District, the southwestern and east area of Xinzhou District, the northern and central area of Jiangxia District, the eastern and southeastern area of Dongxihu District, the northeastern area of Caidian District, and the northern and northeastern area of Hongshan District. The research results can provide a reference for site selection of urban construction waste treatment plant.

**Keywords:** construction waste; ArcGIS; site selection; suitability evaluation

建筑垃圾是城市新建、改建、扩建、装修等过程中产生的渣土、废旧混凝土及其他废弃物的统称<sup>[1]</sup>。据《2018-2023年中国建筑垃圾处理行业发展前景与投资战略规划分析报告》测算, 2017年我国建筑垃圾产量达到  $2.379 \times 10^9$  t, 较 2001 年的  $0.297 \times 10^9$  t 增长了近 7 倍, 预计 2020 年建筑垃圾产

量将达到  $2.600 \times 10^9$  t<sup>[2]</sup>, 而且还在不断增长。大量的建筑垃圾不仅占用土地、破坏环境, 还影响市容<sup>[3-4]</sup>。因此, 建筑垃圾的处理问题受到越来越多的关注<sup>[5]</sup>。

目前, 建筑垃圾处理方式有直接堆积、简易处置后填埋、资源化处理, 其中资源化处理是最佳方

收稿日期: 2019-12-30

作者简介: 张明, 硕士研究生。E-mail: 3296534072@qq.com

\*通讯作者: 王章琼, 博士, 副教授。E-mail: wzqcug@163.com

引文格式: 张明, 王章琼, 白俊龙. 武汉市建筑垃圾处理厂的选址适宜性评价[J]. 武汉工程大学学报, 2020, 42(4): 451-455.

式。资料表明,欧美国家建筑垃圾资源化处理率达70%,日韩高达95%,而我国不足10%<sup>[6-7]</sup>。由此可见,我国建筑垃圾资源化处理还处于起步阶段,尚未形成成熟的治理体系。建筑垃圾资源化处理仍是当前重要的研究课题<sup>[8]</sup>。

为了不占用建筑场地、减少噪音污染和环境污染,提出建筑垃圾“运出去,拉进来”的资源化处理方案,即将建设过程中产生的建筑垃圾运出施工现场,对其集中进行资源化处理,再将加工后的建筑垃圾作为建筑原料运输到施工现场<sup>[9]</sup>。因此,建筑垃圾处理厂选址是建筑垃圾资源化处理的第一步。

鉴于此,本文选取土地规划、人口密度、距新老城区距离、风向影响、地基承载能力作为建筑垃圾处理厂选址的影响因子,构建建筑垃圾处理厂选址适宜性评价体系,以武汉市为例进行选址适宜性评价。

1 选址影响因子

1.1 土地规划

土地规划是指一个国家或一定地区范围内,按照经济发展的前景和需求,对土地的合理使用所做出的长期安排。土地规划明确了土地的用途,把土地分为农业用地、工业用地、生态用地及其他用地。因此,土地规划是建筑垃圾处理厂选址的决定性因素。

1.2 人口密度

建筑垃圾处理过程中会产生噪音和灰尘,给周围居民的生活环境带来严重影响,同时在居民意识中,建筑垃圾处理厂是会产生污染的环境保护设施,对该类设施较排斥,容易引起社会矛盾。人口密度越大,建厂受到的阻力也越大。在建筑垃圾处理厂选址过程中考虑人口密度,这既维护了居民的利益,也减少建厂及运营过程中的麻烦。

1.3 距新老城区距离

建筑垃圾在“运出去,拉进来”的过程中要考虑运输费用问题。建筑垃圾从施工现场运到处理厂,集中处理,再运输到施工现场。运输距离长,不仅费用高,而且易延误工期,造成经济损失。本文以老城改建、修建新城为建筑垃圾主要来源,考虑了建筑垃圾处理厂距新老城区的距离。

1.4 风向影响

建筑垃圾资源化处理过程中必然产生大量的灰尘,而风向决定了灰尘的运动方向,若居民区位于风向下,会给居民的生活环境带来严重的影响。同时,城市及其周围风向一般会受到河流、湖

泊的切割而发生变化。在建筑垃圾处理厂选址过程中,考虑风向可降低处理厂对居民区的影响。

1.5 地基承载能力

建筑垃圾资源化处理厂需要堆积大量建筑垃圾,考虑到重载易引起地面沉降,建筑垃圾处理厂选址应尽量避免开松软土及砂土,确保建筑垃圾处理厂更具有安全性、耐久性。

2 选址适宜性评价体系

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是一种定性定量相结合的方法,该方法将复杂问题的影响因子划分为多层次结构,进而确定各影响因子权重值<sup>[10-11]</sup>。

采用AHP法构建建筑垃圾处理厂选址的结构层次模型,然后构建判断矩阵,检验判断矩阵的一致性,并确定建筑垃圾处理厂选址影响因子的权重值,最后建立影响因子等级标准和选址适宜性等级标准。

2.1 影响因子权重

2.1.1 AHP模型 以建筑垃圾处理厂选址为目标层,以人口密度、距新老城区距离、土地规划、风向影响、地基承载能力为指标层,建立建筑垃圾处理厂选址AHP模型(表1)。

表1 建筑垃圾处理厂选址AHP模型  
Tab. 1 AHP model of site selection of construction waste treatment plant

目标层	指标层
建筑垃圾处理厂选址	土地规划
	人口密度
	距新老城区距离
	风向影响
	地基承载能力

2.1.2 判断矩阵 采用专家打分法对各影响因子进行相对重要性打分,采用1-9标度法,构建指标层元素判断矩阵A(表2)。

2.1.3 权重计算及一致性检验 利用MATLAB计算判断矩阵A,得出判断矩阵A的最大特征根 $\lambda_{max}$ =5.010 6,然后计算 $\lambda_{max}$ 对应的归一化特征向量W,其分量W<sub>i</sub>即为对应元素的权重值。同时还需要用CI值作为检验判断矩阵的一致性指标,根据公式 $CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$ ,计算出矩阵A的CI=0.002 7。

为了检验判断矩阵具有较好的一致性,还需要将CI与平均随机一致性指标RI相比,即判断矩阵的随机一致性比率,记为CR(CR=CI/RI)。当

表2 指标层重要性判断矩阵A

Tab. 2 Importance judgment matrix A of index layer

指标名称	土地规划	人口密度	距新老城区距离	风向影响	地基承载力
土地规划	1	4/3	2	7/3	3
人口密度	3/4	1	3/2	2	5/2
距新老城区距离	1/2	2/3	1	3/2	5/3
风向影响	3/7	1/2	2/3	1	3/2
地基承载	1/3	2/5	3/5	2/3	1

$CR < 0.1$  时,表明判断矩阵具有较好的一致性,否则需对判断矩阵重新调整。利用公式  $CR=CI/RI$ ,得出  $CR=0.002\ 4 < 0.1$ ,由此可知,判断矩阵满足一致性检验。

2.1.4 权重的确定 得到判断矩阵A的最大特征值 $\lambda_{\max}$ 归一化后的特征向量,即影响因子权重(表3)。

表4 影响因子分级、赋值标准

Tab. 4 Classification and assignment criteria of influencing factors

土地规划		人口密度 / (人/km <sup>2</sup> )		距新老城区距离 / km		风向影响		地基承载能力	
分级区间	赋值	分级区间	赋值	分级区间	赋值	分级区间	赋值	分级区间	赋值
工业用地	1	[0~10 000]	1	(0 ~ 1.5]	1	优	1	三级阶地	1
未规划用地	0.6	(10 000 ~ 20 000]	0.8	(1.5 ~ 3.0]	0.8	良	0.7	二级阶地	0.8
其他用地	0.2	(20 000 ~ 40 000]	0.6	(3.0 ~ 4.5]	0.6	劣	0.4	一级阶地	0.6
		> 40 000	0.2	(4.5~6.0]	0.4				
				> 6.0	0.2				

2.3 选址适宜性分级标准

根据公式  $K_v=a_i \times x_i$  对各影响因子进行权重叠加,其中, $K_v$ 为各区域的综合值, $a_i$ 为影响因子相对权重值, $x_i$ 为影响因子等级赋值。根据综合值  $K_v$ ,将研究区选址适宜性划分为5个等级(表5)。

表5 建筑垃圾处理厂选址适宜性分级标准

Tab. 5 Suitability classification criteria for site selection of construction waste treatment plant

$K_v$	等级
[0~0.5]	I级
(0.5~0.6]	II级
(0.6~0.7]	III级
(0.7~0.8]	IV级
(0.8~1]	V级

### 3 武汉市建筑垃圾处理厂选址适宜性评价

武汉市作为我国“长江经济带”发展的中心区域之一,城市化进程与其他城市相比更快。因此,

表3 建筑垃圾处理厂选址影响因子权重

Tab. 3 Weights of influencing factors for site selection of construction waste treatment plant

影响因子	权重
土地规划	0.328 4
人口密度	0.258 2
距新老城区距离	0.176 6
风向影响	0.134 9
地基承载能力	0.101 9

#### 2.2 影响因子分级标准

根据数值大小将距新老城区距离分为5个等级,人口密度分为4个等级;根据对居民区的影响程度将风向影响划分为3个等级;根据土地利用规划将土地利用划分为3个等级,根据稳定性将地基承载能力划分为3个等级,对各影响因子等级赋值,赋值区间为[0-1],如表4所示。

在武汉市老城改建、建设新城区的过程中建筑垃圾的年产生量也较其他城市大。根据武汉市2017-2019年统计年鉴可知武汉市2016-2018年建筑竣工面积分别为2.861 346×10<sup>8</sup>、3.080 686×10<sup>8</sup>、3.269 193×10<sup>8</sup> m<sup>2</sup>,再根据《2019年中国建筑垃圾处理行业发展现状及趋势分析》报告测算,每10 000 m<sup>2</sup>建筑施工面积平均产生550 t建筑垃圾,可计算出武汉市2016-2018年建筑垃圾产生量分别为1.573 740 30×10<sup>7</sup>、1.699 437 73×10<sup>7</sup>、1.798 056 15×10<sup>7</sup> t,由此可看出武汉建筑垃圾年增量约为1.121 5×10<sup>6</sup> t,可估算出2020年,武汉市建筑垃圾产生量可达2.04×10<sup>7</sup> t。此外,据统计,武汉市每年的建筑垃圾资源化利用率仅为0.4%<sup>[12]</sup>。由此可见,武汉市每年建筑垃圾的产生量与资源化利用量完全不匹配。因此,武汉市建筑垃圾资源化处理迫在眉睫<sup>[13]</sup>。

基于Arc地理信息系统(Arc geographic information system, ArcGIS)的空间叠加功能,对武汉市建筑垃圾处理厂选址影响因子进行空间叠加,得到选址适宜性区划图,然后进行选址适宜性评价。

3.1 选址影响因子图层

基于 ArcGIS 实现统计数据的可视化,可直观地反应各评价指标空间分布状况。

3.1.1 人口密度 人口密度数据来源于文献<sup>[14]</sup>,将武汉市人口密度划分为 0~10 000、10 000~20 000、20 000~40 000、> 40 000 人/km<sup>2</sup>等 4 个等级。人口密度大于 40 000 人/km<sup>2</sup>的区域主要是武汉主城区,具体为江汉区、武昌区、汉阳区、江岸区等沿江分布的少数区域,人口密度为 20 000~40 000 人/km<sup>2</sup>的区域主要是江夏区中部和西部、蔡甸区北部、黄陂区南部、武汉市区北部,人口密度为 10 000~20 000 人/km<sup>2</sup>的区域主要为蔡甸东北部、武汉市区南部、江夏区西北部以及黄陂区中部和南部、新洲区中部[图 1(a)]。

3.1.2 距新老城区距离和土地规划 新城区改建和土地规划资料来自武汉市自然资源和规划局《武汉市总体规划 2010~2020》,根据网络搜集整理确定老城区改建的区域。以新老城区为中心,利用 ArcGIS 缓冲工具,得到新老城区缓冲距离分别为 0~1.5、1.5~3.0、3.0~4.5、4.5~6.0、> 6.0 km 的缓冲区,距离越大,表明运输费用越高[图 1(b)]。

土地规划以《武汉市城市总体规划 2010~2020》为底图,将居住用地、新城、郊野公园、

风景区、农业生产区、古文化遗址等划分为其他用地,还有部分区域在图例中未标明,这里划分为未规划用地[图 1(c)]。

3.1.3 风向影响 根据天气网(www.tianqi.com),对武汉市各区 2015~2018 年风向进行统计,得出各区主要风向,然后结合文献<sup>[15]</sup>关于武汉各地空气通透性的信息,将风向完全朝向主城区或人口密集且离主城区较近区域则划分为劣,将风向远离人口密集或主城区划分为优,将人口密集但空气通透性较好区域和离主城区较远且盛行风朝向主城区的区域划分为良,以此将各区风影响划分为优、良、劣 3 个等级[图 1(d)]。

3.1.4 地基承载能力 武汉位于长江中游,地表广泛被第四系松散堆积物覆盖,长江沿岸多为冲积层和湖泊沉积层,地基软弱,同时武汉市周围分布有较集中的丘陵。本文以长江阶地来表征地基承载力,不同阶地其地基承载力不同:一级阶地地基承载力<二级阶地地基承载力<三级阶地地基承载力。第一级阶主要位于武昌、汉口,还有汉阳局部区域;第二级阶地主要分布于汉口东西湖、武昌东湖港-沙湖沿线以及青山镇周围地区;第三级阶地主要分布于后湖、武昌、汉阳的部分区域[图 1(e)]。

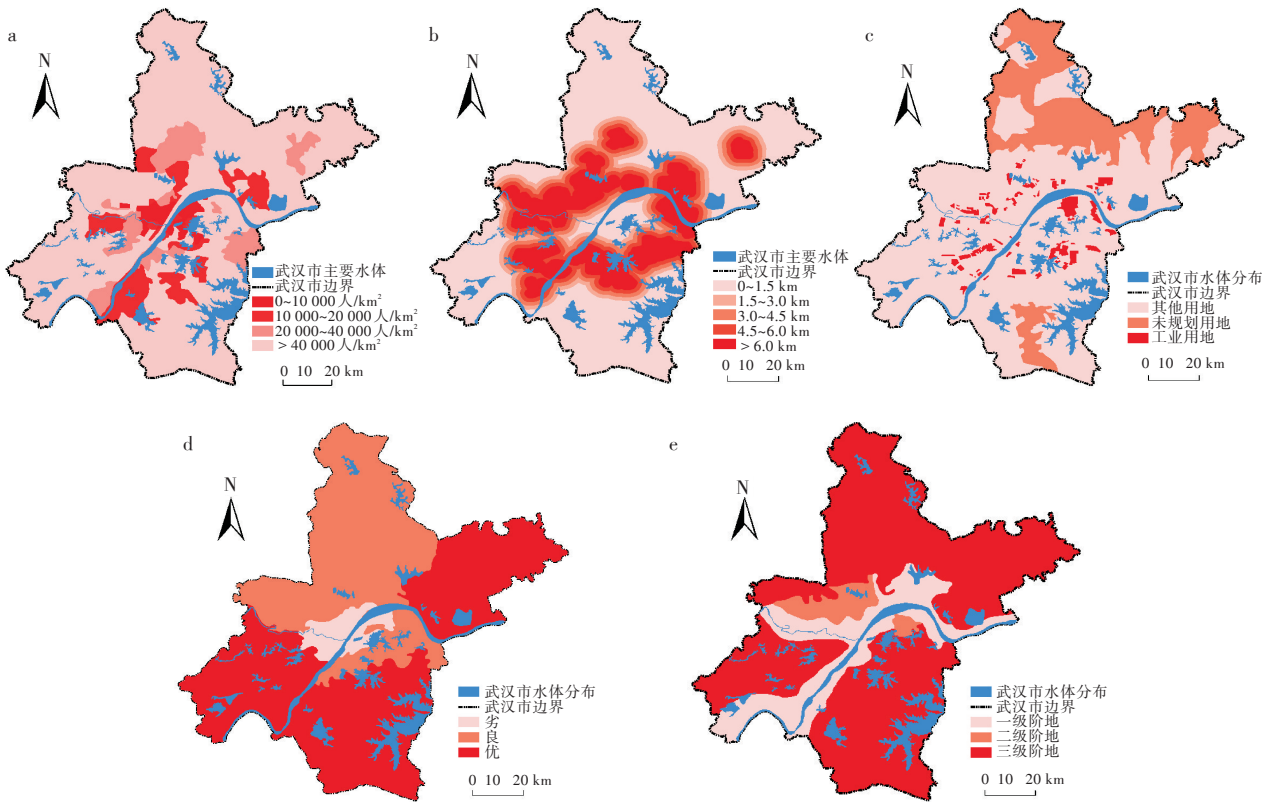


图 1 选址影响因子:(a)人口密度,(b)距新老城区距离,(c)土地规划,(d)风向影响,(e)长江阶地

Fig. 1 Influencing factors of site selection:(a)population density,(b)distance between new and old urban areas,(c)land planning,(d)wind direction impact,(e)Yangtze terrace



3.2 建筑垃圾处理厂选址适宜性评价

利用 ArcGIS 的矢量叠加功能,对建立的选址影响因子图层进行权重叠加,得到武汉市建筑垃圾处理厂选址适宜性区划图,等级越高,越合适修建建筑垃圾处理厂(图2)。目前,武汉市适宜修建建筑垃圾处理厂的区域分布于主城区周围,即黄陂区南部及中部、新洲区西南部及中部偏东、江夏区北部及中部、东西湖区东部及东南部、蔡甸区东北部、洪山区北部及东北部;最不宜修建处理厂的区域主要是武昌、青山、硚口、汉阳、江汉等区域。

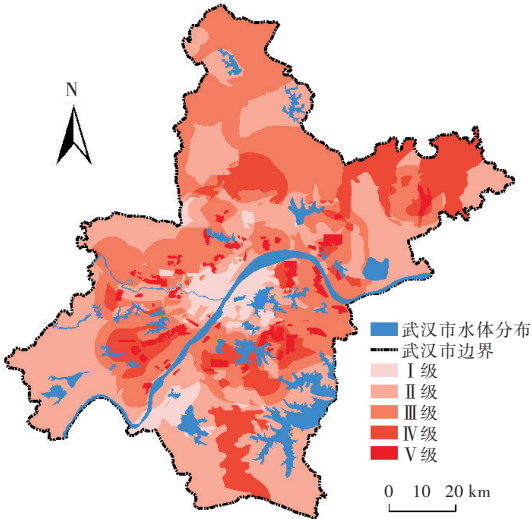


图2 武汉市建筑垃圾处理厂选址适宜性区划图  
Fig. 2 Zoning map of site selection suitability of construction waste treatment plant in Wuhan

4 结 论

1)考虑社会、经济、环境等因素,选取土地规划、人口密度、距新老城区距离、风向影响、地基承载能力作为建筑垃圾处理厂选址的影响因子;基于层次分析法得到土地规划、人口密度、距新老城区距离、风向影响、地基承载能力的相对权重分别为0.328 4、0.258 2、0.176 6、0.134 9、0.101 9。

2)武汉市适宜修建建筑垃圾处理厂的区域主要分布于黄陂区南部及中部、新洲区西南部及中部偏东、江夏区北部及中部、东西湖区东部及东南部、蔡甸区东北部、洪山区北部及东北部。

参考文献

[1] 李根旺. 道路拆除中建筑垃圾再生利用实施模式研究[J]. 环境科学与管理,2018,43(6):69-72.

[2] 王玉国,李灵芝,丁垚. 建筑垃圾产量预测与时空特征研究:以南京江北新区为例[J]. 环境工程,2020,38(3):15-21.

[3] 熊熙. 基于绿色建筑要求探讨中国建筑垃圾处理措施[J]. 黄冈职业技术学院学报,2018,20(6):128-131.

[4] 徐振哲. 建筑垃圾资源化管理现状及对策研究[J]. 建材与装饰,2018(45):182.

[5] 艾亚,陈醒. 钟茂初:对巨量建筑垃圾问题需提前制定中长期规划[J]. 国际融资,2019(4):23-24.

[6] 江媛云,余建杰,周小娟,等. 建筑垃圾处理及再生骨料利用现状分析[J]. 水利规划与设计,2019(4):122-125.

[7] 卢忠义. 城市建筑垃圾资源化利用探讨[J]. 山西建筑,2019,45(6):183-184.

[8] 张大玉. 资源化利用——建筑垃圾治理的必由之路[N]. 中国建设报,2019-04-05(8).

[9] 卢梅,黄钟. 建筑垃圾资源化产业链关键节点主体间的博弈分析[J]. 生态经济,2018,34(7):131-136.

[10] 李大鸣,刘训平,段丽瑶,等. 基于AHP的泥石流区域预报数学模型研究[J]. 天津大学学报(自然科学与工程技术版),2017,50(9):900-906.

[11] 邢钊. 基于信息熵与AHP模型的白龙江流域泥石流危险性评价[D]. 兰州:兰州大学,2012.

[12] 刘静文. 无缝隙政府理论下的武汉市建筑垃圾处理问题研究[D]. 武汉:华中师范大学,2014.

[13] 黄修林,卞周宏,彭波,等. 建筑垃圾资源化利用现状分析及武汉市对策研究[J]. 湖北大学学报(自然科学版),2017,39(3):285-290.

[14] 单卓然,黄亚平,张衍春. 中部典型特大城市人口密度空间分布格局——以武汉为例[J]. 经济地理,2015,35(9):33-39.

[15] YUAN C, REN C, NG E. GIS-based surface roughness evaluation in the urban planning system to improve the wind environment—A study in Wuhan, China [J]. Urban Climate,2014,10:585-593.

本文编辑:苗 变