

环境地质

威海市城市垃圾填埋场选址地质环境适宜性评价

尹明泉¹, 尹志轩², 董杰¹, 孙吉林¹, 于治通¹, 付云霞¹

(1. 青岛地质工程勘察院, 山东 青岛 266071; 2. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘要:威海是“最适宜人类居住的地方”,但随着城市建设的快速发展,城市垃圾产生量不断增加,垃圾填埋场选址问题亟待解决。以威海市环翠区为研究对象,综合考虑地形地貌、土地利用规划、交通、水利规划、气象、地质、水文地质、工程地质、环境地质等多方面因素及经济效益和环境效益,从地质环境角度出发,选取5个层次共15个评价因子,采用层次—网格法进行了垃圾填埋场选址区划分析研究,划分出垃圾可填埋区、限制填埋区、禁止填埋区。并在限制填埋区和可填埋区,进一步优选出几个垃圾填埋场地的首选场址,可供规划、设计部门参考。

关键词:城市垃圾; 填埋场; 选址; 地质环境; 威海市环翠区

中图分类号: X505

文献标识码: A

0 引言

威海市地处山东半岛最东端,三面环海,风景优美,是中国著名的旅游城市和沿海开放城市,是中国第一个“国家卫生城市”、中国首批“国家环境保护模范城市”之一,被誉为“最适宜人类居住的地方”。

威海市辖一区三市,其中环翠区为主城区,人口相对密集。作为山东半岛城市群建设的重要组成部分,威海市城市建设日新月异,城市化水平不断提高,但城市建设而带来的生存环境恶化、地质环境变化等一系列社会和经济问题也日益突出,甚至直接影响和制约着城市的发展,如城市垃圾产生量不断增加造成对城市的严重污染等。随着城市的快速发展,垃圾填埋场选址问题不容置疑地摆在面前。

1 威海市区域地质环境条件概述

威海市地形地貌以低山丘陵为主,地形连绵起伏,地面标高一般大于100 m,地面坡度较大,地表岩石裸露,沟谷地带松散堆积物较发育,但厚度不大,年大气降水一般大于700 mm,植被较发育。沿海诸小河均为山地季节性水系,展布方向受地质构造、地形地貌控制明显。

区域地层仅少量出露古元古代荆山群陡崖组和第四纪地层,岩性主要为石墨片麻岩、黑云片岩、长石石英岩等及松散的残坡积砂质粘土、粘土质粉砂和海积砂、砾石及淤泥层,松散层厚度一般小于20 m。区域岩浆岩分布广泛,主要为新元古代晋宁期荣成超单元威海单元和邱家单元的片麻状二长花岗岩、中生代印支期文登超单元冶口单元的二长花岗岩。区域断裂构造以NW向及NNE向、NE向断裂为主,其中NNE向压扭性断裂较为发育、NW向断裂为张性。地震区划烈度为7度区(地震动峰值加速度为0.10 g)。

威海市地下水资源较贫乏。广泛分布弱富水的岩浆岩类、变质岩类,基岩地下水主要赋存于风化裂隙较发育的风化带和构造带中。松散岩类孔隙水仅分布在山间河谷及滨海平原,分布范围有限,含水层岩性为冲积、冲洪积砂砾石层,地下水埋深一般3~10 m,水质好,其补给来源主要为大气降水,工农业开采为其主要排泄方式。除地表供水水源外,地下水主要富水地段为石家河桥头富水段,且可建山间河谷型地下水库^①。

在各河流的入海口地带滨海平原区,地面标高一般0~40 m,地面较平坦,微向海倾斜,表层岩性

* 收稿日期:2010-09-15; 修订日期:2010-11-06; 编辑:陶卫卫

作者简介:尹明泉(1963—),男,山东宁津人,研究员,主要从事水工环及地质灾害防治与研究工作; E-mail:qingdaoyin2008@126.com。

①山东省第六地质矿产勘查院,山东省威海市地质环境监测与评价报告,2006年。

主要为粉砂、砂质土,局部为淤泥,地下水埋藏较浅,土壤易发生盐碱化或沼泽化,植被发育差;且人类活动频繁,工矿企业密集,是污染物集中排放及汇集地带,污染严重,地下水水质极差,沿海地段海水入侵多引发地下水污染。

由于矿山开采挖掘,区内部分山体地形地貌已遭到破坏,地质灾害主要有采空塌陷及伴生地裂缝,主要分布在固体矿产开采区,同时崩塌、滑坡、泥石流地质灾害在该区均有分布^①。威海市未利用土地主要包括荒草地、盐碱地等,是城市垃圾填埋场选址的较适宜土地类型。

2 城市垃圾填埋场选址影响因素分析

威海市是山东省重点发展城市,做好垃圾填埋场的选址研究非常重要。以环翠区为研究对象,进行了威海市城市垃圾填埋场选址地质环境研究。

2.1 城市垃圾的危害

城市垃圾与人类关系最为密切,尤其是在人口密集的城区,每天都有大量的垃圾产生。目前威海市年产城市生活垃圾总量约19万t^②。随着经济的发展,威海市城市规模不断扩大,人口高度集中,城市垃圾量将不断增加。特别是近二三十年来,随着高分子合成材料、塑料、干电池及各种包装材料的大量使用,垃圾成分日趋复杂,其危害也越来越严重,城市垃圾消纳的问题日益突出。

目前,我国的城市垃圾填埋场只注重填埋场的设计而忽视了选址研究,选址的要求仅是开阔地、离城市较近、能容纳足够的垃圾^[1],很少综合考虑垃圾填埋场选址论证问题,尽管在设计中采取了防渗措施,但一旦出现故障就可能造成渗滤液对周围环境的危害,直接受到危害的是土壤和地下水环境,最终危害到人类健康。因此垃圾堆放不当将引起严重的环境问题。

2.2 选址影响因素及评价指标

城市垃圾填埋场场址选择是一项综合性的工作,它不但直接影响到垃圾填埋场建设及建成后的经营管理,而且关系到垃圾填埋场建设是否能够真正实现垃圾处理无害化的总目标要求。

垃圾填埋场选址的总原则主要是考虑经济效益和环境效益,也就是从垃圾填埋场建设到使用的过程中,以经济合理的技术方案、尽量少的投资,使单

位垃圾量的处理费用最低;同时使垃圾填埋场在建设使用中和使用后对整个外部环境的影响最小,不致使场地周围的地表水、地下水、大气、土壤等环境发生恶化,从而达到保护环境的目的。

垃圾填埋场场址的选择涉及到当地经济、交通等发展情况、地理地形条件、气候条件、环境地质条件、地表水文条件及水文地质—工程地质条件等诸多影响因素,是一项十分复杂的工作^[2]。

根据威海市的城市地质环境特点以及垃圾填埋场选址的有关影响因素,经城市建设与环境工程、环境地质等专业的专家对诸多影响因子的评估、选取、论证,最终选取5个层次共15个评价指标进行垃圾填埋场选址评价,并对评价指标体系进行相应的分级,用“适宜、基本适宜、不适宜”三级来表示,每级分值分别赋予1.0,0.5,0(表1)。

表1 垃圾填埋场选址适宜性评价指标体系等级划分

制约层	制约因子	适宜性分级		
		1.0	0.5	0
气候条件 B ₁	城市夏季风主导风向 c ₁	下风向或 >10km	—	上风向或 <10km
	降水量 mmc ₂	<600	600~700	>700
交通条件 B ₂	区内道路 c ₃	有主干道	小型道路	无
	距城区或垃圾转运站距离 c ₄	30~20km	20~10km	<10km
地质条件 B ₃	断裂破碎带 c ₅	无	—	有
	土层渗透性 c ₆	弱	中	强
	土层厚度 c ₇	>6m	6~4m	<4m
	地形坡度 c ₈	0~10%	10%~20%	>20%
水文地质条件 B ₄	丰水期地下水埋深 c ₉	>2m	2~1m	<1m
	地下水水质 c ₁₀	V级	IV级	I—III级
	地表水体 c ₁₁	无	小型	大型
	距水源地 c ₁₂	>3km	3~0.5km	<3km
环境保护条件 B ₅	土地类型 c ₁₃	盐碱、荒地	未利用地	其他
	对居民影响 c ₁₄	小	中	大
	自然保护区、机场等距离 c ₁₅	>3km	3~2km	<2km

3 评价方法简介

该次城市垃圾填埋场选址评价采用层次—网格

① 威海市人民政府,威海市地质灾害防治规划,2005年。

② 山东省环保局环境监测总站,山东省环境质量报告书,2006年。

法进行。首先采用层次分析法^[3]确定上述各评价因子的权重。将垃圾填埋场选址适宜性作为层次分析的目标层(A), 填埋场选址的制约因素作为层次分析的制约层(B), 制约因素的子系统作为层次分析的因素层(C), 建立层次分析结构模型(图 1)。分别对制约层 B 各个因素、制约因素层 C 各因素之间进行两两比较, 用相对重要性标度(表 2)进行量化, 利用判断矩阵进行各因子相对权重的计算。

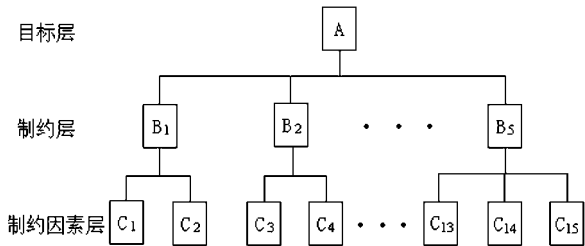


图 1 层次结构分析模型

表 2 相对重要性标度分级

标度 a_{ij}	定义
1	i 因素与 j 因素同样重要
3	i 因素比 j 因素略重要
5	i 因素比 j 因素较重要
7	i 因素比 j 因素非常重要
9	i 因素比 j 因素绝对重要
2, 4, 6, 8	以上两两比较的中间状态

例如矩阵 A:

A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
B ₁	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
B ₂	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}
B ₃	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	a_{35}
B ₄	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	a_{45}
B ₅	a_{51}	a_{52}	a_{53}	a_{54}	a_{55}

若 B₁ 与 B₂ 比较同样重要, 则 $a_{12} = 1, a_{21} = 1/a_{12} = 1$; 若 B₁ 比 B₃ 重要, 则 $a_{13} = 3, a_{31} = 1/a_{13} = 1/3$; ……。

城市垃圾填埋场选址评价最终采用网格法进行量化评价。评价单元的划分以平面坐标网格为基础, 以划分的正方形网格为评价单元, 同一单元的地质环境条件具有相对均一性。如此将威海市区划分为 56 个评价单元, 评价过程中如有地质环境条件变化大的单元则进行四分后再进行评价。

根据确定的垃圾填埋场选址评价因子, 利用多

目标决策的线性加权方法建立一个广义的目标函数, 得到层次—网格分析综合评价数学模型为:

$$Z = 100 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m K_{i00} K_{ij0} K_{ijs}$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m$$

式中: Z 为评价单元适宜性总分; Z_i 为第一层制约因素第 i 因素之得分, n 为第一层制约因素的个数, 该层次结构中第一层制约因素有 5 个, 即 $n = 5$; j 为第二层制约因素中第 i 项影响因素下的 j 元素, m 为第 i 项影响因素下元素个数; K_{i00} 为第一层制约因素第 i 元素的权重; K_{ij0} 为第二层制约因素中第 i 项因素下 j 元素的权重; K_{ijs} 为第二层制约因素中第 j 元素的实际贡献权重, 根据表 1 的适宜性分级确定。

按照上述模型进行各评价单元的计算, 根据各评价单元得分, 把各评价单元分为三级, 即“适宜区、基本适宜区、不适宜区”, 等级标准分值如表 3。

表 3 适宜等级标准

等级	适宜	基本适宜	不适宜
分值标准	> 70	70 ~ 60	< 60

4 垃圾填埋场选址适宜性评价

通过对威海市有关气象、地形地貌、土地利用规划、交通、水利规划、地质、水文地质、工程地质、环境地质、遥感解译等资料进行全面分析, 按照前述划分的网格单元, 将各单元的各选址影响因素进行量化处理, 得出各因子的相对权重值。然后结合层次分析综合评价数学模型对各评价单元进行计算, 按照计算结果进行适宜性评价分区, 划分出垃圾可填埋区、限制填埋区、禁止填埋区^①。并在限制填埋区和可填埋区, 从地质环境角度进一步确定出几个垃圾填埋场地的拟选场址。

4.1 建立层次结构模型

根据城市规划和垃圾填埋场选址有关影响因素, 建立威海市垃圾填埋场选址适宜性评价层次结构模型^[4](图 2)。

4.2 构造判断矩阵及权重计算

经专家研讨层次结构中各评价因素相对重要

① 北京市地勘局地调院, 北京市生活垃圾处理现状及选址地质环境调查, 2005 年。

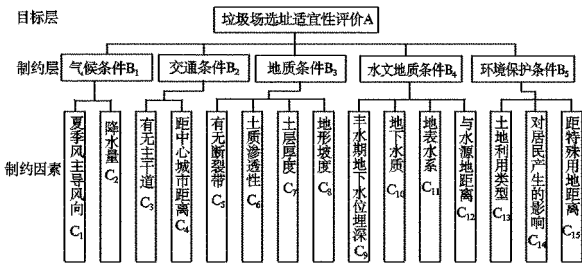


图 2 垃圾填埋场选址适宜性评价层次结构模型性,两两比较给出量化构造判断矩阵^[5],通过计算处理, $B_1 \sim B_5$ 的权重依次是: $K_{100} = 0.0523$; $K_{200} = 0.1143$; $K_{300} = 0.3228$; $K_{400} = 0.3228$; $K_{500} = 0.1878$ 。

同理可求得 C 层 $c_1 \sim c_{15}$ 的权重:

- $K_{110} = 0.6667$; $K_{120} = 0.3333$; $K_{210} = 0.1667$;
- $K_{220} = 0.8333$; $K_{310} = 0.1819$; $K_{320} = 0.3636$;
- $K_{330} = 0.3636$; $K_{340} = 0.0909$; $K_{410} = 0.4203$;
- $K_{420} = 0.1213$; $K_{430} = 0.1899$; $K_{440} = 0.2685$;
- $K_{510} = 0.1634$; $K_{520} = 0.5396$; $K_{530} = 0.2970$ 。

4.3 垃圾填埋场选址适宜性评价

按前述划分的 56 个单元网格,从左上到右下依次记数标记,然后根据表 1 确定各单元影响因素的实际贡献权重,并用层次分析结构综合评价数学模型进行评价,评价分值分布情况见图 3^①。

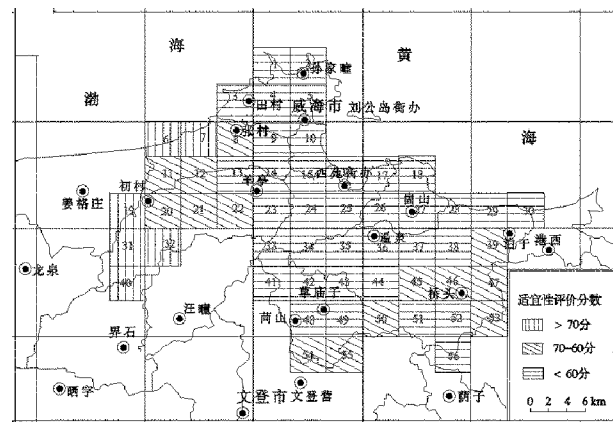


图 3 威海市垃圾填埋场选址适宜性评价结果分布图

5 垃圾填埋场选址区划与环境保护

根据垃圾填埋场选址适宜性评价结果,可将威海市城区划分为“可填埋区、限制填埋区、禁止填埋区”。利用 MapGIS 空间分析中的 DTM 分析 grd 模型,按适宜性标准绘制出选址区划图,根据具体情况优选出若干个未来垃圾场选址首选区^[6],这些区域

具备良好的封闭性,对周围环境影响较小,但其选址还需进行详细的现场地质环境勘察论证。

5.1 城市垃圾填埋场选址区划

根据威海市垃圾填埋场选址适宜性评价结果(图 3),进行城市垃圾填埋场选址区划(图 4)。

(1)可填埋区:包括张村西部地区、初村的西南部地区。位于威海市区的西部,与城区距离适中,区域内历年平均降水量较小。区域地貌为低山丘陵区,地形坡度较大,基岩大部分出露,岩性简单,岩体完整性较好,构造裂隙不发育,基岩风化带厚度较稳定,岩石坚硬致密,承载力较高。区内河流冲刷较少,风化带内岩石的渗透性一般,区域地下水埋深变化大,一般为 0.6 ~ 30.5m。距离居民聚集区及自然保护区较远,对环境的影响不大。

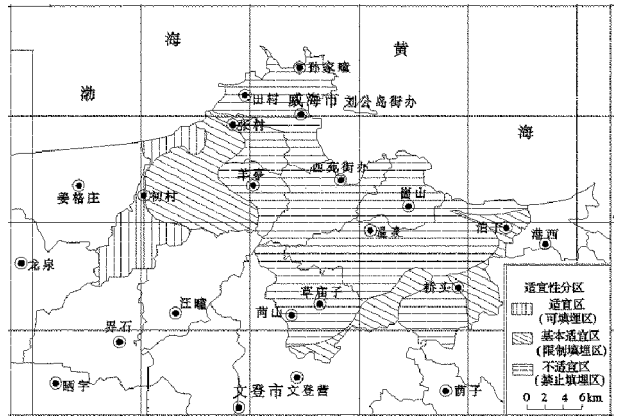


图 4 威海市垃圾填埋场选址区划图

(2)限制填埋区:该区位于威海市西部和东南部区域,与中心城区距离较远,运输成本较高,地形坡度较大,岩层渗透性较强,对环境存在较大的影响。

(3)禁止填埋区:包括威海市城区内的居民聚集区、工业区、城市自然保护区、水源保护区、水库以及威海市城市规划禁止建设的区域等。

5.2 地质环境保护措施建议

威海市垃圾填埋场选址适宜性评价中,大于 70 分的适宜区只有 6 个单元,因此威海市垃圾填埋场地优选可包括限制填埋区的部分区域。根据威海市垃圾填埋场选址适宜性评价结果,综合得分排名在

① 青岛地质工程勘察院,威海市城市建设地质环境适宜性调查研究报告,2007 年。

前10位的优选区情况见表4。

表4 威海市垃圾填埋场优选区排序

优劣排序	单元号	综合得分	分布情况
1	19	83.64	初村西部约2km
2	40	83.46	初村西南部约6km
3	32	79.65	
4	31	77.23	
5	6	75.85	张村西约8km
6	7	72.78	张村西部
7	8	69.64	
8	30	69.42	泊于东北部约4km
9	53	67.92	桥头东南部约6km
10	21	67.91	初村东约6km

由表4可知,威海市垃圾填埋场选址适宜性最好的地段在初村西及西南部地区,该区位于威海市城区夏季风的侧下风向,降雨量较为适宜,与城区距离适中,地质条件较好,构造裂隙分布较少且不发育,距离居民区及水源地较远,对人及环境造成的影响小;泊于东北部及桥头东南部综合得分属于基本适宜,综合考虑也可作为未来垃圾填埋场的选择区域。

6 结语

该文从地质环境角度出发,综合考虑地质环境保护等多方面因素,对威海市城市垃圾填埋场选址地质环境适宜性评价和选址区划进行了分析研究,可供规划、设计部门参考。

参考文献:

- [1] 沈珍瑶. 城市垃圾填埋场选址的地质水文地质要求[J]. 环境卫生工程, 1995, (4): 32.
- [2] 曹建军, 刘永娟, 郭广礼. 城市生活垃圾填埋场选址研究[J]. 工业安全与环保, 2004, (4): 22-24.
- [3] 翟云波, 曾光明. 层次分析法在城市生活垃圾填埋场选址中的应用[J]. 环境科学与技术, 2002, 25(4): 36-38.
- [4] 沈莽庭, 刘红樱, 苏晶文, 等. 九江市城市垃圾卫生填埋场场址适宜性评价优选[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(4): 100-105.
- [5] 蔡木林, 王琪, 董路. 危险废物填埋场候选场址比选方法研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(增刊): 53-56.
- [6] 刘长礼. 城市垃圾地质环境影响调查评价方法[M]. 北京: 地质出版社, 2006.

Suitability Evaluation of Geological Environment on Municipal Solid Waste Landfill Site in Weihai City

YIN Mingquan¹, YIN Zhixuan², DONG Jie¹, SUN Jilin¹, YU Zhitong¹, FU Yunxia¹

(1. Qingdao Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Qingdao 266071, China; 2. Environmental Science and Engineering College of Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Weihai city is the "most suitable place for people to live". But accompanying with rapid development of urban construction, the amount of municipal waste generation has been increasing, thus, landfill siting has to be resolved immediately. In this article, taking Huancui district of Weihai city as the study area, considering the topography, land use planning, transportation, water planning, meteorology, geology, hydrogeology, engineering geology, environmental geology and other factors and the economic and environmental benefits comprehensively, from geological point of view, selecting five levels with total 15 evaluation factors, by using level - grid method, the division of landfill site selection has been studied. It can be classified into landfill refusing area, landfill restricting area and landfill prohibiting area. In landfill restricting area and landfill permitting area, several optimized landfill sites have been chosen in further, which can provide some references for designing and planning departments.

Key words: Landfill; site zoning; geological environment; Huancui district of Weihai city