

京津冀地区非正规垃圾场地遥感监测分析^①

王 晨^{②***} 殷守敬^{③***} 孟 斌^{***} 马万栋^{***} 朱 利^{***} 吴传庆^{***}

(* 环境保护部卫星环境应用中心 北京 100094)

(** 国家环境保护卫星遥感重点实验室 北京 100094)

摘 要 利用 2015 年高分辨率卫星遥感影像提取了京津冀地区非正规垃圾堆放场地的分布,获取了垃圾场位置、面积以及与居民点和河流等环境敏感区的距离等信息,对其空间分布特征、影响因素、环境风险等进行了分析。结果表明:京津冀地区共监测到非正规垃圾场地近万个,数量多、密度大,呈现出西北山区少、东南平原区多的空间分布趋势;在地级及以上城市单元上,垃圾场地数量和密度居前列的是石家庄市、保定市和沧州市;北京市由于拆迁建筑垃圾较多,垃圾场占地面积最大;垃圾场数量密度、面积密度与平均高程具有显著负相关关系 ($r = -0.4564$, $P = 0.0098$; $r = -0.3290$, $P = 0.0087$); 80% 的垃圾场地位于居民点 100m 范围内,21% 位于河流 200m 范围内,对周边生态环境和人体健康可能造成较大风险;地形地貌、区域人口密度,尤其是农村人口和垃圾处理机制,是影响垃圾堆放量的重要因素。

关键词 垃圾场, 遥感, 京津冀, 环境, 高分影像, 空间分析

0 引 言

随着经济的增长和城镇化水平、人民消费水平的不断提升,我国垃圾排放量迅速增长,根据环保部统计^[1],全国每年产生生活垃圾 2.8 亿吨。我国大中城市生活垃圾处置率为 97.8%^[2],而在小城市和城镇地区,因正规垃圾处理场地建设相对滞后,尤其是在广大的农村地区,尚未建成垃圾收、送、处体系,垃圾收集和处理率相对较低。4 万个乡镇近 60 万个行政村大部分都没有环保基础设施^[1-3],大量的垃圾被简单堆放或者简易填埋^[4],导致大量简易、非正规垃圾堆放场地出现。这些垃圾堆放场地由于垃圾成分复杂、场地环境污染防范措施较少,并常位于河流附近或者居民点周边,长期堆积的垃圾产生的滤液、恶臭和污染气体很容易对水源、土壤、大气

形成污染,对周边居民健康造成危害^[5-8],因而必须对其进行监测和分析。

目前非正规垃圾堆放场地的监测方法主要有人工实地调查^[9]和遥感监测两种。由于垃圾堆放场地分布范围广、数量多,实地调查方法需要耗费大量的人力物力,且效率低下,遥感影像具客观性、宏观性,使其在用于进行非正规垃圾场地监测和管理上形成了巨大优势。多年来,研究人员已经尝试利用来源不同和空间分辨率不同的遥感数据进行典型区域的垃圾场地的识别研究^[10-14],证明了遥感监测方法在垃圾场地管理工作中的应用潜力。但是,限于高分辨率影像的获取难度,前期研究工作主要集中于小区域范围内垃圾场识别或者个别垃圾场的动态监测,基于遥感方法对大范围内垃圾场地的识别工作尚未见诸实践。近年来,随着资源三号(ZY-3)、高分一号(GF-1)和高分二号(GF-2)等高分系列卫

① 国家高分辨率对地观测重大专项(E05-Y30B02-9001-13/15)和国家自然科学基金(41401413, 41501116)资助项目。

② 女,1984 年生,博士,工程师;研究方向:流域生态环境遥感等;E-mail: wangchen_ch@163.com

③ 通讯作者,E-mail: yinsj@secmep.cn

(收稿日期:2016-07-14)

星的陆续发射,国产高分辨率卫星遥感数据量呈现爆发式增长,为大区域遥感监测提供了可能。本研究利用 2015 年前后高分辨率卫星遥感影像,提取了京津冀地区非正规垃圾场地分布信息,对垃圾场地的分布特征进行了分析,同时基于高程数据对垃圾堆放场地分布成因进行了分析,并结合居民点和河流的分布数据对可能造成的环境风险进行探索性分析,以便更加全面和客观地评价京津冀地区非正规垃圾场地的存在情况。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

京津冀地区位于华北平原和燕山、太行山山地和内蒙古高原东南侧(36°05′ ~ 42°37′N, 113°11′ ~ 119°45′E),覆盖面积约 21.66km²,包括北京市、天津市和河北省 3 个省及直辖市,下辖共计 13 个地级及以上城市。该区地势西北高、东南低,地貌类型

由西北向东南呈过渡性倾斜分布。西北部为山区,包括山地、丘陵和高原,占全区总面积的 54%,中部和东南部为山麓平原、中部低平原和滨海平原组成的广阔平原,占 46%。近年来,京津冀地区经济快速发展,平原地区经济水平和土地利用率都较高,山区则相对落后。土地利用也呈现由西北向东南由林牧业用地、林果业用地向种植业用地过渡的分布格局,是一个农业综合发展的典型地区。本研究重点针对农村地区,兼顾城市区域。

1.2 数据来源

遥感数据主要采用 ZY-3、GF-1 和 GF-2 等三种高分辨率卫星遥感影像,各数据情况详见表 1。数据筛选原则为:时相较新、数据质量好、相邻影像来源一致、成像时间一致。同时,采用 Google Earth 公开数据作为类型判别参考数据。高程数据采用美国太空署 SRTM3 90 米分辨率地形数据。河流分布数据采用国家 1:25 万基础地理信息系统数据库。

表 1 研究采用的遥感影像数据情况^[15]

传感器	空间分辨率 (多光谱/全色)	幅宽	重访时间/ 回归周期	起始成像时间	年覆盖国土 面积比例
GF-1	8m/2m	60km(组合)	4 天/41 天	2013.4.26	95%
GF-2	4m/1m	45km	5 天/69 天	2014.8.19	90%
ZY-3	6m/2.1m	51km	5 天/59 天	2012.1.9-	95%

1.3 遥感影像处理及精度验证

获取的数据均为环境保护部卫星环境应用中心存档数据,数据级别为 1A 级,已经经过地面接收系统的辐射校正处理。本研究中,主要的影像处理步骤包括正射校正、影像配准、影像融合。由于研究区域和数据量较大,未进行影像镶嵌处理。

首先通过文献调研初步确定垃圾场地识别方法,选择北京市昌平区和石家庄市新乐市两个典型区域,从影像中提取垃圾场地位置,通过实地调查对比,综合考虑影像纹理、色调、形状和垃圾场位置分布经验知识,构建垃圾场地遥感识别专家知识库。判别人员在此基础上,基于遥感影像进行垃圾场地的信息提取。

选择代表小城市、城镇乡村的河北省保定市定

— 800 —

兴县和代表大城市郊区的天津市宝坻区两个县/区,对提取结果进行实地验证和精度评估。

1.4 空间信息提取与分析

考虑影像识别能力(主要数据源分辨率 2m × 可遥感解译图斑最小尺度 6 × 6 - 8 × 8 个像元^[16,17])、识别效率和提取精度,本研究监测对象为直径 20m 以上尺度的非正规垃圾堆放场地,包括拆迁后建筑垃圾未清理的场地,不包括正规垃圾填埋场、垃圾焚烧厂等垃圾处理场地。

提取能表征垃圾场地特征的几种属性指标,具体包括垃圾场位置、类型、大小、距居民点距离、距河道距离等。垃圾场地的类型分为三种:围坝垃圾,指距离河流 30m 内的垃圾堆;围村垃圾,指农村地区除围坝垃圾外的其它垃圾堆;城区垃圾,指城建区范

围内的垃圾堆。

统计出京津冀地区各地级以上城市非正规垃圾场数量、密度、类型和面积规模等定量特征,分析其空间分布特征并结合高程数据分析其成因,最后从距居民点和河道距离两方面分析其可能造成的环境风险。

2 结果与分析

2.1 遥感监测结果及验证

基于遥感影像提取的垃圾场地点位空间分布见图 1。由图 1 可见,京津冀地区直径 20m 以上的非正规垃圾堆放场地广泛存在,呈现出数量多、密度大、范围广的特征,其主要类型为围村垃圾。

实地验证结果显示,天津市宝坻区验证点 54 个,其中 49 个有垃圾堆放,保定市定兴县验证点 49 个,全部有垃圾堆放,总体验证精度为 95%。5 个无垃圾堆放的验证点,经向当地居民验证,在影像成像时间期间均有垃圾堆放,现场验证前垃圾已清运,因此,总体验证精度超过 95%,说明解译结果可信。

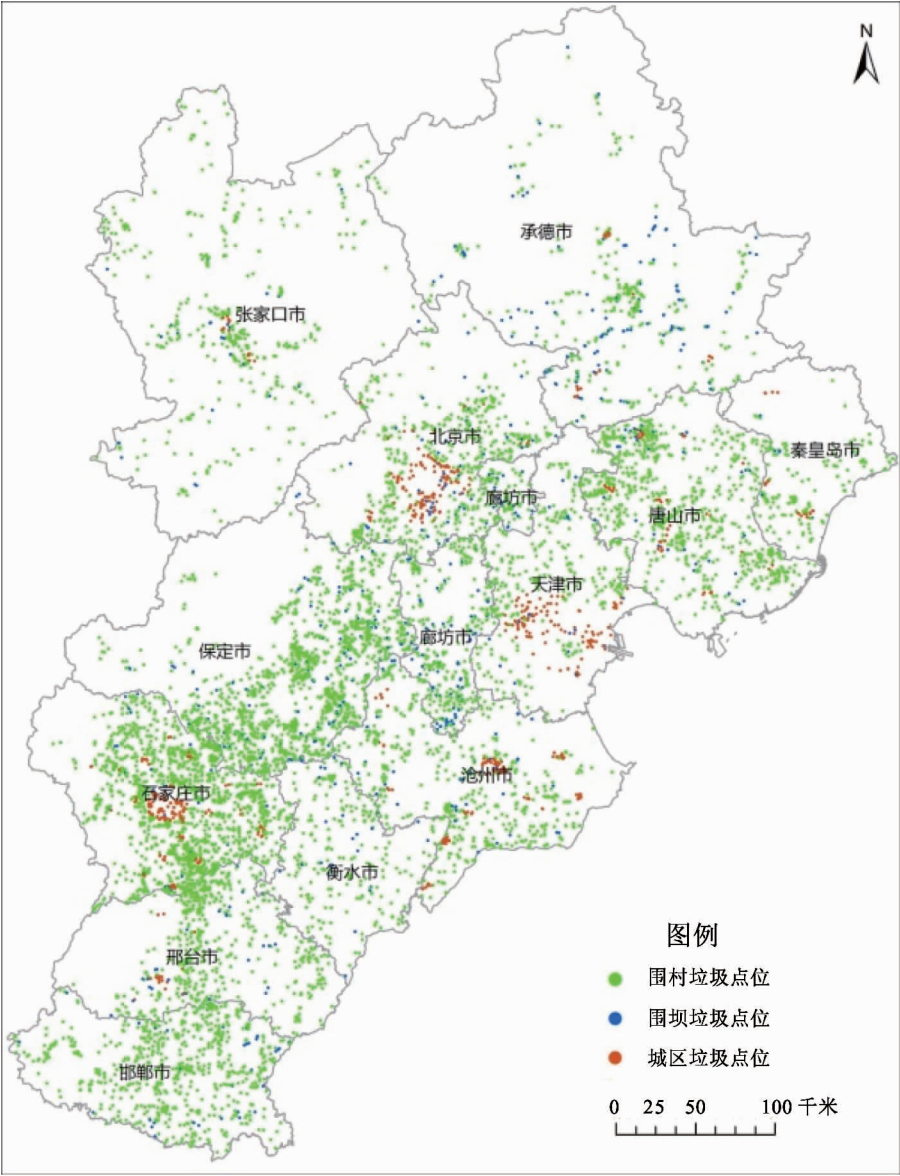


图 1 京津冀地区非正规垃圾堆放场地点位空间分布图

2.2 垃圾场地总量特征分析

2.2.1 垃圾场地数量及密度特征分析

根据卫星遥感监测到的非正规垃圾场信息,统计出京津冀地区各地级以上城市非正规垃圾场清单(见图 2)。

由图 2 可见,京津冀地区 202 个区县共监测到垃圾场地 9481 个,其中北京市 687 个、天津市 423 个、河北省 8371 个。在 13 个地级及以上城市单元

上,平均每个市有垃圾场地 729 个,各地垃圾场地数量差距较大。其中以石家庄市垃圾场地数量最大,为 1832 个,占京津冀地区总量的 19%。其次为保定市、沧州市和唐山市,分别有垃圾场地 1565 个、976 个和 883 个。上述 4 个市的垃圾场地数量占京津冀地区垃圾场地总数的 55%。其它各市垃圾场地数量均少于平均数,其中,数量最少的秦皇岛市,监测到垃圾场地 190 个,其次是衡水市 264 个。

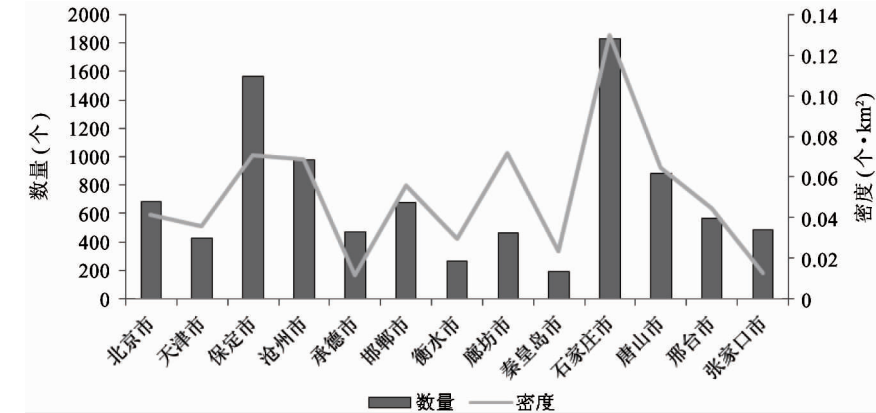


图 2 京津冀地区各市垃圾场地数量及数量密度统计图

京津冀地区垃圾场地平均密度为 4.35 个/100km²,各地垃圾场地密度差距也较大。在地级及以上城市单元上(见图 2),石家庄市以 13 个/100km² 的密度排名居首,接近平均密度的 3 倍。其次是廊坊市、保定市和沧州市,密度在 7 个/100km² 左右。密度较低的是承德市和张家口市,其次是秦皇岛市和衡水市。各地垃圾场地密度排名基本与垃圾场地数量相一致,除了廊坊市垃圾场地数量少于平均数但垃圾场地密度远高于平均数。

2.2.2 垃圾场地类型特征分析

京津冀地区的垃圾场地类型以围村垃圾为主,各地不同类型的垃圾场地数量差距较大(图 3)。围村垃圾场地共 7986 个,占地区垃圾总数的 84%,围坝垃圾和城区垃圾各占 8%。围村垃圾数量最多的石家庄市、保定市、唐山市和沧州市,分别有 1549 个、1444 个、785 个和 745 个,最少的秦皇岛市 159 个。围坝垃圾数量最多的承德市、保定市和廊坊市,分别有 137 个、120 个和 95 个。城区垃圾数量较多的是石家庄市、沧州市、北京市和天津市,分别有 241 个、152 个、151 个和 114 个。

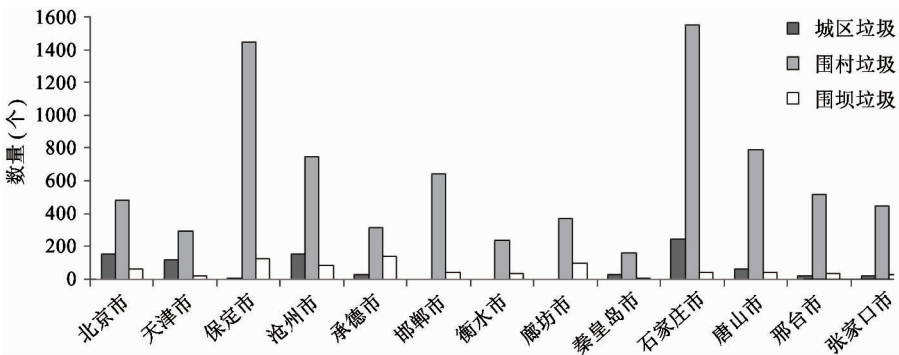


图 3 各市不同类型垃圾场地数量统计图

2.2.3 垃圾场地面积及规模特征分析

根据垃圾场面积统计结果,区域内所有垃圾场地总占地面积 2704ha(公顷)(1ha = 10000m²)。从各市垃圾占地面积来看(图 4),北京市因大规模拆迁建筑垃圾较多以总面积 766ha 居首位,其次为沧州市 348ha,较少的衡水市、承德市、唐山市和天津市均不足 100ha。石家庄市和保定市由于主要为占地面积小而数量较多的围村垃圾,因此垃圾场地总面积并没有像垃圾场地数量和密度一样高居各地榜首。

根据垃圾场面积密度统计结果,各市垃圾场地平均面积密度为0.016ha/km²,各地垃圾场面积密度差距也较大。在地级及以上城市单元上(见图 4),北京市以0.047ha/km²的密度排名居首,接近平均面积密度的 3 倍。其次是廊坊市0.041ha/km²,较少的衡水市、天津市、唐山市、张家口市、承德市面积密度均不足 0.008ha/km²。各地垃圾场面积密度排名基本与垃圾场地面积相一致,除了廊坊市垃圾场地面积略高于平均数但垃圾场地密度远高于平均数。

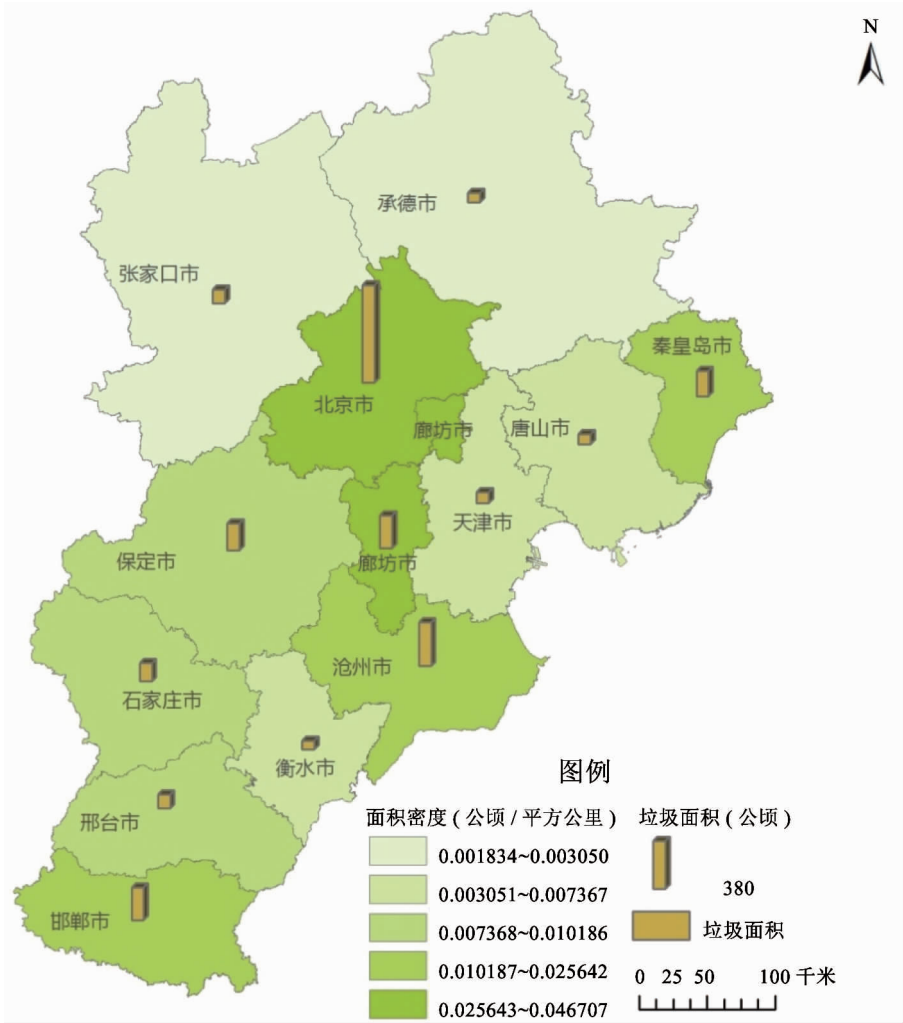


图 4 京津冀地区各市垃圾场地面积及面积密度空间分布图

垃圾场地规模等级分布见图 5。由图可见,面积越小的垃圾场地数量越多。其中,面积小于 1000m² 的小型垃圾场地数量最多,有 5014 个,占总数量的 53%。面积小于 2500m² (50m × 50m 见方) 的垃圾场地占比为 80%。面积大于 1 万 m² 规模的

垃圾场地有 349 个,占比 4%,其中 131 个位于北京市,且基本上为拆迁建筑垃圾。由于非正规垃圾场地多为农村地区居民就近堆放的围村垃圾,因此整体呈现规模小、数量多的特点。

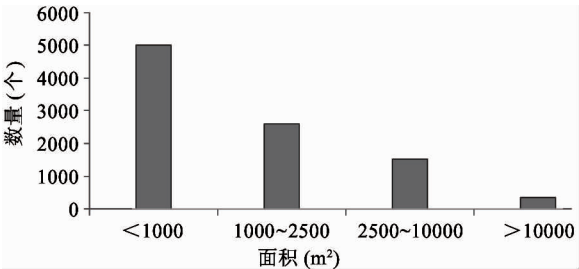


图 5 京津冀地区垃圾场地面积分级统计图

2.3 非正规垃圾场空间分布及成因分析

京津冀地区垃圾场地点位空间分布图显示垃圾场地整体呈现出明显的西南-东北垃圾场地密集带(见图 1)。首先,石家庄中部及东部有一个京津冀地区最大的垃圾场地密集区,且向东北方向延伸到

保定市东南部,这与石家庄和保定市垃圾场地数量最多相一致;该密集区经邢台市中部狭长廊道向南延伸至邯郸市。沧州市虽然垃圾场地数量也较多,但分布比较分散,没有形成大的集中区域。唐山市西北部、中部、东南部和北京市西南部也有零星区域,垃圾场地分布较为密集。

整体上,京津冀地区垃圾场地分布以东南部平原区较多,西北部山区较少(见图 6)。统计分析结果表明,垃圾场个数密度与平均高程呈显著负相关($r = -0.4564, P = 0.0098$),垃圾场面积密度与平均高程呈显著负相关($r = -0.3290, P = 0.0087$)。人类生产和生活活动是垃圾排放的直接原因,而地形地势和区域可开发资源是影响人口分布的重要因

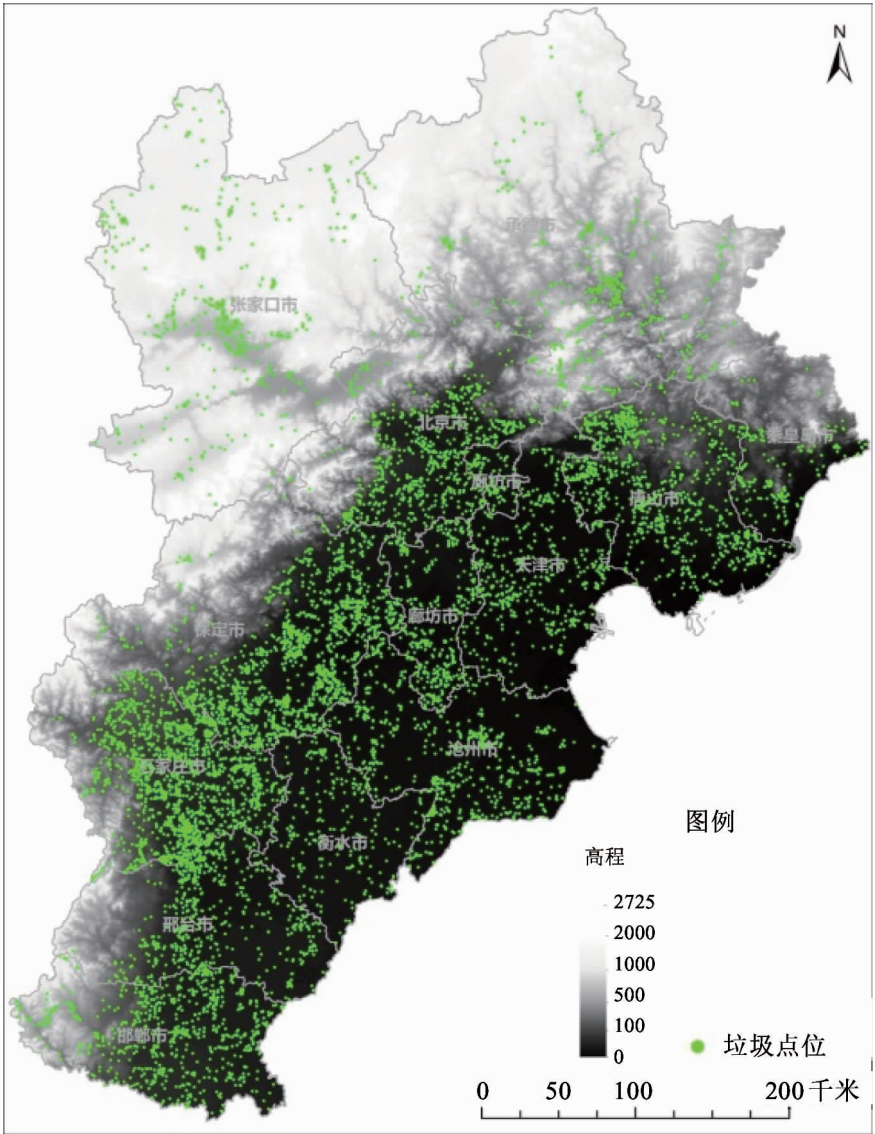


图 6 京津冀地区垃圾分布与高程关系图

素。京津冀地区东南部平原区是居民地密集区,垃圾场地密度较高;西北部山区,人口密度较低,垃圾场地密度也相对较低。此外,农村人口数量、当地垃圾收集处理机制都是影响垃圾堆放量的不可忽视的重要因素。

2.4 垃圾场地环境影响分析

垃圾堆放场地与居民点的距离直接反映了垃圾场地对居民造成环境风险的程度。由图 7 可见,99% 的垃圾场地距离居民点 1km 以内。

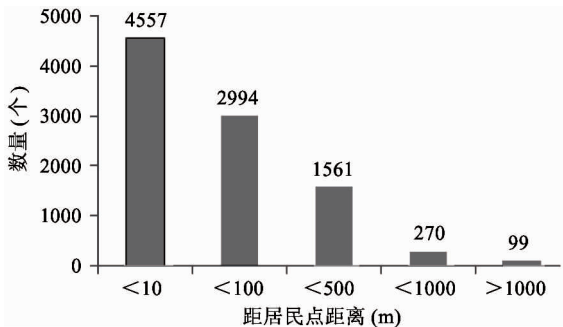


图 7 垃圾场地距居民点距离分级统计图

其中,80% 的垃圾场地在居民点 100m 范围以内,近一半(48%) 的垃圾场地位于居民点 10m 范围以内。说明垃圾堆放已经对周边居住环境造成较大影响,同时也反映了居民、尤其是农村居民就近丢弃垃圾的习惯。

河流作为生态系统的重要组成部分,极易受到污染物的影响,对环境和周边人群健康形成重大风险,因此,选择距河流的距离作为垃圾场对环境敏感区的风险指标。据统计(见图 8),62% 的垃圾场地位于河流 1km 范围以内,其中,河流周边 30m 以

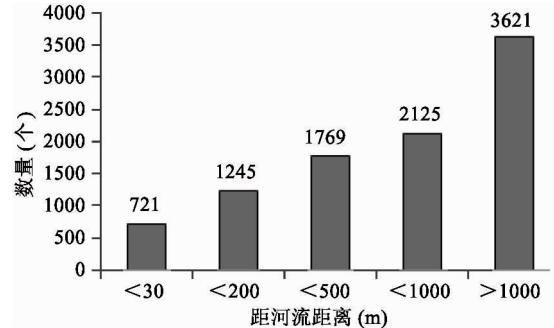


图 8 垃圾场地距河流距离分级统计图

内的垃圾场地有 721 个,占比约 8%;而河流岸边带 200m 范围内垃圾场地有 1966 个,占比约 21%。整体而言,垃圾场地对河流水体污染风险较大。

3 讨论

3.1 遥感监测的局限性

本文以非正规垃圾堆放场地为研究对象,采用遥感监测与 GIS 分析方法,研究了利用遥感进行大范围区域垃圾堆放场地监测的可行性。应用卫星遥感技术可以客观、高效地获取大范围区域内的垃圾场地信息,但是该方法也有一定的局限性。由于卫星遥感只能监测到垃圾堆放场地的平面面积,无法监测到垃圾堆的高度,因此无法精确估算垃圾的体积。此外大规模拆卸建筑垃圾多为地表大面积平铺状态,垃圾堆高度很小,单纯依靠平面面积进行统计会导致对垃圾量的估算造成一定偏差。如果能够获取到多时相高精度 DEM 数据,就可以精确计算出垃圾体积,甚至可以准确估算出垃圾体积的年度变化。

3.2 加强非正规垃圾堆放场地监测的建议

非正规垃圾堆放场地的存在会引起诸多环境问题和社 会问题,应纳入环境监管范围,并尽早消除。建议采取以下监管措施:(1) 尽快开展全国范围内非正规垃圾堆放点专项调查工作,摸清我国非正规垃圾堆放点分布现状。可以采取由下而上的统计上报和由上而下的遥感调查两种形式相结合的天地一体化监测,对一定规模以上的垃圾堆类型、垃圾存量、垃圾排量、垃圾分布等情况进行全面的摸底排查。(2) 基于全国垃圾场地调查结果分析垃圾堆放的密集区和重污染区,结合人口、地理等因素分析垃圾排放和堆放的成因及影响因素,并对垃圾环境风险状况进行评估,为国家垃圾监管提供参考。(3) 建立非正规垃圾堆放点监测长效机制。针对大型垃圾堆放场地,尤其是从城市向农村转移的大型垃圾堆放场地,以遥感监测作为主要手段,辅以地面核查手段,开展周期性排查和跟踪性监测,从而有效评估垃圾治理工作成效。

4 结 论

(1)本项工作是国内首次采用遥感技术进行大范围内非正规垃圾堆放场地排查监测工作,结果精度可靠,证明了该项技术在省、流域乃至全国尺度上开展垃圾场监测的应用潜力。

(2)京津冀地区垃圾围村围坝现象普遍存在,呈现出数量多、密度大、范围广的特征,空间上具有西北山区少、东南平原地区多的分布趋势。其中,位于中部平原区的河北省石家庄市、保定市和沧州市等垃圾点数量和密度较大。

(3)非正规垃圾场地主要分布于城镇和农村地区,垃圾堆放场地类型以围村垃圾为主,占地区垃圾场地总数的 84%,围坝垃圾和城区垃圾各占 8%。

(4)大部分垃圾场地与居民地和环境敏感区距离较近,80%的垃圾堆放场地位于居民地 100 米范围内,21% 位于河流 200 米范围内,污染直接作用于周边生态环境和人体健康,环境风险高、危害大。

(5)垃圾堆放场地密度与区域人口密度、地形地貌具有很高的相关性。人口密度与垃圾收集机制是影响垃圾排放量和非正规垃圾场地数量的直接因素,地形地势等地理因素是影响垃圾场数量的潜在因素。

参考文献

[1] 周生贤. 我国环境保护形势与对策. 北京:中国特色社会主义和中国梦宣传教育系列报告会, 2013-7-9

[2] 环境保护部. 2015 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报. 中国环境报, 2015-12-08

[3] 何晶晶, 张春燕, 杨娜等. 我国村镇生活垃圾处理现状与技术路线探讨. 农业环境科学学报, 2010, 29 (11):2049-2054

[4] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴-2015. 北

京:中国统计出版社, 2015

[5] 刘增超,何连生,董军等. 简易垃圾填埋场地下水污染风险评价. 环境科学研究, 2012,25(7): 833-839

[6] 马军伟,孙万春,俞巧钢等. 山区农村生活垃圾成分特征及农用风险. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2012,38(2): 220-228

[7] 方晶晶,章骅,吕凡等. 生活垃圾收运过程中恶臭暴露的健康风险评估. 中国环境科学, 2015, (3):906-916

[8] 康天放,周忠亮,曹雯雯等. 某非规范垃圾填埋场地下水污染物健康风险评价. 环境与健康杂志, 2008, 25(3):209-211

[9] 住房和城乡建设部发展改革委环境保护部关于开展存量生活垃圾治理工作的通知,建城[2012]128 号

[10] Bagheri S, Hordon R M. Hazardous waste site identification using aerial photography: A pilot study in Burlington County, New Jersey, USA. *Environmental Management*, 1988, 12(1):119-125

[11] 赵敬,臧克,宫辉力等. 遥感技术在北京市垃圾定位及处理中的应用. 首都师范大学学报(自然科学版), 2005,26(3):109-113

[12] 贾玲,赵云升,董贵华. 遥感技术在北京市垃圾填埋场信息监测的应用. 重庆环境科学, 2005,27(5): 31-34

[13] 刘亚岚,任玉环,魏成阶等. 北京 1 号小卫星监测非正规垃圾场的应用研究. 遥感学报, 2009, 13(2):320-326

[14] 秦海春. 基于国产高分遥感影像的城镇生活垃圾监管方法研究. 中国建设信息化, 2016(4):75-77

[15] <http://www.cresda.com>: 中国资源卫星应用中心, 2001

[16] 吴荣涛,詹莉,朱嘉伟. SPOT-5 遥感数据在土地利用更新调查中的几何精度分析. 测绘科学, 2006, 31 (5):129-130

[17] 韦燕燕. 高分辨率遥感数据最小上图图斑面积的研究:[硕士学位论文]. 焦作: 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 2012. 21-47

Analysis of the non-regular garbage sites in the region of Beijing, Tianjin and Hebei using remote sensing monitoring images

Wang Chen^{***}, Yin Shoujing^{***}, Meng Bin^{***}, Ma Wandong^{***}, Zhu Li^{***}, Wu Chuanqing^{***}

(^{*} Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100094)

(^{**} State Environmental Protection Key Laboratory of Satellite Remote Sensing, Beijing 100094)

Abstract

By using the high resolution remote sensing images of 2015 in the region of Beijing, Tianjin and Hebei, the distribution of the non-regular garbage sites in the region was extracted, and the qualitative and quantitative characteristics of the non-regular garbage sites were generated including their location, area, type and distance from residential areas or environmentally sensitive objects such as rivers. The sites' spatial distribution features, environmental risk, and impact factors were analyzed. Nearly ten thousands of garbage dumps with the characteristics of large quantity and density were found in the region. Specially, there were more dumps in the southeast plain area and less in the northwest mountainous area. The cities with the largest number and maximum density of garbage were Shijiazhuang, Baoding and Cangzhou. Beijing had the largest dump area because of large number of demolition construction wastes. There exist significant negative correlation between the number density and the average elevation ($r = -0.4564$, $P = 0.0098$), as well as between the area density and the average elevation ($r = -0.3290$, $P = 0.0087$). The garbage may lead to high environmental risk on the surrounding areas, because 80% of dumps were located within 100 meters of residential areas and 21% were located within 200 meters of rivers. Topography and regional population density, especially the rural population and garbage disposal mechanism were suggested to be factors affecting the amount of garbage.

Key words: garbage dumps, remote sensing, region of Beijing, Tianjin and Hebei, environment, high resolution images, spatial analysis