

北京 1号小卫星监测非正规垃圾场的应用研究

刘亚岚¹, 任玉环^{1,2}, 魏成阶¹, 汪爱华³, 周会珍³, 迟耀斌^{1,3}

¹ 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101;

² 中国科学院研究生院, 北京 100049;

³ 北京宇视蓝图信息技术有限公司, 北京 100096

摘要: 以北京市平原区为研究区域, 利用北京 1号卫星(Beijing-1)融合数据, 研究了非正规垃圾场的影像特征, 建立了非正规垃圾场在小卫星影像上的判读标志, 通过人机交互和计算机自动检测方法对北京地区的非正规垃圾场进行了判读分析和变化检测试验研究。验证发现: 利用 Beijing-1小卫星的全色和多波段融合影像对非正规垃圾场的识别精度可达 90.3%; 由于非正规垃圾场影像特征的不确定性, 计算机自动变化检测方法不能替代人机交互判读, 但可提高人机交互识别变化的效率。

关键词: “北京 1号”, 遥感, 非正规垃圾场, 判读标志, 变化检测

中图分类号: TP79

文献标识码: A

1 引言

近几年来, 随着城市化进程的飞速发展, 北京市城市垃圾的产量不断增加, 其所引起的社会和环境问题也日益突出(Guo 2001; Xi et al 2003)。大量的城市垃圾采用露天堆放和简易填埋等方式处理, 因缺乏相应的环保措施(北京市垃圾渣土管理处, 2005), 形成了大量的非正规垃圾场。这些垃圾场不仅占用大量土地, 同时对城市环境和地下水源造成了严重污染。对于分布范围很广, 同时堆放地点不断发生变化的非正规垃圾场, 如果采用传统的实地调查方法耗时费力、效率低下。随着传感器技术的发展, 遥感数据获取手段越来越多, 遥感数据的种类也越来越丰富, 这使得遥感的应用领域也在不断地扩大和深入。利用新的卫星遥感技术手段对非正规垃圾场进行宏观的动态监控和管理将成为一个发展方向。

遥感具有客观性、现势性、直观性和宏观性等诸多优势, 能满足动态监测垃圾场变化的需求, 是进行非正规垃圾场监测的先进、便捷手段。通过遥感监测, 不仅能获得非正规垃圾场的统计数据, 更重要的是可以掌握其宏观分布状况, 进一步为非正规垃圾场的整治决策提供依据。遥感技术用于垃圾场的监测由来已久, 1988年 Bagheri等(1988)就利用航空遥感数据识别了

新泽西州的危险垃圾堆放点, 然而, 目前遥感技术对于垃圾场的应用多集中在垃圾场选址(Twumasi et al 2004)和危害评价方面(Kwarteng 2005; VRM et al 2004), 对于垃圾场的识别和治理效果的监测方面的研究还很少, 而且基本还只是采用航空像片(Bagheri and Hordon 1988; Wu and Liu 2000; Zhou et al 1991; Yang 1992; Zhao Z C et al 2000; Zhao J et al 2005)。吴文伟等(2000)利用航片, 通过建立判读标志, 对北京市固体废弃物的分布进行了识别; 2006年7月北京市环保局、北京市土地勘测局地质工程勘察院等利用航片完成了《北京市生活垃圾填埋场污染风险评价报告》(He 2005)。虽然航片分辨率比较高, 识别能力强, 但是由于成本高, 获取周期较长, 难以达到实时监测非正规垃圾场变化的要求。2005年贾玲等利用 SPOT5多光谱 10m分辨率影像建立判读标志对北京市正规垃圾填埋场的分布进行了研究, 由于数据源重复获取周期长, 且分辨率不够高, 目前仅限于对已知的正规垃圾场的应用, 对于非正规垃圾场的识别及其变化监测比较困难。

北京 1号(Beijing-1)是 2005年发射的中国拥有完全自主控制权的对地观测小卫星, 具有中高分辨率双传感器成像能力, 能同步获取 32 m 多光谱(绿波段: 520—620 nm, 红波段: 630—690 nm, 近红外波段: 760—900 nm)和 4m 全色影像。其中, 32m

收稿日期: 2007-09-26; 修订日期: 2008-03-08

基金项目: 北京 1号小卫星项目(北京市两级政府重大科技需求专项), Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

第一作者简介: 刘亚岚(1968—), 女, 研究员, 博士, 硕士生导师。主要研究领域为遥感信息提取、遥感影像群判读技术、遥感和 GIS 集成技术及其应用。发表论文 40 多篇。E-mail: liuyal@irsa.ac.cn

多光谱影像质量良好、信息量丰富、数据获取周期短(同一地区重复获取只需 3—4d)、覆盖范围大(幅宽达 600km),具有与 TM 影像 2、3、4波段相接近的光谱范围和特征;4m 分辨率全色影像边缘清晰,具有±30°侧摆成像能力(北京宇视蓝图信息技术有限公司,2007)。一般每季度即可以获得覆盖北京全市的数据,历时时间短,速度快,现势性强,将其应用于北京市非正规垃圾场的监测具有效率高、速度快、成本低、精度高等特点。本文借助航片数据,利用北京 1号小卫星融合影像建立判读标志,以北京市平原区为试验区,对非正规垃圾场的识别和变化监测技术与方法进行了实验研究。

2 数据源

本文采用的数据有:2006年 4月 22日、9月 13日、9月 23日、10月 10日各个时相的 Beijing-1 4m

全色影像,2006年 4月 22日、9月 23日的 32m 多光谱影像,均已完成辐射校正和系统几何校正。其中,9月 13日、9月 23日和 10月 10日的全色影像为相近时相相邻轨道的影像,3景拼接起来可以覆盖北京市平原区的所有区域;4月 22日和 9月 13日的全色影像为同轨道重复覆盖的影像,用于变化检测;4月 22日、9月 23日的多光谱影像用于图像融合。另外还包括经过几何精校正的 2005年 10月北京地区航片的数据,该数据通过多次拍摄获取,城区地面分辨率为 0.2m,郊区地面分辨率为 1m。

3 图像处理

对 Beijing-1图像进行的处理包括辐射校正、正射纠正、图像增强、镶嵌和融合等。其中,辐射校正已由地面接收系统完成,正射纠正、图像增强、镶嵌、融合和信息提取的主要技术流程图如图 1。

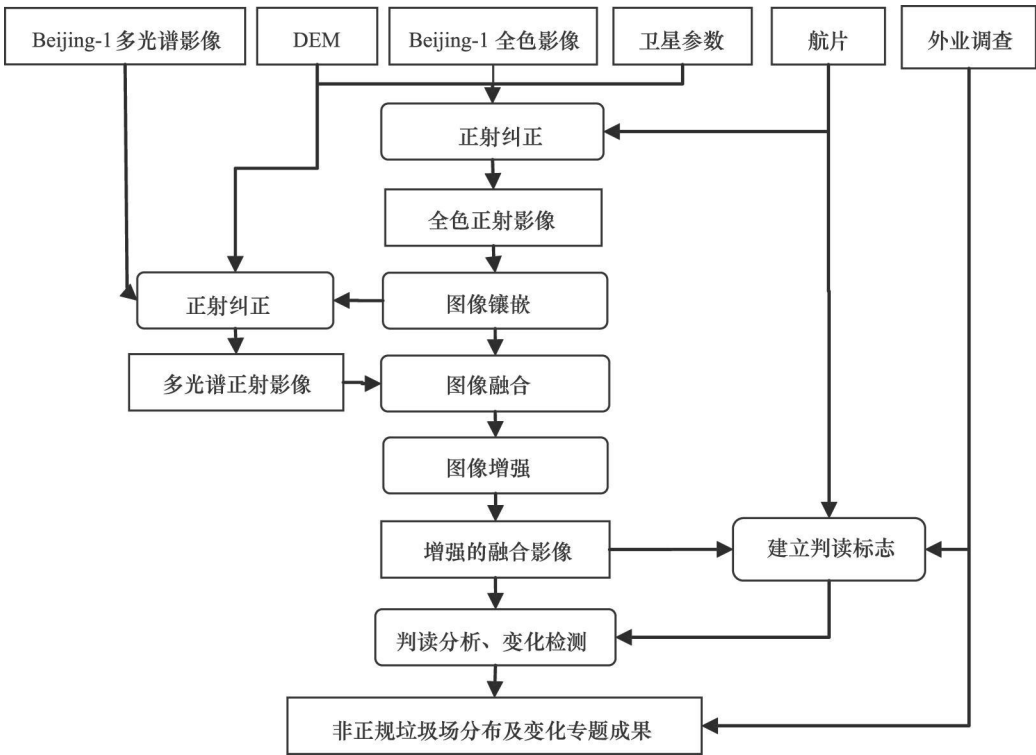


图 1 基于 Beijing-1 小卫星图像识别非正规垃圾场的技术流程
Fig 1 Flow chart of informal solid waste dumps interpretation based on Beijing-1 image

由于北京 1号卫星星历参数不充分,本文利用有理多项式,以航片为参考,在 DEM 支持下对原始全色影像进行正射纠正,以整景为纠正单元。纠正后各点误差,对平原区控制在 1个像元以内,对山区控制在 2—3个像元以内。多光谱影像以正射纠正后的全色

影像为参考,在 DEM 支持下进行正射纠正。
由于 Beijing-1单景全色影像无法覆盖整个研究区域,本文采用相近时相相邻轨道的 3景影像(9月 13日、9月 23日和 10月 10日)镶嵌得到北京市平原区的全色影像。然后将镶嵌的 Beijing-1 4m 全色影

像与正射纠正后的 32m 多光谱影像,采用 Brovey 融合方法进行融合处理,生成 4m 分辨率的假彩色合成图像,以利于对垃圾场的识别。融合后影像亮度偏低、灰阶较窄,可采用线性拉伸、亮度对比度、色彩平衡、色度、饱和度和明度调整等方法进行图像增强。完成以上的图像处理过程后,即可进行非正规垃圾场判读标志的建立和专题信息的提取。

4 非正规垃圾场的识别

4.1 判读标志的建立

受到 Beijing-1 影像分辨率的限制,在没有先验知识的情况下,直接通过小卫星影像识别非正规垃圾场比较困难,难以建立非正规垃圾场的判读标志;若完全依靠大量的实地考察又费时费力。高分辨率的航片数据对垃圾场的辨别能力比较强,可将其作为参考。考虑到大部分非正规垃圾场的变化速度比较慢,参考 2005 年 10 月研究区域的航片资料,根据部分已知的非正规垃圾场的分布位置与影像特征,结合少量的实地调查,可以认识非正规垃圾场的遥感影像特征,逐步建立起非正规垃圾场在 Beijing-1 影像上的判读标志。这些标志主要包括颜色、形状、纹理以及地理位置等 (Sun et al. 2006)。

垃圾堆放处由于堆放的垃圾类型不同,影像颜色一般不均匀,以灰白、白色为主,有时会夹杂褐色斑点,多发白发虚;有的由于有植被覆盖呈现出红色,但是由于植被分布的不均匀,使红色分布不均匀、比较杂乱不规则;色调变化随机,亮色和暗色一般不均匀地交替分布。

非正规垃圾场的形状一般不规则,与周边地物的边界比较模糊;由于内部高度不一,存在阴影,呈现凹凸不平的一个个小丘状分布。

纹理提示了图像中辐射亮度值空间变化的重要信息,非正规垃圾场的纹理一般较粗糙。

地物的地理位置反映了其所处的地点以及周边环境的空间关系。由于垃圾堆放场的分布在空间和时间上均受到城市多种因素的制约,因此,根据堆放物位置的分布特征来判定是否为非正规垃圾场是识别的重要环节。非正规垃圾场一般不会分布在中心城区人口集中、建筑密度大的社区周围或商业区,而是多分布在郊区县居民生活区周围的空地上 (尤其是村庄边上的大坑);远离主要道路,但一般又有小路通达,多数路到此中断;面积较大的非正规垃圾场内部通常也有因长时间堆放形成的零乱的小路,在其两侧一般有垃圾堆放。

Beijing-1 影像中典型非正规垃圾场如图 2 典型非正规垃圾场实地照片如图 3。



图 2 Beijing-1 影像上的典型非正规垃圾场

(a) 形状不规则,纹理粗糙的垃圾场; (b) 大片荒地上堆放垃圾,内部有零乱小路;

(c) 村庄边上堆放垃圾的大坑

Fig 2 The typical solid waste dumps on Beijing-1 image

(a) solid waste dump with irregular shape and rough textures (b) solid waste dump located in wilderness

(c) solid waste dump in the pits located by side of villages

4.2 非正规垃圾场的人机交互判读

城市垃圾由于成分复杂而相应的光谱特征也很复杂,同时垃圾的新鲜程度对其光谱特性也有很大影响,因此难以采用自动的方法进行垃圾场的识别,本文根

据以上建立的非正规垃圾场判读标志,通过人机交互方式判读识别未知的非正规垃圾场。同时可以根据非正规垃圾场的分布特征 (主要是位置特征),利用已有的基础数据 (如土地利用图等),运用 GIS 的空间分析方法提高识别能力。另外,结合一定的实地调查对不

确定的对象进行实地验证,可以进一步提高结果精度。

判读中发现,非正规垃圾场与建筑工地上的土堆或砂石堆、荒地易于混淆,其影像特征如图 4 可以通过以下特征来区分。①建筑工地(图 4(a)):无植被覆盖,纹理较垃圾场细腻光滑;色调较均匀,

呈亮白色;边界稍清晰。②荒地(图 4(b)):一般有植被覆盖,纹理较垃圾场均匀,但较耕地粗糙;全色影像上色调较暗,融合影像上呈红色调;形状通常比较规则;内部无小路。另外,还可以通过分析与周边地物的关系以及多时相影像的对比进行识别。



图 3 典型非正规垃圾场实地照片

Fig 3 Photo of typical solid waste dump

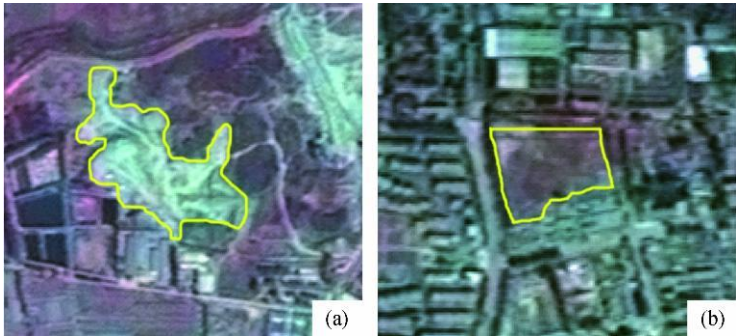


图 4 易与非正规垃圾场混淆的地物在 Beijing-1 影像上的特征

(a)建筑工地; (b)荒地

Fig 4 The image of objects which are confusable with solid waste dumps

(a) builking site; (b) wildkness

4.3 非正规垃圾场变化检测

除了人机交互判读外,本文还进行了非正规垃圾场自动变化检测的实验研究,以探索对非正规垃圾场治理效果进行监测的方法。变化检测的方法有多种(Zhang et al 2005; Ma et al 2004),本文利用 2006 年 4 月 22 日和 9 月 13 日的 Beijing-1 影像数据,选用全色波段彩色合成法和融合后替代法进行试验。

全色波段彩色合成法是单纯利用两个不同时相的全色影像进行变化检测,是将新、旧影像匹配后进行彩色合成,将旧的全色影像赋予蓝色、绿色

波段,而新的影像赋予红色波段。若地物未发生变化,即影像灰度接近,则合成以后将是黑色或白色,而出现红、蓝色的区域则是发生变化的区域(图 5)。融合后替代法是利用多光谱与全色影像进行变化检测,该方法先融合旧的多光谱与全色影像,将融合影像与新的全色波段作匹配,将融合后的影像分解为红、绿、蓝 3 个波段,再用新的全色波段代替融合影像的红波段,生成新的影像。在新的影像上与全色波段彩色合成法类似,若地物未发生变化,则合成以后将是黑色或白色,而出现红、蓝色的区域则是发生变化的区域(图 6)。



图 5 全色波段彩色合成法变化检测

(a)2006-04-22 全色影像; (b) 2006-09-13 全色影像; (c) 全色波段合成变化图

Fig 5 Change detection form multi-temporal pan bands color composit

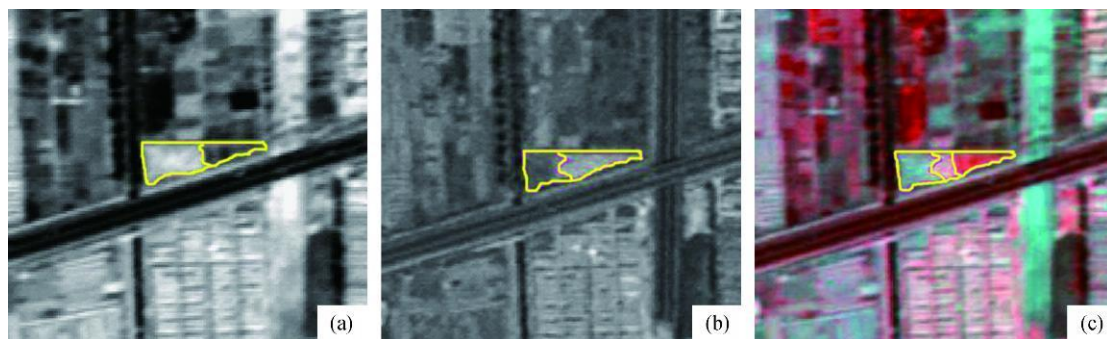


图 6 融合后替代法变化检测法

(a) 2006-04-22 Beijing-1 全色影像; (b) 2006-09-13 Beijing-1 全色影像; (c) 融合后替代变化图

Fig. 6 Change detection of post-fusion band replacement

(a) pan chromatic image on Apr 22nd 2006; (b) pan chromatic image on Sep 13th 2006; (c) change map

图 5 和图 6 分别为采用两种方法进行变化检测的结果,从中可以看出,垃圾场范围的扩大和缩小均呈现了变化的特征,但变化地物中除了垃圾场的变化,也包含了其他地物的变化。在图 5(c) 中黄色框内的深红色为变化大的区域,实地调查是水体被填,堆积渣土、垃圾等所致;其他区域变化不是很明显。图 6(c) 中黄色框内的深红色代表变化大的区域,实地调查后发现是由于垃圾堆放范围扩大所致,但仍然不能确定其他同颜色的区域是否也为垃圾堆放变化区域。因此,自动变化检测方法不能完全替代人机交互判读,但是可以先利用自动方法对前后两个时相的 Beijing-1 影像进行变化检测处理,对于有变化的区域再进行人机交互判读,这样可以减少人机交互判读的范围,提高工作效率。

5 遥感监测非正规垃圾场的综合评价

利用遥感技术进行固体废弃物的调查,一般采用航空遥感调查方法,但由于数据获取频率的限制,其现势性难以提高,成本也相对较高。本文采用了 Beijing-1 全色与多光谱的融合图像,既保证了图像的色彩信息,又保证了一定的纹理细节,同时数据的时间分辨率较高,保证了调查的现势性,大大节约了成本。另外,结合 GIS 方法和一定的实地调查数据,提高了非正规垃圾场的遥感识别精度。

通过对非正规垃圾场分布识别结果的野外分层随机抽样验证,124 个非正规垃圾场样本中,判读正确的有 112 个,遥感判读的准确率达 90.3%。判读的错误多出现在回填土堆积而成的土堆和建筑垃圾容易混淆。另外,野外验证中发现 4 个因表面

植被覆盖度比较高或规模比较小而未判读出的非正规垃圾场,漏判率为 3.2%。

利用判读结果,套合行政区划图以及水系、交通等其他地理要素专题线画图,即可获得全市各个区非正规垃圾场的分布现状和相应的专题图。与传统的统计调查方法相比,卫星遥感获取的数据准确,获取手段先进、快速、及时,为有关政府部门准确及时地了解非正规垃圾场的位置、规模、数量、治理状况等以及进行正规垃圾场的规划与城市规划建设提供了可靠的技术保证。更重要的是,通过试验研究,发挥了 Beijing-1 卫星遥感客观、现势和直观的优势,弥补了传统调查方法的不足,为卫星遥感开辟了新的应用领域。本文所采用的技术方法经过优化推广,并辅助业务部门的一些统计调查信息,就可以获得更为细致的专题内容,使卫星遥感技术更好地服务于城市环境整治。受到 Beijing-1 影像分辨率的限制,小型非正规垃圾场的识别还比较困难;同时由于非正规垃圾场特征的多种不确定性,完全的自动检测还有待于进一步研究。

6 结论

随着遥感技术的发展,高分辨率卫星应用的领域越来越广,同时成本也在逐步降低,这对城市地物信息的提取越来越有利。结合 GIS 分析和实地采样调查的方法,利用遥感手段获取城市专题信息已经步入实际应用阶段。尤其是中国研制发射的北京 1 号小卫星,以及即将发射的环境 1 号小卫星,在清晰度、价格以及获取周期方面比 TM、SPOT 更具优势,这对于城市专题信息的提取更具有吸引力。

本次利用遥感手段对非正规垃圾场的监测取得了良好的效果,为北京城市环境建设中加强高科技手段的利用探索了一条实用可行的技术路线,为城市环境整治中动态监测管理的实施奠定了基础,积累了经验。

REFERENCES

- Bagheri S and Hondon R M. 1988. Hazardous waste site identification using aerial photography: a pilot study in Burlington County, New Jersey, USA. *Environment Management* **12**(1): 119- 125
- Beijing Landview Mapping Information Technology Co. Ltd. 2007. Expectation of the characteristics and applications prospect of Beijing-1 micro-satellite data [R/OL]
- Beijing Solid Waste Disposal Administration Department. 2005. DB11/T 273-2005 Environment Monitoring Criterion on Disposal Facility of Municipal Solid Waste and Dejection. Beijing: Beijing Municipal Administration Commission
- Beijing Solid Waste Disposal Administration Department. 2005. DB11/T 270-2005 Management Criterion on Landfilling of Municipal Solid Waste. Beijing: Beijing Municipal Administration Commission
- Correia VRM. 2004. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro **20**(4): 891- 904
- Guo Y L. 2001. EIA on landfilling of municipal solid waste. *Environmental Protection* (1): 28- 30
- He H Y. 2005. Informal solid waste dumps knock the alarm bell of environment. *China Construction Paper* 2005-04-18
- Jia L, Zhao Y S and Dong G H. 2005. The application of RS on the monitoring of the garbage landfill in Beijing. *Chongqing Environmental Science* **27**(5): 31- 34
- Kwarteng Y and Al-Enezi A. 2005. Assessment of Kuwait's Al-Qumain landfill using remotely sensed data. *Journal of Environmental Science and Health: Part A*, **39**(2): 351- 364
- Ma J W, Tian G L, Wang C Y and Yan S X. 2004. Review of the development of remote sensing change detection technology. *Advances in Earth Science* **19**(2): 192- 196
- Sun Z, Su S D and Yi J F. 2006. The function of remote sensing multiple technology in monitoring and appraising the environment of the City. *Geomatics & Spatial Information Technology* **29**(2): 92- 95
- Twumasi Yaw A, Andrew Manu, Tommy L. Coleman, Brian Schmid and Moustapha A. 2004. Use of geo-spatial data for sustainable management of solid waste in Niamey, Niger. *Journal of Sustainable Development in Africa* **8**(1): 203- 215
- Wu W W and Liu J. 2000. The application of remote sensing technology on the distribution investigation of the solid waste in Beijing. *Environmental Hygiene Engineering* **8**(2): 76- 78
- Xi J Q, Jiang H H, Wang Z G and Cao J S. 2003. The analyzing of current (say 1994-2000) problem of domestic household garbage treatment. *Environmental Monitoring in China* **19**(1): 21- 23
- Yang Z G. 1992. The application of aerial remote sensing technology in physiognomy and solid waste site investigation. *Shan Xi Geological Science and Technology Information* **17**(1): 37- 42
- Zhang Z L, Zeng Z Y, Li S and Hu Z F. 2005. A summary of change detection methods of remote sensing image. *Remote Sensing Information* (5): 64- 66
- Zhao J, Zang K, Gong H L and Zhao W J. 2005. The application of remote sensing technology on the distribution and disposal of garbage in Beijing. *Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition)*, **26**(3): 109- 113
- Zhao Z C, Zhao W, Yao Q J, Han Z M and Chen X P. 2000. Distinguishing and investigating the solid waste heaps in Tianjin city by applying aerial remote sensing technology. *Environmental Hygiene Engineering* **8**(1): 37- 39
- Zhou Z J, Wei W X and Du J C. 1991. The application of aerial remote sensing technology in environment geology investigation in solid waste site. *Shan Xi Geological Science and Technology Information* (2): 44- 49
- ## 附中文参考文献
- 北京市垃圾渣土管理处. 2005. DB11/T 273-2005生活垃圾粪便处理设施环境监测规范. 北京:北京市市政管理委员会
- 北京市垃圾渣土管理处. 2005. DB11/T 270-2005生活垃圾卫生填埋场运行管理规范. 北京:北京市市政管理委员会
- 北京宇视蓝图信息技术有限公司. 2007. 北京 1号小卫星数据特征及应用前景展望 [R/OL]
- 郭永龙. 2001. 论城市生活垃圾卫生填埋场的环境影响评价. *环境保护*, (1): 28- 30
- 贺慧宇. 2005. 非正规垃圾处理场敲响环境警钟. *中国建设报*, 2005-04-18
- 贾玲, 赵云升, 董贵华. 2005. 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*, **27**(5): 31- 34
- 马建文, 田国良, 王长耀, 燕守勋. 2004. 遥感变化检测技术发展综述. *地球科学进展*, **19**(2): 192- 196
- 孙震, 苏尚典, 益建芳. 2006. 遥感综合技术在城市环境监测中的作用. *测绘与空间地理信息*, **29**(2): 92- 95
- 吴文伟, 刘竞. 2000. 北京市固体废弃物分布调查中遥感技术的应用. *环境卫生工程*, **8**(2): 76- 78
- 席俊清, 蒋火华, 汪志国, 曹杰山. 2003. 我国城市生活垃圾处理现状及存在问题分析. *中国环境监测*, **19**(1): 21- 23
- 杨智国. 1992. 航空遥感在宝鸡市地貌及垃圾堆放场地调查中的应用. *陕西地质科技情报*, **17**(1): 37- 42
- 赵敬, 臧克, 宫辉力, 赵文吉. 2005. 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)*, **26**(3): 109- 113
- 赵藏闪, 郑雯, 姚庆军, 陈小平. 2000. 利用航空遥感技术对天津市垃圾堆放点的判释和调查. *环境卫生工程*, **8**(1): 37- 39
- 张振龙, 曾志远, 李硕, 胡子付. 2005. 遥感变化检测方法研

究综述· 遥感信息, (5): 64—66

场地环境地质调查中的应用· 陕西地质科技情报, (2):

周致杰, 魏文新, 杜景传. 1991. 航空遥感技术在西安垃圾

44—49

Study on monitoring of informal open-air solid waste dumps based on Beijing-1 images

LIU Ya-lan¹, REN Yu-huan^{1,2}, WEI Cheng-jie¹,
WANG Aihua³, ZHOU Hui-zhen³, CHI Yao-bin^{1,3}

1. Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China;

3. Beijing Landview Mapping Information Technology Co., Ltd., China, Beijing 100096, China

Abstract Due to urbanization increasing, the quantity of solid wastes in Beijing is increasing rapidly and leads to large numbers of informal solid wastes dumps. Solid wastes in these sites are usually dumped in the open air without certain environmental conservation measures, which influence the urban environment and human healthy badly. It is absolutely necessary to monitor these dumps in order to take some effective measurements to dispose them. Remote sensing technology can provide a rapid and effective way to identify and monitor the dumps, owing to its characteristics of objectivity, real-time and macro-scope view. With high spatial resolution, high frequency of revisiting and broad coverage range, Beijing-1 Microsatellite image is an important data source for urban environment monitoring. Taking the flat plain area of Beijing as study site, this paper establishes the interpretation keys of informal open-air solid waste dumps through studying their characteristics based on Beijing-1 fusion images. Via visual interpretation and automatic change detection methods, the authors studies the location and change of the open-air solid waste dumps. Compared with the field investigation data, it shows high accuracy (about 90.3%) of the indoor visual interpretation result using Beijing-1 images. However, on account of the uncertainty of the solid waste dumps characteristics, automatic change detection method can just be utilized to decrease the work of visual interpretation to find the location instead of replacing it completely.

Key words Beijing-1 Microsatellite, remote sensing, solid waste dumps, interpretation keys, change detection