

废弃砂石坑生态修复与再利用适宜性评价——以北京市潮白河流域为例

连欣^{1,2}, 李迪华^{1*}, 车迪¹, 马强³, 邢琰²

(1. 北京大学建筑与景观设计学院, 北京 100871; 2. 北京清华同衡规划设计研究院有限公司, 北京 10085; 3. 北京市国土资源局, 北京 100013)

摘要 潮白河流域废弃砂石坑的大量存在, 对北京市生态建设和经济社会的可持续发展都产生重大影响。分析北京市潮白河流域砂石坑范围内的历年土地利用变化。同时利用地理信息系统和 AHP 层次分析法, 选取相应的评价因子建立评价模型, 进行砂石坑复垦、生态恢复和建设的土地适宜性评价, 并提出土地利用建议。

关键词 砂石坑; 潮白河; 土地适宜性; 土地利用

中图分类号 X171.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)29-11799-03

Abandoned Gravel Pits Ecological Restoration and Reuse Suitability Evaluation in Chaobai River Watershed of Beijing

LIAN Xin et al (College of Architecture and Landscape Design, Peking University, Beijing 100871)

Abstract The gravel pits in the watershed of Chaobai River of Beijing have significant effects on ecological construction and sustainable development of economic society. Aiming at the gravel pits in Chaobai River basin, the land use change was analyzed. The evaluation model was established by using GIS, AHP method and selecting corresponding evaluating factors. The circumstance of farm land reclamation, ecological restoration and construction were evaluated, several land use suggestions were put forward.

Key words Gravel pits; Chaobai River; Land suitability evaluation; Land use

潮白河流域是北京市“三河两滩”五大重点风沙危害区之一, 是北京干旱多风季节就地扬沙起尘源地。废弃砂石坑对土壤、大气、水体、植被等造成严重危害, 恶化生态环境, 影响社会经济可持续发展, 其综合治理是北京沙化治理、废弃土地再利用的重点之一。

土地适宜性评价已发展到宜农、宜牧、宜林和城市用地扩展等多方面, 对矿区土地适宜性研究多集中在基于计算机辅助技术的评价模型构建和土地复垦适宜性方面, 如基于 GIS 的评价模型构建^[1-2], 矿区土地复垦方案的生态破坏影响研究^[3-5], 对矿业城市^[6]、煤矿基地^[7]、矿区土地复垦^[8-9]和复绿^[10]适宜性评价和利用模式研究。砂石坑作为一种矿业废弃地, 其自然条件与煤、铁矿区相似, 可借鉴其他矿区废弃地相对成熟的研究思路。国内对砂石坑的研究包括用遥感图像进行砂石坑地物特征识别和分类^[11], 依据砂石坑分布、地形和土壤等特点提出砂石坑治理模式^[12]和主导利用功能^[13-14], 例如昌平砂石坑生态修复规划^[15]等。总的来说, 国内研究主要集中在基于分类或案例的治理方向讨论, 对具体恢复利用方向的适宜性研究较少。笔者针对北京市潮白河流域砂石坑的不同利用方向建立综合评价指标体系, 探索砂石坑复垦、生态修复和建设方面的适宜性, 并提出土地利用建议。

1 资料与方法

潮白河是北京重要水源地, 流域内有 41 座水库, 平均每年向城市供水 9.2 亿 m³。北京境内流域面积 5 700 km², 占流域总面积 30%, 涉及密云、延庆、怀柔、顺义和通州 5 个区县。该研究所用数据主要来自北京市国土局规划处, 采用遥感解译提取砂石坑斑块, 土地利用/覆被变化转移矩阵分析

和基于 ArcGIS 的土地适宜性评价等方法。根据北京市国土资源局 2011 年对北京河堤外砂石坑的调查^[16], 潮白河流域砂石坑主要分布在平原区山前冲、洪积扇、河流阶地和河道两侧, 共 270 个, 总面积达 1 320 万 m² (图 1)。较大规模砂石坑集中在潮白河干流、潮河和怀河两岸, 距主要河道 200 m 范围内的占 25.9%, 地下水源保护区内占 40.4%。该流域砂石坑的主要特点是分布范围广又相对集中, 密云、怀柔和顺义分布较多 (近 70%); 砂石坑深浅不一, 面积差别大, 深度最高达 40 m, 最浅不足 2 m; 生态环境脆弱, 亏方量大, 亟待确定适宜的治理方向和途径。

为方便砂石坑土地利用变化分析, 根据 1984 年《土地利用现状调查技术规程》、2001 年《全国土地分类 (试行)》和 2007 年《土地利用现状分类》的土地利用类型标准, 将 1993、2001 和 2007 年的土地利用重新分为 11 个地类。分析结果显示 (图 2), 2001~2007 年, 砂石坑范围内面积变化幅度最大的为独立工矿用地、耕地和未利用地, 耕地减少可能与 2001 年开始实施的禁止河道采砂挖沙规定有关。1993~2007 年, 变化最大的是独立工矿用地的增加和耕地的减少。可见, 1993~2007 年潮白河挖坑采砂行为大大增加, 大量侵占耕地。

2 砂石坑土地适宜性评价

2.1 评价因子选取 砂石坑土地利用适宜方式的主要影响因素包括: ①位置、面积、地形 (深度、坡度); ②生态条件: 土壤类型、可渗透性、表土层厚度, 植被、物种丰富度等; ③水文条件: 地下水位和水源保护区; ④社会经济因素: 产权所属、投资规模等; ⑤周边用地: 距离河道、道路的距离, 与主要建设区的临近关系; ⑥砂石坑治理状况等; ⑦土地利用规划及其他相关规划的要求。

砂石坑的再利用方式有农田、蓄滞洪区和休闲游憩用地等, 不同方式的关键影响因素各有差异, 对应的适用条件、修复措施、投入及效益不同。针对上述要素建立废弃砂石坑土

作者简介 连欣 (1988 -), 女, 内蒙古呼和浩特人, 硕士, 从事城市、景观规划方面的研究, E-mail: linear0702@gmail.com。* 通讯作者, 副教授, 从事城市生态学与生态规划方面的研究, E-mail: dihuali@pku.edu.cn。

收稿日期 2013-08-12

地适宜性影响要素集合,结合可获取资料情况,按基本属性、生态属性和用地属性,最终选取深度、面积、地下水、土质类

型、距河道距离等 13 项评价指标(图 3)。参照矿区土地复垦等多目标土地适宜性评价相关研究,对各评价因子进行分级,得到评价参数。

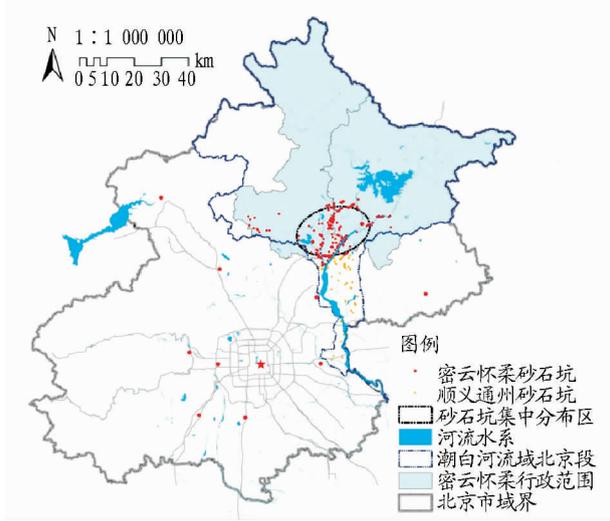


图 1 潮白河流域砂石坑集中分布图

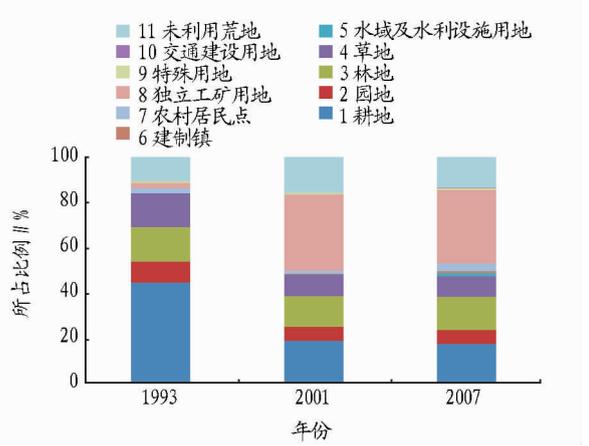


图 2 砂石坑范围内用地结构变化

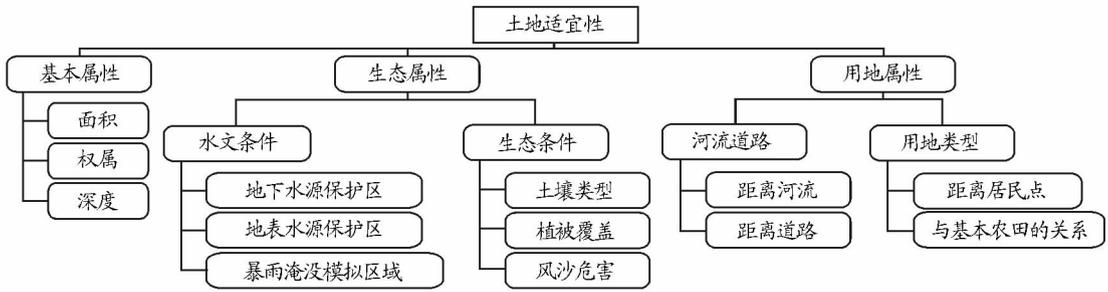


图 3 废弃砂石坑土地适宜性评价因子

2.2 评价模型构建 通过对砂石坑的自然生态和社会经济属性两方面逐个进行分层分析和判别,提出砂石坑规划的再利用途径主要为土地复垦、生态修复和建设,分别建立评价模型。确定评价因子权重时,邀请相关学者、相关专业的学生和从业者,及政府部门工作人员,以填表方式,对每种治理方式中同一层次的因素间相对于上一层次中某项因子的相对重要性给予判断,按重要性、稍重要、重要、明显重要、极端重要判断级别,分别以 1,2,⋯,8,9 或其倒数作为量化标准,提出各自意见,最后运用相关统计软件进行整理、综合、检验。采用 AHP 层次分析软件,确定各评价模型中因子的

权重。参照相关文献,生态修复适宜性评价选取土质类型、地下水、地表水、植被覆盖度、距离道路、距离河道和风沙危害 7 个因子建立评价模型。运用 AHP 层次分析软件,采用指数标度作为计算影响因素权重的标度,表示两两因素之间相互影响程度的大小。 $e^{(0/5)}$ 表示两两因素的影响相同, $e^{(8/5)}$ 表示某一因素的影响绝对的强。在标度类型 $e^{(0/5)} \sim e^{(8/5)}$ 的情况下设定判断矩阵,其一致性比例为 $CP = 0.0018 < 0.1$,通过检验。总目标权重为 1.0,最终计算得到各因子权重 W_i (表 1)。

表 1 生态修复适宜性评价因子矩阵及权重

因子	土质类型	地下水	地表水	植被覆盖	距离河道	距离道路	风沙危害	W_i
土质类型	1.000 0	0.449 3	0.449 3	1.491 8	0.449 8	1.822 1	0.548 8	0.099 9
地下水源保护	2.225 5	1.000 0	1.221 4	2.225 5	1.491 8	1.491 8	2.718 8	0.222 4
地表水源保护	2.225 5	0.818 7	1.000 0	2.718 8	1.491 8	2.225 5	1.221 4	0.204 1
植被覆盖	0.670 8	0.449 3	0.367 9	1.000 0	0.548 8	0.670 3	0.670 8	0.079 5
距离河道	2.225 5	0.670 3	0.670 3	1.822 1	1.000 0	2.718 3	1.221 4	0.172 0
距离道路	0.548 8	0.670 3	0.449 3	1.491 8	0.367 9	1.000 0	0.670 3	0.089 1
风沙危害	1.822 1	0.367 9	0.818 7	1.491 8	0.818 7	1.491 8	1.000 0	0.133 0

土地复垦适宜性评价选取规模、深度、土质类型、表土层

厚度、基本农田 5 个因子建立评价模型。类似地,运用 AHP

层次分析软件,得到各因子权重为深度 0.190,规模 0.156,土质类型 0.104,表土层厚度 0.127,基本农田 0.423。建设适宜性评价选取规模、深度、地表水源保护、地下水源保护、距离道路、距离河道和规划建设用地 7 个因子建立评价模型,相应得到各因子权重为深度 0.125,距离河道 0.109,规模 0.089,地表水源保护 0.162,地下水源保护 0.153,距离道路 0.122,规划建设用地 0.241。

2.3 土地适宜性评价 根据各因子权重,对不同的利用途径,按照公式:总得分 = Σ 权重 * 因子,在 ArcGIS 中用 Calcula-

late 模块计算综合得分,按照总得分将适宜程度划分为高、中、低 3 个等级。例如,各地块生态修复适宜性总得分 $P_E = 0.0999 * [\text{土质类型}] + 0.2224 * [\text{地下水}] + 0.2041 * [\text{地表水}] + 0.0795 * [\text{植被覆盖}] + 0.0891 * [\text{道路距离}] + 0.1720 * [\text{河道距离}] + 0.1330 * [\text{风沙}]$,得到生态修复适宜性分级(适宜程度高:2.54 ~ 3.48;适宜程度中:1.90 ~ 2.53;适宜程度低:1.10 ~ 1.89)。类似地得到复垦适宜性和建设适宜性分级,分布结果见图 4。

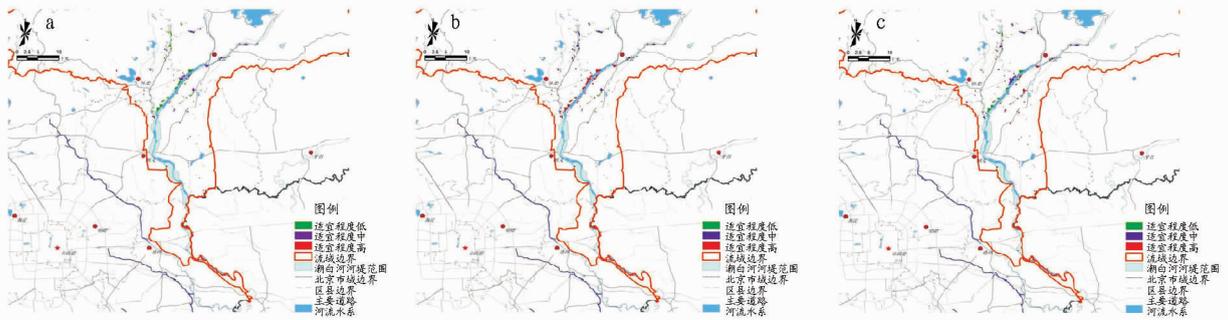


图 4 潮白河流域砂石坑复垦(a)、生态修复(b)和建设(c)适宜性分布

3 废弃砂石坑土地利用建议

砂石坑所在范围的土地利用总体规划中,未来规划最多的是林业用地(占总面积 30.9%),其次为一般农用地(28.1%)和城镇建设用地(13.6%)。综合考虑适宜性评价结果、土地规划和实地调查的初步治理意向,对两种或两种以上治理方式具有同等“适宜程度”的砂石坑,根据生态优先及经济上可行的原则,优先选择生态修复,其次为复垦,最后选择建设方式治理。

适宜进行生态修复的砂石坑共 190 个,占总面积约 80%,主要分布在河道、铁路、公路两侧及水源保护区内,应发挥涵养水源,保持土壤,恢复生物栖息地及游憩等生态服务功能。将砂石坑生态修复与景观建设和地方经济发展相结合,主要道路两侧的砂石坑,重点打造生态景观,提供良好生活环境;水源保护区内和河道两侧的砂石坑,可进行简单修复治理,植树种草,作为蓄滞洪区,增加地下水回灌;地下水位较浅或靠近外来水源的砂石坑可建人工湿地;村落周边则可进行绿化美化,增加配套设施,作为村落景观用地;对具有一定规模、交通便利、距城镇近的砂石坑,可考虑建设郊野公园。

适宜复垦的砂石坑占总面积的 6%,通常周边农用地较多,土层较厚,深度小,边坡较缓。优先复垦为耕地,其次可建园地或林地,条件适宜的可发展设施农业和观光采摘农业。此外,对坑内土地利用变更调查中的零星耕地,要加强保护,整理改造并适度增加规模。

建设适宜性高的砂石坑距离城镇、主要道路较近。在规划新城、建制镇集中建设区内的砂石坑,可用作建设用地。对此类砂石坑的治理方式主要为客土填平并进行夯实,可采用土地储备、一级开发形式,进行土地储备的同时完成砂石坑治理。在进行城镇建设时,要特别注意防止地下水污染,发展环境友好型绿色产业。

4 结论与讨论

北京市潮白河流域砂石坑存在分布范围广又相对集中,多近河道分布;深浅不一、面积差别大,水利条件较差;土地权属复杂,亏方量大等问题。1993 ~ 2007 年砂石坑范围内土地利用类型组成结构差异明显,变化最大的是独立工矿用地和耕地,挖坑采砂行为大量侵占耕地。通过选取合适的评价因子,利用 AHP 层次分析法确定各因子权重,建立评价模型,对砂石坑土地适宜性进行分析评价,并提出废弃砂石坑土地利用建议。这一方法是对传统土地适宜性仅限于宜农、宜林、宜园、宜牧的一个创新,该研究进行了一部分探索性工作,仍有待完善。如考虑相关规划(如新城规划、滨河带规划)对砂石坑所处位置可利用方向的限制,优化确定最终适宜利用方式的方法,探讨具体的治理方案实施措施。

参考文献

- [1] NISAR A T R, GOPAL P K, MURTHY J S R. GIS based fuzzy membership model for crop land suitability analysis[J]. *Agricultural Systems*, 2000, 63 (2): 75 - 95.
- [2] 方大春, 刘国林, 王芳, 等. 基于 GIS 的土地适宜性评价模型研究[J]. *测绘与空间地理信息*, 2004, 27(1): 35 - 36.
- [3] 赵艳玲, 黄琴焕. 矿区土地复垦方案中土地破坏程度评价研究[J]. *金属矿山*, 2000, 395(5): 61 - 67.
- [4] 马广杰. 天津蓟县山前地区采砂坑对生态环境影响调查研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- [5] 贺亮. 露天采矿的生态影响综合评价与生态环境保护及修复对策研究[D]. 西安: 西北大学, 2010.
- [6] 张杰. 矿业城市(矿区)土地复垦与生态重建研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [7] 潘元庆, 刘晓丽. 河南省煤炭基地土地复垦适宜性评价及利用模式研究[J]. *内蒙古科技与经济*, 2007(1): 21 - 23.
- [8] 崔艳, 白中科, 张继栋, 等. 露天矿区农用地复垦适宜性评价的方法与应用[J]. *农业工程学报*, 2008(S1): 81 - 84.
- [9] SICAT R S, CARRANZA E J M, NIDUMOLU U B. Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification[J]. *Agricultural Systems*, 2005, 83(1): 49 - 75.

表8 2006年不同地区烟叶醇化期酸性成分变化 $\mu\text{g/g}$

产地	等级	不同醇化期酸性组分测定结果				
		12个月	18个月	24个月	30个月	36个月
福建	B2F	583.4	603.2	758.7	788.4	801.4
	C3F	532.1	566.3	645.6	676.3	703.4
湖南	B2F	554.2	567.8	667.3	689.6	690.5
	C3F	452.3	467.3	506.4	563.2	577.4
山东	B2F	567.4	577.5	625.4	697.8	704.3
	C3F	453.8	549.5	560.5	574.6	607.4
云南	B2F	446.5	475.4	508.9	523.7	553.1
	C3F	387.3	403.6	436.4	457.4	478.8
贵州	B2F	543.4	583.3	608.5	632.5	667.4
	C3F	514.3	533.2	545.5	556.8	568.8
河南	B2F	567.4	596.4	654.3	704.3	725.5
	C3F	554.6	589.0	632.1	672.4	698.3
四川	B2F	678.9	708.5	776.9	805.3	825.5
	C3F	613.4	678.5	754.6	774.5	780.3
巴西	L2OAT	567.7	598.7	615.6	627.2	634.3
津巴布韦	B1LT(06)	547.8	679.7	680.1	692.6	701.2
合计		8564.5	9177.9	9976.8	10436.6	10717.6

表9 2006年不同地区烟叶醇化期碱性成分变化 $\mu\text{g/g}$

产地	等级	不同醇化期碱性组分测定结果				
		12个月	18个月	24个月	30个月	36个月
福建	B2F	5.4	4.6	3.8	4.1	4.4
	C3F	4.4	4.0	3.2	2.8	2.0
湖南	B2F	4.9	4.0	4.1	3.5	3.0
	C3F	3.1	2.8	2.6	2.6	2.3
山东	B2F	4.4	4.0	3.9	3.7	3.6
	C3F	3.0	2.6	2.7	2.7	2.6
云南	B2F	4.8	3.7	2.5	2.2	2.0
	C3F	2.8	2.2	1.8	1.7	1.5
贵州	B2F	5.4	4.3	3.8	3.1	2.9
	C3F	4.3	3.6	3.3	2.7	2.0
河南	B2F	5.3	4.7	4.0	3.4	3.0
	C3F	3.3	3.2	3.0	2.8	2.5
四川	B2F	5.8	5.0	4.6	4.3	4.3
	C3F	4.0	4.0	3.9	3.9	3.7
巴西	L2OAT	6.7	5.8	4.3	3.4	3.2
津巴布韦	B1LT(06)	6.1	5.5	4.6	3.8	3.4
合计		73.7	64.0	56.1	50.7	46.4

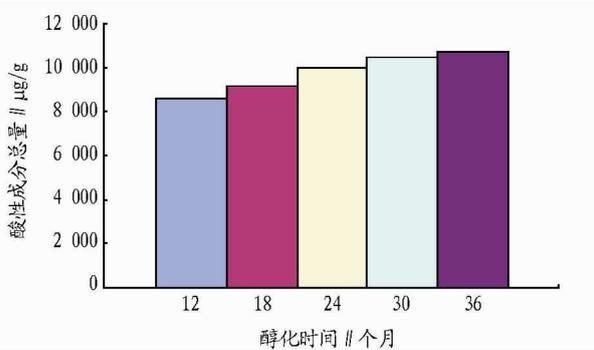


图1 醇化期间酸性组分总量变化趋势

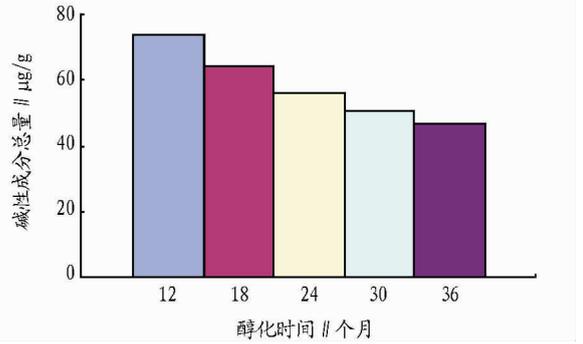


图2 醇化期间碱性组分总量变化趋势

3 结论

烟叶的感官质量与烟叶中的化学成分密切相关,烟叶在自然醇化过程中酸性成分与碱性成分存在平衡,并直接影响烟叶的内在感官质量,当酸性成分与碱性成分比值处于一定范围时,感官质量达到最佳的状态。通过选取国内外具有代表性的福建、湖南、山东、云南、贵州、河南、四川7个省份B2F、C3F 2个等级烟叶和巴西L2OAT烟叶以及津巴布韦B1LT烟叶样品,分别以醇化时间12、18、24、30、36个月抽取并检测试样样品,连续跟踪监测2006、2007、2008年3年烟叶感官质量评价以及最佳醇化期时酸性、碱性成分总量的比值。结果表明,当酸性、碱性成分总量的比值处于一定范围时,感官质量达到最佳的状态。当烟叶到达最佳醇化期时,酸性成分与碱性成分总量比值为200,波动范围 ± 50 。采用酸性成分与碱性成分的总量比值 200 ± 50 可以作为判定烟叶到达最佳使用期的定量指标之一,该指标的适用性还需要在实际的应用中进一步验证。

参考文献

- [1] 陈万年,宋纪真,范坚强,等. 福建和云南烤烟片片的最佳醇化期及适宜贮存时间研究[J]. 烟草科技,2003(7):9-12.
- [2] 范坚强,宋纪真,陈万年,等. 醇化过程中烤烟片烟化学成分的变化[J]. 烟草科技,2003(8):19-22.
- [3] 郭俊成,程晓蕾. 烤烟陈化期间理化变化对品质影响的初探[J]. 安徽烟草科技,1993(2):29-30.
- [4] 韩锦峰. 自然醇化与人工发酵对烤烟化学成分变化的影响比较研究[J]. 烟草科技,1999(1):3-5.
- [5] 李炎强,胡有持,朱忠,等. 云南烤烟复烤叶片陈化过程香味成分的变化及与感官评价的关系研究[J]. 中国烟草学报,2004(1):1-8.
- [6] 朱大恒,韩锦峰. 烤烟自然醇化和人工发酵过程中香气成分变化的研究[J]. 中国烟草学报,1999(4):6-11.

(上接第11801页)

- [10] 王飞,崔江惠,张毅功,等. 河北省主要矿区复垦复绿土地适宜性评价研究[J]. 农机化研究,2011(1):34-39.
- [11] 唐颖,贾海峰,王军,等. 基于遥感技术的北京市平原区砂石坑识别探索[J]. 遥感信息,2008(4):76-81.
- [12] 魏军,邵霞. 北京砂石坑治理与对策研究[J]. 绿化与生活,2006(5):19-22.

- [13] 杨鸣婵,姜其贵. 北京市平原区砂石坑综合治理利用思路[J]. 水利规划与设计,2001(3):46-49.
- [14] 魏京辉,杨东方,姜其贵. 北京砂石坑综合评价指标体系及功能分类[J]. 北京规划建设,2010(2):24-26.
- [15] 龙瀛,何永. 昌平西部砂石坑生态修复规划[J]. 北京规划建设,2007(1):98-101.
- [16] 国土资源局. 北京市废弃砂石坑调查报告[R]. 2009.