

基于改进白化权函数的资源型城市土地利用系统健康灰色聚类评价

刘兆军¹, 高翔群²

(1. 东北农业大学 文法学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: [目的] 对资源型城市土地利用系统进行健康评价, 为资源型城市协调土地利用, 推进社会经济稳定发展提供借鉴。[方法] 运用的中心点混合白化权函数的灰色聚类模型, 从系统的结构、功能、效益三方面构建评价指标体系, 分析黑龙江省大庆市 2005—2014 年土地利用系统健康水平及趋势。[结果] (1) 大庆市土地利用系统健康水平逐步由“不健康”向“较健康”演变。(2) 建设用地比例、人均水资源量、地均石油工业产值、土地市场化程度等成为制约大庆市土地利用系统健康水平提升的关键因素。[结论] 混合中心点白化权函数的灰色聚类模型为土地利用系统健康评价提供新的评价标准, 克服单指标评价与综合结果的不相容性, 适用于土地利用系统健康评价。大庆市应进一步挖掘建设用地利用潜力, 优化土地利用布局, 积极涵养水源, 深化土地市场改革, 不断提升土地利用系统健康水平。

关键词: 灰色聚类; 土地利用系统; 健康评价; 大庆市

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2017)02-0183-05

中图分类号: F301.24

文献参数: 刘兆军, 高翔群. 基于改进白化权函数的资源型城市土地利用系统健康灰色聚类评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 183-187. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.028; Liu Zhaojun, Gao Xiangqun. Health Assessment of Land Use System on Resource-typed City Based on Grey Clustering Model[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(2): 183-187. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.02.028

Health Assessment of Land Use System on Resource-typed City Based on Grey Clustering Model

LIU Zhaojun¹, GAO Xiangqun²

(1. College of Humanities and Law, Northeast Agriculture University, Harbin, Heilongjiang 150030, China;
2. College of Resources and Environmental, Northeast Agriculture University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: [Objective] Health of land use system on resource-typed city was assessed to provide reference to coordinate land use and promote social and economic development. [Methods] The center of the mixed whitening weight function of grey clustering model was used to build evaluation index system from the structure, function and efficiency. Upon that health condition and trend of land use system in Daqing City of Heilongjiang Province from 2005 to 2014 were analyzed. [Results] (1) Health level of land use system in Daqing City evolved gradually from “unhealthy” to “healthier”. (2) The proportion of construction land, the amount of per capita water resources, the average industrial output value of land, the degree of land marketization were the key factors restricting the health of land use system in Daqing City. [Conclusion] Grey clustering model plus center whiten function provided new evaluation criteria for land use system health assessment. This consolidated method exhibited good compatibility than the one of single index with regard to land use system health assessment. Some aspects are needed to be paid attention for Daqing City: to broaden the potential of construction land utilization, to optimize the land use layout, to actively conserve water resources, to enhance the reform of land market, and to continuously improve the health of land use system.

Keywords: gray clustering; land use system; health assessment; Daqing City

收稿日期: 2016-08-31

修回日期: 2016-10-24

资助项目: 国家社会科学基金项目“农民土地财产权利有效实现的法制保障研究”(10CFX046); 黑龙江省博士后科研启动项目(LBH-Q12158)

第一作者: 刘兆军(1979—), 男(汉族), 山东省招远市人, 博士, 副教授, 主要从事土地利用、土地制度研究。E-mail: lzj_79@163.com。

土地为人类供应物质基础,也是一切社会经济活动的载体^[1]。土地利用系统集中体现了人与自然的交互作用^[2]。随着城镇化、工业化进程的推进,土地利用程度亦不断扩张。重经济轻保护的土地利用方式更易引发土地盐碱化、草原退化、酸雨等一系列生态问题,危害土地利用系统健康^[3-5]。评价土地利用系统健康水平是制定健康维护措施的基础,对改善研究区土地利用系统的结构,协调社会经济和生态效益之间的关系具有重要意义。土地利用系统健康的评价源于 Aldo Leopold^[6]对“土地健康”概念的提出。众多学者从不同角度予以研究。从评价指标体系的角度,主要集中于“环境+社会+经济”评价体系^[7-8]、系统的“结构+功能+效益”评价体系^[2,9-10]、“压力—状态—响应”(PSR)评价体系^[11-15]等。从研究尺度的角度,涵盖全国^[12]、省^[13]、地区^[9]、市^[16]、县^[15]、城市土地^[14]、农村土地^[17]等。从研究方法的角度,多采用综合评价法^[11]、集对分析法^[12]、物元模型^[13]、三角模型^[10,16]、改进 Topsis 模型^[15]等,以上成果为进一步推进土地利用系统健康评价的研究提供多方面指导。但上述研究也存在不足:(1) 以往研究方法运用的评价标准或是将 0~1 硬性均等分,主观性较强,或是将指标的取值范围划分为具有明确边界的几个连续区间,而对区间的边界的界定相对困难。(2) 评价的研究对象多侧重于生态敏感地区,对大庆这类资源型城市关注较少。鉴于此,本研究运用中心点混合白化权函数的灰色聚类法,从土地利用的结构、功能、效益 3 方面选取 26 个指标对大庆市 2005—2014 年的土地利用系统健康水平进行研究。该方法以落在不同灰类的可比数据的平均值为评判标准,省去对各个等级边界取值的反复推敲,从而保证对评价标准的把握更为准确。大庆市目前处于经济转型的“攻坚期”,面临土地利用结构调整和改善生态环境的双重压力,正是土地利用系统变化剧烈的时期,对该区域进行研究可为资源型城市协调土地利用,推进社会经济稳定发展提供一定借鉴。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

大庆地处黑龙江省西南部,松嫩平原西部。现辖 5 区 4 县,是以石油、石化为支柱产业的工业型城市。2014 年大庆市国民生产总值 4 070.5 亿元,是 2005 年的 2.86 倍。在国务院 2013 年印发的《全国资源型

城市可持续发展规划(2013—2020 年)》中,大庆市被界定为成熟型资源型城市。然而,大庆油田自开发至今已 50 a 余,油田减产、油价下跌使当今的大庆面临经济转型,2005—2014 年,油与非油经济比由 69% 降至 44%。国家 2004 年确定哈大齐工业走廊建设决策,大庆区规划区占据哈大齐工业走廊总面积的 40%,需要投入大量建设用地。特殊的资源背景和频繁的经济活动为土地利用系统带来深刻复杂的变化。

1.2 数据来源

数据主要源于《黑龙江省统计年鉴(2006—2015 年)》《大庆市统计年鉴(2006—2015 年)》《中国国土资源年鉴(2006—2015 年)》《中国城市统计年鉴(2006—2015 年)》以及大庆各政府部门的统计资料,部分指标数据是经过原始数据计算所得。

2 研究方法

2.1 基于中心点混合白化权函数的灰色聚类法

中心点混合白化权函数的灰色聚类模型将指标当作一种模糊因子,以最属于某一灰类的值——中心点为该灰类的标准,通过计算评价对象关于中心点的隶属程度来判定该对象的优劣^[19]。该模型是刘思峰经端点三角白化权函数的灰色聚类模型→中心点三角白化权函数的灰色聚类模型→中心点混合白化权函数的灰色聚类模型逐步改进而来。中心点三角白化权函数灰色聚类模型克服了灰类交叉、同指标各灰类聚类系数和不等 1 等问题,中心点混合白化权函数灰色聚类模型为处于两端灰类的指标值定义上、下限测度白化权函数,免去将各指标取值区间左右延拓的困扰^[19-20],目前该模型趋于完善。

2.2 评价指标体系的构建

结合大庆市实际情况,依照数据可获取性和可比性等原则,参考蔡为民等^[9-11]学者的研究成果,从土地利用系统结构、功能和效益 3 方面选取 26 个指标构建土地利用系统健康评价指标体系(表 1)。

2.3 指标取值范围、转折点、中心点的确定

将各指标取值范围 $[a_j, b_j]$ 划分为 5 个灰类: I 健康、II 较健康、III 临界状态、IV 不健康、V 病态,确定各指标“病态”、“健康”灰类的转折点 λ_1, λ_5 和“不健康”、“临界状态”、“较健康”灰类中心点 $\lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$,取值范围、转折点、中心点的确定参考行业或国际标准、政府相关文件^[21]、全国、省域、资源型城市平均水平及大庆市本底值等,具体数值详见表 2。

表 1 大庆市土地利用系统健康评价指标体系

准则层	因素层	指标层	指标解释	权重
结构性指数	气候指数	X_1 降水量/mm	—	0.024 2
		$X_2 \geq 10$ °C 积温/°C	—	0.032 3
		X_3 日照时数/h	—	0.051 8
	土地利用结构指数	X_4 土地垦殖率/%	耕地面积/土地总面积	0.030 6
		X_5 土地利用度/%	(农用地面积+建设用地面积)/土地总面积	0.024 4
		X_6 建设用地比例/%	建设用地面积/土地总面积	0.040 8
功能性指数	活力指数	X_7 单位耕地农机总动力/(kw·hm ⁻²)	农机总动力/耕地面积	0.025 5
		X_8 肥料偏生产力/(kg·kg ⁻¹)	化肥使用量/粮食产量	0.043 2
		X_9 有效灌溉面积比/%	有效灌溉面积/耕地面积	0.027 9
		X_{10} 固定资产投资增长率/%	当年固定资产投资/前一年固定资产投资-1	0.024 4
	稳定性指数	X_{11} 人口密度/(人·km ⁻²)	总人口/土地总面积	0.046 7
		X_{12} 人均水资源量(m ³ /人)	水资源总量/总人口数	0.062 0
效益性指数	经济效益	X_{13} 人均耕地面积(hm ² /人)	耕地面积/总人口数	0.022 8
		X_{14} 粮食单产/(kg·hm ⁻²)	粮食产量/粮食播种面积	0.036 4
		X_{15} 地均 GDP/(万元·hm ⁻²)	GDP/土地总面积	0.043 2
		X_{16} 地均石油工业 GDP/(万元·hm ⁻²)	石油工业 GDP/土地总面积	0.031 1
		X_{17} 城市居民人均可支配收入/元	—	0.043 7
		X_{18} 农民人均纯收入/元	—	0.052 3
	社会效益	X_{19} 城镇化率/%	城镇人口/总人口	0.030 6
		X_{20} 农业从业人员比重/%	农业从业人员/三次产业从业人员总和	0.031 7
		X_{21} 人均道路面积(m ² /人)	—	0.082 1
		X_{22} 土地市场化程度/%	不同交易类型的土地面积加权求和 ^[18]	0.042 4
生态效益	X_{23} 水土流失治理率/%	水土流失治理面积/土地总面积	0.043 5	
	X_{24} 工业废水排放达标率/%	—	0.044 1	
	X_{25} 工业固体废弃物综合利用率/%	—	0.043 2	
	X_{26} 空气质量优良率/%	空气质量优良天数/总天数	0.019 1	

表 2 各指标取值范围及其转折点、中心点

指标	$[a_j, b_j]$	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	指标	$[a_j, b_j]$	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
X_1	[0,870]	185	360	435	515	600	X_{14}	[0,12 000]	1 000	3 000	5 000	6 000	10 000
X_2	[0,5 700]	1780	2350	2850	3345	3920	X_{15}	[0,40]	1	4	9	18	30
X_3	[0,5 300]	1645	2170	2630	3090	3615	X_{16}	[0,16]	1	3	7	11	13
X_4	[0,50]	7	12	20	30	40	X_{17}	[0,40 000]	6 000	12 000	20 000	30 000	35 500
X_5	[30,100]	56	70	80	90	96	X_{18}	[0,20 000]	2 800	6 000	10 000	13 000	16 000
X_6	[0,40]	25	14	10	5	2	X_{19}	[0,100]	20	35	45	60	70
X_7	[0,8]	1	2	3.2	4.5	6	X_{20}	[0,80]	60	45	35	25	10
X_8	[0,70]	10	25	35	45	57	X_{21}	[0,28]	6	9	13	17	20
X_9	[0,100]	12	25	40	53	70	X_{22}	[0,100]	12	24	40	58	75
X_{10}	[0,50]	36	27	21	15	5	X_{23}	[0,100]	5	15	25	45	70
X_{11}	[25,1 500]	1000	650	400	220	87	X_{24}	[0,100]	57	72	87	95	99
X_{12}	[0,3 000]	300	750	1350	1950	2450	X_{25}	[0,100]	40	50	77	85	98
X_{13}	[0,0.5]	0.03	0.08	0.15	0.21	0.26	X_{26}	[0,100]	80	83	88	92	99

3 结果与分析

将待评价对象输入中心点混合白化权函数的灰色聚类评价模型,以 2005 年降水量指标 X_1 为例,将 $X_1 = 571.1$ 代入公式(1)~(3),可得 X_1 对应灰度

1—5 的隶属度分别为 0,0,0,0.34,0.66,故 2005 年降水量指标 X_1 属 I 灰类。依次求取历年各指标健康水平(表 3)。将 2005 年各指标对应各灰类隶属度分别与相对应权重相乘,可得 2005 年土地利用系统对应灰度 1—5 的聚类系数综合隶属度分别为 0.183 4,

0.286 2, 0.184 0, 0.239 3, 0.107 1, 其中最大分量为 0.286 2。因此 2005 年大庆市土地利用系统健康处于Ⅳ灰类。按此方法求取土地利用系统结构、功能、效益和综合健康水平(表 4)。

表 3 大庆市 2005—2014 年土地利用系统健康单指标的健康等级

指标	不同年份健康等级									
	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
X ₁	I	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	I	I	Ⅱ
X ₂	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ
X ₃	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ
X ₄	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₅	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₆	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
X ₇	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₈	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₉	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₁₀	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	V	V	Ⅳ	Ⅳ	V
X ₁₁	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
X ₁₂	Ⅳ	Ⅳ	V	V	Ⅳ	V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ
X ₁₃	I	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₁₄	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	I	I	I
X ₁₅	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₁₆	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ
X ₁₇	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₁₈	V	V	V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ
X ₁₉	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
X ₂₀	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ
X ₂₁	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	I	I	I	I
X ₂₂	V	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ
X ₂₃	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₂₄	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	I	I	I	I	I
X ₂₅	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
X ₂₆	Ⅱ	I	I	I	Ⅱ	I	I	I	Ⅱ	I

(1) 综合来看,2005—2014 年大庆市土地利用系统健康的综合值灰色聚类系数最大分量分别为 0.355 8, 0.298 1, 0.323 8, 0.514 0, 0.413 5, 0.435 4, 0.384 2, 0.451 9, 0.520 7, 0.573 0。依据灰类的划分,2005—2006 年大庆市土地利用系统综合健康水平属“不健康”灰类,2007—2011 年处于临界状态,2012—2014 年属“较健康”灰类。土地利用系统健康水平在 10 a 间稳步提升,这主要源于大庆市 10 a 来加快实施产业结构调整,建立环境友好型城市取得积极成效。

(2) 从目标层来看,结构性指数经历 2011 年降至“临界状态”及 2014 年升至“较健康”状态两次变化,从单项指标来看,主要是由于建设用地比例(X₆)和降水量(X₁)的健康水平变化造成的。建设用地比例(X₆)在 2011 年降至临界状态,大庆市中心城区以及哈大齐工业走廊建设投入大量建设用地,而农村居民点用地布局松散,造成土地浪费。在气候指数中,

降水量(X₁)呈现出较明显波动,该指标在 2012 年后的增长对土地利用结构健康水平的增长起推动作用。功能性指数逐步由“不健康”状态提升为“较健康”状态。其中,单位耕地农机总动力(X₇)、肥料偏生产力(X₈)、有效灌溉面积比(X₉)对功能性指数等级提升贡献较大。2014 年大庆市农业机械总动力达 3.25×10^6 kW,大力推广的玉米膜下滴灌技术达到节水、提高肥料利用率的目的。与此同时,大庆市 2012 年起开始实施“节水增粮行动”计划,仅一年新建旱田高效率节水灌溉工程 2 519 处、灌溉 4.17×10^4 hm² 耕地,粮食收成多寡不再只“看天”。3 项农业类指标的改善表明土地的农作物产出能力增强。效益性指数在 10 a 年间经历了Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ这 3 个灰类,呈波动性增长态势,土地利用的社会、经济、生态效应均显著提升。大庆市致力于建设现代农业示范区,粮食产量、农民收入持续稳步增加。

城乡基础设施建设成效显著,综合道路交通运输

体系基本形成。积极节约资源能源,排放的污染物得以有效清理,生态环境不断改善。

(3) 大庆市 2014 年人均水资源量(X_{12})、地均石油工业产值(X_{16})健康水平仍未达到“较健康”水平。大庆市水源涵养能力不足,水资源供给严重依靠从外部引入嫩江以及开发区的地下水,用水安全无法保

障。地均石油工业产值(X_{16})出现下降趋势,说明石油产业不再对城市建设产生强势的带动作用。土地市场化水平(X_{22})的变化在 10 a 间并未呈现出明显的规律,但其健康水平大多低于“临界状态”。大庆市土地按需供应现象较为严重,且大多以协议方式出让,市场状态较为低迷。

表 4 大庆市 2005—2014 年土地利用系统综合隶属度及健康水平

年份	各灰类聚类系数					综合等级	结构指数等级	功能指数等级	效益指数等级
	I	II	III	IV	V				
2005	0.061 5	0.355 8	0.256 2	0.216 9	0.109 6	IV	II	IV	III
2006	0.047 3	0.298 1	0.296 5	0.293 5	0.064 6	IV	II	IV	IV
2007	0.068 8	0.200 4	0.323 8	0.312 8	0.094 2	III	II	IV	III
2008	0.042 3	0.073 1	0.514 0	0.286 0	0.084 6	III	II	III	III
2009	0.038 1	0.186 9	0.413 5	0.310 7	0.050 8	III	II	III	III
2010	0.072 7	0.084 6	0.435 4	0.269 5	0.137 8	III	III	III	III
2011	0.024 2	0.062 7	0.384 2	0.349 6	0.179 3	III	III	III	III
2012	0.000 0	0.080 2	0.238 5	0.451 9	0.229 4	II	III	II	III
2013	0.000 0	0.138 9	0.147 3	0.520 7	0.193 1	II	III	II	II
2014	0.038 5	0.000 0	0.183 9	0.570 3	0.207 3	II	II	II	II

4 结论

(1) 建设用地面积比例(X_6)、人均水资源量(X_{12})、地均石油工业产值(X_{16})、土地市场化程度(X_{22})成为大庆市土地利用系统健康水平提升的主要制约因素。未来几年,为提升土地利用系统的健康水平、积极应对经济结构的战略性调整,大庆市加快发展接替产业以弥补大庆石油工业产值疲软的情况下,应进一步挖掘建设用地利用潜力、积极整理农村宅基地;降低石油产业对土地资源的消耗,不断优化用地布局;加强供水工程建设并大量种植林木以涵养水源;不断深化改革土地市场、优化土地配置、鼓励多种土地出让方式。

(2) 混合中心点白化权函数的灰色聚类法通过识别指标对应各灰类的隶属程度而作出等级判定,该方法为土地利用系统健康评价提供新的评价标准,克服单指标评价与综合结果的不相容性,为土地利用系统健康评价提供新的研究思路。

(3) 目前通过划分区间来制定评价标准的方法较多,而选取代表各等级的标准值的研究相对较少,因此文中中心点、转折点选取的准确性有待进一步研究验证。

[参 考 文 献]

[1] 朱天明,杨桂山,苏伟忠,等.长三角地区城市土地集约利用与经济社会发展协调评价[J].资源科学,2009,31(7):1109-1116.

[2] 蔡为民,唐华俊,陈佑启,等.土地利用系统健康评价的框架与指标选择[J].中国人口·资源与环境,2004,14(1):31-35.

[3] 李灿,张凤荣,朱泰峰,等.基于熵权 TOPSIS 模型的土地利用绩效评价及关联分析[J].农业工程学报,2013,29(5):217-227.

[4] 黄辉玲,罗文斌,吴次芳,等.基于物元分析的土地生态安全评价[J].农业工程学报,2010,26(3):316-322.

[5] 王鹏,况福民,邓育武,等.基于主成分分析的衡阳市土地生态安全评价[J].经济地理,2015,35(1):168-172.

[6] Leopold A. Wilderness as a land laboratory [J]. Living Wilderness, 1941(7):3.

[7] 陈美球,刘桃菊.土地健康与土地资源可持续利用[J].中国人口·资源与环境,2003,13(4):64-67.

[8] 陈美球,黄靓,蔡海生,等.鄱阳湖区土地健康评价[J].自然资源学报,2004,19(2):170-175.

[9] 王玉芳.长株潭地区土地利用系统健康评价研究[D].湖南长沙:湖南师范大学,2006.

[10] 姚岚,吴次芳,吕添贵,等.基于三角模型的喀斯特地区土地利用系统健康评价[J].农业工程学报,2015,31(14):246-254.

[11] 郭杰,吴斌.土地利用系统健康评价[J].中国土地科学,2011,25(4):71-77,96.

[12] 张锐,郑华伟,刘友兆.基于压力—状态—响应模型与集对分析的土地利用系统健康评价[J].水土保持通报,2014,34(5):146-152.

[13] 郑华伟,张锐,刘友兆.基于物元分析的土地利用系统健康诊断[J].中国土地科学,2012,26(11):33-39.

在设计过程中高出路基大约 10 cm,即使是在较大降水量的情况下,依然排水顺畅,可有效解决排水不畅的问题。(6)生态水箱系统可根据半干旱区的气候和土壤情况,选择合适的树、草种,投入较小、适应性较强。

3 结论

生态水箱式道路雨洪资源蓄集利用系统根据半干旱区的气候特征、土壤特点、地形地貌特征,在原有城镇道路的基础之上,实现了公路雨水收集再利用和种植植物需水、供水的动态平衡,主要包括浮渣隔离装置、储水设施、防渗设施以及种植土和绿化植物等设施。在储水设施上设计浮渣隔离装置,能控制路面带来的树叶、垃圾、油类和悬浮固体等污染物,能有效提高收集雨水的水质,为绿化植物的生长提供优良的水源。储水设施采用 PP 塑料雨水收集模块为填充物,具有良好的抗压性能,可有效增长生态水箱系统的使用寿命,空隙率为 90%~95%,储水空间较大,可以充分的储存水源,为绿化植物的生长提供充足的水源,为后续生态水箱系统的“自由呼吸”提供基础。防渗设施采取双层土工布和防水膜的分层布设,可有效解决雨水由绿化带渗入而造成的路基损毁以及污染地下水的问题。种植土和绿化植物设施,采用 30 cm 的种植土厚度,有效保证了绿化植物和储水设施间的“自由呼吸”,保证了雨水资源的蓄集和供给的动态平衡,与此同时,选择适宜当地气候的绿化植物提

高植物的存活率和适应性。生态水箱系统具有“自由呼吸”的水资源蓄集、供给动态调整平衡功能、截污功能和高效集蓄路面优质雨水的功能,为控制雨水对土壤及地下水的污染、实现雨水的高效再利用提供了条件和新的方法,在低投入、低风险情况下,提高了半干旱区的水、土资源利用效益和对经济社会发展的支撑能力,为全面建设生态文明区域奠定了基础,为区域雨洪资源高效管理利用提供了新途径。

[参 考 文 献]

- [1] 张新燕,蔡焕杰. 雨水集蓄利用研究进展[J]. 干旱区资源与环境,2001,15(S1):87-90.
- [2] 王希,康璇,王秀茹,等. 雨水集蓄利用工程研究:以黄土岗雨水集蓄利用工程为例[J]. 湖南农业科学,2011(9):70-74.
- [3] 李勇,王超,朱亮,等. 雨水集蓄利用的环境效应及研究展望[J]. 水土保持研究,2002,9(4):18-20.
- [4] 厉晶晶. 雨水收集利用系统关键技术及工程示范研究[D]. 江苏镇江:江苏大学,2010:12-16.
- [5] 李鹏飞. 高速公路服务区雨水利用技术研究:以信阳高速公路服务区为研究实例[D]. 陕西西安:长安大学,2011:20-28.
- [6] 黄焕存. 高速公路循环水利用系统关键技术研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2012:21-24.
- [7] 侯俊丽. 高速公路中央绿化带智能微灌绿化技术研究:以保腾高速为例[D]. 重庆:重庆交通大学,2013:36-42.
- [8] 张和平,郑福焱,陈葵. 共青生态小区雨水资源化系统规划设计[J]. 环境科学与技术,2012,12(35):282-283.
- [14] 张悦,宋戈. 城市土地利用系统健康评价:以哈尔滨市为例[J]. 城市问题,2013(12):26-31.
- [15] 洪惠坤,廖和平,魏朝富,等. 基于改进 TOPSIS 方法的三峡库区生态敏感区土地利用系统健康评价[J]. 生态学报,2015,35(24):8016-8027.
- [16] 张小虎,赵素霞,郭增长,等. 煤炭资源枯竭型城市土地利用系统健康评价:以焦作市为例[J]. 农业现代化研究,2013,34(3):343-347.
- [17] 王菲. 基于物元分析法的农村土地健康评价[D]. 湖北武汉:华中农业大学,2012.
- [18] 许实,王庆日,谭永忠,等. 中国土地市场化程度的时空差异特征研究[J]. 中国土地科学,2012,26(12):27-34.
- [19] 刘思峰,方志耕,杨英杰. 两阶段灰色综合测度决策模型与三角白化权函数的改进[J]. 控制与决策,2014,29(7):1232-1238.
- [20] 刘思峰,谢乃明. 基于改进三角白化权函数的灰评估新方法[J]. 系统工程学报,2011,26(2):244-250.
- [21] 大庆市国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要[OL]. (2011-10-15) [2016-04-20]. <http://www.daqing.gov.cn/zfgw/szfwj/212058.shtml>.

(上接第 187 页)