

文章编号: 1004-4353(2014)04-0365-05

基于熵值法的延边地区城市生态文明建设 综合评价研究

郑小军^{1,2}, 张健^{1,2}, 朱卫红^{2,1}, 史敏^{1,2}, 张守志^{1*}

(1. 延边大学理学院 地理系, 吉林 延吉 133002;
2. 延边大学长白山生物资源与功能分子教育部重点实验室, 吉林 延吉 133002)

摘要: 通过层次分析法(AHP)构建了延边地区生态文明建设的评价指标体系,运用熵值法确定各指标权重并进行评价,结果显示:2001—2011年延边地区城市生态文明建设水平的综合指数呈逐年上升趋势,依次为0.297 9、0.289 4、0.317 2、0.366 5、0.348 4、0.446 3、0.426 9、0.428 0、0.579 0、0.652 6、0.713 5;8个城市的平均生态文明建设水平由高到低的顺序为延吉(0.460 7)、敦化(0.425 0)、图们(0.408 5)、汪清(0.406 4)、龙井(0.397 2)、和龙(0.379 1)、珲春(0.376 2)、安图(0.343 2),其中延吉、敦化、图们、汪清4个城市的生态文明建设水平较高.分析表明:影响延边地区生态文明建设水平变化的最大因素为生态环境友好层中的指标,最小因素为生态教育普及率指标.

关键词: 生态文明建设;熵值法;层次分析法;延边地区

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A

Valuation of the ecological civilization construction of Yanbain area based on entropy-right method

ZHENG Xiaojun^{1,2}, ZHANG Jian^{1,2}, ZHU Weihong^{2,1}, SHI Min^{1,2}, ZHANG Shouzhil^{1*}

(1. *Department of Geography, College of Sciences, Yanbian University, Yanji 133002, China;*
2. *Key Laboratory of Natural Resources of Changbai Mountain & Functional Molecules (Yanbian University), Ministry of Education, Yanji 133002, China)*

Abstract: Through set up an evaluation system of Yanbain area ecological civilization construction by the analytic hierarchy process, using the entropy-right method to determine the index weight and then take stock that attains the urban comprehensive index of ecological civilization construction level which shows an upward trends from 2001 to 2011 of Yanbain area: 0.297 9, 0.289 4, 0.317 2, 0.366 5, 0.348 4, 0.446 3, 0.426 9, 0.428 0, 0.579 0, 0.652 6, 0.713 5. The average ecological civilization construction level of eight citys is: Yanji (0.460 7), Duanhua (0.425 0), Tumen (0.408 5), Wangqing (0.406 4), Longjing (0.397 2), Helong (0.379 1), Hunchun (0.376 2), An'tu (0.343 2), ranked from high to low. Meanwhile, the level of ecological civilization construction in Yanji, Duanhua, Tumen, Wangqing was slightly higher than other four cities. According to the grading evaluation, the study explored the factors which influence the level of ecological civilization construction in Yanbian area and had came to the conclusion that factors included by the “eco-friendly” account stands for the dominant influence while the “eco-education” account for the minimum.

Key words: ecological civilization construction; entropy method; AHP; Yanbian area

收稿日期: 2014-09-26 * 通信作者: 张守志(1971—),男,副教授,研究方向为区域地理.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41361015);吉林省科技发展计划项目(20130206007SF);吉林省科技厅国际合作项目(20120740)

20 世纪 90 年代以来,面对经济迅速发展所造成的日益严重的人类生存环境问题,国内外学者在环境保护、可持续发展的研究基础上,提出了生态文明的概念^[1-2].近年来国内学者围绕生态文明特征与内涵^[3]、生态文明建设理论方法、生态文明与其他相关领域耦合关系^[4]、生态文明建设指标体系^[5]和生态文明建设水平综合评价等进行了多方面的研究.在生态文明建设指标体系和生态文明建设水平综合评价方面,刁尚东^[6]通过建立城市生态文明评价指标体系和评价模型,对广州市的生态文明状况进行了分析;张茜等^[7]采用熵权法确定指标权重,并运用协调度模型从时、空双维度实证评价了宁波市 10 年来的生态文明水平及其演化;马晓男^[8]从经济—社会—自然 3 个方面构建了延边地区城市生态系统健康评价指标体系,并运用熵值法确定指标权重评价了近 10 年来的延边地区城市生态系统健康状况及发展水平.本文运用层次分析法构建延边地区生态文明建设的评价指标体系,并运用熵值法确定指标权重进行评价,以探析延边地区生态文明建设水平变化的影响,为本地区的城市建设及规划提供科学依据.

1 研究区概括及数据源

1.1 研究区概况

延边朝鲜族自治州是我国朝鲜族主要聚居地,位于吉林省东部、中俄朝 3 国交界处,地理坐标在 41° 59′ 47″ ~ 44° 30′ 42″ N、127° 27′ 43″ ~ 131° 18′ 33″ E 之间.延边地区下辖 6 市 2 县,其中 5 个为边境县市^[9].由于城市是以非农业产业和非农业人口集聚形成的较大居民点(包括按国家行政建制设立的市、镇),因此本文主要选取延边地区 8 个城市作为本文的研究范围(图 1),其中:延吉市下辖 6 个街道、4 个镇,图们市下辖 3 个街道、4 个镇,珲春市下辖 4 个街道、4 个镇、3 个乡,敦化市下辖 4 个街道、11 个镇和 5 个乡,和龙市下辖 3 个街道、8 个镇,龙井市下辖 6 个镇、2 个乡,安图县下辖 7 个镇、2 个乡;汪清县下辖 8 个镇、1 个乡.

1.2 数据源

延边地区生态文明建设评价指标各年份属性值如表 1 所示.指标值数据来源分别为《延边朝鲜

族自治州统计年鉴》(2001—2011)、《延吉市统计年鉴》(2001—2011)、《延边朝鲜族自治州环境质量报告书》(2001—2011)、延边朝鲜族自治州教育局中小学教育统计资料(2001—2011)、延边朝鲜族自治州水利局统计资料(2001—2011).

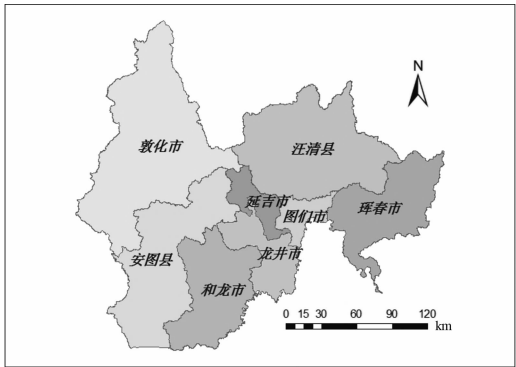


图 1 研究区范围

2 城市生态文明建设水平评价方法

2.1 熵值法

熵值法是一种客观的赋权方法,它通过计算指标的信息熵,根据指标的相对变化程度对系统整体的影响来决定指标的权重.对于某项指标,指标值间的差距越大,表明该指标在综合评价中所起的作用越大,反之则相反.由于该方法具有客观定量评价样本的优点,被广泛应用在统计学等各个领域,但由于所研究的问题日益复杂,传统的熵值法已经不能完全满足研究的需要,因此需要对其做相应调整^[10].

2.2 构建样本标准化矩阵

由于各评价指标的量纲不一,不能够直接按权重加和,故需要对指标属性值进行无量纲化处理.具体方法如下^[1,11]:

设 X 为城市生态文明水平系统对应于 m 个评价指标与 n 个城市的样本数据,利用 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 对 x_{ij} 进行归一化处理,得矩阵 $U = (u_{ij})_{m \times n}$, $u_{ij} \in [0, 1]$, 即“决策矩阵”.通常,评价指标分为“正指标”和“逆指标”两类,其中“正指标”的属性值越大越好,“逆指标”的属性值越小越好.两类指标的无量纲化处理方法为:令

$$y_{ij} = (x_{ij} - \min x_j) / (\max x_j - \min x_j), \quad 1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m; \tag{1}$$

$$y_{ij} = (\max x_j - x_{ij}) / (\max x_j - \min x_j),$$
$$1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m, \tag{2}$$

其中 $\max x_j$ 和 $\min x_j$ 分别是第 j 个指标评价年份的最大值和最小值. 在此基础上, 对 y_{ij} 进行标准化处理.

2.3 指标权重的确定

首先, 计算 P_{ij} ($P_{ij} = u_{ij} / \sum_{i=1}^n u_j$), 即第 j 项指标下第 i 个样本指标的比重; 其次, 计算 e_j ($e_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}$, $k = 1/\ln n$), 即 j 项指标的熵值. 然后, 计算指标的信息效用值 d_j ($d_j = 1 - e_j$), d_j 越大, 该指标的价值越大, 对评价越有利, 因此其权重也就越大. 第 j 项指标的权重 $w_j = d_j / \sum_{j=1}^m d_j$.

2.4 样本的综合评价

首先, 计算第 i 个年份第 j 项指标的评价值 ($Z_{ij} = \sum_{j=1}^m w_j \cdot u_{ij}$); 其次, 计算每年的综合评价指

标 ($Z_i = \sum_{j=1}^m z_{ij}$). 显然, Z_i 越大, 代表第 i 个年份的城市生态文明水平越高, 反之则越低.

3 生态文明建设评价指标体系的构建

评价指标体系的构建既要包含直接反映城市生态文明状态的基本指标, 又要包含对本区域城市生态文明特征分析总结而得出的综合指标, 指标同时应该具有时间和空间的动态变化特征, 能显示变量间的相互关系^[11-12]. 依据上述原则, 将延边地区城市生态文明评价指标体系设计为“目标—准则—指标”3 个层次的框架结构, 其中第 1 层次为城市生态文明评价目标层, 第 2 层次为准则层, 第 3 层次为具体评价指标层, 共 34 个指标 (表 1). 运用层次分析法 (AHP) 从社会经济和谐、社会和谐稳定有序、生态文明理念发展普及率和生态环境友好 4 个方面设计具体评价指标.

表 1 延边地区城市生态文明建设评价指标体系及各指标权重

A 一级指标 (目标层)	B 二级指标 (准则层)	C 三级指标 (指标层)	单位	指标 性质	归一化限值		综合 权重
					最小值	最大值	
延边地区生态文明建设综合评价指标体系 A	社会经济和谐 B ₁ (0.175 3)	人均 GDP (C ₁)	元/人	+	6 407.00	29 802.00	0.035 3
		GDP 平均增长率 (C ₂)	%	+	7.09	19.05	0.017 1
		固定资产投资 (C ₃)	万元	+	486 389.00	7 398 191.00	0.044 9
		第三产业占 GDP 比重 (C ₄)	%	+	40.76	50.46	0.013 6
		在岗职工平均工资 (C ₅)	元	+	8 088.00	27 465.00	0.031 6
		旅游收入占 GDP 比重 (C ₆)	%	+	2.44	11.93	0.032 8
	社会和谐稳定有序 B ₂ (0.253 3)	人口密度 (C ₇)	人/km ²	—	1 562.88	2 794.38	0.029 0
		人口自然增长率 (C ₈)	‰	—	−1.50	3.60	0.033 4
		城镇登记失业率 (C ₉)	%	—	3.70	4.80	0.033 6
		恩格尔系数 (C ₁₀)	%	—	31.24	34.44	0.041 0
		城市化水平 (C ₁₁)	%	+	46.66	49.70	0.019 2
		城市气化率 (C ₁₂)	%	+	75.48	91.20	0.015 1
		人均道路面积 (C ₁₃)	m ²	+	6.54	9.11	0.013 5
		人均居住面积 (C ₁₄)	m ²	+	9.43	18.34	0.0187
		万人拥有病床数 (C ₁₅)	张	+	36.00	45.00	0.035 1
		万人拥有公交车数量 (C ₁₆)	辆	+	4.10	5.80	0.014 6
	生态文明理念发展普及率 B ₃ (0.143 2)	学龄儿童入学率 (C ₁₇)	%	+	99.10	100.00	0.008 2
		生态文明教育普及率 (C ₁₈)	%	+	31.00	71.38	0.026 6
		人均邮电业务总量 (C ₁₉)	元	+	340.13	698.13	0.021 0
		高等教育入学率 (C ₂₀)	%	+	63.45	84.38	0.019 0
		电视综合人口覆盖率 (C ₂₁)	%	+	97.10	99.69	0.068 5

表 1(续)

A 一级指标 (目标层)	B 二级指标 (准则层)	C 三级指标 (指标层)	单位	指标 性质	归一化限值		综合 权重
					最小值	最大值	
延边地区生态文明建设综合评价指标体系 A	生态环境友好 B ₁ (0.428 2)	年降水量(C ₂₂)	mm	+	346.25	674.50	0.012 7
		森林覆盖率(C ₂₃)	%	+	75.48	79.21	0.018 8
		人均公共绿地面积(C ₂₄)	m ²	+	5.70	18.63	0.057 6
		建成区绿地覆盖率(C ₂₅)	%	+	18.48	40.57	0.030 3
		人均耕地面积(C ₂₆)	亩	+	1.50	4.61	0.061 0
		工业废水排放达标率(C ₂₇)	%	+	82.75	98.06	0.029 9
		工业固体废物综合利用率(C ₂₈)	%	+	31.65	46.89	0.013 6
		城市生活垃圾无害化处理率(C ₂₉)	%	+	90.11	96.72	0.014 6
		降水 pH 值年均值(C ₃₀)	%	+	6.08	6.67	0.026 7
		每公顷耕地化肥施用量(C ₃₁)	t	—	0.41	0.47	0.040 1
		主要污染物 SO ₂ 排放强度(C ₃₂)	kg/万元	—	2.12	2.65	0.046 3
		酸雨频率(C ₃₃)	%	—	11.78	18.04	0.034 8
		区域噪声环境质量(C ₃₄)	分贝	—	51.53	53.15	0.041 8

4 延边地区生态文明建设综合水平评价

4.1 延边地区城市生态文明建设综合水平评价与分析

按照延边地区生态文明建设评价方法,首先分别求出延边地区每个评价指标的权重,然后分别计算出各指标、准则层和目标层的得分(见表 1),最后通过求得综合评价值得到延边地区城市生态文明建设水平和各二级指标水平变化趋势(见图 2).对 34 个指标进行计算得到平均权重为 0.029 4.从表 1 可知,权重大于均值的指标有 17 个,主要分布在 B₁、B₂、B₄ 二级准则层的 16 个指标中,说明它们是影响延边地区城市生态文明建设的主要因素.

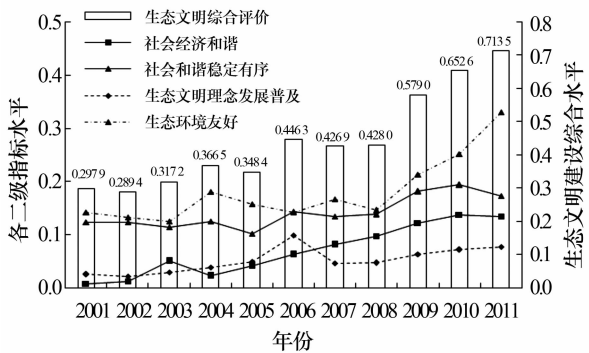


图 2 延边地区城市生态文明建设水平和各二级指标水平变化趋势

为了更明确地评价延边地区生态文明建设水平,参照文献[11]和[13],建立分级评价标准,其

分值在 0~1 分之间,分值越高表示生态文明建设水平越高.以 0.6 分为基本标准,低于 0.6 分表示还处于生态文明建设的准备阶段,0.6 分以上表示已经进入生态文明建设阶段,其中 0.6~0.8 分表示生态文明建设处于初级阶段,0.8~0.9 分表示生态文明建设处于中级阶段,0.9~1.0 分表示生态文明建设处于高级阶段^[3].

在 4 个评价指标中,生态环境友好层中的指标影响最大(见图 2),其中:人均公共绿地面积 C₂₄、人均耕地面积 C₂₆、每公顷耕地化肥施用量 C₃₁、主要污染物 SO₂ 排放强度 C₃₂ 和区域噪声环境质量 C₃₄ 的指标影响最大,其权重值分别为 0.057 6、0.061 0、0.040 1、0.046 3 和 0.041 8;其次的指标为酸雨频率 C₃₃、建成区绿地覆盖率 C₂₅、工业废水排放达标率 C₂₇、降水 pH 值年均值 C₃₀,其权重值在 0.026 7~0.034 8 之间;影响较小的指标为年降水量 C₂₂、森林覆盖率 C₂₃、工业固体废物综合利用率 C₂₈、城市生活垃圾无害化处理 C₂₉,其权重值分别为 0.012 7、0.018 8、0.013 6、0.014 6,权重值较小的原因是因为年降水量、城市生活垃圾无害化处理率等指标是间接性的指标,其影响力需要通过一段时间才能体现出来.

在 4 个评价指标中,社会和谐稳定指标的影响力为第二(见图 2),其中:人口自然增长率 C₈ (0.033 4)、恩格尔系数 C₁₀ (0.041 0)、城镇登记失业率 C₉ (0.033 6) 这些逆指标表明延边地区生态

文明建设程度低于国内发达城市;万人拥有病床数 C_{15} 的权重为 0.035 1,它表明延边地区医疗卫生水平较高.

在 4 个评价指标中,社会经济和谐指标的影响力为第三(见图 2),其中:经济综合实力指标权重较大,影响也相对较大.固定资产投资 C_3 、人均 GDP C_1 、在岗职工平均工资 C_5 、旅游收入占 GDP 比重 C_6 的权重值分别为 0.044 9、0.035 3、0.031 6、0.032 8,这些指标对城市经济发展和文明水平提升提供了物质保障.

在 4 个评价指标中,生态教育普及率指标的影响力为第四(见图 2),其中:反映数字视频宣传力度的电视综合人口覆盖率 C_{21} 权重为 0.068 5,其余都低于平均值.这说明延边地区在生态文明宣传教育工作力度还较弱,有待提高.

以上评价结果表明,延边地区在 2001—2011 年间生态文明建设水平虽呈现上升趋势,但总体

建设水平仍较低.从分级评价标准来看,延边地区的生态文明建设在 2010 年前处于准备阶段(2009 年评价指数值为 0.579 0),2010 年后(2010 年评价指数为 0.652 6)进入初级建设阶段.

4.2 延边地区 8 个城市生态文明建设的对比分析

根据上述研究方法,分别计算延边地区 8 个城市 2001—2011 年各年的城市生态文明建设水平和 8 个城市的平均生态文明建设水平,结果见表 2.由表 2 可知,8 个城市的生态文明建设水平在 2001—2011 年间呈逐年上升趋势,其中延吉、敦化、图们、汪清 4 个城市的生态文明水平指标都大于 0.4,说明其生态文明建设速度相对较快.龙井、和龙、珲春、安图 4 个城市的生态文明水平指标较低与这 4 个城市的社会经济和谐、社会和谐稳定有序、生态文明理念发展普及率和生态环境友好 4 个准则层的权重较低有关.

表 2 延边地区 8 个县市 2001—2011 年城市生态文明建设程度

年份	城市生态文明建设程度							
	延吉	敦化	珲春	图们	和龙	龙井	汪清	安图
2001	0.181 0	0.329 6	0.379 8	0.292 9	0.240 2	0.242 7	0.335 9	0.268 5
2002	0.224 7	0.236 0	0.411 3	0.235 9	0.257 0	0.254 6	0.371 1	0.259 7
2003	0.260 6	0.229 7	0.388 6	0.255 3	0.265 4	0.272 4	0.355 1	0.297 8
2004	0.261 9	0.365 1	0.315 2	0.265 2	0.340 4	0.373 8	0.378 7	0.208 1
2005	0.327 2	0.484 6	0.303 6	0.301 3	0.367 7	0.433 8	0.413 8	0.201 7
2006	0.501 2	0.369 7	0.326 9	0.304 3	0.421 6	0.363 4	0.412 8	0.322 9
2007	0.557 6	0.402 8	0.317 3	0.315 3	0.385 6	0.329 7	0.479 5	0.308 8
2008	0.584 3	0.493 1	0.350 0	0.397 5	0.427 6	0.468 8	0.311 5	0.417 4
2009	0.676 5	0.569 3	0.327 6	0.666 3	0.465 4	0.536 9	0.393 0	0.446 7
2010	0.758 6	0.582 4	0.450 4	0.733 5	0.425 7	0.551 1	0.497 0	0.490 7
2011	0.734 3	0.613 0	0.567 2	0.725 9	0.573 9	0.541 8	0.522 0	0.552 7
平均值	0.460 7	0.425 0	0.376 2	0.408 5	0.379 1	0.397 2	0.406 4	0.343 2
排名	1	2	7	3	6	5	4	8

5 结论

本文通过构建延边地区生态文明建设的评价指标体系,以社会经济和谐、社会和谐稳定有序、生态文明理念发展普及率和生态环境友好 4 个准则层和 34 项具体指标,运用熵值法确定指标权重并进行评价,得出了 2001—2011 年延边地区城市生态文明建设水平的综合指数,并对延边地区 8 个城市的生态文明建设水平进行了对比.本文评

价结果与延边地区城市生态文明建设的实际情况基本一致,因此本文的评价方法具有一定的合理性和可行性.但由于城市生态系统是一个非常复杂的系统,仅仅依靠层次分析法和熵值法不可能尽善尽美地加以描述,因此还需要建立和完善更加合理的评价体系,从多层次、多角度对城市生态文明建设进行综合研究.

(下转第 374 页)

4 结束语

本文针对基本蚁群算法、贪心算法的不足,提出将蚁群算法与 2-OPT 算法相结合的融合算法. 路径优化实验结果表明,本文提出的算法在模具顶针板加工路径规划上,可有效地缩短走刀路径,降低顶针板数控加工时间,节约加工成本.

参考文献:

[1] 周鲲,邵华. 基于 Hopfield 算法的孔群加工路径规划[J]. 模具技术,2003,21(1):48-50.
[2] 潘海鸿,刘晓琳,廖小平,等. 钣金激光切割加工 CAD/CAM 软件的孔群加工路径算法[J]. 组合机床与自动化加工技术,2013(11):110-118.
[3] 陈琳,刘晓琳,潘海鸿,等. 孔群分类加工的优化算法[J]. 制造业自动化,2013,39(9):45-49.
[4] 曲晶,肖世德,熊鹰. 基于蚁群算法的 PCB 孔加工路径优化[J]. 机电工程,2007,40(10):48-51.
[5] Dorigo M, Birattari M, Stutzle T. Ant colony optimization: artificial ants as a computational intelligence technique[J]. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2006,1(4):28-39.
[6] 张军,钟竞辉. 算法分析与设计[M]. 北京:清华大学出版社,2011:177-185.
[7] 孙业荣,姚斌,张春雨. 基于 TSP 和塑料模具顶针板孔群加工路径优化问题的研究[J]. 机械设计与制造,2010,10:241-243.

(上接第 369 页)

参考文献:

[1] 侯鹰,李波,郝利霞. 北京市生态文明建设评价研究[J]. 生态经济(版),2012(1):436-460.
[2] 王如松,胡聃,弘扬生态文明、深化学科建设[J]. 生态学报,2009,29(3):1055-1067.
[3] 周传斌,戴欣,王如松. 城市生态社区的评价指标体系及建设策略[J]. 现代城市研究,2010,25(12):11-15.
[4] 廖海伟,林震,肖轲. 我国生态文明城市指标体系的比较研究[J]. 全国商情(理论研究),2010(12):8-9.
[5] 王贯中,王惠中,吴云波,等. 生态文明城市建设指标体系构建的研究[J]. 污染防治技术,2010,23(1):55-59.
[6] 刁尚东. 我国特大城市生态文明评价指标体系研究:以广州市为例[D]. 武汉:中国地质大学,2013.
[7] 张茜,王益澄,马仁锋. 基于熵权法与协调度模型的宁波市生态文明评价[J]. 宁波大学学报:理工版,2014,27(3):113-118.
[8] 马晓男. 延边州城市生态系统健康评价研究[D]. 延吉:延边大学,2013.
[9] 孙德福,李静,张平宇,等. 延边州城镇化空间结构差异研究[J]. 城市发展研究,2011,11(1):103-108.
[10] 何天祥. 企业管理结构复杂度评价的新方法:熵正交投影法[J]. 系统工程理论与实践,2005(4):115-119.
[11] 何天祥,廖杰,魏晓. 城市生态文明综合评价指标体系的构建[J]. 经济地理,2011,31(11):1897-1900.
[12] 白杨,黄宇驰,王敏,等. 我国生态文明建设及其评估体系研究进展[J]. 生态学报,2012,31(20):6295-6304.
[13] 马道明. 生态文明城市构建路径与评价体系研究[J]. 城市可持续展,2009,16(10):80-85.
[14] 王桂忠. 对生态旅游发展与生态文化发掘的认识[J]. 河北林果研究,2008,23(4):453-456.