浙 江 农 林 大 学 学 报，2016，**33**(4)：599–604
Journal of Zhejiang A & F University
doi:10.11833/j.issn.2095-0756.2016.04.007

山西省太岳山景观生态质量评价

张燕如，梁丽壮，牛树奎，韩海荣

（北京林业大学 林学院，北京 100083）

摘要：山西太岳山现有森林资源是保护区域环境的重要屏障。根据太岳林区基本概况选取了自然性、稳定性、干扰性、多样性、代表性、面积适宜性、稀有性等 7 项指标，并将每一个指标分为 4 个等级，建立了 2 个层次水平上的评价指标体系，运用层次分析法确定各指标权重，经计算得到研究区的综合评价指数，从而确定其质量等级。结果表明：对研究区生态质量起相对重要作用的指标是自然性(0.230 8)。综合评价得到综合评价指数 *S* 为 0.90，表明研究区目前的景观质量很好，质量等级为 Ⅰ 级，说明研究区具有很高的保护和研究价值。根据评价结果提出关于研究区后续实施规划的建议。图 1 表 5 参 14

关键词：景观生态学；生态质量评价；综合评价指数；层次分析法；太岳山

中图分类号：S718.5　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**2095-0756(2016)04-0599-06

Ecological landscape quality of Taiyue Mountain in Shanxi

ZHANG Yanru, LIANG Lizhuang, NIU Shukui, HAN Hairong

(College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: To improve the ecological environment of Taiyue Mountain and develop forest resources to protect the regional environment, this study was conducted based on a profile of the Taiyue area with seven indexes being selected —naturalness, stability, disturbance, diversity, representativeness, area suitability, rarity, and with each index having four levels. Next, a system of evaluation was established on two levels by using the analytic hierarchy process to determine the weight of each index. Then a comprehensive index of the study area was calculated to determine a quality level. Results showed that the index of relative importance of ecological quality area is naturalness. The comprehensive evaluation of 0.90 meant that the current landscape for the study area was high with a Quality Level I and high conservation and research value. Thus, planning recommendations were suggested in the article to help subsequent planning in the study area and to achieve sustainable development. [Ch, 1 fig. 5 tab. 14 ref.]

Key words: landscape ecology; ecological quality evaluation; evaluation index; analytic hierarchy process; Taiyue Mountain

森林景观评价是随着森林旅游业的不断发展而形成的，是森林旅游业不断繁荣的物质根基。森林景观的好坏直接影响着森林旅游业的发展。对森林进行景观质量评价，一方面可以了解森林景观目前的质量状况，另一方面，按时段对森林景观进行质量评价，可以了解到不同时段的森林景观动态变化，从中可以了解到对森林以往的经营状况，提出相对应的调整措施[1]。目前，中国的景观生态质量评价主要集中在生态环境方面的评价、社会经济方面的评价和保护区管理方面的评价这 3 个部分[2–13]，其中以生态环境方面的评价最为主要。景观生态环境评价，可以有效地了解到研究区目前的森林经营状况和保护效果，同时也可以对研究区未来自然环境变化有很好预测作用，对研究区实现可持续发展具有重要作用意

收稿日期：2015-09-17；修回日期：2015-11-21

基金项目：国家林业公益性行业科研专项(20140423)

作者简介：张燕如，从事景观格局等研究。E-mail：1184181781@qq.com。通信作者：牛树奎，教授，博士，从事林火生态和景观生态等研究。E-mail: shukuiniu@l63.com

义[7]。本研究对山西省太岳山景观质量进行了评价，期望为后续进一步实施保护计划提供一定参考。

1 研究区基本概况

太岳林区(36°18′~37°05′N，111°45′~112°33′E)是山西省省直九大林区之一，位于山西省中南部，属太行山系，海拔最高为 2 566.6 m，最低处位于兴唐寺林场，海拔不足 598.0 m。温带半干旱大陆性季风气候，年平均气温 8.0 ℃，≥10 ℃以上的年积温为 2 500.0~3 000.0 ℃，年均降水量约为 650.0 mm，7–9 月降水量占全年的 70%以上，相对湿度 60%~65%，年均日照时数 2 500~2 700 h，无霜期 100~150 d。主要自然灾害有：旱灾、水灾、火灾、林木病虫害等。林地土壤多为褐土和棕壤，局部有亚高山草甸土。生态公益林以油松 *Pinus tabulaeformis* 和栎类为主，东山地区油松占优势，西山地区以栎类为主的阔叶林占优势。主要针叶树种有油松，落叶松 *Larix gmelinii*，杜松 *Juniperus rigida*，侧柏 *Platycladus orientalis*，白皮松 *Pinus bungeana* 等，主要阔叶树种有辽东栎 *Quercus wutaishanica*，山杨 *Populus davidiana*，白桦 *Betula platyphylla*，五角枫 *Acer mono*，漆树 *Toxicodendron vernicifluum*，椴树 *Tilia tuan* 和水曲柳 *Fraxinus mandschurica* 等；灌木以沙棘 *Fraxinus mandschurica*，丁香 *Syringa oblata*，胡枝子 *Lespedeza bicolor*，黄刺玫 *Rosa xanthina*，虎榛子 *Ostryopsis davidiana* 和荆条 *Vitex negundo* var. *heterophylla* 为主；草类多为禾本科 Gramineae 植物。

2 评价方法

2.1 评价指标的选择

山西太岳山具有自然保护区性质，保护、培育好森林资源，保证资源安全，是其首要任务。因此，结合太岳山现状，根据自然保护区生态质量评价的准则以及指标体系确立的要求，确定了一套较为完整的生态评价指标体系[14](表 1)。表 1 中“代表性”是指研究区的主要物种是否具有代表性，面积越大，分布越广，其代表性越强；“稳定性”是指主要物种对生存环境的要求，对周边环境的适应能力；“干扰性”是指人类活动对研究区环境造成的危害状况和影响程度；“多样性”是指研究区内生物种类、数量的多少，物种越多，研究区生境越是复杂，生物多样性越高，其保护价值就越大；“自然性”是指人类对自然环境的干扰程度，自然性是森林生态系统的基本属性，主要以研究区生态系统破坏程度为主要评价依据；“面积适宜性”是指研究区主要物种生存所需的最适宜环境面积大小，一般而言，不同的物种所需的最适宜环境面积也有所差异，针对本研究来讲，则主要注重其是否达到最小面积，以期维持保护生态系统的稳定。

2.2 评价方法的确定

该研究主要采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)和景观综合评价指数相结合的方法来评价研究区景观生态质量的好坏。利用层次分析法来确定评价指标的权重大小，用综合评价指数确定研究区的质量等级。层次分析法的优点是能将复杂的问题通过深入分析简易化，从而变得简便易行，而且也是迄今为止引用最早、最广泛的一种决策方法[7,9]。

2.2.1 *确定评价因子及建立层次结构* 本研究评价的决策目标层是研究区的景观生态质量，方案层是表 1 所选择的 7 个指标，分别为自然性、稳定性、干扰性、多样性、代表性和面积适宜性。

2.2.2 *建立判断矩阵* 通过两两比较的方法针对上个层次中的某个因素，确定本层次中的相关因素相对重要性，即相对权重。为确保评价的科学性，特请 10 位从事相关研究的专家和学者进行讨论和评分。经过专家和学者的评分结果，构建了判断矩阵(表 2)。通过采用 Yaahp 层次分析法软件求得判断矩阵的最大特征根 λ_{max}=7.000 0，一致性指标 $I_c=(\lambda_{max}-n)/(n-1)=0$，以及各指标的相对权重 W_i(表 2)。判断 1 个 2 阶以上的矩阵是否具有令人满意的一致性，则需要通过随机一致性比例 R_C 来确定。当 $R_C<0.10$ 时，则认为该矩阵具有满意的一致性，反之当 $R_C\geqslant0.10$ 时，则需要调整矩阵。随机一致性比例 $R_C=I_C/I_R$，经查表得到平均随机一致性指标 I_R=1.32，计算得到 R_C=0/1.32=0<0.10，则说明该矩阵具有令人满意的一致性。

表 1　山西太岳山评价指标及其等级划分与赋值标准

Table 1　Grades and values of the assessing index used in evaluating Taiyue Mountain

评价指标	等级	分值
自然性	1. 尚未受到人类的破坏和侵扰，生态环境维持原始状态。	7
	2. 受到微弱的干扰和损坏，但生物群落与其环境组成的生态系统并无明显的结构变化。	5
	3. 自然环境遭受较为严重的破坏，生态系统结构发生了明显变化。	3
	4. 自然生态环境遭到全面破坏，生态系统发生巨大变化，由自然状态变为人工。	1
稳定性	1. 重要的物种无需特殊的生活环境，生存和繁殖能力特别强。	7
	2. 重要的物种对生活环境没有特别要求，生存和繁殖能力较为一般。	5
	3. 重要的物种生存技能较差，生存和繁殖需要一定的生境。	3
	4. 重要的物种适应性非常差，生存和繁殖能力低下，需要特化的生存环境。	1
干扰性	1. 很少受到人类干扰活动，很少开采研究区内的自然资源，对研究区森林环境未造成危害。	7
	2. 受到轻微的人类干扰活动，开采资源力度较为适中，对自然环境造成一定的威胁。	5
	3. 受到较为严重的人类干扰活动，过度开采自然资源，对自然环境造成较大的危害。	3
	4. 遭受严重的人类干扰活动，十分过度的开采自然资源，对环境形成巨大的威胁。	1
多样性	1. 研究区物种类型极其丰富，高等植物种类高达 2000 种以上；其生态系统的结构和功能极为复杂。	7
	2. 研究区物种类型较为丰富，高等植物种类为 1 000~1 999 种；其生态系统结构和功能较为复杂。	5
	3. 研究区物种类型一般，高等植物种类为 500~999 种；其生态系统结构和功能一般。	3
	4. 研究区物种类型较少，高等植物种类小于 500 种；其生态系统结构和功能简单。	1
代表性	1. 主要景观类型在植被区域里具有非常重要的代表意义。	7
	2. 主要景观类型在植被区域里具有一定的代表意义。	5
	3. 主要景观类型在植被区域里的代表意义一般。	3
	4. 主要景观类型在植被区域里不具有代表意义。	1
面积适宜性	1. 有效面积的大小适宜，足够维持生态系统的基本结构和基本功能，能够有效地保护所有对象。	7
	2. 有效面积的大小较为适宜，基本上能够维持生态系统的结构和功能，有效保护主要对象。	5
	3. 有效面积的大小不太适宜，不容易维持生态系统的基本结构和功能，不够有效地保护目标物种。	3
	4. 有效面积的大小不适宜，不能维持生态系统的基本结构和功能，不能有效的保护物种。	1
稀有性	1. 全球范围内重要的生境；有全球性濒危物种。	7
	2. 国家地理区域内重要的生境；有Ⅰ类和Ⅱ类国家重点保护动物或植物。	5
	3. 省或市范围内重要的生境；有Ⅱ类和Ⅲ类国家重点保护动物。	3
	4. 区域范围内重要的生境；有区域珍惜物种。	1

表 2　太岳山景观生态质量评价指标的权重

Table 2　Weighting the index of landscape ecological quality in Taiyue Mountain

评价指标	自然性	稳定性	干扰性	多样性	代表性	面积适宜性	稀有性	权重 W_i
自然性	1	3	1	1	3	3	3	0.230 8
稳定性	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	0.076 9
干扰性	1	3	1	1	3	3	3	0.230 8
多样性	1	3	1	1	3	3	3	0.230 8
代表性	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	0.076 9
面积适宜性	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	0.076 9
稀有性	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	0.076 9

3　结果与分析

3.1　单项指标评价结果

根据上述评价指标和方法，得出了研究区各项评价指标结果(表 3)。

3.1.1　*自然性和干扰性*　研究区整个森林资源按照面积和龄组分布，以中林龄为主(图 1)。其中，中林

表 3 各指标赋值结果

Table 3 Results of each index assignment

自然性	稳定性	干扰性	多样性	代表性	面积适宜性	稀有性
3	5	3	3	5	5	5

龄的森林面积占 32%。整个研究区的森林资源中过熟林的面积仅占 8%，而其他林龄的森林资源总计占 92%。由此可以看出：研究区的森林资源目前基本趋势是处于生长状态，说明研究区曾遭到过强烈的外界干扰，故自然性赋值为 3 分。另外，研究区虽进行封山育林，但周边仍有许多村落，存在一定的人为干扰，村民的放牧和开荒造田都对研究区造成一定的威胁，故人类干扰赋值为 3 分。

3.1.2 稳定性和面积适宜性 太岳林区总经营面积 1.43×10^5 hm^2，其中林业用地面积为 1.43×10^5 hm^2（表4），活立木蓄积总计 6.49×10^6 m^3，森林覆盖率为 79%。有效面积的大小较为适宜，基本上能够维持生态系统的结构和功能，有效保护主要对象。所以，稳定性赋值 5 分，面积适宜性赋值 5 分。

3.1.3 多样性 研究区内灵空山自然保护区有种子植物 95 科 407 属 816 种；蕨类植物 14 科 19 属 32 种。所以，其多样性指标赋值为 3 分。

3.1.4 稀有性 研究区内任保留着许多古树名木，如古树中有油松之王‘九杆旗’，名木中有‘红岩松’等，这些古树不仅树龄古稀，生长高大。野生动物有 215 种，鸟类 164 种，哺乳类 34 种，属于国家一级保护动物有金钱豹 *Panthera pardu*，二级稀有珍贵动物褐马鸡 *Crossoptilon mantchuricum*，黑鹳 *Ciconia nigra*，大鸨 *Otis tarda*。二类保护动物有林麝 *Moschus berezovskii*，猫头鹰 *Asio otus*，苍鹭 *Ardea cinerea*，鸳鸯 *Aix galericulata*。三类保护动物有黑熊 *Ursus thibetanus*，岩羊 *Pseudois nayaur* 等，故赋值为 5 分。

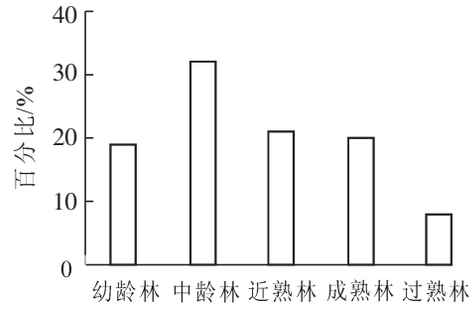

图 1 有林地中各林龄所占面积百分比

Figure 1 Area proportion occupied by each forest age in forest land

表 4 林业用地中各地类的所占面积

Table 4 Area occupied around the class in forest land

林业用地类型	面积/hm^2	比例/%
有林地	115 000	79.43
疏林地	7 500	5.20
灌木林地	15 400	10.63
未成林地	2 100	1.47
无林地	900	0.60
宜林地	1 600	1.10
圃地	300	0.02
其他地类	20	0.00
合计	142 820	1.00

3.1.5 代表性 研究区有林地的主要树种分布比较集中，各树种面积分布情况是：油松面积为 4.4×10^4 hm^2；辽东栎、落叶松、白桦面积分别为 3.31×10^4 hm^2，1.43×10^4 hm^2，0.48×10^4 hm^2；侧柏面积 0.99×10^4 hm^2，在全局范围内均有分布，其他树种如硬阔类、山杨等面积为 0.59×10^4 hm^2。其中，油松和辽东栎占绝大部分，具有一定的区域代表性，故赋值为 5 分。

3.2 综合评价结果

研究区景观生态质量的等级是通过综合评价指数这一方法实现的。其计算公式为：

$$S=\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{n}I_iW_i。$$

其中：n 为评价指标个数；I_i 是 i 类指标在生态质量评价中所得分值；W_i 是 i 指标的相对权重。S 为景观类型的综合评价指数。

根据上述各指标的得分和相对权重，计算得到研究区的综合评价指数：

$$S=\frac{1}{4}(3\times0.230\ 8+5\times0.076\ 9+3\times0.230\ 8+3\times0.230\ 8+5\times0.076\ 9+5\times0.076\ 9+5\times0.076\ 9)=0.90。$$

研究区保护目标的综合评价指数越大，其所代表的景观生态质量越好，保护价值越高。根据国庆喜等[4]评判各自然保护区的生态质量等级（表 5），得出研究区的生态质量等级为 Ⅰ 级，表明目前研究区的景观生态质量很好。

4　结论与讨论

本研究运用层次分析法对太岳山的景观生态质量进行了评价。综合评价结果表明：研究区目前的景观质量处于优质状态，质量等级为Ⅰ级。说明研究区近几十年来保护措施适当，取得显著成效，发展基本稳定，保护价值较高。单项指标评价结果表明：对研究区生态质量起相对重要作用的指标是自然性(0.230 8)，其次是干扰性(0.076 9)和多样性(0.076 9)。各个单项指标对比表明，研究区自然性的权重(W_1)最高，这表明自然性在本研究区中扮演着相对重要的角色，后续实施保护措施应当给予充分的考虑。针对各项评价指标的比较结果，以及研究区当地实际情况，提出以下几点建议：①加大封山育林的力度。对环境退化严重或者人为干扰较大的区域要加大封山育林的力度。②提高研究区森林自然性的管理。根据评价结果可以看出，自然性在研究区森林资源中起着相对重要的作用。限制村民在保护区附近放牧，封山育林，严禁捕猎林内生物，旨在尽可能减少人为干扰，为研究区创造一个自然更新的环境。③建立国家级自然保护区。建立国家级自然保护区，提高保护区的重要程度，旨在更好地保护太岳山核心区生态环境以及以此为生活背景的物种。④严禁盲从退耕还林，依据科学的规划，整体布局，逐步完成。

表 5　研究区景观生态质量等级表

Table 5　Grade list of landscape ecological quality in the study area

分值范围	生态质量	评价等级
0.86~1.00	很好	Ⅰ
0.71~0.85	较好	Ⅱ
0.51~0.70	一般	Ⅲ
0.35~0.50	较差	Ⅳ
<0.35	很差	Ⅴ

评价一个地区的景观质量，目前还未形成完整的客观评价体系，单纯地运用传统方法(层次分析法)从主观方面选择评价指标，并评分，受主观因素影响可能造成评价结果不够精准。所以，期望在未来的研究中能够形成一套完整的客观的评价方法和体系，以期能够更客观地评价研究区的景观质量，为后续研究提供更精准的参考。

5　参考文献

[1]　范钦栋. 基于模糊理论的高校校园景观评价研究[J]. 天津大学学报：社会科学版，2013，**15**(4)：337 – 338.
FAN Qindong. Study on university landscape evaluation based on fuzzy theory [J]. *J Tianjin Univ Soc Sci*, 2013, **15**(4): 337 – 338.

[2]　代西. 湖北网湖自然保护区生态质量评价[J]. 环境科学与管理，2012，**37**(9)：177 – 180.
DAI Xi. Evaluation on ecological quality of Hubei Wanghu Natural Protection Zone [J]. *Environ Sci Manage*, 2012, **37**(9): 177 – 180.

[3]　李艳，姚崇怀. 九峰城市森林景观生态质量评价[J]. 安徽农业科学，2011，**39**(9)：5430 – 5432.
LI Yan, YAO Chonghuai. Landscape ecological evaluation of Jufeng urban forestry reserve [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2011, **39**(9): 5430 – 5432.

[4]　国庆喜，王天明. 丰林自然保护区景观生态评价：量化与解释[J]. 应用生态学报，2010，**16**(5)：825 – 832.
GUO Qingxi, WANG Tianming. Landscape ecological evaluation of Fenglin Nature Reserve: quantification and interpretation [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2010, **16**(5): 825 – 832.

[5]　何东进，洪伟，胡海清，等. 武夷山风景名胜区景观生态质量评价[J]. 应用与环境生物学报，2004，**10**(6)：729 – 734.
HE Dongjin, HONG Wei, HU Haiqing, *et al*. Ecological evaluation of the landscape in the Wuyishan scenery district [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2004, **10**(6): 729 – 734.

[6]　胡欣欣，王李进，陈平留. 基于投影寻踪模型的森林景观评价[J]. 江西农业大学报，2009，**31**(2)：307 – 310.
HU Xinxin, WANG Lijin, CHEN Pingliu. A study on forest landscape evaluation based on projection pursuit [J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2009, **31**(2): 307 – 310.

[7]　许洛源，黄义雄，叶功富，等. 基于土地利用的景观生态质量评价：以福建省海坛岛为例[J]. 水土保持研究，2011，**18**(2)：208 – 212.
XU Luoyuan, HUANG Yixiong, YE Gongfu, *et al*. Evaluation of landscape ecological quality based on land use: a

case study in Haitan Island of Fujian Province [J]. *J Soil Water Conserv*, 2011, **18**(2): 208 – 212.

[8] 郑允文，薛达元，张更生. 我国自然保护区生态评价指标和评价标准[J]. 农村生态环境，1994，**10**(3)：22 – 25.

ZHENG Yunwen, XUE Dayuan, ZHANG Gengsheng. Study on ecological evaluation criteria and standards for nature reserves in China [J]. *Rural Ecol Environ*, 1994, **10**(3): 22 – 25.

[9] 朱永恒，濮励杰，赵春雨. 景观生态质量评价研究：以吴江市为例[J]. 地理科学，2007，**27**(2)：183 – 187.

ZHU Yongheng, PU Lijie, ZHAO Chunyu. Evaluation landscape ecological quality: a case study in Wujiang County [J]. *Sci Geogr Sin*, 2007, **27**(2): 183 – 187.

[10] 丛日春，安永兴，彭祚登，等. 黄栌风景林景观评价方法研究[J]. 中国城市林业，2012，**10**(4)：8 – 9.

CONG Richun, AN Yongxing, PENG Zuodeng, *et al*. Landscape evaluation method for colored *Cotinus coggygria* forest [J]. *J Chin Urban For*, 2012, **10**(4): 8 – 9.

[11] 陈鑫峰，贾黎明. 京西山区森林林内景观评价研究[J]. 林业科学，2003，**39**(4)：60 – 66.

CHEN Xinfeng, JIA Liming. Research on evaluation of in-forest landscapes in west Beijing mountain area [J]. *Sci Silv Sin*, 2003, **39**(4): 60 – 66.

[12] 王超，翟明普，金莹杉，等. 森林景观质量评价研究现状及趋势[J]. 世界林业研究，2006，**19**(6)：19 – 22.

WANG Chao, ZHAI Mingpu, JIN Yingshan, *et al*. Corrent research and prospects on forest landscape quality evaluation [J]. *World For Res*, 2006, **19**(6): 19 – 22.

[13] 吴秀芹，蔡运龙，蒙吉军. 塔里木河下游典型区景观生态质量评价[J]. 干旱区资源与环境，2003，**17**(2)：13 – 17.

WU Xiuqin, CAI Yunlong, MENG Jijun. Landscape ecological quality evaluation of the typical region in the lower reaches of Tarim River [J]. *J Arid Land Resour Environ*, 2003, **17**(2): 13 – 17.

[14] 王希群，王治明，王占勤，等. 山西省太岳山森林的保护价值分析[J]. 林业资源管理，2012(4)：30 – 32.

WANG Xiqun, WANG Zhiming, WANG Zhanqin, *et al*. Protection value of Taiyue Mountain forests in Shanxi Province [J]. *For Resour Manage*, 2012(4): 30 – 32.