

秦岭大熊猫栖息地主要森林群落类型稳定性分析

王宇超¹, 李为民¹, 张 燕¹, 黎 斌¹, 周亚福¹, 卢 元¹, 王得祥^{2*}

(1 陕西省西安植物园, 西安 710061; 2 西北农林科技大学 林学院, 陕西杨凌 712100)

摘 要: 为了揭示秦岭大熊猫栖息地主要森林植物群落稳定性现状, 于佛坪和长青国家自然保护区各设置 1 条样线, 每条样线上按海拔每升高 100 m 设置 1~4 个 500 m² (20 m×25 m) 典型样地 (共计 60 个) 进行样方调查。在分析调查数据基础上, 选取分布最广且具有代表性的 16 个群落类型林地, 并利用模糊数学隶属函数对其优势种更新、林地质量、群落物种多样性、群落复杂性、土壤肥力、保护程度 6 个方面对各群落类型林地的植物群落稳定性进行综合分析评价。结果表明: (1) 栓皮栎群落林下的幼苗和幼树数量相对最多, 隶属函数最大, 其更新能力较强; 华山松群落林下的幼苗和幼树数量为零, 其更新能力最差。 (2) 华山松和油松混交林群落林地的立木蓄积量、平均高度、枯落物厚度等 3 个隶属函数平均值最高, 其林地质量相对最好; 油松和锐齿槲栎混交林则相反, 林地质量相对较差。 (3) 群落林地土壤肥力 6 项指标分析显示, 太白红杉林隶属函数值最大, 土壤肥力相对较高, 而板栗林、亮叶桦林隶属函数较小, 土壤肥力相对最低。 (4) 群落林地物种多样性分析显示, 铁杉林隶属函数最大, 物种多样性表现更为突出, 太白红杉林隶属函数值最小, 其物种多样性表现相对最差。 (5) 铁杉林林地的复杂性 3 个方面隶属函数相对最高, 复杂性最高, 太白红杉则相对最低。 (6) 太白红杉、巴山冷杉因分布在保护区核心区域, 群落林地的保护程度最高, 而毛栗林、亮叶桦因分布于保护区边缘的实验区, 保护程度最差。 (7) 综合对比 6 个指标隶属函数发现, 16 个群落林地的稳定性由大到小顺序为: 铁杉林>短柄枹栎林>太白杨林>华山松林>锐齿槲栎林>巴山冷杉林>白桦林=红桦林>油松+华山松=牛皮桦林>油松+锐齿槲栎混交林>油松林>太白红杉林>栓皮栎林>板栗林>亮叶桦林。

关键词: 秦岭; 大熊猫栖息地; 森林群落; 隶属函数; 稳定性评价

中图分类号: Q948.15⁺6

文献标志码: A

Analysis of Stability Evaluation about the Main Forest Communities on the Habitat of Giant Panda in Qinling Mountains

WANG Yuchao¹, LI Weimin¹, ZHANG Yan¹, LI Bin¹, ZHOU Yafu¹, LU Yuan¹, WANG Dexiang^{2*}

(1 Xi'an Botanical Garden of Shaanxi Province, Xi'an 710061, China; 2 College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to revealed the plant community stability on the habitat of giant panda in Qinling Mountains we set two line transects between the altitude of 900—3 071 m in the field, and the standard plots (20 m×25 m) were investigated on transects in Foping and Changqing Nature Reserves. Based on analysis of survey data, community stability of 16 representatives and typical community types were evaluated by subordinate function of fuzzy mathematics. The evaluation index included the regeneration of dominant species, stand qualities, diversity, community complexity, soil fertility and protective degree. The results showed that: (1) according to the analysis of regeneration ability of dominant species in different com-

收稿日期: 2015-08-30; 修改稿收到日期: 2015-11-06

基金项目: 陕西省科学院科技计划(2014K-25); 国家科技基础性工作专项重点项目(2007FY110800)

作者简介: 王宇超(1978—), 男, 博士, 主要从事森林生态以及群落生态学研究。E-mail: wangyuchao2000@126.com

* 通信作者: 王得祥, 教授, 博士生导师, 主要从事森林生态及森林健康可持续经营研究。E-mail: wangdx66@126.com

munity tree layer, the quantity of undergrowth seedlings and young trees of *Quercus variabilis* were the highest and the subordinate function value was largest, showing the regeneration ability was best. However, none of seedlings and young trees grew under the *Pinus armandii* forest and the subordinate function value was lowest, showing the regeneration ability was worst. (2) According to the analysis of quality of forest land in different communities, the average subordinate function value of growing stock volume and the quality of forest land in mixed forest of *Pinus armandii* and *Pinus tabulaeformis* were best. However, the average height and litter depth were the lowest in mixed forest of *Pinus tabulaeformis* and *Quercus aliena* var. *acuteserrata*, the quality of forest land was worse. (3) According to the analysis of forest soil fertility, the membership function of *Larix chinensis* forest was highest and soil fertility was higher, whereas the subordinate function value of *Castanea mollissima* and *Betula luminifera* were lower and the soil fertility was lower too. (4) According to the species diversity of forest land in different communities, the subordinate function value of *Tsuga chinensis* was the highest which showed a outstanding species diversity, and the subordinate function value of *Larix chinensis* was lower, showing a lower species diversity. (5) According to the complexity of forest land in different communities, the subordinate function value of three aspects of complexity in *Tsuga chinensis* was relatively higher which showed high community complexity, whereas the subordinate function value of *Larix chinensis* was lower and the community complexity was lower too. (6) According to the protective degree of forest land in different communities, the protective degree of *Larix chinensis* and *Abies fargesii* were high for they were distributed in core region of protected area, while the protective degree of *Castanea mollissima* and *Betula luminifera* were low because of the marginal division of protected area. (7) The subordinate function value showed that the community stability can be arranged as an order of *Tsuga chinensis* > *Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata* > *Populus purdomi* > *Pinus armandii* > *Quercus aliena* var. *acuteserrata* > *Abies fargesii* > *Betula platyphylla* = *Betula albo-sinensis* > *Pinus tabulaeformis* + *Pinus armandii* = *Betula albo-sinensis* var. *septrionalis* > *Pinus tabulaeformis* + *Quercus aliena* var. *acuteserrata* > *Pinus tabulaeformis* > *Larix chinensis* > *Quercus variabilis* > *Castanea mollissima* > *Betula luminifera* from high to low.

Key words: Qinling Mountains; the habitat of giant panda; forest communities; membership function; stability evaluation

人口与现代工业迅速的发展不仅使环境全球性发生着改变,同时也严重威胁人们赖以生存的生物群落的稳定性。目前世界面临的资源、粮食、环境、人口与能源五大危机都与生物的多样性及其稳定性有着密切关系^[1]。因此有关生物群落稳定性研究已经不仅仅是具有一定理论价值,而是迫在眉睫需要解决和认识的科学问题。目前随着人们环境保护意识不断提高,生物群落稳定性也得到前所未有的重视,对其研究已经逐步发展成为生态学领域热点和重点问题之一。然而群落稳定性有关概念和评价方法还存在着一定的争议^[2],先后许多学者针对其概念和测度方法也开展了一系列研究工作^[3-4]。如从生物多样性理论、种间竞争协调理论、顶极稳定群落理论等不同角度研究森林群落稳定性评价。但是,这些评价方法相对过于复杂,指标过于繁多,应用常规林业调查数据较难以实现。因此,亟需建立一套简单明了、操作简便、应用常用方法调查群落获取林业数据的森林群落稳定性评价体系模型。

佛坪和长青国家自然保护区位于秦岭山脉的核

心区域,是秦岭野生大熊猫主要栖息地。该区已成为当前世界瞩目的珍稀动植物保护及种质资源保存等方面研究的重要基地^[5],所以该区域植被研究已经成为秦岭植被研究热点。有许多学者对该区域的植物群落特征以及物种多样性展开研究并取得丰硕的成果^[6-8],但在以往的研究中关于植物群落稳定性的研究相对较少。针对该区域主要植物群落生存稳定性没有一个较清楚的定量的描述,基本停留在感官认识上,对其保护存在着一定盲目性。为了弥补这方面不足,本研究选取秦岭南坡大熊猫栖息地分布最为广泛的 16 个森林群落类型为研究对象,并选用能充分反映群落结构动态、物种组成和生存环境的 6 个特征指标:优势树种种群更新潜力、物种多样性、群落复杂性、土壤肥力、立地质量和保护程度^[3,9-10]。通过计算各群落特征指标的隶属度,利用模糊隶属评判法对各群落类型进行评价,从而摸清该区域主要森林群落类型相对稳定性以及生存状态,为进一步科学认识植物群落生存现状以及大熊猫生存空间质量提供必要基础,同时也为大熊猫栖

息地森林可持续发展提供理论依据。

1 研究区域概况

佛坪、长青国家级自然保护区位于秦岭中段南坡,地理位置为 $107^{\circ}19' \sim 107^{\circ}55' \text{E}$ 、 $33^{\circ}17' \sim 33^{\circ}46' \text{N}$,总面积 $59\,146 \text{ hm}^2$,森林覆盖率达 90% 以上。研究区为亚热带向暖温带的过渡区,海拔在 $900 \sim 3\,071 \text{ m}$ 之间,年均温为 $11.4 \sim 15^{\circ}\text{C}$,无霜期为 $225 \sim 239 \text{ d}$,年降水量 $813 \sim 1\,129.6 \text{ mm}$ 。保护区内的土壤以黄棕壤($1\,400 \text{ m}$ 以下)、棕壤($1\,400 \sim 2\,300 \text{ m}$)和暗棕壤($2\,300 \sim 3\,000 \text{ m}$)、山地草甸土($3\,000 \text{ m}$ 以上)4 种类型。该区植被类型丰富,主要有针叶林、阔叶林、竹林、草甸等植被类型。主要分布植物群落优势种有太白红杉(*Larix chinensis*)、巴山冷杉(*Abies fargesii*)、华山松(*Pinus armandii*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、锐齿槲栎(*Quercus aliena* var. *acuteserrata*)、巴山木竹(*Bashania fargesii*)、秦岭箭竹(*Fargesia qinlingensis*)等。

2 研究方法

2.1 样地设置

在查阅相关资料和踏查的基础上,采用典型取样法对研究区内海拔 $900 \sim 3\,071 \text{ m}$ 之间的山地植物群落进行野外调查。在保护区内各设置 1 条样线,在每条样线上按海拔每升高 100 m 设置 $1 \sim 4$ 个典型样地,共计 60 个样地。样地面积为 500 m^2 ($20 \text{ m} \times 25 \text{ m}$),每个样地内设置 5 个 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 的灌木样方和 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的草本样方,并在每个样地沿对角线设置 25 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 灌草频度调查样方。

乔木层(胸径 $\geq 4 \text{ cm}$)记录指标:乔木的种类、数量、高度、胸径、冠幅、生活力;灌木层(竹林层)记录指标:灌木的种类、数量、基径、高度、冠幅、盖度、频度;草本层记录指标:草本的种类、数量、平均高、盖度、频度;更新层记录指标:幼苗种类、数量、高度、基径。同时记录各群落的综合特征和生境特征,主要包括:经纬度、海拔、群落盖度、层间植物种类、坡位、坡度、坡向和枯枝落叶层厚度等。

2.2 评价指标及其因子

2.2.1 优势树种种群更新能力 以乔木优势种的幼树、幼苗所占比例衡量其更新能力^[7],规定胸径(DBH) $< 2.5 \text{ cm}$ 的植株为幼苗, $2.5 \text{ cm} \leq \text{DBH} < 7.5 \text{ cm}$ 的为幼树^[3]。通过统计调查样地内优势种的幼树、幼苗占优势树种总株数的比例,利用该比例评价优势种更新能力^[11]。

2.2.2 群落物种多样性 物种丰富度指数直接采用反映物种种类数量(S)计算^[12]:

S = 样地内出现的物种数

α 物种多样性计算 3 种 α 物种多样性指数计算公式如下^[13]:

Shannon-Weiner 指数: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$

Pielou 均匀度指数: $J_{sw} = \frac{H'}{\ln S}$

Simpson 指数: $D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$

式中, S 为样地中的物种总数, P_i 为第 i 种的重要值占有重要值总和的比例。

2.2.3 群落复杂性 群落结构复杂性测度利用最小剩余码的平均码长(Huffman 编码)作为群落总复杂性 $L(S)$ 的测度,用 12 阶 Rényi 熵作为无序结构复杂性 $H_\alpha(S)$ 的测度,而最小剩余码的平均码长和 12 阶 Rényi 熵的差作为有序结构复杂性 $\Delta(S)$ 的度量指标^[14],具体计算方法是:

$\Delta(S) = L(S) - H_\alpha(S)$

$L(S) = \sum_{j=1}^q P_j l_j$

$H_\alpha(S) = \frac{1}{1-\alpha} \log_2 \sum_{j=1}^q P_j^\alpha$

式中, P_j 为所选属性(群落的物种组成等) j 的比例, l_j 为属性 j 的最小剩余码的码长(bit)。

2.2.4 林地质量 参与评价因子为立木蓄积量、林分平均树高和枯落物厚度^[9,11],采用平均实验形数法计算立木蓄积量^[11]。

2.2.5 保护强度 各个调查样地均位于国家级自然保护区内,根据自然保护区划分为核心区、缓冲区和实验区,分别给予赋值。核心区为 3,缓冲区为 2,实验区为 1。其值越大其干扰强度越少。

2.2.6 土壤肥力 在野外采集植物群落中土样($0 \sim 60 \text{ cm}$),带回室内分析其养分含量。测试指标有效氮、有效磷、有效钾、全氮、全磷、全钾、有机质。土样处理以及测试方法参照鲍士旦等实验方法进行^[15]。

2.3 数据评价方法

利用模糊隶属法综合评价群落稳定性^[11],其计算标准:

$\hat{X} = (X_{ij} - X_{i \min}) / (X_{i \max} - X_{i \min})$

式中, $\hat{X}_{ij}$ 为 i 群落 j 指标隶属值; X_{ij} 为 i 群落 j 指标性状值; $X_{i \min}$ 为 j 指标中最小值; $X_{i \max}$ 为 j 指标中最大值;将所有指标的隶属函数值进行累加,求其平均数。

$$\overline{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \hat{X}_{ij}$$

式中, $\overline{X}_i$ 是 i 群落的隶属函数。另外,如某一指标与稳定性为负相关,可用反隶属函数计算其隶属函数值。

2.4 数据统计与分析

利用 Sigmaplot 10.0、Matlab 7.0 以及 Excel 2003 软件对数据进行分析与运算。

3 结果与分析

3.1 植物群落优势种更新能力分析

乔木层更新能力可以较好反映植物群落未来发展过程以及演替变化规律,同时也是反映植物群落稳定性重要体现^[11]。通过分析表 1 发现,华山松(*Pinus armandii*)林隶属函数值最小,林下优势种更新能力最差,幼苗数量几乎没有,幼树数量也相对较少,说明华山松林在该区域更新能力较差。太白红杉(*Larix chinensis*)林、巴山冷杉(*Abies fargesii*)林是该研究区分布海拔最高的两个群落类型,均为天然原始林,这两个群落优势种幼苗均为零,幼树相对中等海拔群落还是较少,这可能与其生境有着密切关系。这两个群落由于海拔均在 3 000 m 左右分布,林下秦岭箭竹密布。林下相对光、热条件较差,从而影响优势种更新幼苗,加之巴山冷杉、太白红杉都是生长年限较高树种,该区域分布年龄基本

均在 200 年以上。所以其物种对苗木更新相对其它树种要慢,故林下优势种更新相对较低。除此之外,红桦(*Betula albo-sinensis*)林、板栗(*Castanea mollissima*)林、油松(*Pinus tabulaeformis*)和华山松混交林的隶属函数都较小,林下优势种更新较少。栓皮栎(*Quercus variabilis*)林、太白杨(*Populus purdomii*)林、锐齿槲栎(*Q. aliena* var. *acuteserrata*)林、短柄枹栎(*Q. glandulifera* var. *brevipetiolata*)林的隶属函数值相对较大,林下优势种更新能力较强,这几个群落类型也是该研究区分布最为广泛的优势群落类型。

3.2 林地质量分析

通常认为林地质量可从立木蓄积量、平均高度、林下枯枝落叶层厚度等 3 方面反映出来。通过表 2 可以看出,巴山冷杉林的立木蓄积量最大,达到 432.24 m³·hm⁻²,油松和华山松混交林次之。板栗林的蓄积量最小,仅达到 106.53 m³·hm⁻²。在 16 个群落类型中平均高度最大是油松和华山松的混交林,达到 14.97 m。板栗林平均高度最低,只有 9.73。在林下枯枝落叶层厚度这个指标中,油松和华山松混交林最大,为 6.5 cm。亮叶桦(*B. luminifera*)群落枯枝落叶层最薄,只有 1.2 cm。通过对比分析其隶属函数,发现油松和锐齿槲栎混交林、板栗林、太白杨林林地质量较差,而油松和华山松混交林林地质量相对最好。这可能是油松和锐齿槲栎混

表 1 乔木层优势种更新特征
Table 1 Regeneration potential characteristics of dominant tree species of tree layer

群落类型 Community type	幼苗 Seeding/%	隶属函数值 Subordinate function value	幼树 Sapling/%	隶属函数值 Subordinate function value	平均 Mean	
					隶属函数值 Subordinate function value	排序 Sort
太白红杉 <i>L. chinensis</i>	0.00	0.00	5.71	0.23	0.12	10
巴山冷杉 <i>A. fargesii</i>	0.00	0.00	5.36	0.21	0.11	11
华山松 <i>P. armandii</i>	0.00	0.00	1.79	0.00	0.00	14
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	3.67	0.27	14.75	0.77	0.52	5
铁杉 <i>Tsuga chinensis</i>	5.41	0.41	7.26	0.32	0.36	6
油松+华山松 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. armandii</i>	0.00	0.00	4.03	0.13	0.07	12
油松+锐齿槲栎 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	2.73	0.20	16.01	0.84	0.52	5
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	12.77	0.96	17.13	0.91	0.93	1
锐齿槲栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	8.66	0.65	11.7	0.59	0.62	3
板栗 <i>C. mollissima</i>	0.00	0.00	4.07	0.13	0.07	12
短柄枹栎 <i>Q. glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	13.35	1.00	3.01	0.07	0.54	4
白桦 <i>B. platyphylla</i>	0.36	0.03	8.69	0.41	0.22	7
牛皮桦 <i>B. albo-sinensis</i> var. <i>septrionalis</i>	0.00	0.00	8.52	0.40	0.20	8
亮叶桦 <i>B. luminifera</i>	0.00	0.00	8.06	0.37	0.19	9
红桦 <i>B. albo-sinensis</i>	0.56	0.04	2.78	0.06	0.05	13
太白杨 <i>P. purdomii</i>	4.34	0.33	18.69	1.00	0.66	2

表 2 群落林地质量特征
Table 2 Site quality characteristics of community

群落类型 Community type	立木蓄积量 Growing stock volume /(m ³ · hm ⁻²)	隶属函数值 Subordinate function value	平均高度 Mean of tree height/m	隶属函数值 Subordinate function value	枯落物厚度 Litter thickness /cm	隶属函数值 Subordinate function value	平均 Mean	
							隶属函数值 Subordinate function value	排序 Sort
太白红杉 <i>L. chinensis</i>	244.11	0.42	11.24	0.40	5.00	0.72	0.51	4
巴山冷杉 <i>A. fargesii</i>	432.24	1.00	12.68	0.63	1.70	0.09	0.58	3
华山松 <i>P. armandii</i>	173.41	0.21	11.38	0.42	1.50	0.06	0.23	11
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	276.95	0.52	13.07	0.69	2.93	0.33	0.51	4
铁杉 <i>T. chinensis</i>	284.51	0.55	11.41	0.43	3.23	0.38	0.45	5
油松+华山松 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. armandii</i>	291.33	0.57	14.97	1.00	6.50	1.00	0.86	1
油松+锐齿槲栎 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	147.77	0.13	10.34	0.26	1.50	0.06	0.15	13
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	166.49	0.18	8.75	0.00	4.30	0.58	0.26	9
锐齿槲栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	219.52	0.35	12.27	0.57	6.00	0.91	0.61	2
板栗 <i>C. mollissima</i>	106.53	0.00	9.73	0.16	3.33	0.40	0.19	12
短柄枹栎 <i>Q. glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	181.49	0.23	11.35	0.42	3.90	0.51	0.39	6
白桦 <i>B. platyphylla</i>	137.58	0.10	11.66	0.47	2.90	0.32	0.29	7
牛皮桦 <i>B. albo-sinensis</i> var. <i>septentrionalis</i>	111.89	0.02	10.22	0.24	3.87	0.50	0.25	10
亮叶桦 <i>B. luminiifera</i>	147.48	0.13	12.97	0.68	1.20	0.00	0.27	8
红桦 <i>B. albo-sinensis</i>	126.85	0.06	10.45	0.27	3.75	0.48	0.27	8
太白杨 <i>P. purdomii</i>	138.57	0.10	10.69	0.31	2.00	0.15	0.19	12

交林、板栗林、太白杨林处于海拔较低,人为活动干扰较为剧烈,尤其是板栗林存在人和动物对其果实的采摘,从而造成其林地质量相对较低,而华山松和油松混交林正处于保护区核心区域,人为干扰相对较少,加之该群落正处于全盛生长期,林地质量相对较好。

3.3 土壤肥力分析

土壤是植物生长的重要的物质基础,其土壤肥力直接会影响到植物生长发育以及分布^[16]。植物群落稳定性与其生长发育有着密切联系,而这均与土壤肥力有着直接影响关系,所以土壤肥力也是衡量植物群落稳定性的一个重要指标。

通过表 3 可以看出,太白红杉林隶属函数值最大,土壤肥力相对较高,而亮叶桦林隶属函数最小,土壤肥力相对较低。亮叶桦处于保护区边缘,人为干扰剧烈,造成林下枯枝落叶较少,从而影响到土壤肥力。太白红杉林土壤的全氮、有效氮、有机质均达到所有群落最大值,这主要是因为该群落处于高海拔区域,林下灌木和草本较少,对土壤养分消耗较少,加之人为干扰基本没有,枯枝落叶基本全部回归土壤。

3.4 植物群落物种多样性分析

群落物种多样性是描述群落结构与功能稳定性重要指标,群落内部物种的稳定性是维持整个群落稳定性的前提和基础^[11],所以群落物种多样性是衡量群落稳定性的重要指标。

通过表 4 发现,华山松(平均 38.5 种)林的物种丰富度明显高于其它群落类型,而太白红杉(平均 18)林和巴山冷杉(平均 21.8)林物种丰富度是所有群落类型相对较低的。无论从 Shannon-Wiener 指数,还是 Simpson 指数都可以得到,铁杉(*Tsuga chinensis*)林、华山松林物种多样性明显高于其它群落。太白红杉林、巴山冷杉林的物种多样性表现较低。从表 4 可以看出,Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数变化趋势较为接近,而丰富度指数和均匀度指数变化趋势有较大差异,这主要是因为物种多样性是物种丰富度与均匀程度综合指标。比如华山松林物种丰富度最高,平均达到 38.5,但其分布均匀程度不是最高,所以影响到其物种多样性不是最高。所以,无论物种数量还是分布均匀程度,单方面的增大或减少,不能完全改变物种多样性的大小。通过隶属函数综合对比发现,铁杉林隶属函数

表 3 不同群落土壤肥力
Table 3 The soil fertility of different community types

群落类型 Community type	有效氮 Available N/(mg/kg)	隶属函数值 Subordinate function value	有效磷 Available P/(mg/kg)	隶属函数值 Subordinate function value	有效钾 Available K/(mg/kg)	隶属函数值 Subordinate function value	全氮 Total N/%	隶属函数值 Subordinate function value	全磷 Total P/%	隶属函数值 Subordinate function value	全钾 Total K/%	隶属函数值 Subordinate function value	有机质 Organic matter /%	隶属函数值 Subordinate function value	平均 Mean	
															隶属函数值 Subordinate function value	排序 Sort
太白红杉 <i>L. chinensis</i>	45.84	1.00	4.71	0.35	71.36	0.23	3.14	1.00	0.04	0.75	1.50	0.37	6.00	1.00	0.67	1
巴山冷杉 <i>A. fargesii</i>	24.26	0.44	3.69	0.22	57.43	0.06	2.42	0.68	0.05	1.00	1.63	0.56	4.67	0.69	0.52	4
华山松 <i>P. armandii</i>	16.12	0.22	2.71	0.10	67.69	0.19	1.54	0.30	0.03	0.50	1.73	0.71	2.89	0.28	0.33	11
油松 <i>P. tabulae formis</i>	12.03	0.12	4.09	0.27	73.21	0.26	1.48	0.27	0.02	0.25	1.93	1.00	2.87	0.28	0.35	10
铁杉 <i>T. chinensis</i>	13.79	0.16	3.87	0.25	63.44	0.13	2.12	0.55	0.02	0.25	1.25	0.00	4.11	0.56	0.27	13
油松+华山松 <i>P. tabulae formis</i> + <i>P. armandii</i>	12.03	0.12	2.56	0.08	69.75	0.21	1.48	0.27	0.01	0.00	1.44	0.28	2.83	0.27	0.17	15
油松+锐齿槲栎 <i>P. tabulae formis</i> + <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	12.33	0.13	3.91	0.25	95.50	0.54	2.02	0.51	0.04	0.75	1.44	0.28	3.85	0.50	0.42	7
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	9.60	0.05	4.54	0.33	84.89	0.40	1.35	0.21	0.03	0.50	1.47	0.32	2.62	0.22	0.29	12
锐齿槲栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	32.60	0.65	4.70	0.35	67.10	0.18	1.66	0.35	0.02	0.25	1.52	0.40	3.19	0.35	0.36	9
板栗 <i>C. mollissima</i>	10.36	0.07	2.73	0.10	93.43	0.51	0.98	0.05	0.01	0.00	1.68	0.63	1.87	0.04	0.20	14
短柄枹栎 <i>Q. glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	18.58	0.29	3.75	0.23	94.44	0.53	2.24	0.60	0.01	0.00	1.62	0.54	4.34	0.62	0.40	8
白桦 <i>B. platyphylla</i>	22.78	0.40	7.11	0.66	78.10	0.32	2.08	0.53	0.03	0.50	1.59	0.50	4.00	0.54	0.49	5
牛皮桦 <i>B. albor-sinensis</i> var. <i>septentrionalis</i>	28.50	0.55	2.87	0.12	100.72	0.61	2.34	0.65	0.03	0.50	1.81	0.82	4.45	0.64	0.55	3
亮叶桦 <i>B. luminiifera</i>	7.53	0.00	1.94	0.00	53.10	0.00	0.87	0.00	0.01	0.00	1.61	0.53	1.68	0.00	0.08	16
红桦 <i>B. albor-sinensis</i>	14.57	0.18	5.38	0.44	80.94	0.35	1.73	0.38	0.05	1.00	1.65	0.59	3.33	0.38	0.48	6
太白杨 <i>P. purdomii</i>	18.35	0.28	9.79	1.00	131.65	1.00	1.57	0.31	0.04	0.75	1.64	0.57	3.03	0.31	0.60	2

表 4 不同群落类型物种多样性指数比较
Table 4 Comparison on diversity index of different communities

群落类型 Community type	S	隶属函数值 Subordinate function value	H	隶属函数值 Subordinate function value	J	隶属函数值 Subordinate function value	D	隶属函数值 Subordinate function value	平均 Mean	
									隶属函数值 Subordinate function value	排序 Sort
太白红杉 <i>L. chinensis</i>	17.00	0.00	1.97	0.00	0.70	0.00	0.78	0.00	0.00	16
巴山冷杉 <i>A. fargesii</i>	21.80	0.22	2.37	0.37	0.75	0.36	0.83	0.36	0.33	15
华山松 <i>P. armandii</i>	38.50	1.00	3.02	0.98	0.83	0.93	0.92	1.00	0.98	2
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	28.25	0.52	2.42	0.42	0.75	0.36	0.84	0.43	0.43	13
铁杉 <i>T. chinensis</i>	38.00	0.98	3.04	1.00	0.84	1.00	0.92	1.00	0.99	1
油松+华山松 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. armandii</i>	33.50	0.77	2.61	0.60	0.75	0.36	0.88	0.71	0.61	8
油松+锐齿槲栎 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	35.67	0.87	2.89	0.86	0.81	0.79	0.90	0.86	0.84	3
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	24.50	0.35	2.40	0.40	0.76	0.43	0.86	0.57	0.44	12
锐齿槲栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	27.60	0.49	2.48	0.48	0.75	0.36	0.86	0.57	0.47	10
板栗 <i>C. mollissima</i>	29.33	0.57	2.55	0.54	0.77	0.50	0.87	0.64	0.56	9
短柄枹栎 <i>Q. glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	31.00	0.65	2.74	0.72	0.81	0.79	0.90	0.86	0.75	6
白桦 <i>B. platyphylla</i>	33.00	0.74	2.66	0.64	0.76	0.43	0.88	0.71	0.63	7
牛皮桦 <i>B. albo-sinensis</i> var. <i>septentrionalis</i>	29.67	0.59	2.42	0.42	0.75	0.36	0.84	0.43	0.45	11
亮叶桦 <i>B. luminiifera</i>	28.50	0.53	2.33	0.34	0.71	0.07	0.84	0.43	0.34	14
红桦 <i>B. albo-sinensis</i>	35.50	0.86	2.74	0.72	0.81	0.79	0.88	0.71	0.77	5
太白杨 <i>P. purdomii</i>	34.00	0.79	2.81	0.79	0.80	0.71	0.90	0.86	0.79	4

注: S. 丰富度指数; H. Shannon-Weiner 指数; J. Pielou 指数; D. Simpson 指数。

Note: S. Richness index; H. Shannon-Weiner index; J. Pielou index; D. Simpson index.

较大,物种多样性表现更为突出,太白红杉林隶属函数值最小,其物种多样性表现最差。

3.5 植物群落复杂性分析

生物复杂性是指生态系统内不同层次上的结构与功能多样性、自组织性及有序性^[17]。群落复杂性作为生态复杂性的一个重要组成部分,体现了群落结构与功能的综合特征,是生态系统的重要组成部分和群落生产力的基本前提。所以群落复杂性也是群落稳定性的一个重要指标,复杂性与稳定性有着密不可分的关系。

通过表 5 可以发现,群落总复杂性与群落无序结构复杂性在不同群落类型之间有着相似变化规律,而群落有序结构复杂性与总复杂性、无序复杂性在不同群落间差异较大。铁杉林、华山松林群落结构总复杂性和无序结构复杂性相对较高,而太白杨、红桦林群落有序结构复杂性相对较高。太白红杉、亮叶桦群落结构总复杂性、有序结构复杂性和无序结构复杂性都相对较低。综合对比 3 个方面隶属值发现,铁杉林群落复杂性最高,太白红杉相对最低。

3.6 保护程度分析

以保护区对整个区域划分 3 个标准,分别为实

验区、缓冲区、核心区。根据调查样地所处区域给予赋值,实验区样地赋值为 1,缓冲区赋值为 2,核心区赋值为 3。以各功能区的保护权重与样地数量进行加权平均,得到各群落的保护程度。

从表 6 可以看出,太白红杉、巴山冷杉因分布在秦岭高海拔区域,是整个保护区核心区域,受人为干扰几乎没有。而板栗林、亮叶桦、栓皮栎因分布海拔较低,位于保护区边缘的实验区,受人为干扰相对较多,尤其板栗林常受到人们采摘果实的破坏。

3.7 森林群落稳定性评价

通过利用模糊数学的隶属函数综合评价秦岭南坡大熊猫栖息地分布最广,最具有代表性的 16 个群落类型表明(表 7),以铁杉、锐齿槲栎、短柄枹、太白杨为建群种的群落相对稳定性较高,其隶属函数值在 0.49~0.60 之间。亮叶桦、板栗为建群种的群落相对稳定性最差,隶属函数值分别为 0.19 和 0.26。在本研究中群落稳定性由大到小顺序为:铁杉林>短柄枹栎林>太白杨林>华山松林>锐齿槲栎林>巴山冷杉林>白桦林=红桦林>油松+华山松=牛皮桦林>油松+锐齿槲栎混交林>油松林>太白红杉林>栓皮栎林>板栗林>亮叶桦林。

表 5 不同群落类型复杂性比较

Table 5 Comparison on complexity in different communities

群落类型 Community type	<i>L</i> (S)	隶属函数值 Subordinate function value	<i>H_a</i> (S)	隶属函数值 Subordinate function value	Δ (S)	隶属函数值 Subordinate function value	平均 Mean	
							隶属函数值 Subordinate function value	排序 Sort
太白红杉 <i>L. chinensis</i>	2.91	0.00	1.72	0.00	1.20	0.00	0.00	16
巴山冷杉 <i>A. fargesii</i>	3.35	0.29	1.78	0.05	1.57	0.62	0.32	13
华山松 <i>P. armandii</i>	4.38	0.97	2.86	1.00	1.52	0.53	0.83	2
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	3.56	0.43	2.01	0.25	1.54	0.57	0.42	9
铁杉 <i>T. chinensis</i>	4.43	1.00	2.69	0.85	1.73	0.88	0.91	1
油松+华山松 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. armandii</i>	3.81	0.59	2.41	0.61	1.40	0.33	0.51	7
油松+锐齿槲栎 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	3.64	0.48	2.12	0.35	1.52	0.53	0.45	8
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	3.40	0.32	1.98	0.23	1.42	0.37	0.31	14
锐齿槲栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	3.60	0.45	2.22	0.44	1.38	0.30	0.40	10
板栗 <i>C. mollissima</i>	3.61	0.46	2.29	0.50	1.32	0.20	0.39	12
短柄枹栎 <i>Q. glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	3.98	0.70	2.39	0.59	1.59	0.65	0.65	5
白桦 <i>B. platyphylla</i>	3.87	0.63	2.14	0.37	1.73	0.88	0.63	6
牛皮桦 <i>B. albo-sinensis</i> var. <i>septrionalis</i>	3.53	0.41	2.04	0.28	1.50	0.50	0.40	11
亮叶桦 <i>B. lumifera</i>	3.39	0.32	2.06	0.30	1.34	0.23	0.28	15
红桦 <i>B. albo-sinensis</i>	4.00	0.72	2.38	0.58	1.62	0.70	0.67	4
太白杨 <i>P. purdomii</i>	4.09	0.78	2.29	0.50	1.80	1.00	0.76	3

注:*L*(S). 总复杂性;*H_a*(S). 无序结构复杂性; Δ (S). 有序结构复杂性。
Note:*L*(S). Total complexity;*H_a*(S). Disorder complexity; Δ (S). Structural complexity.

表 6 群落保护程度

Table 6 Protection degree of community

群落类型 Community type	核心区 Core area(3)	缓冲区 Buffer area(2)	实验区 Test area(1)	总共 Total	保护程度 Protection degree	隶属函数值 Subordinate function value	排序 Sort
太白红杉 <i>L. chinensis</i>	1	0	0	1	3.00	1.00	1
巴山冷杉 <i>A. fargesii</i>	5	0	0	5	3.00	1.00	1
华山松 <i>P. armandii</i>	1	1	0	2	2.50	0.75	3
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	0	2	2	4	1.50	0.25	6
铁杉 <i>T. chinensis</i>	1	3	0	4	2.25	0.63	4
油松+华山松 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. armandii</i>	0	2	0	2	2.00	0.50	5
油松+锐齿槲栎 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	0	1	2	3	1.33	0.17	7
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	0	0	4	4	1.00	0.00	9
锐齿槲栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	1	3	1	5	2.00	0.50	5
板栗 <i>C. mollissima</i>	0	1	3	4	1.25	0.13	8
短柄枹栎 <i>Q. glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	1	2	1	4	2.00	0.50	5
白桦 <i>B. platyphylla</i>	1	2	1	4	2.00	0.50	5
牛皮桦 <i>B. albo-sinensis</i> var. <i>septrionalis</i>	2	1	0	3	2.67	0.84	2
亮叶桦 <i>B. lumifera</i>	0	0	2	2	1.00	0.00	9
红桦 <i>B. albo-sinensis</i>	1	2	1	4	2.00	0.50	5
太白杨 <i>P. purdomii</i>	0	1	2	3	1.33	0.17	7

4 讨 论

运用模糊综合评判的隶属函数值来评价秦岭大熊猫栖息地 16 个群落类型稳定性大小顺序为:铁杉

林>短柄枹栎林>太白杨林>华山松林>锐齿槲栎林>巴山冷杉林>白桦林=红桦林>油松+华山松=牛皮桦林>油松+锐齿槲栎混交林>油松林>太白红杉林>栓皮栎林>板栗林>亮叶桦林。

表 7 群落 6 项稳定性指标的隶属度及其平均值排序

Table 7 Subordinate function values of six stability indexes and their means of community

群落类型 Community type	更新能力 Regeneration potential	林木质量 Site quality	土壤肥力 Soil fertility	物种多样性 Species diversity	复杂性 Complexity	保护强度 Protection intensity	平均 Mean	排序 Sort
太白红杉 <i>L. chinensis</i>	0.12	0.51	0.67	0.00	0.00	1.00	0.38	11
巴山冷杉 <i>A. fargesii</i>	0.11	0.58	0.52	0.33	0.32	1.00	0.48	6
华山松 <i>P. armandii</i>	0.00	0.23	0.33	0.98	0.83	0.75	0.52	4
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	0.52	0.51	0.35	0.43	0.42	0.25	0.41	10
铁杉 <i>T. chinensis</i>	0.36	0.45	0.27	0.99	0.91	0.63	0.60	1
油松+华山松 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>P. armandii</i>	0.07	0.86	0.17	0.61	0.51	0.50	0.45	8
油松+锐齿槲栎 <i>P. tabulaeformis</i> + <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	0.52	0.15	0.42	0.84	0.45	0.17	0.43	9
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	0.93	0.26	0.29	0.44	0.31	0.00	0.37	12
锐齿槲栎 <i>Q. aliena</i> var. <i>acuteserrata</i>	0.62	0.61	0.36	0.47	0.40	0.50	0.49	5
板栗 <i>C. mollissima</i>	0.07	0.19	0.20	0.56	0.39	0.13	0.26	13
短柄枹栎 <i>Q. glandulifera</i> var. <i>brevipetiolata</i>	0.54	0.39	0.40	0.75	0.65	0.50	0.54	2
白桦 <i>B. platyphylla</i>	0.22	0.29	0.49	0.63	0.63	0.50	0.46	7
牛皮桦 <i>B. albo-sinensis</i> var. <i>septentrionalis</i>	0.20	0.25	0.55	0.45	0.40	0.84	0.45	8
亮叶桦 <i>B. luminifera</i>	0.19	0.27	0.08	0.34	0.28	0.00	0.19	14
红桦 <i>B. albo-sinensis</i>	0.05	0.27	0.48	0.77	0.67	0.50	0.46	7
太白杨 <i>P. purdomii</i>	0.66	0.19	0.60	0.79	0.76	0.17	0.53	3

铁杉林位于整个保护区核心区和缓冲区,人为干扰强度较少,分布海拔在 1 800~2 200 m,这个区域正处于秦岭箭竹林和巴山木竹林交汇区域,林下竹林相对减弱,其林下光、热条件相对较好,林下更新层发育较好。加之林木蓄积量较大,所以该群落的稳定性相对最高。铁杉林、短柄枹栎林、锐齿槲栎林、太白杨林作为群落演替顶级群落类型^[18]。其结构相对稳定,抗干扰能力较强。白桦作为温带乔木层群落演替的先锋物种^[18-19],其群落在演替过程中会被其它更稳定群落类型所替代,其稳定性相对较差^[11],这与本研究结果不完全吻合。本研究结果表明,白桦林隶属函数值为 0.46,在 16 个群落类型中也是较为稳定的,进一步分析白桦林各个隶属函数值发现,在 6 个评价方面,除了林木质量外,其它指标均表现较好,并且比较平均。这说明该研究区白桦林林龄相对较小,其生长状态相对良好,还处于群落发育初期,还没有演替到被其它物种所替代阶段,目前该群落抗干扰能力相对较强,表现较为稳定,说明群落稳定性与群落演替所处阶段有着密切关系^[20]。亮叶桦和板栗群落分布海拔较低基本在 800

~1 200 m 之间,人为干扰剧烈,尤其板栗林因受到人和动物对其果实采摘,造成林下植被破坏严重,枯枝落叶层厚度相对较小,从而影响到土壤肥力。加之,物种多样性和复杂性因受干扰相对较低,从而进一步影响到其群落稳定性,所以这两群落抗干扰能力较小,稳定性较差。

目前有关群落稳定评价方法以及影响稳定性的因素等方面还存在较大争议^[1,21-22]。而本研究通过分析发现,利用模糊数学隶属函数评价森林群落稳定性,是一个较简单、实用并且较有效的方法,是一种值得推广应用的森林群落稳定性评价方法。先后也有一些学者利用该方法对森林稳定性进行了评价,并取得较为满意的结果^[9,11]。在此评价体系中,其结果只能说明各个群落稳定性相对强弱,并不是群落实际稳定性。要全面了解群落稳定性,但从这 6 个方面还是不够的,稳定性是一个涉及多因素的综合评价,例如群落所处演替阶段、外在环境、气候条件等方面都可能对群落稳定性产生影响。所以关于植物群落稳定性评价指标选定和评价方法也是未来植被生态学研究重点和难点。

参考文献:

[1] ZHENG Y R(郑元润). Comparison of methods for studying stability of forest community[J]. *Scientia Silvae Sinicae*(林业科学),2000,36(5):28—32(in Chinese).

- [2] SENNHAUSER E B. The concept of stability in connection with the gallery forests of the Chaco region[J]. *Vegetation*, 1994, **94**(1): 1—13.
- [3] AN L J(安丽娟), ZHU ZH H(朱志红), WANG X A(王孝安), *et al.* Stability analysis of major communities in Malan forest region of Ziwuling Mountain[J]. *Acta Bot. Boreal. -Occident. Sin.* (西北植物学报), 2007, **27**(5): 859—863(in Chinese).
- [4] TILMAN D, DOWNING J A. Biodiversity and stability in grasslands[J]. *Nature*, 1994, 367: 363—365.
- [5] JIAN J, JIANG H, ZHOU G M. Mapping the vegetation changes in giant panda habitat using Landsat remotely sensed data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2011, **32**(5): 1 339—1 356.
- [6] DU X C, REN Y, DANG GD, *et al.* Distribution and plant community associations of the understory bamboo *Fargesia qinlingensis* in the Foping National Nature Reserve, China[J]. *Annals of Forest Science*, 2011, **68**: 1 197—1 206.
- [7] YUE M(岳 明), DANG G D(党高弟), GU T Q(辜天琪). Vertical zone spectrum of vegetation in Foping National Reserve and the comparison with the adjacent area[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), 2000, **18**(5): 375—382(in Chinese).
- [8] YUE M(岳 明), ZHANG L J(张林静), DANG G D(党高弟), *et al.* The relationships of higher plants diversity and elevation gradient in Foping National Reserve[J]. *Scientia Geographica Sinica* (地理科学), 2002, **22**(3): 349—354(in Chinese).
- [9] GUO Q Q(郭其强), ZHANG W H(张文辉), CAO X P(曹旭平). Establishment of an evaluation model of the forest community stability based on fuzzy synthetic evaluation; a case study of main forest communities in Huanglong Mountains[J]. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 2009, **45**(10): 19—24(in Chinese).
- [10] YANG D F(闫东锋), WANG X Y(王向阳), YANG X T(杨喜田). Comparison of the analysis methods for forest community stability using principal component analysis and stability degree index methods[J]. *Journal of Henan Agricultural University* (河南农业大学学报), 2011, **45**(2): 166—171(in Chinese).
- [11] GAO R M(高润梅), SHI X D(石晓东), GUO Y D(郭跃东). Community stability evaluation of riparian forest of the upper reaches of Wenyuhe in Shanxi, China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), 2012, **36**(6): 491—503(in Chinese).
- [12] JING X H(井学辉), ZANG R G(臧润国), DING Y(丁 易), *et al.* Distribution pattern of species diversity along altitudinal gradient in the northern slope of Xiaodonggou in Altai Mountains, Xinjiang[J]. *Scientia Silvae Sinicae* (林业科学), 2010, **46**(1): 23—28(in Chinese).
- [13] LI G L(李广良), XUE Y D(薛亚东), ZHANG Y G(张于光), *et al.* Study on habitat forest type and plant diversity of Sichuan Snub-nosed Monkey in Shennongjia National Nature Reserve[J]. *Forest Research* (林业科学研究), 2012, **25**(3): 308—316(in Chinese).
- [14] ANAND M, ORLOCI L. Complexity in plant communities; the notion and quantification[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1996, **179**(2): 170—186.
- [15] 鲍士旦, 江荣风, 杨超光, 等. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 14—114.
- [16] SONG CH Y(宋创业), GUO K(郭 柯), LIU G H(刘高焕). Relationships between plant community's species diversity and soil factors on Otingdag sandy land[J]. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2008, **27**(1): 8—13(in Chinese).
- [17] ZHANG ZH B(张知彬), WANG Z W(王祖望), LI D M(李典漠). Ecological complexity-review and prospect[J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 1998, **18**(4): 433—441(in Chinese).
- [18] LEI R D(雷瑞德), PENG H(彭 鸿), CHEN C G(陈存根). Types and Phytoenosis of Natural Secondary Forests at Huoditang Forest Region[J]. *Journal of Northwest Forest College* (西北林学院学报), 1996, **11**(SIY): 43—52(in Chinese).
- [19] ZHU Z C. Preliminary studies on the *Betula platyphylla* forests in Loess Plateau of Northern Shaanxi Province[J]. *Journal of Northwest University* (Nat. Sci. Ed.) (西北大学学报·自然科学版), 1994, **24**(5): 455—459(in Chinese).
- [20] DANG CH L(党承林), WANG CH Y(王崇云), WANG B R(王宝荣), *et al.* Succession and Stability in Plant Community[J]. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2002, **21**(2): 30—35(in Chinese).
- [21] ANGELIS D L. Stability and connectance in food web models[J]. *Ecology*, 1975, **56**(4): 238—243.
- [22] PENG SH L(彭少麟). The measurement of the stability developments of forest community[J]. *Guiliaia* (广西植物), 1987, **7**(1): 67—72(in Chinese).

(编辑:潘新社)