

FOPING ZIRAN BAOHUQU KEXUE LUNWENJI

佛坪自然保护区 科学论文集

陕西佛坪国家级自然保护区管理局



西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

佛坪自然保护区科学论文集/陕西佛坪国家级自然保护区管理局编. —杨凌:西北农林科技大学出版社,2006

ISBN 7-81092-246-7

I. 佛... II. 陕... III. 自然保护区—科学研究—佛坪县—文集 IV. S759.992.414-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 115885 号

佛坪自然保护区科学论文集

陕西佛坪国家级自然保护区管理局 编

出版发行 西北农林科技大学出版社
地 址 陕西杨凌杨武路 3 号 邮 编:712100
电 话 总编室:029—87093105 发行部:029—87093302
电子邮箱 press0809@163.com
印 刷 西北农林科技大学印刷厂
版 次 2006 年 10 月第 1 版
印 次 2006 年 10 月第 1 次
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 37.5
字 数 866 千字

ISBN 7-81092-246-7/S · 114

定价:68.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

封面题字 赵学敏(国家林业局副局长)

《佛坪自然保护区科学论文集》

编委会

主 任 赵德怀

委 员 陈奇金 赵纳勋 曹智元
马亦生 周云喜 张海生

主 编 赵纳勋

副主编 阮英琴 雍严格 叶新平

序

我曾对媒体所报道的陕西佛坪国家级自然保护区三官庙区域高密度的大熊猫种群将信将疑,也曾对陕西同行能在野外经常目睹大熊猫的尊容而羡慕不已。在四川西部莽莽的森林中从事大熊猫生态学研究将近 20 年,一直觉得她是一种行动诡秘、为世人所难以接近的“神秘”动物。除在野外偶尔“惊鸿一瞥”过她的尊容外,我们更多的是通过她留下的一根根竹子残桩、排出的一堆堆橄榄状粪便来窥探其神秘的世界。在年复一年的艰苦跋涉中,与大熊猫在野外近距离的“亲密接触”逐渐变成了一种工作上的奢望,一份情感中的失落。

2004 年 3 月底,我和我的博士生张泽钧到佛坪国家级自然保护区三官庙区域研究野生大熊猫的发情交配行为。车从县城出发,蜿蜒至凉风垭而达终点。下车步行,一条小路在竹丛、溪涧边时隐时现地向前延伸。此时南方在初春三月已能见枝头的“春意闹”,而这里路旁的竹丛下或溪涧边,尚不时能发现未溶化的雪堆或冰块。竹林青翠葱茏,桦树高高地举着光秃秃的枝丫,仿佛欲刺破蓝天。清冷的空气中不时弥漫着一种或浓或淡的“麝香味”,路旁青苔覆满的大树根部常能见到一块块的黄斑。有经验的野外工作者知道,一年一度的大熊猫发情交配季节已珊珊来到了它所栖息的这片崇山峻岭之中。

以后几天的经历证明了我等从北京千里迢迢赶到这个偏僻山沟里的不虚此行。3 月 31 日,在保护区同行的陪同下,我们发现 1 只雌性大熊猫趴在一棵大树上,树下聚集了 4 只雄性大熊猫;4 月 1 日,几乎在同一区域,1 只雌性大熊猫的周围又聚集了 6 只雄性成年大熊猫在“比武招亲”。我们目睹了大熊猫“比武招亲”和“洞房花烛”的全过程,长时间跟踪了因“比武”失败后肢严重受伤的凄凉“落魄者”。这次经历满足了我与大熊猫在野外近距离“亲密接触”的夙愿。其实,除大熊猫种群密度高、易于观察之外,佛坪国家级自然保护区内还蕴藏着其他丰富的动植物资源,2000 余种高等植物和 340 多种脊椎动物以及其独特的地理位置被中外生态与保护生物学家视为开展科学研究的天堂。

自 20 世纪 80 年代开始,国内外许多科研机构和保护区开展了广泛的合作研究,如中国科学院动物研究所、西北大学、陕西师范大学、清华大学、北京大学、北京师范大学、美国 San Diego 动物园、美国 Memphis 动物园、世界自然基金会(WWF)等,研究的对象包括大熊猫、扭角羚、金丝猴、红腹锦鸡以及大

熊猫主食竹类等。2005年,佛坪国家级自然保护区已被联合国教科文组织批准为世界生物圈保护区。同年,国家林业局批准中国科学院动物研究所和保护区联合建立“秦岭大熊猫野外研究基地”,进一步深入开展以大熊猫为主的珍稀濒危动植物生态学和保护生物学研究。

通过与国内外有关研究机构的广泛合作和自主开展科学研究工作,促进了保护区内出色科研型保护人才的不断涌现,在国内外知名度也不断提升。与此同时,依托于科学研究的保护管理活动也在该保护区内开展得卓有成效,保护区管理人员根据自身多年实践,发表了许多介绍保护管理经验的有价值文章,从而充分发挥了自然保护区物种保护基地、科学研究基地和人才培养基地的综合功能。多年来,保护区管理者一直贯彻着“广泛开展科学研究促进自身人才培养,通过科学研究提高保护管理水平”的科学理念,在经过20多年的保护实践后,其管理水平俨然已走在了国内同类自然保护区的前列。

《佛坪自然保护区科学论文集》一书汇集了自20世纪80年代以来在佛坪自然保护区开展科学研究所取得的主要成果,内容涉及以大熊猫为主的动物、植物及社区管理等方方面面,反映了佛坪国家级自然保护区的发展历史以及佛保人在为促进自然资源科学保护上所付出的艰辛努力。衷心希望这本书的出版昭示着该保护区新的研究高潮的开始,而不是过去历史的简单结束。

魏辅文

中国科学院动物研究所研究员

2006年8月20日于北京

前 言

佛坪国家级自然保护区地处秦岭中段南坡,是1978年国务院批准建立的以保护大熊猫为主的森林和野生动物类型自然保护区,也是我国首批建立的以保护大熊猫为主的保护区,同时也是第一个秦岭大熊猫自然保护区。由于在动物地理上处于东洋界和古北界的过渡地和植物区系的南北交汇处,其独特的地理位置,优越的自然条件,加之历史上人为干扰破坏较小,因而成为秦岭森林生态系统保存最为完整的地区,孕育了极为丰富的野生动植物资源,被科学界誉为“生物资源的基因库”“科学研究的理想场所”。保护区建立以来,坚持“以保护为中心、以科研为支撑”的发展思路,经过28年的不懈努力,自然资源得到了有效保护,以大熊猫为主的珍稀野生动物种群数量不断增加,成为秦岭大熊猫种群数量最大,分布密度最高的地区。科学研究工作坚持引进项目、引进资金、引进人才,提高科学管理水平、提高业务人员素质、提高保护区知名度的“三引进、三提高”指导方针,在自主加强科学研究的基础上,与国内外大专院校、科研院所加强了交流与合作。从80年代主要依靠自身科研力量开展本底资源调查,到90年代在国家林业局支持下合作完成区内自然资源综合考察,以及近年来与国内外大专院校、科研院所合作开展的多学科深层次专项研究,使科研工作不断深入,对外合作不断加强,研究领域不断拓宽。持续进行的野生动植物资源定位监测以及本区地理信息系统和生物多样性管理信息系统的建立和应用,为资源的保护管理工作提供了科学依据,培养了一批科研保护型人才,提升了佛坪自然保护区知名度。科学研究工作也取得了丰硕成果,多项研究成果获得了陕西省政府和省林业厅科学技术奖励。

1989年,我局编辑出版了第一本《佛坪保护区自然资源考察资料汇编》,收集了建局十年来所形成的考察报告和研究论文;1996~2000年通过与西北大学等单位合作,对区内自然资源进行了综合考察,先后出版了《佛坪自然保护区生物多样性保护与研究》和《秦岭大熊猫栖息地植物》。在佛坪自然保护区成立28周年之际,我们汇集了1990年以来以及部分此前尚未收集到的在佛坪自然保护区开展的各项科学研究活动所发表的科技论文95篇汇编成册出版,内容涉及以大熊猫为主的珍稀野生动物、植物、自然环境、保护管理和社区共管等方面。本书的出版,不仅对佛坪自然保护区自然环境和生物资源的保护管理、科学研究、资源合理开发利用及保护区的全面建设与发展将起到推动

作用,而且对国内外人士认识和研究秦岭,特别是对研究秦岭大熊猫栖息地的生态环境及种群数量发展变化,也会有一定的帮助和参考意义。对有关院校的教学和科研,以及自然保护区工作者、大自然爱好者,也有广泛的参考价值。本书的出版得到了国家林业局、陕西省林业厅的大力支持,兄弟单位也给予了协助,国家林业局赵学敏副局长在百忙之中为本书题写了书名,著名大熊猫专家、中国科学院动物研究所魏辅文研究员为本书撰写了序言。在论文收集整理过程中,各位作者给予了密切配合,并提出了宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。由于时间仓促,论文收集不尽全面,加之编者水平所限,不妥之处在所难免,敬请批评指正。

编者

2006年8月

目 录

第一部分 动物研究(大熊猫)

佛坪保护区大熊猫的冬居地选择	杨兴中 蒙世杰 张银仓,等(3)
佛坪大熊猫环境生态的研究(I)	
——夏季栖息地植物群落分类与生境因子.....	杨兴中 蒙世杰 雍严格,等(14)
佛坪大熊猫环境生态的研究(II)	
——夏季栖居地的选择.....	杨兴中 蒙世杰 雍严格,等(22)
佛坪自然保护区野生大熊猫对保护区内简易建筑的利用	
.....	高新宇 刘定震 叶新平,等(29)
Mapping Habitat Suitability for Giant Pandas in Foping Nature Reserve,China	
.....	Xuehua Liu, M. C. bronsveld,et al(34)
佛坪大熊猫的移动习性	雍严格 王宽武 汪铁军(46)
秦岭南坡野生大熊猫繁殖交配期的生境选择.....	赵德怀 夏未铭 雍严格,等(53)
佛坪自然保护区大熊猫的现状 & 保护对策	张 坚(59)
佛坪大熊猫的分布与数量	雍严格 张 坚 张陕宁(63)
Genetic diversity and conservation of endangered animal species	
.....	Ya-ping Zhang, Xiao-xia Wang,et al(70)
莱斯利矩阵及其应用	
——佛坪大熊猫种群发展的预测研究	郭瑞海 袁晓凤(82)
秦岭野生大熊猫繁殖生态的初步研究	梁启慧 李 岗(87)
佛坪自然保护区野生大熊猫交配行为的观察.....	雍严格 魏辅文 叶新平,等(92)
在秦岭地区开展大熊猫数量调查的最佳时间.....	汪铁军 刘雪华 雍严格,等(97)
GIS 在野生大熊猫种群监测分析中的应用	赵德怀 叶新平 雍严格,等(103)
佛坪大熊猫种群生存力分析的初步报告	李欣海 李典谟 雍严格,等(112)
F ₂ ZGP96060801 探针用于秦岭山系大熊猫的遗传多样性分析	
.....	方盛国 冯文和 张安居,等(121)
佛坪三官庙地区大熊猫种群数量的 DNA 指纹分析	
.....	方盛国 冯文和 张安居,等(125)
龙草坪林业局森工经营与大熊猫活动分析.....	曹 庆 杨省强 雍严格(129)

放牧对保护区龙潭站区内大熊猫活动影响的初步评估·····	何祥博(134)
岳坝一大古坪公路对大熊猫活动的影响初评·····	雍立军 赵雷刚 李云湘,等(137)

第二部分 动物研究(羚牛)

关于羚牛秦岭亚种几种毛色色型的研究·····	巩会生(143)
秦岭羚牛春夏季昼夜活动节律与时间分配·····	曾治高 宋延龄(145)
秦岭羚牛的采食行为·····	曾治高 钟文勤 宋延龄,等(152)
秦岭羚牛繁殖期和产仔行为研究·····	余玉群 宋延龄 高凤岐,等(157)
秦岭羚牛的家域研究·····	宋延龄 曾治高 张 坚,等(164)
Habitat Utilization of the Golden Takin During Later Autumn and Winter in Foping National Nature Reserve·····	Song YanLing, Yu YuQun, et al(173)
佛坪自然保护区羚牛的种群数量与结构特征·····	曾治高 宋延龄 巩会生(180)
羚牛秦岭亚种的产仔地特征及早期母幼关系·····	王学志 宋延龄 曾治高,等(186)
羚牛四川亚种在陕西秦岭分布的新记录·····	曾治高 巩会生 宋延龄,等(192)
秦岭羚牛群体分离与重组的变化·····	曾治高 宋延龄 巩会生(198)
秦岭羚牛的食性·····	曾治高 宋延龄 钟文勤,等(206)
羚牛的遗传多样性及其种群遗传结构分析·····	李 明 蒙世杰 魏辅文,等(217)
陕西佛坪国家级自然保护区羚牛的容纳量·····	宋延龄 党高弟 李俊生,等(227)
羚牛生态生物学研究现状·····	曾治高 钟文勤 宋延龄,等(235)
秦岭雄性羚牛的发情行为与其社会状态的关系·····	王学志 宋延龄 曾治高,等(245)
秦岭羚牛体色的补充描述·····	张陕宁 雍严格(252)
羚牛秦岭亚种患多头蚴病一例·····	巩会生 阮世炬 薛克明(253)
羚牛骨骼解剖补遗·····	巩会生(254)
野生羚牛保定技术·····	巩会生(256)

第三部分 动物研究(其他)

金丝猴取食华山松子行为的初步观察·····	蔡和银(261)
野生动物定位监测数据处理方法研究·····	崔 岩 赵德怀(263)
佛坪自然保护区动物普查初报·····	赵德怀 雍严格 赵纳勋,等(270)
秦岭山区毒蛇区系·····	巩会生 宋鸣涛(277)
鬣羚食性的研究·····	宋延龄 巩会生 曾治高,等(279)
秦岭南坡和台湾中部山地鸟类的相似性·····	颜重威 史东仇 王开锋,等(288)
秦岭南麓不同地区红腹锦鸡繁殖密度的比较研究·····	丁长青 巩会生 赵雷刚,等(305)
红腹锦鸡野外性繁殖行为的观察·····	巩会生 丁长青 赵雷刚,等(309)
红腹锦鸡的冬季生态研究·····	丁长青 梁 伟 巩会生,等(311)

灰鹊鸽繁殖习性观察·····	汪铁军 郭 荣(315)
红腹锦鸡的食性资料·····	巩会生 党高弟 何少文,等(317)
红腹锦鸡的越冬生态观察·····	何少文 巩会生(321)
金胸雀鹀繁殖生态观察·····	巩会生(324)
佛坪国家级自然保护区兽类补遗·····	巩会生(326)
绿鹦嘴鹀繁殖生态观察·····	巩会生 宋团谱 赵纳勋(327)
佛坪自然保护区雉类分布和密度的初步调查·····	余玉群 张陕宁 巩会生(330)
佛坪自然保护区的鸟类·····	巩会生 杨兴中 阮英琴(334)
陕西秦岭、大巴山地区鸟类物种多样性及其分布的研究 ·····	巩会生 阮英琴 高学斌(344)
佛坪国家级自然保护区两栖爬行动物多样性研究·····	汪铁军 宋鸣涛(350)
佛坪自然保护区食竹鸟兽种类的初步调查·····	巩会生 曾治高 高学斌,等(357)
大中型兽类标本制作技术·····	巩会生 赵雷刚(364)

第四部分 植物研究(竹类)

秦岭地区的竹类资源·····	田星群(369)
秦岭大熊猫分布区的竹类及利用·····	田星群(375)
秦岭大熊猫食物基地的初步研究·····	田星群(382)
佛坪自然保护区竹类资源及其与大熊猫的关系·····	田星群(390)
巴山木竹在秦岭南坡的分布·····	田星群 刘其建(395)
巴山木竹发笋生长规律的观察·····	田星群(400)
山地竹林开花的生态观察及更新·····	田星群(408)
秦岭山地竹开花的初步研究·····	田星群(413)
巴山木竹开花习性的观察·····	田星群(416)
山地竹开花与大熊猫营养的关系·····	田星群(421)
人工促进巴山木竹、华桔竹实生苗生长的实验·····	刘其建(427)
秦岭山地竹林开花后的自然更新·····	田星群(433)

第五部分 植物研究(其他)

佛坪自然保护区蕨类植物地理分布和区系分析·····	王玛丽 任 毅(443)
佛坪国家级自然保护区短柄栎栎林初步研究·····	岳 明 任 毅 辜天琪,等(447)
佛坪国家级自然保护区植物群落物种多样性特征·····	岳 明 任 毅 党高弟,等(456)
陕西佛坪自然保护区植被的基本特征·····	岳 明 党高弟 雍立军(464)
秦岭巴山冷杉林粗死木质残体研究·····	李凌浩 党高弟 汪铁军,等(473)
佛坪自然保护区的大型真菌(I)·····	王玛丽 任 毅 党高弟(480)

秦岭蕨类植物分布新纪录 王玛丽 任 毅 党高弟,等(486)

秦岭南坡地衣植物研究初报..... 王玛丽 任 毅 党高弟(490)

第六部分 管理类

佛坪自然保护区社会林业情况调查报告..... 雍严格 赵德怀 赵纳勋(497)

野生动物资源定位监测标准化方法研究 赵德怀 雍严格 叶新平,等(520)

佛坪保护区野生动物资源监测..... 叶新平 雍严格 阮英琴(526)

商业机制介入社区共管项目的初步探索

——佛坪自然保护区及周边社区基于保护的社区可持续养蜂

..... 梁启慧 何少文(534)

佛坪国家级自然保护区社会林业工程模式研究..... 曹智元(542)

佛坪“六·九”洪灾成因浅析 房向黎 王世国 陈奇金,等(545)

佛坪自然保护区森林燃烧性分析 房向黎 王世国 陈奇金,等(549)

森林火灾对自然保护区的威胁及对策..... 陈奇金 刘石明(554)

佛坪自然保护区反盗猎行为的对策与措施..... 张全林 刘石明 王 静(558)

佛坪自然保护区控制野生动物危害的方法..... 刘石明 张全林 康忠国(562)

积极开展科学研究 促进保护区建设发展..... 雍严格 张 坚 赵纳勋(565)

秦岭山地野生动物资源保护的有效对策 雍严格 赵德怀 雍立军,等(569)

秦岭已建立保护区群对野生脊椎动物多样性的保护

..... 雍严格 张 坚 杨兴中,等(576)

佛坪自然保护区凉风垭山口近年来入区人员的统计分析报告..... 刘新志(584)

第一部分

动物研究（大熊猫）

佛坪保护区大熊猫的冬居地选择*

杨兴中¹ 蒙世杰¹ 张银仓¹ 雍严格² 汪铁军² 党高弟² 梁启慧² 王学杰²

(1. 西北大学生物系, 陕西西安, 710069; 2. 陕西佛坪国家级保护区, 陕西佛坪, 723400)

摘 要:应用聚类分析、主分量分析(PCA)的方法,对佛坪自然保护区大熊猫的冬居地选择进行了研究。结果表明:大熊猫的冬居地选择对老竹密度、乔木层郁闭度、风向、地理特征、隐蔽条件要求比较严格,而植被类型、坡度、避风状况等生态因子对大熊猫冬居地的选择也有一定的影响。

关键词:大熊猫;冬居地选择;聚类分析;主分量分析;佛坪保护区

兽类栖息地的质量与其生活、生长发育、繁殖以及对有机体存活数量等有直接关系(Gilbertson, D., et al., 1985; Jprogensened., 1983; Smith, R. l., 1980)。适宜栖息地的选择是影响兽类动态的因素之一(Crawley, J., 1983; McNab, B., 1978; Moen, A., 1973; Shaffer, M., 1981)。兽类栖息地选择是研究栖息地以及栖息地周围地区的生态因子在兽类选择栖息地的过程中的作用和地位,从而揭示兽类生境状态的综合特征与动物自身的生活特性、物质和能量供求、种群构成和分布的动态变化及兽类选择该处栖息地的原因和主导因素等相关规律^[6],从而对保护管理兽类资源具有重要的理论和实践意义。

大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)是我国特产珍稀兽类,在陕西分布于秦岭主脊两侧的宁陕、佛坪、洋县、太白、周至5个县的部分地区^[1]。由于其野生种群数量十分稀少,早已被列入世界濒危物种和国家一级重点保护动物。多年来大量的研究表明,大熊猫种群数量下降除了与其繁殖力低,食物高度特化,御敌能力较弱等内因的限制外^[4],特定生态环境的需要也是一个重要的致危因素^[1]。

为了搞清影响大熊猫栖息地选择的主要因素,我们于1996年在佛坪自然保护区内对此进行了深入的研究。

1 研究地区和方法

研究地佛坪自然保护区位于陕西省佛坪县西北部,北纬32°33'~33°46',东经107°40'~107°55',总面积293 km²。保护区的自然概况和植被特征详见雍严格等《兽类学报》13(4):245~250。

在佛坪自然保护区内,大熊猫的冬居地被认为是在海拔1400~1800 m的针阔叶混交林带+巴山木竹林,面积约54.4 km²的范围之内^[3]。因此在冬居地工作区的各种生态环境内各选择样地面积为20 m×20 m=400 m²的样地107个,进行生态因子的调查。

1.1 生态因子调查

着重调查冬季大熊猫对栖居地生境的选择。野外观测采用随机选点,机械布设样方的

* 脊椎动物资源及保护。

抽样调查方法。即在冬居地生态环境中,随机选取调查样地,在每一样地上沿与等高线垂直的方向,设置间距 $\geq 1\,000\text{ m}$ 的等高线族 $n \times 100\text{ m}$ 的正方形大样方($20\text{ m} \times 20\text{ m}$)107个,并在各大样方的4角及中央各布设1个 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的小样方408个。各因子测定方法或分级标准为:

海拔(X1):用海拔仪直接测定,分为 $\leq 1\,600\text{ m}$,大于 $1\,600\text{ m}$ 小于等于 $1\,800\text{ m}$ 及 $> 1\,800\text{ m}$ 三个项目。

坡度(X2):用罗盘仪测定,分为 $\leq 15^\circ$,大于 15° 小于等于 36° 及 $> 36^\circ$ 三个项目。

坡位(X3):估计样方所在位置。分为上坡位,即山顶或坡上部;中坡位,即山腰或坡中部;下坡位,即山谷、沟底或坡下部。

坡向(X4):阳坡的测定标准为 $S67.5^\circ \sim 22.5^\circ W$;半阴半阳为 $N22.5^\circ E \sim 67.5^\circ E$ 和 $S22.5^\circ \sim N67.5^\circ W$,阴坡为 $S67.5^\circ W \sim N22.5^\circ E$ 。

地形(X5):分主沟、山脊、山体坡面3种。

地理特征(X6):根据样地所处地貌特征,分为阶地、山体坡面、梁顶3个项目。

避风状况(X7):样地所在处的避风情况,分为差、一般和良好。

风向(X8):分迎风坡和背风坡。

光照(X9):用光照计直接测定。分为 $\leq 2\,000\text{ lx}$ 和 $> 2\,000\text{ lx}$ 。

植被类型(X10):以植被的生长型外貌或以优势种命名,分为针阔叶混交林和阔叶林2种类型。

乔木层特征(X11):构成乔木层的主要物种数和郁闭度,各分为 ≤ 5 种, > 5 种和 ≤ 0.5 , > 0.5 。

老竹密度(X12):老龄木竹每平方米的株数。划为 $\leq 4.0\text{ 株}/\text{m}^2$ 、 $> 4.0 \leq 8.0\text{ 株}/\text{m}^2$ 、 $> 8.0\text{ 株}/\text{m}^2$ 。

一年生竹密度(X13):一年生木竹每平方米的株数。划为 $\leq 1.0\text{ 株}/\text{m}^2$ 和 $< 1.0\text{ 株}/\text{m}^2$ 、 $\geq 3.75\text{ 株}/\text{m}^2$ 。

隐蔽条件(X14):在样方中心处,分别求 1.5 m 和 1.0 m 高处4个不同方向视距的平均值作为样地隐蔽条件的指标。分别划为 $\leq 15\text{ m}$, $> 15\text{ m}$ 和 $\leq 8\text{ m}$, $> 8\text{ m}$ 。

林间空地面积比例(X15):在大样方内林间空地面积占整个大样方面积的百分比。分为 $\leq 15\%$ 和 $> 15\%$ 。

取食方式(X16):以大熊猫在竹林内取食的时间长短判定,分为长时间取食,过路取食及临时取食2种类型。

取食基底状况(X17):按大熊猫取食处基底所在的状态而定,分为草丛,裸地或裸石2种。

兽类干扰强度(X19):根据兽类对大熊猫干扰作用的大小,划分为轻度干扰和强度干扰。

人类干扰类型(X20):根据人类经济活动的性质,划分为割漆,放牧及砍竹,采药及旅游等3种。

人类干扰强度(X21):根据干扰作用的强弱,把人类干扰强度分为轻度、中度和重度。

人类干扰高度(X22):人类对大熊猫干扰所达到的海拔高度范围,划为 $\leq 1\,500\text{ m}$ 和

>1 500 m。

1.2 数据处理

1.2.1 计算相关系数

应用离差标准化后的内积——相关系数公式

$$\begin{aligned} r_{hi} &= \frac{\sum_{j=1}^N (x_{hj} - \bar{X}_h)(x_{ij} - \bar{X}_i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (x_{hj} - \bar{X}_h)^2 \cdot \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \bar{X}_i)^2}} \\ &= \frac{SS_{hi}}{\sqrt{SS_{hh} \cdot SS_{ii}}} \end{aligned}$$

通过计算机处理,得出冬居地样方生态因子 Bray-Curtis 相关系数矩阵。

1.2.2 聚类分析

由相关系数矩阵,按照一次形成聚类法^[5]把那些生态因子组成最相似(Bray-Curtis 距离最短)的样方聚集一起形成表征样方间种类组成相关关系的树状分枝图。

1.2.3 主分量分析(PCA)

将原始记录中与栖居地选择有关的数字型参数直接列成矩阵,而将定性描述的多态数据先转化为数量数据后再作同样处理。应用 C 语言编制的程序在计算机上进行主成分分析,找出影响大熊猫冬居地选择的主要因素。同时对于文字型参数,如栖息地类型、坡位、地理特征、干扰类型等,通过计算各类数据所占的百分率,找出大熊猫冬居地选择的主要特征,一并作为生态因子在二维空间上的排序依据。

2 研究结果

2.1 生态因子组的确立

Ellenberg(1974)等认为,属相似立地条件的诸因子,对环境梯度的反应相似,并且属同一层片^[7]。因此,根据样地调查 107 个样方以 24 个生态因子组成成分为性状计算 Bray-Curtis 相关系数矩阵如表 1(表中相关系数取两位并省略百分号)。

以数据标准化法进行数据变换处理,欧氏距离法进行距离与相似系数计算,最后以离差平方和法按一次形成聚合法进行聚类,得到 107 个样方表征生态因子组成相关关系的聚合分类树状分枝图(图 1 见后)。根据数量分类需要可把样方分为若干集群。

取 D=185 时,划分出 a、b 两个样方集群。a 样方集群为 15,16,39,35,60,40,22,6,5,10,104,61,105,103,106,93,81,83,84,33,25,45,74,48,47,95,82,80,41,20,19,66,62,67,21,7,2,65,56,57,97,11,18,58,55,1,9,4,70,36,14,17,3,13,34,32,30,29,31,68,69,50,49,43,42;b 样方集群为 96,97,99,98,92,12,87,86,91,101,100,79,64,63,52,

53,54,44,78,75,76,72,77,73,71,89,88,54,51,38,37,85,90,18,46,102,23,24,27,26,59,28,107。

表 1 Bray-Curtis 相关系数矩阵

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	1																							
2	17	1																						
3	-58	-28	1																					
4	14	4.6	7.1	1																				
5	27	43	-38	-5.5	1																			
6	37	27	-32	-14	45	1																		
7	25	21	27	25	39	27	1																	
8	7.6	10	-12	30	39	14	62	1																
9	-15	4.9	21	2.3	99.9	18	-95	7.0	1															
10	-43	-20	38	-12	-7.2	-15	-24	9.5	44	1														
11	39	-85	-14	-74	-8.9	11	-3.8	-2.4	8.4	6.0	1													
12	-22	-11	19	8.7	-26	-37	-21	-12	-8.9	12	-51	1												
13	18	-20	-11	-15	-7.9	2.8	-3.2	15	-12	-11	28	-15	1											
14	33	-1.6	-24	2.3	6.0	16	12	-2.1	-10	-34	7.4	31	9.0	1										
15	-3.1	11	-19	-17	15	7.6	9.3	15	17	8.8	2	1.7	30	-13	1									
16	-11	12	12	-5.3	-14	-92	2.6	-5.6	14	12	15	19	16	-35	22	1								
17	3.4	-7.9	-41	18	5.7	0.65	-6.9	7.3	17	-16	18	-16	4.2	-20	12	9.4	1							
18	-35	-2.4	22	1.2	-14	-26	-19	-1	16	4.8	-16	18	-16	4.2	-20	12	9.4	1						
19	22	-19	-4.6	-1.1	-24	-4.5	-14	-13	-5.7	-3.1	11	23	88	25	-25	11	2.2	1						
20	-11	3.7	8.9	19	4.1	5.8	15	17	15	-4.4	-8.6	-6	-89	-6.7	6.3	8.9	-11	-2.6	2.5	1				
21	-9.2	-4.2	4.5	-1.7	-2.2	4.3	-21	-5.2	19	21.9	14	-4.3	2.5	7.8	1.1	32	-2.5	2.6	-19	1				
22	25	0.63	-22	-1.4	2.9	18	1.4	-35	1.6	-3.5	13	-13	12	-14	-16	-16	12	-15	13	-7.6	14	1		
23	32	-99	-13	6.8	-5.7	15	3.9	0.26	-3.4	-14	24	11	13	21	-6.5	1.3	13	-7.2	20	5.5	18	46	1	
24	6.7	1.1	-7.2	1.8	-2.1	0.34	0.01	16	-15	-24	-12	-16	12	-9.8	4.1	5.6	-11	-6.3	-5	-18	-31	17	3.2	1

取 D=130 时,划分到 a1,a2,a3,a4,b1,b2,b3 7 个样方集群。a1 样方集群为 15,16,39,35,60,40,22,6,5,10,104,61,105,103,106,93,81,83,84,33,25,45,74,48,47,95,82,80,41;a2 样方集群为 20,19,66,62,67,21;a3 样方集群为 7,2,65,56,57,94,11,18,58,55,1;a4 样方集群为 9,4,70,36,14,17,3,73,34,32,30,29,31,69,68,50,49,43,42;b1 样方集群为 97,96,98,99,92,12,87,86,91,101,100,79,64,63,52,53,44,78,75,76,72,77,71;b2 样方集群为 89,88,54,51,38,37,85,90,18,46,102,23,24,27,26,59,28;b3 样方集群为 107。

两次划分得到的样方集合对应于实际样地分类不同等级的类群。划分的结果与实际类群的相当程度,进一步需要根据实际样地样方集合各自的生态因子构成情况作出符合生态学原理的判断。充分考虑各样方集内各种生态因子的构成和分布频次,结合样地生态因子整体和分异程度,合理界定生态因子组分类等级。在此基础上,我们把大熊猫冬居地的生态因子分为 2 个组和 7 个亚组。分类单位的命名以计算生态因子组或亚组对应的样方集内生态因子的优势值来决定。由此,大熊猫冬居地生态因子数量分类的结果为:a. 地理特征,竹林、乔木层结构因子组

- a1 地形—老竹密度—乔木种类因子亚组
- a2 地形—一年生竹密度—植被类型亚组
- a3 坡度—取食基底—乔木郁闭度亚组
- a4 坡向—取食基底—老竹密度—植被类型亚组