

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.02.004

## 野生大熊猫种群动态的研究综述

周世强, 屈元元, 黄金燕, 黄炎, 李德生, 张和民  
(中国大熊猫保护研究中心, 四川 都江堰 611830)

**摘要:** 本文回顾了从1967年到2014年, 将近50年间野生大熊猫种群数量调查和动态监测的历史; 并从种群生态学角度, 根据调查范围、时间跨度、主导机构及目标导向的不同, 介绍了野生大熊猫调查的类型与特点。同时, 总结了野生大熊猫种群数量调查的理论依据和相应的调查方法, 最后综合分析了1970年代至今野生大熊猫种群数量变化及其影响因素。

**关键词:** 大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*); 种群动态; 综述

**中图分类号:** Q958.15      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-5508(2017)02-0017-14

## A Summary of Researches on the Wild Giant Panda Population Dynamics

ZHOU Shi-qiang    QU Yuan-yuan    HUANG Jin-yan    HUANG Yan  
LI De-sheng    ZHANG He-min

(China Conservation and Research Center for the Giant Panda, Dujiangyan 611830, Sichuan)

**Abstract:** This article reviewed a nearly 50-year history of the wild giant panda population surveys and population dynamic monitoring from 1967 to 2014. According to survey spatial scales, survey temporal spans, survey organizers and survey goals, a description was given of the types and characteristics of those surveys, as well as their methods and theoretical bases from the perspective of population ecology. At the end, analysis has been made of the trend and influential factors of the wild giant panda population since the 1970 s.

**Key words:** Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*), Population dynamic, Summary

种群数量(密度)特征是野生动植物种群重要的定量特征, 是一个区域生物多样性和保护管理的评估指标之一 (McNeely et al., 1990; 王献博, 1996); 是定点研究一个野生种群生态的基础性工作, 其种群数量和年龄结构为深入研究种群的密度、移动、巢域和核域, 以及种群动态提供依据 (陈泳宏等, 2002)。野生大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 的

种群数量及其动态变化不仅是划定自然保护区、成立就地保护管理机构, 或建立生态走廊带的依据, 也是评估保护管理成效的重要指标, 而且反映了该研究区域(保护地区)生态系统的完整性和脆弱性 (龚明昊等, 2003; 青菁等, 2016)。

本文主要从野生大熊猫数量调查的历史、方法, 种群动态和影响种群发展因素等方面进行综述和分

收稿日期: 2017-01-12

基金项目: 国家林业局大熊猫国际合作基金项目 (SD1113; SD0631)。

作者简介: 周世强 (1966-), 男, 学士, 教授级高级工程师, 主要从事大熊猫及栖息地、主食竹生态学以及大熊猫野化培训与放归研究, E-mail: shiqiangzhou@sina.com。

\* 通讯作者: 张和民, E-mail: wolong\_zhm@126.com。

析。

## 1 种群数量调查的历史简述

### 1.1 大熊猫的历史文献记载、发现与饲养展出

大熊猫自古以来都被人们视为神奇的兽类,早在西周(公元前1066-770)的《书经》和中国最早的诗歌总集《诗经》中就提到了大熊猫,随后各朝各代的县志、文献(如《尔雅》、《山海经》等等70余篇古文献)和地方志中均有记载,但名称各有不同(胡锦涛,1990a)。

1869年法国传教士、博物学家阿尔芒·戴维(Fr Jean Pierre Armand David)神父在四川穆坪(今雅安市宝兴县)邓池沟附近收集到大熊猫皮张,发现了大熊猫这一新物种;其随即将标本寄至法国自然博物馆的A·米尔恩-爱德华兹(Alphonse Milne-Edwards)教授,由后者进行了科学命名,并以新种发表。至此,大熊猫才为西方世界所认知,从而吸引了法国、英国、俄国、美国等国的探险家们深入大熊猫分布区的茂密森林中进行考察活动,主要是猎杀收集标本(1869-1935)和捕捉活体供动物园展出(1936-1953),以及1941年11月,宋美龄代表民国政府向美国救济中国难民联合委员会赠送一对大熊猫,以对其在二战中救济中国难民表示感谢,共计72只运往国外(其中15只活体)(胡锦涛,2008)。

新中国成立后,1957年开始以国礼进行赠送,先后送给前苏联、朝鲜、美国、法国、西德、墨西哥、西班牙、日本等国,截止1983年共有24只大熊猫(张和民等,2003)。1983-1994年中国政府停止赠送大熊猫,采用商业租借方式到国外和地区进行巡展,先后有美国、加拿大、爱尔兰、瑞典、比利时、日本、澳大利亚、新西兰、新加坡、英国等国和香港地区展出。1994年至今,中国政府以合作研究的形式开展与国外机构(动物园)进行圈养大熊猫的繁殖、行为生态等方面的研究,大熊猫的身影遍及海外,截止2015年底,13个国家共有大熊猫46只,仅我国的港澳台地区,以中央政府赠送方式进行合作,计有大熊猫9只(国家林业局,2015)。

1953年成都动物园开始饲养大熊猫以来,国内先后有北京动物园、成都大熊猫繁育研究基地、中国大熊猫保护研究中心等动物园和自然保护区饲养过大熊猫。截止2013年底,全国共有圈养大熊猫375只(含香港、澳门和台湾),分属于11家单位(国家林业局,2015)。

### 1.2 大熊猫种群数量调查的历史沿革

上面粗略地简述了大熊猫的历史记述、国内外猎杀、捕捉和饲养展出的基本概况,虽然国外探险家们和科学家们根据他们的猎捕考察和我国馈赠的活体,进行了大熊猫的有关研究,撰写了不少考察报告、一般读物、专著和学术论文;我国科学家也于1943年和1960年对野外大熊猫进行过研究(Pen Hongshou,1943;郑光美,1964),但是直到1967年之前,真正意义上的种群数量调查并未开展。

1967年末至1969年7月,中国科学院动物研究所在四川王朗自然保护区进行了较为详细地栖息环境考察和种群数量的初步调查工作,揭开了野生大熊猫种群数量调查和动态监测的序幕。从那至今,不仅开展了区域性的调查研究(如山系、县域、自然保护区等),而且进行了全国性普查活动,为自然保护区的建立、走廊带建设和大熊猫生态生物学研究和保护奠定了基础和依据(王朗自然保护区大熊猫调查组,1974;国家林业局,2006)。

1974年~1977年,四川、陕西、甘肃3省开展了野外大熊猫等珍贵动物资源的调查(即全国第一次大熊猫普查),是第一次对大熊猫野生资源状况的大规模普查活动。组织人员约3000人,历时3年左右时间,踏遍了大熊猫分布区域的崇山峻岭,遍及四川35县、陕西5县和甘肃4县。通过这次大熊猫数量调查,公布大熊猫的数量约1000~1050只(四川省珍贵动物调查队,1977;甘肃省珍贵动物调查队,1977;吴家炎,1986;冯文和等,1998),但在2015年国家林业局公布第四次大熊猫调查结果时,明确显示第一次大熊猫调查的种群数量为2549只(国家林业局,2015)。这次调查基本摸清了我国野生大熊猫的资源及其分布状况,为后来的科学研究和自然保护区建设提供了参考依据。

从1978年开始,南充师范学院(现西华师范大学)的胡锦涛教授等在卧龙自然保护区建立的“五一棚大熊猫野外生态观察站”,开展了大熊猫及其伴生动物的数量及其生物学、生态学研究,1981年出版了《卧龙自然保护区大熊猫、金丝猴、牛羚生态生物学研究》一书。1980年我国政府与世界自然基金会(WWF)签署合作进行大熊猫保护项目的协议,持续时间长达12年左右,除进行大熊猫生物学研究外,还包括大熊猫种群调查、保护管理计划的制订,以及人才培养等内容。在大熊猫生物学研究方面,先后聘请有10~50名中外科学家的参与,继续在卧龙自然保护区“五一棚”区域采用无线电遥测技术

跟踪大熊猫,并将研究地点扩展到四川青川县的唐家河自然保护区(1984年,白熊坪大熊猫观察站),重点目标是野生大熊猫及其栖息地和主食竹的生态学,也兼顾研究具有潜在竞争关系的亚洲黑熊(*Ursus thibetanus*)和小熊猫(*Ailurus fulgens*)(Reid, 1994)。分别于1985年出版了《卧龙的大熊猫》(中英文版),1992年《卧龙大熊猫生态环境的竹子及森林动态演替》等专著,国内外发表论文数十篇(胡锦涛等,1985;秦自生等,1992;Schaller et al., 1985; Johnson et al., 1988; Reid et al., 1989; Reid et al., 1991; Taylor et al. 1988; Taylor et al., 1991; Taylor et al., 2004; )。

1985年-1988年,由Ken Johnson、邵开青、刘志学和蒋福全等领队开展了第二次全国大熊猫调查,调查队由6个单位,72名中外专家和科技人员组成,涉及大熊猫分布省份(四川、陕西、甘肃)的49个县(市),时间前后3年多,较为详细地对大熊猫的数量、分布及栖息地状况进行了调查。最终形成了“中国大熊猫及其栖息地综合调查报告”(林业部WWF,1989),不仅公布了野生大熊猫的种群数量,仅1114只,而且根据卧龙自然保护区大熊猫的生态研究数据(繁殖、行为等),编制了“中国大熊猫及其栖息地保护管理计划”(林业部WWF,1989),据此文本,我国政府编撰了更为详细和可操作性的“大熊猫及其栖息地保护计划”(林业部,1992)(Reid, 1994)。

北京大学潘文石教授领衔的科研团队从1987年开始,一直持续到1997年在陕西秦岭地区(主要是长青自然保护区)对野生大熊猫的行为学、生态学、遗传学及其栖息地和主食竹等方面进行了大量的研究,尤其在种群数量调查和预测方面探索了新的方法,获得了重要的种群参数(北京大学陕西长青林业局联合大熊猫研究小组,1988;潘文石等,2001)。西华师范大学胡锦涛教授与其学生和学校团队先后在唐家河(南充师范学院大熊猫调查队,1987)、卧龙(黄乘明等,1990;胡锦涛等,1990b)、马边大风顶(杨光等,1994)、冶勒(郭建等,1998)、黄龙(胡杰等,2000)等地进行了区域性大熊猫种群调查和研究活动。其他科研人员和自然保护管理者从上世纪80年初也开展了局部地区或自然保护区内大熊猫种群动态的监测(雍严格,1981;雍严格等,1993;马国瑶,1987;Mainka et al., 1994;杨建等,1997;欧维富等,1999;马亦生1999),方盛国、冯文和、张亚平等在与其他团队进行常规方法调查种群

数量的同时,利用采集的大熊猫被毛、新鲜粪便等样品,通过分子生物学的方法(DNA指纹探针)确定大熊猫的个体、血缘关系以及研究区域的遗传多样性(冯文和,1991;冯文和等,1998;方盛国等,1996a;方盛国等,1996b;方盛国等,1996c;方盛国等,1997;方盛国等,1999;张亚平等,1995)。

在第二次大熊猫资源调查后,我国政府根据《中国大熊猫及其保护管理计划》(1989)和《大熊猫及其栖息地保护计划》(1992),除实施建立新的自然保护区和走廊带的“大熊猫保护工程”外,在原有“退耕还林(草)”工程的基础上,于1998年实行了全面禁止滥砍滥伐森林的“天然林保护工程”,使大熊猫及其栖息地得到了更好地恢复与保护。为了评估保护工程实施的有效性,查清野生大熊猫的资源现状,在先后进行了四川省平武县(1998)和四川鞍子河自然保护区(1999)大熊猫种群数量及栖息地调查,以及全国第三次大熊猫及栖息地试点调查(1999年青川县调查)的基础上,于2000年~2003年正式开展了全国第三次大熊猫普查工作。四川、陕西和甘肃三省各自组织大熊猫调查队,并分成动物组、植物组和社会经济组分别进行大熊猫、栖息地、主食竹和社会经济的全面调查。数据统计表明,野生大熊猫种群数量稳中有升,栖息地面积有所扩大,种群数量为1596只,栖息地面积达230.50万 $\text{hm}^2$ ,生存状况得到一定程度的改善(国家林业局,2006)。

“三调”之后,大专院校、科研院所和自然保护区的科研人员和保护工作者除采用传统的大熊猫种群调查和监测方法外,在进行区域性大熊猫野生种群的动态监测过程中(陈泳宏等,2002;陈炳耀等,2003;刘宣平等,2003;Durmin, 2005;李晓鸿等,2005;孙成蹇等,2006;冉江洪等,2005;冉江洪等,2006;孙建存等,2007;袁朝晖等,2007;曹庆等,2008;温占强等,2009;黄优优等,2014),进一步探索了分子生物学方法在大熊猫调查方面的应用(如微卫星分析等)(陈曦等,2003;Durmin, 2005;Zhan et al., 2006;方盛国,2008;刘新玉等,2008;Hu et al., 2010;Zhang et al., 2012),而且利用红外自动感应系统,在大熊猫活动区域随机或网格法布设触发数码相机,摄录大熊猫及其伴生动物的图片和影像资料,以实体方式展现监测结果。一方面可以通过个体图像识别,了解研究或监测区域的大熊猫种群数量,另一方面根据影像所记录的地点、时间、季节、环境和大熊猫的活动体态,分析大熊猫的活动节律和行为

模式 (Durmin, 2005; 卢学理等, 2005; 何佰锁等, 2009; 武鹏峰等, 2012; Liu et al., 2013; 张晋东等, 2015)。

2008年5月12日14:28四川省内发生了8.0级“汶川大地震”, 据统计仅四川省的地震重灾区就有51个县(区/市), 面积达13.28万 $\text{km}^2$ , 人口约2657万(陈国阶, 2008), 同时波及邛崃山系和岷山山系野生大熊猫分布地的动植物及其森林生态系统, 地震共导致大熊猫生境丧失面积为65,584 $\text{hm}^2$ , 以及其赖以生存的主食竹林的大面积埋没、砸毁和折断(欧阳志云等, 2008; Xu et al., 2009; Liu et al., 2010)。鉴于地震的影响, 以及2003年以来我国大熊猫分布区生态环境和保护形势的巨大变化, 诸如20世纪末期国家启动了“天然林保护”、“退耕还林还草”和“野生动植物保护与自然保护区建设”等生态工程, 实施了“西部大开发战略”等。在此背景下, 为进一步做好大熊猫保护管理工作, 急需摸清大熊猫资源现状, 以便针对性地制定大熊猫保护发展规划, 根据《中华人民共和国野生动物保护法》第十五条和《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》第七条的规定, 国家林业局于2011年~2014年组织开展了全国第四次大熊猫调查。调查涉及野生种群、栖息地、同域野生动物、干扰状况、社会经济、保护管理和圈养种群等七大方面, 调查方法(外业调查与室内分析)除沿袭了第三次调查的主要技术手段外, 增加了对大熊猫新鲜粪便的DNA微卫星标记鉴别个体的分子生物学方法, 以分析不同山系和各局域种群的遗传多样性, 并作为常规种群调查和分析方法的补充(国家林业局, 2015; 唐小平等, 2015)。结果表明野生大熊猫种群数量稳定增长, 约为1864只, 但部分局域种群面临生存风险; 栖息范围扩大, 但栖息地破碎化仍是威胁其生存的主要因素; 保护管理成效显著, 但保护管理能力仍需加强; 圈养种群规模发展迅速, 但种群交流状况有待改善(国家林业局, 2015)。

## 2 种群数量调查的类型划分

纵观大熊猫研究与保护的历程, 从种群生态学角度分析, 野生大熊猫种群数量调查从时空尺度、主导机构和目标导向来看, 存在着不同的类型与特点。概述如下。

### 2.1 调查范围(空间尺度)

从调查范围大小, 将大熊猫种群数量调查划分

为区域性调查和全国性普查。

区域性调查是以省级、山系、市区、县域、保护区或点面(如卧龙自然保护区“五一棚”)为调查单位或研究区域, 属于常规巡护、专项监测或科学研究范畴。相对于全国性调查而言, 此类调查所需人力、物力和财力较少, 完成时间较短, 数据量偏少。结果以监测报告、社会信息、学术论文、研究专著等形式展现, 可作为区域管理机构的保护成效评估、制订大熊猫保护计划的决策依据; 也可以分析区域内野生大熊猫及其伴生动物、栖息地、主食竹的活动状况、生存潜力, 为大熊猫的生态生物学学习性提供基础数据(胡锦涛等, 1985; Schaller et al., 1985; 北京大学陕西长青林业局联合大熊猫研究小组, 1988; 潘文石等, 2001)。

全国性大熊猫普查是以全国整个大熊猫分布区为调查单元, 属于综合性调查, 复杂的系统工程。此类调查所需人力、物力和财力巨大, 调查时间长, 一般需要3年左右, 涉及范围广、专业门类多(如植物学、动物学、林学、经济学、社会学、统计学、计算机科学等)、数据庞大。其结果作为全国性保护管理计划、自然保护区或走廊带建设、大熊猫国家公园、国家生态文明建设工程的决策依据和数据基础, 以及评估国家大型生态工程的实施效果, 具有权威性、政策性(林业部 WWF, 1989; 国家林业局, 2006)。

### 2.2 时间间隔(时间尺度)

根据调查/监测的时间跨度(间隔), 我们将大熊猫种群调查分为长期性监测、临时性研究和定期性调查3种。

长期性监测属于自然保护区(市、县林业主管部门, 自然保护区或非政府组织等)组织进行的或资助开展(如 WWF)的日常性或常规性工作, 不仅收集该区域内野生大熊猫、伴生动物、栖息地、主食竹及森林生态系统的动态数据, 而且兼具行政执法的部分功能, 打击和处罚区内各种破坏/影响生物多样性保护的事件(如盗伐林木、砍竹打笋、放牧牲畜等)。此类监测活动常采用设置固定线路和固定样方(主要是主食竹和植物群落), 定期(如每半年、每季度或每月)进行巡查和采集数据; 近年来在常规路线监测的同时, 随着保护资金的加大投入, 通过布设红外自动触发数码相机, 收集野生动物的图像数据, 这样可以直观地了解监测区域内大熊猫及其伴生动物的活动情况(如动物种类、数量多寡、活动模式等)、干扰状况(干扰类型、村民来源、使用工具等), 同时可以获得新的发现或证据, 以便制定相应

的管理规划和策略措施。监测结果以报告的形式呈报本单位、上级主管部门或资助机构,也可以论文形式进行发表(Mainka et al., 1994; 杨建等, 1997; 欧维富等, 1999; 刘宜平等, 2003; 孙建存等, 2007; 袁朝晖等, 2007)。

临时性研究主要是针对野生大熊猫在某一个区域内野生大熊猫的种群数量现状、地理分布格局以及生态学特征进行专项研究而开展的调查(取样)活动,常常是以课题形式(如基金项目、毕业论文等)收集数据。数据精度要求高、调查范围相对狭小、工作时间集中,处理和分析方法更为科学。成果通常以考察报告、学术论文等形式展现(雍严格, 1981; 马国瑶, 1987; 黄乘明等, 1990; 胡锦矗等, 1990; 雍严格等, 1993; 杨光等, 1994; 马亦生, 1999; 郭建等, 1999; 胡杰等, 2000)。

定期性普查是基于评估一项重大政策、生态工程或管理规划实施一段时间后的成效,或根据相关的法律法规的要求,从全国或省、市层面组织进行的调查活动,一般以 5 - 10 年为调查周期,如全国大熊猫调查、全国森林资源清查、全国陆生野生动物资源调查、全国湿地资源调查等等。最后成果不仅以新闻发布、综合调查报告等形式向社会公布,而且根据调查结果,制定全国性/省级的保护管理计划(如调整个别自然保护区面积、新建自然保护区或走廊带、圈养大熊猫野化培训与放归规划等)(林业部 WWF, 1989; 林业部, 1992)。

### 2.3 主导机构(组织层级)

从进行调查的组织单位来看,一般涉及 3 个方面的机构,包括政府部门、保护组织和科研单位。通常大型的调查活动,因涉及人员多、调查时间长、经费花销大,由政府部门进行主导实施,如全国大熊猫调查、全国森林资源清查等。区域性调查或常规监测以自然保护机构(自然保护区、非政府组织、林业主管部门)为主导,各基层保护站/点具体实施。具有科研性质的调查项目,经常是科研单位(大专院校、科研院所)派出研究人员来到所需研究的地区,与当地主管部门或自然保护区进行合作研究,或者当地主管部门(林业/自然保护区)邀请或招标相关研究单位开展调查,并派出基层人员协助进行。

### 2.4 目标导向(目的高度)

根据调查的目的/目标,大熊猫数量调查亦可分为常规性保护监测、科学研究和政策性普查。因与上述内容重复度较高,不在此赘述。

## 3 种群数量的调查与分析方法

### 3.1 数量调查和计算方法的理论依据

野生动物种群数量调查和分析的方法是基于人们对调查对象基本生物学、生态学特性的了解而设计和应用的,没有扎实的种群生态学研究成果,要设计符合该动物的野外调查和内业分析的方法与技术是难以实现的。作为号称“竹林隐士”的濒危动物大熊猫,因其常年生活于高山峡谷的亚高山和高山针阔混交林和针叶林内,活动于茂密的中小径竹丛中,人们很难见其真容,要采用直接计数方法获得一个区域内的种群数量(密度)是非常困难和不现实的。因此,依据野生大熊猫生态生物学特性,采取间接的方法和技术进行大熊猫的调查和分析是人们所惯用的手段。

#### 3.1.1 大熊猫的空间利用格局

野生动物的取食、休息、交配和育幼等日常活动一般只在特定的地理区域范围内进行,且在某些小区活动更为频繁和集中,从而形成了具有一定面积大小的巢域(Home range)和核域(Core area)。由于巢域内生境结构的多样性、环境因子的异质性、食物资源分布的斑块化,以及来自自然或人类干扰的波动性,导致野生动物在其巢域内具有季节迁徙、垂直移动和昼夜活动的空间利用格局(Rosenberg et al., 1999; Van Beest et al., 2010)。

野生大熊猫的空间利用格局,通过上世纪 80 ~ 90 年代和本世纪初的定位研究,已取得了丰硕的成果,为大熊猫的物种保护提供了理论依据。因采用的跟踪技术不同、各山系生态环境的差异,不同时代和区域的研究结果具有较大的差异,但同一山系具有相似的趋势和格局。上世纪 80 年代(1980 ~ 1983)的无线电颈圈监测表明,卧龙自然保护区(邛崃山系)“五一棚”区域内大熊猫的巢域为  $3.9 \text{ km}^2 \sim 6.2 \text{ km}^2$  (胡锦矗等, 1985; Schaller et al., 1985), 而利用 GPS 颈圈跟踪显示(2010 ~ 2012), 卧龙“核桃坪”地区大熊猫的巢域是雄性  $6 \text{ km}^2$ 、雌性  $4.4 \pm 1.2$  (SD)  $\text{km}^2$  (95% 的巢域面积) (Hull et al., 2015)。唐家河(岷山山系)研究的一个个体“唐唐”的巢域面积达  $23.1 \text{ km}^2$  (胡锦矗等, 1990)。秦岭大熊猫(长青自然保护区)的平均年巢域面积是  $10.62 \text{ km}^2$  ( $n = 56$ ), 个体的最小巢域面积为  $3.26 \text{ km}^2$ , 最大为  $28.93 \text{ km}^2$  (1987 ~ 1996, 无线电颈圈监测数据) (潘文石等, 2001); 同一山系的佛坪自然保护区

大熊猫(2008~2009, GPS 颈圈跟踪数据)平均巢域大小是 11.41 km<sup>2</sup> (±2.31SE), 最大的“川川”为 18.22 km<sup>2</sup> (Zhang et al., 2014)。最近研究表明, 野生大熊猫种群的最小栖息地面积(MAR)为 114.7 km<sup>2</sup> (Qing et al., 2016)。

无论是无线电颈圈监测还是 GPS 颈圈跟踪都表明, 卧龙大熊猫 95% 以上的时间生活在海拔 2600m 以上的冷箭竹(*Bashania faberi*)林中, 仅每年 5-6 月下移到海拔 2500 m 以下的拐棍竹(*Fargesia rubusta*)林里采食当年生竹笋(胡锦矗等, 1985; Schaller et al., 1985; Hull et al., 2015; 周世强等, 2016)。秦岭大熊猫(长青、佛坪)具有明显的季节性垂直迁移现象, 存在着“冬居地”和“夏居地”之分。夏季大熊猫移动到海拔 2200 m 以上的秦岭箭竹(*F. qinlingensis*)林活动, 而冬季则下移至海拔 1300 m~1900 m 的巴山木竹(*B. fangesü*)林中取食(北京大学陕西长青林业局联合大熊猫研究小组, 1988; 雍严格等, 1996; 潘文石等, 2001; Zhang et al., 2014)。

从大熊猫日移动距离分析, 卧龙大熊猫的每日平均移动距离为 600 m~1500 m, 雄性多于雌性, 偶尔一天甚至可达 4 km, 平均每天移动的直线距离不到 500 m (胡锦矗等, 1985; Schaller et al., 1985; 胡锦矗等, 1990)。秦岭大熊猫的日平均移动距离亦表现出雄性个体大于雌性个体的规律, 雄性个体一天的平均直线迁移距离为 506 m, 雌性为 333 m, 所有个体平均为 411m (潘文石等, 2001)。

### 3.1.2 大熊猫的摄食行为模式

大熊猫经过数百万年的演化发展, 从食肉动物特化成以亚高山和高山竹类为主要食物来源的觅食策略, 竹类占据了其食物组分的 99% 以上(胡锦矗等, 1985; Schaller et al., 1985; 北京大学陕西长青林业局联合大熊猫研究小组, 1988; 潘文石等, 2001)。通过圈养和野生大熊猫的行为生态学观察发现, 虽然对不同竹子种类、不同竹子器官(竹秆、枝叶)和不同龄级竹子(竹笋、幼竹、成竹)具有高度的选择性, 但都表现为极其相似的摄食过程。大熊猫在采食竹茎的过程中, 将竹茎一段一段地咬断, 但是并没有将其完全地咀嚼和磨碎, 加之大熊猫无法消化纤维素, 所以成段的竹茎经过大熊猫的消化道被排出后, 几乎仍然能保存原来的长短和形状。通常人们将这些粪便中的竹茎称之为咬节, 或 BSF (Bamboo stem fragments) (Mainka et al., 1994; 王昊等, 2001; 尹玉峰等, 2005)。由于不同年龄或个体大熊猫的

咀嚼能力和白齿的磨损状况不同, 从而使其咬节长度、咬节切缘和破碎程度具有明显差异, 因此人们可以根据新鲜粪便中的咬节长度不仅可以作为大熊猫年龄组的判定依据, 而且可以用来区分同一年龄组的个体(胡锦矗等, 1985; 胡锦矗, 1987)。

### 3.1.3 大熊猫的生境选择规律

野生大熊猫在其分布地区不仅表现出对主食竹器官、年龄、基径大小的选择利用特性和特有的空间分布格局(巢域大小、日移动距离等), 而且对环境因子的利用也具有高度的选择性(或偏好)。根据无线电颈圈监测、GPS 颈圈跟踪和红外触发相机记录, 以及实地观察, 野生大熊猫主要选择有一定郁闭度(0.6 以上)的原始林、恢复多年的次生林或栽培时间 30 年以上的人工林, 林分类型以落叶阔叶林、针阔混交林和亚高山暗针叶林为主; 喜食密度适中、秆径较粗、较高、生长发育好和营养质量好的竹子种类; 喜欢活动于阳坡或半阴半阳坡的平缓坡(夷平地)的中或上坡位、离水源较近的生境; 明显回避有干扰的生境(胡锦矗等, 1985; 潘文石等, 2001; 冉江洪等, 2004; 杨春花等, 2006; Bearer et al., 2008; Zhang et al., 2011; Hull et al., 2014; Hull et al., 2015)。同时, 在森林中大熊猫喜欢沿着空旷地、山脊和河沟边或大型兽径中移动; 休息地一般位于采食集中的竹林和大树基部; 发情交配季节以路径旁的树木进行肛周腺标记, 形成独有的嗅闻站; 产仔时母兽时常选择树龄较大的乔木基部或石洞产仔、育幼(雍严格, 1989; 邓维杰, 1992; 傅达莉等, 1997; 刘国琪等, 2005; 李宇等, 2008; 施小刚等, 2012; 王丽华等, 2012)。

## 3.2 数量调查(外业)方法

从上世纪七十年代开展全国大熊猫调查以来, 中外科学家对野生大熊猫种群数量调查探索了很多方法, 包括路线调查法、粪便系数法、猎犬哄赶法、样带法、逆向截线法、临时空间样方法和红外触发数码相机技术等(林业部 WWF, 1989; 雍严格, 1981; 雍严格等, 1993; 马国瑶, 1987; Mainka et al., 1994; 杨建等, 1997; 欧维富等, 1999; 马亦生 1999; Durmin, 2005; 卢学理等, 2005; 何佰锁等, 2009; 武鹏峰等, 2012; Liu et al., 2013; 张晋东等, 2015)。但得到普遍应用, 且简单易行的方法, 主要是路线调查法和红外触发数码相机技术。

### 3.2.1 路线调查法

路线调查法(又名样线法)是基于野生大熊猫在其巢域内的各个点上活动几率相同的原则, 设置

调查线路。每条路线满足下列条件(Mainka et al., 1994; 杨建等, 1997): ①是大熊猫的良好栖息地, ②大熊猫主食竹类的最适分布区, ③范围在大熊猫活动的主要海拔高度、坡度、坡向和水源等。

具体实施方法是根据研究区域历史调查数据, 确定野生大熊猫的最低分布海拔段和分布范围, 以此设置路线的初始起点和路线数量。线路的覆盖面积达  $2 \text{ km}^2 \cdot \text{条}^{-1}$  (重点调查区) 或  $6 \text{ km}^2 \cdot \text{条}^{-1}$  (一般调查区), 线路宽度左右各 5m, 行进路径呈“Z”字型, 线路长度达到一个工作日能完成的最长距离(国家林业局, 2006)。

路线调查时尽量收集大熊猫的各种新鲜痕迹数据(包括实体、尸体、粪便、食迹、足迹、卧穴、标记等)。首先, 对痕迹处进行 GPS 定位, 并在 1:50 000 或 1:100 000 比例尺的地形图上作上标记, 采集粪便、毛发等样品, 测定粪便的长宽, 现场或回到驻地量测粪便中的咬节长度(随机选择最低 30 节)。其次, 采用样地法(面积大小  $100 \text{ m}^2$  或  $400 \text{ m}^2$ ) 调查并记录痕迹处的生境结构组成(乔灌木种类、盖度、胸径和树高)、植被状况(起源、类型)、地形地势特征, 布设小样方(根据竹径大小)调查主食竹的种类、生长发育特征(地径、高度、生长势等)。

### 3.2.2 红外触发相机技术

随着计算机科学和红外相机技术的发展, 利用红外自动感应相机系统监测野生动物的研究得到了大量应用, 它不仅能够直观地收集动物的影像, 尤其是夜行动物或非常隐秘的动物, 而且通过相机记录信息来了解动物的行为生态特征(比如活动节律、发情标记等)(李勤等, 2013)。

野生大熊猫采用自动触发相机进行监测起始于 2000 年初, 现在被大熊猫自然保护区广泛应用, 获得了很好的效果(Durmin, 2005; 卢学理等, 2005; 何佰锁等, 2009; 武鹏峰等, 2012; Liu et al., 2013; 张晋东等, 2015)。红外相机的布设常根据路线调查时, 在发现大熊猫活动的密集区域(痕迹量大)架设相机, 或在地理信息系统软件中产生随机点, 并用手持 GPS 的导航功能进行现场安装, 或根据地形图的公里网格均匀设置相机位点等。定时(以存储卡容量和电池待机时间确定间隔时间)收集图像数据和更换相机电池, 并转存于数据库中, 供日后分析和展示。

### 3.3 数量计算(内业)方法

野生大熊猫种群数量的估算方法(室内分析)与野外调查技术相对应, 主要有内业综合统计法、密

度参数计算法、“社会小区”估测法、分子遗传学(DNA 分析)法和多重区分机制的数量计测法(距离+咬节法)等(雍严格, 1981; 马国瑶, 1987; 林业部、WWF, 1989; 黄乘明等, 1990; 胡锦矗等, 1990; 冯文和, 1991; 雍严格等, 1993; 潘文石等, 1994; 杨光等, 1994; 张亚平等, 1995; 方盛国等, 1996a; 方盛国等, 1996b; 方盛国等, 1997; 方盛国等, 1999; 冯文和等, 1998; 马亦生, 1999; 郭建等, 1999; 胡杰等, 2000)。但除分子遗传学方法外, 大多是建立在粪便咬节和痕迹距离的区分机制的基础上进行统计分析的, 而分子遗传学方法不仅在粪便采集的新鲜程度和手段方面要求较高, 测试与分析过程繁琐, 而且大范围、全国性的普查工作操作起来困难、时间较长, 如 2011 年~2014 年的全国大熊猫第四次调查时仅鉴别出 336 只个体, 因而 DNA 分析应用于不同山系之间的遗传多样性分析和区域性种群数量鉴定具有较大价值(唐小平等, 2015)。其实目前应用更多的还是多重区分机制的数量计测法, 亦即移动距离+咬节综合分析法(黄乘明等, 1990; 胡锦矗等, 1990; 郭建等, 1999; 胡杰等, 2000; 李晓鸿等, 2005; 国家林业局, 2006)。在此, 介绍于下。

#### 3.3.1 距离区分

根据野生大熊猫巢域和移动距离的无线电遥测和 GPS 跟踪研究(参考 3.1), 不同山系大熊猫的巢域大小和日移动距离有所差异, 一般秦岭山系大于邛崃山系等其他山系(胡锦矗等, 1985; Schaller et al., 1985; 雍严格等, 1998; 潘文石等, 2001; Zhang et al., 2014; Hull et al., 2015), 但近期将所有无线电监测和 GPS 定位数据进行整合分析, 发现两大山系之间的大熊猫巢域面积无显著性差异(Connor et al., 2016)。依秦岭山系最大巢域面积( $28.93 \text{ km}^2$ )估测的两处痕迹的距离平均在 6.0 km 左右, 而通过绘制大熊猫个体的无线电监测期间日移动距离的概率分布图发现, 大部分的距离值都落入 0~3 km 的范围内, 随着距离段数值的增加, 出现的频数逐渐减少; 综合而言, 5.5 km 可作为秦岭山系大熊猫个体判定的距离阈值, 同理, 邛崃、岷山、大相岭、小相岭和凉山山系的距离区分阈值为 3.0 km, 也就是说当在野外发现的两痕迹点间的距离大于 5.5 km(秦岭)或 3.0 km(其他山系)时, 就可以将之判定为不同个体(郭建等, 1999; 胡杰等, 2000; 潘文石等, 2001; 王昊, 2001; 江华明等, 2008)。

#### 3.3.2 咬节区分

对于两痕迹距离小于 5.5 km(秦岭)或 3.0 km

(其他山系)的数据,采用粪便咬节大小进行个体区分。野生大熊猫同一团(个体)粪便中竹子的咬节大小呈正态分布(黄秉明等,1990;郭建等,1997),且不同年龄个体之间的咬节长短有显著差异(胡锦涛等,1987),因而咬节的长短可作为大熊猫个体的一项特征纳入痕迹学研究,关键在于区分阈值的确定(魏荣平等,2003;尹玉峰等,2005)。根据王朗自然保护区(17组124团)、卧龙自然保护区(1组12团)和圈养大熊猫(7个体137个粪便)的粪便咬节平均值数据,经过绘制准确率评估曲线和分析取样量对正确判别比率的影响等,发现2.00 mm的正确判别率:王朗为92.9%、卧龙为71.2%,圈养种群为77.6%;测定数量100节的为80.2%,30节正确判别率下降约3.7%。因此,不同个体之间的咬节长短的判别阈值为2.00 mm(王昊,2001;尹玉峰等,2005;江华明等,2008)。

### 3.3.3 内业分析流程

首先汇总调查区域所收集的野生大熊猫痕迹数据(包括空间位置、咬节长度、新鲜程度、粪便组成、形状大小、该个体的DNA等),如果有调查区域内所有痕迹(粪便、毛发等)的DNA数据,则直接计数出大熊猫的个体数量;如果没有DNA数据或DNA数据不完全,则根据移动距离+咬节(粪便)综合分析法进行判定。任何两个相邻粪便(痕迹)点之间的直线距离超过3.0 km(秦岭5.5 km),就直接判定为不同个体;若咬节平均值相差大于2.00 mm,就判定为不同个体,否则为同一个体。

上述判定过程可以采用3种方式实现:①人工判定 根据地形图和咬节数据,手动完成调查区域的个体判定(小区域速度较快);②统计软件判定 主要是将大量的咬节数据输入统计分析软件中,对痕迹距离小于3.0 km范围的数据进行聚类分析,从而依据聚类图判定不同个体;③编制计算程序 将编制的专门用于大熊猫个体判定程序导入地理信息系统软件中,作为插件进行个体判别(黄秉明等,1990;郭建等,1999;王昊,2001;尹玉峰等,2005;陈泳宏等,2008;江华明等,2008;黄优优等,2014)。

## 4 种群数量动态分析与预测

野生动物一定时间段的种群数量变化不仅反映了该研究区域种群对生态环境变化(气候波动、生

境破碎化、天气扰动、人为干扰等)的响应策略和生存压力的适应机制,而且是衡量一个地区自然保护措施的成效指标。获得一个地区有关大熊猫种群数量变化的数据可以通过以下3条途径进行:一是历史数据的分析,二是长期野外监测资料的统计,三是数学模型的动态模拟。

### 4.1 历史数据的分析

基于时空尺度和信息源可划分为化石证据分析、历史文献分析和定期间断数据分析。

从古脊椎动物的化石挖掘资料,人们可以了解大熊猫的起源、演化和古地理分布,但无法估计具体的种群数量。1989年在云南禄丰古猿产地发现的大熊猫祖先型牙齿化石,定名为禄丰始熊猫(*Ailuropida lufengensis*),其形态特征和系统发育介于祖熊(*Ursavns*)和大熊猫之间(邱占祥等,1989),其后1991年在云南元谋又发现了元谋始熊猫(*Ailuropida yuanmouensis*)(钱方 周园光,1991),以此推测大熊猫的历史可追溯到第三纪中新世晚期,约距今800万年以前(何业恒,1998)。到早更新世(距今240万年~70万年前),始熊猫逐渐演变为小型大熊猫(*Ailuropida microta*),从化石挖掘的地点分析,小型大熊猫的栖息地区从南亚热带向中亚热带和北亚热带森林发展(何业恒,1998)。中更新世(距今70万年~10万年前),小型大熊猫逐渐消失,大熊猫巴氏亚种(*Ailuropida baconi*)取而代之,当时的气候比较温暖、湿润,江南地区存在大片竹林,互相联系,繁殖率高,数量不断增多,因之大熊猫得以大发展,形成了江南地区著名的大熊猫—剑齿象动物群(裴文中,1974),大熊猫的分布区除华南(广西、广东、福建、台湾)、长江流域(浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州)以外,还发展到华北(河南、河北、北京周口店)、西北(陕西、甘肃)以及越南的湄公河流域和缅甸的摩谷洞等地(何业恒,1998)。到了全新世中期(距今7800年前),大熊猫—剑齿象动物群中旧有的种属全部绝灭(如大熊猫巴氏亚种、剑齿象、巨獭等),被新生的种属(如大熊猫现生种、亚洲象、苏门犀等)全部取代(贾兰坡 张振标,1977)。大约在旧石器时代末期,随着中国人口的发展、生产水平的提高,人类对环境影响的增大,大熊猫分布范围逐渐萎缩(何业恒,1998)。

分析我国的历史文献,人们可以了解有文字记载以来,大熊猫的地理分布,但与化石挖掘资料一

样,无法确定其种群数量的大小。到了距今 7000 年前,原始农业的出现,人类开始砍伐森林、竹林以开辟耕地,甚至防火烧山、刀耕火种,以驱除毒蛇猛兽,因而人与大熊猫争地的矛盾逐渐发展,但那时人口稀少,影响强度不大,即使到了公元前 1 世纪到公元 7 世纪,在长安一带想得到大熊猫也不是一件很困难的事(何业恒,1998)。一直到 18 世纪中叶,全国人口才突破 1 亿大关,1772 年达到 2 亿,因而在 18 世纪和 19 世纪,大熊猫仍广泛分布于四川、重庆、陕西、湖南、湖北、贵州以及云南等省(胡锦涛等,1985;Schaller et al.,1985;文焕然 何业恒,1981;何业恒,1998;朱立锋等,2013)。20 世纪初人口猛增,超过 4 亿,到目前为止已达到 13 亿多人口,人口的增加和经济的发展,导致大熊猫整个分布地环境的巨大变化,尤其是 20 世纪 50 年代以后,森林的大面积砍伐和农田的垦拓,使熊猫的分布区迅速缩减,且严重破碎化,形成局域小种群。从上世纪 70 年至今,野生大熊猫仅分布在陕西、甘肃和四川 3 省的秦岭、岷山、邛崃山、大相岭、小相岭和凉山等 6 大山系(国家林业局,2006)。

对于一个地区或一个小区域(如自然保护区、“五一棚”)野生大熊猫种群动态分析,可以基于间断的调查数据或研究论文,进行整合分析,从而评估该区域大熊猫的变化规律(胡锦涛等,1990;江华明等,2003);对于全国性大熊猫而言,比较分析各次大熊猫普查数据(1-4 次大熊猫调查),便能显示大熊猫的数量动态(国家林业局,2005)。间断性调查或研究数据不仅从数量角度分析研究区域内大熊猫的种群动态,而且可以为大熊猫生态生物学特性研究提供理论参考。

#### 4.2 监测资料的统计

要想获得更为详细和系统的大熊猫种群动态数据,采用“固定样线”的长期监测资料进行分析是最佳的方法,但往往局限于技术力量雄厚、监测资金充足和管理体系规范的自然保护区(如四川卧龙、王朗、唐家河等,陕西的佛坪和长青,甘肃的白水江等自然保护区),尤其是上世纪 80-90 年代更是如此。随着我国经济的发展,生态文明建设的加强,加之国际国内自然保护组织的资助,目前在大多数熊猫保护区都开展了固定线路和样方监测工作,而且采用了新技术和新方法,如红外触发数码相机技术、DNA 分析等(胡锦涛等,1990;Mainka et al.,1994;杨建

等,1997;欧维富等,1999;陈佑平等,2003;Durmin,2005;卢学理等,2005;赵德怀等,2006;孙建存等,2007;刘新玉等,2008;何伯锁等,2009;武鹏峰等,2012;Liu et al.,2013;张晋东等,2015)。

#### 4.3 数学模型的模拟

对于中长期(50 年~100 年以上)时间范围内的大熊猫种群动态,一般使用数学模型的方法来进行模拟分析。数学模型是基于人们对野生大熊猫种群生态学较为详细研究,获得了相关区域(或山系)的种群参数的基础上(如年龄结构、性比、繁殖率、繁殖年龄、寿命长短、资源承载力等),通过计算机软件或自编程序建立种群估测模型,包括 Leslie 矩阵模型、漩涡模型、具时滞的离散增长模型、非线性动力学模型、机理性的随机模型和 Lotka-Volterra 模型等,进行运算处理,从而分析在各种假设条件下(如自然灾害、竹子开花、人为干扰、廊道建设等)该研究区域大熊猫种群的未来发展趋势,并提出相应的保护管理策略(夏武平 胡锦涛,1989;黄乘明等,1990;Wu et al.,1996;郭瑞海等,1996;李欣海等,1997;Zhou et al.,1997;Wei et al.,1997;郭建等,1998;王涓等,1999;郭建等,1999;Carter et al.,1999;王昊,2001;王昊,2002;张泽均等,2002;任文华等,2002;Guo et al.,2002;胡杰等,2003;Carter et al.,2003;Yang et al.,2007;朱磊等,2008;江华明等,2010;Zhu et al.,2010;Gong et al.,2012)。

根据不同年代、不同学者对不同区域野生大熊猫种群生存能力分析,在不考虑近亲繁殖、密度制约、自然灾害等因素的理论情况下,大熊猫种群周期 100 a 内处于稳定或缓慢增长;当加入近亲繁殖参数、自然灾害、密度制约和栖息地破碎化等因素后,大熊猫种群的灭绝几率提高,甚至导致局域小种群的绝灭(夏武平 胡锦涛,1989;黄乘明等,1990;Wu et al.,1996;郭瑞海等,1996;李欣海等,1997;Zhou et al.,1997;郭建等,1998;郭建等,1999;王涓等,1999;Cater et al.,1999;Guo et al.,2002;Zhang et al.,2002;任文华等,2002;张泽均等,2002;王昊等,2002;Yang et al.,2007;朱磊等,2008;江华明等,2010;Gong et al.,2012)。

## 5 种群数量变化与影响因素分析

虽然野生大熊猫自上世纪 70 年代以来,仅间断

分布于陕西、甘肃和四川的秦岭、岷山、邛崃山、大相岭、小相岭和凉山等6大山系之中,但目前仍涉及的局域种群就达33个、自然保护区57处、49个县196个乡镇(唐小平等,2015;国家林业局,2015)。因而,要详细探讨野生大熊猫种群的动态变化,仅能从全国性的角度来分析1~4调以来的数量波动及其影响因素。

### 5.1 野生大熊猫种群数量的变化规律

20世纪中叶以前,对于野生大熊猫的研究主要是区域性的调查活动,而真正意义上的全国普查起始于上世纪70年中后期(1974~1977),是伴随着全国珍贵动物资源的调查而进行的。其后1985年~1988年、1999年~2003年和2011年~2014年又开展了3次调查,掌握了全国野生大熊猫和圈养种群的数量变化和发展趋势,为制定切实可行的保护管理策略和措施提供了依据。

各次全国大熊猫调查数据公布是第一次2459只,第二次1114只,第三次1596只,第四次1864只。从各次比较来看,我国野生大熊猫的种群动态从20世纪80年代的递降,逐渐趋于稳定增长阶段(国家林业局,2015)。

### 5.2 影响因素分析

野生大熊猫的地理分布格局(化石证据、文献记载、数量调查)从广布于中国的大部分地区和越南、老挝和缅甸等地,逐渐退缩到我国西南、华南和西北等地的部分区域,如今仅在四川盆地向青藏高原过渡的高山峡谷地带间断分布,数量稀少,成为我国国宝和世界生物多样性保护的旗舰物种(胡锦矗等,1985;Schaller et al.,1985;胡锦矗,2001;国家林业局,2015)。分析导致大熊猫处于濒危状态的原因,主要包括以下3个方面。

#### 5.2.1 地史变迁和气候变化

对于地史时期大熊猫生存的致危因素主要是地质运动和全球气候巨变。由于受第四纪冰川的作用,导致全球气候异常,森林消退,生存条件恶化,许许多多物种灭绝了。例如与大熊猫同时代的许多其它动物,如剑齿虎、剑齿象、中国犀等在那次气候剧变中都在劫难逃,未能摆脱灭绝的厄运。大熊猫虽然幸存了下来,但从那以后,它灾难不断,走上了衰亡的历程,分布范围逐渐萎缩(蔡绪慎,2001)。

#### 5.2.2 自身繁殖力低,种群增长缓慢

根据野生大熊猫的繁殖生物学研究,成年大熊

猫每年发情一次,两年产一胎,每胎产1~2仔;刚出生的幼仔体重仅100g左右,身体的器官、功能发育都不完全,抵抗力很差,加上天敌对幼体的危害,其存活率很低。由于大熊猫的发情期短,加上人为影响、种群隔离、在发情期雌雄个体不能相遇等因素而错失繁殖的机会等,所以在野外大熊猫每年的实际新增存活幼仔的数量,远远低于上述的理论推算值;加之天敌对幼仔和亚成体的危害、衰老死亡、人为盗猎等,大熊猫种群的自然增长速度应是相当缓慢的(梁齐慧等,1993;魏辅文等,1994;蔡绪慎,2001)。

#### 5.2.3 人类活动的影响

自有文字记载以来,随着社会经济的发展,人口数量的增长,人类活动空间的扩展,尤其是近300年来,大熊猫受之影响甚巨,导致栖息环境的破碎化、种群交流的隔离和野外个体的捕杀(据记载,仅1937~1946年10年间,就有70多只大熊猫被外国入侵者捕猎)(胡锦矗,2008;朱立锋等,2013)。分析从1970年代至今,大熊猫种群的变化规律,政策因素具有举足轻重的作用(Li et al.,2013;Vi? a et al.,2016)。上个世纪90年代以前,大熊猫分布区域的森工企业蓬勃发展,国有、集体和私营伐木作业此起彼伏,尤其是在非大熊猫自然保护区,森林遭到大面积砍伐,大熊猫栖息面积锐减(胡锦矗,2001),加之1970年代末和1980年代初岷山、邛崃山等山区大熊猫主食竹种开花枯死(秦自生,1985),因而在1985~1988年的第二次大熊猫普查时,野外种群数量仅有1114只(林业部、WWF,1989)。大熊猫种群数量的减少和生境破坏的现状,引起了我国政府的高度重视,先后实施了“大熊猫栖息地工程”、“自然保护区建设工程”(1992)、“天然林保护工程”(1998)以及“退耕还林还草工程”(1999),不仅新建了大量以大熊猫保护为对象的自然保护区,目前已达67处,而且在大熊猫分布林区全面禁止森林砍伐和林区道路建设。这些工程的实施有助于大熊猫栖息地的休养生息,局域种群之间的基因交流,因此,大熊猫种群数量从“三调”数据来看,已有所恢复并略微增长,“四调”结果更是如此(国家林业局,2006;唐小平等,2015;国家林业局,2015)。

### 参考文献:

- [1] [1]Pen H S. Some note on the giant panda[J]. Bull. Fan. Mam. Inver. Biol.,1943,1:64~67.
- [2] 郑光美,徐平宇. 秦岭南麓发现的大猫熊[J]. 动物学杂志,

- 1964,1:3.
- [3] 裴文中. 大熊猫发展简史[J]. 动物学报,1974,20(2):188~190.
- [4] 王朗自然保护区大熊猫调查组. 四川省王朗自然保护区大熊猫的初步调查[J]. 动物学报,1974,20(2):162~173.
- [5] 四川省珍贵动物资源调查队. 四川省珍贵动物资源调查报告[M]. 四川省林业厅,1977.
- [6] 甘肃省珍贵动物资源调查队. 甘肃的大熊猫[J]. 兰州大学学报,1977,3:88~93.
- [7] 胡锦矗,邓其祥,余志伟,等. 卧龙自然保护区大熊猫、金丝猴、牛羚生态生物学研究[M]. 成都:四川人民出版社,1981.
- [8] 雍严格. 佛坪大熊猫的初步观察[J]. 野生动物,1981,4:10~16.
- [9] 文焕然,何业恒. 近5千年来豫鄂湘川间的大熊猫[J]. 西南师范学院学报(自然科学版),1981,1:87~93.
- [10] 南充师范学院王朗自然保护区大熊猫调查队. 四川省平武县王朗自然保护区大熊猫灾后恢复情况调查报告[J]. 南充师范学院学报(自然科学版),1984,4(2):41~46.
- [11] 胡锦矗,乔治·夏勒,潘文石,等. 卧龙的大熊猫[M]. 成都:四川科学技术出版社,1985.
- [12] 秦自生. 四川大熊猫的生态环境及主食竹更新[J]. 竹子研究汇刊,1985,4(1):1~10.
- [13] Schaller G R, Hu J, Pan W, et al. The giant pandas of Wolong [M]. University of Chicago Press, Illinois, USA, 1985.
- [14] 吴家炎. 秦岭的大熊猫[J]. 动物学报,1986,32(1):92~95.
- [15] 南充师院大熊猫考查队. 唐家河自然保护区大熊猫的夏季栖息地和种群数量的研究[J]. 四川动物,1986,5(3):23~26.
- [16] 马国瑶. 水江自然保护区大熊猫调查初报[J]. 动物学杂志,1987,22(3):18~23.
- [17] 南充师范学院大熊猫考查队. 青川县的大熊猫[J]. 西北大学学报(自然科学版),1987,85(增刊):74~78.
- [18] 胡锦矗. 从野生大熊猫的粪便估计年龄及其种群年龄结构的研究[J]. 兽类学报,1987,7(2):81~84.
- [19] 大熊猫调查队. 对大熊猫数量调查方法的一些探索[J]. 四川动物,1987,6(1):39~40.
- [20] 北京大学陕西长青林业局联合大熊猫研究小组. 秦岭大熊猫的自然庇护所[M]. 北京:北京大学出版社,1988.
- [21] Johnson K G, et al. Response of giant pandas to a bamboo die-off[J]. Natural Geographic Research,1988,4:855~868.
- [22] Taylor A H, Qin Z S. Regeneration from seed of *Sinarundinana fangiana*, a bamboo, in the Wolong Nature Reserve, Sichuan, China[J]. American Journal of Botany,1988,75:1065~1073.
- [23] 夏武平,胡锦矗. 由大熊猫的年龄结构看其种群发展趋势[J]. 兽类学报,1989,9(2):87~93.
- [24] 中华人民共和国林业部,世界自然基金会. 中国大熊猫及栖息地综合考察报告[M]. 1989.
- [25] 中华人民共和国林业部,世界自然基金会. 中国大熊猫及其保护管理计划(四川、陕西、甘肃)[M]. 1989.
- [26] 邱占祥,齐国琴. 云南禄丰晚中新世的大熊猫祖先化石[J]. 古脊椎动物学报,1989,27(3):153~169.
- [27] 雍严格. 佛坪大熊猫产仔巢穴的初步观察[J]. 动物学杂志,1989,24(4):36~39.
- [28] Reid D. G, Hu J C, Dong S, et al. Giant panda behavior and carrying capacity following a bamboo die-off[J]. Biol. Conserv., 1989,49:149~154.
- [29] 胡锦矗. 大熊猫的研究史略与分类地位[J]. 生物学通报,1990,5:1~4.
- [30] 胡锦矗,魏辅文,袁重桂,等. 冷箭竹开花前后五一棚大熊猫社群的动态[J]. 四川师范学院学报,1990,11(1):14~21.
- [31] 黄乘明,胡锦矗,葛友清,等. 卧龙大熊猫的种群动态及稳定性的初步研究[M]. //胡锦矗主编. 大熊猫生物学研究与进展[M]. 成都:四川科技出版社,1990,223~234.
- [32] McNeely A, Miller K R, Reid W V, et al. Conserving the world's biological diversity[M]. Available from: IUCN, World Resources Inst, Conservation International, World Wildlife Fund-US, World Bank, 1990.
- [33] 钱方,周园光. 元谋第四纪地质与古人类[M]. 北京:科学出版社,1991,1991,94~159.
- [34] Reid D G, Hu J C. Giant Panda Selection between *Bashania fangiana* Bamboo Habitats in Wolong Reserve, Sichuan, China[J]. J. Appl. Ecol., 1991,28(1):228~243.
- [35] Taylor A. H, Qin Z S et al. Bamboo dieback: an opportunity to restore panda habitat[J]. Envir. Conser., 1991,17:166~168.
- [36] 杨旭煜. 四川野生大熊猫分布变迁及衰退趋势讨论[J]. 四川动物,1992,11(4):36~38.
- [37] 中华人民共和国林业部. 大熊猫及其栖息地保护计划[M]. 1992.
- [38] 秦自生,艾伦·泰勒,蔡绪慎. 卧龙大熊猫生态环境的竹子及森林动态演替[M]. 北京:中国林业出版社,1992.
- [39] 邓维杰. 卧龙与佛坪大熊猫产仔巢穴的比较[J]. 四川动物,1992,11(2):45~46.
- [40] 雍严格,等. 佛坪大熊猫的分布与数量[J]. 兽类学报,1993,13(4):245~250.
- [41] 梁齐慧,李岗. 秦岭野生大熊猫繁殖生态的初步研究[J]. 动物学杂志,1993,28(5):23~27.
- [42] Carter, J., Wang, H., A model linking the population dynamics of the giant panda *Ailuropoda melanoleuca* with bamboo life history dynamics[M]. //Thompson I. (Ed.), Proceedings of the XXI International Union of Game Biol. Cong.: Forests and Wildlife. Towards the 21st Century, August 1993, Halifax, Nova Scotia, Canada, 1993, 299~309.
- [43] 魏辅文,胡锦矗. 卧龙自然保护区野生大熊猫繁殖研究[J]. 兽类学报,1994,14(4):243~248.
- [44] 杨光,胡锦矗,魏辅文,等. 马边大风顶自然保护区大熊猫种群数量及动态分析[J]. 四川师范学院学报(自然科学版):1994,15(2):114~118.
- [45] 潘文石,吕植,朱小健. 秦岭大熊猫的种群,对散量、年龄、性别结构及内分布型的研究[M]. //成都国际大熊猫保护学术研讨会论文集. 成都:四川科学技术出版社,1994,132~138.
- [46] 王献溥,刘玉凯. 生物多样性的理论与实践[M]. 北京:中国

- 环境科学出版社,1994.
- [47] Mainka S. A. Guiquan Zhang, Rongping Wei, et al. Observation on free-ranging giant pandas and other wildlife at Wuyipeng [M].//国际大熊猫保护学术研讨会文集. 成都:四川科技出版社,1994.
- [48] 张亚平,王文,宿兵,等. 大熊猫微卫星 DNA 的筛选及其应用[J]. 动物学研究,1995,16(4):301~306.
- [49] 方盛国,冯文和,张安居,等. 佛坪三官庙地区大熊猫种群数量的 DNA 指纹分析[J]. 应用与环境生物学报,1996a,2(3):289~293.
- [50] 方盛国,陈冠群,冯文和,等. 大熊猫 DNA 指纹在野生种群数量调查中的应用[J]. 兽类学报,1996b,16(4):246~249.
- [51] 郭瑞海,袁晓凤. 莱斯利矩阵及其在佛坪大熊猫种群发展的预测研究[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),1996,22(2):175~178.
- [52] Wu H, Stoker R L, Gao L. A modified Lotka-Volterra simulation model to study the interaction between arrow bamboo (*Sinarundinaria fangiana*) and giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) [J]. Ecol. Model, 1996, 84, 11~17.
- [53] Reid, D. The focus and role of biological research in giant panda conservation [J]. Int. Conf. Bear Res. and Manage, 1996, 9(1): 23~33.
- [54] 方盛国,冯文和,张安居,等. 凉山山系,小相岭山系大熊猫遗传多样性的 DNA 指纹比较分析[J]. 兽类学报,1997,17(4): 248~252.
- [55] 傅达莉,王昊,秦大公,等. 秦岭大熊猫的嗅味标记与发情场植被调查[J]. 生物学通报,1997,32(4):19~20.
- [56] 袁重桂,胡锦涛,孙儒泳. 大熊猫种群具时滞的离散增长模型[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),1997,18(2):85~89.
- [57] 李欣海,李典谟,雍严格,等. 佛坪大熊猫种群生存力分析的初步报告[J]. 动物学报,1997,43(3):285~293.
- [58] 郭建,胡锦涛. 大熊猫咬节分布型的研究[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),1997,18(3):179~181.
- [59] Carter, J., Ackleh A. S., Leonard, B. P., Wang, H. A giant panda population dynamics-bamboo life history model. [On line] Available: <http://www.ucs.usl.edu/asa5773;panda>, 1997.
- [60] Wei F W, Feng Z J, Hu J C. Population Viability Analysis Computer Model of Giant Panda Population in Wuyipeng, Wolong Natural Reserve, China [J]. Int. Conf. Bear Res. and Manage, 1997, 9(2):19~23.
- [61] Zhou Z H, Pan W S. Analysis of the viability of a giant panda population [J]. J. of Appl. Ecol., 1997, 34:363~374.
- [62] 冯文和,方盛国,张安居,等. 大熊猫种群数量调查的新突破[J]. 大自然探索,1998,17(2):44~48.
- [63] 郭建,胡锦涛. 冶勒地区大熊猫种群生存力分析[M].//胡锦涛,吴毅. 脊椎动物资源及保护. 成都:四川科技出版社, 1998, 37~42.
- [64] 郭建,胡锦涛. 冶勒地区大熊猫种群生存力分析[J]. 南京林业大学学报,1999,23(5):27~30.
- [65] 何业恒. 大熊猫的兴衰[J]. 中国历史地理论丛,1998,4:109~123.
- [66] 方盛国,冯文和,张安居,等. 大相岭山系大熊猫数量及其遗传多样性的 DNA 指纹检测[J]. 四川大学学报(自然科学版),1999,36(3):627~630.
- [67] 杨建,张和民,谭迎春,等. 卧龙"五一棚"野生大熊猫及伴生动物的种群监测[M].//Mainka S. A. 吕植主编. 大熊猫放归野外可行性国际研讨会会议报告. 北京:中国林业出版社, 1999, 53~56.
- [68] 马亦生. 太白山大熊猫的分布与保护[J]. 动物学杂志,1999, 34(4):32~35.
- [69] 郭建,胡锦涛. 冶勒自然保护区大熊猫种群密度调查及保护[J]. 南京林业大学学报,1999,23(6):29~32.
- [70] 王涓,胡锦涛. 大熊猫种群稳定性研究[J]. 内江师范专科学校学报,1999,14(4):60~64.
- [71] 欧维富,鲜方海,陈万里,等. 唐家河自然保护区大熊猫种群数量及栖息地的移动[J]. 四川动物,1999,18(2):89~91.
- [72] Carter J. et al., Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) population dynamics and bamboo life history: a structured population approach to examining carrying capacity when the prey are semelparous [J]. Ecol. Model., 1999, 123:207~223.
- [73] Rosenberg D K, Mckelvey K S. Estimation of habitat selection for center-place foraging animals [J]. J. Wildlife Manag., 1999, 63(3):1028~1038.
- [74] 胡杰等. 黄龙大熊猫种群数量及年龄结构调查[J]. 动物学研究,2000,21(4):287~290.
- [75] 胡锦涛. 大熊猫研究[M]. 上海:上海科技教育出版社,2001.
- [76] 王昊. 大熊猫的保护生物学:数量调查、栖息地利用和种群存活力分析[D]. 北京大学,2001.
- [77] 蔡绪慎. 大熊猫成为珍稀濒危动物的原因议[J]. 四川动物,2001,20(3):168.
- [78] 任文华,杨光,魏辅文,等. 马边大风顶自然保护区大熊猫种群生存力模拟分析[J]. 兽类学报,2002,22(4):264~269.
- [79] 陈泳宏,郭建,胡锦涛. 粪便聚类法在大熊猫数量调查中的应用[J]. 南京师大学报(自然科学版),2002,25(1):24~28.
- [80] 张泽均,胡锦涛,吴华,等. 唐家河大熊猫种群生存力分析[J]. 生态学报,2002,22(7):990~998.
- [81] 王昊,李松岗,潘文石. 秦岭大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 的种群存活力分析[J]. 北京大学学报(自然科学版),2002, 38(6):756~761.
- [82] GUO J, CHEN Y G, HU J C. Population Viability Analysis of Giant Pandas in the Yele Nature Reserve [J]. J. for Nat. Conserv., 2002, 10:35~40.
- [83] Zhang H D, Chen G Z, Guo J, et al. A study on the mathematical model between the population of giant pandas and bamboos in Mianing Yele Nature Reserve of Xiangling Mountains [J]. 生物数学学报,2002,17(2):165~172.
- [84] 陈曦,杨水云,孙飞龙. 大熊猫分班 DNA 纯化及其 PCR 检测[J]. 经济动物学报,2003,7(1):32~34.
- [85] 龚明昊,于长青. 大熊猫走廊带研究[M]. 北京:中国林业出版社,2003.

- [86] 陈炳耀,李红,张君,等. 贡嘎山湾坝乡大熊猫的数量调查及方法比较[J]. 西华师范大学学报(自然科学版),2003,24(4):402~405.
- [87] 刘宜平,杨君英. 大熊猫在周至自然保护区分布最北线(点)的监测[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2003,31(专辑):76~79.
- [88] 张泽均,胡锦矗. 从种群生存力分析看大相岭大熊猫未来[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),2003,24(2):141~144.
- [89] 胡杰,李艳红,胡锦矗,喻小燕. 四川青川县大熊猫种群分析[J]. 四川动物,2003,22(1):46~48.
- [90] 魏荣平,张贵权,王鹏彦,等. 大熊猫粪便中竹子咬节长短与年龄和种群数量关系[J]. 生态学报,2003,23(10):2153~2162.
- [91] 张和民,王鹏彦,等. 大熊猫繁殖研究[M]. 北京:中国林业出版社,2003,1~210.
- [92] 陈佑平,蒋仕伟,赵联军,等. 四川王朗自然保护区大熊猫及其栖息地监测[J]. 四川动物,2003,22(1):49~50.
- [93] 冉江洪,曾宗永,王昊,等. 大熊猫在原始林和次生林中生境利用的比较研究[J]. 北京林业大学学报,2004,26(4):8~14.
- [94] Harris R B. Insights into population dynamics of giant pandas gained from studies in North American[J]. 动物学报,2004,50(4):662~668.
- [95] Taylor A H, Huang J Y, Zhou S Q. Canopy tree development and undergrowth bamboo dynamics in old-growth *Abies-Betula* forests in southwestern China: a 12-year study[J]. *Forest Ecology and Management*,2004,200(3):347~360.
- [96] 李晓鸿,赵长青. 甘肃省大熊猫数量及栖息地现状[J]. 动物学杂志,2005,40(2):34~37.
- [97] 刘国琪,王昊,尹玉峰. 王朗自然保护区中大熊猫发情场的嗅味树和嗅味标记调查[J]. 生物多样性,2005,13(5):445~450.
- [98] 冉江洪,曾宗永,王鸿加,等. 四川小相岭大熊猫种群及栖息地调查[J]. 兽类学报,2005,25(4):345~350.
- [99] 卢学理,蒋志刚,唐继荣,等. 自动感应照相系统在大熊猫以及同域分布的野生动物研究中的应用[J]. 动物学报,2005,51(3):495~500.
- [100] 尹玉峰,王昊,陈艾,等. 对大熊猫数量调查方法中咬节区分机制的准确性评价[J]. 生物多样性,2005,13(5):439~444.
- [101] Durmin, M. E. Monitoring behavior, ecology, and demographic patterns of free ranging pandas in the Wolong Nature Reserve [D]. University of California, Berkeley, California, USA, 2005.
- [102] 杨春花,张和民,周小平,等. 大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 生境选择研究进展[J]. 生态学报,2006,26(10):3442~3453.
- [103] 孙成骞,张哲邻,金学林. 秦岭大熊猫局域种群的划分及数量分布[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2006,34(专辑):163~167.
- [104] 赵德怀,叶新平,雍严格,等. GIS 在野生大熊猫种群监测分析中的应用[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2006,34(专辑):168~173.
- [105] 国家林业局. 全国第三次大熊猫调查报告[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [106] 冉江洪,曾宗永,刘世昌,等. 四川大相岭大熊猫种群及栖息地调查[J]. 四川大学学报(自然科学版),2006,43(4):889~893.
- [107] Zhan X J, Li M, Zhang Z J, et al. Molecular censusing doubles giant panda population estimate in a key nature reserve[J]. *Current Biology*,2006,16:R451~R452.
- [108] 袁朝晖,孙建存. 长青自然保护区大熊猫、金丝猴、羚牛种群数量监测报告[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2007,35(专辑):100~103.
- [109] 孙建存,袁朝晖,李晓枝. 长青自然保护区大熊猫种群数量与分布监测研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2007,35(专辑):129~132.
- [110] Yang Z, HU J, Liu N. The influence of dispersal on the metapopulation viability of giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) in the Minshan Mountains[J]. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*,2007,53(2):169~184.
- [111] 陈国阶. 汶川地震灾区重建若干问题探讨[J]. 山地学报,2008,26(6):518~523.
- [112] 欧阳志云,徐卫华,王学志,等. 汶川地震对生态系统的影响[J]. 生态学报,2008,28(12):5801~5809.
- [113] 江华明. 宝兴县大熊猫种群动态及变动原因分析[J]. 四川职业技术学院学报,2008,18(2):107~109.
- [114] 刘新玉,张泽均,郑晓燕,等. 从长期监测数据看佛坪自然保护区大熊猫种群的发展趋势与生态习性[J]. 兽类学报,2008,28(2):174~179.
- [115] 李宇,雍严格,宋成军,等. 秦岭大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 对产仔育幼洞穴的选择[J]. 西北大学学报(自然科学版),2008,38(4):609~612.
- [116] 曹庆,朱玉,阮英琴,等. 观音山自然保护区和佛坪自然保护区大熊猫种群的分布格局[J]. 应用生态学报,2008,20(9):2271~2276.
- [117] 朱磊,吴攀文,张洪,等. 小相岭山系大熊猫种群生存力分析[J]. 西华师范大学学报(自然科学版),2008,29(2):112~116.
- [118] 胡锦矗. 大熊猫历史文化[M]. 香港:中国科学文化出版社,2008.
- [119] 方盛国,等. 大熊猫保护遗传学[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [120] Garshelis D L, Wang H, Wang D J, et al. Do revised giant panda population estimates aid in their Conservation[J]. *Ursus*,2008,19(2):168~176.
- [121] Bearer S, Limderman M, Huang J Y, et al. Effects of fuelwood collection and timber harvesting on giant panda habitat use[J]. *Biol. Conserv.*,2008,141,385~393.
- [122] 何佰锁,袁朝晖,张希明,等. 红外线触发数码相机陷阱技术

- 在大熊猫监测中的应用[J]. 西北大学学报(自然科学网络版),2009,7(2):1~4.
- [123] 温战强,郑光美. 全国大熊猫及其栖息地监测刍论[J]. 四川动物,2009,28(3):468~472.
- [124] Xu W H, Dong RC, Wang X Z, et al. Impact of China's May 12 earthquake on giant panda habitat in Wenchuan County [J]. Journal of Applied Remote Sensing,2009,3:1~10.
- [125] Zhan X J, Tao Y, Li M, et al. Accurate population size estimates are vital parameters for conserving the giant panda [J]. Ursus, 2009,20(1):56~62.
- [126] 江华明,胡锦鑫. 四川宝兴县大熊猫种群生存力分析[J]. 四川动物,2010,29(2):161~165.
- [127] 黄万波,魏光飏. 大熊猫的起源[M]. 北京:科学出版社,2010,41.
- [128] Liu Y, Liu R G, Ge Q S. Evaluating the vegetation destruction and recovery of Wenchuan earthquake using MODIS data [J]. Natural Hazards,2010,54:851~862.
- [129] Zhu L F, Zhan X J, Wu H, et al. Conservation Implications of Drastic Reductions in the Smallest and Most Isolated Populations of Giant Pandas [J]. Conserv. Bio,2010,24(5):1299~1306.
- [130] Van Beest F M, Loe L E, Myserud A, Milner J M. Comparative space use and habitat selection of Moose around feeding stations [J]. J Wildlife Manag., 2010,74(2):219~227.
- [131] Hu Y B, Zhan X J, Qi D W, Wei F W. Spatial genetic structure and dispersal of giant pandas on a mountain-range scale [J]. Conserv Genet,2010,11:2145~2155.
- [132] 桂占吉,宋国华,程艳霞. 大熊猫种群在小区域之间扩散对持续生存的影响[J]. 中北大学学报(自然科学版),2011,32(4):405~410.
- [133] Zhang Z, Swaisgood RR, Zhang S, et al. Old-growth forest is what giant pandas really need [J]. Biol. Lett., 2011,7(3):403~406.
- [134] 武鹏峰,刘雪华,蔡琼,等. 红外相机技术在陕西观音山自然保护区兽类监测研究中的应用[J]. 兽类学报,2012,32(1):67~71.
- [135] 施小刚,胡强,金森龙,等. 卧龙保护区三江片区大熊猫嗅味树分布初步调查[J]. 四川动物,2012,31(5):704~707.
- [136] 王丽华,闫永文,袁朝辉. 大熊猫嗅味树调查[J]. 陕西林业科技,2012,4:5~7.
- [137] Gong M H, Song Y L, Yang Z S, Chen L. Important population viability analysis parameters for giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) [J]. Zool. Res., 2012,33(E1-2):E18-E24.
- [138] Zhang B W, Li M. Zhang Z J, et al. Genetic viability and population history of the giant panda, putting an end to the "Evolutionary Dead End"? [J]. Mol. Biol. Evol., 2012,24(8):1801~1810.
- [139] 朱立峰,胡义波,张泽均,等. 历史时期人类侵蚀对大熊猫种群的影响[J]. 科学通报,2013,58(16):1534~1538.
- [140] 李勤,邹建国,寇晓军,等. 相机陷阱在野生动物种群生态学中的应用[J]. 应用生态学报,2013,24(4):947~955.
- [141] Li Y, Andrés Viña, Yang W. et al. Effects of conservation policies on forest cover change in giant panda Jhabitat regions, China [J]. Land Use Policy,2013,33:42~53.
- [142] Liu X H, Wu P F, Songer M, et al. Monitoring wildlife abundance and diversity with infra-red camera traps in Guanyinshan Nature Reserve of Shaanxi Province, China [J]. Eco. Indic., 2013,33:121~128.
- [143] 黄尤优,乔波,韦伟,等. 四川喇叭河自然保护区大熊猫及其伴生动物种群分布变化[J]. 生态与农村环境学报,2014,30(2):189~195.
- [144] Zhang Z, Sheppard JK, Swaisgood RR, et al. Ecological scale and seasonal heterogeneity in the spatial behaviors of giant pandas [J]. Integr. Zool. 2014; 9(1):46~60.
- [145] Hull V, Roloff G, Zhang J, et al. A synthesis of giant panda habitat selection [J]. Ursus, 2014,25(2):148~162.
- [146] 国家林业局. 图解:全国第四次大熊猫调查. Http://www.forstry.gov.cn/20150303. 2015.
- [147] 唐小平,贾建生,王志臣,等. 全国第四次大熊猫调查方案设计及其主要结果分析[J]. 林业资源管理,2015,1:11~16.
- [148] 张晋东,李玉杰,黄金燕. 红外相机技术在珍稀兽类活动模式研究中的应[J]用. 四川动物,2015,34(5):671~676.
- [149] 周世强,李仁贵,严啸,等. 大熊猫对冷箭竹更新竹林与残存竹林的选择利用及微生境结构的比较[J]. 四川动物,2015,34(1):1~7.
- [150] 四川省林业厅. 四川的大熊猫[M]. 成都:四川科技出版社,2015.
- [151] Hull V, Zhang J, Zhou S, et al. Space use by endangered giant pandas [J]. J Mammal,2015,96(1):230~236.
- [152] 何晓军,等. 太白山自然保护区大熊猫种群结构与分布[J]. 西北林学院学报,2016,31(1):170~175.
- [153] 青菁,胥池,杨彪,等. 小相岭山系大熊猫廊道规划[J]. 生态学报,2016,36(4):1125~1133.
- [154] Viña A, McConnell W, Yang H B, et al. Effects of conservation policy on China's forest recovery [J]. Sci. Adv., 2, e1500965, 2016.
- [155] Connor T, Hull V, Liu J. Telemetry research on elusive wildlife: an synthesis of studies on giant pandas [J]. Integra. Zool., 2016,11:295~307.
- [156] Jing Qing, Zhisong Yang, Ke He, et al. The minimum area requirements (MAR) for giant panda: an empirical study [J]. Sci. Rep. 6,37715; doi:10.1038/srep37715,2016.