

•生物多样性监测专题•

# 中国关键地区两栖爬行动物多样性 监测与研究

李成<sup>1</sup> 谢锋<sup>1</sup> 车静<sup>2</sup> 江建平<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> (中国科学院成都生物研究所, 成都 610041)

<sup>2</sup> (中国科学院昆明动物研究所, 昆明 650223)

**摘要:** 两栖爬行动物是良好的环境指示物种, 是环境变化的早期预警系统之一, 目前正经历着全球范围的种群快速下降和物种灭绝。为了观测和研究物种及种群下降或灭绝的态势和机制, 亟需对我国两栖爬行动物多样性开展长期监测和研究。在中国, 对两栖爬行动物的监测研究始于1997年对若尔盖湿地两栖动物的监测。此后, 两栖爬行动物监测率先在西南山地、台湾等生物多样性丰富地区开展起来。2011年, 在借鉴美国和英国的两栖爬行动物监测计划的基础上, 环境保护部启动了“两栖类示范观测项目”, 初步实现了由点到面、由定性到定量、由静态向动态的突破。因为单一类群的监测仅代表生态系统的基本组成, 而从生态系统角度考量, 必须深入研究生态系统的结构(食物网中各类群的捕食、竞争、共生等种间关系)和动态(各类群的生长、繁殖、种群波动和致危因素等)。因此, 作为中国生物多样性监测与研究网络(Sino BON)的重要组成部分, “中国关键地区两栖爬行动物监测与研究专项网”项目将在22个生物多样性关键地区对典型生态系统中的两栖爬行动物组成、种群动态和结构进行长期监测与研究, 构建生态模型, 探讨两栖爬行动物的种群现状、群落结构及其动态趋势和相关机制, 制定和不断完善我国两栖爬行动物应对未来环境变化的保护和管理对策。

**关键词:** 监测网络; 两栖动物; 爬行动物; 监测指标; 监测方法; 中国

## Monitoring and research of amphibians and reptiles diversity in key areas of China

Cheng Li<sup>1</sup>, Feng Xie<sup>1</sup>, Jing Che<sup>2</sup>, Jianping Jiang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041

<sup>2</sup> Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223

**Abstract:** Amphibians and reptiles are important indicator species of ecosystem health, and they are sensitive to environmental changes and are often regarded as critical “early warning systems”. Many of their populations are undergoing rapid decline and therefore a long-term monitoring system is imperative to identify immediate threats to the animals. Monitoring program on Chinese amphibians began in the Zoige wetlands in 1997. Since 2000, a great number of monitoring studies of amphibians and reptiles have been carried out in mountains of Southwest China, Taiwan, and other regions with rich biodiversity. In 2011, the Ministry of Environmental Protection officially launched the “Amphibian Observation Initiative of China” program, which expanded regional programs to country-wide using both qualitative and quantitative methods to collect amphibian biodiversity data across long-term temporal scales. From an ecosystem viewpoint, long-term monitoring studies should include not only species distribution, richness, and population structure, but also population growth, key life-history traits, species interactions (e.g., predation, competition, and mutualism), community structure, and other dynamic factors. The program “Monitoring and Research of Amphibians and Reptiles in Key Areas of China” will cover 22 key areas with rich biodiversity and high habitat heterogeneity across China. As part of the Chinese Biodiversity Monitoring and Research Network (Sino BON), this pro-

收稿日期: 2016-05-16; 接受日期: 2016-09-02

基金项目: 中国生物多样性监测与研究网络项目(Sino BON)和国家自然科学基金(31471964)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jiangjp@cib.ac.cn

gram aims to combine intensive field surveys and ecological modeling techniques to evaluate population dynamics and community structures of amphibian and reptile species in the study areas.

**Key words:** monitoring networks; amphibians; reptiles; monitoring variables, monitoring methods; China

两栖动物是脊椎动物中由水生到陆生的过渡类型,具有水生脊椎动物和陆生脊椎动物的双重特性;爬行动物则是真正摆脱对水的依赖征服陆地的脊椎动物。两栖爬行动物是研究陆生四足动物起源和水生到陆生演化的典型对象及关键代表,在脊椎动物演化过程中占据重要的地位。在食物链和生态系统中,两栖爬行动物也是重要的中间类群,对于维持生态系统的完整性和健康具有重要的作用。因此两栖动物又被认为是环境健康的重要指示类群,是监测环境变化的关键早期预警系统(Pounds et al, 2006; Wake, 2007)。

近50年来,全球两栖爬行动物面临着多种威胁并经历着种群快速下降和物种灭绝(Stuart et al, 2004; Hoffmann et al, 2010)。评估分析结果显示,全球大约20%的脊椎动物受到灭绝威胁,包括25%的哺乳动物、13%的鸟类、22%的爬行动物以及41%的两栖动物(Hoffmann et al, 2010)。显然两栖爬行动物的境况尤其严峻,长期系统地监测两栖爬行动物种群动态并确定其致危因素是应对危机的迫切需求(Wake, 1998; Urban, 2015)。

我国涵盖多个生物多样性保护热点地区(Myers et al, 2000),两栖爬行动物丰富而独特(张孟闻等, 1998; 赵尔宓等, 1998, 1999; Xie et al, 2007; 费梁等, 2012)。对我国两栖爬行动物的最新评估结果表明:我国两栖类受威胁物种达到43.1% (江建平等, 2016),爬行类为29.7% (蔡波等, 2016),分别超过IUCN (2016)报道的世界平均值31.6%和20.2%。然而,当前的评估方法主要基于物种的分布信息和专家意见,尚缺乏长期的种群动态信息和主要致危因素的评估,亟需开展对我国两栖爬行动物多样性的长期监测与研究。

本文在分析国内外两栖爬行动物监测计划的基础上,结合已有的工作基础、人才与技术储备,提出了我国生物多样性关键地区两栖爬行动物监测与研究计划,包括科学目标、布局、监测指标和技术方法,并展望了监测与研究计划的发展前景。

## 1 两栖爬行动物监测计划与进展

20世纪70、80年代,科学家发现全球许多地区的两栖动物的物种种类和种群数量都在神秘地快速下降;Wake (1990)指出全球范围内两栖动物呈明显衰退趋势。为了更好地比较和评估两栖动物的种群变化,1994年,Heyer等编辑出版了*Measuring and Monitoring Biological Diversity Standard Methods for Amphibians*一书,该书总结了10种代表性两栖动物的监测方法。谢锋等(2002)对这些方法做了综述和评价。为开展爬行动物多样性的监测和评价,McDiarmid等(2012)编辑出版了*Reptile Biodiversity Standard Methods for Inventory and Monitoring*。监测方法的标准化极大地推动了全球范围内两栖爬行动物的监测工作,其中,美国和英国的监测计划具有很好的代表性和示范作用。

### 1.1 美国两栖动物研究和监测计划

2000年,美国内政部下属的地质调查局牵头开展了首次国家级的两栖动物研究和监测计划(Amphibian Research and Monitoring Initiative, ARMI),其目标包括:建立一个框架来监测美国两栖动物的分布、种群状况和动态;了解全国两栖动物下降的范围和程度;收集影响两栖动物分布的环境因子;研究并识别导致两栖动物下降的威胁因素;为制定科学的保护和管理对策提供信息(<http://armi.usgs.gov/>)。ARMi是一个多部门合作和广泛参与的监测计划,农业部、渔业和野生动物管理局以及一些大学、科研院所、自然保护区等均参与了该项监测计划。

ARMi没有规定统一的监测方法,主要基于以下原因:一是两栖动物分布相对狭窄,很少有全美广布种;二是各种两栖动物的生境、繁殖方式等都不同,因此难以采用统一的方法来进行监测。ARMi采取的是一个金字塔型的概念(Corn et al, 2005; Muths et al, 2005),即将监测结构分为3层:基础层是广泛而粗放的监测,在全国各地布设很多点,主要依靠志愿者、高校、科研机构提供关于两

栖动物的编目、分布、种群等基础信息;中间层是整个监测体系的核心,主要在一些国家公园和保护区开展,主要采用目视法,也称空间占有调查方法,即在监测区域内随机选择监测地点,只记录某个地点两栖动物的有无,进而推断整个监测区域两栖动物的状态和变化;最顶层是选择少数典型的地区开展深入的种群监测和研究,精心选择一些重要的和濒危的物种的典型栖息地,监测这些物种的地理分布、种群数量、动态、繁殖、生活史和疾病等详细信息,探讨环境变化和两栖动物种群动态之间的关系。

### 1.2 英国两栖爬行动物监测计划

2007年,英国启动了两栖爬行动物监测计划(National Amphibian and Reptile Recording Scheme, NARRS),其目的是监测英国所有的两栖动物和爬行动物的保护状态(<http://www.narrs.org.uk/>)。该计划由英国两栖爬行动物保护基金会牵头,两栖爬行动物志愿者等民间组织参与。NARRS是一个基于志愿者的监测计划,每年对志愿者进行培训,然后将其安排到特定的地点开展监测工作。NARRS采取随机抽样的方法,对全英两栖爬行动物状况进行推断。统计分析显示,如对全英的两栖爬行动物状况进行推断,至少需要随机抽取400个样点。因此,NARRS将全国划分为1 km × 1 km栅格,随机选取其中的400个,调查每个栅格中的水体;将城市化或半城市化率面积大于50%的栅格以及明显不适于两栖动物的生境(如海洋、河口、内陆深水区等)排除在外。每个志愿者被安排负责邻近其居住地的一个或多个方格。主要采用3种方法进行监测:目视法、网捕法、夜间灯光搜寻法;每个水体需重复1-3次。在每年的春季开展监测,记录两栖动物的种类、数量、成体、幼体、栖息地状况等信息,并上传到数据库。另外,英国还有针对特定濒危两栖爬行动物如黄条背蟾蜍(*Bufo calamita*)、沙地蜥蜴(*Lacerta agilis*)和滑鳞蛇(*Coronella austriaca austriaca*)等的精细监测项目,其中对黄条背蟾蜍分布的60个左右的地点,每年4-8月开展野外监测,已持续了40多年(Buckley & Beebee, 2004)。

### 1.3 中国的两栖动物监测计划

我国的监测工作始于1997年Feller等(2003)对若尔盖湿地两栖动物的监测研究;此后,两栖动物监测在台湾、西南山地等生物多样性丰富地区相继

开展起来(周文豪等, 2002; 李成等, 2008)。经过十多年的积累,在全国范围实施两栖动物监测工作的时机已经成熟。2011年,在环境保护部支持下,环境保护部南京环境科学研究所联合中国科学院成都生物研究所启动了“两栖类示范观测项目”,2011-2013年,先期选择了26个样区,参加单位16个;在规范技术、培训队伍之后,从2014年开始,样区数增加到54个,参加单位增加到32个,覆盖了25个省区,监测到了我国30%以上的两栖动物物种数。项目以两栖动物种群动态为主要监测目标,采用了多种监测方法,包括以人为主、主动取样的样线法、样方法、限时取样法和标志重捕法,以及以物为主、被动取样的围栏陷阱法、人工掩蔽物法、人工避难所法等。监测内容包括了物种多样性、种群动态、栖息地、遗传结构、威胁因素等。该项工作基本形成了覆盖全国的两栖动物监测网络,实现了点到面的突破;并基本实现了两栖动物监测从定性到定量、从静态到动态的突破。“两栖类示范观测项目”的立项和实施,为构建全面系统的“中国关键地区两栖爬行动物多样性监测与研究专项网”开展了有益探索和示范。

### 1.4 国内外监测计划的对比分析

我国的两栖动物监测计划具有鲜明的特色,如物种丰富、自然环境多样,采用了更多样化的监测方法,设立了更细致的监测指标体系。从1997年至今,我国的两栖爬行动物监测工作已开展了19年,早期以地区性的监测工作为主,并自2011年起已开展了5年全国性的两栖动物监测工作。与国际监测计划相比,我国的两栖动物监测工作起步较晚,投入较少,层次不健全,尤其是缺少基础层和最顶层的工作;而全国性的爬行动物监测尚未开展。随着中国科学院和环境保护部对此项工作的大力推进,我国的两栖爬行动物监测计划正日益完善,必将达到世界先进水平。

目前,我国已构建的生物多样性监测网络多以单一类群为调查和监测对象,类群不完整,空间覆盖有缺漏。从生态位角度考量,不同类群的物种可能占据相似的生态位,类群间的种间关系可能较同类群内更加密切,因此,在分析群落结构时,宜从生态位角度解析同域分布的不同类群间的种间互作关系。籍此,中国科学院资助建设了中国生物多样性监测与研究网络(Sino BON),尤其是中国科学

院生物多样性委员会2004年开始建设的中国森林生物多样性监测网络(CForBio, <http://www.cfbi.org/>)。在已有大型监测样地中已经开展了植物和鸟类、兽类等动物的互作研究。作为食物链的重要类群,两栖爬行动物监测与研究专项网的建立,对于完善中国生物多样性监测与研究网络、开展更高水平的生物学和生态学研究、切实有效地保护我国丰富的生物多样性资源有重要意义。

## 2 我国两栖爬行动物监测工作基础

### 2.1 物种多样性和种群密度的研究

围绕我国两栖爬行动物编目和种群现状评估,1998–1999年,《中国动物志·爬行纲》3卷出版(张孟闻等,1998;赵尔宓等,1998,1999);2006–2009年,《中国动物志·两栖纲》3卷出版(费梁等,2006,2009a, b);2012年又出版了《中国两栖动物及其分布彩色图鉴》(费梁等,2012),更新了物种编目。2014年,中国科学院成都生物研究所组织全国专家进一步订正中国两栖动物和爬行动物名录并开展了红色名录评估,记录两栖动物3目13科82属408种,爬行动物3目28科137属461种;评估报告已经由环境保护部和中国科学院联合发布公告(2015年第32号),并于2016年正式发表(蔡波等,2016;江建平等,2016)。

围绕物种多样性及种群密度动态,1997–2002年,Fellers等(2003)在我国若尔盖湿地使用样方法对湿地两栖类开展了野外调查并评估了放牧对两栖动物的影响;1998–2001年,Xie等(2000)和Sparreboom等(2001)开展了中国二级保护动物镇海棘螈(*Echinotriton chinhaiensis*)的繁殖生物学研究;2004年以来,李义明等在浙江舟山群岛等地综合采用样线法、样方法等对当地两栖类和外来入侵种美国牛蛙(*Lithobates catesbeianus*)开展了种群密度、物种丰富度和丰盛度的野外研究(Li et al, 2006, 2011; Liu & Li 2009; Liu et al, 2015);2014–2015年,王杰(2015)通过实地调查日本大鲵(*Andrias japonicus*)的种群现状探讨了我国极危物种中国大鲵(*A. davidianus*)的保护策略。

上述研究工作围绕我国两栖动物物种分类、生物学特点、分布、种群现状和保护措施等领域,推动了我国两栖爬行动物多样性的研究,是未来我国两栖爬行动物多样性研究与监测工作的重要基础。

### 2.2 两栖爬行动物多样性监测和研究队伍

中国两栖爬行动物学会成立于1982年,会员遍及中国各省区市。2006年,在保护国际(Conservation International)的资助下,我国科学家成立了两栖动物保护行动专家组。2000年和2012年,中国科学院成都生物研究所联合中国两栖爬行动物学会先后主办了第四届和第五届亚洲两栖爬行动物学大会;2016年,中国两栖爬行动物学会联合中国科学院、南京师范大学等国内主要两栖爬行动物研究机构承办了第八届世界两栖爬行动物学大会。广泛的国际交流促进了学会的发展和人才培养和建设,为开展全国范围的两栖爬行动物监测与研究提供了保障。

## 3 中国关键地区两栖爬行动物多样性监测与研究专项网

监测是评估生物多样性保护进展的有效途径(马克平,2011)。2014年,中国科学院组织院内从事物种多样性研究的科学家,设计和成立了中国生物多样性监测与研究网络。中国科学院成都生物研究所作为主持单位,牵头组织了“中国关键地区两栖爬行动物多样性监测与研究专项网”(以下简称专项网)。为了更好地协调与环境保护部的两栖动物观测项目的关系,发挥中国科学院的学科和科研优势,专项网以生态位相近的两栖爬行动物为监测和研究对象,以解析生态功能群为研究目标,选择少数关键地区开展深入的种群监测和研究,以探讨和揭示环境变化与两栖爬行动物种群动态之间的关系。

两栖类示范观测项目和专项网在研究对象上有重叠,但分属两个不同的研究层次,前者以覆盖全国的、单一类群的物种组成和种群动态、保护区为主体的监测为特色,重点在物种多样性层次。后者以关键地区的、生态位相近的两栖爬行动物、大型样地内生态功能群的结构和动态研究为特色。

### 3.1 科学目标

专项网依托国内已有的两栖爬行动物多样性研究机构和人员,全面构建了研究框架和工作方案。主要内容包括:以生态位相近的常见物种和珍稀保护物种及其生境为监测与研究对象,开展关键地区两栖爬行动物多样性监测,有针对性地实施对重要物种的有效监测。从两栖动物和爬行动物种

资源的分布、丰度、生活史、个体健康、遗传结构,环境因素,社会经济因素等方面提供定量数据,阐明其变化趋势,揭示自然因素和人为因素对两栖爬行动物的影响机制,解析典型生态系统中生态功能群的结构、形成机制和动态变化机理。建设两栖动物和爬行动物多样性监测和研究信息系统,开发监测数据模拟及分析系统,评价保护成效,提出适应性管理对策,为制定生物多样性保护宏观战略提供支撑。

### 3.2 总体设计和布局

根据我国两栖动物和爬行动物多样性的分布格局,综合自然环境因素,选择关键地区布设监测与研究样地,重点以大型监测样地为基地,开展多类群的联合监测与研究。计划在全国22个生物多样性关键地区开展系统的监测和研究(表1),结合当地景观特征设置样线、样方,辅以围栏陷阱、人工遮蔽物、人工避难所、鸣声监测等方法,因地制宜,采用多种技术和方法进行调查监测和研究。

### 3.3 监测与研究指标

(1)物种及种群。监测物种组成、优势种和稀有种、种群密度、性比、空间分布、年龄结构等。

(2)个体健康状况。采用肥满度指数(戴强等,2006)评估个体健康状况。

(3)生态位环境要素。监测研究区域的气温、水温、湿度、降水量、pH值、水体信息(深度、宽度、流速、清澈度、硬度、溶氧量、氨氮含量)、栖息地类型(林缘草甸、沼泽、草地、灌丛、大型溪流、中型溪流、小溪、地下水出口、池塘、林地、洞穴、沙地等)等指标。

(4)监测点位动物面临的威胁因素,如栖息地受干扰和破坏状态、社区经济活动、病虫害等。

(5)种群遗传结构。采取剪指取样获得样品,选用线粒体基因序列和微卫星位点多态性信息监测物种的种群遗传结构。

(6)食性组成与结构。采用宏基因组和形态相结合的方法获得食物的物种及其组成信息,进而分析

表1 中国两栖动物和爬行动物监测与研究的关键样区

Table 1 Key areas list of research and monitoring of amphibians and reptiles in China

省份 Province	所在县市 County/City	关键样区 Key area	经度 Longitude	纬度 Latitude
1 黑龙江 Heilongjiang	呼玛县 Huma County	呼中 Huzhong	123.25° E	51.78° N
2 新疆 Xinjiang	阜康市 Fukang City	天山 Tianshan Mountains	88.16° E	43.85° N
3 内蒙古 Inner Mongolia	锡林浩特市 Xilinhaote City	锡林郭勒 Xilingol	116.43° E	44.18° N
4 吉林 Jilin	抚松县 Fusong County	长白山 Changbai Mountains	128.08° E	42.38° N
5 北京 Beijing	北京市 Beijing City	东灵山 Dongling Mountain	115.43° E	39.96° N
6 新疆 Xinjiang	若羌县 Ruoqiang County	阿尔金山 Altun Mountains	88.69° E	36.42° N
7 宁夏 Ningxia	中卫市 Zhongwei City	沙坡头 Shapotou	104.97° E	37.50° N
8 山东 Shandong	东营市 Dongying City	黄河三角洲 Yellow River delta	119.05° E	37.82° N
9 陕西 Shaanxi	佛坪县 Foping County	佛坪 Foping	107.68° E	33.55° N
10 河南 Henan	内乡县 Neixiang County	宝天曼 Baotianman	111.94° E	33.49° N
11 四川 Sichuan	九寨沟县 Jiuzhaigou County	九寨沟 Jiuzhaigou	103.89° E	33.12° N
12 四川 Sichuan	都江堰市 Dujiangyan City	龙溪-虹口 Longxi-Hongkou	103.57° E	31.13° N
13 湖南 Hunan	桑植县 Sangzhi County	八大公山 Badagong Mountains	110.09° E	29.77° N
14 西藏 Xizang	拉萨市 Lasa City	雅鲁藏布江中游 Middle reach valley of the Yarlung Zangbo River	89.66° E	29.20° N
15 湖南 Hunan	岳阳市 Yueyang City	洞庭湖 Dongting Lake	112.80° E	29.50° N
16 浙江 Zhejiang	开化县 Kaihua County	古田山 Gutian Mountain	118.12° E	29.25° N
17 四川 Sichuan	石棉县 Shimian County	栗子坪 Liziping	102.35° E	28.89° N
18 云南 Yunnan	丽江市 Lijiang City	玉龙雪山 Yulong Snow Mountain	100.22° E	27.14° N
19 广东 Guangdong	肇庆市 Zhaoqing City	鼎湖山 Dinghu Mountain	112.32° E	23.10° N
20 广西 Guangxi	龙州县 Longzhou County	弄岗 Nonggang	106.95° E	22.43° N
21 云南 Yunnan	勐腊县 Mengla County	西双版纳 Xishuangbanna	101.57° E	21.61° N
22 海南 Hainan	乐东县 Ledong County	尖峰岭 Jianfengling	108.80° E	18.60° N

其食性组成和结构。

(7)种群结构。采用微计算机断层扫描技术(micro computed tomography, Micro-CT)等方法获得个体骨龄信息,进而分析个体年龄和种群年龄结构。

(8)生态功能群结构。监测大型样地中食物链各类群的组成。

(9)生态系统动态。分析大型样地中各类群的生长、繁殖、捕食、竞争、共生关系及其动态。

### 3.4 监测方法

两栖爬行动物的生理、生态和地理分布特点是选择监测方法、实施有效监测的重要基础。两栖动物监测以水生环境为主,爬行动物监测以陆生环境为主。由于两栖爬行动物的日节律明显,两栖动物以夜行性为主,爬行动物以昼行性为主,而两栖动物还具有季节性节律,如集群繁殖。因此,监测两栖动物以夜间为主,在繁殖期监测将起到事半功倍的效果;爬行动物以白天为主,监测区域要相应增加。每年进行2-4次调查观测。方法主要有以下8种:

(1)样线法。这是两栖爬行动物监测的基本方法。调查时行进速度为2 km/h(行进期间以记录物种和个体数量为主),记录区间水陆交汇处各1 m宽(共2 m宽)。每条样线长50-1,000 m,样线尽可能地涵盖不同的生态系统类型,样线数因地制宜。每条样线要进行3次重复调查。

(2)样方法。该方法主要针对林蛙属(*Rana*)、蟾蜍属(*Bufo*)、沙蜥属(*Phrynocephalus*)、麻蜥属(*Eremias*)等特定类群。具体为选择1个区域设置样方,调查该样方内种群的所有个体。

(3)围栏陷阱法。这是两栖爬行动物监测的备选或辅助方法(古晓东等,2009)。每个陷阱连续监测10天,建议每天检视(对于分布较远的陷阱,可以隔天检查)。对于水位变动较大的河湖周边的陷阱,建议随水位线距离增补监测点,保持不同季节的陷阱距离水位线位置一致,以防雨季雨水注满或淹没陷阱而影响监测效果。除采集两栖爬行动物的信息外,也记录落入陷阱中的其他动物,如兽类、鸟类等,这些数据对于分析生态功能群会非常有用。

(4)人工掩蔽物法。对地势宽阔而又缺少自然动物隐蔽处的区域可以采用该方法,尤其是缺少隐蔽物的湿地中的两栖动物监测(王刚等,2012)。各样地设置统一的掩蔽物样方,掩蔽物用尺寸统一的瓦片

或木片(尺寸如30 cm × 20 cm或以上)制作,间距1-5 m,10组5个× 5个掩蔽物为1个样方。建议每天早晨8-10点监测1次(对于分布较远的掩蔽物样方,可以隔天检查)。每次连续10天。该法配合标志重捕法使用效果更佳。

(5)人工避难所法。该方法重点针对树栖两栖动物类群(Stewart & Pough, 1983; Boughton et al, 2000)。在10 m × 10 m的样地布设100个竹筒(或PVC桶),挑选树蛙物种常选择的产卵树25棵,每棵树捆绑固定4个竹筒(或PVC桶),2个离地面70 cm,2个离地面150 cm;竹筒长15-18 cm,可根据实际情况调整竹筒内径大小,竹筒内加入5-10 cm的水。3天监测一次。

(6)标志重捕法。该方法主要用于种群数量的推测性监测。推荐使用基于无线识别技术的电子标签和扫描仪来进行两栖动物和爬行动物的标志重捕。电子标签呈米粒大小,每个均有单独的编号,通过扫描仪可以读取该编号。两栖动物和爬行动物皮肤疏松,与肌肉分离,通过注射器将电子标签注入其体内,注射位置以胯部皮肤上方为宜,因为该部位皮肤最疏松,而且远离重要的脏器(王刚等,2012)。

(7)定点鸣声监测法。这是重点针对鸣叫的两栖爬行动物的监测方法。选择固定的地点,利用自动鸣声记录仪监测两栖类、蜥蜴类或龟鳖类的鸣声,这有助于估测目标动物种群的大小以及繁殖活动(物候)。固定的鸣声监测点要选择的目标物种的附近,通过控制鸣声记录仪自动记录动物的鸣叫行为数据。这种技术可以通过鸣叫率(单位时间的鸣叫次数)来量化目标物种的鸣叫行为,也可以用来计算并自动记录鸣叫强度(声音的能量)随时间变化的平均值。这些数据可用于估计繁殖季节鸣叫雄性的个体数量,评估鸣叫的雄性繁殖种群的长期动态变化,以及比较不同地点鸣叫雄性种群的大小。

(8)生物多样性分子遗传监测法。该方法使用低损伤或无损伤的采样方法进行样品收集工作。拟使用两栖爬行类通用线粒体DNA条形码COI碱基序列(Che et al, 2012),重点物种使用微卫星基因分型的方法,全面掌握两栖爬行类物种的遗传分化和遗传多样性。

### 3.5 预期成果

通过专项网的监测工作,主要获得3方面的成果:基础数据、综合研究报告、平台和队伍建设。



(1)基础数据。系统地获得中国关键地区两栖和爬行动物的物种多样性及其分布、种群结构和动态变化、个体健康、食性、种群年龄、遗传多样性、主要环境及致危因素等数据。

(2)综合研究报告。基于获得的基础数据开展系统的分析研究,以期获得系列研究成果,包括中国关键地区的两栖和爬行动物多样性现状与变化趋势报告、中国关键地区的环境变化和两栖爬行动物种群动态之间的关系、中国关键地区的典型生态功能群的组成和结构、形成机制和动态变化机理等。

(3)平台与队伍建设。进一步发展和完善支撑专项网发展的平台与人才队伍。构建布局合理并覆盖中国关键地区的两栖爬行动物多样性监测和研究网络体系,为加强生态文明建设、建设美丽地球做出中国贡献。编写和完善监测与研究技术规程,通过培训不断提升监测和研究队伍的技术力量。建立统一的信息化平台,实现监测数据和信息的高效管理与共享,通过平台发布专项网的研究成果,提高两栖爬行动物多样性监测和研究对国家生物多样性管理的支撑作用。

### 3.6 组织方式

该专项网是中国生物多样性监测与研究网络的组成部分,接受中国生物多样性监测与研究网络的监督和指导。专项网的组织方式将遵循自上而下的方法,制定监测方案,组建监测和研究核心团队,并协调各个关键地区的监测和研究工作。每个关键地区的监测方案将遵循自下而上的方法,重点关注区域的生态特点和需求。为了科学、有效地开展监测与研究,从工作组和专家组中组建4个职能单元:监测和研究技术规范研制组、监测和研究专业技术培训组、两栖爬行动物多样性信息化组、专项网数据管理和分析中心。由专项网数据管理和分析中心提交和发布监测与研究成果。

中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一,两栖纲物种数占全球物种数的5.4%,居世界第4位(Koo et al, 2013)。爬行纲物种数占全球物种数的4.5%,居世界第8位(蔡波等, 2016)。本专项网将对关键样区的两栖爬行动物多样性及其环境特征开展长期的定位监测和研究,在统一组织和领导下加强数据共享,深化国际交流与合作,积极参与国际生物多样性保护计划和战略行动,为我国及世界的生物多样性研究与保护做出贡献。

### 参考文献

- Boughton RG, Staiger J, Franz R (2000) Use of PVC pipe refugia as a sampling technique for hylid treefrogs. *The American Midland Naturalist*, 144, 168–177.
- Buckley J, Beebee T (2004) Monitoring the conservation status of an endangered amphibian: the Natterjack toad *Bufo calamita* in Britain. *Animal Conservation*, 7, 221–228.
- Cai B, Li JT, Chen YY, Wang YZ (2016) Exploring the status and causes of China's threatened reptiles through the red list assessment. *Biodiversity Science*, 24, 578–587. (in Chinese with English abstract) [蔡波, 李家堂, 陈跃英, 王跃招 (2016) 通过红色名录评估探讨中国爬行动物受威胁现状及原因. *生物多样性*, 24, 578–587.]
- Che J, Chen HM, Yang JX, Jin JQ, Jiang K, Yuan ZY, Murphy RW, Zhang YP (2012) Universal *COI* primers for DNA barcoding amphibians. *Molecular Ecology Resources*, 12, 247–258.
- Chou WH, Lee MC, Yu HT (2002) Community structure of ground-dwelling vertebrates sampled with drift-fence pitfall traps in a subtropical montane forest in Central Taiwan. *Endemic Species Research*, 4(1), 1–11. (in Chinese with English abstract) [周文豪, 李敏嘉, 于宏灿 (2002) 台湾中部亚热带山地森林地栖脊椎动物的群落结构——兼论拦截篱掉落桶研究法的应用. *特有生物研究*, 4(1), 1–11.]
- Corn PS, Muths E, Adams MJ, Dodd CK Jr (2005) The United States Geological Survey's Amphibian Research and Monitoring Initiative. *Alytes*, 22(3–4), 65–71.
- Dai Q, Dai JH, Li C, Liu ZJ, Wang YZ (2006) Discussion on relative fatness. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 12, 715–718. (in Chinese with English abstract) [戴强, 戴建洪, 李成, 刘志君, 王跃招 (2006) 关于肥满度指数的讨论. *应用与环境生物学报*, 12, 715–718.]
- Fei L, Hu SQ, Ye CY, Huang YZ (2006) *Fauna Sinica, Amphibia, Vol. 1, General Accounts of Amphibia, Gymnophiona and Urodela*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 黄永昭 (2006) 中国动物志·两栖纲·第一卷, 总论、蚓螈目、有尾目. 科学出版社, 北京.]
- Fei L, Hu SQ, Ye CY, Huang YZ (2009a) *Fauna Sinica, Amphibia, Vol. 2, Anura*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 黄永昭 (2009a) 中国动物志·两栖纲·第二卷, 无尾目. 科学出版社, 北京.]
- Fei L, Hu SQ, Ye CY, Huang YZ (2009b) *Fauna Sinica, Amphibia, Vol. 3, Anura, Ranidae*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [费梁, 胡淑琴, 叶昌媛, 黄永昭 (2009b) 中国动物志·两栖纲·第三卷, 无尾目, 蛙科. 科学出版社, 北京.]
- Fei L, Ye CY, Jiang JP (2012) *Colored Atlas of Chinese Amphibians and Their Distributions*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu. (in Chinese) [费梁, 叶昌媛, 江建平 (2012) 中国两栖动物及其分布彩色图鉴. 四川科学技术出版社, 成都.]
- Fellers GM, Wang YZ, Liu SY (2003) Status of amphibians at the Zoige wetlands, Sichuan Province, China. *Froglog*, 58, 1.

- Gu XD, Liang CP, Dai Q, Li C (2009) A Simple and Convenient Method for Measuring and Monitoring Small Terrestrial Vertebrates: Drift Fences and Pitfall Traps. *Sichuan Journal of Zoology*, 28, 273–275. (in Chinese with English abstract) [古晓东, 梁春平, 戴强, 李成 (2009) 一种简便实用的小型陆栖脊椎动物监测方法——围栏陷阱法. *四川动物*, 28, 273–275.]
- Heyer WR, Donnely MA, McDiarmid RW, Hayek LAC, Foster MS (1994) *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Hoffmann M, Hilton-Taylor C, Angulo A, Böhm M, Brooks TM, Butchart SH, Carpenter KE, Chanson J, Collen B, Cox NA, Darwall WR, Dulvy NK, Harrison LR, Katariya V, Pollock CM, Quader S, Richman NI, Rodrigues AS, Tognelli MF, Vié JC, Aguiar JM, Allen DJ, Allen GR, Amori G, Ananjeva NB, Andreone F, Andrew P, Aquino Ortiz AL, Baillie JE, Baldi R, Bell BD, Biju SD, Bird JP, Black-Decima P, Blanc JJ, Bolaños F, Bolivar-G W, Burfield IJ, Burton JA, Capper DR, Castro F, Catullo G, Cavanagh RD, Channing A, Chao NL, Chenery AM, Chiozza F, Clausnitzer V, Collar NJ, Collett LC, Collette BB, Cortez Fernandez CF, Craig MT, Crosby MJ, Cumberlidge N, Cuttelod A, Derocher AE, Diesmos AC, Donaldson JS, Duckworth JW, Dutson G, Dutta SK, Emslie RH, Farjon A, Fowler S, Freyhof J, Garshelis DL, Gerlach J, Gower DJ, Grant TD, Hammerson GA, Harris RB, Heaney LR, Blair Hedges S, Hero JM, Hughes B, Ainul Hussain S, Javier Icochea M, Inger RF, Ishii N, Iskandar DT, Jenkins RKB, Kaneko Y, Kottelat M, Kovacs KM, Kuzmin SL, La Marca E, Lamoreux JF, Lau MWN, Lavilla EO, Leus K, Lewison RL, Lichtenstein G, Livingstone SR, Lukoschek V, Mallon DP, McGowan PJK, McIvor A, Moehlman PD, Molur S, Muñoz Alonso A, Musick JA, Nowell K, Nussbaum RA, Olech W, Orlov NL, Papenfuss TJ, Parra-Olea G, Perrin WF, Polidoro BA, Pourkazemi M, Racey PA, Ragle JS, Ram M, Rathbun G, Reynolds RP, Rhodin AGJ, Richards SJ, Rodríguez LO, Ron SR, Rondinini C, Rylands AB, Rondinini C, Rylands AB, Sadovy de Mitcheson Y, Sanciangco JC, Sanders KL, Santos-Barrera G, Schipper J, Self-Sullivan C, Shi Y, Shoemaker A, Short FT, Sillero-Zubiri C, Silvano DL, Smith KG, Smith AT, Snoeks J, Stattersfield AJ, Symes AJ, Taber AB, Talukdar BK, Temple HJ, Timmins R, Tobias JA, Tsytsulina K, Tweddle D, Ubeda C, Valenti SV, van Dijk PP, Veiga LM, Veloso A, Wege DC, Wilkinson M, Williamson EA, Xie F, Young BE, Akçakaya HR, Bennun L, Blackburn TM, Boitani L, Dublin HT, da Fonseca GAB, Gascon C, Lacher TE Jr, Mace GM, Mainka SA, McNeely JA, Mittermeier RA, Reid GM, Rodriguez JP, Rosenberg AA, Samways MJ, Smart J, Stein BA, Stuart SN (2010) The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science*, 330, 1503–1509.
- IUCN (2016) IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. <http://www.iucnredlist.org/>. (accessed on 2016-12-07)
- Jiang JP, Xie F, Zang CX, Cai L, Li C, Wang B, Li JT, Wang J, Hu JH, Wang Y, Liu JY (2016) Assessing the threat status of amphibians in China. *Biodiversity Science*, 24, 588–597. (in Chinese with English abstract) [江建平, 谢锋, 臧春鑫, 蔡蕾, 李成, 王斌, 李家堂, 王杰, 胡军华, 王燕, 刘炯宇 (2016) 中国两栖动物受威胁现状评估. *生物多样性*, 24, 588–597.]
- Koo MS, Vredenburg VT, Gross J, Spencer CL, Tunstall T, Wake DB (2013) Visualizing AmphibiaWeb Data with Continuous Cartograms. *AmphibiaWeb: Information on Amphibian Biology and Conservation*. Berkeley, California: AmphibiaWeb. <http://amphibiaweb.org/>. (accessed on 2016-12-07)
- Li C, Gu HJ, Dai Q, Liu ZJ, Wang YZ (2008) Impacts on anurans in Caopoh River impounded by a small-sized dam. *Resources and Environmental in the Yangtze Basin*, 17(Z1), 114–118. (in Chinese with English abstract) [李成, 顾海军, 戴强, 刘志君, 王跃招 (2008) 草坡河流域小水电开发对无尾两栖动物的影响. *长江流域资源与环境*, 17(Z1), 114–118.]
- Li YM, Wu ZJ, Duncan RP (2006) Why islands are easier to invade: human influences on bullfrog invasion in the Zhoushan archipelago and neighboring mainland China. *Oecologia*, 148, 129–136.
- Li YM, Xu F, Guo ZW, Liu X, Jin CN, Wang YP, Wang SP (2011) Reduced predator species richness drives the body gigantism of a frog species on the Zhoushan Archipelago in China. *Journal of Animal Ecology*, 80, 171–182.
- Liu X, Li YM (2009) Aquaculture enclosures relate to the establishment of feral populations of introduced species. *PLoS ONE*, 4, e6199. doi:10.1371/journal.pone.0006199.
- Liu X, Luo Y, Chen JX, Guo YS, Bai CM, Li YM (2015) Diet and prey selection of the invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Southwestern China. *Asian Herpetological Research*, 6, 34–44.
- Ma KP (2011) Assessing progress of biodiversity conservation with monitoring approach. *Biodiversity Science*, 19, 125–126. (in Chinese) [马克平 (2011) 监测是评估生物多样性保护进展的有效途径. *生物多样性*, 19, 125–126.]
- McDiarmid RW, Foster MS, Guyer C, Gibbons JW, Chernoff N (2012) *Reptile Biodiversity: Standard Methods for Inventory and Monitoring*. University of California Press, Los Angeles.
- Muths E, Jung RE, Bailey LL, Adams MJ, Corn PS, Dodd CK, Fellers GM, Sadinski WJ, Schwalbe CR, Walls SC, Fisher RN, Gallant AL, Battaglin WA, Green DE (2005) Amphibian Research and Monitoring Initiative (ARMI): a successful start to a national program in the United States. *Applied Herpetology*, 2, 355–372.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853–858.
- Pounds JA, Bustamante MR, Coloma LA, Consuegra JA, Fogden MPL, Foster PN, La Marca E, Masters KL, Meri-



- no-Viteri A, Puschendorf R, Ron SR, Sánchez-Azofeifa G A, Still CJ, Young BE (2006) Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature*, 439, 161–167.
- Sparreboom M, Xie F, Fei L (2001) Reproductive behavior of the Chinghai salamander (*Echinotriton chinghaiensis*) (Caudata: Salamandridae). *Amphibia-Reptilia*, 22, 309–320.
- Stewart MM, Pough FH (1983) Population density of tropical forest frogs: relation to retreat sites. *Science*, 221, 570–572.
- Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Young BE, Rodrigues AS, Fischman DL, Waller RW (2004) Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science*, 306, 1783–1786.
- Urban MC (2015) Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348, 571–573.
- Wake DB (1990) Declining amphibian populations. *Science*, 253, 860.
- Wake DB (1998) Action on amphibians. *Trends in Ecology & Evolution*, 13, 379–380.
- Wake DB (2007) Climate change implicated in amphibian and lizard declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 104, 8201–8202.
- Wang G, Li C, Xie F, Jiang JP (2012) Application of providing artificial cover method in monitoring amphibian population. *Chinese Journal of Zoology*, 47(3), 53–58. (in Chinese with English abstract) [王刚, 李成, 谢锋, 江建平 (2012) 应用人工掩蔽物法监测两栖动物种群动态. *动物学杂志*, 47(3), 53–58.]
- Wang J (2015) Current status of Japanese giant salamander and the enlightenment on the conservation of Chinese giant salamander. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 21, 683–688. (in Chinese with English abstract) [王杰 (2015) 日本大鲵的现状及对中国大鲵保护的启示. *应用与环境生物学报*, 21, 683–688.]
- Xie F, Fei L, Ye CY, Cai CM, Wang ZW, Sparreboom M (2000) Breeding migration and oviposition of the Chinghai salamander, *Echinotriton chinghaiensis* (Caudata: Salamandridae). *The Herpetological Journal*, 10, 111–118.
- Xie F, Jiang JP, Zheng ZH (2002) Survey on amphibians and reptiles. *Herpetologica Sinica*, 9, 218–223. (in Chinese with English abstract) [谢锋, 江建平, 郑中华 (2002) 两栖爬行动物野外调查方法. *两栖爬行动物学研究*, 9, 218–223.]
- Xie F, Lau MW, Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Fischman DL (2007) Conservation needs of amphibians in China: a review. *Sciences in China C: Life Sciences*, 50, 265–276.
- Zhang MW, Zong Y, Ma JF (1998) *Fauna Sinica, Reptilia, Vol. 1, General Accounts of Reptilia, Testudoformes and Crocodyliformes*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [张孟闻, 宗愉, 马积藩 (1998) *中国动物志·爬行纲·第一卷, 总论、龟鳖目、鳄目*. 科学出版社, 北京.]
- Zhao EM, Huang MH, Zong Y (1998) *Fauna Sinica, Reptilia Vol. 3, Squamata (Serpentes)*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [赵尔宓, 黄美华, 宗愉 (1998) *中国动物志·爬行纲·第三卷, 有鳞目: 蛇亚目*. 科学出版社, 北京.]
- Zhao EM, Zhao KT, Zhou KY (1999) *Fauna Sinica, Reptilia Vol. 2, Squamata (Lacertilia)*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [赵尔宓, 赵肯堂, 周开亚 (1999) *中国动物志·爬行纲·第二卷, 有鳞目: 蜥蜴亚目*. 科学出版社, 北京.]

(责任编辑: 傅金钟 责任编辑: 黄祥忠)