

应用人工掩蔽物法监测两栖动物种群动态

王刚^{①②} 李成^{①*} 谢锋^① 江建平^①

① 中国科学院成都生物研究所 成都 610041; ② 中国科学院研究生院 北京 100049

摘要:人工掩蔽物法是一种取法自然而加以人工改造的两栖动物监测方法。该法利用两栖动物昼伏夜出的习性,在其栖息环境中按照一定的方式布设人工掩蔽物来吸引两栖动物栖居,从而达到白昼监测其种类和种群数量的目的。该方法主要用于监测草地、湿地、灌丛、滩涂、松林等自然掩蔽物较少的生境,作者的监测实践和有关报道的监测工作证实,此方法对于习居于这类生境中的陆生有尾类和无尾类两栖动物具有较好的监测效果。

关键词:人工掩蔽物法;两栖动物;监测

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2012)03-53-06

Application of Providing Artificial Cover Method in Monitoring Amphibian Population

WANG Gang^{①②} LI Cheng^{①*} XIE Feng^① JIANG Jian-Ping^①

① *Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041;*

② *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*

Abstract: Amphibians are generally nocturnal and hide under covers in their habitat. Based on their hiding behavior, scientists have developed a standard method to monitor amphibian population in the day time by providing artificial covers made by nature materials for them in the sample sites. By checking and recording amphibians under the covers, the population parameters have been monitored. This method can be used in grassland, wetland, shrub, shallows, and conifer forest in where natural covers are seldom. We have used this method to monitor amphibians in Zoige and found out that this method worked well for tailed and tailless amphibians inhabited in the habitat mentioned above.

Key words: Artificial cover; Amphibians; Monitoring

两栖动物是变温动物,皮肤通透性高,保温和保水的能力差;干旱炎热的气候会加速它们体表水分的散失,失水 15% ~ 60% 就会引起两栖动物的死亡^[1]。因此,两栖动物一般在温度较低、湿度较高的夜间活动,白天多匿居于石块、树木、泥洞等自然掩蔽物下,以避免炎热天气的不良影响。

科学家根据两栖动物昼伏夜出的习性,设计了 10 种比较标准的野外调查方法^[2-4],包括编目法、视觉观察法、声音条带截线法、样方法、截线法、斑块法、围栏陷阱法、繁殖位点法、围绕

繁殖位点的移动围栏法、两栖动物蝌蚪定量法等,主要在夜晚开展调查和监测工作。而人工掩蔽物法^[5]是根据两栖动物成体昼伏的特点,在其栖息环境中按照一定的方式布设人工掩蔽

基金项目 环境保护部南京环境科学研究所“生物多样性示范监测”项目,中国科学院生物分类学项目(No. KSCX2-YW-Z-0905);

* 通讯作者, E-mail: licheng@cib.ac.cn;

第一作者介绍 王刚,男,硕士研究生;研究方向:两栖动物分类和保育; E-mail: wanggang8793@163.com。

收稿日期:2011-09-28,修回日期:2012-03-01

物,吸引动物在白天匿居于其中,通过检查匿居动物的种类和数量,记录和评估种群动态。这种方法为区域两栖动物编目和两栖动物种群动态监测提供了又一个高效监测技术。

人工掩蔽物法是相对较新的两栖动物监测方法。本文参考已有文献的报道^[5],结合射频识别技术 (radio-frequency identification, RFID)^[6],根据长期监测对遗传多样性和生活史研究的要求^[7],充实监测内容,优化监测流程。目前该法主要用来监测草地、湿地、灌丛、滩涂、松林、弃耕地等自然掩蔽物较少的生境,对于习居于这类生境中的陆生有尾类和无尾类具有较好的监测效果。

1 人工掩蔽物的设计

1.1 人工掩蔽物的数量、大小和材质 在监测中,人工掩蔽物的数目和尺寸主要取决于统计学分析的要求、生境的多样性、两栖动物对栖息地的忠诚性、监测面积,以及个体大小、种群数量等因素。例如,在研究加州的太平洋岸蜥尾螈 (*Batrachoseps pacificus*) 时,采用 30 cm × 30 cm × 5 cm 的小松木片 (或冷杉片),排列成平行线或小方格就可以很方便地监测个体较小的蝶螈;更大尺寸的木板,例如 122 cm × 122 cm × 1.25 cm 的胶合板,比较适合监测数量较多或个体较大的物种^[5]。

人工掩蔽物的材质和厚度也是比较重要的因素。例如,5 cm 厚的木板比 0.5 cm 厚的胶合板和 10 cm 厚的木板更合适^[5]。在寒冷的冬季或高寒地区,胶合板监测效果很好。此外,其他材质的人工掩蔽物,例如波浪状的金属板适合监测某些地区与生境^[5]。在若尔盖湿地保护区,作者 (未发表资料) 采用 33.6 cm × 21.2 cm × 1.6 cm 的瓦片进行高寒湿地两栖动物监测,瓦片本身有 2 条凹槽,两栖动物可以隐藏其中,瓦片保持潮湿的同时,对寒冷的气候也具有很好的抗性。

1.2 人工掩蔽物的排列方式 人工掩蔽物的排列方式一般设置为平行线、网格、放射线等形状 (图 1)。例如平行线形状的排列方式 (图

1A),每行 30 块木板,木板间相距 5 m,每行之间相隔 5 m。为了便于计数,采用油漆等颜料对每块木板给予编号标记,这样可以清楚地统计每块木板下两栖动物的种类和数量。

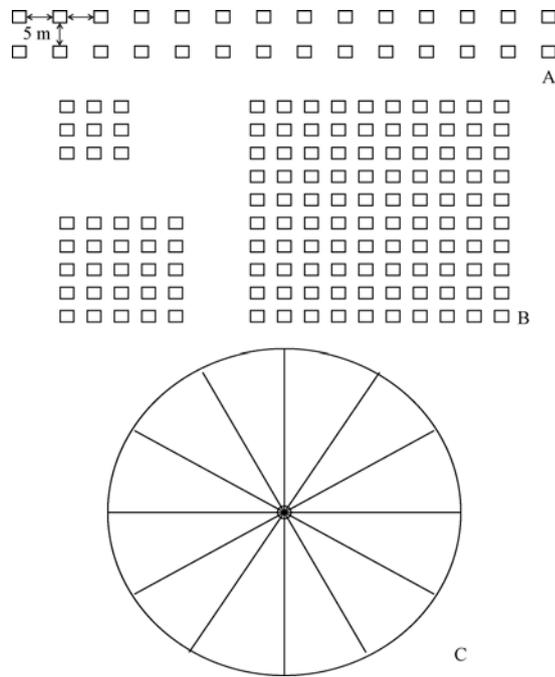


图 1 人工掩蔽物的排列方式

Fig. 1 Standard arrangement of artificial covers in sample sites

- A. 平行线式; B. 网格式 (3 × 3, 5 × 5, 10 × 10); C. 放射线式。
- A. Parallel lines; B. Grids; C. Radiation lines.

2 监测人员、器材和流程

一个能识别当地两栖动物的人就可以熟练地掌握和应用人工掩蔽物法进行两栖动物的监测,具体的监测流程见图 2。需要的材料包括:人工掩蔽物 (例如,60 个 30 cm × 30 cm × 5 cm 大小的掩蔽物组成一个样方或样线)、探路棍或木杆 (用来寻找茂密草丛中的掩蔽物)、电子秤 (测量体重)、直尺 (测量体长)、电子标签和读取器 (射频识别标志重捕法)、剪刀和酒精管 (剪指及保存 DNA 和骨龄测定的组织样品)、数据表格、防水钢笔。

在布置好人工掩蔽物后,第二天早上就可以开始进行监测。两栖动物的 2 个活动高峰在晚上和凌晨,由于它们早上活动性较弱,这时候

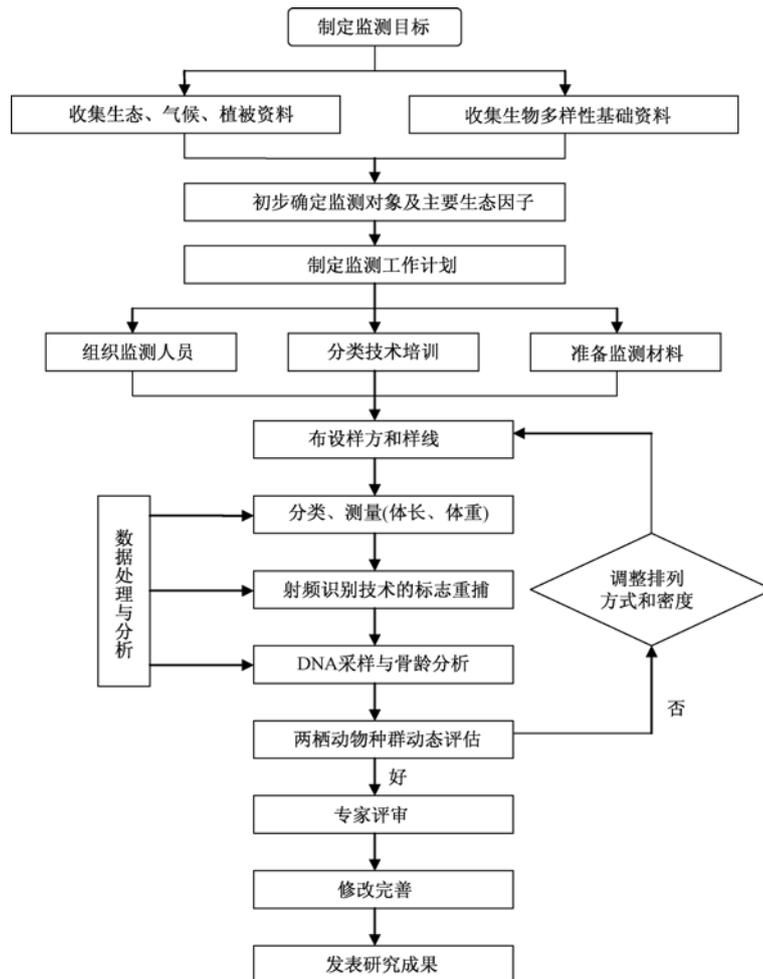


图2 人工掩蔽物法工作流程

Fig. 2 Workflow of sampling method with artificial cover

监测和计数比较准确。迅速拿起掩蔽物、捕获匿居在下面的所有两栖动物,临时放在塑料袋或广口瓶中以备测量、标记和采样。

测量:头体长(snout-vent length, SVL)和体重通常是2个需要测量的项目。通过计算身体状况指数可以评估两栖动物的健康状况^[8-9]。

标记:标志重捕法是一种非常有效的种群监测方法^[10-11]。然而,以往的标志重捕法要通过剪指(趾)来计数,其存在一些不足,如标记数量有限、对动物的生存有不良影响。此外,两栖动物再生性强,断指(趾)生长很快,重捕后不易识别。本文推荐基于射频识别技术(radio frequency identification, RFID)的电子标签和读

取器^[6]来进行两栖动物的标志重捕。电子标签有米粒大小,每个电子标签均有单独的编号,用读取器可以读取这个编号。两栖动物皮肤疏松,皮肤与肌肉易于分离,用注射器将电子标签注入两栖动物皮下(皮肤与肌肉之间);注射位置以胯部上方为宜,该部位皮肤最疏松,而且远离重要的脏器。检查标记后的两栖动物,就可以分析它们的活动区域,并且评估它们的种群动态。

采样:许多重要的生态学研究都要求一个长达几十年的数据积累,重大的基础问题还要依靠可辨识动物个体的生活史记录^[7]。遗传多样性和生活史研究已成为监测的重要内容之一。随着DNA测序技术的发展和进步,DNA材

料的取样方法也越来越简单,对动物生存影响很小。采用剪指法剪取成熟个体最外侧指(趾)的2个指节,放入酒精管内即可。采集回来的样品,可以做DNA等遗传多样性的分析,而且可以采用骨龄学方法研究两栖动物的年龄结构。

监测结束,将掩蔽物放回原位。根据在若尔盖湿地的监测经验,掩蔽物下的草越低越好,但要有一定的湿度;掩蔽物和地面之间要有一定的空间,可以使两栖动物隐藏。安置好掩蔽物后,将标记的动物释放在掩蔽物的边缘。

人工掩蔽物法监测两栖动物数量和多样性受到多种因素的影响。这些因素包括:监测的地域、时间(白天或夜晚)、季节、人工或自然掩蔽物的密度,以及生境类型,其中尤以地域和生境类型最为关键。监测的地域必须具有代表性,掩蔽物要设置在当地最典型的生境之中;两栖动物习居于潮湿温暖的生境,因此当掩蔽物放置在潮湿的生境时,其下面匿居的两栖动物种类比较丰富,数量也较多。在不适宜的生境条件下,或者在每年生境条件不一致的情况下收集的数据,不适合作为两栖动物种群数量变动趋势的指标。由于各地的生境类型和条件不尽相同,因此需因地制宜,结合当地气候类型和两栖动物习性制定该地的监测规划。

两栖动物种间和不同大小的个体间的活动

性随季节变化有较大差异^[12]。因此,最好在每个季节连续监测多次,尤其在活动高峰期,需要根据所监测的物种或种群的活动习性,每隔一周(月)监测一次。每次监测之后,应该初步评估监测样方(线)内的掩蔽物数目是否足够,如果监测到的目标物种较少,或者种群数量波动很大,那么就有必要增加掩蔽物数目。

3 数据处理和分析

系统记录监测信息:利用预先设计好的数据表格(表1)系统记录样方(线)内的两栖动物信息,包括掩蔽物排列方式和数量,每个掩蔽物下的物种名录、性别、体长、体重、电子标签编号。尤其是每个掩蔽物的编号与其下匿居的物种信息要详细记录,以分析个体在样方(线)内部的连续运动以及对不同微生境选择的变化。

测度种群指数:种群指数取决于监测的时间。如果是长期监测,如持续一年的监测,则统计一年内每条样方(线)的每一个物种的总数作为该物种的相对密度比较恰当;如果是短期监测,则最好将监测时间安排在两栖动物的活动高峰期,计算每个物种的平均捕获率(A物种的个体总数/掩蔽物总数)来表示该动物的相对密度。监测的长期性和持续性至关重要,例如采用3~4年的年平均数量比较恰当。为了

表1 人工掩蔽物法调查表

Table 1 A date sheet for sampling with artificial cover

编号:_____ 布设日期:_____ 检查时间(年-月-日-时):_____ 检查人员:_____

监测地点:_____ 经度:_____ 纬度:_____ 海拔:_____

生境类型:①草地 ②湿地 ③灌丛 ④滩涂 ⑤松林 ⑥其他:_____

温度(℃):_____ 相对湿度(%):_____ 盖度:_____ 郁闭度:_____ 枯枝落叶层平均厚度(cm):_____

样方/样线描述(掩蔽物的排列方式和数量):_____

生境现状:①自然状态 ②被破坏 ③污染 ④人为干扰 ⑤其他:_____

近期天气状况:①晴 ②雨 ③阴 ④雪 ⑤其他天气:_____

物种 Species	性别 Sex	头体长 SVL(cm)	体重 Mass(g)	首次剪指(趾)标记日期与 电子标签编号 Date of toes clipped, and electronic tag number	重捕日期 Date of recaptured	剪指(趾)样品号 Number of toes clipped

更形象地表示相对密度的变化,建议利用每一物种的捕获率数据作曲线图表示物种的年度变化过程。不同年份种群指数的短期变化用卡方或 G 检验,通常一些物种的年度变化较另一些物种更大,只有多年监测才能评估不同物种的自然波动幅度。采用时间序列的自回归分析种群指数的长期趋势而检验种群长期变化的趋势^[5]。

监测数据也可以揭示由于栖息地变化而导致的物种分布的变化。例如火灾、飓风或者强烈的干扰引起了栖息地变化时,两栖动物多度和微分布也会发生一定的改变,则监测数据就可以分析和预测物种分布的连续变化。

两栖动物身体状况指数 (body condition index, BCI) 的比较:通常在同一物种内,对于同一时段的个体,健康的个体一般比不健康的个体重。因此,BCI 是两栖动物健康状况的指示。作为种群健康状况的指标之一,BCI 被广泛应用于评估和分析不同环境或季节对两栖动物生理、营养状况的影响^[8]。常用的为 Fulton 身体状况指数公式^[9]: $K = 100W/L^3$, 其中, K 为 Fulton 状态指数, W 为动物体重(单位 g), L 为动物体长(单位 cm), 100 为人为规定的固定系数。体重与体长有一个曲线关系,不同年份身体状况指数回归曲线和斜率的差异可以说明两栖动物健康状况。对栖息在不同生境中的同种两栖动物的身体状况指数进行比较,也可以揭示哪种生境类型对两栖动物的营养状况最为有利,以评估栖息生境的质量。

遗传多样性检测:种群的遗传多样性采用微卫星 DNA (microsatellite DNA) 作为分子标记来检测。将野外采集到的指(趾)组织样品在实验室中提取 DNA,然后利用事先设计好的引物进行 PCR 扩增,在确认 PCR 扩增产物无误之后,通过微卫星分型的方法可以得到每个个体的基因型。分型得到的数据通过分析软件 Cervus (Version 3.0) 计算其有效等位基因数 (N_e)、多态信息量 (PIC)、观测杂合度 (H_o) 以及期望杂合度 (H_e) 等,用于表征遗传多样性,以得到被检测种群的遗传多样性信息。

种群年龄结构分析:个体的年龄采用骨龄学切片法 (skeletochronology) 来鉴定^[13-15]。利用野外收集到的成熟个体剪趾样本进行石蜡切片,用显微镜读出趾骨横截面上年轮 (lines of arrested growth, LAG) 的数量,这个数量即等同于个体的年龄^[16]。为了减少在显微镜读数上由于操作人员造成的误差,所有切片均应被不同的实验人员检验。

4 人工掩蔽物法的优缺点及注意事项

与其他监测技术相比,该技术的主要优点:(1) 监测效率高。充分利用两栖动物昼伏的特性,诱使它们集中到监测区域,从而解决了野外监测中遇见率低的问题;(2) 可以选用标准大小、数目可控的人工掩蔽物,便于统计和比较。而自然掩蔽物如石块、木块等大小不一,数目难以控制;(3) 不同观察者的监测结果误差小;(4) 对动物干扰小,选材基于动物生境中常见的木质或石质材料;(5) 成本低廉,方法简单,技术难度小,便于维护和补充;(6) 对两栖动物不会造成损伤,也不会造成其他类群动物的伤亡;(7) 白天监测,难度小。

该技术也有一些缺点:(1) 仅提供一个种群大小的相对指数;(2) 要根据不同种类、个体发育程度和阶段(个体大小)、生活习性以及不同栖息地特点、利用自然掩蔽物的特性选用不同的人工掩蔽物;(3) 种群多度与监测时天气变化密切相关,当地的天气状况(例如,降雨或干旱)会引起种群数量波动,在不适宜的天气条件下收集的两栖动物的数据不应该用于分析种群变动趋势和种群组成;(4) 在植物快速生长的生境,人工掩蔽物的排列方式和位置需要经常调整;(5) 该方法不适合水栖性较强的物种,如山溪鲵属 (*Batrachuperus*)、浮蛙属 (*Occidozyga*) 等的物种。

此外,在一些生境中植被快速生长会掩盖掩蔽物,不能看到掩蔽物时,用探路棍或长杆来敲击能够准确找到掩蔽物。由于掩蔽物在长期使用后有时会产生裂缝或裂成碎块,这些破损的掩蔽物难以提供良好的隐蔽场所,因此用这

些掩蔽物监测得到的数据不能和用完整的掩蔽物得到的数据进行对比分析。在长期监测中, 预先准备备用的掩蔽物非常重要^[5]。

致谢 成都生物研究所的杨伟钊博士帮助审阅遗传多样性检测和种群年龄结构分析部分, 特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Schmid W D. Some aspects of the water economies of nine species of amphibians. *Ecology*, 1965, 46 (3): 261 - 269.
- [2] Heyer W R, Heyer R, Donnelly M A, et al. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1994.
- [3] 谢锋, 江建平, 郑中华. 两栖爬行动物野外调查方法. *两栖爬行动物学研究*, 2002, 9: 218 - 223.
- [4] 古晓东, 梁春平, 戴强, 等. 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*, 2009, 28(2): 273 - 275.
- [5] Fellers G M, Drost C A. Sampling with artificial cover// Heyer W R, Donnelly M A, McDiarmid R W, et al. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians: Chapter 7, Supplemental Approaches to Studying Amphibian Biodiversity*. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1994: 146 - 150.
- [6] Want R. RFID: A key to automating everything. *Scientific American*, 2004, 290(1): 56 - 65.
- [7] Clutton-Brock T, Sheldon B C. Individuals and populations: the role of long-term, individual-based studies of animals in ecology and evolutionary biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 2010, 25 (10): 562 - 573.
- [8] 戴强, 戴建洪, 李成, 等. 关于饱满度指数的讨论. *应用与环境生物学报*, 2006, 12(5): 715 - 718.
- [9] Fulton T W. *The Sovereignty of the Sea*. London and Edinburgh: William Blackwood and Sons, 1911.
- [10] Donnelly M A, Guyer C, Juterbock J E, et al. Techniques for marking amphibians // Heyer W R, Donnelly M A, McDiarmid R W, et al. *Measuring and Monitoring Biological Diversity Standard Methods for Amphibians*. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 1994: 277 - 284.
- [11] 宋鸣涛. 两栖爬行动物标记方法介绍. *动物学杂志*, 1996, 31(2): 25 - 28.
- [12] 戴强, 戴建洪, 张晋东, 等. 若尔盖湿地国家级自然保护区三种无尾两栖类陆地核心生境. *生态学报*, 2005, 25(9): 2256 - 2262.
- [13] Kutrup B, Bulbul U, Yilmaz N. Age structure in two populations of *Triturus vittatus ophryticus* at different altitudes. *Amphibia-Reptilia*, 2005, 26(1): 49 - 54.
- [14] Khonsue W, Chaiananporn T, Pomchote P. Skeletochronological assessment of age in the Himalayan Crocodile Newt, *Tylosotriton verrucosus* (Anderson, 1871) from Thailand. *Tropical Natural History*, 2010, 10(2): 181 - 188.
- [15] Yang W Z, Liu C, Jiang J P, et al. Age structure of females in a breeding population of *Echinotriton chinhaiensis* (Caudata: Salamandridae) and its conservation implication. *Asian Herpetological Research*, 2011, 2(2): 91 - 96.
- [16] Castanet J, Smirina E. Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. *Annales des Sciences Naturelles Zoologie*, Paris, 1990, 11: 191 - 196.