

# 样线法在南方山地生态系统野生动物调查中的试点效果评价

田 园<sup>1</sup> 冯永军<sup>1</sup> 张春兰<sup>1</sup> 遇宝成<sup>2</sup> 唐小平<sup>2</sup> 胡慧建<sup>1\*</sup>

1 (广东省昆虫研究所暨华南濒危动物研究所, 广州 510260)

2 (国家林业局调查规划设计院, 北京 100714)

**摘要:** 样线法是全国第二次陆生野生动物资源调查中的首选方法, 但已有文献表明该方法在南方山地森林中应用时存在诸多问题。为此, 我们于2010年4月19–24日在广东车八岭国家级自然保护区对样线法的实际调查效果进行试点, 在保护区中心区域划定5 km × 10 km的范围, 布设6条3 km长的理论样线。实际调查时, 使用GPS轨迹记录功能精确标记调查样线和时间。调查时有2条样线未能达到理论长度, 平均每条样线耗时 $5.3 \pm 1.4$  h, 调查速度小于600 m/h。该方法针对常规调查物种的发现概率偏低, 调查到的物种总数占保护区常规调查物种总数的比例(0.22)小于调查到的总物种数占保护区总物种数的比例(0.37); 在调查强度为0.75%时, 可对区域内物种进行有效抽样, 但在有效评估一个区域的具体物种数量上可能存在缺陷。为此, 我们对比了全国第一次陆生野生动物调查及试点工作的结果, 针对南方山地森林生态系统调查提出以下建议: (1)应用GPS轨迹记录功能进行实际样线的设置和记录; (2)调查速度从2–3 km/h适当降低至600 m/h左右; 样线长度控制在3–5 km, 确保1天内可完成2条样线调查; (3)在现有的财力和人力条件下, 样区内各类群调查强度略高于1%是较为适宜的; (4)采用多种辅助手段来提升常规调查物种的发现概率; (5)在地形复杂的位置可考虑使用样方或样点法辅助调查, 增加物种发现概率, 但不宜限制其调查强度。

**关键词:** 南方山地, 样线法, 森林生态系统, 陆生野生动物

## Effectiveness of line transects during wild animal surveys in mountain forests of South China

Yuan Tian<sup>1</sup>, Yongjun Feng<sup>1</sup>, Chunlan Zhang<sup>1</sup>, Baocheng Yu<sup>2</sup>, Xiaoping Tang<sup>2</sup>, Huijian Hu<sup>1\*</sup>

1 Guangdong Entomological Institute & South China Institute of Endangered Animals, Guangzhou 510260

2 Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714

**Abstract:** Line transect method is the first choice of the second terrestrial wild animal resources investigation, but has a great deal of problems in mountain forest of South China. Thus, we conducted a pilot project at Chebaling National Nature Reserve to test the survey effects of line transect method on the wild vertebrates of mountainous forest ecosystems in South China during April 19th–24th, 2010. We set 6 line transects (theoretical line transects) in the nature reserve with 3 km length at an area of  $5 \times 10 \text{ km}^2$ , and recorded realistic line transects and calculated the sample tense and time with GPS tracks. There were two line transects did not reach 3 km during the investigation; the average time of each line-transect was  $5.3 \pm 1.4$  h, and the walking speed was less than 600 m/h; the detection probability of the general survey species was relatively low, and the proportion of recorded general survey species to all general survey species in the reserve (0.22) was less than that of recorded species to total species in the reserve (0.37). When the sample intensity reached 0.75%, the results can explain species diversity basically, but be limited to evaluate species richness in an area. Hence, we proposed: (1) It was feasible to set and record realistic line-transects with GPS track function;

收稿日期: 2014-06-17; 接受日期: 2015-01-04

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(200904037)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: 13922339577@139.com

(2) the walking speed should be reduced from 2–3 km/h to 600 m/h, the length of each line transect should be 3–5 km, and 2 line transects can be scheduled in one day; (3) according to current finance and manpower, the sample tense of each species group should be slightly higher than 1.0% which was proper in the investigations areas; (4) more associated methods should be used to increase the detection probabilities of general survey species; (5) point count method and quadrat sampling method should be considered, but without the limit of sample tense at complex terrains.

**Key words:** mountainous regions in South China, line transect method, forest ecosystem, wild animal

样线法(line transect method)、样方法(quadrat sampling method)和样点法(point count method)是目前野生动物资源调查中最常见的方法。其中, 样线法和样点法多用于鸟类调查, 前者适合密度低、移动范围大、体型较大的鸟类; 后者则适合移动范围小、体型小且难以辨认的鸟类(Bibby *et al.*, 2000)。样方法则常用在昆虫、两栖爬行类和一些哺乳类的调查中(李昆等, 2006; 孙海义等, 2011; 邢开雄等, 2011)。

但是, 以上各种方法的调查效果一直受到质疑。故近年来, 国内外研究者针对样线法和样点法在不同生境中的调查效果进行了研究。David和Adam(1998)认为两种方法在物种数量或相对丰度的调查结果上不存在差异。Buckland等(1993)和Bibby等(2000)提出样线法比较适合调查地势较平坦, 生境较为简单的地区, 而山区林地由于无法随机设置样线, 多只能在林道上进行调查, 样点法则更适合。蔡音亭等(2010)在盐沼湿地进行的调查显示, 样线法和样点法平均每次记录到的物种数没有显著差异, 但样点法调查到的个体密度和总密度均高于样线法。Wilson等(2000)和孙文婷等(2012)发现在开阔地带采用样线法调查到的鸟类种类多于样点法, 调查密度也更为精确。但中国南方山地森林在地形和植被上具有一定的特殊性, 调查难度大, 因此, 尚未见到调查方法有效性的评价报道。

1995–2003年, 在我国首次开展的全国陆生野生动物资源调查中采用了样线法, 并以直线式的调查方式进行。结果, 该方法在南方山地复杂多变的地形地貌中遭遇诸多困难, 陡峭的地形使调查队员难以直线行进, 茂密的植被也让野生动物难以被发现, 调查效果不甚理想, 因此南方山地成为开展野生动物资源调查的难点地区。为解决以上问题, 2009年开展的第二次全国陆生野生动物资源调查(以下简称“全国二调”)在全面开展前, 选取了南岭

山地中的车八岭国家级自然保护区(以下简称车八岭保护区)作为试点区域。针对技术规程中的样线法进行试验和评估, 以便提出改进建议, 从而提高全国二调在南方山地森林生态系统中的调查效率和效果。

## 1 研究区域

车八岭保护区位于广东省始兴县东南部, 与江西省毗邻, 地理位置24°40′–24°46′ N, 114°07′–114°16′ E。保护区始建于1981年, 1988年晋升为国家级自然保护区, 总面积75.45 km<sup>2</sup>, 其中核心区25.13 km<sup>2</sup>、缓冲区23.31 km<sup>2</sup>、实验区27.01 km<sup>2</sup>, 呈中央宽、向东西南北四个方向各自延伸一个“触角”的星状(图1)。根据张荣祖(2011)的《中国动物地理》区分, 该区属东洋界华南区(VII)的闽广沿海亚区(VIIA)的东部丘陵省; 而根据全国二调技术规程的划分则为华南区的闽广沿海亚区的粤东沿海山丘台地平原。

车八岭保护区处于南亚热带的北界和中亚热带南缘的过渡地带, 属中亚热带森林生态景观, 保存着大面积的原始森林和丰富的生物多样性资源。区内动植物种类繁多, 是南岭南缘保存较完整、面积较大、分布较集中、原生性较强、具有代表性的季雨林区。目前已记录野生植物1,928种, 其中国家I级保护植物1种, 即伯乐树(*Bretschneidera sinensis*); 国家II级重点保护植物11种, 如伞花木(*Eurycorymbus cavaleriei*)、闽楠(*Phoebe bournei*)等。记录野生动物1,558种, 其中兽类38种、鸟类223种、爬行类36种、两栖类16种、鱼类25种、昆虫1,220种; 珍稀濒危动物48种, 其中国家I级保护动物5种, 如华南虎(*Panthera tigris amoyensis*)、云豹(*Neofelis nebulosa*)、黄腹角雉(*Tragopan caboti*)等, 国家II级保护动物43种, 如水鹿(*Cervus unicolor*)、穿山甲(*Manis pentadactyla*)、小灵猫(*Viverricula indica*)等

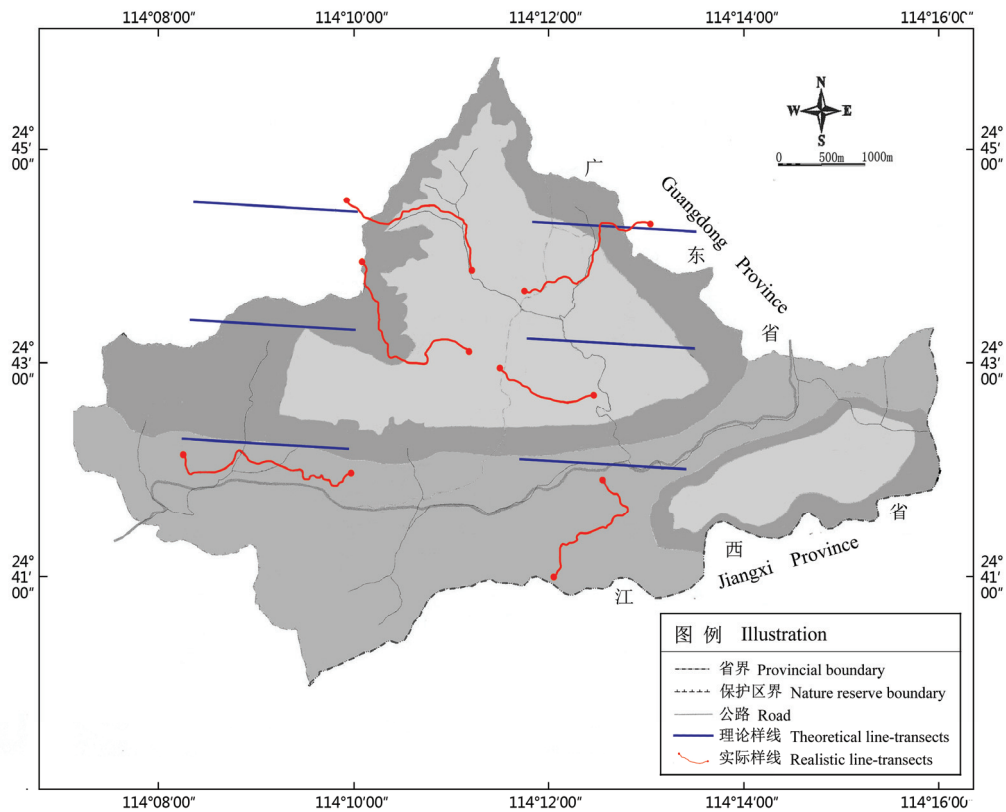


图1 广东车八岭国家级自然保护区地理位置及样线分布示意图  
Fig. 1 Demonstration of Guangdong Chebaling National Nature Reserve and line transect distribution

(车八岭国家级自然保护区调查研究论文集编委会, 1993)。

## 2 方法

### 2.1 调查方法

根据第二次全国陆生野生动物资源试点调查的操作要求, 在保护区 1:100,000 地形图上选取 5 km × 10 km 的调查区域, 以 1% 的调查强度均匀布设 6 条 3 km 长的直线形样线。样线长为投影距离, 调查强度为所有样线面积占调查区域面积的百分比。布设样线时, 在调查区内随机抽取其中一个公里网格的交叉点作为第 1 条样线的起点, 沿网络线从西向东布设 3 km 长样线; 然后以相对于第 1 条样线起点的南北向 2 km, 东西向 6 km 为间距, 依次确定各相邻样线的起点, 并以相同方法布设各样线, 以此类推直至 6 条样线布设完成, 以上样线称为理论样线 (图 1 中直线)。调查前向当地向导和护林员了解样线附近的可行走性, 确定每条样线的大致起点及走向。实际调查时, 使用 GPS 定位样线起点并记录时

间, 调查过程中开启路径记录功能 (记录为投影距离), 直至 GPS 上的轨迹长度显示超过 3 km 时, 结束调查, 记录终点位置及时间, 即得到调查实际走过的样线, 该样线为实际样线 (图 1 中曲线)。调查时, 如遇到障碍确实无法通过, 则在该样线附近另外寻找可行走的路线以补足缺失的长度。

调查分两组进行, 每组有 6 名专业调查员, 分别调查两栖爬行类 (2 名)、鸟类 (2 名) 和兽类 (2 名)。6 名调查员在同一起点且总方向一致的情况下按照不同类群的生境和时间要求进行调查, 在同一终点结束。同一类群的 2 个调查员之间尽量保持一定的距离以提高样线的调查效果, 行走速度保持在 1–2 km/h, 每人负责观察样线一侧, 其中一人负责记录数据。在试点工作开始前, 由调查队员根据实际个体的可视性, 将两栖类和爬行类的样线单侧宽度设为 15 m, 鸟类和兽类为 25 m。两栖类、爬行类和兽类每天上午 08:00 开始调查, 鸟类约为 07:00。由于南方林区中午很难发现动物活动个体, 故所有的调查均在中午 12:00 前结束, 以确保数据质量。每组每天

调查1条样线。发现动物实体或其痕迹时,记录物种名称、数量、痕迹种类等信息,并采用HOULX M-241A手持GPS记录地理位置等信息。

为突出调查重点,全国二调的技术规程规定了重点调查的物种并公布了名单,称之为常规调查物种。根据保护区已知的物种名录,共确定常规调查物种68种,其中两栖类6种,爬行类14种,鸟类30种,兽类18种。两栖类和爬行类的鉴定及分类参照《中国两栖动物检索及图解》(费梁等, 2005)、《中国爬行动物图鉴》(中国野生动物保护协会, 2002)和《中国蛇类》(赵尔宓, 2006), 鸟类参照《中国鸟类野外手册》(马敬能等, 2000), 兽类参照《中国兽类野外手册》(Andrew & 解焱, 2009)。

2.2 数据分析

采用物种累积曲线 (species accumulation curves)来判断抽样是否充分(Moreno & Halffter, 2001)。如果累积曲线为直线上升,表明抽样量不足,需要增加抽样量;如果曲线在急剧上升后变为一渐近线,上升舒缓,则说明抽样充分(Ugland *et al.*, 2003; 李巧, 2011)。

依据前人研究,使用EstimateS(9.1.0)软件中的基于多度的物种估计量(abundance-based coverage estimator, ACE)、基于盖度的物种估计量(incidence-based coverage estimator, ICE)以及非参数Jack knife 1和Jack knife 2估计物种丰富度(Colwell, 2004; Walther & Moore, 2005; Acharya *et al.*, 2010; 李巧, 2011), 通过比较非参数估计的总物种数(Colwell & Coddington, 1994; Chao *et al.*, 2009)和实际调查到的物种数来判断取样是否充分(Colwell & Coddington,

1994; Chao *et al.*, 2005; Rowe & Lidgard, 2009)。

3 结果

3.1 调查效率

实际调查时,所有类群的样线平均调查时间都超过5 h, 平均调查速率小于600 m/h, 小于通常样线调查时规定的调查速率为1–2 km/h的要求。其中,有2条样线的长度分别为1.6 km和1.8 km, 并未达到3 km, 故实际样线总长度为15.4 km, 占理论样线总长度的85.6%。两栖类和爬行类的实际调查总面积皆为0.462 km<sup>2</sup>, 实际调查强度约为0.92%, 未达到1%的调查强度。鸟类和兽类实际调查总面积皆为0.770 km<sup>2</sup>, 实际调查强度约为1.54%。

3.2 物种组成

每个类群获得的常规调查物种数占保护区各类群常规调查物种总数的比例不同,两栖类最高,达0.50, 爬行类最低,未记录到常规调查物种;获得的常规调查物种总数占保护区常规调查物种总数的比例(0.22), 小于调查到的总物种数占保护区总物种数的比例(0.37), 而且调查到的常规调查物种数占调查到的总物种数比例(0.16), 也小于保护区常规调查物种总数占总物种数的比例(0.26)(表1)。

3.3 样线和物种累积曲线

EstimateS(9.1.0)中的非参数估计结果表明,调查区域内两栖类约为17–18种, 爬行类约8–10种, 鸟类约75–95种, 兽类约18–33种, 实际调查到的各个类群物种数分别约为估计值的72–76%(两栖类)、40–50%(爬行类)、68–87%(鸟类)和43–78%(兽类), 两栖类和鸟类的比例皆高于60%, 表明抽样比较充

表1 各类群样线调查信息表  
Table 1 Data of line transect survey of each class

类群 Classes	保护区物种数 Number of species in the reserve		调查到物种数 Number of recorded species		调查到个体数 Number of recorded individu- als		花费时间 Time (h)	
	总物种 Total	常规调查物种 General survey species	总物种 Total	常规调查物种 General survey species	总个体 Total	常规调查个体 Individual	总时间 Total time	平均时间 Average time
两栖类 Amphibia	16	6	13	3	73	32	32.9	5.5±1.4
爬行类 Reptile	36	14	4	0	7	0	32.9	5.5±1.4
鸟类 Aves	170	30	65	7	726	52	30.4	5.1±1.7
兽类 Mammal	38	18	14	5	38	6	30.4	5.1±1.7
总计 Total	260	68	96	15	844	90	126.6	5.3±1.4

表2 各类群的实际物种丰富度和非参数估计丰富度  
Table 2 Non-parametric estimated and recorded species richness of each class

类群 Classes	基于多度的 物种估计量 Abundance -based cov- erage esti- mator (ACE)	基于盖度的 物种估计量 Incidence- based cov- erage esti- mator (ICE)	非参数估计丰富度 Richness with nonpara- metric estimation	
			Jack knife 1	Jack knife 2
两栖类 Amphibia	16.68	17.55	18.17	18.30
爬行类 Reptile	9.56	8.96	7.50	8.97
鸟类 Aves	74.58	92.28	87.50	95.37
兽类 Mammal	18.15	32.50	21.50	27.50

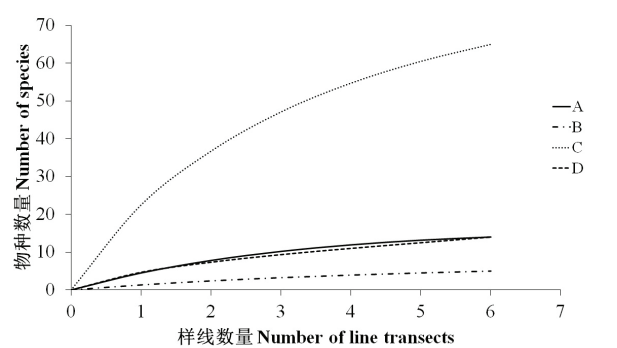


图2 各类群物种累积曲线变化图。A: 两栖类; B: 爬行类; C: 鸟类; D: 兽类。  
Fig. 2 Species accumulation curves of each groups in six line transects. A, Amphibia; B, Reptile; C, Aves; D, Mammal

分(表2, 图2)。

4 讨论

4.1 样线设置与效率

南方山地地形险峻、山体陡峭, 通过样线法开展资源调查时, 会因山谷或陡坡的阻挡无法严格按照理论样线进行直线式行走, 导致无法有效完成调查任务。因此可在理论样线附近布设实际样线进行调查, 并借助GPS的轨迹记录功能精确记录实际样线长度。即便如此, 本次试验中仍有2条样线(33.3%)未能达到理论长度, 这种情况在南方山地森林生态系统调查中将会普遍存在。因此, 在实际设置样线时应适当提高理论设置的调查强度, 以确保在实际操作中达到技术规程要求的调查强度。

本次调查由具有多年调查经验的技术人员完成, 实际每条样线调查时间平均约5.3 h, 即样线上

平均行走速度约为600 m/h, 低于通常样线规定的1–2 km/h的行走速度。主要是因为GPS轨迹记录的是投影距离, 而实际调查行走的距离往往是轨迹记录的3倍。所以, 本次调查中的行走速度是比较合理的。以该速度调查, 每组调查队伍每天最多只能完成2条3 km长的样线, 而且对身体素质要求较高。考虑到调查所需的时间和完成效率, 为确保一天内能完成2条样线, 样线的长度设置在3–5 km为宜。

使用样线法调查, 可能存在常规调查物种发现率较低的问题。从本次调查结果也可反映出来: 一是获得的常规调查物种总数占保护区常规调查物种总数的比例(0.22), 低于调查到的物种数与保护区总物种数的比例(0.37); 二是获得的常规调查物种总数占调查到的总物种数比例(0.16), 低于保护区的常规调查物种总数与总物种数的比例(0.26), 说明在相同取样强度下, 常规调查物种被发现的概率低于平均水平, 这可能与常规调查物种本身为稀有物种, 个体数量较少有关。

为此, 我们认为在调查时需要注意: (1)针对常规调查物种要采用多种调查方法以提高发现率, 如红外相机调查、访问调查; (2)加强其他非常规调查物种的记录, 以提升对当地整个生态系统物种组成的认识及对常规调查物种数量估计的修正; (3)考虑不同类群隐蔽性的差异, 如爬行类和兽类的隐蔽性强于两栖类和鸟类而导致发现概率存在差异, 需结合多种调查方法同时开展调查。

4.2 调查强度

在第一次全国陆生野生动物资源调查时, 两栖类和爬行类的样线调查单侧宽度均大于50 m。本次试点根据调查队员在森林中的可视性进行了调整, 两栖类和爬行类的单侧宽度设为15 m, 鸟类和兽类为25 m。所以在相同样线长度上, 两栖类和爬行类的调查强度仅为鸟类和兽类的3/5。物种累积曲线结果表明, 所有类群调查结果都达到了估计值的60%, 所以调查结果还是比较可靠的。

结合物种累积曲线的分析结果和物种数随样线数的累积情况来看, 两栖类和爬行类达到拐点值需要4条样线, 而鸟兽则需要3条样线, 本次调查采用6条样线, 四个类群的调查强度都约为0.75%, 说明在抽样上较为充分。尽管如此, 考虑到山地行进的难度和调查速率偏低(<600 m/h), 在南方山地森林生态系统中的调查样区采用1%的调查强度是基



本可行的。

由于本次调查对于物种的密度估计只能通过发现概率计算获得,调查中由于专业人员技术能力的差异,发现概率差异很大,并且整个调查并不是针对某一具体物种设计的,在具体物种的密度估计上存在较大的缺陷,故本文未计算具体的物种密度。

#### 4.3 其他调查方法

本次调查中,我们曾尝试在1号样线上按1%的调查强度布设了18个样方和36个样点,用以对比3种方法的调查效率。每个样方大小为50 m × 100 m,样方间距为200 m;每个样点半径为25 m,样点间距为200 m,在可到达的范围内,共布设15个样点,总面积为0.029 km<sup>2</sup>。

(1)样点法:4人共调查到42种鸟类,调查总面积为0.029 km<sup>2</sup>,耗时3.5 h,即平均每2人每个样点用时28分钟。(2)样线法:2人共调查到37种鸟类,样线总面积为0.15 km<sup>2</sup>,耗时3.05 h。若要调查与1号样线相同的面积,则需要调查77个样点,按上述样点调查的平均速率计算,则2人调查77个样点的时间为35.9 h。可见,在南方山地森林生态系统中使用样点法需要更多的抽样数量才有可能达到与样线法相同的调查强度。

尽管采用样点法调查到的鸟类比样线法有所增加,但是若在保证调查强度,其效率就会比样线法低,这与Buckland等(1993)、Wilson等(2000)的研究结果相似。样线法在南方山地森林中的调查可操作性较强,但在调查到的物种数上,样点法却高于样线法(Richard & Kenneth, 2002)。样方法和样点法相当于在一些位置上加强调查,能在一定程度上增加物种的发现概率。而采用样线法调查时,调查人员在行进中用于寻找物种的精力会相应下降(Reynolds *et al.*, 1980),可能会“遗漏”一些种类(Bibby *et al.*, 2000)。因此,在采用样点法或样方法时,在保证调查效率的情况下,不宜强行规定其调查强度,而以样点数或样方数代替,具体的样点数和样方数还需要具体的研究来确定。

另外,对地形和可视性要求更高的样点法和样方法在南方山地复杂地形和茂密的植被条件下则较难开展。即使能布设样点,在已标记的样点上以自己为中心进行观测,也很难观察到远处的两栖和爬行类,兽类则主要依靠痕迹、粪便等信息,样点

法采用的调查方式无法寻找这些痕迹,最终影响调查效果。由于南方山地坡度变化较大,样方法也较难开展,调查员将精力多用于行走而不是调查。另外,由于南方山地适合布设样方的代表性生境并不多,调查时如果样方设置的范围较大(如50 m × 100 m),为了完成调查,调查员会进入一些危险区域(如悬崖边、密灌木丛等),甚至横穿沟谷或河溪进行调查,安全隐患较大。而本次调查中除了鸟类在01号样线上使用了样点法进行试验外,样方法和样点法在两栖类、爬行类和兽类的调查中均未能完成。

**致谢:** 国家林业局保护司、广东省林业厅野生动植物保护管理处、广东车八岭国家级自然保护区对本研究项目给予了大力支持并参与开展相关工作;袁喜才、蒋果丁、张礼标、张亮、林宜舟、李嘉慧、包有灵、张建新等在样线布设、实地调查、收集数据及制图等方面提供了帮助,在此一并致以诚挚谢意!

#### 参考文献

- Acharya BK, Vijayan L, Chettri B (2010) The bird community of Shingba Rhododendron Wildlife Sanctuary, Sikkim, Eastern Himalaya, India. *Tropical Ecology*, **51**, 149–159.
- Andrew TS, Xie Y (解焱) (2009) *A Guide to the Mammals of China* (中国兽类野外手册). Hunan Education Publishing House, Changsha. (in Chinese)
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA (2000) *Bird Census Techniques*. Academic Press, London.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL (1993) *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman and Hall, London.
- Cai YT (蔡音亭), Gan XJ (干晓静), Ma ZJ (马志军) (2010) A comparison of line transect and point count surveys: a case study of spring salt marsh birds at Chongming Dongtan. *Biodiversity Science* (生物多样性), **18**, 44–49. (in Chinese with English abstract)
- Chao A, Chazdon RL, Colwell RK, Shen TJ (2005) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, **8**, 148–159.
- Chao A, Colwell RK, Lin CW, Gotelli NJ (2009) Sufficient sampling for asymptotic minimum species richness estimators. *Ecology*, **90**, 1125–1133.
- China Wildlife Conservation Association (中国野生动物保护协会) (2002) *Atlas of Reptiles of China* (中国爬行动物图鉴). Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. (in Chinese)
- Colwell RK (2004) *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*.

- <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> (2015-01-10).
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, **345**, 101–118.
- David SD, Adam CR (1998) Comparison of line-transect, spot-map, and point-count surveys for birds in riparian habitats of the Great Basin. *Journal of Field Ornithology*, **69**, 430–443.
- Editor Committee of the Collected Papers for Investigation in National Chebaling Nature Reserve (车八岭国家级自然保护区调查研究论文集编委会) (1993) *Collected Papers for Investigation in National Chebaling Nature Reserve* (车八岭国家级自然保护区调查研究论文集), pp. 237–260. Guangdong Science and Technology Press, Guangzhou. (in Chinese)
- Fei L (费梁), Ye CY (叶昌媛), Huang YZ (黄永昭) (2005) *An Illustrated Key to Chinese Amphibian* (中国两栖动物检索及图解). Sichuan Science and Technology Press, Chengdu. (in Chinese)
- John M (约翰·马敬能), Karen P (卡伦·菲利普斯), He FQ (何芬奇) (2000) *A Field Guide to the Birds of China* (中国鸟类野外手册). Hunan Education Publishing House, Changsha. (in Chinese)
- Li K (李昆), Luo CW (罗长维), Chen Y (陈友), Sun YY (孙永玉), He QJ (和秋菊) (2006) Insect species diversity in ecologically restored area of Yuanmou dry and hot valley. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **25**, 417–422. (in Chinese with English abstract)
- Li Q (李巧) (2011) Species accumulation curves and its application. *Chinese Journal of Applied Entomology* (应用昆虫学报), **48**, 1882–1888. (in Chinese with English abstract)
- Moreno CE, Halfpeter G (2001) On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 487–490.
- Reynolds RT, Scott JM, Nussbaum RA (1980) A variable circular plot method for estimating bird numbers. *The Condor*, **82**, 309–311.
- Richard BH, Kenneth PB (2002) On estimating wild life densities from line-transect data. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **48**, 812–818.
- Rowe RJ, Lidgard S (2009) Elevational gradients and species richness: do methods change pattern perception? *Global Ecology and Biogeography*, **18**, 163–177.
- Sun HY (孙海义), Tang XP (唐小平), Zhou SC (周绍春), Wang ZC (王志臣), Lu XD (卢向东) (2011) Monitoring technique of big plot sample method for ungulate and other species, mammal. *Forestry Science and Technology* (林业科技), **36**(6), 33–35. (in Chinese with English abstract)
- Sun WT (孙文婷), Zhao SQ (赵思琪), Ma LL (马莉丽), Liu Y (刘垚), Li ZQ (李忠秋) (2012) Different results in using distance in line transect and point count method. *Journal of Anhui Agriculture Science* (安徽农业科学), **40**, 13383–13384, 13436. (in Chinese with English abstract)
- Ugland KI, Gray JS, Ellingsen KE (2003) The species-accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology*, **72**, 888–897.
- Walther BA, Moore JL (2005) The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, **28**, 815–829.
- Wilson RR, Twedt DJ, Elliott AB (2000) Comparison of line transects and point counts for monitoring spring migration in forested wetlands. *Journal of Field Ornithology*, **71**, 345–355.
- Xing KX (邢开雄), Kang MY (康慕谊), Wang Q (王强), Duan J (段锦), Dai C (戴诚) (2011) Rarefaction approach to analyzing distribution patterns of species richness along altitudinal gradients: a case study with arborous species data. *Biodiversity Science* (生物多样性), **19**, 581–588. (in Chinese with English abstract)
- Zhang RZ (张荣祖) (2011) *Zoogeography of China* (中国动物地理). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Zhao EM (赵尔宓) (2006) *Snakes of China* (中国蛇类). Anhui Science and Technology Publishing House, Hefei. (in Chinese)

(责任编辑: 蒋志刚 责任编辑: 闫文杰)