鸟类栖息地研究的取样调查方法

楚国忠
（中国林业科学研究院林业研究所，北京 100091）

郑光美
（北京师范大学生物系）

栖息地或生境（habitat）是鸟类生活和繁殖的场所，即鸟类生活的环境条件。在鸟类生态学及资源保护利用研究中，为了充分了解某种鸟类的生活史、适应性以及演化过程，都必须定性或定量地了解该种鸟类的栖息地性质，因为这些特性对鸟类有深刻的影响。例如，生态位（niche）理论要求我们在研究鸟类及其它野生动物的栖息地时，既要了解环境条件，也要了解环境条件的功能。由于鸟类选择的栖息地要么相互分割，要么位于同一群落内不同的亚层，所以，鸟类栖息地的差别可表明其功能方面的不同，即栖息地变量能代表一种鸟类生态位的综合特征。

栖息地选择的理论表明，鸟类所寻找的生活环境存在着某些基本的构型或形式。栖息地选择过程可基于某种特殊的搜索方案，它可能是依靠过去的经验、特殊的遗传性或是这些因子的综合，是一种长期演化形成的获得性机制，借此确保鸟类个体找到适宜它们生存的环境。反之，栖息地选择的结果会使某一种鸟类与其环境中的某些特殊成分相联系，这也能反映出该种鸟类在生态和行为方面的一些特征。

鸟类学家一直将生态位作为鸟类栖息地的主要研究对象，认为栖息地的自然结构是直接的或间接的重要因子。例如，隐蔽处、适宜的筑巢基质及保护鸟类免遭捕食者危害的成分等为直接因子，而食物的可利用性及多样性等为间接因子。通过量测直接因子的各种参数值并根据这些容易观察到的直接关系，归纳成各种假设或称为模型。如果直接因子和最终因子之间有较好的相关性，则可继续演绎推导出鸟类与环境之间以及鸟类相互间的可预报模型。成功的模型有明显的实用性，即根据对栖息地变量的测量，预报出某种鸟类的个体数或各种鸟类的相对密度。有时，一种鸟的有无，常会与一组环境测量值密切相关。甚至可用栖息地特征作为野外识别鸟类的重要依据，并可根据栖息地特征了解某一特定鸟类的适应性。在实际应用中，通过了解鸟类与其栖息地变量之间的关系和联系，能预测某种鸟类对自然的或人工的栖息地改变所产生的反应。不仅可预报当某些栖息地成分变化时，哪些鸟类种群数量可能会下降，还可根据数量下降的种群，采取适宜的经营管理措施，增加和恢复鸟类种群数量。

生态位以及物种依环境梯度分布的理论可允许我们预测群落中共同生活的种类。一般说来，物种是依栖息地梯度分布的，某地的群落组成只能根据该梯度所处的地理位置来决定。然而，在某些环境条件下，物种并不只是相互独立生存，物种之间的相互作用（如竞争作用）会使物种沿环境梯度呈非随机分布。不论如何，植物多样性（或生活型多样性及结构上的多样性）所表示的植被结构的复杂性，可以反映鸟种多样性。只有通过对适宜栖息地变量的仔细测量并结合对物种生态学的深入研究，才可能从各种竞争替代者中区别出独立成分。

鸟类栖息地调查方法的发展大致经历了名录、自然史和生态学三个阶段。名录阶段（Catalog Stage）主要是识别鸟类并找出种系及生物地理间的关系，只对栖息地作粗略的不定量的

描述，如描写红尾鵟（*Buteo jamaicensis*）的栖息地是"主要生活在林地及半开阔的林区"。自然史阶段（Natural History Stage）注重物种的一般生物学或生活史，如巢的形状和地点、食性、窝卵数、孵卵时期及栖息地的一般性质。生态学阶段（Ecology of Habitat Stage）则是既研究鸟类（常是群落形式），也研究鸟类栖息地（植被类型）。长期以来，人们一直以为食物结构对鸟类栖息地利用选择很重要，但随后的定量和图解法研究表明，植被高度和复杂性增加最能吸引鸟类。

各种定量研究鸟类栖息地的方法中，多变量统计方法（主成分分析、判别函数分析、典型相关分析等）在研究鸟类栖息地关系方面有许多优点：1. 可用以解决诸如栖息地选择这类复杂的生态学问题。通过将多个变量化简为较少的复杂变量组，便于用图形描述并可分析当其它变量保持不变时，一种变量是如何影响鸟类的；2. 当基本假设产生适度偏离时，仍可用多变量统计方法分析；3. 鸟类与栖息地之间以及鸟类与鸟类之间的关系有些在本质上便是多元的，多变量统计方法同样可以做出恰当的解释。此外，传统的鸟类栖息地研究是基于在匀质植物群落中量测种群的密度，而多变量研究则强调鸟类对非匀质环境的反应，更符合自然界的实际情况。

当然，多变量方法用于鸟类栖息地研究还处于发展阶段，有些问题还需逐步完善。首先，与其它单变量方法一样，多变量方法也只是描述过程，基本上是相关性方法，并不能用来确定鸟类与栖息地之间的偶然关系。其次，多变量方法有时需要复杂的数据变换，如何从这些相关性中抽取出生物学意义是不很容易的。

任何一项研究都不可能测量所有的栖息地变量，它受到时间和财力的限制。由于研究目的不同，需要测量的变量数目和精确度也不相同。有关鸟类栖息地取样调查的方案很多，Noon（1981）将几种成功的取样方法综合、建议取样方法标准化，以利于不同研究之间结果的比较。我们以此方法为主介绍鸟类栖息地取样方法。

二、取样设计时应考虑的主要问题

多变量方法和生态位理论的取样原理认为鸟类对栖息地结构的反应不是单变量的，从数学意义上说，是多个相关栖息地参数的共同影响决定着鸟类栖息地的适宜性，因此，用相关参数的函数形式来表示。

（一）量测精确度 一般来说，栖息地外貌匀质性越强，越应细致取样，才能找出其内在差别。例如，对草地取样应比森林植被取样更细致些。当研究人员不能肯定细致到何种程度才能显示出栖息地的差别时，有必要从大栖息地（Macrohabitat）梯度到小栖息地（Microhabitat）梯度同时取样。描述大栖息地需要较大的取样面积，而同一面积内小栖息地取样的时间花费又很惊人。一种有效的办法是采用含有小栖息地变量的区间取样，这些小栖息地变量是根据我们在估计大栖息地变量时所选择的取样单位内的取样面积产生的。

（二）样方数 精确度、灵敏度或者资料量以平均数方差的倒数来度量。也就是说，样方数越多，得到的结果也会越精确。估计各种栖息地参数在理论上的取样标准是90%取样时间所得到的结果，其变差不应超过种数均数的10%，由此可根据公式计算出样方数。但是，对于某些栖息地参数，很难得到满足这一标准的样方，尤其当栖息地变量或栖息地梯度在研究地块内非常零散分布时更是如此。这时，需变动取样标准。例如，如将90%的取样时间降低到80%，所需样方数大约可减少一半。

（三）在何处取样 当估计与鸟类群落有关的植被结构的参数时，分层取样可能比单纯随机取样更好些。分层时应按下列标准：

1. 在研究区内沿栖息地非匀质性的明确界线分层，取样数据中应包括结构上明显不同的栖息地斑块。

2. 根据鸟类在栖息地内所在位置取样，即

由鸟类来确定取样地点。这一点很重要，因为不适当的取样很容易对鸟类栖息地利用产生错误印象。关于这个问题，可通过定点计数法得到的鸟类数据以及随后在调查点内根据 0.04 公顷圆形地块得到的栖息地数据来说明（图 1）。

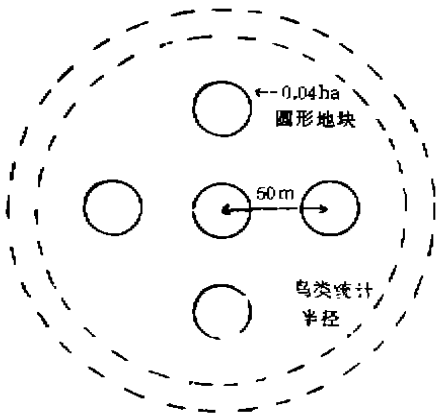

图 1　不同调查半径的定点计数法，调查点附近有 5 个用于植被取样的 0.04 公顷圆形地块。（自 Noon，1981）

图 1 是 1 个调查点内分布 5 个 0.04 公顷圆形地块的调查设计。假定对此地块进行研究，我们可以沿某一栖息地梯度选择多个调查点对栖息地取样，并把该点鸟类调查数据与该点的栖息地平均向量（平均通过这 5 个圆）相联系，然后对每一种鸟类可进行两组判别函数分析。找出该种鸟类在哪些点存在及哪些点上不存在，这两组“存在”与“不存在”的差别可用栖息地结构来解释。

如果在该调查点上配以簇山雀（Parus bicolor）领域（图 2），可以看出，栖息地数据中包含着鸟类没有利用的区域。如果鸟类利用的区域和没有利用的区域之间确实有本质上的差别，那么这一实验设计很难分辨出鸟类所必需的真正栖息地。

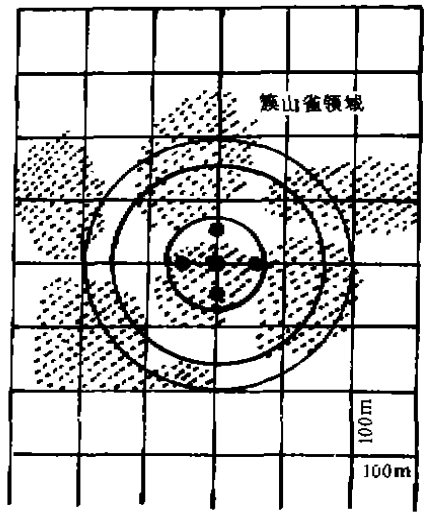

图 3　同图 1，但配以簇山雀领域，根据中心点的位置，可看出不同植被取样关系（自 Noon，1981）

二、取样方法

Noon（1981）将随机取样（或分层随机取样）与由鸟类所确定的取样地相结合。方法是：1. 在研究地块内随机取样调查植被结构，然后将鸟类领域分布图套在标有取样地点号码的图上，以此来确定鸟类领域的植被特征。只有取样点边界完全在鸟类领域内的数据才能视为该种鸟类领域的植被特征；2. 对那些偶然没有取到的地域，按某种随机方式补充取样。

在充分取样条件下，这种取样规划可直接进行种间栖息地结构比较，以及每种鸟类可利用的栖息地随机样本的比较。无论是森林栖息地还是非森林栖息地都可按此规划取样。在非森林栖息地，最好选用条带法（Line transect method）取样，条带应穿过不同等高线，随机确定起点后按平均间隔分布在整个调查地块内（图 3）。在森林栖息地采用 0.04 公顷圆形地块法（0.04 ha Circular Plot Technique）取样，在调查鸟类领域所用的点格图上随机（或分层随机）确定取样地点（图 4）。

（一）非森林栖息地的取样设计　“非森林”环境（树木覆盖率≤25%）的鸟类栖息地主要以条带取样法确定取样地点。沿条带两侧或其它随机选择的取样地点，通过固定条块法、行截距（Line intercept）或中心点四分法

(Point-centered quarter) 估计植被结构。Noon 提出的方法是将行截距调查法和中心点四分法结合使用，以得到有关变量。

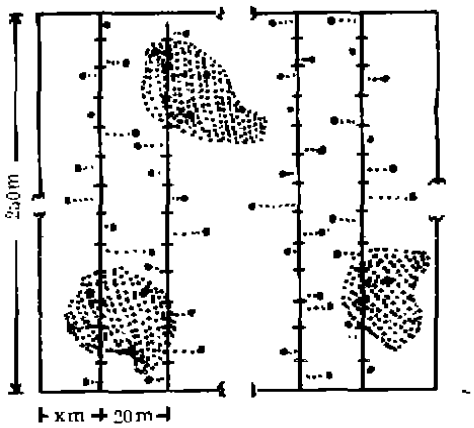

图 3 配以鸟类领域图的条带取样系统，示随机取样点的位置。(自 Noon，1981)

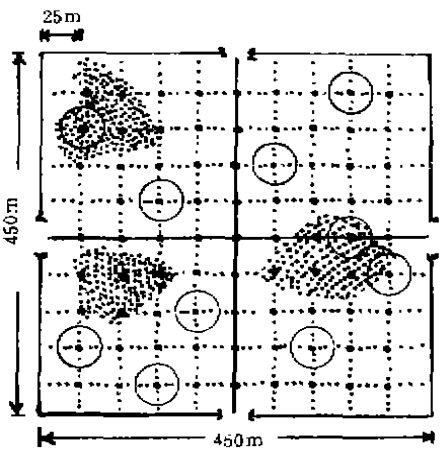

图 4 配以鸟类领域图的取样地块，示随机确定的 0.04 公顷圆形地块的位置。为了清楚起见，25 米方格都靠近栖息地。(自 Noon，1981)

1. 行截距变量　将条带划分为 10 米区间、沿条带长度一侧确定 1 厘米宽窄行，记录每 10 米间隔内 1 厘米宽窄行中所遇到的特殊生活型或栖息地特征及其在条带上的距离。生活型或栖息地特征按表 1 所示分类记录。

乔木和灌木在 1 厘米窄行上的覆盖率可由其在窄行上方叶片向下的垂直投影来确定。每 10 米区间各种栖息地特征的最少覆盖率应该等于 10 米，而总的覆盖率通常都较高。以这种方式收集的数据可用来计算每种栖息地特征的频次、密度及优势度。

表 1　行截距变量所区别的生活型及栖息地特征

草——窄叶草本植物
阔叶草本——阔叶草本植物
木质地表层——不足 1 米高的木本植物
灌木——高度超过 1 米、dbh<3cm 的木本植物
幼树——高度超过 1 米，3cm≤dbh<8cm 的木本植物
乔木——dbh≥8cm 的木本植物
枯枝落叶层——除倒木以外的各种枯死植物性物质
水
裸露地表
岩石
倒木——长度≥1.5m、dbh≥8cm 的木本植物

当地表植被不呈离散的斑块分布时，采用行截距法比较困难。如果地表植被呈复杂的镶嵌状分布，应该用点截距法 (Point-intercept method) 代替行截距法。即每 10 米区间内均匀选择若干个点，记录这些点上特殊地表层的生活型。取样数据的处理及点取样方法应注意的问题可参考 Goodall (1952)。

2. 点四分变量　条带上每 10 米区间相当于 1 个取样单位。每一取样单位内随机选取从 1 到 9 的三个数字来确定取样点的位置。第一个数字为取样点在条带上的距离(米)。第二个数字为取样点在条带中心线的位置，奇数时在左侧，偶数时在右侧。第三个数字为垂直偏离中心线的距离，以该数字与 0.5 米的乘积表示。取样点确定后，以该点为中心，将二根长 1 米的直棍按主方向(东南西北)垂直交叉成"+"字，组成四个象限，每一象限内估计下列变量：

(1) 离中心点最近的灌木(高度>1 米，胸径<3 厘米的木本植物)的种类、最近距离及高度；

(2) 小树(3 厘米≤dbh<8 厘米)及乔木(dbh≥8 厘米)的种类、最近距离、胸径和高度；

(3) 垂直植被密度。选直径 1 厘米的圆杆，刻度区间为 0—0.3 米，0.3—1.0 米，1.0—2.0

米。在组成四个象限的两根木棍的四个顶点处，将此圆杆垂直插入植被，量测并记录各刻度区间内接触到的植被数量。如有较高植被存在，也要目视估计 2—9m 及 9m 以上接触到的植被数量。

（4）"有效植被高度"依 Wiens（1969）的描述在两木棍的交点处记录。

根据点四分法数据计算植被的密度、优势度及频次的方法见（Smith 1974）。

（二）森林栖息地的取样规划

森林栖息地（树木覆盖面积超过 25%）主要采用 0.04 公顷圆形地块法取样调查。图 5 为圆形地块示意图。沿主方向二条线（NS、WE）确定出四个象限，主方向线上的刻度是量测树冠覆盖率及地表覆盖率的位置。主方向线两侧虚线间的条带（约为调查者两臂伸展时的宽度）是调查灌木密度时所用。圆形地块内调查下列内容：

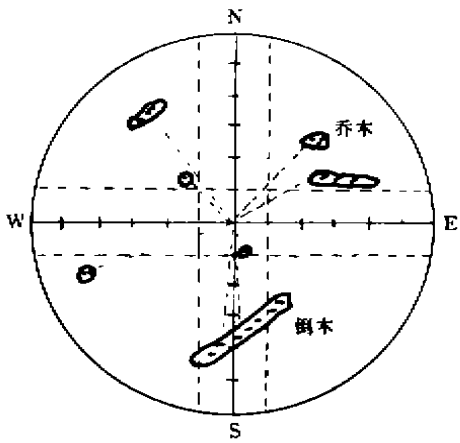

图 5　量测森林栖息地植被结构的圆形地块（$r=11.3$m），示估计灌木密度的长方形条带（虚线之间）、确定四个象限的主方向线、中心点四分法量测的乔木和倒木、以及主方向线上用来估计树冠覆盖率和地表植被覆盖率的位置。（自 Noon，1981）

1. 按树种及表 2 的胸径等级，量测圆形地块内所有小树及立木的胸径，活立木和枯立木应分别记录。

2. 调查者分别沿两条主方向线行走，在虚线所示范围内记录高度在 1.3 米，胸径小于 3 厘米的灌木数，只记录主茎数目及从 1.3 米以下主干上分生出来的主茎数目。两个条带（共 22.6 米）内的总计数×125，即为每公顷内灌木主茎的数目。应将针叶灌木和阔叶灌木分别记录。

表 2　乔木胸径（dbh）分级表

分级代码	dbh（cm）
s	3≤dbh<8
A	8≤dbh<15
B	15≤dbh<23
C	23≤dbh<38
D	38≤dbh<53
E	53≤dbh<69
F	69≤dbh<84
G	84≤dbh<102
H	102≤dbh

3. 用目测筒估计树冠及地表植被覆盖率。自制目测筒的方法是：先将硬纸板卷成筒状，在一端用细丝线交叉成"十"字。调查者仍按主方向线行走，每条主线用目测筒分别向上和向下各观察 10 次。如目测筒"十"字中心有绿色植物则称为"击中"。每处观察以一次为准，不得移动寻找，否则会增加主观性。记录树冠击中次数时，应区别开针叶树和阔叶树。向下观察的高度约离地面 1 米左右，树冠和地表植被覆盖率分别以百分数表示（击中次数/20×100）。

4. 以 Emlen（1956）方法定性估计植被散布指数。分别记录地表层植被（0—1.0 米高）和灌木层植被（高度超过 1 米，胸径小于 3 厘米），植被分布按以下分类：

E—均匀分布（多少呈随机分布）

I—不规则或不均匀分布（呈明显团块状）

S_c—小团块

L_c—大团块

S_R—小片成行

L_R—大片成行

5. 利用仪器（如高度仪、光学测高仪等）多次量测圆形地块内的树冠高度，以平均高度表

示，并记录最大值和最小值。

6. 利用测高仪估计圆形地块内最大坡度。

7. 以中心点四分法收集乔木和倒木的散布指数（图 5）。记录每一象限内离中心点最近的树的距离、胸径级。此外，如有倒木（长度≥1.5 米，dbh≥8 厘米）存在时，要量测并记录从倒木到中心点的最近距离、倒木的全长及最大胸径级。无论倒木是否完全位于圆形地块内，都要根据全长决定其最大胸径级。

8. 用密度板估计下木层的叶片体积。密度板又称垂布（drop cloth），宽 0.5 米，高 3 米。相应于低地面层（0—0.3 米）、高地面层（0.3—1 米）、低灌木层（1—2 米）和高灌木层（2—3 米）等不同层次划分为四个区段（图 6）。使用时，将密度板分别放在主方向线与圆形地块外缘的四个交点上，从交点沿主方向线向圆心行进，将密度板垂直落下四次，11.3 米半径内取四个读数（共取 16 个读数）。只记录每个高度区段内至少 50%以上被叶片遮盖的小方格数目。为了减少视差，应取蹲位计数地面层二个区段的小方格数目，另二个区段应站立计数。地块内小树苗的胸径都属于 S 级（表 2），可根据该胸径级的树木个体数间接确定其叶片体积。

9. 记录优势灌木种类名称及地面层植被的生活型，按优势程度依次排列。而优势程度只能根据每 0.04 公顷圆形地块内的实际情况确定。不同生活型的划分标准（见表 3）。

表 3　圆形森林地块内地面覆盖层的不同生活型

苔藓地衣
蕨类
草及莎草——窄叶草本植物
阔叶草本——阔叶草本植物
木质地面层——不足 1 米高的木本植物
树苗——次生乔木、灌木或幼树的幼树
枯枝落叶——除倒木和乔木外的所有枯死植物
乔材和倒木——横卧而无根的木本植物（通常已死亡）
岩石
裸露地表

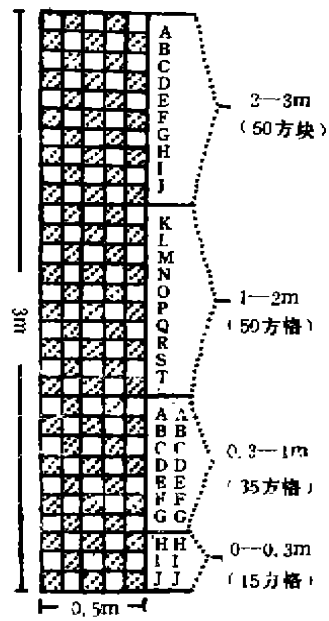

图 6　估计叶片体积的密度板（自 Noon，1981）

参 考 文 献

1 Holmens, R. T. 1981, Theoretical aspects of habitat use by birds. Edited by Capen, D. E., The use of multivariate statistics in studies of wildlife habitat. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RM-87. p33—37.

2 Karr J. R. 1981, Rational and techniques for sampling avian habitats: Introduction. Edited by Capen, D. E., The use of multivariate statistics in studies of wildlife habitat. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RM-87. p26—28.

3 Noon, B. R. 1981, Techniques for sampling avian habitats. Edited by Capen, D. E. The use of multivariate statistics in studies of wildlife habitat. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RM-87. 42—15

4 Rotenberry, J. T. 1981, Why measure bird habitat? Edited by Capen D. E., The use of multivariate statistics in studies of Wildlife habitat. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RM-87. 29—31.

5 Shugart, H. H. 1981, An overview of multivariate method and their application to studies of wildlife habitat. Edited by Capen, D. E. The use of multivariate statistics in studies of wildlife habitat. USDA Forest Service Gen. Tech Rep. RM 87. 4—16.