

# 第三章

## 鸟类调查方法

赞助



出版



支持机构



### 第三章：鸟类调查方法

此部份章节以 Sutherland, W. J. (1996) 的 Ecological census techniques: a handbook 为基础, 感谢 Professor Sutherland 让我们使用该书的中文翻译内容, 谨此致谢。本章节我们亦配合一些实用的参考、以及其它普查手册的内容, 例如 Bibby 等 (1998) 和 Javed 和 Kaul (2002)。

本章节内我们保留了 Prof. Sutherland 的建议参考资料, 让设计鸟类调查方法时有更多的例子。此外, 我们于第五章亦介绍了几个业余观鸟者经常使用的鸟类调查方法举例, 藉此与读者分享。

无论是数算工作或集中研究, 鸟类调查数据都可以反映鸟类当时的种群、以及预测密度, 这些都是鸟类种群研究的重要部份。鸟类的密度和多样性同时亦反映了环境的质量, 与生境管理有直接的关系。

表三：不同鸟类调查方法对不同鸟类的适用性

方法	水鸟 (waterbirds)	海鸟 (seabirds)	涉禽 (waders)	捕食鸟 (feeding birds)	猛禽 (raptors)	非雀形目 鸟类 (non- passerine)	雀形目鸟类 (passerine)
<b>3.1 距离抽样 (Distance Sampling)</b>							
3.1.1 样点法	?		?	?	?	+	*
3.1.2 样带法							
i. 海上样带调查	+	*	+	+	+	+	*
ii. 空中样带调查							
<b>3.2 繁殖鸟类统计 (Breeding Bird Counts)</b>							
3.2.1 繁殖群落统计							
i. 悬崖							
ii. 洞巢鸟类	+	*				+	?
iii. 地面筑巢的鸟							
iv. 树上筑巢的鸟							
3.2.2 领域制图	+		+	+	+	+	*
3.2.3 鸣声回放调查						?	+
3.2.4 个体声音辨别	?	?	?	?	?	?	?
3.2.5 求偶统计						*	?
<b>3.3 水鸟 / 群集鸟类统计 (Counting waterbirds / aggregate birds)</b>							
3.3.1 水鸟统计	+		+		?		?
3.3.2 休息场统计	+		*				?
3.3.3 鸟群中鸟数统计	+		+			?	?
3.3.4 迁徙鸟统计							
i. 昼夜迁徙的鸟				+			?
ii. 夜间迁徙的鸣禽							
<b>3.4 物种丰富度方法 (Species richness method)</b>							
3.4.1 发现鸟的时间							
i. 遇见比率						?	+
ii. 发现时间							
3.4.2 单位工作量捕获数	?	?	?	?	?	?	?
3.4.3 标记重捕法							
3.4.4 计数鸟粪	+				+	?	

注： \* 一般可以应用的方法    + 经常可以应用    ? 有时可以应用

表二列出了 Sutherland, W. J. (1996) 描述的多类型的鸟类调查方法, 我们尝试将这些方法分成几个类别: 距离抽样 (distance sampling)、繁殖鸟类统计 (breeding bird counts)、水鸟/群集鸟类统计 (counting waterbirds / aggregate birds)、以及物种丰富方法 (species richness method)。

这些方法基本上可分为两大类型: 一是调查在景观生境中均匀分布物种的方法, 二是调查非均一分布的物种 (即高度群聚) 的方法。例如点计数、样线带和领域制图最适于分布较均匀的种 (例如领域性种), 而计数群落、休息场鸟群和求偶场对集群分布的鸟种最好。有些类群的分布在每年各时期都有变化, 例如许多松鸡科鸟类雄性个体在繁殖季节聚集在求偶场, 但其它时间则散布很广; 海鸟常常在春天聚集在繁殖群落中, 其它时间大多在海上活动。

总体来说, 通常鸟类在群聚时计数, 比它们分散时更简单。

#### **Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例:**

- Bibby 等 (1992) 对调查方法作了很好的综述, 并表明这些方法如何应用于欧洲鸟类研究。  
Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press, London
- Buckland 等 (1993) 的著作是点计数和样线带调查的最权威之作。  
Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. & Laake, J.L. 1993. *Distance Sampling – Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman & Hall, London.
- Koskimies 和 Väisänen (1991) 详细描述了在芬兰使用的方法。  
Koskimies, P. & Väisänen, R.A. eds. 1991. *Monitoring Bird Populations*. Finnish Museum of Natural History, Helsinki.
- Verner 和 Dawson (1985) 详细地综述评论了许多调查方法。  
Dawson, D.K. 1985. A review of methods for estimating bird numbers. In *Bird Census and Atlas Studies*, ed. by K. Taylor, R.J. Fuller & P.C. Lock, pp 27-33. British Trust for Ornithology, Tring.
- Verner, J. 1985. Assessment of counting techniques. *Current Ornithology*. Vol. 2, ed. By R.F. Johnson, pp. 247-302. Plenum Press, New York.
- Asiloma 学术会议文集和国际鸟类调查署 (现为欧洲鸟类调查署) 多次学术研讨会收集了许多在调查技术方面的论文: Purroy (1983); Taylor 等 (1985); Blondel 和 Frochet (1987); Haila 等 (1987); Stastny 和 Bejcek (1990); Hagemeyer 和 Verstrael (1994)
- Blondel, J. & Frochet, B. eds. 1987. Bird census and atlas studies. *Acta Oecologica (Oecologia Generalis)* Vol. 8, No.2.
- Hagemeyer, W. & Verstrael, T. eds. 1994. *Bird Numbers 1992. Distribution, Monitoring and Ecological Aspects*. SOVON, Beck-Ubbergen.
- Haila, Y., Jarvinen, O. & Koskimies, P. eds. 1990. Monitoring bird populations in varying environments. *Annales Zoologici Fennici*. Vol. 26. pp. 149-330.
- Purroy, F.J. ed. 1983. *Bird Census and Mediterranean Landscape*. University of Leon, Leon.
- Stastny, K. & Bejcek, V. eds. 1990. *Bird Census and Atlas Studies. Proceedings of the Xith International Conference on Bird Census and Atlas Work*. Institute of Systematic & Ecological Biology, Prague.
- Taylor, K., Fuller, R.J. & Lack, P.C. 1985. *Bird Census and Atlas Studies*. British Trust for Ornithology, Tring.

### 3.1 距离取样

---

距离抽样 (Distance Sampling) 方式一般是指估算某范围内的雀鸟, 生态种群数据收集方面, 通常应用点计数和样带等方法。这种方式较为广泛使用, 需要在不同的距离和生境内的鸟类辨识技术, 而且这些方法也方便比较不同地区相同生境的鸟类。

#### 3.1.1. 样点法

样点法 (点计数/point count) 适用于调查高度可见的、鸣叫的、以及在广阔的生境中的鸟种, 一般用于调查雀形目鸟类。

#### 方法

样点法是在一定时间内, 在固定的观察点进行观察计数, 它可以在一年中的任何时间进行, 而不受繁殖季节限制。样点法可以用于估计每个种的相对密度, 或者与距离估测结合起来, 从而计算出绝对密度。

样点法站 (point count stop, 进行计数点的位置) 的研究区可以有系统地选择 (比如在网格点上)、或者随机地选择, 分层随机或不分层随机都可以。计数站之间不应太接近, 因为可能会导致某些鸟种被重复数算, 这样会影响结果的准确性, 建议最小的距离为 200 米。但如果计数站之间距离太多, 将会浪费很多时间在计数站之间行走。

样点法的方法不适用于小面积的研究, 对每一个研究小区来说, 计数站数量以 20 个左右较为合理, 而且 20 个计数点在黎明后开始, 用一个上午的时间便可以轻松地完成。

在每一个计数站等数分钟再开始计数, 这是让鸟类在观察者到达后平静下来, 在每一计数站数算一定的时间, 较理想的是 3-10 分钟之间, 实际的时间长短取决于生境类型和所存在的鸟类群落。如果数算时间太短, 某些个别鸟种可能会被忽略; 相反, 如数算的时间太长, 某些鸟种可能会被重复数算。将见到的和听到的所有鸟类记录下来, 要尽量使每个个体只记录一次, 大多数鸟会在前几分钟内被记录, 数算时间太长的意义不大。单次数算时间较短, 可以有更多时间数算更多的点, 从而减轻野外工作的负担。不过在鸟类区系很丰富的地方、或者在种类难以区分和鉴别的地区, 例如在热带雨林中, 数算时间有可能会超过 10 分钟。

在鸟类密度高的生境中, 不同的个体容易混淆, 或者不肯定某一鸟种已被记录与

否。要解决这一问题，最简单的方法是在记录本的某一页上记录其大约的位置，例如：

- 这可以分为四个象限（如前方靠左、右面后方等），用相应相的符号标记；
- 如果研究者是在几个不同的距离带中数算，这些也可以围绕观察者的中心位置而画同心的圆圈。

如果调查所需要的是相对多度指数，那么数算到无限制的距离范围，或者在一固定的距离范围（如 25 米）内观察。但是这种指数在不同种类之间，有可能不能比较，因为不同的鸟种有形态上的差异，并且在生境偏好 (habitat preference) 上可能不同，因为无限距离在封闭的环境中（如森林中）比在开放的生境要短得多。随着观察者与鸟类的距离增加，鸟的可辨识性亦会随之降低。在实践中有三种方法将距离估计结合在点计数中，以便计算密度：

- 最简单的是计算两个距离带，即记录某一个固定距离（例如，在密林中 25 米，或者在更开阔的生境中 50 米）以内和其以外的鸟，这样简单的方程（基于随距离增加可辨识性降低的可能方式之上），就可用于计算每个种的密度。
- 更复杂的方法要求有几个距离带，或者试图估计每一个鸟和距离。确保第一个距离带不能太近而使得其中没有鸟类记录，不然的话就不可能计算密度。

我们鼓励在每一观察计数站进行至少两次分别的计数，一次在繁殖季节的前半部份时间内，一次在后半季节。这不单是确保早期繁殖鸟和晚期繁殖鸟在数算时都能被记录，而且亦有助于了解可辨识性的季节变化，因为一个种虽然一直存在，但可能在繁殖季节的某些时间内比其它时间更易辨认，一般来说，在进行密度分析时，应取每个鸟种在每个计数站内的最大值，这将增大所有鸟在计数区中心被辨认的机会，这是密度估计中的重要假设。不过，如果只要求相对的指数，那么不需要使用最大值。如果每一个计数站需要进行好几次数算的话，有可能在后来的调查中难以找到计数站的确切位置，就得用较明显的方式（例如用艳丽的彩色带子栓在周围的标竿上或植被上）标记它们的位置，特别是在植被快速生长的生境中更应这样做。

像季节变化一样，鸟的可辨认性在一天之内也有变化，这可以通过将观察到的鸟数对一天内的时间绘图来比较，以计算出一个时段（如 60 分钟）的平均值，最大平均值重新标定为 1，其它所有时段的数值可通过这一最大值比较而确定。这方法无论在一个上午或整日的数算时间，都可以调校到一天的标准时间。如果有好几个种被同时监测的话，则有必要对所有的种进行同样的分析。

表四：样点法纪录表举例（译自 Javed 和 Kaul (2002)）

点计记录表格											
日期		生态环境:		海拔高度:		生境:		观察者: Salim			
坐标:				斜度:		天气:					
开始时间:		结束时间:		能见度:		方向:		第__页			
鸟种	时间	数量	性别*	年龄*	距离	高度	行为	植物种类	高度	备注	
1 紫啸鸫	0710	2	-	-	10m	0m	觅食	-			
2 麻雀	0711	1	♂	-	15m	2m	觅食	-			
3 栗尾希鹟	0715	5	-	-	10m	3m	觅食	树属	5m	于树林中层	
4 普通林鸫	0718	1	-	-	8m	2m	休息	-	2m		
5 麻雀	0722	2	一对	-	18m	2m	鸣唱	-	3m		
6 松鸦	0723	1	-	-	15m	3m	休息	橡木	5m	阴影下	

\*如适用

### 样点法

**优点:** 样点法广泛应用于鸣禽的调查，但对较难辨认的鸟种则很少使用。很多地方已被广泛应用于调查涉禽、水鸟和夜间活动的鸟。点计数随机设置较其它鸟种研究方法容易，此外，这种方法亦适用于不同形状的生境，尽管在开放生境中由于鸟可能飞离观察者而不太适用，但样点法在呈斑块状的生境中特别有效。样点法可以有效而迅速地获得大量数据，亦可以在繁殖季节以外应用。

**缺点:** 由于大多数鸟是需要依其鸣声来辨认，必须具有较高水平的经验。对容易受干扰鸟种不太适宜使用点计数方法。

**偏差:** 密度的估计是假设鸟在数算面积的中心被记录（即是观察者站的地方），如果鸟逃离观察者、或者如果遇到特别活跃的鸟、又或者是观察者用任何方式吸引雀鸟，都不算是这种情况。因为样点法的取样面积随距进观察者距离几何级增加，就算是小的辨认误差也会导致密度估测严重偏差。由于在野外的时间较短，这方法会受到天气条件的影响，所以不应在强风、下雨或较冷的天气下进行。

#### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例:

Bibby (1985, 1992)、Buckland (1987)、Buckland (1993) 描述将距离估计结合在点计数中，以便计算鸟种的密度。

Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press, London.

Bibby, C.J., Phillips, B.N. & Seddon, A.J. 1985. Birds of restocked conifer plantations in Wales. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 22. pp.619-633.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. & Laake, J.L. 1993. *Distance Sampling – Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman & Hall, London.

Fuller 和 Langslow (1984) 建议数算时间不要超过 10 分钟，并在一般情况下 5 分钟已足够。

Fuller, R.J. & Langslow, D.R. 1984. Estimating numbers of birds by point counts: how long should counts last? *Bird Study*. Vol. 31. pp.195-202.

Koskimies 和 Vaisanen (1991) 描述在芬兰点计数已被广泛应用于调查涉禽、水鸟和夜间活动的鸟的方法。

Koskimies, P. & Väisänen, R.A. eds. 1991. *Monitoring Bird Populations*. Finnish Museum of Natural History, Helsinki.

Reynolds 等 (1980) 及 Buckland (1987) 提供了用点计数计算鸟种密度的方法。

Reynolds, R.T., Scott, J.M & Nussbaum, R.A. 1980. A variable circular plot method for estimating bird numbers. *Condor*. Vol.82. pp.309-313.

Buckland, S.T. 1987. On the variable circular plot method of estimating density. *Biometrika*. Vol. 43. pp. 363-384.

Robbins 等 (1986) 介绍在北美繁殖鸟类调查以计数点的方法记录鸟种, 获得广泛的信息, 但调查沿公路进行, 生境变化方面的潜在问题应该考虑, 特别是作为长期监测的方法。

Robbins, C.S. Bystrak, D. & Geissler, P.H. 1986. *The Breeding Bird Survey: its First Fifteen years, 1965-1979*. Resource Publication 157, United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington DC.

Palmeirim 和 Rabaca (1993) 提供了计算出鸟数在一个时段的平均值的应用方法。

Palmeirim, J.M & Rabaca, J.E. 1993. A method to analyse and compensate for time-of-day effects on bird counts. *Journal of Field Ornithology*. Vol.65. pp.17-26.

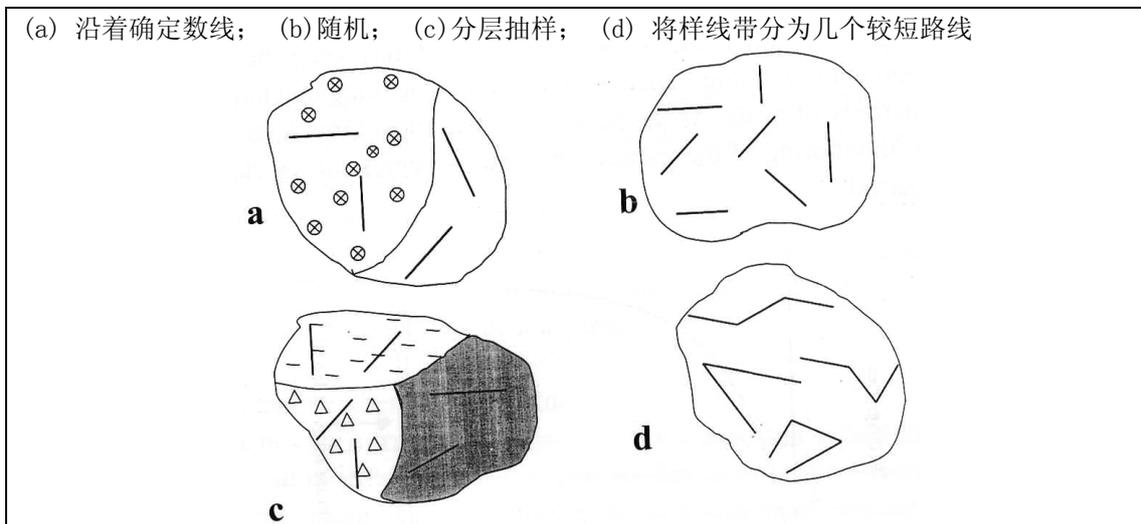
### 3.1.2. 样带法

样带法 (样线带/line transect) 适用于调查高度开放生境中的鸟, 例如灌木草原、沼泽地中的鸟, 也适用于调查离开海岸的海鸟和水鸟。

#### 方法

样带法是观察者沿着固定的线路活动, 并记录所见到的样线两侧的鸟, 沿样带在陆地上可以行走、驾车, 在海上可划船, 或在空中飞行。由于观察者需要在陆地、海洋或空中自由运行, 所以样带对大面积连续的开放生境最为适宜。

图五: Javed 和 Kaul (2002) 描述样线带的分布形式



首先需要选择样带路线, 有关调查的成功关键, 在于路线位置要尽可能确定是随机还是已经确定的。例如, 如果样带线是沿着一条小路、一条边界、一条小溪或一条公路, 那么所得到的结果、会因为这些线性特征对鸟类种群的影响而出现严重的偏差。另一个例子是拖网捕鱼者用样线带方式计算为食鱼的海鸟, 与海鸟一样, 调查者实际上是在找鱼群, 这样的样带位置不能认为是随机的, 并会对以此

数为基础的任何估计造成偏差（或过度数算）。

随机分配调查路线的困难是能否接近的问题，这是样带方法最大的缺点。在原理上讲，一个样带路线的外型可以是正方形、长方形或圆形，可允许观察者在起点结束。但在实践中或随后的调查中，沿着相同的线路行走是困难的。另外如果计数是在圆形路线的距离带中进行，并且圆周长度比较小，那里面带的面积大于外部带的面积，这将增加分析的复杂性。

样线带的总长度随所研究的问题而变化，实践性的问题（如野外工作所有的时间和将要调查的面积的大小）是首要考虑的问题。比较理想的是将总样线带分为几个较短的路线，它们互相连续或者完全独立，为了分析的目的，后者可更有用，因为分开的样线带长度如果理想的话，在统计学来说是可作独立处理的。

如果在一个小区中取几条不同的样线带，这些样线带应该要保持适当距离，以确保同一个个体在不同的样带中被重复数算。在封闭生境中距离是 150-200 米，在开阔生境为 250-500 米。在开阔生境样线带间距离较大是因为其中的鸟在很大距离以外就可看见，同时也因为其中的鸟可能逃离观察者至更远的距离。

一旦样带线路确定后，那么有必要决定每条样带线路要调查几次，在距样带线多远的距离范围计数。像点计数一样，重复每条样带一次或多次计数，以增加使记录所有种类的机会，因为鸟种会随季节性而变化（或因为缺乏记录或因该鸟没有引人注目而没有记录）。

估计密度的方法与总计数使用的方法非常相似。单位长度样带上所记录鸟类的简单指数，可以通过计数样线两侧无限距离范围内或者单一的固定距离范围（固定带状样带）的鸟数而得到。近似的密度值可以从固定的带状样带上计得，但依赖于所有鸟类被发现的假设之上，这一假设不一定完全成立，但对于最窄的带状样和最易发现的鸟种是成立的。然而，更可靠的密度测定值可以通过确定一固定距离的样线带，其中的鸟分别在中心带（“近带”）和外围带（“远带”）中计数的方法而得到。近带的宽度应该能使得大约一半鸟类记录位于其中，而另一半在远带中，其宽度在更开放的生境中和在鸟类种群不太密的地方应该大些。近带通常设在样带两侧各 25 米的范围。这样密度就可以通过相对简单的以可辨性距离而下降的模式为基础的方程式计算出来。

在实践中，可尝试在记录本上或记录纸上写出所有鸟在样带上的代表位置图，同时绘出距离带。用这种方法记录的鸟类在最后可以用一系列不同的技术分析数据。如果在分离的距离带中记录雀鸟，要核实估测距离是否可靠，可以使用光学距离测定仪。此外，沿样带运动时的速度需要统一，行走太快有可能错过一些鸟，

行走太慢可能导致重复数算。在开放生境中，每小时行走 2 公里是合理的；不过在森林中，每小时行走 1 公里更可靠。

记录雀鸟方面，应记录其首次被发现的位置而不是其飞到的地方；飞行的鸟记录其垂直向下的位置，或者正在歌唱的记录上方位置，若在中心带中记录“在中心带中”，若超过中心则记录“在外围带中”。建议，有的时候记录鸟类的实际距离的时候是凭借叫声，并没有发现鸟类本身。这个时候估计距离需要慎重，因为有的时候叫声的大小，环境的状况可能会影响调查员对距离的判断。

表五：样带法记录表举例（译自 Javed 和 Kaul (2002)）

线样带记录表格													
日期		生态环境：		位置：		观察者：SJ							
坐标：		斜度：		方向：		天气							
开始时间：		结束时间：		线样带编号：			第____页						
序号	鸟种	时间	数量	与线样带的垂直距离 (m)					性别*	年龄*	高度	植物种类	行为
				0-5	6-10	11-25	25-50	>50					
1.	黑卷尾	0650	1	3					-	-	5m	吊灯树属	树上栖息
2	大山雀	0657	3	-					-	-	8m	榕属	觅食

\*如适用

### (i) 海上样带调查

离开繁殖群聚地的海鸟常常可以用样带法从船上调查，海鸟样带调查有特殊的问题，因为它们经常在飞翔中被记录，它们的飞翔速度常常与水中的船速有关，它们的飞翔方向也与船有关，这些都会显著地影响调查结果，特别是相同的鸟可能被重复记录。



照片一：在海上数算繁殖海鸟类群落  
(图：香港观鸟会燕鸥研究组)

Tasker 等 (1984) 提出了一个海上样带调查的简单标准方法，其在有关的技术手册中 (Komodeur 等 1992) 被扩大补充。该方法如下：

调查人员仅从船的一边观察计数，对在海面上和正在飞翔的鸟用不同的方法记录，虽然两者都只包括距船垂直距离为 300 米以内的鸟。对海面上的鸟，记录船行 10 分钟内所见到的鸟。为了计算样带的面积，船速也要记录下来。例如一条

船以 10 节的速度 10 分钟行驶 3.2 公里，所以其样带面积为 0.96 平方公里。飞翔的鸟在 10 分钟时间内用几个瞬间快速调查计数，计数在 300 米宽（由船向外的直距离）和前方调查人员认为能够看见所有鸟的长度范围内进行。因此，如果调查人员认为在调查时，所研究的鸟种只能在 400 米以内的范围中进行记录，那么 3.2 公里长的样带上需要 8 次瞬时计数，每次向前方观察 400 米以内并计数。瞬间调查的目的是要在不连续的样带上获得瞬间存在鸟类的准确记录，这好比在样带的一区间为正在飞行的鸟拍一张照片。记录到的海面上的鸟数和飞行中的鸟数之和可以用来估计总体密度。对某些鸟种，300 米距离带可能太远，这一距离可能要减到 150-175 米之间。与船联系着的鸟（如跟着船走的）或者忽略不计，或者分开记录。

### (ii) 空中样带调查

空中样带调查是指使用飞机进行的调查，例如水鸡和海鸟有时沿着已知长度和宽度的空中样带，在飞行时被计数。虽然这方法是昂贵的，但与船相比，飞机的速度确实使得重复计数并由此过高估计密度的机会减少。



空中样带调查是指使用飞机进行的调查，例如水鸡和海鸟有时沿着已知长度和宽度的空中样带，在飞行时被计数。虽然这方法是昂贵的，但与船相比，飞机的速度确实使得重复计数并由此过高估计密度的机会减少。



照片二：观鸟者与鲸豚研究人员以直升机方式一起进行调查 (摄影：吕德恒)

样带的宽度会依特定的应用而变化，但合理的总宽度大约为 200 米（飞机两侧各 100 米）。在空中，常难以确定一只鸟是否在样带以内，在飞机的窗上做一定的标记可以帮助你

在座位上方方便地确定你的样带边界线，这样做的最简单方法是，用地面上的大树干标记作为样带距离（两棵树在两边边界，一棵在中间），在中间树杆的上方以确定飞行的高度调查，在飞机窗上标记两侧树干的位置以标示样带边界。虽然从原理上讲，两个调查人员每人观察飞机的一侧是理想的，但严格地说这并非必须的，例如，在某些条件下，太阳光线会影响数学工作。飞机应在固定的或合理的低的高度飞行（如 50-100 米）。如果飞机飞得太高，对鸟的辨识会有困难；如果飞行

太低，鸟通过飞机下太快。样带飞行应该在最低安全飞行速度下飞行（如，每小时 150km）。在实践中，常常也因为太快而不能数算每一只鸟，快速估计鸟群大小常用于替代计数个体鸟。鸟的密度能够用鸟的数算结合总的样带面积（用于样带宽度、飞机速度和完成样带的飞行时间来估计）来计算。

### 线样带

- 优点：** 样带调查可以在一年中任何时间、在陆地、海洋或大气中进行，其适用于大面积一致的生境调查，在鸟类种群密度低的地方特别有用。该方法可以计算密度估计值。样线调查取样的面积随着距样线的距离呈线性增加，因此在辨认距观察者较近的鸟和距离估计上的误差所造成密度估计偏差的可能性比点计数 (point count) 小。
- 缺点：** 样带线路的随机分配在某些生境中是特别困难的，海上样带调查的高昂费用可以通过在其它活动的船上进行观察而降低（虽然这可能引入某些偏差）。空中样带调查有时因速度太快而不能进行精确的计数，也不能对某些种鉴别辨认以及对它们的年龄、性别的辨识记录。
- 偏差：** 密度在以下假设成立时才能被估测，即样带上有被丢下的（如因为观察者走得太快），鸟在被发现前没有逃离的（如果它们受到观察者的干扰），鸟没有被重复数算（因为调查者走得太慢），距离估计没有误差以及所有的观察是独立的事件（如，一只鸟不是因其鸣叫声而被发现）。在实践中，许多这样的假设难以成立，所以都会引起偏差。

至于取得数据后，有调查人员会进行鸟种群密度估算。这里作简介绍，较多观鸟者使用的方法会于第四章详述。鸟种群密度估算其中一个较常用的方法是将鸟类的数字和调查数据，利用DISTANCE 软件计算。DISTANCE 软件可以由互联网免费下载：[www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/](http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/) 只要将调查所得的距离资料输入，即可自动计算出族群密度。

不过当资料不足，无法以DISTANCE 软件计算的鸟种，可尝试由文献资料寻找可行的方法。例如Reynolds *et al.* (1980) 以特定基础半径的公式来计算：

$$D = \frac{n \times 10000}{\pi \times r^2 \times C}$$

- D: 鸟类种群密度，每公顷只数  
n: 特定基础半径内所记录的总只数  
r: 特定基础半径，在此半径内大部份的鸟只比可察觉到，单位为m  
C: 调查次数

### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例:

- Tasker 等 (1984) 提出了一个海上样带调查的简单标准方法, 其在有关的技术手册中 (Komdeur 等 1992) 被扩大补充。
- Tasker, M.L., Hope Jones, P., Dixon, T. & Blake, B.F. 1984. counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardised approach. *Auk*. Vol. 101. pp567-577.
- Komdeur, J., Bertelsen, J. & Cracknell, G. 1992. Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB Special Publication No. 19. Slimbridge, UK.
- Marchant (1994) 在英国繁殖鸟类调查中, 是在随机 1 公里 x 1 公里的正方形格子中再沿南北轴方向设置样带。
- Marchant, J.H. 1994. The new Breeding Bird Survey. *British Birds*. Vol. 87. pp. 26-28.
- Koskimies 和 Vaisanen (1991) 建议在地图不能充分提供精确计划样带线路信息的地方, 手持罗盘行走是个好主意。他们的芬兰繁殖鸟类的调查, 样线带总长度为 5 公里。
- Koskimies, P. & Väisänen, R.A. eds. 1991. Monitoring Bird Populations. Finnish Museum of Natural History, Helsinki.
- Järvién 和 Väisänen (1975), Burnham 等 (1980), Bibby 等 (1992) 和 Buckland 等 (1993) 列举利用样线带估计密度方法的例子。
- Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. 1992. Bird Census Techniques. Academic Press, London.
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P. & Laake, J.L. 1993. *Distance Sampling – Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman & Hall, London.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R. & Laake, J.L. 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs*. Vol. 72. pp.1-200.
- Järvién, O. & Väisänen, R.A. 1975. Estimating relative densities of breeding birds by the line transect method. *Oikos*. Vol. 26. pp.316-322.
- Komdeur 等 (1992) 描述海上和空中样带调查的简单标准方法。
- Komdeur, J., Bertelsen, J. & Cracknell, G. 1992. Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB Special Publication No. 19. Slimbridge, UK.

## 3.2 繁殖鸟类统计

---

数算繁殖鸟类 (breeding bird counts), 也同时收集鸟类的行为反应的资料。有些鸟类在繁殖时期有显的行为, 例如领域行为、鸣唱、群集等。以下是一些常用于统计繁殖鸟类的方法。

### 3.2.1 繁殖群落统计

适用于调查群聚筑巢的鸟类, 特别是海鸟、鹭鸟及某些雀形目和非雀形目的雀鸟。

#### 方法

大约有八分之一的鸟类在群落地繁殖, 因此在繁殖季节调查它们特别容易。调查所采用的方法决定于其群落栖息地的地理环境, 例如悬崖、树上或离地面很高的地方, 每一方法都依赖对鸟巢有无鸟居住的认识。

许多群聚筑巢鸟种的个体同时筑巢, 对调查工作这是一个好处, 因为这意味着所有繁殖个体将同时存在于群落, 并筑巢生活。最好的计数时间一般是从孵卵的中期开始的整个孵卵期至鸟孵卵的中期。如果太早, 某些鸟的繁殖期可能还没开始; 如果太晚某些鸟对可能已失去了它们的子女而废弃鸟巢, 这都会使统计低估实际

繁殖种群数量。对繁殖季节较长的群聚鸟类和筑巢失败率较高的鸟种，太早进行可能会使种群估测更困难。

### (i) 悬崖

较理想的是在鸟群落的对面稍高处进行数算，免生危险。最重要的是要确保调查时的位置和到达该位置的路线是安全的，因为丧失生命比失去数据后果更严重。较理想的是数算鸟类对数(pairs)或所占据的鸟巢数量（或者至少表面看来是有鸟类占据的鸟巢数量）。然而对某些具有高密度鸟巢的鸟种（例如黑尾鸥等），统计对数是较困难的，因为这要求鉴别所有鸟卵的、有幼鸟的或者有孵卵的成鸟的鸟巢，这需要几个小时的观察，对这类鸟种的统计方式，个体数算会更为有效，而统计方法建议将群聚地区分为一些小区，群落中出现的鸟种数量会随季节和昼夜变化很大，在决定数算时间时应考虑这一点。

对某些高度可见的群聚筑巢者，特别是那些建筑物性质的鸟巢种类（例如雨燕等），除了直接数算外，可以更简单地对群落拍照，并在照片上直接数算鸟巢。这种方法对没有适合的观察位置，但能拍照的地方（如从船上或从空中拍照）特别有用。不过对某些鸟种，拍照方式可能不适用，例如黑白两色的海鸟，它们很容易与堆积物的阴影混淆。

#### **Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：**

Birkhead 和 Nettleship (1980)、Lloyd 等(1991)对调查群聚海鸟的方法给予了详细的描述。

Birkhead, T.R. & Nettleship, D.N. 1980. Census method for Murres *Uria* species: a unified approach. *Occasional Papers of the Canadian Wildlife Service*, No. 43.

Bullock 和 Gomershall (1981)、Hatch 和 Hatch (1989)等都对孵卵期有所描述。

Bullock, I.D. & Gomersall, C.H. 1981. The breeding population of terns in Orkney and Shetland in 1980. *Bird Study*. Vol.28. pp.187-200.

Hatch, S.A. & Hatch, M.A. 1989. Attendance patterns of Murres and breeding sites: implications for monitoring. *Journal of Wildlife Management*. Vol.53. pp.43-493.

Lloyd (1991) 等对普通海鸥的观察时间和方法给了详细描述。

Lloyd, M.C., Tasker, M.L. & Partridge, K. 1991. *The Status of Seabirds in Britain and Ireland*. Poyser, London.

Walsh 等(1995)对调查英国和爱尔兰的海鸟提供了综合的方法。

Walsh, P.M., Halley, D.J., Haris, M.P., del Nevo, A., Sim, I.M.W. & Tasker, M.L. 1995. *Seabird Monitoring Handbook for Britain and Ireland*. JNCC, Peterborough.

### (ii) 洞巢鸟类

鸟洞最好是在随机、分层的方式或以样线带 (line transect) 方式来统计表面上观察被鸟类所占居的数目。圆形样方 (quadrat) 在实践中容易使用，因为一定长度的绳子栓在一杆上将提供固定大小的样方，另外亦易于野外携带。

被鸟类占居的洞数可以用一系列特征分辨出来，如羽毛、鸟挖的土、粪便、破的鸟蛋壳和气味（特别是幼鸟存在时）等。

鸟洞里面可以用内诊镜（endoscope / 光学纤维镜 fiberscope）观察，不过如果鸟洞太深或有太多曲折的话，这样做会很浪费时间甚至是不可能的。挖开鸟洞暴露出鸟居是不受鼓励的方法。此外，对只在夜间活动的鸟，可考虑用播放鸟声的录音以刺激其反应。

一个长期困扰鸟洞居鸟类调查的问题，就是必须能够区分不同类型的鸟洞，并排除哺乳类动物的洞，这是并非容易直接辨别的。最简单的解决这一问题的途径是在只有所研究的物种存在的地方或一年中的某个特定时间进行调查，这显然是不可能的。如果观察、反复进行证明是不可能的的话，那可能有必要发展更好的方法，例如使用标记——重捕的方法。

**Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：**

Alexander 和 Perrin (1980)使用标记—重捕来证明研究的物种存在的地方。

Alexander, M. & Perrins, C.M. 1980. an estimate of the numbers of shearwaters on the Neck, Skomer, 1978. *Nature in Wales*. Vol. 17. pp.43-46.

James 和 Robinson (1985)的研究指出播放鸟声的录音以研究夜间活动的鸟类。

James, P.C. & Robertson, H.A. 1985. The use of playback recording to detect and census nocturnal burrowing seabirds. *Seabirds*. Vol. 7. pp. 18-20.

**(iii) 地面筑巢的鸟**

许多海鸟鸟种，如海鸥、燕鸥、企鹅和信天翁通常以群落形式筑巢于地面上。如果群落较小（< 200 对鸟），并能够容易看见，那么鸟巢数量可以直接数算。对于大型群落聚居地方面，可以分成小区再分别数算，不过没有鸟的鸟巢不应包括在数算之内，其可以通过缺少白色外层的粪来辨识。



照片三：在岩石之间筑巢的黑枕燕鸥  
（图：香港观鸟会燕鸥研究组）

在一年中调查统计应该在成年鸟呆鸟巢里面时进行（一般是从孵卵期到孵出小鸟后不久），而在一天中应在鸟类出现数量最稳定的时候进行，这也可能随种类和群落而变化，但作为一般的原则，应避免在早晨和夜晚进行调查。

对于特别大的群落，最好是用样线带（line transect）或样方（quadrat）调查，这样做的第一步是圈定群聚地的界线并计算整个群聚地的面积。当用样带时，确定样带位置用线绳标记在地面，然后沿着线行走并计数距样带线一定距离范围内（如 1 米）的所有被鸟占据的鸟巢数量，切记不要数算两次。另外，当使用样方时，在群聚地随机地设置样方，或者沿样带以相等的间距设置，然后数算样方内

所有被雀鸟占据的鸟巢数。最后，通过由群聚地的总面积和所有样带或样方中被鸟所占据的鸟巢数及样带或样方的面积来计算鸟种群落数量。

任何将成鸟赶出鸟巢的方法对鸟类和调查人员可能会导致伤害，要确保使干扰减至最少，成年鸟不应离开鸟巢 30 分钟或以上，愈短愈好。群落地如果很湿、很冷或很热时都不应干扰，以免引起卵或小鸟丢失；此外大雨、大雾或大风都可能会影响计数的准确性，应该留心不使小鸟跑出去，不能让捕食者在干扰时“钻空子”捕食以及不能踩到卵或幼鸟。这些调查方法最好不要在接近公共场所的地方使用。

一个更快较少侵扰而不需在群聚地内行走计数鸟巢的方法是惊飞计数，这适用于小的群落，例如用大声噪音将群落中的所有鸟类惊起到空中飞行的鸟数。使用这一方法只能估计群落大小，最理想的是已有飞起的鸟数和繁殖对数之间的关系，这样可以增加准确程度，不过这种关系会因种类不同而变化。

**Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：**

Bullock 和 Gomersall (1981) 认为三只起飞的极北燕鸥等于两只繁殖鸟。

Bullock, I.D. & Gomersall, C.H. 1981. The breeding population of terns in Orkney and Shetland in 1980. *Bird Study*. Vol.28. pp.187-200.

Wanless 和 Harris (1984) 描述大雨、雾或风都可能会影响计数的准确性。

Effects of date on counts of nests of Herring and Lesser Black-backed Gulls. *Ornis Scandinavica*. Vol.15. pp.89-94.

**(iv) 树上筑巢鸟**

许多鸟类如鹭鸟 (herons)、鸛 (storks) 和鸛 (spoonbills (ibis)) 在树林乔木上筑巢，虽然几个其它类别的物种 (例如乌鸦 (crow) 和织布鸟 (weaver)) 也这样做。对那些在年初筑巢于落叶树上的鸟种，最好在叶子完全长出来之前统计鸟巢数目，否则鸟巢会被遮挡住。被鸟所占据的鸟巢常常可以根据建筑材料的新鲜程度、鸟巢中或鸟巢下的粪便、孵卵或出没过成鸟、或鸟巢中小鸟的叫声



照片四：鹭鸟利用海湾内的小岛作为繁殖地，图为香港的鸦洲鹭林 (摄影：黄伦昌)

等来判别。另外可能有必要使用鸟巢镜 (一个设在长竿顶端的镜子) 以观看鸟巢里面，但是鸟巢镜可能是比较重并难以使用 (尤其是在有风的情况下)，通常需要两个人使用，一个人抓住杆，另一个人用双筒望远镜观察镜子。一般繁殖中的雀鸟对干扰较敏感，特别是在繁殖季节的早期，对这些鸟种在产卵开始之前去观察并不理想，即使在产卵后调查也必须留心以确保将干扰减至最少。

许多树上筑巢的鸟种在较远的地方仍可以观察到，所以只要找到适合观察点，直接观察和统计数量。如找不到合适的观察点的地方，在经费许可的情况下，也可采用空中计数，这个方法被认为比地面计数破坏少，亦较准确，并且可重复数算。然而破坏性最少的方法是在繁殖季节后在地面统计用过的鸟巢数量。

**Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：**

Gibbs 等 (1988)以空中记录方法记录大蓝鹭为地面总数的 87%，较一般方法只记录 83%为多。

Gibbs, J.P. Woodward, S., Hunter, M.L. & Hutchinson, A.E. 1988. comparison of techniques for censusing Great Blue Heron nests. *Journal of Field Ornithology*. Vol. 59. pp.130-134.

### 繁殖群落统计

**优点：** 调查计数可以在一年中鸟类高度群聚的时间进行，因此能够用非常经济有效的方法进行计数，其它时间这些鸟种通常都广泛分布，造成调查困难。

**缺点：** 这方法只适用于正在繁殖的鸟类，并且必须小心以保证干扰最小。航空照片有助于避免干扰，不过当直升机飞在正上方时，其下鸟巢不能被拍摄。此外，辨别鸟洞是否被鸟占据着可能会较困难。

**偏差：** 鸟类在群聚地的出没随繁殖季节和昼夜变化很大，这一点必须考虑。较差的观察点计数能会导致难以预计的偏差。某些洞中筑巢的种在一个洞中有多个鸟巢，所以要留心确保不会低估种群。

### 3.2.2 领域制图

适用于调查领域内繁殖的鸟种，如某些鸭种、捕猎鸟、猛禽以及某些雀形目鸟。

#### 方法

在繁殖季节许多鸟种是领域性的，雄鸟鸣叫以宣告和保护它们的领域 (territory)，鸟巢筑在领域之中，领域间的界线常常是通过相邻的鸟争夺后而清楚地界定的。

因此，领域可以作为调查的单位，而领域制图 (territory mapping) 可以作为有效的调查工具，所有的领域占居性况符号可以标记在高比例度的小区的地图上。领域制图的目的是要确定在指定的小区内，划出每个鸟种的领域。

要制作领域地图，首先要准备 1:2500 比例尺地图，为了能够在地图上准确找到所记录的鸟种，任何能方便鉴别的对象或地标 (如楼房、池塘、树、小路、马路、篱笆等) 应该标在地图上。小区的大小要合理，使其中每个鸟种有适当的数量领

域存在,一个真正的标准是要确保小区中有一半的鸟种要有 5 个或更多的领域代表,而另外一半则少于 5 个领域。虽然这些对统计学来说是不明显的,但它们已包含很大的野外工作量。小区的大小是随生境而变化的,因为鸟类的密度(density)、多样性(diversity)和明显性(significance)都随生境变化而变化。像温带森林这样的封闭生境中以 15-20 公顷为适宜(不过在热带森林中也许一半也可以),在更开阔的生境中(如农业区、沼泽地、草地和草原等)则以 60-80 公顷较为合适。此外,如果是长期性地监测种群的话,要注意不能在演替中(succession)的环境进行调查。

长而窄的小区不适于领域制图,因为其边长与面积比率较高,从而有可能导致鸟类的领域边界与小区的边界重迭,这会使得确定一个特定区域是否属于该小区变得困难。圆形和长方形则较为理想。另外应尽量避免用景观特征物作为小区的边界,因为这会加大边界问题。

在繁殖季节每个小区需要调查几次,在温带地区,繁殖季节很明显,每个小区 5-10 次调查是适宜的,这段期间,开放的生境的调查范围可缩小、而具有高密度鸟类的森林和灌木林的生境应提高。在热带地区,季节并不明显分明,调查次数和时间则需要仔细地考虑。

许多鸟类大多在黎明后一个小时内鸣叫,这段时间内应避免在鸟类密度较高的地区进行调查,以避免混淆鸟类种类。调查应在中午前完成,因为许多鸟在下午鸣叫较少,温带森林的调查速度大约为每小时 5 公顷,而热带森林是这数字的一半,更开放的生境是每小时 20 公顷。因此,一个上午可以调查一个小区。

在调查季节之前,调查人员需要将小区地图复制数份,每次野外调查一份,并且最后,每一个鸟种一张领域地图。大地图在野外使用较困难,最好是夹在书写板上,如果下雨,可用透明塑料袋保护。在小区中沿着相间 50 米的路线缓慢行走,所遇到的每个鸟用标准编码和符号标在图上。在同一时间内观察同一种鸟的不同个体,以及它们营巢的行为(如鸟巢、警叫声以及携带筑巢材料和食物)。如果没有这些资料,随后的图形分析的准确性会较低。在野外收集资料时,有必要慢些和细心进行记录,特别要记录不太明显的鸟种。不过要留意的是在小区中走得太慢也会导致同一鸟种重复数算。制图时应适当扩展到调查范围以外,以确保在小区边界地区的领域界线的资料也被记录。

领域制图方法可以通过忽略共有种(common species)并在很大的尺度上制图(1:10,000),并扩展到覆盖非常大的地理区域。这样做,种类在很大的面积内变化,适用于调查领域性的鸟种(如猛禽)。

## 图形分析

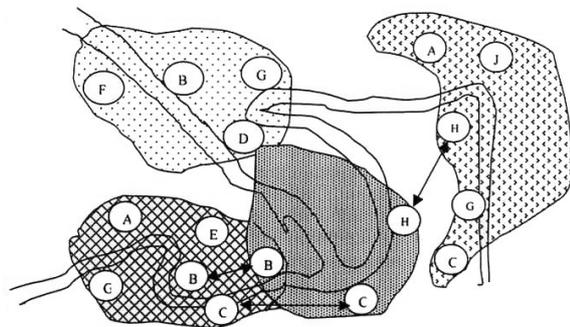
在调查季节结束后，各次调查所标示在图上的信息全部合成到种类图上（一个种一图）。第一次调查图上的记录转在种类图上用 A 表示，第二次查上用 B 表示，如此类推，直到一个鸟种的所有调查次数的记录全部被转在一张种类图上。

种类图上的符号应该分类，并在类的周围画出非重迭的环线以代表大概的领域界线。以传统经验上讲，如果调查次数为 5-7 次，则最少有两次记录的才能作为一类；若调查次数为 8-10 次，则最少需要 3 次记录为一类。为了避免包括暂时的迁徙鸟，每类中的两次记录最少要隔 10 天，同时记录的不同个体，绝不能归结在同一个类别中，除非它们被认为是一对成鸟的两个个体。在缺少足够成鸟记录的情况下，鸟巢的记录可作为一类计数。

在处理边缘的鸟种时，在小区边界上的鸟类是会有问题的，需用几个分析方法来处理：

- 将所有的领域作为该小区的领域（这处理方法在做估计密度时不应使用，因为它会导致估计过高）；
- 如果该类中一半以上的记录在小区之内，则将其包括在小区中；
- 或者用该类记录位于小区内的比例来计算领域的分额。

所得的种类图结果，个别鸟种分布可能会有重迭，因而难以分辨。相反，对于一些较稀有的鸟种，每类可能只有很少记录。所以尽管有标准的指导材料，但是种类图的分析还是主观性的，其需要工作经验，同时也需要时间。



图六：在印度吉加拉特进行凭声辨识的 Painted Francolin 领域制图  
（资料来源：Javed and Kaul (2002)）

虽然图形分析一般是在调查季节结束时进行，但是如果在调查季节之中进行，野外工作可以集中弄清楚所混淆的情况，甚至种类图也可以带到野外去。

### 领域制图

优点：可产生一个鸟类分布图，在鸟类与生境系分析中特别有用。由于大量的时间是在野外，该方法在“缓冲”环境因素的变化方面比点计数（point count）和样线带（line transect）的理想（比如缓冲天气

条件与种群繁殖循环有关的调查时间影响)。此外,这一方法也允许相对直观的密度计算。

缺点: 领域制图是非常费时的,因此成本也是较高。它不适用于调查群聚的、松散成组、或者相对于调查面积领域较大的鸟种。因此很大程度上只适合于正在繁殖的鸟。虽然有证实个别在某些越冬地的候鸟,个别在冬天也有领域性行为。

偏差: 在某些种中没有配偶的鸟鸣唱得很厉害,所以会混淆所要调查的种群是否正在繁殖。

#### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例:

关于领域制图的标准的方法可从以下资料找到: Kendeigh (1944)、Enemar (1959)、IBCC (1969)、Terborgh (1989)、Marchant (1983)、Marchant 等 (1990) 和 Bibby 等 (1992)。

Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press, London.

Enemar, A. 1959. On the determination of the size and composition of a passerine bird population during the breeding season. *Vår Fågelvärld*. Supplement 2. pp.1-114.

IBCC. 1969. Recommendations for an international standard for a mapping method in bird census work. *Bird Study*. Vol.16. pp.248-255.

Kendeigh, S.C. 1944. Measurement of bird populations. *Ecological Monographs*. Vol.14. pp.67-106.

Marchant, J.H. 1983. *BTO Common Bird Census Instructions*. British Trust for Ornithology, Tring.

Terborgh, J. 1989. *Where Have All the Birds Gone?* Princeton University Press, Princeton.

Gibbs 和 Wenny (1993) 以领域制图研究灶鸟和丽色黄喉地鸫时, 录得只有 50%的灶鸟雄鸟和 65%的丽色黄喉地鸫雄鸟是有配偶的。

Gibbs, J.P. & Wenny, D.G. 1993. Song output as a population estimator: effect of male pairing status. *Journal of Field Ornithology*. Vol.64. pp.316-322.

Robertson 和 Skoglund (1985) 描述领域制图可通过忽略共有种, 在很大的尺度上制图并扩展到覆盖非常大的地理区域。

Robertson, J.G.M & Skoglund, T. 1985. A method for mapping birds of conservation interest over large areas. In *Bird Census and Atlas Studies*. Ed. by K. Taylor, R.J. Fuller & P.C. Lack. Pp.67-72. British Trust for Ornithology, Tring.

Tomialojć (1980) 描述领域制图图形析的注意事项。

Tomialojć, L. 1980. The combined version of the mapping method. In *Bird Census Work and Nature Conservation*, ed. by H. Oelke. Dachverband Deutscher Avifaunisten, Göttingen.

### 3.2.3 鸣声回放调查

适用于许多不易观测的种类调查。

#### 方法

某些种类的鸟只在夜间活动难以看见, 但会对它们歌唱或叫声的录音产生反应。现在已有许多种类的歌唱和叫声的商用录音, 并可拷贝在磁带上。最理想的连续播放声音直到录音机被关掉。歌声可以以手持的扬声器中播出或者可以由安装在汽车上的喇叭播放。

应用放声反应的问题是如果其用得太多, 某些个体或种对其产生适应性(停止反应)。放声反应可以与其它调查方法一起进行, 例如在领域制图或线样带调查时使用。

## 放声反应调查

优点： 缓慢运动的、隐蔽的和只在夜间活动的鸟种能够被发现和调查，而其它方法则容易被忽略。

缺点： 某些鸟种可能对放声形成适应性而失去反应。

偏差： 应当留心确保磁带在一确定的时期内，在所确定的条件下（如一天中的某个时间段）以标准声量广播，不然的话反应将有变化。要确信所用的放声情况被记录下来，否则就不可能准确重复调查。

### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：

Haug 和 Didiuk (1993) 在洞穴鸱研究中沿着样带播放叫声的比不播放叫声多记录 50% 的个体。

Haug, E.A. & Didiuk, A.B. 1993. Use of recorded calls to detect burrowing owls. *Journal of field Ornithology*. Vol. 64. pp.188-194.

Mosher 等 (1990) 研究北美猛禽时发现，当使用放声时，记录率显著地增多。

Mosher, J.A., Fuller, M.R. & Kopeny, M. 1990. Surveying woodland raptors by broadcast of conspecific vocalizations. *Journal of Field Ornithology*. Vol. 61. pp.453-461.

## 3.2.4 个体声音辨别

个体声音辨别 (call counts) 适用于调查稀有种，它们通常难以看见或捕捉。

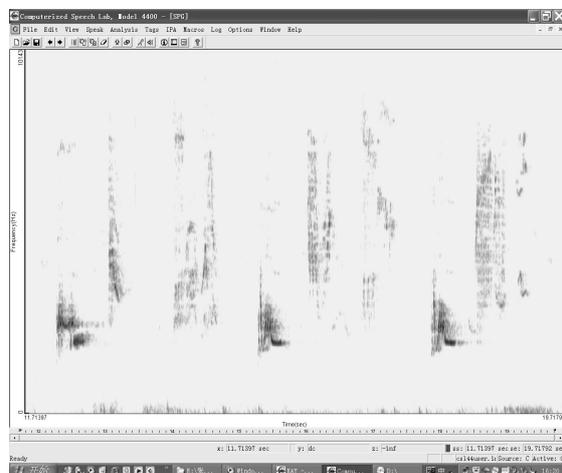
### 方法

广泛的分类学范围中，许多种个体的叫声都有所变化，其在不同年间可能是一致的，这能够用做调查工具。这种方法在野外一般用于调查凭听觉辨识的鸟类，例如雉类、猫头鹰、杜鹃和拟啄木等。



照片五：记录晚间鸟类多以辨识鸟声作为记录的重要途径，图为红角鸮 (摄影: J. Holmes)

也有调查员将个体的歌唱或叫声录音，以有指向性的麦克风接收声音，用电脑软件绘制声谱图 (sound spectrogram)，不同的个体的声谱图可以由一组调查人员直观地区分开。尽管有大量录音并测定声谱图 (sonogram)，但区分个体并不总是可能的。



照片六：褐头鸮鸣唱的声谱图 (来自李海涛, 张洁等, 待发表材料), 详见第五章举例 E。

在区分小种群时，这方法最可能有用，或者在监测小种群存活和运动方面可能有用。对某些种，尽管它们的叫声人听起来可能是一致的，但是叫声可能会随

着种群的地点，年度，季节而产生变化。

### 发现鸟的时间

优点： 这一方法有时常常是唯一可能的方法，并引起最小的干扰。

缺点： 但是要得到高质量的录音是困难的，尤其是当稀有种广泛布时，更是难得多了。

偏差： 用该方法只能调查正在鸣叫或歌唱的鸟（多数是雄鸟），雌性鸟、未成熟的雄性鸟、非繁殖的雄性鸟以及可能在低密度下的雄鸟可能会被错过。因为它们叫的频率较低。

#### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：

Saunders 和 Wooller (1988) 描述鸟鸣声的变化可用作调查工具。

Saunders, D.A. & Wooller, R.D. 1988. Consistent individuality of voice in birds as a management tool. *Emu*. Vol.88. pp.25-32.

Gilbert 等 (1994) 使用更精确的测定声谱图，将每一组声音分的周期和频率，然后再用判别函数分析 (discriminant function analysis) 来区分个体的方法。

Gilbert, G, McGregor, P.K. & Tyler, G. 1994. Vocal individuality as a census tool: practical considerations illustrated by a study of two rare species. *Journal of Field Ornithology*. Vol.65. pp.335-348.

### 3.2.5. 求偶统计

#### 方法

这种方法较少采用。雄性雀鸟在群集展示的表演场所，称为展姿场 (lek / 求偶场 / 炫耀场)。在繁殖季节和白天，大量雄性个体聚集展姿场，而雌性个体也可能出来，但只是为了交配。许多有展姿场行为的种类 (lek species) 的雄性个体出现展姿场的数量高峰，是产卵之前或者经常是黎明之后，或者对只在夜间活动的鸟种正是黄昏之后。

雄性个体一般很少改变它们的展姿场地，如果天气条件适宜的话，在高峰时间计数一次已足够。然而，在进行全面调查之前，先确定一些小展姿场在一天之内、以及适宜的季节内进行调查，以确定鸟种出没的变化情况是很重要的，由此可以确定最适合的调查时间。在多数情况下，由于一般姿场的面积较小，可以直接数算所有雄性鸟类。不过不同的鸟种广泛分布在不同的展姿场，这可能会增加数算的难度。

展姿场经常维持在传统的老地方，但有时也会有新的小型展姿场的出现，要发现新的展姿场其实是很困难的。对某些鸟种，鸣叫的雄鸟可在一定的距离之外听得到，凭着声音可以判断展姿场的位置；在有些情况下，展姿场会有明显的特征（例如压平了的植被、粪便、羽毛等），即使雄鸟不存在也能辨识。

土地使用方式的改变可能会使展姿场周围的环境不太适宜，因此出没在展姿场中的雀鸟将会减少，这并不是表示种群下降，因为鸟可能去了别的展姿场。所以应该在合理的大面积内调查所有姿场以确定种群变化水平是很重要的。仅仅计算传统的旧的展姿场可能会提供错误的结果。

**Sutherland, W.J. (1996)的参考举例:**

Cayford 和 Walker (1991) 描述了雀鸟在展姿场出没的变化。

Cayford, J.T. & Walker, F. 1991. Counts of male Black Grouse *Tetrao tetrix* in north Wales. *Bird Study*. Vol. 38. pp.80-86.

Johnsgaard (1994) 的研究显示，美洲的鸟种中约有 150 种在展姿场展姿，包括多种角雉、鸨、榛鸡、蜂鸟等。

Johnsgaard, P.A. 1994. *Arena Birds: Sexual Selection and Behaviour*. Smithsonian Institution Press, Washington DC.

**求偶统计**

优点： 大多数雄鸟在展姿场地聚集，因此可以在最适时间一次调查计数

缺点： 展姿种的雌鸟一般不明显，且是偶然出现在展姿场，所以不能在展姿场可靠地计数。

偏差： 即使在最适的时间，也还有少数雄性鸟不出现在姿场，年幼的鸟尤其可能不出现，或独自展姿。候鸟在迁徙中也可能在非繁殖地区展姿。

**3.3 水鸟 / 集群鸟类统计**

部份本章提及的方法，可以按实际情况考虑以计算水鸟收量。由于水鸟与林地鸟类不同，它们于开阔地带活动，较为容易数算（秧鸡、鵝等除外）。加上它们很多都明显看到，因此有时不用距离抽样的方式也可计数。不过当它们大群结集 (aggregate) 在一起时，要数算数量就会变相当困难了。

**3.3.1 水鸟统计**

除了数算湿地留鸟、候鸟和迁徙水鸟外 (waterbird counts)，有些地区进行的水鸟调查也会统计“依赖湿地鸟种 (wetland dependent species)”，例如在湿地栖息的猛禽、棕鸟、鸭科鸟类等。此外，数算水鸟的数据是需全年甚至长期性进行的，只取得一次记录并不能代表该地的种群数量，有些鸟是会来



照片七：米埔内后海湾群集的水鸟（摄影：余日东）

往水体与水体之间。例如：

海岸地区： 潮间带、红树林、沼泽、内海湾、鱼塘、盐田等

内陆地区： 淡水沼泽浅水区、湖岸露出水面的地方、湿耕农地（例如稻田）、河道或渠道、以及其它人类活动地方（例如运动场、机场等）

在进行调查前先预备有关调查区的**地图**，以显示：

- 调查区的土地使用或地理状况；
- 调查地区的面积；
- 不同的湿地生境：例如芦苇、滩涂、浅水区、深水区、河道、渠道等，以及这些环境之间的关系；
- 在出发前考虑以何种方式进行调查：以步行方式数算指定滩涂、沙洲或鸟群集中地点；或以船数算某指定的海岸区。重要的是当调查路线选定后，日后每次调查都需要依该路线进行，以便作数据比较。

在海岸地区进行调查，需留意**潮汐高度**，以帮助决定调查方法以及预计接近观察点的时间。由于大部份水鸟都是沿着水边的滩涂活动，而这些地方在低潮时露出水面，面积广阔，观察和准确数算远距离的水鸟是相当困难。在涨潮时，水鸟会接近岸边滩涂集中在一起栖息和觅食，这个时候较容易数算。不过在大潮时，水位高度太高反而导致水鸟不能站立在滩涂上，它们会在岸边多种不同类型的环境休息（例如红树林、稻米、干鱼塘等），有时候这些藏身之处不易察看，就算数算晚栖数字也未必能作准确的比较，应该注意。所以在数算时要在合适的潮汐高度进行。

有些研究会以水鸟作为反映环境素质、鸟类状况和数量趋势的指标，所收集的数据有助决策者考虑保育方案。长期性的水鸟数据也可用作本土性（local）、地区性（regional）以至国家性（national）的生境和鸟类状况的基本资料。于长期性监察方面，例如1987年起由湿地国际统筹的“亚洲水鸟普查”（Asian Waterbird Census）、以及1979年起由香港观鸟会统筹的“米埔内后海湾国际重要湿地水鸟普查”是很好的参考例子。关于详细的水鸟普查方法和应用举例，可参看第五章的“鸟类调查的应用”、以及附录的《湿地水鸟统计简介》。

### **地区选择**

可选择容易前往和数算的地点，以方便全年进行观察，这包括可观察大部份湿地环境的观察点、鸟类晚栖的地点（休息场 / roosting site）和繁殖水鸟群（breeding waterbird colonies）等。

## 数算密度

可按有关调查的目标来决定，越冬鸟、繁殖鸟以及不同种类的鸟的数算密度可以有很大分别，举例说：

- |             |  |
|-------------|--|
| 每年至少一至两次：   | - 燕鸥、鸬鹚、鸛鹬；                                |
| 至少两次或以上：    | - 如要评估湿地对水鸟（留鸟及迁徙鸟）的重要性，至少一次在迁徙中期、一次在繁殖时间； |
|             | - 留鸟、夏候鸟和冬候鸟；                              |
| 随鸟类迁徙而调整次数： | - 春秋迁徙的水鸟（在迁徙开始、高峰和结束）。                    |

## 数算时间

- |               |  |
|---------------|--|
| 如研究个别或数种鸟种：   | 一年一次（不过要准确地安排适当的调查时间：例如孵卵期、换羽、分散、迁徙和越冬）；                                   |
| 如包含大片/几个湿地生境： | 需要在指定时间（连续数天内）或进行同步调查，除非天气恶劣。  |
| 如比较每年或数年间的分别： | 例如鸟种或整体数量、物种丰富程度，可以较简单的方法数算。   |
| 如要比较或排序湿地重要性： | 需要复杂的方法，包括比较各湿地和鸟种数量、密度等各方面资料，有些甚至以系数表示湿地的重要性。例如比较繁殖时间的鸟种丰富度，至少进行三次野外计算工作。 |

## 方法

大部份水鸟都是很容易看见的，并可以单筒或双筒望远镜直接计算数量，进行全面调查（total count）是理想的方法。用这个方法是数算以及辨识观察范围内所有鸟类，是不需要应用抽样方法（sampling）的。全面调查的方法快捷简易，除非调查的水体范围太大或鸟类数量太多，会导致数算时间很长。有些地方会将湿地或水体分成多个区域，在每次调查按次序数算每个区。

数算地点可选择在远处视野广阔的地区。如数算鸟巢或群落繁殖地，可应用拍摄方式。如数算繁殖鸟类，最理想是数算每对数量（breeding pairs），不过这个方法的难度很高，原因是鸟类的繁殖时间有所差别、或者是观察鸟巢的相当困难。如数算较大的繁殖鸟群落的话，当观察者进入繁殖区，会吓鸟类，此时可快速数算每对数量。

如数算鸬鹚，可选择从地面走过，计算被吓起的数量、也有人计算在空中飞过的数量、以及晚栖地数量。如数算小型燕鸥群落，例如燕鸥等，可以船或车等工具，并在繁殖时间进行至少四次计算。如数算鹭鸟林，由于这类型环境有多种鹭鸟繁殖，所以至少要有数个调查人员参与数算工作。

## **数据种类**

所得的数据可以辨别鸟种状况和数量趋势，所以必需认真进行资料收集。进行计数时，需记录各鸟种和它们的数量，数算地点、生境描述也需要记录。一般来说，要留意以下各项：

- 湿地内所有鸟种均需数算；
- 每种鸟的数量尽可能一只一只的数，取得野外的实际结果，而不是约数（约 5000 至 6000 只）；
- 如果是长期性调查的项目（例如亚洲水鸟普查），去年 / 以往曾数算的地方，也需要数算。

其它数据方面也可考虑收集（例如水深、水生植物、水体旁边的植物等）、人为活动（捕鱼、干扰等），有助研究人员参考。

## **数据表达**

水鸟普查所得的结果可以多种不同方法表达，例如数算个别鸟种可带出物种数量、丰富程度和生物多样性；在不同季节和年份收集的资料，可找到重要水鸟的数量趋势，以及可以对鸟种丰富程度和生物多样性做出比较；每月水鸟调查可找出个别鸟种和数量随时间的变化，如有多方面的资料，这也可反映鸟种与环境之间的关系。

### **3.3.2 休息场统计**

适用于调查在群集休息（roosting）的鸟种，特别是涉禽、多数野鸭、鸕鹚种类和某些雀形目的雀鸟。

#### **方法**

许多鸟类共同聚集休息，这些通常都是夜间或者对滩涂生活的鸟种，在它们觅食的地方在高潮时被潮水淹没



照片八：黄昏时鸬鹚群集休息，是数算的最佳时候。  
(摄影：吕德恒)

的时候，会聚集在休息场，因而可以有效地进行数算。

许多鸟种只是非繁殖季节在休息场聚集，不过也有些鸟种（例如群聚性的鸚科鸟，比如寒鸦）在繁殖季节同样会聚集休息，在这种情况下，雄鸟去休息场而雌鸟在孵卵。

当休息场比较小且容易观察时，可以在休息场数算鸟数；当休息场较大或者比较隐蔽时，如在树林中或者在房顶上，最好是数算进入休息场的鸟群（见鸟群中统计），这是特殊情况，当鸟群在黄昏飞进休息场时可以面对天空观察计数，但是一旦到了地面或进入树丛就难以看见。

对某些河口生境，例如盐沼等觅食环境，当这些泥地被潮水淹没时，就可以计数。当所有的潜在取食地完全被特大潮水淹没时就得到更准确的计数。

很多已知的休息场通常是传统和较为熟悉的，每次数算一次已经足够。未知的休息场可以通过在黄昏或大潮时跟踪鸟群的飞行路线而发现，但是某些海岸鸟种可能会在几十公里远的内陆群集休息。

#### 休息场统计

优点：这是最容易计数许多鸟种的方法之一，有些鸟种在其它时间非常分散，故这方法在非繁殖季节特别有用。

偏差：某些休息场非常大，可能有数万至数十万只鸟类，当数算鸟群数量时，大的休息场的鸟种实际数目可能会被低估，尤其是对种群个体较小的鸟种。

### 3.3.3 鸟群中鸟数统计

适用于调查成群的鸟种，特别是涉禽、野鸡和某些雀形目鸟。

#### 方法

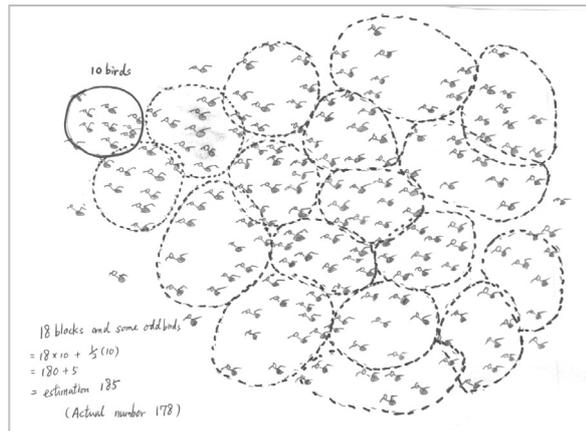
对于鸟数少于百只的鸟群，可以在适当的观察点用双筒望远镜或者单筒望远镜直接数算全部鸟数，这对于大个体的鸟是容易的。但当鸟的数量多、鸟的个体小并且距离较远时



照片九：鸟类成群飞行时，可运用「团数」计数  
(摄影：何万邦)

(例如群在滩涂结集、在晚栖地等), 计数就会变得逐渐困难了。

鸟随时会飞走, 这时可能无法逐只计数。当有大量的鸟, 或者鸟群在运动时, 例如对飞行鸟群, 可运用“团数”计数 (图七), 快捷和有效地尽快掌握一个数字。例如以 10、20 或者更大的数为单位计数而不是数算单个体鸟, 数算时的时候精神要集中, 以避免数到中途受到打扰, 记不清数到哪里、哪一个数字是哪一种等。



图七: 小单位数算大群雀鸟的方法 (团数例子: 实数 178 只, 团数估计 185 只)(图:陈承彦(2000))

数算滩涂的鸟类, 可以用地面标记物将大鸟群地盘分为小组, 以便数算。有研究指出 (Prater 1979) 调查人员通常过高地估计小鸟群 (数百只鸟以内) 的大小, 但过低地估计大鸟群 (数千只鸟)。



图八: 计数器

要是同时有几个人做观察, 可分工合作各数算不同种类。

数算时还可以携带一个小型的计数器 (如图), 以协助数算。用法是以按键方式, 将所观察的个别鸟种数字, 每个单位 (以 5、10、或 50 等为个别单位) 按一下, 最后获得实际鸟数。

#### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例:

Rapold (1985) 报道了在估计鸟群大小上观察者所导致的误差。

Rapold, C., Kersten, M. & Smith, C. 1985. Errors in large scale shorebirds counts. *Ardea*. Vol 73. pp13-24.

#### 鸟群中鸟数统计

**优点:** 这方法常用于非繁殖季节, 与休息场和展姿场数算不同, 鸟群的数算位置不需要传统和广为认识的。

**缺点:** 当有系统地在一地区调查时, 所得数据可能表现出非正常状态的分布 (即很多小区没有鸟, 得到结果是 0, 而少数地区则有大量的鸟), 这种数据在进行统计学分析时会出现一些问题。

**偏差:** 鸟群大小的估计可能出现明显的错误, 每个调查人员的误差程度也不同。鸟群一般有在中央聚集的倾向, 所以在类似的鸟群聚集地的不同的区域将含有不同的鸟数。

### 3.3.4 迁徙鸟统计

适用于调查迁徙候鸟。

#### (i) 昼夜迁徙的鸟

好几种候鸟在它们的迁徙数路线上通过一定的瓶颈 (bottleneck) 地区, 例如猛禽的迁徙便会通过部份沿海岸的障碍、和山脉山脊组成的漏斗状迁徙信道。

由于这些鸟种在一年之中的变化时间常常是广泛地分散着, 所以在瓶颈地区数算是极有效的调查方法, 尤其是当鸟类比较有限时。虽然最完整的调查计数要在整个迁移时期进行, 但某些猛禽种类 80%-90% 的鸟在 2 到 3 周内过瓶颈地区, 而且其迁移日期常常是已知的。

观察方面可以分小队分头寻找观察点 (通常是较高的地面), 观察点之间的距离约 6-8 公里, 是最适合的距离, 以免相同的鸟被不同的小分队同时计数。每个小分队由 1 至 3 人组成, 包括一位鉴别猛禽的专家和一位记录者, 各小分队于每小时计数所能见到飞过的鸟 (不包括由于对流而循环飞行的鸟)。如果一个人数北边、另一个人计数南边、第三个人计头顶上方是很好的办法。较理想的是小分队之间应用无线电对讲机联系, 以免重复数算。在鸟类数量太多而无法计数的地方, 可对飞过的鸟群拍照, 将图像投在屏幕上, 并在照片上计算点类。

#### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例:

Porter 和 Beaman (1985) 描述在 Gibraltar 海峡和 Bosphorus 区 (土耳其) 的瓶颈地区计数鸟类迁徙的数量。

Porter, R.F. & Beaman, M.A.S. 1985. A resume of raptor migration in Europe and the Middle East. In *Conservation Studies on Raptors*. Ed. by I.Newton & R.D. Chancellor. pp. 237-242. ICBP Technical Publication. No. 5.

Smith (1985) 建议可通过拍照方式, 以点算大群迁徙雀鸟的数量。

Smith, N.G. 1985. Dynamics of the transisthmian migration of raptors between Central and South America. In *Conservation Studies on Raptors*. Ed. by I.Newton & R.D. Chancellor. pp. 237-242. ICBP Technical Publication. No. 5.

#### (ii) 夜间迁徙的鸣禽

有很多的候鸟会在晚间迁飞, 其中鸣禽 (passerine) 会以鸣叫以保持联系。这些叫声一般是鸟种类别的特征, 有时在有噪音的背景下常常难以识别各鸟种的鸣声, 不过只要用敏感的麦克风和特定的软件可自然地区分出种类, 并计数夜间通过头顶上方的鸟数。目前这种种技术不能计算飞翔高度在 1 公里以上的鸟, 并且为了监测的目的, 而假定每个鸟种鸣叫个体的比例在飞行时是稳定的, 但实际情况并不是。

另一个研究夜间迁徙候鸟的方法是, 在月夜下的光线时以望远镜数算飞过的雀鸟

影子，这个“月亮观察法”处于月亮与观察者之间较窄的天空图锥体中能见范围的鸟类，并按某些方法计算出迁徙的强度。虽然该方法明显要求是无云的天气，用 10 倍的望远镜在 2 公里远的地方辨别和数算小型鸣禽。

**Sutherland, W.J. (1996)的参考举例:**

- Eastwood (1967)、以及 Alerstam (1990) 提及应用雷达确定候鸟迁徙路线，并同时计算迁徙鸟群的大小。  
Eastwood, E. 1967. *Radar Ornithology*. Methuen, Longdon.  
Evans (1994) 以录音方式区分出迁徙鸣禽种类，并计算它们的数量。  
Evans, W.R. 1994. Nocturnal flight call of Bicknell's Thrush. *The Wilson Bulletin*. Vol. 106. pp55-61.  
Lowery 和 Newman (1996)、以及 Alerstam (1990) 以“月亮观察法”观察天空的鸟类，并以一些计算方法，求出迁徙的强度。  
Lowery, G.H. & Newman, R.J. 1966. A continentwide view of bird migration on four nights in October. *Auk*. Vol. 83. pp547-586.  
Alerstam, T. 1990. *Bird Migration*. Cambridge University Press, Cambridge.

### 迁徙鸟统计

- 优点:** 某些候鸟会成群飞过瓶颈地区，因此可以经济而有效地计数鸟种数量。
- 缺点:** 鸟种鉴别是困难的，特别是对飞得很高和只在夜间迁徙的鸟种。在数算迁徙猛禽时需要大量的调查人员互相配合。
- 偏差:** 天气条件能够改变猛禽飞行位置，所以有可能会错过其飞行的路途。另外观察者的不同经验水平会导致鉴别错误而引起偏差，有时候在大范围的地区会有重复数算的可能，因而导致实际种群高于估计。在中午时某些猛禽迁飞在肉眼不见的高度，一般来说，个体种群迁飞高度的不确定性使得迁移强度计算变得困难。此外，某些候鸟的迁徙瓶颈地区可能会忽略。

## 3.4 物种丰富度方法

物种丰富度 (species richness method) 的方法是数算鸟种后，制作鸟种名单，并从鸟种名单了解该地区的物种程度。这种方法在任何地区、任何调查方法（个别鸟种或多种鸟种）都合用。很多观鸟者进行观鸟旅游时，也不自觉地使用了这个方法，作为个人观鸟记录。以下举一两个较多人使用的数算方法，有关其它的分析方法，可参看第 4.1 章。

### 3.4.1. 发现鸟的时间

#### (i) 遇见比率

这是每单位工作时间发现鸟类的个体或或遇见鸟种比率 (encounter rate)。所得结果不会估算准确的鸟种密度，只会给人有关鸟种数量的印象（例如常见、不常见、普遍、罕有等）。

## 方法

观察者会沿着样线带或观察路线行走，记录沿途所见鸟种。记录方面包含开始和结束的时间，在每单位时间内录得鸟只数或鸟种的数目等。这是快速的方法，例如在山上或前往难以通达的地方时，所得资料又不够用于表达鸟种密度时，这个方法可以表达鸟种的数量概况。

不过在决定鸟种状况前（常见、不常见、普遍、罕有等），要考虑一点是常鸣唱的雀鸟通常较害羞的雀鸟容易辨认，可能导致记录也较多；如比较不同地区个别鸟种时，要留意每个地点的调查时间（如繁殖期）是否一致。

表六：遇见比率纪录表举例（译自 Javed 和 Kaul (2002)）

日期： 开始时间： 能见度： 高度： 线样带/路线长度：		地点： 结束时间： 方向： 坐标： 线样带编号：		生境： 天气： 斜度： 观察者： SJ 第____页			
	鸟种	时间	鸟群数量	生境	性别	年龄*	行为
1	红领绿鹦鹉	0645	2	MF	M	A	树上栖息
2	红臀鹇	0650	1	MF	-	SA	觅食
3	蓝喉蜂虎	0700	4	MF	-	A	树上栖息

MF - 杂生林；M=雄性；A=成鸟；SA=未成年鸟

表七：用于个别地区数据表达方法举例（译自 Javed 和 Kaul (2002)）

地点	鸟类数量	计算时间	鸟数/小时	线样带长度	鸟数/公里
地点 A	2	5	$2/5 = 0.4/\text{hr}$	3km	$2/3 = 0.6/\text{km}$
地点 B	3	2	$3/2 = 1.5/\text{hr}$	2km	$3/2 = 1.5/\text{km}$
地点 C	5	3	$5/3 = 1.66/\text{hr}$	2km	$5/2 = 2.5/\text{km}$

表八：用于个别鸟种的数据表达方法举例（译自 Javed 和 Kaul (2002)）

	地点	月份	见或听到雀鸟数目	鸟数/小时	时间 (小时)	鸟数/小时
1	地点 A	11, 12	0	0	24	$0/24 = 0$
2	地点 B	12	0	0	23	$0/23 = 0$
3	地点 C	12	0	0	10	$0/10 = 0$
4	地点 D	12	4	0.2	45	$4/45 = 0.08$
5	地点 E	12	0	0	10	$0/10 = 0$
6	地点 F	12, 1	0	0	10	$0/10 = 0$

表九：用于多类别鸟种的数据表达方法举例（译自 Javed 和 Kaul (2002)）

鸟种	地点 1	数量/小时	地点 2	数量/小时
红领绿鹦鹉	5	5/hr	2	2/hr
珠颈斑鸠	2	2/hr	1	1/hr
蓝喉蜂虎	0	0/hr	2	0/hr
绿背金鸠	4	4/hr	1	4/hr
红喉鹇	1	1/hr	0	0/hr

## (ii) 发现时间

Pomeroy 和 Tengecho (1986) 描述记录**雀鸟发现时间 (Time Species Count / TSC)**适用于调查多样性的群落，特别是热带雨林中的鸟类，也适用于热带稀树草和半干旱地区的鸟类（所有鸟类组）。

### 方法

这方法可产生相对多度指数，其基于一个最简单的假设之上，即当一个人观察鸟类时，常见的鸟平均最先注意到，而稀少的鸟则需较长的时间才能发现。因此，首次观察到某鸟种所需的时间是其多度的粗略估计值，并可用于种内或种间的比较。

在一段规定的时间内（例如 1 小时）缓慢地在研究地中行走，并记录每个种第一次被看见的时间，一小时内随后又观察到已有记录的那些种的个体忽略不计，如果一个种在首 10 分钟内被发现，给其记分为 6，第二个 10 分钟内记分为 5，第三个 10 分钟内记分为 4 等等以此类推，没有记录的种记为 0。然后再重复进行一小时计数，达 10-15 次，对每一个种计算所有一小时计数的平均值，见表十和十一。

该方法通过设距离带（例如 25 米以内和 25 米以外）或者分数高度带（例如 3 米以下和 3 米以上）记录鸟类会变得更加复杂。

除此以外，另一个较简单的方法是 **MacKinnon List**，这较常用于项目初期决定抽样大小、或需在短时间内比较物种丰富度的分析方法，详见第二章 3.4 节。

表十：以 TSC 方法单次记录的表格举例（转载自 Javed 和 Kaul (2002)）

0-10 分钟	10-20 分钟	20-30 分钟	30-40 分钟	40-50 分钟	50-60 分钟
Yellow-bellied Fantail Flycatcher	White-cheeked Bulbul	Kestrel	Himalayan Tree Creeper	White-crested Kalij	Beautiful Nuthatch
Jungle Crow	Long-tailed Minivet	Strong-footed Warbler	Yellow-rumped Leaf Warbler	Streaked Laughing Thrush	
Collared Bush Chat	Grey Tit	Verditer Flycatcher	Large Hawk Cuckoo		
Slaty-headed Parakeet	Himalayan Griffon		Black Drongo		
Tailorbird	Green-backed Tit				

表十一：以 TSC 方法分析数据举例（转载自 Javed 和 Kaul（2002））

鸟种	第一次 考察	第二次 考察	第三次 考察	总排名得分	平均排名得分	鸟种排名
Yellow-bellied Fantail Flycatcher	6	3	2	11	3.66	12
Jungle Crow	6	6	6	18	6.0	1
Collared Bush Chat	6	4	1	11	3.66	12
Slaty-headed Parakeet	6	4	3	13	4.33	7.5
Tailorbird	6	4	1	11	3.66	12
White-cheeked Bulbul	5	5	4	14	4.66	6.5
Long-tailed Minivet	5	4	4	13	4.33	7.5
Grey Tit	5	5	4	14	4.66	6.5
Himalayan Griffon Vulture	5	3	4	12	4.00	10
Green-backed Tit	5	5	5	15	5.00	4
Kestrel	4	3	2	9	3.00	16
Strong-footed Bush Warbler	4	5	6	15	5.00	4
Verditer Flycatcher	4	6	6	16	5.33	2
Himalayan Tree Creeper	3	5	3	11	3.66	12
Yellow-rumped Leaf Warbler	3	3	0	6	2.0	17
Large Hawk Cuckoo	3	6	6	15	5.0	4
White-crested Kalij	2	0	3	8	1.66	18
Beautiful Nuthatch	1	0	0	1	0.33	20
Streaked Laughing Thrush	2	1	1	4	1.33	19
Black Drongo	3	3	4	1.0	3.33	15

### 发现鸟的时间

**优点：** 该方法具有速度快的优点，常见种一旦看见就被忽略，因此可集中精神去寻找不太常见的种。在所定的时间内可以覆盖合理的大面积，因此增加了获得研究地区较完全的种类名录的机会（与点计数相比）。该方法也较容易做到，不要求事先绘图或者划样带线，对快速评估某研究地是好方法。

**缺点：** 然而，如果研究的兴趣是常见种的密度，那么其不是适宜的方法，同时计数各个种只提供粗略的相对种群多度指数。

**偏差：** 种类的可辨认性变化很大，因此种类间的比较需要小心地解释，在不同生境间的种内比较也是这样。成群生活的种或聚群的种（例如，在果树上）的指数将比在研究区内广泛散布的种的指数低，即它们可能是多度相等。

### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：

Pomeroy 和 Tengecho (1986) 在一规定的时间内对每一个种计算一小时的平均值。

Pomeroy, D. & Tengecho, B. 1986. Studies of birds in a semi-arid area of Kenya. III – The use of “timed species counts” for studying regional avifaunas. *Journal of Tropical Ecology*. Vol.2. pp.231-247.

### 3.4.2. 单位工作量捕获数

主要适用于调查雀形目鸟，特别是森林和灌丛中，但也适用于某些河岸，树木茂密的地方和树冠层中的种类。这个方法所需要一定技能，**在某些国家，进行环志工作之前，需要参与长达数年的训练并申请正式执照，方可进行环志。**下面我们简单介绍这类调查方法，作为参考。



#### 方法

将标准长度和类型的雾网 (mist net / 模糊网) 设置在标准的地点，在相似的条件下定标准的时间周期，该方法可用于监测种群变化、繁殖和存活。有几个方案用每单位工作量的捕获数作监测工具。



照片十：调查人员在捕获的鸟脚上戴上环（摄影：余日东、马嘉慧）

研究地点的选择要满足以下条件：它们至少必须有 9 公顷大小（虽然 20 公顷较好），含有合理的鸟类繁殖种群，距候鸟或迁徙鸟聚集的地方较远，以及主动的生境管理能够确保该生境是维持在较低演替阶段的地方。网的数目和长度将取决于现有的工作力量，不过这必须在年与年间保持一致。

网应设在捕获效率可能最大的地方，如近水体、沿着马路或者在森林的边缘。网每年必须设在完全相同的地方。所有捕获的鸟包括重捕的应该鉴别、辨认年龄、性别，并且没有套环的鸟应戴上环。

这个方法的基本要求是，要使捕获时间、研究点的网数统一标准，简单计算每小时每 10 米长的网捕获的鸟种是不足的，因为使用网数加倍并不能使捕获的鸟数加倍，这是由于一只鸟只能被捕捉一次。同样道理，两次相同的时间捕获也不能使捕获的鸟数加倍，特别是由于这常常意味着更多的网捕会在鸟活动高峰期以外进行。

固定工作网 (Constant-effort ringing) 被广泛应用于研究林区和灌丛中的鸟类，但对调查热带雨林下木层中隐密活动的鸟种也是好办法。

从这些方法中得到的信息有几个用途，首先，可以计算成年鸟种群大小的变化，这或者可能是以捕获到的成年鸟数为基础的简单指数，其中年间的比较以捕获季

节中捕获的个体数为基础，而不管每只鸟被捕住几次；或者可以用“标记重捕法（capture and recapture）方法计算绝对的种群水平变化。其次，通过繁殖季节后期捕获到的幼小与成年鸟的比例可算出生殖指数。最后，通过不同年间重捕的带环鸟可以使计算成年鸟的存活率（survival rate）分析会由固定工作环网而大大简化。这样估计的存活率是最小的，因为某些存活的成年鸟不一定返回原地点，而这里假定其已死亡。一岁以内鸟的存活指数（幼鸟存活率）不容易计算，因为它们常常不返回到出生地进行繁殖。

### 每单位工作量的捕获数

**优点：** 不同于其它调查方法，每单位工作量捕获数可提供生殖和存活的信息。对于那些套环不标准、或用少有的方法进行套环的工作人员来说，固定工作方案是很有用的。这个方法应用于难以观察的生境中（下层密林、森林树冠层、芦苇塘）的鸟类是很有用的。此外，这方法对高重捕率的鸟种是最好的。

**缺点：** 这方法对很多人来说是费时的，研究地点常常不是随机地选择，以及研究地的生境演替可使长期效果混淆。由此其在种群监测上不是最适合的方法。

**偏差：** 由于找到某些适宜放置固定工作环网的地方所限制，这方面的研究点很少是随机分布的，所以年间的变化未必能很好地代表较大尺度的，如国家范围的种群变化。例如，不同年间任何方法的变化，设网地点、网的数量和长度以及网眼大小的变化等，与同生境变化一样都可能导致偏差。此外，某些种可能是“捕获害羞”型（trap-shy）而主动逃避再捕获。

### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：

Berthold 等（1986）描述英国的固定工作点(Constant Effort Sites, CES)进行雾网网捕的方案、以及 DeSante 等（1993）描述德国和奥地利的 Mettnau-Reitz-Illmitz 方案，两个方案都是收集短时期的统计，也同时可收集长期性的种群信息。因此该方法不是简单地给出种群水平的年与年间的变化，而是能够帮助解释这种变化，通过搞清楚繁殖和生存是否可以引起种群变化而解释。这是较高素质的工作者才能使用的方法。DeSante 等（1993）描述了以 MAPS 的详细方法，例如捕获时间、研究点、网数的统一标准等，其中许多是从 CES 方法中发展而来的。

Berthold, P., Fliege, G., Querner, U. & Winkler, H. 1986. The development of songbird populations in central Europe: analysis of trapping data. *Journal of für Ornithologie*. Vol.127. pp.397-437.

DeSante, D.F., Burton, K.M. & Williams, O.E. 1993. The Monitoring Avian productivity and Survivorship (MAPS) program second (1992) annual report. *Bird Populations*. Vol.1. pp.1-28.

Meyers 和 Pardieck（1993）调查树冠层中的鸟种，这种情况下需要用滑轮或可伸缩的铅干将网升高到离地面数米高。

Meyers, J.M. & Pardieck, K.L. 1993. Evaluation of three elevated mist-net systems for sampling birds. *Journal of Field Ornithology*. Vol. 64. pp.270-277.

Munn（1993）用射击吊环链钩系统发射到林冠层 45 米高的地方，然后用滑轮将雾网展开。

Munn, C.A. 1993. Tropical canopy netting and shooting lines over tall trees. *Journal of Field Ornithology*. Vol. 64. pp.454-463.

Ormerod 等（1998）利用网捕方法监测河岸种类（例如河乌、普通翠鸟和灰鹊鸂），并结果表明与这些种的实际多度吻合性很好。

Ormerod, S.J., Tyler, S.J., Pester, S.J. & Cross, A.V. 1988. Censusing distribution and population of birds along upland rivers using measured ringing effort: a preliminary study. *Ringing and Migration*. Vol.9. pp. 71-82.

Pollock 等 (1990), Lebreton 等 (1992) 和 Clobert 等 (1987) 在计算存活率方面已发展了一些更精确的方法

Clobert, J., Lebreton, J.D. & Allaine, D. 1987. A general approach to survival estimation by recaptures or resighting of marked birds. *Ardea*. Vol.75. pp.133-142.

Lebreton, J., Burnham, K.P., Clobert, J. & Anderson, D.R. 1992. Modelling survival and testing biological hypothesis using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs*. Vol. 62. pp.67-118.

Pollock, K.H., Nichols, J.D., Brownie, C. & Hines, J.E. 1990. Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs* No. 107.

### 3.4.3 标记重捕法

适用于调查广泛范围的种类。

#### 方法

捕获的鸟用个体标记法标记，而从重捕获的部份中用各种不同的分析技术得到种群大小的估计值是可能的。

有些文献记载标记重捕法的基础是假设研究者在种群中捕获了一组动物样品，标记后放回，让标记动物与种群其它个充分混合后重取一组样品，有理由认为标记动物在第二组样品中所占比例与所有标记动物在整个种群中占的比例相同。这一思想可以用符号表述如下：如果  $n_1$  是第一次标记并放回的动物数， $n_2$  为第二次样品中的动物数， $m_2$  为第二次样品中标记过的动物数， $N$  为种群总数，那么有  $m_2/n_2=n_1/N$ 。很明显  $n_1$ 、 $n_2$  和  $m_2$  都是已知的， $N$  可计算出来。所有标记——重捕获的方法均依赖于这一基本思想，尽管大多数留下来的动物可能在几种场合下都被捕获并标记，加上要考虑实际是否适合再捕获的情况。



照片十一：脚部系了旗标的翻石鹬  
(摄影：张浩辉)



照片十二：在鸭类使用的颜色标记  
(摄影：余日东)

如果标记在一定距离内可以看见或能探测得到，那么再捕捉可能就没有必要了。在这章节，我们尝试将这种再次获得的记录的方法收录的结果也简单归类为重捕获。

除了 3.4.2 提及的方法外，调查人员也会利用到颜色标记 (如旗标、翅膀标记、

颈圈标签等)(见照片十二)、以及一些较先进的科技如无线电遥测(radio tracking)或卫星追踪(satellite tracking)。由于捕获和标记可能影响动物行为(甚至影响它们的成活),这样可能造成种群大小计测的偏差,所以,应尽量使用依赖于自然物征的分辨方法,避免捕获方法。有时可采用折衷的方法,即研究者标记动物的标记易辨认(例如旗标 leg-flag),而不需要再捕获动物就能被辨认出来。不过这亦一定的危险性,就是标记物有可能被忽略、或标记物太明显而增加了动物被捕食者捕猎的可能性。

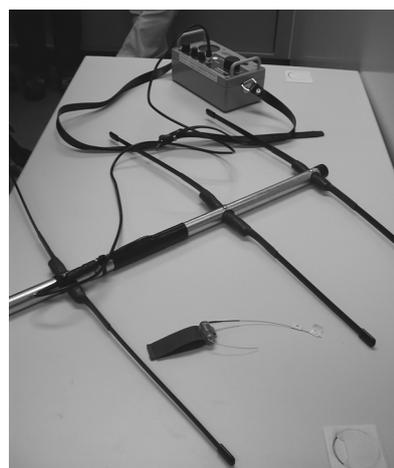
标记也假设不影响动物死亡率和行为,对这一假设必须小心,因为如果标记确实对动物有影响,则种群估测值会有严重的偏差。此外,动物对捕获工具的反应也应顾及,有些动物一旦被捕捉可能会变成“捕获器—恐惧(trap-fear)”型,不愿意再次进入,并避免或完全离开捕获器放置地点。有些动物则成“捕获器——喜欢(trap-happy)”型,尤其是当捕获器有诱饵时。这两种反应有的是暂时性的,有些则是永久性的。这些因素,都会影响研究人员在进行种群估计并出现很大的偏差。

与3.4.2一样,捕捉鸟类并标记它们要求很多训练,在许多国家都要求研究人员有执照或获相关部局许可方可进行。

### 无线电遥测技术

无线电遥测(radio-telemetry 或者 radio-tracking)是通过在动物身上安装小型无线电发射器,然后利用接收装置来接收其发射的电波,以确定动物在不同时间的位置并收集有关行为等方面的信息。无线电遥测技术用于回答野生动物“在哪里”(位置或者活动区);“怎么样”(生理及存活);“在干什么”(行为等问题)。相比于环志技术,无线电遥测可以说是一种“主动的标记(active tag)”,并不依赖于标记个体的再发现,而是研究者主动获得位点数据;因此能够在较大的地理尺度上应用,而且可以每日监测研究动物的活动,环志技术测得的是直线距离,而无线电遥测则更能反映研究对象的实际的运动轨迹。

无线电遥测的设备包括,无线电发射器(tag 或 transmitter)、无线电接收器(receiver)和天线



照片十三:无线电追踪器进行黑脸琵鹭(上图)或黄喉噪鹛(下图)生境使用调查(摄影:余日东、周家礼)

(antenna) (见照片十三上图)。

无线电发射器包括电路，电池，发送天线和附属部件。由于微电子技术的发展，电路部分可以做的很小，它负责发送高频的信号 (Very High Frequency, VHF)。一般英国常用的波段是 173MHZ，而美国常用的是 216MHZ。电池占据了发射器重量的主要部分，它提供了发射信号的能量，也决定着发射器的寿命。发射器的电池具有体积小，容量大的特点。发射器的重量从 300mg 到几十克都有，寿命也从一周到数年。一般来说，电池越大，发射器越重，使用寿命也越长。选择多重的发射器由研究对象的重量决定。太重的发射器会影响动物的正常活动，因此发射器的重量控制在动物体重的 2%-5% 为宜。发送天线的作用是发出信号。附属部件可以将发射器固定在动物身上。固定的方法主要有背袋法 (backpack)、颈圈法 (necklace)、尾夹法 (tail-mount)、腿夹法 (Leg-mount) 等。安装发射器应保证不影响动物的正常行为，又使发射器不容易在工作时间内脱落。因此，安装发射器需要谨慎地操作，研究者可进行预实验和培训来提高安装的成功率。



照片十四：腿上系上无线电发射器的黑脸琵鹭 (摄影：吕德恒)

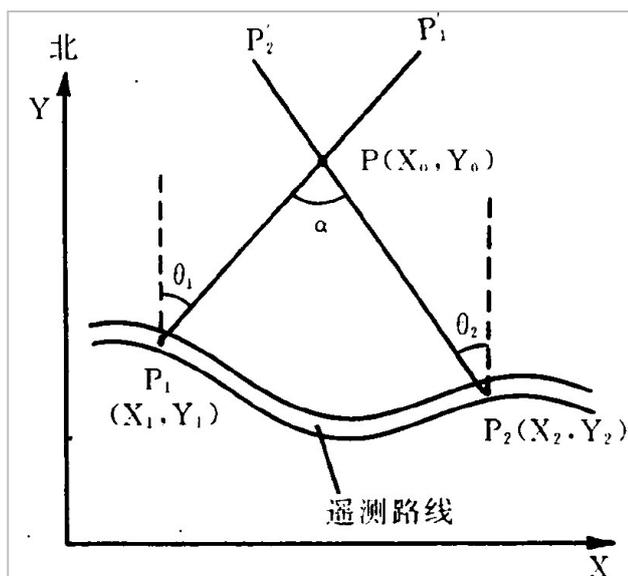
接收机用于接收和放大信号，来测定信号的强度和方向。它自身包括电源，频率选择按钮，频率微调钮，音量调节钮，信号强度显示表盘等基本组成。美国、英国、日本都生产专门用于野生动物遥测的接收器。

天线与接收机相连，同样用于接收和放大信号。目前常见的天线主要是波道天线，亦称“Yagi”天线。当天线杆对着发射器的方向时，接收机监听的信号最强；当天线远离时则信号减弱。

无线电遥测定位的基本原理是三角形定位法。定位时，研究者不行或者乘坐交通工具，以天线搜寻动物的信号。可用一台接收机短时间内或者两台接收器同时在两个合适的地点探测发射机信号最强的方向，并记下该方向的方位角  $\theta_1$  和  $\theta_2$  (计为北偏东角度值)。设两个定位点在某一设定的平面坐标系下的坐标  $P_1 (X_1, Y_1)$  和  $P_2 (X_2, Y_2)$ ，则两条方向线的交点即为被遥测动物的位置  $P$ ，根据几何学原理求出动物所在位置的坐标为  $(X, Y)$ ：

$$X = [X_2 \operatorname{tg} \theta_1 - X_1 \operatorname{tg} \theta_2 + (Y_1 - Y_2) \operatorname{tg} \theta_1 \operatorname{tg} \theta_2] / (\operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg} \theta_2)$$
$$Y = [X_2 - X_1 + Y_1 \operatorname{tg} \theta_1 - Y_2 \operatorname{tg} \theta_2] / (\operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg} \theta_2)$$

通过无线电遥测的数据可知道动物在定位时刻所处的位置。收集一组无线电数据，还可以通过一定的分析软件来计算动物活动区（home range）或领域（territory）的面积，测得动物移动距离、移动速度等重要的数据。所以，无线电遥测是研究动物空间利用和活动的方便工具。研究者还可以通过无线电遥测，接近动物观察其行为。特别是研究那些活动隐蔽的鸟类或者研究繁殖期鸟类的行为，可以相对容易的接近标记个体。此外，无线电遥测还可以研究鸟类的存活率、种群数量，加装感受器的发射器也可用于研究鸟类的飞行和活动节律。



图：无线电遥测的三角定位原理  
（转载自丁长青，1994）

无线电遥测是非常强大的研究工具，在鸟类研究多个领域都发挥着重要的作用。但是无线电遥测的费用昂贵，例如：接收装置（接收器、天线）的价格在上千元人民币，单个发射器的价格近千元，而且无线电遥测需要一定样本量的标记动物才有意义。这样算下来，需要很高的研究预算。另一个方面，无线电遥测涉及到捕捉鸟类，为鸟类安装发射器等操作，应该既保证安装的发射器不要给动物造成伤害和行为上的影响，又要安装牢靠，这的确需要一定的训练。在遥测过程中，根据研究的目的，鸟类的活动习性，研究区的地形和植被，研究计划要做周密的设计，遥测过程中也会遇到各种的问题，这些都需要经验和摸索。

如果观鸟者从事鸟类无线电遥测的研究工作，可向有经验的研究者请教，在设计和实施过程中，需要极大的慎重。此外，观鸟者有机会参与到研究者的无线电遥测工作中，通过参与，学习无线电遥测方法，不断积累工作经验。

关于更多无线电遥测的实例，请见第五章举例J。

### 标记重捕法

缺点： 实践中，很少用标记重捕法估计鸟类种群大小，因为对大多数种来说，捕获足够多的数量的样品是困难的，并且有许多误差来源。由于大部份鸟种容易被观察，所以采用其它方法一般较好。

偏差： 所有方法要求众多假设成立，但在实践中很少是这样的。

#### **Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：**

Bibby (1992) 提供了多个鸟类追踪研究的方法。

Bibby, C.J., Burgess, N.D. & Hill, D.A. 1992. *Bird Census Techniques*. Academic Press, London.

BTO (1984) 英国鸟类责任会的工作手册对捕获和环志技术作了很好的综述，可供环志员参考。

BTO. 1984. *Ringers Manual*. British Trust for Ornithology, Tring.

#### **无线电遥测的参考举例：**

Kenward R.E. 2001. *A manual for wildlife radio tagging*. London: Academic Press.

#### **对于无线电遥测技术的详尽介绍：**

郑光美 1995. 鸟类学。北京：北京师范大学出版社。

丁长青 1994. 无线电遥测在鸟类研究中的应用。生物学通报. 1994 年第 29 卷第 7 期。

### **3.4.4 计数鸟粪**

适用于调查野鸡类和猎鸟种类。

#### **方法**

确定取食的雉类分布可能是非常费时间的，因为它们常常成群取食，而鸟群又频繁地在生境之间活动。在某些情况下，每天都需要观察以确定鸟群去过哪些地点。要克服这一困难，简单的方法是在每一地点计数鸟粪数。单一的计数可以提供相对的估测，但如果小区有规律地清理，可以得到更准确的估测。

为了这样做，首先有必要确定粪便在分解并变得相互不能区分、或者完全不能分辨之前能保持多少时间。用竹棒标记新鲜的粪便，然后在一定时期内每天观察以确定其裂解之前有多长时间。当下雨或者有可能被踩踏时，其不可避免地裂解得更快。随后将竹棒随机在鸟取食之地设置一些点（如果种类合理一致，20 个地点可提供好的样品），并计算鸟群出没后的鸟粪数。为方便数算，必须将距竹棒一定半径范围内的所有粪去除，在野外测量半径的最简单方法是用一定长度的线绳拴在竹棒上。

随后在这样一段时间后，重访该地观察这段期间所生产的粪便，并数算每一随机竹棒半径以内圆圈中的粪便数量，那么单位面积每天生产的平均粪便数就可以由计数的粪便数、清理和计数之间的天数、每一图形小区的面积计算出来。如果需要的话，这一整个过程可以重复进行。

这些数据只能提供不同地点被使用的程度的相对估测，虽然它们可以被转为“鸟一天 (bird-day)”数，通过估计该种产生粪便的速率计算转化。这技术要观察鸟的臀下 10-15 分钟，如果观察的鸟转了方向或者被线被阻挡，则观察另一只鸟。排粪速率也可能随在鸟群中的位置而变化。因此，为了得到平均产粪速率，观察应在整个鸟群中选择进行

猎鸟也有稳固和可辨认的粪便，这在调查逃避的森林雉鸡（pheasant）时特别有用。在一时期搜寻中，粪便存在与否或沿样带所现的粪便数是经常使用的方法。

### 计数鸟粪

优点： 在调查逃离的森林雉鸡和确定地点被野鸟使用情况时，这是很有用的方法。

缺点： 某些地点可能有几种鸟出现过，区分它们的粪可能是困难的。

偏差： 大雨和踩踏能够引起粪便分解，而使计数粪便更困难。

### Sutherland, W.J. (1996) 的参考举例：

Owen (1971) 提供用点计数鸟粪数来估测鸟群出没状况。

Owen, M. 1971. The selection of feeding sites by White-fronted Geese in winter. *Journal of Applied Ecology*. Vol.8. pp.905-917.

### 参考资料

Bibby, C., Jones, M. and Marsden, S. 1998. *Expedition Field Techniques: Bird Surveys*. Expedition Advisory Centre. Royal Geographical Society. United Kingdom.

Javed, S. and Kaul, R. 2002. *Field Methods for Bird Surveys*. Bombay Natural History Society; Department of Wildlife Sciences, Aligarh Muslim University, Aligarh, and World Pheasant Association, South Asia Regional Office (SARO), New Delhi, India.

Sutherland, W.J. 1996. *Ecological census techniques: a handbook*. Cambridge University Press. 336pp

陈承彦（2000）湿地水鸟统计简介。国际鸟盟亚洲委员会。日本东京。