

截线法对西藏盘羊种群数量的估计

朴仁珠

(黑龙江省野生动物研究所, 哈尔滨, 150040)

Q959.842

A

摘要 1987~1990年间, 采用截线抽样法对西藏盘羊的种群数量及分布进行了全面调查。结果在1550 km样线上遇见99头盘羊。由此资料, 以傅立叶级数表达其探测函数, 估计出了盘羊在西藏分布区内的平均分布密度为 0.0820 ± 0.0097 头/ km^2 , 即每12 km^2 约有1头, 而波动在0.0121~0.3671头/ km^2 之间, 并依此确定的10.5万 km^2 的栖息面积计算, 西藏盘羊的种群数量为 8630 ± 1021 头。目前, 盘羊群平均数下降为5~6头/群, 亟待保护。

关键词: 盘羊, 分布, 数量, 截线法, 西藏, 种群数量, 偶蹄目,

ESTIMATION OF POPULATION SIZE OF ARGALI SHEEP IN TIBET BY LINE TRANSECT SAMPLING

Piao Renzhu

(Institute of Wildlife of Heilongjiang Province, Harbin, China, 150040)

Abstract From 1987 to 1990, the distribution and the population size of argali sheep (*Ovis ammon*) were investigated in Tibet. 99 sheepes were detected in a line transect sampling of 1550 km. From these data, the density of the sheep was estimated as 0.0820 ± 0.0097 sheepes/ km^2 and it varied from 0.0121 to 0.3671 sheepes/ km^2 , by using the Fourier Series Model as a detected function. The population size was about 8630 ± 1021 individuals in about 105 302 km^2 habitat of Tibet. The flock of the sheep was consisted of 5~6 sheepes.

Key words: argali sheep, distribution, population size, line transect sampling, Tibet.

盘羊 (*Ovis ammon*), 属偶蹄目、牛科。体长达180 cm, 体重可达150 kg。雌雄均具角。雄兽以其角粗大呈螺旋状而区别于其它羊类。世界上, 盘羊主要分布在西伯利亚南部、俄罗斯中东部, 蒙古, 中国北部的新疆, 青海, 内蒙古, 四川, 陕西, 甘肃, 西藏和喜马拉雅地区。盘羊是高山、荒漠的典型栖息动物。盘羊的经济价值很高, 其肉鲜美可做佳肴; 真皮柔韧可制革; 其血角、肺、睾丸均可入藏药。因此, 它曾是各分布区内的重要狩猎动物。此外, 盘羊与绵羊杂交, 可改良绵羊品质, 又因其体魄魁梧, 角状雄伟奇特、颇具观赏价值。

盘羊曾广泛分布在青藏高原非林山地之中, 但近几十年来, 盘羊种群数量一直呈下降

趋势。为保护、研究和恢复这一种群,在深入研究其生态习性的同时,准确查清其分布区域及种群数量无疑是十分重要的。有些分布区应在保护基础上适当开展对外狩猎则更需确切掌握其分布数量及动态变化以保证当地资源的持续利用和发展。为此,作者在 1987~1990 年间进行西藏珍稀野生动物资源考察时,重点调查统计了盘羊的分布及种群数量。现报道统计结果。

1 调查地区及自然概况

本次珍稀动物调查遍及整个西藏自治区的实际管辖区域。其中,盘羊调查路线 1550 km。盘羊调查区域大约在北纬 $28^{\circ}\sim 35^{\circ}50'$,东经 $79^{\circ}\sim 92^{\circ}$ 之间。这一区域在动物地理上属古北界、青藏区,羌塘高原和藏南山地小区。其它地区被证实为无盘羊分布。

盘羊分布区的海拔平均 4000 m 以上,但相对高差只有 200~500 m,很少超过 1000 m。全分布区主要为低山丘陵和山谷盆地,还包括部分高山雪峰地貌、呈现出高原草原和高山荒漠景观,唯藏东南河谷和雅鲁藏布江流域出现部分草甸草原或高山草甸。整个分布区植被极度缺乏,且处处呈现高山裸岩不毛之地。主要植被有紫花针茅(*Stipa purpurea*)、垫状蚤缀(*Arenaria musciformis*)、硬叶苔草(*Carex moorcroftii*)和垫状驼绒藜(*Ceratoides compacta*)等。

整个高原气候干旱、多风,寒冷、日温差很大。北部年均温 -10°C ,年降水量 50 mm 左右;南部地区年均温达 3°C ,年降水量在 300 mm。

羌塘高原和藏南山地面积广大,江河纵横,又多湖泊,水源附近不乏绿洲,加之,食肉类天敌较少,人类干扰破坏较轻等,使这里成为盘羊等有蹄类的适宜栖息地。

2 调查方法及计算公式

本次调查采用了 Burnham^[1]的截线抽样法,即在已知边界、面积为 A 的区域内让长度为 L 的截线,随机地步行,驱车或骑马通过境内所有不同生境,记录所遇见的动物个体数 n 及其到截线的垂直距离 X (图 1)。 n 及 X 值均可用肉眼观察到,必要时可借助 10~60 倍望远镜观察和直接用米尺丈量,但经训练后均可目测。有了以上数据就可以用下列公式估计这一截线区域内的种群分布密度 $\hat{D}$:

$$\hat{D} = n/2 La \quad (1)$$

其中 a 为有效宽度的一半,其值由下式计算:

$$a = \int_0^w g(x) dx$$

式中 W 是实际截线宽度或最大观测宽度之 $1/2$ 。 $g(x)$ 是探测函数,是被探测物体在截线垂距 X 上被发现的条件概率。按 $g(x)$ 的定义 $g(0)=1$,且

$$\frac{1}{W} \int_0^w g(x) dx = \frac{a}{W}$$

$\frac{a}{W}$ 可以理解为一头动物在截线观测范围内被发现的平均概率^[2]。

若令概率密度函数 $f(x)$ 为

$$f(x) = \frac{1}{a} g(x)$$

则

$$\int_0^w f(x) dx = \frac{1}{a} \int_0^w g(x) dx = 1$$

特别地

$$f(0) = \frac{1}{a} g(0) = \frac{1}{a}$$

∵ $g(0)=1$, 即截线上($\alpha=0$)及其附近的个体永远被全部发现。

由此, 公式(1)变为

$$\hat{D} = n \cdot f(0) / 2L \quad (2)$$

其中 n 为期望动物数。实践中可以用一次调查新遇见的动物数来代替^[2]。

$f(0)$ 有不同的估计方法而可适用于多种情形。目前有负指数分布, 半正态分布, 幂级数分布, 修正 β 分布, r 分布。反逻辑斯谛分布和对数二次分布等参数方法, 也有多项式回归, 傅立叶级数法, Cox 法, 截舍直方图法, 刀切法和保序回归法等非参数方法^[1]。

本文根据盘羊在高原的随机分布特点及其探测函数的递减规律, 并反复试验不同探测函数, 最后确定采用傅立叶级数法, 即用傅立叶三角级数的诸展开项来表示概率密度函数 $f(x)$:

$$f(x) = \frac{1}{W} + \sum_{k=1}^m [a_k \cos(\frac{k\pi x}{W}) + b_k \sin(\frac{k\pi x}{W})]$$

由于所求密度 $\hat{D}$ 只与 $f(0)$ 有关, 且 $\sin(0)=0$ 故正弦项及系数 b_k 不必去求得。同理 $f(x)$, 只考虑 0 到 W 之间的值。

于是, 首先估计 0 点的概率密度函数

$$\hat{f}(0) = \frac{1}{W} + \sum_{k=1}^m \hat{a}_k \quad (3)$$

其中系数 a_k 估计为

$$\hat{a}_k = \frac{2}{mW} \left[\sum_{i=1}^m \cos \frac{k\pi x_i}{W} \right], \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

为方便起见, 往往把 $2/W$ 值取为 a_0 ^[1]。

为减少 $f(0)$ 和 $\hat{D}$ 的估计偏差, 一般增加展开项数 m , 但随着 m 的增加 $f(0)$ 和 $\hat{D}$ 的样方方差也随之增加, 即交替出现小偏差和大方差。为求得两者的统一, 一般利用下列停止规则:

$$\frac{1}{W} \left(\frac{2}{n+1} \right)^{1/2} \geq |\hat{a}_{m-1}| \quad (5)$$

在一般运算中, m 选择 6 项即能满足有关要求。

随后估计样方方差和协方差。方差估计为

$$\text{Var}(a_k) = \frac{1}{n-1} \left[\frac{1}{W^2} (\hat{a}_{2k} + \frac{2}{W}) - \hat{a}_k^2 \right], \quad k \geq 1 \quad (6)$$

协方差由下式估计

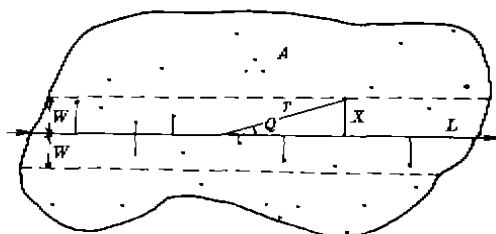


图 1 截线抽样法示意图

W : 宽度, L : 长度, r : 斜距, Q : 斜角

Fig. 1 Illustration of line transect sampling method

W : width, L : length, r : slant length,

Q : oblique angle

$$\text{Cov}(a_i, a_j) = \frac{1}{n-1} \left[\frac{1}{w} (\hat{a}_{i-1} + a_{i-1}) - a_i a_j \right] \quad k > j > 1 \quad (7)$$

由(3)式可知, $f(0)$ 是前 m 项系数 a_i 之和加上一常数 $\frac{1}{W}$ 。显然, $f(0)$ 的样方方差就是所有 a_i 系数的样方方差与协方差之和, 即

$$\text{Var}(f(0)) = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m \text{Cov}(a_i, a_k) \quad (8)$$

这是一个巨大的矩阵, 但 m 不大时, 运算并不困难。设 $m=3$ 时, 其矩阵为:

$$\begin{bmatrix} \text{Var}(\hat{a}_1) & \text{Cov}(\hat{a}_1, \hat{a}_2) & \text{Cov}(\hat{a}_1, \hat{a}_3) \\ \text{Cov}(\hat{a}_2, \hat{a}_1) & \text{Var}(\hat{a}_2) & \text{Cov}(\hat{a}_2, \hat{a}_3) \\ \text{Cov}(\hat{a}_3, \hat{a}_1) & \text{Cov}(\hat{a}_3, \hat{a}_2) & \text{Cov}(\hat{a}_3) \end{bmatrix}$$

也就是说, $\text{Var}(f(0))$ 不过是 9 项之和。

最后, 由所得 $f(0)$, 利用公式(2)即可计算出所需 D 。

需要时, 以给定的较小概率 α , 估计出密度的置信区间:

$$D = \hat{D} \pm t \sqrt{\text{Var} \hat{D}} \quad (9)$$

以所得密度 D , 乘以相应栖息面积即作为种群数量:

$$N = D \cdot S \quad (10)$$

3 研究结果

盘羊对生境选择较苛刻, 仅分布在比较开阔的高原草地或高山荒漠, 且有少量积水或小溪涓滴而植被条件较好的地方。盘羊多具较固定的取食地和休息处。且世代相传很少迁往他地。盘羊多营集群生活。但目前由于猎捕过度已很少能见到数十只或上百只大群体, 而多为几只的小群体, 甚至单独个体者已多见(表 1)。

据这次调查, 目前盘羊在西藏的分布区主要集中在藏北高原和藏南谷地。此外, 在班公错南部, 文部及亚东岗巴一带有小面积分布。以上 5 个分布区, 除极个别地区可能还有极少联系外, 业已相互分离。北部藏北高原分布区面积较大(约 7 万 km^2), 主要包括日土、革吉、改则北部、双湖及安多西北部。此分布区在改则县东部向南狭长延伸并可能与藏南各地分布区有微弱联系。藏南谷地分布区大约包括 1.55 万 km^2 的面积, 含仲巴、萨噶、措勤北端和昂仁北部。文部分布区向东南弧形延长包括申扎北部的分布区。这一分布区面积虽超过 1.7 万 km^2 , 还位于上述两分布区之间, 但已被隔绝, 面积大有收缩趋势, 应格外注意保护。亚东分布区包括康玛县, 岗巴东部和亚东北端, 面积只有 5000 km^2 。目前遇见率虽不低, 但局限于固定的小范围内, 若不加保护很有绝迹危险且因距其它分布区遥远和业已完全隔绝, 极难再度恢复。班公错分布区业已与北部分布区断开, 遇见率极低, 已达无法计算其密度的濒危境地(图 2)。

由所见 99 只盘羊, 分为 18 群计算, 盘羊目前在西藏的群平均数只达 5~6 只/群, 且大有下降趋势。这是种群数量下降的突出表征之一, 应引起充分注意。

表 1 西藏自治区盘羊种群数量统计表 (1990 年)

Table 1 Density and population size of Argali sheep (*Ovis ammon*) in Tibet

序 No.	县名 County	地点 Place	时间 Date	海拔 (m) Elevation	生境 Habitat	L (km)	X (m)	n	D	S	N
1	亚东	正古	1/6	4300	高原草原	110	525	23	0.3671	1151	423
2	萨噶	如角	16/7	4400	"	52	200	1	0.0121	3872	47
3	康玛	打惹	9/9	4370	"	83	300	5	0.0658	2114	139
4	岗巴	苦玛	12/8	4300	丘陵	168	800	12	0.0830	1828	152
5	仲巴	群加	3/7	4500	"	108	1300	8	0.0777	4392	341
6	仲巴	隆格尔	9/7	4600	草原	100	1000	13	0.1063	3590	382
7	改则	沙门雄	9/9	4550	"	58	800	2	0.0229	7761	178
8	改则	洞错	23/8	4400	"	97	3000	10	0.0439	12980	570
9	日土	热角	7/9	4900	"	105	300	2	0.0338	13393	453
10	革吉	盐湖	5/10	4800	"	110	400	2	0.0242	9971	241
11	双湖	南山	7/9	5400	"	48	1000	16	0.2683	19250	5165
12	文部	当穹	8/8	5300	高原草原	108	450	1	0.0241	13000	313
13	措勤	夏康坚	9/10	5400	"	165	300	1	0.0203	1320	27
14	申扎	西南	15/7	5050	"	45	850	1	0.0132	41.00	54
15	安多	扎曲	25/6	4880	"	98	500	1	0.0226	4250	96
16	昂仁	措麦	21/7	4700	"	115	500	1	0.0212	2330	49
17	合计 Sum					1550		99	0.08195 ±0.0097	105.302	8630± 1021

根据这次野外调查资料,利用傅立叶级数计算其 $f(0)$ 且估计整个分布区内的盘羊平均分布密度为 $\bar{D}=0.0820\pm0.0097$ 头/ km^2 ,最高密度达 0.3671 头/ km^2 ,最低密度为 0.0121 头/ km^2 ,密度分布表现出较大波动。即每 83 至 2.7 km^2 (平均 12. km^2) 有 1 头盘羊。此密度较毗邻的喜马拉雅地区的 1~1.2 头/ km^2 [3] 低 12 倍左右。

不过,只因盘羊在青藏高原的绝对分布面积较广,达 105.302 km^2 。全西藏盘羊种群数量为 8630 头±1021 头,其中绝大多数分布在藏北高原的双湖(5165 头),改则(748 头)和日土(453 头)一带,占总数量的 77.7%。藏南各地约分布 900 头,占总数量的 10% 左右。其余约 8% 分布在亚东一带(700 多头),约 4% 分布在申扎一带(370 头左右)。

4 讨论

截线抽样法是目前在动物数量调查中较先进的方法。它所提出的理论和公式都有大量的实际例子和较严密的数学推理过程,包括一些有效的检验方法。但截线法并不能适合于所有不同生境、所有不同动物。从文献上看,对泊松分布的情形研究得较多。盘羊分布在其分布区内基本合乎泊松分布或依其群体较个体分布更合乎泊松分布(群体数不稳定时更如此),故作者采用了截线抽样法。当然还有一个重要理由是西藏多为高原开阔景观,能够直接观察到动物实体,而不是别的间接指标。截线法的关键在于正确地选择其探测函数 $g(x)$ 或其概率密度函数 $f(x)$ 。遗憾的是,事先很难准确地判定某一动物在某一地区某种生境中的探测函数究竟合乎什么递减规律或用怎样的数学式来表达它。因此,在实际应用中,一般多采用试验法,即选择多种可能的表达式来分别试验之,视其相关系数或复相关系数,若有检验公式依其检验结果,选定较客观地反映问题的那一表达式。本文即效仿这种作法,采用计算机、依野外调查所得之资料,建立数据库,选择 9 种不同探测函数并输入

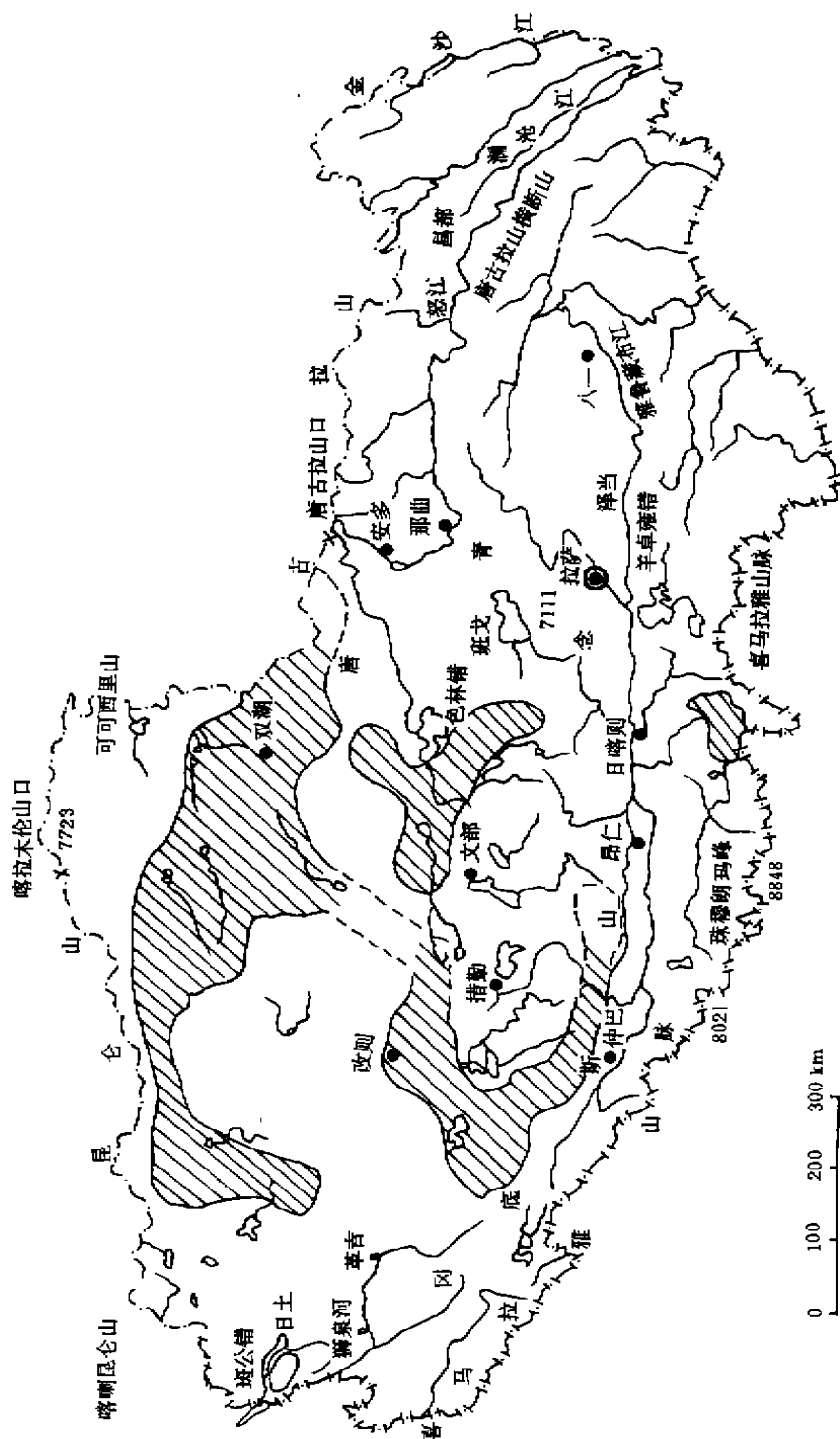


图2 西藏盘羊分布图 (1990)
Fig. 2 Distribution of Argali Sheep (*Ovis ammon*) in Tibet

运算之。结果唯傅立叶级数表达式更贴近实际，故选用之。

截线法要求调查时尽可能取得不同垂直距离的信息量，或者说，某一垂直距离内遇到更多个体数不如在不同垂直距离内部能遇到动物，哪怕遇见数较少也如此。这一点同一般样带法或样线调查法有些不同。这也为截线法的应用和取得较理想的结果带来些困难。显然，垂直距离是影响概率密度函数的最关键性变量因素。因此，要求准确测量每个垂直距离的大小。但在实际调查中，很难做到对每个被遇见的个体都进行实地米尺丈量。而经一定训练后，以目测为准。这可能是产生调查误差的主要原因之一。目估的准确性同调查者的素质，疲劳程度，天气情况，阴晴，光照强弱，顺逆光，动物背景等均有关。因此，调查时要根据实际情况适当修正观测值以更加符合实际是至关重要的。另外，即便是一种动物，在同一地区，还有性别，大小及习性上的某些差异。这些都能影响探测函数进而左右调查精度。因而要在实际调查中尽可能将调查误差降低到最低程度，以提高调查精度。

参 考 文 献

- 1 Burnham K P, Anderson D R. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildl. Monogr.* 1990, No. 72
- 2 陈华豪. 哺乳类动物数量调查中的截线抽样法与逆向截线法. 兽类学报, 1987, 7(1): 58~66
- 3 Schaller G B. Mountain monarchs. Wild sheep and goats of the Himalaya. Univ. Chicago press, XViii+425pp