

# 海北藏系绵羊种群结构及其出栏 方案最优化的探讨\*

董全

(中国科学院动物研究所)

皮南林

(中国科学院西北高原生物研究所)

许新宜

(中国水利水电科学院水资源研究所)

孙儒泳

(北京师范大学生物系)

## 摘 要

配置畜群结构是管理畜牧生产最重要的工作之一。目前我国普遍存在着畜群结构不合理的现象。藏羊是我国第二大绵羊品种,其生产管理落后,种群结构普遍不合理。为组织合理生产,本文用系统分析的方法对藏羊种群结构进行了研究。首先,根据实地调查研究,作者构成了一个矩阵模型,以描述藏羊种群的性别年龄结构状态:

$$N_{t+1} = AN_t - BU_t$$

其中 $AN_t$ 反映羊群的自然变动情况, $U_t$ 是人为控制量。

然后,以最大羊产品收获为目标,以牧草资源和种群平衡态为限制条件,本文构造了一个线性规划模型,用以计算最优藏羊种群结构及其出栏方案:

$$\text{Max } Z = \sum c_i U_i + \sum d_i N_i$$

$$\text{s.t. } \sum g_i N_i \leq G$$

$$a_{35_1} N_{5_1} + a_{35_2} N_{5_2} - U_1 - N_3 = 0$$

$$a_{45_1} N_{5_1} + a_{45_2} N_{5_2} - U_2 - N_4 = 0$$

$$a_{5_3} N_3 - U_3 - N_{5_1} = 0$$

$$a_{6_1} N_4 - U_4 - N_{6_1} = 0$$

$$a_{5_5_1} N_{5_1} + (a_{5_5_2} - 1) N_{5_2} - U_5 = 0$$

$$a_{6_6_1} N_{6_1} + (a_{6_6_2} - 1) N_{6_2} - U_6 = 0$$

$$a_{75_1} N_{5_1} + a_{75_2} N_{5_2} + a_{76_1} N_{6_1} + a_{76_2} N_{6_2} + (a_{77} - 1) N_{77} - U_7 = 0$$

$$C_i, d_i, g_i, a_{ij}, U_i, N_i \geq 0$$

除了给出模型这个研究种群结构问题的方法之外,本文使用线性规划模型,利用作者在青海省门源县风闸口地区调查测定的数据,通过计算机,算出了该地最优藏羊种群结构及其出栏方案。在最大能量收获的目标下,最优结构应为,67.80%的繁殖母羊,28.36%的后备母羊,3.84%的种公羊和后各种公

\* 本文是董全在北京师范大学生物系的研究生论文。工作期间受中国科学院西北高原生物研究所高寒草甸生态系统定位站研究项目资助。指导教师除孙儒泳、皮南林外,还有夏武平教授。

羊。相应出栏方案是每年秋季出栏全部羯羊羔和老弱羊, 并且出栏 33.17% 的成年母羊。在这种方案下, 按现有羊只生产能力, 出栏率可提高到 52.79%, 平均从每百公斤牧草中收获合 11.72 千卡能量或 3.65 公斤活重的羊产品。

在自然放牧的畜牧业中, 草场是可再生性资源, 牧畜既是生产手段, 又是产品。在人的管理下, 牲畜从草场摄取能量和物质, 通过本身的再生产, 提供出产品。因此, 畜群的构成体现着生产结构, 配置畜群结构是组织管理生产的最重要工作之一。

目前, 我国普遍存在着畜群结构配置不合理的现象。这使得畜牧生产出栏率低, 周转率低和效能低。在绵羊生产中也普遍存在着种群结构不合理的现象。改变不合理的种群结构是当前发展绵羊生产的重要途径。但是, 对于绵羊最适种群结构问题的研究报道尚少, 仅见有尹长安 (1981) 用黄金分割法对滩羊种群结构进行了在无约束条件下单变量分析的研究。

近年来, 系统分析和各种最优化技术的发展, 为人们提供了综合研究生态、经济和农业等各方面复杂问题的有力工具。但目前国内用于畜牧生态方面的最优化模型尚属少见, 在国外, 最优化技术正在越来越广泛地用于农业和生态管理的研究中。Van Dyne 等 (1970、1975、1980)、Swartzman 等 (1972) 和 Arnold 等 (1975) 曾从不同角度综述了这方面的进展, 但尚未见到对种群结构最优化研究的报道。

藏系绵羊 (简称藏羊) 是青藏高原畜牧业生产中特有的主要的品种, 为我国第二大绵羊品种。我们在实地调查的基础上, 把藏羊生产过程视为一个物质生产的动态过程, 一个可定量描述, 可计算模拟, 可人为控制的过程, 使用系统分析的方法, 构造多变量的羊群结构数学模型, 然后引入线性规化的方法, 以经济和生态效益为目标, 根据实测参数, 研究在草场资源限制和种群平衡态限制下的藏羊种群最优结构配置, 相应的最优出栏方案及其收益, 为探讨合理发展生产的新途径, 提供理论依据。

## 一、藏羊种群模型

### 1. 种群动态模型

本文中的种群结构是指某一生产单位的整个羊群的性别年龄组成。令  $t$  表示时间, 以年为单位。令  $i$  表示各性别年龄组的序号, 参照生产习惯,  $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ , 依顺序分别代表母羔 (不足 1 龄), 羯羊 (不足 1 龄), 后备母羊 (1 龄), 1 龄羯羊, 繁殖母羊 (2—7 龄), 成年羯羊 (2—7 龄) 和老弱羊 (8 龄以上老羊或弱羊) 这些组。值得在这里加以说明的是, 还有少量种公羊, 其数量与同龄母羊成正比, 也常放于母羊群中放牧, 本文把它们并入母羊组计算。这样, 可令  $N_{i,t}$  表示第  $t$  年第  $i$  组羊只数量, 可令  $U_{i,t}$  表示第  $t$  年第  $i$  组羊只出栏的数量, 根据生产习惯,  $N_{i,t}$  在该年年底, 即在秋季屠宰后冬季产羔前取值。但特别需要加以说明的是, 羔羊活到取值时满 1 龄, 算做 1 龄羊只, 因此取值时两个羔羊组的数量  $N_{1,t}$  和  $N_{2,t}$  为零, 故而这两个组在模型中不存在。各性别年龄组间的关系可用分室图表示, 见图 1。

$N_i$  表示第  $i$  组羊只数量;  $U_i$  表示第  $i$  组羊只的出栏数量; 其中  $U_1, U_2$  是不足 1 龄的羔羊出栏数量;  $A_{i,j}$  表示从第  $j$  组出来, 流向第  $i$  组的羊只数量,  $A_{i,i} = a_{i,i} N_i$ ;  $M_i$  表示第  $i$  组羊只自然死亡的数量,  $M_i = m_i N_i$ ;  $A_{3,5}$  和  $A_{4,5}$  为母羔和羯羔繁活的数量, 虚线表示第 5 组羊

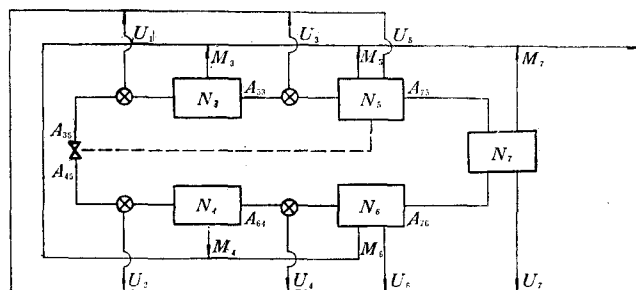


图1 藏羊种群各性别年龄组的关系

只不流入第3、4组。

用数学公式写出各组间的数量关系，可把图1用方程组表示如下：

$$\begin{aligned}
 N_{3,t+1} &= a_{35}N_{5,t} - U_{1,t} \\
 N_{4,t+1} &= a_{45}N_{5,t} - U_{2,t} \\
 N_{5,t+1} &= [a_{53}N_{3,t} - U_{3,t}] + [a_{55}N_{5,t} - U_{5,t}] \\
 N_{6,t+1} &= [a_{64}N_{4,t} - U_{4,t}] + [a_{66}N_{6,t} - U_{6,t}] \\
 N_{7,t+1} &= a_{75}N_{5,t} + a_{76}N_{6,t} + a_{77}N_{7,t} - U_{7,t}
 \end{aligned} \quad (1)$$

在(1)中， $a_{35}$ 和 $a_{45}$ 分别是将进入1龄组的存活母羔或羯羔占繁殖母羊的比例。在生产中是年终统计的幼年羊的繁殖成活率； $a_{53}$ 和 $a_{64}$ 分别是1龄母羊或羯羊进入成年组的比率，由于1龄羊（除死亡外）长到2龄就全部进入成年组， $a_{53}$ 和 $a_{64}$ 分别相当于存活率，即 $a_{53} = 1 - m_3$ ， $a_{64} = 1 - m_4$ 。这里 $m_i$ 为第*i*组的平均年死亡率； $a_{55}$ 、 $a_{66}$ 和 $a_{77}$ 分别是成年繁殖母羊，成年羯羊或老弱羊留在本组的比率， $a_{55} = 1 - a_{75} - m_5$ ； $a_{66} = 1 - a_{76} - m_6$ ； $a_{77} = 1 - m_7$ ； $a_{75}$ 和 $a_{76}$ 分别是老弱成年母羊或羯羊的老弱化比率，当这里的 $m_i$ 、 $a_i$ 取用从调查统计资料中计算出来的经验常数时，方程组(1)是线性的。

方程组(1)亦可用矩阵和向量表示为

$$N_{t+1} = AN_t - BU_t \quad (2)$$

其中 $N_t$ 表示整个羊群状态， $A$ 是状态转移矩阵， $AN_t$ 反映了羊群本身自然发展变化的情况。 $BU_t$ 则是人为控制量。若为了实现某预定目标，欲求最优 $N_t$ 和 $U_t$ 时，可以利用方程(2)构成最优化模型。

## 2. 线性规划模型

草场上的牧草资源是当前发展畜牧生产的最主要的限制。为使问题简化，假设：草场的年牧草可供食量恒定。牧草可供食量是指草场在年复一年地持续放牧中不出现退化的情况下，草场上可供羊采食的牧草量。这个假设可近似地反映许多草场牧草可供食量变化不大的情况，反映全年自然放牧不贮草的情况。

在恒定的牧草资源限制之下，研究哪种恒定的羊群结构状态最好，最能为人们持续地提供尽量多的利益，这对生产有明确的指导意义。这个问题构成了一个有约束条件的最优化问题。恒定的羊群结构状态，即羊群的平衡态，也就是： $N_{t+1} = N_t$  (3)

把(3)代入(2)，可以去掉变量的下标，使得：

$$N = AN - BU \quad (4)$$

这构成了最优化问题中的部分约束条件, 另一部分约束条件是恒定的牧草可供食量限制, 即:

$$G \geq \sum g_i N_i$$

$G$  是年牧草可供食量,  $g_i$  是第  $i$  组羊只的个体平均年采食量。

最优化的目标是最大的羊产品收益, 即:

$$M_{\max} Z = \sum c_i U_i + \sum d_i N_i \quad (6)$$

其中  $c_i$  是表示第  $i$  组羊只的出栏收益的系数;  $d_i$  是表示第  $i$  组存栏羊只带来的收益的系数。  $g_i$ 、 $c_i$  和  $d_i$  是常数, 因此, 方程(4)(5)(6)都是线性的。这个问题可以用线性规划的方法来求最优解。下面写出完整的线性规划方程式:

$$\begin{aligned} M_{\max} Z &= \sum_{i=1}^7 c_i U_i + \sum_{i=3}^7 d_i N_i \\ \text{s.t. } G &\geq \sum_{i=3}^7 g_i N_i \\ N_3 - a_{35} N_5 + U_1 &= 0 \\ N_4 - a_{45} N_5 + U_2 &= 0 \\ (1 - a_{55}) N_5 - [a_{53} N_3 - U_3] + U_5 &= 0 \\ (1 - a_{66}) N_6 - [a_{64} N_4 - U_4] + U_6 &= 0 \\ (1 - a_{77}) N_7 - a_{75} N_5 - a_{76} N_6 + U_7 &= 0 \\ c_i, d_i, a_{ij}, g_i, U_i, N_i &\geq 0 \end{aligned}$$

为了避免(7)中的倒数第三式中的  $U_3$  与  $U_5$  交换, 和倒数第二式中的  $U_4$  与  $U_6$  交换而生产的误差, 作变量替换, 令:  $N_5 = N_{5_1} + N_{5_2}$

$$\begin{aligned} N_6 &= N_{6_1} + N_{6_2} \\ N_{5_1} &= a_{53} N_3 - U_3 \\ N_{5_2} &= a_{55} N_5 - U_5 \\ N_{6_1} &= a_{64} N_4 - U_4 \\ N_{6_2} &= a_{66} N_6 - U_6 \end{aligned}$$

这样的变量替换实际上是把初产母羊( $N_{5_1}$ )同经产母羊( $N_{5_2}$ )分开, 以单独一组来计算其羔羊的繁殖成活率和本身存活率等; 同理也把 2 龄羯羊同成年羯羊分开, 单作一组计算。同时相应的  $c_i$ 、 $g_i$ 、 $d_i$  和  $a_{ij}$  也各自分开计算。经过变量替换实际计算所用的线性规划方程是:

$$\begin{aligned} M_{\max} Z &= \sum_{i=1}^7 c_i U_i + \sum_{i=3,4,5_1,5_2,6_1,6_2,7} d_i N_i \\ \text{s.t. } G &\geq \sum_{i=3,4,5_1,5_2,6_1,6_2,7} g_i N_i \\ a_{35_1} N_{5_1} + a_{35_2} N_{5_2} - U_1 - N_3 &= 0 \\ a_{45_1} N_{5_1} + a_{45_2} N_{5_2} - U_2 - N_4 &= 0 \\ a_{5_1 3} N_3 - U_3 - N_{5_1} &= 0 \\ a_{6_1 4} N_4 - U_4 - N_{6_1} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_{5_2 5_2} N_{5_1} + (a_{5_2 5_2} - 1) N_{5_2} - U_5 &= 0 \\
 a_{6_2 6_1} N_{6_1} + (a_{6_2 6_2} - 1) N_{6_2} - U_6 &= 0 \\
 a_{7 5_1} N_{5_1} + a_{7 5_2} N_{5_2} + a_{7 6_1} N_{6_1} + a_{7 6_2} N_{6_2} + (a_{7 7} - 1) N_7 - U_7 &= 0 \\
 c_i, d_i, g_i, a_{ij}, N_i, U_i &\geq 0
 \end{aligned}$$

在具体计算各参数值时, 为了估计得更准确, 在  $d_i$  和  $g_i$  中计入了自然死亡羊只的收益和采食量; 在  $N_{5_1}$  和  $N_{5_2}$  的系数中计入了不足 1 龄的羔羊采食量和剪毛收益。上述各参数的计算公式是:  $d_{5_1} = l_1 a_{3 5_1} + l_2 a_{4 5_1} + l_{5_1} (1 - m_{5_1}) + f_{5_1} m_{5_1}$

$$d_{5_2} = l_1 a_{3 5_2} + l_2 a_{4 5_2} + l_{5_2} (1 - m_{5_2}) + f_{5_2} m_{5_2}$$

其他各组:  $d_i = l_i (1 - m_i) + f_i m_i$

$$g_{5_1} = g'_{1 3 5_1} + g'_{2 4 5_1} + g'_{5_1} (1 - m_{5_1}) + h_{5_1} m_{5_1}$$

$$g_{5_2} = g'_{1 3 5_2} + g'_{2 4 5_2} + g'_{5_2} (1 - m_{5_2}) + h_{5_2} m_{5_2}$$

其他各组:  $g_i = g'_i (1 - m_i) + h_i m_i$

其中  $l_i$  是剪毛收益,  $f_i$  是自然死亡的收益。  $g'_i$  是实测的各组个体采食量,  $h_i$  是自然死亡羊只采食量。这样, 羊群全年采食都被计算进去了。

公式(8)为本文给出的确定藏羊种群最优结构及其最优出栏方案的线性规划模型。这个模型也可用于其它绵羊品种。

## 二、线性规划模型的应用

运用上述线性规划模型, 输入必要参数和计算程序上计算机运算, 就可得出平衡藏羊种群最优结构(简称最优结构)及其相应的最优出栏方案(简称最优出栏)和相应的收益。线性规划计算程序较常见, 变量不很多时, 微处理机即可计算。我们使用 M-160H 型计算机, 调用其数学副程序库 MSL II 中的修正的单纯型法的程序, 进行计算。

### 1. 数据来源

1)  $c_i$  和  $d_i$ : 羊产品所含的热能值是可以衡量比较各类羊产品的统一量度值。本文在目标函数中选用各组羊只个体所含热能值作收益系数  $c_i$  和  $d_i$ , 计算总收益。 $c_i$  根据作者所测的各组羊只活重值原始记录, 皮南林等(1980)所测的藏羊混合体组织风干样热能值和奈格凌(1965)给出的不同龄羊只身体含水率来计算;  $d_i$  根据作者测定的各组产毛量及热能值的原始记录计算, 自然死亡羊只的收益按产毛量计算。

2)  $g_i$ : 采用作者所测的采食量原始数据计算。

3)  $G$  根据青海省草原工作站(1977)提供的海北州冬春草场与夏秋草场比例, 把 10 万亩草场分成冬春草场与夏秋草场两部分。各季产草量取自杨福囤等(1982)。以金露梅灌丛草场代表夏季草场, 以矮蒿草草甸和垂穗披碱草草甸代表冬春季草场。参考《中国植被》和 Johnson 等(见 Odum, 1971)的 10 年载畜量试验结果, 略留余量, 定出在草场不出现退化情况下牧草在枯黄期, 返青期和生长旺盛期的可供食率分别为 0.5、0.4 和 0.4。用各季牧场面积与该季产草量和可供食率相乘, 乘积之和为 10 万亩草场的牧草可供食量。

4)  $a_{ij}$  和  $m_i$ : 统计自青海省门源种马场三大队。

作者测定各项数据的工作于1980—1981年在设于青海省门源种马场内的中国科学院西北高原生物研究所海北高寒草甸生态系统定位站进行。 $c_i$ 、 $d_i$ 、 $g_i$ 、 $h_i$ 、 $G$ 、 $a_i$ 和 $m_i$ 的值可参见附录 I。

## 2. 计算结果

利用上述数据计算出各年龄组羊只最优存栏数, 最优出栏数和总收益, 进而就得出了最优结构及其出栏方案和单位收益。由于最优结构及其出栏方案是本研究的重点, 我们在表 1 表 2 和表 3 中分别给出最优结构, 最优出栏或单位收益, 而把各组最优存栏数, 出栏数和总收益列在附录 II 之中。在表 1、表 2 和表 3 中, 羊群结构用年底取值时藏羊群中各年龄组所

表 1 藏系绵羊种群最优结构

性别年龄组	1 龄♀	1 龄♂	成年♀	成年♂	老弱	总和
最优结构%	29.49	0	70.51	0	0	100
参照结构%	18.36	16.94	45.24	19.46	0	100

表 2 最优出栏方案

性别年龄组	幼♀	幼♂	1 龄♀	1 龄♂	成年♀	成年♂	老弱	总出栏率
最优出栏%	0	100	0	0	32.73	0	100	52.80
参照出栏%	0	0	0	0	26.66	81.96	100	31.30

表 3 收 益

收益类型	能量 (千千卡)		活重 (公斤)	
	每亩收益	每百公斤牧草收益	每亩收益	每百公斤牧草收益
最优结构与出栏	7.26	11.72	2.25	3.65
参 照	5.77	9.31	1.92	3.10

占百分比表示; 出栏方案用各组出栏数占出栏时该组存栏数的百分比表示; 总出栏率也用百分比表示; 它是各组出栏数之和 (总出栏数) 除以年底取值时总存栏数的商; 收益以从单位草场或牧草量中得到的能量或生物量收获来表示。

在各表中还给出了根据戴亚英等调查的青海省现存羊群结构状况, 假设其他参数相同时所计算出的羊群结构, 相应出栏和收益。以此做为参照去估计最优结构及其最优出栏所能带来的增益。

表 1 表明, 为使羊产品能量收获最大, 藏羊种群结构应为: 繁殖母羊占 70.51%, 后备母羊占 29.49%。而其它各组年终存栏数为零。值得在这里重提的是, 这两组母羊中均包括有 1/26 的同龄种公羊。这样, 年终最优羊群中只保留供持续极大再生产所必需的繁殖母羊和更新繁殖母羊所需的后备母羊。

表 2 中列出了对应于表 1 最优结构的最优出栏。这个出栏方案是出栏 100% 的羯羔和老

弱羊,再出栏 32.73%的繁殖母羊,但不出栏母羔和 1 龄母羊。这样的总出栏率可高达 52.80%,是参照的出栏方案的总出栏率的 1.69 倍。同时繁殖母羊还可以加快周转。

采用最优结构和最优出栏所得的收益列于表 3 之中,为每亩草场上收获合 7.26 千卡能或 2.25 公斤活羊的羊产品;或者说从每百公斤牧草中收获合 11.72 千卡能或 3.65 公斤活重的羊产品。畜产品的能量和生物量转化效率分别为 2.51% 或 1.82%〔羊体含水率以 50% 计算,参见奈格陵 (1965)〕。比参照结构和出栏增收 26% 的能量或 17% 的活重。

根据最优存栏数(附录 II),可以计算出,在上述最优结构和最优出栏下,上述草场牧草可供食量的载畜能力约为 9 只羊/百亩。只有当实际载畜量相当于这个载畜能力时才能得到最大收益,同时不使草场退化。从附录 II 可以看出草场对最优结构下羊群的承载能力略低于对参照结构下羊群的承载能力。

### 三、讨 论

1. 上面列出的计算结果能给我们什么启发呢?首先根据模型计算结果,比较参照结构和模型所得出的最优结构,可以得到如下结论:如果能于每年秋季屠宰全部幼羯羊,并屠宰 32.73% 的成年母羊,代之以参照结构中不屠宰一只当年幼羊,只屠宰成年羊;亦即把参照结构(1 龄♀ 18.36% 1 龄♂ 16.94%; 成年♀ 45.44%; 成年♂ 19.46%) 改变为模型所得出的最优结构(1 龄♀ 29.41%, 成年♀ 70.51%),就能使每亩能量收益由 5.77 千卡,提高到 7.26 千卡,提高 26%。这就是说,在草场资源和各龄羊只生产能力不变的情况下,根据模型计算,仅依靠实现正确的出栏方案和选择合适的羊群结构就可以提高藏系绵羊的生产。

实施正确的出栏方案和选择合适的羊群结构提高生产的生态学理论基础在于:(1)种群结构的年轻化:老弱羊只全部屠宰,在每年的牧草生长季节,有大量不足 1 龄的幼羊进入草场,进入羊群,并且在秋季又都被屠宰,从而使种群的年龄结构更加年轻化。(2)种群中母羊比例增加(雌性化程度提高):最优结构中只有 1 龄母羊(29.49%)和成年母羊(70.51%),母羊是“生产性”的,繁殖由它们来进行(当然为进行繁殖,需要有种公羊。正如模型开始时已交代,种公羊计入母羊群之中)。加大母羊比例有利于提高再生产能力。(3)种群周转率加快:高出栏率与高的再生产力相平衡。按照模型计算,要达到这个年轻化、雌性化和周转快的最优结构所应采取的措施是:(1)当年秋季屠宰全部幼羯羊。(2)幼母羊不当年屠宰,屠宰 32.73% 的成年母羊。

其次,这个模型所得出的结果,进一步从种群生态学的理论上证明了一些畜牧工作者一再提倡的发展肥羔生产的合理性(任继周,1978;青海省畜牧兽医学会和畜牧业经济研究会 1982 年年会纪要)。它的生理学基础在于:羊在生长过程中,第一年生长速度最快(体重可增长到成年羊只的 50% 左右),以后羊的生长速度逐年降低,维持消耗越来越大。特别是每到冬季,由于牧草条件不好,羊不但不长膘,反而常常要丢膘,这造成了大量非生产性牧草消耗,成老年羯羊越多,这种非生产性消耗越大。这就是现在的屠宰方案和畜群结构不合理,在生态学上表现出“低生产性”的原因。实际上,本研究就是从上述作者所提出的发展肥羔生产的观点得到的启示,并以种群生态学为指导和以数学模型研究为方法,去证明这些作者的观点,但本研究工作不仅从生态学上支持了从事肥羔生产的合理性,并且定量地对最优羊群结构和最优出栏方案进行了探讨。

如前所述，尹长安曾对滩羊最优羊群结构进行过研究。本文中最优结构的繁殖母羊比例，大于尹长安文中的滩羊的比例。这种不同是由多种因素造成的，如羊品种、生产方向、约束条件等。本文的优点在于，明确地描述了各性别年龄组之间的关系；在数学模型中包括了牧草可供食量这一最不可忽视的限制条件；使用了统一的收益量度，便于明确地进行优劣比较。

根据本模型计算的收益是2.25公斤/亩。相当于近3个畜产品单位/亩。就我们所知，现有可供比较的可靠生产统计数值并不很多，根据1981年青海省肉产量（中国农业年鉴编委会，1982）和青海省草原工作站（1977）提供的青海省可利用草场总面积，青海省平均肉量约为0.25斤/亩；根据王春荣（1980）的工作，青海省铁卜加草改站的羊群生产为5.24个畜产品单位/亩；而甘肃天祝高山草原站实验生产为7.24个畜产品单位/亩（甘肃省科学技术情报所，1979）。这些数字相差很大，有的低于本模型预测值，另一些又高于预测值。从理论上讲，模型估计的数值应为实际情况相符才能证实模型的价值。但反映“实际”的现有统计数值，有的高、有的低，甚至难以选择可供比较的。我们认为，这里存在着许多不可比因素，诸如品种，草场产草量，放牧管理水平，产品折算过程等都可能不同，还有统计值本身的可靠程度。因此，本文用固定其它因素，采用相同参数计算的方法，只比较羊群结构差异对出栏数和收益的影响。按本计算模型，最优结构的估计收益是参照结构收益的

$$1.26 \left( \frac{7.26 \text{千千卡/亩}}{5.77 \text{千千卡/亩}} \right) \text{ 或 } 1.17 \left( \frac{2.25 \text{公斤/亩}}{1.92 \text{公斤/亩}} \right) \text{ 倍。}$$

2. 上述计算结果是建立在两个模型的基础之上的。研究羊群结构要先描述羊群状态。但对于藏系绵羊种群结构的研究尚未见报道。为此，本文先在第一节构造了一个藏羊种群模型。藏羊生产受到本身自然再生产过程和人们对生产管理的制约。因此，描述生产羊群状态的数学模型也由两部分组成。一是自然再生产过程；另一是人对于羊群数量的直接管理，也就是出栏羊只，这形成了羊群数量的人控减少过程。增长与减少这两项过程的总和表现为种群动态。这样的描述与对野生动物的一般模拟是不同的。另外，不同性别的家畜的经济价值和生产作用不同，人们在生产中对于不同性别的家畜分别对待，因此描述畜群结构不能仅考虑年龄结构，而必须同时考虑性别结构和年龄结构。基于这些考虑，本文先构造了上述羊群模型，作为一种描述羊群结构状态的方法。

在上述羊群模型的基础上，本文考虑限制绵羊生产发展的主要因素——牧草资源，构造了线性规划模型，为合理组织生产提供了一种方法。线性规划是帮助管理人员恰当地使用紧缺资源的一种数学方法，特别适用于有一项目标和若干个决策变量，决策变量之间存在着线性相互关系和决策者行为受到某种限制的问题。线性规划可求出确切解，多数情况下可求出唯一解；利用计算机进行线性规划计算，快速准确；通过线性规划的灵敏度分析，还可以了解各系数和各变量的变化对收益和解的影响。利用上述种种优越性，本文力求用线性规划模型较深入地研究畜群结构组织问题。由于本模型所反映的羊群各性别年龄组间的关系和牧草对羊群发展的限制，在绵羊生产中具有普遍性，因此，本模型亦可广泛应用于其它地区。

本模型把一些因素对实际生产的影响隐含在模型参数之中。模型计算的结果取决于这些参数。不同的生产单位，实际生产中反映这些因素影响的参数值不同，则最优结构也会不同。对一个具体的生产单位来说，所取的参数越真实、越符合单位实际情况，根据计算结果作生产决策收益越大。



3. 上述模型还有什么优缺点呢? 目前国内多以个体羊只在不同年龄时消耗牧草量和增加体重来计算生产效率。这样的计算没有考虑维持羊群再生产的需要, 从而往往会过高估计肥羔生产的增益。本文的线性规划模型从平衡态出发, 计算了维持羊群再生产的需要, 以出栏羊只计算整个羊群的生产效率, 这比个体羊只的比较更合理, 也更有意义。

本文中的最优结构和出栏用相对数表示。可以证明, 如果其他参数不变, 仅改变牧草可供食量值, 最优结构和出栏的百分数不变。因此, 用相当对数值表示最优结构和出栏的应用意义更大。

至于最大收益, 它不仅取决于最优结构, 也取决于载畜量。载畜量与草场载畜能力相符才能收益最大。草场对不同结构的畜群的负载能力不同。利用本文的模型, 根据牧草可供食量和各性别年龄组牲畜采食量可以直接计算出最优存栏数和出栏数, 也就得出了最优结构和载畜能力。

本模型是确定性的线性离散型模型, 虽然这种模型简单、易算、易解, 便于进行参数分析。但模型中隐含着参数不变的假设, 同时也没有把随机因素考虑进去。因此进一步发展出非线性模型或对模型实行随机化, 具有一定意义。本文的线性规划模型仅仅是在平衡态下求最优, 生产的发展也将要求进一步对动态作最优化分析。

本线性规划模型只考虑羊群对牧草资源的利用, 优化目标取能量值衡量, 在经济上是否可行则还取决于对各项经济因素的考虑, 如经济成本、价格等。这有必要做进一步研究。

在草原上, 不同的畜种组合决定着草场上供羊食用的牧草量, 因此进一步研究畜种结构的最优化问题, 也是很有意义的。

本线性规划模型假定牧草年可供食量恒定, 没有考虑牧草可供食量在一年之内的分配与羊群需要是否平衡。因此进一步发展出季节型模型, 求得分季最优结构和最优出栏是更有意义的。对此我们将作另文报道。

一切模型研究, 都应通过实践检查其真实性, 精确性和普遍性。从这个意义上讲, 本研究有待于进一步在生产中检验和发展。

#### 附录 I 计算所用数据

##### 1 $C_i$ 值各组出栏羊只的热能值 (单位: 千千卡)

组号 $i$	1	2	3	4	5	6	7
热能值 $C_i$	100.6	112.6	135.5	158.6	172.2	171.9	181.4

##### 2 各组存栏羊只收益的热能值 $l_i$ , 采食量 $g'_i$ , 死亡羊只采食量 $h_i$ 和死亡率 $m_i$

项 目	组号: $i$	1	2	3	4	5 <sub>1</sub>	6 <sub>1</sub>	5 <sub>2</sub>	6 <sub>2</sub>	7
$l_i$ : 千千卡		1.87	1.45	3.54	5.88	5.07	5.62	3.77	6.55	3.09
$g'_i$ : 公斤		132	147	489	510	627	603	690	645	729
$h_i$ : 公斤		—	—	339	339	382	382	445	424	488
$m_i$		—	—	0.07204	0.04777	0.03445	0.02984	0.02000	0.2395	0.02076

\* 由于自然死亡羊只的收益按产毛计算  $f_i = l_i$ ; 因此  $f_i$  不单独列出。

3  $G = 6,194,600$  公斤4  $a_{ij}$  值

$a_{ij}$	$a_{35_1}$	$a_{35_2}$	$a_{45_1}$	$a_{45_2}$	$a_{51_3}$	$a_{61_4}$	$a_{52_5_1}$	—
数值	0.418184	0.418184	0.386016	0.386016	0.9280	0.9522	0.9656	
$a_{ij}$	$a_{52_5_2}$	$a_{62_6_1}$	$a_{62_6_2}$	$a_{75_1}$	$a_{75_2}$	$a_{76_1}$	$a_{77}$	$a_{76_2}$
数值	0.8333	0.9702	0.9760	0	0.1470	0	0.9792	0 <sup>†</sup>

## 附表 I 存栏数、出栏数、总收益和载畜量

下面分别列出根据文中数据和模型计算出来的,海北10万亩高寒草甸草场能承载的,最优结构及其出栏方案和参照结构及其出栏方案的存栏数、出栏数、总收益和载畜量。

## 1 存栏数

性别年龄组	一龄♀	一龄♂	成年♀	成年♂	老弱	总和
最优存栏数	2,668	0	6,380	0	0	9,048
参照存栏数	1,779	1,641	1,885	4,383	0	9,688

## 2 出栏数

性别年龄组	幼♀	幼♂	一龄♀	一龄♂	成年♀	成年♂	老弱	总和
最优出栏数	0	2,463	0	0	1,740	0	574	4,777
参照出栏数	0	0	0	0	1,138	1,501	393	3,032

## 3 总收益

收益类型	能量: 千千卡	活重: 公斤
最优结构与出栏	726,277	224,788
参照结构与出栏	576,632	192,107

## 4 草场载畜能力

羊群结构	最优结构	参照结构
草场载畜能力: 只羊/百亩	9,048	9,688

## 参 考 文 献

- 尹长安 1981 滩羊最优畜群结构的选择。中国农业科学(1) 84—89。  
 中国农业年鉴编辑委员会 1982 中国农业年鉴1982。56—58, 农业出版社。  
 中国植被编辑委员会 1980 中国植被。1022—1090, 科学出版社。  
 皮南林、曾绍祥 1980 藏系绵羊产肉性能及体组织热值的研究。中国畜牧杂志(5): 8—10。  
 任继周等 1978 草原生产流程及草原季节畜牧业。中国农业科学(2): 87—92。

- 奈格凌 (北京农业大学畜牧系饲养教组等译) 1965 家畜饲养与饲料. 369—370, 农业出版社。
- 青海省畜牧兽医学会和畜牧经济研究会一九八二年年会纪要 1983 青海畜牧兽医杂志 (2):11—13。
- 杨福圃、沙梨、张松林 1982 高寒灌丛和高寒草甸初级生产量, 高寒草甸生态系统。中国科学院西北高原生物研究所海北高寒草甸生态系统定位站文集. 44—50, 甘肃人民出版社。
- Arnold, G. W. and D. Bennett 1975 The problem of finding an optimum solution, in: *Study of Agricultural System*, ed. by G. M. Dalton Applied Science Publishers, London.
- Swartzman, G. L., ed. 1972 Optimisation techniques in ecosystem and land use planning. US/IBP Grassland Biome Technique Report No. 143, Colorado State University, Fort Collins.
- Van Dyne, G. M., W. E. Frayer and L. J. Blodsoe 1970 Some optimisation techniques and problems in the natural resource sciences, in: *Studies in optimisation I; symposium on optimisation*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, Pennsylvania.
- Van Dyne, G. M. and Z. Avramaky 1975 Agricultural systems models and modelling; An overview, in: *Study of agricultural system*, ed. by G. M. Dalton
- Van Dyne, G. M., N. R. Brockington, Z. Szocs, J. Duke, and C. A. Ribic, 1980 Large herbivore subsystem, in: *Grassland System Analysis and Man*, ed. by Bery, A. I. and Van Dyne, G. M. Cambridge University Press.
- Odum, E. P. 1971 Range Management, in: *Fundamentals of Ecology* (3rd ed) Saunders, Philadelphia, Pennsylvania.

## OPTIMIZATION OF THE AGE-SEX DISTRIBUTION OF TIBETAN SHEEP POPULATION AND THE CORRELATED SLAUGHTER PROGRAM

Dong Quan

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

Pi Nanlin

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Xiu Xinyi

(Department of Water Resources, The water Conservancy and  
Hydroelectric Power Scientific Research Institute)

Sun Ruyong

(Department of Biology, Beijing Normal University)

It is one of the most important ways of managing animal production to control the population age-sex distribution. At present, the population age-sex distribution of domestic sheep in China is not rationally controlled for economic benefit and ecological efficiency. In studying the population age-sex distribution of the Tibetan sheep, the system analysis method was used and a matrix

model was set up to discuss the state of the population age-sex distribution;

$$N_{t+1} = AN_t - BU_t$$

In this formula:  $AN$  represents the natural tendency of the population;  $U$  represents the measures of the population control. The second model-linear programming model was set up to determine the optimal stable age-sex distribution of the population and the correlated slaughter program;

$$\text{Max. } Z = \sum c_i U_i + \sum d_i N_i$$

$$\text{s.t. } \sum g_i n_i \leq G$$

$$a_{35_1} N_{5_1} + a_{35_2} N_{5_2} - U_1 - N_3 = 0$$

$$a_{45_1} N_{5_1} + a_{45_2} N_{5_2} - U_2 - N_4 = 0$$

$$a_{5_13} N_3 - U_3 - N_{5_1} = 0$$

$$a_{6_14} N_4 - U_4 - N_{6_1} = 0$$

$$a_{5_25_1} N_{5_1} + (a_{5_25_2} - 1) N_{5_2} - U_5 = 0$$

$$a_{6_26_1} N_{6_1} + (a_{6_26_2} - 1) N_{6_2} - U_6 = 0$$

$$a_{75_1} N_{5_1} + a_{75_2} N_{5_2} + a_{76_1} N_{6_1} + a_{76_2} N_{6_2} + (a_{77} - 1) N_7 - U_7 = 0$$

$$c_i, d_i, g_i, a_{ij}, N_i, U_i \geq 0$$

In this model, the objective of optimization is to maximize the gains from the population, and the constraints are both the herbage availability of the alpine meadow and the equilibrium state of the age-sex distribution. These models above offer the methods to study the age-sex distribution of the sheep population. Using the linear programming model and actual field data gained in Menyuan County, Qinhai, China, the optimal age-sex distribution and the slaughter program correlated were determined with computer. To maximize energy output of sheep products, the optimal distribution is: 67.80% adult ewes, 28.36% young ewes and 3.84% adult and young males, and the optimal slaughter program correlated in late autumn is: 100% wethers, 100% old and weak sheep, and 33.17% adult ewes. According to this program, it is expected that the slaughter rate per year will probably be increased to 52.79% and the sheep products, which contain 11.72 Kcal energy or 3.65 Kg liveweight, gained from 100Kg herbage available.