圈养湖羊的空间利用率优化研究

摘要

为提升规模化的湖羊圈养养殖场的空间利用率，需要结合湖羊的繁殖和育肥的特征，及标准羊栏的规格与使用特征进行分析研究。

考虑到问题的复杂性，本文先研究确定情形下连续生产条件下标准羊栏生产计划与羊羔出栏数量目标的关系，然后再解决不确定情形下决策规则指定的问题。

针对**问题1的第(1)问**：依题以母羊生产周期229天选择连续生产条件下中的任一段连续的229天时间进行研究，选定决策变量为每天安排开始交配的母羊栏数(或组数、只数)和公羊的数量，共230个决策变量，对于问题1的第(1)问建立整数线性规划数学模型：①根据羔羊产出数量与投入交配的母羊数量的关系，确立最大化一个周期内羊羔产出数量的目标；②根据繁殖期、育肥期等的假设条件，寻找栏数的使用与决策变量间的关系，建立栏数使用的约束条件；③建立公羊与基础母羊比例配置的约束条件；④建立各天公羊数量满足配种需求的约束条件。根据公羊母羊交配的配组特征，分别以4栏、3栏、2栏、1栏为一组进行求解和去除整数约束求解，获得可能可行的种公羊和基础母羊的数量，及羊栏使用方案，进一步分析、验证、比较，得到确定情况下连续生产条件下的结论如下：

(i) 以4栏为1组，母羊数量28栏(392只)、种公羊数量2栏(8只)，可实现一个周期出栏784只羊羔，可估年化出栏羊羔数量的较为松弛的下界为1250只；

(ii)去除整数约束可估年化出栏羊羔数量的较为松弛的上界为1386只；

(iii)以1栏为1组，母羊29栏(406只)、种公羊9只(3栏)，可实现一个周期内出栏812只羊羔，可估，最优安排下，年化出栏羊羔数量的较紧的下界为1294只。

针对**问题1的第(2)问**：根据问题分析，在第（1）问模型的基础上，以最小化标准羊栏的数量为目标，以达到年出栏量不少于1500只为约束条件，建立整数线性规划模型，分别以4栏和1栏为一组进行计算，估计标准羊栏的缺口不超过22个。

针对**问题2**：在问题1的基础上，112个标准栏的最优生产计划可能不唯一，其中一种较优的方案为以1栏1组对应的生产计划，配种时机和数量见文中的表2，羊栏的使用方案见文中的表3。

针对**问题3**：在问题1和问题2的基础上，在不确定的情形下分析繁、育特征，结合可配种母羊数量、可用标准羊栏的数量、羊栏空置损失、租用羊栏费用等，制定配种策略、哺乳期策略、空怀休整期策略、羊栏分配策略等，实现整体方案的期望损失最小。

关键词：整数优化模型、生产计划

一、问题重述

1.1问题背景

湖羊养殖场的经营管理者为保障效益，需要指定合理的生产计划来优化养殖场的空间利用率。

湖羊的生产过程主要包括繁殖和育肥两大环节。湖羊的繁育的一般过程是：母羊与公羊自然交配，交配期需要约3周的时间，经过约为5个月的孕期生下羔羊，羔羊经过6周左右的哺乳期移至育肥羊栏喂饲，最后在经过7个月育肥即可出栏。母羊停止哺乳后会有一个大约3周空怀休整期，然后可以再次配种。繁育过程如图1所示。一般情况下每只母羊每2年可生产3胎。种公羊和基础母羊一般按照不低于1:50比例配置。

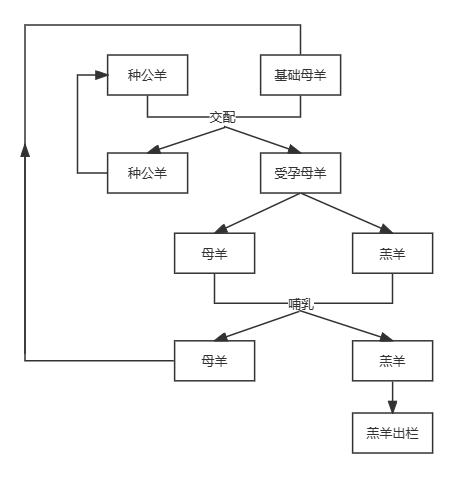


图1 湖羊的繁育过程

养殖场有若干标准羊栏，规格为：

（1）空怀休整期每栏母羊不超过14只；

（2）非交配期每栏公羊不超过4只；

（3）自然交配期每栏1只公羊及不超过14只母羊；

（4）怀孕期每栏不超过8只母羊；

（5）哺乳期每栏不超过6只母羊和他们的羔羊；

（6）育肥期每栏不超过14只羔羊。

1.2问题提出

在以上的问题背景下，建立数学模型解决以下问题：

**问题1** 不考虑不确定因素和种羊的淘汰更新，假定母羊在20天的交配期内都能受孕且孕期为149天，每胎产羔羊2只，哺乳期40天，羔羊育肥期210天，母羊空怀休整期20天。（1）现有112个标准羊栏，在连续生产的条件下，试确定种公羊和基础母羊的合理数量，并估算出年化出栏羊只的数量范围；（2）若希望每年出栏羊不少于1500只，试估算现有羊栏数量的缺口。

**问题2** 在问题1基础上，对112个标准羊栏给出具体的生产计划（包括种公羊与基础母羊的配种时机和数量、羊栏的使用方案、年化出栏羊只数量等），使得年化出栏羊只的数量最大。

**问题3**问题1和问题2中都没考虑不确定性因素，在实际情况中，配种成功率、分娩羔羊数目和死亡率等都有不确定性，哺乳期也可以调控，这些都会影响羊栏空间需求。考虑上述影响因素，生产计划的制定与问题1和问题2会有较大不同。因此本小题需综合考虑可行性和年化出栏羊只数量，制定具体的生产计划决策规则，使得整体方案的期望损失最小。其中整体方案的损失由羊栏使用情况决定，当羊栏空置时，每栏每天的损失为1；当羊栏数量不够时，所缺的羊栏每栏每天的损失(即租用费)为3。

二、问题分析

2.1问题1的分析

针对问题1：问题1的第(1)问要求我们在实现连续生产的前提下，对112个标准羊栏，在连续生产的条件下，试确定种公羊和基础母羊的合理数量，并估算出年化出栏羊只的数量范围。①首先，根据交配期20天、孕期149天、哺乳期40天、空怀休整期20天计算得到基础母羊的生产周期为229天。为提高出栏羊羔数，空怀休整期结束的基础母羊最好尽快安排交配。对于连续生产过程中的任一天，当天可安排交配的基础母羊数是一个周期时间前安排交配的基础母羊数，也是一个周期时间后可安排交配的基础母羊数。对应的处于其他生产阶段的基础母羊数也有相同的规律。②其次，每天需要的栏数有处于各个不同生产阶段的基础母羊所需的标准羊栏数和羔羊所需的标准羊栏数。在连续生产的过程中，每天需要处于交配期的基础母羊栏数为前19天和当天安排交配的栏数，每天处于怀孕期的基础母羊栏数是前168天到前20天安排交配栏数的7/4倍，每天处于哺乳期的基础母羊栏数是前208天到前169天安排交配栏数的28/3倍，每天处于空怀休整期的基础母羊栏数是前228天到前209天安排交配的栏数。羔羊所需的栏数为前418天到前210天安排交配基础母羊栏数的2倍。基础母羊的总栏数、羔羊的栏数、种公羊的栏数总和，再减去配种公羊空出的栏数之后不超出总栏数的限制。③再次，由于每天安排自然交配的基础母羊数量决定后面418天羊栏的需求，决策的关键在于确定一个周期内229天的每一天安排开始自然交配的基础母羊的数量，即为决策变量。④最后，根据标准羊栏的规格，一个标准羊栏可养殖非交配期公羊不超过4只和自然交配期每栏1只公羊及不超过14只母羊，初步可以以每4栏基础母羊为一组安排生产计划并估算年化出栏羊只数量的下界，进一步分别以1栏、2栏、3栏为一组尝试估算年化出栏羊只的上界。

问题1的第(2)问要求在已有112个标准羊栏的基础上估算每年出栏不少于1500只羊所需的羊栏缺口数量。该问题与第(1)小问紧密相关，本质上是对偶问题。在第(1)小问的基础上，在年化出栏数量不少于1500的约束条件下将羊栏数量设为待定的决策变量，最小化羊栏的数量即可解决问题。

2.2问题2的分析

针对问题2：在问题1的第(1)问基础上，分别求解以1栏、2栏、3栏、4栏基础母羊为一组的情形，验证安排方案，选出使得年化出栏羊只数量最大的112个标准羊栏的具体的计划（包括种公羊与基础母羊的配种时机和数量、羊栏的使用方案、年化出栏羊只数量等）。

2.3问题3的分析

在考虑不确定性因素的情况下，制定生产计划将变得更加复杂。不确定性因素包括受孕率、分娩羔羊数、羔羊死亡率、哺乳期和育肥期的调控等。这个问题需要建立生产计划规则，以解决在生产过程中的每天根据**当天可用于安排交配的种公羊和基础母羊的数量、预计的未来各天羊栏的状态及预计的新增可安排交配的母羊数量(包括休整期结束后新增的母羊和未成功怀孕新增的可安排交配的母羊)**等，最小化整体方案的期望损失，损失由羊栏使用情况决定，包括空置和租用费。

三、问题假设

本文提出以下合理假设：

假设一：在繁育过程中，不存在导致羊数量减少的外在因素；

假设二：在繁育过程中不会发生流感等特大疫情；

假设三：在问题1和问题2中，处于相同生产阶段的母羊可以同栏，如：哺乳期第1天的母羊可以和哺乳期第40天的母羊可以同栏；

假设四：在连续生产的条件下，不同周期的生产计划相同。

四、符号说明

|  |  |
| --- | --- |
| 符号 | 表示 |
|  | 第天安排自然交配的基础母羊的组数，如以4栏为1组，组含只羊 |
|  | 第天基础母羊所需的栏数 |
|  | 第天羔羊所需的栏数 |
|  | 种公羊的总栏数 |
|  | 第天种公羊所需的栏数 |
|  | 种公羊的总栏数 |
|  | 第天未处于交配期种公羊的数量 |
|  | 出栏羊只的数量 |

五、模型的建立与求解

5.1 问题1模型的建立与求解

5.1.1模型准备

根据前面的问题分析，设第天安排自然交配的基础母羊群组数为，公羊的数量为，首先以4栏基础母羊为1组明确生产计划与羊栏需求的关系，确立目标函数，建立数学模型进行求解。后面调整组中母羊的栏数为1栏、2栏、3栏，在进行求解和验证、分析、讨论。

在实现连续生产的条件下，制定的生产计划安排在不同生产周期内是相同的。因此，不妨选取第个生产周期进行研究。第个、第个生产周期影响第个生产周期。

5.1.1.1 基础母羊的羊栏需求

根据母羊在生产周期内在不同羊栏中待的时间和所需羊栏规格，可以确定母羊在某周期内每个阶段需要的羊栏数量。重点分析第个生产周期的第1天母羊交配所需总栏数，它由处于四个不同生产阶段的母羊所需羊栏的数量构成，分别为：

(1)交配期：处于交配期的母羊栏数为当天及前19天安排交配的母羊栏数，所以在交配期的母羊栏数一共为个。

(2)怀孕期：处于怀孕期的基础母羊栏数为前168天到前20天按排交配的基础母羊分栏而来，因原一组4栏56只基础母羊改分为8只基础母羊栏，所以其栏数需个。

(3)哺乳期：处于哺乳期的基础母羊栏数为前208天到前169天按排交配的基础母羊分栏而来，因原一组4栏56只基础母羊改分为6只基础母羊栏，因此其栏数需个。由于以4栏基础母羊为1组，其他阶段刚好为整数栏，只有此阶段不一定恰为整数栏，又假设同处哺乳期的母羊可以拼栏，因此对栏数需求的影响不超过1栏。

(4)休整期：处于休整的基础母羊栏数为前228天到前209天安排交配的基础母羊栏数，因此其栏数需个。

综上所述，第1天母羊所需总栏数为

 (1)

不妨记，，(1)式可用向量的乘法表示为

 (2)

同理，第2天至第229天基础母羊所需的总栏数有着类似的结构，各天基础母羊所需羊栏数为：

， (3)

其中为的矩阵，每行共40个4，40个，149个7，后一行元素与前一行元素错位相等。

5.1.1.2 羔羊的羊栏需求

与基础母羊需求的栏数的分析类似，选取第个生产周期的第1天进行分析。第个生产周期和第个生产周期中基础母羊与种公羊自然交配的安排在后期生产的羊羔可能会影响到第个生产周期某些天的栏数需求。具体的，第个生产周期的第1天到第21天安排交配的母羊所生产的羊羔在第个生产周期的第1天处于育肥期，需要标准羊栏的数量为个。第个生产周期的第41天到第229天安排交配的母羊所生产的羊羔在第个生产周期的第1天也处于育肥期，需要标准羊栏的数量为个。

综上所述，在第个生产时期的第1天羊羔所需要的栏数为：

 (4)

不妨记，(4)式可用向量的乘法可表示为

 (5)

同理，第2天至第229天羊羔所需的栏数有着类似的结构，各天基础所需羊栏数为：

， (6)

其中为的矩阵，每行共209个8，20个0，后一行元素与前一行元素错位相等。

5.1.1.3 种公羊的栏数或数量

由于每次以4栏基础母羊为一组安排自然交配恰需1栏种公羊，以栏数为单位，设种公羊的总栏数为。

由于公羊在进行交配时所在的羊栏能够空置，为提高羊栏的利用率，空出的羊栏在需要的时候可给其他羊使用。重点分析第个生产周期的第1天公羊处于自然交配时空出的羊栏数量，当天及前19天安排交配的每组基础母羊需要1栏种公羊，共需栏种公羊，种公羊栏数减去因交配空出的栏数就是公羊实际占用的栏数，即

。 (7)

不妨记，(7)式可用向量的乘法可表示为

 (8)

同理，第2天至第229天种公羊所需的栏数有着类似的结构，各天公羊所需羊栏数为：

， (9)

其中为的矩阵，每行共20个1，其余为0，后一行元素与前一行元素错位相等。

若以1栏或2栏或3栏为一组，以只数为种公羊的单位，设种公羊的数量为只，则未处于交配期的种公羊数量为

, (7’)

可用向量的乘法可表示为

。 (8’)

同理，第2天至第229天未处于交配期的种公羊数量有着类似的结构，具体为：

， (9’)

所需的羊栏数为

。 (10)

5.1.2 模型建立

5.1.2.1 目标函数

在连续化生产的条件下，可以先计算一个周期内的羔羊出栏的数量，再计算年化出栏量。第个生产周期的第1天出栏的羊羔为前209天安排交配的组基础母羊所生产的数量为只。类似的，第2天出栏的羊羔数量为只，…, 第2天出栏的羊羔数量为。单个周期内所产羊羔总数量为

。 (11)

由此建立一个周期内出栏羊羔数量最大化的目标函数：

  (12)

5.1.2.1约束条件

1）羊栏总数约束

根据题目要求，标准羊栏总数为112栏，因此每天该养殖场羊栏的使用量，不得超过这一限度，根据这一要求，我们建立以下羊栏总数的约束条件为:

， (13)

其中。

2）公母羊配置比例约束

根据题目所给条件，种公羊与基础母羊的比例配置不能低于1：50，所以任何时间段都不能低于此比例。一个周期内母羊数量为，因此我们对于该养殖场公母羊比例要求建立以下约束条件：

 ， (14)

可整理为

。 (15)

若以1栏或2栏或3栏为一组，种公羊的数量为，对应的公母羊比例要求约束条件为

 。 (15’)

3）基础母羊处于交配时期所需种公羊栏数的约束

处于交配时期的公羊数不能超过总公羊数，在以4栏为1组的情形下，因此第个生产周期的第1天需如下约束：，同理对于第2天交配的公羊有如下约束：，以此类推，第3天、第4天……第229天的相关约束。可用矩阵形式表示为：

， (16)

其中，也即。

若以1栏或2栏或3栏为一组，种公羊的数量为，对应的约束条件用矩阵形式可写为

。 (16’)

5.1.2.3 数学模型

（1）问题1第（1）问的数学模型

根据上述分析，由式(12)-(16)，以单位周期内出栏羊只数的数量最大为目标，建立以下模型**（M1）**：

 ，

，

，

为整数，

为整数。

其中。

其他以1栏或2栏或3栏为一组、以为种公羊的数量的情形可类似地建立数学模型。

（2）问题1第（2）问的数学模型

根据问题分析，在第（1）问模型的基础上，为达到年出栏量不少于1500只，记需求标准羊栏的数量为，以最小化标准羊栏的数量为目标，在以4栏为1组的情形下，建立以下模型**（M2）**：

 ，

，

，

，

为整数，

均为整数。

其中。

其他以1栏或2栏或3栏为一组、以为种公羊的数量的情形也可类似地建立数学模型。

5.1.2.3 模型的求解与分析

（1）问题1第（1）问的求解与分析

对于以4栏为一组的情形，编写MATLAB程序(见附录mewe.m)求解，可以获得基础母羊的总组数为7（28栏），种公羊的栏数为2（8只），周期内羊羔出栏的数量为784只。类似的，以1栏或2栏或3栏为一组的情形也可分别求解并计算（分别见附录mewe1lan.m, mewe2lan.m, mewe3lan.m），与4栏一组的结果一起列表如表1。

表1 不同情形下基础母羊、种公羊、周期内和年化羊羔出栏数量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 基础母羊分组的情形（栏1组） | 基础母羊的总栏数 | 种公羊的只(栏)数 | 周期内最大产出羊羔数 | 年化最大产出羊羔数 |
|  | 30 | 9（3） | 812 | 1294 |
|  | 28 | 8（2） | 784 | 1250 |
|  | 27 | 8（2） | 756 | 1205 |
|  | 28 | 8（2） | 784 | 1250 |

由于在以4栏基础母羊为一组的情形中，生产周期内除哺乳期外的大部分时间母羊都好装满相应数量的标准栏，羊羔和公羊也均恰好装满相应数量的标准栏。而哺乳期尽管有先后，但因同属哺乳期，可进行拼栏，所以，在哺乳期中，1组4栏的基础母羊中的54只基础母羊及其羊羔使用9个标准栏，另2只基础母羊及其羊羔可以跟其他组的2只基础母羊及其羊羔共用一个标准栏。尽管最优解方案算出的所需栏数为小于112的小数，但不会因非整栏取整而突破栏数的限制。由于硬性要求每次以4栏为1组安排母羊进入交配期，限制了过程中其他可能存在的更优的生产安排，由此所估年化出栏羊只数量只是一个下界。

**结论1: 在实现连续生产的条件下，若以公羊8只（2栏）和母羊392只（28栏）的数量生产，112个标准栏年化出栏羊只数量的下界为1250只。**

若以3栏基础母羊为一组，不考虑拼栏的问题，最大年化出栏羊只数量无法达到以4栏为一组情形的1250只，无需考虑。

若以2栏基础母羊为一组，公羊和母羊的数量及年化出栏羊只数量与以4栏基础母羊为一组的情形相同。

若以1栏基础母羊为一组，模型求解得若以公羊9只（3栏）和母羊420只（30栏）的数量生产，最大年化出栏羊只的数量为1294只。由于模型中每天母羊所需的羊栏数直接相加，但可能会由于怀孕期的母羊和哺乳期的母羊不能拼栏而导致实际生产中栏数超过现有的112栏。**由此估计的年化出栏羊只数量1294只可能是一个上界。具体待在问题2中进一步验证分析，若存在满足客观要求的生产计划，其为可实现的年化出栏养只的数量1294只便可作为更大的下界。**如果不能，可考虑适当减少部分栏的基础母羊数量(但须减去的数量不多)，此时1294只便是一个上界。

另外，假设羊、羊栏完全可分割，即在模型（M1）中去除整数的约束，投入母羊栏数435只（32栏）和公羊8.7只（3栏），一个生产周期可出栏羊羔870只，年化出栏羊只数量1386只，它是一个很松弛的上界。

**结论2: 在实现连续生产的条件下，年化出栏羊只数量的一个松弛的上界为1386只。**

（2）问题1第（2）问的求解与分析

对于以4栏为一组的情形，编写MATLAB程序(见附录meweinv.m),求解得所需标准羊栏的数量为134个，这是满足羊栏需求数量的一个上界，所以现有标准羊栏数量的缺口不超过22个。

在以1栏为一组的情形下，编写MATLAB程序(见附录mewe1inv.m),在有限的时间内求解得所需标准羊栏的数量也为134个，所以现有标准羊栏数量的缺口为22个。

5.2 112个标准栏的生产计划

在问题1求解的基础上我们先给出以1栏为一组的具体生产计划，再给出以4栏为一组的生产计划。客观上生产计划的方案不唯一，本文只是各情形下列出一种方案。

（1）以1栏为1组的情形

在求解模型可得连续生产的条件下一种最大化年化出羊数量的方案见表2。

表2 种公羊与基础母羊交配的时机与数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 安排交配的十点（一个周期内的第天） | 安排交配的母羊总栏数 | 种公羊的只数 |
| 第3天 | 1 | 1 |
| 第5天 | 1 | 1 |
| 第7天 | 1 | 1 |
| 第24天 | 1 | 1 |
| 第26天 | 1 | 1 |
| 第45天 | 1 | 1 |
| 第54天 | 1 | 1 |
| 第64天 | 1 | 1 |
| 第66天 | 1 | 1 |
| 第75天 | 1 | 1 |
| 第85天 | 1 | 1 |
| 第94天 | 1 | 1 |
| 第96天 | 1 | 1 |
| 第113天 | 1 | 1 |
| 第115天 | 1 | 1 |
| 第117天 | 1 | 1 |
| 第134天 | 1 | 1 |
| 第136天 | 1 | 1 |
| 第153天 | 2 | 2 |
| 第155天 | 1 | 1 |
| 第174天 | 1 | 1 |
| 第176天 | 1 | 1 |
| 第191天 | 1 | 1 |
| 第193天 | 1 | 1 |
| 第210天 | 1 | 1 |
| 第212天 | 1 | 1 |
| 第213天 | 1 | 1 |
| 第215天 | 1 | 1 |

羊栏使用方案见表3和图2，年化出栏羊只的数量为1294。

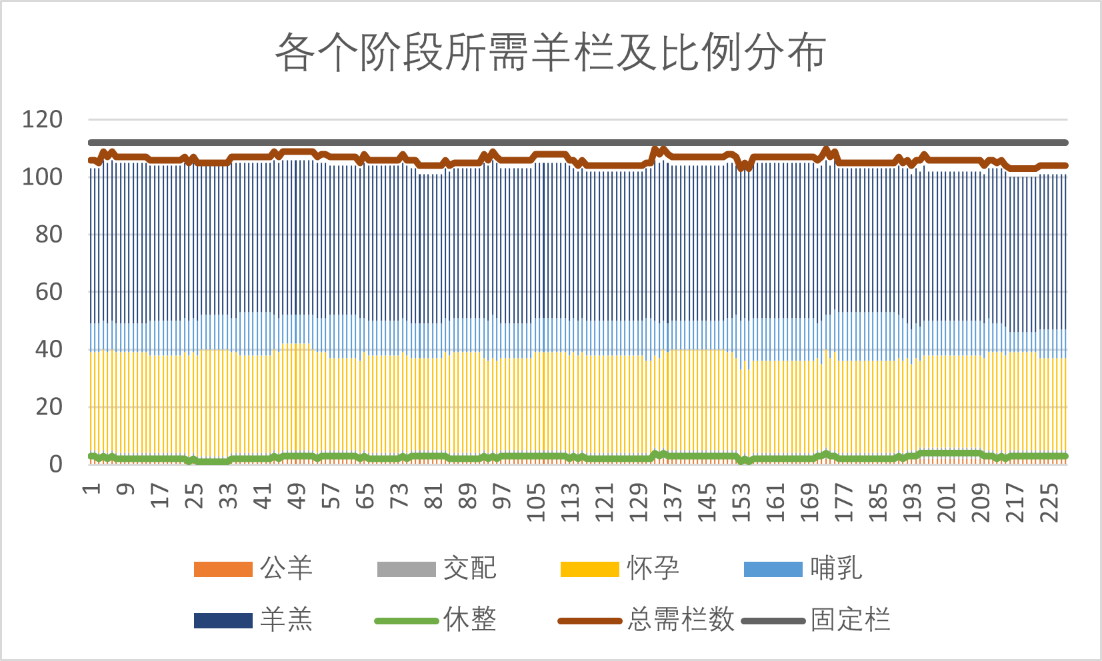


图2 1栏一组情形时羊栏的使用方案

表3 1栏一组情形时羊栏的使用方案

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第天 | 种公羊使用羊栏的数量 | 基础母羊占用羊栏的数量 | | | | 育肥羊羔使用的栏数 | 在用的羊栏总数量 |
| 交配期 | 怀孕期 | 哺乳期 | 休整期 |
| 1 | 2 | 3 | 34 | 10 | 3 | 54 | 106 |
| 2 | 2 | 3 | 34 | 10 | 3 | 54 | 106 |
| 3 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 54 | 105 |
| 4 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 56 | 109 |
| 5 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 6 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 56 | 109 |
| 7 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 8 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 9 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 10 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 11 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 12 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 13 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 14 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 56 | 107 |
| 15 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 16 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 17 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 18 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 19 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 20 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 21 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 22 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 23 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 54 | 107 |
| 24 | 2 | 1 | 35 | 12 | 1 | 54 | 105 |
| 25 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 54 | 107 |
| 26 | 2 | 1 | 35 | 12 | 1 | 54 | 105 |
| 27 | 2 | 1 | 37 | 12 | 1 | 52 | 105 |
| 28 | 2 | 1 | 37 | 12 | 1 | 52 | 105 |
| 29 | 2 | 1 | 37 | 12 | 1 | 52 | 105 |
| 30 | 2 | 1 | 37 | 12 | 1 | 52 | 105 |
| 31 | 2 | 1 | 37 | 12 | 1 | 52 | 105 |
| 32 | 2 | 1 | 37 | 12 | 1 | 52 | 105 |
| 33 | 2 | 1 | 37 | 12 | 1 | 52 | 105 |
| 34 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 54 | 107 |
| 35 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 54 | 107 |
| 36 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 37 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 38 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 39 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 40 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 41 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 42 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 43 | 2 | 2 | 34 | 15 | 2 | 52 | 107 |
| 44 | 2 | 3 | 35 | 12 | 3 | 54 | 109 |
| 45 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 54 | 107 |
| 46 | 2 | 3 | 37 | 10 | 3 | 54 | 109 |
| 47 | 2 | 3 | 37 | 10 | 3 | 54 | 109 |
| 48 | 2 | 3 | 37 | 10 | 3 | 54 | 109 |
| 49 | 2 | 3 | 37 | 10 | 3 | 54 | 109 |
| 50 | 2 | 3 | 37 | 10 | 3 | 54 | 109 |
| 51 | 2 | 3 | 37 | 10 | 3 | 54 | 109 |
| 52 | 2 | 3 | 37 | 10 | 3 | 54 | 109 |
| 53 | 2 | 3 | 35 | 12 | 3 | 54 | 109 |
| 54 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 54 | 107 |
| 55 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 56 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 57 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 58 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 59 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 60 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 61 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 62 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 63 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 64 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 52 | 105 |
| 65 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 66 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 67 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 68 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 69 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 70 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 71 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 72 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 73 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 74 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 75 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 76 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 77 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 78 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 52 | 104 |
| 79 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 52 | 104 |
| 80 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 52 | 104 |
| 81 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 52 | 104 |
| 82 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 52 | 104 |
| 83 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 52 | 104 |
| 84 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 52 | 106 |
| 85 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 86 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 52 | 105 |
| 87 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 52 | 105 |
| 88 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 52 | 105 |
| 89 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 52 | 105 |
| 90 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 52 | 105 |
| 91 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 52 | 105 |
| 92 | 2 | 2 | 35 | 12 | 2 | 52 | 105 |
| 93 | 2 | 3 | 32 | 14 | 3 | 54 | 108 |
| 94 | 2 | 2 | 32 | 14 | 2 | 54 | 106 |
| 95 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 54 | 109 |
| 96 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 97 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 98 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 99 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 100 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 101 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 102 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 103 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 104 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 105 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 106 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 107 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 108 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 109 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 110 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 111 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 112 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 113 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 54 | 106 |
| 114 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 52 | 106 |
| 115 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 116 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 52 | 106 |
| 117 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 118 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 119 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 120 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 121 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 122 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 123 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 124 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 125 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 126 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 127 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 128 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 129 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 130 | 2 | 2 | 34 | 12 | 2 | 52 | 104 |
| 131 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 52 | 105 |
| 132 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 52 | 105 |
| 133 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 56 | 110 |
| 134 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 56 | 108 |
| 135 | 2 | 4 | 34 | 10 | 4 | 56 | 110 |
| 136 | 2 | 3 | 34 | 10 | 3 | 56 | 108 |
| 137 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 138 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 139 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 140 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 141 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 142 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 143 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 144 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 145 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 146 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 147 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 148 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 149 | 2 | 3 | 35 | 10 | 3 | 54 | 107 |
| 150 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 151 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 54 | 108 |
| 152 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 153 | 2 | 1 | 30 | 17 | 1 | 52 | 103 |
| 154 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 52 | 105 |
| 155 | 2 | 1 | 30 | 17 | 1 | 52 | 103 |
| 156 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 157 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 158 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 159 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 160 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 161 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 162 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 163 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 164 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 165 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 166 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 167 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 168 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 169 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 170 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 54 | 107 |
| 171 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 172 | 2 | 3 | 30 | 15 | 3 | 54 | 107 |
| 173 | 2 | 4 | 34 | 12 | 4 | 54 | 110 |
| 174 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 175 | 2 | 3 | 34 | 15 | 3 | 52 | 109 |
| 176 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 177 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 178 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 179 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 180 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 181 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 182 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 183 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 184 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 185 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 186 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 187 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 188 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 189 | 2 | 2 | 32 | 17 | 2 | 50 | 105 |
| 190 | 2 | 3 | 32 | 15 | 3 | 52 | 107 |
| 191 | 2 | 2 | 32 | 15 | 2 | 52 | 105 |
| 192 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 193 | 2 | 3 | 30 | 12 | 3 | 54 | 104 |
| 194 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 54 | 106 |
| 195 | 2 | 4 | 30 | 12 | 4 | 54 | 106 |
| 196 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 54 | 108 |
| 197 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 198 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 199 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 200 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 201 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 202 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 203 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 204 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 205 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 206 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 207 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 208 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 209 | 2 | 4 | 32 | 12 | 4 | 52 | 106 |
| 210 | 2 | 3 | 32 | 12 | 3 | 52 | 104 |
| 211 | 2 | 3 | 34 | 12 | 3 | 52 | 106 |
| 212 | 2 | 3 | 34 | 10 | 3 | 54 | 106 |
| 213 | 2 | 2 | 35 | 10 | 2 | 54 | 105 |
| 214 | 2 | 3 | 34 | 10 | 3 | 54 | 106 |
| 215 | 2 | 2 | 34 | 10 | 2 | 54 | 104 |
| 216 | 2 | 3 | 34 | 7 | 3 | 54 | 103 |
| 217 | 2 | 3 | 34 | 7 | 3 | 54 | 103 |
| 218 | 2 | 3 | 34 | 7 | 3 | 54 | 103 |
| 219 | 2 | 3 | 34 | 7 | 3 | 54 | 103 |
| 220 | 2 | 3 | 34 | 7 | 3 | 54 | 103 |
| 221 | 2 | 3 | 34 | 7 | 3 | 54 | 103 |
| 222 | 2 | 3 | 34 | 7 | 3 | 54 | 103 |
| 223 | 2 | 3 | 32 | 10 | 3 | 54 | 104 |
| 224 | 2 | 3 | 32 | 10 | 3 | 54 | 104 |
| 225 | 2 | 3 | 32 | 10 | 3 | 54 | 104 |
| 226 | 2 | 3 | 32 | 10 | 3 | 54 | 104 |
| 227 | 2 | 3 | 32 | 10 | 3 | 54 | 104 |
| 228 | 2 | 3 | 32 | 10 | 3 | 54 | 104 |
| 229 | 2 | 3 | 32 | 10 | 3 | 54 | 104 |

（2）以4栏为1组的情形

在求解模型可得连续生产的条件下一种最大化年化出羊数量的方案见表4。

表4 种公羊与基础母羊交配的时机与数量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 安排交配的十点（一个周期内的第天） | 安排交配的母羊总栏数 | 种公羊的只(栏)数 |
| 第155天 | 4（1组） | 4（1栏） |
| 第187天 | 8（2组） | 8（2栏） |
| 第208天 | 8（2组） | 8（2栏） |
| 第228天 | 8（2组） | 8（2栏） |

羊栏使用方案见表5和图3，年化出栏羊只的数量为1250。

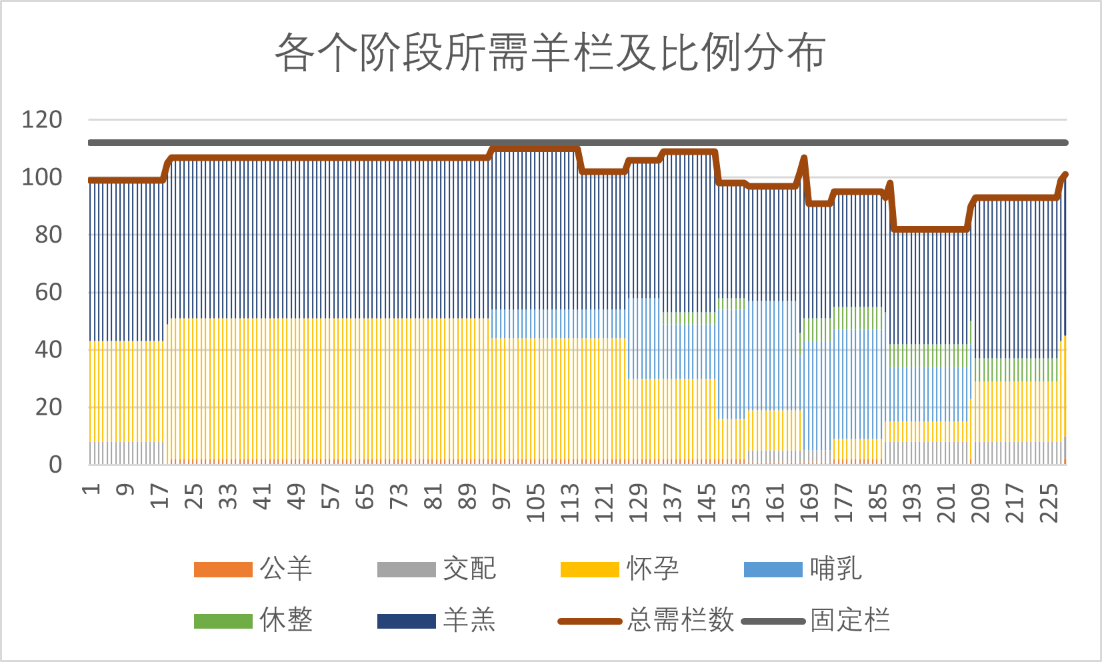


图3 4栏一组情形时羊栏的使用方案

表5 4栏一组情形时羊栏的使用方案

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第天 | 种公羊使用羊栏的数量 | 基础母羊占用羊栏的数量 | | | | 育肥羊羔使用的栏数 | 在用的羊栏总数量 |
| 交配期 | 怀孕期 | 哺乳期 | 休整期 |
| 1 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 2 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 3 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 4 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 5 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 6 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 7 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 8 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 9 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 10 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 11 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 12 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 13 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 14 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 15 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 16 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 17 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 18 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 19 | 0 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 105 |
| 20 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 21 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 22 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 23 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 24 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 25 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 26 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 27 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 28 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 29 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 30 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 31 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 32 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 33 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 34 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 35 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 36 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 37 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 38 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 39 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 40 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 41 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 42 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 43 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 44 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 45 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 46 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 47 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 48 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 49 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 50 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 51 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 52 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 53 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 54 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 55 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 56 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 57 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 58 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 59 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 60 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 61 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 62 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 63 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 64 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 65 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 66 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 67 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 68 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 69 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 70 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 71 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 72 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 73 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 74 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 75 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 76 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 77 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 78 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 79 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 80 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 81 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 82 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 83 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 84 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 85 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 86 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 87 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 88 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 89 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 90 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 91 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 92 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 93 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 94 | 2 | 0 | 49 | 0 | 0 | 56 | 107 |
| 95 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 96 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 97 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 98 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 99 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 100 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 101 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 102 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 103 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 104 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 105 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 106 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 107 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 108 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 109 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 110 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 111 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 112 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 113 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 114 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 115 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 56 | 110 |
| 116 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 117 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 118 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 119 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 120 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 121 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 122 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 123 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 124 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 125 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 126 | 2 | 0 | 42 | 10 | 0 | 48 | 102 |
| 127 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 128 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 129 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 130 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 131 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 132 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 133 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 134 | 2 | 0 | 28 | 28 | 0 | 48 | 106 |
| 135 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 136 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 137 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 138 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 139 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 140 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 141 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 142 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 143 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 144 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 145 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 146 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 147 | 2 | 0 | 28 | 19 | 4 | 56 | 109 |
| 148 | 2 | 0 | 14 | 38 | 4 | 40 | 98 |
| 149 | 2 | 0 | 14 | 38 | 4 | 40 | 98 |
| 150 | 2 | 0 | 14 | 38 | 4 | 40 | 98 |
| 151 | 2 | 0 | 14 | 38 | 4 | 40 | 98 |
| 152 | 2 | 0 | 14 | 38 | 4 | 40 | 98 |
| 153 | 2 | 0 | 14 | 38 | 4 | 40 | 98 |
| 154 | 2 | 0 | 14 | 38 | 4 | 40 | 98 |
| 155 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 156 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 157 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 158 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 159 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 160 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 161 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 162 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 163 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 164 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 165 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 166 | 1 | 4 | 14 | 38 | 0 | 40 | 97 |
| 167 | 1 | 4 | 14 | 19 | 8 | 56 | 102 |
| 168 | 1 | 4 | 0 | 38 | 8 | 56 | 107 |
| 169 | 1 | 4 | 0 | 38 | 8 | 40 | 91 |
| 170 | 1 | 4 | 0 | 38 | 8 | 40 | 91 |
| 171 | 1 | 4 | 0 | 38 | 8 | 40 | 91 |
| 172 | 1 | 4 | 0 | 38 | 8 | 40 | 91 |
| 173 | 1 | 4 | 0 | 38 | 8 | 40 | 91 |
| 174 | 1 | 4 | 0 | 38 | 8 | 40 | 91 |
| 175 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 176 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 177 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 178 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 179 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 180 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 181 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 182 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 183 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 184 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 185 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 186 | 2 | 0 | 7 | 38 | 8 | 40 | 95 |
| 187 | 0 | 8 | 7 | 38 | 0 | 40 | 93 |
| 188 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 56 | 98 |
| 189 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 190 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 191 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 192 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 193 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 194 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 195 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 196 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 197 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 198 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 199 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 200 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 201 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 202 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 203 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 204 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 205 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 206 | 0 | 8 | 7 | 19 | 8 | 40 | 82 |
| 207 | 2 | 0 | 21 | 19 | 8 | 40 | 90 |
| 208 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 209 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 210 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 211 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 212 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 213 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 214 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 215 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 216 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 217 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 218 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 219 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 220 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 221 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 222 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 223 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 224 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 225 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 226 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 227 | 0 | 8 | 21 | 0 | 8 | 56 | 93 |
| 228 | 0 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 99 |
| 229 | 2 | 8 | 35 | 0 | 0 | 56 | 101 |

5.3 问题3：考虑不确定性的湖羊养殖生产计划

5.3.1模型准备

为了方便理解题意，根据题目所给条件，建立了如下流程图(图4)：

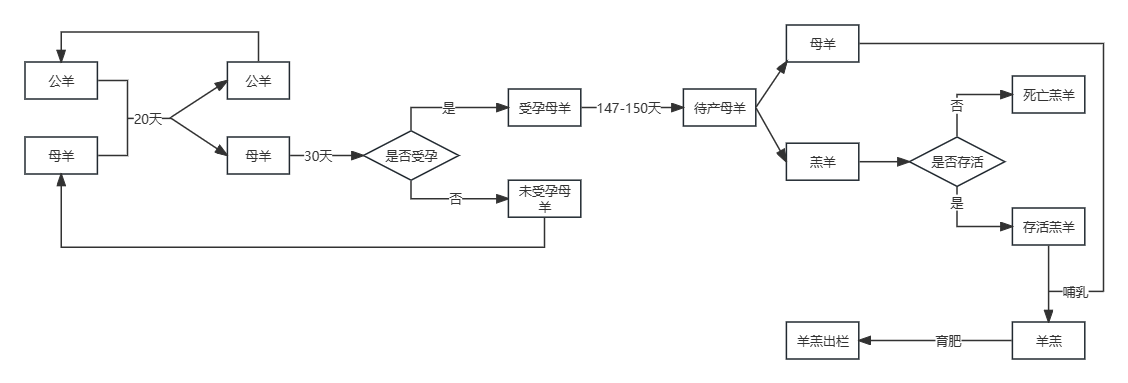


图4 湖羊繁育完整流程图

5.3.1.1推论阐述

在问题1和问题2的模型分析建立和求解当中，我们并不需要考虑配种成功率、分娩羔羊的数量和死亡率等不确定因素的影响，但实际情况并非如此，根据问题3所提出的要求，我们对这些情况进分析，重点关注以下简单事实。

事实1：母羊的自然交配受孕率为85%，则结果是有15%的基础母羊在判断未成功受孕后可进行另外的配组交配。

事实2：因为交配后30天可识别是否受孕，所以在交配期 20天内成功受孕的受孕时间并不确定。假设在自然交配期20天内的第1天到第20天的基础母羊只有两种受孕情况为受孕和不受孕，那么在第1天受孕成功的母羊和第20天受孕成功的母羊受孕时间差最多会相差20天。已知母羊孕期在[147,150]天内波动，结合分析过程可知母羊最早可能在安排交配的第147天生产，最晚可能在第170天生产。

事实3：在母羊分娩时羊羔有夭折的可能，所以单只母羊产羔的数量为0、1、2、3……等四种情况，其中少部分母羊产羔1只或3只及以上，大部分产羔为2只。

事实4：同一批安排交配的母羊生产时间最多相差23天，由“一种经验做法是将哺乳期控制在[35,45]天内，以40天为基准，哺乳期每减少一天，羔羊的育肥期增加两天；哺乳期每增加一天，羔羊的育肥期减少两天。”可得出羔羊育肥期的天数范围是[200，220]。

事实5：根据以上事实和母羊的空怀休整期不少于18天的前提下我们可以算出自然受孕的时间范围为安排交配的第1天到第20天；预计生产的时间范围为第148天到第170天；又哺乳的时间范围为[35,45]天。得出母羊的一个生产周期范围为[201,233]天。

5.3.1.2 简化策略：

根据以上事实，可以建立以下简化的策略：

(1)配种策略：考虑每次配种的数量是固定的，例如每次在预计新增配种不会导致未来羊栏缺口过大时选择适当栏数的母羊进行配种。这样，我们可以预测需要的羊栏数量并根据不确定性因素调整。

(2)哺乳期策略：考虑哺乳期为40天，但当有新生产的母羊积蓄羊栏时，可以缩短结束进入哺乳末期的母羊的哺乳期，并相应地延长育肥期。

(3)空怀休整期策略：考虑空怀休整期为固定的20天。但有时为了配一整栏与公羊交配，可以缩短少量母羊的空怀休整期；有时为了等待配一整栏，也可以延长一些母羊的休整期。

(4)羊栏分配策略：当羊栏不足时，优先考虑母羊的需求，因为母羊影响后续的生产。

基于上述策略，我们可以估计在每个阶段需要的羊栏数量，并计算每天的损失。然后，我们可以对整个生产周期进行累积计算，得到期望的总损失。

5.3.2模型建立

Step1：定义决策变量：

1)受孕母羊数

母羊通过自然交配受孕率为，其计算公式如下：



其中受孕母羊总数，为交配后的母羊总数。

2)出生存活的羔羊数

羔羊出生时可能会有夭折的可能，死亡率为，计算公式如下：



其中为出生存活的羔羊总数，为出生夭折的羔羊总数。

3）母羊空怀休整期的天数

由题意可知母羊空怀休整期的天数不能低于18天，其条件如下：



其中为母羊空怀休整期的天数。

Step2：模型建立

目标函数：

其中为损失，为空置羊栏数，为缺少的羊栏数。

Step3：模型求解

根据以上建立的模型，可利用MATLAB计算获得损失的最小值。

六、模型评价与推广

6.1模型的优点：

（1）模型在一定程度上准确、巧妙描述了问题，且对其进行相当的简化，采用矩阵的表达形式，易于理解操作。富有新意，结果合理。

（2）在问题求解过程中以实现连续生产的前提下建立优化模型时，可任意选取某一个生产周期进行研究分析，得出的结果更加直观清晰、认知明确。

（3）建立目标函数的约束条件时综合考虑了现实情况，有较强的合理性和现实性。对于其他哺乳类牲畜的生产规划具有借鉴意义。

6.2模型的缺点：

（1）对模型的部分参数通过实际情况进行了估计，会对结果产生一定的误差。

（2）仅对某些影响决策的因素（如自然受孕率）进行了定性分析，存在改进空间。

6.3模型的推广：

本文通过建立数学模型对湖羊繁育进行了较为全面地研究，综合考虑了生产过程中可能对产量带来的影响的多种因素，并详细给出了较为可行性的生产计划，可以应用到实际生产规划中。响应了新时代习近平主席强调的三农政策中的农业生产方面，并且在网络技术日益发达的背景下为实现数字化生产链提供了一个新思路。对于其他哺乳类牲畜的生产规划具有借鉴意义。

七、参考文献



[1]朱文辉.生猪养殖场的经营管理模型[J].南通职业大学学报.2015.6(第29卷第二期).64至69页.

[2]刘有新，从松，孔孟，郭前程.基于数学建模的生猪养殖场经营管理分析[J].芜湖职业技术学院.2015(第17卷第2期).84至91页.

[3]姜启源，谢金星，叶俊.数学模型[M].第五版.北京:高等教育出版社，2018.

[4]张岳.MATLAB程序设计与应用基础教程[M].第三版.北京：清华大学出版社.2022.

[5]刘浩,韩晶.MATLAB R2016a完全自学一本通[M].北京:电子工业出版社.2016.



**附录：**

function [x,fval,m,z,lan,A]=mewe()

f=8\*14\*ones(1,229);

f=[-f 0];

A=genA();

B=genB();

C=genC();

A=A+B+C;

temp=ones(229,1);

A=[A temp];

b=112\*temp;

az=[14\*ones(1,229) -50];

A=[A;az];

b=[b;0];

D=genD();

A=[A;D];

b=[b;zeros(229,1)];

lb=zeros(230,1);

intcon=1:230;

x = intlinprog(f,intcon,A,b,[],[],lb);

fval=-f\*x;

m=temp'\*x(1:229,1);

z=x(230);

lan=A(1:229,:)\*x;

end

function [x,fval,m,z,lan,A]=mewe1lan()

f=2\*14\*ones(1,229);

f=[-f 0];

A=genA();

B=genB();

A=(A+B)/4;

temp=ones(229,1);

A=[A temp/4];

b=109\*temp;

az=[14\*ones(1,229) -50];

A=[A;az];

b=[b;0];

D=genD1();

A=[A;D];

b=[b;zeros(229,1)];

lb=zeros(230,1);

intcon=1:230;

x = intlinprog(f,intcon,A,b,[],[],lb);

fval=-f\*x;

m=temp'\*x(1:229,1);

z=x(230);

lan=A(1:229,:)\*x;

end

function [x,fval,m,z,lan,A]=mewe2lan()

f=4\*14\*ones(1,229);

f=[-f 0];

A=genA();

B=genB();

A=(A+B)/2;

temp=ones(229,1);

A=[A temp\*2/4];

b=112\*temp;

az=[2\*14\*ones(1,229) -50];

A=[A;az];

b=[b;0];

D=genD2();

A=[A;D];

b=[b;zeros(229,1)];

lb=zeros(230,1);

intcon=1:230;

x = intlinprog(f,intcon,A,b,[],[],lb);

fval=-f\*x;

m=temp'\*x(1:229,1);

z=x(230);

lan=A(1:229,:)\*x;

end

function [x,fval,m,z,lan,A]=mewe3lan()

f=6\*14\*ones(1,229);

f=[-f 0];

A=genA();

B=genB();

A=3\*(A+B)/4;

temp=ones(229,1);

A=[A temp\*3/4];

b=112\*temp;

az=[3\*14\*ones(1,229) -50];

A=[A;az];

b=[b;0];

D=genD3();

A=[A;D];

b=[b;zeros(229,1)];

lb=zeros(230,1);

intcon=1:230;

x = intlinprog(f,intcon,A,b,[],[],lb);

fval=-f\*x;

m=temp'\*x(1:229,1);

z=x(230);

lan=A(1:229,:)\*x;

end

function [x,fval,m,z,lan,A]=meweinv()

f=zeros(1,230);

f=[f 1];

A=genA();

B=genB();

C=genC();

A=A+B+C;

temp=ones(229,1);

A=[A temp -temp];

b=zeros(229,1);

az=[14\*ones(1,229) -50 0];

A=[A;az];

b=[b;0];

temp=zeros(229,1);

D=genD();

D=[D temp];

A=[A;D];

b=[b;zeros(229,1)];

E=ones(1,229);

E=[-8\*14\*E 0 0];

A=[A;E];

b=[b;-1500\*229/365];

lb=zeros(231,1);

intcon=1:231;

x = intlinprog(f,intcon,A,b,[],[],lb);

fval=-f\*x;

m=temp'\*x(1:229,1);

z=x(230);

t=x(231);

lan=A(1:229,1:229)\*x(1:229,1);

A;

end

function [x,fval,m,z,lan,A]=mewe1inv()

f=zeros(1,230);

f=[f 1];

A=genA();

B=genB();

A=(A+B)/4;

temp=ones(229,1);

A=[A temp -temp];

b=zeros(229,1);

az=[14\*ones(1,229) -50 0];

A=[A;az];

b=[b;0];

temp=zeros(229,1);

D=genD1();

D=[D temp];

A=[A;D];

b=[b;zeros(229,1)];

E=ones(1,229);

E=[-2\*14\*E 0 0];

A=[A;E];

b=[b;-1500\*229/365];

lb=zeros(231,1);

intcon=1:231;

x = intlinprog(f,intcon,A,b,[],[],lb);

fval=-f\*x;

m=temp'\*x(1:229,1);

z=x(230);

t=x(231);

lan=A(1:229,1:229)\*x(1:229,1);

end

function A=genA()

A=[];

for i=1:229

temp=gencol(i);

A=[A temp];

end

end

function B=genB()

B=[];

for i=1:229

col=zeros(229,1);

for j=i+209:i+209+209

col(mod(j-1,229)+1)=8;

end

B=[B col];

end

end

function C=genC()

C=[];

temp=zeros(229,1);

for i=1:229

temp=zeros(229,1);

for k=i:i+19

t=k-1;

temp(mod(t,229)+1)=-1;

end

C=[C temp];

end

end

function D=genD()

D=[];

for i=1:229

a=zeros(229,1);

i=i-1;

for k=i:i+19

a(mod(k,229)+1)=1;

end

D=[D a];

end

temp=-ones(229,1);

D=[D temp];%4lan

end

function D=genD1()

D=[];

for i=1:229

a=zeros(229,1);

i=i-1;

for k=i:i+19

a(mod(k,229)+1)=1;

end

D=[D a];

end

temp=-ones(229,1);

D=[D temp];%1lan

end

function D=genD2()

D=[];

for i=1:229

a=zeros(229,1);

i=i-1;

for k=i:i+19

a(mod(k,229)+1)=1;

end

D=[D a];

end

temp=-ones(229,1);

D=[2\*D temp];%2lan

end

function D=genD3()

D=[];

for i=1:229

a=zeros(229,1);

i=i-1;

for k=i:i+19

a(mod(k,229)+1)=1;

end

D=[D a];

end

temp=-ones(229,1);

D=[3\*D temp];%3lan

end