

团队控制号码

仅限办公用途

T1

T2

T3

T4

仅限办公用途

F1

F2

F3

F4

问题选择

—↑

2019

MCM/ICM

汇总表

愿他们统治万岁:多么雄伟
龙可以在新领域生存

概括

龙一直是东西方人的想象。如果一条龙生活在我们的世界中,研究它的特征以及与生态系统的相互作用将是非常有意义和有趣的。

首先,研究了龙的基本身体特征。根据生物的生长特点,我们建立了龙的重量逻辑生长模型。根据这个模型,估计一条成熟龙的重量在10吨到20吨之间。然后,利用力学知识和类比法,将龙的躯干类比为弹性圆柱体,估计成熟龙躯干的长度约为4米到6米,整个龙体的长度。成熟的龙大约有20米到35米。其次,我们分析了龙的摄食量摄入和日耗。龙与具有相似特征的生物进行比较,我们进行了最大的能量摄入量以及它在飞行中消耗的能量量级推论。在呼吸、身体生态学等方面,我们建立了龙在飞行中的能量代谢模型和静态模型。更重要的是,我们比较了干旱、暖温带和北方地区养龙资源的差异,分析了一些地区龙的生存状况。

更重要的是,在敏感性分析中,我们重点关注了龙体重的固有增长率、环境因素和环境温度三个因素,以分析它们在变化时对成熟龙体重的影响。最后,我们写信给《冰与火之歌》的作者乔治·RR·马丁,为维护故事的现实生态基础提供一些建议。虽然龙在现实世界中并不存在,但本文建立的模型也可以应用于解决恐龙的生长、外来物种的入侵和新型灭火器的设计等问题。

注意:为避免侵犯版权,我们自绘制和生成所有图形。

关键词:物理特性;能量消耗和热量输入
拿:龙羊栖息地模型;气候影响



关注数学模型
获取更多资讯

内容

1 简介。	2
1.1 问题重述。	2
1.2 问题分析。	2
2 假设和理由。	4
3 符号。	5
4 龙的身体特征和饮食。	5
4.1 龙的重量和长度说明。	5
4.1.1 龙的权重Logistic增长模型。	6
4.1.2 基于类比的龙的长度分析。	7
4.2 龙的能量消耗和热量摄入。	9
4.2.1 龙的饮食和飞中的能量消耗。	9
4.2.2 龙火化学动力学模型。	10
5 龙羊栖息地模型。	12
5.1 龙的栖息地需求分析。	12
5.2 龙对生态系统的影响:平衡还是崩溃?	16
6 三个区域对龙的生存的影响。	16
6.1 三个地区龙的每日能量摄入差异。	16
6.2 三个区域的自恢复和支撑阻力能力 我们。 + + + + + + + + +	17
6.3 龙之生存的最低资源和栖息地需求 三区。	17
7 敏感性分析。	18
7.1 内在增长率 r 对龙体重的影响。	18
7.2 环境因素 σ 对龙体重的影响。	19
7.3 环境温度 T 对龙体重的影响。	19
8 模型评估和进一步讨论。	20
8.1 模型评估。	20
8.2 进一步讨论。	21
9 给马丁的一封信。	21



关注数学模型
获取更多资讯

附录。	23
附录 A 图。	23
附录 B 代码。	26

1 简介

1.1 问题重述

龙,上古传奇巨兽出现在乔治·RR·马丁畅销书改编的现象级电视剧《权力的游戏》中

冰与火之歌,吸引了全世界的眼球。在故事中,在他们出生的一开始,他们又小又瘦,另一方面,他们能够快速成长。现在,我们假设三条龙该系列生活在现实世界中,它们的成长符合基本的生态原则。我们需要建立数学模型来解决以下问题:

1. 分析一条龙的身体特征,估计它每天的能量消耗和最低卡路里摄入量。

2. 考察龙的出现对现实世界生态环境的影响,找出可以维持的区域

龙的生活以及生态条件和温度
满足他们必要的生活条件的生物群落。

3. 像其他动物一样,龙会迁徙到各个地方
局部温度变化。因此,我们需要评估差异
在他们生活在干旱地区、温暖的温带地区的生命需求中
地区和北极地区。

1.2 问题分析

由于龙是小说中的一种野兽,为了避免从头开始,我们应该通过类比现实中存在的动物来考虑它们。我们运用生态学、生物学等相关知识和规律大拇指帮助我们理清了龙的生态特征。帮助我们更好地构思了龙的形象,我们绘制了概念图,参见。图 1.nb 为避免因版权法引起争议,本文所有图由计算机绘制或生成。

首先,关于龙的身体特征,我们重点关注它们的重量和长度之间的趋势随时间变化。考虑到上述变化是连续的,我们建立一个逻辑增长差异等式,以龙的出生体重和明年的体重作为两个初始值



关注数学模型
获取更多资讯



图1 :龙手绘示意图

值以获得随时间变化的权重函数。因此,我们可以估算出成年龙体重的大致范围。

在分析龙的长度变化时,我们假设龙静止时四肢着地,将其视为一个弹性圆柱体。根据力学,我们可以计算出重量和长度的比例。因此根据龙出生体重和长度的初始值,我们最终可以确定尺度系数和长度与时间的函数关系。考虑到龙需要维持初级的新陈代谢和生命活动,它承受的重量越大,消耗的能量就越多。我们根据成年男子估算成年龙每天的能量消耗。为维持其长期的生命活动,龙的每日能量摄入量必须与消耗量大致相等。

基于以上分析,我们研究了三龙的栖息地面积以及龙的生态系统和群落规模的条件。我们假设三条龙不会相互竞争,因此我们只需要处理进入平衡生态系统的个体龙。不失一般性,我们将龙视为生态系统的顶级捕食者,将所有动物视为绵羊,将生态系统区域视为栖息地



的龙。

然后我们让羊的数量代表栖息地中对龙的资源供应,并假设这个值与生态系统的面积成正比。考虑影响绵羊数量的因素,我们基于微分方程建立了龙-羊-栖息地模型,得到了绵羊数量随时间变化的曲线。为了保证生态系统对龙的可持续供应,羊的初始数量应该有一个最小值,否则生态系统会因恢复缓慢而崩溃。

为了满足龙活动的最低要求,我们将此最低要求视为社区支持栖息地中的龙的能力,作为衡量生态系统规模的最低标准。然后,从这个最小值,我们可以参考维持龙生存的最小栖息地面积。因此,基于上述结果,我们讨论了龙对生态系统的影响。

考虑到龙的迁徙,龙在不同气候地区的生存压力是不同的。我们重点关注干旱区、暖温带区和北极区三个不同的气候区,分析不同地区对成熟龙生存资源的影响。根据以上对龙每日能量摄入的分析和龙-羊-栖息地模型,我们根据不同的气候条件、龙的消耗和生态系统的不同,讨论了龙长期生存的最低资源需求。供应差异,以及龙对当地生态系统的影响。

2 假设和理由

通过对问题的充分分析,为了简化我们的模型,我们使遵循合理的假设。

1. 龙的生长符合基本的生物规律。如果龙生活在现实世界中,作为地球上的一个物种,它的成长和成熟应该和其他生物一样,符合基本的生物规律。
2. 龙是体温不高的恒温动物
受环境影响。
3. 龙能飞,能承受巨大的伤口,不会因为物理、化学和生物的攻击而轻易死亡。根据神话和电视剧,我们可以认为龙是有飞能力的,它的飞满足空气动力学。其间,巨龙正在过度生长,其成熟的形态超越了所有的陆生生物,任何物种都无法承受巨龙的巨龙。



- 4.龙的每日能量摄入至少满足其每日能量消耗
化以维持其主要的生命活动和成长。
5. 我们假设龙的出生身长是 30-40 厘米。自从龙
生理信息缺乏科学依据,我们获取以上
从古代爬动物的幼虫和电视剧中推断出来的假设。
- 6.龙一旦进入生态系统,立即成为头号捕食者。尽管如此,它不会对生物圈造成灾难性的破坏。此外,人类可
以有效地控制龙。

3 符号

为方便起见,我们在模型中使用以下符号,参见。表格1。

表 1:符号及其说明	
符号	说明
t	时间
$W(t)$	龙的权重函数随时间变化
W_{max}	成熟龙的理论重量
$l(t)$	龙的长度函数随时间变化
$E(t)$	龙的每日能量消耗
T	环境温度
r	龙的固有成长速度
σ	环境因素
A	平衡生态系统的面积
$N(t)$	羊函数随时间变化的数量
K	生态系统的最大承载能力
b	环境承载力系数

4 龙的身体特征和饮食

4.1 龙的重量和长度说明

为了清楚地描述龙的生理特征[1],我们认为龙生活在气候适宜的暖温带地区,

假设该区域的温度保持在25°C。所以,
龙在成长和成熟期间可以从该地区获得足够的食物。另外,根据形态学,生物的体型不可能绝对增加。同样,龙
也应该是一样的,这就保证了当

龙成长到成熟,它的最终重量和长度将受到限制。在



关注数学模型

获取更多资讯

同时,我们将龙的身长定义为从肩部到臀部的直线距离。

4.1.1 龙的权重Logistic增长模型

考虑到龙出生的时间,它的重量 $W(t)$ 会随时间不断变化。在它成长到成熟的过程中,我们认为它永远健康,不会死亡。基于上述假设,我们表示成熟龙的理论重量为 W_{\max} kg。

根据Logistic延迟增长原理,我们认为体重增长速度的影响应该体现在龙的体重限制和环境承载能力等之间的延迟力上。

现在,我们考虑最基本的情况:不受环境和最大权重等任何限制的增长。在上述情况下,龙的重量应该满足方程 (1)。

$$\frac{dW(t)}{dt} = rW(t) \quad (1)$$

然而,由于龙本身的形态限制,等式 (1)的右侧应包括最大重量延迟因子 $(1 - W(t) / W_{\max})$ 。因此,我们将等式 (1)修正为等式 (2)

$$\frac{dW(t)}{dt} = rW(t) \left(1 - \frac{W(t)}{W_{\max}}\right) \quad (2)$$

此外,我们还考虑了环境对龙体重的影响。因为对于许多生物来说,它们的最终大小会随着温度的升高而减小 [2]。在我们的模型中,我们只考虑温度对龙体重的影响来替代环境影响。

我们假设温度对龙的生长速度的影响是线性的,所以我们让 σT 指温度对生长速度的固有延迟。从而将方程 (2)中的延迟因子修正为 $(1 - W(t) / W_{\max} - \sigma T)$,我们最终得到了重量-时间微分方程 (3)。

$$\frac{dW(t)}{dt} = rW(t) \left(1 - \frac{W(t)}{W_{\max}} - \sigma T\right) \quad (3)$$

我们选择龙的出生体重10公斤作为方程(3)的初值,即 $W(0)=10$ 。我们可以拥有体重-时间一阶非线性微分方程的柯西问题(4)



$$\frac{dW(t)}{dt} = rW(t) \left(1 - \frac{W(t)}{W_{\text{最大}}}\right) \quad (4)$$

$W(0) = 30$

为了解决柯西问题 (4), 我们表示 $\alpha = 1 - \sigma T$ 。最终, 我们找到了 $W(t)$, 即 Logistic 权重时间函数 (5)。

$$W(t) = 10\alpha W_{\text{max}} \frac{e^{\alpha K t}}{\alpha K + 10e^{\alpha K t} - 1} \quad (5)$$

由于明年龙的体重在 30 到 40 公斤之间, 我们假设龙的体重增长速度是一个常数。根据一年中龙体重的变化, 我们计算出龙体重的增长率 (6)。

$$r = \frac{\Delta W(t)}{t} \quad (6)$$

我们可以知道, 生长速度 r 的范围在每年 20 到 30 公斤之间。不失一般性, 我们设置以下参数, 参见表 2。

表 2: 参数值			
$W(1)$ (kg)	r (kg/年)	T (°C)	σ
35	20	25	0.04

因此, 我们可以生成等式 (5) 的图形, 参见图 2

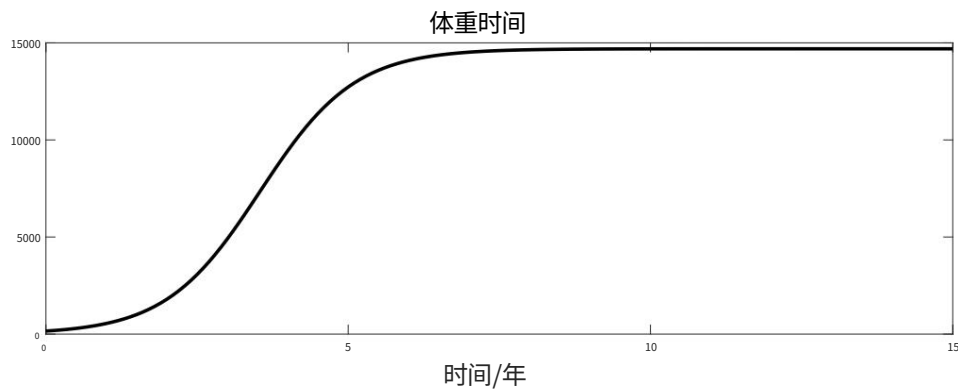


图 2: Dragon 的重量-时间曲线

4.1.2 基于类比的龙长分析

考虑成熟的龙躺在地上, 四肢着地, 静止不动。然后我们将 L m 表示为龙的长度, W kg 表示为龙的长度



重量。为了简化问题,我们将龙体视为一个弹性圆柱体,长度为 L m,直径为 D m,底面积为 S m² cf. 图 3。

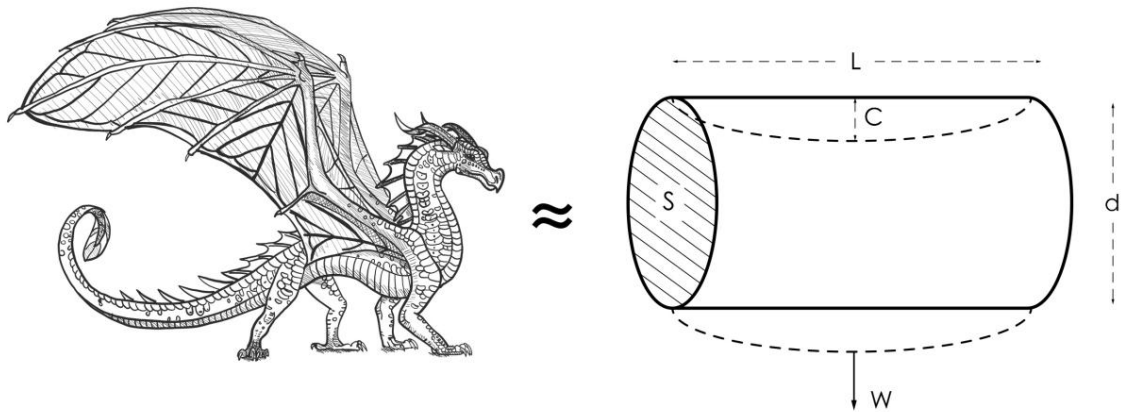


图 3:将 Dragon 类比为弹性圆柱体

由于龙的身体在重力的影响下会下垂,我们将弹性圆柱体的弯曲度设为 C m,我们可以从力学[3]得到关系式 (7)。

$$\frac{C}{L} \propto \frac{W L^3}{S d^2} \quad (7)$$

我们知道,在进化过程中, C/L 应该是一个常数 [4]。否则,生物就无法承受它们的重量。同时,根据圆柱体的质量与体积、底径与直径的关系,可以得到式(8)。

$$W \propto S L, \quad S \propto d^2 \quad (8)$$

结合(7)和(8),我们最终可以得到方程(9),nb K 是一个比例系数。

$$W = k L^4 \quad (9)$$

参考电视剧,我们假设幼龙的长度为0.7 - 0.9m [5]。结合幼龙的体重,我们可以计算出比例系数 K 约为 15.24kg/m⁴ - 41.65kg/m⁴。由于成熟龙的重量约为15吨,根据式 (9)可知,成熟龙的长度约为4.35 - 5.63m。

我们选择0.8m作为龙的长度初始值。基于图 2,我们生成长度和时间之间的变化图,参见图 4。



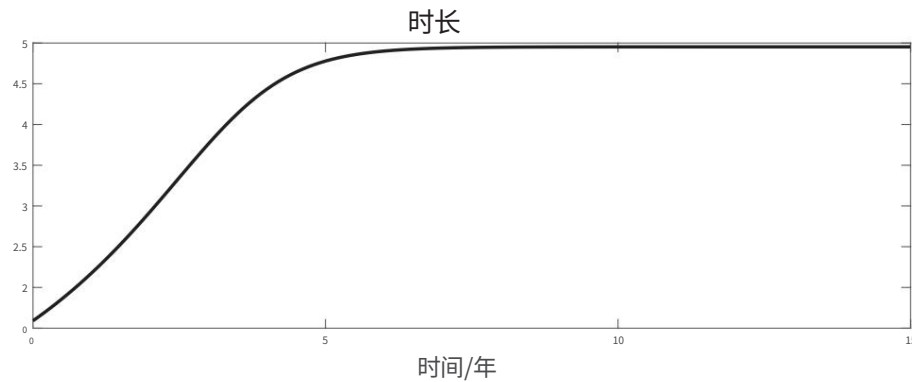


图 4: 龙的长度-时间曲线

4.2 龙的能量消耗和热量摄入

继承4.1节的假设,我们认为龙是恒温动物[6]。龙每天的能量摄入必须保证它的初级新陈代谢。同时,作为食肉动物,龙可以通过每天的肉类摄入量来分析。在考察其能源消耗时,我们认为其最关键的能源消耗来自飞和喷火,从而建立了主要模型[7]。

4.2.1 龙的饮食和飞中的能量消耗

为了简化问题,我们假设在这个模型中龙不能喷火。因此,我们可以只研究仅飞情况下的能量消耗和摄入量。我们将成熟的龙与诺斯曼人、冰原狼和麻雀在不同方面进比较 [8]。

根据成年诺斯曼的每日能量摄入量 (c. 2,000cal/day), 我们通过计算成年诺斯曼与成年龙的体重之比来估算成年龙的每日能量摄入量,约为400,000 卡路里 [9]。

接下来,根据冰原狼的每日肉类摄入量 (约 12 公斤/天), 通过计算冰原狼与成年龙的体重比例。我们估计成年龙每天的肉食量大约是900kg,如果羊的体重是100kg,那么龙需要消耗大约9只羊/天。

最后,以麻雀在正常飞状态下每小时的脂肪消耗量计算,约为0.08g/小时。通过计算麻雀与成龙的重量之比,同样地,我们估计成龙的消耗量约为 80 公斤/小时。为了更直观地比较不同的生物和龙,我们绘制示意图cf.图 5。





图 5:龙与其他生物消耗和摄入量

4.2.2 龙火化学动力学模型

龙火温度的估计 我们可以通过燃烧物体的状态来估计温度。在电视剧中,女王在战斗她骑着龙对付敌军。我们假设士兵的装备是铁做的。在龙火攻击之后,所有的材料都被不完全地融化和蒸发了。铁的熔点为 1538°C,而沸点为 2862°C [10]。因此,可以确定温度龙火的温度约为2862°C。

火燃料的化学成分根据 2862°C 的近似温度,我们列出了常见有机燃料的燃烧温度 [11],参见表3。

表 3:燃烧温度列表			
燃料	温度(° C)燃油	温度(° C)燃油	温度。 (° C)
甲醇	1100 原油	1100 瓦斯	2020
乙醇	1180 汽油	1200 液化石油气	2120
丙酮	1000乙炔	2127 甲烷	1800
醚	2861氢气	700 乙烷	1895年

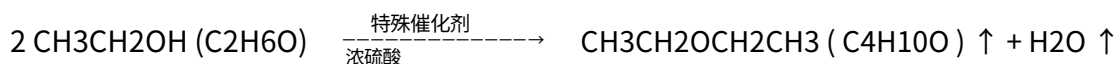
由表 3 可知,乙醚的燃烧温度最接近龙之火。因此,我们可以将乙醚视为火的燃料。

关注数学模型
获取更多资讯

产生乙醚的化学动力学机理根据奥克汉姆剃刀原理[12],有机体产生化学物质的机理应该是最简单的。乙醚最简单的制备方法是

乙醇在高温和浓硫酸催化下脱水制乙醚。我们假设龙可以产生特殊的催化剂,可以放开严格的反应条件,如下图所示

化学方程式。



因此,我们可以构建出龙的喷火器官结构,其中腺体 A 提供浓硫酸,腺体 B 提供含水乙醇,腺体 C 作为反应容器。内部高压

腺体 C 和催化剂可以促进反应并保持生成的醚呈液态,易于储存,提高燃点。

括约肌是控制乙醚排泄的阀门。当括约肌收紧,乙醚被锁在腺体 C 中。当括约肌放松时,空气进入后,压盖 C 的压力迅速降低。最后,以太蒸发并从阀门中喷出。气态乙醚与特殊物质混合催化剂,着火点降低到环境温度以下与空气中的氧气反应生成二氧化碳和水。然后释放大量热量。腺体结构示意图
龙和乙醚燃烧的化学方程式如图 5 所示
图 5,

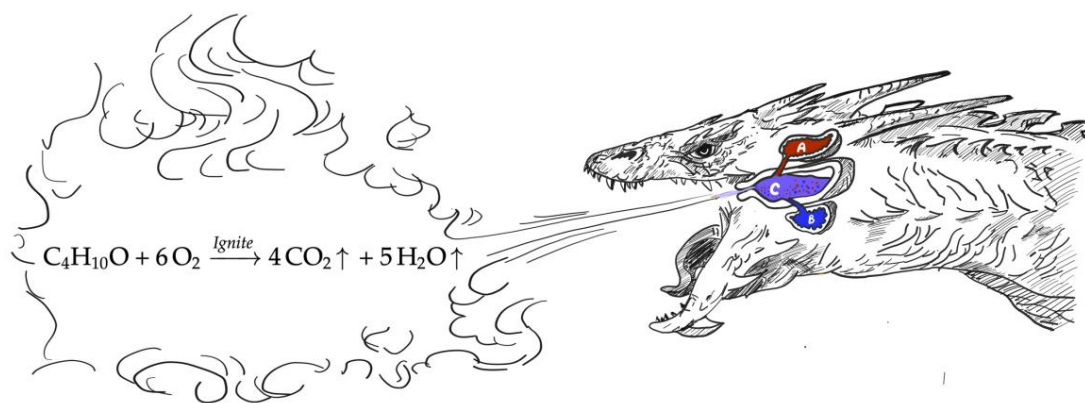


图 6:腺体结构示意图

腺体中的硫酸是由胃酸和含硫氨基酸(蛋氨酸、胱氨酸、半胱氨酸)在猫粮的作用下产生的,其中蛋氨酸需要从肉类中获取。它也解释了

为什么龙需要消耗大量的肉来维持燃料生产。乙醇是碳水化合物分解的中间产物。



喷火能量消耗估算通过乙醚的燃烧热和腺体C的储存量,我们可以估算出龙喷火时的能量消耗。根据电视剧,我们假设腺体 C 的储存量大致相当于人的饱腹量,表示腺体储存量 V 是乙醚 Q 在 25°C , 100kPa 时的燃烧热量。假设压盖 C 内的压力是乙醚的临界压力 3637.6kPa 。在此基础上,我们定义液态醚的密度为 ρ ,醚的摩尔质量为 M ,物质的量为 N ,质量为 m 。

假设龙一天消耗一腺乙醚,我们最终将能量消耗定义为 Σ , cf. 表 4。

表 4:参数及其值

$V (\text{m}^3)$	$Q (\text{kJ/mol})$	$\rho (\text{kg/m}^3)$	$m (\text{kg})$	$M (\text{kg/mol})$	$N (\text{mol})$
0.002	2752.9	265	$0.74 V = 0.53 \text{ 米/米} = 7.16$		

我们可以计算出能耗: $\Sigma = Q\rho V/M = 19716.72 \text{ kJ}$ 。因此,如果龙会喷火,一天的能量消耗将增加 19716.72 kJ 。

nb 由于现实世界中没有会喷火的生物,为了保证我们模型的稳定性和能力,在后续的分析中,我们将不考虑龙火对能量的消耗。

5 龙羊栖息地模型

5.1 龙的栖息地需求分析

我们考虑已经达到生态平衡的生态系统,面积为 S_0 。在某个时刻,成熟的龙进入生态系统,将这一时刻表示为初始时间。我们假设龙可以捕食其余的动物。不失一般性,我们可以把所有的动物都看成绵羊,把现在的生态系统看成草原生态系统。

我们认为羊的数量 $N(t)$ 可以看成是 t 时刻对龙的资源供给。我们将生态系统的面积视为龙的栖息地。生态系统中的羊是衡量群落对栖息地龙的支持能力的指标,也可以看作是大小的指标的社区。

表示生态系统对绵羊的最大承载能力为 K ,与面积 S 成正比。由于生态系统在初始时间 ($t = 0$) 之前是平衡的,我们可以得到生态系统应该的初始条件 (10) 满足。



$$N(0) = \text{捷克克朗} \quad (10)$$

考虑环境资源对绵羊数量的限制
和绵羊本身的生长。根据阻滞生长原理，
在没有龙的情况下，我们可以得到微分方程（11）
羊的数量应满足[13]。nb 参数 p 是内在增长
羊的比例。

$$\frac{dN(t)}{dt} = pN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{K}\right) \quad (11)$$

由于龙的进入会影响生态系统并影响数量
羊，我们将等式（11）修改为以下形式（12）。nb 参数 a 为成熟龙一天内的理论捕食量，单位为
件/天。

$$\frac{dN(t)}{dt} = pN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{K}\right) - aN(t) \quad (12)$$

我们将式（10）和（12）结合起来得到羊变化的数量
一阶非线性方程的柯西问题（13）当龙进入
生态系统。

$$\frac{dN(t)}{dt} = pN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{K}\right) - aN(t) \quad (13)$$

$N(0) = \text{捷克克朗}$

通过我们对成年龙每日能量摄入的分析，我们
可以知道，成熟的龙每天需要消耗大约900公斤的肉
（羊的体重约100公斤），即约9只羊。不失一般性，
我们可以设置 $a = 9$, $p = 0.01$ 。此外，我们选择不同的值
羊的生态系统承载能力，则我们可以解方程（13）
关于绵羊数量随时间变化的图表。例如取 $K = 5000$ ，
我们得到的图形如图 7 所示。

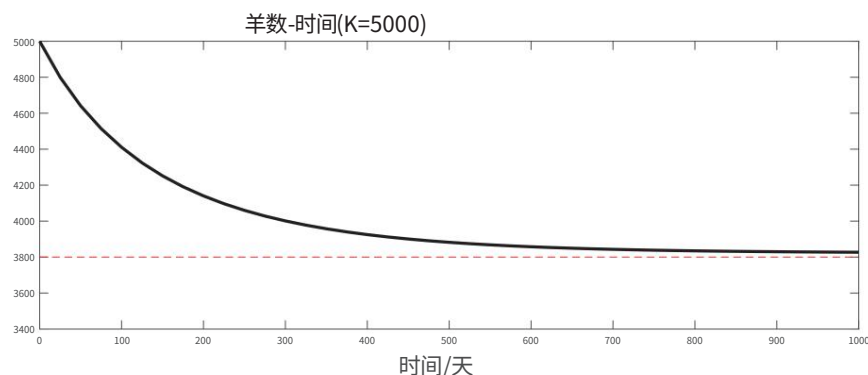


图 7: $K=5000$ 时绵羊数量随时间变化



从图 7 可以看出,随着龙进入生态系统,数量羊的数量继续下降,但下降的速度逐渐放缓。在大约 $t = 700$ (大约在第二年),生态系统几乎是平衡的。实际上, K 的取值不能随意,以满足长期生存成熟的龙,当 K 值太小时,龙的捕食率羊的恢复率远远大于羊的数量。号码绵羊的数量很快就会达到零,这将导致生态系统崩溃。例如取 $K = 3000$,我们得到如图 8 所示的图形。

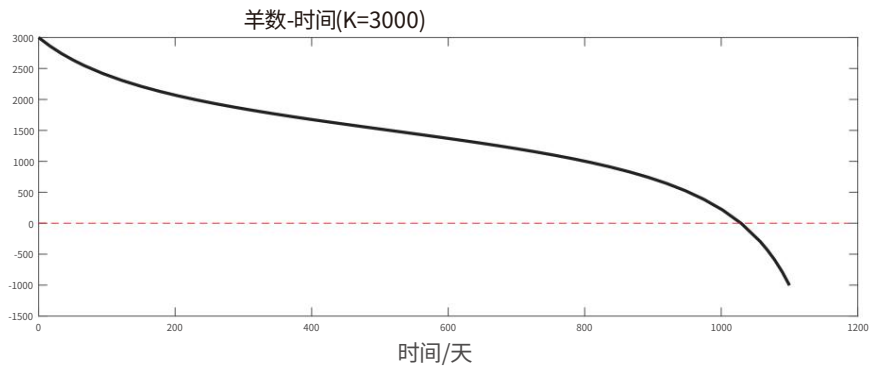


图 8: $K=3000$ 时绵羊数量随时间变化

图 8 显示 $N(t)$ 在大约 $t = 1000$ (大约在第三个年)。因此,我们得出的结论是,为了满足人们的基本生活需要龙,为了保持生态系统的可持续发展,价值 K 应该有临界值。我们选择不同的 K 值,最终得到相应生态系统的形式,参见表 5。

表 5: K 值及对应的生态系统	
K值生态发展趋势	
100	生态系统在 10 天内崩溃
500	生态系统在 2 个月内崩溃
1000	生态系统在 5 个月内崩溃
2000	生态系统在 1 年内崩溃
3000	生态系统在 3 年内崩溃
3500	生态系统在 10 年内崩溃
4000	生态系统与 2600 只羊保持长期平衡
5000	生态系统与 3800 只羊保持长期平衡

从表 5 可以看出, K 的临界值约为 4000。我们假设生态系统的面积 A 与其最大环境承载能力成正比。然后我们有关系 (14)。 nb 参数 b 是系数环境承载能力,表示可以养羊的数量每平方米生态系统面积承载。



关注数学模型
获取更多资讯

$$K = bA \quad (14)$$

在牧场不退化的情况下,考虑到羊的活跃面积,大约30亩草地可以养一只羊,大约150亩土地可以养一只羊。从这个比例来看,如果要养4,000只羊,大约需要600,000亩土地(即400km²)。因此,我们估计龙的栖息地至少可以达到 400 平方公里。考虑到黄石国家公园的面积为 900,000 公顷 [14],因此公园可以养活大约 22 条龙。

基于以上分析,我们可以得到对龙的栖息地的最低要求和社区在栖息地中支持龙的能力的最低标准。以下是我们的结论:

- 一条龙的栖息地至少为 400 平方公里, 中环120左右
纽约的公园 [10],我们绘制了示意图 cf.图 9。

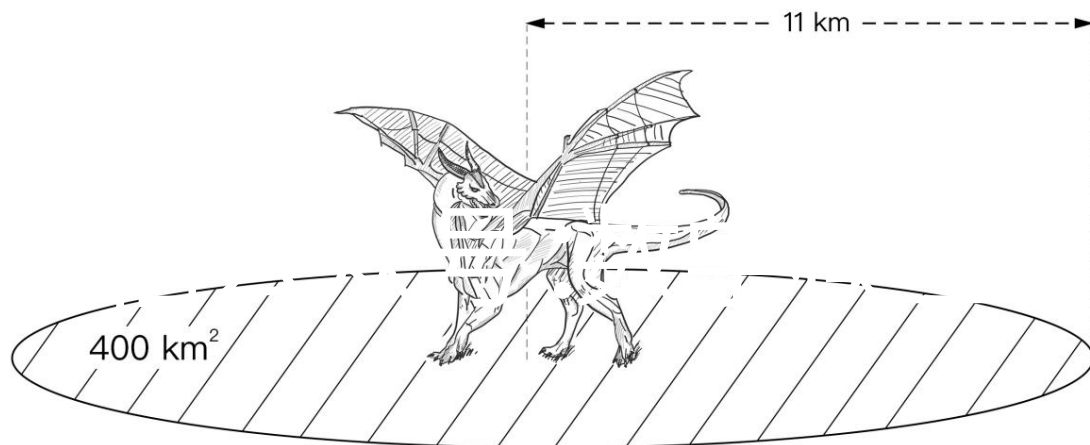


图 9:龙的栖息地的最小面积

- 栖息地至少有4,000 只羊可以保证对龙的长期支持。即,生态系统的群落至少需要 4,000 只食草动物和食肉动物。从生物学上看,食物链之间的能量转移效率约为20%,因此群落的食草动物数量约为3000 只,肉食动物约为1000只。我们绘制了龙参与的社区的营养结构,参见。图 10。



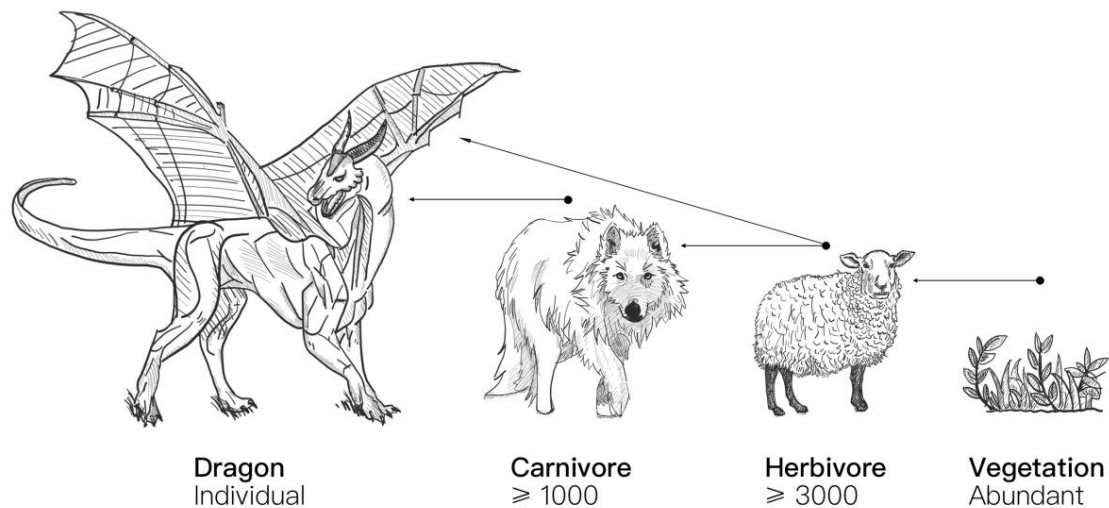


图 10:龙参与的食物链

5.2 龙对生态系统的影响:平衡还是崩溃?

我们仍然认为生态系统达到了生态平衡,从长远来看,它可以在没有龙的情况下维持自身。假设龙可以捕食生态系统中的所有生物,我们将生态系统的食物链视为龙-羊-草模型。基于以上对龙的栖息地和K值的分析,我们可以得出以下结论:

- 当K 值非常小时(例如小于1000),由于龙的进入,生态系统会在短期内被破坏。即食物链中的羊已经灭绝,那么龙就没有食物来源,最终会灭绝。即生态系统在这种情况下无法及时自我恢复。
- 由于K 值具有临界值,当K 值大于或等于临界值时,食物链中的绵羊数量趋于稳定。生态系统可以为龙提供长期的生存需求,即整个生态系统将恢复平衡。

6 三大地域对龙之生存的影响

6.1 三重龙每日能量摄入差异 甬道

我们仍然假设龙是恒温动物,即它需要在环境变化中保持体温相对稳定



温度。考虑三个不同的气候区域:干旱地区、暖温带地区和北极地区。这三个地区的温度不同,尤其是在北极地区,龙每天要消耗更多的能量来维持其活动和新陈代谢。

结合不同温度下人体的新陈代谢率,我们推测龙在干旱地区和北极地区的每日能量摄入量应该是暖温地区的0.9倍和1.3倍。根据我们对龙每日能量摄入的分析可知,在暖温带地区,龙每天需要消耗大约 460,000 卡路里 (即 9 只羊),因此我们计算出在干旱地区的能量消耗在北极地区是414,000卡路里和598,000卡路里,相当于每天消耗8和12只羊。

6.2 三地自愈养龙能力

三个地区的植被和动物资源存在巨大差异。动植物的数量和种类越多,生态系统的物种丰富度和区域内的自我恢复能力 (即破坏后恢复原状)就越高。很明显,暖温带地区的物种丰富度远大于干旱和北极地区。因此,暖温带地区的自我恢复能力远大于干旱和北极地区。

基于龙羊栖息地模型,我们使用模型中的参数 p 作为生态系统自我恢复能力的指标。我们假设在干旱地区和北极地区 $p = 0.005$,在暖温带地区 $p = 0.01$ 。此外,在不同的气候条件下,生态系统中生物的分布密度也不同。在暖温带地区,生物的分布密度远大于干旱和极地地区。我们在模型中设置参数 b 作为区域分布密度的指标。我们假设 b 在暖温带地区为 10pcs/hm²,在干旱和北极地区为 13pcs/hm²。

6.3 三个地区龙之生存的最低资源和栖息地需求

结合6.1和6.2的分析,我们将参数 p (即羊的固有增长率)和 b (即环境承载力系数)代入式 (13),计算出 K 的临界值 (即三个地区的最大承载能力)。参看。(15)。

$$K_{\text{arid}} = 6500, \quad K_{\text{warm}} = 4000, \quad K_{\text{arctic}} = 10000 \quad (15)$$



关注数学模型
获取更多资讯

根据不同区域的环境承载力系数 b ,可以计算出三个区域下的最小生境面积。参看。(16)。

$$A_{\text{arid}} = 187,000 \text{ hm}^2, A_{\text{warm}} = 40,000 \text{ hm}^2, \text{ 北极} = 133,000 \text{ hm}^2 \quad (16)$$

此外,我们绘制了三个区域的龙生存最低需求图如下。参看。图 11。

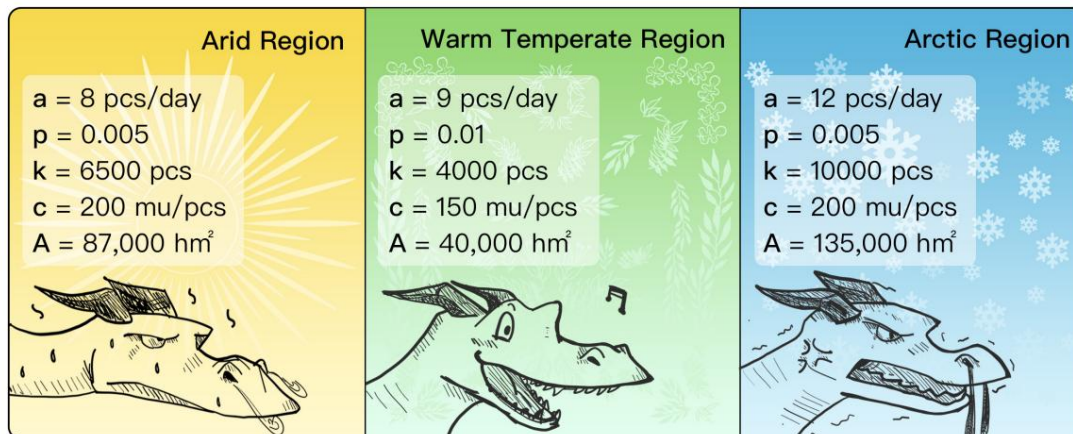


图 11:三地龙之生存的最低需求

7 敏感性分析

在龙体重Logistic增长模型中,一年后的龙体重、龙体重的固有增长率、环境因素、环境温度都会对模型的结果产生影响。由于一年后龙的体重与固有增长率密切相关,因此我们只考虑固有增长率、环境因素和环境温度的变化对模型的影响。

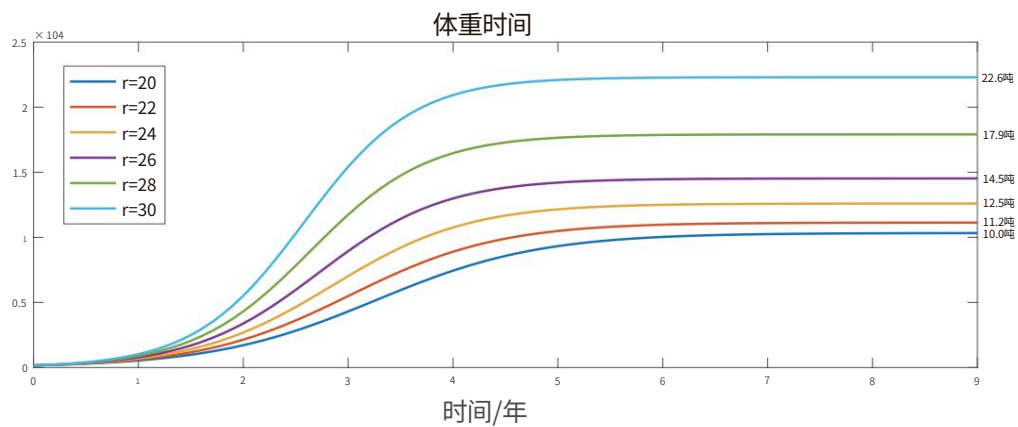
7.1 内在增长率 r 对龙体重的影响

根据式(6),我们可以计算出龙体重从20kg/年到30kg/年的固有增长率 r 。我们将环境温度 T 固定为25°C,环境因子 σ 固定为 0.04。然后将 r 线性增加第 2 步,绘制函数 $W(t)$,如图 12 所示。

正如我们在图 12 中看到的,成熟龙的重量 $W(t)$ 从 1.2 吨到 4.5 吨以 2 公斤/年的速度变化,相对于其总重量而言,这是微弱的。

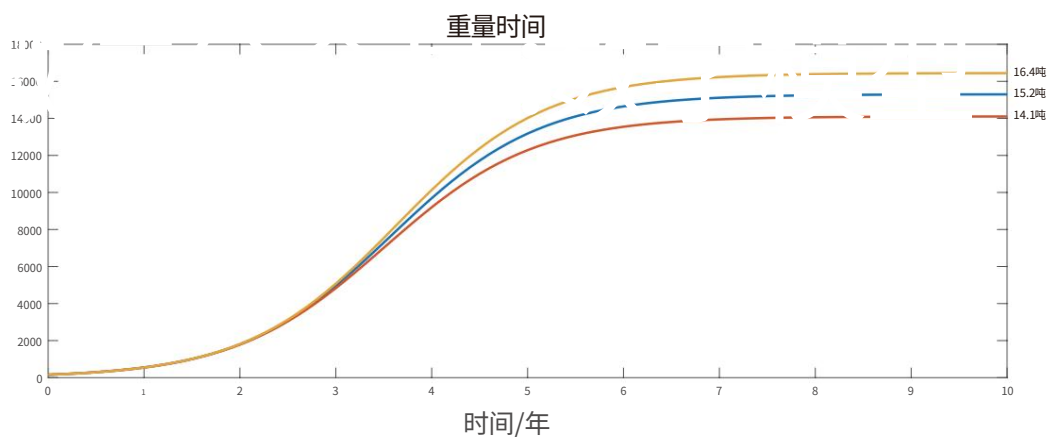
因此 $W(t)$ 对 r 的变化不敏感,这也说明模型本身对 r 不敏感。



图 12:固有增长率 r 的敏感性分析

7.2 环境因素 σ 对龙体重的影响

在我们的模型中,环境因素衡量的是环境对龙的重量。我们将环境温度 T 固定为 25°C ,龙体重的固有增长率 r 为 $20\text{kg}/\text{年}$ 。我们选择不同的 σ 值,并绘制函数 $W(t)$,如图 13 所示。

图 13:环境因素 σ 的敏感性分析

从图 13 可以看出,随着 σ 的增大, $W(t)$ 的稳定值为减少。说明环境对龙的体重有影响而温度保持不变。

7.3 环境温度 T 对龙体重的影响

最后,我们考虑环境温度对龙的影响重量。我们将 r 固定为 $20\text{kg}/\text{年}$, σ 固定为 0.04 。选择不同的 T 值并绘图



函数 $W(t)$ 如图 14 所示。

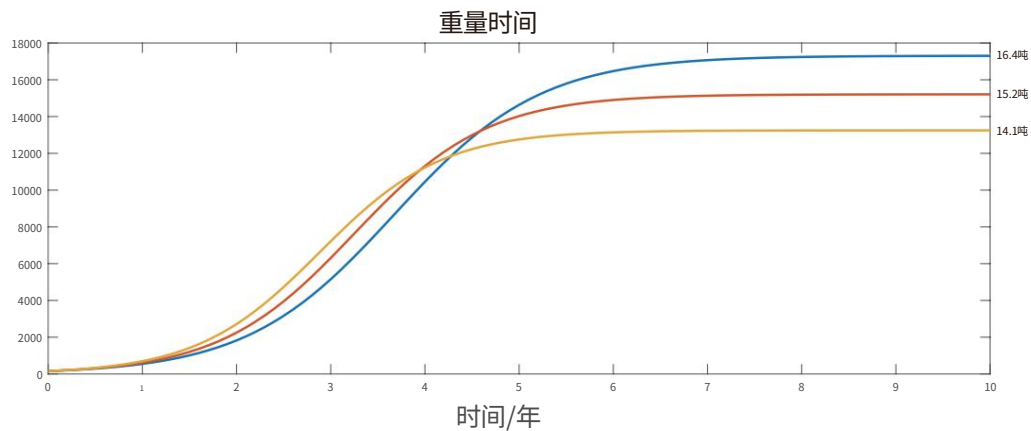


图 14:环境温度 T 的敏感性分析

从图 14 中,我们可以看到温度差异对重量 $W(t)$ 。由于龙的长度和重量之间的相关性,这些参数反映了龙的大小。即,它们的值越大,更大的龙的大小。因此,根据图 14,我们可以得到成熟龙的体型在炎热地区较小,相反,体型为寒冷地区较大,符合生态规律。它也说明了我们模型的合理性。

8 模型评估和进一步讨论

8.1 模型评估

就像小说中的生物一样,龙是神秘而迷人的。为了探索龙的特性,我们结合了龙的特性

真实生物、物理、化学、生物、生态等知识
建立系列模型,龙的重量逻辑增长模型,
龙的火化学动力学模型和龙-羊-栖息地模型,
等等,我们通过类比来准确回答以下问题,例如龙的基本特征分析,龙的每日能量摄入量
和
消耗,栖息地支持龙的最低要求,
栖息地的最小面积,以及对当地生态系统的影响
龙的进入。

在整个建模过程中,我们设置了合理的假设,以方便构建和求解模型。我们还采用敏感性分析
验证了模型的稳定性。

我们创新分析龙的喷火机制并探索



关注数学模型
获取更多资讯

其实施的可能性和操作。在假设下
龙可以喷火,我们建立了化学动力学模型
研究龙火的生理和能量特征
喷火机制。

但是,我们的模型仍然存在以下弱点:

- 我们的模型包含许多参数。这些参数的值很大程度上依赖于生物学知识。由于生物的多样性和复杂性,数值会有很大差异,这会影响模型的结果。
- 为了简化模型,我们的龙羊栖息地模型针对的是成熟的龙,不考虑期间能量摄入的变化龙的成长,所以模型有一定的局限性。

8.2 进一步讨论

在我们的龙羊栖息地模型中,我们探讨了关于成熟龙的问题。事实上,如果我们添加相关的变量和函数,基于
在原始模型中,我们还可以研究龙从幼年到成熟的过程,例如它的能量摄入变化模式,它对生态系统的影响,以及它的栖息地要求等。

我们的模型结合相关知识,总体上满足
数学原理和自然规律。虽然龙在现实世界中并不存在,但龙-羊-栖息地模型也可以尝试解决
巨大外来物种入侵问题,龙的重量逻辑增长
模型可以尝试解决恐龙的生长问题,龙之火化学动力学模型可以辅助设计一种新型
喷火器。

9 给马丁的一封信

(见下两页)



关注数学模型
获取更多资讯



给乔治·RR· 马丁的一封信

团队#1910246

团队#1910246

MCM/ICM 竞赛

问题A

生态游戏

2019 年 1 月 29 日

先生。

George RR Martin 冰与火
之歌的创造者

亲爱的马丁，

我们希望你一切都好。

非常感谢您创作了史诗系列和我们沉迷其中的优秀小说《冰与火之歌》，以及根据您的书籍改编的电视剧《权力的游戏》。电视剧中出现的龙，奇幻而妖娆。龙的形象引起了我们的共鸣，引起了我们研究龙的好奇心和兴趣。

根据您对小说中龙的描述，我们开始思考，如果龙生活在现实世界中，它的本质物理特征是什么？

它的生活习性是怎样的？我们应该为它提供多少资源来维持它的生存和发展？会对当地生态系统产生什么影响？基于这些问题，我们结合数学、物理、化学、生物、生态学等相关学科，尝试建立各种模型来分析龙的特征，并对这些问题做出科学的回答。

从我们建立的模型，分析龙的每日热量摄入和能量消耗。我们可以知道，从幼年到成熟，龙的食物摄入量都在增加。摄食量的增长率约为每年一只羊。当龙成熟时，它应该每天至少吃掉九只羊来维持它的主要活动。因此，这种食物摄入量是相当大的，也就是说，龙可能会对当地的生态系统产生重大影响。

为了保证书中龙的科学性和合理性，我们关注了龙对现实生态系统的影响，特别是龙的迁徙。因此，我们考虑了龙生活在干旱地区、暖温带地区或北极地区时，龙的生存条件的差异以及它们对生态系统的影响。因此，我们建议保持现实的生态基础来支撑你的故事，你不妨注意以下几点：



关注数学模型
获取更多资讯

·龙的最佳生活区是暖温带地区,气候湿润,物种丰富度高。所以,养龙的能力是足够巨大的。

·龙应该远离干旱地区和北极地区。龙本身不会喜欢这种生活条件和气候恶劣的地区。

·我们尝试分析龙吐火的机制。我们发现,呼吸火焰的能量消耗非常巨大。所以,我们希望龙每天喷火的次数不要太多,因为这种为给它的身体带来了很大的负担。

·根据我们模型的结论,成年龙的重量可能在10 吨到20 吨之间。因此,在长距离飞时,能量消耗是巨大的。注意飞距离和时间的限制。

·在觅食活动中,龙应该在广泛的范围内寻找食物。

考虑到龙与生态系统的相容性,要保持生态平衡,就应该让龙避免对生态系统造成灾难性的破坏。

希望我们的建议能够对您后续的创作有所帮助,如果我们的建议被采纳,我们将倍感荣幸!冰与火之歌真的让我们陶醉和满足。我们钦佩您的想象力,您的能力在安排如此大的故事场景中表现得淋漓尽致。顺便说一句,我们团队中你的狂热粉丝画了一幅画作为礼物送给你。



我们祝您在来年一切顺利。如果您想了解更多信息,请随时给我们写信。再次期待你的新书!

此致,

团队#1910246



关注数学模型
获取更多资讯

参考

- [1] May, RM 龙的生态学[J].自然出版集团,1976,264:16
- [2] Begon, M. & CR 汤森。从个体到生态系统的生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2016:34-35。
- [3] Cristescu,ND 和 EM Craciun 等人。弹性复合材料力学[M]. 佛罗里达:CRC 出版社,2003:45-70。
- [4] 维基百科进化 <https://en.wikipedia.org/wiki/Evolution>。 [在线的; 2019 年 2 月 26 日访问]
- [5] 优酷。权力的游戏所有龙场景第 1-7 季。 <https://www.youtube.com/watch?v=DKKPDlwRMFk>。 [在线的; 2019 年 2 月 26 日访问]
- [6] 维基百科。热血的。 <https://en.wikipedia.org/wiki/热血的>。 [在线的; 2019 年 2 月 26 日访问]
- [7] 拉姆齐,JJ 和 K. Hagopian。能量消耗和能量摄入的限制:能量限制会改变伴侣动物的能量消耗吗? [J].营养学杂志,2006,136(7):1958-1966。
- [8] Green JA & LG Halsey 等人。使用加速度计技术估计动物的能量消耗:活动、不活动以及心率技术的比较 [J].实验生物学杂志,2009,212:471-482。
- [9] 维基百科。卡路里。 <https://en.wikipedia.org/wiki/卡路里>。 [在线的; 2019 年 2 月 27 日访问]。
- [10] 维基百科。铁。 <https://en.wikipedia.org/wiki/Iron>。 [在线的;交流 2019 年 2 月 27 日停止]。
- [11] 刘国强化学与化学资料表[M].淘:厦门大学出版社ijjN2001:42-43。
- [12] 维基百科。奥卡姆剃刀。 https://en.wikipedia.org/wiki/Occam%27s_razor。 [在线的; 2019 年 2 月 28 日访问]。
- [13] Jiang Q. Y. & J. X. Xie & J. Ye. Mathematical model [M]. Beijing: Higher 教育出版社,2011:236-230.
- [14] 维基百科。黄石国家公园。 https://en.wikipedia.org/wiki/Yellowstone_National_Park。 [在线的; 2019 年 2 月 28 日访问]。
- [15] 维基百科。中央公园。 https://en.wikipedia.org/wiki/Central_Park。 [在线的; 2019 年 2 月 28 日访问]。



附录

附录 A 图

函数 $N(t)$ 的曲线,在 $a = 9$, $p = 0.01$ 的条件下,具有不同的 K 值。

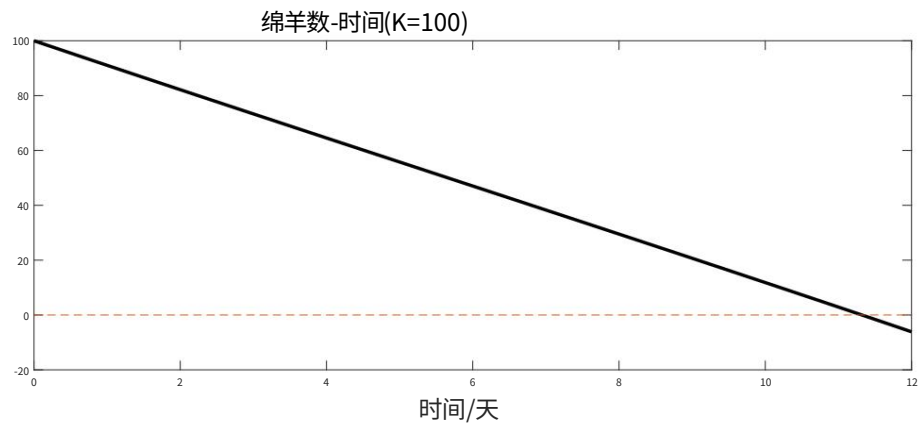


图 15: $K=100$, 生态系统在 10 天内崩溃

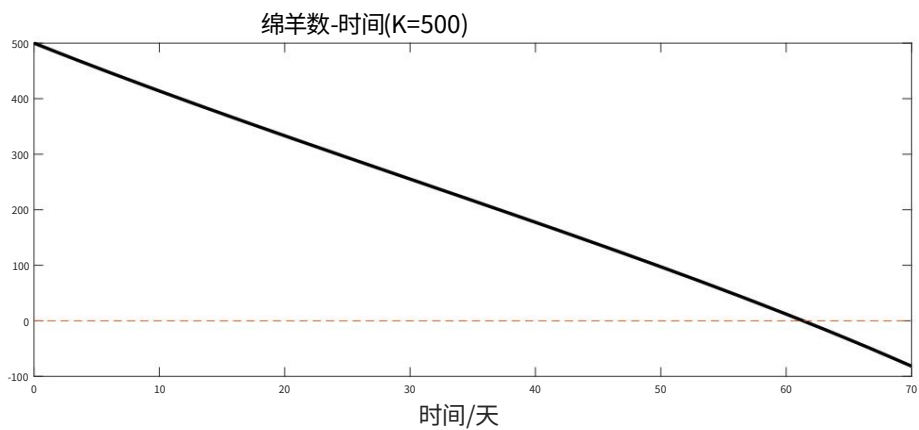
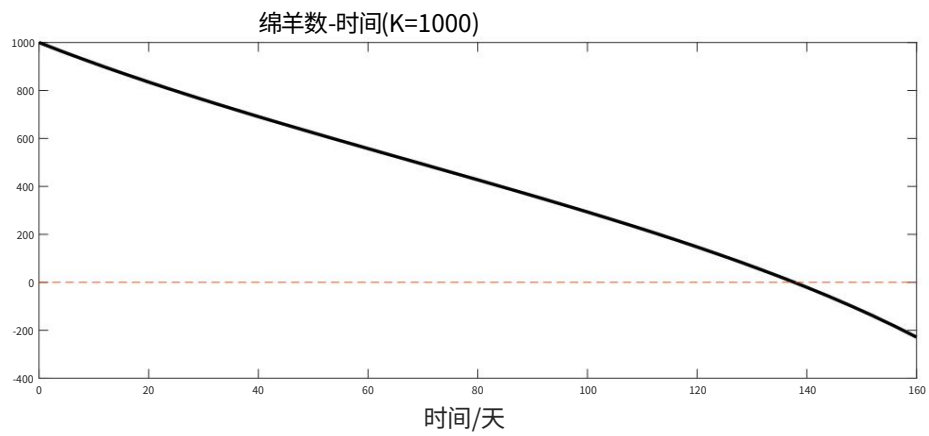
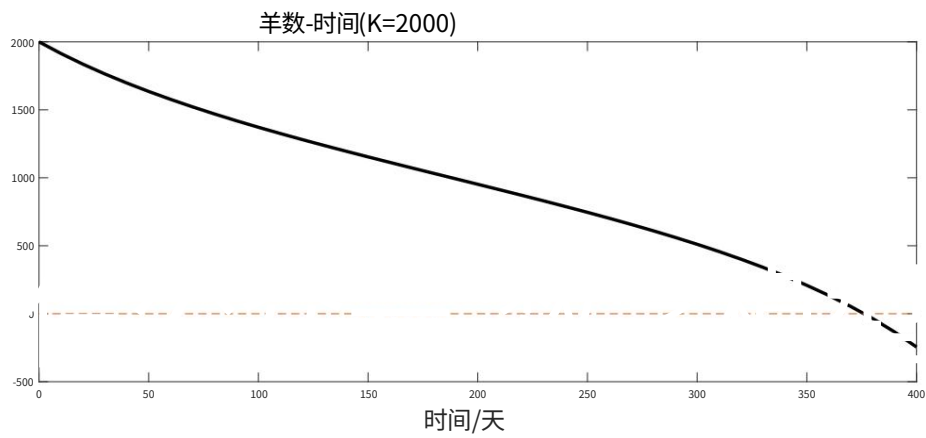
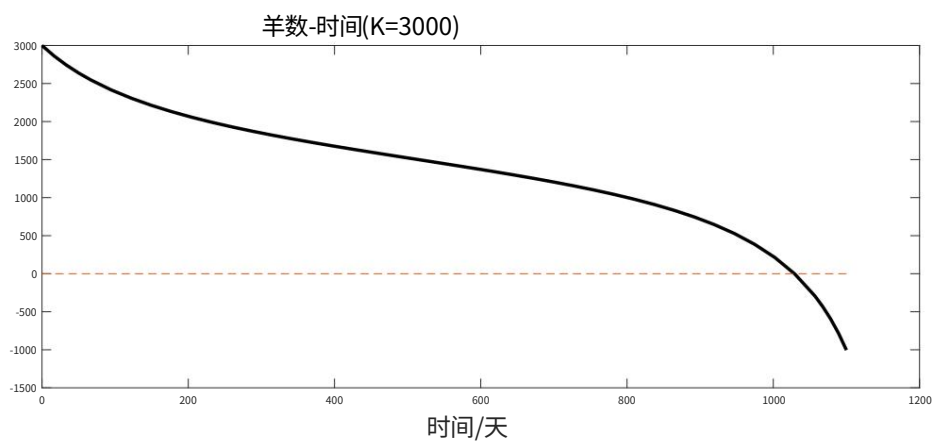
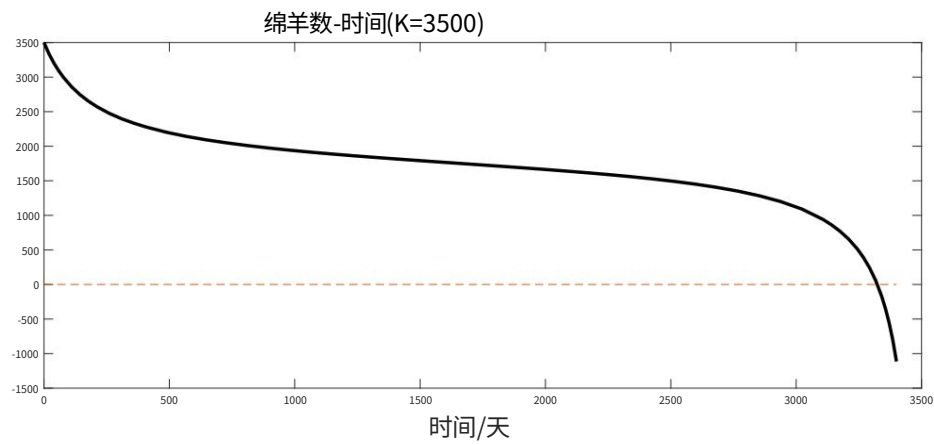
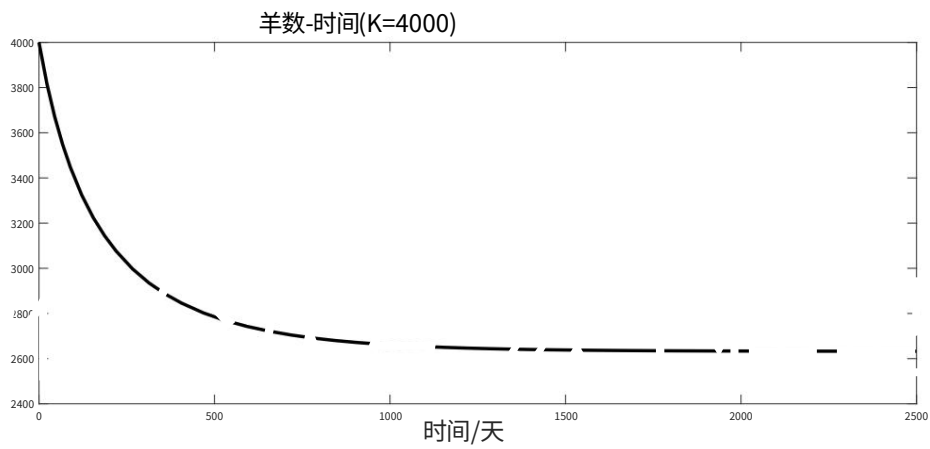
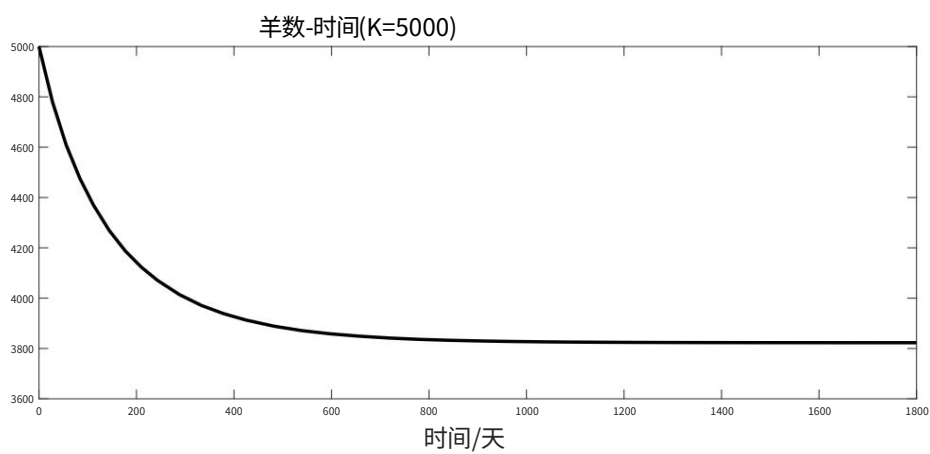


图 16: $K=500$, 生态系统在 2 个月内崩溃



关注数学模型
获取更多资讯

图 17: $K=1000$,生态系统在 5 个月内崩溃图 18: $K=2000$,生态系统在 1 年内崩溃图 19: $K=3000$,生态系统在 3 年内崩溃

图 20: $K=3500$, 生态系统在 10 年内崩溃图 21: $K=4000$, 生态系统保持长期平衡图 22: $K=5000$, 生态系统保持长期平衡

附录 B 代码

MATLAB 源代码 :绘制函数 $W(t)$ 的曲线

```
%%重量-时间曲线p0=10;%%初始重量
k=10694;%%理论上限r=20;%%增长率a=0.064;%%
%环境影响因子t=0: 0.1:15;%%时间线

p_u=a*k*p0*exp(a*r*t);%%重量分数分子p_l=a*k+p0*(exp(a*r*t)-1);%%重量分数分母p=p_u./
p_l/a;%%重量

%%绘制体重随时间变化曲线 plot(t,p) xlabel( ' time/year ') ylabel( ' w(t)/
kg ') title( ' weight-time ')
```

MATLAB 源代码 :绘制函数 $L(t)$ 的曲线

```
%绘制身体长度随时间变化的图像

l0=0.8;%体长初始值l=l0*(p/10).^(1/4);%体长与体重的关系

%绘制身体长度随时间变化的图像plot(t,l)坚持

xlabel( ' t/year ')
ylabel( ' length/m ')标题
( ' length-t ')
```

MATLAB源代码 :龙-羊-栖息地模型

```
函数function3(a,r,k)
%%龙羊栖息地型号代码x0=k;

s=@(t,x) r*x.*(1-x/k)-a;

%数值解
[t x]=ode45(s,[0 1000],x0);

%画水平线y=0 plot(t,x) y=zeros(1,length(x));坚
持住

情节 (t,y)推迟

结尾
```

