

1介绍

1.1背景

碳循环是地球上生命的重要组成部分。它描述了在整个地球的地球化学循环中的碳交换过程，并维持了大气中二氧化碳的平衡。碳循环的一部分包括化合物的分解，而这部分的关键成分是植物材料和木质纤维的分解。在自然界中，分解木质纤维的关键成分是真菌。通过研究的背景，我们知道木质纤维的分解速率是由真菌的各种特性决定的。在这个问题中，我们只关注蒲草的两个特性：生长速率和对水分的耐受性。

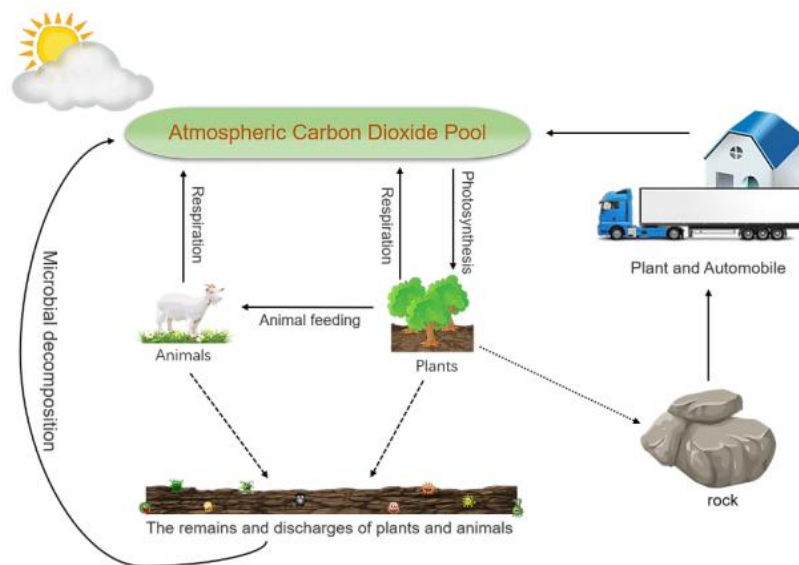


图1：碳循环的过程

. 21. 对问题的重述

我们的主要目的是研究真菌的生长速率和真菌对水分的耐受性对分解速率的影响，并建立一个关于在一定土地上木质纤维分解的模型。为此，我们需要解决以下问题：

- 建立一个数学模型来描述凋落物和木材纤维通过真菌活性的具体分解过程。
- 在上述模型中，当存在许多不同种类的真菌，其生长速率和防潮性不同时，我们需要纳入不同种类真菌之间的相互作用。
- 在上述基础上，我们需要建立描述交互的模型

在不同类型的真菌之间，以及在短期和长期趋势中相互作用的动态特征的不同表现应该被描述和描述。当环境波动迅速时，我们需要测试模型的敏感度，确定大气趋势变化的总体影响，以评估当地天气变化对模型的影响。

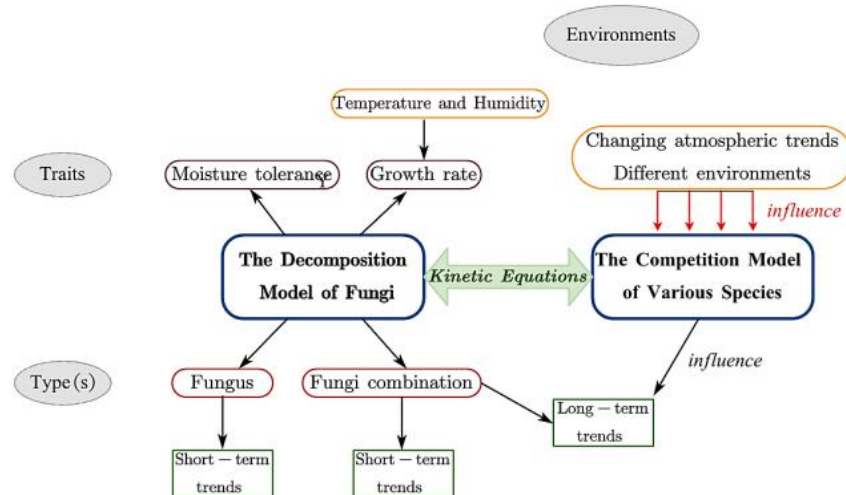
- 我们需要预测每种物种和可能持续的物种组合持续一段时间的相对优势和劣势，并在干旱、半干旱、温带、乔木和热带雨林的不同的环境中这样做。
- 分析了一个系统中真菌群落的多样性如何影响地面废物分解的整体效率。当当地环境发生不同程度的变化时，可以预测生物多样性的重要性和作用。
- 通过建立和解决上述模型，我们需要写一篇两页的文章来讨论我们理解真菌在生态系统中发挥的作用的最新进展。

2. 对该问题的分析

- 基于米切利希方程，建立了符合负指数形式的凋落物衰减模型。从本文的数据来看，植物材料和木质纤维的平均分解速率受到真菌（真菌）的生长速率和耐湿性的影响。我们用幂函数和指数函数拟合了这组实验数据，发现了生长速率、抗湿度和平均分解速率之间的等价关系。在此基础上，我们展示了剩余比例随时间的变化（单一物种）（图6）。
- 当各种真菌聚集在一起时，它们之间会有相互作用，主要是竞争。我们将不同物种的分解过程分为短期和长期两种。我们认为，在短时间内，每种真菌可以独立分解凋落物，将凋落物分解为多组作为个体之和。以五个组为例，我们展示了剩余比例的变化（不同的物种，短期趋势）（图7）。
- 在很长一段时期内，真菌竞争的结果可以通过菌丝延伸长度的稳定状态来衡量。基于物流模型和Lotka-Volterra模型，我们建立了不同物种的竞争模型，并测量不同真菌的分解贡献稳定优势物种下物种（图8），并显示了上述五的剩余比例的变化（不同物种、长期趋势）（图9）。

- 由于外部环境将决定群落的演替，我们分别考虑了全球变暖和气候变化对该模型的影响。根据时间序列ARIMA (0, 1, 1)，我们预测了2060年北美地区的年平均气温（图12），为1。比2020年高2℃。我们发现，如此小的温度变化将导致五种物种中的3种死亡（图13）。在干旱、半干旱、温带、树栖和热带雨林等不同环境下，种群的竞争结果有所不同（图15）。
- 考虑到真菌和不同的真菌组合，我们发现当延伸长度增加时，地面垃圾分解的总体效率继续提高（表4）。对于单一真菌，环境的变化可能会导致生长速率大大降低，从而阻碍分解。但对于多个群体，即使环境变化导致不同的稳定竞争结果，竞争也会减少

decomposition rate is impacted more.



3假设

- 在很短的时间内，生活在同一环境中的不同种类的真菌之间没有相互作用。在生长的早期阶段，对于各种物种，营养物质、空间和溶解氧等资源都是足够的。因此，在短期内，其他物种对真菌生长的不利影响可以忽略不计。
- 不同种类真菌之间的相互作用仅等于竞争关系。当不同类型的真菌生活在同一环境中时，它们之间存在着复杂的相互关系，如竞争、合作、共生等，但竞争是最重要和最共同的关系，所以我们可以忽略其他类型的相互关系

相互关系^[1].

- 本文中使用的数据真实可信可靠。为了应用和求解已经建立的数学模型，我们收集了34种真菌的相关数据^[2]. 为了保证结果的客观性和准确性，我们做出了这个假设。

4个符号

描述	定义
在t时刻的材料的质量	m_t
噬菌体延伸率	v
耐湿性	w
温度	T
湿度	S
平均分解率	k

5. 真菌的分解过程

根据相关研究可知，真菌的某些性状决定了植物材料和木本纤维的分解速率。

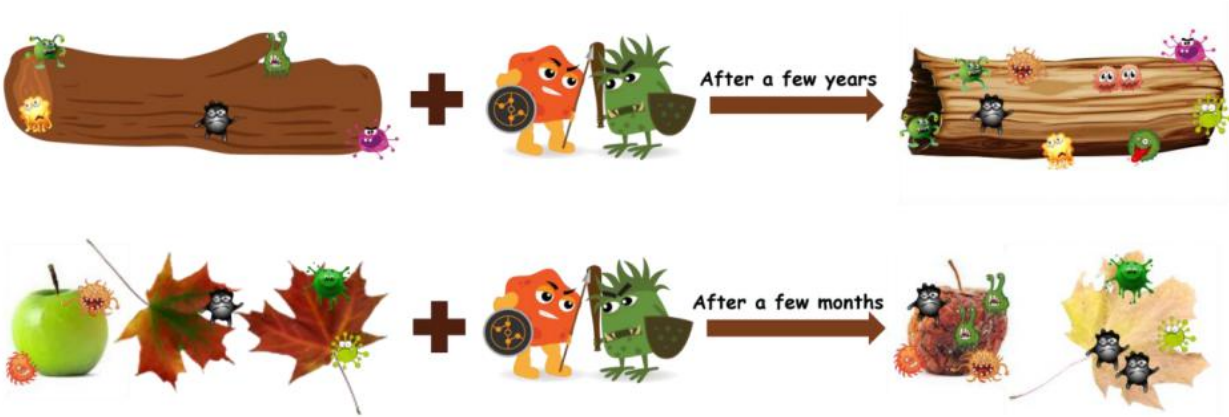


图3：真菌的分解过程

在这个问题中，我们只需要关注真菌的两个性状：真菌生长速率（菌丝延伸率）和抗湿性（真菌竞争排名与其水分生态位宽度的差异），我们假设这两个性状是相互独立的。鉴于某一土地上存在单一类型的真菌或多种类型的真菌，我们建立了真菌的短期分解模型如下：

5.1 单个物种的分解模型

根据标题中的信息，当环境温度为22℃时，菌丝延伸速率与分解速率的关系如图1所示，防潮率与分解速率的关系如图2所示：

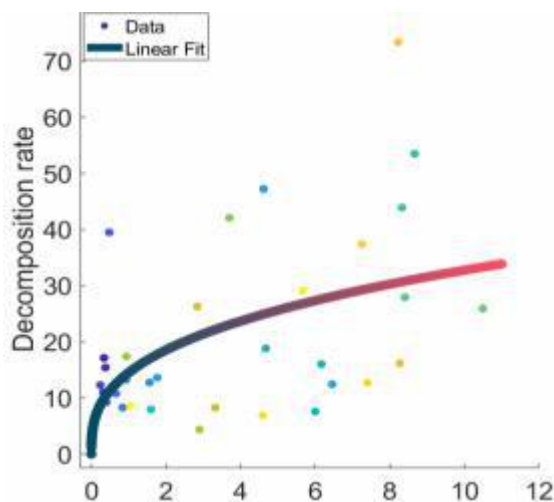


图4：不同真菌的菌丝延伸率（mm/天）与分解速率（在22℃下超过122天的质量损失%）

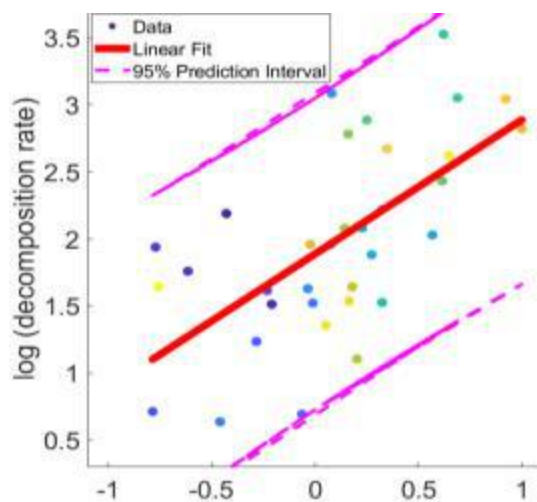


图5：不同真菌的水分（均为[0, 1]）与木材分解速率（22℃时122天质量损失%，对数转换）

由于图2是最优外部条件下的测试结果，所以假设图2的温度条件为22° C。也就是说，上述两个图反映了当温度为22° C时，分解速率与菌丝延伸速率（真菌生长速率）与防潮性之间的关系。

Δ我们认为植物材料和木质纤维的质量减少了， m_0 是初始植物材料和木纤维的质量， m_t 是初始植物材料和木纤维在分解一段时间后的质量。则图1和图2的纵坐标为所得到的分解速率：

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{m - m_0}{m_0} \quad (1)$$

现在使用最小二乘法的原理，结合标题的提示符，必须拟合图1中的数据。然后我们得到，当温度为22℃时，结果分解速率与菌丝延伸速率之间的关系为幂函数的形式，其关系及其核心函数显示如下：

$$\frac{\Delta m}{m_0} = a v^b = 14.5 \quad (2)$$

接下来，我们将处理图2中的数据。首先，我们取分解速率的对数，然后对处理后的数据进行拟合，得到分解速率与防潮率之间的关系。结果和在22℃处的核函数显示如下：

$$\ln \frac{\Delta m}{m_0} = k w + t$$

$$m = 1.0004k + 1.8878 \quad (3)$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta m}{m_0} = e^{k w} e^t = e^{1.0004 w} e^{1.8878} \propto e^{k w}$$

由于分解速率为 $m/m\Delta_0$ 仅与真菌生长速率 v （菌丝伸长率）和防潮率 w 直接相关，分解速率是两个核函数乘积的线性函数。从图1中，我们知道 $v=0$ ， $m/m\Delta_0=0$ 。然后我们得到：

$$\frac{\Delta m}{m_0} = p \cdot e^{k w} v^b \quad (4)$$

现在我们从两个图中取任意分解速率，将相应的真菌生长速率和抗性纳入公式（4）。通过计算，我们得到的系数为：

$$p = 12.1785 \quad (5)$$

根据现有的文献^[3]，我们知道，本文中提到的植物材料和木质纤维和其他垃圾的分解过程遵循米切利希方程^{[4][5]}，也就是说，随着时间的推移，垃圾会逐渐分解。分解速度往往比较缓慢，最终的分解速率成为一个常数值。

因此，我们采用了指数衰减模型^[5]是描述植物材料和木质纤维分解过程的最佳模型。模型为：

$$\frac{m_t}{m_0} = e^{-kt} \quad (6)$$

其中, k 为平均分解速率。结合以上分析, 我们可以得到:

$$\begin{aligned} 1 - \frac{m_t}{m_0} &= p \cdot e^{k w v b} \\ \Rightarrow k &= -\frac{1}{t} \ln(1 - p \cdot v^b e^{k w}) \end{aligned} \quad (7)$$

因为图1和图2所示的数据是122天后的实验结果, 所以 $t=122$ 。综上所述, 我们最终得到了一个单一类型真菌的分解模型如下:

$$\begin{cases} \frac{m_t}{m_0} = e^{-kt} \\ \frac{1}{122} k = -\ln(1 - 12.1785 \cdot v^{0.3538} e^{1.0004w}) \end{cases} \quad (8)$$

在该模型中, k 是某种真菌对植物材料和木质纤维的平均分解速率, 它仅与生长速率 v (菌丝延伸速率) 和抗湿度 w 直接相关。

5.2不同物种的分解模型

在自然生态系统中, 有多种类型的真菌生活在一个特定的土地上, 而不是一个单一的物种。它们一起生活和分解植物材料和木质纤维。接下来, 我们结合了不同种类的真菌的活性, 它们有不同的生长速率和不同的抗湿性。然后建立了不同物种的分解模型。在这个模型中, 我们只考虑短期情况。根据这些假设, 不同类型的真菌在短期内独立生长。

根据以上分析, 我们得到 k 是指数衰减模型 m 中某一类型真菌的平均分解速率 $t/m_0 = e^{-kt}$, 如果不同种类的真菌生活在一起, 它们的生长过程相互独立, 那么总的分解速率是它们各自的分解速率之和。由此我们可以得到, 当给定土地上存在不同物种时, 指数衰减模型如下:

$$\frac{m_t}{m_0} = \exp - k \left(\sum_{i=1}^n i t \right) \quad (9)$$

其中 k_i 是 i 型的平均分解速度, 由生长速率和耐湿性决定。结合单个物种的分解模型, 我们最终得到了

多类型真菌竞争模式如下：

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{m_t}{m_0} &= \exp - k \left(\sum_{i=1}^n i t \right) \\ k_i &= - \ln \frac{1}{122} (1 - 12.1785 v_i^{0.3538} e^{1.0004 w_i}) \end{aligned} \right.$$

(10)

5. 3基于分解模型的仿真研究

结合标题和我们建立的数学模型，我们收集了一些信息，获得了五种真菌的相关数据，如下表所示：

表1：五种真菌的数据

真菌种类	延期率 (mm/天, 22℃时)	水分权衡 (缩放为[0, 1])
香菇PR2058C1B	6. 17	0. 228833608
Phlebiopsis flavidoalba FP150451 A8G	10. 5	0. 614882787
硬脑膜炎DR60A8A	8. 23	0. 922073267
血刺PRSC95A11C	7. 60	0. 348555452
三叶草公社PR1117	4. 60	0. 051616603

为了得到地面凋落物和木质纤维的具体分解过程，我们将上述五种真菌对应的数据纳入单种分解模型，得到相应的剩余质量比，如图6所示。

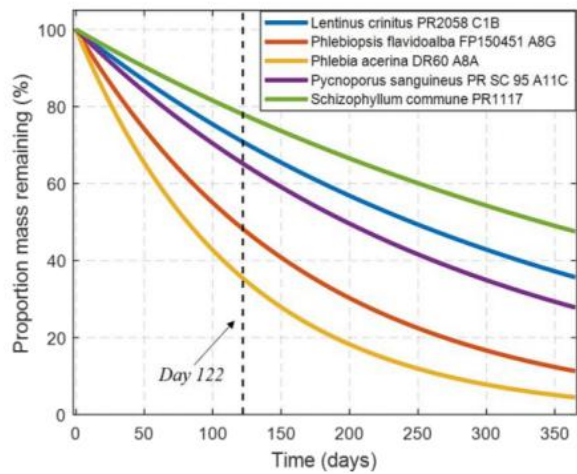


图6：单一类型的剩余比例

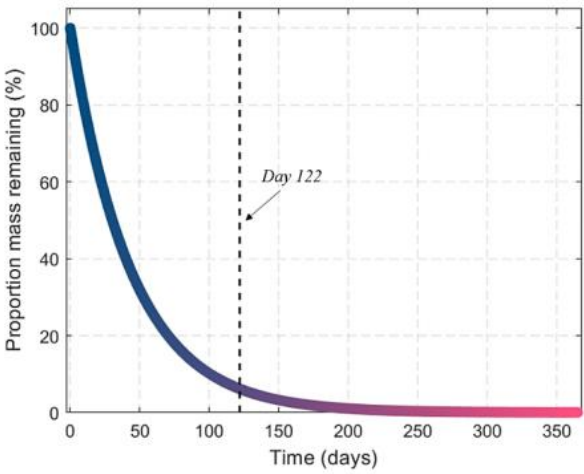


图7：各种类型的剩余比例

当真菌种类不同时，我们将上述五种真菌的活性纳入其中，并将具体数据纳入多型真菌分解模型，得到

凋落物和木质纤维的分解过程如图7所示。

观察以上两幅图，以122天为边界，很明显，与任何一种真菌的分解活性相比，当五种真菌生活在一起时，地面凋落物和木质纤维的分解过程进行得更快。与生态系统的实际情况一致，验证了真菌分解模型科学准确。

6. 不同种类真菌之间的相互作用

根据这一假设，我们知道不同类型真菌之间的相互作用只是竞争的关系，而忽略了合作与共生的关系。而且，在短时间内，不同物种之间没有相互作用，这意味着它们可以独立生长。只有在很长一段时间内，我们才会考虑竞争的影响^[4]^[6]他们的成长。接下来，我们计划建立不同物种之间的竞争模型，然后分析真菌的分解过程与竞争的关系。

6.1 不同物种的竞争模式

当某一土地上只有一种真菌存在时，可以用逻辑模型来描述其生长过程^[7]。也就是说，随着时间的推移，真菌菌丝的延伸将达到最终的稳定状态：

$$\frac{dx(t)}{dt} \left(\frac{x}{x_m} \right) = 1 - \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 \quad (11)$$

其中， $x(t)$ 为该物种在时间 t 时的菌丝长度， r 为固有的菌丝延伸速率， x_m 是环境条件下允许的最大菌丝长度。

如果有两种或两种以上的真菌，那么在很长一段时间内，它们就会争夺同样的食物和生活空间。竞争力上的差异决定了它们的结局^[8]。现在我们认为有一种真菌一起生活在一个特定的土地上。当它们单独生活在自然环境中时，它们的增长规律满足了逻辑模型。也就是说，对于每一种真菌：

$$\frac{dx_i(t)}{dt} \left(\frac{x_i}{x_{mi}} \right) = 1 - \left(\frac{x_i}{x_{mi}} \right)^2, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

其中 $x_i(t)$ 是 i 型在时间 t 、 r 时的菌丝长度， r_i 是 i 型的固有菌丝延伸率，和 x_{mi} 是环境允许的 i 型菌的最大菌丝长度。这个

...

因子 $(1 - x_i / x_{mi})$ 反映了i型由于消耗有限的资源而对其增长的阻碍作用。

当同一土地上存在多种类型的真菌时，考虑到其他类型的真菌对特定类型的真菌生长的影响，在该因素中减去一些项目是合理的 $(1 - x_i / x_{mi})$ ，并将其简化为：

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = x_i \left(r_i - \frac{r_i}{x_{mi}} x_i - \sum_{\text{神经过敏的 } j} \frac{\sigma_j}{x_{mj}} x_j \right) \quad (13)$$

的意义 σ_j 是：j型真菌的单位数量的分解质量为 σ_j 大于I型真菌单位数量的几倍^[8]。我们假设其固有的平均分解速率

i型真菌中的一个 k_i ，所以我们可以考虑：

$$\sigma_i = \frac{k_i}{k_j} \quad (14)$$

$$k_i = -\ln \frac{1}{122} (1 - 12.1785 r_i^{0.3538} e^{1.0004 w_i}) \quad (15)$$

r_i 是泰皮的固有菌丝延伸率，与环境中的温度T和湿度S有关。

而温度和湿度对真菌固有菌丝延伸率的影响是相同的，这凸显了水分与热生态位宽度之间的密切一致性^[2]。让 $f_i(T)$ 和 $g_i(S)$ 表示温度与湿度的函数关系分别为：

$$r_i = \frac{1}{2} f_i(T) + \frac{1}{2} g_i(S) \quad (16)$$

综上所述，我们可以得到不同物种的竞争模型为：

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{dx_i(t)}{dt} = x_i \left(r_i - \frac{r_i}{x_{mi}} x_i - \sum_{\text{神经过敏的 } j} \frac{\sigma_j}{x_{mj}} x_j \right) \\ & \sigma_j = \frac{k_j}{k_i} \\ & k_i = -\frac{1}{122} \ln (1 - 12.1785 r_i^{0.3538} e^{1.0004 w_i}) \\ & r_i = \frac{1}{2} f_i(T) + \frac{1}{2} g_i(S) \end{aligned} \right. \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \\ \vdots \\ n \end{matrix} \quad (17)$$

结合我们之前建立的模型，为了模拟不同类型真菌具有竞争关系的分解过程，我们最终可以得到

各种真菌在长期分解过程中的分解模型为：

$$\left\{ \begin{aligned} &\frac{m_t}{m_0} = \exp - \\ &k_I = -\frac{1}{122} \ln(1 - 12.1785 \cdot \\ &\frac{dx_i(t)}{dt} = x_i \left(\frac{r_i}{x_{mi}} - x_i \sum_{\text{神经过敏的} k_{imj}} \frac{k_j}{x_j} \right) \\ &k_I = -\frac{1}{122} \ln(1 - 12.1785 \\ &f_i = \frac{0.3538}{2} f_i(t) + \frac{1.0004}{2} g_i(S) \end{aligned} \right. \quad (18)$$

6.2竞争模式的解决方案

在问题1的真菌分解模型中，方程中计算的菌丝延伸率是122天测量的值，我们可以认为：

$$v_I = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=122} \quad (19)$$

利用生物学的基本知识，我们将初始时刻的菌丝长度设为x（0）=5mm。假设每种类型的环境所允许的最大菌丝长度是相同的，并且x_{mi}= 1000 mm. 当环境条件固定为20℃时，我们认为计算得到上述五种真菌的相关数据，如表所示：

表2：5种真菌的数据

真 菌 种 类	固有的水分权衡延长率		
	延 伸 比 率	有鳞状斑点的 向 [0,1)	在…的上方
122 天			
香菇PR2058C1B5.16	0.228833608	0.67	
Phlebiopsis flavidoalba FP150451 A8G	9.48	0.614882787	7.82
硬脑膜炎DR60A8A	8.04	0.922073267	4.81
血刺PRSC95A11C	5.74	0.348555452	1.09
裂殖叶菌公社PR1117	3.09	0.051616603	0.11

接下来，我们将表2中的数据替换为不同类型真菌之间的竞争模型。然后，我们得到了这五种真菌在20° C下随时间的进化情况，如下图所示：

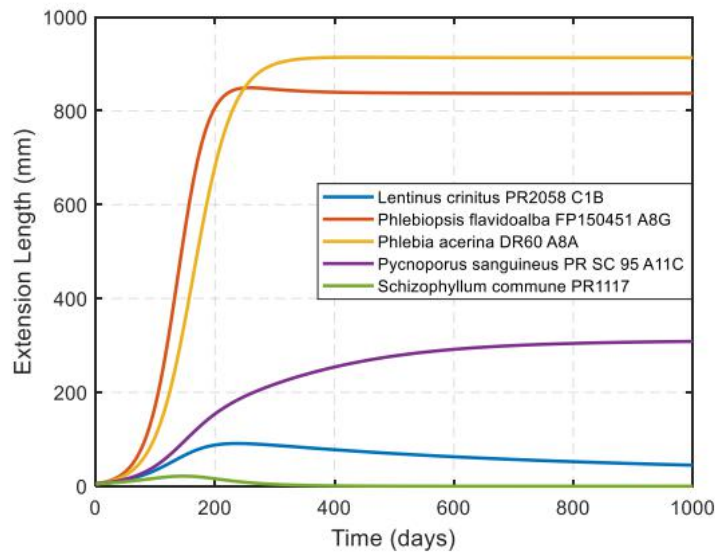


图8：在20℃时的继承情况

从图5中可以看出，FP150451A8G在20° C时具有最强的竞争力。当它达到稳定状态时，它的菌丝长度最长。而裂殖体公社PR1117的竞争力最弱，最终会消失。

很长一段时间以来，不同物种之间存在着竞争关系。此时，我们将表2中的数据带入真菌分解模型中进行模拟。最后，我们得到了真菌对植物材料和木质纤维的长期分解过程，如下图所示：

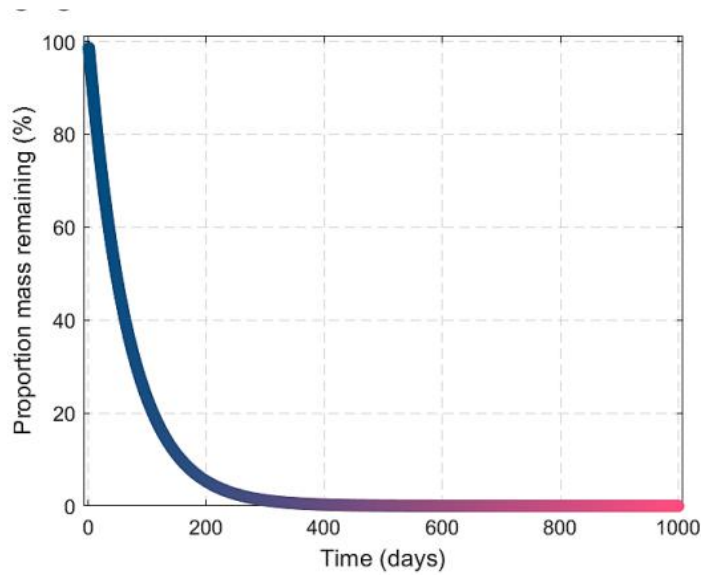


图9：剩余比例随比赛情况的变化

与真菌独立生长时的分解曲线相比较

从图4可以看出，由于竞争关系，凋落物和木质纤维的分解过程较慢。因为物种之间存在矛盾，与生态系统的实际情况一致。并验证了我们所建立的真菌分解模型是科学的。

6. 3对环境波动的敏感性

当环境波动迅速时，即当温度和湿度发生变化时，不同种类真菌的演替结果会随着时间的推移而变化，优势种也可能发生变化。我们收集并获得了五种真菌的相关资料。不同的温度、湿度和相应的固有菌丝率分别如图10和图11所示^[2]. 事实上，下面两个图是视觉表示

函数 $f_i(T)$ 和 $g_i(S)$ ：

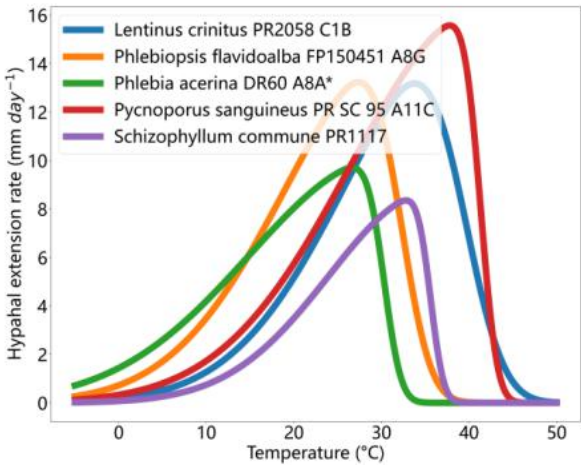


图10：与温度之间的关系

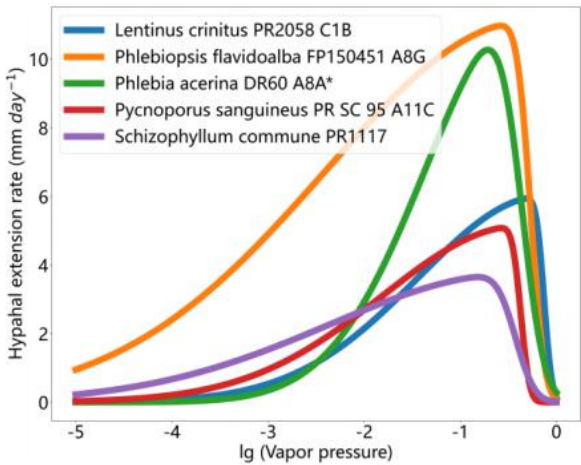


图11：与温度之间的关系

实际上，图6的横坐标表示空气中的水蒸气压(MPa)。空气中的水蒸气压可以通过格夫-格拉奇方程转化为湿度^[9].

6. 3. 1对大气趋势变化的影响

近年来，由于温室效应的不断积累，能量在地球-大气系统中不断积累，导致气温上升和全球变暖。这种大气趋势^[2]^[3]也直接导致了真菌的生活环境的变化。同样，在这样的总体趋势下，美国当地的天气模式也会发生变化。我们收集了1960年至2020年的年平均气温数据。结合时间序列方法ARIMA（0, 1, 1），进行相应的预测如下：

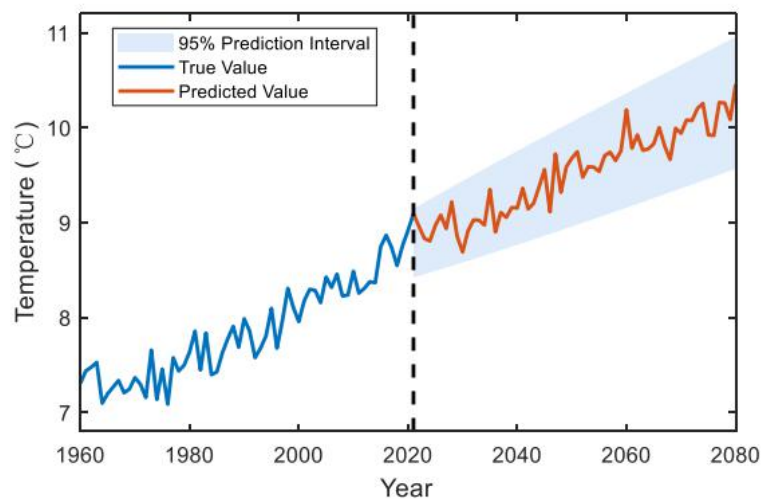


图12：对美国未来气温的预测

以2020年和2060年为例，将这两年的环境条件纳入真菌竞争模型。在很长一段时间内，五种真菌的演替过程如下：

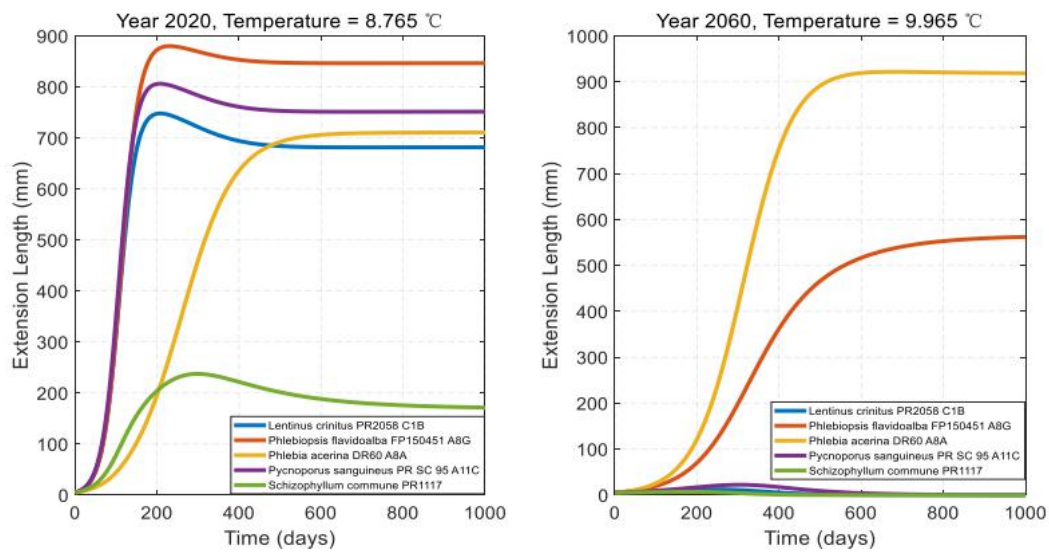


图13：2020年和2060年的真菌演替情况

观察以上两张图，我们发现随着全球变暖的趋势，五种真菌的生长速率和演替过程发生了变化，甚至优势真菌种类也发生了变化。这说明当前大气总体趋势对真菌生长有很大影响，证明该模型极为敏感。

不同地理环境下的6. 3. 2影响

当地理环境发生变化时，气候条件也会发生变化

立即我们选择了几种具有代表性的气候条件，包括：干旱、半干旱、温带、树栖和热带雨林。然后选择了沙特阿拉伯、苏丹、美国、中国和巴西5个气候对应的国家^[10]，如图所示：

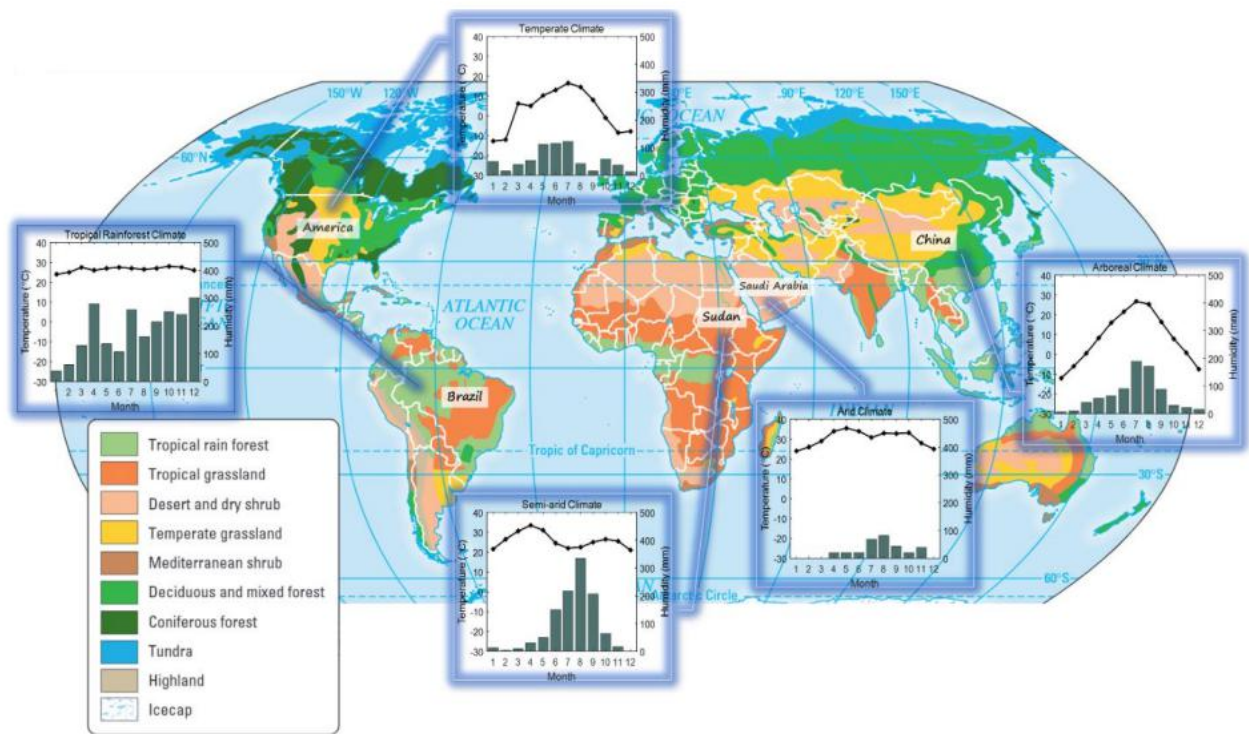


图14：代表性气候条件分布

通过内置的Wolfram数据库，我们得到了上述五种气候类型所对应的国家和地区的具体环境条件，如下表所示：

表3：关于5种气候类型的数据

气候	国家	平均温度（℃）	相对湿度	空气中的蒸汽压力(MPa)
干旱的	阿拉伯哈特	28.7220	0.32308	7.76×10^{-3}
半干旱的	苏丹染料	20.5201	0.74436	3.10×10^{-2}
温带	美洲	8.9162	0.67365	1.29×10^{-2}
树状的	中国	16.5114	0.75267	1.81×10^{-2}
热带雨林	巴西	27.2025	0.82752	1.43×10^{-2}

使用表2中的数据计算五种真菌的内在增长率在上述不同的气候条件下，结合竞争模型，我们得到的继承五个真菌在很长一段时间在这些代表气候条件的过程如下：

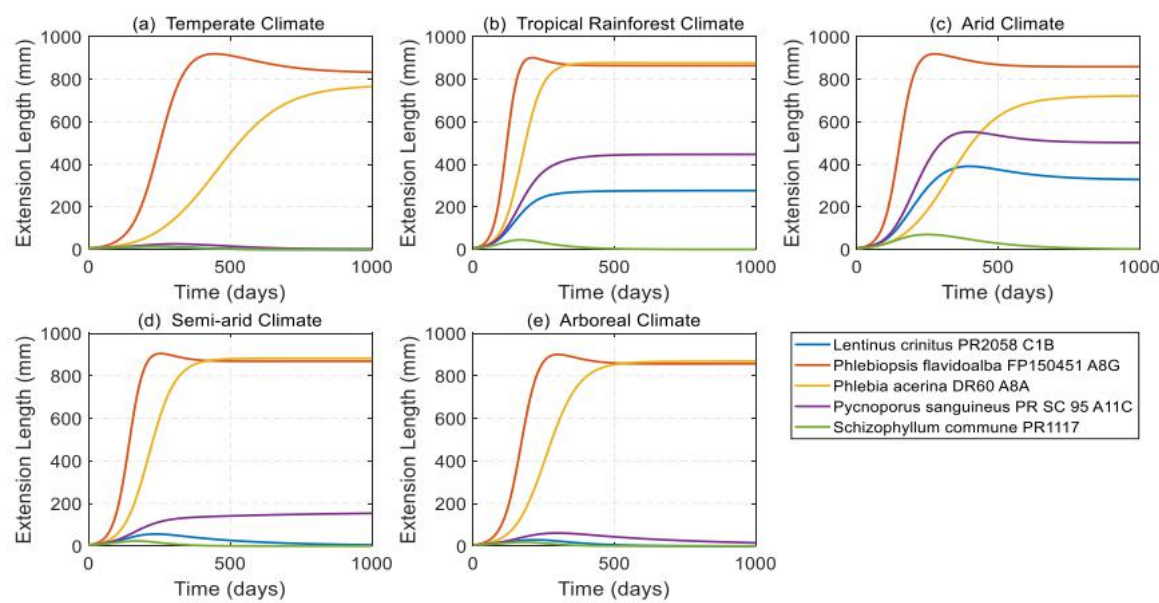


图15：不同气候条件下真菌演替的预测

观察以上5张图，我们发现干旱、半干旱、温带、树栖和热带雨林、热带雨林的真菌生长速率和演替过程在气候条件下发生了变化。这验证了我们所建立的竞争模型对环境条件极其敏感。

7. 生物多样性的影响

7. 1对分解效率的影响

无论是在长时间还是短时间内，当特定土地上真菌种类的数量增加时，植物物质和木质纤维的分解速度应该比单一真菌存在时更快^[4]。

以上述五种真菌为例，利用竞争模型和分解模型，我们做以下工作：当不同的物种组合生活在给定的土地上时，我们可以计算出质量剩余比例为30%的时间。然后，我们可以比较系统中真菌群落的多样性对地面凋落物分解对系统整体效率的影响。经计算，结果如下表所示：

表4：分解效率的比较

真菌或 真菌的结合	比例的时间 剩余质量为30%（天）
A	842
A, B	181
A, B, C	95
A, B, C, D	85
A, B, C, D, E	82

在表3中，A为PR2058C1B，B为黄菇FP150451A8G，C为DR60A8A，D为香菇PRSC95A11C，E为裂殖菌PR1117。

显然，从表3中可以看出，随着真菌生活的土地上越来越多，分解效率越来越高。这说明真菌群落的生物多样性促进了分解效率的提高，进而促进了生态系统中的碳循环效率。综上所述，生物多样性对地球上各种生物体的生存有积极的影响。

7. 2生物多样性的的重要性和作用

真菌群落分解地面凋落物和木纤维的速率与其生长速率性状和耐水性有关，而生长速率受环境因素的影响（性状与基因有关，性状的表达受环境的限制）。显然，不同种类的真菌具有不同的最适生长温度和湿度，并且在一定的环境下，真菌的最大生长速率是恒定的。

如果系统中只有一种真菌，那么变化，特别是环境的大变化，很可能影响其生长速度，导致群落生长缓慢甚至死亡，从而影响真菌在系统碳循环中的分解效率。

然而，如果系统中有多种类型的真菌，并且环境发生了相同的变化，那么在一个更合适的生长环境中仍有真菌的可能性就会大大增加，从而保证了碳循环的持续和有效的进行。

可以看出，物种多样性可以降低环境变化破坏碳循环平衡的风险，从而提高生态系统的稳定性。

8模型测试

8.1敏感性分析

当真菌分解植物材料和木质纤维时，环境条件的变化会导致真菌生长速率的变化，从而导致真菌分解速率的变化，最终影响整个分解过程的效率。在这里，我们认为环境条件包括温度和湿度。然后，我们使温度和湿度波动迅速，并在长时间内将环境条件化为真菌分解模型。考虑到竞争关系，我们观察了环境条件变化对真菌分解过程的影响，以检验模型的敏感性。

在最佳湿度条件下，我们计算并得到了5种真菌分别在10℃、20℃和30℃下的分解速率，如下图左图所示。在最佳温度下，当lg（气压）为-3时，计算真菌的分解速率，-2、-1，如下图所示。

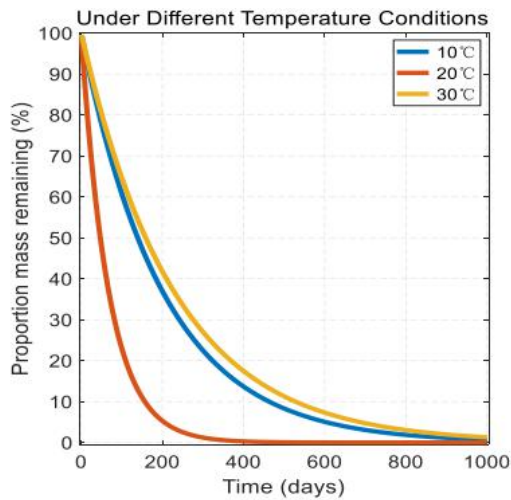


图16：关于温度的灵敏度测试

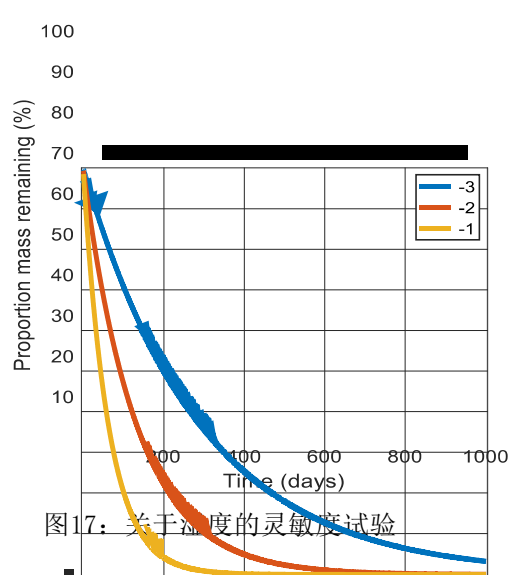


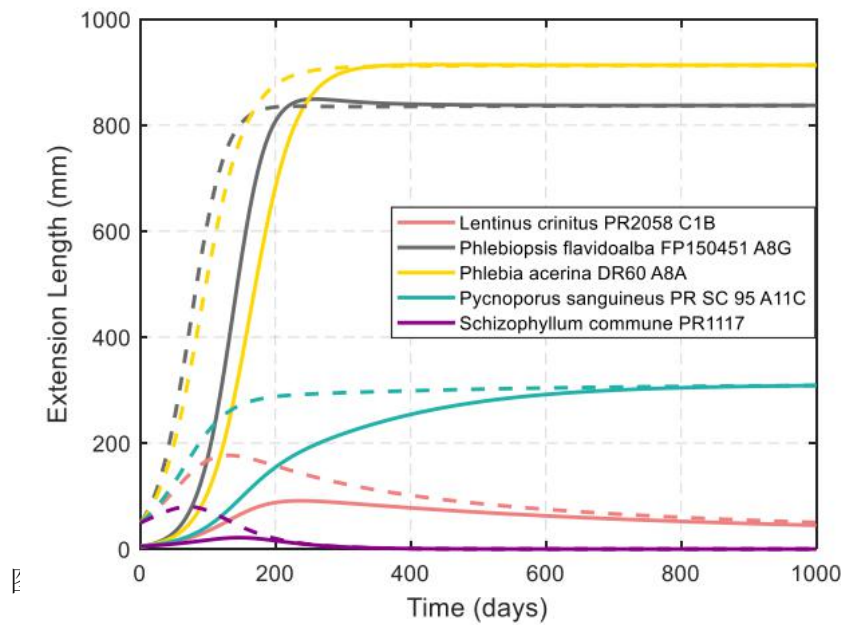
图17：关于湿度的灵敏度试验

从上图中的结果可以看出，当温度和湿度发生变化时，五种真菌的分解效率也会发生变化，这符合实际情况，说明模型具有较高的灵敏度。

8.2鲁棒性分析

在模拟不同类型真菌之间的竞争过程时，我们设置了菌丝

每种真菌在初始时刻的长度 $x_i(0) = 5\text{ mm}$.然而，在实际的自然生态系统中，最初的菌丝长度是未知的。为了更符合现实情况，我们将初始长度更改为 $x_i(0) = 50\text{mm}$ ，并将其替换为模型，计算五种真菌的竞争过程。在22℃时，两种病例的比较数据如下：



根据这幅图，可以得出结论，即使真菌的初始菌丝长度发生了变化，但当时间足够长时，竞争的结束和优势种也没有改变。这证明了我们所建立的模型是具有鲁棒性的。

9优势 and 弱点

9.1优势

- 在检索相关文献和数据库后，我们发现了一些完整而真实的数据，包括“真菌的地理分布”、“真菌生长速率与温度/湿度的关系”、“近60年北美的温度”，为模型的解决提供了坚实的基础。
- 考虑多种情况，建立了单一、多种真菌的分解模型。因此，该模型具有良好的通用性和灵活性。
- 我们建立了多种类型的短期和长期竞争模式

用真菌来分析物种间的竞争关系。由此可见，我们可以得到不同环境条件下物种组合的优缺点。

9.2 弱点

- 在考虑环境条件时，我们只使用温度和湿度，而忽略了pH值等其他因素的影响。这可能会导致真菌分解模型的结果出现一些误差。
- 在竞争模型中，我们只考虑了不同物种间的竞争，而忽略了种内斗争对分解效率的影响。这也可能使结果不准确。
- 为了简化模型的求解过程，模型中的一些参数设置缺乏科学依据，因此必须根据常识进行估计，这过于主观。