

# 消泡药物与反刍动物泡沫性瘤胃臌胀消失机理的探讨

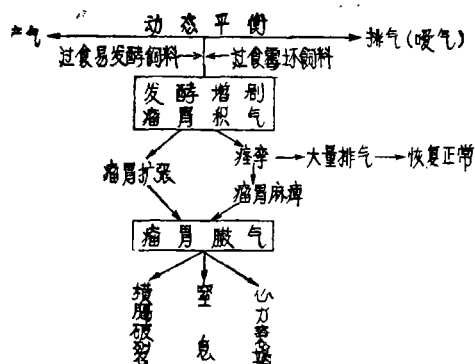
赵振东

(西北农学院基础课部)

## 一、前言

反刍动物泡沫性瘤胃臌胀在兽医临床上是季节性常见症之一,疗法已有,投药雷同,但是多少年来关于所应用的消泡药物的作用机理方面,在国内外有关资料中说法不一。有的研究认为,病畜投服消泡药物后,降低了瘤胃液体表面张力,于是小气泡融合为大气泡,通过暖气排出,从而症状消失<sup>[9·16·18·17·18·19]</sup>。也有的研究认为,病畜投服消泡药物后,增高了瘤胃液体的表面张力,从而使泡沫融合变大,通过暖气排出,于是症状消失<sup>[8·20·21·22·23]</sup>。因此这一问题在理论及实践方面都需要加以探讨。本文试图从化学原理并提供实验数据对于反刍动物泡沫性瘤胃臌胀消失的机理加以论证。

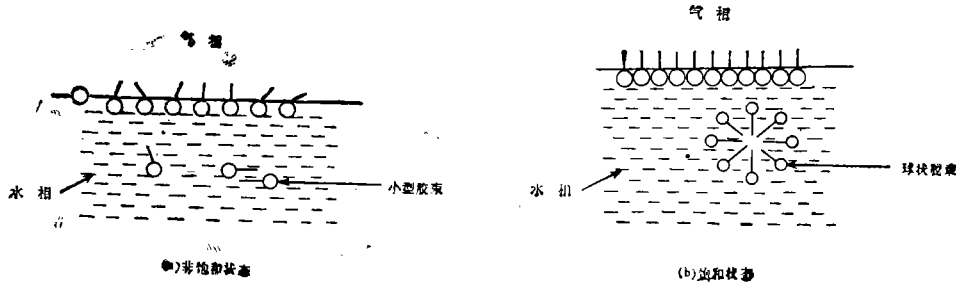
## 二、症状概况



当牛羊过食鲜嫩豆科植物,如苜蓿、三叶草、苕子、紫云英等,或暴食青贮饲料如洋芋、酒糟等后,由于胃内微生物致酵而产生 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 等大量气体,如果产气与排气平衡,则牛羊生理正常。如果排气受阻,则产气与排气动态平衡破坏,于是,反刍动物发生泡沫性瘤胃臌胀。其症状概况,简示如图:

导致瘤胃泡沫性臌胀的主要原因并非产气过多,而是产气排导不出,结果动态

平衡破坏。而造成产气排不出的原因是,由于牛羊采食的饲料中含有表面活性物质——如皂甙、高碳有机酸、醇等,这些物质食入后,正吸附于以水为介质的瘤胃液体表面,形成分子膜,其分布图示如下:



### 三、症状产生机理

表面活性分子的这种正吸附，降低了瘤胃液体的表面张力，降低的机理过程可以从 Gibbs 公式加以说明，

$$\Gamma = - \frac{C}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc}$$

$\Gamma$ ——瘤胃液体单位表面上吸附溶质过剩量（摩尔数/厘米<sup>2</sup>）

$\sigma$ ——瘤胃液体的表面张力（达因/厘米）；

$C$ ——溶液浓度（摩尔数/厘米<sup>3</sup>）；

$R$ ——气体常数（ $8.3144 \times 10^7$  尔格/K·摩尔）；

$T$ ——绝对温度（K）；

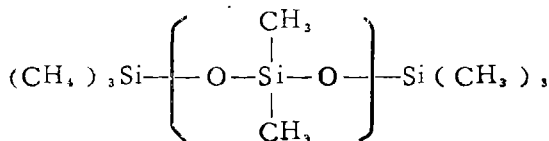
$\frac{d\sigma}{dc}$ ——表面张力对浓度的导数（达因·厘米<sup>2</sup>/摩尔），表示  $\sigma$  随  $C$  变化的速度。

从 Gibbs 公式看出，当  $\frac{d\sigma}{dc} < 0$  时则  $\Gamma$  为正值，称为正吸附，此时表面浓度大于相

内浓度，这意味着，瘤胃液体的表面张力随着表面活性物质浓度的增大而降低。同时这些高分子活性物质的溶入又增加了瘤胃液体的粘度，这两个因素提供了气泡产生的良好条件，因为前者降低了分子之间 Van der waals 引力，后者增加了液膜的弹性。所以当牛羊瘤胃内存在易发酵的饲料过多时，当微生物引起发酵后，产气非常迅猛，生成的气泡很小极多，聚集为块状体的泡沫，它属于胶体粗分散体系，泡沫液膜之间接触面积极大，不易分离，单凭嗳气排气解除不了气体压力膨胀，即使是施以外科插管排气手术也无济于事，从而造成泡沫性瘤胃膨胀症。

### 四、症状消失机理

在临床上一般采用棉子油、石蜡油等消泡药物消除瘤胃泡沫，近年来又采用了新的消泡药物——聚甲基硅油。



关于消泡药物的作用机理论证如下:

### 1. 泡沫自动消失是必然的趋势

瘤胃体系内产生的气体,可能呈现两种状态,一种是泡沫,另一种是比较大的气泡。前者的总表面能要比后者大得惊人:设气泡为球形,较大者其半径( $r_1$ )=0.2cm,如果把 $r_1=0.2\text{cm}$ 的气泡缩小到泡沫——胶体粗分散体系范畴,设其半径( $r_2$ )=1000nm,以上两种体系的表面积 $S_1$ 及 $S_2$ ,总表面能 $F_1$ 及 $F_2$ 的对比如下:

$$S_1 = 4\pi r_1^2 = 4 \times (0.2)^2 \pi = 0.16\pi (\text{cm}^2)$$

$$S_2 = 4\pi \times (10^{-4})^2 \times \frac{\frac{4}{3}\pi r_1^3}{\frac{4}{3}\pi r_2^3} = 320\pi (\text{cm}^2)$$

$$F_1 = \sigma \cdot S_1 = 0.16\pi\sigma (\text{尔格})$$

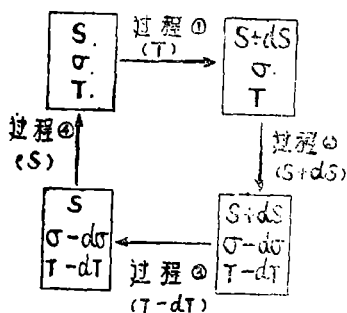
$$F_2 = \sigma \cdot S_2 = 320\pi\sigma (\text{尔格})$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{320}{0.16} = 2000$$

由上述计算可见在泡沫性瘤胃臌胀体系内,泡沫的总表面能是非常巨大的。那么体系处于表面能极大的状态会说明什么问题呢?热力学已经证明表面能是自由能的形态之一,用Kelvin公式加以说明:

$$-\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)dTdS = Lsds\left(\frac{dT}{T}\right)$$

或者,  $Ls = -T\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)$



在 $T, S, \sigma$ 下的可逆循环过程示意图

式中 $d\sigma$ 表示表面张力微变,  $dT$ 表示温度微变,  $ds$ 表示表面积微变,  $Ls$ 表示在恒温时扩大单位表面所吸收之热,即扩大面积的潜热,公式左边代表当 $T, S, \sigma$ 处于可逆循环条件下液体表面膜所做的最大功之和,简示如图:

过程1体系所做之功,  $dw_1 = -\sigma ds$ ,  
过程3体系所做之功,  $dw_3 = (\sigma - d\sigma)ds \equiv \left[\sigma - \left(\frac{d\sigma}{dT}\right)dT\right]ds$ , 公式右边代表扩大 $ds$ 表面所吸之热与可逆热机效率的乘积。

根据热力学第二定律公式两边应该相等。

设表面膜增加单位表面时总能量的增加为 $u$ ,那么相应的所吸收的热量— $Ls$ 等于能量增加与体系所作功之和:

$$Ls = u + (-\sigma \cdot ds) = u - \sigma$$

所以,  $u = \sigma + Ls$

式中 $\sigma$ 代表改变单位表面所作的功，所以它是自由能形态之一。显然泡沫的表面能也就是自由能形态之一。既然瘤胃中泡沫是具有非常巨大的表面自由能的体系，根据热力学中“最小自由能原理——当体系的自由能处于最小值时，则体系处于平衡状态”。显然，该体系是不稳定的，必然自动的向着自由能减小的方向进行，而使体系处于稳定状态，根据公式： $F = \sigma \cdot S$ ，可以看出减小表面自由能（F）的方式有二，或者降低 $\sigma$ ，或者缩小表面积（S），当不给病畜投服消泡药物时，泡沫液膜的 $\sigma$ 值是一定的，只有缩小表面积而使表面自由能减小，即小泡沫变为大气泡就可以达到这个目的，而且这种变化过程是自发的。但是这种小泡沫合并为大气泡的速度太慢，临床急救不能等待。

2. 用消泡药物促进泡沫消失

用消泡药物消泡的机理，可以从公式 $F = \sigma \cdot S$ 得到启发，显然，如果想办法减小 $\sigma$ ，可以促进小泡沫转变为大气泡，从而表面积（S）也随着减小，于是自由能（F）降低，体系趋于平衡。具体作用过程是：当给病畜投服表面张力小于泡沫液膜表面张力的消泡药物后，消泡药物分子不均匀的被吸附在泡沫的液膜上，造成液膜局部表面张力降低比较强烈，产生不均匀收缩，而使液膜局部拉的更薄，热运动着的气体分子就在拉薄的地方穿孔，小泡沫相互串通而合并为大气泡，整个瘤胃液体体系表面缩小，表面自由能降低，体系趋于平衡，形成的大泡沫易于排出体外，排气与产气重新建立动态平衡，症状消失，瘤胃恢复正常生理机能。

从常见消泡药物表面张力实验数据证明上述论证是正确的。

常见消泡药物的表面张力（20℃）

| 名 称    | $\sigma$ （达因/厘米） | 名 称      | $\sigma$ （达因/厘米） |
|--------|------------------|----------|------------------|
| 空气—水   | 72.75            | 空气—醋酸溶液  | 28.0             |
| 空气—皂素液 | 51.0             | 空气—松节油   | 26.79            |
| 空气—肥皂液 | 45.0             | 空气—煤油    | 24.0             |
| 空气—棉子油 | 35.4             | 空气—乙醇    | 22.27            |
| 空气—石腊油 | 33.1             | 空气—聚甲基硅油 | ——               |

根据对泡沫性瘤胃胀气产生与消除的化学机理的分析，可以概括为：反刍动物泡沫性瘤胃胀气症状的产生，是由于反刍兽采食了含有表面活性物质的饲料，这些表面活性物质溶于瘤胃液体后，产生正吸附，导致瘤胃液体表面张力降低，从而造成发病原因之一，症状的消失是由于病畜投服消泡药物后，药物分子被吸附于瘤胃泡沫液膜表面，这种吸附是不均匀的，而且消泡药物的表面张力小于瘤胃泡沫液膜的表面张力，从而导致泡膜液膜局部表面张力降低，使液膜局部拉的更薄，气体在薄处穿孔，使小泡沫融合为大气泡，通过暖气排出，从而症状消失。所以结论是：反刍动物瘤胃胀气症的产生与消除是两次表面张力降低的过程。

## 五、结 束 语

1. 期望统一关于在反刍动物泡沫性瘤胃臌胀的消泡药理中的不同说法。
2. 明确了新消泡药物引进的方向,即消泡药的条件之一必须是表面张力低于消泡体系的表面张力。
3. 根据 Gibbs 公式,升高温度,表面张力必然降低。这是有利于泡沫消失的,所以在临床治疗时,当投服消泡药物后,辅助以热水浸湿的麻袋给病畜进行热敷,效果将是良好的。

## 参 考 资 料

1. 黄子卿,物理化学
2. 密德魏杰夫,物理化学与胶体化学
3. 阿方斯基,物理化学及胶体化学
4. 张江树,物理化学及胶体化学
5. 矶田孝一,藤田武彦,表面活性剂
6. 杜伯夫,物理学教程
7. P. Becher, Emulsions Theory and practice
8. L Meyer Jones, Veterinary pharmacology and Therapeutics
9. P. W. Daykin, Veterinary Applied pharmacology and Therapeutics
10. “上海化工”,有机硅消泡剂及其应用
11. “新医学”,二甲基硅油消泡气雾剂
12. Lange, Lange's Handbook of chemistry
13. 吴鸿俭等,物理化学
14. 床里曼,物理化学及胶体化学
15. 西北农学院,兽医药理学讲义(1977)
16. 福建农学院,家畜普通病学讲义(1975)
17. 湟源畜牧学校,兽医学(1972)
18. 解放军兽医大学,兽医手册(1975)
19. 胡体拉(匈),家畜内科学(1966)
20. 甘肃农业大学,兽医药理学(1972)
21. 河南农学院,兽医药理学讲义(1972)
22. 山西农学院,兽医药理学讲义(1974)
23. 江苏农学院,家畜普通病学(1974)
24. 别列利曼,简明化学手册

## Discussion ON the Mechanism of Defoaming Agent and Disappearance of Foamed Rumen Bloat of Ruminant

Zhao Zhendong

### Abstract

The mechanism of frothing and defoaming was proved in this paper with chemical principle and data on the surface tension of common defoaming agent provided. The conclusion drawn indicated that the origin of foamed rumen bloat was due to the decrease of surface tension of ruminal fluids, and that the disappearance of ill conditions was also due to the second decrease of surface tension in the foam film after the sick animal having taken the defoaming agent. Hence, a theoretical basis for the pharmacology of defoaming agent was created.