

# 对虾养成环境中水溶性硫化物的分布 及其对对虾的影响

孙耀 杨丛海 郭素英 姜红如

(中国水产科学院黄海水产研究所)

**提要** 本文用实验模拟的方式探讨了对虾养成环境中的水溶性硫化物的数量、分布和随时间变化以及与溶氧量的关系。结果表明: 1. 仅在水质严重恶化时, 在有机物污染程度高的旧池底层水中产生一硫化物薄层; 2. 对虾养成水体中是否产生硫化物不仅与溶氧量有关, 而且与有机物污染程度有关; 3. 底泥间隙水中硫化物含量并非随有机物污染程度的增高而增大; 在整个对虾养成期间, 水溶性硫化物对对虾的影响很小。

目前, 我国的对虾养殖由于连年高密度、高投饵量放养, 有机物逐年积累而使池底状况日趋恶化。如何有效地改善对虾养成过程中的水质管理已成为急需解决的问题。

水溶性硫化物尤其是硫化氢对于水生生物有强烈的毒性。大多数对虾养殖工作者认为: 在对虾养成过程中, 尤其是在夏秋之交, 由于水温高、外源有机物、生物残体腐败分解以及生物体代谢加速、对虾总重量增加等原因, 养成水环境中的溶解氧量变化幅度大, 且常处于低水平状态, 由于含硫有机物的分解和硫酸还原菌对该水环境中硫酸根的还原作用, 虾池中易于出现硫化物的危害, 直接影响对虾养成。

为有助于进一步改善现行水质管理方法, 为池养对虾创造更适宜的条件, 本文就对虾养成过程中, 养成环境中的水溶性硫化物的数量、分布和随时间的变化以及与溶氧量之间的关系进行了研究, 并以新、旧池子的对比实验讨论对对虾造成的影响。

## 一、材料和方法

### (一) 养殖条件

在本所青岛太平角实验基地新建4个4m<sup>2</sup>

室外水泥池进行实验。经处理后, I、II号池内分别垫入厚度约为0.33m的青岛沙子口养虾场池外海滩上的新滩泥(泥沙质); III、IV号池内则分别垫入该养殖场已使用二年的养成池内表层底泥(泥质), 并使之均匀平展; 注入海水, 使各池水深约为0.8m。经一段时间的放置, 于1985年7月26日移入体长为2.5—3.5cm的仔虾开始放养。各池内虾的放养密度均为24尾/m<sup>2</sup>, 相当于16000尾/亩, 饵料种类以菲律宾蛤仔(*Ruditapes philipinarum*)肉为主, 辅助以少量的人工配合饵料, 投饵量按规范方法<sup>1)</sup>计算。实验过程中除底质外, 各池的其它养成管理条件始终保持相同。实验期间无流水(仅III号池在9月7日换水1/2)。各池对虾自然死亡后, 实验结束。

实验结束时, 各池底均有大量腐败残饵。I—IV号池养成水体溶解氧逐日变化曲线见图1。各池水中溶氧量的测定时间是上午8时至8时30分。

### (二) 采样方法

利用自制简易柱式采样器<sup>(1)</sup>采样。采集

1) 黄海水产研究所, 1981。人工养殖对虾手册。第14—19页。

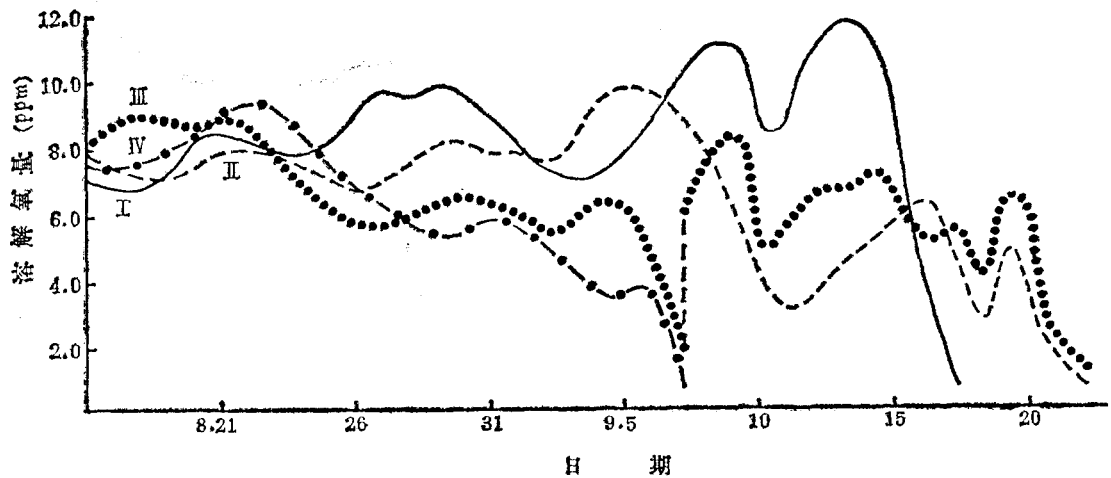


图1 养成水体中溶氧量的逐日变化曲线 (I—IV为池号)

Fig.1 The daily variation curve of dissolved oxygen in the ponds water

的水样用注射器按如下层次分样测定： $>1\text{cm}$ ， $6\text{cm}$ ， $15\text{cm}$ ， $30\text{cm}$ ， $50\text{cm}$ ，表层（从池底表面面向上算起）。底泥样品则取厚度 $5\text{cm}$ 的表层泥，经微孔滤膜（ $\phi 0.45\mu\text{m}$ ）压滤器压滤后，取其间隙水测定。

### (三) 分析方法

1. 硫化物的测定：采用离子选择电极法<sup>[2]</sup>，用标准曲线法定量计算样品中硫化物的浓度。本法的线性范围： $1.00 \times 10^{-7} - 1.00 \times 10^{-2}\text{M}$ 。

2. 溶氧量的测定：采用日本U-7型水质仪进行测定，此仪器的精度为 $\pm 0.1\text{ppm}$ 。

## 二、结果与讨论

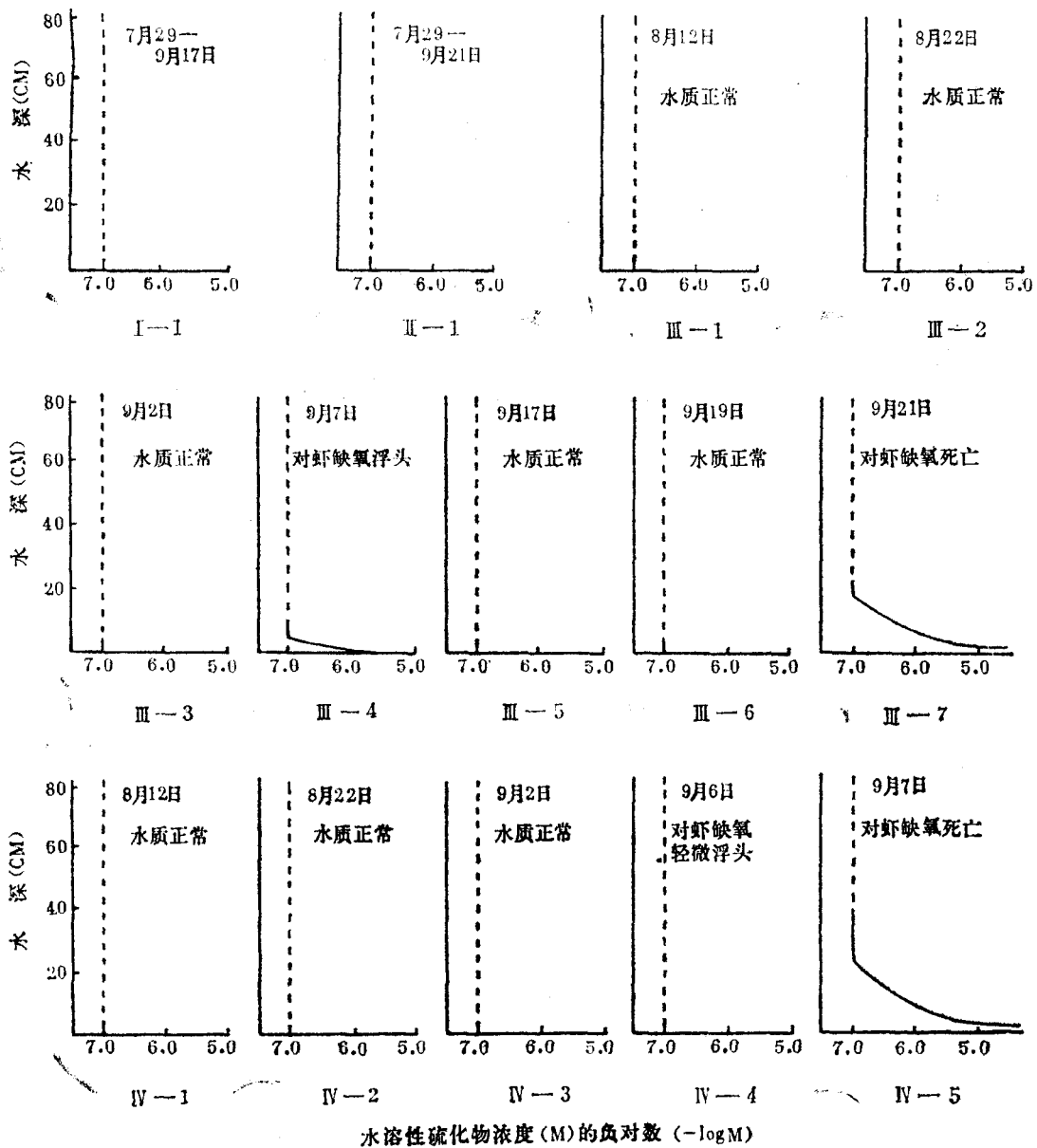
### (一) 对虾养成水环境中硫化物的垂直分布及随时间的变化

如图1、图2所示，在养成前期，各池水环境中的溶氧量相对较高且稳定，均无硫化物产生。随池内对虾总重量的增加以及池底有机物的大量积累，使整个养殖环境明显恶化，溶氧量的变化幅度剧烈增大且常处于低水平状态。

在I、II号新池的养成水体中（包括对虾因为缺氧浮头和缺氧死亡的情况下）始终没有

硫化物产生；III、IV号旧池养殖后期的大部分时间内在养成水体中也没有发现有硫化物存在，仅在对虾缺氧浮头和缺氧窒息死亡的极端情况下，在池底固—液界面处的水中产生一硫化物薄层（见图2中的III—4，III—7和IV—5）。由于养成水体不可能长时间处于极端缺氧的状态，所以该硫化物层的产生和存在只能是迅速和短暂的并且池底的有机物污染程度和同一池子的水质恶化程度（主要指溶氧）愈严重，此硫化物层的厚度和硫化物浓度愈大（硫化物现场测定时间为上午8时至8时30分）。硫化物层的最大厚度约为 $25\text{cm}$ ，最大浓度可达 $5.6 \times 10^{-5}\text{M}$ （即 $1.8\text{ppm}$ ）。

由于实验期间除养成池的底质有新、旧之分外，放养密度、投饵量、水质管理方法等条件都保持相同，所以我们认为出现上述结果的原因有：（1）硫酸还原菌既是厌氧菌又是常温菌类，在有大量溶氧的水体中，难以繁殖、生长，甚至为氧所抑制或杀死；由于高温季节和养殖后期的水质状况差且常处于缺氧状态，更有利于硫酸还原菌的繁殖、生长，并且此时有机物分解速度较快，故更利于在养成水体中产生硫化物；（2）Cappenberg, T.E.有关硫酸还原菌的早期研究表明<sup>[6]</sup>，在海洋、湖沼的嫌气沉积物中，乳酸、醋酸等几种短碳链挥



水溶性硫化物浓度(M)的负对数(-logM)  
图2 养成水体中硫化物的垂直分布

Fig.2 The vertical distribution of sulfides in the ponds water  
注: 1. 图中虚线为本文中硫化物测定线性范围的下限; 2. I-IV为池号

发性脂肪酸是有助于硫酸还原菌生长的。有机物污染程度较高养殖多年的对虾养成池，由于长时间的有机物积累和腐败分解，底质中的乳酸、醋酸等的蓄积量相对于当年对虾养成池要大的多，为硫酸还原菌的繁殖、生长提供了比新池更有利的环境，所以在条件允许的情况下，相对于新池更易在养成水体中产生硫化物。这

与有机物污染程度高的养成池中更易于产生硫化物的实验结果一致。

## (二) 对虾养成水环境中硫化物与溶氧量的关系

硫化物易于被海水中的溶解氧氧化。在  $Cl\% = 19$ ,  $M_{SO_4} = 0.0282$ ,  $M_{S^{2-}} = 1.0 \times 10^{-6}$  的海水中，根据平衡计算，可得出与之平衡的

表 1 养成水体中溶氧量与硫化物浓度的关系<sup>1)</sup>

Tab.1 The relation between dissolved oxygen and sulfides concentration in the pond water

浓度 (ppb)	池号 溶氧量 (ppm)	I 号池		II 号池		III 号池			IV 号池		
		1.0	6.2	0.9	3.2	1.6	3.5	1.2	5.6	3.7	1.3
溶氧量											
水层 (h)											
表层		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50cm		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30cm		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15cm		0	0	0	0	0	0	$1.1 \times 10^{-7}$	0	0	$3.6 \times 10^{-7}$
6cm		0	0	0	0	0	0	$7.9 \times 10^{-7}$	0	0	$2.9 \times 10^{-6}$
> 1cm		0	0	0	0	$8.9 \times 10^{-7}$	0	$2.3 \times 10^{-5}$	0	0	$5.6 \times 10^{-5}$

1) 表层水和底层水中的溶氧量相差 $\pm 0.2$ ppm, 可近似认为测定时水体中溶解氧垂直分布均匀

溶氧量约为  $10^{-7}$  ml/L; 可是在黑海、英属 Columbian 峡湾等近海盆地, 当其溶氧量接近于 0.1ml/L 时, 即发现海水中有硫化物出现<sup>[4]</sup>, 可见这些海区中的硫化物是非平衡控制因子。对虾养成环境是更为典型的非平衡体系。人为投放的大量过剩饵料和环境本身的动、植物残体的腐败分解, 造成池底有机物的严重污染, 为硫酸还原菌的繁殖、生长造成有利条件, 使其在溶氧量高于 0.1ml/L 的情况下, 有可能产生硫化物。

从表 1 可见, 有机物污染较严重的 III、IV 号旧池中溶氧量低至 1.2—1.6ppm 时, 固-液界面处的底层水体中即有硫化物产生, 而其上层水体及有机物污染程度较轻的新池全部水体, 在同样甚至更低的溶氧条件下均无硫化物中出现。因此认为, 对虾养成水体中是否产生硫化物, 除与溶氧量有密切的关系外, 池子的有机物污染程度等也是重要的影响因素。

### (三) 底泥间隙水中的硫化物含量及随时间的变化

表层底泥间隙水中的硫化物含量及随时间的变化见表 2。

底泥间隙水中的硫化物含量变化幅度较小, 在高温的 8 月 24 日至 8 月 26 日之间有一个低峰值; 这一结果与养成水体中旧池较新池更

表 2 表层底泥间隙水中的硫化物含量随时间的变化

Tab.2 The time variation of sulfides concentration in the interstitial water of the surface sediment layer

浓度 (ppb)	日期	8月	8月	8月	9月	9月
		12日	24日	26日	7日	18日
池号						
I		32.0	54.4	41.6	41.6	32.3
II		35.2	8.3	204.8	35.2	30.1
III		3.8	—	4.8	3.5	3.1
IV		8.0	6.4	26.2	—	—

易产生硫化物的结果相反, 新池底泥间隙水中的硫化物含量始终大于旧池底泥间隙水中硫化物的含量。如果说新池底泥间隙水中的硫化物含量相对较高有一定的偶然性, 则在固-液界面的养成水体中曾产生过 1.8ppm 的硫化物, 底质颜色黑且臭, 味重的旧池表层底泥间隙水中的硫化物最大含量仅为 26.2ppb 的现象, 还有待于进一步研究。

### (四) 对虾养成水体中硫化物对对虾的影响

水溶性硫化物尤其是硫化氢对对虾的毒性强烈。日本对虾在硫化氢含量为 0.1—2.0ppm 时, 虾体内平衡失调, 超过 4.0ppm 时, 引起

表3 各池的对虾在不同养殖期的平均体长和增长速度  
 Tab.3 The mean body length and growth rate of prawn in each pond in different cultivating period

测定时间	池号 测定内容	I		II		III		IV	
		平均体长 (cm)	平均体长 增长(cm)	平均体长 (cm)	平均体长 增长(cm)	平均体长 (cm)	平均体长 增长(cm)	平均体长 (cm)	平均体长 增长(cm)
7月26日		3.0		3.0		3.1		3.1	
8月10日		4.9	1.9	5.0	2.0	5.7	2.6	5.9	2.8
8月23日		5.4	0.5	5.4	0.4	5.8	0.1	6.0	0.1
9月2日		6.3	0.9	6.5	1.1	6.8	1.0	7.0	1.0
9月13日		7.0	0.7	7.5	1.0	8.0	1.2	—	—

死亡<sup>[5]</sup>。中国对虾在体长2—3cm时，硫化物的安全浓度为0.2ppm<sup>[3]</sup>。当然，在对虾生长的不同时期（如体长、蜕皮等）和不同条件下（如温度、盐度等），均有不同的硫化物安全浓度。

从上述讨论结果可知，硫化物只能随着对虾浮头和窒息死亡的严重缺氧状态存在，在有有机物污染程度高的Ⅲ、Ⅳ号旧池的底层水体中产生，而在绝大部分时间里有机物污染程度较轻的Ⅰ、Ⅱ号新池内均无硫化物产生。由于缺氧引起的对虾浮头现象是养殖过程中所极力避免的，即使有缺氧浮头现象发生，在时间上也是极其短暂的，所以，在养成水体中硫化物的存在时间也只能是极其短暂的，它并非是影响对虾生长的主要原因。

各期对虾体长及增长速度见表3。

从表3可见，在7月26日至8月10日之间有一对虾生长速度的高峰期，并且在此期间，Ⅲ、Ⅳ号旧池中的对虾生长速度远大于Ⅰ、Ⅱ号新池中的对虾生长速度，其原因在于：各池在此期间的水质条件良好，天然饵料丰富；旧池底质中大量有机物的缓慢分解非但没有造成对对虾生长的危害，所产生的营养元素反而促进了池中初级生产力的增长，导致了池内浮游动物（据观察主要是桡足类）的大量繁殖，仔虾具有摄食大型桡足类的习性，这就为促进该期内仔虾的迅速增长提供了比新池更为优越的条件。紧接着8月10日至8月23日之间却是整

个养殖期间对虾生长速度最慢的时期，因为此期间池内养成水体中无硫化物产生，故只能与除硫化物外的其它影响因素有关。8月下旬以后的养成期间，虽然水质恶化，水中的溶解氧常处于低水平状态，且Ⅲ、Ⅳ号旧池偶然有硫化物产生，但是，各池的对虾增长速度仍远大于8月10日至8月23日之间的对虾增长速度，旧池与始终无硫化物产生的新池的对虾增长速度也相近，看不出明显的硫化物作用的迹象。

水溶性硫化物对对虾的毒害作用总是伴随着缺氧窒息作用同时发生，不存在单独作用的可能性。由于在Ⅲ、Ⅳ号池的底层水中产生的硫化物浓度远高于对虾的安全浓度，那些处于蜕皮状态的对虾，虾的体质较弱，游泳能力较差而难以上浮，容易受到硫化物毒害而死亡。

本试验结束前夕对虾的成活率见表4。

表4 各池对虾在实验结束前夕的成活率  
 Tab.4 The survive of prawn in each pond at the end of the experiment

池号	I	II	III	IV
成活率(%)	64	67	48	—

总之，鉴于养成水体中产生硫化物的局限性，我们认为水溶性硫化物对对虾可能有影响，但是相对溶解氧，温度、盐度等其它影响因子是很小的，一般不致影响对虾生长和致使对虾大批量死亡。

## 参 考 文 献

- [1] 李国基、刘明星, 1983. 新型轻便防污染管状沉积物采样器, 海洋湖沼通报2: 79—82。
- [2] 王庆璋、谈岳华, 1980. 应用电化膜硫电极测定海水中的硫化物, 山东海洋学院学报10(3): 64—74。
- [3] 白雪娥, 1983. 底质在对虾养殖中作用的研究. 海洋学报5(1): 102—106。
- [4] 堀部纯男等著, 1970. 海水の化学. 东海大学出版会, 328—334。
- [5] 大島太雄編, 1969. 水产养殖ハンドブック, 水产社, p.444。
- [6] Cappenberg, T.E., 1974. Interrelations between sulfate-reducing and methaneproducing bacteria in bottom desposites of a fresh-water lake II. Inhibition experiment. *Antonic van leeuwenhoek J. Microbiol. serol* 40: 297—306.

THE DISTRIBUTION OF SOLUBLE SULFIDES IN THE GROW OUT ENVIRONMENT AND IT'S EFFECT ON PRAWN

Sun Yao, Yang Conghai, Guo Suying and Jiang Hongru

(*Yellow Sea Fisheries Research*)

## Abstract

This paper deals with the quantity, the distribution and the variation of soluble sulfide in different periods and its relation to dissolved oxygen. Its effect on prawn and the preparation of the new and old ponds was discussed too. The result showed: (1) poor water quality and lack of dissolved oxygen would produce a thick sulfides layer at the bottom of the old pond where organic pollution is also more serious; (2) in the grow out pond, when content of dissolved oxygen was lower to 1.6ppm, sulfides were produced at the bottom; under the same dissolved oxygen conditions in the new pond where organic pollution was less, no sulfides were produced; (3) it isn't that the more serious the organic pollution, the greater the sulfides concentration in interstitial water of the surface sediment; the sulfide content in the water varies little and the effect of soluble sulfides on prawn was insignificant during the whole grow out period. In general, sulfide content isn't the main factor that influences the growth and survive of prawn.