

文章编号:1000 - 0615(2004)05 - 0529 - 06

## 罗氏沼虾育苗循环水处理技术与模式

臧维玲<sup>1</sup>, 蔡云龙<sup>1</sup>, 戴习林<sup>1</sup>, 张饮江<sup>1</sup>, 姚庆祯<sup>1</sup>  
江 敏<sup>1</sup>, 罗春芳<sup>1</sup>, 徐桂荣<sup>2</sup>, 丁福江<sup>2</sup>

(1. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090; 2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201507)

**摘要:**将育苗用水经消毒及沉淀处理后作为试验基础用水,应用泡沫分离器、经预处理的生物滤器和紫外线消毒器等处理罗氏沼虾育苗循环水,使水质得到了有效控制。试验期间,对照池以大量换水及用药等传统方式维持水质,而试验池未曾用药和换水,较对照池节约水 67.5%;试验池主要水质指标变化范围如下:  $\text{NH}_3\text{-N}_m$ :  $0 \sim 0.010 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{NO}_2^- \text{-N}$ :  $0.01 \sim 0.63 \text{ mg L}^{-1}$ , pH:  $7.48 \sim 8.37$ ,  $\text{COD}_{Mn}$ :  $5.42 \sim 12.25 \text{ mg L}^{-1}$ , 细菌总数:  $(4.2 \sim 130) \times 10^3 \text{ cell mL}^{-1}$ , 弧菌数:  $(0.2 \sim 20) \times 10^2 \text{ cell mL}^{-1}$ ;试验组出苗率为 40%,高出对照组 33.3%。生产性育苗试验中,试验池与对照池均获得了 30% 的出苗率。据试验结果及罗氏沼虾育苗特点,提出了处理罗氏沼虾育苗循环水的技术与模式。

**关键词:**罗氏沼虾;育苗;水处理;循环系统;水质指标

**中图分类号:** S966.12      **文献标识码:** A

## The technique and model of recirculating water treatment in breeding for *Macrobrachium rosenburgii*

ZANG Wei-ling<sup>1</sup>, CAI Yun-long<sup>1</sup>, DAI Xi-lin<sup>1</sup>, ZHANG Yin-jiang<sup>1</sup>, YAO Qing-zhen<sup>1</sup>,  
JIANG Min<sup>1</sup>, LUO Chun-fang<sup>1</sup>, XU Gui-rong<sup>2</sup>, DING Fu-jiang<sup>2</sup>

(1. College of Aquaculture Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Shencao Special Fisheries Development Company, Shanghai 201507, China)

**Abstract:** The estuary water after being disinfected and deposited was used as foundational water in experiment. The foam separator, pre-cultured biofilter and ultraviolet disinfectant were applied to treat recirculating water in breeding for *Macrobrachium rosenburgii* larva. The quality of recirculating water was controlled effectively by the water treatment system. The water quality was controlled with traditional method in control pond, in which a lot of medicine and water exchanging was applied, so the amount of water in test pond with no medicine or water exchanging was 67.5% less than that in control pond. The variety of main parameter of recirculating water in test pond during the experiment were as follows:  $\text{NH}_3\text{-N}_m$ :  $0 \sim 0.010 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{NO}_2^- \text{-N}$ :  $0.01 \sim 0.63 \text{ mg L}^{-1}$ , pH:  $7.48 \sim 8.37$ ,  $\text{COD}_{Mn}$ :  $5.42 \sim 12.25 \text{ mg L}^{-1}$ , bacterium:  $(4.2 \sim 130) \times 10^3 \text{ cell mL}^{-1}$ , vibrio:  $(0.2 \sim 20) \times 10^2 \text{ cell mL}^{-1}$ . The survival rate of experiment pond was 40%, which was 33.3% more than that in control pond. Good result was also obtained in the productive test, in which the survival rates of productive test pond and control pond were both 30%. The model on recirculating water treatment in breeding larva of *Macrobrachium rosenburgii* is proposed according to the experimental result and breeding character of *Macrobrachium rosenburgii*.

收稿日期:2003-08-21

资助项目:上海市科技兴农重点攻关项目[农科攻字(2001)第5-5号]

作者简介:臧维玲(1938-),女,山东烟台人,教授,从事渔业水环境及其调控研究。E-mail: wlzang@shfu.edu.cn

**Key words :** *Macrobrachium rosenbergii*; breeding; water treatment; recirculating system; water quality parameter

罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 育苗水质控制通常采用药物和大量换水的方式,既消耗水资源与能源,又造成养殖环境与周边环境的污染,甚至影响苗种产量和质量。反之,天然水域的污染将影响苗种生产正常进行。为确保育苗生产的顺利进行,并获良好的经济效果,同时又不影响水环境的生态平衡,人们开始探讨育苗用水的处理技术,以封闭式水循环系统进行工厂化育苗,其不仅节省水资源与能源,降低成本,生产健康绿色水产品,而且可减少育苗废水对周边水环境的污染,符合水产养殖业可持续发展要求。

挪威、丹麦、瑞典、美国、日本等国家利用封闭式水循环系统进行集约化养殖鱼类已有多年历史<sup>[1-3]</sup>。目前我国应用封闭式循环系统养鱼尚处于初期发展阶段,水质处理设备与技术水平还有待进一步提高。近年来,国内一些地区在鱼、虾、蟹育苗中已开展了封闭式循环水处理系统的研究和应用,并初见成效<sup>[4-6]</sup>,但在罗氏沼虾育苗生产中的应用尚罕见报道。本试验应用自行设计简易封闭式循环系统进行罗氏沼虾苗种培育,以探索节水、节能、减少环境污染、生产健康苗种的水处理技术与方法,为实现罗氏沼虾苗种生产的社会效益、经济效益和生态效益三统一提供科学依据,以利于水产养殖业可持续发展。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 试验池与试验幼体

试验于 2001 年 4 - 7 月在位于杭州湾畔的上海申漕特种水产开发公司卤虫孵化房进行。试验池和对照池均使用底部为锥形结构的卤虫孵化池 (1.5 m × 1.5 m × 1.5 m),有效容积 2.3 m<sup>3</sup>。池内布设 4 个气石与热水加温管道,排水口在池底正中。生产性育苗试验在 4 号育苗房进行, 号与 号育苗生产池 (5 m × 3.6 m × 1.2 m) 分别作为试验池和对照池,池内布放 20 个气石与热水管道。试验所用罗氏沼虾幼体为公司自产。

#### 1.2 循环水处理设备与系统

循环水处理系统由泡沫分离器、生物滤器和紫外杀菌器等设备组成,试验用水为河口水经沉淀、消毒处理后进入该系统进行循环处理。

**泡沫分离器** 试验所用泡沫分离器为德国

ATK 公司产品 (MP5035 型),配有 EHEIM 1060 型潜水泵,水处理流量为 500L · h<sup>-1</sup>,生产性育苗试验为 750L · h<sup>-1</sup>。

**生物滤器** 生物滤器为自行设计制作,用 PVC 材料制成 (2 m × 0.5 m × 0.5 m),其结构及滤料放置情况见图 1。该生物滤器属推流式反应器,采用生物膜处理法中的生物接触氧化法(即浸没式生物过滤法)处理工艺。滤器第一层放置黑色纤维网,可截留部分颗粒物,防止滤料堵塞。据有关资料和相关试验结果<sup>[7-9]</sup>,滤料选用沸石、麦饭石、生物环、生物球(后两者为上海蓝海水产发展有限公司产品),使用量分别为 61.85、35.10、27.30、27.80 kg。

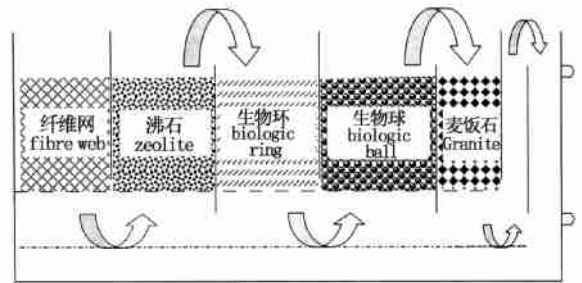


图 1 生物滤器结构  
Fig. 1 Structure of the biofilter

**紫外杀菌器** 试验所用紫外杀菌器为美国 Watertec 公司产品 (UV12AS 型),育苗试验使用两个串联 14W 杀菌器,生产性育苗用 39W 杀菌器。

#### 1.3 循环水处理工艺流程

循环水处理工艺流程见图 2。育苗池水泵入泡沫分离器后,经生物滤器、紫外杀菌器处理后返回育苗池,按此流程循环处理育苗用水。

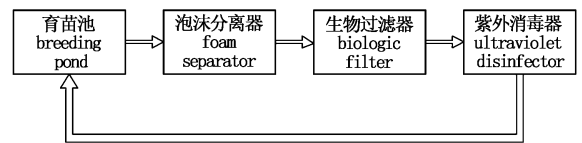


图 2 罗氏沼虾育苗循环水处理工艺流程  
Fig. 2 Flowchart of recirculating water treatment in breeding of *Macrobrachium rosenbergii*

#### 1.4 生物膜培养

生物膜于育苗试验之前培养成熟。生物膜采

用恒化连续培养法与优势菌种挂膜法(复合微生物制剂添加法)<sup>[10]</sup>,以加快生物膜成熟。本试验使用上海蓝海水产发展有限公司生产复合微生物制剂。培养生物膜水质条件:比重 1.010,水温 25~28℃,pH 7.5~8.0,并添有 NH<sub>4</sub>Cl 与 NaNO<sub>2</sub> (各含氮 4~5mg L<sup>-1</sup>)。生物膜成熟后置入循环系统开始育苗试验。

### 1.5 罗氏沼虾育苗试验管理

选用 1、2 号卤虫孵化池为循环水育苗试验池,3、4 号为对照池,各池均放入 25 万尾 期状幼体(11.36 × 10<sup>4</sup>ind · m<sup>-3</sup>)。育苗期间每天连续 12h 用处理系统处理育苗池水,自第 5 日起每日补充排污损失水量(约 4%),全周期添加水量约为原池水 0.87 倍,未使用药物。对照池使用传统换水与加药方式管理,视水质与幼体状况及检测结果适时换水,育苗全周期总换水量约为原池水 5 倍。各池水恒温 29.5 ± 1℃,连续曝气,饵料为卤虫无节幼体与蛋羹。每天定时取水样测定 pH、NH<sub>3</sub>-N<sub>t</sub>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N、COD<sub>Mn</sub>等指标。

为进一步探索循环水处理系统工作效果,以生产车间 1 号池为试验池,3 号为对照池进行生

产性育苗试验,各池放入 期状幼体 400 万尾(20 × 10<sup>4</sup>ind · m<sup>-3</sup>)。试验池仍以上述系统循环处理育苗水,并 24h 连续运转;由于育苗池壁附着较多有机物、聚缩虫等,故两池均于幼体培育至第 11 天时移池一次,其他管理同上。

### 1.6 水质指标测定方法

pH 用 pHB-4 型酸度计测定,溶氧采用修正碘量法测定,COD<sub>Mn</sub>用碱性高锰酸钾法,氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮用比色法测定<sup>[11-13]</sup>,水中微生物由其他组测定。分子氨-氮(NH<sub>3</sub>-N<sub>m</sub>)含量由总氨-氮(NH<sub>3</sub>-N<sub>t</sub>)含量通过下式计算求得<sup>[14]</sup>:

$$C_{\text{NH}_3\text{-N}_m} = C_{\text{NH}_3\text{-N}_t} \times f_{\text{NH}_3\text{-N}_m}$$

$$f_{\text{NH}_3\text{-N}_m} = 1 / [1 + 10^{(pK_a - \text{pH})}]$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 育苗循环水质处理效果

试验池水 NH<sub>3</sub>-N<sub>m</sub> 与 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 的变化状况表 1 为 1 号试验池和 3 号对照池水化学指标逐日测定结果。结果显示,试验期间两池 NH<sub>3</sub>-N<sub>m</sub> 变化范围分别为 0~0.010mg L<sup>-1</sup>和 0.004~0.038

表 1 试验期间 1 号试验池与 3 号对照池水质状况

Tab.1 Water quality in the test pond 1 and control pond 3 during the experiment

日期 month-date	pH		NH <sub>3</sub> -N <sub>t</sub>		NH <sub>3</sub> -N <sub>m</sub>		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N		COD <sub>Mn</sub>		1 号添水量 (%) add water in pond 1	3 号换水量 (%) exchange water in pond 3
	1 号	3 号	1 号	3 号	1 号	3 号	1 号	3 号	1 号	3 号	1 号	3 号		
	pond1	pond3	pond1	pond3	pond1	pond3	pond1	pond3	pond1	pond3	pond1	pond3		
05-08	8.34	8.36	0.14	0.25	0.010	0.019	0.11	0.02	0.50	0.36	8.01	7.64		
05-09	8.29	8.25	0.06	0.20	0.004	0.012	0.16	0.03	0.55	0.46	6.43	9.10		
05-10	8.37	8.38	0.02	0.26	0.002	0.021	0.25	0.04	0.67	0.49	7.26	7.41		
05-11	8.34	8.37	0.03	0.32	0.002	0.025	0.35	0.07	0.83	0.54	5.38	6.50		
05-12	8.29	8.34	0.02	0.52	0.002	0.038	0.44	0.14	1.17	0.59	5.42	80.9		
05-13	8.17	8.18	0.00	0.65	0.000	0.034	0.54	0.23	1.39	0.60	7.40	10.86	4	4
05-14	8.17	8.15	0.03	0.70	0.002	0.034	0.63	0.35	1.27	0.67	10.11	9.67	5	20
05-15	8.07	8.09	0.03	0.61	0.001	0.026	0.61	0.52	2.20	0.82	6.44	7.11	5	25
05-16	7.98	7.96	0.02	0.51	0.001	0.016	0.50	0.68	2.51	0.99	8.00	9.93	6	35
05-17	7.93	7.89	0.00	0.40	0.000	0.011	0.26	0.78	2.81	1.00	10.08	15.21	4	25
05-18	7.84	7.85	0.35	0.76	0.008	0.019	0.12	0.94	3.07	1.08	6.58	12.03	4	25
05-19	7.83	7.66	0.05	0.24	0.001	0.004	0.11	1.39	3.37	2.34	7.84	13.13	4	30
05-20	7.76	7.59	0.06	0.35	0.001	0.005	0.06	1.39	4.30	1.28	7.92	12.41	4	30
05-21	7.48	7.52	0.03	0.37	0.000	0.004	0.05	1.53	5.18	1.15	12.25	16.26	5	30
05-22	7.80	7.65	0.04	0.32	0.001	0.005	0.05	1.55	5.86	0.97	7.85	12.04	4	25
05-23	7.73	7.56	0.08	0.37	0.002	0.005	0.07	1.41	6.43	1.26	6.42	11.55	5	25
05-24	7.76	7.67	0.23	0.42	0.005	0.007	0.09	1.47	7.26	1.10	7.39	12.76	5	30
05-25	7.77	7.77	0.26	0.45	0.005	0.009	0.12	1.39	7.98	0.46	9.95	15.12	10	50
05-26	7.84	7.75	0.12	0.58	0.003	0.011	0.01	1.38	8.61	0.74	8.20	11.76	7	40
05-27	7.87	7.77	0.09	0.40	0.002	0.008	0.08	1.53	9.73	0.90	9.40	13.61	10	40
05-28	7.86	7.72	0.19	0.58	0.005	0.011	0.16	1.96	10.64	1.06	10.58	14.01	5	40
05-29	7.93	7.80	0.12	0.46	0.004	0.010	0.10	1.96	11.59	1.06	10.03	14.30		

mg L<sup>-1</sup>, 试验池均值(0.003 mg L<sup>-1</sup>)仅为对照池(0.015 mg L<sup>-1</sup>)的20%,且始终维持在我国渔业水质标准之内(0.02 mg L<sup>-1</sup>),21d的试验时间内,NH<sub>3</sub>-N<sub>m</sub>仅为0.00~0.003 mg L<sup>-1</sup>的时间达71.4%。而对照池NH<sub>3</sub>-N<sub>m</sub>除2d外,其余时间均超过0.004 mg L<sup>-1</sup>,且有6d超标。试验池与对照池NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N变化范围分别为0.01~0.63 mg·L<sup>-1</sup>和0.02~1.97 mg L<sup>-1</sup>,试验池均值(0.22 mg·L<sup>-1</sup>)仅为对照池(0.94 mg L<sup>-1</sup>)的23.4%。由于滤器生物膜培养采用较高浓度NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N的试液,故将滤器置入采用河口水育苗的循环系统后,滤膜硝化菌对变换的环境需一适应时间,此也体现在试验的前7d,试验池NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N逐日递增(0.61~0.63 mg L<sup>-1</sup>),但此后滤膜适应了低负荷环境后,直至试验结束,NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N基本为0.05~0.12 mg·L<sup>-1</sup>。试验池自第11天起,NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N始终以低值平稳变化。对照池虽换水量较多,但NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N为0.35~1.96 mg·L<sup>-1</sup>的时间仍达76.2%,呈逐日递增趋势,常高于安全值,结束时高达1.96 mg·L<sup>-1</sup>,这也是对照池幼体成活率低于试验池原因之一。试验池NH<sub>3</sub>-N<sub>m</sub>与NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N值均低于臧维玲等<sup>[15]</sup>报道的两者对罗氏沼虾幼体安全值。

分子氨(NH<sub>3</sub>)具脂溶性、毒性强特点,可由鳃和皮肤进入血液,干扰鱼虾体内正常三羧酸循环、改变鱼虾体内渗透压以及降低鱼虾对溶氧的利用能力。NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N能迅速渗透到鱼虾体内,使血液中与氧结合的亚铁血红蛋白失活,成为铁血红蛋白从而失去携带氧的功能<sup>[16]</sup>。可见,设法控制育苗池水的该两指标至关重要。本试验所采用的循环水处理系统可有效控制育苗循环水的该两向指

标。

pH与COD<sub>Mn</sub>变化状况 表1表明,试验期间试验池和对照池pH均在罗氏沼虾幼体最适范围内(7.0~8.50)<sup>[17]</sup>,并呈缓慢下降趋势,两者变化范围分别为7.48~8.37与7.52~8.38。

COD<sub>Mn</sub>变化范围分别为5.42~12.25 mg L<sup>-1</sup>和6.50~16.26 mg L<sup>-1</sup>,两池均值分别为8.13 mg L<sup>-1</sup>与11.39 mg L<sup>-1</sup>。可见,对照池在试验期间即使换水量为原池水5倍,其COD<sub>Mn</sub>均值仍为试验池的140.1%。可见循环水处理装置对水中有机物具有较好去除能力。

细菌与弧菌量的变化状况 试验期间,池水细菌总数和弧菌数检测结果列于表2。叶星等<sup>[18]</sup>报道,罗氏沼虾育苗水细菌总数低于1.1×10<sup>5</sup> cell mL<sup>-1</sup>,较安全,超过此范围以及弧菌总量达到10<sup>3</sup>~10<sup>4</sup> cell mL<sup>-1</sup>时,将发生虾病。可见,控制育苗水中细菌和弧菌数可有效抑制幼体病害发生。表3表明,试验期间试验池细菌与弧菌总数分别为(4.2~130)×10<sup>3</sup> cell mL<sup>-1</sup>与(0.2~20)×10<sup>3</sup> cell mL<sup>-1</sup>,基本处于安全范围内。5月12日以前,由于试验池循环水处理系统中,只使用一个UV2A型紫外杀菌器,杀菌力不足,因此细菌与弧菌数均增加。为此于5月13日向循环系统增补一相同杀菌器后,细菌和弧菌量急速下降,并得到有效控制,幼体始终发育、生长正常。这一情况说明,罗氏沼虾育苗不用药物与换水,采用合适的紫外消毒器可有效控制育苗水中微生物量,但必须预先选择、确定与工作环境相匹配的紫外杀菌器。3号对照池使用传统方法适时向育苗水体添加化学药物与换水,其细菌与弧菌量才得以有效控制。

表2 试验期间1号试验池与3号对照池细菌与弧菌总数检测结果

日期 month+date		05-08	05-09	05-12	05-16	05-19	05-23	05-25
试验池	细菌 bacteria	4.2	30	130	120	35	4.3	6.6
test pond 1	弧菌 vibrio	5.0	20	15	12	3.7	0.2	0.3
对照池	细菌 bacteria	4.2	32	3.4	21	11	7.4	5.8
control pond 3	弧菌 vibrio	6.6	4.3	4.7	70	9.0	0.2	0.3

## 2.2 节水效果

1号池因排污损失而添加的总添水量为原池水87%,即其总用水量约4.1t。3号对照池总换

水量为原池水474%,总用水量约12.6t。因此应用循环水处理系统培育罗氏沼虾幼体,可较传统方式节水约67.5%,同时显著降低了对周边生态

戴习林,孙媛. 罗氏沼虾育苗循环处理水微生物变化状况,2001.

环境污染。

### 2.3 育苗效果

试验期间,1号试验池幼体体色红润,活力与集群能力强,摄食能力明显强于对照池,各期幼体变态时间较对照组提前1d,出苗率达40%,为3号对照池(30%)的133.3%。

为进一步探索循环水处理装置在罗氏沼虾育苗中的应用效果,于6月12日将该循环系统用于1号生产性育苗试验池的水处理。表3为1号试验池与3号对照池试验期间水质测定结果。试验期间,3号对照池依靠药物和换水调控水质。

号池未曾用药,仅添加排污损失水,幼体发育正常。但由于两池壁附着有机物、聚缩虫等,故均曾移池一次。经21d的育苗试运转,试验池与对照池均获得30%的出苗率。表3表明,两池的 $\text{NH}_3\text{-N}_t$ 与 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 均在幼体的安全范围内,但1号试验池 $\text{NH}_3\text{-N}_t$ 不仅含量较低,且变化较为平稳。可见,该套装置用以罗氏沼虾育苗循环水处理是可行和有效的,但其处理能力低于20t水体。臧维玲等<sup>[19]</sup>曾报道以臭氧等装置处理罗氏沼虾育苗循环水取得良好的效果。若从成本考虑,紫外消毒器要高于臭氧仪,但操作较后者简便。

表3 育苗周期内1号生产性育苗试验池与3号对照池水质测定结果

Tab.3 Water quality in producing test pond and control pond during breeding period  $\text{mg L}^{-1}$

日期 month-date	pH		$\text{NH}_3\text{-N}_t$		$\text{NO}_2^- \text{-N}$		$\text{COD}_{\text{Mn}}$	
06-12	8.46	8.46	0.011	0.008	0.01	0.01	6.69	5.25
06-15	8.02	8.05	0.029	0.037	0.04	0.12	6.72	6.05
06-16	7.96	7.98	0.041	0.034	0.22	0.26	7.16	6.53
06-22	7.61	7.54	0.022	0.222	1.04	1.47	10.51	13.85
06-25	7.73	7.72	0.015	0.038	0.07	0.04	7.16	9.07
06-29	7.63	7.83	0.036	0.059	0.70	0.19	11.14	8.91
07-02	7.70	7.72	0.027	0.014	1.42	1.74	11.78	11.46

### 2.4 罗氏沼虾育苗循环水处理模式

据试验结果和罗氏沼虾育苗特点,提出以下适合于规模化育苗生产的模式:

(1) 育苗用水经预先沉淀、消毒处理;

(2) 循环水处理系统主要包含泡沫分离器、生物滤器、紫外或臭氧消毒器。预先培养生物滤膜和选定与水处理量相匹配的各器件;

(3) 规模化育苗生产采用图3所示循环水处理工艺流程。固液分离器用以去除较大颗粒物,调配池用以温度、pH等调控;

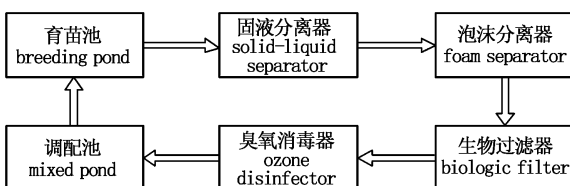


图3 罗氏沼虾育苗循环水处理工艺流程

Fig.3 Flowchart of recirculating water treatment in breeding of *Macrobrachium rosenbergii*

(4) 据水质监测结果确定水处理系统的循环水处理时间;

(5) 育苗池每天排污,适时补充排污损失水量。

### 参考文献:

- [1] Ding Y L. The progression of industrial fish farming[J]. Fisheries Science & Technology Information, 2001,28(1):20-22. [丁永良.工业化养鱼的进展[J].水产科技情报,2001,28(1):20-22.]
- [2] Heinsbroek L T, Kamstra A. Design and performance of water recirculation systems for eel culture [J]. Aquacultural Engineering,1990,9:187-207.
- [3] Amir N, Muki S, David B E. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone[J]. Aquac,2000,186:279-291.
- [4] Li Z M, Zuo G X, Xie S X, et al. The water treatment technology in fish farm[J]. Fish Mach and Instr, 1994,21(110):4-8. [李正明,左国新,谢盛训,等.养鱼工厂水处理技术[J].渔业机械仪器,1994,21(110):4-8.]
- [5] Liu J B. The automatic control recirculating system in industrial breeding of prawn [J]. Fish Mach and Instr,1994,21(110):12-16. [刘景波.工业化虾苗孵化循环自动控制系统[J].渔业机械仪器,1994,21(110):12-16.]
- [6] Yang Z J, Zhou S X, Tang H M, et al. Studies on purification and recirculating use of artificial half-saltwater in industrial

- breeding of *Eriocheir sinensis* [J]. Inland Fishery, 1993, 19(10): 4 - 6. [杨振久, 邹盛希, 唐鹤鸣, 等. 河蟹工厂化育苗中人工半咸水的净化与循环利用研究[J]. 内陆水产, 1993, 19(10): 4 - 6.]
- [7] Lv J C, Zhao Y F, Zhao R. The absorption of copper, zinc, cadmium on granite in seawater and aqueous solution [J]. Fish Sci China, 2000, 7(1): 87 - 89. [吕景才, 赵元凤, 赵睿. 麦饭石对海水及水溶液中铜、锌、铬的吸附规律[J]. 中国水产科学, 2000, 7(1): 87 - 89.]
- [8] Wang Y P, Wang Y X, Sun G, et al. Studies on zeolite employing in fishery culture [J]. Fisheries Science, 1992, 11(8): 18 - 23. [王玉佩, 王云祥, 孙刚, 等. 沸石在水产养殖业中的应用研究[J]. 水产科学, 1992, 11(8): 18 - 23.]
- [9] Zang W L, Zhu Z G, Zhang J D, et al. The purification of the water quality in the overwintering parent shrimp pond for *Macrobrachium rosenbergii* by using the simple filter apparatus [J]. J Shanghai Fish Univ, 1995, 4(1): 20 - 26. [臧维玲, 朱正国, 张建达, 等. 简易过滤装置对罗氏沼虾亲虾越冬池水质的净化作用[J]. 上海水产大学学报, 1995, 4(1): 20 - 26.]
- [10] Zhou Q Y, Gao T Y. Environmental engineering microbiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000. 118 - 119, 232 - 234, 249 - 253. [周群英, 高廷耀. 环境工程微生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 118 - 119, 232 - 234, 249 - 253.]
- [11] Alsrerberg G. Method for the determination of dissolved oxygen in water in the presence of nitrous acid[J]. Biochem Zool, 1925, 159: 36 - 47.
- [12] Zang W L. Aalysis of water quality for culture fish [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1991. 44 - 96. [臧维玲. 养鱼水质分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1991. 44 - 96]
- [13] State Control Bureau of Quality Technology. Seawater analysis [A], Standard of ocean monitoring-standard[S]. Beijing: China Standard Press, 1998. 142 - 143, 150 - 162. [国家质量技术监督局. 海水分析[A]. 海洋监测规范[S], 北京: 中国标准出版社, 1998. 142 - 143, 150 - 162.]
- [14] Alabaster J S, Lloyd R. Water quality criteria for freshwater fish (2nd edit) [M]. London: University Press of Cambridge, 1982. 85 - 87.
- [15] Zang W L, Jiang M, Chen F Z, et al. The toxic effects of  $\text{NO}_2^-$ -N and  $\text{NH}_3$ -N on *Macrobrachium rosenbergii* larva [J]. J Shanghai Fish Univ, 1996, 5(1): 15 - 21. [臧维玲, 江敏, 陈飞舟, 等. 亚硝酸盐和氨对罗氏沼虾幼体的毒性[J]. 上海水产大学学报, 1996, 5(1): 15 - 21.]
- [16] Zhao Y, An Y F. The strategy of developing industrial fish culture [J]. Fishery Modernization, 1997, 4: 4 - 7. [赵煜, 安艳芳. 发展工厂化养鱼的战略[J]. 渔业现代化, 1997, 4: 4 - 7.]
- [17] Pan J M, Sun Z R, Zhou G L, et al. The culture technology on *Macrobrachium rosenbergii* [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1997. 65. [潘家模, 孙组荣, 周国良, 等. 罗氏沼虾养殖技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1997. 65.]
- [18] Ye X, Qi B L, Pan D B. The preliminary study on death reason of a large number of larvae in Guangdong [J]. Fish Sci China, 1998, 5(3): 119 - 121. [叶星, 祁宝龙, 潘德博. 广东罗氏沼虾育苗中幼体大量死亡原因初探[J]. 中国水产科学, 1998, 5(3): 119 - 121.]
- [19] Zang W L, Jiang M, Dai X L, et al. The study on ozone purification to breeding pond water [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2000, 27(5): 195 - 199. [臧维玲, 江敏, 戴习林, 等. 臭氧对罗氏沼虾育苗池水净化作用的研究[J]. 水产科技情报, 2000, 27(5): 195 - 199.]