

第一章 海参的分类

第一节 海参的特征和分类

一、海参纲的特征和分类

(一)海参纲的特征

海参属棘皮动物门、海参纲。体形呈圆筒状，口面和反口面延长；口在身体前端，肛门在身体后端；背面和腹面不同；口周围有触手；内骨骼不发达，形成微小骨片，埋没于体壁之内；生殖腺不呈辐射对称，开口于身体前端背面的一个间步带。

海参纲在棘皮动物门中经济价值较高，种类很多，已发现有1 100余种，全部海产。我国海域有 100 余种，其中西沙群岛有 40余种，可供食用的有 20 余种。在我国经济价值较高的海参，分别隶属于楯手目（*Aspidochirotida*）的海参科（*Holothuriidae*）和刺参科（*Stichopodidae*）。

海参科的主要经济种类有白乳参、白底靴参、石参、乌圆参和明玉参等，这些品种多产于我国西沙群岛、海南岛等南海海域。

刺参科的主要经济种类有刺参、绿刺参、花刺参和梅花参，而目前经济价值最高的为我国北方沿海的刺参。

(二) 海参纲的分类

随着研究的深入, 海参纲的分类系统不断修订。Pawson 和 Fell(1965) 建立的最新分类系统把海参纲分为 3 个亚纲、6 个目、24 科(表 1-1)。

表 1-1 海参纲的分类

纲	亚 纲	目	科
海 参 纲	枝手亚纲 Dendrochirothacea	枝手目 Dendrochirotida	板海参科 Placothuriidae 拟瓜参科 Paracucumariidae 箱参科 Psolidae 异赛瓜参科 Heterothyonidae 沙鸡子科 Phyllophoridae 硬瓜参科 Sclerodactylidae 瓜参科 Cucumariidae
		指手目 Dactylochirotida	高球参科 Ypsilothuriidae 华纳参科 vaneyellidae 葫芦参科 Rhopalodinidae
	楯手亚纲 Aspidochirothacea	楯手目 Aspidochirotida	海参科 Holothuriidae 刺参科 Stichopodidae 辛那参科 Synallactidae
		平足目 Elasipodida	幽灵参科 Deimatidae 深海参科 Laetmogonidae 乐参科 Elipidiidae 蝶参科 Psychropotidae 浮游海参科 Pelagothuriidae
	无足亚纲 Apodacea	无足目 Apodida	锚参科 Synaptidae 指参科 Chiridotidae 深海轮参科 Myriotrochidae
		芋参目 Molpadida	芋参科 Molpadiidae 尻参科 Caudinidae 真肛参科 Eupyrgidae

(三) 海参纲各目的特征

海参纲所属 6 个目，各目的特征见表 1-2。

表 1-2 海参纲各目的特征

目 名	特 征
枝手目 Dendrochirotida	管足和疣足发达,触手枝形;有翻颈部和收缩肌;体壁软,或具大形鳞片形成的壳
指手目 Dactylochirotida	管足和疣足发达,触手指形;有翻颈部和收缩肌;触手指形;体壁硬,身体包围在一个由复瓦状骨板构成的壳内
楯手目 Aspidochirotida	管足和疣足很发达;触手楯形或叶状;无翻颈部和收缩肌;有呼吸树;后肠的肠系膜附着在右腹间步带
平足目 Elasipodida	管足和疣足很发达;触手楯形或叶状;无翻颈部和收缩肌;无呼吸树;后肠的肠系膜附着在右背间步带
芋参目 Molpadiida	管足和疣足缺,或仅在肛门有小疣足;体形短而钝,常有尾部;有肛门疣、触手坛囊和呼吸树
无足目 Apodida	管足和疣足缺,或仅在肛门有小疣足;体形细长,呈蠕虫状;无肛门疣、触手坛囊和呼吸树

二、楯手目的特征和分类

(一)楯手目的特征

楯手目的种类体呈圆筒状,腹面常呈足底状,背面和腹面常有明显区别,特别是疣足明显的种类;楯形触手 10~30 个,多为 20 个;骨片常为桌形体、扣状体或花纹样体等;纵肌 5 对;生殖腺 1 束或 2 束,位于肠系膜的一侧或两侧;有呼吸树;常有居维氏器。

(二)楯手目的分类

楯手目所属芋那参科、海参科和刺参科 3 个科,各科的特

征见表 1-3。

表 1-3 桶子目各科的特征

科 名	特 征
辛那参科 Synallactidae	触手无坛囊；呼吸树游离；石管通常和体壁相连，且常开口于体壁之外；无居维氏器；骨片为桌形体或十字形体，可能有 C 形体，很少有扣状体。多为深海性种类，生活于水深 1 000~3 000m。目前我国发现 4 属 8 种
海参科 Holothuriidae	触手有坛囊，触手 20~30 个；生殖腺一束，位于肠系膜左侧；骨片常为桌形体和扣状体，有时有花纹样体或分枝杆状体，但无 C 形体；体壁常厚；背部常具疣足，多数分散，少数仅限于步带；腹面平，呈鞋底状，生有许多管足，常呈三纵带排列；常有居维氏器；呼吸树常借血管从（异区）和消化道相连；个体较大，体长一般为 200~300mm
刺参科 Stichopodidae	触手有坛囊；生殖腺 2 束，位于肠系膜两侧；骨片常为桌形体，无扣状体，但有 C 形体或双分枝杆状体，或简单颗粒体

三、刺参科的特征和分类

（一）刺参科的特征

体形中等大到很大，大者长度可达 800mm；体壁厚而柔软；体呈圆筒状或方柱状；在腹面管足密集，排列为 3 纵带；疣足很发达，常呈粗大的肉刺状；生殖腺 2 束，位于肠系膜两侧；触手多为 20 个，有触手坛囊；骨片多数为桌形体，有的为纤细花纹样体或 C 形体，有两属为颗粒体或杆状体，扣状体常缺；呼吸树通过血管从与消化道相连；石管常与体壁相连；无居维氏器。

（二）刺参科的分类

刺参科包括梅花参属、刺参属和仿刺参属，各属的特征见

表 1-4。

表 1-4 刺参科各属的特征

属 名	特 征
梅花参属 <i>Thelenota</i>	骨片大为减退，为微小的颗粒体和细小的分枝杆状体；触手 20 个；管足多而密集，排列不规则；模式种的就足发达，每 2~11 个疣足基部相连呈“梅花”状；背面和腹面的区别明显
刺参属 <i>Stichopus</i>	骨片为桌形体、小花纹样体和 C 形体
仿刺参属 <i>Apostichopus</i>	骨片为穿孔板、无花纹样体和 C 形体

第二节 刺参的分类地位

刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)通常称作海参，在分类上属棘皮动物门(Echinodermata)、海参纲(Holothuroidea)、楯手目(Aspidochirotidae)、刺参科(Stichopodidae)、仿刺参属(*Apostichopus*)。

刺参的生物学研究基础较好，人工育苗和养成技术也基本确立，并且臻完善。目前，刺参是我国海参中惟一的养殖对象，本书中的海参养殖即指刺参养殖。

第三节 重要的海参种类

一、梅花参

梅花参(*Thelenota ananas* Jaeger)(图 1-1)有触手 20 个；体形很大，体长可达 750mm；体壁很厚，厚度可达 5~

10mm;管足多而密集,排列不规则;背面疣足很大,呈肉刺状,每 3~11 个肉刺的基部相连,像梅花瓣状,由此得名“梅花参”;腹面管足多而密集,排列不规则;骨片大为减退,只有微细颗粒体和双分枝杆状体;背面和腹面的区别明显,体色背面为橙黄或橙红色,散布有黄色和褐色斑点,腹面带赤色,触手为黄色;口位于腹面,肛门端位。

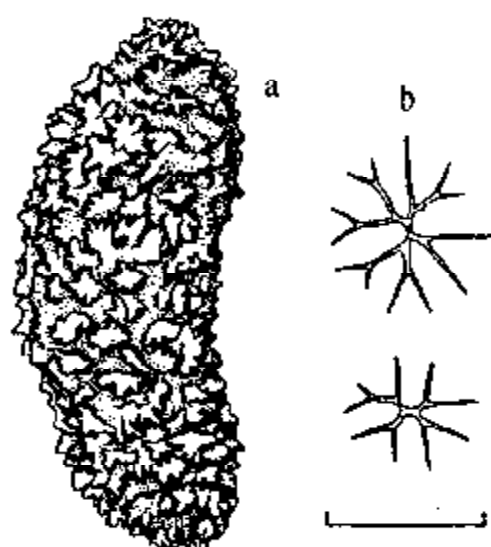


图 1-1 梅花参(捩廖玉麟)

a. 背面观; b. 分枝杆状体

比例尺: a 为 180mm; b 为 0.4mm

梅花参分布于我国台湾南端和西沙群岛以及东非、马达加斯加、马尔代夫群岛、印度尼西亚、日本琉球群岛和澳大利亚以北等海域;常生活于珊瑚礁间,底质多为砂底,一般水深 10~30m;泄殖腔内常有隐鱼 [*Carapus Hoemi* (Richardson)] 共生。

梅花参是我国南海优良的食用品种,体大壁厚,品质优良,是我国海参资源开发利用的重要对象。

二、绿刺参

绿刺参(*Stichopus chloronotus* Brandt)(图 1-2)体呈四方柱状;沿着身体两侧缘和背面步带各有两行交互排列的圆锥形大疣足;腹面管足密集,排列为 3 纵带,中央带较宽;口大,偏于腹面,具触手 20 个;肛门偏于背面,周围没有疣。

体壁骨片主要为桌形体，底盘小，略呈方形，有 4 个中央孔和 4 个周缘孔，它的塔部稍向外扩张，顶端有小齿 12~16 个，排成 4 簇（图 1-2, b-d）。除桌形体外，还有 C 形体和几个 C 形体合成的不完全的花纹样体（图 1-2, e-f）。骨片浅层为桌形体，深层为 C 形体。生活时体色特殊，为墨绿色或稍带青黑

色，肉刺顶端为橘黄色或橘红色，是一种容易辨认的海参。酒精标本为黄褐色。

绿刺参常生活在珊瑚礁间海水平静、海草繁茂的砂底，摄食活动多在中午以后到夜间，食物为较细的珊瑚沙等。排泄腔内常有隐鱼共生。

绿刺参分布于我国海南岛和西沙群岛以及印度—西太平洋区域。绿刺参是主要的食用海参之一，肉质软嫩，容易白溶，采捕后应及时加工处理，否则，腐烂解体。因其身体呈四方柱状，我国南方渔民常称它为“方柱参”。

三、糙刺参

糙刺参(*Stichopus horrens* Selenka)(图 1-3)体长一般为

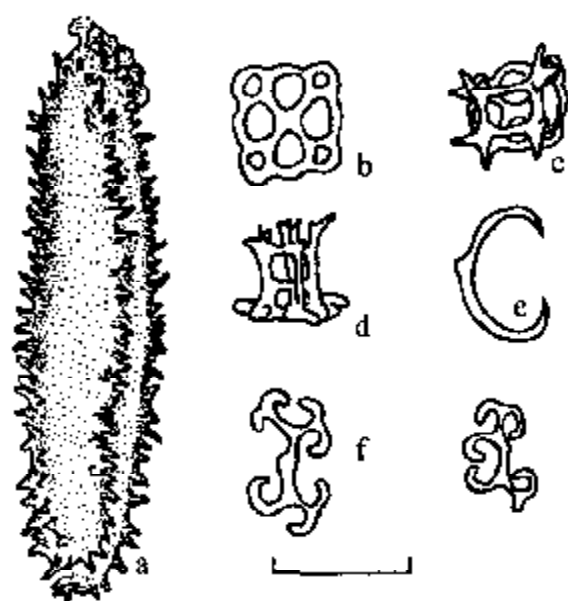


图 1-2 绿刺参（据廖玉麟）

a. 背面观；b. 桌形体底盘；c. 桌形体上面观；
d. 桌形体侧面观；e. C 形体；f. 花纹样体

比例尺：a 为 80mm，b-f 为 0.05mm

200mm 左右，直径约 40 mm。体呈圆筒状，背面具有大的圆锥形疣足，沿着背面的两个步带和腹侧步带，排列成 4 个不规则的纵行。口大，偏于腹面，触手 20 个。肛门偏于背面，周围没有疣。腹面管足呈 3 条纵带排列，中央带较宽。

体壁内骨片有桌形体、不完全花纹样体、C 形体和杆状体，杆状体中央扩大，并具穿孔。体壁桌形体较小，底盘圆且有多数周缘孔，塔部适度高，有 1~2 个

横梁，顶端具小齿 8~12 个；背面疣足内有人形桌形体，底盘穿孔很多，塔部高，有横梁 3~4 个，顶端愈合为单尖，并突出于体壁之外(图 1-3,b)。体壁触感粗糙，故名糙刺参。生活状态下背面为深的橄榄绿色，并间有深褐色、灰色、黑色和白色，常隐藏在死珊瑚或礁石下，夜间出来活动。

糙刺参分布于我国台湾、海南岛和西沙群岛以及马达加斯加、菲律宾、印度尼西亚、夏威夷、日本南部、澳大利亚北部等海域。

四、白底辐肛参

白底辐肛参 (*Actinopyga mauritiana* Quoy & Gaimard)

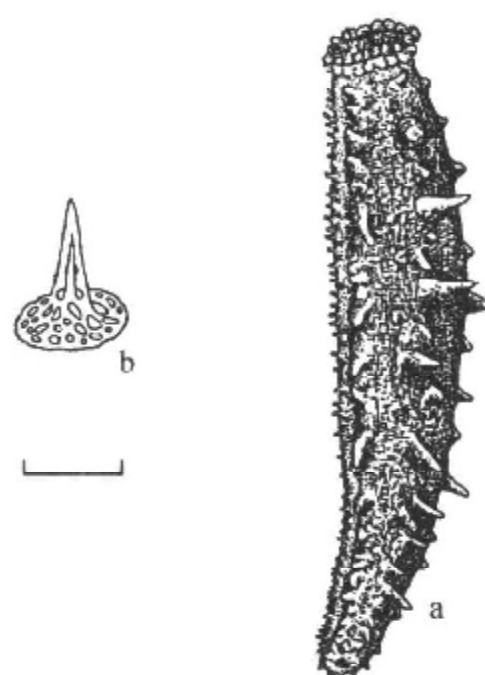


图 1-3 糙刺参 (据廖玉麟)
a. 动物侧面图; b. 疣足内大型桌形体
比例尺: a 为 30mm, b 为 0.1 mm

(图 1-4) 属于海参科，身体后部较粗壮，成参体长约 300mm 左右。口大，偏于腹面。触手大，25~27 个，排列为不规则的内、外两圈；围绕触手的疣襟部明显。背面隆起，生有一些小疣足，围绕各疣足基部常有一白色环，身体后端的白色环尤为明显。腹面平坦，密布管足，小个体腹面管足明显排成 3 条纵带，大个体管足排列常无规

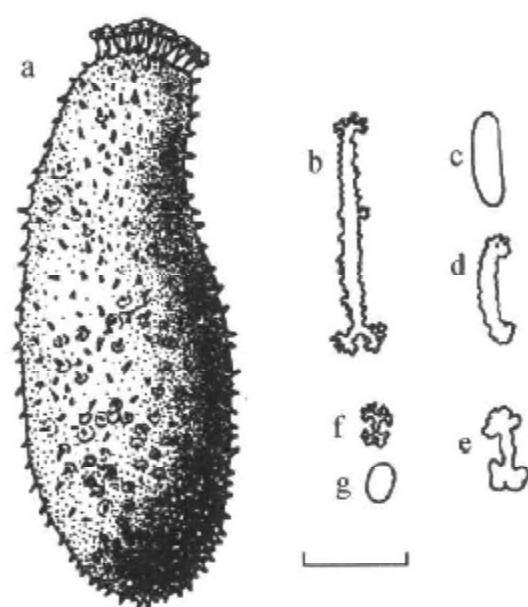


图 1-4 白底辐肛参 (扯胶长藤)

a. 背面观; b. 背面杆状体; c-d. 腹面杆状体; e. 腹面花纹样体; f. 背面花纹样体; g. 卵形颗粒体

比例尺: a 为 60mm, b-g 为 0.06mm

则。肛门在身体后端，周围有 5 个明显钙质齿。背部常为橄榄青褐色，疣的基部有白环，腹面颜色较浅。

背面体壁骨片为长短不等的杆状体和花纹样体，杆状体细长，两侧和两端都具短突起(图 1-4, b)；花纹样体多不完整(图 1-4, f)。腹面体壁骨片有杆状体、颗粒体和花纹样体，杆状体粗短、无分枝，有的两侧光滑(图 1-4, c)，有的两侧带细锯齿(图 1-4, d)；花纹样体简单，形似短的分枝杆状体(图 1-4, e)；颗粒体卵形或饼干形(图 1-4, g)。

本种常栖息于热带珊瑚礁低潮线附近和山死珊瑚构成的水洼内，或匍匐在被潮水冲击的死珊瑚礁的表面，小个体常藏在珊瑚礁底下。据报道，其产卵季节在红海为 5 月下旬。

本种是热带海域的广栖性海参，主要分布于我国台湾南部、海南岛南部、西沙群岛以及印度—西太平洋海区；该参体壁厚，是我国海南岛和西沙群岛习见的重要食用海参之一，当地渔民称它为“白底靴参”或“赤瓜参”。

五、子安辐肛参

子安辐肛参(*Actinopyga lecanora* Jaeger)(图 1-5)属海参科,成参体长约 250mm,宽约 80mm,呈椭圆形。口偏于腹面,具触手 20 个。肛门偏于背面,周围有 5 个钙质齿。背面隆起,表面光滑。腹面平坦,管足呈 3 纵带排列,中央带管足较稀,排列较宽,两侧带管足较多,排列较窄。体壁骨片较小,为不完全的花纹样体或 X 形体(图 1-5, b)。管足和疣足内无支持杆状体。生活状态下,背部为黄褐色或紫褐色,但颜色深浅变化很大,并有许多灰白色、不规则的横斑,特别是肛门周围和附近,一定为灰白色,这是本种的一个重要特征。

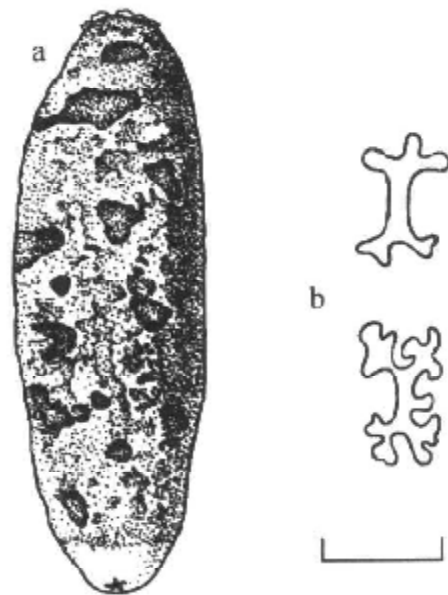


图 1-5 子安辐肛参(据廖三麟)

a. 背面观; b. 体壁的 X 形体

比例尺: a 为 40mm, b 为 0.03mm

子安辐肛参属于珊瑚礁种,常生活在岩礁间海草较多的砂底,摄食海底表面或海草叶上的珊瑚泥,摄食活动常有节律性,摄食多在中午到夜晚,子夜以后到黎明不摄食。

子安辐肛参分布于西沙群岛、印度—西太平洋海区，从毛里求斯到琉球群岛、汤加塔布群岛和澳大利亚北部的海域。

子安辐肛参是我国西沙群岛出产的重要食用海参之一，为上等参，品质很好，当地渔民也称它为“黄瓜参”；它在受刺激时，身体极度收缩，变得硬似石头，由此而得名“石参”。

六、糙海参

糙海参(*Holothuria scaora* Jaeger) (图 1-6)，属海参科，大型种，最大者体长可达 700mm，一般为 300~400mm，宽 80~100mm，体壁厚，品质尚佳，但骨片太多，表面粗糙。其突出特点是沿着腹面中央线有一条明显的纵沟，加工后仍很明显。肛门端位，周围有 5 组疣状。背面疣足小且数目不多，各疣足的基部，常围有白斑，顶端带黑色；腹面管足呈疣足状，少而稀疏。背面和腹面交界处常有一行边缘腹侧疣。

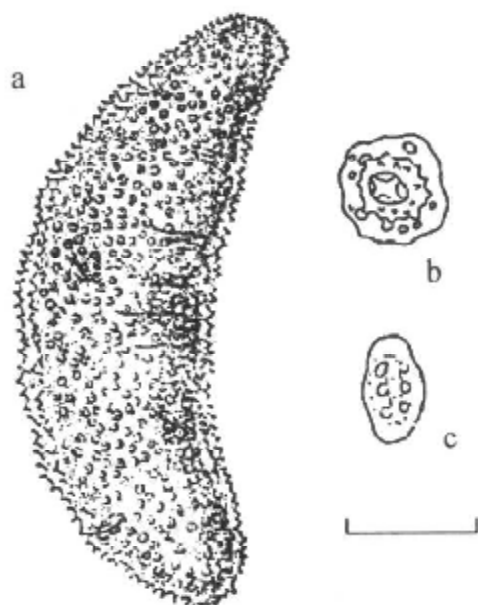


图 1-6 糙海参 (据廖玉麟)

a. 背面观; b. 桌形体上面观; c. 扣状体

比例尺: a 为 60mm, b-c 为 0.06mm

骨片多，有桌形体和扣状体。桌形体底盘发达，呈不规则方形，边缘平滑，周围常有 8 个穿孔；桌形体塔部适度高，由 4 个立柱和 1 个横梁构成，顶端有 12~16 个或更多的小齿。扣状体多为椭圆形，有穿孔 3 对，并具发达的疣突。体色变化较

大，一般为暗绿褐色，并间有少数黑色斑纹，疣足基部常为白色，背中部色泽较深，两边较浅，腹面则逐渐变为白色。

糙海参分布于我国广西、广东、海南沿海；西从纳塔耳港到红海，向东可到加罗林群岛和斐济群岛，向北到日本南部，向南到澳大利亚洛德豪岛。

本种是我国南海乃至印度—西太平洋区域普通的食用海参，产量较大，体大肉厚，品质佳，但骨片多，在加工时须设法除去体表骨片。

我国多称为“明玉参”（因肉质白而透明），广东有的称“白参”，南洋各地称它为“沙参”。据报道，印度正在研究其人工育苗和养殖技术。

七、蛇目白尼参

蛇目白尼参(*Bohadschia argus* Jaeger) 成参体长一般为 400~500mm，宽约 100mm。体呈圆筒状。口偏于腹面，触手 20 个。肛门位于身体后端，开口很大。波里氏囊 2 个，石管 1 个。

居维氏器发达。疣足很小，散布于背面。管足很多，不规则地分布于腹面。背面体壁骨片为纤细 X 形花纹样体；腹面体壁骨片为卵形颗粒体和葡萄状花纹样体(图 1-7)。管足

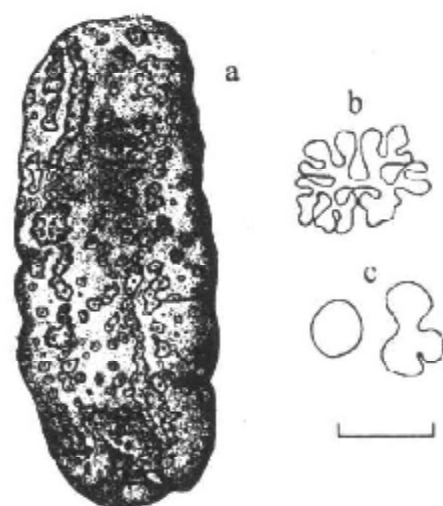


图 1-7 蛇目白尼参(据廖玉麟)

a. 背面观; b. 背面的花纹样体;

c. 腹面的卵性颗粒体

比例尺: a 为 40mm, b-c 为 0.025mm

有支持杆状体。

体色鲜艳，全体为浅黄色或浅褐色，背面有许多蛇目状斑纹，排列为不规则的纵行。斑纹直径一般为 5~7mm，但大小常有变化；各斑纹周围有一黑色环，环内为黄色或白色，中央有一深色小疣足，看起来很像蛇目，故名蛇目参。腹面为淡黄色，酒精标本改变其体色为灰褐色。

本种生活于珊瑚礁区域有少量海草的砂底区，其排泄腔内常有隐鱼共生。分布于我国台湾南部、海南岛南端、西沙群岛和从塞舌耳群岛、斯里兰卡到日本琉球群岛、塔希堤岛、澳大利亚以北的海域。蛇目白尼参是一种人形食用海参，南海各地称它为“虎鱼”、“豹纹鱼”或“斑鱼”。

八、巨梅花参

巨梅花参(*Thelenota anax* H.L.Clark)体呈圆筒形，腹面平坦。背面有分散的小疣足，两侧疣足较大。腹面密布管足，排列不规则。口偏于腹面，具触手 20 个。肛门偏于背面。

体壁内骨片有两种：一种是密布全体、相互重叠的微小颗粒体(图 1-8,c)；另一种是分叉杆状体。分叉杆状体有粗细之分，细的长约 100 μm ，分枝 2~3 次，最末分枝有 1~3 个小尖刺(图 1-8,a)；粗的分枝杆状体长约 50 μm ，一般只分枝两次，而且不在一个平面上，有时分枝在末端相连，形成 4 个穿孔(图 1-8,b)。粗、细杆状体之间无中间过渡型。管足内没有支持杆状体，但有纤细的网状端板，其周围有不规则的分枝杆状体。背面疣足有式样不同的支持杆状体，有的短细，表面带突起或不带突起；有的长而复杂，不规则。酒精标本背面为灰褐色，夹有许多血红色斑点和斑纹，腹面为灰白色，触手带

黄色。

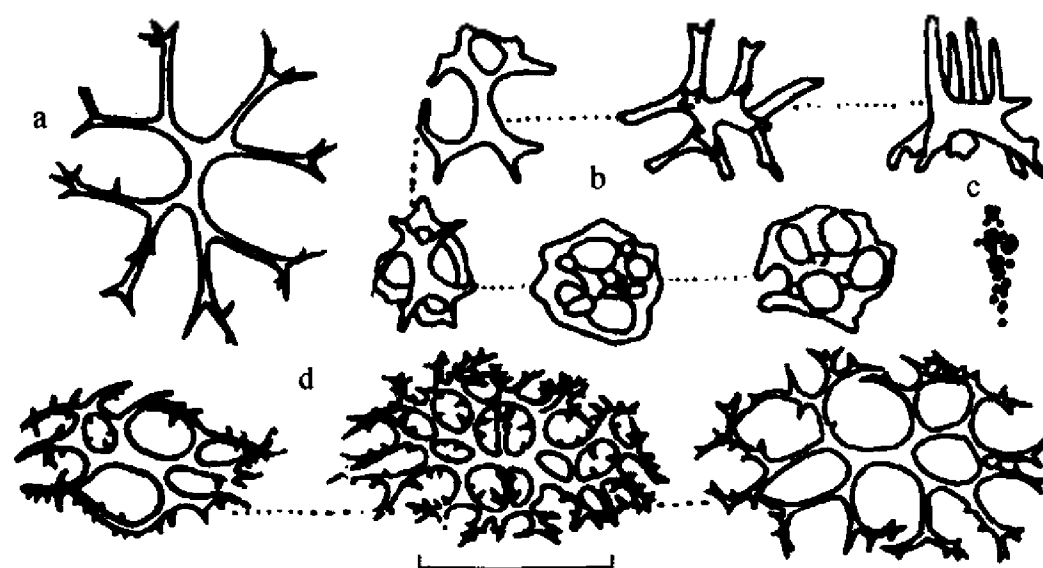


图 1~8 巨梅花参切片 (据廖玉麟)

a. 细分枝杆状体; b. 粗的杆状体; c. 细小颗粒体; d. 触手支持杆状体

比例尺: 0.05mm

本种分布于我国西沙群岛以及马达加斯加、印度尼西亚、关岛、贝劳群岛、马绍尔群岛和托列斯海峡海域，常活动于珊瑚礁处水深 13~16m 的砂底。巨梅花参体壁厚，个体大，可供食用，但资源稀少，目前尚未形成商品产量。

第二章 海参养殖生物学

第一节 形态与构造

一、外部形态

海参(*Apostichopus japonicus* Selenka)(图 2-1)体呈扁平圆筒形、黄瓜状,体分背、腹两面,左右对称;横断面略呈四方形。

背面略隆起,具圆锥状肉刺(又称疣足),排列成 4~6 个不规则纵行。背面的疣足是变化了的管足,无吸盘,具有感觉功能。

腹面较平坦,有密集的管足。管足沿腹面排列成不规则的 3 条纵带。由于海参多匍匐于海底,靠管足爬行,故管足多限于腹面。管足呈空心管状,由体壁突出形成,内部与水管系统相通,末端有吸盘,吸盘由钙质骨板——端板支持。管足是海参的附着器官和运动器官。

海参触手 20 个,为楯形触手,具一短柄,顶端有许多水平

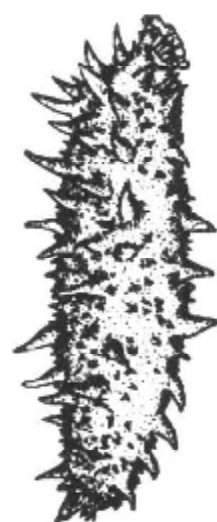


图 2-1 海参外形

分枝，生于口的周围，具触手坛囊。触手是特化了的口管足，由水管系统的辐水管向前延伸形成。

口在前端，偏于腹面；肛门在后端，偏于背面。触手基部、口的背面有一乳突，生殖孔位于此。生殖孔处色素较深，生殖季节明显；不在生殖季节，生殖孔常难以看清。

海参大小变化很大，成参体长范围为长 150～400mm，宽 3～6mm，多数为中等大小。

二、内部构造

(一)体壁

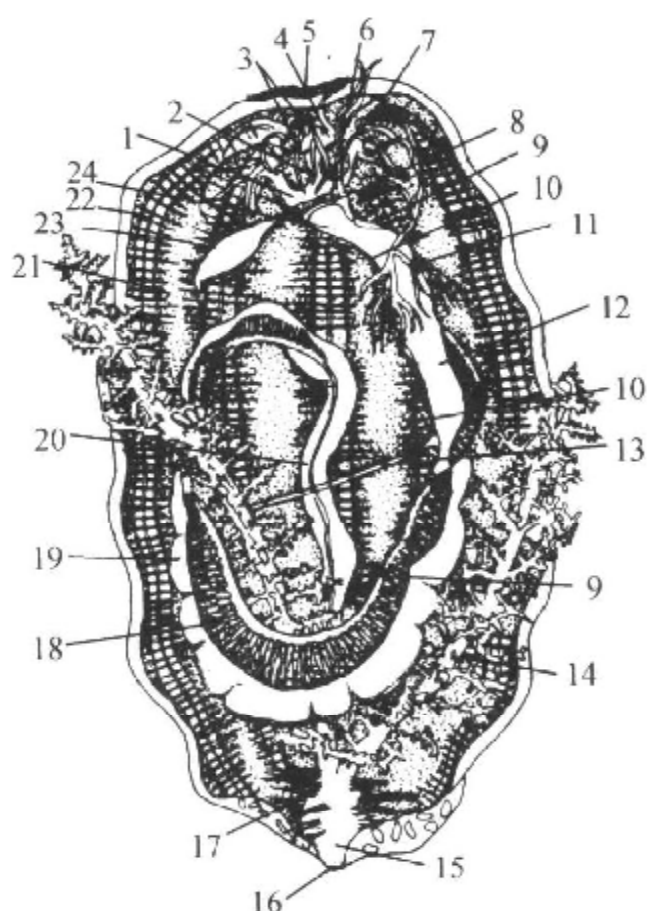
体壁(图 2-2)的最外层为上皮层，由单层的表皮细胞组成，具有保护作用。上皮层之下为皮层，由厚厚的结缔组织构成，富含胶质，其间有无数的小型骨片。

皮层里面是肌肉层，由环肌及纵肌两层组成。外层为环肌，内层为纵肌，纵肌 5 束，分别居于五步带区，背面 2 束，腹面 3 束，前端同着于石灰环上，后端附着于肛门周围。海参依靠肌肉的伸缩和管足的配合蠕动爬行。

在环肌与纵肌之下，有一层薄膜附在体腔表面，称为体腔膜。体腔膜可延伸与肠相连，称悬肠膜。悬肠膜有 3 片，即左悬肠膜、右悬肠膜和背悬肠膜。体腔膜内有诸多脏器，构成体腔。体腔内有体腔液，当身体收缩时，可作不定向流动。

体壁和触手、管足和疣足的组织结构基本相同，但有微细差别，上皮细胞通常较高，界限较清晰，结缔组织层较薄，神经感觉细胞和腺细胞较多，神经和肌肉也较明显。

体壁是供人们食用的主要部分。



1. 水管环; 2. 幅步管; 3. 触手坛囊; 4. 石灰质之食道骨环; 5. 触手; 6. 内筛板; 7. 仔管; 8. 血管环; 9. 背血管; 10. 腹血管; 11. 生殖腺; 12. 下降肠; 13. 连接血管; 14. 水肺; 15. 排泄腔; 16. 肛门; 17. 幅肌; 18. 血管网; 19. 上升肠; 20. 直肠; 21. 坛囊; 22. 纵肌; 23. 波里氏囊 (Polian vesicle); 24. 食道

图 2-2 刺参的内部构造

(二) 消化系统

消化系统由口、咽、食道、胃、肠和排泄腔组成。口中没有咀嚼器, 海参将海底的食物连同泥沙一起吞入消化道中, 吸取其中的营养成分。食道周围有 10 片石灰质骨片, 5 片位于主步带区, 另 5 片位于间步带区。这些骨片都为白色, 为 5 束强大纵肌的固着点。

肠是一条纵行管, 在体腔内先后经过右侧下行、左侧上行、中下方再下行, 弯曲 2 次, 分为 3 段, 依次称作第一小肠、第二小肠和大肠, 或称为前肠、中肠、后肠, 肠管靠悬肠膜的连

接悬挂于体腔内；肠为圆筒形，由海参横断面可以看到 3 个肠切面；大肠后端膨大成总排泄腔，其末端开口（即肛门）。肠是消化吸收的主要部位，肠管的长短与摄食强度的大小有关，在正常摄食情况下，肠管长度为体长的 3 倍以上，利于大量摄取食物，获得足够的营养。

海参消化道的组织学结构一般由 5 层构成：上皮、内层结缔组织、肌肉层（环肌和纵肌）、外层结缔组织（很薄）和纤毛腹膜。咽和胃的内壁有纵的褶皱，并衬有角质层，角质层常延伸至肠管。

（三）呼吸系统和排泄系统

呼吸系统包括呼吸树、皮肤和管足。在排泄腔的旁边，有一条短而粗的薄壁管，由此管分出左、右两个分枝的盲囊，左大右小，伸入体腔中，外形呈树枝状，故称呼吸树。海水由肛门进入排泄腔，然后流入呼吸树，由此吸收 O_2 。呼吸树分布有血管， O_2 通过血液携带到其他器官， CO_2 经此途径排出呼吸树和体外。呼吸树的许多细分枝末端呈小囊状，呈圆形，壁薄。呼吸树的组织学与消化道相似，实际上是消化道的突出部分。

据报道，在试验条件下，由于初始阶段试验海水中的溶解氧接近于饱和水平，海参的呼吸是正常的，即每小时的耗氧量接近；随着试验时间的延长，海水中的溶解氧逐渐降低，海参的耗氧量也相应逐渐下降，即海参个体单位时间的耗氧量也在下降。表明海参的耗氧类型属于依从型，而不是主动地通过增加呼吸频率维持耗氧量的稳定。

不同体重海参的耗氧率不同。体壁重分别为 5、10、20、50g 的海参，其单位时间的耗氧量随着水温的升高而增加，而

随体壁重的增加，单位体壁重的耗氧量呈下降趋势。体壁重 5g 的刺参在水温 18.5~28.5℃ 时比在 8.5℃ 时的耗氧量增加 3.9~7.7 倍，而体壁重分别为 10、20、50g 的海参，其耗氧量则分别增加 3.1~5.6 倍、2.4~4.0 倍和 1.8~2.6 倍。

皮肤呼吸在整体呼吸中占有一定比例。皮肤呼吸也是随着水温的升高而加大，其所占比例为：在水温 8.5~13.5℃ 时为 39%~52%，在水温为 18.5℃ 时为 60%~90%；温度继续升高时，其所占比例变化不大。

呼吸方式与水温有一定关系。海参的呼吸动作为几次吸水后再行一次排水。这种吸呼吸动作的频率依水温变化而变化，在水温为 11.6~13.5℃ 时，9~10 次吸水动作后行一次排水动作；在水温 18.5~21.8℃ 时，9~15 次吸水后排水一次；水温 28.5℃ 时，14~17 次吸水后排水一次。可以看出，水温越高，每个周期的吸水次数也相应增加。

随着水温的升高，每次呼吸所需的时间缩短。在水温为 11.6℃ 时，呼吸一次需 2min 以上；在水温为 18.5℃ 时，呼吸一次需 1min 左右；在水温为 8.5℃ 时，其肛门的开闭动作缓慢，难以区分其开闭。摘除呼吸树后则看不到肛门的开闭，即看不到肛门的呼吸动作。

海参无专用排泄器官，而由呼吸器官兼行排泄功能。

（四）循环系统

海参的循环系统较为发达，包括血管和血窦（也称异网），主要由包围咽的环血管及其分枝和沿着消化道的肠血管组成，没有心脏。环血管分出 5 条辐射血管，沿五步带区分布而埋藏于皮肤肌肉层中，直延伸到身体的后端；肠血管有 2 条，一条为腹肠血管，在无肠系膜附着的消化道腹面，另一条为背

肠血管，在有肠系膜附着的消化道背面。这两条肠血管又有许多分枝，形成血管网，分布于肠曲折之间。左呼吸树与背肠血管所形成的血管网紧密相连。

海参的血液呈透明的淡褐色。

(五)水管系统

海参水管系统呈五放辐射对称的排列结构，其中心是位于咽附近、石灰环后方的环水管；环水管分出五辐步管，向前分支于触手，向后延伸，沿步带区分枝于管足或疣足。从组织学观察，环水管的衬里是纤毛上皮，下面为环肌纤维，再接有结缔组织。结缔组织常含体腔细胞和骨片。环水管的外面为体腔上皮。

环水管具两种附属物：一种是波里氏囊 (**polian vesicles**)，另一种是石管 (**stone canal**)。波里氏囊悬挂于体腔中，呈圆形、卵圆形或长瓶形，具一狭的颈部与环水管相接。在个体发生上，波里氏囊为 1 个，位于环水管的腹面或左腹面。波里氏囊壁的组织学与环水管相似，但壁较薄，内含体腔细胞。波里氏囊的作用是膨胀的贮水器官。石管是具钙化壁的小管，从环水管分出，末端为筛板。海参的筛板与体壁层完全分离，成为体腔中游离的物体，白色，为一个穿有许多小孔的石灰板，开口于体腔内。水管系统不与外界海水相通，而与体腔内的体腔液相通。

触手相当于水管系统的管足，故也可以称其为口管足，是体壁中空延伸部分，其内腔属于水管系统。各触手在辐水管的分叉口有一阀门，控制水的流向。触手坛囊长而发达。

(六)神经系统

海参的神经组织由网状神经纤维构成神经丛，再由神经

丛构成神经系统。海参的神经系统主要包括口神经系统和下神经系统。

口神经系统又称为外神经系统。神经环位于食道骨片内面,分出 5 条辐神经,向前走,分枝入触手;向后行,沿步带区而分枝于管足、坛囊等处。触手神经有分枝通到触手细分枝的末端感觉板上。

下神经系统又称为深层神经系统,缺神经环,只有 5 条辐神经,位于口神经之内,其分枝分布于环肌、纵肌上。

(七)生殖系统

海参为雌雄异体,外观难以辨认。生殖腺位于食道悬垂膜的两侧,为一束树枝状细管;其主分枝大约由 11~13 条分枝组成,分枝很长。在生殖季节,有的分枝可达 20~30cm,甚至更长,各分枝又可以分出次级小分枝;主分枝向前有一总管称为生殖管,开口于体背面,即生殖孔。生殖期卵巢变为杏黄色或橘红色,精巢变成乳白色或浅黄色。渔民称生殖腺为“参花”。

(八)石灰环

石灰环位于食道前端,为一膨大不透明的球状体,包绕咽部,即由 5 个主辐和间辐组成的 10 个大型骨板结合成包围咽部的咽球,以支撑和保护消化管的始端。辐板通常比间辐板大。石灰环对于支持咽部、神经环和水管系统具有重要的作用。

(九)骨片

海参骨片的形状、大小常因种类而异,并且十分稳定,是分类最重要的依据。刺参骨片为桌形体,幼小个体桌形塔部高,成年个体塔部变低,或退化变成穿孔盘(图 2-3)。

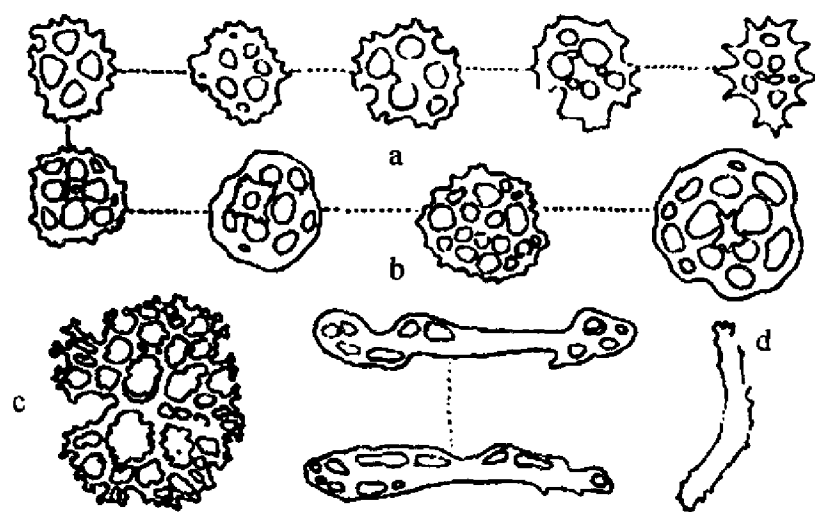


图 2-3 海参骨片 (据廖玉麟)

- a. 桌形体退化为穿孔板; b. 管足支持干状体;
c. 排泄腔的复杂骨片; d. 触手支持杆状体

a. $\times 360$; b-c. $\times 250$; d. $\times 125$

骨片的化学成分为碳酸钙，在酸性溶液中极易分解。因此，研究用的海参标本不能用福尔马林溶液浸泡，而必须用 70% 的酒精，用酒精泡的标本，时间太长，骨片也可能溶解。

骨片一般都很小，在显微镜下观察时，如海参体壁很薄，取小片(约 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$)，依次放入 80%、90%、95% 和纯酒精进行脱水，再用二甲苯透明。如需保存，可用加拿大树胶封片保存；如不需制片保存，则在玻片上滴上一滴甘油便可观察。如海参体壁很厚，骨片又多，上述制片法往往难以观察清楚，便可用碱液煮法：剪一小块体壁放入试管或小烧杯中，加浓度为 5%~10% 的 NaOH 溶液少许，置于酒精灯或电炉上煮沸，使体壁溶解，待骨片沉于管底，倒出多余的碱液，用蒸馏水洗净，用吸管吸取一二滴放于载玻片上进行镜检。另一种简便的观察方法是：取一小片体壁，置于载玻片上，滴上一滴浓的

NaClO溶液,数分钟后,体壁溶解,再滴上一滴蒸馏水,盖上盖玻片,便可观察。

(十)体腔和体腔细胞

从石灰环到排泄腔的体壁与消化道之间有很大的体腔。体腔被消化道的肠系膜分隔为不完全的三部分。体腔的衬里为扁平的和方形的纤毛上皮,消化道外壁也是这种上皮。肠系膜如同典型的体腔动物,也是两层,两面都覆盖有这种上皮。肠系膜内面由结缔组织和肌肉纤维构成。

海参体腔内充满体腔液,内有各式各样、相当于血细胞的体腔细胞,类型很多,各具不同功能,常见的有如下几种。

1. 淋巴细胞

淋巴细胞(lymphocytes)很小,直径为 $4\sim 6\mu\text{m}$,具有一个带颗粒染色质的大核,核周围有薄而透明的细胞质,核内偶而可以见到 1 个或 2 个核仁;小的淋巴球常缺细胞内含物或细胞器,如线粒体或高尔基体;大的淋巴细胞具有少量细胞质颗粒,类似线粒体。有些淋巴细胞呈球形,有些呈卵圆形或三角形,具 $1\sim 3$ 个丝状伪足。

2. 吞噬细胞

吞噬细胞(phagocytes)是具有吞噬其他细胞或物质能力的细胞。海参吞噬细胞的形状很多,典型的细胞核呈球形,直径为 $4\sim 5\mu\text{m}$ 。当细胞作阿米巴运动时,细胞核变为肾形。细胞质分为外质和内质,外质薄而透明,内质具有很多颗粒,内含线粒体、反光体、色粒和大小不同的空胞。有的吞噬细胞缺细胞器。活体观察吞噬细胞,可见其在体腔液内自由游动,常伸出一个或几个叶状或囊状伪足,伪足能收缩变为丝状管足。

3. 无色桑椹细胞

无色桑椹细胞(**colorless morula cells**)静止时呈球形,一般直径为 $8 \sim 20\mu\text{m}$ 。桑椹细胞包含有许多无色反光小球体。整个细胞被小球体包围,细胞核的位置偏离中心,完全被小球遮住。活体观察桑椹细胞,可见其在玻片上变平、变长,小球体在细胞质内作翻转运动或阿米巴运动,伸出 $1 \sim 2$ 个钝的伪足。用甲基蓝或甲苯胺蓝作活体染色,小球体球心着色,而小球体周围的膜却不着色。加蒸馏水,细胞溶解,逸出的小球体球心呈反光球,包含有颗粒的黏性物质从外膜流出。暴露时,由于水的流入,球心膨胀,随后破裂。

4. 纺锤细胞

纺锤细胞(**fusiform cell**)为长形细胞,两端尖,呈纺锤形。典型的细胞长约为 $6 \sim 12\mu\text{m}$,直径约为 $1 \sim 3\mu\text{m}$,外细胞质有反光性,内部结构不清。活体染色,有细胞核和细胞质颗粒。纺锤细胞被动地悬浮于体腔液中。

5. 血细胞

血细胞(**hemocytes**)形状和大小变化很大,不仅因种而异,而且不同个体也不同。另外,海参体腔液内还有结晶细胞等。

体腔液的功能正在引起众多研究者的关注。据研究,海参体腔液中有多种生物活性物质,对某些细菌有抑制作用,对体内微生物组成和数量有一定的调节控制作用。海参体腔液和周围海水是自由渗透的,把海参置于冲淡的海水中,体腔液也变淡,4h 后达平衡。因此,海参体腔液在某些方面(如盐度)与海水相似,但是在某些方面又不同,如 **pH** 值,体腔液的 **pH** 值几乎总是低于海水。另外,海参体腔液的缓冲作用大于

海水，体腔液中钾的浓度也大于海水。体腔液中也曾检出微量的蛋白质、氨基酸氮和粘多糖。体腔液暴露于空气中会出现凝固现象。

第二节 生态习性

一、地理分布

海参的自然分布主要在北太平洋浅海，包括前苏联、日本、朝鲜海域和我国北部沿海。在我国主要分布于辽宁半岛、河北秦皇岛、山东半岛沿海海域，地理分布的南端为连云港外海。影响分布的主要因素是水温、盐度的变化和栖息场所是否适宜。

海参对某些环境因子的变化具有很强的敏感性。当狂风暴雨来临前，它们常躲藏到石棚下或草丛中等安全的地方，待风浪平静后，再爬出来活动和摄食。小个体一般生活在较浅水域，大个体生活在较深水域；夏季水温较高时，有向深水移动的现象，这样有利于避开高温。

二、栖息环境

在自然海区，海参多生活于水深为 3~15m 的浅海中，在辽宁及庙岛列岛栖息海域可深达 35m。生活环境要求波流平稳、无淡水流入、海藻茂盛的岩礁底质，或大叶藻丛生的较硬的泥沙底、泥底，海水 pH 值为 7.8~8.4，水温不高于 28℃，冬季不结冰。

三、体色与环境

海参体色变化很大，一般背面为黄褐色或棕褐色，腹面为浅黄褐色；此外还有黄绿色、赤褐色、灰白色，也有少数为白色、红色(俗称血参)等。

海参的体色和形态与栖息环境有一定关系，一般呈褐色，但生活在岩石底的个体与生活在泥沙、混有贝壳及碎石底的个体相比较，前者的颜色往往较深。生活在海藻间者，常带有绿色，有时变成白色、赤褐色或紫褐色。生活在礁石底部水温较低地区的个体，肉刺多而高；生活在沙泥底质和水温较高地区的个体，体壁肥厚，较大。

四、光线

随着昼夜光线强弱的变化，海参表现为明显的日节律性，对光线强度变化的反应较为灵敏，喜好弱光。在强光照射下往往呈收缩状态；在阳光照射下往往隐藏在阴暗处，以避强光。在夜间或弱光条件下，海参摄食和活动明显活跃。

五、夏眠

海参在水温大于 20℃ 时，即迁移到海水较深处，隐藏于岩石间或草丛中不食不动，这种现象称为夏眠。成参或高龄参夏眠时，常到水深处，或钻入石堆内部，幼小个体夏眠的海水较浅；夏眠即将结束时，幼小个体先出来活动和摄食，大个体出来较晚。夏眠期的长短主要与水温的变化有关，山东沿岸海域海参的夏眠期一般在 6 月至 10 月初，同时也与海参大小有关，大个体夏眠时间长，小个体夏眠时间短。当年繁育的

幼参不夏眠。

海参夏眠的临界水温在 20°C 左右。据观察，水温在 20°C 以上时，大个体海参首先夏眠， 22°C 以上时，小个体（体长 10cm 以下）海参陆续夏眠。在养殖条件下，在将要进入夏眠的水温附近（ $20\sim 26^{\circ}\text{C}$ ），海参对天气的阴晴、风力的大小、光线的强弱变化等反应特别敏感，在连续阴天、风平浪静、光线较弱的条件下，已经夏眠的海参仍可大量出来摄食和活动。

六、排脏和再生

海参受到强烈刺激时（如水质恶化、水温剧烈变化、离开海水时间过长、机械摩擦等），常把其内脏（消化器官、呼吸树等）全部由肛门排出来，这种现象称为排脏。排脏是海参自我保护的一种方式。海参在离开海水、干露时间过久时，其体壁会溶化（自溶），故采捕后应立即处理，不可久置。

海参再生力很强，如环境合适，海参排脏后内脏可以再生。如把身体切成几段放回海水中，几个月后每段仍有可能再生成为一个完整的个体。

据试验报道，体背部表皮切开后 1 周，色素开始沉着，幼小个体的色素沉着比成体明显，45~50d 后体背色素的变化难以识别；疣足切断处，经过 5~7d 后形成一隆起，经 30d 生长达到 1~2mm；管足切断处，约 1 周后色素沉着并形成突起，大约 30d 后完全再生；触手切断，7~10d 后伤口愈合并呈突起状，25~30d 后可以再生成正常状态，并能摄取食物，惟色素稍淡；体背、腹部切开后，其背部的伤口愈合较快，其腹部的伤口愈合较慢，这可能由于切口损伤了纵肌所致。

切断试验表明，切断创伤 5~7d 愈合，创伤愈合不顺利的

则死亡。再生能力与切断的部位有关，体后部的再生能力要比体前部强。

第三节 繁殖和发育

一、性腺构造和发育分期

(一)性腺构造

生殖腺呈多分枝状，各分枝在围食道处汇聚成总管，一般为 1 条，偶尔 2~3 条，总管向前通向生殖孔。生殖孔一般 1 个，偶见 2~3 个，位于头背部距前端 1~3cm 处的生殖疣突上。在通常情况下，生殖疣向内凹陷，生殖期凹陷处色素加深，即将排放性产物时，生殖疣向体外突出呈疣状。

生殖腺各分枝随发育成熟而逐渐变粗，主分枝直径成熟时可达 1.5~3.0mm，个别的可达 3.0mm 以上，而在休止期仅有 0.1mm 左右；主分枝直径一般为次级分枝直径的 2~3 倍。主分枝长度在成熟时可达 20~30cm，甚至超过 30cm，而在休止期，其长度不足 1cm，一般难以见到。

(二)性腺发育分期

性腺发育一般划分为休止期、增殖期、生长期、成熟期和排放期(图 2-4)。

1. 休止期

性腺呈透明状细丝，量极少，一般性腺重量在 0.2g 以内或难以发现，肉眼难辨雌雄。在山东沿海一般为 7~11 月。

精巢：生殖腺上皮沿管状壁内没有凹凸，由 1~3 层精原细胞或精母细胞组成。

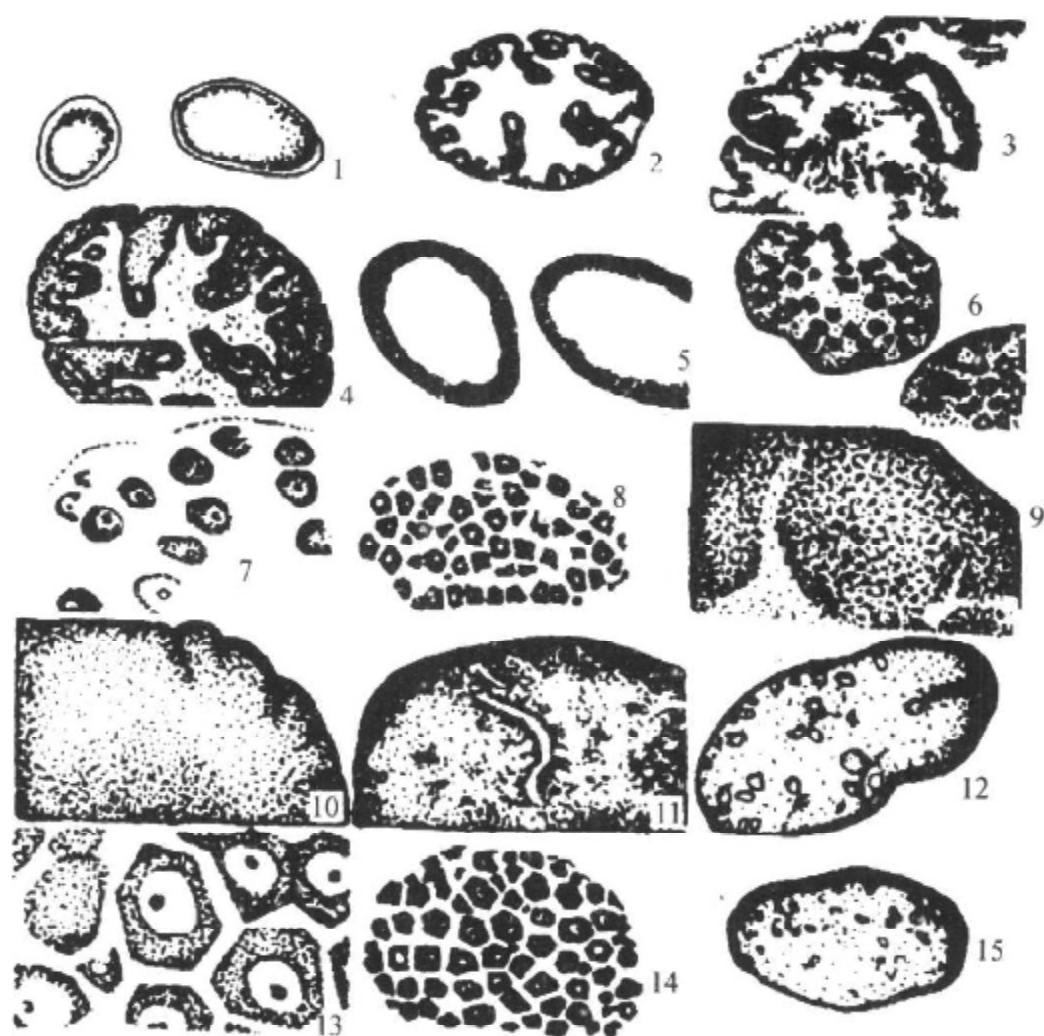


图 2-4 刺参性腺发育周期变化 (据隋锡林)

1. ♂ 休止期; 2. ♂ 增殖期; 3. ♂ 增殖期; 4. ♂ 生长期; 5. ♀ 休止期;
6. ♀ 增殖期; 7. ♀ 增殖期; 8. ♀ 生长期; 9. ♂ 生长期; 10. ♂ 成熟期;
11. ♂ 放出期; 12. ♂ 放出期; 13. ♀ 生长期; 14. ♀ 成熟期; 15. ♀ 放出期

卵巢：生殖腺上皮沿管状壁内没有凹凸，多为 1 层，有时由 2 层卵母细胞组成，卵径大约为 $10\mu\text{m}$ 或更小。

2. 增殖期

性腺多呈无色透明或略呈淡黄色，部分雌雄可辨，性腺

般重 0.2~2g,性腺指数在 1% 以内。在山东沿海一般从 12 月到次年 3 月。

精巢:生殖上皮显著生长,在生殖管内沿管壁出现凹凸皱褶,精子尚未形成。

卵巢:生殖上皮显著生长,在生殖管内沿管壁出现凹凸皱褶,生殖腺横断面呈花瓣状,卵母细胞直径为 30~50 μm 。

3. 生长期

可分为生长 I 期和生长 II 期。在山东沿海一般在 3~5 月上旬为生长 I 期,5 月下旬为生长 II 期。

在生长 I 期,性腺逐渐增粗,分枝增多,雌性性腺呈杏黄色或浅橘红色,雌雄肉眼可辨,性腺重量多为 2~5g,性腺指数为 1%~3%。

在生长 II 期,性腺发育迅速,颜色加深,雌雄明显可辨,重量急剧增加,一般为 3~13g,7g 以上者占总数的 70% 以上,最重的可达 43g,性腺指数上升为 7% 左右。

精巢:精母细胞增殖明显,生殖上皮有数层相同的精母细胞组成,从生殖腺的横断面可见许多褶沟向管腔内侧迂回曲折。在生殖上皮管腔内侧有少数精母细胞,精子已开始形成,在管腔内有精子出现。

卵巢:卵母细胞进一步成长,卵母细胞充满整个卵巢,卵径为 60~90 μm 。

4. 成熟期

性腺变粗,颜色变浓,精巢呈乳黄色,卵巢半透明状,呈橘红色,卵粒清晰可见;性腺重 10g 以上者占总数的 50%,约一半个体的性腺指数达 10%。在山东沿海一般在 5 月下旬至 6 月上旬。

精巢：生殖腺各分枝粗大，精巢腔内充满活泼的精子，生殖上皮仍有大量的精母细胞。

卵巢：卵母细胞直径达 $110\sim 130\mu\text{m}$ ，大小几乎相同的卵母细胞充满整个卵巢腔，出现个别成熟卵。

5. 排放期

出现自然排精、产卵现象，亲体越大，成熟越早，排放精子、卵子的时间越早。在山东沿海一般在 5 月下旬至 6 月上中旬。

精巢：由于精子的排出，精巢内出现明显的空腔，但生殖上皮仍有一定厚度，由许多精母细胞组成。排精后的精巢腔内散存有直径为 $6\sim 7\mu\text{m}$ 的吞噬细胞。

卵巢：卵巢腔内仍有残存未排出的卵细胞，在产卵期过后，其残留卵继续解体散失。

排放期过后，水温升高，海参停止摄食，逐渐进入夏眠状态，性腺迅速退化，进入休止期状态。

性腺发育进程的快慢受多种因素的影响，其中与水温高低、饵料多少等关系密切；养殖池塘由于水温回升较快，海参性腺成熟一般较自然海区早。

二、产卵习性

（一）产卵时间

我国辽宁、河北、山东与江苏北部沿海，由于水温回升快慢不一，其繁殖时间不同，一般南部海区早于北部海区，潮间带早于潮下带。即使在同一海区，繁殖时间随年份不同也有变动，变动的因素较复杂，但水温的高低是主要影响因素。据日本报道，北海道的青刺参产卵期为 6 月下旬至 9 月上旬，宫

城县的万石浦为 6 月下旬至 7 月上旬，女川湾为 7 月下旬至 8 月下旬，产卵水温为 $13\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。我国山东半岛南部沿海，产卵期为 5 月底至 7 月中旬；山东半岛北部沿海（如蓬莱、长岛、烟台、威海等地）为 6 月上旬至 7 月中旬；大连地区为 7 月上旬至 8 月中旬。从各海区产卵情况看，自然产卵水温在 $15\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，多在 $16\sim 20^{\circ}\text{C}$ 之间。

海参排放精子和卵子的时间，大多数在晚间 20:00～24:00 但个别情况下，在 1:00～6:00，有的甚至在白天也有排放精、卵的现象。

精、卵排放前，亲参活动频繁，不断地将头部抬起，左右摇摆，这种现象的出现预示着精卵即将排放；一般雄参先排精，排精持续 0.5h 左右后，雌参受到性产物的诱导开始产卵。雄参排精时，生殖疣突出，精子由生殖孔排出，呈细线状，随后在水中徐徐散开呈烟雾状，乳白色。雌参产卵时，生殖疣突出，卵子从生殖孔产出后，像一条较粗的橘红色绒线，波浪似地喷出，随后慢慢地散开，沉于池底。受精卵为沉性卵，随卵子的发育逐渐上浮。

（二）产卵批次和产卵量

海参为多批次产卵，一批亲参一般有 1～3 次产卵高峰，每次产卵一般持续 0.5h 左右。产卵量平均每头 100 万～200 万粒，多者可达 400 万～700 万粒，个别大个体产卵量可超过 1 000 万粒。海参育苗过程中，排卵量的多少与营养条件及刺激排卵的效果等多种因素有关。

据辽宁省海洋水产研究所对个体大小不同的海参进行测定，1g 重的成熟卵巢，所含卵数平均为 20 万粒左右；具有 100g 重成熟卵巢的海参，其怀卵量可达 1 800 万～2 600 万粒。

（三）产卵与年龄和体重

海参性成熟年龄为 2 龄,往往与个体体重有很大关系;个体过小,即使是 2 龄,性腺仍然不发育、不成熟。在控温养殖的条件下,即使不足 2 龄、体重 250g 以上的个体,性腺发育依然很好。据报道,刺参生物学最小型(性成熟的最小个体)的个体,体重为 110g,躯体重为 60g。据崔相报道,日本青刺参生物学最小型的个体躯体重为 39g,一般为 58~60g,成熟期每克卵巢含卵量为 22 万~29 万粒,平均为 25 万粒,体重 200~300g 的亲参怀卵量一般为 350 万~500 万粒。

三、胚胎发育

（一）受精和卵裂

海参卵子为均黄卵,卵黄含量少,在细胞内分布较均匀,极性不明显,成熟卵的卵径为 140~170 μm 。

海参的精、卵成熟后排出体外,体外受精;受精在第一次成熟分裂的中间进行,属于单精受精类型。卵子受精后,受精膜举起,一般依此作为卵子受精的标志。

卵子受精 20~30min 时,放出第一极体(水温 21~22 $^{\circ}\text{C}$)约 40~45min 放出第二极体,而后进入卵裂期(图 2-5)。海参属于典型的等裂,其特点是分割沟遍及整个卵子,分裂球大小相等。卵裂的结果,从动物极看,分裂球呈辐射状排列。第一次分裂为纵裂,分裂面通过卵子动、植物极,2 个分裂球大小相等;第二次分裂也为纵裂,分裂面仍与卵轴平行,与第一次分裂面相垂直,产生 4 个大小相等的分裂球;第三次分裂为横裂,分裂面位于卵子赤道线附近,产生 8 个全等细胞,排列 2 层;而后的卵裂,基本上以纵裂与横裂交替的方式

进行。卵裂的结果，细胞数量不断增加，而细胞体积越来越小。

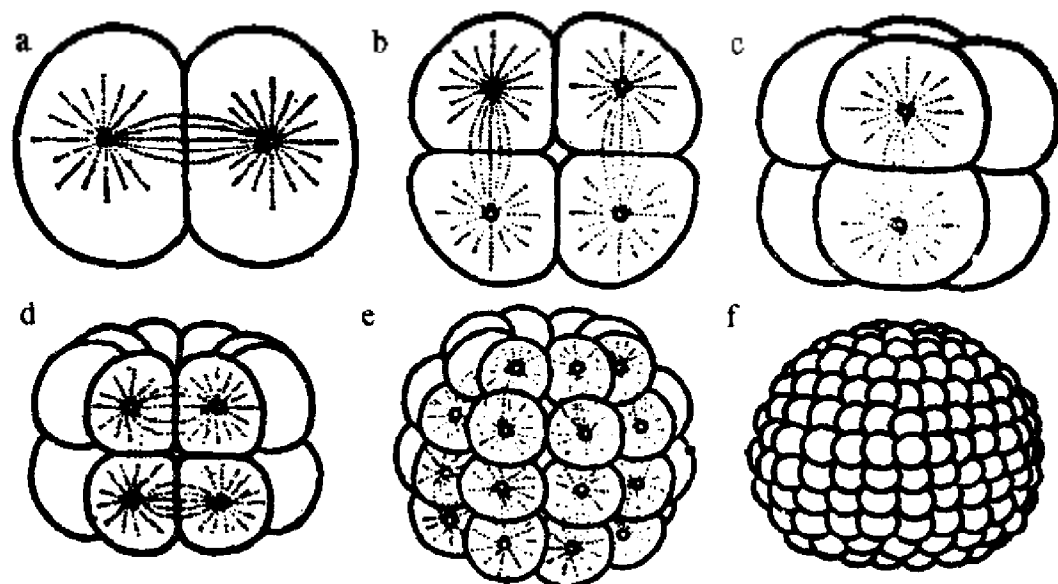


图 2-5 海参的卵裂（据楼允东等）

（二）囊胚期

受精卵经多次分裂，细胞数达 512 个时，胚体进入囊胚期。海参囊胚属于有腔囊胚，囊胚胚体中央出现一个大而圆的空腔，为囊胚腔。初期为圆球形，直径为 $186.2 \sim 199.5\mu\text{m}$ ，囊胚周身遍生纤毛；此后，胚体开始在动、植物极方向上延伸拉长，且由于体表生有纤毛，囊胚开始在卵腔内转动，转动方向从动物极看以左旋为主，但有时急速地变为相反的右旋；囊胚期后期，胚体在膜内旋转不久就脱膜而出，在水体中继续旋转，称为脱膜旋转囊胚。

（三）原肠期

原肠通过内陷法形成（图 2-6）。在受精后约 14~17h，拉长的囊胚先在植物极变为扁平，而后逐渐内陷，内陷程度由

浅到深，经内陷后形成的腔称为原肠腔，其深度可达整个胚体的 $2/3$ 左右。与胚体外相通的口，称为原口，整个内陷的过程称为原肠作用。

到了原肠后期，原肠腔由原来的直立方向逐渐向胚体一侧倾斜，此处将成为幼体腹侧，最后原肠的顶端成直角弯曲，并逐渐与腹面形成的凹陷相接近，这一凹陷称为口凹，原来的原口形成肛门。在原肠弯曲部分的囊胚腔内，细胞继续增殖，一部分向反口面的

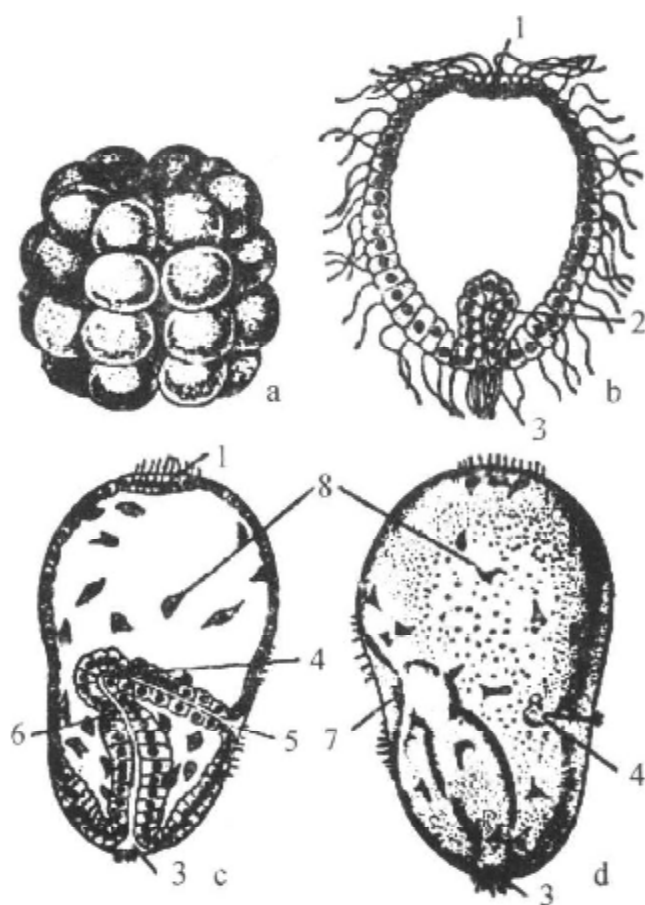


图 2-6 海参的原肠形成（据楼允东等）

a. 32 细胞期; b. 早期原肠胚; c. 后期原肠胚（矢切面）; d. 后期原肠胚（左侧面观）

1. 顶部加厚; 2. 原肠腔; 3. 原口; 4. 体腔囊; 5. 背孔; 6. 消化管; 7. 口凹; 8. 原始间叶细胞

的正中线延长成管状，另一部分在食道基部呈囊状，管状部分在背部开口形成背孔，中间的管为孔管，囊状部分进一步分化为体腔和水腔。在原肠作用的同时，原肠顶端分出中胚层母细胞，在囊胚腔中分裂产生原始星状间叶细胞，形成原始间充质，将来形成成体的骨片、肌肉和结缔组织等。

四、幼体发育

幼体发育历经耳状幼体、樽形幼体、五触手幼体和稚参阶段(表 2-1)。

表 2-1 刺参胚胎及幼体发育历程 (水温在 20~22℃)

受精时间	发育阶段	体长(μm)
20~30min	极体出现	140~170
43~48min	第一次分裂	140~170
48~53min	第二次分裂	140~170
1h 至 1h 30min	第三次分裂	140~170
3h 40min 至 5h 40min	囊胚期	200 左右
12h 至 14h 20min	脱膜旋转囊胚	200 左右
14h 20min 至 17h 40min	原肠初期	260 左右
17h 40min 至 25h 20min	原肠期	280 左右
25h 20min 至 31h 30min	初耳状幼体	360~430
5~6d	中耳状幼体	500~700
8~9d	大耳状幼体	800~1 000
10d 左右	樽形幼体	400~500
11d 左右	五触手幼体	300~400
12~13d	稚参	300~500

(一)耳状幼体

1. 发育分期

由原肠期进一步发育成幼体,其侧面很像人的耳朵,故名曰耳状幼体(图 2-7)。耳状幼体背腹扁平,外部形态较前有明显的变化。随着发育,耳状幼体分为初耳幼体、中耳幼体和大耳幼体。

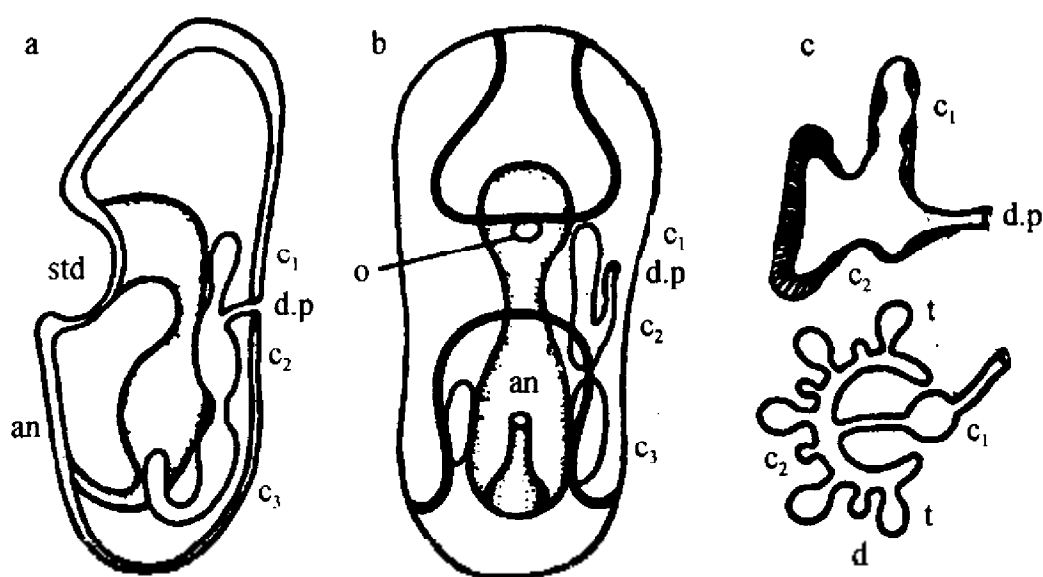


图 2-7 海参耳状幼体 (据楼允东等)

a. 侧面观; b. 腹面观; c, d. 水体腔的改建

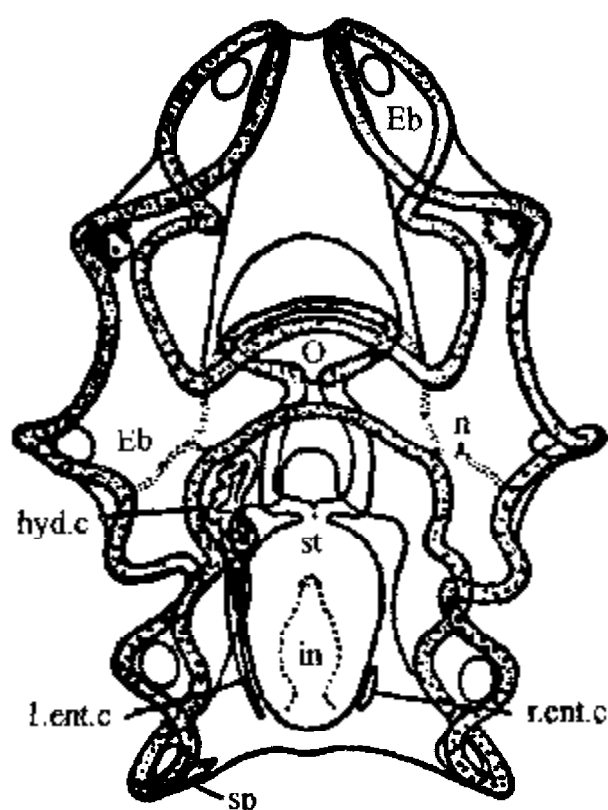
an. 肛门; $c_1 - c_3$. 前、中、后肠体腔; d.p. 背孔; o. 口孔;

p. 孔管; std. 口咽; t. 初级触手

初耳幼体结构简单, 幼体臂刚长出, 明显的只有口前臂与口后臂; 消化道已明显分口、食道、胃、肠、肛门, 在胃与食道交界处的左侧有体腔囊, 体长约 $400\mu\text{m}$, 宽约 $280\mu\text{m}$ 。由于消化道的开通, 幼体开始从外界摄取食物。

中耳幼体的 6 对幼体臂粗壮而明显, 在食道与胃交界处的水体腔呈扁囊状拉长。体长约 $500 \sim 700\mu\text{m}$ 。

大耳幼体(图 2-8)的 6 对幼体臂更为粗壮明显; 身体两侧, 即后背、间背、前背、后侧臂及额区背部上方出现 5 对年轮状球状体; 水体腔进一步发育长出 5 个囊状初级口触手原基和交互排列的辐水管原基; 后侧臂的下端一侧出现一个石灰质的幼生骨片。体长约 $800 \sim 1\,000\mu\text{m}$ 。



Eb. 球状体;
 Hyd.c. 水体腔;
 in. 肠;
 l.ent.c. 左侧肠体腔;
 n. 幼虫神经;
 o. 口;
 st. 胃;
 r.ent.c. 右侧肠体腔;
 sp. 幼虫骨片

图 2-8 海参大耳状幼体 (据楼允东等)

2. 形态构造的发育变化

耳状幼体发育阶段的主要变化如下。

(1) 纤毛带 原肠期纤毛遍布整个体表面, 发育到耳状幼体, 却只在身体两侧, 由外胚层形成的 2 条纵行嵴起上才具纤毛, 即纵纤毛带。2 条纤毛带出现后不久, 彼此在口凹的前面连接形成口前环, 在肚门前形成肚前环。

(2) 幼体臂 在幼体发育过程中, 躯体某些部分突出于体表面被称为幼体臂。幼体臂呈左右对称排列, 共 6 对。按其所在位置不同, 分别命名为口前臂, 位于幼体腹面的前端; 口后臂, 位于幼体腹面的后端, 即食道与胃交界处的前端; 前背臂, 位于幼体前端背面, 口前臂的斜上方; 后背臂, 位于幼体

背面后端；侧背臂，位于幼体背面中央部的两侧、前后背臂之间；后侧臂，位于幼体身体两侧最末端的背面。

(3) 消化道 由原来的简单管状构造逐渐分化为界限分明的口、食道、胃、肠和肛门。口呈漏斗状，四周密布许多细小的纤毛，称为口纤毛环。幼体借助纤毛环的纤毛摆动形成水流，饵料随水流进入食道。食道呈管状，具有许多排列整齐的环形皱纹，通过食道强有力的收缩将饵料其压入胃内。胃呈梨形或椭圆形，在前端与食道的连接处有一明显的狭窄部。饵料进入胃之后，随胃液的流动而翻动，在胃液的作用下，易消化的饵料如 盐藻、角毛藻等，在胃内 很快被消化，仅留有不易消化的残渣排入肠内。肠呈管状，自胃通出后立即向腹面弯曲，并开口于后端的腹面，即肛门。肠和胃连接处也有一个明显的狭窄部。消化后的残渣及尚未消化的饵料，经过肠由肛门排出体外。

(4) 体腔囊的发生和演变

在原肠晚期，当原肠顶端向一侧(腹面)弯曲时，从原肠顶端分出一团细胞，开始位于胚胎的背面，以后逐渐移至幼体左侧，这团细胞即体腔囊。体腔囊在小耳状幼体阶段，自行分化为左前体腔、水体腔和后体腔三部分。右前体腔很小，为退化部分，与背水管孔相连。后体腔不断向腹面延伸，直延伸至幼体胃的右侧，且很快一分为二，位于右侧的为右后体腔，位于左侧的为左后体腔。

水体腔位于食道与胃交界处的左侧，开始呈囊状，后来随着幼体的发育，逐渐变成半环形，并以凹下一侧向着食道，凸面向外侧。幼体发育至大耳时，从半环形水体腔的外侧壁上生出 5 个指状小囊，称为五触手原基，它将来构成体触手的一

部分。在五触手原基形成的同时，与五触手原基相间排列出现另外 5 个囊状构造，即辐水管原基。到幼体后期，它向身体后部伸长，逐渐发育成成体的辐水管。

(二) 樽形幼体

1 形态构造的发育变化

耳状幼体继续发育，由背腹扁平形而逐渐变为圆桶形，形状很像被囊动物的海樽，故名樽形幼体(图 2-9)。在耳状幼体变为樽形幼体的过程中，幼体的形态和构造发生了很大变化，直观上的突出特点是幼体体长明显缩小，大约仅为大耳幼体的一半，身体由透明状变为暗灰色，内部构造辨别不清，但可见 5 对球状体。

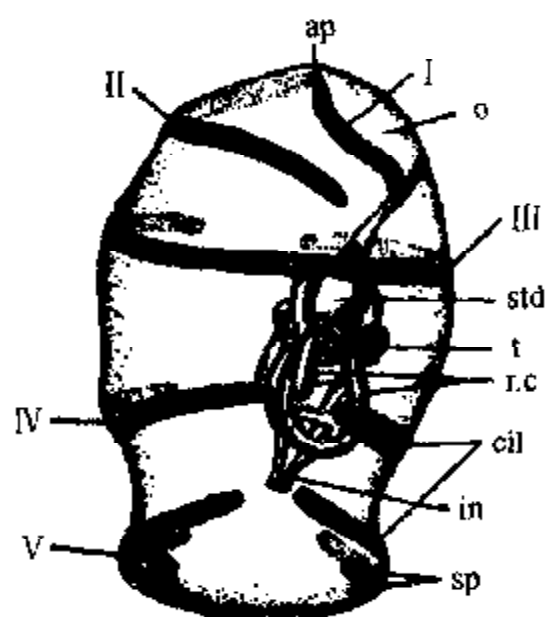


图 2-9 海参樽形幼体(据楼允东等)

I~V. 纤毛环; ap 顶端肥厚部; cil 环状纤毛带; in. 肠; r.c 辐水管; sp. 幼虫骨片; std. 口; t. 初级口触手

樽形幼体主要系统发育变化有如下几个方面。

纤毛环的形成：在身体收缩的同时，原有的纤毛带很快失去其连续性，而变成了许多段落，经过重新排列后，形成樽形幼体的五条纤毛环。樽形幼体依靠纤毛的摆动，在水中浮游。

环水管和波里氏囊的形成：水体腔横于食道之下，以凹面向上逐渐将食道包围起来。此时，原来的后部位于食道的腹

面，原来的前部已经移到食道的背面，当背腹两部彼此相结贯通之后，一个完整的环水管形成，同时由水体腔的腹面部分产生出一个囊状物，即为波里氏囊。

后体腔的发育：左后体腔发育较右后体腔快，继续增大，绕过幼体的消化道，最后和右后体腔的隔膜消失，左右后体腔合并、扩大，逐渐发育成为成体的体腔。

前庭的形成：在口凹的四周，由于外胚层的加厚及下陷，又重新形成一个较大的凹陷，称为前庭。原有的口凹位于前庭底部中央，这时前庭位于幼体中部的前端，以后逐渐向前移动，后期则移至幼体前端的中央，在前庭中可以看到初级口触手；但此时口触手仍未伸出体表之外。

2. 樽形幼体活动特点

樽形幼体早期阶段可以活泼地游动，多分布于培育水体的中、上层；但在樽形幼体后期阶段，纤毛运动减弱，多转入底层，活动很缓慢，若这时培育条件不适宜，将会导致大量死亡。樽形幼体早期阶段游动自如，有选择附着位置的功能，在育苗过程中应密切观察掌握樽形幼体出现的时间，及时投放附着基。

(三)五触手幼体

樽形幼体后期，5个触手伸出前庭，故得名五触手幼体（图 2-10）

1. 形态变化

口凹腔加宽，肛门一度失去，不久重新形



图 2-10 海参五触手幼体（据楼允东等）
T. 触手；F. 管足

成；五触手从前庭伸出并逐渐生出侧枝。消化道伸长，弯曲；排泄腔一侧生出囊管，将来发育成呼吸树。靠近左后体腔的腹面上皮层产生一团细胞，以后这团细胞向后体腔伸展，并分化为生殖腺的原基，细胞团一端开口与外界相通，一端发育为生殖腺管。

本期幼体最显著变化之一是体部钙质骨片的形成。石灰质骨片在体壁由间叶细胞开始形成，且成 X 形骨片。X 形骨片增加，同时各骨片的分枝互相延伸而结合成为板状，逐渐形成具有种间特征的骨片。五触手幼体末期，这种骨片几乎被覆全部体表。

另外，左前体腔周围的间叶细胞形成一个钙质板，包在左前体腔的外面，形成成体的筛板，筛板上生有筛孔，故左前体腔与后体腔之间可以相通。

2. 生态习性变化

幼体纤毛环逐渐退化，以至最后完全消失，由浮游生活逐渐转入底栖附着性生活。触手是主要的附着和活动器官，但活动能力很弱。

(四) 稚参

五触手幼体的后期形态基本上呈现海参的雏形，即为稚参(图 2-11)。稚参身体拉长，并在体表形成一些外形似

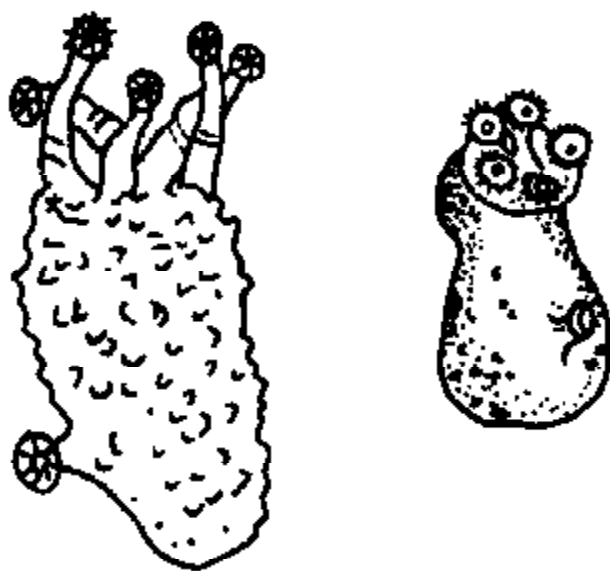


图 2-11 海参一个管足稚参(据隋锡林)

蜂窝状的钙质骨片。同时，在幼体腹面左侧的后端、肛门的下方生出第一个管足，不久又在第一个管足的右前方生出第二个管足，此后以同样方式增加管足的数量。刚变态为稚参的个体无色，呈半透明状，消化道等器官清晰可见；以后色素逐渐增多，体肤由无色透明逐渐变成深褐色。

管足和触手是稚参主要的附着和活动器官，但一个管足的稚参活动能力仍然较弱，活动和摄食的范围很小。因此，稚参在这种情况下可以摄食到的食物必须适宜并且充足。

第四节 海参的生长

一、不同年龄海参的生长

海参的生长与环境条件特别是水温、饵料、盐度是否适宜有密切关系，条件不同，差异很大(表 2-2)。

表 2-2 刺参的生长

年 龄				采 集 地 点	测 量 年 份	作 者
1	2	3	4			
25(625)	—	—	40	北海道	1903	Mitsukuri
2.5(0.9)	9	36	41		1932	ОкаДа
0.99~4.95	4.95~15.2	15.2~42.9	42.9~46.2	七尾湾	1912~ 1915	德久三耘等
5(7.4)	15	37	46		1936~ 1937	ФуДзимако
5.9(15.5)	13.3(122.5)	17.6(307.0)	20.8(472.5)	爱知县	1955~ 1956	崔相

续表

年 龄				采 集 地 点	测 量 年 份	作 者
1	2	3	4			
(27±9)	(75±21)	(135±27)	(184±21)	彼得湾	1971~ 1973	Бреман
(71)	(135.5)	(188.5)	(213.5)		1971	Бирюлина 等
1~9 (0.4~ 10*)	11~23 (12.5~248) 平均 15 (100)Δ			长岛县	1973~ 1975	王兴智等
0.4~3.8	3.8~12.5	24.3~38.0	40~4.2	北戴河	1955	张凤瀛等
10~11 (60~80)	10~17 (100~150)	23~27 (250~400)	—	大连	1985~ 1986	隋锡林
8.6(32.5)	13.3(81.1)	(20~25) (250~400)	25~30 (400~550)	长海县	1986~ 1987	隋锡林

注：(1) 体长(cm)，括号内为体重(g)；(2) * 其数值为室内当年培育的大个体；(3) Δ为室内培育两周年的个体。

据日本崔相在自然海区调查，海参的生长情况如表 2-3 所示。

表 2-3 日本海域刺参生长情况

年 龄	平均体长(cm)	平均体壁重(g)	平均体重(g)
1	5.5	9	15.5
2	13.3	80	122.4
3	17.6	175	307.1
4	20.8	260	472.5

在日本的本州发现的最大个体为 43cm(长)×7cm(宽)和 40cm(长)×8cm(宽)(Mit-sukuri, 1903), 体重为 1.5 ~ 1.8kg 的个体(崔相, 1963)。

前苏联学者 Ю.Э.Врегман(1971, 1973)研究了彼得湾海参的生长速度, 采用群体体长结构分析的方法, 测量结果见表 2-4。

表 2-4 俄罗斯彼得湾海参的生长

年龄	体重(g)	体壁重(g)	年龄	体重(g)	体壁重(g)
1	27 ± 9	23 ± 9	5	232 ± 25	160 ± 11
2	75 ± 21	57 ± 17	6	272 ± 11	180
3	135 ± 27	100 ± 13	7	305 ± 13	195
4	184 ± 21	133 ± 12			

前苏联学者 М.Г.Бирюлина 和 В.Ф.Козлов 测量结果为, 海参的平均寿命为 7~8 年, 各年龄体重见表 2-5。

表 2-5 各年龄和体重的组成

年龄	体重(g)	年龄	体重(g)
1	71.0	5	273.5
2	135.5	6	306.5
3	188.5	7	334.5
4	213.5	8	358.5

由于各学者所取材料的来源和测量方法的不同, 同一年龄的海参生长测定结果大不一样。海参的生长受多方面因素的影响, 深入了解海参的生长规律尚需做进一步的试验和调查研究。

二、同一年龄组海参个体的差异

海参个体之间受多方面因素的影响，生长差异相当大，1龄的苗种，有的体长已达10cm，有的才1cm左右。表2-6为在实验室内培养的1龄幼参体长和体重的对应关系，这一对应关系是在特定条件下的测定结果。培养条件不同，测定结果将会不同。

表 2-6 海参苗种体长和体重的对应关系

平均体长 (mm)	体重范围 (g)	平均体重 (g)	每千克数量 (kg)
20	0.064~0.434	0.214	4 673
30	0.131~1.070	0.433	2 309
40	0.239~2.447	1.075	930
50	0.656~3.121	1.986	504
60	1.788~5.022	3.369	297
70	2.831~10.314	5.720	175
80	7.627~11.249	8.996	111

第五节 种质研究

海水养殖对象的种质研究正在引起人们的重视。一些养殖种类病害泛滥、抗逆能力减弱、食用品质下降，除了养殖环境恶化之外，种质退化是重要的原因之一。加强海水养殖对象的种质研究和检测有利于进行种质变化的跟踪和鉴定，有利于种质资源的优化，可为良种培育提供科学依据。

养殖对象的种质特征应该包括主要的遗传特征，但目前为了便于检测操作，使检测结果具有较好的重复性和可比性，一般将形态构造、繁殖生长、染色体数和核型、典型同工酶谱型、分子遗传学特征作为养殖对象的种质指标，这也是目前制定养殖对象种质标准的主要技术内容。海参种质研究刚刚开始，还有很多工作要做。为了保护种质资源，应严格执行国家关于物种资源保护的有关法规，以保证海参的种质不受到污染。

一、染色体数和核型

据研究报告，海参的染色体 2 倍数： $2n=40$ 。但有的检测与此结果不同，进一步的检测验证工作还有待进行。

二、同工酶的谱型

检测海参同工酶中的触酶（CAT）、葡萄糖磷酸异构酶（GPI）、苹果酸脱氢酶（MDH）的谱型见图 2-12、图 2-13、图 2-14。检测样品体长 15~20cm；检测结果表明多态位点比例为 46.7% ($P_{0.95}$)，平均杂合度为 0.1444 ± 0.014 。

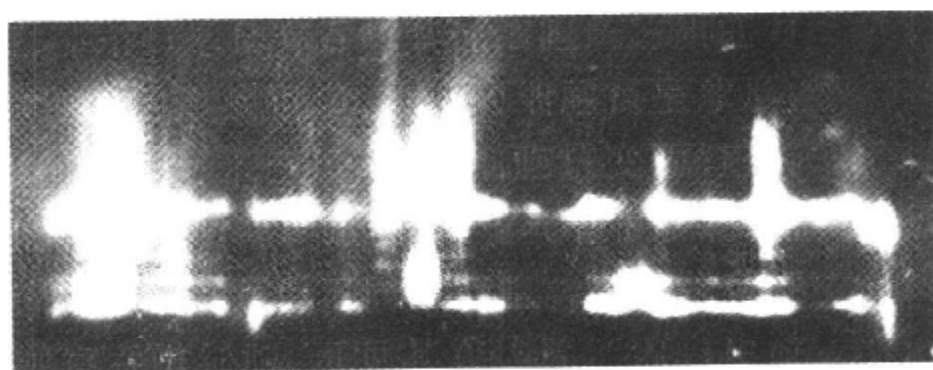


图 2-12 CAT 同工酶电泳图谱



图 2-13 GPI 同工酶电泳图谱

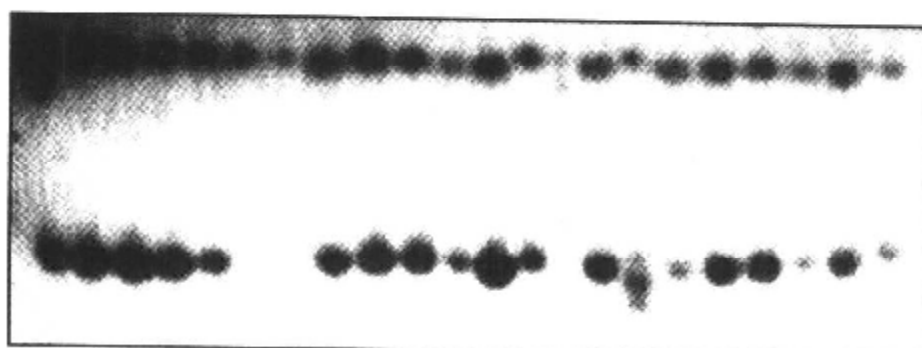


图 2-14 MDH 同工酶电泳图谱

第三章 海参苗种培育

第一节 发展现状

早在 20 世纪 30 年代，日本就开始进行海参人工育苗和增养殖技术的研究。1938 年，稻叶坛三郎首次进行人工育苗尝试，用人工解剖方法获得受精卵，并且培育耳状幼体 15d。50 年代，日本学者崔相等对海参生活史及生物学和生态学进行调查研究；1958 年，田中研究了海参性腺发育、摄食和消化过程等。1977 年，福冈水产试验场的石田雅俊等，采用升温诱导法获得受精卵，在 $4 \sim 10\text{m}^3$ 水体中，稚参出苗量为 $2\,200 \sim 8\,600$ 头 $/\text{m}^3$ ，为人工育苗技术产业化提供了经验。20 世纪 80 年代以来，日本福冈、长崎、佐贺、爱知等县的水产试验场及栽培渔业中心相继开展了海参育苗技术的研究，就育苗中的某些生态因子对幼体发育的影响、幼体发育生理、幼体和稚参的食性、营养等进行了研究，育苗水平明显提高。

20 世纪 70 年代，俄罗斯曾在远东符拉迪沃斯托克（海参崴）大彼得湾对海参的生物学及人工育苗进行过调查研究，采用升温刺激获得受精卵，以三角褐指藻等作为幼体饵料，进行人工育苗试验。80 年代末，韩国也相继进行了海参人工育苗技术的研究。

我国海参人工育苗技术研究最早始于 1954 年，张凤瀛、吴宝玲等在北戴河采用性腺解剖取卵人工授精的方法初获成功，并在试验室培育出耳状幼体和樽形幼体，此后培育出一定数量的稚、幼参。

20 世纪 60 年代初，山东省海水养殖研究所陈宗尧等采用解剖性腺取卵人工授精的方法，获得受精卵，以盐藻等为幼体饵料，以石莼、大叶藻的粉碎液为稚参饵料，培育出一定数量的稚、幼参。

1973 年，中国水产科学研究院黄海水产研究所张煜、刘永宏等承担了国家主管部门下达的海参人工育苗技术研究课题和国家攻关项目；此后，山东、河北、辽宁三省的科研单位相继深入开展了海参人工育苗技术的开发研究。研究内容包括海参的性腺发育规律，产卵习性、胚胎发育、幼体发育与理化、生物因子的关系，幼体摄食习性、饵料种类的筛选、饵料生物的生态特点及培养方法，稚参的生态习性和饵料，环境因子对稚参成活、成长的影响等，为育苗技术的形成提供了科学依据，逐步形成了一套较为可行的育苗技术操作规范，育苗水平有明显提高，单位水体出苗量稳定增加。

然而，时至今日，海参育苗技术仍然面临着诸多挑战，有些地区水环境条件正在恶化，海参种质资源状况正变得越来越复杂，病害不断发生，有时还相当严重，育苗成活率波动很大。提供优质充足的海参苗种是海参养殖业持续发展的前提条件，需要针对这些问题进行深入的科学研究和试验，使海参育苗技术不断充实、完善和提高。

第二节 基础设施

一、育苗室和饵料室

育苗室应该充分考虑苗种和饵料培育对水质、光照等环境条件的要求,水质良好、风浪小、无污染、无淡水注入是育苗室用水的基本条件。

饵料室设计应有利于调节光照强度和空气流通,有利于管理和提高工作效率,有利于保持清洁卫生,避免生物和化学污染。育苗室和饵料室均应设有宽度适宜的人行道,避免管理人员上池壁操作。

亲参蓄养池和幼体培育池一般采用砖石水泥或钢筋混凝土结构,池形以长方形为宜,有利于流水培育过程中水的交换;亲参蓄养池可设计在 10m^3 以内,采卵时易于观察和操作。幼体培育池的容积可以根据换水条件和育苗室的大小在 $10\sim 50\text{m}^3$ 内选择确定,池子大一点,可能操作不便,但水质条件较稳定。池子深度以不超过 1.2m 为好,使用时水深保持 1m 左右;为便于幼体和稚、幼参的管理,池子宽度以 2m 左右为宜。

单细胞藻培养应有单独的保种室(一级保种)、中间培养池或缸(二级保种)和生产池(三级培养),幼体培育水体和饵料培养体的比例,一般以 $2:1$ 为宜。

育苗室和饵料室均应配有单独的检测室。

二、进排水系统和充气系统

每个亲参蓄养池、苗种培育池、饵料培养池应有分别独立

的进排水系统和充气系统。

三、沉淀池

充分沉淀可以使自然海水中所含的浮泥、有机碎屑和各种浮游生物下沉，使水清澈。一般沉淀时间要求在 **24h** 以上；沉淀池要加盖，沉淀池内的沉淀物应及时清除，以免沉淀物分解，产生有害物质。如不经沉淀直接过滤，往往会导致过滤池阻塞，影响过滤效果。

四、砂滤池

海参育苗用水必须经过滤后才能使用。过滤形式一般采用砂滤，滤料为不同规格的砂石，滤层由底层向上分别为卵石、砾石、砂粒、细砂，砂石的粒径由大到小，每层厚度 **10~20cm** 主要起过滤作用的是细砂层，细砂层要适当加厚，可增至 **40~70cm**。目前，经常采用的砂滤方式有以下两种。

(1) 自然砂滤过滤池 靠水的重力通过滤料层，达到过滤效果。该种砂滤池结构简单，投资少，但压力小，水的流量少，而且要经常清洗砂层，劳动强度较大。

(2) 高压反冲过滤器 砂滤器是一个封闭系统，由水泵或者高位沉淀池把水压往砂滤器内，经过砂滤再流入培育池。该种过滤器结构简单，设有反冲系统。不同生产厂家的产品型号、规格、过滤能力和效果不尽相同，可以根据需要选用。

五、控温系统

升温育苗或苗种越冬必须有控温系统，包括锅炉、预热池、散热器和管道等。单细胞藻类保种室、培养室也应有升温

设施。如用地下海水调节水温，则可大大降低育苗成本。

第三节 亲参采捕和蓄养

一、亲参采捕

采捕和蓄养质量优良、数量充足的亲参是获得大量受精卵的前提条件，是海参育苗技术的关键一环。

（一）采捕时机

亲参采捕过早，蓄养时间长，性腺会萎缩退化，而且增加管理费用；采捕过晚，有可能在自然海区已经排放性产物，将会失去获卵机会。

确定亲参采捕的时机，可参照两方面的因素作为依据：一是海水温度，海区底层水温（或水面下 1m 的水温）上升至 15~17℃ 范围时，是亲参采捕的适宜时机；二是海参性腺指数（性腺重与躯体重之比），当 50% 以上的个体性腺指数达到或超过 10% 时，性腺发育处于成熟期，枝干粗，颜色重，精巢呈乳黄色，卵巢呈橘红色，卵母细胞充满整个卵巢腔，卵粒清晰可见，表明采捕亲参时机已经到来。各地采捕亲参的具体时间不同，青岛地区一般从 5 月下旬开始，山东北部沿海从 6 月上旬开始，大连地区、黄海北部沿海在 6 月下旬开始。由于各地区水温回升快慢不一，即使在同一地区的不同年份，海水温度回升速度也可能不同，所以亲参采捕的具体时间应灵活掌握，因时、因地制宜。

亲参采捕的影响因素较多。有时亲参采捕时机已到，但若遇上天气突变、风浪大作、海水混浊等情况，潜水员不能出

海，导致延误时机，造成亲参采捕不足，生产受损。针对这种情况，可以根据天气预报，选择好天气提前采捕或分批采捕，避开或减少不利因素的影响。

（二）规格和数量

据测量资料统计，海参躯体重 255g 的个体，性腺重 98g；躯体重为 130～255g 的个体，性腺重 34.7g；躯体重 115～200g 的个体，性腺重 17.6g；躯体重 80～110g 的个体，性腺重仅为 5.6g。以上测量结果表明，亲参体重应在 200g 以上，体长应在 20cm 以上。一般成熟亲参的怀卵量与体重、性腺重、性腺指数成正比；亲参个体越大，成熟越早，怀卵量越大。因此，在上述规格范围内，应尽量使用大个体。

亲参采捕的数量应充足，如果因为亲参的数量不足导致受精卵的数量少，不能满足生产需要或采卵不集中，将会影响后续生产的进行。亲参采捕的数量以育苗水体计，一般按 1～2 头/ m^3 安排生产。使用过的亲参可以销售，以降低生产费用。

（三）运输

亲参运输用水应符合渔业水质标准 GB 11607 的要求，盐度应大于 28 亲参运输有两种方法。

1. 干运法

运输容器可用帆布桶、保温箱等，运输工具应确保无毒、无污染。海参可以直接放入运输容器内，或者海参与经海水浸湿的海带草（或马尾藻等）相间放入运输容器内；也可以把海参放入聚乙烯塑料袋内，装适量水并充氧，放入保温箱内，袋外加适量冰块降温，运输更为安全。运输过程中应防止日晒、风干、雨淋，防止海参相互挤压、碰撞和摩擦，避免导致损伤和死亡。为保证运输成功，海参运输密度不应过大。若控

温在 $11\sim 15^{\circ}\text{C}$,运输时间可达 $3\sim 6\text{h}$;若控温在 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$,运输时间可达 $5\sim 15\text{h}$

2. 水运法

亲参放入盛水 $2/3$ 的无毒塑料袋内, 塑料袋内充气并置于盛水的玻璃钢桶或帆布桶内。按塑料袋内水体计, 运输密度不宜超过 $150\text{头}/\text{m}^3$ 。若运输距离远, 可在塑料袋外加冰, 适当降温。若控温在 $11\sim 15^{\circ}\text{C}$, 运输时间可达 $3\sim 8\text{h}$;若控温在 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$,运输时间可达 $10\sim 15\text{h}$ 。

(三)注意事项

(1) 避免过度的刺激 亲参采捕时, 应仔细操作, 轻拿轻放, 避免或减轻亲参之间的挤压, 防止皮肤损伤; 潜水采捕过程中, 一次采捕数量不宜太多, 应及时将亲参送到船上暂养。

(2) 避免与油污接触 海参与油污接触后, 容易自溶解体, 造成皮肤溃烂, 导致死亡。因此, 采捕和装运海参的工具不能沾有油渍。

(3) 暂养用水应保持清新 亲参捕获后, 通常暂养于临时水槽内, 达到足够数量后再装车运输。因此, 暂养期间必须保持水质良好, 及时换水, 避免水温的急剧升高, 同时设置遮光设备, 避免阳光直射。槽内暂养密度不宜过大。如暂养时间长, 应连续充气。

二、亲参蓄养

亲参蓄养的目的是提供良好适宜的培养条件, 使亲参性腺发育成熟, 从而获得足够数量的优质卵子和精子。如果亲参性腺发育已经成熟, 采捕时机控制的好, 经过采捕和运输的刺激, 亲参当晚即可产卵。然而, 一般情况下亲参需要蓄养一

段时间后才能产卵。如果为了升温育苗，提前采捕亲参，亲参蓄养更是育苗过程中不可缺少的重要环节。

（一）水温调节

亲参采捕季节往往由于气温较自然海区的水温回升快，致使蓄养水温高于亲参采捕海区的水温。蓄养水温过高，海参将难于适应，反而延误产卵时间，影响卵子质量。因此，应采取调控措施，使亲参蓄养初始水温与亲参采捕海区的温差尽量缩小，尽量控制在 3°C 以内，为亲参提供一个对水温的适应过程。蓄养期间，水温一般不宜超过 20°C ；若水温超过 20°C ，实际上进入了海参夏眠的水温，海参难以适应。

如计划当年培育大规格苗种，提早育苗，可提前采捕亲参，水温应逐渐递升，采卵以前控温在 $14\sim 15^{\circ}\text{C}$ 左右，临近采卵时间，再开始升温。

（二）密度

控制亲参蓄养密度是维持水环境处于良好状态的重要措施，有利于亲参性腺的正常发育。亲参蓄养密度应适当，密度过大会导致水体溶解氧下降；亲参长期处于低溶氧环境，对性腺发育将会有不利影响，不能正常排放精卵，同时会出现一些异常行为，如参体卷曲、翻转等；持续缺氧，当溶解氧降至 0.6mg/L 时，亲参会因缺氧窒息而滑落池底，躯体僵直，呈麻木状态，部分个体会因此而排脏，甚至会出现溃烂死亡。

亲参蓄养密度一般控制在 $20\sim 30$ 头/ m^3 ；蓄养池较大，如容积 10m^3 以上，可适当减少密度；蓄养池容积小，可适当增加密度。如果蓄养用水水温较高和亲参个体较大，也应适当降低蓄养密度。提早育苗提前采捕亲参，蓄养亲参时间较长，蓄养密度可适当减少，控制在 20 头/ m^3 左右。

（三）饲料

亲参蓄养期间一般不投喂饲料，如果采捕过早，蓄养时间很长，为避免体力过度消耗、性腺退化，应适量投喂；另外，为了提前培育苗种，亲参升温促熟培育过程中也应投喂饲料。饲料应是沉降性的。饲料种类有鼠尾藻粉、配合饲料等。投喂量可以灵活掌握，以下次投喂时饲料没有或很少剩余为宜。为了保证海参正常摄食，水温应控制在 17°C 以下。超过 17°C ，接近夏眠水温，摄食减少；超过 20°C ，一般停止摄食。

（四）换水

亲参蓄养期间应用砂滤水，临近产卵期间，进水口应加脱脂棉过滤袋或双层 300 目网袋，以滤除敌害生物。

每天早、晚各换水一次，每次换水量为蓄养池水体的 $1/3$ 或 $1/2$ ；换水开始时，应把亲参刷落至池底，避免亲参挂壁干露，同时通过吸底或倒池清除池内亲参粪便和其他污物。

（五）充气

如果亲参密度小，培育用水清澈，水质良好，并且有条件对溶解氧进行及时监测，溶氧量达到 5mg/L 以上，可以不充气。然而，由于亲参往往集中分布于池壁的夹角处，密度局部过大容易造成局部水体溶解氧的降低，导致缺氧；或者由于水混，水中悬浮物耗氧量较大，又缺乏溶解氧监测手段，应当进行充气。充气不应过大，充气石每 $3\sim 5\text{m}^2$ 一个，微量充气即可。

（六）光照

光照应均匀偏弱，避免强光直射，可控制光照强度在 $500\sim 1\,000\text{lx}$ 范围。

（七）日常观察

亲参蓄养期间，要注意观察亲参的活动情况，特别是在傍

晚应连续观察，当发现部分亲参在水体表层沿池壁活动频繁、不时地昂头摇摆时，或者已出现少量雄参排精时，预示着雌参将可能要产卵，应及时做好采卵准备工作。

第四节 采 卵

一、采卵准备

（一）亲参密度调整

采卵时，为了便于观察产卵的亲参，可以对亲参的密度、蓄养池进行调整，亲参密度可以临时加大到 $30 \text{ 头}/\text{m}^3$ 以上。密度加大以后，少量个体排放的性产物可以对众多的其他个体产生诱导作用，有助于增加排卵机会和排卵量，有利于得到足够数量的受精卵，进行生产安排。

（二）采卵用水

为了预防疾病和敌害，采卵用水应经过沉淀、砂滤，并在入池时要经过棉滤或多层 $300 \mu\text{m}$ 筛绢过滤。

二、采卵方法

目前，采卵方法主要有两种：一是自然排放，二是通过人工刺激的方式，促使亲参排放。

（一）自然产卵法

当亲参性腺发育充分、成熟度好时，可在蓄养池内自然排放性产物。自然排放多在晚上 $20:00 \sim 21:00$ 开始，先是雄参排精，大约 0.5h 后雌参产卵。自然排放的卵一般质量较好，但精子数量难以掌握。

(二)人工刺激诱导法

1. 实施人工刺激诱导法的条件

海参经过一段时间的正常蓄养，性腺发育成熟并有少量性产物排放，育苗设施和饵料已准备就绪，天气晴好时，即可考虑实施人工刺激诱导采卵。

人工刺激诱导采卵法可以根据排放性产物规律，人为地掌握亲参排放时间，便于有计划地安排生产；所获得的卵质量较好，受精率较高，孵化的幼体健壮。

2. 具体做法

(1) 升温诱导法 此法属于温度刺激。升温方法可以将过滤海水通过日光照射升温，或者用电热器升温，或者添加高温水升温，使海水温度较原亲参蓄养水温升高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 。此法可以单独使用，也可以和其他诱导方法配合使用。

(2) 阴干流水刺激法 刺激一般在傍晚开始，先将蓄养池内海水放干，亲参在池底阴干 $45\sim 60\text{min}$ ，然后用高压水流冲击 $10\sim 15\text{min}$ ；冲击的同时，将蓄养池洗刷干净。然后，注入经过过滤的新鲜海水。整个操作宜在 18:00 前结束。

一般来说，刺激后 $1\sim 2\text{h}$ ，亲参开始沿池壁向表层爬行，活动频繁，经常将头部抬起左右摇摆；此时，可出现雄参排精，约 0.5h 后，雌参开始产卵。采用阴干流水刺激法，在亲参排放初期、中期和末期均能获得良好的刺激效果。如果经刺激不排放，应分析原因；如果实施该操作的时机、条件、方法方面没有问题，可在次日再进行一次，往往效果较好。采用阴干流水刺激法，加入新水的水温应较原蓄养用水的水温略高，并应选择风和日暖的天气进行。

(三)采卵注意事项

在实际生产中，有时采不到卵，经刺激也不排放。据了解的情况分析，可能有两方面的原因：一是性腺发育不成熟或已经排放；二是性腺发育尚可，蓄养条件不适。常见的情况是，采捕海参海区的水温为 $14 \sim 17^{\circ}\text{C}$ ，而蓄养初始水温太高，超过 17°C ，甚至在 20°C 以上。在这种情况下，海参或立即排放，或对这种剧变的高温环境不能适应，长时间不排卵。因此，蓄养亲参的水温变化应当适宜，蓄养初始水温与采捕海区水温应尽可能一致，刺激采卵应在性腺发育成熟的前提下进行。

另外，在正常排卵时间前适当投放鼠尾藻（干鲜均可）粉碎滤液，有时能达到诱导亲参产卵的效果。

第五节 受精和孵化

一、受精

在海参育苗生产中，受精方式通常有两种。

(一)产卵池内产卵受精

产卵池内产卵受精指亲参在蓄养池内产卵受精的方式。当雄参排精后，让其在池内排放一段时间，使池内有一定数量的精子，以诱导雌参产卵。当雌参开始产卵后，为避免精子数量过多，及时将尚在排精的雄参由池内分批移出，置于其他容器内；让雌参在池内产卵，并在池内受精；雌参停止产卵后，将池内所有亲参移出。

池内产卵受精方式，由于精液往往较多，需要洗卵。待受精卵沉于池底时，采用虹吸方法将池内含有精液的上层池水

移出,只保留距池底 10~30cm 左右的池水,以免将受精卵连同池水虹吸掉;然后注入新鲜过滤海水,待受精卵再次沉于池底后,再用上述方法进行洗卵,一般需反复进行 2~3 次。如果亲参产卵持续时间过长,卵子发育不同步,有的刚刚排出,有的已经进入囊胚期,开始上浮,洗卵则难以进行。

采用这种方式,由于亲参在产卵过程中没有人为移动等干扰,产卵持续时间长,产卵量大,卵子质量好;然而,池内精液量往往难以准确控制,容易导致精液过多、水质污染、胚胎畸形,影响孵化率,要特别注意防止精液过多,并应及时搅动水体,防止卵子堆积,尽可能使卵子和精子分布均匀。

(二)产卵箱内产卵受精

产卵箱一般可采用玻璃水族箱、塑料水槽或者水桶等。产卵前,产卵箱注满过滤海水。当发现亲参在池内产卵时,及时将亲参移到产卵箱内,让亲参在产卵箱内继续产卵。在产卵的同时,要及时添加精液,精液应是多头雄参排放的混合液,精液添加量不宜过多,控制在卵周围的一个视野面可见 3~5 个精子即可。由于海参卵为沉性卵,在产卵过程中,要不断地搅动产卵箱内的水体,使卵处于悬浮状态。产卵箱内受精卵的密度应控制在 300 粒/mL 以内。如果卵子密度很大,应及时将卵子移入孵化池,产卵箱内另加新水。

产卵结束后,应立即将亲参移出,不断搅动水体,受精卵在水体内均匀分布后,取样计数和观察卵子受精情况。计数、观察后,应立即将受精卵移到孵化池内。

采用这种方式,可以方便地控制精子的数量,胚胎发育正常,减少畸形,幼体健壮,发育良好。如果亲参蓄养时间较长,体质消耗较大,应把在蓄养池内产卵的亲参移到产卵箱内,往

往不再产卵或产卵时间短、产卵数量少，因此育苗后期一般不采用此法。

上述两种方法，各有利弊，应用得当均可取得满意的效果，育苗单位可根据自己的具体情况灵活选用。

二、孵化

目前，海参苗种生产中受精卵一般在幼体培育池中孵化。

优化孵化条件、提高孵化率是海参育苗中的重要一环。孵化池内受精卵密度一般控制在 **80 万~100 万粒/m³**，如果卵子密度太大或性产物太多，可采取分池的方法，调整卵子密度，改善水质。孵化期间应持续微量充气或定时搅动，以补充氧气的消耗，并使卵子和胚体分布均匀。如果水质污浊，也可采取流水方式孵化，用 **300** 目筛绢网箱排水，同时加入新鲜海水。

第六节 幼体培育

一、小耳状幼体的倒池和布池

小耳状幼体孵出后，孵化水体中有未孵化的卵子、多余的精子和不健康的幼体，水质受到不同程度的污染，各池耳状幼体的密度也往往多少不一。因此，耳状幼体孵出后应立即倒池，并同时布池，调整各池耳状幼体的密度，排除污物和不健康幼体，筛选健壮幼体。

倒池前，首先对被倒出池的幼体进行计数。用搅耙上下轻轻搅动水体，使幼体在池内分布均匀，然后用内径 **1cm** 左右的塑料管，在池的不同位置垂直取样 **6~9** 次，测定计算单

位水体内的幼体平均数量，然后求得培育池内幼体的密度和数量；也可以对倒入池的幼体进行计数，根据计数结果进行补充或调整。幼体倒入池前，应提前投喂优质单细胞藻类饵料 3 万/mL 左右，作为开口饵料。

倒池的方法主要有虹吸浓缩法，即将孵化池内含有一定数量幼体的水体，用虹吸方法使水通过网箱外溢，幼体则滞留浓缩于网箱内。新池内预先注入布满整个池底的过滤海水，以免幼体移入培育池内，与池底摩擦受伤。网箱的形状和大小可依据条件灵活掌握，但制作网箱的筛绢网目的大小应适宜，网目对角线长度应小于幼体的宽度，以免幼体漏失。一般选用 $200 \sim 300$ 目的尼龙筛绢。在操作中，网箱要放在塑料（或玻璃钢）水槽内，网箱上沿应高于水槽的上沿，以利于溢水和防止幼体流失；不断搅动网箱内的水体，使幼体分布均匀，防止局部幼体堆积挤压损伤；幼体池出水口与浓缩网箱水面的高度差不应过大，虹吸水流应缓慢而不应过急，否则幼体贴附于网箱壁上，易出现幼体损伤，甚至造成大量死亡；应随时用玻璃烧杯取样观察，为防止网箱内幼体密度过大，及时将幼体从网箱内移入新的培育池。

健壮、发育良好的耳状幼体，在静水条件下，一般分布于培育水体的上层，而畸形及不健壮的幼体，则多沉于培育水体的底层。在倒池过程中，如果池底正常幼体很少，可弃之不要；如果池底正常幼体较多，可放入水桶中静置，收集上浮的正常幼体。

二、耳状幼体培育密度

耳状幼体培育密度是指小耳幼体入池培育时的密度，即

每毫升水体内所含初耳状幼体的个数。耳状幼体培育密度的大小是海参育苗中需要认真控制的一个重要指标。培育密度适宜,幼体生长快,发育正常,变态率、成活率较高。

实践表明,初耳幼体培育密度,控制在 1 个/mL 以内为宜,一般可维持在 0.5 个/mL 左右。

幼体培育的适宜密度随环境条件的不同也有差异,如前期育苗或者控温育苗,敌害生物少,天气状况较好,幼体培育密度可以适当增大;后期高温天气和雷雨闷热天气增多,育苗水质条件下降,水中敌害生物增多,幼体密度可适当减少。幼体培育密度与幼体饵料有直接关系,饵料质量好、数量充足,幼体培育密度可适当增大;饵料质量差、数量不足,幼体密度可适当减少。以盐藻、角毛藻、小硅藻混合投饵,幼体培育密度可适当增加。

在实际育苗过程中,幼体培育密度可灵活控制。有时可以看到,有的培育池耳状幼体密度很大,甚至在 1 个/mL 以上,却生长、发育整齐,耳状幼体成活率和稚参变态率很高;有的培育池耳状幼体密度很小,生长、发育缓慢且不整齐,耳状幼体成活率和稚参变态率很低。从这种现象可以看出,育苗成功与否,耳状幼体的密度是一个重要因素,但不是惟一的决定因素,幼体密度与饵料、水质、幼体质量、管理等因素相关,是各种影响因素综合作用的动态反映。

三、水的交换

(一)水交换的意义

在海参幼体培育过程中,幼体向水中排泄大量代谢产物,消耗水中的溶解氧,死亡的幼体和饵料也会逐渐腐败、分解,

释放有害物质，如硫化氢、氨等；投喂饵料时也势必带进营养盐及饵料代谢产生的有害物质；在温度逐渐升高的条件下，随水源和饵料带入的有害细菌会迅速繁殖。这些因素很容易导致水质恶化，影响幼体的正常发育、生长变态及成活率，严重时可导致育苗失败。换水是实施水交换、保持培育水质良好、满足幼体对水质要求的重要措施，也是育苗过程中一项工作量很大的经常性工作。

（二）换水方法

目前换水的起始时间和方法多种多样。换水可以在小耳幼体刚入池时，培育池仅注水 $1/2$ 左右，幼体入池 $2\sim 3\text{d}$ 内，由于水质比较新鲜，幼体小，投饵量少，藻液累积不多，采用只添水 $10\sim 20\text{cm}$ ，不换水，待培育池注满水后再开始换水；也可以在小耳幼体入池后，立即注满水，开始投饵后即进行换水；还可以采用流水培育法（图 3-1），即从初耳幼体入池后，开始从培育池一端进水，从另一端排水，仅在投饵后适当停止流水，培育池水一直处于流动状态，水面保持平衡。无论哪种方法，都应该以提高水的交换率、保持水质清新为目标。在培育池池水更新过程中，还应避免幼体的流失。

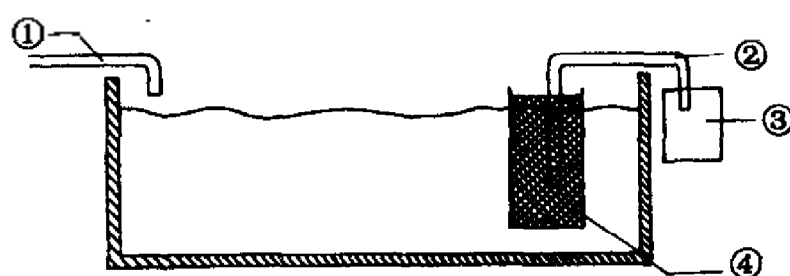


图 3-1 流水培育示意图

1. 注水管；2. 换水管；3. 溢水槽；4. 筛绢网箱

换水中排水所用的工具有网箱和滤鼓。网箱一般制作成方形或者圆形，规格适中，过大操作不便，过小则滤水面积小、抽水急，对幼体易造成损伤。培育池容积 $20 \sim 30\text{m}^3$ ，采用的换水网箱规格以 50cm （长） $\times 50\text{cm}$ （宽） $\times 60\text{cm}$ （深）为宜。在制作网箱的同时，还要制作固定支撑网箱的框架，框架一般用硬质塑料管或者钢筋焊接而成，框架规格要略大于网箱规格。网箱用筛绢网目的对角线必须小于幼体的体宽，一般可选用 $200 \sim 300$ 目筛绢。市场上对筛绢规格通常用目表示，这是按英制规格表示法，即每英寸有多少目，1 英寸相当于 2.54cm ，如 100 目为每厘米 9.4 目，200 目为每厘米 78.7 目（相当于 NX79），260 目为每厘米 102.4 目（相当于 NX103）。滤鼓的直径应尽可能大，以增加滤水面积，加快排水速度。

换水时，由于幼体的浮游能力弱，很容易随虹吸水流贴附于网箱或滤鼓的筛绢壁上，吸力越大，水流越急，幼体贴附现象越严重；幼体贴附于筛绢壁上，往往因机体挤压损伤而死亡。因此，在换水期间，应有专人负责轻轻搅动网箱内外的水体，减少网箱周围幼体的密度，防止幼体贴附损伤；注意胶管排水口距培育池水表面的水位差应适当，不能过高，过高虹吸力强、水流急，幼体易因附壁而伤亡；排水管进水口一端，尽量固定在网箱的中央，不要使其靠近筛绢壁。流水培育池需要设置一个控制水位的容器，或者在培育池壁上增设一个控制水位的摇臂。进水管口应套棉滤袋、工业滤布袋等，对培育用水做进一步过滤，并对滤袋内的过滤物及时进行清洗检查，以评估进水系统的过滤效果，及时采取相应措施，防止污染物和敌害生物入池。

(三)换水量

换水次数一般每天 2 次；培育前期每次换水量为培育水体的 1/3，培育后期每次为培育水体的 1/2 左右。在具体培育过程中，视水质状况适当增减换水量可。流水培育由于流水时间长，流速缓，幼体贴附筛绢壁上的情况不严重，能避免对幼体造成的伤亡，前期流量可控制在池水体积的 100% 左右，后期可增至 100%~300%。

(四)注意事项

换水过程中要确保入池水的水质符合要求，水温应与原池水的水温尽可能一致。

四、饵料投喂

(一)投喂量

不同发育时期的耳状幼体对饵料的需求量不同，从小耳幼体、中耳幼体到大耳幼体，随着个体的生长发育，摄食能力和摄食量逐渐增加，投饵量也相应调整。投饵量的多少对幼体发育成长及成活率有明显的影响（表 3-1）。

表 3-1 不同投饵量培育幼体的试验结果

缸号	培育 水体 (L)	投饵量 (个/mL)	幼体 密度 (个/mL)	稚参数 (头)	成活率 (%)	平均成 活率 (%)	出苗量 (头/L)	平均 出苗量 (头/L)
1	10	5 000	1.3	591	4.55	59.1	2.4	31.5
2	10			32	0.25		3.2	
3	10	3 000		137	1.54	13.7	1.0	9.9
4	10			60	0.46		6.0	
5	10	1 000		55	0.42	5.5	0.23	3.0
6	10			5	0.04		0.5	

依黄海水产研究所海参组，1983。

掌握好幼体饵料的适宜投喂量。投喂单胞藻饵料，按培育水体计算，小耳幼体每日投饵 2~3 次，日投饵量为每毫升 2.5 万~3 万细胞左右；中耳幼体每日投饵 2~3 次，日投饵量为每毫升 3.5 万细胞左右；大耳幼体每日投饵 2~3 次，日投饵量为每毫升 3.5 万~4 万细胞。

投饵量的掌握，应根据实际摄食情况进行调整。一般来说，投饵前培育水体饵料颜色变淡，同时在显微镜下观察（10×10）培育水体单胞藻饵料量，一个视野面有 1~3 个细胞，幼体胃内饵料较多，胃液色浓，胃形饱满，表明投饵量适宜，可维持原量；若发现幼体胃内饵料数量减少，胃液色淡，显微镜下观察难以发现培育水中的单胞藻，则表示饵料缺乏，需适当增加。

（二）单胞藻饵料的质量要求

单胞藻饵料的质量对幼体的发育至关重要。判断单胞藻饵料质量优劣的主要指标有三方面。

1. 单胞藻饵料的密度

一般情况下，三角褐指藻、小新月菱形藻的密度应在 200 万个/mL 以上，角毛藻、盐藻、金藻的密度应在 100 万个/mL 以上；若单胞藻饵料培养密度小，日投藻液量不应超过培育水体的 5%。因为藻液中存在对耳状幼体有害的物质，日投藻液量过多，有害物质也多，将会对耳状幼体造成危害。

2. 新鲜度

新鲜饵料应藻体生长正常，无沉淀，无结块，无老化。在水泥池正常培养条件下，从接种到投喂使用一般为 7d 左右，如果没有使用，可以加新水或分池继续培养，避免老化；如果因连阴天藻体发生沉淀，则应坚决放掉，不可使用。长期放置

老化的藻种,尽管密度大、没有污染,也不宜使用,因为老化的藻种往往有危害海参耳状幼体的生物毒素存在,可能导致耳状幼体烂胃死亡。

3. 原生动物的污染情况

质量较好的饵料无原生动物或原生动物很少,显微镜下(10×10)观察一个视野内原生动物的数量不多于 3 个,可以正常投喂;若原生动物污染严重,显微镜下(10×10)观察一个视野内原生动物多达 3 个以上,表明饵料质量低劣,不宜投喂,或者在饵料不足的情况下仅少量投喂。

(三)代用饵料及其投喂量

代用饵料包括海洋酵母、面包酵母和新鲜鼠尾藻粉碎液、鼠尾藻粉、螺旋藻粉等。海洋酵母日投喂量为 2×10^5 个细胞;面包酵母(干品、鲜品均可)日投喂量为 $2\times 10^{-6}\sim 5\times 10^{-6}$;投喂鼠尾藻粉碎液,经 80~100 目筛绢过滤,日投喂量 $2\times 10^{-6}\sim 4\times 10^{-6}$ 。鼠尾藻粉、螺旋藻粉的日投喂量为 2×10^{-6} 左右。新鲜冷冻的海洋酵母如果保存不好,容易出现质量问题,应特别注意。

(四)注意事项

(1) 代用饵料和单细胞藻类搭配投喂效果较好,搭配投喂可以避免饵料单一、营养不平衡。

(2) 在单细胞藻类供不应求的情况下,代用饵料可以保持稳定的供应;代用饵料的喂养效果往往好于质量低劣的单细胞藻类。

(3) 在实际操作中,投喂量受多种因素的影响。在同一批幼体培育过程中,初耳幼体密度大,个体小,摄食量少,摄食能力低;随着时间的推移,耳状幼体生长、发育很快,到大耳幼

体,由于正常的死亡,密度变小,个体变大,摄食量增加,摄食能力也增强。基于这种情况,由于初耳幼体阶段摄食能力低,投饵量必须足够大,维持一定的饵料密度,才能保证供应;大耳幼体摄食能力增强,但数量有减少,投饵量也不应太大,以满足需要为准。如果盲目增加投饵量,容易污染水环境,导致水质恶化。

五、充气 and 搅池

在静水条件下,耳状幼体多分布于培育水体水面下 **10~20cm** 的范围,在阴雨闷热天气,幼体分布更为集中;幼体长时间大量密集,容易造成局部水质的恶化,导致幼体发育不良,甚至发生烂胃死亡。因此,在幼体培育期间,需要采取措施,改善幼体在培育池内的分布,通常采用的方法是充气和搅池,充气既可以使幼体分布均匀,又可以补充溶解氧的消耗。

充气石按池底面积计,一般每 **5m²** 一个,微量充气,使水面呈微波状。切忌通气量过大,否则容易将池底沉积的污物泛起,对水质造成不良影响;同时,幼体随水流上下翻滚,容易造成损伤,甚至死亡。可以连续通气,也可以每 **2h** 通气 **30min** 断续通气。

充气过程中,充气石和充气管道有可能堵塞,造成有的气石充气过小,有的则过大,特别是水位深浅不一时,更容易出现充气过大或过小的情况。因此,应经常巡池,对充气量及时调整。

搅池,每小时一次,用搅耙在池的上、中层轻轻搅动水体,使幼体分布趋向均匀。搅池和充气结合进行,效果会更好。

六、吸底和倒池

幼体新陈代谢产生的排泄物、残余饵料、死亡幼体、畸形幼体以及培育池水中其他沉积物和繁生的原生动物、底栖动物等，长时间累积容易败坏水质，滋生细菌，需要通过吸底和倒池清除。

吸底通常采用虹吸法，用吸底器(图 3-2)将池底清吸干净。池底污物由吸底器的吸缝吸进吸底器，然后通过软胶管虹吸到池外。吸底时，若吸出的水内正常幼体极少，则直接排掉；若吸出的水内尚

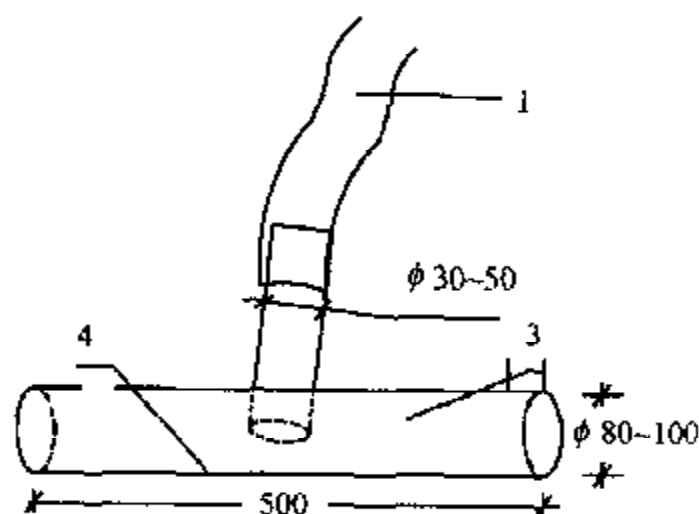


图 3-2 吸底器

1. 软胶管；2. 塑料管($\phi 30 \sim 50\text{mm}$)；3. 塑料管($\phi 80 \sim 100\text{mm}$)；4. 吸缝(宽 $5 \sim 10\text{mm}$)

存一定数量的健康幼体，则应通过筛绢网箱，将幼体浓缩于网箱内。吸底完毕后，将网箱内含有正常幼体的上清液移到水槽(箱)内，再次澄清，健壮幼体上浮于水的上层，即可将上层的幼体返回培育池，其他的放掉。

倒池是将原池的幼体浓缩于网箱内，移到新的培育池内继续培育。倒池过程中，要避免或减轻对幼体造成的伤害。

一般在初耳幼体和中耳幼体阶段，当水质恶化、需要对水体进行彻底更新时，可以采用。吸底和倒池的频次可根据实际情

况确定。

七、光照强度的调节

光照强度的大小对幼体发育、生长有较大影响，浮游幼体对光线的强弱较为敏感。在完全黑暗的条件下，幼体发育迟缓，畸形多，绝大多数为不正常变态；光照强度超过 $2\ 000\text{lx}$ ，幼体呈现背光性；在 $2\ 000\text{lx}$ 以下时，幼体则表现出趋光性。育苗室内适宜的光强度应控制在 $500\sim 1\ 500\text{lx}$ 之间，光线应柔和均匀，避免直射强光。

八、幼体发育正常与否的监测和判定

海参幼体经多次变态之后发育为稚参。幼体在每个时期发育正常与否，对于变态至稚参的成活率有直接影响。因此，在幼体培育期间，必须及时、定时地监测，一般每天各培育池至少镜检一次，了解掌握幼体活动、摄食、发育、生长、成活的情况，及时发现问题，及时解决。耳状幼体是海参幼体发育过程中最长的一个时期，一般需要 9d 左右的时间，病害易于发生，属于死亡高峰期。因此，了解耳状幼体发育是否正常，才能及时发现问题，及时采取相应的措施。耳状幼体发育正常与否的判定，可参考以下几个指标。

(1) 体长增长 耳状幼体正常的体长范围，小耳幼体为 $450\sim 600\mu\text{m}$ ，中耳幼体为 $600\sim 700\mu\text{m}$ ，大耳幼体为 $800\sim 1\ 000\mu\text{m}$ ；耳状幼体正常体长日增长一般在 $50\mu\text{m}$ 左右。若耳状幼体个体明显偏小，日增长低于 $50\mu\text{m}$ ，则属不正常。

(2) 外部形态 耳状幼体左右对称，前后比例适宜；幼体臂随着发育粗壮、突出、弯曲明显，否则，为畸形，多易夭折。

(3) 胃的形态 耳状幼体胃的正常形态呈梨形,丰满,胃壁薄而清晰;胃液颜色较深,胃内有饵料,可见饵料不断由食道进入胃内。若胃壁增厚、粗糙,胃形狭窄萎缩,不清晰,长时间空胃,则属不正常,胃形将迅速变化,甚至在短时间内发生烂胃。

(4) 水体腔发育 中耳幼体水体腔为拉长的囊状,随着幼体发育逐渐成半环形构造,大耳幼体水体腔出现 2~3 个凹凸,凹面向着食道,凸面向外侧;发育至大耳后期,出现指状五触手原基和辐射水管原基。若水体腔发育迟缓,或者不发育,则属不正常。

依据上述指标判定耳状幼体发育异常,应分析原因,立即采取措施,解除致因,优化培育条件,强化管理措施。只要耳状幼体发育变态正常,樽形幼体和五触手幼体也能正常发育变态为稚参。

第七节 海参稚幼参培育

海参稚幼参培育是指从刚变态的稚参到各种规格苗种的培育过程。

一、附着基

(一) 附着基应具备的条件

耳状幼体变态为稚参,开始附着生活,附着基是重要的生存条件之一。选用的附着基制作材料应具备以下条件:①有利于水体的交换和更新,不腐烂、不污染水质;②有利于增加单位水体稚参的附着面积,对稚参无毒性;③有利于饵料附着,饵

料不易滑落;④来源广,成本低廉,便于观察、操作、管理。

(二)种类

目前,使用的附着基材料主要有如下几种:①透明聚乙烯薄膜;②透明聚乙烯波纹板;③筛网(30~60目);④旧网衣、扇贝笼等。

各单位可根据情况选用,从使用效果看,筛网较好,透水性好,饵料不易滑落,参苗附着密度大,生长快而均匀,成活率高(表3-2)。

表 3-2 不同材料附着基稚、幼参附着密度和成活率

稚、幼参平均体长 (mm)	稚、幼参附着密度(个/cm ²)		
	聚乙烯薄膜 附着基	聚乙烯波纹板 附着基	筛网(60目) 附着基
2~3	0.12	0.11	0.15
5~6	0.04	0.05	0.10
9~12	0.015	0.01	0.03
成活率(%) (2~10mm)	9.5	10.1	20.0

附着基需要有框架支撑,制作框架的材料,可用直径6mm左右的钢筋涂上环氧树脂等无毒防锈层,也可用直径1cm左右的无毒塑料管,通过三通、弯脖等接插件组装而成。从使用效果看,以后者为好,制作方便,对水质无负面影响,不易发生锈蚀,便于维修保养,可多年反复使用。附着基用筛网,框架用塑料管,可以作为适宜的组合。

框架规格大小可视培育池的具体情况确定。一般框架不宜做得过大,框架过大,水交换条件差,影响稚参的附着、成活和生长,操作不便。在宽3m左右和深1.2m的培育池中,通

常可做成长 100cm、宽 50cm、高 70cm 的长方形框架，附着基做成片状，附着基片间距 5~10cm，以 45°~60°角的倾斜度斜绑于框架上。聚乙烯波纹板一般采用组合式，将波纹板垂直插入倒梯形塑料框架上，每框可插 10~20 片。

附着基使用前，应经过严格地消毒处理，新用附着基一般可用高锰酸钾浸泡，若使用多次的陈旧附着基，最好用烧碱浸泡洗涤，并用抗菌素(如土霉素等)彻底消毒。

附着基投放前应在其表面培养底栖硅藻。试验观察表明，从樽形幼体到稚参附着的过程中，海参幼体对附着位置有一定的选择性，附着基上有底栖硅藻等稚参饵料时，稚参附着数量明显增加，成活率提高。

(三)投放时机及注意事项

附着基投放时机要适宜，过早不利于幼体在水中的分布，影响幼体发育、变态;过晚，部分五触手已经落底，影响附着基上稚参附着数量。一般应在樽形幼体小批量出现后，即可放置附着基，当水温在 18~22℃时，大约在产卵后的 9~10d 即可及时投放附着基。

为了便于搜集培育池底部的稚参，可以在池底铺设聚乙烯薄膜，或者在附着基框架的底部水平绑缚一张附着基片，以承接落向底部的稚参。为了避免因投放附着基引起水质的剧烈变化，可以在投放附着基的同时，进行流水或加大换水量，优化水环境，避免因附着基处理不好而造成水质污染。

二、稚参附着密度

稚参附着密度以 0.2~0.5 头/cm² 为宜。稚参营附着生活，需要一定的附着面积和空间来满足其活动和摄食要求。

稚参附着密度过大，相对空间和摄取饵料的范围变小，排泄产物增加，难以保证稚参正常生长、发育的需要。稚参正常生活受阻，导致死亡率增加。稚参附着密度过低，不能充分利用已有的附着基空间，单位水体稚参数量减少，出苗量降低，直接影响育苗生产中设施利用率和经济效益。

在实际生产中，稚参附着密度往往难以精确控制，当密度过大或过小时，应及时采取密度调整措施。当密度过大时，可以通过稀疏附着基框架和附着基片（板）降低密度，并加入水质和饵料优化措施；当密度过小时，可以通过重新附着或并池等措施加大密度。

三、饲料投喂

（一）饲料种类

生产中使用的稚、幼参饵料主要有四类：底栖硅藻、鼠尾藻粉碎滤液、人工配合饲料和海泥，可以单独使用，也可以搭配使用。

1. 底栖硅藻

底栖硅藻品种繁多，各品种的饵料效果有明显差异，以个体小、壳薄、稚参容易摄食和消化的为好，如舟形藻、卵形藻等。柳桥曾指出，海参咽喉石灰环的直径约为体长的 $1/10$ ，大于此规格的东西难以摄食。池田善平的试验结果也表明，体长 0.6mm 以下的稚参不能摄食 $20\mu\text{m}$ 左右的硅藻、底栖硅藻，大型种饵料效果不佳，可能与稚参不能摄食有关。

底栖硅藻作为饵料时，要注意保证饵料的及时补给。在苗种生产过程中，由于育苗车间光线较暗，底栖硅藻的繁殖速度一般满足不了稚参的摄食要求，可能很快被吃光或脱落，出

现稚参饵料短缺的现象，这时应及时补给鼠尾藻粉碎滤液等其他饵料。

2. 鼠尾藻滤液

通常有两种应用方式：一是干粉，经浸泡和适宜网目的筛绢过滤后，投喂过滤液，干粉便于储存，可以解决新鲜鼠尾藻供应不足的矛盾；二是新鲜鼠尾藻，经粉碎过滤后，投喂滤液。干粉和新鲜鼠尾藻粉碎过滤液耗氧量低，不粘连，对水质污染轻，稚参适口性好，摄食效果较佳，能够满足稚、幼参对饵料营养的要求；同时，以鼠尾藻粉碎滤液为饲料，可以省略一些饵料培养设施，降低生产成本，是目前生产中重要的饲料品种。投饵量随若稚参个体的生长而增加，稚参体长 2mm 以内，鼠尾藻日投喂量为 20~50mg/L；稚参体长 2~5mm，日投喂量为 50~100mg/L；稚参体长 5mm 以上，随着成长，日投喂量由 100mg/L 逐渐增至 100mg/L 以上，而具体投喂量应根据摄食情况及时调整。

3. 配合饲料

在培养底栖硅藻、投喂鼠尾藻粉碎滤液的同时，可以适量添加配合饲料。

4. 海泥

天然海泥富含有益细菌、矿物质、微量元素和有机物质等，使用得当，效果很好。投喂前应认真进行处理，一般采集后暂存期间充气，同时加上霉素 $2 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-6}$ 杀灭病原菌，加敌百虫 $2 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 消灭桡足类等敌害。使用的海泥应确保没有污染，使用过程中应注意保持水质良好。

(二) 投喂量的检查

稚、幼参饲料的投喂量应灵活掌握，及时调整。投喂量是

否适宜，通过眼睛观察或显微镜检查，可以从两个方面检查判断：如果可以看见稚、幼参消化道内饲料明显存在，饲料充满消化道，或附着基 70% 以上的表面有饲料沉淀，说明饲料充足；反之，如果稚、幼参消化道内看不到饲料存在，或附着基的大部分表面饲料已经被吃光，说明饲料不足，应及时补充，增加投喂量。多种饲料投喂可以降低单一饲料的投喂量，提供丰富的营养成分，避免营养不全造成的发育不良。

四、日常管理

（一）培育方式

在海参人工育苗过程中，稚、幼参的培育方式多种多样。有的稚参培育一直在原幼体培育池或与原幼体培育池结构相同的池内进行；有的分阶段培育，将稚、幼参培育分成几个阶段，不同阶段采用不同的方式进行培育，随稚、幼参体长的增长，逐渐稀疏，以培养大规格苗种；有的按规格大小分类培养，以便采取不同的培养措施。各单位可因地制宜，灵活选用。

（二）倒池

倒池的目的主要是为了改善水质、调整苗种密度、防治病害；但操作不慎，容易造成损伤。因此，在水质良好、苗种密度适宜、没有病害的情况下，可以减少倒池次数。

一般在投放附着基后的 8~15d，需要倒池一次；此后，根据水质、苗种密度、病害等情况，5~15d 倒池一次。高温期水质容易败坏，病害容易发生，应适当缩短倒池间隔时间。

最初倒池时可以采用简便的方法。稚参个体较小，池底和池壁上的稚参可以留在原池不倒；将附着基移至准备好的培育池中，搅动水体使池壁上的稚参落到池底；排掉池内中上

部池水，剩余底部池水通过流水进行更新；然后加入新水，移入新的附着基。这样既可以达到倒池优化水质的目的，又不至于损伤个体尚小的稚参，还可以减少工作量。

（三）水交换

一般通过换水、流水和倒池相结合的方式实现培育用水的更新交换。

流水培育过程中，日流量随着培育时间的延续、稚参个体的生长和投饵量的增加而逐渐增多。一般前期日流量为 100%~200%，后期日流量增至 200%~300%，并灵活调整。

（四）充气

充气的作用一是补充氧气，二是投喂饲料时使饲料分布均匀。充气也可不进行，但充气设施应该有，留作备用；当水质条件恶化、水交换量不足时，一定要充气。充气时，通气量不应过大，使水面呈微波状。为了充气均匀，防止死角，避免局部溶解氧过低，可以定时变换气石的位置。

（五）饲料投喂

饲料投喂一天 2 次，一般以鼠尾藻粉碎滤液、藻粉和配合饲料为主。藻粉和配合饵料投喂前应充分浸泡。投喂时，配合饲料和鼠尾藻粉碎滤液要搅拌均匀，而且要均匀地泼洒于培育池内各个部位，切不可将大量饲料倾注入培育池的局部地方，以免发生局部培育水环境的恶化，造成稚参死亡。最好一边投喂，一边用搅耙在培育池表面轻轻地搅动，或投喂时适量充气，尽量使饵料分布均匀，随后可以暂时停气，让饵料沉淀附着。同时，每次投饵后应停止流水 2~3h，以免饲料随流水而流失。

（六）光照强度的调节

稚参对光照强度变化的反应不太灵敏，但是光线过强，或者过弱，甚至全黑暗，容易导致稚参死亡率明显增加，甚至发生大批死亡的现象。为了便于附着基上底栖硅藻的繁殖，适当提高室内光强度是可行的，一般可控制在 $1\ 000 \sim 1\ 500\text{lx}$ 以内，光线应均匀，防止局部光线过强，避免直射。

第八节 苗种的中间培育

海参苗种的中间培育是指将体长 2cm 左右的小苗种，在便于管理、设施较好的条件下，培育到体长 3cm 以上的大规格苗种的过程，目的是提高养成阶段的成活率。

中间培育池可利用室内水泥池、养成池，也可修建具有塑料大棚的专用的中间培育池。在北方地区的冬季，使用塑料大棚有利于提高池水温度，降低成本，提高成活率。

在严寒的冬季，水温适宜，生长快，成活率高，因此海参苗种中间培育的水温是关键。调控水温的费用是中间培育成本的重要组成部分，升温的方法多种多样，有的用锅炉升温，但成本较高；有的用地下海水，或发电厂温水，或利用太阳能升温，或综合利用多种有效措施升温。经过约半年的中间培育，海参苗种平均体长在 3cm 以上，每 500g 在 300 头以内，成本低，效益好。

中间培育池水的水质要求可以参照育苗阶段的要求，冬季最低水温不应低于 5°C ，最好在 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。放苗量可达 500 头/ m^2 左右。若有充气条件，放苗量还可适量增加。附着基可用育苗阶段使用的附着基，也可以在池底投置一些砖

瓦、石块和网片等，但所用砖瓦、石块和网片等附着基均应经过消毒处理，防止污染水环境。

中间培育期间的饲料可以自行配制，也可购买专用配合饲料；要合理使用配合饲料，控制饲料使用量，防水质恶化。春天水温升高时，应及时收苗销售或放养。

第四章 商品参的养殖

第一节 研究与发展

海参养殖试验在日本从 20 世纪 80 年代开始,并取得了肯定的结果。日本岩手县水产试验场气仙分场曾进行海参养殖试验,他们研究的重点是饵料问题。气仙分场用海胆和鲍鱼的人工配合饵料,以笼养方式对海参做养殖效果对比,发现海胆饵料效果好,生长快,增肉多。石川县用海胆的人工配合饵料养殖海参,3 年后体长 17cm,体重 300g,提前 1 年上市,利润率为 87.5%。

20 世纪 80 年代起,我国已陆续开展了人工养殖尝试。1979 年,黄海水产研究所张煜、于东祥等在荣成市马山港海参养殖场自然海区进行围网养殖试验,主要目的是对一些瘦小个体(体重 60g 左右)投喂饲料“催肥”,加快生长,饲料为人工配合饵料,经过 2 个月的试验,摄取人工配合饲料的海参增重是空白组(仅依赖自然海区的天然饵料)的 3 倍。

1981~1982 年,黄海水产研究所于东祥、宋本祥等与青岛市崂山区港东村合作,在室外水泥池(50m³)内进行养殖试验,主要目的是为了观察海参在养殖条件下的生态习性。幼

参(平均体长 $1.25\text{cm} \pm 0.76\text{cm}$) 饲养在内置石堆的室外水泥池内,鼠尾藻粉和鱼粉为主要饵料;池子上方设有浅绿色玻璃钢波纹板遮挡阳光。在水泥池内人工饲养条件下,养殖初期死亡率较高,此后死亡率较小而稳定,年成活率为 63%。幼参正常生长的适宜水温为 $5\sim 17^{\circ}\text{C}$,最适生长水温为 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 。试验表明,水温是决定幼参夏眠的主要外界因子, 20°C 是幼参夏眠与否的临界水温。当水温高于 20°C 时,大个体先行夏眠;水温高于 25°C 时,小个体也开始夏眠;当水温降至 20°C 时,小个体首先结束夏眠。

1982 年,上海水产学院肖树旭等在山东省威海市海带育苗场曾经进行海参养殖试验,初步试验了配合饲料的喂养效果和低温海水对海参度夏的影响。

20 世纪 80 年代中期以后,随着人工育苗技术的完善,已能够批量供应各种规格的人工苗种,促进了海参养殖业的发展,先后进行了池塘养殖和海上筏式笼养、陆上室内池养、海上沉笼养殖、坑道养殖、潮间带梯田养殖和工厂化控温养殖等多种形式的尝试。从养殖形式看,以池塘养殖较为普遍,有潮间带池塘,也有潮上带池塘,便于操作和普及,效益较好。

从全国情况看,目前海参养殖已经初具规模,但多数是小型企业,大型企业甚少。为维持海参养殖企业的持续发展,迫切需要形成一批规模大、素质好、条件适宜、科学技术实力雄厚、优势明显的旗舰式企业,以能够不断克服海参养殖行业发展过程中遇到的困难和挑战。

第二节 主要养殖方式

一、潮间带沉笼、沉箱养殖

选择风浪小、无淡水注入、潮流畅通、滩面平缓、管理方便的内湾作为养殖海区。沉箱、沉笼可以是水泥制作，也可以是钢筋和网衣编制而成，均需牢固固定于海底。其优点是养殖海参的安全系数较高，便于观察和管理，但需要不断疏散，否则对生长有一定限制作用。目前，大面积应用此种方式的较少，较适合于海参苗种的中间培育。

二、室内控温养殖

根据海参生长对温度的要求，使养殖水温始终保持在适宜生长的范围内，以便加快生长速度，缩短养殖周期。黄海水产研究所通过国家科学自然基金项目，对“刺参夏眠习性”的研究结果表明，海参的夏眠现象是因水温而致，且海参夏眠的水温随着个体的增长而降低，即个体越大，夏眠水温越低。同时，经过夏眠的海参体重明显下降，平均失重为原体重的 $1/3 \sim 1/2$ ，这也是自然水域中海参生长缓慢的主要原因。在此基础上，在高温期间采用控温可以解除海参的夏眠，使海参处于正常的活动、摄食、成长的状态，从而避免海参夏眠对养殖造成的弊端。

(1) 养殖设施 养殖池不宜太大，以长条池为好，便于流水。池内设有固定或不固定的、多层或多孔的海参“隐蔽物”，以便于管理和清理。

(2) 水温 适宜水温最好保持在 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 苗种规格和放养密度 苗种体长 3~5cm 或更大的一些为好;放养量视养殖条件而定,一般以 50~100 头/ m^2 为宜。

(4) 投饵 首先要保证饵料的质量,投饵量因控温状况而变化,一般日投饵量在体重的 1%~8% 范围内,投饵量调节的主要依据是刺参对上一次投饵的摄食情况。

(5) 日常管理 观察海参的活动是否有异常、摄食情况、及时发现病虫害等,及时清池、调节水温、防病治病。

三、围网养殖

在一定的自然条件下,如山东长岛海域,有自然环境的优势,大小岛屿和礁石较多,可以在这些岛屿和礁石之间设置围网养殖海参。其优点在于海参仍然像生活在自然海区一样,同时可以减少逃逸,便于管理。

四、多品种混养

试验混养的品种比较多,有参虾、参鱼、参贝(如扇贝、鲍鱼)和参蜆等混养方式。在混养中,应根据实际养殖条件,确定主导的养殖种类,其他的为附属养殖品种,从而决定不同养殖品种的放养数量、规格等,真正达到养殖生物、生态及效益的优势互补,充分利用养殖水体。在混养中,海参作为附属养殖品种,是非常好的环境“清道夫”。

五、大菱鲆废水排水养殖

近几年来,大菱鲆养殖在山东半岛成为海水鱼类养殖的亮点,由于该品种养殖的特点,必须在夏、冬季保持一定的温度,以保证其存活和快速生长,达到较高的经济效益。地下海

水的养殖模式使大菱鲆的养殖优势得到了充分发挥。利用大菱鲆的排废水养殖海参，既使废水得到了二次利用，节省了能源，又使废水得到一次净化处理；同时，排废水的水温基本可以使刺参常年保持在比较适宜生长的水环境中，延长了生长时间，缩短了养殖周期。

注意海井水的盐度，不是所有的地下海水都适于海参养殖，盐度必须在 26 以上，最好在 30 左右。盐度过高或低，海参也许尚可生存，却未必可以正常生长。

六、池塘养殖

池塘养殖是目前辽宁、山东沿海非常普遍的主要养殖方式。池塘依自然的海岸条件，以水泥、石块等筑坝围池，可以在潮间带完全由人工新建池，也可以由养虾池改造建成。水的交换有自然纳潮和动力提水，或二者兼有。养殖池大小不一，从几亩*到上百亩不等。

本书主要以海参池塘养殖为例，阐述海参养殖的技术要点，其他养殖方式也可以参考。

第三节 养殖池塘

一、选址的条件

1. 水环境

应针对海参的生物学要求选择池塘建设的地址，特别要

• 亩为非法定计量单位，沿用习惯使用，本书中予以保留，1公顷 = 15 亩。

求水源无污染，盐度不低于 27。

2. 底质

底质的类别通常与养殖用水的水质、饵料生物的组成和丰度有关。岩礁底、泥沙底、泥底或几种底质的组合较为适宜海参的生长和繁殖。在自然海区，岩礁底、泥沙底是海参优先选择栖息的底质，纯泥底海参较少；而在养殖条件下，底质虽为泥底，若配置以适宜的隐蔽、栖息场所，同样可以养殖海参；纯砂底质，一般水质贫瘠，饵料生物的种类和数量往往很少，经改造后才能建池养参，如掺进泥土、投放石块等。

二、池形设计

1. 池形

池形及其走向应有利于水的交换，有利于减缓大风、大浪的冲击，一般呈长方形，面积在 1.0hm^2 (15 亩) 以上。

2. 池深

在自然海区的调查表明，大个体海参分布于较深水层；另外，海参的生长与水温关系密切，池塘深一些，有利于调节水位。在炎热的夏季，水深一些，可以减缓日光的照射，抑制水温的升高；在严寒的冬季，水深一些，可以减缓气温急剧降低的影响，防止水温过低；池塘深一些，有利于海参大个体和种参的生长繁殖。因此，池深的设计应该为水位的调节提供空间，一般池深应在 2m 以上。

如果池子较浅，可顺池塘长轴方向设中心沟，比池底深 0.5~1.0m，为海参提供选择栖息场所的空间。

3. 配套设施

养参池塘应有坚固可靠的防波堤，以能够抵御狂风大浪

的袭击。池壁护坡可用石头、水泥板；根据风浪大小和土质情况，也可以直接用土堤压实，不进行护坡。

应配有进排水系统，进水口和排水口应远离，可设置在池塘的对角线上，尽可能避免难以进行水体交换的死水区，提高水的交换率。

三、栖息环境的设置

（一）栖息环境设置的类型

在海参的栖息环境中应设置必要的隐蔽物，为海参提供栖息和夏眠场所，防止大风大浪对海参的冲击。栖息环境的设置类型主要有以下几种。

1. 石块

石块或成堆排列，或成垅排列；堆或垅不宜过大、过高，堆的直径和垅的宽可在 1m 左右，堆和垅的高度宜在 1m 以内，0.5~1.0m 较好，以有利于海参的活动和摄食，有利于扩大海参的附着面积。

2. 扇贝笼、波纹板等废旧物品

该类物资应确保对海参无毒，在使用过程中不向水中释放有害物质；该类物资的优点是移动方便，便于池塘清理。

3. 砖瓦和水泥块

建房用的瓦片，一般 3 片扎成 1 捆，3 捆 1 堆；砖一般用空心砖，交错排列成堆；水泥块可自行设计为多孔状，以有利于扩大附着面积和活动空间。

石块、砖瓦和扇贝笼、波纹板等的覆盖面可以占池底面积的 $\frac{2}{3}$ 左右。

4. 人造海参礁

浇筑人造海参礁以最大限度地增加附着面积为原则，一般多层、多孔。

5. 大叶藻和大型藻类

大叶藻（也称海带草）和大型藻类不仅可以提供隐蔽场所，还具有提供饵料、改善水质的作用。

（二）大型藻类和大叶藻的移植

1. 大型藻类的移植

可以移植的海藻包括裙带菜、海带、鼠尾藻和马尾藻等大型藻类。

移植方法主要有如下几种，可以因地制宜选用。

（1）移放带藻石块法 将潮间带和潮下带浅海处长有海藻（如鼠尾藻、马尾藻等）的石块搬移到海参养殖池内适合海藻着生的地方。在搬运和投放时应注意保护石头上面生长的各种藻类，避免损伤。

（2）采孢子投石法 将表面洁净的石块投入盛有清洁海水的船舱中，然后放入成熟并经阴干刺激的种藻，使其大量放散孢子附着在石块上，再将附有孢子的石块投放到预先选好的海参养殖池内。

（3）绑苗投石法 也叫缠绕苗帘绳法，即把自然生的海藻幼苗连同其附着的棕绳一起绑到石块上，投放到海参养殖池内。如果苗帘绳涂过环氧树脂而变硬，操作不便，则可将其截成 8~10cm 长的小段，用细聚乙烯线、细钢丝或橡皮筋绑到小石块上，均匀地投放到石堆和垵上即可；也可将截好的小段，每隔一定距离（约 10~20cm）绑到旧海带夹苗绳上，然后两端绑上坠石，投放到海参养殖池内。

(4) 沉置种藻法 当海带开始大量产生孢子囊群时，选择其中孢子囊群发育较好的夹在夹苗绳上，绳长 2m，每隔 10cm 夹一株，然后用坠石沉放到礁石上，也可将选好的种菜装在网兜中或绑在吊绳上，用石块沉放到海参养殖池内的石礁上，每隔 10m 放一绳。采用此法的时间以投放海区水温上升到 21℃ 左右较为适宜。

(5) 沉设旧浮绳（筏、架）法 即将使用多年而且上面附有大量的多种海藻的旧筏架，沉设在海参养殖池内的礁石上，让其向石礁上放散孢子，繁生各种藻类。

2. 大叶藻的移植

近几年来，大叶藻生态作用受到忽视，自然资源受到严重破坏，以此为重点加以介绍。

(1) 生物学特征 大叶藻 (*Zostera* sp., 图 4-1) 是一种海草，属于单子叶草本植物，分类尚不属于藻类。其下部没在水中，上部部分飘浮在水面，多年生。横走茎的直径为 2~5mm，节上有根，数个植株散生于横走茎上，营养叶基生；肉穗花序包于佛焰苞内，长 4~8cm；花小而绿，被包围在叶基部的叶鞘内，无柄，有雌花和雄花，雌雄交互排列于同一花序轴上，无花被，雄花仅 1 个花药；雌花仅 1 个雌蕊；柱



图 4-1 大叶藻（据颜素珠）

1. 植株；2. 叶片的一部分；3. 佛焰苞，示雌、雄花；4. 果实

头两裂,长 2~2.5mm;子房长 2~3mm,1 室。果实内有一个种子,瘦果,鸟嘴状,像长颈瓶。种子椭圆形或卵形,有纵棱纹,长约 4mm。花果期为 4~7 月。

大叶藻生活在温带海域沿岸浅水中,主要分布于我国山东、辽宁、河北沿海,多见于风浪较小的封闭性和半封闭性海湾,在低潮线以下往往形成巨大的种群带;生长在沙泥底、泥沙底和泥质底,在岩礁底质很少发现;多在盐度正常而略微偏高的海区,但过高或过低皆不适宜;喜欢强光,每天有 4h 以上的光照时生长快速。近年来,由于人类活动的干扰和有害化学物质的污染,破坏了其赖以生存的环境条件,资源量大为减少。

(2) 大叶藻对海参养殖的积极作用 在海参池内移植培育大叶藻有多方面的积极作用。大叶藻从生可以为海参栖息和夏眠提供良好的隐蔽场所,其叶片可以作为稚、幼参的天然附着基;据研究报告(任国忠等,1991)大叶藻在光合作用下,每克鲜叶能释放出 0.804g 氧,并可以通过叶片把氧输送到地下茎和根系,改善池底氧的供应状况,起着净化水质和改善底质的作用;大叶藻叶片表面附生着多种多样的微小生物,可以作为海参的天然活体饵料,秋季大叶藻叶子逐渐腐烂,又可以作为海参的饵料。由此可见,大叶藻是海参稚参、幼参、成参的重要饵料来源。

(3) 移植 大叶藻繁殖方式有种子繁殖和地下茎繁殖。由于种子难以采集,一般采用地下茎移植繁殖,时间可安排在秋季,将地下茎和包缠的泥土一起放入塑料袋内,栽植时将塑料袋剥去,植入海参池挖好的坑内,坑内可以铺垫适量有机肥料;也可以在春季从自然海区大叶藻藻场采集自然苗,进行种

苗移植：也可采集大叶藻种子，在适宜时间内将其种子播种在育秧槽内，进行人工育苗，待秧苗生长到一定的时间，将其插栽到适合大叶藻生长的海参养殖池内。

四、放苗前的准备工作

（一）清污整池

虾池改造的养参池，应将养参池及蓄水池、沟渠内的积水排净，封闸晒池，维修堤坝、闸门；清除池底的污物杂物，特别要清除丝状藻；沉积物较厚的地方，应翻耕曝晒或反复冲洗，促进有机物分解排出，适量的有机物是必要的，可作为饵料，但过多容易引起水质败坏。新建养参池也应经过浸泡冲洗和阳光曝晒，以清除土壤中的有害析出物，为有益生物的繁殖创造条件。

（二）繁殖基础饵料

养参池经过浸泡冲洗以后，可开始纳水，培养基础生物饵料和有益生物群落，包括繁殖优良单细胞藻类、有益菌群、小型底栖生物等。基础生物饵料营养丰富，含有许多活性物质，对强化海参营养、弥补人工配合饵料所缺少的营养要素、提高海参免疫力和抗逆能力有重要作用，而且可以提高水环境的自净能力，调节透明度，具有高温期缓解池水温度升高、减低氨氮浓度等重要生态功能。

如果水很瘦，可适量施肥，要注意平衡施肥，尽量使用优质有机肥，如发酵鸡粪等；施用肥料的组成中，有机肥所占比例不得低于 50%；应控制肥料使用总量，使水中硝酸盐符合有关标准的规定；不得使用未经国家或省级主管部门登记的化学或生物肥料。

五、放苗

（一）放苗规格和放苗条件

放苗规格可根据每个养殖场、养殖池的具体情况，选择放养中间培育苗种或不经中间培育的苗种。一般可放养体长大于 **3cm** 的一类苗种，条件好的也可以放养体长 **1~3cm** 的二类或三类苗种。

放苗条件：

（1）水深 养成池水深应在 **2m** 左右。

（2）水温 放苗季节一般在春季或秋季，山东地区一般在 **3~5** 月和 **10~12** 月。放养苗种时，日最低水温不得低于 **5℃**，水温在 **10℃** 以上较为适宜。

（3）水质 放苗池的水质条件应尽量接近苗种培育池的水质状况，避免水质条件的剧烈变化。

（4）天气 大风、暴雨天气不宜放苗。

（二）放苗数量

放苗数量应根据养殖条件、苗种大小、商品规格和生长情况确定并及时调整。第一年可以多放一些，以后逐年适量补充放苗。每平方米放苗量，第一年体长 **2~3cm** 的苗种可放 **15~30** 头/ m^2 ，体长大于 **3cm** 的苗种放 **10~20** 头/ m^2 ；第二年补充苗种的数量可根据成活率、生长情况等因素确定。从第三年开始，池内有大、中、小规格的海参，既有达到或接近商品规格的海参，也有刚放养不久的小海参。如果养殖条件较好，每平方米海参总数可以保持在 **20** 头左右。如果要生产大规格的商品参，应酌情少放苗；如果为了适应市场需求，要生产小规格的商品参，可以适当多放苗。实践表明，体长 **3cm**

(每 500g 1 500~2 000头) 以上的苗种放养一年的成活率应在 70% 以上。如果成活率太低, 可能是放养条件不符合要求所致, 应具体分析原因, 采取优化措施。

(四) 参苗放养方法

通常采用两种方法: 一种是直接投放, 就是将参苗直接投放到池塘内的石堆等附着物上, 大个体苗种 (体长体长 3cm 以上) 可以采用此法; 另一种是网袋投放法, 将参苗装入 20 目的网袋中, 网袋系上小石块, 以防网袋漂浮和移动, 网袋微扎半开口, 让参苗自行从网袋中爬出, 体长 1~2cm 的小个体参苗, 可以采用此法。

(五) 放苗注意事项

(1) 首先要注意放苗的水质状况 放苗前必须对养殖池水进行水质分析, 水质指标符合要求才可放苗。试验观察表明, 苗种放养初期阶段的死亡率较高, 可能是放养条件与苗种原来的培育条件相差太大、苗种对新环境条件不适应所致。因此, 放养条件与苗种原来的培育条件尽可能一致, 特别是水温 and 盐度应尽可能接近或相同。

(2) 为苗种提供一个适应过程 为了使购进后的苗种适应池水的温度和盐度, 可将装有苗种的塑料袋等浮放在养殖池水面, 使袋内、外的温度达到平衡一致, 然后打开塑料袋, 向袋内缓慢加入池水直到袋内的水外溢, 使苗种逐步散落入池水中。苗种经过运输, 体质和活力会受到一定影响, 为苗种提供一个适应过程, 有利于苗种尽快地恢复体质和活力, 提高成活率。

(3) 放苗地点要适宜 应在池水较深、环境稳定、条件优越、有附着物的地方, 多点放苗。不应将苗种直接放到松软的

淤泥底上，以免苗种埋在淤泥中致死；不应在迎风处放苗，应在背风处放苗，以避免风浪的撞击。

六、日常管理

（一）常规监测

坚持早、晚巡池，检查海参的摄食、生长、活动及成活情况；监测水质变化，重点监测水温、盐度、溶解氧这些容易波动的指标，定期测定其他水质指标，如非离子氨、有害重金属离子、化学污染物等，如果本单位不具备测定能力，可以委托有关单位测定。养殖场应配备用于常规水质指标监测的仪器，如盐度计（或比重计）、溶氧仪和水温表等。

（二）换水

换水的目的是为了改善水质，换水量的多少应根据水质情况确定，在保证水质良好的前提下，可以少换水。如果是自然纳潮，应尽可能把进水口和排水口设置在养参池相对的两端或对角线上，以利于提高水的交换率。换水量应根据实际情况确定，池内水质状况不佳、水温较高时可以多换水，否则应少换水，一般日换水量可掌握在 10% ~ 30% 之间；应保证进水的质量，大雨过后，地面径流入海，农药等有害物质带入海中，海水盐度也可能降低，在这种情况下应暂停换水；水源中有害重金属离子的含量较高时，也应适量少换，或经整合处理以后再进入池内。

（四）流水养殖

海水受潮汐、海流、波浪、温度、盐度等的影响，处于不停运动中，养参池内的水也不宜处于静止状态，应尽可能实行流水（动水）养殖。流水养殖实际上扩大了池水的养殖容量，有

利于有益微生物的繁殖生长，促进腐败物质的氧化和循环，提高养殖水体的自净能力。具备人工提水设施，易于实施流水养殖，可以持续流水，也可以间断流水，一般日流量可在10%~40%之间。

（五）水位和水温的调节

在池水水温超过 17℃ 时，养参池水位尽可能加深，减缓光照和气温对水温的影响，尽可能降低水温，以延长海参的生长期，确保海参度夏安全；冬季在池水水温下降到 10℃ 以下时，也要尽量加深水位，尽可能提高和保持水温，创造海参正常摄食生长的水温条件。在极端水温条件下，提高水位有利于稳定水温，降低外界温度对养殖水温的影响。在适宜水温（10~15℃）条件下，可适当降低水位，以有利于喜光生物和好氧的有益菌群的生长繁殖。

如能利用地下海水水温较低而又稳定的特点，通过注入地下海水将水温调节至海参适宜的范围，夏天酷暑季节降低水温，缩短夏眠时间，冬天严寒季节提高水温，加快生长速度，将会很大地提高一年中海参的生长时间，缩短养殖周期，提前达到商品规格。

（六）饲料的投喂

要坚持海参饲料来源的多元化，以培育天然饲料为主，必要时适量投喂人工配合饲料，如果池内天然饲料能够满足需要，可以不投喂配合饲料。

每日投喂量可按海参体重的 1%~10% 投喂，每日一次，傍晚投喂。在海参经常大量出没的地方，设置观察点，观察掌握海参的摄食情况，以便及时调节投喂量。

要根据实际摄食情况调节投喂量，一般在下次投喂时，上

次投喂的饲料应有少量剩余，如果没有剩余，全部吃光，可能饲料不足，应适当增加投喂量；如果剩余很多，可能投喂饲料过多，应适当减少投喂量。

（七）光照强度的调节

海参对光照强度改变的反应灵敏，如果光线过强，海参呈回避反应；光线过强，直射池底，容易使喜光植物大量繁殖，导致水质恶化。海参喜弱光，常在夜间或光线较弱的白天活跃，摄食和活动明显增强，因此在养殖池内应设置足够的隐蔽物，如石堆、大型海草和海藻等。

（八）夏眠管理

池塘水温超过 20°C ，大个体海参陆续夏眠。夏眠期间，基本停止摄食和活动，代谢水平降低，抗病能力减弱，因此管理上特别要加以精心呵护，而不应放松管理。管理的重点是调控环境条件，优化水质，预防病害，确保海参安全夏眠。注意水温不应长时间超过 28°C ；要避免水质的急剧变化，夏眠期间正值雨季，应密切关注雨水进入引起的盐度变化和可能的水质污染。

有的养参池，夏眠期过后大量海参不见了，损失惨重，究其原因海参夏眠期间放松了管理，环境条件没有控制好，导致海参大量化解死亡。

（九）防止雨水大量流入

雨水大量流入会急剧改变池水的盐度，盐度持续过低将会导致海参大量死亡，不可掉以轻心。有的养参池建在沙滩上，雨水的大量渗入，也会改变池水的盐度，应采取防止措施。

（十）防止污染物入池

在生产操作中，要严防油污等污物带进池中；在投喂饲

料、施用药物时，要严把质量关，不得使用劣质产品、过期产品、冒牌产品，防止违禁化学品、违禁药物入池。

（十一）边生产边试验

在做好大面积生产管理的同时，进行一些有针对性的小试验。如在更换饲料时，或在大型养参池内设置饲料台（点、框），或在小型水体（如水泥池、水族箱等）中进行喂养试验观察，了解海参的摄食情况和效果。有的饲料按照有关标准检验属于合格产品，但海参不喜摄食，甚至有厌食、避食现象，或摄食以后生长缓慢，发生异常。这种情况往往是由于饲料原料不适或加工质量差引起的，这种情况下饲料的效果也只能通过喂养试验来检验。

在水质发生大的变化时也应进行试验。现在应用的一些水质控制指标，多是在实验室内单因子短时间试验得到的，有一定局限性。有些化学毒物，如分子态氨氮、一些重金属离子等的毒性作用是缓慢的，需要长时间的观察试验才能表现出来。随时进行观察试验可以及时察觉水质变化带来的危害。

（十二）注意养殖过程的异常现象

在海参养殖过程中，有时会出现一些异常现象，应及时分析原因，采取相应措施。常见的有如下几种。

1. 成活率过低

有的池塘养殖几年以后，根据放苗量计算密度在 100 头/ m^2 以上，而根据放苗量和池内海参实有数量计算成活率很低，有的甚至不到 20%，池内海参数量寥寥无几。诸多因素导致成活率过低：环境条件不适合，纯砂底，水很瘦，饵料生物很少，又不投喂，饵料明显缺乏；投石太少，池底覆盖面仅 10% 左右，太阳强光直射池底，海参无处藏身；鱼类、蟹类等大

量繁殖，有些鱼类、蟹类在正常情况下并不捕食海参，但在饵料奇缺、处于饥饿状态的情况下，海参苗种和夏眠海参则成了它们的盘中餐。

2. 生长缓慢

养殖多年，能达到商品规格上市的海参很少，大多数像“小老头”，个体偏小。这种情况，有的是因为饵料不足，自然饵料没有或很少，又没有投喂配合饲料；有的是因为密度过大，甚至在 $80 \text{ 头}/\text{m}^2$ 以上，海参生活空间小。在自然海区海参苗经 2~3 年可长到商品规格（200g 左右），在人工控温养殖条件下 1~2 年可长到商品规格。目前，在饵料充足、水质良好的条件下，秋天放养的当年苗和次年春天放养的大苗，养殖 1 年左右应有部分能够达到商品规格，养殖 2 年应该大部分达到商品规格，否则，应分析生长缓慢的原因。

第五章 无公害养殖和 HACCP 体系的应用

第一节 无公害养殖

一、无公害养殖的意义

现代大工业以及城市的发展，一方面为社会创造了巨大的财富，另一方面也带来了严重的环境污染。随着环境污染的加剧，食品污染问题正日趋严重，对人类健康构成了极大的威胁。

据统计，在一些重金属污染严重的地区，癌症发病率和死亡率明显偏高；在全世界每年患癌症的人中，有 50% 左右与食品的污染有关。多年来使用的农药包括一些高毒性与高残留品种，如有机氯农药虽已停用十几年，但在许多食品中仍有较高的检出率，因为一些土壤和农田灌溉用水已经受到污染。农业大量依赖化肥而忽视有机肥的施用，导致土壤有机质和作物必需的营养元素含量降低，过量的氮、磷等营养性污染物造成水体富营养化，同时还导致饮用水、地下水及农作物中硝酸盐含量超标。硝酸盐在人体中易被还原成亚硝酸盐，并进一步和胃肠中胺类物质合成极强的致癌物质——亚硝胺，导致胃癌和食道癌。近年来，由人类活动而释放到环境中的激

素类物质（环境荷尔蒙）的种类和含量呈急剧上升趋势。研究表明，环境激素类物质在人体和动物体内发挥着类似雌性激素的作用，干扰体内激素的正常分泌，使内分泌失衡，导致生殖机能失常。

我国水产养殖业发展迅速，但人们普遍认为，水产品大多存在口感不佳及内在品质下降的问题，尤其是有的饲料（饵料）中含有激素、抗生素等危害人体健康的物质，它们通过食物链进入人体后，可引起早熟、肥胖等疾病。

无公害农业正是在上述背景下产生的，无公害海水养殖业是无公害农业的一个重要组成部分。早在 20 世纪 30 年代就有人提出保护土壤的“健康”，发展有机农业，为人类生产没有污染的健康食品——有机食品。1972 年 11 月 5 日，法国等国家发起成立了有机农业运动国际联盟（IFOAM），在国际联盟的推动下，近十余年来，有机农业和有机食品的生产、加工得到了迅速发展。

我国是世界上第一个由政府部门倡导开发绿色食品的国家。1990 年，中国农业部率先提出了绿色食品的概念，继而又推出“中国绿色食品工程”。1992 年 11 月 5 日，“中国绿色食品发展中心”宣告成立。1993 年，中国绿色食品发展中心正式加入了“有机农业运动国际联盟”，使绿色食品产业迈出了走向世界的重要一步。自此，一场造福全社会的绿色食品革命在中国大地悄然兴起。

1992 年，由世界粮农组织和世界卫生组织联合召开的罗马国际营养大会提出：“获得足够营养和安全的食品，是每一个人的权利”。为了从根本上保证食品的安全性，发展无公害农业，要做好以下几方面的工作：建立和完善为公民提供无公

害食品的国家体制，把提供充足的、有营养的、安全无公害的食品及发展无公害农业作为一个完整的目标纳入国家的社会经济可持续发展的目标体系之中；建立和完善国家无公害农产品产地环境质量标准及其食品安全指标体系，并制定相应的生产操作规程，制定关于食品安全性的国家政策和行动计划，普及无公害农业相关知识，教育广大群众，制定并不断完善食品立法，强化食品质量和安全性控制系统，推动食品行业实行保障食品安全的系统管理；组成执法、监督及监测三位一体的国家食品安全性控制体系；保护生态环境，严禁有害化学品的滥用，水源、土壤、空气、生态是人类世代赖以生存的环境及食物链的资源基础，不断地开发无污染、无公害的生产资料；加强无公害农业关键技术和设备的研制与开发，加速产业化进程，改进无公害农业生产资料（农药、肥料、饲料、饵料等）的生产技术等。

海参无公害养殖指的是在无污染的生态环境中，采用安全的养殖生产技术，实现养殖过程和养殖产品对人体健康、生态环境、养殖对象不产生危害。无公害养殖的目标就是确保食品的安全性，保障人们的身体健康。

二、海参无公害养殖技术要求

海参无公害养殖的要求是多方面的，主要应包括如下几个方面：

(1) 养殖池底质必须符合国家标准《无公害水产品产地环境要求》(GB/T 18407.4—2001)的规定；

(2) 养殖用水必须符合农业部标准《无公害食品海水养殖用水水质》(NY 5052—2001)的要求；

(3) 使用饲料必须符合农业部标准《无公害食品渔用配合饲料安全限量》(NY 5072—2002)的要求;使用药物必须符合农业部标准《无公害食品渔用药物使用准则》(NY 5071—2002)的要求;

(4) 必须按照无公害水产品的生产技术操作规程进行养殖,从苗种放养到饲料、肥料、渔药等一切投入品的使用,再到产品的捕捞、贮运、质检、包袋、上市的各个环节均需符合相关标准或规范的要求;

(5) 提倡自然生态养殖法,利用无污染的天然水域及其天然饵料,按照特定的养殖模式进行增殖、养殖,基本上不投饲,也不施化肥,不施药,目标是生产绿色食品和有机食品,这是今后获取高品质水产品的一个重要手段;

(6) 提倡流水养殖,饲养密度适当,预防病害,不用药或很少用药;

(7) 提倡全封闭循环水工厂化养殖,这是当今先进的水产品生产模式之一。在特定的养殖设施内,应用现代高科技手段对养殖水体进行多重杀菌消毒、加温加氧、投喂无公害饲料,使养殖对象始终处在最佳的生活、生长环境中,没有病害发生。这种养殖模式具有高投入、高产出、高风险的特点;

(8) 提倡使用微生态制剂,优化水环境。日前较多使用的产品有光合细菌制剂、芽孢杆菌制剂、乳酸杆菌制剂、益生菌等。它们能分解水体中的残饵、粪便等有机质,降低水中的氮氮含量,促使养殖水体变得清洁,从而改善水环境;能改善养殖对象的胃肠道内环境,增强食欲,促进生长,提高饲料效果;能强化养殖对象的免疫功能,提高免疫力,增强抗病能力;强化有益菌群,防止和减少细菌性疾病的发生与蔓延。

三、禁用药物

国家为了保证动物源性食品安全，维护人民身体健康，一些药物已经禁止使用。其中，有的药物会引起人或养殖动物中毒，如某些有机氯类农药，结构稳定，不易分解，残留量大，易形成积累中毒，如六六六粉、滴滴涕；有的高残留，分解慢，易积累中毒，影响人畜健康，如毒杀芬；有的有机汞制剂，在环境、食品和农作物果实中高残留、高毒性，如西力生、赛力散；有的是甲基 1605、乙基 1605 与六六六粉的混合物，属高毒、高残留农药，如毒杀芬、甲六粉、乙六粉；有的为急性杀鼠剂，易发生二次中毒，对人畜高毒，且无警戒气味，如氯乙酰胺、氯乙酸钠；有的高毒农药，有慢性累积中毒现象，对动物有致畸、致癌变作用，人体接触后易引起皮炎，如培福明；有的对动物致癌，对人有潜在致癌危险，可导致皮肤癌，如杀虫脒；有的对动物有致突变和致癌作用，可引起男性不育，如二溴氯丙烷等。因此，药物的使用应严格执行农业部标准《无公害食品渔用药物使用准则》（NY 5071—2002）的规定和要求。

第二节 HACCP 体系的应用

HACCP，即危害分析和关键控制点（Hazard Analysis Critical Control Point），是鉴别、评价和控制食品安全危害的重要体系，要求对原料、关键生产工序及影响产品安全的人为因素进行分析，确定加工过程中的关键环节，建立、完善监控程序和监控标准，采取规范的纠正措施。当今，推行 HACCP 体系已成为国际食品行业安全质量管理的必然要求和发展趋

势。**HACCP** 体系的原则如何应用于包括海参养殖业在内的海水养殖业是值得探讨的一个课题。

一、产生与发展过程

20 世纪 60 年代, **HACCP** 由美国太空总署、陆军 **Natick** 实验室和美国 **Pillsbury** 公司共同提出, 最初是为了生产安全的太空食品; 60 年代初期, **Pillsbury** 公司在为美国太空项目努力提供食品期间, 率先应用 **HACCP** 概念。 **Pillsbury** 公司认为他们原有的质量控制技术, 并不能提供充分的安全措施来防止食品生产中的污染, 确保安全的惟一方法是研发一个预防性体系, 防止生产过程中危害的发生。从此, **Pillsbury** 公司的体系作为食品安全控制最新的方法被全世界认可。

20 世纪 70 年代初, **HACCP** 概念的雏形在美国国家食品保护会议上首次被提出, 1973 年美国食品与药物管理局 (**Food and Drug Administration, FDA**) 首次将 **HACCP** 食品加工控制概念应用于罐头食品生产中, 以防止霉菌感染。

20 世纪 80 年代, 美国国家科学院 (**National Academy of Sciences, NAS**) 建议与食品相关的各政府机构使用较具科学根据的 **HACCP** 方法于稽查工作上, 并鉴于 **HACCP** 实施于罐头食品行业的成功经验, 建议所有执法机构均应采用 **HACCP** 方法, 对食品加工业应当强制执行。 1986 年, 美国国会要求美国海洋渔业服务处 (**National Marine Fisheries Service, NMFS**) 研究制定一套以 **HACCP** 为基础的水产品强制稽查制度。

20 世纪 90 年代, 由于美国海洋渔业服务处在水产品生产上执行 **HACCP** 体系成效显著, 且在各方面条件成熟, 美国

食品与药物管理局决定对国内及进口水产品强制要求实施 HACCP 体系,在 1994 年 1 月公布了强制水产品 HACCP 实施草案,同时考虑将 HACCP 扩展应用到其他食品生产上。1995 年 12 月,FDA 根据 HACCP 的基本原则提出了水产品法规,确保了鱼和鱼制品的安全加工和进口。这些法规强调水产品加工过程中的某些关键性工作,要由受过 HACCP 培训的人来完成,负责制定和修改 HACCP 计划,并审查各项纪录。

HACCP 诞生之后,在全球食品工业界(包括水产业)得到广泛认可和推广应用。美国水产品的 HACCP 原则已被许多国家采纳,包括加拿大、日本、泰国等。目前,美国食品与药物管理局、农业部、商业部、美国国家科学院以及世界卫生组织(WHO)、联合国微生物规格委员会等皆认定 HACCP 为有效的食品危害控制方法,并大力推荐。

二、HACCP 的主要特征

HACCP 是一个可操作性较强的逻辑性控制和评价系统,有利于防止食品所引起的疾病,有利于提供健康的和对安全有保证的食品,与其他质量体系相比,具有以下特征:

(1) 以预防为重点 应用 HACCP,防止危害进入食品,变追溯性最终产品检验方法为预防性质量保证方法,它是一种系统性强、结构严谨、理性化、有多向约束、适应性强而效益显著的以预防为主的质量保证方法,是积极主动的控制方法。

(2) 全过程控制 HACCP 是一种系统化方法,涉及食品安全的所有方面(从原材料、种植和养殖、收获和购买到最终产品使用),能够鉴别出现今能够想到的危害,包括全部实际

预见到可能发生的危害。

(3) 提高产品质量 HACCP 体系控制产品质量，保证消费者食用安全，使产品更具竞争性。

(4) 具有良好的经济效益 通过预防措施减少损失，有利于降低成本，减轻劳动强度，提高生产效率，提高经济效益。

(5) 明确责任 确定了食品行业对生产安全食品的基本责任，保证食品安全的首要责任属于食品生产商和销售商；如果安全性不能安全保证，通过 HACCP 体系就能明确揭示并给予全面预告。

(6) 提高监督管理的效率 政府主管部门检验员可将精力集中到最容易发生危害的环节上，通过检查 HACCP 监控记录和纠偏记录可以了解生产的所有情况。

(7) 协调生产和管理的关系 为食品生产体系与政府监督管理体系提供了联系可能，有助于协调和改善生产厂与政府主管部门、生产厂与消费者的关系。

(8) 简便易行，可操作性强 通过易于监视的控制点，如时间、温度和外观等实施控制；在需要时能迅速采取纠正措施，进行及时修正；与依靠化学分析、微生物检验进行控制相比较，费用低廉；由于控制集中在生产操作的关键点，可以对每批产品采取更多的保证措施；能用于潜在危害的预告；涉及到与产品安全性有关的各层次的员工，由直接专注于加工食品的人员控制生产操作。

值得注意的是，HACCP 可用于尽量减少食品危害的风险，但不是零风险体系。HACCP 是对其他质量管理体系的补充，与其他的质量管理体系一起使用，具有更大的优越性，可以互相补充。

三、HACCP 的基本概念及原则

(一)基本概念

HACCP 的基本概念可分为两部分：① 危害分析，分析食物制造过程中各个步骤的危害因素及其危害程度；② 主要管制点，依据危害分析的结果，设定主要管制点及其控制方法。

HACCP 的概念是以系统的方式确认危害，评估、控制及监测制造过程，是一种评估危害并建立控制方法的预防系统，而非针对最终产品的检验。HACCP 可应用于由食品原料至最后消费食品这一食物链的整个过程中，成功的 HACCP 系统需要有完整的推行组织、生产者和管理者参与。

(二)原则

HACCP 系统包含的 7 项原则如下：

(1) 危害分析及危害程度评估 从原料、制造过程、运输，到消费食品生产过程的所有阶段，分析潜在的危害，评估可能发生的危害以及控制此危害的管制项目。

(2) 主要管制点 确定能去除危害或是降低危害发生率的一个点、操作或程序的步骤；此步骤可以是生产中的任何一个阶段，包括原料、配方及(或)生产、收成、运输、调配、加工和储存等。

(3) 管制界限 确保在 HACCP 控制之下，建立管制的界限。

(4) 监测方法 建立 HACCP 的监测程序，可以通过测试或观察进行监测。

(5) 矫正措施 当监测系统显示 HACCP 未能实施时，要建立矫正措施。

(6) 健全资料记录和保存文件 建立所有程序的资料记录并保存相关文件，以利检查、追踪和总结经验教训。

(7) 建立确认程序 建立确认程序，以确定 HACCP 系统是在有效地执行。可以用稽核方式，收集辅助性资料，以验证 HACCP 计划是否实施得当。确认的主要范围为：①用科学方法确认 HACCP 之控制界限；② 确认 HACCP 计划的功能，包括最终产品的检验、计划的编制、纪录的审阅，确认各个步骤执行的情况；③ 内部稽核，包括工作日志的审阅、流程图和 HACCP 的确认；④ 外部稽核以及是否符合政府相关法令的检查确认。

四、HACCP 体系在海参养殖中的应用

在海参养殖中实施 HACCP 体系的目的是为了保证海参的正常而快速的生长，保证海参食品的安全性，保证环境不受污染和养参池的可持续利用。

为了达到上述目的，有效方法是依据 HACCP 原则采用关键控制点的危害性分析，即在生物、化学和物理等方面避免海参和养殖环境接触有害物质，确定关键控制点，然后建立监测系统，采取相应的控制措施，这些控制措施与养殖企业的最优管理方式和标准操作规程的成功实施协调一致；该系统所获得的数据和资料能够帮助生产指挥人员做出有效的决策，并根据实际情况做出相应的调整；应用 HACCP 体系采取的措施由各级管理层实施；实施 HACCP 体系，完善管理措施，将提高海参养殖生产企业的效率，同时也增加了管理的科学性。

在实施过程中，首先是总结在管理中采取了哪些具体的

措施，然后是利用最佳管理方式来制定标准的操作规范和程序，将规范和程序融合到全部生产管理规章体系中。在此前提下，着手实施 **HACCP** 体系。

1. 划分不同的生产阶段

首先将生产过程分解成不同的阶段，一般可把海参养殖过程根据时间的先后顺序分成产前、产中、产后和综合 4 个阶段。

2. 找出各个关键控制点

在海参养殖企业根据特定的生产阶段，存在的关键控制点通常可以分为：化学性危害，如药物残留、化学残留、氨氮等有毒物质；生物性危害，如沙门氏菌、弧菌、大肠杆菌等病菌；物理性危害，如外来物等；不利的影响因素，包括苗种质量不合格、水质受到污染、禁用药物的使用、滥用饲料添加剂、管理人员技术水平低下等。

找出潜在的危害后，应根据生产过程来分析每一个危害点出现频率的高低和影响程度的大小。例如，药物残留出现的频率很低，但危害性很高。

应分析并确定哪些是关键控制点，哪些是一般控制点。关键控制点必须作为 **HACCP** 体系的一部分，纳入标准操作程序中。对于关键控制点，要考虑危害的程度，是否采取了预防、消除和减少减少危害的措施；危害发生时，采取措施的效果如何。各养殖企业的情况不尽相同，关键控制点也会不同。

3. 建立关键点的限制范围

关键点限制范围应该是危害发生的原因而不是危害本身。如有时养殖池内，某些重金属离子含量较高只是个现象或结果，水源受到污染往往是原因。在这种情况下，只有在换

水过程中严把进水质量关，消除或避开污染源，进质量符合要求的海水，因此，应该把进水作为一个关键控制点。为了保证水质优良，可以设多个控制点。

4. 建立监测程序

对于每一关键控制点，必须有相应的限制范围和监测程序。监测程序是在全场内实施的最有效的措施，实施监测任务的员工应该能够准确地记录生产情况和必要时采取改正的方法，监测程序能在特定的间隔时间内进行控制。对于每一关键控制点，需要确定实施监测程序的频率，以便进行有效地控制；实施监测程序的频率也随着被检测的关键控制点的变化特点而变化。

5. 采取正确的改进措施

当对关键控制点的检测发现超标时，就应采取一定的措施予以纠正。在何时、作何改进的完整措施必须到位。改进措施必须有效、经济、方便，且破坏性小、损失少；应有条不紊、及时地实施这种改进措施，以保证每一个关键控制点的控制水平处于良好状态。

如海参养殖到夏季，水温升至 20℃ 以上，海参陆续夏眠。夏眠期间，抗逆能力弱，遇不良条件容易造成死亡，一般应在 6:00、15:00、17:00 测定水温，及时采取相应调控措施。海参夏眠期间，可以考虑将水质中重要而又易于监测的指标如溶解氧、盐度、水温作为水质的关键控制点，设定控制范围，要求溶解氧大于 5mg/L，盐度大于 26，水温不高于 28℃，一旦超出设定范围，应立即采取措施，把这几项指标调控并稳定在良好水平。

6. 数据的记录和保存

必须完整记录和保存检测的结果和采取的措施，包括记录的时间、记录人员、负责具体实施的人员等。这些数据要存档，并至少保存一年以上，可以作为今后制定计划和改进技术的参考依据。

7. 检查计划实施的效果

实施 HACCP 体系的最后一步是检查计划实施的效果，包括：关键控制点和控制范围、控制水平能否足以预防危害的发生；如何进一步完善 HACCP 体系，确保 HACCP 体系能保质保量地实施；阶段性地对 HACCP 体系实施的情况进行总结和评估，改进今后的工作。总之，通过实施 HACCP 体系，提高海参养殖企业的管理水平和技术素质，奠定持续发展的基础。

在海参养殖过程中，有多方面的影响因素，并且这些因素处于不断的变化之中，不可能生搬硬套食品加工企业采用 HACCP 的模式，然而 HACCP 体系通过积极主动的预防和全过程监控确保食品安全的思维模式和工作路线，是完全适合于海参养殖的，值得探讨应用。

各养殖场的管理水平、技术水平和设施现代化水平不同，实施 HACCP 体系的程度、途径和方式也会不同，应根据自己的实际情况，制定具体的实施 HACCP 体系的规章、规范，逐步提高和完善。

第六章 海参增殖

第一节 概况

海参增殖是指在选定海区内,通过改善海区条件、投放种参和种苗等多种技术措施,增加或改善资源补充量,以补偿由于各种原因致使补充量受到的损失,增加海参资源,提高产量。海参具有营养价值高、移动性差、食物链短、适应性强等特点,是优良的增殖品种。

在国外,日本的海参增殖起步较早,从 1880 年在山口县木村湊湾内移植幼参进行增殖开始。20 世纪 30 年代,随着产品大量输入中国,海参增殖业迅速发展,当时主要采用投放石块、废旧船、汽车外轮胎、树枝把、木筏和移植成参等方法,取得明显效果。

广岛县水产试验场,1929 年在面积 $19\,830\text{m}^2$ 的津町海域和面积 $30\,736\text{m}^2$ 的三津町海域,分别投石 588m^3 和 $3\,042\text{m}^3$,投放苗种 985 头和 208 头;增殖效果明显,津町海域增殖前平均年产量 $16\,284\text{kg}$,增殖后年产量达 $29\,816\text{kg}$,三津口町海域增殖前平均年产量 $10\,487.6\text{kg}$,增殖后达 $15\,562.3\text{kg}$ 。

香川县设立海参增殖保护区,筑堤面积 208.2m^2 ,增殖面积 $1\,024.6\text{m}^2$,在增殖区内投放亲参 751.8kg (5 000 头);增殖

效果明显，增殖前年产量 827kg，增殖后第一年 4 698.8kg，第二年 5 969.3kg，有逐年上升的趋势。同时，在增殖区及其附近海域的海草、海藻及石头上附着有大量稚参和幼参。

爱媛县在 1934 ~ 1937 年的海参增殖中，先后修建 27.3m、36.4m、364m、54.5m 的潜堤，同时采取放养参苗、投放树枝捆的措施；增殖效果明显，增殖前年产量 6 766kg，增殖后年产量高达 323 274kg。

长崎县水产试验场在所属海域面积 271 010m² 的增殖区内，投石约 100m³ 投树枝捆 1 267 个，投放参苗 672 头，并采取禁渔措施，1935 ~ 1936 年分步解禁，增殖效果明显。

佐贺县在大浦湾的海参增殖效果也很明显。大浦湾是佐贺县西端伊万里湾内的一个小湾，面积约 59 490m²，湾周围群山环绕，海岸线曲折，湾内海水平静，水位较浅，最深处不超过 12.5m，底质以泥沙为主，湾内浅水水域大型藻类繁茂，年度海水水温最高 25.76℃，最低 9.9℃，海底水温最高 26.4℃，最低 9.8℃，雨季海水相对密度不低于 1.018。从环境条件看，大浦湾是适于海参生长繁殖、具有海参增殖潜力的海湾。湾内原有一定数量的海参栖息，由于滥捕导致海参产量逐年下降。因此，1934 年佐贺县养殖场开始进行海参增殖。1934 年 3 月在沿海划出 1 625.5m² 的增殖区，投石 277.6m³，移植亲参 1 691.6kg；1936 年 1 月，又设立增殖区 330.5m²，同时设立禁渔期，增殖实施后 2 年，出海 4 天共 90 船次，捕获海参 16 258.3kg 效果十分显著(表 6-1)。

20 世纪 70 年代，长崎县在大村湾的今津町和阴平近岸，水深 2.5m 处，海底铺设填充岩石，在石床上装置高 1.6m 的混凝土海参礁 50 个，以利稚参附着和成长。

表 6-1 大浦湾增殖前后海参平均渔获量比较

日期	出海 天数 (d)	出海 船数 (只)	生产量 (kg)	每日出 船数 (只)	每日生 产量 (kg)	每日每 船产量 (kg)
1923~1932 年,平均	46.1	644.6	3 834.4	14.4	83.2	5.9
1935~1936 年	4	90	16 258.3	22.5	4 064.6	18 017

石川县的四尾湾是日本主要海参产地。石川县渔获量(1975 年)为 805t,其中四尾湾约占 89%。由于水温及海况的变化,石川县海参渔获量呈现持续下降的趋势。因此,该县在四尾湾的能登岛町的半浦和和仓建立了海参稚幼参保育场。在水深 5~6m 的海区,建筑高 2m、宽 1.1m、长 32m 的石床,每个床上竖起强化塑料支柱 5 根,在每根支柱上,设有供海参稚参附着用的采苗筒,附着于采苗筒上的稚参,长到一定大小会自然脱落,掉到石床上,在石缝中生长。增殖效果明显,在半浦增殖区范围内,幼参分布密度为 13~24 头/m²,在和仓区为 21~24 头/m²。

从日本海参增殖的实践,特别是长崎县和石川县的增殖实例,我们看出,通过设置海参礁、石床等改善环境条件的措施,可以营造条件适宜的天然海参繁育场,以增加海参稚、幼参的补充量,进而达到资源增殖的目的,这样还可以减少人工放苗的数量,节省开支。

国内海参增殖开始于 20 世纪 50 年代,主要增殖措施有环境条件优化、移植亲参、苗种放流等。

北戴河沿岸的海参增殖试验是国内海参增殖最早的地

方。1953~1957年,中国科学院海洋研究所张凤瀛、吴宝铃等与河北省水产试验场合作,在北戴河沿岸的北小嘴、沙子湾两处进行投石、投树枝捆的增殖试验,每个试验区面积 $2\,400\text{m}^2$,设在距岸 100m 、水深 3m 处。两区分别投石 24m^3 和 13m^3 ,石块重 $35\sim 65\text{kg}$,每堆 $1.5\sim 2\text{m}^3$,堆距 10m 行距 20m 。每个试验区投树枝捆45个,每捆重 $5\sim 7.5\text{kg}$ 长约 1.5m ,用铁丝紧匝,下坠 $15\sim 20\text{kg}$ 的石块,投放在石堆的周围。同时,向两个增殖试验区移植体长 $15\sim 20\text{cm}$ 的亲参 375kg ;通过2年的试验表明,投石给成参、幼参造成了良好的栖息环境,海参长势良好,能聚集在石堆周围生活。

20世纪90年代以后,海参增殖技术日趋完善。山东、辽宁沿海地区因地制宜,采取了多种增殖措施,增殖效果和经济效益非常明显。

第二节 增殖理论

一、自然变动论和拉塞尔关系式

海洋渔业资源增殖的理论基础是“自然变动论”和表示这种理论的拉塞尔(F. S. Russell, 1931)数学关系式。

自然变动论认为,补充量的自然变动是资源量变动的主要原因,一般条件下,资源并未达到饱和状态,海洋资源生物的生存空间尚有拓展的潜力;认为早期减耗是影响种群数量下降的主要因素,这一观点为以放流种苗为手段的海洋增殖业提供了理论依据。在具体的增殖操作中,在资源苗种出现大量减耗的发育阶段,通过苗种的人工培育,死亡高峰期置于

人工管理、保护之下,提高成活率,将适应能力强、成活率高的苗种放流于自然增殖区,达到资源量增加的效果。

拉塞尔把这种理论用数学形式表示如下:

$$S_2 = S_1 + (R + G) - (M + F)$$

式中: S_2 为预期的或未来的种群数量(资源量); S_1 为现有的种群数量(资源量); R 为后代补充量; G 为生长量; M 为自然死亡量; F 为捕捞死亡量。 $(R + G)$ 可称为资源增加量, $(M + F)$ 可称为资源减少量。

拉塞尔关系式概括地表明了渔业种群数量变动的基本规律,揭示了补充、生长和自然死亡、捕捞死亡四种因素的关系和相互作用,为控制渔业资源增殖活动、进行资源科学管理,为通过人为干预增加补充量和提高生产量、降低自然死亡率,使渔业资源得到增殖保护和合理利用,提供了科学依据。

在捕捞强度较低的时期,对资源不可能充分利用。因此,捕捞量(F)不是制约资源量变动的重要因素,而种群数量的波动主要取决于自然环境因子(生物的和非生物的)对补充量(R)、生长量(G)及死亡量(M)等因素的影响。海洋生物对所栖息水域的温度、盐度、水流、含氧量、营养盐和饵料生物等自然环境因子极为敏感,当自然环境因子促使后代补充量(R)和生长量(G)增加、自然死亡率(M)减少时,其种群的资源数量增加;当自然环境因素发生不利的变化,超过生物的适应能力时,会严重影响海洋生物的生长、繁殖,将会导致自然死亡(M)大量增加,后代补充量(R)和生长量(G)减少,最终导致种群的数量急剧减少。

在捕捞强度较高的时期, S_1 和 $(R + G)$ 急剧减少,而 $(M + F)$ 急剧上升。这时,种群数量将明显下降,有可能引起种群

特征值的不利变化,如早熟、个体小型化、繁殖力降低、病害滋生和蔓延,死亡率高等。随着时间的延续,恶性循环重复发生,如果同时伴有种间的竞争和自然环境条件恶化的压力,就会进一步降低 S_1 和 $(R + G)$ 的数量,提高 M 的数量, S_2 便会急剧减少,甚至造成资源枯竭。如果该种群的资源量遭到破坏,海域生态体系将失去平衡,导致资源生物的食物竞争者、生活空间竞争者或敌害生物大量繁殖。在这种情况下,再采取一般的资源保护措施恢复资源往往困难较大。因此,对于一个增殖区,一开始就应注意增殖和保护并重,一方面通过资源增殖的途径和方法,增加补充量 (R) ,同时要注意资源保护,科学合理地采捕,避免和防止环境条件恶化,防止竭泽而渔,过分采捕。

从理论的角度,就一个海参增殖区而言,可以从两个途径来增加补充量 (R) : 一是对衰退或已被破坏的海参种群,放流人工培育的苗种,或移入繁殖亲参,使其自然繁衍生长,加入 S_1 的行列;二是优化环境条件(包括物理条件、水质条件、生物条件、饵料条件和栖息条件等),满足海参的生态要求,从根本上提高海参的繁殖力和生长速度,提高海参资源增加量 $(R + G)$,降低减少量 $(M + F)$ 。在一些条件适宜的养殖池(区)内,参照海参增殖的理论和思路,同时采取增殖和养殖措施,创造自然繁殖的条件,形成天然繁育场,将会大大提高海参养殖的生态效应和经济效益。

从上述可看出,海洋渔业增殖理论的要点包括: ① 表明了海洋生态系统还存有潜在的生产力。这种潜力通过人工调控海洋生态环境,定向地保护和增殖渔业资源,可以得到充分地发挥,使扩大海洋的生产能力成为可能。 ② 表明了提高海

洋渔业生产能力、增殖渔业资源的有效途径。人们能够利用现代科学技术，包括海洋生物学、水产养殖学、海洋捕捞学、渔业资源学、环境保护学、海洋生态学设施渔业技术等，综合地应用于海洋渔业资源的增殖。③表明了海洋生态系具有一定的可塑性。海洋增殖渔业的实践表明，在掌握特定海域生态系内在关系的基础上，通过人工增殖、放流和移殖新品种，以及清除或抑制敌害生物等多种增殖措施，可以定向地改变生态系，使之更有效地提高海域生产力，为渔业的持续发展服务。

二、种群的增长和容纳量

（一）种群概念和特征

1. 种群的定义

种群(**population**)是在同一时期内占有一定空间的同种生物个体的集合，是由同种个体通过种内关系组成的统一体。从个体到种群是一个质的飞跃。

2. 表示种群的术语

(1) 出生率 种群出生率(**natality**)是种群在单位时间内所出生的后代个体数占种群个体总数的百分比。出生率常分为最大出生率和实际出生率。最大出生率是在理想条件下(即无任何生态因子限制，繁殖只受生理因素所限制)产生新个体的理论上的最大增长。实际出生率表示种群在某个实际的或特定的环境条件下的增长，这种增长随种群的组成和大小、环境条件的改变而变化。

(2) 死亡率 死亡率(**mortality**)是种群在单位时间内死亡的个体数占种群总个体数的百分比。死亡率分为最低死亡

率和实际死亡率。最低死亡率是种群在最适环境条件下的死亡率，种群中的个体因年老而死亡，即动物都活到了生理寿命以后才死亡。实际死亡率为在某特定条件下的死亡率，死亡的个体数随种群状况和环境条件的改变而变化。

(3) 迁入和迁出 迁入和迁出也是种群变动的两个主要因子，它描述各地方种群之间进行基因交流的生态过程。

(4) 年龄结构 各个年龄级的个体数目与种群个体总数的比例。按从小到大龄级比例绘图，即为年龄金字塔，表示种群的年龄结构分布。种群的年龄结构与出生率、死亡率密切相关。通常，如果其他条件相等，种群中具有繁殖能力年龄的成体比例较大，种群的出生率就越高；而种群中缺乏繁殖能力的年老个体比例越大，种群的死亡率就越高。

(5) 性比 是反映种群中雄性个体（♂）和雌性个体（♀）比例的参数。

(6) 种群的空间分布 由于自然环境的多样性以及种内、种间个体之间的竞争，每一种群在一定空间中都会呈现出特有的分布形式。一般来说，种群分布的状态和形式可分为三种类型：随机型、均匀型、聚集型。

(7) 存活率 存活个体的数目通常比死亡个体的数目更有意义。对一个特定的种群，存活数据通常以存活曲线表示。存活曲线以对数的形式表示每一生活阶段存活个体的比率。

3. 种群的基本特征

自然种群具有三个基本特征：一是空间特征，种群具有一定的分布区域和存在形式；二是数量特征，每单位面积（或空间）上的个体数量（即密度）将随时间而发生变动；三是遗传特征，种群具有一定的基因组成，即系一个基因库，以区别于其

他物种，但基因组成同样是处于变动之中的。

4. 种间关系

种间关系极其复杂，有的是对抗的，一个种的个体直接或间接杀死另一个种的个体；有的是互利的。在这两个极端类型间还有各种过渡类型。

表达种间关系的竞争排斥原理（高斯假说）认为生态位相近（例如食物相同，利用资源的方式相同等）的二个种不能在同一地区长期共存。生态位是指每个种群与群落中其他种群在时间和空间上的相对位置及其机能关系。

（二）种群增长类型

1. 种群增长类型

种群增长型指在一定空间中种群由少数个体发展到数量很高或达到饱和过程的类型。一般分为两类：指数增长型和逻辑斯谛增长型。内禀增长率指当环境（空间、食物和其他有机体）在理想条件下，稳定年龄结构的种群所能达到的最大增长率。

2. 指数增长型

种群数量按等比级数（如 2, 4, 8, 16, ...）增长的过程称指数增长型或“J”型增长型，指数增长只能在相对无限的环境中出现。

数学模型为：

$$dN/dt = rN$$

式中： dN/dt 为 t 时间的种群增长率； N 为种群个体数； r 为种群瞬时增长率； t 为时间。

3. 逻辑斯谛增长模型和容纳量

在有限的环境里，随着种群数量的增长，有限资源的种内

竞争加剧，使出生率和存活率下降，从而使种群的增长率下降，于是出现“S”型增长过程。描述“S”型增长的最简单模型为逻辑斯谛增长模型。

在早期阶段，种群资源丰富，死亡率最小，繁殖很快，个体增长达到其内禀增长率。种群以几何级数增长，直到达到上限时才结束。上限（或饱和值）在特定生境、特定条件下是恒定的，称为环境容纳量(carrying capacity)，用 K 表示。容纳量是一个生态学术语，是表达种群生产力大小的重要指标，指一个特定种群在一个时期内，在特定环境条件下，生态系统所支持的种群的有限大小。

密度制约的发生导致 r 随密度增加而降低，这与 r 保持不变的非密度制约性的情况相反。S 曲线可以解释和描述为非密度制约增长方程乘上一个密度制约因子，就得到逻辑斯谛方程(logistic equation)。

$$dN/dt = r \cdot N(1 - N/K)$$

式中： dN/dt 为 t 时间的种群增长率； N 为种群个体数； r 为种群瞬时增长率； t 为时间； K 为容纳量； $1 - N/K$ 为密度制约因子。

逻辑斯谛模型的设定条件：环境条件允许种群有一个最大值，称为环境容纳量或负荷量，用 K 表示。当种群大小达到 K 值时，种群不再增长；种群增长率降低的影响是最简单的，即影响将随密度上升而逐渐地按比例增加；种群中密度的增加对其增长率的降低作用是立即发生的，无时滞。

4. 逻辑斯谛曲线特点和意义

逻辑斯谛曲线（图 6-1）为“S”形曲线，曲线有一个上渐近线，即 S 型增长曲线渐近于 K 值，但不会超过这个最大值

（即环境容纳量）水平；曲线的变化是逐渐的，平滑的，而不是骤然的。从曲线的斜率来看，开始变化速度较慢，以后逐渐加快，到曲线中心有一拐点，变化速率加快，以后又逐渐变慢，直到上渐近线。

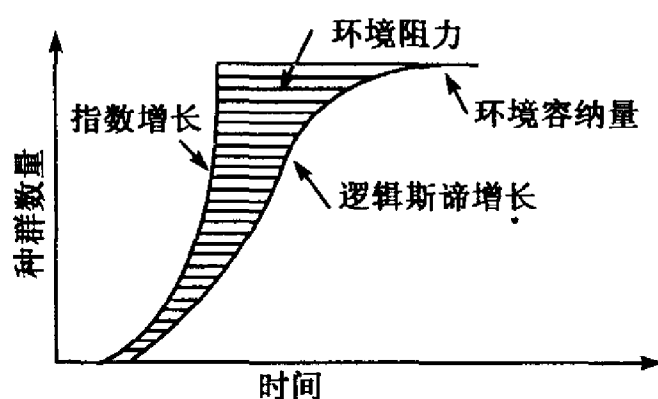


图 6-1 种群增长模式（据孔繁德）

逻辑斯谛模型的生物学意义：逻辑斯谛模型结构上与指数模型相似，但增加了一项修正值： $(1 - N/K)$ 。 $(1 - N/K)$ 的生物学意义在于：它代表剩余空间或未利用的增长机会，即种群尚未利用的，或种群可利用的最大容纳量空间中还“剩余”的、可供种群继续增长用的空间。对 $(1 - N/K)$ 项可作如下分析：如果种群数量 N 趋于零，那么 $(1 - N/K)$ 项就接近于 1，表示几乎全部空间未被利用，种群接近于指数增长，或种群潜在的最大增长能力充分地实现；如果 N 趋于 K ，则 $(1 - N/K)$ 逼近零，表示空间几乎全部被利用，种群增长的最大潜在能力不能实现；当种群数量 N 由零逐渐增加到 K 值， $(1 - N/K)$ 则由 1 逐渐下降为零，表示种群增长的“剩余空间”逐渐缩小，种群最大潜能实现的程度逐渐降低，且种群数量每增加 1 个个体，抑制效应就增加 $1/K$ ，这种抑制效应又称拥挤效

应，因其影响定量大小与拥挤程度成正比，也有学者称之为环境阻力。

（三）种群数量变动的影响因素

种群是占有—定地域（空间）的一群同种个体的自然组合。一个增殖区中全部大小的海参组成一个基因库，彼此间可以进行有性繁殖，这就是一个种群。种群是一个自我调节系统。在自然条件下，各种群的大小一般可保持稳定，但这种稳定不是一成不变的，种群大小总是受各种因素的影响而变动着。

在自然条件下，决定种群数量变动的基本因素是出生率和死亡率，以及迁入和迁出等。出生和迁入使种群数量增加，死亡和迁出使种群数量减少。如果增量大于减量，种群数量则增加，相反时则减少，如果增量与减量相等，则维持不变。

1. 出生率与死亡率

理论上的最大的出生率等于种群的繁殖力或繁殖潜能，即在理想的最适条件下种群不受外界因素限制时的出生率。但事实上，不可能有理想的最适条件，并且由于生存竞争等的存在，繁殖力总要受到多方面的抑制。例如，由于竞争而出现的食物缺少、水环境的污染以及人类活动的不适当干预等都会削弱种群的繁殖力。因此，不是所有的个体都能产最多的卵，也不是所有的卵都能孵化或长成成体。实际的出生率总是低于理想的最大出生率。

出生率的大小与性成熟的速度、胚胎发育所需的时间、每个亲体产卵的数量和每年产卵的次数等有关。各种生物的生殖力有很大的差异，一般来说，低等动物的生殖力都高于高等

动物，海参正是通过高繁殖力大量产卵，繁衍种群。

理论上的最小死亡率是指只因年老而自然死亡时的死亡率。但实际死亡率总是远远大于最小死亡率。因为种群中大多数个体不可能都生活到它的生理寿命，总是因疾病、敌害、饵料短缺、环境条件恶化等而死亡，造成死亡率增加。一般说来，种群密度增加时，死亡率也增大。

出生与死亡是一个种群保持活力的两个方面。一些个体死亡了，在种群中留下空隙让一些出生的新个体来取代。这样，种群的活力就会更强。在自然界，具有高死亡率、寿命短而具有强生殖力、高出生率的种群往往比一个长寿命的种群有更大的适应能力。

2. 性比、年龄分布的作用

种群结构本身的特征如性比、年龄分布等，也能影响种群数量。在若干种群中，雌性个体多的种群，出生率显然比雄性个体多的种群出生率高。年龄分布也是重要的作用因素，生长快的种群中，年轻个体多；衰退的种群中，老年个体多；稳定的种群具有比较均衡的年龄分布，由于死亡造成的种群个体数量的减少，可以有足够的新生个体进行补充。通常可以由每一种群内年龄组的相对分布来说明该种群数量的增长趋向。

3. 动物行为的作用

动物的行为如扩散和聚集、迁入和迁出等可间接影响种群数量。扩散使种群密度下降，因而使对种群密度起作用的控制因素（如疾病的传染、食物竞争、生殖力降低等）不起作用，种群得以继续增长数量；聚集使密度增加，因而对密度起作用的控制因素起了作用，抑制了进一步增长，甚至于增加死

亡率。迁出、迁入与扩散、聚集的作用大体相同。在同一个增殖区,增值对象(如海参)的活动行为(如扩散、聚集与迁出、迁入)往往与环境条件的变化有关。对于多数生物来说,种群数量虽然可以达到基本稳定,但从来不可能是完全稳定不变的,因为自然界中永远存在着各种物理因素和生物因素的相互作用和变化。

(四)种群数量的调节

世界上的生物种群大多已达到平衡的稳定期,这种平衡是动态的平衡。一方面,许多物理的和生物的因素都能影响种群的出生率和死亡率,另一方面,种群有自我调节的能力,通过调节而使种群保持平衡。

1. 密度制约因素和非密度制约因素

影响种群个体数量的因素很多。有些因素的作用是随种群密度而变化的,这种因素称为密度制约因素。例如,传染病在密度大的种群中更容易传播,因而对种群数量的影响就大,反之,在密度小的种群中影响就小;在密度大的种群中竞争强度比较大,对种群数量的影响也较大,反之就较小。

有些因素虽对种群数量起限制作用,但作用强度与种群密度大小无关。气候因素就是这样,刮风、下雨、降雪、气温都会对种群的数量产生影响,但这种因素起多大作用与种群密度是无关的,这类因素称为非密度制约因素。

无论是密度制约因素还是非密度制约因素,都是通过影响种群出生率、死亡率或迁移率而发挥控制种群数量的作用。

2. 密度制约因素的反馈调节

生物种群的相对稳定和有规则的波动与密度制约因素的作用有关。当种群数量的增长超过环境的容纳量时,密度制

约因素对种群的作用增强，使死亡率增加，而把种群数量压回到容纳量以下。当种群数量在容纳量以内时，密度制约因素作用减弱，使种群数量增长。

3. 非密度制约因素的作用

生物种群数量的不规则的变动往往与非密度制约因素有关。非密度制约因素对种群数量的作用一般是猛烈的、灾难性的。物理因素等非密度制约因素虽然没有反馈作用，但它们的作用可以为密度制约因素所调节，即可以通过密度制约因素的反馈机制来调节。当某些物理因素发生巨大变化（如大旱、大寒）或因人的活动（如使用杀虫剂）而使种群死亡率增加、种群数量大幅度下降时，密度制约因素如食物因素就不再起控制作用，因而出生率就得以上升，而种群数量很快就可恢复到原来的水平。对于海参而言，盐度很低、水温过高、纯砂底质将会明显地限制海参种群的数量，属于非密度制约因素。

研究生物种群数量变动的规律和影响数量变动的因素，特别是种群数量的自我调节能力，就有可能制定控制种群数量的措施，对种群数量变动进行预测预报，为生产服务。

第三节 增殖技术和实例

一、海参增殖区的的选择

海参增殖首先要确定什么样的海区可以作为增殖区，海参增殖区应具备哪些条件。海参增殖区的选择必须依据海参的生物学特性，满足海参繁殖、生长发育、栖息和摄食等需求，

达到海参生长快、成活率高的目的。

（一）盐度

海参属狭盐性生物，盐度不应低于 26，最好选择盐度在 28~34 的海域作为增殖区。应特别注意，在雨季不应有大量雨水流入，避免造成盐度急剧下降。

（二）水温

水温是海参生长繁殖的重要影响因子。海参适宜水温为 5~18℃，最佳生长水温为 10~17℃，超过 20℃将陆续夏眠，持续超过 28℃将会出现病害和死亡。因此，在水浅而又与外海水交换较差的海区，如封闭性的浅滩，夏季最高水温往往在 28℃以上，不宜作为海参增殖区。作为增殖区，水温最高不应超过 28℃。

（三）底质

在自然状态下，海参多生活在岩礁、乱石和泥沙相间的底质，或大叶藻、鼠尾藻等藻类繁生的泥沙底质，礁石和大叶藻可以为海参提供躲避风浪或夏眠隐蔽的良好场所；泥沙底可以为海参提供适宜的多样化的微生态环境。

黄海水产研究所对青岛港东沿海人工苗种放流海区调查的底质分析和海参分布结果表明（表 6-2），泥沙混合，砂粒较大，细砂、粉砂含量少的底质，海参分布密度大。同样，蓬莱海珍品增殖中心所属海区的底质调查结果也显示，乱石夹杂小型岩石底质，海参分布量最多。因此，首选放流海区的底质为有大型海草、海藻繁生并间有礁石、泥沙的底质，或大叶藻和藻类繁茂的泥沙底质。

表 6-2 底质组成与海参分布量

放流点	水深 (m)	水温 (℃)	密度 (头/m ²)	粒子分类(直径,mm)和组成(%)					
				>0.9	0.9~ 0.45	0.45~ 0.3	0.3~ 0.25	<0.25	泥
I	4.0	4.4	0.95	6.39	4.7	10.43	35.53	35.77	7.17
II	4.0	5.2	0.23	1.21	13.45	26.98	32.07	15.40	10.89
III	3.0	5.3	0.45	15.41	31.42	27.81	14.56	8.01	2.79
IV	5.0	4.9	0.4	1.65	4.26	13.32	37.57	37.26	5.92

对海参分布的调查结果表明,含泥量超过 20% 以上的多泥底,很少有海参栖息,底质中含泥及粉砂越少,海参的分布量越多。日本早川等人(1976)对青森县野边地町及川内町渔协海参分布区底质分析结果表明,底质的含泥量在 10% 以下,底质中以砂砾为主,有海参分布;在含泥量 27.8% 的底质,无海参栖息。

体重 2.5g 以内(体长 5cm 以下)的幼参,生活习性与成参有所不同,成参营匍匐生活,幼参营附着生活。在自然界,幼参主要附着于岩礁壁上或大型藻类(如大叶藻)的茎、叶表面,以摄取附着物上繁生的底栖硅藻、原生动物等微小生物及附着其上的有机物质。因此,若在增殖区放流体长 5cm 以下的苗种(每千克苗种数量在 500 头以上),增值区内应有岩礁、藻林地带等,利于海参苗种的附着生活。

(四) 饵料

增殖海域的饵料状况是影响海参生长的重要条件。在自然状态下,海参主要以微小生物、大型藻类的碎屑、动物死亡残骸等为饵料。海水肥沃,底质适宜,营养物质丰富,有利于

大型藻类和饵料生物的繁殖生长，会给海参提供充足的饵料。丰厚的饵料是海参种群繁殖增长、维持生产力持续发展的物质基础，是海参增值区必须具备的条件。

（五）水深

在自然条件下，不同体重的海参，栖息水深也不尽相同，随着海参个体体重的增长，分布区域逐渐由浅水区向深水区转移。

黄海水产研究所在蓬莱马格庄刘旺北山沿海的调查显示，水深 1.7m 处，体重 85g 以内的小个体占 70%，其中 55g 以内的个体竟占其总量的 50%；体重 176g 以上的大个体一个也没有发现。相反，在水深 7.2~8.2m 处，体重 126g 以上的个体占总量的 90%；体重 85g 以内的个体仅占总量的 10%，其中 55g 以内的个体没有发现。调查结果表明，小个体（体重 100g 以内）分布在浅水区，大个体分布在较深的水域。

日本学者崔相对海参生态进行了调查，潮间带的个体躯体重为 2.5~22.5g（平均 9.6g），藻场地带的个体躯体重为 12.5~42.5g（平均 25.0g）；水深 4.5~6m 处，个体躯体重为 17.5~102.5g（平均 45.8g）；水深 9.0~10.0m 处，个体躯体重为 37.45~207.5g（平均 87.9g）；水深 12.0~13.5m 处，个体躯体重为 102.5~187.5g（平均 180.6g）。统计说明，体重 50g 以下的个体分布在近岸浅水区；体重 50~100g 的个体分布在水深 5m 以内；体重 100~150g 的个体分布在 5~10m 深的范围；体重 150~200g 的个体分布在 10~15m 深的海域；体重 200g 以上的大型个体分布 15m 以上深水区。这一调查结果同样表明，海参苗种随着个体的成长，将会由浅水区向深

水处移动。因此，海参增殖区的水深选择，既要考虑到幼参的需要，又要顾及到成参的需要，有的地方可以浅一些，有利于小个体的生长，而有的地方可以深一些，有利于培育大个体海参。从长远意义上考虑，水深一些，有利于种参的生长发育和繁殖，有利于资源补充量的稳定和增加。

（六）水流

增殖区应选择水流畅通、风浪较小、水流平缓的海区。海参以腹部密布的管足吸附在礁石、乱石及大型藻的根、基部，吸附力较弱，躯体松软，抗冲击力较差，难以承受大的风浪和急流的冲击；然而，适当的水流有利于改善水质，优化水环境。

二、增殖区环境的改造和优化

海参能否在增殖区栖息及栖息量的多少与海区环境条件密切相关。在选择放流增殖海区时，环境条件完全符合海参要求的海区是有限的，往往会遇到某些条件不完全符合要求的情况，这样就有必要对海区环境加以改造，使该海区的环境条件满足海参的生态要求，以达到增加环境容纳量的目的。目前，海区环境改造有多种方式，包括投放石块和海参礁、海底爆破筑礁、移植大型藻类等。

（一）投石和海参礁

投石和海参礁是增加海参隐蔽场所、提供大型海藻固生场地、满足海参栖息要求的一种有效方法。

人工投石数量应适当，数量少，海参栖息隐蔽场所不足，难以满足高密度增殖的需要。不同投石量的聚参效果试验表明（表 6-3），投石后海参的分布密度比试验前都有明显增

加,最高为 A 组,为试验前的 41 倍;最低为 C 组,也有 8 倍。同时,随着每次投石量的增加,海参单位面积栖息量和 10min 采捕量也相应增加,C 组、B 组、A 组分别为 5.6 头/ m^2 和 47 头、10.7 头/ m^2 和 50 头、12.3 头/ m^2 和 75 头。B 组投石量是 C 组的 2 倍,海参栖息密度也约为其 2 倍;同样,A 组投石量为 B 组的 1.5 倍,10min 采捕量也是其 1.5 倍,显示出投石量与栖息量呈正变关系。

表 6-3 不同投石量的增殖效果比较

试验组	投石量 (m^3 /亩)	对比 时间	海参栖息量(头/ m^2)			10min 采 捕量(头)	体重组成(%)	
			最高	最低	平均		130g 以上	130g 以下
A	120	试验前	1	0	0.3			
		试验后	18	2.4	12.4	75	23.0	73.0
B	80	试验前	1	0	0.4			
		试验后	17.2	0.8	10.4	50	23.3	72.3
C	40	试验前	2	0	0.7			
		试验后	12	0	5.6	47	11.3	88.7

为了便于搬运和方便投放,又能避免石头被风浪冲走流失,投放的石块重量以每块 30~40kg 为宜。投石海区应选择硬沙泥底、泥沙底或砂砾底,尽可能避免石块下沉。投石应当在苗种放流前的 3~5 个月内完成。投石时,将石块装船,船载石块于放流海区,以堆或垅的形式投入海底,每堆石块约 10m^3 ,堆间距为 10~12m,在海面投石后,再由潜水员潜入海底,对所投的每堆石头加以适当的整理。

(二)海底爆破筑礁

在不同海区反复进行的海参生态调查和增殖调查中发现,巨型峰状和平板状岩礁孔穴和缝隙少,饵料生物少,海参的自然栖息数量也少,岩石的利用率很低。为了充分利用海底的礁石资源,可采用海底爆破方法,改造海底环境,增加海参栖息量。

1985~1988年,黄海水产研究所在蓬莱马格庄海珍品增殖中心所属海区进行了海底爆破筑礁增殖试验。1985年6~7月,进行海底爆破,炸药、雷管经塑料纸密封后由潜水员潜水安置在海底礁石的适当位置,然后在海面船上电动起爆,放炮次数依礁石破碎情况而定,三个礁区总计放炮62次,炸药总用量704kg,筑礁总量394m³,平均每千克炸药筑礁0.56m³;在62次爆破中,仅有5次计8条六线鱼、黑鲷及2只日本鲆死亡,对海区生物的生存未构成威胁,对水环境未造成污染。实施爆破3年后(即1988年4月)潜水观察,爆破后形成的石礁上已生长多种藻类,如海篙子、石花菜等。

海底原来的自然礁石大多数呈平板式或巨峰状,由于海底底流不断冲击,礁石光洁,无浮泥、淤泥,大型藻类也难以生存。此种构型不利于海参的日常活动和摄食,栖息量甚少。爆破改变了原来的礁石形状,形成大小不等、交错堆列的乱石构型,海底水流流经此种地形,将会形成许多涡流区。涡流区内容易沉积有机碎屑和微小生物,有利于大型藻类的繁殖生长,增加了自然海区的海参饵料;涡流区内水流细而缓,有利于海参的正常活动;礁石间的诸多缝隙是海参的夏眠及隐蔽场所。通过爆破,明显地优化了海参的栖息环境,海参增殖效果显著(表6-4)。

表 6-4 爆破后增殖效果比较

试验组别	调查日期	单位面积分布量 (头/m ²)			体重组成(%)				
		最高	最低	平均	200g 以上	200~ 150g	150~ 100g	100~ 50g	50g 以下
黄石礁	增殖前	3	0	1.1	9	9	36	28	18
	爆破筑礁后	9	3	6.9	0	7	29	36	28
红石礁	增殖前	4	0	1	20	40	10	10	20
	爆破筑礁后	7	0	3.3	10	27	36	27	0
草帽石	增殖前	2	0	1	30	30	30	10	0
	爆破筑礁后	9	6	7	0	3	17	54	26

注：爆破筑礁后的调查时间为 1986 年 4 月 14 日。

本试验所用炸药主要由木粉、硝酸铵、柴油三种原料混合制成。每 100kg 炸药成本为 187.40 元,破石 56m³,平均 1m³ 费用为 3.35 元。按每次破石筑礁 100m³ 计算, 所需费用为 335 元。如若采用人工投石, 每次投石 100m³ 需费用 1 300 元,为海底爆破筑礁的 3.9 倍。因此, 有条件海区, 利用此法能降低成本, 节省大量资金和人力。

(三) 营造海底藻场

在大叶藻和大型藻类缺乏或者不足的自然海区, 可营造海底藻场, 俗称“海底森林”, 改善环境条件。简便易行的方法是, 拟定建造藻场区域, 可以投放裙带菜孢子叶, 也可以在沙泥底质移植大叶藻或播撒大叶藻种子, 以期形成大叶藻林, 还可以实施海带、裙带菜的海底养殖。

三、苗种放流增殖

(一)放流苗种的规格

随着海参人工育苗技术的日臻成熟，每年能够进行苗种的规模化生产，完全能够满足放流增殖的需要。

日本学者认为，当年参苗生长至体长 3cm 左右时，正值自然海域水温下降期，幼参放流后在适温范围内能活跃摄食，快速生长，建议放流苗种规格在体长 3cm 左右。辽宁省海洋水产研究所认为，放流的规格应为体长 1.5~2cm 的幼参，至少应放流体长不低于 1cm 的变色参。

1985 年，黄海水产研究所在蓬莱海珍品增殖中心所属海域进行不同规格苗种放流效果试验，选择沙泥夹乱石底质、水深 4m 左右的海区，设 A、B、C 三个试验点，每点间距 50m，每点面积 1 300m²，投石 100m³。1985 年 9 月，在 A、B、C 三个试验点分别投放体长 25mm、10mm、5mm 的人工参苗 1 万头。1986 年 4 月的调查结果（表 6-5）表明，放流体长 25mm、10mm、5mm 三种规格地苗种，放流大规格苗种的 A 点效果较好。A 点海参分布密度最大为 8.3 头/m²，其密度增加幅度为试验前的近 12 倍，体重 90g 以下的 1 龄参，试验前为 0，试验后为 20%，这意味着新增加的 20% 的个体为人工放流苗，按试验调查面积 1 300m² 计算，新增 1 龄参 2 190 头，为放流数量的 21.9%。小林信（1983）报道，在泥沙质海底，用乱石筑建海参礁，放流体长 19.5mm 的苗种 1 万头，约 1 年后体长达到 115mm，存活 3 000 头，存活率为 30%。本试验 A 点结果与其相似。虽然 B、C 两点分布密度也明显增加，分别达到 6.6 头/m² 和 6.7 头/m²。但是，体重 90g 以下的个体，数量

比例不仅没有增加，反而明显减少，这意味着该两点苗种放流后的存活数量不多。该试验表明，一般海区不宜放流体长 10mm 以下的苗种。体长 10mm 以内的人工苗种，由于个体小，难以适应剧烈的环境改变，易受敌害生物的侵袭。在自然海域中，海流、风浪、浮泥和敌害严重威胁它们的生存，绝大多数被淘汰，存活率极低。体长 10~20mm 的幼参，对自然环境有一定的承受能力和适应性，但对敌害生物的防御能力差。

表 6-5 不同规格苗种放流效果试验

项目 调查点	本底调查(1985 年 5 月)			放流后调查(1986 年 4 月)			放流种 苗规格 (mm)
	平均密度 (头/m ²)	体重组成(%)		平均密度 (头/m ²)	体重组成(%)		
		90g 以下	90g 以上		90g 以下	90g 以上	
A	0.6	0	100	8.3	20	80	25
B	1.6	38	62	6.6	33	67	10
C	1.9	69	31	6.7	30	70	5

在室内人工培育条件下，稚参发育至体长 25mm 以上的幼参大约需 2.5~3 个月，此时自然海区的水温已经逐渐下降，处于海参生长适温期，幼参放流于自然海区后，活动频繁，摄食旺盛，身体强壮，能够适应剧烈地环境变化，对敌害生物的抵御能力增强，存活率明显提高。因此，在一般海区放流体长大于 2cm 的海参苗种是适宜的，存活率可达到 30% 以上。日前，在实际生产中，有的地区当年买进苗种，经越冬培育后，次年春季体长达 3cm 以上时再放流，年成活率可达到 70% 以上。

(二)放流方法

在充分调查海况的基础上，确定放流海区的地点和范围。按照人工苗种的生长速度，在山东沿海苗种体长达到 2cm 以上的时间，一般在 10 月中旬以后，放流季节多在秋末冬初。我国北方山东、辽宁、河北三省秋冬季，沿海受西北风、东北风侵袭的机会多，风浪大，不利因素较多。因此，苗种放流时，应了解天气变化趋势，宜选择风平浪静的日子进行。苗种放流前的数天内，应对放流海区内敌害或是可疑敌害生物，如海盘车、日本鲟等进行彻底地清除，最简便的办法就是潜水员到海底捕捉。

苗种放流时，预先将参苗按每袋 1 000~3 000 头的密度，分装于聚乙烯网袋内（规格为 40cm×30cm，网目孔径 1mm），网袋置于容积为 0.5m³ 的注满海水的水槽内，每槽可放置 20~25 袋，乘船载至参苗放流区。如乘船时间过长，沿途应适当给水槽换水。放流时间应选择最低潮、平潮时间，由潜水员携带参苗袋潜入海底打开网袋口，紧贴石礁、参礁，将参苗轻轻分撒在石礁、参礁上，幼参着底后很快潜伏下来，难以发现。如若放流区域六线鱼、黑鲷等鱼类数量较多，可在放苗前先由潜水员在异地投撒鼠尾藻粉碎液，鱼类会向鼠尾藻粉碎液处聚集，潜水员可乘机按上述方法将参苗撒于石礁上。

参苗放流也可采用网箱放流法。该法是当参苗运至放流水域时，先将网袋内的参苗，移到预先准备好的梯形、圆筒形或方形网箱内，网箱由铁筋支撑。网衣网目孔径为 1mm，然后潜水员携带网箱沉于海底，且将网箱在海底固定牢，避免被风浪冲走，再将网箱下边打开，让参苗自行爬出散开。

如果增殖海区环境条件好，水势平稳，敌害少，海区水温、

盐度等水质指标与苗种培育水体相近，也可以将苗种直接撒放到礁石上或大叶藻间。

四、海参增殖区的管理

海参移动性较差，只要条件适宜，一般不会作长距离的移动，每天的爬行距离约为 5~8m。幼参在浅水处放流后，在相当长的时间内仍停留在放流区域，随着成长，个体体重增加，逐渐由浅水处向 8~15m 的深水区移动。放流苗的生长随海区条件的不同有较大的差异。体长 2cm 以上的当年苗，放流 1 年，个体体重多数为 16~85g，2 年多为 56~125g，3 年多数达 250g 以上，达到商品规格。从幼参放流养到商品规格的时间随海参增殖的条件、放流规格的不同而不尽一致。

海参增殖区的管理主要包括如下几个方面：

(1) 资源保护 保护幼参，提高幼参的成活率。苗种放流前，尽可能清除放流海区可疑的幼参敌害生物。

(2) 优化环境 放流后，不能随意采集放流区内的大叶藻及大型藻类，如海蒿子、鼠尾藻等，以免连同藻体一起将幼参也取上来。

(3) 防止人为地破坏，做好增殖海区的看护 由于海参移动性弱，生活水域较浅，很容易发生偷捕现象，有时会给生产经营者带来严重的经济损失，所以海区看护尤为重要。需要安排专人昼夜连续看护，封闭增殖区，特别是 3~7 月、10~12 月海参正常活动、摄食时期。

(4) 做到科学合理的采捕 严格规定采捕规格：尽可能将春季采捕改为秋季采捕，增加海区亲体自然繁生后代的机会；规定禁渔期，实行有计划的采捕。

五、我国海参增殖实例

(一) 荣成马山港湾海参的增殖

1. 马山港湾海况

马山港位于荣成市东北部成山镇境内，是荣成湾西侧的一个小海湾，荣成湾和马山港湾之间是一道几十米宽的沙坝。马山港内水面面积满潮时 4 200亩，低潮时约 3 000亩；底质为沙泥底；水深大部分区域不足 2m，在中心偏南处有 600 余亩区域水深大于 2m，靠南边有一条东西走向深沟，水深 4m 左右；湾口在东南方向，宽度 250m，水深达 6m；潮差受狭窄湾口的限制，马山港内潮汐情况与荣成湾不同，高、低潮时间晚于荣成湾，湾内潮差仅 1m 左右，而荣成湾的潮差为 2~2.5m；马山港四周地形比较平坦，只有几条小水沟，雨季流入港内的淡水量很少，大雨后可看到边缘区海水浑浊，2~3d 后混水即可消失。综上所述，对海参而言，浅水区水温虽然在夏季短时间可超过 28℃，冬季低于 0℃，但深水区基本与大海相同，为海参提供了趋利避害的空间；雨季虽有淡水流入，但水的交换条件较好，盐度很快恢复到适宜范围；水流平缓，水质清新无污染；最为有利的是大叶藻丛生，除深沟及浅水区外，大叶藻密布，成为湾内水生植物的优势种群，可以为海参提供充足的饵料来源和良好的栖息环境。因此，该湾具有优越的海参增殖条件。

采取海参资源增殖措施前，马山港内大叶藻处有时可见到海参，但海参数量很少，历史上没有产量记载，没有形成生产规模。

2. 海参增殖措施和效果

1958 年主要采取的资源增殖措施，一是向湾内移植相当数量的亲参，二是放流体重 5g 左右（体长 6cm 左右）的海参苗种 20 万头，同时采取资源保护措施。

采取增殖措施后，海参数量迅速增加。湾内水流平缓，水质清澈，海参清晰可见；大叶藻丛生处，大大小小的海参密密麻麻，海参密度多在 10~20 头/m²，部分地方 30 头/m² 以上；渔民可以在舢板船上用长把捞网直接选择采捕符合商品规格的海参。20 世纪 60 年代已经形成生产规模，1970~1976 年产量维持在 1 000kg（干品）左右，增殖效果十分明显。这是我国海参增殖开始时间较早、效果较好的一个典型范例，为我国此后的海参增殖提供了难得的经验。

（二）青岛崂山区港东沿海海参增殖

1. 增殖区情况

港东村位于崂山东北麓，三面环海，确权海区海岸线长 2.5~3km，水深范围 3~6m；海底为软泥和泥沙底，夹杂有砾石、岩礁和石棚；在岩礁地带有大型藻类分布，主要有鼠尾藻、马尾藻、石花菜、石莼和浒苔等，流速约为 13~35cm/s。自然海区有海参分布，历史上的最高产量为 1958 年单船口产 350kg（鲜重），一般为 150~200kg。进入 20 世纪 70 年代以后，由于滥捕，资源量濒临灭绝，已不能形成生产规模。

2. 主要增殖措施

1976~1980 年，黄海水产研究所海参课题组划定面积约 3hm² 的增殖试验区，主要采取了海区环境条件的改造优化和补充繁殖群体的措施。

（1）投石 在增殖区设 9 个投石点，各点间距 30m。

1976 年各点投石 40m^3 , 共投石 400m^3 ; 1977 年, 各点共投石 200m^3 , 石块重 $35\sim 40\text{kg}$ 。

(2) 投放树枝捆 树枝捆用嵎山产的映山红、香条、胡枝子和山姜等长约 1.5m 的枝条, 用铁丝扎成捆, 每捆 7.5kg 左右, 再将重 $20\sim 25\text{kg}$ 的石块系扎于树枝捆上, 分散投入增殖区投石点的周围。1976 年、1977 年分别投树枝捆 847 个和 371 个。

(3) 移植亲参 1976 年、1977 年分别移入亲参 8 461 头和 5 715 头。

(4) 藻类移植 主要移植了裙带菜。

(5) 禁捕管理 经过了数年的禁捕管理。

3. 增殖效果

尽管海区风浪较大, 海区贫瘠, 增殖效果仍然显著。未实施增殖措施前(1976 年 3 月) 对该海区海参资源的本底调查, 在增殖试验区内平均每分钟仅采捕海参 0.5 头, 实施增殖措施后平均每分钟最高可采捕 8 头(表 6-6)。1981 年 1 月, 经过 1h 的生产性试捕, 共捕获海参 318 头, 重 56.5kg , 基本上恢复到历史上最高年产量的水平。

表 6-6 定期潜水调查结果

调查日期	每分钟采捕海参头数	增加的倍数
1976 年 3 月 15 日	0.5	增殖前的基数为 1
1977 年 1 月 11 日	2.0	4
1978 年 1 月 12 日	2.4	4.8
1978 年 6 月 5 日	0.9(海参即将进入夏眠)	1.9

续表

调查日期	每分钟采捕海参头数	增加的倍数
1978 年 11 月 2 日	2.9	5.8
1978 年 12 月 6 日	3.6	7.2
1979 年 11 月 26 日	5.0	10.0
1979 年 12 月 29 日	6.6	13.2
1980 年 1 月 8 日	8.0	16
1980 年 11 月 19 日	7.9	15.8
1980 年 12 月 25 日	7.1	14.1

(三) 蓬莱市刘旺北山沿海海参增殖

1. 海况

蓬莱市刘旺北山沿海位于渤海海峡东侧，蓬莱沿海的中段，刘旺湾的北侧，突出于海中，水流畅通。蓬莱海珍品增殖中心增殖海区由三个自然小湾组成，湾内底质以岩礁、泥沙和乱石为主，水深一般在 10m 以内。1984 年，黄海水产研究所与蓬莱海珍品增殖中心合作，在三个自然湾中间一个“U”形湾内设立人工苗放流增殖区，面积约 3.5hm²，湾内水深 2~7m，底质以岩礁、乱石为主，其次是泥沙底；湾内流缓而通畅，在潮间带及潮下带繁生大量的大型藻类，主要有鼠尾藻、海蒿子、石莼、条浒苔、条斑紫菜、石花菜和大叶藻等；浮游植物初步鉴定有 27 属 50 种，其中硅藻类 24 属 44 种，甲藻类 3 属 6 种，浮游植物密度高峰出现在 3 月份 (3 224 万个 /m³)，最低谷在 7 月份 (17 万个 /m³)，主要优势种为圆筛藻、斯氏根管藻、角刺藻、密联角刺藻和日本星杆藻等。1984 年，对该试验区内海参资源量进行本底调查，结果见表 6-7。

表 6-7 试验区海参本底调查结果

调查点	平均密度(头/m ²)	平均重量(g/m ²)	底质组成(%)	
			85g 以上	85g 以下
1	1.2	82.8	35	65
2	1.2	89.4	39.5	60.5
3	0.95	81.13	46.5	53.5
4	0.7	62.8	42.2	57.8
5	0.95	80.2	46.5	53.5
6	1.2	97.8	50	50

2. 增殖措施

增殖措施包括改造栖息环境、放流苗种和投放饲料等。

1984年5~8月投石5 000m³,其中4 000m³在湾口处筑成潜堤,1 000m³以堆或条形投到面积1.5hm²的浅水区。1984年10月至1985年3月投石2 000m³,混凝土海参礁40个,投裙带菜孢子叶200kg。1984年9月,在面积1.5hm²的浅水区(调查点1、2、3为浅水区;4、5、6为深水区)放流体长1cm以上当年人工苗48万头(体长1~2cm者占84%,2cm以上者占16%),1985年9月、1986年10月分别放流体长1cm以上的人工参苗50万头和15万头。每年3~5月、11~12月为海参活动摄食盛期,不定时向增殖试验区投喂鸡粪和人工配合饵料。1984年4月至1986年4月,设禁渔期。

3. 增殖效果

增殖措施实施后,从1985年的调查结果可以看出,海参单位面积的分布密度急剧增加,达到放流前的14~16倍,其中增加部分绝大多数是体重85g以下的1龄参,这是人工苗

放流所带来的变化。由 1986 年的调查结果可以看出, 该海区 1986 年海参的分布密度比 1985 年有显著增加, 前者是后者的 7 倍多, 由平均 2 头/ m^2 增至平均 14.3 头/ m^2 , 其中体重 85g 以上的 2 龄参所占比例明显增大, 表明海参有随着个体增长由浅水区向深水区移动的生态特性。

1988 年现场验收结果, 在面积 3.5hm^2 的增殖试验范围内, 海参单位面积分布量平均达 12.9 头/ m^2 , 总资源量为 47 769kg 总数量 430 021 头, 其中体重大于 150g 的商品参 118 256 头, 折合干品 909.7kg, 平均亩产 18.2kg, 增殖效果显著。

(四) 威海张村海区的海参增殖

1. 海区特点和增殖措施

(1) 威海张村海区属于开阔型海区。封闭型和半封闭型的海湾增殖海参已有成功经验, 而在开阔型海区能否实施海参增殖, 威海市环翠区张村镇做了有益的尝试。

(2) 海底投石造礁。海底投石造礁是海参增殖的基础工作。投石成礁后, 由于海流的作用, 有利于有机物的沉积和海参隐蔽。因此, 认真进行对投石海区的选择、投石方式、石块大小、石材质量、投石后的水下整理等工作。石块大小在 50 ~ 500kg, 材质坚硬无风化; 投石方式根据各海区的具体情况大致分三种形式, 即堆投、行(垅)投和散投; 石头投好后, 在正式投放参苗之前, 由潜水员进行水下整理, 提高增殖效果。

(3) 海藻和海草的移植。海参的食源很广、食量很大, 单靠自然沉积的饵料是不够的, 满足海参对饵料的需求, 通过投放带藻石块、采孢子投石、绑苗投石、沉没种藻和浮梗(筏、架)、栽培大叶藻等方法, 实施海藻和海草的移植。

(4) 投放种苗和种参 待投石区形成适宜生态环境后,便开始投放种苗和种参。投放的数量和规格一般控制在幼参体长 $8\sim 10\text{cm}$, 5 头/ m^2 左右,稚参体长 $2\sim 3\text{cm}$, 10 头/ m^2 左右;具体投放数量根据投石区饵料生物数量和海参的生长情况确定。无论是种苗还是种参,均要求潜水投放,以保证准确投放到石礁上。

投放参苗和种参的时间在该海区主要掌握两条原则,一是 7、8、9 三个月海参夏眠和繁殖期不能投放,二是 1、2、11、12 四个月偏北大风较多,水温偏低,潜水员不宜下水作业,不宜投放。经过越冬暂养,体长 $3\sim 4\text{cm}$ 的参苗,4、5 月投放效果较好。

(5) 适时按标准采捕 适时按标准采捕是留足海参亲本,增加生殖群体,保证幼参补充量,维护资源优势的重要一环。因此,在海参增殖的过程中,严格掌握采捕期,控制采捕标准,限制采捕量。

把准采捕期就是在海参产卵繁殖期和夏眠期严禁采捕,具体时间为 7、8、9 三个月;控制采捕标准就是采捕的等级参自然伸展体长在 23cm 以上,收缩后的体长在 18cm 以上,不符合等级参要求的小个体数量不得超出产量的 10% ;限制采捕量就是采取隔年轮捕或分段轮捕的方法,限制在准捕期内进行超限度的大量采捕,使资源免遭过度采捕。

(6) 加强看护管理,确保增产增收 在海区管理秩序不太好的情况下,看护管理显得格外重要。他们具体采取以下几条措施:成立了专职海上巡逻大队,配备了先进的通讯、交通及防护工具,实行昼夜值班巡逻,落实岗位责任制;实行军民联防,发生重大案情,互相配合,打击盗窃破坏;依靠渔政管

理部门，加强对非法捕捞的监督检查；严格执法，发现偷盗和破坏海珍品生产的不法行为，坚决依法处罚。

2. 增殖效果

采取增殖措施后，海参产量逐年上升。增殖前的 1998 年新鲜海参产量 1.5 万 kg，增殖后的 1999 年 3 万 kg，2000 年达到 6 万 kg，为 1998 年鲜海参产量的 4 倍。

（五）威海小石岛海域的海参增殖

1. 海域的自然条件

威海小石岛海域的海参增殖区隶属山东西港水产集团公司，具有海参生长、繁殖的优越自然条件。该海域位于威海市环翠区西北部，海岸线长 13km，北临敞开的黄渤海广阔水域。

底质：根据调查资料，所辖海域的海底较平坦，底质如下（表 6-8）。

表 6-8 小石岛海域的底质

底质类别	面积(亩)	利用价值
岩礁底质	1 200	全部利用
砂泥底质	4 500	已利用 1 000 亩

海流：1984 年 7 月 16~17 日对岛后水深 18m 处的测流结果是（层次 12m）主流向为西向，最大流速 38cm/s(0.7kn/h)，最小流速 6cm/s（不足 0.1kn/h），平均流速 19.8cm/s(0.3kn/h)；次流向为东向，最大流速 62cm/s(1.1kn/h)，最小流速 13cm/s(0.2kn/h)，平均流速 28.5cm/s(0.5kn/h)。

水深：最大水深为 20.6m，最小水深为 12.5m，平均水深为 17.7m。

透明度：该海域透明度主要受北向季风影响，因此秋冬季

透明度较小,南向季风影响较小,春、夏季透明度较大,最大达 7.7m,最小为 5.4m,平均为 6.6m。

水质:根据威海市环保局对该海区常年的检测,水质状况良好,无污染,符合国家颁布的渔业水质标准(GB 1607—1989)和农业部《无公害食品海水养殖用水水质》(NY 5052—2001)标准的要求。根据调查,该水域的 pH 值平均为 8.47,盐度平均为 32.29,均为海参生活适宜范围。

生物资源:小石岛海域生物资源十分丰富,其中藻类 61 种、高等水生植物 2 种,特别是作为海参基础饵料的藻类和大叶藻,十分丰富(表 6-9)。经过多年的投石造礁,扩大了藻类的生长区,提高了生物量,在造礁区已经形成了以海带、裙带菜、马尾藻和大叶藻为主的藻场。

表 6-9 小石岛海域的海藻和大叶藻生物量

调查点	藻类(g/m ²)	大叶藻(g/m ²)
黄埠头	326.88	
小石岛	211.00	80.00
麻子山	201.20	75.6

据历史记载,数百年前,当地居民就广为采捕海参,1935 年采捕量最高,为 11 400kg。增值区的位置符合威海市的整体发展规划。

2. 主要增殖技术措施

(1) 造礁 公司从 1982 年开始投石造礁试验,经过多年的探索,从 1995 年开始正式投放参礁,截止 2002 年造礁 1 000 余亩,这已成为自然参的分布区(表 6-10)。

表 6-10 历年造礁情况

年份	造礁面积(亩)	投石量(m ³)	投人工礁量(个)	效果
2000	200	187	2 000	良好
2001	300	187	3 500	良好
2002	400	187	4 000	良好

(2) 海藻增殖 采取的措施,一是保护自然海藻资源,尤其要保护好马尾藻、大叶藻、海带和裙带菜等资源,制定了严格的保护制度;二是进行增殖,在人工造礁区,通过投种菜、投苗种等,先后移植增殖了海带和裙带菜(表 6-11)。

表 6-11 海藻增殖

年份	海带(棵)	裙带菜(棵)
2000	20 000	3 000
2001	25 000	5 000
2002	30 000	5 000

经过多年来对海藻的保护和增殖,在海参分布区已形成大片的藻场,初步估算其海藻资源量达到数万吨(鲜品)。

(3) 投苗 通过投苗,补充和增加自然种群数量,效果明显,尤其是在造礁区,原来基本没有海参分布,通过投苗,逐步成为优势种群(表 6-12)。

表 6-12 历年投苗数量

年份	投苗规格	投苗量	效果分析
2000	5cm 以上	80 万头	良好
2001	5cm 以上	150 万头	良好
2002	5cm 以上	200 万头	良好

(4) 封海 从 20 世纪 60 年代开始封海护养, 1976 年建立了专业护海队伍, 到 1985 年就做到了完全封海, 1995 年成立了增殖站专门负责封海工作, 制定了严格的管理制度, 规定了治安队的职责, 对偷盗海参者除没收赃物外, 还按市场价格处以 3~5 倍的资源赔偿费, 同时进行法制教育, 从而很好地保护了海参等资源。

3. 增殖效果

通过 10 多年的护海封海, 小石岛海域已经形成稳定良好的生态环境, 海区的水质一般处于一类海区状态, 藻场已大面积形成, 生物量丰富, 海参资源量逐步增加, 海参的品质大幅度提高, 其商品参已成为市场上的名牌, 亲参也受到了各育苗单位的欢迎。

增殖措施的落实, 该海域的海参资源量有了很大增加 (表 6-13); 同时, 多年来为各育苗场提供了大量种参。

表 6-13 海域海参资源量

年 份	销售量		资源量	
	亲参(头)	商品参(kg)	资源量(kg)	可捕量(kg)
2000 年	1 000	35 000	110 000	44 000
2001 年	4 000	48 000	144 000	58 000
2002 年	7 000	55 000	165 000	66 000

在我国还有许多海参增殖的典型事例, 取得了良好的社会效益、生态效益和经济效益, 无论从事海参增殖的单位, 还是从事海参养殖的单位, 都可以从中吸取有益的经验。

第七章 海参营养与饲料

第一节 营养特点和需求

一、食性

(一)食物组成

海参具有栉形触手，属沉积物食性，以海底和附着基上的沉积物或附着物为食。

在自然海区，食物组成包括有机物碎屑、微小动植物（如混在泥沙里的硅藻、蓝藻、细菌、原生动物和有孔虫）、动物粪便、无机物（如硅和钙）等。摄食过程中，借触手连泥沙一并吞入。日本的山中等（1939）对北海道的海参调查表明，消化管内容物中，颗粒大小不同的沙泥粒、砾粒、贝壳片等为主体，包括混在其中的以硅藻类（60种）为主的浮游植物、海藻碎片、众多的原生动物（14种）、螺类及双壳类的幼贝、桡足类、虾蟹类的蜕皮壳、大叶藻碎屑、木屑、尘埃和细菌类等。

微生物是海参的重要饵料之一，故海参的分布与细菌种群的分布和变动有关。有研究指出，细菌在沉积物食性的海参食物链中占有重要地位，细菌种群的大小是影响海参在自然海区分布的重要因子，细菌在无机物转化为海参能吸收的有机物的过程中起着重要的作用。前苏联学者的研究表明，

海参对细菌性饵料的消化吸收程度相当高，认为细菌似乎是海参的主要食物，海参消化道中的细菌数量要比周围环境沉积物中的细菌数量大得多，但沉积物食性者与细菌及沉积物的关系非常复杂；细菌细胞数量从海参肠的前段向后逐渐减少，表明沉积物中的细菌细胞被消化了；海参的能量需求中有很大部分来自于细菌（不少于 70%）。

据中国科学院海洋研究所孙奕等研究，从海参（*Stichopus japonicus*）消化管、体腔液、和表皮上分离到的 359 株细菌分别属于 11 个主要属：弧菌属、假单胞菌属、奈瑟氏球菌属、不动杆菌属、柄杆菌属、黄杆菌属、节杆菌属、微球菌属、黄单胞菌属、棒杆菌属和产碱菌属；57 株酵母菌分别属于 4 个属：球拟酵母属、红酵母属、隐球酵母属和德巴利氏酵母属。肠道微生物的特异性主要体现在后肠，后肠的菌群种类繁多，前肠相对单一；后肠中分离到极为少见的柄杆菌属（*Caulobacter*）菌株，且饥饿时比例较高，其在后肠富集定居可能与海参机体的营养选择和吸收等功能有关；肠道微生物的组成和生理生化特性反映了海参选择性摄取藻类营养的特点。

自然海区中海参数量的多少与该海区海参饵料多少有密切关系，要维持较大的海参自然资源种群存有量，水体中饵料生物种群、有机物质等饵料的数量也必须足够大。一般海参数量多的海区，该区域沉积物中所含有机物质和细菌数量也多。

海参摄取的泥沙与其栖息场的底质是一致的，幼小海参的食性与其栖息场所的条件密切相关，由此可以理解海参栖息环境的重要性。有调查研究认为，像海参这样的颗粒摄食者，所划分的是栖息场所而不是食物资源。这种摄食习性的

形成是由于在深海底部只能得到少量食物，是对环境的一种适应。这样的颗粒摄食者，在种间竞争不存在时，一个生物种类占据许多栖息场所，能利用某一范围内的不同食物资源。

有研究报道，海参具有直接从周围水域中吸收利用溶解有机物的能力，有些营养元素和溶解有机物可由表皮等部位吸收得到。

(二)摄食量

据报道，在实验条件下，海参对天然饵料的消耗量为每克体重每昼夜 1.40g。海参的摄食终日不断地进行，补充其排泄出的部分，经常是保持满腹状态，但晚间的摄食量大于白天，约占日摄食量的 79%。

海参摄食随光线的强弱而不同，夜间摄食活跃，有日节律；随水温而不同，适温期（如春季和秋季）摄食活跃，摄食量很大，夏季则很少，甚至夏眠停食，有季度节律。海参的消化管重量及消化管腔的容量依季节有很大变动，即随着海水温度的变化呈有规律的周期变化。摄饵量的年内变化同消化管重及消化管腔容量一样，呈周期性变化，青岛地区最低值为 7~9 月（水温 20℃ 以上），最高值出现在 4~5 月。

海参摄食季度变化主要是受温度的影响。试验表明，幼参摄食、生长的最佳温度为 10~15℃，日摄食量大，生长快。当温度超过 20℃ 时，摄食量明显下降，生长速度降低。

(三)摄食方式和选择性

海参的摄食方式与触手的形态密切相关，形态与功能相适应。

海参触手是主要的摄食器官。摄食时触手的活动过程为：充分伸展，粘附抓取食物，顶端皱缩，触手弯曲并插入口

中；触手拔出口中时，或被口部括约肌，或被其他触手擦拭干净，摄入食物。

海参摄食有一定的选择性，包括物理选择和化学选择，但选择能力较低。在自然海区，海参消化道内含物的有机氮要比周围环境沉积物中的有机氮多 3~5 倍，细菌数量比周围环境多得多，表明了海参摄食的选择性。笔者观察到，当成参摄入不适宜的食物时，能够立即从口中吐出。

在海参人工育苗阶段，耳状幼体主要摄食单细胞藻类。海参耳状幼体靠围口纤毛的摆动，形成一定方向的水流，悬浮在水中的单胞藻和其他微小有机碎屑随着水流通过口送入消化道。

二、消化吸收

经试验检测，已经检出的海参消化酶有肠蛋白酶、酪蛋白酶、二肽酶、脂肪酶、果胶酶、淀粉酶、蔗糖酶、麦芽糖酶、果糖酶和纤维素酶。这些酶在第一小肠的酶活力最强。

据试验报道，海参对摄入体内饵料的消化，经 4~16h，粪便的排出量呈直线上升；随着消化管内食物的减少，其排便速度也变慢，消化管排空，需 40~46h。但这一试验结果会因水温的高低、饲料的多少而有变化。

研究表明，海参的不同生长阶段，不同的饲料或同一种饲料新鲜程度不同，处理方式不同，海参的消化吸收率也不同；海参摄取沉积物中的有机物，其消化率约为 15%，对有些食物成分的消化率可能高些。有研究指出，海参成参对植物性饲料（混于淤泥中的蕴藻）的消化率为 $67.5\% \pm 7.3\%$ ，而幼参（体重 3g）对此种饵料的消化率更高，为 $76.4\% \pm 6.8\%$ 。

Yingst(1976)研究拟海参 *Parastichopus paruimensis* 对各种饵料的利用率表明,它对褐藻碎片的吸收率仅为 9%,而对蓝藻及红藻碎片或碎屑完全不吸收(可以消化但不吸收);对动物性碎屑(蟹肉)、鞭毛藻、硅藻和细菌类的消化吸收率最高(87%);还有资料表明,一般藻类经发酵后,对其中氮的吸收率可由原来的 20%提高到 52.7%(分解 35d)。

海参的食性虽然较宽,饲料种类多种多样,但不同种类饲料的消化率和利用率不同,喂养效果也大不一样。海参的消化生理和营养需求还有待于深入研究。

三、营养需求

海参的营养需求可以参考以下几方面的资料。

1. 体壁生化组成

海参体壁主要生化成分(表 7-1)和氨基酸组成(表 7-2)可作为研究其营养特征和研制配合饵料的参考。从体壁组

表 7-1 海参(鲜)主要化学组成

生化成分	含量	生化成分	含量
水分(%)	77.1	钾(mg/100g)	43
蛋白质(%)	16.5	钠(mg/100g)	502.9
脂肪(%)	0.2	钙(mg/100g)	285
碳水化合物(%)	0.9	镁(mg/100g)	149
灰分(%)	3.7	铁(mg/100g)	13.2
核黄素(mg/100g)	0.04	锰(mg/100g)	0.76
尼克酸(mg/100g)	0.1	锌(mg/100g)	0.63
维生素 E(mg/100g)	3.14	磷(mg/100g)	28
硫胺素(mg/100g)	0.03	硒(μ g/100g)	63.93

成看，蛋白质含量为 16.5%；氨基酸总量在分析样品种的比例，体长 2~3cm 的个体为 2.52%，体长 10~15cm 的个体为 5.59%。

表 7-2 海参氨基酸组成 (mg)

氨基酸种类	海参体长(cm)	
	2~3	10~15
赖氨酸*	0.13	0.16
组氨酸*	0.04	0.05
精氨酸*	0.13	0.47
天冬氨酸	0.33	0.61
苏氨酸*	0.13	0.34
丝氨酸	0.13	0.30
脯氨酸	0.11	0.45
甘氨酸	0.25	0.98
丙氨酸	0.14	0.38
缬氨酸*	0.12	0.24
甲硫氨酸	0.05	0.08
异亮氨酸*	0.10	0.14
亮氨酸*	0.17	0.21
酪氨酸*	0.12	0.12
苯丙氨酸*	0.11	0.18
谷氨酸	0.46	0.88
合 计	2.52	5.59

注：带*的为必需氨基酸；表中数据为 100g 样品中的含量。

2. 适宜海藻饲料的营养组成

在海参稚幼参培育和养成过程中，鼠尾藻、马尾藻、海带和裙带是常用的天然饲料。从当前的使用效果看，以鼠尾藻

的效果较好。这些大型藻类的粗蛋白含量都不高（表 7-3），鼠尾藻粗蛋白含量测定结果波动较大（可能与被测样品和测定方法的不同有关），波动幅度为 9.97% ~ 25.28%，平均值为 13.69%，表明海参对饲料中蛋白质的需求量并不高。

表 7-3 喂养海参常用海藻的营养成分

海藻品种	粗蛋白 (g)	粗脂肪 (g)	糖类 (g)	粗纤维 (g)	灰分 (g)
海带	8.2	0.1	57	9.8	12.9
裙带	11.16	0.32	37.81		18.93
鼠尾藻(青岛)	27.5		33.33		25.7
鼠尾藻(河北)	12.125				23.69
鼠尾藻(威海)	17.5				10.99
鼠尾藻(日本)	8.16	0.69		38.95	31.2
鼠尾藻(青岛 1,1957 年)	25.28			4.68	
鼠尾藻(青岛 2,1957 年)	21.63			4.41	
鼠尾藻(青岛 3,1957 年)	18.25			4.34	
鼠尾藻(青岛 4,1957 年)	14.28			—	
鼠尾藻(青岛 5,1959 年)	10.47			3.98	
鼠尾藻(大连,1959 年)	24.79			3.20	
鼠尾藻(荣成,1959 年)	9.97			4.70	
鼠尾藻(福建 1,1959 年)	13.46			6.27	
鼠尾藻(福建 2,1959 年)	13.79			—	
鼠尾藻(广东,1960 年)	10.14			—	

注：表中数据为每 100g 干样品的含量。

3. 不同蛋白质含量饲料的喂养效果

饲料原料包括海藻、陆生植物和鱼粉等，海参幼参体长

2~3cm，水温为 12~17℃，试验时间 60d，喂养效果见表 7-4。

表 7-4 不同蛋白质含量饲料的喂养效果

试验编号	饲料中蛋白质含量(%)	成活率(%)	增重率(%)
1	5	100	30
2	10	100	33
3	20	100	32
4	30	100	25
5	40	100	17
6	50	100	18

试验结果表明，蛋白质含量在 5%~20% 喂养效果较好，没有明显差别；蛋白质含量太高，增重率反而下降。实验中观察，蛋白质含量高的饲料，海参摄食量甚少，似有厌食。这种情况可能是海参长期生活在海底、吞食海泥形成的一种摄食习性，对高蛋白饲料的味道和消化反而不适应。有时还可以观察到，如果高蛋白饲料投喂不当，对水质污染较明显，因为海参摄食不像对虾和鱼类那样主动抢食，而是泥沙和饲料混杂在一起吞入，颗粒饲料需要溃散以后才能摄食。这样，高蛋白饲料在溃散过程中会有相当一部分溶失到水中，未溶失部分也容易腐败分解，产生有害物质。另据研究，海参对蛋白质的吸收利用与蛋白质的来源有关，若配合饲料中的主要蛋白源不是鱼粉，而是其他藻类，如蛋白质含量高达 55% 的螺旋藻粉，则可以大大提高海参对配合饲料的利用率，饲料的可口性和喂养效果比较好。

第二节 单细胞藻类的培养

一、单细胞藻类的喂养效果

(一) 海参耳状幼体对饵料的要求

浮游性单细胞藻类的种类很多，作为海参耳状幼体的饵料应具备如下条件：①个体较小，无细胞壁或细胞壁较薄，易于消化；②游动慢，活动能力弱，海参幼体易于捕获；③培养条件特别是水温适宜范围与海参育苗期间的水温相吻合，便于安排生产；④培养技术成熟，能够进行生产性培养。

(二) 不同单细胞藻类的喂养效果

国内、外对海参耳状幼体饵料已经试验的种类很多，主要有盐藻 (*Dunaliella* sp.)、角毛藻 (*Chaetoceros* sp.)、三角褐指藻 (*Phaeodactylum tricornutum*)、小新月菱形藻 (*Nitzschia closterium*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、湛江叉鞭金藻 (*Dicrateria zhanjiangensis*)、无色鞭毛虫 (*Monas* sp.)、海水小球藻 (*Chlorella* spp.)、微绿藻 (*Nannochloris* spp.)、衣藻 (*Chlamydomonas* sp.)、扁藻 (*Platymonas* sp.)、单鞭金藻 (*Chromulina sphaerica*)、绿光等鞭金藻 (*Lsochrysis galbaha*) 和罗氏裸甲藻 (*Gymnodinium lauslkaya*) 等。

按照饵料效果，可大体划分为 4 类。

1. 最适饵料

主要有角毛藻、盐藻。角毛藻个体小，悬浮性强，细胞壁薄，幼体对其消化、吸收能力强，适宜繁殖水温为 25 ~ 35℃，

与耳状幼体培育期间的气温相吻合，生产中能够按计划要求进行大批量的培养供应。盐藻个体小，无细胞壁，只有细胞膜，易于消化，适宜的繁殖水温为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，与耳状幼体培育期间的气温相吻合。盐藻有很高的营养价值，盐藻干体中天然 β -胡萝卜素的含量高达 12%，是至今发现的天然 β -胡萝卜素含量最高的生物，还含有丰富的甘油、虾青素、18 种氨基酸、生物蛋白、脂肪、叶绿素、粗纤维和芳香物质等高级营养物质。盐藻是海参幼体的最佳饵料；但由于盐度要求较高，大规模培养有一定难度。耳状幼体摄取这两种单胞藻饵料后的消化、吸收能力特别强，饵料进入胃中以后，在很短的时间内（甚至不足 1min）被消化，看不见完整的单胞藻体，多呈粪便和渣滓排出体外；使用效果最好，幼体生长快、发育迅速，成活率和变态率较高。此类饵料可以单独投喂，也可以其为主，与其他品种搭配混合投喂。

2. 适宜饵料

主要有小新月菱形藻、三角褐指藻等。这几种单胞藻个体小，活动力弱，能够高密度大面积培养，宜于被幼体摄食、消化、吸收，使用效果较好。从观察中可以看到，多数藻体被消化、吸收，但有少量未被消化的完整藻体排出体外；胃液颜色、幼体发育生长基本正常，成活率、变态率较高；藻体繁殖生长最适水温为 $14\sim 18^{\circ}\text{C}$ ，与育苗前期水温相吻合，因此为海参前期育苗耳状幼体的重要饵料来源。适宜饵料可以单独投喂，或者与其他品种搭配混合投喂。

3. 慎用饵料

主要是金藻类，如湛江叉鞭金藻、等鞭金藻等，使用效果较差。耳状幼体摄食这几种藻类后，消化能力较弱，多数藻类

个体呈完整状态排出体外，胃液色淡，耳状幼体发育至中耳幼体或大耳幼体，容易出现胃萎缩、烂胃现象，应当慎用。此类饵料一般不宜投喂，尤其不适于单独投喂中耳幼体以后幼体，但可与盐藻、角毛藻等品种适当搭配投喂。

4. 不适饵料

主要有扁藻、小球藻、微绿藻等，使用效果最差。扁藻藻体较大，趋光性强，活动能力强，幼体不易捕获；细胞壁厚，幼体不易消化。在显微镜下可以观察到，大量扁藻在幼体胃内未被消化经肠排出体外后，可立即在水中活泼地游动。摄食扁藻，幼体发育生长迟缓，畸形多，容易出现胃萎缩、糜烂的现象，成活率、变态率极差。小球藻、微绿藻虽然个体小，但饵料效果与扁藻相似。因此，此类饵料不应使用。

二、常用单细胞藻类的生物学特性

(一) 牟氏角毛藻

1. 分类地位

牟氏角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*) 属硅藻门 (Bacillariophyta)、盒形藻目 (Biddulphiales)、角毛藻科 (Chaetoceraceae)、角毛藻属 (*Chaetoceros*)。

2. 形态构造

牟氏角毛藻细胞个体小，多数呈单细胞，有时 2~3 个组成群体。壳面椭圆形到圆形，中央部略凸出，壳环面呈长方形至四角形。细胞大小为 $(4.0 \sim 4.9) \mu\text{m} \times (5.5 \sim 8.4) \mu\text{m}$ (环面观)。角刺细长，圆弧状，末端稍细，约 $20 \mu\text{m}$ 。色素体 1 个，呈片状，黄褐色 (图 7-1)。

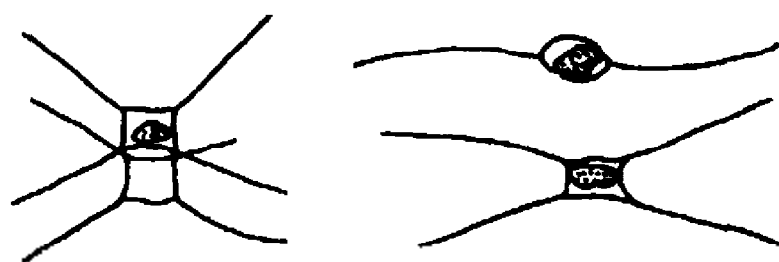


图 7-1 牟氏角毛藻

3. 繁殖方法

一般为无性繁殖方式，二分裂。当环境不良时可形成休眠孢子；此外，也能形成复大孢子。

4. 生态条件

(1) 温度 在 $10\sim 40^{\circ}\text{C}$ 对能正常生长繁殖，在 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$ 时，随温度的升高增殖加快；在 $35\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内，随温度升高增殖减慢。最适温度为 $25\sim 35^{\circ}\text{C}$ 。牟氏角毛藻适温范围较广，属耐高温种类，适合我国北方春夏季培养，培养技术成熟，易于大批培养。

(2) 光照强度 适应于较高的光照强度，在 $2\,000\sim 15\,000\text{lx}$ 可正常繁殖，适宜光照强度为 $6\,000\sim 10\,000\text{lx}$ ，最适光照强度为 $8\,000\text{lx}$ 左右。

(3) 盐度 牟氏角毛藻为半咸水种类，盐度为 $7\sim 32$ 时能正常生长繁殖，最适宜盐度范围为 $10\sim 25$ 。在实际培养中，可以通过适量添加淡水，将盐度调至适宜范围，促进繁殖和生长。

(4) 酸碱度 (pH) 最适为 $8.0\sim 8.9$ 。

(二) 盐藻

1. 分类地位

盐藻 (*Dunaliella* spp.) 属绿藻门 (Chlorophyta)、绿藻纲

(Chlorophyceae)、团藻目(Volvocales)、盐藻科(Polyblepharidaceae)、盐藻属(*Dunaliella*)。

2. 形态特征

藻体(图 7-2)为单体,无细胞壁,细胞形态和大小变化较大。盐藻细胞长 $9\sim 22\mu\text{m}$,宽 $3\sim 4\mu\text{m}$,有梨形、椭圆形和长颈形等。细胞内有一杯状叶绿体,叶绿体靠近基部有一较大的蛋白核。细胞核 1 个,位于原生质中央。眼点橘红色,位于细胞前端,是其感光器官。细胞前端有 2 根鞭毛,鞭毛的长度大于细胞的长度。盐藻依靠鞭毛在水中游动,活泼。

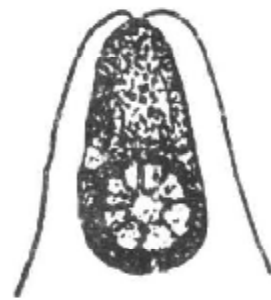


图 7-2 盐藻

3. 繁殖方式

盐藻在正常情况下以细胞纵裂方式进行无性繁殖,一般分裂为大小相等的 2 个子细胞。在不良环境条件下,也可以进行有性繁殖。

4. 生态习性

(1) 温度 盐藻的适应温度范围为 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$,最适温度为 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。温度低于 25°C 或高于 30°C ,其增殖明显减慢。温度高于 35°C 时易发生死亡。

(2) 光照强度 盐藻的适宜光照强度为 $2\,000\sim 10\,000\text{ lx}$,最适光照强度为 $4\,000\sim 8\,000\text{ lx}$ 。

(3) 盐度 盐藻嗜盐,对高盐度的适应能力特别强是其重要的生态习性,即使在饱和氯化钠海水中培养,也生长良好。适宜盐度为 30 至饱和氯化钠海水,最适盐度为 $60\sim 70$,也可以培养在正常盐度的海水中。

(三) 三角褐指藻

1. 分类地位

三角褐指藻 (*Phaeodactylum tricornutum*) 属硅藻门 (Bacillariophyta)、羽纹纲 (Pennatae)、褐指藻目 (Phaeodactylales)、褐指藻科 (Phaeodactylaceae)、褐指藻属 (*Phaeodactylum*)。

2. 形态构造

三角褐指藻细胞有卵形、梭形和三出放射形三种形态 (图 7-3)。

这三种形态的细胞在不同培养环境条件下可以互相转变。在正常的液体培养条件下, 常见的是三出放射形细胞和梭形细胞, 这两种形态的细胞都无硅质

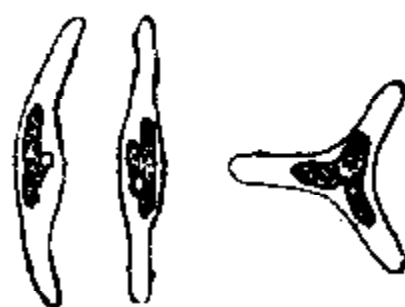


图 7-3 三角褐指藻

细胞壁。三出放射形态的细胞有 3 个“臂”, 臂长皆为 $6 \sim 8 \mu\text{m}$, 细胞两臂端间的距离约为 $10 \sim 18 \mu\text{m}$ 。细胞中心部分有一细胞核和 $1 \sim 3$ 片黄褐色的色素体。梭形细胞长约 $20 \mu\text{m}$, 有 2 个略钝而弯曲的臂。卵形细胞长 $8 \mu\text{m}$, 宽 $3 \mu\text{m}$, 只有 1 个硅质壳面, 无壳环带, 与具有双壳面和壳环带的一般硅藻不同。在平板培养, 基上培养, 可出现卵形细胞。

3. 繁殖方式

一般为平行分裂, 分裂成为 2 个形态相同的细胞, 因无硅质壳, 分裂时细胞不会缩小。

4. 生态条件

(1) 温度 不耐高温, 生长适温为 $5 \sim 25^\circ\text{C}$, 最适温度为 $10 \sim 20^\circ\text{C}$, 超过 25°C 时停止生长, 最终大量死亡。

(2) 光照强度 适应范围为 $1\,000\sim 8\,000\text{l x}$,最适光强为 $3\,000\sim 5\,000\text{l x}$,切忌阳光直射。

(3) 盐度 生存盐度为 $9\sim 92$,最适生长盐度为 $25\sim 32$ 。

(4) 酸碱度(pH) pH 值在 $7\sim 10$ 的环境下, 均能生长繁殖, 最适 pH 值为 $7.5\sim 8.5$ 。

(四) 小新月菱形藻

1. 分类地位

小新月菱形藻 (*Nitzschia clostertum*) 属硅藻门 (Bacillariophyta)、羽纹纲 (Pennatae)、双菱形目 (Surirellales)、菱形藻科 (Nitzschiaceae)、菱形藻属 (*Nitzschia*) 。

2. 形态构造

小新月菱形藻俗称小硅藻, 是单细胞浮游硅藻, 具硅质细胞壁, 细胞壁壳面中央膨大, 呈纺锤形, 两端渐尖, 皆朝同向弯曲, 似月牙形 (图 7-4) 。体长 $12\sim 23\mu\text{m}$ 宽 $2\sim 3\mu\text{m}$, 细胞中央具一细胞核。色素体 2 片, 位于细胞中央细胞核两侧。



图 7-4 小新月菱形藻

3. 繁殖方式

主要繁殖方式为纵分裂。

4. 生态条件

(1) 温度 耐低温的能力较强, 而对高温的耐受力较差, 其生长繁殖适温范围为 $5\sim 28^{\circ}\text{C}$,最适温度范围为 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。当水温达到 28°C 以上, 停止生长繁殖, 藻体大量下沉、凝聚、结块, 最后变白而大量死亡。

(2) 光照强度 适宜光照强度为 $1\,000\sim 8\,000\text{l x}$,最适光照强度为 $3\,000\sim 8\,000\text{l x}$; 切忌阳光直射, 否则会导致细胞色

素体损坏,藻体变白死亡。

(3) 盐度 对盐度的适应范围较广,盐度在 18~61 之间都能生活,最适盐度为 25~32。

(4) 酸碱度(pH) 适应范围较广, pH 值在 7~10 的环境下均能生长繁殖,最适 pH 值范围为 7.5~8.5。

(五) 湛江等鞭藻

1. 分类地位

湛江等鞭藻(*Isochrysis zhanjiangensis*) 属金藻门(Chrysophyta)、金鞭藻目(Chrysomonadales)、等鞭金藻科(Isochrysidaceae)、等鞭金藻属(*Isochrysis*)。

2. 形态构造

湛江等鞭藻的运动细胞多为卵形或球形,大小为 $6\sim7\mu\text{m}\times(5\sim6)\mu\text{m}$ 细胞具数层体鳞片,在细胞前端表面有一些小鳞片。具有 2 条等长的鞭毛,从细胞前端伸出。色素体 2 片,侧生,金黄色,细胞核位于细胞后端两片色素体之间。一个或几个白糖素颗粒位于细胞中部或前端(图 7-5)。



图 7-5 湛江等鞭藻

3. 繁殖方式

主要是无性繁殖,营养细胞纵分裂形成 2 个子细胞,未见内生孢子;遇不良环境形成胶群体。

4. 生态条件

(1) 温度 生长适温范围为 9~35℃,最适温度范围为 25~32℃,温度超过 37℃ 时死亡。

(2) 光照强度在 1 000~31 000lx 的光照强度范围内都

能正常生长繁殖，最适光照强度范围为 5 000~10 000lx。

(3) 盐度 适应范围较广，在盐度为 23~36 的范围内能够正常生长繁殖，最适盐度范围为 23~36。

(4) 酸碱度(pH) 适应范围为 6.0~9.0, 最适范围为 7.5~8.5。

三、单细胞藻类生长繁殖的影响因子

单细胞藻类的生长繁殖与生活环境有密切关系。在单细胞藻类的培养中，光照、温度、盐度、溶解气体、pH值和生物因子等环境条件都会产生重要影响。每个环境因子对生物的作用可区分为：最高限，超过此限度生物不能生存下去；最低限，低于此限度生命活动停止；最适度，指生命活动最盛时的范围，亦称最适范围。

在生物与环境的相互关系中，生物需要什么样的生活环境以及每种生物对某一环境的适应幅度，取决于生物长期以来形成的遗传特征。根据其适应幅度的大小，可以把生物分为广适应性（如广温性、广盐性等）和狭适应性（如狭温性、狭盐性等）两类。

(一)光照

单细胞藻类与所有绿色植物一样，只有在光照的条件下才能进行光合作用。光在单细胞藻类培养中是影响生长的主要因子之一。

1. 光源

单细胞藻类培养光源主要是太阳光，其次是人工光源。用人工光源，光照时间和强度容易调节，但成本高，一般只在实验室内使用。在生产中，只有阴天下雨、阳光不足时，才用

人工光源。单细胞藻类的光合作用以及藻体的生长发育，受到光照强度的影响，对光照强度的适应有一定的范围。

光照强度用照度计测定，其单位是勒克斯（lx）。

2. 适光范围

不同的单细胞藻类有不同的适宜光照强度。适光范围是指单细胞藻类细胞能进行正常生长繁殖的光照强度范围。不同藻类的适光范围不同。在适光范围内，光照强度增加，光合作用速度加快。光合作用或细胞分裂速率达到最大值时的光照强度称为最适光照强度或称饱和光照强度。达到饱和光照强度后，光照强度再增加，光合作用反而减弱以致受到抑制。

单细胞藻类对光照时间有不同的要求。对角毛藻进行昼夜连续光照和断续光照（光照：黑暗 = 16:10）的实验结果表明，在昼夜连续光照条件下，角毛藻的细胞密度明显高于断续光照。单细胞藻的个体在群体中的位置是不固定的，在人工干预（如充气等）的条件下，它们的位置可以作频繁的、大幅度的变动，可以使单细胞藻更有效地利用光能。

3. 其他因素对光照的影响

光照对细胞光合作用的影响是复杂的，在分析光对藻类细胞生长的作用时，必须考虑各种因素之间的综合作用。

首先，温度的影响十分显著。温度通过对藻类细胞新陈代谢速度的作用而影响藻类细胞对光照强度的要求。在低温下，新陈代谢缓慢，要求的补偿光照强度较低，造成有害作用的光照强度也较低。

其次，营养盐浓度对其影响也较大。在中等光照下，表现出营养盐浓度增加，光合作用加强的趋势，而且高营养盐浓度

可使细胞在较强的光照下快速生长。另外，二氧化碳的供给、酸碱度等环境因子对光照的作用也有重要影响。

（二）温度

在水环境中，温度是一个极为重要的生态因子。生物的生长需要一定的温度范围才能进行正常的生长繁殖等生命活动，称为适温范围。在适温范围内可分为最适温度范围、最低适应温度(低限)和最高适应温度(高限)。最适温度范围是指生物生长繁殖最快、生命活动最理想的温度范围。

单细胞藻类生长的最适温度范围也不是一成不变的，可随着光照强度和某些营养物质的浓度而改变。连续培养新月菱形藻发现，当培养液中硝酸盐和磷酸盐浓度类似于天然海水中的浓度时，其生长最适温度低；当它们的浓度高于天然海水中的浓度时，其最适温度范围较高。当温度变化超出适温范围时，对生物产生严重的危害作用，甚至死亡。但在高温条件下影响更严重，死亡更快。一些生态学家认为，高温对生物的危害是化学性的，而低温对生物的危害是机械性的。

（三）盐度

水是一种富含各种盐类的溶液，地球上不同水域的水，含盐量差别很大。淡水水域的含盐量在 **0.01~0.5** 之间，半咸水含盐量为 **0.5~16.0**，海水水域的含盐量为 **16.1~47.0**，超盐水域的含盐量在 **47.0** 以上，大洋水和雨水径流较少海区的盐度一般在 **35** 左右。

水中含盐量的表示方法有多种，而“盐度”是最常用的。盐度是每千克海水中所含溶质的总克数。海水盐度对单细胞藻类的影响，主要表现在渗透压和相对密度两个方面。

(四) 营养盐

单细胞藻类的营养元素分为大量元素、微量元素和辅助生长物质三部分。大量元素又称常量元素，如碳、氢、氧、氮、硫、磷、钾、钙、镁和铁等；微量元素，需要量甚微，如锰、硼、锌、铜、钼、溴、硒和碘等；辅助生长物质为一些可溶性有机物质，如维生素 B_{12} 等。

单细胞藻类生长必需的每一种元素都有一个最低限量。如果低于最低限量，则对生长繁殖起抑制作用；但当某种营养成分含量过高（超出高限）时，也会对单细胞藻类产生毒害作用，影响其生长繁殖，甚至使单细胞藻类死亡。后者的危害比前者更为严重。

(五) 二氧化碳

培养单细胞藻类的水环境中，二氧化碳呈现各种形式，即游离的二氧化碳 (CO_2)、碳酸 (H_2CO_3)、碳酸氢盐 (HCO_3^-) 和碳酸盐 (CO_3^{2-})，各种存在形式在水中可以互相转化。单细胞藻类在光合作用中，对二氧化碳的吸收以游离态二氧化碳为主，也可吸收以 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 形式存在的二氧化碳；水中二氧化碳不足会影响光合作用的效率。

通常，海水中所有形式二氧化碳的总浓度是充足的，在天然水域中不会限制单细胞藻类的光合作用，但在人工培养单细胞藻类的情况下，藻类细胞的密度很大，白天光照适宜时，光合作用进行频繁，二氧化碳的供应往往不足，成为光合作用的限制因子，影响藻类细胞的生长繁殖。

在生产性培养中，补充二氧化碳通常采用以下措施。① 充气：充入普通空气（空气含二氧化碳 0.03%），通过微小气泡增加空气和水的接触面，使空气中的二氧化碳溶入培养液

中；② 搅拌：通过搅拌增加水与空气的接触面，使空气中的二氧化碳溶于培养液中；③向培养液中添加碳酸盐。

（六）酸碱度

各种藻类对酸碱度（pH）都有一定的适应范围。天然海水中的 pH 值比较稳定，一般为 8.1~8.3。但在人工培养条件下，由于各种营养元素的影响和单细胞藻类代谢作用的影响，pH 值变化较大，有可能超出其适应范围，影响单细胞藻类的生长。最常见的是由于单细胞藻类光合作用吸收二氧化碳及利用碳酸盐而造成的 pH 值上升现象，应采取相应的调控措施，如充气、添加培养液等。

（七）生物因子

单细胞藻类的生长繁殖除受环境的理化因子影响外，还受生物之间相互关系的影响。在生产性培养中，污染生物与培养藻类的关系及其对培养藻类的影响，称为生物因子。

生物因子对单细胞藻类的影响，有促进生长的例子，如某些单细胞藻类（如骨条藻等）在有细菌存在的条件下生长更好；也有危害生长的例子，如敌害生物的吞食、寄生和抗生等。单细胞藻类在代谢过程中产生的某些物质（如抗生素）能够抑制另外一种单细胞藻类或其他生物的生长繁殖，如实球藻培养液能抑制小球藻和菱形藻的生长。

在实际情况中，单细胞藻类生活在水环境中，受到各种环境因子的综合影响，应全面进行分析。

四、单胞藻的培养液

（一）培养液的成分

1. 常量元素

单细胞藻类培养液中包括的常量元素有氮、磷、铁、钾、镁、硫、钙等,硅藻培养液中还有硅。

(1) 氮 氮是生物细胞中蛋白质的主要组成物质,约占蛋白质含量的 16% ~ 18%,氮源是否充足对单细胞藻类的培养至关重要。常见的氮源有硝酸钾、硝酸钠、硝酸铵、氯化铵、硫酸铵、尿素和发酵人尿等,其中以硝酸钠和硝酸钾最常用。

不同的藻类对硝酸态氮和铵态氮的吸收利用情况不同,需要根据不同的藻类选择合适的氮源。氮元素的用量为 $5 \times 10^{-6} \sim 80 \times 10^{-6}$,常用量为 $15 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6}$;换算成硝酸盐的用量约为 $100 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$ 。

(2) 磷 磷在生物体内主要参与蛋白质和磷脂的组成,也是许多酶和维生素的组成元素。此外,无机态磷也存在于植物体内,并对其代谢活动有重要意义。常见的磷肥有磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、磷酸二氢钠和磷酸氢二钠。海水单细胞藻类的培养液应用磷酸二氢钾,如用磷酸氢二钾培养液会产生大量沉淀。

单细胞藻类培养中磷元素的常用量为 $1 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$,换算成磷酸二氢钾的用量为 $10 \times 10^{-6} \sim 20 \times 10^{-6}$ 。

(3) 铁 铁在植物体内有促进叶绿素合成的作用,也是许多氧化酶的重要组成成分。生产上常用的铁肥是柠檬酸铁和三氯化铁,也有的用硫酸铁和柠檬酸铁铵。

无机铁在培养液中易形成胶体复合物而产生沉淀,不易保持一定的浓度。尽管铁的需要量很少,但要满足藻类的需要却很困难。通常采用下列方法来改善铁的供应:加入土壤抽取液,因为腐殖酸的作用可阻止铁的沉淀和溶胶化;或加入

有机酸以及其他盐类，以便形成可溶性铁化合物，如柠檬酸铁；或加入络合剂，常用的是乙二胺四乙酸(EDTA)或其钠盐(Na_2EDTA)，形成络合离子，能防止铁和微量元素的沉淀。

由于无机铁容易形成胶体复合物和沉淀，而有机铁，如柠檬酸铁、酒石酸铁等则是可溶性的，易为藻类细胞利用，在培养液配方中可用有机态铁代替无机态铁。柠檬酸铁用量为 $0.1 \times 10^{-6} \sim 0.5 \times 10^{-6}$ 。

(4) 钾 在生物体内，钾的作用主要不是结构功能，而是代谢功能。常用的钾肥有氯化钾、硝酸钾、磷酸二氢钾和磷酸氢二钾等。

自然海水中钾元素的含量较高 (380×10^{-6})，用海水配制培养液时，一般不需另施钾肥。

(5) 硅 硅藻类的生命活动需要较多的硅，硅藻培养液中常添加硅酸钠来补充对硅的需求。硅的一般用量为 $10 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$ 。

(6) 镁、硫、钙 镁是叶绿素主要组成物质之一，同时又与磷酸结合，对植物的生命过程起调节作用。自然海水中镁的含量较高($1\ 200\text{mg/L}$ 以上)，一般不需另加。

硫是蛋白质的重要组成成分之一，培养液中的硫元素一般可在加入其他元素的硫酸盐类(如硫酸铵、硫酸镁、硫酸铁等)的同时获得。

钙能调节植物体中原生质的活动和酸碱反应，对碳水化合物和蛋白质的合成过程有促进作用。自然海水中钙的含量一般能满足需要。

2. 微量元素

单细胞藻类培养液中常用的微量元素有硼、锰、锌、铜、

钼、钴、钛、钨、铬、镍、钒、镉和锑等。

微量元素用量一般为 $0.5 \times 10^{-9} \sim 50 \times 10^{-9}$ 。使用微量元素时，常加络合剂防止沉淀。由于藻类对微量元素的需要量和致毒量的差距一般很小，略超过其需要量即可引起毒害，所以在使用微量元素时，用量要适当，并严格掌握。

3. 辅助生长有机物质

辅助生长有机物质能促进藻类细胞的生长繁殖，增强藻类细胞对环境的适应能力。

常用的辅助生长有机物质有维生素 B_{12} 、维生素 B_1 （硫胺素）、维生素 B_2 、维生素 B_6 、维生素 H （生物素）、柠檬酸、菸酸、贝肉汤、鱼粉、咸鱼汁和土壤抽出液等。

（二）单细胞藻类培养液

单细胞藻的种类不同，培养液的组成也不同，即使同一种类，每个培养人员的习惯用法也不同。实践中常用的培养液配方组成如下。

1. 一般配方

一般配方适用范围较广（表 7-5、表 7-6）。

表 7-5 一般配方(1)

成 分	用 量
硝酸铵(NaNO_3)	60g
磷酸二氢钾(KH_2PO_4)	4g
柠檬酸铁($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	0.5g
海水	1 000L

注：适用于绿藻、硅藻（另加 5g NaSiO_3 ）、金藻（另加维生素 B_1 100mg，维生素 B_{12} 500 μg ）。

表 7-6 一般配方(2)

成 分	用 量	成 分	用 量
NaNO ₃	0.03g	维生素 B ₁	200 μ g
Co(NH ₂) ²	0.03g	维生素 B ₁₂	200 μ g
KH ₂ PO ₄	0.005g	人尿	1.5mL
FeC ₅ H ₅ O ₇ (1%溶液)	0.2mL	海水	1000mL

注：适用于绿藻类、金藻类、硅藻（另加 0.02g/L NaSiO₃）。

2. 硅藻类培养液

(1) 角毛藻培养液(表 7-7)

表 7-7 角毛藻培养液配方组成

成 分	用 量
硝酸铵(NH ₄ NO ₃)	5~20mg
磷酸二氢钾(KH ₂ PO ₄)	0.5~1.0mg
柠檬酸铁(FeC ₆ H ₅ O ₇ ·3H ₂ O)	0.5~2.0mg
海水	1 000mL

注：加入少量人尿，效果更好。

(2) 三角褐指藻、新月菱形藻培养液（表 7-8）

表 7-8 三角褐指藻、新月菱形藻培养液配方组成

成 分	用 量
硝酸铵(NH ₄ NO ₃)	30~50mg
磷酸二氢钾(KH ₂ PO ₄)	3~5mg
硅酸钾(K ₂ SiO ₃)	20mg
柠檬酸铁(FeC ₆ H ₅ O ₇ ·3H ₂ O)	0.5~1.0mg
海水	1 000mL

(3) 生产用硅藻培养液（表 7-9）

表 7-9 生产用硅藻培养液配方组成

成 分	用 量
硝酸钠(NaNO_3)	60g(或 15g 硝酸钠 + 20g 尿素)
磷酸二氢钾(KH_2PO_4)	4g
柠檬酸铁($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	0.045g
硅酸钠(Na_2SiO_3)	4.5g
海水	1m ³

3. 金藻类培养液

(1) 洪江等鞭藻培养液(表 7-10)

表 7-10 洪江等鞭藻培养液配方组成

成 分	用 量
硝酸钠(NaNO_3)	50mg
磷酸二氢钾(KH_2PO_4)	5mg
硫酸铁[$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$](1%溶液)	0.25mL
柠檬酸钠($2\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$)	10mg
人尿	1.5mL
海水	1 000mL

(2)等鞭藻培养液(表 7-11)

表 7-11 等鞭藻培养液配方组成

成 分	用 量
硝酸钠(NaNO_3)	30mg
尿素(NH_2CONH_2)	15mg
磷酸二氢钾(KH_2PO_4)	6mg
柠檬酸铁($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	0.5mg
维生素 B ₁	0.1mg
维生素 B ₁₂	0.000 5mg
海水	1 000mL

(3) 生产用等鞭藻培养液 (表 7-12)

表 7-12 等鞭藻培养液配方组成

成 分	用 量
硝酸钠 (NaNO_3)	60g
磷酸二氢钾 (KH_2PO_4)	4g
柠檬酸铁 ($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)	50mg
维生素 B_1	100mg
维生素 B_{12}	0.5mg
海水	1m^3

4. 盐藻培养液 (表 7-13, 表 7-14)

表 7-13 盐藻培养液配方组成 (1)

甲液成分	用量	甲液成分	用量
氯化钠 (NaCl)	5~10g	柠檬酸铁 ($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$)	0.0005g
磷酸二氢钾 (KH_2PO_4)	0.005g	海水	1000mL
硝酸钠 (NaNO_3)	0.06g		

表 7-14 盐藻培养液配方组成 (2)

甲液成分	用量	乙液成分	用量
氯化钠 (NaCl)	5~10g	硝酸钠 (NaNO_3)	0.5g
海水	500mL	磷酸二氢钾 (KH_2PO_4)	0.5g
		柠檬酸铁 ($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$)	0.001g
		海泥抽取液	20~30mL
		海水	500mL

注: 使用时将甲、乙两液混合, 如果再加 2%~3% 的人尿效果更好。

单细胞藻类培养液配方很多，但都含有几种基本的营养元素，主要是氮和磷，在硅藻培养液还含有硅，此外一般藻类的培养液中都要加铁（尤其是绿藻）。营养元素的用量都有一定范围，实践中应根据需要选择配方，只要掌握了单细胞藻类对各种营养元素的需要，工作中可灵活掌握，适当调整。有些海洋单细胞藻类如角毛藻在较淡的海水中比在盐度很高的海水中生长得好，如配制培养液所用的海水盐度较高（接近 35）时，可加适量的淡水，往往能取得较好的效果；另外，各地区海水中原来含有的营养成分和化学成分大不一样，应根据实际情况摸索试验，及时调整配方组成，如果对配方生搬硬套，效果往往不好。

（四）培养液的配制

培养液是根据培养液配方配制的，选定配方后，即可配制培养液。保种用的营养盐最好用试剂级。为了减少称重的麻烦，可将各种元素分别配成母液，用时吸取一定量即可。具体的浓度根据配方确定，通常在配制培养液时以每升水加入 1mL 母液为宜。

营养元素的加入要遵照一定的顺序，一般先加氮，再加磷，然后加铁；每加入一种营养元素，要搅拌均匀，再加第二种。维生素溶液的配制要将各种维生素分别溶解后再混合，理想的保存温度是 -20°C 。

为了避免杂藻的污染，要对培养液进行消毒，一般采用分别消毒的方法：

（1）主要元素的母液要进行高压或带压热消毒，常压下煮沸 10min 即可达到除去杂藻的目的，但要达到灭菌的效果则需 15 磅 [1lb 磅 $\approx 453.592\ 37\text{g}$] 压力 20min。也可以对海

水和主要元素分别消毒后，再进行配制。

(2) 由于有些维生素不耐高温，所以维生素溶液的消毒采取先对容器和水分别进行干热和高压蒸气灭菌后再配制。

(3) 微量元素溶液的消毒可采用高压蒸气消毒和对容器、用水分别消毒后再配制。

(4) 配制培养液，用海水煮沸 5~10min 可达到消毒目的。生产上大量培养用海水的消毒常采用过滤法、酸处理法和漂白粉消毒等方法，以漂白粉消毒法比较普遍。

三、单细胞藻类培养的程序和方法

(一)藻种

1. 藻种的来源

单细胞藻类的藻种可以向有关的保种单位购买，也可以从天然水域中分离。分离指从天然水域混杂的生物群中，运用一定的方法，把所需要的藻类个体分离出来，进而获得单种进行培养。

2. 藻种的培养

生产中藻种的培养包括两方面的工作：一是保种培养，使藻种得到长期保存，需要时随时取用；二是藻种的扩大培养，目的是满足生产上对藻种的大量需要。

藻种培养时，培养容器、工具经煮沸消毒或使用化学药品消毒后，用煮沸淡水冲洗干净，培养液用加热灭菌法消毒，接种后瓶口用消毒纸包扎，放在适宜的光照条件下培养。藻种培养除扩大培养外，为避免污染，一般不充气，只作定时的摇动。藻种在培养过程中必须定期进行显微镜检查，出现污染应及时分离或弃之不用。

3. 藻种的保存

藻种的保存又称保种，生产上一般可采用液体培养基保存，使藻种在低温、弱光的条件下培养。如可以在冰箱冷藏室中保种，维持温度在 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ ；更换培养液的时间，不同的藻种有所不同，硅藻、金藻类一般 1~2 个月更换一次，绿藻类 2 个月左右更换一次。

(二) 单细胞藻类培养设施和方式

1. 单细胞藻类培养设施

目前，我国在单细胞藻类培养中普遍采用的是开放式通气培养方法。生产上，培养设备包括工作室、培养容器、藻种培养室、生产性饵料培养室、充气系统和水处理系统等。

2. 培养方式

从不同的角度划分，单细胞藻类有多种培养方式。

(1) 一次培养、连续培养和半连续培养 该类培养是按采收方式划分的。

一次培养又称有限培养，是在一定的容器中，根据藻类需要加入无机和有机营养物质，配成培养液，把少量的藻种接种进去，然后在适宜藻类生长的环境条件（温度、盐度、光照、pH 值等）下培养，待藻液达到一定的密度后，一次性采收或作进一步扩大培养。

连续培养一般在室内进行，采用自动控温、人工光源、封闭式通气培养。在培养容器内，新的培养液不断流入，达到一定藻类密度的培养液不断流出。培养液的流入量和流出量可根据单细胞藻类的生长情况和需要进行人为控制，并保持平衡。在培养过程中，营养物质浓度和藻类细胞密度相对稳定，环境因子变化较小。连续培养方式，藻类细胞生长的环境条

件稳定，产量高，在国外应用较多，目前我国生产上也开始采用。

半连续培养是指在一次培养的基础上，当藻类细胞达到一定密度后，每天收获一部分浓藻液，并加入新的营养液继续培养。半连续培养是生产中常用的方法，每天的收获量根据育苗的需要及藻液的生长情况确定。

(2) 藻种培养、中继培养和生产性培养 该类培养是按培养的规模 and 目的来划分的，常称为三级培养。

藻种培养（一级培养）目的是培养和供应藻种。在室内进行，一般采用一次性培养法。培养容器为 **1 000~3 000mL** 的三角烧瓶，或 **10 000~20 000mL** 的细口瓶、塑料桶，瓶（桶）口用消毒纸或纱布扎严。

中继培养（二级培养）目的在于培养大量的高密度纯种藻液，供应生产性培养接种使用。中继培养一般在室内的大玻璃容器或大塑料袋中进行。根据需要可分为一级中继培养和二级中继培养。一级中继培养的容器为 **10L** 的大口玻璃缸（南方各省多用）、**10~20L** 的细口瓶或塑料袋，以封闭式不通气培养为主。二级中继培养的容器为 **0.2~0.4m³** 的水族箱、**0.5~1.0m³** 的玻璃钢水槽、**0.5~1.0m³** 的小型水泥池等，以开放式通气一次性培养为主。利用大塑料袋进行二级中继培养是新的有效方法。

生产性培养（三级培养）目的是培养供给育苗应用的饵料。一般在室内，有封闭式培养和开放式培养两种类型。培养容器有水泥池、玻璃钢水槽和塑料袋。

(3) 封闭式培养与开放式培养 依据藻液与外界的接触程度划分的。

封闭式培养是把培养液密封在透明的容器中，与外界隔离。培养容器多为管状，用有机玻璃或透明的聚乙烯塑料做成管道，水平、直立或斜立于地上，暴露在阳光中（或用日光灯光源），二氧化碳完全采用人工供给的办法，并利用水泵使培养液不断循环。封闭式培养所用的设备主要包括培养槽、气体交换塔和控制系统三部分，其优点是容易控制，产量稳定，但设备成本较高。

目前，国内采用玻璃柱和塑料袋培养，效果很好，具有方法简单、成本低、培养的藻细胞密度大、不易被污染和生产周期短等优点。

开放式培养是把单细胞藻类培养在敞开的容器中。二氧化碳采用人工供给或依靠与空气的自然交换，如常见的广口玻璃缸、水族箱和水泥池培养等。开放式培养设备简单，成本低，是目前培养单细胞藻类的主要形式。开放式培养由于光照充足，通风较好，藻细胞生长繁殖迅速，但因藻液与外界接触面大，容易受敌害生物的污染。

（三）生产性培养的程序和方法

单细胞藻类生产性培养的程序包括：容器工具的洗涤和消毒、培养液的制备、接种、培养管理。在生产池中加入消毒海水和营养盐，接入适量的藻种后，在适宜的条件下，4~5d即可达到最高细胞密度，此时池内的藻液可作为饵料输入育苗池；然后将池子清洗后再进行新的培养，循环进行。如果以5d为一个培养周期，则可将生产池分为5组，每天接种一组，连续5d将所有生产池接满，然后按次序循环地进行收获。具体操作中，主要依据单细胞藻类的生长情况，灵活掌握。

1. 容器和工具的洗涤消毒

培养用容器、工具的洗涤和消毒是单细胞藻类培养中最基本的一项工作，稍有疏忽就会引起藻种间的混杂和敌害生物污染，造成整个培养失败，必须引起足够重视。

所有培养用容器、工具在用前必须用去污粉等刷洗并冲洗干净，如果玻璃瓶壁上有白色菌膜或碳酸钙等物粘附，不易刷洗，可用 1% 浓度左右的稀盐酸浸泡去除，然后用水充分冲洗。容器、工具洗刷干净后，进行消毒。

常用消毒方法有以下几种。

(1) 加热消毒法 加热消毒法是利用高温杀死微生物的方法。不耐高温的容器、工具，如塑料和橡胶制品等不能用此法消毒。

①直接灼烧消毒：接种环、镊子等金属小工具以及试管口、瓶口等可以直接在酒精灯火焰上进行短暂的灼烧消毒；载玻片、小刀等则最好先蘸酒精，然后在酒精灯火焰上点燃，待器具上的酒精烧光，也就完成了消毒操作。直接灼烧消毒可以直接把微生物烧死，灭菌彻底。优点是简单、方便、快速、效果好，但只适用于小型金属或玻璃工具。

②煮沸消毒：把容器、工具放入锅中，加水煮沸消毒。一般在水中煮沸 10~20min。对大型锥形瓶消毒时，可在锥形瓶口上放一只培养皿，然后在锥形瓶中加少量淡水，加热煮沸 5~10min，可使整个瓶壁充满蒸气，达到消毒充分。消毒完毕即用消毒纸蒙上备用。

煮沸消毒法的作用是杀死全部营养体和部分芽孢。如果在水中加 1% 碳酸钠，效果更好，此法只适用于小型的容器、工具。

③烘箱干燥消毒：将玻璃容器、金属工具等洗涤干净，待干燥后放入烘箱(亦称恒温干燥箱)中，关闭烘箱门，打开通气孔，接通电源，加热。当温度达到 120°C 时，关闭通气孔，停止加热，维持 2h，然后关闭电源。此时切不可打开烘箱门，必须等烘箱内温度逐渐下降到 60°C 以下才能打开烘箱门。在消毒过程中，温度上升或下降都不能过急，否则玻璃器皿容易炸裂。

(2) 化学药品消毒法 在大规模培养单细胞藻类的生产中，大型容器、工具及培养池一般用化学药品消毒，常用的消毒药品有漂白粉(或漂白液)、酒精和高锰酸钾等。

①漂白粉 [$\text{Ca}(\text{ClO})_2$] 或漂白液：漂白粉又称氯石灰，为白色粉末状物质，是氯与氢氧化钙作用的产物。在空气中因受二氧化碳作用，逐渐放出次氯酸而有强烈的刺激性气味。工业上用的漂白粉一般含有效氯为 30%~35%。

消毒时按 $1 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-4}$ 的比例(每立方米水 100~300g)配制成水溶液，把容器、工具在溶液中浸泡半小时，再用消毒水(经过煮沸或沉淀过滤的水)冲洗 3~4 次即可。白瓷砖池、水泥池的消毒可配成高浓度浆糊状的漂白粉溶液淋洒池壁，半小时后用消毒水冲洗干净；为充分消毒培养池，也可用较低量的漂白粉进行全池浸泡后，用消毒水冲洗干净。因漂白粉有氯臭味，需要停放 12h 才能接种使用(一般下午消毒池子，第二天早上接种)，以免抑制单细胞藻类生长。

使用漂白粉消毒需长时间浸泡，同时氯臭味较难除去。漂白粉暴露于空气中易分解，遇水或乙醇也易分解，应密封储存。也可用漂白精进行消毒，漂白精主要成分是次氯酸钙，一般含有效 70% 左右，用漂白精消毒，用量应减半。

漂白液含有一定量的次氯酸钠，是化工厂的副产物，有效氯的含量一般在 5% 左右。漂白液具有价格低廉、无大型杂质、不产生沉淀物及便于储藏和用法简单等优点，被育苗场家广泛地用于容器、工具和培养池的消毒。使用时可参照漂白粉的用量进行具体调整。

② 酒精(C_2H_5OH)：酒精即乙醇，能使生物蛋白脱水变性凝固，故有杀菌作用。70% 酒精的杀菌能力最强，常用于小、中型容器和工具的消毒。

方法是用纱布蘸酒精在容器、工具的表面涂抹，即达到消毒目的。操作时，应注意容器、工具的表面必须全部涂抹到，不能遗漏。如果容器水洗后还未干燥即进行消毒，则酒精的浓度应提高，可用 90% ~ 95% 的酒精，以防容器表面的酒精浓度被水分冲淡而降低杀菌能力。酒精涂抹后 5min，消毒水冲洗 2 次即可。

使用酒精消毒，简单方便，效果好。酒精是一种较理想的消毒药品。

③ 高锰酸钾($KMnO_4$)：高锰酸钾又称灰锰氧，为紫色针状结晶，可溶于水，是一种强氧化剂，能使蛋白质变性，杀菌能力很强。消毒时按 5×10^{-6} 的比例配成高锰酸钾溶液。把洗涤清洁的容器、工具放在溶液中浸泡 5 ~ 10min，取出用消毒水冲洗两三次即成。白瓷砖池、水泥培养池的消毒，可用高锰酸钾溶液沿池壁淋洒几遍，并泼洒池底，10min 后再用消毒水冲洗干净。注意用高锰酸钾浸泡的时间不能过长，如果超过 1h，容器、工具上常有棕褐色沉淀附着，很难洗去。高锰酸钾溶液一般应当天配、当天使用，如果消毒的容器不多，配制的溶液还未变质，也可使用 2 ~ 3d。

④石炭酸：主要破坏生物细胞膜，使蛋白质变性。消毒时按 3%~5% 的比例配成溶液，把洗涤清洁的容器、工具在石炭酸溶液中浸泡半小时，再用消毒水冲洗 2 次即可。

⑤盐酸：取工业用盐酸 1 份加淡水 9 份配成 10% 的盐酸溶液，把清洗干净的容器、工具放入盐酸溶液中浸泡 5min，再用消毒水冲洗 2 次。水泥池的消毒与使用高锰酸钾消毒方法相同。

2. 海水消毒和培养液的制备

单细胞藻类培养液（液体培养基）的制备，首先消毒海水，然后按培养配方要求在消毒海水中加入营养盐。为了防止敌害生物污染，配制培养液的海水必须经过消毒，杀死其中的敌害生物。

选用海水消毒方法应考虑下列三方面的情况：第一，能够达到杀灭敌害生物的目的；第二，经消毒处理后的海水必须无毒，对培养藻类的生长、繁殖无不良影响或影响甚微；第三，方法经济易行，能够供应大量培养的需要。

日前在单细胞藻类培养中常用的海水消毒方法有如下几种。

(1) 加热消毒法 把经沉淀或沉淀后再经砂滤的海水于烧瓶或铝锅中煮沸消毒。海水加热消毒，冷却后须经充分搅拌或震荡，使其恢复溶解气体量。通常保种培养用水多用此法。

(2) 过滤除菌法 把经沉淀的海水，经砂滤装置（砂滤池或砂滤罐）过滤，把大型的生物和非生物杂质除去，再经陶瓷过滤罐过滤，除去微小生物。还有双过滤装置，使海水经过 2 次过滤，除菌更有保证。

砂滤装置滤水迅速，滤水量大，在单细胞藻类的大量培养中使用，能满足大量用水的需要，但是微小生物不能完全隔除、除菌不彻底是其缺点。为了克服这一缺点，可采用 2 次砂滤、陶瓷过滤罐过滤或水的再消毒处理。

(3) 酸处理消毒 海水的 pH 值呈稳定碱性，长期生活于海水环境中的海洋生物对 pH 值变化的适应力和对酸性的耐力都较弱。根据这个原理，可使用酸处理方法消毒海水。海水经沉淀及砂滤后放入池内，用酸处理方法消毒。

具体操作如下：

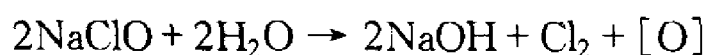
第一步为酸碱溶液的配制：量取浓盐酸 84mL，加蒸馏水（或用淡水代替）916mL，配成一个摩尔浓度的盐酸溶液；称取氢氧化钠 40g，溶解于 1 000mL 蒸馏水（或用淡水代替）中，配成 1mol/L 的氢氧化钠溶液。

第二步为酸处理：根据所需处理水量的多少，按每 1 000 mL 海水加 1mol/L 的盐酸溶液 3mL 的比例，加酸充分搅拌。加酸后海水的 pH 值可降到 3 左右（pH 值为 2.9~3.1）。酸处理 12h 以上，一般下午开始酸处理到次日上午止。处理完毕，再按每 1 000mL 海水加入 1mol/L 的氢氧化钠溶液 3mL 的比例，加碱中和，使海水的 pH 值恢复到 7.5~8.0 左右。

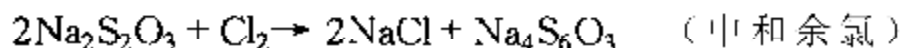
酸处理消毒完毕，然后可以施肥、接种培养。

(4) 漂白粉或漂白液消毒 海水经沉淀及砂滤后流入海水消毒池，使用漂白液消毒。

漂白液加入海水中以后，有效成分次氯酸钠遇水生成具有消毒杀菌作用的氯和初生态氧，然后再加入硫代硫酸钠（又称大苏打），中和余氯。简单反应式如下：



(释放氯和初生态氧)



海水中有效氯的含量为 20×10^{-6} 时, 硫代硫酸钠的理论用量约为 35g, 二者的比例为 1:1.75。

目前生产上最常用的是漂白水 (NaClO), 起消毒作用的成分是其中所含的有效氯和初生态氧。市面上出售的漂白水, 有效氯含量变化较大, 一般为 30% ~ 35%, 漂白精的有效氯含量一般为 40% ~ 70%。但这种氯含量极不稳定, 易与空气中的二氧化碳化合而不断消失, 同时也容易从空气中吸收水分而潮解成半流动体, 并很快分解产生次氯酸而散逸。如果产品出厂后经过长时间放置, 储藏又不严密, 就很容易失去消毒作用。因此, 在使用时, 若不预先测定其有效氯含量, 而仅以出厂时标明的氯含量来计算漂白粉使用量, 往往达不到预期效果。

消毒时, 直接向水中加入漂白水, 使有效氯含量达到 $25 \times 10^{-6} \sim 30 \times 10^{-6}$, 停放 6 ~ 7h, 可将水中的细菌、杂藻、原生动物等杀死。

消毒水使用前, 需要用硫代硫酸钠进行中和。在生产上用硫酸 - 碘化钾 - 淀粉试剂作为指示剂, 先计算理论上所需硫代硫酸钠的量, 将此数据作为参考, 逐渐往里加, 边加边搅动, 加到一大半时, 用指示剂测定, 若变成蓝色则说明还有余氯, 需要继续中和; 当滴加指示剂无蓝色出现时, 说明中和彻底。有些生产单位用碘化钾溶液作为指示剂, 若溶液变黄, 则说明还有余氯需要中和, 这种方法虽然在理论上成立, 但容易在视觉上产生误差, 造成中和不彻底, 影响单细胞藻类的培养

效果，不宜提倡。

关于消毒海水时漂白粉或漂白液的用量，可根据实际情况确定。用 25×10^{-6} 有效氯的漂白粉或漂白液消毒海水，可以杀死大部分敌害生物，但对危害严重的大型变形虫无法杀灭。用 100×10^{-6} 有效氯的高浓度漂白粉或漂白液消毒，可以杀死包括大型变形虫在内的一切敌害生物。敌害生物的出现具有季节性，一般以 6~9 月为敌害生物危害严重季节，可以在此季节内用较高浓度的漂白粉或漂白液消毒海水，而在冬季和初春敌害生物较少出现时，可用较低浓度的漂白粉或漂白液消毒，力求降低生产成本。

漂白粉消毒海水，成本低，消毒较彻底，是生产上普遍应用的方法。

(5) 紫外线消毒 紫外线消毒水的原理，是海水经一定量紫外线的照射产生臭氧，而臭氧产生的原子态氧具有较强的氧化作用，从而杀死海水中的部分微生物和某些藻类。这种消毒方法经济，残余的有害物质少。

砂滤海水以一定的流速经过紫外线消毒器，即可完成海水的消毒；或向消毒池海水充以经紫外线照射的空气，也可实现海水的消毒。但该方法所用设备费用较高，水流量不易控制，紫外线灯管易烧坏，这些问题如能解决，将有利于紫外线消毒方法的推广。

3. 接种

把藻种按要求接种在准备好的培养液中培养，称作接种。

(1) 藻种质量 藻种质量对培养效果影响很大，衡量藻种好坏的标准有以下几点：① 活力强，生长旺盛，上浮好，无老化；② 外观上颜色正常，绿藻类呈鲜绿色，硅藻类呈黄褐

色，金藻类呈金褐色，如呈白色等异常颜色则不正常，无明显附壁和沉淀；③ 纯种，无其他杂藻和原生动物污染；⑤ 藻种密度要足够大，角毛藻、三角褐指藻、新月菱形藻的藻种密度要达到 300 万个/mL 以上。

(2) 接种比例 选好藻种后，进行细胞计数确定接入量。用量可用以下公式计算：

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

式中： N_1 为藻种细胞密度； V_1 为藻种用量； N_2 为接种后培养液的藻种密度； V_2 为接种后培养液的体积。

单细胞藻类接种一般采用 1:2~1:5 的比例，大量生产尽可能提高接种比例，常采用 1:1~1:3 的比例。

接种的比例大，可使培养液中的藻类一开始就占据优势，利用生物间的拮抗作用对其他可能的污染生物起抑制作用；可以缩短培养周期，这是接种并培养成功的关键之一。特别是在环境因子不适合、藻类生长不良、敌害生物有大量出现的可能时，高比例的接种量对接种成功尤其重要。

由于接种比例高，需要的藻种量大、藻种不足时，可以采用分次加培养液的方法。例如一个 20m^3 水容量的培养池，如果一次按 1:1 的高比例接种，需要藻种 10m^3 ，而采取两次加培养液的方法，只要藻种 5m^3 就够了。第一次先配培养液 5m^3 ，接种 5m^3 藻种，总水量为 10m^3 ，为培养池容量的一半；培养 2~3d 后，再加培养液 10m^3 ，再培养 3~4d 达收获密度。这样始终保持了 1:1 的高比例接种量。另一方面，分次加培养液，对藻类细胞生长繁殖效果较好，且有利于保持饵料的新鲜。

(3) 接种时间 接种时间最好选择晴天上午 8~10 点进

行，白天藻类细胞进行光合作用，有趋光上浮的习性，特别是具有运动能力的种类更明显；不宜在晚上接种，因为不少藻类细胞晚上沉在底部。早上 8~10 点一般是藻类细胞上浮明显的时候，此时接种可以把藻种液中上浮好的优质藻类细胞吸出作藻种，弃去底部活力较弱而沉淀的藻类细胞，起到选优的作用。

4. 培养管理

单细胞藻类培养过程中，管理工作包括日常的管理操作、生长情况的观察和检查、出现问题的分析处理等几个方面。

(1) 搅动和充气 搅动和充气可以增加培养液和空气的接触面，使空气中更多的二氧化碳溶解到水中，补充由于藻类细胞的光合作用对二氧化碳的消耗；可以防止水表面产生菌膜；可以使藻类细胞均匀分布，藻类细胞均匀受光，促使沉淀的藻细胞上浮而获得光照。

在培养中可根据具体情况分别采用摇动、搅动和充气的方法。小型培养可采用摇动培养瓶的方法；大口玻璃缸开放式培养可采用棒形工具搅动的方法；塑料薄膜袋封闭式培养、玻璃钢桶以及水泥池开放式培养采用充气方法。摇动和搅动每天至少进行 3 次，定时进行，每次 0.5min 左右。充气一般通入空气，用鼓风机、小型充气泵或无油的气体压缩机。充气时要对空气进行过滤，使气体先通过空气过滤器，然后再通入藻类培养液中。

(2) 调节光照 光照适合与否，对藻类的生长关系很大，常用的是太阳光和灯光，根据不同藻类对光照的具体要求进行调节。一般情况下，所有的藻类都不能忍受强烈的直射光。一般饵料培养室的顶部都用玻璃钢瓦采光，中午自然光比较

强时，可用白布进行遮光；自然光较弱时，需增加人工光源。

(3) 控温 每一种藻类都有其适应温度范围和最适温度范围。如果能在控制温度的条件下培养是最理想的。在目前还不具备控温条件的情况下，在培养过程中也应该尽可能使温度适合于培养藻类的要求。在夏季室内培养时，把门窗打开通风降温，必要时需增加换气扇或风扇等设备。如果气温急降，要关闭门窗，防止温差过大。在北方春季、冬季，气温较低，需要采取升温措施，才能进行正常培养。

(4) 其他管理 防止雨水及泥土进入饵料培养池，防止蚊子幼虫和其他昆虫滋生，大风时防止异物刮进池内，操作中防止化学污染和原生动物污染等。

(5) 藻类生长情况的判定 藻类生长情况可以通过培养液呈现的颜色，藻类细胞运动情况，是否有沉淀、附壁现象，菌膜及敌害生物污染迹象的有无等几个方面进行观察了解大体情况。肉眼检查比较直观，可以观察下列内容。

①颜色：颜色的观察很重要，绿藻类生长发育良好时，随着密度的增加，培养液由嫩绿到深绿色；三角褐指藻、小新月菱形藻正常生长时藻液呈现褐色，藻体悬浮于水中呈云雾状水团，随着密度的增加由浅褐色到深褐色；等鞭金藻生长良好时呈金褐色。接种后，各种藻类的细胞浓度逐渐增加，正常情况下颜色由浅变深。若颜色由深变浅则可能是由于环境因子不适宜(如肥料不足、光线过强、温度过高等)引起的；若出现异常颜色，如蓝色、黄色、乳白色等，可能有异藻污染。

②运动情况：具有运动能力的藻类，在水中有一定的分布特点。当环境不适(如光线不足)时便下沉形成沉淀；当环境变好(如光线适宜)时则上浮，上浮的藻类细胞比例越大越

好。天气正常时，藻类细胞白天也不上浮以及出现大量沉淀，经搅拌后又很快下沉，则属不正常现象。培养时间较长时，底部可有少量沉淀，这是正常现象。

三角褐指藻、新月菱形藻没有鞭毛，但有管状的壳缝，由于细胞质能在管状壳缝内流动和外界水相摩擦，故藻体能作缓慢运动，生长良好时，悬浮在水中，形成云雾状水团。金藻虽有鞭毛，但运动缓慢，一般不上浮，而形成趋光带。

③沉淀情况：沉淀藻体的颜色如果保持原色，说明还没有死亡，有可能恢复其正常生长。如果沉淀藻体变成灰白色，表明已死亡、腐败。

造成藻类沉淀的原因是多方面的，一般是环境不良或营养不足使生长受到抑制而产生沉淀。许多藻类能形成保护性形态，如金藻类形成的胶群体，它们也能产生沉淀，但可度过不良环境。敌害生物代谢产物的毒害也常是引起沉淀的原因。此外，当细菌大量繁殖时，藻类细胞可由菌膜互相粘连而形成团块状，引起沉淀，这在扁藻培养中常见。

④有无附壁：生长良好的单细胞藻类不附壁，如果产生附壁，说明环境不适，生长不好。

⑤有无菌膜：水面出现菌膜，表明有真菌或细菌生长。

⑥是否污染：培养液中除藻体呈现颜色外，水是清晰透明的，如果出现水混浊，则可能是由于原生动物污染或施肥造成。如果容器底部沉淀出现块状或条状空白区，往往是敌害生物蚕食的结果；如果容器底部出现块状的颜色，如棕色、红色、褐色、纯蓝色等，表明有其他杂藻滋生。

(6) 藻类生长情况的观察和检查 藻类生长的好坏是培养成败的标准，加强藻类生长情况的观察和检查十分重要。

在日常管理工作中，每天上、下午必须定时各做一次全面检查。在日常观察了解大体情况的同时，还必须配合显微镜检查，才能彻底掌握实际情况，因为藻类细胞及其敌害生物个体很小，只有借助显微镜才能观察清楚。

镜检主要有三方面的内容：第一，了解单细胞藻类的生长情况，主要是形态和运动情况；第二，检查鉴定敌害生物及杂藻，较大的敌害生物可用解剖镜镜检，较小的敌害生物必须借助显微镜才能看到；第三，进行藻类细胞的计数，确定细胞浓度；藻类细胞浓度亦可用肉眼观察颜色的深浅来估计。

(7) 出现问题的分析和处理 通过日常的观察和显微镜检查，了解藻类生长情况，结合当时环境条件的变化进行分析，找出影响藻类生长的原因，采取相应的措施。影响单细胞藻类生长的原因很多：从内因看，藻种本身的质量是否优良；从外因看，任何一种环境条件的不适合都会对藻类的生长产生不良影响。经常影响生长的主要因子是敌害生物、光照、营养、温度和盐度。

四、底栖硅藻的培养

1. 藻种的种类

底栖性单细胞藻类培养海参稚幼参以矽藻类最为理想，常用的几种底栖硅藻有以下几种：阔舟形藻 (*Navicula latissima* Gregory)，壳长约为 $20 \sim 40 \mu\text{m}$ ；舟形藻 (*Navicula* sp.)，壳长约 $15 \sim 25 \mu\text{m}$ ；月形藻 (*Amphora* sp.)，壳长约 $20 \sim 25 \mu\text{m}$ ；卵形藻 (*Cocconeis* sp.)，壳长约 $6 \sim 8 \mu\text{m}$ 。目前各地选用的底栖硅藻，大多直接取自本地海区，对本地区的环境条件的适应能力强，容易培养。

2. 藻种采集方法

(1) 洗涤海藻 在海区生长的大型藻类如鼠尾藻等的藻体表面，有底栖硅藻附着。把这些底栖硅藻擦洗下来，收集为藻种。

(2) 海区挂板附片 在海区浮筏下，悬挂各种类型的附着基(如文蛤壳、塑料板、玻璃片等)，悬挂深度为 0.5m 左右，2~3d 后取回，将附着基上的杂物冲洗掉，再把附着的底栖硅藻擦洗下来，收集为藻种。

(3) 刮砂淘洗 在海滩的中潮线附近，自然繁殖的底栖硅藻在沙滩的表面形成黄绿色至黄褐色的密集藻群，可以在最低潮时刮取有密集藻群的表层细砂，放塑料桶中，加入清洁海水，搅拌和清除杂物，静置片刻，待砂泥下沉，上层液体呈茶褐色，再经粗筛绢过滤，即可得到浓度很大的底栖硅藻藻液。

用以上几种方法采集的藻种是多种混杂的，而且不同海区常见的底栖硅藻优势种类有所不同。采集海区的混杂藻种，由于没经过筛选，不一定都合乎要求。比较理想的方法是分离、筛选优良藻种进行单种培养，但对一般海参育苗场而言，困难较大。

3. 培养容器和附片装置

培养底栖硅藻常用水泥池，育苗池或饵料池均可。底栖硅藻附片一般可直接用海参育苗附着基，方便实用。

4. 培养管理

(1) 接种附着 一般用附着基作为接种附片。把培养容器和附着基清洗并消毒，将附着基放入培养容器中，加满消毒海水。把采集到的底栖硅藻藻液用密筛绢过滤后，倒入培养池中，搅拌均匀，静置 1d，利用底栖硅藻在静水中沉降并附着

的特性进行附着。24h后，硅藻藻种已比较均匀地附着在附着基的向上面(单面附着)，用水轻轻冲洗附片，待附着基上的硅藻不脱落时，即可全部换水，加入新鲜海水并施肥，开始培养，或倒池，将已经附着硅藻的附着基倒入新池施肥培养。培养2~3d后，可把附着基翻转，再一次接种，即可双面附着。双面附着后，继续培养。

(2) 换水 静水培养底栖硅藻，每2~3d更换一次新鲜海水并施肥。换水时必须冲去池底污物，并把蚊子幼虫和腹毛类原生动物等敌害生物冲走，附片上的敌害生物也必须轻轻地冲洗掉。在高温季节里，换水次数应增加，必要时每天换水1~2次。换水结束后立即施肥。在条件许可的情况下，如果流水培养底栖硅藻，可以连续流水，也可以每天流水一定时间，效果都很好。

(3) 施肥 在培养过程中，如果经常更换新鲜海水或用流水培养，营养元素会有流失，需要施肥。

施肥时间应在晴天早上换水后进行。每立方米水体可参考如下施肥量：硝酸铵(NH_4NO_3)20~30g，或硝酸钠(NaNO_3)20~50g；硅酸钠($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)1.5g；磷酸二氢钾(KH_2PO_4)1~3g；柠檬酸铁($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)0.1~0.3g。培养用水水源的营养元素含量在不同海区差异很大，施肥量应根据具体情况灵活掌握。为避免培养用水太肥，导致喜肥的杂藻丛生，一般施肥量不宜过大，应勤施少施。

(4) 调节光照强度 培养室应安装天幕，以便于及时调节光照。中午时避免直射光照射，尽可能地利用较强的漫射光，阴雨天气可利用人工光源。底栖硅藻培养需要的光照较弱，应控制在1 000~2 000lx。光线过强，容易滋生其他喜光

的杂藻。

(5) 观察和检查 藻种附着后, 每天进行巡池观察, 定期镜检, 掌握藻类生长繁殖的情况。藻类生长繁殖情况的观察和检查有六个方面的内容, 见表 7-15

表 7-15 底栖硅藻生长、繁殖情况的观察和检查内容

观察和 检查内容	底栖硅藻生长繁殖情况	
	好	坏
附片颜色	整片均匀由浅黄逐渐变为黄褐色	出现斑痕, 变成灰白或转为紫蓝色
冲洗结果	用海水缓慢冲洗也不脱落	立即脱落或因培养过久老化而成片脱落
产生气泡	晴天时经常产生许多微小气泡, 气泡能陆续上升	附片转为紫蓝色后, 产生黄豆大的气泡, 悬附于附片上
镜检情况	硅藻色素体完好, 褐色	色素体变形或移位, 有时由褐色转为淡绿色
附片上 细胞密度	单位面积的细胞数量不断增加	单位面积的细胞数量不增加或出现许多空白
敌害生物	未见到或很少有敌害生物	发现许多敌害生物

引自陈世杰等, 1977。

(6) 收获 根据底栖硅藻生长情况和海参育苗的需要, 及时收获。收获前应用土霉素 ($4 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-6}$) 消毒, 杀灭水蚤等敌害。底栖硅藻附着装置 (附着基) 经消毒海水冲洗或池内荡洗后, 直接移进育苗池充当附着基, 并提供适量光照, 可使硅藻在育苗池中继续繁殖。

（五）敌害生物的防治

在单细胞藻类培养过程中，常会发生敌害生物的污染，而使培养失败。敌害生物的污染和危害是造成当前单细胞藻类生产不稳定的主要原因。

1. 敌害生物对单细胞藻类的危害作用

敌害生物对单细胞藻类的危害，主要通过以下两个方面。

（1）直接吞食 一些较大的敌害生物，如轮虫、游仆虫、尖鼻虫、变形虫和海生残沟虫等，直接吞食藻细胞。

（2）对单细胞藻类起抑制和毒害作用 一些较小的敌害生物，如小白虫、微孢子虫等通过其分泌的抗生物质对培养藻类产生抑制和毒害作用。

2. 敌害生物污染的途径

在单细胞藻类培养生产中，敌害生物可以通过以下途径污染。

（1）容器和工具 容器和工具消毒不彻底，可引起敌害生物污染。

（2）操作不严 工作人员进行操作前，手未经消毒，操作时不遵守操作规程，都会引起污染。

（3）水 天然水中生活着种类繁多的生物，在单细胞藻类培养中，配制培养液的水以及清洗消毒后的容器和工具的用水，如果处理不彻底，就会造成敌害生物的污染。在单细胞藻类培养中，藻种培养与小型培养大都用加热法消毒，如果加热温度不够或持续时间不够，都可能达不到消毒目的。在大量培养中，水经过滤后用漂白粉处理或用陶瓷过滤棒作第二次过滤处理都是有效的，但用漂白粉处理水时，漂白粉的有效氯含量降低或者处理时间不够，都可能达不到消毒目的。

(4) 空气、肥料、昆虫的污染 微生物通过空气污染是经常发生的,而且难以避免;开放式培养,藻液和空气的接触面大;通气培养,大量的空气进入藻液中;一些 $2\sim 3\mu\text{m}$ 大小的微生物(其中多数是单细胞绿藻类),可以借风力随尘土在空气中飞扬而污染藻液。肥料不符合卫生要求、昆虫侵入培养池也可能引起敌害生物污染。

3. 防治敌害生物的措施

对待敌害生物,应以防为主,防治结合,尽量减少其危害。

(1) 预防措施

①严格防止污染:在培养流程中,应分析可能产生污染的渠道,有针对性地采取相应措施。藻种培养在室内进行,培养容器封闭性较强,防污染的条件较好。只要藻种级没有敌害生物污染,就为扩大培养提供了良好的前提。防止污染的重点应放在生产性藻种培养这一级上。

②保持培养单细胞藻类的生长优势和生长数量:生物之间有竞争存在,保持培养藻类良好的生长及其数量上的绝对优势,培养藻类将通过分泌较多的胞外产物对敌害生物起抑制作用。为保持培养藻类的优势,接种的藻种必须是指数生长期的细胞,接种藻种比例要大,环境条件如温度、盐度、光照、营养盐等要适宜,使培养藻类细胞的数量在培养液中始终占绝对优势。

③做好藻种的培养和供应工作:在长时间的生产培养过程中,完全防止敌害生物的污染是非常困难的。要解决这个问题,必须源源不断地以充足的“纯”藻种来取代和补充已经污染废弃的藻种,这才能保证生产性培养顺利连续进行。因此,藻种的足量准备非常重要。

(2) 清除、抑制和杀灭敌害生物的方法

①使用过滤方法清除大型敌害生物：大型敌害生物可以用过滤方法清除。如轮虫等，通常用网孔小于 $60\mu\text{m}$ 的筛绢过滤，经一次过滤可以清除轮虫的成体，而轮虫卵和正在发育的幼小个体不能完全清除，必须连续过滤 3d，每天一次。待第一次过滤后存留下来的卵和幼小个体发育成长为成体后，在第二次或第三次过滤时清除掉。

②使用药物抑制或杀灭敌害生物：底栖硅藻常见的敌害生物桡足类，可用 $2 \times 10^{-6} - 10 \times 10^{-6}$ 敌百虫杀死，特别在往育苗池投放前，适当加大敌百虫的用量，彻底清除桡足类等敌害生物。

③改变环境条件杀灭敌害生物：在了解培养藻类和敌害生物对生态因子适应范围的前提下，改变某一环境因子，达到既杀灭敌害生物又保存培养藻类的目的。当盐藻培养受到变形虫危害时，可以利用盐藻嗜盐的特点，在 1 000mL 藻液中加入食盐 70~110g，不仅能杀死变形虫，而且能杀死尖鼻虫、游仆虫和个体较小的原生动物。一般在加盐处理后的 15~18d，被污染的盐藻培养液由黄绿色变为鲜绿色，藻细胞游动活泼，生长旺盛。

第三节 配合饲料

根据科学研究成果和实践经验，海参配合饲料的感官性状、水中稳定性、理化指标、安全卫生指标应符合下列要求。

(一) 感官性状

具有饲料的正常气味，无酸败、油烧等异味；呈颗粒状或

粉状，色泽一致；颗粒表面光滑，无裂纹，切口整齐，大小均匀；无发霉变质、结块现象，无虫害。

(二)水中稳定性

无论配合饲料呈颗粒状还是呈粉末状，都必须沉淀在海参附着物的表面，并且大的颗粒溃散以后才能被海参摄食。因此，稳定性必须适宜，即颗粒不能长时间不溃散，导致海参不能摄食，也不能稳定性太差，溶失过多，造成水质污染和浪费。

(三)理化指标

理化指标应符合表 7-16 的要求。

表 7-16 配合饲料理化指标

项 目		指 标
原料粉碎粒度 (筛上物)	0.425mm(40 目)孔径试验筛	$\leq 5\%$
	0.250mm(60 目)孔径试验筛	$\leq 6\%$
混合均匀度(变异系数)		$\leq 10\%$
水中稳定性(散失率)		$\leq 15\%$
水分		$\leq 11\%$
粗蛋白质		$\geq 8\%$
粗脂肪		$\geq 3\%$
粗纤维		$\leq 10\%$
粗灰分		$\leq 17\%$

促生长剂可选用微量元素等。海参苗种体长 3cm 以下，原料粉碎粒度为 40~60 目；海参苗种体长 3cm 以上，原料粉碎粒度为 40 目即可。

(四)安全卫生指标

安全卫生指标应符合表 7-17 的要求。

表 7-17 配合饲料卫生指标

项 目	限 量
无机砷(mg/kg,以 As 计)	≤ 3
铅(mg/kg,以 Pb 计)	≤ 5
汞(mg/kg,以 Hg 计)	≤ 0.5
镉(mg/kg,以 Cd 计)	≤ 5
黄曲霉毒素 B ₁ (mg/kg)	≤ 0.01
霉菌总数(cfa/g)	$< 3 \times 10^4$
细菌总数(cfa/g)	$< 2 \times 10^5$

第四节 代用饲料

无论是在育苗中,还是在商品参的养成过程中,广开饲料来源是非常必要的。

(一)酵母

目前应用的有面包鲜酵母和海洋红酵母 (*Rhodotorula* sp.), 主要用来投喂海参耳状幼体。面包酵母菌体大小为 $5 \sim 10\mu\text{m}$ 在通气状态下,能够长时间悬浮于培育水体中,耳状幼体易于摄食,且能够消化、吸收,正常发育。在水温 $22 \sim 23^\circ\text{C}$ 范围内,2d 由受精卵发育至初耳幼体,体长 $500\mu\text{m}$ 左右,4d 发育至中耳幼体,6d 发育至大耳幼体,8d 出现樽形幼体、五触手幼体,9d 出现稚参。无论生长发育还是幼体的大小,与以单胞藻为饵的效果大体相当,但要注意投喂量,防止水质

污染。

海洋酵母(红酵母 11)个体小,一般为 $3\sim 6\mu\text{m}$, 悬浮性及浮游性强,分布均匀,不易下沉。投喂 24h 后,尚能保持淡乳白色,有利于幼体摄食。幼体摄食后,酵母细胞在胃内分布均匀,且随着胃液的流动而不停地旋转,在胃与肠交界处,酵母细胞已结成团,胞体轮廓不清,消化正常,成活率较高。海洋酵母的商品形式多为液体或黏稠的糊状,有时保存不善,容易腐烂变质,购买和使用时要确保质量符合要求。

(二)大型海藻磨碎液

鼠尾藻等藻类磨碎液作为饵料,能及时地补充或解决单细胞藻类饵料不足的问题。这种磨碎液含有多种底栖硅藻(如曲舟藻、圆筛藻等)以及大型藻类的细胞和碎屑。可以现采现用,也可以在资源充足时,大量采集冷冻储存,以备后用。加工时,先用粉碎机将藻类绞碎,过滤后使用。鼠尾藻等藻类磨碎液主要用来投喂海参耳状幼体。

大叶藻粉碎滤液的主要成分为大叶藻的有机碎屑以及细菌、真菌等,是幼体易于摄取、消化、吸收的饵料。幼体以大叶藻粉碎发酵液为饵,发育迅速,变态率较高。

(三)藻粉

常用的藻粉包括鼠尾藻粉、马尾藻粉、海带粉和螺旋藻粉等。经浸泡过滤后可以投喂海参耳状幼体,也可以经浸泡后不过滤,直接投喂养殖成参。

(四)海泥

海泥中包含有有机营养成分、微量元素、活性物质等,适量用海泥培育稚幼参效果较好。采集海泥的方法多种多样,可以洗涤附有海泥的扇贝笼,可以在混浊海区吊挂附着物粘

附海泥，也可以直接挖取海泥。海泥使用前用土霉素 5×10^{-6} 杀灭病菌，用敌百虫 10×10^{-6} 杀灭水蚤等桡足类，并滤除大型杂物。

海泥成分较为复杂，在不同海区以不同方式采集的海泥成分会大不一样，使用效果也不尽相同，但必须保证海泥无污染，不含有害物质；同时，海泥的用量要适当，避免用量过大，防止对育苗用水的污染，要增加倒池的频次。

第八章 海参病害和敌害的防治

第一节 出种培育期

一、“烂胃”和“滑板”的发生

“烂胃”发生在耳状幼体阶段,在初耳期、中耳期、大耳期都有可能发生。烂胃过程往往由胃壁增厚开始,进而狭窄,不膨胀而呈棒状,再发展则溃烂破碎;烂胃个体大部分会陆续死亡,少部分个体会因条件的改善逐渐恢复胃形,开始摄食,但胃形一般不能恢复到正常形态,绝大部分将在变态过程中死掉。因此,耳状幼体阶段烂胃往往会给海参育苗造成毁灭性的损失。

“滑板”是习惯说法,指稚参附着以后突然解体,当一个池子发生解体时,池底可以检查到大量稚参的骨片,稚参死亡数量往往在 80% 以上,有时达 100%。据检查发现,当一个池子发生解体时,不仅附着基上的稚参解体,散落在池底的稚参也发生解体。因此,把常说的“滑板”改称为“解体”可能较为准确,有利于分析原因。“解体”往往发生在稚参附着 40d 以内,多在十几天到二十几天之间,一般认为稚参附着 40d 以后就度过了解体死亡的危险期。

耳状幼体“烂胃”和稚参“解体”是海参育苗过程中的两大死亡高峰，能否防止和避免这两大死亡高峰是海参育苗成败的关键，防止和避免这两大死亡高峰是提高海参育苗成活率的关键。

二、对耳状幼体烂胃和稚参解体原因的认识

笔者认为，耳状幼体烂胃和稚参解体是耳状幼体和稚参在不利条件作用下的“生物自杀”行为，在性质上类似于海参幼参、成参的排脏，烂胃、解体是结果，不利条件的超限作用是致因。

基于上述认识，优化培育条件，加强科学管理，提高育苗技术，是防止耳状幼体烂胃和稚参解体的根本措施。各种不利因子对幼体和稚参作用的强度大小、时间长短不同，会产生不同的结果；多种不利因子对幼体和稚参的协同作用，会产生更加严重的结果。因此，采取综合防治措施的效果会更好。

在自然条件下，海参耳状幼体烂胃、稚参解体和幼参、成参的排脏是海参种群在不利条件下的一种被动选择，但可以使海参种群回避恶劣环境而生活在适宜的生态环境中，对于保持海参种群遗传性状的稳定性和种群的延续具有重要的积极意义。

三、耳状幼体烂胃的防止

(1) 亲参 选择性腺发育好的亲参采卵。如果水温提升过快，营养供应不足，这种情况下采集的卵子缺乏足够的物质积累，孵出的幼体往往体质较弱，抗逆能力差。

(2) 饵料 选择最适饵料种类，投喂优质饵料，单细胞藻

类饵料不足时可搭配投喂酵母、鼠尾藻磨碎液；禁投老化、污染、密度太小、质量低劣的饵料，慎投金藻，不用扁藻。

(3) 水温 不宜过高和过低，水温宜维持在 $20\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，发育正常，生长快，成活率高。

(4) 水质 防止污染，特别注意育苗用水中有害重金属离子的含量，如果偏高，可酌情施加 2×10^{-6} 的 EDTA 钠盐，进行螯合以降低其毒性。

(5) 密度 耳状幼体密度过高，容易导致烂胃，应选择与培育条件和培育技术相适应的密度进行培养。

(6) 管理方面避免操作不当导致烂胃 充气过大，耳状幼体随气泡和水流而翻滚，身体容易受损，体力消耗太大；换水时，加入的新水水温较培育池内的水温过高或过低都不好，幼体难以适应，1h 温差变化最好限制在 0.5°C 以内。

(7) 倒池要及时 耳状幼体刚刚孵出时可结合布池调整密度倒池一次，以及时清除未孵化的卵子和性产物；培育水体出现污染征兆时，也应及时倒池，使幼体置于水质良好的水环境中。

四、稚参解体的防止

(1) 耳状幼体的质量 健壮的耳状幼体有利于提高变态率，可以获得健壮的稚参，增强稚参的抗逆能力。

(2) 投放附着基的时机 投放附着基过早或过晚都不好，特别是不应太晚。据观察，樽形幼体有选择适宜附着位置的能力，如能及时或早一点投放附着基，就为樽形幼体选择合适的附着位置提供了充裕的时间，在这种情况下，附着的稚参分布均匀，活动能力较小的每个稚参都有自己的适宜空间，为

正常摄食和活动创造了条件；反之，如果投放附着基过晚，樽形幼体可能没有足够的时间选择适宜的附着位置，附着的稚参分布很不均匀，有的地方没有，有的地方则密集如大米稀饭状，弱小的稚参缺乏应有的空间，正常的摄食、活动和生长发育将会受到限制，可能造成局部水质不佳或缺乏饵料。

(3) 稚参附着后要及时倒池 从耳状幼体培育到稚参附着，培育池的利用时间已经较长，培育水体存在不同程度的污染和老化，在这种情况下，尽早及时倒池是优化水环境的有效办法。

(4) 防止水质剧变 稚参培育期间倒池比较频繁，稚参倒入新池，水质状况得到优化的同时，与原池的水质状况应尽可能一致，防止剧变，特别是水温、盐度的变化应尽可能小。

(5) 饵料的补充 附着的稚参主要摄食附着基上的沉淀饵料，如果没有在附着基上培养底栖硅藻，投饵不及时，稚参将会处于饥饿状态，造成发育不良。

(6) 提高流水效果 流水培育中，由于池内布满了附着基，或池型结构不合理，水流往往不均匀，流水仅仅从阻力小的地方通过，常会有水流不到的死角，应通过调整进、排水管和附着基的位置、角度，避免和减少死角，充分发挥流水的作用。

第二节 商品参养成期

随着我国海参养殖业的迅速发展，近几年病害也越来越多，2004年在山东沿海有多处养殖海参发病，有日趋严重之势。

一、发病情况

海参养成期发病的严重程度、损失大小在各地区、各单位有所不同，甚至同一单位的不同池子也不一样；发病时局部溃烂，溃烂处呈白色，然后向全身扩展，海参摄食停止，最后解体死亡；死亡率大多在 10% 以上，有的死亡率高达 50% 以上，个别的在 80% 以上，损失惨重。

发病时间多在春季气温回升初期阶段，集中在 3 月，山东地区海参发病多在 2 月下旬至 5 月上中旬，个别地方持续时间还长。

二、病因分析

概括地讲，水体双分层导致了海参疾病。

1. 水温分层的形成

从近几年了解到的情况看，养殖海参大面积发病的时间基本相同，集中在 2 月下旬至 3 月上中旬。这期间的重要变化因素是气温和水温从严寒的冬季低温期逐步回升。严寒的冬季气温一般低于水温，气温在 0℃ 以下，水温以水深浅不同而不同，青岛地区水下 1m 处约为 3~5℃；但气温和水温的回升速度是不同步的，气温回升得快，水温回升得慢而有滞后现象。春季，随气温的升高，气温逐渐超过水温；气温超过水温的时间各地或各养参池会有不同，在青岛地区大约在 2 月底至 3 月上中旬。这样在养参池内水的中上层和底层就形成了水温差异，受光照和气温的影响，中上层的水温较高，底层的水温则偏低，形成了水温的分层。经在青岛地区实地跟踪测量，气温超过水温的时间为 3 月 15 日前后，也正是水温差形

成的时间,2m左右的水深,温差为 1~2℃。水温高的水密度相对较小,导致上层水一直在上层,不能和底层水通过上下对流进行交换,结果海参赖以生存的底层水成了“死水”。如果管理跟不上,不能及时采取得力措施,必将导致不堪设想的后果。

2. 溶解氧分层的形成

水温分层导致溶解氧分层。空气中氧的扩散作用和光线较强,促进了浮游植物的光合生氧作用,上层水的溶氧量较多,但由于水温差的存在,这种较多的溶解氧不能通过水的上下对流输送到底层;在底层,海参的活动、代谢和有机物的分解等消耗大量氧气,而又缺乏及时的补充,海参生存的底层区成了低氧区,甚至是无氧区。经检测,在形成溶解氧分层的水体,上层水的溶解氧常处于饱和或过饱和状态,而底层水的溶解氧多处于 3mg/L 以下,有的甚至处于 1mg/L 以下。

在低氧或无氧状态下,海参的代谢水平下降,循环、神经、消化、呼吸等系统的功能受阻,抗逆能力和抗病能力大大削弱;与此同时,嫌气性细菌大量繁殖,形成有机物质的厌氧分解,产生毒性很大的氨氮、硫化氢等有害物质,进一步加剧了对海参的不利影响。在内、外因综合作用下,发病条件形成,细菌等病原体会乘虚而入,引起海参发病;部分发病以后,会相互感染。因此说,水温和溶解氧双分层导致底层缺氧是海参发病的病因。

三、疾病防治

(1) 以预防为主,构建综合防病体系。根据以上分析,防治海参疾病必须首先解除病因,从改善水质条件入手,并且特

别注意改善底层水和底质的状况，才能标本兼治，从根本上防治疾病。池形设计应有利于提高水的交换率，防止换水死角；参苗放养密度不应过大，避免造成养殖系统自我污染；坚持饲料多元化，坚持以天然饵料为主，培植天然饵料等。

冬季过后，气温开始回升，适当加大换水量，延长流水时间，改善水环境，及早解除发病条件。有的养参池由养虾池改造而来，池底有机物较多，提供丰富饵料的同时，病原菌也往往较多，要注意提前采取清污等措施。配置必要的水质监测仪器，如水温表、盐度计（或比重计）、溶氧仪等，及时监测水质变化，做到心中有数。

（2）换水过程中应增加水的实际交换率，防止出现难以进行水交换的死角。有的养参池依靠涨落潮纳水，进、排水口是一个，或池形设计不合理，换水量虽然很大，但实际交换率却很小。换入的新水应确保无污染，符合国家有关标准的规定。如果能够通过自然纳潮和人工提水相结合进行流水养殖，变静水为动水，有利于有益微生物的生长繁殖，效果会更好。

（3）适当降低水位。水浅一些，有利于底层水温的回升，防止水温的分层；有利于增加底层水的光照强度，促进浮游植物的光合作用产生氧气；有利于空气中的氧气向水中扩散，增加底层水的溶解氧含量。但要避免底层光线长期过强，喜光大型藻类繁殖过盛，影响水质，如果养殖水体分层不明显，应及时加深水位。

（4）选用一些水质和底质改良剂，如增氧剂、微生态制剂等。

上面说到的是海参发病的普遍情况，海参发病有其特有

的具体原因，有的水源受到有毒重金属离子和化学药物的污染，有的因盐度长期偏低或者多种不利因子综合作用造成，应具体分析，采取一些有针对性的措施。也有很多单位，由于设施条件较好、管理措施得当，双分层现象没有形成或持续时间短不明显，海参没有发病，积累了有益的经验。海参养殖业大规模发展是近几年的事情，海参从辽阔的海洋被限定在池塘内进行养殖，人们对海参养殖生物学以及养殖过程中各种影响因子的相互作用机制有个逐步认识的过程，但有理由相信，随着科学研究的深入和生产经验的丰富，海参养殖防病技术体系将会逐步建立和完善，海参养殖也将会持续发展。

第三节 敌害防治

一、水蚤的危害和防治

在海参育苗阶段，猛水蚤（*Microsetella* sp.）等凶猛的捕食性水蚤类是稚幼参的主要敌害。

猛水蚤的危害是多方面的。猛水蚤的某些生态特点和稚幼参相吻合，如猛水蚤生长、繁殖的适宜水温与稚幼参生长的适宜水温一致，在海参育苗期间正是猛水蚤的繁殖盛期。据报道，在水温 15—25℃条件下，一只宽叉猛水蚤，经过 20d 的培养，平均数量增加到 90 只左右，一般猛水蚤雌体发育到成体后第二天即可产卵；卵囊脱落后，快的几分钟、十几分钟，便在亲体生殖节上又出现新的卵囊。因此，在稚参培育池内，猛水蚤的繁殖速度很快，在短时间内就能形成数量庞大的群体。另外，稚幼参营附着性生活，猛水蚤中有浮游性种类，也有底

栖性的种类，常栖息在附着基的表面，二者在饵料和生活空间方面存在明显的竞争。同时，试验观察表明（表 8-1、表 8-2），猛水蚤还能够直接捕食稚幼、参，先是啄咬，使稚、幼参破碎，然后食其碎屑，猛水蚤以这种方式对稚、幼参的危害程度更为严重。

表 8-1 不投饵情况下猛水蚤对稚参的伤害

实验时间 及水温	组别	实验 水体 (mL)	猛水蚤 数量 (只)	稚 参			
				数量 (头)	体长 (mm)	24h 剩 余数 (头)	24h 伤害程度 (稚参数/ 每只猛水蚤)
1981 年 7 月 25~26 日,水 温 25℃ 左右	第一组	150	45	10	2~3	0	0.22
	第二组	150	45	10	4~5	2	0.18
	第三组	150	45	10	7~8	10	0

表 8-2 投饵情况下猛水蚤对稚参的伤害

实验时间 及水温	组别	实验 水体 (mL)	猛水蚤 数量 (只)	稚 参			
				数量 (头)	体长 (mm)	24h 剩 余数 (头)	24h 伤害程度 (稚参数/ 每只猛水蚤)
1981 年 7 月 25~26 日,水 温 25℃ 左右	第一组	150	50	20	1.5	5	0.3
	第二组	150	50	20	2~3	15	0.1
	第三组	150	50	20	4~5	19	0.02
	第四组	150	50	20	6~7	20	0

在海参育苗过程中，曾不断出现由于猛水蚤的危害，在 1~2d 内，导致培育池内的稚参全部毁灭的现象。猛水蚤对体

长 0.5cm 左右的稚参危害最为严重, 对体长 0.5~3.0cm 的稚、幼参也有不同程度的危害。

对猛水蚤的防治, 在日常管理过程中要密切观察, 一旦发现培育池内猛水蚤繁生, 应及时施药加以杀灭。由于猛水蚤对有机磷药物较为敏感, 而海参稚幼参的耐受性较好, 所以目前杀灭药物主要用有机磷药物敌百虫。试验表明 (表 8-3), 敌百虫对猛水蚤有明显的杀灭效果, 在生产过程中常用浓度为 $2 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$, 在此浓度范围内对稚参无任何伤害。施药时, 敌百虫用温淡水溶化, 然后尽量稀释, 均匀泼洒于培育池内, 施药后停止流水 2~3h, 再恢复流水等正常操作; 如

表 8-3 猛水蚤对敌百虫的反应

实验时间 及水温	实验 编号	药物浓度 ($\times 10^{-6}$)	猛水蚤的反应
1982 年 7 月 13~14 日, 水温 20.5℃ 左右	1	0.05	正常
	2	0.25	3h 30min 个别死亡, 25h 死亡 2/3
	3	0.50	2h 35min 大部死亡, 2h 40min 全部死亡
	4	0.75	2h 30min 大部死亡, 2h 40min 全部死亡
	5	1.00	2h 30min 大部死亡, 2h 40min 全部死亡
	6	2.00	2h 25min 大部死亡, 2h 40min 全部死亡
	7	3.00	2h 大部死亡, 2h 40min 全部死亡
	8	5.00	55min 部分死亡, 1h 50min 大部死亡, 2h 40min 全部死亡
	9	10.00	20min 大部死亡, 35min 全部死亡
	10	15.00	加药后立即下沉, 5min 大部死亡, 15min 全部死亡

与倒池相结合，效果更好，施药后将附着基移入新池。新池水可用较高浓度的敌百虫杀灭猛水蚤，待药效消失后使用。药物应现用现配，配后即甩，不可久置，防止失效。替代敌百虫的高效低毒药物新品种正在研究开发，有的已经投放市场，效果较好。

二、海鞘的危害和防治

（一）海鞘的特性和危害

海鞘属低等脊索动物，其幼体的尾部有脊索，广泛分布于世界各大海洋中，从浅海潮汐到千米以下的深海均有分布。

海鞘个体大小不一，最大直径在 60cm 以上，小的不足 1mm。海鞘形状多样（图 8-1），有的像茄子，有的像花朵，有的像茶壶。若受到触动，从出水管孔射出一股强有力的水流，然后由原来的挺立状态而绵软倒伏。海鞘是营固着生活，基部有一个长柄固着在岩石上，体外被一层类似植物纤维素的被囊鞘，使身体得到保护和维持一定形状，海鞘因此而得名。海鞘有腮、有肠，有人水口、出水口和肛门。

海鞘以特有的本领行附着生活，靠滤食为生，通过入、出水管孔不断地从外界吸水



图 8-1 海鞘(*Ciona intestinalis*)

和从体内排水的过程，由鳃摄取水中的氧气，由肠道摄取水中微小生物作为食物。

海鞘雌雄同体，繁殖方式有出芽生殖和有性生殖。海鞘繁殖很快，在稚幼参培育过程中，短时间内常形成庞大的群体。

海鞘的种类很多，常见的有柄海鞘、拟菊海鞘和玻璃海鞘等。柄海鞘除了茎柄外，体表还生有许多不规则的瘤状隆起；拟菊海鞘形成的群体，仿佛橙黄色的花朵；玻璃海鞘的被囊透明，内脏清晰可见，是海参育苗中常见的危害种类。

海鞘的危害表现在与海参争夺生活空间和饵料，大量消耗溶解氧，同时向水中排泄代谢产物，污染水质。

（二）防治

首先要加强水源的处理，做好过滤处理，在海参育苗后期对水处理有所放松，导致敌害的幼体和卵子进入，因此水的处理始终不能放松；另外常用的办法就是在倒池的同时将附着海鞘清除，劳动强度很大，且清除往往不彻底，很快又大量繁殖起来。更为有效的新的防治方法有待于研究。

在养成阶段，一些凶猛的鱼类如某些**鲷**类、隆头鱼、日本鲷、海星类，有些甲壳动物如蟹类，群集的海鸥等水鸟，也是海参的重要敌害，应采取措施进行驱赶或消灭。

第九章 养殖水质的调控

第一节 目标和依据

一、水质调控的目标

海参养殖水质调控应实现以下目标：①水质调控要考虑海参对各项水质因子的需求，在条件允许的情况下，使水环境控制在最佳水平；②水中有害物质含量不得危害海参及主要饵料生物的繁殖、发育和生长，不得造成任何急性中毒和慢性中毒；③水中有害物质含量不得妨碍水体自净作用及物质循环的正常进行，不得对环境造成污染；④保证养殖海参的食用安全性，不得带有异色、异味，有害物质残留量不得超过国家规定的有关水产品安全卫生标准。

二、水质控制的依据

（一）感官要求

水质控制指标体系中包括数值性条款和叙述性条款，目的在于控制不便于用数值性指标衡量的污染物，感官要求属于叙述性条款。

感官要求主要包括漂浮物和颜色、味道，是为了在宏观上

对水体进行保护。颜色异常、油膜漂浮往往是污染的征兆。在正常情况下，不应出现异臭、异味，水面不得出现明显的油膜和其他杂质。在充气条件下，水体表面出现泡沫是正常现象。

（二）水温

水温能够影响海参的摄食强度和生理活动，水温的变化能够引起自然水体生物群落组成的变动。有研究报告，在 $20\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，硅藻占优势；在 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，绿藻占优势； 35°C 以上，蓝绿藻占优势。因此，水温是非常重要的水质因子。

在海参耳状幼体培育期间，温度太低，发育缓慢，畸形多，成活率降低；温度过高，也会引起幼体畸形发育。试验表明，水温 15°C 时，幼体畸形多，器官发育迟缓，第 11 天发育至大耳幼体，第 15~17 天发育至樽形幼体，第 19~22 天才见稚参，成活率仅为 5%； 30°C 时，经过 2~3d，幼体发育至中耳幼体后，摄食不正常，胃溃烂，发育至第 5 天全部下沉，逐渐死亡； 25°C 时，幼体第 5 天发育至大耳幼体，但大耳后期幼体向樽形幼体变态过程中，出现大量畸形和死亡个体，发育至稚参的成活率仅为 2.1%； 20°C 时，幼体发育正常，第 8 天发育至大耳幼体，第 9 天出现樽形幼体，第 11 天大量变态为稚参，成活率 19.7%。在生产实践中，幼体培育控制温度范围为 $20\sim 23^{\circ}\text{C}$ 较好。每天换水前后应各测一次水温，变化的幅度不宜超过 1°C 。

试验表明，稚参培育阶段，当培育水温低于 21°C 时，稚参不活泼，摄食量少，10d 左右陆续死亡，1 个月后的成活率仅为 4%；培育水温超过 30°C 时，前期生长尚可，经 20d 左右即出现大量死亡，1 个月后的成活率为 21%；当水温在 $24\sim 27^{\circ}\text{C}$

时,稚参发育良好,活泼摄食,成活率可达 50% 左右。水温低于 21℃ 或高于 30℃ ,稚参不仅成活率低,生长也慢,落地稚参经 1 个月的培育,体长仅 3mm 左右;而水温在 24~27℃ 范围内,稚参生长快,稚参经 1 个月的培育,平均体长可增至 5~6mm。生产实践中,培育稚参的水温控制范围是 23~27℃。

辽宁海洋水产研究所试验表明,体长 2cm 的幼参,适温范围为 19~23℃ ,生长的最佳温度为 19℃,在该温度下,摄食率为 18%~35%。山东省长岛县水产局试验报道,体长 5~15cm 的幼参,生长的适温范围为 10~15℃。

据黄海水产研究所试验,体长 1cm 以上的海参,生长的适宜水温范围为 5~17℃,最适水温为 10~15℃,在最适水温范围内的月增重率在 50% 以上;低于 5℃ 时,摄食量明显减少,身体萎缩,生长缓慢;当水温降至 0℃ 时,表层水已经结冰,海参处于麻木状态,停止摄食与活动,但不会立即死亡,当水温回升时又可逐渐恢复正常活动。水温高于 17℃ 时,摄食量减少;超过 20℃ 时,大个体、小个体先后开始夏眠。在青岛地区春季 4、5 月和秋季 9、10、11 月分别有一个快速生长期。在自然条件下有时可以看到,冬季海边由于温度下降,清晨海水结冰,海参冻结在冰中,呈冰冻状态,但次日当太阳出来,水温上升冰冻化解时,海参仍能恢复正常。可见,海参耐低温的能力较强,海参生长的适宜水温范围也偏低。

综上所述,随着海参稚参到成参的生长,正常生活的适宜水温有逐渐下降的趋势。稚参生活的适宜温度范围为 23~27℃;体长 1cm 以上的海参,生长的适宜水温范围为 7~17℃,最适水温为 10~15℃。

(三)溶解氧

溶解氧是非常重要的水质指标，溶解氧充足，生理活动旺盛，生长发育快，抗逆能力强。

与大气交换或化学、生物化学等方式溶解于水体中的氧称为溶解氧，以水中溶解的分子态氧计。溶解氧的含量可用两种计量单位表示，即 mL/L 和 mg/L ，其换算关系如下：

$1\text{mg/L} = 0.7\text{mL/L}$ ，或者 $1\text{mL/L} = 1.43\text{mg/L}$ 。

洁净水体的溶解氧一般接近饱和，温度越高，溶氧量越低。当藻类繁殖旺盛时，溶解氧可呈过饱和状态。如生物消耗量过大，或受有机物及还原性物质污染，可使溶解氧降低。当水中溶解氧太少或消失时，厌气性细菌繁殖，形成厌气分解，发生黑臭，产生甲烷、硫化氢等有毒物质，将会影响海参及其他生物的生存。

海参耳状幼体单位时间耗氧量很低，6h 内的耗氧量为 $0.35\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{千个})$ ，12~24h 的耗氧量略有下降的趋势，耗氧变动范围 $0.019 \sim 0.039\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{千个})$ ，36h 进一步下降 $0.017\text{mg}/(\text{h} \cdot \text{千个})$ 。培育水体中氧含量在 6.0mg/L 以上时，耳状幼体正常，溶解氧降至 $3.15 \sim 4.29\text{mg/L}$ 时，有 50% 左右耳状幼体存活，溶解氧 5.0mg/L 为安全量。以单胞藻为饵培育幼体时，通常不会出现溶解氧过低的现象；但在闷热天气、气压低、密度过大以及利用代用饵料投喂幼体时，溶解氧可能低于 5.0mg/L ，影响幼体发育，甚至导致幼体死亡。因此，在这种条件下，应注意监测溶解氧的变化，及时采取换水、充气等补充溶解氧的措施。

稚参培育期间，正值一年中的高温季节，海水中原生动物大量繁殖，消耗溶解氧；投喂的鼠尾藻粉碎滤液及人工配合饵

料,也容易分解耗氧;水温高,溶解氧的饱和含量反而降低,这样就容易导致培育水中溶解氧的大幅下降。稚参培育水体中,当溶解氧降至 3.6mg/L 以下时,稚参开始出现缺氧反应,身体萎缩,附着力减弱,易于从附着基上滑落,下沉池底,缩成球状,或腹面朝上、伸长,呈僵直状态。在缺氧状态下,溶解氧继续降至 3.0mg/L ,容易导致稚参死亡。当溶解氧降至 1.0mg/L (水温 $26\sim 29^{\circ}\text{C}$) 时,出现大批死亡,可视为稚参的致死溶氧量。稚参的致死溶氧量与环境条件的优劣和低氧状态持续的时间有密切的关系。

海参养殖水体受外界因素的影响较大,如果池内有机物太多、杂藻丛生,遇到高温天气有可能导致缺氧,必须密切监测。

根据上述分析,海参育苗和养殖水体溶解氧应控制在 5.0mg/L 以上,在高氧环境条件下,海参活力好,摄食旺盛,生长快。

(四)盐度

在自然海区的调查表明,海参属狭盐性种类,对盐度的要求比较严格,适宜盐度的范围比较狭窄,在半咸水中很少见或完全缺乏,不能忍耐低盐度海水。海参的自然分布明显的受海水盐度及其变化的影响。一般认为浮游幼体和稚参培育水体适宜盐度为 $27\sim 33$ (温度为 $18\sim 26^{\circ}\text{C}$),养殖阶段海参生长发育的适宜盐度范围为 $27\sim 35$,最适盐度为 $28\sim 32$ 。在适宜盐度范围内,盐度越高,发育越快,盐度越低,发育越慢。

在养殖期间,严防雨水大量流入或淡水经砂层渗入,导致盐度偏低,长期处于低盐(小于 26)状态,将会导致海参生长缓慢,抗逆能力降低,发生病害,并逐渐死亡。

在大面积育苗生产过程中，习惯采用比重计测得海水相对密度，幼体适宜的海水相对密度范围大致为 1.021 ~ 1.025 通过相对密度的测定进而换算盐度值，此法方便、快捷。相对密度换算盐度可以查表（表 9-1），也可以按下列公式计算：

当测定时的水温 (t) 大于 17.5℃ 时：

$$\text{盐度} = 1\,305 \times (\text{相对密度} - 1) + 0.3 \times (t - 17.5)$$

当测定时的水温 (t) 小于 17.5℃ 时：

$$\text{盐度} = 1\,305 \times (\text{相对密度} - 1) - 0.2 \times (17.5 - t)$$

表 9-1 海水相对密度与盐度互查表（水温为 17.5℃）

相对密度	盐度	相对密度	盐度	相对密度	盐度
1.001 5	2.00	1.014 1	18.44	1.023 9	31.26
1.001 6	2.03	1.015 2	19.89	1.024 4	31.98
1.002 0	2.56	1.016 0	20.97	1.025 0	32.74
1.003 0	3.87	1.017 1	22.41	1.025 4	33.26
1.004 0	5.17	1.018 2	23.86	1.026 0	34.04
1.005 0	6.49	1.018 5	24.22	1.026 5	34.70
1.006 0	7.79	1.019 5	25.48	1.027 1	35.35
1.007 0	9.11	1.020 0	26.20	1.028 0	36.65
1.008 1	10.42	1.021 1	27.65	1.028 5	37.30
1.009 0	11.73	1.021 5	28.19	1.029 0	37.95
1.010 0	12.85	1.022 2	29.09	1.029 5	38.60
1.011 5	15.01	1.022 9	29.97	1.030 5	39.90
1.013 0	17.00	1.023 5	30.72	1.031 5	41.20

(五)酸碱度(pH值)

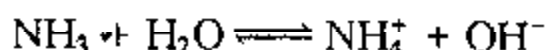
酸碱度是水中理化作用和生物活动的综合反映，是水质条件好坏的重要指标之一。在养殖水体中如果每天投喂大量饵料，生物密度较大，有机物的氧化、生物的代谢作用以及藻类的光合作用明显地影响酸碱度的变化。酸碱度下降，意味着水体内 CO_2 含量增多；酸碱度变大，溶氧的含量降低，在这种条件下，可能会导致腐生细菌的大量繁殖；酸碱度过高，将会使水中有毒氨 (NH_3) 的比例增加。养殖条件比较复杂，一方面受水体中理化因素和生物因素的影响，同时还受池底土壤状况、地面径流和雨水等影响。

据试验报道，海参幼体和稚参对 pH 值的适应范围比较广，当 pH 值下降至 6.0 以下时，或者上升至 9.0 以上时，幼体活力减弱，生长停止，有死亡的危险。在正常情况下，培育海水的 pH 值一般呈碱性，在 7.5~8.6 之间，但在特殊情况下，如长时间以超过培育水 5% 的单胞藻饵料液投饵时，或者新建培育池未处理好，都能明显改变培育水的 pH 值。因此，平时应注意监测 pH 值，一般应调至适宜范围为 7.6~8.6 之间。

(六)非离子氨氮

总氨包括离子氨 (NH_4^+) 和非离子氨 (NH_3)。离子氨也有毒性，但毒性较小。非离子氨不带电荷，为非极性化合物，具有相当高的脂溶性，对生物细胞膜有较强的通透性，毒性很大。非离子氨为一种无色而有刺激性的碱性气体，极易溶于水，常作为一种含氮有机物的生物降解产物而出现在大多数养殖水体中。

当氨溶于水时，在水中存在如下平衡：



在碱性条件下，平衡向有利于生成 NH_3 的方向进行。海水中非离子氨与总氨的比值取决于 pH 值，同时也与水温、离子强度与压力有关。非离子氨即使在非致死水平，也有不同程度的毒性，它增加生物体对不利条件（如温度变化、溶解氧降低等）的敏感性，引起细胞活力下降，抑制正常的生长发育，降低繁殖能力，降低对疾病的抵抗能力；使血液中氧的含量降低，而二氧化碳含量升高，氨的排泄率降低；还可导致各种器官组织的病变。有的学者指出，无影响的非离子氨浓度是不存在的，也就是说任何浓度的非离子氨都会影响水生生物的生长。自然海水中氨氮含量一般比较低，苗种培育池和养殖池内氨氮主要由养殖对象的代谢产物、死亡生物及剩余饲料等有机物分解产生。

据试验，非离子氨对甲壳类幼体的安全浓度为 0.023 mg/L 。这一安全浓度也是有些国家保护水生生物和珍贵鱼类、鱼虾产卵场的水质控制上限，海参养殖水体也应依此作为水质控制上限。

由于直接测定非离子氨的方法尚不能广泛应用，在实际操作中是先测定总氨 ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) 且以氮计，然后再依据相关条件换算为非离子氨的浓度。

（七）硫化物

硫化物系指水体中溶解性的 H_2S 、 HS^- 、 S^{2-} 以及存在于悬浮物中的金属硫化物。在许多工业废水中含有硫化物；在厌氧条件下养殖池中有机硫化物及无机硫酸盐受细菌作用都有可能产生硫化物。硫化物是养殖水体的一项重要污染指

标，硫化物往往以硫化氢的形式散发出来。养殖池中的底泥、残饵、生物尸体、粪便及其他有机物的腐败分解，是硫化氢的重要来源。

硫化氢是剧毒可溶性气体，溶于水称为氢硫酸，为一种弱酸，当 $\text{pH}=9$ 时，约有 99% 硫化物是 HS^- 状态，毒性较小；当 $\text{pH}=7$ 时， HS^- 与 H_2S 各占一半；当 $\text{pH}=5$ 时，99% 的硫化物以 H_2S 存在，毒性很大。

硫化物对水生生物的危害，一方面表现为硫化氢具有强烈的毒性，使海参生长速度减慢，体力下降，抗病能力减弱，甚至损害神经活动，直至造成海参中毒死亡；另一方面，硫化物的存在消耗水中的溶解氧，降低水中溶氧量，导致海参窒息而死。

实验研究表明，不同生物种类甚至同一种类的不同生长发育阶段均有不同的硫化氢安全浓度。有的国家规定，淡水鱼和海水鱼及其他水生生物的硫化物的安全浓度（最低观测效果水平）为 0.002mg/L 。

（八）汞

通常测定的汞为未经过滤的水样经剧烈消解后测得的汞浓度，它包括无机的、有机结合的、可溶的和悬浮的全部汞（称总汞）。

汞是毒性最强、在水域中污染最广泛的一种重金属毒物。天然水体中，汞的本底浓度很低（见表 9-2）。污染源主要有工农业的含汞废水、废气、废渣以及含汞药物。汞有三种氧化状态：零价汞（元素汞）、一价汞（亚汞化合物）、二价汞（正汞化合物）。

表 9-2 海水中部分元素的含量

元素	浓度(mg/L)	元素	浓度(mg/L)
铝 Al	0.01	银 Ag	0.000 04
铬 Cr	0.000 05	镉 Cd	0.000 11
铁 Fe	0.01	铟 In	<0.02
钴 Co	0.000 1	钡 Ba	0.03
镍 Ni	0.002	镧 La	1.2×10^{-6}
铜 Cu	0.003	铈 Ce	5.2×10^{-6}
锌 Zn	0.01	镨 Pr	2.6×10^{-6}
镓 Ga	0.000 03	钕 Nd	9.2×10^{-6}
锗 Ge	0.000 06	钐 Sm	1.7×10^{-6}
砷 As	0.003	铕 Eu	4.6×10^{-7}
硒 Se	0.000 4	汞 Hg	0.000 03
锶 Sr	8.0	铅 Pb	0.000 03
钇 Y	0.000 3	铋 Bi	0.000 02
铌 Nb	0.000 01	钍 Th	0.000 05
钼 Mo	0.01	铀 U	0.003

引自 Goldberg, 1965。

汞化合物的毒性有如下特点：① 汞是积累性毒物，水体内的汞会在生物体内积累，并沿食物链逐级富集。② 不同形式的汞化合物对人及生物的毒性也不一样，其中以低级烷基汞（特别是甲基汞）危害最大。甲基汞在污染水体总汞中占的比例通常不超过 1%，但积累在生物体内的汞，90% 以上都是甲基汞形式。甲基汞是一种亲脂性高毒物质，进入生物体后，几乎全部被吸收，既不易降解，也难以排出，而在体内积累，并与酶的活性基团（巯基）结合成不溶性硫酸盐，破坏酶的机能，进而表现出种种中毒反应。③ 更为严重而复杂的是，水体中的无机汞化合物，经微生物催化和化学平衡的作用会不断地

转化为甲基汞。也就是说，积聚在沉积物内的汞，会源源不断地把极毒的甲基汞释放进水中，直到所有汞被除去或被钝化为止，这种过程最长可以延续百年之久。

确定养殖水体汞的最高允许浓度，一般应遵循的原则是：①由急性中毒试验结果确定最高允许浓度时，应用系数要从严，取值一般小于 0.005，以便能够保护水中生物；②经水生生物富集后，食品内汞含量不应超过国家食品卫生标准的规定。

有关国家在制定安全食用水生生物的标准时指出，总汞含量在水体中分成几种化学形态，并且它们的毒性显著不同，因此认为 0.000 05mg/L 这一总汞标准将能提供一个既保障水生生物又保障人类食用安全的合理浓度。我国海水水质标准规定一类水质汞的浓度小于或等于 0.000 05mg/L，二、三类水质标准为汞的浓度小于或等于 0.000 2mg/L；美国水质评价标准规定沿岸水域最大量 0.000 1 mg/L，美国 EPA (1999) 规定小于或等于 0.000 94mg/L。

（九）镉

总镉为水样经硝化处理后，所有溶解的和悬浮的镉。镉在自然界中多以硫镉矿存在，并常与锌、铅、铜、锰等共存，所以在这些金属的提炼过程中可能排出大量的镉。镉的盐类还存在于工业污水中。水体中镉的存在形式比较复杂，有简单的离子、离子对及络合物，它们较易溶于水，而更多的则是作为固体物质的组分，悬浮于水层或沉积于水底。各种形式的镉可以在一定条件下相互转化循环。

从生物学的角度来看，镉是一种非必要的、无益的元素，毒性很大，0.001mg/L 的可溶性氯化镉，对水生生物可产生

致死作用。镉与汞一样，是一种积累性毒物，水生生物从水中富集镉的倍数高达数千倍至 1 万倍以上。镉能够取代人体内生物活性物质中的锌，破坏酶、激素等的正常机能，使人中毒生病，死亡率很高。污水中许多物质（如 Zn^{2+} 、 CN^- 等）对镉的毒理有协同作用，这就更增加了镉污染的危险性。

我国海水水质标准二类水质、渔业水质标准和前苏联水质标准、美国水质评价标准的规定均为 0.005mg/L 。

（十）铬

铬是地壳表层最为丰富的非气态元素之一。岩石中的铬由于风化、地震、火山爆发、风暴、生物转化等自然现象，使铬由岩石圈进入土壤、大气、水及生物体内。工业废水中也广泛存在铬。天然水中铬的本底浓度很低。铬在天然水域中以几种不同的价态存在，而以三价、六价最为常见。在一定条件下，三价铬与六价铬可以互相转化。

铬是人和生物必需的一种微量金属元素，但浓度过高则有毒性。铬的毒性随水生生物种类、铬的价态、酸碱度、硬度的变化而有不同。一般认为六价铬的毒性比三价铬大，三价铬和金属铬毒性很小。

在有机物较少的水体中，以可溶性形式稳定存在的主要是六价铬。六价铬化合物及其盐类都能溶于水，有害程度比三价铬大 100 倍，而且六价铬是目前公认的致癌物。因此，大都以控制六价铬污染为主。据试验报道，六价铬对皱纹盘鲍受精卵孵化的 EC_{50} （半数生长发育受到影响的浓度，下同）为 4.47mg/L ，对其担轮幼体 48h LC_{50} （半数致死浓度，下同）为 2.74mg/L ；对海湾扇贝受精卵孵化（变态至 D 形幼虫）的 EC_{50} 为 2.3mg/L ，对其 D 形幼虫的 96h LC_{50} 为 8.1mg/L 。我

国海水水质标准规定一类水质六价铬的浓度小于或等于 0.005mg/L ，二类水质小于或等于 0.010mg/L 。

(十一) 铅

铅指水样经酸消解处理后，测得水样中的总铅量。

铅在自然界主要以磷化铅（方铅矿）存在，其他常见的天然铅有碳酸铅（白铅矿）、硫酸铅（硫酸铅矿）及氯磷酸铅（磷氯铅矿）。铅还可以通过沉淀、粉尘飘落、地表径流的冲刷和渗透、城市污水和冶金、工业废水的排放等污染水环境。

绝大多数铅盐是不易溶解的，但可与某些活性物质（如巯基、羟基、胺基）配位生成稳定的络合物。铅在水体中的存在形式很多，有游离金属离子、无机离子对及络合物、有机螯合物、键合物、吸附物、沉淀及其沉淀复合物等。铅在水中的毒性受 pH 值、硬度、有机质及其他金属含量的影响。

铅也是一种积累性毒物，水生生物的富集系数为数百至数千，但移至清水后，可排出体内的铅。

我国海水水质标准一类水质规定铅的浓度小于或等于 0.001mg/L ，二类水质小于或等于 0.005mg/L ，三类水质小于或等于 0.010mg/L ，我国渔业水质标准的规定小于或等于 0.05mg/L ，美国 EPA（1999）的规定小于或等于 0.0056mg/L ，美国沿岸水域小于或等于 0.0016mg/L ，前苏联渔业用水水质标准小于或等于 0.1mg/L ，日本水产用水水质标准小于或等于 0.1mg/L 。

(十二) 铜

通常测定的铜为水样经剧烈消化后的铜的总量。

铜为生命必需的一种金属元素，对造血过程、细胞的繁殖发育、酶的活性、某些内分泌机能，都有重要影响，已知有 30

余种蛋白质及酶含有铜。然而铜过量也会产生毒性，对人及哺乳动物铜的毒性并不强，对水生生物则毒性较大。据报道，水中 Cu^{2+} 浓度为 1×10^{-8} 时，水体自净作用受阻，蓝藻不能顺利发育； 24×10^{-8} 时，对桡足类有致死危害。

据测定，对数种水生生物不产生有害影响的铜浓度大约为 $0.005 \sim 0.015 \text{mg/L}$ 。由于铜离子会被水中的阴离子络合而影响其毒性，所以铜对水生生物的毒性与水体的酸碱度或硬度有关。一般来说，碱度较低时，铜对水生生物的毒性较大。

我国海水水质标准规定一类水质规定铜的浓度小于或等于 0.005mg/L ，二类水质小于或等于 0.010mg/L ；我国渔业水质现行标准规定小于或等于 0.010mg/L ，美国 EPA (1999) 规定小于或等于 0.0031mg/L ，美国近岸水域允许铜的最大量为 0.0029mg/L ，日本水产用水水质标准规定小于或等于 0.010mg/L 。

(十三) 锌

锌以硫化物存在于自然界，常与其他金属的硫化物，特别是铅、铜、镉和铁的硫化物缔合在一起。有色冶炼、电镀、化工等工业废水中常含有较多的锌。含锌化合物对水生生物的毒性受多种因素的影响，特别是硬度、溶解氧、温度等，温度升高、溶解氧下降都会增加锌的毒性。

锌是人和生物不可缺少的微量元素，但过量则会影响生物的生长发育。

有研究指出，任何时候锌的浓度不应超过 0.17mg/L 。锌对海洋生物的毒性远比淡水生物大。

我国海水水质标准一类水质规定锌的浓度小于或等于 0.020mg/L ，二类水质小于或等于 0.05mg/L ，我国渔业水质

标准规定小于或等于 0.10mg/L , 美国 EPA(1999)规定小于或等于 0.008mg/L , 日本水产用水水质标准规定小于或等于 0.010mg/L 。

(十四) 镍

镍是生物必需的微量元素之一, 微量镍能增加胰岛素的分泌, 降低血糖, 在血液中能与球蛋白结合, 激活酶的作用, 但过量镍的摄入则十分有害, 能致癌、致畸和致突变。镍是一项保护水生生物的重要毒理学指标。镍对贻贝 48h LC_{50} 为 123mg/L , 对扇贝 96h LC_{50} 为 22.7mg/L 。

我国海水水质标准规定一类水质规定镍的浓度小于或等于 0.005mg/L , 二类水质为小于或等于 0.01mg/L , 我国渔业水质标准规定小于或等于 0.05mg/L 。

(十四) 硒

从营养学的观点看, 适量摄入硒的有益, 过量则有害。硒在生物生长发育过程中是必需物质之一, 硒能与维生素 E 起协同作用, 加强维生素 E 的抗氧化作用, 清除自由基, 抗衰老; 硒能激活淋巴细胞的某些酶, 刺激免疫球蛋白及抗体的产生, 增强机体对疾病的抵抗力; 硒能降低有毒元素的毒性。然而, 硒摄入过量则引起神经错乱、肌肉萎缩, 甚至中毒死亡。硒虽然本身无毒, 但其化合物是有毒的, 并可在生物体内积累, 导致肝脏、脂肪变性坏死和硬化。硒是以亚硒酸盐形式与甲硫氨酸和胱氨酸中的硫原子相结合而体现其作用效应的, 硒与硫是相互拮抗的。亚硒酸盐是许多氧化酶系统的一种抑制剂, 可与这些酶中巯基产生相互作用而抑制其活性。

据资料报道, 硒对皱纹盘鲍受精后孵化的 EC_{50} 为 18.10mg/L , 皱纹盘鲍担轮幼体 48h LC_{50} 为 2.47mg/L , 海湾

扇贝受精后孵化的 EC_{50} 为 6.4mg/L , 牡蛎受精后孵化的 EC_{50} 为 1.7mg/L , 四价硒和六价硒对中国湛江叉鞭金藻的半数效应浓度分别为 0.7mg/L 和 10.8mg/L 。我国海水水质标准规定一类水质硒的浓度小于或等于 0.01mg/L , 二类水质小于或等于 0.02mg/L 。

(十五) 砷

通常测定的砷指在无机或有机物中元素砷的总量。

水环境中砷的污染主要来自含砷的工业三废, 特别是一些金属冶炼、含砷农药等的废弃物。未经污染的天然水体中砷的本底浓度很低, 一般小于 0.01mg/L 。砷有五价、三价、零价和负三价四种不同的价态, 其化合物种类很多, 固态的有三氧化二砷(又称砒霜)、二硫化二砷(又称雄黄)、三硫化二砷和五氧化二砷等, 液态的有三氯化砷。在水体表层, 由于溶氧丰富等条件, 砷几乎都以五价的砷酸盐形式存在 (H_2AsO_4^- 、 HAsO_4^{2-} 、 AsO_4^{3-}), 而在深水层及沉积物内则多以三价的亚砷酸或硫化砷的形式存在。

对生物来说, 三价砷的毒性比五价砷强, 因为三价砷对硫化物、巯基有很强的亲和力, 可与含巯基的酶、蛋白质等反应, 使之失去原有活性及功能, 这是砷致毒的主要机制。虽然砷中毒也是积累性的, 但并不使食物链进一步富集; 另外, 在肌肉中作为一种有机成分而结合的砷, 毒性较低。

有研究指出, 海水生物的安全浓度三价砷 4d 平均浓度为 $36\mu\text{g/L}$, 1h 平均浓度为 $69\mu\text{g/L}$; 五价砷在浓度为 $231\mu\text{g/L}$ 时对海水动物有急性中毒效应, 而浓度为 $13\sim 50\mu\text{g/L}$ 时会影响某些海水植物。

我国水环境中砷的背景值较高, 渤海中砷的平均浓度为

2.8 $\mu\text{g/L}$ ，黄海中种含量为 5.0~10.0 $\mu\text{g/L}$ 。我国海水水质标准规定一类水质砷的浓度小于或等于 0.02 mg/L ，二类水质为小于或等于 0.03 mg/L ，我国渔业水质标准规定小于或等于 0.05 mg/L ，美国 EPA(1999) 规定小于或等于 0.036 mg/L 美国近岸水域允许砷的最大量为 0.060 mg/L ，前苏联规定渔业用水小于或等于 0.050 mg/L 。

(十六)挥发性酚

挥发性酚指能随水蒸气蒸馏出的，并与 4-氨基安替比林反应生成有色化合物的挥发酚类化合物。酚类种类繁多，嗅、味阈值浓度很低，一旦被水产品污染后，易被人们察觉和厌弃，其中苯酚是酚的典型代表，毒性最大。

有研究指出，为防止水产品沾污而规定挥发性酚的安全浓度为 0.001 mg/L ，急性中毒浓度为 5.8 mg/L 。苯酚对四角蛤担轮幼体急性毒性 96h LC_{50} 为 7.92 mg/L ，贝类 D 形幼体抗毒性大，96h LC_{50} 为 23.7 mg/L ，12d 贝类幼体亚急性毒性试验中，0.072 mg/L 时与对照组无明显差异。

酚对生物最大的影响是沾污水产品，使之带有异味。据实验，0.015 mg/L 苯酚溶液 24h 使对虾具有酚味；文蛤在 0.005 mg/L 条件下饲养 7d，0.003 mg/L 条件下饲养 14d，均能导致文蛤产生异味。

我国海水水质标准一类、二类水质规定小于或等于 0.005 mg/L ，我国渔业水质标准规定小于或等于 0.005 mg/L ，前苏联渔用水质标准规定小于或等于 0.001 mg/L ，美国水质评价的有关标准规定小于或等于 0.001 mg/L 。

(十七)石油类

广义的石油类指原油及原油加工后的石油产品。原油按

结构可分为四大类：链烷烃、环烷烃、芳香烃和沥青烯。原油加工后所产生的各种燃料油、烯烃、芳烃等一些石油化工产品，都属石油产品。通常测定的石油类是指能被石油醚萃取出并在指定波长下有紫外特征吸收的物质，并未包括所有的石油及其产品。

石油类依在水中污染程度的不同，对水生生物既可产生急性中毒，也可产生慢性中毒。当石油产品的浓度低达 $0.01 \sim 0.1 \text{mg/L}$ 时，仍能明显地干扰生物的摄食、繁殖等细胞过程和生理过程。有研究指出，在石油产品浓度低达 0.001mg/L 时也可能有害于生物。石油类中各成分对水生生物的毒性不同，由于各研究者的取材也不一样，所以测得的安全浓度不尽完全一致。

石油类有沾污水产品的特点，据 20 号油燃料对鱼、虾、贝等水产品的沾污试验，含油 0.004mg/L 的水体，5d 能使生长其中的对虾产生油味，14d 能使文蛤产生异味。

我国海水水质标准一类、二类水质，我国地表水环境质量标准二、三类水质，前苏联渔用水水质标准均规定小于或等于 0.05mg/L 。

(十八) 氰化物

氰化物系指能用国家规定的标准方法将所有的氰基作为氰离子测定的氰的化合物。氰化物可分为简单氰化物和络合氰化物。通常测定的总氰化物包括简单氰化物和绝大部分络合氰化物。

天然水体一般不含有氰化物，如果发现有氰化物存在，很可能受到含氰工业废水的污染。水体中氰化物的形态受酸碱度(pH)、光学作用以及水生植物光合呼吸作用的影响。简单

氰化物如氰化氢、氰化钠、氰化钾，易于溶解，极易离解出游离氰基，毒性最强。

有研究指出，游离氰化物对海洋水生生物急性中毒的浓度为 0.030mg/L ，慢性中毒浓度为 0.002mg/L ；氰化钾（以氰离子计） 0.32mg/L 时，对虾蚤状幼体 4d 内 100% 死亡， 0.056mg/L 时，幼体变态率不到 5%， 0.018mg/L 时，仍有一定影响；对虾仁虾在 0.32mg/L 时 48h 全部死亡， 0.1mg/L 时也可影响仔虾成活率，96h LC_{50} 为 0.23mg/L 。

我国海水水质标准一类、二类水质和渔业水质现行标准规定小于或等于 0.005mg/L ，美国 EPA(1999) 规定小于或等于 0.001mg/L ，美国水质评价标准规定小于或等于 0.005mg/L ，加拿大渔业水质标准规定小于或等于 0.005mg/L 。

（十九）六六六

六六六又称六氯环己烷，属于有机氯农药，毒性较强，对生物机体的毒性突出表现为神经毒性作用。

据淡水渔业研究中心 1983 年资料，六六六对鱼类的安全浓度 0.1mg/L ，对草鱼鱼类胚胎的致畸浓度为 0.01mg/L ，若以应用安全系数 0.01 计，则六六六对水生生物的允许浓度应为 0.001mg/L 。另据日本环境厅资料，六六六的毒性试验结果为：鲤鱼 48h LC_{50} 为 31mg/L ，赤鲂 48h LC_{50} 为 0.12mg/L ，泥鳅 48h LC_{50} 为 0.51mg/L ，美国螯虾 48h LC_{50} 为 0.59mg/L 。

我国海水水质标准规定一类水质规定小于或等于 0.001mg/L ，二类水质规定小于或等于 0.002mg/L ；渔业水质标准规定六六六（丙体）小于或等于 0.002mg/L 。

（二十）滴滴涕 (DDT)

DDT 是一种毒性较强的有机氯农药，其化学性质稳定，

遇光和高温均不宜分解，故可在自然界长期残留。DDT可引起鱼类急性中毒死亡，同时可在鱼体组织中积累，并导致生殖能力下降。

据有关资料报道，DDT对淡水水生生物的急性毒性数据为鲤鱼 48h LC_{50} 为 0.22mg/L，白鲢 48h LC_{50} 为 0.08mg/L，草鱼 48h LC_{50} 为 0.16mg/L，大型水蚤 48h LC_{50} 为 25mg/L。另据日本环境厅资料，DDT的毒性试验结果为：鲤鱼 48h LC_{50} 为 0.25mg/L，赤鲋 48h LC_{50} 为 0.068mg/L，泥鳅 48h LC_{50} 为 0.24mg/L，美国螯虾 72h LC_{50} 为 0.4mg/L，蛤仔 96h LC_{50} 为 3.2mg/L。

我国海水水质标准规定一类水质 DDT 的浓度小于或等于 0.000 05mg/L，二类水质规定小于或等于 0.000 1mg/L，渔业水质标准规定小于或等于 0.001mg/L。

(二十一) 马拉硫磷

马拉硫磷是一种有机磷农药，作为杀虫剂广泛地应用在农业生产中。由于在农业生产中的使用而进入水环境，同时生产厂的废水排放也是污染途径之一。

马拉硫磷中毒后，白鲢在 1.6mg/L 的废水中 8d 即出现外形变化，鱼体呈弯曲状，并出现一系列的中毒特征，最后死亡。根据淡水渔业研究中心 1988 年试验分析资料，马拉硫磷对鱼类急性中毒试验结果为鲤鱼 48h LC_{50} 为 32mg/L，96h LC_{50} 为 20mg/L，白鲢幼鱼 48h LC_{50} 为 3.2mg/L，96h LC_{50} 为 0.32mg/L，大型水蚤 48h LC_{50} 为 0.02mg/L。另据美国 EPA (1976) 资料，马拉硫磷对四种鲑鳟鱼的 96h LC_{50} 值为 120~265 μ g/L，大口黑鲈的 96h LC_{50} 值为 50 μ g/L，对硬头鲈鱼的

96h LC_{50} 值为 $68\mu\text{g/L}$ 。

许多水生无脊椎动物比鱼类对马拉硫磷更为敏感。钩虾的 96h LC_{50} 值为 $1.0\mu\text{g/L}$, 石蝇的 96h LC_{50} 为 $1.1\mu\text{g/L}$, 斑块钩虾的 96h LC_{50} 为 $0.76\mu\text{g/L}$, 锯顶低额蚤的 48h LC_{50} 为 $3.5\mu\text{g/L}$, 两种摇蚊幼虫的 24h LC_{50} 为 $2.1\mu\text{g/L}$ 和 $2.0\mu\text{g/L}$ 。

我国海水水质标准规定一类水质为马拉硫磷的浓度小于或等于 0.0005mg/L , 二类水质规定小于或等于 0.001mg/L , 渔业水质标准规定小于或等于 0.005mg/L 。

(二十二)多氯联苯

多氯联苯广泛应用在电器、涂料、机械和食品等工业中, 是对人类和生态系统有很大潜在危害的污染物。据 Duke (1974) 在美国佛罗里达州 Escambia 湾的调查结果表明: 常用的多氯联苯对河口生物具有急性毒性; 长于 96h 的生物测试证明, 1×10^{-12} 时对商品虾就有毒; 0.1×10^{-12} 浓度可使鱼致死。实验证明, 几乎所有水生生物都有很高的富集因子, 在浓度为 0.01×10^{-12} 的水体中生长的鱼类, 鱼肉的多氯联苯浓度可高达 $0.01 \sim 0.1\text{mg/L}$, 浓缩 10^6 倍。

美国推荐 0.001×10^{-12} 作为保护淡水及海洋生物的基准。我国地表饮用水的水质标准规定小于或等于 0.00002mg/L 我国食品卫生标准 (GB 9674—1998) 规定: 海产鱼、虾、贝及藻类中多氯联苯的限量为小于或等于 0.1mg/kg 。

(二十三)阴离子表面活性剂

表面活性剂按其在水溶液中的电离作用可以分为三大类, 即阴离子型、阳离子型和非离子型。其中阴离子型和非离子型表面活性剂的毒性较低, 应用较为广泛。一般选阴离子型和非离子型表面活性剂为水质评价的主要参数。

由于洗涤剂中表面活性剂性质稳定和具有抗生物氧化的特点，分解消失很慢，并能阻碍水的净化处理过程，使水产生异味、异臭和泡沫。水中烷基苯磺酸钠含量超过 $0.5 \sim 1 \text{ mg/L}$ 时，水体有异臭、异味，水体非离子型表面活性剂超过 $0.05 \sim 0.1 \text{ mg/L}$ 时就可发泡。

表面活性剂对鱼类及水生生物的影响与鱼的种类、洗涤剂的类型、水的 pH 值和水中盐类有关。一般认为表面张力降低至 50 达因/cm [$1 \text{ dyn}(\text{达因}) = 1 \times 10^{-5} \text{ N}$] 以下时，可影响鱼鳃呼吸以至不能存活；阴离子型表面活性剂对鱼类的 LD_{50} 差异很大，约为 $3 \sim 1000 \text{ mg/L}$ ，阳离子型约为 $1 \sim 35 \text{ mg/L}$ ，非离子型约为 $5 \sim 500 \text{ mg/L}$ 。表面活性剂在 48h 内可在鱼肝、胰中积累。表面活性剂还可以影响水体微生物和藻类的生长和代谢。合成洗涤剂比单项表面活性物的毒性大很多，因为合成洗涤剂除含有单项或数项活性物外，还增加了复合剂，它们对水生生物的毒性产生叠加作用。

表面活性剂对海洋生物的毒性影响结果表明，贝类对十二烷基磺酸钠较为敏感，蛤蜊 96h LC_{50} 值为 3.8 mg/L ；当浓度超过 10 mg/L 时，对虾类生存就有一定影响，中国对虾 96h LC_{50} 为 16.8 mg/L 。表面活性剂对海洋生物的安全浓度，藻类、无脊椎动物、甲壳类、软体动物和鱼分别是 0.070 mg/L 、 0.16 mg/L 、 0.9 mg/L 、 0.1 mg/L 。

我国地表水标准规定小于或等于 0.2 mg/L ，美国饮用水水源地表水标准规定小于或等于 0.2 mg/L ，美国华盛顿地面水标准规定小于或等于 0.1 mg/L ，美国沿岸水域规定小于或等于 0.2 mg/L 。

第二节 调控指标

我国已制订的与海水养殖水质相关的标准有《海水水质标准》(GB 3097—1982),《渔业水质标准》(GB 11607—1989)、《无公害食品海水养殖用水水质》(NY 5052—2001)等,国际上,美国、英国、日本、德国等也制定了相应的渔业水质标准。国家已经制定发布的水质标准在海参养殖中必须全面贯彻实施。

为了全面贯彻国家有关标准,更好地满足海参养殖的水质要求,制定一套适合海参养殖的更具体的水质指标监控体系是必要的。表 9-3 中列出了水质参数的控制范围,其中有的指标有益无害,如溶解氧;有的指标仅在一定范围内是有益的,如 pH 值、盐度等;有的则属有毒物质,如某些重金属、农药、化工排泄物等,需要限制在安全界限以下。表中的毒物项目主要选择那些污染较为普遍、生物比较敏感、检测方法已经标准化的毒物;表中对有毒物质规定了水中最高限量,主要是根据毒理试验结果,求出安全浓度,再根据具体情况确定。急性的、亚急性的或慢性的毒理试验,一般是在试验室内特定环境条件下的单因子试验,很难反映育苗和养殖条件下的综合生态效应,往往忽视了生物的和非生物的环境因素的影响,忽视了各因素的复合叠加作用和长期的持续作用。

海参育苗水体和养殖水体的污染因素是多种多样的,但从污染的来源划分,大体上可以分为两大类,一是水源的污染,二是自身污染。操作管理不善、设施设备和工艺技术落后均有可能造成自身污染。

表 9-3 海参育苗和养殖水质要求

序号	项 目	指 标
1	色、臭、味	水色正常,不呈红色、白色、黑色,无异臭、异味,水面不得出现明显的油膜等杂质
2	水温(℃)	育苗 21~27,养殖 5~28
3	酸碱度	7.5~8.6
4	大肠菌群(个/L)	$\leq 5\ 000$
5	溶解氧(mg/L)	≥ 5
6	盐度	27~35
7	非离子氨(以 N 计)(mg/L)	≤ 0.02
8	硫化物(mg/L)	≤ 0.05
9	汞(mg/L)	$\leq 0.000\ 05$
10	镉(mg/L)	≤ 0.005
11	六价铬(mg/L)	≤ 0.01
12	铅(mg/L)	≤ 0.05
13	铜(mg/L)	≤ 0.01
14	锌(mg/L)	≤ 0.05
15	硒(mg/L)	≤ 0.02
16	砷(mg/L)	≤ 0.03
17	马拉硫磷(mg/L)	$\leq 0.000\ 5$
18	甲基对硫磷(mg/L)	$\leq 0.000\ 5$
19	六六六(mg/L)	≤ 0.001
20	滴滴涕(mg/L)	$\leq 0.000\ 05$
21	乐果(mg/L)	≤ 0.1
22	多氯联苯	$\leq 0.000\ 02$
23	挥发性酚(mg/L)	≤ 0.002
24	石油类(mg/L)	≤ 0.01
25	氰化物(mg/L)	≤ 0.005
26	阴离子表面活性剂(以 LAS 计)(mg/L)	≤ 0.1

当水质指标不符合要求时，应分析原因，及时采取调控措施。

第三节 调控措施

(1) 以预防为主 应全面分析养殖场的内部环境和外部环境，找出可能污染水质的因素，提前采取防治措施。在海参育苗过程中，一方面要防止外部环境如水源等对育苗用水的污染，同时也要防止自身的污染，如代谢产物未能及时清除、幼体密度过大、劣质饵料的使用、操作不当带进有害物质、盲目大量用药等都可能引起水质败坏。

(2) 采取综合措施 在养殖水体中，影响水质、污染水体的因素很多，通过人为地干预，可以多创造一些优化水质的因素。如在海参养殖过程中移植一些大型藻类，不仅提供了天然的饲料来源和栖息场所，还有利于净化水质。

(3) 严把水源关 水源选择不好，会给海参养殖带来灾难性的损失。建场时就应调查确认水源无污染；日常进水一般潮头水不进；大雨过后为避免海水盐度的急剧变化，也可暂不进水。

(4) 适当换水或流水 换水是海参育苗和养殖过程中常用的方法，换水量不是越大越好，而是要适量，如果水源已经污染，换水量越大，危害越大；换进的新水在水温、盐度指标方面应尽量与原池水相接近，差别不应太大；有时流水比换水效果更好，水质变化缓慢，海参易于适应，有利于有益微生物的繁生，改善微生态环境。

(5) 密度不应太大 一般情况下，海参育苗中每毫升水

体浮游幼体的密度不应超过 1 个，养成过程中每平方米不同规格的海参数量不宜超过 30 头。密度过大，必然投喂饲料多，海参排泄的产物多，造成水质污染，发生病害。当然，不同的养殖条件应有不同的密度，不可能千篇一律。

(6) 禁止有害物质入池 有害物质有时随不合格的饲料、药物和未经清洗消毒的工具等一起进入养殖水体，应严格按照技术规范操作。

(7) 及时倒池 在育苗期间，有时仅仅换水或流水很难彻底更新培育水体，适时倒池可以解决这一问题。在幼体的每一发育阶段均会产生一些代谢产物，不同的发育阶段有不同的生态要求。一般情况下，每一发育阶段过后均应及时进行一次倒池。在养殖过程中，因为池底受到污染，适时进行倒池，清除池底的污物，效果很好。

(8) 水质和底质净化剂的应用 水质净化剂是一大类产品，成分、性质和作用机制不尽相同，应根据实际需要有针对性地选择。常用的有增氧剂、重金属离子螯合剂和微生态制剂等。

第十章 海参产品加工

第一节 加工方式

一、海参鲜品加工

随着人民生活水平的提高，对海珍品的要求和期望越来越高，新鲜海参日渐受到钟爱。一般认为，新鲜海参加工程序减少，营养成分可能会更丰富，一些对人体有益的活性物质可能会更多地保存下来。

海参鲜品加工，首先制取皮参。将鲜活海参用剪刀从肛门上方沿背部向前剖开一个长约为体长 $1/3$ 的切口；切口大小应适中，切口过短，加工过程中盐分难以进入体腔，切口过大，内壁容易向外翻卷；然后将内脏包括消化道呼吸树、生殖腺等取出，只剩下体壁部分，俗称皮参，将皮参集中存放于桶内。在整个操作过程中，要保持清洁卫生，严禁接触油污，暂时存放在阴凉处，防止暴晒导致皮参化解。

海参鲜品加工方法多种多样。有的在铁锅内，加入符合标准要求的自来水，同时加入适量食盐，然后把新鲜皮参放入，水要能够漫过海参 10cm 左右，开始点火加热；加热过程中，应不断搅起底部，防止糊底；当沸腾 10min 左右，即可煮

熟。有的将皮参和符合标准要求的自米水一起放入适当容器内，用微波加热煮熟，这种加工方法可能有利于保留海参的营养成分和活性物质。

煮熟的海参即可以食用，也可以冷却以后，按规格大小分类，装进保鲜袋(盒)，放入冰箱内保存，随用随取。

二、干品加工

把海参加工成干品，食用时再发制，是我国传统的食用方法。干品便于携带和储存。干品加工，要严格掌握加工工艺。

把海参加工成干品有多种方法，常用的有以下两种方法。

(一) 简易的加工方法

步骤如下：制作皮参；在铁锅中加入淡水（也可以加精盐3%左右），烧开后加冷水一舀子，使水接近沸腾而不处于沸腾状态；把皮参放入铁锅内，继续加热，同时不断用木铲把皮参从锅底搅起，防止糊锅；煮开后持续 20~30min；捞出海参放入盐中，一层海参一层盐，进行冷却和沥水，历时 3~5d；倒箱，把海参放入新的盐中盐渍 30d 左右；然后把海参置于木板上晒凉，干好后则加工完毕。该方法操作简便，加工的海参色泽自然，质量上乘，颇受欢迎。

(二) 传统的加工方法

一般分下列四道工序：

(1) 制取皮参 方法如上述。

(2) 一次煮参 用清水将皮参洗净，放入刷洗干净的铁锅内加水烧煮；加水量以淹没皮参为宜。煮沸过程中要用锅铲不断上下翻动，以免糊底，并要及时捞出泡沫。当皮参体色变黑、肉刺发硬、切口处呈淡黄色时表明已煮好。将皮参捞

出,加盐 50%~100%,放置一天后将参捞出,放入另一新缸内再加盐搅拌,并将原缸内的参汤澄清液取出加入新缸内,加盖保藏,淹制 7~30d。一次煮参应用急火,以除去水分。

(3) 二次煮参 将经过一次煮的皮参连同原汤一起倒入锅内,加盐使其成为饱和盐水,进行第二次煮沸。当捞出的参立即干固、并有“白霜”出现时,表明已经煮好。

(4) 拌灰和晾晒 目前一般采用草木灰或木炭灰拌参。将煮好的参空干水分后,倒入灰槽中与灰充分搅拌,然后将参置于草席上晾晒。当肉刺硬直、不会脱落时,表明已经晒好。

现在的海参干品加工方式仍然沿用传统的加工方式,在高盐水中多次煮沸,营养成分与活性物质将会受到破坏。为了尽可能多地保存营养成分与活性物质,传统的海参加工方式亟待改进和提高。

三、海参肠的加工

海参肠加工品,在日本视为美味佳品,极受欢迎;20世纪80年代以来,大连等地已陆续开始加工海参肠出口日本。

主要工序为活参→蓄养吐沙→剖腹取肠→洗涤泥沙→加盐盐渍→包装冷藏。

(1) 原料选择 原料必须为活参,以利于下一步操作,将排脏的个体检出。

(2) 蓄养吐沙 将捕捞的海参置于附有铁丝筛网的蓄养池内,蓄养 1~2d。蓄养过程中,海参所排的粪便经筛网沉到池底。海参蓄养密度不宜过大,以免排脏,且要经常换水或微充气,保持水质清新。

(3) 剖腹取肠 将蓄养吐沙后的鲜活海参用剪刀从肛门

上方沿背部向前剖开一个长约为体长 $1/3$ 的切口，使肠和呼吸树自然流出，仔细摘下肠管，防止断裂和破损，保持肠管的完整。

(4) 洗涤泥沙 海参蓄养吐沙后，并非所有的海参个体肠道内的泥沙等都能排除干净，往往仍残留少量的泥沙，需要人工挤出，或者用筷子仔细地将肠道翻过来，将肠充分洗涤，直至无泥沙为止。

(5) 加盐盐渍 肠管洗净后空去水分，加入精盐，加盐量约为肠重的 $15\% \sim 20\%$ ，加盐后充分搅拌、盐渍。

(6) 包装冷藏 经盐渍的海参肠空水 3h，用无毒塑料袋或其他容器如竹筒等包装，在 $-15 \sim -18^{\circ}\text{C}$ 的温度下冷藏。一般生产 37.59kg 的海参，可加工海参肠 0.470kg ，产出率约为 1.3%

四、海参性腺的加工

在 5~6 月捕捞的海参，性腺发育良好，数量多，色泽鲜艳，可以作为加工的原料。当海参剖腹后，取出性腺，将其加工成宽 $12 \sim 15\text{cm}$ 、高 12cm 的倒三角形；一般一个海参性腺可加一个倒三角形，然后挂在绳上晾晒而成。为了保证加工性腺质量良好，要求必须当天晒干，因此应选择晴好天气。

五、海参的深加工

近几年，随着检测手段的不断提高和高新技术的应用，海参的深加工越来越受到重视。海参胶囊、海参肽、海参活素等一批新产品相继出现，海参的深加工产品以提高营养吸收、保持活性为目的，同时极大地增加了产品的附加值。

第二节 加工与营养

海参在加工过程中营养成分的变化与加工方式有密切的关系。

据报道,通过三种方式加工的刺参,进行蛋白质含量分析,具有明显的差异。用相同重量(500g)的海参,经不同方式加工后,盐渍干刺参的蛋白质量 33.64g,百分含量为 17.71%;活性刺参的蛋白含量 46.20g,百分含量为 83.24%;免发刺参的蛋白含量 41.14g,百分含量为 82.28%。试验显示了不同的加工方式对海参营养成分含量的影响差异显著,合理运用冻干加工技术是有效保全海参活性物质和营养成分的关键。

另据报道,用不同方法加工美国加利福尼亚拟刺参(*Parastichopus californicus*)和瓦尔特拟刺参(*P. pavinensis*),对新鲜的、干制的和制罐产品的营养成分、海参毒素以及组织结构进行分析检测,测定结果显示,各营养成分有不同的变化,制罐产品的钾含量明显减少,各产品的组织结构无明显差异。

如何科学合理地加工海参,防止营养成分和活性物质的破坏与流失,是需要进一步研究探讨的重要课题。

第十一章 养殖标准化

第一节 概念和意义

一、标准化的基本概念

（一）标准和标准化的概念

标准的定义：1983年我国颁布的国家标准《标准化基本术语第一部分》（GB 3539.1—1983）对标准的定义是：“标准是对重复事物和概念所作的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管机构批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据”。

标准化的定义：我国国家标准《标准化基本术语第一部分》（GB 3539.1—1983）对标准化的定义是：“在经济、技术、科学及管理等社会实践中，对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准，达到统一，以获得最佳秩序和社会效益”。国际标准化组织（ISO）1983年7月第二号指南对标准化的定义是：“标准化主要是对科学、技术与经济领域内重复应用的问题给出解决办法的活动，其目的在于获得最佳秩序。一般说来包括制定、发布及实施标准的过程”。

上述两个定义也完全适用于海参养殖标准化。定义主要

表明了如下内容：制定标准的出发点和目标是“获得最佳秩序和社会效益”；制定标准的基础和依据是“科学、技术和实践经验的综合成果”；标准化的对象是“重复性事物和概念”；标准化的本质特征是“统一”；标准化涉及的范围是“经济、技术、科学及管理等社会实践”；标准化是一个统一协调的动态系统，是“包括制定、发布及实施标准的过程”。在海参养殖生产和流通的各个领域中，凡具有多次重复使用和需要制定标准的具体产品和各种规范、规程、要求、方法、概念等，都可成为海参养殖标准化的对象。

海参养殖是一个综合性产业，与饲料加工、药物制造、环境保护、食品安全、建筑工程等产业关系密切；海参养殖科学也是一个综合性学科，与生态、营养、病害防治、遗传育种等学科，密切相关，相互促进，由此也决定了海参养殖标准化的综合性特征。

二、标准化的意义

目前，海水养殖面临多方面的挑战，一是水环境污染严重，影响到养殖水产品的质量；二是养殖过程中滥用药物以及饲料中有害物质得不到有效控制；三是养殖对象种质退化，抗病能力减弱，病害泛滥。目前，海参养殖蓬勃发展，但小企业多，具有规模优势、技术优势的大型企业有待于逐步培育形成。在这种形势下，实施海参养殖标准化具有重要意义，主要体现在如下几个方面。

(1) 海参养殖标准化可以为海参养殖企业的科学管理奠定基础。海参养殖行业，规范化程度较低，标准化意识淡薄，海参养殖标准化的任务艰巨而繁重。科学管理应该依据生产

技术的发展规律和经济规律进行管理，而科学管理制度的形成应该以标准化为基础。

(2) 海参养殖标准化可以促进科学技术进步，提高经济效益。海参养殖标准化应用于科学研究，可以避免在研究课题上的重复劳动；应用于产品设计，可以缩短设计周期；应用于生产，可使生产在科学、有序的基础上进行；应用于管理，可以促进统一、协调、高效，从而实现社会效益的最大化。海参养殖标准化是科研、生产、使用三者之间的桥梁。科研成果和先进经验纳入了相应的标准，有利于迅速推广和应用，促进科学技术的进步。

(3) 标准化是实现现代化的必要条件。随着科学技术的发展，生产的社会化程度越来越高，生产规模越来越大，技术要求越来越复杂，分工越来越细，生产协作越来越广泛，这就必须通过制定和使用标准，来保证各生产部门和各生产环节的高度统一和协调，以使生产正常进行。海参养殖标准体系对海参养殖过程的产前、产中、产后各分系统之间进行协调，确立共同遵守的规则和操作规程，建立稳定的生产和工作秩序，可以产生集合效应。

(4) 海参养殖标准化促进对自然资源的合理利用，保持生态平衡，维护人类社会当前和长远的利益。海参养殖标准的贯彻实施，将有助于根据养殖容纳量的理论，把养殖量维持在科学合理的水平，防止养殖系统的内部污染和对外部环境的污染，控制疾病的发生和蔓延。

(5) 海参养殖标准化的开展，有助于研究开发和采用新工艺、新技术、新方法，提高行业应变能力，以更好地满足社会需求。种质等标准的制订和实施，有利于监测养殖品种的遗

传变异趋势，为改良和培育新品种提供科学依据，以逐步实现海参养殖良种化。

(6) 海参养殖标准化有利于保证产品质量，维护消费者利益。例如，无公害养殖技术标准的贯彻实施，可以有效地防止养殖食品的污染，保证养殖食品的安全性，避免食品污染对人们生命安全和身体健康带来的危害。

随着海参养殖科学技术和生产实践不断发展，“标准”也是相对的，标准将随着海参养殖科学技术成果和生产实践经验的积累而不断完善，不断提高。

第二节 标准化体系

一、海参养殖标准化体系

属于海参养殖范围的标准按照其内在联系构成科学完整的有机整体，称为海参养殖标准体系，或称海参养殖标准化系统。

海参养殖标准体系内的标准按照一定形式排列起来的图表即是海参养殖标准体系表，标准体系表是标准体系的直观表达形式，标准体系表的组成单元是标准。该体系表要包括在一定时期内海参养殖标准体系应有的全部标准，既包括现在应有的，也包括预计将来要制定的标准。

二、海参养殖标准体系表

海参养殖标准体系表是反应海参养殖范围内所有标准的结构及其相互关系的图表（表 11-1）。通过标准体系表可以

清楚地看出,当前和今后应制定的标准项目及其缓急程度,为标准制定提供科学的依据;该体系表描绘出了海参养殖标准化的发展蓝图,明确了今后的努力方向和工作重点;该体系表可以为科研、生产和管理人员积极采用和吸收先进技术、实施标准化管理,研究新工艺、新方法、新产品,拓展新思路,提供参考。

表 11-1 海参养殖标准体系表

序号	标准类别	标准名称	标准主要技术内容
1	基础标准	名词术语	专用概念及其定义
2	种质、亲体和苗种标准	种质标准	形态构造、生长繁殖、细胞学、生化遗传、分子遗传学特征等
		亲参标准	规格、质量、检验、运输要求等
		苗种标准	规格、质量、技术、运输和放养要求等
3	水环境条件	养殖水质标准	溶解氧、氨氮、常见污染物、有毒重金属等指标的控制要求和检测方法
4	增养殖技术规范	海参育苗技术规范	水环境、设施、亲参蓄养、采卵孵化、幼体培育、饲料投喂、水质调控等技术要求
		海参养殖技术规范	养殖环境、养殖设施、饲料安全保障、药物安全使用、污染源的控制、工艺技术的优化措施等
		海参增殖技术规范	增殖区环境条件、底质改造、种参移植、苗种规格和放流方法、海参捕捞规格和要求、繁殖保护技术等

续表

序号	标准类别	标准名称	标准主要技术内容
5	饲料标准	海参配合饲料	产品分类、原料粒度、混合均匀度、水中稳定性、水分和蛋白质、脂肪、纤维、灰分的含量、安全卫生要求、检验方法、包装储运要求等
		海参配合饲料安全限量	原料要求、安全指标限量、检验方法、检验规则
		单细胞藻类培养技术规范	设施设备、培养用水的处理、消毒措施、藻种保种和培养、扩大培养、营养盐的配制、培养条件的控制、提高饵料质量的技术要求等
		植物性饵料的质量要求	密度、新鲜度、污染要求、采收和投喂方法等
6	产品标准	无公害食品 海参鲜品标准	感官要求,包括外观、活力、疾病等;卫生安全指标,包括生物、物理、化学等方面污染物的安全限量
		海参干品标准	规格、感官要求、理化指标、检验方法和检验规则、标志和储运要求
7	病害防治标准	养殖病害检测和防治方法	如敌害、细菌病和病毒病的症状、检测方法、防治方法等
		养殖常用药物使用方法	药物质量、药物用量、停药期、施药方法等
8	管理责任标准	海参育苗工作管理要求	针对育苗实际制条管理人员、技术人员和生产操作人员的岗位职责,水、电、气、饲料、安全等的管理要求
		海参养成工作管理要求	针对养成实际制订管理人员、技术人员和生产操作人员的岗位职责,水、电、气、饲料、安全等的管理要求

全国标准体系分国家标准、行业标准、地方标准、企业标准四级,海参养殖企业(场)对国家标准、行业标准、地方标准应坚决全面贯彻实施。为了更好地贯彻实施国家标准、行业标准、地方标准,养殖企业可以制定相应的企业标准;或者在没有国家标准、行业标准、地方标准的情况下,也可以先行制订企业标准。企业标准的技术要求可以高于而不能低于国家标准、行业标准、地方标准的要求,不能与国家标准、行业标准、地方标准相矛盾。

第三节 已发布的海参养殖标准

目前已经发布的标准有三项,均为农业部水产行业标准。

(一)海参亲参质量标准

《海参养殖技术规范亲参》(SC/T 2003.1—1999)规定了海参亲参的质量要求、检验方法、检验规则和运输要求;适用于海参增养殖过程中亲参的生产和销售。

标准规定,海参亲参质量应符合如下要求:①体重大于**200g**;②体长大于**20cm**;③身体无伤残;④无排脏。

标准还规定了亲参的检验方法、检验规则、采捕和运输要求。

(二)海参苗种质量标准

《海参养殖技术规范苗种》(SC/T 2003.2—1999)标准规定了海参苗种的规格、质量要求、检验方法、检验规则和计数方法、运输要求;标准适用于刺参增养殖中苗种的生产和销售。

标准对海参苗种的规格进行了分类(表 11-2),对各类苗种的质量(表 11-3)做了规定。标准还规定了海参苗种的

检验方法、检验规则、计数方法和运输要求。

表 11-2 海参苗种规格分类

规格指标	体 长	适用范围
一类	$\geq 3.0\text{cm}$	养殖、放流增殖
二类	$\geq 2.0\text{cm}$	养殖、放流增殖
三类	$\geq 1.0\text{cm}$	养殖

表 11-3 海参苗种质量要求

类 别	一类	二类	三类
规格合格率	$\geq 95\%$	$\geq 90\%$	$\geq 90\%$
畸形率	$\leq 1\%$	$\leq 2\%$	$\leq 3\%$
伤残率	$\leq 1\%$	$\leq 3\%$	$\leq 5\%$

另外，有的地方还制订了有关海参育苗和养成的地方标准。

(三) 海参干品标准

《干海参(刺参)》(SC/T 3206—2000)规定了海参干品的规格、要求、试验方法、检验规则、标签、包装、储存、运输(表 11-4、表 11-5、表 11-6)；适用于以新鲜海参 *Apostichopus japonicus* Selenka)为原料，经去内脏、煮熟、盐渍、再煮、拌灰、干燥等工序制成的干海参。

表 11-4 干海参规格

干海参	个体重(g/个)
大	≥ 15.1
中	10.1~15.0
小	7.6~10.0
特小	≤ 7.5

表 11-5 干海参感官要求

项目	一级品	二级品	三级品
色泽	黑灰色或灰色		
组织形态	体形肥满,肉质厚实,刺挺直无残缺,嘴部石灰质露出少,切口较整齐	体形细长,肉质较厚,个别刺有残缺,嘴部石灰质露出较多	体形不正,刺有残缺,嘴部石灰质露出较多
其他	体内洁净,基本无盐结晶,体表无盐霜,附着的木炭粉或草木灰少,无杂质,无异味		

表 11-6 干海参理化指标

项目	指标		
	一级	二级	三级
盐分	≤40 %	≤50 %	
水分	≤12 %		
净含量允差	±1 %		

第四节 海参养殖相关标准

一、渔用配合饲料安全限量

农业部发布的《无公害食品渔用配合饲料安全限量》(NY 5072—2002)规定了渔用配合饲料安全限量的要求(表 11-7)、试验方法、检验规则;适用于渔用配合饲料的成品,其他形式的渔用饲料可参照执行。

表 11-7 渔用配合饲料的安全指标限量

项 目	限 量	适 用 范 围
铅(以 Pb 计)(mg/kg)	≤ 5.0	各类渔用配合饲料
汞(以 Hg 计)(mg/kg)	≤ 0.5	各类渔用配合饲料
无机砷(以 As 计)(mg/kg)	≤ 3	各类渔用配合饲料
镉(以 Cd 计)(mg/kg)	≤ 3	海水鱼类、虾类配合饲料
	≤ 0.5	其他渔用配合饲料
铬(以 Cr 计)(mg/kg)	≤ 10	各类渔用配合饲料
氟(以 F 计)(mg/kg)	≤ 350	各类渔用配合饲料
游离棉酚(mg/kg)	≤ 300	温水杂食性鱼类、虾类配合饲料
	≤ 150	冷水性鱼类、海水鱼类配合饲料
氰化物(mg/kg)	≤ 50	各类渔用配合饲料
多氯联苯(mg/kg)	≤ 0.3	各类渔用配合饲料
异硫氰酸酯(mg/kg)	≤ 500	各类渔用配合饲料
噻唑烷硫酮(mg/kg)	≤ 500	各类渔用配合饲料
油脂酸价(mg KOH/g)	≤ 2	渔用育苗配合饲料
	≤ 6	渔用育成配合饲料
	≤ 3	鳊鲢育成配合饲料
黄曲霉毒素 B ₁ (mg/kg)	≤ 0.01	各类渔用配合饲料
六六六(mg/kg)	≤ 0.3	各类渔用配合饲料
滴滴涕(mg/kg)	≤ 0.2	各类渔用配合饲料
沙门氏菌(cfu/25g)	不得检出	各类渔用配合饲料
霉菌(cfu/g)	$\leq 3 \times 10^4$	各类渔用配合饲料

二、海水水质标准

国家标准《海水水质标准》(GB 3097—1997)规定了海域各类使用功能的水质要求,适用于我国管辖的海域。

标准对海水水质进行分类制订标准,按照海域的不同使用功能和保护目标,海水水质分为四类(表 11-8):第一类适用于海洋渔业水域、海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区;第二类适用于水产养殖区、海水浴场、人体直接接触海水的海上运动或娱乐区以及与人类食用直接有关的工业用水区;第三类适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区;第四类适用于海洋港口水域、海洋开发作业区。

表 11-8 海水水质标准

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
1	漂浮物质	海面不得出现油膜、浮沫和其他漂浮物质			海面无明显油膜、浮沫和其他漂浮物质
2	色、臭、味	海水不得有异色、异臭、异味			海水不得有令人厌恶和感到不快的色、臭、味
3	悬浮物质	人为增加的量 ≤10	人为增加的量 ≤100		人为增加的量 ≤150
4	大肠菌群 (个/L)	≤10 000 供人生食的贝类增殖水质≤700			—
5	粪大肠菌群 (个/L)	≤2 000 供人生食的贝类增殖水质≤140			—

续表

序号	项目	第一类	第二类	第三类	第四类
6	病原体	供人生食的贝类养殖水质不得含有病原体			
7	水温(℃)	人为造成的海水温升 夏季不超过当时当地 1℃,其他季节不超过 2℃		人为造成的海水温升不超过 当时当地 4℃	
8	pH	7.8~8.5 同时不超出该海域正 常变动范围的 0.2pH 单位		6.8~8.8 同时不超出该海域正常变动 范围的 0.5pH 单位	
9	溶解氧	>6	>5	>4	>3
10	化学需氧量(COD)	≤2	≤3	≤4	≤5
11	生化需氧量(BOD ₅)	≤1	≤3	≤4	≤5
12	无机氮(以 N 计)	≤0.20	≤0.30	≤0.40	≤0.50
13	非离子氨(以 N 计)	≤0.020			
14	活性磷酸盐 (以 P 计)	≤0.015	≤0.030		≤0.045
15	汞	≤0.000 05	≤0.000 2		≤0.000 5
16	镉	≤0.001	≤0.005	≤0.010	
17	铅	≤0.001	≤0.005	≤0.010	≤0.050
18	六价铬	≤0.005	≤0.010	≤0.020	≤0.050
19	总铬	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.50
20	砷	≤0.020	≤0.030	≤0.050	
21	铜	≤0.005	≤0.010	≤0.050	
22	锌	≤0.020	≤0.050	≤0.10	≤0.50

续表

序号	项目		第一类	第二类	第三类	第四类
23	硒		≤0.010	≤0.020		≤0.050
24	镍		≤0.005	≤0.010	≤0.020	≤0.050
25	氰化物		≤0.005		≤0.10	≤0.20
26	硫化物(以 S 计)		≤0.02	≤0.05	≤0.10	≤0.25
27	挥发性酚		≤0.005		≤0.010	≤0.050
28	石油类		≤0.05		≤0.30	≤0.50
29	六六六		≤0.001	≤0.002	≤0.003	≤0.005
30	滴滴涕		≤0.000 05	≤0.0001		
31	马拉硫磷		≤0.000 5	≤0.001		
32	甲基对硫磷		≤0.000 5	≤0.001		
33	苯并(a)芘		≤0.0025			
34	阴离子表面活性剂(以 LAS 计)		0.03		0.10	
35	* 放射性核素(Bq/L)	⁶⁰ Co	0.03			
		⁹⁰ Sr	4			
		¹⁰⁶ Rn	0.2			
		¹³⁴ Cs	0.6			
		¹³⁷ Cs	0.7			

三、海水养殖水质

农业部标准《无公害食品 海水养殖水质》(NY 5052—2001)规定了海水养殖水质要求(表 11-9)、测定方法、检验

规则和结果判定,适用于海水养殖用水。

表 11-9 海水养殖水质要求

序号	项 目	标 准 值
1	色、臭、味	海水养殖水体不得有异色、异臭、异味
2	大肠菌群(个/L)	≤ 5000 ,供人生食的贝类养殖水质 ≤ 500
3	粪大肠菌群(个/L)	≤ 2000 ,供人生食的贝类养殖水质 ≤ 140
4	汞(mg/L)	$\leq 0.000\ 2$
5	镉(mg/L)	≤ 0.005
6	铅(mg/L)	≤ 0.05
7	六价铬(mg/L)	≤ 0.01
8	总铬(mg/L)	≤ 0.1
9	砷(mg/L)	≤ 0.03
10	铜(mg/L)	≤ 0.01
11	锌(mg/L)	≤ 0.1
12	硒(mg/L)	≤ 0.02
13	氰化物(mg/L)	≤ 0.005
14	挥发性酚(mg/L)	≤ 0.005
15	石油类(mg/L)	≤ 0.05
16	六六六(mg/L)	≤ 0.001
17	滴滴涕(mg/L)	$\leq 0.000\ 05$
18	马拉硫磷(mg/L)	$\leq 0.000\ 5$
19	甲基对硫磷(mg/L)	$\leq 0.000\ 5$
20	乐果(mg/L)	≤ 0.1
21	多氯联苯(mg/L)	$\leq 0.000\ 02$

四、无公害水产品产地环境要求

国家标准《农产品安全质量 无公害水产品产地环境要

求》(GB/T 18407.4—2001)规定了无公害水产品的产地环境、水质要求和检验方法;适用于无公害水产品的产地环境的评价。

标准有三项要求。一是产地要求:养殖地应是生态环境良好,无或不直接受工业“三废”及农业、城镇生活、医疗废弃物污染的水(地)域;养殖区域内及上风向、灌溉水源上游,没有对产地环境构成威胁的(包括工业“三废”、农业废弃物、医疗机构污水及废弃物、城市垃圾和生活污水等)污染源。二是水质要求:水质质量应符合 GB 11607 的规定。三是底质要求:底质无工业废弃物和生活垃圾,无大型植物碎屑和动物尸体;底质无异色、异臭,自然结构;底质有害有毒物质最高限量应符合表 11-10 的规定。该项标准对于海参养殖非常重要,特别是海参长期在海区的底部栖息和摄食,底质好坏直接影响海参的食用安全,海参养殖池和增殖区的底质等环境条件必须符合该项标准的要求。

表 11-10 底质有害有毒物质最高限量

项 目	指标,mg/kg(湿重)
总汞	≤0.2
镉	≤0.5
铜	≤30
锌	≤150
铅	≤50
铬	≤50
砷	≤20
滴滴涕	≤0.02
六六六	≤0.5

五、渔用药物使用准则

农业部标准《无公害食品——渔用药物使用准则》(NY 5071—2002)规定了渔用药物使用的基本原则、渔用药物的使用方法以及禁用药物；适用于水产增养殖中的健康管理及病害控制中的渔药使用。

标准规定了渔用药物使用基本原则：渔用药物的使用应以不危害人类健康和破坏水域生态环境为基本原则；水生动植物增养殖过程中对病虫害的防治，坚持“以防为主，防治结合”；渔药的使用应严格遵循国家和有关部门的有关规定，严禁生产、销售和使用未取得生产许可证、批准文号与没有生产执行标准的渔药；积极鼓励研制、生产和使用“三效”(高效、速效、长效)、“三小”(毒性小、副作用小、用量小)的渔药，提倡使用水产专用渔药、生物源渔药和渔用生物制品；病害发生时应对症用药，防止滥用渔药与盲目增大用药量或增加用药次数、延长用药时间；食用鱼上市前，应有相应的休药期。休药期的长短，应确保上市水产品的药物残留限量符合农业部标准 NY 5070 的要求；水产饲料中药物的添加应符合农业部标准 NY 5072 的要求，不得选用国家规定禁止使用的药物或添加剂，也不得在饲料中长期添加抗菌药物。

各类渔用药物的使用方法必须符合表 11-12 的规定和要求。

表 11-12 渔用药物使用方法

渔药名称	用途	用法与用量	休药期 (d)	注意事项
氧化钙 (生石灰) calcii oxydum	用于改善池塘环境,清除敌害生物及预防部分细菌性鱼病	带水清塘: 200 ~ 250mg/L (虾类: 350 ~ 400mg/L) 全池泼洒: 20 ~ 25mg/L (虾类: 15 ~ 30mg/L)		不能与漂白粉、有机氯、重金属盐、有机络合物混用
漂白粉 bleaching powder	用于清塘、改善池塘环境及防治细菌性皮肤病、烂鳃病、出血病	带水清塘: 20mg/L 全池泼洒: 1.0 ~ 1.5mg/L	≥ 5	(1) 勿用金属容器盛装 (2) 勿与酸、铵盐、生石灰混用
二氯异氰尿酸钠 sodium dichloroisocyanurate	用于清塘及防治细菌性皮肤病、烂鳃病、出血病	全池泼洒: 0.3 ~ 0.6mg/L	≥ 10	勿用金属容器盛装
三氯异氰尿酸 trichloroisocyanuric	用于清塘及防治细菌性皮肤病、烂鳃病、出血病	全池泼洒: 0.2 ~ 0.5mg/L	≥ 10	(1) 勿用金属容器盛装 (2) 针对不同的鱼类和水体的 pH, 使用量应适当增减
二氧化氯 chlorine dioxide	用于防治细菌性皮肤病、烂鳃病、出血病	浸浴: 20 ~ 40mg/L, 5 ~ 10min 全池泼洒: 0.1 ~ 0.2mg/L, 严重时 0.3 ~ 0.6mg/L	≥ 10	(1) 勿用金属容器盛装 (2) 勿与其他消毒剂混用

续表

渔药名称	用途	用法与用量	休药期 (d)	注意事项
二溴海因 dibromodimethylhydantoin	用于防治细菌性和病毒性疾病	全池泼洒: 0.2 ~ 0.3mg/L		
氯化钠(食盐) sodium chloride	用于防治细菌、真菌或寄生虫疾病	浸浴: 1% ~ 3%, 5 ~ 20min		
硫酸铜 (蓝矾、胆矾、石胆) copper sulfate	用于治疗纤毛虫、鞭毛虫等寄生性原虫病	浸浴: 8mg/L (海水鱼类: 8 ~ 10mg/L), 15 ~ 30min 全池泼洒: 0.5 ~ 0.7mg/L (海水鱼类: 0.7 ~ 1.0mg/L)		(1) 常与硫酸亚铁合用 (2) 广东鲂慎用 (3) 勿用金属容器盛装 (4) 使用后注意池塘增氧 (5) 不宜用于治疗小瓜虫病
硫酸亚铁 (硫酸低铁、绿矾、青矾) ferrous sulphate	用于治疗纤毛虫、鞭毛虫等寄生性原虫病	全池泼洒: 0.2mg/L (与硫酸铜合用)		(1) 治疗寄生性原虫病时需与硫酸铜合用 (2) 乌鳢慎用
高锰酸钾 (锰酸钾、灰锰氧、锰强灰) potassium permanganate	用于杀灭锚头鳅	浸浴: 10 ~ 20mg/L, 15 ~ 30min 全池泼洒: 4 ~ 7 mg/L		(1) 水中有机物含量高时药效降低 (2) 不宜在强烈阳光下使用

续表

渔药名称	用途	用法与用量	休药期 (d)	注意事项
四烷基季铵盐 络合碘(季铵 盐含量为 50%)	对病毒、细 菌、纤毛虫、 藻类有杀灭 作用	全池泼洒:0.3mg/L (虾类相同)		(1) 勿与碱性物 质同时使用 (2) 勿与阴性离 子表面活性剂混用 (3) 使用后注意 池塘增氧 (4) 勿用金属容 器盛装
大蒜 crown's treacle, garlic	用于防治 细菌性肠炎	拌饵投喂:每千克 体重 10~30g,连用 4 ~6d(海水鱼类相同)		
大蒜素粉 (含大蒜素 10%)	用于防治 细菌性肠炎	每千克体重 0.2g, 连用 4~6d(海水鱼类 相同)		
大黄 medicinal rhubarb	用于防治 细菌性肠炎、 烂鳃	全池泼洒:2.5~ 4.0mg/L(海水鱼类相 同) 拌饵投喂:每千克 体重 5~10g,连用 4~ 6d(海水鱼类相同)		投喂时常与黄 芩、黄柏合用(三者 比例为 5:2:3)。
黄芩 raikai skullcap	用于防治 细菌性肠炎、 烂鳃、赤皮、 出血病	拌饵投喂:每千克 体重 2~4g,连用 4~ 6d(海水鱼类相同)		投喂时需与大 黄、黄柏合用(三者 比例为 2:5:3)。

续表

渔药名称	用途	用法与用量	休药期 (d)	注意事项
黄柏 arnur corktree	用于防治 细菌性肠炎、 出血	拌饵投喂:每千克 体重 3~6g,连用 4~ 6d(海水鱼类相同)		投喂时需与大 黄、黄芩合用(三者 比例为 3:5:2)。
五倍子 Chinese sumac	用于防治 细菌性烂鳃、 赤皮、白皮、 疮疮	全池泼洒:2~4 mg/L(海水鱼类相同)		
穿心莲 common andrographis	用于防治 细菌性肠炎、 烂鳃、赤皮	全池泼洒:15~ 20mg/L 拌饵投喂:每千克 体重 10~20g,连用 4~6d		
苦参 lightyellow sophora	用于防治 细菌性肠炎、 竖鳞	全池泼洒:1.0~ 1.5mg/L 拌饵投喂:每千克 体重 1~2g,连用 4~ 6d		
土霉素 oxytetracycline	用于治疗 肠炎病、弧菌 病	拌饵投喂:每千克 体重 50~80mg,连用 4~6d(海水鱼类相 同,虾类:每千克体重 50~80mg,连用 5~ 10d)	≥30 (鳊鲴) ≥21 (鲢鱼)	勿与铝、镁离子 及卤素、碳酸氢钠、 凝胶合用

续表

渔药名称	用途	用法与用量	休药期 (d)	注意事项
噁唑酸 oxolinic acid	用于治疗 细菌性肠炎 病、赤鳍病、 香鱼、对虾弧 菌病,鲈鱼结 节病,鲢鱼疔 疮病	拌饵投喂:每千克 体重 10~30mg,连用 5~7d(海水鱼类:每 千克体重 1~20mg;对 虾:每千克体重 6~ 60mg,连用 5d)	≥ 25 (鳊鲃) ≥ 21 (鲤鱼、 香鱼) ≥ 16 (其他 鱼类)	用药量视不同的 疾病有所增减
磺胺嘧啶 (磺胺哒嗪) sulfadiazine	用于治疗 鲤科鱼类的 赤皮病、肠炎 病,海水鱼链 球菌病	拌饵投喂:每千克 体重 100mg,连用 5d (海水鱼类相同)		(1) 与甲氧苄氨 嘧啶(TMP)同用, 可产生增效作用 (2) 第一天药量 加倍
磺胺甲噁 唑(新诺明、 新明磺) sulfamethoxazole	用于治疗 鲤科鱼类的 肠炎病	拌饵投喂:每千克 体重 100mg,连用 5~ 7d	≥ 30	(1) 不能与酸性 药物同用 (2) 与甲氧苄氨 嘧啶(TMP)同用, 可产生增效作用 (3) 第一天药量 加倍
磺胺间甲氧嘧 啶(制菌磺、磺胺 -6-甲氧嘧啶) sulfamonomethoxine	用于治疗 鲤科鱼类的 竖鳞病、赤皮 病及弧菌病	拌饵投喂:每千克 体重 50~100mg,连用 4~6d	≥ 37 (鳊鲃)	(1) 与甲氧苄氨 嘧啶(TMP)同用, 可产生增效作用 (2) 第一天药量 加倍
氟苯尼考 florfenicol	用于治疗 鳊鲃爱德华 氏病、赤鳍病	拌饵投喂:每千克 体重 10.0mg,连用 4~6d	≥ 7 (鳊鲃)	

续表

渔药名称	用途	用法与用量	休药期 (d)	注意事项
聚维酮碘(聚 乙烯吡咯烷酮 碘、皮维碘、 PVP-1、伏碘) (有效碘 1.0%) povidone-iodine	用于防治 细菌性烂鳃 病、弧菌病、鳃 鲢红头病。并 可用于预防病 毒病:如草鱼 白点病、传染 性膜腺坏死 病、传染性造 血组织坏死 病、病毒性出 血败血症	全池泼洒:海、淡 水幼鱼、幼虾:0.2~ 0.5mg/L 海、淡水成鱼、成 虾:1~2mg/L 鳃鲢:2~4mg/L 浸浴: 草鱼科:30mg/L, 15~20min 鱼卵:30~50mg/L (海水鱼卵:25~30 mg/L),5~15min		(1) 勿与金属物 品接触 (2) 勿与季铵盐 类消毒剂直接混 合使用

注:用法与用量栏未标明海水鱼类与虾类的均适用于淡水鱼类;休药期为
强制性。

标准规定了禁用渔药(表 11-13),严禁使用高毒、高残
留或具有三致毒性(致癌、致畸、致突变)的渔药;严禁使用对
水域环境有严重破坏而又难以修复的渔药,严禁直接向养殖
水域泼洒抗菌药,严禁将新近开发的人用新药作为渔药的主
要或次要成分。

表 11-13 禁用渔药

药物名称	化学名称(组成)	别名
地虫硫磷 fonofos	O-2 基-S 苯基二硫代磷酸乙酯	大风雷
六六六 BHC(HCH) Benzem, hexachloridge	1,2,3,4,5,6-六氯环乙烷	

续表

药物名称	化学名称(组成)	别名
林丹 lindane, gammaxare, gamma-BHC, gamma-HCH	γ -1,2,3,4,5,6-六氯环乙烷	丙体六六六
毒杀芬 camphechlor(ISO)	八氯莰烯	氯化莰烯
滴滴涕 DDT	2,2-双(对氯苯基)-1,1,1,- 三氯乙烷	
甘汞 calomel	二氯化汞	
硝酸亚汞 mercurous nitrate	硝酸亚汞	
醋酸汞 mercuric acetate	醋酸汞	
呋喃丹 carbofuran	2,3-二氢-2,2-二甲基-7- -苯并呋喃基-甲基氨基甲酸 酯	克百威、大扶农
杀虫脒 chlordimeform	N-(2-甲基-4-氯苯基)N', N'-二甲基甲脒盐酸盐	克死螨
双甲脒 anitraz	1,5-双-(2,4-二甲基苯基)- -3-甲基-1,3,5-三氮戊二 烯-1,4	二甲苯胺脒
氟氯氰菊酯 cyfluthrin	α -氰基-3-苯氧基-4-氯 苯基(1R,3R)-3-(2,2-二氯 乙烯基)-2,2-二甲基环丙烷 羧酸酯	百树菊酯、百树 得

续表

药物名称	化学名称(组成)	别名
氟氰戊菊酯 flucythrinate	(R,S)- α -氰基-3-苯氧苄基-(R,S)-2-(4-二氯甲氧基)-3-甲基丁酸酯	保好江乌 氟氰菊酯
五氯酚钠 PCP-Na	五氯酚钠	
孔雀石绿 malachite green	$C_{23}H_{25}ClN_2$	碱性绿、盐基块绿、孔雀绿
锥虫肿胺 tryparsamide		
酒石酸锑钾 antimonyl potassium tartrate	酒石酸锑钾	
磺胺噻唑 sulfathiazolum ST, norsultazo	2-(对氨基苯磺酰胺)-噻唑	消治龙
磺胺脒 sulfaguanidine	N_1 -脒基磺胺	磺胺脒
呋喃西林 furacillinum, nitrofurazone	5-硝基呋喃醛缩氨基脒	呋喃新
呋喃唑酮 furazolidonum, nifulidone	3-(5-硝基糠叉胺基)-2-呋唑烷酮	痢特灵
呋喃那斯 furanace, nifurpirinol	6-羟甲基-2-[-(5-硝基-2-呋喃基乙烯基)]吡啶	P-7138(实验名)
氯霉素(包括其盐、酯及制剂) chloramphenicol	由委内瑞拉链霉素产生或合成法制成	

续表

药物名称	化学名称(组成)	别名
红霉素 erythromycin	属微生物合成,是 <i>Streptomyces erythreus</i> 产生的抗生素	
杆菌肽锌 zinc bacitracin premin	由枯草杆菌 <i>Bacillus subtilis</i> 或 <i>B. leicheniformis</i> 所产生的抗生素,为一含有噻唑环的多肽化合物	枯草菌肽
泰乐菌素 tylosin	<i>S. fradiae</i> 所产生的抗生素	
环丙沙星 ciprofloxacin(CIPRO)	为合成的第三代喹诺酮类抗菌药,常用盐酸盐水合物	环丙氟哌酸
阿伏帕星 avoparcin		阿伏霉素
喹乙醇 olaquinox	喹乙醇	喹酰胺醇羟乙喹氧
速达肥 fenbendazole	5-苯硫基-2-苯并咪唑	苯硫吡唑氨甲基甲酯
乙烯雌酚(包括雌二醇等其他类似合成等雌性激素) diethylstilbestrol, stilbestrol	人工合成的非甾体雌激素	乙烯雌酚,人造求偶素
甲基睾丸酮(包括丙酸睾丸素、去氢甲睾酮以及同化物等雄性激素) methyltestosterone, metandren	睾丸素 C_{17} 的甲基衍生物	甲睾酮甲基睾酮

六、水产品中有毒有害物质限量

农业部标准《无公害食品 水产品中有毒有害物质限量》(NY 5073—2001)规定了水产品中重金属、有害元素、农药残留、生物毒素限量的要求(表 11-14)、试验方法、检验规则;适用于捕捞及养殖的鲜、活水产品。

表 11-14 水产品中有毒有害物质限量

项目	指 标
汞(以 Hg 计)(mg/kg)	≤1.0(贝类及肉食性鱼类) ≤0.5(其他水产品)
甲基汞(以 Hg 计)(mg/kg)	≤0.5(所有水产品)
砷(以 As 计)(mg/kg)	≤0.5(淡水鱼)
无机砷(以 As 计)(mg/kg)	≤1.0(贝类、甲壳类、其他海产品) ≤0.5(海水鱼)
铅(以 Pb 计)(mg/kg)	≤1.0(軟體动物) ≤0.5(其他水产品)
镉(以 Cd 计)(mg/kg)	≤1.0(軟體动物) ≤0.5(甲壳类) ≤0.1(鱼类)
铜(以 Cu 计)(mg/kg)	≤50(所有水产品)
硒(以 Se 计)(mg/kg)	≤1.0(鱼类)
氟(以 F 计)(mg/kg)	≤2.0(淡水鱼类)
铬(以 Cr 计)(mg/kg)	≤2.0(鱼贝类)
组胺(mg/100g)	≤100(鲐鲙鱼类) ≤30(其他海水鱼类)

续表

项 目	指 标
多氯联苯(PCBs)(mg/kg)	≤ 0.2 (海产品)
甲醛	不得检出(所有水产品)
六六六(mg/kg)	≤ 2 (所有水产品)
滴滴涕(mg/kg)	≤ 1 (所有水产品)
麻痹性贝类毒素(PSP)($\mu\text{g/kg}$)	≤ 80 (贝类)
腹泻性贝类毒素(DSP)($\mu\text{g/kg}$)	不得检出(贝类)

七、水发水产品

农业部标准《无公害食品 水发水产品》(NY 5172—2002)规定了无公害食品水发产品的要求(表 11-15、表 11-16)、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与储存;适用于干制品水发的水产品(包括水发海参、水发鱿鱼、水发墨鱼、水发干贝、水发鱼翅等),水浸泡销售的解冻水产品(解冻虾仁、解冻银鱼等),以及浸泡销售的鲜水产品(鲜墨鱼仔、鲜小鱿鱼等);其他类似水产品可参照执行。

表 11-15 水发水产品的感官要求

项 目	要 求
形态	应基本保持其原有的形态,不过分变形
气味	气味正常,无异味,无腐臭味
组织	有弹性,不糜烂、不僵硬、不呈现半透明状态
杂质	无外来杂质

表 11-16 水发水产品的安全指标

项 目	指 标
pH 值	≤ 8
甲醛(mg/kg)	≤ 10.0
无机砷(以 As 计)(mg/kg)	≤ 1.0
汞(以 Hg 计)(mg/kg)	≤ 0.5
铅(以 Pb 计)(mg/kg)	≤ 0.5
镉(以 Cd 计)(mg/kg)	≤ 0.1

第十二章 保健作用的研究开发

第一节 保健作用的评价

中国是世界上最早食用海参的国家，自古以来，海参被誉为“海产八珍”之一，名列海味之首。

古人对海参的功能早有论述。明代李时珍的《本草纲目》中就有记载。明代姚可成写的《食物本草》一书指出海参有主补元气、滋益五脏六腑和祛虚损的养生功能。明代进士谢肇淛《五杂俎》记载“海参，辽东海滨有之”，“其性温补，足敌人参，故曰海参。”在此，已经将海参誉为海中人参，所谓辽东海滨有之，主要是指黄渤海产的海参。

我国清代赵学敏写的中药典籍《本草纲目拾遗》称其“补肾经、益精髓、消痰涎，摄小便、壮阳、生百脉血、治溃疡生蛆”；清代中药典籍《本草从新》记载海参“甘、咸、温，补肾益精、壮阳疗萎”，主治精血亏损、虚弱劳怯、阳痿梦遗、小便频数、肠燥便艰。

清代名医叶天士、吴鞠通以治瘟病为专长，对阳明瘟病以加味海参的新加黄龙汤主治，突出了海参的补液和通络作用。在众多的养生古籍中海参被推崇为养生佳品，如《随息居饮食谱》称其“滋阴、补血、健阳、润燥、调精、养胎、利产，凡产后、病后衰老匡孱、宜同火腿或猪、羊肉煨食之”。总之，长久以来海

参补肾壮阳、益气补阴、通肠润燥、止血消炎、内脏镇痛等功效已为人们所公认。

据民间经验，不同种类的海参都可直接入药治疗，如刺参、梅花参有补肾、治水肿的作用；辐肛参有延长凝血及治月经病的功能；鲜海参煮食，可医治肺结核咯血和再生性障碍贫血等；水发海参切成小块与粳米煮粥，调入精盐、味精，早晚服用，有补肾、益精、养血的功能；用海参加蘑菇、玉兰片、虾皮煮汤，为老年人理想的滋补品。

除海参体壁可供药用外，海参肠也是治病良药。肠中含有硫酸多糖，且钒的含量特别高，炖吃海参肠，可以医治小儿麻疹，疗效很好。海参肠焙干后研末服用，可医治胃及十二指肠溃疡。海参肠在日本市场深受欢迎，十分畅销。

第二节 保健作用的研究

据检测报道，海参基本营养成分、氨基酸和无机元素的含量比较丰富（表 12-1、表 12-2、表 12-3）。从分析的海参 18 种氨基酸中可以看出，必需氨基酸含量比较高，且不含胆固醇；只有黄渤海产的刺参含有较丰富的多糖类。

表 12-1 各种海参基本成分含量分析结果(%)

海参种类	蛋白质	粗脂肪	总糖	水分	灰分
黑乳参	91.20	0.58		8.20	4.01
图纹白尼参	89.20	0.54		7.94	4.50
白底辐肛参	86.28	0.75		8.10	4.88
黑怪海参	80.72	0.90		9.50	4.94

续表

海参种类	蛋白质	粗脂肪	总糖	水分	灰分
黄疣海参	77.82	1.05		6.87	10.83
梅花参	69.72	3.70		8.55	9.51
刺参	76.50	1.10	13.20	5.00	4.20

引自《食物成分表》,1985年版。

表 12-2 海参的氨基酸含量分析结果 (mg/100mg)

氨基酸种类	黑乳参	白底辐肛参	黑怪海参	黄海疣参	梅花参	刺参
天门冬氨酸	6.59	6.70	6.15	6.50	5.78	5.56
苏氨酸*	3.44	3.34	3.32	3.08	2.58	2.43
丝氨酸	2.91	3.45	2.39	2.44	2.07	2.03
谷氨酸	11.13	11.24	8.72	11.04	8.76	8.60
甘氨酸	17.08	17.18	10.94	8.53	10.03	7.02
丙氨酸	8.41	8.22	5.	3.56	5.20	3.67
胱氨酸						1.90
缬氨酸*	2.64	2.61	2.43	2.40	3.43	2.43
蛋氨酸*	1.03	0.31	0.99	1.01	0.86	1.07
异亮氨酸*	1.39	1.50	1.73	1.83	1.64	2.57
亮氨酸*	2.64	2.80	2.57	2.79	2.59	3.57
酪氨酸*	1.65	1.51	1.87	1.66	1.41	1.21
苯丙氨酸*	1.45	1.29	1.76	1.64	1.67	2.40
赖氨酸*	1.02	1.24	1.13	1.32	0.92	1.82
组氨酸*	0.37	0.56	0.49	0.53	0.40	0.76
精氨酸*	6.60	7.03	4.54	5.35	4.46	2.11
色氨酸	0.280	0.316	0.49	0.18	0.44	1.57
脯氨酸	3.32	7.97	2.33	0.98	1.03	2.70
氨	1.36	0.86	1.21	1.98	1.17	1.41
总和	72.98	72.48	58.34	56.64	52.10	55.70

注:带*的为必需氨基酸,胱氨酸未作专门测定(摘自《中国海洋药物》)。

表 12-3 海参中的无机元素分析结果

无机元素	黑乳参	白底辐肛参	黑怪海参	黄疣海参	梅花参	刺参
Ca(mg/kg)	89.60	78.30	57.70	94.00	44.50	1.09
Mg(mg/kg)	7.20	9.90	6.50	10.80	8.30	0.90
Fe(mg/kg)	0.25	2.14	0.23	0.41	0.21	0.16
K(mg/kg)	0.49	0.50	0.91	0.70	1.01	1.74
Na(mg/kg)	20.10	10.5	18.00	0.50	24.30	5%
Mn(μ g/g)	2.93	10.41	3.63	6.46	5.52	53.74
Co(μ g/g)	9.52	9.20	10.60	11.61	13.68	6.99
Ni(μ g/g)	58.90	407.40	44.60	20.60	32.86	7.87
Pb(μ g/g)	28.40	10.70	17.90	19.65	11.30	2.05
Cr(μ g/g)	37.40	31.70	21.70	33.30	38.40	
Cd(μ g/g)	4.40	4.28	4.08	4.47	4.52	1.65
Cu(μ g/g)	4.35	5.61	4.65	6.98	2.98	14.54

据测定，干海参含蛋白质 60%~75%，脂肪为 0.9%~1.1%，碳水化合物为 0.15%，还有一定量的钙、铁、尼克酸、核黄素、硫酸胺等，其中碘的含量为 6 000 μ g/kg；鲜海参的蛋白质含量为 14%~20%，脂肪为 0.2%~0.3%，水为 76%~85%，海参中蛋白质极易被人体消化吸收；水发海参每百克含水分 76g、蛋白质 21.5g、脂肪 0.3g、碳水化合物 1g、灰分 1.1g、钙 118mg、磷 22mg、铁 1.4mg。

至今，在海参中发现多种活性物质，如酸性粘多糖、活性三萜甙和海参毒素等。

据报道，海参肠每百克含水分 72.49g、粗蛋白 8.84g、粗脂肪 2.09g、灰分 1.6g、干肠含钒率为 12%，为躯体的 3 倍；海参中的海参毒素含量是每百克 8.7mg，尚含有相当数量的

岩藻糖。从海参中提取的海参毒素是一种抗霉剂，在 $6.25 \sim 25 \mu\text{g/mL}$ 的浓度条件下，能抑制多种霉菌。

日本的谷川(Tanikawa 1955)经对海参蛋白质的详细分析和研究，认为海参的食用部分是由胶原纤维构成的结缔组织，含有大量的粘蛋白，其中包括组成硫酸软骨素的成分。

现代药物学和药理学的研究表明，酸性粘多糖（即硫酸软骨素）已成为较有发展前途的新型药用活性成分，其化学组成是 D-葡萄糖醛酸和乙酰氨基己糖（葡萄糖和半乳糖）通过 $1,3-\beta$ -苷键相连接的高聚物。酸性粘多糖是结缔组织无定形基质的重要结构成分，多以蛋白质复合体与胶原纤维相结合的形式而存在。粘多糖为动物界所特有，主要存在于细胞间质，也是实质细胞的生存环境。

研究表明，酸性粘多糖对人体生长、愈创、抗炎、成骨和预防组织老化、动脉硬化等有一定的作用，还是一种抗癌谱较为广泛的药物，经对动物腹腔静脉注射多种移植性实验，对治疗肿瘤有较显著的疗效，对 MA-767 乳腺癌、S180、S37、L10-1 淋巴肉瘤等均有较明显的抑制作用，同时也具有较强的抗转移作用。据资料报道，天津市医药科学研究所对海参酸性粘多糖做过一系列研究，初步证实它具有抗肿瘤和抗凝血作用。另外，酸性粘多糖还能提高巨噬细胞的吞噬功能。

就现在的研究现状而言，海参保健作用的研究深度和广度还是远远不够的，有待于运用现代科学的手段和方法，对海参的药用和保健机理、活性物质的保活加工方法进行深入的实验研究，让这一海珍品为人类健康发挥更多更好的作用。

由于分析样品和分析方法的不同，关于海参营养和化学成分的检测分析结果差别较大；同时我们掌握的资料还不够

全面，对海参保健作用的研究有待逐步深入，尽管如此，根据现有资料，我们对海参的保健作用仍可以得到一些明晰的印象：含有丰富的活性物质酸性粘多糖等；必需氨基酸的比例较高；不含胆固醇；含有丰富的对人体有益的微量元素。

综上所述，海参的作用机制可以从根本上提高人体免疫能力和抗病能力，提高人体素质，从而达到防病治病、增强体质的效果。可以说，海参是天然的海洋保健食品。

在选用海参作保健品时还应注意以下几点：干海参、鲜海参都可以用，但尽可能选用鲜海参或加工环节较少的海参，以减少营养成分和活性物质在加工过程中的损失；食用海参不宜过量，应坚持细水长流，一般一天一头即可；海参可以常年食用，也可以季节性地食用，如仅在秋、冬两季食用，根据实际情况，确定食用产品的种类、食用方法和食用时间。

附录

附录 国际标准筛网规格表(XX)

号数	孔数(个/英寸 ²)	孔数(个/cm ²)	孔径(μm)
0000	18	7.3	1346
000	23	9.4	1024
00	29	11.8	754
0	38	15.5	569
1	43	19.6	417
2	54	22.0	366
3	58	23.7	333
4	62	25.3	318
5	66	26.9	282
6	74	30.2	239
7	82	33.5	224
8	86	35.1	203
9	97	39.6	168
10	100	40.8	158
11	116	47.3	145
12	125	51.0	119
13	129	52.7	112
14	139	56.7	99
15	150	61.2	94
16	157	64.1	86
17	163	66.5	81
18	166	67.3	79
19	169	69.0	77
20	173	70.6	76
21	178	72.7	69
25	200	81.6	64

附录二 国产尼龙筛绢规格

型号	孔数 (个/cm ²)	孔径 (μm)	有效过滤 面积(%)	型号	孔数 (个/cm ²)	孔径 (μm)	有效过滤 面积(%)
GG55	19.0	345	43.5	NX34	34	177	
52	19.8	325	41.8	58	58	102	
54	20.7	309	40.6	61	61	95	
56	21.6	291	39.0	64	64	93	
58	22.2	286	40.5	73	73	79	33.2
60	22.8	280	39.4	79	79	76	38.7
62	23.6	265	39.2	95	95	63	36.0
64	24.4	262	37.7	103	103	55	32.2
66	25.2	252	43.4	NXX40	40	128	
68	26.0	250	42.2	43	43	112	
70	26.8	238	40.8	46	46	104	
72	28.4	217	38.0	49	49	98	
SP38	40	133	28.5	52	52	81	
40	42	127	26.1	64	64	73	
42	44	121	33.3	70	70	61	
45	48	114	29.5	76	76	53	
50	53	94	24.5	N12	12	539	
56	59	85	25.3	16	16	367	
58	62	78	23.2				
NG7	7	982					
13	12	542					
19	19	340					
26	26	242					

附录三 筛网规格

型号	孔数(个/cm ²)	孔径(mm)	型号	孔数(个/cm ²)	孔径(mm)
12 目	22	1.514	50 目	387	0.288
14 目	30	1.315	60 目	558	0.258
16 目	40	1.147	70 目	759	0.203
18 目	50	1.025	80 目	992	0.198
20 目	62	0.892	90 目	1 255	0.172
30 目	140	0.516	100 目	1 550	0.144
40 目	248	0.360			

附录四 渔业水质检验方法

序号	项目	分析方法	检出限 (mg/L)	引用标准
1	色、臭、味	(1) 比色法 (2) 感官法	—	GB 12763.2—1991 GB 17378—1998
2	悬浮物质	重量法	2	GB 17378—1998
3	大肠菌群	(1) 发酵法;(2) 滤膜法		GB 17378—1998
4	粪肠菌群	(1) 发酵法;(2) 滤膜法		GB 17378—1998
5	pH	(1) pH 计法 (2) pH 比色法		GB 12763.4—1991 GB 17378—1998
6	溶解氧	(1) 碘量滴定法 (2) 仪器法(溶解氧测定仪)	0.042	GB 12763.4—1991

续表

序号	项目	分析方法	检出限 (mg/L)	引用标准
7	化学需氧量 (COD)	(1) 碱性高锰酸钾法(Mn法) (2) 重铬酸钾法(Cr法)	0.15	GB 17378—1998 GB 11914—1989
8	生化需氧量 (BOD ₅)	五日培养法		GB 17378—1998
9	汞	(1) 原子吸收分光光度法 (2) 金捕集冷原子吸收分光光度法 (3) 原子荧光分光光度法 (4) 双硫脲分光光度法	1.0×10^{-6} 2.7×10^{-6} 5.0×10^{-5} 4.0×10^{-4}	GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB/T8538—1995 GB 17378—1998
10	镉	(1) 无火焰原子吸收分光光度法 (2) 火焰原子吸收分光光度法 (3) 阳极溶出伏安法 (4) 双硫脲分光光度法	1.0×10^{-5} 9.0×10^{-5} 9.0×10^{-5} 3.6×10^{-3}	GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 17378—1998
11	铅	(1) 无火焰原子吸收分光光度法 (2) 阳极溶出伏安法 (3) 双硫脲分光光度法 (4) 火焰原子吸收分光光度法	3.0×10^{-5} 3.0×10^{-4} 1.4×10^{-3} 1.8×10^{-3}	GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 17378—1998
12	六价铬	二苯碳酰二肼分光光度法	4.0×10^{-3}	GB/T 7467—1987
13	总铬	(1) 二苯碳酰二肼分光光度法 (2) 无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-3} 0.91×10^{-3}	GB 17378—1998 GB 17378—1998

续表

序号	项目	分析方法	检出限 (mg/L)	引用标准
14	砷	(1) 砷化氢 - 硝酸银分光光度法	4.0×10^{-4}	GB 17378—1998
		(2) 氢化物发生原子吸收分光光度法	6.0×10^{-5}	GB 17378—1998
		(3) 二乙基二硫代氨基甲酸分光光度法	7.0×10^{-3}	GB/T 7485—1987
		(4) 原子荧光分光光度法	5.0×10^{-5}	GB/T 8538—1995
15	铜	(1) 无火焰原子吸收分光光度法	2.0×10^{-4}	GB 17378—1998
		(2) 二乙氨基二硫代甲酸钠分光光度法	8.0×10^{-5}	GB 17378—1998
		(3) 阳极溶出伏安法	6.0×10^{-4}	GB 17378—1998
		(4) 火焰原子吸收分光光度法	1.1×10^{-3}	GB 17378—1998
16	锌	(1) 火焰原子吸收分光光度法	3.1×10^{-3}	GB 17378—1998
		(2) 阳极溶出伏安法	2.0×10^{-3}	GB 17378—1998
		(3) 双硫脲分光光度法	1.9×10^{-3}	GB 17378—1998
17	镍	(1) 丁二酮肟分光光度法	0.25	GB 11910—89
		(2) 无火焰原子吸收分光光度法	3.0×10^{-3}	GB 11912—89
		(3) 火焰原子吸收分光光度法	0.05	
18	硒	(1) 荧光分光光度法	2.0×10^{-4}	GB 17378—1998
		(2) 二氨基联苯胺分光光度法	4.0×10^{-4}	GB 17378—1998
		(3) 催化极谱法	1.0×10^{-4}	GB 17378—1998

续表

序号	项目	分析方法	检出限 (mg/L)	引用标准
19	无机氮 (以 N 计)	氮:(1) 靛酚蓝分光光度法 (2) 次溴酸钠氧化法 亚硝酸盐:奈乙二胺分光光度法 硝酸盐:(1) 镉柱还原法 (2) 铜-镉还原法 按 A 进行换算	7.0×10^{-3} 4.0×10^{-3} 3.0×10^{-3} 7.0×10^{-3} 6.0×10^{-4}	GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 12763.4—1991
20	非离子氨 (以 N 计)	按 B 进行换算		
21	活性磷酸盐 (以 P 计)	(1) 抗坏血酸还原的磷钼兰法 (2) 磷钼兰萃取分光光度法	6.2×10^{-2} 1.4×10^{-3}	GB 12763.4—1991 GB 17378—1998
22	氟化物	(1) 茜素磺酸锆目视比色法 (2) 离子选择电极法	0.05 0.05	GB/T 7482 GB/T 7484
23	氰化物	(1) 异烟酸-吡唑啉酮分光光度法 (2) 吡啶-巴比士酸分光光度法	5.0×10^{-5} 3.0×10^{-4}	GB 17378—1998 GB 17378—1998
24	硫化物 (以 S 计)	(1) 亚甲基蓝分光光度法 (2) 离子选择电极法	2.0×10^{-4} 3.3×10^{-3}	GB 17378—1998 GB 17378—1998
25	挥发性酚	蒸馏后,4-氨基安替比林分光光度法	1.1×10^{-3}	GB 17378—1998
26	石油类	(1) 环己烷萃取荧光分光光度法 (2) 紫外分光光度法 (3) 重量法	6.5×10^{-3} 3.5×10^{-3} 0.2	GB 17378—1998 GB 17378—1998 GB 17378—1998

续表

序号	项目	分析方法	检出限 (mg/L)	引用标准
27	六六六	气相色谱法	1.0×10^{-6}	GB 17378—1998
28	滴滴涕	气相色谱法	3.8×10^{-6}	GB 17378—1998
29	马拉硫磷	气相色谱法	6.4×10^{-4}	GB 13192—1991
30	甲基对硫磷	气相色谱法	4.2×10^{-4}	GB 13192—1991
31	乐果	气相色谱法	5.7×10^{-4}	GB 13192—1991
32	多氯联苯	气相色谱法		GB 17378—1998
33	阴离子表面活性剂(以LAS计)	亚甲基兰分光光度法	0.01	GB 17378—1998
34	塔玛亚历山大藻	瓶采或用基本尺寸为 $20\mu\text{m}$ 筛绢网网采后浓缩,进行显微镜检验		GB 17378—1998
35	渐尖鳍藻	瓶采或用基本尺寸为 $20\mu\text{m}$ 筛绢网网采后浓缩,进行显微镜检验		GB 17378—1998

A. 无机氮的计算

无机氮是硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和氨氮的总和,无机氮也称“活性氮”,或简称“三氮”。

在现行监测中,水样中的硝酸盐、亚硝酸盐和氮的浓度是以 $\mu\text{mol/L}$ 表示总和。标准方法规定无机氮是以氮(N)计,单位采用 mg/L ,按下式计算无机氮:

$$c(\text{N}) = 14 \times 10^{-3} [c(\text{NO}_3^- - \text{N}) + c(\text{NO}_2^- - \text{N}) + c(\text{NH}_3 - \text{N})]$$

式中： $c(\text{N})$ 表示无机氮浓度，以 N 计， mg/L ； $c(\text{NO}_3^- - \text{N})$ 表示用监测方法测出的水样中硝酸盐的浓度， $\mu\text{mol/L}$ ； $c(\text{NO}_2^- - \text{N})$ 表示用监测方法测出的水样中亚硝酸盐的浓度， $\mu\text{mol/L}$ ； $c(\text{NH}_3 - \text{N})$ 表示用监测方法测出的水样中氨的浓度， $\mu\text{mol/L}$ 。

B. 非离子氨换算方法

按靛酚蓝法、次溴酸钠氧化法(GB 12763.4—1991)测定得到的氨浓度($\text{NH}_3 - \text{N}$)看成是非离子氨与离子氨浓度的总和，非离子氨在氨的水溶液中的比例与水温、pH值以及盐度有关。可按下述公式换算出非离子氨的浓度：

$$c(\text{NH}_3) = 14 \times 10^{-5} c(\text{NH}_3 - \text{N}) \cdot f$$

$$f = 100 / (10^{pK_a^{S,T}} + 1)$$

$$pK_a^{S,T} = 9.245 + 0.002\,949\,S + 0.032\,4(298 - T)$$

式中： f 为氨的水溶液中非离子氨的摩尔百分比； $c(\text{NH}_3)$ 为现场温度、pH、盐度下，水样中非离子氨的浓度（以 N 计）， mg/L ； T 为海水温度，K； S 为海水盐度；pH为海水的 pH 值； $pK_a^{S,T}$ 为温度为 T ($T = 273 + t$)，盐度为 S 的海水中的 NH_4^+ 的解离常数的负对数。