

**渤、黄海污染对水产资源
影响的调查研究文集
1978—1982**

**渤、黄海污染对水产资源
影响科研协作组**

前 言

渤海、黄海是我国北部的海域，蕴藏着丰富的海洋水产资源，经济鱼虾最高年产量达到60~70万吨。近年海洋地质勘探表明，渤海、黄海石油储量很大，它不但是我国主要渔业基地，而且具有海洋石油开发的良好前景。60年代以来，随着工业的发展，渤海、黄海，特别是沿岸水域受到了一定程度的污染，直接或间接地影响渔业生产。

一九七七年国务院环境保护领导小组和国家建委召开了防治渤海、黄海污染会议，并以国发〔1977〕128号文要求沿海各省及各部委认真做好海域污染的防治工作，力争在两三年内使渤海、黄海的水质显著改善，五年内基本消除污染。有关海洋污染对水产资源影响的调查研究由农林部负责。据此，一九七八年四月农林部召开了渤海、黄海区沿海各省水产局、水产研究所及大连、烟台海洋渔业公司的负责同志的会议。为贯彻国务院128号文件，具体落实关于“渤海、黄海污染对水产资源影响的调查研究的科研任务，由黄海水产研究所、辽宁省海洋水产研究所、河北省水产研究所、天津市水产研究所、山东省海洋水产研究所、大连和烟台海洋渔业公司等七个单位联合组成渤海、黄海污染对水产资源影响调查研究的科研协作组，并制订了一九七八~一九八五年渤海、黄海污染对水产资源影响的调查研究规划，后因课题进度调整，提前三年结束。

“科研协作组”在原国务院环境保护领导小组办公室、原农林部、原国家水产总局各级领导的指导下，按上述调查研究规划，对渤海、黄海水产生物体内残留毒性，石油及其他有害物质对海洋经济生物的毒性，渤海、黄海污染影响水产资源的机理方面进行了调查研究，取得了大量调查数据和实验记录，对渤海、黄海污染影响水产资源的状况和发展趋势有了一个较系统的认识。这些调查研究结果对制定渤海、黄海污染的防治规划和今后海洋污染研究提供了科学依据。现将“科研协作组”五年来研究报告汇编成册，供有关部门参考。

海洋污染对水产资源影响的调查研究在国内尚属首次，许多研究内容限于人力和时间未能列入计划。因此，某些有关课题有待进一步研究，至于本册调查报告中不足之处，希望提出批评指正。

渤海、黄海污染对水产资源影响的科研协作组
黄海水产研究所
辽宁省海洋水产研究所
河北省水产研究所
天津市水产研究所
山东省海洋水产研究所
大连海洋渔业公司
烟台海洋渔业公司

一九八三年二月

文集目录

前言

- 渤、黄海污染对水产资源影响的调查研究(总报告)……………(1页)
- 分课题报告
- 大连湾海域污染对水产资源影响的调查研究……………(64页)
- 辽东湾海域污染对水产资源影响的调查报告……………(98页)
- 辽宁沿海主要水产生物体内残毒的分析研究……………(116页)
- 砷对栉孔扇贝、刺参等影响的试验研究……………(130页)
- 河北省沿海污染对水产资源的影响……………(146页)
- 河北沿海海洋动物体内重金属的研究……………(166页)
- 沧州海域污染对水产资源的影响……………(180页)
- 唐山地区海域污染状况及其对渔业资源的影响……………(195页)
- 秦皇岛沿海海域污染对水产资源影响的研究……………(202页)
- 天津外海污染对渔业生产影响的调查报告……………(208页)
- 汞、铅、镉、六六六和滴滴涕对梭鱼、毛蚶的急性中毒试验报告……………(218页)
- 梭鱼对汞等五种毒物的回避试验报告……………(223页)
- 渤海湾主要经济水产品体内汞等几种毒物残存量的测定报告……………(229页)
- 渤海湾天津海区污染对水产资源影响的调查研究报告……………(232页)
- 莱州湾污染对水产资源的影响……………(256页)
- 莱州湾表面底质总汞调查初步分析……………(274页)
- 鱼虾生物体内汞残留量分析……………(279页)
- 渤、黄海部分水产生物重金属含量分析……………(283页)
- 胶州湾污染对水产资源影响的研究……………(293页)
- 重金属对紫贻贝(*Mytilus edulis* L.)精、卵子及幼体毒性效应……………(304页)
- 石油对对虾受精卵及幼体发育的影响……………(311页)
- 铜与汞对对虾仔虾的联合毒性作用……………(321页)
- 对虾对汞、铜的回避反应……………(326页)
- 渤、黄海硫化物污染问题……………(330页)
- 海水中硫化氢的测定……………(336页)
- 渤、黄海水产生物残留毒性的研究……………(342页)
- YFC—0.25 污油水分离器研制报告……………(354页)
- 渔船油水分离设备研制工作报告……………(359页)
- 渔船油水分离设备科研成果报告……………(361页)
- 关于执行国家重点科研项目的工作报告……………(364页)

YYF—0.2型渔船油水分离设备科研成果报告.....	(371页)
参加工作人员名单.....	(384页)

渤、黄海污染对水产资源影响的 调 查 研 究

(总报告)

黄海水产研究所
辽宁省海洋水产研究所
河北省水产研究所
天津市水产研究所
山东省海洋水产研究所

一、前 言

渤海是我国内海，黄海是处在我国大陆架上的浅海，它们蕴藏着丰富的水产资源。近年石油勘探表明，渤、黄海海底储有大量石油。因此它们在国民经济发展中占有重要地位。近十多年来，随着沿海地区工农业的发展，每年约有20亿立方的工业和生活废水排入渤、黄海沿岸水域，污染海域，危害水产资源。

原国家水产总局，根据国务院一九七七年128号文件的要求，一九七八年召开了山东、河北、天津、辽宁省（市）水产局，山东、辽宁省海洋水产研究所，河北省、天津市水产研究所，黄海水产研究所，烟台、大连海洋渔业公司参加的《渤、黄海污染对水产资源影响的调查研究》科研会。会上，成立了由上述研究所和渔业公司参加的科研协作组，并制订了一九八一～一九八五年渤、黄海污染对水产资源影响的调查研究规划。协作组在原国家水产总局直接领导下开展工作。后因进度调整课题提前三年结束。

一九七八～一九八一年以来，协作组为了完成此项国家环保重点项目的研究任务，按规划，主要完成了以下三个方面的调查研究工作。

(一) 石油及其他有害物质对海洋水产生物毒性的研究。进行了石油对对虾、海参不同发育阶段影响，砷对贻贝的影响，汞、镉、铅、铜、锌五种重金属对贻贝卵子及幼体发育的影响，六六六、滴滴涕、汞、铅、镉、石油对毛蚶、梭鱼的急性和亚急性致毒效应，对虾对汞、铜及梭鱼对汞、镉、铅、六六六、滴滴涕、石油的回避效应，石油和砷复合因子对海参的协同作用，铜和汞对对虾的联合毒性等大量室内生态模拟试验研究工作。通过这些工作初步摸清了有害物质对海洋鱼、虾、贝类的致毒效应及忍受限度，并用环境污染生态学的观点探讨某些渔场荒废、损害的原因。

(二) 渤、黄海水产生物体内残留毒性的研究。对渤、黄海各种经济鱼虾类、软体动

物体内汞、镉、铬、砷、铅、铜、锌含量进行了测定。同时对内湾、河口海区和渤、黄海主要工业城镇的沿岸，北从大连湾、复州湾、辽河口、连山湾、止锚湾、蓟运河口、黄骅外海、小清河口、烟台外海以及崂山湾、胶州湾及渤、黄海中部的鱼、虾、贝藻共约60种经济生物体内的有害物质做了系统的测定。研究表明，渤、黄海洄游性大宗经济鱼类体内有害物质含量尚无明显升高，而内湾及河口海区的水产生物体内有害物质含量明显增大，有的已超过食品卫生标准的要求，这证明海域污染对水产资源已造成较大危害。

(三) 渤、黄海污染影响水产资源机理的研究。主要探讨水域污染影响渔业生产的各种因素。首先在渤、黄海沿岸各主要渔区调查海域污染对渔业的危害性，掌握污染对水产资源影响的动向。同时，对重点渔场如大连湾、滦河口、小清河口、莱州湾、胶州湾进行水质、底质、浮游生物、底栖生物等的调查研究工作，收集统计渤、黄海历年渔业生产记录，用环境生态学观点，分析各种捕捞对象的数量变动原因，研究渤、黄海渔业资源演变趋势，最终搞清了污染对水产资源影响的范围、程度，提出污染防治的重点。

通过大量的调查研究工作，结果证明：渤、黄海区近海污染已对水产资源造成较大危害，近岸海域的水产资源显著衰退，水产生物体内有害物质含量明显增大，有的已超过食品卫生标准，沿海、内湾和排污的河口海区渔业生产已受到较大破坏，个别海湾曾有赤潮发生。总之，从一九七八年开始，我们用几年时间，组织五个研究所，参加调查研究的专业人员和工作人员近百人，运用环境生态学观点，采用现场调查、系统研究测定海洋生物体内有害物质残留状况与进行室内生物模拟实验相结合的方法，研究了渤、黄海污染对水产资源影响的问题，其时间之长，规模之大、范围之广，在我国海洋渔业环境保护科研工作中尚属首次。迄今为止，我们已取得了大量丰富的数据资料，并已总结出比较符合实际的科学结论，取得了很有价值的科研成果，为渤、黄海污染治理、保护海洋水产资源提供科学依据。

大连海洋渔业公司和烟台海洋渔业公司开展渔港、渔船油污治理的研究均取得显著成绩。大连海洋渔业公司已完成0.23吨/小时重力式油水分离器研制工作、烟台海洋渔业公司已完成0.2吨/小时船用小型油水分离器的研制任务。上述二种油水分离器不但经海上实际使用效能良好，并先后经辽宁和山东省环境保护局组织的鉴定会上通过，故不列入本报告。

二、渤、黄海水产资源的概况

渤、黄海渔业历史悠久，在我国海洋渔业中占有重要地位。海区的自然环境优越，沿岸有数十条大小河流，汇集大量淡水入海，其中年径流超过20亿立方的有鸭绿江、大洋河、辽河、双台子河、大凌河、滦河、黄河、射阳河等大量生原物质随着河水进入海洋，使渤、黄海、特别是渤海沿岸及河口海区水质肥沃，浮游生物和底栖生物滋生，构成许多鱼虾类产卵和索饵的场所。黄海南部又是外海高盐水系和低盐沿岸流交汇的区域。北纬36°以南水深超过60米，是洄游性鱼虾良好的越冬场。每年春季随着暖流增强，沿岸水温上升，各种洄游性鱼虾类先后集群从越冬场向沿岸河口海区和内湾移动，即开始所谓产卵洄游或阶段性索饵洄游，产卵后，在秋末冬初随着沿岸水温下降，它们又结群

游向越冬场，这样周而复始，使长期栖息在渤、黄海的经济鱼虾类成为独立的海洋水产生物群系。

渤、黄海年产经济鱼虾 50~70 万吨，主要经济鱼虾类有：小黄鱼、带鱼、鲆、大黄花、鳎鱼、鳎、黄姑鱼、海鳗、白姑鱼、红娘鱼、真鲷、鲈鱼、对虾、毛虾等，它们占渔获量一半以上。六十年代以后，经济鱼类的产量持续下降。例如小黄鱼 50 年代产 10 万吨左右，60 年代降到 5 万吨，70 年代降到 1 万吨，到 70 年代末已降到 7 千吨左右。带鱼是黄海的主要鱼类，1956 年产量最高达到 6 万吨以上，其中海州湾渔场年产 6~7 千吨，石岛渔场 1 万 7 千多吨，海洋岛渔场 1 万 4 千多吨，莱州湾渔场 1 万 2 千多吨，1965 年以后，上述渔场的带鱼已不能形成渔汛，目前，渤、黄海群系的带鱼年总产量不过千吨。

鲆类 1960 年年产量为 3 万多吨，不同年份产量虽有升降，但总的趋势呈现下降，例如 1977 年只有 1 万多吨。黄海南部的大黄花 60 年代捕捞量为 3~5 万吨，而 1971 年到 1977 年的产量从 2 万吨逐年下降至 5 千吨以下。鳎鱼 1959 年最高产量达到 2.8 万吨，而 70 年代以后降至 1 千多吨，黄海 1972 年和 1973 年的青鱼产量分别达到 17.4 万吨和 12.4 万吨，跃居渤、黄海分鱼种产量的首位，而 1975 年却剧降到 4 万吨，目前的产量已很小了。

渤、黄海渔业资源波动的特点是，60 年代前后各种经济鱼类产量相继下降，而被低质的小型鱼类取而代之，所以单从产量看，1950 年~1980 年三十年间渔获总产量逐年增加，达到 96 万吨，实际上经济鱼虾类产量占总产量的比例逐年下降，例如小黄鱼 50 年代初占总产量的 16%，1977 年已降到 0.73%。

渤、黄海群系的带鱼 1956 年曾达到历史上最高产量 6 万吨，1966~1980 年逐步下降到不足千吨，资源严重枯竭，鳎鱼 1959 年年产最高，为 2 万 8 千吨，1980 年也降到 3 千吨左右。鲆类 1972 年为 7 万吨，1980 年降到少于万吨的水平。黄姑鱼 1971 年（历史最大产量）为 1 万 4 千吨，1978~1980 年已降到小于 5 千吨。与此相反，体长 10~20 公分小型鱼类，如青鳞、黄鲫、鲢鱼，1980 年分别达到 2 万 2 千吨，2 万 5 千吨，1 万 9 千吨。对虾是一年生的虾类，繁殖力强，生长快，每年在渤海诸内湾 4~5 月产卵，10 月体长达 15 厘米左右，是渤海主要捕捞对象。七十年代年产 2 万吨左右，个别年份超过了 3 万吨，1982 年估计将降到 7 千吨左右。

三、污染物质对水产生物的毒性效应

生物毒性效应的研究是研究水域污染的最基本、最有效的方法。这种观点，近十年来，为愈来愈多的科学家所确认。因为海域污染的防治首先要了解海洋中污染物质对海洋生物群落的生物效应，而不同污染物质对各种生物的影响是不同的。化学分析的方法只能测定海域中某些污染物的含量，不能说明环境对海洋生物生态体系究竟有什么影响，而且海域污染物质是各种成份的混合物，它们间的相互作用使得其对生物的影响更加错综复杂。对于特定水域，如不考虑生物群落结构的特点，简单引用化学方法得到的监测

结果,或用耐污生物试验得到的结果来评价和治理污染,必然导致错误的结论。只有通过大量的生物毒性试验,确定某些污染物需要控制的限量或安全浓度,才能最后评价海域污染的程度并制定防治海域污染的目标。

因此,我们选择渤、黄海几种主要污染物质和重要的水产经济生物开展污染物质对水产生物毒性效应的研究工作。

(一) 石油对对虾、海参的急性、亚急性致毒效应

1. 石油对对虾不同发育阶段的影响

石油是海洋中一种数量大、分布面广的污染物质。渤、黄海石油入海量每年为6万4千多吨,其中71%入渤海,29%入黄海,数量之大仅次于化学耗氧量,居渤、黄海各种污染物质入海负荷量的第二位。渤、黄海区石油的超标率为61.8%,其中渤海、黄海近海分别为63.5%和58.8%。随着渤、黄海石油资源的勘探和开发,石油对水产经济生物的危害势必将成为渤、黄海污染防治的重要课题。

对虾是渤、黄海重要的经济虾类资源,也是我国沿海各地目前大力发展的优良的增养殖品种。因此,研究石油对对虾各发育阶段的影响,弄清其危害程度,确定最高允许浓度,这无论对保护对虾资源,还是对开展对虾人工育苗增养殖研究都是十分重要的。

(1) 石油对受精卵胚胎发育与孵化的影响

试验结果表明,处于正常发育的卵子胚胎在油浓度低于56ppm的环境中仍能继续其发育进程,约经50小时整齐一致地孵出无节幼体。初孵出的无节幼体。其形态与活动状况均属正常,平均孵化率为83~95% (表1)。

表1 不同油浓度中受精卵的孵化率

油浓度 ppm	对照	0.01	0.032	0.1	0.32	1.0	3.2	10	32	56
孵化率 (%)	95	89	93	83	92	90	93	95	92	83

(2) 石油对无节幼体变态的影响

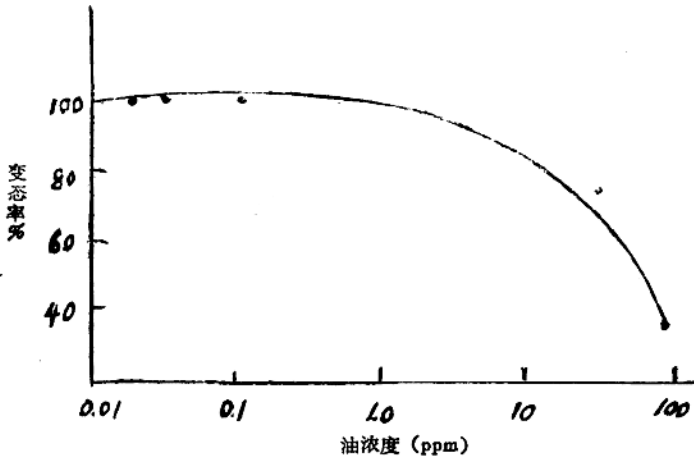
试验结果表明,无节幼体(N_2)可以在低于100ppm的油污环境中继续发育并变为蚤状幼体(Z_1),油浓度大于10ppm时,得到的蚤状幼体(Z_1)极不健康,不能摄食,绝大多数沉于底部而濒于死亡,油浓度3.2ppm组的蚤状幼体(Z_1)尚能自由游动,但消化道内食物很少,油浓度低于1.0ppm各组蚤状幼体(Z_1)摄食与行为均正常,变态率为35~100%,变态率与油浓度的关系见图一,表2。由此可见,油浓度增大,变态率明显下降。

另外,在油浓度32ppm组中,曾两次分别发现一个躯体短小、变态异常、附肢尚能颤动的蚤状幼体(Z_1)。

表 2

不同油浓度中无节幼体变态率

油浓度(ppm)	对照	0.01	0.032	0.1	0.32	1.0	3.2	10	32	100
变态率 (%)	100	100	100	100	100	98	95	80	73	35



图一 无节幼体的变态率

(3) 石油对蚤状幼体成活与变态的影响

试验结果表明, 蚤状幼体 (Z_1) 在油浓度大于 3.2ppm 的环境中不能生存, 在 2 天内致毒死亡 (表 3)。0.32~10ppm 的油对蚤状幼体的成活与变态均有明显的影响 (表 3 表 4); 浓度为 1.0ppm 的油能使 80% 的蚤状幼体 (Z_1) 不能继续发育而死亡。只有 20% 的蚤状幼体 (Z_1) 能发育为蚤状幼体 (Z_2), 但不能再继续发育, 在 8 天内全部死亡。油浓度为 0.32ppm 组蚤状幼体的成活随着时间的延续明显下降, 只有 5% 的蚤状幼体变为糠虾幼体。油浓度低于 0.1ppm 各组蚤状幼体的成活与变态率比对照组高 3~5% (表 3、表 4)。

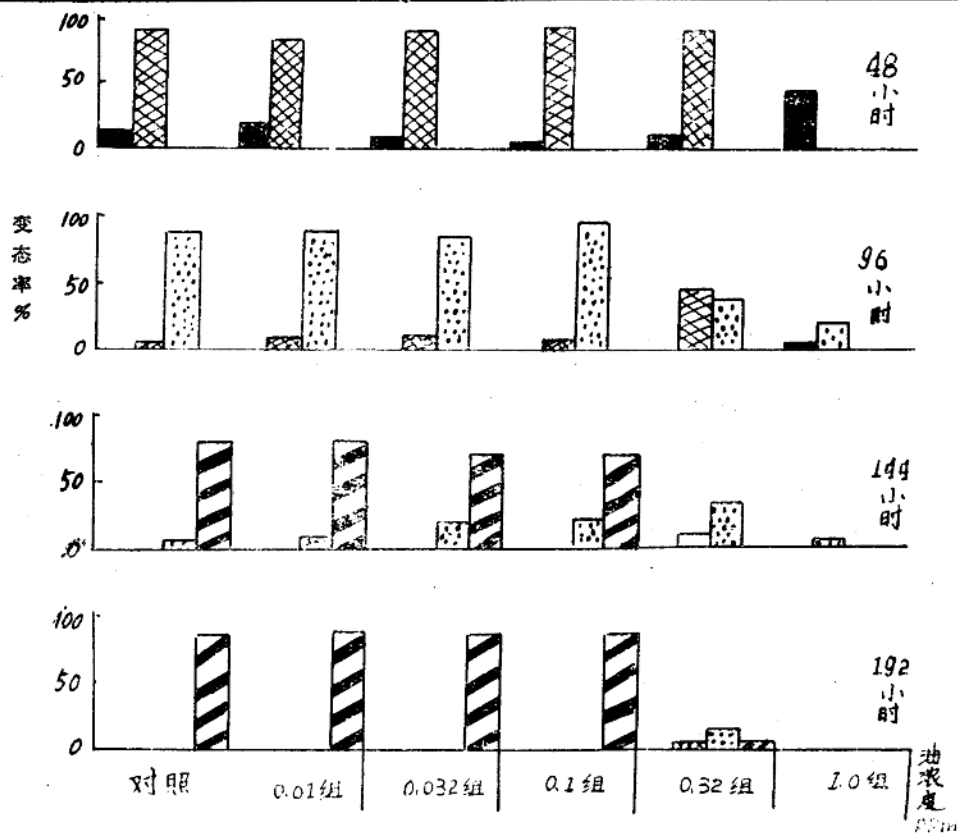
表 3

不同油浓度中蚤状幼体的变态率

时间 (天)	变态率 (%)	油浓度 (ppm)					
		对照	0.01	0.032	0.1	0.32	1.0
6 (144小时)	80	83	73	70	0	0	
8 (192小时)	85	88	88	90	5	0	

表 4 不同油浓度中蚤状幼体的成活率

成活率 (%)	油浓度 (ppm)	时间 (天)									
		对照	0.01	0.032	0.1	0.32	1.0	3.2	10	32	100
2 (48小时)		98	100	95	98	95	45	0	0	0	0
4 (96小时)		90	93	93	95	85	25	0	0	0	0
6 (144小时)		85	90	93	93	45	5	0	0	0	0
8 (192小时)		85	90	88	90	23	0	0	0	0	0



图例

■	1期蚤状幼体	⋯	3期蚤状幼体
▨	2期蚤状幼体	▨	1期糠虾幼体

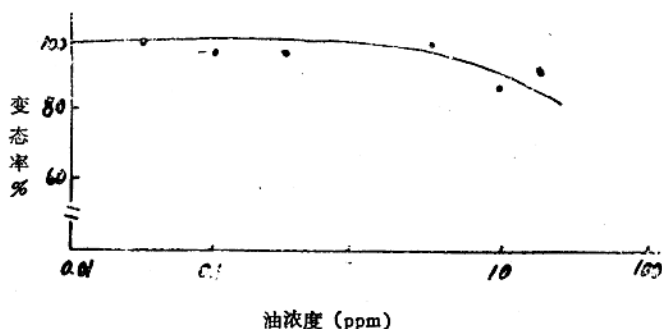
图二 不同油浓度中蚤状幼体的变态率

(4) 石油对无节幼体至糠虾成活与变态发育的影响

试验结果表明, 无节幼体 (N_3) 在油浓度低于32ppm时可以继续发育并变态为蚤状幼体 (Z_1)。油浓度在10ppm各组的蚤状幼体 (Z_1) 不能摄食, 沉于底部, 有时数个幼体互相缠成团, 已是奄奄一息。油浓度为3.2ppm组的少数蚤状幼体 (Z_1) 活动自如, 尚可摄食, 但摄食量较少, 油浓度低于1.0ppm各组蚤状幼体 (Z_1) 活动与摄食状况均正常, 变态率为85~100% (表5, 图三)。

表5 不同油浓度中无节幼体的变态率

油浓度 (ppm)	对照	0.01	0.032	0.1	0.32	1.0	3.2	10	32
变态率 (%)	98	98	100	98	98	98	98	88	85



图三 无节幼体的变态率

表6 不同油浓度中蚤状幼体的成活率

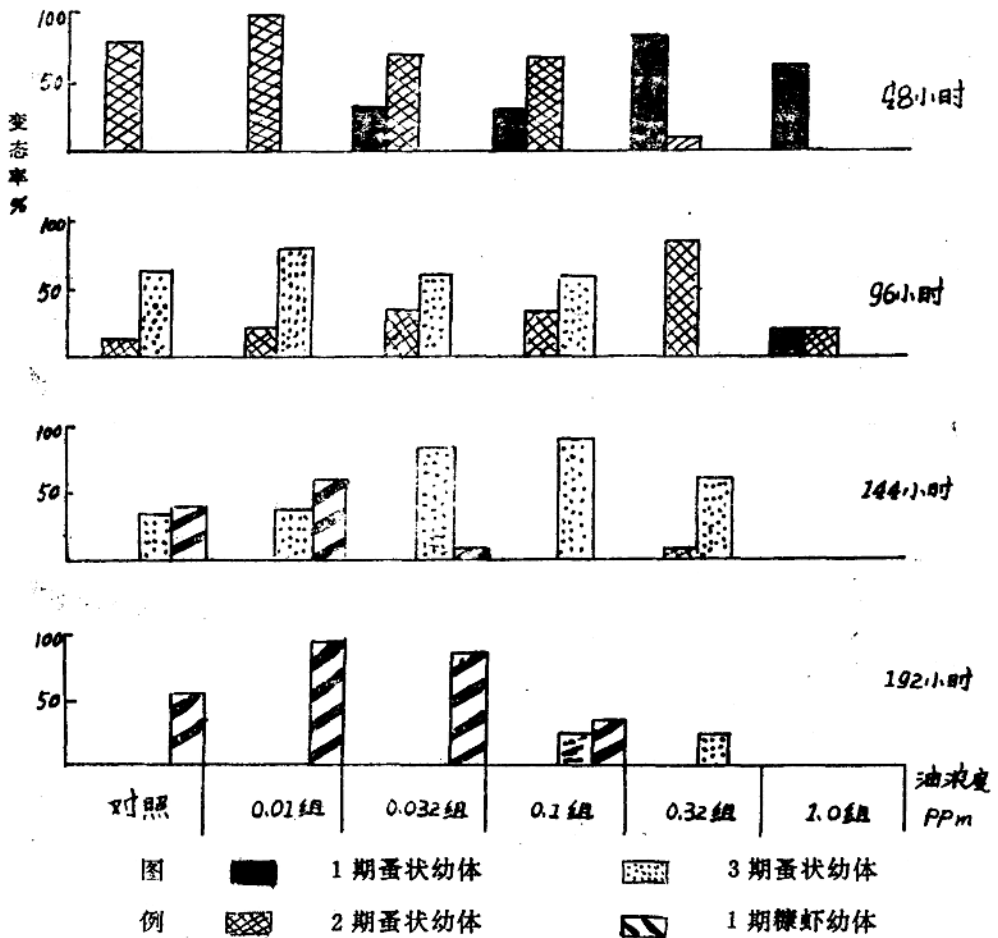
成活率 (%) 时间 (天)	油浓度 (ppm)	对照	0.01	0.032	0.1	0.32	1.0	3.2	10	32
		2 (48小时)	80	100	100	100	95	65	0	0
4 (96小时)	75	100	95	95	85	45	0	0	0	
6 (144小时)	75	100	95	90	75	0	0	0	0	
8 (192小时)	55	95	85	60	25	0	0	0	0	

石油对蚤状幼体的成活与变态的影响是极为显著的。蚤状幼体 (Z_1) 在浓度为

3.2ppm的油中只能生存24小时(表6, 图四), 油浓度为0.32~1.0ppm各组的蚤状幼体的成活率低于0.1ppm以下各组。第8天的成活率亦明显低于对照组, 该两组的蚤状幼体发育至蚤状幼体(Z₁或Z₂)即陆续死亡而不能变成糠虾幼体。油浓度低于0.032ppm各组蚤状幼体的成活率与变态率却明显高于对照组(表6、表7, 图四)。

表 7 不同油浓度中蚤状幼体的变态率

成活率 (%) 油浓度 (ppm) 时间 (天)	对照	0.01	0.032	0.1	0.32	1.0
	6 (144小时)	40	60	10	0	0
8 (192小时)	55	95	85	35	0	0



图四 不同油浓度中各期蚤状幼体的变态率

(5) 石油对糠虾幼体变态的影响

试验结果表明,糠虾幼体可以在油浓度低于18ppm的环境中继续发育与变态,平均变态率为20~97% (表8,图四)。

表8 不同油浓度中糠虾幼体的变态率

油浓度 (ppm)	对照	0.1	0.32	0.56	1.0	1.8	3.2	5.6	10	18
变态率 (%)	77	90	90	80	97	55	67	32	20	35

(6) 石油对仔虾成活的影响

试验结果见表9。由此求得96小时TLM值为10ppm。

表9 不同油浓度中仔虾的成活率

成活率 (%)	油浓度 (ppm)	时间 (天)										
		对照	0.32	0.56	1.0	1.8	3.2	5.6	10	18	32	56
1 (24小时)		97	100	100	100	100	100	99	97	95	89	70
2 (48小时)		96	100	100	100	99	99	94	86	26	68	65
4 (96小时)		91	95	95	100	90	91	61	46	33	17	0

(7) 小结

原油是一种成份十分复杂的有机化合物混合物,它对生物的毒性可以因油的组成不同而有所差异。根据上述结果可以得出以下初步结论:

- ① 油浓度低于56ppm时,受精卵的平均孵化率与人工育苗的孵化率(75~95%)一致,对卵的正常发育与孵化没有明显影响。
- ② 油浓度低于3.2ppm时,无节幼体变态率与人工育苗无节幼体成活率(90~95%)一致,也没有影响,但油浓度大于10ppm时,无节幼体受影响,变态率明显下降。
- ③ 油浓度低于0.1ppm时,蚤状幼体的成活率与变态率均与对照组一致,没有明显影响。但当油浓度大于0.1ppm时,蚤状幼体的成活率与变态率迅速下降。当油浓度达1.0ppm时,蚤状幼体已不能变态,从而中断了对虾的生命周期。当油浓度为0.32~1.0ppm时,已影响蚤状幼体的成活与变态。在油浓度大于3.2ppm时,可使幼体在48小时内死亡。

④ 油浓度低于1.0ppm时,糠虾幼体变态率与人工育苗糠虾幼体成活率(80~90%)一致,没有影响。但当油浓度大于1.8ppm时,变态率下降,影响明显。

⑤ 油浓度低于3.2ppm时,仔虾4天成活率与人工育苗的成活率(90~95%)一致,不受影响。但当油浓度为5.6~32ppm时已影响仔虾成活。油浓度为56ppm时,可使幼体在96小时内死亡。仔虾的96小时TLM值为10ppm。

2. 石油对刺参不同发育阶段的影响

刺参是我国名贵的海珍品,它主要产于渤、黄海区。大连湾是刺参的重点产区之一,近年来,由于污染,湾内某些渔场荒废。为查明其原因,我们开展了石油对刺参不同发育阶段影响的研究工作。

根据刺参各发育阶段的特点,我们选择了耳状幼体至稚参、稚参和成参三个阶段进行研究。前两者做亚急性致毒试验,后者做急性致毒试验,研究结果如下:

(1) 耳状幼体至稚参阶段:由表10可看出,油浓度在1.0ppm以上时,小耳状幼体先后下沉收缩,摄食能力减弱,体长都在400~500微米之间,经4~6天培养,逐渐死亡解体,基本上未育出稚参,在0.1~0.5ppm浓度范围各组有部分耳状体滞育,并出现圆球状畸形樽形体,这些樽形体虽能长出触手,但不能变为稚参,因此,在该浓度范围内,育出的稚参数量仅是对照组的三分之一(500头以下),而油浓度0.07ppm以下各组幼体发育比较正常,大耳状幼体体长均在800微米以上,大部分能变态为樽形、五触手幼体,最后育出的稚参数量与对照组无明显差异,数量都在800头以上。

由此可见,油浓度在1.0~5.0ppm之间时,幼体急性中毒,均在小耳状阶段致死,油浓度在0.1~0.5ppm之间时,幼体慢性中毒,部分耳状幼体滞育,并出现畸形;油浓度在0.07ppm以下时,幼体正常变态发育,油对刺参幼体产生影响浓度限为0.1ppm,因此,石油对刺参最高允许浓度应在0.1ppm以下。

(2) 稚参阶段:试验结果见表11。由表可见,油浓度在3.0~10.0ppm之间时,稚参受到影响,油使稚参麻痹,管足失去吸附能力,参体缩成团状,23天后的死亡率均在50%以上。油浓度在1.0ppm以下各组生长发育均正常,故油对稚参的影响浓度限为3.0ppm。油浓度为1.0ppm时,影响不大,这说明稚参耐油能力较耳状幼体大10倍以上。

(3) 成参阶段:试验结果求得成参96小时TLM值为70ppm。

(4) 小结:石油对刺参发育各个阶段均有影响,它对耳状幼体的影响比较明显,其影响限为0.1ppm;对稚参的影响限为3.0ppm;成参的96小时TLM值为70ppm。由此可见,刺参在耳状幼体阶段对石油最为敏感,其耐油能力比稚参、成参均大为减弱。

(二) 砷对扇贝、海参等的急性、亚急性致毒效应

1. 砷对栉孔扇贝(*Chlamys farreri*、下称扇贝)不同发育阶段的影响

扇贝也是我国名贵的海珍品,其闭壳肌的干制品俗称干贝。大连湾由于海域遭到污染,致使湾内某些渔场荒废。为查明原因,我们开展了砷对扇贝不同阶段影响的研究。

根据扇贝的发育特点,我们选择了受精卵至面盘幼体,面盘幼体,匍匐期到稚贝,幼贝和成贝五个阶段进行研究。前三个阶段做亚急性试验,时间最长32天;后两个阶段做急性致毒试验。

表10 不同浓度石油对海参幼体影响及育出的稚参数量

育出稚参 试验次数	浓度ppm										备 注
	0	0.03	0.05	0.07	0.1	0.3	0.5	1.0	3.0	5.0	
第一次	903	1159	1197		492	25	2	0			该试验未配制 0.07, 3.0 5.0 ppm组
第二次	1110	1030	1114	991	486	448	102	5	0	0	
第三次	1528	1125	808	816	55	19	5	0	0	0	
三次平均	1180	1105	1040	904	344	164	36	2	0	0	
影 响 情 况	正常	正常	正常	正常	部分耳状幼虫滞育	出现畸形	7天后收缩	5天后收缩	5天后收缩	2天后收缩	体长 单位： μ
	(体长)	(体长)	(体长)	(体长)	(体长)		(体长)	(体长)	(体长)	(体长)	
	800-960	800-960	800-960	800-960	500-600		480-640	480-640	400-640	320-480	

表11 不同浓度石油对稚参的影响

浓 度 (ppm)	稚 参 量 (头)		死 亡 率 (%)	影 响 情 况
	试 验 数	23 天 后		
0	170	163	41	正 常
0.1	170	170	0	"
0.5	170	155	88	"
1.0	170	170	0	"
3.0	170	37	78.2	部分稚参管足失去吸附能力
5.0	170	80	52.9	"
10.0	170	42	75.3	"

(1) 受精卵到面盘幼体：砷对扇贝的卵受精和卵裂影响，由外观上看，不够明显，各浓度组均能受精以致卵裂（见表12），即在砷浓度为5 ppm以内无明显影响。

到了原肠期，在原肠胚外形成纤毛后即开始转动，正常时囊胚的转动自行逐步加快。我们在试验时发现，在3.0~5.0ppm浓度组，出现转动缓慢的原肠胚，在这些囊胚的周缘裹夹大小不等的半透明小球，形成畸形原肠胚，当试验进行到一昼夜左右，担轮幼体破膜而出，开始在水中游动。砷浓度3.0ppm以上各组变态的面盘幼体，因壳线功能失效而不能形成完整的双壳，出现大量的蝴蝶状畸形面盘幼体。这些幼体4天后，解体死亡。

表12 受精卵至面盘幼体变态成活率 (%)

发育期 时间(小时) 砷浓度(ppm)	面 盘 期							
	卵裂	16~32 细胞	原肠期	面盘 幼体	48	96	240	288
0	90	90	90	75				70
0.1	90	90	90	80				0
1.0	90	90	90	60			0	
3.0	90	90	50	40		0		
5.0	90	90	50	40	0			

在砷浓度为0.1~1.0ppm时，虽然从原肠期到面盘前期的变态比较正常，但继续培养便先后致畸死亡；砷浓度为1.0ppm时，10昼夜全部致畸死亡；砷浓度0.1ppm时，12昼夜全部死亡。由此可知，其影响浓度下限为0.1ppm。

值得注意的是，扇贝在含砷溶液中的受精的卵，在其囊胚破膜之前靠卵中的营养维持变态，比较正常。但当破膜成担轮幼体之后，在砷的作用下，逐渐致畸死亡。

关于蝴蝶状幼体的形成，正常的变态是在担轮幼体时期，于原口的对方长出壳线，壳线在生长突起形成双壳，裹至原口部位形成面盘幼体，同时，又因壳线平直，延伸生长的双壳周缘为半圆形，故按其形态特征又称“D”型幼体。幼体发生畸形则是：担轮幼体虽出现壳线，但其功能失效，不能分泌生成完整双壳，这时，从正面看仅有2片白色小突起，好似蝴蝶，又因为双壳狭小，不能裹至原口部位，故称之为蝴蝶状畸形幼体。

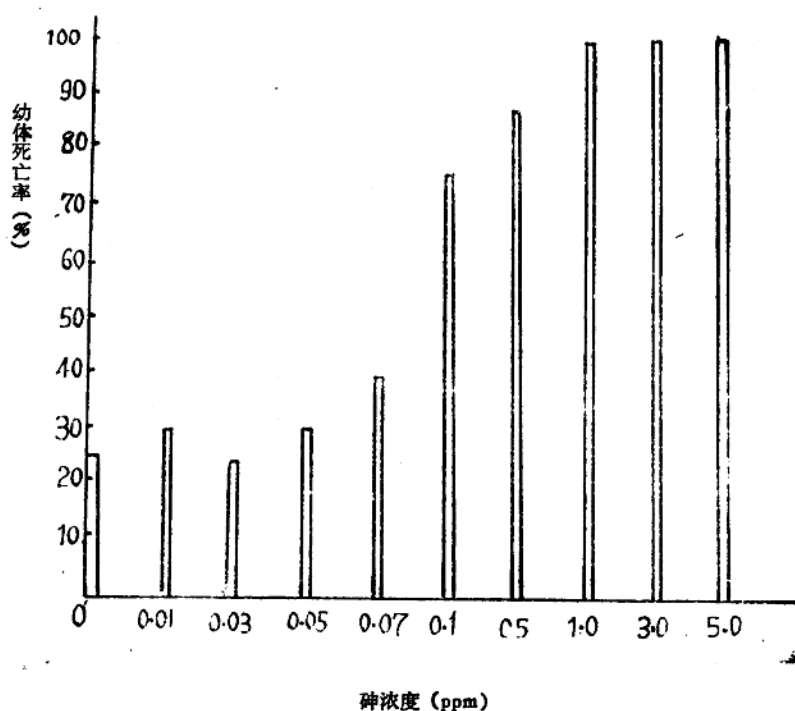
(2) 面盘幼体：当砷浓度在3.0ppm以上时，幼体均在四昼夜以内急性中毒死亡。由表13可见，砷浓度在0.1~1.0ppm之间时，幼体先后下沉致畸，形成部分畸形面盘幼体，其下沉死亡率、致畸率的大小，依浓度大小，试验时间的长短而变化。

砷浓度在0.07ppm以下时，总下沉死亡率都在20~40%之间，未超出人工培育中正常死亡数量。

由图五可知，砷对面盘幼体影响的浓度限在0.1ppm以上，下沉死亡率由0.1ppm组开始显著增高，并出现畸形，故其致毒影响浓度下限应为0.1ppm。

表13 扇贝面盘幼体的下沉死亡率，致畸率大小

项目 \ 砷浓度 (ppm)	0	0.01	0.03	0.05	0.07	0.1	0.5	1.0	3.0	5.0
下沉死亡率(%)	25	30	25	30	40	25	87	100	100	100
致畸率(%)	0	0	0	0	2	39	58	75	—	—



图五 面盘幼体下沉死亡率

试验中观察幼体下沉、致畸的过程是，在试验开始阶段。正常幼体多聚在水的上层，当幼体受到刺激后随即下沉，下沉的幼体虽然伸出面盘，但已经不能上浮，只能就地转动，面盘逐渐变形致畸，由正常的面盘变为圆球形，在球的周缘纤毛仍在划动，这时幼体已失去摄食能力，后来球状面盘渐渐离开壳体，它们之间有一粘线牵连。幼体由于失去面盘，不能游动，不久即死亡解体。

(3) 匍匐期至稚贝阶段：由表13可以看出，砷浓度为5.0ppm组，在两昼夜内，