

淡水鱼类急性中毒死亡诊断方法

中国水产科学研究院渔业环境保护研究室

一九九六年七月

《淡水鱼类急性中毒死亡诊断方法》说明

由于含有化学毒物的工业废水排入江、河、湖、塘，严重地污染了渔业水域，致使鱼类大量死亡，给渔业造成了严重危害。鱼类的死亡可能有多方面的原因，除污染中毒死鱼外，病害、缺氧、毒藻、机械损伤等都可能造成死鱼。而污染中毒死鱼又包括农药中毒、重金属中毒、非金属无机物或有机物中毒等几十种化学物中毒，因此，死鱼原因的诊断是十分复杂的。由于没有一个经国家主管部门认定的具有规范性的诊断方法，常会引起一些污染渔业事故的纠纷。

为了使渔政监督管理机构能科学、准确、迅速地调查处理污染渔业事故，保证执法的准确性和严肃性，避免纠纷，农业部渔业局组织中国水产科学研究院环保研究室、中国水产科学研究院淡水渔业研究中心、湖北省水产研究所、中国水产科学研究院珠江水产研究所开展了“淡水鱼类急性中毒死亡诊断技术”的研究，在此研究成果的基础上，根据已有的科研成果，结合全国各渔业环境监测站调查污染死鱼事故的经验 and 国内外资料，经分析、整理，编制了《淡水鱼类急性中毒死亡诊断方法》，该方法由中国水产科学研究院环保研究室编制完成。在编制过程中曾多次征求有关水产科研单位、各渔业环境监测站和渔政监督管理机构的意见，经多次修改定稿。

该方法可作为各级渔业环境监测站及其它部门诊断死鱼原因和渔政监督管理机构调查处理污染渔业事故的技术参考。

本方法由中国水产科学研究院环保研究室解释。

本方法不足之处有待进一步完善。

农业部渔业局
一九九六年七月

目 录

一、化学物急性中毒死亡的确定	(1)
1.1 诊断指标及指标特征	(2)
1.2 化学物急性中毒死鱼的指标特征	(4)
1.3 鱼病死鱼与化学物中毒死鱼指标特征的差异	(5)
1.4 缺氧死鱼与化学物中毒死鱼指标特征的差异	(6)
1.5 有毒藻类死鱼与化学物中毒死鱼指标特征的差异	(7)
1.6 其它原因死鱼排除和化学物中毒死鱼确定	(8)
二、可疑毒物的确定	(11)
2.1 重金属污染中毒死鱼	(11)
2.1.1 汞污染中毒死鱼	(13)
2.1.2 铬污染中毒死鱼	(14)
2.1.3 镉污染中毒死鱼	(17)
2.1.4 铅污染中毒死鱼	(17)
2.1.5 锌污染中毒死鱼	(18)
2.1.6 镍污染中毒死鱼	(19)
2.1.7 铜污染中毒死鱼	(21)
2.2 农药污染中毒死鱼	(22)
2.2.1 有机氯农药污染中毒死鱼	(23)
1) 六六六污染中毒死鱼	(23)
2) 滴滴涕污染中毒死鱼	(23)
3) 狄氏剂污染中毒死鱼	(24)
4) 五氯酚钠污染中毒死鱼	(24)
2.2.2 有机磷农药污染中毒死鱼	(25)
1) 甲胺磷污染中毒死鱼	(27)
2) 甲基对硫磷污染中毒死鱼	(27)
3) 对硫磷污染中毒死鱼	(28)
4) 敌敌畏污染中毒死鱼	(29)
5) 敌百虫污染中毒死鱼	(30)
6) 马拉硫磷污染中毒死鱼	(31)
7) 噻啉氧磷污染中毒死鱼	(31)
8) 乐果污染中毒死鱼	(32)
2.2.3 氨基甲酸酯类农药污染中毒死鱼	(33)
1) 西维因污染中毒死鱼	(33)
2) 呋喃丹污染中毒死鱼	(34)
2.2.4 菊脂类农药污染中毒死鱼	(35)

2.2.5 除草剂污染中毒死鱼	(36)
2.3 无机物和有机物污染中毒死鱼	(36)
2.3.1 黄磷污染中毒死鱼	(36)
2.3.2 氨污染中毒死鱼	(38)
2.3.3 余氯污染中毒死鱼	(39)
2.3.4 氰化物污染中毒死鱼	(40)
2.3.5 酚污染中毒死鱼	(41)
2.3.6 石油类污染中毒死鱼	(44)
2.3.7 硫化氢污染中毒死鱼	(45)
2.3.8 砷污染中毒死鱼	(46)
2.3.9 氟化物污染中毒死鱼	(47)
2.3.10 酸污染中毒死鱼	(48)
2.3.11 碱污染中毒死鱼	(51)
2.4 混合废水污染中毒死鱼	(52)
2.4.1 维尼纶工业废水污染中毒死鱼	(52)
2.4.2 炼焦、煤气、冶金、炼油厂废水污染中毒死鱼	(53)
2.4.3 造纸废水污染中毒死鱼	(53)
2.4.4 染料厂废水污染中毒死鱼	(53)
2.4.5 制糖厂废水污染中毒死鱼	(53)
2.4.6 浸麻水污染中毒死鱼	(54)

三、毒物来源调查 (54)

四、实验室分析和试验 (56)

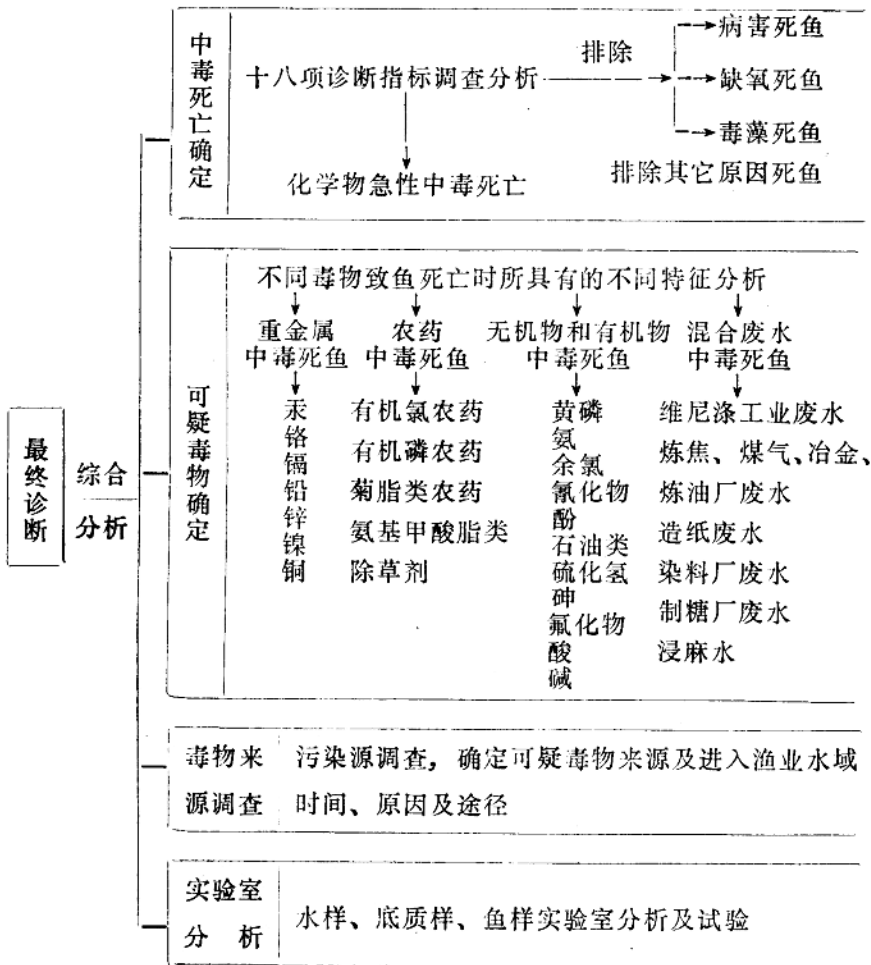
1. 死鱼水体、参考水体、排污口水样分析	(56)
2. 死鱼水体底泥、参考点底泥和排污口底泥分析	(57)
3. 死鱼水体与参考点鱼样及其它生物样毒物残留分析	(57)
4. 死鱼水体与参考水体的鱼生化指标测定	(57)
5. 实验室毒性再现试验	(57)

附 录 (61)

渔业水质标准	(61)
地面水环境质量标准	(67)
污水综合排放标准	(74)

一、化学物急性中毒死亡的确定

淡水鱼类急性中毒死亡诊断程序由四个部分构成。第一部分是根据对化学物致鱼急性死亡与其它原因致鱼死亡在十八项诊断指标上的差异分析,排除病害死鱼、缺氧死鱼、毒藻死鱼,同时也排除其它原因死鱼的可能性,初步确定死鱼是由于化学物急性中毒所致。第二部分是根据不同毒物造成鱼类急性死亡时所具有的不同特征,认定致鱼死亡的一种或几种可疑毒物。第三部分是污染源调查,确定可疑毒物来源及进入渔业水域的时间、原因及途径。第四部分是对水样、底质样、鱼样进行实验室分析和试验。最后经综合分析对死鱼原因作出最终诊断。



1.1 诊断指标及指标特征

根据对各种死鱼原因造成的鱼的形态、行为反应和环境特征的异同分析，选择十八项指标作为区别不同原因死鱼的诊断指标。诊断指标具有以下特点：

A 易观察测定。即可通过肉眼观察和使用简单的仪器快速测定。

B 代表性强。指标可以反应各种原因死鱼的生物和环境特征。

C 可以比较。不同原因造成的死鱼，其指标和特征有所差异，可以比较。

这些诊断指标是死亡速率、死鱼品种选择、死鱼发生的时间、死鱼季节、死鱼个体大小选择、行为反应、形态特征、鱼体附着物、浮游动物状况、浮游植物状况、其它水生生物状况、病原体、死鱼发生的形式、水体溶解氧、水体pH值、水体气味、水色、急性致死试验共十八项。以上十八项诊断指标及其特征见表1-1。

表1-1 诊断指标及指标特征

序号	诊断 指标	指 标 特 征		
		A	B	C
1	死亡速率	突发性强，短期内大批死亡	大批死亡之前有一个明显的少量死亡前期	逐渐死亡
2	品种选择	品种选择性不明显，死亡的品种相对较多	耐毒(a)和耐低氧(b)的品种可能存活	有一定的品种选择性，死亡的品种相对较少
3	死鱼时间	严重的死鱼发生在光照强的白天，其余时间不发生大批死鱼	严重的死鱼通常发生在午夜过后至黎明，其余时间不发生大批死鱼	---
4	死鱼季节	---	春末、秋初、夏季高温季节，尤其霉雨气压低时易发生大批死鱼	---
5	个体大小 选 择	小鱼比大鱼先死，小鱼死亡率比大鱼高	大鱼比小鱼先死，大鱼死亡率比小鱼高	---

(续表1-1)

序号	诊断	指标特征		
	指标	A	B	C
6	行为反应	初期反应为冲撞、急速游动…	在表层吞咽空气,沿池边游动	游动缓慢乏力
7	形态特征	眼球突出、鳃盖鲜红、脊柱弯曲等中毒症状	胸鳍向前伸展、鳍条发白	体表及内脏充血溃烂、体表胞囊等鱼病症状
8	鱼体附着物	体表尤其鳃部有附着物且通常有毒物特异气味	— — —	— — —
9	浮游动物状况	大量死亡,基本消失	品种、数量减少	基本正常
10	浮游植物状况	品种数量减少、1、2种有毒藻类品种占优势	存在大量死藻和濒死的藻细胞	基本正常
11	其它水生生物状况	水生植物可能变色或死亡,龟、蛇、蛙、螺等死亡或濒死	— — —	基本正常
12	病原体	— — —	— — —	目检或镜检可在体表、鳃部、内脏观察到大量细菌、霉菌、寄生虫
13	死鱼发生形式	孤立发生	— — —	可能流行发生
14	溶解氧	中午强光照射时饱和或过饱和	低于渔业水质标准	基本正常
15	酸碱度	水体偏碱性中午强光照射时pH>9	死鱼发生前几天或一周强光照射时pH>9	基本正常
16	水体气味	毒物特有异味	酸白菜味、霉味、臭味	基本正常
17	水色	铜绿、黄褐、红棕	灰白、黑色	基本正常
18	急性致死试验	中毒或死亡	基本正常	短时间内不发生死鱼

1.2 化学物急性中毒死鱼的指标特征

1.2.1 鱼类化学物急性中毒死亡是由于有毒化学物排入渔业水域,造成水体毒物的高浓度和高毒性所致,因而这种死鱼具有很强的突发性,没有任何前兆,鱼会在短期内大批死亡,死亡速率很高。

1.2.2 不同品种的鱼对于毒物的抗性有所差异,即它们的半致死浓度不同,对于同一毒物而言,半致死浓度低的鱼比半致死浓度高的鱼更容易死亡,即死得的更早、更快、更多,因此有一定的品种选择性,但是在毒物毒性非常强,毒物浓度非常高时,各品种的鱼都会很快死亡,品种的选择性并不十分明显。

1.2.3 化学物中毒死鱼一年四季和每时每刻都有可能发生,与气温、水温关系不大,而与有毒化学物排入渔业水体的时间相关,因此,发生的时间和季节是不确定的。

1.2.4 同一品种的鱼,个体小的低龄鱼特别是仔鱼和稚鱼对于毒物比个体大的成鱼敏感,抗性差,因此容易死亡,表现在化学物中毒时,小鱼比大鱼先死,小鱼的死亡比例比大鱼高。因此,具有明显的个体大小的选择性。

1.2.5 中毒初期,多数毒物会使鱼表现为跳跃、冲撞、上下翻滚、快速游动等行为,中毒后期时表现为乏力,失去平衡,奄奄一息,下沉死亡。

1.2.6 化学物中毒时鱼的形态常会发生变化,有些具有一定的特异性。重金属中毒时,鱼的鳃部受损害比较明显,皮细胞受破坏,甚至鳃叶部分脱落,鳃部分泌大量粘液形成絮状堆积物。黄磷中毒则鱼的眼球突出,鳞片竖立。氰化物中毒则鳃盖鲜红。余氯中毒则体色、鳃丝发白。碱中毒则鱼体表存在大量的粘液等。

1.2.7 鱼类因化学物急性中毒死亡时,水中其它生物,如水中植物、龟、蛇、蛙、螺也会发生中毒死亡。水中浮游动物的数量和品种会大量减少,甚至消失。重金属中毒会使水中浮游植物品种数量减少,水中会有大量死藻细胞。杀藻剂会使水中几乎全部藻类死亡。

1.2.8 中毒死鱼是由于化学物排入渔业水体造成水环境污染所致,一般来讲这种污染的区域是有限的,严重污染的区域更是有限的,故化学物中毒死鱼是在有限范围内,是孤立发生的,不具备普遍性和流行性。

1.2.9 化学物中毒常会使鱼体，尤其是鱼的鳃部附着一些污染物，并且常带有那些物质特有的气味，如石油、黄磷、农药等都会附着于鱼体和鱼鳃部，并带有异味。

1.2.10 一般来讲，化学物中毒死鱼水的溶解氧、pH值、水体气味和水色的改变因化学物不同而有不同，酸、碱污染死鱼会使pH值改变，农药污染死鱼，水体中常有农药的气味，上述指标难以给出确定的特征，要视具体情况而定。

1.2.11 在水族箱或其它干净的容器中放入适量死鱼水体的水和与死亡鱼相同品种和大小的健康鱼进行急性致死试验，如果试验出现急性中毒现象或发生与对照组有显著差异的急性死亡，则对于化学物急性中毒死鱼的诊断是关键性的，但毒物的稀释、分解、沉淀等会使这一指标不能反应真实情况，因此及时取样、试验是十分必要的。

1.3 鱼病死鱼与化学物中毒死鱼指标特征的差异

1.3.1 鱼病的发生和死亡有急性和慢性两种，其中急性鱼病发病很快，前兆不明显，一旦发病会在短期内大批死亡，目前我国一些地区发生的暴发性鱼病属于这一类。但是还有一类慢性鱼病死鱼，它的发病和死亡比较平缓，从发病到死亡都有一个过程，前兆比较明显，许多鱼都是逐步死亡，不会在短期内发生大批死亡，这一点与化学物急性中毒突发性死亡是完全不同的。

1.3.2 许多鱼病都有一定的品种选择性，如出血病主要是草鱼和青鱼，打印病主要是鳙鱼，尾柄病主要在鳊和草鱼中发生等，这与高毒性情况下化学物急性中毒没有明显的品种选择性是不同的。即使急性中毒死鱼有一定的品种选择，与鱼病选择的品种也不相同。

1.3.3 鱼病发生的季节一般是由春天开始，在夏季最为严重，因为这时气温和水温比较高，细菌等病原体容易繁殖，这一点与化学物中毒没有季节的限制是不相同的。

1.3.4 急性鱼病死鱼，在死亡之前鱼的行为与正常鱼的行为难以看出有明显的区别，行为上看起来很正常但会突然大量死亡，这与化学物急性中毒时鱼的冲撞、翻滚、跳跃表现不同。慢性鱼病死鱼时，鱼的体质一般较弱，空胃、活动迟缓、离群独游、喜在暗处活动，这也与化学物急性中毒时鱼的行为反应完全不同。虽然有些寄生虫（鱼虱类）病会使鱼

跳跃、冲撞，但必竟比较少。而且也不会使鱼在短时间大批死亡。

1.3.5 许多鱼病有其特征的病症，如草鱼出血病，在鱼的头部、鳍条、内脏明显出血。打印病在鱼体表某部位呈圆形或椭圆形红色印记。碘泡虫病则在鱼体表布有胞囊。由于溶血性嗜水气单胞菌引起的暴发性鱼病时鱼的眼眶、鳃盖表皮、体表、鳍、肌肉充血、病鱼腹水、肠充血、部分肠内含黄色粘液、肝脾充血或坏死等。化学物中毒的形态改变与鱼病的形态改变有许多地方是不同的，但也有些相近，应仔细观察分析。

1.3.6 生病死亡的鱼，体表和鳃部一般不存在附着物，有些病会使鱼鳃部腐烂，且有一些腐臭之味，但这与化学物中毒时的附着物及其特有的毒物气味是有明显的区别。

1.3.7 发生鱼病死鱼时，一般来讲水中的浮游动物、浮游植物、水生植物和龟、蛇、蛙、螺等水生动物不会受到明显损害，数量不会明显减少。这与化学物急性中毒使其它水生物大批死亡，数量品种明显减少完全不同。

1.3.8 细菌性和寄生虫性鱼病，可以通过目检或镜检在鱼的体表、鳃部、内脏、血液中检出病原体。如弧菌病可取少许肝脏，经培养染色镜检可见呈弧形弯曲的细菌，碘泡虫病，取体表胞囊，在显微镜下见到大量碘泡虫孢子，目前我国南方地区流行的暴发性鱼病，可取死鱼的肝、肾等内脏经培养观察到溶血性嗜水气单胞菌。这在化学物中毒死鱼的鱼体上是不可能观察到的，这也是两者最大的区别。

1.3.9 由于细菌、病毒等病原体通过水体、饵料、苗种等环节的传染，使得鱼病常有流行发生的趋势，即同一类型的鱼病可能在相当大范围内发生，这与化学物死鱼的有限范围，孤立发生是不同的。

1.3.10 鱼病死鱼水体的溶解氧、pH值、水色、气味的改变不明显。水体可能会呈现富营养化的状况，如氨氮和亚硝酸盐氮和硝酸盐氮含量可能较高。

1.3.11 取发生病害死鱼的水，放入健康的鱼，细菌性、病毒性和寄生虫性的疾病都不可能使这些健康的鱼在很短的时间内发病而大批死亡，一般来讲，严重的病毒和细菌使鱼发病而大批死亡也需要约一周的时间，这与化学物急性中毒是不同的。

1.4 缺氧死鱼与化学物中毒死鱼指标特征差异

1.4.1 由于不同品种的鱼耐低氧的程度不同，因此，在水体不是极度缺

氧时，有些品种的鱼可能死亡，有些品种的鱼可能存活，有些品种的鱼死亡比例比较高，有些则死亡的比例比较低。这种品种的选择性与化学物中毒的品种选择不一定相同，在极度缺氧时，所有的品种都会死亡，这种品种的选择不再存在。

1.4.2 在养殖水体中由于投饵多，养殖密度较大等造成的缺氧死鱼一般发生在春末秋初和夏季天气炎热的季节和气压比较低的时候，经常在零点过后至黎明前这段时间之内，其它时间死亡很少甚至根本不死鱼，这与化学物中毒死鱼发生时间和季节不确定是不同的。

1.4.3 缺氧死鱼时，个体大的鱼一般先死亡，而且死亡的比例比个体小的鱼高，这一点与化学物中毒时个体大小的选择性恰恰相反。

1.4.4 在水体缺氧时，鱼呈浮头状态，即鱼在水面吞咽空气，沿池塘壁游动，而与化学物中毒时鱼呈冲撞、跳跃等行为完全不同。

1.4.5 缺氧死亡的鱼的胸鳍一般呈冲到最前位置伸展，鳍条发白，与化学物中毒死亡时鱼的形态不同。另外，缺氧死亡的鱼，一般在体表及鳃部也观察不到在化学物中毒时常有的污染附着物。

1.4.6 缺氧死鱼时，水草、龟、蛇、蛙、螺等其它水生物一般不会死亡，这与化学物中毒时，水草可能变色，其它水生动物大批死亡有着显著的差异。

1.4.7 缺氧死鱼最明显的水质指标是水中溶解氧十分低，一般都低于渔业水质标准，这是缺氧死鱼与一般的化学物中毒死亡最明显的不同之处。

1.4.8 缺氧死鱼时，水体常散发有酸白菜味、发霉味和臭味，且水色常呈黑色、灰白色，与化学物中毒时水体气味及颜色不同。

1.5 有毒藻类死鱼与化学物中毒死鱼指标特征的差异

1.5.1 有毒藻类死鱼是由于水体中毒藻所致，目前我国常见致鱼死亡的毒藻有铜绿微囊藻、水华微囊藻、甲藻属、裸甲藻属、舞三毛金藻、小三毛金藻等，由于这些有毒藻类的一、二个品种在水中大量繁殖成为优势种，其它藻类品种明显减少，而化学物中毒死鱼时一般不会使藻类品种数量发生明显变化，虽然重金属和杀藻剂会使藻类品种数量减少甚至基本消失，但不存在优势种。

1.5.2 由于有毒优势种大量繁殖，使得光合作用增强，吸收大量 CO_2 ，

使水体pH增加,甚至可高达 $\text{pH} > 9$,所以水体常呈碱性,而这些藻类又适合于水体呈碱性的环境中生存和繁殖。这也是毒藻死鱼水质的一个特征。

1.5.3 由于光合作用增强,水中表层溶解氧可能会处于饱和和过饱和状态,而底层由于藻类死亡大量耗氧又可能处于缺氧状态,这也是与一般的化学物中毒死鱼水中溶解氧不同之处。

1.5.4 由于藻类的不同,水体的颜色也不相同,铜绿微囊藻和水花微囊藻水体呈铜绿色,甲藻属和裸甲藻属水色呈红棕色,舞三毛金藻和小三毛金藻水色呈浓黄褐色。

1.6 其它原因死鱼排除和化学物中毒死鱼确定

造成鱼类死亡的原因主要有鱼病、缺氧、有毒藻类毒害、化学物中毒等,通过对各种死鱼原因指标特征的分析,可以对各种死鱼原因的诊断指标及其特征给出明晰的比较,见表1-2

表1-2 不同原因死鱼的诊断指标及其特征

序号	诊断指标	死 鱼 原 因			
		化学物中毒	鱼病死鱼	缺氧死鱼	毒藻死鱼
1	死亡速率	1A	1A1B1C	1A1B	—
2	品种选择	2A2B(a)	2C	2A2B(b)	2A2B(a)
3	死鱼时间	—	—	3B	3A
4	死鱼季节	—	—	4B	—
5	个体大小选择	5A	—	5B	5A
6	行为反应	6A	6A6C	6B	—
7	形态特点	7A	7C	7B	—
8	鱼体附着物	8A	—	—	—
9	浮游动物状况	9A9B	9C	9B	9A9B
10	浮游植物状况	10B	10C	10B	10A
11	其它水生物状况	11A	11C	11C	11A
12	病 原 体	—	12C	—	—
13	死鱼发生形式	13A	13C	—	—
14	水体溶解氧	—	14C	14B	14A
15	水体酸碱度	—	15C	15B	15A
16	水体气味	16A	16C	16B	16B
17	水 色	—	17C	17B	17A
18	急性致死试验	18A	18C	18B	18A

从表1-2可见, 化学物急性中毒的指标大多数表现为A特征, 鱼病死鱼指标大多数表现为C特征, 虽然在鱼的死亡速率和行为反应这两项指标上有部分相似之处, 但从十七项指标的总体上看二者有着明显的区别。因此, 如果我们观测得到的诊断指标大多数具有A特征, 而不具备C特征, 通过分析我们则可以把鱼病死鱼排除, 而初步认为是化学物急性中毒死鱼。

从表1-2可以看到, 缺氧死鱼的指标主要表现为B状态, 尽管在死鱼速率、品种选择、浮游植物和浮游动物状况二者之间有部分相似之处, 但在许多指标上二者有着明显的差异, 因此, 如果观测到的指标大多数具A状态, 不具备B状态, 通过分析, 则可以把缺氧死鱼排除在外, 而可以初步认为是化学物急性中毒死鱼。

有毒藻类死鱼和化学物急性中毒死鱼在指标特征上相似之处较多, 但二者仍有许多不同之处, 有几个指标特征有着特异的差异, 发生毒藻死鱼时, 水中存在优势种的有毒藻类, 水中pH值明显高于正常水体, 水色具有毒藻特有的铜绿、红棕、黄褐色, 这些都是与化学物中毒死鱼有显著差异, 因此, 若观察的结果主要具备A特征但不具备3A、10A、14A、15A、16B、17A, 通过分析, 可以把有毒藻类死鱼排除, 而初步确定为化学物急性中毒死鱼。

除上述死鱼原因外, 有机污染、气泡病、热污染、爆炸损伤等也会造成鱼类死亡。

由于大量的耗氧有机物排入渔业水体造成的死鱼具有上述缺氧死鱼的绝大多数指标特征, 但是死鱼的时间和死鱼的季节不一定是在凌晨和高温季节, 而是具有不确定性, 北方地区主要发生在冬季冰封期。随着溶解氧的急剧下降, 鱼会在短时间内大批死亡, 一般对溶解氧要求高的鱼类先死亡, 对溶解氧要求低的鱼类后死亡, 有时溶解氧很低时鲫鱼尚可能存活。另外鱼体表和鱼鳃可能会有些附着物和异味。

气体过饱和引起鱼类死亡主要的原因是造成鱼类的气泡病, 即水中气体在正常溶解度时, 鱼体血液中溶解气体是正常的, 但若鱼体突然处于一种低溶解气体的水中, 溶解气体则要与水体气体保持平衡, 血中溶解的气体会从溶解状态释放出来, 在血中形成不溶性气泡, 使鱼得病致死。如鲤鱼在150%饱和度下会生病, 在300%饱和度下将发生气泡病死亡, 鲈鱼在40mg/l溶解氧条件下数小时会死亡, 鲤鱼苗在溶解氧达

20mg/l也会发生气泡病死亡。

引起气泡病的条件:

A 夏季水成层作用。若在下面冷水层的鱼突然到热水层时,由于溶解度降低会产生气泡病。

B 高坝从深层中引出的水突然排放到河流时(泄洪大放水),由于静水压突然降低及水温突然升高(深层水温低)和急流扰动,鱼体中气体溶解度突然降低会引起气泡病。

C 冷的季节电站热排水水温高,鱼类突然遇到热水溶解度降低会产生气泡病。

D 水体藻类过多或水生植物过多,则由于光合作用会造成氧过饱和,鱼从过饱和水体进入正常或低氧水体会造成气泡病。

E 把鱼从高溶解氧水体突然移入低溶解氧水体中也会发生气泡病。

鱼发生气泡病后,眼球突出,眼睛周围及鳍部有许多气泡。在夏季,富营养化水体中的气泡病死亡的主要是鱼苗,因为它们不能回避过饱和的表层水。气泡病死鱼须存在有高坝等环境条件。

热污染是一种能量污染,直接反应是水体升温,每一种鱼都有一定的适温和最高耐温界限,水体由于热排放升温若超过了这一耐热界限,鱼就会死亡。除此之外,由于水温升高某些毒物浓度和毒性增高致鱼死亡,升温也会使某些致病细菌大量繁殖使鱼生病死亡,另外鱼在突然温度上升时因生态环境突变,不能适应而死亡,一般来说温度突变超过 5°C 可能对鱼是致命的,水温过高可能使一些藻类甚至毒藻繁殖引起富营养化死亡和毒藻死亡。

热污染主要是由于电厂冷却系统排水所致,特别是在南方地区水温已较高,电热厂排水使水体突然升温,水温超过鱼的热耐受限会发生死鱼。

热污染使鱼呼吸急促,一般呼吸频率可超过100次/分钟,若继续升温则频率又会下降,呼吸不均匀、食欲减退、消化不良、窜游、体肌痉挛,鱼体灰白色,鳃瓣严重充血,鳃丝分离甚至剥落、溢血,味蕾细胞萎缩,呈现空泡,失去味觉,肝索走向不明,中央静脉的汇管区出血、淤血及蛋白质凝固、坏死。出入鳃动脉的红血球发生异常变化,鱼体口唇和体侧上能看到充血斑和溃疡现象,鳃叶溃烂,鳃毛细血管和红血球变性,肾小管上皮细胞产生空泡、变性,细胞增生。水体藻类群落发生

变化，在20℃时硅藻占优势，30℃时绿藻占优势，35—40℃蓝藻占优势，水温升高而水中溶解氧下降，水温超过一定温度时水体会发酵、恶臭，细菌数量增加。

爆炸死鱼主要是由于采用炸药作为震源的石油勘探时，由于爆炸振动冲击使鱼死亡和专门用炸药作为工具的捕鱼手段致鱼死亡。爆炸死鱼主要是破坏鱼的神经系统，使一部分鱼呈麻痹状态，腹部向上、侧浮于水面，完全失去游泳能力，但仍有呼吸动作。经过一段时间之后有些可以逐步恢复，有些鱼则死亡。鱼的脏器在物理作用冲击下受到伤害，其中以鱼鳔最为敏感，极易震破，另外鱼的肝、胆、肾也会被震破出现淤血等现象。还有爆炸时水中的炸药成份也会对鱼造成毒害，此时鱼表现为化学物中毒。

上述几种死鱼由于存在特有的和显而易见的外部条件和特征，故比较容易与化学物中毒死鱼相区别。

总之，通过调查和对各种死鱼原因的分析，可以将其它原因死鱼排除，化学物中毒死鱼得以确定。

化学物急性中毒死鱼诊断的可靠程度，取决于所观察到的指标数和特征准确性，若观测到的指标数越多，特征越准确，则初步诊断的可靠程度越高，反之，诊断的可靠程度越低。

二、可疑毒物的确定

2.1 重金属污染中毒死鱼

重金属一般是指比重大于5的金属的统称，约有50余种，常见的重金属如汞、铬、铅、镉、锰、锌、镍等，重金属是渔业水体中一种广泛存在的污染物，是致鱼急性中毒死亡常见的化学毒物。

水体中重金属污染物具有以下特点：①重金属污染物不易被微生物分解。②进入水体的重金属污染物大部分沉积于底泥中，只有少部分以可溶态及颗粒存在于水体。③重金属离子在水体的迁移转化是一个复杂的过程，它与水体的酸碱条件、氧化还原条件有着密切的关系。一般的迁移反应可归纳为：离子性化合物的溶解，形成各种无机的、有机的配

位化合物；可溶性物质在固体表面的吸附和解吸；沉淀或在固体表面上共沉淀；合并于固体物质或晶体结构。④某些重金属离子其化合物易被生物吸收并通过食物链逐级累积。

由于大多数重金属原子核外电子层都有未充满的d电子轨道，是良好的电子接受体，与许多酶和活性集团有很强的亲合力。因此，当重金属经鱼的皮肤和通过食物链进入鱼体后，与鱼体内酶的催化活性部分中的巯基结合成难溶解的硫醇盐，抑制了酶的活性，妨碍了机体的代谢作用，同时硫醇盐本身对鱼也有毒性，会导致鱼的死亡。

实践证明重金属的离子化倾向越小，所生成的化合物越稳定，硫化物越难溶，其毒性也往往更强。

某些二价金属的离子化难易顺序：

$\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Cd} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Mg} > \text{Ca}$

硫化物难溶性顺序：

$\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Co} > \text{Ni} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Mg} > \text{Ca}$

生物学研究与调查证实，上述顺序中位于前面的金属（如Hg、Cd等）几乎都是剧毒的，而位于后面的金属如Ca、Mg则是无毒的。硫化物越难溶，该金属离子的毒性就越强，半致死浓度就越低。

重金属与体表及鳃分泌的粘液结合成蛋白质的复合物复盖整个鳃及体表，并充塞在鳃瓣间隙间，使鳃丝的正常活动发生困难，阻碍了鳃的正常呼吸，也会使鱼类窒息死亡。

重金属中毒的鱼一般鳃部呈灰白色，鳃上皮细胞受到破坏，上皮细胞缺损脱落，整个鳃叶往往由于腐蚀而溃烂掉，毛细血管中完全看不到红血球，支持细胞也会膨胀坏死。

在重金属中毒死鱼时藻类也会受到影响，水体存在大量濒死或死亡的藻细胞，但是，不同的重金属造成鱼的中毒反应和环境特性也有所不同。

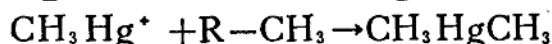
诊断特征：

- 鱼鳃部分分泌大量粘液并形成许多絮状沉积物，使鱼鳃阻塞。
- 呼吸障碍，常有在水表层游泳等浮头现象出现。
- 鳃部损害明显，皮细胞受到破坏，甚至整鳃叶溃烂、脱落。
- 水体常呈酸性，有时 $\text{pH} < 6$ 。
- 水体中有许多死藻细胞或将死的藻细胞。

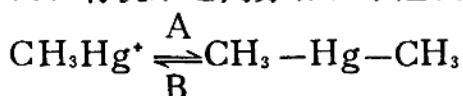
2.1.1 汞污染中毒死鱼

单质汞是一种难溶于水的液态金属，除单质之外，常见的汞的化合物有正一价和正二价的汞的化合物，进入环境中的汞大体可以分为无机汞和有机汞，无机汞包括单质汞和汞盐，如 HgCl_2 、 HgS ，有机汞包括烷基汞(RHg^+)、芳基汞(ArHg^+)和烷氧基烷基汞(R-O-R-Hg)。汞是一种剧毒物质，它对水生物和鱼的毒性，不仅取决于它的浓度，而且与汞本身的化学形态有关，实践表明，有机汞化合物对鱼的毒性比无机汞化合物强烈的多，尤其甲基汞最为严重。

排入水体的汞，由于物理、化学、生物等因素的影响会发生一系列的变化，一般来说不论什么形态无机汞在微生物的作用下会转化成甲基汞和二甲基汞，这种生物转化，称之为汞的生物甲基化作用。在淡水底泥中的厌氧细菌可使无机汞甲基化。



而在有机汞之间亦存在下述反应：



在底泥及烂鱼体内均可完成A转化，在中性和碱性条件下有利于这一转化，而在酸性条件下更有利于B过程，即二甲基汞可转化为甲基汞。

汞进入动物机体，若系无机汞，一般可被肠道吸收10%，若是有机汞可吸收90%。无机汞吸收后随血液循环分布到各个器官。汞在体内的分布主要在肾、肝、肠壁、脑以及骨骼中，以肾脏含量最高。汞在鱼体内有很高的残留，其浓度可比水中高出数十倍甚至更高。

汞离子在机体内与巯基具有很强的亲和力，能形成汞的硫醇盐，使参与体内代谢的酶，如细胞色素氧化酶、琥珀酸脱氢酶和乳酸脱氢酶等失去活性，因此阻碍机体代谢的正常进行。它可以使鱼的肝、胰、肾组织细胞退化、坏死。甲基汞在鱼的神经系统和红血球中大量积累，引起鱼神经中毒。

汞急性中毒后，鱼身体失去平衡，并且表现为周期性的反常游动，时而急速游动，时而缓慢，摄食减少，反应迟钝，体色变淡，粘液增多，