

公害的形成和现状

(国外公害概况及一)

水污染及其防治

(国外公害概况之九)

中国科学技术情报研究所

一九七三年六月

目 录

- 一、水质污染造成的危害..... (3)
- 二、水质污染的形成原因..... (8)
- 三、水的主要污染物质及其来源..... (15)
- 四、水质污染的防治措施..... (18)
- 五、废水的一般处理方法..... (28)
- 六、海洋污染..... (38)

水污染及其防治

(送 审 稿)

水是一种宝贵的自然资源。无论在工业生产、农业灌溉、交通运输，还是在日常生活方面，水都是不可缺少的。水在地球上不断地循环运动，为地球表面调节气候。而在雨雪降落时，又清洗大气，净化环境。地球上任何一个生态系统都离不开水，可以说，没有水便没有生命。

水也是地球上最丰富的化合物，约占地球外层5公里地壳中的50%以上，复盖着71%平均深度为3.8公里的地球表面，总体积约有13亿6千万立方公里。其中，97%以上分布在世界各海洋中，陆地上的地面水除了无法取用的冰川和高山顶上的冰冠以外，只占0.017%左右，其中又有一半在盐碱湖和內海，淡水湖和河流的水量仅占地球总水量的0.0091%。世界水源的分布如表一。

地球上淡水的根本来源是以雨雪形成降落到地球表面的水。估计世界每年总蒸发水量为420,000立方公里，而降到陆地上的水量为105,000立方公里，其中约三分之二为植物蒸腾或自地面上蒸发掉；三分之一，即大约37,500立方公里的水可供人们用于市政、工业和农业方面。这些水，按地球现有的37亿人口计算，平均每人每年可得到

表一 世界水源的分布

项 目	体积 (千立方公里)	占总水量的%	更新时间☆
陆地上的水			
淡水湖	125	0.009	1~100年
盐碱湖和內海	104	0.008	10~1000年
河 流	1.25	0.0001	10~20天
土壤水份和渗流水	67	0.005	280天
地下水(到4千米深)	8,350	0.61	300年
冰冠和冰川	29,200	2.14	16,000年
大气中的水	13	0.001	9天
世界海洋	1,320,000	97.3	37,000年
合 计	1,360,000	100	

☆更新时间是指在自然条件下更换左栏体积的水量所需要的大略估计时间

約10,000米³，或平均每人每天可得到27,000升。現在，据估計，一般国家平均每人每天在工农业和家庭等各方面需水量的总和只不过是几千升。这样看来，水似乎是絕无匱乏之虞天然資源。

但是由于地球上人口的分布与雨量或水量的分布不成比例关系，而且人們在各方面用水过程中也必然有浪費，特别是大量廢水、廢棄物未經恰当处理，就直接排入水体中，造成了許多淡水源的污染，降低了水质，减少了这些水源的利用价值。因此，目前世界上許多国家，甚至连拥有9%世界流量、而人口只占世界0.7%的加拿大也存在供水緊張的問題。为了解决“水荒”，一些国家不惜付出高昂的代价进行污水的三次处理和海水淡化以取得足夠数量的淡水供应。

水质污染是个严重問題，它破坏环境，影响工农业生产，严重威

威胁着人类的生命健康，必须严加控制。

一、水质污染造成的危害

污染物污染水质后，对人类的健康以及人类所经营的工、农、渔等事业和环境都有很大的危害。危害的程度取决于污染物的浓度、总量、排放点、毒性和其它物质特性等多种因素。

(一) 对人类健康的危害

水质污染对人类健康的危害，一般可分为两类。一类是污染使水含有致病的微生物、病毒等，从而引起传染病的蔓延；另一类是水中含有有毒物质引起人的中毒。

水质污染引起传染病的蔓延，在19世纪和20世纪前期发生过几次严重事件。例如英国泰晤士河在1832—1886年间，由于河水被污染，曾给伦敦带来四次大霍乱，仅1849年一次就死亡14,000人。德国汉堡1892年因饮水中含有传染病菌，使16,000人得病，9000人死亡。1926年哈诺威也因供水污染引起大规模伤寒流行，2,500多人发病，260人死亡。1965年春，美国加利福尼亚南部的一个小城市，由于饮用水不干净，造成流行病，18,000人病倒，5人死亡。近些年来，苏联的一些河流严重污染，也曾引起传染病的流行。例如，1961年乌克兰农村和小城市伤寒病流行就和水质污染有很大关系。1970年伏尔加河口的重要城市阿斯特拉罕爆发霍乱病，其主要原因之一就是伏尔加河水质受

到污染。

水质污染对人类健康的另一类危害，也即当前人们普遍关心的主要危害，是水中有毒物质使人中毒。污染水质的有毒物质相当多，其中危害较广，数量较大的有如表二所列的各类物质。在这些物质中，有的是剧毒的，例如氰化物，人们只要服上0.2~0.28克氰化钾（或0.06~0.12克 CN^- ）就可致死，对人类健康危害极大，而且作用快，数秒到数分钟内就出现中毒症状，很难抢救。但是对于这类剧毒物质人们比较注意了，也比较容易发现，因为当它排到水中就会使水生动物急性中毒死亡，从而辨别出水中有毒，及时采取相应的防治措施。最危险的还是象汞、镉、铬、铅等重金属化合物的污染，因为这类物质往往要经过较长的时间积累才显示出症状，不大为人们所重视。它又常常通过食物链的逐渐富集，最后才进入人体，因此也不易及时发现。由于重金属而引起的公害病，有的在世界许多国家已有出现，特别是在日本发生的水俣病和骨痛病，其范围之大，病状之惨，已成为轰动世界的公害事件。

除了上述重金属污染水质造成危害以外，一些高稳定的有机合成化合物，如多氯联苯、有机氯农药等也污染水质造成很大的危害。这些物质也是经过食物链的逐步富集，最后进入人体，引起慢性中毒。如滴滴涕的慢性中毒能影响神经系统，破坏肝功能，造成生理障碍，甚至可能影响生殖和遗传，产生怪胎和引起癌症等。

(二)对漁业的危害

危害漁业的污染源除了各种工业廢水外，还有城市污水、船舶排油、矿山廢水、畜舍污水和农药等，主要有下面几种危害：

1. 使魚类直接中毒致死

氰化物和农药等有毒物质会使魚类急性中毒致死。如西德萊茵河，在400公里的河段中，曾因农药泄漏污染河水而造成4,000万条魚死亡的事件。当时曾有人試驗，把一批活魚放入河中，在几分钟之內全部死光。如果含有大量有机物，也会消耗水中的溶解氧，致使魚类窒息而死亡。

2. 降低水产質量

各种魚的生长对环境条件的要求是不一样的，一般名貴的优质魚需要良好的环境，如充足的氧气和食料，才能生长发育，而某些劣质魚則对环境条件要求不高，甚至可以在污染的环境下生活。所以水质污染首先影响名貴的优质魚的生存。例如，美国的伊利湖，由于水质污染产生富营养化，結果优质魚—兰梭魚已經絕迹，相反，劣质的黃鱸魚却連年丰产。苏联的里海也有类似的情况。

3. 降低魚类的食用价值

某些特殊物质如油、酚等即使微量（如0.01~0.02ppm）也会使水产生物帶有異臭味而降低其价值，甚至不能食用。美国密执安湖1969年就有七十万条鮭魚因滴滴涕含量过高而廢棄。汞、镉、放射性

物质等会积累在水产生物体内进而威胁人类健康，在这些物质严重污染的情况下，有些渔场亦不得不关闭。例如，1970年加拿大克莱尔湖和伊利湖中都发现鱼中含汞过多，因而禁止捕鱼，西班牙的一个海湾，1970年12月因掉了几桶汞和其它毒物，捕鱼区只得关闭几个月。在东加拿大，四分之一的贝类产地也因污染而关闭。

4. 影响鱼类繁殖

有的鱼类为了产卵需要逆河而上，到达一定的区域产卵。但是由于河水污染，有些产卵场被消灭了，而有的鱼为了躲避毒物，往往还未产卵就中途返回；有的鱼则因污染而迷失方向，到不了产卵区。据报道，由于金属污染，已使大西洋鲱鱼未经产卵就返回海中。苏联的贝加尔湖也因其主要供水河流色楞格河受工业废水污染，影响一些名贵的鱼在该湖产卵孵化。

5. 影响捕鱼作业

富营养化的水域，藻类繁生，会阻塞渔网，影响捕鱼；水底存积过多的沉积物会恶化水底状态，造成操作障碍或损伤渔网；含有酸性的废水会腐蚀捕鱼器具、渔船和其它设备。

(三) 对农业的危害

对农业的危害包括对农用设备和对农作物两方面。

对农用设备的危害主要是浮游物附在水路上或筛子上使其机能降低，而酸性废水会腐蚀抽水机等农用机械。

对农作物的危害有多种情况，它随着污染物质的种类与浓度、作物品种、气候条件、土壤性质、作物的生长时期等因素的不同而有所不同。如水中污染物的浓度过高能直接杀死作物；有的污染物质能积聚于作物中，进而危害人类；有的污染物又能存积在土壤中而恶化土壤的物理、化学性质，使其中的微生物活动受到影响，进而影响农作物的正常生长等等。

世界上，许多国家都有污浊水侵害农田的问题出现，其中日本最为突出，历史也较长。1871年，日本在足尾开采铜矿时，把大量矿山废水排入附近的渡良瀬川，废水又侵入当地的农田，结果农田土壤中铜的含量高达200ppm，致使土壤结构受到严重破坏，恶化了土质。结果该矿区周围40—80公里的农业区稻苗的生长高度始终超不过10厘米，产量减少到只有原来的1/10。1945年后，这种污染灾害又再度出现，由于洪水把矿山大量铜粉带到土壤中，结果又使矿山周围2千公顷的农田颗粒不收。

日本神通川流域1955年以来发生的骨痛病事件，其起源也是工业废水侵害农田造成的。在神通川上游建成的神冈矿业所炼锌工厂，把大量含镉废水排入这条河流，当地农民用这条河水灌溉农田，镉就定居在被灌溉的稻田土壤中，虽然稻子产量减少不大，可是镉却积聚于大米中，给当地人民带来了严重的灾难。

据日本农林省最近调查，危害日本农业的污染源主要是工业废水

和城市污水，其次是矿山廢水，共有1505个地区，19万公頃的土地受害。从1965年—1970年的五年間，受害面积增加了50%。

(四) 影响供水

对水质的要求因用途不同而異，一般來說，飲用水源要求最严格，不能含有毒物质，就是pH值、大腸菌羣数、生化需氧量等也有严格的标准。因此，飲用水源即使輕度污染也需要增加淨化設備加以淨化，如果污染严重就要停止取用。目前，世界上許多国家的一些地区就因水源污染不能使用而出現“水荒”。为了解决飲用水源的不足，一些国家和地区不得不付出巨大的代价回收污水，經過三次处理后，直接供給飲用。例如南非的温德和克市由于可飲用的水源已經全部利用，迫使它不得不回收污水，經過高級廢水处理厂处理后，作为飲用水。这种回收水虽然对健康没有什么影响，但其水质要比天然水源差，因为可能存在诸如农药、抗菌素等微量有机物质和从工业廢棄物混进来的其它微量物质。

此外，水质污染还会破坏风景地区的环境，影响人們的遊覽、娱乐和休养等。

二、水质污染的形成原因

水域和自然界一样，本身有着一定的自淨能力，就拿河流來說，当一定量的污水流入河流时，污水首先被流水混合、稀釋和扩散，比

水重的粒子就沉降存积在河床上。然后开始氧化过程，易氧化的物质通过水中的氧气进行氧化；有机物质通过水中微生物进行生物氧化分解。同时，河流的表面又不断地从大气中获得氧气，使氧化过程中所消耗的氧气得到补充。这样，当经过一定时间，河水流到一定距离时，随着有机物的矿化，河水就恢复到原来的清洁状态，这就是河流的自净作用。这种自净能力与水体的水量、水深和流速有关。海洋和地面水对于一般自然出现的有机物质都具有很大的自净能力，但对于合成洗涤剂（ABS）、有机氯农药、多氯联苯（PCB）等合成有机化合物和诸如氰化物、重金属类、放射性物质等有毒物质的自净作用则非常有限，这些物质很难通过自净作用来净化。至于地下水，由于流速慢、逗留时间长，又无空气、阳光，其自净能力要比地面水差得多。因此，当一定量的污水、废水、各种废弃物等污染物质排入水域而超出这些水体的自净能力时，水质就会受到污染变坏。

在现代工业出现以前，水质污染的主要原因是由自然因素所产生的所谓自然污染。例如，雨水对各种矿石的溶解作用所产生的天然矿毒水对水体的侵蚀。最有代表性的就是日本某些地区的温泉水，如秋田县玉川温泉水含盐酸的浓度达0.1克当量，这种水流到当地稻田，使玉川流域4--5千公顷的土地不长庄稼，又流到泷沢湖使湖里的红鳟鱼灭绝；草津温泉水也具有较高的酸性，这种水流入吾妻川河，致使河鱼不能生存，河水也不能用来发电。水质自然污染的另一情况是

由于火山爆发和干旱地区的风蚀作用所产生的大量灰尘进入大气中，在雨雪的降落清洗下转入水体造成污染。这种风沙量是相当惊人的。据估计，每年从大陆刮入大西洋热带地区的灰尘量相当于给它铺上一层 6×10^{-5} 厘米厚的土层，而北太平洋50%以上的沉积物是从戈壁沙漠和其它干旱地区刮来的灰尘。此外，海水对淡水的侵蚀、深水湖在阳光照射下产生上层和下层的水温差而招致一系列的水质变化也都属于自然污染的现象。但是，所有这些自然污染都只发生于局部地区或者是属于暂时的问题，因此其危害有限。

然而，随着资本主义工业的畸形发展，现在各种各样的污染物质已随着水的转运而逐渐蔓延开来了。滴滴涕、多氯联苯和铅等污染物质几乎在地球上的每一个角落都发现它的踪迹。几年以前，人们从南极的企鹅体内检查出滴滴涕，1966年和1967年又先后在瑞典和英国的野生动物中检查出多氯联苯，以后，在北极圈的鱼、北极熊、南极和太平洋中央生活的鸟的体内也发现有多氯联苯。据调查，南极和北极的冰雪中铅的浓度正在逐年增加，北极圈冰雪中铅的浓度，1940年（80微克/吨）为1750年（20微克/吨）的四倍，而1965年（210微克/吨）又为1940年的三倍。因此，目前水质污染的主要原因在于人们的活动所造成的人为污染。

人为造成水质污染的原因也是多方面的，按污染源分，可分为工业废水污染、城市污水污染、农业回流水污染、固体废物污染等方面。

(一) 工业废水污染

水在工业上主要用于洗涤产品、冷却设备、产生蒸汽、输送废物和作为生产原料以及稀释剂等方面，几乎没有一种工业能够离开水。工业用水量占人类整个用水量很大的比例。据统计，生产一吨苛性钠大约需水100多吨；一吨钢需水200多吨；一吨石油化工产品、一吨纸或一千度电需水200多吨至500多吨；而制造一吨人造纤维则需水1000吨以上。这么多的工业用水，经过生产过程以后，就会产生夹带着各种杂质的工业废水。

工业废水的特点是种类繁多、成分复杂。例如，水银电解食盐工业废水中含有汞；重金属冶炼工业废水中含有各种重金属；电镀工业废水中含有氰化物和各种重金属；煤焦和石油炼制工业废水中含有酚；农药制造工业废水中含有各种农药等。这些工业废水都有毒，对人类的健康具有很大的危害。造纸、纤维、制糖、食品等工业废水虽然毒性不大，但含有大量的有机物质，如亚硫酸盐纸浆废水，每吨纸浆可产生BOD*250公斤（代表污染负荷量）。这类工业废水如果排到水域就会因有机物被需氧微生物分解而大量消耗水中的溶解氧。使靠呼吸溶解氧而获得生存的水生物遭到危害，而当溶解氧消耗完后，有机物又通过水中厌氧微生物的分解引起腐败现象，除产生甲烷气外，还产生硫化氢、硫醇等恶臭物质，使水发臭变质。从发电站和各种工业

* 生物需氧量，是指水中的有机物经需氧微生物氧化分解所需要的氧量。

排出的工业冷却水由于不与原料直接接触，含杂质较少，但因温度较高，也会使接受水体的水温升高，造成热污染，给一向习惯于冷水中生活的鱼类等水生动物带来不利的影响。某些有机合成工业废水含有生物难以分解的合成化学物质，后者可能在环境中长期存在而造成化学物质污染。与原子能和同位素有关的部门排出的废水含有放射性物质，会造成放射线污染。此外还有矿山废水污染等等。

今天在世界各地，每天都有数以百万吨计的未经处理，或未经恰当处理的废水排入附近的河流、湖泊和海湾，致使许多有名的河流成了污脏不堪的下水道，不少优质的淡水湖面临变成死湖的危险，不少盛产水产品的内海也不得不因污染而关闭渔场。如西欧的莱茵河，美国的密西西比河和伊利湖，日本的多摩川、淀川、琵琶湖、霞浦湖，英国的特兰提河，苏联的伏尔加河等都受到了严重污染。

(二) 城市污水污染

随着工业的发展又带来了城市化，大量人口和工业高度集中于一个狭小的地区，如美国城市人口已占全国总人口的75%，西德城市人口占70%，日本80%的人口居住在占国土面积20%的沿海城市。人们日常生活所产生的生活污水，据统计每人每天约有数百升左右（美国500升，日本250升），污浊负荷量为几十克BOD（美国平均为54克，日本为36克）。这些污水除含有碳水化合物、蛋白质和氨基酸、动植物脂肪、尿素和氨、肥皂和合成洗涤剂物质外，还含有细

菌、病毒等使人致病的微生物。这种污水会消耗接受水体的溶解氧，也会产生泡沫妨碍空气中的氧气溶于水中，使水发臭变质。中世纪以来，欧美许多国家的城市由于把城市污水直接排放到河流，致使一些直接饮用河水的地区如英国的伦敦，西德的汉堡等城市常常大规模流行霍乱等疾病，发生过许多人死亡的事件。特别是下水道的修建赶不上城市发展的速度，下水道设施不完善，大量未经适当处理的污水排到河流、湖泊，致使这些水体发生极度污浊。据日本1969年~1970年经济企划厅估计，日本城市内大多数河流污浊负荷量有一半来自城市污水。日本东京、大阪、名古屋、福岡等城市的市内河流，BOD都超过了10ppm，有的甚至高达几十ppm。有些河流虽然采取了一些防治措施，但污浊量仍在继续增加。

(三) 农业回流水污染

农业上最大用水是灌溉，其中60~90%蒸发损失，10~40%渗入地下或从地表流走。由于耕种、喷洒农药、施肥等工作，使这种灌溉回流水中含有较高浓度的矿物质、肥料和农药，也会使水体污染。特别是象滴滴涕那样的有机氯农药是污染水质最危险的物质之一。这种物质化学稳定性极高，在自然界中需要十年以上的時間才能完全分解为无害的物质，成为环境中长期存在的污染物质；又易溶解于脂肪，能在动物和人体脂肪组织中积累起来造成危害；同时它难溶于水，借助水的流动而迁移到其它地方，使得许多没有使用过农药的地区，甚

至南极也出現滴滴涕，据估計現在已有两千吨滴滴涕及其殘留物积存在南极冰雪之中。

据报道，地球上某些地区由于过度使用有机氯农药，有些鳥类已經絕迹，如日本的某个县里，据調查1950年共有5万只燕子，1953年在該县第一次使用了有机氯农药时，使燕子的数目一下子减少到2百只，以后燕子的数目逐漸减少，到1955年只剩下50只，再以后，这个地区再也看不到燕子了。

(四) 固体废物污染和其它

农业廢物、工业廢物和城市垃圾的数量和种类都非常多，它們如果轉入水中，也会污染水质。这类污染情况相当复杂。有机物质經水中微生物分解会消耗水中的溶解氧；各种有毒物质使接受水体具有毒性；从工厂排出的廢气，如二氧化硫一旦隨雨水轉入水体时，就变成亚硫酸，它又同水中的氧作用氧化变成硫酸，既消耗水中的溶解氧，又使水具有酸性。特别是各种各样的污染物质同时流进水域，有些可能会互相发生化学作用，从而产生具有更大危險性的物质，例如含无机汞的各种廢物排到水体后在水底沉积下来，經微生物分解作用，多数可以轉变为会引起水俣病的甲基汞。污染途徑也是多种多样的，比如垃圾場的垃圾經雨淋和雪溶化后可能溶于水中，或发生化学作用产生有毒物质，最后漏出場外，流入地勢較低的城市取水点，或者渗入地下污染地下水。

三、水的主要污染物质及其来源

污染水质的物质极其复杂，来源甚广。一般分为以下十类，在各类物质之间有些是相互重叠的。

(一) 有毒物质

此类物质主要包括氰化物、有机农药、酚、砷及其化合物、重金属类物质和致癌物质等。其主要来源如表二。

表二 某些有毒物质的主要发生源

污 染 物 质	主 要 来 源
镉及其化合物	金属矿山、冶炼厂、电镀厂、某些电池厂、特种玻璃制造厂、化工厂
铅及其化合物 6价铬化合物	金属矿山、冶炼厂、汽油、电池厂、油漆制造厂、铅再生厂 矿山、冶炼厂、电镀厂、铬鞣皮制革厂、化工厂(颜料、催化剂等)、合金制造厂
汞及其化合物	汞极电解食盐厂、汞制剂农药、化工厂、某些纸浆造纸厂、温度计厂、汞精炼厂
砷及其化合物 氰化物	矿石处理、药品、玻璃、涂料、农药制造厂、化肥厂 电镀厂、焦化厂、煤气厂、金属清洗
有机磷化合物	农药
有机氯化物	农药
酚	焦化厂、煤气厂、炼油厂、合成树脂厂
游离氯	造纸厂、织物漂白
氨	煤气厂、焦化厂、化工厂

(二) 致病微生物

包括各种病毒、细菌、原生动物等，能传染疾病并具有繁殖能力，主要来自各种生活污水。

(三) 耗氧废弃物

包括有机物和无机物两类。前者主要是可生物分解的天然有机物；后者主要是还原性物质如亚硫酸盐、硫化物、亚铁盐和氨等。这类物质经水中生物氧化和化学氧化时，大量消耗水中的溶解氧，恶化水质甚至使水发生恶臭，造成死鱼。来源非常广泛，如造纸厂、纤维厂、食品厂和生活污水等。

(四) 植物营养物

这是植物生长所需的营养份，如氮、磷、碳等化合物，主要来自于合成洗涤剂、化学肥料、饲料和生活污水等方面。这些物质随下水道和土壤的冲洗流到湖泊等水域时，会使贫营养湖变为富营养湖，其结果使水的透明度减少，并促使某些不需要的植物（特别是藻类）大量繁殖，甚至盖住整个水面，致使水中溶解氧减少，危害鱼类，而当藻类残体腐烂时，又进一步恶化水质，使水发臭，这种现象往往很难改变。日本的琵琶湖、北美的五大湖等都发生了严重的富营养化现象。

(五) 油类物质

这类物质由于比水轻，又不溶于水，因此复盖在水面上而形成薄膜层，阻止空气中的氧气溶解于水中，使水中溶解氧减少，造成恶臭，影响到水产质量，使其价值降低；如附于农作物上则使其枯死；另一方面影响美观，并有火灾的危险。主要来源是石油工业、机械加工、汽车和飞机的保养维修、涂料、煤气、油脂加工等工业废水和船

船运输等。

(六) 有机化学物质

此类物质包括诸如多氯联苯 (PCB)、合成洗涤剂 (ABS) 等，都是一些高稳定合成化学物质，生物难于分解。这类物质能通过食物链逐步浓缩造成危害，来源很广，如各种有机化工厂等。

(七) 无机化合物和矿物质

包括各种水溶性氯化物、盐类和其它各种酸性、碱性物质。浓度过高会降低水质，危害水生动物，或使接受水体具有酸性或碱性，腐蚀水下作业各种设备等。主要来源是各种化工厂。

(八) 冲积物和其它不溶性固体物

主要是由分水岭冲下的诸如砂土、粘土之类的物质，在水底沉积能淤塞水库、灌渠和河道等。

(九) 热流出物

主要是热电厂和各种工业过程的冷却水等具有较高温度的物质。据报道，一般燃料热电厂只有1/3的热量转为电能，其余2/3的热量放到大气中或冷却水中，而原子能发电厂几乎全部废热都放到冷却水，约占其总热量的75%。这样大量的热量导入水域会引起热污染，使局部生态系发生激烈变化。

(十) 放射性物质

这是各种可裂变的物质，在其裂变时放出放射线，造成危害。主

要来自原子能反应堆和有关的工业部门。

此外，还有一些物质能互相作用，生成新的有害物质，造成危害。例如含硫化钠的废水与含硫酸的废水混合后，硫化钠与硫酸可以反应生成有毒物质硫化氢；含亚铁氰酸盐的废水，亚铁氰酸盐可通过光分解生成剧毒物质氰化物等等。

上述各类污染物质引起的水质污染，其污染的程度可用以下污染指标表示。

1. 物理方面的污染指标有：浊度、色度、蒸发残留物、悬浮物、电导率、放射能等；

2. 化学方面的污染指标有：pH值、生化需氧量(BOD)、化学需氧量* (COD)、溶解氧(DO)、汞和镉等重金属和其它有毒物质等；

3. 生物方面的污染指标有：大肠菌群数、一般细菌数和病毒数等；

4. 生理方面的污染指标有：嗅、味、外观、透明度等。

四、水质污染的防治措施

水质污染与空气污染、农药污染、固体废物污染等各种环境污染都有关系，并且常常交织在一起。因此水质污染的防治除了有其独特

* 化学需氧量，指利用氧化剂将水中可氧化物质氧化分解所需要的氧量。

的方面外，也与各种环境污染的防治相互联系，必須从綜合的观点进行考虑，才能取得較好的效果。一般包括行政組織上的防治措施和技术上的防治措施，有下面几个方面。

(一) 設立防治水质污染的专门机构，实行統一管理

各国的环境保护机构中均設有防治水污染的专职机构，負責全国的水域水质保护，地方上也有相应的管理机构。如英国在地方上設立的水污染控制部就是工厂廢水的最高监督机关。荷兰对每条河流都設有管理委员会实施管理。它們通过这些机构制定措施，发布指标和处理預決算等經費問題，对污染防治实行統一的管理。如对統一規定了的环境标准和工业廢水排放标准，从中央到地方实行监督管理，凡沒有达到排放标准的不准排放，違反者罰款或令其改善污水的处理方法。

另一方面，在环境部(厅)的领导下，組織一批人进行研究。許多国家都有国立水质污浊研究所。如英国水质污浊研究所有职员二百多人，专门从事各种污水的处理研究和各种污染物质对河海的影响的研究，并且把防止污染的有效方法介紹給有关部门。在美国，据美国联邦水质污染控制管理局 (FWPCA) 称，现在就生活污水、工厂廢水、畜舍污水、矿山廢水和含油廢水等造成的污染問題，热污染和湖泊的富营养化問題，污水的三次处理和处理水的再利用以及各种公害的防治技术等都在大力研究，研究題目达数千种。此外，在大学開設专业課，培养保护环境的各种专业人員。

(二) 建立監測系統

水质监测有两个方面，一是廢水处理厂的监测；二是江河、湖泊的监测。而监测站又有长期固定的监测站和局部的短期的流动监测站两种。如在美国，有隶属全国管理系统的长期固定监测站，掌握全国的水质情况，一旦发现有不符合水质标准的地区，就通过流动监测站找出污染源。他们用仪器对水质进行分析测定，了解各水域的水质变化情况和从各污水处理厂排出的处理水的水质，以便及时采取相应的措施保护水源。美国现在已有一千多个水质监测站，准备把各州的监测系统组成一个有机体，成为全国范围的水质监测网。日本对各个水域每月用一天时间测定，水质监测器也正向自动化方面发展，环境厅已拨款在三个地方建立了水质自动监测站。英国监测体制的人员由监督員和分析員組成，他們在每个工厂廢水的出口处都設有监测器。监测人員对工厂进行巡回检查，对每个工厂一个月定期检查一次，但必要时也进行临时检查，对排放时间也严加控制。違反者，罰款或采取停止营业的措施。

(三) 改善下水道

以前，几乎所有国家所建設的下水道主要目的都是排除城市街道的积水，因此，大多数采用合流制公共下水道，各种污水、雨水混合一起从一个下水道排出。这种下水道由于暴雨常把大量未經处理的污水从紧急出口溢出排入河道，污染水体，成为城市区污染水质的主要原

因。因此，改良下水道作为防止水质污染的一个重要措施引起了日本和欧美各国很大的重视。

防止雨水溢流最好的方法是把合流制下水道改为分流制下水道，雨水和污水分别通过不同的系统进行处理和排放。日本准备采用这种方法，并为了达到水域的环境标准，改善城市生活环境和防止街道积水，准备实施下水道建设五年计划，从1971年—1975年把公共下水道的面积普及率（排水面积/街地面积）从22.8%提高到38%。

欧美各国下水道的普及率比日本高得多，1970年，英国和荷兰已达到90%，瑞典71%，美国68%，西德63%，法国40%。但大多数也是合流制，如果改为分流制则需要巨大的改建费。据美国公共事业委员会估计，要将美国全部合流制下水道改为分流制下水道则需要480亿美元的投資，因此提倡在没有分流制下水道的城市修建雨水贮存池，雨天时暂时贮存雨水，晴天时送到污水处理厂进行沉淀、消毒等处理后再排放。美国、加拿大、英国等在一些城市里都建有雨水贮存池。如加拿大在哈利法克斯市建的雨水贮存池是一个能接受一千多亩地区范围合流下水，容量为3406米³的有盖的混凝土水箱。这个雨水贮存池设计有沉淀和消毒处理，如果池子水满了，可以从上面流放。美国芝加哥则在地下200米深处建造一个贮雨水池，雨天贮雨，晴天送到处理厂进行处理。据说，这种设有雨水贮存池的合流制下水道是防止水质污染经济而有效的方法。

(四) 建造污水处理厂处理污水

建設污水处理厂对工业廢水和城市生活污水进行处理，除去水中污染物质，这是防止水质污染的重要措施。对于工业廢水一般采用归口处理，即相同性质的各个工厂的廢水可以集中起来共同进行处理到达規定的排放标准，而生活污水則由管理公共下水道的有关当局进行处理。但也有采用工业廢水經過一定預处理后，再与生活污水合併一起处理的，如英国，各工厂的工业廢水先由工厂按規定的标准进行預处理，然后向有关当局申請排放到下水道再进行处理。

現在，許多国家都在大量建造污水处理厂。据1972年报道，美国仅紐約市內就建成了14个，其中71年建成的一个处理厂日平均处理污水量为265,000米³，还計劃建設一个日处理污水量为832,700米³的处理厂。英国倫敦現在大約有760万人的污水經過了处理，日平均处理水量为240万米³。西德、法国、荷兰、加拿大和日本等国的城市也建有許多污水处理厂。处理后剩下的污泥还需进一步处理，一般靠海的城市常用管道或污泥搬运船运送到海洋处置；內陆城市一般用車輛运送到深井、凹地处置或陆地掩埋；有的还用作农业肥料和焚燒处置。污泥处理的原則是不能再次造成污染。

在污水处理的实际应用上，目前大多数国家还是停留在二次处理的水平，也就是經過一次处理（即初步沉淀和其它簡易处理）后，再进行生化处理（二次处理）。二次处理能很大地改善水质，在防止水

质污染上起了很大作用，但是二次处理是不彻底的，一般只能除去90%左右的可生物分解的有机物，90~95%的固体悬浮物，而生物不能分解的有机物和溶解性无机物则不能除去，磷、氮等植物营养元素也不能大量除去，同时含有病毒和细菌。对于这种二次处理水，如果河流流量很大，当然可以把它稀释到环境标准以下，但对于流量较小，稀释能力较差的河流就可能达不到环境标准。因此，对于较小河流和湖泊来说，从污水处理厂排出的二次处理水就很可能成为新的污染源。此外，这种二次处理水日本有些工厂已在生产上使用，但有时会由于有溶解性有机物存在，发生粘液或腐蚀管道等问题，而不适于应用。因此，随着今后用水量的增加，有必要在二次处理的基础上再进一步进行处理，这就是第三次处理。

三次处理是今后必须大力发展的重要技术，其目的是要除去一般二次处理所不足以除去的污染物质，包括可溶性无机物（例如能导致湖泊富营养化的磷和氮），带有嗅、味、颜色等生物不能分解的有机物和经二次处理后残余的可生物分解有机物，固体悬浮物，各种病毒、病菌和其它物质等。并通过软化等措施，直接用作自来水、工业用水和地下水的补给水源。美国洛杉矶供水对策局除了准备用三次处理水作地下水的补给水外，还准备用于防止海水污染地下水。它们打算沿着洛杉矶国际机场到帕洛斯费尔迪斯（Palos Verdes）半岛约14公里的海岸线，每隔152米的距离挖一井（井深122~229米，直径30.5

厘米)，把达到飲用标准的三次处理水压入地下水层，其中90%进入內陆这一側的地下水层，可供作自来水、工业用水和灌溉用水，另外10%往海的一側渗透，可以防止海水渗入內陆側污染地下水。据估計，到1976年，3%的自来水将由这种三次处理水补給。

美国对污水的三次处理研究較早。在塔候湖南岸公共事业区一个处理能力为28,000米³/日的三次处理装置1968年就已經开始运转。目前，美国正在大規模地展开这方面的工作，在各个污水处理厂进行实际研究。此外，日本、西德、英国等也在进行这方面的研究工作。三次处理的主要方法有：化学凝集沉淀过滤、中和、除氨装置、活性炭吸附、快速过滤、微滤器、离子交换、电渗析、反渗透、氯消毒和污泥处理、化学凝集剂的回收等。各国、各地都有所不同，一般是把其中几个方法組合起来使用。

(五) 回收副产品，合理用水

合理用水的目的就是要减少廢水量和减少廢水中污物的濃度，进而减少廢水处理負担和減輕污染。一般通过改进工艺、設備和回收副产品綜合利用达到廢水的重复使用或分級多段使用。

工业廢水有两种。一种是工业冷却水，它与原料或产品不直接接触，杂质較少，所以只要回收热量或稍加处理后，就能循环使用。另一种廢水是工艺廢水，与原料直接接触，含有各种杂质，而由于行业、条件、原料、工艺等不同原因，廢水中的物质与濃度又大不相同，

比較复杂。一般，如果濃度較高，可以把其中的有用物质回收利用，廢水經過一定处理后，不外排，再次返回到原工序循环使用，或根据各个工段对水质的不同要求而分級多段使用。对于濃度很低无回收价值的工艺廢水，可經适当处理后再次使用。

例如，造纸厂是一个典型的用水型工厂，制造一吨紙約需几百吨水，紙浆廢水中含有大量有机物和某些药品，如果排到江湖就会严重污染水质。因此，現在許多国家的造纸厂都进行紙浆廢液的回收循环利用。如硫酸盐紙浆廢液（黑液）經蒸发器蒸发濃縮后，在燃燒炉燃燒，产生的热量作热源回收利用；燃燒后剩下的熔化物經苛化后，可回收碱作为蒸棗液再次利用；由黑液蒸发器出来的冷凝水可用于洗滌漂白紙浆；从漂白廢液中又可提取氯化鈉；从黑液中还可以提取碱木素、二甲亚砷、妥尔油、松节油等多种副产品。据报道，北美几家造纸厂已实行了紙浆廢水循环使用，在紙浆漂白和洗滌工段等都完全进行逆流洗滌，除了补充由于大气蒸发而損失的那部份水外，不再另加水了。

加拿大有一家炼油厂由于把冷却水經冷却塔冷却后循环使用，又把工艺廢水經处理装置分离杂质后，再次使用，結果使每吨制品的耗水量由原来的几百吨降到0.2吨。

此外，許多国家都在研究把城市污水經污水处理厂进行二次处理以后，直接用于工业方面，如工业冷却水。特別是一些缺水区，都把回

收生活污水用于工业上的效果分析作为工厂用水設計的主要依据。美国和日本东京、大阪等地已經达到实用化的程度。

(六) 开发无公害的新技术

污水处理技术虽然得到很大的发展，但是要处理到无害化程度，經濟上总要付出很大的代价。据日本报道，丙烯腈工厂的建設，如果工厂本身的建設費需要30亿日元，廢水处理设备的投資就要10亿日元。日本四日市有一个廢水处理能力为15,000吨/日的活性污泥法处理厂，其建設費需要3亿日元。如果是三次处理，費用更高。因此，今后如何发展无公害技术，这作为一个新研究課題引起世界各国的极大重視。許多国家根据现实的需要，正致力于开展无公害新技术的研究。特别是污染严重的部門尤为活跃。

在造纸工业方面，美国、加拿大、瑞典和日本已开发了无公害的氧蒸煮法（HOPES法），使用氧气和碳酸鈉蒸煮木片，而不使用硫酸盐法所使用的有害药品苛性鈉、硫化鈉等。廢液无色无嗅能循环使用，工厂全部廢液仅为硫酸盐法的十分之一。日本旧王子系五个公司也共同組織一个无公害紙浆研究公司，从事无公害的制浆法研究，把从木片蒸煮到紙浆漂白的整个工程合为一体，进行封閉循环，不出廢液。計劃爭取用三年時間，花10亿日元投資实现工业化。

在电镀工业上，电镀廢水不仅含有剧毒物质氰化物，而且还含有会导致慢性积累中毒的镉、鉻、銅、鋅、鉛等重金属，因此也是一个

公害比較严重的部門。美国、日本等国把以前的真空蒸鍍法和阴极真空噴鍍法結合起来，創造出一种称作“离子化靜电电鍍法”。据說，該法不出廢液，无公害，而且速度快，质量好，使以前由于有毒性而造成公害的氰化物电鍍法有可能轉变为无公害的电鍍法。

在食盐电解工业方面，以前許多国家采用汞极电解槽电解的方法，这种方法在生产过程中产生汞蒸汽和含汞廢水对人的生命安全是很大的威胁。因此，为了消除汞害，汞极电解槽正向隔膜式电解槽方向发展，汞极被一种称作尺寸稳定性阳极(DSA)的新材料所代替。如日本的鶴見曹达公司已采用了这种隔膜式电解槽的方法。

在合成洗滌剂的生产上，以前支鏈型的烷基苯磺酸鈉占很大比例，这种洗滌剂又配用很多磷酸盐。这些物质轉到廢水以后，就出現很多麻煩的問題。首先，主剂支鏈型烷基苯磺酸鈉生物不能分解，在环境中可能长期存在，成为长期的污染物质；磷酸盐流到湖里就会引起富营养化問題。因此，从防公害的角度出发，欧美一些国家发展可生物分解的合成洗滌剂，把支鏈型的烷基苯磺酸鈉轉換为直鏈型的烷基苯磺酸鈉(LAS)，实行所謂“合成洗滌剂的軟化”。同时，也正在大力研制取代合成洗滌剂中磷酸盐的配合剂。

在农药生产和使用方面，一些剧毒、高稳定性农药正在逐步被淘汰，对某些农药也規定了严格的使用制度。如美、英、法、苏联、荷兰、丹麦、西德、瑞典、瑞士、挪威等国已停止使用滴滴涕，日本禁

止使用一〇五九、一六〇五和滴滴涕、六六六等高毒性农药，对其它一些毒性大的除草剂规定了使用制度。还有的国家对汞制剂等也严加控制使用。重点是发展高效低毒无残毒农药，如以高效低毒性有机磷和氨基甲酸酯类农药代替滴滴涕、六六六和一〇五九、一六〇五，并逐步推广生物性农药如微生物杀虫剂、抗菌素、激素、植物性农药等。由于这类农药主要是由昆虫和植物体培养或提炼出来的，是在自然界中本来存在的物质，所以容易被微生物分解，没有残毒。从防止公害的角度看，这是一个方向。

五、廢水的一般处理方法

廢水处理就是把廢水中的污物以某种形式分离出去，或者将其分解为无害稳定的物质，一般要达到三个基本目的：防止疾病傳染；避免有異嗅和恶感的可見物；能滿足各种不同用途的要求。廢水处理相当复杂，这是由于不同的工业廢水有不同的水质和数量，而即使是相同的工业，也由于各个工厂对原料的处理加工采用不同的药剂，不同的流程，廢水成分也有很大的变化。因此，处理方法的选择必須根据廢水的水质和数量来考虑，而水质和数量都相同的廢水也要根据处理水排到什么水域或做什么用而相应地采取不同的处理方法。除此以外，在设计处理厂时还需考虑的問題有：廢水处理过程中所产生的淤泥和沉渣的处理；可能产生的二次污染問題；凝集剂的回收利用等。

廢水的處理包括固液的分離，有機物和可氧化物的氧化、中和、有毒物質的除去。其方法有物理處理法，化學處理法及生物處理法。

(見表三)

表三 工廠廢水處理法的分類

廢水處理	中 懸浮物質的除去 膠狀物質的除去	和 去	{ pH 的調整 凝集 附 淀 吸 沉 浮 上 分 離 過 生 物 氧 化 生 物 還 原 化 學 氧 化 化 學 還 原 離 子 交 換 萃 取 泡 沫 分 離 吸 附 燃 燒 生 物 氧 化 生 物 還 原 集 淀 離 心 分 離 過 濾	}	化學處理
					物理處理
					生物處理
					化學處理
					物理處理
污泥處理	溶解性物質的除去	去			化學處理
					物理處理
					生物處理
					化學處理
處置和掩埋	液 縮	縮			物理處理
					化學處理
					生物處理
處置和掩埋	氧化處理 還原處理	處理			化學處理
					生物處理
					化學處理

(一) 物理處理法

物理處理法簡單、經濟。過去主要用于除去廢水中的懸浮物質，

近年又有了很大的发展。物理处理的方法有：

篩 濾 这是除去廢水中較大悬浮物质的前处理工艺。廢水过篩的流速一般在每秒0.3米左右。

沉沙地 除去廢水中0.2毫米以上的砂土和悬浮物的处理设备。有些工厂也用作廢水調节池。廢水通过沉沙池的流速一般为0.15—0.3米/秒，停留時間30—60秒，水面积負荷1800米³/米²/日。

沉淀池 除去廢水中的悬浮物质，力求得到不含有固体物质的流出水。同时撇去水面上的輕质固体和油等浮渣。沉淀時間，易沉淀物质需1.5—3小时，难沉淀物质需4小时以上；水面积負荷分别为30—50米³/米²/日和20米³/米²/日。

浮上分离 把气泡导入含有悬浮物质的廢水中，使固体被气泡粘附，减少比重，使之浮到水面上而进行分离的方法。此法可分离比重比水輕的和比重比水重的固体物质。为要产生气泡，一般把加压空气压入廢水中然后减压，或者使廢水飽和空气以后置于真空下。此法最适于含油廢水的油水分离。加压式浮上处理一般只需10~40分钟。水面积負荷为60~240米³/米²/日。

过 濾 使廢水流过多孔性濾材以分离出固体物质，有重力过滤、真空过滤、压力过滤和离心过滤四种过滤方法。重力过滤只用于濃度較低的液体除去悬浮物质；真空过滤广泛地用于悬浮物濃度較高的淤浆的脫水；压力过滤适于含微細固体顆粒的粘性液体的过滤；而

对于容易过滤的固体，又希望得到較干的滤餅时，最好用离心过滤。此法装置小、操作快、除去的固体物质較干燥，但費用較高。一般用于污泥的脫水和活性炭吸附处理后的过滤。

泡沫分离 当把空气吹入溶有表面活性物质的水中时，水中的表面活性物质就会吸附于气泡而上升到表面形成泡沫。表面活性物质在泡沫中的濃度比原来水中的濃度要高，如果不断地移去泡沫并使之消散，实际上就能把水中的表面活性物质从溶液中除去。利用这一原理进行分离的方法就叫做泡沫分离法。如果要分离非表面活性物质或弱表面活性物质的离子，則需往水中投加某种相反电荷的表面活性物质，使形成离子—表面活性剂絡合物，吸附于气泡上浮至液面而得到分离。此法主要用于从廢水中除去溶解性物质。特别是当用活性污泥法分解不了，而用一般方法又很难除去时可用泡沫法加以分离。

反渗透 当用一种半透膜隔开純水和溶液时，水和溶液之間就存在着压力差，叫做渗透压。在渗透压的作用下，純水会自然地通过半透膜进入溶液使溶液稀釋，这种現象叫做自然的渗透現象。但当在溶液的一边加上比渗透压更高的压力时，就会扭轉这种自然渗透的方向，溶液中的水被迫通过半透膜移向純水的一边，其結果使溶液濃縮，这就是反渗透現象。反渗透法是最近才发展起来的膜法分离技术，特別适用于海水淡化，对于廢水处理的应用，还在研究中，既可回收有用物质，又可得到很純的水。半透膜目前使用最多的是醋酸纤

維素膜，外加压力为10~100公斤/厘米²。

吸 附 这是使用固体吸附剂与廢水接触，吸附除去廢水中污物的方法。应用最广泛的吸附剂是粒徑为2.38~0.42毫米的活性炭，此外还有白土、各种粘土、骨炭、鋁氧粉、氧化鎂、硅胶、活性硅石等。用过的吸附剂可以再生。吸附处理又可分为固定床法和分散接触法两种。前者是把吸附剂作成固定层，使廢水通过。后者則把吸附剂混入廢水中，然后再經過滤分离。此法多用于除去色度和臭气，以及回收有用物质。它能有效的除去危害較大的微小污物（如酚、ABS、汞化合物等），处理廢水达到可再利用的程度。

（二）化学处理法

化学处理目前主要用于廢水和供水的消毒以及廢水三次处理的研究上。将来随着廢水量的增加，将广泛需要采用此法除去污染物质以保持其原有的水质。它包括以下几种方法。

中 和 酸性或碱性的廢水，例如紙浆廢水、炼鋼厂和电鍍厂的金属表面处理廢水等，不仅对水生生物有害，而且也会腐蝕鋼鉄或混凝土等，因此必須进行中和，把pH值調整到中性或接近于中性，或調整到适于下一步处理的pH值范围。

酸性廢水实际使用的中和剂有：燒碱、純碱、石灰等。生石灰、消石灰、氧化鎂、白云石灰等价格便宜，使用广泛，但水溶性較差，需要充分攪拌，而且反应后产生大量不溶性淤泥，还需进一步作沉淀

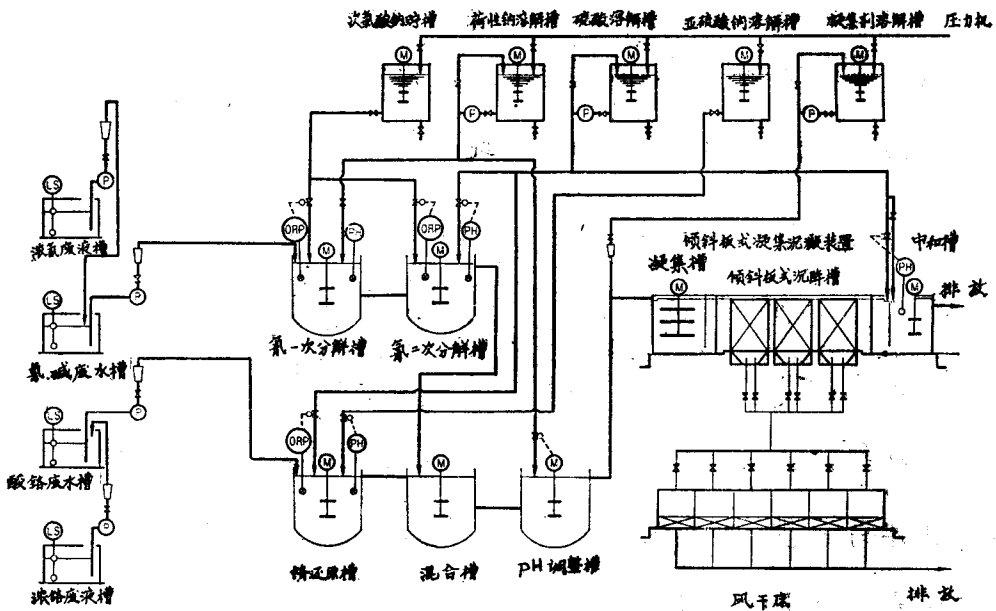
过滤干燥处理。石灰石是价格最便宜的天然矿物，可粉碎后直接作中和剂使用，但反应速度慢，一般用作强酸性废水的预处理（即一段中和）。

碱性废水常用的中和剂是硫酸，但也有使用烟道气中的二氧化硫和二氧化碳进行中和的。如果同一个工厂同时排出酸性和碱性两种废水，则应尽量使其混合，接近中性。

凝集沉淀 通过往废水中投加凝集剂，使废水中的悬浊物质或胶体粒子在静电力、化学力、物理力的作用下，聚集一块增加粒径，加速沉淀速度，从而进行分离处理的方法。凝集剂可分为无机系凝集剂和有机高分子凝集剂两大类。前者最常用的是铝盐和铁盐；后者是具有数万到数百万分子量的水溶性线型聚合物，又分阴离子型、阳离子型和非离子型三种。目前使用较多的是聚丙烯酰胺及其衍生物。此法在废水处理上应用很广，主要用于除去难以沉淀的微小粒子和植物营养物磷酸盐等。

氧化与还原 氧化还原处理法就是利用氧化剂或还原剂将废水中的有害物质氧化或还原为无害物质的方法。如电镀废水，剧毒的氰（ CN^- ）经加碱氯氧化后，可分解为无害的氮和二氧化碳；或经次氯酸钠氧化后，可分解为氮气和碳酸氢钠。六价铬离子经还原剂硫酸亚铁或亚硫酸氢钠还原后，可转为3价铬离子，再经加碱生成氢氧化铬沉淀，即可除去。流程见图一。

廢水的氧化还原处理通常是利用氧化还原电位計控制廢水的氧化还原电位而进行。一般氧化还原电位为 -100 毫伏 ~ -400 毫伏时，表示廢水处于还原状态，有还原性物质存在；氧化还原电位为 200 毫伏 ~ 800 毫伏时，表示廢水处于氧化状态。



图一 电镀厂废水处理流程

离子交换 这是通过离子交换树脂与液体之間发生可逆的离子交换而净化水质的方法。常用的离子交换树脂是有机合成树脂。因为离子交换是可逆的，所以用过的离子交换树脂可以再生，并能从再生液中濃縮回收有用的离子。此法处理的对象只是离子或极性物质，多用于某些有害离子的除去或回收，如从电镀廢水中回收貴重金属铬、錳；从含汞、含鉛廢水中回收汞、鉛等。此法分固定床法和移动床法

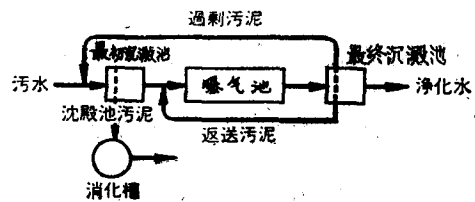
两种，而以后者较为有利。

(三) 生物学处理法

生物学处理法是利用对有机废水有净化能力的微生物，通过其自身的生命活动（生物化学作用）分解污水中的有机物，以改善水质的处理方法。一般把温度控制在 10°C — 40°C 之间，pH值在 $6.5\sim 7.5$ 之间，另外需要加入适当的营养源氮和磷，其重量比是， $\text{BOD}:\text{N}$ （氮）为 $17:1$ ， $\text{BOD}:\text{P}$ （磷）为 $100:1$ 。此法由于不需要高价的药品，维持费用便宜，目前在国外已广泛采用，成为废水处理的主要方法之一。它又分为好气处理和嫌气处理两大类。

好气处理法（需氧处理法）。好气处理一般用作二次处理，它是在充分供氧和适当温度、营养的条件下，使好气性微生物（又叫需氧微生物）大量繁殖，并利用它将污水中的有机物氧化分解为二氧化碳、水、硫酸盐、硝酸盐等无害物质。这包括活性污泥法和生物过滤法等。

活性污泥法 这是目前最广泛地用于处理城市污水和工业有机废水的方法之一。适于处理含BOD数千ppm以下的废水。传统活性污泥法的基本流程如右图。



图二 传统活性污泥法流程图

曝气池是活性污泥法的核心，在这里首先培养出足够数量称作活性污泥的好气性微生物，然后使其与所要处理的污水充分混合，不断

曝气，活性污泥中的微生物就把污水中的有机物分解为矿物质。然后把曝气后的混合液送到最终沉淀池沉淀，上层的澄清水可作为净化水排放。沉淀后一部分活性污泥返回曝气池，再次作为菌种污泥净化污水。其余过剩污泥除掉或送往别处作菌种污泥使用。此法特别需要注意掌握曝气时间，送气量、污泥返回率。

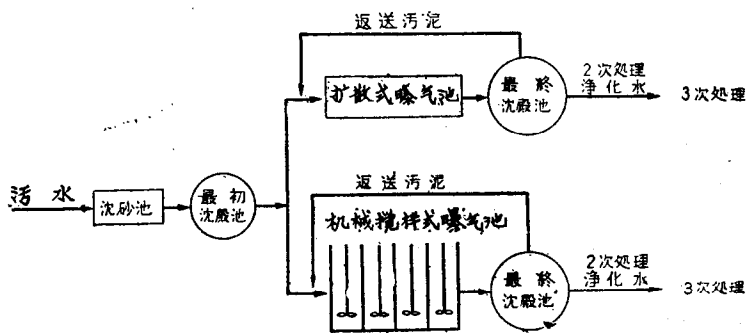
生物过滤法 又常称为生物滤池，这是在一个圆形的滤池中装填一定厚度的滤材（如碎石等）做成滤床，用回轉洒水机将生活污水或工业有机废水从上面洒下，存活在污水中的微生物逐渐在滤材的表面上繁殖而形成具有粘性的膜状生物相。废水流经滤材表面的生物膜时，其中的有机物就为生物膜所吸附或者为生物膜中的好气微生物氧化分解。此法处理胶态废水的效果比含可溶性物的废水为好，但由于通过滤床的时间很短，一般只有15~20分钟，因此，含可溶性物的废水可重复数次通过滤床而达到净化。

生物过滤法根据水量负荷和有机物负荷的不同，又分为传统滤床（低速滤床）和高速滤床两类。前者是间歇式的，水量负荷一般为 $0.5\sim 4\text{米}^3/\text{米}^2/\text{日}$ ，有机物负荷为 $0.08\sim 0.4\text{公斤 BOD}/\text{米}^3/\text{日}$ ；后者是连续式的，水量负荷为 $8\sim 40\text{米}^3/\text{米}^2/\text{日}$ ，有机物负荷为 $0.4\sim 4.7\text{公斤 BOD}/\text{米}^3/\text{日}$ 。

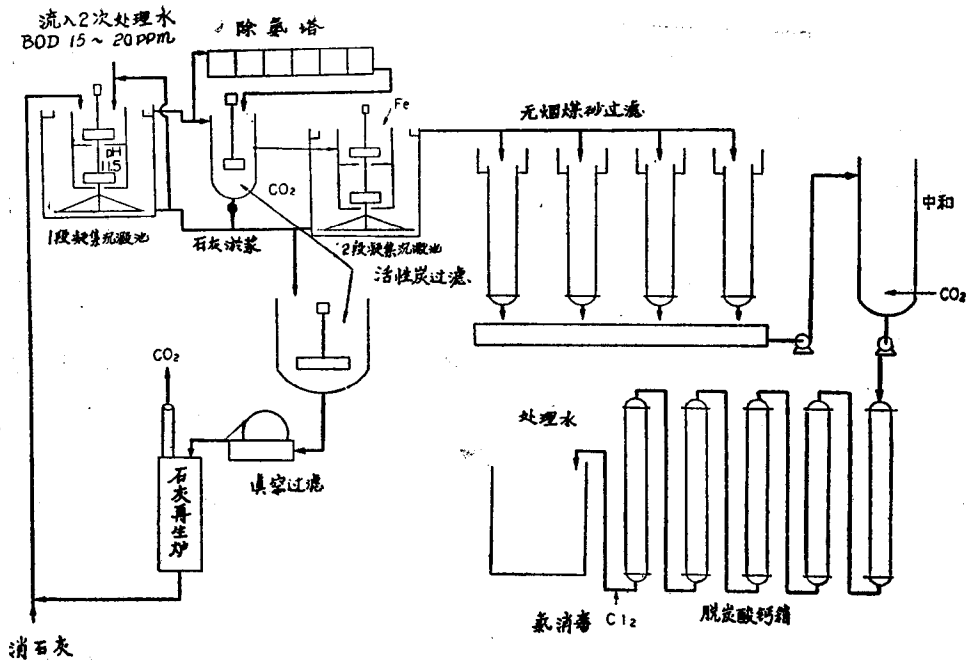
嫌气处理法（厭氧处理法） 又叫做消化法或甲烷发酵法。这是在沒有空气，沒有溶解氧的条件下，通过嫌气性微生物（又叫厌氧微

生物)的生命活动分解处理有机物的方法。处理是在密封的消化池内pH 7~8的弱碱性下进行,最适宜的温度是35℃左右和50~55℃左右,前者叫做中温消化,约需30~60天的消化时间;后者叫做高温消化,约需15天的消化时间。如果温度很低(如冬天)可能需要6个月的消化时间,但如果各种条件都能保持在最适宜的条件下,也可能10天就消化完。分解的最终产物是甲烷(CH₄),氮气(N₂),硫化氢(H₂S)和二氧化碳(CO₂)等,其中甲烷约占50~60%。此法比好气处理法经济,但处理后脱离液的BOD较高,着色的物质也多。适于处理高浓度(最好4~5%)的有机废水,如沉淀处理后所得到的有机沉淀污泥,活性污泥法处理后的过剩污泥,尿尿和发酵废液等。

以上介绍了废水的一般处理方法,但实际上,在废水中只含单一杂质的情况极少,大多数情况同时存在多种物质。因此,一般都需要把几种或更多的方法组合起来进行处理(见“电镀废水处理流程”)。至于要把污水处理到更高标准,则需要更多方法组合(如三次处理)。



图三 二次污水处理示意图



图四 三次污水处理的流程

六、海洋污染

海洋面积占地球表面的百分之七十以上，平均深度近四千米。辽阔的海洋是一个浩瀚的资源宝库。据调查，海洋生物种类繁多，有大量的鱼贝水产供食用；海底石油、天然气及其它矿产，蕴藏丰富；世界上的用盐有三分之一是海盐，海水中还含有五、六十种元素和物质。此外，海洋的气象变化直接影响着大陆的气候。辽阔的海洋还是世界各国往来的重要航道。海滨风景区是休息、游览和疗养的胜地。在人类生活中，海洋起着十分重要的作用。但是，近几十年来，排入



Marine pollution around the world

图五 世界海洋污染概况

①持续污染；②断续污染；③航线上石油或其他有毒物质污染；④某些重要海面的海流

海洋的廢物与日俱增，海洋遭到污染，魚类及其海生生物的生存受到威胁，并影响到人类健康。

(一) 海洋污染的危害

海洋污染，即是海洋的水质遭到污染。关于水质污染所造成的各种危害，前面已經詳細述及。海洋污染的危害也大体如此。但还有它本身的特点。污染对海洋生物的危害有以下四种情况：

1. 妨害生長和繁殖 海水中的滴滴涕或多氯联苯即使濃度很低也会使单細胞海藻的光合作用受到抑制，牡蠣的生长受到阻碍，海鳥和魚类的繁殖停止。例如DDT濃度为10ppb时会使单細胞海藻的光合作用受到抑制。DDT的濃度即使低于0.1ppb也会妨害牡蠣的生长。鱒魚成熟卵中只要含有5ppmDDT就会完全停止繁殖。多氯联苯也如此，濃度为1ppb时牡蠣壳的生长会减薄20%。氯化烃对海鳥的繁殖影响尤其大。美国对从大西洋沿岸采集的黑鴨鴨蛋作了調查，发现蛋中氯化烃濃度最高的地方，黑鴨繁殖率最低。对美国三个洲的白头鷹的調查也得出同样結論。南加利福尼亚州沿海DDT濃度較高（据檢測，魚类体内DDT殘留量达10ppm以上）。1969年該地褐色塘鵝巢有1,200个，孵出的塘鵝只有四只。1970年从500个褐色塘鵝巢中只孵出一只。而阿納卡帕累島上的塘鵝因蛋被破坏已处于不繁殖状态。在南加利福尼亚棲居的海鵝1969年未筑一巢，1970年只筑一巢，因蛋被破坏未能孵出。

此外，各种鱼类都有自己的特定的生活环境。有些鱼种习惯于在淡水河或浅海产卵而返回大洋生活。如果沿海受污染，凭着其特有的感官，有些鱼类会避开污染区，未及达到产卵场便返回大洋。也有些污染物不能刺激其避开反应，而使回游的亲鱼中毒死亡。此外，由于有机物质的分解和石油氧化消耗大量溶解氧（氧化1升油需要40万升海水的溶解氧）使海水产生脱氧现象。回游的鱼因缺氧而感到疲乏或减慢游速也会达不到产卵场。因此，某些国家沿海名贵鱼、虾产量锐减甚至绝迹。如美国东部沿海富产的大西洋鲑鱼几乎绝迹，捕虾量1962—1966年间减少了一半多；新英格兰的鳕鱼产量由1963年的227万公斤减少到1969年的4540公斤。日本的濑户内海有三分之一的海底几乎没有生物；东京湾珍珠牡蛎的养殖也濒于破产。

2. 改变鱼种 目前世界各国在污染区捕鱼都发现低级鱼增多，高级鱼逐渐减少，而且海底出现了很多奇形怪状的鱼。最近日本大阪湾捕获的鱼中，沙丁鱼等低级鱼占70~80%，中、高级鱼则由1953年的40%下降到现在的12~13%。近年来，商品价值较高的大型甲壳类水生物的捕获量也明显下降（表四）。

3. 产生红潮 进入海洋环境中的废物往往含有大量营养盐（如肥料中的氮和洗涤剂中的磷）海水的富营养化使浮游生物过度繁殖，然后死亡腐烂，把海水染成红色，即所谓“红潮”。在红潮发生时，经常出现十余种毒性浮游生物，鱼贝类吞食后会中毒死亡。此外浮游

表四 大阪湾海产产量的变化 (单位: 吨)

年 度	对 虾	贻 (一种大海蟹)	小 虾	章 鱼
1953	885	400	—	245
1954	330	415	940	213
1955	135	386	1,325	290
1956	130	645	1,722	249
1957	113	467	1,310	244
1958	134	203	1,248	226
1959	116	48	991	244
1960	86	43	900	253
1961	42	23	834	237
1962	34	11	666	188
1963	6	20	678	297
1964	16	9	781	199
1965	28	21	641	163
1966	34	9	1,361	159
1967	34	8	429	355
1968	57	7	520	97
1969	57	6	1,074	106
1970	12	2	825	122

生物在其死亡、腐烂进行生物分解过程中消耗大量溶解氧，也会使鱼类等海生物因缺氧而死亡，或因海水脱氧产生硫化氢和甲烷等有毒气体从而毒死海生物。例如日本濑户内海因“红潮”频繁发生(1965年12次，1966年高达60次)，使广岛县养殖的六十万尾鱼中，重300—400克的死亡80%，重1.5—2克的死亡六万五千尾。营养盐还能促进细菌的繁殖。目前，一些地区的海域已失去游泳价值或传染疾病影响人类健康。例如纽约哈伯尔港湾区从1949—1968年的二十年間细菌增长了十倍。意大利的某些海水浴场的细菌量超过标准(每100C.C.海水100个

細菌) 四倍。据认为, 羅馬等城市傳染性肝炎蔓延即与周圍海域的污染有关。

4. 中毒死亡 海洋污染物会毒死浮游生物、魚及其他海生物, 海鳥和海洋哺乳动物海豹等因吞食某些毒物也会中毒死亡。海鳥对石油最敏感。1970年1月在苏格兰沿岸和1970年2月在阿拉斯加西部, 因油污染各有一万只海鳥死亡, 所剩已寥寥无几(图五)。1969年在美国劳倫斯州海灣也曾因油污染使数千只海豹死亡。石油中低沸点芳烴化合物, 如苯、甲苯、二甲苯对一切生物都有毒。利比亚油船在英吉利海峽触礁后, 因錯誤地使用溶于低沸点芳烴的洗滌剂使有毒物广为傳播(加上油的危害), 造成法国布雷頓沿岸50公里有10万吨海藻、3.5万吨魚类(占年产量的4.3%)中毒死亡。海生物中有90%靠浮游生物維持生命, 地球光合作用产生的氧, 有70%来自浮游植物的光合作用, 因此由于污染造成浮游生物的大量死亡, 使食物鏈有中断的危險。

氯化烴类也会直接毒死海生物。海虾和海蟹接触到濃度低于0.2ppb的DDT, 不超过20天便会全部死亡。美国加利福尼亚州沿海, 由于海水中多氯联苯濃度达到5.0ppb, 使当地有名的大对虾在20天内死亡72%。在虾体内檢出的多氯联苯濃度为33ppm(富集6,600倍)。在荷兰須德海和北海也曾发生因海水中狄氏剂濃度过高而使海鳥大量死亡的事件。



图五 油污染中残存的海鸟

(二) 海洋污染物及其来源

海洋污染物按其性质可分为两大类：1) 可分解性污染物，它们进入海洋后可为生物所分解，变成无机物沉入海底，如大多数有机物质；2) 持久性污染物，它们有抗分解能力，在海洋环境中可长期滞

表五 海洋污染物及其来源

污染物质的种类	工业直接投入海洋或进入河流	家庭废物或投入河流	海洋废物或投入河流	农业、林业、公共生活	动物废物自陆地流出	船舶故意抛弃	航行中船舶排出物	船舶和海中输油管事故	海底矿物资源的开发	军事活动	自大气圈混入	对生物资源的危害	对人类健康的危害	对海运活动的妨害	破坏舒适环境
1. 家庭下水 (含有食品加工废物)	+	++	-	+	(+)	-	-	-	-	-	++	++	(+)	++	
2. 农业 有机氯化物 (DDT、BHC、狄氏 剂、艾氏剂)	+	+	++	(+)	-	○	-	?	++	++	(+)	-	-		
氨基甲酸化合物	+	(+)	+	-	-	○	-	?	+	+	+	-	-		
除草剂	+	-	(+)	-	-	○	-	-	+	+	(+)	-	-		
汞化合物	+	(+)	+	-	-	○	-	+	+	+	(+)	-	-		
含有各种金属的化合物	+	-	++	-	-	○	-	?	?	++	++	-	-		
多氯联苯 (PCB)	++	(+)	(+)	-	-	○	-	?	+	+	(+)	-	-		
3. 无机废物		(+)	-	(+)	-	-	?	-	+	+	(+)	-	-		
酸和碱	+	-	-	+	-	+	-	-	-	(+)	-	+	-		
亚硫酸盐 (造纸和人造纤维厂 废液)	+	-	-	-	-	-	-	-	(+)	+	-	-	(+)		
二氧化钛 (钛矿废水)	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	(+)	-	-	(+)	
汞 (氯碱工业废水、农 药)	++	+	-	+	-	○	-	-	++	++	++	-	-		
铅 (防振剂、化学工业 废水)	+	(+)	-	?	-	(+)	-	-	++	+	+	-	-		
铜	++	(+)	(+)	(+)	-	(+)	-	-	-	+	?	-	-		
锡	+	-	-	+	-	(+)	-	-	-	+	-	-	-		
铬	+	-	-	?	-	○	-	?	-	+	?	-	-		

污染物质的种类	工业直接投入海洋或进入河流	家庭废物或投入河流	海洋或投入河流	农业、林业、公共卫生	活动等废物自陆地流出	船舶故意投弃	航行中船舶排出物	船舶和海中输油管事故	海底矿物资源的开发	军事活动	自大气圈混入	对生物资源的危害	对人类健康的危害	对海运活动的妨害	破坏舒适环境
镉	++	-	-	-	-	-	○	-	?	-	+	?	-	-	-
砷	+	-	(+)	+	-	-	○	-	?	?	+	?	-	-	-
4. 放射性物质	++	-	-	(+)	-	-	○	-	(+)	○	-	+	-	-	-
5. 石油	++	+	-	+	+	++	+	+	+	-	+	?	+	++	++
6. 石油化学制品															
有机化学制品															
芳香族溶剂	++	-	-	(+)	-	(+)	-	?	?	?	+	?	-	(+)	(+)
脂肪族溶剂	+	-	-	(+)	-	(+)	-	?	?	?	+	?	-	(+)	(+)
塑料中间产物和副产物	++	-	-	+	-	(+)	-	-	-	-	+	?	-	-	-
酚	++	(+)	(+)	+	-	○	-	(+)	-	-	+	+	-	(+)	(+)
胺类	+	-	-	(+)	-	○	-	-	-	-	+	?	-	-	-
多价芳香族类	++	-	-	+	-	○	?	-	-	-	+	+	-	-	-
塑料															
7. 有机废物(纸浆、造纸废物(泥浆)、等)	++	++	+	+	-	-	-	-	-	-	++	?	(+)	+	+
8. 军事废物(生物化学武器(投弃)炸药、基地废弃物)	?	-	-	?	?	?	-	?	-	?	+	?	+	?	?
9. 热	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
10. 洗涤剂(高温排水)	+	++	(+)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	(+)	(+)
11. 固体废物(遇难船、汽油桶、塑料垃圾、投弃容器)	+	+	-	++	++	(+)	(+)	+	-	+	+	-	+	++	++
12. 疏浚泥浆和惰性废弃物	+	-	-	+	-	-	-	++	-	-	+	-	+	+	+
发电厂粉尘、陶土等															

注：++：非常大；+：大；(+)：轻；? 不明；-：可忽视；○：潜在的危害。

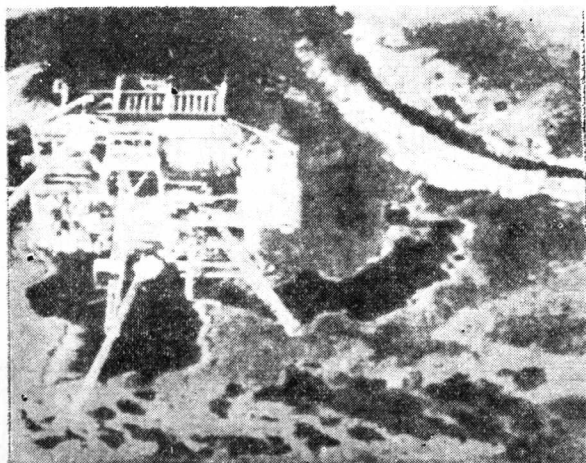
留，如氯化烃农药等。污染物进入海洋环境的途径有河流、沿岸城市与工业废物、船舶排废（或船舶失事）及大气散落物质等（见表五）。海洋某一区域受到污染后，在海浪、潮水和海面风向的作用下，污染即逐渐扩散开，并传播到极远的海域。

石油 目前石油产量增长很快。1969年世界总产量为十八亿二千吨，估计到1975年将增长到二十七亿吨，到1980年可能达到四十亿吨。石油产量中有60%靠海上运输，运输过程中漏油频繁，撞船事故又很多，加之海面钻井漏油以及油船压舱水和洗船水的排放等，估计每年都有二百多万吨石油进入海洋造成污染（见表六）。

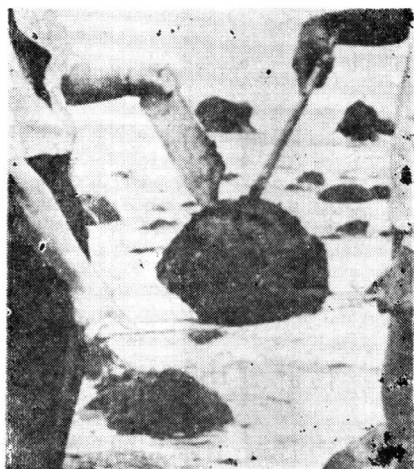
表六 直接进入海洋的石油（百万吨）

来 源	1969	1975 (估计)		1980 (估计)	
		最 少	最 多	最 少	最 多
油 船	0.530	0.056	0.805	0.075	1.062
其他货船	0.500	0.705	0.705	0.940	0.940
海面采油	0.100	0.160	0.320	0.230	0.460
石油炼制	0.300	0.200	0.450	0.440	0.650
油性废液	0.550	0.825	0.825	1.200	1.200
意外漏油	0.200	0.300	0.300	0.440	0.440
总 计	2.180	2.246	3.405	3.325	4.752
石油总产量	1820	2700		4000	

海洋的油污染事件甚多，例如日本1971年沿海污染事故共发生1,621起，其中油污染占总数的80%。据日本海难防止协会调查，100吨以上的油船发生事故每年平均有20起；3万吨以上的油船，1961~



图六 墨西哥湾海底采油场漏出的油



图七 日本八丈岛沿海漂流的焦油团块

1967年間发生17起，其中已查明的有11起，共流出油 11 万吨。1967年，一艘装有12万吨石油的利比亚油船在英吉利海峡触礁失事流出油 8~10万吨，尽管英国政府使用了2,500多吨处理剂使其乳化或沉降，并动用飞机轰炸船体使残留的油燃烧，但还有2万多吨石油在海面漂流致使英、法两国沿岸约有300公里的海域遭到污染。1969年美国加利福尼亚州圣巴巴拉沿岸的海底油田，因油喷的压力使地层龟裂，几天流出油一万多吨。后来将油田封闭，每天仍有二吨原油喷出，使附近海面覆盖的油层达1~2厘米厚（图六）。

海面上的油在海水中无机盐和日光作用下自行氧化或进行生物氧化，久而久之即凝成焦油团块。例如，地中海上的焦油团块是由滞留两月之久的油变成的。目前焦油团块污染日益严重。一艘美国研究船在罗得岛和亚速尔群岛之间所作的多次拖网中，捞出焦油团块的次数

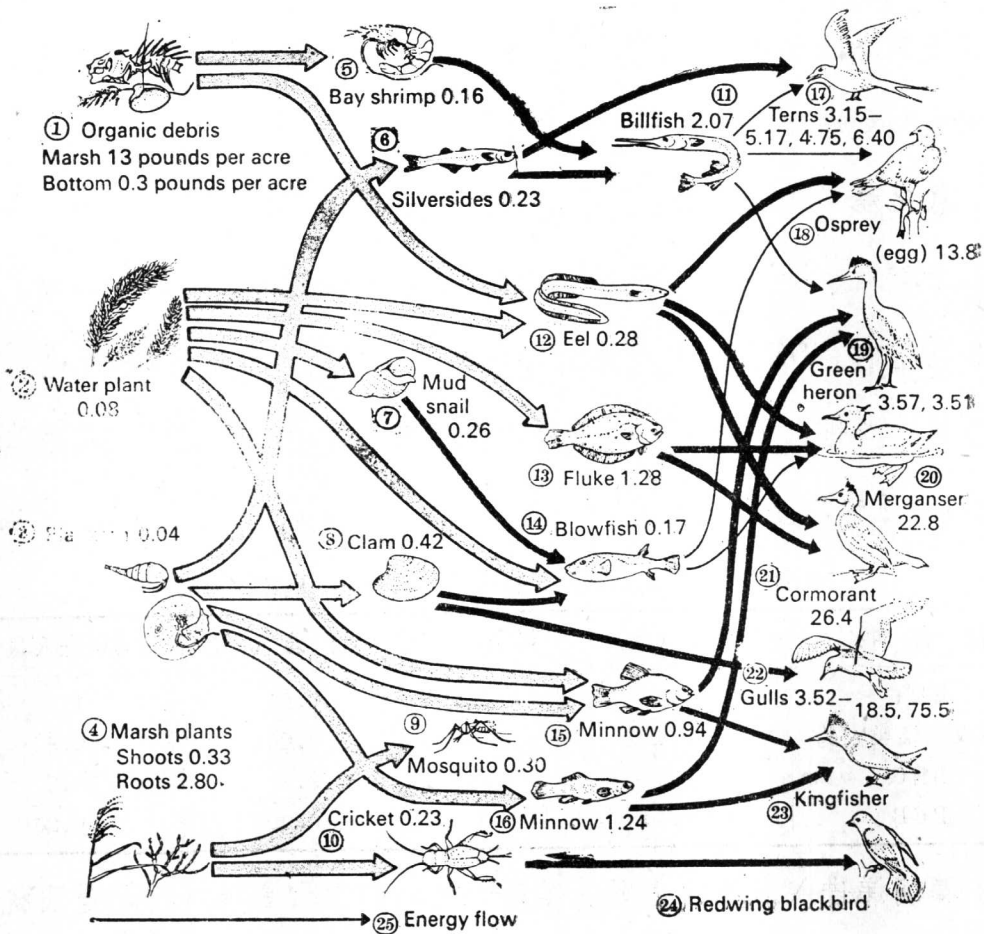
至少占75%。美国一个探险队在其穿过大西洋航行中足足有六天是航行在被焦油或瀝青状物质明显污染的海面上。日本沿海则更严重，近海水域到处漂流有足球般大的焦油团块（图七）。

氯化烃 包括 DDT、狄氏剂、艾氏剂和多氯联苯（PCB）等，于四十年代中叶开始广泛使用。近年来，氯化烃生产的年平均增长率为8%左右。DDT的年产量约为10万吨，积累产量约为200万吨。经过不同途径进入海洋环境的 DDT 每年约有5万吨，至今积累进入量约有100万吨以上（表七）。

表七 世界有机卤族化合物的海洋进入量（单位百万吨）

化 合 物	年产量（估计）	累积产量	年进入量	累积进入量
DDT	0.1	2	0.05	1
环戊二烯类农药	0.1	1	0.05	0.5
BHC	0.1	70.5	0.1	70.3
PCB	0.1	1	0.025	0.25

滴滴涕进入海洋的主要途径是大气。向作物喷洒（特别是飞机喷洒）而散布在水表面、植物和土壤中的 DDT，因漂浮、挥发、扩散进入大气，并经气流传播到远处，最后由雨水冲刷进入海洋。每年海洋的降雨量约为300兆立方米，雨水中的DDT浓度平均按0.08ppb计算，每年则有24,000吨 DDT（相当于年产量的四分之一）由大气进入海洋。DDT进入海洋的另一途径是河流。例如，1968年美国的DDT产量为63,400吨，其中有六十三吨多（0.1%）由河流进入海洋。仅从密西西比河流入墨西哥湾的DDT，每年就有十万吨。



图八 美国长岛河口食物链中DDT的富集 (单位: ppm)

①有机质碎片 (沼泽地每畝13磅, 海底每畝0.3磅); ②水生植物; ③浮游生物; ④沼泽地植物 (枝叶部、根部); ⑤海湾小虾; ⑥银汉鱼; ⑦泥蜗牛; ⑧蚶子; ⑨蚊子; ⑩蟋蟀; ⑪颯针鱼; ⑫鳗鱼; ⑬班蝶; ⑭鲀鱼; ⑮鲶鱼; ⑯鲶鱼; ⑰海鸥; ⑱鹞蛋; ⑲鸕鶿; ⑳秋沙鸭; ㉑鹈鹕; ㉒鸥; ㉓鱼狗; ㉔红翼画眉; ㉕能量的流动。

氯化烃被海生物吞食后不易进行代谢作用, 但溶于脂肪, 从而积蓄在海生物体内, 并为食物链逐级富集。据估计, 如散布在大气中的 DDT 的浓度为 0.000003ppm, 当降落到海水中为浮游生物吞食后, 在

其体内富集到0.04ppm（富集1.3万倍）；浮游生物为小魚吞食后，其体内DDT濃度达0.5ppm（富集14.3倍）；小魚再为大魚吞食后，其体内DDT濃度增加到2.0ppm（富集57.2倍）；如魚再为水鳥所吞食，其体内DDT濃度可达25ppm（富集858万倍）（图八）。

沿岸傾廢 廢物有生活廢物和工业廢物两类。联合国于1966年对49个成員国进行了調查，其中生活廢物构成污染的国家有32个；工业廢物构成污染的有38个。以日本为例，每年产生的廢物有二亿多吨，其中10%投棄到海中。污染严重的瀨戶內海每天接納的廢物 BOD 負荷量达2,500吨。在大阪灣凡是陆地上見到的垃圾，海底都有。捕魚时，入网的大部分是垃圾。据調查，垃圾中碎木片最多，占39.2%；乙炔袋、容器等塑料制品26.5%；空瓶、空罐23.8%；碎布、碎紙9.4%；橡膠等其他廢物1.1%。估計大阪灣海底堆积的垃圾达46,000立方米。美国也向海洋大量傾廢，仅1968年就花費二千九百万美元将四千八百万吨固体廢物投棄到大海中。地中海遭受沿岸傾廢的污染比較严重，据报导，带有大量廢物的河水以平均每秒1900立方米的流量进入地中海，几乎占流入地中海新鮮水量的三分之一。波罗的海每年要消耗一千多吨氧对廢物进行生物氧化分解。

此外，今后数十年，电力工业的发展，特别是核电站将日益增多。如美国計劃于一九七五年前在长島海峽建造九座核电站。沿海电站与核电站以海水作冷却水，又把廢热水排向海洋，排放的热水将使

局部海域升温，造成热污染。核电站的放射性废物，经固封后投入海洋，目前尚未发现对环境的污染。不过，固封容器总有一天会破裂，那时也将发生污染问题。建立于内陆河岸的电站与核电站，其排废也最终归入海洋，增加海洋污染。

毒性投废物 最近在波罗的海发现四十年前投弃的用混凝土容器封装的七千吨砷，以及二次世界大战后投弃的经封装的芥子气。近年来，欧美一些国家不断向海洋投弃封装的毒气、化学毒物及放射性废物。直到1970年8月美国还在大西洋沉掉一只载有神经毒气火箭的船只。这些封装毒物的容器一旦破裂，毒物漏出必定造成污染问题。不久前，美国一只打撈船撈出的八个容器中四个已进裂，有卤化烃等毒物漏出。

铅、汞等重金属毒物 铅的世界年产量为350万吨，其中有310万吨产于北半球。该地区作为汽油添加剂使用的有35万吨，它们进入大气后约有25万吨被雨水冲刷进海洋，散落在各地的10万吨也将有一部分最终进入海洋。在铅作为添加剂使用的45年中，北半球海水中铅含量由每公斤0.01~0.02微克提高到0.07微克。甚至在万年冰封的北极地区的冰原中铅含量也在急剧增长。1950年每吨冰雪中铅浓度为120微克，1965年激增到210微克。

汞的世界年产量为8,800吨，由于工业活动每年进入海洋的汞有4000~5,000吨，占产量的50%左右。汞也是持久性有毒物质之一，

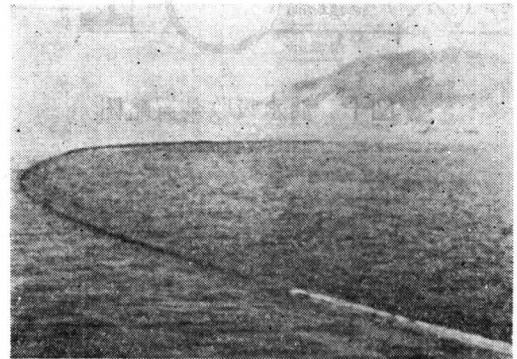
其在海水中的寿命为100年。目前，海水中汞的浓度平均为每升0.15微克，如按海水的全容积计算海洋中汞的积蓄量达2.1亿吨。汞在海水中在微生物作用下会变成甲基汞，并为水生物所富集。日本发现旗鱼和金枪鱼等食肉性鱼体内汞浓度高达1ppm。

(三) 海洋污染的防治措施

海洋污染在很大程度上取决于在陆地上对污染物的处理效果（处理方法详见“水质污染”和“大气污染”两章）。直接在海上处理的只有油污染。海洋油污染的日益严重已普遍引起各国的注意。目前很多国家都在积极研究切实可行而又有效的处理装置和方法。

设置油栅 油在海面上由于受海潮和风浪的冲击会迅速扩散和漂流。为了防止污染扩大，在紧急情况下可将木材或橡胶管连在一起组成临时围墙，挡住油的扩散。在一般情况下可采用由浮体，栅围和重舵组成的油栅（图九）。浮体浮在水面上把油圈住，栅围与浮体相连形成水中围墙，重舵则起压重作用，防止潮水将油栅冲走，使栅围永远处于垂直状态。

油栅要在油扩散之前拉开，并根据当地潮流、风浪的情况来确定撒油栅的方向。为防止油栅被冲走，还可下锚加强固着。



图九 扩展的油栅

除油栅之外，在实际使用的还

有各种气室型油圍，它們有的是永久性設備（如用于海水浴場）；有的則是非永久性的，平时沉入海底，油船进港时則浮出海面。

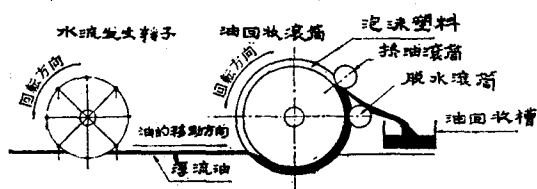
油的回收 以前回收油主要用麦稽（或稻草）或用勺子撇。至今还有一些国家，如美国仍采用麦稽回收法。

当前正在研究的油回收設備有油水吸收装置和油回收船。油水吸收装置是用水龙管将吸油器連結到泵上，并使之浮在海面。由吸油器吸进的油和海水进入船上的油水分离器进行分离，然后将分离的油送入油槽（图十）。

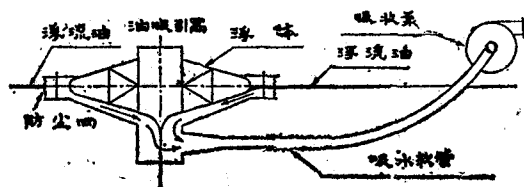
油回收船一般是双体船。两个船体之間安装一滚筒，滚筒复盖一层聚氨基甲酸酯泡沫塑料，用于吸油进行回收。1970年日本建成的油回收船在海面油濃度为75%以上时每小时可回收10吨（图十一）。

美国正在研制用以紧急处理油船事故的空运防油污染装置。該装置

由泵（能力約为230吨/时）和涂胶尼龙槽（容积530立方米）組成。事故发生后用飞机将其运至現場，可立即回收船內的油，避免污染扩大。



图十 油水吸收装置略图



图十一 油回收船的油回收装置

化学处理 油的化学处理是指在海面流出油上噴撒乳液分散剂以吸着油，然后用沉降剂使其

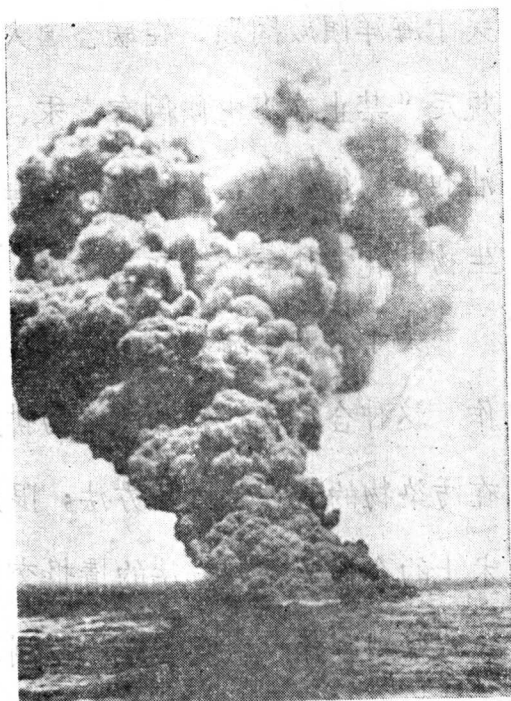
沉入海底。后者对海底生物影响很大，故一般不用。乳液分散剂的使用量约为流出油的20~30%。

使用分散剂对水生物的危害往往比油还大，而且被分散的油仍继续危害水生物，故应尽量避免使用。

烧却处理 油污染用火烧方法处理对附近设施和船舶威胁很大，而且燃烧产生的烟还会造成二次公害。但在离陆地很远的大洋中消除油污染，此法很有效（图11）

（四）防止海洋污染的国际性活动

海洋污染问题有些是地区性的，但很多是属于国际性的。因此，解决海洋污染问题，除依靠各国努力之外，还必须进行国际合作。国际合作包括的范围有防止倾废等污染控制工作、建立国际监测系统 and 有关的科学研究等。



图十二 日本八丈岛海面烧油实验

污染控制工作 海洋污染的国际控制包括海洋和陆地两个方面。关于海洋活动，国际间通过的协议很多：1958年通过了海洋法；1954年通过了防止海洋油污染协议，并于1969年和1971年又对此协议作了补充规定；国际原子能机构根据1958年的海洋法对向海洋中倾倒放射

性廢物作了具体規定与建議，并設有注册处，負責对大量排放入海的放射性廢物进行注册登記。此外政府間海事协商組織还决定于1973年召开海洋污染會議，正在准备的文件有：1) 完全消除从船只有意排油。准备在七十年代末实现这一目标；2) 完全消除从船只有意排放其他有毒物质；3) 改进船只結構設計，以减少意外漏出事故；4) 防止装箱的有毒物质的意外污染；5) 船只污水与垃圾处理的問題。关于海洋傾廢問題，在联合国人类环境會議上通过了有关条文。文中規定“禁止在海中傾倒有毒汞、鎘、有机卤素（及有机硅）化合物及油和烃的衍生物，除非它們在海中会很快轉变成对生物无害的物质。生物和化学战争物資和高度放射性廢棄物也禁止傾倒”。

关于来源于陆地的海洋污染的国际合作，主要是強調区域性协作。这种合作包括特殊污染物排放的联合限制；廢物处理的注册；潜在污染物的管理与处理方法；限定污染物排放的最高容許量；科学技术上的合作及控制方法的情报交流等。

监测工作 海洋污染的监测工作包括：1) 測定污染物对水生物的影响；2) 建立污染物的基綫（从基綫可探知污染变动因素）或污染情况的記錄；3) 測量从海岸傾廢、河流和大气进入海洋的污染物；4) 探知新的污染物；5) 搜集、整理檢測資料，并送交有关科研部門和政府部門。这里涉及一系列的监测方法和污染标准的制訂。

关于监测点的建立，首先要考虑危害性最大的污染物；第二，要

選擇能富集污染物并具有一定代表性的水生物；第三、某些对污染特別敏感的水生物可作为早期警告的信号。目前海灣污染监测点的建立还只限于某些区域範圍，在联合国人类环境會議的建議下，正在謀求建立全球性海洋污染监测网的途徑。

科学研究工作 目前主要的課題有：1) 研究海洋环境的变化，以便了解已知污物的影响和鉴定迄今尚未被認識的污染物。2) 研究这些变化对海洋生物的影响，其中包括有关污染物和复合污染物的毒性、积聚和亚致死性反应；3) 各种污染物的来源，以及风、潮水和波浪对污染物扩散的影响；4) 污染物进入海水、沉积物和水生物的途徑；5) 监测技术的改进，特别是測量与分析方法的改进。

目前从事这方面科研工作的国际性組織有海洋污染科学联合专家組等組織。它們已对生活污水、重金属、有机氯化物、油及其他有机化工品的来源及其危害进行了研究与鉴定，提出了“有害化学物质的鉴定”等报告。其他国际組織，例如联合国粮农組織、政府間海洋学委员会、世界卫生組織、国际原子能机构等都在污染物对人与水生物毒性研究和生态学方面的有关問題承担一定的責任。

(本內容是待編的国外公害叢書第一冊

“国外公害概況”的一章，請批評指正)