

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 申 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，特別是大量廢水、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，甚至連拥有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

胁着人类的生命健康，必須严加控制。

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經營的工、农、漁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濃度、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，从而引起傳染病的蔓延；另一类是水中含有有毒物质引起人的中毒。

水质污染引起傳染病的蔓延，在19世紀和20世紀前期发生过几次严重事件。例如英国太晤士河在1832—1886年間，由于河水被污染，曾給倫敦带来四次大霍乱，仅1849年一次就死亡14,000人。德国汉堡1892年因飲水中含有傳染病菌，使16,000人得病，9000人死亡。1926年哈諾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，由于飲用水不干净，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，也曾引起傳染病的流行。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，劣质的黃鱔魚却連年丰产。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不超过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、水質污染的形成原因

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，又流到田沢湖使湖里的红鲮鱼灭绝；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种情况是

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，使水发臭变质。中世紀以来，欧美許多国家的城市由于把城市污水直接排放到河流，致使一些直接飲用河水的地区如英国的倫敦，西德的汉堡等城市常常大規模流行霍乱等疾病，发生过許多人死亡的事件。特別是下水道的修建赶不上城市发展的速度，下水道設施不完善，大量未經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年經濟企划厅估計，日本城市內大多数河流污浊負荷量有一半来自城市污水。日本东京、大阪、名古屋、福岡等城市的市內河流，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，但污浊量仍在繼續增加。

(三) 农业回流水污染

农业上最大用水是灌溉，其中60~90%蒸发損失，10~40%渗入地下或从地表流走。由于耕种、噴洒农药、施肥等工作，使这种灌溉回流水中含有較高濃度的矿物质、肥料和农药，也会使水体污染。特別是象滴滴涕那样的有机氯农药是污染水质最危險的物质之一。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組織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，使得許多沒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，以后燕子的数目逐渐减少，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。特別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
铜及其化合物	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	金属矿山、冶炼厂、汽油、电池厂、油漆制造厂、铅再生厂
6价铬化合物	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	矿石处理、药品、玻璃、涂料、农药制造厂、化肥厂
氰化物	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。