



Toxics-Free
Corps

无毒先锋

第07期

DETOXIFICATION FILE

解毒档案

—— 揭秘生活中无处不在的PPCPs污染

一、新兴污染物——PPCPs

近年来，水体微污染已经成为世界性关注的环境问题，由于医药和个人护理产品（Pharmaceutical and Personal Care Products, PPCPs）被广泛应用于医药、工业、畜牧业、水产养殖和人们的日常生活等诸多领域，并且传统的污水处理技术对其去除效果不佳，使其在环境中普遍存在，被定义为一类新兴污染物^[1]。

1、分类

PPCPs主要包含两个大类，一类是各种处方药和非处方药（如各类抗生素、类固醇、消炎药、镇静剂、抗癫痫药、显影剂、止痛药、降压药、避孕药、催眠药、减肥药等），另一类是个人护理用品（如化妆品、人工合成麝香、发胶、染发剂、杀菌剂、香皂、洗发水等）^[2]。

2、来源

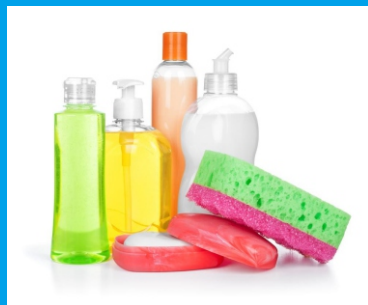
①**日常活动是PPCPs进入环境最直接的来源。**每天刷牙，淋浴，化妆等大量日化用品随着洗漱完毕的废水直接排放到环境或污水处理厂，同时PPCPs也可以通过家庭垃圾、工业生产废物的直接排放或是间接的随着污水处理厂的污泥进入垃圾填埋场；

②**随着大批量的药品和抗生素的使用**，其经人体或动物体摄入后，有30%~90%都随人体排泄出来，进入生活污水，吸附进入水体的沉积物中，稳定性增强。此外，还有大量的处方和非处方药物由于多种原因未经使用就直接通过厕所或是家庭垃圾回收系统进入环境；

③**畜禽和水产养殖业是将PPCPs引入环境的一个重要源头。**动物饲养时需要使用各种不同种类以及大剂量的药物，因此PPCPs会随着畜禽废水以及动物粪便的排放进入到生态环境中。

3、特点

- ①含量低，在水中一般以 10^{-6}g/L 痕量存在；
- ②具有生物累积性和长期危害性；
- ③在自然界中稳定存在，难生物降解。



在农业、畜牧业和兽医行业中，药物的过度使用和对病虫害的控制都是导致PPCPs污染的主要原因^[5]。这类物质在环境中虽然浓度很低，通常在 $\text{ng/L} \sim \mu\text{g/L}$ 水平，但普遍能在地表水、地下水、饮用水、土壤、污泥中检出，即在环境中存在总量相当可观。与传统的持久性有机污染物（POPs）相比，其半衰期较短。然而即便PPCPs的半衰期不是很长，但由于这些产品及其代谢产物和转化产品在世界各地被大量使用，导致PPCPs污染形成假性持续性现象^[3]。

大部分PPCPs极性高、难挥发，从而阻止了它们从水环境中逃逸，因而水环境成为PPCPs类物质一个主要的储存“库”。随着PPCPs长期源源不断地输入，水生生物将会永久性暴露在含有PPCPs类污染物质的环境中，部分具有生物累积性的物质还可能通过食物链传递，威胁人类安全。美国和英国的研究人员发现，在污水处理厂和工厂排污口附近水体出现野生鱼类性别错乱、大量青蛙畸形等现象，而PPCPs污染便是主要的刺激因素之一，其将给水环境质量和生态系统安全带来隐患^[4]。

1.g/L为计量单位，即克/升，单位换算： $1\text{g/L(克/升)}=10^3\text{mg/L(毫克/升)}=10^6\mu\text{g/L(微克/升)}=10^9\text{ng/L(纳克/升)}$ 。

二、PPCPs使用与污染现状

1、全球PPCPs污染现状

药物作为一种环境污染物，已经受到了北美、欧盟等国家和地区的高度重视，逐渐成为研究重点。根据对1000多种国际出版物的查阅结果，全球有71个国家已检测到水环境药物残留。

1.1 PPCPs的环境残留

- 第一次官方报告的药物污染是在1976年，美国堪萨斯城的废水中发现 $2\mu\text{g}/\text{L}$ 氯贝酸^[6]。
- 1981年，在伦敦的利河中检测出平均浓度 $1\mu\text{g}/\text{L}$ 的25类药品，其中的主要污染物为右丙氧芬、红霉素、磺胺甲恶唑、四环素和茶碱^[7]。
- 在德国进行的几项关于PPCPs污染物检测研究中，超过80%的取水采样点存在PPCPs化合物^[8]。
- 英国在对泰恩河、蒂斯河、泰晤士河、默西河和贝尔法斯特湖的检测研究中发现了几种新的PPCPs污染物，其中氯曲霉唑是最常见的污染物，浓度为 $22\text{ng}/\text{L}$ ^[9]。
- 对遍布27个国家/地区的100多条欧洲河流进行的大规模调查中显示，几乎所有水体中苯并三唑、卡马西平和咖啡因的检出率和浓度最高^[10]。
- 对墨西哥图拉山谷重复使用的灌溉废水进行分析，发现了高浓度的双氯芬酸($4824\text{ng}/\text{L}$)、布洛芬($1406\text{ng}/\text{L}$)和萘普生($13589\text{ng}/\text{L}$)^[11]。
- 在越南的湄公河三角洲和日本的多摩川河进行的比较研究中发现，在越南检测到的磺胺二甲嘧啶、红霉素、甲氧苄啶和磺胺甲恶唑的范围为 $7\text{-}360\text{ng}/\text{L}$ ，而日本报告中的相同化合物则浓度更高，为 $4\text{-}448\text{ng}/\text{L}$ ^[12]。

由于环境中PPCPs的检测非常依赖于地理空间和时间因素、区域经济情况、PPCPs的可用性和消耗量、废水处理设施和当地气候条件，因此就目标化合物和检测到的浓度而言，全球PPCPs污染水平的差异较大。

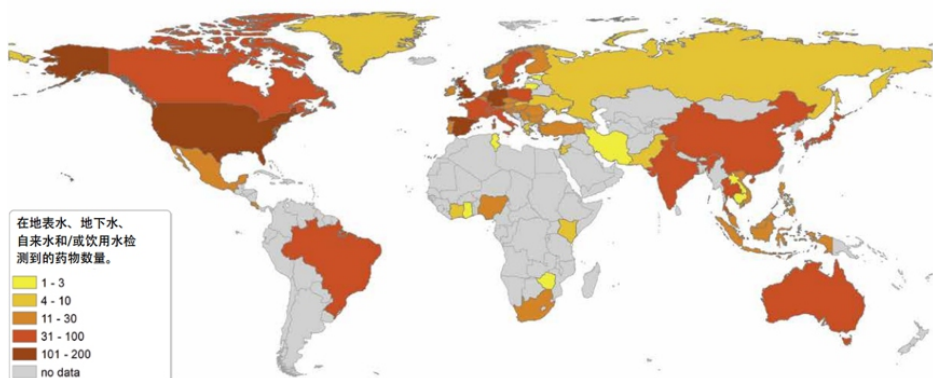


图1：全球药物存积：在所有联合国五大地区均已检测到药物残留^[13]

数据来源：德国IWW水源中心（Institute for Wasserbau and Wasserwirtschaft）

（注：具体指在地表水、地下水、自来水和/或饮用水检测到的药物数量。）

2、我国PPCPs污染现状

近年来，我国的药品生产迅速增长，已成为世界上最大的药品生产国。中国的药品产量占世界总产量的20%以上^[14]，同时个人护理产品的消费也在快速增长，这可能导致环境中PPCPs污染的大量发生。

除了巨大的药品生产量外，药品消耗率也很可观，特别是在当前中国严重滥用抗生素的情况下，中国人的抗生素平均使用量是美国人的10倍^[15]。由于滥用抗生素而导致耐药菌株的出现或持续存在可能成为未来严重的公共卫生危机。与此同时，中国也是全球个人护理产品消费量最大的三个国家之一，另外两个是美国和日本^[16]。

据文献报道，目前我国河流、湖泊和近岸海域等天然水环境中检出的PPCPs已有144种，包括70种抗生素，33种激素类药物，20种其他类药物和21种个人护理用品，检出浓度为 $\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}\sim\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 水平。分析近10年文献报道中我国地表水中主要PPCPs的最大浓度及分布特征如表1所示^[17]。

表1：我国地表水中主要 PPCPs 的最大浓度及分布特征

(图表来源：生态毒理学报)

分类 Classification	化学品号 CAS.	化学品名称 Chemical	浓度/(ng·L ⁻¹) Concentration/(ng·L ⁻¹)	流域 Watershed
抗生素 Antibiotics	56-75-7	氯霉素 Chloramphenicol, CAP	19000	贵阳南明河 Nanming river, Guiyang
	60-54-8	四环素 Tetracycline, TC	6800	贵阳南明河 Nanming river, Guiyang
	70458-96-7	诺氟沙星 Norfloxacin, NFX	6800	渤海湾 Bohai bay
	82419-36-1	氧氟沙星 Ofloxacin, OFX	5100	渤海湾 Bohai bay
	80214-83-1	罗红霉素 Roxithromycin, ROX	3700	海河 Haihe river
	79-57-2	土霉素 Oxytetracyclin, OTC	3000	贵阳南明河 Nanming river, Guiyang
	23893-13-2	脱水红霉素 Erythromycin-H ₂ O ₂ , ERY-H ₂ O	1900	维多利亚港 Victoria Harbour
	114-07-8	红霉素 Erythromycin, ERY	1540	石井河 Shijing river
	57-68-1	磺胺二甲基噻唑 Sulfamethazine, SM2	1390	珠江 Pearl river
	127-79-7	磺胺吡啶 Sulfamerazine, SMI	1080	石井河 Shijing river
57-62-5	金霉素 Chlorotetracyclin, CTC	1036	九龙江 Jiulongjiang river	
激素 Hormones	57-63-6	乙炔雌二醇 Ethinylestradiol, EE2	3471.9	大连排污河 Drainage river, Dalian
	53-167	雌酮 Estrone, E1	321.02	九龙江 Jiulongjiang river
	50-28-2	雌二醇 17β-estradiol, E2	134	胶州湾 Kiaochow bay
	84-16-2	己烷雌酚 Hexoestrolum, HES	103.7	大连排污河 Drainage river, Dalian
	50-27-1	雌三醇 Estriol, E3	94	胶州湾 Kiaochow bay
	56-53-1	己烯雌酚 Diethylstilbestrol, DES	28.2	大连排污河 Drainage river, Dalian
其他药物 Other drugs	69-72-7	水杨酸 Salicylic acid, SALA	14736	珠江 Pearl river

分类 Classification	化学品号 CAS.	化学品名称 Chemical	浓度/(ng·L ⁻¹) Concentration/(ng·L ⁻¹)	流域 Watershed
其他药物 Other drugs	73334-07-3	碘普罗胺 Iopromide, IOP	1439	珠江 Pearl rKcr
	58560-75-1	布洛芬 Ibuprofen, IBU	1417	珠江 Pearl river
	298-46-4	卡马西平 Carbamazepine, CMP	1090	长江 Yangtze river
	53-86-1	吲哚美辛 Indomethacin, IND	979	长江 Yangtze river
	15307-86-5	双氯芬酸 Diclofenac, DIC	843	长江 Yangtze river
	58-08-2	咖啡因 Caffeine, CAF	824	黄浦江 Huangpu river
	644-62-2	甲氯芬那酸 Meclofenamic acid, MECA	679	长江 Yangtze river
	22204-53-4	萘普生 Naproxen, NAP	328	珠江 Pearl river
	882-09-7	氟贝酸 Clofibrac acid, CLOA	248	珠江 Pearl river
个人护理品 Personal care products, PCPs	84-74-2	邻苯二甲酸二丁酯 Dibutyl phthalate, DBP	5616.8	第二松花江 The second Songhua river
	117-81-7	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 Di(2-ethylhexyl) phthalate, DEHP	1752.65	第二松花江 The second Songhua river
	84-60-2	邻苯二甲酸二乙酯 Diethyl phthalate, DEP	381.42	第二松花江 The second Songhua river
	25154-52-3	壬基酚 Nonylphenol, NP	179.6	武汉东湖 East lake, Wuhan
	131-11-3	邻苯二甲酸二甲酯 Dimethyl phthalate, DMP	173.42	玄武湖 Xuanwu lake
	117-84-0	邻苯二甲酸二正辛酯 Di-n-octyl phthalate, DOP	114.76	北京 Beijiig
	27554-26-3	邻苯二甲酸二异辛酯 Diisooctyl phthalate, DIOP	6.75	南通濠河 Hao River, Nantong
	94-13-3	对羟基苯甲酸丙酯 Propylparaben, PP	2.142	珠江 Pearl river
	99-76-3	对羟基苯甲酸甲酯 Methylparaben, MP	1.062	珠江 Pearl river
	3380-34-5	三氯生 Triclosan, TCS	1.023	珠江 Pearl river

三、PPCPs的来源与迁移转化情况

1、PPCPs的源头追踪

1. 抗生素： 抗生素并不能被人体或者动物完全吸收，有很大一部分以原形或者代谢物的形式随粪便和尿液排入环境中。而这些抗生素流入环境中将对生物及生态产生影响，并最终可能对人类的健康和生存造成不利影响^[18]。除了药品生产厂外，它们进入环境的主要来源是医院、兽医中心、畜牧业和水产养殖业。其中，常见的抗生素包括阿莫西林、环丙沙星、红霉素和青霉素。

2. 雌激素： 人工合成雌激素为脂溶性化合物，不易生物降解^[19]。口服避孕药和一些用于家畜助长的激素中含有大量的人工合成雌激素，如己烯雌酚（DES）、己烷雌酚（Hexestrol）、炔雌醇（Ethinyl Estradiol）、炔雌醚（Quinestrol）等。

3. 非甾体类抗炎药： 它是一类具有镇痛、解热、抗炎作用的化合物。其中，阿司匹林、酮洛芬、布洛芬、萘普生、扑热息痛、双氯芬酸和甲灭酸是地表水和地下水中最常见的非甾体抗炎药类型的PPCPs，传统的废水处理方法对其处理效果不佳。

4. 杀菌消毒剂： 大量的杀菌消毒剂用于医院、食品加工、个人护理用品生产等行业。其中，三氯生作为一种杀菌剂，广泛用于高效药皂、卫生洗液、除臭剂、消毒洗手液、伤口消毒喷雾剂、医疗器械消毒剂、空气清新剂和卫生织物的整理和塑料的防腐处理等。

5. 人工合成麝香： 人工合成麝香是一类香料物质，主要用作各种化妆品和洗涤用品的添加剂。

表2：环境中主要类PPCPs代表污染物来源^[20]

(图表来源：天津城建大学学报)

	种类	代表污染物	来源	
			主要来源	其他来源
药品	类固醇激素 抗生素 抗癫痫药 消炎止痛药 兴奋剂 β-阻断剂 调血脂药 显影剂	雌激素、孕激素 青霉素、磺胺甲恶唑 卡马西平、苯巴比妥 布洛芬萘普生双氯芬酸 苯丙胺咖啡因 阿替洛尔美托洛尔 氟贝特丙丁酚 甲氨基酚	城市生活污水(排泄分泌物产生) 医院污水 制药厂废水 畜牧厂废水 水产养殖厂废水 未纳入城市管网的分散式生活污水 农村随意排放的生活污水 农药有机化肥厂废水	农业废水 养殖废水 垃圾渗滤液 污泥填埋下渗 动物粪便肥下渗 城市管网渗漏 过期固废丢弃
个人护理用品	人工合成麝香 消毒抗菌剂 清洁剂 防腐剂 洗护品	硝基麝香多环麝香 双链季铵盐、酰胺苯胺类 阴离子表面活性剂 苯甲酸钠 十二烷基硫酸铵	生活污水(包括淋浴、洗护、游泳、洗涤清洁等) 日用化工厂废水 塑料包装等有机加工厂产生的废水	

2、PPCPs在生态环境中的足迹

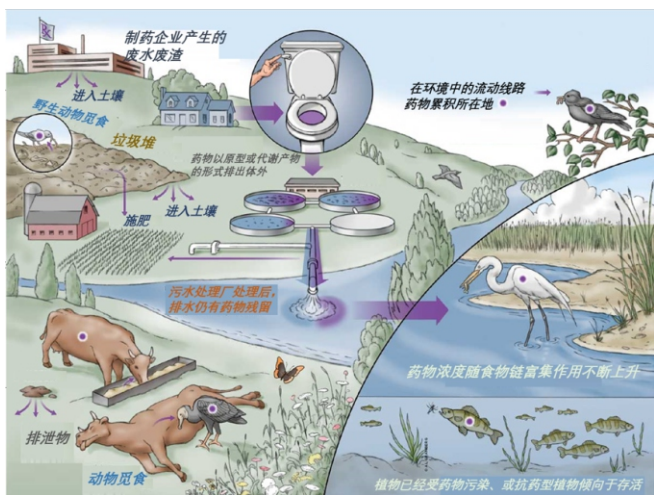


图2: PPCPs在环境中的迁移途径

1. 消费类产品的生产中心是PPCPs的直接来源。人类日常活动中使用的药品和个人护理用品, 通过洗浴、排泄、分泌等方式形成生活污水, 还有一些工业废水和医院废水, 它们通过市政管道进入污水处理厂去除, 未降解完全的PPCPs将进入地表水或者下渗污染地下水

[21]。

2. 水产养殖业、农牧业以及一些日化工厂的直接排放也是地表水体中PPCPs污染的一个重要来源。地表水体中的PPCPs又通过取水口进入到自来水厂, 经过自来水处理工艺净化后, 未被去除的PPCPs有可能随城市供水管网进入日常生活^[22]。

3. 降水也会加剧PPCPs在环境中的污染。受污染土壤的径流渗入地下水或将溶解的污染物带到附近的流域, 同时大气沉降、城市的地表径流等也对PPCPs在环境中的迁移转化起了一定的作用, 将它们扩散到更远更广的地方^[23]。

4. 由于污水处理设施无法完全去除PPCPs, 当再生水用于农田灌溉, 或者有机污泥用作肥料时, 大量的PPCPs将以溶解态和生物吸附的形式进入土壤。土壤中的PPCPs也能通过农作物的富集作用最后被人体吸收^[24]。

5. 部分水体中的PPCPs被鱼类以及水生植物吸收富集, 最终通过食物链进入到人体。

6. 倾倒在垃圾填埋场中的固体废物包含大量丢弃的个人护理用品和过期药品, 这些固体废物已成为土壤中PPCPs的长期来源, 并且它们经过生物转化后溶解在渗滤液中, 将导致地下水污染。

四、PPCPs的毒性和风险评估

PPCPs的理化特性使其能够在水性环境中持久存在，而传统的水处理方法不能有效去除这些化合物，由此引起人们广泛的关注。尽管环境中的PPCPs浓度在ng/L至 $\mu\text{g/L}$ 的范围内，但低浓度的多种PPCPs的**长时间暴露和协同效应**可能对生态系统构成严重威胁^[28]。

全球人口增加、城市化、废弃物的产生及管理不善的做法已导致环境中药品残留，尤其是抗生素残留的积累。众所周知，现有的污染物处理手段并不能有效地去除这些残留的抗生素。当这些化合物进入环境时，它们将作用于环境中的微生物，并导致其获得耐药性。

如今，生物产生耐药性的现象愈发普遍是由多种因素共同作用的结果，如抗生素宽松的使用政策、抗生素使用量的增加以及在农业和畜牧养殖业中不合理的大量使用抗生素^[25]。因此产生的耐药微生物可能通过各种途径，如食用受污染的食品或其衍生物^[27]，接触受感染的动物或生物样本，如血液、尿液和粪便^[26]向人群中扩散，导致耐药性在人类中传播。

1. 对人体的健康风险

1. 人类一般通过日常使用个人护理产品或饮食摄入可接触到PPCPs。在日常个人护理产品中，包括牙膏、护发产品、沐浴露、香皂、润肤露和化妆品等，80%以上都含有人工合成麝香，总含量高达 1.02mg/g ^[29]。

实例

(1) PPCPs可存在于饮用水和食品中。广州自来水和瓶装水中曾检测到三氯生的存在，浓度分别高达 14.5 和 9.7ng/L 。三氯生也可以从婴儿奶瓶中释放出来，成人和婴儿每日三氯生摄入量分别约为 10 和 5ng/d ^[32]。

(2) 天津一家以畜禽粪便为肥料的有机农场中，在其基地的蔬菜中检测到浓度达 532ng/g 的抗生素。抗生素可能是通过水分运输和被动吸收的方式在蔬菜中的积累，其在植物体内的分布顺序为叶、茎、根^[33]。

(3) PPCPs在人乳、血液、尿液等多种人体标本中均有发现，人工麝香曾在中国西南成都地区的母乳样品中检测出，其脂质含量为 $<1.4-16.5\text{ng/g}$ 。它们的出现与频繁使用个人护理产品有关，如手部清洁剂、身体乳液、洗发水、染发剂和发胶^[34]。

2. 虽然PPCPs的挥发性低，参与大气环境的机会受到限制，但仍能在室内粉尘或空气中发现一些PPCPs。如室内灰尘样品中曾发现广泛用于个人护理用品和其他消费产品的硅氧烷，其总浓度范围为21.5至21000ng/g。同时，它们在室内灰尘中的浓度与电气、电子设备的数量以及居住在房屋中的居住者和吸烟者的数量有关，且幼儿的每日估计摄入量高于成人^[30]。

实例

(1) 对美国、中国、日本和韩国的室内粉尘中所含的化学物质进行分析，可检测出含量高达110800ng/g的对羟基苯甲酸酯类。四个国家的室内粉尘中，所含的对羟基苯甲酸酯的几何平均浓度分别为韩国 (2320ng/g)、日本 (2300ng/g)、美国 (1390ng/g)、中国 (418ng/g) ^[31]。

3. 有学者认为，根据目前环境中暴露的PPCPs的含量以及人体可负担的数据显示，PPCPs对人体健康不会构成重大风险^[35]。但是激素类药物，如硝基咪唑类、雌激素等药物已被证明具有三致效应（致突变、致癌、致畸），因此并不排除长期的致癌效果^[36]。同时，PPCPs还可作为内分泌干扰物，对人体产生诱变和致癌作用，这些活性化合物的浓度越高，乳腺癌和前列腺癌的发病率就越高^[37]。

2、对动物的毒性作用

大量的PPCPs是生物活性化合物，可以直接影响非目标生物^[38]。大多数关于PPCPs的生态毒理学研究都来源于急性毒性实验数据。但在现实中，PPCPs可能存在更多的慢性影响效应，可限制生物的生存机会并导致其繁殖失败。在这之中，由于鱼类所处环境中的PPCPs流动性最大，因此它们极易受到PPCPs污染的影响^[39]。

咖啡因（兴奋剂）可能导致金鱼内分泌紊乱^[441]；心得安（受体阻滞剂）可减少日本青鳉的活虫卵^[442]；印度大型鲤鱼在接触三氯生后的DNA损伤和生理反应^[443]；环境相关浓度的布洛芬会改变鲤鱼的胚胎发育，诱导致畸和氧化应激^[444]等。

表3：已知药物对非目标生物不良影响的部分例子^[40]

				
药物	双氯芬酸	17- α 炔基雌二醇	双氯芬酸	磺胺
治疗组	止痛药	合成雌激素	止痛药	抗生素
非目标生物体	秃鹰 (东方白背秃鹰)	黑头呆鱼 (Pimephales promelas)	虹鳟鱼 (Oncorhynchus mykiss)	玉米 (Zea mays) 杨柳 (Salix fragilis)
影响	由于肾功能衰竭造成数量锐减	由于雄鱼雌性化造成数量锐减	肝、肾、鳃强烈反应	对根系生长产生不利影响。高浓度时玉米死亡。
研究类型	野生动物	全湖实验	试验室	温室
参考文献	Oakes 等人,2004年	Kidd 等人,2007年	Triebkorn 等人,2007年	Michelini 等人,2012
				
药物	氟西汀	奥沙西洋	伊维菌素	恩诺沙星, 环丙沙星
治疗组	抗抑郁剂	抗焦虑药	兽医驱虫	抗生素
非目标生物体	豹蛙 (Rana pipiens)	欧洲鲈鱼 (Perca fluviatilis)	粪蝇和甲虫	蓝藻 (Anabaena flosaquae) 浮萍 (Lemna minor)
影响	蝌蚪发育延迟	X行为和摄食率改变	卵和幼虫死亡率	生长抑制
研究类型	试验室	试验室	实验室和现场	试验室
参考文献	Foster 等人,2010	Brodin 等人,2013	Liebig 等人,2010	Ebert 等人,2011

3、对植物的生态影响

流入土壤或水生环境中的PPCPs还可导致植物的细菌性病害^[445]。多项研究表明，植物在其组织中具有吸收和积累PPCPs的可能^[446]。其中，藻类作为一种光营养生物，可调节水中的能量和营养物质的循环，并且藻类也是食物链的重要组成部分，这使得它们的存在对整个生态系统的维持至关重要。但PPCPs的污染会抑制藻类的生长，所以其对植物的危害可能进一步扩大到生态系统中。

(1) 一些藻类在低浓度（小于0.1mg/L）抗生素的作用下生长受到抑制，导致藻类数量减少，影响水生系统平衡^[47]。

(2) 海藻叶绿体在卡马西平和双氯芬酸存在时受到严重破坏。长期接触磺胺甲恶唑会导致藻类的慢性毒性，阻碍光合作用^[48-49]。

五、PPCPs污染的控制策略

1、去除废水中PPCPs的常见方法

近年来，各种污水处理技术不断发展，一般可以分为物理处理、化学处理和生物处理。目前物理处理技术中最常用的2种方法是活性炭吸附法和膜过滤；化学处理技术一般采用高级氧化工艺，包括O₃、UV、UV/H₂O₂、Fenton、UV/Fenton和非均相光催化氧化各种技术；而生物处理技术则依赖于专门设计的处理室或反应器中微生物对污染物的生物降解作用。

2、药品的妥善处理与回收计划

2.1 家庭过期药品投放到“有害垃圾桶”

2014年《中国家庭过期药品回收白皮书》数据显示，我国约有78.6%的家庭都备有家庭小药箱，但80%以上的家庭都没有定期清理药箱的习惯，全国一年产生过期药品约1.5万吨。

过期药品可能会发生霉变、滋生细菌或者毒害作用加重的现象，服用过期药物非但不会达到预期功效，还可能造成人体伤害。



容易分解、蒸发，散发有毒气体，造成室内环境污染，严重时还会对人体呼吸道产生危害



如回收处理不当，如将过期药品当做普通生活垃圾处理，则会对空气、土壤和水源环境造成直接污染

图3：过期药品的危害^[50]

*服用过期药物的危害：

- (1) **抗生素**：药效减弱或失效，过期后服用可能造成病情的延误；
- (2) **维生素C**：可反应变为别的物质，引起呕吐、腹泻、结石、头痛等情况；
- (3) **急救药（如心绞痛急救的硝酸甘油）**：过期后不仅没有药效，还可能付出生命的代价；
- (4) **阿司匹林**：随着储存时间的延长，酸性变得更强，对胃的刺激更大；
- (5) **胰岛素**：可使注射部位出现瘙痒、疼痛、发热、肿胀和皮下脂肪萎缩。

对此，建议家庭药物储备尽量少一些，一般3~6个月整理一次，避免屯货。

过期药被列入《国家危险废物名录》，属于有害垃圾范畴，需妥善处理，不得随意丢弃，而应投入到“有害垃圾”桶中。根据《国务院办公厅关于印发“无废城市”建设试点工作方案的通知》（国办发〔2018〕128号）和《住房城乡建设部关于加快推进部分重点城市生活垃圾分类工作的通知》（建城〔2017〕253号）的内容要求，46个重点城市在未来要出台生活垃圾分类管理实施方案或行动计划，即设立有害垃圾分类回收体系，如在上海和深圳已经配备有垃圾分类的垃圾桶，市民可以将过期药物投放至有害垃圾桶。



图4：垃圾分类有害垃圾详解图^[51]

2.2 妥善处理少量过期药品

若所在城市未设置有害垃圾回收桶，过期药品量少且零散，可以按照对应类型的作法是将过期药物毁形后密封好，再丢弃。

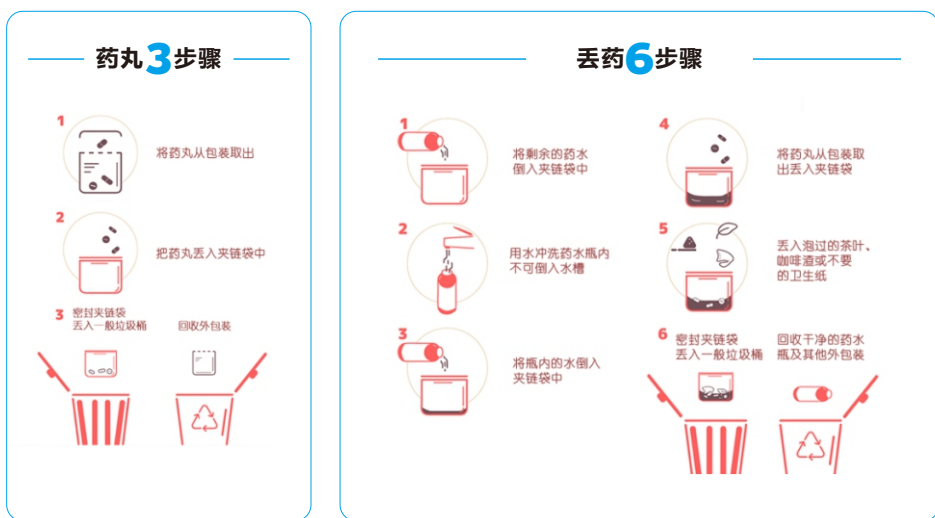


图5：少量药品处理步骤分解图^[52]

- 口服片剂、胶囊、颗粒剂、滴丸剂等过期药：剩余药丸从铝箔、药袋等包装取出，全部药丸集中在密封袋里捣碎，再丢入垃圾桶。
- 膏状药物：挤出来收集在密封袋内，封好后丢弃。
- 眼药水、口服液等液体药物：把液体分别混入泥土后和生活垃圾一起处理。
- 喷雾剂药品：在户外空气流通较好的地方，避免接触明火的情况下，彻底排空丢掉。

注：化疗、癌症用药及管制药品：交给药局或者药品回收点处理

2.3 药品的回收计划

如果所在城市垃圾分类回收还未普及，以及过期药品余量大、包装完整，民众可以去街道办、社区、连锁药店看看，很可能就会有药物回收点。

如果线下的回收点也很少或者较远，线上的制药企业官网、健康平台也开始重视药物回收服务，可以在网站上查询药品回收处理的方法流程。

3、呼吁从源头降低来自个人护理用品的污染风险

目前主要的个人护理用品通常被分为5大类：消毒剂（如三氯生）、芳香剂（如麝香）、驱虫剂（如避蚊胺）、防腐剂（如苯甲酸酯）和紫外线滤过剂（防晒霜，如二苯甲酮）等。

而环境中个人护理用品的来源主要是两类，一类是个人护理用品在生产、运输过程中进入环境，一类是来自于居民日常生活中大量使用的肥皂、乳液、牙膏、香水、防晒霜等个人护理用品。

因此，对于防止个人护理用品中的化学物质对人体和生态带来的伤害，一般提倡从两方面入手：一是在生产端把控其有害化学物质的含量，如美国强生公司曾宣布，今后将逐步淘汰或减少个人护理用品中的甲醛释放型防腐剂、尼泊金酯类防腐剂、二恶烷、三氯生等化学成分，以减少消费者的担忧^[53]；二是减少不必要的护理用品的使用及浪费现象。

尾声



面对PPCPs，未来该怎么做？

残留药物污染是世界性的新型环境问题，在自然环境中，许多国家均检测出了残留药物的情况。我国不仅是世界上最大的药品生产国，也是抗生素生产和使用大国，药物污染问题十分严峻，然而目前我国有关城市污水中的PPCPs的研究报道有限，其环境风险尚未引起足够的重视。因此不仅企业、政府应该完善现有药物生产体系，药物治理体系，我们每个人也有义务做到不滥用药物、不过量囤积药物、过期药物垃圾分类处理这些小事。

参考文献

- [1] DAUGHTON C G, TERNES T A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle changes[J]. *Environmental Health Perspectives*, 1999, 107(S6) :907-938.
- [2] MARTA C, FRANCISCO O, JUAN M L, et al. Behavior of pharmaceuticals, cosmetics and hormones in a sewage treatment plant[J]. *Water Research*, 2004, 38: 2918-2926.
- [3] TERNES TA, MEISENHEIMER M, MCDOWELL D. Removal of pharmaceuticals during drinking water treatment[J]. *Environmental Science & Technology*, 2002, 36: 3855 - 3863.
- [4] 刘印平. 药品与个人护理用品的生态与健康影响研究进展[J]. *卫生研究*, 2009, 38(2): 237-240.
- [5] Wilkinson, J., et al., 2017a. Occurrence, fate and transformation of emerging contaminants in water: an overarching review of the field. *Environ. Pollut.* 231, 954-970.
- [6] Fent, K., Weston, A.A., Caminada, D., 2006. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquat. Toxicol.* Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.09.009>.
- [7] Richardson, M.L., Bowron, J.M., 1985. The fate of pharmaceutical chemicals in the aquatic environment. *J. Pharm. Pharmacol.* Available from: <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1985.tb04922.x>.
- [8] Ternes, T.A., 1998. Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. *Water Res.* Available from: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00099-2).
- [9] Thomas, K.V., Hilton, M.J., 2004. The occurrence of selected human pharmaceutical compounds in UK estuaries. *Mar. Pollut. Bull.* Available from: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.02.028>.
- [10] Loos, R., et al., 2009. EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters. *Environ. Pollut.* Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.09.020>.
- [11] Gibson, R., et al., 2010. Accumulation and leaching potential of some pharmaceuticals and potential endocrine disruptors in soils irrigated with wastewater in the Tula Valley, Mexico. *Chemosphere*. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.09.006>.
- [12] Managaki, S., et al., 2007. Distribution of macrolides, sulfonamides, and trimethoprim in tropical waters: ubiquitous occurrence of veterinary antibiotics in the Mekong Delta. *Environ. Sci. Technol.* Available from: <https://doi.org/10.1021/es0709021>.
- [13] IWW (2014): Pharmaceuticals in the environment: Occurrence, effects, and options for action. Research project funded by the German Federal Environment Agency (UBA) within the Environmental Research Plan No. 371265408.
- [14] SERI (Samsung Economic Research Institute). Active pharmaceutical ingredients in China; 2012.
- [15] CAST (China Association of Science and Technology). The threat of antibiotic abuse to public safety; 2008.
- [16] ChinaIRN (China Industry Research Net). 2012–2013 personal care product market development analysis; 2012.
- [17] 刘娜, 金小伟, 王业耀, et al. 我国地表水中药物与个人护理品污染现状及其繁殖毒性筛查[J]. *生态毒理学*, 2015, v.10(06):4-15.
- [18] 俞道进, 曾振灵, 陈杖榴. 四环素类抗生素残留对水生态环境影响的研究进展[J]. *中国兽医学报*, 2004, 24(5): 515 - 517.

- [19] 包国章, 董德明, 李向林, 等. 环境雌激素生态影响的研究进展[J]. 生态学杂志, 2001, 20(5): 44 - 50.
- [20] 罗伟, 王少坡, 费琼, et al. 饮用水源水中PPCPs的污染现状及研究进展[J]. 天津城建大学学报, 2016, 22(5):344-351.
- [21] 邹艳敏, 吴向阳, 仰榴青. 水环境中药品和个人护理用品污染现状及研究进展[J]. 环境监测管理与技术, 2010(6): 14-19.
- [22] 乔铁军, 张锡辉, 欧慧婷. 药品和个人护理用品在水环境中污染状况的研究与展望[J]. 给水排水, 2009(7): 121-130.
- [23] Nikolaou, A., Meric, S., Fatta, D., 2007. 'Occurrence patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments. Anal. Bioanal.Chem. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00216-006-1035-8>.
- [24] Christou A , Karaolia P , Hapeshi E , et al. Corrigendum to: "Long-term wastewater irrigation of vegetables in real agricultural systems: Concentration of pharmaceuticals in soil, uptake and bioaccumulation in tomato fruits and human health risk assessment." [Water Res. 109 (2017) 24–34][J]. Water Research, 2017:S0043135417303330.
- [25] Founou, L.L., Founou, R.C., Essack, S.Y., 2016. Antibiotic resistance in the food chain: a developing country-perspective. Front. Microbiol. 7, 1881.
- [26] Chang Q , Wang W , Gili R , et al. Antibiotics in agriculture and the risk to human health: How worried should we be?[J]. Evolutionary Applications, 2014, 8(3).
- [27] FAO, 2015. Status Report on Antimicrobial Resistance. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [28] World Health Organization, 2015. WHO Multi-Country Survey Reveals Widespread Public Misunderstanding About Antibiotic Resistance. World Health Organisation.
- [29] Lu Y, Yuan T, Wang WH, Kannan K. Concentrations and assessment of exposure to siloxanes and synthetic musks in personal care products from China. Environ Pollut 2011; 159:3522–8.
- [30] Lu Y, Yuan T, Yun SH, Wang WH, Wu Q, Kannan K. Occurrence of cyclic and linear siloxanes in indoor dust from China, and implications for human exposures. Environ Sci Technol 2010b; 44: 6081–7.
- [31] Wang L, Liao CY, Liu F, Wu Q, Guo Y, Moon HB, et al. Occurrence and human exposure of p-hydroxybenzoic acid esters (parabens), mbisphenol A diglycidyl Ether (BADGE), and their hydrolysis products in indoor dust from the United States and three East Asian countries. Environ Sci Technol 2012;46:11584–93.
- [32] Li X, Ying GG, Su HC, Yang XB, Wang L. Simultaneous determination and assessment of 4-nonylphenol, bisphenol A and triclosan in tap water, bottled water and baby bottles. Environ Int 2010a;36:557–62.
- [33] Hu XG, Zhou QX, Luo Y. Occurrence and source analysis of typical veterinary antibiotics in manure, soil, vegetables and groundwater from organic vegetable bases, northern China. Environ Pollut 2010a;158:2992–8.
- [34] Yin J, Wang H, Zhang J, Zhou NY, Gao FD, Wu YN, et al. The occurrence of synthetic musks in human breast milk in Sichuan, China. Chemosphere 2012;87:1018–23.
- [35] Touraud E, Roig B, Sumpter JP, Coetsier C. Drug residues and endocrine disruptors in drinking water: risk for humans? Int J Hyg Environ Health 2011;214:437–41.
- [36] 胡洪营,王超,郭美婷. 药品和个人护理用品(PPCPs)对环境的污染现状及研究进展[J]. 生态环境(6):947-952.

- [37] Cizmas, L., Sharma, V.K., Gray, C.M., McDonald, T.J., 2015. Pharmaceuticals and personal care products in waters: occurrence, toxicity, and risk. *Environ. Chem. Lett.* 13,381-394.
- [38] Ebele, A.J., Abou-Elwafa Abdallah, M., Harrad, S., 2017. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerg. Contam.* Available from: <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2016.12.004>.
- [39] Li, W.C., 2014. Occurrence, sources, and fate of pharmaceuticals in aquatic environment and soil. *Environ. Pollut.* 187, 193201. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.01.015>.
- [40] 王琦, 武俊梅, 彭晶倩: 《饮用水系统中药物和个人护理用品的研究进展》。环境化学, 2018,37(3): 453-461.
- [41] Li ZH, Lu GH, Yang XF, Wang C. Single and combined effects of selected pharmaceuticals at sublethal concentrations on multiple biomarkers in *Carassius auratus*. *Ecotoxicity* 2012;21:353-61.
- [42] Huggett DB, Brooks BW, Peterson B, Foran CM, Schlenk D. Toxicity of select beta adrenergic receptor-blocking pharmaceuticals (β -blockers) on aquatic organisms. *Arch Environ Contam Toxicol* 2002; 43:229-35.
- [43] Hemalatha D , Nataraj B , Rangasamy B , et al. DNA damage and physiological responses in an Indian major carp *Labeo rohita* exposed to an antimicrobial agent triclosan[J]. *Fish Physiology and Biochemistry*, 2019(9-10).
- [44] Verónica M G, Leobardo M G, María C R, et al. Ibuprofen at environmentally relevant concentrations alters embryonic development, induces teratogenesis and oxidative stress in *Cyprinus carpio*[J]. *Science of The Total Environment*,2020(710).
- [45] M.J. Benotti, S.A. Snyder, Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds: implications for ground water replenishment with recycled water, *Ground Water* (47, 4) (2009).
- [46] Al-Farsi R S , Ahmed M , Al-Busaidi A , et al. Translocation of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) into plant tissues: A review[J]. *Emerging Contaminants*, 2018: S240566501 7300306.
- [47] T. Christian, R.J. Schneider, H.A. Farber, D. Skutlarek, M.T. Meyer, H.E. Goldbach, Determination of antibiotic residues in manure, soil, and surface waters, *Clean. - Soil, Air, Water* 31 (1) (2003) 36e44.
- [48] Vannini, C., et al., 2011. Effects of a complex mixture of therapeutic drugs on unicellular algae *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Aquat. Toxicol* (Amsterdam, Netherlands). Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.10.011>.
- [49] Liu, B.Y., et al., 2011. "Toxic effects of erythromycin, ciprofloxacin and sulfamethoxazole on photosynthetic apparatus in *Selenastrum capricornutum*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.01.022>.
- [50] 民生周刊. 过期药品回收“梗”在哪儿? . 2018年6月12日. <http://www.ddwenzhai.com/m/view.php?aid=81814>
- [51] 邓越: 《垃圾分类看我眼色, 见“圾”行事! 》, 2019年. 网络来源: https://www.sohu.com/a/337858993_99903596.
- [52] 健康報報. 过期、不用的藥品怎麼處理? 廢棄藥物處理簡單3步驟. 2019年1月19日.
- [53] <http://news.163.com/12/0816/10/891AB36N00014JB5.html>



无毒先锋

- 本刊是“深圳市零废弃环保公益事业发展中心”实施的“化学品管理民间网络与能力建设”项目的一部分，该项目是由联合国开发计划署负责管理的全球环境基金小额赠款计划支持的。
- 同时感谢北京市企业家环保基金会（阿拉善SEE）、干禾社区基金会和干禾环境基金提供部分资金支持。本文内容及意见仅代表主办单位的观点，与阿拉善SEE的立场或政策无关。



SGP The GEF Small Grants Programme



阿拉善SEE
Alliance for Environment and Development

创绿家
Green Home

干禾社区基金会
Dry Harvest Community Foundation



干禾环境基金
Dry Harvest Environmental Fund

文字/校对：陈美君，薛世琪，无毒先锋

版式设计：莫存柱 图片拍摄：部分专业图片来源于网络

版权所有：©深圳市零废弃环保公益事业发展中心，2020，保留所有权利

解毒档案

档案时间:2020.2

无毒先锋

第07期