

第五节 污水处理

一、生活污水

城市生活污水通常包括生活污水、工业废水、医院污水，如下水道是合流制，还包括雨雪水。营区的污水则多为生活污水和雨水。

城市污水处理应通过污水处理厂(sewage works)。工业发达国家平均每5000~10000人即有一座污水处理厂。我国至1992年有城市污水处理厂100座，其中一级处理占30%，二级处理占70%，城市污水处理率仅占4.5%。

(一) 物理处理(一级处理 primary treatment)

主要作用是去除污水中的悬浮物，沉降物及附着的微生物与寄生虫卵。较大的悬浮物一般用格栅和筛网去除，较小的悬浮物用沉淀池去除。物理处理可去除悬浮物40~65%，五日生化需氧量只能去除30%左右，一般达不到污水排放标准，故多用作预处理。

1. 格栅与筛网

格栅(rack)用平行的钢制栅条组成，用以截留粗大的悬浮物与漂浮物如纸片、布片、瓜皮、大块厨房废弃物等。附在其上的悬浮物与漂浮物应定时清除及处理。筛网(screen)是在格栅后的铁丝网或穿孔金属板，用来阻留较小的悬浮物。筛网上阻留的悬浮物亦须定时清除及处理。

2. 沉砂池

沉砂池(grit tank)是清除污水中砂砾、煤屑、果核等较重沉淀物的构筑物。根据水流方向不同，沉砂池可分为水平和垂直式两类。水平沉砂池常建筑数个池子或一池分成数格，出口处设置出口堰。水平沉砂池内沉留的砂砾应定时将一个池(或间隔)停止使用，排水后用人工清除。或在池底设沉砾储斗，用闸门排除沉砾。

3. 污水沉淀池

污水沉淀池(sewage sedimentation tank)的作用原理与种类基本上与给水沉淀池相同。也有平流沉淀池、竖式沉淀池、辐射式沉淀池、斜管(斜板)沉淀池等。但因污水中沉降物多，有机物多，易在池底发生厌气腐败，故在构造与管理上与给水沉淀池亦有不同之处。此外还有沉淀兼污泥处理池如化粪池、隐化池，下面只介绍两种污水沉淀池。

(1). 辐射式沉淀池(radial-flow settling tank)

为一直径较大、水深较浅的圆形沉淀池，直径一般为20~30m，池中心深度为2.5~5m，池边为1.5~3m。池中心底部为储泥坑，污水由中心进入，经入流管周围穿孔板均匀地向池四周辐射，水流速度近池中心较大，愈近池底愈小，因而较重的悬浮物在近中心处沉降，较小的悬浮物则在近池边沉降。澄清的污水由池边顶部溢流堰排出。污水在池内流程时间不大于2h。沉积池底污泥须用机械刮到储泥坑，用水力或泵将污泥排出至污泥处理设备。

(2). 隐化池(imhoff tank)

是一种污水沉淀和污泥消化的双层构筑物。上层是污水平流沉淀槽，槽底部做成两边向中间倾斜的斜坡并留有缝隙的底板。污水中悬浮物在槽内沉淀后，滑入下层污泥消化室，并在内进行厌气消化。污水在沉淀槽中沉淀时间1.5~2h。污泥消化产生的气体，一部分由池顶排出，一部分与悬浮物在消化室水面形成浮渣层。消化后的污泥呈黑色，不发臭，易脱水和干燥。可靠水压从排泥管排出，再干化及利用。沉积污泥应每10d排放一部分，使污泥消化不致中断。

(二) 生物处理(biological treatment, 或二级处理 secondary treatment)

主要作用是去除污水中有机物, 常用的方法有活性污泥法与生物滤池法。两法均为好氧生物处理。好氧生物处理工艺成熟, 但能耗大, 产生污泥量亦大。近 20 年来由于能源紧张, 厌氧生物处理得到很大发展, 出现了不少新型的厌氧反应器如厌氧接触反应器、厌氧生物滤池、上流式厌氧污泥床反应器等。厌氧生物处理有能耗低、可产生沼气能源、污泥生成量少等优点, 各国正在深入研究与开发。

1. 活性污泥法(activated sludge process)

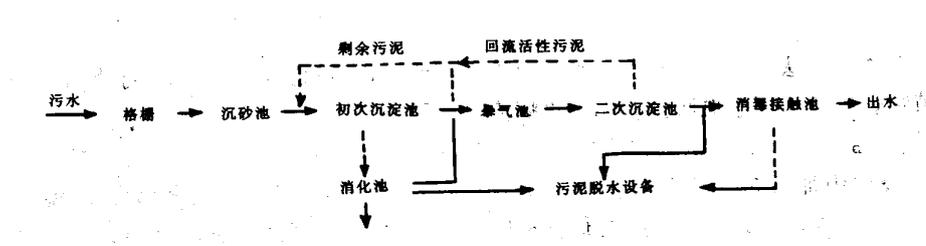


图 6-8 城市污水处理工艺流程

活性污泥法在污水处理上应用最广。活性污泥是由原生污水或沉淀过污水中的菌胶团、细菌和其它生物在有溶解氧情况下产生的污泥絮体。活性污泥中的微生物具有吸附和氧化污水中有机物的能力。活性污泥法需应用曝气池, 将活性污泥投入污水中, 通入压缩空气, 使污水充氧, 并使污泥和污水充分接触以吸附和氧化有机物, 而使污水得到净化。

一般使用活性污泥法的城市污水处理厂工艺流程如图 6-8。

2. 生物滤池(biological filter)

是由砂、砾石、碎石、炉渣或其它滤料构成的滤床, 污水通过布水器滴洒在滤床表面, 在流经滤料层时为滤料表面的生物膜吸附和分解, 生物滤池适用于中、小型污水厂。

3. 稳定塘(stabilization pond 或氧化塘 oxidation pond)

是一个水深 0.6~1.5m 的浅水池塘, 污水在塘内流速很慢, 加之塘水浅, 阳光照射良好, 塘内易繁殖浮游生物与藻类, 藻类繁殖使水中溶解氧增加, 有利于好氧菌生存繁殖和对有机物的氧化分解, 污水进入稳定塘前, 宜经沉淀处理。稳定塘串联级数一般不少于 3 级。稳定塘后可设养鱼塘。

4. 污水灌溉(sewage irrigation)

污水灌溉可用作处理生活污水与工业废水。生活污水中含有氮、磷、钾和多种植物生长所必需的微量元素, 污水灌溉既可作为肥料促进农作物增产, 又可利用水资源, 节约农业用水。通过污水灌溉, 污水中生物能降解的有机物及氮、磷等 90% 以上可被去除, 一些有毒有害物质也可以被氧化分解。污水灌溉处理污水的原理与土壤自净原理相同。污水除灌溉农用外, 也可灌溉草地、树林或观赏植物园地, 我国 1982 年统计直接引污水灌溉农田面积为 1000 多万亩。

污水灌溉方法简单, 易管理, 能耗很小, 但应注意土壤的净化能力是有一定限度的, 而且污水的性质复杂, 有的污水含病原体如沙门氏菌在土壤中可存活 30~70 天。有的有毒有害物质如重金属, 生物不能降解, 有的毒物性质稳定如氯化烃, 生物不能降解。由于污水灌溉导致土壤被重金属污染, 使农作物中重金属含量增高, 地下水被污染, 某些灌区人群各种疾病、癌症发病率和死亡率均高于对照区, 已有不少报道。因此必须重视污水灌溉中的卫生问题, 为防止环境污

染，保障人民健康，污水灌溉应符合以下卫生要求：

1. 污水灌溉地点距营舍与公共通道不宜小于 50m。在给水水源卫生防护地带，含水层露头的地区，以及有裂隙性溶岩地区不得使用污水灌溉，污水灌区地下水埋藏深度不宜小于 1.5m。

2. 污水灌溉水质必须符合现行《农田灌溉水质标准》的规定。

3. 污水应经预处理，其构筑物及主要灌溉渠道、闸门、污水库等，应采取有效的防渗、防漏措施。

4. 污水灌溉制度、水量应根据当地气候、农作物、土质、污水性质、地下水位等因素合理规划。

上述四种方法，活性污泥与生物滤池仅用于城镇污水处理厂，而稳定塘与污水灌溉适于营区污水处理。

如有必要污水还可经深度处理(三级处理 tertiary treatment)将一、二级处理未能去除的微生物未能降解有机物、磷、氮、可溶性无机物、毒物、病毒等进一步去除。各种污水处理措施的净化效果见表 6—12。

表 6—12 污水处理净化效果

处理设施	处理后污物去除率 (%)			
	悬浮物	五日生化需氧量	细菌	蠕虫卵
沉淀池	40~70	20~40	25~75	92~97
生物滤池	70~92	80~95	90~95	10~26
曝气池	85~95	90~95	95~98	95~100
原污水加氯	-	15~20	90~95	-
沉淀池出水加氯	-	25~45	95~99	-
二级处理加氯	-	-	98~99.99	-
三级处理加氯	90~99	90~99	100	-

二、医院污水

(一) 医院污水的成分

医院污水成分与一般城市生活污水相近，不同之处是含有大量病原体，以及由于医院用水量，污水被稀释，致污水中悬浮物、五日生化需氧量反较生活污水低。医院污水中可含有上百种的化学物质，如砷、氰、汞、铬、酚、氯仿等。此外，还可含有各种有机溶剂、消毒剂、药物、试剂、洗涤剂。

医院污水中含有很多病原体，包括致病菌、肠道病毒和寄生虫卵。致病菌有沙门氏菌、伤寒与副伤寒杆菌、痢疾志贺氏菌、霍乱弧菌、致病性大肠杆菌、结核分支杆菌等。据几大城市调查，医院污水样本致病菌阳性率为 18.5~85.7%。肠道病毒有传染性肝炎病毒、脊髓灰质炎病毒、埃柯病毒、柯萨奇病毒等，甚至在二级处理、氯消毒后仍可检出病毒。据报道未处理污水中估计肠道病毒 5000~7000cfu/L。寄生虫卵有蛔虫卵、钩虫卵、血吸虫卵、鞭虫卵、绦虫卵、阿米巴囊虫等，西安等 16 个医院污水检验结果，每 L 污水含寄生虫卵 4~422 个。

医院污水中还含有放射性同位素如¹³¹碘、³²磷、¹⁹⁸金、²⁴钠、⁸²溴等。

此外，医院污水中还可含有手术残余物如脓血、脊髓液、破碎组织及肿瘤碎片等。

(二) 医院污水排放量

医院污水量与医院的规模、设备、医疗内容、地区气象因素有关。通常南方地区医院用水量较北方地区医院污水量大，但亦受其它因素影响。据北京、兰州、成都、武汉等地医院调查，市区医院每日污水量为 1000L，郊区医院为 700L。

医院的污水量和污水水质是设计医院污水处理构筑物的依据，最好通过实测数据来确定，当实测有困难时，可按用水量等于污水量来估计，亦有主张按用水量 80% 计算，但亦应考虑未来发展的需要。

(三) 医院污水的危害

医院污水集中了各种病人尤其是传染病人的排泄物，因而含有大量的病原体，人因接触医院污水、食用被污水污染的饮用水、蔬菜、贝介类而引起传染病发生已有不少报道，如结核病院污水污染河流至下游村庄发生大量结核病人，医院污水污泥施肥污染蔬菜引起肠胃道传染病等。

(四) 医院污水排放标准

我国在 1983 年颁布了《医院污水排放标准 (GBI 48-83)》，规定县及县以上综合医院以及肠道传染病的专科医院、疗养院、其它有关的医疗卫生机构的污水，经处理消毒后，应达到下列标准：

1. 连续三次各取样 500ml 进行检验，不得检出肠道致病菌和结核杆菌。
2. 总大肠菌群数每 L 不得大于 500 个。
3. 采用氯化消毒时，接触时间和接触池出水中的余氯含量应符合表 6--13 要求。

表 6--13 接触时间与总余氯量

医院污水类别	接触时间 (h)	总余氯量 (mg / L)
综合医院污水及含肠道致病菌污水	不少于 1	4~5
含结核杆菌污水	不少于 1.5	6~8

4. 污水处理构筑物中的污泥，必须经过无害化处理，污泥排放时应达到下列标准：

- (1). 蛔虫卵死亡率大于 95%；
- (2). 粪大肠菌值不少于 10^{-2} ；
- (3). 每 10g 污泥 (原检样中)，不得检出肠道致病菌和结核杆菌；
5. 当污泥采用高温堆肥法进行无害化处理时，堆肥温度必须高于 50℃，并应持续 5 天以上。
6. 无上、下水道或集中式污水处理构筑物的医院，对有传染性的粪便，必须进行单独消毒或其它无害化处理；
7. 医院污水处理和消毒后其所含的污染物质与有害物质的含量应符合现行的有关标准的要求。

(五) 医院污水处理方法

医院污水处理的工艺流程与污染物质种类、医院类型、排放标准、污水排向、规模大小等因素有关，可根据具体条件决定。根据医院污水污染浓度较低，而病原体含量较高的特点，处理重点应放在消毒上。从我军实际和实践经验，一般医院污水处理可采用一级处理加消毒，消毒方法优先考虑氯消毒。设计时应尽可能利用地形高差达到自流。医院污水处理一般多用一级或二级处理。

1. 一级处理

主要是用机械处理方法如筛滤、沉淀去除污水中悬浮物，再加消毒后排放。目前我国和我军医院污水大多采用一级处理。一般常见的有两种流程(参见图6—9)。第一种流程适用于100病床以下医院，据地方医院多年运转经验，只要管理得好，处理效果还是很好的。第二种流程适于大、中型医院。斜管(板)沉淀池较平流沉淀池面积小，效果好，目前采用渐多。双虹吸定量投氯比恒流定量投氯

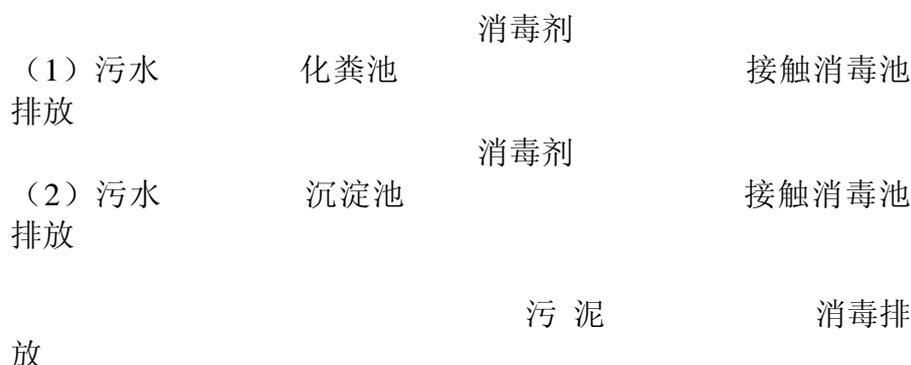


图 6—9 一级处理流程示意图

更易管理，因污水量时有变化，加氯量难以随之调整，而双虹吸是每次吸出定量污水，同时带动小虹吸吸出定量消毒液，一般不需多调节，亦不须昼夜值班。一级处理去除污水中悬浮物与五日生化需氧量都较差，故消毒时需较高加氯量。

2. 二级处理

医院污水除必须排入水源或风景区外，较少采用二级处理。虽然二级处理去除有机物和细菌效果较好，加氯量也较低，但因建设投资大，能耗大，处理费用高，管理困难，故目前仅少数医院采用，国内常用的二级处理有活性污泥法、生物滤池、生物转盘、射流曝气、氧化塘等。医院污水二级处理工艺流程如图6—10。

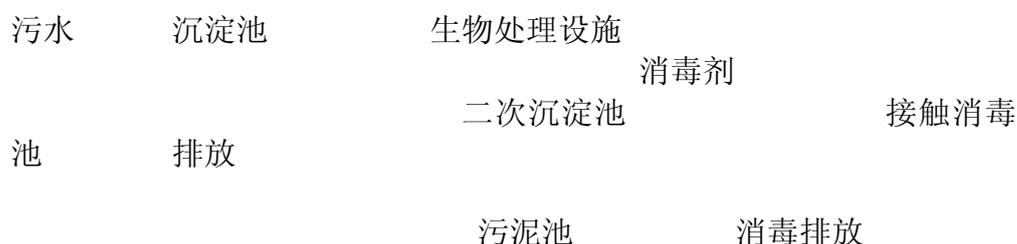


图 6—10 二级处理工艺流程示意图

据国内军内调查，现有医院二级处理设备，多因管理不善，未能达到预期效果。因此，军内医院污水处理，除非有特殊需要，目前仍应以一级处理为主。

国外资料说明，要获得充分灭活病毒效果，须用三级处理加消毒，但因三级

处理费用过高，我国目前还难以办到。

3. 放射性污水处理

使用过放射性同位素的病人，大部分放射性同位素在一周内随排泄物排出体外，洗涤使用过同位素医疗器械、器皿、病人衣物也可使污水带有放射性物质。至于同位素分装和使用剩下的高浓度残液，必须单独收集、存放，交专门部门统一处理，严禁直接排入下水道中。常用的放射性污水处理为衰减法或稀释法。

(1). 衰减法

含半衰期短的放射同位素如¹³¹碘半衰期为 8.1 天，³²磷 14.3 天，¹⁹⁸金 2.7 天，²⁴钠 15h，其污水可采用贮存法。贮存时间一般以半衰期最长的同位素 10 个半衰期计算。衰减池必须设计成推流式，即在池中设多条纵向隔墙，形成弯曲通道。放射性污水以推流形式通过并不断衰变，至出口时即可达到排放标准。

(2). 稀释法

只能用于放射性浓度较低污水，其浓度不得超过露天水源限制浓度 100 倍，而且有足够的污水量将之稀释，我国规定将 1uci 的¹³¹碘稀释到允许排放浓度需 1.67m³污水。稀释法只是降低了放射性物质的浓度，而没有减少其绝对量，采用此法时宜慎重。

4. 消毒

医院污水经一、二级处理只能去除部分病原体，必须再经消毒才能彻底无害化。目前我国医院污水消毒主要采用氯化消毒，只有少数医院使用臭氧。氯化消毒常用液氯、漂白粉或漂白粉精、次氯酸钠，也有使用二氯异氰脲酸钠或二氧化氯。一级处理后加氯量一般为 15~30mg/L，最好经试验决定加氯量。

(1). 液氯

多用于大、中型医院。但液氯有毒，在市区或医院附近居民多的地方应特别注意安全措施。储氯室与消毒室应通风良好，并有排风设备。经常用 10% 氨水检查液氯瓶控制阀和输氯管及连接处有无漏氯，如有漏氯就会产生氯化氨烟雾。事故检修时应戴上防毒面具，在氯气瓶附近应修筑安全池（通常在室外），内放石灰水（60kg 熟石灰加 625L 水可供 50kg 氯气瓶用）。当发现液氯瓶漏气而又无法修理时，速将液氯瓶推入池内。

(2). 漂白粉与漂白粉精

漂白粉有效氯易损失，且易提高污水 pH 值，不利于污水消毒，使用漂白粉精较漂白粉好，但消毒费用较液氯高，一般只用于小型医院、团卫生队和没有液氯供应地区。

(3). 次氯酸钠

一般均使用次氯酸钠发生器，将盐水电解即可产生次氯酸钠。此法一次性投资大，消耗能源较高，但运行费用较漂白粉低，比液氯使用安全，在无液氯地区或人口稠密市区可以采用，我军医院使用较多。

其它方法如臭氧、二氧化氯设备昂贵，且国内仪器均不很成熟，使用不多。

但一、二级处理加上氯化消毒，仍不能将病毒完全消灭，国内报道二级处理加消毒只能除病毒 92.6%，出水病毒含量达 14000PFU / L。

5. 污泥处理

污水沉淀池在运行过程中产生许多污泥，消毒接触池也会产生一些污泥，污泥中含有大量病原体，如污泥中含有细菌，致病菌占医院排出细菌与致病菌 70~80%，所含病毒为污水的 10 至 100 倍，且有恶臭，如不加处理直接用作施肥，不仅会传染疾病，还影响环境卫生，造成二次污染。

污泥含水率一般为 95%，须经污泥干化场干化，含水率可下降到 75%。干化后污泥可以堆肥，污泥采用氯化消毒时，加氯量应通过试验确定，亦可按每L污泥加氯 2.5g 计算。或加石灰 15g / L(以Ca(OH)₂)计，使污泥pH值提高到 12 以上，存放 7 天，也可达到消毒目的，不论加漂白粉或石灰均应充分搅拌混合。采用高温堆肥法，堆温必须高于 50℃，并维持 5 天以上，如有可利用的废热，亦可用加热法消毒。

对医院污水的处理必须加强管理与卫生监督，如工程设计的审查，操作人员的培训，消毒剂的供应，每日余氯检查(不少于 2 次)，定期测定细菌与寄生虫卵指标，处理设施定期维修等等，否则即使有最好的设备，污水也难以达到排放标准。