

目 录

第二篇 污 水 处 理

第九章 污水水质和污水出路(1)

第一节 污水水质(1)

第二节 污染物在水体环境中的迁移与转化(5)

第三节 污水出路(8)

第十章 污水的物理处理(11)

第一节 格栅和筛网(11)

第二节 沉淀的基础理论(19)

第三节 沉砂池(24)

第四节 沉淀池(29)

第五节 隔油和破乳(40)

第六节 浮上法(44)

第十一章 废水生物处理的基本概念和生化反应动力学基础(58)

第一节 废水的好氧生物处理和厌氧生物处理(58)

第二节 微生物的生长规律和生长环境(62)

第三节 反应速度和反应级数(65)

第四节 米歇里斯-门坦(Michaelis-Menten)方程式(68)

第五节 莫诺特(Monod)方程式(72)

第六节 废水生物处理工程的基本数学模式(75)

第十二章 稳定塘和污水的土地处理(79)

第一节 稳定塘(79)

第二节 污水土地处理(87)

第十三章 污水的好氧生物处理(一)——生物膜法(95)

第一节 生物滤池(95)

第二节 生物转盘(117)

第三节 生物接触氧化法(124)

第四节 生物流化床(127)

第十四章 污水的好氧生物处理(二)——活性污泥法(135)

第一节 基本概念(135)

第二节 气体传递原理和曝气池(140)

第三节 活性污泥法的发展和演变(154)

- 第四节 活性污泥法的设计计算(165)
- 第五节 活性污泥法系统设计和运行中的一些重要问题(177)
- 第六节 二次沉淀池(188)
- 第十五章 污水的厌氧生物处理^①(193)**
 - 第一节 厌氧生物处理的基本原理(193)
 - 第二节 污水的厌氧生物处理方法(197)
 - 第三节 厌氧生物处理法的设计(201)
 - 第四节 厌氧和好氧技术的联合运用(204)
- 第十六章 污水的化学处理(206)**
 - 第一节 化学混凝法(206)
 - 第二节 中和法(216)
 - 第三节 化学沉淀法(219)
 - 第四节 氧化还原法(221)
- 第十七章 污水的吸附法、离子交换法、萃取法和膜析法处理(224)**
 - 第一节 吸附法(224)
 - 第二节 离子交换法(229)
 - 第三节 萃取法(236)
 - 第四节 膜析法(243)
- 第十八章 城市污水的深度处理(251)**
 - 第一节 氮、磷的去除(251)
 - 第二节 城市污水的三级处理(267)
- 第十九章 小型污水处理设施(270)**
 - 第一节 小型污水处理设施水量水质特点(270)
 - 第二节 组合式生活污水处理设备(271)
- 第二十章 污泥的处理和处置(275)**
 - 第一节 污泥的来源、性质和数量(275)
 - 第二节 污泥的处置及其前处理(279)
 - 第三节 污泥浓缩(281)
 - 第四节 污泥的稳定(288)
 - 第五节 污泥的调理(297)
 - 第六节 污泥脱水(302)
 - 第七节 污泥的干燥与焚化(313)
 - 第八节 污泥的管道输送(316)
- 第二十一章 污水处理厂的设计(321)**
 - 第一节 厂址选择(321)
 - 第二节 厂、站处理方法和流程的选择(322)
 - 第三节 污水厂的平面布置(324)
 - 第四节 污水厂的高程布置(325)

第二篇 污水处理

第九章 污水水质和污水出路

第一节 污水水质

污水所含的污染物质千差万别,可用分析和检测的方法对污水中的污染物质作出定性、定量的检测以反映污水的水质。国家对水质的分析和检测制定有许多标准,其指标可分为物理、化学、生物三大类。

一、物理性指标

1. 温度

许多工业排出的废水都有较高的温度,这些废水排放水体使水温升高,引起水体的热污染。水温升高影响水生生物的生存和对水资源的利用。氧气在水中的溶解度随水温升高而减少。这样,一方面水中溶解氧减少,另一方面水温升高加速耗氧反应,最终导致水体缺氧或水质恶化。

2. 色度

色度是一项感官性指标。一般纯净的天然水是清澈透明的,即无色的。但带有金属化合物或有机化合物等有色污染物的污水呈现各种颜色。将有色污水用蒸馏水稀释后与参比水样对比,一直稀释到二水样色差一样,此时污水的稀释倍数即为其色度。

3. 嗅和味

嗅和味同色度一样也是感官性指标,可定性反映某种污染物的多寡。天然水是无嗅无味的。当水体受到污染后会产生异样的气味。水的异臭来源于还原性硫和氮的化合物、挥发性有机物和氯气等污染物质。不同盐分会给水带来不同的异味。如氯化钠带咸味,硫酸镁带苦味,铁盐带涩味,硫酸钙略带甜味等。

4. 固体物质

水中所有残渣的总和称为总固体(TS),总固体包括溶解物质(DS)和悬浮固体物质(SS)。水样经过滤后,滤液蒸干所得的固体即为溶解性固体(DS),滤渣脱水烘干后即是悬浮固体(SS)。固体残渣根据挥发性能可分为挥发性固体(VS)和固定性固体(FS)。将固体在 600℃ 的温度下灼烧,挥发掉的量即是挥发性固体(VS),灼烧残渣则是固定性固体(FS)。溶解性固体表示盐类的含量,悬浮固体表示水中不溶解的固态物质的量,挥发性固体反映固体的有机分量。

水体含盐量多将影响生物细胞的渗透压和生物的正常生长。悬浮固体将可能造成水道淤塞。挥发性固体是水体有机污染的重要来源。

二、化学性指标

1. 有机物

生活污水和某些工业废水中所含的碳水化合物、蛋白质、脂肪等有机化合物在微生物作用下最终分解为简单的无机物质、二氧化碳和水等。这些有机物在分解过程中需要消耗大量的氧,故属耗氧污染物。耗氧有机污染物是使水体产生黑臭的主要因素之一。

污水中有机污染物的组成较复杂,现有技术难以分别测定各类有机物的含量,通常也没有必要。从水体有机污染物看,其主要危害是消耗水中溶解氧。在实际工作中一般采用生物化学需氧量(BOD)、化学需氧量(COD、OC)、总有机碳(TOC)、总需氧量(TOD)等指标来反映水中需氧有机物的含量。

(1) 生化需氧量(BOD) 水中有机污染物被好氧微生物分解时所需的氧量称为生化需氧量(以 mg/L 为单位)。它反映了在有氧的条件下,水中可生物降解的有机物的量。生化需氧量愈高,表示水中需氧有机污染物愈多。有机污染物被好氧微生物氧化分解的过程,一般可分为两个阶段:第一阶段主要是有机物被转化成二氧化碳、水和氨;第二阶段主要是氨被转化为亚硝酸盐和硝酸盐。污水的生化需氧量通常只指第一阶段有机物生物氧化所需的氧量。微生物的活动与温度有关,测定生化需氧量时一般以 20℃ 作为测定的标准温度。一般生活污水中的有机物需 20 天左右才能基本上完成第一阶段的分解氧化过程,即测定第一阶段的生化需氧量至少需 20 天时间,这在实际工作中有困难。目前以 5 天作为测定生化需氧量的标准时间,简称 5 日生化需氧量(用 BOD₅ 表示)。据实验研究,一般有机物的 5 日生化需氧量约为第一阶段生化需氧量的 70% 左右,对其他工业废水来说,它们的 5 日生化需氧量与第一阶段生化需氧量之差,可以较大或比较接近,不能一概而论。

(2) 化学需氧量(COD) 化学需氧量是用化学氧化剂氧化水中有机污染物时所消耗的氧化剂量,用氧量(mg/L)表示。化学需氧量愈高,也表示水中有机

污染物愈多。常用的氧化剂主要是重铬酸钾和高锰酸钾。以高锰酸钾作氧化剂时,测得的值称 COD_{Mn} 或简称 OC。以重铬酸钾作氧化剂时,测得的值称 COD_{Cr} ,或简称 COD。如果废水中有机物的组成相对稳定,则化学需氧量和生化需氧量之间应有一定的比例关系。一般说,重铬酸钾化学需氧量与第一阶段生化需氧量之差,可以粗略地表示不能被需氧微生物分解的有机物质。

(3) 总有机碳(TOC)与总需氧量(TOD) 目前应用的 5 日生化需氧量(BOD_5)测试时间长,不能快速反映水体被有机质污染的程度。有时进行总有机碳和总需氧量的试验,以寻求它们与 BOD_5 的关系,实现自动快速测定。

总有机碳(TOC)包括水样中所有有机污染物质的含碳量,也是评价水样中有机污染质的一个综合参数。有机物中除含有碳外,还含有氢、氮、硫等元素,当有机物全都被氧化时,碳被氧化为二氧化碳,氢、氮及硫则被氧化为水、一氧化氮、二氧化硫等,此时需氧量称为总需氧量(TOD)。

TOC 和 TOD 都是燃烧化学氧化反应,前者测定结果以碳表示,后者则以氧表示。TOC、TOD 的耗氧过程与 BOD 的耗氧过程有本质不同,而且由于各种水样中有机物质的成分不同,生化过程差别也较大。各种水质之间 TOC 或 TOD 与 BOD 不存在固定的相关关系。在水质条件基本相同的条件下,BOD 与 TOC 或 TOD 之间存在一定的相关关系。

(4) 油类污染物 油类污染物有石油类和动植物油脂两种。工业含油污水所含的油大多为石油或其组分,含动植物的污水主要产生于人的生活过程和食品工业。

油类污染物进入水体后影响水生生物的生长、降低水体的资源价值。油膜覆盖水面阻碍水的蒸发,影响大气和水体的热交换。油类污染物进入海洋,改变海面的反射率和减少进入海洋表层的日光辐射,对局部地区的水文气象条件可能产生一定的影响。大面积油膜将阻碍大气中的氧进入水体,从而降低水体的自净能力。

随着石油工业的发展,石油类物质对水体的污染愈来愈严重。石油污染对幼鱼和鱼卵的危害很大。石油类污染还能使鱼虾类产生石油臭味,降低水产品的食用价值。

(5) 酚类污染物 酚类化合物是有毒有害污染物。水体受酚类化合物污染后影响水产品的产量和质量。水体中的酚浓度低时能影响鱼类的回游繁殖,酚浓度达 $0.1\sim 0.2\text{mg/L}$ 时鱼肉有酚味,浓度高时引起鱼类大量死亡,甚至绝迹。酚的毒性可抑制水微生物(如细菌、藻等)的自然生长速度,有时甚至使其停止生长。

2. 无机性指标

(1) 植物营养元素 污水中的 N、P 为植物营养元素,从农作物生长角度看,植物营养元素是宝贵的物质,但过多的 N、P 进入天然水体却易导致富营养化。

“富营养化”一词来自湖沼学。湖沼学家认为,富营养化是湖泊衰老的一种表现。湖泊中植物营养元素含量增加,导致水生植物的大量繁殖,主要是各种藻类的大量繁殖,使鱼类生活的空间愈来愈少。藻类的种类数逐渐减少,而个体数则迅速增加。通常藻类以硅藻、绿藻为主转为以蓝藻为主,而蓝藻有不少种有胶质膜,不适于作鱼料,有一些是有毒的。藻类过度生长繁殖还将造成水中溶解氧的急剧变化。藻类在有阳光的时候,在光合作用下产生氧气;在夜晚无阳光的时候,藻类的呼吸作用和死亡藻类的分解作用所消耗的氧能在一定时间内使水体处于严重缺氧状态,从而严重影响鱼类生存。在自然界物质的正常循环过程中,也有可能使某些湖泊由贫营养湖发展为富营养湖,进一步发展为沼泽和干地。水体富营养化现象除发生在湖泊、水库中,也发生在海湾内,但在有水流动的河流中发生较少。

水体中氮、磷含量的高低与水体富营养化程度有密切关系。就污水对水体富营养化作用来说,磷的作用远大于氮。

(2) pH 值 主要是指水样的酸碱性。 $\text{pH} < 7$ 是酸性; $\text{pH} > 7$ 是碱性。一般要求处理后污水的 pH 值在 6~9 之间。天然水体的 pH 值一般为 6~9,当受到酸碱污染时 pH 值发生变化,消灭或抑制水体中生物的生长,妨碍水体自净,还可腐蚀船舶。若天然水体长期遭受酸、碱污染,将使水质逐渐酸化或碱化,从而对正常生态系统产生影响。

(3) 重金属 重金属主要指汞、镉、铅、铬、镍,以及类金属砷等生物毒性显著的元素,也包括具有一定毒害性的一般重金属,如锌、铜、钴、锡等。

重金属是构成地壳的物质,在自然界分布非常广泛。重金属在自然环境的各部分均存在着本底含量,在正常的天然水中重金属含量均很低,汞的含量介于 0.001~0.01mg/L 之间,铬含量小于 0.001mg/L,在河流和淡水湖中铜的含量平均为 0.02mg/L,钴为 0.0043mg/L,镍为 0.001mg/L。

重金属作为有色金属在人类的生产和生活方面有广泛的应用。这一情况使得在环境中存在着各种各样的重金属污染源。采矿和冶炼是向环境中释放重金属的最主要的污染源。通过废水、废气、废渣向环境中排放重金属的工业企业举不胜举。由于人类活动进入环境的重金属量几乎相当于自然过程中的迁移量。前者常是点源,因而能在局部地区造成严重的污染后果。

三、生物性指标

1. 细菌总数

水中细菌总数反映了水体受细菌污染的程度。细菌总数不能说明污染的来源,必须结合大肠菌群数来判断水体污染的来源和安全程度。

2. 大肠菌群

水是传播肠道疾病的一种重要媒介,而大肠菌群被视为最基本的粪便污染指示菌群。大肠菌群的值可表明水样被粪便污染的程度,间接表明有肠道病菌(伤寒、痢疾、霍乱等)存在的可能性。

第二节 污染物在水体环境中的迁移与转化

一、水体的自净作用

以河流为例,河流的自净作用是指河水中的污染物质在河水向下游流动中浓度自然降低的现象。这种现象从净化机制来看,可分为以下几类:

(1)物理净化 是指污染物质由于稀释、扩散、沉淀等作用而使河水污染物质浓度降低的过程。其中稀释作用是一项重要的物理净化过程。

(2)化学净化 是指污染物质由于氧化、还原、分解等作用而使河水污染物质浓度降低的过程。

(3)生物净化 由于水中生物活动,尤其是水中微生物对有机物的氧化分解作用而引起的污染物质浓度降低的过程。

河流自净作用包含着十分广泛的内容,而在实际上这些作用又常是相互交织在一起。因此在具体情况下,研究工作中必然有所侧重。

1. 污水排入河流的混合过程

(1)竖向混合阶段 污染物排入河流后因分子扩散、湍流扩散和弥散作用逐步向河水中分散,由于一般河流的深度与宽度相比较小,所以首先在深度方向上达到浓度分布均匀,从排放口到深度上达到浓度分布均匀的阶段称为竖向混合阶段。在竖向混合阶段也存在着横向混合作用。

(2)横向混合阶段 当深度上达到浓度分布均匀后,在横向上还存在混合过程。经过一定距离后污染物在整个横断面达到浓度分布均匀,这一过程称为横向混合阶段。

(3)段面充分混合后阶段 在横向混合阶段后,污染物浓度在横断面上处处相等。河水向下游流动的过程中,持久性污染物浓度将不再变化,非持久性污染物浓度将不断减少。

2. 持久污染物的稀释扩散

当持久性污染物随污水稳态排入河流后,经过混合过程到达充分混合段时,

污染物浓度可由质量守恒原理得出河流完全混合模式：

$$\rho = \frac{\rho_w q_{Vw} + \rho_h q_{Vh}}{q_{Vw} + q_{Vh}} \quad (9-1)$$

式中： ρ ——排放口下游河水的污染物浓度；

ρ_w, q_{Vw} ——污水的污染物浓度和流量；

ρ_h, q_{Vh} ——上游河水的污染物浓度和流量。

3. 非持久性污染物的稀释扩散和降解

河断面达到充分混合后，污染物浓度受到纵向分散作用和污染物的自身的分解作用不断减少。根据质量守恒原理其变化过程可用下式描述：

$$u \frac{d\rho}{dx} = M_x \frac{d^2\rho}{dx^2} - K\rho \quad (9-2)$$

$$\rho = \rho_0 \exp \left[\frac{ux}{2M_x} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{4KM_x}{u^2}} \right) \right] \quad (9-3)$$

式中： u ——河水流速；

x ——初始点至下游 x 断面处的距离；

M_x ——纵向分散系数；

K ——污染物分解速率常数；

ρ_0 ——初始点的污染物浓度；

ρ —— x 断面处的污染物浓度。

4. 水体的氧平衡(氧垂曲线)

需氧污染物排入水体后即发生生物化学分解作用，在分解过程中消耗水中的溶解氧。在受污染水体中，有机物的分解过程制约着水体中溶解氧的变化过程。这一问题的研究，对评价水污染程度，了解污染物对水产资源的危害和利用水体自净能力，都有重要意义。

在一维河流和不考虑扩散的情况下，河流中的可生物降解有机物和溶解氧的变化可以用 S-P(Streeter-Phelps)公式模拟：

$$\frac{d\rho_L}{dt} = K_1\rho_L \quad (9-4)$$

$$\frac{d\rho_D}{dt} = K_1\rho_L - K_2\rho_D \quad (9-5)$$

在 $\rho_L(x=0) = \rho_{L0}, \rho_C(x=0) = \rho_{C0}, \rho_D(x=0) = \rho_{D0}$ 的初值条件下求得上述微分方程的解为：

$$\rho_L = \rho_{L0} e^{-K_1 t} \quad (9-6)$$

$$\rho_D = \rho_{D0} e^{-K_2 t} - \frac{K_1 \rho_{L0}}{K_1 - K_2} (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) \quad (9-7)$$

$$\rho_C = \rho_{CS} - (\rho_{CS} - \rho_{C0})e^{-K_2t} + \frac{K_1\rho_{L0}}{K_1 - K_2}(e^{-K_1t} - e^{-K_2t}) \quad (9-8)$$

式中： ρ_L, ρ_{L0} —— x 和 $x=0$ 处的河水 BOD_5 浓度, mg/L;

ρ_D, ρ_{D0} —— x 和 $x=0$ 处的河水亏氧浓度, mg/L, $\rho_D = (\rho_{CS} - \rho_C)$;

ρ_C, ρ_{C0} —— x 和 $x=0$ 处的河水溶解氧浓度, mg/L;

ρ_{CS} ——河水的饱和溶解氧浓度, mg/L;

t ——初始点至下游 x 断面处的河水流行时间, d, $t = x/u$ 。

图 9-1 表示一条被污染河流中生化需氧量和溶解氧的变化曲线。横坐标从左至右表示河流的流向和距离, 纵坐标表示溶解氧和生化需氧量的浓度。

将污水排入河流处定为基点 0, 向上游去的距离取负值, 向下游去的距离取正值。在上游未受污染的区域, BOD_5 很低, DO 接近饱和值, 在 0 点有污水排入。由溶解氧曲线可以看出: 溶解氧与 BOD_5 有非常密切的关系。在污水未排入前, 河水中溶解氧很高, 污水排入后因分解作用耗氧, 有机物耗氧速率大于大气复氧速率, 溶解氧从 0 点开始向下游逐渐减低。从 0 点流下 2.5 日, 降至最低点, 此点称为临界点。该点处耗氧速率等于复氧速率。临界点后, 耗氧速率因有机物浓度降低而小于复氧速率, 溶解氧又逐渐回升, 最后恢复到近于污水注入前的状态。在污染河流中溶解氧曲线呈下垂状, 称为溶解氧下垂曲线。

在图 9-1 中, 根据 BOD_5 与溶解氧曲线, 可以把该河划分为污水排入前的清洁水区, 排入后的水质污染恶化区, 恢复区和恢复后的清洁水区。图中斜线部分表示溶解氧受污染后降低的时间, 黑影部分表示溶解氧低于水体质量标准的时间。

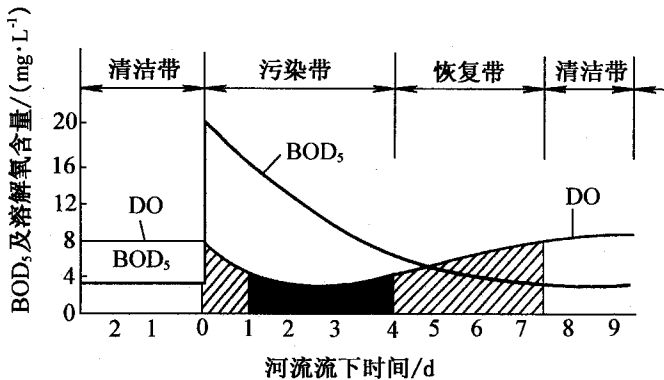


图 9-1 被污染河流中生化需氧量和溶解氧的变化曲线

二、污染物在不同水体中的迁移转化规律

污染物排入河流后,在随河水往下游流动的过程中受到稀释、扩散和降解等作用,污染物浓度逐步减小。污染物在河流中的扩散和分解受到河流的流量、流速、水深等因素的影响。大河和小河的纳污能力差别很大。

河口是指河流进入海洋前的感潮河段。一般以落潮时最大断面的平均流速与涨潮时最小断面的平均流速之差等于 0.05m/s 的断面作为河口与河流的交界。河口污染物的迁移转化受潮汐影响,受涨潮、落潮、平潮时的水位、流向和流速的影响。污染物排入后随水流不断回荡,在河流中停留时间较长,对排放口上游的河水也会产生影响。

湖泊、水库的贮水量大,但水流一般比较慢,对污染物的稀释、扩散能力较弱。污染物不能很快地和湖、库的水混合,易在局部形成污染。当湖泊和水库的平均水深超过一定深度时,由于水温变化使湖(库)水产生温度分层,当季节变化时易出现翻湖现象,湖底的污泥翻上水面。

海洋虽有巨大的自净能力,但是海湾或海域局部的纳污和自净能力差别很大。此外,污水的水温较高,含盐量少,密度较海水小,易于浮在表面,在排放口处易形成污水层。

地下水埋藏在地质介质中,其污染是一个缓慢的过程,但地下水一旦污染要恢复原状非常困难。污染物在地下水中的迁移转化受对流与弥散、机械过滤、吸附与解吸、化学反应、溶解与沉淀、降解与转化等过程的影响。

第三节 污水出路

为防止污染环境,污水在排放前应根据具体情况给予适当处理。污水的最终出路有:①排放水体;②工农业利用;③处理后回用。

一、排放水体及其限制

排放水体是污水的传统出路。从河里取用的水,回到河里是很自然的。污水排入水体应以不破坏该水体的原有功能为前提。由于污水排入水体后需要有一个逐步稀释、降解的净化过程,所以一般污水排放口均建在取水口的下游,以免污染取水口的水质。

水体接纳污水受到其使用功能的约束。《中华人民共和国水污染防治法》规定禁止向生活饮用水地表水源、一级保护区的水体排放污水,已设置的排污口,应限期拆除或者限期治理。在生活饮用水源地、风景名胜区水体、重要渔业水体

和其它有特殊经济文化价值的水体的保护区内,不得新建排污口。在保护区附近新建排污口,必须保证保护区水体不受污染。《污水综合排放标准 GB309-96》规定在《地面水质量标准 GB3838-88》中 I、II 类水域和 III 类水域中划定的保护区和《海洋水质量标准 GB3097》中规定的一类水域,禁止新建排污口。现有排污口按水体功能要求,实行污染物总量控制,以保证受纳水体水质符合规定用途的水质标准。对生活饮用水地下水源应当加强保护。禁止企业事业单位利用渗井、渗坑、裂隙和溶洞排放、倾倒含有毒污染物的废水和含病原体的污水。向水体排放含热废水,应当采取必要措施,保证水体的水温符合环境质量标准,防止热污染危害。排放含病原体的污水,必须经过消毒处理,符合国家有关标准后方准排放。向农田灌溉渠道排放工业废水和城市污水,应当保证其下游最近的灌溉取水点的水质符合农田灌溉水质标准。利用工业废水和城市污水进行灌溉,应当防止污染土壤、地下水和农产品。

二、污水回用

水资源缺乏是全球性问题。经过处理的城市污水被看作为水资源而回用于城市或再用于农业和工业等领域。随着科学技术的发展,水质净化手段增多,城市污水再生利用的数量和领域也逐渐扩大。总之,城市污水应作为淡水资源积极利用,但必须十分谨慎,以免造成患害。

污水回用应满足下列要求:①对人体健康不应产生不良影响;②对环境质量和生态系统不应产生不良影响;③对产品质量不应产生不良影响;④应符合应用对象对水质的要求或标准;⑤应为使用者和公众所接受;⑥回用系统在技术上可行、操作简便;⑦价格应比自来水低廉;⑧应有安全使用的保障。

城市污水回用领域有以下几个方面:

1. 城市生活用水和市政用水

(1) 供水 此类回用水易与人直接接触,对细菌指标和感官性指标要求较高。为防止供水管道堵塞,要求回用水除磷脱氮。

(2) 城市绿地灌溉 用于灌溉草地、树木等绿地,要求消毒。

(3) 市政与建筑用水 用于洒浇道路、消防用水和建筑用水(配置混凝土、洗料、磨石子等)。

(4) 城市景观 用于园林和娱乐设施的池塘、湖泊、河流、水上运动场的补充水。这类水应遵循《景观娱乐用水水质标准 GB12941-91》的规定。

2. 农业、林业、渔业和畜牧业

用于农作物、森林和牧草的灌溉用水,这类水对重金属和有毒物质要严格控制,要求满足《农田灌溉水质标准 GB5084-92》的要求。当用于渔业生产时,应符合《国家渔业水质标准 GB11607-89》。

3. 工业

(1) 工艺生产用水 水在生产中被作为原料和介质使用。作原料时,水为产品的组成部分或中间组成部分。作介质时,主要作为输送载体(水力输送)、洗涤用水等。不同的工业对水质的要求不尽相同,有的差别很大,对回用水的水质要求应根据不同的工艺要求而定。

(2) 冷却用水 冷却水的作用是作为热的载体将热量从热交换器上带走。回用水的冷却水系统易发生结垢、腐蚀、生物生长等现象。作为冷却水的回用水应去除有机物、营养元素 N 和 P,控制冷却水的循环次数。

(3) 锅炉补充水 回用于锅炉补充水时对水质的要求较高。若汽压高,需再经软化或离子交换处理。

(4) 其他杂用水 用于车间场地冲洗、清洗汽车等。

4. 地下水回灌

用于地下水回灌时,应考虑到地下水一旦污染,恢复将很困难。用于防止地面沉降的回灌水,应不引起地下水质的恶化。

5. 其他方面

主要回用于湿地、滩涂和野生动物栖息地,维持其生态系统的所需水。要求水中不含对回用对象的生态系统有毒有害的物质。

第十章 污水的物理处理

第一节 格栅和筛网

一、格栅的作用及种类

在排水工程中,格栅是用来去除可能堵塞水泵机组及管道阀门的较粗大悬浮物,并保证后续处理设施能正常运行。

格栅是由一组(或多组)相平行的金属栅条与框架组成。倾斜安装在进水的渠道,或进水泵站集水井的进口处,以拦截污水中粗大的悬浮物及杂质。

格栅所能截留污染物的数量,随所选用的栅条间距和水的性质而有很大的区别。一般以不堵塞水泵和水处理厂站的处理设备为原则。当采用PW型或PWL型污水泵时,格栅的栅条间距及所截留的污染物的数量可按表10-1选用。

表 10-1 污水泵型号,栅条间距与截留污染物的数量

水泵型号	栅条间距/mm	截留污染量/(L·d ⁻¹ ·L ⁻¹)
2 $\frac{1}{2}$ PW, 2 $\frac{1}{2}$ PWL	≤20	4~6
4PW, 4PWL	≤40	2.7
6PWL	≤70	0.8
8PWL	≤90	0.5
10PWL	≤110	<0.5
12PWL	≤150	0.3

设置在污水处理厂处理系统前的格栅,还应考虑到使整个污水处理系统能正常运行,对处理设施或管道等均不应产生堵塞作用。因此,可设置粗细两道格栅,栅条间距一般采用16~25mm,最大不超过40mm。所截留的污染物数量与地区的情况、污水沟道系统的类型,污水流量以及栅条的间距等因素有关。一般可参考下列数据。

① 当栅条间距为16~25mm时,栅渣截留量为0.10~0.05m³/10³m³污水。

② 当栅条间距为 40mm 左右时,栅渣截留量为 $0.03 \sim 0.01\text{m}^3/10^3\text{m}^3$ 污水。

栅渣的含水率约为 80%;密度约为 $960\text{kg}/\text{m}^3$ 。

格栅的清渣方法,有人工清除和机械清除两种。每天的栅渣量大于 0.2m^3 时,一般应采用机械清除方法。

1. 人工清理的格栅

中小型城市的生活污水处理厂或所需截留的污染物量较少时,可采用人工清理的格栅。这类格栅是用直钢条制成,一般与水平面成 $45^\circ \sim 60^\circ$ 倾角安放,倾角小时,清理时较省力,但占地则较大。图 10-1 为人工清理的格栅示意图。

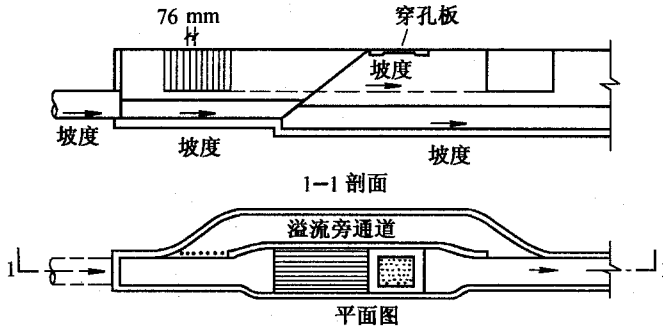


图 10-1 带溢流旁通道的人工清理格栅

表 10-2 几种机械格栅及其适用范围

类 型	适用范围	优 点	缺 点
链条式机械格栅	深度不大的中小型格栅。主要清除长纤维、带状物	①构造简单,制造方便。 ②占地面积小。	①杂物进入链条和链轮之间时,容易卡住。 ②套筒滚子链造价高,耐腐蚀差。
移动式伸缩臂机械格栅	中等深度的宽大格栅,现有类型耙斗适用于污水除污	①不清污时,设备全部在水面上,维护检修方便。 ②可不停水检修。 ③钢丝绳在水面上运行,寿命较长。	①需三套电动机、减速器,构造较复杂。 ②移动时,耙齿与栅条间隙的对位较困难。
圆周回转式机械格栅	深度较浅的中小型格栅	①构造简单,制造方便。 ②动作可靠,容易检修。	①配置圆弧型格栅,制造较困难。 ②占地面积较大。

续表

类 型	适用范围	优 点	缺 点
钢丝绳牵引式 机械格栅	固定式适用于中小型格栅， 深度范围较大。移动式适用 于宽大格栅	①适用范围广泛。 ②无水下固定部件的 设备，检修维护方 便。	①钢丝绳干湿交替，易 腐蚀，宜用不锈钢丝 绳。 ②有水下固定部件的 设备，设备检修时需 停水。

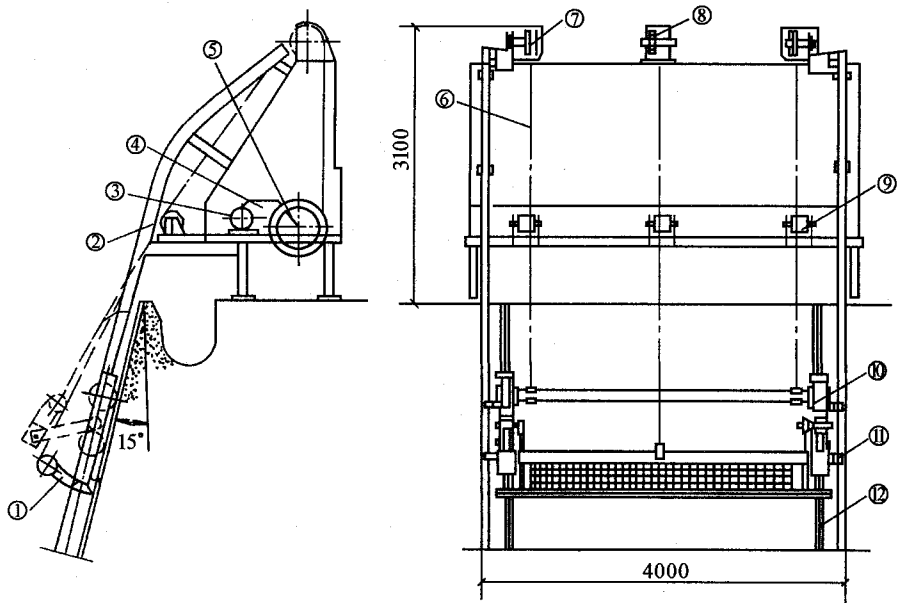


图 10-2 钢丝绳牵引三索式差动卷筒机械格栅

- ①除污耙；②上导轨③电动机；④齿轮减速箱；⑤钢丝绳卷筒；⑥钢丝绳；
⑦两侧转向滑轮；⑧中间转向滑轮；⑨导向轮；⑩滚轮；⑪侧轮；⑫扁钢轨道。

人工清渣的格栅，其设计面积应采用较大的安全系数，一般不小于进水管渠有效面积的 2 倍，以免清渣过于频繁。在污水泵站前集水井中的格栅，应特别注重有害气体对操作人员的危害，并应采取有效的防范措施。格栅间应设置操作平台。

2. 机械格栅

机械清渣的格栅，倾角一般为 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，有时为 90° 。机械清渣格栅过水面积，一般应不小于进水管渠的有效面积的 1.2 倍。

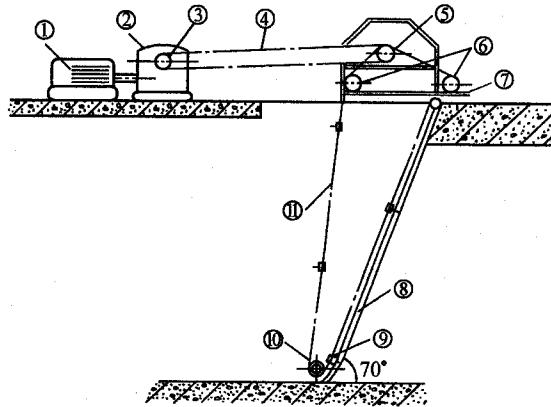


图 10-3 链条式格栅除渣机示意图

- ①电动机；②减速器；③主动链轮；④传动链条；⑤从动链轮；
⑥张紧轮；⑦导向轮；⑧格栅；⑨齿耙；
⑩导向轮；⑪除污链条

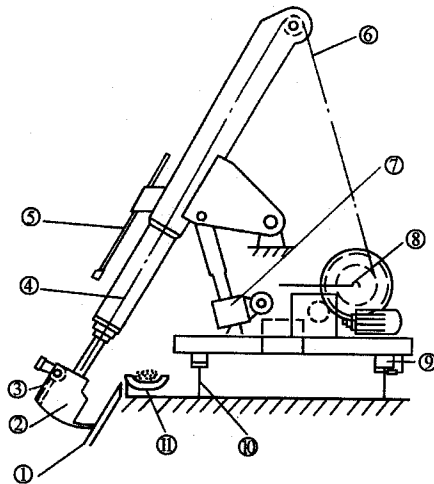


图 10-4 移动式伸缩臂机械格栅

- ①格栅；②耙斗；③卸污板；④伸缩臂；⑤卸污调整杆；
⑥钢丝绳；⑦臂角调整机构；⑧卷扬机构；
⑨行走轮；⑩轨道；⑪皮带运输机。

表 10-2 为目前我国常用的几种机械格栅。

格栅栅条的断面形状有圆形、矩形及方形，圆形的水力条件较方形好，但刚度较差。目前多采用断面形式为矩形的栅条。表 10-3 为栅条的断面形状及尺寸。

设置格栅的渠道,宽度要适当,应使水流保持适当的流速,一方面泥沙不至于沉积在沟渠底部,另一方面截留的污染物又不至于冲过格栅。通常采用 0.4~0.9m/s。

为了防止栅条间隙堵塞,污水通过栅条间距的流速一般采用 0.6~1.0m/s,最大流量时可高于 1.2~1.4m/s。

表 10-3 栅条的断面形状及尺寸

栅条断面形状	一般采用尺寸/mm
正方形	
圆形	
锐边矩形 迎水面为半圆的矩形	
迎水面背水面均为半圆形的矩形	

为了防止格栅前渠道出现阻流回水现象,一般在设置格栅的渠道与栅前渠道的联结部,应有一展开角 $\alpha_1 = 20^\circ$ 的渐扩部位(见图 10-5)。

二、格栅的设计与计算

通过格栅的水头损失 h_2 可以按下式计算:

$$h_2 = h_0 \cdot k$$

$$h_2 = \xi \frac{v^2}{2g} \cdot \sin \alpha \cdot k \quad (10-1)$$

式中: h_0 ——计算水头损失, m;

v ——污水流经格栅的速度, m/s;

ξ ——阻力系数,其值与格栅栅条的断面几何形状有关,见表 10-4;

α ——格栅的放置倾角;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

k ——考虑到由于格栅受污染物堵塞后,格栅阻力增大的系数,可用