

## 三、举例

1、已知某中型水厂输水干管流量  $Q=600\text{L/s}$ , 工作压力  $PN=0.6\text{MPa}$ , 拟采用 DN710 给水 UPVC 管, 求  $V$  和  $I$ 。

解: 查表 1,  $K_c=0.002817$ ,  $A=2.653 \times 10^{-8}$

$$V=K_c Q=0.002817 \times 600=1.69(\text{m/s})$$

$$I=AQ^{1.781}=2.653 \times 10^{-8} \times 600^{1.781}=0.002353$$

2、已知某城市配水管流量  $Q=140\text{L/s}$ , 工作压力  $PN=0.8\text{MPa}$ , 拟采用 DN450 给水 UPVC 管, 求  $V$  和  $I$ 。

解: 查表 2,  $K_c=0.007272$ ,  $A=2.560 \times 10^{-7}$

$$V=K_c Q=0.007272 \times 140=1.02(\text{m/s})$$

$$I=AQ^{1.781}=2.560 \times 10^{-7} \times 140^{1.781}=0.001700$$

3、已知某农村供水工程项目由世界银行贷款, 要求采用工作压力  $PN=1.0\text{MPa}$  的给水 UPVC 管, 某管段流量  $Q=36\text{L/s}$ , 请确定 DN、 $V$  和  $I$ 。

解: 查表 3,  $DN=225$ ,  $K_c=0.03017$ ,  $A=7.6823 \times 10^{-6}$

$$V=K_c Q=0.03017 \times 36=1.09(\text{m/s})$$

$$I=AQ^{1.781}=7.682 \times 10^{-6} \times 36^{1.781}=0.004542$$

4、已知某海边住宅区生活给水总管流量  $Q=10\text{L/s}$ , 由于地下水 pH 值较低, 且地面下土质具有腐蚀性, 指定采用工作压力  $PN=1.25\text{MPa}$  的给水 UPVC 管, 请确定 DN、 $V$  和  $I$ 。

解: 查表 4,  $DN=110$ ,  $K_c=0.1309$ ,  $A=2.566 \times 10^{-4}$

$$V=K_c Q=0.1309 \times 10=1.31(\text{m/s})$$

$$I=AQ^{1.781}=2.566 \times 10^{-4} \times 10^{1.781}=0.01550$$

5、某住宅一个单元立管流量  $Q=1.2\text{L/s}$ , 虽然实际工作压力较小, 但业主要求采用  $PN=1.6\text{MPa}$  的 UPVC 管, 求 DN、 $V$  和  $I$ 。

解: 查表 5,  $DN=50$ ,  $K_c=0.7015$ ,  $A=0.01418$

$$V=K_c Q=0.7015 \times 1.2=0.84(\text{m/s})$$

$$I=AQ^{1.781}=0.01418 \times 1.2^{1.781}=0.01962$$

洗浴污水, 废水处理, 过滤, 生物活性炭, 肖睿书 曲中酉  
中水处理设施.

## 过滤——生物活性炭技术处理洗浴污水

X799.03

②  
9-14

——宝钢钢管厂洗浴污水中水处理设施

兰淑澄  
司亚安

钢管厂洗浴污水中水处理设施是宝钢总厂全厂污水排放设施改造的一部分。

为保障职工的身体健康和改善职工的生活条件, 在工业企业的生产区和生活区建有数座浴室, 其排水量大, 但污染程度轻, 如能

进行适当处理达到“中水”标准, 不但可减少外排污水量, 又可充分利用水资源, 具有很好的经济效益与环境效益。

鉴于上述情况, 宝钢工程指挥部设计管理处采用北京市环境保护科学研究院研究开

发的过滤—生物活性炭处理工艺,作为宝钢钢管厂洗浴污水中水处理工艺,使处理出水达到“中水”标准(参考北京市“中水”暂行标准),作为绿化浇洒及就近厕所冲洗用水。

### 一、洗浴污水的水质和水量

#### 1、洗浴污水的来源

钢管厂洗浴污水来自厂内浴池,洗浴水每日发生时间约 10 小时,排水量约为 800m<sup>3</sup>/d。

### 2、设计进出水水质

根据甲方提出的要求设计进出水水质见表 1。

### 3、中水设施规模及回用方案

中水设施规模按 500m<sup>3</sup>/d 设计,其余未处理的污水溢流到污水管道排出厂外。甲方计划将达到中水标准的出水的 40%回用,60%暂排入雨水管道,作为减轻全厂外排污水负荷的一种措施。

中水水处理设施进出水水质

表 1

| 项 目                      | 设计进水水质  | 设计出水指标  | 备 注      |
|--------------------------|---------|---------|----------|
| pH 值 (mg/L)              | 6.9~7.5 | 6.5~8.0 |          |
| SS (mg/L)                | 50      | <10     |          |
| COD <sub>cr</sub> (mg/L) | 120     | <40*    | 宝钢总厂要求指标 |
| BOD <sub>5</sub> (mg/L)  | 70      | <10     |          |
| 嗅                        |         | 无不快感    |          |
| 合成洗涤剂(LAS,mg/L)          |         | <2      |          |
| 细菌总数(个/ml)               |         | <100    |          |
| 总大肠菌群数(个/l)              |         | <3      |          |
| 游离氯(mg/L)                |         | >0.2    |          |

\* 北京市暂行中水标准为<50mg/L。

### 二、洗浴污水中水处理工艺的选择及原理

#### 1. 处理工艺流程的选择

洗浴污水中主要的污染物质是:皮屑、灰尘及洗涤剂等,同生活污水相比,其 COD、BOD 及 SS 浓度较低,但洗涤剂含量较高。洗涤剂是难于降解的物质。

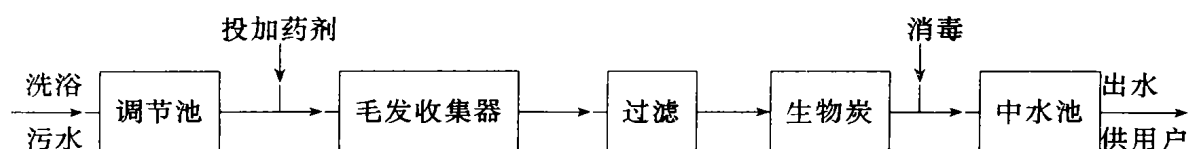
目前,处理洗浴污水有以生物处理为主的流程和以物化处理为主的流程。

在以生物处理为主(如生物接触氧化)的流程中,其生物处理部分停留时间长,对于洗涤剂等生物难降解的物质要增加复杂的后处理部分,这不仅增大基建投资规模,而且占地面积大,动力消耗高;另一方面,由于洗浴污水排放时间集中,处理设备随原污水量的变

化而开停,不利于微生物的生长,对中水处理效果影响很大。并且较难以实行全自动控制方式运行。

在以物化处理为主的工艺流程中,过滤——活性炭吸附处理工艺流程,在中水处理中也较多采用。这种流程虽在停留时间,处理效果,占地面积及自动控制操作等方面优于生物处理流程,但由于单纯活性炭吸附饱和周期较短,要经常再生或更换新炭,使操作管理复杂,运行成本较高。

鉴于上述情况,针对洗浴污水在水质,水量及排放规律上的特点,以及钢管厂现场的具体情况,本次设计选用混凝过滤——生物活性炭处理工艺。工艺流程示意图如下:



## 2、过滤——生物炭技术原理及特点

### (1)基本原理

随着人们生活习惯的不同,洗浴污水的水量和浓度也有明显的差异。但一般情况下洗浴污水中除含人体皮肤分泌物、油脂、毛发、纸屑、塑料袋,污垢等外,还含合成洗涤剂和香精等污染物质以及细菌,致病菌和病毒等。表2为不同类型洗浴污水水质。

由表2可以看出,洗浴污水中悬浮物为

COD含量的40%左右,污水中的悬浮物质和胶体物通过投加混凝剂形成大颗粒的絮凝体分散在水中,当污水经过过滤后,这些絮凝体被截留,一般情况下洗浴污水经混凝过滤处理后COD、BOD及SS的去除率分别为40%、30%、60%。有时根据洗浴污水水质情况,也可不投加或极少投加絮凝剂。生物活性炭的作用主要是去除溶解性的有机污染物。

不同类型洗浴污水水质

表2

| 项 目   | COD<br>(mg/L) | BOD<br>(mg/L) | SS<br>(mg/L) | LAS<br>(mg/L) | pH 值    | 色度<br>(倍) | 嗅      | 细菌总数<br>(个/ml)    | 总大肠菌群<br>(个/l)   |
|-------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------|-----------|--------|-------------------|------------------|
| 公寓洗浴水 | 60            | 20            | 20           | 5.5           | 6.5~7.5 | 5         | 洗涤剂味强烈 | $66 \times 10^3$  | $24 \times 10^3$ |
| 公共浴池  | 242—543       | 179—256       | 110—164      | 2.0—4.8       | 8.0     | —         | —      | 无法计数              | —                |
| 宾馆、饭店 | 50—150        | 25—80         | 30—50        | 2.7—5.0       | 8.1     | 3         | 香精     | $1.6 \times 10^3$ | $24 \times 10^3$ |

生物活性炭法处理污水的过程,涉及活性炭颗粒、微生物、水中污染物及溶解氧四个因素在溶液中的作用。

活性炭与污染物质之间的相互作用是属于单纯活性炭吸附,即与活性炭表面积、微孔结构、以及活性炭对污染物的吸附特性有关。

微生物与溶解氧的作用是微生物利用水中的溶解氧得以繁殖。微生物降解水中污染物的过程是微生物获取能量和营养的过程。

由于活性炭的吸附作用,以及活性炭和微生物的协同作用,可以促进生物炭上微生

物对污染物的降解。当活性炭的吸附速度和生长在活性炭上的微生物降解有机物的速度达到平衡时,此时生物炭的处理效果达到最佳状态。因此生物活性炭法可较单纯活性炭吸附延长活性炭的饱和周期,提高活性炭的吸附容量。用于洗浴污水中水处理是经济有效的。

### (2)工艺特点

①易于采用全自动控制系统操作,可以做到基本无人或与其它岗位兼职看管。

②运转操作简便,可随水质变化调整处

理流程的运行方式,当活性炭初期投入使用时由于吸附性能好,可省去投加混凝剂,当处理后的出水不回用时也可不进行消毒直接排放。

③采用轻质滤料(聚乙烯塑料颗粒),其机械性能好,不易磨损,基本不需补加或更换滤料,并且过滤周期长,反冲频率低,反冲洗水量少,不需大流量反冲洗水泵,因而减小了中水池容积,节省了动力消耗。

④由于活性炭表面有好氧微生物的生长繁殖,可产生活性炭吸附与好氧微生物降解的协同作用,延长了活性炭的使用周期,提高了活性炭的吸附容量。

⑤设备简单,易于装置化,且占地面积小。

### 三、主要构筑物、装置及设备

过滤——生物活性炭中水处理工艺主要构筑物总容积为  $460\text{m}^3$ ;装置及设备总占地面积为  $200\text{m}^2$ 。在用地紧张的情况下,可将调节池及中水池放在中水装置的下部。

#### 1. 调节池

洗浴污水每天几次排放,为调节水量均化水质需设调节池,本设计调节池容积为  $325\text{m}^3$ 。采用钢筋混凝土结构。

#### 2. 中水贮存池

中水贮存池容积为  $127\text{m}^3$ 。采用钢筋混凝土结构。

#### 3. 毛发聚集器

选用《全国通用给排水标准图集》S220 钢制毛发聚集器(I型)。洗浴污水由提升泵送入滤池前,去除水中较粗大的悬浮物、纸张、毛发等,保证后续设备的正常运行。毛发聚集器可以定期清洗,操作简单。

#### 4. 过滤塔

采用高压聚乙烯轻质滤料升流式常压过滤塔,空塔流速  $LV = 7\text{m/h}$ ,设计流量  $Q = 22\text{m}^3/\text{h}$ ,塔径  $D = 2\text{m}$ ,滤料高度  $H_t = 1.0\text{m}$ ,

滤池采用气水联合反冲,一般每天反冲一次,具体可根据水质情况调整。

#### 5. 生物活性 炭塔

选用降流式生物活性炭塔,空塔流速  $LV = 4\text{m/h}$ ,塔径  $D = 2.6\text{m}$ ,内装填宁夏太西煤为原料的颗粒净水活性炭( $\phi 1.5\text{mm}$ 、 $H = 3\text{mm}$ 的柱状炭),炭层高  $H = 2\text{m}$ 。为使生物炭塔生产好氧微生物,要求向炭塔内不断送入空气,气:水 = 4:1。活性炭一般每天反冲一次,冲洗强度为  $10\text{L/s} \cdot \text{m}^2$ 。

#### 6. 出水计量堰

为调节处理系统的处理流量,在系统出水端设置三角计量堰,通过计量堰上水头确定处理水量,过堰水深按以下公式计算  $h = (Q/1.4)^{2/5}$ ,当  $Q = 22\text{m}^3/\text{h}$ ,  $h = 114\text{mm}$ 。

#### 7. 泵的选取

##### 1. 原水泵

原水泵设置 2 台(一备一用)型号为 500WHL—2.2 潜水排污泵。

##### 2. 反冲洗泵

反冲洗泵设置 2 台潜水泵(一备一用)。因缺少能满足反冲洗设计流量  $Q = 190\text{m}^3/\text{hr}$ ,  $H = 16.1\text{m}$  的潜水泵。故选 150QWHL—7.5 型潜水排污泵,必要时两台泵同时工作以满足反冲强度要求。

#### 9. 混凝剂投药系统

为去除洗浴污水中悬浮的和胶体物质,特别是各式各样的洗涤剂,减轻生物炭的处理负荷,在提升泵进水口处投加混凝剂。

投药量按每  $\text{m}^3$  污水投加  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  80 克计,精制硫酸铝  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  中有效成份为 50%,则每日需投加药量 80kg。

根据上述计算,选用 DY—I—500 型加药装置。

#### 9. 消毒系统

选用 YD 系列高效混合消毒剂发生器,通过食盐电解产生以  $\text{ClO}_2$  为主,伴有  $[\text{CL}]$ 、

$O_3$ 、 $H_2O_2$  等强氧化混合气体。

消毒气体用量按  $2.0g/m^3 \cdot$  水设计,单位时间消毒气体用量为  $44g/h$ ,考虑一定的余量选用 YD—5 型,消毒气体产量  $100g/h$ 。

耗盐量  $1.6g/g \cdot$  气体计,则每天耗盐量应为  $3.84kg/d$ 。

#### 四、电器设备及自动控制的设计要求

##### 1、过滤——生物炭处理工艺要求

(1)中水处理系统总装机容量为  $40KW$ ;

(2)过滤及生物炭塔在连续运转 23 小时后进行自动反冲洗。

##### 2、自动控制系统设计要求

(1)自控系统所控的设备、阀门如有一处发生故障后应全线停车;

(2)每台设备应具有手动开启和自动控制功能,并能在控制盘上控制操作;

(3)调节池内水位自动控制装置应与系统自动控制装置联网;

(4)空压机为常开设备,可独立控制;

(5)消毒剂发生器产气工作时独立控制,投加时与中水回用装置(气压给水罐)联动;

(6)混凝剂溶药箱采用人工控制独立工作,投药箱应与提升泵联动;

(7)中水处理装置工作时间应为累计时间,反冲步骤时间间隔应可以调节。

#### 五、运行试验结果

该套装置自 1994 年 5 月调试运行到 1994 年 9 月三个多月的时间,其运行操作简单,全自动控制基本无人操作,运行效果好,处理出水达到了原设计中水标准。洗浴污水经过滤——生物炭处理装置处理后,出水 pH 为  $6.2 \sim 7.2$ ;SS 为  $4.8 \sim 12.4$ ;  $COD_{Cr}$  为  $16.6$

$\sim 33.2$ ;  $BOD_5$  为  $0.58 \sim 11.8$ ;合成洗涤剂为  $0.026 \sim 1.30$ 。处理出水水质各项指标均达到中水标准和宝钢排放标准。到目前为止出水水质仍达到设计要求。

#### 六、中水装置投资及运行成本

##### 1、中水装置投资

本报告仅对中水处理装置的投资,从工艺设计角度进行估算,中水设施中土建部分的投资未包括在内。表 3 为过滤——生物活性炭中水处理装置投资估算。

##### 2、中水运行成本

表 4 为本项目工艺设计时进行的中水运行成本估算。

由表 4 可以看出,处理洗浴污水达到中水标准时的运行成本为  $0.33$  元/ $m^3$ ,如果不投加混凝剂时运行成本为  $0.186$  元/ $m^3$ 。

#### 七、结论及建议

1. 过滤——生物活性炭技术处理洗浴污水,具有流程简单、占地面积小,运行成本低、运行操作灵活,易于全自动控制及出水水质达到中水水质标准等优点,是一种经济、有效及实用的中水处理工艺。

2. 过滤——生物活性炭中水处理装置采用 PLC 控制系统,可达到启动、运行、反洗、停车等全自动控制操作,除配药及巡回检查外,可作到基本无人管理,运行可靠、节省人力。

3. 过滤——生物活性炭工艺处理出水经消毒后可回用作为生活杂用水,不但节约用水,还可缓减排放的污染负荷,是节水减污的有效措施。

过滤——生物活性炭中水装置投资估算

表 3

| 序号 | 项 目       | 单 位 | 数 量 | 单 价<br>(万元) | 合 价<br>(万元) | 备 注                     |
|----|-----------|-----|-----|-------------|-------------|-------------------------|
| 1  | 中水处理装置    |     |     |             |             |                         |
|    | (1)过滤塔    | 套   | 1   | 3.5         | 3.5         | 包括配套管件,管道及部分操作台         |
|    | (2)生物活性炭塔 | 套   | 1   | 6.5         | 6.5         | 同上                      |
|    | (3)投配药装置  | 套   | 2   | 2.5         | 5.0         | 包括混凝及消毒装置               |
| 2  | 设备        |     |     |             |             |                         |
|    | (1)污水提升泵  | 台   | 2   | 1.0         | 2.0         | 潜污泵,包括电器保护装置<br>包括所带储气罐 |
|    | (2)冲洗水泵   | 台   | 2   | 1.4         | 2.8         |                         |
|    | (3)空气压缩机  | 台   | 1   | 2.0         | 2.0         |                         |
| 3  | 自动控制系统    |     |     |             |             |                         |
|    | (1)电动阀    | 个   | 7   | 0.42        | 3.0         | 国产<br>进口<br>自行制作        |
|    | (2)电磁阀    | 个   | 2   | 1.0         | 2.0         |                         |
|    | (3)自动控制箱  | 套   | 1   | 6.0         | 6.0         |                         |
| 4  | 流量计       | 台   | 1   | 1.0         | 1.0         |                         |
| 5  | 滤料        | 吨   | 3.0 | 0.5         | 1.5         | 聚乙烯轻质滤料                 |
| 6  | 活性炭       | 吨   | 6.0 | 0.4         | 2.4         | 宁夏太西煤为原料                |
|    | 合 计       |     |     |             | 37.7        |                         |

中水处理装置运行成本估算

表 4

| 序号 | 项 目  | 单 位  | 单 价<br>(元) | 每天消耗<br>数 量 | 费 用<br>(元/m <sup>3</sup> ) | 备 注                               |
|----|------|------|------------|-------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1  | 电耗   | KW·h | 168        | 0.134       |                            |                                   |
| 2  | 滤前加药 | kg   | 0.9        | 80          | 0.144                      | 市售精制硫酸铝                           |
| 3  | 消毒   | kg   | 0.64       | 3.84        | 0.005                      | 用工业 NaCl 电解产生 ClO <sub>2</sub> 气体 |
| 4  | 人工费  | 人    | 0.5        | 34          | 0.034                      | 巡回检查与配药                           |
| 5  | 活性炭  | kg   | 0.4        | 17.0        | 0.0133                     | 每年更换一次                            |
|    | 合 计  |      |            |             | 0.33                       |                                   |

注:1. 处理水量按 500m<sup>3</sup>/d 计;

2. 运行成本未包括设备折旧费

北京市环科院 司亚安 兰淑澄  
宝钢工程指挥部设计管理处 陈淑桂