

编号: 0102

内 部

科学技术成果报告

油水分离装置试验及其应用

科学技术文献出版社

目 录

前言.....	(1)
一、油水分离装置原理.....	(1)
(一) 含油污水处理方法.....	(1)
(二) 油水分离装置的工作原理.....	(2)
(三) 水流状态对油水分离的影响.....	(5)
二、几种油水分离装置介绍.....	(6)
(一) 平放式小波双波纹板油水分离装置.....	(7)
(二) 平放式小列管油水分离装置.....	(11)
(三) 平放式大列管油水分离装置.....	(12)
(四) 倾斜式大波双波纹板油水分离装置.....	(12)
三、试验数据分析.....	(15)
(一) 平放式小波双波纹板油水分离装置.....	(15)
(二) 平放式小列管油水分离装置.....	(17)
(三) 平放式大列管油水分离装置.....	(18)
(四) 倾斜式大波双波纹板油水分离装置.....	(18)
(五) 结论.....	(19)
四、油水分离装置在压舱水处理场工程上的应用.....	(19)

油水分离装置试验及其应用

交通部科学研究院、铁道部建厂工程局、

青岛港务管理局

前 言

随着我国石油工业的发展，石油海上运输量不断增加，沿海水域石油污染也日益严重。这对港口和水上交通安全、水产资源和国家主权等都带来不利的影响。如何防治海水石油污染，已成为港口建设中急需解决的重要课题之一。

为此，交通部科学研究院、铁道部建厂工程局和交通部青岛港务管理局从1974年开始，对国内外有关污水处理的资料和生产实际进行了调查研究，吸取了有关经验。在此基础上设计制造了几种不同结构的小型油水分离装置。在黄岛油区进行了现场试验，取得了初步效果，并将试验成果应用到黄岛油区工程污水处理场的设计中。

由于时间短、任务要求紧迫，油水分离装置的试验研究工作，无论在深度和广度方面都有一定的局限性。加之我们的水平不高，经验不足，整个试验设计一定存在不少的问题。尤其从小型试验到工程实际的应用，是否能达到预期的效果，尚有待污水处理场投产后的检验。我们一定要遵照毛主席关于实践——认识——再实践——再认识的教导，不断改进和提高，为防治港口水域油污染而努力。

一、油水分离装置原理

（一）含油污水处理方法

含油污水的处理方法，有物理法、化学法和生物法三种。物理处理法种类较多，经常采用的有浮上分离法、气浮法、加热分离法、吸附过滤法、粗粒化法、电解法等。化学处理法，主要用于处理污水中的乳化油，通常采用的是在油污水中投入凝聚剂，如硫酸铝、硫酸亚铁、三氯化铁等，生成絮状物吸附油珠使其上浮，从而达到油水分离的目的。常用的有浮选池等。生物处理法是作为含油污水的深度处理，主要是利用微生物特有的生活过程，使部分有机物（如油类）被微生物分解后吸收，其余部分则被氧化成简单的无机物，同时为微生物提供能源，从而使水得到净化。通常有生物滤池和曝气池等。

所谓浮上分离法处理油污水，就是根据油水比重不同，利用油水比重差，使油上浮，达到分离的目的。其中有静置分离，利用机械、材料分离，以及离心分离等。以前的油水分离器，虽然结构不同，种类繁多，但其基本原理多为重力式浮上分离。

近几年来，利用上述原理，采用平行板式、斜板（平板、波纹板）和粗粒化式（双波纹板型、列管、蜂窝管、填料）等装置处理含油污水，取得良好效果。使用该装置的特点是使

水中的油珠上浮高度降低,以及油珠上浮过程中互相碰撞由小变大,加速油珠上浮的速度。同时改善了水流状态,从而提高油水分离的效果,采用上述方法处理含油污水具有效率高,

运营费用低,操作维修方便的优点。目前,国内已有试验性实例,并在继续研究提高粗粒化元件的性能。本试验的双波纹板(峰谷对置)、列管分离装置均属粗粒化装置。

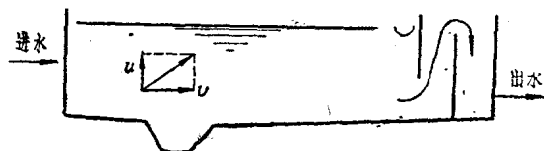


图1 平流式隔油池

(二) 油水分离装置的工作原理

1. 平流式隔油池

平流式隔油池(如图1)是利用油水比重差,油珠自然上浮,达到油水分离的目的。油珠的上浮速度按斯托克斯公式:

$$u = \frac{g}{18\mu} (\rho_{\text{水}} - \rho_{\text{油}}) d^2 \quad (1)$$

式中:

- u —— 油珠上浮速度 (厘米/秒)
- $\rho_{\text{水}}$ —— 水的比重 (克/厘米³)
- $\rho_{\text{油}}$ —— 油的比重 (克/厘米³)
- d —— 油珠直径 (厘米)
- μ —— 水的动力粘滞系数 (克/厘米·秒)
- g —— 重力加速度 (厘米/秒²)

由上式可知,油珠的上浮速度,与油珠的直径、比重和水的比重及其动力粘滞系数有关。

设有一理想隔油池,并作如下

的假定:

- (1) 隔油池中各过水断面上各点的水流速度均相同;
- (2) 油珠在上浮过程中,以等速上浮;
- (3) 油珠在上浮过程中的水平分速等于水流速度;
- (4) 浮到水面的油珠即被除去。

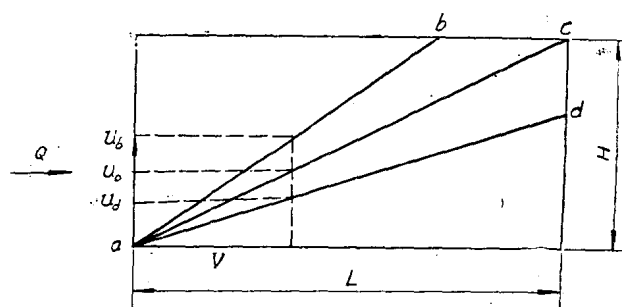


图2 $u-v$ 关系示意图

当油珠随水进入隔油池后,一方面随着水流在水平方向流动,另一方面沿垂直方向上浮。每一油珠都有一个水平分速 V 和一个垂直分速 u ,根据运动学速度合成的原理,油珠运动的轨迹是一系列倾斜的直线,其坡度为 u/V ,见图2。

从图2可以看出,当油珠的上浮速度 $\geq u_0$ 时,上浮油珠可浮到隔油池水表面被隔出,如 $a-b$, $a-c$ 线。当油珠上浮速度 $< u_0$ 时,上浮油珠就不能浮到隔油池水表面,而被水带走,如 $a-d$ 线。所以, u_0 是油珠能够浮到隔油池水表面的最小上浮速度。

由图2可得出以下的关系式:

$$\frac{u_0}{V} = \frac{H}{L}$$

$$u_0 = \frac{H}{L} V \quad (2)$$

式中:

L ——隔油池长

H ——隔油池水深

油珠在池内的停留时间:

$$t = \frac{L}{V} = \frac{H}{u_0} \quad (3)$$

从(2)式可知,当保持来水流速不变时,降低池深或增长池长,可使 u_0 降低。但对同一种含油污水,当油珠直径、比重及水的温度为定值时,则 u_0 亦为定值。因此,降低 u_0 ,意味着使更小的油珠可以浮上来得以隔出,从而提高除油效果。

另外,当上述隔油池流量为 Q ,则可得:

$$Q = VHB$$

将(2)式代入

$$Q = L B u_0 = A_b u_0$$

$$u_0 = \frac{Q}{A_b} \quad (4)$$

式中:

Q ——流量

A_b ——隔油池水表面积

B ——隔油池宽

(4)式中 $\frac{Q}{A_b}$ 称表面负荷率,它与油珠上浮速度的数值相同,但单位不同。

由(4)式可知,当油污水处理量不变时,加大表面积可减小 u_0 ,即降低了油珠的最小分离粒径,使更多的油珠能被分离出来。

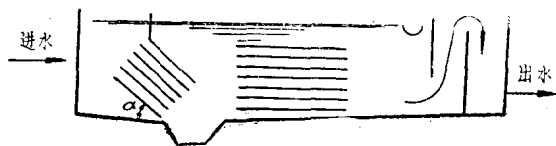


图3 平行板组隔油池

2. 平行板组隔油池

根据上述原理,在平流式隔油池中,水平放置若干块平行板将隔油池分成若干层(如图3),使油珠上浮高度降低。在保持流速一定的条件下,则 u_0 可

以减小,小粒径的油珠就可隔出。假如将隔油池安放 n 块平行板,保持流速不变,由(1)和(2)式可求得:

$$d_n = \frac{d_0}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

式中:

d_0 ——平流式隔油池能隔出的最小油珠直径

d_n ——加 n 块平行板后能隔出的最小油珠直径

从(5)式可知,平流式隔油池加 n 块平行板后,隔出的最小油珠直径可减小 $\sqrt{n}$ 倍,但由于布水不均匀的影响,实际效果比理论计算值低。

3. 波纹板组隔油池

波纹板组隔油池是将平行板组隔油池中的平板改为波纹板,其原理与平行板相同。但与平板相比有如下特点:

(1) 由于波纹板比平板与水的接触面增加,湿周增大,雷诺数降低,使在层流范围处理的水量增加;

(2) 波纹板比平板油珠凝集的效果好;

(3) 波纹板比平板刚度好。

另外,为了便于使被隔出的油和泥除去,在平行板隔油池和波纹板隔油池中,将板组按一定的倾斜角度(一般为 $40^\circ \sim 60^\circ$)放置,称为斜板隔油池(参见图3),

其计算公式:

$$u_0 = \frac{Q}{nbl \cos \alpha + LB} \quad (6)$$

$$\frac{L}{H} = \frac{V \pm u_0 \sin \alpha}{u_0 \cos \alpha} \quad (7)$$

式中:

l ——板长

b ——板宽

n ——板数

α ——倾斜角度

其他符号与前述相同。

4. 粗粒化装置

随着平行板、波纹板隔油池的发展,又进一步出现了列管、双波纹板、蜂窝管和某些填料等粗粒化油水分离装置(如图4、5)。该装置除具有平板和波纹板的优点外,它们还具有一个共同特点,就是其本身构成许多个小水腔,水在小水腔内按一定的速度分布曲线流动,处于不同位置的油珠,其水平流速和上浮速度均不相同。加之板组的特有形状和水流的稳定性,致使油珠在水腔内相互碰撞,由小变大,称为粗粒化。

油珠在圆管水腔上浮过程中发生碰撞,其模型如图6。

设有大小两个油珠,其粒径小者为 d_1 和大者 d_2 ,分别从 a 、 b 点上浮到管上壁的运动轨迹为 $a-a'$ 、 $b-b'$,如果在 c 点发生碰撞,两个油珠聚合成一个大油珠,其粒径为 d_3 ,上浮速

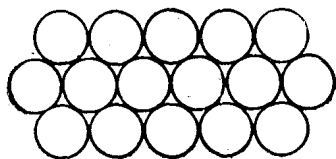


图4 圆管型

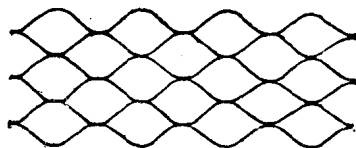


图5 双波纹板型

度增高, 浮到管壁 c' 点, 其运动轨迹为 $c-c'$ 。设其上浮速度为 u_3 , 则可得出如下公式:

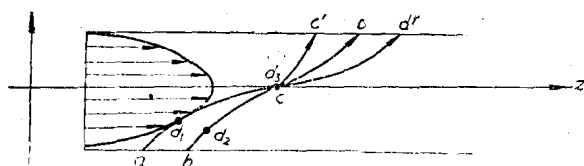


图6 油珠在水腔中碰撞模型图

$$\frac{u_3}{u_2} = \left(\frac{d_1^3}{d_2^3} + 1 \right)^{2/3} \quad (8)$$

假设: $d_2 = 2d_1$

则碰撞后合成油珠(d_3)的上浮速度比大油珠(d_2)的上浮速度约增加8%。综合上述, 粗粒化装置具有如下

优点。

- (1) 粗粒化装置与水接触面积大, 使表面负荷率小, 利于油水分离;
- (2) 油珠上浮距离小, 浮上时间短, 使更小的油珠有可能被分离出来, 提高油水分离效果;
- (3) 油珠上浮过程中, 碰撞效果好, 因而大大提高了分离效果;
- (4) 湿周大, 水力半径小, 因而雷诺数降低, 费洛德数增大, 使水流处于层流状态, 有利于油水分离;
- (5) 装置结构紧凑, 强度、刚度提高, 受力条件好。

(三) 水流状态对油水分离的影响

油水分离的效果, 除与上述各因素有关外, 和水的流动状态也有很大关系。一般降低雷诺数 Re , 增大费洛德数 F_r , 使水流稳定, 保持在层流区, 有利于油珠上浮, 达到油水分离的目的。

雷诺数 Re 和费洛德数 F_r 的计算公式如下:

$$Re = \frac{VR}{v} = \frac{VA}{vP} \quad (11)$$

$$F_r = \frac{V^2}{Rg} = \frac{V^2P}{Ag} \quad (12)$$

式中:

V ——水流流速;

R ——水力半径, $R = \frac{A}{P}$;

v ——水的运动粘滞系数;

A ——过水断面积;

P ——湿周;

g ——重力加速度。

由(11)和(12)式可知, 只有增大湿周, 才能既降低雷诺数, 同时又增大了费洛德数。列管和双波纹板隔油池, 水在管内和波腔间流动, 具有较大的湿周, 较小的水力半径。为使水流保持在层流区, 一般使雷诺数和费洛德数保持在下述范围:

$$Re = \frac{VR}{v} < 500$$

$$F_r = \frac{V^2}{Rg} > 10^{-5}$$

二、几种油水分离装置介绍

为了适应青岛黄岛油区油污水处理场设计的需要，我们针对油轮含油压舱水水质的特性，参考了国内外有关资料，研究设计了五种油水分离装置，并通过现场试验，进行分析比较，从中选取较好的型式，以便应用于污水处理场工程上。四种油水分离装置是（参见图7、8、9）：平放式小波双波纹板油水分离装置；平放式小列管油水分离装置；平放式大列管油水分离装置；倾斜式大波双波纹板油水分离装置。

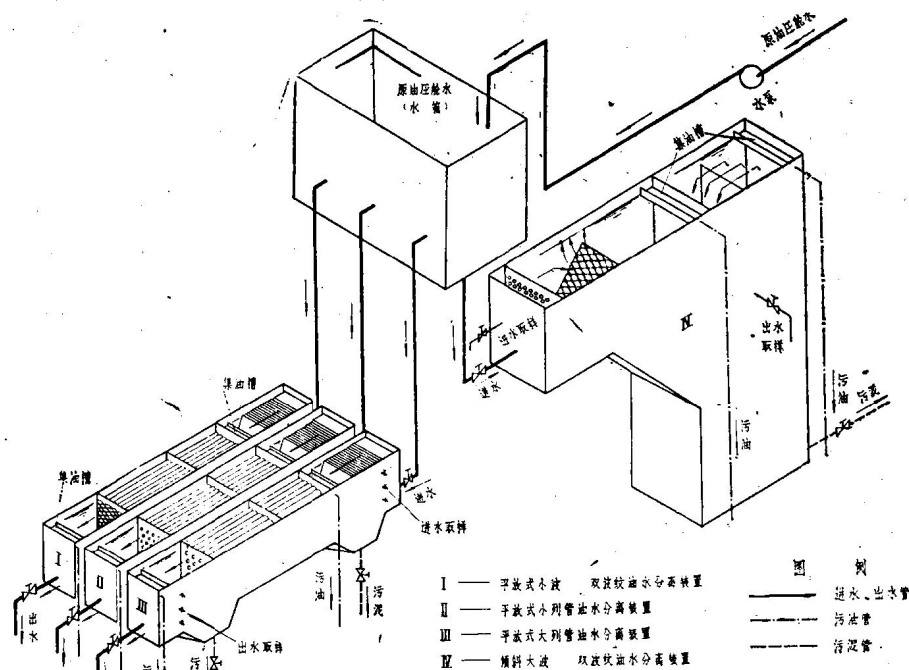


图7 四种油水分离装置系统示意图

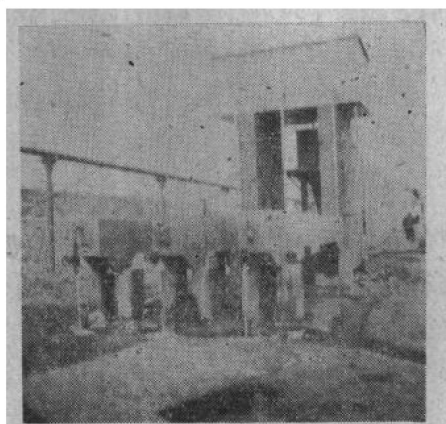


图8 油水分离装置外观之一

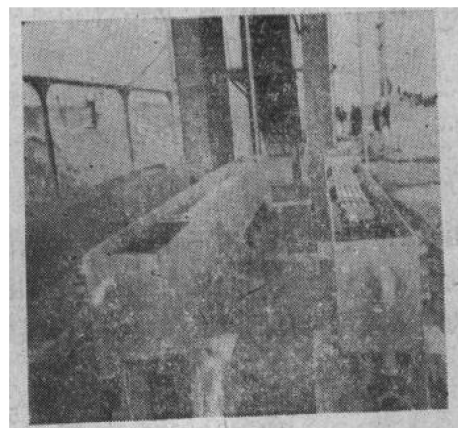


图9 油水分离装置外观之二

列管油水分离装置；倾斜式大波双波纹板油水分离装置。下面分别介绍各种装置的结构形式，工艺流程，参数计算等。

(一) 平放式小波双波纹板油水分离装置

平放式小波双波纹板油水分离装置结构如图10所示。

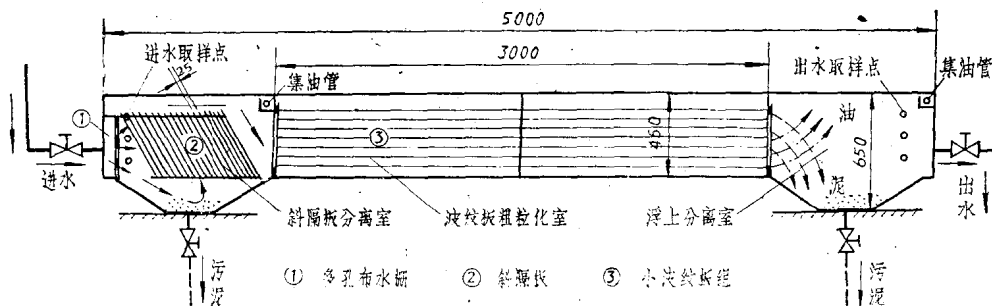


图10 平放式小波双波纹板油水分离装置

1. 结构与流程

本分离装置由斜隔板和多层小波双波纹板构成，其流程分为三个分离室：

- 1) 斜隔板分离室；
- 2) 双波纹板粗粒化室；
- 3) 浮上分离室。

斜隔板分离室的作用是首先将较大粒径的油珠和污泥隔除。为第二分离室创造良好条件。当油污水经多孔布水栅均匀地流入斜隔板分离室时，被隔除的油珠和污泥分别从集油管和集泥斗排出。油污水经第一分离室后继续流入双波纹板粗粒化室。粗粒化的结果，使小粒径（25 μ 以上）的油珠进一步得到分离，粗粒化后大粒径的油珠在浮上分离室很快浮到水面被检出；污泥下沉到集泥斗被排出。

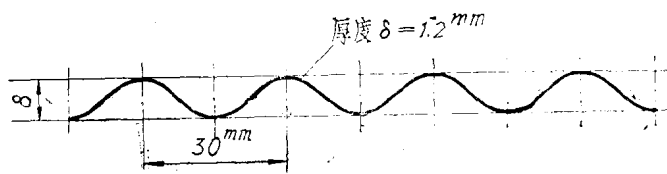


图11 小波双波纹板规格尺寸

双波纹板粗粒化室均由多层小波纹板构成，小波纹板的规格尺寸如图11。

多层波纹板的组装方式采用双波纹板峰谷对置式，如图12。

这种组装方式与波纹板平

行组装式（图13）比较，有下列特点：

(1) 双波纹板组装式是由波纹板本身构成许多大小相同的小水腔，污水在小水腔内流动，雷诺数低，使油污水在稳定的层流状态下，进行油水分离。

(2) 双波纹板组装式除其中一点的油珠浮升高度最大为 $2h$ 外，其余各点的油珠浮升高度均小于 $2h$ ，浮升高度的降低，使粒径更小的油珠得到分离。

(3) 双波纹板组装式构成许多小水腔，水在小水腔内流动，流速分布不均匀，促使油珠相互碰撞，由小变大，由于粗粒化的结果，大大提高了油水分离效果。

(4) 双波纹板组装式是依靠每块波纹板的互相支撑、组合成为一个整体，板间不需要

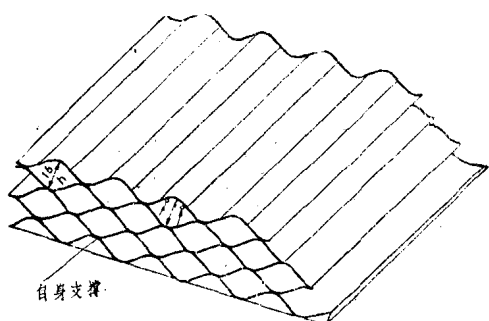


图12 波纹板双波纹组装式

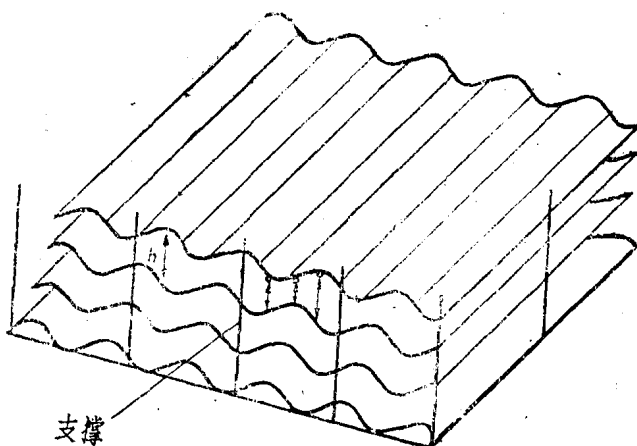


图13 波纹板平行组装式

外加支撑，节省材料，减轻重量，提高了板组的刚度和强度，避免板组的变形。

2. 参数计算

根据设计要求，油轮压舱水通过油水分离装置的处理后，含油浓度要达到 10mg/l 以下。由于当时没有压舱水的粒径——油分浓度曲线，我们参考了国内外有关资料，确定本装置可以分离的最小油珠粒径为 25μ （出水含油量可达 10mg/l 以下），以此作为本装置的规格尺寸计算的依据。

已知参数：

- (1) 可分离的最小油珠粒径

$$d = 25\mu$$

- (2) 水平流速

$$V = 5 \text{ 毫米/秒}$$

- (3) 水温

$$t = 15^\circ\text{C}$$

- (4) 海水比重

$$\rho_{\text{水}} = 1.024 \text{ 克/厘米}^3$$

- (5) 原油比重

$$\rho_{\text{油}} = 0.888 \text{ 克/厘米}^3$$

- (6) 水在 15°C 时的动力粘滞系数

$$\mu = 0.0114 \text{ 克/厘米秒}$$

- (7) 重力加速度

$$g = 981 \text{ 厘米/秒}^2$$

- (8) 混浊水中油珠上浮速度降低系数

$$\beta = 0.95$$

- (9) 考虑水流不均匀紊流等影响的修正系数

$$\varphi = 1.4$$

- (10) 水在 15°C 时的运动粘滞系数

$$\nu = 0.0114 \text{ 厘米}^2/\text{秒}$$

- (1) 油珠上浮速度计算

根据斯托克斯公式:

$$u_0 = \frac{\beta g (\rho_{\text{水}} - \rho_{\text{油}})}{18 \varphi \mu} d^2$$

$$= 0.00273 \text{ (厘米/秒)}$$

(2) 波纹板长度计算

油珠在分离装置中的最大的浮升高度 $2h$ 等于双波纹板的波高,在波纹板长度为一定值时,从理论上来说, h 值越少,处理效果越好,但考虑到油泥堵塞问题,以及加工的可能性,确定 $h=8$ 毫米,即双波纹板的波高 $2h=16$ 毫米,在此前提下来计算波纹板的长度。

根据公式:

$$L = \frac{2hV}{u_0}$$

式中:

h —— 波纹板的波高 ($h=8$ 毫米)

V —— 水平流速 ($V=5$ 毫米/秒)

u_0 —— 最小油珠浮升速度 ($u_0=0.00273$ 厘米/秒)

代入公式:

$$L = \frac{2 \times 8 \times 5}{0.00273} = 2930 \text{ (毫米)}$$

选取整数 $L=3000$ 毫米

本试验装置采用波纹板长度为 $L=3$ 米

(3) 有效过水断面面积计算

$$A = A_0 - A_{\text{波}} = HB - B_1 \delta n$$

式中:

H —— 板组高度 ($H=36$ 厘米)

B —— 板组宽度 ($B=28$ 厘米)

B_1 —— 波纹板展开宽度 ($B_1=30$ 厘米)

δ —— 波纹板厚度 ($\delta=0.12$ 厘米)

n —— 波纹板块数 ($n=46$)

代入公式:

$$A = 36 \times 28 - 30 \times 0.12 \times 46 = 842.4 \text{ (厘米}^2\text{)}$$

(4) 处理水量计算

$$Q = V \cdot A \text{ 升/秒}$$

$$= 0.05 \times 8.424 = 0.421 \text{ 升/秒}$$

(5) 表面负荷率计算

$$q_a = \frac{Q}{A_1}$$

式中:

A_1 ——板组总表面积 (厘米²)

$$A_1 = L \cdot B_1 \cdot n$$

$$= 30 \times 3 \times 46$$

$$= 4140 \text{ 分米}^2$$

代入上式

$$q_a = \frac{0.421}{4140} = 1 \times 10^{-4} \text{ (米/秒)}$$

(6) 雷诺数计算

$$R_e = \frac{VR}{v} = \frac{VA}{vP}$$

式中:

P ——湿周

$$P = 2B_1n$$

$$= 2 \times 30 \times 46 = 2760 \text{ 厘米}$$

代入上式

$$R_e = \frac{0.5 \times 842.4}{0.0114 \times 2760} = 13.3$$

(7) 费洛德数计算

$$F_r = \frac{V^2}{Rg} = \frac{V^2P}{Ag} = \frac{0.005^2 \times 27.6}{0.0842 \times 9.81} = 8.3 \times 10^{-4}$$

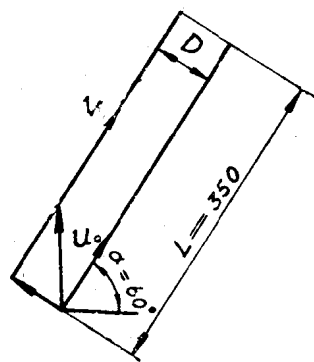


图14 流速与上浮速度关系图

(8) 斜隔板计算

采用:

斜隔板长 $L = 350$ 毫米

斜隔板板距 $D = 25$ 毫米

斜隔板倾角 $\alpha = 60^\circ$

水流速度 $V = 5$ 毫米/秒

计算油珠上浮速度

根据相似关系 (参阅图14)

$$\frac{L}{D} = \frac{V + u_0 \sin \alpha}{u_0 \cos \alpha}$$

$$u_0 = \frac{DV}{L \cos 60^\circ - D \sin 60^\circ} = 0.081 \text{ (厘米/秒)}$$

计算可分离的最小油珠粒径:

根据斯托克斯公式

$$d = \sqrt{\frac{18\mu\varphi u_0}{\beta g(\rho_{\text{水}} - \rho_{\text{油}})}} = \sqrt{\frac{18 \times 0.0114 \times 1.4 \times 0.081}{0.95 \times 981(1.024 - 0.088)}}$$

$$= 0.0134 \text{ (厘米)} = 134 \text{ (微米)}$$

油污水进入斜隔板均为同向流（即水流速度方向与油珠浮升速度方向相同），油珠在浮升过程中受到水流速度的作用而加速了油珠的浮升使分离效果大大提高。

（二）平放式小列管油水分离装置

1. 结构与流程

小列管油水分离装置的结构如图15所示。与小波双波纹板油水分离装置基本上是一样的，同样具有三个分离室：斜隔板分离室、小列管粗粒化室和浮上分离室。所不同的地方就是其粗粒化室采用小列管，管径 $d_{\text{内}}=15$ 毫米，长度 $L=3000$ 毫米，共有98根管子。

小列管的优点是：组装加工方便、可以直接选用管材（钢管或塑料管），管子刚度好不易变形。缺点是在相同的断面上，其有效过水断面积仅为小波双波纹板的 $1/4$ ，结构尺寸大，重量增加，对普通钢管来说，防腐蚀存在一定问题。

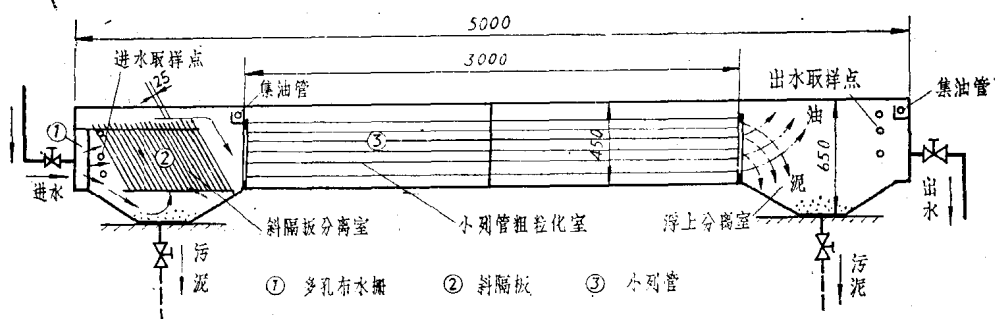


图15 平放式小列管油水分离装置

2. 参数计算

各参数计算过程和计算公式均与小波双波纹板油水分离装置的计算相同。

各参数计算结果如下：

（1）可分离的最小油珠浮升速度：

$$u_0 = 0.0025 \text{ 厘米/秒}$$

（2）可分离的最小油珠粒径：

$$d = 23.8 \mu$$

（3）有效过水断面积：

$$A = 173.2 \text{ 厘米}^2$$

（4）处理水量：

$$Q = 0.086 \text{ 升/秒}$$

（5）表面负荷率：

$$q_a = 0.124 \times 10^{-4} \text{ 米/秒}$$

（6）雷诺数：

$$Re = \frac{VR}{v} = \frac{VA}{vP} = 16.1$$

(7) 费洛德数:

$$Fr = \frac{V^2}{Rg} = \frac{V^2 P}{Ag} = 69 \times 10^{-5}$$

(三) 平放式大列管油水分离装置

1. 结构与流程

大列管油水分离装置的结构见图16, 与流程和小列管油水分离装置基本相同, 所不同的是管子直径大 (管子内径 $d_{内}=25$ 毫米, $L=3000$ 毫米, $n=45$ 根)。

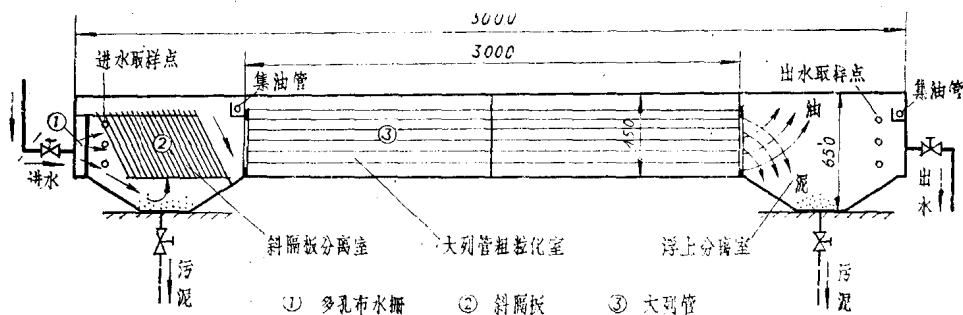


图16 平放式大列管油水分离装置

2. 参数计算

(1) 可分离的最小油珠浮升速度:

$$u_0 = 0.0042 \text{ 厘米/秒}$$

(2) 可分离的最小油珠粒径:

$$d = 30.6 \mu$$

(3) 有效过水断面:

$$A = 220.8 \text{ 厘米}^2$$

(4) 处理水量:

$$Q = 0.10 \text{ 升/秒}$$

(5) 表面负荷率:

$$q_a = 2 \times 10^{-4} \text{ 米/秒}$$

(6) 雷诺数:

$$Re = 18.1$$

(7) 费洛德数:

$$Fr = 41 \times 10^{-5}$$

(四) 倾斜式大波双波纹板油水分离装置

1. 结构与流程

倾斜式大波双波纹板油水分离装置结构如图17所示, 其特点是将波纹板组以 45° 倾斜角

安装，水流方向为逆向流（即水流方向与油珠上浮方向相反），当油污水进入本分离装置时，首先经过多孔布水栅，使水流分布均匀，流经双波纹板组时由于粗粒化作用，粗粒化后的油珠沿着波纹板的集油面向上浮升到水面，进入集油管而被分出。被分离的污泥则沿波纹板的集泥面滑到集泥斗而排出。

波纹板的规格尺寸如图18所示。

双波纹板（峰谷对置）组装方式如图19。

2. 参数计算

本装置所采用的波纹板是国内现有产品，波纹板的规格是：

波 高	$h=14$ 毫米
波 距	65毫米
厚 度	$\delta=1.2$ 毫米
波纹板长	$L=1900$ 毫米
波纹板宽	$B=820$ 毫米
波纹板展开宽度	$B_1=900$ 毫米
波纹板块数	$n=58$

在水流速度 $V=3$ 毫米/秒时，其所能分离的最小油珠粒径计算如下。

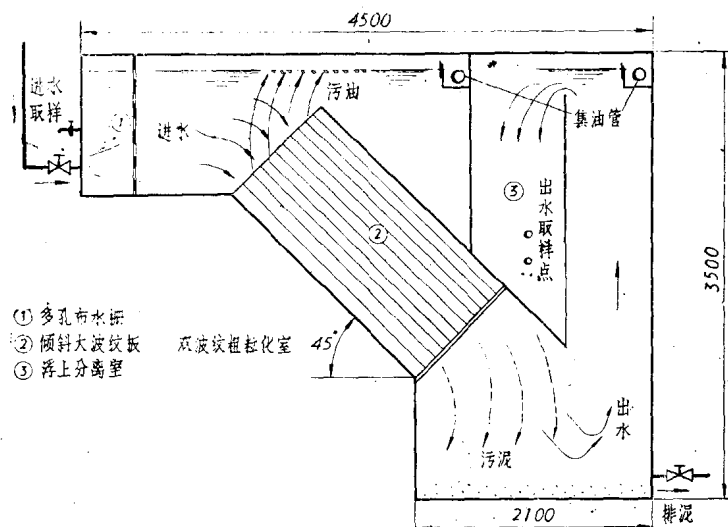


图17 倾斜大波纹板双波纹油水分离装置

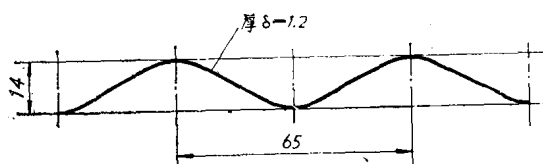


图18 大波纹板规格尺寸

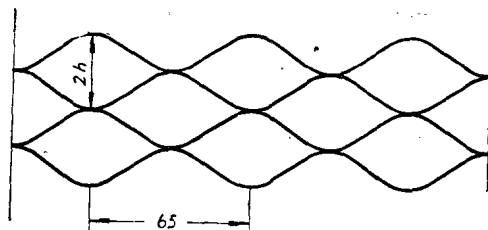


图19 双波纹板（峰谷对置）组装式

(1) 有效过水断面面积计算:

$$A = A_0 - A_{\text{波}} = BH - B_1 \delta \cdot n$$

式中:

B —— 波纹板组宽度 ($B=820$ 毫米)

H —— 波纹板组高度 ($H=925$ 毫米)

B_1 —— 波纹板展开宽度 ($B_1=900$ 毫米)

δ —— 波纹板厚度 ($\delta=1.2$ 毫米)

n —— 波纹板块数 ($n=58$)

代入公式:

$$A = 82 \times 92.5 - 90 \times 0.12 \times 58 = 6958.6 \text{ 厘米}^2$$

(2) 处理水量计算:

$$Q = V \cdot A$$

$$= 0.3 \times 69586 = 2.1 \text{ 升/秒}$$

(3) 可分离的油珠浮升速度:

根据相似原理 (参见图20):

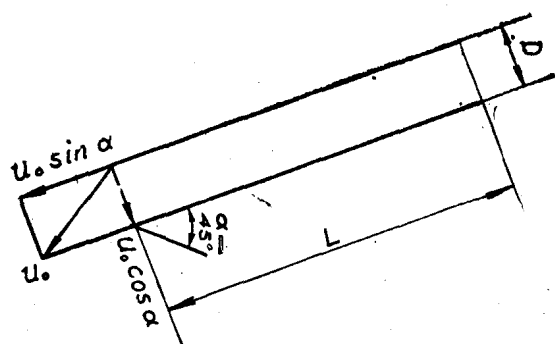


图20 流速与上浮速度关系图

$$D = 2h = 28 \text{ 毫米}$$

(4) 可分离的最小油珠粒径:

根据斯托克斯公式:

$$u_0 = \frac{\beta g (\rho_{\text{水}} - \rho_{\text{油}})}{18 \eta \mu} d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{18 \eta \mu u_0}{\beta g (\rho_{\text{水}} - \rho_{\text{油}})}}$$

$$= \sqrt{\frac{18 \times 1.4 \times 0.0114 \times 0.0062}{0.95 \times 981 (1.024 - 0.888)}}$$

$$= 36 (\mu)$$

(5) 表面负荷率:

$$q_a = \frac{Q}{A_1}$$

式中:

式中:

$$\frac{L}{D} = \frac{V - u_0 \sin \alpha}{u_0 \cos \alpha}$$

$$u_0 = \frac{DV}{L \cos \alpha + D \sin \alpha}$$

$$= \frac{2.8 \times 0.3}{190 \times 0.707 + 2.8 \times 0.707}$$

$$= 0.0062 \text{ (厘米/秒)}$$