

# 墨西哥城的污水处理厂

任 鹤 云

**提要** 简要介绍了墨西哥城几个污水处理厂的工艺流程、处理设备及构筑物的特点,及其处理的效果。

**关键词** 污水处理 物化处理 生物处理 墨西哥城

## 0 前言

1999年10月,考察了墨西哥城几个规模不大的污水处理厂,其出水水质良好,所采用的处理技术很有特色,有些用一般流程较难达标的指标,如COD、NH<sub>3</sub>-N、TP和SS等,都达到了很好的处理效果。由于有关墨西哥污水处理的文献资料报道甚少,兹简单介绍如下。

## 1 工艺流程

考察的污水处理厂正处理洗涤废水、生活污水和屠宰废水。污水处理厂的流程一般由四段组成:预处理、物化处理、生物处理和后处理。在处理流程中,经常出现的是一个称为ARMEL的专利设备,实际上这是一个超效混合器,是西班牙语的缩写,意思是线性模式破碎曝气器。污水处理流程如图1所示。

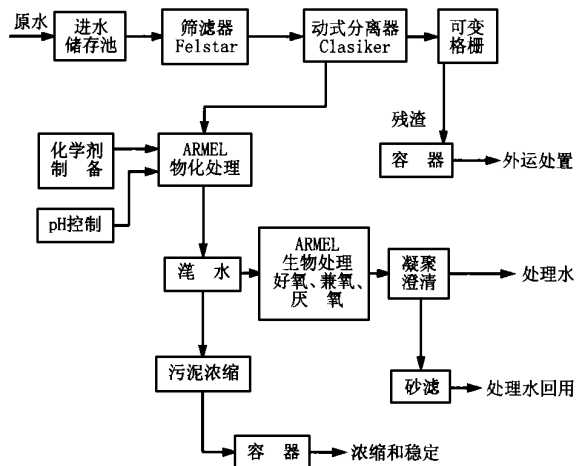


图1 污水处理流程

### 1.1 预处理

污水通过预处理系统,主要去除大的杂物,例如瓶子、布条、卫生物品、木条(块)等以及较小的可沉固体,拦截的装置是一种筛滤器,墨西哥叫做 Fel-

star,这是一种有很大过滤部分的自清筛。去除的杂物粒径分三种,即: $>2.5\text{mm}$ 、 $>16\text{mm}$ 和 $>55\text{mm}$ 。污水经过筛滤后进入第二道预处理装置,叫做Clasiker,这是一道连续过滤器,清除 $2.5\text{mm}$ 以下的垃圾杂粒,并去除一部分有机物质和沉淀物。该设备不需要反冲洗,是一个自清装置,Clasiker也能分散有机物,有助于加速处理过程。

### 1.2 物化处理

经过预处理的污水进入物化处理,污水通过ARMEL装置同空气充分混合,水被产生的微气泡饱和。在物化处理中投加必要的化学药剂(如石灰、硫酸铝),在ARMEL装置内,化学药剂与水迅速接触反应溶入水中。微气泡饱和的混合物通过上浮、稀释吸附,至面层并被撇除。微气泡是由低压风机的空气造成的。微气泡中的压力大于水的压力,氧从空气扩散到水中,微气泡成为微反应器,于是就激发出成千上万个微反应器。吸纳的空气通过Clasiker与分散的物质聚集在一起,由于聚集物的密度要比水小,分散的物质很易达到表层。

在进水管中发生微气泡散布,大部分空气进入废水中。与此同时,石灰加入原污水,利用其吸附性进行混凝并降低水的硬度。

高浓度的溶解氧以及在ARMEL的接触力作用下,促进了有机成分的氧化。废水通过分离器,一些剩余物上浮,另一些则沉析,这两种分离物由排出系统去除。而分离出来的水再经过多腔滤器系统,进行虹吸和粒子分离。在此过程中,油脂和重金属通过浮选、混凝而被去除。

从物化处理出来的水是中性的,达到了进入生物处理的条件。

### 1.3 生物处理

该生物处理称为 Acutin-Bio。该反应器在一定时间内保持污泥静沉,并处于一种层流状态,向其有规律稳定地投入污水,同时通过 ARMEL 加入被吸留的氧量,生物床被所需的氧量覆盖着。然后污水以层流和高充氧的状态进入兼性过程,该系统中兼有好氧菌和厌氧菌工作的特点。Acutin-Bio 反应器的反应区保持细菌在高浓度的范围,而给澄清区提供了高质量的出水。Acutin-Bio 辐射状供给含有高吸纳空气量的废水,使生物体有足够氧保持细菌活力,这与传统的活性污泥法不同,它不会发生因供氧不足,污泥活性不好的不良情况。部分微生物在膜破碎的情况下进入 Acutin-Bio 曝气器,激起细胞质的释放,有利于活性微生物增加并进行生物降解过程,而后在澄清器发生固液分离。

墨西哥另一个污水处理厂处理工艺主要由四个生物反应阶段组成(见图2),通过由 TINEP 开发的 ARMEL 装置,使空气中的氧在污水中充分溶解,进而产生不同表观密度的水层,在同一容器内进行综合地沉降和生物反应。ACUTIN 污水处理厂应用这个装置,并通过装在桥架上的扩散装置将空气(氧)均匀地分布在需要的水位。该工艺可连续或间歇运行。生物过程的停留时间为 7~10h,并取决于水的污染程度。

理论上,由于产生的微小气泡含有很多空气,所以有利于物质转移。空气中氧的利用率达到 90% (另一资料为 70%~80%),用低压鼓风机以 0.04~0.05MPa 的压力导入,其大小取决于进水 BOD。该工艺所产生的污泥要比传统的少。

ARMEL 专用装置氧的转移效率高,转输 1t 溶解氧的电耗为 184kW·h(折合为 5.43kgO<sub>2</sub>/(kW·h)),应用于要求高质量出水的处理。它不需要扰动水流,因此在各层有悬浮物存在营养物质的兼氧系统中,运行着一些完好的“层面”。这些“层面”有不同的密度,有助于不同微生物之间进行充分的共生作用。

在 ACUTIN 污水处理厂的系统中,关键环节是营养物高速率去除的第一段,它同高负荷好氧过程是联合发生的,其 BOD N P 为 100 6 1。之后,是硝化反硝化系统。最后是低速率作用阶段,但由于 ARMEL 的作用,可保证氧的吸留和溶解。

生物处理工艺步骤如下。

第 1 步好氧过程:接受从物化系统出来的中等浓度的 COD 和 BOD。在微气泡的高溶解氧条件下,绝大部分有机物被去除,这有助于氮及其化合物的氧化,使出水在最好条件下送入下面的兼氧阶段。

第 2 步兼氧过程:在此阶段去除氨氮和大部分有机物质,主要是高分子量的物质。产生少量污泥送回物化系统。硝化/反硝化有充分的平衡。为了控制臭气和可能出现缺氧,应保持剩余氧量。充氧过程中, BIOARMEL 自动控制着水位。

第 3 步兼氧过程:继续以上的步骤,但好氧过程有更大的参与。该步的结果是产生剩余氧,水质近乎清洁。

第 4 步完全的好氧过程和澄清作用:与第 1 步相似,但充氧强度小且没有扰流。该步骤之后,把清洁水送到中间的絮凝澄清池,作为水

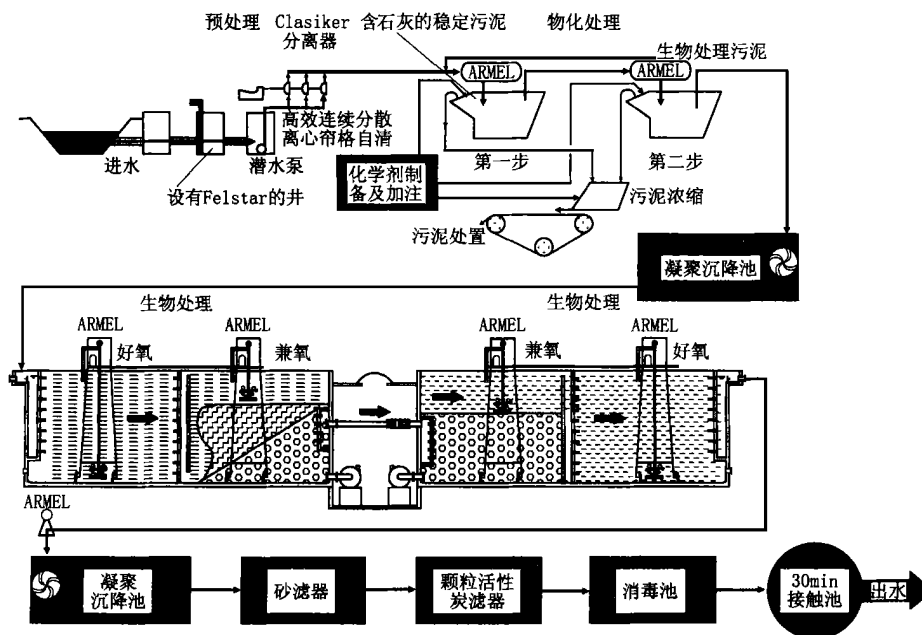


图 2 用于回用水的复合处理厂流程

质的保证步骤。

生物系统出水经砂滤和粒状活性炭过滤,末端用紫外线和次氯酸消毒。

#### 1.4 过滤

多腔连续过滤是一个保持稳定流向的单元,进水水质浓度变化,多腔系统的过滤介质几乎可在无限制的时间内保持自清。过滤器是全自动运行的,反冲时不需要很大的清水贮存池。过滤器的每个腔室按照压力控制变化,有规则地按频率反冲。

滤池出来的处理水送到因不同要求而设置的处理单元中(如离子交换、消毒工艺或反渗透膜等等)。

#### 2 装置特点

该工艺流程的特点是采用了混合处理,其处理效率高是由于采用了超效混合器(ARMEL),这是一个1999年2月登记注册的专利产品,所有权是TINEP公司。其原始装置示意图3。

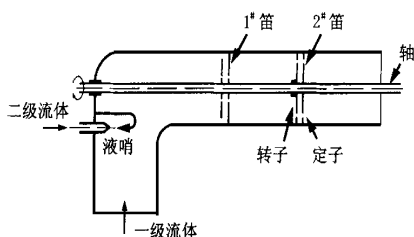


图3 超效混合器示意

超效混合器的主要作用是使各种液体、气体和粒子物质进行高速混合,利用液哨和1#、2#笛所产生的涡穴和湍流作用,达到最大的混合效果。一级流体和二级流体在混合管内合成而被均化,使混合的粒子达到细分的目的。

该混合器用在物化处理时,可使化学药剂迅速溶解,并吸留空气产生微细气泡,形成浮选作用。该设备用于好氧生物处理时,可用作氧扩散装置,由于气泡细小( $d = 60\mu\text{m}$ ),据称其氧转移效率可以达到70%~80%,比常用的微泡扩散器的20%~25%(气泡直径为2~3mm)高了许多。

混合器的旋转切割作用可将物质分割到分子大小。

物化处理池相当于加药的浮选沉淀池。药剂是石灰粉末和硫酸铝粉末,投加的目的是控制 $\text{pH} > 7$ ,并去除悬浮物和脱磷,通过微气泡充氧(鼓风机是特

制的),产生气浮作用去除杂质,沉淀物下沉后排出。

#### 3 能耗、药耗和效果

##### 3.1 能耗

墨西哥TINEP公司提供的能耗资料,对于一个规模为 $86\,000\text{m}^3/\text{d}$ 的生活污水处理厂(ACUTIN污水厂),各段的电力消耗量如下:

预处理	180kW;
物化处理	550kW;
生物处理	1\,200kW;
泵	220kW;
污泥及污渣处理	120kW;
其它设备	100kW;
共计	2\,370kW。

处理每 $\text{m}^3$ 污水电能为 $0.49 \sim 0.64\text{kW} \cdot \text{h}$ ,当然这还取决于进水水质和出水要求。

##### 3.2 药耗

对于进水 $\text{BOD}_5\,200\text{mg/L}$ , $\text{COD}_{\text{Cr}}\,400\text{mg/L}$ ,SS $250\text{mg/L}$ , $\text{NH}_3 - \text{N}\,35\text{mg/L}$ ,TP $4 \sim 8\text{mg/L}$ 的市政污水,投加石灰量为 $30\text{mg/L}$ ,硫酸铝 $20\text{mg/L}$ ,助凝剂 $1\text{mg/L}$ ,通过物化和生物处理,出水水质可以达到回用要求,如需消毒,推荐采用次氯酸钠消毒,用量为 $10\text{mg/L}$ 。

##### 3.3 效果

据墨西哥TINEP提供的实际污水处理厂运行记录,处理效果是好的。表1和表2分别是特波表1 特波佐尔坦污水处理厂数据(1997年6月18日水样)

参数	进水	出水	去除率/ %
pH	7.86	8.3	
$\text{COD}_{\text{Cr}}/\text{mg/L}$	840	20	98
$\text{BOD}_5/\text{mg/L}$	270	10	96.3
溶解氧/ $\text{mg/L}$	0.3	3.7	
TSS/ $\text{mg/L}$	140	20	86
总氮/ $\text{mg/L}$	142.2	8.9	94
氨氮/ $\text{mg/L}$	80	5	94
总磷/ $\text{mg/L}$	48.8	0.07	100
磷酸盐/ $\text{mg/L}$	14.9	0.027	100
铝/ $\text{mg/L}$	0.681	0.227	67
砷/ $\text{mg/L}$	0.009	0.01	
氰化物/ $\text{mg/L}$	0.115	0.006	95
总铬/ $\text{mg/L}$	0.022	未检出	100
酚/ $\text{mg/L}$	0.033	0.013	6.1
油、脂/ $\text{mg/L}$	85.8	3.7	95.7
温度/	26.1	23.1	

# 计高幂次管长的分配流量方法

王国明 何煜辉

**提要** 比较了现有的几种环网初分流量方法,提出了计高幂次管长的最小平方和法。

**关键词** 流量分配 给水管网计算 最小平方和法

## 0 前言

给水环网初始流量分配有多种方法<sup>[1~4]</sup>,它们各自的基本特点见表1。

表1 各初分流量方法的基本特点

名称	预先确定流向	满足节点方程及方法	考虑管长	其它操作
最小平方和法	否	是。求解节点方程	否	无
节点累计法	是	是。依次求解单个节点方程	否	无
均匀法	是	是。依次求解单个节点方程	否	无
最短树法或最短路线法	是	是。求解节点方程	是	求最短树,预赋连支管流量
截面法	是	不一定	否	无

最小平方和法采用各管段流量平方和的函数,求它的条件极值得到各管段的初分流量<sup>[1~2]</sup>。该法的一大优点是不必预先确定各管段水流方向,但它未考虑管长因素。最短树法或最短路线法要首先确定各管段水流方向,然后考虑各管段长度求最短树或最短路线,最后对最短树或最短路线以及连支管

段分配流量<sup>[3~4]</sup>。因为最短树法以预先确定流向为前提,因而如果流向有不合理时,则最短树也会随之发生问题。为了扬各方法之长,避各方法之短,有提出在最小平方和法中采用取各管段流量平方与对应管长之积求和的函数,求条件极值得初分流量的<sup>[5]</sup>。我们用文献[1,2,5]方法做了几个算例,发现用最小平方和法<sup>[1~2]</sup>(不计管长法)所得初分流量从总体上看稍逊于计管长的最小平方和法<sup>[5]</sup>得到的结果。但是计管长法比不计管长法改进得不显著。为此本文提出用计高幂次管长的最小平方和法作为初分流量的方法。经算例比较表明这种方法可大为改善初分流量的合理性,使之更接近于优化值。

## 1 计高幂次管长的最小平方和法

### 1.1 建立拉格朗日条件极值函数

$$= \frac{1}{2} \sum_{ij}^P l_{ij}^t q_{ij}^2 + \sum_{i=1}^J K_i \left( \sum_{j=1}^I q_{ij} + Q_i - Q_{is} \right) \quad (1)$$

式中  $q_{ij}$ ——管段  $ij$  的初分流量,有  $q_{ij} = -q_{ji}$ ;  
 $Q_i, Q_{is}$ ——分别为管网第  $i$  节点的节点流量和水

表2 ACUTIN 污水处理厂数据

参数	进水	出水	
		物化处理段	生物处理后
pH	9.23	8.15	8.4
COD <sub>Cr</sub> /mg/L	714.84	40.16	3
SCOD <sub>Cr</sub> /mg/L	433.72	32.12	3
TSS/mg/L	200	4	4
氨氮/mg/L	411.5	0.9	0.11
总磷酸盐/mg/L	32.56	0.46	0.46
浊度/mg/L	145.1	3.72	0.45
总固体量/mg/L	1392	528	40

佐尔坦污水处理厂和 ACUTIN 污水处理厂的数据。

表3 特波佐尔坦污水处理厂(3 456m<sup>3</sup>/d)

运行费用(TINEP 提供)

进水 BOD/mg/L	500	1 000	1 500	2 000
石灰投加量/kg/m <sup>3</sup>	33	53	73	93
硫酸铝投加量/kg/m <sup>3</sup>	50	80	110	140
凝聚剂投加量/kg/m <sup>3</sup>	0.3	0.3	0.3	0.3

注:墨西哥电价为0.045 \$(kW·h)。特波佐尔坦污水处理厂的耗电假定为1kW·h/m<sup>3</sup>,变化范围为0.3~1.2kW·h/m<sup>3</sup>。药剂费按墨西哥的计算为0.019~0.049 \$/m<sup>3</sup>。劳力开支0.02 \$/m<sup>3</sup>。

作者通讯处:200092 上海市国康路3号

上海市市政工程设计研究院

电话:(021)65026288

收稿日期:2000-5-29

## CONTENTS

**Halo-Acetic Acids as an Indicator of the Total Carcinogenic Risk of Disinfection By-Products** ..... Zhang Xiaojian *et al* (1)

**Abstract :** This article set up a method to calculate the carcinogenic risk of disinfection by-products (DBPs), and analysed some representative data of DBPs in drinking water. The analysing results showed that: (1) poor correlation ( $R^2 = 0.4887$ ) was found between trihalomethanes (THMs) and halo-acetic acids (HAAs), and predictions of one kind of DBPs based on another kind is not feasible; (2) the carcinogenic risk of HAAs was always found to be the major portion of the total carcinogenic risks of DBPs (more than 91.9 percent); (3) a high correlation ( $R^2 = 0.919$ ) was found between HAAs concentration and the total carcinogenic risks of DBPs. Therefore, it can be proposed that HAAs concentration in drinking water be used as a preferential indicator of the total carcinogenic risks of DBPs.

**Experiment and Research on Performance and Calculation of Sludge Drying Field** ..... Cheng Xi *et al* (6)

**Abstract :** Based on the results of bench scale drying column and field experiment of pilot sand drying bed, the performance of sand drying beds for waterworks sludge dewatering was researched, and some problems existed in the present design methods for sand drying beds were studied. On the basis of experiment data statistics, a rational method to evaluate drainable water under different operation conditions was presented. Meanwhile a concept of specific resistance of sludge was introduced into the calculation process in design, which makes the effect of the sludge characteristics on drying efficiency be reflected in the design process. Besides these, also some opinions on the verification period of design and evaporation rate of sludge were discussed.

**Experiences on Design of Full Gravitational Water Supply System** ..... Wang Jingzheng *et al* (12)

**Abstract :** Bayuquan Water Supply Engineering in Yingkou city, Liaoning Province, has a design capacity of 180 thousand cubic meters per day. The raw water is taken from a reservoir and carried for long distance by gravitational water conduit to the urban area. The experiences on design of this project related to water intake, water conveyance, water purification and water distribution are reviewed.

**Advances on the Kinetic Model of Activated Sludge Process** ..... Peng Yongzhen *et al* (15)

**Abstract :** In this paper, we introduced the development of activated sludge model No. 3 (ASM3): it related to the activated sludge model No. 1 (ASM1) and corrected for some defects of ASM1, and it is provided as a reference in a form which can be implemented in a computer code without further adjustments. ASM3 can predict oxygen consumption, sludge production, nitrification and denitrification of activated sludge systems. ASM3 is based on Endogenous Respiration and it emphasized on the storage of organic substrates and composition matrix. Established on reasonably theoretical basis, ASM3 combines tightly with practice and has been simplified to some extent. This is also the development direction of the activated sludge model.

**Wastewater Treatment in Mexico City** ..... Ren Heyun (20)

**Abstract :** The process, structures and performances of some wastewater treatment plants in Mexico city were presented.

**Calculation of Water Distribution Network Flowrate Distribution by High Power Pipe Segment Length**

..... Wang Guoming *et al* (23)

**Abstract :** In this paper, several available methods to settle initial discharge distribution of pipe segment in water supply network are compared each other. A method of least square summation with high power of pipe segment is introduced.

**Optimization on Free Chlorine Determination of Drinking Water** ..... Yang Zhengfu (26)

**Abstract :** Almost factors on determination of free residual chlorine were studied. In addition, the best conditions were decided. The free residual chlorine of three water samples was determined. The results were very consistent with