

机械工业

环境保护科技成果选编

(1987年)

机械电子工业部环境保护办公室主编

湖南大学出版社

PDG

# 编辑说明

自从一九八四年开始编辑出版《机械工业环境保护科技成果资料汇编(1977~1983年)》以来,已经收集、整理和选编了十年有关机械工业方面的环保科技成果资料。同过去十年相比,机械工业环保科研工作有了很大的发展,体现了探索、创新和提高的过程。从本期的内容不难看出,机械企业的污染防治工程已经出现设备系列化和工艺自控化的新局面。

根据机械委司局文件《机环(1988)15号》精神,一九八七年的《选编》由湖南大学负责组织编辑出版工作。从机械委所属院校、科研、设计和企业单位所报送的项目中,按规定选出39篇成果论文编辑出版。39项课题中,水质污染与防治18项;大气污染与防治15项;固体废物处理及综合利用2项;噪声污染与防治1项;无害化技术2项;环境监测方法及仪表1项。其中28项为国家经委1985~1987年环保技术开发项目。

## 编审原则

1. 通过试验研究创造的、能消除污染、改善环境的新产品、新工艺、新材料以及对防治工艺污染、改善环境有实用价值的理论、方法、规范、标准和基础资料。

2. 纳入《选编》的成果原则上应是经省、市主管局(公司)一级(或相当级)鉴定,或曾获省、市、主管局级(或相当级)成果奖的应用性研究成果。这些成果均附有鉴定意见,对通过研究所取得的进步及其应用推广价值以及环境效益均有具体评述。对于污染调查、评价、设

计、基础资料等方面的成果，均有评审意见并指明了其环境——技术——经济效果。

3. 个别成果，虽未经鉴定或获奖，但技术水平较高，环境和经济效果较显著并附有论证材料和数据的，也被选用。

4. 材料不全或报审手续不全和有争议的成果，未予选用。

### 编审人员

主 编：李思宇

编 委：李思宇      龚建森      陈信常      利光裕

                    周守华      安维明      杨硕芳      左育华

责任编辑：杨硕芳      左育华      夏艾生

# 目 录

## 水质污染与防治

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| 循环射流曝气工艺与设备研制               | 徐隆香等 (1)   |
| 含酚废水脱酚新技术与设备研究              | 陈信常等 (13)  |
| 厌氧生物法处理绝缘材料行业高浓度含酚废水        | 李培生等 (20)  |
| 电镀重金属混合废水管道连续反应与自控技术        | 叶向高等 (26)  |
| 吸附胶体泡沫分离法处理重金属离子废水          | 史大鸣等 (30)  |
| 酸、碱、重金属混合废水(不含氰和六价铬)处理装置系列化 | 朱宏斌等 (37)  |
| 镀锌钝化含铬废水槽边循环化学漂洗处理自控系统      | 吴一飞等 (40)  |
| 电镀清洗逆流喷淋装置系列                | 涂锦葆等 (45)  |
| 隔膜电解净化镀铬液技术及设备系列            | 涂锦葆等 (50)  |
| 碱性锌酸盐镀锌废水沉淀设备系列             | 涂锦葆等 (54)  |
| 银回收技术及设备系列                  | 涂锦葆等 (61)  |
| 含油废水处理与回收装置系列化              | 龚家禄等 (66)  |
| 中小型浮油回收装置系列化                | 李泽嘉 (71)   |
| 黄磷废水封闭循环处理及设计               | 李延华 (77)   |
| 火电厂无机化学废水处理技术               | 马士勋等 (84)  |
| 机械工厂总排水综合治理和回用技术            | 曾 诚 (90)   |
| 污水处理中污泥脱水技术                 | 林淑维等 (100) |
| FPW型絮凝剂在油漆废水中的应用            | 齐 莉等 (109) |

## 大气污染与防治

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| DX型旋风除尘器的研究                    | 邓锡全等 (113) |
| QT—10型组合式旋风除尘器的研制              | 蒋 需 (119)  |
| XMJ型旋风除尘器                      | 吴德怀等 (125) |
| 大中型电弧炉内外结合式排烟                  | 许居鹤等 (129) |
| 中小型炼钢电弧炉吹吸式排烟净化装置              | 朱立道等 (133) |
| 沸腾床燃烧锅炉烟尘的治理                   | 邓锡全等 (138) |
| 节能减污型燃煤工业炉——2m×4m台车式燃煤明火反烧热处理炉 | 俞颂尧等 (142) |
| 节能除尘锻造加热炉的研制                   | 贺国龙等 (149) |
| 磷矿石处理废气中SO <sub>2</sub> 的新型设备  | 沈德树等 (154) |
| RBS—3000型组合式废气处理装置             | 毛伟忠等 (160) |
| 焊接烟气的净化技术与装置                   | 刘英钊 (162)  |

|                       |      |       |
|-----------------------|------|-------|
| DC系列小型静电净化(器)机组       | 唐合龙等 | (170) |
| 新型有机废气催化燃烧装置          | 薛明山等 | (175) |
| 喷漆废气治理机组              | 部中   | (184) |
| DSI—2.5型多级水帘除漆雾装置     | 孙大林等 | (186) |
| <b>固体废物处理及综合利用</b>    |      |       |
| 废旧塑料低温粉碎技术            | 韩鸿兴等 | (188) |
| 论我国城市生活垃圾处理堆肥成套设备国产化  | 蔡建成等 | (193) |
| <b>噪声污染与防治</b>        |      |       |
| 机械工厂厂区和厂界环境噪声的传播与衰减规律 | 汪明清等 | (199) |
| <b>无害化技术</b>          |      |       |
| 电液清砂清理铸钢件应用技术探讨       | 胡兆祥  | (208) |
| 无酸洗拔丝工艺在电焊条制造中的应用     | 李荣国  | (215) |
| <b>环境监测方法及仪表</b>      |      |       |
| GLF86型高浓度粉尘粒度分级仪      | 邓锡全等 | (218) |

# 循环射流曝气工艺与设备研制

徐隆香 邬向东 陈跃庆 廖慧宁 谢明

(中国通用机械技术设计成套公司)\*

王维仁 支洪生 周文章 柏国臣 郭俊清

(沈阳潜水泵厂)

都本业 莫家秀 周小宁

(北京市结核病研究所)

## 一、循环射流曝气装置的研制

本装置为国内第一套循环量每小时600米<sup>3</sup>废水的循环射流曝气装置。整套曝气设备潜水使用，两级射流，池中液体纵横循环，所以我们定名为：2SQ600—400循环射流曝气装置。

### (一) 2SQ600—400循环射流曝气装置的组成

整套装置由250WQ600污水潜水电泵、S600—150/400射流器、 $\phi 400$ 尾管组成。辅助设备有鼓风机、送风管路及600米<sup>3</sup>的矩形水池。见图1。

其中，鼓风机、送风管路、尾管均可选用国内现有设备，不必研究。曝气水池为：24×4.6×5.5m<sup>3</sup>的矩形钢筋混凝土池。潜水电泵和射流器是研究的设备。

潜水电泵与射流器靠钩型结构联接，射流器尾端与顶部开孔的硬塑料尾管用螺钉联接固定。整套装置安装在5m水深之下，沿池底长布置。射流器是曝气主要设备，尾管是二次曝气设备。潜水电泵直接将池中污泥、水吸入送往射流器。另外该泵也可单独

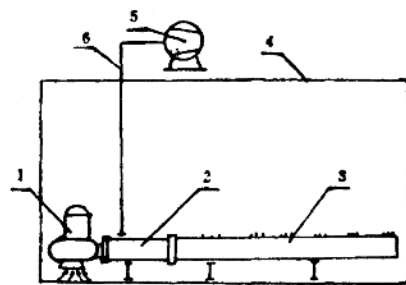


图1 2SQ600—400循环射流曝气装置简图  
1. 250WQ600污水潜水电泵 2. S600—150/400射流器 3.  $\phi 400$ mm尾管 4. 水池700m<sup>3</sup> 5. 鼓风机GMB13.6型 6. 管路

\*参加本课题的研究人员还有：杨慧敏，刘秉新

使用作为污水输送设备。

**(二) 曝气装置工艺参数**

- 水循环量:  $600\text{m}^3/\text{h}$ ;
- 气水比:  $1\sim 1.5$ ;
- 氧总转移系数:  $KLa = 6.5\sim 8.9/\text{h}$ ;
- 氧的转移效率:  $E_A = 15\sim 25\%$ ;
- 动力效率:  $E_P = 3.0\sim 3.8\text{kgO}_2/\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

**(三) 主要设备参数、性能**

1. 250WQ600污水潜水电泵清水介质基本参数及水力性能列入表1中。<sup>1</sup>

**表 1 污水潜水电泵清水介质基本参数及水力性能**

| 型 号      | 流 量                   |              | 扬程         | 转数       | 轴功率         | 效率     | 泵 出 口 径 |
|----------|-----------------------|--------------|------------|----------|-------------|--------|---------|
|          |                       |              | $H$        | $n$      | $N$         | $\eta$ |         |
|          | $\text{m}^3/\text{h}$ | $\text{l/s}$ | $\text{m}$ | r. p. m. | $\text{kW}$ | $\%$   |         |
| 250WQ600 | 600                   | 166.7        | 5.3        | 965      | 12.3        | 70     | 250     |

2. 250WQ600污水潜水电泵配用电机, 在额定电压380V, 频率50Hz下的主要性能参数列入表2中。

**表 2 污水潜水电泵配用电机主要性能参数**

| 型 号      | 额定功率        | 满 载 时    |     |      |            | 堵转电流 | 堵转电流 | 最大转矩 |
|----------|-------------|----------|-----|------|------------|------|------|------|
|          |             | 转数       | 电流  | 效率   | 功率因数       | 额定电流 | 额定转矩 | 额定转矩 |
|          | $\text{kW}$ | r. p. m. | $A$ | $\%$ | $\cos\phi$ |      |      |      |
| 250WQ-22 | 22          | 965      | 46  | 86   | 0.84       | 7    | 1.1  | 2    |

3. S600-150/400射流器规格参数列表3中。

**表 3 射流器规格参数**

| 型 号          | 喷嘴直径             | 过水量                   | 流量比                   | 氧转移率        | 动力效率  |
|--------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|---|
|              | $d_o(\text{mm})$ | $\text{m}^3/\text{h}$ | $q = \frac{Q_S}{Q_O}$ | $E_A\%$     | $E_P \frac{\text{kgO}_2}{\text{kW}\cdot\text{h}}$ |
| S600-150/400 | 150              | 600                   | $1\sim 1.5$           | $15\sim 25$ | $3.0\sim 3.8$                                     |

#### 4. 尾管规格参数列入表4。

表 4 尾管规格参数

| 直径(mm) | 长度(m) | 开孔直径(mm) | 开孔数(个) | 材 料 |
|--------|-------|----------|--------|-----|
| 400    | 17    | 25       | 90     | 聚乙烯 |

#### (四) 2SQ600—400循环射流曝气原理

参见图1, 潜水泵由泵底吸入池中的水、活性污泥, 压送入与泵相联接的射流器。由射流器喷嘴喷出的高速水流将鼓风机送入的空气吸入喉管。水气在喉管处混合, 很快进入扩散管, 气流被剪切破碎成大、中、小、以至微细气泡, 增加气、水接触面, 在扩散管中, 流速不断降低, 速度头不断转换成压头, 气泡被压缩, 提高了气泡中氧分压, 促进了空气中氧向水中的溶解。

气、水混合流从射流器的扩散管流入尾管。在尾管内, 由于气、水密度之差, 气泡上浮与水分离, 聚集在水平尾管的顶部, 遇到尾管顶壁上的开孔时, 立刻穿过小孔进入曝气池, 向池面上升。由于气流穿过小孔, 流速加大, 被喷射, 破碎成细小的气泡。进入曝气池后垂直上升很长一段距离, 再次与水混合接触, 更新气、液接触面, 又一次增加了气体向水中溶解的机率。从而使整套装置发生两次射流混合。

整套曝气设备是沿曝气池底布置的, 泵不断地从池的一端把水吸入, 经射流器、尾管后, 从池的另一端排出, 在池中形成一种沿池长的纵向大循环, 见图2。

另外, 尾管中的气体沿尾管顶部纵向一排排孔释放出向上的气泡。这些喷出的气泡使得尾管上方的液体自下而上, 再转向两侧的翻卷循环, 见图3。

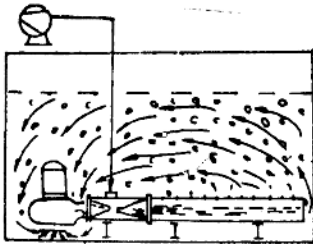


图 2 纵向循环示意图



图 3 横向循环示意图

这两种循环, 实际上对曝气池中的气、泥、水起搅拌作用, 纵向、横向不停地交错混合, 处于完全混合的状态, 为氧向水中溶解转移创造多次机会。

此外, 潜水泵吸入的是曝气池中的混合液, 沉淀池回流污泥和处理原污水, 在射流器中实际上是固、液、气三相流。在射流器中激烈混合, 不仅切割破碎气流成气泡, 而且活性污泥菌胶团也被一定程度地破碎, 从而提高活性污泥与氧的接触面积, 提高氧的利用率和活性污泥的活性。



### (五) 250WQ600污水潜水电泵和S600—150/400射流器的试制

该污水潜水电泵和射流器是保证循环射流曝气装置工艺性能的主要设备，也是重点研制设备。在试制过程中，以潜水泵厂为主，中通公司紧密配合，在沈阳加压机化厂积极支持下，对进口设备认真分析，解剖研究，测绘复算，绘制出准确的图纸。

射流器结构简单，制造容易。

产品组装完后，进行水力性能和曝气充氧性能测试。在测试过程中，发现一些试制中的问题。如电缆线绝缘性能较差；泵进口处密封环未固定，被打碎；泵体与射流器联接挂勾尺寸不准确，安装困难；油漆耐腐蚀性差；机械密封第一次设计变动较大，试运行不久即泄漏严重，等等问题。针对这些问题，厂、司结合逐个进行了解决。

### (六) 250WQ600污水潜水电泵与进口泵CP600I

污水潜水电泵清水性能比较

潜水泵组装后，与进口泵一起，在沈阳潜水泵厂试验车间进行了单体泵的清水性能测试。

由于该泵通量大，泵体接管及流量较该制造厂传统产品大得多。为此，特为该泵的测定

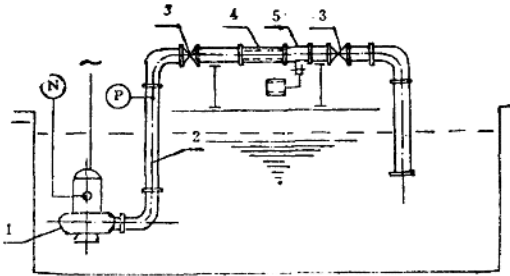


图 4 泵清水性能测试系统

- 注：1—250WQ污水潜水电泵  
2—管路 3—闸阀 4—稳流器  
5—涡轮流量计 P—电压表  
N—测转速表 ~—电源

表 5

250WQ600污水潜水电泵清水性能测试数据  
CP 600 污水潜水电泵

| 生产厂家    | 编号 | 污水潜水电泵性能                  |           |            |           | 电机性能      |          |          |            |
|---------|----|---------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|----------|----------|------------|
|         |    | 流量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 扬程<br>(m) | 功率<br>(kW) | 效率<br>(%) | 效率<br>(%) | 功率<br>因数 | 温升<br>°C | 绝缘电阻<br>mΩ |
| 沈阳潜水泵厂  | 1  | 600                       | 5.57      | 12.65      | 72        | 87.90     | 0.882    | 39.8     | 200        |
| 沈阳潜水泵厂  | 3  | 600                       | 5.45      | 12.65      | 70.4      | 87.13     | 0.840    | 39.8     | 200        |
| 沈阳潜水泵厂  | 4  | 600                       | 5.3       | 12.3       | 70.5      | 87.00     | 0.849    | 33.8     | 200        |
| 瑞典FIAGT |    | 600                       | 5.7       | 13.41      | 69.5      | 86.11     | 0.851    | 30       | 5          |
| 标准(标牌)  |    | 600                       | 5.3       |            |           |           | 0.860    | 110      |            |

加工了管路，试制了仪表，建立一套测试系统，见图4。在此测试系统的相同条件下，对自制泵及进口泵进行了测试，其结果列于表5。

**(七) 2SQ600—400循环射流曝气装置清水充氧性能测试**

曝气装置的清水充氧性能是反映整套曝气设备的优劣标志。测定的项目包括：氧的总转移系数 $K_{La(20)}$ ；氧转移效率 $E_A$ ，动力效率 $E_P$ 。

1. 清水充氧性能测试依据：

根据清水不稳定实验方法进行测定，

氧的转移效率 $E_A$ ：

$$E_A = \frac{R_O}{S_O} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： $R_O = K_{La(20)} \cdot C_{s,m(20)} \cdot V$  (kg/h)

$V$ —曝气池体积(水)( $m^3$ )

$C_{s,m(20)}$ —标准情况下曝气池中水饱和溶解度(mg/l)

$K_{La(20)}$ —温度在 $20^\circ C$ 时氧的总转移系数

$S_O$ —供氧量(kg/h)

由于实际测量时，不是在 $20^\circ C$ 和一个大气压下进行的，所以对实测值进行温度和压力修正。

动力效率 $E_P$ ，即曝气装置每消耗1度电的溶氧量 ( $kgO_2$ )。在曝气过程中，能耗包括污水耗能和鼓风机鼓风耗能。

根据测试现场情况，采用实测水泵耗电及鼓风机送风量、风压依据文献计算。

泵耗能： $N_a = \sqrt{3} I_{CP} \cdot V_{CP} \cdot \cos\phi \cdot 1000^{-1}$  (kW)  $\dots\dots\dots (2)$

式中： $I_{CP}$ —三相平均电流

$V_{CP}$ —三相平均电压

$\cos\phi$ —水泵功率因数

鼓风机耗能： $N_b = \frac{G_s \cdot \Delta P}{3600 \cdot 102}$  (kW)  $\dots\dots\dots (3)$

式中： $G_s$ —修正为标准情况下的空气量( $Nm^3/h$ )

$\Delta P$ —送风表风( $kg/m^3$ )

总耗能：即在测试充氧过程中耗能 $W$

$$W = (N_a + N_b) \cdot t' \quad (kW \cdot h) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： $t'$ —实测值 (h)。

$$动力效率 R_P = \frac{E_O}{W} \quad (kgO_2/kW \cdot h) \quad \dots\dots\dots (5)$$

曝气池中水消氧，采用亚硫酸钠与水中溶解氧起化学反映生成硫酸钠而消耗掉水中溶解氧的方法。加氧化钴催化剂加快反应速度。

2. 充氧测试系统：

为在相同条件下，对自制射流器与进口射流器及整套进口曝气装置和自制2SQ600—400

曝气装置进行充氧性能测试，在沈阳加压气化厂的大力支持下，选用该厂污水池作为测试场地，对进空气管路进行改装，装入测试仪表：流量计、压力表、温度计、测试系统简图见图5。

取水点：由于现场曝气池为封闭式，不能随意取样，仅在池前、后端有敞开处取点A，实际计算时仅取A点值。因A点测定值为池中测定的最低值。

水质检测采用两种测定方法进行对照，一用U<sub>7</sub>型水质检测仪，直接读出DO、温度、pH、浊度值。二为化学分析法即碘量法。

测定电流电压采用DM—6014钳型表和GY—5605数字万用表。

### 3. 测试结果：

根据测试数据，作出  $\ln(C_s - C) - t$  曲线，求出相应的负斜率绝对值。即得氧的总转移系数  $K_{La}(20)$  值。同时测出潜水电泵的电、电压、鼓风机风量、风压。根据公式 [1、2、3、4、5] 计算整理出  $E_A$ 、 $E_P$  值列入表6中。

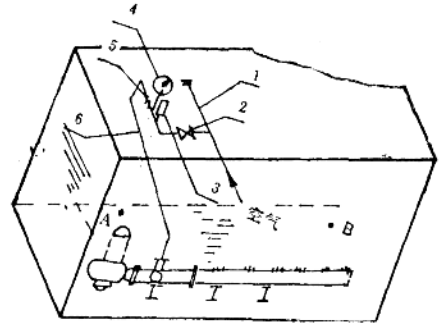


图5 测试系统简图

1—空气主管路；2—阀门；3—温度计；4—压力表；5—孔板流量计；6—空气支管。

表 6 清水性能测试结果

| 性 能 备                             | 国外装置<br>CP320I加S600 | 国外泵加国产射流器<br>CP320I加S600—150/400 | 国产装置<br>250W Q600加S600—150/400 |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 氧总转移系数 $K_{La}(20)$ (1/h)         | 6.6~12              | 4~9.5                            | 6.5~8.9                        |
| 氧转率 $E_A$ (%)                     | 15~20               | 14~22                            | 17~23                          |
| 动力效率 $E_P$ (kgO <sub>2</sub> kWh) | 2~5                 | 1.3~3.3                          | 3~3.8                          |

### (八) 清水流体力学性能和充氧性能结果分析

1. 250WQ600污水潜水电泵与进口瑞典FIAGT厂的CP320I潜水电泵在同一测试系统，相同测试条件下，其性能测定结果基本相同，流量、扬程、功耗等指标已达到进口同类产品指标。其使用寿命尚待长期运转确定。

2. 有关文献介绍“Hansbecken”型循环射流曝气装置的氧转移效率为15~25%，从测试结果看国产装置与进口装置的指标均在此范围内。说明国产装置在曝气工艺性能方面已达到进口同类装置指标。

3. 与目前国内现有污水生化处理用各种曝气设备相比（表7），2SQ600—400双射流曝气装置的氧转移率优于其它型式的曝气设备，动力效率也是较高的，而且不易堵塞，维护、操作方便。

表 7

各种曝气形式及设备性能比较

| 曝气形式及设备            | 氧转移率 (%)       | 动力效率 (kgO <sub>2</sub> /kW·h) | 来源           |
|--------------------|----------------|-------------------------------|--------------|
| 穿孔管鼓风              | 6~8            | 2.06~2.43                     | (8)          |
| 竖管鼓风               | 5~6            | 1                             | (8)          |
| 固定螺旋曝气             | 7.6            | 2.65                          | (9)          |
| 扩散板充气              | 10             | 2.5                           | (8)          |
| YJB--600散流式曝气器     | 8.2            | 2.64                          | (10)         |
| 微孔曝气               | 13~18<br>20~25 | 3.4~6.3<br>4~6                | (11)<br>(12) |
| 泵型表面机械曝气           |                | 2.39~3.38                     | (13)         |
| 2SQ600~400循环射流曝气装置 | 15~25          | 3.0~3.8                       | (3)          |

4. 多次测试取样点受到限制,仅限于池端,不能代表曝气池中整个情况。但从图5可见,池前端取样数据滞后于中部和后部取样数据。所以前端取得数据是偏低值。如果多点取样,求其平均值,会使测定数据有所提高。说明设备的实际性能指标是比所测定值高的。

#### (九) 2SQ600—400循环射流曝气装置的特点

1. 结构简单。600米<sup>3</sup>的曝气池仅用一套设备即可,维修、管理方便。
2. 潜水使用,上下5~6米,最深可达20米。处理能力大,曝气池占地面积小,节省占地。
3. 氧转移效率高,可达15~25%,有利于高浓度有机废水处理,可缩短曝气时间,减少水处理构筑物体积,降低投资。
4. 本装置为供气式射流曝气,当停止供气时,几乎没有空气进入,此时整个装置只起搅拌作用,有利于改变池中含氧状态,使曝气池处于贫氧、缺氧、兼氧或厌氧状态,灵活地改变整个水处理的工艺过程。

## 二、工艺研究——菌种分离、耐性、降解效率试验

西德THYSSEN水技术公司将循环射流曝气技术应用在沈阳加压气化厂含酚废水处理,允许进水有机物浓度:总酚:1600mg/l,挥发酚100mg/l,氰化物:20mg/l,氨氮:700mg/l,油:350mg/l,BOD<sub>5</sub>值:6000mg/l,COD值:8000mg/l。国内无论是煤气厂还是焦化厂的含酚废水生化处理,进水有机物含量均远低于这些指标。该技术除采用五级串联完全混合

循环射流曝气技术外，尚采用英国混合菌种，分级回流污泥，发挥耐酚、氰、氨菌的优势作用。

由于某些原因，引进系统一直未正常运行。为了解、认识其处理工艺，进行了对引进菌种的研究。

### (一) 菌种分离，耐性，降解效率试验目的

通过试验从引进的混合菌种中分离出具有耐高浓度酚、氰、硝化物、亚硝化物的菌种，观察其耐温、耐药性能及对有机物的降解效率，并与国内煤气含酚废水处理用的活性污泥进行比较。

### (二) 方法

#### 1. 菌种分离

采用三种培养基：营养琼脂培养基；沙保劳氏培养基；放线菌分离培养基。

选用三种有机物药剂（酚水）：对分离菌进行耐药性平皿培养观察。

##### (1) 噬酚菌平皿加药浓度

酚：1600mg/l, 氰化物：600mg/l, 氨氮：1000mg/l, 吡啶：300mg/l, 醋酸丁酯：200mg/l, 硫化物：40mg/l, 油：250mg/l。

##### (2) 噬氰菌平皿加药浓度

氰化物：1600mg/l, 酚：450mg/l, 氨氮：2250mg/l, 硫化物：90mg/l, 油：200mg/l。

##### (3) 硝化菌平皿加药浓度

氨氮：1600mg/l, 酚：300mg/l, 氰化物：320mg/l, 硫化物：60mg/l, 醋酸丁酯：300mg/l, 丙酮类：1500mg/l, 油：250mg/l。

在三种培养基上进行分离筛选，将分离出的菌株，分别保存在含上述三种药物的环境中，37°C，24小时，作活菌计数，在数百万以上者，为分离菌株耐药性良好。三种药物的有机物含量由低逐渐增高，最后达到上述含量，最终分离出耐上述药物含量的菌株。

#### 2. 耐温性试验

将分离菌移植在三种培养基上，放在4°C，25°C，37°C三种不同温度条件下，培养24小时，观察其菌量的丰富程度，判断其温度对生长的影响。

#### 3. 降解速率试验

##### (1) 试验系统

为测定对有机物的降解速率，特建立试验系统，效仿工业生产流程，见图6。系统为三级曝气，分级回流，完全混合延时曝气工艺，在曝气罐和配料罐中，设有蛇形换热管，通过温度控制器，控制换热管电磁阀，保证曝气罐和配料罐内恒温。

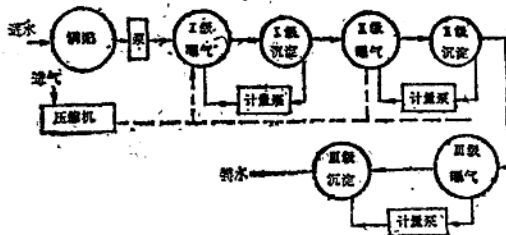


图6 降解速率试验装置工艺流程简图

## (2) 试验条件

菌种对有机物降解效率试验, 维持与工业规模相同的操作条件。

曝气罐水温: 29~31°C。

总曝气时间: 大于36小时。

曝气量: 维持DO = 2mg/l。

污 水: 沈阳加压气化厂污水和人工配制水。见表8、表9。

表 8 沈阳加压气化厂污水主要成分

| 成 分   | 含量(mg/l) | 成 份              | 含量(mg/l) |
|-------|----------|------------------|----------|
| 挥 发 酚 | ~3000    | BOD <sub>5</sub> | ~15000   |
| 氨 氮   | ~27000   | COD              | ~18000   |
| 焦 油   | ~数10g/l  |                  |          |

表 9 人工配水配方

| 药 名     | 加入量(mg/l) | 药 名   | 加入量(mg/l) |
|---------|-----------|-------|-----------|
| 苯 酚     | 250       | 硫氰酸钠  | 25        |
| 邻 甲 酚   | 50        | 硫酸镁   | 10        |
| 间苯二酚    | 50        | 硫化钠   | 25        |
| 对苯二酚    | 50        | 磷酸氢二钾 | 10        |
| 吡 啶     | 50        | 氢氧化氨  | 150       |
| 间甲酚     | 50        | 氯化铵   | 100       |
| 2,3-二甲酚 | 50        | 尿 素   | 250       |
| 氰酸钠     | 25        |       |           |

## (3) 试验方法

将分离菌株和国内焦化厂活性污泥先分别投入培养罐中培养、驯化, 定期用显微镜观察罐内细菌生长状态, 测定其pH值、电导、浊度, 沉降比, 进气状态, 适当调整。

当菌种驯化好后, 将三个曝气罐中加入适量的配制污水或工业污水, 同时曝气, 移入驯化菌种, 闷曝。每隔八小时补充少量营养液和磷酸盐, 24小时后, 开动进料泵, 使系统进入连续运转。将各沉淀池的沉淀污泥分别回流至各曝气罐。试验系统进入稳定的流动状态, 并

稳定运行一段时间，取样分析。

#### (4) 分析方法

挥发酚用溴化滴定法。氨氮用蒸馏滴定法。BOD<sub>5</sub>用滴定法。COD用HH—1型耗氧测定仪(重铬酸钾法)。

### (三) 结果

#### 1. 菌株分离结果

从菌落形态和染色特点看，获得了九个菌株。在营养琼脂培养基上得4种菌株，在沙氏培养基上得3种菌株，在放线菌分离基上获得2种菌株。

经过反复30余次，采用不同菌，不同药物浓度，进行接种，使最后分离出的9个菌株在上述药物浓度内生长良好，耐高浓度煤气含酚废水。

#### 2. 耐温试验结果

分离菌株对温度有较好的适应能力，以30°C左右为最适宜温度，±10°C以内，对其活性影响不大，在4°C条件下，活性变差。

#### 3. 分离菌株及国内焦化煤气废水生化处理活性污泥对配制酚水和沈阳加压气化厂洗气酚水降解效率试验结果

由于分析手段有限，分析项目不够全面，如对总酚、氰化物、硫化物等均未做化验分析。鉴于目前国内煤气厂含酚废水的排出指标主要是COD偏高，试验数据又表明BOD<sub>5</sub>达到100mg/l以下是容易的。因此本试验重点分析COD值，挥发酚、氨氮。将测定数据整理成降解效率后列入表10。进出水含挥发酚、BOD<sub>5</sub>、COD、氨氮测定值列于表11。

表10 分离菌和焦化菌降解效率比较表

| 项目               | 菌种     |  | 分离菌   | 焦化菌   |
|------------------|--------|--|-------|-------|
|                  | 水质     |  |       |       |
| 挥发酚              | 配水     |  | 97.9% | 99.7% |
|                  | 沈气含酚废水 |  | 98.7% | 99.1% |
| BOD <sub>5</sub> | 配水     |  | 96.7% |       |
|                  | 沈气含酚废水 |  | 90%   |       |
| COD              | 配水     |  | 87%   | 80.7% |
|                  | 沈气含酚废水 |  | 61.1% | 70.2% |

### (四) 分析结论

1. 分离出的菌株耐高浓度含酚废水，可以提高煤气厂含酚废水进口浓度。可推荐作为煤气厂含酚废水处理厂生化处理用污泥菌源。

表11

进出水含挥发酚、BOD<sub>5</sub>、COD、氨氮测定值

| 项目               | 水质   | 含量mg/l<br>进出水 | 菌种                   |                      |
|------------------|------|---------------|----------------------|----------------------|
|                  |      |               | 分离菌                  | 焦化菌                  |
| 挥发酚              | 配水   | 进 水           | 1099 (mg/l)          | 1076 (mg/l)          |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 23.2 (0~48) (mg/l)   | 3.5 (0~7.8) (mg/l)   |
|                  | 沈气废水 | 进 水           | 249 (mg/l)           | 252 (mg/l)           |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 3.2 (0.4~7.8) (mg/l) | 2.3 (0.8~3.1) (mg/l) |
| BOD <sub>5</sub> | 配水   | 进 水           | 2879 (mg/l)          |                      |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 94.5 (24~172) (mg/l) |                      |
|                  | 沈气废水 | 进 水           | 393~500 (mg/l)       |                      |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 13~17 (mg/l)         |                      |
| COD              | 配水   | 进 水           | 5156 (mg/l)          | 4224~5156 (mg/l)     |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 374~846 (mg/l)       | 781~973 (mg/l)       |
|                  | 沈气废水 | 进 水           | 1053~1157            | 973~1174             |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 417~430              | 234~361              |
| 氨氮               | 配水   | 进 水           | 198~204              | 203~216              |
|                  |      | I曝出水          | 99~230               | 137~265              |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 29~277               | 133~282              |
|                  | 沈气废水 | 进 水           | 221~246              | 253~276              |
|                  |      | I曝出水          | 183~205              | 227~242              |
|                  |      | Ⅲ曝出水          | 187~184              | 222~226              |

2. 分离菌株适应性强, 适应处理水温度 $30^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 。pH值变化为6.5~9。在使用分离菌处理废水时, 为保护菌的活性, 应定期加入一些镁、铜、锌等微量元素和生活污水。

3. 分离菌和国内焦化厂活性污泥在稳定相同的曝气温度、合理的营养配比和充足的溶



氧条件下，对气化厂含酚污水处理，其挥发酚、COD去除效率，分离菌不如焦化菌。对配制酚水情况反之，其原因与分离菌时采用了配制有机酚水有关。北京焦化厂废水处理，活性污泥在稳定的驯化温度、合适的营养配比、充足的溶解氧量条件下，驯化培养可以产出比目前国内各含酚污水处理厂耐酚浓度更高的菌种。

4. 对煤气厂含酚废水，单纯采用多级完全混合好氧曝气方法，是难以将COD值降到200以下的。而且曝气时间在20小时以后继续曝气，微生物对各种有机物的去除率是相当低的。特别是对氨氮几乎没有去除。对英国进口菌种也是如此。要使煤气厂含酚废水达到排放指标，尚须采用综合的生化处理工艺。

**参考文献略。**