

# 关于电渗析极限电流测定 方法的初步意见<sup>1)</sup>

吴济华 刘禄声 陈 光 夏恒荣

极限电流密度是电渗析器的主要技术参数,它对合理地设计、制造和使用电渗析器具有重要意义。

目前,国内极限电流的确定尚无统一的标准,测定方法也不一致。因此,测定结果出入很大。这给设计和使用单位造成了很大的困难。在电渗析技术应用已相当广泛的今天,很有必要制定统一的极限电流测定方法。

根据我们多年的试验和生产使用经验,结合“给水除盐电渗析技术”设计规范科研课题任务,总结出电渗析极限电流测定方法的初步意见。就以下几个方面谈谈我们的看法。

## 一、测定方法的理论基础

### 1. 极化现象

在电渗析水质除盐过程中,由于离子在离子交换膜中的迁移速度大于离子在水中的迁移速度,从而造成了淡水隔室中膜与水界面处离子的供不应求,膜面处水的含盐量低于水的主体部分,形成了浓度差。由于浓度差的存在,离子产生扩散迁移,以力图补充界面处离子的不足。当电流继续增大到某一个数值时,扩散迁移的离子速度达到最大值,界面处水的含盐量下降为“零”,便达到了“极限状态”。这时的电流称为极限电流,相应的电流密度称为极限电流密度。

当电流超过极限电流数值时,由于膜界面

处水的含盐量已经为零,于是迫使水分子( $H_2O$ )离解,产生出大量的氢离子( $H^+$ )和氢氧根离子( $OH^-$ )。这些氢离子和氢氧根离子的迁移,形成了超过极限电流的那部分电流。这就是通常所说的极化现象。现以阴离子交换膜为例来说明。见图1。

“极化”给电渗析器带来一系列的危害。因此,为防止极化现象的发生,就必须准确地确定电渗析器的极限电流数值。

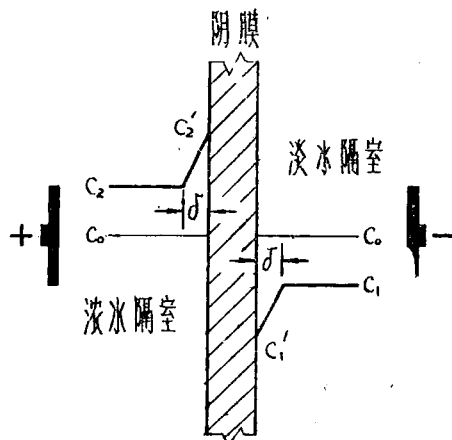


图1 极化示意图

$C_0$  为没有通电之前水的初始含盐量;  $C_1$  为淡水隔室主体部分水的含盐量;  $C_2$  为浓水隔室主体部分水的含盐量;  $\delta$  为浓差扩散层的厚度;  $C_1'$  为膜和淡水界面处水的含盐量;  $C_2'$  为膜和浓水界面处水的含盐量。

1) 在编写过程中,承许多电渗析技术专家,特别是杨宝林老师给以指导,谨致谢忱。

## 2. 极限电流的确定

确定极限电流的方法很多,常用的有电压-电流法、电阻-电流倒数法、pH-电流法。由于电压-电流法简便,仍在被广泛应用,故我们推荐这一方法,而把电阻-电流倒数法和pH-电流法作为校核极限电流的辅助手段。

电渗析的极化是一个非常复杂的物理化学过程。极限电流的确定受水质条件、设备因素和使用情况等直接影响。我们采用的原水有北京化工厂的自备井水(总含盐量5.3毫克当量/升,总硬度2.5毫克当量/升,重碳酸钙型)、北京市自来水(深井水,总含盐量8.4毫克当量/升,总硬度7.4毫克当量/升,重碳酸钙型)和人工食盐水(电渗析除盐水加入化学纯氯化钠配成,总含盐量2—60毫克当量/升)。还稀释过原水,进行了变化水质条件的试验。我们对十几种隔板型式的电渗析器进行了试验。包括不同的隔板厚度、不同的流程长度、不同的隔网、单回路和多回路等不同设备条件。并在试验和使用条件下进行了不同水流速度、不同水温、单级和多级串联组装等探索研究。

所有这些试验均采用电压-电流法作图。发现,在我们所采用各种试验条件的实用范围内,可以用一条典型的电压-电流曲线来概括,见图2。

典型的电压-电流曲线图形的特点是:在普通直角坐标纸上,纵座标为“膜对电压”,

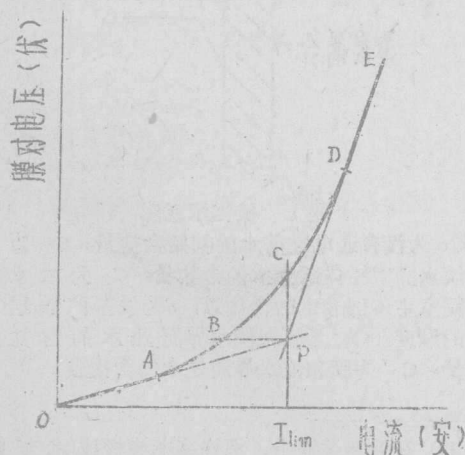


图2 典型的电压-电流曲线

即每个“膜对”的平均电压;横座标为电流。在实用范围内,电压-电流曲线由三部分组成:OA直线段、ABCD曲线段和DE直线段。

曲线的物理意义是:P点为理想条件下的极限电流点,P点所对应的电流即为理想条件下的极限电流 $I_{lim}$ 。

在理想条件下,极化被认为是在淡水隔室中水和膜界面处水的含盐量( $C_1$ )为零时发生的。这里必须满足的一个假定条件是 $C_1$ 下降到零时水分子不发生离解。当 $C_1$ 一旦等于零时,水分子就会突然地、大量地离解。这一过程反映在电压-电流曲线上为OPE折线。 $C_1$ 等于零之前电压与电流的关系服从欧姆定律,电阻是常数,斜率不变,即OAP为直线。当 $C_1$ 等于零后,极化电阻较大,也符合欧姆定律,斜率不变,PDE也为直线。

然而实际情况是,在未达到极限电流之前,即 $C_1$ 还远大于零时,水分子就开始离解了。另外,膜的电化学性能不是绝对均匀的,水流在膜堆中各层隔室之间的分配是不相等的,在一个隔室内隔板水流横断面上的水流分布也不是均匀的,在隔板流程长度上出口处淡水含盐量比进口更低,更容易极化,天然水中的盐分往往是由多种离子组成的,各种离子的迁移速度也不相同。因此,由于这些实际因素的影响,电压-电流曲线上的状态点不是沿APE发展,而是由A为起点沿ABCD曲线发展了。这说明在实际情况下,极化的建立是一个发展过程,即由A点开始发生,到D点极化完全建立起来的过渡过程,因此把反映它的ABCD曲线称为极化过渡区。

由于极化过渡区的范围较大,为了便于比较和确定统一的技术标准,选取极化过渡区上的C点为“标准极化点”。C点的电流为 $I_c$ 。C点的膜对电压为 $u_c$ 。显然 $I_c = I_{lim}$ 。

## 3. 极限电流公式

根据理论推导和实验研究,得出极限电流公式的通用形式:

$$i_{lim} = KV^m C \quad (1)$$

式中, $i_{lim}$ 为极限电流密度; $V$ 为淡水隔室中

水流的线性速度： $K$ 为系数； $m$ 为流速指数； $C$ 为淡水含盐量，取对数平均值。

式（1）虽然是一个半理论半经验的公式，但是这个公式比较准确而又简单地反映了极化临界状态下电流、水流和含盐量之间的数量关系，比较实用，我们也推荐使用这一公式。公式（1）的 $K$ 和 $m$ 均为在标准极化点 $C$ 处由实验求出的。

#### 4. 极限电流测定方法的原则

（1）采用电压-电流法测定极限电流。

（2）存在“极化过渡区”，其曲线由 $OA$ 、 $ABCD$ 、 $DE$ 三段组成。

（3） $P$ 点电流为极限电流 $I_{lim}$ ，标准极化点电流 $I_c = I_{lim}$ 。

（4）直接测定“膜堆电压”，以排除电极区电压降的影响。

（5）用“膜对电压”作图，以排除膜对数目的影响以及减小绘图过程中的主观误差。

（6） $OA$ 直线通过坐标原点 $O$ 。

（7）极限电流密度公式采用 $i_{lim} = KV^m C$ 的形式。

## 二、测定前的准备工作

为保证极限电流测定的顺利进行和数据的可靠性，在测定前要做好下列准备工作：

### 1. 进水检验

（1）检验进水水质是否符合电渗析器正常运行的要求。如不符合，应做相应的预处理。一般对电渗析装置的进水质量要求如下：

混浊度：最好小于1度，不宜大于3度。

耗氧量：小于2毫克/升（高锰酸钾法，以氧计）。

余氯：小于0.1毫克/升。

含铁量：小于0.3毫克/升。

含锰量：小于0.1毫克/升。

水温：5—40℃。

（2）进水的总含盐量与离子组成在测定过程中保持稳定。

（3）进水的温度在测定过程中保持稳

定。

（4）水中不得含有气泡。

### 2. 测试装置

（1）生产装置应对整机（多级多段组装）进行测定。试验装置的组装膜对数目一般以20对为宜。

（2）为便于计算，采用靠电极第一张膜为阳膜，一级结束时最后一张膜也是阳膜的组装方式，这样在一级之内除阳膜多一张外，其余阴膜、淡水隔板、浓水隔板的数目完全相等。

（3）直接测定膜堆电压用的金属箔导电片，组装时，应预先放在第一张阳膜外侧（包括这张阳膜的电压降）与最后一张阳膜内侧（不包括这最后一张阳膜的电压降）。从隔板平面来看，应放在隔板长边的中部附近，深入隔板边框内缘2毫米左右，不要靠近电极。

（4）金属箔导电片一般为紫铜片或铂片，导电片的尺寸一般为50×8×0.1毫米。

（5）接线柱与电极之间的接触要良好。

（6）检查装置各种部件及组装是否正确。

### 3. 管路系统

（1）测试装置的进水管路上应安装瞬时值流量计（如浮子流量计、标准文吐里管流量计、标准孔板流量计等）和压力计（如管弹簧压力计、U型管压差计等）。最好在出水管路上也安装流量计与压力计。

表 1

| 仪 表 名 称 | 精 度 要 求    |
|---------|------------|
| 直流安培表   | 0.5级       |
| 直流伏特表   | 0.5级       |
| 浮子流量计   | ±1.5%      |
| 压 力 计   | 1.5级       |
| 温 度 计   |            |
| 电导率仪    | <1.5%      |
| 酸 度 计   | ±0.2pH/3pH |

(2) 进水流量和压力可以调节,并在测定过程中保持稳定。

(3) 测定前管路应冲洗干净,避免将污物冲入电渗析器之内。

#### 4. 直流电源

(1) 检查电路接线是否正确。

(2) 试验用直流电源(一般为整流器)的输出电压应由零起平滑地调节。最大可调电压为实际操作电压的3倍左右。最低初始电压不为零的大型整流器不适于测定用。

(3) 电网电压及直流电源的输出电压应保持稳定。

#### 5. 测量仪表

(1) 需要的测量仪表如表1。

(2) 仪表应进行校正。

(3) 仪器仪表的使用均应符合产品使用说明书中的规定。电导率仪和酸度计应该使用稳压电源设备。

#### 6. 原始记录

极限电流测定的原始记录参考格式见表2。

### 三. 测定步骤与注意事项

1. 缓慢开启进水阀门,逐渐达到最大流量以排除管道和电渗析器中的空气。

2. 调节流量到某一数值,并使淡水、浓水的压力略高于极水(一般略高0.1公斤/厘米<sup>2</sup>,但不宜超过0.2公斤/厘米<sup>2</sup>)。稳定5分钟后,测定试验条件,包括淡水、浓水、极水

表 2 极限电流测定原始记录

| 日期 年 月 日 |             |               |           | 编 号             |                 |    |           |    |                              |     |   |
|----------|-------------|---------------|-----------|-----------------|-----------------|----|-----------|----|------------------------------|-----|---|
| 时刻       | 膜堆电压<br>(伏) | 膜对电压<br>(伏/对) | 电流<br>(安) | 出口处的淡水          |                 |    |           | 备注 | 试 验 条 件                      |     |   |
|          |             |               |           | 电导率<br>(微姆欧/厘米) | 含盐量<br>(毫克当量/升) | pH | 水温<br>(℃) |    | 流 量<br>(米 <sup>3</sup> /小时)  | 淡   | 浓 |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    | 压 力<br>(公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 淡   |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    |                              | 浓   |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    |                              | 极   |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    | 原 水                          | 电导率 |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    |                              | 含盐量 |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    |                              | pH  |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    |                              | 水温  |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    | 膜对数目                         |     |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    |                              |     |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    | 试验参加人                        |     |   |
|          |             |               |           |                 |                 |    |           |    | 记录人                          |     |   |

的流量和压力。测定原水的温度、pH 和电导率，同时取原水水样以供测定总含盐量。

3. 选择适当的电流表和电压表的量程，避免在测定过程中换挡而造成误差和损坏仪表。

4. 接通电源，从零开始依次增加电压。

(1) 在电压-电流曲线的 OA 直线段及 ABCD 曲线段。每次电压以 0.1—0.2 伏/膜对的数值递增。当隔板厚度小、流速低时取低值。

例：电渗析试验装置，一级内膜对数目为 20 对，每次电压升高值为  $20 \times 0.1 = 2$  伏，即按 2、4、6、…… $2n$  升高电压。

又例：电渗析生产装置一级内膜对数目为 150 对，每次电压升高值为  $150 \times 0.2 = 30$  伏，即按 30、60、90、…… $30n$  调节电压。

(2) 在电压-电流曲线的 DE 直线段。每次电压以 0.2—0.3 伏/膜对的数值递增，作出 4—6 个点可连成直线时为止。

5. 每次升高电压后的时间间隔应等于水流在电渗析器内停留时间的 3—5 倍左右。因为在 OA 及 ABCD 段稳定时间过短电流数值偏高；在 DE 段间隔时间不宜过长，否则电流数值偏低，且不稳定。

6. 最好边测定边绘制电压-电流曲线，以便尽早发现问题，及时更正。

7. 为整理出极限电流密度公式中的系数 K 和流速指数 m，每台装置应至少测定 4 个流速，试验顺序最好由高流速到低流速，并重复测定一次。

(1) 对于一级一段组装的试验设备建议包括以下流速（在进水压力不大于 3 公斤/厘米<sup>2</sup>的条件下）：

填网式隔板：20、15、10、5 厘米/秒。

冲格式隔板：30、20、15、10 厘米/秒。

(2) 对于整台生产性装置，如流程较长，宜取较低流速，同时选取电渗析器最大容许进水压力所对应的流速。

8. 测定一次后，为消除极化结垢对下次试验测定的影响，应倒换电极极性运转一段时

间。一般可选择“标准极化点”C 的电压，运转 10—15 分钟左右。

9. 为避免电极极性的影响，测定应在同一极性内进行。

## 四、测定数据的整理

### 1. 极限电流密度的确定

(1) 电压-电流曲线的绘制：①在直角坐标纸上，以电流为横座标，单位为安培。以膜对电压为纵座标，单位伏/膜对。点出膜对电压-电流的对应点。②通过座标原点 O 和膜对电压较低的 4—6 个点作直线 OA。通过膜对电压较高的 4—6 个点作直线 DE。把 OA 和 DE 延长相交于 P 点。将 AD 间各点连成平滑曲线，得出拐点 A 和拐点 D。③由 P 点作垂线与曲线相交于 C 点，即标准极化点。由 P 点作水平线与曲线相交于 B 点（参见图 2）。④为便于观察不同流速下极限电流的规律性，把几个流速的电压-电流曲线最好集中划在一张直角坐标纸上。为使曲线不相互交叉和图形清晰，低流速在左，高流速在右，依速度的大小顺次排列，每条曲线的座标原点递次间隔 5 厘米。

(2) 极限电流密度按下式计算：

$$i = 1000 \frac{I}{S} \quad (2)$$

式中，I 为电流（安培）。S 为隔板的有效面积（厘米<sup>2</sup>）。i 为电流密度（毫安/厘米<sup>2</sup>）。

### 2. 流速由下式确定

$$V = 278 \frac{Q}{n \cdot B \cdot t} \quad (3)$$

式中，V 为淡水隔室内水流的线速度（厘米/秒）。Q 为淡水流量（米<sup>3</sup>/时）。n 为并联淡水隔板的数目。B 为淡水隔板流水道宽度（厘米）。t 为淡水隔板厚度（厘米）。

### 3. 含盐量的确定

(1) 我们建议采用查电导率-含盐量曲线的方法确定含盐量。因为此法简便，但须注意温度影响并进行校正。

为了加深对进水水质的了解，最好同时也

测定水中的总硬度、重碳酸根和其它离子的含量。

根据实测数据作出含盐量与电导率（或电阻率）的关系曲线（或关系式）。如果没有条件作此关系曲线时，可以参照给水排水设计手册第五册《水质处理与循环水冷却》第440页，图4—29含盐量与水电阻率计算图，近似地进行计算，但可能产生较大的误差。

(2) 由电导率测定含盐量的方法：①作出淡水电导率-膜对电压曲线：在直角坐标纸上，以出口处淡水的电导率为横坐标，以膜对电压为纵坐标，点出电压-电导率对应点，把这些点连成平滑的曲线，见图3。按照习惯也可以以电阻率为横坐标。②根据电压-电流曲线上标准极化点C所对应的膜对电压 $u_c$ ，从图3的膜对电压-电导率（或电阻率）曲线上找出相应的电导率 $\gamma_c$ （或电阻率 $\rho_c$ ）。③由 $\gamma_c$ 查图4电导率-总含盐量关系曲线，求出水的含盐量，单位为毫克当量/升。

(3) 对数平均含盐量可按下式计算。

$$C = \frac{C_j - C_{ch}}{\ln \frac{C_j}{C_{ch}}} \quad (4)$$

式中，C为淡水隔室进口处与出口处水的对数平均含盐量。 $C_j$ ， $C_{ch}$ 分别为淡水隔室进口处与出口处水的含盐量。

(4) 流速指数 $m$ 与系数 $K$ 的确定

将不同流速各次试验的流速、极限电流密

度、对数平均含盐量列成下表，以方便作图和计算。

表 3

| 试验编号 | 流速 V  | 极限电流密度 $i_{lim}$ | 对数平均含盐量 C | $\frac{i_{lim}}{C}$ |
|------|-------|------------------|-----------|---------------------|
| 1    | $V_1$ | $i_1$            | $C_1$     | $i_1/C_1$           |
| 2    | $V_2$ | $i_2$            | $C_2$     | $i_2/C_2$           |
| 3    | $V_3$ | $i_3$            | $C_3$     | $i_3/C_3$           |
| 4    | $V_4$ | $i_4$            | $C_4$     | $i_4/C_4$           |
| ⋮    | ⋮     | ⋮                | ⋮         | ⋮                   |

把极限电流密度公式（1）改写并取对数得：

$$\lg \frac{i_{lim}}{C} = \lg K + m \lg V \quad (5)$$

式（5）表明： $\lg(i_{lim}/C)$ 与 $\lg V$ 成直线关系，在双对数坐标纸上作图，各点成一条直线。

在双对数坐标纸上作图，（如一时找不到双对数坐标纸，可将上表数值取对数，把 $\lg V$ 和 $\lg(i/C)$ 点在普通坐标纸上）横坐标为 $V$ ，纵坐标为 $i/C$ 。将表3各对应值点在图上，然后近似地连接成直线。见图5。

当 $V=1$ 厘米/秒时，纵坐标即为系数 $K$ ，而直线的斜率即为流速指数 $m$ 或 $m=\tan \alpha$ 。这种用作图的方法确定 $m$ 和 $K$ ，比较方便和直观，但是有精确度稍差和主观误差较大的缺点。

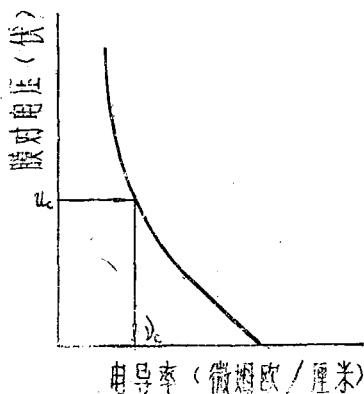


图3 膜对电压-电导率曲线

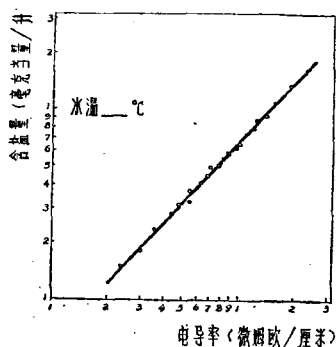


图4 含盐量与电导率曲线

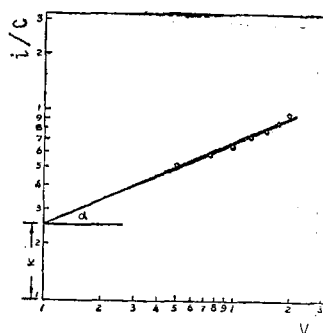


图5  $i/C-V$ 关系

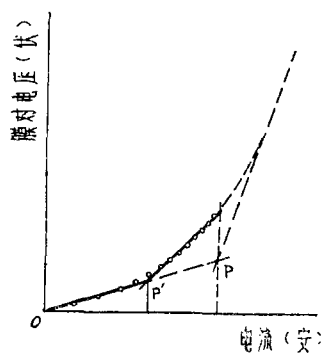
如果需要准确地确定 $m$ 和 $K$ ,可采用“回归分析法”,但计算比较复杂。采用多组二元联立方程式的方法来确定 $m$ 和 $K$ 是不适用的,因为往往效果很差。

当提出 $m$ 和 $K$ (即极限电流密度公式 $i_{lim}=KV^mC$ )时,应注明测定时的水温。

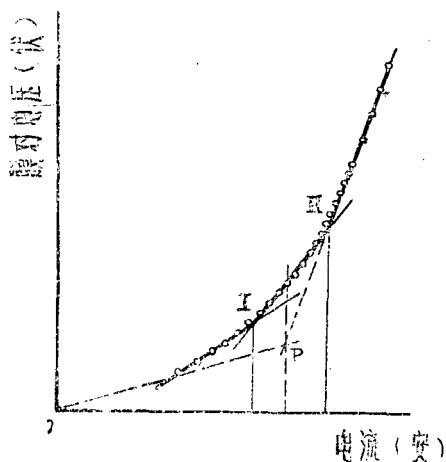
## 五、讨 论

### 1. 几种不正确的方法

国内普遍采用电压-电流法测定极限电流,由于理解不同,出现了各种确定极限电流的方法,但归纳起来可以有两类:在实际应用范围内,一种认为只有一个折点,即 $P'$ 点, $P'$ 点所对应的电流认为是极限电流。见图6(a)。另一种则认为存在两个折点,即I和II两点,分别



(a)



(b)

图6 两种不正确的极限电流确定方法

称为第一、第二拐点,并取II为极限电流点。见图6(b)。

我们认为以上两种极限电流的确定方法都是不正确的,都没有正视存在极化过渡区这一事实。

第一种做法如图6(a),认为 $OP'$ 段是直线,继而再顺序选取3—5个点,近似地把这3—5个点连成直线,两直线的交点即认为是极限电流点。然而电压-电流曲线的全部图形并没有反映出来,极化过渡区只作出一部分,更没有作出上部的DE段直线,仅把部分曲线当成了直线。所作出的 $P'$ 点的电流要比 $P$ 点电流小。这样确定极限电流虽然不正确,但还偏于安全。电渗析器运行比较稳定,还具有一定的除盐潜力,没能发挥出来。

第二种做法如图6(b),主观地认为存在两个折点I及II。I点处电渗析器的除盐效能低,而不测定。这样一来,测定是从某个电压值、甚至是比较高的电压值开始,也把一部分的过渡区曲线当成了直线,并且这个直线不通过原点。I-II直线和上段直线相交于II点,显然II点的电流一般要比 $P$ 点电流大。这样做,一般极化和结垢比较严重,短时间虽可使用,然而长时间运转时,除盐效能显著下降,不能稳定运转。

### 2. 对极化点A、B、C、D的理解

为什么从极化过渡区内单单选取A、B、C、D这四个极化点呢?我们认为这四个点具有特殊的物理意义。

A点是极化过渡区的下限点。淡水隔室膜界面处水的含盐量虽然没有等于零,但是极化开始发生,水分子开始离解,膜堆电压升高,电压-电流曲线开始上翘。可以认为在A点以下工作,一般是不发生极化的。A点是极化开始发生的标志点。

D点是极化过渡区的上限点,是极化全面建立起来的标志。超过D点以后,大量的氢离子和氢氧根离子和盐类离子一起,随电压的升高而成比例地提高迁移数量,极化和结垢严重。

C点是标准极化点,它的横坐标与理论极

限电流数值相同。然而C点的纵座标却比P点的电压值高。这表明,要达到理论的极限电流值,由于水离解提前发生,实际需要的电压要比理论电压高。

B点的电压同于理论极限电流点P的电压,而B点的电流要比理论电流小,这也表明,在同样电压下,由于水离解提前发生而使得实际电流小于理论值。

C点和B点的位置都是由P点决定的,然而对除盐起直接作用的因素是电流而不是电压,因此选择C点。

### 3. 关于运行操作点

对于不同性能的电渗析器,在不同含盐量、离子组成、水温 and 流速等条件下,应该通

表 4

| 硬 度 (德度) | 运行操作范围 | 适 用 范 围           |
|----------|--------|-------------------|
| <0.5     | DE直线段  | 小型装置              |
| 0.5—3    | CD曲线段  |                   |
| 3—25     | BC曲线段  |                   |
| 25—40    | AB曲线段  | 苦咸水淡化<br>海水和苦咸水淡化 |
| >40      | OA直线段  |                   |

过极限电流的测定选择合理的运行操作点。考虑到极化结垢的因素,我们建议主要根据电渗析进水硬度来选择运行操作点。见表4。

在设计时,除按硬度选择运行操作点外,还应考虑进水的总含盐量及浓水的总含盐量等因素。此外,电渗析器在长期连续的使用过程中,由于污染、结垢等原因还会引起除盐性能的下降。因此在选择操作点时不宜过高,要留有适当的余地。在一般情况下也可以标准极化点C为依据,考虑0.7—0.9的安全系数。

在北京化工厂生产运行中曾采用过D点附近的运行操作点,由于进水硬度在7(德度)左右,造成了电渗析器运行不稳定,结垢多,水质下降快,倒电极频繁,需要勤酸洗,电渗析解体拆洗的周期短。当发现电渗析器运行操作点选择不合适的情况后,改为大体上在B点或略高于B点附近运行,多年来运行稳定,效果较好。  
(本文由刘禄声执笔)

### 主要参考文献

北京市环境保护科学研究所、北京化工厂、四川省给排水设计院,1978年6月,《电渗析器极限电流的测定方法(初步意见)》。

## 高 温 电 渗 析

杨 海 林

(北京市环境保护科学研究所)

高温电渗析是将电渗析的进水温度加热到80℃左右,降低电阻、减少液体的粘滞度、提高产水量并减少电耗的一种新方法。

七十年代以来,高温电渗析作为一项新技术,已充分显示出它在经济上和技术上的优越性。近年来,高温电渗析已成为国际上电渗析技术的主要发展方向之一,越来越被重视。有的学者认为,高温电渗析的使用,可能比闪蒸等法进行海水淡化更为经济。

目前国外高温电渗析尚处于由实验室进入生产实用的阶段,存在着一些技术问题,特别是阴离子交换膜在长时间的高温条件下使用时,基团降价的问题还需进一步研究解决。

高温电渗析具有如下特点:

1. 电阻下降、电耗省:当溶液无限稀释时,离子的当量电导随着温度的升高而增加。其关系可用下式近似地表示:

$$\lambda_t = \lambda_{25} (1 + \alpha(t - 25))$$