

# 电渗析器的结构与维护

徐宗炯, 党相文, 郭淑清, 徐云晖

(北华大学林学院交通工程系, 吉林 吉林 132013)

**摘要:** 电渗析器工作正常与否关系到能否获取合乎要求的淡水。介绍了电渗析器各种元件的性状特点, 说明了电渗析器的工作原理, 指出了元件正确的排列顺序、安装方法及维护要点。

**关键词:** 电渗析器; 结构; 原理; 维护; 排列顺序

**Abstract:** Whether the dialyzer works normally affects the obtaining of the fresh water up to demands. This paper introduces the characteristics of each component of the dialyzer and its working principle. The correct arranging order, the installing way and the maintenance essentials of the components are also pointed out.

**Key words:** dialyzer; structure; principle; maintenance; arranging order

**中图分类号:** TQ028.7-2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-8639(2000)03-0012-04

本刊 1999 年第 6 期刊登《蓄电池用纯水的制备》(以下简称《蓄》)一文后, 有些读者反映纯水机工作可靠, 出水品质好, 但也提到经过一段时间使用之后, 其中电渗析器发生内部堵塞、性能下降以至失效后如何进行定期检修的问题。纯水机中电渗析器工作机理、结构材料比较新颖, 其造价较高; 且又是离子交换的前处理装置, 经它所产出的淡水品质直接关系到纯水的品质。电渗析器内部是一个复杂的迷宫式结构, 由数百片隔板、膜片和几片极板叠装而成, 打开酸洗、清洁后若装复不当, 反而会使水质更加下降或堵塞更严重, 甚至将导致整台纯水机报废。为此, 笔者就将经过反复实践研究所得介绍给读者, 供使用及维护时参考。

## 1 电渗析器的结构特点

电渗析法的水处理流程是, 原水(自来水)经过活性炭滤罐、线绕滤心罐以后进入电渗析器, 经过电渗析器的电化学反应后分为三路: 一路是极水, 直接排掉; 一路是淡水, 经过换向电磁阀阀门进入淡水贮水桶, 以备进一步离子交换, 制成纯度更高的纯水; 还有一路是浓水, 是被析出的离子浓度很高的废水, 也要经过换向电磁阀阀门才能排出机外。从电渗析器内流出的 3 种水中, 淡水约占 45%~50%, 浓水约占 40%~50%, 极水约占 10%~15%。

电渗析器不仅可以作为离子交换的前处理装置, 减轻后级的负担, 提高水质纯度, 也可以单独

用于水质软化, 供给锅炉用水, 还可用于盐碱地带水质脱盐及脱碱、提高饮料品质、废水处理、回收有用金属以及医疗保健等。

电渗析器输出端的浓水通道和淡水通道不是固定不变的, 这是因为浓水通道使用时间一长就会积聚很多盐类和杂质沉淀物而造成堵塞, 使淡水品质得不到保证, 所以要经常更换浓、淡水通道, 但又不宜过分频繁, 以免浓水混入淡水贮水桶, 一般以每个班次(8 h)换向一次为宜。

在正式接取淡水之前, 应对上个班次的浓水通道进行足够的冲刷, 这个功能是由时间继电器控制下的换向电磁阀来实现的, 这些电路工作情况在《蓄》文中已有详细介绍。

为了进一步弄清电渗析器的结构、原理, 以便正确地使用和维护纯水设备, 有必要对其元件作进一步了解。

电渗析器外形如《蓄》文中图 2、图 3 所示, 5 个电渗析组件由 6 片极板隔开, 每个组件又由 32 片塑料水道隔板和 33 片膜片组成, 极板上有由橡胶水道隔板和极板膜组成的极水通道, 这几百片膜片和隔板有序的排列和孔道的对齐是电渗析器正常工作的根本保证。

### 1.1 极板

极板如图 1a 所示, 尺寸为 150 mm × 200 mm × 1 mm, 左上端凸耳为导线连接孔, 极板上的 A 孔和 B 孔分别为淡水孔与浓水孔, 直径为 10 mm (浓、淡水孔定期人为更换), C 孔为极水孔, 直径

收稿日期: 2000-03-30

**作者简介:** 徐宗炯(1944-), 男, 湖北武汉人, 高级工程师, 从事汽车电器与电子技术的研究与教学工作, 主持汽运实验室管理, 曾参编和主审《国内外汽车电路图集》、《汽车电器设备维修手册》, 主编《常用汽车电路图集》, 并在《汽车电器》等刊物上发表论文多篇。

为 8 mm。极板材料是不锈钢，安装在电渗析组件的两端，接 24 V 直流电压以形成电场。工作时 4~5 个电渗析组件并联，电流总和不大于 1 A，如果电流较大，说明盐含量太大。在每 2 片极板之间夹有 17 片阳膜、16 片阴膜和 32 片塑料水道隔板，每片阳膜和阴膜之间夹一片隔板形成水道。5 个电渗析组件有 6 片极板。在直流电场作用下，水中金属正离子趋向负极板，并能通过阳膜，但被阴膜挡住；水中酸根负离子趋向正极板，并能通过阴膜，但被阳膜挡住。

图中各字母含义：A——上部上排孔；B——上部下排孔；C——上部极水孔；A'——下部上排孔；B'——下部下排孔；C'——下部极水孔。

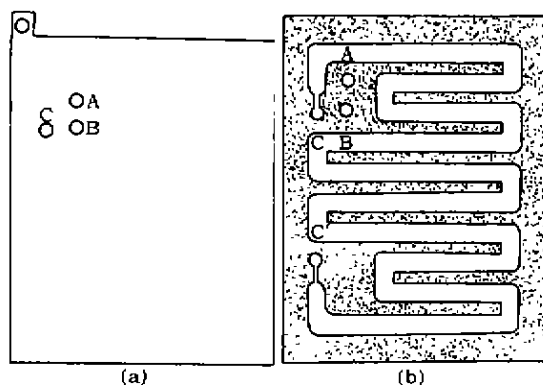


图 1 极板与橡胶水道隔板  
(a) 极板 (b) 橡胶水道隔板

### 1.2 橡胶水道隔板

橡胶水道隔板如图 1b 所示，其大小与极板相同，用厚 1.5 mm 橡胶板冲压挖空制成。在每个电渗析组件中需 2 块橡胶水道隔板，它们紧贴在不锈钢极板上。如果极板另一侧还有电渗析组件，则极板两侧都要对称地贴上橡胶水道隔板。隔板上 A、B、C 孔应当与极板上 A、B、C 孔对齐。C 孔为极水通道的连接点，弓字形漏孔即露出极板的部分，当接有直流电压的极板表面有水流过时，则吸附水中异性离子，形成极水，极水要经过各种膜片和隔板上的 C' 孔形成的极水通道引出。

### 1.3 极板膜

极板膜如图 2a 所示，为淡黄色的阳膜，厚为 0.6~0.8 mm，该膜上有 A、B 2 个孔与其它隔板、膜片叠成浓、淡 2 条水道，C' 孔与橡胶水道隔板的 C' 孔对齐。极板膜的功用是：与橡胶水道隔板一起构成极水通道，并经 C 孔将极水引出，或使极水引入。

处在中间位置的极板，两侧均有橡胶水道隔板与极板膜，经过横穿各膜片与隔板的 C' 孔水道，将各极水通道串联起来，使极水排出电渗析器外。

### 1.4 塑料水道隔板

如图 3 所示，每一片塑料水道隔板处在一对阳

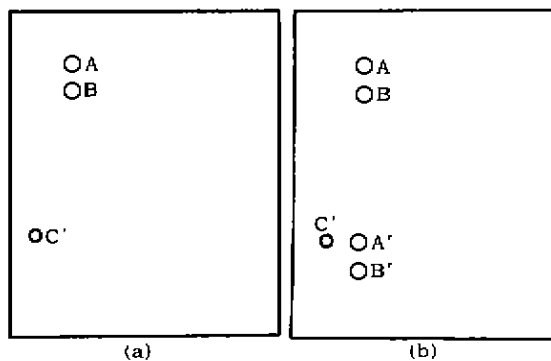


图 2 电渗析器的 2 种膜片  
(a) 极板膜 (b) 普通膜

膜与阴膜之间，使二者分开不接触，同时又在二者之间形成厚 1 mm 的弓字形水道，水的电渗析过程就在这里进行。它采用的是白色软质塑料，光滑平直富有弹性。图 3a 及图 3b 所示的 2 种隔板夹在同一膜片的两侧，图 3a 中弓形水道连通 A-A' 上排孔，图 3b 中弓形水道连通 B-B' 下排孔，C 孔位置不变，这表明同一膜片的两侧在工作中要分别形成 2 种不同的水质：如果膜片一侧形成淡水汇入 A-A' 通道，则膜片另一侧就形成浓水汇入 B-B' 通道。每个电渗析组件中有 32 片塑料水道隔板、16 片阴膜、17 片阳膜，每对阴、阳膜片之间夹一片塑料水道隔板，相邻塑料水道隔板水道中水质浓淡相反，泾渭分明。这样形成 32 条平行水道，其中 16 条为淡水通道，与其间隔排列的另 16 条为浓水通道，为了延长水流在电渗析器中流过的路程，32 条水道分成两部分，中间由中隔膜分开。

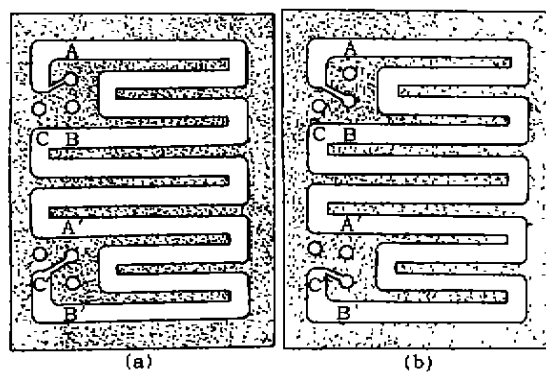


图 3 塑料水道隔板  
(a) 正向安装 (b) 倒向安装

### 1.5 普通膜

普通膜如图 2b 所示。它的上部有 A、B 2 个孔与其它隔板、极板的 A、B 孔对齐形成 A、B 2 条水道；下部有 A'、B'、C' 3 个孔与各水道隔板的 A'、B'、C' 孔对齐形成浓水、淡水、极水 3 条水道。其

中 A、B 与 A'、B' 水道的浓、淡品质是可以由人工互换的。

普通阳膜呈淡黄色，普通阴膜呈淡蓝色。

### 1.6 中隔膜

中隔膜如图 4 所示。它的上半部没有孔，因此电渗析组件右半部分 A、B 水道在这里不能向左流通，必须经过塑料水道隔板形成的 16 条弓形水道下行（参见图 5）、汇集到下半部的 A'、B' 水道才可以通过中隔膜下部的 A' 与 B' 孔与电渗析组件左半部分的 A'、B' 水道相通。

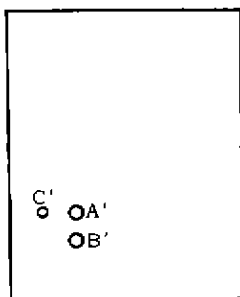


图 4 中隔膜

## 2 电渗析器的工作原理及检修要点

电渗析器的结构与工作原理示意图如图 5 所示，图 5 中只画出了相邻的 2 个电渗析组件。为叙述方便，把 2 片极板之间的电渗析元件称为一组，将每组内水流箭头方向一致的那半部分称为左单元或右单元。图 5 只画出每个单元中有代表性的 5 条水道。实际上每单元中有 8 条淡水通道、8 条浓水通道和 1 条极水通道。

### 2.1 安装顺序不可错

要使电渗析器工作正常，必须使其极板、膜片、隔板安装正确。按水流方向从右向左排列，第

1 组右单元的安装顺序是：硬塑料夹板→密封橡胶垫→极板 1→橡胶水道隔板 2→极板阳膜 3（黄色）→塑料水道隔板 4→普通阴膜 5（蓝色）→塑料水道隔板 6→普通阳膜 7→塑料水道隔板 8→普通阴膜 9……共 16 片塑料水道隔板、8 片阴膜、9 片阳膜。

### 2.2 浓水与淡水各汇其道

原水从右端进入电渗析器后即被膜片、隔板形成的 A、B 水道和极板阳膜分成 3 条路，其中极水通道紧贴极板，极水从极水通道下部 C' 孔流出。

在图 5 所示直流电场作用下，水中金属正离子顺利通过阳膜而受到阴膜阻挡，水中负离子顺利通过阴膜而受到阳膜阻挡，从而在 4、8、12、14 水道中形成浓水，汇集到 A' 水道；在 6、10、13、15 水道中离子被析出形成淡水，汇集至 B' 水道。由于中隔膜 11 的作用，A' 水道与 B' 水道直通左单元。从图 5 可见，如果膜片、隔板排列顺序与方向正确，则右单元淡水通道与左单元淡水通道串联，右单元的浓水通道与左单元浓水通道串联，使电渗析作用进一步增强，从而提高了水的纯度；反之，则浓、淡水道互混，不起作用。

在操作中应当注意：安装膜片时必须与水道隔板正确搭配，始终坚持从一个方向看过去。如图 5 所示，从电渗析器的右端入口往左看：普通阴膜 5（蓝色）右侧的塑料水道隔板 4 向上连通 A - A' 水道，则普通阳膜 7（黄色）右侧的塑料水道隔板 6 向下连通 B - B' 水道；普通阴膜 9（蓝色）右侧的

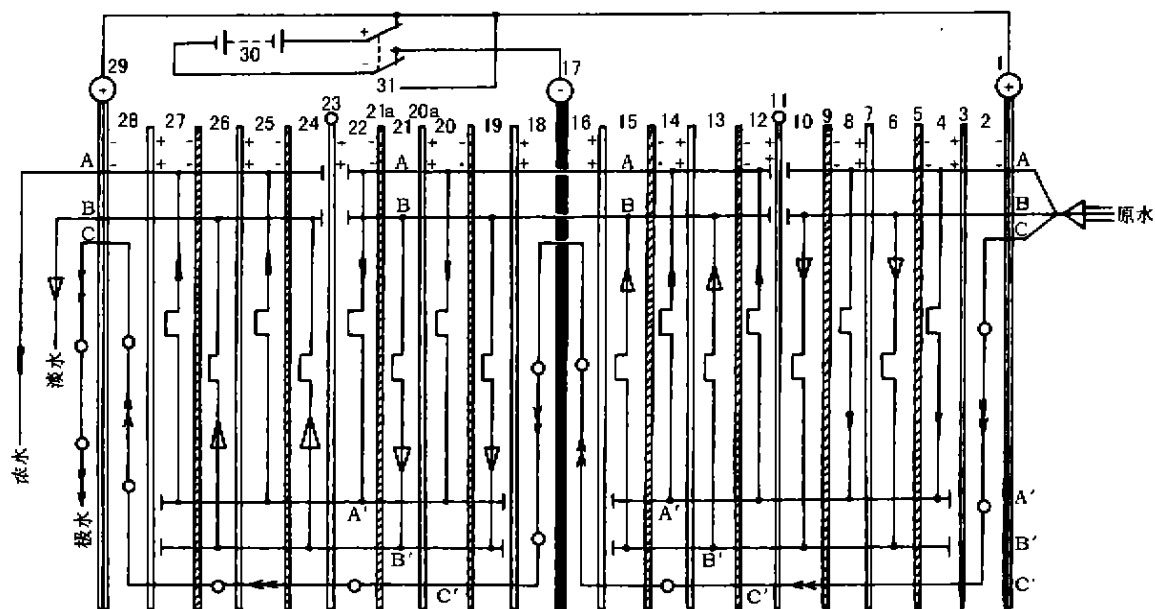


图 5 电渗析器的结构与工作原理示意图

1、17、29. 极板 2、16、18、28. 橡胶水道隔板 3. 极板阳膜 4、8、12、14、20、22、25、27. 塑料水道隔板（连通 A - A' 水道） 5、9、21a. 普通阴膜 6、10、13、15、19、21、24、26. 塑料水道隔板（连通 B - B' 水道） 7、20a. 普通阳膜 11、23. 中隔膜 30. 24 V 直流电源 31. 直流电源极性换向开关

塑料水道隔板 8 向上连通 A-A' 水道；普通阳膜 11 (黄色) 右侧的塑料水道隔板 10 向下连通 B-B' 水道……按此顺序安放直到负极板 17 处。

### 2.3 同质水道准确串联

在图 5 中的第 2 个电渗析组件中, 直流电场方向是负极在右、正极在左, 与第 1 组相反。按照上述极板与膜片的作用原理可以推断出: 20、22、25、27 水道是浓水通道, 19、21、24、26 水道是淡水通道。A、B、A'、B'、C' 水道的位置不能改变, 也就是说, 第 1 组的淡水通道应接第 2 组的淡水通道, 第 1 组的浓水通道应接第 2 组的浓水通道, 为了满足这一要求, 第 2 组的塑料水道隔板排列顺序必须改变。

仍然是坚持从右向左看去: 普通阴膜 (蓝色) 右侧的塑料水道隔板 19 向下连通 B-B' 水道, 普通阳膜 (黄色) 右侧的塑料水道隔板 20 向上连通 A-A' 水道……按此排列下去, 这与第 1 组中普通阴膜 5 右侧塑料水道隔板连通 A-A' 水道恰好相反。

中隔阳膜 23 的作用与第 1 组的中隔阳膜 11 的作用相同。

### 2.4 极水通道一线牵

边缘极板 1 与 29 一侧的极水通道与中间极板 17 两侧的极水通道经过 C' 水道相通, 其流量较小, C' 孔直径为 8 mm, 安装时不得被堵住。

### 2.5 图与结构相对应

图 5 表达出了电渗析器各元件装配与水道的串并联关系, 大大方便了操作时的核对工序。

凡是水道与极板、膜片、隔板有交点的, 表示其上必然有孔并且叠成水道, 如果水道与其无交点的则无孔。如极板阳膜 3 与 A、B 水道相交, 其上部有 A、B 2 个孔, 下半部极水通道拐弯以后与极板阳膜 3 相交后引出, 表示有 1 个 C' 孔, 但没有 A'、B' 2 个孔, 这与图 2a 是一致的。

普通阴膜 5 (蓝色) 上部与 A、B 水道相交, 表示其上部有 A、B 2 个孔, 下部与 A'、B'、C' 3 条水道相交, 表示它的下部必有 A'、B'、C' 3 个孔, 这与图 2b 一致。

中隔阳膜 11、23 上部无孔, 下部有 A'、B'、C' 3 个孔, 这可以在图 5 中体现出来并且与图 4 一致。同理, 极板 17 上部有 A、B、C 3 个孔, 而下部没有 A'、B'、C' 3 个孔, 这也与图 1 一致。

可见图 5 为正确安装电渗析器提供了可靠的依据。即使清洗中顺序被打乱, 也可以理出头绪来。

## 3 电渗析器的正确使用与维护

### 3.1 日常使用

日常使用中坚持每个班次换向一次是延长电渗析器使用寿命的关键, 其原理见《蓄》文分析。纯

水机未通水时不要接通电源开关, 以免盐层电路烧坏膜片。

### 3.2 再生与安装

电渗析器功效下降以后可以拆开清洗, 要做好标记和记录, 不要打乱安装顺序, 也可以用一根软线将各元件依次穿起来, 认真刷洗积垢, 必要时予以酸洗、漂净, 再按原顺序装回, 在这一过程中, 要注意以下 5 点。

a. 清洗时, 先用 3% 的盐酸水溶液浸泡阴膜、阳膜, 浸泡时间为 8 h 以上, 尽量分散开使元件都能与盐酸起反应, 以激活阴膜与阳膜, 然后用大量清水冲洗, 直到水中不显酸性为止。

b. 安装隔板时, 同一膜片两侧的塑料水道隔板的连通孔道必须相反。如图 5 中普通阴膜 5、9 一侧向上连通 A-A' 水道, 其另一侧 (即普通阳膜 7 的右侧) 应连通 B-B' 水道, 按此顺序将同一组元件装完, 如有错装, 将使浓水流入淡水通道、淡水流入浓水通道, 从而失去效能。

c. 相邻 2 个电渗析组件的塑料水道隔板连通方向要相反, 即从一个方向 (如从右向左) 看: 第 1 组普通阳膜 7 右侧塑料水道隔板向下连通 B-B' 水道, 普通阴膜 9 右侧塑料水道隔板向上连通 A-A' 水道; 第 2 组普通阳膜 20a 右侧塑料水道隔板向上连通 A-A' 水道, 普通阴膜 21a 右侧塑料水道隔板向下连通 B-B' 水道, 恰与第 1 组相反, 不得装错。

d. 先将各元件水平放置, 并按顺序装成单元, 再将极板膜与极板水平对正放好, 使膜片与隔板孔对齐, 将单元对孔装上以后, 再装中隔膜。注意: 左单元与右单元的 A'、B'、C' 孔必须对齐; 组与组间的 A、B 孔要对齐; 橡胶水道隔板 C 孔要对齐; C' 极水孔也要对齐。

e. 各组元件确实对齐各孔之后, 用硬塑料夹板与不锈钢螺栓拧紧, 防止元件之间松动漏水。在通水试验过程中, 应注意检测原水、浓水、淡水、极水的电导率 (或电阻率), 当淡水电导率远小于原水电导率 (或淡水电阻率远大于原水电阻率) 时, 则电渗析器工作正常; 如果原水、淡水电导率相差不大, 则可能是安装错误; 如果装配无误而膜片上痕迹色素很深, 则是膜片失效, 可向原厂购买元件或总成重装, 再作检测。表 1 给出了重装后的电渗析器的一次检测记录。

表 1 重装后的电渗析器各部分水质电导率

水质	浓水	淡水	极水	自来小
电导率/ $\times 10^2 \mu S \cdot cm^{-1}$	3.0	0.25	0.7	0.8

### 参考文献:

- [1] 徐宗炯. 蓄电池用纯水的制备[J]. 汽车电器, 1999, (6): 4-9.

(责任编辑 叶子)