

ICS 13.060.30

P41

团 体 标 准

T/CAEPI 19—2019

电渗析装置技术要求

Technical requirement for electrodialysis equipment

(发布稿)

本电子版为发布稿，请以正式出版的标准文本为准。

2019-7-17 发布

2019-8-1 实施

中国环境保护产业协会 发布

目 次

前 言.....	II
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 分类与命名.....	3
5 技术要求.....	4
6 检验方法.....	5
7 检验规则.....	6
8 标志、包装、运输和贮存.....	7
附录 A（规范性附录） 离子交换容量的检验及计算方法.....	9
附录 B（规范性附录） 膜面电阻的检验及计算方法.....	11
附录 C（规范性附录） 选择透过率的检验及计算方法.....	13
附录 D（规范性附录） 极限电流密度的检验及计算方法.....	16
附录 E（规范性附录） 浓缩极限的检验方法.....	18
附录 F（规范性附录） 电流效率的检验及计算方法.....	19

前 言

为贯彻《中华人民共和国水污染防治法》等法律法规，规范电渗析装置的生产制造，制定本标准。

本标准规定了电渗析装置的分类与命名、技术要求、检验方法和检验规则等。

本标准对《环境保护产品技术要求 电渗析装置》（HJ/T 334—2006）进行了修订。主要修订了以下内容：

- 扩大了适用范围；
- 更改了规范性引用文件；
- 增加了“电渗析”等 16 个术语与定义；
- 修改了“分类与命名”中的命名规则；
- 对“技术要求”中进水要求、基本要求、材料要求和装配要求的内容进行了修改；
- “试验方法”改为“检验方法”，增加了装配检验方法和装置性能检验方法；
- “检验规则”中，更换了型式检验、出厂检验的顺序，同时修改了规则内容；
- 扩充并细化了“标志、包装、运输和贮存”的内容。

本标准由中国环境保护产业协会组织制订。

本标准起草单位：杭州蓝然环境技术股份有限公司、杭州埃尔环保科技有限公司。

本标准主要起草人：楼永通、陈良、卿波、李嘉、朱春燕。

本标准由中国环境保护产业协会2019年7月17日批准。

本标准自2019年8月1日实施。

本标准由中国环境保护产业协会负责管理。由起草单位负责具体技术内容的解释。在应用过程中如有需要修改与补充的建议，请将相关资料寄送至中国环境保护产业协会标准管理部门（北京市西城区扣钟北里甲4楼，邮编100037）。

本标准的历次版本为：

- HJ/T 334—2006，HCRJ 030—1998。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

电渗析装置技术要求

1 适用范围

本标准规定了电渗析装置的分类与命名、技术要求、检验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存的要求。

本标准适用于水及物料中盐的去除或浓缩的电渗析装置。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 16470 托盘单元货载

GB/T 20103—2006 膜分离技术术语

HY/T 034.2—1994 电渗析技术 异相离子交换膜

HY/T 034.3—1994 电渗析技术 电渗析器

3 术语和定义

GB/T 20103—2006 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了GB/T 20103—2006 中的某些术语和定义。

3.1 电渗析 electro dialysis

以直流电为推动力，利用阴、阳离子交换膜对水溶液中阴、阳离子的选择透过性，使一个水体中的离子通过膜转移到另一水体中的物质分离过程。

[GB/T 20103—2006，定义 3.3.2]

3.2 电渗析装置 electro dialysis equipment

由电渗析膜堆，电极，水泵，仪表及整流器等组成的一套完整的膜分离设备。

3.3 离子交换膜 ion-exchange membrane

带有离子交换化学基团并对离子具有选择性透过作用的聚合物薄膜。

3.4 阳离子交换膜 cation exchange membrane

膜体固定基团带有负电荷的荷电基团，可选择透过阳离子的离子交换膜。

[GB/T 20103—2006，定义 3.1.2]

3.5 阴离子交换膜 anion exchange membrane

膜体固定基团带有正电荷离子，可选择透过阴离子的离子交换膜。

[GB/T 20103—2006，定义 3.1.3]

3.6 异相离子交换膜 heterogeneous ion exchange membrane

由离子交换树脂粉末或其他带有离子交换化学基团的聚合物制成的，具有明显两相微结构的离子交换膜，简称异相膜。

3.7 均相离子交换膜 homogeneous ion exchange membrane

将离子交换化学基团固定于膜主体材料上的聚合物薄膜，其微结构均一，简称均相膜。

3.8 隔板 spacer

形成电渗析器浓、淡水室的框架。用它将阴离子交换膜与阳离子交换膜隔开，形成浓水或淡水的过水通道。

[GB/T 20103—2006，定义 3.2.6]

3.9 膜堆 membrane stack

由若干离子交换膜、隔板、配水板通过有序排列组成的电渗析的基本单元。

3.10 有效膜面积 effective membrane area

膜元件中具有分离作用的膜面积。

3.11 离子交换容量 ion exchange capacity

离子交换膜中与固定基团电荷平衡的离子量。

[GB/T 20103—2006，定义 3.1.13]

3.12 膜面电阻 membrane resistance

在某特定溶液中，一定面积的膜的电阻值。

3.13 迁移数 transference number

某特定离子所迁移的电量占总通电量的比率。

[GB/T 20103—2006，定义 3.1.16]

3.14 选择透过率 permselectivity

离子交换膜透过特定的电荷离子或排斥相反电荷离子的能力。

[GB/T 20103—2006, 定义3.1.17]

3.15 极限电流密度 limiting current density

电渗析发生极化时的临界电流密度。

[GB/T 20103—2006, 定义3.2.9]

3.16 电流效率 current efficiency

在电渗析过程中, 所施加电流的实际除盐量与理论除盐量的百分比。

[GB/T 20103—2006, 定义 3.3.19]

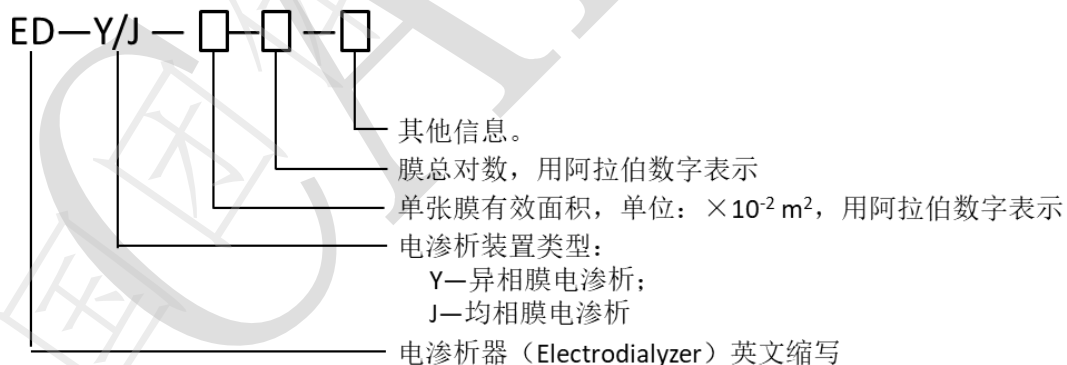
4 分类与命名

4.1 分类

根据电渗析装置使用的离子交换膜种类, 可分为均相膜电渗析装置和异相膜电渗析装置。

4.2 命名

电渗析装置的命名由英文字母、阿拉伯数字按规则排列组成, 主要包含电渗析装置类型、单张膜有效面积、膜总对数、其他信息。规则如下:



示例 I:

ED—J—50—120, 含义: 均相膜电渗析装置, 单张膜有效面积 $50 \times 10^{-2} \text{ m}^2$, 共120对。

示例 II:

ED—Y—5—40—倒极, 含义: 异相膜电渗析装置, 单张膜有效面积 $5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$, 共40对, 具有倒极功能。

5 技术要求

5.1 进水要求

电渗析装置一般进水水质：

- a) 水温：5 °C~40 °C；
- b) 进水pH：2~10；
- c) 进水黏度：<10 mPa•s；
- d) 总悬浮物（TSS）：<1 mg/L；
- e) 游离氯：<3 mg/L；
- f) 铁离子：<0.3 mg/L；
- g) 锰离子：<0.1 mg/L；
- h) 成垢离子：浓缩后成垢离子的离子积应小于难溶盐溶度积，如，水中同时含有 SO_4^{2-} ， Ca^{2+} ，则要求浓缩后 $[\text{SO}_4^{2-}][\text{Ca}^{2+}]<4.93\times 10^{-5}$ ；
- i) 其他：进水中不应含挥发酚、挥发性卤代烃、石油、苯系物、表面活性剂、丙酮、四氢呋喃、二氯甲烷、甲苯等。

若含有上述物质或有其他特殊要求的，宜另行规定。

5.2 基本要求

5.2.1 电渗析装置的基本组成包括膜堆、电极、水泵、仪表、整流器、控制系统等，所有部件安装在机架上固定。

5.2.2 电渗析装置应符合本标准的要求，并按照经规定程序批准的图样及技术文件制造。

5.2.3 电渗析膜堆、泵、整流器等关键组件均应有产品合格证或检验证书。

5.2.4 电渗析装置的各个连接处，应外观整洁、表面平整、结合严密，无渗漏。

5.2.5 电渗析装置的控制系統应准确、可靠、灵敏，应具有高温警报、过流警报、过载警报功能，以及压力保护、水泵连锁保护、故障自动停机功能等。

5.2.6 料液接触管道、阀门应选择非金属材料，或管道、阀门内部衬塑，降低漏电风险。

5.2.7 电渗析装置应安装在室内，且不应安置在多尘、高温、震动的地方，避免阳光直射，当室温低于5°C时，必须采取防冻措施。

5.3 材料要求

5.3.1 膜堆材料

5.3.1.1 离子交换膜的主要技术指标应满足表1的要求。

表1 离子交换膜的技术指标

项目	均相膜	异相膜
离子交换容量 (mol/kg 干膜)	≥ 1.5	≥ 2.0
膜面电阻 ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	≤ 3.5	≤ 8
选择透过率 (%)	≥ 96	≥ 92

5.3.1.2 电渗析的隔板可采用聚丙烯、聚四氟乙烯、聚乙烯等材质加工而成，其厚度应在0.25 mm~2 mm 范围内。

5.3.2 电极

电渗析装置的电极材料可采用钛涂钉、钛涂铌、钛涂铂、钛涂钽、钛涂二氧化铅、石墨、不锈钢、镍等材质。

5.4 装配要求

5.4.1 电渗析装置机架应进行防锈处理，表面涂层应均匀、美观、无擦伤、无划痕，安装应牢固，焊缝应平整，机架、膜堆、电极、水泵及相应管线在水平及垂直方向的公差应符合设计要求。

5.4.2 电渗析膜堆由离子交换膜、隔板等组成，组装时应注意装配顺序，并保证外观整齐、平整。

5.4.3 电渗析装置管路加工焊接时应保证管路间不互漏、不外漏。

5.4.4 电渗析装置在额定流量、压力下测试时，整个装置不可漏水。

5.5 装置性能要求

电渗析装置性能应满足表2的要求。

表2 电渗析装置性能

项目	均相膜电渗析装置	异相膜电渗析装置
极限电流密度 (A/m^2)	≥ 400	≥ 250
NaCl浓缩极限 (%)	≥ 15	≥ 12
电流效率 (%)	≥ 80	≥ 70

6 检验方法

6.1 离子交换膜技术指标检验

6.1.1 5.3.1.1中离子交换容量的检验及计算方法见附录A。

6.1.2 5.3.1.1中膜面电阻的检验及计算方法见附录B。

6.1.3 5.3.1.1中选择透过率的检验及计算方法见附录C。

6.2 装配检验

6.2.1 目测判断电渗析装置机架是否符合5.4.1的要求。

6.2.2 用水平仪测量机架、膜堆、电极、水泵及相应管线，其水平方向和垂直方向是否符合5.4.1的要求。

6.2.3 目测判断电渗析膜堆组装是否正确，外观是否整洁。

6.2.4 电渗析装置水箱装自来水，开启水泵阀门，在额定流量、压力下运行15min以上，目测判断管路、膜堆是否漏水。

6.3 装置性能检验

6.3.1 5.5中电渗析装置的极限电流密度检验及计算方法见附录D。

6.3.2 5.5中电渗析装置的浓缩极限检验方法见附录E。

6.3.3 5.5中电渗析装置的电流效率检验及计算方法见附录F。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品的检验分为出厂检验和型式检验，检验项目及相关要求见表3。

表3 电渗析装置检验项目

序号	检验项目			指标要求	检验方法
	检测项目	型式检验	出厂检验		
1	离子交换容量	√	×	5.3	附录A
2	膜面电阻	√	×		附录B
3	选择透过率	√	×		附录C
4	装配	√	√	5.4	6.2
5	极限电流密度	√	×	5.5	附录D
6	NaCl浓缩极限	√	×		附录E
7	电流效率	√	√		附录F

7.2 型式检验

7.2.1 当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品及新规格产品定型，或老产品转厂生产；
- b) 产品的结构、工艺及主要材料有较大改变，可能影响产品性能；
- c) 连续停产两年以上再恢复生产；
- d) 产品正常生产，每三年进行一次型式检验。

7.2.2 从产品随机抽样，抽样数不小于三台。

7.2.3 型式检验项目、达标要求及试验方法参照表3。

7.2.4 任一项不合格，应加倍抽样复检，若仍不合格，则判定为不合格。

7.3 出厂检验

7.3.1 每台产品出厂前均应进行出厂检验。

7.3.2 出厂检验项目、达标要求及试验方法参照表3。

7.3.3 各种型号的电渗析装置，须完成所有检验并签发合格证后方可出厂。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

每台电渗析装置上应镶有铭牌，内容包括：

- a) 装置名称；
- b) 装置型号；
- c) 装置净重；
- d) 循环流量；
- e) 工作压力；
- f) 工作温度；
- g) 制造厂商；
- h) 出厂编号和日期。

8.2 包装

8.2.1 包装以运输储存为主要目的，应有防雨、防潮措施，保证包装不开裂、不破碎。包装应具有保障货物运输安全、便于装卸储运、加速交接点验等功能。

8.2.2 电渗析装置宜按电渗析膜堆，电极，水泵，仪表及整流器等部件分类包装。电渗析膜堆包装前应封闭进、出水口，防止膜堆缺水干燥。

8.2.3 包装应根据货物的长度、重量和重心情况合理设计起吊位置，加装相应规格的护角铁板以增加强度，并标明起吊点、重心点。

8.2.4 包装底部应有托盘，便于不同作业方式的装卸作业，托盘要求、货品堆码方式、托盘固定方法应符合GB/T 16470—2008。

8.2.5 各部件在包装内应固定牢靠，不因运输产生移位或窜动。部件与包装、加固材料接触部分及部件与包装间隙应放置缓冲材料保护，易损部件应做有效保护。

8.2.6 包装箱外标志应符合GB/T 191—2008，包装箱内应附有使用说明书、合格证和装箱单。

8.3 运输和贮存

8.3.1 运输承运人必须符合国家及当地交通运输、环保等法律法规的要求，并且保证运输安全；

8.3.2 公路运输，设备形体规则的设备可直接装车，木包装箱应加以必要捆绑，较高的设备应使用手拉葫芦或专用紧绳器把木包装箱与车厢两侧加以固定；较精密的设备应设置防滑木及减震垫；较长的设备应保证同时有多个受力点与车厢平衡接触，必要时加设承重平衡木；

8.3.3 司机运输木包装箱要高度谨慎，驾驶过程中做到匀速行使。运输线路要提前考察，路况特别不好的要提前休整或更改运输路线。设备避免雨天、大风天气运输，特殊情况必须做好特殊防范措施；

8.3.4 存放环境应在5℃~40℃之间，应避免雨雪淋和烈日暴晒，勿靠近火源。保持环境干燥、整洁，不得滋生蛀虫，并且空气中不应含有足够引起腐蚀的有害物质。

附录 A
(规范性附录)
离子交换容量的检验及计算方法

本测试方法参考HY/T 034.2—1994等编写。

A.1 试剂与标准物质

除非另有说明，测试中仅使用分析纯的试剂，测试用水应使用GB/T 6682—2008中三级或三级以上纯度的水。测试所用的试剂和标准物质如下：

- a) 盐酸；
- b) 氢氧化钠；
- c) 氯化钠；
- d) 硝酸钠；
- e) 硝酸银；
- f) 酚酞；
- g) 铬酸钾；
- h) 氨水。

A.2 仪器与仪表

测试所需主要仪器仪表如下：

- a) 烘箱：控制温度精度 ± 1 °C；
- b) 分析天平：精度0.0001 g。

A.3 测试方法

a) 转型预处理：裁剪离子交换膜的湿膜样品约3 g~4 g，置于250 mL三角瓶中，使用100 mL的1.0 mol/L盐酸（或1.0 mol/L氯化钠）、1.0 mol/L氢氧化钠溶液（或1.0 mol/L的氨水）交替1~2次，每次在室温下浸泡3 h左右，更换浸泡溶液时用纯水洗涤膜样品。最后将膜样品置于100 mL的1.0 mol/L盐酸中转型（阳离子交换膜转成氢型，阴离子交换膜转成氯型），室温下保持8 h或以上，期间更换新鲜的1.0 mol/L盐酸2~3次，即完成转型。完成转型后，用纯水反复洗涤膜样品多次，直至洗涤水呈中性（可用pH试制或pH指示剂测试），膜样品保存于蒸馏水中，待测试；

b) 含水率测定：取出已转型好的湿膜样品，用滤纸快速吸干表面水分后，剪成大约1.0×1.0 cm大小的碎片，放入已烘干至恒重的称量瓶里，称量瓶已准确称重，立即进行精密称量，获得膜湿重 G 。将称量瓶放入105 °C的烘箱内烘干至恒重，称量获得膜样品的干重 G' ，按式（A.1）计算获得膜含水率。

c) 阳膜离子交换容量测试：取出已转型好的湿膜样品，快速吸干表面水分后，剪成1.0 cm×1.0 cm左右的小膜，放入已恒重的碘量瓶中（也可以放入称量瓶中，称重后再移入碘量瓶中），立即称取精密

重量 G ，往碘量瓶中准确加入100.00 mL内含5 %氯化钠的0.1 mol/L氢氧化钠溶液，于25℃下不断振动或摇晃8 h后，准确取出 50.00 mL，加入1~3滴酚酞指示剂，用0.1 mol/L盐酸标准溶液滴定至无色，记录盐酸消耗的体积 V_{HCl} ，按式（A.2）计算阳膜的交换容量 A_c 。

d) 阴膜离子交换容量测试：取出已转型好的湿膜样品，快速吸干表面水分后，剪成1.0 cm×1.0 cm左右的小膜，放入已恒重的碘量瓶中（也可以放入称量瓶中，称重后再移入碘量瓶中），立即称取精密重量 G ，往碘量瓶中准确加入100.00 mL 0.1 mol/L硝酸钠溶液，于25℃下不断振动或摇晃8 h后，准确取出50.00 mL，加入1~3滴铬酸钾指示剂，用0.1 mol/L硝酸银标准溶液滴定，记录硝酸银消耗的体积 V_{Ag} ，按式（A.3）计算阴膜的交换容量 A_A 。

A.4 计算公式

a) 含水率

$$W = \left(1 - \frac{G'}{G}\right) \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中： W —膜含水率，%；

G, G' —膜的湿重和干重，g。

b) 阳膜离子交换容量（干）

$$A_c = \frac{2(50 \times C_{NaOH} - V_{HCl} \times C_{HCl})}{G(1-W)} \quad (\text{A.2})$$

式中： W —膜含水率，%；

A_c —阳膜离子交换容量（干），mol/kg；

V_{HCl} —酸碱滴定盐酸消耗量，mL；

C_{NaOH}, C_{HCl} —氢氧化钠标准溶液与盐酸标准溶液的浓度，mol/L。

c) 阴膜离子交换容量计算（干）

$$A_A = \frac{2 \times C_{Ag} \times V_{Ag}}{G(1-W)} \quad (\text{A.3})$$

式中： W —膜含水率，%；

A_A —阴膜离子交换容量（干），mol/kg；

V_{Ag} —滴定中硝酸银消耗量，mL；

C_{Ag} —硝酸银标准溶液浓度，mol/L。

附录 B
(规范性附录)
膜面电阻的检验及计算方法

本测试方法参考HY/T 034.2—1994等编写。

B.1 试剂与标准物质

除非另有说明，测试中仅使用分析纯的试剂，测试用水应使用GB/T 6682—2008中三级或三级以上纯度的水。测试所用的试剂和标准物质如下：

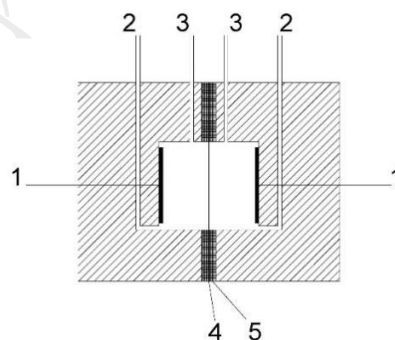
- a) 盐酸；
- b) 氢氧化钠；
- c) 氯化钠；
- d) 氨水。

B.2 仪器与仪表

测试所需主要仪器仪表如下：

- a) 恒温水槽；
- b) 流量计，10 L/h；
- c) 电导仪，交流电频率1000 Hz；

d) 电导池装置：由有机玻璃加工而成，为两个相同的半槽，半槽带有铂电极，电极有效面积 1.0 cm²，电极间距1.0 cm，电导池示意图如下：



1.铂电极，与电导仪连接；2.氯化钠溶液进水口，与高位液槽连通；3.氯化钠溶液出水口；4.膜片；5.密封垫

图B.1 膜电阻测试电导池装置

B.3 测试方法

a) 预处理：膜样品经过A.3 a) 预处理后，放入0.1 mol/L氯化钠溶液中浸泡平衡，每3 h更换溶液一次，共更换3次，待测；

b) 溶液电阻测定：将两个电导池半槽合并紧固，使溶液不外漏。开启阀门，使氯化钠从高位槽留流下，穿过电极，形成搅拌状态，氯化钠溶液温度维持在25 ℃，流量10 L/h。注意排除管内和电导池内的气泡，记录电导仪读数，即溶液电阻 R_s ；

c) 总电阻测定：将膜夹在两个半槽之间，然后将半槽合并紧固，使溶液不外漏。其他同b)。记录电导仪读数，即为溶液和膜的总电阻 R_{s+m} ；

d) 按式 (B.1) 计算膜电阻，再按式 (B.2) 计算膜面电阻。

B.4 计算公式

a) 膜电阻

$$R_m = R_{m+s} - R_s \quad (\text{B.1})$$

式中： R_m —膜电阻， Ω ；

R_{m+s} —膜和溶液的总电阻， Ω ；

R_s —溶液电阻， Ω 。

b) 膜面电阻

$$R_A = R_m \cdot S_E \quad (\text{B.2})$$

式中： R_A —膜面电阻， $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ；

R_m —膜电阻， Ω ；

S_E —电极面积， cm^2 。

附录 C
(规范性附录)
选择透过率的检验及计算方法

本测试方法参考HY/T 034.3—1994等编写。

C.1 试剂与标准物质

除非另有说明，测试中仅使用分析纯的试剂，测试用水应使用GB/T 6682—2008中三级或三级以上纯度的水。测试所用的试剂和标准物质如下：

- a) 盐酸；
- b) 氢氧化钠；
- c) 氯化钠；
- d) 氨水；
- e) 琼脂；
- f) 氯化钾；
- g) 氢氧化钾。

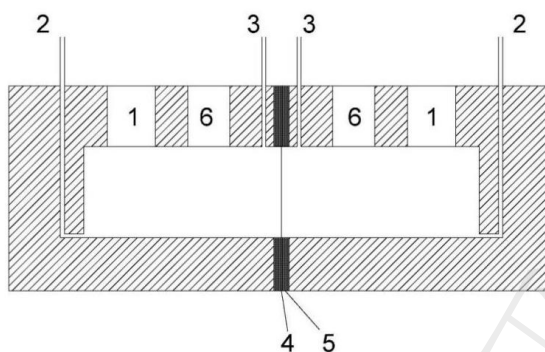
C.2 仪器与仪表

测试所需主要仪器仪表如下：

- a) 低电势直流电位差计，精度0.001 mV；
- b) 直流复射式检流计；
- c) 饱和惠斯顿标准电池；
- d) 甘汞电极，2支；
- e) 晶体管稳压电源，0 V~10 V；
- f) 流量计，10 L/h，2个；
- g) U型盐桥，3支；

制备方法：取琼脂（CP级）3 g，加入蒸馏水100 mL，置于沸水浴中不断搅拌至完全溶解后，加入氯化钾33 g，搅拌溶解至呈透明状态，静置5 min或以上，排出内部积聚的气泡，并除去上部浮着物。将洁净干燥的U型玻璃管一端插入琼脂中，另一端用洗耳球把琼脂缓慢、均匀地吸入U型管内，并保证全部充满，于室温下冷却琼脂，使其呈冻胶即可。良好的盐桥应是透明，胶体连续，无断裂，无气泡。盐桥应使两端浸没于饱和氯化钾溶液中，备用。

h) 电位池装置：由连个完全相同的半电池通过螺杆组合而成，半电池通常使用有机玻璃加工制成，上部有进、出水口和排气口，此外还有盐桥一端的插孔，示意图见图C.1。



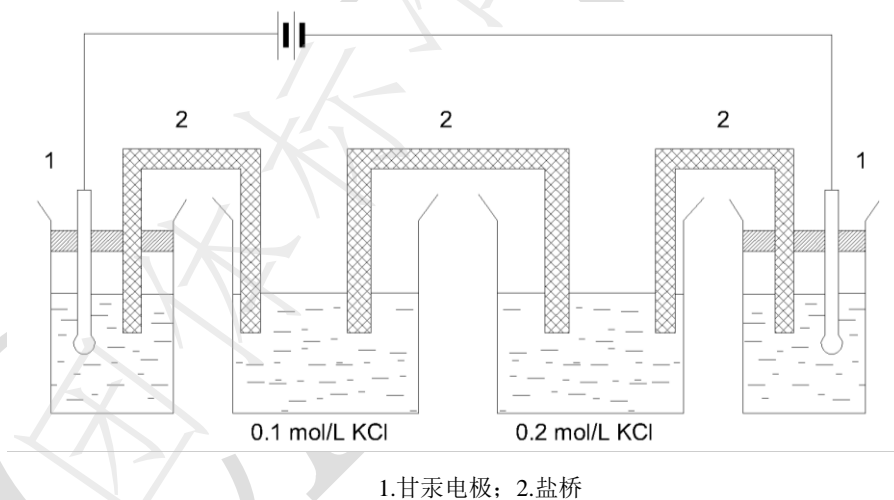
1.盐桥插口；2.氯化钾溶液进/出水口，与氯化钾储液罐相连；3.氯化钾溶液出水口；4.膜片；5.密封垫；6.排气口

图C.1 离子迁移数电位池装置

C.3 测试方法

a) 预处理：膜样品经过A.3 a) 预处理后，阳膜放入1.0 mol/L 氢氧化钾溶液中转型6 h，隔3 h换一次碱液，接着用蒸馏水清洗至中性，阴膜不做额外处理。之后，将膜片在0.15 mol/L氯化钾溶液中浸泡平衡6 h，每隔2 h更换一次溶液。

b) 液体接界电位：按图C.2组成电池，并按极性要求连接电位差计。调节电位盘使检流计平衡，记录电位值 E_j 。当电解质溶液浓度比值为2时， E_j 一般不应超过0.30 mV；



1.甘汞电极；2.盐桥

图C.2 接界电位测试装置示意图

c) 膜电位测定：把甘汞电极通过盐桥分别插入电位池两个半电池的插孔中，将待测膜夹在半电池间并夹紧，确保不漏液。根据甘汞电极的极性连接电位差计。测定阳膜时，高浓度的电极为负，测定阴膜时，低浓度侧的电极为负。开启氯化钾溶液储液罐阀门，使氯化钾溶液流入电位池装置中形成搅拌状态，调节电位盘至检流计平衡，记录电位读数 E_m ，即为膜的测试电位。根据式（C.1）计算获得膜的实际电位；

d) 选择透过率计算：根据式（C.2）计算膜的迁移数，再根据式（C.3）计算获得膜的选择透过率。

C.4 计算公式

a) 膜的实际电位

$$E = E_m - E_j \quad (\text{C.1})$$

式中： E —膜的实际电位，mV；

E_m —膜的测试电位，mV；

E_j —液体的接界电位，mV。

b) 膜的迁移数

$$t = \frac{E + E_0}{2E_0} \quad (\text{C.2})$$

式中： t —离子在膜中的迁移数；

E —膜的实际电位，mV；

E_0 —膜的理想电位，mV；其中，阳膜 $E_0=16.1$ mV；阴膜 $E_0=-16.1$ mV。

c) 选择透过率

$$P = \frac{t - t_0}{1 - t_0} \times 100\% \quad (\text{C.3})$$

式中： P —膜的选择透过率，%；

t —离子在膜中的迁移数；

t_0 —离子在溶液中的迁移数（ K^+ ： $t_0=0.49$ ； Cl^- ： $t_0=0.51$ ）。

附录 D
(规范性附录)
极限电流密度的检验及计算方法

本测试方法参考HY/T 034.3—1994等编写。

D.1 试剂与标准物质

除非另有说明，测试中仅使用分析纯的试剂，测试用水应使用GB/T 6682—2008中三级或三级以上纯度的水。测试所用的试剂和标准物质如下：

- a) 氯化钠。

D.2 仪器与仪表

测试所需主要仪器仪表如下：

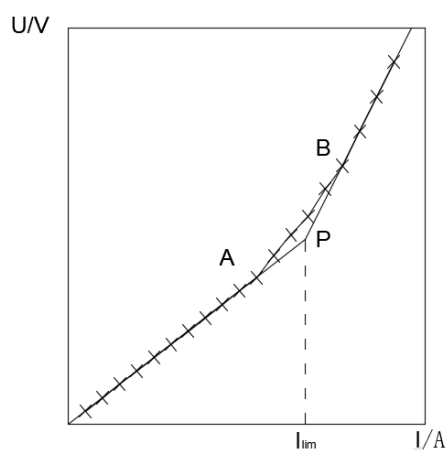
- a) 整流器，装置自带；
- b) 直流安培表，装置自带；
- c) 直流伏特表，装置自带；
- d) 压力表，装置自带；
- e) 流量计，装置自带。

D.3 测试方法

a) 装置预处理：电渗析装置所用离子交换膜需充分转型，阳膜为钠型，阴膜为氯型。或者在测试前使用大于2 g/L的氯化钠溶液循环4 h以上，通水期间按0.5 V/对电压通电，每隔半小时倒极一次，使离子交换膜充分转型。

b) 电压调节：电渗析装置按正常运行流量通入20 g/L氯化钠溶液，溶液温度控制在25 ℃。调整浓水、极水压力与淡水压力相同。调节整流器为电渗析装置供电，以电压为零开始，每次升高 0.1 V/对膜，调节电压后停留一段时间以达到平衡状态，停留时间应不小于淡水在电渗析装置内停留时间的3倍，记录每一次的电压、电流，到电压达到2 V/对膜时为测试终点。

c) 电流-电压曲线绘制：使用记录的电压、电流值绘制电流-电压曲线，将各点连接成近似的曲线，由曲线做切线，AP、BP相交于P点，由P点作垂线，对应的电流值即电渗析装置在测试条件下的极限电流 I_{lim} ，详见图C.1；



图D.1 电流-电压曲线绘制示意图

d) 极限电流密度：根据式 (D.1) 计算极限电流密度。

D.4 计算公式

a) 极限电流密度

$$J_{lim} = \frac{I_{lim}}{S_m} \quad (D.1)$$

式中： J_{lim} —极限电流密度， A/m^2 ；

I_{lim} —极限电流， A ；

S_m —单张膜有效面积， m^2 。

附录 E
(规范性附录)
浓缩极限的检验方法

E.1 试剂与标准物质

除非另有说明，测试中仅使用分析纯的试剂，测试用水应使用GB/T 6682—2008中三级或三级以上纯度的水。测试所用的试剂和标准物质如下：

- a) 氯化钠。

E.2 仪器与仪表

测试所需主要仪器仪表如下：

- a) 电导率仪，装置自带或外置，量程0 mS/cm~200 mS/cm；
- b) 温度计，装置自带或外置；
- c) 流量计、压力表，装置自带。

E.3 测试方法

a) 加料：电渗析装置组装完成后，浓水室、淡水室、极水室均加入1 mol/L NaCl溶液，浓水室液位加到最低限，淡水室液位加至上限，极水室液位在上下限之间，溶液温度控制在25 °C~35 °C。

b) 运行：开启泵，调节淡水室流量至额定流量，该值等于膜面流速×隔板厚度×隔板宽度×膜对数，膜面流速控制在4 cm/s；再调节浓水室、淡水室进水阀门，至其压力与淡水室相同。平衡1 min~3 min，待流量稳定，管路内无气泡后，开启膜堆电源，设定电渗析装置的电流、电压上限值。电流密度上限：均相膜 400 A/m²，异相膜250 A/m²；电压上限：均相膜 0.5V/对，异相膜 1 V/对；运行时保证电流或电压之一达到上限值；

c) 终点判断：每隔10 min记录浓、淡水的电导率，淡水电导率低于16 mS/cm (NaCl浓度为0.2 mol/L) 时更换淡水。持续运行直至10 min内浓水电导率差值在1 mS/cm以下，此时作为测试终点，关闭电源、泵；

e) 浓缩极限：测定浓水盐浓度为电渗析装置的浓缩极限。

附录 F

(规范性附录)

电流效率的检验及计算方法

F.1 试剂与标准物质

除非另有说明，测试中仅使用分析纯的试剂，测试用水应使用GB/T 6682-2008中三级或三级以上纯度的水。测试所用的试剂和标准物质如下：

- a) 氯化钠。

F.2 仪器与仪表

测试所需主要仪器仪表如下：

- a) 电导率仪，装置自带或外置，量程0 mS/cm~200 mS/cm；
 b) 温度计，装置自带或外置；
 c) 流量计、压力表，装置自带；
 d) 电压表、电流表，装置自带。

F.3 测试方法

a) 加料：电渗析装置组装完成后，浓水室、淡水室、极水室均加入1 mol/L 氯化钠溶液，浓水室、淡水室、极水室添加同等水量，液位加至上下限之间，记录加入体积 V_0 ，溶液温度控制在25 °C~35 °C。

b) 运行：开启泵，调节淡水室流量至额定流量，该值等于膜面流速×隔板厚度×隔板宽度×膜对数，膜面流速控制在4 cm/s。调节浓水室、淡水室进水阀门，至其压力与淡水室相同。平衡1 min~3 min，待流量稳定，管路内无气泡后，开启膜堆电源，设定电渗析装置的电流、电压上限值。电流密度上限：均相膜 400 A/m²，异相膜250 A/m²；电压上限：均相膜 0.5V/对，异相膜 1 V/对，运行时保证电流或电压之一达到上限值；

c) 终点判断：每隔10 min记录浓、淡水的电导率，运行电流、运行时间、运行能耗，淡水电导率低于16 mS/cm（对应氯化钠溶液浓度为0.2 mol/L）作为终点，关闭电源、泵；

- e) 测定浓水、淡水初始及终点时的体积、盐浓度，电流效率根据式（F.1）计算。

F.4 计算公式

- a) 电流效率

$$\eta = \frac{F(V_t C_t - V_0 C_0)}{nIt} \times 100\% \quad (\text{F.1})$$

式中： η —电流效率，%；

F —法拉第常数，96485 C/mol；

V_0, V_t —浓水（或淡水）初始体积，终点体积，L；

C_0, C_t —浓水（或淡水）初始浓度，终点浓度，mol/L；

n —膜对数；

I —运行电流, A;

t —运行时间, s。

中国标准信息平台
CAEPI