

# 三槽隔膜间歇式电解槽制取弱碱性离子水工艺研究

董铁有, 朱娜, 洪妍

(河南科技大学食品与生物工程学院, 河南洛阳 471003)

**摘要:**为克服二槽型弱碱性离子水制取设备的缺点,设计了三槽隔膜式弱碱性离子水制取设备的结构和方法,并探讨了其工作原理。利用本研究制作的三槽隔膜式弱碱性离子水制取设备制取弱碱性离子水的实验结果表明,当电极距离为 10cm、电压 32V、盐水浓度为 5.32%时,该装置生产弱碱性离子水的电流效率最高。

**关键词:**弱碱性离子水, 阴极, pH, 三槽型

**Abstract:**A method for producing alkaline ionized water using three-cell electro dialysis stack by membrane electro dialysis was proposed. Operating principles and processing data were provided, and the selections of composition materials were discussed. Based on the experiment, the optimal conditions for producing alkaline ionized water were obtained, i.e. when the distance of electrode pairs is 10cm, the concentration of NaCl is 5.32% and the voltage is 32V, the efficiency for producing alkaline ionized water with this device is the highest. The relation between operation current density and current efficiency were also discussed.

**Key words:**alkaline ionized water; negative; pH value; three-cell.

中图分类号: TS203 文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2005)12-0126-03

弱碱性离子水是在装有选择性透过膜(即阳离子交换膜和阴离子交换膜)的离子水生成器中通以直流电,在阴极区域形成含有较多矿物质离子的碱性离子水。由于  $H_2$  在阴极区析出,同时水中的钙、镁、钠、钾、锌等金属离子在电场作用下向阴极迁移,其 pH 一般可控制在 8.5~9.5 之间<sup>[1]</sup>。弱碱性离子水的用途广泛,不仅可用于保健、水疗、美容,也适于在日常生活的很多方面应用。弱碱性离子水作为饮用水

收稿日期: 2005-04-22

作者简介: 董铁有(1960-),男,博士,副教授,研究方向:食品科学与工程。

基金项目:河南科技大学自然科学基金项目(0211062000)。

具有多种保健功能,如果经常饮用弱碱性离子水,就能中和体内有害的酸性代谢物,纠正肌体偏酸状态,达到调节人体酸碱平衡,保持健康的作用,并对肠胃内异常发酵引起的消化不良、胃酸过多、慢性腹泻等消化紊乱症状有治疗效果。因为弱碱性离子水分子团小,在人体细胞内渗透快,能促进和加速人体的新陈代谢,有利于废物排出,使营养物质很快被吸收并迅速循环。经研究证明,只有经电解得到的弱碱性离子水才有这种独特的功能<sup>[2]</sup>。用凉的碱性离子水泡茶,既不会破坏  $V_c$ ,又可中和丹宁酸,减少涩味,茶水色泽鲜艳,芳香可口,冲泡咖啡味更浓,冲泡奶粉溶化快,并增加钙的含量;用于煮饭、做汤、煮面条、炖肉等都能起到增加风味的作用,而且可以加热使用。碱性离子水可外用,用于清洗果蔬、器皿餐具、解酒、去静电、消毒、浇花、养鱼、浸种等等。弱碱性离子水亦可作为优良的工业用水。在电子工业方面,NEC公司于1994年,曾提出以碱性离子水清洗切割晶元表面,比一般所用的氨水更能有效去除尘粒,且减少化学品的使用量与废水处理的成本<sup>[3]</sup>。

我国在离子水及离子水生成器方面的研究起步较晚,目前常用的多为单槽型或二槽型。这些形式的电解槽有对加入食盐的浓度要求严格等缺点<sup>[4]</sup>。而国内外尚没有关于弱碱性离子水的制作工艺参数的研究。本研究的目的在于在目前广泛使用的二槽型弱碱性离子水制取设备的结构基础上,提出三槽型结构,并对其电解工艺参数进行优化。

## 1 三槽隔膜式电解槽结构及优点

为克服目前市场上流行的生产碱性离子水的二槽型电解槽的缺点,本研究设计了三槽隔膜式电解槽,其原理如图 1A 所示,由阴离子交换膜、阳离子交换膜将整个容器隔成三槽,分为中间区、阳极区和阴极区。中间区内为 NaCl 溶液,两边的阳极区和阴极

区通入自来水。当两极加上直流电压时,在直流电场的作用下,Cl<sup>-</sup>离子通过阴离子交换膜渗透到阳极区,形成酸性离子水。Na<sup>+</sup>离子通过阳离子交换膜渗透到阴极区,形成碱性离子水。自制电解槽结构如图1B所示,盐水室与两极室通过螺丝连接,为了避免渗漏,利用两块橡胶垫中间夹住离子交换膜。此结构不仅满足了实验要求,而且易于拆装,大大延长了电解槽的使用寿命。

三槽隔膜式电解槽的主要优点有:由于NaCl溶液是通过膜渗透到两极区,两极区产生的酸性水和碱性离子水可及时由泵抽走,且中间区NaCl的浓度没有严格限制;阴极区产生的碱性离子水被阳离子膜阻挡,不易渗透出,提高了空时产率;易于拆装,延长了使用寿命。

## 2 三槽隔膜式结构制取弱碱性离子水的工艺研究

### 2.1 实验目的及设备

实验目的为研究获得pH在9~9.5的弱碱性离子水所需的电解电压、极板距离、盐水浓度的最佳工艺参数,尽可能提高电流效率。

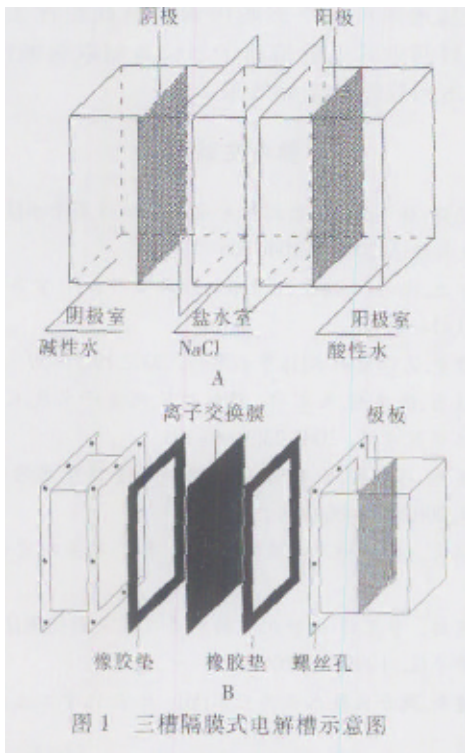


图1 三槽隔膜式电解槽示意图

主要实验设备有直流稳压电源(输出电压0~32V,输出电流0~20A)、电解槽(自制)、电流表(量程0~15A,精度0.01A)、酸度计(pH测量范围0~14,精度0.01)等。主要实验材料有阴阳异相离子交换膜、钛电极、食盐、自来水等。

### 2.2 实验设计

2.2.1 电压范围的选择 根据能斯特方程,阳极可

能析出产物的析出电势<sup>[5]</sup>为:

$$E(O_2+4H^++4e\rightarrow 2H_2O)=E^0(O_2+4H^++4e\rightarrow 2H_2O)+0.0592\lg(a(H^+))+\eta_{1\text{超}}=1.229V+0.0592\lg(a(H^+))+\eta_{1\text{超}} \quad (1)$$

$$E(Cl_2+2e\rightarrow 2Cl^-)=E^0(Cl_2+2e\rightarrow 2Cl^-)-0.0592\lg(a(Cl^-))+\eta_{2\text{超}}=1.358V-0.0592\lg(a(Cl^-))+\eta_{2\text{超}} \quad (2)$$

阴极可能析出产物的析出电势为:

$$E(2H^++2e\rightarrow H_2)=E^0(2H^++2e\rightarrow H_2)+0.0592\lg(a(H^+))-\eta_{3\text{超}} \quad (3)$$

根据槽压计算方程

$$U=E_{\text{阳}}-E_{\text{阴}}+I\times R \quad (4)$$

和超电势的近似值及离子浓度的可能值可知,槽压在3V以上时就可发生反应。根据法拉第电解定律<sup>[6]</sup>

$$j=nFv \quad (5)$$

即电流密度越大,反映电化学反应速率越快,但为了防止浓差极化<sup>[7]</sup>,电流密度应控制在极限电流密度下进行。而电流密度的大小与电压有关。电压越大,电流越大,电化学反应的速率就越快。所以,电压有一定限度,不能超过极限电压<sup>[6]</sup>。

极限电压的测定方法<sup>[8]</sup>如图2所示。实验结果如图3所示,电源所能提供的最高电压没有超过极限电压,所以电解电压可在3~32V的范围内任意选择。考虑到实际应用中电解速度的需要,实验时的实际电压的调节范围为20~32V。

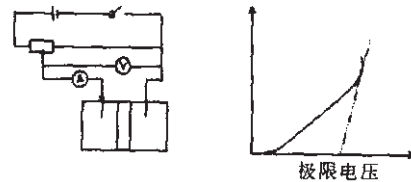


图2 极限电压的测定装置及原理

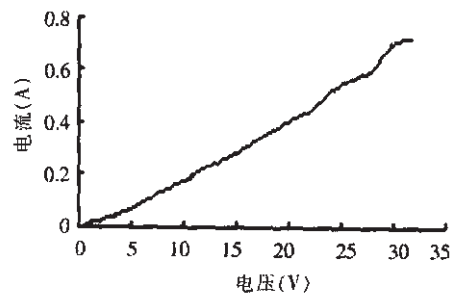


图3 极限电压与电解电流的关系

2.2.2 实验过程 实验所用电解槽为非连续式的间歇式电解槽,实验温度为恒室温,电压电解,强力搅拌,每5min记录一次电解电流值和pH,当pH达到9.5时实验结束。根据达到能够稳定生产所要求的弱碱性离子水所需的电解时间的长短获得空时效率数据。实验因素及实验安排如表1所示。

## 3 结果及讨论

实验结果及方差分析结果见表1。根据方差分析

表1 三因素三水平实验结果

实验号	A 电压(V)	空	B 盐水浓度(%)	C 板间距离(cm)	时间(min)
1	1(30)	1	1(12.92)	1(10)	10
2	1	2	2(9.12)	2(13)	15
3	1	3	3(5.32)	3(16)	25
4	2(24)	1	2	3	29
5	2	2	3	1	14
6	2	3	1	2	25
7	3(20)	1	3	2	30
8	3	2	1	3	40
9	3	3	2	1	17
I <sub>1</sub>	50	69	75	41	
I <sub>2</sub>	68	69	61	70	
I <sub>3</sub>	87	67	69	94	
极差	37	2	14	53	
方差	228.22	0.8889	32.8889	496.555	
S	f	V	F		显著性
电压	228.22	2	114.11	256.72	显著
浓度	32.8889	2	16.444	36.995	*
极板距离	496.555	2	234.777	529.185	高度显著
误差	0.8889	2	0.44499		

可知,极板间距离对电流效率有高度显著性影响,根据极板间距离水平均值计算可以看出,选择极板间距为10cm,即水平1时空时效率为最高;电压对电流效率有显著性影响,根据电压水平均值计算可以看出,选水平1,即电压为32V时空时效率为最高;盐水浓度对电流效率无显著性影响,考虑到材料的节省,所以选盐水浓度为5.32%。

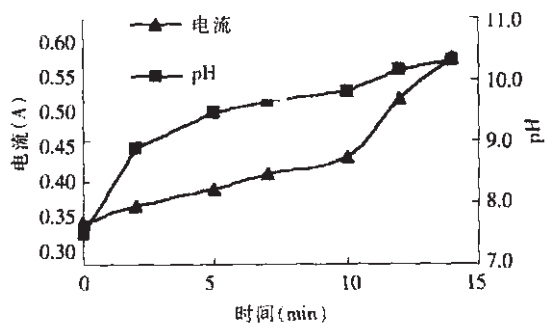


图4 电解电流与弱碱性离子水的pH间的关系

根据图4所示的实验结果可知,电解电流的变化直接影响弱碱性离子水的pH的变化。因为溶液的电流大小I与溶液的电导G有关,在电压一定的条件下,电导越大,则电流越大<sup>[8]</sup>。又因为H<sup>+</sup>和OH<sup>-</sup>的消耗特别大<sup>[9]</sup>,所以它们参与的反应电导变化很明显。当阳极区OH<sup>-</sup>增多(pH增大),溶液电导增大,所以电流增大。

#### 4 结论

采用三槽隔膜式电解槽结构制取弱碱性离子水不仅克服了现有的二槽型电解槽结构的盐水浓度难以控制等缺点,而且提高了电流效率。在电极距离、电压和盐水浓度三个影响因素的最佳配置条件下,三槽隔膜间歇式电解槽离子水设备制取弱碱性离子水可以达到较好的电解效果。

#### 参考文献:

- [1] 李晓辉,赵林海.21世纪生命水——活性离子水[J].科技情报开发与经济,2001(6):104~106
- [2] 沈泳元,沈忠悦.谈谈离子水的特征与功效[J].食品工业科技,2002(1):74~76
- [3] 詹舒斐.认识电解水[J].节水季刊,2002,19:51~59
- [4] 董铁有,张建龙,朱文学.强酸性氧化离子水技术及应用[J].洛阳理工学院学报,2002,23(3):98~101
- [5] 李美超,马淳安,吴庆,甘永平.电解制备离子水的研究[J].化学世界,2002(12):406~408
- [6] 万洪文,詹正坤.物理化学[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [7] 关东胜,李里特.强酸化水的制备及其灭菌效果[J].中国农业大学学报,1997,2(2):109~113
- [8] 任建新.膜分离技术及其应用[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [9] 高小霞,等.电化学分析导论[M].北京:科学出版社,1991.

欢迎订阅 《食品工业科技》

邮发代号 2-399