



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105771663 B

(45)授权公告日 2018.11.13

(21)申请号 201511020589.2

(22)申请日 2015.12.30

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105771663 A

(43)申请公布日 2016.07.20

(73)专利权人 中国科学院过程工程研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村北二条1号

(72)发明人 石绍渊 曹宏斌 李玉平 盛宇星

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

代理人 巩克栋 侯潇潇

(51)Int.Cl.

B01D 61/48(2006.01)

B01D 61/58(2006.01)

(56)对比文件

CN 101092436 A, 2007.12.26, 说明书第1页第3段.

CN 102976454 A, 2013.03.20, 说明书第7、32、34段.

审查员 郑丽丽

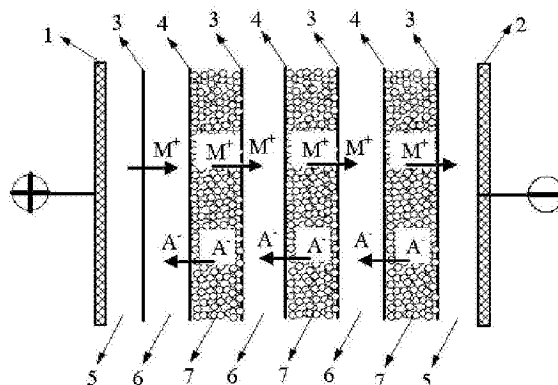
权利要求书2页 说明书15页 附图4页

(54)发明名称

一种用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置及方法

(57)摘要

本发明提供了一种用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置及方法,所述装置包括电渗析单元,所述电渗析单元为至少一个电渗析膜堆,所述电渗析膜堆包括阴极、阳极、阴离子交换膜和阳离子交换膜,所述阴离子交换膜和阳离子交换膜交替排列形成淡室和浓室,所述淡室中填充有离子交换剂.利用所述装置脱盐后的淀粉糖水解液含盐量小于50mg/L或更低,能直接用于生产淀粉糖;产生的电渗析浓水采用循环浓缩以减少浓水排放量,可避免产生大量高浓度有机废水和减小新水消耗;同时抑制糖通过离子交换膜发生渗漏损失及膜污染严重等问题,能够促进淀粉糖水解液电渗析脱盐技术的工程化应用。



1. 一种用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置方法, 所述方法采用用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置, 所述装置包括电渗析单元, 所述电渗析单元为至少一个电渗析膜堆, 所述电渗析膜堆包括阴极、阳极、阴离子交换膜和阳离子交换膜, 所述阴离子交换膜和阳离子交换膜交替排列形成淡室和浓室, 其特征在于, 所述淡室中填充有离子交换剂; 所述阴离子交换膜和阳离子交换膜均为低渗透膜;

所述装置还包括与电渗析单元相连的预处理单元; 所述预处理单元包括依次连接的脱色单元、杀菌单元、温度调节单元和过滤单元;

所述方法为: 将淀粉糖水解液在所述电渗析装置中进行电渗析脱盐, 其中, 所述电渗析脱盐在至少一个电渗析膜堆上进行, 所述电渗析膜堆中的阴离子交换膜和阳离子交换膜均为低渗透膜, 淡室中填充有离子交换剂, 得到脱盐后的淀粉糖水解液和电渗析浓水;

先对淀粉糖水解液进行预处理后再进行电渗析脱盐, 所述预处理为依次进行的脱色处理、杀菌处理、温度调节处理和过滤处理。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述离子交换剂为无机质类离子交换剂和/或有机质类离子交换剂。

3. 根据权利要求2所述的方法, 其特征在于, 所述无机质类离子交换剂为沸石。

4. 根据权利要求2所述的方法, 其特征在于, 所述有机质类离子交换剂为离子交换树脂和/或离子交换纤维。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其特征在于, 所述离子交换树脂为强酸型阳离子交换树脂、强碱型阴离子交换树脂、弱酸型阳离子交换树脂、弱碱型阴离子交换树脂、大孔型离子交换树脂或凝胶型离子交换树脂中的任意一种或至少两种的组合。

6. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述阳极为钛涂钌铱电极, 所述阴极为不锈钢电极或钛涂钌铱电极。

7. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述电渗析膜堆的极室与输液泵相连, 所述输液泵驱动极水在极室中循环。

8. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 电渗析膜堆浓水在所述浓室中进行循环浓缩。

9. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述淀粉糖水解液在淡室中进行多级脱盐。

10. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述电渗析单元采用恒电位操作。

11. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述脱色单元包括活性炭吸附装置。

12. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述脱色单元使用的脱色剂为活性炭。

13. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述杀菌单元包括蒸汽发生器和/或紫外线杀菌器。

14. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述温度调节单元包括板式换热器。

15. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述过滤单元包括陶瓷膜过滤器和/或有机膜过滤器。

16. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述装置还包括用于清洗电渗析单元的在线清洗单元, 所述在线清洗单元包括循环泵和清洗液储槽, 清洗液储槽中存放有清洗液, 所述循环泵使清洗液在电渗析堆膜与清洗液储槽之间循环。

17. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,所述清洗液为酸性或碱性化学清洗剂。
18. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述淀粉糖水解液为经过糖化与过滤后的淀粉糖水解液。
19. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述淀粉糖水解液的含糖量为20%-35%、含盐量为150-1000mg/L。
20. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述低渗透膜通过改变制膜配方与工艺和/或进行膜表面修饰得到。
21. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电渗析膜堆的极室中通入极水循环,所述极水由NaCl和/或Na₂SO₄配制得到。
22. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述脱盐后的淀粉糖水解液用于生产淀粉糖。
23. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述电渗析浓水在所述浓室中循环浓缩后排放或进入蒸发系统。
24. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述脱色处理为:利用活性炭对淀粉糖水解液进行吸附脱色。
25. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述杀菌处理为加热处理和/或紫外光照处理。
26. 根据权利要求25所述的方法,其特征在于,所述加热处理为向淀粉糖水解液中通入温度为100-150℃的蒸汽,使淀粉糖水解液的温度升高至100℃,并保持1-2h。
27. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,温度调节处理为:将所述杀菌处理后的淀粉糖水解液的温度调整至20-40℃。
28. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,所述电渗析单元每1-10天在线清洗一次。
29. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,所述电渗析单元每次在线清洗的时间为0.5-3h。
30. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法包括如下步骤:
 - (1) 对淀粉糖水解液进行脱色处理;
 - (2) 利用加热和/或紫外光照对吸附脱色处理后的淀粉糖水解液进行杀菌处理;
 - (3) 调整杀菌处理后的淀粉糖水解液的温度为20-40℃;
 - (4) 对步骤(3)得到的淀粉糖水解液进行膜过滤处理;
 - (5) 对膜过滤处理后的淀粉糖水解液在电渗析单元中进行电渗析脱盐,其中,电渗析单元包括至少一个电渗析膜堆,所述电渗析膜堆中的阴离子交换膜和阳离子交换膜均为低渗透膜,淡室中填充有离子交换剂,得到脱盐后的淀粉糖水解液和电渗析浓水。

一种用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及淀粉糖水解液脱盐工艺领域,涉及一种用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置及方法,尤其涉及一种实现淀粉糖水解液深度脱盐的强化离子迁移电渗析装置及方法。

背景技术

[0002] 淀粉糖工业是农业产业化和粮食深加工的重要途径之一。随着淀粉糖工业快速发展,淀粉糖企业的规模和产能不断扩大。据统计,美国各种淀粉糖品产量约1500万吨,其中淀粉糖品的消费量已超过蔗糖。中国发酵工业协会的统计数据显示,2005年中国淀粉糖有26大类产品,生产能力达到600万吨,居世界第二。玉米是世界粮食作物中产量最多的农作物,大力发展玉米深加工,用于生产淀粉糖等产品已成为世界上许多国家的支柱产业。

[0003] 传统玉米加工生产淀粉糖的工艺流程,包括:玉米淀粉—淀粉液化—糖化—过滤—脱色—离子交换—蒸发等,获得结晶产品。在该工艺流程中,通常采用离子交换法进行淀粉糖脱盐(赵国志等,粮食与油脂,2007,10:4-8),其缺点是离子交换床阀门较多、操作过程繁琐复杂、不易实现自动控制、运行成本高且需要消耗大量酸碱再生树脂,另外,细菌易在床层中繁殖,离子交换树脂会向纯水中渗溶有机物,可产生大量高浓度有机废水,易对环境造成污染。

[0004] 淀粉糖生产废水主要来源于工艺废水、各种设备的冲洗水、洗涤水以及液化和糖化阶段的冷却水等,其综合排水水质特点是含盐量高(平均盐度约为10000mg/L)、COD_{Cr}(8000-10000mg/L)和SS也较高,属于一种难处理高浓度有机废水。有研究者对这种废水处理展开了研究,如朱杰高等(北方环境,2011,23(11):59-61)选用PEIC厌氧反应器和A²/O活性污泥池工艺来处理淀粉糖废水,并应用于工业实践。张征等(工业水处理,2004,24(4):56-58)介绍一种淀粉糖废水工艺,所述工艺包括活性炭生物滤塔(ABF)、射流曝气(J)和曝气生物滤池(BAF)等。王莘和夏勇梅(吉林水利,2010,1:6-8)探讨采用微生物菌剂处理淀粉糖废水,考察好氧和厌氧条件下pH、悬浮物含量(SS)、氨氮含和化学需氧量(COD)等参数变化,确定了最佳菌剂浓度及处理时间等。目前这些方法处理淀粉糖废水虽然具有一定效果,但仍存在处理成本高、过程复杂以及难以实现废水达标等缺点,需要通过优化淀粉糖的生产和脱盐工艺,从源头实现废水减排。

[0005] 近年来,一些研究者探讨了利用电渗析法脱除葡萄糖浆的盐分。如武睿等(食品与发酵工业,2012,38(7):137-140)探讨了将电渗析技术应用于淀粉糖脱盐工艺,与离子交换法相比,不产生大量高浓度有机废水,可有效降低脱盐成本,且有助于环境保护和生产连续稳定运行。孙鲁等(中国食品添加剂,2011,6:136-140)探讨利用电渗析法去除木糖液中杂质离子的方法,获得了电流密度、循环流量、温度、操作浓度等优化操作条件。王秋霜等(农业工程学报,2008,24(10):243-247)探讨采用电渗析技术进行大豆低聚糖溶液脱盐的可行性。关于电渗析技术用于淀粉糖脱盐的专利也有报道,如CN 202803120U提出一种用于糖浆脱盐的电渗析装置系统,可用于淀粉糖生产中糖浆的脱盐精制,其特点是通过集成前处理

装置和清洗装置减小膜污染,但该专利提出的方法仍不能彻底解决该电渗析体系中由淀粉糖水解液中无机物、有机物和微生物等造成的离子交换膜污染问题。CN 102492782B提出一种采用电渗析脱除糖浆盐分和生产葡萄糖浆的方法,其特点是将待脱盐糖浆按比例分成2部分,分布进入电渗析淡室和浓室,其中脱盐糖浆用于淀粉糖生产,盐浓缩糖浆用于发酵,可显著减小淀粉糖脱盐的生产成本,但该方法没有考虑糖浆电渗析过程中因为杂菌污染,造成电渗析体系中离子交换膜形成微生物污染的问题。

[0006] 总之,常规电渗析技术用于糖浆脱盐,由于淀粉糖水解液存在含盐量低、溶液电阻大,而且常规商品化离子膜漏糖严重,会导致电渗析过程的离子迁移速率较低,体系仍存在脱盐效率低、糖损失率高、膜污染严重等问题,因此也导致该技术无法得到应用。

发明内容

[0007] 针对淀粉糖水解液采用传统电渗析处理存在脱盐效率低、膜污染严重及糖损失率高等缺点,以及采用传统离子交换法脱盐,存在操作工艺复杂、运行成本高、消耗大量酸碱、产生高浓度有机废水和易造成环境污染等问题,本发明提供了一种用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置及方法,旨在解决常规电渗析脱盐效率低、抑制糖通过离子交换膜发生渗漏损失且膜污染严重等问题,以促进淀粉糖水解液电渗析脱盐技术的工程化应用。

[0008] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0009] 一种用于淀粉糖水解液脱盐的电渗析装置,所述装置包括电渗析单元,所述电渗析单元为至少一个电渗析膜堆,所述电渗析膜堆包括阴极、阳极、阴离子交换膜和阳离子交换膜,所述阴离子交换膜和阳离子交换膜交替排列形成淡室和浓室,所述淡室中填充有离子交换剂。

[0010] 所述电渗析膜堆单元还包括隔板和紧固装置等部件,以使其成为完整的电渗析膜堆。

[0011] 所述离子交换剂为无机质类离子交换剂和/或有机质类离子交换剂。所述离子交换剂的类型可根据淀粉糖水解液脱盐的目标进行选择。

[0012] 优选地,所述无机质类离子交换剂为沸石。

[0013] 优选地,所述有机质类离子交换剂为离子交换树脂或和/或离子交换纤维。

[0014] 优选地,所述离子交换树脂为强酸型阳离子交换树脂、强碱型阴离子交换树脂、弱酸型阳离子交换树脂、弱碱型阴离子交换树脂、大孔型离子交换树脂和凝胶型离子交换树脂中的任意一种或至少两种的组合。

[0015] 填充于电渗析单元淡室中的离子交换剂可以促进电渗析体系中的离子迁移传递。电渗析膜堆淡室中填充的离子交换剂促进离子迁移传递的原理是:当淀粉糖水解液中的离子浓度较低时,会导致溶液电阻增大而使离子迁移速率减慢;当淡室中填充离子交换剂时,溶液中的离子会吸附到离子交换剂上,通过紧密接触且具有导电性的离子交换剂发生快速迁移传递,因而能提高淀粉糖水解液脱盐效率和达到深度脱盐的目标。

[0016] 所述装置利用填充的离子交换剂强化离子迁移以实现淀粉糖水解液电渗析脱盐,其产生的脱盐后的淀粉糖水解液(即脱盐糖浆)含盐量可小于50mg/L或更低,能够直接用于生产淀粉糖;产生的电渗析浓水可采用循环浓缩以减少浓水排放量,其含盐量为1%-10%甚至更高、COD小于50mg/L,满足工业废水外排标准,少量浓水可直接外排或进蒸发系统,不

会造成环境污染,同时可避免产生大量高浓度有机废水和减小新水消耗。

[0017] 优选地,所述阴离子交换膜和阳离子交换膜均为低渗透膜。所述阴离子交换膜和阳离子交换膜均为低渗透膜。所述低渗透膜为通过改变制膜配方与工艺和/或进行膜表面修饰等方法,以提高离子膜的交联度、交换容量和离子选择透过性等而获得的低渗透膜,用其代替常规商品化的离子交换膜,可抑制淀粉糖水解液电渗析过程中出现的漏糖现象,其漏糖损失率小于0.5%。

[0018] 优选地,所述阳极为钛涂钌铱电极,阴极为不锈钢电极或钛涂钌铱电极。一般情况下,阳极采用钛涂钌铱电极,阴极采用不锈钢电极;当电渗析单元通过PLC系统控制频繁倒极时,则阴极也需要采用钛涂钌铱电极。

[0019] 优选地,所述电渗析膜堆的极室与输液泵相连,所述输液泵用于通过极水在极室中循环,所述极水由NaCl和/或Na₂SO₄配制得到,所述极水主要起到导电、降温 and 冲洗电极的作用。

[0020] 优选地,电渗析膜堆浓水在所述浓室中进行循环浓缩。在电渗析脱盐过程中浓水的含盐量逐渐升高。

[0021] 优选地,所述淡室中通入淀粉糖水解液进行多级脱盐。淡室中填充的离子交换剂能够促进电渗析过程的离子迁移传递,淀粉糖水解液可通过多级脱盐,如2级、3级、4级、5级或8级等脱盐,使脱盐后的淀粉糖水解液的含盐量下降到小于50mg/L或更低,满足生产淀粉糖产品要求。所述淀粉糖水解液的脱盐级数可根据实际的电渗析膜堆脱盐率和淀粉糖水解液的含盐量进行计算得到。

[0022] 优选地,所述电渗析单元采用恒电位操作。

[0023] 所述装置还包括与电渗析单元相连的预处理单元。所述预处理单元用于电渗析单元中膜污染的防治。

[0024] 优选地,所述预处理单元包括依次连接的脱色单元、杀菌单元、温度调节单元和过滤单元。

[0025] 优选地,所述脱色单元包括活性炭吸附装置。所述脱色单元为本领域技术人员公知的技术。

[0026] 优选地,所述脱色单元使用的脱色剂为活性炭。

[0027] 优选地,所述杀菌单元包括蒸汽发生器和/或紫外线杀菌器。所述杀菌单元的目的在于尽量消除淀粉糖水解液中的微生物和细菌,保证后续膜过滤和电渗析的正常进行。

[0028] 优选地,所述蒸汽发生器产生的蒸汽的温度为100-150℃,如105℃、110℃、115℃、120℃、130℃、135℃、140℃或145℃等。

[0029] 优选地,所述温度调节单元包括板式换热器。

[0030] 优选地,所述温度调节单元将料液的温度调节至20-40℃,如22℃、25℃、28℃、30℃、32℃、35℃或38℃等,由于电渗析单元中,电渗析膜堆承受的温度不高于40℃,因此,需要对杀菌处理后的淀粉糖水解液进行温度调节,以保证电渗析脱盐处理的正常进行。

[0031] 优选地,所述过滤单元包括陶瓷膜过滤器和/或有机膜过滤器。所述过滤单元的目标是去除溶液中的悬浮物、胶体、大分子有机物或菌体等,以减小后续电渗析单元的膜污染。

[0032] 为防治电渗析单元的膜污染,所述装置还包括用于清洗电渗析单元的在线清洗单

元,所述在线清洗单元包括循环泵和清洗液储槽,清洗液储槽中存放有清洗液,所述循环泵使清洗液在电渗析膜堆与清洗液储槽之间循环。

[0033] 优选地,所述清洗液为酸性或碱性化学清洗剂,所述清洗液根据电渗析单元形成的膜污染性质配制。

[0034] 优选地,所述装置每1-10天在线清洗电渗析膜堆一次,如每2天、3天、4天、5天、6天、8天或9天在线清洗一次,是否在线清洗可根据电渗析单元中的膜污染状况确定。

[0035] 优选地,每次在线清洗的持续时间为0.5-3h,如持续时间为1h、1.5h、2h、2.5h或2.8h等,可根据膜污染清洗后的膜性能恢复状况确定。

[0036] 本发明的另一目的在于提供一种利用所述装置进行淀粉糖水解液脱盐的电渗析方法,所述方法为:将淀粉糖水解液在所述电渗析脱盐装置中进行电渗析脱盐,其中,所述电渗析脱盐在至少一个电渗析膜堆上进行,所述电渗析膜堆的淡室中填充有离子交换剂,得到脱盐后的淀粉糖水解液和电渗析浓水。

[0037] 所述电渗析膜堆可为多个,如2个、3个、4个、5个、6个、8个或10个等。

[0038] 所述淀粉糖水解液为经过糖化与过滤后的淀粉糖水解液。所述淀粉糖水解液的含糖量为20%-35%,如含糖量为22%、25%、28%、30%、32%或34%等,含盐量为150-1000mg/L,如160mg/L、170mg/L、180mg/L、190mg/L、200mg/L、300mg/L、500mg/L、700mg/L、900mg/L或950mg/L等。此种淀粉糖水解液的处理效果最好。

[0039] 优选地,所述离子交换剂为无机质类离子交换剂和/或有机质类离子交换剂。

[0040] 优选地,所述无机质类离子交换剂为沸石。

[0041] 优选地,所述有机质类离子交换剂为离子交换树脂或和/或离子交换纤维。

[0042] 优选地,所述离子交换树脂为强酸型阳离子交换树脂、强碱型阴离子交换树脂、弱酸型阳离子交换树脂、弱碱型阴离子交换树脂、大孔型离子交换树脂和凝胶型离子交换树脂中的任意一种或至少两种的组合。

[0043] 优选地,所述阴离子交换膜和阳离子交换膜均为低渗透膜。

[0044] 优选地,所述低渗透膜通过优化离子膜配方和制备工艺以提高离子膜的交联度、交换容量和离子选择透过性等而得到。

[0045] 优选地,所述阳极为钛涂钌铱电极,阴极为不锈钢电极或钛涂钌铱电极。

[0046] 优选地,所述电渗析膜堆的极室通过极水循环,所述极水由NaCl和/或Na₂SO₄配制得到。

[0047] 优选地,电渗析浓水在浓室中循环浓缩。

[0048] 优选地,所述淡室中通入淀粉糖水解液进行多级连续脱盐。

[0049] 优选地,所述电渗析脱盐在恒定电位下进行。

[0050] 所述脱盐后的淀粉糖水解液用于生产淀粉糖。

[0051] 优选地,所述电渗析浓水在所述浓室中循环浓缩后排放或进入蒸发系统。

[0052] 先对淀粉糖水解液进行预处理后再进行电渗析脱盐。

[0053] 优选地,所述预处理为依次进行的脱色处理、杀菌处理、温度调节处理和过滤处理。

[0054] 优选地,所述脱色处理为:利用活性炭对淀粉糖水解液进行吸附脱色。

[0055] 优选地,所述脱色处理在活性炭吸附装置上进行。

- [0056] 优选地,所述杀菌处理为加热处理和/或紫外光照处理。
- [0057] 优选地,所述加热处理为向淀粉糖水解液中通入温度为100-150℃,如110℃、120℃、130℃、135℃或145℃等的蒸汽,使淀粉糖水解液的温度升高至100℃,并保持1-2h。
- [0058] 优选地,所述加热处理通过蒸汽发生器实现。
- [0059] 优选地,所述紫外光照处理在紫外线杀菌器上进行。
- [0060] 优选地,温度调节处理为:将所述杀菌处理后的淀粉糖水解液的温度调整至20-40℃,如22℃、25℃、28℃、30℃、32℃、35℃或38℃等。
- [0061] 优选地,所述温度调节处理在板式换热器上进行。
- [0062] 优选地,所述过滤处理为膜过滤。
- [0063] 优选地,所述膜过滤在陶瓷膜过滤器和/或有机膜过滤器上进行。
- [0064] 所述方法还包括在线清洗步骤,所述在线清洗用于清洗电渗析单元。
- [0065] 优选地,所述在线清洗使用的清洗液为酸性或碱性化学清洗剂。
- [0066] 优选地,所述电渗析单元每1-10天在线清洗一次,如每2天、3天、4天、5天、6天、8天或9天在线清洗一次,是否在线清洗可根据电渗析单元中的膜污染状况确定。
- [0067] 优选地,每次在线清洗的持续时间为0.5-3h,如持续时间为1h、1.5h、2h、2.5h或2.8h等。
- [0068] 作为优选的技术方案,所述方法包括如下步骤:
- [0069] (1) 对淀粉糖水解液进行脱色处理;
- [0070] (2) 利用加热和/或紫外光照对吸附脱色处理后的淀粉糖水解液进行杀菌处理;
- [0071] (3) 调整杀菌处理后的淀粉糖水解液的温度为20-40℃;
- [0072] (4) 对步骤(3)得到的淀粉糖水解液进行膜过滤处理;
- [0073] (5) 对膜过滤处理后的淀粉糖水解液在电渗析单元中进行电渗析脱盐,其中,电渗析单元包括至少一个电渗析膜堆,所述电渗析膜堆中的阴离子交换膜和阳离子交换膜均为低渗透膜,淡室中填充有离子交换剂,得到脱盐后的淀粉糖水解液和电渗析浓水。
- [0074] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:
- [0075] (1) 本发明通过在电渗析膜堆淡室中填充离子交换剂(如离子交换树脂等),可强化淀粉糖水解液电渗析脱盐体系中的离子迁移,提高淀粉糖水解液的脱盐效率(脱盐后的淀粉糖水解液含盐量小于50mg/L或更低,单个电渗析膜堆的脱盐效率达40%以上)、降低能耗和减小运行成本。
- [0076] (2) 本发明通过采用低渗透膜,减少离子膜漏糖损失(漏糖损失率小于0.5%),抑制淀粉糖水解液电渗析脱盐过程中糖的损失量和糖浆浓度下降,可提高淀粉糖水解液的糖浆产率,同时可减小后续糖浆蒸发结晶过程的能耗。
- [0077] (3) 本发明提出通过加热、紫外光和膜过滤等,对淀粉糖水解液进行杀菌和去除废水的悬浮物、胶体、大分子有机物和菌体等,同时采用在线清洗系统对电渗析膜堆进行定期清洗,使污染后的离子交换膜恢复膜性能,可提高淀粉糖水解液电渗析脱盐系统的运行稳定性。

附图说明

- [0078] 图1是本发明一种实施方式提供的用于淀粉糖水解液脱盐的工艺流程图。

[0079] 图2是本发明一种实施方式提供的电渗析膜堆的结构示意图。

[0080] 其中：1、阳极；2、阴极；3、阳离子交换膜；4、阴离子交换膜；5、极水室（含阳极室、阴极室）；6、浓室；7、淡室。

[0081] 图3是实施例1提供的预处理+离子强化迁移电渗析膜堆拆装后的照片，其中，(a)是经电渗析脱盐后的阴离子交换膜（表面粘附有较多树脂），(b)是经电渗析脱盐后的阳离子交换膜（表面粘附有少量树脂）。

[0082] 图4是对比例1提供的阴离子交换膜进行电渗析前的宏观形貌图(a)及SEM图(b)。

[0083] 图5是对比例1提供的电渗析后作为阴膜淡室面的阴离子交换膜的宏观形貌图(a)及SEM图，其中，(b)为轻度污染的阴离子交换膜的SEM图，(c)为严重污染的阴离子交换膜的SEM图。

[0084] 图6是对比例1提供的电渗析后作为阴膜浓室面的阴离子交换膜的宏观形貌图(a)及SEM图，其中，(b)为轻度污染的阴离子交换膜的SEM图，(c)为严重污染的阴离子交换膜的SEM图。

[0085] 图7是对比例1提供的阳离子交换膜进行电渗析前的宏观形貌图(a)及SEM图(b)。

[0086] 图8是对比例1提供的电渗析后作为阳膜淡室面的阳离子交换膜的宏观形貌图(a)及SEM图，其中，(b)为轻度污染的阴离子交换膜的SEM图，(c)为严重污染的阴离子交换膜的SEM图。

[0087] 图9是对比例1提供的电渗析后作为阳膜浓室面的阳离子交换膜的宏观形貌图(a)及SEM图，其中，(b)为轻度污染的阴离子交换膜的SEM图，(c)为严重污染的阴离子交换膜的SEM图。

具体实施方式

[0088] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0089] 图1是本发明一种实施方式提供的淀粉糖水解液脱盐的工艺流程图。所述工艺流程包括相连的预处理单元和电渗析单元，其中预处理单元包括脱色单元、杀菌单元、温度调节单元和过滤单元，所述电渗析单元如图2所示。所述脱盐的工艺为：经糖化和过滤后的淀粉糖水解液首先通过活性炭吸附脱色；之后进行蒸汽加热（蒸汽温度为100-150℃）和紫外光杀菌；杀菌之后的淀粉糖水解液经板式换热器控温（温度调节至20-40℃）后进行膜过滤，所述膜过滤在膜过滤器上进行，所述膜过滤器为陶瓷膜过滤器和/或有机膜过滤器；最后，将过滤后的滤液进行电渗析脱盐，得到脱盐后的淀粉糖水解液和电渗析浓水。脱盐后的淀粉糖水解液蒸发结晶获得淀粉糖产品。其中，脱盐后的淀粉糖水解液含盐量小于50mg/L或更低，可直接进入多效蒸发系统进行蒸发结晶，电渗析单元产生的浓水可通入电渗析膜堆的浓室中进行循环浓缩，使其含盐量达到1%-10%甚至更高、COD小于50mg/L，满足工业废水排放标准，少量浓水可直接外排或进入蒸发浓缩系统，得到的蒸发冷凝液回用。

[0090] 图2为本发明一种实施方式提供的电渗析膜堆的结构示意图。所述电渗析膜堆包括：阳极1、阴极2、阳离子交换膜3和阴离子交换膜4，以及隔板和紧固装置等。所述阴离子交换膜4和阴极2之间形成极室5，所述阳离子交换膜3和阳极1形成极室5，阴离子交换膜4和阳离子交换膜3交替排列形成浓室6和淡室7，淡室7中填充有离子交换剂。其中，阳极1采用钛涂钎铈电极，阴极2采用不锈钢电极，当电渗析体系通过PLC系统控制频繁倒极时，则阴极2

也需要采用钛涂钌铱电极；阳离子交换膜3和阴离子交换膜4采用低渗透膜，抑制淀粉糖水解液电渗析过程中水和糖通过离子交换膜发生渗漏；极室5通过循环极水，主要起到导电、降温和冲洗电极的作用，极水一般采用NaCl、Na₂SO₄等配制；浓室6循环通过电渗析浓水进行循环浓缩，在电渗析脱盐过程中浓水的含盐量逐渐升高，达到一定浓度时排放；淡室7通入经预处理后的淀粉糖水解液，其中填充的离子交换剂用来促进电渗析过程的离子迁移传递，淀粉糖水解液可通过多级脱盐，使脱盐糖浆的含盐量下降到小于50mg/L或更低，满足生产淀粉糖产品要求。

[0091] 实施例1：预处理+强化离子迁移电渗析用于淀粉糖水解液脱盐

[0092] 本发明中如无特殊说明“+”均是“和”的意思。

[0093] 对淀粉糖水解液进行预处理后，再采用强化离子迁移电渗析进行脱盐。具体操作步骤如下：

[0094] (1) 采用活性炭对淀粉糖水解液进行脱色处理；

[0095] (2) 利用加热和紫外光照对吸附脱色处理后的淀粉糖水解液进行杀菌处理；

[0096] (3) 采用板式换热器调整杀菌处理后的淀粉糖水解液的温度为20-40℃；

[0097] (4) 将步骤(3)得到的淀粉糖水解液在有机膜上进行过滤处理；

[0098] (5) 将膜过滤处理后的淀粉糖水解液在强化离子迁移电渗析单元中进行电渗析脱盐，所述强化离子迁移电渗析单元为图2所示的电渗析膜堆。

[0099] 淀粉糖水解液电渗析脱盐在强化离子迁移电渗析单元上进行循环脱盐，在实际电渗析脱盐过程中可采用连续多级脱盐，如采用连续3-8级电渗析脱盐，需根据淀粉糖水解液的含盐量和电渗析脱盐性能与脱盐目标等来确定。所述电渗析膜堆如图2所示，包括：阳极1、阴极2、阳离子交换膜3、阴离子交换膜4、极室5、浓室6和淡室7。其中，阳离子交换膜3和阴离子交换膜4都采用低渗透膜；淡室7中填充的离子交换剂可选用离子交换树脂，如强酸型阳离子交换树脂与强碱型阴离子交换树脂混合填充或单一填充，也可采用弱酸型与弱碱型、大孔型或凝胶型等。具体实验结果如下：

[0100] 表1：预处理+离子强化迁移电渗析脱盐实验初始数据

[0101]

溶液类型	极水 /0.2M Na ₂ SO ₄	浓室 /0.002M Na ₂ SO ₄	淀粉糖水解液 (预处理前)	淀粉糖水解液 (预处理后)	清洗液
电导率/μs/cm	11.4ms/cm	0.45	538	501	182.6
盐浓度/mg/L	22.8g/L	0.23	269	250	91.7
糖度	2.0	0.0	20.4	20.6	4.6
流速/L/h	25	80	-	80	-
溶液体积/mL	600	600	4000	600	1500
温度/℃	19.7	18.2	20.6	23.2	17.8

[0102] 注：所述清洗液为清洗电渗析膜堆的液体。

[0103] 表2：预处理+离子强化迁移电渗析脱盐淡室实验数据

[0104]

试验时间/min	电导率/ $\mu\text{S}/\text{cm}$	盐度/ mg/L	糖度/%	液面高度/mm	电流/A	膜堆电压/V	温度/ $^{\circ}\text{C}$
0	673	336	20.8	218	0.018	2.15	20.3
10	610	305	20.6	212	0.027	1.22	20.9
20	493	246	20.6	215	0.036	1.00	22.2
30	396	197.9	20.7	215	0.037	0.94	22.3
40	292	146.1	20.6	215	0.034	0.91	23.4
50	200	100.1	20.5	215	0.030	0.93	24.1
60	126.7	63.4	20.5	215	0.024	0.95	24.2
70	70.3	35.2	20.5	215	0.017	0.99	24.5

[0105] 表3:预处理+离子强化迁移电渗析脱盐浓室实验数据

[0106]

试验时间/min	电导率/ $\mu\text{S}/\text{cm}$	盐浓度/ mg/L	糖度/%	液面高度/mm	温度/ $^{\circ}\text{C}$
0	127.4	63.7	0.0	244	20.6
10	225	112.5	0.0	245	20.8
20	387	193.3	0.0	241	22.6

[0107]

30	566	283	0.0	240	22.9
40	744	372	0.0	240	24.0
50	901	451	0.0	240	24.0
60	1055	528	0.0	240	24.7
70	1158	579	0.0	240	20.4

[0108] 预处理+离子强化迁移电渗析膜堆拆装后的照片如图3所示。从图中可以看出淀粉糖水解液经预处理后,再进入强化离子迁移电渗析脱盐,离子交换膜污染表面没有出现膜污染。两种离子交换膜表面都没有出现膜污染,推测与淡室填充离子交换树脂有关。

[0109] 对比例1:未经预处理淀粉糖水解液采用常规电渗析脱盐

[0110] 未经预处理淀粉糖水解液采用常规电渗析进行淀粉糖水解液脱盐,考察淀粉糖水解液的电渗析脱盐效果和膜污染情况。

[0111] 用于电渗析脱盐的淀粉糖水解液样品性质如表4所示。常规电渗析脱盐实验采用恒电压模式,施加电压为5V,初始电流约为0.054A,而且在电渗析过程中电流值不断下降。实验采用普通商品化离子膜,电渗析脱盐实验分别考察了未经预处理淀粉糖水解液在电渗析过程中的脱盐效果和膜污染情况,实验结果如下表所示。

[0112] 表4:普通商品化离子膜电渗析脱盐实验初始数据

[0113]

溶液类型	极水 /0.2M Na ₂ SO ₄	浓室 /0.002M Na ₂ SO ₄	淀粉糖水解液 (过 PP 棉前)	淀粉糖水解液 (过 PP 棉后)
pH	5.54	6.47	-	-
电导率/ μ S/cm	26500	516	350	344
盐浓度/mg/L	13190	258	175.5	172
糖度	2.6	0.1	28.3	28.4
液面高度/mm	261	250	-	252
流速/L/h	25	80	-	96
溶液体积/mL	600	600	-	600

[0114]

温度/ $^{\circ}$ C	21.2	22.5	17.6	20.4
------------------	------	------	------	------

[0115] 未经预处理淀粉糖水解液电渗析脱盐的实验结果如下:

[0116] 表5:未经预处理淀粉糖水解液电渗析脱盐淡室实验数据

[0117]

试验时间 /min	pH	电导率 / μ S/cm	盐度 /mg/L	糖度 /%	液面高度 /mm	电流 /A	温度 / $^{\circ}$ C
0	4.02	384	192	22.7	253	0.050	25.3
10	4.05	303	150.4	22.4	254	0.039	26.5
20	4.09	228	114.1	22.5	254	0.032	28.0
30	4.14	167.9	84.4	22.4	254	0.024	28.2
40	4.16	133.4	66.5	22.4	251	0.019	29.1
50	4.22	104.8	52.2	22.4	252	0.014	30.1
60	4.27	82.5	41.2	22.2	250	0.011	31.3
90	4.45	44.4	22.2	22.2	250	0.006	30.3

[0118] 表6:未经预处理淀粉糖水解液电渗析脱盐浓室实验数据

[0119]

试验时间 /min	pH	电导率 / $\mu\text{S}/\text{cm}$	盐浓度 /mg/L	糖度 /%	液面高度 /mm	温度 / $^{\circ}\text{C}$
0	4.38	542	271	0.0	196	24.8
10	4.11	746	375	0.0	195	26.9
20	4.05	973	485	0.0	194	27.1
30	4.04	1171	583	0.0	194	27.5
40	4.05	1224	615	0.0	195	29.2
50	4.02	1313	657	0.0	191	29.6
60	4.03	1309	686	0.0	192	30.8
90	4.08	1455	726	0.2	191	31.3

[0120] 未经预处理淀粉糖水解液采用常规电渗析脱盐后,对离子膜表面的污染情况进行分析。对离子膜电渗析前后的表面形貌特征进行对比如下:

[0121] 上述脱盐实验结果表明,淀粉糖水解液采用电渗析处理具有较好的脱盐效果,在循环连续脱盐90min后,淀粉糖水解液的含盐量从271mg/L减少到大约22mg/L左右,可满足预期的淀粉糖脱盐指标。但同时也发现,淀粉糖水解液采用常规电渗析脱盐的脱盐效率较低,在恒电位条件下,随着料液中的盐浓度逐渐下降,其电流值也随之减小,要达到预期的脱盐指标需要较长(大约90min),必然造成单位膜堆的生产效率较低,进而引起投资好运行成本较高,因此难以真正实现工业化大生产应用。

[0122] 用于淀粉糖水解液电渗析脱盐前后的离子膜表面形貌分析(如图4-9所示),结果表明,与原始阴/阳离子交换膜相比,阴/阳离子交换膜在电渗析过程中都会形成明显的膜污染,而且膜表面不同区域的膜污染程度不同。阴/阳离子交换膜表面都产生明显的膜污染,而且膜堆进水端的膜表面形成的膜污染较严重。扫描电镜照片表明部分膜表面有大量菌丝生成,且进料液的淡室面比浓室面的膜污染也更显著,发现有明显的污染物吸附在膜表面。表明淀粉糖水解液进行电渗析脱盐前必须进行适当的预处理,去除淀粉糖水解液中造成电渗析膜污染的组分,如有机物和微生物等。所述阴/阳离子交换膜表示阴离子交换膜或阳离子交换膜。

[0123] 对比例2:普通离子膜与低渗透膜进行淀粉糖水解液电渗析脱盐

[0124] 采用普通离子膜与低渗透膜进行淀粉糖水解液电渗析脱盐实验,考察不同离子膜电渗析脱盐过程的漏糖现象。淀粉糖水解液先经PP棉过滤,滤液性质为:pH 4.61-5.91、电导率300-425 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、盐浓度为150-220mg/L、糖度为20.2%-25.3%。由于PP棉过滤对糖的吸附造成部分,可采用超纯水对PP棉进行反冲洗,可将部分淀粉糖回收至冲洗液中。

[0125] 经PP棉过滤后的淀粉糖水解液再采用常规电渗析脱盐。电渗析实验采用恒电压模式,电压为5V,初始电流约为0.054A,而且在电渗析过程中电流值不断下降。电渗析脱盐实验分别考察了不同批次和不同离子交换膜(普通膜与低渗透膜)的脱盐效果和漏糖现象,实验结果如下表所示。其中,表7和表8是第一批淀粉糖水解液使用普通膜进行电渗析实验的实验数据;表9和表10是第二批淀粉糖水解液使用普通膜进行电渗析实验的实验数据。

[0126] 表7:使用普通膜进行电渗析的淡室实验数据

[0127]

试验时间 /min	pH	电导率 / $\mu\text{S}/\text{cm}$	盐度 /mg/L	糖度 /%	液面高度 /mm	电流 /A	温度 / $^{\circ}\text{C}$
通电 0	4.35	357	178.3	23.8	247	0.047	24.7
10	4.27	314	156.9	23.8	245	0.028	-
20	4.27	257	128.3	23.7	253	0.028	27.4
30	4.29	198.7	98.8	23.6	252	0.027	27.8
40	4.30	160.3	80.0	23.5	251	0.020	28.9
50	4.36	128.7	64.3	23.4	-	0.015	-
60	4.34	118.5	58.9	23.2	-	0.012	26.1
70	4.38	89.6	44.6	23.2	-	0.011	31.7
100	4.63	54.3	27.1	23.0	-	0.007	30.1
170	-	25.3	12.67	22.4	-	-	32.6

[0128] 表8:使用普通膜进行电渗析的浓室实验数据

[0129]

试验时间 /min	pH	电导率 / $\mu\text{S}/\text{cm}$	盐浓度 /mg/L	糖度 /%	液面高度 /mm	温度 / $^{\circ}\text{C}$
通电 0	4.68	917	458	0.1	250	24.9
10	4.48	887	444	0.1	247	-
20	4.41	991	496	0.0	244	-
30	4.36	1144	573	0.1	238	28.2
40	4.32	1267	633	0.1	238	28.1
50	4.31	1290	646	0.0	238	28.1
60	4.28	1424	714	0.1	238	28.1
70	4.27	1403	701	0.2	235	-
100	4.31	1487	744	0.1~0.3	-	31.6
170	-	1566	784	0.4~0.6	-	31.3

[0130] 表9:使用普通膜进行电渗析的淡室实验数据

[0131]

试验时间 /min	pH	电导率 / $\mu\text{S}/\text{cm}$	盐度 /mg/L	糖度 /%	液面高度 /mm	电流 /A	温度 / $^{\circ}\text{C}$
0	4.42	401	201	20.3	250	0.050	30.1
10	4.41	330	165.8	20.3	242	0.032	31.0

[0132]

20	4.41	256	128.4	20.3	243	0.026	31.1
30	4.38	217	109.6	20.2	243	0.022	-
40	4.39	166.6	83.3	20.3	243	0.018	30.1
50	4.39	136.9	68.9	20.2	241	0.014	30.7
60	-	106.6	52.3	20.0	243	0.012	-
70	4.40	92.3	46.6	20.1	240	0.010	-
130	4.75	35.0	17.58	19.6	240	0.004	34.1
190	4.93	21.5	10.71	19.6	240	0.003	32.0

[0133] 表10:使用普通膜进行电渗析的浓室实验数据

[0134]

试验时间 /min	pH	电导率 /μs/cm	盐浓度 /mg/L	糖度 /°	液面高度 /mm	温度 /°C
0	5.19	603	301	0.2	250	29.5
10	4.77	736	368	0.4	252	30.4
20	4.62	879	439	0.4	251	29.9
30	4.53	996	497	0.4	250	29.6
40	4.41	1055	529	0.4~0.6	250	31.1
50	4.40	1138	567	0.5~0.6	250	31.9
60	4.37	1176	592	0.5~0.7	249	32.3
70	4.33	1256	626	0.6~0.7	245	30.3
130	4.34	1277	661	0.8~1.0	245	32.6
190	4.46	1340	674	1.1~1.3	243	31.7

[0135] 采用普通商品化离子膜进行淀粉糖水解液电渗析脱盐,不同批次脱盐实验结果表明:(1)不同批次实验中经过循环脱盐,可将淀粉糖水解液盐浓度降至小于50mg/L以下,而电渗析浓水含盐量逐渐升高;(2)在恒电压条件下,随着淀粉糖水解液的盐浓度逐渐降低,其电流值也呈下降趋势;(3)漏糖现象:这种普通商品化离子膜在淀粉糖电渗析脱盐过程中存在明显的漏糖现象,淀粉糖水解液在脱盐过程中含盐量逐渐下降,而浓水中的含糖量逐渐升高。随着实验批次增加其漏糖现象呈明显增加趋势。因此,这种普通商品化离子膜不适合用于淀粉糖水解液的电渗析脱盐。

[0136] 淀粉糖水解液电渗析脱盐采用低渗透膜。电渗析实验采用恒电压模式,电压为5V,初始电流为0.054A,在电渗析脱盐过程中电流值会逐渐下降。

[0137] 表11:使用低渗透膜进行电渗析脱盐实验的初始数据

[0138]

溶液类型	极水 /0.2M Na ₂ SO ₄	浓室溶液 /0.002M Na ₂ SO ₄	淀粉糖水解液 (过 PP 棉后)
pH	7.33	6.39	5.49
电导率/ μ S/cm	28200	555	421
盐浓度/mg/L	14090	277	213
糖度	0.1	0.2	24.6
液面高度/mm	248	260	260
流速 /L/h	25	90	80

[0139] 表12:使用低渗透膜进行电渗析的淡室实验数据

[0140]

试验时间/min	pH	电导率/ μ S/cm	盐浓度/mg/L	糖度	液面高度
通电前	5.49	405	203	22.6	-
0	-	432	216	19.0	257
10	-	357	178.4	19.0	260
20	-	295	147.5	18.9	-
30	-	239	119.3	18.9	-
40	-	189.2	94.6	18.6	-
50	-	156.6	78.3	18.7	262
60	-	129.5	64.8	18.8	-
70	-	106.8	53.3	18.6	-
80	4.01	86.4	43.2	18.4	263
90	-	74.1	35.5	18.4	-
100	4.01	60.9	30.4	18.3	-

[0141] 表13:使用低渗透膜进行电渗析的浓室实验数据

[0142]

试验时间/min	pH	电导率/ μ S/cm	盐浓度/mg/L	糖度	液面高度
通电前	6.39	555	277	0.1	-
0	-	825	412	0.0	253
10	-	987	493	0.0	250
20	-	1122	561	0.0	-
30	4.54	1233	617	0.0	-

[0143]

40	-	1323	661	0.0	-
50	-	1411	705	-0.1	244
60	-	1463	732	0.0	-
70	-	1531	766	0.0	-
80	3.55	1571	786	0.0	242
90	-	1613	806	0.0	-
100	3.29	1635	811	0.0	-

[0144] 实验结果表明,电渗析过程中淡室中盐浓度下降,浓室中盐浓度上升,直到经过80min时,淡室中盐浓度下降至43.2mg/L,虽然能满足脱盐糖浆含盐量小于50mg/L的要求,但仍存在脱盐效率较低的问题。淡室中糖度也逐渐下降,但浓室中糖度一直为0,推测可能是离子交换膜表面吸附糖导致了糖度的下降,或浓水中的水迁移到淡室造成糖浓度降低造成。即该体系中糖度的损失主要是用于离子交换膜对糖度等吸附造成,但未发现由于淀粉糖跨膜迁移而造成的糖度损失,表明这种膜对淀粉糖水解液漏糖有较好的抑制作用。研究表明采用低渗透膜用于淀粉糖水解液脱盐,可以有效抑制电渗析过程的漏糖现象。

[0145] 将实施例1与对比例1和2进行对比可知,与常规电渗析脱盐体系相比,预处理+强化离子迁移电渗析脱盐具有如下优点:

[0146] (1) 脱盐速率:在预处理+强化离子迁移电渗析体系中,即使淀粉糖水解液的含盐量较高,在大约70min后其含盐量可稳定脱除到小于50mg/L以下,不同批次实验表明,该体系脱盐时间可缩短大约1/10~1/2,而且这种变化与膜堆淡室中填充的树脂类型密切相关。由此表明,强化离子迁移电渗析可以显著提高淀粉糖水解液的脱盐效率、缩短生产周期和降低能耗等。

[0147] (2) 糖损失:在预处理+强化离子迁移电渗析体系中,填充的离子交换树脂对淀粉糖水解液中的糖有吸附作用会造成少量的糖损失,但由于填充在电渗析膜堆淡室中的离子交换树脂量较少,其吸附的糖量也比较有限,因此在连续电渗析脱盐过程中由此造成的糖损失几乎可以忽略不计。

[0148] (3) 漏糖现象:在预处理+强化离子迁移电渗析体系中,由于采用了改进的低渗透膜,多批次淀粉糖电渗析脱盐过程中几乎没有观察到任何淀粉糖渗漏现象,因此淀粉糖水解液中的糖也不会因为离子膜的漏糖而造成损失。当电渗析浓水采用配制的无机盐溶液时,其COD几乎不会升高,即电渗析浓水COD可稳定小于50mg/L,经循环浓缩其含盐量可达到10%以上,可满足工业废水外排标准,因此可直接外排或进入蒸发系统。

[0149] (4) 脱盐工艺:在预处理+强化离子迁移电渗析体系中,由于填充的离子交换剂具有导电性,因此在恒电位电渗析脱盐过程中的电流密度较大,也意味着该体系能保持较快的离子迁移和盐脱除速率。不会因为溶液含盐量下降造成电阻增大,这样可使电能转化为热能的现象得到明显抑制,而且脱盐时间缩短,因此其淡室和浓室的溶液温度都没有发生显著变化。

[0150] (5) 系统稳定性:在预处理+强化离子迁移电渗析体系中,在膜堆淡室填充的离子交换剂,能促进淡室溶液的湍流效应显著,因此可明显减小离子膜表面的双电层厚度,进而

可促进淀粉糖水解液中离子的跨膜迁移;其次,由于填充离子交换剂造成离子膜表面附近溶液的局部扰动,也可以抑制淀粉糖水解液中的有机污染物吸附到离子膜表面,在一定程度上可抑制该体系中膜污染的形成和加剧,可保持电渗析体系能够长期稳定运行。如图3中离子强化迁移电渗析膜堆拆装后的照片没有观察到膜污染。因此也可促进强化离子迁移电渗析体系中淀粉糖水解液深度脱盐技术的实际应用。

[0151] 以上结果表明,本发明提出的预处理+离子强化迁移电渗析用于淀粉糖水解液的深度脱盐,具有较高的脱盐效率,同时能克服糖通过离子交换膜发生渗漏和膜污染严重等问题,其应用前景好且适合大规模推广应用。

[0152] 申请人声明,以上所述仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,所属技术领域的技术人员应该明了,任何属于本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,均落在本发明的保护范围和公开范围之内。

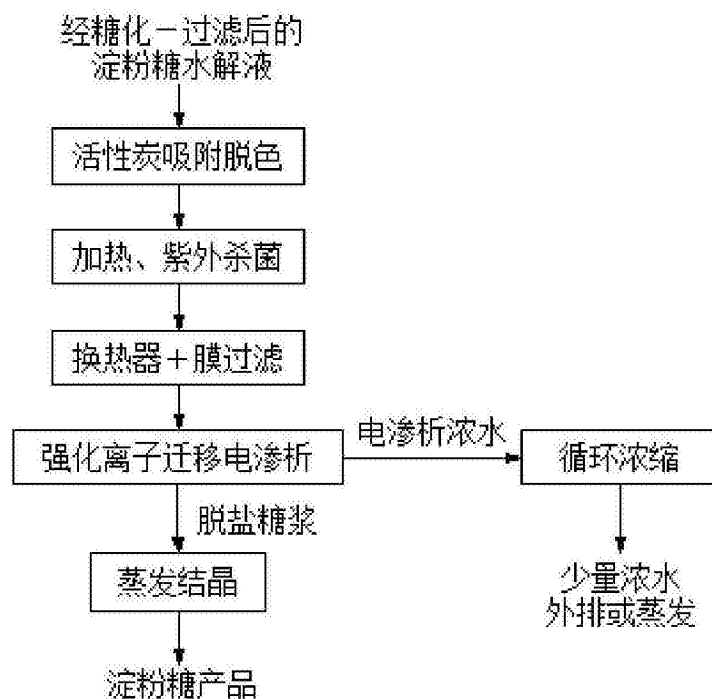


图1

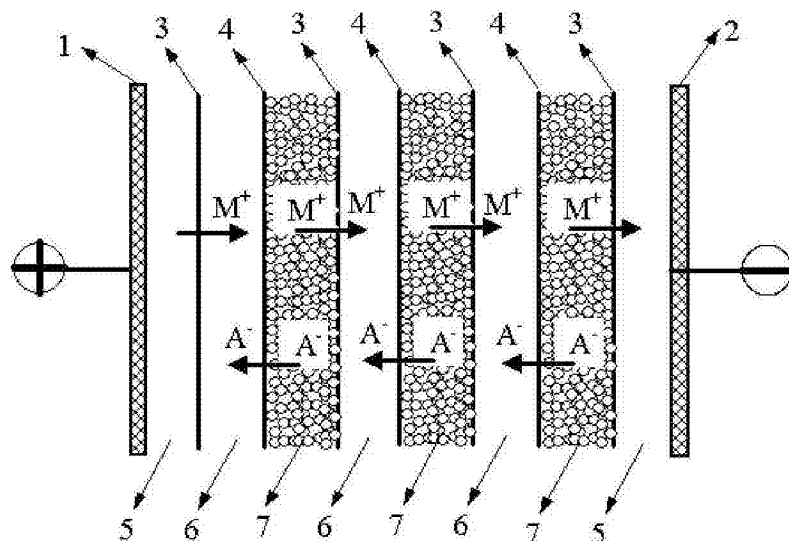


图2

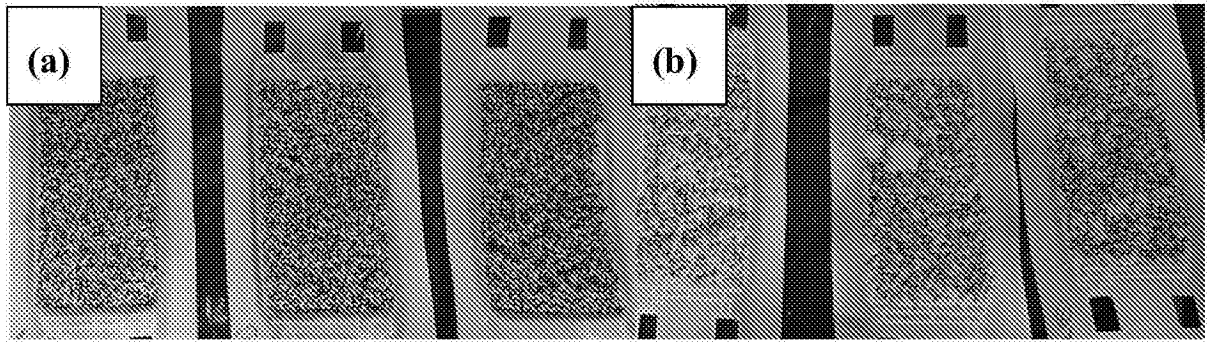


图3

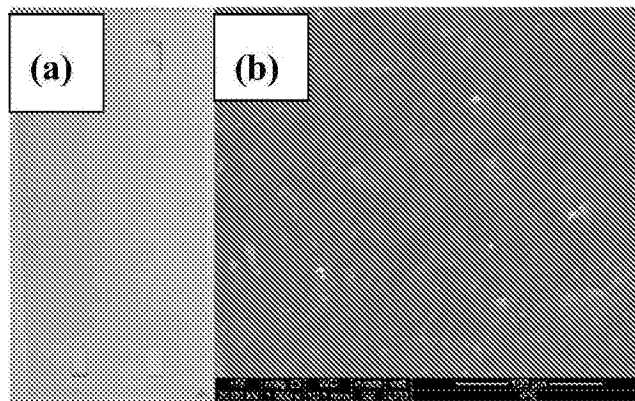


图4

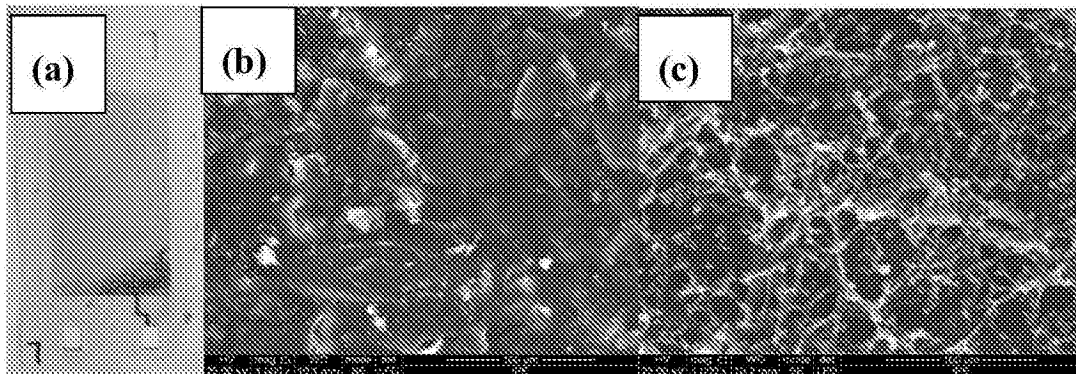


图5

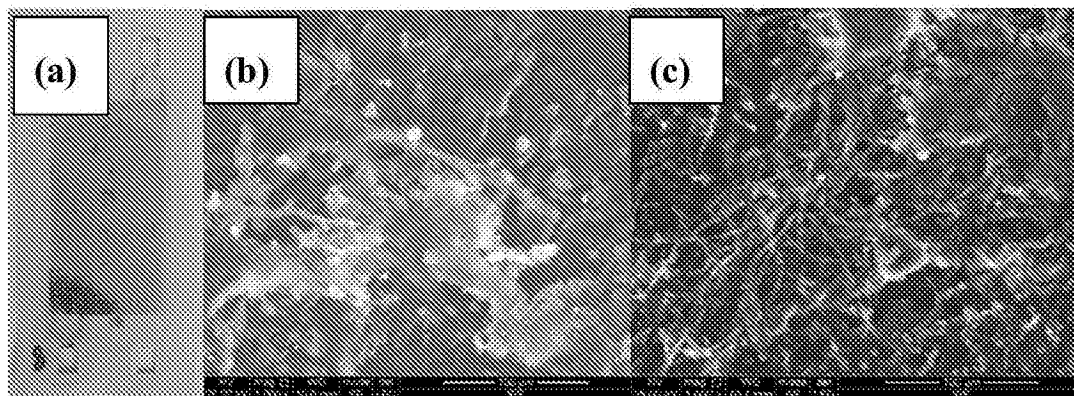


图6

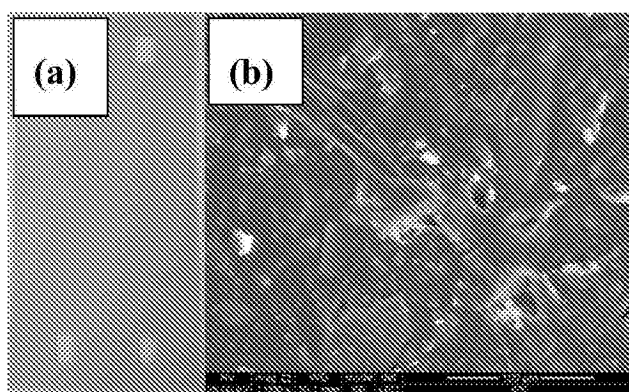


图7

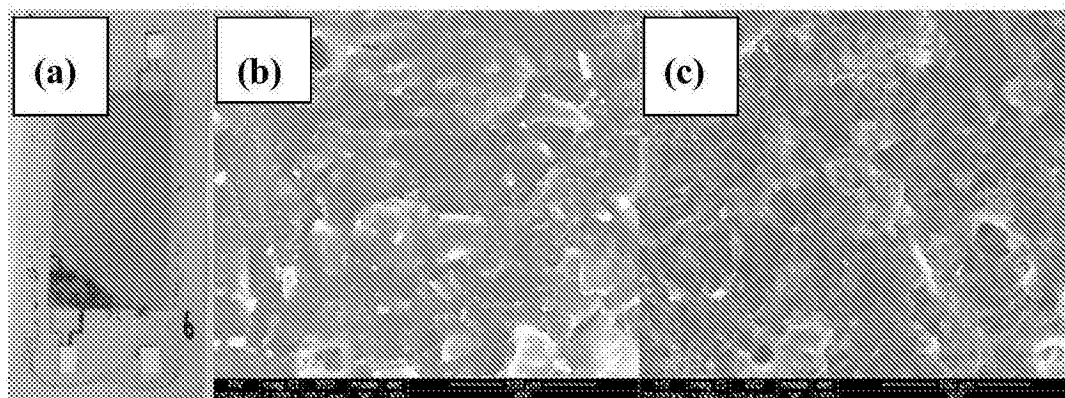


图8

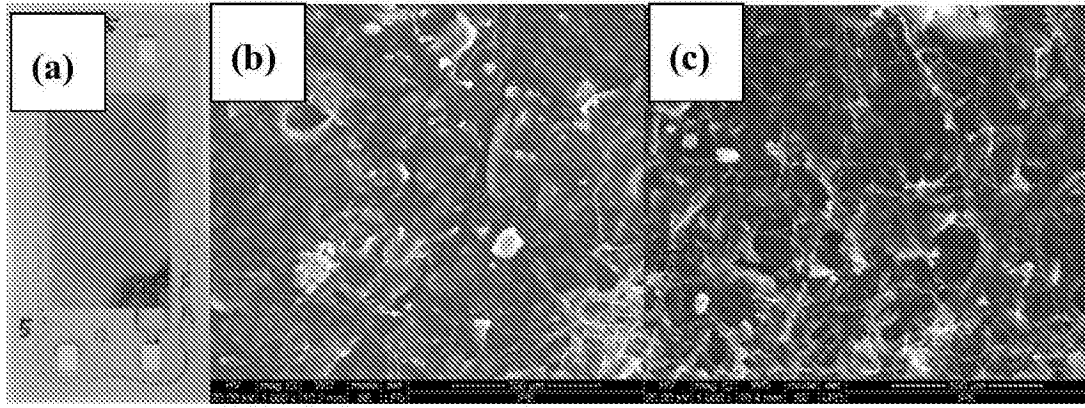


图9