



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102307815 A

(43) 申请公布日 2012. 01. 04

(21) 申请号 200980156192. 2

(22) 申请日 2009. 12. 11

(30) 优先权数据

61/121, 899 2008. 12. 11 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 08. 05

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2009/055723 2009. 12. 11

(87) PCT申请的公布数据

W02010/067340 EN 2010. 06. 17

(71) 申请人 GL&V 加拿大股份有限公司

地址 加拿大魁北克

(72) 发明人 A. 德莫尼 M. 查莫米

A. 希尔弗伍德 F. 比顿

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 贾静环

(51) Int. Cl.

C02F 1/469 (2006. 01)

C02F 11/12 (2006. 01)

C02F 11/14 (2006. 01)

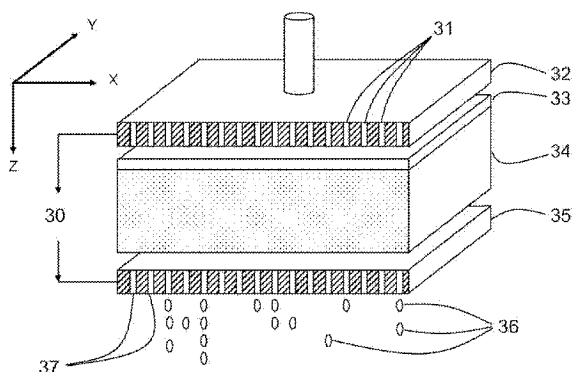
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 12 页

(54) 发明名称

提高电-脱水效率的方法和设备

(57) 摘要

本发明的目的是通过提高效率提供改进的电-脱水物质的方法,通过该方法从物质中除去水,从而允许物质在相同的能量输入和表面积时获得更高的干燥度水平,或在较小的能量输入或较小的表面积时获得类似的干燥度水平。该方法包括将物质置于至少两个电极之间,其中至少一个所述电极适用于流体排出,将电解质沉积于物质和一个电极之间的界面处,其中所述前两个步骤可以以任何顺序进行,以及,在发生电解质浸入物质中之前,使物质经受压力和电流的组合从而除去物质中的液体;其中应该加入充足量的电解质以大量减少或防止在至少一个电极附近发生的压降以及加入充足体积的电解质以允许分散在物质的整个表面上。



1. 提高物质干燥度的方法,其包括:
 - a) 将所述物质放置于至少两个电极之间,其中至少一个所述电极适于流体排出;
 - b) 将电解质添加至所述物质的一个表面,其中所述表面位于或将位于所述物质和一个所述电极之间的界面上,其中 a) 和 b) 可以以任何顺序进行;
 - c) 在发生所述电解质浸入所述物质中之前,使所述物质经受压力和电流的组合从而除去所述物质中的液体。
2. 权利要求 1 的方法,其中加入充足量的所述电解质以基本减少或防止在所述至少一个电极附近发生的压降。
3. 权利要求 2 的方法,其中所述物质是污泥以及其中所述充足量为约 0.4 毫克硝酸钙 / 克湿污泥。
4. 权利要求 2 的方法,其中所述物质是污泥以及其中所述充足量为约 6 微升 6N 硫酸 / 克湿污泥。
5. 权利要求 2 的方法,其中所述物质是污泥以及其中所述充足量为约 0.27 毫克硝酸钙 / cm^2 的阳极表面积。
6. 权利要求 2 的方法,其中所述物质是污泥以及其中所述充足量为约 9 微升 6N 硫酸 / cm^2 的阳极表面积。
7. 根据权利要求 1 或 6 所述的方法,其中加入充足体积的所述电解质以允许分散在所述物质的整个表面上。
8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的方法,其中适于流体排出的所述至少一个电极是阴极,接触电解质的至少一个所述电极是阳极。
9. 根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的方法,其中加入充足量的电解质以在类似的能量输入时大大提高干燥度。
10. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法,其中加入的所述电解质的阳离子部分包括钙、镁、钠、钾和 / 或氢中的至少一种或任何组合。
11. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法,其中加入的所述电解质的阴离子部分包括氯根、硝酸根、碳酸根、硫酸根和 / 或氧中的至少一种或任何组合。
12. 根据权利要求 1 至 11 中任一项所述的方法,其中待处理的所述物质是有机污泥。
13. 根据权利要求 1 至 12 中任一项所述的方法,其中所述电解质是降低物质和 / 或提取液的 pH 的酸性电解质,从而有利于除去或减少阴极附近形成的沉积物的积聚。
14. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法,其中所述电解质通过喷嘴喷射。
15. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法,其中所述电解质浸渍在电极上。
16. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法,其中所述电解质从电极喷射。
17. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法,其中所述电解质通过辊施用,所述辊在处理之前涂布物质。
18. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法,其中所述电解质通过用作阳极的辊施用。
19. 根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法,其中将电解质施用至位于所述电极和所述物质之间的滤器 / 滤布。
20. 根据权利要求 1 至 19 中任一项所述的方法,其另外包括以电导率和 / 或电压的函

数加入电解质。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,其中所述电导率和 / 或电压在处理前、多步骤处理的各步骤之间和处理期间中的一种情况下进行测定。

22. 根据权利要求 1 至 21 中任一项所述的方法,其中电解质在处理前、处理中的暂停期间和处理期间中的一种情况下加入。

23. 根据权利要求 1 至 22 中任一项所述的方法,其中所述电解质是硫酸。

24. 根据权利要求 1 至 22 中任一项所述的方法,其中所述电解质是硝酸钙。

25. 根据权利要求 1 至 22 中任一项所述的方法,其中所述电解质是离子型表面活性剂。

26. 权利要求 25 的方法,其中所述离子型表面活性剂是 Magnor 阴离子型表面活性剂 571080。

27. 根据权利要求 1 至 26 中任一项所述的方法,其中电解质以充足量加入,使用比不存在电解质时所需的电极表面积更小的电极表面积,获得至少相当的干燥度。

28. 根据权利要求 1 至 26 中任一项所述的方法,其中加入所述电解质增加了在给定的设备中每单元时间可处理的物质的量。

29. 根据权利要求 1 至 26 中任一项所述的方法,其中加入所述电解质通过降低电 - 脱水设备的投资回报率 (ROI) 提高了电 - 脱水的效率。

30. 根据权利要求 1 至 29 中任一项所述的方法,其中所述电解质是有香味的电解质以提高所述物质的价值和愉悦度中的至少一种。

31. 根据权利要求 1 至 30 中任一项所述的方法,其另外包括向所述电解质中加入香料以提高所述物质的价值和愉悦度中的至少一种。

32. 根据权利要求 1 至 31 中任一项所述的方法,其中加入所述电解质缩短了实现预定干燥度水平所需的时间。

33. 根据权利要求 1 至 32 中任一项所述的方法,其中加入电解质后立即启动电 - 脱水时的电 - 脱水比允许电解质渗入或混入所述污泥中时至少更有效 20%。

34. 根据权利要求 1 至 32 中任一项所述的方法,其中加入电解质后立即启动电 - 脱水时的电 - 脱水比加入电解质后等 10 分钟时至少更有效 10%。

35. 用于在电 - 渗透处理期间防止物质 - 电极界面上的压降的方法,其包括将电解质加入物质 - 电极界面处以及在发生所述电解质显著浸入所述物质中之前开始所述处理。

36. 提高物质干燥度的设备,所述设备包括至少两个适于使所述物质经受电流和压力的电极,所述设备适用于在电极 - 物质界面传递电解质,从而减少或防止在电 - 渗透处理期间发生的电压损失;其中程序控制控制器以在发生所述电解质浸入或渗入所述物质中之前开始进行处理。

37. 根据权利要求 36 所述的设备,其中所述控制器在处理期间或在多步骤处理的间隔时控制电解质的加入。

38. 根据权利要求 36 或 37 所述的设备,其另外包括电导率和 / 或电压探针以测量所述物质的电导率和 / 或电压。

39. 根据权利要求 36 至 38 中任一项所述的设备,其中用于接收所述物质的入口适用于涂布所述物质以及向所述物质中加入所述电解质。

40. 根据权利要求 36 至 39 中任一项所述的设备,其中所述电解质的传递通过喷嘴将所

述电解质喷射至所述物质上而进行。

41. 根据权利要求 36 至 39 中任一项所述的设备,其中所述电解质的传递通过适用于将所述电解质沉积至所述物质上的电极进行。

42. 根据权利要求 36 至 39 中任一项所述的设备,其中所述电解质的传递通过适合用作控制释放电解质的储备槽的电极进行。

43. 根据权利要求 36 至 39 中任一项所述的设备,其中所述电解质的传递通过适用于将电解质电 - 注射至所述物质上的电极进行。

44. 根据权利要求 36 至 39 中任一项所述的设备,其中所述电解质的传递通过适用于将所述电解质喷射至所述物质上的电极进行。

45. 根据权利要求 36 至 39 中任一项所述的设备,其中所述电解质的传递通过适用于涂布物质和并发地或非并发地加入电解质的辊设备进行。

46. 根据权利要求 36 至 39 中任一项所述的设备,其中所述电解质的传递通过浸渍有电解质并放置于所述电极和所述物质之间的滤器 / 滤布进行。

47. 根据权利要求 36 至 46 中任一项所述的设备,其中所述电解质的阳离子部分包括钙、镁、钠、钾和氢中的至少一种或任何组合。

48. 根据权利要求 36 至 47 中任一项所述的设备,其中所述电解质的阴离子部分包括氯根、硝酸根、碳酸根、硫酸根和氧中的至少一种或任何组合。

49. 根据权利要求 36 至 48 中任一项所述的设备,其中所述电解质是酸。

50. 根据权利要求 49 所述的设备,其中所述酸是硫酸。

51. 根据权利要求 36 至 48 中任一项所述的设备,其中所述电解质是盐。

52. 根据权利要求 51 所述的设备,其中所述盐是硝酸钙。

提高电 - 脱水效率的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及电 - 脱水的领域以及具体涉及提高电 - 脱水效率的新方法和设备。

背景技术

[0002] 污泥 (sludge) 是废水处理过程剩下的半液体的残余物质。污泥含有大量有机物质和有毒产物,因此关键是不将最初影响水的污染转移至其他介质如土壤和空气中。由于污泥体积随着人口的增加和工业活动的增长而增加,污泥的处理和处置对于公用和私有的废水处理厂 (WWTP) 而言一直都是挑战。在日益加紧的环境规划和预算的背景下,WWTP 管理者需要寻找可以有效且经济地处置或重新利用污泥的可行的新备选方案。

[0003] 在涉及产生大量污泥的大多数情况中,例如在市政或工业废水处理厂中,大量的努力致力于从污泥中除去水。主要原因是处理厂一般基于重量支付处置费用以除去污泥,而为移动主要含水的物质进行支付是没有意义的。处置费用与垃圾掩埋场容量 (landfill capacity) 是成反比例的,并且与环境意识成正比例。因此,尤其需要在最终处置前从污泥中提取尽可能多的水。

[0004] 提高污泥干燥度的方法中的一种涉及在废活性污泥 (WAS) 和机械脱水步骤 (例如带式压榨、压滤、离心、螺旋压榨) 之间加入聚合电解质絮凝剂。絮凝剂是非常熟知的,并且通常用于提高机械脱水过程的效率,这解释了为什么大多数处理厂设计为在机械脱水之前包括混合室用来方便絮凝剂的添加。为了获得最佳的效率,混合室适用于在污泥中生成絮凝剂的均匀混合物。絮凝剂的理化性质和作用模式如下:它们生成抗机械脱水的凝聚物的性能和它们的分散系数密切相关。

[0005] 电 - 脱水 (Electro-dewatering, EDW),即借助电流从物质中除去水的过程,受到广泛关注而用作提高污泥干燥度的手段,如记载于 PCT 公开申请 W02007143840 中。电 - 脱水就其以低能耗赋予高干燥度值的能力及其生成满足再用于农业用地中的最严格标准的污泥的能力方面具有优于其他方法的诸多优势。

[0006] 加拿大专利 No. 2,179,476, Dermoune 教导了改进土壤中的电极的透波率 (electrical transmissivity) 的需求,这是因为在紧邻电极附近形成的电阻导致了系统性能的下降。在该专利中,加入电解质的目的是用电解质置换孔隙水以提高土壤的力学阻力,其中该电解质将构成新的多孔材料。电解质自管状穿孔电极 (tubular perforated electrode) 通过电 - 注射 (electro-injecting) 加入土壤中从而改进土壤中的透波率。Dermoune 的电极垂直插入土壤中,其中土壤在过程期间不移动。

[0007] 在美国专利 No. 5,230,809 中, Raslonski 教导了一种电 - 脱水设备,其用于在混合室中加入电解质,从而确保在脱水带中开始电 - 渗透之前适当地混合电解质和污泥。Raslonski 也教导了电导率测量装置以测定向污泥中所加入的电解质的量。

[0008] Kondo (日本专利公开 No. 60-114315) 教导了一种方法,其通过用大于 10% 的浓度 (相对于污泥的固体成分) 的氯化钠浸渍污泥以提高电 - 脱水的效率。在 Kondo 的教导中,用电解质浸渍污泥整体 (bulk) 以提高贫电解质 (electrolyte-poor) 污泥的电导率从而提

高电 - 脱水的效率。

[0009] 由于电 - 脱水物质的作用消耗电能, 需要开发能耗更低且电 - 脱水容量高或者处理表面积更小且脱水容量类似的新的方法和设备。

发明内容

[0010] 本发明的目的是通过提高效率提供改进的电 - 脱水物质的方法, 通过该方法水从物质中除去, 从而允许物质在相同的能量输入和表面积时获得更高的干燥度水平, 或在较小的能量输入或较小的表面积时获得类似的干燥度水平。该方法包括将物质放置在至少两个电极之间, 其中至少一个所述电极适用于流体排出, 将电解质沉积在物质和一个所述电极之间的界面上, 其中所述前两个步骤可以以任一顺序进行, 以及, 在发生电解质能够发生浸入物质之前, 使物质经受压力和电流的组合从而除去物质中的液体。

[0011] 本发明的另一目的是提供提高物质干燥度的设备, 所述设备包含用于接收物质的入口、至少两个适用于使所述物质经受电流和压力的电极, 以及在电极 - 物质界面分布电解质的传递机制, 从而减少或防止在电 - 渗透处理期间发生电压损失。该设备另外包含控制器以确保在加入电解质之后立即开始处理从而避免电解质浸入或渗入物质中。

[0012] 本发明的目的是通过提供具有不同性能的单一电解质或具有不同性能的电解质混合物以提高电 - 脱水的效率。例如, 当电解质沉积在阳极 - 物质界面处时, 电解质的较小的阳离子部分例如氢 (H^+) 或钠 (Na^+) 可以更快地迁移入物质中, 从而提高物质各处的电导率, 并且电解质的另外的较大的阳离子部分例如 Ca^{2+} 更慢地迁移入物质中, 由此有助于减少或防止特别发生在阳极 - 物质界面处的压降。另外, 一些阳离子例如钙需要更大的溶剂化作用, 因此当它们迁移向阴极时将随其拖动更多的水。因为来自不同工业和废水处理厂的有机污泥相互间差别很大且随时间变化也很大, 电 - 脱水过程中的最佳电解质组合或加入时间也将根据物质特性发生改变, 例如, 但不限制于 pH、电导率、电阻率、密度、温度、多孔性、含水量、细菌和微生物群含量、污泥类型 (需氧的、厌氧的或消化的)、厚度、处理时间和污泥保留时间和在存储池 (holding tank) 中消耗的时间。

[0013] 本发明的又一目的是提供允许减少或防止在阳极 - 物质界面处发生压降的过程, 该过程通过在紧邻阳极 - 物质界面的附近处提供过量阳离子从而通过阳离子在物质各处的移动以及同时最小化阴离子在物质中的反生产移动 (counter-productive movement) (因为阴离子已经位于阳极的附近) 而有利于电 - 渗透排水, 并且水在到达阴极后通常在重力的作用下排出。

[0014] 电 - 脱水技术的一个主要缺点是发生于阳极处的压降。阳极处的压降可以解释为阳极附近的物质 (土壤或污泥或其他) 的水含量的减少。其也可以解释为离子从阳极迁移走以及在过程期间生成气体而导致孔隙水的电导率减小。另外, 压降也可以通过阳极和待脱水的物质之间的不适当的接触进行解释。因此, 直接应用于物质 (土壤、污泥或含固体和液体成分的任何物质) 的电位梯度仅是应用于电极的电压的一部分。因此迫切需要一种可以防止阳极处的电位下降的方法和设备。一种防止或减少压降的方法是确保电极和物质之间进行适当的接触, 其可以通过穿过电极施加压力而实现。进一步减少或甚至防止压降的另一种方法是加入电解质, 其将提高物质的电导率。最后, 物理除去高电阻材料层也可以防止或减少压降。

[0015] 根据本发明一实施方案,电解质分散在物质的整个水平表面(即 X-轴和 Y-轴)上,但是,为了实现最大效率,电解质不应该如其他过程(例如污泥絮凝、污泥凝结、石灰的加入)需要的那样浸入或混入经过一定厚度的物质(即 Z-轴)(见图 2)。

[0016] 本发明的又一目的是提供处理物质的方法,其特征在于,将待处理的物质加入包含至少两个电极的电-脱水设备中,所述至少两个电极包括至少一个阳极和至少一个阴极;在至少两个电极中的一个电极的界面处均匀加入(喷射(spray)、蒸发(vaporize)、涂布(spread)、辊(roll)、以液体或固体形式沉积或电-注射)电解质,其中电解质可以在设备或过程的开始或任意处加入;电流经过物质,通过电-渗透方式处理和/或脱水物质,其中给物质施加压力以维持每个电极和物质之间的基本上稳定的接触,从而生成更干的物质和至少一种流出物;以及用于控制向物质中加入电解质的时机的控制器,其中所述控制器接收关于向物质-电极界面实际加入电解质的输入(信号),例如来自测量储备槽和控制器中的电解质体积减少的探针(probe)的输出(信号)将通过生成经过物质的特定电压和向一个电极施加的特定压力而启动电-脱水过程。

[0017] 申请人已发现为了减少发生在电极附近的电压损失而将以液体或固体形式的电解质沉积在电极和待脱水的物质之间的界面,显著增强了电-脱水过程。为了获得加入电解质的最大效率,必须在电解质加入后开始电-脱水过程从而在施加压力和电流前电解质不渗入或浸入污泥中。可以在处理的开始或任一时间加入电解质并将其置于处理的活性区域(active zone)中,只要电解质分散于将接收电流的物质区域中从而避免形成优先的电流通路(preferential current channels),后者会引起不必要的能耗且提高温度。将电解质加入于表面处(非混合的)使得申请人能够以显著量提高电-脱水的效率。在一些情况中,将电解质简单分散在物质-电极界面上可以提高效率高达 50%。

[0018] 全文中可互换使用的物质(substance)指的是任一含液体的原料(material),包括但不限于以下实例,例如,城市污泥、工业污泥、作物-食物(agro-alimentary)污泥例如来自豆腐、番茄酱和果汁(二 juices)的那些、饲养污泥、矿业残渣、清淤污泥例如来自港口和运河(ports and canals)的那些、制药污泥、藻类脱水(algae dewatering)、制浆和造纸工业的木素溶液,精油的提取物,或含任一液体的原料或需要固体/液体分离的任一原料。

[0019] 实验已示出,与预期相反,用仅分散在电极-物质界面(表面)的电解质启动电-脱水,由此生成了富含电解质的层,比用均匀混入物质中的电解质启动电-脱水明显更加有效。进一步的实验和回顾分析显示了最佳构造有利于在电极-物质界面处加入所有电解质。电解质增强电-脱水过程的原因是一些待脱水的物质是贫电解质的物质或需要更容易可得的电解质。即使当物质不是贫电解质时,电-脱水过程也消耗物质的内源电解质。实际上,阳离子向阴极迁移,阴离子向阳极迁移,由此消耗甚至更多的物质的离子。增加可得的电解质的另一方法是通过使用溶液溶解它们,其中该溶液将允许离子可用于该过程(例如酸)。电-渗透仅会在存在过量平衡离子的相中发生。越多的协同离子(co-ion)进入该相中,则施加在水上的反牵引(reverse drag)越大,因此,净电-渗透流(net electro-osmotic flow)越小。这可以解释为什么向电极-物质界面加入电解质具有有利的效果。阳离子必须迁移经过物质的整个厚度以到达阴极,而阴离子已经位于阳极的附近。

[0020] 电极-物质(阳极-污泥)界面处的电解质的分散必须是基本均匀的从而防止形成电流通路,且需要在物质的整个表面上分散充足的数量和/或体积的电解质。形成电流通路是不利的,因为它们形成后,电流不是适当地分散在待处理的物质的表面上且未实现最优效率,这是因为较大部分的电能将变为热量,而不生成有利于离子移动的电场。另外,重要的是仅加入充足数量的电解质以基本减少或防止电-渗透处理期间的压降以实现最大效率。实际上,加入过多的电解质将导致更大的能耗和用于购买电解质的更高成本,从而降低处理的总效率。

[0021] 本发明的目的是提供电-脱水设备,该电-脱水设备设计用于在物质-阳极界面的正确位置提供正确数量的电解质。如指定美国的 PCT/CA2007/001052 且于 2007 年 12 月 21 日以 W02007/143840 公开的记载中,申请人已发现最优脱水设备包括多个分离的电-脱水块/阶段以允许当物质沿脱水过程移动时改变电-脱水条件。该申请也公开了脱水设备可以包含用于将电解质施用至污泥的系统。专利申请 PCT/CA2007/001052 的整体内容以及其优先权申请,即美国专利申请系列号 60/804,703(于 2006 年 6 月 14 日提交)以及 60/862,294(于 2006 年 10 月 20 日提交)的全部内容在此引用作为参考。

[0022] 除了块内(intra-block)“连续”变化的压力、电流、电压等,提供了用于“非-连续”宏观变化的手段,其中每个分离的块独立操作并且用探针进行控制,该探针测量对于帮助测定待加入的电解质的最优量而言重要的参数。

[0023] 将测量重要参数(例如电导率和电压)探针的输入(信号)输送给控制器,该控制器加工来自所述至少一个电-脱水块或处理阶段中的每个块或阶段的这些数据。在一个阶段或模块的最后进行的测量将确定在开始后续的阶段或处理阶段中处理前向物质中加入的电解质的量。这个方法将确保向多阶段过程的每个阶段或向模块设备中的每个模块加入最优量的电解质。控制器所接收的所有输入(信号)经过处理以及允许用于测定待加入的电解质的最佳时间、量和位置。测量湿度、厚度、温度、电流、电压的其他探针也可以将输入(信号)输送给控制器,其将基于这些测量调节加入电解质的量、时机和位置,也已知所述测量在电-脱水性能方面起作用。可选地,在单阶段处理过程或单-模块设备中,可以先基于探针输入或物质特征加入电解质,以及,部分处理后进行探针测量,可以再次加入电解质。

[0024] Kondo 在日本专利公开 No 60-114315 中教导了一种加入电解质以提高污泥电导率的方法。Kondo 专利和本发明之间存在三个根本差别:1. 需要在电极物质界面处沉积电解质,而不是将电解质混合入物质中;2. 实现电-脱水效率的增加需要的电解质浓度;3. 使用的电解质类型。在 Kondo 的教导中,加入的电解质(其仅为氯化钠或海水)在数量上远远高于本发明中使用的电解质的量,其原因是 Kondo 必须将电解质浸入或混入污泥中,从而减小材料的电阻率且增加了电流。另外,Kondo 使用高度液态(99.4%的水含量)的初始污泥,其导致不可能仅在电极-物质界面应用电解质。申请人在本文中使用了预-增稠的污泥,其允许将电解质应用于表面且保持一个短时间直到开始电-脱水处理。

[0025] 另外,本文中申请人清楚证实了更高的电解质浓度将导致电-脱水过程效率更低,这是因为使富电解质物质脱水需要更高的能量输入。实际上,富电解质物质(其含大量的电解质)将引导更多电流,但是,总体来说,富电解质物质的效率会比防止阳极处电压损失的含最小量电解质的物质的效率更小。本发明通过仅加入改进电-脱水效率所需的必要

量的离子可以补偿仅仅阳极附近的电压损失。在就要处理前或在连续处理阶段之间的间歇期间加入电解质,只要电流在加入电解质之后和在发生电解质显著浸入物质中之前立即开始即可。

[0026] 电解质溶液可以包括但不限于 CaCl_2 、 NaCl 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、 NaPO_4 、 K_2CO_3 、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 HCl 、 H_2SO_4 、 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (柠檬酸)、 Na_2SiO_3 、 CaCO_3 、 CaO 、 KCl 、 $\text{Ca}(\text{CH}_2\text{COO})_2$ 、 K_2PO_4 中的至少一种或任何组合。阳离子部分基本上可以是钙、钠、钾、镁、氢(或元素周期表的 IA 或 IIA 族的任何元素)中的任一种或组合以及阴离子部分可以是氯根、硝酸根、碳酸根、硫酸根和/或氧(或任何带负电的原子或分子)的任一种或组合。

[0027] 本发明的又一目的是提供具有酸性的电解质以降低物质和/或提取液内的 pH,其中氢离子参与电-渗透性过程以及也可以有利于(当量充足时)除去一般形成在阴极或阴极附近并防止水排出的沉积物。例如,已知碳酸钙残余物积聚在阴极附近,因此加入酸降低 pH 有利于增溶作用,并且由此释放钙进入过滤液或提取液中。另外,降低物质的 pH 可以有助于沉淀出物质的液体部分中的金属,其中电流导致金属迁移向阴极。

[0028] 本发明的目的是提供方法和设备,其允许电解质基本上沉积于电极-物质界面,其中电-脱水过程程控设计为在加入电解质之后立即开始进行。控制器可以响应探针信号以最大化电-脱水过程的效率。

[0029] 本发明的目的是提供用于向待电-脱水的物质的表面有效加入电解质的设备。电解质的加入可以直接通过电极或通过电极附近的结构进行。电解质可以蒸发至污泥上,或者电解质可以液体、固体、气体或等离子体形式沉积在污泥上,只要电解质分散在待脱水的物质上即可。设备可以另外包括以下的任一种或组合:将电解质喷射至物质上的喷嘴、适于将电解质沉积至物质上的电极、适合用作受控电解质储备槽(reservoir)的电极(其中储备槽包含吸收性材料,该吸收性材料饱和有电解质,从而防止在连续处理阶段之间的电极上升(lifting)期间的电解质损失)、适用于将电解质电-注射至物质上的电极、适用于将电解质喷射至物质上的电极、适用于涂布物质和并发或非并发地加入电解质的辊设备、浸渍有电解质并置于电极和物质之间的滤器/滤布。

[0030] 附图的简要说明

[0031] 通过以下本发明实施方案的详细说明并参考附图会更好地理解本发明,其中:

[0032] 图 1 是三个时间点的电压作为两电极间距离的函数的示意图,突出显示了使贫电解质物质经受电-脱水的结果。

[0033] 图 2 是用于将电解质沉积在阳极-物质界面上和在两电极间应用电流和压力的设备的一个实施方案的示意图。该附图是电解质和物质层在多个轴上的三维示意图。

[0034] 图 3 是示出在三个电-脱水测试条件下实现的最终干燥度的图表:不含电解质(无),电解质沉积在电极-物质界面处(表面)以及电解质混合入物质中(混合)。

[0035] 图 4 是示出每吨提取液(TLEx)的能耗(kWh)的图表,其作为电解质(不含电解质(无),电解质沉积在电极-物质界面处(表面)以及电解质混合入物质中(混合))添加的函数。

[0036] 图 5 是在三种电-脱水检测条件下的电流密度作为时间函数的图:不含电解质(无),电解质沉积在电极-物质界面处(表面)以及电解质混入物质中(混合)。

[0037] 图 6 是当向待脱水物质表面加入电解质时,最终干燥度作为电解质浓度的函数的

图。

[0038] 图 7 示出在向物质的表面加入电解质和不加入电解质的实验条件下最终干燥度作为施加电压的函数的图。

[0039] 图 8 说明了设计用于向电极 - 物质界面加入电解质的设备的几个可能的实施方案。

[0040] 图 9 示出在电解质氯化钙、硝酸钙、硫酸和无电解质对照时实现的干燥度作为时间的函数的图。

[0041] 图 10 示出电解质氯化钙、硝酸钙、硫酸和无电解质对照时的总效率的柱状图。

[0042] 图 11 图示了干燥度作为时间函数的图,比较各种表面活性剂和电解质。

[0043] 图 12 图示了电解质对污泥的愉悦度和干燥度之间关系的影响。

[0044] 图 13 示出了污泥干燥度作为入口污泥流速 (图 13A) 和投资回报率 (图 13B) 的函数的图。

[0045] 图 14 示出了在含电解质和不含电解质的实验条件下有效电压 (图 14A) 和干燥度 (图 14B) 作为时间函数的图。

具体实施方式

[0046] 电 - 脱水设备在本领域中是已知的,并且在公开申请 W02007/143840 中有更全面的说明。现在参照本申请,图 1 是含电解质 (实线) 和不含电解质 (虚线) 时三个时间点的电压作为两电极间距离的函数的示意图,突出显示了使贫电解质物质经受电 - 脱水的结果。该图显示了现有技术的缺陷,其中经过多孔含液体物质产生电流将迅速地导致电压减小,电压为时间的函数和距阳极距离的函数。在阳极附近出现电阻增加的区域的主要原因是阳离子从阳极流出且流向阴极,从而将水拖动至阴极且在阳极附近生成有硬壳的物质。该有硬壳的物质的性质严重限制了流经物质的电流的量。已经研究了一些技术用于避免该缺陷,这从图 1 中可见,阳极和阴极间的电位在电 - 脱水的起始时是明显的,但是随着过程的继续,电位随时间减小直到在某点时不明显,从而导致低效的脱水条件。当电位接近零时,电能转化成热量而不生成电场驱动离子在物质中移动 (即有效的能量)。加入电解质减少或防止发生于阳极附近的压降,并且因此,电解质的存在将使得每次测试时曲线 T_i 和 T_n 基本上更接近 T_0 (见虚线),只要电解质仍具有充足量而在 T_n 处有效果。

[0047] 图 2 是用于将电解质 33 沉积在阳极 - 物质界面上和在两个电极 32 和 35 之间施加电流和压力 30 的一个实施方案的示意图。结合入第一电极 32 (该情况中为阳极) 的白色矩形包括喷嘴 31,其可以将电解质 33 均匀地分布在待处理的物质 34 (该情况中为废水污泥) 上。底部电极 (该情况中为阴极) 35 上的白色矩形表示了适用于排出流体 36 的结构,该情况中为允许水 36 排出的穿孔 37。本发明的一重要方面是在将电解质加入物质上的步骤和开始电 - 脱水过程 (即电流和压力) 的步骤之间不发生混合。图 2 的插图是电解质和物质层在多个轴上的三维示意图,其中 x- 轴和 y- 轴基本上相应于涂布的物质 34 的水平表面以及 z- 轴相应于涂布物质的厚度。

[0048] 图 3 是示出在三个实验条件下于相同的 10 分钟处理期间实现的最终干燥度的图,其中该三个实验条件包括:不含电解质 (无),电解质仅沉积在电极 - 物质界面 (表面) 和电解质均匀混入物质中 (混合)。所有的实验在实验室规模的脱水室中进行,其中脱水

室在美国专利公开 No. 20050016870 中有更详细的记载。简要地,将实验物质、来自加拿大 Victoriaville 的污水处理厂的废水污泥分成三等份。对于第一等份(无),充分混合污泥,将其置入室内且使其经受标准电-脱水程序。对于第二等份,充分混合污泥,将其置入室内,将 10ml 体积的 10% 电解质溶液沉积在污泥的整个顶部表面上,以及然后,在发生明显浸渍或混合前,使其经受如上述的标准电-脱水实验方案。最后,对于第三等份,向污泥中加入 10% 电解质溶液(10ml 体积),充分混合且加入脱水室中,此时开始标准电-脱水程序。图 3 示出了三个实验条件时得到的最终干燥度水平。可以这样理解,当所有其他的条件相同时,将电解质加入污泥表面而不发生混合或浸渍时将获得三个所测试的实验条件中的最大的最终干燥度,其实现了 50% 的干燥度,与此先比,混合电解质的条件下为 39% 和不含电解质时为 33%。使用标准测试对干燥度进行评估,其中使物质经受高温(105°C)直到两个连续称重不显示出明显的变化,即所有的水份已蒸发。误差条表示两个独立实验的标准偏差。

[0049] 图 4 示出在三个实验条件下每吨提取的液体在高达 30% 的干燥度(TLEx)的能耗(kWh)的图,其中所述三个实验条件包括不含电解质(无),电解质仅沉积在电极-物质界面(表面)以及电解质均匀混合入物质中(混合)。由于图 3 中所用的同样的三个实验条件导致的干燥度差别很大且由于除去第一滴水所需的能量低于除去第二滴水所需的能量,申请人计算了实现最小公分母(common denominator)的干燥度所需的能量。所有的实验在实验室规模的脱水室(在美国专利 No. 20050016870 中有更详细的记载)中进行。简要地,将实验物质、来自加拿大 Victoriaville 的污水处理厂的废水污泥分成三等份以及,在加入电解质或不加入电解质以后,使其经受电-脱水。对于第一等份(无),充分混合污泥,将其置入室内且使其经受类似于图 3 中所述的标准电-脱水实验方案。对于第二等份,充分混合污泥,将其置入室内,将 1g 电解质沉积在污泥的整个顶部/水平表面上,以及,在发生明显浸渍或混合前使其经受如上述的标准电-脱水实验方案。最终,对于第三等份,将和第二等份中的电解质相同的量的电解质加入污泥中,充分混合 5 分钟直到电解质均匀混合入污泥中且将其加入脱水室中,此时开始标准电-脱水程序。图 4 示出了在所述三个实验条件下每吨所提取的水的能耗。由于本领域中熟知电解质的存在足以提高物质的电导率以及从而增加经过物质的电流,申请人意外地注意到向物质的表面加入电解质(292kWh/TLEx)引起比无电解质对照(311kWh/TLEx)更低的能量消耗。甚至更意外的是,相比较其他两个实验条件,均匀混合的电解质条件显示了明显更高的能量消耗(573kWh/TLEx)。这些结果很好说明了本文公开的发明的优势性能。误差条表示了两个独立实验的标准偏差。

[0050] 图 5 是在三种电-脱水测量条件下电流密度作为时间函数的图:不含电解质(无),电解质沉积在电极-物质界面处(表面)以及电解质混合入物质中(混合)。可以从该图认识到,虽然在电-脱水开始时在所有的三个实验条件下电流密度迅速增加,但是在沉积了电解质的表面和无电解质的条件下电流密度迅速减小且相比较均匀混合的电解质而言允许更小的电流密度。该图很好地说明了图 4 中在混合电解质的条件下的能耗高于在其他两个测试条件下的原因。实际上,由于在混合条件下,电解质均匀分散在物质各处,电流密度在电-脱水的开始处可以达到最大值。然而,由于阳极附近的电解质绝对量更小,电解质的有利效果迅速减小。当全部量的电解质直接置于阳极物质界面处(表面沉积)时,即使阴极处的电解质浓度最初是较低的,阳极处的充足的量的电解质也会补偿压降,其中

压降将降低电-脱水的效率。

[0051] 图 6 是当向待脱水物质表面加入电解质时,最终干燥度作为电解质浓度的函数的图。该实验条件与之前的图 3-5 所用的实验条件类似,除了使用了优化的电解质添加方法以评估电解质浓度范围外,就所实现的最终干燥度而言,该电解质浓度范围可以进行最有效的电-脱水。从图中可以认识到沉积在电极-物质界面的低浓度(10%)的电解质实现了类似于 20、40 和 50%浓度的电解质时的最终干燥度(41% TSS),其中 20、40 和 50%浓度的电解质时分别示出了最终干燥度值为 43、43、42% TSS。这些结果显示了所测试的这些浓度中的最有效浓度为 10%。实际上,大于 10%的任一浓度产生了类似的干燥度和类似的能耗,其突出显示了额外的电解质不以明显的方式参与电-脱水过程。实际上,当使用的表面-沉积的浓度大于 10%时,额外的电解质可能保留在电极-物质界面处且不参与电-脱水过程,因此不允许更大的电流流经物质。这些结果突出显示了更小量的电解质比大量的电解质更加有效,因为在更大量的情况中,过量的电解质只是被浪费掉了。另外,在电-脱水的最后保留在电极物质界面处或附近的电解质将加重污泥的最终重量。由于大多数电-脱水过程和电-脱水厂支付处置它们的污泥的处置费用是基于重量的,加入在电-脱水过程中不起作用的电解质材料而支付额外的费用以及然后由于该电解质材料加重电-脱水的物质的最终重量再支付额外的费用以除去该电解质材料则是极其低效的。最终,所测试的所有的电解质浓度实现了比不加入任何电解质明显更高的最终干燥度。

[0052] 图 7 示出在向物质的表面加入电解质和不加入电解质的实验条件下最终干燥度作为施加电压的函数的图。对于 40 至 60 伏特的电压,在加入电解质和不加入电解质时进行了测试。从该图中可以认识到在所有的测试电压时,电解质的存在具有有利的效果,40V、45V、50V 和 60V 时产生的最终干燥度值分别为 41%、42%、43%和 41%,与此相比,不加入电解质时的 40V、45V、50V 和 60V 时的最终干燥度值分别为 25%、27%、30%和 33%。电解质的加入的有利效果在较小的测量电压时更为显著,因为随着电压的增加,最终干燥度的差别变得更小。这些观察结果可以通过以下事实进行解释,在非常高的电压(其中的一些不能在工业上应用)时,克服了阳极处所观察到的压降,以及虽然在阳极处存在有硬壳的材料,充足的电流可以经过物质以对物质进行脱水。然而在工业装置以及能耗是重要支出的装置中,能量消耗和在如此高的电压时产生的热能将总体上导致过程低效。

[0053] 图 8 对适用于将电解质加入至电极-物质界面的电-脱水设备和机制的几个实例进行了说明。图 8A 示出了一实施方案,其中通过喷嘴 20 加入电解质 19,其中喷嘴位于给料设备 21 和电-脱水区域之间或横穿补料室(filing chambers)26。显示污泥入口 22 和出口 23 在顶端具有阳极 24 以及在底端具有阴极 25。在处理期间由于重力的原因,待脱水的物质 27 接近阴极 25;放低阳极以建立恒定的接触和对抗物质的压力。还示出了分离板 28,其对于阳极 24 和整流器(未示出)之间的电绝缘是重要的。图 8B 也示出了一实施方案,其中接近阳极 24 的分离板 28 适用于支撑电解质 19,且当需要时分配电解质,从而用作电解质储备槽 29,其也可以包含滤布。通过补料室 26 向储备槽 29 中加入电解质 19 以及通过喷射器、喷嘴、滴注器(dripper)、电-注射器或允许在待电-脱水的物质的整个表面上基本上均匀分散电解质的任何方法向物质中加入电解质。

[0054] 图 9 示出使用各种电解质实现的干燥度的图。所测试的三种电解质皆显著优于无电解质的对照,加入硫酸、硝酸钙和氯化钙后 600 秒引起的最终干燥度分别为 35.6%、

38.2%和37.4%，和无电解质对照时实现的最终干燥度为21.0%进行比较。图9显示的干燥度从所提取的水量（其在实验设备中称量）外推得到。然而，当使物质经受如图4所述的标准干燥度测试时，处理的最后实现的最终干燥度为47.3%（硫酸）、45.2%（硝酸钙）和46.4%（磷酸钙），与此相比，无电解质对照时实现的最终干燥度仅为22.9%。在图9所示的实验中，加入的电解质的量为约0.009毫升（6N H_2SO_4 ）/cm²阳极表面。

[0055] 图10示出电解质氯化钙、硝酸钙、硫酸和无电解质对照时的总效率的柱状图。结果比较了无电解质时的电-脱水的总效率与存在三种测试电解质时的电-脱水的总效率，其中电解质应用于污泥的表面且电-脱水过程在发生电解质浸入物质之前开始。可以从图10认识到，硫酸比两种测试的钙盐有效得多。总效率是基于电解质的成本、过程中的能量消耗、污泥进入脱水过程的量和速度以及电-脱水过程后剩余污泥的量进行确定。因此效率计算为（每小时成本除以每吨污泥_{in}乘以每吨污泥_{out}）的倒数。基本上根据与图3-7和9所示的实验程序相同的实验程序进行实验。

[0056] 图11示出了使用多种表面活性剂得到的干燥度作为电-脱水时间的函数的结果，其中干燥度通过总的液体损失进行测量。可以认识到，所测试的Magnor表面活性剂中，仅离子型表面活性剂显示出其改进了脱水效率。实际上，表面活性剂Magnor 571080（阴离子型）和Magnor 574563（阳离子型）在所使用的实验条件下皆显著增强了EDW。在另一方面，非-离子型的表面活性剂Magnor 573462相比较无表面活性剂条件显示出了干燥度有很小的增加或无增加，表明了非-离子型表面活性剂不能结合水分子且因此不允许水受益于其传递性能。这些结果证实了离子在电解质提高电-脱水效率的机制中的重要性。

[0057] 阴离子型和阳离子型表面活性剂提高了EDW的效率，以及所有示出在图11中的实验结果是在低-电导率市政废水污泥上进行的。结果显示了离子型表面活性剂不如硫酸有效，然而，在表面活性剂上未进行优化研究。可以认识到电解质例如表面活性剂的效率程度可以取决于污泥的最初电导率从而加入电解质有利于电流密度和防止在一个电极上观察到电压损失。

[0058] 所测试的阳离子型表面活性剂中的一些是季铵型(quaternary)，证实具有积极的杀菌性能。尽管表面活性剂总体上具有杀菌性能，但是阳离子型表面活性剂甚至具有更大的杀菌潜能。

[0059] 有利的是使用两性表面活性剂化合物，因为它们可以溶解于酸性溶液或碱性(caustic)溶液中。这对于电-脱水而言是非常有意义的，因为污泥的“阳极”表面成为酸性以及“阴极”表面成为碱性。两性表面活性剂有可能缓冲在两个电极表面处生成的液体，且有助于防止阴极处的碎屑积聚。

[0060] 图12和表1示出了作为电解质类型函数的愉悦度(hedonic tone)。愉悦度测量气味的相对的舒适度(pleasantness)/不舒适度(unpleasantness)且提供关于气味的可能攻击性(offensiveness)的一个指标。可以在减弱之前和之后（例如通过电-脱水实现减弱）用愉悦度将气味分级。通过盲受试者(blinded subject)测量愉悦度，其中盲受试者经受多种污泥试样在电-脱水之前和之后以及在存在或不存在电解质时的气味。表1以更多定性的细节示出了包括1个对照污泥（非-电-脱水的）和6个电-脱水的污泥试样的7个实验条件以改变干燥度。要求受试者根据预定的等级评估每种污泥的气味。

[0061] 表1. 作为污泥干燥度和加入电解质的函数的愉悦度

[0062]

试样	电解质	干燥度	愉悦度	特征	愉悦度	特征
对照	无	11.9%	-9	未经处理的粪便 (raw manure)	-6	金属的/有机的
1	无	30.1%	-3	腐烂的玉米气味	-1	麦芽的/泥土
2	无	23.2%	-11	未经处理的粪便	-8	金属的/粪便的/腐烂的/氨
3	有	23.9%	3	类似甜玉米	-1	麦芽的/泥土
4	无	28.4%	-1	需氧的	-2	金属的/有机的
5	无	27.5%	1	需氧的	-5	金属的/有机的/泥土
6	无	31.5%	1	需氧的	-3	金属的/泥土

[0063] 可以有利地加入有香味的电解质以进一步提高愉悦度。例如,有苹果香味的污泥在愉悦度指数的等级上有可能高于无香味的污泥。加入香料可以进一步提高污泥用于农业再利用的价值。

[0064] 本领域内的技术人员可以认识到一些电解质非常适用于提高电-脱水过程期间气味减弱的效率。实际上,使用氯化钠作为电解质,例如可以导致在污泥中形成氧化性含氯化合物。另外,自然地通过水的电解作用于电极(不含外部加入的电解质)处生成的氧化性化合物将杀灭一种群的细菌和引起气味的病原体。在一方面,加入一种电解质可以剂量依赖的方式杀灭多种群细菌,但是在另一方面,另一种电解质可以以“非-线性”浓度范围(即增加或减少电解质将不影响病原体的毁灭)杀灭整个新种群的细菌。因此,一些氧化性化合物将以添加的方式起作用而其他的化合物则以协同方式起作用。

[0065] 本质上,一些电解质可能有助于除去更多的病原体,且因此有利于提高电-脱水的普通气味的缓解效果。可以认识到在电-脱水领域中的很多现象可以有利于污泥的“卫生”。这些现象包括在电极处生成氧化性化合物、高温、高压和电解质。表1和图12示出了仅一种电解质,其显示对愉悦度的有利影响。其他的测试电解质未显示出类似的结果。愉悦度方面的有利效果应该理解为距离愉悦度和干燥度之间建立的趋势线的正偏离(positive deviation)。要理解的是,不含电解质的电-脱水也影响愉悦度从而在干燥度和气味之间可以建立清楚的关联。

[0066] 如上所述,来自电-脱水后的污泥的水伴随着含分子/气体的气味。例如,呈氮化合物形式的氮在细菌的电解毁灭过程期间从细菌中释放出来。这些氮化合物可以溶于水中且通过排水过程排出。许多其他的挥发性和有气味的气体和水成分一起排出,并且这些液体一般返回至废水处理厂入口。

[0067] 图13示出了污泥干燥度作为入口污泥流速(图13A)和投资回报率-ROI(图13B)的函数的图。设计实验程序以测量电-脱水过程期间的多个电-脱水参数,其中最初干燥度值为10-15%的污泥电脱水至最终干燥度值为20%、25%、30%和35%。本领域内的技术人员可以认识到很多废水处理厂可以通过使用标准机械脱水设备(例如压滤、螺旋压榨和

带式压滤)提供干燥度高至 15% 的污泥。另外,一些污泥类型如不加入电解质则干燥度不能达到高于 35%。图 13A 示出了加入少量的电解质使得 EDW 设备可以 2.2 吨 / 小时的速度将干燥度为 15% 的污泥处理至 20%,而不加入电解质时速度则为 1.0 吨 / 小时。该显著提高了 112% 的效率在当污泥干燥度进一步增加时将稍微有所减少,如当污泥干燥度达到 35% 时观察到效率提高了 72%。

[0068] 用于绘制图 13B 的 ROI 计算考虑了申请人的电-脱水设备的销售价格、安装和构造成本、操作成本,其中操作成本包括电解质和能量(电)、污泥运输 / 处置成本、维护人员和操作员。y-轴表示回收这样的投资的时间(年数)即投资回报率(ROI)。再一次地,当电-脱水污泥至最终干燥度为 20% 时电解质显示了最大的效率,因为当加入电解质时如此的设备的回报率是 2.8 年,与此相比,不加入电解质时为 6.3 年。有意思的是,电解质-处理的和非-电解质-处理的污泥的 ROI 随着污泥干燥度需求的增加而增加,因此,虽然两个曲线呈现为平行的,百分比的增加 (percentage increase) 随着干燥度的增加而减小。由于这些计算包括电解质的成本,本领域内的技术人员以及其他人员仍然可以认识到加入电解质的明显益处。

[0069] 图 14 示出了作为时间的函数的有效电压和干燥度。在图 14A 中,数据显示了加入电解质在电-脱水过程的持续期间(在这个情况中为 700 秒)对电压和电流(未示出)产生了很大的影响,证实了电解质如何防止观察到的压降(一般在阳极处观察到压降)。压降主要是因为形成了有硬壳 (crusty) 的材料,其防止电传递 (electrical transfer) 经过物质。在无电解质系列中所观察到的压降在时间和程度方面是明显延缓的。从图 14B(其与图 14A 的实验相同)中可以观察到,在电-脱水过程的非常早期的阶段能观察到电解质作用导致的干燥度增加,在这个情况中,约 25 秒处理。这很有可能通过无电解质系列中所观察到的压降进行解释。

[0070] 图 13 和 14 中所使用的电解质是硝酸钙且其以 0.0004% w/w(即 0.03g 电解质 / 73.5g 污泥)加入,其也相应于 $0.00027\text{g}/\text{cm}^2$ 的阳极表面 (0.03g 硝酸钙和 111cm^2 的阳极表面积)。

[0071] 图 9 和 10 中所使用的电解质是硫酸且其以 0.0004% w/w(即 0.03g 电解质 / 73.5g 污泥)加入,其也相应于 $0.00027\text{g}/\text{cm}^2$ 的阳极表面 (0.03g 硝酸钙和 111cm^2 的阳极表面积)。

[0072] 加入的电解质的量是重要的考虑因素,这是因为为了最大化 EDW 过程的效率,必须使用尽可能少的电解质使其用于预定的处理时间或者达到预定的干燥度。另外,电解质必须均匀地涂布 / 分散在待处理的物质上。加入过多的电解质将会导致较高的电解质成本和较高的能量消耗,并且如果电解质是非均匀分布的,则将在污泥的一些区域形成电流通路,从而不利于污泥的其他区域以及浪费能量。

[0073] 基于盐的电解质理解为任何具有盐的化学形式特征的电解质。基于酸的电解质理解为任何具有酸的化学形式特征的电解质。基于表面活性剂的电解质理解为任何离子型(阳离子型或阴离子型)的表面活性剂。

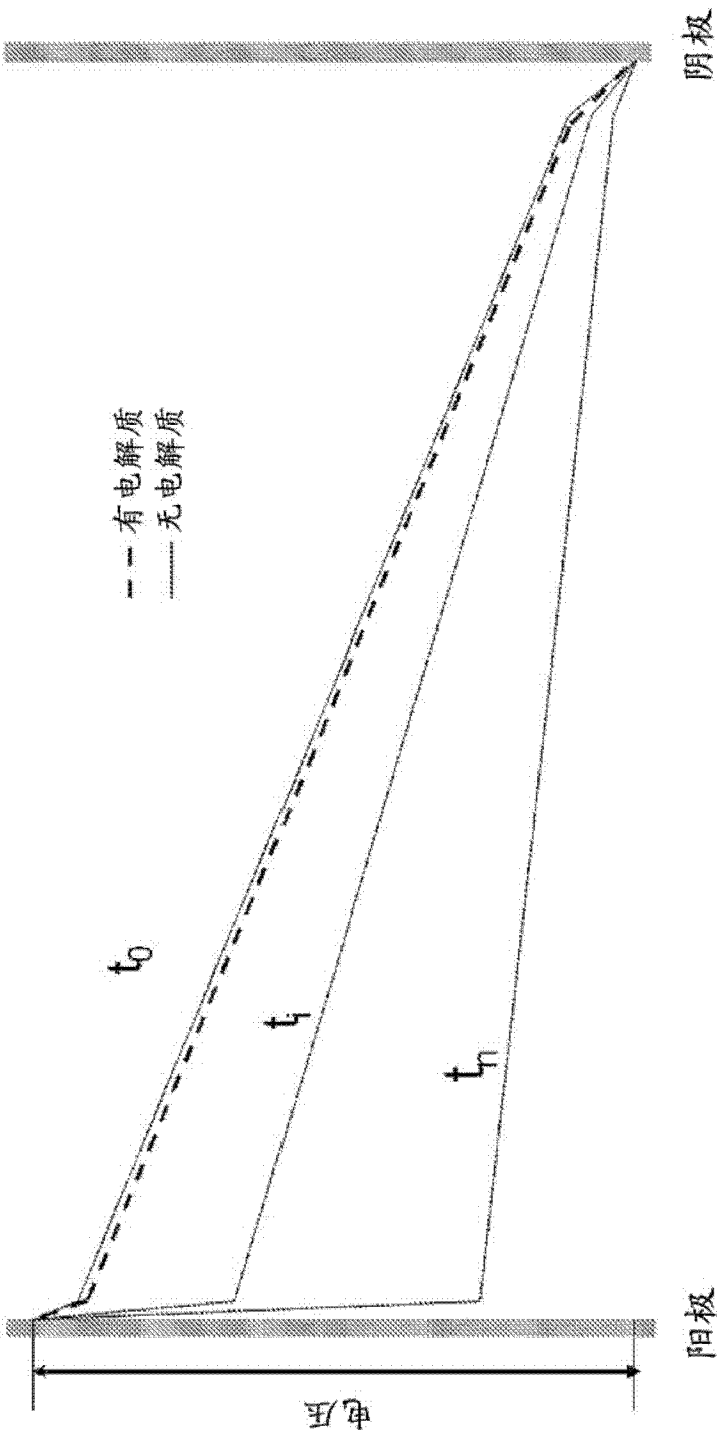


图 1

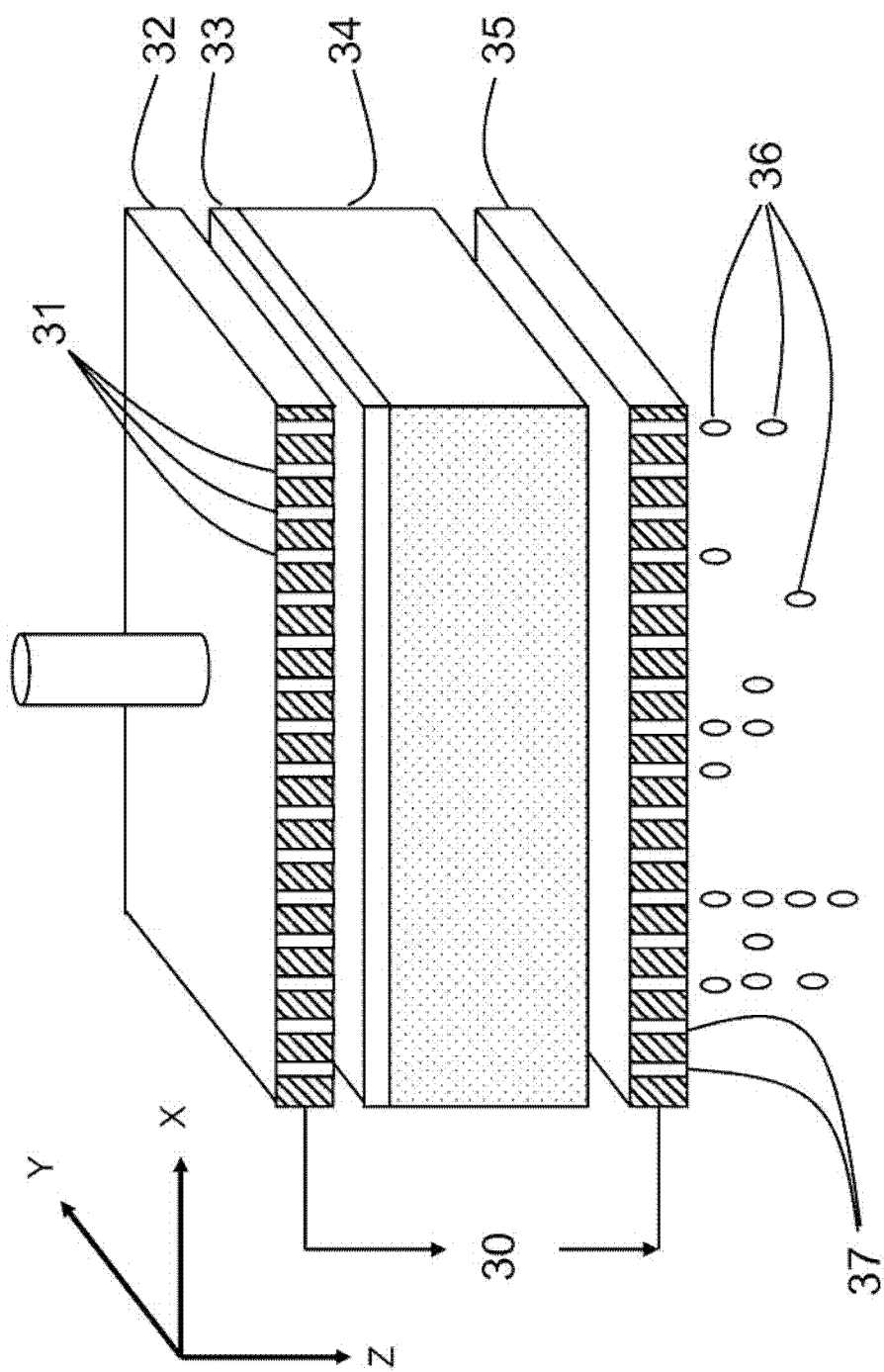


图 2

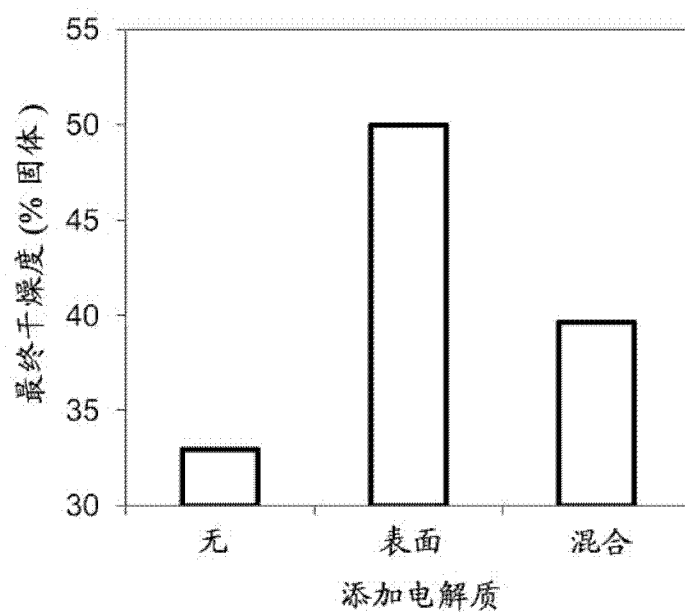


图 3

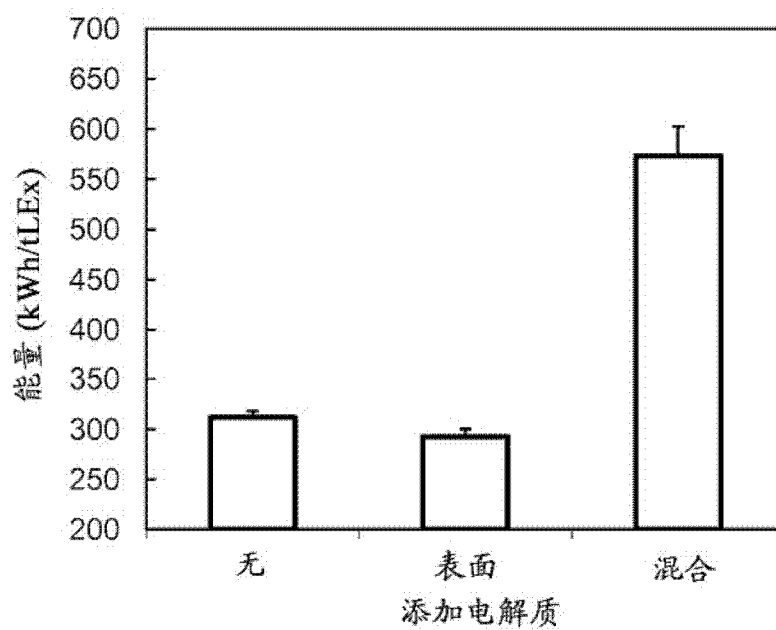


图 4

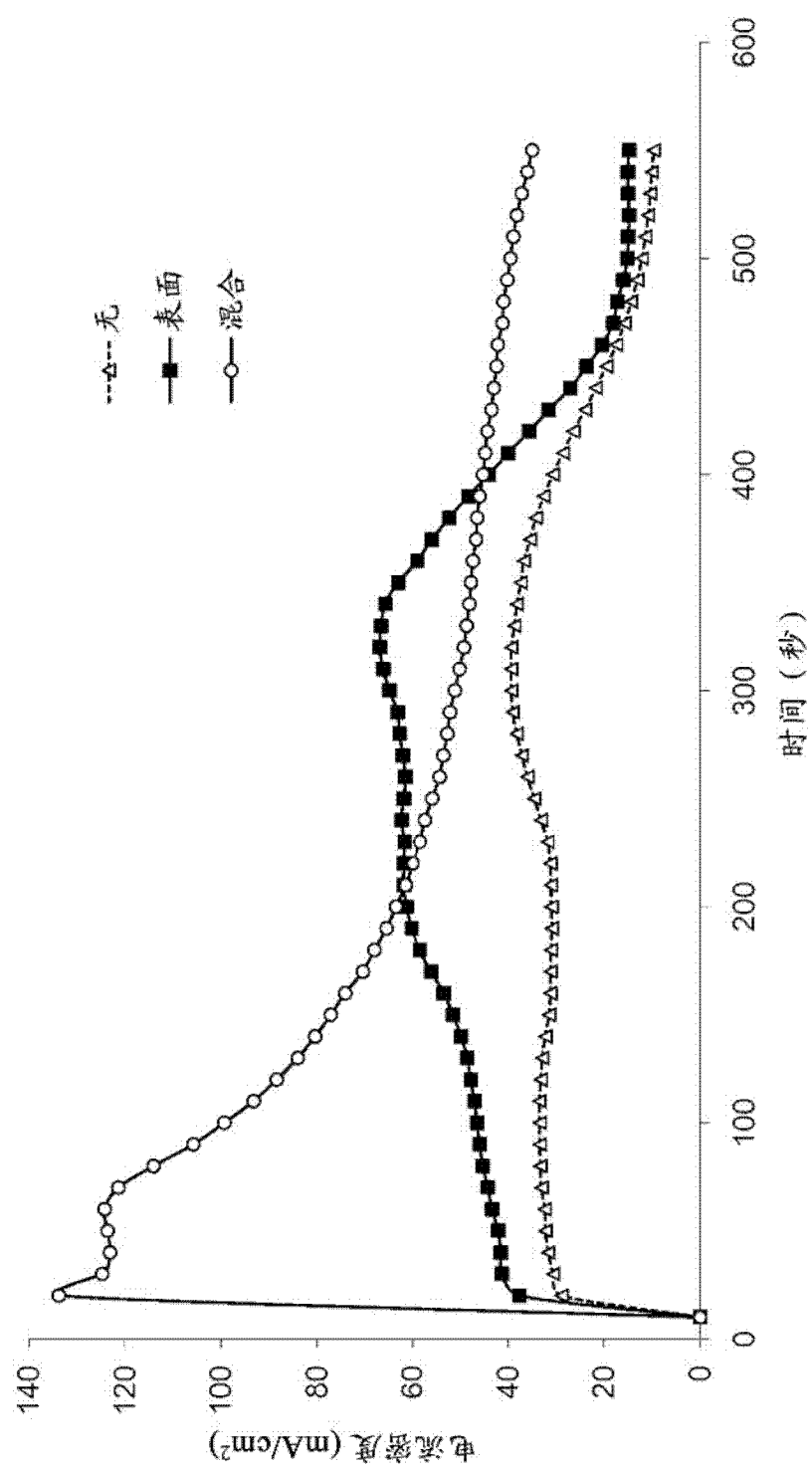


图 5

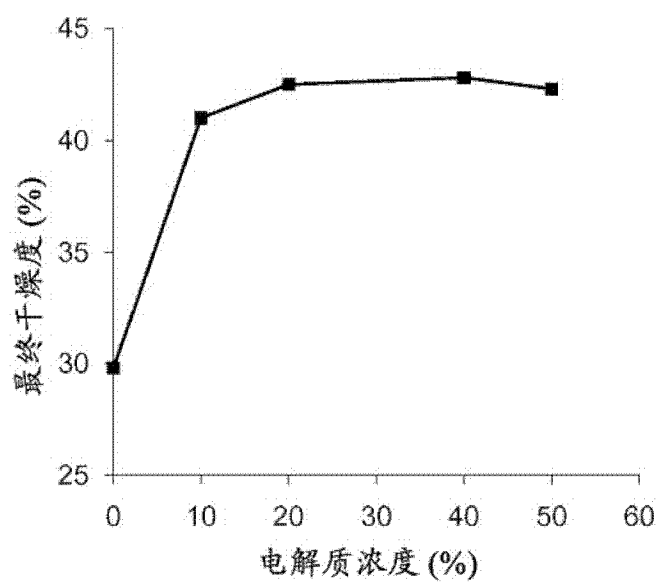


图 6

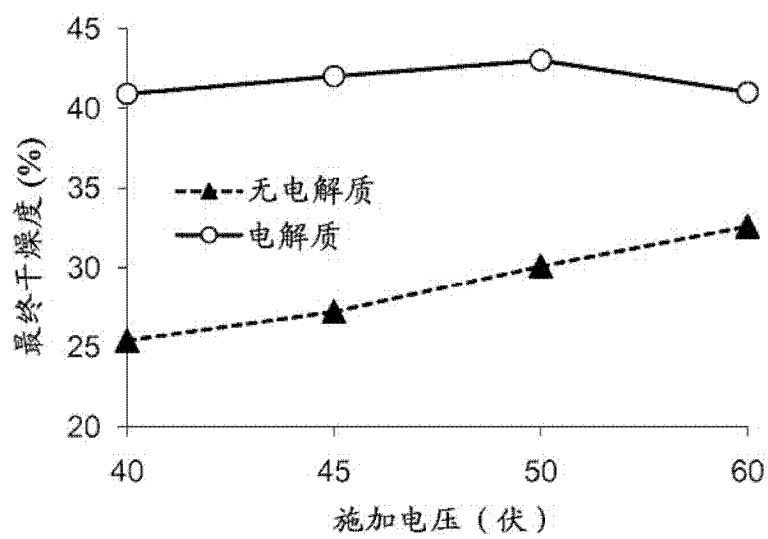


图 7

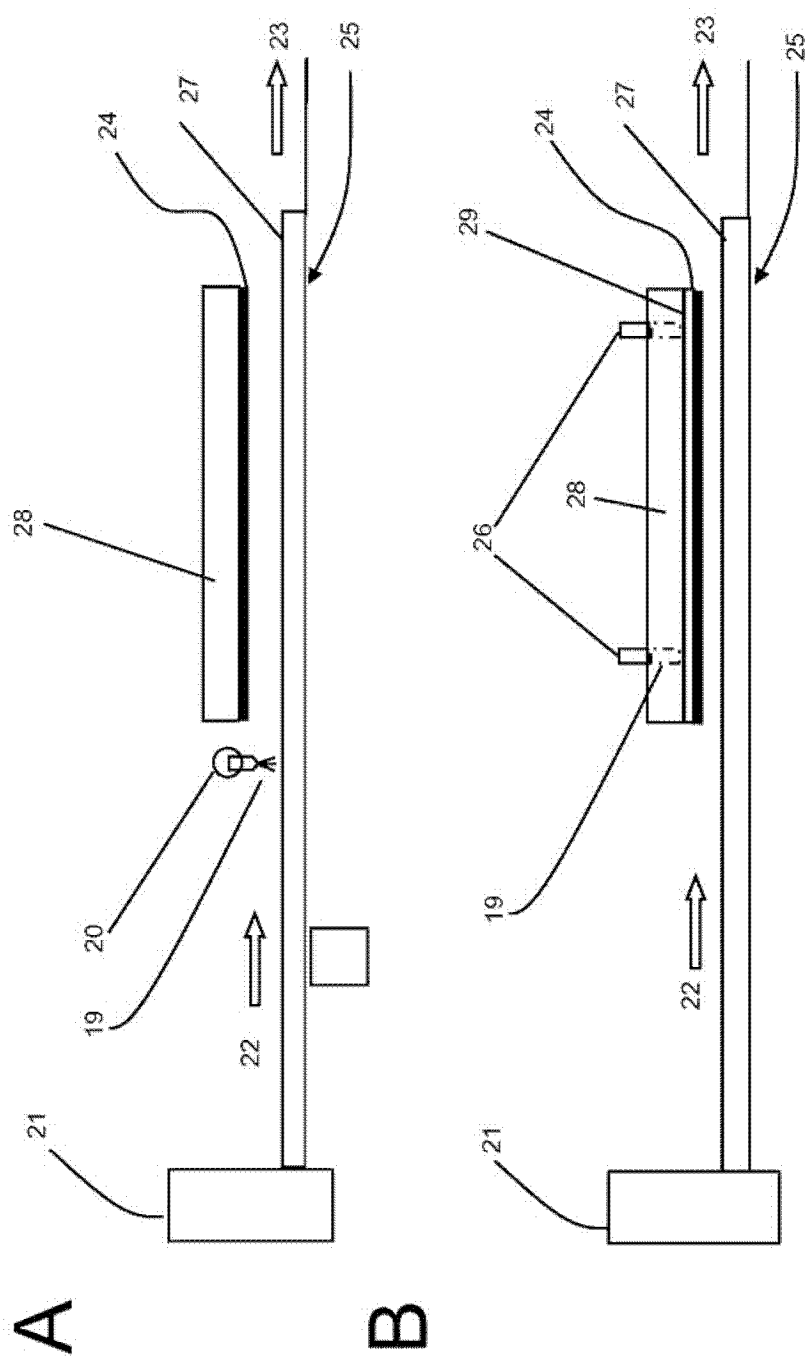


图 8

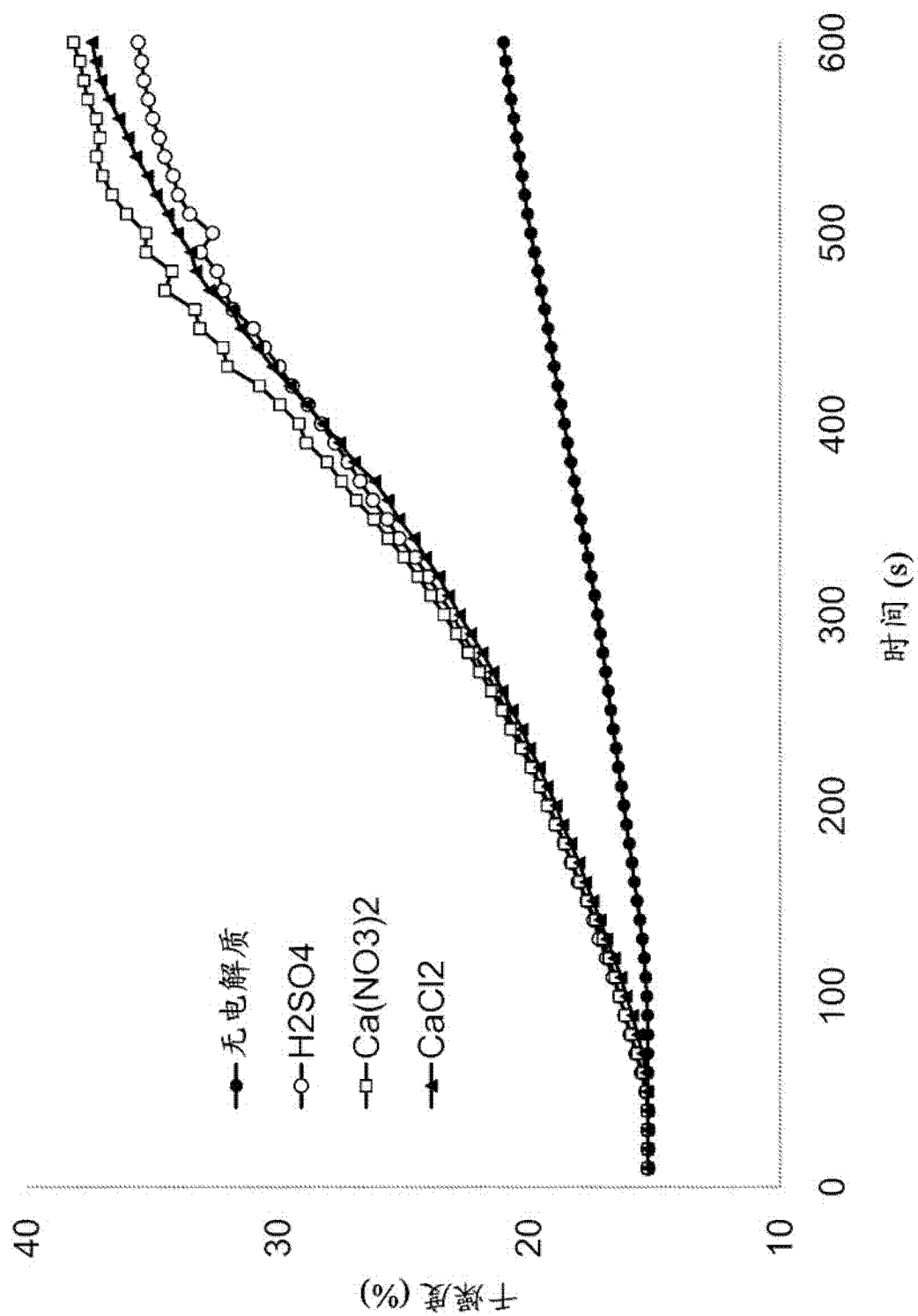


图 9

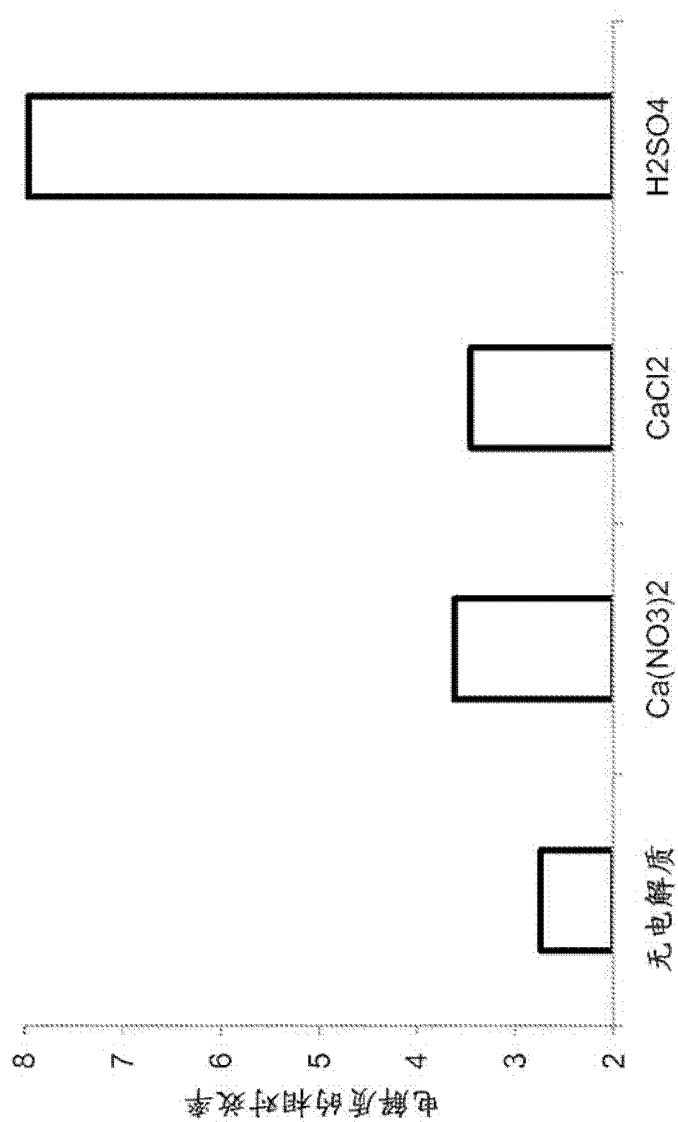


图 10

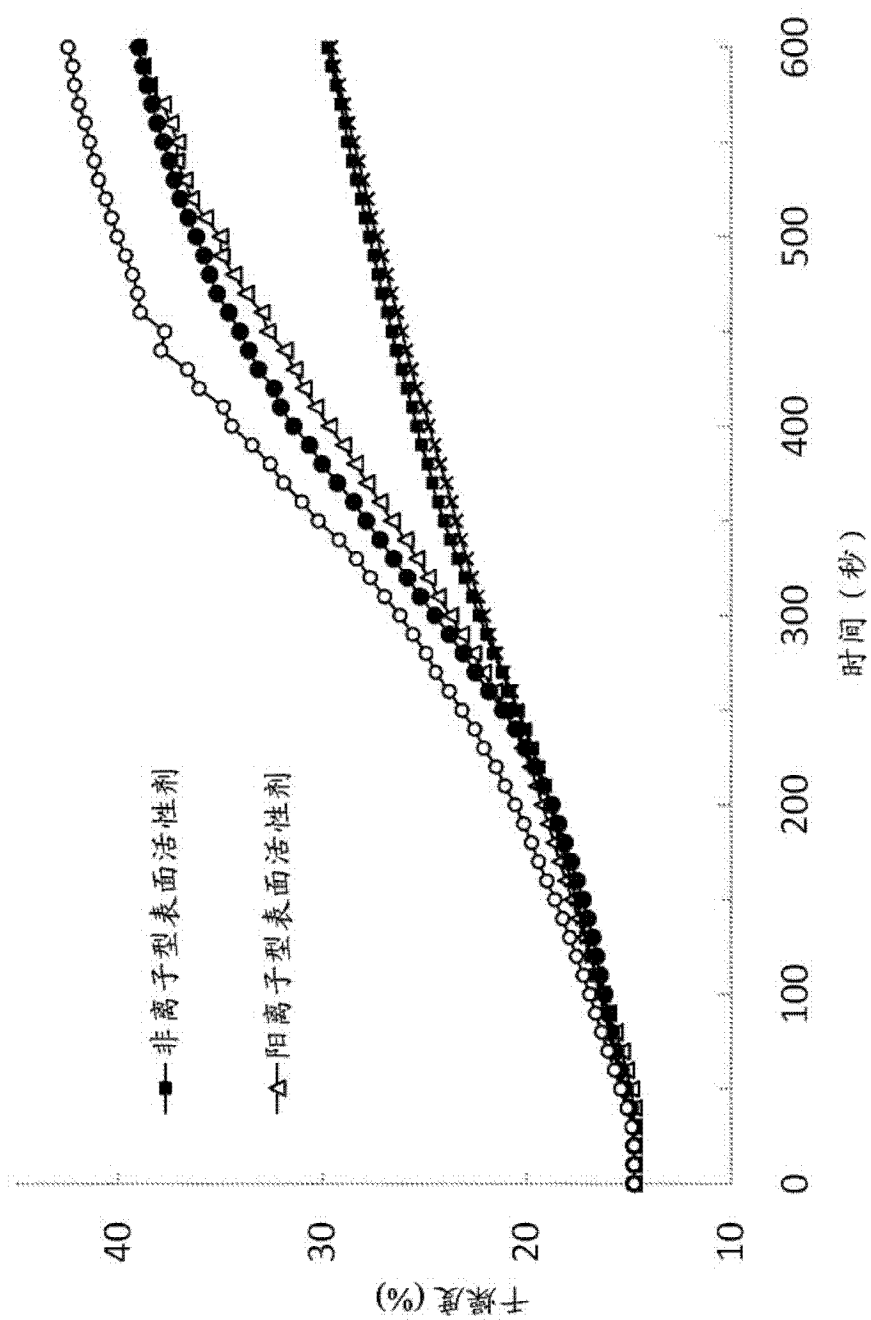


图 11

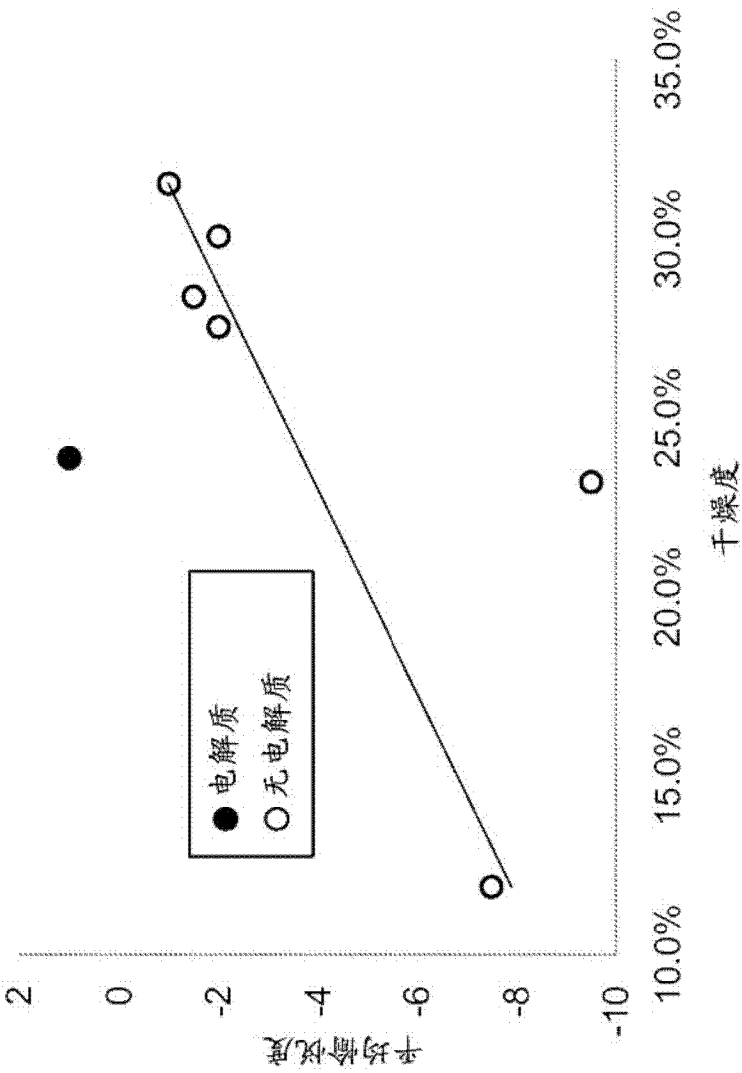


图 12

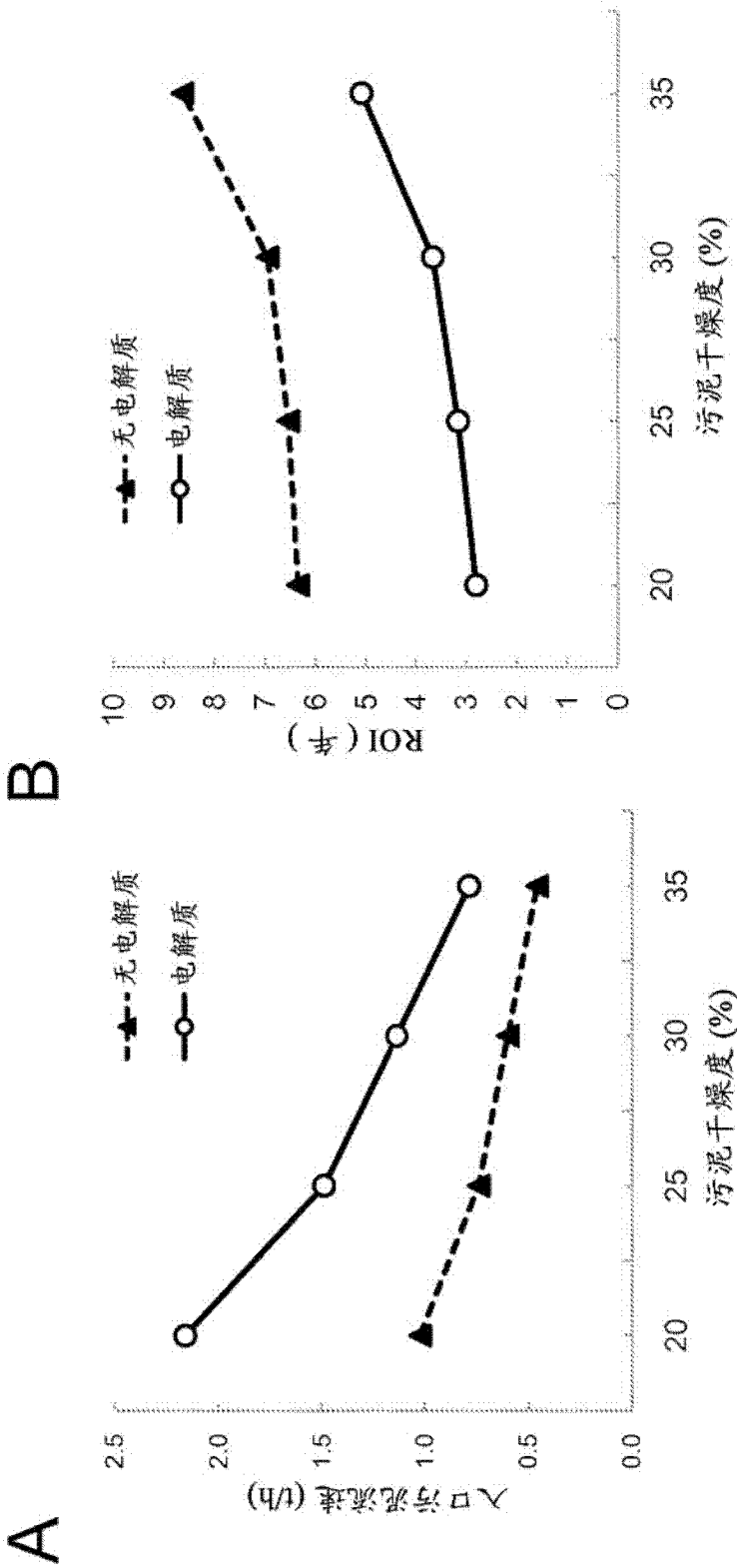


图 13

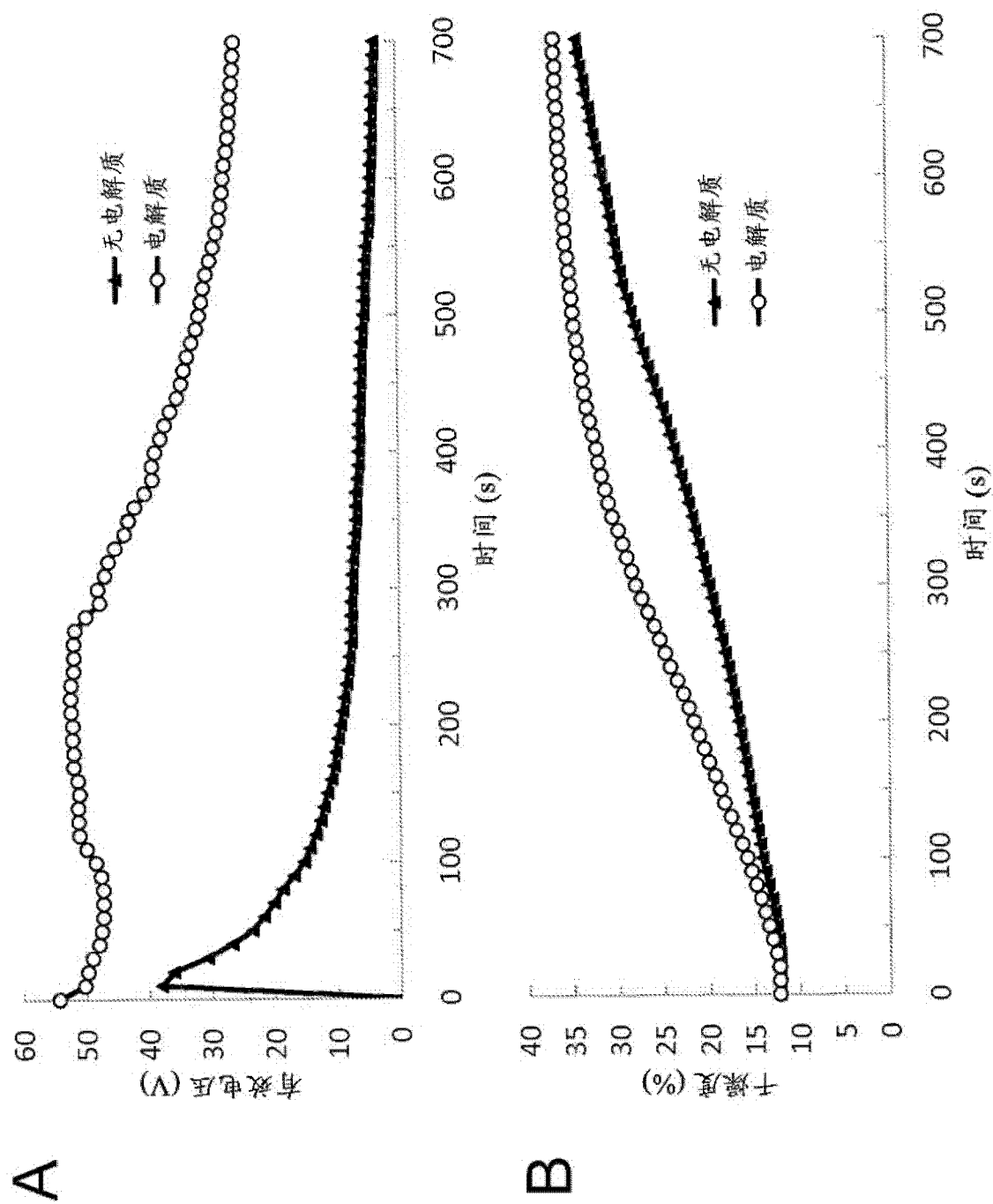


图 14