

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

B03D 1/16 (2006.01)
B01D 21/00 (2006.01)
B01D 21/08 (2006.01)

[21] 申请号 200480038622.8

[43] 公开日 2007年1月17日

[11] 公开号 CN 1898024A

[22] 申请日 2004.12.21

[21] 申请号 200480038622.8

[30] 优先权

[32] 2003.12.22 [33] FR [31] 0315161

[86] 国际申请 PCT/FR2004/003323 2004.12.21

[87] 国际公布 WO2005/065832 法 2005.7.21

[85] 进入国家阶段日期 2006.6.22

[71] 申请人 OTV 股份有限公司

地址 法国圣莫里斯

[72] 发明人 K·埃塞米阿尼 V·于塞尔

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所
代理人 余全平

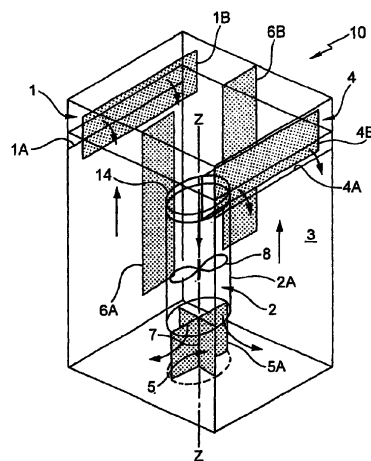
权利要求书 7 页 说明书 18 页 附图 2 页

[54] 发明名称

絮凝处理方法和反应器

[57] 摘要

通过絮凝和分离处理带有悬浮的、胶态的或溶解的杂质的待处理原态流体的方法，根据所述方法，使待处理的原态流体与一种絮凝反应剂在一絮凝槽中流动，使所述絮凝混合物在一分离区内流动，其特征在于，通过一个完全浸没的导流管在絮凝槽内形成一个中心区，在所述中心区内(8)产生一个使待处理原态流体和絮凝剂的混合物在所述导流管的轴向轴向端流流动；通过一个阻止所述流动旋转并位于导流管出口的静态装置(5)使所述流动规则角度分布；使所述混合物在一个包围所述中心区的周边区(3)中流动；使所述混合物的一部分流向分离区。



1. 通过絮凝和分离来处理一带有悬浮的、胶态的或溶解的杂质的待处理原态流体的方法，所述方法包括：

— 使待处理的原态流体与一絮凝反应剂在一絮凝槽中流动，以便得到一絮凝混合物，杂质在所述混合物中形成絮凝物；

— 使所述絮凝混合物在一分离区内流动，在所述分离区内将所述絮凝混合物分离为净化过的流质物和包括这些絮凝物的残渣物；

其特征在于：

* 通过一完全浸没的导流管在所述絮凝槽内限定一中心区，在所述中心区内通过搅拌(8)所述待处理原态流体和絮凝剂的混合物在所述导流管的轴向方向的产生一使轴向湍流流动；

* 通过一阻止所述流动旋转并位于所述导流管出口的静态装置(5)，使所述流动按规则角度地分布；

* 使所述混合物在一包围所述中心区的周边区(3)中按一相反方向流动，直到所述中心区的入口；和

* 使所述混合物的一部分流向所述分离区。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，将所述中心区的流动的流量保持在所述待处理原态流体入口流量的1至20倍。

3. 如权利要求1或2所述的方法，其特征在于，将所述周边区分为至少一个与所述絮凝槽中的待处理原态流体的入口连通的上游周边区、和一个与所述絮凝混合物的出口连通的下游周边区，以迫使进入所述絮凝槽的待处理原态流体在流向分离区之前至少在所述中心区通过一次。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的方法，其特征在于，沿一个垂直方向产生所述混合物的轴向湍流流动。

5. 如权利要求4所述的方法，其特征在于，通过在所述中心区的一半高度上的搅拌(8)产生所述垂直的轴向湍流流动。

6. 如权利要求5所述的方法，其特征在于，在一下降运动中使所述混合物产生轴向湍流流动，并使所述混合物基本按角度地分布在所述中心区基位与所述絮凝槽底部基位之间高度的至少三分之二上。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 使所述混合物角度分布在所述中心区基位与所述絮凝槽底部基位之间的基本整个高度上。

8. 如权利要求 6 或权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 放置所述的限定中心区的导流管, 使得它的形成出口的下端位于所述絮凝槽底部相面对处, 并且距所述底部的距离为所述导流管平均宽度的 1/3 到 2/3 之间。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 放置限定所述中心区的导流管, 使得它的形成入口的上端位于所述絮凝槽的内容物的自由表面相面对处, 并且距所述自由表面的距离为所述导流管的平均宽度的 1/3 到 2/3 之间。

10. 如权利要求 6 至 9 中任一项所述的方法, 其特征在于, 在所述周边区高度的上部, 将所述周边区分为至少一个与所述絮凝槽中的待处理原态流体的入口连通的上游周边区、和一个与所述絮凝混合物的出口连通的下游周边区, 以迫使进入所述絮凝槽的待处理原态流体在流向所述分离区之前至少在所述中心区通过一次。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 基本在所述高度的上半部分实现这种分区。

12. 如权利要求 4 至 11 中任一项所述的方法, 其特征在于, 使所述待处理的原态流体进入, 并且使所述絮凝混合物基本上在所述导流管的输入区流出。

13. 如权利要求 1 至 12 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述絮凝物是一天然的、矿物的或合成的聚合物。

14. 如权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法, 其特征在于, 在所述絮凝槽中与所述待处理原态流体混合的絮凝反应剂在所述絮凝槽的上游已经进入到所述待处理的流体中。

15. 如权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法, 其特征在于, 与所述待处理原态流体混合的絮凝反应剂被导入到所述絮凝槽中。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 所述絮凝反应剂在所述絮凝槽的入口与所述导流管的入口之间被导入。

17. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 所述絮凝反应剂被导入到所述中心区中。

18. 如权利要求 15 所述的方法, 其特征在于, 所述絮凝反应剂在所述中心区的界限内被导入。

19. 如权利要求 18 所述的方法, 其特征在于, 将所述至少一部分絮凝反应剂以环形的方式注入到与所述导流管同轴的中心区的入口的周边。

20. 如权利要求 1 至 19 中任一项所述的方法, 其特征在于, 在所述絮凝槽中另外将一粉状材料混合到所述待处理的原态流体中。

21. 如权利要求 20 所述的方法, 其特征在于, 所述粉状材料是一压载物, 其由一比所述待处理原态流体重的不可溶颗粒材料构成。

22. 如权利要求 21 所述的方法, 其特征在于, 所述压载物由一粒度在 20 至 300 微米之间的细沙构成。

23. 如权利要求 21 或 22 所述的方法, 其特征在于, 处理在所述分离区出口得到的残渣物, 从所述残渣物中回收所述压载物, 并在所述絮凝槽中循环使用这些压载物。

24. 如权利要求 1 至 23 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述待处理的原态流体导入到所述絮凝槽前已经与一凝固剂混合。

25. 如权利要求 1 至 24 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述主要流体为待处理的水。

26. 如权利要求 25 所述的方法, 其特征在于, 所述待处理的水已经在其导入到所述絮凝槽前与一凝固剂混合, 所述凝固剂包括一矿物盐, 如一铁盐或铝盐。

27. 如权利要求 1 至 26 中任一项所述的方法, 其特征在于, 通过离心实现分离。

28. 如权利要求 1 至 26 中任一项所述的方法, 其特征在于, 通过浮选实现分离。

29. 如权利要求 27 或 28 所述的方法, 其特征在于, 借助于辅助分离机构实现分离, 所述辅助分离机构例如为板体、片体、或者倾斜或垂直的管体。

30. 如权利要求 27 至 29 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述絮凝混合物以切向方式被导入到所述分离区, 以便将一涡旋作用加到所述离心作用上。

31. 反应器，其用于通过所述絮凝作用处理带有悬浮的、胶态的或溶解的杂质的待处理原态流体，所述反应器包括：一槽（10、10'、10''），所述槽配设有至少一个流体入口和至少一个流体出口；以及至少一个在一溶液内的絮凝区，在所述絮凝区，所述待处理的流体与一絮凝剂混合，所述反应器包括：

— 一导流管（2A），所述导流管在其两端敞开并垂直布置，从而使其完全浸没在所述槽的溶液中，同时与所述槽的底部保持距离，由此限定一个与一周边区（3）相面对的中心区（2），所述中心区和周边区在所述导流管的两端互相连通，所述周边区与所述流体的入口和出口连通，

— 一带有垂直轴的搅拌器（8），其位于所述导流管中，以便在所述导流管中产生一沿垂直方向的轴向湍流运动，

— 十字支架（5），其由多个垂直壁形成，这些垂直壁从一基本位于所述搅拌器轴线的延长线中的共同棱脊（7）开始，在所述搅拌器的下游水平地延伸，以便角度分布从所述导流管流向所述周边区的流动。

32. 如权利要求 31 所述的反应器，其特征在于，所述导流管具有一恒定的截面。

33. 如权利要求 32 所述的反应器，其特征在于，所述导流管具有一柱形的形状。

34. 如权利要求 31 至 33 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述搅拌器基本布置在所述导流管中一半的高度处。

35. 如权利要求 31 至 34 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述导流管的直径为所述搅拌器直径的 102% 到 120%。

36. 如权利要求 31 至 35 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述中心区的水力学直径为所述中心区和所述周边区形成的所述絮凝区平均宽度的 40% 到 60%。

37. 如权利要求 31 至 36 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述搅拌器被布置且受控运动，以便在所述导流管中产生一垂直的下降运动，所述十字支架位于所述导流管的底部与所述槽的底部之间。

38. 如权利要求 37 所述的反应器，其特征在于，所述导流管具有一下端，所述下端与所述槽的底部相面对，并且距所述槽的底部的距离为所述

导流管直径的 $1/3$ 到 $2/3$ 。

39. 如权利要求 38 所述的反应器，其特征在于，所述导流管具有一上端，所述上端位于所述槽中包含的溶液表面基位的相相对处，并且距所述溶液表面的距离为所述导流管直径的 $1/3$ 到 $2/3$ 之间。

40. 如权利要求 37 至 39 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述导流管的下端与所述槽的底部之间的距离，和所述导流管上端与所述溶液基位之间的距离至少近似为所述导流管直径的 50%。

41. 如权利要求 37 至 40 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述十字支架具有一高度，所述高度基本等于所述导流管的下端与所述槽的底部之间的距离的至少 $2/3$ 。

42. 如权利要求 41 所述的反应器，其特征在于，所述十字支架具有一高度，所述高度基本等于所述导流管的下端与所述导流管的底部之间的距离。

43. 如权利要求 37 至 42 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述十字支架的垂直壁水平地延伸在一基本为所述导流管半径的 $3/4$ 到 $5/4$ 之间的距离上。

44. 如权利要求 43 所述的反应器，其特征在于，所述十字支架的垂直壁水平地延伸在一基本等于所述导流管半径的距离上。

45. 如权利要求 37 至 44 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述十字支架包括四个在所述导流管的轴线周围错开 90° 的垂直壁。

46. 如权利要求 45 所述的反应器，其特征在于，两个所述壁按与所述待处理的原态流体到达所述絮凝槽中的方向成横向地布置。

47. 如权利要求 37 至 46 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述垂直壁在输入区与输出区之间，在分隔所述槽的底部与所述溶液表面之间的总高度的至少一部分上使周边区分区。

48. 如权利要求 47 所述的反应器，其特征在于，这些垂直壁延伸在所述总高度的 40% 到 60% 之间的垂直距离上。

49. 如权利要求 47 或 48 所述的反应器，其特征在于，所述反应器包括至少两个基本延伸在所述槽的上半部分上的垂直隔板，相应地在所述导流管与所述流体入口之间、和在所述导流管与所述流体出口之间，以便迫

使所述待处理的流体至少在所述流体入口与所述流体出口之间的所述中心区通过一次。

50. 如权利要求 47 至 49 中任一项所述的反应器，其特征在于，这些垂直壁延伸于一在所述主流体的进入基位与所述搅拌器基位之间的高度上。

51. 如权利要求 47 至 50 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述垂直壁从所述周边壁的周边开始延伸直至所述导流管。

52. 如权利要求 37 至 51 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述输入区和所述输出区布置在所述表面基位附近，并且所述输入区配有面对所述入口横向布置的一板体，相应地，所述输出区配有面对所述出口横向布置的一板体，以便形成虹吸。

53. 如权利要求 31 至 52 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述反应器另外包括一絮凝反应剂注入管，所述注入管与一絮凝反应剂源连接。

54. 如权利要求 53 所述的反应器，其特征在于，所述絮凝反应剂注入管位于所述待处理的原态流体入口与所述导流管的入口之间。

55. 如权利要求 53 所述的反应器，其特征在于，所述反应器包括一絮凝反应剂的环形注入管，所述注入管与所述导流管的入口同轴。

56. 如权利要求 31 至 55 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述反应器另外包括一粉状材料注入管，所述注入管与一粉状材料源连接。

57. 如权利要求 56 所述的反应器，其特征在于，所述粉状材料源是一细沙源。

58. 如权利要求 31 至 57 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述槽具有一唯一的絮凝区，从而具有一导流管。

59. 流体处理设备，其包括一如权利要求 31 至 57 中任一项所述的反应器和一与所述反应器的槽连接的分离区。

60. 如权利要求 59 所述的设备，其特征在于，所述反应器包括一粉状材料注入管，所述注入管与一粉状材料源连接，并且，所述分离区包括一出口，所述出口适于接受包括絮凝物的残渣物，且与一粉状材料回收装置连接，所述粉状材料源与所述回收装置连接。

61. 如权利要求 59 或 60 所述的设备，其特征在于，所述分离区是一

布置在所述槽下游的滗析器。

62. 如权利要求 59 至 61 中任一项所述的反应器，其特征在于，所述分离区是一布置在所述槽周围的滗析器。

絮凝处理方法和反应器

技术领域

[01] 本发明涉及一种通过絮凝方法处理待处理原态流体的方法和反应器，本发明特别用于工业过程的水处理领域，如饮用水的处理和城市或工业污水的处理。

背景技术

[02] 各种流体处理，特别是水处理方面，要求把待处理的原态流体与一种流体或第二流体混合，以便使第二流体与主要流体的成分起作用；所述第二流体实际上包括一种絮凝剂，并常常包括一种颗粒材料，絮凝剂与待处理的原态流体作用在颗粒材料上形成絮凝物；实际上这就是带有压载絮凝物的物理-化学处理；通常在整体混合和轴向流的开放反应器中实现流体之间的混合和反应，这些反应器装有带垂直轴的搅拌器。

[03] 物理化学反应处理主要是使一种或多种第二流体分散在待处理的原态流体中，使它们强烈混合，然后在（比强搅拌阶段）低的搅拌强度下持续一段时间（尽可能短）的反应，这些阶段一般需要使用几个串联的絮凝槽或反应器。

[04] 絮凝槽的入口与出口之间可能存在短路（“旁通”），以及入口和出口体积使用的不完全一般会导致这些反应器的尺寸增加，并且/或者使用补充的搅拌功率，很容易通过与物理模型结合的数学模型证明存在旁通以及入口和出口体积使用不完全。这导致投资成本和运行成本增加。传统的方法是，力求使一给定絮凝槽的入口和出口互相之间的距离尽可能大，例如入口在槽的一端的底部，出口在另一端的上部，但是当需要安装几个串联的槽时，这是很不方便的。

[05] 另外，为了避免通常叫做涡旋的液体质量旋转，已经知道这对混合物的性能是不利的，已经提出设置与侧壁相对的垂直隔板（导流板）（参见“Mixing in the chemical industry” — Sterbacek et Tausk, Pergamon

Press, 1965, pp 278-301)。根据所述文献,加入垂直隔板可以增加湍流(因此增加混合),条件是挡板的宽度应该在搅拌器直径的 0.056-0.12 之间,并且这些隔板最好在流动中,而不是贴靠壁。实际上,由于历史的原因,所述文献还谈到一个由两个安装在底部并在搅拌器附近的垂直壁构成的十字支架,但是已经显示出很难控制过程,并且流动液体的固体颗粒很快破裂。并且还显示出这些壁导致耗能增加。

[06] 在大深度槽的情况下,已经知道在槽的体积中沿搅拌轴设置几个活动部件,以便增加湍流体积的比例;但是已经知道可以通过在活动部件周围设置一个同心管(导流管)避免加入这些重叠的活动部件,活动部件安装在所述管的出口上(见上述 1965 年的书)。所述导流管以一吸入管的方式起作用,这有助于增加被搅拌体积的比例,并且具有可以进行内部再循环的优点。但是这种吸入作用常常与涡旋类型的旋转运动结合。

[07] 在水处理方面,特别是在絮凝阶段,已经提出,例如在文件 FR-2 553 082 中,实现一个反应室,所述反应室有一个中心区和一个在所述中心区周围的周边区,中心区设有一个轴向上升流的螺旋体。待处理水被引入到中心区的底部,所述待处理的水中可以加入必要反应剂,并且将前面在处理时得到的残渣物混合到所述待处理的水中,同时将一种添加剂,如一种聚合物引入所述区域。产生内部再循环,周边区域构成一个缓慢的絮凝区。所述中心区由一个位于一平行六面体形隔离空间中的垂直管形成,因此可以说所述中心区是双重的。然后混合物在一中间隔离空间中通过,然后进入到一个分离区内。人们可以注意到这种结构涉及许多区域。

[08] 另外,从文件 WO-98/14258 了解到一种设备,其中一个内循环中心隔离空间包括一个其中布置有一个或多个轴向上升运动螺旋体的中心管、一个颗粒材料入口和一个絮凝剂入口。待处理的原态流体从所述管体的底部进入,通过上溢流进入到中心区的环形区中,然后根据絮凝物的大小重新上升到管体中,以便重新循环,或者进入到周边净化区中。螺旋体带来足够的湍流,以使固体保持悬浮,不发生剪切,而剪切作用可能导致混合缓慢,因此对性能不利。

发明内容

[09] 本发明的目标是从设备的观点或运行的观点综合改善紧凑性、有效性和低成本。

[10] 因此本发明的目标是一种絮凝反应器，其中通过一个（或几个）搅拌器并确定搅拌水平不同的区域，使待处理原态流体与絮凝剂（和可能有的形成絮凝压载物（ballast）的颗粒材料）之间的反应动力学得到改进，反应器体积的有效比例增加，同时减少旁通的危险（即在不同搅拌水平的不同区域中没有循环），并且用于搅拌处的功率水平较低。

[11] 本发明的另一个目的是一种通过絮凝-分离处理一种待处理原态流体的方法，所述方法在唯一槽的体积中使两个不同搅拌水平的区域结合，使得对给定的能量水平和给定的接触时间湍流最大。

[12] 本发明的另一个辅助目的是为了便于使几个相同或不同类型并且尺寸相同或不同的反应器在建设时或建设后串联在一起。

[13] 为此，本发明首先提出一种通过絮凝处理一种待处理原态流体的方法，所述原态流体带有悬浮的、胶质的或溶解的杂质，根据所述方法：

[14] 一使待处理原态流体和一种絮凝反应剂在一絮凝槽中流动，以便得到一种絮凝混合物，杂质在所述絮凝混合物中形成絮凝物，

[15] 一使所述絮凝混合物在一分离区中流动，在所述分离区中将絮凝混合物分离为净化过的流质物和包括这些絮凝物的残渣物，

[16] 所述方法的特征在于：

[17] * 通过一个完全浸没的导流管在絮凝槽内形成一个中心区，在所述中心区内通过搅拌 8 使待处理的原态流体和絮凝剂的混合物在所述导流管的轴向产生一轴向湍流流动，

[18] * 通过一个阻止所述流动转动并位于所述导流管出口的静态装置使所述流动角度分布 5，

[19] * 使所述混合物在一个包围所述中心区的周边区域 3 向相反方向流动，直到中心区的入口，和

[20] * 使所述混合物的一部分流向分离区。

[21] 可以注意到，因此本发明提出，由于一个阻止导流管出口的流体的转动的静态装置，使形成一个与搅拌水平较低中心区相对的高搅拌水平的中心区与从中心区出来的流动角度分布结合，以便使湍流最大，并且中

心区和周边区的体积中导致流动泄漏使得死区最小。上面已经指出，由于很难控制，已经放弃使用一静态装置防止流动旋转，并只提出与一个搅拌器结合；因此本领域的技术人员没有任何理由认为这种静态零件可以有助于解决技术问题。并且没有任何理由可以使人认为使用这种静态装置与一导流管结合能够有任何意义，即使受到在絮凝区使用导流管的已知方法的启发。

[22] 根据本发明的推荐设置，这些设置可以结合：

[23] 一使中心区的流动流量保持在待处理原态流体入口流量的 1-20 倍，这相当于一个足够的再循环，以便减少短路（旁通）危险，并产生足以保证良好混合的湍流，而不需要消耗太大的能量，

[24] 一将周边区域至少分为一个与絮凝槽中待处理原态流体入口连通的上游周边区，和一个与絮凝混合物出口连通的下游周边区，迫使进入到絮凝槽中的待处理原态流体在流向分离区之前至少在中心区中通过一次；这当然有助于避免短路，并且不消耗大量能量，并且不会导致大量的再循环周期，

[25] 一使混合物产生沿一垂直方向的轴向湍流流动；这相当于很好控制的传统布局，

[26] 一通过在中心区一半高度上的搅拌产生垂直湍流的轴向流动，这有助于在中心区的入口得到良好的吸入运动和中心区出口的良好排出，因此在所述出口有一个角度分配，但是不需要一个以上的搅拌器，

[27] 一在一个下降运动中产生混合物的轴向湍流流动，并且将混合物角度分布在中心区出口与絮凝槽底部之间高度的至少三分之二上；值得注意的是，当絮凝区有一内部再循环时，与目前使用的方向相反；但是最近模型化研究表明，与所述领域的专业人员可能想到的相反，设置一下降运动并与一角度分布的静态装置结合完全是现实的，这不会造成静态装置被正在形成或增加的絮凝物不合时宜地破坏；然而选择一个下降的方向可避免由于产生的湍流在表面造成波纹，同时利用槽的底部使混合物在中心区与周边区之间的流动方向迅速改变。

[28] 在所述下降运动的情况下，最好使：

[29] 一混合物基本角度分布在中心区与絮凝槽底部之间的整个高度

上，这样能保证从导流管出来的所有流动的角度分布，

[30] 一放置形成中心区的导流管的方法是，使形成出口的导流管下部与絮凝槽底部相对，并且距底部的距离为导流管平均宽度的 $1/3$ 到 $2/3$ ；这有助于使流动反向，而又不会使所述流动不合时宜地减缓，

[31] 一放置形成中心区的导流管的方法是，使形成入口的导流管上部与絮凝槽包含的自由表面相对，并且距离所述表面的距离为导流管平均宽度的 $1/3$ 到 $2/3$ 之间，这有助于保证对导流管的有效供应，而不会导致表面不合时宜的运动，

[32] 一在所述周边区域高度的上部将其至少分为一个与絮凝槽中待处理原态流体的入口连通的上游周边区，和一个与絮凝混合物的出口连通的下游周边区，迫使进入到絮凝槽中的待处理原态流体在通往分离区前至少在中心区中通过一次，这样可以以特别简单的方式得到上述有关这种分区整体使用的优点，

[33] 一基本在所述高度的上半部实现这种分区，所述高度为足以使中心区扭曲变形的危险最小的高度。

[34] 根据本发明方法的其它推荐特征：

[35] 一基本在导流管的输入区使待处理原态流体进入，并且使絮凝混合物流出；这有助于可以装一系列实施所述方法的设备，并参与将待处理的流体有效引向中心区，并把已经循环的混合物引向周边区，

[36] 一絮凝剂为天然的、含矿物的或合成的聚合物，

[37] 一在絮凝槽中与待处理原态流体混合的絮凝反应剂已经在絮凝槽的上游进入到待处理的流体中，

[38] 一作为变型，与待处理原态流体混合的絮凝反应剂例如在絮凝槽入口与导流管入口之间进入到絮凝槽中，但是建议絮凝反应剂最好在所述中心区的边界进入到中心区中，这样保证与待处理流体迅速混合；当将至少一部分反应剂以环形的方式与导流管同轴地注入到中心区入口周边时，这种作用被加强，

[39] 一另外在絮凝槽中的待处理原态流体中混入一种粉状材料，这种材料最好为一种由比待处理原态流体重度的不可溶颗粒材料构成的压载物（ballast），以便作为正在形成或增大的絮凝物的压载物；这种压载物最

好为粒度在 20 到 300 微米的细砂，其成本特别低廉，

[40] 一处理在分离区出口得到的残渣物，从中回收在絮凝槽中循环的压载物，这样可以不损失作为分离区出口的废物的残渣物中的粉状材料，同时减少这些废物的体积，

[41] 一待处理原态流体在进入絮凝槽之前已经与一种凝固剂混合，当待处理原态流体为待处理的水时，这有助于提高最终分离的效果；在这种情况下，待处理的水最好在进入絮凝槽之前已经与包括唯一的一种矿物盐的凝固剂混合，如一种铁盐或铝盐，

[42] 一借助辅助分离机构如板体、片体或一些倾斜或垂直的管体，通过滗析或根据一变型通过浮选实现分离；絮凝混合物以特别有利的方式沿切线进入到分离区内，因此将涡旋作用加入到滗析作用中，对于给定的处理时间，分离得到改善，或者对给定的分离水平加速分离。

[43] 根据本发明的另一个方面，为了实施符合一个推荐实施例的方法，本发明提出一种用于通过絮凝处理带有悬浮的、胶态的或溶解的杂质的待处理原态流体的反应器，所述反应器包括一个槽，所述槽设有至少一个流体入口和至少一个流体出口，以及至少一个在一种浴液（bain）内的絮凝区，待处理流体在絮凝区中与一种絮凝剂混合，以便形成絮凝物，絮凝区包括：

[44] 一一个两端开放的导流管，所述导流管处于垂直位置，并完全浸没在槽的浴液中，同时离开槽底，形成一个与周边区相对的中心区，中心区和周边区在导流管的两端互相连通，周边区与流体的入口和出口连通，

[45] 一一个位于所述导流管中的带有垂直轴的搅拌器，以便在管中产生一个沿垂直方向的轴向湍流运动，

[46] 一一个由几个垂直壁形成的十字支架，这些垂直壁从一个基本位于搅拌器轴线的延长线中的共同棱脊出发水平延伸到搅拌器轴线的下游，从而按角度地分布从导流管出来的朝向周边区的流动。

[47] 在使用带有垂直下降湍流运动方法的情况下，这种反应器具有上述优点。

[48] 根据本发明的推荐设置，所述设置有时与上面关于本发明的方法

所述的设置类似:

[49] 导流管的截面恒定, 这有助于保证混合物的快速流动;

[50] 导流管的形状为柱形(即从严格的意义上说, 它的截面为圆形), 这相当于一个特别简单的结构; 作为变型, 截面为规则的多边形等;

[51] 搅拌器基本位于管体中一半的高度上;

[52] 导流管的直径为搅拌器直径的 102%到 120%之间, 这保证在导流管整个截面上的良好搅拌;

[53] 中心区的水力学直径为中心区和周边区形成的絮凝区平均宽度的 40%到 60%之间;

[54] 搅拌器处于运动中, 并且在运动中控制, 以便在导流管中产生一下降的垂直运动, 十字支架位于导流管底部与槽的底部之间;

[55] 导流管下端与槽底部相对, 并且距槽底部的距离为管体直径的 1/3 到 2/3 之间;

[56] 导流管的上端与槽中所含液面相对, 并且距液面之间的距离为管体直径的 1/3 到 2/3;

[57] 导流管下端与槽底部之间的距离, 以及导流管的上端与液面之间的距离至少近似为管体直径的 50%;

[58] 十字支架的高度至少等于管体下端与槽底部之间距离的 2/3;

[59] 所述十字支架具有一高度, 所述高度基本等于所述管体的下端与所述管体的底部之间的距离。

[60] 十字支架的垂直壁水平延伸在一个基本为管体半径的 3/4 到 5/4 的距离上, 这样可以保证全部或几乎全部的絮凝混合物的角度分布; 十字支架的垂直壁最好水平延伸在一个基本等于导流管半径的距离上;

[61] 十字支架包括四个围绕导流管的轴线错开 90°的垂直壁, 这相当于一个特别简单的结构(两个直角交叉的板体);

[62] 两个壁与待处理原态流体到达絮凝槽的方向成横向, 这有助于很好地分配流动;

[63] 垂直壁在输入区与输出区之间以及在槽底部与溶液表面之间整个高度的至少一部分上分区周边区, 这有助于保证待处理原态流体至少从导流管通过一次;

[64] 这些垂直壁延伸在一个为所述总高度的40%到60%的距离上，这是一个与高度的良好折衷，以保证良好的效率，又不消耗太大的隔板面积；

[65] 反应器包括至少两个基本延伸在槽的上半部并且分别在导流管与流体的入口和出口之间的垂直隔板，迫使待处理流体在流体入口与流体出口之间的中心区至少通过一次；实际上，这些隔板就是在上部的导流管入口处最有效；

[66] 这些垂直壁延伸在一个在主流体入口基位与搅拌器基位之间的高度上；

[67] 垂直壁从周边区的周边一直延伸到导流管，这保证周边区的良好分区；

[68] 输入区和输出区位于液面高度附近，并且每个区设有一个分别横向与入口和出口相对的板体，以便形成虹吸，这有助于保证待处理流体有规律地到达，并避免浴液表面不合时宜地运动；

[69] 反应器另外包括一个与絮凝反应剂源连接的絮凝反应剂注入管；

[70] 所述絮凝反应剂注入管位于待处理原态流体入口与导流管入口之间；所述反应器最好包括一个与导流管入口同轴的环形絮凝反应剂注入管；

[71] 反应器另外包括一个与粉状材料源连接的粉状材料注入管；

[72] 所述粉状材料注入管是一个细沙源；

[73] 絮凝槽包括一个唯一的包括一个管体的区域，但是本发明也包括同一个槽包括几个并列絮凝区的情况。

[74] 本发明还包括一种流体处理设备，所述设备包括一上述类型的反应器和一个与所述反应器的槽的出口连接的分离区。

[75] 最好是：

[76] 所述反应器包括一个与一粉状材料源连接的粉状材料注入管，并且分离区包括一出口，用于接受包括絮凝物的残渣物，并且与一粉状材料回收装置连接，所述粉状材料源与所述回收装置连接；

[77] 分离区是一个位于絮凝槽下游的滗析器；

[78] 分离区是一个位于絮凝槽周围的滗析器。

[79] 因此，根据本发明的一个特别有意义的组合，导流管位于一十字

支架以上，两个装置最好近似具有同一直径。推荐的泵送方向是向下的，以便可以将一种或几种次要流体引到表面，因此保证持续控制这些流体的注入。通过十字支架在槽的下部形成的很强的速度梯度（产生湍流动能）具有避免形成沉积区的优点，而甚至本领域技术人员都认为，为了避免这些沉积区，应该从底部除去这些水平壁。

[80] 这些装置的综合作用导致将搅拌器螺旋径向分量的一个很大部分转换为轴向分量，因此对于同样的吸收功率，大大增加了泵送流量。

[81] 对于本发明的推荐实施例，值得提出以下突出点：

[82] · 存在两个完全确定并且具有完全不同的混合强度的区域可以在同一槽中实现一般需要两个不同混合强度的槽的功能；

[83] · 使用包括两个不同混合强度区域的单一槽可以用一个搅拌器而不是两个搅拌器实现两个功能；

[84] · 对相同的有效体积，由于更好地控制混合强度和均匀性而减少死区，单一槽的总体积可以明显小于两个槽联合的总体积；

[85] · 对相同的处理效率，同样的反应剂消耗和同样的泵送流量，由于很大一部分径向流转换为轴向流，可以降低能耗；

[86] · 同样由于消除了补充活动件的纯消耗和新设计得到的效率，在一般使用几个重叠活动件的大深度槽中，存在与它的十字支架连接的导流管可以得到与唯一活动件相同的水力效果，并且电功率较低；

[87] · 垂直隔板的数量可以简单地两个，并完全覆盖导流管与槽之间的空间，并且只位于浴液高度的上半部；在这种情况下，这些隔板比文献中指出的隔板更宽、更短。在水平面方面，它们与入口壁平行，因此也与出口壁平行。

[88] · 十字支架的直径最好等于导流管的直径，并且高度在导流管与槽底部之间。

[89] · 可以通过建立在导流管、表面隔板和十字支架、供料区和输出区、搅拌器的位置以及次要流体的注入方式的有利组合基础上的反应器能得到最佳性能收益。

附图说明

[90] 通过下面参照附图进行的描述,本发明的目标、特征和优点将更加清楚,所述描述作为非限定例子给出,附图如下:

[91] 一图 1 是符合本发明一个优选实施例的反应器原理透视示意图;

[92] 一图 2 是所述反应器的俯视示意图;

[93] 一图 3 是使用符合图 1 和 2 的反应器的水处理设备的原理示意图;

[94] 一图 4 是符合图 1 或 2 反应器的一个变型的另一反应器的俯视原理示意图;

[95] 一图 5 是符合图 1 或 2 反应器的另一变型的另一反应器的俯视原理示意图;

[96] 一图 6 是一符合图 3 设备的另一实施例的示意图; 和

[97] 一图 7 是图 3 设备的另一个实施例的示意图。

具体实施方式

[98] 反应器的形状

[99] 图 1 和 2 中所示的参考数字为 10 的反应器的形状为长方形,以便于串联设置几个同一类型的反应器。作为未示的变型,所述反应器可以是方形的,这可能有利于考虑中心区(见上述)的对称性。

[100] 需要指出的是,大多数下面描述的设置也适用于本发明也包括的圆形反应器(见图 5),得到的结果几乎相同。

[101] 总体上说,这里考虑的推荐实施例中,反应器 10 包括:

[102] · 一个流体输入区 1,待处理的原态流体常常以湍流经过所述输入区 1 到达,一种第一反应剂可以已经注入到待处理流体中,如已知任何类型的适当凝固反应剂;

[103] · 一个在作为导流管的管体 2A 内的中心区 2,所述中心区具有一搅拌器 8 产生的强分散能量,在所述区域发生待处理的原态流体与至少一种絮凝反应剂的分散作用和混合作用;一十字支架 5 位于导流管的延长线中;

[104] · 一个(在导流管外的)低能量周边区 3,在所述区完成所需的絮凝作用;

[105] · 一个流体输出区 4,所述区可以进一步使搅拌能量分散,并且

使絮凝混合物均匀分布，并且在槽的整个宽度上流出，以便于在一个可能的下游分离反应器中进行固液分离；

[106] · 一组垂直隔板 6A 和 6B，它们形成使入口与出口之间的旁通最小并提高混合效果的导流板。

[107] 为了便于（初始或后来）连接几个以同一原理为基础的处理阶段，每个反应器的入口和出口基本位于同一高度上，并最好在上部，基本在管体入口的高度上，这里是在表面；所述设置另外可以使动态旁通最小，并且可以向下游排出可能的漂浮物，例如通过把液面提高到流体出口包括的溢流口以上，或者通过改变这些溢流口的位置。

[108] 接纳区 1

[109] 待处理的原态流体，也叫做污水，或者从表面（如图 1 所示）进入到每个反应器中，流体分布在整個宽度上（通过在反应器壁中形成入口的缝隙下边缘形成的一个浸没或不浸没的溢流口 1A），或者（作为未出示的变型）以底流（sousverse）进入，或者定时进入（在自由表面或装料）。

[110] 一般说来，在一个单一反应器的情况下，或一系列反应器的第一反应器的情况下，可以选择定时进入，最好通过倾斜实现两个相邻反应器之间的连通。

[111] 一个虹吸隔板 1B（或产生虹吸作用的防溅板）可以形成输入或接纳区和反应器相对的其它部分。所述虹吸隔板可以分散上游湍流动能，主要是在定时进入的情况下，并可改变流动方向（垂直方向，而不是水平方向）。

[112] 可以将第一反应剂，例如一种凝固剂（例如一种矿物盐，如铁盐或铝盐），加入到所述强湍流区内，以便于它的分散。加入这种反应剂（或其它可能的反应剂）的方式取决于待处理原态流体的进入方式：定时注入或在接纳区的整个宽度上的多点注入。

[113] 中心区 2

[114] 所述区是位于导流管内的最大湍流区，所述区内实现不同成分的内在混合。

[115] 使用导流管可以只使用一个沿轴线的搅拌器 8, 而与浴液的深度无关。

[116] 导流管有一对称轴 z-Z, 最好截面恒定, 并最好为柱形, 这里为圆柱形 (即通常含义上的柱形), 但也可以是其它形状, 例如多边形。

[117] 这个完全浸入到浴液中的管体最好是垂直的 (因此 z-Z 是垂直的), 但是如果反应器整体的整体布局, 其中包括它的入口/出口需要, 倾斜的方向 (甚至水平方向) 也是可以的。

[118] 如图 4 所示, 可以根据需要并且槽的纵向和横向尺寸允许, 可以在同一个槽中安装几个带有导流管的搅拌器。要置于每个方向 (纵向和横向) 的搅拌器数量的选择取决于这些搅拌器的活动件的直径与对应边长的比, 活动件的最大直径本身取决于浴液高度。

[119] 特别有利的是, 对所述搅拌器进行控制, 以便产生一个垂直下降的流动。

[120] 搅拌器整体泵送的流量最好为横向流量 (入口与出口之间) 的 1-20 倍, 所述流量从管体 2A (或管套) 的上部吸入, 并排向反应器的底部, 因此沿下降的方向。所述设置可以定时从表面注入反应剂, 或穿过一个位于管体上入口并与管体同轴的环形穿孔管注入, 所述环形管用参考数字 14 表示。这里就是通过所述穿孔管注入一种絮凝反应剂, 但是作为变型, 也可以在入口处, 在入口与中心区之间, 甚至在管体的入口实现这种注入。

[121] 搅拌器 8 最好位于管体中一半的高度上, 并且管体的直径最好为搅拌器直径的 102% 到 120%。

[122] 管体直径最好最多等于周边区最大水平尺寸的 60%, 最少为所述尺寸的 40%, 最好约为 50%。所述中心区的水力学直径为槽的平均边长的 40% 到 60%。

[123] 管体的下端最好与底部相对, 距底部的距离为管体直径的 1/3 到 2/3, 表面与管体上端高度之间的距离也是如此。这些距离最好大约为管体直径的 50%。

[124] 位于导流管下面的十字支架 5 由几个垂直壁 5A 形成, 这些垂直壁从一个基本位于搅拌器的轴线 Z-Z 的延长线中的共同棱边 7 延伸。这是一个阻止从导流管出来的流体保持转动的静态装置; 它可以引导流动, 可以

把流动角度分为几个相等的部分，并防止在装置底部形成圆形流动。消除成为径向流原因的径向作用同时导致轴向作用增加，因此泵送流量增加，而不增加消耗的功率。这还可避免颗粒聚集在十字支架形成的角落中。

[125] 十字支架的直径最好为管体直径的 75%到 125%。它的壁延伸在槽底部与管体出口之间的高度（的一个主要部分的 2/3）上，最好基本在这个高度的全部上。

[126] 这里十字支架由四个以直角（即 90° ）连接的壁形成，其中两个壁最好与槽的入口与出口之间的流动方向成横向。作为未出示的变型，所述十字支架可以包括不同数量的隔板，即只有三个，或相反，有五个甚至更多隔板。

[127] 周边区 3

[128] 所述区位于导流管以外，其特征在于低速、湍流并且有很强均质性的泵送浴液（混合很好但只在絮凝过程中）的上升运动，这样可以在最短时间内完成所需的过程。

[129] 将隔板 6A 和 6B（导流板）设置在表面，与横向流成横向导致消除在表面形成的旋转运动，并且优先引导全部流体进入导流管，保证待处理原态流体在所述管体中至少经过一次，以便与再循环的流体和注入的反应剂混合。

[130] 这些垂直隔板只延伸在中心区高度的一部分上，因此延伸在浴液高度的一部分上，最好为所述高度的 40%-60%，并最好延伸在浴液的上半部分上（特别是，如在所示的情况下，当入口和出口在上部时）。它们最好延伸在表面与搅拌器在管体中所在的高度之间。

[131] 作为未出示的变型，这些壁的数量可以更多，例如为三个（甚至为四个（或更多））位于入口与出口之间的规则或不规则角度分布的壁。

[132] 输出区 4

[133] 所述区与输入区相对，并最好在同一高度上，并且优选包括一个虹吸隔板 4B 和一个整体覆盖反应器整个宽度的淹没溢流口 4A。

[134] 这些位于一个最佳距离和适当浸入深度的装置可以通过采用适当

上升速度使旁通最小，并分散对反应器下游处理不利的湍流（例如需要进行相态分离时）。

[135] 适当划分虹吸隔板与下游壁（未表示）之间包括的空间可以保证等量分布在溢流口的整个长度上的流量。

[136] 特殊设置

[137] 图 1 和 2 的反应器之后优选是一个分离区。可以有不同的使用布局。

[138] 图 3 表示反应器 10 之后是一个用参考数字 100 表示的分离区。

[139] 需要理解的是，可以根据需要串联安装几个如图 1 和 2 所示的反应器。

[140] 图 3 中，流体在可能的凝固反应剂注入线 11 后从左边进入到一个阴影表示的周边区域部分，在所述区域中，上升运动被隔板 6A 和 6B 角度限定，并且与到达的待处理原态流体混合。在明亮的中心区中，参考数字 14 表示（从一个絮凝剂源 14A）注入絮凝反应剂，参考数字 15 表示（从一个颗粒材料源 15A）注入一种可能的粉状材料。絮凝后，从阴影表示的周边区的右边出来的流体流出，并进入分离区。絮凝流体在所述分离区内分离为净化过的流质物和含有在反应器 10 内形成的絮凝物的残渣物。

[141] 待处理的原态流体最好是水，并且所述水通过管线 11 注入一种凝固反应剂如一种铁盐或铝盐或在一个上游槽中经过预凝固。凝固反应剂通过底流或溢流供应到槽中。

[142] 粉状材料最好注入，以有利于从悬浮的、胶态的或溶解的形式包含在待处理的原态流体中的杂质形成絮凝物。这种粉状材料最好是一种由不溶（或非常难溶）于水并且比待处理原态流体重的颗粒材料构成的压载物。这种材料最好是粒度在 20 到 300 微米之间的沙子。

[143] 图 4 表示另一个反应器 10'，所述反应器在同一个槽中不是包括一个导流管，而是包括三个导流管，三个导流管结合成一个静态装置，如图 1 和 2 的十字支架。将每一个管体形成的每个中心区和包围中心区的周边区共同形成的区域叫做“絮凝区”，因此可以说图 4 的反应器包括几个平行位于入口（图中的上部）和出口（所述图的下部）之间的絮凝区。

[144] 图 5 表示另一个与图 1 和 2 的反应器类似的反应器 10''，不同之处在于槽壁为柱形，并且絮凝流体通过在槽周边的一个很大部分上的溢流从所述槽流出。这里侧向导流隔板的数量为四个，用 6''A-6''D 表示，它们在周边区的上部形成四个象限，其中一个象限（位于图上部）留给待处理原态流体的入口，另外三个可以是絮凝流体的出口。

[145] 总之，由于强烈混合而形成的絮凝物在扰动较小的周边区长，并且部分在导流管中再循环，然后最终送往滗析区。

[146] 在图 6 的实施例中，滗析区是一个独立于絮凝反应器 10 之外的分离槽 100'；另外，所述分离槽包括用参考数字 110 表示的协助滗析的机构，这里所述机构由一些倾斜的片体构成（在变型中，这些机构省略）；最后，与净化过的流质物分离的残渣物在实际应用中通过底流从分离槽流出，这里通过一个泵 112 排出，泵 112 通过一条管线与一个零件 113 连接，在实际应用中，零件 113 是一个能够保证分离并回收残渣物中含有的大部分颗粒材料的水力旋流器或任何其他系统，在这种情况下，零件 113 是粉状材料源的一部分（当然注入到絮凝反应器中的材料部分由这种回收的材料构成，部分由新的材料构成）。

[147] 这种形成压载物的粉状材料完全是惰性的（如沙子、石榴石等），或者是一种活性材料（如活性碳粉末或树脂），这就解释了为什么有时在水处理“反应剂”中提到这种粉状材料，甚至在这种材料为沙子时。正如上面指出的，所述粉状材料可以或者在入口与预凝固的流体一起注入，或者在搅拌活动件的上游注入，并最好在一个与所述活动件同轴的导流管上游注入。压载物的注入可以在例如有两个有效区的单一槽中实现，例如法国专利 FR 2627704 和 FR 2719234 提出的压载絮凝处理，这种处理相当于一种有时叫做“Actiflo”的有片体或无片体的方法，因此降低了实施的总成本，同时又使需要的搅拌能量最低。根据注册人进行的实验，并且与本领域专业人员可能预计的相反，由于搅拌更有效，本发明中提出的十字支架还可以使压载物的沙子在搅拌槽底部的沉积最小。

[148] 图 7 表示另一个处理待处理原态流体的设备，一般是处理水。所述设备与图 6 设备的不同主要在于，这里分离区是一个不是在下游而是围绕絮凝槽 10 的分离槽 100''；反应器 10 的布局与图 6 相同，并且如图 6

所示，粉状材料的注入使用从泵送到分离槽 100'' 的残渣物中回收的材料。所述例中，没有帮助滗析的机构，如一些片体，但是可以具有所述机构。

[149] 作为未出示的变型，分离区可以不进行滗析（净化过的流质物比排出的残渣物轻），而是使用浮选原理，其中废物（rebus）漂浮在净化过的流质物的表面；这里也可以具有辅助分离机构。

[150] 絮凝流体优选地也可沿切线方向进入到分离区中，以便利用加入到滗析作用中的涡旋作用。

[151] 通过模拟进行的新设计与传统设计的比较研究

[152] 通过借助 Fluent 流体力学模拟软件（v.5, Fluent Inc.）进行的速度场、湍流梯度和逗留时间分布的研究对本发明的优点进行了评价。

[153] 在相同操作条件的基础上对两种设计进行了研究，它们的区别如下：

[154] 1. 表明入口/出口在表面并使用一个更短的旋转轴和一个十字支架的优点

[155] 表 1 表示从一个传统布局 A 到一个符合本发明的某些方面的布局 B 得到的优点，布局 A 的入口和出口为底流和/或溢流，布局 B 为入口和出口在同一高度，并存在一个防溅板和一个虹吸隔板、更短的旋转轴和位于槽底部的十字支架；人们观察到，新布局 B 的速度场和湍流梯度的最大值和平均值都更大、更均匀。

[156] 新布局的好处是：

[157] —提高了同样能耗下的混合效率；

[158] —最大程度地利用槽的体积；

[159] —减少旁通；

[160] —便于串联设置；

[161] —通过缩短旋转轴的长度消除了旋转轴的振动问题；

[162] —缩短逗留时间；

[163] —通过在出口产生一个动能分散区消除槽中优先通道的危险；

[164] 2. 表明十字支架、导流管和挡板结合的优点

[165] 表 2 表示连续运行时从一个带有一简单搅拌器的传统布局 C 到布

局 D 的优点，布局 D 有一个槽，所述槽设有一个活动件、一个十字支架、一个位于十字支架上的导流管和两个支撑导流管的挡板。

[166] 利用 Fluent 流体力学软件进行的速度场和湍流梯度的分析表明，对相同的操作条件：

[167] 一新布局 D 的速度场和湍流梯度的最大值和平均值都更大、更均匀。

[168] 一产生两个完全不同的区域：一个在导流管内和十字支架处的速度和速度梯度水平非常高的强搅拌区。和一个在导流管以外的弱搅拌区。

[169] 新形态的好处是：

[170] 一提高了同样能耗下的混合效率；

[171] 一产生了两个在混合水平方面的不同混合区。这样可以保证反应剂和流体在强搅拌区内快速、有效的混合，和弱搅拌区内的最佳流动时间，以便使反应剂起作用；

[172] 一在十字支架处产生一个强搅拌区。这样可以使带有滲析物的固体颗粒重新悬浮，或者在气-液流动的情况下增加界面面积；

[173] 一减少旁通；

[174] 一减少逗留时间。

[175] 3. 表明通过在导流管周围环形注入增添的反应剂的优点（图 3 的参考数字 14）

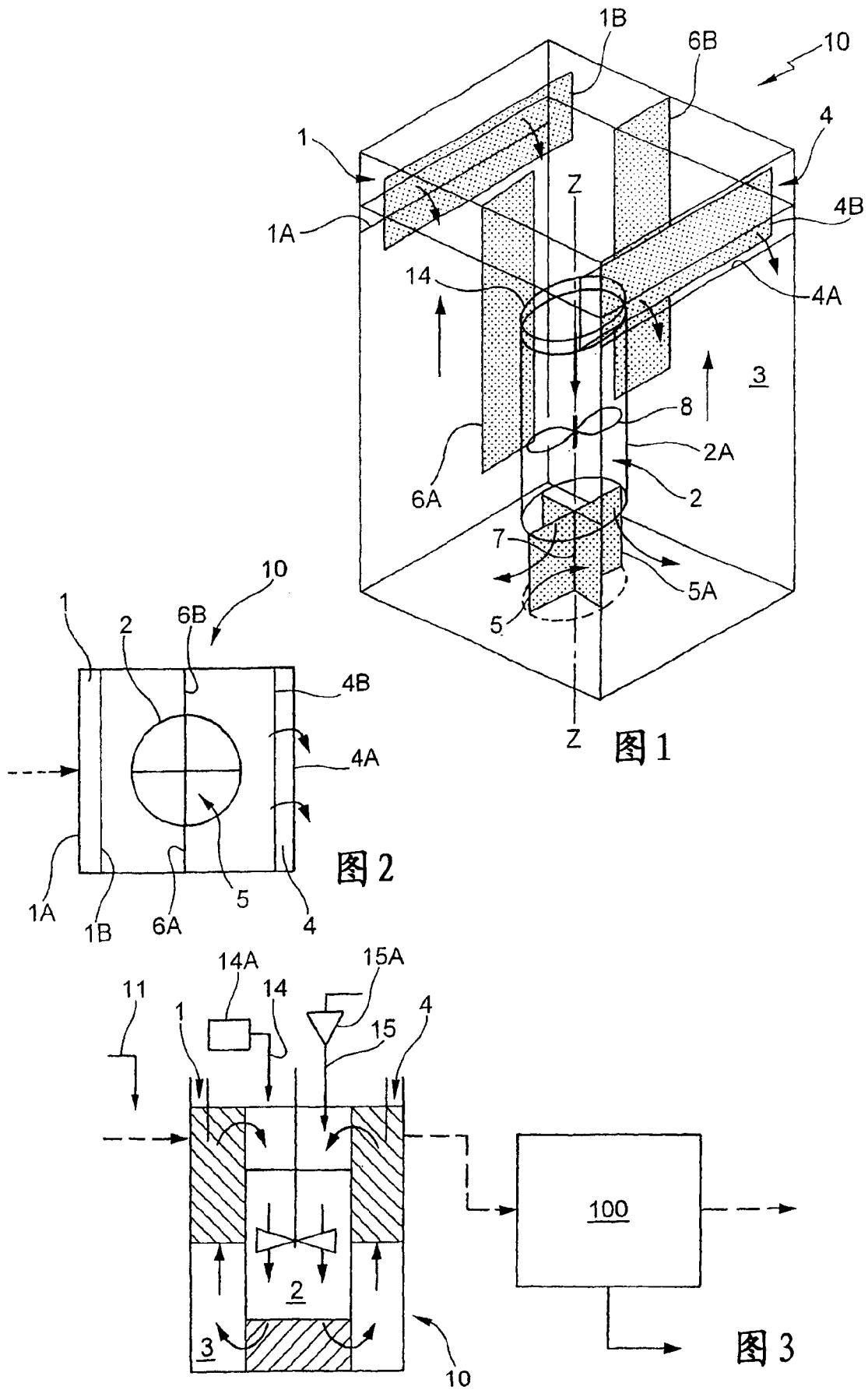
[176] 反应剂分布图形模拟表明，定时环形注入的分布更好、更快。

[177] 表 1

参数	A 与 B 之比	B 的增益
逗留时间/平均逗留时间	0.9	+9%
混合时间/平均逗留时间	0.79	+20%
1 分钟混合率	0.62	+40%
平均速度（米/秒）	0.42	+60%
平均湍流梯度（秒 ⁻¹ ）	0.21	+80%

[178] 表 2

参数	C 与 D 之比	D 的增益
逗留时间/平均逗留时间	0.956	+4%
混合时间/平均逗留时间	0.861	+14%
15 分钟混合率	1	0%
平均速度 (米.秒 ⁻¹)	0.17	+83%
平均湍流梯度 (秒 ⁻¹)	0.044	+96%



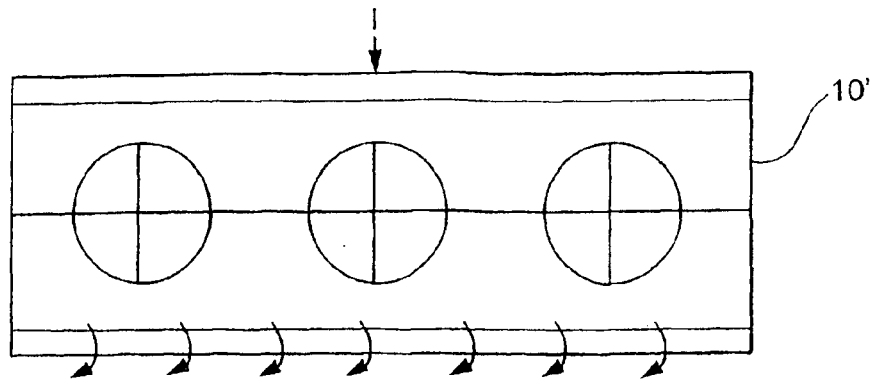


图 4

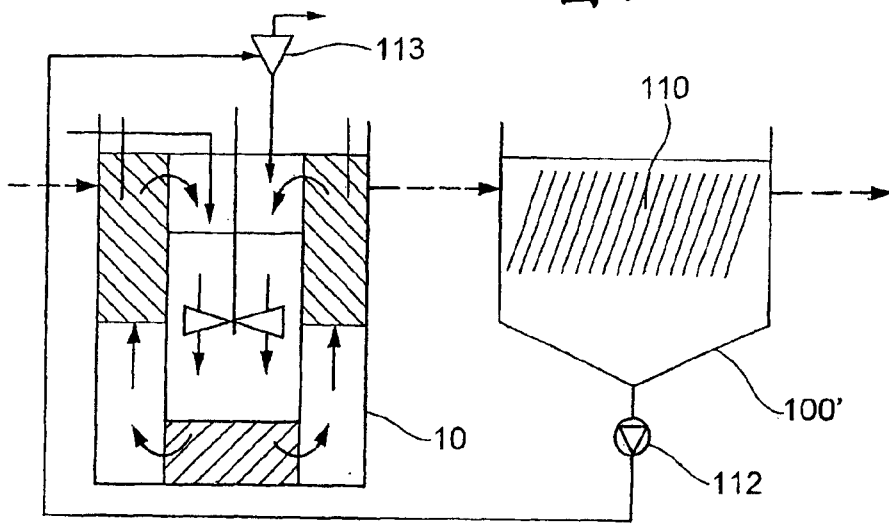


图 6

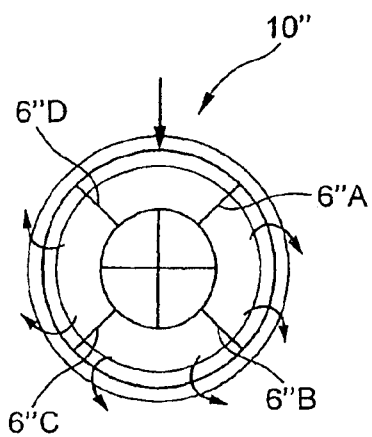


图 5

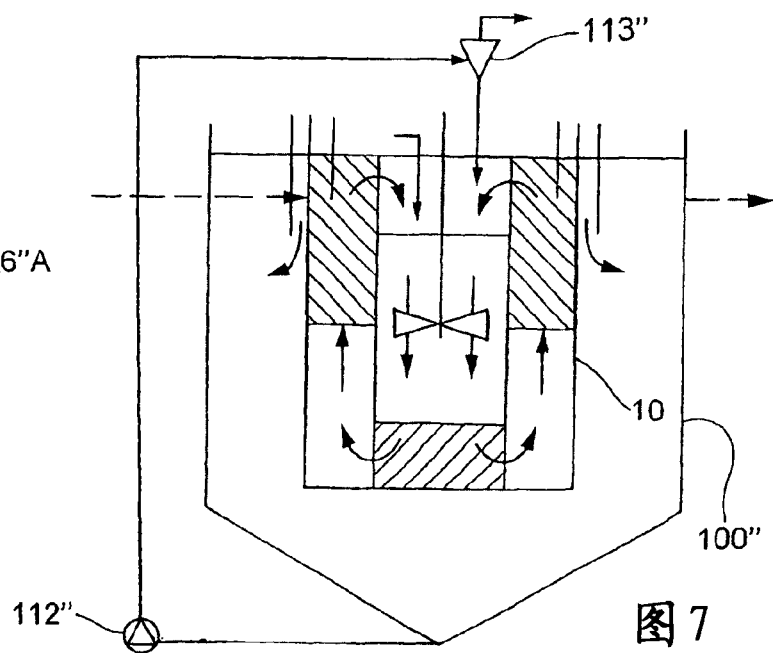


图 7