

说明书

多反应釜喷雾强化天然气水合物连续制备装置及工艺流程

技术领域:

本发明涉及一种多反应釜喷雾强化连续制备天然气水合物的装置及工艺流程。

背景技术:

在天然气工业领域,现有的天然气储运技术有:通过管道方式运输天然气;采用低温技术将天然气液化(LNG);在储罐中装入天然气专用吸附剂,将天然气进行吸附储存的吸附储存天然气(ANG)技术;将天然气转化为液体产品等技术。目前天然气管道输送仍然是天然气国际贸易的主要手段,但是其初投资大。LNG由于要低温液化,运营成本很大。天然气水合物储运技术(NGH)是一种新型的天然气储运技术,它具有以下优点:蓄能密度大,在标准状态下 1 m^3 NGH可储存 $150\sim 180\text{ m}^3$ 的天然气;制备技术条件容易,NGH可以在 6 MPa 以下、 $-10\sim 10^\circ\text{C}$ 条件下进行制备,与LNG相比在制备技术上避免了超低温的环节;水合物的热物理性比较稳定,储存安全;可有效地进行NGH的再气化,采用简单的加热手段就可将固体状水合物直接转化成可使用的气态天然气。因此,天然气水合物储运技术有可能替代液化天然气技术成为未来天然气大规模储运手段之一。由于水合物分解需要大量的热量,因此只需切断传热途径,就可以使水合物状态长期稳定,可以保证储运过程中的安全性。

目前实现工业应用的天然气水合物制备技术可以分为搅拌式、鼓泡式和喷雾式。搅拌式:通过搅拌可以增强水合物形成气与水的接触,促进水合物的溶解和水合物的形成。缺点是需要消耗搅拌功,密封效果不易保证。鼓泡式:使水合物形成气泡在水中运动、破碎,扩大气-水接触面积,以增加气体在水中的浓度,加快成核速率,减少诱导时间。但是未反应完的气体需要通过压缩机使气体升压,然后和其它气体混合再次进入反应器,增加了设备投资和维护费用。喷雾式:通过使用喷嘴使水雾化形成众多细小水滴,以次增大气-水接触面积,提高水合物生成速率。该方式无须其他搅拌装置,使得制备装置设计更加简单,容量增大时可以适当增加喷嘴数量。但是由于水合过程中产生的热量易集聚在水滴内部,不利于维持水合物形成条件,因此,喷雾方式制备水合物过程中,如何快速移除水合物生成过程中的热量,对于喷雾方式制备天然气水合物走向实用化是非常重要的。

水合物形成过程类似于盐类的结晶过程,通常包括诱导成核和生长两个阶段。水合物诱导成核是指形成具有临界尺寸的、稳定的水合物晶核的过程;水合物生长是指稳定



核生长到固态水合物晶体的过程。

利用喷雾强化制备天然气水合物的方法及装置（本人已申报发明专利），已经实现了天然气水合物的快速制备，并且发现了诸多关于喷雾方式制备水合物的特性。

发明内容：

本发明提出了一种多反应釜喷雾强化天然气水合物连续制备的装置及工艺流程。该装置采用多反应釜串连布置，至少有两个反应釜，实现将诱导反应和快速结晶反应分离，达到分别控制两个反应的目的，可以有效地缩短天然气水合物制备过程诱导时间，增加水合物的制备速率，提高水合物的转化率。

多反应釜喷雾强化天然气水合物连续制备的装置，由供气系统、冷却系统、雾化系统、反应系统以及分离系统组成。其特点是：

反应系统至少有两个反应釜，反应釜均属于水流雾化反应釜；

供气系统由进气管路和压缩机组成，进气管路的一端为气体入口，另一端经由压缩机后分别与诱导反应釜和主反应釜的进气口连接，用于控制各个反应釜内的天然气压力；

冷却系统由冷却水入口、水泵、冷却水循环通道组成，冷却水管的一端为冷却水入口，冷却水管经水泵、依次与诱导反应釜的冷却水入口、内外壁通道、冷却水出口，和主反应釜的冷却水入口、内外壁通道、冷却水出口串联连通，冷却水流经反应釜的内外壁通道，最后由主反应釜冷却水出口排出并循环使用，通过控制冷却水入口的温度，可以保证各反应釜内的温度处于水合物形成条件；

雾化系统：每个反应釜的下部有一接口，通过水管，分别与循环水泵连接，然后连接到各自反应釜顶部的喷嘴；两个反应釜之间由每个反应釜下部的水平水管串联连接；

分离系统：在主反应釜中下部的排出管上连接一分离器，用于将主反应釜内制作完成的水合物排出。

多反应釜喷雾强化天然气水合物连续制备的工艺流程是：天然气通过压缩机增压到某一设定的水合物形成压力条件后，通入到诱导反应釜和主反应釜中，并将一定量水合反应所需的水通入诱导反应釜中。开启冷却水循环系统，将两反应釜中的天然气温度和诱导反应釜中的水降到反应所需条件。然后开启诱导反应釜的雾化系统，将水雾化成极小的水滴与天然气进行充分接触，形成天然气水合物。然后将诱导反应釜中具有水合物生成历史的水，通过连通管排入到主反应釜中，同时继续对诱导反应釜供应水合生成水，



说明书

继续进行诱导反应釜的水合反应。当主反应釜中的已经具有水合物生成历史的水量达到一定要求后，开启主反应釜的雾化系统，进行水合物的制备，生成的水合物浆液浮在主反应釜的水面上，通过排出管进入水合物分离器，最后将水合物排出。

本发明的有益效果是：反应系统至少有两个反应釜，实现将诱导反应和快速结晶反应分离控制，便于高转化率地制备天然气水合物；冷却水通过诱导反应釜和主反应釜的内外壁通道，可实现将水合反应放出热量的有效移除。

以下结合附图和实例对本发明加以详细说明。

附图说明：

附图是多反应釜喷雾强化天然气水合物制备装置及工艺流程示意图。

1. 气体压缩机，2. 真空泵，3. 连通阀，4. 进气口，5. 诱导反应釜喷嘴，6. 冷却水出口，7. 诱导反应釜，8. 入水口，9. 水泵，10. 冷却水入口，11. 冷却水循环泵，12. 控制阀，13. 增压泵，14. 进气口，15. 主反应釜喷嘴，16. 主反应釜，17. 冷却水入口，18. 连通阀，19. 冷却水出口，20. 水合物出口，21. 增压泵，22. 分离储存器

具体实施方式：

本实施例反应系统采用两个套筒式反应釜，即诱导反应釜7和主反应釜16，两层套筒之间作为冷却水循环通道。诱导反应釜的顶部装有诱导反应釜喷嘴5，侧面开有进气口4，冷却水入口10，冷却水出口6，中部设置入水口8，下部设有实现水流雾化的增压泵13。主反应釜16的开口布置类似诱导反应釜。并采用管路进行连接。主反应釜的中下部连通一水合物出口20，排出管与分离储存器22连接。主反应釜的容量可以大于诱导反应釜的容量，所配置的喷嘴和增压泵的容量也应大于诱导反应釜所配置的喷嘴和增压泵。

供气系统：天然气管道经由气体压缩机1后分别与诱导反应釜7和主反应釜16的进气口4、14连通，其中连通到主反应釜的管路上设有控制阀12。

冷却系统：冷却水通过管道由冷却水循环泵11通过冷却水入口10进入诱导反应釜7的内外壁通道，由冷却水出口6排入主反应釜16的冷却水入口17，然后进入主反应釜16的内外壁通道，最后由主反应釜16的冷却水出口19排出，并可循环使用。

雾化系统：诱导反应釜7的中部设有一入水口8，通过水泵9进行补水；参与水合反应的水通过下部管路经增压泵13加压后，进入反应釜喷嘴5后喷淋；诱导反应釜7



说明书

和主反应釜 16 下部的循环水管通过水平管相连，之间设控制阀 18，在诱导反应釜 7 中完成的具有水合物形成历史的水，可以通过水平管经主反应釜喷嘴 15 进入主反应釜 16 中。

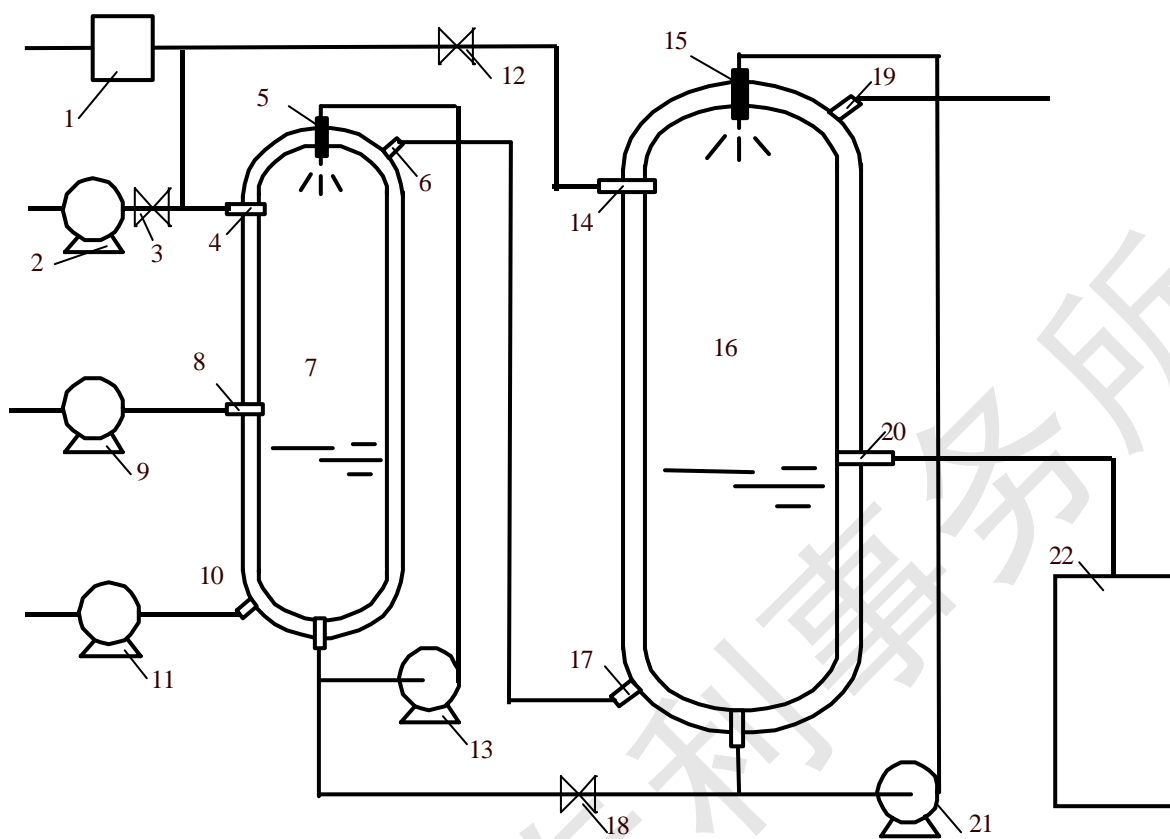
在天然气水合物制备前，首先用真空泵进行抽真空，去除系统内部的气体，完毕后可以通过连通阀 3 实行关断。然后将天然气通过压缩机 1 加压，分别进入诱导反应釜 7 和主反应釜 16，保持反应釜内天然气压力处于设定的水合物形成压力下。通过水泵 9 将参加水合反应的水送入诱导反应釜 7 中。利用外部冷源向反应釜中内外壁通道中输入冷却水，将两个反应釜中的反应物降温，使其达到设定的天然气水合物形成温度下，并且在连续水合物制备过程中一直保持。开启增压泵 13，使诱导反应釜 7 中的水通过管路进入喷嘴 5，通过雾化后进入反应釜中，实现细小水滴与天然气的充分接触并进行水合反应，在诱导反应釜中形成水合物后，打开连通阀 18，开启增压泵 13，将具有水合物反应历史的水经主反应釜喷嘴 15 通入主反应釜 16 中，同时进行诱导反应釜的补水。达到设定水位后，开启主反应釜的增压泵，同样利用水流雾化作用进行水合物的制备，当天然气水合物在主反应釜中大量生成浮在水面上时，通过水合物出口 20，将天然气水合物放入分离储存器 22。

诱导反应釜产生的具有水合物形成历史的水可以加快主反应釜的水合反应速度，提高水合物的形成率。由诱导反应釜和主反应釜或多个主要反应釜构成的系统可以实现水合物的连续生产，有利于天然气水合物储运技术走向实用化。

本发明可广泛用于化学工程、油气储运及其他利用水合反应实现快速高效水合物制备的技术领域。



说明书附图



一、化工领域技术资料准备的说明

(一) 以产品为主：技术/产品创新主要是基于化学产品，则申请时应考虑提供：

- 1、本专利的应用领域（即本专利直接所属或直接应用的具体技术领域）；
- 2、本专利的任务是什么，或要解决的技术问题是什么？
- 3、已有技术/产品的不足：即说明与本专利的内容最相似的技术/产品，需要说明已有技术/产品的结构式/分子量/配方等，以及已知功能及应用，尤其指出该已有技术/产品存在的缺点或不足之处。如有引用文献，需要说明出处。
- 4、本专利的内容：应说明本专利达到目的或解决问题的技术手段。如果应当描述产品的结构/配方，制备方法，应用，原理。说明技术优化的思路。
- 5、本专利的效果：即新化学产品的用途。
- 6、附图与说明：与发明有关的试验结果，方法流程图等等图解，附图中如涉及多个产品同时检验的情况，请用中文说明各个条带表示什么内容。
- 7、本专利的具体实施例：对照附图，说明本专利的具体试验例子，必须有相应的技术参数、数据，及具体实验条件，如是产品，则需要产品的制备、鉴定、应用实施例，要说明有益效果，可以提供对比数据为好。

(二) 以方法或工艺为主：技术/产品创新主要是基于方法或工艺，则申请时应考虑提供：

- 1、本专利的应用领域（即本专利直接所属或直接应用的具体技术领域）；
- 2、本专利的任务是什么，或要解决的技术问题是什么？
- 3、已有技术/产品的不足：即说明与本专利的内容最相似的方法/工艺。对于方法，需要说明已有方法的主要思路、步骤、效果，尤其指出该方法在解决本专利目的上的缺点或不足之处。对于工艺，需要说明已有工艺的主要原理及工艺步骤、工艺条件、原料，尤其指出该工艺存在的缺点或不足之处。如有引用文献，需要说明出处；如有参照产品，指出其规格、厂家。
- 4、本专利的内容：应说明本专利达到目的或解决问题的技术手段。对于方法，应当说明本方法的主要思路、步骤。对于工艺，应当说明工艺步骤、工艺条件、使用原料，如可能需说明工艺原理。说明技术优化的思路。

5、本专利的效果：有益效果可以由运算效率提高、降低能耗、产率提高、精度提高、工序简化、控制方便，以及有用性能的出现等方面反映出来。

6、附图与说明：如有必要可以给出工艺流程图。

7、本专利的具体实施例：说明本专利的具体试验例子，必须有相应的技术参数、数据。数据说明可以采用图表形式。说明有益效果，以提供对比数据为好。

（三）以装置或设备为主：技术/产品创新主要是基于装置或设备，则申请时应提供：

1、本专利的应用领域（即本专利直接所属或直接应用的具体技术领域）：

2、本专利的任务是什么，或要解决的技术问题是什么？

3、已有技术/产品的不足：即说明与本专利的内容最相似的技术/产品，需要说明已有技术/产品的主要结构及原理，尤其指出该已有技术/产品存在的缺点或不足之处。如有引用文献，需要说明出处；如有参考产品，指出其型号、厂家。

4、本专利的内容：应说明本专利达到目的或解决问题的技术手段。如果涉及装置或设备，应当描述装置或设备的机械构成，尤其说明各组成部分之间的相互关系，例如形状、位置、连接关系、相互作用原理，创新点对于装置或设备的作用。说明技术优化的思路。

5、本专利的效果：有益效果可以由产率、质量、精度和效率的提高，能耗、原材料、工序的节省，加工、操作、控制、使用的简便，环境污染的治理或者根治，以及有用性能的出现等方面反映出来。

6、附图与说明：装置或设备的图解，图应以机械制图的标准绘制，实用新型申请必须带附图。

7、本专利的具体实施例：对照附图，说明本专利的具体试验例子，必须有相应的技术参数、数据，如需要说明有益效果，可以提供对比数据为好。

二、生物医药领域技术资料准备的提纲

（一）专利申请以药物产品和用途为主：产品创新主要是基于药物的活性成分或配方，则申请时应考虑提供：

1、本专利的应用领域（即本专利直接所属或直接应用的具体技术领域）：

- 2、本专利的任务是什么，或要解决的技术问题是什么？
- 3、已有技术/产品的不足：即说明与本专利的内容最相似的产品，需要说明已有药物产品的结构式/分子量/序列等，以及已知的功能及应用，尤其指出该已有药物产品存在的缺点或不足之处。对于药物配方，需要说明已有配方的组成成份、比例、成份性能、用途，尤其指出该配方在用途方面的缺点或不足之处。如有引用文献，需要说明出处；如有参照产品，指出其规格、厂家。
- 4、本专利的内容：应说明本专利达到目的或解决问题的技术手段。对于药物活性成分：应当描述该活性成分的名称及结构式/序列（包括各种官能基团、分子立体构型等），制备方法，应用，原理；并应当记载与发明要解决的技术问题相关的化学、物理性能参数（如各种定性或者定量数据和图谱等）。对于配方：应当说明配方组份、各组分可选择的范围、各组分的含量范围、各组份的性质，配方用途，如可能需说明配方制作工艺。说明技术优化的思路。
对于新的药物化合物或者药物组合物，应当记载其具体的医药用途或者药理作用，同时还应当记载其有效量及使用方法。如果本领域技术人员无法根据现有技术预测发明能够实现所述医药用途、药理作用，则应当记载对于本领域技术人员来说，足以证明发明的技术方案可以解决预期要解决的技术问题或者达到预期的技术效果的实验室试验（包括动物实验）或者临床试验的定性或者定量数据。
- 5、本专利的效果：即新药物产品的用途，如用作制备治疗某类疾病的药或者诊断某类疾病等等。
- 6、附图与说明：与发明有关的试验结果，方法流程图等等图解，附图中如涉及多个产品同时检验的情况，请用中文说明各个条带表示什么内容。
- 7、本专利的具体实施例：对照附图，说明本专利的具体试验例子，必须有相应的技术参数、数据，及具体实验条件。如是药物化合物，则需要化合物的制备、鉴定、应用实施例，要说明有益效果，可以提供对比数据为好。

（二）以方法或工艺为主：技术/产品创新主要是基于药物产品的制备方法或工艺，则申请时应考虑提供：

- 1、本专利的应用领域（即本专利直接所属或直接应用的具体技术领域）：
- 2 本专利的任务是什么，或要解决的技术问题是什么？

- 3、已有技术/产品的不足：即说明与本专利的内容最相似的方法/工艺。对于方法，需要说明已有方法的主要思路、步骤、效果，尤其指出该方法在解决本专利目的上的缺点或不足之处。对于工艺，需要说明已有工艺的主要原理及工艺步骤、工艺条件、原料，尤其指出该工艺存在的缺点或不足之处。如有引用文献，需要说明出处；如有参照产品，指出其规格、厂家。
- 4、本专利的内容：应说明本专利达到目的或解决问题的技术手段。对于方法，应当说明本方法的主要思路、步骤。对于工艺，应当说明工艺步骤、工艺条件、使用原料，如可能需说明工艺原理。说明技术优化的思路。
- 5、本专利的效果：有益效果可以由运算效率提高、降低能耗、产率提高、精度提高、工序简化、控制方便，以及有用性能的出现等方面反映出来。
- 6、附图与说明：如有必要可以给出工艺流程图。
- 7、本专利的具体实施例：说明本专利的具体试验例子，必须有相应的技术参数、数据。数据说明可以采用图表形式。说明有益效果，以提供对比数据为好。

(三) 以医疗器具为主：技术/产品创新主要是基于医疗器具，则申请时应提供：

- 1、本专利的应用领域（即本专利直接所属或直接应用的具体技术领域）：
- 2、本专利的任务是什么，或要解决的技术问题是什么？
- 3、已有技术/产品的不足：即说明与本专利的内容最相似的产品，需要说明已有产品的主要结构及原理，尤其指出该已有产品存在的缺点或不足之处。如有引用文献，需要说明出处；如有参考产品，指出其型号、厂家。
- 4、本专利的内容：应说明本专利达到目的或解决问题的技术手段。如果涉及器械或设备，应当描述器械或设备的机械构成，尤其说明各组成部分之间的相互关系，例如形状、位置、连接关系、相互作用原理，创新点对于装置或设备的作用。说明技术优化的思路。
- 5、本专利的效果：有益效果可以由质量、精度和效率的提高，原材料、工序的节省，加工、操作、控制、使用的简便，以及有用性能的出现等方面反映出来。
- 6、附图与说明：器械或设备的图解，图应以机械制图的标准绘制，实用新型申请必须带附图。

7、本专利的具体实施例：对照附图，说明本专利的具体试验例子，必须有相应的技术参数、数据，如需要说明有益效果，可以提供对比数据为好。

更详细的信息，您可以咨询上海光华专利事务所化工医药部经理，许律师，
021-51096606*829; email:xyl@iprtop.com。

关于我们的情况，您可以浏览网页：<http://www.iprtop.com>