(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 101745246 A
(43)申请公布日 2010.06.23

(21)申请号 200910229905.5

(22)申请日 2009.10.30

(71)申请人 文闯
地址 266555 山东省青岛市经济技术开发区长江西路66号中国石油大学(华东)储运工程系
申请人 曹学文

(72)发明人 文闯 曹学文

(51)Int.Cl.
B01D 5/00(2006.01)
B01D 45/16(2006.01)

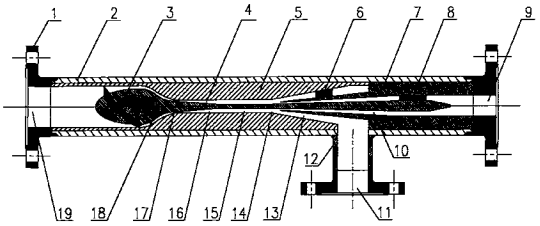
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

(54)发明名称

超声速气体旋流冷凝分离装置

(57)摘要

本发明是一套超声速气体旋流冷凝分离装置,应用于气体净化特别是天然气脱水和重烃分离领域。天然气经螺旋型旋流叶片产生旋流后进入拉伐尔喷管绝热膨胀至超声速,形成低温低压,使天然气中的水和重烃凝结成液滴;同时产生较大的切向速度,使凝结的水和重烃在强烈的旋流场作用下被甩向壁面,液体由分液口流入积液腔,经排液管后从液体出口排出,干气进入环形扩压管,经压力恢复后由干气出口排出。本装置的拉伐尔喷管收缩段采用双三次曲线法设计减小了流动损失,螺旋型旋流叶片可加强旋流,产生较大的切向速度,旋流效果好。本装置结构简单,易于加工,无运动部件,运行稳定可靠。



CN 101745246 A

1. 超声速气体旋流冷凝分离装置，其特征在于：包括法兰 (1)、外壳 (2)、螺旋型旋流叶片 (3)、内芯 (4)、收缩分离壳体 (5)、导液叶片 (6)、扩压壳体 (7)、导流叶片 (8)、排液管 (12)、饱和湿气入口 (19)、干气出口 (9) 和液体出口 (11)；由内芯 (4) 和收缩分离壳体 (5) 组成环形拉伐尔喷管，其中 (18) 为亚声速收缩流道、(17) 为喉部、(16) 为超声速扩张流道；由内芯 (4) 和扩压壳体 (7) 构成环形扩压管，(10) 为扩压流道；收缩分离壳体 (5) 和扩压壳体 (7) 之间的间隙形成分液口 (14)、积液腔 (13)；积液腔 (13) 与排液管 (12) 相连通，形成液体出口 (11)；螺旋型旋流叶片 (3) 上端与收缩分离壳体 (5) 内壁面固定联接，下端与内芯 (4) 表面固定联接；导液叶片 (6) 上端与收缩分离壳体 (5) 固定联接，下端与扩压壳体 (7) 固定连接；导流叶片 (8) 上端与扩压壳体 (7) 固定连接，下端与内芯 (4) 固定连接。

2. 根据权利要求 1 所述的超声速气体旋流冷凝分离装置，其特征在于：螺旋型旋流叶片 (3) 按螺旋线采用等螺距或不等螺距法设计，叶片数目为 1 ～ 12 个，叶片厚度为 2 ～ 6mm，周向均匀布置。

3. 根据权利要求 1 所述的超声速气体旋流冷凝分离装置，其特征在于：螺旋型旋流叶片 (3) 可以仅安装在半椭球体 (20) 表面；也可以进入亚声速收缩流道 (18)，同时安装在半椭球体 (20) 和收缩段 (21) 表面。

4. 根据权利要求 1 所述的超声速气体旋流冷凝分离装置，其特征在于：内芯 (4) 居于中心，与收缩分离壳体 (5)、扩压壳体 (7) 同轴，由螺旋型旋流叶片 (3) 和导流叶片 (8) 对中定位固定。

5. 根据权利要求 1 所述的超声速气体旋流冷凝分离装置，其特征在于：内芯 (4) 主要由半椭球体 (20)、收缩段 (21)、二次收缩段 (22)、直段 (23) 和扩张段 (24) 组成。

6. 根据权利要求 1 或 5 所述的内芯 (4)，其特征在于：半椭球体 (20) 长短轴之比为 2 ～ 6，短轴长度为收缩分离壳体 (5) 入口内径的 0.5 ～ 0.9 倍；收缩段 (21) 采用双三次曲线法设计，收缩比为 4 ～ 12，收缩角为 15 ～ 108°，和其对应的收缩分离壳体 (5) 的收缩部分采用双三次曲线法设计，收缩比为 4 ～ 12，收缩角为 20 ～ 112°；二次收缩段 (22) 为锥段，收缩角为 1 ～ 12°；直段 (23) 长径比为 4 ～ 15；扩张段 (24) 为锥段，扩张角为 1 ～ 8°，和其对应的收缩分离壳体 (5) 的扩张部分为锥段，扩张角为 20 ～ 120°。

7. 根据权利要求 1 所述的超声速气体旋流冷凝分离装置，其特征在于：扩压壳体 (7) 为锥形，内锥角为 4 ～ 15°，外锥角为 10 ～ 30°。

超声速气体旋流冷凝分离装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一套超声速气体旋流冷凝分离装置，主要应用于气体净化特别是天然气脱水和重烃分离领域。

背景技术

[0002] 目前，我国的天然气资源多为凝析气田和酸性气田，开发也较晚。天然气气田从井口出来的气流几乎都为水汽所饱和，并含有少量重烃。含饱和水的天然气进入管线常常造成一系列的问题：(1) 增加管线输送的动力消耗，降低输气量；(2) 天然气中的 CO_2 和 H_2S 溶于游离水中会形成酸，腐蚀管路和设备；(3) 水与天然气形成的水合物结晶造成天然气水合物的局部积累减小输气管道截面积，降低输气量，影响平稳供气，严重时可堵塞输气管线和其它处理设备；(4) 重烃的存在也会降低天然气热值，降低输气效率，严重时堵塞管线。因此天然气脱水和重烃分离是油气集输系统的重要工艺环节。

[0003] 常用的天然气分离技术主要有常温分离工艺和低温分离工艺，这些技术存在着诸如分离效率低、能源浪费、成本和运行费用高等问题。以凝析气田分离工艺为例，过去，从天然气中分离水和凝析油通常采取蒸汽压缩制冷、节流膨胀制冷和膨胀机制冷等方法获取冷量，实现低温分离，必要时还需加热或加水化物抑制剂以防止水合物结晶冻堵管线、设备，整个过程极为复杂，耗资巨大，需要庞大的设备，成本和运行费用很高。

[0004] 1997 年，荷兰壳牌 (Shell) 公司将超声速分离技术应用于天然气处理领域，并先后为 Twister 装置申请了多项专利 (US 2002/0194988 A1，US 6513345 B1，US 2003/0145724 A1，WO2003/092850 A1，WO 2004/020074 A1，US 6524368 B2)。该装置在超声速段安装三角翼以产生较强的旋流，但容易产生激波，造成冷凝流场的不稳定，降低装置的压力恢复性能。美国专利 US 6372019 B1，在 Laval 喷管之前安装旋流发生器，使气体在加速之前产生旋转，该装置内激波容易控制，但旋转气体进入 Laval 喷管后容易发生涡耗散，降低了分离效率。中国专利 ZL 200520111901、申请号 200610043158.2 和申请号 200810224499.9 同样存在着旋转气体容易发生涡耗散的问题。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服上述现有技术存在的缺陷和不足，提出一套结构简单、运行稳定可靠、旋流能力强、分离效率高的超声速气体旋流冷凝分离装置。

[0006] 为达到上述目的，本发明采用的技术方法是：超声速气体旋流冷凝分离装置由法兰、外壳、壳体和内芯组成。壳体和内芯之间的间隙形成亚声速收缩流道、喉部、超声速扩张流道、旋流分离流道、扩压流道、分液口、积液腔、液体出口和干气出口。

[0007] 本超声速气体旋流冷凝分离装置中，周向均匀布置的螺旋型旋流叶片使气体发生旋转，旋转气体沿叶片切向进入流道，根据角动量守恒原理，流体进入由收缩分离壳体和内芯构成的亚声速收缩的环形流道，由于流道面积减小，流体的旋转角速度将大幅增加，从而产生非常强烈的旋流场。

[0008] 本超声速气体旋流冷凝分离装置中，经叶片旋转后的流体进入由收缩分离壳体和内芯构成的亚声速收缩流道、喉部和超声速扩张流道；在该流道中，流体被加速到超声速，形成低温低压，使其中的水和重烃发生凝结；凝结的液体在强大的离心力作用下被甩向壁面，小液滴在碰撞中不断变大，并随着气体流向旋流分离段。

[0009] 本超声速气体旋流冷凝分离装置中，在旋流分离段末端设有分液口，被分离的凝液（含部分气体）经该分液口进入积液腔，汇集后由排液管排出；大部分干气则进入扩压管，在扩压管入口处产生激波，速度由超声度降到亚声速，压力和温度回升，经导流叶片导流后从干气出口排出。

[0010] 本发明与国内外现有技术相比，具有如下特点：

[0011] (1) 本超声速气体旋流冷凝分离装置，采用壳体加内芯的结构方式。在该结构中，壳体和内芯的间隙构成环形的亚声速收缩流道、喉部、超声速扩张流道，这种向内收缩的流道可以有效地加强旋流，有利于形成强烈的旋流场。同时，内芯的存在可以有效解决旋转气体的涡耗散问题，提高旋流分离的效率；而且，内芯的存在还可以减小旋转气体的径向速度梯度，降低能量损失。

[0012] (2) 本装置将螺旋型旋流叶片安装在喷管之前，使流体经旋流后再进入喷管膨胀降温。该结构使气体的旋转发生在亚声速段，叶片后不会产生膨胀波和斜激波，减少了能量的损失；同时该结构使液体在低温下凝结的同时发生旋转分离，有效地减小了液滴的再蒸发对分离效率的影响，提高分离效率。

[0013] (3) 本装置的旋流叶片采用螺旋型旋流叶片，和弧形或直叶片相比，螺旋型旋流叶片具有更强的旋流能力，旋流分离效果更好。

[0014] (4) 本装置的亚声速收缩段采用双三次曲线法设计，和其他方法相比，双三次曲线法设计的曲线更加光滑，能更精确的满足设计要求，即在出口处形成喉部。而且采用双三次曲线法设计收缩段，旋流场的均匀性、稳定性能得到有效地改善。

[0015] (5) 本装置内芯的前端采用椭球体设计，可以有效的减小气体入口的阻力。

[0016] (6) 本超声速气体旋流冷凝分离装置，结构简单，运行稳定可靠，本装置的壳体和内芯比较容易加工。

附图说明

[0017] 图 1 是本发明超声速气体旋流冷凝分离装置的整体纵剖面示意图；

[0018] 图 2 是本发明的内芯纵剖面示意图；

[0019] 图 3 是本发明的内芯和螺旋型旋流叶片结构示意图。

[0020] 图中：1、法兰，2、外壳，3、螺旋型旋流叶片，4、内芯，5、收缩分离壳体，6、导液叶片，7、扩压壳体，8、导流叶片，9、干气出口，10、扩压流道，11、液体出口，12、排液管，13、积液腔，14、分液口，15、旋流分离流道，16、超声速扩张流道，17、喉部，18、亚声速收缩流道，19、饱和湿气入口，20、半椭球体，21、收缩段，22、二次收缩段，23、直段，24、扩张段。

具体实施方式

[0021] 下面结合附图对本发明的结构特点和工作原理作进一步详细说明。

[0022] 本发明的技术方案参见图 1，本超声速气体旋流冷凝分离装置主要由法兰 1、外壳

2、螺旋型旋流叶片 3、内芯 4、收缩分离壳体 5、导液叶片 6、扩压壳体 7、导流叶片 8、排液管 12 组成。其中，内芯 4 和收缩分离壳体 5 组成环形拉伐尔喷管，形成亚声速收缩流道 18、喉部 17、超声速扩张流道 16；内芯 4 和扩压壳体 7 构成环形扩压管，形成扩压流道 10；收缩分离壳体 5 和扩压壳体 7 之间的间隙形成分液口 14、积液腔 13。

[0023] 参见图 1、2，本发明的内芯 4 居于中心，与收缩分离壳体 5、扩压壳体 7 同轴，由螺旋型旋流叶片 3 和导流叶片 8 对中定位固定。内芯 4 主要分为半椭球体 20、收缩段 21、二次收缩段 22、直段 23 和扩张段 24。半椭球体 20 的长短轴之比为 2 ～ 6，短轴长度为收缩分离壳体 5 入口内径的 0.5 ～ 0.9 倍。收缩段 21 和对应的收缩分离壳体 5 的收缩段之间的间隙构成亚声速收缩流道 18，气体在该流道中被加速，在收缩段 21 和二次收缩段 22 的交界处形成喉部 17，达到声速。收缩段 21 的特征为：采用双三次曲线法设计，收缩比为 4 ～ 12，收缩角为 15 ～ 108° ；对应的收缩分离壳体 5 的收缩部分的特征为：采用双三次曲线法设计，收缩比为 4 ～ 12，收缩角为 20 ～ 112° 。二次收缩段 22 和对应的收缩分离壳体 5 之间的间隙形成超声速扩张流道 16，气体在该流道中被加速到超声速，形成低温低压，水和重烃开始凝结，凝结的液体在强烈的旋流离心场作用下被甩向管壁并随气体向前流动。二次收缩段 22 为锥段，收缩角为 1 ～ 12° 。直段 23 和对应的收缩分离壳体 5 之间的间隙形成旋流分离流道 15，在该流道中，被强烈的旋流离心场甩向管壁的液体经分液口 14 流入积液腔 13，经排液管 12 后由液体出口 11 排出，直段 23 的长径比为 4 ～ 15。大部分干气进入由扩张段 24 和扩压壳体 7 之间的间隙构成环形扩压流道 10，在扩压流道 10 的入口处产生激波，速度由超声度降到亚声速，压力和温度回升，经导流叶片 8 导流后从干气出口 9 排出；扩张段 24 为锥段，扩张角为 1 ～ 8° 。

[0024] 参见图 1、3，本发明的螺旋型旋流叶片 3 为螺旋型叶片，按螺旋线采用等螺距或不等螺距法设计，叶片数目为 1 ～ 12 个，叶片厚度为 2 ～ 6mm，周向均匀布置。本发明的螺旋型旋流叶片 3 可以仅安装在半椭球体 20 表面；也可以进入亚声速收缩流道 18，同时安装在半椭球体 20 和收缩段 21 表面。

[0025] 参见图 1，本发明的螺旋型旋流叶片 3、导液叶片 6 和导流叶片 8 还起对中定位作用，导液叶片 6 还起支撑防振作用。

[0026] 参见图 1，收缩分离壳体 5 和扩压壳体 7 安装完成后通过焊接和法兰 1、外壳 2 固定，排液管 12 通过焊接和外壳 2、法兰 1 固定，从而保证本发明的超声速气体旋流冷凝分离装置稳定可靠运行。

[0027] 参见图 1，本发明的具体工作流程为：饱和来气由饱和湿气入口 19 进入本装置，经螺旋型旋流叶片 3 旋流后依次进入亚声速收缩流道 18、喉部 17、超声速扩张流道 16，气体被加速到超声速，形成低温低压，使其中的水和重烃发生凝结；凝结的液体在强烈的离心力作用下被甩向壁面，小液滴在碰撞中不断变大，并随着气体流向旋流分离流道 15；在旋流分离段末端设有分液口 14，被分离的凝液（含部分气体）经分液口 14 进入积液腔 13，汇集后经排液管 12 后由液体出口 11 排出；大部分干气则进入扩压流道 10，在扩压流道 10 入口处产生激波，速度由超声度降到亚声速，压力和温度回升，经导流叶片 8 导流后从干气出口 9 排出。

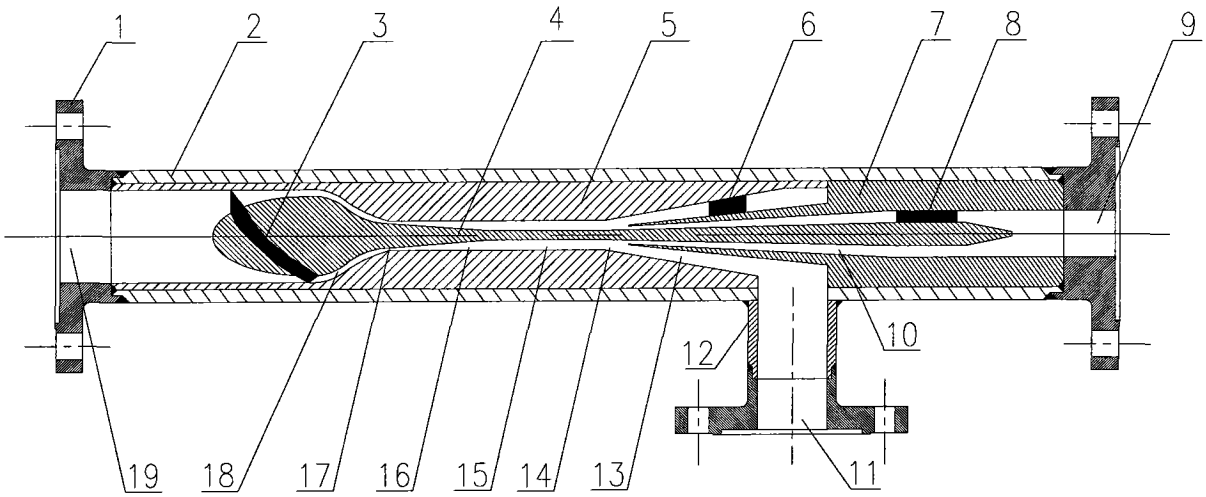


图 1

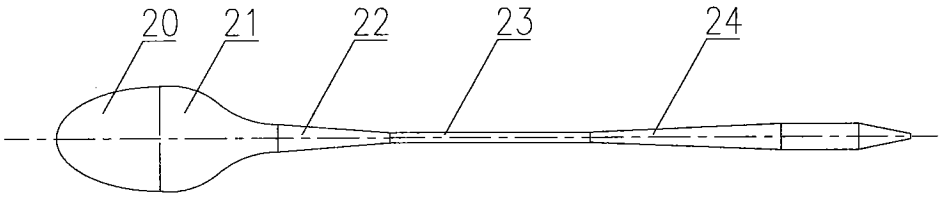


图 2

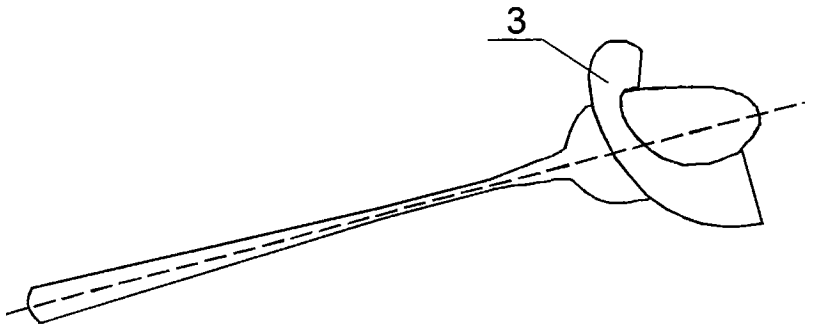


图 3