

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B01D 47/10

B05B 17/06 B05B 7/04



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99808779.3

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1146463C

[22] 申请日 1999.7.5 [21] 申请号 99808779.3

[30] 优先权

[32] 1998. 7. 17 [33] DE [31] 19832174.0

[86] 国际申请 PCT/EP1999/004653 1999.7.5

[87] 国际公布 WO00/03788 德 2000.1.27

[85] 进入国家阶段日期 2001.1.17

[71] 专利权人 拜尔公司

地址 德国莱沃库森

[72] 发明人 U·利斯特内尔 M·施韦特策

审查员 刘天佐

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 卢新华 谭明胜

权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 10 页

[54] 发明名称 用于天然气流湿法净化的方法及设备

[57] 摘要

本发明涉及湿法净化天然气流的方法和设备，该方法包括，使天然气在没有压降，或在最高达 30mbar，优选最高达 20mbar 的低压降下，流过一个或多个平行的文丘里狭口，该文丘里狭口被一个或多个定期脉动的混合喷嘴用洗涤液喷射。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种通过雾化洗涤液净化天然气流的方法，其特征在于，使天然气流通过混合喷嘴与雾化洗涤液一起喷射，然后在无压降或有压降的情况下，送入一个或多个文丘里狭口(7)。
- 5 2. 根据权利要求1的方法，其特征在于，当天然气流流过文丘里狭口(7)时，天然气流的压降至多 30 mbar。
3. 根据权利要求1或2任一项的方法，其特征在于，混合喷嘴的脉动频率为 5-70 Hz。
4. 一种净化天然气的设备，其是用于实施根据权利要求1-3的方法的设备，它由流动管道(43)组成，其中在流动管道(43)中有一个或多个文丘里狭口(7)，其特征在于，将一个或多个混合喷嘴(41)配置在文丘里狭口的上游。
- 10 5. 一种根据权利要求4的设备，其特征在于，混合喷嘴(41)由第一共振室(103)、随后的第二共振室(105)，其由节流装置(104)与第一共振室(103)分隔开、以及喷雾头(107)组成，第一共振室中插入液体分布管(101)和雾化助剂加料管(102)，喷雾头在第二共振室之后，其由另一个节流装置(106)与第二共振室(105)分隔开。
- 15 6. 根据权利要求4或5的设备，其特征在于，液体进入混合喷嘴第一共振室(103)的入口位置，是可调节变化的。
- 20 7. 根据权利要求4-6任一项的设备，其特征在于，混合喷嘴(41)与文丘里狭口(7)的距离是可调节的。
8. 根据权利要求4-7任一项的设备，其特征在于，一个或多个文丘里狭口(7)，是通过至少二个平行的圆筒(5)形成的，这些圆筒水平地并列在一个平面上，每个狭口(7)具有至少一个混合喷嘴(41)。
- 25 9. 根据权利要求4-8任一项的设备，其特征在于，文丘里狭口是由一些相互平行的圆筒(5)与一个或多个移动装置(6)形成的，移动装置(6)配置在相互平行的圆筒(5)的下游。
10. 根据权利要求9的设备，其特征在于，一个或多个移动装置(6)在轴向上是可移动的。
- 30

用于天然气流湿法净化的方法及设备

本发明涉及一种用于湿法净化天然气流的方法和设备，该方法中
5 天然气流通过被定期脉动的混合喷嘴以洗涤液喷射的文丘里狭口。

湿法净化天然气流，时常采用文丘里涤气器(美国专利 4,152,126 和 4,193,778) 进行。这些涤气器是由一个具有收缩的即文丘里狭口的流管、和设在狭口上或狭口内的以压力喷嘴形式供给洗涤液的装置组成的。

10 因此粉尘可被粘结成最大达 $0.1\ \mu\text{m}$ 的颗粒。除尘分三个阶段进行：1. 颗粒碰撞到液面上，2. 它们附着到液面上，3. 除去液滴。

本发明的目的是通过改进阶段 1 来改进除尘。阶段 2 是没有问题的，因为液滴在与粉尘颗粒发生接触时，总是可以被附着。阶段 3 是在一个单独的液体分离器中进行的，例如在一个旋流器中进行。

15 在阶段 1 中，粉尘颗粒在液滴上的分离主要是通过高速液滴的惯性分离进行的。液滴与粉尘颗粒的相对速度越大和液滴的直径越小，则惯性分离越好。

在装有常规喷嘴的文丘里管中，视喷嘴的类型(单组分喷嘴、双组分喷嘴或涡流式喷嘴)和所采用喷嘴的入口压力可产生的液滴尺寸为 30-2000 μm 。在靠近喷嘴处，所有这些液滴的初始速度全都相同，
20 视喷嘴的压力为 3-50 m/s。在文丘里狭口内，由于气体的加速作用大以及剪切流动，这些比较大的液滴，破碎成极细的液滴，并受湍流的扰动。现时的小滴和小滴的高散射速度，就其相对气流的大小和方向而言，能使许多粉尘颗粒碰撞到液面上，导致液面上粉尘具有很高的
25 分离效率。载带粉尘的小滴成为浓集液，随后在液体分离器中分离。测定捕集效率，捕集效率以湿法净化后在净化气体中捕集的成分的含量与湿法净化前在天然气中的含量的比例来表示。

在具有常规喷嘴的文丘里涤气器中，捕集效率取决于洗涤液液滴在文丘里狭口中雾化和受天然气扰动达到的程度，要使尽可能多的粉
30 尘颗粒碰撞到液面上而被捕集。在文丘里狭口中，天然气/液体混合物在文丘里狭口中的剪切力和扰动程度，随文丘里狭口尺寸的增加而

下降。文丘里狭口的尺寸和天然气流的速度产生天然气流的文丘里压降。压降随文丘里狭口的减小和天然气流的增大而增加。分离效率随文丘里压降的增加而提高。

所有已知文丘里涤气器的缺点是，只有文丘里高压降，才会得到良好的分离效率。典型文丘里涤气器的操作压降为 20-30 mbar 至最高 150 mbar。对于天然气流而言，为了达到所要求的泵送能力，压降高就意味着能耗高。

另一个缺点是，在文丘里狭口的尺寸固定时，由于天然气的流量发生了变化，这时天然气速度的变化就会引起文丘里压降的变化。德国专利 43 31 301 叙述了一种管隙文丘里涤气器，该涤气器具有二个可调节的文丘里狭口。管隙文丘里涤气器具有大致为矩形截面的管隙。在所述管间隙之后的下游，在涤气器储液槽的上方，配置一个移动装置，该装置在间隙的整个长度范围内延伸，其安装使得能移向和移开管隙。在管隙的壁和移动装置壁之间，形成二个平行工作的文丘里狭口。这二个文丘里狭口的横截面可通过滑动移动装置来调节。建议配置一些涡流式喷嘴作为洗涤液的加料装置。

就控制压降而言，这种办法的缺点是有机机械磨损，而且调节装置特别是要通过在文丘里狭口下面的储液槽来操作，这会造成密封问题。

本发明的目的，是在没有压降或压降很小的情况下，采用文丘里涤气器达到高分离效率，并提供一种简单的控制分离效率的可能性。特别是在采取能导致气体流量增加的改装措施的场合，这种控制是必要的。

本发明的目的，是采用雾化洗涤液净化天然气流的方法和设备实现的。

按照根据本发明的方法，天然气流借助于混合喷嘴与雾化的洗涤液一起喷射，然后在没有压降，或在最高达 30 mbar，优选最高达 20 mbar 的低压降下，通过一个或多个文丘里狭口。混合喷嘴本身是从德国专利 43 15 385 中得知的。

连续不断地为混合喷嘴提供洗涤液和作为雾化助剂的气体。将液体入口和气体入口与第一共振室连接，其后通过节流装置串接至少另

一个共振室。在流动方向上所见到的最后一个共振室，与混合喷嘴的出口孔连接。

所使用的雾化助剂，例如可以是空气或惰性气体。

5 混合喷嘴可以采用压力喷嘴和双组分喷嘴二种操作模式。混合喷嘴的特性是，如果恒定供给指定量的液体和指定量的空气，它就不能均匀地将这些数量的液体和空气雾化，而以脉动式不断地变更其操作模式。

10 在压力喷嘴操作中，连续地产生平均液滴直径较大的液滴。平均液滴直径，基本上是由喷嘴出口孔的尺寸决定的。液滴的射程范围是由其初始动量决定的。对于所有的液滴，液滴的初始速度是相同的。由于大液滴的质量较大，它们具有较大的初始动量，因此具有较大的射程范围。99%被雾化的液量都是由液滴组成的，液滴的直径彼此不同，其比例最高达 1:20。

15 双组分喷嘴与压力喷嘴的区别在于，双组分喷嘴需要另外供给空气。与压力喷嘴相比它能连续产生平均液滴直径较小的液滴。该平均液滴直径，是由喷嘴中雾化空气与液体的流量比例决定的，随雾化空气流量的增加而下降。液滴的射程范围，是由雾化空气的动量和该动量向整个液滴群的传递决定的。当采用压力喷嘴时，99%被雾化的液体量都是由液滴组成的，液滴的直径彼此不同，其比例最高达 1:20。

20 在混合喷嘴的情况下，操作模式的脉动变更与压力喷嘴模式和双组分模式之间，或不同的双组分模式之间的脉动频率有关，不同的双组分模式是供给的雾化空气流量不同。

25 供给混合喷嘴的压缩空气和液体不随时间而变化时，在操作过程中的脉动变更，则是由于定期启动操作在混合喷嘴内自行产生的（自动脉动）。

30 脉动频率以优选 5-70 Hz，特别优选 10-20 Hz 发生。频率是由液体进入第一共振室的位置之后，第一共振室在流动方向上的大小与第二共振室的大小的比例决定的。改变液体进入第一共振室的位置，就能改变所述共振室在流动方向上的体积，从而改变频率。第一共振室在流动方向上的体积与第二共振室的体积的比例越小，脉动的频率就越高。

混合喷嘴的脉动排料,产生范围很宽的液滴尺寸和液滴速度。甚至同样大小的液滴,都会具有差别很大的速度,与常规喷嘴相比,差别更大。另一方面,产生液滴的平均直径大、射程也大的粗液滴的喷射锥体,和液滴的平均直径小、射程也小的细液滴的喷射锥体。在所
5 产生的液滴范围内,液滴尺寸的比例高达 1:1000。

在最高达约 20 Hz 的低脉动频率下,在排出的喷射流中的液体与空气的份额在液体份额极值为 0%和 100%之间周期地变化。在较高的脉动频率下,振幅较小,直到在 70 Hz 范围时液体的份额只在 45%-55%之间周期地变化。

10 由于脉动作用,不能建立稳定状态的雾化状态,以致喷射流总是局部地包含起动流。因此,在洗涤液加料装置和文丘里狭口之间,达到小滴破碎和湍动,而不是在文丘里狭口中那样。因此,该文丘里狭口的尺寸,和与此有关的文丘里压降,对分离效率完全没有任何影响,文丘里涤气器可在文丘里狭口中没有压降的情况下操作。文丘里
15 狭口不再起小滴的破碎和扰动作用。通过混合喷嘴产生的小滴尺寸和速度范围以及小滴的形状,使文丘里狭口中对粉尘的分离特别有效。

在供给混合喷嘴的液体恒定的条件下,文丘里狭口的分离效率,可通过混合喷嘴中外加的压缩空气量和脉动频率来控制。

在一定水量下,供给混合喷嘴的雾化空气量与引入混合喷嘴的
20 单位能量输入(雾化能)成正比。改变加入混合喷嘴中的雾化空气量,就能将能量输入值调节到 $0.5 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$ 气体 - $50 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$ 气体,优选 $1 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$ 气体 - $30 \text{ kWh}/1000 \text{ m}^3$ 气体。

根据本发明的设备,是由其中具有一个或多个文丘里狭口的物流管和配置在文丘里狭口上游的一个或多个混合喷嘴组成的。混合喷嘴
25 与文丘里狭口之间的距离是可调节的。混合喷嘴与文丘里狭口之间的距离可在达到的分离效率方面最佳化。

可以选择喷嘴出口与位于下游的文丘里狭口中心之间的距离,使位于混合喷嘴下面的文丘里狭口区域能被混合喷嘴的喷射流所覆盖,优选覆盖 110%。

30 在根据本发明设备的一个优选的实施方案中,一个或多个文丘里狭口是由至少二个平行的圆筒形成的,它们水平地并列在一个平面

上, 每个狭口至少具有一个混合喷嘴。特别优选文丘里狭口由一些平行的圆筒与一个或多个配置在平行圆筒下游的移动装置形成。移动装置在轴向上是可移动的。

5 在串接文丘里的液滴分离器的出口上, 有一个分离载带粉尘的水滴的测量系统, 它能控制与分离度有关的压缩空气流量和混合喷嘴的脉动频率。

根据本发明的方法的优点是, 可以采用控制空气流量和混合喷嘴频率的简单方法控制分离效率。不会如采用常规文丘里涤气器达到高分离效率所需那样由于较窄的文丘里间隙引起文丘里涤气器出现堵塞的危险。由于脉动作用, 混合喷嘴本身也没有固体累积的危险。

与常规系统相比, 所需的洗涤液量显著降低。

令人意外的是, 与采用常规喷射的文丘里涤气器相比, 根据本发明装有混合喷嘴的文丘里涤气器的分离效率明显较高。

15 根据本发明, 装有混合喷嘴的文丘里涤气器, 可用于载带粉尘的废气的湿法除尘, 或从废气中除去二氧化硫和其它气体成分。

实施例和附图

下面将参考附图和具体的实施例, 更详细地说明本发明。

在附图中所示的是:

图1 是以示意图的形式示出的具有特征雾化作用的混合喷嘴。

20 图2 是具串接的旋流器的管隙文丘里涤气器的透视图。

图3 是采用文丘里涤气器湿法除尘的实验装置流程图。

图4 是装有常规压力喷嘴的管隙文丘里涤气器流管的截面图。

图5 是装有混合喷嘴的管隙文丘里涤气器流管道的截面图。

25 图6 是在装有压力喷嘴和混合喷嘴的文丘里涤气器中, 粉尘分离效率与压降的关系曲线

图7 是在装有混合喷嘴的文丘里涤气器中, 粉尘分离效率与雾化能量的关系曲线。

图8 是具有8个文丘里狭口的管隙文丘里涤气器。

30 图9 是在具有8个文丘里狭口的涤气器的有压力喷嘴和混合喷嘴的文丘里涤气器中粉尘分离效率与压力降的关系曲线。

图10 是采用文丘里涤气器吸收 SO_2 的实验装置流程图。

图 1 示出一个混合喷嘴。通过液体分布管 101 为混合喷嘴供给洗涤液。洗涤液加入第一共振室 103。第一共振室 103 的大小，可由能相对混合喷嘴外管移动的液体分布管 101 改变。通过加料装置 102 加入雾化助剂，例如压缩空气或蒸汽，它们也进入共振室 103。第二共振室 105 位于第一共振室 103 的后面，二者由节流装置 104 分开。第二共振室 105 的大小是固定的。喷头 107 位于第二共振室 105 的后面，由节流装置 106 分开。用示意图示出采用混合喷嘴的雾化作用。周期交替地产生粗雾 108 和细雾 109。

实施例 1:

10 为了比较常规文丘里涤气器与根据本发明的文丘里涤气器的分离效率，采用具有二个可调的文丘里狭口的涤气器，其设计额定处理量为 $150 \text{ m}^3/\text{h}$ 废气。图 2 示出这种文丘里涤气器 1 的透视图，该涤气器串接有分离水的旋流器 2 和常规水喷雾 3。大致矩形的管隙 4 是由二个圆筒 5 形成的。

15 移动装置 6 配置在管隙的下面，在整个间隙长度范围内延伸，移动装置的安装使得能移向和离开管隙 4。在圆筒 5 的壁和移动装置 6 的壁之间，形成二个相邻的平行工作的文丘里狭口 7。清洁的气体与水雾一起离开文丘里涤气器，进入旋流器 2 内，在其中分离出水并通过泄水管 8 排出，清洁的气体通过出口 9 离开旋流器。

20 图 3 示出实验装置的流程图。

采用通风机 28 吸入 $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的室内空气 29。将粉尘-空气混合物加入所述的室内空气中，使用计量秤 21，将粉尘按重量用有推动力的空气 26 加入到喷射器 22 中。实验采用的粉尘 27 是白色的 Sillitin Z 86 (二氧化硅)，平均颗粒直径为 $1.7 \mu\text{m}$ 。借助于鼓风机 24，将由室内空气和粉尘-空气混合物形成的天然气部分气流排出，并采用最
25 高达 100 mbar 的负压抽吸通过文丘里涤气器 1。在文丘里涤气器中，通过加料管 36 为喷嘴 3 供水。采用的洗涤水是盐含量为 500 mg/l 的生产用水。供水的体积和压力采用测量仪器 32 和 35 测定。此外，由加料管 37 供给混合喷嘴压缩空气，其压力和体积由测量仪器 33 和 34
30 测定。文丘里压降采用测量仪器 Δp_1 测定，旋流器的压降采用测量仪器 Δp_2 测定。

在旋流器 2 中, 洗涤液与所分离的粉尘一起进入废水管道 38, 被净化的气体与天然气一道通过单级旋转涤气器 23 送入其自身的排气系统。

在旋流器的出口, 采用购自 Sigrist 公司的散射光光度计 30, 连续地测定清洁气体的粉尘含量。

图 4 示出装有常规压力喷嘴 (Lechler 公司的专利 No. 460. 483) 31 的管隙文丘里涤气器流管的截面, 压力喷嘴配置在管隙 4 的上方。压力喷嘴具有实心锥体的喷射形状, 喷射角度 45° 。选择其在流管中的位置, 使在管隙区域内的整个管横截面都能被打湿。在 3 bar 压降下, 喷嘴的处理能力为 353 l/h 水。在水处理量为 280 l/h 的情况下, 在这种压力喷嘴喷射中液滴的平均直径为 $270\ \mu\text{m}$ 。

图 5 示出装有混合喷嘴 41 的管隙文丘里涤气器流动管道 43 的截面, 混合喷嘴 41 配置在管隙 4 的上方。混合喷嘴 41 设在雾化通道 42 上, 雾化通道位于流动管道 43 的中轴线上。可以改变混合喷嘴与管隙的距离, 可利用中心校正棒 44 调节喷嘴对流管管壁的位置。可通过入口 45 送入压缩空气, 通过入口 46 送入液体。混合喷嘴在狭窄的矩形内形成扇形的喷雾。在矩形长边之间的喷雾角度为 18° , 在短边之间的喷雾角度为 $40-160^\circ$, 视所采用的喷嘴而定, 在 160° 下达到的分离效率最高。调节混合喷嘴与管隙的距离, 使喷射流对间隙的覆盖率达到 110%。

图 6 示出, 在天然气处理量为 $100\ \text{m}^3/\text{h}$, 采用压力喷嘴水处理量为 $V_{\text{PD}}=280\ \text{l/h}$, 采用混合喷嘴水处理量为 $V_{\text{MZ}}=150\ \text{l/h}$ 时, 测定以 % 表示的粉尘分离效率 η 与以文丘里 $\Delta p_{\text{文丘里}}$ 表示的压降, 以及与天然气粉尘含量的关系曲线。采用压力喷嘴的分离效率, 随文丘里压降的增加而显著提高, 而采用混合喷嘴的分离效率, 只略微与文丘里压降有关。

在天然气粉尘含量为 $250\ \text{mg}/\text{m}^3$ 时, 采用压力喷嘴在文丘里压降为 11 mbar 下, 绝对分离率为 84%, 而在压降为 54 mbar 下, 为 92.5%。

在给定相同的天然气粉尘含量下, 在总压降为 1-93 mbar 的整个范围内, 混合喷嘴的分离效率达到 99-99.5%。同时, 采用压力喷嘴要求的水流量为 280 l/h, 几乎是采用混合喷嘴要求水流量 150 l/h 的

二倍。

在天然气的粉尘含量较高时，例如 550 mg/m^3 ，采用压力喷嘴的分离率全部略有升高，但远未达到采用混合喷嘴所达到的分离效率。

图 7 示出，如果加入一定的水量（40、80、120、150 和 270 l/h ），采用混合喷嘴的分离率是如何随通过雾化空气增加能量输入 W 而提高的。因此可通过雾化空气流量控制分离率，雾化空气的流量与能量输入成正比。文丘里压降为 0 mbar ，即文丘里间隙开得较宽。在所示的实验中，通过文丘里的气体处理量为 $120 \text{ m}^3/\text{h}$ ，这导致分离效率比图 6 所示的略低。和在图 6 中一样，天然气的粉尘含量为 250 mg/m^3 。

10 实施例 2:

图 3 所示的实验装置中，是另一个管隙的文丘里涤气器，其设计气体处理量为约 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ，具有八个文丘里狭口，用其代替实施例 1 的文丘里涤气器。这另一个涤气器示于图 8。在流入侧上具有四个管隙 4（主间隙），它们是由五个圆筒体 5 形成的。在主间隙的下面，配置四个移动装置 6，所以形成八个文丘里间隙 7。这些移动装置被安装在—根管上，该管在轴向上可采用一个螺杆（未示出）调节。因此，能够改变总共八个文丘里间隙的尺寸，因而能调节文丘里涤气器的压降。四个混合喷嘴 74 位于主间隙的上方，它们能以压力运行（只用液体）或作为混合喷嘴运行。通过加料管 81 供给喷嘴洗涤液，如果需要，通过加料管 82 供给混合喷嘴压缩空气。这些喷嘴具有扇形的喷雾形状，喷雾能完全覆盖位于下方的相应的主间隙。在这个文丘里涤气器中，通过改变文丘里狭口的尺寸，可调节的最大压降为 23 mbar 。

图 9 示出，以用 % 表示的分离效率 η 对文丘里压降标绘的测定结果曲线，这些文丘里压降，是采用图 8 所示的文丘里涤气器在压力喷嘴运行和在混合喷嘴运行下得到的。天然气载带的粉尘量为 380 mg/m^3 。天然气流的流量为 $900\text{--}1100 \text{ m}^3/\text{h}$ 。此外，为了比较，以虚线绘出采用实施例 1 的文丘里涤气器得到的结果。

在图 9 中示出与采用实施例 1 的文丘里涤气器的实验相同的性能。在压力喷嘴运行下，分离率（阴影线区域）随文丘里压降的增加而显著提高。这一关系曲线与采用的喷嘴和管隙的数目无关。当采用

二个喷嘴和二个间隙在达到最高可能的文丘里压降时,得到的分离率最高,为 92.2%。在这种情况下,雾化的液体(L)与天然气量(G)的比例为 $L/G=2.9 \text{ l/m}^3$ 。这意味着,采用 23 mbar 的文丘里压降,能将载带量为 380 mg/m^3 的天然气净化到 30 mg/m^3 的水平。在二个喷嘴
5 中采用的水流量为 2900 l/h ,天然气的处理量为 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

在混合喷嘴运行下,文丘里漆气器,采用 4 个喷嘴和 2 个或 4 个管隙,并改变雾化液体(L)与天然气量(G)的比例,及不同的喷嘴压降下进行操作。

在图 9 中所证明的,实际上与前面在图 6 中证明的一样,采用混合
10 合喷嘴运行,分离率几乎与文丘里压降无关,分离率都显著高于采用压力喷嘴运行的结果。这些测定结果与在实施例 1 中的测定结果非常吻合,这些测定结果,以 $\eta=99\%$ 的虚线表示,。

此外,这些结果表明,在采用混合喷嘴运行时,喷嘴的分离率随
喷嘴压降 $\Delta p_{\text{喷嘴}}$ 的增加而提高。喷嘴的压降值调节到 2、3.5、5.3、
15 5.5、和 5.6 bar。L/G 比例在 $0.4-1.7 \text{ l/m}^3$ 内变化,因此采用压力喷嘴运行,L/G 总是低于 $L/G=2.9 \text{ l/m}^3$ 。

采用混合喷嘴时,能在喷嘴入口压力为 5.3 bar, $L/G=0.8 \text{ l/m}^3$ 和无文丘里压降下,将载带量为 380 mg/m^3 的天然气净化到 3.8 mg/m^3 的水平。在此过程中,天然气的处理量为 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,在 4 个喷嘴
20 中消耗水的总量为 800 l/h 。

实施例 3:

采用管隙文丘里漆气器除去废气中的 SO_2 。

图 10 示出装有实施例 2 的管隙文丘里 1 的实验装置流程图,用于处理 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 的废空气。流过文丘里漆气器 1 的是由室内空气 201
25 和含 SO_2 的混合空气组成的合成废空气(SAL)。

在静态混合器 92 中,使来自压缩空气管系的混合空气 202 与来自压缩气瓶 91 的 SO_2 混合。由转子流量计 F1 指示 SO_2 的体积流量。包含 SO_2 的混合空气,在大气压下流入文丘里漆气器的输入管道 99,在其进入漆气器之前,在管线 203 中与室内空气混合。室内空气和包
30 含 SO_2 的混合空气形成合成的废空气(SAL)。如果需要,采用 Prandtl 管和 IR 测定仪(URAS 3E, Hartmann und Braun 生产) 205,测定 SAL

的处理量和 SO_2 的浓度。体积流量的测定是按照德国工业标准 (DIN) 2066 中规定的标准进行的。

采用控速泵 100 将吸收液从涤气器储槽 98' 送到文丘里涤气器头部内的雾化喷嘴 39 中。采用 pH、 $F1_V$ 和 P_V 仪器连续地测定体积流量、pH 和压力。如果需要, 通过加入 NaOH 水溶液, 将 pH 维持在对吸收有利的范围内。为供给喷嘴空气, 经输入管道 204 以压力为 P_L 输入压缩空气。

在文丘里涤气器 1 中喷射含 SO_2 的室内空气以后, 被分离的液滴到达吸收剂储槽 98' 中。在旋流器 2 中分离的液体也到达吸收剂储槽 98 中, 吸收剂储槽 98 与吸收剂储槽 98' 相通。将净化的气体加入单级旋转式涤气器 23 中, 然后通过其自身的排气系统, 将净化的气体送入大气。

采用测量仪器 Δp_1 测定文丘里压降, 采用测量仪器 Δp_2 测定旋流器的压降。

所采用的文丘里涤气器 1 是图 8 所示的涤气器, 靠近管壁的二个外侧间隙被覆盖, 通过所有四个喷嘴, 或通过安装在靠近轴的主间隙上方的二个喷嘴, 向靠近轴的二个管间隙喷雾。所采用的喷嘴是混合喷嘴, 为了对比, 采用了在市场上购买的双组合喷嘴 (Lechler 公司生产, KSD 系列, 尺寸为 1×150.008 和 1×150.013)。

在双组分喷嘴中, 雾化在二相中进行。首先采用压力喷嘴在中部雾化供给的液体, 形成中空的圆锥, 喷射角度为 100° 。优选采用由靠近压力喷嘴配置的环形间隙射出的雾化空气的涡旋将压力喷雾产生的较大液滴破碎。如果采用水代替雾化空气通过环形间隙, 则从环形间隙由开口产生八个喷射流, 与狭缝产生的涡旋相应。每个单个喷射流的核心部分, 都是由尺寸最高达 1 mm 的液滴组成的, 周围被一些较小的雾滴所包围。在二个相对射出的喷射流之间的角度是 40° 。当喷嘴上方为相同压降时, 这会使中心部分的雾化水与环形间隙雾化水的比例达到 1:4.5。

在进入文丘里涤气器前, 天然气的 SO_2 浓度为 100 mg/m^3 或 500 mg/m^3 。通过吸收剂的总处理量为 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

对于这二种 SO_2 浓度, 在喷嘴压力为 5.5 bar 、雾化液体与天然

气流量的比例为 $L/G=0.9 \text{ l/m}^3$ 、和在文丘里涤气器中无压降的情况下，混合喷嘴达到的分离效率为 99%。采用同样的参数，在天然气中 SO_2 的浓度为 100 mg/m^3 时，常规双组分喷嘴达到的分离效率为 95.5%。

- 5 在文丘里涤气器中的压降高达 23 bar 时，采用混合喷嘴，分离效率仍保持不变，当采用双组分喷嘴时，分离效率在 95.5%-93%之间波动。

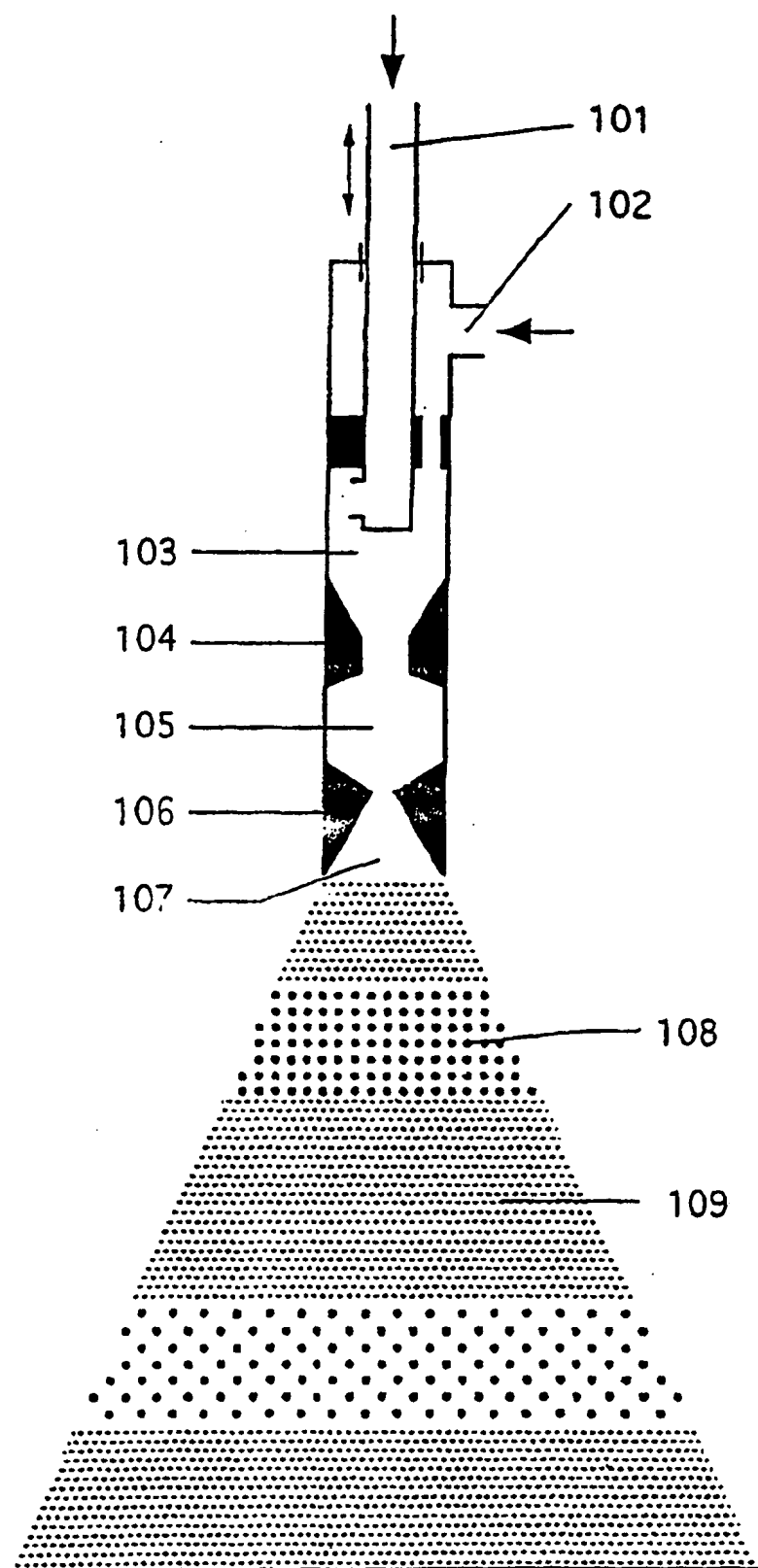


图 1

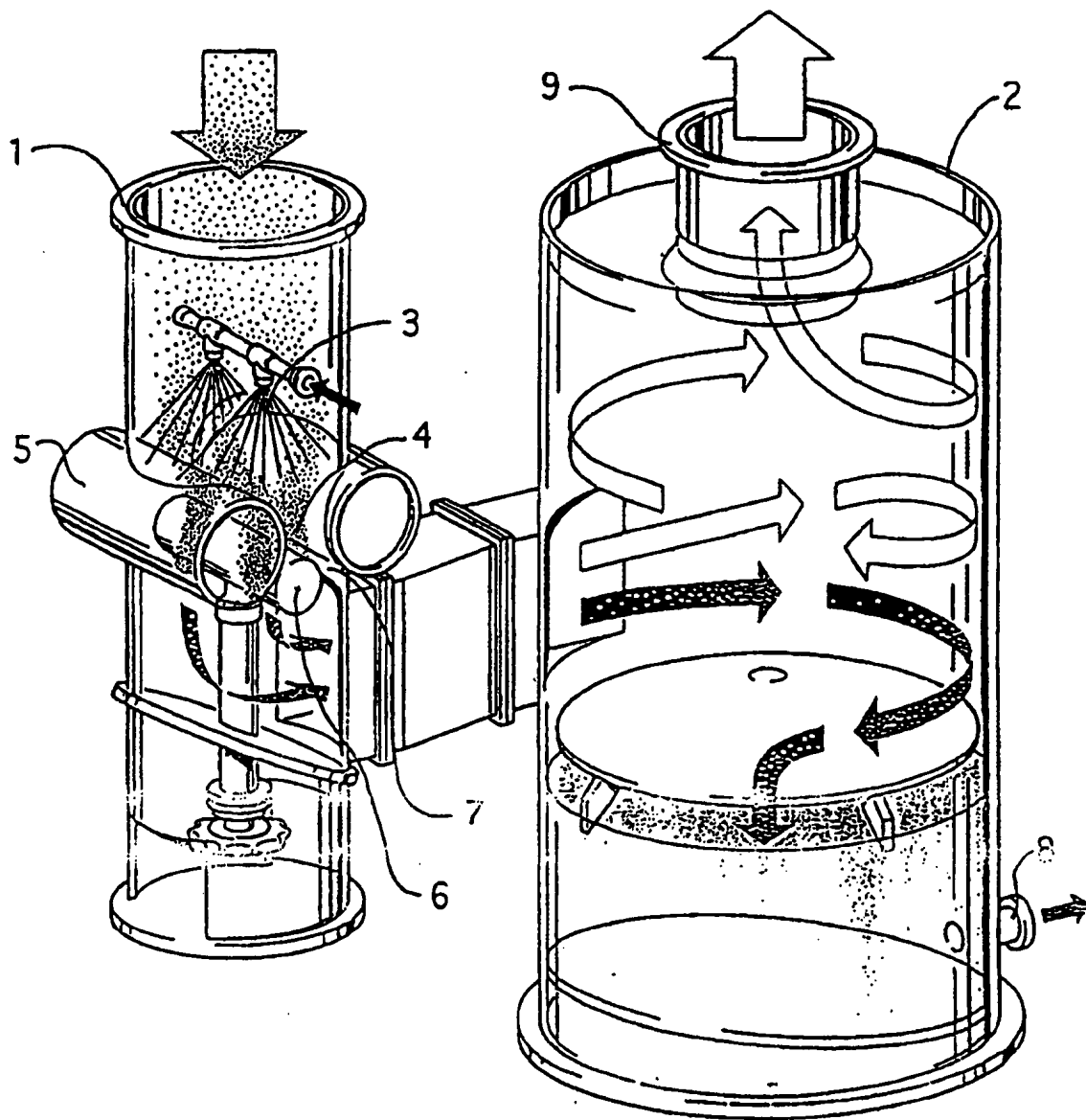
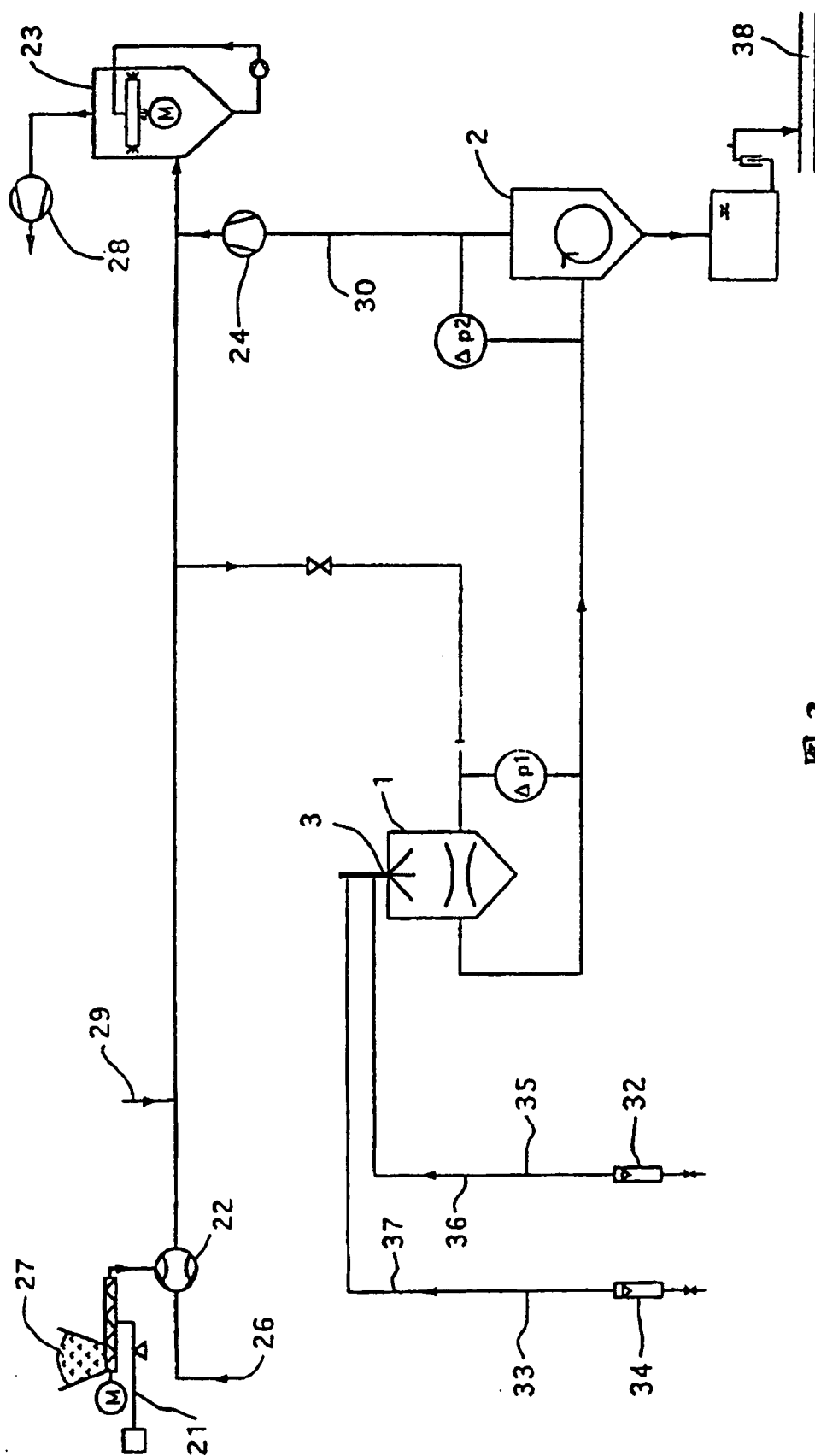


图 2



34

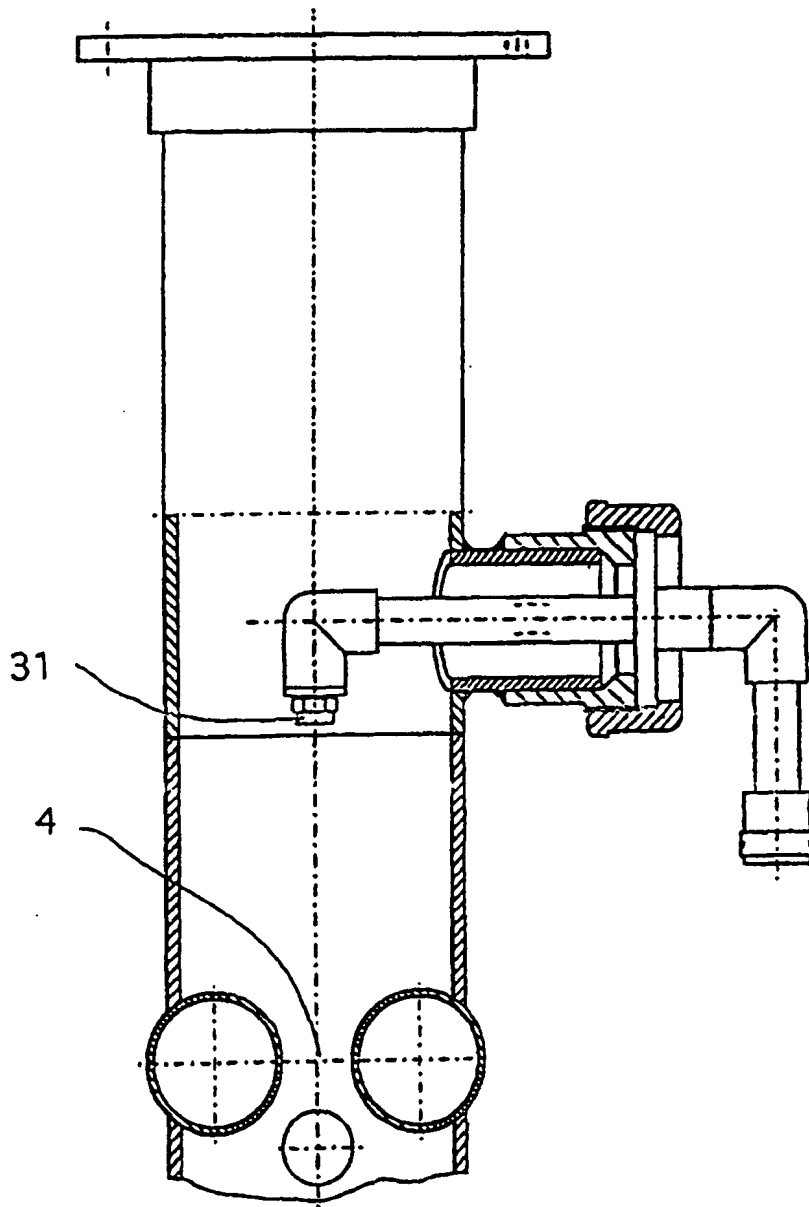


图 4

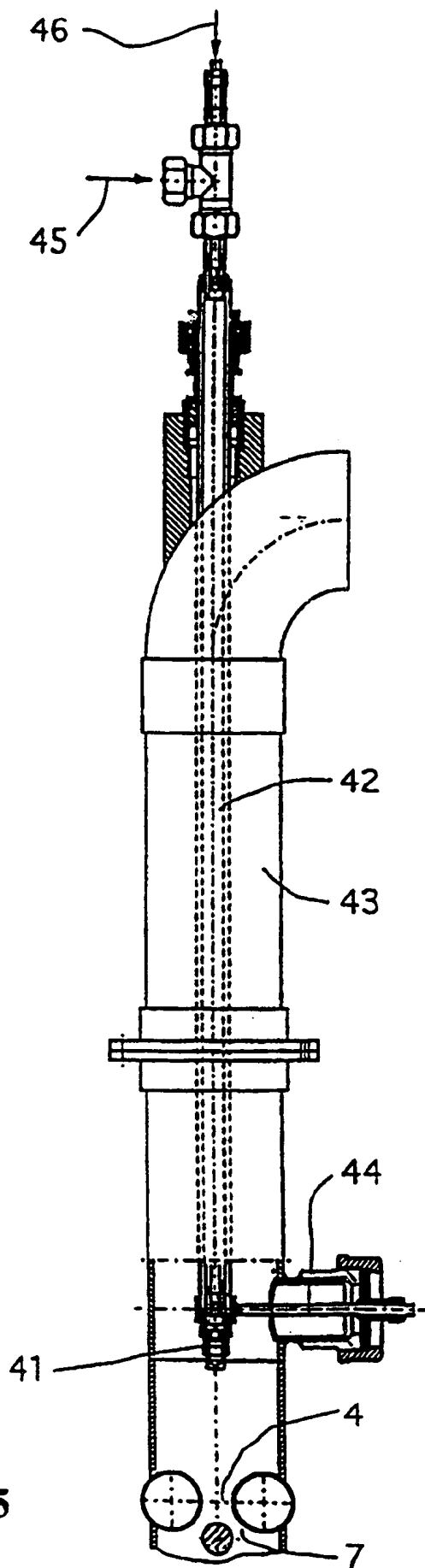


图 5

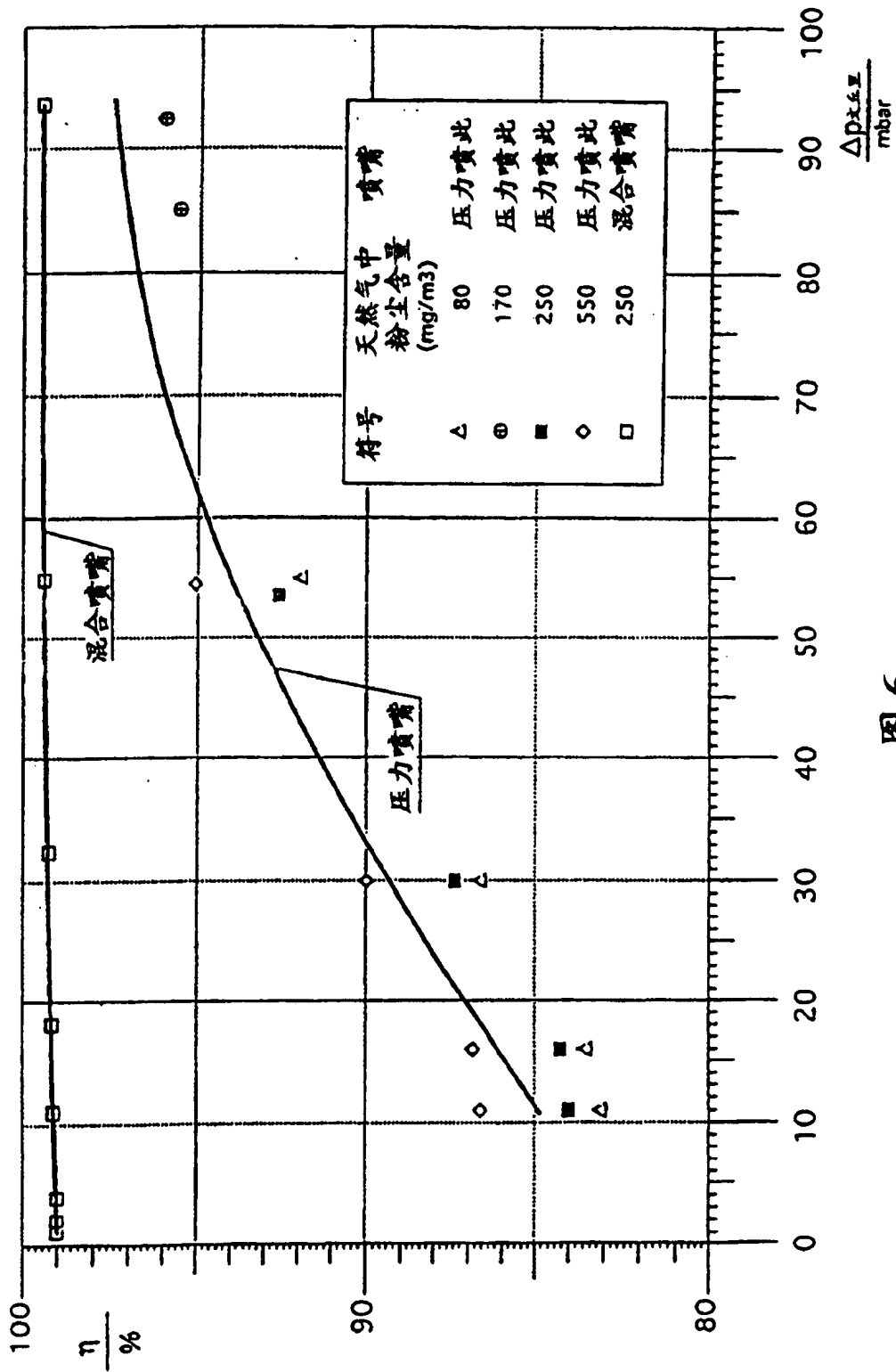


图 6

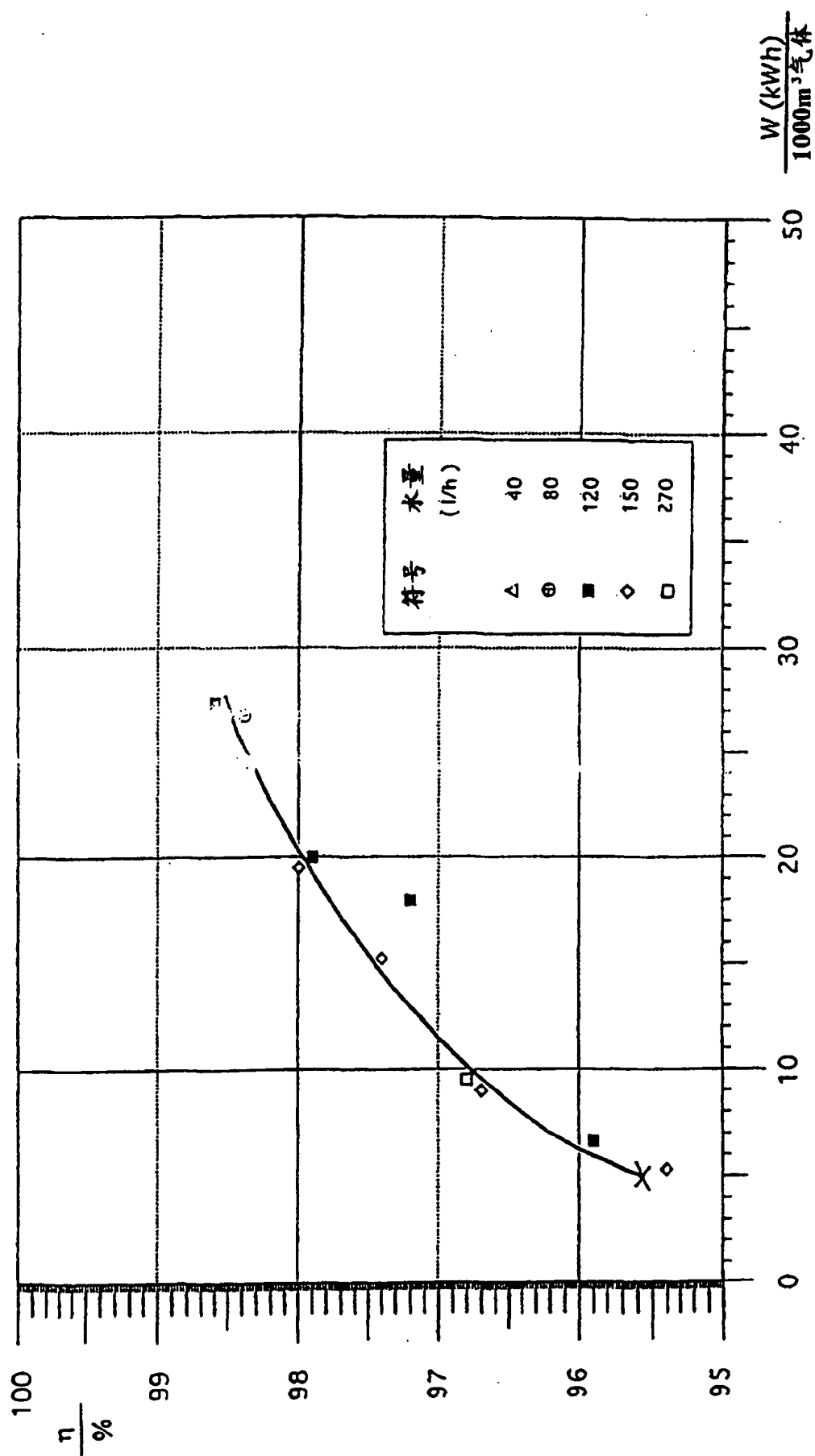


图 7

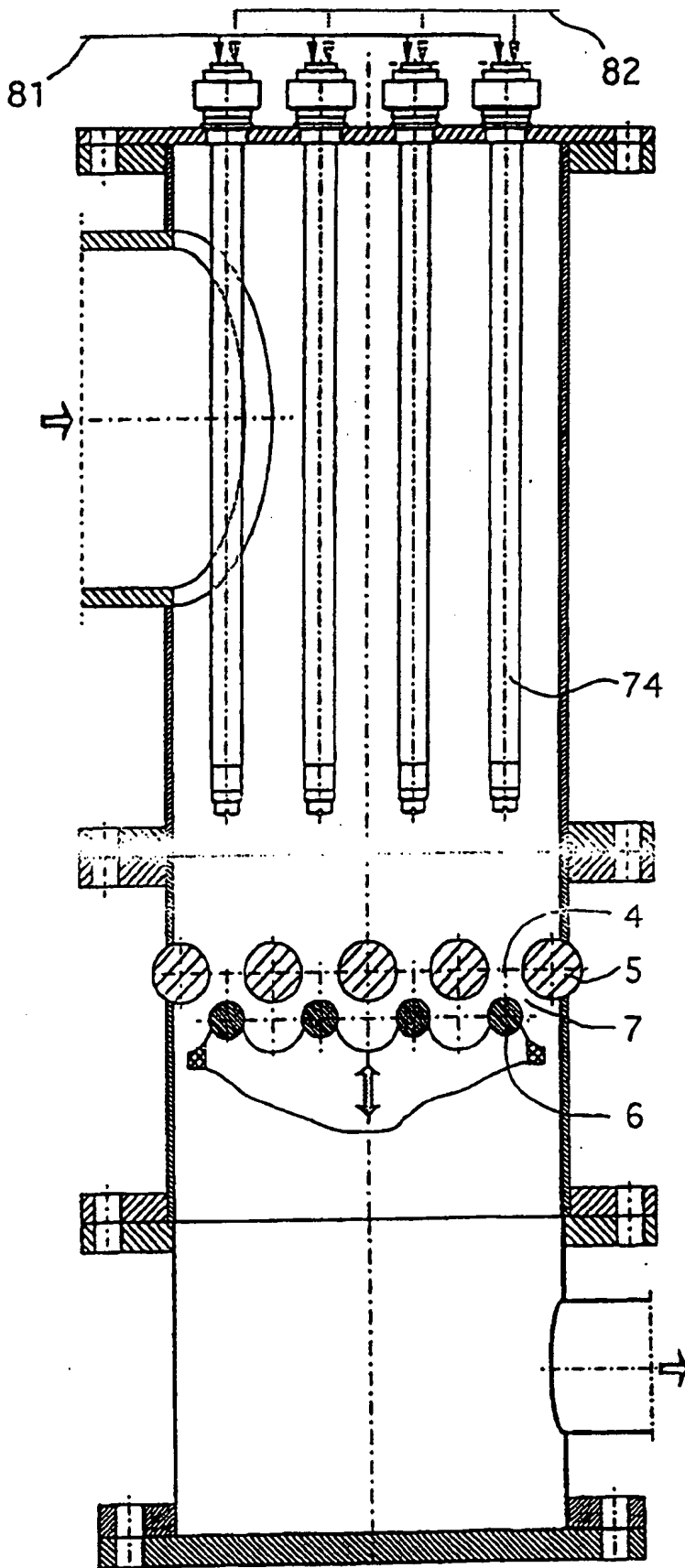


图 8

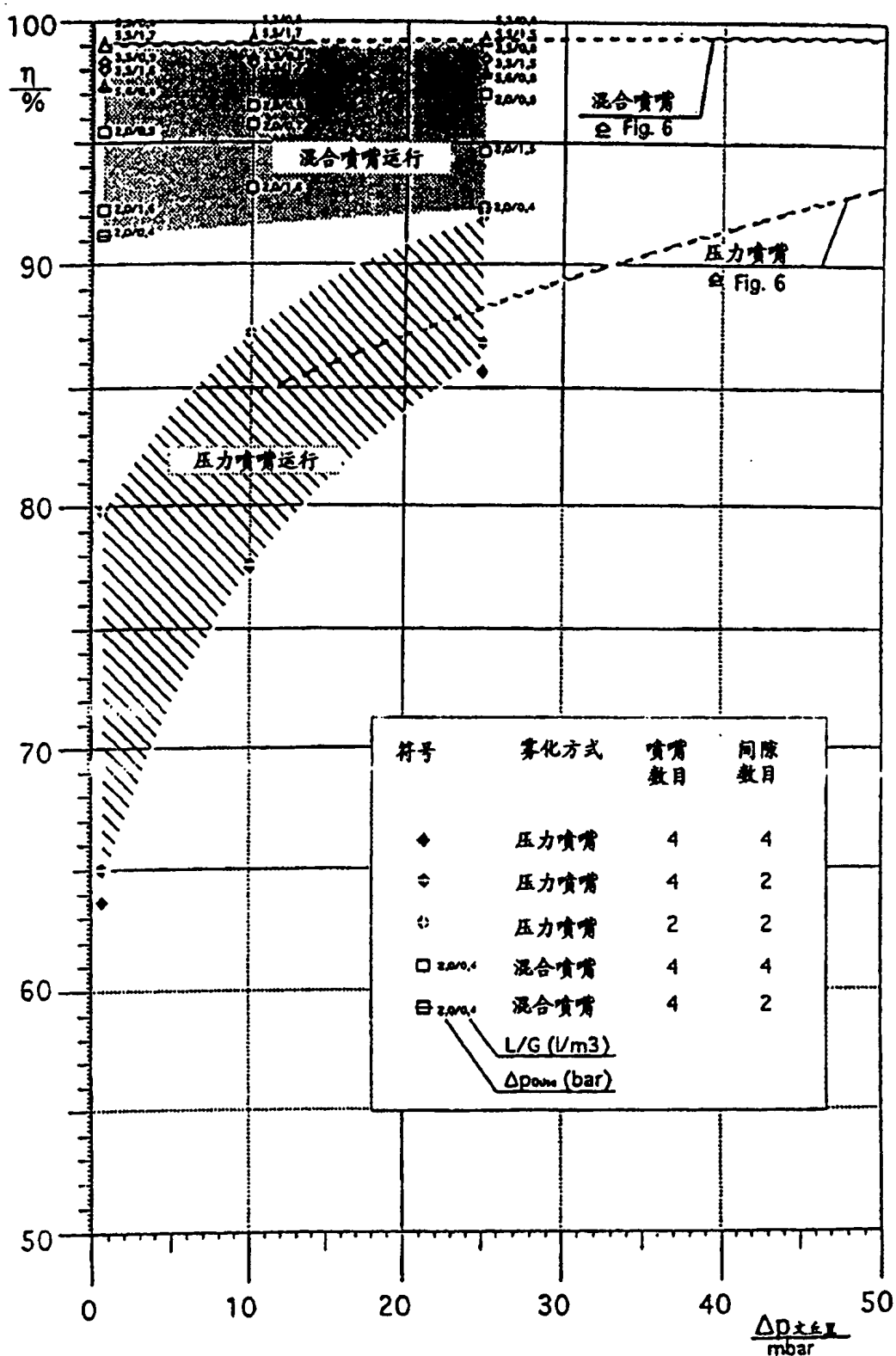


图 9

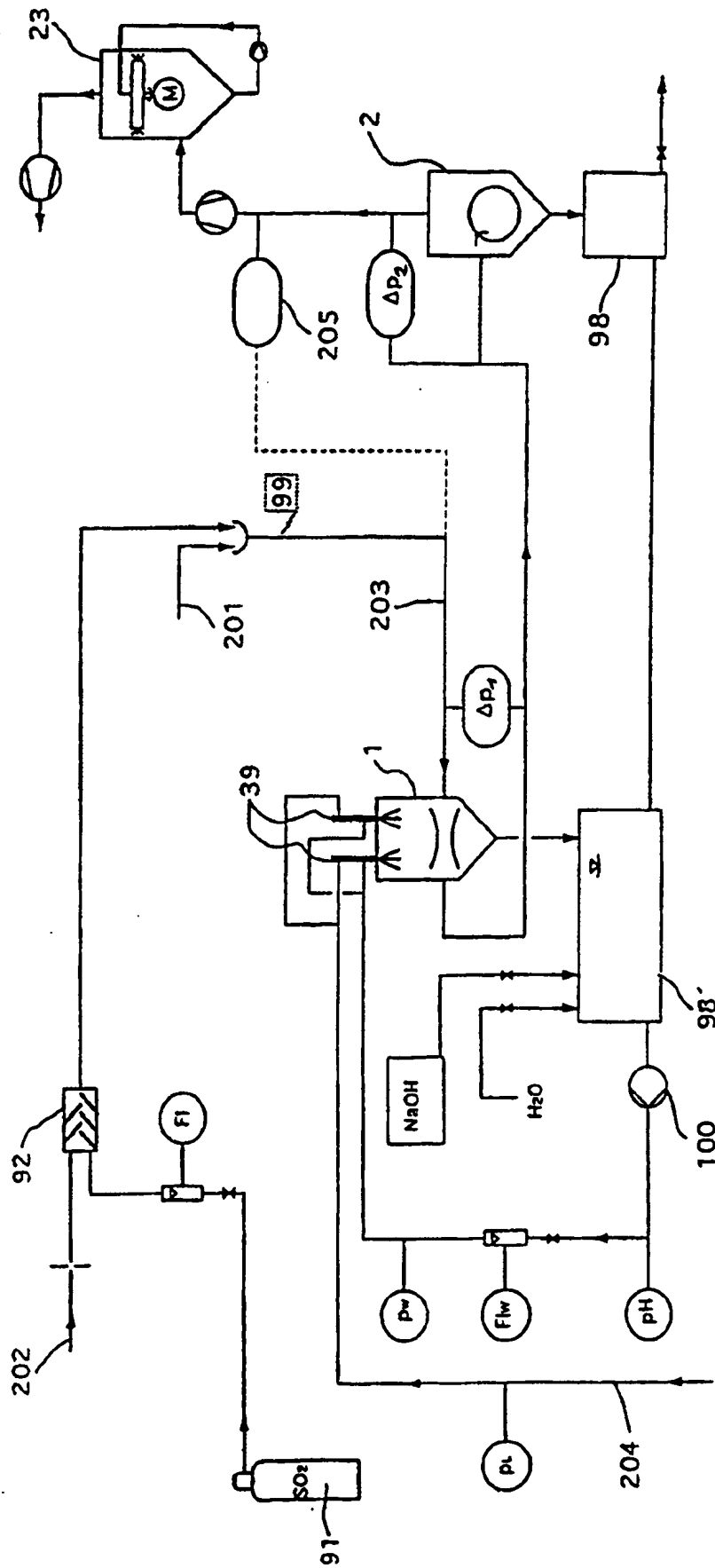


图 10