[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B01D 50/00 (2006.01)

[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820135382.9

[45] 授权公告日 2009 年 10 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 201333367Y

[22] 申请日 2008.8.25

[21] 申请号 200820135382.9

[73] 专利权人 中国石油化工股份有限公司

地址 100029 北京市朝阳区惠新东街甲 6 号

[72] 发明人 盛 新 许世森 郑明峰 李继炳 郜时旺 亢万忠 韩启元 夏军仓

[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 柴毅敏

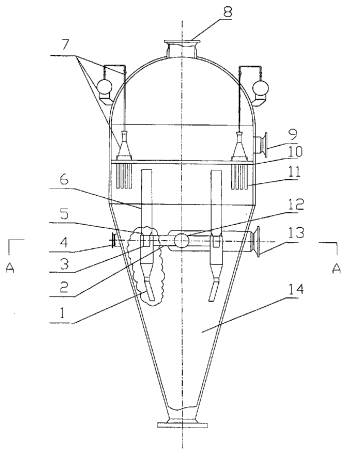
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称

内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器

[57] 摘要

本实用新型的目的是提供一种内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其能够大大减小陶瓷过滤器或金属过滤器中过滤元件的粉尘负荷，同时又避免了已有技术中旋风除尘器和陶瓷过滤器简单串联所具有的“飞灰处理系统”重复，占地面积庞大的问题。 其包括过滤器壳体、管板和至少一个旋风除尘器，该管板上安装有至少一个过滤元件，该至少一个旋风除尘器设置于所述过滤器壳体之内的含尘侧。



1、一种内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，包括:

过滤器壳体，在壳体上设置有气体入口（13）和气体出口（9);

管板（10），该管板（10）上安装有至少一个过滤元件（11），所述管板（10）和所述过滤元件（11）一起将所述过滤器壳体内部空间分成洁净侧和含尘侧，所述气体入口（13）设置在位于含尘侧的过滤器壳体部分上，所述气体出口（9）设置在位于洁净侧的过滤器壳体部分上;

至少一个旋风除尘器，该至少一个旋风除尘器设置于所述过滤器壳体之内的含尘侧，每个旋风除尘器具有旋风除尘器筒体（18）、设置在该旋风除尘器筒体（18）圆周切向的气体入口管（2）、和设置在该旋风除尘器筒体（18）上端的旋风除尘器出口管（3），所述入口管（2）与所述气体入口（13）流体连通。

2、如权利要求1所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，所述过滤元件（11）为陶瓷过滤元件或烧结金属过滤元件。

3、如权利要求1所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，每个旋风除尘器的所述入口管（2）经由一个气体分布器（12）与所述气体入口（13）流体连通。

4、如权利要求1所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于：所述气体分布器具有多个出口，每一个出口设置一台旋风除尘器，即旋风除尘器的数量与气体分布器的均分份额数量一致。

5、如权利要求1所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，在每个所述旋风除尘器出口管（3）上方还设置有一个气体上升管（6），所述旋风除尘器筒体（18）的中轴线与所述气体上升管（6）

中轴线重合，且所述旋风除尘器筒体（18）与所述气体上升管（6）重合，旋风除尘器的气体出口（3）布置在上升管（6）内。

6、如权利要求 5 所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，旋风除尘器的气体出口（3）布置在上升管（6）内，通过出口渐扩段（5）与气体上升管（6）相连。

7、如权利要求 1 所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，所述旋风除尘器筒体(18)与气体上升管（6）不完全重合，在它们之间设置锥体过渡段，锥体半锥角介于 10～45°之间，旋风除尘器的气体出口（3）布置在上升管（6）内。

8、如权利要求 1-5 之一所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，在所述旋风除尘器入口管（2）和旋风除尘器筒体（18）的上方设置屋顶式防积灰挡板（15）。

9、如权利要求 1-5 之一所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，在所述旋风除尘器下部设置有破涡器（16）。

10、如权利要求 9 所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，所述破涡器（16）为十字型破涡器。

11、如权利要求 1-5 之一所述的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其特征在于，在所述旋风除尘器下部设置有料封管（1），增加对向下气流的阻力。

内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器

所属技术领域

本实用新型涉及一种用于过滤工业气体中的灰尘的飞灰过滤器，更具体地说，它涉及是一种内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器。

现有技术

在工业中，经常需要对一些工业气体除尘以过滤掉其中所携带的灰尘，例如在煤气化工业中对合成煤气进行过滤。在现有技术中，旋风除尘技术和陶瓷过滤技术/金属过滤技术都可用于工业气体的除尘。

德国舒马赫（Schumacher）公司最早开发了高温陶瓷过滤器，这种过滤器的原理是表面过滤，过滤主要在表面进行，尘粒的穿透率较低，其除尘效率可达99.9%以上，净烟气浓度小于20mg/Nm3（毫克/标准立方米）。陶瓷过滤器或金属过滤器过滤元件的设计寿命一般为8000小时甚至更低，陶瓷过滤器元件的泄漏不仅影响过滤器本身的性能，导致出洁净气侧的气灰含量急剧上升，这不仅导致除尘效率下降，而且也会造成后续水洗系统结垢堵塞，运行困难，也加大了废水初步水处理系统负荷，造成废水处理困难，严重时整个生产系统被迫停车。又由于陶瓷过滤器或金属过滤器的成本昂贵，所以陶瓷过滤器或金属过滤器的使用寿命一直以来受到人们的关注。气体中的粉尘负荷较高是陶瓷过滤器/金属过滤器寿命过短的主要因素之一，由于气体中粉尘含量高会带来除尘压降高、清灰频繁、从而导致陶瓷或金属过滤元件易破损。

旋风除尘技术是一种成熟的除尘技术，其结构简单、无转动部件，能较好地适应在高温下运行。旋风除尘器利用气流作旋转运动时产生的离心力实现分离，固体颗粒由于质量大，受到的离心力也大，迅速向筒壁移动，与壁面碰撞失去速度，在惯性和重力的作下向下移动，

从而实现气固两相的分离。通过优化设计，目前单体旋风除尘器的最佳除尘效果可以除去 10μm 以上的颗粒，5～10μm 颗粒除尘效率在85%左右。与上述陶瓷过滤器/金属过滤器相比，其过滤效率相对较低，达不到某些工业除尘要求。工业气体（例如合成煤气）中所含飞灰颗粒更细，气体出口侧粉尘浓度要求小于 20 毫克/标准立方米。因此，旋风除尘器一般只作某些工业气体（例如合成煤气）净化的预除尘设备，对这些工业气体中比较大的尘粒进行预分离，减少后续精除尘设备的负荷，从而提高精除尘设备的运行寿命。

专利98105707.1提出了一种用陶瓷过滤器将含有Ｃａ的粉尘除尘的除尘装置，它能抑制过滤器的差压上升速度。燃烧气体用旋风除尘器除尘，经旋风除尘器除尘后的气体进入到具有陶瓷过滤器的过滤容器中，使粉尘被捕捉。粉尘被捕捉后的燃烧气体供入到燃气透平中，进行发电。该专利是将旋风除尘技术和陶瓷过滤技术串联的“除尘装置及其运转方法”，该方法将旋风除尘作为预除尘设备，既利用了旋风除尘能在高温下工作的性能，又降低了陶瓷过滤器的粉尘负荷。但是，该方法只是将陶瓷过滤器系统与旋风过滤器系统各自独立地串联起来，这样做的缺点是陶瓷过滤器系统与旋风过滤器系统各自都需要一套飞灰处理系统来处理过滤后的灰尘。每套飞灰处理系统都体积庞大（如高达数十米）。这不仅大幅增加了设备的费用，而且使系统复杂，降低了系统的可靠性。可见，如何将旋风除尘器和陶瓷过滤器/金属过滤器有机结合起来，既降低陶瓷过滤器/金属过滤器的粉尘负荷，又避免增加庞大的飞灰处理系统，是需要解决的问题。

本实用新型旨在解决高温高压陶瓷过滤器或烧结金属过滤器粉尘负荷高带来的除尘压降高、清灰频繁、过滤元件破损、使用寿命短等问题。

实用新型的内容

本实用新型的目的是提供一种内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，其能够大大减小陶瓷过滤器或金属过滤器中过滤元件的粉尘负荷，

同时又避免了已有技术中旋风除尘器和陶瓷过滤器简单串联所具有的“飞灰处理系统”重复，占地面积庞大的问题。

为了实现上述目的，本实用新型提供了一种内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，包括：过滤器壳体，在壳体上设置有气体入口和气体出口；管板，该管板上安装有至少一个过滤元件，所述管板和所述过滤元件一起将所述过滤器壳体内部空间分成洁净侧和含尘侧，所述气体入口设置在位于含尘侧的过滤器壳体部分上，所述气体出口设置在位于洁净侧的过滤器壳体部分上；

至少一个旋风除尘器，该至少一个旋风除尘器设置于所述过滤器壳体之内的含尘侧，每个旋风除尘器具有旋风除尘器筒体、设置在该旋风除尘器筒体圆周切向的气体入口管、和设置在该旋风除尘器筒体上端的旋风除尘器出口管，所述入口管与所述气体入口流体连通，从所述气体入口经过所述入口管进入到所述旋风除尘器筒体中的待除尘气体被所述旋风除尘器预除尘，预除尘后的气体从所述旋风除尘器出口管流出所述旋风除尘器，从所述旋风除尘器出口管流出所述旋风除尘器的气体被所述过滤元件进一步过滤，过滤后的气体进入到所述洁净侧，并经由所述气体出口流出过滤器壳体。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，所述过滤元件可为陶瓷过滤元件或烧结金属过滤元件。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，每个旋风除尘器的所述入口管可经由一个气体分布器与所述气体入口流体连通。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，所述气体分布器具有多个出口，每一个出口设置一台旋风除尘器，即旋风除尘器的数量与气体分布器的均分份额数量一致。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，在每个所

述旋风除尘器出口管上方还设置有一个气体上升管，所述旋风除尘器筒体的中轴线与所述气体上升管中轴线重合，且所述旋风除尘器筒体与所述气体上升管重合，旋风除尘器的气体出口布置在上升管内。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，旋风除尘器的气体出口布置在上升管内，可通过出口渐扩段与气体上升管相连。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，在每个所述旋风除尘器出口管上方还可设置有一个气体上升管，所述旋风除尘器筒体的中轴线与所述气体上升管中轴线重合，且所述旋风除尘器筒体与所述气体上升管通过锥体连接，椎体半锥角介于 10～45°之间。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，在所述旋风除尘器入口管和旋风除尘器筒体的上方容易积尘的部位可以设置屋顶式防积灰挡板，防止从所述过滤元件清除下来的粉尘沉积在这些部位。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，其中在所述旋风除尘器筒体的下部还设置有十字型破涡器，防止在所述旋风除尘器下部产生气体漩涡而引起二次扬尘的发生。

在本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器中，在所述旋风除尘器筒体的下方还设置有料封管，用于增加气体向下流出所述旋风除尘器筒体的阻力，从而防止二次扬尘的发生。

本实用新型的内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器，可应用于高温高压合成煤气的除尘。

为防止过滤元件滤饼层清除时在旋风除尘器上堆积，旋风除尘器的筒体与气体上升管重合，或者当旋风除尘器筒体与气体上升管不完

全重合时设锥体过渡段，旋风除尘器的气体出口布置在上升管内，通过渐扩段与气体上升管相连。旋风除尘器气体入口上方设置屋顶式结构，防止飞灰堆积。旋风除尘器飞灰出口设置锁气装置。

携尘的合成气经内置的旋风除尘器预除尘后，合成气中的飞灰含量将大幅降低，从而陶瓷过滤器或烧结金属过滤器的过滤元件表面的滤饼层生成速度也将大幅降低，在不改变预设的清灰压降的情况下，可以选择时间间隔更长的清灰模式，由于反吹清灰频率的降低，过滤元件的使用寿命也将得到延长，从而保证系统的稳定运行。

在本实用新型的优选方案中，本实用新型利用已有技术中陶瓷过滤器/金属过滤器、气体分布器、气体上升管及现有的空间，将旋风除尘器紧凑地布置在陶瓷过滤器/飞灰过滤器内，旋风除尘器预分离下来的飞灰直接下落至陶瓷过滤器/金属过滤器的飞灰收集槽中，不需要增加额外的飞灰处理系统，大大减小了占地面积。通过旋风除尘器预除尘后，合成气中的飞灰浓度大幅降低，可以选择更低的过滤压降和清灰周期对过滤元件进行再生反吹，从而延长了过滤元件的使用寿命，也节约了成本。

本实用新型通过对合成气进行预除尘处理，可以在不增加飞灰处理系统的前提下，大幅降低陶瓷过滤器或金属过滤器过滤元件的粉尘负荷，降低其清灰压降，延长清灰周期，从而降低了过滤元件破损的风险，延长了过滤元件的使用寿命。

本实用新型可根据需要，旋风除尘器预除尘效率在小于 **85%**范围内选择。就高温高压飞灰过滤器而言，旋风分离器预除尘效率越高，则陶瓷或烧结金属过滤元件的飞灰负荷量越低，对过滤元件的保护越有利。但旋风分离器的效率过高时，旋风分离器的磨损也随之加剧，经过实验和综合考虑，旋风除尘器的预除尘效率优选选择 **40～60%**。

在下文中，将参照附图对本实用新型进行描述，但本实用新型并不仅仅局限于图中所描述的情形，其中：

附图说明

图 **1** 为已有技术中的陶瓷过滤器或金属过滤器的示意图；

图 2 为本实用新型的内置了旋风分离器的复合飞灰过滤器的示意图；

图 3 为本实用新型的复合飞灰过滤器沿着图 2 中 A-A 线的剖面图；

图 4 为本实用新型的复合飞灰过滤器在图 2 中圆圈所示部位的放大图，示出了与陶瓷过滤器结合的内置旋风除尘器；

图 5 为本实用新型内置的旋风分离器气体入口示意图。

具体实施方式

图 1 为已有技术中的陶瓷过滤器或金属过滤器型的飞灰过滤器示意图，该飞灰过滤器以陶瓷过滤器为例进行说明，但应该明白，该飞灰过滤器也可使用烧结金属过滤器。陶瓷过滤器可用于将煤气化装置中的高温高压的粗合成气中所包含的飞灰在陶瓷过滤器中清除出来。过滤后的合成气中灰尘含量约 1～2(最大 20)mg/Nm^3 毫克／标准立方米。该陶瓷过滤器过滤下来的飞灰经过滤器底部飞灰收集槽落入飞灰放料罐，通过锁斗系统排出。该陶瓷过滤器设置了反吹系统，在陶瓷过滤器的过滤元件表面的粉尘到达预定指标时，该反吹系统利用高压气体对陶瓷过滤器的过滤元件进行反吹再生。

下面参照图 1 详细描述该现有技术的陶瓷过滤器的结构和工作原理。粗合成气或称为携尘合成气从位于过滤器壳体上的气体入口 13、经过气体分布器 12、气体上升管 6 进入陶瓷过滤器的内部空间中。在陶瓷过滤器中，至少一个过滤元件 11 被安装在管板 10 上，管板 10 与安装在其上的过滤元件 11 一起将陶瓷过滤器的内部空间分隔成位于管板 11 下方的含尘侧和位于管板 11 上方的洁净侧，合成气体只能通过过滤元件 11 从含尘侧进入洁净侧，同时被过滤元件 11 所过滤。也就是，由气体上升管 6 进入到陶瓷过滤器的合成气是进入到含尘侧，在这里，合成气穿过安装在管板 10 上的过滤元件 11。气体穿过过滤元件 11 的表面被除尘，飞灰被留在过滤元件 11 表面，形成滤饼层，随着滤饼层增厚，过滤压降将会增加，当过滤压降增加到预先设定值，需要启动清灰装置 7 对过滤元件 11 进行再生，清灰装置 7 包括储气罐、

脉冲阀、和反吹喷嘴等，通过清灰装置 7 在与过滤方向相反的方向（即从洁净侧往含尘侧）对过滤元件 11 组进行脉冲式喷吹实现过滤元件的再生，飞灰将下落至飞灰收集槽 14 中。多个过滤元件 11 的再生可不同时进行，即，其中某个过滤元件 11 被再生的同时，其他过滤元件 11 可继续过滤工作。

通过过滤元件 11 被过滤后进入到洁净侧的洁净合成气由合成气出口 9 排出进入后续工序。

陶瓷过滤器在管板 10 上下两侧即含尘侧和清洁侧分别设有人孔 4 和 8，人孔 4 和 8 方便人的进入，用于设备的安装和检修。

从上述现有技术的陶瓷过滤器运行情况来看，由于携尘合成气中的灰尘含量较大，导致陶瓷过滤元件 11 负荷过高，主要问题有过滤压降大，清灰频繁，陶瓷过滤元件 11 破损等问题，严重影响了整个系统的稳定运行。并且随着合成气流量和飞灰含量的增加，以上问题将会更加突出。而陶瓷过滤元件 11 是相对比较昂贵的部件，所以将大大提高成本。

为解决这个问题，本实用新型提出了内置旋风预分离器的复合飞灰过滤器，即，将旋风除尘器紧凑地内置于图 1 所示的飞灰过滤器（陶瓷过滤器或金属过滤器）内，其充分利用已有陶瓷过滤器或金属过滤器的内部空间，将旋风除尘器内置于陶瓷过滤器或金属过滤器内。下面将参照图 2 对本实用新型的内置旋风预分离器的复合飞灰过滤器进行说明。

参见附图 2，携尘合成气从气体入口 13 进入本实用新型的内置旋风预分离器的复合飞灰过滤器，经过气体分布器 12、旋风除尘器入口管 2 进入若干个并联的旋风除尘器中，携尘合成气在旋分除尘器中被预除尘，预除掉的飞灰通过料封管 1 排入飞灰收集槽 14 中，料封管 1 为旋风除尘器底部落灰的管子，用于在高浓度飞灰下落的同时，减少旋风除尘器中的气体从底部流出。旋风除尘器布置在参照图 1 描述的飞灰过滤器（陶瓷过滤器/金属过滤器）的内部空间内，即，位于管板 10 下方的含尘侧内。优选地，旋风除尘器筒体 18 的纵向轴线与陶瓷

过滤器/金属过滤器的纵向轴线延伸在相同的方向。预除尘或预分离后的合成气通过旋风除尘器气体出口管 3、出口渐扩段 5、气体上升管 6 进入陶瓷过滤器/金属过滤器的位于管板 10 下方的含尘侧。这样，经过预除尘的合成气穿过安装在管板 10 上的至少一个过滤元件 11 被进一步除尘，除尘后的合成气进入到位于管板 10 上方的洁净侧，飞灰被留在过滤元件 11 的表面，形成滤饼层，随着滤饼层增厚，过滤压降增加，当过滤压降增加到预先设定值，启动清灰装置 7 对过滤元件 11 进行反吹再生，飞灰下落至飞灰收集槽 14 中，洁净的合成气通过合成气出口 9 排出过滤器壳体进入后续工序。

为防止陶瓷过虑器滤饼层反吹清除时在旋风除尘器上堆积，优选旋风除尘器的筒体 18 与气体上升管 6 重合，旋风除尘器的气体出口 3 布置在上升管 6 内。或者当旋风除尘器筒体 18 与气体上升管 6 不完全重合时设锥体过渡段（图中未示出），旋风除尘器的气体出口 3 布置在上升管 6 内，通过出口渐扩段 5 与气体上升管 6 相连。

管板 10 上下两侧即含尘侧和清洁侧分别设有人孔 4 和 8 方便人的进入，用于安装和检修。

图 3 为图 2 中示出的本实用新型的复合飞灰过滤器在剖线 A-A 处的剖面图。携尘的合成气从气体入口 13 进入到本实用新型的复合飞灰过滤器，经由气体分布器 12 进入若干个并联的旋风除尘器的旋风除尘器入口管 2 中，在本实用新型中，旋风除尘器的数目为四个，但是应该明白，该数目可以根据需要设置，比如 2 个、6 个或 8 个等等。

图 4 为图 2 中示出的本实用新型的复合飞灰过滤器在圆圈所示部位的放大视图。携尘的合成气从旋风除尘器入口管 2 进入到旋风除尘器筒体 18 中，优选沿着旋风除尘器筒体 18 的切向进入。该携尘的合成气在旋风除尘器筒体 18 中按照旋风除尘原理被预除尘，预除掉的飞灰下落，经由旋风除尘器锥体 17 以及料封管 1 排入飞灰收集槽(14)中。

在本实用新型中，为了防止过滤元件 11 清灰过程中落下的灰尘累积在旋风除尘器上，优选可以在旋风除尘器入口管 2 和旋风除尘器筒体 18 的面向上的表面上设置屋顶式防积会挡板 15。

图 5 为沿着图 4 中旋风除尘器入口管 2 处的横剖面视图，其中合成气沿着切向的入口 2 进入到旋风除尘器中。旋风分离器气体切向入口采用矩形截面流道，携尘合成气在气体分布管直接以矩形截面通道进入旋风分离器中。

值得一提的是，在旋风除尘器的除尘过程中，当有大量的气体从下往上运动时，有可能会携带已经清除的飞灰，引起二次扬尘，二次扬尘是不利的，优选应该尽可能抑制二次扬尘的发生。通常，旋风除尘器的运行状态是经过预除尘的主流气体从上方的出气口管 3 经气体上升管 6 排出，而除掉的飞灰从底部料封管 1 排出。但是，在旋风除尘器底部，有时会有一些气流漩涡脱离主流气体，这些脱离主流气体的气流漩涡不是向上运动，而是随着飞灰向下运动。

引起二次扬尘的必要条件是向上气流的速度大于气流相对飞灰的携带速度。因此，本实用新型在旋风除尘器的下部设置有料封管，设置料封管 1 的目的是增加气流向下流动的阻力，使得旋风除尘器向下气流量在旋风除尘器空间的速度不足以达到飞灰的携带速度。

更优选地，在旋风除尘器锥体 17 下设置破涡器 16，破坏向下漩涡的旋转运动，该破涡器优选为十字形破涡器，该破涡器 16 设置在旋风除尘器锥体 17 的落灰口处。

本实用新型的复合过滤器，在粗合成气进入陶瓷过滤元件或金属过滤元件之前通过旋风除尘对灰尘进行预除尘，这样，合成气中的飞灰含量将大幅降低，从而过滤元件 11 表面的滤饼层生成速度也将大幅降低，在不改变预设的清灰压降的情况下，可以选择时间间隔更长的清灰模式，由于反吹清灰频率的降低，陶瓷滤芯的使用寿命也将得到延长从而大大降低了陶瓷过滤器或金属过滤器的工作负荷，这使得陶瓷过滤元件或金属过滤元件的破损可能大大降低，延长了陶瓷过滤器或金属过滤器的使用寿命。同时由于将旋风除尘器是内置到陶瓷过滤器或金属过滤器中，充分利用了陶瓷过滤器或金属过滤器的内部空间，所以旋风除尘器与陶瓷过滤器或金属过滤器紧凑地整合到一起，使得

装置小型化。另外，还使得仅仅采用一套飞灰处理系统就可满足需要，而在现有技术中采用独立的旋风除尘器和独立的陶瓷过滤器/金属过滤器时，需要两套飞灰处理系统，每个系统经济成本和空间成本都很大。

本实用新型中的过滤元件可以采用“陶瓷过滤元件”也可以是使用烧结金属过滤元件。

本实用新型的“内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器”以使用在煤气化装置中为例进行说明，但是应该明白，本实用新型的“内置旋风预除尘的复合飞灰过滤器”也可以使用在除煤气化装置外的其它场合，例如催化剂回收、贵金属回收等领域。

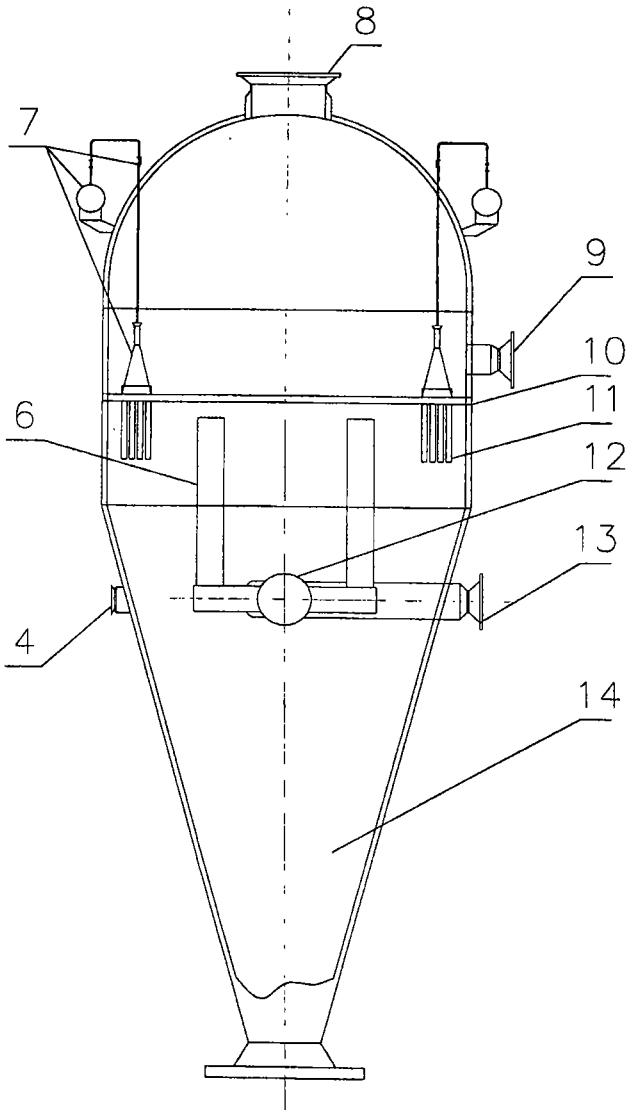


图1

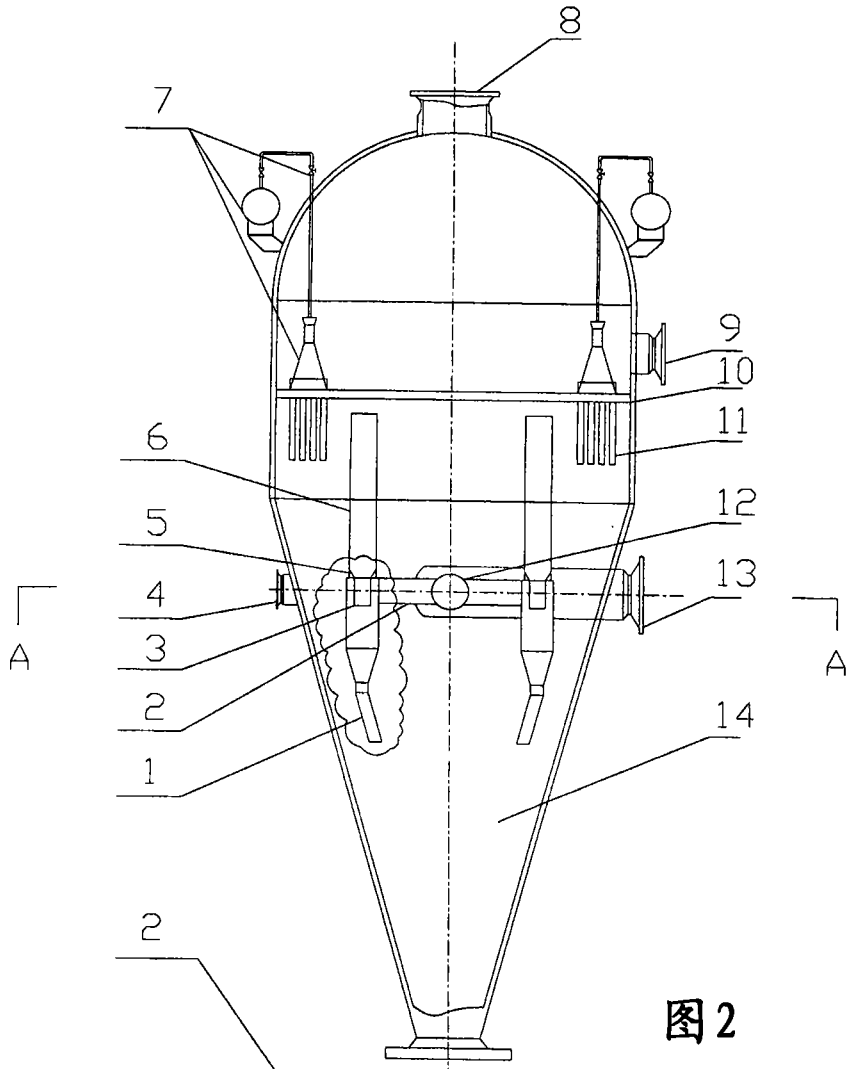


图2

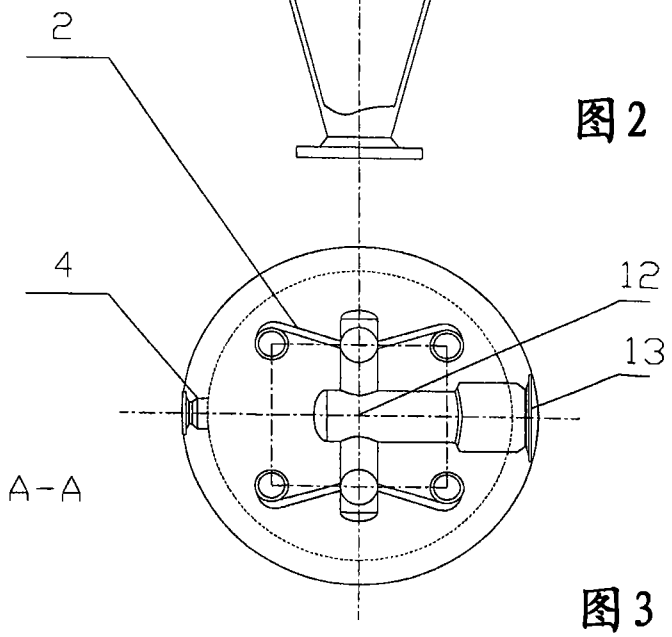


图3

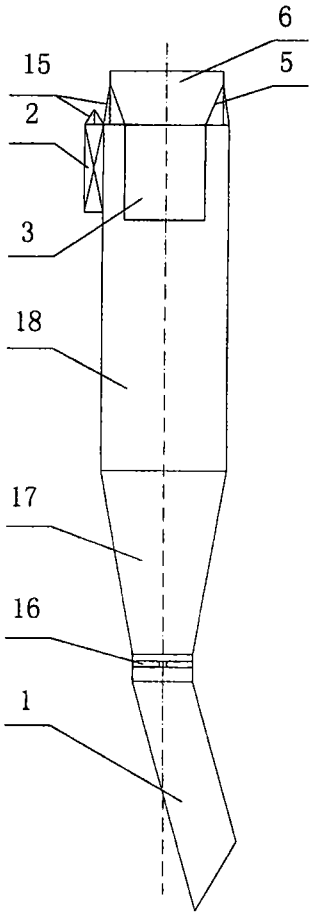


图4

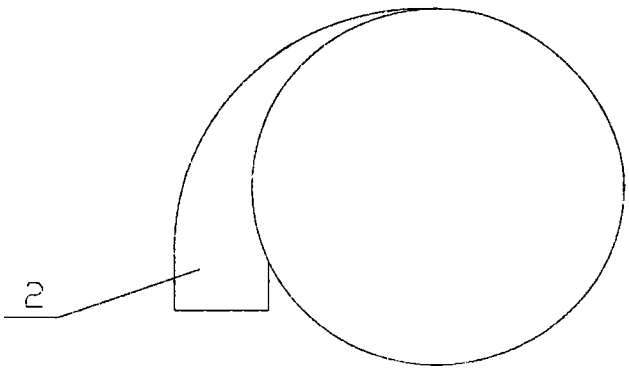


图5