

全新低阻力高分离效率的轻质空气预滤器的设计方案

上海芬创机电技术有限公司 周强 周靖 孙慧 贺璐

内燃机车辆和工程设备的动力核心单元，工作过程中需要供油的同时，更需要源源不断的提供清洁空气，以保证内燃机安全、可靠和稳定的工作。内燃机的进气系统通常由空气滤清器和空气预滤器组成。对内燃机来说，吸进的空气清洁度越高和空气过滤系统阻力越小是保障内燃机发挥卓越性能、降低油耗和维护费用的必要条件。

空气滤清器的主要过滤原件为滤芯，通常使用特殊滤纸通过折叠工艺制作而成，是整个空气过滤系统的主要部件，对空气气流发挥着精细过滤作用；空气预滤器为进气系统的粗滤部件，其主要作用是通过对空气气流内的灰尘和杂质进行预先过滤，达到延长空气滤清器滤芯工作寿命的作用，帮助使用者节约内燃机维护成本和维护时间，降低内燃机出现磨损的风险。特别是在野外和矿场作业的各种工程机械车辆，工作环境极其恶劣，空气中粉尘和杂质含量较高，现场不具备良好的维护和保养条件，配装预滤器的空气过滤系统更是成为必要条件，这种系统的工作原理是：进气气流进入预滤器，通过预滤器的静态旋流叶片时形成高速旋转的气流，高速旋转的空气气流中夹杂的灰尘和杂质在自身离心力的作用下从空气中分离出来，进入积灰箱或从排尘口排出；初步过滤后的空气夹杂着细小的灰尘颗粒进入下一级空气滤清器，进行精细过滤。

现有空气预滤器虽然也有采用静态旋流叶片、排尘转子和排尘口的设计方

式，但静态旋流叶片和排尘口设计方案不合理，导致灰尘预过滤效率低，排尘效果差，空气流动阻力大；排尘转子自身较重，转动惯量大，提速和减速时间长，震动和噪音较大，辅助排尘效果不明显。综上原因无法达到内燃机特别是更高排放阶段的柴油发动机对进气系统大流量、低阻力、高过滤效率的要求。

鉴于此，有必要提供一种低阻力高过滤效率的轻质空气预滤器以解决上述缺陷，满足更高排放阶段内燃机的技术要求，再此前提下，一种全新的低阻力高分离效率的轻质空气预滤器的设计方案应运而生，利用最前沿的流体科技技术和新材料，不仅成功解决现有产品的技术缺陷，更是在细节设计上实现新的突破。

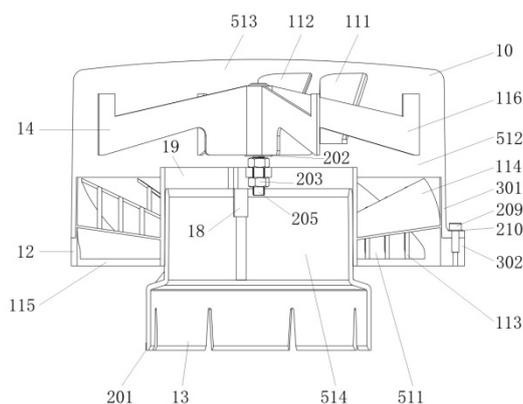


图1

新型预滤器结构图

10 防雨外罩，12 旋流底座，13 出气管，14 自转动排尘转子，113 进气格栅，111 一号排尘口，112 二号排尘口，12 旋流底座，113 进气格栅，114 全新的复合曲面静态旋流叶片，14 自转动排尘转子

这种低阻力低噪音高过滤效率的轻质空气预滤器工作时，空气从旋流底座（12）流入，进气格栅（113）滤除气流中较大的杂物；流入壳体内的气流通过首创的复合曲面静态旋流叶片（114），成为高速旋转气流，利用离心力将气流中的灰尘分离出来，同时被气流推动的自转动排尘转子（14）高速旋转，在双排尘

口(111,112)形成高压气团,将分离出的灰尘吹出去,实现对空气的预过滤功能。

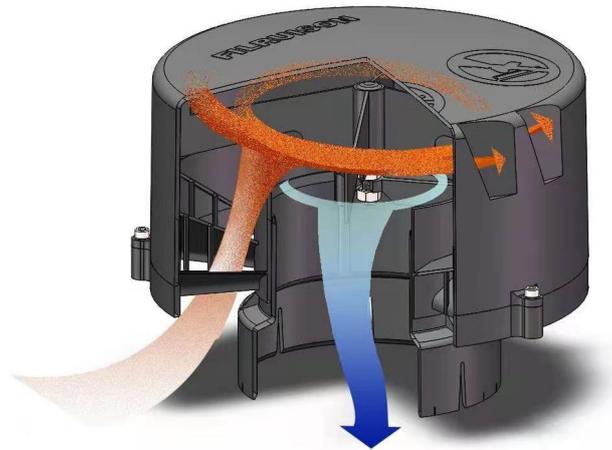


图 2

设计方案中最突出的亮点是整合在旋流底座上的复合曲面静态旋流叶片采用双重直纹曲面和圆角曲面结合组成,双重直纹曲面是由顶端和底部两条异面直线控制的、且两端控制线上对应的两点之间都是由直线连接,不仅仅便于使用中空气流的引导,更便于模具造型与生产中的精度控制,获得纯净的大尺度曲面。复合曲面静态旋流叶片(114)前端引流导向区域(501)可以引导气流从旋流旋流底座(12)的底面(1110)的垂直方向均匀引入气流,前端引流舌板(115)实现对气流的分割,以避免第一进气口处产生紊流,降低阻力。气流通过引流导向区域(501)后,进入旋流导向区域(502),形成高速高能旋流气流;气流继续前行离开引射导向区域((503)时,由于从旋流叶片(505)区域到(504)区域过渡过程中,气流通过复合曲面静态旋流叶片(114)表面的行程距离急剧增加,且气流前进方向仰角也逐步增大,导致气流速度和气流具备的能量从(504)区域到(505)区域急剧提升,基于伯努利定律,流体倾向有高压区域往低压区域移动,外侧气流对内侧气流产生了引射效应,既高速流体周围压力的变化对周围流体产生引射作用。需要指出的是,被外侧高速高能气流产生引射效应的内侧

气流不仅速度会提升，更会转变原来流动方向（图 5），斜向腔体外侧流动（711,712,713），使气流更稳定，方向性更优化的同时，旋流气旋产生更大的离心力，显著提高预滤器过滤效率。由于从（505）区域到（504）区域，气流通过复合曲面静态旋流叶片（114）的行程距离急剧减小，对气流产生的阻力也急剧减小。空气通过这种旋流叶片时，形成高速高能旋风气流，且阻力低。

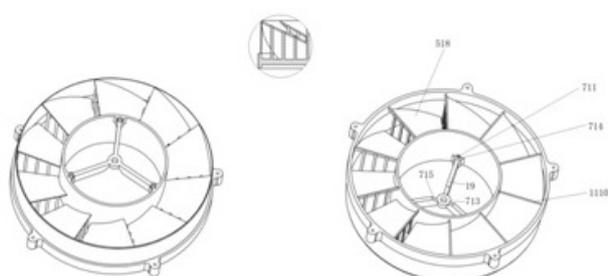


图3

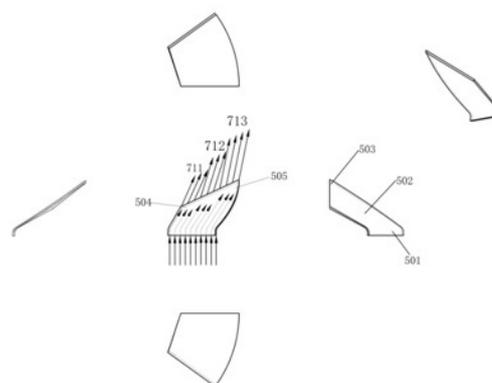


图4

表面采用防静电图层的预滤器高速旋转叶片采用轻质材料制作，配装双轴承结构，不仅转动惯量小，且噪音低，可以在极短的时间内实现低噪音高速旋转和急停。经过复合曲面静态旋流叶片产生的高速高能气流集中在自转动排尘转子（14）外端区域（116），以较小的能量损耗吹动轻质转子快速旋转，分离出的灰尘通过一号排尘口（111）和二号排尘口（112）后排出腔体外。防雨外罩（10）上设置的两个排尘口，排尘口（111，112）与中心轴（17）的夹角为 β ，间距为 L ，分别位于壳体内的不同旋流气体前进方向的横切面上，使排尘更通畅，显著提高预滤器排尘效率的同时，避免对旋流气体的干扰，避免腔体（512）内出现紊流现象，达到实现高效排尘的同时不增加气旋阻力的效果，减少旋流气体的能量损失。；经过预过滤的空气利用防雨外罩（10）顶部的穹顶结构顶面后往中间聚集至腔体（513），迅速流向气压较低的出气管（13）区域（514）。

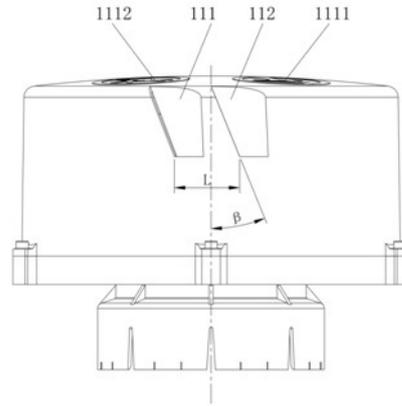


图5

整个设计方案中，除了螺钉、抱箍、轴承和中心轴，其他零部件全部采用全部采用玻璃纤维增强型聚酰胺高温注塑成型，不仅整体重量轻便，且利于大批量自动化生产。

低阻力高分离效率的轻质空气预滤器是满足严格技术标准的新阶段柴油机的空气预处理部件，对降低内燃机动力损耗，降低维护时间和成本有着显著的作用。