

汽车动力总成真空负压过滤系统设计细节解析

大众一汽发动机（大连）有限公司（辽宁 116000） 郭富源 张希波 寇文杰



大众一汽发动机（大连）有限公司一般规划主管、过滤系统级化学品规划应用专家郭富源

近些年，随着汽车行业的飞速发展，集中式过滤系统在动力总成工厂里得到了更广泛的应用。其中，以真空负压过滤系统最为常见。尽管集中式真空负压过滤系统具备了很好的设计与应用基础，但在细节方面仍需要不断优化提高，以不断提高系统运行质量。

负压过滤器依靠泵抽动负压仓内的净液，使液体形成真空负压，提高液体流速。与重力过滤系统不同，其强调液体的连续性，过滤效率更高，更适合大流量集中过滤系统。其控制系统复杂、准确、自动化程度高，多用于处理切削加工所产生的废屑过滤。

负压过滤系统的基本组成

负压过滤系统由初过滤/粗过滤、精过滤/负压过滤、净液箱、系统泵、反冲洗过滤器、换热器及泵组、外部管道及功能管路及环保设备等几大部分组成。下面我们将对各组成部分的功能及设计细节进行分析说明。

负压过滤系统各组成部分的功能

整套负压过滤系统采用三级过滤：

第一级：初过滤/粗过滤，接收从机加工设备泵回的带有加工废屑的冷却液，并对其进行初步分离。

第二级：精过滤/负压过滤，对预处理后的废屑进行精处理，通过滤纸或滤布进行过滤。

第三级：反冲洗过滤器，对泵供出的液体进行二次过滤以满足实际需求，一般切削系统是100 μm、30 μm两种需求。

净液箱在系统更新时和起到破负压，同时满足现场需求的作用。

系统泵是动力核心，直接决定系统的供液压力和流量。

换热器及泵组保证液体温度稳定，通过换热系统降低切削液带回的切削热和机床热量，采用部分换

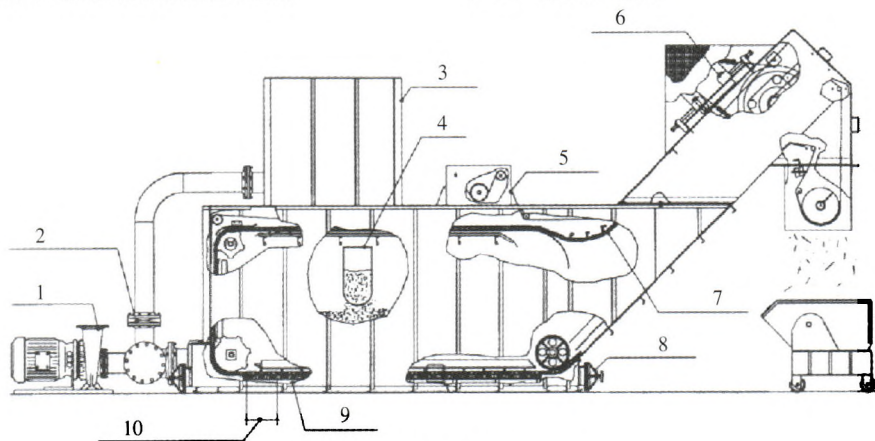


图1 负压过滤机

- 1.过滤/系统泵 2.自动破负压阀门 3.净液箱 4.进口 5.长效滤带 6.驱动站 7.刮板传送链条
- 8.检查孔 9.真空箱 10.可调节支撑

热原理。

外部管道实现切削液的供与回。功能管路实现一些特殊的作用，如虹吸排气管路和冲洗管路等。

环保组件包括离心式甩干机和烟雾收集系统等。离心式甩干机主要用于废屑的甩干，降低废屑带液量，保护环境的同时降低了运行成本。烟雾收集系统作用是过滤收集烟雾，降低对环境污染和对人员健康危害的同时，降低了切削液消耗量。

负压过滤系统各组件设计细节

过滤机各组件之间存在着很大的依存关系，各组件相互影响，相互制约，任何一个组件的问题都会导致整个系统的瘫痪。我们将按照切削液流动的过程对设备各部件进行详解。

在介绍分析各组件细节前，我们先关注一个概念周转时间或周转率。简单来讲，液体在一个槽体里理想化的存在时间。在下面的内容中我们将经常提到这个概念。

(1) 初过滤/粗过滤：针对不同材质的废屑，采用不同机械结构的初过滤。

铁金属由于其密度较大，采用重力沉淀方式对切削液带回的铁屑进行沉淀，再通过电动机带动贴在箱体底部的刮板链条将其刮出，切削液通过上部的溢流口溢流到精过滤中。沉淀的效果与切削液在初过滤里的周转时间直接相关，不难理解初过滤箱体体积越大，铁屑沉淀的效果越好，后面几级过滤的压力也越小。在场地、成本允许的情况下，槽体体积等于理论沉降时间乘

以过滤设备每分钟流量。

铝合金由于其密度较小，多采用通过式预处理方法。通过格栅板将箱体分为两部分，电动机带动贴在格栅板上的刮板链条将上箱体无法通过格栅板的铝屑刮出，切削液通过格栅板进入下箱体，流入精过滤中。格栅板的精度很大程度上决定着预处理的铝屑尺寸和量。这样可以最大程度地避免较大的特别是成团屑进入精过滤引起浮屑现象。近些年由于泵技术的革新，回流泵增加了切断废屑的功能，也有部分设备选用重力沉淀方式作为初过滤。

排屑头的设计在刮板链条式箱体上也是很重要的一部分。较长的排屑头可以延长废屑脱离液体后被排出的时间，达到较好地沥干效果。同时，在刮板上开小槽孔可提高沥干效果，减少废屑中切削液的携带量，如图2、3所示。

(2) 负压过滤/精过滤：负压过滤器作为整个过滤系统的主过滤使用，箱体通过格栅板分为上下两部分。上部箱体体积较大，接收从初过滤流入的带屑切削液，切削液通过格栅板上的滤材（滤纸或滤布）进入下部仓体即负压仓，废屑留在滤材上。系统泵从负压仓将切削液抽出供往下一级过滤。

负压过滤机容量的大小由过滤

面积、系统周转率决定。为获得合适的过滤效果、充足的流量，需要根据需求量和过滤精度来计算过滤面积，从而设计其平面尺寸（长和宽）。再根据整个系统的周转率设计槽体体积（高）。

与初过滤一样，采用电动机驱动刮板链条来排出废屑，同时更新滤材。

(3) 系统泵：系统泵根据需求压力和流量进行设计，采用多用一备的组合，使用变频技术，保证供液压力稳定，同时降低能耗。

系统泵在负压过滤器上的吸口多设计在远离滤纸滤布进入一侧，这样随着滤饼的不断增厚，可以获得较好的过滤精度。

(4) 反冲洗过滤器：由于负压过滤器过滤过程中或滤材更新过程中会出现废屑从滤材边缘泄漏的问题。而与负压过滤器相比，反冲洗过滤器可以获得更稳定的过滤效果。

目前市场上常用的反冲洗过滤器主要有两个品牌：Hydac与Boll&Kirch。两者各有优缺点，Hydac产品采用液反冲原理，反冲效果良好，单体流量大，维护方便，但有压力波动；Boll&Kirch产品采用压缩空气反冲原理，优点是无压力波动，但反冲效果一般，单体流量较小，维护不方便。

负压过滤系统常安装100 μm和

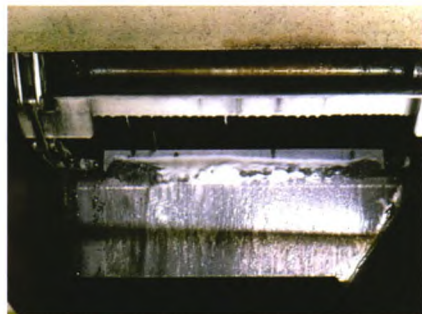


图2 短排屑头，刮板未开槽

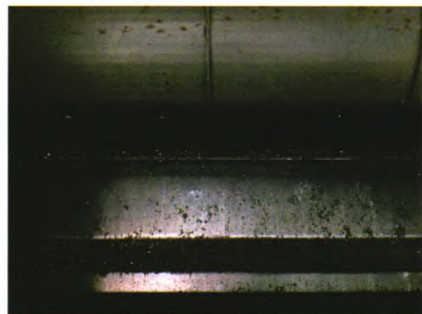


图3 长排屑头，刮板开槽

30 μm 反冲洗过滤器。100 μm 过滤的切削液主要用于机床冲洗，30 μm 过滤后的切削液主要用于刀具内冷。业界在是否需要安装100 μm 反冲洗过滤器的问题上有一些争议，大多数人认为负压过滤机过滤精度已经可以在100 μm 以上，无需增加100 μm 反冲洗过滤器。针对这个问题将在功能管路部分证明安装100 μm 反冲洗过滤器的必要性。

(5) 净液箱：由于系统更新时，刮板需要拖动滤材和废屑前进，这时必须需要破负压以保证滤材能顺利更新。此时系统泵无法从负压仓获取切削液，因此需要由净液箱提供破负压以及滤材更新期间机加机床设计需求的流量。净液箱的体积设计一般略高于系统一分钟内的供应量。

(6) 换热器及泵组：负压过滤系统由于其连续供液，而且供液量较大。因此，从结构上，无法实现对净液的整体换热。设计上采用部分换热的原理，按照供液流量的10%~20%抽取进行换热，换热后再回到主供液管路，对供液管路内的切削液进行冷却。这样既可保证供液温度的稳定，又避免流量的损失。

(7) 外部管路与功能管路：外部管路是系统与机加机床沟通的媒介。同时，受到过滤系统和机加机床双方面的制约。供液管路在此不做说明。

随着环保要求的不断提高，传统地沟式回流已被地上管道供排所取代。根据废屑的材质和尺寸，一般铁金属加工采用压力回流方式，也有部分特殊情况采用重力回流方式，但需要增加很大的冲洗流量；铝合金加工，由于其材质软、重量

轻，加工会形成较长的切屑，传统多采用重力回流方式。近些年，随着泵技术的革新不断革新，特别是回流泵增加了切断废屑的功能，铝合金加工也可采用压力回流方式。重力回流多采用1.5%坡度的大管径管路进行回流设计，针对铁金属需要分段增加冲洗以避免废屑在管道内沉积；针对铝合金只需要在尾部增加一个大口径冲洗管路即可。回流支管连接到主管时，需要保持一定的斜度，以保证液流动的方向，并减少冲击。回流方式也直接决定了机床所要选取的回流泵的扬程。

功能管路，包括净液箱补液、虹吸排气和冲洗等管路。主要是吸口位置设计：净液箱补液管路由于其流量较大，要特别注意对整个供液管网压力的影响，可根据实际运行需要调节管路上的流量调节阀进行控制；虹吸排气管路及冲洗管路吸口的选择需要注意防止过多的废屑进入。实际运行时，我们已经发现如果虹吸管路吸口选在系统泵出口，在虹吸前安装的Y形过滤器会经常被大的颗粒堵塞，因此，建议安装在100 μm 反冲洗过滤器后。这一问题也说明负压过滤系统并不是我们所想象的理想状态，如果不安装100 μm 反冲洗的话可能还会产生后续一系列的问题，如堵塞机床喷嘴等。

环保组件中，离心式甩干机需要根据设计产生废屑的重量、材质和形状进行选择。烟雾收集系统根据过滤系统内非液体占用空间进行设计，建议采用分离式进行过滤回收。在一些工厂使用集中式进行回收，由于各过滤机内切削液的品种不同，因此无法达到回收再利用的目的，虽然可达到环保的要求，但

会产生一定量的废液。

以上我们主要介绍了各组件的设计细节。最后，我们说明一下前面提及的整机周转率的概念。整机周转率一般根据系统每分钟流量的10~15倍来计算，可根据具体加工材质进行选择，铸铁类建议在机床需求流量基础上增加30%余量，铝加工建议增加20%余量，冲洗流量另行计算。据此，也可推断出整个系统的总容积。

负压过滤系统流程控制

过滤系统运行的稳定性与流程控制息息相关，各组件如何协调工作是系统的核心。专业的规划人员与设计人员需要对切削液如何在各组件间流动、过滤的主要过程和关键步骤有充分的了解和认识。需要结合现场实际运行经验总结，提出有关过滤系统电气程序优化的建议，以不断增强过滤系统的可操作性和稳定性。

结语

真空负压集中过滤系统作为最广泛应用的过滤系统，其在动力总成工厂里的重要地位是不可忽视的。为了保证其运行的平稳可靠，需要充分了解其原理，各组件功能及设计细节。这样才能为规划、运行保证工作提供良好的帮助。

尽管真空负压集中过滤系统应用已有多年的历史，技术也日臻成熟，但由于其属于非标设备，会根据用户的具体需求有一些变化，因此在现场应用时也会有这样或那样的问题，在规划与设计前期，把握住每个设计细节将大大提高实际应用效果。MW

(收稿日期：20140515)