

Duraflow 管式膜对细微颗粒物的去除

概述

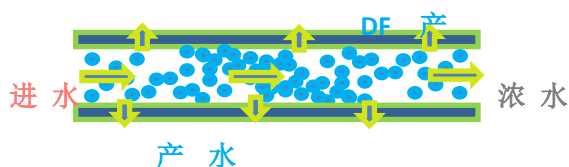
Duraflow 管式膜有着广泛应用。其涉及的领域从最早的重金属制造业到后续的颗粒物的去除，从浓水脱盐到化工废水的零排放，根据使用领域的不同，其使用要求也有差异化的同时，基本概念的确是万变不离其宗，总是带有标志性的 2 级 PH 调节池外设一个浓缩池配备一定数量的膜装置的特点。

管膜的使用

管膜顾名思义就是像管子一样的膜，这类膜直径有大有小，DF 膜属于管径比较粗壮的管式膜，主要考虑的是管膜实际操作时候的物理性质更符合其现场实际情况。多年的工业发展基本上是生产设施的大跃进，而相对来说，环保设施的革新及相应产业的规模性质的发展都比较滞后，造成多数的废水处理现场环境条件要求苛刻，操作条件也不尽人意，管式膜正式基于这个前提条件的技术的扩张。



DF 膜管截面图



过滤过程工艺示意图

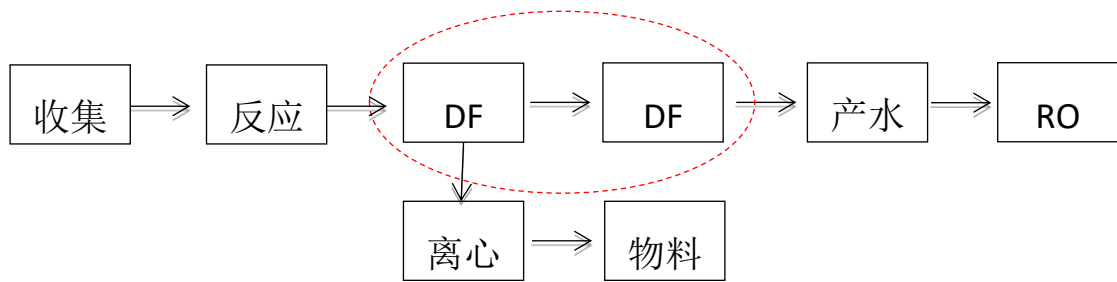
早期的管膜是应用在 RO 前段的市水预处理。膜科学家们发现管膜在处理废水上有独到的特点，逐步将其用到废水处理及回用的领域，大幅度提高了其使用的价值。DF 膜是管式膜的先驱，在 2000 年初 DF 膜进入到中国市场，之后在电子、电镀等制造业领域得以扩张。

废水的领域非常宽泛，DF 管式膜都有所涉及。不同的领域主要表现的不同点在于产水率。根据不同领域的使用情况及总体表现，我们单独谈谈管式膜在颗粒物直接分离领域的表现。

半导体含钽废水

半导体含钽废水其主成分五氧化二钽具有较高的回收价值。一般都采用传统的离心机进行物料筛分，但传统方式效率较低，也同时造成回收率较低的问题。采用 DF 膜对其进行直接过滤有效的解决了上述的问题，不仅能将物料进行有效回收，也能将分离的废水纯化后返回生产线再利用，增大了回收的效益，做到物料再利用的同时，也达到了节能减排的目的。利用管式膜的高浓缩倍数对回收物直接截留或筛分是 DF 膜其中的一个特色，不同的料液经过多次浓缩后其浓缩百分比有所差异，这种管膜最高的浓缩比以干物质计算可以在 3% 上下。正是利用了管膜的这个特性，使其在一定粒径的颗粒物筛分上得以发扬光大。

针对这类废水的回收物料回收及废水再利用的过程工艺图十分简洁，总体过程工艺不用加药、预沉淀等工艺设置，就是直接膜过滤的过程。



该废水站利用了原有的收集池和反应池的基础上进行了二次改造,从图上看到只在原基础上加设了 DF 膜系统即可。

这也侧面说明了该膜具备的另一个特点:加设简单、易于对旧有环保设施的增容及改造。只需在原系统池上加设膜系统,具体水量根据膜数量的缩减或增加后就能较为理想的做到废水排放的再利用及环保站的升级。

就微滤膜本身的性质来说,只要将其合理的利用到对应的废水上,微滤再后续 RO 等深度纯化设施即是废水再利用的最好诠释方式之一。上述的图例其实不完全反应了微滤膜集约占地,控制及改造的简易化特点,细看可以分析到微滤也是最好的 RO 前置设施之一。

能够将废水纯化脱盐,并将废水过滤后再利用到生产线上,可以说 RO 是不二之选。目前市场上有针对各种含盐废水的 RO,但无论哪种类别的 RO,其前处理要求都是雷同的,就是基本的 SDI 要求,经过理论测算和长期的现场实践,SDI 的要求都必须小于 5 才能使 RO 满足长期稳定运行的要求。可以看出,无论何种废水的回用,RO 其实是显而易见的核心工艺,即使 RO 发展了 50 年,有各种前置的预处理工艺来为 RO 做铺垫,但是基本上各类工艺都是针对进水为市水的处理工艺,废水再利用是近 10 年间逐步发展起来的工艺,DF 膜正是在此期间进入到这个工艺布局,显示了其独到的特点和强大的优势,注定其在废水再利用方面的生命力。

在这个半导体含钼废水回收项目上,DF 的用途可以说是完成了多个目的点,1. 含钼废水的再利用,2.大幅度提高了金属钼的回收率 3. 节省了再投资扩容的占地要求 4. 工艺改造的简约化及工艺排布自动化的可行性。就上述四个要点来说,这个项目完全发挥了管膜具备的要素,彻底体现出了管膜的特性,DF 为核心的膜系统是技术结合现场的范例。

举例过去的离心机进行钼筛分,该离心机为日本进口离心设备,筛分效率已经较高,但是废水量较大的情况下,对每小时近百方的废水进行直接筛分,就存在能耗较高和筛分损失等问题,同时,离心机的筛分粒径有限,废水经过离心设备后是无法进入 RO 膜进行深度纯化的,造成节能减排单位的管控。采用 DF 膜后,金属钼粉末被浓缩成为浆状物,再放置到离心设施进行筛分,大幅度提高了进入离心设施的浓度,使筛分时间仅为过去的 10 分之一,有效了提高了金属钼的回收率。

经过离心设施的筛分废水再此返回到 DF 收集池,而 DF 后过滤的废水则进入到 RO 进行深度处理并返回生产线回用。RO 浓水则可以直接排放。

DF 膜通量

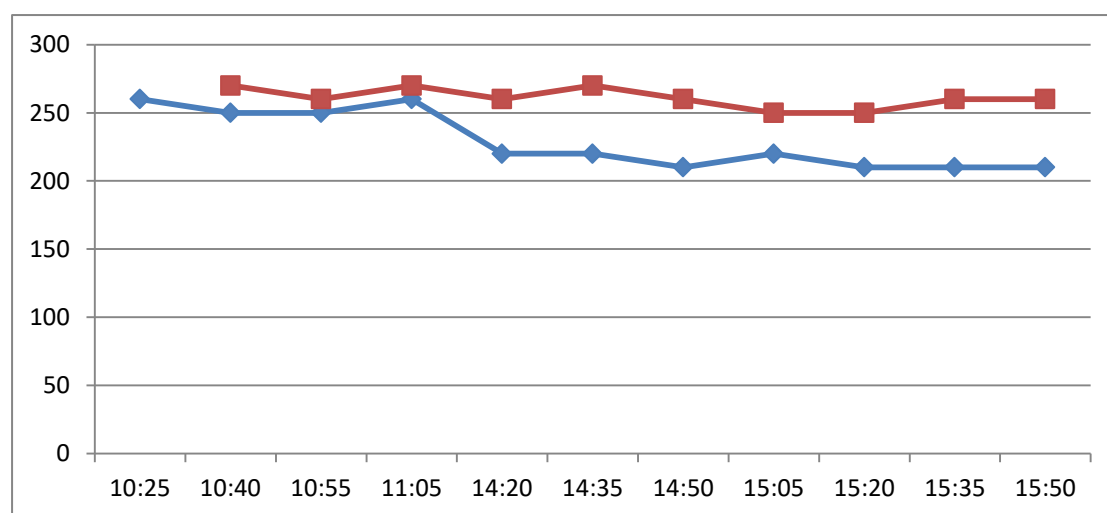
引入通量这个概念更多的是为了阐述单位膜面积的过滤能力。目前不少使用者将其与膜单位时间产水量相混淆,这是因为多数系统上马后,都是直接从相应的流量计等设施上读取产水量数值,从而已忽视膜通量理论意义上的结果。

我们在该项目上也是根据实际应用的产品数量所反应出的产水量数值进行的现场记录，以反应 DF 膜在实际不同项目上的表现。比如在半导体含钼项目上，由于含钼的颗粒物非常细，而且大小粒径不均匀，这就使膜的通量表现结果根据领域的不同而有所不一。使用者多会关心膜产水通量有多高，而忽略了 DF 膜针对的是千变万化的废水，废水中各种条件是参差不齐的，牵扯到的 COD、粒径大小、金属含量、硬度等条件千变万化，很难用一个标准的通量数值来涵盖这个膜的表现结果，为此 DF 才提出了“实践是决定 DF 膜的使用特点”这个结论。

通量不是在于大或者小，诚然高的通量会节省投入的成本。但目前应对的越来越高的环境要求，采用何种先进的工艺技术来解决棘手的回收回用及排放问题，使人们已经清醒的认识到的好的技术如果是耐用的并立竿见影的产生效益，那么投入就是必要的了。无疑 DF 膜是符合这个前提的。

下列通量表可以看出，DF 膜在该类废水回收和金属回用率上的表现

通量对比表如下图：



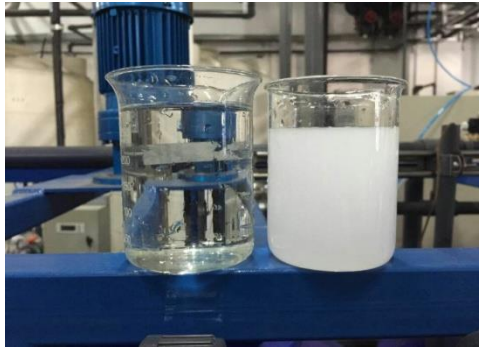
蓝色曲线为脉冲前通量，红色曲线为随时间改变后的脉冲后通量。

在含钼类废水细小颗粒物筛分上，DF 膜的通量保持在 250-350 升/小时恒定的基础范围，维持时间为 2-3 周，也就是 2-3 周针对膜系统进行化学清洗。定期的脉冲对膜通量恢复的效果理想。

产水水质

DF 管膜产水质量高，这也是 DF 管膜一步过滤到位的核心特点之一。膜过滤的主要特点是在一定通量的维持度保证好优质的过滤效果，就这方面来说，管膜在一定的废水进水水质条件下具备其它产品不具备的优势。在诸如 5000 SS 的较高悬浮物的条件下，管膜的出水浊度可保持在小于 1 的浊度，类似于 SDI 小于等于 5 的条件，这个条件下的水质是能够满足反渗透进水标准的。

而直接过滤一定粒径的悬浮物是管膜应用在半导体研磨、切割和含钼类废水的具体表现，半导体含钼废水粒径小而细密，在过滤过程中细密物质的叠加会迅速使过滤泥饼层增厚，增大垂直过滤渗透阻力。而 DF 管膜的宽流道及定时脉冲等特点，使过滤过程中的纳污性更强，并通过定时脉冲将附着在膜表面的污染层驱除，使膜系统更持久均一性的产水。



管膜过滤含铅废水的图片对比

从通量对比表中可以浏览到脉冲前后的通量对比。与反向用水流进行反冲不同，DF 管膜利用压缩空气，通过膜管的外管壁对内壁的附着污垢进行冲击，这种冲击是利用空气的振动力进行均匀分布水力，将膜管内壁的污染物进行类似爆破擦洗的过程，也就是脉冲清洗的过程。这种空气冲洗的效果对去除这类细微颗粒形成的膜阻塞很有效果，这是由于搭配 DF 膜特殊的孔结构的原因。DF 膜孔的特殊结构，其采用空气振动擦洗的效果使脉冲效果更明显，效率更高。

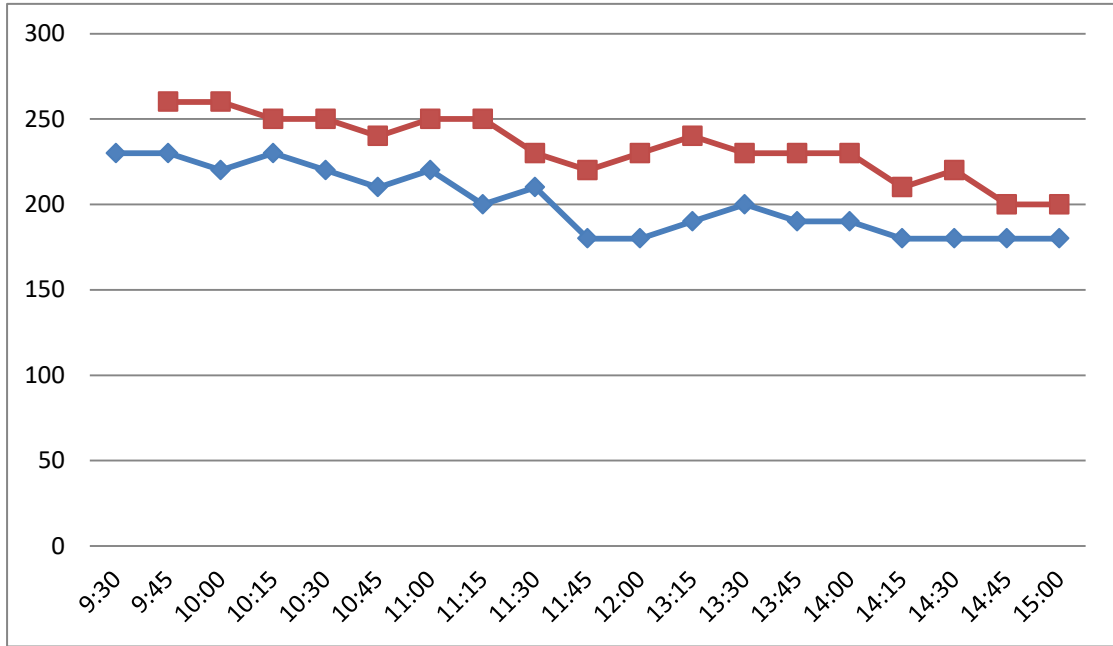
化学清洗

化学清洗的耐受度决定了膜的使用效果及使用持续能力。DF 膜由于其构造的坚固程度及材料特性决定了其具有较高的化学药剂耐受度，从而使其即使在较为严重的污染条件下也能通过化学清洗恢复使用效果。

常规的酸碱氧化剂等清洗药洗就可以去除常见的膜污染，但由于一般膜对酸碱或氧化剂的耐受浓度较低，这个特点就会使清洗药剂的种类复杂化或者针对性较强，而且往往造成膜的清洗效果不佳，通量恢复不可逆等特点。而 DF 管式膜具有的耐受性和耐化学性的特点，使其能够采用高浓度的酸碱和氧化剂的浸泡和循环清洗，通常所说“DF 管膜没有不能通过清洗使通量不能恢复的时候”就体现了 DF 管式膜在化学清洗之后通量恢复完好的特点。清洗之后的通量恢复率不会因为使用时间的长短而有所改变，一个系统即使使用了几年后，循环往复的清洗也不会改变其通量恢复率。

在半导体含铅项目的过滤，需要考虑到含铅废水过滤后污染层的清洗问题，五氧化二钼类的粉末长时间积累并附着在膜层表面会造成膜通量逐渐下降，此时就需要采用化学清洗恢复膜产水量。一般膜过滤这类物质后，采用常规低浓度的酸碱或氧化物进行清洗很难再现起始通量。但采用 DF 膜后，清洗药剂的浓度范围宽泛很多，使用 5% 的强氧化剂对系统进行循环后，即可投入使用，并回复起始产水量。

下列是 DF 膜系统的清洗恢复通量效果（红色为清洗后通量，蓝色为清洗前通量）：



常规的过滤膜由于膜管通道小无法采用有效的清洗方式，会使五氧化二钽污染层在膜内侧堆积厚度加深，导致过滤通量越来越低，而无法过滤。从这点也可以总结出常规膜在工程应用上的使用要素，1. 产水效果 2. 通量稳定性 3. 通量恢复率



连续使用了 5 年膜截面物理状态截面

DF 管式膜在上述的 3 要素中都达到了较为理想的状态。从上述的图片中可以看出，DF 过滤截面即使在长期使用的情况下具备：1. 过滤截面干净。这个特点说明 DF 的截留孔径均匀细小，任何大于膜孔径的细微颗粒物都被 DF 管膜截留。2. 膜孔径的结构也是决定膜化学清洗效果的要素。DF 膜特殊的膜孔径结构使化学药剂更容易透过膜支撑层表面，其清洗的简易度要比某些膜层致密结构紧密的产品要容易的多。3. 长久而反复的进行化学清洗的耐受性。这点来说 DF 膜的化学耐受性是已知的有机膜中耐受性最强的产品，也正是具备这个因素使膜在任何污染的环境下都能恢复其初始通量值。

在半导体含钽废水中，通量恢复到初始值所采用的化学药剂清洗浓度及使用频率如下表。

清洗药剂种类	HCl	NaOH	NaOCl
浓度	5%	3%	5%
清洗频率	每周	每周	每周

酸碱及氧化剂的清洗是解决膜污染严重后通量恢复的最佳方式，但是同时对膜材质的耐

受性提出了较高的要求，也是对膜的考验。在这一点上 DF 膜具备了同类膜产品不具备的特点。

十年来，结合工程实践及施工的要求，使 DF 管式膜在各类废水领域得到广泛使用，但其使用的前提都是 DF 膜本身所具备的性质特点为铺垫的，其工程施工所需要泵的选型，搭建要素，及各类主要的工程建造要素等系列都围绕 DF 膜的特点作为核心。

固然管式膜的结构特性和工艺特点使其在工程建造中对总体的建造要求不是十分苛刻，也正是这点是 DF 膜得以较为广泛的应用在工业废水处理及回用上。但坚固耐用及工艺要求的宽泛性并非意味着工程建造中的工艺要求就不重要了，甚至有些工程建造者根据自己的意图完全对膜工程建造中的注意事项予以忽略，以自己所理解的方式对 DF 膜进行组装和搭建。DF 膜系统的搭建是有其固定的要求的，每个使用者在系统建造之前需要充分考虑到这些使用要求，并根据现场提供的运行条件进行合理的对比，之后对无法满足组装和运行要求的地方做出分析及符合膜工艺运行要求的改变。下图的五氧化二钼系统的运行图例是典型的 DF 膜建造图例，从中可以看出 DF 系统是有其固定要求的，无论从系统的排列、放空、及管路尺寸等，建造者在建造之前最佳的方式是同膜提供者就各方面进行良好的沟通和文字备案，以期待膜系统建造无误。



DF 膜一贯所强调的耐受性、耐化学性及通量维持度，领域使用性能等也都是以上述的内容作为展开的。这也是 Duraflow 管式膜的意义所在：坚固耐用，和适合工业领域使用的产品。

美国 Duraflow 管式膜公司

2017 年 7 月