

国外空气净化问题简介

中国科学院力学研究所

一、概况

随着军事工业和普通工业的发展,射流和气动装置的应用越来越广泛,人们对空气源的净化(以下称“气源净化”)问题也有了进一步的认识。以前认为气源净化是不必要的奢侈品或加在气动系统上的多余组件,把它拆掉不用。直至一九六六年,使用者则不得不备有这些设备,因为受到损失的设备和发生故障的时间所引起的损失大大超过了气源净化设备的成本和维修费用。例如:据“Fluid Power International”一九七一年报导,在美国有两个相近的办公建筑物使用气动系统,一个建筑物的气动系统装有气源净化设备,一个没有装。有气源净化设备的那个建筑物的气动系统两年不需维修费用,而没有装气源净化设备的那个建筑物的气动系统却在同一时间里更换了二十八个恒温器,价值1100美元,比气源净化设备的价值贵几倍,而且又影响了正常的工作。

在射流控制装置中,气源中的油雾粘在细小的射流流路的壁上和改变流动特性,使复杂的控制装置变得不准确或不活动,而清除流路的污染物又非常困难,因而防止射流流路的污染是极严格的。据“Fluid Power International”一九七三年报导,美国几大生产射流元件的公司如“康宁玻璃公司”(Corning Class)、“鲍尔斯工程公司”(Bowles Engineering)、“通用电器公司”(General Electric)和“约翰逊服务公司”(Johnson service)等均给出不同类型的射流元件(附壁式、紊流式和对冲式不同主喷嘴面积和不同的供给压力不同的供给流量下对气源净化的要求。例如:“康宁玻璃公司”的“或非”元件的主喷嘴面积是 0.129mm^2 ,供给压力为3—10

磅/吋²,供给流量是 $0.06\text{吋}^3/\text{秒}$,对主气源的过滤要求为5个微米。“通用电气公司”的“双稳”元件的主喷嘴面积为 0.064mm^2 ,供给压力为 $0.5\text{—}10\text{磅}/\text{吋}^2$,供给流量为 $0.012\text{吋}^3/\text{秒}$,对主气源的过滤要求是10微米。对于过滤这样微小的污染物粒子的过滤器一些国家都有市售的成品过滤器,其过滤范围 0.001 到几百个微米直径的油、水和固体颗粒,对于排除大于 0.03 微米的污染物颗粒的过滤效率最高可达 99.99998% 。英国“诺尔根”有限公司(Norgren C.A.)的微纤维过滤器已有市售,并在国外推销,自称他们的过滤器过滤效果较好。

在过滤机理方面各国都做了大量的研究工作,实验数据也较多,并逐步形成了比较完整的过滤理论。如微纤维过滤器理论就是最近几年研究出来的,并在许多国家内被应用。依此理论做成的过滤器其过滤效果较好。下面分别介绍一下气源中污染物的来源,过滤器中常用的一些基本概念和微纤维过滤器的理论,如何清除污染物,清除污染物常用的过滤介质以及几种过滤系统和装置。最后谈几点不成熟的体会。

二、气源中污染物的来源

压缩空气内的污染物来源主要有三个方面:(1)压缩机吸收的空气中,常常带有砂子、尘土、水气和有毒气体,大气中有很多微小粒子,例如在办公室内,每立升空气中经常含有 175000 个尘土颗粒。工厂区和工业区及城市尘土颗粒的浓度也不一样,例如工厂区为 $1\text{—}50\text{克}/100\text{米}^3$,城市为 $1\text{—}10\text{克}/100\text{米}^3$ 。经过压缩机压缩和一般的过滤,空气内尘土的浓度经常还有上述数字的8倍左右。(2)在压缩机内空气污染是由于:机械磨损和润滑油变

成油蒸汽，到下游聚集成炭渣和淤泥及有损害性的硬的沉淀物一称为“树脂”，这种沉淀物有时是使用者完全想象不到的，当来自压缩机的油蒸汽在表面冷却、凝结和聚集时，能在系统中任何地方形成沉淀物。（3）在管道系统内，焊渣。密封垫碎片以及被压缩的空气中的水和水蒸汽能在管道中连续不断地产生氧化铁锈，并同其它杂质聚结，使控制系统失灵。

从上述可知，经压缩机压缩的空气。在管路或控制系统中的污染物主要是固体杂质、液体的油和水及气体的油蒸汽和水蒸汽等。

三、一些基本概念和微纤维过滤器理论

（1）一些典型粒子的大小

油烟	0.03-1.0 微米	人头发	30-200 微米
飞灰	1.0-200 "	红血球	$\phi 0.03-\phi 0.5 "$
烟草烟	0.01-1.0 "	大气尘土	0.001-20 "
细菌	0.3-3.0 "	病毒	0.03-0.05 "

大气尘土中少数的粒子可达0.001—20微米。

（2）过滤器中的几个重要参数：

I) 过滤效率：

过滤效率是反映过滤器性能好坏的重要性能参数，它可用下式表示

$$\eta = \frac{W_1}{W} \quad (1)$$

式中 η 是过滤效率， W_1 是过滤器收集到的尘土总重量， W 是进入过滤器的尘土总重量。对于某过滤器，若过滤器的其它参数不变，在给定质点大小的情况下。则过滤效率 η 越高，过滤器的性能就越好。

II) 穿透率

穿透率可用下式表示：

$$f = \frac{W_2}{W} = 1 - \eta \quad (2)$$

式中 f 为穿透率， W_2 是通过过滤器尘土的总重量， W 是进入过滤器尘土总重量。

从（2）式可知，穿透率越大，其过滤效率越低。

III) 装填密度（Packing density）

用 C 表示装填密度，它是纤维的体积分

数，也就是所有纤维的体积对过滤器的体积的比值。这个比值一般是小于十分之一。果如把这个过滤器看成是过滤介质与空气流成直角，并且假设 L 是在单位横截面积，单位厚度上，所有纤维的长度，果如 R 是纤维的半径，那末

$$C = \pi R^2 L = 1 - P_o$$

式中的 P_o 是过滤器的多孔度(Porosity)

果如过滤器是由半径为 R_i ，长度为 L_i 的纤维所组成，于是

$$C = \pi \sum R_i^2 L_i$$

（3）纤维过滤器(Fibrous filtration) 理论：

纤维过滤器是一种现代性能很好的过滤器，其过滤机理经过十几年的大量研究已比较清楚，现介绍如下：

纤维过滤器内的细纤维过滤介质，往往是薄纸状或松散的厚垫状的。纤维间的距离大于纤维直径和予过滤的质点的大小。因此，纤维过滤器不是普通的筛。一般认为，所有与纤维接触的质点都将附着并停留在那里。

过滤效率很大程度取决于纤维直径，在高效率过滤器里，大多数纤维直径都小于2微米。纤维的作用方式有如下四种：

I) 拦截作用

凡质点没有从绕纤维的流线中偏离出去，而被纤维捉住就称之拦截。这就是说，半径为 r_p 的质点，果如其中心落在距离纤维为 r_p 的流线上，则这个质点将被拦截作用所捕获。因此，对于直径较大的质点，拦截作用显得更为重要。而且只要流型保持不变，拦截和速度无关。

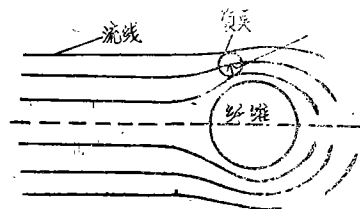


图1 拦截作用所捕获的质点

I) 惯性作用:

当流线碰到障碍而变弯时, 气流中的质点有直线运动的趋向, 这个趋向依赖于质点的惯性。由于质点的惯性力与质点的质量和速度有关, 因此, 这个作用对于具有速度较大和较重的质点更为有效。

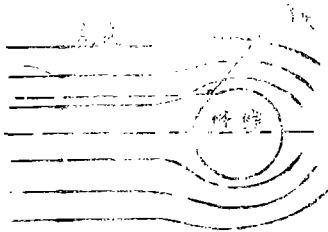


图2 惯性作用

II) 弥散作用 (Diffusion) 对于微小的

质点, 布朗运动会使它偏离流线 (布朗运动是由于空气中分子的热运动对质点的影响而产生的)。这种偏离和质点被纤维从空气中清除出去的可能性, 随着质点尺寸和速度的减少而增大。

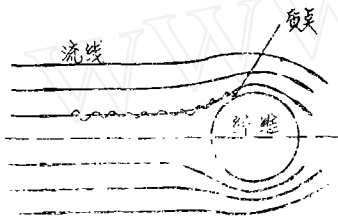


图3 弥散作用所捕获的质点

图4表示质点大小与杂质穿透率的关系。

图5表示质点速度与杂质穿透率的关系。这两个图的物理意义是很清楚的。当质点较小时, 弥散作用是主要的, 随着质点的增大, 弥散作

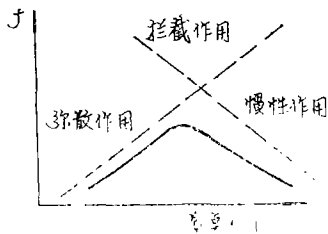


图4

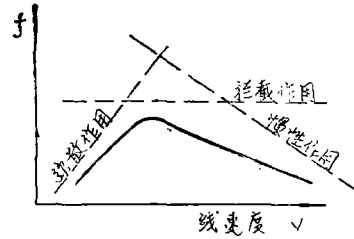


图5

用的影响就降低了, 但拦截作用和惯性作用就开始变成主要的了。质点进一步增大, 过滤效率又重新提高。对一个过滤器来说, 存在对某种尺寸的质点的一个最低效率, (即最大的杂质穿透率) 在选择过滤器时, 应该对质点的大小加以考虑。图5的意义是: 气流线速度较小时, 有足够的时间供质点弥散使附着纤维上, 因此对过滤器效率影响较大, 而惯性作用影响较小。随着气流速度的增加, 弥散作用渐小, 而惯性作用渐大, 其拦截作用与气流速度无关。

IV) 静电作用:

气体质点在通过过滤器时, 往往带有少量的电荷, 在某些时候可能也很大。在质点大小为0.1—1微米之间时, 静电作用可能是主要的过滤机制, 大于1微米的质点主要由碰撞作用过滤 (拦截和惯性作用), 小于0.1微米的质点则主要由弥散作用过滤。

(4) 穿透率与质点大小, 气流速度及压力降的关系。

I) 穿透率与质点大小的关系:

$$\text{穿透率 } f = 1 - \eta \quad (3)$$

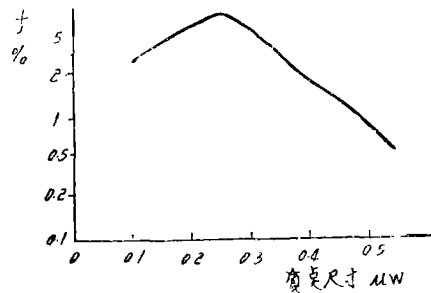


图6

式中 η 是过滤效率。从图6可以看出,在0.52微米处,穿透率最大,过滤效率最低。这个值随过滤器的类型而变,一般在0.1—0.3微米之间。图6中的曲线的峰值随气流速度的加大向较小质点直径方向移动。

II) 穿透率与气流速度的关系:

从图7可以看出,在气流速度为40厘米/秒处,穿透率最大,其过滤效率最低。曲线的峰值随过滤器类型而异一般在10—40厘米/秒之间。如果质点大小不同,质点越小,上述曲线的峰值越往速度大的方向移动。

III) 穿透率与压力降的关系:

过滤方程:

$$n = n_0 e^{-r} \quad (4)$$

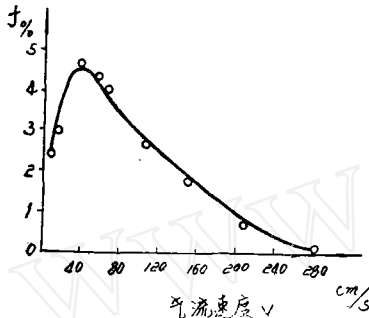


图7

式中 n 为过滤后质点浓度, n_0 为过滤前质点浓度, r 为过滤器指数。它正比于滤层厚度。 $r = kp$, k 是滤层质量因素, p 为压力降, 它正比于滤层厚度, 所以就正比于过滤器指数。按定义, 穿透率如下式所示:

$$f = \frac{n}{n_0} = e^{-r} = e^{-kp} \quad (5)$$

所以

$$\ln f = -K \cdot P \quad (6)$$

$$K = \frac{-\ln f}{P} \quad (7)$$

这个表明, 要得到高效率过滤(即穿透率小), 则必须把部分能量耗损在压力降落上。上述关系只有在质点大小及气流速度为一定时才成立。典型的的关系如图8所示, 作者作到的一个过滤器, 在5%的穿透率时, 压降为10毫米水柱,

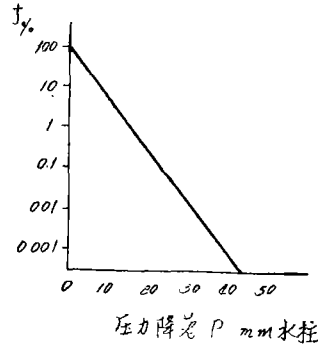


图8

在0.0001%穿透率时, 压降仅为28毫米水柱。

事实表明, 要想得到高效率过滤纤维必须更细。

此外, 由于纤维很小, 因而经过纤维的流动是层流, 气流速度与压力降落呈线性关系, 如图9。

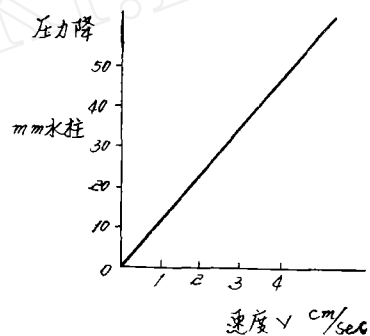


图9

IV) 怀特拜(Whitby)的实验结果:

Air Filtration一书的作者C.N.Dauires把许多从事过滤器理论研究工作者的理论及其实验结果做了比较。为使大家了解有关的一些实验结果, 现把怀特拜的实验结果简介如下:

怀特拜是在用织物、毛毡、纸及玻璃纤维等为过滤介质制成的商品过滤器上进行了过滤效率的若干实验, 实验结果见表1。

怀特拜指出, 当质点半径小时, 弥散起主要作用。质点半径大时, 惯性作用和拦截作用及重力作用起主要作用。他没提到静电作用, 而增加一项重力作用。因此, 怀特拜的纤维过

表 1

过滤器	厚度 (Cm)	纤维半径 (μm)	体积分数	气流速度 Cm/sec	压力损失 Cm水柱	对质点半径为 $0.5\mu\text{m}$ 的过滤效率
玻璃纤维	0.33	44	0.030	21	0.34	0.13
毛毡	0.35	6	0.061	21	0.35	0.16
纸	0.1	5	0.098	21	0.33	0.20
布(织物)	0.2	5.3	0.025	28	0.30	0.22
玻璃纤维	0.8	2.1	0.0057	13	0.25	0.30
"	1.0	0.85	0.0020	13	0.46	0.80
"	0.7	0.53	0.0030	13	0.86	0.97

滤器的机制与 3—3 节的纤维过滤器的机制的不同点也就在于此。

从他的表 1) 实验结果可以看出：①当纤维半径变小时，过滤效率增加。②于给定体积分数，当纤维半径变得很细时，阻力上升，而过滤的效率显著增加。

V) 按 Emi 和 Yoshioka 纤维过滤器理论计算出的图示。

图 10 是按 Fmi - Yoshioka 纤维过滤器理

论计算出的很有趣的曲线图，此图明显地表明关于流行的各种过滤机制的领域。

在图 10 中说明了在速度大约为 10 厘米/秒以上时，惯性作用进入，而在这个速度以下，由于重力所产生的沉淀作用是显著的。同时，由于弥散作用随质点尺寸的增大而减小，而拦截作用却随质点尺寸增大而增加，两种作用综合的结果，就出现了最小效率值。

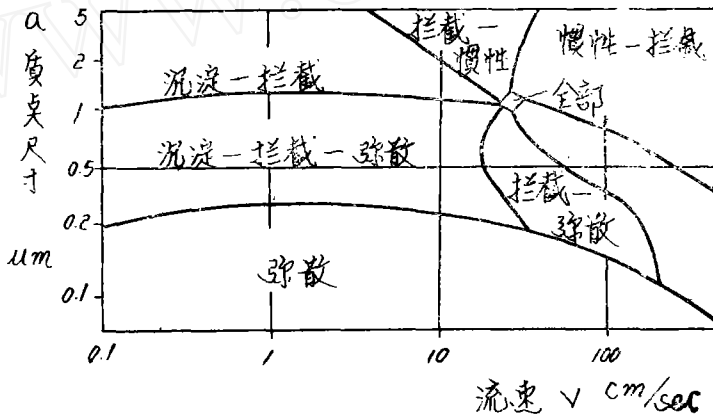


图 10

四、常用的过滤介质：

早期用的过滤介质是多层纤维垫，目前，已不用了，现在用的最多的过滤介质是不同结构的纤维纸，兹将常用的过滤介质介绍如下：

1. 纤维素—石棉纸：一般构成是 50% 的北非芦苇草，20% 的兰石棉，25% 棉花和少量的大麻。它适用于 100°C 以下的情况，是可燃材料。

2. 玻璃纤维纸：它的纤维直径小于 1 微米，能耐 500°C 的高温，它有很好的抗水、抗化学腐蚀的性能。

3. 玻璃石棉混合物：能耐高温。

4. 热塑料纤维，由聚乙烯、尼龙、聚苯乙烯等构成。直径在 $0.5\sim 1.5$ 微米之间，抗化学腐蚀性能好，但不耐热。

5. 陶瓷：可制成纤维状，并制成薄纸，可耐高温。

6. 硼硅酸盐玻璃纤维绞合线：平均直径为0.5微米，能清除0.03微米的固体和液体的颗粒，是英国专利。

此外，常用的过滤介质还有：聚酰胺纤维胶合物，硅铜纤维胶合物、毛毡、线织物、泡沫塑料等。

五、如何清除压缩空气中的污染物：

在第二部分中，已经介绍了进入控制系统中的压缩空气的杂质，主要是固体的杂质、液体的油和水以及油、水蒸汽等。下面简介清除的方法：

1. 离心分离法：

为了延长过滤器的寿命，必须首先把较大颗粒的油、水及固体杂质分离出来，即大于20微米的空气中的杂质分离出来，多数过滤器施加一个偏心力旋转进入的空气，此进入的空气把大多数较重的固体颗粒和液体颗粒流到贮存杯内，自动或手动排出。

2. 过滤法

这种方法对于极小颗粒低浓度的过滤是有效的。纤维一类的过滤介质一般是能达到设计效果的，在浓度较大的尘土气流中，为了回收有用的物质，可以采用织物过滤器。

上述过滤方法对于质点在0.1—0.3微米范围的过滤是较困难的（参看本文第三节）因为在这个范围的穿透率最大，所以对质点在0.1~0.3微米的范围的过滤应采用别的办法。

3. 静电沉淀法：

用电极电离的方法给质点带上电，然后把带电的质点收集到带电的极板上，积聚起来的尘土，可用机械振荡技术或洗涤法去掉。这种方法的优点是可以处理大体积的气体，而且能保持很小的压力降落，同时对于质点直径在0.1—0.3微米的范围过滤也是有效的。

4. 聚结和吸收法：

有润滑油的压缩机所压缩出来的压缩空气中，都含有油的蒸汽，此蒸汽能凝结成粘性淤泥，使射流装置或气动装置失灵，所以必须提

供清除油的过滤器。这种过滤器种类很多，是采用聚结和吸收的方法。聚结油质点的聚结元件介质是一种很精细的烧结金属、编织材料以及多孔泡沫等。一般良好的聚结材料的绝对过滤性能是0.5—3微米之间。

吸收油是清除油的另一种方法。吸收元件介质有布质的和化学制品的。布质的吸收油元件一般不是很有有效的，但化学制品吸收油元件，能清除大多数小油滴。但一旦饱和吸收元件完全失效，必须更换（使用者可以依吸收元件的颜色改变决定更换与否）。

六、过滤装置：

1. 二级过滤系统

据“Fluidies feedback”介绍，美国科宁玻璃厂射流产品车间介绍的二级过滤系统，对于来自射流空气源中0.3微米那样小的质点和夹杂物是最有效的。这个系统给射流系统提供了对油、水和颗粒污染物污染的特种保护。

二级过滤系统中的第一级，使进来的空气作离心运动，强使较重的固体、油和水的颗粒处于装置的侧壁，然后流入容器底部排出，此后，空气流过能使之净化的纤维素毡过滤器，过滤器过滤出5微米那样小的颗粒。

在第二级中，能使空气通过最后多层过滤器，在此装置中螺条型过滤器阻滞住漏失的固体颗粒，另一方面微纤维层滤出0.3微米那样小的液体颗粒和油质的空气溶胶。

这种二级过滤在100磅/吋²压力下，科宁二级过滤系统每分钟过滤10立方呎空气，流过滤系统的最大流量为每分钟40立方呎。此系统已公开出售，5微米的予过滤元件可单独出售。

2. 三级过滤系统：

据“Fluid power international”73年Vol.38, №11报导，“Rimer-Berlec”有限公司经过一年多的试验，发展了一种三级或四级过滤系统。

第一级是多次回旋撞击分离器，作用是除去油和水。收集到的油和水随后可以放出去。第二级是不锈钢筛管道，设计时使压缩空气经它时具有高效过滤性的最佳速度，同时，使油

蒸汽部分转化为雾状，以利于下一级清除掉。第三级是硼酸盐玻璃纤维的“腊烛心”，外面镶有塑料泡沫套筒。作用是把经过第二级后继续形成的很好地分离的亚微米大小的油雾粒子聚结起来，再被泡沫塑料所捕获，掉入贮杯中，定期排出。

此外，英国诺尔有限公司出品的过滤器与上述三级过滤相似，主过滤器是由平均直径为0.5微米左右的“Borosilicate glass”纤维制成，能把亚微米大小的质点滤去99.99%以上。同时油和水悬浮粒聚结成体积较大的液体，此液体被气流带到外部的支持核外，外面的多孔塑料就使该液体停下来，在塑料内，油水乳状物就下沉到过滤元件的底部，由于它们的阻力较大，干净的空气就只有在其上面通过，有一个自动装置能把到达一定高度的油水乳状物自动向外排出。遗留在空气中的油的含量在重量上只达到十万分之一。

3. 聚结和排污染物的过滤器：

据“Design News” April 1971报导，这种过滤器对排除大于0.03微米的固体和液体颗粒污染物的效率为99.99998%。

一般过滤器的机能是从气流中吸收液体污染物。在过滤器饱和前是满意的，在饱和时，液体转移可能比管路中没有过滤器更大。

美国研制成一种能克服液体转移的高效率过滤器，当液体颗粒通过过滤介质时变得很缓慢，直至它们被极细纤维之一俘获为止。当另外的颗粒被俘获后，它们与已俘获的那些颗粒组合起来，越来越大，在这个凝聚和聚合的过程继续时，这些液滴变得越大和移向过滤器的外泡沫套，最后落入过滤器的杯底中。

当安装在表压为100磅/时²的管路上时，过滤器的外壳有1磅/时²的压力降。果如小水滴和油气溶胶的潮湿污染物对压力降的影响很小，然而干的颗粒能堵塞过滤器的细孔和增加压力降，基于这个原因，推荐在上游安装一个标准的5微米的予过滤器，当压力降达到10磅/时²时，必须更换主过滤器外壳（一般发生在18月后）。

迭层过滤，介质主要用硼硅微纤维绞合线，

这些绞合线是具有0.5微米的平均直径。该元件本身是由没有结合剂的硼硅绞合线的不规则毡结物组成，由多孔不锈钢制成的内、外圆筒提供了机械支承和开孔泡沫塑料的外套防止了颗粒的转移。见图11。

4. 板式过滤器

I. 单板过滤器（见图12）

此过滤器的过滤介质是“聚酰胺纤维胶合板”。主要用途是从流路中分离出很细的空气溶胶、微生物和油雾。

II) 板式过滤器：

这种过滤器的用途主要是分离固体颗粒和消毒过滤，过滤效率较高。

七、几点体会

1. 必须重视气源净化问题，在射流和气动系统中，由于气源净化问题重视的不够，而使系统失灵，影响系统的正常工作，造成不必要的损失。因此，在没有气源净化的射流和气动系统中，必须安装满足该系统对气源净化要求的净化装置，同时还必须按净化设备允许的工作时间更换或清洗过滤介质，以保证过滤器的正常工作。如果不按时更换和清洗过滤介质的话，那么可能出现比没有过滤系统更严重的污染现象。

2. 关于过滤的概念：以前是比较混乱的，认为过滤就是起到普通筛的作用，这种认识是错误的。从纤维过滤器理论中可知，过滤器中的纤维间距离大于纤维的直径，和予过滤的质点的大小，因此，纤维过滤器不是普通的筛，而是所有与纤维接触的质点都将附着、停留在那里。

3. 设计过滤器一般要注意的几个问题：

I) 穿透率要小（即过滤效率要高）要尽量离开穿透率的峰值，这就要适当改变过滤器的来流速度等，以达到此目的。

II) 小的压力降落，为此所用的过滤介质的纤维要细。

III) 寿命要长，贮存容量要大。

IV) 对气源过滤的要求国外一般要求如下：对叶片型马达，振动式工具，活塞泵等为20微米

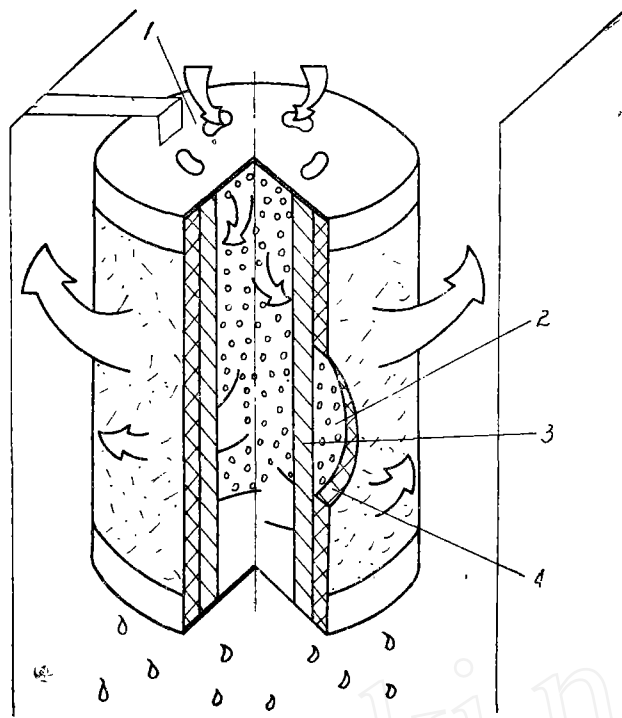


图11

- 1、硅胶合件； 2、不锈钢圆筒； 3、微纤维绞合线； 4、外泡沫套。

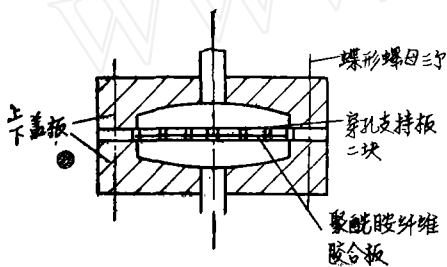


图12

对阀类、控制元件、仪表、压缩器和喷枪等为5—10微米

对射流元件及其射流控制系统为1—5微米

纤维过滤器是能达到这一要求的，但是在食品加工、医疗、空间等场合，对主气源的过滤要求是0.01~0.0001微米，这种高效率高纯度的过滤器设计必须考虑0.1~0.3微米颗粒的过滤问题。

4. 一定要分级过滤

分级过滤能延长过滤器的寿命，同时过滤

效率和过滤后的气体纯度均能提高。国外一般是采用三级过滤，即第一级是分离器，将较大的油、水、固体颗粒分离出来。第二级是雾化和加速，以便下一级过滤。有的过滤系统在第二级用5微米的予过滤器。第三级是聚结，即将油雾变成小油滴，并由最外层的多孔泡沫塑料所捕获，掉入油杯中。

5. 在三级的过滤系统中，一般在第二级采用不锈钢筛管道。不锈钢筛管道的作用是：

- I. 把气流速制改变成具有高效过滤性能的最佳速度。
- II. 将油蒸汽雾化。

6. 无论分几级过滤，其最后一级用微纤维过滤器，所用的纤维直径越细越好。在高效率和高纯度的过滤器中用的微纤维直径为0.5微米。

八、结束语

我们介绍国外的气源净化的目的是为了借鉴。国外气源源净化的情况只能做参考。我们要以阶级斗争为纲，自力更生，走自己发展工业的道路，把我国工农兵丰富的气源净化的宝

贵经验加以总结和提高，设计出高效率和高纯度的过滤装置，为巩固无产阶级专政和建设社会主义做出贡献。

工业在线馏程仪在我厂试运

北京石油化工总厂东方红炼油厂 仪表车间

(一) 概 述

我厂前几年为准备计算机在常减压装置进行实时控制，曾调来一台工业在线质量仪表——恩氏分馏仪。

在我厂党委及车间党支部的正确领导下，1975年以来仪表车间的同志们深入地学习了伟大领袖毛主席关于无产阶级专政理论的指示，继续开展了批林批孔运动。车间计算机组的同志们通过学习与我厂其他职工一样，意气风发，斗志昂扬，干劲倍增，经过不断努力地于1975年春，首先在实验室的条件下，将恩氏分馏仪进行了调试与改进。通过这一阶段的调试、试运和改进，一致认为该分馏仪是能适合取代手工分析。在此基础上又经研究讨论，决定于1976年内在我厂二蒸馏车间的常压一线进行现场考核和试运。

该恩氏分馏仪为意大利1968年的产品，其控制部分系以继电器系统组成，可靠性较差，为此在现场考核试运中曾予大力调试并稍加改进。通过在常一线的现场考核和试运，总的感觉是：与人工分析比较，误差则在允许范围以内。在较长时间用一种油样考核，其再现性极好。随着试运的进展，仪器的可靠性有了很大的提高。

自76年8月在常一线投入考核试运以来，在76年11月中旬，已连续试运了三个多月，一部分已取代了人工化验，在此期间需投入的维护工作量甚微而运行情况良好。现就其结构，调试与改进，以及试运考核的概况简介如后。

(二) 结构原理简介

仪器的分析原理完全模仿手工，只是采样和分析过程加以自动化。由事先安排的程序控制六通膜片阀和定量杯(6)，蒸馏瓶(1)，量筒(3)和其放空阀等组成了冷却、定量、进样、加热、放空以及多流路的切换等动作。(见图一)

仪器每次取40毫升油样，送入底下焊有铠装加热丝的不锈钢蒸馏瓶(1)内加热蒸馏，在冷却水套(2)冷凝后进入量筒(3)，当光敏元件(4)检测出馏出体积为初馏点10%、50%、90%、95%干点时，给出控制讯号，在记录仪(9)上画出这些时刻热电偶测得的温度值。一次表的结构如图一。

(三) 调试中遇到的问题与改进

在调试中我们发现影响仪器与人工分析结果一致性的主要关键，在于应具有合适的强热电压和适宜的热电偶位置。认为加热强度主要影响初馏点和干点；热电偶位置在整个过程中影响数据的线性。此外还发现过仪器进样量不准(多2毫升)，对此我们改动了控制器的采样程序。

在现场试运中，我们曾遇到过因市电压波动大而严重影响加热强度，至使干点“98%点”不