

三层滤料滤床的合理选定

李 镜 明

摘 要

本文旨在阐明三层滤料滤床结构特点的基础上,首先讨论滤床的规格(即滤床材料、级配和厚度),其中包括一般要求,选定方法和实例。其次分析影响滤床规格的几个因素,然后根据实际情况怎样调整滤床规格。最后提出了控制三层滤料分层的原理,可作为滤床设计的参考。

引 言

近代过滤技术正在不断地革新。目前针对传统使用的砂滤池的缺陷,从滤池池型,过滤材料和运行技术方面相继作出了改进,无疑这对提高产量、改善水质、降低造价和便利操作上都产生了积极作用。其中以三层滤料滤池的研究及其成果的推广,给生产上带来的技术经济收益较为突出,因此受到国内外水处理界的普遍重视。

据运行经验表明:三层滤料滤池与普通砂滤池相比,具有下述优越性。

1、提高了滤速 在过滤周期和滤后水质都相接近的条件下,三层滤料滤床的滤速约为单层砂滤床的2—3倍左右。例如国外三层滤床的滤速已达15—20米/时,而国内则可提高至25—30米/时,所以这种滤池又称为高速滤池。

2、改善了水质 国外经验是:当滤速控制为15—20米/时,滤后水浊度不但可稳定在0.5度以内,而且过滤周期可达砂滤池的1.5—3.0倍。国内经验表明:即使滤速高达20—30米/时,出水浊度却可稳定在1—3度以下。

3、对进水水质的适应性强 三层滤料滤池既可使用于浑浊原水经滤前予处理后的过滤处理中,又适用于低浊低色、低温低浊和含藻类原水的直接过滤处理中,且能维持正常的过滤周期和获得满意的水质。采用三层滤料滤池作直接过滤,简化了处理流程,工程造价约可降低30%,因此国外已在积极推广这种工艺。

三层滤料滤池为什么能显示上述这些优越性呢?怎样才能更好地发挥这些优越性?这些问题的关键是三层滤料滤池的滤床结构。本文旨在阐明三层滤床结构特点的基础上,讨论三层滤床合理选定中的有关问题。

一、三层滤料滤床的结构特点

三层滤料滤池比一般砂滤池优越的主要原因是滤床结构的特点所产生。图1所示为三层

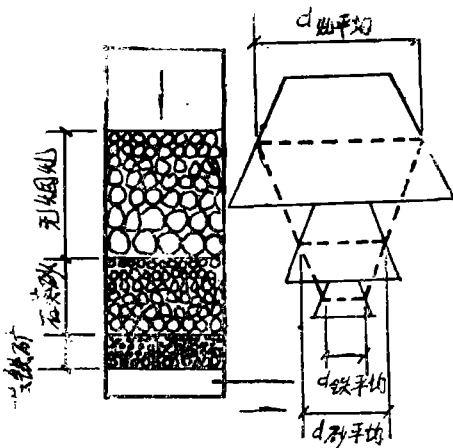


图1 三层滤床结构示意图

滤料滤床的粒度结构示意图。可见三层滤床的结构具有“反粒度”的特点。滤料粒径的分布是向下逐层减小，而滤料比重则是向下逐层增大的。每层内部的粒度分布虽非反粒度结构，但就滤床正体而言，以各层滤料的平均粒径计，滤料仍然是一种如虚线所示的反粒度结构。

按照近代过滤理论所提出的传输、附着和剥落机理，滤池进水中的悬浮颗粒可通过截留、扩散、惯性、沉淀、剥落、吸附等综合作用而被阻留于滤料表面上。所有这些作用都与滤料颗粒表面积有关。换言之，滤料粒径越细和滤料厚度越大，所产生的截污作用越大。三层滤床各层的过滤截污效率可以下式表示：

$$\ln \frac{C}{C_0} = -\frac{3}{2} (1-f)d \lambda \frac{l}{d} \dots\dots\dots (1)$$

- 式中 C_0 与 C ——分别为滤前和滤后水的悬浮颗粒浓度；
- f ——滤床各层滤料的孔隙度；
- l ——滤床各层滤料厚度；
- d ——各层滤料的加权平均粒径；
- α ——颗粒吸附有效系数，当颗粒完全脱稳时， $\alpha = 1$ ；
- λ ——单一颗粒的聚合能力

而 $\lambda = v \cdot \frac{\pi d^2}{4}$ ，其中 v 为水的流速。

当三层滤料滤池运行时，即使在高速过滤或直接过滤的条件下，由于滤床表层滤料粒径较大，孔隙亦大，而单位容积滤料表面积相对较小，表层滤料不致过度发挥截污作用致使孔隙提前被杂质堵塞，因此悬浮杂质能不断渗入滤料下层，充分发挥整个滤床的截污能力，使沿滤床深度方向的截污量分布比单层砂滤床均匀得多。图2所示为过滤周期结束时三层滤床和砂滤床截污量的分布对比。可见三层滤料滤床的截污能力高，所以过滤周期长。特别是在过滤后期由于高速过滤，加大了水流对滤料表面已吸附悬浮物的冲刷力，使悬浮物不断剥落而传输至下层，这就更加发挥了下层滤料的截污作用。三层滤料底层的粒径最小，孔隙甚微，因而有巨大的表面积；这样可使悬浮杂质在滤料表面产生更好的吸附作用，有效地防止浊质的穿透，从而保证了滤后水质的可靠性。

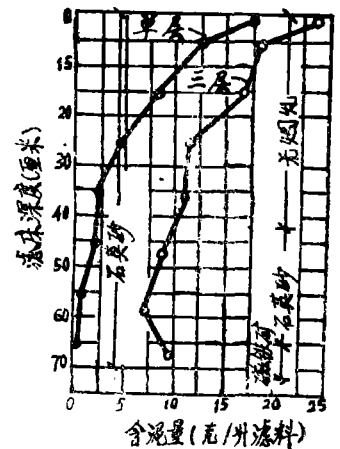


图2 三层滤床和单层滤床中截泥量的分布

双层滤料滤床也是一种反粒度结构,但因缺少底层大比重的小粒径滤料,为了防止悬浮杂质穿透滤床,滤速的提高受到一定限制。上向流、双向流滤池均属反粒度滤床的范畴,由于各自的原因,滤速均较三层滤料滤池低。

三层滤料滤池的应用基本上解决了生产中遇到的水质与水量的矛盾,其工艺上的先进性完全令人信服,因而在国内外得到不同程度的推广。然而在推广中最值得重视的问题是滤床规格的合理选定,可以说它是三层滤料滤池能否正常运行的关键,所以值得讨论。

二、滤床的规格

滤床规格指的是滤床材料、级配和厚度。现分述如下:

(一) 滤床材料

选择三层滤床的材料时,除了满足单层滤料所提出的基本要求外,另须着重注意以下三点:

1、三种滤料要具有足够的比重差,以便和适当的粒径相组合,方可防止反冲洗后滤料间的混层;

2、同一种滤料的比重应基本相同,要充分去除滤料中的不纯杂质,以防不同滤料之间的混掺。

3、鉴于大比重和小比重滤料供应的困难是目前推广三层滤料滤池的主要障碍,因此要就地取材,扩大料源,这样还可降低成本,便利运输。

可用作三层滤床的材料甚多,除常用的石英砂以外,按比重从轻至重顺序排列如下(括号内为比重):

塑料珠(1.04)	焦炭粒(1.2—1.4)	橡胶粒(1.48)
无烟煤(1.4—1.8)	氢化无烟煤	矿渣粒(近似煤)
金刚砂(3.85—3.95)	石榴石(3.8—4.2)	重晶石(4.35)
锆石(4.70)	钛铁矿(4.8)	磁铁矿(4.7—5.2)

以上滤料均具有足够的机械强度和化学稳定性。按照一定的比重差可将上述滤料组合成各种类型的三层滤料。鉴于国内磁铁矿来源较广,且比重较大,故粒径可小,有利于控制高速过滤后的水质,故采用较多的是由无烟煤、石英砂、磁铁矿所组成的三层滤料。有些地区就地取材,以焦炭做轻质滤料或以重晶石做重质滤料,均取得较好的过滤效果。国外则多以无烟煤、石英砂和石榴石作为三层滤料。

塑料珠的比重与水相近,且为疏水材料,反冲时容易粘附气泡随水外溢,同时大批供应困难,成本较高,大量推广尚有问题。轻质煤、重质煤与石英砂所组成的三层滤料,两种煤要具有足够的比重差,且质量要纯净,否则容易引起轻质煤与重质煤之间的严重混层,影响过滤性能。

(二) 滤料的级配和厚度

国内三层滤料的使用至今,已有不少成功经验,但也有过失败的教训,重要问题是滤床的级配和厚度的配合是否合理。解决滤料级配问题的理论至今尚不够完善,加以影响的因素甚多,难以进行计算确定,目前可参考以下要点并结合试验来选定滤床级配及其厚度:

1、首先分别选定顶层和底层的粒径范围。可根据滤料间的比重差和滤池的运行条件（包括进水悬浮物浓度及其性质、滤后水质、滤速、水温等）进行具体分析。一般情况下顶层滤料粒径应粗至足以截留大量悬浮杂质，例如无烟煤的最小粒径宜取0.8—1.0毫米，以保持悬浮杂质有适度的穿透性；最大粒径可取1.60—2.0毫米，过大易与石英砂混层，过小则截污能力不足。而底层重比重滤料的粒径一般应细至足以防止杂质的穿透，故最小粒径范围宜取0.18—0.36毫米，过小会增大水力阻抗，且易与石英砂混层，过大则不能防止杂质穿透。而最大粒径可取0.42—0.65毫米，大于该粒径的滤料则属垫料范围。

2、初选石英砂的粒径范围，其值约接近顶层的最小粒径和底层的最大粒径。然后进行分层试验，如分层基本清楚（相当于混层厚度不大于3—5厘米），即符合级配要求。若有严重混层，可改变石英砂粒径范围，再行试验；如石英砂粒径范围太窄，即均匀系数太小，亦可重新调整顶层的最大粒径或（和）底层的最小粒径。关于控制分层的原理专门讨论于后。

3、无烟煤和石英砂的均匀系数 K_{80} 。国外推荐不宜大于1.3—1.5，以发挥整个滤床的截污能力。国内未进行专门试验，但不均匀系数 K_{80} 似不宜大于1.80，过低的不均匀系数会降低滤料的利用率和提高成本费。

4、滤床总厚度的要求是既要保证滤后水质又要维持足够的过滤周期，其大小应与滤料的粒径结合起来考虑。通常较细的滤料粒径需要较小的厚度，反之较粗的粒径则需较大的厚度。国外三层滤床的厚度视滤料级配和运行条件的不同，分别采用60、75、90厘米。国内一般采用75厘米左右。

滤床总厚度选定之后，还需确定各层滤料的厚度，有人建议按以下条件式分配：

$$\frac{d_1}{x_1} = \frac{d_2}{x_2} = \frac{d_3}{x_3} \dots\dots\dots (2)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中 d_1 、 d_2 、 d_3 分别为上、中、下层滤料的平均粒径(d_{50})；

x_1 、 x_2 、 x_3 分别为上、中、下层滤料所占滤床总厚度的百分比。

国外根据滤床总厚的不同，各滤料层厚度的百分比列于表1。此外还有推荐的综合资料为：大比重滤料占5—10%，石英砂占25—30%，小比重滤料占60—67%。几个国内三层滤床的厚度比载于表2，其中宜昌水厂的无烟煤层厚度原设计为42厘米，后因洗水槽高度不够，减至35厘米，似嫌不足。

各滤料层的厚度百分比

表1

滤床总厚 \ 滤料名称	60 厘米	75 厘米	90 厘米
无 烟 煤	63%	60%	61%
石 英 砂	29%	30%	28%
柘 榴 石	8%	10%	11%

5、日本藤田贤二根据滤池截污效率与单位过滤面积中的滤料总表面积成正比的关系，提出了检验三层滤床级配和厚度是否合理的综合指标：单位过滤面积上滤料的总表面积为：

$$\frac{S}{A} = \frac{6(1-f)}{\varphi} \frac{1}{d_e} \dots\dots\dots(4)$$

式中 S为滤料的总表面积;
 A为过滤面积;
 ψ 为滤料的球形度;
 l为滤料厚度;
 d_e 为滤料的当量直径, 其值按下式求出。

$$d_e = \frac{1}{\sum \frac{p_i}{d_i}} \dots\dots\dots(5)$$

其中 d_i ——相邻筛号间滤料的平均粒径, 即 $\sqrt{d_1 d_2}$;
 p_i ——平均粒径 d_i 的滤量重量百分比。

不同滤料的 $(1-f)/\varphi$ 值比较接近, 为简化计, 可以 $1/d_e$ 值反映不同滤料层的截污效率。三层滤床的 $\sum \frac{1}{d_e}$ 值为各层滤料 $\frac{1}{d_e}$ 值之和, 根据大量调查研究, 藤田贤二认为滤池的合理 $\sum \frac{1}{d_e}$ 值应等于800—1000。设计时可以此值作为验算滤床规格的定性指标。国内运行的几个三层滤床的验算指标列于表2, 结果均符合要求。

国内三层滤床的规格 表2

水厂名称	滤料	粒径范围 (毫米)	不均匀 系数 K_{80}	比重	孔隙率	厚度			$\frac{L}{d_e}$ 值	
						分层 (毫米)	总厚 (毫米)	%	分层	总的
黄石王家里	无烟煤	0.8—2.0	1.75	1.50	0.43	420	720	60	348	877
	石英砂	0.5—0.8	1.45	2.64	0.47	230		31	334	
	磁铁矿	0.25—0.5	1.69	4.76	0.48	70		9	195	
宜昌东山	无烟煤	1.0—1.6	1.38	1.50	0.46	370	700	53	300	815
	石英砂	0.63—1.0	1.36	2.50	0.43	200		29	250	
	重晶石	0.36—0.63	1.37	4.35	0.51	130		18	265	
蚌埠二厂	焦炭	1.0—2.0	1.82	1.40		440	750	58	304	918
	石英砂	0.5—0.8	1.57	2.64		230		31	400	
	磁铁矿	0.25—0.5	1.55	4.57		80		11	214	

根据上述要点所设计国内几个已投产的三层滤床的规格列于表2, 可供参考。这些滤池投产以来, 运行工作基本正常。国外几个有代表性的三层滤床规格载于表3, 以资对比。

国外三层滤床的一般规格

表3

国名	滤料	粒径(毫米)	厚度(毫米)	比重
美国	无烟煤	1.0—2.0	450	750 1.50
	石英砂	0.5—1.0	200	
	柘榴石	0.2—0.4	100	
加拿大	无烟煤	$d_{10} = 0.8—1.1$	450—550	1.50
	石英砂	$d_{10} = 0.4—0.5$	150—225	
	柘榴石	$d_{10} = 0.2—0.3$	75—100	
日本	无烟煤	$d_{10} = 1.0$	450	730 1.45
	石英砂	$d_{10} = 0.4$	200	
	柘榴石	0.2—0.35	80	
芬兰	无烟煤	1.0—2.0	400、460	230、300 80 4.0
	石英砂	0.4—1.0	230、300	
	钛铁矿	0.2—0.4	80	

三、影响三层滤床规格的因素

当设计滤床规格时，可参考外地的成功经验，此外还应根据各地条件，经过试验加以验证和调整，切忌生搬硬套。因为影响选定滤料规格的因素甚多，由于这些因素的变化，可能引起滤床规格要作相应的改变，现分述如下。

1、进水水质：下面是原水未经预处理而进行直接过滤的两个实例。

例一是原水浊度低于200度时直接过滤的滤床规格，如表4所示。

表4

层次	滤料	粒径(毫米)	厚度(毫米)	比重
1	无烟煤	1.19—4.76	410	910 1.48
2	无烟煤	0.92—2.0	200	
3	石英砂	0.42—0.59	225	
4	柘榴石	0.18—1.42	75	

这种滤床的顶层增设一层粗粒径的轻质无烟煤，是适应截留大量微絮体的需要，由于表层粒径加粗了，为了保证水质，滤床总厚增至91厘米是应该的。这种滤床用于直接过滤比较理想。

例二是处理低浊度、高色度的原水，滤面水供油田灌注水用。原水与滤后水质载于表5，滤床规格列入表6。这种滤床的厚度大除色效率高，但因投矾量较高，聚合物投量大，

微絮体较多，容易集中在表层堵塞，所以周期太短，滤床规格不称理想，应作滤料级配的调整或作处理流程上的修改。

表5

原水水质		投药量(毫克/升)			滤后水质		滤池	
色度(度)	浊度(度)	矾	聚合物	氯	色度(度)	浊度(度)	周期(时)	滤速(米/时)
500	5	80	5	0	35	0.8	2.5	10.5
500	5	80	5	5	15	0.5	2.5	10.5

表6

层次	滤料	粒径(毫米)	厚度(毫米)
1	无烟煤	0.84—1.68	550
2	石英砂	0.42—0.84	300
3	石榴石	0.18—0.42	200

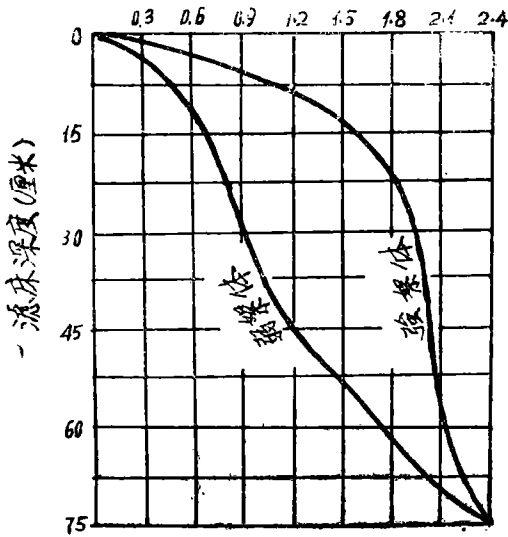


图3 微絮体渗入滤床的分布情况

2、微絮体特征：经混凝、沉淀后的水质，由于微絮体性质的不同，滤床规格应有所区别。康利(Conley)所推荐的图3表示的虽是水头损失沿滤床深度增长的情况，但亦可反映出强微絮体集中截留于滤床上层，不易穿入底层，而弱微絮体则容易穿透滤床。因此表7所示去除不同性质微絮体的滤床规格反映了大负荷易碎微絮体需要较厚的滤床和较细的滤料，以防穿透滤床。而密实的微絮体所需滤料粒度较粗，以增大其截污能力，延长过滤周期。

3、滤速：滤速愈高，浊质穿透滤床的可能性愈大，因此有可能影响滤后水质。同时还会增大起始水头损失，缩短过滤周期。表8所示为滤速与过滤周期的关系。针对这两方面

去除不同特征微絮体的滤床规格

表7

微絮体特征	石榴石		石英砂		无烟煤		总厚(厘米)
	粒径(毫米)	厚度(毫米)	粒径(毫米)	厚度(毫米)	粒径(毫米)	厚度(毫米)	
大负荷易碎微絮体	0.18—0.42	200	0.42—0.84	300	0.84—1.68	550	105
中负荷易碎微絮体	0.18—0.42	75	0.42—0.84	22.5	0.84—1.68	200	50
中负荷密实微絮体	0.42—0.84	75	0.84—1.68	300	1.0—1.68	375	75

的问题，用调整滤床级配和厚度来同时解决是互相矛盾的，因此国外的高速过滤多控制在15—20米/时以内。但亦可根据矛盾的主次，对滤床级配或(和)厚度作出适宜的修改。例如对滤后水质要求十分严格时，则需减小滤料粒径或加大滤料厚度，当然亦可采取滤前投加聚合物，以增加微絮体强度，减少穿透深度。

滤速与过滤周期关系 表 8

厂名	滤速 (米/时)	周期 (时)	平均浊度(度)		水温 (°C)
			滤前水	滤后水	
黄石王家里水厂	25	26	<20	<1	30
	30	22			
	35	19			
	40	15			
宜昌一水厂	29	64	6.8	2.4	30—32
	31.5	47			
	34	39			
	35	30			

4、水温：水温是影响过滤性能很重要的一个因素。水温低时，悬浮杂质在滤料中的接触吸附作用差，同时水流对粘附于滤料表面杂质的

剪切力也大，因此悬浮杂质在过滤周期中有提前穿透的危险。图4所示为水温为11°C时，三层滤床水力梯度随时间的变化。水力梯度为滤床单位深度的水头损失，其斜率反映了水头损失的增长率。从图4可知底层磁铁矿的水头损失增长率在整个过滤周期内是不低于上层滤料的(无烟煤上层除外)，并且当运行接近12小时发生了浊质穿透，如果水温更低，穿透时间更会提前。另一方面因为水温低，起始水头损失大，导致过滤周期的缩短。解决这类问题的措施除加强滤前预处理或适当控制滤速外，亦可通过调整滤床级配和厚度得到部分解决。

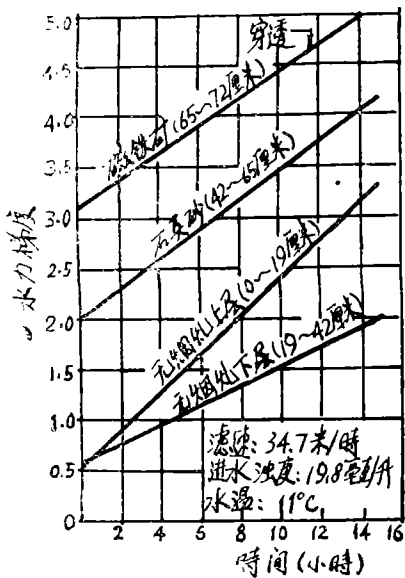


图 4

5、其他因素：如对滤后水质的要求不同也影响滤床规格。国外一般要求滤后水质在0.1度以下，所以滤料粒径偏细，均匀系数偏低。我国应按当前滤后水质标准采取适合国情的滤床规格。此外，不同滤料的比重和表面特性均有区别。滤料的比重

不同，其粒度范围应略有变化。焦炭的表面性能好，吸附力强，容易造成表层截污多，影响过滤周期。为此焦炭的最小粒径应比无烟煤稍大，而厚度宜相应加大。

四、控制分层原理

前已述及，三层滤床级配选定不当时，反冲洗后会发生混层现象。混层对过滤的影响至今有两种不同的认识，一种是主张分层清楚，防止大、小颗粒相互掺杂，以增大滤料孔隙，减少水力阻抗和增长过滤周期；另一种是认为轻度的混层可保持滤床孔隙逐步变小的连续性，不致在界面因孔隙度的突减而引起集泥和增加水力阻抗。事实上由于滤料不纯、水流紊动以及滤料粒径、比重不同等原因，反洗以后不可能达到完全不混层。图5所示为三层滤料滤床正常运行一年后粒度在深度方面的分布情况，反映了大、中、小粒度的微小掺杂构成了粒度和孔隙自上而下变小的连续性。象这种轻度的混层不但无碍于滤池的正常运行，而且是必要的。

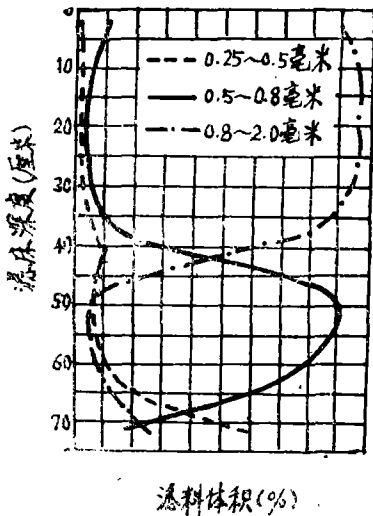


图5 三层滤床的粒度分布

下面讨论一下控制分层的原理。有人认为不同比重和大小滤料的分层是膨胀后悬浮滤料层的比重差所引起水力分级的结果。

悬浮滤料层的比重可以下式表示：

$$\gamma_s = (1 - m) \gamma_m + m \gamma = \gamma_m - (\gamma_m - \gamma) m \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中 γ_s 、 γ_m 、 γ 分别为悬浮滤料层、滤料和水的比重；
 m 为悬浮滤料层的孔隙度。

单位面积膨胀前后的滤料体积应相等，则可建立以下关系式：

$$(1 - m_0) L_0 = (1 - m) L \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中 L_0 、 L 分别为膨胀前后滤料层厚度；
 m_0 为膨胀前滤料孔隙度。

通过试验，在不同冲洗强度条件下用式(7)分别求出各种比重和不同粒径悬浮滤料层的孔隙度：

$$\text{即 } m = 1 - \frac{(1 - m_0)L_0}{L} \quad \dots\dots\dots (8)$$

以式(8)代入式(6)，即可算出三层滤床中不同粒径的悬浮滤料层的比重为：

$$\gamma_s = \gamma_m - (\gamma_m - \gamma) \left[1 - \frac{(1 - m_0)L_0}{L} \right] \quad \dots\dots\dots (9)$$

若以式(9)计算出来的悬浮滤料层比重 γ_s 的数据加以分析，可总结出以下几点：(见图6)

- 1、在同一冲洗强度下，不同材料滤料层中不同粒径的滤料具有不相等的悬浮层比重。
- 2、比重相同且粒径相等的滤料悬浮层比重随冲洗强度的增大而减小。不同比重滤料的悬浮层比重差亦随冲洗强度的增大而缩小，但对无烟煤和石英砂的悬浮层比重差影响较小，即使冲洗强度高达30升/秒一米²，无烟煤的悬浮层比重仍小于砂的悬浮层比重，所以无烟煤和

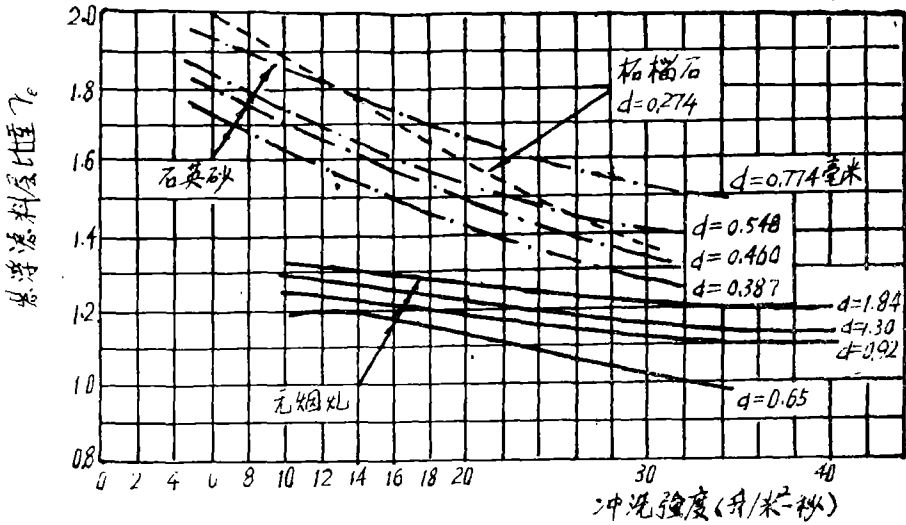


图6 三层滤床悬浮滤料层比重与冲洗强度的关系

石英砂易于分层。可是对砂与磁铁矿的悬浮层比重差影响较大，当冲洗强度大至一定程度，可使磁铁矿悬浮层的比重低于砂的悬浮层比重，结果引起层次的颠倒。

3、根据大、小比重滤料悬浮层比重差的大小分别产生以下三种分层情况：（1）比重差较大时，产生正常的分层，且有混层；（2）比重差较小时，产生严重混层；（3）比重差太小时，产生层次颠倒。判辨这三种情况的比重差随冲洗强度的不同而异，其值只能由分层试验确定。

以上结论有助于理解滤床分层的基本原因和内在联系。值得注意的是：反冲洗过程中的混层，甚至产生层次的颠倒，都是不足为奇的，因为这些情况并不妨碍冲洗结束时滤床的分层。关键是冲洗结束前滤床尚处于流化状态时，要严格控制滤床的分层。因此三层滤床的级配应满足三种滤料正当全部流化时能够分层的要求。这样才能为滤料等速沉降而分层提供先决条件。

设计三层滤床时，在分层试验之前，可先按等速沉降原理，初步确定大比重和小比重滤料的粒径比。如果滤床在流化状态时能保持不同比重滤料的分层，那末，当反冲洗结束时只要小比重滤料中的最大颗粒与大比重滤料中的最小颗粒的沉速相等，仍能维持不同比重滤料的分层。

据研究认为：反冲洗结束时粒径小于2毫米的滤料颗粒沉降时的水流雷诺数 $R_e = 1 - 100$ 。这种流态应属过渡区，因此采用阿仑(Allen)公式计算颗粒沉速较为合理。按阿仑公式推导出两种比重不同滤料的粒径比为：

$$\frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{\gamma_2 - 1}{\gamma_1 - 1} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots (10)$$

式中 d_1 、 d_2 分别为小比重和大比重滤料的平均粒径(d_{50})；

γ_1 、 γ_2 分别为小比重和大比重滤料的比重。

现以表9所载三层滤床规格为例，按式(10)计算所得不同比重滤料的平均粒径的粒径比

列于表10, 可见计算粒径比与实际粒径比基本一致。在生产应用中的粒径比应小于计算粒径比。甘布(eamp)和虎德逊(Hudson)曾建议粒径比为2, 比较粗略。

表 9

滤料名称		焦炭	石英砂	磁铁矿
粒 径 (毫米)	$d_{最大}$	2.0	0.8	0.5
	$d_{最小}$	1.0	0.5	0.25
	d_{50}	1.57	0.61	0.39
比 重 γ		1.40	2.64	4.57

表 10

滤料	筛 数		$\gamma_1 - 1$		计算粒径比 $\left(\frac{\gamma_2 - 1}{\gamma_1 - 1}\right)^{\frac{2}{3}}$	实际粒径比 d_1/d_2
	d_1	d_2	$\gamma_1 - 1$	$\gamma_2 - 1$		
焦炭和砂	1.57	0.61	0.4	1.64	2.52	2.57
砂和磁铁矿	0.61	0.39	1.64	3.57	1.67	1.56

按等速沉降原理所计算的不同比重滤料的平均粒径比是一种近似值, 因此是否合理还有待分层试验加以验证。荷兰的试验研究表明: 氢化无烟煤的最大粒径与砂的最小粒径之比小于3时, 不发生混层; 等于3—4时, 稍有混层; 大于4时将有严重混层。这些指标在国内的三层滤床中已得到了验证, 认为是合理的。砂的最大粒径与大比重滤料最小粒径之比宜小于4。上述这些规定均可作为选定滤床规格时的依据。

参 考 文 献

- 1、三层滤料滤池 湖北黄石市自来水公司 1977年
湖北给水排水设计院
- 2、三层滤料滤管试验 宜昌市自来水公司 1977年
湖北建筑工业学院
- 3、快滤池改为三层滤料滤池的设计和测试报告 湖北宜昌市自来水公司 1977年
- 4、蚌埠市第二水泥厂三层滤料滤池 安徽省蚌埠市自来水公司 1977年
湖北给水排水设计院
- 5、过滤理论(第八届国际给水协会论文之七) K·J艾维斯 1969年
- 6、过滤技术的新进展(第十届国际给水会议报告文件) 天津市自来水公司译

- 7、多层滤料滤层的层间混杂规律和滤料粒径的选择方法 哈尔滨建工学院 1977年
- 8、Design and Operation of High Rate Filter by Susumu Kawamura
J. AwwA. Vol 67, No. 10, 11, 12, 1975。
- 9、Design and Application of Multimedia Filter J. AwwA. Vol. 61,
No. 2, 97—101, 1969。
- 10、Multi-media Filtration J. AwwA. Vol. 61, No. 10, 504—511, 1969。
- 11、High Rate Filtration by Archie H. Rice J. AwwA. Vol. 66, No. 4,
258—261, 1974。
- 12、High Rate Filtration by W.R. Conely J. AwwA. Vol. 64, No. 3, 1972。
- 13、Direct Filtration by Russell L. Culp J. AwwA. Vol. 69, No. 7, 1977。
- 14、New Concepts in Water Purification by Gordon L. Culp and Russell
L. Culp 1974。

Adequate Choice of Tri-media Filter Bed

Li Jingming

Abstract

On the basis of describing the characteristics of the tri-media bed composition, this paper aims at, first of all, discussing the specifications of the filter bed (i.e. filtering materials, grain size distribution and bed depth) including the general requirements, choosing method and examples, Then, it analyses the factors which affect the specifications of the filter bed, and shows how to adjust them according to actual conditions. At last the principle of controlling the stratification of tri-media filtering materials has been put forward and may be used for reference in the design of the filter bed.