



从水的微生物安全性对滤池型式和操作方式进行评价

李 星 杨艳玲 李圭白

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院)

城市饮用水的微生物学安全性,是安全饮用水的首要目标责任制,因为水的微生物学安全性不符合要求,会导致水介传染病的爆发,对人们的生命健康构成重大威胁。

水介病原微生物有病毒、细菌、原生动物和兰绿藻四类。在城市自来水厂中,现行的水处理工艺(混凝、沉淀、过滤,可去除绝大部分,残余的通过氯消毒可得到比较彻底的杀灭。混凝沉淀、过滤和氯消毒是保证处理效果的三级屏障。

对于病原病毒,如骨髓灰质炎病毒、甲型肝炎病毒等,由于氯消毒对病毒的灭活效果较差,所以上述水处理工艺的处理效果要比病原菌低。强化混凝、沉淀和过滤是提高效果的有效途径,因为水中病毒的含量与水的浑浊度相关,强化混凝沉淀和过滤能使滤后水的浑浊度大大降低,如降到 0.5NTU 以下,则水中病毒的含量将大为减少,再经后续氯消毒,可使病毒得到有效灭活,使饮用水的安全性得到保证。在去除病原病毒过程中,混凝沉淀、过滤和氯消毒也是构成去除和灭活病毒的三级屏障,无疑其中过滤对降低水的浑浊度起到特别重要的作用。

对于病原原生动物,由于氯消毒对痢疾内变形虫包囊、贾第虫包囊和隐孢子虫卵囊等不能有效杀灭,故上述水处理工艺只有混凝沉淀和过滤二级屏障对去除病原原生动物有效,其中过滤是最后一道屏障,起着把关的作用。病原原生动物的致病能力很强,例如据报导,1 升饮用水,只要含有 1 个隐孢子虫卵囊,就可使人致病。所以,从卫生学观点出发,对滤池工作时不得泄漏应严格要求。

滤池在去除兰绿藻的水处理工艺中,也起重要作用。

我国城市自来水厂中的滤池大都采用固定床向下过滤方式。这种滤池周期性地地进行过滤和反冲洗操作,即当过滤相当时后,滤层被截留下来的杂质堵塞,便需对滤层进行反冲洗;滤层经反冲洗将杂质清除后,便可重新进行过滤。滤层反冲洗时,绝大部分杂质污物被反冲洗排出池外,但仍有少量杂质滞留在滤层中,当滤层重新过滤时,滞留的杂质便会随水流出,致使出水浑浊度较高,这部分水称为被滤水。由于初滤水含有滤层中的杂质,其中可能有病原原生动物的包囊和卵囊,所以初滤水在卫生学上是不安全的。初滤水一般持续 20-30 分钟后,滤池出水浊度便可降至目标值。图 1 为滤池出水浊度在一个过滤周期里的变化情况。由图可见,滤池出水浊度在初滤水后可持续很低的数值,直到滤层被浊质穿透。这时出水浊度开始升高,表明出水卫生安全性降低,滤池应结束过滤进行反冲洗。

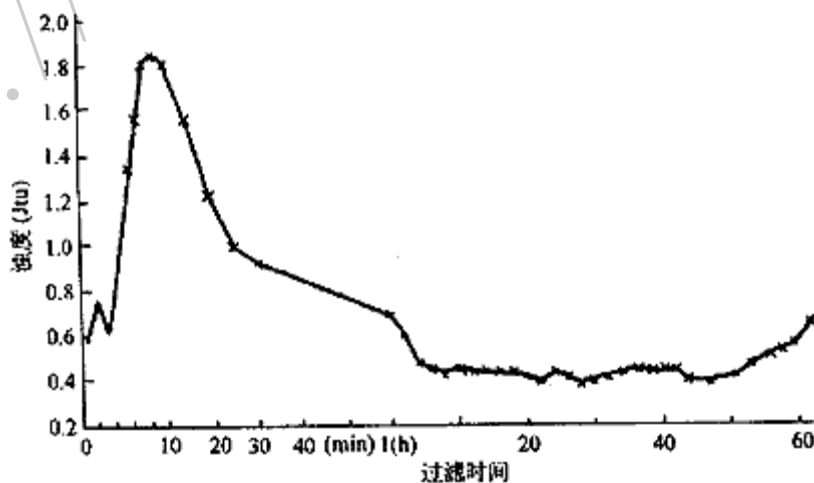


图 1 滤池出水浊度与时间关系曲线

随着我国社会经济的发展,人们对饮水卫生安全性的要求愈来愈高,所以有必要从饮水卫生安全性的角度对滤池型式和操作方式重新进行评价。



普通快滤池的出水管上一般设有排放滤水的管道，传统的操作程序是滤池反冲洗后恢复过滤时，先排放被滤水，等初滤水浊度降至目标值时，再关闭初滤水阀门，同时打开清水管阀门，使出水流入清水池。但在上世纪 50-60 年代，为了节水，大多数水厂不再排放初滤水，而使初滤水也流入清水池，与池水混合，由于初滤水量只占过滤总量的数十分之一，所以混合后的水的浊度一般不会超标，由于当时人们关注的水质指标主要是大肠杆菌指数，总细菌数以及浊度（其它水质指标一般都能符合标准要求），在这些指标符合标准的情况下便认为饮水是足够安全的。这种“节水”经验推广以后，有的水厂在新建滤池甚至将初滤水管取消。但是，自从病毒及病原生动物的消毒问题提出以后，对以降低饮水卫生安全性为代价的不排放初滤水的“节水”措施，便有质疑的必要了。

目前，以替代水质指标——浊度作为判定水中悬浮物的主要参数，其实这是不完善的，因为浊度的测定与很多因素有关，浊度的检测原理，浊度仪的工作原理，浊度仪的光源，浊度仪的检测极限，胶体和悬浮颗粒的粒径分布等都对测得的浊度值产生重大影响。

大多数浊度仪能够有效检测由胶体粒径范围的颗粒（主要为小于 $1\mu\text{m}$ ）所产生的浊度，而对于粒径较大的悬浮颗粒（主要为大于 $1\mu\text{m}$ ），其检测灵敏度则随着颗粒粒径的增加而明显下降，对浊度值的贡献明显减小，此时浊度值已不能准确反映出水中颗粒物质的含量。较大颗粒在颗粒物质含量中所占的重量要远大于小颗粒的；尽管大颗粒比较容易去除，但少量大颗粒的存在就会使水中颗粒物质含量发生很大变化。

浊度仪的种类和型号，以及待测定悬浮颗粒的特性对测得的浊度值都会产生极大影响。图 2 所示的结果是采用浓度相同（均为 1mg/L ），但颗粒粒径从 $0.25\mu\text{m}$ ——到 $6\mu\text{m}$ 的一系列乳胶悬浮液标准样品，每次使用一种单一粒径的悬浮液，用美国 HACH 公司的两种型号浊度仪进行测定的结果。一种是基于测定 90° 角散射光的 2100A 型浊度仪，另一种是比例浊度仪（43900/XR 型），其浊度输出值是基于测定的 90° 角散射光与测定的向前散射光和透射光的加权比的比值。这两种浊度仪分别用相同的浊度标准液（9 和 18NTU）进行了标定。由图可见，比例浊度仪的测定值远高于 2100A 型散射浊度仪的。当颗粒粒径大于约 $1\mu\text{m}$ 时，两种型号浊度仪测定的浊度值都明显地低于颗粒粒径小于约 $1\mu\text{m}$ 时的结果；对于更大粒径的颗粒，测得的浊度值更小。

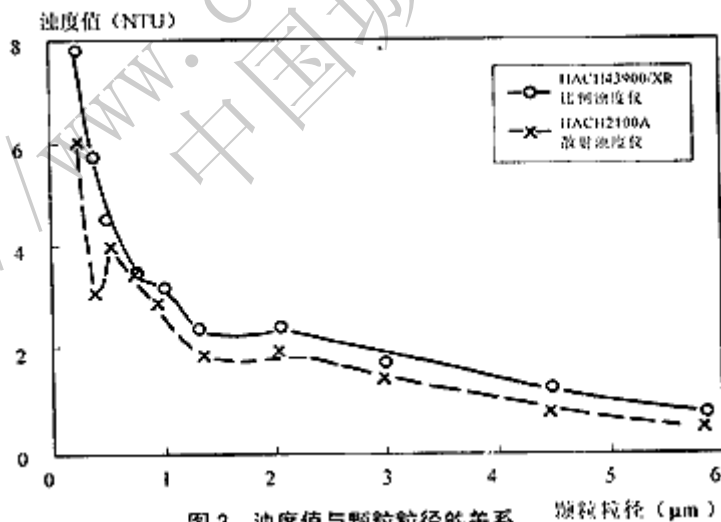


图 2 浊度值与颗粒粒径的关系

以上的现象表明，悬浮液所产生的浊度值与颗粒粒径有很大的关系。由于颗粒粒径的不同所产生的浊度值的差异是非常大的，因此用浊度测定法很难反映出悬浮液含有的颗粒物质的实际情况。

对于浊度很低的处理后水，可认为已在很大程度上去除了原水中的颗粒污染物，病原微生物也同样被大部分去除。但经常可在饮用水中检测到少数具有抗药性的微生物，如贾第虫和隐孢子虫等；由于这些微生物直径在几个微米，如贾第虫和隐孢子虫等；由于这些微生物直径在几个微米，对于含有一定胶体颗粒物质的水，它们将不会对浊度产生较大影响，所以，非常低的浊度值可能不意味着处理后的水不存在这



样的微生物。基于同样的原因，非常低的浊度值，也许不是饮水卫生安全性的可靠保证。

笔者认为，为提高饮水卫生安全性，在操作上应恢复对初滤水的排放。为了节水，可将初滤水回收，送到投药前或滤前重新处理。

有一类滤池，例如无阀滤池、单向滤池、虹吸滤池、移动罩滤池等，在工艺上就没有排放初滤水的设施和步骤，应该认为在饮水卫生安全性上是有缺陷的。这类滤池用作工业用水处理比较合适。

还有一类滤池，如双阀滤池、V型滤池等，主要是由普通快滤池演变出来的，虽然它们一般不设排放初滤水的管道，在运行中也不排放初滤水，但易于对其进行改造，即在出水管上增设初滤水排放管，并在自控程序中增加排放初滤水的操作步骤，就能提高过滤水的卫生安全性。

饮水水质问题现已成为社会的一个“热点”，城市水工业也将水质作为发展的中心课题，从饮水卫生安全性的角度去考虑和评价水处理工艺技术，对城市给水处理的发展应是有意义的。

参考文献

- 1、许保玖，《给水处理理论》，中国建筑工业出版社，2000年。
- 2、Gregory, J. "A Simple Particle Monitor for Low-turbidity Waters", AWWA Water Quality Technology Conference, 1988.
- 3、李虹、李星等，“浑浊度及其测定和度量”，《给水排水》，VOL.19, NO.11, 1993年。