

374013

飲水卫生处理試驗 的效果检测与评价

蒋 兴 锦

一九八六年十月

序

“饮水卫生处理试验的检测与评价”一书是军事医学科学院军队卫生研究所蒋兴锦付研究员根据多年饮水卫生处理实际工作中取得的经验，并参考国内外资料编写而成的。书中主要介绍了饮水卫生处理检测方法与评价，如滤材性质与效能的检测与评价、混凝剂质量、混凝试验效果的检测与评价；消毒剂质量的评价以及消毒过程消毒效能的评价方法；最后还介绍了水中有机致癌物质的毒理学检测方法等。

本书内容丰富，是传统卫生学检测方法改革的一种尝试，是高等院校、科研单位以及从事给水卫生监测、环保监测等工作人员的良好益友！

曹 健

目 录

- 一、滤材的有效粒径和均匀系数的测定和选配····· (2)
- 二、过滤试验装置及其过滤效果检测····· (7)
- 三、微孔滤膜的孔径测定····· (11)
- 四、颗粒状活性炭的性能测定····· (16)
- 五、饮水中OD、COD和TOC的测定····· (19)
- 六、混凝剂及其剂量选择试验····· (28)
- 七、助凝剂及其剂量选择试验····· (31)
- 八、混凝中凝聚速度测定····· (34)
- 九、混凝中凝聚物的沉淀速度测定····· (36)
- 十、混凝中凝聚物的内聚力测定····· (42)
- 十一、混凝中凝聚物的密度测定····· (45)
- 十二、水中悬浮颗粒的电动电势测定····· (47)
- 十三、混凝沉淀去除水中微生物的效果检测····· (51)
- 十四、碱式氯化铝的质量检测····· (53)
- 十五、微滤膜法检测水中的大肠菌群····· (57)
- 十六、新饮水消毒剂石炭酸系数的测定····· (60)
- 十七、不同pH值对氯和碘消毒饮水的效果比较····· (64)
- 十八、饮水快速消毒试验之一——恒定接触时间下的
连续消毒效果检测····· (66)
- 十九、饮水快速消毒试验之二——定量容积下不同接
触时间消毒的效果检测····· (71)
- 廿、氯消毒饮水的折点测定及折点前后的消毒效果
检测····· (75)

廿一、消毒剂灭活水中大肠杆菌噬菌体的试验·····	(80)
廿二、消毒试验用中和剂的效能测定·····	(83)
廿三、饮水处理药剂的味嗅试验·····	(87)
廿四、余氯的区分测定·····	(93)
廿五、沙门氏菌诱变性试验——Ames 试验·····	(97)
廿六、骨髓细胞染色体畸变试验·····	(107)
廿七、显性致死突变试验·····	(112)
廿八、试验数据的整理和分析·····	(115)

饮水卫生处理试验的效果检测和评价

一般天然水，尤其是地面水，必须进行处理，才能符合饮水的卫生安全要求。上面介绍的几种饮水基本处理方法中已谈到天然水存在的某些卫生问题，宜采取针对性的具体处理措施加以解决之。为了评价此种处理方法的效果，必须采用公认的或标准的水质检测方法，来检验原水和处理水的水质变化，借此来评价某种处理方法：

- ① 设备和操作是否简便和耐用？
- ② 处理效果是否高速、高质和长期稳定可靠？
- ③ 所受的干扰因素是否很少？
- ④ 是否使处理水中增加别的有毒或有害物质？
- ⑤ 固定性设备和消耗性材料是否经济？

以上这些问题，不论是长期的或短期的饮水卫生处理，也不论是固定式的或机动性的饮水卫生处理，都必须加以重视，采用灵敏可靠的检测方法，获得准确而完整的数据，借此来评价饮水卫生处理的效果和应用价值。

饮水卫生处理的效果检测方法，可分为试验室的和现场运转中的两种。试验室的检测大都是在试验室中选择某种饮水卫生处理方法时采用。对不同处理方法的性能和水质变化进行检测，从而选择出一种最优良的处理方法以供应用。所以，饮水卫生处理试验中的效果检测，是一项最基本的和最关键性的检测方法。它是饮水卫生处理研究中决不可少的检

测方法。这些方法，有的还可应用到现场运转中去。现场运转中的检测，大都是检测水处理设备的性能变化和水质改善情况，借此来了解水处理后的水质是否符合饮用卫生安全要求，以便防止处理效果不佳而损害饮用者的健康。所以，现场运转中的检测是水处理中的一项卫生质量监测性的检测。当今已由单项独立性的检测，发展到多项连续性自动化检测。本章所介绍的方法，主要是为水卫生处理试验研究提供的一些方法。这些方法的技术途径有的是物理的、化学的或生物学的。而其检测的指标也有物理性的、化学性的或生物学的。

一、滤材的有效粒径和均匀系数的测定与选配

在试验中得知，同一有效粒径和均匀系数的颗粒状滤材，它的水头损失是一样的。为此，测定滤材的颗粒大小分布，计算出它的有效粒径和均匀系数，这是监测和评价颗粒状滤材性能的一项最基本的和最主要的方法。

1. 试验器材

① 标准铜筛一套。作为滤材有效粒径测定的标准筛，其筛孔大小在 $2.8-0.125\text{mm}$ 之间。国际标准协会ISO/R565于1967年颁布的筛孔大小，以及与美国和加拿大ASTME11-70 1970年颁布的对照比较，可参见下表。新买来的标准筛，试验前应对其筛孔进行校正，然后按校正好的筛孔大小来绘制曲线图。

② 分析天平（千分之一的灵敏度即可）。

③ 半对数绘图纸。

④ 筛振机。这是按一定速度振动的过筛机，使用它可

求其振动速度、强弱和时间的一致性。一般情况下，用手摇过筛即可。

表 1 部份金属丝网筛孔尺寸与筛号对照表

国际标准协会 ISO/R565 (1967)尺寸(mm)	美加 ASTM E11-70 (1970)尺寸(mm)	筛号
4.0	4.00	5
/	3.35	6
2.8	2.80	7
/	2.36	8
2.0	2.00	9
/	1.70	10
1.4	1.40	14(12°)
/	1.18	16(14°)
1.0	1.00	18(16°)
/	0.850	20
0.710	0.710	25(24°)
/	0.600	30
0.500	0.500	35
/	0.425	40
0.355	0.355	45
/	0.300	50
0.250	0.250	60
/	0.212	70
0.180	0.180	80
/	0.150	100

0.125	0.125	120
/	0.106	140
0.090	0.090	170
/	0.075	200

注：• 为美国Tyler规定的筛孔号

2. 试验操作

准确称取在120℃下烘烤4小时后冷却的试料(即滤材)100克。

取一组标准铜筛，筛孔由大至小叠放在一起，揭开顶部筛盖，将称好的滤材倒入上面筛内，盖上盖，按一般的速度摇振5分钟。

将截留在各个筛上的滤材，小心地分别收集到光滑纸上。卡在筛孔中的滤材也要反刷出来，以免称量不足。分别称重后记录在下表中，然后记算通过各筛孔的滤材总重量，并计算出它所占总量的百分数。

筛孔大小 (mm)	截留滤材重 (g)	通过滤材总重 (g)	通过滤材所占重 (%)
--------------	--------------	---------------	----------------

总计

在半对数纸上，以筛孔大小(mm)为横座标，通过该筛孔的滤材%为纵座标，绘制一曲线图。

3. 计算：

有效粒径：在曲线图上有10%滤材通过的筛孔大小，即为有效粒径(ES)

均匀系数：在曲线图上分别找出60%滤材通过处的筛孔大小，然后按下式计算：

$$\text{均匀系数 (cu)} = \frac{60\% \text{的粒径}}{10\% \text{的粒径}}$$

4. 滤材粒径的选配

颗粒滤材原有的粒径或粗或细，不符合实际应用要求，将影响过滤效果。为此，可分别测定出粗的和细的滤材的有效粒径与均匀系数，然后按比例取两者配制成具有所需有效粒径与均匀系数的滤材。如果只有一种粗的或细的滤材，那么选配可采取另一种方法。那就是根据计算，筛除粗滤材中一定量的较大的颗粒，或者是除去细滤材中一定量的较小的颗粒（用冲洗或过筛的方法）。

滤材粒径选配举例：

已知某处天然砂子的粒径分布如下表，试求出它的有效粒径和均匀系数，希从此种砂子选配为有效粒径0.45mm，均匀系数为1.7的滤材供应用，应如何选配之？

砂子粒径 (mm)	重量%
0.105	0.5
0.149	1.9
0.210	6.2
0.297	12.0
0.42	30.0
0.59	48.0
0.84	68.0
1.19	78.0
1.68	91.0
2.38	99.0
3.36	100.0

a. 用方格坐标纸描绘出天然砂子的大小分布，如下图

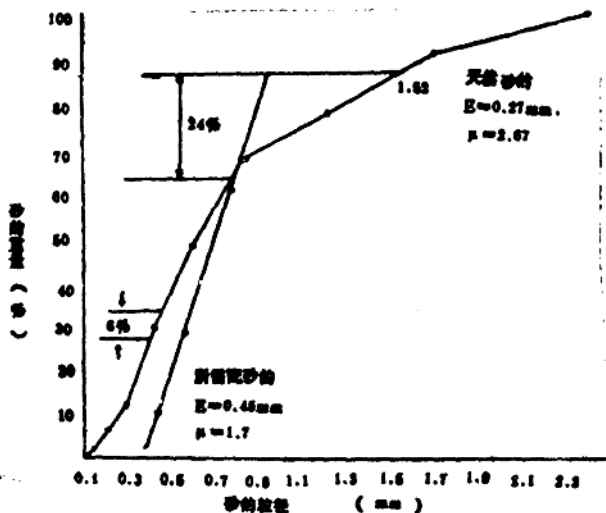


图 1 天然砂子的大小分布

从图上找到重量10%处的天然砂子的粒径为0.27mm。此即是天然砂子的有效粒径 (E)。而重量60%处的粒径为0.74。则

$$\text{均匀系数} = \frac{0.74}{0.27} = 2.74$$

b. 应用砂的有效粒径为0.45mm，均匀系数为1.7，则60%重量处的粒径为 $1.7 \times 0.45 = 0.77\text{mm}$ 。

在天然砂分布图上描记一直线，10%重量处的粒径为0.45mm，60%重量处的粒径为0.77mm。此即为所需配制砂的基本分布图。

合乎所需配制砂10%重量的砂子大小，在天然砂子分布曲线上为33%处；而所需配制60%重量的砂子大小，在天然砂子分布曲线上为63%处。

天然砂在选配中只有 $(63-33) \times 2 = 60\%$ 可供应用。其中一半(30%)在10%和60%重量之间的以外。故天然砂中小于0.45mm的可用量是 $30 \times \frac{10}{50} = 6\%$ 。即在图上的0.4mm处。大于0.77mm的可用量是 $\frac{40}{50} \times 30 = 24\%$ ，即在图上1.52mm处。

将天然砂中小于0.4mm和大于1.52mm的砂子筛除掉，即可得到有效粒径0.45，均匀系数1.7的应用砂。

二、过滤试验装置及其过滤效果检测

过滤试验检测是评价滤材过滤效果及其有关影响因素的一种最直接的方法；也是比较各种滤材性能优劣的一种方法。在进行应用设施前，必须先进行滤材等的比较试验检测，以便选择出最佳的应用条件。达到最佳的过滤效果。

1. 试验器材

① 过滤装置一套（如图2）

过滤柱用内径5~6cm的玻璃管或透明塑料管制成。长190cm，自底部计算起，在20、40、60和80cm处安置一小侧管，接上细长玻璃管，为测水头损失用。再在180cm处另一侧安置一管口，为保持一定过滤水位时溢水用。过滤柱底部安置一严密的橡皮塞，中央留有一供水用的玻璃管，管上套有一根短的胶皮管，胶皮管套上螺丝夹，可调节过滤水的流速。滤柱底层20cm装上砾石作为承托层，其上铺有玻璃棉

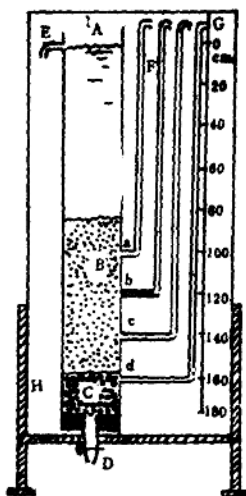


图2 过滤装置示意图

A. 玻璃滤柱；B. 滤材；C. 承托层；D. 滤出水口及调滤逆螺丝夹；E. 保持头位溢水口；F. 测水头损失玻璃管；G. 水头尺；H. 过滤器支撑板架。

和尼龙丝网，防止滤材漏出。欲测定的滤材盛在承托层上，厚度50~80cm不等，根据试验要求而定，此过滤器支撑板架上可安装1个过滤柱，也可并排安装几个过滤柱，可供同时测定几种滤材或不同厚度滤材的效果用。

② 标准铜筛一套。

③ 比浊计一套。

④ 用自来水配制或自河湖中运取供试验的水样若干桶，浑浊度在100mg/L左右。

⑤ 计时钟一台。

⑥ 2 m高的木架一个，为放置过滤原水用。

⑦ 容量30~50升底部开口的瓷桶一个，上装有一电动搅拌器，使桶中供过滤试验的原水不产生沉淀。

2. 试验操作

① 装入滤材后，自滤柱底部压入自来水，或压入高位木架瓷桶中盛的清水，将滤材反冲稍许浮起，把其中的气泡排除掉，然后关闭出水口。

② 溢水口E处接上一根长橡皮管，使溢出水流入一水桶中。从滤柱上注入清水，打开滤出水口之螺丝夹，调整滤速分别为3、7和11ml/cm²·min。调稳后，螺丝夹不动，另取一弹簧夹把橡皮管夹紧。滤速调稳后，当清水过滤时，观测a、b、c和d点处的水头损失（以cm表示）。如果有几根滤柱，则三种滤速可同时进行。不然，试验完一种之后，再反冲洗滤材，直至反冲洗水不再有浑浊时，然后调稳滤速，进行另一种滤速的试验。

③ 过滤开始时，记录时间，每30分钟计测一次滤速，滤出水的余浊和各点的水头损失。直到滤速下降到原来滤速的1/2以下，或余浊上升到稳定余浊的2倍以上，或水头损失上升到1.2m以上，则停止过滤。当水头损失下降到80cm，则及时用弹簧夹将d管上接连的橡皮管夹死，以防空气吸入。

④ 如有必要，采用11ml/cm²·min滤速，比较加与不加少量混凝剂（10mg/L的碱式氯化铝）直接过滤的效果，检测项目同③

⑤ 试验前或后，测定该滤材的有效粒径和均匀系数，方法同前。

3. 结果整理和分析

① 在方格绘图纸上，以水头损失、滤速变化和余浊为纵坐标，以相应的同一过滤时间（小时）为横坐标，分别绘制原滤速3、7和 $11\text{ml}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$ 下的三条曲线图。因为水头损失有测定点四个，也可以测定点为纵坐标，绘制不同过滤时间下的各点的水头损失变化。举例如下图，试讨论此过滤试验中的有效过滤时间和各滤层水头损失的意义。

② 评价此种滤材宜采用何种滤速为佳？混凝直接过滤有无优点？此种滤材的粒径和厚度是否适宜？

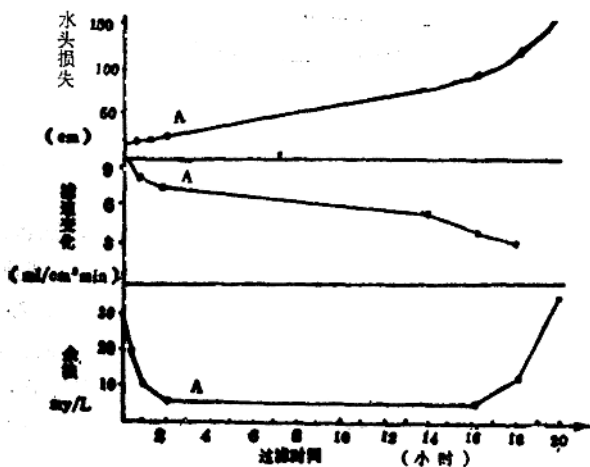


图3 过滤水中水头损失，滤速和余浊的关系示意图
A为起始滤速 $11\text{ml}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$ 的曲线（B、C为起始滤速7和 $3\text{ml}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$ ，从略）。

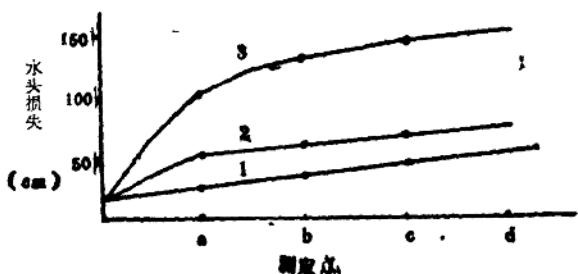


图4 不同滤程中各测定点处的水头变化
1. 过滤开始时, 2. 过滤中程, 3. 过滤终点前

三、微孔滤膜的孔径测定

微孔滤膜常用于微生物的浓缩检验和某些特殊用水的处理。测定微滤膜的孔径乃是评价滤膜理化性能中最主要的方法。微滤膜孔径不合规格, 可导致泄漏(如微生物浓缩检验时漏菌), 或者容易阻塞, 而使过滤效果受到影响。测定微滤膜孔径的方法有最大孔径测定法和平均孔径测定法。

1. 试验器材

① 微滤膜过滤漏斗、抽滤瓶、抽(压)气泵和水银柱气压计和气压表等过滤设备一套。

② 厚度计一台(灵敏度 0.05mm)。

③ 秒表一个

④ 量筒和烧杯数个。

⑤ 市售3号微孔滤膜一盒。

⑥ 温度计一只。

2. 试验操作

① 最大孔径的测定（气泡压力法）

取3号微孔滤膜数片，置于盛有蒸馏水的烧杯内，微火煮沸，赶走膜孔隙中的空气。

取处理过的滤膜一片，安装在过滤器上。过滤漏斗中盛入纯蒸馏水约30~50ml（如果漏斗为透明的，则观测更为方便）。测定水温。检查抽滤瓶、气压计和压气泵间的橡皮管接头是否严密，防止脱落（安装如下图）。

启动压气泵，见气压表上的指针逐渐上升，仔细观察过滤漏斗中水面上第一个气泡出现时，立即记下此时的气压（ kg/cm^2 ）。如果压气泵的力量大，可在侧管（S处）扭松螺丝夹，放走部份空气，以防气压上升太快，影响气泡观察的准确性。

停止压气，使气压计指针下降到零，再按上法测定两次，为准确起见，另取滤膜两片按上法测定。

② 平均孔径的测定（水流量法）

取煮过的3号微孔滤膜一片，趁湿装在过滤器上。将滤器与抽滤瓶、水银气压计和抽气泵连接好，启动抽气泵，使其真空度稳定在70mmHg，然后倒入纯蒸馏水100ml抽滤，用秒表立即计取时间，记录100ml蒸馏水抽完的时间（秒）。

为准确起见，另取滤膜两片按上法测定。

将上面做过试验的滤膜，再浸泡在蒸馏水中逐渐加热至沸，赶出膜中的空气。取出分别轻轻放在两片干滤纸之间，吸去滤膜表面上的水（但应防止将孔隙间的水吸去）。分别放入三个称量瓶中，在分析天平上称重，记录重量。然后打开称量瓶的盖，放置在105℃烤箱中1小时或60℃下3小时，

置于干燥器中冷却，再称至恒重。

称重后的膜，再用厚度计测量其厚度 (cm) 和有效过滤膜的直径 (cm)，记算得出膜的有效面积 (cm²)。

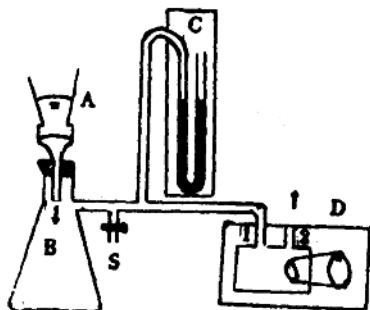


图5 测定微滤膜孔径的装置示意

A. 过滤漏斗; B. 抽滤瓶; C. 水银气压计 (压气时换上气压表); D. 抽 (压) 气 泵 (压气接 2 号口, 抽气接 1 号口); S. 泄气管。

3. 结果计算和评价

① 最大孔径的计算：要使气体进入微孔滤膜的毛细孔中，将其中的液体挤出，而气体也同时穿过，这必须要使气体具有一种压力，借以克服液体的表面张力。这种压力与微孔的大小有以下关系式

$$D = \frac{2K\sigma \cos\theta}{P} \dots\dots\dots (1)$$

D = 微滤膜孔的半径 (cm); σ = 一定温度下液体的表面张力系数 (dyne/cm); P = 气体穿过时的压力 (dyne/cm²); θ = 液体与滤膜的接触角 (度), 当滤膜完全湿润时 $\theta = 0$, 则 $\cos\theta = 1$; K = 孔形修正系数。

不同温度下水的表面张力系数 (dyne/cm) 是: