

城市給水過濾池运行操作

徐敬令編著

科技卫生出版社

城市給水工程运行操作技术

徐敬令編著

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書系根据給水工程書籍中有关資料以及国内淨水厂操作經驗編写而成。目的專为討論淨水厂中過濾池的运行操作技術問題。对于過濾池的構造，尤其是重力式過濾池，濾料的選擇，影响過濾的因素，以及运行技術、管理制度和規程等等，均有詳細的敘述。

本書尽量避免繁复的理論和公式，采用淺显簡明的文字，講解過濾技術过程。可供一般給水工程的从业人員閱讀，并可作为培养過濾运行管理人員的試用教材。

城市給水過濾池运行操作技術

編著者 徐敬令

*

科技卫生出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版業營業許可証出 093 号

科学出版社上海印刷厂印刷 新华書店上海发行所总經售

*

統一書号: 1511.950

开本 787×1092 1/32·印張 2 1/2·字數 53,000

1958 年 10 月第 1 版

1958 年 10 月第 1 次印刷·印數 1—2,000

定價: (10) 0.34 元

目 录

第一章 給水系統簡要介紹	1
1. 給水事業的重要性	1
2. 給水系統的一般布置和淨化过程	1
3. 水質的要求	4
第二章 過濾原理和濾池構造及設備	6
1. 濾池工作的基本原理	6
2. 過濾理論簡述	6
3. 慢濾池工作簡述	8
4. 洗砂機的基本原理	10
5. 重力式快濾池構造	12
6. 快濾池長寬深的关系	14
7. 濾層組織	14
8. 排水系統布置	16
9. 洗砂排水槽布置	17
10. 快濾池的附屬設備與其作用	18
第三章 濾料的選擇和敷設	25
1. 濾料的基本要求	25
2. 濾料的化學穩定性的測定	26
3. 濾料的機械強度的測定	26
4. 濾料的篩分析	27
5. 濾料的整理	31
6. 濾料的厚度	33
第四章 快濾池的沖洗	35
1. 濾池沖洗的主要要求	35
2. 沖洗強度	36

3. 冲洗滤池所需的时间	38
4. 冲洗水的水头损失	40
5. 砂面冲洗设备	42
6. 滤料的化学处理	43
7. 滤池的故障和其防止及清除	46
第五章 影响滤池运行的因素	48
1. 污染物质穿透滤层深度与滤料颗粒大小的关系	48
2. 过滤速度与穿透深度的关系	49
3. 滤池运行周期与滤料颗粒大小的关系	50
4. 水头损失与运行周期的关系	51
5. 砂层深度与均匀系数的关系	51
第六章 过滤运行中的测定	53
1. 砂比重的测定	53
2. 砂层含水量的测定	53
3. 滤层泥球百分率的测定	54
4. 滤料含泥量的测定	55
5. 滤池冲洗强度的测定	56
6. 冲洗时砂层膨胀百分率的测定	56
7. 过滤滤速的测定	58
8. 水中浑浊度的测定	58
9. 水中剩余氯的测定	61
第七章 过滤池运行管理制度和规程	65
1. 过滤池的各项辅助设备	65
2. 快滤池运行程序	67
3. 快滤池定期性检查	72
4. 快滤池维护检修	72
5. 快滤池大修理检修	73
6. 快滤池定期性测定	74

第一章 給水系統簡要介紹

1 給水事業的重要性

水為人生日常生活中不可缺少的物質。在工商業發達，人口眾多的現代城市中，給水事業更是重要市政建設之一。飲用不潔的水，往往可以傳播疾病。霍亂、傷寒、痢疾等傳染病都是由於飲用了沾污的井水或河水所致。城市居民用了自來水後，傳染病的威脅就可大為減少，市民的健康也得到了進一步的保障。給水事業對於工業建設和其他輕重運輸也有很密切而重要的關係。例如在熱電站、在煉鋼廠、在造紙廠和在鐵路車場都需要消耗大量的水。主要應用於 1) 冷卻開動着的機械；2) 發生蒸汽；3) 操作過程中的需要；4) 作為生產品的原料等。

為了保障人民的健康及促進國家的工業化，給水事業的任務是在確保供應量的基礎上，使在每日 24 小時內能連續供應具有充分壓力而且品質優良的水。

2 給水系統的一般布置和淨化過程

給水工程的規劃和布置並不是簡單的事。我們必須首先考慮到水源是否充足與水質是否符合城市的要求，然後根據水源調查的結果，再進一步研究淨水的方法。一般給水系統的工作程序如圖 1 所示。

水的淨化就是將渾濁的源水作適當的處理，使成為潔淨而合於應用的水。淨化的方法不一，一般包括混凝、沉淀、過濾和消毒等幾個步驟。渾濁的源水，系用唧機（第一泵站）唧入沉淀池，

在通过进水口的时候，备有特制的铁栅网以阻截鱼类及大形物质，不使进入唧机。自混凝至沉淀，可分为三个阶段：1)第一阶段是把源水先唧入和矾池，它的作用是使源水和混凝剂混和均匀；

水源

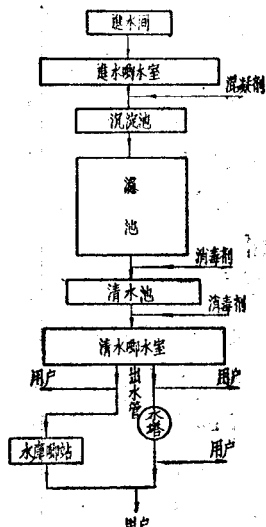


图1 给水系统简图

混凝剂使用量的多少，根据源水浑浊度的化验结果而决定。

2)第二阶段是源水和混凝剂搅拌后，引入反应池，池内水的流速可以逐渐缓慢下来，水中的一部分杂质和混凝剂起了化学作用，而结成绒块状的化合物。

3)第三阶段是水由反应池进入沉淀池，这时水流速度变得很慢，于是动荡的水流就渐渐宁静下来，许多绒块状的化合物带同其他的淤泥和杂质、甚至部分的细菌而一同沉淀。根据经验，源水混凝后，经过2~3

小时的沉淀时间，可使源水的浑浊度降低70~80%左右。

源水经过沉淀程序使水中浑浊度大量降低，然后进入过滤过程，它的作用就是把经过沉淀的水，透过滤层，使在沉淀中不能去除的细小物质，再行经过一次清除工作，把一切物质和细菌都截留在滤层之内。经过了沉淀与过滤二个生产过程，水质已经适合了物理性和化学性方面的要求，但还不能保证所有的细菌已经全部清除。因此在过滤之后，还需要经过消毒过程来消灭细菌。消毒的方法很多，一般使用加氯方法。加氯消毒须满足以下三项基本条件：1)氯量要足够；2)混和要充分；3)保

証适当的接触時間，使氯能够發揮其杀菌作用。消毒剂的需要量是根据水中剩余氯的多少来决定的，因此在实际上，加氯量必須經過水質化驗方能确定。

表 1 苏联的生活飲用水标准

項 目	測 定 条 件	允許的最大数值	备 注
1 渾 濁 度	—— 在各次測定中	1.0 毫克/公升 2.0 毫克/公升	具有澄清、消毒或軟化設備 的給水
2 色 度	—— 在各次測定中	15° (鉑鈷标准) 35° (鉑鈷标准)	具有澄清、消毒或軟化設備 的給水
3 嗅 味	在 20°C 时 在 20°C 时	2 級 2 級	此系所有生活飲用給水的通 用标准
4 大腸菌指数 大 腸 菌 值		3 300 以上	即 1 公升水中大腸菌数不多 于 3 个，即容积 300 毫升以 上的水中出現大腸菌 1 个
5 細 菌 总 数	在 37°C 下培 养 24 小时后的 菌落数	100 个/毫升	此系所有生活飲用給水的通 用标准
6 剩 余 氯	在管綫最远点	不少于 0.1 毫克/公升	具有澄清、消毒或軟化設備 的給水
7 总 硬 度		不大于 40°	
8 pH 值		6.5~9.5	
9 鉄、錳总含量 其中低鉄含量		0.3 毫克/公升 0.2 毫克/公升	
10 鉛		0.1 毫克/公升	
11 砷		0.05 毫克/公升	此系所有生活飲用給水的通 用标准
12 氟		1.0 毫克/公升	
13 銅		3.0 毫克/公升	
14 鋅		15.0 毫克/公升	
15 酚		0.001 毫克/公升	

表2 我国自来水水质暂行标准

项 目	测 定 条 件	允许的最大数值	备 注
1 浑 濁 度	年 平 均 值 在每次测定中	5 毫克/公升 10 毫克/公升	没有处理设备的自来水, 其 浑濁度, 色度, 剩余氯, 总硬 度, pH值和鉄与錳的含量由 当地卫生行政机关根据具体 情况另行规定
2 色 度	年 平 均 值 在每次测定中	15° 35°	
3 嗅 味	在 20°C 时 在 20°C 时	无特殊异嗅 无特殊异味	
4 腸 杆 菌 数		100 毫升中不 得檢出	
5 細菌总数	在管網最远点	100 个/毫升	
6 剩 余 氯		0.1 毫克/公升	
7 总 硬 度		大于 25°	
8 pH 值		6.5~9.5	
9 鉄、錳总含量 其中低鉄含量		0.3 毫克/公升 0.2 毫克/公升	
10 鉛		0.1 毫克/公升	
11 砷		0.05 毫克/公升	
12 氟		1.5 毫克/公升	
13 銅		3.0 毫克/公升	
14 鋅		15.0 毫克/公升	
15 酚		0.001 毫克/公升	

3 水質的要求

无论是地面水源或地下水源, 水中經常含有各种不同程度的杂质。例如地面水源常含有粘土、砂、水草、腐殖質, 溶解性气体, 鈣鹽, 鎂鹽和其他鹽类, 細菌与病菌等。地下水源常含的杂

質有各种矿物鹽，其种类和含量不仅各水源中互不相同，即屬同一水源，也可經常发生变化。这些杂质不仅改变了水的物理性質和化学性質，并且在卫生上也常能引起严重的危害性。

因此把水送往用戶之前，应把渾濁的水加以淨化，使能符合于用戶对水質的要求。生活用水的要求是无色，无臭，无味，不渾濁，无有害物質，特別要求不含有傳染病菌。如果給水的淨化，处理得不好，消毒不能可靠，就能有將傳染病隨時散布到整个城市的危險，直接影响居民的健康和安全。

生活飲用水的水質标准，在苏联由政府統一規定标准。我国則由中央卫生部制訂有自来水水質的暫行規定。

第二章 過濾原理和濾池構造及設備

1 濾池工作的基本原理

源水經過沉淀，去除了大部分的固体雜質和一部分細菌，雖然在澄清方面很有效果，然而在衛生的角度上看，它還沒有達到完全淨化的程度，其中的細菌和雜質，還必須經過一次清除和消毒工作。過濾就是使沉淀后的水，流過一層疏松的濾料，使殘余的細菌和雜質為濾層所阻截。地下水之所以比地面水潔淨，就是因為地下水已經過一番過濾過程的。在淨水工程中的濾層，普通用砂，因此過濾也可稱為砂濾，濾池也就稱為砂濾池。

在淨水工程中，砂濾池可分為慢濾池和快濾池二種。慢濾池在1829年已經開始應用。由於濾率緩慢，因此佔用面積廣大。在1884年經過證明混凝沉淀以及氯化消毒等方法切實有效之後，乃開始採用濾率較快的濾池，因為濾率提高濾池所佔的面積就大可減少，從而節省了建造的費用。現在新建的水廠為了經濟實用，大都採用快濾池，而舊的淨水廠在擴建過程中，也都逐漸將慢濾池改建為快濾池。

2 過濾理論簡述

當渾濁的水自濾層中濾過時，水中的懸浮物質和膠體物質即被除去，水質就由渾濁成為清潔。這種現象可分幾個方面來研究：

第一是隔濾作用，即水中的懸浮物體，如大於砂粒間的空

隙,就不能透过砂层,因此附留在砂层上。但是微小的物質如細菌、膠体粒子等,其直徑小于砂粒之間的空隙,它們的去除,就不属于隔濾作用而为另一种沉淀和吸附作用。濾池可視作面积特別增大的沉淀池,砂粒間的空隙也可視作一微小的沉淀池。悬浮的細粒即可沉淀在砂粒的表面上,同时砂粒的表面,因受細菌和膠体物質的沉淀而形成膠質濾膜,使悬浮的細菌可被吸附而不得脱离。这就是過濾过程中的沉淀和吸附作用。因此按照濾池的工作性能,可分为三个阶段。在第一阶段中,砂粒尚清洁,这时較大的杂质,阻留在砂面,細小的物質,透过砂层随水流出。在这一段时间中净水的工作尚未十分完善,過濾水质亦不能达到要求的清洁程度。当砂面与砂粒間的空隙积聚了很多的截留物質时,濾池的效率大增,这时,截留下的物質,可以远远小于砂粒間的空隙,而截留下来的物質似乎也成為濾料的一部分,又可濾除更小的物質。在慢濾池的砂面上,常常生成一层薄膜,外觀有似膠冻粘而膩,其中生長着很多微小生物,有很强的隔濾、吸收和生化作用。濾膜的生成即标志濾池的成熟,自此過濾的效率很高。这一阶段称为濾池运行的第二阶段。根据上面所說的原理,只有砂层上面的一层可起過濾作用,这对慢濾池是准确的。但在快濾池中由于有較大的過濾速度,截留的物質,不仅限于砂面,而且还能深透入砂层之中,因此大約 15 公分厚的砂层都同样可起過濾作用。

濾池工作的第三阶段称为洗池阶段。当截留在砂面及空隙間的物質逐漸增加,水流通过砂层的水头損失也逐漸加大,到了某一程度,即水头損失增加到砂面上的水深不足以維持規定的過濾速度或污物势將透過濾池的时候,濾池就必须停止使用,濾料必須加以清洗。

濾池濾除水中所含懸浮物體的效率，基本上以懸浮物的大小、濾料顆粒的粗細和過濾速度來決定。所謂過濾速度或濾率，並非指在濾層間隙滲透的實際速度，而是指砂面水位的下降速度，可以按下列公式計算：

$$\text{濾率(公尺/小時)} = \frac{\text{濾過總水量(立方公尺)}}{\text{總運轉小時} \times \text{濾池面積(平方公尺)}}$$

濾率是過濾過程中最重要的因素，過濾的作用與效率，濾料的選擇，濾池的設計，都受濾率的控制。濾料顆粒愈小，濾率愈慢，則過濾可去除的懸浮物質將愈細小。反之，如源水中懸浮物粒愈大，則選擇濾料及濾率可以相應地較大。

慢濾池所採用的濾水率很小，平均在每小時 0.1~0.2 公尺之間。進入慢濾池的水渾濁度一般應低於 50 毫克/公升，最好不超過 20~30 毫克/公升，否則濾池的有效工作時間將縮短，需要時常清洗，則極不經濟。快濾池所採用的濾率約 40~50 倍於慢濾池，一般在每小時 5~7 公尺之間。目前的趨勢是採用較高的濾率。進入快濾池的水，一般經過凝結和沉淀，因此水的渾濁度是可以控制的，一般的規定則在 15~30 毫克/公升之間。

8 慢濾池工作簡述

慢濾池適宜於處理渾濁度不超過 30 毫克/公升的水。在這種情況下，源水可以不經過預先處理，直接流入濾池過濾。但如源水水質較劣或水質變化很大時，則在引入濾池之前，須作預先處理，通常為單純的沉淀，在經濟許可時，也可採用凝結沉淀。

慢濾池本身為一個不漏水的池子，一般建築在露天，視當地氣候情況而定應否設置遮蓋。池底設有排水管以聚集濾過水，排水管上面鋪設礫石數層，其作用為阻止砂粒進入排水管，因此稱為支持層。在礫石層上鋪設發生過濾作用的砂層，砂層之上

为源水，水中悬浮物截留在砂面或砂面以下约 2~3 公分的砂层中而造成滤膜。滤膜一方面能减少砂粒间的空隙，增进过滤作用，而另一方面则增加了水流通过砂层的阻力。悬浮物质集积愈多，则滤料层的阻力愈大。当滤料层上的水柱不足以克服滤料层中的阻力以保证正常滤率时，过滤池便须进行清理。清理时，将滤料表面 2~5 公厘厚的一层污砂刮下，送入洗砂池中清洗。慢滤池一般的过滤周期为 15~30 日，当污砂刮去，过滤池重新开始过滤时，由于砂粒清洁，间隙很大，所以滤料只能将水中较大的悬浮杂质拦阻下来，而细小的悬浮杂质则随水自过滤池流出。这时的过滤水质不能满足要求，必须将其排泄于下水道，直至滤过水水质已能合于要求为止。这一过程称为过滤池的“成熟”阶段。慢滤池的成熟时间，一般需要 1~2 日左右。

慢滤池的滤水层材料为砂及礫石。砂层厚度为 1.0~1.2 公尺，而以 1.0 公尺最为普通。砂粒有效直径采用 0.25~0.35 公厘。所谓有效直径，是指在筛分析中通过砂重量 10% 的筛孔尺寸。砂层过薄，则水出较浑，但过厚则增加水头损失，影响滤池工作周期。根据一般养护经验，几次刮砂之后，至少须仍有 30 公分的厚度。

礫石铺设在砂层之下，嵌于排水管旁，其作用为支承砂层，以免砂粒随清水流入排水管，并避免排水管接合处为砂堵塞。支承层厚度一般在 30 公分左右，但亦有达 60 公分的。礫石层的礫石尺寸，可分三级，自下向上逐渐减小，下层为 2~5 公分，中层为 1~2 公分，上层为 0.5~1 公分。下层礫石厚度为 20~35 公分，其余二层各为 7.5 公分。

慢滤池砂面水深约为 1.2~1.5 公尺。滤池使用之后，砂面的污秽逐渐增加，水流通过时的阻力也随之增大。如砂面上水

深过浅,可使砂层内的压力低于大气压力,于是水中溶解气体因气压减低而放出在砂层間就发生气泡而使濾水效率降低。因此砂面上的水深,应大于每次洗砂之前,水流經砂粒間所需克服的全部阻力消耗。此項水头損失通常为1.5公尺左右。

慢濾池的泄水系統一般埋設在礫石层內,其目的为放泄濾过的清水,使其流入清水池。各管的接头处开放而不封閉,使水得以流入先由泄水支管收集而后流入总渠。总渠位于濾池中央与池的長边平行,常以混凝土建成圓形,半圓形或長方形,以减小池的高度。支管常为100~300公厘圓形瓦管,支管間間距约为2~8公尺左右,設在总渠两侧与总渠互相垂直。

慢濾池的主要优点是阻截細菌能力强,总的維護費用較快濾池省,而其缺点则为濾率很低,因之所需過濾面积甚大,同时洗砂工作复杂而麻煩,每次清洗需要很多時間和費用。現在由于采用簡單而便宜的消毒方法,慢濾池的各项优点已逐漸为快濾池所代替。虽然如此,但是由于目前上海,天津,广州等地,使用慢濾池設備的小厂尙占多数,因此在現有設備条件下,如何发掘慢濾池的潜力,提高過濾能力,仍不失为我們对淨水工艺过程中所应考虑的問題之一。首先遇到的問題是如何来縮短濾池的維護時間,也就是說如何来减少濾池的停池時間,从而增加濾水量。过去清洗濾层的方法,多半采用手工操作,使用鉄銑,和手推車等笨重工具,不但劳动条件差而且也使生产受到影响。如能改进濾层清理的工艺方法,以机械化設備来代替手工处理笨重操作,就可提高工作效率,增加濾池的利用時間。天津市自来水公司使用洗砂机清洗慢濾池濾砂的經驗,对改善劳动条件,縮短濾池維護時間,都起了很大的作用。

4 洗砂机的基本原理

洗砂机的原理是在洗砂箱內引入清水，利用反冲原理以 1.5 公升/秒/平方公尺的水量冲托泥砂。泥砂經冲托后，砂层膨胀 33%，在水中发生悬浮运动，互相摩擦，使积泥与砂粒分离，浮上水面，由污水排出口放走。泥砂洗净后，利用射水器的原理用 27 公公尺以上压力的清水冲射，自洗砂机內將洗净之砂噴出。泥砂的起出、放入洗砂箱和净砂的鋪平等工作，仍用人工搬运，但由于这些工作都在池內进行不再在池內外往来搬运，因此就大大地縮短了工作時間。

一、洗砂机操作程序

(1) 先將一部分泥砂刮起，积集在洗砂机旁，刮起泥砂的地位留作存放噴出的净砂，所以刮砂的地点应在洗砂机出砂口附近。

(2) 連接进水管并接通水源。

(3) 搭鋪排水槽，一端接洗砂机污水排出口，另一端接排水井。

(4) 泥砂裝入洗砂箱，堆积到 60 公分高时，开启冲洗泥砂进水管閥門，放水洗砂。此时应注意掌握閥門調节进水强度，保持砂粒在水中的最高冲托达到 77 公分处。水力过大則砂子随污水流失。冲洗 3~4 分鐘后，关闭进水管閥門。

(5) 开启冲洗净砂进水管閥門，經噴砂膠皮管將净砂吹入池內，吹出的水由慢濾池的原有初濾水管排入下水道。

(6) 繼續冲洗，直至洗砂机附近泥砂全部洗完。然后將洗砂机搬移到另一地段中冲洗，地段划分系根据濾池面积決定。

(7) 濾池砂子全部洗完，拆除进水管和排水槽，搬移洗砂机后，用人工將净砂鋪平。

(8) 一般的泥砂，依照上述方法即可洗净，如果泥砂过髒，

一次冲洗不淨，可以采用二个洗砂机，使用二次連續冲洗方法。第一次洗过的淨砂吹入第二个洗砂机，进行第二次冲洗后，再行吹入池內。

二、洗砂设备有关数据

(1) 結構及部件的規格，見洗砂机結構圖 2。

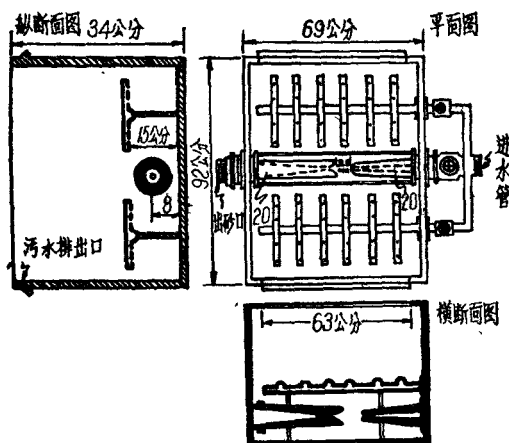


圖 2

(2) 洗水強度 15 公升/秒/平方公尺。

(3) 洗水壓力 4.2~2.7 公斤/平方公分。

(4) 進水管和噴砂管口徑各為 75 公厘。

(5) 每箱每次可洗砂 0.88 立方公尺，每小時可洗 8 次（約 3.04 立方公尺）。

(6) 使用一只洗砂机，操作的中斷時間過久，使用二只洗砂机同時沖洗，可以在不增加工人的條件下提高洗砂數量一倍。

5 重力式快濾池構造

快濾池從 1885 年才開始應用。由於濾率較慢濾池高，故占地面積較小，投資較少。同時洗砂過程也迅速而方便，故新建水