

К.Д. 潘菲洛夫公用事业科学院

用接觸澄清法淨化 軟水的研究



建筑工程出版社

內容提要 本書主要是介紹蘇聯 К. Д. 潘菲洛夫公用事業科學院列寧格勒科學研究所在不同的時期和不同的季節內對改善水質的新方法——接觸澄清法進行一系列試驗的結果，以及接觸澄清池的基本構造。

本書敘述在不同的試驗條件下，用接觸澄清法改善水質的可能性及合理性，指出接觸澄清法與一般淨水方法的區別及其優點，並進行了技術經濟鑑定。

本書的資料曾經中國醫學科學院衛生工程系進行過實際試驗和研究，故推薦給我國給水工程方面的教學、研究及自來水公司等單位的參考。

原書說明

書 名 ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНТАКТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ МЯГКОЙ ВОДЫ
出版者 Академия Коммунального Хозяйства им. К. Д. Памфилова
出版年份 1954年

用接觸澄清法淨化軟水的研究

許振婉 鄭克捷 譯

*

建築工程出版社出版（北京東黃城門外大街）

（北京市出版登記證出字第932號）

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號 3004 23千字 787X1092 1/32 印張 1 冊 31

1955年6月第1版 1955年6月第1次印刷

印數：1-14743冊

*

統一書號：15040·900

定 價：(10)0.20元

X9
P178

目 录

緒 言	3
1. 总 論	5
2. 給水水源的簡單特征	8
3. 接触澄清水試驗性生产設備的說明	9
4. 試驗期間进行的主要观察	14
5. 根据水质的物理和化学指标研究生产性接触澄清 池工作的結果	14
1) 冬季澄清池工作的研究結果	15
2) 春汛期內澄清池工作的研究結果	16
3) 夏季澄清池工作的研究結果	16
4) 秋季澄清池工作的研究結果	19
5) 在不进行混凝作用时澄清池工作的研究結果	21
6. 从水质的細菌和水生物指标来看接触澄清池的 工作效果	23
1) 从水质的細菌指标来看接触澄清池的工作效果	23
2) 从水质的水生物指标来看接触澄清池的工作效果	42
7. 接触澄清池工作质量指标的稳定性	25
8. 接触澄清池工作周期的持續時間	27
9. 接触澄清池的清洗	29
10. 接触澄清法的技术經濟效果	31
11. 結論和建議	31



蘇共第十九次代表大會向工業及公用事業工作者們提出了進一步改進生產方法及工藝過程以增加產品數量和改善產品質量的任務。其中所提出的任務也涉及到有關給水和改善水質方面的問題。

最近幾年來，公用事業科學院及其研究所的工作人員根據多孔介質過濾低濃度懸浮液問題的理論和實驗研究，制定和試用了新的改善水質的方法——接觸澄清法（研究題目的領導者為技術科學碩士И.М.明茨）。

接觸澄清法是在簡單的構築物——接觸澄清池——內進行的。這種方法，不僅保證水的澄清效果良好穩定，具有高度技術經濟指標；而且通過將絨球形成室和沉淀池改建為接觸澄清池，還能使淨化構築物在現有生產面積上的生產率有顯著增加。根據初步資料，採用這種方法，自來水淨化構築物的基建費用可減少到30%，而管理費用可降低15%。

本書為科學院對這一問題的研究專刊之一，目的是將這種方法，接觸澄清池的構造和試驗結果廣泛地介紹給公用事業和工業給水方面的工作者們。

採用接觸澄清法，不但會改善城市和工人村居民的公用服務設施，而且會幫助我們發現和利用由於採用這方法在自來水廠內所存在的巨大潛力。

用接觸澄清法淨化軟水的研究工作是由公用事業科學院列寧格勒科學研究所在列寧格勒自來水公司（Ленводопровод）自來水

总廠工作人員的密切合作下和列宁格勒市国家卫生监督机关和卫生防疫站代表的参加下完成的。

本书是由研究所的一級科学研究员,技术科学碩士З.Я.葛罗基舍尔(Городищев)編写的。

对本文有关資料的詢問 請寄К.Д. 潘菲洛夫公用事业科学院列宁格勒科学研究所(ЛНИИ АКХ)。地址是:列宁格勒、莫霍瓦街三号(Моховая ул., д. № 3)

公用事业科学院列宁格勒科学研究所所长技术科学碩士

В.В.勃羅特內(Болотный)

1. 总 論

約从六十年前起,在供水实践中,就采用了混 凝 快 濾 的 方法,对这种淨水方法的研究曾进行了很多工作。

虽然如此,到目前为止,淨水的技术操作过程并没有得到任何根本的改变。

目前普遍采用的技术操作过程的主要缺点——淨化构筑物容积很大,因为水須在淨化构筑物——混和池、絨球形成室、沉淀池和过滤池中停留达4—6小时,这就使 淨化 构筑物的造价昂貴。

然而,无数次的研究和淨化构筑物的实际管理經驗証明,尽管水在淨化构筑物中停留很长时间,且消耗了大量混凝剂,但在很多情况下,上述构筑物并不能保証淨水应有的质量。

因此,很自然地就产生了寻求 根本改进或改变淨化技术操作过程的方法以强化淨化过程和改善淨化构筑物工作的卫生和技术经济指标的愿望。

斯大林奖金获得者技术科学碩士 Д. М. 明茨 (Минц) 领导的公用事业科学院給水实验室的工作人员提出澄清自然水的新方法——水的接触澄清法就是这方面的一个巨大成就。

接触澄清法的理論基础,在公用事业科学院的专刊^①中已有叙述。

这个方法是由公用事业科学院給水实验室的全体工作人员根据对用多孔介質过滤悬浮液問題的研究結果而提出的。在研究

① 公用事业科学院專刊1953年第20号“水的接触澄清法”

這些問題時曾經確定，水中懸浮物和膠體雜質粘附於細砂表面和粘附於早已粘附在濾料表面的顆粒上（此時砂濾料的表面已形成和積聚了沉淀物——凝膠）的物理化學過程，就是快濾池澄清水時在其表面不形成膠膜的原因。這種現象就是懸浮物在砂粒濾料表面上的凝滯作用。由於與懸浮物在容器中的一般凝滯作用不同，我們把它稱之謂接觸凝滯作用。

對接觸凝滯作用的規律性的研究證明：如果技術操作過程組織得正確，可以取消絨球形成室及沉淀池，只在一個構築物（接觸澄清池）內便可完成水的整個脫色及澄清過程。

取消絨球形成室及沉淀池，是由接觸凝滯作用和自由容積中懸浮物的凝滯作用在機構上的根本差別所決定的。

在第一种情況下，凝滯作用進行得很快。因此，在接觸濾料砂粒表面形成膠質物的接觸凝滯作用本身就促使污染水的顆粒由水中分離，即進行了水的澄清和脫色。

在第二種情況下，在自由容積中進行凝滯作用時，顆粒的相互粘結形成絨球是在絨球形成室中進行的。這個過程需要很長的時間，且在實質上這仅是水沉淀前處理的預備階段。

凝滯作用在機構上的根本區別決定着上述兩種淨水方法在結構形式上的根本區別。

接觸澄清池是一個為礫石與砂子所充滿的水池，其中濾料的粒度是自下而上地逐漸遞減。

當已加入凝滯劑的水以5.0—5.5公尺/小時的速度通過接觸澄清池的礫石和砂子層時，水中懸浮物和膠體雜質逐漸接近濾料表面並粘附於其上或粘附於早已粘着在濾料表面的顆粒上，从而使水能得到澄清。

水通過接觸澄清池的濾料時，是按濾料顆粒粒度遞減的方向自下而上地流過，先通過礫石層，然後通過砂層。這樣就保證了濾

料的高度截污能力，即在澄清池的每个工作周期內能使大量的沉淀物为滤料所截留。

因为这个方法不需要把水中含有的顆粒进行預先凝聚，故混凝剂投入拟处理的水中是直接在水进入接触澄清池之前进行的。正如公用事业科学院給水實驗室进行的許多实验所証明，原有顆粒的事先凝聚相反会使接触混凝作用的效果恶化。

实验証明，不管原水水质及其温度有多大变化，用接触澄清法进行水的澄清和脱色所达到的效果是很高的。

上述这点在軟水处理方面有特別重要的意义。大家知道，在冬季，一般采用的淨水方法对軟水的混凝作用是进行得非常不能令人滿意的。在水中形成的小絨球体，由于质輕不能在沉淀池中沉淀而被带至过滤池內，并通过过滤池的砂层滤料进入管网內和带到用戶的上水管网去。这样，过滤的水就带有乳光并含有大量的剩余鋁。在这种情况下要改善軟水混凝过程，只有預先加硷，但硷化的方法会使管理复杂化并增加水的处理費用。

采用接触澄清法时，不进行硷化，在冬天（在低水温的情况下）淨化軟水也能得到較高的效果。

根据国家水文研究院的資料^①，軟水地带是非常广泛的，占苏总面积的56.7%，从苏联北部边界綿延至北緯60°，从西部边界綿延至白令海峡。

这种地带几乎分布在整個西伯利亚及远东地区。根据以上所述，这个区域除了少数部分地区以外，水中都含有重碳酸盐类，水中的溶解性固体（矿化物質）达200毫克/升，水的硬度不超过1.5毫克/当量。水的矿化作用不大是由于当地的自然地理条件所造成的，因此使水具有該硬度的化学成分。

① 国家水文研究院的彙報，水文氣象出版社1949年出版号17/71

由于我国在上述这些广大地区展开和发展大规模的工农业和居民点的建设（在这些地区是以矿化作用较弱的软水作为供水的水源的）软水处理问题就成为更迫切和重要了。

因此，1953年，公用事业科学院列宁格勒科学研究所完成了采用接触澄清法使软水脱色及澄清的可能性和合理性的研究工作，并进行了KO-1型接触澄清池的结构试验。研究工作是用涅瓦河水（属于最软的水）进行的。

2. 给水水源的简单特征

涅瓦河水属于沼泽生成水。它的物理化学成分的特点是具有很大的恒定性。

透明度的周期变化与大气降水（包括雨、雪、霜、冰等——译者）的频率及数量有关。透明度是在春秋二季很短的洪水期內下降最剧烈，最大的透明度是出现在河面已为冰所复盖的冬季月份里。

水的硷度具有很大的恒定性。年平均硷度等于 $0.4-0.5$ 立方公分 $\frac{1}{N}$ -HCl。涅瓦河水的矿物盐含量很小，属于最软的水。它的总硬度为 $1.4-1.8$ 度。固体残渣量当 110°C 时为 $50-70$ 毫克/升，而烧灼残渣量在 $22-40$ 毫克/升之間。

涅瓦河水所含的悬浮物很少，在大多数情况下其含量为 $2-5$ 毫克/升，而仅在洪水期达到 $25-50$ 毫克/升。

水的色度变化相当大，约自 25 度到 75 度，平均为 35 度到 40 度。水的耗氧量为 $7.0-12.0$ 毫克/升 O_2 。

年平均温度为 $6.0-6.5^{\circ}\text{C}$ 。温度变化幅度为 $18^{\circ}-24^{\circ}\text{C}$ ，这点对一年四季內涅瓦河水混凝作用的效果有相当大的影响。

应当指出，涅瓦河水中悬浮水生植物在一年中的某些季节里是大量繁殖的。

列宁格勒自来水公司中央实验室的研究证明，在1立方公分的水中悬浮水生植物细胞在1000个以上时，会使净化构筑物的工作恶化。

3. 接触澄清水试验性生产设备的说明^①

为了进行研究，公用事业科学院列宁格勒科学研究所的给水实验室设计并由列宁格勒自来水公司自来水总厂建造了一座接触澄清水试验用的生产设备，该设备是在自来水总厂现有试验性过滤沉淀站的基础上建造起来的。

在将过去试验用的过滤沉淀设备改建为接触澄清池时，站内原有的混合槽，絨球形成室及沉淀池就不需要了。这样就节省了大约75平方公尺的生产面积。

下面我们就叙述一下已建成的面积为11.15平方公尺的生产试验性接触澄清池的各个重点部分(图1、2、及3)：

1. 进水室(空气分离器)平面尺寸为2000×1600公厘，工作高度为1000公厘，用5公厘厚的钢板做成，建筑在比排水槽溢水边缘高2500公厘的地方。

涅瓦河水是通过直径为200公厘的铸铁管流入进水室的；

^① 叙述试验性生产设备的目的是为了更好地说明进行研究的条件，由于该设备是在接触澄清池结构试验开始时做的，故在其构造上还存在着一系列的缺点。

设计接触澄清池时，应当遵照KO—1型接触澄清池的设计，建筑及管理暂行技术规范(俄罗斯苏维埃联邦社会主义共和国公用事业部出版社1954年于莫斯科出版)

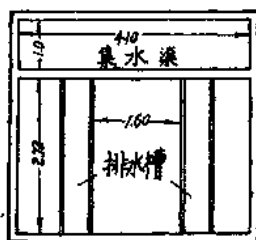


图 1 接触澄清池平面图

为了拦阻可能随着河水一起进入进水室的粗大悬浮杂质、水生植物及鱼类，在进水管内设置有孔径为10公厘的、可更换的筛格为将水自进水室引至澄清池的池底空间（поддон）安装了一条直径为200公厘的管道。在进水管内管道入口处装设一孔径为5公厘的、可更换的筛格。

为了保持进水室内的固定水位，设置一直径为250公厘的溢流管。

2. 配水系统，为了在过滤和清洗时将水分配至接触澄清池的整个面积上，利用了试验站快滤池上原有的大阻力排水系统。该排水系统是由直径400公厘的干管和24个直径为75公厘带孔支管组成的。

配水系统管上的孔径为15公厘。支管上孔眼的位置是按棋盘式排列，并向下与水平线成45°角。

接触澄清池的池底空间是用木格栅设置在砖柱上的方法建成；木格栅是用安放在横木上宽度为37公厘的木板组成，木板彼此间的间隔距离为25公厘。

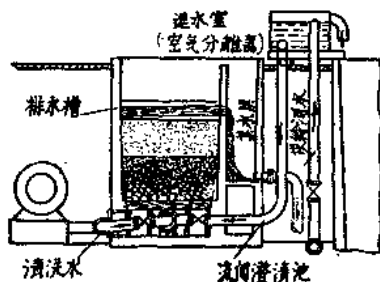


图 2 接触澄清池断面图

池底空間高度为 750 公厘，这是由上部干管安置的高度决定的。

为了便于检查和在必要时进行清洗池底空間設有直径为 700 公厘的人孔。

3. 澄清池的滤料 滤料是由粒度自下而上逐漸遞減的砾石和砂子层組成的，直接鋪于炉条式的格柵上。滤料的詳細說明见表 1。

表 1

滤料層的編號(從下而上)	滤料粒度大小(公厘)	滤料層厚度(公厘)
1	64.0—32.0	300
2	32.0—16.0	100
3	16.0 - 8.0	100
4	8.0— 4.0	200
5	4.0— 2.0	500
6	2.0— 0.8	1,250
滤料總厚度		2,450

4. 澄清池的清洗 澄清池是用清洗水泵来进行清洗的。水泵安装在一个由馬达来带动的机軸上。水泵能保証接触澄清池有 11—12 升/平方公尺·秒的冲洗强度。

澄清池的清洗是用淨化和消过毒的清水，清洗时关闭活門 A、B、和 B，并开启活門 Д、Г 和 E (图 3)。

澄清池工作时，應該开启活門 A、B、B 及 Г 并关闭活門 Д 及 E。

5. 收集和排除澄清水及清洗水的設備 为了收集和排除已澄清的水，以及为了收集清洗澄清池时清洗过的水并将其排入下水道內，建造了两个敞开式排水槽。排水槽的排水能力能保証排除清洗澄清池时强度为 17 升/平方公尺·秒的清洗水。

排水槽的溢流边缘位于澄清池砂滤料表面以上高 500 公厘处。

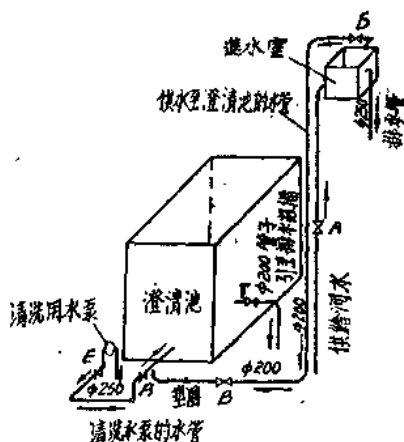


图 3 生产性接触澄清法管道连接投影图

排水槽边缘之间距为 1600 公厘。冲洗过的水由排水槽流向集水渠，再从集水渠通过直径为 300 公厘的管子流入污水干管内。

6. 混凝设备 为了使流向接触澄清池的水发生混凝作用，装置一个专门配药间。配药间由两个容量约 5 立方公尺的溶液槽（或和药槽——译者），两个工作槽（即稀液箱——译者）及一个投药箱组成，这些槽及箱都设在建筑物第二层楼上一个专门的平台上（配药间简图见图 4）。

为了将混凝剂的溶液由溶液槽送至工作槽，专设了一个水泵。

水的混凝是用比较澄清的不纯铝礬土溶液，溶液沉淀的最少持续时间 是 2 小时。

为了混凝剂的投配能自动地投入。在澄清池室内设置了一个仪器，

该仪器是由技术科学硕士 B. Л. 切伊斯维里和工程师 И. Л. 克雷姆

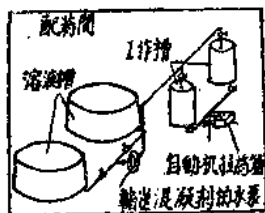


图 4 配药间简图

斯基共同設計的。

儀器能自動地保持所需的凝凝劑劑量而不取決於溶液調配的濃度。在接觸澄清池工作生產條件下自動投配的長期試驗證明：溶液濃度雖然變化很劇烈，但儀器也能保持所需的凝凝劑劑量，其誤差僅為 $\pm 3\%$ ①。

凝凝劑投配量的正確性是用能方便地記出每個時間凝凝劑的實際投配量的自動儀器進行監督。當自動器進行檢查和修理而停止使用時，凝凝劑就利用帶有圓球形球閥的投配箱由人工來投配。

為了使凝凝劑與水混合，在距澄清池池底空間入口一公尺處往送水管內設置一個墊圈。

在試驗工作的第一階段，裝置在送水管（即將水從進水室送至接觸澄清池池底空間的水管）上調節過濾速度的活門是用人工來操縱。過濾速度的正確性是用容積法每二小時檢查一次。

目前，過濾速度的恒定性是用過濾速度自動調節器來保持。該調節器上附有“П.Э.С.”牌的傳送器和衝動構件（Импульсный элемент），這構件是由列寧格勒自來水公司總廠試驗車間製造及安裝的。

接觸澄清池在生產的條件下進行了長期的試驗證明。過濾速度自動調節器的工作是正確和可靠的。

為了確定在濾料各層及整個濾層內的水頭損失，在接觸澄清池的不同高度處裝置6個測壓器，這些測壓器都安裝在一塊靠板上。

① 原文“точность”為準確度，但在本文中如譯“準確度為3%”似乎與作者之意有出入，故譯“誤差”較為恰當。

4. 試驗期間進行的主要觀察

在整个試驗期間进行了下列觀察：

1. 空气分离器的工作及在空气分离器內粗粒悬浮物、水草、魚类、砂子的截留情况；
2. 河水、已混凝过的水及已澄清过的水中悬浮物的浓度；
3. 在各种不同工作状况下，接触澄清池所截留悬浮物数量；
4. 在澄清池不同工作状况及在不同季节內使用不同混凝剂剂量时，河水、已混凝过的水和已澄清的水水质的物理、化学、观感、細菌和水生物指标；
5. 在各种不同工作条件下，接触澄清池滤料的水头损失；
6. 在各种不同工作条件下，澄清池工作周期的持續時間；
7. 在不同持續時間时澄清池清洗的效果；
8. 清洗水在澄清池面积上分配的均匀性；
9. 澄清池滤料的状况。

5. 根据水質的物理和化学指标研究生 产性接触澄清池工作的結果

实验性的生产接触澄清池的研究工作是在1953年的冬季、洪水季节、夏季和秋季不間断地进行的。现将上述各季节內进行研究的結果分述如下。

1) 冬季澄清池工作的研究結果

由于技术上的原因, 冬季的研究時間很短, 并只限于水質的检查。

涅瓦河水在此期間温度为0.1—0.6度, 透明度为215—300公分(十字法), 悬浮物量为3.20—5.57毫克/升, 色度約为45度。

在整个实验期間內上升水流速度是保持固定的, 为1.39公厘/秒 (5公尺/小时)。

在整个实验期間混凝剂投配量为7.0—7.5毫克/升 Al_2O_3 。在列宁格勒自来水廠的实际工作中, 这个投配量被認為是最适宜的。

上述时期內涅瓦河水和已澄清水的水質平均指标列于表2內。

冬季已澄清的水的质量平均指标

混凝剂投配量7.0—7.5毫克/升 Al_2O_3

流速=5公尺/小时

涅瓦河水水温0.1—0.3度

表2

水樣名稱	開始時間(小時)	透明度(公分, 用十字法)	混濁度(毫克/升, 用濁度計)	色度(毫克/升, 用容量)	耗氧量(毫克/升 O_2)	色度(度)	殘余鋁量(毫克/升 Al_2O_3)	沉淀	臭(分)	味(分)	注
涅瓦河水	—	216	>3	0.46	9.48	43.5	—	—	—	—	
澄清的水	2	>300	0.05	0.14	—	1.0	—	無	無	無	
	4	>300	0.00	0.13	2.88	1.0	0.45				
	6	>300	0.00	—	—	0.0	—				
	8	>300	0.00	0.08	2.45	0.0	0.28				
	10	>300	0.00	0.09	—	0.0	—				
	12	>300	0.00	0.12	2.65	0.0	0.24				
平均	—	>300	0.008	0.11	2.66	—	0.32				

耗氧量比涅瓦河水降低71.9%

色度比涅瓦河水降低99.36%

殘余鋁量為混凝剂投入量的4.27%