

全國工業交通展覽會建築工業館

技 術 資 料

天津市自來水公司旧快濾池 改建为双向濾池的經驗介紹

天 津 市 自 來 水 公 司

建 筑 工 程 出 版 社

天津市自来水公司旧快滤池
改造为双向滤池的经验介绍

天津市自来水公司 編

編 輯 孙蕴文 設 計 赵文林

1958年9月第1版 • 1958年9月第1次印刷 • 7,060册

787×1092 • $\frac{1}{32}$ • 7千字 • 印張 $\frac{5}{8}$ • 插頁 1 • 定价 (9) 0.11元

建筑工程出版社印刷厂印刷 • 新华书店发行 • 書号1223

建筑工程出版社出版 (北京市阜成門外大街)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第 052 号)

天津市自来水公司旧快滤池改建

为双向滤池的经验介绍

双向滤池是苏联给水工程的最新成就之一。这种滤池采用了自上和自下同时过滤的方法，使一部分水自上而下通过滤管以上的滤料层，过滤后进入滤管引出，而大部分的水是自下而上地通过滤管以下的滤料层，过滤后进入滤管引出，这样下层来水向渐小粒滤料方向上升过滤，让粗粒层含蓄较多泥垢，来提高滤池的生产能力。这种滤池滤速可达12~15公尺/小时，而普通重力式快滤池在同样条件下滤速一般只能有5~7公尺/小时。因此它的生产能力比普通重力式快滤池可以提高约一倍以上。过滤站的建筑面积，亦能大大缩小。所以双向滤池不仅在苏联很多水厂已被采用，在我国各地亦引起很大的重视。

双向滤池改建试验是根据“双向滤池和快滤池洗池计算”（米兹和舒倍尔特著，俄文版）和“工业企业及居民区外部给水工程设计规范草案”设计的。计算滤速等于上层滤速和下层滤速的总和，采用正常滤速12公尺/小时，最大滤速15公尺/小时。滤池出水量：

Q （立方公尺/小时）= V （滤速，公尺/小时） $\times$ F （滤池面积，平方公尺）。

下部大阻力管式布水系统的尺寸和管数用下式核算：

$$\frac{f^2}{W_1^2} + \frac{f^2}{W_2^2 n^2} \leq 0.3 \text{ 其中:}$$

f —— 布水系統所有孔眼的面积 (平方公尺);

W_1 —— 布水系統干管的橫截面积 (平方公尺);

W_2 —— 布水系統一条支管的橫截面和 (平方公尺);

n —— 布水系統支管总数。

滤池冲洗强度按下式計算:

$$W(\text{公升/平方公尺/秒}) = 16.9 \frac{d^{1.31}}{u^{0.54}}, \text{ 其中:}$$

u —— 水的絕對粘滯度系数;

d —— 最粗砂粒的平均直徑 (公分)。

洗池排水穿孔管終端外平均流速 按 $V_K = 1.275 \frac{g}{d_2}$ 計算。其

中:

g —— 一条穿孔管的冲洗水量;

d —— 管徑。

管上孔距分段計算, 管軸中心距砂层面的距离是按:

$$h(\text{公尺}) = \frac{H \times e}{100} + 0.15 + 0.25d \text{ 計算。其中:}$$

h —— 滤料层厚度 (公尺);

e —— 冲洗时滤料最大膨脹度 (%);

d —— 穿孔管外徑 (公尺)。

冲洗水需要水压, 考虑下层要冲洗时管道和池內的水头損失, 池內滤料的水头損失采用滤料层的高度, 布水系統水头損失按:

$$h(\text{公尺}) = \frac{1}{2g} \left(\frac{W}{1000a\mu} \right)^2 \text{ 計算。其中:}$$

W ——冲洗强度（公升／秒／平方公尺）；

μ ——流量系数；

a ——布水系統孔眼面积与滤池面积的比例（％）。

天津市自来水公司由于最近需水量激增，現有产水設備即將不敷需要，为了挖掘現有設備的潛力。以解决这个問題，因此准备将水厂內在解决前所修建的十七个临时快滤池，全部改进为双向滤池。这些滤池是全部人工操作的露天設備，原来也沒有装設記錄及控制仪表和專用的洗池設備，因此具有較好的改建条件。为了取得具体的施工和操作上的經驗，肯定双向滤池的經濟效果，最近曾先临时改建一个普通滤池，并試用了一个月。取得了一些初步經驗，茲分別介紹如下。

一、双向滤池試驗的設計和改建 利用1934年建成的一个临时露天快滤池。增設及改装了部分管道設備，并适当增高池牆改成双向滤池（見圖一）。改建时注意下列两点：

1）尽量保持原有滤池的結構物和設備，例如下部布水系統，清水堰，进水槽，进水管等都可以在經過核算后保留。本試驗由于同时对排水穿孔管进行試驗，所以改装了穿孔管，否則保留原有的排水槽也是可以的。

2）做好准备工作，例如一些必要的控制和測量設備对于滤池管理來說，特别是对試驗來說是有必要的。因此必須有堰口，水头損失尺等，来記錄滤过水量，洗池水量和水头損失等。

在大型滤站中，还应考虑采用一些更好的計量仪表。再如滤料的选择，和对施工管理人員的技术交底工作都是重要的。

原滤池为鋼筋混凝土結構。滤池面积为 $3.75 \times 3.66 = 13.7$ 平

方公尺，双向滤池設計最大滤速采用15公尺／小时。滤前水在进水泵的吸水管上加凝結剂硫酸亞鉄，并利用原有沉淀罐进行沉淀。試驗期間原水混濁度一般約为40~65毫克／升，最高曾达100毫克／升，原水經過混凝沉淀后混濁度一般可降至20毫克／升以下，再送到双向滤池过滤。

1. 双向滤池的布水系統：利用原有快滤池底部的管式大阻力排水系統，作为双向滤池的布水系統，中間集水道直徑为300公厘，兩側肋形支管直徑75公厘，中距22公分，每側各有17根肋形支管，共34根。支管上有直徑12.5公厘的孔眼，垂直向下，中距22公分，总計全部孔眼面积为334平方公分。相当于滤池面积的0.24%，所以原大阻力系統的池內部分可以不經改装即可应用。池外部分須將通往原快滤池清水堰箱的集水管截断，改为与沉淀罐出水管接通，作为双向滤池下层的进水管。

2. 滤池的装料用卵石和砂子：卵石层总厚度为65公分，采用洗淨的卵石，級配如下：

80公厘~64公厘	厚度20 公分
64公厘~32公厘	厚度15 公分
32公厘~16公厘	厚度12.5公分
16公厘~8公厘	厚度7.5公分
8公厘~4公厘	厚度5 公分
4公厘~2公厘	厚度5 公分

滤料采用砂子，全砂层厚度1.30公尺，有效直徑 d_{10} 原計劃为0.45公厘，不均匀系数 K_H 为1.7~1.9；下层由卵石层至網滤管中心綫間的砂粒直徑自0.55~1.5公厘，有效直徑計劃为0.6公厘，不均匀系数为1.75~1.85，厚度85公分；上层由网滤管中心綫到砂层表面間砂粒直徑自0.4~0.55公厘，厚度45公分。我們这次試驗用粗砂和龙口砂混合級配結果，全砂层有效直徑 $d_{10}=0.46$ ，

不均匀系統 $K_H=1.9$ ；下層有效直徑為0.71，不均勻係數為1.97，上層還有極少數小於0.4公厘的砂子（2.5%），沒有能夠完全達到設計的要求。

3. 濾管：我們利用了舊存的100公厘直徑井濾管。外包以80#銅絲網，孔隙0.27公厘。網濾管計八根，一端進池壁（將混凝土池壁鑿窩），一端與一條250公厘直徑鋼管接通焊牢。這條橫集水管再接通另一條管引出池外，與通向清水堰之清水管連接。因為本工程是臨時試驗性的，所以濾池外的這部分清水管道全部採用明管。

4. 洗池排水管：洗池排水採用了穿孔管，而沒用排水槽，用六根直徑150公厘穿孔管，管一端焊堵，並將濾池內壁按照穿孔管的相應位置鑿深約5公分的圓窩。把穿孔管焊堵一端放在該窩內，用水泥砂漿抹好。另一端與一條直徑300公厘之橫管連通焊牢。橫管再用兩條鋼管連至進水槽內。濾池正常工作時，原水自進水槽經穿孔管進入濾池，洗池時、洗砂後的混水便由穿孔管排到進水槽。槽底部裝有排水閘門，水通過閘門排入下水道，當沖洗後混水進入穿孔管時，為了排除管內空氣，在穿孔管和橫管上部都鑽有排氣孔。穿孔管排水，按沖洗水量16.5公升/秒/平方公尺設計，管的終端流速為2公尺/秒。

5. 清水堰箱：原有之清水堰箱是四個堰口（四個濾池來水）同在一個堰箱內，堰箱內四個堰口下游是彼此連通的，底部有通向清水庫的清水管，及排除初濾水通往下水道的管口。改建試驗時將作双向濾池試驗的堰口，用磚隔牆與其他堰口隔開，磚牆外抹水泥砂漿一層，一邊與入清水庫的清水管相通，另一邊與排水管口相通，磚隔牆下部留一圓孔，可以堵住或打開。當濾出水不合格時，便將濾過水排往慢濾池重新過濾，水質合格時，在堰箱內加氯消毒後再入清水池。

6. 測定水量和控制設備：本試驗利用原有的簡單設備來測定水量和控制流量。

(1) 濾過水量是用上面所提到的清水堰箱來測定的。因之

总的濾速可以下式 $V = \frac{Q}{A}$ 算出，其中：

V —— 双向濾池濾速（公尺／小時）；

Q —— 濾過水量（噸／小時）；

A —— 濾池表面積（平方公尺）。

(2) 水頭損失的測定是在布水系統的進水管上鑽孔，接出一根玻璃管。在濾過水水管底，亦鑽孔接出玻璃管，玻璃管背面設一條標尺。從兩個管水面高低的差數就可以看出水頭損失（參看圖1）。

(3) 測定上下層濾速：這次試驗中沒有裝置分別測量上下層流量的水表，而是通過測定水中食鹽濃度的辦法，來找出近似結果。試驗時先分別測定，濾前水和濾後水的鹼度，然後關閉來水閘，在池面上投加濃度鹽溶液，與池面水充分混合後測定其鹼度。然後開濾水閘按照正常濾速濾水，再測定濾後水的鹼度便可求出上下層濾速的近似值，計算公式如下：

$$U_{HP1} + (U - U_H) p_2 = U p_3$$

式中 p_1 —— 加鹽後濾前水鹼度（毫克／升）；

p_2 —— 加鹽前的濾前水鹼度（毫克／升）；

p_3 —— 加鹽後的濾後水鹼度（毫克／升）；

U_H —— 上層濾速（公尺／小時）；

U —— 上下層濾速總和（公尺／小時）。

簡化後可得公式 $U_H = \frac{p_3 - p_2}{p_1 - p_2} \times U$ 。

(4) 沖洗強度的測定：根據計算，沖洗強度為16.5公公平／

秒/平方公尺，上层疏散冲洗定为 5 公升/秒/平方公尺，冲洗水管与水厂高压清水主管相接，利用閘門来控制。冲洗时污水經排水閘入排水沟流入下水道。在排水沟上設一木制堰口，来測定洗池水量。

(5) 試驗用双向滤池的全部閘門还都是原来用人工开閉的閘門，操作很不方便。在正式改建的时候应当考虑到閘門等設備的自动化。

二、双向滤池試驗結果 試驗期間經常有專人負責觀察并記錄，每一小时記錄水头損失及清水堰口高度一次，每隔两小时測定滤前、滤后的混濁度一次。此外每小时記錄硫酸亞鉄、水玻璃、液体氯的投量，洗池时要記錄洗池時間、洗池用水、洗后混濁度、砂子膨脹、洗池强度及初滤水混濁度等情況。細菌每天一般試驗两次（見附表一）。經過了这一个月（10月1日至11月15日）時間的試驗，找到的一些結果如下：

1. 不同滤速下，水头損失和滤程（即滤池工作時間）的关系：根据十几次試驗所得結果在滤速15公尺/小时，滤前濁度不大于20毫克/升（相当于我公司普通快滤池所要求的滤前濁度）时，滤程可以到27~46小时，水头損失随滤池工作時間約成直綫增加，为1.40~2.16公尺，滤后濁度維持在2毫克/升以下。以后如繼續濾水，水头損失虽然沒有增到2.5~3.0公尺，但是濾后濁度就要超过5毫克/升。不过，如能即時降低濾速还是可以延長濾程，并能保持濁度在5毫克/升以下（見图2）。此外还試驗了一些其他的情況，当濾速为15.8公尺/小时时，濾前濁度15~20毫克/升，这样滤程可达24小时，水头損失为1.3公尺（見图3）。滤速为14公尺/小时时，滤前濁度15毫克/升，濾程可以达到48小时，水头損失不超过2公尺（見图4）。濾速为12公尺/小时时，濾前濁度12~20毫克/升，濾程可以延長到30小时（見图

以上情况的濾前水，都投加了水玻璃(8~19毫克/升)來輔助硫酸亞鐵形成凝結體。如果不投加水玻璃，那麼當濾速15公尺/小時時，濾程只能達到14小時，以後就因限于現有混凝設備，濾前濁度增高，濾後濁度亦不能維持在5毫克/升以下。以上試驗說明砂層的水頭損失，隨濾池工作時間的延長而增加。同時經過一定時間以後，濾後濁度亦要增加，這時濾池就需要進行沖洗。

2. 上下層濾速變化情況：在總濾速12公尺/小時，濾程38小時，採用前述的氯化物測定方法測出濾程開始時上層濾速為5.13公尺/小時，下層濾速為6.95公尺/時，濾程終了時上層濾速為0.75公尺/小時，下層濾速為11.3公尺/小時。上層濾速隨時間逐漸降低，而下層濾速卻逐漸提高(見圖6)說明試驗結果是和双向濾池的原理相符合的。

3. 池內水深的影响：據試驗結果看來砂層上水層深度的變化由1.3~1.9公尺，在仍保持正常濾速的情況下，對水質及水頭損失，都沒有顯著影响，這樣，濾池在較低的水頭下仍可以正常運轉。這可以使我們將來在正式進行改建普通快濾池的設計時，適當來選擇池內水深，以及過濾設備各部份的高程。

4. 濾池砂層及砂內含泥情況：試驗期間曾取砂樣兩次。當一個濾程結束後，而在沖洗前從砂表面起每10公分深度取砂樣一個。做篩分析及含泥量測定(作篩分析時必須將砂樣洗淨、烤干)。第一次取樣發現上下層砂粒有粗細混雜現象，可能是由於沖洗不足或取樣不好的原因造成。第二次取樣篩分析結果，所得曲綫見圖7。分析砂層內各個深度含泥量，經過測定後繪成曲綫如圖8。按双向濾池原理，大部由下層濾水，下層砂粒直徑又是由大漸小的逐層向上排列，所以大顆粒砂隔除大量污垢。而上層砂過濾時，是原水先通過細砂，因此，很快在砂面上形成泥層而

降低了滤水效能。这次試驗結果亦說明了这个現象。

5. 洗池水量的試驗：前面提到冲洗水源是来自水厂的送水主干管，所以，为了避免影响水厂送水水压，冲洗時間必須在送水低負荷时进行（約下午6点鐘以后），因此都把滤程拉長到48小时以上。砂层含泥量亦因之增多，所以試驗中冲洗水量較正常为大。一般按照設計的冲洗强度冲洗，并先进行上层疏散冲洗，然后进行上下层主要冲洗的方法来洗池，直到洗后水濁度小于25毫克/升时，需7~9分鐘。当滤速为15公尺/小时，洗池用水等于滤过水量的0.96~2.0%。砂层膨脹系数在1.3~1.4之間（見附表一），滤池砂面經過冲洗后，在网滤管橫管部分，砂层有一部分凸起，考虑原因是冲洗时橫管上部的砂层不能得到冲洗所致，将来改建时把橫管設在池外。就可避免这种現象。

6. 細菌減除情况：关于双向滤池隔除細菌能力，在二十个滤程中曾进行了試驗。杂菌可由平均245个/公撮降低为71个/公撮，平均降低約71%，大腸菌可由平均58个/公升降为12个/公升，平均降低約79%。

7. 其他：除了上述的一些結果外，試驗中发现，当滤池內水排淨后再开始进水时，滤池表面发现泡沫。考虑原因是：砂层內有很多空隙，原水通过时，空气被帶到水面形成泡沫。当时曾用人工把这些泡沫排出池外；如不把池內水排淨，即可避免这种情况。在試驗了約20天以后，曾把池底卵石层刨开檢查，沒有发现石层移动和积有污泥的情况。网滤管由于使用時間短，还没有发现变化，不过銅网和鉄管間長久是要发生腐蝕的，改建时准备改用石棉水泥管做网滤管。

三、初步結論：这个改建經驗进行期間不長，还不够全面，不过已經可以得到下列一些初步的情况：

1. 双向滤池的滤速可以达到12~15公尺/小时和滤程在24小

时以上。所要求的滤前濁度，和普通快滤池大致相同，即滤前濁度在20毫克／公升以下时，双向滤池單位面积濾水量可以比普通快滤池提高一倍以上。因此在經過24小时以上的工作時間以后，双向滤池的水头損失和快滤池的水头損失虽大致相等，但滤过水量比快滤池可以大大增加。在造价及建筑占地面积上也較同样能力的普通滤池可以减少。例如这个試驗滤池的改建工料費用約7000元（如果不試驗排水穿孔管，而仍用原有排水槽的話，約須5000元），每日可增产水量約2000立方公尺，如仍建普通快滤池，为增加同样的水量就得增加同样的滤池一座，由于这些滤池之来水都沒有控制設備和附屬建筑，所以上述数字也都不包括这些設備在內，因此利用旧有快滤池設備来进行改建。这样不但可以节省新建投資，同时旧有普通滤池亦因此而發揮了潛在力量。改建后的双向滤池，根据这次試驗結果，洗池水率占濾水量2%以下，較現有的普通快滤池降低約50%以上。以每晝夜产水十万吨水厂，每晝夜洗池一次来計算，就可以節約約2千吨清水。

2. 通过这一次試驗，說明把普通快滤池改建为双向滤池是可能和合理的，是可以在水厂的扩建设計中来应用和推广的。

3. 通过这次試驗說明一般水厂的淨水車間，只要事先做好准备，在熟悉了双向滤池的原理和要求以后，完全有条件做好双向滤池的操作管理。这里当然还要注意下列几点：

（1）滤池开始初滤时，先以低滤速4公尺／小时进行，在10分鐘內再逐漸增高至使用滤速（12公尺／时～15公尺／时），以保証初滤后的水質。

（2）当滤过水質恶化或达到水头損失极限时均应停止滤池工作，加以冲洗。

（3）冲洗前砂面上水位最好保留到排水穿孔管的高度，以免洗池时池面发生大量泡沫。

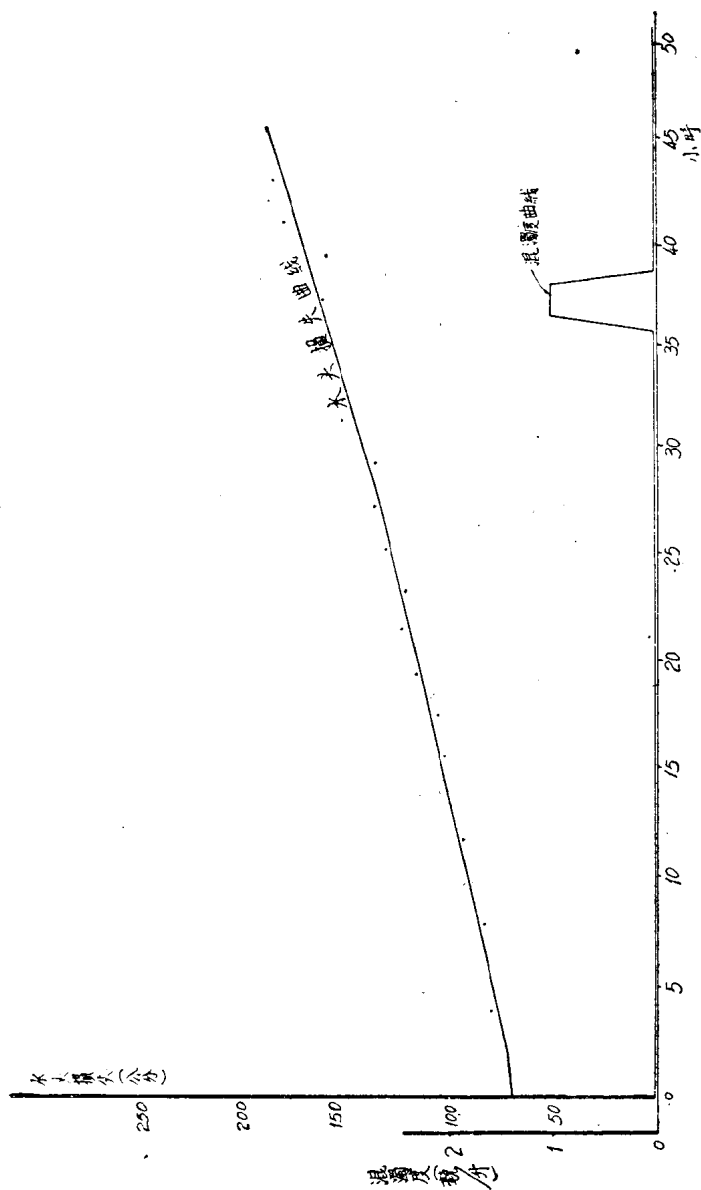
(4) 应定期檢查滤池滤料表面，卵石层以及从滤料层取砂样进行分析。

(5) 要严格准确地操作閘門以免发生錯誤。

(6) 洗池时应严格遵守規定程序，即先經滤管系統送入压力水做疏松上层滤料的冲洗，然后再向下部布水系統送水做主要冲洗，以免损坏滤管。

4. 由于双向滤池結構上的特点，原水管和冲洗水的清水管，都和下部大阻力布水系統連通。因此，开关閘門錯誤，或閘門不严时就要造成原水进入清水管，使水质遭受沾污。因此除操作工人切实掌握操作規程外，我們在正式改进設計中准备在冲洗管上用双閘門，并在两个閘門間加排水管的方法来保證水质。

5. 滤管材料質量問題：本試驗的滤管是用鋼管包銅絲网制成的，經過半年后檢查，銅絲网已发现有腐蝕锈坏的情况，因此証明这种滤管是不适宜的，苏联的使用經驗也說明这点，将来正式改建时应設計成用石棉水泥管来做滤管，并設法加工做成縫状的滤管，来代替网状滤管。



以何沙池水头损失速度与沙池工作时间的关系曲线图

流速 15 公尺/小时

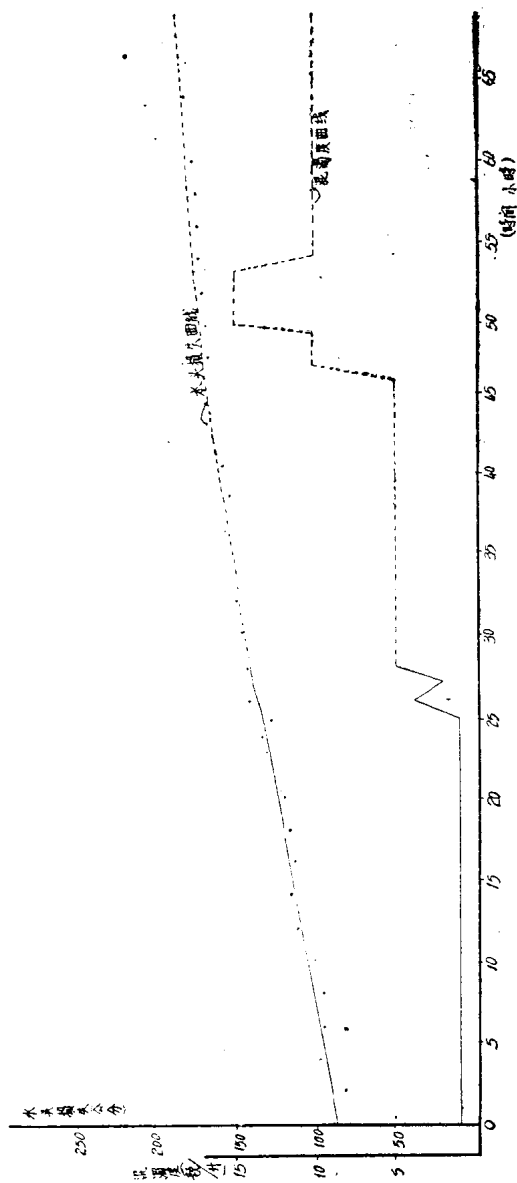


图 3 双向滤池水头损失与滤池工作时间的关系曲线图 滤速 15.8 公尺/小时

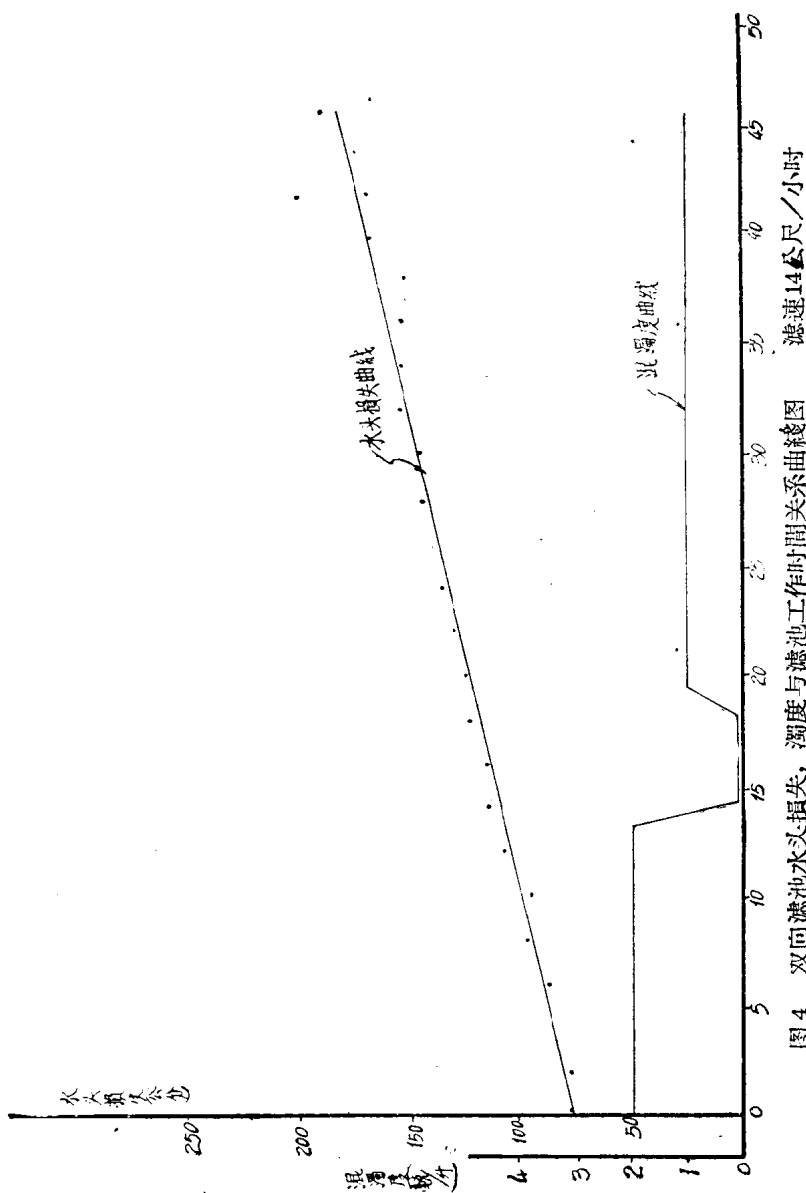


图 4 双向滤池水头损失，濁度与滤池工作時間关系曲线图 滤速14公尺/小时