

苏联 A. A. 加斯塔尔斯基等著

# 发电厂及工业锅炉 过滤式给水处理设备

2  
44  
电力工业出版社

5842  
54644

1301174

# 发电厂及工业锅炉 过滤式給水处理设备

苏联 A. A. 加斯塔尔斯基 B. A. 克略契科著

張 善 道譯

電力工業出版社

## 內 容 提 要

書中總結了現代化沙濾器及離子交換水處理設備的設計、調整和運行經驗，並說明近代蘇聯的科學、技術在水處理方面的成績。

本書可供工業鍋爐和發電廠水處理設備工程技術人員及水處理設備設計和運行人員參考。

А. А. КАСТАЛЬСКИЙ И В. А. КЛЯЧКО  
ФИЛЬТРЫ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК  
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ  
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1953

發電廠及工業鍋爐過濾式給水處理設備  
根據蘇聯國立動力出版社1953年莫斯科版翻譯  
張 普 道譯

663R170

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

850×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 \* 8 頁印張 \* 195 千字 \* 定價(第10類) 1.30 元

1957年10月北京第1版

1957年10月北京第1次印刷(0001—1,900冊)

## 原 序

苏联共产党第十九次代表大会规定了国家进一步电气化的任务。到第五个五年计划末，电力的生产量要比1950年约增加80%。为了保证电能生产量增加到所规定的指标，以及增加电力系统中的电力备用容量，苏联共产党第十九次代表大会指令高速地增加发电厂的容量。苏联发电厂总容量在五年内约增加了1倍，而且首先是用扩建现有发电厂的方法来保证热电厂容量的增加。这样高速度的增加发电厂容量，就必须扩充现有的水处理设备和建造新的水处理设备，同时还应当充分利用在使用中的净水设备的潜在容量。

因此，把很多机构近年来对现有的软水设备所作的试验-调整经验，以及发电厂新的软水设备的设计、建造和使用经验总结起来是很有用的。

由于近年来已出版了很多关于水处理方面的书籍 [M. C. 希克劳勃著“水处理”，苏联国立动力出版社1950年出版；B.A. 克略契科和A.A. 加斯塔尔斯基合著的“工业给水的净化”，苏联建筑与建筑艺术出版社1950年出版；Ф.И. 倍郎所著的“冶金工业水处理设备的合理运行”，苏联冶金工业出版社1952年出版；以及其他书籍]。在这本书中，要更详细地研究软水设备各个元件的设计、调整和使用问题。

本书叙述了软水设备（即澄清式和阳离子交换剂过滤器）的主要机件的设计、调整和使用问题，并引用了苏联的设计和科研机构所积累的经验，以及主要在期刊上刊载过的软水设备过滤器的设计、调整和使用经验。

本书作者之间的分工如下：第一章的第2和3节、第二章、第四章的第1和2节、第五章的第1和2节以及第七章，是技术科学副博士A. A. 加斯塔尔斯基所著的；第一章的第1和4节、第三章、第四章的第3和4节、第五章的第3—7节以及第六章，是技术科学副博士B.A. 克略契科所著的。

作 者

# 目 录

## 原 序

## 前 言 ..... 4

## 第一章 水的过滤澄清法 ..... 5

### 1-1. 基本概念 ..... 5

### 1-2. 过滤材料和过滤材料的选择 ..... 7

### 1-3. 支持层 ..... 16

### 1-4. 澄清过滤器工作的理论基础 ..... 17

## 第二章 澄清过滤器以及它的计算和设计问题 ..... 25

### 2-1. 过滤器的分类 ..... 25

### 2-2. 开式过滤器的近似算法 ..... 27

### 2-3. 过滤器的排水设备 ..... 31

### 2-4. 排水系统的计算基础 ..... 38

### 2-5. 过滤器的冲洗 ..... 40

### 2-6. 过滤器的表面冲洗 ..... 46

### 2-7. 从过滤器中排出冲洗水 ..... 50

### 2-8. 澄清过滤器的现代化构造 ..... 61

## 第三章 澄清过滤器的验收、调整和运行问题 ..... 70

### 3-1. 过滤器的验收 ..... 70

### 3-2. 过滤器的装料 ..... 73

### 3-3. 过滤器冲洗效果的测定 ..... 77

### 3-4. 冲洗时过滤材料松散百分数的测定 ..... 83

### 3-5. 预防支持层的移动 ..... 88

### 3-6. 改善过滤器的冲洗 ..... 83

### 3-7. 滤层污垢的化学清除法 ..... 92

### 3-8. 增加过滤周期的持续时间 ..... 94

## 第四章 阳离子交换软水法 ..... 97

### 4-1. 阳离子交换软水法的原理 ..... 97

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 4-2. 現代的陽离子交換材料                | 100        |
| 4-3. 陽离子交換劑的全交換能力              | 102        |
| 4-4. 陽离子交換劑的再生過程               | 103        |
| <b>第五章 陽离子交換式過濾器與它的設計和計算</b>   | <b>116</b> |
| 5-1. 陽离子交換式過濾器的構造              | 116        |
| 5-2. 氫离子交換過濾器腐蝕的防止             | 123        |
| 5-3. 計算陽离子交換過濾器用的基本原則          | 129        |
| 5-4. 鈉陽离子交換過濾器的計算              | 132        |
| 5-5. 氫离子交換過濾器的計算               | 138        |
| 5-6. 陽离子交換層中的水頭損失              | 147        |
| 5-7. 在翻松時陽离子交換劑層的松散            | 155        |
| <b>第六章 陽离子交換過濾器的驗收、調整和運行問題</b> | <b>160</b> |
| 6-1. 過濾器的驗收和裝料                 | 160        |
| 6-2. 鈉离子交換過濾器的調整和運行            | 162        |
| 6-3. 氫离子交換過濾器的調整和運行            | 175        |
| 6-4. 陽离子交換過濾器吸收容量的降低和它的預防      | 182        |
| <b>第七章 水處理設備的設計問題</b>          | <b>187</b> |
| 7-1. 水處理系統的選擇                  | 187        |
| 7-2. 水處理設備的自用水消耗量              | 196        |
| 7-3. 陽离子交換過濾器的輔助設備             | 199        |
| 7-4. 輔助設備的計算                   | 210        |
| 7-5. 過濾器工作的自動化                 | 218        |
| 7-6. 在設計水處理設備時，技術-經濟計算的基本原則    | 228        |
| <b>附 錄</b>                     | <b>231</b> |

## 前 言

我国(苏联)国民經济中工業生产量的不断增长、电力容量的增长、生产过程的加强,都是和研究及在工厂中推行新的操作方法、更现代化的装置以及生产技术革新者的合理化建議等分不开的。

由于在工業及热力工程中运用了新的操作方法和复杂的装置,就提高了对产品质量和生产过程质量的要求。

对于在工業或动力工業的工艺过程中所广泛应用的水处理的质量,也提出更高的要求。由于采用了高压鍋爐设备和新型工業生产的掌握和普遍發展新品种(人造橡膠的生产,卡坡隆的生产,有色金属湿法冶金精炼等等),因此对水质的要求就特別提高。

所有这些,都促使在水处理方面的科学和技术工作人員、專家等去寻求新的、更完善的处理水的方法,尽量加强水处理设备各部件的工作,不断地使这些机件的構造更臻完善。

澄清式和陽离子交换式过滤器是水处理设备中最重要的部件,因为水处理的几个独立的阶段要在这些部件中完成,因此对这些过滤器的工作质量提出極严格的要求。

经过澄清式过滤器的过滤,水的澄清阶段就告完成,同时水在过滤器内实际要达到完全澄清或达到符合供应上所要求的澄清程度。而需处理的水在通过陽离子交换过滤器时则应完成水的深度軟化过程。

近年来苏联科学工作人員和工程技術人員对澄清式和陽离子交换式过滤器的理論和構造合理化等問題做了很多工作。他們研究出了澄清式和陽离子交换式过滤器工作的理論,設計出和运用了最新式構造的过滤器,合成了用来裝在离子交换过滤器中的高活动力合成离子交换树脂的新品种,合理的改造过滤器的主要零

件(排水設備、分配系統、沖洗設備)、并研究出計算過濾器的方法等等。

从所列举的工作中,应当特別指出的是:曾建議提高原始型式的澄清式過濾器的生產率(過濾速度是12—15公尺/小時)和曾研究出過濾器計算方法的公用事業科學研究院的斯大林獎金獲得者Д.М. 明茨和С.А. 舒貝爾特等人的工作; 蘇聯很多研究院,如莫斯科門捷列夫化工研究院、全蘇熱工研究所、全蘇上下水道水工建築物及工程水文地質科學研究所等,對人造新的離子交換樹脂的研究工作; ГИПХ 以及全蘇上下水道水工建築物及工程水文地質科學研究所、莫斯科中央鍋爐汽輪機研究所、全蘇熱工研究所等。關於過濾器、排水設備和分配系統構造合理化的工作。關於研究離子的巨大工作是由蘇聯學者Ф.Г. 拍拉霍洛夫, К.А. 楊柯夫斯基, К.М. 沙爾達特塞, Е.Н. 格波等人進行的。

生產革新者М.И. 契爾金、П.Н. 柏格斯洛夫斯基、А.В. 西良夫斯基、Е.Н. 烏興、В.М. 契爾良夫斯基及其他許多人也在和學者們配合起來進行工作,由於他們的合理化倡議,使水處理方面最新的成就能夠推行到實際工作中去。

## 第一章 水的過濾澄清法

### 1-1. 基本概念

為了自水中清除懸浮物、凝聚的片狀物以及用沉淀或澄清等方法所不能攔阻的粘結膠質細粒起見,可以將水過濾,也就是使水通過過濾器內所裝的過濾層,而使水中的懸浮物質阻滯在過濾層的表面上和孔隙中。

過濾是在專門的設備——過濾設備中進行的。過濾設備可以是敞開的或者是有壓力的容器,在這些容器的排水系統上或礫石支持層上放着過濾材料層。需過濾的水進入澄清式過濾器①中并被水槽系統或多孔管系統分散到過濾器的全部面積上。水滲過過濾層就被澄清,并經過排水系統流到聚集槽中。

過濾器的工作強度是用過濾速度來表示的。過濾速度可以用面積來除需過濾的水的數量得到：

$$v = Q/F \text{ 公尺/小時。}$$

用公尺/小時來表示的過濾速度，在數值上和過濾器1公尺<sup>2</sup>面積所生產的濾過水公尺<sup>3</sup>/小時相等。在緩濾器中，過濾速度採取自0.1到0.4公尺/小時；在速濾器中，過濾速度採取自3.5到15公尺/小時。較低速度的過濾適于澄清含懸浮物多的水，快速過濾適于澄清含懸浮物顆粒不多的水。

由于過濾層上下的壓力差，水通過過濾層進行過濾。過濾層上部的壓力，在敞開式的過濾器中，是由過濾器中水柱的重量所產生的；在壓力式過濾器中，是由水泵所產生的。

當過濾器在工作時，過濾層上下的壓力差叫做過濾層中的水頭損失。水頭損失的大小是根據過濾的速度、過濾層顆粒的粗細、過濾層的厚度、需過濾水的溫度以及過濾層被阻留的懸浮物堵塞的程度來決定的。因為過濾層被水中懸浮物阻塞的程度是隨着過濾器的不斷的工作而增加的，所以過濾層中的水頭損失也由大小等于清潔的過濾層中的最初水頭損失逐漸增加到最後代表濾層極度（指本過濾器來說）污濁時過濾阻力的水頭損失。

在敞開而沒有壓力的過濾器中，當污濁的過濾層的阻力大時，過濾器中水頭損失的大小可能大于過濾層上部水柱的高度，同時過濾層下面就產生真空。這時容解的氣體就開始從正在過濾的水中析出，氣體的小泡堵塞過濾層的孔隙，并發生所謂“過濾器的空氣堵塞”。因此，過濾器在過濾層範圍內有真空的情況下運行是不好的。為了預防在過濾材料層中形成真空，根據過濾層中水頭損失增加的程度來增加過濾層上部水層的高度。

在過濾器運行的初期，當過濾層還沒有被沾污時，它的阻力并不大，为了不使過濾速度過高起見，在過濾器出水處插入附加

① 術語“澄清過濾器”用來代替普遍通行但顯然是不正確的術語“機械過濾器”，目的在于要使水澄清的過濾過程，不單純限于機械地把懸浮物阻止在過濾層中；大多數與這種過程的同時還發生各種物理-化學過程。

的阻力，这个阻力随过滤层阻力的增加而变动。这样就使过滤器在全部运行时间中有保持等速过滤的可能性。保持等速过滤的器具叫做过滤速度调整器，在沒有这种过滤速度调整器时，过滤速度的调整是用自过滤器排水设备中导出澄清水的管道上的閘閥来实现的。

为了使过滤器正常运行起见，希望保证经常有计算的水量输送到过滤器中。这样，在过滤器工作初期，当过滤器出水处插入某些附加阻力时，在过滤层表面上部的水位将随过滤层沾污的程度而增加，而过滤速度则保持不变。经过某一段时间，当污浊的过滤层阻力的大小达到所加压力不足以维持计算水量通过过滤器时，过滤速度开始降低，过滤器就必须停下来冲洗。

过滤器一次冲洗到另一次冲洗之间的连续运行时间叫做过滤周期。这个运行时间是由过滤器中水头损失达到最高允许值时所经过的时间来决定的。

过滤层上阻住的污垢，用澄清过的水以规定的速度自下而上通过过滤器来洗去。流到过滤器排水系统中的冲洗水从排水孔中流出，并在过滤层下部沿过滤器面分佈。冲洗水经过过滤层升到上面，使过滤层浮起，同时，过滤层的颗粒在冲洗水的水流中流动，并互相自表面擦去污垢。这些污垢被冲洗水带到聚集槽里（或多孔管里），并从过滤器中清除出去。过滤器的冲洗要持续到进入聚集槽中的冲洗水变成透明为止。冲洗工作通常进行5—7分钟。过滤器在冲洗完毕以后就重新加入运行。为了防止有混浊水进入容器中，初次的滤出水照例是放入水沟中的，放水的时间为5分钟。

## 1-2. 过滤材料和过滤材料的选择

正确地选择过滤器所装的过滤材料，对过滤器正常运行有首要的意义。

当选择任何过滤材料时，要根据：是否容易买到、在该过滤设备条件下的价格高低以及是否符合技术上的要求等来选择。

这些要求是指下列几点：

- 1) 过滤器所装过滤材料粗细颗粒的成分要适当；
- 2) 过滤材料的颗粒粗细要有足够的均匀度；
- 3) 过滤器所装过滤材料要有机械强度；
- 4) 过滤材料的颗粒对需过滤的水要有化学的稳定性；
- 5) 过滤器所装过滤材料要有适当的孔隙率。

下列这些种类的过滤材料可以在某种程度上适合上面所列举的要求：石英砂——河砂或采石场的砂(天然的或粉碎的石英)、粉碎的无烟煤、粉碎的大理石、碎的半烧过的白云石(氧化镁块)。

过滤器所装过滤材料粗细颗粒的成分是否适当、颗粒粗细的均匀度是否足够，这些都严重地影响过滤器的正常运行。当过滤器所装过滤材料粗细颗粒的成分和颗粒粗细的均匀度与所给的設計数字有所不同时，就会破坏过滤器的正常运行，甚至使过滤器损坏。

使用比設計颗粒粗的过滤材料，会使澄清水的质量降低，并增加滤过水的混浊度；应用颗粒比較小的过滤材料会使过滤器兩次清洗間的运行時間减少，过度地消耗冲洗水并增高水处理所需要的費用。

过滤材料颗粒不均匀会使冲洗条件恶化。当用水流自下而上冲洗不均匀的过滤材料时，过滤材料上部细的部分开始浮出的時間比过滤材料主要部分的扩散和移动来得早。因为运行人員必須在不使过滤材料自过滤器中浮出的情况下进行冲洗，所以冲洗强度必須降低到在冲洗时不致有过滤材料浮出的数值为止。这时过滤層有相当大的部分清洗得还不够。結果，开始使过滤層沾污程度連續增加，因而使过滤器所装的过滤材料完全黏結和必需更换或者进行化学的清洗。

应用粗度不一律的过滤材料，除促使过滤器的冲洗情况恶化外，还使过滤的情况恶化。当冲洗时，由于輕重砂粒浮力不同，極細小的砂粒就集中在过滤層的表面。由于这个緣故，在过滤器上部就产生孔隙很細的过滤層，因此水中不能渗过細孔的悬浮物

就在過濾層表面形成堅實的薄膜。在這種情況下，過濾層阻力增加得很快，並且使過濾器在兩次沖洗之間的運行時間縮短。

過濾材料的粗度和均勻度是根據在一系列校正過的篩子上所進行的過篩分析來決定的。

篩子的號數是由篩子網眼的直徑來決定的，而這些網眼當可以使一定體積的顆粒通過，這個顆粒的體積等於能夠通過該號篩子的過濾材料中最大顆粒的體積的算術平均數。

網眼的校正是按下列方法來進行的：用篩子篩比重為已知的過濾材料的試樣。篩完以後，把篩子放到一張紙上，蓋上蓋子，用力振動。這時就有一些通過需校正的篩子的顆粒中最粗的顆粒落在紙上。數一數這些顆粒的數目，並放到分析天秤上去秤，再把它當做是球體按照下列公式來決定它的平均直徑：

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{6g}{\pi n \gamma}}, \quad (1-1)$$

式中  $d_k$ ——作校正篩子用的球的平均直徑，公厘；

$g$ ——通過篩子的最粗顆粒的重量，毫克；

$n$ ——顆粒數；

$\gamma$ ——顆粒的比重（決定比重的方法參閱附錄 1）。

篩普通石英砂用的篩子的篩孔淨尺寸可按表 1-1 來決定，表中  $n$ ——100 毫克砂子中顆粒的數目（通過這個篩子的最粗顆粒）； $d$ ——篩孔淨尺寸（公厘）。

為了簡化數砂粒的工作，倘在準確秤出的砂子中，砂粒的數目超過 200 粒，則為了計算顆粒數目所秤的重量可為 20 毫克，而不必取 100 毫克。這時為了可以應用表 1-1，應該把 20 毫克中的粒數乘上 5。這樣就得到 100 毫克砂子的粒數，並可以按表 1-1 決定篩子的篩孔淨尺寸。

有一套校正過的篩子，就可以着手篩分過濾材料，以便決定過濾材料粗細顆粒的成分及均勻度。為此從這批過濾材料中取出平均試樣 300 克，並把它在  $105^{\circ}\text{C}$  的溫度下進行乾燥，直到重量不再變更為止。從這些已乾燥的過濾材料中準確地秤取 200 克（所秤的重量要準確到 0.01 克），並在整套已校正過的篩子上篩。把殘留在篩子上的過濾材料秤一下，並按表 1-2 的形式記錄下來。

100 毫克砂子的粒数及筛子的筛孔净尺寸 表 1-1

| $n$ , 粒数 | $d$ , 公厘 | $n$ , 粒数 | $d$ , 公厘 | $n$ , 粒数 | $d$ , 公厘 | $n$ , 粒数 | $d$ , 公厘 | $n$ , 粒数 | $d$ , 公厘 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 5        | 2.40     | 80       | 0.95     | 210      | 0.69     | 440      | 0.54     | 1140     | 0.39     |
| 10       | 1.90     | 85       | 0.93     | 220      | 0.69     | 460      | 0.53     | 1250     | 0.38     |
| 15       | 1.66     | 90       | 0.92     | 230      | 0.67     | 430      | 0.52     | 1400     | 0.37     |
| 20       | 1.51     | 95       | 0.90     | 240      | 0.66     | 500      | 0.51     | 1500     | 0.36     |
| 25       | 1.41     | 100      | 0.88     | 250      | 0.65     | 560      | 0.50     | 1600     | 0.35     |
| 30       | 1.32     | 110      | 0.85     | 260      | 0.64     | 590      | 0.49     | 1750     | 0.34     |
| 35       | 1.25     | 120      | 0.83     | 270      | 0.63     | 620      | 0.48     | 1900     | 0.33     |
| 40       | 1.20     | 130      | 0.81     | 270      | 0.62     | 650      | 0.47     | 2100     | 0.32     |
| 45       | 1.15     | 140      | 0.79     | 300      | 0.61     | 700      | 0.45     | 2300     | 0.31     |
| 50       | 1.11     | 150      | 0.77     | 320      | 0.60     | 750      | 0.45     | 2500     | 0.30     |
| 55       | 1.08     | 160      | 0.75     | 340      | 0.59     | 785      | 0.44     | 2800     | 0.29     |
| 60       | 1.04     | 170      | 0.74     | 360      | 0.58     | 870      | 0.43     | 3000     | 0.28     |
| 65       | 1.02     | 180      | 0.73     | 380      | 0.57     | 910      | 0.42     | 3250     | 0.27     |
| 70       | 0.99     | 190      | 0.71     | 400      | 0.56     | 990      | 0.41     | 3500     | 0.26     |
| 75       | 0.97     | 200      | 0.70     | 420      | 0.55     | 1050     | 0.40     | 3900     | 0.25     |

表 1-2

## 过滤材料过筛分析的结果

| 筛孔净尺寸,<br>公厘 | 残留在筛上的颗粒 |      | 通过筛子的颗粒 |      |
|--------------|----------|------|---------|------|
|              | 克        | %    | 克       | %    |
| 0.25         | 13       | 9.0  | 1       | 0.5  |
| 0.41         | 12       | 6.0  | 19      | 9.5  |
| 0.55         | 71       | 35.5 | 29      | 14.5 |
| 0.68         | 60       | 30.0 | 129     | 64.5 |
| 0.80         | 13       | 9.0  | 159     | 79.5 |
| 0.94         | 11       | 5.5  | 174     | 87.0 |
| 1.01         | 6        | 3.0  | 187     | 93.5 |
| 1.28         | 2        | 1.0  | 198     | 99.0 |

过滤材料的过筛分析能够确定:

1) 过滤材料的平均直径( $d_{cp}$ ), 即在这份试样中按重量佔50%的

粗颗粒的尺寸;

2) 过滤材料中粉状细粒的数量, 即通得过筛孔净尺寸是 0.25 公厘的筛子的颗粒;

3) 决定过滤器所装过滤材料不均匀率的参

数, 即决定比通过 10% 的筛子(10%的筛子—— $d_{10}$ ) 所筛落的过滤材料的颗粒还粗的那些颗粒的直径, 以及比通过 80% 的筛子

(80%的篩子—— $d_{80}$ ) 所篩落的過濾材料的顆粒還粗的那些顆粒的直徑。

過濾材料的平均直徑按下列公式計算：

$$d_{cp} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \dots + m_n}{2 \left( \frac{m_1}{d_1 + d_2} + \frac{m_2}{d_2 + d_3} + \frac{m_3}{d_3 + d_4} + \dots + \frac{m_{n-1}}{d_{n-1} + d_n} + \frac{m_n}{d_n} \right)} \quad (1-2)$$

式中  $d_{cp}$ ——過濾器所裝過濾材料的顆粒的平均直徑，公厘；

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ ——篩孔直徑，公厘；

$m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ ——殘留在篩孔淨尺寸為  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$  的篩上的過濾材料顆粒的百分數。

過濾器所裝過濾材料的粒徑粗細成分如表 1-2 所示， $d_{cp}$  是：

$$d_{cp} = \frac{9 + 6 + 35.5 + 30 + 9 + 5.5 + 3 + 1}{2 \left( \frac{9}{0.25 + 0.41} + \frac{6}{0.41 + 0.56} + \frac{35.5}{0.56 + 0.68} + \frac{30}{0.68 + 0.80} + \frac{9 + 6 + 35.5 + 30 + 9 + 5.5 + 3 + 1}{\frac{9}{0.80 + 0.94} + \frac{5.5}{0.94 + 1.01} + \frac{3}{1.01 + 1.28} + \frac{1}{1.28}} \right)} = 0.63 \text{ 公厘。}$$

為了要在澄清水品質保持不變的情況下保證過濾週期有正常連續運行的時間(8—12小時)，速濾器中過濾材料的  $d_{cp}$  值不應該超過 0.6—1.0 公厘的範圍。

根據表 1-2 的數據，過濾材料中粉狀細粒的含量為 0.5%。

過濾材料中所含的粉狀細粒不應該超過 1%。

能讓 10% 過濾材料通過的篩子的篩孔淨尺寸可按下列公式來求得：

$$d_{10} = d_s + \frac{(d_{s+1} - d_s)(10 - m_s)}{m_{s+1} - m_s}, \quad (1-3)$$

式中  $d_{10}$ ——能讓 10% 過濾材料通過的篩子的篩號，公厘；

$d_s$ ——通過的顆粒數少於全部過濾材料 10% 的篩子的近似篩孔淨尺寸；

$m_s$ ——通过  $d_s$  号筛子的过滤材料的百分数;

$d_{s+1}$ ——通过的颗粒数超过全部过滤材料 10% 的筛子的近似筛孔净尺寸;

$m_{s+1}$ ——通过  $d_{s+1}$  号筛子的过滤材料的百分数。

按表 1-2 可以得到:

$$d_{10} = 0.41 + \frac{(0.56 - 0.41)(10 - 9.5)}{14.5 - 9.5} = 0.42 \text{ 公厘}。$$

能通过 80% 过滤材料的筛子的筛孔净尺寸可按下列公式求得:

$$d_{80} = d_k + \frac{(d_{k+1} - d_k)(80 - m_k)}{m_{k+1} - m_k}, \quad (1-4)$$

式中  $d_{80}$ ——能让 80% 过滤材料通过的筛子的筛孔净尺寸, 公厘;

$d_k$ ——通过的颗粒数少于全部过滤材料 80% 的筛子的近似筛孔净尺寸;

$m_k$ ——通过  $d_k$  号筛子的过滤材料的百分数;

$d_{k+1}$ ——通过的颗粒数超过全部过滤材料 80% 的筛子的近似筛孔净尺寸;

$m_{k+1}$ ——通过  $d_{k+1}$  号筛子的过滤材料的百分数。

按表 1-2 可以得到:

$$d_{80} = 0.80 + \frac{(0.94 - 0.80)(80 - 79.5)}{87 - 79.5} = 0.81 \text{ 公厘}。$$

有 80% 过滤材料通过的筛子的筛孔净尺寸对有 10% 过滤材料通过的筛子的筛孔净尺寸的比叫做不均匀率。

$$K_n = \frac{d_{80}}{d_{10}}. \quad (1-5)$$

上述例子的  $K_n = 0.81 : 0.42 = 1.93$ 。

过滤器所装的过滤材料要尽可能用不均匀率不超过 2 的均匀材料。

过滤器所装过滤材料的这些参数可以用图解法来决定。为此根据过滤材料过筛分析的记录作出过滤材料的粒径粗细成分曲线。

圖(圖 1-1)，圖上橫座標表示篩孔淨尺寸，縱座標表示通過這個篩子的過濾材料的百分數。自縱座標上和過濾材料通過篩子的百分數 10、50 及 80% 相當的各點繪出和橫座標平行的綫，這些平行綫和所畫的曲綫相交，從這些交點作與橫座標垂直的綫，就得到這一過濾材料粒徑粗細成分的參數。

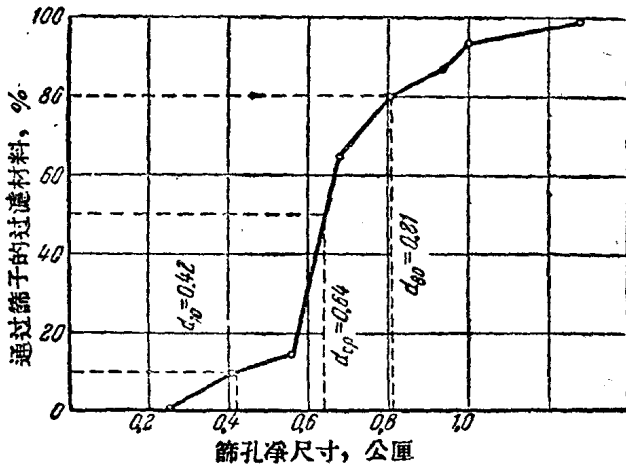


圖 1-1 過濾材料過濾分析曲綫圖

過濾材料的機械強度是它的重要質量指標。如果過濾材料不夠結實，那末在沖洗時，當所裝的過濾材料的顆粒處在懸浮狀態或浮動時，就發生磨損和磨細。由於這個緣故：1) 就有已變細的顆粒淤積在過濾器中過濾材料的表面上，使過濾器所裝過濾材料對水流的阻力增加，因此縮短過濾週期的持續時間，並降低過濾器的濾水量；2) 在沖洗時就會帶出已變細的顆粒，並造成過濾材料不可收回的損失。

B. A. 克略契柯提議用兩種指標來評定過濾材料的機械強度：一種是磨損率（即當沖洗時，由於顆粒互相摩擦使過濾材料磨損的百分數）；另一種是粉碎率（由於顆粒裂開而損壞的百分數）。

為了評定這些指標起見，把能通過篩孔為 1 公厘的篩子而不能通過篩孔為 0.5 公厘的篩子的過濾材料 100 克放到有水 150 毫升的罐中，並把這個罐子放在實驗用的振動器上振動 24 小時。

把經過 24 小时振動后的過濾材料用篩孔為 0.25 公厘的篩子來篩，由所篩出的過濾材料的重量來求得磨損率百分數；把經過這種振動的過濾材料用篩孔為 0.5 公厘的篩子來篩，由篩出的顆粒的重量和殘留在篩孔為 0.25 公厘篩子上的顆粒的重量來求得粉碎率百分數。從機械強度的觀點來看，質量好的過濾材料的粉碎率必須小於 4，磨損率百分數要小於 0.5。表 1-3 中列舉了現在應用的幾種過濾材料的磨損率和粉碎率的測定結果。

過濾材料的磨損率和粉碎率

表 1-3

| 過濾材料的名称    | 粉碎率，<br>% | 磨損率，<br>% | 在运行的过滤器中，過濾<br>材料每年的損失，% |
|------------|-----------|-----------|--------------------------|
| 拉伯金矿床的石英砂  | 3.6       | 0.16      | 0.2—2.0                  |
| 魯勃立夫矿床的石英砂 | 3.2       | 0.14      | 0.5—2.0                  |
| АП 的無煙煤碎屑  | 2.1       | 0.24      | 2.0—2.5                  |
| 烏拉尔矿床的碎大理石 | 3.8       | 2.4       | 2.0—3.0                  |
| 半燒的白云石     | 7.3       | 4.6       | 4.0—6.0                  |

對過濾材料質量方面的重要要求是過濾材料對需過濾的液體的穩定性。這個要求的目的是不讓水中含有很多對人體健康有害的物質（在飲用水的水管中）或對工業上有害的物質。

過濾材料的化學穩定性由以下方法決定。

在三只燒瓶中各放 10 克預先洗淨並在 60°C 溫度下干燥過的需試驗的材料。在每只燒瓶中各倒入 500 毫克蒸餾水。再在一只燒瓶中加入氯化鈉（500 毫克/公升——中性試劑），在另一只燒瓶中加入比重是 1.19 的鹽酸（200 毫克/公升——酸性試劑），並在第三只燒瓶中加入苛性鈉（200 毫克/公升——鹼性試劑）。

每隔 4 小時把燒瓶里的東西搖動搖動，在過濾材料和試劑接觸 24 小時後將它過濾。自每只燒瓶所濾得的濾出液中測定溶解固體、氧化物和硅酸含量。作這些試驗須用類似的（即指試驗時所用的中性、酸性、鹼性試劑——譯者）而不會加入過濾材料的試劑進行上述測定。

當用上述試驗方法試驗質量良好的過濾材料時，在試驗的結果中，所增加的數值應該如下：溶解固體不超過 20 毫克/公升，氧化物不超過 10 毫克/公升，硅酸含量不超過 10 毫克/公升。