

飲用水和工業用水的淨化

(例題和計算)

甫·弗·柯日諾夫著

飲用水和工業用水的淨化

(例題和計算)

金 崇 磐 譯

建築工程出版社

•一九五六•

內容提要 本書列舉飲用水和工業用水淨化構築物的許多計算例題，並附有必要的圖表。

現代科學技術在水淨化方面出現了新的成就。因此在本書中列入了澄清池、快濾池表面沖洗設備、高截污能力濾池、紫外綫殺菌設備等的計算。

本書供從事水淨化工作的工程師和技術人員參考之用。

原本說明

書名	Очистка питьевой и технической воды
編著者	В. Ф. Кожин
出版者	Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре
出版地點及日期	Москва—1952

飲用水和工業用水的淨化

金 崇 磐 譯

*

建築工程出版社出版 (北京市阜成門外南禮士路)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第152號)

外文印刷廠印刷·新華書店發行

書號: 162 125 千字 850×1108 1/32 印張 5¹⁵/₁₆ 插頁

一九五五年七月第一版第一次印刷 一九五五年七月第一次印刷

一九五六年四月第二次印刷

印數: 1 601-3 000 冊 定價: (5) 1.49 元

目 錄

序 言	5
第一章 对飲用水和工業用水水質的要求及水的分析	7
1 对飲用水水質的要求	7
2 对工業用水水質的要求	9
3 水的分析	12
第二章 確定淨水構築物的組成和有關其佈置的計算	16
4 淨水構築物的組成	16
5 編製高程系統圖的例題	17
6 淨化站產水量的確定	19
7 淨化站佈置舉例	21
第三章 凝聚水中所含懸游物的設備計算	25
8 概說	25
9 用壓縮空氣溶解凝聚劑的設備	30
10 用以溶解藥劑的 A. A. 尼古林式旋轉筒形輪	37
11 孔板式注藥器計算	41
第四章 混合槽和反應室計算	46
12 混合槽及其計算	46
13 反應室計算	48
第五章 沉澱池計算	59
14 關於沉澱池計算的概說	59
15 水平式和垂直式沉澱池計算例題	62
16 輻射式沉澱池計算	66
第六章 澄清池（懸游物分離器）計算	72
17 帶有孔底和其內部有旋流式反應室的澄清池計算	72
18 与渦流式反應室相結合的澄清池計算	80
第七章 快濾池計算	85

19	關於快濾池計算的概說	85
20	快濾池計算例題	89
21	濾池沖洗的新計算法	92
22	濾池表面沖洗固定管式系統的計算	97
23	高水頭表面沖洗(旋轉管式)計算	101
24	由快濾池排出沖洗水的帶孔管的壓力吸入系統和它的計算 例題	107
25	AKX 式濾池	115
26	壓力濾池計算	121
27	Г. H. 尼基福洛夫的超速濾池系統計算	125
第八章 水的消毒設備計算		132
28	關於化學和水消毒方法的概說	132
29	用液氯的加氯裝置計算	136
30	漂白粉消毒設備計算	138
31	液氯的轉注和注入設備計算	140
32	加氯設備計算	144
33	紫外綫消毒設備	146
34	紫外綫水消毒器械的計算例題	150
第九章 軟化水的構築物計算		154
35	關於軟化水的概說	154
36	加藥軟水設備計算	159
37	有渦流式反應器的藥劑軟水設備方案	165
38	鈉離子交換劑的軟水設備計算	168
39	氫鈉離子交換劑的軟水設備計算	172
第十章 水的除鐵設備計算		179
40	關於水除鐵的基本概念	179
41	曝氣法除鐵設備計算	180
42	石灰除鐵設備計算	183
附錄		185

序 言

在苏联,大城市的上水道是使原水受到各方面的处理,並保証以品質優良的飲用水供給用戶的一种巨大的企業。

苏联工業需要極大數量的水,以保証各种生產过程得以正常地進行。火力發電站需要的水特別多;其中為冷却蒸汽透平冷凝器用的水,每 100,000 瓩裝機容量用水達 9 立方公尺/秒。

1940 年在苏联總共約有 6,000 個工業上水道,每晝夜供水 42,500,000 立方公尺。其中半數消費於區的火力發電站。这个數字鮮明地指出了給水工程在我們國家中的作用。給水工程可作為最大的專門研究為各种工業生產部門和各种人民事業部門所必需的水的收集、处理及分配的工業部門來看待。

在我國,規模宏大的上水道系統的修建,大部分是在苏維埃政权年代所完成的。

革命前俄國所有上水道的生產量,僅及現代苏維埃上水道生產量的 6—7%。

在 1917 至 1950 年期間,供应城市的水量增加 9.5 倍。必須指出,市政上水道的發展要根據城市居民巨大增長的條件,这种增長是世界上任何一個國家所不曾有过的。但是供水量的增加總是超过居民的增長:在 1917—1928 年間為 0.16 倍,1928—1932 年間為 0.65 倍,1933—1937 年間為 1.4 倍,1938—1941 年間為 1.85 倍,而 1946—1950 年間幾乎為 3 倍。

我們改建的和新建的城市、工人村、集体農莊及工業企業,在 1950 年每晝夜消費約 75,000,000 立方公尺的水,其中大部分是按照上水道的用途而預先淨化和处理过的。

用戶的範圍是如此之廣大,對於所供的水的水質要求又總在提高,因此在苏联科学家和技術人員面前提出了許多嚴重的任務,

要求提高淨水構築物作用的效果。爲了解决这些問題，苏联科学工作者們、工程師們、先進的斯達漢諾夫工人們正在有成效地勞動着。

在苏維埃政权的年代裏，專門建立的科学研究機關和專門學校，開展了大規模的科学研究工作。我們的科学研究機構——捷爾任斯基全苏熱工研究所、巴姆菲洛夫公用事業學院、上下水道水文地質研究所等——極有成效的工作，在飲用水和工業用水新淨化方法的發展上、在自動化的運用上、在構築物計算的改進上等，都引起了巨大的影响。

1946年2月9日，斯大林同志在莫斯科斯大林選區選民準備選舉會上說：“我毫不懷疑，如果給我們學者們以应有的幫助，他們不僅會趕上、並且會在最短期間超過了外國的科学成就。”

斯大林同志歷史性的指示實現了，苏維埃學者和工程師們近年來在淨水工作中提供了一系列最有效的創造。

苏維埃專家們所提供的新的離子交換物質（普洛霍洛夫、柯斯脫利金、雅柯夫斯基——全苏熱工研究所；斯米爾諾夫——上下水道水文地質研究所；洛西夫、達文柯夫——敏捷耶夫化學工藝學院）、新的澄清水方法——懸游物分離法（吉吉金——上下水道水文地質研究所）、高截污能力濾池（明茲、休別爾脫——公用事業學院）、水質指標的光電分析器（米哈依洛夫——公用事業學院）、水處理器械的新結構和其計算理論等，在淨水技術的改進上起了十分巨大的作用。

現在我們的上水道專家們，其中也包括從事水淨化工作的專家們，正在致力於研究與大區域供水有關的上水道問題，這將隨着偉大的共產主義建設的完成而得到實現。

第一章 对飲用水和工業用水 水質的要求及水的分析

1. 对飲用水水質的要求

對於水質的要求和水的分析，是設計淨水構築物時基本的原始資料。

飲用水的水質应符合於苏联國家標準 2874—45(表 1)。除了列舉於苏联國家標準的水質指標外，耗氧量具有很大的意義，它可表示水中有机物質的含量。水的耗氧量用在水中 加入高錳酸鉀 KMnO_4 的方法來確定，氧化水中所含有机物的高錳酸鉀消耗量与水中所含有机物的數量成比例。水的耗氧量高(1 公升水 KMnO_4 的耗用量大於 10 公絲/公升)，大半可証實其曾被污水所污染。

水中溶解物質的總量——即所謂蒸發殘渣量(以公絲/公升計)，同樣具有重要的意義。其求得方法係將一定數量已經濾過的水蒸發，然後將殘渣在溫度 110°C 時烘乾，而用秤稱並折合成 1 公升水中的含量。按照苏联國家標準 2761—44，生活飲用水源中蒸發殘渣量不應超過 1,000 公絲/公升。

但在苏联南部某些地方(土庫曼、哈薩克斯坦及其他)，並不能完全達到此標準，那些地方水源的特點是含有高度的礦物質。在那裏飲用淡水的蒸發殘渣量在 1,500 公絲/公升以下是被認為滿意的，而蒸發殘渣量在 2,000 公絲/公升以下時還適於飲用。

必須指出水中含碘的意義，水中缺碘或含碘不足，可以引起嚴重的流行病——甲狀腺腫。所以為防止甲狀腺腫病，規定水中含碘應不少於 10^{-8} 公絲/公升。

水可以傳播一定種類的病原菌，而引起腸傷寒、副傷寒、霍亂、急性腸胃炎、波浪熱、傳染性黃疸病、野兔熱、鼻疽及炭疽熱病。

上水道中是不允許有病原菌的。

表 1

按照苏联國家標準 2874—45 对生活飲用水質的基本要求

水質指標	測定方法	測定條件	最大容許值	附 註
渾濁度	濁度計	— 对個別規定者	1.0 公絲/公升 2.0 公絲/公升	对上水道有澄清、除鉄或軟化設備而言
色度	鉑—鈷標準比色法	— 对個別規定者	15° 35°	
嗅	五級制	溫度 +20° 時	2 級	所有上水道的一般標準
味	五級制	溫度 +20° 時	2 級	
大腸菌指數 1,000 = 大腸菌值	計算每 1 公升水中大腸桿菌的聚落數目	在遠藤氏培養基中並採用薄膜濾過器來提濃細菌	3	即在 1 公升水中不超過 3 個大腸菌
大腸菌值 1,000 = 大腸菌指數	—	—	大於 300	即在大於 300 立方公分的水中有 1 大腸菌
細菌數 (總數)	培養 1 公撮未經沖淡的水	在溫度 37° 下培養 24 小時	每公撮水中 100 個	所有生活飲用上水道的一般標準
剩餘活性氯	—	在最遠的配水點(室外或室內)	不大於 0.1 公絲/公升	对上水道有澄清、除鉄或軟化設備的水而言
總硬度	—	—	不超過 40°	
pH 值	—	—	6.5 — 9.5	
鉄和錳的總含量; 其中氧化鉄含量	— —	— —	0.3 公絲/公升 0.2 公絲/公升	
鉛 砷 氟 銅 鋅 酸	— —	— —	0.1 公絲/公升 0.05 公絲/公升 1.0 公絲/公升 3.0 公絲/公升 15.0 公絲/公升 0.001 公絲/公升	

2. 对工業用水水質的要求

工業企業中水的用途種類非常之多,但主要用於下列六種目的:

(1) 動作機組的冷却用水,例如,用於火力發電站蒸汽透平的冷凝器、熔鑄爐和馬丁煉鋼爐的冷却裝置等等。用於這種用途的水,應避免含過多的懸游物質,因為這些物質將沉澱而堵塞冷却設備;不應含有硫化氫和鐵;以及碳酸鹽硬度不能超過 $6-20^{\circ}$ (根據冷却水的溫度和其中游離 CO_2 的含量)(表 2)。

对工業企業機組冷却用水水質的要求 表 2

水 質 指 標	冷却水中的容許含量 (公絲/公升)	附 註
渾濁度	50—100	根據冷却器型式
硫化氫	0.5	—
鐵	0.1	—
石膏(CaSO_4)	1,500—2,000	根據水中硫酸鹽 MgSO_4 和 Na_2SO_4 的含量
碳酸鹽硬度(以度計)	6—20	根據冷却水的溫度和其中游離 CO_2 的含量

用於冶金工廠中冷却設備的水的懸游物含量,應遵守更嚴格的規定,根據冷却設備的型式而個別確定(表 3)。

(2) 鍋爐給水應在某種程度上避免懸游物(根據鍋爐型式),避免硬度鹽類以及溶解氧。現代高壓鍋爐給水應充分軟化,除矽並除氧,應具有符合於經濟性的冲刷鍋爐的最小蒸發殘渣量。對鍋爐水和給水水質的大致要求,如表 4 ① 所示。

(3) 清洗產品用水,例如,用於鋼的酸洗、紡織品和食品產物。

① 表 4 摘自 B. H. 柏克洛夫斯基“火力發電站的上水道”, 1950 年俄文版, 第 38 頁。

對於冶金工廠冷却器用水水質的要求 表 3

冷却器型式	水中懸游物最大容許含量 (公絲/公升)	
	全年平均	洪水期
箱式: (甲)風口	15	30
(乙)其他冷却器	30	60
管式: (甲)風口、出渣和出鉄口	50	100
(乙)其他冷却器	100	200

各种型式鍋爐的鍋爐水和給水成分大致計算標準 表 4

鍋爐水和給水 的指標	鍋 爐 種 類			
	焰管式 5—15 大氣压	水管式 15—25大氣压	大容量的鍋爐 25—30大氣压	高 压 50—125大氣压
鍋爐水的鹼度(鹼數)	400—1,000	200—600	100—300	20—80
鍋爐水中 SiO_2 含量 (公絲/公升)	*	*	*	5
鍋爐水中 P_2O_5 含量 (公絲/公升)	—	—	10—50	10—50
鍋 爐 水 的 密 度	2	1.5	1	0.3
鍋爐水按 KMnO_4 計 的耗氧量(公絲/公升)	—	200	100	50
給 水 的 硬 度 (度)	2**	0.5	0.15	0.1***
給 水 的 含 氧 量 O_2 (公絲/公升)	1	0.5	0	0
給水中的游離 CO_2 含量(公絲/公升)	0	0	0	0
給水中的潤滑油和汽 油含量(公絲/公升)	10	5	2	1
pH 值	—	—	不低於 7	不低於 7

* 如果鹼數不小於上述時，則在低於 50 大氣压的鍋爐中， SiO_2 不作規定。** 最好不大於 1° 。*** 大於 30 大氣压時，為 0.05° 。

的清洗等等。這種用水必須根據其技術用途事先加以某些處理。

(4) 運送材料用水，例如，用於造紙廠中以水上懸浮的方式將紙漿原料運送到造紙機。作此等用途的水，對水質要求在個別情形下可降低。

(5) 作為產品一部分的水，例如，用於罐頭工廠、酒精車間等等；用於這些工業的水，應與城市上水道一樣地加以精細處理。

(6) 為排除工業廢物而用的水，例如用以沖淡並中和已用過的酸和鹼；此時水質並沒有重要的意義。

作冷卻用的水，懸游物含量不應比表 2 和表 3 上所規定的還多。懸游物在冷卻器內沉澱，會促使冷卻器阻塞，降低其導熱性，並使其燒毀。因此，為了修理冷卻器而停火，將使金屬冶煉不足。

懸游物既會沾污發電站蒸汽透平冷凝器的管道，又會沾污噴濺設備的噴口。

蒸汽鍋爐的給水，不應含有多於表 4 所規定的硬度鹽類。如使用硬水時鍋壁形成一層堅硬的鍋垢，就會降低鍋壁的導熱性並浪費燃料。水中含有溶解氧和碳酸，是使鋼銹蝕的主要原因。在蒸汽鍋爐中，由於水的高溫而使銹蝕現象增強。

鍋爐給水的反應應為弱鹼性，避免加入酸性水，因為這是促使鍋爐銹蝕的因素。

用來清洗產品的水和用來輸送材料的水，按生產性質加以處理。從表 5 中的數據，可以作出結論，即在許多生產部門都需要各種程度的軟化水。硬水用在皮革生產部門，會浪費硝皮原料，用在紡織工業，則會降低布疋質量，使它變得粗糙，並使染色工作遭到困難。

水中鐵的含量同樣有其意義，它決不容許存在於塑膠，特別是人造絲的生產部門，因為它將在產品上引起黃色的鐵銹痕跡。有許多生產部門要求色度較低的水（例如漂染工場）。

有時水作為產品的組成部分時（罐頭食品、酒精、啤酒等），水質應符合蘇聯國家標準 2874—45。

各种生产部門对水質的要求

表 5

指 標	生 產 部 門 名 称						
	造紙	塑膠	人造絲	紡織	漂 染	硝 革	製革
渾濁度 (公絲/公升)	2—5	0	5	5	5	20	10
色度 (度)	30	15	0	10—12	5—10	10—100	—
硫化氫 (公絲/公升)	—	—	—	—	—	—	1
總硬度 (度)	12—16	2	0.5	4—6	0.5—1.0	3—7.5	1.5
耗氧量 (公絲/公升)	10	6	2	—	8—10	—	—
鉄 (公絲/公升)	1.0	0.2	0.03	0.2	0.1	0.2	—
錳 (公絲/公升)	—	—	0.03	0.2	0.1	0.2	—
二氧化矽 (公絲/公升)	—	—	25	—	—	—	—
煮發殘渣量 (公絲/公升)	300	—	100	—	—	—	—
pH 值	7—7.5	7—7.5	—	7—8.5	7—8.5	—	—

3. 水 的 分 析

上水道工程水源中水的全分析格式,列於表 6。

表 6 中除了關於水源的一般描述、採樣的時間和地點外,可得出關於水的物理和化學性質的資料。但是用這些資料來選擇水淨化的合理方案是不夠的,因為它不能表示水的技術性質特點。

給水工程水源中水的全分析格式

表 6

I . 一 般 描 述

給水工程地點.....
 水源類別和名稱.....
 採集水樣地點.....
 採集水樣日期.....
 開始分析日期.....

II 水的物理性質

色..... 水溫(採集時).....
 透明度..... 當 110° 時的懸游物(以公絲/公升計).....
 沉澱物.....
 嗅.....
 味..... 當燒灼後的懸游物(以公絲/公升計).....

III 水的化学性質

測定項目	符 号	單 位
水的反应	pH	—
乾殘渣当 150° 時	—	(公絲/公升)
礦物質殘渣	—	(公絲/公升)
燒灼減量	—	(公絲/公升)
氧化鈣	CaO	(公絲/公升)
氧化鎂	MgO	(公絲/公升)
無水硫酸	SO ₃	(公絲/公升)
氯離子	Cl	(公絲/公升)
無水硝酸	N ₂ O ₅	(公絲/公升)
無水亞硝酸	N ₂ O ₃	(公絲/公升)
氨	NH ₃	(公絲/公升)
硫化氫	H ₂ S	(公絲/公升)
氧	O ₂	(公絲/公升)
二氧化碳: (甲)游離的	CO ₂	(公絲/公升)
(乙)重碳酸鹽的	CO ₂	(公絲/公升)
三氧化二鉄和三氧化二鋁	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	(公絲/公升)
鉄	Fe	(公絲/公升)
二氧化矽	SiO ₂	(公絲/公升)
耗氧量	O ₂	(公絲/公升)
鹼度	M°	度
腐植酸鹽(Гуматы)	Гy°	度
硬度: 總硬度	H _o	度
永久硬度(非碳酸鹽)	H _п	度
暫時硬度(碳酸鹽)	H _{вp}	度
鈣硬度	H _{Ca}	度
鎂硬度	H _{Mg}	度

陽 離 子	每公升中的含量		%公絲当量
	公 絲	公絲当量	
K ⁺			
Na ⁺			
Ca ²⁺			
Mg ²⁺			
Fe ²⁺			
總 計			

陰 離 子	每公升中的含量		%公絲当量
	公 絲	公絲当量	
Cl ⁻			
SO ₄ ²⁻			
NO ₃ ⁻			
HCO ₃ ⁻			
SiO ₃ ²⁻			
總 計			

事实上,由水的色度數值不能決定最合適的除色法和爲此而需用的凝聚劑用量。

爲了比較可靠地設計沉澱池,必須知道懸游物沉降的運動性(懸游物沉降性)。了解該水對於過濾的性能後,可以更有根據地計算濾過池等等。

因此,必須求出水技術性質的數據,其中包括水的凝聚性、除色性、懸游物的沉降性、水的濾過性、除鉄性、軟化性、氯化性及水的穩定性。

根據該給水具体水源水的技術分析,可以比較正確地選擇水的淨化方法,和決定水在沉澱池中的流速、水的過濾速度等等。

水的凝聚性可用在水中以硫酸鋁作凝聚試驗而求得。水的凝聚性數值等於

$$K = \frac{1}{a_1},$$

式中: a_1 ——無水化學純淨 $Al_2(SO_4)_3$ 的最小用量(以公絲/公升計),在此用量加入水後 15 分鐘,即生成很好的絮狀體,而水的渾濁度在沉澱 2 小時後,減少 85—90%。

水的除色性數值,可用下式表示:

$$O = \frac{1}{a_2},$$

式中: a_2 —— $Al_2(SO_4)_3$ 的最小用量(以公絲/公升計),在此用量加入水後 2 小時,水的色度降至鉑-鈷標準度 10°。

水用氧化鈣(石灰)增加鹼度時,它的凝聚性和除色性可用下式表示:

$$K_{\text{нз}} = \frac{N_1}{a_1}$$

和

$$O_{\text{нз}} = \frac{N_2}{a_1},$$

式中: N_1 和 N_2 ——增加鹼度的石灰(CaO)用量,適應於 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 需用量。

關於確定水的其他技術性質(沉降性、軟化性及除鐵性)的簡明資料,分述在本書有關各章的開始部分。

第二章 確定淨水構築物的組成和 有關其佈置的計算

4. 淨水構築物的組成

淨水構築物的組成，決定於原水的分析和經淨化後對水質的要求。建造生活飲用上水道時，淨水構築物應保證最後水質符合於蘇聯國家標準2874—45（見第三節）。

在此情況下，淨水過程可包括下列步驟：

(1) 初步沉澱，在下列的情況下可能產生，即水是從天然沉澱池式的水池（蓄水庫、湖泊）中取出時；

(2) 用藥劑（通常為硫酸鋁或硫酸亞鐵）溶液將水處理，使水中所含懸游物凝聚；如原水中鹼度太低、不足以保證凝聚作用正常地進行時，可在水中加鹼劑（通常為石灰）來人工增鹼；藥液可經過注藥器加入於水中；

(3) 藥劑和被處理的水，在混合槽內於1—2分鐘內互相混合；

(4) 形成絮狀物，即在反應室中造成凝聚劑的絮狀物（根據反應室的型式，需要6—30分鐘）；

(5) 用截留水中主要塊狀懸游物質和部分細菌的方法將水澄清；澄清在沉澱池——水平式或垂直式——中，或在按懸游物分離法的原則而工作的澄清池中進行；

(6) 通過快砂濾池，將水最後澄清，並附帶地截留細菌；

(7) 加氯——用氯氣或漂白粉，將水消毒直至完全殺滅細菌；第一種方法用裝在專門房間（加氯室）內的儀器（加氯器）來進行；氯加入水中或在水過濾後加入水中，或分兩次：一次在水澄清之前，另一次在水過濾後進入清水池前；

(8) 加氨——當水中有嗅和味（特別是氯酚）時，採用加氨器