

951/49

13292

高等学校教学用书

给水工程 下册

建筑工程出版社

高等学校教学用书



給 水 工 程

下 冊

哈尔滨工业大学給水排水教研室 編

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內 容 提 要

本書是哈爾濱工業大學給水排水專業的講義,以蘇聯專家、技術科學副博士、副教授阿·馬·莫爾加索夫同志的講稿為藍本,盡量吸收蘇聯的先進經驗,補充國內資料編就。

本書分為上下兩冊,上冊包括給水管網和取水工程,下冊包括給水處理和工業給水。

本書經過幾年的教學試用,多次修改,內容豐富,可供高等院校給水排水專業教師、學生和有關的工程技術人員參考。

給 水 工 程

下 冊

哈爾濱工業大學給水排水教研室 編

*

1959年3月第1版 1959年3月第1次印刷 2,560冊

787×1092· $\frac{1}{16}$ ·532千字·印張20 $\frac{1}{4}$ ·插頁1·定價(10)2.80元

北京市印刷一厂印刷 新华書店發行 書号: 322

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052号)

目 录

第五篇 給 水 处 理

第十六章	天然水源的水質,用戶对水質的要求及給水处理的一般概念	6
§16—1	水源水質和用戶对水質的要求	7
§16—2	水的主要净化过程	17
§16—3	关于自来水厂的一般概念	17
第十七章	沉淀法	20
§17—1	凝聚法	20
§17—2	凝聚设备的布置	22
§17—3	在湿投法中凝聚剂溶液的制备和投放	23
§17—4	凝聚剂干投	28
§17—5	混合槽	28
§17—6	反应室	32
§17—7	几种沉淀方式	37
§17—8	臥式沉淀池的沉淀原理及計算方法	38
§17—9	臥式沉淀池的构造与运用	51
§17—10	立式沉淀池的工作原理及計算方法	52
§17—11	徑流式沉淀池的工作原理与构造	57
§17—12	沉淀池形式的选择	58
第十八章	泥渣过滤法	59
§18—1	泥渣过滤原理与澄清池	59
§18—2	澄清池的計算法	65
第十九章	过滤法	76
§19—1	一般概念	76
§19—2	水的过滤原理	78
§19—3	慢滤池	78
§19—4	快滤池	79
§19—5	快滤池的排水系統	80
§19—6	快滤池中的滤料和垫料	87
§19—7	过滤池工作时的水头損失	90
§19—8	滤率調节器	92
§19—9	非攪拌式快滤池的反向冲洗	94
§19—10	快滤池中洗水的排除	100
§19—11	洗水的供給法	106
§19—12	快滤池的表面冲洗	108
§19—13	攪拌式快滤池	111
§19—14	双向滤池	112

§ 19—15	双层滤池	122
§ 19—16	接触滤池	123
§ 19—17	自来水管的总出水量和过滤池的面积	124
§ 19—18	过滤池的附属设备	126
§ 19—19	生产用水的过滤	128
§ 19—20	压力式过滤池	130
§ 19—21	尼基福洛夫 (Г. Н. Никифоров) 型超速滤池	131
第二十章	水的消毒和除臭除味	133
§ 20—1	消毒水的目的和方法	133
§ 20—2	氯的消毒作用及其用量	133
§ 20—3	液态氯消毒法	134
§ 20—4	漂白粉消毒法	137
§ 20—5	预氯化与双氯化	138
§ 20—6	过氯化与脱氯	138
§ 20—7	氯胺法	139
§ 20—8	其他各种药剂消毒法	140
§ 20—9	非药剂消毒法	141
§ 20—10	原水臭味的去除	142
第二十一章	自来水管的布置	143
§ 21—1	选择净水建筑物与布置自来水管的一般知识	143
§ 21—2	自来水管布置举例	145
§ 21—3	包括澄清和消毒的自来水管举例	147
第二十二章	水的软化与除盐	149
§ 22—1	软化水的目的与方法	149
§ 22—2	药剂软化原理	150
§ 22—3	药剂软化法所用的设备	153
§ 22—4	阳离子交换剂软化法	163
§ 22—5	软水器及其计算	167
§ 22—6	软化方法的选择与软化站布置举例	180
§ 22—7	水中盐类的去除	182
第二十三章	水的其他处理法	185
§ 23—1	水中铁和锰的去除	185
§ 23—2	水中硅酸的去除	189
§ 23—3	水中的溶解性气体的去除	189
§ 23—4	水的稳定处理法	192

第六篇 工业企业給水

第二十四章	工业給水的基本课题	197
§ 24—1	工业企业的用水	197
§ 24—2	工业企业的給水系统	199
§ 24—3	生产用水的給水系统	203

第二十五章 循环給水的冷却构筑物	208
§ 25—1 概 論	208
§ 25—2 冷却湖	210
§ 25—3 喷射式冷却池	216
§ 25—4 冷却塔	225
§ 25—5 循环冷却用水的損耗及各种处理方法	240
§ 25—6 冷却构筑物的选择	254
第二十六章 某些工业企业的給水	255
§ 26—1 火力发电厂的給水	255
§ 26—2 黑色冶金工厂的給水	267
§ 26—3 石油工业的給水	280
§ 26—4 机械制造厂的給水	286
第七篇 特种給水工程	
第二十七章 特种給水工程	290
§ 27—1 綜合解决給水工程問題的特点	290
§ 27—2 铁路給水的特点	294
§ 27—3 建筑工地的临时給水	301
§ 27—4 农业給水的特点	306
第八篇 給水工程的勘察和設計	
第二十八章 給水工程的勘察和設計	311
§ 28—1 給水工程的勘察	311
§ 28—2 設計的程序和組織	312
第九篇 給水系統图示的选择及其經濟评价	
第二十九章 給水图示的选择	314
§ 29—1 給水图示选择的一般原理	314
§ 29—2 給水图示方案的技术經濟比較	315
第三十章 給水工程的建筑造价及水的成本的決定	317
§ 30—1 給水工程建筑造价的決定	317
§ 30—2 給水工程维护費用的确定	317
§ 30—3 水的成本及水价	318
附 录	320
参考文献	323

第五篇、給 水 处 理

第十六章 天然水源的水質，用戶对水質的要求 及給水处理的一般概念

無論是地面水源或地下水源的水中恒含有各种不同的雜質。例如地面水源的水中常含有粘土、砂、水草、腐植質、溶解性气体、鈣盐、鎂盐和其他盐类、細菌与病菌等等。地下水中常含有很多种不同的矿物盐。不仅各水源中的雜質种类和含量多寡各不相同，即使是同一水源，其水質也經常发生变化。这些雜質不仅剧烈地改变了水的物理性質和化学性質，并且在卫生上也常造成严重的危險性。

按照水中雜質的顆粒大小，可分为悬浊液、胶体溶液和真溶液三种。按照雜質的来源，可分为有机物、无机物和微生物三种。

在苏联，对于用作生活飲用水水源的水質，由国家标准 (ГОСТ) 2761-44 加以規定。

水在送往用戶 (居民和各种企业) 前，首先应加以淨化，使之符合于用戶对水質的要求。生活飲用水对水質的要求是无色、无嗅、无味、不渾浊、无有害物質，必須不含傳染病菌，在日用上 (如洗衣等) 无不便之处。众所周知，水是傳染病 (如霍乱、伤寒、痢疾等腸胃病) 的最好媒介物。如給水处理不良，水質不可靠，就能立刻将傳染病带到整个居民区。所以給水处理的好坏，能直接影响居民区全体人民的健康和生命安全。

生活飲用水的水質标准在苏联由国家标准 2874-45 統一規定。我国目前已制訂有自来水水質暫行标准，已在若干城市內試行。

水質的好坏对生产的順利进行、燃料費和动力費的节省、机器設備寿命的增加、次品的减少都有影响，总而言之，对于产品质量的保証和生产成本的降低具有重要意义。例如若将硬度大的水用作鍋爐給水，在鍋爐壁上便会产生水垢。因为水垢不易傳热，从而燃料費增大、鍋爐寿命降低和产品成本增加。当水中含鉄質多时，若用之于紡織厂，便会产生次品，如在生产过程中另加葯剂防止其不良影响，则不但不經濟，并且招致很多麻煩。各种不同的工业企业对于生产用水的水質要求各不相同，設計工业上水道时，这些資料可从有关生产部門获得。

消防用水对水質无特殊要求。

水的处理方法和处理过程是根据水源水質和用戶对水質的要求确定的。由于各地的水源水質和用戶对水質的要求不同，所以在不同情况下的处理方法也常有差異。由于通常所处理的水量大，原水中各种雜質的濃度大，对处理后的水質的要求高 (例如根据飲用水水質标准，处理后的水的渾浊度不得超过 1 毫克/升)，所以給水处理是一种复杂的化学和工艺过程。采用地面水源时，由于水源水質的經常变化，就更增加了处理的复杂性。

为了了解水源的水質和淨化后的水質，为了掌握各种淨水建筑物的处理效果，为了在

選擇水源時能夠對水源水質和處理費用進行經濟比較，必須採集水樣進行分析。

由於水源水質經常發生變化，所以需要在較長時間內採集水樣進行分析，以確定其水質在一年中的變化情形和正確掌握水源的水質。

§ 16—1 水源水質和用戶對水質的要求

下面只述水的幾種主要性質，並說明數類主要用戶對這些水質的要求。

水的性質包括物理性質、化學性質和細菌性質三方面。

(一) 水的物理性質

1. 渾濁度

水的渾濁是由以懸濁液形式存在其中的粘土、砂、有機物等和以膠體溶液形式存在其中的粘土、硅土以及有機物等引起的。這些物質一方面由河床沖刷和暴雨時雨水對河流附近的森林、草地、農田和街道等土壤的沖刷而來，另一方面由城市和工業企業污水的排入而來。

水的渾濁度通常利用和標準渾水相比較的方法來測定。標準渾水系用蒸餾水和高矽土（或二氧化矽）配制而成。所測定的水的渾濁度係利用 1 升標準渾水中所含高矽土的毫克數（毫克/升）間接表示出來。如果所測定的水和標準水同樣渾濁，則所測定的水的渾濁度便等於標準水的渾濁度。如果所測定的水比標準水渾濁，便可在前者中加以蒸餾水，使二者的渾濁程度相同；假設所測定的水在加蒸餾水後的體積為未加蒸餾水前的 n 倍，則所測定的水的渾濁度即為標準水的渾濁度的 n 倍。例如標準水的渾濁度為 3 毫克/升，水樣加蒸餾水後的體積為未加蒸餾水時的 50 倍，由此得水樣的渾濁度為： $3 \times 50 = 150$ 毫克/升。

水的渾濁度用濁度計測定。

水的渾濁程度也可用透明度間接表示。透明度是渾濁度的相反觀念，透明度愈大，渾濁度便愈小，反之，透明度愈小，渾濁度便愈大。透明度一般有三種方法進行測定：標準鉛字法，十字架法和現場測定法。透明度用若干厘米水深表示。表 16—1 列出用十字架法測得的透明度與相應渾濁度的換算關係。

水渾是地面水源的特性，特別是河流的特性。河水的渾濁度經常發生變化，其值在下雨時較大，洪水時最大，一般在冬季封凍時最小。湖泊和蓄水池的水的渾濁度較小，其中之水所以發生渾濁，常系由於有渾濁的河水、下雨和融雪時地面的水流入其中所引起。此外，有風時，靠近向風的岸邊的水比較渾濁，這是因為水底的沉淀物被風浪沖擊起來所致。

地下水源的水通常是清潔而透明的。

ГОСТ 2874—45 規定，飲用水的渾濁度在一年中平均不得超過 1 毫克/升，在各次測定中，最大不得超過 2 毫克/升。我國飲用水水質標準中規定用標準鉛字法測得的透明度不小於 30 厘米。

大多數生產用水所許可的渾濁度比飲用水大。有些工業企業許可採用渾水，有些企業不希望用渾水，有些企業根本不許可用渾水。

2. 色度

少量的乾淨水不具顏色，水層厚時呈淺藍色。如果水呈其他顏色，則表明其中有各種溶解質和懸游雜質存在。

、用十字法測定的透明度和渾濁度的換算表

表16—1

透明度 (厘米)	渾濁度 (毫克/升)	透明度 (厘米)	渾濁度 (毫克/升)	透明度 (厘米)	渾濁度 (毫克/升)	透明度 (厘米)	渾濁度 (毫克/升)	透明度 (厘米)	渾濁度 (毫克/升)
3.5	270	21	43.3	50	18.2	79	11.6	130	7.15
4	235	22	41.4	51	17.9	80	11.45	132	7.05
4.5	205	23	39.6	52	17.6	81	11.3	134	6.9
5	185	24	38.0	53	17.3	82	11.05	136	6.8
5.5	170	25	36.5	54	17.0	83	11.0	138	6.7
6	155	26	35.1	55	16.7	84	10.85	140	6.6
6.5	142	27	33.8	56	16.4	85	10.7	145	6.3
7	130	28	32.6	57	16.1	86	10.35	150	6.1
7.5	122	29	31.5	58	15.8	89	10.3	155	5.9
8	114	30	30.5	59	15.5	90	10.1	160	5.75
8.5	107	31	29.5	60	15.2	92	9.9	165	5.6
9	102	32	28.6	61	15.0	94	9.7	170	5.45
9.5	97	33	27.7	62	14.8	96	9.5	175	5.3
10	92	34	26.9	63	14.6	98	9.3	180	5.15
10.5	87	35	26.1	64	14.4	100	9.1	185	5.0
11	83	36	25.4	65	14.2	102	8.9	190	4.85
11.5	79	37	24.8	66	14.0	104	8.7	195	4.75
12	76	38	24.2	67	13.8	106	8.5	200	4.6
12.5	73	39	23.6	68	13.6	108	8.3	210	4.4
13	70	40	23.0	69	13.4	110	8.2	220	4.2
13.5	67.5	41	22.4	70	13.2	112	8.1	230	4.0
14	65	42	21.8	71	13.0	114	8.0	240	3.85
14.5	63	43	21.2	72	12.8	116	7.9	250	3.7
15	61	44	20.7	73	12.6	118	7.75	260	3.55
16	56.4	45	20.2	74	12.4	120	7.65	270	3.45
17	53.1	46	19.7	75	12.2	122	7.55	280	3.3
18	50.4	47	19.3	76	12.05	124	7.45	290	3.2
19	48	48	18.9	77	11.9	126	7.35	300	3.1
20	45.5	49	18.5	78	11.75	128	7.25	310	3.0

有沼澤水流入的河水和蓄水庫中的水常因含有腐植質而有顏色。

水色有表色和真色之分。表色是水樣中的懸游物質在未除去前，其中同時含有溶解物質和懸游物質時所呈現的顏色。真色是其中懸游物質除去以後所呈現的顏色。水分析中採用的“水色”是真色。

溶解有腐植質的水呈黃棕色或棕色。被工業廢水玷污的水能呈各種不同顏色。

水呈黃色時，其色度用鉑鈷色度標準比色液用比色法測定。色度用度量度。將 1.2450 克鉑鈷化鉀 K_2PtCl_6 (內含鉑 0.5 克) 和 1.0000 克氯化鈷 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (內含鈷 0.2480 克) 溶于 100 毫升蒸餾水中，另加 100 毫升濃鹽酸，在容量瓶中將此溶液用蒸餾水稀釋為 1 升，如此配成的鉑鈷標準液色度為 500°。故在鉑鈷標準中，當 1 升鉑鈷色度標準比色液中含鉑 1 毫克時稱為 1°。將上述鉑鈷標準液和不同體積的蒸餾水混合便可配成不同色度的標準液，利用它和所欲測定的水進行比色，測出該水的色度。

被工業廢水污染的水的顏色極不正常。沒有一種理想的標準比色液可用來與它比色。

ГОСТ 2874-45 規定,飲用水的色度的年平均值不得超過 15° , 在個別測定中最大不得超過 35° 。我國飲用水水質標準中規定色度不得大於 20° 。

至於在生產過程中直接和產品相接觸的生產用水(例如紡織工業的生產用水),水的色度高時,便會降低產品的質量。造紙廠用水的許可色度為 15° ; 紡織廠為 $5 \sim 20^\circ$ 。

3. 水的臭和味

從衛生上進行水質評定時,水的臭和味的測定具有特殊意義,因它能使我們測出水中那些不能用其他方法測得的雜質。

水的臭和味的產生,系由於其中含有溶解性氣體、礦物鹽、有機物和微生物而引起。有時系由活水草和腐爛的死水草產生。水經氯化後,水中剩餘氯也能引起不愉快的臭氣。湖沼中的水一般含有有機物及水藻甚多時,易有魚腥氣及霉氣,渾濁的河水常有泥腥和土氣,某些溫泉的水有硫黃氣,含亞鐵鹽和錳鹽的水具有墨水味或鐵味,含硫酸鈣時味澀,含硫酸鎂時味苦,含氯化鈉時味咸。

水臭根據其性質可分為兩類:

(1) 天然水臭,系由水中活的和死的有機體以及腐爛的水草等引起。

(2) 人為水臭,系由工業廢水中的雜質所引起。

第一類水臭分為:芳香氣、沼澤氣、霉爛氣、腐臭氣、植物氣、草氣、泥土氣、魚腥氣、硫化氫氣味以及其他難以確定的臭氣。

第二類水臭包括:酚味、樟腦味、氯酚味等。

在不同溫度下,水臭強度也不同。溫度高時,水臭往往更行顯著。

水臭強度用五級標準(表16—2)表示,以水在室溫時(20°)和加熱後(60°)的水臭氣進行評定。

測定水臭的五級標準 表16—2

水味根據其性質分為四種:咸、苦、甜、酸。水味只對極清潔的水或已經消毒過的水進行測定。測定也在室溫時和加熱後兩種情況下進行。方法是取一部分水用口嘗,但勿嚥下。和水臭一樣,水味強度也分為

強度等級	水臭	特 徵
0	無	無任何水臭
1	極微	一般飲用者不能感到,但有經驗的水分析工作者可以察出
2	微	飲用者不易感到,但經指出後便能察出
3	顯著	易于察覺,並能引起飲用者對水懷疑
4	強	有顯著的不愉快的水臭
5	極強	水臭強烈,完全不適于飲用

五級。顯然,水的臭和味的測定在很大程度上有賴於測定者嗅覺和味覺的敏感性。

根據 ГОСТ 2874-45 規定,水的臭和味在溫度 20° 時不得超過 2 級。我國飲用水水質標準規定水溫在 20° 和 50°C 時不得有異臭和異味。

水的臭和味本身對生產用水說來,一般並不重要,但水有臭和味時,表示水中可能有不宜含有的雜質存在。

4. 溫度

水的溫度用刻度為 0.1° 的溫度計就地測定。

地面水(河流、池塘等)的溫度經常變動,並且變動範圍很大,一般在 $0 \sim 26^\circ$ 範圍內。

地下水,特別是有壓地下水的溫度,幾乎終年不變,或只隨着季節稍有變化,且地下水層愈深,溫度的季節性變化便愈小。地下水溫度一般在 $7 \sim 10^\circ$ 範圍內。如其溫度變化劇

烈,則表示可能已有外界的水侵入。

飲用水的溫度以 $7\sim 12^{\circ}$ 為最佳,因為這樣的水最清新可口。水溫不宜降低至 5° 以下,因為這樣的水對於胃的粘膜有害。

水的溫度對於某些生產企業具有很大意義。例如冷卻用水和凝結蒸汽的用水的溫度愈低,用水量就愈少。

水溫對於給水處理,如凝聚和消毒等,有重大意義。

(二) 水的化學性質

水的化學測定包括:水的化學反應,硬度,鐵、錳和其他元素、氮素化合物、硫酸鹽、氯化物的含量,耗氧量,溶解性固體和燒灼減重,溶解性氣體以及若干有毒物質等。

1. 水的酸鹼性

水的酸鹼性反應用氫離子濃度(pH 值)來表示:

pH < 7 時——水呈酸性;

pH = 7 時——水呈中性;

pH > 7 時——水呈鹼性。

pH 值低的水具侵蝕性,pH 值高的水在使用時易發生泡沫。

天然水一般呈弱鹼性反應。如果水中含腐植酸或二氧化碳甚多,也可能呈酸性反應。

根據 ГОСТ 2874-45 和我國飲用水水質標準,pH 值應在 $6.5\sim 9.5$ 範圍內。水源水的 pH 值一般都不會超過這一範圍。

2. 水的硬度

天然水的硬度系由於溶解其中的鈣鹽和鎂鹽所造成。水的硬度通常以度計。硬度 1° 表示 1 升水中含有 10 毫克 CaO 或 7.19 毫克 MgO 。

鈣鹽和鎂鹽在天然水中通常以碳酸鹽、重碳酸鹽(即酸性碳酸鹽)、硫酸鹽、硝酸鹽和氯化物的形式存在。

水的硬度分“碳酸鹽硬度”和“非碳酸鹽硬度”兩種。

(1) 碳酸鹽硬度——碳酸鈣 CaCO_3 、碳酸鎂 MgCO_3 、重碳酸鈣 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、重碳酸鎂 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 所造成的硬度稱為碳酸鹽硬度。

(2) 非碳酸鹽硬度——除鈣、鎂的碳酸鹽和重碳酸鹽以外的一切鈣、鎂鹽類所造成的硬度稱為非碳酸鹽硬度。如硫酸鈣 CaSO_4 、硫酸鎂 MgSO_4 、氯化鈣 CaCl_2 、氯化鎂 MgCl_2 和硝酸鈣 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、硝酸鎂 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 等造成的硬度便是。

碳酸鹽硬度和非碳酸鹽硬度之和稱為水的“總硬度”。

就生活飲用水言,水的硬度大小對人體健康并無害處,一般說來對水味也無不良影響。只有當鎂鹽含量極多時,飲用水才具有不愉快的味道。不過水的硬度过大時,對生活用水有若干不方便的地方。例如:在水壺內生成水垢;洗衣服時肥皂不易起泡,並且和肥皂作用生成不溶而粘的污垢,所以不僅浪費肥皂,並且玷污了衣服;煮肉和蔬菜時不易熟等等。所以在生活飲用上許可採用硬水,但硬度不應太大。根據 ГОСТ 2874-45,生活飲用水的總硬度不得超過 40° 。我國飲用水水質標準中規定總硬度不得超過 25° 。

有些生產用水不能使用硬水。例如蒸汽鍋爐用水,無論是碳酸鹽硬度或非碳酸鹽硬度,都能在鍋爐壁上產生水垢。水垢是熱的不良導體,它不僅使燃料浪費,且能使局部爐壁過

熱,從而金屬強度降低,而致有可能發生爆炸事故。鍋爐壁上的水垢須經常清除,對於某幾種鍋爐(水管式的)來說,這是一件非常麻煩和費工的事。鍋爐用水的硬度有一定限制,對於中壓和高壓鍋爐來說,鍋爐壓力為19~60大氣壓時,水的總硬度不得超過 0.10° (短時間的硬度許可達 0.15°),鍋爐壓力為61~125大氣壓時,水的總硬度不得超過 0.05° (短時間的硬度許可達 0.10°);壓力低於18大氣壓的鍋爐用水,碳酸鹽硬度不得超過 $10\sim 12^{\circ}$ 。冷卻裝置用水的碳酸鹽硬度大時,便會在冷卻裝置的管壁上產生水垢。某些工業(如紡織工業,纖維工業等)的生產用水採用硬水時,產品質量便會降低,次品率便會增大。

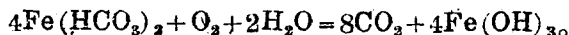
在給水管網中,即使在通常溫度下,由於 CO_2 之逸出,碳酸鹽硬度也會發生一定程度的沉淀,而在管壁上形成一層水垢,上水道使用若干年後,水管中的水流面積可能會因此而大大減少。

河水的硬度一般都不大。例如上海黃浦江水的硬度為 $3\sim 7^{\circ}$ 。通過石灰石層和石膏層的河水的硬度常極大,可達數十度。河水硬度時有變化,其值在洪水時期最小。地下水的硬度一般比地面水大得多。

3. 鐵和錳

鐵和錳常常同時存在於地面水和地下水中。鐵是水中最常見的一種雜質,其含量一般並不多。地下水中有時含鐵甚多,一升水中可達幾百毫克。

鐵在地下水中常以重碳酸鹽的形式存在,此外也有以硫酸鹽、磷酸鹽和腐植酸鹽等形式存在者。重碳酸鐵 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ 是一種低價的鐵,遇空氣便氧化成棕色的絨粒狀的氫氧化鐵 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀物:



水中即使含鐵甚多,對人體健康也無不良影響。水中含鐵多於0.3毫克/升時,水便渾濁不清,且水味不佳(有墨水味或沼澤氣),用之洗衣,在衣服上會產生棕色銹斑。紡織工業用水中含有鐵質時便會產生次貨。照相膠片廠、電影製片廠、造紙廠等用水中應完全不含鐵質。

錳在地下水中主要以重碳酸鹽 $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ 的形式存在。含錳鹽的水對人體健康並無影響,但水含錳鹽多時水味不佳。很多工業(如人造絲廠、造紙廠等)不許可採用含有錳鹽的水。

水中含鐵和錳時能引起管道中鐵菌和錳菌的繁殖,使水管受到堵塞,有時甚至完全堵塞。

根據ГОСТ 2874-45,水中鐵和錳的總含量不超過0.3毫克/升,其中低價鐵的含量不得超過0.2毫克/升。我國飲用水水質標準規定,水中總鐵含量不得超過0.3毫克/升。

4. 氮素化合物

氮素化合物(氨、亞硝酸鹽和硝酸鹽)是判斷水是否被污染的極重要的指標。

天然水中的氮素化合物主要由流入的生活污水中的蛋白質分解而來,也有因蘇打廠、氮肥廠的生產廢水排入其中而產生的。水中氮素化合物的存在常常表示此水已被污水所玷污。

蛋白質分解最後產生氨。水中無氧時,氨是最後產物。如果水中有氧,在硝化細菌作用下,氨首先被氧化成亞硝酸鹽,然後被氧化成硝酸鹽。氨被氧化成亞硝酸鹽的過程遠比亞硝酸鹽被氧化成硝酸鹽的過程迅速。因此在衛生分析中,欲表明蛋白質在水中的分解過

程,必須測出氨氮、亞硝酸鹽氮和硝酸鹽氮三者。

氨在水中以游離狀態或銨鹽存在。氨氮本身對人體並無害處,但由其可顯示出此水已被污水玷污,而污水中當然也可能存在人和畜性的排泄物。

有機氮轉變為氨的分解過程頗為迅速。所以水中有氨存在時,就表示該水剛被玷污。水中有亞硝酸鹽存在時,表示水在不久前曾被玷污,並且其中有機物仍在進行無機化。所以生活飲用水的水源中不許可有氨和亞硝酸鹽存在。如果水中只有硝酸鹽而無氨和亞硝酸鹽,這表示水在相當長的時間以前被玷污過,因此可認為病原菌在這段時間內已死淨,所以水源水質在不致引起傳染病這一點上已合格。當然,這尚須以細菌分析加以証實。如果水中同時存在氨、亞硝酸鹽和硝酸鹽,這一方面表示水在較長時間前曾被玷污,一方面表示該水現在仍舊受到玷污。

必須指出,水中氨氮的存在,並非一定表示水已被含蛋白質的污水所玷污,因為氨氮也有可能從植物質和礦物質產生。例如沼澤水和泥炭土水中的氨是植物腐爛後產生的。細菌有時能使接近地面的土壤中的硝酸鹽和亞硝酸鹽還原成氨,此氨便隨降水流入水體。含有硝酸鹽的地下水在地層中與低價鐵鹽作用下也能還原成氨。所以即使在深井水中,有時也可能含有很多氨氮,而這並不表示此水已被地面有機雜質所玷污。地下水中也可能會由於地下礦物質溶解其中而含硝酸鹽。硝酸鹽遇到低價鐵的化合物也能被還原成亞硝酸鹽。在這些情況下,水中氨和亞硝酸鹽的存在並不具有危險性。

5. 硫酸鹽和氯化物

天然水中普遍存在有硫酸鹽。河水中和淡水湖水中硫酸根 SO_4^{2-} 的含量一般在 60~100 毫克/升範圍內。水中硫酸鹽通常係由地層中硫酸鹽溶解其中而獲得,有時則由於隨污水流入其中的有機物分解而生成。

水中含硫酸鈉 Na_2SO_4 多時對腸胃有害。硫酸鈣和硫酸鎂在水中形成非碳酸鹽硬度。含硫酸鹽多的水能對混凝土結構起破壞作用,原因是硫酸鹽和水泥中的石灰作用後生成石膏而使體積增大,而致在混凝土中產生裂縫。

幾乎所有的天然水中都含氯化物。並且有些水中含氯化物甚多,這種情形可能由於鹽沼地中的食鹽或其他氯化物被沖洗入水中所引起,也可能由於各種日常污水流入其中而引起。在後一種情形下,水中不僅含氯化物多,並且含有氨、亞硝酸鹽、硝酸鹽,水的耗氧量,以及存在有証實水被污染的其他數據。海水中含有大量氯化鈉,某些湖泊中和地下水中也含有。海水中含氯化鈉 25~31 克/升。

水中含氯化物多時對人體健康並無影響。水中含氯化鈉超過 300 毫克/升時便有咸味。氯化鈣和氯化鎂在水中形成非碳酸鹽硬度。

在蘇聯,飲用水中氯化物和硫酸鹽的許可含量由國家衛生監察機關根據當地情形決定。

6. 耗氧量

氧化 1 升水中的溶解性有機物和低鐵等易被氧化的無機物總共所需要的氧量稱為耗氧量,以毫克/升 O_2 表示。耗氧量是測定水中有機物含量的間接方法。有壓地下水的耗氧量最小,且其值極為穩定,約為 2 毫克/升 O_2 左右,當耗氧量大時,就表示此水已被玷污。表層土中的地下水的耗氧量隨地層深度而定,如水未被玷污,耗氧量約和有壓地下水相接近。

湖水的耗氧量平均為5~8毫克/升 O_2 。沼澤水的耗氧量有時可達400毫克/升 O_2 。對於不同河流的水來說,耗氧量變化範圍甚大。

如果水源水中並不含腐植酸和亞鐵鹽,但其耗氧量又很大,則表示水源有被污水污染的可能,故不宜用作飲料水水源。水源水的耗氧量迅速增大時,則表示水源已被玷污。

7. 溶解性固體和燒灼減重

溶解性固體為以溶解性鹽類和膠體形態存在於水中的有機物和礦物質含量,以毫克/升計。測定之法為將用濾紙濾過的水放在蒸發皿內將水蒸發掉,再放在烘箱內在 105° 下干燥之,然後將干的溶解性固體重量用天平稱出。

生活飲用水源中的溶解性固體不應超過1,000毫克/升。

將溶解性固體在 600° 下燒灼後,由於其中有機物已被燒去,故其重量便減少。根據溶解性固體之值和燒灼減重,可以初步了解水中的含鹽量和有機物的含量。

8. 溶解性氣體

評價水質時,在溶解性氣體中以氧、二氧化碳和硫化氫最主要。在一定條件下,這些氣體的存在使水對混凝土和金屬具有侵蝕性。

水中的溶解氧主要來自空氣中。溶解氧隨水的溫度、空氣中氧的分壓和大氣壓力而變。溫度愈高,溶解氧便愈少;大氣壓愈低,溶解氧也愈少。如水源被有機物所污染,水中溶解氧便較少。

深井水中照例不含溶解氧。

在金屬發生電化學腐蝕時,水中溶解氧起着去極劑的作用,因此加劇了金屬的腐蝕。水溫增高以及當水沿金屬壁流動時(例如水在管中流動),金屬的腐蝕便愈快。

中壓和高壓蒸汽鍋爐給水中不允許有氧存在。

幾乎所有天然水中多少總含有二氧化碳。地下水中一般含有二氧化碳20~40毫克/升,地面水中含二氧化碳10~20毫克/升。

水中二氧化碳對混凝土有侵蝕性,因為 CO_2 能與混凝土中的碳酸鈣作用而生成能溶於水的重碳酸鈣。

水中即使含氧和二氧化碳很多,對飲用水水質仍無損害。

天然水中硫化氫的含量常各不同。地層深處的水中有时含大量的從無機硫化物來的硫化氫。地面水中一般含硫化氫極少,主要由植物性和動物性蛋白質腐化而來。

水中含硫化氫時有惡臭,且能引起金屬的腐蝕。所以生活飲用水和很多生產用水內不許可含有硫化氫。

9. 毒物

水中毒物有的來自工業廢水,有的來自居民區下水道中的污水,有的則由敵人故意投入。一升水中通常只要含有鉛、銅、鋅、砷等和某些有毒的有機物數毫克(有時只要0.05~0.1毫克)就有毒了。

鉛、銅、鋅主要隨工業廢水流入水源中,其中以鉛最毒。根據ГОСТ 2874-45和我國自來水水質暫行標準,鉛的含量不超過0.1毫克/升,銅—不超過3.0毫克/升,鋅的含量在蘇聯規範中規定不超過15.0毫克/升而我國標準規定不得超過5毫克/升。

天然水中的砷有時由於水源附近利用含砷的殺蟲藥噴洒農作物和果樹而來,有時系

由居民区和工业企业排入的污水(例如皮革厂的鞣皮車間、染色厂、印花厂、金属加工厂等的廢水)引起。有些矿泉水中含有大量的砷。根据 TOCT 2874-45 和我国飲用水水質标准,砷的含量不超过 0.05 毫克/升。

近代有毒的有机物种类繁多。水中是否有这些毒物有时可从水的外表上看出,有时可从一般的水分析結果中看出,例如 pH 值、耗氧量、氯化物含量和溶解氧量的迅速改变等。

10. 氟化物和酚类化合物

飲用水中的氟化物对于居民,特别是对于发育期的儿童有很大意义。水中含氟化物过多会产生斑牙,含氟化物太少牙齿易蛀。苏联飲用水标准規定氟的含量不超过 1 毫克/升。我国飲用水水質标准中規定氟的含量不超过 1.5 毫克/升。

水源水中的酚类化合物主要由某些工业廢水(如焦煤化学厂的廢水)排入其中而来。酚类化合物在水消毒时与氯或漂白粉作用生成各种氯酚,使水具有特殊的不愉快的气味。水中含有 0.005 毫克/升酚时就能与氯生成氯酚。根据 TOCT-2874-45,水中酚类化合物含量不超过 0.001 毫克/升(按酚計)。我国飲用水水質标准中規定投氯时不得有产生氯酚臭的酚含量。

(三) 水中的細菌杂质

天然水中常含有微生物,其中包括病原菌。由水傳染的疾病有:伤寒、副伤寒、霍乱、痢疾和急性腸胃炎等。

选择飲用水水源时,細菌杂质的存在与否常有决定性的意义。就这一方面来说,以利用涌泉井作飲用水水源为最佳。表 16-3 載有各种水源水中的細菌含量。

水中細菌含量以 1 毫升水中的細菌总数計。1 毫升生活飲用水中的細菌总数每年平均不超过 50 个,每月平均不超过 75 个,在每次測定中不超过 100 个。

在水的卫生檢定中常进行腸杆菌的測定。腸杆菌本身并无处,但是水源水中有腸杆

各种水源中的細菌含量

表 16-3

水 源 性 質	細 菌 含 量 (以个/毫升計)
泉水(有完善的防止水被細菌污染的設施).....	0~200
泉水(有不完善的防止水被細菌污染的設施)...	10~3,000
井水(有完善的防止水被細菌污染的設施).....	10~1,000
井水(有不完善的防止水被細菌污染的設施)...	80,000 以下
大湖中的水.....	1,500 以下
清潔的河水.....	125,000 以下
湧泉井水.....	0
經砂层滤过的地面水.....	100 以下

菌存在时,表示此水已被动物和人的粪便污染,因此水中有病原菌存在的可能性。腸杆菌抵抗消毒剂作用的能力最强,所以如果飲用水中的腸杆菌含量不超过飲用水标准中所規定的数值,此水在細菌方面已无問題。

水中腸杆菌含量有两种表示法:

(1) 大腸菌指数——指 1 升

水中的腸杆菌数目;

(2) 大腸菌值——指发现一个腸杆菌的最少水量,水量以毫升計。

二者的关系可表示如下:

$$\text{大腸菌指数} = \frac{1,000}{\text{大腸菌值}}。$$

苏联和我国飲用水水質标准中規定大腸菌指数不超过 3。

食品工业所需要的水質和飲用水同。很多其他工业的生产用水中有无細菌对生产并无意义。

按照瓦依泊尔 (Уайлс) 的意見,天然水源的水質按照大腸菌值可分成数等,如表 16—4 所示。

必須指出,在通常的物理、化学、細菌分析中,并未全面包括設計淨水建筑物时所必需的水在淨化时的各种技术特性。因此修建淨水建筑物时,尚須进行水的特种技术分析,測定水中杂質的凝聚性、去色性、沉淀性、过滤性、軟化性等,以便在設計淨水建筑物时使用。

表 16—5 是苏联的生活飲用水标准 (ГОСТ 2874—45)。表 16—6 是按 1956 年 10 月經国家建委和卫生部共同审查批准的“飲用水水質标准”編制的水質要求。表 16—7 是数种生产用水的水質要求。

水源水質的比較
(以大腸菌值为准) 表 16—4

大腸菌值	水 源 水 質
100	很好
10	好
1	中等
0.1	坏
0.01	此水完全不能用作飲用水水源

苏联的生活飲用水标准 (ГОСТ 2874—45)

表 16—5

順序	項 目	測定条件	允許的最大数值	备 注
1	渾 濁 度	在每次測定中	1.0 毫克/升 2.0 毫克/升	此系指有澄清、消毒或軟化設備的上水道言
2	色 度	在每次測定中	15° (鉑鈷标准) 35° (鉑鈷标准)	
3	臭 味	在 20°C 时 在 20°C 时	2 級 2 級	此为所有生活飲用水上水道的通用标准
4	大腸菌指数 大腸菌值		3 300 以上	即 1 升水中大腸菌数不多于 3 个即容积 300 毫升以上的水中出现大腸菌 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	此为所有生活飲用水上水道的通用标准
6	剩 余 氯	在管网最远点	不少于 0.1 毫克/升	此系指有澄清、消毒或軟化設備的上水道言
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/升 0.2 毫克/升	此为所有生活飲用水上水道的通用标准
10	鉛		0.1 毫克/升	
11	砷		0.05 毫克/升	
12	氟		1.0 毫克/升	
13	銅		3.0 毫克/升	
14	鋅		15.0 毫克/升	
15	酚		0.001 毫克/升	

今將各种水源水質作一比較。

(一) 地面水源。其水質和雜質含量在一年的不同时期中差異甚大。河水与湖水的水質和降雨强度、融雪快慢和城市与工业企业污水中的雜質含量有很大关系。

通常河水的渾濁度大,有顏色,含鹽少,硬度一般較小,含有大量有機物質和細菌。洪水時期其渾濁度和細菌含量增多,而此時硬度一般都減小。

我國飲用水水質標準(摘錄編制)

表16—6

順序	項 目	測 定 條 件	允 許 的 最 大 數 值	備 注
1	透 明 度	用標準鉛字法	不低於30厘米	生活飲用水的通用標準
2	色 度		不大於20°	
3	臭 和 味	水溫在20°和50°C時	無異臭和異味	
4	細菌總數	在37°C培養24小時	100個/毫升	
5	大腸菌類數		1,000毫升水中不得超過3個或用發酵法300毫升水中不得檢出	
6	總 硬 度		不大於25°	
7	鉛		0.1毫克/升	
8	砷		0.05毫克/升	
9	氟		1.5毫克/升	
10	銅		3.0毫克/升	
11	鋅		5.0毫克/升	
12	剩 余 氯	在管網最遠點	不小於0.1毫克/升	系指澄清、消毒、除鐵或軟化處理後的水質
13	酚	投氯消毒時	無氯酚臭	
14	總鐵含量		0.3毫克/升	
15	pH值		6.5—9.5	

海水(特別是大洋中的水)含鹽特別多,其中溶解性固體達水的重量的3.3~3.9%。總硬度達650°,其中大約只有30°是碳酸鹽硬度。海水具有頗強的侵蝕性。

(二) 地下水源。地下水,特別是地層深處的有壓地下水,具有很高的透明度,無色,含有很多的不同的礦物鹽,一般硬度較大,有時含有鐵、錳等鹽。如果含水層的上面有不透水層,則地面水便不會侵入其中;這種含水層中的地下水,從衛生上來說有時極為良

數種生產用水的水質要求

表16—7

順序	項 目	鍋 爐 用 水			冷 却 用 水	工 業 企 業 名 稱					
		10大氣壓以下	10—17大氣壓	17大氣壓		造紙	粘液絲	橡 皮	紡織	皮革	啤 酒
1	渾濁度(毫克/升)	20	10	5	50	25	5	20	5	10	10
2	色度(度)	—	—	—	—	15	5	10—100	5—20	—	—
3	硫化氫(毫克/升)	10	5	0	5	—	—	—	—	1	0.2
4	總硬度(度)	4.2	2.2	0.45	—	5.6	0.45	2.8—7.6	0.56	1.4	—
5	鈣(毫克/升)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200
6	鎂(毫克/升)	—	—	—	0.5	0.2	0.05	0.2	0.2	—	0.1
7	錳(毫克/升)	—	—	—	—	1.0	0.03	0.2	0.2	—	0.1
8	SiO ₂ (毫克/升)	40	20	.5	—	—	25	—	—	—	—
9	溶解性固體(毫克/升)	5,000—1,000	2,500—500	1,500—100	—	300	100	—	—	—	500—1,000
10	pH值	8以上	8.5以上	9以上	—	—	—	—	—	—	—