

哈尔滨工业大学讲义

給 水 處 理

(給水工程第三分册)

給水排水教研室

樊 冠 球 編

1956

編者：樊冠球
出版者：哈爾濱工業大學
印刷者：哈爾濱工業大學印刷廠

1956年8月出版 成本費 2.00元

前 言

本講義系根据 1954 年聽苏联專家、技術科学副博士、副教授阿·馬·莫尔加索夫 (A. M. мордясов) 同志在哈爾濱工業大學給研究生講課時記的筆記，編者的講稿，苏联給水工程教本及其他參考文獻編寫成的。

給水工程包括給水管網、取水建築、給水處理与工業給水四部分，本講義只包括給水處理这一部分。講義中对沉澱池、過濾池、消毒与水的軟化这几部分闡述較詳。对于其他各种處理方法，如除鹽、除鐵、除錳、除矽、除水中溶解性气体等，只作了一般性的理論介紹，如欲对这些問題作深入的研究，尚需參考一些專門的著作。

本講義可用作高等学校給水排水專業學生學習給水處理時的參考，此外也可用作工礦企業中本專業技術人員自學時的參考。在學習給水處理前，应很好掌握水力学、水化学及水生物学等方面的知識。

編寫本講義時，曾獲得阿·馬·莫尔加索夫專家親切的指導和幫助。在編寫过程中大部分講義筆譯成俄文，其余部分口譯成俄文后，請專家審閱过，謹在此致以衷心的謝意。本講義並承顏虎、李圭白兩位同志校閱过，在編寫过程中並獲得哈爾濱工業大學給水排水教研室全體同志的幫助，謹在此一併致謝。

樊 冠 球

1956.5.4.

目 錄

前 言

第一章 天然水源的水質，用戶對水質的要求及給水處理的一般概念

- § 1. 水源水質和用戶對水質的要求..... 2
- § 2. 水的主要淨化过程.....13
- § 3. 關於自來水廠的一般概念.....14

第二章 沉 澱 法

- § 4. 凝聚法.....17
- § 5. 凝聚設備的佈置.....19
- § 6. 在溼投法中凝聚劑溶液的製備和投放.....20
- § 7. 凝聚劑干投.....25
- § 8. 混和槽.....26
- § 9. 反應室.....30
- §10. 幾種沉澱方式.....35
- §11. 臥式沉澱池的沉澱原理及計算方法.....36
- §12. 臥式沉澱池的構造與運用.....54
- §13. 立式沉澱池的工作原理及計算方法.....56
- §14. 徑流式沉澱池的工作原理與構造.....62
- §15. 沉澱池形式的選擇.....63

第三章 泥渣過濾法

- §16. 泥渣過濾原理與澄清池.....64
- §17. 澄清池的計算法.....69

第四章 過 濾 法

- §18. 一般概念.....74
- §19. 水的過濾原理.....75
- §20. 慢濾池.....76
- §21. 快濾池.....77
- §22. 快濾池的排水系統.....78
- §23. 快濾池中的濾料和墊料.....85
- §24. 過濾池工作時的水頭損失.....87
- §25. 濾率調節器.....89

§26.	非攪拌式快濾池的反向沖洗	92
§27.	快濾池中洗水的排除	97
§28.	洗水的供給法	104
§29.	快濾池的表面沖洗	106
§30.	攪拌式快濾池	110
§31.	AKX 濾池	112
§32.	接觸濾池	125
§33.	自來水廠的總出水量和過濾池的面積	126
§34.	過濾池的附屬設備	128
§35.	生產用水的過濾	129
§36.	壓力式過濾池	132
§37.	尼基福洛夫 (Г. Н. Никифоров) 型超速濾池	133

第五章 水的消毒和除臭除味

§38.	消毒水的目的和方法	135
§39.	氯的消毒作用及其用量	135
§40.	液態氯消毒法	136
§41.	漂白粉消毒法	139
§42.	預氯化與雙氯化	140
§43.	過氯化與脫氯	140
§44.	氨氯化	141
§45.	其他各種藥劑消毒法	142
§46.	非藥劑消毒法	143
§47.	原水臭味的去除	144

第六章 自來水廠的佈置

§48.	選擇淨水建築物與佈置自來水廠的一般知識	145
§49.	自來水廠佈置舉例	147
§50.	包括澄清和消毒的自來水廠舉例	150

第七章 水的軟化和除鹽

§51.	軟化水的目的與方法	152
§52.	藥劑軟化原理	152
§53.	藥劑軟化法所用的設備	156
§54.	陽離子交換劑軟化法	166
§55.	軟水器及其計算	171
§56.	軟化方法的選擇與軟化站佈置舉例	184
§57.	水中鹽類的去除	186

第八章 水的其他處理法

§58. 水中鐵和錳的去除.....	190
§59. 水中砷酸的去除.....	193
§60. 水中的溶解性气体的去除.....	193
§61. 水的穩定處理法.....	196
附錄.....	202
参考文献.....	207

第一章 天然水源的水質，用戶對水質的要求及給水處理的一般概念

無論是地面水源或地下水源，水中恒含有各種不同的雜質。例如地面水源的水中常含有粘土，砂，水草，腐植質，溶解性氣體，鈣鹽、鎂鹽和其他鹽類，細菌與病菌等等。地下水中常含有很多種不同的礦物鹽。不僅各水源中的雜質種類和含量多寡各不相同，即使是同一水源，其水質也經常發生變化。這些雜質不僅劇烈地改變了水的物理性質和化學性質，並且在衛生上也常能造成嚴重的危險性。

按照水中雜質的顆粒大小，可分為懸濁液、膠體溶液和真溶液三種。按照雜質的來源，可分為有機物、無機物和微生物三種。

在蘇聯，對於用作生活飲用水水源的水質，由國家標準(ГОСТ 2761-44)加以規定。

水在送往用戶(居民和各種企業)前，首先應加以淨化，使之符合於用戶對水質的要求。生活飲用水對水質的要求是無色、無臭、無味、不渾濁、無有害物質、特別要不含有傳染病菌，在日用上(如洗衣等)無不便之處。眾所周知，水是傳染病(如霍亂、傷寒、痢疾等腸胃病)的最好媒介物。如給水處理不良，水質不可靠，就能立刻將傳染病帶到整個居民區。所以給水處理的好壞，能直接影響居民區全體人民的健康和生命安全。

生活飲用水的水質標準在蘇聯由國家標準(ГОСТ 2874-45)統一規定。我國目前已制訂有自來水水質暫行標準，已在若干城市內試行。

水質的好壞能影響生產的順利進行，燃料費和動力費的節省，機器設備壽命的增加，次品的減少，總而言之，對於產品質量的保證和生產成本的降低具有重要意義。例如若將硬度大的水用作鍋爐給水，在鍋爐壁上便會產生水垢。因為水垢不易傳熱，從而燃料費增大、鍋爐壽命降低和產品成本增加。當水中含鐵質多時，若用之于紡織廠，便會產生次品，如在生產過程中另加藥劑防止其不良影響，則不但不經濟，並且招致很多麻煩。各種不同的工業企業對於生產用水的水質要求各不相同，設計工業上水道時，這些資料可從有關生產部門的技術家處獲得。

消防用水對水質無特殊要求。

水的處理方法和處理過程便是根據水源水質和用戶對水質的要求確定的。由於各地的水源水質和用戶對水質的要求均不相同，所以在不同情況下的處理方法也常有差異。由於通常所處理的水量大，原水中各種雜質的濃度小，對處理後的水質的要求高(例如根據飲用水水質標準，處理後的水的渾濁度不得超過1毫克/升)，所以給水處理是一種複雜的化學和工藝過程。採用地面水源時，由於水源水質的經常變化，就更增加了在處理上的複雜性。

為了瞭解水源的水質和淨化後的水質，為了掌握各種淨水建築物的處理效果，為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。

由于水源水質經常在發生變化，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。

§ 1. 水源水質和用戶對水質的要求

下面祇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。

(甲) 水的物理性質

(一) 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、矽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嶺土(或二氧化矽)配制而成。所測定的水的渾濁度系利用1升標準渾水中所含高嶺土的毫克數(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。知道了透明度後，根據表1便可查得與之相當的渾濁度。透明度用若干厘米水深表示。

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。湖泊和蓄水庫的水的渾濁度較小，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，此因水底的沉澱物被風浪沖擊起來所致。

地下水源的水照例清潔而透明。

蘇聯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。我國自來水水質暫行標準中規定渾濁度的年平均值不得超過5毫克/升，在各次測定中最大不得超過10毫克/升。

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。

(二) 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。

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未除去前其中同時含有溶解物質

表1 用十字法測定的透明度和渾濁度的換算表

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

和懸游物質時所呈現的顏色。真色是其中懸游物質除去以后所呈現的顏色。水分析中採用的「水色」是真色。

溶解有腐植質的水呈黃棕色而至棕色。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。

蘇聯 ГОСТ 2874—45 和我國自來水水質暫行標準中規定，飲用水的色度的年平均值得不得超過 15° ，在個別測定中最大不得超過 35° 。

至于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 $5\sim 20^\circ$ 。

(三) 水的臭氣和味道

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的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機物及水藻其多，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，含氯化鈉時味鹹。

水的臭氣根據其性質可分兩類：

(1) 天然的臭氣，此系由水中活的和死的有機體以及腐爛的水草等引起。

(2) 人為的臭氣，此系由工業廢水中的雜質所引起。

第一類臭氣分為：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。

第二類臭氣包括：酚味、樟腦味、氯酚味等。

在不同溫度下，水的臭氣強度也不同。溫度高時，臭氣往往更行顯著。

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

表 2 測定臭氣的五級標準

強度等級	臭氣	特 徵
0	無	無任何臭氣
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	有顯著的不愉快的臭氣
5	極強	臭氣強烈，完全不適于飲用

水味根据其性質分为四种：鹹、苦、甜、酸。水味祇对極清潔的水或已經消毒过的水進行測定。測定也在室溫時和加熱后兩種情況下進行。方法是取一部分水用口嚙，但勿嚙下。和臭气一样，水味强度也分为五級。顯然，水的臭和味的測定在很大程度上有賴于測定者嗅覺和味覺的敏感性。

根据苏联 ГОСТ 2874—45 和我國自來水水質暫行标准，水的臭和味在溫度 20° 時不得超過 2 級。

水的臭气和味道本身对生產用水說來，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。

(四) 溫度

水的溫度利用刻度为 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 0~26° 範圍內。

地下水，特別是有压地下水的溫度，几乎終年不變，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。地下水溫度在 7~10° 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 7~12° 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炎有害。

水的溫度對於某些生產企業具有很大意義。例如冷卻用水和冷凝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。

(乙) 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。

(一) 水的化學反應

水的化學反應用氫離子濃度（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。

根據苏联 ГОСТ 2874—45 和我國自來水水質暫行标准，pH 值應在 6.5~9.5 範圍內。水源水的 pH 值一般都不會超過這一範圍。

(二) 水的硬度

天然水的硬度由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 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 所造成的硬度称为碳酸鹽硬度；

(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称为非碳酸鹽硬度。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称为水的「總硬度」。

就生活飲用水言，水的硬度大小对人体健康並無害處，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。根據蘇聯 ГОСТ 2874—45，生活飲用水的總硬度不得超過 40° 。我國自來水水質暫行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 $19\sim 60$ 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 $61\sim 125$ 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。

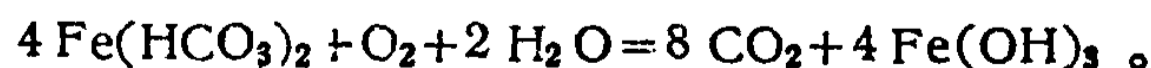
在給水管網中，即使在通常溫度下，由於 CO_2 之逸出，碳酸鹽硬度也會發生一定程度的沉澱，而在管壁上形成一層水垢，上水道使用若干年後，水管中的水流面積可能會因此而大大減少。

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。

（三）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 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉澱物：



水中即使含鐵甚多，对人体健康也无不良影響。水中含鐵多于 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 $Mn(HCO_3)_2$ 的形式存在。含錳鹽的水对人体健康並無影響，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。

根据苏联 ГОСТ 2874—45 和我國自來水水質暫行标准，水中鐵和錳的總含量不超过 0.3 毫克/升，其中低價鐵的含量不得超过 0.2 毫克/升。

（四）氮素化合物

氮素化合物（氨、亞硝酸鹽和硝酸鹽）是判断水是否被污染的極重要的指标。

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，既而被氧化成硝酸鹽。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。氨氮本身对人体並無害處，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牲的排洩物。

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。如果水中祇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亡干淨，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。

必須指示，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体。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。

（五）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。水中硫酸鹽通常系由地層中硫酸鹽溶解其中而獲得，有時則由于隨污水流入其中的有机物分解而生成。

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。

几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，這種情形可能由于鹽沼地中的食鹽或其他氯化物被沖洗入水中所引起，也可能由于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，水的耗氧量大，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/升時便有鹹味。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。

(六) 耗氧量

氧化 1 升水中的溶解性有机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机物含量的間接方法。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。

(七) 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于水中的有机物和礦物質含量，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。

生活飲用水水源中的溶解性固體不應超過 1000 毫克/升。

將溶解性固體在 600° 下燒灼後，由于其中有机物已被燒去，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机物的含量。

(八) 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。溶解氧量隨水的溫度、空氣中氧的分壓和大气壓力而變。溫度愈高，溶解氧便愈少，大气壓愈低，溶解氧也愈少。如水源被有机物所污染，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，此加劇了金屬的腐蝕。

水温增高以及当水沿金属壁流动时（例如水在管中流动），金属的腐蚀便愈快。

中压和高压蒸汽锅炉给水中不允许有氧存在。

几乎所有天然水中多少总含有二氧化碳。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。

水中二氧化碳对混凝土有侵蚀性，此因 CO_2 能与混凝土中的碳酸钙作用而生成能溶于水的重碳酸钙。

水中即使含氧和二氧化碳很多，对饮用水水质仍无损害。

天然水中硫化氢的含量常各不同。地层深处的水中有时含大量的从无机硫化物来的硫化氢。地面水中一般含硫化氢极少，主要由植物性和动物性蛋白质腐化而来。

水中含硫化氢时有恶臭，且能引起金属的腐蚀。所以生活饮用水和很多生产用水内不允许含有硫化氢。

（九）毒物

水中毒物有的来自工业废水，有的来自居民区下水道中的污水，有的则由敌人故意投入。一升水中通常只要含这些物质数毫克（有时只要 0.05~0.1 毫克）就已有毒性。

属于这类物质的有铅、铜、锌、砷等和某些有毒的有机物。

铅、铜、锌主要随工业废水流入水源中，其中以铅最毒。根据苏联 ГОСТ 2874—45 和我国自来水水质暂行标准，铅的含量不超过 0.1 毫克/升，铜—不超过 3.0 毫克/升，锌—不超过 15.0 毫克/升。

天然水中的砷有时由于水源附近利用含砷的杀虫药喷洒农作物和菓树而来，有时系由居民区和工业企业排入的污水（例如皮革厂的鞣皮车间、染色厂、印花厂、金属加工厂等的废水）引起。有些矿泉水中含有大量的砷。根据苏联 ГОСТ 2874—45 和我国自来水水质暂行标准，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结果中看出，例如 pH 值、耗氧量、氯化物含量和溶解氧量的迅速改变等。

（十）氟化物和酚类化合物

饮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。苏联饮用水标准规定氟化物不超过 1 毫克/升。我国自来水水质暂行标准中规定氟化物不超过 1.5 毫克/升。

水源水中的酚类化合物主要由某些工业废水（如焦煤化学厂的废水）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。根据苏联 ГОСТ 2874—45 和我国自来水水质暂行标准，水中酚类化合物含量不超过 0.001 毫克/升（按酚计）。

（丙）水中的细菌杂质

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

选择饮用水水源时，细菌杂质的存在与否常有决定性的意义。就这一方面来说，以利用湧泉井作饮用水水源为最佳。表 3 载有各种水源水中的细菌含量。

水中細菌含量以1毫升水中的細菌總數計。1毫升生活飲用水中的細菌總數每年平均不超過50個，每月平均不超過75個，在每次測定中不超過100個。

在水的衛生檢定中常進行腸桿菌的測定。腸桿菌本身並無害處，但是水源水中有腸桿菌存在時，表示此水已被動物和人的糞便污染，因此水中有病原菌存在的可能性。腸

表3 各種水源中的細菌含量

水 源 性 質	細菌含量(以個/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).....	10~3000
井水(有完善的防止水被細菌污染的設施).....	10~1000
井水(有不完善的防止水被細菌污染的設施).....	80000 以下
大湖中的水.....	1500 以下
清潔的河水.....	125000 以下
湧泉井水.....	0
經砂層濾過的地面水.....	100 以下

桿菌抵抗消毒劑作用的能力最強，所以如果飲用水中的腸桿菌含量不超過飲用水標準中所規定的數值，此水在細菌方面已無問題。

水中腸桿菌含量有兩種表示法：

- (1) 大腸菌指數——指1升水中的腸桿菌數目；
- (2) 大腸菌值——指發現一個腸桿菌的最少水量，水量以毫升計。

二者的關係可表示如下：

$$\text{大腸菌指數} = \frac{1000}{\text{大腸菌值}}。$$

蘇聯飲用水標準中規定大腸菌指數不超過3。我國自來水水質暫行標準中規定100毫升水中不得檢出腸桿菌。

食品工業所需要的水質和飲用水同。很多其他工業的生產用水中有無細菌對生產並無意義。

按照娃依泊爾(Уайпл)的意見，天然水源的水質按照大腸菌值可分成數等，如表4所示。

表4 水源水質的比較(以大腸菌值為準)

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

必須指出，在通常的物理、化學、細菌分析中，並未全面包括設計淨水建築物時所必需的水在淨化時的各種技術特性。因此修建淨水建築物時，尚須進行水的特殊技術分析，測定水中雜質的凝聚性、去色性、沉澱性、過濾性、軟化性等，以便在設計淨水建築物時使用。

表 5 是蘇聯的生活飲用水標準 (ГОСТ 2874—45)。表 6 是我國的生活飲用水暫行標準。表 7 是數種工業用水的水質要求。

表 5 蘇聯的生活飲用水標準 (ГОСТ 2874—45)

順序	項 目	測 定 條 件	允許的最大數值	備 註
1	渾 濁 度	— 在各次測定中	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	— 在各次測定中	15° (鉑鈷標準) 35° (鉑鈷標準)	
3	臭 味	在 20° C 時 在 20° C 時	2 級 2 級	此為所有生活飲用水上水道的通用標準
4	大腸菌指數 大腸菌值		3 300 以上	即1升水中大腸菌數不多於3個 即容積 300 毫升以上的水中出現大腸菌 1 個
5	細菌總數	在 37° C 下培養 24 小時後的菌落數	100 個/毫升	此為所有生活飲用水上水道的通用標準
6	剩 余 氯	在管網最遠點	不少於 0.1 毫克/升	此系指有澄清、消毒或軟化設備的上水道言
7	總 硬 度		不大於 40°	
8	pH 值		6.5~9.5	
9	鐵、錳總含量 其中低鐵含量		0.3 毫克/升 0.2 毫克/升	
10	鉛		0.1 毫克/升	此為所有生活飲用水上水道的通用標準
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	

今將各種水源水質作一比較。