

高等学校教学用书

鐵路運輸給水

下 册

C·X·阿則立耶尔著

人民鐵道出版社

高等学校教学用书

鐵路運輸給水

下 册

C·X·阿則立耶尔 著
同 济 大 学 鉄 道 系 譯
唐山鉄道学院給水排水教研組校

人 民 鉄 道 出 版 社

一九五七年·北京

本書討論了鐵路運輸給水的設計，建築和經營等問題。原書經蘇聯高等教育部批准為鐵路運輸學院教科書。

全書的中文譯本分三冊陸續出版：上冊內容主要為給水工程與管網；中冊內容主要為抽水機與抽水機站；下冊內容主要為水質及處理，室內給水，臨時給水。

本書除供鐵道學院作教材外，還可供其他高等學校給水排水專業教員和學生，鐵路部門，各工業部門及都市給水排水工程技術人員學習和參考之用。

參加下冊譯校工作者有：第十篇、第十一篇為嚴煦世譯，顧培恂、王乃忠、金學易、羅征洪校；第十二篇為張景丰譯，顧培恂、金學易、羅征洪校；第十三篇§1～4為郭達飛譯，§5～13為張景丰譯，顧培恂、張慶文、金學易、羅征洪校。

鐵 路 運 輸 給 水

下 冊

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ

ТРАНСПОРТЕ

蘇聯 ПРОФ.С.Х.АЗЕРЬЕР 著

蘇聯國家鐵路運輸出版社（1952年莫斯科俄文版）

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТРАНСПОРТНОЕ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1952

同濟大學鐵道系 譯

唐山鐵道學院鐵道給水及排水教研組校

責任編輯 王 青 泉

人民鐵道出版社出版（北京市霞公府17號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新 華 書 店 發 行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七聖廟）

書號：733 開本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張13書 字數306千

1957年9月第1版

1957年9月第1版第1次印刷

印數 0001—330 冊 定價（10）1.90元

目 錄

第十篇 水源的水質

第一章 水中混合物及关于水質的概念

§1. 水中混合物	1
§2. 水的物理性質	2
§3. 水的化学性質	4
§4. 細菌檢驗資料及其他	11

第二章 水 質 檢 驗

§5. 水的卫生-化学分析格式	11
§6. 化学-技术的檢驗	13
§7. 对于水質的要求	18

第三章 現有鐵路給水各水源的总特征

第十一第 水的处理及淨水建築物

第一章 技术过程及葯剂設備

§1. 水的处理的技术过程	18
§2. 凝集	20
§3. 水的石灰处理	24
§4. 处理水时苏打和其他葯剂的应用	26
§5. 調制溶液和投放葯剂的建築物及設備的概述	26
§6. 使凝集剂制成为便于投葯的形态及其投葯	28
§7. 使石灰及苏打制成便于投葯的形态及其投葯	32
§8. 配流器	42

第二章 葯剂与水的混和。反应室

§ 9. 混和槽	44
§10. 反应室 (絨体形成室)	49

第三章 水的澄清及水的沉淀 (悬浮物的沉淀)

§11. 关于沉淀池的一般概念	53
§12. 豎式沉淀池	58
§13. 经过悬浮沉淀物时水的澄清	63
§14. 横式沉淀池	71
§15. 沉淀池的管理	75

第四章 水的澄清。过滤

§16. 一般概念	76
§17. 慢濾池	77
§18. 快濾池	79
§19. 濾池池身及排水系統	82
§20. 砂及承托层	90
§21. 水头損失。池中真空。濾速調節器	92
§22. 濾池冲洗	95
§23. 冲洗廢水的排除	99
§24. AKX濾池	101
§25. 快濾池的各項設備及淨水站管道	105
§26. 澄清水用的压力濾池	108
§27. 計算快濾池的若干資料	111

第五章 葯剂軟水法 (沉淀法)

§28. 葯剂軟化法的反应	112
§29. 軟水設備的技术方案及構造	115

第六章 陽离子交換軟水法

§30. 一般概念和反应方式	121
§31. 阳离子交換軟水法所用材料	123
§32. 阳离子交換剂軟水法的技术图式	125
§33. 阳离子交換濾池及其工作	131
§34. 阳离子交換軟水法的附屬設備	137

§35. 計算阳离子交換濾池的一些資料	139
---------------------------	-----

第七章 利用軟水作为生活飲用水的可能性

第八章 水的消毒及去除臭味

§36. 一般概念	147
§37. 漂白粉氯化法	148
§38. 氯气(液氯)氯化法	151
§39. 去氯、消除水的臭味	155

第九章 設計淨水站的若干指示

§40. 淨水站位置的選擇和廢水排水設備	157
§41. 淨水站的組合	158
§42. 配制和投入葯剂时及氯化时的安全技术	163

第十章 水处理的特种形式

§43. 去除水中的鉄(水的去鉄)	168
§44. 去除水中的二氧化碳及氧	171
§45. 去除水中的硫化氫(曝气法)	172
§46. 水的蒸餾(去鹽)	174
§47. 水的穩定	177
§48. 硷性水的处理	178
§49. 水的冷却	179
§50. 水系水的处理	181

第十一章 水的爐內处理

§51. 炉內水处理的實質	182
§52. 鉄路運輸中所用的液狀及块狀防水垢混合物的配剂	183

第十二第 房 屋 給 水

第一章 房屋的冷水供应

§1. 房屋中的給水管系及布置图式	186
§2. 房屋給水管網的計算資料及計算方法	182
§3. 房屋內給水管道的構造	193

第二章 房屋內的消防水管

§4. 消防設備的一般型式	199
§5. 噴灑設備和水幕設備	200

第十三篇 給水經營与临时給水

第一章 給 水 經 營

§1. 給水管理机构和經營組織	204
§2. 給水通过能力的決定及其提高的方法及改进給水工作的方法	205
§3. 对水源和取水建筑物的監督	211
§4. 管網經營	213
§5. 水的計量	217
§6. 水管清淨、冲洗和消毒	219
§7. 个别給水建筑物的經營	222
§8. 冬季給水工作的准备和冻结水管的融冻措施	223
§9. 加速蒸汽机車上水	225
§10. 安全技术	226

第二章 临 时 給 水

§11. 临时的取水和升水設備	227
§12. 临时水塔及水鶴	230
§13. 运水列車及水槽車	231
附录2 对于某些葯剂品質的要求	232
俄华技术名詞对照表	234

第十篇 水源的水質

第一章 水中混合物及关于水質的概念

§1. 水中混合物

所有水源的水中含有各种的混合物，該項混合物可为机械悬浮物，可为膠体状态，或为溶液。

砂粒、粘土、有机物的微粒等属于机械混合物。根据这些微粒的比重、顆粒大小、形状和运动速度，它們可以是漂浮的或悬浮的；难以下沉的极小微粒属于悬浮微粒。

含有大量机械混合物的水，未經处理，不得作为生活飲用及技术上的用途。

膠体混合物（微粒大小約为0.0001—0.000001公厘）可能是礦物的（硅、鋁、鉄），也可能是有机物的。植物殘体腐化后的产物、腐植質及随污水而排至水源中的油脂等，属于后者。膠体物質可以产生最細的沉淀，或使水呈特种（卵黃色、棕黃色）顏色（腐植質）。如水中含有大量膠体物質，便不可能、或很少可能把未經处理的水供給生活飲用及技术上的需要。

属于溶解物的計有：

1) 气体：氧 O_2 、二氧化碳 CO_2 、硫化氫 H_2S ；

2) 鹽类：氯鹽—— $CaCl_2$ 、 $MgCl_2$ 、 $NaCl$ ；硫酸鹽—— $CaSO_4$ 、 $MgSO_4$ ；酸性碳酸鹽—— $Ca(HCO_3)_2$ 、 $Mg(HCO_3)_2$ 、 $Fe(HCO_3)_2$ ， $NaHCO_3$ ；硅酸鹽—— $CaSiO_3$ 、 Na_2SiO_3 ；硝酸鹽—— $Ca(NO_3)_2$ 等；酸类、銅、鉛、鋅等化合物可以随各种生产污水而至水中。

3) 随工业污水排出至水道中的有机化合物：酚、甲酚等。

溶解在水中的气体（氧、二氧化碳及硫化氫）是金屬腐蝕的原因。

某些溶解鹽类（ $MgCl_2$ 、 $NaCl$ 、 $MgSO_4$ ）可引起金屬腐蝕，另一些鹽类可促成鍋炉水的泡沫現象（ Na_2SO_4 、 $NaHCO_3$ 、 Na_2CO_3 ），还可以形成水垢（ $CaSO_4$ 、 $Ca(HCO_3)_2$ 、 $CaSiO_3$ ）等。

水的細菌污染占有特殊地位。

这种或其他混合物的存在，可断定这种水源用于給水的可能性，对于各种处理的必要性，借以防止蒸汽机車鍋炉中形成水垢、泡沫和发生腐蝕，或在作为飲用水

时，借以防止发生和流行胃腸傳染病的可能性。

从影响機車鍋爐操作的观点，在表49中列出某些水中混合物的性質。

水中混合物对機車鍋爐的影响和水的处理方法

表49*

混 合 物 名 称	化 学 式	混 合 物 可			若干水的处理方法和除去混合物的技术方法
		形成水垢	腐蚀金属	使炉水发生泡沫现象	
氧.....	O ₂	—	+	—	去气
二氧化碳.....	CO ₂	—	+	—	去气
硫化氢.....	H ₂ S	—	+	—	曝气
酸性碳酸鈣 (重碳酸鈣) ...	Ca (HCO ₃) ₂	+	—	—	軟化
酸性碳酸鎂 (重碳酸鎂) ...	Mg (HCO ₃) ₂	+	—	—	軟化
酸性碳酸鉄 (重碳酸鉄) ...	Fe (HCO ₃) ₂	+	—	—	去鉄
硫酸鈣.....	CaSO ₄	+	—	—	軟化
硫酸鎂.....	MgSO ₄	+	+	—	軟化
硅酸鎂.....	MgSiO ₃	+	—	—	軟化
硅酸鈣.....	CaSiO ₃	+	—	—	軟化
氯化鈣.....	CaCl ₂	+	+	—	軟化
氯化鎂.....	MgCl ₂	+	+	—	軟化
硝酸鈣.....	Ca (NO ₃) ₂	+	—	—	軟化
硝酸鎂.....	Mg (NO ₃) ₂	+	—	—	軟化
氯化鈉.....	NaCl	—	+	—	蒸餾 (去鹽)
硫酸鈉.....	Na ₂ SO ₄	—	—	+	軟化
碳酸鈉.....	Na ₂ CO ₃	—	**	+	去鹽; 鋰离子交換法
酸性碳酸鈉.....	NaHCO ₃	—	**	+	去鹽; 鋰离子交換法
植物和动物的有机体的腐化产物		—	+	+	凝集
油类.....		—	+	+	凝集
礦物酸.....		—	+	—	中和
悬浮物.....		+	—	+	澄清 (凝集, 沉淀, 過濾)

§ 2. 水的物理性質

水的色度主要为腐植質所形成，使水具有卵黃、棕黃和其他的顏色。色度可由水色与特配的鉻鉍标准溶液比較而得，并以度为色度的單位。一度色度相当于一公升溶液中含有一毫克的鉻。

天然水有15~20°的色度，腐植質水則例外，其色度可达50~60°及以上。

可这样确定色度的性質：无色、黃色、綠色及他色的水。

* 本表在某些程度上是有限制的，例如生成水垢的鹽类，亦可能对于腐蝕过程有些影响。

** 高濃度时可使鋼料部份腐蝕和苛性碱化 (金屬变質)。

水中的悬浮物可以是礦物的及有机物的。在細密濾紙上濾过0.5~1公升的水，將濾紙在110°溫度下烘干后，根据其重量增加数而定悬浮物的含量（以每升毫克數計）。为測定礦物（或有机物）的成份，可將沉淀物与濾紙在坩堝中燒灼。

某些河水中的悬浮物量，在洪水时期可到每公升一万毫克及以上。

水的透明度主要和含在水中的礦物質悬浮物有关，在很少程度上也和有机物有关。透明度由以公分計的水柱（玻璃筒中）高度确定，经过这种水柱还可以看出放在玻璃筒下一定大小的鉛字字样。鉛字也可以用白色板上标以黑十字綫（綫粗1公厘）代替。这样，透明度就可以按鉛字或黑十字来决定。

飲用水及从工作情况良好的澄清池中流出的水，其透明度，如按黑十字法，应在100公分以上。洪水时期河水的透明度，在个别情况下按黑十字法約为1公分。

混濁度（和透明度相反）是由悬浮物存在所致，完全透明的水经过化学处理后，也同样可以出現混濁度（析出难溶解的化合物）。在1公升的水中，拌以100毫克磨碎了的硅，从1.2公尺的高度处观察長25公厘，直径1公厘的鎢針，当針在水面下100公厘处看不見时，这种水的混濁度等于每公升100毫克。用蒸餾水冲淡这种样液至 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 等，就可得混濁度为50~25毫克/公升等的样液。

要在實驗室中及淨水建筑物中測定混濁度，可用特种仪器——混濁度計，使有可能將所檢驗的水与各种混濁度的水样相互比較。

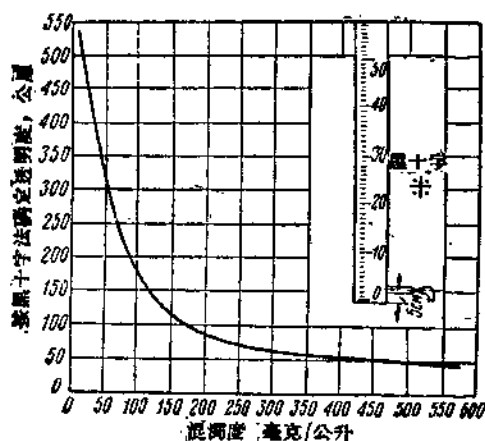


图456 水的混濁度图解

要从透明度求出混濁度的大概值，以及相反的情况，可应用图456。

水嗅是由于水中存在某些气体，微生物活动的产物及各种污水的污染等而发生为。

加氯于含有酚的水中时，縱使含酚量极微（0.000001克/公升），就可生成氯酚，这时水有极不愉快的气味。

含有腐植質的水可以发生腐植土的气味；含有硫化氫的水有极讨厌的气味。

水嗅分下列几种：硫化氫气味、霉气、泥沼水气味、药腥气。

水中存在礦物質混合物及有机物时，就会发生水味。井框的木料部份可影响水味，其他情况，如排入水源中的污水、軟水处理时在水中加入硷質等也可影响水味。水味分下列几种：正常、咸味、苦味、澀味等。

嗅和味可按照强度用五級标准說明，見表50。

根据苏联国家标准，飲用水的嗅味标准不得大于2級。

水味系因水中存在某种数量的各种物質所致。如：

決定水嗅及水味的標準

表50

等級	嗅及味	定 義
0	无	察覺不出嗅味
1	甚弱	嗅味不致被用水者察覺，但可在實驗室中被有經驗的化驗員檢查出來。
2	弱	如用水者注意的話，可感覺到嗅味，但本身並不引起注意。
3	明显	嗅味易被發覺，並為水質可疑的理由。
4	濃烈	引起注意的水嗅，並使水味不好。
5	極強烈	嗅味強烈至水完全不能作為飲用。

NaCl——含量約大於250~300毫克/公升時引起咸味①；

MgCl₂——含量約大於150毫克/公升時引起苦味①；

MgSO₄——含量約大於250毫克/公升時引起苦味①；

Fe——含量約大於0.2~0.3毫克/公升時引起澀味①等。

上列各值應認為是極大概的數據。

水的溫度可用溫度計在水源中或剛取得的水樣中量出。

地表水源的水溫，一年四季變化很大（實際上從0°到25~30°及以上）。地下水、尤其是自流井水，差不多有其固定的溫度，冬季常不低於6~7°及以上。

飲用水的溫度最好在8~12°的範圍內；冷卻用水，可能較低；蒸汽鍋爐給水，可能較高。關於水源的水溫問題，可以是選擇水壓建築物某些結構時的決定性問題之一。

§3. 水的化學性質

水的反應用鹼性、中性及酸性來表示。可由指示劑（石蕊、酚酞及甲基橙）定出它的性質，並可用氫離子濃度來定量。

由於水的反應，指示劑便改變了顏色（表51）。

水的反應資料

表51

指 示 劑	所 顯 顏 色		鹼 性 反 應
	中 性 反 應	酸 性 反 應	
藍色石蕊.....	藍	粉紅	藍
紅色石蕊.....	紅	紅	淡藍
酚酞.....	无色	无色	淡紫紅
甲基橙.....	金黃	橙黃	黃

① 嚴格地說，開始有味覺。

化学上的淨水，即不含雜質的水，在極小的程度內，离解成氫离子 H^+ 及氫氧离子 OH^- 。一公升水中含有 10^{-7} (0.0000001) 克的氫离子 (H^+) 及同样多的氫氧离子 (OH^-)。

溶解于水中物質的一些分子可分解成为离子(电离)。天然(淡)水是弱的电解质(主要为鹽类)的溶液，离解成为帶阳电荷的阳离子 Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ ,

H^+ (金屬离子及氫离子) 和帶阴电荷的阴离子 HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--} , SiO_3^{--} , OH^- 等。

通常表示氫离子濃度不用10的負幂数形式，而是用无負号的幂数表示；在这种情况下，幂指数称为“氫指数”，用 pH 表示。

如 $(H^+) = 10^{-7}$ ，則 $pH = 7$ ，水呈中性反应。含有大量氫离子及少量氫氧离子之水呈酸性反应，少量氫离子时为硷性反应。

因为水是鹽类溶液和其他許多化合物的弱濃度溶液之混合物，这些化合物是离解成离子的。所以水溶液的反应与这些鹽类的成份和性質有关。視水中哪些化合物含得多，水的 pH 即为某一数值。

实际上估計水質时可取下值：

pH 大于 10.0	强硷性水
pH 自 8.0 至 10.0	弱硷性
pH 自 6.5 至 8.0	中性
pH 自 5 至 6.5	弱酸性
pH 小于 5	强酸性

絕大多数天然水的 pH 等于 7 ~ 8。

氫离子濃度可以决定水在淨水建筑物中、蒸汽鍋炉中及水管中，許多物理化学过程的趋向及强度。

pH 值低时增加水的腐蝕性。

測定氫离子濃度可用靜電計法或比色計法。

水的硷度——水中混合物和酸相結合的能力——决定于水中所含各种硷性化合物的总量。

水的硷度可由所含物質予以确定：氫氧化物 $NaOH$ 、 $Ca(OH)_2$ ；碳酸鹽类 Na_2CO_3 、 $MgCO_3$ 、 $CaCO_3$ ；酸性碳酸鹽类 $Ca(HCO_3)_2$ 、 $Mg(HCO_3)_2$ 、 $NaHCO_3$ 。

硷度可由阴离子 HCO_3^- 、 CO_3^{--} 、 OH^- 的总和来測定。硷度以每公升的毫克当量計。1毫克当量/公升相当于40.0毫克/公升的 $NaOH$ ，53.0毫克/公升的 Na_2CO_3 等。

要保証鍋炉工作，不在炉壁上結成水垢，鍋炉水需帶若干硷度，以便保証鍋炉中生成水垢的物質轉变成泥渣。

直到最近，鍋炉水的硷度都是按水中所含苛性鈉 $NaOH$ 及苏打 Na_2CO_3 折算出的鈉数来确定的。

鈉數等于：

$$\text{NaOH} + \frac{\text{Na}_2\text{CO}_3}{4.5} \text{毫克/公升。}$$

蒸汽機車用水所規定的鈉數約在200毫克/公升的限度內，并且隨給水質量及其發生泡沫的性能、鍋爐狀態等，在各機務段是不同的。蒸汽機車鍋爐中的鈉數由投入防垢劑并应用放水的方法加以保持。

鍋爐水中含大量鈣質時（鹽類、膠體物質和懸浮物的總含量很多時），特別是在運用大功率的蒸汽機車時，發生泡沫現象更加厲害。這種現象的實質在于上述物質和蒸汽混合而成微粒和泡沫的形式，落在蒸汽過熱器的構件中，而蒸发后就在这里留下鹽類沉淀物；鹽類沉淀物堵塞了蒸汽過熱器構件的孔眼，便能減少導熱性、降低蒸汽的溫度、減小機車的功率、增加燃料的消耗、要求較多的檢修。

鍋爐水中鈣質含量很高時可使金屬變質（苛性脆化）及配件腐蝕。

腐植質——腐植酸的鹽類，可在沼澤來源的河水中的發現，使水帶有不同濃度的特有的褐色和棕色。

因水中存在腐植物質所形成的有機酸，可使蒸汽機車鍋爐發生腐蝕。

干（緊密）殘渣說明總含鹽量，即溶解于水中的礦物及剩留于水中的有機物，經蒸发后的數量。測定方法系蒸发1~0.5公升的水，并在110°之下將殘渣蒸干，按每公升若干毫克計。礦物成份可由燒灼法決定。這時失去的重量近似地（因為同時還失去結晶水等）等于有機物的數量。鍋爐水對溶解鹽類總含量有一定的要求。干殘渣量很多時，由于增加蒸汽濕度，同時因為发泡及腐蝕現象的加強而增加放水數量，鍋爐的工作就不經濟。

鍋爐水中的干殘渣量，根據蒸汽機車類型，大体上不得大于2,000~6,000毫克/公升。在上示範圍中蒸汽機車的功率愈大，則干殘渣的值應愈小；飲用水的干剩渣限值為1,000毫克/公升。

耗氧量可說明水中有機物的含量，由 KMnO_4 或 O_2 測定之。耗氧量的測定是以下列概念為根據，例如，當存在被氧化物質時， KMnO_4 溶液放出本身的氧并變成無色。

氧化一公升水中有機物所消耗的氧量（毫克），即表示耗氧量。耗氧量為測定水中有機物及水源污染的間接方法。水的耗氧量增大，會增強鍋爐水發生泡沫的現象。

水中氯化物可以是礦物的或有機物的；由氯離子測定，以每公升若干毫克計。給水中的氯化物含量不等。氯化物為腐蝕蒸汽機車鍋爐的因素之一（氯鹽水解成為鹽酸）。普通用鍋爐放水的方法來限制剩爐水的干殘渣量，也限制了氯化物的含量。

如前所述，水中含大量氯化物時，會略帶咸味。飲用水中氯化物（包括硫酸鹽）的極限含量，由國家衛生監督機關根據當地條件作出規定。

水中的硫酸鹽 SO_4 可以是矿物的或有机物的。它們呈鈣鹽（石膏）的形式者，使水具有硬度并構成堅實的水垢。大量的硫酸鈉（芒硝）会引起人体的腸胃病。

水中含大量硫酸鹽（約高于 300 毫克/公升）時可使混凝土損壞。

水中的氨 NH_3 来源于有机物的（蛋白質的）或矿物的。前者說明水已受腐化的含氮有机物所污染。动物性的有机物，落入水中后，在微生物及氧的作用下，分解并进行无机化，生成氨，然后生成亞硝酸，进而成为硝酸。

水中有氨說明剛被污染，有亞硝酸（亞硝酸鹽）者表示不久以前受到污染，有硝酸（硝酸鹽）者表示水曾經受到动物性有机物的污染。

水中如有矿物生成（鹽类）的氨，可能为硝酸鹽还原的結果。因此关于水中氨的来源問題极为重要。为确定这个問題，需作水的細菌分析。

水中含有有机物生成的氨时，未經消毒，不許供給飲用。以含氨的水加入蒸汽机車鍋炉中可以引起泡沫現象和損壞銅料部份。

亞硝酸鹽（ N_2O_3 ）——亞硝酸的化合物——表明水中有有机物开始了无机化的过程。但有时在卫生情况很好的水中，于个别情况下呈現亞硝酸鹽痕迹，同氨鹽一样是由于还原的結果。因此关于水中亞硝酸鹽的来源問題亦极重要。

硝酸鹽（ N_2O_5 ）——硝酸的鹽类：水中可以有矿物或有机物生成的硝酸鹽，是含氮物質氧化的最后产物。要是土壤中有硝酸鉀，則因它的浸析作用，使水中的硝酸鹽含量可能很大（20~30 毫克/公升及以上）。

水中的硫化氫 H_2S 可以是矿物或有机物生成的，如有有机蛋白質腐化时所形成者，硫化氫和水的其他污染指标同时发生，使水有不愉快的气味。

硫化氫帶腐蝕性，有害于金屬（生成硫酸鐵）及混凝土。

含有硫化氫的水，如事先未經处理，不能作为飲用或技術上的用途。

水中有否硫化氫存在，应在取水样地点加以測定，因为硫化氫很快揮发和氧化，即分离成为使水样暗濁的游离硫。

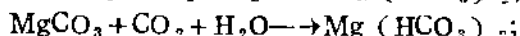
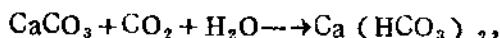
所有天然水中都含有氧 O_2 。含氧量頗有出入，因为它須不断地消耗于氧化水中的有机物。水污染愈严重，所含氧量愈少。

水中含氧为侵蝕金屬的因素之一。氧会腐蝕鍋炉金屬、水管和设备，尤其是軟水特別显著。

氧的溶解度随温度增高而降低。

水中的二氧化碳 CO_2 ，可以为：

游离二氧化碳，成气体状态（約 99%）溶解在水中，一部份和水合成化合物（ H_2CO_3 ）；游离二氧化碳分为侵蝕性的及平衡性的二种。当水中有游离二氧化碳时， CaCO_3 及 MgCO_3 可成为溶解物：



水中有某些数量的游离二氧化碳时，这些化合物存留在溶液中，而游离二氧化碳与

之处在平衡状态（平衡性的二氧化碳）；过量的游离二氧化碳（平衡情况以上）称为侵蚀性二氧化碳。

化合的或固定的二氧化碳，含在 CaCO_3 、 MgCO_3 等成份中。

酸性碳酸盐的二氧化碳，含在重碳酸盐 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 等成份中。

水中游离二氧化碳的溶解度，随温度的不同而异。温度升高，则溶解度减少。侵蚀性二氧化碳能对混凝土发生作用，并腐蚀水管。

硫化氢、氢及二氧化碳——为引起蒸汽机车锅炉腐蚀的因素。

天然水（多半为地下水）中所含的，铁 Fe ，主要为低价铁盐、酸性碳酸铁 $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ 的形式。

水中的铁也可作为硫酸铁及有机物的化合物形式。

含铁量大于0.3毫克/公升时，亦可败坏水味，使水浑浊，析出沉淀物，洗滌衣物时发生污斑等缺点。如含大量的铁，因铁菌强烈繁殖，而使水管堵塞；在锅炉中会生成大量泥渣。

天然水中的硅酸呈分散状态，成硅酸钠或其他化合物的形式。在被污染的水中的硅酸可以为胶体状。

因水中存在钙及镁的盐类而使水有硬度。在绝大多数情况下，构成硬度的盐类对饮用水无特殊的意义。在循环给水系统，水的碳酸硬度可使冷却设备中发生碳酸钙沉淀。作为生活用途的水，硬度颇有害处，例如在煮水器中形成水垢、多耗肥皂等。作为铁路运输中的技术用水，硬度的影响就很大。

水的总硬度 Ж 。决定于水中含有的全部钙、镁的盐类，例如：硫酸盐、氯盐、硝酸盐、硅酸盐、酸性碳酸盐。

由钙及镁的酸性碳酸盐 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 及 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 所构成的硬度称碳酸盐硬度 Ж_K ，在大气压力下煮沸时即析出成为沉淀物——碳酸钙及碳酸镁（碳酸硬度为水中存在 HCO_3^- 阴离子所致，亦即水的硷度）。

由其余钙盐及镁盐构成的非碳酸盐硬度 Ж_H ，如在同样条件下将水煮沸，不会发生沉淀。

直到最近水的硬度以度表示^①。一度相当于一公升水中含10毫克氧化钙或7.19毫克氧化镁。

水中所有钙及镁盐类的含量，可由当量换算成硬度的度数。

水中其他一些化学化合物的含量，有时也可由当量化成度数来表示。

根据苏联国家标准6055-51，目前水的硬度用毫克当量/公升测定；在硬度很小时，用微克当量/公升测定。

以物质数量的毫克/公升，被其当量除，即得毫克当量/公升。

① 1946年的蒸汽牵引铁路设计技术规范中，水的硬度以度表示。

1 毫克当量/公升合2.804°，而1°硬度合0.3566毫克当量/公升或合356.63微克当量/公升。要将硬度化成毫克当量/公升，需将度数除以2.804 或乘以0.3566。

含Ca量在20.02毫克/公升或含Mg量在12.14毫克/公升时即相当于1毫克当量/公升。

关于某些化合物相当于1°及1毫克当量/公升的数量见表52。

某些化合物相当于1°及1毫克当量/公升的数量

表52

化 合 物 名 称	化 学 符 号	該物質数量，毫克/公升，相当于	
		1°硬度或礆度	1毫克当量/公升
氧化鈣.....	CaO	10.00	28.04
氫氧化鈣.....	Ca(OH) ₂	13.21	37.05
碳酸鈣.....	CaCO ₃	17.84	50.05
酸性碳酸鈣.....	Ca(HCO ₃) ₂	28.91	81.05
硫酸鈣.....	CaSO ₄	24.28	68.07
氧化鎂.....	MgO	7.19	20.16
氫氧化鎂.....	Mg(OH) ₂	10.40	29.17
碳酸鎂.....	MgCO ₃	15.03	42.16
酸性碳酸鎂.....	Mg(HCO ₃) ₂	26.09	73.17
硫酸鎂.....	MgSO ₄	21.47	60.20
苛性鈉.....	NaOH	14.27	40.01
碳酸鈉.....	Na ₂ CO ₃	18.90	53.0

給水工程中所用水的硬度是不同的。鐵路運輸中所用的水，可以大約地根据表53来估計硬度等級。

大約地按硬度等級估計水質

表53

水的总硬度，毫克当量/公升	水的硬度等級
1.5	极軟
1.5—3	軟
3—6	普通
6—10	硬
10以上	极硬

表53所示的完全是大約的划分，不能用来决定水对各种生产目的的适用性。例如在鐵路運輸的条件下，硬度为1毫克当量/公升的水极軟，倘若不禁忌水的其他性質，可以适用于蒸汽机車鍋爐的給水，但却不适用于要求硬度为0.03~0.04毫克当量/公升的高压鍋爐給水。

生活飲用水的硬度以在14.3毫克当量/公升之內較為适用。

按总硬度的划分方法，在解决炉外及炉內水的处理問題时显然是不够的，在这里关于碳酸鹽的与非碳酸鹽的、鈣硬度与鎂硬度間的比例的資料亦极重要。要完全来評价給水水質，选择防垢剂的投药量等，則关于硫酸鹽、氯化物、硅酸鹽、干殘

液等含量的数据同样极为重要^①。并且，准备作为或已作为供给蒸汽机车锅炉的给水，分类是不必要的。

给水的成份对蒸汽机车锅炉的工作有重大的影响，机车锅炉的工作和水中所含各种物质有关，水垢形成物在水的成份中占首要地位。

附着在炉壁上的水垢（由于锅炉水温度的升高、反应、盐类浓度增大及其他物理化学过程的结果）的成份中含有硫酸钙 CaSO_4 、碳酸钙 CaCO_3 、氢氧化镁 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、钙及镁的硅酸盐 CaSiO_3 、 MgSiO_3 等，以及铁和铝的氧化物、机械杂质等。沉淀并结垢于炉壁上的水垢性质，随给水的水质而定。硫酸盐（石膏质）的水垢含有50%以上的 CaSO_4 ——质硬、坚实、难以清除。硅酸盐的水垢含20%以上的硅酸——质硬、导热性最小、有害于锅炉。碳酸盐的水垢主要含 CaCO_3 ，可能是无定形的、松软的、但是有时可能是紧密的，视蒸发强度及锅炉操作的其他因素而定。有各种不同盐类含量的混合水垢具有各种坚密度。大部份碳酸钙、氢氧化镁及机械杂质呈泥渣状下沉——松软的沉淀物，放水时易于去除。

水垢会减低导热性，使燃料消耗过多、使金属过热及过度烧损（炉管凸起并发生裂缝，使接合及水管漏水等）。锅炉中的水垢（及泥渣）会降低蒸汽发生量，缩短走行距离，使机车损坏，化费洗炉及修理的额外劳动力费用，并须增大机车库和巨额增加机车库的管理费用。

生活饮用水的高硬度可引起肥皂的过量消耗等。

水的稳定性——在管网、水池等处的水质，应保持固有的化学成分，不发生沉淀，不会因水管腐蚀铁质增多而使水带颜色。

不稳定的水会生 CaCO_3 沉淀，这是因为破坏了二氧化碳的平衡性所致，而使在有足够数量的游离（平衡性的）二氧化碳时本来很好地溶解于水中的酸性碳酸钙及酸性碳酸镁进行分解（碳酸钙的过饱和或二氧化碳的损失）。这沉淀使水管断面减小，堵塞了石灰-阳离子交换软水法中阳离子交换滤料颗粒间的孔隙等等。碳酸镁的沉淀很少看到。其他一些情况下，水的不稳定性是因水的腐蚀性而起，这种腐蚀性和溶解在水中固体物质的数量有关。

为使水稳定起见，可应用补充的特种处理方法，这种方法在各种情况是不同的，计有硫化、酸化、去氧、投入阻止碳酸钙沉淀的物质（六偏磷酸盐）及防止腐蚀的物质（抑制剂）等。

在这里所说的，远不能包括可以决定各种水质的全部物质。

酚、砷、氟、铜、锌及许多其他元素会随工业企业的污水排入于水源中，因此对个别生产用水，尤其是对饮用水要提出附加的要求。

① 分组的、考虑一部份上示成份的水源水的特性，可参图表55。