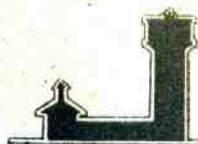


084350

WSC



王世聰 編著

鐵路給水處理

人民鐵道出版社

鐵路給水处理

王世聰 編著

人民鐵道出版社

1963年·北京

本书結合鐵路給水的特点，系統闡述各种給水处理設備的工作原理、要求、特点以及处理工艺和維護問題。附有計算数据及算例。可供铁路及有关工业企业給水工程技术人員参考。

鐵路給水处理

王世聰 編著

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

人民鐵道出版社印刷厂印

书号 1901 开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $8 \frac{1}{2}$ 字数 220 千

1963年5月第1版

1963年5月第1版第1次印刷

印数 0,001—900 册 定价 (10) 1.50 元

前 言

随着我国社会主义建设事业的飞跃发展，对铁道运输工作提出了更进一步的要求。如何保证现有运输设备的充分发挥作用，延长设备的使用年限，节约国家资财，这是铁路给水人员的繁重职责。在现阶段，蒸汽机车牵引尚为我国主要的牵引类型，如何保证供给机车以优质的软水，使之发挥正常的运输效率，延长锅炉使用寿命、节约燃料和资金，是铁路给水人员的光荣任务。

几年来，在党的领导下，铁路给水工作有了很大的改善，增加了一些新型给水处理设备，给水工作者队伍不断扩大。同时，也还由于对设备的运用不当等等原因，以致效率不高或水质不良，不能完全满足运输的需要。尤其是由于硬度和浊度不合标准，严重影响着机车的质量、牵引力和耗煤量。因此，如何进一步提高给水处理工作，是当前铁路给水中急待解决和长期注意的问题。同时，随着物质文化生活的逐步提高，生活饮用水处理的问题，也即将提到日程上来。

近来给水处理有很大发展，然从铁路已有处理设备来看，大都陈旧。且有关结合铁路特点的系统文献较少。有鉴于此，特参考有关文献资料，结合从事给水工作的一点体会，编写本书。希望通过本书使读者对水质及水质处理有较系统的了解，提高技术理论水平，掌握给水处理设计及运营的基本知识。同时，通过对各种给水处理设备的工作原理、要求、特点以及处理工艺和维护诸问题的叙述，以期对实际工作的改进有所帮助。在编写方法上，本书是以介绍设备为主，结合铁路给水的特点，从中作必要的理论说明。在内容安排上，首先对水质及其检验分析作了必要的讨论，然后按照水的凝聚、沉淀、澄清、过滤、消毒、软化及其他处理方法加以叙述。

本书在编写过程中，曾得到了我院有关领导和我院标准处给

水排水科全体同志的热情鼓励和支持，提供不少宝贵意见，铁道部李振华工程师提供了有关炉内处理等资料，特此一一致谢。

本书若能对铁路给水处理工作起到一点积极作用，则感无上欣慰。由于水平有限，不妥之处，敬请指正。

王世聪

于北京铁道部铁路专业设计院

目 录

第一章 水质概論	1
§1. 水的物理化学性质及细菌性质.....	2
§2. 水质检验与分析.....	14
§3. 铁路给水水质标准.....	16
第二章 铁路給水水质处理的主要工艺过程及其选择	19
第三章 水的凝聚	27
§4. 水的凝聚处理.....	29
§5. 调药设备.....	33
§6. 石灰化解及调制设备.....	37
§7. 投药设备.....	40
§8. 药剂的贮存及运输.....	44
§9. 混合设备.....	45
§10. 反应设备.....	50
§11. 凝聚设备维护要点.....	54
第四章 水的沉淀	56
§12. 沉淀概述.....	56
§13. 水平沉淀池.....	60
§14. 立式沉淀池.....	67
§15. 辐射式沉淀池.....	72
§16. 沉淀池维护要点.....	75
第五章 水的澄清	77
§17. 澄清池概述.....	77
§18. 各型澄清池介绍.....	78
§19. 澄清池的设计与示例.....	87
§20. 澄清池维护要点.....	105
第六章 水的过滤	109

§21. 慢濾池	114
§22. 普通快濾池	117
(一) 濾料及其选择	119
(二) 排水系統	121
(三) 垫层	127
(四) 濾池的水头損失及濾速調整	128
(五) 快濾池的冲洗	130
(六) 快濾池計算与示例	140
(七) 快濾池維護要点	142
§23. 双向濾池	144
§24. 双层濾池	147
§25. 接触濾池	149
§26. 重力式濾池的附属设备	152
第七章 水的消毒	154
§27. 氯消毒	154
§28. 漂白粉消毒	158
§29. 氯氨消毒	162
§30. 其他消毒法	163
第八章 水的軟化	165
§31. 軟化概述	165
§32. 石灰—苏打法	168
§33. 离子交換法	176
§34. 联合軟水法	194
§35. 水的炉內处理	195
§36. 利用軟水兼作生活飲用水	200
第九章 水的其他处理法	203
§37. 水的除盐	203
§38. 铁与錳的去除	209
§39. 水的除硅	213
§40. 溶解气体的去除	215

§41. 水的冷却·····	218
§42. 蓄水库中水草的去除·····	219
§43. 水的稳定处理法·····	219
§44. 碱性水的处理·····	222
§45. 水的除臭除味·····	222
§46. 水的除氟·····	223
§47. 内燃机车用水的处理·····	225
第十章 处理站的设计与示例 ·····	229
§48. 处理站位置的选择·····	229
§49. 处理站的组合·····	229
§50. 处理站的布置示例·····	233
§51. 处理站计算实例·····	239
附录 ·····	246
1. 生活饮用水卫生规程·····	246
2. 净化构筑物及其设备的检查和定期检修表·····	251
3. 水样的采集法·····	253
4. 铁路给水工程中水源水质的全部分析格式·····	254
5. 铁路给水主要给水地点及补助给水 地点水鹤水及原水分析报告表·····	256
6. 几种常用元素的原子量表·····	256
7. 常用化合物分子量和当量表·····	257
8. 净化饮用水和工业用水处理中常用 主要药剂规格表·····	258
9. 用铝盐和用铁盐凝聚时的适宜条件·····	260
主要参考文献 ·····	261

第一章 水質概論

天然水是成分复杂的液体。按其存在的地位不同，可分地面水及地下水两大类。由于受客观条件的影响，无论是地下水或地面水都不同程度地含有许多杂质。例如，地下水源常因流经不同的地质构造而溶解许多不同矿物盐（如鈣鎂的硫酸盐、磷酸盐、重碳酸盐等）。因此，一般地说，地下水硬度较大。但由于地下水在含水层中流动时，就象过滤一样，滤去了水中原有的尘埃、细菌等杂质，所以它的物理性质是比较清彻透明的，很少含有悬浮物。尤其是深层的地下水，几乎不含悬浮物和细菌，取出后经过加氯即可供生活饮用。

表1-1

天然水中一般所含杂质表

天然水中的杂质	悬浮物质	細菌——有致病和对人体健康无妨的
		藻类及原生动物——臭味，色，渾浊
	胶体物质	泥砂、粘土——渾浊
		其他不溶物质
		溶胶——如硅酸胶体等
		高分子化合物——如腐植质胶体等
	溶解物质	鈣鎂
		酸式碳酸盐——碱度，硬度
		碳酸盐——碱度，硬度
		硫酸盐——硬度
		氯化物——硬度，腐蝕性味
		鈉
		酸式碳酸盐——碱度
		碳酸盐——碱度
		硫酸盐——鍋炉内汽水共騰
		氯化物——致病
		氯化物——味
		鉄盐及錳盐——味，硬度，腐蝕金属
	气体	氧——腐蝕
		二氧化碳——腐蝕，酸度
		硫化氢——腐蝕，酸度，臭，味
		氮
		其他有机物质

地面水源，如江水、河水、湖水，由于所处的自然条件不同，受外界因素影响也不一样。因此常含有粘土、砂、水草、腐植质、溶解性气体、钙镁盐类、其他盐类及细菌等。一般，地面水的物理化学成份是随季节而变化的。在冬季，水的浑浊度低，但硬度及含盐量较大；在洪水时期，水的浑浊度增高，硬度及含盐量大大降低。在细菌含量及其他性质方面也有很大的变化。

除江水、河水常含有许多悬浮物外，通常，湖水由于流动性小，悬浮物容易沉淀。因此，在大部份时间内湖水的浑浊度均较低。

在表1—1中列有天然水中常含有的各种杂质及其危害性

生活用水对水质的要求是无色，无臭，无味，不浑浊，无有害物质，必须不含有传染病菌等。水是人类生活中不可缺少的三大自然要素之一，但又是传染病的最好媒介物。因此，水质好坏能直接影响人们的健康和生命安全。

水质的好坏对生产也有很大影响，对于燃料费和动力费的节省，机器设备寿命的延长，也都有密切关系。

§1. 水的物理化学性质及细菌性质

水的性质可分物理性质、化学性质以及微生物性质三个方面，兹分述如后。

(一) 水的物理性质

1. 温度：

水的温度可用温度计在水源中或在刚取出的水样中测量。地面水源的水温变化较大，约在 $0\sim 26^{\circ}$ 左右。地下水源的水温，尤其是有压地下水的温度几乎是经常不变的，或随季节稍有变化。且地下水层愈深，温度的季节性变化便愈小。地下水温一般约 $7\sim 10^{\circ}$ 。

饮用水的温度最好在 $8\sim 12^{\circ}$ 的范围内，因为此温度时的水最为清新可口。水温低于 5° 以下时，对于胃的粘膜有害。对于锅炉

用水，则最好有较高之温度。

水温对于生产用水也有关。例如冷却用水和冷凝蒸汽的用水，其温度愈低，用水量就愈少。另外，水温对凝聚和消毒等亦有重大意义。

2. 悬浮物：

悬浮物是由不溶于水的淤泥、粘土、有机物、微生物及矿物质等的微粒所组成。地面水中悬浮物含量较大，洪水时期更大。悬浮物以 mg/l 计。

3. 浑浊度：

由于地面水源中经常含有悬浮在水中的粘土、泥砂及有机物等，因而使水质显得浑浊。河流的浑浊程度与河岸的地质情况及水流速度有密切关系，各条河流的浑浊度是不相同的。即使同一条河流，其浑浊度也随自然条件的变化而有极大的差异。

一般来说，地下水是比较清洁的，只有在水中含有铁盐时才会产生氢氧化铁的沉淀物，使水浑浊。

水的浑浊程度系采用浑浊度来表示。可用间接的方法来测定水中机械杂质的含量。标准溶液以1升水中含有1 mg 的白陶土（或高岭土）时发生的浑浊程度作为一个单位。生活饮用水要求浑浊度应最小。建筑工程部、卫生部颁发的“生活饮用水卫生规程”中规定，浑浊度不得超过5 mg/l 。对于生产用水来说，有的对浑浊度的要求也很严格，例如冷却用水，假如浑浊度大，则很容易阻塞冷凝器而妨碍生产。

有时系测定水的

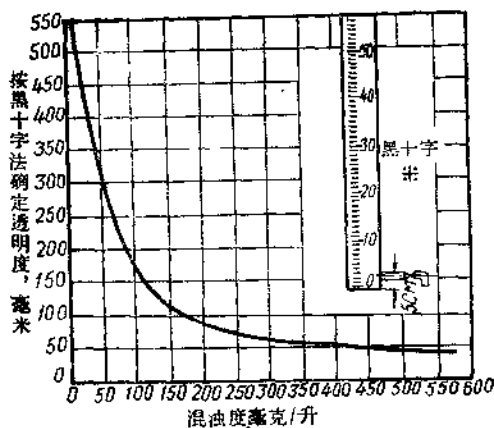


图1—1 水的浑浊度图解

透明度来代替浑浊度，或利用测出的透明度数据换算为浑浊度，这均能间接地表示水中悬浮杂质的含量，图 1—1 表示水的浑浊度图解。

4. 透明度：

透明度也是用来表示原水的浑浊程度的。它与浑浊度相反。浑浊度愈大，透明度愈小；透明度小，浑浊度大。透明度以水柱高度的厘米数表示，其法系将水样注入特制的圆筒中，从上面往下看，筒底放有厚为 1mm 且附有直径为 1mm 的四个黑点的黑十字“※”图形（或标准铅字）。当水柱达到能看得见十字架，而黑点隐匿不见时的最大高度，此数值即表示该水质的透明度。另一种叫现场测定法。是用一根绳子（绳子上应制有尺度）系牢一个直径为 30cm（或面积为 $15 \times 21 \text{cm}^2$ 的白瓷板）的白瓷盘。测定时将瓷盘沉到河水中，直至在水面上开始看不见瓷盘为止，此时读出绳子上的刻度。然后慢慢地提起盘子，直到水面上开始看得见瓷盘为止，再记下深度，将前后两次读数相加平均，即为该水的透明度。

用十字法测出的透明度可根据表 1—2 换算为浑浊度。

5. 色度：

地面水的颜色主要是由于其中含有腐植质而引起的。腐植质是土壤微生物生命活动综合作用的产物，使水呈现微黄或褐黄色。天然水中如含有各种有机物或胶体状态的铁盐，也会使水带有不同的颜色。

水的颜色又可分“真色”与“表色”两种。真色系指水中溶解的化合物或呈胶体存在时所引起的颜色，也就是说不包括水中所含悬浮物的颜色。水样中没有除去悬浮物而产生的颜色叫表色。在水质分析中所表示的颜色是指水的真色而言。

由于具有颜色很深的水，在煮沸时，可能生成使水浑浊的具有颜色的絮状沉淀。因此不宜作为生活饮用。色度可由原水与特配的铂钴标准溶液比较而得，以度为单位。一度色度相当于 1 升溶液中含有 1mg 的铂。天然水的色度在 $15^\circ \sim 20^\circ$ 左右。池沼水

却在 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 左右或以上。

6. 水的臭和味:

由于水中有机物质的分解、溶解气体、矿物成分及沟渠中的

表1—2

透明度(十字法)与浑浊度换算表

透明度 厘米	浑浊度 毫克/升	透明度 厘米	浑浊度 毫克/升	透明度 厘米	浑浊度 毫克/升	透明度 厘米	浑浊度 毫克/升	透明度 厘米	浑浊度 毫克/升
3.5	270	21	43.3	51	17.9	81	11.3	138	6.8
4	235	22	41.4	52	17.6	82	11.05	138	6.7
4.5	205	23	39.6	53	17.3	83	11.0	140	6.6
5	185	24	38.0	54	17.0	84	10.85	145	6.3
5.5	170	25	36.5	55	16.7	85	10.7	150	6.1
6	155	26	35.1	56	16.4	86	10.35	155	5.9
6.5	142	27	33.8	57	16.1	87	10.3	160	5.75
7	130	28	32.6	58	15.8	88	10.1	165	5.6
7.5	122	29	31.5	59	15.5	89	9.9	170	5.45
8	114	30	30.5	60	15.2	90	9.7	175	5.3
8.5	102	31	29.5	61	15.0	91	9.5	180	5.15
9	102	32	28.6	62	14.8	92	9.3	185	5.0
9.5	97	33	27.7	63	14.6	93	9.1	190	4.85
10	92	34	26.9	64	14.4	94	8.9	195	4.75
10.5	87	35	26.1	65	14.2	95	8.7	200	4.6
11	83	36	25.4	66	14.0	96	8.5	210	4.4
11.5	79	37	24.8	67	13.8	108	8.3	220	4.2
12	76	38	24.2	68	13.6	110	8.2	230	4.0
12.5	73	39	23.6	69	13.4	112	8.1	240	3.85
13	70	40	23.0	70	13.2	114	8.0	250	3.7
13.5	67.5	41	22.4	71	13.0	116	7.9	260	3.55
14	65.0	42	21.8	72	12.8	118	7.75	270	3.45
14.5	63.0	43	21.2	73	12.6	120	7.65	280	3.3
15	61.0	44	20.7	74	12.4	122	7.55	290	3.2
16	58.4	45	20.2	75	12.2	124	7.45	300	3.1
17	58.1	46	19.7	76	12.05	126	7.35	310	3.0
18	50.4	47	19.3	77	11.9	128	7.25		
19	48.0	48	18.9	78	11.75	130	7.15		
20	45.5	49	18.5	79	11.6	132	7.05		
		50	18.2	80	11.45	134	6.9		

污物等原因，便产生水臭。含酚的水中加氯时，即使含酚量极微（0.000001g/l）也可产生氯酚，使水具有令人不快的气味。

水的臭气系按其性质和强度两个方面来测定。

（1）从性质上而言，臭气可分两类：一类是由水中有机体的生长与死亡及植物残骸腐败所引起的，这叫天然臭气，以芳香气、鱼腥气、泥土气、霉烂气、稻草气、硫化氢气等表示其性质；一类是由某些工业污水所引起，叫人为臭气。例如石油气味，酚的气味，樟脑气味，氯酚味等。

（2）从臭气强度可分下列六种（见表1—3）：

表1—3

测定臭气的六级标准

级	臭气强度	特 征
0	无	没有可以感觉出的臭气
1	极微弱	一般使用者不能感到，但有经验的实验室工作者可以察觉
2	微弱	如果使用者稍为注意可以察觉出
3	显著	有容易察觉出的臭气，并能引起对该水不好的感觉
4	强烈	具有显著的不愉快的臭味
5	很强烈	有很强烈的臭味，完全不适宜饮用

水中含有矿物质混合物及有机物时，便会发生水味。一般仅对极清的水或已经消毒的水进行测定，测定时按室温（20°C左右）及加热（50°C左右）两种情况进行，在性质上可分苦、咸、甜、酸四种；在强度上可按六级标准表示。

我国卫生标准中规定，作为饮用的水在20°C及50°C时应无异臭和异味。在工业给水中对臭与味无严格要求。

（二）水的化学性质

1. 水的反应

水的酸碱性系用水中氢离子浓度来表示，为简便计，以PH值代表：

$$PH = -\log[H^+] = \log \frac{1}{[H^+]}$$

式中 $[H^+]$ 代表氢离子浓度。

当 $\text{PH}=7$ 时，水呈中性反应。 $\text{PH}<7$ ，水中含有大量氢离子及少量氢氧离子时呈酸性反应。 $\text{PH}>7$ ，水中含有少量氢离子时为碱性反应。

由于水是盐类溶液和其他许多化合物的低浓度的混合物，所以水溶液的反应与这些盐类的成份和性质有关。不含杂质的纯水，离解为 H^+ 和 OH^- 的程度极小，因此氢离子浓度并不决定水本身的离解，而与水中酸式碳酸盐及碳酸盐等的含量有关。

PH 值与水的酸碱性对照表

$\text{PH}>10$	强碱性水
$\text{PH}=8\sim 10$	弱碱性
$\text{PH}=6.5\sim 8$	中性
$\text{PH}=5\sim 6.5$	弱酸性
$\text{PH}<5$	强酸性

天然水的 PH 值约为 $7\sim 8$ 。水的酸碱性在净水过程中具有极重要的意义。例如 $\text{PH}<7$ 时，则易腐蚀水管； $\text{PH}>10$ 时，则完全不能作为饮用水。高压锅炉内水的 PH 不得小于 7，否则极易腐蚀锅炉，而且可能引起爆炸。

2. 水的碱度

碱度系指原水中含有能与强酸相作用的物质含量，也就是能与氢离子相化合的物质含量。天然水中的碱度主要是由于碱土金属及碱金属的酸式碳酸盐及碳酸盐所形成。在一些水源中，因为含有游离碱（ NaOH 、 KOH 等）、硼酸盐、磷酸盐等，也会影响水的碱度。碱度可由阴离子 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 OH^- 的总和来测定，以每升的毫克-当量计。1 毫克-当量/升的碱度相当于 40.0mg/l 的 NaOH ；53.0mg/l 的 Na_2CO_3 等。碱度对于卫生的意义并不太大，但在凝聚过程中有极大影响。蒸汽锅炉中碱度太大时，发生泡沫的现象更加厉害，在锅炉、管道以及容器内生成沉淀。

3. 水的硬度：

水的硬度主要是由于天然水中所含钙、镁的碳酸盐、重碳酸盐、硫酸盐、氯化物以及硝酸盐等所形成。硬度又可分为两大

类：一类为碳酸盐硬度（钙镁的碳酸盐），一类为非碳酸盐硬度（钙镁的硫酸盐、硝酸盐、氯化物等），其总和又叫总硬度。

水的硬度原用德国度表示，即一度相当于1升水中含10mg CaO 或 7.19mg MgO。目前已改为毫克-当量/升计算。1毫克当量/升的硬度相当于水中含有Ca量为20.02mg/l 或Mg量为12.14mg/l（约合2.804德国度）。

兹将部份常用化合物相当于1°或1毫克-当量/升的数量列于表1—4。

表1—4

某些化合物相当于1°及1毫克-当量/升的数量

化合物名称	化学符号	该物质数量（毫克/升），相当于：	
		1°硬度或碱度	1毫克-当量/升
氧化钙	CaO	10.00	28.04
氢氧化钙	Ca(OH) ₂	13.21	37.05
碳酸钙	CaCO ₃	17.84	50.05
酸性碳酸钙	Ca(HCO ₃) ₂	28.91	81.05
硫酸钙	CaSO ₄	24.28	68.07
氧化镁	MgO	7.19	20.16
氢氧化镁	Mg(OH) ₂	10.40	29.17
碳酸镁	MgCO ₃	15.03	42.16
酸性碳酸镁	Mg(HCO ₃) ₂	26.09	73.17
硫酸镁	MgSO ₄	21.47	60.20
苛性钠	NaOH	14.27	40.01
碳酸钠	Na ₂ CO ₃	18.90	53.0

一般来说，硬度的大小对于人体健康并无害处，水味也无不良影响，只有镁盐含量极多时，才产生令人不快的味道。但，硬度过大对生活用水方面也会不方便，如壶内生水垢，洗衣费肥皂都是其缺点。因此，国定饮用水标准中规定为25°（德国度）。

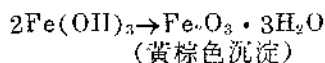
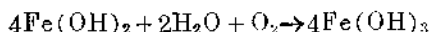
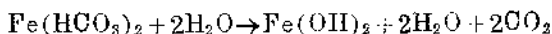
在生产方面，无论碳酸盐硬度或非碳酸盐硬度都会在蒸汽锅炉壁上生成水垢。水垢不易传热，浪费燃料，且可能使炉壁过热，金属强度降低，产生爆炸事故。

地下水的硬度一般比地面水大得多，河水的硬度也会产生变

化，洪水时期硬度最小。

4. 铁和锰：

地面水和地下水中常常存在有铁和锰。铁是较为常见的一种杂质。地下水中铁多半以重碳酸盐的形式存在，但它是一低价铁盐，遇空气便氧化（而成为高铁盐）成氢氧化铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 胶体状态物质，以后并逐渐变成氧化铁的黄棕色沉淀 $(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O})$ ，其反应式如下：



此外，也有以硫酸盐、磷酸盐和腐植酸盐等形式存在者。

生活饮用水中的含铁量，对人体健康并无多大关系。但，含铁量大于 0.3mg/l 时，水质浑浊水味不佳且有墨水味或沼泽味。用于洗衣，便会在衣服上产生棕色锈斑。

含有铁质的水适合于滋长一种特殊的铁菌，这种铁菌繁殖的结果，便会使水管堵塞，从而缩短水管使用年限。在给水中危害甚大。锅炉给水中重碳酸铁又能生成水垢。

锰是许多岩石及土壤的组成成分之一，天然水中含量极微，地下水中主要以重碳酸盐 $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$ 的形式存在。锰的含量对人体健康并无不良影响，但原水中含锰盐过多时，则引起水味不良，且亦能引起锰菌繁殖，堵塞水管。

5. 氮素化合物：

天然水中的氮素化合物（氨、亚硝酸盐和硝酸盐），一般是由于流入的生活污水中蛋白质分解而来，为判断水质是否被污染的极其重要的指标。

水中的氨 (NH_3) 除了由蛋白质分解者外，尚可能是矿物的。前者说明水质已被腐化的、含氮的有机物所污染。由于水中含有氧，氨首先被氧化成亚硝酸盐，进而氧化成硝酸盐。氨被氧化成亚硝酸盐的过程远比亚硝酸盐被氧化成硝酸盐的过程迅速。因