

来华座谈报告

981-981

赴美水处理技术及 管理考察报告

化学工业部科学技术情报研究所

一九八二年一月

前 言

应美国纳尔科化学公司(Nalco Chemical Company)邀请, 经国家经委和中国企业管理协会批准, 由国家经委、化工部、首钢等单位一行十人于一九八〇年八月十四日至十月二十三日赴美抵该公司学习水处理技术和企业管理方面的经验, 学习后期并参观了一些工厂和水处理设施。

现将此次学习和参观所见的情况以及所收集的有关资料整理汇编成《赴美水处理技术及管理考察报告》, 以供有关领导及从事这方面工作的技术人员, 工人和干部学习参考。

1981.12

目 录

一、水化学基础.....	(1)
I 概述.....	(1)
II 水中杂质.....	(1)
III 水质重要函数.....	(8)
III.1 硬度.....	(8)
III.2 酸碱度.....	(13)
III.3 碱度的来源及其在水中的分布.....	(13)
III.4 水中钙镁的关系.....	(15)
III.5 水质稳定性.....	(16)
III.6 溶解气体.....	(18)
III.7 水的无机物含量和电导.....	(19)
III.8 固体物质.....	(19)
二、原水净化.....	(20)
I 初级处理.....	(20)
I.1 凝聚和絮凝.....	(20)
I.2 固液分离.....	(23)
I.3 薄膜分离.....	(32)
I.4 破乳.....	(34)
I.5 氧化——还原在水处理技术中的应用.....	(42)
II.1 沉淀软化及脱盐.....	(46)
II.1 沉淀软化法.....	(46)
II.1.1 沉淀过程简介.....	(46)
II.1.2 利用沉淀过程进行水的软化.....	(47)
II.1.3 冷法软化采用的设备.....	(52)
II.1.4 热法软化和采用的设备.....	(53)
II.1.5 水中铁、锰等重金属的去除.....	(56)
II.1.6 二氧化硅的去除.....	(57)
II.2 离子交换.....	(57)
II.2.1 概述.....	(57)
II.2.2 阳离子交换树脂软化.....	(63)
II.2.3 阳离子交换树脂的再生.....	(68)
II.2.4 弱阳离子交换树脂的使用.....	(69)
II.2.5 H_2X 型系统的逆流再生.....	(69)
II.2.6 阴离子交换过程(脱碱及脱盐).....	(70)

I.2.7	过程改进	(70)
I.2.8	离子交换树脂性状评价	(75)
I.2.9	故障探讨	(76)
I.2.10	树脂的一般问题	(80)
II	中和	(81)
II.1	概述	(81)
II.2	酸碱反应实例	(82)
II.3	节约能量的潜力	(87)
IV	脱气	(88)
IV.1	概述	(88)
IV.2	脱气设计	(88)
IV.3	化学除气	(90)
三、工业循环冷却水处理技术		(91)
I	循环冷却水水质稳定和处理	(91)
I.1	概述	(91)
I.2	冷却水的类型	(92)
I.3	清洗和预膜	(100)
I.4	工业循环冷却水处理方法及实际应用	(107)
I.5	工厂冷却水处理方案的评价	(117)
I.6	冷却塔旁流处理系统的设计和操作	(128)
I.7	冷却水系统中应用的自控仪表和有关设备	(138)
I.8	工业冷却水系统设计和运行中用计算机来计算的水数学模型基础	(144)
I.9	今后环境保护对冷却水处理的限制	(148)
II	循环冷却水系统中沉积和腐蚀的相互关系	(156)
III	冷却水系统中沉积物的控制	(164)
IV	冷却水系统中微生物的控制	(170)
V	纳尔科公司冷却水处理药剂简介	(181)
四、污水处理及排放控制		(206)
I	处理污水常用的几种过程概述	(206)
I.1	曝气	(206)
I.2	吸附	(209)
I.3	生物消化	(210)
I.4	消毒	(216)
II	污水的活性污泥生化处理和几种曝气方式流程介绍	(218)
II.1	活性污泥法的概念	(218)
II.2	活性污泥的增殖规律	(218)
II.3	BOD负荷及其对生化处理的影响	(219)
II.4	污泥浓度控制	(221)
II.5	常规曝气法	(222)

I.6	高速曝气法	(225)
I.7	延时曝气法	(226)
I.8	国外活性污泥法的新发展	(227)
II	污水的三级处理	(230)
II.1	三级处理的目的	(230)
II.2	美国的三级处理技术	(230)
II.3	三级处理技术应用实例	(235)
IV	污泥处理	(237)
V	美国对污水处理主要构筑物的设计原则	(242)
VI	美国控制水质污染的措施	(246)
VII	纳尔科公司的技术及药剂在污水处理方面的应用实例	(248)
VIII	对今后我国污水处理的几点意见	(252)
五、	燃料燃烧和蒸汽发生	(253)
I	燃料燃烧	(253)
I.1	燃烧的原理	(253)
I.2	燃料的种类及其性质	(255)
I.3	燃料燃烧的方式	(257)
I.4	燃烧系统可能发生的问题	(261)
I.5	对燃烧系统发生的问题的控制和处理	(269)
II	蒸汽发生	(274)
II.1	概述	(274)
II.2	蒸汽发生设备和发电厂的热平衡计算	(275)
II.3	蒸汽发生时应注意的几个问题	(284)
II.4	蒸汽发生系统的水处理	(298)
II.5	锅炉排污	(319)
II.6	蒸汽冷凝水的处理及防止腐蚀的措施	(328)
II.7	控制和评价	(331)
II.8	有效的水处理对节约能量的意义	(337)
II.9	锅炉清洗	(343)
II.10	纳尔科化学公司在给水处理、锅炉内处理和冷凝水处理等方面所使用的 药剂	(348)
六、	纳尔科化学公司水和污水的现场分析	(351)
I	现场分析方法的特点	(351)
II	现场分析使用的化验箱——仪器和药品	(351)
III	现场分析项目	(353)
IV	与国内通用方法对比	(355)
V	某厂污水分析示例	(357)
VI	几种现场分析方法介绍	(359)
VI.1	浑浊度分析	(359)

VI.2 硫酸盐分析	(360)
VI.3 电导率及总溶解固体(TDS)的关系	(362)
VI.4 磷酸盐测定	(362)
VI.5 靛兰——洋红法溶解氧测定	(365)
VI.6 安瓿法测定锅炉水的溶解氧	(366)
附件一、参观报告	(367)
1. 兰原污水处理厂	(367)
2. 亨斯台尔污水处理厂	(373)
3. 美国弗吉尼亚州上渥柯昆污水处理厂	(377)
4. 芝加哥城市公共卫生部西——西南区污水处理厂	(397)
5. 园林村自来水场	(412)
6. 美国莫比石油公司杰利亚特炼厂	(416)
7. 美国法姆兰特工业公司爱义特化肥厂	(422)
8. 美国联合油公司芝加哥炼厂	(425)
9. 康蒙威尔斯爱迪生公司维尔区发电厂	(436)
10. 纳尔科化学公司第一工厂	(443)
11. 美国阿格里科化学制品公司费迪格利斯化肥厂	(446)
12. 纳尔科化学公司纳伯维尔技术研究中心、垦林净中试工厂和垦林净分析化 验室	(451)
13. 美国北方石油化学公司莫里斯联合工厂	(459)
14. 内陆钢铁公司印地安那港总厂	(461)
15. 伯利恒钢铁公司伯恩斯港总厂	(466)
附件二、近十年来纳尔科化学公司发展兴旺的原因	(468)
附件三、单位换算表	(476)

一、水化学基础

I. 概述:

水在地球上的存在量极大,它覆盖着3/4的地球表面,是一切生物的生命源泉。水的分子是由两个氢原子和一个氧原子化合而成,两个氢——氧键之间的夹角为 105° ,因此水分子具有偶极性。两个邻近的分子的氢氧原子间具有吸引力,这种吸引力亦即所谓氢键。这种键能的存在使水及其蒸汽的热焓远大于其它任何化合物。同样,水的蒸发潜热和凝结水时所释放的热量都是很大的。因此水在工业生产和人民生活中经常被用作热和能传导的有效介质。表1中是水和几种化合物的热性质对比。

表1 水和其它化合物的热性质对比

物 质	比 热	冰 点 ($^{\circ}\text{C}$)	沸 点 ($^{\circ}\text{C}$)	蒸发潜热(卡/克)
H_2O	1.00	0	100	540
H_2S		-83	-62	132
CH_3OH	0.57	-98	65	263
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0.54	-117	79	204
C_6H_6	0.39	6	80	94

水是一种常用的良好溶剂,本身电离度很小,每升含有 10^{-7} 氢离子和 10^{-7} 氢氧离子。它对极性物质的溶解能力以及水合效应与水本身的介电常数之间有定量的关系。水是一种绝缘体,纯水是不导电的。当可电离的物质溶于水中会使水呈导电性。天然水中溶解矿物质的含量可以用测量其电导率以测定之。水对非极性物质如碳氢化合物、四氯化碳、油和脂肪等则相互溶解性很小。很多气体能溶于水中。对某一种特定气体在水中的溶解量与这种气体的分压成正比。

II. 水中杂质:

我们所能取得的地面水或地下水,一般来说,都是在大自然水文循环过程中得到的。雨水与地面和地层相接触就使水含有杂质。地区和气候的不同,水中含有的杂质的种类和数量也就不同。在工业生产中使用水时必须注意这种水源水质的变化。地下蓄水层是一个丰富的新鲜水资源,按其储存容量计,全世界的地下水超过可供人类使用的鲜水的90%以上。但很多埋藏太深无法经济地开发。他们估计,就是在美国这样多湖的国家至少也有50%的总新鲜

水储量是在地下蓄水层。美国大陆农业灌溉用水 $2600\text{m}^3/\text{秒}$ 是取自地下井水。这个水量相当于美国所有城市用水的总量。在美国80%的城市是靠用井水的。在Tacoma城的井每天供水27万余吨。

地下水的移动一般是很慢的，以米/年计，不象河水流动那么迅速，以米/秒计。由于这样，井水的水质一般是比较恒定的，井水的温度，除了较浅的井会随季节的变化而变更外，井水的温度经常是在 $10\sim 16^\circ\text{C}$ 。只要在凿井工作中处理得当，没有细砂混入，井水通常是清冽的。

在地面水中，一般不会有较高的溶解铁，除非水的pH较低而具有色泽时，可能有2价铁引入水中，在河水缺氧的情况下，不会被氧化而析出三价铁。

当河流被阻挡的情况下，其水质可能不同于畅流的水流。被挡的蓄水就可能变成类似湖水的性质，在深的蓄水中可能有分层作用，其底部和死水区缺氧，这样在底层水中会有一些量的铁和锰。虽然这样，水的上层还是不会有这些重金属的。

地下水位较低时，河流的水可渗入地下蓄水层。反之，地下水也可能进入河床。这样，有时也会影响河流中水的化学成份，特别是铁和锰比较明显。靠近海湾的河流水其水质受河流流速和潮汐涨落的影响，有些情况下河流的速度很快，能冲淡海口的海水直至数里之外。这种含盐水中的溶解固体如果足够低也可用作冷却塔补给水。

湖泊也是重要水源之一，这种湖水的水质随着季节甚至每天的气候状态而改变，难溶解的无机盐变化幅度不会太大，但因水中微生物的作用，某些诸如溶解氧、温度、悬浮固体、浊度、二氧化碳等因素则都会发生变化。

下面列举美国一些主要水源的水质分析数据(见表2、表3、表4)

当水渗入地层时，土壤中的微生物消耗其溶解氧而生成 CO_2 。所发生的 CO_2 是一种腐蚀剂，溶解地层结构中的矿物质而使水中含有铁和锰，这样的水往往是缺氧的。含氧的浅井水一般是不含铁的。

无机电解质化合物在水溶液中的溶度积在水化学中是一个很重要的数据，经常用来供化学沉淀法处理水中杂质的参考。在水质处理中必须对各种电解质的溶度积有一个粗略的概念：钠、钾、铵的盐类是很容易溶解的；无机酸也是很容易溶解的；卤素(Cl、Br、I)化合物中除了某些重金属阳离子(Pb、Ag)外都是易溶的(氟化物除外)；大多数的碳酸盐、氢氧化物和磷酸盐是微溶于水(钠、钾、铵等盐除外)；表5、表6列出水中最常见的离子和化合物的溶解度情况：

一种化合物的沉淀会受水中其它离子或生成络合离子的影响，这种影响的结果是使这种化合物的溶解度增加。如有 NH_3 存在的含 Cu^{+2} 水溶液中 Cu^{+2} 的溶解度增加。又如由碳酸钠和硫酸钙生成的碳酸钙沉淀的溶解度高于方解石粉末的溶解度都说明这个现象。

水中某些有机溶解物也会影响某些物质的溶解度。如在常温下用石灰软化后的污水中钙的残余量可比新鲜水中的溶解度大2~3倍，很可能是由于生成有机络合物而造成的。如果有同样的污水在 66°C 以上与石灰反应，则其钙的含量与新鲜水相同(见图1-1)

水溶液中的离子强度会影响某些微溶化合物的溶解度。沉淀物以外的离子强度越大，沉淀物就越易溶解。例如，在含有约 $30,000\text{mg/l}$ 氯化钠的海水中，硫酸钙的溶解度比在含有 100mg/l 溶解固体的新鲜水中高得多。(见图1-2)。

表2 美国某些主要河流的水质分析数据

A. Delaware at morrisville, PA		D. Missouri at Kansao City					
B. Ohio at Steubenville, Ohio		E. Colorado as delivered to Los angeles, CA					
C. Mississippi at St. Louio, MO		F. Sacramento at Sacramento, CA					
组 份	算 作	A	B	C	D	E	F
Ca	CaCO ₃	35	57	125	152	198	12
Mg	CaCO ₃	19	30	57	70	105	8
Na	CaCO ₃	4	14	66	86	220	5
总电解质	CaCO ₃	58	101	248	308	523	25
HCO ₃ ⁻	CaCO ₃	10	13	128	158	113	20
CO ₃ ⁼	CaCO ₃	0	0	0	痕迹	7	0
OH ⁻	CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
SO ₄ ⁼	CaCO ₃	35	79	93	120	302	2
Cl ⁻	CaCO ₃	10	8	23	27	100	2
NO ₃ ⁻	CaCO ₃	3	1	4	3	无	1
F ⁻	CaCO ₃	/	痕迹	/	/	1	0
MAIK	CaCO ₃	10	13	128	158	120	20
PAIK	CaCO ₃	0	0	0	痕迹	4	0
CO ₂	CaCO ₃	1	15	3	/	0	2
P H		7.1	6.4	7.9	8.3	8.4	7.2
SiO ₂	SiO ₂	4.7	5.6	13	12	8	9.2
Fe	Fe	0.1	痕迹	/	/	无	0
浊 度		/	88	/	2000	/	36
总溶解固体		84	143	326	365	661	36
色 泽		7	2	19	/	/	15

P H采用 P H单位; 色泽采用APHA单位; 其它用mg/l / 无数据。

表 3 美国某些湖泊的水质分析数据

A. LaKe Superior at Duluth				D. Seneca Lake, Geneva, Newyork			
B. Lake Michigan at Chicago				E. Lake Coeur d' alene, Idaho			
C. Lake Erie at Erie PA				F. Clear Lake, West Palm Beach, FL			
组 份	算 作	A	B	C	D	E	F
Ca	CaCO ₃	35	80	90	100	18	68
Mg	CaCO ₃	9	41	33	41	10	11
Na	CaCO ₃	6	19	20	135	2	23
总电解质	CaCO ₃	50	140	143	276	30	102
HCO ₃ ⁻	CaCO ₃	42	113	91	97	19	50
CO ₃ ⁼	CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
OH ⁻	CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
SO ₄ ⁼	CaCO ₃	1	18	25	35	10	12
Cl ⁻	CaCO ₃	5	9	27	142	1	14
NO ₃ ⁻	CaCO ₃	2	/	无	2	无	/
F ⁻	CaCO ₃	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	1
MAIK	CaCO ₃	42	113	91	97	19	50
PAIK	CaCO ₃	0	痕迹	0	0	0	0
CO ₂	CaCO ₃	4	无	5	5	4	2
P H		7.4	8.2	7.5	7.6	7.0	7.7
SiO ₂	SiO ₂	3.3	2.3	1.2	1.9	10	2.2
Fe	Fe	0.2	0.1	痕迹	痕迹	/	0.6
浊 度		1	2	无	/	7	18
总溶解固体		54	171	172	323	58	173
色 泽		1	3	2	1	/	25

表 4 美国某些井水的水质分析数据

A. Manhattan, Kansas				D. Camden, NJ, Well No. 7			
B. Baytown, Texas, Well No. 1				E. Camden, NJ, Well No. 9N			
C. Phoenix, Arizona				F. Dallas, TX, Well No. 39			
组 份	算 作	A	B	C	D	E	F
Ca	CaCO ₃	282	25	192	18	42	15
Mg	CaCO ₃	86	14	230	19	41	9
Na	CaCO ₃	65	593	319	28	31	838
总电解质	CaCO ₃	433	632	741	65	114	862
HCO ₃ ⁻	CaCO ₃	352	384	220	1	91	452
CO ₃ ⁼	CaCO ₃	0	0	0	0	0	痕迹
OH ⁻	CaCO ₃	0	0	0	0	0	0
SO ₄ ⁼	CaCO ₃	54	无	128	42	12	270
Cl ⁻	CaCO ₃	25	245	312	18	10	134
NO ₃ ⁻	CaCO ₃	1	0	79	4	1	1
F ⁻	CaCO ₃	1	3	2	0	0	5
MAIK	CaCO ₃	352	384	220	1	91	452
PAIK	CaCO ₃	0	0	0	0	0	痕迹
CO ₂	CaCO ₃	35	20	5	80	30	无
P H		7.3	7.6	7.9	4.6	6.8	8.2
SiO ₂	SiO ₂	31	26	27	6.1	3.9	22
Fe	Fe	6.9	0.3	无	痕迹	21	痕迹
Mn	Mn	1.4	0		痕迹	5.6	0
浊 度							
总溶解固体		488	733	887	103	118	1040
色 泽		2	10	3	2	3	0

表5 在25℃下典型氢氧化物和碳酸盐溶度积

反 应	溶 度 积 KSP
$\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Fe}^{+2} + 2\text{OH}^-$	1×10^{-14}
$\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{Fe}^{+3} + 3\text{OH}^-$	2×10^{-39}
$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Al}^{+3} + 3\text{H}_2\text{O}$	1×10^{-9}
$\text{ZnO} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Zn}^{+2} + \text{H}_2\text{O}$	6.7×10^{-12}
$\text{Mn}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Mn}^{+2} + 2\text{OH}^-$	1.6×10^{-13}
$\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Ca}^{+2} + 2\text{OH}^-$	3.7×10^{-6}
$\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{+2} + \text{CO}_3^{=}$	5×10^{-9}
$\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Mg}^{+2} + 2\text{OH}^-$	1×10^{-11}
$\text{MgCO}_3 \rightleftharpoons \text{Mg}^{+2} + \text{CO}_3^{=}$	1×10^{-5}

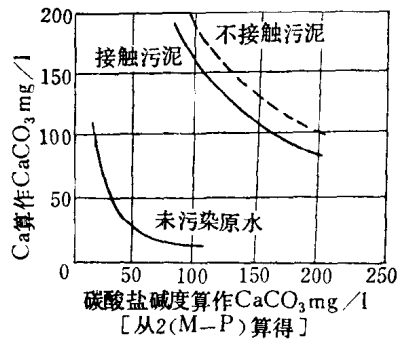
表6 简易溶解度表

阴离子→ ↓ 阳离子	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	HCO ₃ ⁻	OH ⁻	NO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	S ⁻²	CrO ₄ ⁻²	PO ₄ ⁻³
Na ⁺	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
K ⁺	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
NH ₄ ⁺	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
H ⁺	S	S	S	S	CO ₂	H ₂ O	S	CO ₂	S	H ₂ S	S	S
Ca ⁺²	I	S	S	S	SS	VSS	S	I	VSS	X	S	I
Mg ⁺²	VSS	S	S	S	S	I	S	VSS	S	X	S	I
Ba ⁺²	VSS	S	S	S	VSS	S	S	VSS	I	X	I	I
Sr ⁺²	VSS	S	S	S	VSS	SS	S	I	VSS	X	VSS	I
Zn ⁺²	S	S	S	S	VSS	I	S	I	S	I	VSS	I
Fe ⁺²	SS	S	S	S	SS	VSS	S	VSS	S	I	X	I
Fe ⁺³	SS	S	S	S	I	I	S	I	S	X	X	I
Al ⁺³	S	S	S	S	X	I	S	X	S	X	X	I
Ag ⁺	I	I	I	I	I	I	S	VSS	S	I	I	I

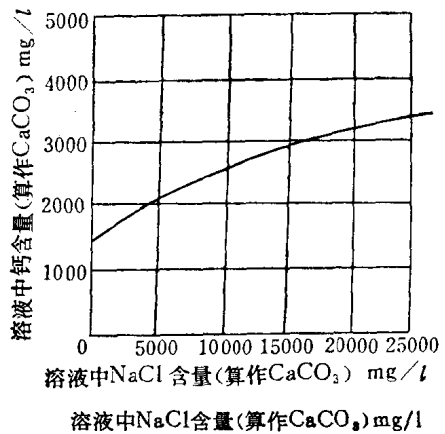
续前表

阴离子→ ↓阳离子	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	HCO ₃ ⁻	OH ⁻	HO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼	S ⁻²	CrO ₄ ⁻²	PO ₄ ⁻³
Pb ⁺²	VSS	S	SS	VSS	I	VSS	S	I	I	I	I	I
Hg ⁺	I	I	I	I	I	I	S	S	VSS	I	VSS	I
Hg ⁺²	SS	S	S	I	I	I	S	I	VSS	I	SS	I
Cu ⁺²	SS	S	S	VSS	I	I	S	I	S	I	I	I

S —— 易溶解, >5000mg/l
SS —— 微溶, 2000~5000mg/l
Vss —— 难溶, 20~2000mg/l
I —— 不溶, <20mg/l X —— 不是化合物



碳酸盐硬度算作CaCO₃mg/l[从2(M-P)算得]
图 1-1 冷法石灰软化污水与未污染原水的比较



溶液中NaCl含量(算作CaCO₃)mg/l
图 1-2 水中NaCl含量增加与硫酸钙溶解度的关系

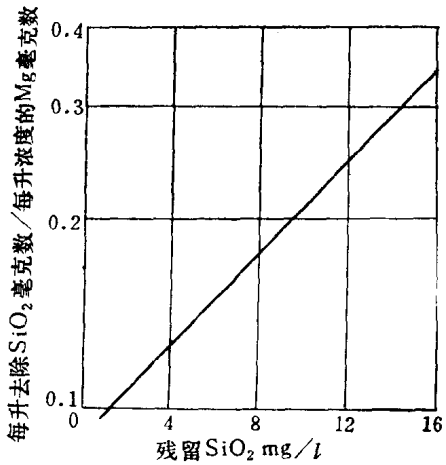


图 1-3a Mg(OH)₂沉淀对SiO₂的吸附作用

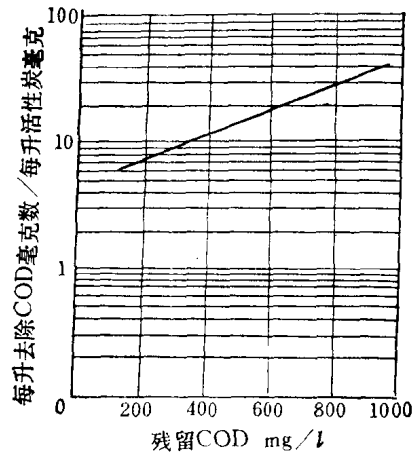


图 1-3b 活性炭对有机物(COD)的吸附作用

有些固体物质具有吸附和离子交换的作用。如活性炭可以吸附多种气体和有机物。又如新沉淀的 $Mg(OH)_2$ 可以吸附带负电性的 SiO_2 胶体。其实验数据可见图1-3。天然的沸石具有离子交换的特性，大多数离子交换树脂是合成有机物。水中的硬度可以用这些材料去除。

有许多有机化合物，其中包括天然的和人工合成的，如腐殖酸、木质素、聚磷酸盐等，具有螯合能力。这种化合物在水溶液中能与金属离子螯合而使它保持在水溶液中。因此这些化合物有时会干扰某些水的软化过程。如很多聚磷酸盐可以防止铁、锰和碳酸钙的沉积。这种聚磷酸盐具有很强的静电荷，可以阻止水合生成正磷酸盐的形式。最常用的是六偏磷酸盐。如果水中含有的钙浓度很高而处于将析出沉淀的状态，只要加入 $0.5mg/l$ 的聚磷酸盐就能避免 $CaCO_3$ 结垢。而有效控制结垢所需之聚磷酸盐之量远较软化的化学当量为少。因此称之为“极限处理”(Threshold Treatment)。聚磷酸盐对铁和锰也有类似的作用，在有氧或氯的存在下， pH 大于8时也能使铁和锰保留于水中。此外，当 $CaCO_3$ 在聚磷酸盐存在下沉淀时，由于聚磷酸盐是带有电荷的，它可以破坏 $CaCO_3$ 结晶使垢的结构变得疏松，并能被吸附在淤泥颗粒上，使淤泥颗粒互相排斥而不致于沉下。当聚磷酸盐处于低 pH 、高温或有某些重金属氧化物存在时，容易转变成正磷酸盐，这样就会失去其阻垢的作用。如果不是在以上的条件下，聚磷酸盐水溶液可以保持稳定不变达数月之久。

III. 水质重要函数：

II.1. 硬度：水的硬度是大多数水质问题的根源。水的硬度是水中钙、镁离子所造成的，与阴离子的存在无关，通常以 $CaCO_3$ 来表示。用 $CaCO_3$ 表示比较方便，因为它的分子量是100，当量是50，便于水中各种离子的换算。纳尔科公司在水质处理工作中都采用 $CaCO_3$ 相当量的概念，单位采用 mg/l 。

SiO_2 、铁、锰在水中的含量一般不写作离子形式，因为这些物质经常是胶状的。严格地讲，在深井水中由于缺氧，铁、锰处于还原状态(Fe^{+2} 、 Mn^{+2})应写作阳离子状态(在浓度显著时)。 SiO_2 在浓度超过 $50mg/l$ 时可能是阴离子状态。

采用 $CaCO_3$ 相当量形式的方便在于可以从总阴离子量与硬度之间的差值得出钾、钠的量。(如果测得有氨，可以相应扣除氨而得出)。

表 7 为分析计算各种形式互相转换的关系

化 合 物	分 子 式	分子量	当 量	物 质 对 于 $CaCO_3$ 的 当 量(乘于)	$CaCO_3$ 当量 对于 物 质 (乘于)
硫酸铝 (无水)	$Al_2(SO_4)_3$	342.1	57.0	0.88	1.14
硫酸铝 (水合)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O^*$	600.0	100.0	0.5	2.0
氢氧化铝	$Al(OH)_3$	78.0	26.0	1.92	0.52
氧化铝 (矾土)	Al_2O_3	101.9	17.0	2.94	0.34
铝酸钠	$Na_2Al_2O_4$	163.9	27.3	1.83	0.55

续前表

化 合 物	分 子 式	分子量	当 量	物质 对于 CaCO ₃ 的当 量 (乘于)	CaCO ₃ 当量 对于 物质 (乘于)
硫酸钡	BaSO ₄	233.4	116.7	0.43	2.33
碳酸氢钙	Ca(HCO ₃) ₂	162.1	81.1	0.62	1.62
碳酸钙	CaCO ₃	100.1	50.0	1.00	1.00
氯化钙	CaCl ₂	111.0	55.5	0.90	1.11
氢氧化钙	Ca(OH) ₂	74.1	37.1	1.35	0.74
氧化钙	CaO	56.1	28.0	1.79	0.56
硫酸钙 (无水)	CaSO ₄	136.1	68.1	0.74	1.36
硫酸钙 (石膏)	CaSO ₄ ·2H ₂ O	172.2	86.1	0.58	1.72
磷酸钙	Ca ₃ (PO ₄) ₂	310.3	51.7	0.97	1.03
硫酸铁	Fe ₂ (SO ₄) ₃	399.9	66.7	0.75	1.33
硫酸亚铁 (无水)	FeSO ₄	151.9	76.0	0.66	1.52
氧化镁	MgO	40.3	20.2	2.48	0.40
碳酸氢镁	Mg(HCO ₃) ₂	146.3	73.2	0.68	1.46
碳酸镁	MgCO ₃	84.3	42.2	1.19	0.84
氯化镁	MgCl ₂	95.2	47.6	1.05	0.95
氢氧化镁	Mg(OH) ₂	58.3	29.2	1.71	0.58
磷酸镁	Mg ₃ (PO ₄) ₂	262.9	43.8	1.41	0.88
硫酸镁 (无水)	MgSO ₄	120.4	60.2	0.83	1.20
硫酸镁 (泻盐)	MgSO ₄ ·7H ₂ O	246.5	123.3	0.41	2.47
氯化锰	MnCl ₂	125.8	62.9	0.80	1.26
氢氧化锰	Mn(OH) ₂	89.0	44.4	1.13	0.89

续前表

化 合 物	分 子 式	分子量	当 量	物 质 对 于 CaCO ₃ 的当 量 (乘于)	CaCO ₃ 当量 对于 物 质 (乘于)
碘化钾	K I	166.0	166.0	0.30	3.32
氯化银	AgCl	143.3	143.3	0.35	2.87
硝酸银	AgNO ₃	169.9	169.9	0.29	3.40
二氧化硅	SiO ₂	60.1	30.0	1.67	0.60
碳酸氢钠	NaHCO ₃	84.0	84.0	0.60	1.68
碳酸钠	Na ₂ CO ₃	106.0	53.0	0.94	1.06
氯化钠	NaCl	58.5	58.5	0.85	1.17
氢氧化钠	NaOH	40.0	40.0	1.25	0.80
硝酸钠	NaNO ₃	85.0	85.0	0.59	1.70
磷酸三钠	Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	380.2	126.7	0.40	2.53
磷酸三钠(无水)	Na ₃ PO ₄	164.0	54.7	0.91	1.09
磷酸氢二钠	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O	358.2	119.4	0.42	2.39
磷酸氢二钠(无水)	Na ₂ HPO ₄	142.0	47.3	1.06	0.95
磷酸二氢钠	NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	138.1	46.0	1.09	0.92
磷酸二氢钠(无水)	NaH ₂ PO ₄	120.0	40.0	1.25	0.80
偏磷酸钠	NaPO ₃	102.0	34.0	1.47	0.68
硫酸钠	Na ₂ SO ₄	142.1	71.0	0.70	1.42
亚硫酸钠	Na ₂ SO ₃	126.1	63.0	0.79	1.26
阳离子					
铝	Al ⁺³	27.0	9.0	5.56	0.18
铵	NH ₄ ⁺	18.0	18.0	2.78	0.36

续前表

化 合 物	分 子 式	分子量	当 量	物质 对于 CaCO ₃ 的当 量 (乘于)	CaCO ₃ 当量 对于 物质 (乘于)
钡	Ba ⁺²	137.4	68.7	0.73	1.37
钙	Ca ⁺²	40.1	20.0	2.50	0.40
铜	Cu ⁺²	63.6	31.8	1.57	0.64
氢	H ⁺	1.0	1.0	50.0	0.02
铁	Fe ⁺³	55.8	18.6	2.69	0.37
亚 铁	Fe ⁺²	55.8	27.9	1.79	0.56
镁	Mg ⁺²	24.3	12.2	4.10	0.24
阳离子					
锰	Mn ⁺²	54.9	27.5	1.82	0.55
钾	K ⁺	39.1	39.1	1.28	0.78
钠	Na ⁺	23.0	23.0	2.18	0.46
锶	Sr ⁺²	87.6	43.8	1.14	0.88
锌	Zn ⁺²	65.4	32.7	1.53	0.65
阴离子					
碳酸氢根	HCO ₃ ⁻	61.0	61.0	0.82	1.22
碳酸根	CO ₃ ⁻²	60.0	30.0	1.67	0.60
氯	Cl ⁻	35.5	35.5	1.41	0.71
铬酸根	CrO ₄ ⁻²	116.0	58.0	0.86	1.16
氟	F ⁻	19.0	19.0	2.63	0.38
碘	I ⁻	126.9	126.9	0.39	2.54
氢氧根	OH ⁻	17.0	17.0	2.94	0.34
硝酸根	NO ₃ ⁻	62.0	62.0	0.81	1.24