

# 普通化学

第二分册

[美] W. H. 内博盖尔等著

朱仲涛等译 申泮文 校

人民教育出版社



54.1  
142

# 普通化学

第二分册

(美) W. H. 内博盖尔等著  
朱仲涛等译 申泮文 校



人民教育出版社

## 内 容 简 介

本书是按照美国通用化学教材 W. H. Nebergall(印地安那州大学)、F. C. Schmidt(前印地安那州大学)和 H. F. Holtzclaw, Jr.(奈布拉斯卡大学)三氏所著《普通化学》第五版(1976)译出的。全书共四十二章约 80 万字,分四个分册译出。第一二分册基本上是理论部分,第三四分册是按周期系统安排的元素及化合物部分。本书可作综合大学和师范院校化学系无机化学或普通化学课程的教学参考书,也可供化学工作者和高等学校非化学系化学课程师生参考。

W. H. Nebergall, F. C. Schmidt,  
H. F. Holtzclaw,  
General Chemistry  
D. C. Heath 1976 5th ed.

## 普 通 化 学

### 第 二 分 册

(美)W. H. 内博盖尔等著  
朱仲涛等译 申泮文校

\*

人民教育出版社出版  
新华书店北京发行所发行  
北京印刷三厂印装

\*

开本 787×1092 1/32 印张 9 14/16 字数 238,000

1978 年 11 月第 1 版 1979 年 6 月第 1 次印刷

印数 00,001—84,000

书号 13012·0173 定价 0.72 元

## 第二分册译者的话

本书系引入国外教材 W. H. Nebergall (美国印地安那州大学)、F. C. Schmidt(前印地安那州大学)和 H. F. Holtzclaw, Jr. (奈布拉斯卡大学)三氏所著《普通化学》第五版(1976)汉译本的第二分册,内容包括第十二章至第二十章,主要为理论部分。参加本书翻译工作的有山西大学化学系的朱仲涛、张靓华、陈亮、王靖芳、马信中、陈复之、赵树妍、孙天祥、申泮文、曾爱冬等同志,由申泮文同志负责最后的校核工作。由于译者的水平局限,本书的翻译工作存在不少缺点,希望读者在使用本书时,能予以注意并提出批评指正,以便加以改正。本书的附图均由辽宁大学化学系吕云阳同志描绘,谨致谢意。

译 者

1978年8月

# 目 录

## 第十二章 水和环境; 过氧化氢.....1

**水** 12.1 水的组成。12.2 水是一种重要的自然资源。12.3 天然水。12.4 水的污染。12.5 水的净化。12.6 硬水。12.7 水的软化。12.8 水的物理性质。12.9 水的分子结构。12.10 水的化学性质。12.11 潮解和风化。12.12 水合物的结构。12.13 重水。

**过氧化氢** 12.14 制备。12.15 性质。12.16 过氧化物的结构。12.17 过氧化氢的用途。12.18 倍比定律。问题。作业。参考资料

## 第十三章 溶液.....36

13.1 溶液的本性。13.2 溶液的分类。13.3 溶液的重要性。

**气体在液体中的溶液** 13.4 影响气体在液体中溶解的条件。

**液体在液体中的溶液** 13.5 液体的混溶性。13.6 分馏。13.7 恒沸溶液。

**固体在液体中的溶液** 13.8 温度对溶解度的影响。13.9 饱和溶液。13.10 不饱和溶液。13.11 过饱和溶液。13.12 溶解速度。

**溶液浓度的表示方法** 13.13 标准溶液。13.14 溶液的百分组成。13.15 体积摩尔浓度。13.16 化合物的当量。13.17 当量的测定。13.18 当量的扩大定义。13.19 当量溶液。13.20 重量摩尔浓度。13.21 摩尔分数。13.22 几种浓度表示方法的联合计算题。13.23 沉淀反应的计算题。13.24 溶液稀释的计算题。

**溶质对溶剂性质的影响** 13.25 溶剂的蒸气压降低。13.26 溶剂沸点的升高。13.27 溶剂凝固点的降低。13.28 非电解质水溶液的相图。13.29 测定溶液中物质的分子量。13.30 测定溶液中物质的原子量。13.31 溶液的渗透现象和渗透压。问题。作业。参考资料

**第十四章 电解质溶液; 胶体**.....77

**电解质** 14.1 电解质和非电解质。14.2 强电解质和弱电解质。  
 14.3 电解质导电的理论。14.4 电解质的电离度。14.5 离子的性质。  
 14.6 离子型化合物溶解的机理。14.7 盐的溶解度。  
 14.8 关于常见金属化合物溶解度的总结归纳。14.9 分子型物质的溶解和电离的机理。  
 14.10 电解质对溶液依数性的影响。  
 14.11 离子活度。14.12 近代电解质理论的总结。

**胶体化学** 14.13 胶态物质。14.14 胶态粒子的大小。14.15 胶态体系的制备。  
 14.16 洗涤剂和它们的清洗作用。14.17 布朗运动。14.18 胶态粒子的电性。14.19 胶态分散物的沉淀。  
 14.20 保护胶体。14.21 吸附现象。14.22 胶冻。问题。作业。  
 参考资料

**第十五章 酸、碱和盐**.....106

15.1 酸碱概念的历史。15.2 经典的或阿累尼乌斯的酸碱概念。  
**在水溶液中的质子酸、氢氧化物碱和盐**

15.3 质子酸在水溶液中的性质。15.4 质子酸的生成。15.5 氢氧化物碱在水溶液中的性质。  
 15.6 可溶性氢氧化物碱的生成。15.7 酸-碱中和反应。15.8 盐。15.9 正盐、氢盐、羟基基盐和含氧盐。  
 15.10 盐的性质。15.11 盐的制备。

**布朗斯特和劳瑞的酸碱概念** 15.12 酸碱的质子概念。15.13 两性物质。  
 15.14 多质子酸。15.15 酸和碱的强度。15.16 强酸和强碱的相对强度。  
 15.17 以酸量法和碱量法为基础的计算题。

**路易斯的酸碱概念** 15.18 定义和实例。

**酸和碱的溶剂体系概念** 15.19 定义和实例。问题。作业。参考资料

**第十六章 氧化-还原反应**.....130

16.1 氧化-还原反应和氧化数变化。16.2 用氧化数变化法配平氧化还原方程式。  
 16.3 用离子-电子法配平氧化还原方程式。  
 16.4 一些半反应。16.5 氧化剂和还原剂的克当量。16.6 氧化剂和还原剂的当量溶液。  
 问题。作业。参考资料

## 第十七章 化学平衡.....146

17.1 反应速度的碰撞理论。17.2 反应机理。17.3 反应速度和反应物的本性。17.4 反应速度和反应物细分的程度。17.5 反应速度和温度。17.6 反应速度和催化剂。17.7 反应速度和浓度。17.8 反应的级数。17.9 反应的半寿命。17.10 化学平衡定律。17.11 平衡常数的测定。17.12 浓度变化对平衡的影响。17.13 压力变化对平衡的影响。17.14 温度变化对平衡的影响。17.15 催化剂对平衡的影响。17.16 均相平衡和多相平衡。17.17 分配定律和萃取。问题。作业。参考资料

## 第十八章 弱电解质的离子平衡.....187

18.1 强电解质溶液中的离子浓度。18.2 弱酸溶液中的离子浓度。18.3 关于醋酸电离的计算题。18.4 弱碱的电离。18.5 盐效应。18.6 同离子效应。18.7 水的电离。18.8 氢离子浓度的pH表示法。18.9 氢氧根离子浓度的pOH表示法。18.10 酸碱指示剂。18.11 缓冲溶液。18.12 滴定曲线。18.13 pH计。18.14 二元弱酸的电离。18.15 三元弱酸的电离。

**水解** 18.16 强酸和强碱的盐。18.17 强碱和弱酸的盐。18.18 弱碱和强酸的盐。18.19 弱碱和弱酸的盐。18.20 有关盐类水解的计算。18.21 金属离子的水解。问题。作业。参考资料

## 第十九章 溶度积原理.....239

19.1 溶度积常数。19.2 由摩尔溶解度计算溶度积。19.3 由溶度积计算摩尔溶解度。19.4 微溶电解质的沉淀。19.5 在沉淀反应中有关离子浓度的计算。19.6 沉淀后溶液中剩余离子浓度的计算。19.7 微溶电解质的过饱和问题。19.8 溶解度和晶体大小。19.9 包括电离常数和溶度积常数的计算。19.10 分级沉淀。

**沉淀的溶解** 19.11 通过生成弱电解质使沉淀溶解。19.12 把离子改变成另一类物种而使沉淀溶解。19.13 生成络离子使沉淀溶解。19.14 有关络离子的计算。19.15 水解对沉淀溶解过程的影响。问题。作业。参考资料

## 第二十章 化学热力学.....266

20.1 引论。20.2 热力学第一定律。20.3 状态函数。20.4 化学反应中的能量变化。20.5 焓的变化。20.6 关于焓变化的计算。20.7 键能。20.8 键能和电负性。20.9 焓变化和反应的自发性。20.10 自由能变化。20.11 熵的变化、焓的变化与自由能变化之间的关系。20.12 热力学第二定律。20.13 自由能变化和平衡常数之间的关系。20.14 热力学第三定律。问题。作业。参考资料



## 第十二章 水和环境; 过氧化氢

### 水

水覆盖地球表面的近乎四分之三; 它存在于大气和地壳中并组成所有动植物生命体的大部分。所有的千百种化学物质对动植物的生命来说没有比水更重要的了。

#### 12.1 水的组成

在十八世纪末叶以前人们一直认为水是一种元素, 在 1781 年卡文迪士(H. Cavendish)指出氢在空气中燃烧时生成水, 几年后拉瓦锡测定了水的重量组成。

水的化学式常常写成  $H_2O$ , 在这个化合物中氢和氧的相对重量曾被极其准确地测定为 1.0079:8.000。采用的方法之一是称量电解水时放出的氢和氧的重量。

#### 12.2 水是一种重要的自然资源

一项极为显著的事实是在美国每人每年大约要用 2500 吨的水。虽然在海洋中有足够的水能够把整个地球覆盖, 其深度可达二英里, 但所需要的大部分的水一般只能由淡水来满足。而淡水的供应在美国的许多地方(柯罗雷多州, 新墨西哥州, 亚里桑纳州, 加利佛里尼亚州等地), 随着城乡人口的增长已迅速地变得紧张起来了。

为满足一个成人的生理需要大约每天需要半加仑水。为维持清洁、烹调食物和家庭取暖以及空气调节大约每人每天要用 150 加仑水。在美国工业上每人每天要用水 750 加仑这个数量是被限制的。每生产一加仑牛奶要用 5 加仑水, 每生产 1 加仑汽油要用 10 加仑水, 每生产一千瓦电要用 80 加仑水, 每生产 1 吨钢要用

65000 加仑水。在美国灌溉用水要比其它任何用途所用的水都多；在这个用途上每人每天平均消耗量超过 750 加仑。

与大多数矿物资源不同，淡水是可以在一个大循环中再生的。水从地球上蒸发到大气里，所需要的能量由太阳辐射供给；它在大气里被风传送，最后以某种降水的形式落回地球上。在某一地区淡水的最大供应量就是降雨量。不过大部分降水量通过蒸发和植物的叶面蒸发而从人的日用量中逸失了。

在目前，海洋正在变成为日益重要的淡水的潜在供源，因为在设计经济的与实用的近代海水淡化方法上获得了很大的进展。美国政府参与了国内许多地区以及在古巴的美国海军基地的若干海水淡化工厂的建设工作。在佛罗里达州 Key West 城从一个大的海水淡化厂取得全城的淡水供应——每天可以得到超过 2,700,000 加仑的纯净饮用水。

### 12.3 天然水

所有的天然水即使未被人们污染也是不纯的，因为它们含有溶解的物质。雨水是相当纯的，主要的杂质是尘埃和溶解的气体。在雨下过一会儿以后，空气中的灰尘和细菌被洗掉了，此后再下的雨就没有这些杂质了。海水约含有 3.6% 的溶解固体，主要是氯化钠。已知在海水中含有 72 种元素，浓度的分布范围为从氯(19000 毫克/升)，钠(10600 毫克/升)，镁(1300 毫克/升)到氡( $9 \times 10^{-15}$  毫克/升)。或许所有在自然界发现的元素在海水里都存在。地表水里的杂质决定于水所流经的岩石和土壤的本性。这些杂质可分为：

(1) 悬浮固体：沙子、粘土、泥、淤泥、有机质(例如树叶碎片)和微生物。

(2) 溶解的气体：氧、氮、二氧化碳、氮的氧化物，氨和硫化氢。

(3) 溶解的盐：氯化物；硫酸盐；钠、钾、钙、镁、铝和铁的酸式碳酸盐。

(4) 溶解的有机物：来自植物和动物体的腐烂。

#### 12.4 水的污染

除了水中的天然杂质以外，人在水源中加进了许多污染物。有很长的时间人们对无论是污染程度的大小或甚至由这些污染物所引起的问题都是不认识的。不幸的是我们对于许多（大部分是未经鉴定的）化合物之进入水源对人类健康所造成的长期影响是了解很少的。现在工业化学中正在迅速地发展起来一个完整的新领域，在这个领域中研究我们整个环境中的污染问题，不仅是水源污染问题，同时也研究这些污染物对于人类健康的短期和长期影响，以及有效排除这些污染的方法。

现在引起人们关注的若干种水源污染物是值得我们予以注意的。

1. 磷酸盐 磷酸盐在洗涤剂中广泛用作水的软化剂（参见第 12.7 节），因而在城市废物中大量排放到河流和溪水中去。此外有些肥料含有磷酸盐[例如  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  和  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  的混合物叫做“过磷酸钙”（参见第 26.10 节）]。除了这些人工产物磷酸盐之外，在某些岩石中也存在许多种磷酸盐化合物。因而通过土壤流失有更多的磷酸盐跑到水流中去。根据某些人的意见，单从天然来源进入水流的磷酸盐的量就已足够大了，使来自洗涤剂的磷酸盐在相比之下成为一种微不足道的因素。

在我们水流和湖泊里的高浓度磷酸盐引起一个问题，即这物质是讨厌的藻类、细菌和其它植物的良好养料。一半以上的问题来自于藻类的不正常增殖。在水体中富集过量植物养料被称为是**富营养化**（eutrophication）。这种过度肥沃的情况造成了藻类、细菌和根茎植物的不正常繁殖。某些这种繁殖是需要的，鱼要吃

植物，微生物如细菌帮助分解有机物。不过如果植物增长的速度大于被鱼吃掉的速度的话，水将会被植物充塞。有机物分解的细菌过程要消耗氧，如果这类作用发生过度，水中的溶解氧将会减少到低于某一水平以致水生动物无法生存。

对富营养化的有效的长期控制的设计要求我们懂得许多知识，例如关于水流和湖泊中重要养料的形式和它们的平衡过程；在水中天然植物和动物的分布；这些生物体怎样受外加因素，如外加养料的影响等等。在短期范围内，人们正在给洗涤剂中的磷酸盐寻找合适的代用品，并正在进行从城市废物中除去磷酸盐的方法和它们不良影响的研究工作。曾有一个短时期广泛采用氨基三乙酸(NTA) $N(CH_2COOH)_3$ 作为洗涤剂中的磷酸盐代用品。不过洗涤剂制造商在1970年自动地停止了使用NTA。某些研究工作指出，如果在污水处理中没有把NTA完全降解，它能固水中存在的某种有害微量金属相结合，因而给这些金属通过污水处理厂进入公用水源提供了机会。

2. 汞 最近75年中在美国汞的消耗量大约是 $10^5$ 公吨。多达这个数量的1/3可能被带进环境中成为污染物。汞的全世界产量每年约为9000公吨。从工厂和使用某些农药的农田的排放物把汞引入到空气、土壤和水中。在空气中的汞蒸气通过降雨而降落到大地上。流经大地的水把这些汞以及使用了农药和杀菌剂土地上的汞化合物冲洗到水道里去。不过在水中的主要汞源是工厂直接向水中排放的含汞废物。

在1971年在海鱼如金枪鱼和旗鱼中发现有危险的高含量的高毒汞化合物。不过这种在海洋生命体中汞的积累并不是一个新发现。在1878和1909年间从大西洋和太平洋捕获的金枪鱼以及史密孙研究所(Smithsonian Institution)保存的金枪鱼都曾经过化验，发现所含的汞和现时的金枪鱼所含的汞量是相同的。汞

已污染了某些内陆湖泊和河流到如此程度，以致从其中捕获的某几类鱼已不适于食用。在陆地水中由于底部污泥中微生物同汞的作用产生了极毒的化合物甲基汞。金属汞往往损害肝和肾，但甲基汞则更危险。因为它损害中枢神经系统。此外，甲基汞能在人体中长期贮存，以致尽管摄入速度很小，仍能积累到致毒剂量。

某些动物(包括小鸡)的肠子里的微生物能够与汞作用产生甲基汞。现在还不知道在鱼类和哺乳动物中没有这种微生物能否发生这种转化，但已知鱼能通过食物和通过它们的鳃吸收甲基汞达到如此程度以致在它们的肉中汞的浓度要比环境水中汞浓度大数千倍。因此，人类由于吃鱼(或小鸡和其它动物)而中汞毒的可能性远大于此元素在水中、空气中和土壤中的实际浓度所预期的中毒的可能性。

小心地注意从工业废水中预先除去汞可以是部分有效的，控制含汞农药的使用以及保持和降低水土流失也能部分地降低水污染。现在对于如何使内陆水中存在的汞沉积变成无害物质正在进行许多研究工作。这是一个非常困难的问题，但如果在我们的一些大湖(例如圣克莱尔湖、超越湖和爱丽湖)底部的金属汞不能予以清除或使之变为无害物质，那么湖水(以及湖鱼)将被污染二至三百年之久。人们相信在湖底有成吨的汞同污泥、粘土和沙子相混着。

现在对镉的污染问题人们也给予了相当大的注意，镉是汞的同周期族元素。

3. 下水道废弃物 工业上，人体的和其它动物排泄的废物给水体中带来了微生物和病毒。在许多情况中，未经处理的“生垃圾”直接被投放到作为公用水源的湖泊中，或投放到成为短距离顺流的公用水源的河流中。我们对于研究把污物投入水流和湖泊以前的有效处理方法正在付出日益增长的努力，但在鼓励工业和

城市承担这件麻烦的事情以及承担建立处理设施的费用等方面都是做得很不够的。有些人认为有必要由国家或州政府进行较严格的控制。甚至有人建议是不是可以要求一个城市或工厂在它自己的水源上游排放它们的污物,那么这个问题就可以大大减轻。

4. 杀虫剂和化肥 一类高毒性的物质如复盐“巴黎绿”[它是Cu(II)的亚砷酸-醋酸盐  $\text{Cu}_3(\text{AsO}_3)_2 \cdot \text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ], 钙和铅的砷酸盐, 多种汞化合物和氯代烃如二氯二苯基三氯乙烷 (DDT) 等, 在牧场和农田中用作杀虫剂。肥料, 除了前述的磷酸盐肥料之外, 包括许多种物质如尿素以及多种硝酸盐和硫酸盐化合物。这些杀虫剂和肥料通过土壤流失, 直接地或通过城市的阴沟跑到水流中去。杀虫剂对环境的主要危险是它们富集在鱼类和海生动物的食物链中, 这可能导致这些动物的死亡或降低生殖能力。早已提及肥料对于藻类和植物具有营养价值。严格的土壤保持措施, 严密控制农药的使用, 发展较好的使用方法以及改进配方都能在很大程度上减轻空气污染和水污染的这些问题(参看 24.3—24.5 节)。

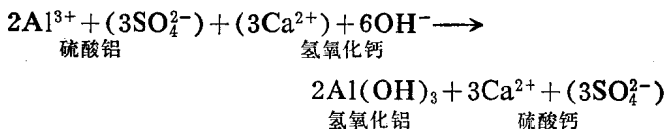
5. 热污染 工业排放物能显著提高水的温度, 这能造成对鱼类的伤害和促进藻类和其它微生物的增殖。在1970年内政部规定一项关于米乞根湖(Michigan Lake)的新政策“许可尽可能低量的废热排放到米乞根湖水中。但在排放地点的温度不得比常温超过  $1^\circ\text{F}$ ”。这在芝加哥引起了极大的哄动, 因为颁布的这一标准是办不到的。如果在现有操作条件下严格地立即执行这个标准, 基本上所有的发电厂, 无论是核电厂或普通电厂将都要倒闭。不过在各工厂保守良好信用的情况下应该允许给以合理的时间去完成必要的改进。

有趣的是, 在某种特殊的情况下至少可以相信热污染可以变为有利。举例来说 Ralston Purina 公司和 Florida 电力公司, 它

用一座核发电厂替换一座普通发电厂正在进行合作来研究是否可以使发电厂排放出来的热水得到有益的利用。他们设想选择咸水鱼类和贝壳类在热水中生活的可能性，从而改善将来从海水获得的食物供应。尽管如此，通过热污染即使水的温度仅升高很少几度也会使氧在水中的溶解度降低到某一水平而使海生生物无法生活。取得合理的平衡是一个极为细致的问题。

### 12.5 水的净化

城市供水的净化是：先把水放在一个大贮水池中静置，使大部分的泥沙沉淀出来，这个过程叫沉降，然后通过沙床和砾石床过滤。往往在过滤之前先在沉降池和滤池中加入熟石灰和硫酸铝。这些化学物质反应生成氢氧化铝胶态沉淀。它们缓慢地沉降把一些悬浮物包括绝大部分的细菌带下来。氢氧化铝沉淀过程的方程式是：



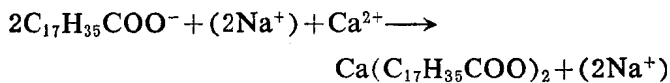
在通常的操作实践中是在过滤后加入氯气以杀死在水中存留的细菌。

在最近的将来在某些设施中可能会用多种合成材料，例如阳离子多胺（含有多个—NH<sub>2</sub>基团的物质）来代替硫酸铝作为水的沉降剂。它们的优点是比氢氧化铝容易从净化水中分离。

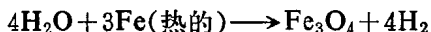
实验室用的相对较纯的水通常是把自来水进行蒸馏来制备的（参见第 11.7 节）。由于玻璃的碱性组分会缓慢地溶在水中，玻璃器皿不适合于制备和贮存纯水。制备纯水时常常使用由熔融石英或纯锡制造的蒸馏仪器。从空气中来的气体，特别是二氧化碳，往往使蒸馏水不纯，对某些实验操作来说这些气体是必须除掉的。

## 12.6 硬水

含有溶解的钙、镁和铁盐的水叫做硬水。在硬水中存在的阴离子往往是氯离子、硫酸根离子和碳酸氢根离子。硬水不合用有两个原因：(1) 钙、镁和铁离子同可溶性肥皂，例如硬脂酸钠  $C_{17}H_{35}COONa$  反应生成不溶性肥皂。



不溶性肥皂没有去污能力，由于它们的粘性，它们粘附在纤维上，给纤维以发乌的外观。不溶肥皂也构成浴盆里的“油腻环”，为了取得清洗效果，加入的肥皂必须超过沉淀在硬水中钙、镁所需的量。(2) 硬水促成了锅炉中生成紧密粘附的水垢。在高温下在硬水中溶解的大部矿物质沉淀为水垢[不溶物质如碳酸钙、碳酸镁、碳酸铁(II)和硫酸钙]。大部分的水垢是硫酸钙，它在热水中的溶解度小于在冷水中的溶解度，并由于这个事实而部分沉淀出来。水垢是热的不良导体因而造成了燃料的浪费。此外，锅炉爆炸往往是由于水垢的存在。由于水垢是一种不良导体，要使水烧到要求的温度，锅炉金属必须烧到很热(往往达到赤热)。如果水垢破裂，水渗入进来而与热的金属接触



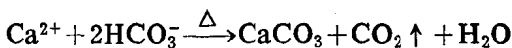
氢气在其生成时把水垢弄松，并且使更多的水渗入而产生更多的氢气，从而引起猛烈的爆炸。

很重要的一点是用于洗涤或进入锅炉之前的水应该先除去其中引起硬度的物质。除去水中引起硬度的金属离子的过程叫做水的软化。

## 12.7 水的软化

当水中有碳酸氢根离子时，把水煮沸时驱出二氧化碳，于是就生成了金属碳酸盐沉淀。

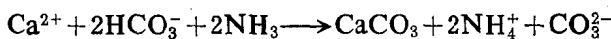




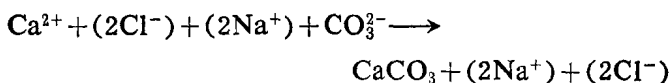
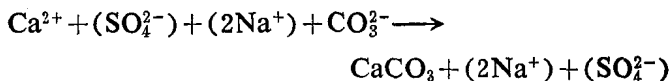
这样沉淀出来的钙和镁的碳酸盐在茶壶和锅炉里形成了沉积物。我们说这种水具有**碳酸盐硬度**或**暂硬**——这种硬度是暂时的，因为大部分这种硬度可以通过水的沸煮而能除去。加入碱性物质也可以把碳酸氢根离子转化成碳酸根离子。在工业上常加入恰好能同碳酸氢根离子完全反应所需要的准确数量的氢氧化钙。



当硬水中的阳离子是  $\text{Mg}^{2+}$  或是  $\text{Fe}^{2+}$  时，也可以写出类似的方程式。沉淀出来的碳酸盐可以容易地通过过滤而从水中除去。氯的水溶液是一种碱性溶液，在家庭中常用它来除去水中的暂硬。

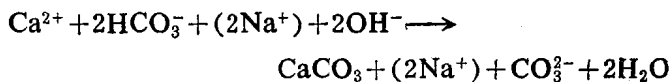


除了含钙、镁或铁离子之外，还含有氯离子或硫酸根离子的水，我们说它具有**非碳酸盐硬度**。氯离子和硫酸根离子不能象碳酸氢根离子那样通过沸煮而除去。非碳酸盐硬度能通过向水中加入纯碱(碳酸钠)而破坏掉。



在反应过程中生成的硫酸钠和氯化钠不会影响肥皂的清洗作用，它们也不会生成水垢。

在大的软化水设施中常用粗氢氧化钠(苛性钠)来同时除去碳酸盐硬度和非碳酸盐硬度。



在除去碳酸盐硬度时生成的碳酸钠  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  随后发生反应以除去

1107753

. 9 .