

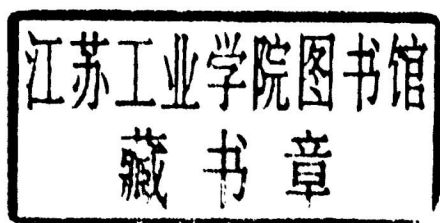
水化学与水微生物学

谭桂荣 薛继周
刘 钧 傅珊珊 合编

黑龙江省建筑工程学校

水化学与水微生物学

谭桂荣 薛继周
刘 钧 傅珊珊 合编



黑龙江省建筑工程学校

前 言

本书是根据1987年初城乡建设环境保护部给排水专业教材编审委员会通过的《水化学与水微生物学》一书的教学大纲编写的。

本书适用于招收初中毕业的三、四年制或高中毕业的二年制中等专业学校给排水专业和给排水运行管理专业的教材，也可供中等环境保护、环境监测、环境卫生部门以及从事水处理和水质分析工作人员的参考资料。

本书的编写分工：

北京城建校薛继周编写水化学一、二、三、十四章及水化学实验一、二、三、四、五。

成都航空工业学校刘钧编写水化学七、八章及实验十二、十三、十四。

大连海运学院傅珊珊编写水微生物学九、十、十一、十二、十三章及水微生物实验十五、十六、十七、十八。

黑龙江建校谭桂荣编写水化学四、五、六章及实验六、七、八、九、十、十一，绘制全书插图，并负责全书的主编工作。

本书在编写过程中，自始至终得到了北京城建校田会杰老师的热情支持和具体的指导。在此致以衷心地谢意，并对使用本教材的各兄弟学校表示感谢，希望提出宝贵意见，以不断地完善和改进编写工作，提高本书的质量。

编 者

1990年5月16日

目 录

第一篇 水处理和水质分析化学基础

L C X

第一章 水质和水质分析概论	(1)
第一节 水质与水质分析的任务和作用.....	(1)
第二节 水质的分析方法.....	(10)
第三节 标准溶液及其配制.....	(12)
第四节 容量分析的计算.....	(16)
第五节 定量分析误差.....	(19)
第六节 有效数字及其计算规则.....	(23)
第二章 水的结构和水的特性	(27)
第一节 水的结构.....	(27)
第二节 水的特性.....	(31)
第三节 水样的物理性质及其测定.....	(33)
第三章 酸碱反应和中和滴定法	(39)
第一节 电解质溶液.....	(39)
第二节 弱电解质的电离平衡.....	(41)
第三节 同离子效应和缓冲溶液.....	(52)
第四节 盐类的水解.....	(57)
第五节 酸碱中和反应.....	(62)
第六节 中和滴定法.....	(64)
第七节 水中碱度和酸度的测定.....	(74)
第四章 络合反应和络合滴定法	(82)
第一节 络合物的组成和命名.....	(82)
第二节 络合物在溶液中的状况.....	(84)
第三节 络合滴定法.....	(87)
第五章 沉淀反应和沉淀滴定法	(95)
第一节 难溶电解质的溶度积.....	(95)
第二节 溶解和沉淀平衡移动.....	(98)
第三节 两种沉淀间的平衡.....	(100)
第四节 沉淀滴定法.....	(101)
第六章 氧化还原反应和氧化还原滴定法	(106)
第一节 氧化还原反应.....	(106)
第二节 原电池和电极电位.....	(112)
第三节 金属的腐蚀及其防止.....	(120)
第四节 氧化还原滴定法.....	(122)

第五节 氧化还原滴定法在水质分析中的应用·····	(124)
第七章 比色分析 ·····	(135)
第一节 比色分析原理·····	(135)
第二节 比色分析方法·····	(139)
第三节 比色分析法在水质分析中的应用·····	(146)
第八章 胶体溶液 ·····	(154)
第一节 胶体溶液的基本概念·····	(154)
第二节 溶胶的制备和性质·····	(156)
第三节 溶胶的胶团结构与溶胶的稳定性·····	(159)
第四节 表面张力与吸附作用·····	(165)
第五节 乳化液及泡沫·····	(168)
第六节 水的净化·····	(170)

第二篇 饮用水和污水微生物学基础

引 言 ·····	(176)
第九章 细菌的形态、构造和生理特性 ·····	(178)
第一节 细菌的细胞构造·····	(178)
第二节 细菌的生理特性·····	(179)
第十章 其它水微生物 ·····	(186)
第一节 高等细菌·····	(186)
第二节 真菌·····	(188)
第三节 藻类·····	(189)
第四节 原生动物和后生动物·····	(189)
第五节 病毒和噬菌体·····	(190)
第十一章 水的卫生细菌学指标 ·····	(194)
第一节 水中的病原细菌·····	(194)
第二节 大肠菌群和生活饮用水的细菌指标·····	(195)
第三节 水的卫生细菌学检验方法·····	(197)
第四节 水中的病毒及其检验·····	(199)
第十二章 水微生物在污水生物处理中的作用 ·····	(200)
第一节 污水的好氧生物处理·····	(200)
第二节 污水的厌氧生物处理·····	(201)
第三节 微生物之间的关系·····	(202)
第四节 水体污染和指示生物·····	(204)
第十三章 微生物的研究方法 ·····	(206)
第一节 微生物的染色·····	(206)
第二节 微生物的培养和纯种分离·····	(207)
第三节 微生物的保藏和复壮·····	(209)

第四节 灭菌和无菌操作	(209)
-------------	-------

第三篇 水化学与水微生物学实验

第十四章 实验须知	(211)
第一节 实验的一般规则	(211)
第二节 常用的玻璃仪器及其使用	(211)
第三节 常用洗涤液的配制和使用方法	(216)
第四节 试剂	(217)
第五节 水质分析用水 (25℃)	(217)
第十五章 实验内容	(219)
实验一 分析天平及分析天平的称量练习	(219)
实验二 色度和浑浊度的测定	(222)
实验三 水中固体物质的测定	(225)
实验四 盐酸标准溶液的配制及标定	(229)
实验五 碱度的测定	(231)
实验六 水中硬度的测定	(232)
实验七 水中可溶性氯化物的测定	(234)
实验八 水中耗氧量的测定	(236)
实验九 化学需氧量的测定	(238)
实验十 水中溶解氧的测定	(239)
实验十一 生化需氧量的测定	(241)
实验十二 水中六价铬及总铬的测定	(242)
实验十三 水中铁的测定	(244)
实验十四 水中余氯的测定	(247)
实验十五 显微镜的使用及微生物形态的观察	(249)
实验十六 微生物的染色	(252)
实验十七 培养基的制备和灭菌	(254)
实验十八 饮用水的细菌总数和大肠菌群的测定	(258)
附录	(262)
1 污水生物处理过程中常见的微生物	(262)
2 国际原子量表	(269)

第一篇 水处理和水质分析化学基础

第一章 水质和水质分析概论

第一节 水质与水质分析的任务和作用

一、水的分布和循环

(一) 水的分布

水是地球上分布最广的自然资源，是人类环境的重要组成部分。常压下水分别以气、液、固三种状态而存在，遍布于海洋，江河，湖泊，沼泽，地层中，高山和南北极的冰雪和冰川，大气层中的水蒸气，动植物机体内的饱和水以及矿物岩石结构中的结晶水，几乎无所不至。地球上的水的总量约为13.6~13.8亿立方公里，其分布情况，见表1-1。

水确实是一种分布极广的常见物质，它在整个自然界和人类社会，发挥着不可估量的巨大作用。没有水就没有生命，更不会有人类今天的文明，从全球水资源总量来看

水的分布情况 表1-1

水体类别	体积(万立方公里)	占总量(%)
海洋	132000	97.1
江河	0.125	0.0001
淡水湖泊	12.5	0.009
咸湖和内海	10.4	0.008
土壤水	6.7	0.005
浅层地下水	427	0.31
深层地下水	427	0.31
冰和冰川	2970	2.25
大气水	1.3	0.001
生物体内水	0.6	0.0005
总量	136000	100

储量可观，但不能直接利用的海洋咸水占了97.1%，剩下的陆地水还不到3%，而绝大部分又被冰川、雪山、岩石地下水、土壤水等所占去，可供人类采用的河湖径流水和浅层地下水，仅占淡水总储量的0.35%，而分布又极不均衡。据对世界98个国家所作的统计分析，贫水和半贫水的国家占一半以上。特别是非洲撒哈拉周围及中东的国家严重缺水，早在十几年前已接近其水资源的可开发极限。在我国南方资

源较充足，而北方和西北地方却缺水，有些地方严重缺水。如我国的北京，西安等就是缺水城市，北京、西安已进入世界200个贫水缺水城市，北京目前每年至少缺水5亿米³，是严重缺水的40个城市之一。

(二) 水的循环

水的循环包括自然循环和社会循环

1. 自然循环

自然界中的水在太阳热能和地球重力等作用下，在不停地流动和转化，海洋，湖泊等地面水受太阳照射而蒸发升入天空为云，在适当条件下又凝集成雨或雪回到地面，称为降水。降水分成两路流动；一路在地面上汇集成江、河、湖、沼等，称为地面径流。另一路渗入地下形成地下水层和水流，称为地下渗流。这两路水流，又相互交流转化，最后汇入海洋。高山冰川融水往往成为江、河发源的补给水，地面森林，草原，动植物也有大量的水分蒸发。大自然中的水这种川流不息，周而复始的运动称为水的自然循环。

2. 社会循环

人类社会为了满足生活和生产的需要，要从各种天然水体中取用大量的水。按其用途不同可分为生活用水和工业用水。人体内80%是水分，每天补充的生理用水为3公斤左右，但全部的生活用水量则每日需要数十到数百升。随着人们生活水平的提高和旅游事业的发展，用水量也越来越大。目前一个100万人口的城市，每日需水量至少为30~50立方米，将来可能增至100万立方米。而且，所有企事业单位没有一个不需要水的，特别是冶金、纺织、化工、造纸、电力、食品等部门用水量很大，各类产品单位用水量，见表1—2。

各类产品的单位用水量

表 1—2

产品 (吨)	用水量 (米 ³)	产品 (吨)	用水量 (米 ³)
钢 铁	300	乙 醇	200—500
钢 板	70—75	丙 酮	360
白 铁 皮	50	醋 酸	720
铅	160	啤 酒	20—80
煤 炭	1—5	纸 张	200—250
水 泥	1—4	报 纸	280
石 油	12—20	合 成 橡 胶	125—280
航 空 汽 油	40—50	合 成 纤 维	600—2000
化 肥	50—250	粘 胶 丝 纤 维	2400
硫 酸	30	纺 织 品	150—350
炸 药	800	皮 革	56—125
电 石	60	棉 纱	200
氢 氧 化 钠	120—150	甜 菜 糖	100—200
苏 打	50	肉 类 加 工	8—25
铜 制 品	180	电 力 (旺 小 时)	0.2
锌 铁 皮	50	汽 车	40

在广大的农村灌溉，养殖和各类产品加工等的用水总量更大，而且，随着乡镇企业的厥起，用水量也在猛增。

在全世界随着人口的膨胀和城市的集中发展，用水量再度迅速增加，目前世界城市里的生活用水年平均增长率已远远高于工农业用水的增长速度，而且在一定程度上又导致了局部地区严重缺水。所以，如何解决缺水问题，已成为摆在世界各国面前的重大问题。

生活用水和工业用水经使用后，混入各种杂质变成了污水被排放后，最终流入天然水体，这样，水在人类社会中也构成了一个局部循环体系，称为水的社会循环。

自然循环的水量只占地球总水量的0.031%，而其中径流和渗流的水约占0.003%，而且社会循环取用的水量约为径流和渗流水量的2—3%，即为地球总水量的几百万分之一。虽然这个比例是微不足道的，然而，却在社会循环中表现出人与自然在水量和水质方面存在着巨大矛盾。使水体的环境保护突出出来，引起人们的高度重视。

（三）水体污染和环境保护

水在自然循环和社会循环的过程中会混入各种各样的杂质，当水中某些杂质的含量达到一定程度后，就会对人类环境和水的利用产生不良影响，水质的这种恶化称为水体污染。在整个环境污染中，以水体污染发现最早，影响也最大。

水体污染包括水的自然循环和社会循环污染。水在自然循环过程中，溶解了大量的二氧化碳、氯化氢、二氧化硫，氮的氧化物及各类矿物盐等，并混入了灰尘、烟雾，动植物残骸及微生物等有机体。而水在地面的流动，也冲刷卷带了大量的泥砂，使我国的多数河流成为浊水型。其粘土，泥砂可达到数百到数千毫克/升，特别是黄河泥砂含量最高可达数十万毫克/升。而内陆河水和内海等含盐量最高可达3万毫克/升。水中的含盐量若超过500~1000毫克/升，饮用时则苦咸，甚至引起腹泻。我国南方湖水和沼泽地区水，常含有大量腐植质和各种有机物，颜色呈黄绿色。有些热带地区含量更高，呈黄褐色。有味、有毒、常不能饮用，水经过地层渗透会使矿化度升高，含盐量可达到数百毫克/升以上，有些地区的地下水含盐量可达到数千毫克/升。而在东北、海南等地区的水含铁量很高，为十至几十毫克/升，使水呈黄色。这些都严重地影响了水的使用。另外，我国一些偏远的山区还存在地方病，如克山病，大骨节病，甲状腺肥大症等，据分析都与水质有关。

天然水体是环境循环系的组成部分，它具有接受一定数量污染物质的能力，人类把生活和生产废物排入水体后，经过扩散稀释，在各种生态系作用下可以逐步达到净化，这种过程称为水体自净。

近年来由于工业高度发展，人口的迅速增加，排放污染物远远超过水体的自净能力，再加之人们对治理环境和水源保护没有足够的重视，致使水体污染达到极为严重的程度，使目前全世界至少有10亿人得不到清洁的水。

据统计，全世界每年排入水体的污水，达到6000多亿吨，在美国，每年排放的污水有1500多亿吨，使五十二条主要河流都受到不同程度的污染，有的污染面积达到90%，五大淡水湖，因污染严重而面临成为“毒湖”“死湖”的危险。沿海城市有70%的污水排入海洋，使渔业遭到很大影响。如英格兰区的鳕鱼年产量由1963年的227万公斤，到1969年降到只有4540公斤。使每年付出的污染费竟达几十亿美元。

在地区狭小的日本，工业高度集中，环境污染是世界之最，每年排出的数百亿吨污

水，使河流、湖泊、海洋都受到严重污染。近年来多次发生所谓“公害事件”。大城市附近的河流污染显著，河水变色，发臭被迫停止取水。农田被工业污水污染，粮食大幅度减产。海湾，湖泊被污染。使渔业资源受到破坏，日本很多地方人们患有“公害病”。例如，由于有机汞中毒引起“水俣病”患者就有2万余人，患者手足麻木变形，精神失常，重者死亡。“骨痛病”是镉中毒，患者骨头变质，极端痛苦而死。

在苏联，欧洲各国每年排放的污水，都在数百亿吨以上，使各河流、湖泊、海湾的污染日趋严重，伏尔加河，乌拉尔河，多淄河，莱茵河等均因排入大量毒物，石油等使鱼类成批死亡，美丽而资源丰富的多淄河，早已宣布为“死亡之河”。我国的长江、黄河、海河、辽河、松花江，珠江等中下游及洞庭湖，太湖等近些年来因大量排放污水，均受到不同程度的污染。

由于污水的任意排放，使自净能力较强的地下水资源也遭到不同程度的污染。就我国情况来看，大城市地下水资源受到污染情况日趋严重，我国西安已被列为世界十大污染城市之一。据1979年10月对44个城市的调查，已有41个城市的地下水受到不同程度的污染，占总数的93.2%。从污染物种类看，主要是酚、砷、氰、汞、铬等有毒物质。被酚污染的城市有28个，被氰污染的有17个，被砷污染的有15个，……因地下水污染，严重影响城市供水，使一些水源井报废。如沈阳东工水源地投产9个月因污染而报废。包头尾矿坝因污水渗漏污染地下水，造成2万亩土地停耕，7个自然村搬迁，郊区14个乡，4个国营牧场的牲畜死亡达22万头。

水是人类赖以生存的最宝贵的自然资源，然而，近些年来由于不注意或不懂得如何科学地保护水资源，而使一些天然水体遭到破坏。可叹的是我国的白洋淀，昔日水域辽阔，芦苇丛生，如今白洋淀已变成了白洋滩，我国的北京，因缺水而大量开采地下水，北京地面变成了大筛子，把地下抽成了一个方圆1000多平方公里的大漏斗，地下水位平均每年下降2米，造成地面塌陷，使首都天倾西北，地陷东南。

环境污染和环境保护已经成为世界的政治，经济问题和尖锐的社会矛盾，引起人们的高度重视。许多国家设立了政府直属的环境保护部门和科研机构，采取措施，增加经费，治理环境，我国是发展中的社会主义国家，党和政府对环境保护和治理问题非常重视，于1979年就颁布了《中华人民共和国环境保护法》试行草案，1986年又颁布了《中华人民共和国水法》，以教育和唤醒每个公民都应爱惜和保护珍贵的水，同时有关部门还建立了水质监测机构，对污水排放实行严格控制，运用经济政策，强制对污水进行处理排放，以保护水体免受污染。其地面水中有害物质的最高容许浓度，见表1—3。

地面水中有害物质的最高容许浓度

表1—3

编号	物质名称	最高容许浓度 (mg/l)	编号	物质名称	最高容许浓度 (mg/l)
1	乙腈	5.0	5	二硝基氯苯	0.5
2	乙醛	0.05	6	二氯苯	0.02
3	二硫化碳	2.0	7	丁基磺酸盐	0.005
4	二硝基苯	0.5	8	三氯苯	0.02

续表1—3

9	三硝基甲苯	0.5	32	苯胺	0.1
10	马拉硫磷(4049)	0.25	33	苦味酸	0.5
11	己内酰胺	按地面水中生化需氧量计数	34	氟化物	1.0
12	六六六	0.02	35	活性氯	不得检出
13	六氯苯	0.05	36	挥发酚	0.01
14	内吸磷(1059)	0.03	37	砷	0.04
15	水合肼	0.01	38	钼	0.5
16	四乙基铅	不得检出	39	钴	1.0
17	四氯苯	0.02	40	铅	0.1
18	石油(包括煤油)	0.3	41	铍	0.0002
19	甲基对硫磷(甲基1605)	0.02	42	硒	0.01
20	甲醛	0.5	43	铬 (六价) (三价)	0.05 0.5
21	丙烯腈	2.0	44	铜	0.1
22	丙烯醛	0.1	45	锌	1.0
23	对硫磷(1605)	0.003	46	硫化物	硫化物
24	乐戈(乐果)	0.08	47	氰化物	0.05
25	导丙苯	0.25	48	氯苯	0.02
26	汞	0.001	49	硝基氯苯	0.05
27	吡啶	0.2	50	铈	0.05
28	钒	0.1	51	TTD	0.2
29	松节油	0.2	52	镍	0.5
30	苯	2.5	53	镉	0.01
31	苯乙烯	0.3			

二、水中的杂质

(一) 天然水中的杂质

由于水具有很大的流动性和强的溶解能力,因此,天然水中的杂质种类很多。按杂质的性质可分为无机物,有机物和微生物三类;按其颗粒大小也可分为三类:颗粒最大的称为悬浊物,其次是胶体,颗粒最小的是离子和分子,也叫溶解物质。

1. 悬浊物

悬浊物的颗粒较大,颗粒直径大于100nm,在水中不稳定,易于除去。当水静止时,比重较小的物质,如腐植质,浮游原生物,难溶于水的有机物等会上浮;比重较大的物质,如泥土,粘土类的无机物等则下沉。水的浑浊现象主要是悬浊物造成的。

2. 胶体

胶体物质是许多分子和离子组成的集合体,颗粒直径介于1~100nm,天然水中的胶体可分为两类;一类是矿物质胶体,如 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$,硅酸等;另一类是有机

胶体，主要是腐植质，湖泊水中腐植质最多，常使水呈现黄绿色或褐色，也会产生浑浊现象。

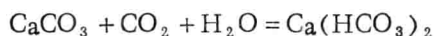
3. 溶解物质

天然水中的溶解物质，大多是离子和一些可溶性气体。主要来源于矿物盐，可溶性有机物和气体。常见的离子有： Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HSiO_3^- 等。其次有 NH_4^+ 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 F^- 、 NO_3^- 、 CO_3^{2-} 等。可见表1—4。

天然水中溶有离子的情况 表1—4

类别	阳离子	阴离子	浓度数量级	类别	阳离子	阴离子	浓度数量级	
I	Na^+	HCO_3^-	几ppm—几万ppm	III	Ca^{2+}	HS^-	<1/10ppm	
	K^+	Cl^-			Zn^{2+}	Br^-		
	Ca^{2+}	SO_4^{2-}			Ni^{2+}	I^-		
	Mg^{2+}	HSiO_3^-			Co^{2+}	NO_2^-		
II	NH_4^+	F^-	n/10ppm—nppm		Al^{3+}	H_2PO_4^-		
	Fe^{2+}	NO_3^-				HPO_4^{2-}		
	Mn^{2+}	CO_3^{2-}						

Na^+ 、 K^+ 主要来自矿物钠盐和钾盐的溶解， Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 主要来自岩石中石灰石 CaCO_3 ，石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 白云石 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ，的溶解，虽然 CaCO_3 、 MgCO_3 在水中的溶解度很小，但当水中 CO_2 的浓度增大时， CaCO_3 、 MgCO_3 也易转化成为可溶性的重碳酸盐，其反应如下：



在天然地表水和地下水中，常见的阳离子有： Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 等，其中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量较多， Ca^{2+} 居首位， Mg^{2+} 居第二。因此，常把 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 浓度总和作为天然水总硬度的量度。

HCO_3^- 是天然水中主要的阴离子，它来源于水中溶解的 CO_2 和碳酸盐反应后的生成物，是天然水总碱度的主要组成部分。海水中含有大量的 Cl^- ，地下水中 SO_4^{2-} 较多。

天然水中常见的溶解气体有： O_2 、 CO_2 、 H_2S 、 SO_2 、 NH_3 等。

二、生活污水和工业污水中的杂质

1. 生活污水

生活污水是人们生活中产生的各种污水的混合体，含有各种生活废物，如粪便，垃圾，污泥，病原菌等各种无机物，有机物和微生物等。成分极为复杂。其杂质含量约为0.1~1%，呈弱碱性，pH值在7.2~7.8之间，外观浑浊，常呈现黄绿色以至黑色，并带有腐臭气味。

2. 工业污水

各种工业企业在生产过程中排出的污水。它含杂质包括生产废料，残渣以及部分原料，产品，半成品，副产品等成分极其复杂，含量变化也很大，工业污水中常见的污染

物，见表 1—5

工业污水中常见污染物

表 1—5

污 染 物	污 染 源	污 染 物	污 染 源
游离氯	造纸, 织物漂白 化工	油	炼油、石化 油田
氨	化肥 化工 炼焦	汞	化工、电解
氟化物	玻璃、化工	铬	电镀
氰化物	电镀、丙烯腈合成 有机玻璃	镉	矿山、冶金
硫化物	染料、皮革、橡胶	铅	矿山、电池
亚硫酸盐	纸浆	镍	矿山、电镀
苯酚	炼焦、石化、染料	锌	矿山、化纤
醛	制药、化工	铜	化工、电镀、化纤
硝基化合物	化工 炸药生产	砷	砷矿、制革
酸	化工、电池、金属处理	糖类	制糖、食品
碱	化工、制碱、化纤	淀粉	食品、织物加工、淀粉制成

污染物是有毒有害的，如氰化物，硫化物，砷化物，酚，重金属离子及有机农药等，有些则是致癌物质。虽然在水体中浓度不大，但却严重地危害人类的健康。

工业污水中的有用物质还可以回收，有毒的物质，不加处理就排放，将会造成社会公害，必须认真对待。

三、水质指标和水质标准

水和其中杂质所表现出来的共同的综合特性，称为水质性质，简称水质。各种水质因含杂质的种类和数量不同，就形成了不同的指标。所谓水质指标系指水中杂质的具体衡量标度。它能够具体表明水中杂质的种类和数量，据此可以判断水质的优劣及是否满足用水的要求。水质指标可分为：物理指标，化学指标，毒理学指标，放射性指标和微生物学指标等。

水质指标的拟定，往往是根据杂质的特性，污染的性质和测定方法等因素进行综合考虑的，有些水质指标是直接由某种物质的含量决定的，可直接用其浓度来表示，如 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 等，有些水质指标则是利用某种杂质的共同特性用间接的方式来表示其含量，如水中的有机物，可以用容易被氧化的共同特性，耗氧量 COD，生化需氧量 BOD₅ 等来表示有机物的污染状况。还有些则是用配制的标准溶液作为标度来表示其含量，如浑浊度，色度等。

水质标准是对水质指标作出的定量规范。根据各种用水要求和生活污水，工业污水的排放要求，以不危害人类健康，不影响工农业生产的发展，不污染环境，不破坏生态平衡，结合水中杂质的物理，化学性能，毒理学，水微生物学及水处理技术等因素进行综合考虑制定的。生活饮用水，为确保人民的身体健康，国家规定了水质标准。其水质标准确定的原则是：

- (1) 水中不得含有病原细菌及寄生虫卵。

(2) 水中有毒, 有害物质的含量不得超过对人体产生不良影响的限度。

(2) 水的物理状态良好, 即透明, 无色、无臭味等, 我国生活饮用水水质标准, 见表 1—6

我国生活饮用水水质标准

表 1—6

编号	项 目	标 准	编号	项 目	标 准
	物理指标		19	汞	0.001mg/l
1	色	色度不超过15度, 不呈现其他异色	20	镉	0.01mg/l
2	浑浊度	不超过3度, 特殊情况不超过5度。	21	铬 (六价)	0.05mg/l
3	臭和味	不得有臭、异味	22	铅	0.05mg/l
4	肉眼可见物	不得含有	23	银	0.05mg/l
	化学指标		24	硝酸盐(以N计)	20mg/l
5	pH	6.5—8.5	25	氯仿	60μg/l
6	总硬度(CaCO ₃ 计)	450mg/l	26	四氯化碳	3.0μg/l
7	铁	0.3mg/l	27	苯并(α)芘	0.01μg/l
8	锰	0.1mg/l	28	滴滴涕	1.0μg/l
9	铜	1.0mg/l	29	六六六	5.0μg/l
10	锌	1.0mg/l		细菌学指标	
11	挥发酚(以苯酚计)	0.002mg/l	30	细菌总数	100个/ml
12	阴离子合成洗涤剂	0.3mg/l	31	总大肠菌群	3个/ml
13	硫酸盐	250mg/l	32	游离余氯	在接触30分钟后, 不应低于0.3mg/l。集中式给水除出厂水应付合上述要求外, 管网末梢水, 不应低于0.05mg/l。
14	氯化物	250gm/l			
15	溶解性总固体	1000mg/l	33	氟化物	1.0mg/l
	毒理学指标			放射性指标	
16	氰化物	0.05mg/l	34	总入放射性	0.1Ba/c
17	砷	0.05mg/l	35	总β放射性	1.0Ba/l
18	硒	0.01mg/l			

工业用水对水质的要求是多种多样的, 根据产品种类和工艺过程等的不同, 国家规定有不同的用水标准。需要时可查有关资料。

因农作物直接或间接地影响着人们的身体健康, 因此, 国家也规定了农田灌溉用水水质标准, 见表 1—7

为防止各种污染物质污染水体, 对污水的排放也有相应的水质标准, 见表 1—8

随着科学技术事业的不断发展和人们生活水平的不断提高。各种用水对水质标准的要求也在不断地提高。对排放污水中的污染物质含量的规定也更加严格。因此, 各类水质标准在实践中还在不断总结、完善和修订。

农田灌溉用水水质标准

表 1—7

编号	项 目	标 准	编号	项 目	标 准
1	水温	不超过35℃	10	铅及其化合物 (按Pb计)	不超过0.1mg/l
2	pH	5.5—8.5	11	铜及其化合物 (按Cu计)	不超过1.0mg/l
3	含盐量	非盐碱土农田不 超过150mg/l	12	锌及其化合物 (按Zn计)	不超过3.0mg/l
4	硫化物(按S计)	不超过1mg/l	13	硒及其化合物 (按Se计)	不超过0.01mg/l
5	氯化物(按Cl计)	非盐碱土农田不 超过300mg/l	14	氟化物(按F计)	不超过3.0mg/l
6	锰及其化合物 (按Mn计)	不超过 0.005mg/l	15	氰化物(按CN)计	不超过0.5mg/l
7	汞及其化合物 (按Hg计)	不超过 0.001mg/l	16	石油类	不超过10.0mg/l
8	砷及其化合物 (按As计)	不超过 0.05mg/l	17	挥发酚	不超过2.5mg/l
9	六价铬物化 (按Cr ⁶⁺ 计)	不超过 0.1mg/ml	18	三氯乙醛	不超过0.5mg/l
			19	丙烯醛	不超过0.5mg/l

工业污水最高容许排放浓度

表 1—8

编号	有害物质名称	最高容许排放浓度 (mg/l)
1	汞及其无机化合物	0.05 (按Hg计)
2	镉及其无机化合物	0.10 (按Cd计)
3	六价铬化合物	0.50 (按Cr ⁶⁺ 计)
4	砷及其无机化合物	0.50 (按As计)
5	铅及其无机化合物	1.0 (按Pb计)

四、水质分析的任务和作用

水处理早先是集中在结构学和水力学为基础的土木工程技术中。目前,由于人类社会将面临着水资源的危机和水体污染的严重性,化学工程技术将在消除水体污染,水的再利用和水的净化等方面起着更重要的作用。因而在水处理工程中离不开水质分析化学。水质分析化学是研究水质的化学分析方法及其规律的科学。其任务:第一是鉴定各种用水的水质、是否满足用水的要求;第二是根据用水、排水的水质指标和标准,对水质进行分析以指导水处理的研究,工程设计和运行管理;第三是经常对江、河、湖、海及地下水、雨水、生活污水、工业污水等进行水质监测。其作用就是充分掌握水质状况、随时排除污染、科学地指导对水资源的合理使用,确保人们的身体健康和国民经济的发展。

第二节 水质的分析方法

一、水质分析法

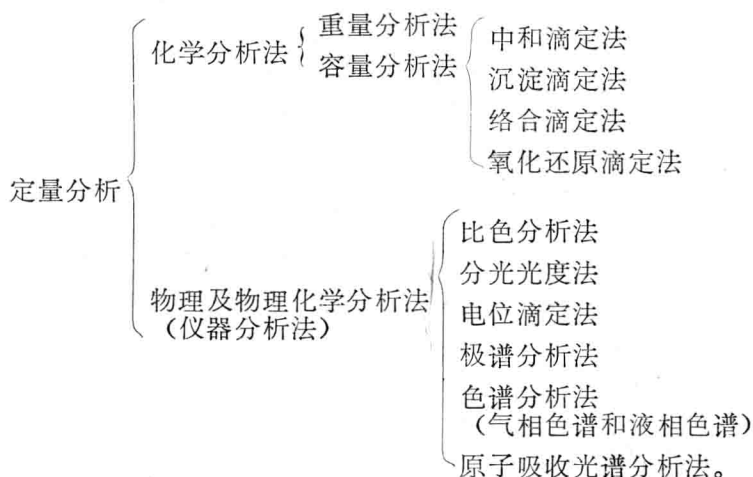
水质分析是采用分析化学的方法，通常可分为定性分析和定量分析。

定性分析：是测定物质由哪些成分组成或鉴定某种物质是否存在，以确定物质的性质。

定量分析：是在定性分析的基础上，进一步测定各种成份的含量。

水质分析是对天然水、生活用水，生产用水、生活污水等进行分析。实际上这些水中含有何种杂质一般都已经知道，而工业污水中所含杂质虽然复杂，但可以从产品，使用原料和生产工艺过程等推测出来，因此水质的定性分析除特殊情况外，较少采用。所以，下面只着重讨论水的定量分析。

水质定量分析所采用的方法如下：



定量分析法可分成两大类：即化学分析法和物理及物理化学分析法、现概括介绍如下：

(一) 化学分析法

化学分析是以物质的化学反应为基础的分析方法。主要有重量分析法和容量分析法。

1. 重量分析法

重量分析法是将待测物质以沉淀的形式析出经过滤、烘干、称重、进而换算得出待测物质的含量。其特点是较准确，但操作繁锁，费时间，在水质分析中若被测物质含量甚微时，加之沉淀分离不易完全，用天平称量不易准确，故这种方法很少使用。仅用于水的某些物理性质的测定。如测定水中悬浮固体，溶解固体和总固体等。

2. 容量分析法

容量分析法也叫滴定分析法，该法是将一种已知准确浓度即标准溶液，滴加到被测物质的溶液中，根据反应完全时所消耗标准溶液的体积数，计算出被测物质的含量。

容量分析方法简便，快速，有足够的准确性，也不需要贵重仪器。在水质分析中是

一种被广泛采用的常量分析方法。

根据化学反应的类型不同，容量分析法又可分为：中和滴定法、沉淀滴定法，络合滴定法和氧化还原滴定法四种，这些方法将在以后的章节中详细讨论。

(二) 物理及物理化学分析法，也称仪器分析法。

仪器分析法是以被测物质的某种物理性质或物理化学性质为基础的分析方法。如利用光学性质，电化学性质进行分析，一般都需要较精密的仪器。仪器分析法主要有：比色分析法，分光光度法，电位滴定法，极谱分析法，气或液相色谱分析法，原子吸收光谱分析法等。其特点是操作简便，快速、准确度较高，当用容量法分析微量或痕量物质有困难时，就必须采用仪器分析法。

目前在水质分析中，应用最广的是比色分析法，分光光度法等。

二、水样的采集和保存

水样的正确采集是进行水质分析的首要环节，所采集的水样要能真正代表所要分析的水的成份，同时还要使水样在保存时不受污染。否则，由于采样的差错或保存不当，将导致全部分析结果失去意义，甚至会对水质作出不符合实际的评价。因此，对采样方法，采样容器及水样的保存，都有严格的要求。

(一) 采样瓶

水质分析用的采样瓶一般是容器为2升的玻璃瓶或聚乙烯塑料瓶，当水样中含有多量油类或其它有机物时，使用玻璃瓶为宜，而测定水中的二氧化硅时，则必须用塑料瓶取样，因玻璃中含有二氧化硅。

水样瓶要求清洗干净，玻璃瓶可用洗液浸泡，再用自来水和蒸馏水洗净，塑料瓶可用10%盐酸浸泡，再用自来水和蒸馏水洗净，采样前应在现场用所取的水样冲洗瓶2—3次。



图1—1 水样采集瓶

对江、河、湖、海及井水进行深水采样时可用水样采集瓶吊取，如图1—1所示。

先将水样瓶固定在金属框架内或在瓶底系块金属。用绳系住采样瓶，把另一根细绳牢牢系在瓶塞下。然后将水样瓶慢慢放入水体中，当到预定深度时，拉开瓶塞，使水流入瓶中，待灌满后放开系瓶塞的绳，使瓶塞重新盖好，迅速提出水面。

(二) 水样采集方法

1. 清洁水的取样

采取自来水或具有抽水设备的井水时，应先放水数分钟，冲去水管中积留的杂质，然后用水样瓶取样。

普通水井：水样采集用吊瓶取样，从河、湖等取水时，一般将水瓶的瓶口置于水面下20—30厘米，距岸边1—2米处。如在浅水区取样，水样采集瓶底距水底应在10—20厘米以上。如水面较宽或较深时，应在不同的位置和不同的深度取样，使水样具有代表性。有时测水质的某些指标时，还应注意特殊的取样要求，如测定溶解氧时，应注意注满水样瓶，且溢出几分钟，瓶中不能留有气泡。