

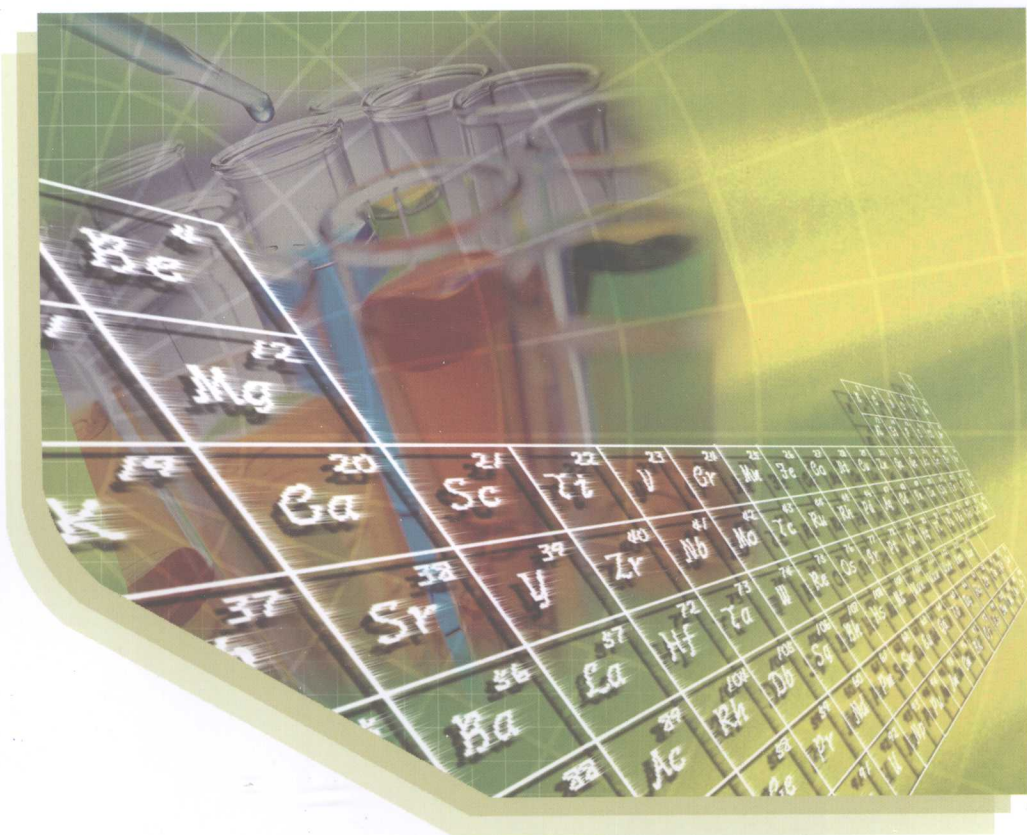


教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过
高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

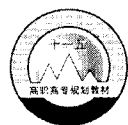
主 编：李晓丽 谭 兵 胡 宪 庞国勋

普通化学

PUTONG HUAXUE



地 质 出 版 社



教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过
高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

普通化学

主编：李晓丽 谭兵 胡宪 庞国勋

主审：赵凤英

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本教材着重讲述了高等化学的基本知识和基础理论。全书共七章,内容包括:化学反应中量的基本关系,化学反应速率和化学平衡,电解质溶液胶体,电化学,原子结构及元素周期律,化学键及物质结构,元素及化合物等。

本教材可作为高职高专院校资源勘查类专业、地质工程与技术类专业的基础课程教学用书,也可以作为其他相关专业及工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/李晓丽等主编. —北京:地质出版社,
2009.8

(高职高专院校资源勘查类专业系列教材)

ISBN 978-7-116-06164-4

I. 普… II. 李… III. 普通化学-高等学校:技术学校-
教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 142465 号

策划编辑:王章俊 魏智如

责任编辑:王春庆 李惠娣

责任校对:杜悦

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324514(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82324340

印 刷:北京地质印刷厂

开 本:787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张:13.75

字 数:330 千字

印 数:1—3000 册

版 次:2009 年 8 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:20.80 元

书 号:ISBN 978-7-116-06164-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

编 委 会

主 任：桂和荣

副主任：王章俊

委 员（以姓氏笔画为序）：

马艳平	马锁柱	刘 瑞	李立志	李 华
李军凯	陈洪冶	罗 刚	肖 松	辛国良
范吉钰	郝志贤	殷 瑛	徐汉南	徐耀鉴
夏敏全	韩运宴	靳宗菊	魏智如	

编写院校

安徽工业经济职业技术学院

长春工程学院

重庆科技学院

东北大学

甘肃工业职业技术学院

湖北国土资源职业学院

湖南工程职业技术学院

河北地质职工大学

江西应用技术职业学院

吉林大学

辽宁地质工程职业学院

南京大学

徐州建筑职业技术学院

云南国土资源职业学院

郑州工业贸易学校（郑州地校）

中国地质大学（北京）

主审院校

安徽理工大学

安徽工业经济职业技术学院

北方机电工业学校

长春工程学院

河南理工大学

湖北国土资源职业学院

湖南工程职业技术学院

淮南职业技术学院

吉林大学

江西理工大学

江西应用技术职业学院

昆明理工大学

昆明冶金高等专科学校

克拉玛依职业技术学院

宿州学院

山东胜利职业学院

石家庄职业技术学院

太原理工大学

徐州建筑职业技术学院

云南国土资源职业学院

郑州工业贸易学校（郑州地校）

中国地质大学（北京）

中国地质大学（武汉）

编写说明

随着我国社会经济的快速发展,对高技能应用型人才的需求不断增大,我国政府逐年加大了对职业教育的投入。在这一背景下,地学职业教育也取得了长足进展。但是,由于历史原因,我国的地学职业教育起步较晚,基础相对薄弱,一直没有一套比较系统的专业教材。组织编写一套能够满足各校教学需要,特色鲜明的地学类高等职业教育教材成为教育管理部门和广大师生的强烈愿望和迫切要求。

经过深入调研和精心准备,教育部高等学校高职高专资源勘查类专业教学指导委员会(以下简称“教指委”)会同地质出版社,于2006年7月初组织全国分属地矿、冶金、有色、石油、核工业等部门的10所高职高专院校的一线教师,在河南郑州召开了教材编写研讨会。会议决定,先期编写23种急需的资源勘查类、地质工程与技术类专业高职高专教材,以满足各校教学之需。首批编写的教材包括《普通地质学》、《矿物学基础》、《岩石学》、《地球化学找矿方法》、《岩土工程勘察》等,并分别于2007年8月、2008年1月出版。

2008年5月,教指委在湖南长沙组织召开了“全国高等学校高职高专资源勘查类专业教学改革与教材建设研讨会”。会议决定,继续组织编写第二批资源勘查类专业高职高专层次的专业教材。第二批列选的教材共20种,包括:《普通化学》、《晶体光学及光性矿物学》、《区域地质调查工作方法》、《矿山地质学》、《基础工程施工技术》等,分别于2009年8月、2010年1月出版。

本套教材的编写紧扣高等职业教育的培养目标,努力彰显下列特点:

1. 坚持理论够用,注重实践的编写原则。高职高专教育既是我国高等教育又是职业教育的组成部分,并以培养高技能应用型人才为目标。因此,教材内容不仅要具备高等教育的知识内涵,同时还要兼具职业能力与技术培养的要求,以满足学生综合素养和职业素质两方面能力的提升。

2. 教材内容紧跟形势,体现出与时俱进的科学发展观。最近10年来,地学基础研究领域的新理论、新发现、新成果层出不穷,地学应用领域的新技术、新标准、新方法日新月异。将这些最新成果融入教材,使学生所学知识与行业需求紧密结合是教材编写的基本要求之一。

3. 体现系列教材的特点,内容避免重复。由于各校教学大纲及课程设置上的差异,对教材编写立项和取材造成了困难。本套教材以各校教学大纲为参考,内容安排和课时设计遵循从众原则,最大限度地避免了不同教材之间的内容重复。

4. 教材篇幅与课时设计紧密挂钩,内容力求简明精炼。本套教材编写以各校的教学大纲为基础,以专业规范为标准,努力控制篇幅,突出重点。

5. 充分考虑职业教育的特点,编写体例有所创新,便于教、学双方使用。为培养学生的实际动手能力和实践认知能力,多数教材附有实习(实验)指导书,或以附录的形式附于书末。此外,每章开篇增加了内容简介、学习目的等导读性内容;结尾总结本章应掌握的重点、难点等总结性内容;最后,针对本章重点列出本章的复习思考题。

本套教材的编写组织严密,管理到位。教材编写从立项伊始就成立了以教指委主任桂和荣教授为主任委员、以地质出版社副社长王章俊编审为副主任委员的教材编写委员会。编委会积极开展工作,充分发挥参编院校、教指委、出版社的不同职能,保证了教材编写、评审、出版过程的有序进行。为保证教材质量,教指委承担了绝大多数教材的审稿任务,并分别于2007年4月、2009年5月两次主持召开教材评审会,对每种教材进行严格的质量评审。

本套教材的编写与出版还得到了中国地质学会教育研究分会的支持和帮助。教材编写过程中,分会领导提出了许多指导性意见和建议,并积极推荐知名专家参与教材的审稿把关工作。

这套教材的出版,从品种上构建了我国资源勘查类专业高等职业教育教材建设的体系和框架,极大地缓解了这一专业层次教材的短缺和不足。精品教材的诞生有一个反复锤炼的过程,本套教材的编写虽经多方努力,问题和不足仍在所难免,恳请各校师生及广大读者提出宝贵意见,以便修订时更改和完善。

教材编写委员会

2009年6月

前 言

2008年5月,教育部高等学校高职高专资源勘查类专业教学指导委员会、地质出版社在湖南长沙召开了“全国高等学校高职高专资源勘查类专业教学改革与教材建设研讨会”。会议决定,由河北地质职工大学等院校共同编写《普通化学》教材,以满足各地质类高职高专院校的教学需要。教材内容按60学时编写,另外有20学时的实验内容,各校可根据本校的实际条件选择使用。

教材编写大纲是在地质出版社的帮助下征求了六所相关院校的意见和建议,在此基础上制定。编者根据高等职业教育的人才培养目标,遵循了以下编写原则。

1. 坚持体现基础课教学必须、够用的原则,过深、过难、过专的内容不编入教材,力争达到为地质类专业课教育服务的目的;
2. 阐述问题力求做到语言精练、控制篇幅,并注意知识的系统性、逻辑性;
3. 注意和中学化学内容的衔接,又有必要的重复,既保持内容的连续性,又可以让学生温故而知新;
4. 注意联系地质实际,始终贯穿以化学理论和方法去解决地质问题的理念,尽量多列举地质实例,使学生学以致用;
5. 教材编写尽可能做到科学性、先进性和应用性统一,以便有利于学生综合素质的提高和科学思想方法与创新能力的培养。

本教材由河北地质职工大学李晓丽担任第一主编,云南国土资源职业学院谭兵、辽宁地质工程职业学院胡宪分别任第二、第三主编。编写分工如下:第一章由河北省人民医院庞国勋编写;第二章、第三章、第四章由李晓丽编写;第五章、第六章由谭兵编写;第七章由胡宪编写(其中第五节、第六节由石家庄市桥东区教育局王春华编写);实验部分由胡宪编写。全书最后由李晓丽统编定稿。

教材编写过程中,编者参考了大量前人的资料和相关的教科书,奉献了自己的心血和智慧;河北地质职工大学王福增老师绘制了书中部分插图,黄国栋、刘大州老师提出了宝贵的意见并给予了指导;编者所在院校的领导和

同事，以及地质出版社的有关同志给予了大力支持，在此，编者一并向他们表示感谢！教材编写还充分利用了互联网提供的便利，有部分图表来自于网络，未能注明出处，在此向版权人表示歉意和感谢！

限于水平和能力，教材中的缺点甚至错误在所难免，敬请使用本书的师生及其他读者多多指正，以便编者修订时完善。

编 者

2009 年 6 月于石家庄

目 次

前 言

第一章 化学反应中量的基本关系	(1)
第一节 溶液的浓度	(1)
一、溶质的质量分数	(1)
二、质量-体积浓度	(2)
三、比例浓度	(2)
四、物质的量浓度	(3)
五、质量摩尔浓度	(4)
第二节 气体分压定律	(4)
一、理想气体状态方程	(4)
二、混合气体分压定律	(5)
第三节 化学反应中的质量关系和能量关系	(7)
一、质量守恒定律	(7)
二、反应热效应焓变	(7)
三、盖斯定律	(10)
复习思考题	(11)
第二章 化学反应速率和化学平衡	(13)
第一节 化学反应速率	(13)
一、相	(13)
二、化学反应速率	(13)
第二节 化学平衡	(21)
一、可逆反应	(21)
二、化学平衡	(22)
三、平衡常数	(23)
四、有关化学平衡常数的计算	(24)
五、化学平衡的移动	(26)
复习思考题	(29)
第三章 电解质溶液胶体	(32)
第一节 强电解质溶液	(32)

第二节 水的解离及溶液的 pH 值	(33)
一、水的解离平衡	(33)
二、溶液的酸碱性和 pH 值	(34)
三、酸碱指示剂	(35)
第三节 弱电解质的解离平衡	(35)
一、一元弱电解质的解离平衡	(36)
二、多元弱电解质的解离平衡	(38)
第四节 水溶液中的单相解离平衡的移动	(39)
一、同离子效应	(39)
二、缓冲溶液	(40)
第五节 难溶电解质的多相离子平衡及其移动	(43)
一、沉淀溶解平衡——溶度积	(43)
二、溶度积规则	(44)
三、沉淀的生成和溶解	(45)
四、分步沉淀和共沉淀	(46)
五、沉淀的转化	(47)
第六节 盐类的水解	(48)
一、弱酸强碱盐的水解	(48)
二、弱碱强酸盐的水解	(50)
三、弱酸弱碱盐的水解	(51)
四、影响盐类水解的因素	(51)
第七节 胶体	(52)
一、分散系与胶体	(52)
二、胶体的性质	(53)
三、溶胶的胶团结构	(53)
四、溶胶的稳定性和聚沉	(54)
五、胶体的保护	(55)
六、胶凝作用和胶溶作用	(55)
复习思考题	(56)
第四章 电化学	(58)
第一节 原电池	(58)
一、原电池的组成	(58)
二、电极及电极反应	(59)
第二节 电极电势	(60)
一、标准电极电势	(60)

二、电极电势的能斯特方程	(61)
三、电动势的能斯特方程	(63)
第三节 氧化还原反应的应用	(64)
一、判断氧化剂、还原剂的强弱	(64)
二、判断氧化还原反应的方向和限度	(64)
第四节 水的 $E_h - \text{pH}$ 图	(65)
复习思考题	(67)
第五章 原子结构及元素周期律	(69)
第一节 原子核外电子运动状态	(69)
一、原子核外电子运动的特殊性	(69)
二、原子核外电子运动状态	(71)
三、原子轨道图形与电子云图形	(73)
第二节 核外电子排布和元素周期律	(74)
一、多电子原子轨道的能级	(74)
二、多电子原子轨道近似能级图	(75)
三、核外电子排布的三个原理	(75)
四、核外电子排布式	(76)
五、核外电子排布和元素周期律	(77)
第三节 元素性质和原子结构关系	(79)
一、原子半径	(79)
二、电离能、电子亲和能和电负性	(81)
三、金属性和非金属性	(83)
四、氧化数	(83)
第四节 自然元素和元素周期律	(84)
一、戈尔德斯密特元素地球化学分类	(84)
二、查瓦里斯基元素地球化学分类	(85)
三、元素在自然界的分布与它在周期表中的位置关系对探矿具有指导意义	(85)
复习思考题	(86)
第六章 化学键及物质结构	(89)
第一节 化学键的基本类型	(89)
一、离子键	(89)
二、共价键	(90)
三、金属键	(92)
第二节 轨道杂化的基本概念	(92)
一、原子轨道的杂化现象	(92)

二、 σ 键和 π 键	(94)
第三节 分子的极性和分子间力	(95)
一、非极性分子和极性分子	(95)
二、分子间力	(97)
三、氢键	(98)
第四节 晶体结构	(98)
一、晶体的一般特征	(98)
二、晶体的基本类型	(99)
三、晶体的链状结构和层状结构	(103)
四、类质同象和同质多象	(104)
第五节 离子的极化	(106)
一、离子的电子层结构	(106)
二、离子半径	(106)
三、离子的极化	(107)
复习思考题	(109)
第七章 元素及化合物	(111)
第一节 氧化物及氢氧化物	(111)
一、氧化物的键型和晶体结构类型	(111)
二、氧化物及氢氧化物的酸碱性	(112)
三、金属氢氧化物沉淀的生成和 pH 值的关系	(116)
四、氢氧化物的脱水作用	(117)
五、重要的氧化物和氢氧化物	(118)
第二节 硫及硫化物	(122)
一、硫	(122)
二、金属硫化物	(123)
三、硫化氢	(126)
第三节 碳酸盐及硅酸盐	(128)
一、二氧化碳和碳酸	(128)
二、碳酸盐	(129)
三、二氧化硅和硅酸	(132)
四、硅酸盐	(134)
五、铝硅酸盐	(135)
第四节 过渡元素及其化合物	(136)
一、金属单质的主要性质	(136)
二、过渡元素的通性	(138)

三、镧系元素·····	(142)
四、钛、钒及其化合物·····	(144)
五、铬、钼、钨·····	(147)
六、锰及其化合物·····	(150)
七、铁、钴、镍·····	(152)
八、铜、锌及其重要化合物·····	(155)
第五节 钍和铀放射性同位素·····	(158)
一、钍、铀及其主要化合物·····	(158)
二、天然放射性·····	(161)
三、同位素及其应用·····	(161)
四、核反应简介·····	(164)
第六节 配位化合物·····	(165)
一、配位化合物的概念·····	(165)
二、配位化合物的结构·····	(166)
三、配位化合物的化学式及命名·····	(168)
四、配位平衡及其移动·····	(169)
五、配位化合物的应用·····	(170)
复习思考题·····	(173)
实验部分·····	(177)
实验一 配制一定物质的量浓度的溶液·····	(177)
实验二 溶胶的制备和性质·····	(179)
实验三 电解质溶液的性质·····	(180)
实验四 沉淀的生成和溶解·····	(183)
实验五 氧化还原反应与电化学应用·····	(186)
实验六 水的净化·····	(190)
实验七 几种无机化合物的制备与性质·····	(193)
实验八 从铁铝矿中分离铁·····	(196)
实验九 配位化合物的组成与性质·····	(197)
附录·····	(203)
参考文献·····	(207)

第一章 化学反应中量的基本关系

内容介绍与学习目的

在实际生产中，经常要应用化学基本概念和基本定律来讨论问题，进行某些化学计算。本章在中学化学知识的基础上对某些化学基本概念和定律重点讨论。着重讨论溶液的浓度、气体的分压定律以及化学反应的热效应等，通过本章学习应学会几种常用的浓度表示方法，学会运用气体的分压定律解决实际问题，初步学会用盖斯定律计算反应热效应。

第一节 溶液的浓度

许多化学反应是在溶液中进行的，溶液在工农业生产、科学实验、岩矿形成、环境保护及日常生活中都有十分重要的作用，应用非常普遍，而掌握溶液浓度的计算，有很重要的实际意义。

广义的溶液按物质的聚集状态可分为：气态溶液，如各种混合气体；固态溶液，如各种合金等；液态溶液，如酸、碱溶液等。

通常情况下，我们所说的溶液是指液态溶液。溶液中被溶解的物质称为溶质，能够溶解其他物质的物质称为溶剂。

表示溶液的浓度有许多方法，经常用到的和地质学关系比较密切的有以下几种，如：溶质的质量分数、质量-体积浓度、比例浓度、物质的量的浓度、质量摩尔浓度等，在实际生产和生活实践中可以根据不同的需要进行选择使用。

一、溶质的质量分数

溶质的质量分数，过去也称为溶质的质量百分比浓度，溶质的质量分数是指用溶质质量占全部溶液质量的百分数来表示溶液组成的物理量。其表达式为

$$\text{溶质的质量分数} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 100\% \quad (1-1)$$

在实际生产中往往需要配制一定浓度的溶液，该如何配制呢？

【例 1-1】配制浓度（浓度指质量分数）为 40% 的氢氧化钠溶液 500 g，需多少克氢氧化钠？

解：设需要氢氧化钠 x g。

根据质量分数浓度定义， $x/500 = 40\%$

$$x = 200 \text{ g}$$

在实际配制一定浓度的溶液时，称取溶质或溶剂的质量非常不方便。尤其溶质是液体

时，往往不称其质量而改用量取其体积的办法，这就需要知道溶质的密度。经过大量的实验，目前已经获得了某些常用溶液，如硫酸、盐酸、硝酸、氢氧化钠等的密度和溶质的质量分数之间的关系。附表 1 中列出了几种常见酸碱的质量分数和密度的关系。

【例 1-2】在 20℃ 时，如何用 98% 的浓硫酸配制成 2 L 25% 的硫酸？

解：设需要 98% 的硫酸溶液 x mL。

查表知：25% 和 98% 的硫酸密度分别为 1.18 g/cm^3 和 1.84 g/cm^3 。

由于配制前后溶质质量不变，因而

$$2000 \times 1.18 \times 25\% = x \times 1.84 \times 98\% \\ x = 327 \text{ mL}$$

因此，配制 2 L 20% 的硫酸只需量取 98% 的浓硫酸 327 mL，然后加水稀释至 2 L 即可。

二、质量-体积浓度

用单位体积 (1 m^3 或 1 L) 溶液中所含的溶质质量来表示的浓度叫质量-体积浓度，常用单位有 g/m^3 或 mg/L 。例如，1 L 含铬废水中含六价铬质量为 2 mg，则六价铬的浓度为 2 mg/L 。

$$\text{质量-体积浓度} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的体积}}$$

在工农业生产、地下水微量元素分析和环境化学中，有些溶液溶质含量很少时，也常用 ppm 来表示溶液的浓度。它是用溶质质量占全部溶液质量的百万分比来表示溶液组成的物理量。ppm 是由英文名称 parts per million 中单词第一个字母组成的，表示百万分之一，其表达式为

$$\text{ppm 浓度} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 10^6 \quad (1-2)$$

常用单位为 ppm。

从上面 ppm 浓度的定义可知，ppm 浓度是质量分数浓度的一种，只不过是数量级很小，为 10^{-6} ，即 $1 \text{ ppm} = 1 \times 10^{-6}$ 。但是当地下水溶质含量极低时，可以认为溶液的密度与水的密度相同，即体积为 1 L 的溶液，其质量近似为 10^6 mg ，所以 1 ppm 与质量-体积浓度的 1 mg/L 在数值上恰好相等，即 $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L}$ 。

例如：某地下水中 Ca^{2+} 浓度为 5 ppm，相当于 10^6 mg 地下水溶液中含 5 mg 的 Ca^{2+} ，因此 Ca^{2+} 的浓度亦可表示为 5 mg/L 。表 1-1 列出了两种浓度方法表示的法国大栅栏矿泉点的矿泉水成分。

三、比例浓度

在实际生产中还有一种常见的浓度，即比例浓度。

以溶质与溶剂的质量或体积之比来表示的浓度称为比例浓度。一般比例浓度中均标明是质量比或是体积比，若不标明，则固体按质量计，液体按体积计。如配制 1:2 的盐酸，是将 1 体积市售浓盐酸与 2 体积的水混合得到的溶液；又如配制 1:5000 的高锰酸钾溶液，是将 1 g 高锰酸钾溶于 5000 mL 水中得到的溶液。王水是由 3 体积浓盐酸和 1 体积浓硝酸配制而成。

表 1-1 法国大栅栏矿泉点的矿泉水成分

项目	浓度	
	ppm	mg · L ⁻¹
K ⁺	95.0	95.0
Na ⁺	1889.0	1889.0
Ca ²⁺	105.0	105.0
Mg ²⁺	10.8	10.8
SO ₄ ²⁻	189.6	189.6
Cl ⁻	347.8	347.8
HCO ₃ ⁻	4718.4	4718.4
Li ⁺	4.6	4.6
Sr ²⁺	0.50	0.50
I ⁻	0.04	0.04
Br ⁻	0.08	0.08
SiO ₂	60.4	60.4
CO ₂	741.0	741.0
Fe ²⁺	0.80	0.80
Mn ²⁺	0.08	0.08
Al ³⁺	0.03	0.03
Ba ²⁺	0.02	0.02
F ⁻	7.79	7.79
H ₂ PO ₄ ⁻	0.48	0.48
H ₂ AsO ₄ ⁻	1.41	1.41
矿化度	4996	4996

(据沈照理等, 1999)

四、物质的量浓度

以单位体积溶液里所含溶质的物质的量来表示溶液组成的物理量，称为溶质的物质的量浓度，常用 $c(B)$ 表示。表达式为

$$\text{物质的量浓度}(c) = \frac{\text{溶质的物质的量}(n)}{\text{溶液的体积}(V)}$$

(1-3)

其常用单位是 mol/L。

使用物质的量浓度时必须注意：

- 1) 体积是指溶液的体积，而不是溶剂的体积；
- 2) 在一定物质的量浓度溶液中取出任意体积的溶液，其浓度不变，但所含溶质的物质的量因体积的不同而不同；
- 3) 溶质可以是单质、化合物，也可以是离子或其他特定组合。

如 $c(Cl_2) = 0.1 \text{ mol/L}$
 $c(NaCl) = 2.0 \text{ mol/L}$