

864213

3517

4073.2

高等学校教材

水文地球化学



李学礼 编著
陈晓秦 主审



原子能出版社

高等学校教材

水文地球化学

李学礼 编著

陈晓秦 主审

王超 王慎全 叶政祥 审

原子能出版社

高等学校教材
水文地球化学

李学礼 编著
陈晓秦 主审
王超 王慎全 叶政祥 审

责任编辑 姜利民
原子能出版社出版
(北京2108信箱)

北京昌平展望印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本 787×1092 1/32·印张 14.25·字数 313千字
1988年11月北京第二版 1988年11月北京第二次印刷
印数 3501—5000

ISBN 7-5022-0055-X

TL·21 (课) 定价, 2.80元

内 容 简 介

本书共四编十章。第一编论述地下水的无机化学成分，有机化学成分和水及水中元素的同位素成分。第二编论述地下水中元素迁移和沉淀的影响因素；地下水化学成分的形成机理。第三编论述地下水化学成分分布的垂直和水平分带规律，提出了地下水水文地球化学分类。第四编介绍水文地球化学的研究方法及应用。

本书可作为水文地质与工程地质专业本科生教材，水文地球化学专业的研究生及从事水文地质、环境保护等专业人员的参考书。

目 录

修订再版前言	(1)
第一版前言	(3)
绪 论	(5)
一、水文地球化学的主要内容及其与其他学科的关系	(5)
二、水文地球化学在国民经济建设中的意义	(7)
三、水文地球化学的发展简史	(9)
第一编 地下水的化学成分	(15)
第一章 地下水的无机化学成分	(16)
一、地下水中的大量组分	(16)
(一) 氯离子	(17)
(二) 硫酸根离子	(18)
(三) 重碳酸根和碳酸根离子	(20)
(四) 硅酸	(22)
(五) 氮的化合物	(24)
(六) 钠离子	(25)
(七) 钾离子	(26)
(八) 钙离子	(26)
(九) 镁离子	(27)
(十) 氢离子	(28)
(十一) 铁和铝	(30)
二、地下水中的微量组分	(31)
(一) 溴	(33)
(二) 碘	(34)

(三) 氟	(35)
(四) 硼	(36)
(五) 铝	(37)
(六) 铜	(38)
(七) 铅	(40)
(八) 锌	(41)
(九) 磷	(43)
(十) 砷	(43)
(十一) 锂	(44)
(十二) 铯	(45)
(十三) 钼	(46)
(十四) 镍	(46)
(十五) 钴	(47)
(十六) 银	(48)
(十七) 铍	(49)
(十八) 汞	(50)
(十九) 铋	(51)
(二十) 铊	(52)
(二十一) 钒	(52)
(二十二) 钨	(53)
(二十三) 铬	(54)
(二十四) 锰	(55)
三、地下水中的放射性组分	(56)
(一) 铀	(56)
(二) 镭	(61)
(三) 氡	(62)
(四) 钍	(64)
四、地下水中的主要气体组分	(64)
(一) 氧	(65)

(二) 氮	(67)
(三) 硫化氢	(68)
(四) 二氧化碳	(69)
(五) 甲烷	(71)
(六) 氢	(71)
第二章 地下水中的有机物质及其地球化学意义	(73)
一、地下水中有有机物质的含量、成分和分布规律	(75)
(一) 地下水中有有机物质的含量及成分	(75)
(二) 地下水中有有机物质的一般分布规律	(76)
二、地下水中有有机物质的来源	(79)
三、地下水中有有机物质的形成过程、形成条件和形成因素	(81)
四、不同类型地下水中有有机物质的含量和成分	(85)
(一) 淡潜水和层间淡水中的有机物质	(85)
(二) 医疗矿泉水中的有机物质	(86)
(三) 热水中的有机物质	(87)
(四) 油气田地下水中的有机物质	(89)
五、地下水中的有机物质在地球化学过程中的作用	(93)
(一) 地下水中有有机物质在油气形成中的作用	(93)
(二) 水溶性有机物质对化学元素在水中迁移和富集的影响	(95)
(三) 有机质和铀的关系	(96)
(四) 水体自净的生物因素——微生物的活动	(99)
第三章 水及水中元素的同位素成分	(103)

一、关于同位素的一些基本概念	(103)
(一) 同位素的定义	(103)
(二) 同位素分馏和同位素效应	(105)
(三) 自然条件下同位素的分离	(108)
二、水的同位素成分	(110)
(一) 水的总同位素特征	(110)
(二) 天然水的氢、氧稳定同位素组成	(113)
三、硫的同位素成分	(123)
(一) 硫的同位素丰度和组成标准	(123)
(二) 硫同位素的分馏	(125)
(三) 地表水的硫同位素组成	(126)
(四) 地下水的硫同位素组成	(128)
四、碳的同位素成分	(129)
(一) 碳的同位素丰度和组成标准	(129)
(二) 碳同位素分馏	(132)
(三) 大气圈中的碳同位素组成	(134)
(四) 地表水和地下水中的碳同位素组成	(134)
五、放射性同位素成分	(137)
(一) 氡的成因及其在天然水中的分布	(137)
(二) 天然 ^{14}C 的产生及其循环	(139)

第二编 地下水中元素迁移及沉淀的影响因素和

地下水化学成分的形成机理

第四章 元素在地下水中的迁移和沉淀	(142)
一、水的结构	(143)
(一) 水分子的内部结构	(143)
(二) 水分子间的联结与排布	(144)
二、水的特异性质	(147)
三、元素在水中的存在形式及水溶液的类型	(149)

(一) 元素在水中的存在形式	(149)
(二) 水溶液的类型	(151)
四、影响元素在水中迁移的内在因素	(155)
(一) 化学键类型与矿物晶格结构	(156)
(二) 原子价	(160)
(三) 离子和原子的半径	(161)
(四) 离子电位(离子势)	(162)
(五) 元素化合物的溶解度	(164)
五、元素在地下水中迁移的一般特征	(165)
(一) 弥散作用	(166)
(二) 标型元素和元素的水迁移环境	(170)
(三) 元素的水迁移强度	(177)
六、元素在水中迁移的某些化学规律	(179)
(一) 复分解反应(离子交换反应)	(179)
(二) 溶度积对元素迁移的影响	(180)
(三) 天然水中离子强度对元素迁移的影响	(182)
(四) 天然水中元素浓度对矿物形成的作用	(184)
(五) 酸碱反应和pH的作用	(185)
(六) 氧化还原反应	(187)
七、地球化学垒——元素从地下水中沉淀的特殊 环境	(197)
(一) 机械垒	(198)
(二) 物理-化学垒	(198)
(三) 生物垒	(206)
第五章 地下水化学成分的形成及其影响因素	(207)
一、地下水化学成分形成过程中的几个主要作用	(208)
(一) 溶滤作用	(208)

(二) 阳离子交替吸附作用	(211)
(三) 氧化作用	(215)
(四) 还原作用	(215)
(五) 水的混合作用	(217)
(六) 脱碳酸作用	(222)
(七) 浓缩作用	(223)
二、影响地下水化学成分形成的基本因素	(223)
(一) 自然地理因素	(224)
(二) 地质因素和水文地质因素	(232)
(三) 物理化学因素	(243)
(四) 物理因素	(248)
(五) 生物因素	(254)
(六) 人为因素	(256)
三、潜水化学成分的形成	(261)
(一) 在潮湿气候区	(261)
(二) 在温暖潮湿的气候区	(262)
(三) 在干旱气候区	(262)
四、承压水盆地地下水化学成分的形成过程	(263)
(一) 概述	(263)
(二) 海成封存水化学成分的形成	(264)
(三) 承压水盆地地下水化学成分的形成过程	(267)
第三编 地下水化学成分分布的区域性规律	(272)
第六章 地下水的水文地球化学分带	(272)
一、潜水的纬度分带	(273)
二、承压水盆地的水文地质动力分带和深层地下 水的地质动力学	(276)
(一) 水文地质动力分带	(276)
(二) 深层地下水的地质动力学	(277)

三、承压水盆地的水文地球化学分带	(282)
(一) 按矿化度分带	(283)
(二) 各种承压水盆地中,地下水化学成分的水平 and 垂直分带类型及其决定因素	(287)
四、承压水盆地地下水的气体 (气体地球化学) 分带	(310)
五、山区基岩裂隙水的高程分带性	(312)
六、地下水分带中的异常	(315)
(一) 潜水的纬度分带异常	(315)
(二) 承压水垂直分带异常	(316)
第七章 地下热水的水化学特征	(321)
一、我国地下热水分布概况	(321)
(一) 火山和近期岩浆活动型地下热水	(322)
(二) 隆起带断裂构造型地下热水	(324)
(三) 沉降带盆地型地下热水	(326)
二、地下热水的水化学特征	(327)
(一) 火山和近期岩浆活动型地下热水	(327)
(二) 隆起带断裂构造型地下热水	(330)
(三) 沉降带盆地型地下热水	(334)
第八章 地下水水文地球化学分类	(337)
一、地下水的化学成分分类概述	(337)
二、地下水水文地球化学分类的基本原则	(339)
(一) 地下水水文地球化学分组(按水中气体分组)	(340)
(二) 地下水水文地球化学分类	(344)
(三) 地下水水文地球化学分类的表示方法	(346)
三、地下水化学成分的一些水文地球化学规律	(347)
(一) 地下水化学成分、矿化度与水文地球化学环境的关系	

.....	(347)
(二) 地下水中的二氧化硅及硅酸水的形成	(356)
(三) 几种在自然界不能形成的水化学类型	(364)
(四) 水的pH值	(365)
四、地下水水文地球化学分类的意义	(366)
第四编 水文地球化学的研究方法及应用	(368)
第九章 水文地球化学的研究方法	(369)
一、地质学方法	(369)
(一) 野外调查方法	(369)
(二) 室内资料综合分析整理与水文地质图件的编制	(371)
二、同位素方法	(374)
(一) 利用氢、氧稳定同位素 ($D, ^{18}O$) 确定含水层的补 给区或补给区高度	(375)
(二) 利用硫同位素研究火山地区热水中硫酸根离子的 成因问题	(378)
(三) 利用 ^{13}C 解决水文地质的某些问题	(379)
(四) 放射性同位素方法	(381)
三、热力学方法	(385)
(一) 热力学法的一般原理	(385)
(二) 判定体系中化学反应的进行方向和进行程度 ...	(387)
(三) 计算和判定地下水中各种化学组分的存在形式	(388)
(四) 确定水中化学组分的酸碱强度和氧化还原强度	(390)
四、古水文地质方法	(392)
(一) 构造古水文地质分析	(393)
(二) 古地下水动力条件分析	(394)
(三) 古水文地球化学分析	(394)

(四) 确定古地下热水的温度	(397)
五、其它方法	(398)
(一) 压出液分析法	(398)
(二) 岩石矿物气-液包裹体分析鉴定法	(399)
(三) 模拟实验法	(400)
第十章 水文地球化学的应用	(402)
一、水文地球化学在找矿中的应用	(402)
(一) 水文地球化学找矿标志	(403)
(二) 水文地球化学间接找矿标志的应用	(405)
二、水文地球化学在成矿作用研究中的应用	(411)
(一) 概述	(411)
(二) 地下水与成矿物质的迁移	(412)
三、水文地球化学资料在地热勘探中的应用	(418)
(一) 一般原理	(418)
(二) 地球化学地热温标估算地下温度所需要的基本 假设	(419)
(三) 地球化学地热温标	(420)
四、矿水	(424)
(一) 饮料矿泉水	(424)
(二) 医疗矿水的化学成分特征及分类	(427)
(三) 矿水的分布	(429)
五、环境保护	(430)
(一) 地下水质与地方病	(430)
(二) 地下水污染	(432)
六、灌溉用水的水质评价	(434)
(一) 水温	(434)
(二) 总矿化度与溶解盐类的成分	(434)
(三) 灌溉系数	(436)
主要参考文献	(443)

修订再版前言

《水文地球化学》是我国第一本公开出版的高等学校试用教材,自1982年出版以来,教学、科研和生产单位的同志对该书的反映较好。他们认为该书结构清楚、内容较丰富、选材较新,对普及、推广和提高水文地球化学知识起了积极作用。

该书自1980年8月定稿至今已有六年,在此期间,水文地球化学的理论和应用在国内外又有了较大的发展。我国曾于1982年11月召开首届全国水文地球化学学术讨论会,在会上报告了大量关于水文地球化学方面的论文,并于1985年选编出版了《水文地球化学理论与方法的研究》一书;国内各地质院校也先后开设水文地球化学课,并编写了讲义和教材。同时,苏联、欧美等国也出版了多种有关教材和著作。因此,从教学及学科发展情况来看,该书有必要修订再版。

该书在修订中结构调整较大,除绪论外,全书分为四编十章。第一编地下水的化学成分,包括第一、二、三章,论述了地下水的无机化学成分、有机化学成分和水及水中元素的同位素成分。该编着重研究水中的物质成分,是水文地球化学的研究基础。第二编地下水中元素迁移和沉淀的影响因素和地下水化学成分的形成机理,包括第四、五章,是水文地球化学的基本理论部分。第三编地下水化学成分分布的区域性规律,包括第六、七、八章,主要从宏观上,从“历史水文地球化学”和水文地质动力学的观点,研究地下水化学成分在水平和垂直两个方向上分布的区域规律,并在此基础上,根据水化学成分与其形成环境的内在联系,提出了不同于一般地下水化学成分分类的地下水水文地球化学分类。第

四编水文地球化学的研究方法及应用，包括第九、十章，介绍了水文地球化学的基本研究方法，即地质学方法、同位素方法、热力学方法、古水文地质方法和其它方法，介绍了水文地球化学在找矿、成矿研究、地热勘探、矿水和灌溉用水的水质评价等方面的应用。该编着重论述了水文地球化学的适用性及改造其研究方法的重要性。

该书在修订中除增加了水文地球化学的研究方法一章外，还增加了地球化学垒、弥散作用、硅酸水的形成、水体自净的生物因素——微生物的活动、水文地球化学应用在地热勘探、环境保护及矿水、灌溉用水的水质评价等方面的新内容。同时还根据新的资料改写了我国地下热水分布概况、地下水水文地球化学分类和水及水中元素的同位素成分、地下水中的有机物质及其地球化学意义等章节。即除第五、六章（原版第六、七章）外，对该书的大部分内容都进行了修改或增补，力求全面、正确地反映八十年代初国内外水文地球化学的发展水平。此外该书还包括了作者在水文地球化学方面的部分研究成果。

本书修订本由陈晓秦主审，由王超、王慎全、叶政祥审。在编写热力学在水文地球化学中的应用一节时，曾得到西安地质学院李雨新同志的帮助，并引用了他的部分资料；在编写过程中，华东地质学院水文地质系、教务处教材科的同志，都曾给予大力帮助，在此谨向他们和对本书编写给予帮助的有关同志一并表示感谢。

由于作者水平所限，加之时间匆促，书中错误、缺点在所难免，敬请读者批评指正。

作者

1986年6月

第一版前言

水文地球化学是建立在水文地质学、地球化学及水化学基础上的一门新兴学科，它研究地下水化学成分的形成及分布规律，是水文地球化学找矿方法及某些矿床成矿理论研究的基础。

本书主要内容有以下三部分：

第一部分包括第二、三、四章，讲述地下水中的物质成分，按大量组分、微量组分、放射性元素、气体组分、水及水中元素的同位素、有机物质及其地球化学意义分别加以介绍。

第二部分包括第五至九章，阐述水文地球化学的理论：元素在地下水中的迁移规律；地下水化学成分的形成及影响其形成的因素；地下水的水平及垂直分带规律；我国热水的分布规律及水化学特征；地下水的水文地球化学分类。最后一个问题是本书作者在研究前四个问题的基础上，根据现有大量资料提出的。

第三部分即第十章，叙述水文地球化学在找矿和成矿作用研究中的应用。

本书除较系统地介绍了七十年代以来水文地球化学方面

的理论外,还结合我国的实际情况提出了自己的一些新论点。书中部分内容是从外文资料翻译过来的。

本书由北京铀矿地质研究所王慎全、叶政祥工程师审校;由王超工程师校阅;抚州地质学院潘乃礼工程师校了书中第四、六、七章的译文部分;在本书编写过程中,抚州地质学院水文地质教研室、科研处及绘图室的有关同志,都曾给予大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于时间匆促,加之水平有限,书中错误、缺点在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

1980年8月