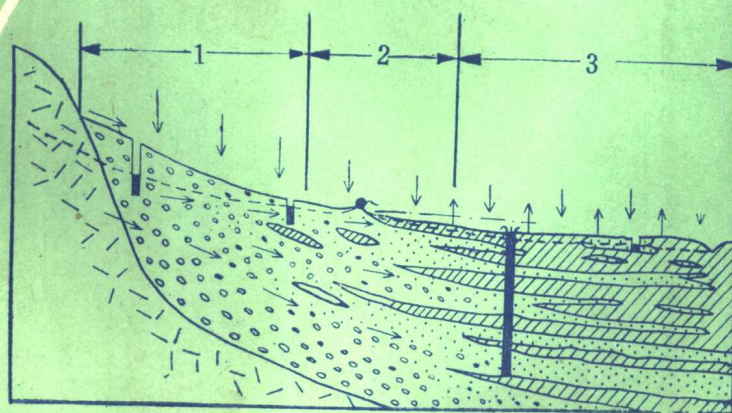


中等专业学校教材

普通水文地质学

王德明 主编



地质出版社

中等专业学校教材

普通水文地质学

王德明 主编

地质出版社

内 容 提 要

本书除绪论外共分十二章。它着重论述了水文地质学的基础理论和基本知识。第一到第四章,比较详细地阐述了地下水的形成条件、运动规律和地下水的物理性质和化学成分;第五到第十一章,在阐明地下水形成的基础上,重点阐述了各种类型地下水的特征、形成、埋藏条件和分布规律。第十二章在论述了地下水形成和赋存条件之后,阐明了泉对研究地下水的意义。

本书为中等地质学校水文地质专业的教材,亦可供有关专业师生和野外水文工程地质人员及水利工程技术人员参考。

※ ※ ※

本书经地质矿产部中等地质学校水文地质类教材编审委员会1984年12月审查通过,同意作为中等专业学校教材出版。

※ ※ ※

中等专业学校教材 普通水文地质学

王德明 主编

※

责任编辑:王翠兰 王肇芬

地质出版社出版

(北京西四)

河北蔚县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

※

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张: $8^{3/4}$ · 字数: 197,000

1986年10月北京第一版·1986年10月北京第一次印刷

印数: 1—7,270册 定价: 1.25元

统一书号: 13038·教 255

前 言

《普通水文地质学》是根据地质矿产部中等地质学校水文地质类教材编审委员会制定的“普通水文地质学教学大纲”编写的。初稿完成后，曾于1984年12月在南京召开了审稿会。审稿会除编委会成员参加外，还邀请了南京、赣州、长春、昆明、郑州等地质学校及长春冶金地质学校的有关教师代表，对初稿进行了审查。编者根据会议提出的意见进行了修改。

本书着重于水文地质学基础理论和基本知识的论述，从介绍自然界的水循环入手，在阐明地下水形成的基础上，重点阐述了地下水运动的基本规律、地下水的物理性质和化学成分，以及各种类型地下水的特征、形成、埋藏条件和分布规律等。在编写过程中，我们对一些章节的内容和体系，作了一定的改革，在总结多年教学经验的基础上，加强了理论与实际的联系；并注意了水文地质学发展中新知识的介绍。

本书是中等地质学校水文地质专业的普通水文地质学教材，亦可作为地质类其他专业和野外队水文工程地质人员及水利工程技术人員参考，还可作为地质部门职工、干部学习水文地质学的基础材料。

本书由郑州地质学校王德明主编。绪论、第一、第二章由王德明编写；第五、六、七、十二章由于桂芳和王德明编写；第四、八章由南京地质学校薛顺金编写；第三、九、十一章由长春地质学校田承荫编写；第十章由田承荫和王翠兰编写。在编写过程中，承蒙王翠兰等老师提出了许多宝贵意见和建议以及兄弟学校的大力支持；李秀琴等人为本书清绘了插图，在此，一并表示深切的谢意。

由于我们的水平所限，书中难免存在一些缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

1985年11月

目 录

绪论

- 一、水文地质学的研究对象与任务 (1)
- 二、地下水在国民经济中的作用 (1)
- 三、水文地质学的发展概况 (3)

第一章 自然界的水循环及影响地下水的因素 (6)

第一节 自然界水的分布及水循环 (6)

- 一、自然界中水的分布 (6)
- 二、自然界中水的循环 (6)

第二节 自然界中水的均衡 (7)

第三节 影响地下水的因素 (8)

一、影响地下水的气象(气候)因素 (8)

- (一) 气温 (9)
- (二) 湿度 (9)
- (三) 降水 (10)
- (四) 蒸发 (11)

二、影响地下水的水文因素 (12)

- (一) 河流、水系和流域的概念 (12)
- (二) 径流及其表示方法 (13)

三、影响地下水的地质因素 (15)

- (一) 地层岩性 (15)
- (二) 地质构造 (15)
- (三) 地貌条件 (16)

四、影响地下水的人为因素 (16)

第二章 地下水的赋存条件 (19)

第一节 岩石的空隙性 (19)

- 一、孔隙 (19)
- 二、裂隙 (21)
- 三、溶隙 (21)

第二节 水在岩石中存在的形式 (22)

第三节 岩石的水理性质 (25)

第四节 含水层与隔水层 (26)

- 一、含水层与隔水层的概念 (26)
- 二、含水层的划分 (28)
- 三、蓄水构造的概念 (29)

第三章 地下水的运动 (30)

第一节 渗流的基本概念 (30)

第二节 地下水运动的基本规律 (31)

- 一、线性渗透定律——达西定律 (31)

二、非线性渗透定律	(33)
第三节 结合水和毛细水的运动	(33)
一、结合水的运动	(33)
二、毛细水的运动	(34)
第四章 地下水的物理性质与化学成分	(37)
第一节 地下水的物理性质	(37)
一、温度	(37)
二、颜色	(38)
三、透明度	(38)
四、嗅 (气味)	(39)
五、味 (口味)	(39)
六、比重	(40)
七、导电性	(40)
八、放射性	(40)
第二节 地下水中的主要物质成分和化学性质	(41)
一、地下水中的主要气体成分	(41)
二、地下水中的主要离子成分	(42)
三、地下水中的主要微量元素	(45)
四、地下水中的其他成分	(46)
(一) 地下水中的胶体成分	(46)
(二) 地下水中的有机质	(46)
(三) 地下水中的细菌成分	(46)
五、地下水的主要化学性质	(47)
(一) 酸碱度 (pH)	(47)
(二) 硬度	(47)
(三) 总矿化度 (M)	(48)
第三节 地下水化学成分的形成作用及其影响因素	(49)
一、地下水化学成分的形成作用	(49)
(一) 溶滤作用	(49)
(二) 浓缩作用	(50)
(三) 混合作用	(50)
(四) 阳离子交替吸附作用	(50)
(五) 脱硫酸作用	(50)
(六) 脱碳酸作用	(51)
二、影响地下水化学成分形成的因素	(51)
(一) 地质因素	(51)
(二) 自然地理因素	(51)
(三) 人为因素	(52)
第四节 地下水化学成分的基本成因类型	(52)
一、溶滤水	(52)
二、沉积水	(53)
三、内生水	(53)

第五节 地下水化学成分的表示方法及其分类	(54)
一、地下水化学成分的表示方法	(54)
(一) 离子表示方法	(54)
(二) 库尔洛夫式表示法	(55)
(三) 图形表示法	(55)
二、地下水化学分类	(57)
(一) 舒卡列夫分类	(57)
(二) 布罗德斯基分类	(58)
第五章 地下水类型及包气带地下水	(60)
第一节 地下水类型的划分	(60)
一、地下水分类概述	(60)
二、地下水类型的划分	(60)
第二节 包气带地下水	(61)
一、土壤水	(61)
二、上层滞水	(61)
第六章 潜水	(63)
第一节 潜水的概念和特征	(63)
第二节 潜水面形状及其表示方法	(63)
一、潜水面形状	(63)
二、潜水面表示方法	(65)
第三节 潜水的补给、排泄和径流条件	(67)
一、潜水的补给条件	(67)
(一) 降水补给	(67)
(二) 地表水的补给	(68)
(三) 凝结水的补给	(69)
(四) 承压水的补给	(69)
(五) 人工补给	(70)
二、潜水的排泄条件	(71)
三、潜水的径流条件	(73)
第四节 潜水的动态	(74)
一、地下水动态的概念	(74)
二、影响潜水动态的因素	(74)
(一) 自然因素	(74)
(二) 人为因素	(76)
第七章 承压水	(77)
第一节 承压水的特征及埋藏条件	(77)
一、承压水的概念及特征	(77)
二、承压水的埋藏条件	(78)
第二节 承压水的补给、排泄和径流	(81)
一、承压水的补给	(81)
二、承压水的排泄	(81)
三、承压水的径流	(82)

第三节 承压水等水压线图	(82)
第八章 孔隙水	(85)
第一节 洪积物中的地下水	(85)
一、深埋带	(86)
二、溢出带	(86)
三、下沉带	(86)
第二节 冲积物中的地下水	(88)
一、河流上游山区河谷冲积层地下水	(88)
二、河流中游丘陵、半山区河谷冲积层地下水	(89)
三、河流下游平原冲积层地下水	(89)
第三节 湖积物中的地下水	(90)
第四节 黄土中的地下水	(91)
一、黄土塬区地下水	(92)
二、黄土梁峁区地下水	(93)
第五节 冰川堆积物中的地下水	(94)
第六节 沙漠地区的地下水	(95)
第七节 滨海三角洲及海岛沉积物中的地下水	(96)
一、滨海三角洲沉积物中的地下水	(96)
二、海岛沉积物中的地下水	(98)
第九章 裂隙水	(100)
第一节 风化裂隙水	(100)
第二节 成岩裂隙水	(101)
第三节 构造裂隙水	(102)
一、层状裂隙水	(102)
二、脉状裂隙水	(102)
(一) 断裂带裂隙水	(102)
(二) 侵入接触带裂隙水	(103)
第四节 裂隙水富集的一般规律	(104)
一、不同岩性与富水性的关系	(104)
二、不同力学性质结构面与富水性的关系	(105)
三、不同构造部位与富水性的关系	(105)
四、不同地貌部位与富水性关系	(107)
第十章 岩溶水	(108)
第一节 岩溶发育的基本条件及其影响因素	(108)
一、岩溶发育的基本条件	(108)
二、影响岩溶发育的因素	(111)
第二节 岩溶水的特征	(111)
一、岩溶水的埋藏特征	(111)
二、岩溶水的分布特征	(112)
(一) 岩溶水的分带性	(112)
(二) 岩溶水分布的不均匀性	(113)

三、岩溶水的补给、排泄和径流特征.....	(114)
(一) 岩溶水的补给.....	(114)
(二) 岩溶水的排泄.....	(114)
(二) 岩溶水的径流.....	(115)
四、岩溶水动态特征.....	(116)
第三节 岩溶水富集的一般规律	(117)
一、质纯、厚层可溶岩富集岩溶水.....	(117)
二、褶皱形式不同, 岩溶水富集规律也不同.....	(118)
(一) 开阔平缓的褶曲轴部富集岩溶水.....	(118)
(二) 紧密的高角度褶皱形成平行的富水带.....	(119)
三、断裂破碎带富集岩溶水.....	(119)
四、可溶岩与非可溶岩, 强可溶岩与弱可溶岩接触部位富集岩溶水.....	(119)
五、硫化矿床氧化带附近, 富集岩溶水.....	(120)
第十一章 多年冻土区的地下水	(121)
第一节 冻土的概述	(121)
第二节 多年冻土区地下水的类型及特征	(121)
一、冻结层上水.....	(122)
二、冻结层间水.....	(122)
三、冻结层下水.....	(123)
第三节 多年冻土区找水方向与标志	(123)
第十二章 泉	(125)
第一节 泉的类型和形成条件	(125)
一、根据泉补给来源的分类.....	(125)
二、根据泉形成条件(出露成因)的分类.....	(125)
第二节 泉的动态	(126)
第三节 几种特殊类型的泉	(127)
第四节 泉对研究地下水的意义	(129)
主要参考文献	

绪 论

一、水文地质学的研究对象与任务

水文地质学是研究地下水的科学。地下水是埋藏在地表以下土层或岩石空隙中的水。我们常见的井水和泉水都是地下水。

水文地质学的任务是研究地下水的形成、运动、水质、水量、埋藏和分布的规律；同时还研究如何合理地开发利用地下水，以及如何有效地防治地下水危害的各种实际问题。

水文地质学是一门综合性的自然科学。随着生产实践的发展和科学技术的不断进步，目前，水文地质学已发展成为许多独立的学科，如：研究地下水的形成、埋藏、分布规律及其物理性质和化学成分的学科——普通水文地质学（或叫水文地质学基础）；研究地下水运动理论的学科——地下水动力学；研究地下水资源的勘察、评价及开发利用的学科——地下水普查与勘探（或叫专门水文地质学）；研究地下水化学成分的形成、分布和水化学分带规律的学科——水文地球化学；研究矿床充水条件、评价矿床开采时的涌水量和采矿时防治地下水措施的学科——矿床水文地质学；研究区域地下水形成规律的学科——区域水文地质学；还有研究古代的水文地质条件和地壳承压水体体系发展史的古水文地质学等等。

除了上述学科外，由于人类经济活动的发展，人们对客观世界认识的不断深化，水文地质学还不断产生一些新的分科，如油田水文地质学、土壤改良水文地质学、核子水文地质学、矿水学、环境水文地质学等等。

二、地下水在国民经济中的作用

水是人们生活和生产不可缺少的宝贵资源，地下水是水资源的重要组成部分，一般由于其水质好，分布广，水量较稳定可靠，往往是更为可贵的供水水源。而在干旱、半干旱地区，则是主要的，有时甚至是唯一的可用水源。随着我国社会主义建设事业的发展，国民经济各部门要求解决地下水的问题日益迫切，它在国民经济中更具有多方面的作用。

（一）地下水是重要的水利资源

地下水是城市和工矿企业，农田灌溉，畜牧业，国防工程，铁路港湾等的供水水源。我国许多重要城市，如北京、上海、天津、西安、太原、济南、包头、呼和浩特、成都、武汉等都以地下水作为生活和工矿企业的主要供水水源。一座几十万到几百万人口的城市，每秒钟就需要供水数立方米到数十立方米；一座年产100万吨的钢铁厂，每小时需水量达一万立方米；火力发电厂10万机组冷却用水，每小时需水量达15400m³；生产一吨化肥需水约2.5m³；制造一吨纸浆需水约400m³；饮用水要求质量较高的淡水，炼钢需要低温水，纺织工业需要软水，而且水中不含铁、锰等杂质。随着城市和工矿企业建设和

扩建，地下水的用量将会日益增加，研究如何大规模地寻找和合理开发、利用、管理地下水的任务将更为迫切。

幅员广大的华北及西北地区是我国重要的农牧业基地。可是，这里大部分地区气候干旱，雨量稀少，地表水资源贫乏，严重阻碍着农牧业发展。但是，这些地区的山前地带及广阔的盆地中，有着巨厚的第四纪松散沉积物，在这些沉积物中贮藏着丰富的地下水资源。在内蒙古与新疆浩瀚的荒漠草原中，也同样蕴藏着丰富的地下水，对改造沙漠、发展农牧业提供了广阔的前景。在这些地区，地下水的贫富和开发现状，对农牧业发展前途和规模具有决定性意义。

我国南方虽然地表径流丰富，但分布极不均匀。如广西西部山区的石灰岩分布区，“修塘不装水，筑坝不挡洪”。大量的地表水漏至地下，缺水现象也很严重。为了解决灌溉用水，广西水文地质工作者与群众相结合，在某地查明了地下暗河84条，其最枯总流量可达每秒二十多立方米，可规划灌溉农田二十多万亩，为地区制订农业规划提供了可靠的依据。

目前，在农田供水方面仍存在着急需解决的问题，灌溉用水仍不充足，井点布局有待合理安排。要保证农田的日益增产，还需要水文地质工作者作出极大的努力。

（二）地下水是重要的矿产资源

有的地下水中富集了某些元素，如溴、碘、铯、钡等，形成了具有工业价值的矿水，可以从中提取工业原料。如我国四川自贡地区，开采深部地下卤水，从周秦以来，已经用卤水作为制取食盐的原料，历经数千年，至今仍大量采用。

有些地下水往往含有某种特殊的成分或具有较高的温度，对某些疾病有医疗作用，这种水称医疗矿水。矿水的天然露头常为温泉。我国的温泉很多，遍布全国各省，目前已发现有数千处。如陕西临潼华清池、北京小汤山温泉、辽宁汤岗子温泉、广东从化温泉、重庆南温泉和北温泉等，都已成为劳动人民的疗养胜地。

有些地下水含有较高含量的硝态氮，这种水称“肥水”。肥水灌溉农田，水肥兼得，具有良好的增产效益。

（三）地下水是有效的找矿标志

地下水流经某些矿床分布地带，在水中就会含有该矿床的某些化学组分，形成“水分散晕”出露地表，成为找矿的标志。利用这种标志找矿，称为水文地球化学找矿。它对于寻找石油、金属硫化矿床、放射性矿床、盐矿床等是十分有效的。

（四）地下热水是宝贵的热能资源

地球是个庞大的热库，蕴藏着丰富的地热能。目前世界上开发利用地热能，主要是利用地下热水（汽）的热能。地下热水（汽）可以用于发电、取暖、农业生产和某些国民经济部门，它对于节约燃料、改变城市公害有着重要意义。我国广大地区有极为丰富的地下热水资源，目前在全国二十几个省市自治区开展的地下热水普查，发现热水点一千六百多处，有些地区已开发利用，还有许多地区尚待进一步开发。

（五）利用地下水可以预报地震

地震前，地应力的变化可以引起地下水位骤变，泥沙翻滚，水色变浑，水温增高，并有大量气体逸出等，根据这些现象可以预报地震。

从上述不难看出，地下水是一种宝贵的自然资源，对人类生活和从事生产具有重要意义。

义。但是,另一方面,在某些情况下,地下水又是发展工农业生产和建设的有害因素。

(六) 地下水是矿床开采的严重威胁

开采矿床时,地下水常涌入坑道,轻则影响采掘工作进行,增加成本;重则发生矿山坑道的淹没和破坏,造成生命财产的损失。因此,矿区水文地质工作应是矿产资源勘探工作中的重要组成部分,只有加强水文地质工作,掌握矿区地下水赋存规律,才能更好地确保矿山安全生产。

(七) 地下水可造成土壤盐渍化破坏土壤肥力

在气候干旱和半干旱地区,当地下水埋藏较浅时,由于地下水强烈蒸发,含水层中的盐分将在土壤表层聚积,造成土壤盐渍化。另外,由于灌溉不合理,过量灌溉水的入渗,地下水位抬高也会导致土壤的次生盐渍化。土壤盐渍化,破坏了土壤肥力,危害作物的生长。我国盐碱地分布很广,华北平原、淮北平原、松辽平原、西北内陆盆地及滨海平原地区均有,总面积达四亿亩。改造盐碱地,提高作物产量是水文地质工作者一项重要任务。

(八) 地下水活动使某些工程效益受到损失

在修建水库、运河、渠道等工程建设中,由于对地下水的规律没有查明,结果使建筑物受到破坏或大量的水漏失,使蓄洪、发电、引水灌溉等效益受到很大影响。地下水的活动,还会引起水库沿岸回水,铁路公路边坡的滑动和冻胀。在地下工程施工中,有时可能造成基坑大量涌水,增加施工困难。

(九) 过量取用地下水引起地面沉降

由于过量开采地下水,使地下水位大幅度下降,降低了土体中的空隙水压力,造成软土层压缩,从而引起地面沉降。

(十) 地下水中有毒元素对人(畜)健康有害

地下水在运动过程中富集了某些有害元素,或使某些元素含量过高过低,常会引起人、畜致病。如吉林、黑龙江、陕西、内蒙、四川等省的克山病、大骨节病等地方病,主要是与饮用该区地下水有关。如水中含氟过多会引起牙齿斑釉病,缺氟患牙蛀病,水中缺碘引起甲状腺肿病,克汀病。另外,由于人类生活和生产活动使某些有害成分入渗地下,导致地下水污染。饮用污染的地下水也会使人、畜致病,危害健康。

综上所述,地下水有可资利用为人类造福的一面,但同时也有对人类危害的一面。因此,充分利用地下水利,防治地下水害,变害为利是水文地质工作者的重要任务。

三、水文地质学的发展概况

水文地质学是一门年青的自然科学,它是人们在不断地利用地下水资源,以及同地下水危害作斗争的过程中逐步发展起来的。它是在本世纪二十年代,随着生产的发展才成为一门独立的科学。

我国是世界上最早利用地下水的国家之一,早在五千多年前就知道凿井取水。大约在三千多年以前,我国农业已有相当发展,有关利用地下水的记载已很多,尧代的土壤歌中说:“日出而作,日入而息,掘井而饮,耕田而食”。说明当时已有了掘井利用地下水的知识。2500年前,我们祖先就已经知道用土壤及植物的各种标志来寻找地下水,并推断地

下水的埋藏深度及水质好坏。公元前二百多年的秦朝时代在四川自贡用竹制工具凿井深达百余米取卤水煮盐。这是世界上最早的自流井，比法国的自流井利用要早1500年。当时就已按地下水的不同水质分别加以利用，将淡水作为饮用和灌溉，咸水用作煮盐，温泉水用来沐浴。在寻找地下水的方法上，有坑试、盘试、火试等方法。古代大运河、大型灌溉渠道——秦渠、汉渠、唐渠等，以及大型水利工程——都江堰的修建，都要解决有关的地下水问题。大量事实充分说明，我国劳动人民在生产实践中积累了丰富的地下水知识。但是，由于长期的封建统治和帝国主义压迫，生产力受到极大阻碍，因此，开发利用地下水的有关实际经验没有得到科学的总结。

在国外，水文地质科学首先是在欧洲发展起来的，十七世纪，欧洲资本主义兴起，新的生产关系有力地促进了生产力的向前发展，十八世纪六十年代的工业革命，更促进了科学技术的发展，至此，人们通过广泛的实验及观测，有关地下水的形成等理论，与所有自然科学一样逐步建立起来。直到二十世纪初，由于近代自然科学的发展，使水文地质学发展成了一门综合性科学。

我国水文地质工作，是在解放后随着国民经济的发展而逐步成长和壮大起来的，新中国成立以后，随着国民经济的恢复和第一个五年计划的提出，对水文地质工作提出了迫切的要求。如新建和扩建城市的供水，矿山的排水，以及一些水利工程建设中的许多水文地质问题等等。为此，我国在建国后的五、六年内，在党的正确领导下，迅速地建立了水文地质科学，培养出了新中国第一代专门水文地质工作者。随着祖国建设事业的发展，这支队伍不断发展壮大。广大水文地质工作者结合我国各项建设事业开展了地下水的科学研究，如地下水的形成条件，水量评价及水质研究，地下水动态长期观测工作等等。到六十年代初，我国水文地质工作者在地下水形成，地下水运动，地下水化学以及地下热水等方面的研究都有许多创见。在为城市、工矿企业、农业、铁路等供水，矿山及工程建筑等地区的排水、许多水利电力建设，水化学找矿等工农业建设方面，提供了水文地质资料，保证了国民经济各部门的发展。七十年代初，特别加强了山区水文地质工作，开展了对裂隙水及岩溶水的调查研究，广泛地将地质力学的理论应用到找水工作中来，为山区普查和勘探地下水作出了很大贡献。另外，在全国范围内已经进行了不同比例尺的区域水文地质普查工作，为完成周总理生前“要把我国水文地质情况搞清楚”的重要指示，打下了良好基础。

近年来，国外一些科学技术发达的国家，普遍采用了现代化的手段来研究水文地质问题。如利用电网络模拟进行水文地质作用的模拟实验，广泛采用电子计算机研究区域水文地质及其计算问题。另外，利用遥感技术寻找地下水源，圈定地下水开发远景地区等等。

当前面临着社会主义四个现代化建设的迫切任务，大规模寻找开发利用地下水的任务仍是十分艰巨的。为了正确评价和合理开发利用地下水资源，为了保护区域生态平衡，除了必须大力加强区域水文地质调查工作外，还应大力加强水文地质的研究工作。随着新的测试技术（电子计算机，模拟试验方法等）在地质学领域中的应用，为地下水研究开辟了广阔的途径，并扩大了水文地质学的研究领域。为了实现我国经济建设的战略目标，即从1981年到本世纪末的20年，使全国工农业总产值翻两番的宏伟目标，我们确信，在党的正确领导下，随着一些现代化技术的引进，广大水文地质工作者，决不辜负党和人民的期望，一定能够作出自己的贡献，我国的水文地质事业一定会更加兴旺发达。

复习思考题

1. 水文地质学研究的对象、任务是什么？
2. 水文地质学在国民经济建设中的作用如何？如何才能使水文地质学更好地满足国民经济建设的需要？我们应如何学好水文地质学。
3. 从我国水文地质学的发展概况可以看出：在解放前发展极为缓慢，而解放后却得到了高速度的发展，这说明了什么？

第一章 自然界的水循环及 影响地下水的因素

第一节 自然界水的分布及水循环

一、自然界中水的分布

地球上的水在不同物理环境下以汽态、液态、固态的形式分别存在于大气圈、水圈、岩石圈和生物圈中。大气圈的水主要存在于大气对流层中；水圈水存在于地表海洋、河流、湖泊以及两极和高山地区；岩石圈水主要存在于地壳表部的岩、土空隙中；生物圈水存在于生物体内。

地球上的总水量据估算接近15亿 km^3 ，地表水的总量约近14亿 km^3 ，其中海洋水的总量为13.7亿 km^3 ；河流、湖泊中的水约为75.12万 km^3 ；分布在两极及高山地区的固态水约为2,000万 km^3 。埋藏于地壳岩石空隙中的地下水总量估算出入较大，有的资料粗估为841.7万 km^3 。大气圈水约为1.3万 km^3 ，占地球全年降水量的1/41。

地表水所占比例虽然很大，但其中97%的水分布于海洋，而分布于河、湖的水体，仅占地表水体的0.05%左右。同时这些水在大陆上分布是极不均匀的，相比之下，地下水较之大陆上地表水分布广泛得多。

二、自然界中水的循环

存在于大气圈、水圈、岩石圈的水，彼此密切联系，经常处于不断运动和相互转化之中，这一过程称为自然界的水循环。水循环的上限大致可达地面以上16km的高度，即大气的对流层；下限可达地面以下平均2km左右的深度，即地壳中空隙比较发育的部分。

自然界水在太阳热能及重力的作用下，从海面、河湖表面、岩石表面及植物叶面不断蒸发，变成水汽进入大气圈，水汽随气流的运移，在适宜的条件下，重新凝结下降（这就是雨、雪等降水）。降落的水分，一部分就地蒸发成为水汽，进入大气圈；一部分沿着地表流动，变成地表径流，汇入河流、湖泊、海洋；另一部分入渗地下成为地下水。地下水在径流过程中一部分又以蒸发进入大气圈，一部分再度排入河、湖、海洋。这样蒸发、降水、径流的过程，在全球范围内每时每刻在不断地进行着，形成了自然界极为复杂的水循环（如图1—1）。

根据水循环的途径不同，自然界的水循环可以分为大循环和小循环两种。在全球范围内，水分从海洋表面蒸发，上升的水汽随气流运移到陆地上空，凝结成降水降落到陆地表面，又以地表或地下径流的形式，最终流归海洋之中，称为大循环或称外循环。

从海洋面蒸发的水汽，又以降水的形式，重又降落到海洋中；或从陆地上的河流、湖泊、地表、植物叶面蒸发的水分，又以降水形式降落到大陆表面，这种就地蒸发，就地降水的循环，称为小循环或内循环。

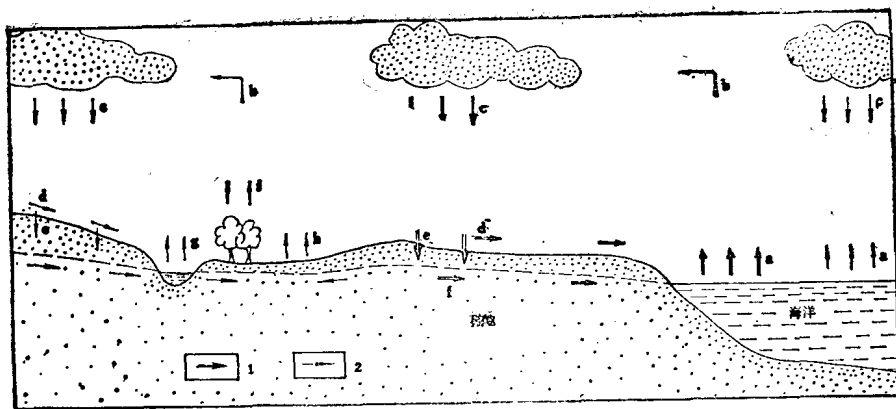


图 1-1 自然界水循环示意图

(据王大纯等)

- 1—大循环各环节, 2—小循环各环节; a—海洋蒸发; b—大气中水汽转移;
c—降水; d—地表径流; e—入渗; f—地下径流; g—水面蒸发;
h—土面蒸发; i—叶面蒸发(蒸腾)

显然, 海洋面的蒸发是构成大陆上大气降水的主要来源, 但陆地上河湖、地表及植物叶面的蒸发, 同样也是大陆范围内大气降水的来源。后者对距海远的内陆干旱、半干旱地区尤其有重大的意义。因此, 在干旱和半干旱地区, 采取修运河、渠道、水库、大面积植树造林等一系列人为加强小循环的措施, 就可以有效地改变当地的自然面貌(如改变干旱气候条件等)。同时加强小循环也是增加地下水资源的有效途径(如利用地表水体人工灌入地下, 增加地下水量)。

必须指出, 自然界水的上述运移过程并不处处相同, 如果说大气圈水及地表水水分运移较快, 那么广泛分布于地壳中的水, 其运移速度是缓慢的, 且随深度的增加而更慢。特别是埋深大的地下水的运移, 往往是一种长期的极其缓慢的地质迁移过程。因而地下水量较之地表水量稳定得多, 由于地下水较地表水有分布广泛, 水量较稳定, 又可不断得到补给的这些特点, 故使得地下水成为人类利用的极其宝贵的资源。

从上可知, 地下水是自然界水循环的一部分, 是大陆上水资源的重要组成部分。

第二节 自然界中水的均衡

自然界的水在不断地循环, 水均衡是说明在循环过程中蒸发、降水、径流等数量关系的理论。从全球来看, 水的总量没有什么变化。根据物质不灭定律, 任何区域, 在任何一段时间内, 水分的收入和支出是平衡的, 这就是水均衡原理。根据这个原理, 可以列出水均衡方程式, 并在水文地质条件中得到广泛的应用。

设: Z_m ——海洋面的年蒸发量;

X_m ——海洋面的年降水量;

Z_c ——陆面年蒸发量;

X_c ——陆面年降水量;

Y ——地表及地下年径流量。

如都采用多年平均值, 其单位也都采用水层厚度毫米来表示, 则

$$Z_m = X_m + Y \quad (1-1)$$

$$Z_c = X_c - Y \quad (1-2)$$

在全球范围内

$$Z_m + Z_c = X_m + X_c \quad (1-3)$$

(1-3) 式表明, 对全球来说, 多年平均蒸发量等于多年平均降水量, 以上研究均衡的表示式, 称为水均衡方程式。

陆地表面有些地区, 其中径流最后可以直接流入海洋, 这些地区叫做外流区; 有些地区, 其中径流不能流入海洋, 这些地区叫做内流区。内流区往往是不和海洋相通的沙漠地区。它的水流去路则全靠蒸发。因此, 在不同地区水均衡方程式可以不同。如设:

X ——区域内的年降水量;

Z ——区域内的年蒸发量;

Y ——区域内流出的年径流量。

若均采用多年平均值, 则,

对外流区来说

$$X = Z + Y \quad (1-4)$$

对内流区来说

$$X = Z \quad (\because Y = 0) \quad (1-5)$$

学习水循环和水均衡理论的目的, 是使我们对自然界各种水体运动变化规律有一个完整的认识, 做到合理开发利用自然界的水资源, 正确地改变水的时间和空间分布, 发挥最大效益, 为人类服务。

人类活动不仅可以改变水循环的强度和路径, 而且可以改变水均衡的状况。目前, 人类活动改变水均衡的主要方式: 一是修建水库和引水渠; 二是修建大型调水工程, 改变一个大的水文网地区, 即两个以上流域间的水量均衡。这些人工水库多修建在山区或丘陵区, 或是丘陵区与平原交界之处。在丰水期把多余的部分径流蓄积起来, 在枯水期放出去, 灌溉农田, 对径流的时空分布起着调节作用。大型调水工程通常是把丰水区的水引向缺水地区(如我国的南水北调工程), 特别是把湿润地区的水, 引向干旱地区, 这对改变大陆内部的水均衡, 改善干旱地区的水分状况, 具有重要作用。

第三节 影响地下水的因素

地下水是自然界水体的一部分, 而地下水的形成, 在很大程度上取决于当地的气象(气候)和水文条件。下面我们对影响地下水形成的因素进行讨论。

一、影响地下水的气象(气候)因素

气象要素包括气温、气压、风向、风力、湿度、蒸发和降水等这些决定大气物理状态的因素。这种大气的物理状态称为天气, 某一地区天气的平均状态(用气象要素的多年平均值来表示)称为该地区的气候。对地下水的形成来说, 虽然变化缓慢的气候因素起着极为重要的影响作用, 但变化迅速的气象要素, 则对地下水发生着显著的影响。这其中以降水、蒸发及气温的影响最大。