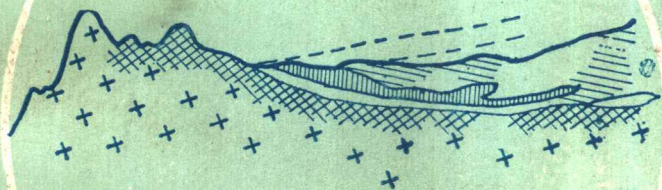


# 水文地质学

刘立人 主编



地质出版社

中等专业学校教材

# 水文地质学

刘立人 主编

地质出版社

## 内 容 简 介

本书是为中等专业学校地质调查及找矿专业《水文地质学》课程教学而编写的。全书除绪言外,共分两篇七章。第一篇水文地质学基础,比较详细地论述了地下水的形成条件、运动规律,地下水的物理性质和化学成分以及不同类型的地下水基本特征和形成规律等。第二篇矿床水文地质,结合矿床勘探和评价,对矿床充水因素和矿床水文地质分类,矿床普查勘探过程中的水文地质工作方法等内容扼要地进行了叙述。

本书除作为中等专业学校地质调查及找矿专业《水文地质学》课程的教材外,亦可供有关专业师生作为水文地质学教学参考书和一般地质工作人员参阅。

\*

本书由章松诚主审,经地质矿产部中等专业学校水文地质专业教材编审委员会审稿,同意作为中等专业学校教材出版

## 中等专业学校教材 水文地质学

刘立人 主编

责任编辑:章松诚

地质出版社出版

(北京西四)

通县马驹桥印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

\*

开本:  $850 \times 1168 \frac{1}{32}$  印张:  $6 \frac{1}{4}$  字数: 157,000

1985年5月北京第一版·1985年5月北京第一次印刷

印数: 1—2,485册 定价: 1.35 元

统一书号: 13038·教196

# 前 言

《水文地质学》是根据一九八一年至一九八五年地质矿产部中等专业学校教材编审出版规划和一九八二年十二月地质矿产部中等专业学校江西赣州教材会议所制定的教学大纲，在一九七九年八月出版的中等专业学校试用教材《普通水文地质学》的基础上修编而成的。本书仍由广西地质学校、湖南地质学校合编。

《水文地质学》是地质调查及找矿专业的专业基础课。它主要阐明水文地质学基础理论、基本知识和基本技能，了解与矿床开采有关的水文地质工作理论知识和工作方法。通过这门课程的讲授，使学生获得必要的有关《水文地质学》的基本理论和基础知识，并初步掌握地质普查、勘探各阶段水文地质工作步骤、方法和内容，从而，在实际工作中，重视水文地质资料的收集，并具有对资料分析、整理和应用的一般能力。

根据本专业性质和教学目的要求，本书除绪言外，共分两篇七章，第一篇为水文地质学基础，比较详尽地论述了地下水的形成条件，运动规律，地下水的物理性质和化学成分，自然界中不同类型地下水的基本特征和赋存规律。第二篇为矿床水文地质，扼要地阐述了矿床水文地质工作的一些基本原理和基本工作方法。

在编写过程中，力求做到加强理论基础，并注意理论联系实际，加强实际材料的分析。近年来，水文地质学的某些基本概念、基础理论与方法等方面都有许多新的发展，本书对此也提出了我们在生产实践中的一些看法。

本书某些部分的内容略有扩大，以利读者选学。在讲授时，可根据实际情况，结合本教材教学大纲适当删减，进行教学。

本书1、3、4、5章由刘立人编写，2、6、7章由肖平编写，最后由刘立人统稿。本书插图由广西地质学校绘制。

本书由昆明地质学校章松诚同志担任主审和责任编辑。参加审稿会的有郑州地质学校王德明、许国柱、于桂芳、赣州地质学校王翠兰、广西地质学校汪盛辉、赵德友以及部教材编辑室于纯仁等同志，他们对原稿进行了详细的审阅，并提出了许多宝贵的意见与建议；湖南地质学校对原稿提了书面意见，另外，在本书的修编过程中，还得到许多生产单位及各兄弟学校和学院的大力支持，并参考了他们的有关实际材料和教材内容，在此，一并表示深切的谢意。

对于本书中存在的错误和欠妥之处，诚恳地希望读者批评指正。

编 者

一九八三年九月

# 目 录

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 绪 言                            | 1 |
| 一、水文地质学研究的对象、内容、目的及在国民经济建设中的意义 | 1 |
| 二、水文地质学的发展概况                   | 3 |

## 第一篇 水文地质学基础

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第一章 地下水的形成        | 5  |
| 第一节 自然界中水的循环及影响因素 | 5  |
| 一、自然界中水的循环        | 5  |
| (一)自然界中水的分布       | 5  |
| (二)自然界中水的循环       | 5  |
| (三)自然界的水均衡        | 7  |
| 二、影响地下水形成的因素      | 8  |
| (一)气象因素           | 8  |
| (二)水文因素           | 10 |
| (三)地质地貌因素         | 14 |
| (四)人为因素           | 20 |
| 第二节 地下水的赋存        | 20 |
| 一、水在岩土中存在的形式      | 20 |
| (一)气态水            | 21 |
| (二)吸着水            | 21 |
| (三)薄膜水            | 21 |
| (四)毛细水            | 22 |
| (五)重力水            | 23 |
| (六)固态水            | 23 |
| 二、岩土的水理性质         | 24 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| (一) 容水性 .....                 | 24 |
| (二) 持水性 .....                 | 25 |
| (三) 给水性 .....                 | 25 |
| (四) 透水性 .....                 | 25 |
| (五) 毛细性 .....                 | 26 |
| 三、含水层与隔水层 .....               | 27 |
| (一) 构成含水层的基本条件 .....          | 27 |
| (二) 含水带和含水段的划分 .....          | 28 |
| (三) 隔水层的概念 .....              | 29 |
| (四) 含水岩组和含水构造 (蓄水构造) .....    | 30 |
| (五) 水文地质单元的概念 .....           | 30 |
| <b>第二章 地下水的运动</b> .....       | 37 |
| 第一节 地下水运动的基本型态 .....          | 37 |
| 一、层流 .....                    | 37 |
| 二、紊流 .....                    | 37 |
| 三、混合流 .....                   | 37 |
| 第二节 地下水运动的基本定律 .....          | 38 |
| 一、达西渗透定律——直线渗透定律 .....        | 38 |
| 二、哲才定律——非直线渗透定律 .....         | 41 |
| <b>第三章 地下水的物理性及化学成分</b> ..... | 43 |
| 第一节 地下水的物理性质 .....            | 43 |
| 一、温度 .....                    | 43 |
| 二、颜色 .....                    | 44 |
| 三、透明度 .....                   | 44 |
| 四、嗅(气味) .....                 | 45 |
| 五、味(口味) .....                 | 45 |
| 六、比重 .....                    | 45 |
| 七、放射性 .....                   | 45 |
| 八、导电性 .....                   | 45 |
| 第二节 地下水的物质成分及化学性质 .....       | 45 |
| 一、地下水的主要离子成分 .....            | 46 |
| 二、地下水的主要气体成分及细菌成分 .....       | 48 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 三、地下水的主要化学性质 .....                | 50 |
| 第三节 地下水化学成分分析结果的表示方法<br>及分类 ..... | 54 |
| 一、水分析结果的表示方法 .....                | 55 |
| 二、水化学分类 .....                     | 57 |
| (一)舒卡列夫分类法 .....                  | 57 |
| (二)布罗德斯基分类法 .....                 | 58 |
| 第四章 地下水按埋藏条件分类 .....              | 61 |
| 第一节 上层滞水 .....                    | 61 |
| 一、概念 .....                        | 61 |
| 二、主要特征 .....                      | 62 |
| 第二节 潜水 .....                      | 63 |
| 一、概念 .....                        | 63 |
| 二、主要特征 .....                      | 63 |
| 三、潜水面形状的表达方法 .....                | 64 |
| (一)潜水面的形状及影响潜水面形状的因素 .....        | 64 |
| (二)潜水面的表示方法 .....                 | 67 |
| 第三节 承压水 .....                     | 71 |
| 一、承压水的概念 .....                    | 71 |
| 二、承压水的主要特征 .....                  | 72 |
| 三、承压水的形成条件 .....                  | 73 |
| (一)承压盆地 .....                     | 73 |
| (二)承压斜地 .....                     | 75 |
| 四、承压水等水压线图 .....                  | 79 |
| 第四节 地下水的补给、排泄与径流及其动态 .....        | 81 |
| 一、地下水的补给 .....                    | 81 |
| (一)大气降水的补给 .....                  | 81 |
| (二)地表水的补给 .....                   | 82 |
| (三)凝结水的补给 .....                   | 82 |
| (四)含水层之间的补给 .....                 | 83 |
| (五)人工补给 .....                     | 85 |
| 二、地下水的排泄 .....                    | 86 |



|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| (一) 泉 .....                    | 86         |
| (二) 河流(泄流) .....               | 89         |
| (三) 蒸发 .....                   | 89         |
| 三、地下水的径流 .....                 | 90         |
| 四、地下水的动态与均衡 .....              | 93         |
| (一) 地下水的动态 .....               | 93         |
| (二) 地下水的均衡 .....               | 97         |
| <b>第五章 地下水按岩石空隙性质的分类 .....</b> | <b>100</b> |
| <b>第一节 孔隙水 .....</b>           | <b>100</b> |
| 一、洪积物中的地下水 .....               | 100        |
| 二、冲积物中的地下水 .....               | 102        |
| <b>第二节 裂隙水 .....</b>           | <b>105</b> |
| 一、裂隙水的类型及特征 .....              | 105        |
| (一) 网状裂隙水(风化裂隙水) .....         | 105        |
| (二) 层状裂隙水 .....                | 108        |
| (三) 脉状裂隙水 .....                | 109        |
| 二、裂隙水的富集规律 .....               | 110        |
| (一) 不同岩性与富水性的关系 .....          | 111        |
| (二) 不同构造部位与富水性的关系 .....        | 112        |
| (三) 不同力学性质结构面与富水性的关系 .....     | 114        |
| (四) 不同地貌部位与富水性的关系 .....        | 115        |
| <b>第三节 岩溶水 .....</b>           | <b>116</b> |
| 一、岩溶发育的基本条件 .....              | 116        |
| (一) 岩石的可溶性 .....               | 117        |
| (二) 岩石的透水性 .....               | 121        |
| (三) 水的溶蚀性 .....                | 122        |
| (四) 水的流动性 .....                | 123        |
| 二、岩溶水的主要特征 .....               | 124        |
| (一) 岩溶水的埋藏特征 .....             | 124        |
| (二) 岩溶水分布的不均匀性 .....           | 126        |
| 三、岩溶水的富集规律 .....               | 127        |
| (一) 不同岩性与富水性的关系 .....          | 123        |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| (二)不同构造部位与富水性的关系·····                     | 129 |
| (三)不同力学性质结构面与富水性的关系·····                  | 131 |
| (四)可溶岩与非可溶岩,强可溶岩与弱可溶岩的接触带<br>与富水性的关系····· | 132 |
| (五)各种岩溶形态与富水性的关系·····                     | 134 |
| (六)不同地貌部位与富水性的关系·····                     | 135 |
| 第四节 岩溶水的补给、排泄与径流·····                     | 135 |
| 一、岩溶水的补给·····                             | 135 |
| 二、岩溶水的排泄·····                             | 136 |
| 三、岩溶水的径流·····                             | 137 |
| (一)岩溶水的径流特点·····                          | 137 |
| (二)岩溶水的垂直分带·····                          | 138 |

## 第二篇 矿床水文地质

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第六章 矿床充水因素及矿床水文地质分类····· | 143 |
| 第一节 矿床充水因素·····          | 143 |
| 一、矿床充水水源·····            | 144 |
| (一)大气降水·····             | 144 |
| (二)地表水·····              | 145 |
| (三)地下水·····              | 146 |
| (四)老窿水·····              | 147 |
| 二、矿床充水通道·····            | 147 |
| (一)岩层的孔隙·····            | 148 |
| (二)岩层的裂隙·····            | 148 |
| (三)岩层的溶隙·····            | 149 |
| 三、影响矿床充水的因素·····         | 149 |
| (一)地形·····               | 149 |
| (二)岩石的透水性·····           | 150 |
| (三)地质构造·····             | 150 |
| (四)未封钻孔·····             | 150 |
| (五)开采方法·····             | 151 |
| 第二节 矿床水文地质分类·····        | 153 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 一、固体矿床水文地质分类          | 153 |
| (一)按充水岩层的水文地质特征分类     | 153 |
| (二)按水文地质条件的复杂程度分类     | 154 |
| 二、岩溶矿床水文地质分类          | 155 |
| (一)按岩溶含水体的出露条件分类      | 155 |
| (二)按矿体与岩溶含水体的接触关系分类   | 156 |
| (三)按岩溶含水体的含水空间形态分类    | 156 |
| (四)按岩溶矿床的水文地质条件复杂程度分类 | 156 |
| <b>第七章 矿床水文地质调查</b>   | 159 |
| <b>第一节 水文地质测绘</b>     | 159 |
| 一、水文地质测绘的目的和任务        | 159 |
| 二、水文地质测绘的主要内容和方法      | 160 |
| (一)水文地质测绘的主要内容        | 160 |
| (二)水文地质测绘的基本方法        | 162 |
| (三)水文地质测绘的技术要求        | 164 |
| <b>第二节 水文地质勘探</b>     | 166 |
| 一、水文地质钻探              | 166 |
| (一)水文地质钻探的目的和任务       | 166 |
| (二)水文地质钻孔的布置原则        | 166 |
| (三)水文地质钻探的控制程度        | 167 |
| (四)钻孔简易水文地质观测         | 168 |
| 二、坑道水文地质观测            | 170 |
| (一)岩性观测               | 170 |
| (二)裂隙及溶隙观测            | 170 |
| (三)断裂观测               | 170 |
| (四)水量观测               | 171 |
| 三、水文地质物探              | 172 |
| (一)电阻率法               | 172 |
| (二)电测深法               | 172 |
| (三)联合剖面法              | 172 |
| <b>第三节 水文地质试验</b>     | 173 |
| 一、抽水试验                | 174 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| (一) 抽水试验的目的 .....     | 174 |
| (二) 抽水试验段的划分 .....    | 174 |
| (三) 抽水钻孔的施工要求 .....   | 174 |
| (四) 抽水试验技术要求 .....    | 175 |
| (五) 空气压缩机抽水原理简介 ..... | 177 |
| (六) 抽水试验资料的整理 .....   | 178 |
| 二、注水试验 .....          | 179 |
| 第四节 水文地质动态观测 .....    | 180 |
| 一、地下水动态观测的意义 .....    | 180 |
| 二、地下水动态观测的内容与要求 ..... | 181 |
| 三、动态观测资料的整理 .....     | 181 |
| (一) 地下水动态特征值统计表 ..... | 181 |
| (二) 地下水动态曲线图 .....    | 182 |
| 第五节 资料整理 .....        | 182 |
| 一、原始资料的整理 .....       | 182 |
| 二、矿区水文地质图的编制 .....    | 182 |
| 三、矿区水文地质报告书的编写 .....  | 184 |
| (一) 普查报告 .....        | 184 |
| (二) 勘探报告 .....        | 185 |
| (三) 报告中应附的图表 .....    | 186 |

# 绪 言

## 一、水文地质学研究的对象、内容、

### 目的及在国民经济建设中的意义

水文地质学是一门研究地下水的科学。埋藏在地壳内岩土空隙中的水叫地下水。一般所指的地下水就是重力水。存在于岩土空隙中，在重力作用下，可以自由流动的水称为重力水，它是水文地质学研究的主要对象，我们常见的泉水、井水、矿坑水、暗河水等都属于重力水。水文地质学以地质分析为基础，研究地下水的形成、分布、埋藏和运动规律；研究地下水在不同条件（自然条件和人为条件）下的变化规律；研究地下水与自然界其它水体间的相互关系；研究地下水的物理性质、化学成分、气体成分及水量等内容。其目的是在此基础上提出最经济、最合理的开采和利用地下水资源以及防止地下水所引起的危害作用的有效措施，为社会主义四化建设服务。

地下水是自然界水资源的一个重要组成部分，如同煤、铁和石油等矿产一样，是一种天然的地下资源。但与其它地下资源不同之处在于它具有流动性和不断得到补偿的特点。地下水较之地表水具有更多的优点：多具有良好的水质，不易被污染，受气候因素的影响比较小，水量比较稳定可靠，分布广，供水延续时间长。因此，地下水在人类的生产和生活活动中起着很重要的作用。它是城市、工矿企业、国防工程、铁路港湾及农田灌溉等的良好供水水源。尤其在干旱、半干旱地区，地下水的开发利用就显得更为重要，有时甚至是唯一的可用水源。

具有特殊的化学成分和气体成分或者是温度较高的地下水，

可作为医疗用水，或从中提取有用矿物或可用于能源开发利用。

地下水流经矿体过程中，常常溶解和带走矿体的一些物质，改变着地下水的化学成分，形成“水分散晕”，而成为寻找矿产的标志。利用“水分散晕”去找矿已经成为地球化学找矿工作的一个重要组成部分。这种方法（水文地球化学找矿法）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。

从日常生活到发展农业、工业，以至国防建设，都需要用到地下水。从这个意义上来说，地下水确实是一种十分宝贵的天然资源。但是，在一定情况下，地下水将对国民经济的发展及人民生活和健康发生危害，需要采取措施以避免或消除其不利影响。

地下水可引起土壤盐渍化和沼泽化，严重地影响农作物的生长和土地的合理利用，甚至使植物根本无法生长。水库、水坝、渠道的漏水，以及地下水对建筑物基础的侵蚀作用，能使水利工程和建筑物遭到破坏。

此外，还应当注意由于地下水的活动，可能影响建筑物基础和边坡稳定性的问题。目前世界上一些工业城市的地面沉降，是与过量开采地下水有密切关系的。地下水在运动过程中，富集了某些有害元素，或某些元素含量过高过低，多数情况下会引起生物害病的。另外，由于人类生活和生产活动使某些有害成分渗入地下，使地下水受到污染，饮用这些污染的地下水是人畜致病的重要原因。

地下水与矿床开采的关系十分密切。地下水一方面可作为矿山的生活和工业供水水源，在水力采矿中可以利用地下水进行水采、水运、水选；另一方面，在开采矿床过程中，地下水通常又是大量涌入矿坑的主要水源。它轻则影响采掘效率，增加矿山排水费用，重则淹没矿坑、矿井，使采矿无法进行以至造成严重事故。另外，由于大量疏干排水，引起区域地下水位大幅度下降，不仅影响其周围厂矿、农村的供水问题，而且还造成大面积地面沉降、开裂和塌陷，致使农田遭到破坏，房屋倒塌，路基塌陷，同时大量的地表水和泥沙下渗到矿坑中，给矿山采矿工作带来严

重困难。露天开采时，地下水活动可引起边坡塌滑等不良地质现象。如能充分地了解和掌握矿区地下水的分布和运动规律，预先采取措施，则可转害为利。因此，解放后，党和国家极其重视矿床水文地质工作，要求对各种矿产资源从地质普查找矿开始到勘探、建井、采矿全过程中都必须进行相应的水文地质工作，查明矿床地下水的形成、分布、埋藏及运动规律；了解地下水涌入矿坑的通道，计算矿坑涌水量和拟取疏干排水措施，以便保证矿床开采工作的顺利进行。同时在审批矿产储量报告时，要求必须提交可靠、全面的水文地质资料，以满足编制矿山开采设计的需求。

综上所述，在我国社会主义四化建设中，查明地下水的分布和形成规律，提出合理有效的兴利防护措施，为国民经济建设发展服务，这是我国水文地质工作者的十分光荣而艰巨的重要任务。

## 二、水文地质学的发展概况

水文地质学是一门年青的科学，它是在本世纪随着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渐发展起来的。

在远古时代，人们就已利用了地下水。我国是世界上最早开发利用地下水的国家之一。早在五千多年前就知道凿井取水饮用。二千五百年前，我们的祖先就已经知道根据土质和植物分布特点，来寻找地下水，并推断地下水的埋藏深度及水质的好坏。约在公元前二百余年的秦朝时代，我国劳动人民就开凿了井深达百多米的盐井，提取地下卤水煮盐。秦汉时，人们便利用矿泉水治疗疾病。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——都江堰等的修建，更有价值的利用温泉水灌溉，将两季稻变为三季稻等等，都要解决有关的地下水问题。这些事实都充分说明我国劳动人民在长期生产实践中积累了丰富

的水文地质知识和经验。但是，自十九世纪中叶以来，由于我国长期受封建统治和帝国主义的压迫，生产力受到极大地阻碍，科学技术发展极为缓慢，因此，我国劳动人民开发利用地下水的有关实践经验得不到系统总结提高和发展，对地下水的研究也难以成为一门系统的科学。

在国外，水文地质学首先是在欧洲发展起来的。从十七世纪初，直到二十世纪初，由于近代自然科学的发展，更有力地促使水文地质学向前发展成为一门多分支的综合性科学。为了提高水文地质科学研究水平，目前，国外普遍采用现代化手段来研究各方面的水文地质问题。

在中华人民共和国成立以前，我国没有水文地质学这一学科。建国以来，在中国共产党的英明领导下，随着社会主义建设事业的迅速发展，为适应国民经济建设对水文地质资料的迫切需要，水文地质勘察和研究工作广泛地开展起来了，也促使水文地质科学得到了飞速的发展。

水文地质工作者运用了新理论、新技术，充分揭示地下水的各方面规律，对国民经济建设起到了保证作用。

地下热源等水文地质分支学科的应用与研究也都取得了显著的成就。

### 复 习 思 考 题

1. 水文地质学研究的主要内容是什么？它在国民经济建设中的作用如何？怎样才能使水文地质学更好地满足矿山建设的需要？

2. 为什么地质调查及找矿专业的学生必要学习水文地质学？怎样才能学好水文地质学？



# 第一篇 水文地质学基础

## 第一章 地下水的形成

地下水是自然界水的一个组成部分，并参与了自然界水的总循环。它的形成与大气水、地表水有着密切的联系，因此，必须先对自然界所有的水有一个基本的概念，在此基础上论述地下水的形成条件。

### 第一节 自然界中水的循环及影响因素

#### 一、自然界中水的循环

##### (一) 自然界中水的分布

自然界中水的分布极为广泛，它以气态、液态和固态的形式存在于大气圈、水圈、岩石圈及生物圈中。自然界中水的总量约为 $1338 \times 10^{15}$ 立方米。绝大部分分布于海洋中，约为 $1300 \times 10^{15}$ 立方米。埋藏在地面以下17公里以内的地下水总量约为 $8.4 \times 10^{15}$ 立方米，而其中约有50%以上分布于地面以下一公里的范围内。若以大气圈所含水量为1，则它们之间水量的比例大致为：

$$\text{大气水}:\text{地下水}:\text{地表水} = 1:10:100000$$

从上可知，地表水所占比例虽然很大，但其中97%的水却分布于海洋，而分布于大陆上河湖中的水体仅占地表水体的0.05%左右（ $0.7512 \times 10^{15}$ 立方米），这些水的分布又是极不均匀的，而地下水较之大陆上地表水分布要普遍些。

##### (二) 自然界中水的循环

自然界中的大气水、地表水和地下水并不是彼此孤立存在的，然而它们却成为一个互相联系的整体。即大气水、地表水和地