

B. M. 馬克西莫夫 等編  
K. Γ. 阿薩图尔

# 水文地质手册

上 册

常連貴 卜文亭 等 譯

王乘忱校訂

中国工业出版社

第一版、1958年11月  
第二版、1982年11月

# 水文地质手册

上册

地质部地质研究所编

地质出版社

中国工业出版社

# 水文地质手册

## 上册

常連貴 卜文亭 等 譯

王秉忱校訂

中国工业出版社

这本手册系根据苏联国立石油燃料科技书籍出版社1959年出版的“水文地质手册”一书翻译的。

原书共有五篇，其中第四篇省略未译（该篇内容为水文地质钻井的技术设备及其使用简要说明，在中国工业出版社出版的、石油工业部编辑室编辑的“轻便钻井技术手册”中已有较详细的介绍）。为了读者方便起见，中文版分上下两册出版，上册包括原书的第一、三两篇；下册为原书的第二篇；第五篇附录根据该书上下册的内容分别附后。本书为上册，主要内容是介绍普通水文地质学原理和地下水在农业中的利用。

本书可供水文地质工程师、技术人员和从事于普查石油和天然气以及农业用水方面的有关专业人员使用，并可作为高等院校和中等专业学校有关专业的师生参考。

全书由卜文亨（序言、第九章、附录），李树江（第一章），汪治泰（第二、三、四章），方成叶（第五、六、七、八章），常速黄（第十章至第二十五章）等翻译；王秉忱校订。

В. М. Максимов, К. Г. Асатур 等编  
СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО ГИДРОГЕОЛОГА  
根据苏联国立石油燃料科技书籍出版社（ГОСГОПТЕХИЗДАТ）  
1959年列宁格勒版翻译

\* \* \*  
**水文地质手册**

上册

常速黄 卜文亨等译

王秉忱校订

\*

石油工业部编辑室编辑（北京北郊六号石油工业部）

中国工业出版社出版（北京阜成门路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张11<sup>1</sup>/<sub>2</sub>·插页1·字数291,000

1963年7月北京第一版·1963年7月北京第一次印刷

印数0001—1,870·定价（10-7）1.95元

\*

统一书号：15165·1631（石油-114）

## 序 言

在建造工业、民用、水工建筑物、勘探和开采固体和液体有用矿物、供水、普查石油和天然气、土地疏干和灌溉等方面，苏联大规模进行的水文地质调查具有重大意义。

研究地下水和从事水文地质调查的专家经常需要有关水文地质学方面的参考书。

同时，大家知道，从A·П·科罗捷耶夫编写的“水文地质指南”一书发表后，已经有20多年没出版有关水文地质学的参考书籍了。同时，广大水文地质实习人员迫切需要新的参考书。

根据这种情况，作者编写了这部手册。它由五个部分组成。第一部分是关于普通水文地质学和水文地质调查方法的主要资料；第二部分是地下水动力学原理和一些水文地质计算；第三部分是地下水在农业中的利用；第四部分是水文地质调查时采用的技术设备和仪器；第五部分是本书各章的参考资料（附录）。

参加编写这本手册的有：大学副教授、地质-矿物科学副博士B·M·马克西莫夫（第一、二、三、五、六、八、十四章，附录），苏联地质保矿部全苏地质勘探科学研究所的一级科学工作者、化学科学副博士A·A·列兹尼科夫（第四章），大学副教授、地质-矿物科学副博士И·А·马尔科夫（第七章），地质-矿物科学博士И·К·札依采夫，教授、地质-矿物科学博士Н·И·托尔斯齐欣（第六章3、4节，第九章1—7和9节），地质-矿物科学副博士B·П·波罗维茨基，地质-矿物科学副博士O·B·拉夫多尼卡斯，地质-矿物科学副博士H·M·奥宁（第九章8节），水文地质工程师E·A·巴斯科夫（参加编写第九章8节和补充了第三十一章），大学副教授、技术科学副博士K·Г·阿萨图尔（第十、十七、二十、二十一、二十五章），大学副教授、技术科学副博士B·И·法姆多维奇（第十一章、第十二章1—

5节、十八、十九章)，大学副教授、地质-矿物科学副博士 B·H·諾沃日洛夫（第十二章6和7节），大学副教授、地质-矿物科学副博士 E·E·凱尔基斯（第十三章），水文地质工程师 H·Г·帕烏凱尔（第十五、十六章），水文地质工程师 И·С·彼凱利恩（参加編写第十五章），水文地质工程师 Ю·Г·涅維利什捷恩（参加編写第十六章），地质-矿物科学副博士 С·П·阿尔布尔（第十七、二十三、二十四、二十九、三十、三十二章），水文地质技师 С·Г·波斯基斯，水文地质工程师 E·M·尼基弗洛夫（参加編写第二十五章），助教 A·Ф·麦尔沙洛夫和大学副教授、技术科学副博士 B·Г·沃罗德采夫（第二十六、二十七、二十八章），水文地质技师 B·П·奥斯特罗烏莫夫（第三十一章）和地质工程师 И·H·希特罗夫（附录及参考书籍）。

本书由 B·M·馬克西莫夫担任总編輯。K·Г·阿薩图尔和 H·Г·帕烏凱尔参加了本书第二、三部分的編輯工作。

当然，在这本手册中，还未能完全包括水文地质学各部分的参考資料。必須指出：在本手册中，对于与供水、建造各种建筑物等有关的水文地质工作的专门方法，沒有作詳細說明，因为这些問題，在近几年出版的一些手册中都有較詳細的叙述。

此外，在这本手册中，沒有对盐矿、煤矿、金属矿以及其他矿床的地下水加以說明，因为在 Г·H·卡明斯基、П·П·克利門托夫、A·M·奥弗琴尼科夫 [1953]、С·B·特罗杨斯基、A·С·別林茨基、A·И·契吉 [1956]、H·И·普罗特尼科夫、M·B·西罗瓦科、Д·И·謝戈列夫 [1957] 等人的著作中均有叙述。勘探矿床时水文地质調查方法在 С·П·布罗哈罗夫，E·Г·卡丘金的著作中 [1955] 和某些专门规范中有所叙述。

在編写这本手册的計劃时，作者从国立莫斯科大学 M·B·罗蒙諾索夫、B·A·庫德亚夫采夫教授、地质-矿物科学博士 B·Д·納利夫金、A·И·德泽斯利多夫斯基教授那里得到了帮助，在編写过程中，曾得到矿业学院教授 Ф·A·沙姆謝夫、B·И·謝尔布霍

夫、苏联科学院通訊院士П·Ф·什維索夫、大学副教授С·Н·塔拉卡諾夫、列宁格勒农学院副教授В·Ф·巴札科夫《国立石油建筑专业設計院》、地质总工程师К·Д·尤金、水文地质总工程师連齐德帕（Лентидзна）和技术科学副博士С·А·科利等的帮助。

本书初稿曾分別由Н·И·托尔斯齐欣和Б·А·阿尔菲罗夫教授領導的水文地质和构造与石油地质教研室，以及И·А·烏特金和М·В·罗曼諾夫副教授領導的Г·В·普列哈諾夫列宁格勒矿业学院石油系的审查。作者向参加初稿审查和討論的全体人員表示感謝。

必須指出，矿业工程师В·А·亚包夫在初稿图的准备及其文字說明的校閱方面做了很多工作。作者向列宁格勒Г·В·普列哈諾夫矿业学院院长室表示謝意。感謝他們在本书出版准备方面給予的帮助。

作者特別感謝地质矿物科学博士М·А·加塔尔斯基教授，他在本手册的科学編輯方面做了很多工作，并提出許多重要見解。

全体作者和出版社希望讀者对本书提出宝贵意見。

# 目 录

## 序 言

### 第一篇 普通水文地质学原理

第一章	自然界中的水	1
第1节	自然界中水的种类	1
第2节	自然界中水的循环	5
第二章	岩石的某些物理和水理性质	29
第1节	孔隙度	29
第2节	颗粒成份	33
第3节	含水量	38
第4节	容水性、给水度和透水性	40
第5节	毛细管作用	44
第三章	岩石的热性及其在水文地质学中的意义	48
第1节	概述	48
第2节	岩石的热性, 地热增温率和地热增温级	49
第四章	天然水的物理性质、化学和细菌成份及其放射性	55
第1节	物理性质	55
第2节	化学成分	59
第3节	化学分类	65
第4节	天然水的放射性	80
第5节	水的细菌成分	82
第6节	分析用水样的取得	83
第7节	野外水化学试验箱	87
第8节	水的侵蚀性	94
第9节	水的硬度	96
第五章	地下水的分类及其主要特征	98
第1节	地下水的分类	98
第2节	包气带水	108



第3节	沼泽水	109
第4节	孔隙潜水	111
第5节	裂隙潜水和裂隙承压水	127
第6节	喀斯特潜水和喀斯特承压水	128
第7节	自流水	134
第8节	多年冻结地区的地下水	138
第六章	泉	148
第1节	泉的基本定义和分类	148
第2节	泉的动态	156
第3节	泉的气体的研究	159
第4节	泉水矿物沉淀的研究	160
第七章	矿水	161
第1节	概述	161
第2节	矿水的主要类型	162
第3节	矿水的分类	168
第4节	苏联境内矿水的分布	170
第八章	油田水	176
第1节	油田地下水的分类	177
第2节	油气田内边缘水的运动	179
第3节	油田水的地下水动力分带和盐分特点	184
第4节	油田水的气体成分	187
第5节	油层的地下水动力分带和动态	195
第6节	地下水在油气藏形成、保存和破坏过程中的作用	192
第7节	用于普查石油和天然气的水文地质指标	195
第九章	水文地质调查方法的一般说明	206
第1节	不同比例尺的水文地质调查任务	206
第2节	地下水主要类型的研究	208
第3节	现代火山作用区内地下水的研究	215
第4节	沙漠地区测绘工作	217
第5节	多年冻结条件下地下水的研究	217
第6节	水点的研究	221

第7节	矿水和矿泥(軟泥质物)的研究	225
第8节	钻孔和試坑內的水文地质观测与調查	232
第9节	資料的室內整理及报告书的編写	274

## 第二篇 农业中的地下水

第十章	农业供水的水文地质工作和对水的要求	276
第1节	以地下水作为农业供水水源时的水文地质工作	276
第2节	农业项目供水时对水的要求	281
第十一章	农业用地下水集水建筑物的类型	289
第1节	泉水引水工程	289
第2节	水平型式集水建筑物	289
第3节	垂直型式的集水建筑物	292
第十二章	土壤改良的水文地质工作	299
第1节	土地排水	299
第2节	土地灌溉	302
第3节	牧场引水	313
附录		315
1.	地质年代表	315
2.	編制水文地质剖面和水文地质图的图例	316
地质图例		316
水文地质图例		321
含水层富水性表(有相应的含水层試驗資料时)		324
水化学图例		324
3.	Д.И.門捷列耶夫元素周期表	326
4.	由毫克-离子换算成毫克当量的离子的原子量和乘数表	327
5.	各种技术用表	328
6.	水文測量记录簿格式	339
7.	抽水及压水試驗的标准数据	342
8.	抽水记录簿和計算卡片格式	342
9.	此高加索和中央亞細亞飲用水中离子含量定額	343

# 第一篇 普通水文地质学原理

## 第一章 自然界中的水

### 第 1 节 自然界中水的种类

水在自然界中分布很广。在大气圈、水圈、岩石圈和生物圈中都含有水。

大气圈中的水有下列各种不同状态：

1. 气态——在环绕地球的空气外层中；
2. 滴状液态——云、雾和雨；
3. 固态——雪、雹和高云冰晶体。

水圈中的水有液态（大洋、海、湖泊、沼泽、水库、河流的水）和固态（水体中和陆地上的冰和雪）。

在形成岩石圈的岩石中有各种不同的水。根据 A·Φ·列别捷夫 [1916—1936] 的调查，岩石中的水包括有：1. 汽态水；2. 吸着水；3. 薄膜水；4. 重力水；5. 固态水；6. 结晶水和化学结合水。

目前，由于 C·И·多尔戈夫 [1937—1948]、B·B·捷里亚金 [1940—1955]、B·C·沙洛夫 [1940]、A·M·华西里耶夫 [1941；1953]、П·И·安德里阿诺夫 [1946]、E·M·谢尔盖耶夫 [1946；1952]、H·A·崔托维奇 [1945—1953]、A·A·罗捷 [1949—1955]、B·A·普里克朗斯基 [1949；1955] 等人的调查，以新的资料对 A·Φ·列别捷夫关于构成地壳的岩石中水的种类的原理，特别是在结合水（吸着水和薄膜水）方面作了某些

修正和补充。

因此，就出现了岩石中水的新分类。

在这里引用了最新分类中的E·M·謝尔盖耶夫的分类，这种分类反映了岩石中水的状态（汽态、液态、固态）、水的流动性（结合的、自由的）及水与岩石的相互作用（物理结合水、结晶水、沸石水、化合水）。

根据原则上与A·Φ·列别捷夫没有区别的这个分类，把岩石中的水分成以下几种：

一、汽态水。

二、结合水：

1. 强结合水或吸附水；

2. 弱结合水。

三、自由水：

1. 毛细管水：

1) 孔角水（静止的毛细管水）；

2) 悬挂水（活动的毛细管水）；

3) 固有的毛细管水（易动的毛细管水）。

2. 重力水：

1) 渗透（渗入）水；

2) 地下含水层中的水。

四、固态水。

五、结晶水、沸石水和化合水。

**汽态水。**汽态水含在空气中，此空气充满于干的或未被水完全饱和的岩石孔隙、空洞和裂隙。从地面空气中和因地下蒸发进入岩石内的汽态水，当温度降低时便在岩石的孔隙、空洞和裂隙中凝结而形成液体水（结合水或自由水）。

**结合水。**结合水分**强结合水**和**弱结合水**。

**强结合水或吸附水**（根据A·Φ·列别捷夫的说法为吸着水）是当岩石主要从土壤空气中吸收水汽时形成的，并以10,000大气

压左右的巨力保持在岩石顆粒上。按其性能，这种水不同于一般的液体水，它接近于固体：密度平均等于2；粘度高；在溫度很低时（ $-78^{\circ}\text{C}$ ）冻结；在岩石顆粒上形成厚度不同的薄膜（較厚的薄膜在顆粒边角和突出的地方，較薄的薄膜在凹面上）。

岩石中的弱結合水（根据A·Φ·列別捷夫的说法是薄膜水）是当水汽凝結时形成或当滴状液态水排走以后保留于岩石中的。以比重力加速度大70,000倍的力保持在岩石顆粒上；在这些顆粒上吸着水薄膜的四周形成第二层薄膜；从大量薄膜水地段十分緩慢地向少量薄膜水地段移动；不传递靜水压力；根据薄膜厚度和冻结时间在零度以下冻结。

弱結合水和强結合水一样，只有通过105—110°C的烘箱中烘干岩石的方法，才可以把它从岩石中排除。

自由水分毛細管水和重力水。

毛細管水分孔角水、悬挂水和固有毛細管水。

1. 孔角水埋藏在毛細管孔隙的狭窄地方和較大孔隙的孔角处，呈彼此分离的水滴，它們在重力作用下不运动，因为它们通过弯液面牢固地与孔壁相連接。

2. 悬挂水埋藏在与潛水位沒有联系的毛細管孔隙中，由于在这些毛細管孔隙的下部有妨碍水向下运动的水的弯液面，而使水处于悬浮状态，与潛水沒有联系。

3. 固有毛細管水充滿在岩石中的毛細管孔隙内，并形成潛水位上面的毛細帶。根据其性质，这种水与普通水近似，传递靜水压力，当溫度稍低于零下时冻结，根据毛細管孔隙的大小和冻结时间的不同，有时在重力影响下运动，有时在表面张力作用下运动（詳見第二章，第5节）。

重力水——固有地下水，它受重力影响，而在相互連通的岩石孔隙、空洞和裂隙内运动。

根据运动方向，重力水分为从上往下流动的渗透水（渗入水

和潛入水)和在透水岩层中运动的层状水,透水岩层在自然界中具有不同的埋藏条件。

凡有地下水的埋藏和运动的透水岩层叫作含水层。

**固态水。**固态水有冻结岩层中的透鏡体、夹层和冰晶体及地下冰(詳見第五章,第8节)。

**結晶水、沸石水和化合水。**結晶水、沸石水和化合水为某些矿物和岩石的組成部分。

元素H和O构成分子为 $H_2O$ 物质的水称为**結晶水**,它在溫度大約为 $400^{\circ}C$ 时可从物质中析出。

結晶水組成許多矿物,例如石膏( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ),芒硝( $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ ),光鹵石( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ )等。

**沸石水**和**結晶水**相似,但其不同的是:在保持物质自然均一时, $H_2O$ 分子数和无水物质分子数之比变化很大。这种水包含在某些矿物中:例如蛋白石( $SiO_2 \cdot nH_2O$ )、方沸石( $Na_2Al_2Si_4O_{12} \cdot nH_2O$ )等。

**化合水**就是H和O参加矿物分子結構,并且只有当矿物分子結構完全被破坏。通常在溫度大于 $400^{\circ}C$ 时才能析出。

具有化合水的矿物是当压力增高时在地壳中形成的。这种矿物有:水硬鋁石( $AlO \cdot OH$ ),白云母( $KH_2Al_2Si_2O_8$ )等。

通常把化合水称作化学結合水,而把吸着水和薄膜水称为物理結合水。

在**生物圈**中。动物和植物属于地球表面上的生物圈,水是这些生物組織中的重要部分。

水文地质学就是研究各种水,主要是研究构成地壳的各种岩层中埋藏和循环的重力水。这些岩层的年代、成因和透水性各不相同。根据A·A·契尔卡索夫的研究〔1950〕,在地壳5公里范围内包含有49,500,000公里<sup>3</sup>的地下水。

大洋、海、地壳、大气圈、生物圈、地表水流、湖泊、沼泽和水庫中的总水量約为1,800,000,000公里<sup>3</sup>,占地球体积的1%。

## 第2节 自然界中水的循环

大气圈、水圈和岩石圈中的水是相互联系着的。太阳热使地面温度升高，就引起水分从水圈、陆地、植物复盖层表面和其它蒸发面蒸发。

蒸发时形成的水汽进入大气圈内，由于水汽进入另一热力环境，当大气圈中有吸水性能的微粒存在时，水汽便凝结，并重新以某种形态的大气降水形式降落到地面。

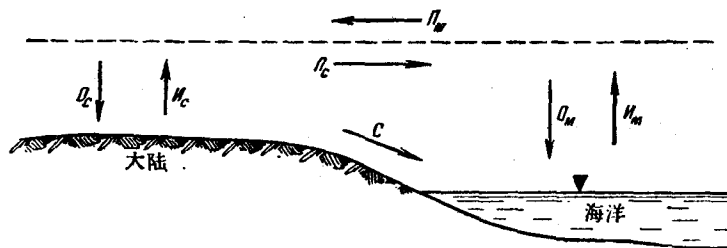


图 1—1 自然界中水的循环示意图

$O_c$ —陆地上的降水； $H_c$ —流向海洋的逕流从陆地表面蒸发； $O_M$ —大洋之上的降水； $H_M$ —从海洋表面蒸发； $C$ —河流逕流 ( $C = \Pi_M - \Pi_c$ )； $\Pi_M$ —从大洋向陆地的汽流； $\Pi_c$ —从陆地向大洋的汽流。

部分降水从陆地和水圈表面蒸发，部分降水流入河流、海洋，部分降水渗入透水岩层中，增补地下水储量。

水从地球的一个范围进入另一范围的转化过程，就形成了自然界中水的循环，循环示意图如图1—1所示。

自然界中水的循环分为小循环和大循环。在小循环时，从海洋表面蒸发的水分，没有被汽流带向陆地，仍旧降落到海洋水面上；在大循环时，部分水汽被带向陆地，并以降水形式落到地面，然后又重新流入海洋。

根据多年资料，一年内自然界中水的小循环符合于下列方程式

$$O_M = H_M \textcircled{1} \quad (1-1)$$

式中  $O_M$ ——降到水面的年降水量；

$H_M$ ——从同一水面蒸发的年蒸发量。

根据多年资料，一年内自然界中水的大循环用下列方程式表示。

$$O_C = H_C + C_C \quad (1-2)$$

式中  $O_C$ ——降到陆地的年降水量；

$H_C$ ——从陆地蒸发的年蒸发量；

$C_C$ ——来自陆地表面的年迳流量。

地球总表面积约为  $510 \cdot 10^6$  公里<sup>2</sup>。其中海洋占  $360 \cdot 10^6$  公里<sup>2</sup>；陆地占  $150 \cdot 10^6$  公里<sup>2</sup>，其中  $118 \cdot 10^6$  公里<sup>2</sup> 为迳流区， $32 \cdot 10^6$  公里<sup>2</sup> 为无迳流区。无迳流区常常是沙漠地区与海洋没有联系。在这些地区中降水只是消耗于蒸发。

根据多年资料，一年内整个地球的水均衡用下列方程式表示。

$$O_M + O_C + O_{C.O} = H_M + H_C + H_{C.O} \quad (1-3)$$

式中  $O_M$ ——海洋表面的年降水量；

$O_C$ ——陆地表面的年降水量；

$O_{C.O}$ ——无迳流区的年降水量；

$H_M$ ——海洋表面的年蒸发量；

$H_C$ ——陆地表面的年蒸发量；

$H_{C.O}$ ——无迳流区的年蒸发量。

方程式 (1-3) 内各个要素的数值列于表 1-1 中。

在自然界中，水循环要素（降水、蒸发、迳流）对查明地下

① 原著为“ $O_M + H_M$ ”，恐系“ $O_M = H_M$ ”之误——译者。



水的形成条件和动态来说有很大意义。因此，在水文地质调查时，对说明某一水文地质区水文-气象环境的这些要素，必须仔细地研究。

表 1-1 水均衡要素的数值  
(根据М·И·利沃维奇)

水 均 衡 要 素	年水量, 千·公里 <sup>3</sup>
$O_M$	411.6
$O_C$	99.3
$O_{G.O.}$	7.7
$O_M + O_C + O_{G.O.}$	518.6
$H_M$	447.9
$H_C$	63.0
$H_{G.O.}$	7.7
$H_M + H_C + H_{G.O.}$	518.6

### 气候要素

在水文地质调查中所作的水文-气象情况的分析，包括对气候条件及对地下水分布区内的地表和地下逕流的研究。气象站根据气温动态、大气压力、风、空气湿度、蒸发量、大气降水量以及其他气象要素的多年观测资料，可以说明地区的气候特征。

### 气温动态

气温沿地球分布的基本特征取决于太阳的入射热流；而且一般来说，气温是由赤道向两极降低的，这是因为在这个方向上太阳的辐射量减少的缘故。

影响地表附近气温的主要因素有：

1. 地表在水体和水流的分布、地形的切割程度、植物的性质、土壤的多种多样等方面所表现的非均质性；
2. 空气的水平交替与垂直交替；前者是由于气流带动的气