

苏联中等专业学校教学用书

水文地质学原理

(修訂增补第二版)

Г. В. 博戈莫洛夫 著

地质出版社

水文地质学原理

(修訂增补第二版)

Г.В. 博戈莫洛夫著

庄耀民 译

苏联地质部审定作为中等地质勘探学校教学用书

地质出版社

1960·北京

Г. В. БОГОМОЛОВ
ОСНОВЫ
ГИДРОГЕОЛОГИИ
ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
дополненное и переработанное
ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ
МОСКВА 1953

本書以淺顯易懂的形式闡述了地下水的理論和知識，敘述了地下水的成因、性質和分類，並介紹了地下水主要測量方法及在測量過程中所使用的儀器。本書可作為我國中等地質勘探學校的教學參考書，也可供一般水文地質人員閱讀。

全書由莊繼民同志翻譯，張志誠同志校訂。

水文地質學原理
(修訂增補第二版)

著者	Г. В. 博戈莫洛夫
譯者	莊繼民
出版者	地質出版社
	北京西四羊市大街地質部內
	北京市書刊出版業營業許可證出字第050號
發行者	新華書店科技發行所
經售者	各地新華書店
印刷者	地質出版社印刷廠
	北京安定門外六鋪炕40號

印數(京) 1—5500冊	1960年3月北京第1版
開本787×1092 ¹ / ₃₂	1960年3月第1次印刷
字數 157000	印張7 ¹³ / ₂₅
定價(10) 1.00元	

目 录

原序.....	5
緒 論.....	6
第一章 俄罗斯学者在发展水文地质学中的作用	8
第二章 大气圈水及地表水.....	12
§ 1. 自然界水的总循环.....	12
§ 2. 空气湿度.....	13
§ 3. 气温及其对湿度的影响.....	15
§ 4. 降水.....	21
§ 5. 逕流.....	25
§ 6. 蒸发.....	32
第三章 地壳内的水	37
§ 1. 地壳内的水的状态。地下水的概念.....	37
§ 2. 地下水的成因和形成的理論.....	38
§ 3. 地壳内温度的分布和水的状态.....	40
§ 4. 岩石的孔隙度及多孔性.....	45
§ 5. 岩石的机械(粒度)成分.....	48
§ 6. 岩石中水的类型.....	51
§ 7. 岩石的水理性質.....	57
第四章 地下水的物理性質及化学成分	60
§ 1. 地下水的物理性質.....	60
§ 2. 地下水的化学成分.....	61
§ 3. 水的化学分析。水样的采取.....	62
§ 4. 水化学分析的代表形式.....	66

§ 5. 地下水的化学分类.....	70
§ 6. 水的质量要求.....	72
§ 7. 水的细菌成分.....	77
第五章 地下水动力学概述.....	78
§ 1. 地下水运动的基本定律.....	78
§ 2. 地下水的流量.....	82
§ 3. 引水建筑物的涌水量.....	84
§ 4. 地下水的动态.....	90
第六章 地下水的主要类型.....	93
§ 1. 地下水分类.....	93
§ 2. 上层滞水和潜水.....	94
§ 3. 承压水.....	118
§ 4. 裂隙水及喀斯特水.....	139
§ 5. 永久冻土区地下水.....	145
§ 6. 矿水.....	149
§ 7. 泉.....	152
第七章 水文地质调查.....	154
§ 1. 综合地质-水文地质测繪和水文地质测繪.....	154
§ 2. 鑽探时的水文地质观测.....	160
§ 3. 岩石透水性的测定.....	171
§ 4. 地下水运动速度的测定.....	182
参考文献.....	186

原 序

編写“水文地質学原理”教材的目的是使地質勘探学校水文地質专业的学生熟悉地下水及其成因、化学成分的基本知識，并掌握地下水运动的規律。

这一課程是学生們进一步掌握地質勘探学校教学計劃中規定的各专门水文地質学科的必要基础。

“水文地質学原理”教科書的第一版是1951年出版的，到現在这本书已經完全过时了。根据許多学校及生产部門的要求，作者編写了第二版，在本版中对教科書中的許多章节作了重大的修改，并增补了許多国内外新的資料。

教科書的内容和編排次序与已批准的地質勘探学校的“水文地質学原理”教学大綱相符。

作者欢迎所有的批評和建議，以使本教材能更臻完善。批評建議請寄：莫斯科，培日夫斯基大街，7号，国立地質保矿科技書籍出版社。

緒 論

水文地質學是關於與岩石相互作用的地下水，及其成因、化學成分、性質、產狀、分布和運動的科學。

水文地質學與其相近的科學——地質學、氣象學、水文學、水力学、土壤學、地球化學和採礦學有密切的聯繫。因此，技術學校的學生們在學習本課程前，首先要具備自然學科和工程學科方面的一些必要知識。

地下水在國民經濟中及人類日常生活和活動中起着極其重要的作用，它是許多城市、工業企業及鄉鎮的供水水源。

地下水存在與否，在頗大程度上決定關係着工業和住宅建築、水工結構、公路等建築條件的岩石的工程地質性質。

地下水在農業開墾中具有很大意義；它與灌溉、沼澤疏干及其他一些問題密切相關。

任何一個較大型的建築都必須預先進行水文地質和工程地質調查，這種調查乃是各階段設計中的必不可少的依據。這裡只提一下蘇聯水文地質工作者對一些大型建設，象沃爾霍夫、斯維爾及德聶伯水電站、莫斯科運河、列寧運河以及古比雪夫和斯大林格勒地區的伏爾加河水力樞紐進行的調查工作即足以說明這一點。目前，由於我國各地正在進行重工業的建設，開墾生荒地和熟荒地及進行其他各種工程建設，因而水文地質及工程地質的調查也正在大規模的進行着。

目前，蘇聯科學院、各共和國科學院及其他許多科學研究所正在進行水文地質學方面的理論和應用問題的研究，並將此項研究工作與國民經濟諸問題密切地聯繫起來。

在目前的五年計劃和以后的五年計劃年代中，水文地質工作者所要完成的工作，就其范围來說在理論方面和实践方面都应超过以前所做的。当然，欲順利地解决此項任务，还須繼續扩大地質、水文地質的制图工作、加强水文地質学的理論陣地，在广泛調查、总结先进生产者与科学工作者的先进經驗的基础上进一步改善野外及試驗室的工作方法。同时必須大力改进水文地質調查方法，在实际工作中采用最新的設備和仪器，应用物理和化学方面的成就。为此，首先就应研究地下水动态的規律性及地下水动力学，以便能正确判断在自然和人为因素影响下地下水位的变化和化学性質的变化，并在这方面做出必要的預測。

第一章 俄罗斯学者在发展

水文地质学中的作用

在俄国古代的文件中，可以找到有关地下水及使用地下水的片断论述。例如，在十一和十二世纪的手稿中就提到木制取水建筑和输水管，它们系用来向城市供给地下水或用来汲取地下盐水，以便将盐水蒸发而获取食盐。

在十六世纪，俄国许多地区不仅广泛使用地下水饮用，而且还用以灌溉和医疗。在彼得一世的命令中，首次规定了要保持饮用水的卫生，并规定了寻找矿水的各种奖励制度。

对地下水进行广泛地科学调查，是从 M.B. 罗蒙诺索夫开始的。还在1740—1750年间，罗蒙诺索夫在他著的“论地层”中就正确地确定了地下水的许多科学原理。他把地下水看作是岩石相互作用着的复杂的天然溶液。

罗蒙诺索夫在自己后期著作里阐明了地下水是由于大气降水渗透到地内而生成的理论，并描述了水在自然中的循环过程。他还指出，降水并不是在任何地点和一年的任何时间都向岩石内渗透的，而只是在土壤能渗水的地方才剧烈地发生渗透。罗蒙诺索夫的观点在水文地质学发展中起了极重要的作用。

在以后的年代中，俄国科学院根据罗蒙诺索夫的创议组织了调查队，这些调查队的工作为系统地综合地研究俄国的宝藏——其中也包括地下水打下了基础。这些调查队在国内各个地区——乌拉尔、西伯利亚、伏尔加河流域、科拉半岛、高加索、德聂伯河流域都进行了工作。调查队的领导人是俄国著名的学者 B.Ф. 朱也夫、И.И. 列彼恆、Н.П. 雷奇科夫、Н.Я. 奥泽列茨科夫斯基等。

这些调查队的工作对发展地下水的学说具有很大意义。然而，在

帝俄条件下，調查队的工作未能得到广泛的发展，由于缺乏經費而很快地結束了。

此后，地下水的調查工作主要是由地方机关和各种私人团体組織进行的。調查的目的主要是为了改善农业供水，其次是为了个别地段的排水和灌溉。

1882年創立的地質委员会所进行的地下水調查工作系与供水、利用矿水作医疗、修筑铁路和个别工程等有关。当时，在地質委员会中工作的学者有 A. П. 卡尔宾斯基、H. A. 索科洛夫、С. Н. 尼基亭、H. A. 戈洛夫金斯基等人，他們对发展祖国的水文地質学起了很大作用。

在1882—1900年間进行的大規模調查工作还有：波列謝地区排水勘查队的綜合工作；俄国南部地区的灌溉工程；以及西伯利亚、外高加索和哈薩克斯坦的水利工程。

应当提到的是1900年初进行的主要河流水源的綜合調查工作。在这一調查中，领导水文地質調查的是俄国著名地質学家尼基亭和 H. Ф. 波格列博夫。尼基亭和 И. И. 辛佐夫依据調查資料和許多水源鑽探結果，編制出水源鑽探目录和俄国各个地区地下水的概述。即使在俄国革命前所进行的水文地質調查，就其范围和科学內容來說都比西欧国家广泛得多。

在1900年，俄国第一次出現了用祖国資料写成的地下水的材料。这就是 И. Б. 穆什凱托夫在他所写的“物理地質学”中所作的描述。他的著作与尼基亭、索科洛夫、辛佐夫等人的著作是对地下水科学的巨大貢獻。

1914—1916年間，由于調查高加索的矿水和寻找西方前綫、高加索及其他前綫的俄国軍隊所需要的水源，水文地質工作得到了进一步的发展。

談到水文地質学奠基人时，必須提到俄国的伟大土壤学家 B. B. 多庫恰耶夫的名字。他的关于土壤分带的著作对解决地下水化学成分

分带的問題具有很深的影响。

在伟大的十月社会主义革命胜利后的最初的年代里，由于进行水力建設和許多地区的供水工程，地下水的調查工作主要是由人民委员会負責进行。从1924年起大大增加了水文地質工作的范围，在那个时候，人民委员会已开始有计划地在克里米亚、頓巴斯地区进行水文地質測繪，并着手研究高加索的矿水水源。

从1926年起，地質委员会开始在苏联的許多地区进行大規模的水文地質調查和測繪工作。B. C. 伊林第一次編制出苏联欧洲部分的潛水图。M. M. 普里戈罗夫斯基編著了俄罗斯陆台承压水概述。1927年 A. H. 謝米哈托夫編制出苏联欧洲部分的承压水盆地图。

伊林所制訂的苏联潛水图乃是有关潛水的綜合著作。他第一次根据地貌的特征并考虑到地下水埋藏深度及其矿化程度而作出水文地質分区。伊林不仅是一位著名的学者，同时，还是广泛綜合調查地下水的組織者，他曾經是1927年創办的国民經济最高會議地下水研究委员会第一任主席。

由于苏联国民經济的增长，促使地質委员会将其內部的水文地質組改組成地下水部，不久，又改为在全苏水文地質工程地質科学研究所領導。

B. H. 維尔納茨基院士的著作对水文地質学的发展有很大影响。維尔納茨基正确地指明，水乃是决定地壳內发生的各种地質作用的重要的自然因素。地下水参与各种生物化学作用，岩漿作用及气化作用的过程，还参与許多矿床的形成和破坏。

維尔納茨基在其描述自然水生成史的著作中指出，在地壳內有着大量的水体在移动着，这种水体永远处于不断的各式各样的运动状态。

第一个五年計劃开始时，苏联已經积累了很多經驗，并摸索出适应国民經济各种需要的水文地質工作的方向和方法。在这一时期在莫斯科、列宁格勒、托木斯克、塔什干和諾沃契爾卡斯克等地的矿山技

术学校开始培养水文地質和工程地質专家。第一个五年計劃期間，在許多人民委員部和研究所等机关，大大地扩展了水文地質和工程地質試驗室。

由于在苏联各个地区和各种自然条件下都广泛地展开水利建設和工业建設，这就使得水文地質調查得到更大的发展。由于具体条件不同，就需要將調查的組織形式和調查方法根本上加以改变，以使其适应于具体环境并拟定其理論基础。

在苏联很快地改进了水文地質及工程地質工作方法，并发展了这些地質学科的理論基础。目前，地下水科学研究工作的成果已經大力綜合整理并写入苏联学者們的一些著名著作中。

卓越的学者和实践家Ф.Н.薩瓦連斯基对苏联的地下水研究及組織水文地質調查事业起了很大作用。

薩瓦連斯基最先写出了水文地質和工程地質方面的教科書，过去和現在高等学校的青年学生都在学习这些書。

另一位苏联卓越的地質学家謝米哈托夫特別致力于确定深层地下水的分布与地質构造的关系。根据这些資料，他划分了水文地質区，并編著了苏联境内地下水的簡要报告。Н.Н.斯拉維亞諾夫、А.М.奧弗琴尼科夫、Н.И.托尔斯齐欣編著了很多叙述地下水的書籍。

Г.Н.卡明斯基在水文地質学方面进行了巨大的科学研究工作及理論工作。他編著了一些具有独創性的水文地質学著作（“地下水动力学”等。）。

Н.К.依格納托維奇制定了地下水垂直分带的原理，这对于为各种不同目的而寻找和評定地下水极为重要。

應該提到全苏水文地質工程地質科学研究所、苏联科学院“薩瓦連斯基”水文地質試驗室及全苏給水、排污水、水工建筑物及工程水文地質研究所的水文地質学家們的科学实践的成就，他們就水文地質各个部分写出了許多重要的科学及方法指导書。

第二章 大气圈水及地表水

§1. 自然界水的总循环

我們不能离开大气圈中的水和地表水来单独研究地下水。水在自然界中处于不断的循环状态,大气圈中的水以各种形式——雨、雪以及少量的露和雾降落到地面上。同时,一部分降水順地面流入河流,河流再将水洩入海洋。另一部分降水則經過土壤渗入到下伏岩层,补充了地下水的儲量。

地下水也在不断运动着,在許多地方它以泉水的形式出露于地表,补給河流、湖泊和沼泽。

海洋水、河水和湖水总体积达1.4亿立方公里。地表水占地球整个面积的70.8%。如果全部海洋、河流、湖泊的水在地球表面上均匀分布,則将形成厚达3795米的水层。

在太阳热的影响下水可自海洋、河流及湖泊的表面和从大陆或直接从处于不同深度的地下水面发生蒸发。蒸发的水份在大气圈上层冷却,重新凝結,以雨、雪的形式再降下来。

因此,水在自然界中的循环可以下式表示,

$$O_c = C + H_c + H_{II},$$

式中 O_c ——大气降水量;

C ——地面逕流量;

H ——蒸发量;

H_{II} ——經過土壤渗入岩石內的降水部分(渗透量)。

此关系式总括起来表示整个地表上的水均衡。式中的各項数值及其相互間的比例不是固定不变的,它与气候、地形、植物特点及地質条件有关。

§ 2. 空气湿度

大气圈中的水，大部呈蒸汽状态存在，极小部分呈水滴状态（云、雾、雨）及固体状态（冰、雪和冰雹等晶体）。空气中的水蒸汽的含量不是固定不变的，它与下述原因有关：温度和压力、风向、季节和昼夜、地形、当地的高度和宽度、土壤特性、水池的有无和大小以及植物的多寡。

湿度这一概念是表示空气中水蒸汽的含量，而湿度又分绝对湿度和相对湿度。

所谓绝对湿度就是在—立方米的空气中水蒸汽的数量（以克计）或空气中水蒸汽的张力（以水银柱毫米数计）。以下列公式表示蒸汽数量 Q 与其张力 E 之间的关系：

$$Q = \frac{1.06}{1 + \alpha t} E,$$

式中 $\alpha = 0.004$ ——空气体积膨胀系数；

t ——空气温度。

在温度 0° 时 $Q = 1.06E$ 。

相对湿度就是一立方米空气中在观测时的实际水蒸汽数量 Q_1 与同温度同空间内空气完全达到饱和时所需的蒸汽数量 Q 之比。自然，相对湿度的数值总是小于1，此数值一般均用百分比来表示：

$$P = \frac{Q_1}{Q} \times 100\%.$$

相对湿度与绝对湿度一样，亦可用蒸汽张力值来表示：

$$P = \frac{e}{E} \times 100\%,$$

式中 e ——在该时刻所测得的空气中水蒸汽的张力。

E ——同温度、同体积内空气完全达到饱和时所需的蒸汽的张力。

测定空气湿度系采用专门的仪器——毛发湿度计、自计湿度计和

干湿球湿度計。

毛发湿度計用来测定气温在 $+5^{\circ}$ 以下时的相对湿度。此种仪器(图1)为一矩形架,架的上部固定一根脱脂人发。毛发的一端绕过固定于框架下部的滑輪,并以特制重錘张紧。在滑輪軸上固定一指針,指針头沿着0至100的刻度盘移动。

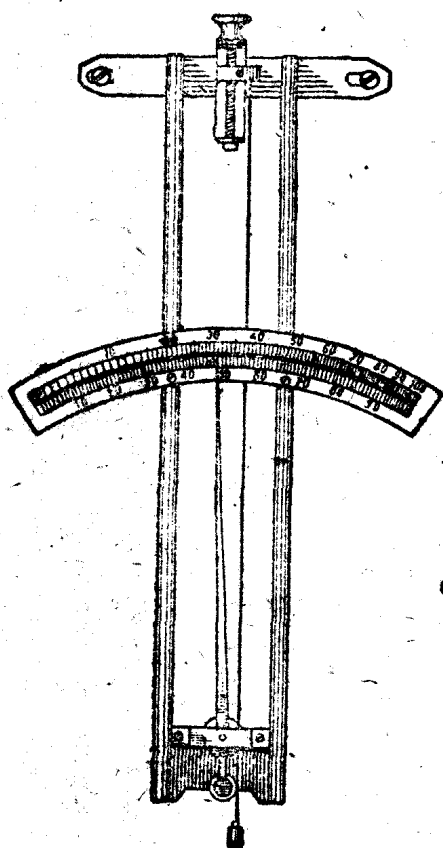


图 1. 毛发湿度計

此仪器是以毛发在湿度改变时能够伸长或縮短为基础的。湿度增加时毛发即伸长。此时,滑輪在重錘作用下即向右轉,同时針头在刻度盘上亦向同一方向移动。湿度降低时毛发即縮短,指針向左偏移。

自記湿度計(图2)供連續记录空气湿度变化用。在此仪器中的感应部件也是用脱脂毛发。将一束毛发水平地固定在两金属支柱之間,并在中間以小鈎张紧。借橫杆系統將小鈎与頂端安有笔尖的指針相連。

湿度变化时此束毛发即伸长或縮短,因而也就引起指針的頂端上升或下降。此时,指針上的笔尖沿着为发条驅動的轉筒上的紙帶移动。随即刻划出曲綫,此曲綫表示出观测期間每一瞬間的空气相对湿度。

以干湿球湿度計測定空气湿度的方法如下:将两个分度等于 0.2° 的干湿球溫度表垂直地并排固定在一鉄架上(图3)。一个溫度表叫

做“干球温度表”，用来测定气温。另一个温度表的水银球用细麻布片包裹，麻布片的下端拧成绳状，并通过温度表盖上的孔放入盛有蒸

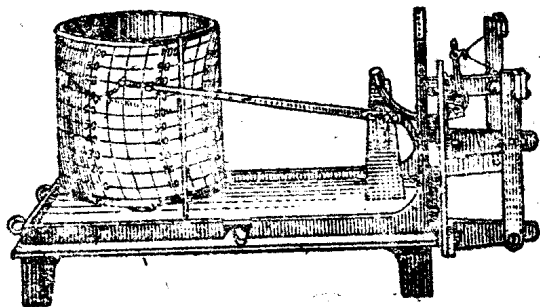


图 2. 自计湿度计

馏水的杯子中。水顺着麻布的毛细管上升并润湿温度表的水银球，故称此温度表为“湿球”温度表。最好不要使用非蒸馏水，因为其他水含有各种盐份，会沉淀在布上，这能破坏毛细管渗透。

由于水自浸湿的温度表水银球表面蒸发，故此温度表所示的温度总是要比干球温度表低些。这样，周围空气愈干燥，蒸发得也就愈多，两个温度表的温度差也就愈大。

此种湿度计可在气温为 -5° 以下时使用。

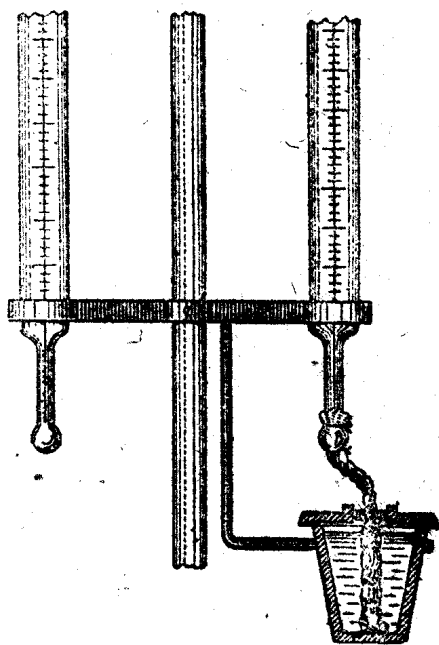


图 3. 干湿球温度表

§ 3. 气温及其对湿度的影响

绝对湿度和相对湿度都不是固定不变的，它在一年四季或昼夜之

間随着温度而改变。空气绝对湿度在靠近赤道的热带气候区域最大，可达20毫米或20毫米以上，接近完全饱和极限。与此相适应，相对湿度亦很高。

例如在印度一些地区，夏季相对湿度达80—90%，冬季为48—53%。相反，沙漠的空气湿度最低，例如在撒哈拉相对湿度一般都低于10%，很少上升到50%。

在一定的温度即所谓露点温度下，空气中的水蒸汽开始凝结变成液体或在温度急剧变化时直接变成固体。这种水蒸汽凝结的过程到处发生，包括沙漠和半沙漠的地区；在半沙漠地区由于土壤强烈冷却，这种现象最为明显。

欲使水蒸汽变为液体或固体不仅要求冷却，而且在空气中还要有极微小的固体微粒（例如被水扬起的灰尘，火山喷出的微细尘粒，未烧尽的燃料物质等），做为凝结的核心。形成水滴的大小取决于凝结水蒸汽的微粒的大小，其范围介于 2.5×10^{-4} 至0.5毫米之间。

空气中的水滴经常在运动着，水滴与水滴相触时融合成较大的水滴。大水滴克服风的阻力以雨的形式或在低温时以雪和冰雹的形式降落在陆地上。

然而，水蒸汽的凝结并非经常引起液体或固体的降水（水文现象）。凝结的结果很大程度地取决于发生凝结现象的空气层的带电状态。如在邻层的空气中有带同性电的水滴时，则它们互相排斥，不增大体积，此时只能形成云彩。如遇异电水滴时则相互吸引，体积增大，成雨水降下。

常有这种情形，从云中降落的水滴尚未来得及落到地面就在中途遇到干燥的空气层而蒸发了。例如，这种现象常见于撒哈拉大沙漠，在该地区水滴经过灼烧的大气圈下层还没有到达地面就变为蒸汽了。

使大气圈变热的大部分热量系来自地表。地表的给热量决定于很多因素，地形、岩石特性、植物、地理纬度等等。

大气圈的变热过程如下：白天被日光晒热的大地所放散出的热能