



中等专业学校教学用书

# 水文地质学

苏联 M.B.謝金科著

煤炭工业出版社

# 水文地质学

苏联 M. B. 謝金科著

王慶全譯 方鴻慈校

煤炭工業出版社

## 內 容 提 要

本書首先介紹了与地下水有关的水文学和气象学；其次敘述了水文地質学的基本知識，如岩石物理性質和水理性質、地下水起源和產狀、地下水物理性質和化学成分、地下水动力学和野外水文地質試驗；再次闡明了礦井水文地質工作方法和工程地質工作方法；最后还講到礦区供水水源的普查与勘探。

本書可供煤田地質勘探工作人員、礦井水文地質工作人員、建井工程設計人員學習或参考，并可作为礦業学院和中等礦業学校的輔助教材。

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ

苏联 М.В.СЕДЕНКО 著

根据苏联國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)  
1956年莫斯科第1版譯

628

## 水 文 地 質 学

王慶全譯 方鴻慈校

\*

煤炭工業出版社出版(地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 084 号

煤炭工業出版社印刷厂排印 新華書店發行

\*

开 85×116.8公分 $1/32$ \* 印張 $3\frac{13}{16}$ \* 插頁2\* 字數88,000

1957年11月北京第1版

1957年11月北京第1次印刷

統一書号：15035·383 印数：0,001—2,500册 定价：(10)0.70元

## 序 言

在开采煤礦时，地下水有着極重要的意义；因为，我們必須采取疏乾措施同涌入巷道的地下水進行斗争。疏乾措施的选择及其效果均取决于勘探工作實踐中所确定的礦床水文地質条件。为此，地質技術員应当直接参加全部勘探工作，在鑽進时并应進行全部野外生產技術和地質的編錄工作。所以，地質技術員应当具有水文地質学的必要知識。

地質技術員应当具有地下水的基本概念——地下水起源、產狀、分布和物理化学性質，岩石物理机械性質及其水理性質，地下水在岩石中的循环，地下水运动的基本定律，測定礦井巷道涌水量的各种方法的評價，以及与礦井水作斗争的方法等。上述这些問題本書均將加以闡述。

在編寫本書时，作者竭力使其內容簡明扼要。因此，書中所叙述的僅是水文地質学的基本知識，但这些知識均符合于本科学的現代發展水平。

本書的前六章討論了水文地質学的一般問題，后三章研究了在進行煤田地質勘探工作时水文地質学的实际应用問題。

本書的編寫是以下列苏联学者的著作为基础的：Ф. П. 薩瓦連斯基，Г. Н. 卡明斯基，Д. И. 謝戈列夫，Н. И. 托尔斯齐欣及其他学者。这些著作已列举于書末参考文献中。

作者將非常感謝地接受一切批評和意見，來信請寄：德聶普羅彼得洛夫斯克，卡尔·馬克思街21号，德聶普羅彼得洛夫礦業学院水文地質工程地質教研室（Г. Днепропетровск, Проспект, Карла Маркса, 21, Горный институт, кафедра гидрогеологии и инженерной геологии）。

# 目 錄

序 言	
概 論	5
第一章 自然界中的水	11
§ 1. 自然界中水的循环	11
§ 2. 空气湿度	13
§ 3. 蒸 發	14
§ 4. 大气降水	15
§ 5. 地表逕流和地下逕流	17
第二章 岩石的物理性質。岩石中水的形式	21
§ 6. 粒度成分	21
§ 7. 孔隙度	24
§ 8. 岩石的水理性質	27
§ 9. 岩石中水的形式	29
第三章 地下水的物理性質和化学成分	33
§10. 地下水的物理性質	33
§11. 地下水的化学成分	34
§12. 水質的評價	38
§13. 水質的改善	41
§14. 水的野外分析	42
第四章 地下水及其產狀	43
§15. 地下水的起源	43
§16. 地下水的分类	44
§17. 上層滯水	46
§18. 潛水的一般特征	46
§19. 潛水的动态	47
§20. 潛水的分帶	50
§21. 潛水的基本类型	52

§22. 无压层间水.....	53
§23. 構造裂隙水.....	54
§24. 多年冻土带的地下水.....	55
§25. 喀斯特水.....	60
§26. 自流水.....	61
§27. 泉.....	64
§28. 礦水.....	65
<b>第五章 地下水动力学原理.....</b>	<b>66</b>
§29. 水在岩石中的移动形式.....	65
§30. 地下水运动的定律.....	67
§31. 集水建筑物的涌水量.....	70
§32. 集水建筑物的相互影响.....	74
<b>第六章 試驗工作.....</b>	<b>75</b>
§33. 抽水試驗.....	75
§34. 注水試驗.....	82
§35. 实验室方法测定渗透系数.....	83
<b>第七章 勘探礦床时水文地質及工程地質工作.....</b>	<b>84</b>
§36. 一般概念.....	84
§37. 根据地質-水文地質条件礦床的分类.....	85
§38. 水文地質工作进行的方法.....	87
§39. 建筑場地上的工程地質調查.....	90
§40. 建設露天煤礦时的工程地質調查.....	91
§41. 报告書的編制.....	93
<b>第八章 礦井水及其防范.....</b>	<b>94</b>
§42. 礦井水文地質的任务.....	94
§43. 礦床的充水条件.....	95
§44. 礦井水文地質工作.....	98
§45. 开采礦床时的疏干方法.....	100
§46. 巷道涌水量的測定.....	105
§47. 礦床地下水的化学成分.....	108

第九章 供水用之地下水的勘探 .....	109
§48. 一般概念 .....	109
§49. 需水量标准 .....	109
§50. 供水水源 .....	110
§51. 供水用之地下水的勘探 .....	111
§52. 测定地下水储量的方法 .....	114
§53. 地下水的集水建筑物 .....	114
§54. 地下水的防护 .....	117
§55. 供水水文地质调查结果报告书 .....	118
参考文献 .....	119

## 概 論

水文地質學是一門研究地下水的科學。它研究地下水的起源、發展、產狀、分布和運動規律，地下水與圍岩的相互關係，地下水的物理性質、化學性質和氣體成分等。此外，水文地質學還研究地下水的實際利用問題，例如供水水源；在興建各種建築物和進行採礦時，還研究同地下水進行鬥爭的措施等。

地下水與組成地殼的岩石有着密切的關係，地質學是全面研究地殼的科學；所以，地質學與水文地質學的關係非常密切。我們現在所研究的這門科學的名稱本身也說明了這一點。

水文地質學所研究的範圍很廣，涉及到很多其它科學。因此，水文地質學與下列許多科學有着密切的關係：氣象學、氣候學、水文學、地貌學、土壤學、岩石學、構造地質學、地球化學、物理學、水文學、水動力學、水力工程學、採礦學等。

地下水在地質作用中的意義特別重大。地下水是產生下列現象的主要原因：岩石成分及結構的改變（物理風化和化學風化）；山坡的坍塌（滑坡現象）；礦產（硫化礦、鹽礦等）形態上的改變，甚至完全破壞而成為另外一種新的礦產（所謂熱液礦床）。

地下水在人類的生活也起着極其重要的作用。A. II. 卡爾賓斯基院士稱地下水是“……最寶貴的寶藏”。自古以來，地下水就被人們用來作為飲用水和工業技術供水。在絕大多數的情況下，農村居民依靠地下水滿足了本身的要求。大多數城市（如：莫斯科、梯比利斯、埃里溫、哈爾科夫、巴庫、馬格尼托哥爾斯克等）完全地或部分地利用地下水來滿足本身的需



要。在乾旱和半乾旱地区，地下水的意义顯得特別重大。因为，在这里地下水通常是居民区唯一可靠的水源。

但是，在許多國民經濟部門中，地下水也是一个不利的因素。在兴建水工建筑物、隧道、地下鉄道和軍事防御工事时，地下水大大地妨碍了工作的進行。这就迫使我們必須采取排水和防水措施，有时这些措施是很复雜的，于是在大多数情况下就增加了建筑的成本。

地下水使采礦工作遭到了許多格外的困难。流入巷道的地下水使工人的劳动条件惡化，使巷道支护困难，并且阻碍机械化的实现。在采礦實踐中，大家都知道这样的情况：当地下水突然涌入巷道时，它能毀坏个别地段或整个礦井。因此，在礦井中同地下水進行斗争有着特別重要的意义。

在礦井或礦山中，为了防止地下水須采用各种不同的疏乾措施和使用各种不同的排水裝置。疏乾投資和維護費通常达到采礦总成本排水費的20~30%，有时甚至还要大。

根据上述情况，顯而易見，在采礦企業進行設計与开采时，为了采取最合理的方法同地下水的不良作用進行斗争，必須对礦床的水文地質特征具有明晰的了解。

在進行采礦工作时，擺在水文地質人員面前的任务同样是巨大的，目前这門有关地下水的科学，已分出一門單独的学科，这个学科叫做礦山（或礦井）水文地質学。在苏联，各礦务局都設立了專門的水文地質隊，而个别礦井和露天礦在必要时也設立了專門的水文地質隊；其基本任务就是詳細地研究礦床的水文地質特征，并在这个基礎上，拟定防止地下水突然涌入和减少巷道涌水量的最合理而又最经济的措施。

水文地質学所解决的問題范围極為广泛。水文地質学虽然在不久以前才徹底地从地質学中划分出來（20世紀20年代），但是現在已經成为一門綜合科学，并分为下列几个独立学科：

1. 普通水文地質学——主要研究自然界中水的循环，地下水的起源、动态和均衡，水的物理性質、化学成分和其分类等問題。

2. 地下水动力学——研究地下水在岩石中的运动規律，集水建筑物的涌水量；以及在兴建水工建筑物和灌溉水渠时研究潜水的迴水等等。

3. 区域水文地質学——研究地下水的分布規律。

4. 礦水水文地質学——研究医疗水和有工业意义的水（可提取鹽、碘、溴和其它物質的水）的來源与形成規律，研究这种水的分布以及尋求更好的开采方法。

5. 地下水普查与勘探原理——研究水文地質試驗、調查工作的方法；研究为各种实际目的（供水、水工建筑、礦井和其它类型的建筑等）進行水文地質調查的方法。

6. 礦床水文地質学——研究实际礦床的水文地質特征，地下水对巷道的影响；在進行采礦工作时，研究防止地下水的措施等。

地下水在地質作用上和采礦工作中的影响，首先被 M. B. 罗蒙諾索夫所指出。他在自己的經典著作中指出：研究“地下”水与其圍岩关系的必要性。M. B. 罗蒙諾索夫对水在自然界中的循环有着明晰的概念。他確認地下水是由大气降水滲入岩石中而形成的，并認為水無論是在远古或是在現代都是經常对地質起着作用的因素。

在十八世紀下半叶初，科学院的探險隊对俄國天然財富所進行的系統的和綜合的研究，在俄國地下水研究方面起了重大的作用。参加这个探險隊工作的有下列一些著名的俄國學者：С. И. 克拉舍寧尼科夫、Н. И. 列彼欣、В. М. 謝維尔金等人。他們对我國自然研究方面（其中包括地下水）有着極重大的貢獻。在十九世紀末和二十世紀初，参加我國地下水研究工作的

有下列許多著名的俄國學者：Г.Е. 舒羅夫斯基，Г.Д. 羅曼諾夫斯基，И.А. 戈洛夫金斯基，С.Н. 尼基亭，И.И. 新佐夫，И.А. 索科洛夫，И.В. 穆什凱托夫，Л.А. 阿爾汗格爾斯基等人。他們的工作對我國水文地質學的發展起了很大的作用。И.В. 穆什凱托夫在其名著“物理地質學”（1900年）一書中，特用一章的篇幅來闡明地下水學說的基礎。在1900年，С.Н. 尼基亭寫出“俄國平原的潛水和自流水”一書，他首先劃出某些自流水盆地，其中有巨大的莫斯科自流水盆地；這對保證俄國中部許多城市（莫斯科、加里寧、謝爾普霍夫、奧列霍沃祖耶沃等城）的飲用水方面起了很大的作用。

十九世紀末葉，И.Е. 茹科夫斯基在水力學的原則基礎上，研究了地下水的滲透原理。

必須指出：偉大的俄國土壤學家В.В. 多庫恰也夫在其著作中所研究的土壤分帶，對於潛水分帶學說的發展起了很大的作用。И.В. 奧托茨基和В.С. 依林，以及現代的Г.Н. 卡明斯基，О.К. 郎格，И.В. 加爾莫諾夫等人成功地發展了這個學說。

在革命前，儘管在個別的理论方面得到了些成就，但俄國的水文地質調查並沒有廣泛的開展。

在蘇維埃政權的年代里，水文地質學才開始得到廣泛的發展。規模宏大的五年建設給水文地質人員提出一系列複雜的任務。在我們遼闊的祖國的各個角落裡，開始進行了大規模的水文地質調查。為解決在興建工礦建築物、水工建築物、運輸建築物時所發生的許多重要複雜的問題，就必須進一步地進行水文地質調查。由於水文地質學與國民經濟的發展有着密切的關係，所以它得到了發展並成為一門獨立的學科。

在蘇聯科學院和各加盟共和國的科學院系統中以及在各個部里所設立的許多科學研究機構（全蘇給水、排水、水工建築

物与工程水文地質科学研究所，全苏水文地質和工程地質研究所，水文研究所，全苏地質研究所，礦泉医療研究所等），对于水文地質学的發展起了重大的作用。由于水文地質学的蓬勃發展，就要求培养相当熟練的專業干部。最初，莫斯科礦業学院（1920年）創辦了水文地質專業，以后其它各大学和中等專業学校也开办了水文地質專業。

苏联学者成功地發展了水文地質学。

В. И. 維尔納得斯基院士是一門特別学科水文地球化学的奠基人之一。水文地球化学是研究天然水在与其有密切联系的固体岩石和气体中移动的均衡系統的一門科学。

И. И. 巴甫洛夫斯基院士研究了地下水在水工建筑物下运动的原理，并發展了地下水非均衡运动的理論。

Ф. И. 薩瓦連斯基开始着手研究了一般地下水的形成問題，特别是在干旱地区潜水的形成問題。

Л. С. 列宾佐院士發展并充实了 И. Е. 茹科夫斯基关于地下水的滲透理論，同时还研究了天然液体和天然气在岩石孔隙中的运动理論。这些理論成功地被应用在勘探及开采石油礦床方面以及其它一些工業技術部門中。

А. Ф. 列別捷夫教授研究了地下水的移动，并且研究了水在岩石中的形式的理論。

И. Ф. 波哥列勃夫教授是地質委员会中水文地質部門的組織者之一，而且是首任主席。在將近半个世紀中，И. Ф. 波哥列勃夫在列寧格勒、頓巴斯、克里木及其它各地曾組織与領導了无数次的水文地質調查，在工作中起了很大的作用。

Г. И. 卡明斯基教授研究了地下水在非均質透水性岩層中运动的原理，以及地下水不穩定的运动(随時間而变化的运动)和地下水主要成因类型的形成条件等一系列的理論問題。此外，Г. И. 卡明斯基在我國各大学里，对組織培养專門水文地

質人員方面作了很多工作,并著述了很多教科書和教学参考書。

A. H. 謝米哈托夫教授对苏联領域上的地下水進行了区域性的研究,确定了地下水与地質構造的关系;在这些資料的基礎上,并划分了苏联欧洲部分的水文地質区。

M. H. 苏姆金, H. H. 托尔斯齐欣和 П. Ф. 什維佐夫在許多著作中均闡明了占苏联整个面積45%的多年冻土区地下水的特殊动态問題。

还有很多其他著名的苏联学者和工程师,他們对水文地質学的研究和实用方面也貢獻了自己的力量,因而也促進了我國水文地質学的發展。

# 第一章 自然界中的水

## §1. 自然界中水的循环

在地球上所遇到的水有：气态、点滴液态及固态。在太陽热、大气压、植物成長和其它因素的影响下，水能由一种形态轉变为另外一种形态。

大气圈中的水总共有三种状态：气态、点滴液态(云和霧)及固态(雪、雹)。

在地面上，水聚集于海洋、河流、湖泊、沼澤之中，或呈冰、雪状态，这就構成水圈。在地面上水还呈一种特殊状态存在于構成所謂生物圈的所有的动物和植物中。

在地壳——岩石圈中，含有各种不同状态的水：气态水、吸着水、薄膜水、液态水、固态水、化学結合水(沸石水、結晶水、結構水)。关于这些类型的水，我們將在第二章里加以詳細地研究。

大气圈水、水圈水和生物圈水之間有着特別密切的联系。由于海洋、河流、湖泊、沼澤表面的蒸發以及由于生物的生長，水自水圈轉到大气圈，又从大气圈以降水的形式如雨、雹、露、雪、霜等)落到地面上。

降落的水，一部分流回海洋，一部分重新蒸發到大气圈里；另外一部分則下滲到土壤中或較深的岩石帶中而轉为地下水。在岩石中移动的水，一部分又以泉的形式流出地面而补給小溪和河流，另一部分則流入海洋。一部分地下水直接經過土壤蒸發到大气圈，另一部分地下水由于植物的生長而上升到大气圈；很多种植物的生長需要大量的地下水，并將其轉为气态。

水由地球上的某一圈轉到另外一圈的作用，称为自然界中水的总循环，这种循环系由蒸發、降水和逕流（地表逕流和地下逕流）組成。水的总循环可分为大循环、小循环和內循环。在大循环中，一部分从海洋表面蒸發的水被風帶到大陸上，并以降水的形式落到大陸上；然后，这些降水消耗在逕流和蒸發上。在小循环中，在海洋範圍內所蒸發的水又以降水的形式落到这些地方。在內循环中，在大陸範圍（从湖泊、沼澤、河流的水面上，以陸地上及从植物上）所蒸發的水又重新降落到大陸上（圖 1）。

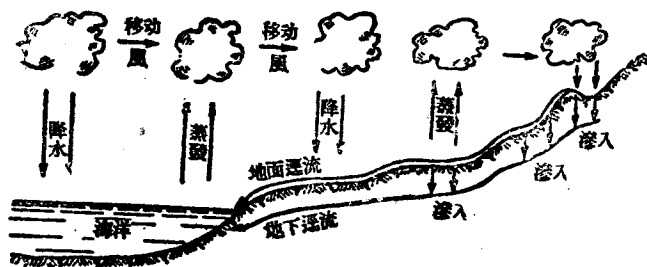


圖 1 自然界中水的循环示意图

蒸發水量、降水量和其在地表逕流和地下逕流的分配，决定于温度、压力和其它气候因素，同样也决定于地形、区域地質構造、岩層的岩石成分以及其它条件。因此，在某一区域或在某一礦床進行水文地質研究时，除研究地形、地質、岩層等外，还必須了解气候情况——降水量及其性質（雨、雪、霧、霜），降水在一年四季的分布，地表逕流，風力和風向，温度在各个时期的变化，蒸發水量。

气象資料通常可由鄰近的气象站獲得。在这些資料的基礎上，再根据对于所進行的工作的一般了解，即可对于所研究的区域的气候特征作出結論。

## §2. 空气湿度

大气圈里的空气是一种混合气体：氮（78.1%），氧（21.0%），少量的氩气，碳酸气和一些惰性气体与水蒸汽。

大气圈里水蒸汽的含量决定着我們所谓的空气湿度。单位重量的湿空气中所含的水蒸气重量称为比湿度。

空气湿度分为绝对湿度和相对湿度及湿度差。

大气圈中的水蒸汽与其它各种气体一样具有张力，该张力以能使水蒸汽张力相平衡的水银柱高度公厘来测定。当时存在于空气中的水蒸汽张力（水银柱高度公厘）称为绝对湿度。绝对湿度也可以用一立方公尺的空气中水蒸汽的克数来表示。

由于气温的不同，空气的绝对湿度变化很大。表1列举的是：当空气完全为水蒸汽饱和时空气的绝对湿度值。

表1

湿 度		温 度
公 厘	克/公厘 <sup>2</sup>	
0.4	0.5	-30
1.0	1.1	-20
2.2	2.4	-10
4.6	4.8	0
9.2	9.4	10
17.5	17.3	20
31.9	30.4	30

在空气中存在的水蒸汽张力  $e$  与在同体积同温度为使空气完全饱和所需的水蒸汽张力  $E$  之比称为相对湿度  $e_1$ ：

$$e_1 = \frac{e}{E}. \quad (1)$$

如果以重量之比表示，则相对湿度  $e_1$  为：



$$e_1 = \frac{W}{M}, \quad (2)$$

式中  $W$ ——当时存在于空气中的水蒸汽重量(克)；

$M$ ——为使同体积同温度的空气完全饱和所需的水蒸汽量(克)。

由于一系列的原因，相对湿度的变化很大，从30—40%到80—90%或更大。在天气阴郁时或在降雨时，空气的相对湿度可以达到100%，即在該温度下空气完全为水蒸汽所饱和。空气完全为水蒸汽所饱和时的温度称为露点。如果温度低于露点则多余的水分将要凝結(水蒸汽凝結成露及霧的現象)。

饱和水蒸汽張力  $E$  与水蒸汽实际張力  $e$  之差称为湿度差或饱和差  $d$  即：

$$d = E - e. \quad (3)$$

湿度差对蒸發作用有着重大的意义。因为，在其它条件相同时，湿度差愈大，蒸發速度亦愈大。

### §3. 蒸 發

水由液态轉为气态的作用称为蒸發作用。水蒸汽所以能达到大气圈中是由于自海洋面、湖沼面、湿土面及植物叶面的蒸發作用所致。地下水僅能在毛細管上升高度接近于地表的地段上才能蒸發。

由于植物(草本植物和木本植物)生長所形成的水蒸汽是蒸發作用的一种特殊形式，这种蒸發作用亦称为蒸騰作用。蒸騰作用就是与植物纖維生長有关的生理作用。一克植物纖維長成时，大約要蒸發掉300—400克的水。一棵玉蜀黍在其全部生長期間可蒸發掉20到120公斤的水，而一棵向日葵就可蒸發掉250公斤左右的水。植物复盖層的蒸發总是超过裸露的土壤表面的蒸發。