

中等专业学校教材試用本

水文地质学

陕西省地质学校編



中国工业出版社

中等专业学校教材試用本



水文地质学

陕西省地质学校編

中国工业出版社

全書分兩大篇：第一篇，水文地质学概論（即普通水文地质学）部分，共10章，着重介紹地下水基本理論及有关知識，占全部內容三分之二左右；第二篇，矿床水文地质概論（附簡易找水及中小型水庫坝勘察），共五章，除概括介紹矿床充水因素、矿床水文地质分类、矿床水化学成分及坑道涌水量計算外，重点敘述了有关矿产普查及勘探中的水文地质工作，并簡要提及物探地植物学在水文地质工作中的应用。

本書作为我国中等地质专业学校，地勘和物探专业教学試用課本，也可供一般水文地质工作人員閱讀。

本書由陝西省地质学、郑州地专两校合作編写，書中1—9章、15章及地植物学在水文地质工作中的应用等部分，由賈思吉編写；10—13章及物探在水文地质工作中应用等部分由馬友良編写。主要由陝西省地质学校审閱。

水文地质学

陝西省地质学校編

中国工业出版社出版（北京修麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事业許可証出字第110号）

地质印刷厂印刷

新华書店科技发行所发行·各地新华書店經售

开本 $787 \times 1092^{1/8}$ ·印张 $9^{1/8}$ ·插頁3·字数214,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—5,733·定价（9-4）1.15元

統一書号：15165 697（地质—25）

編 者 的 話

本書編写系根据地质部1961年三月教材編写會議的指示精神，按照1961年新訂教育計劃和大綱(地勘和物探兩专业)編写而成。內容和編排次序与大綱規定相符。

編写过程中主要参閱了我国各院校各有关专业的教学用書，并吸取了各校以往教学中的体会和改进意見，故在內容上及份量上較过去教材有重大改进。基本反映了我国实际情况以及密切結合专业需要和野外工作，增加了有关实例和新方法(水化学找矿、物探、地植物学)的介紹，簡易找水和中型水庫坝址勘察等內容，但重点內容，以叙述普通水文地质学及矿床水文地质学基本原理知識为主。

編写中在上級和学校党委直接领导下，作了深入的审查和修改，在文字組織上尽量达到簡明扼要深入浅出，但因編者水平所限不足之处一定存在敬希讀者指正。

在此并对审改本書的同志以及寄宝貴意見的兄弟学校致以謝意。

陝西省地質学校

1961年5月

目 录

第一篇 普通水文地质学

第一章 緒論

- 第一节 水文地质学的研究内容及与其他科学間的关系..... 7
- 第二节 水文地质学在国民經济建設中的作用 7
 - 一 民用給水和工业用水方面..... 7
 - 二 农田灌溉土壤改良发展牧畜业方面..... 8
 - 三 工程建筑方面..... 8
 - 四 作为有用矿产开采方面..... 9
 - 五 在矿产普查、勘探和开采方面..... 9
- 第三节 水文地质学的发展簡史 9

第二章 影响地下水的气象及水文因素

- 第一节 自然界中的水及水的循环 11
- 第二节 影响地下水的气象因素 13
 - 一 大气的湿度..... 13
 - 二 大气降水..... 14
 - 三 蒸发..... 15
- 第三节 影响地下水的水文因素 17
 - 一 河水的补給类型..... 17
 - 二 地表逕流及地下逕流..... 17

第四节 我国气候概况 18

第三章 地下水与岩石的相互关系及岩石中水的形成

- 第一节 岩石的多孔性及孔隙度..... 20
- 第二节 碎屑岩石的粒度成分及其分类 23
- 第三节 岩石的水理性质 25
- 第四节 岩石中水的形式 27

第四章 地下水的物理性質和化学成分

- 第一节 地下水的物理性质..... 29
 - 一 溫度..... 29
 - 二 透明度..... 30
 - 三 顏色..... 30
 - 四 味..... 30
 - 五 气味(嗅) 30
 - 六 比重、导电性、放射性。..... 30
- 第二节 地下水的化学成份..... 31
 - 一 地下水的常見成分及其来源..... 31
 - 二 氢离子(H⁺)浓度(pH值) 33
 - 三 水的硬度..... 33

四 总矿化度..... 34

第三节 地下水按化学成分的分类 34

- 一 C.A.修卡列夫分类 35
- 二 布罗德斯基分类..... 35

第四节 地下水化学成分的分析 36

- 一 水分析的类型..... 36
- 二 水分析的结果表示和审查..... 36
- 三 水分析资料的綜合整理..... 37

第五节 水质评价 38

- 一 飲用水评价..... 38
- 二 对农业用水(灌溉)评价..... 39
- 三 工业技术用水评价..... 39

第五章 地下水的起源及分类

第一节 地下水的起源 40

- 一 渗透說..... 41
- 二 凝結說..... 41
- 三 沉积說及初生說..... 42

第二节 地下水的分类 42

第六章 包气带水和潛水

第一节 包气带水 44

- 一 土壤水..... 44
- 二 沼泽水..... 44
- 三 上层滞水..... 45

第二节 潛水 45

- 一 潛水的一般概念..... 45
- 二 潛水面的形状及等水位綫图..... 47
- 三 潛水的补給条件、逕流及排洩条件..... 50
- 四 潛水的动态与均衡..... 51
- 五 潛水的主要类型..... 53

第七章 承压水(自流水)

第一节 承压水的一般概念..... 58

第二节 管水压綫图的編制及其用途 61

第三节 自流水資源 62

第四节 自流水类型及我国自流盆地的 举例..... 62

第八章 裂隙水喀斯特水和多年冻土带地下水

第一节 裂隙水 64

- 一 岩石裂隙性质及其含水性 64
- 二 裂隙水的一般特征及其分类 66

第二节 喀斯特水	68
一 喀斯特水的概念	68
二 喀斯特水的分带	69
三 喀斯特水对矿产开采的影响及研 究要求	70
第三节 多年冻土带地下水	71
一 多年冻土带的形成条件及在我 国分布	71
二 多年冻结带地下水的概念	71
第九章 泉和矿水	
第一节 泉	73
一 泉的一般概念及研究意义	73
二 泉的分类及一般特征	74
三 泉水的动态	75
第二节 矿水	76
一 矿水的概念及其形成条件	76
二 矿水的主要类型	77
三 我国矿泉概述	77
第十章 地下水的运动和水文地质计算	
第一节 地下水运动的基本定律	78
一 直线渗透定律 (达尔西定律)	78
二 非直线渗透定律	80
第二节 地下水实际流速的测定	80
一 地下水流向的测定	80
二 地下水实际流速的测定	81
第三节 地下水运动的基本方程式	83
一 地下水在均质岩层中的运动	83
二 地下水在非均质岩层中的运动	84
第四节 地下水向集水建筑物的运动	86
一 集水建筑物的类型	86
二 垂直集水建筑物的涌水量计算	87
三 水平集水建筑物的涌水量计算	89
四 地下水涌水量与水位降低间 的关系	89
第五节 岩石渗透系数的测定	90
一 经验数值和经验公式	90
二 实验室用仪器测定渗透系数 的方法	91
三 野外试验方法测定岩石渗透系数	93
第二篇 矿床水文地质学概论	
前言 矿床水文地质学的研究内容及 任务	
第十一章 矿床充水因素及矿床水文地质 分类	

第一节 矿床充水的因素	95
一 矿床充水的自然因素	95
二 矿床充水的人为因素	97
第二节 矿床水文地质分类	97
一 苏联的矿床水文地质分类	98
二 我国固体矿床水文地质分类 (初 步方案)	99
第十二章 矿床地下水的化学成分及坑 道涌水量的测定	
第一节 矿床地下水的化学成分	100
一 矿床地下水化学成分概述	100
二 水文地球化学 (水化学) 找矿方法	101
第二节 坑道涌水量的测定	104
一 比拟法	104
二 大井法	104
第十三章 区域地质测量 (普查) 及勘 探矿床时的水文地质工作	
第一节 区域地质测量 (普查) 及 勘探矿床时水文地质工作 要求和内容	105
一 区域地质测量 (普查) 中水文地质工作 要求和内容	105
二 勘探矿床时水文地质工作要求 和内容	106
第二节 矿区水文地质测绘工作	108
一 水文地质测绘的准备工作	108
二 水文地质测绘的野外工作	108
三 室内资料整理中矿区水文地质 图的编制	114
第三节 矿区水文地质勘探工作	116
一 地质勘探钻孔中简易水文地质观测	116
二 勘探坑道时的水文地质观测	122
三 专门水文地质钻孔的布置和要求	124
第四节 矿区水文地质试验工作	125
一 抽水试验	125
二 钻孔注水试验	128
三 试坑渗水试验	128
第五节 矿区地下水动态的观测工作	129
一 研究地下水动态的意义	129
二 观测内容	129
三 观测要求	130
四 观测资料整理	130
第六节 矿区水文地质报告书	

的编写	130
一 大、中型矿床水文地质报告 書內容.....	131
二 小型矿床水文地质报告書的內容.....	132
第十四章 地球物理勘探（物探）方法 及地植物法在水文地质調查 中的应用	
第一节 地球物理勘探（物探）方法在水 文地质調查中的应用	132
一 物探方法在水文地质調查工作 中的意义.....	132
二 电法勘探的基本原理.....	132
三 各种电法在水文地质調查中 的应用.....	133
第二节 地植物法在水文地质調查中 的作用	137

附:

第十五章 簡易寻找地下水方法及中小型水 庫坝址勘察工作簡介

第一节 簡易寻找地下水方法介紹.....	139
一、从气候現象和地表面干湿情况来看 ...	140
二、从地植物学观点来看	140
三、从动物方面观察	140
四、根据地形、地貌，与地质观察 而推断	140
第二节 中小型水庫坝址水文地质、工程 地质調查簡介	142
一 中小型庫坝地段的选择	143
二 中小型水庫坝址的勘察工作	144

附 1 各篇章复习思考題及作业題

第一篇 水文地质学概論

(普通水文地质学)

第一章 緒 論

第一节 水文地质学的研究内容及与其他科学間的关系

水文地质学是研究地下水的科学。主要研究地下水起源、运动、埋藏条件、分布规律、和物理性质、化学成分以及动态变化等問題；它还研究国民經济各部門合理利用地下水（如各种目的供水……等）和人工防范地下水的危害作用，（如矿坑涌水、土壤沼泽化、盐碱化……等）。并进一步調节有害因素变有利因素。所以說水文地质学不仅是关于研究地下水的理論科学，而且也是一門实用的科学。

由于地下水是埋藏在地表以下、地壳上部岩石空隙中的水，故其許多特征（如分布、运动、化学成分……）与岩石性质、地质构造，有着密切关系；它实际上是屬於地球科学——地质学范畴的一部分。地质学中的矿物岩石学、地层学、构造地质学和第四紀地质学、地貌学等，都与水文地质学有密切关系。它們是水文地质学的基础知識。人們离开了地质学而单独研究地下水，是不可能取得重大成就，也不可能解决任何实际問題的。因而学习水文地质学，必須具备有关地质学的許多知識。

其次，地下水又是整个地球水圈組成的一部分。它和地表水、大气水有着密切的关系，引用地表水和大气水的資料和理論，有助于解决水文地质学中的許多問題。但研究大气水是气象学的对象，研究地表水是水文科学的对象，所以水文地质学和气象学水文科学之間有着密切的关系。

此外，在解决地下水的运动，涌水量和儲量計算等問題时，要用到水力学，水动力学，高等数学等方面的知識；在研究地下水化学成分、查明其水质时，要引用物理学、化学等方面知識；在寻找和勘探地下水时，要用到地质制图，勘探技术和物探、化探以及地植物学等方面知識。特別是地球物理勘探学这門新兴科学的迅速发展，被日益广泛采用来解决許多水文地质問題，且不同的水文地质条件对物探成果也有着很大的影响。因此物探专业学习本門課程具有非常重要的意义。綜合上述，水文地质学与許多科学有着密切的关系。

第二节 水文地质学在国民經济建設中的作用

一、民用給水和工业用水方面：

“水”是人类不可缺少的东西，常言道：“沒有水就沒有生命”；“水是一个宝，生活离不了”可見“水”对于人們生活的重大意义。

虽然，自然界中的水分布很广，但在一些干旱沙漠地区及大城市或在某些季节里（干旱季节，冻结期里）特別稀少，人們不得不找寻与利用地下水。这方面的实例很多，如苏

联巴庫由于缺少水源，不得不到一百八十五公里以外地方去吸取地下水。至于在一般大城市，由于集中了数十万人甚至数百万人口，需水量就更大了，且对水的质量也有一定的要求。地下水由于经过岩石的“过滤”作用，在质量上、卫生条件上具有一定的优越性，且分布普遍、取之方便、季节性变化不大。所以世界上各国的许多大城市，都吸取地下水作为供水水源。我国许多大城市，如北京、济南、西安等地也是如此；其次为适应我国广大农村由于人民公社的建立，生产的飞跃发展和新兴居民点的星罗棋布等方面的需要，勘查供水水源的工作必须紧紧的跟上去。

当建设一个大的工厂或矿山时，不但人们生活需水量很大，而且工业本身也需要大量的水源，并在水的质量上、要求有一定的标准。如造一吨纸需水达二百吨至四百吨；加工一吨石油最少需水五吨；炼一吨铁需水一百三十吨；生产一吨纺织品需用水一百至三百六十吨；炼钢时需要有低温的水，纺织工业需要有软水，且不含有铁、锰等杂质；而蒸汽锅炉用水（包括铁路机车用水）要求就更为严格。其他的许多工业如制糖、制革、食品加工、以及化学工业等也都需用大量的水源。

二、农田灌溉土壤改良发展牧畜业方面：

我国国民经济的根本方针是以农业为基础、工业为主导，把优先发展重工业和迅速发展农业结合起来。在目前及今后相当长的时期，全党全民大办农业、大办粮食是首要任务。而大力发展农业，又与水利建设有着密切的关系，因为兴修水利是农业增产措施的重要一环。也是农业“八字宪法”中的一条。

我国解放以后由于大力兴修水利的结果，对农业特大丰收及战胜百年未有的大旱，变重灾为轻灾方面都起到了重要作用。事实证明了党和毛主席领导的英明伟大，和兴修水利的重大意义。

从我国自然地理条件和现有耕灌条件来看约有十几亿亩的耕地上，大部分或部分的需要用地下水灌溉，在西北广大草原牧区，需要寻找与利用地下水；在全国的领土上有近二百八十万平方公里的干旱地区，其中约有一百万平方公里是沙漠半沙漠地区。在这些地区内有着丰富的宝藏急待开发，有着辽阔的草原和可耕地，但由于缺少水源，给开发利用带来很大困难，历史上任何朝代都未能解决这一问题，但是在今天我们，由于有伟大的中国共产党和毛主席的英明领导，有全国人民为建设社会主义和共产主义忘我的劳动热情。要“改造自然、变沙漠为良田”；变“干旱地带为鱼米之乡”。这个伟大的理想一定会实现。几年来我们已在腾格里大沙漠、河西走廊、及天山南北等地，找到了优质、量丰的地下水，给农业的发展创造了先决条件。在陕北黄土高原地区的某些地段，也开发了地下水机井灌溉事业，实现了农业上“人定胜天”和“无雨保丰收”的伟大理想。

地下水有时亦给农业发展带来困难，当降水过多、不易排除或地下水位过高的地方，可能形成沼泽；加之不断蒸发的结果又易形成土壤的盐渍化（某些灌溉地区因不注意对地下水的影响，不断抬高地下水位，形成人为的沼泽化、盐渍化）。

在上述盐碱化和沼泽化地区，不仅不能种植作物发展农业，而且对工程建筑也有很大的妨碍。

三、工程建筑方面：

地下水对工程建筑的影响很大，当地下水位过高时，会降低地基稳固性和增加施工的困难；当水质不良和流速很大时，会产生各种潜蚀作用甚至使整个工程破坏。

四、作为有用矿产开采方面：

地下水不仅是民用、工业、农业供水的重要水源，而且可以象其他矿产一样，作为有用矿产来开采。有些地下水具有医疗意义，称之为矿水，（亦通常称为温泉）。它是发展疗养事业的重要基础。有的温泉温度很高，达70—80°C，且终年不变，可以作为取暖甚至发电的热源。

其次，地下水中可能富集某些有用元素，也可以直接加以开采，提取工业原料。

五、在矿产普查、勘探和开采方面：

因为地下水埋藏在岩石之中，且不断运动，故其本身的化学成分和周围岩石（包括矿产）的成分有着密切关系，我们可以借助于“水化学标志”，来找寻有用矿产，这种方法称为水化学找矿法。

矿产开采过程中，地下水往往成为有害因素，当地下水涌入坑道，会给采矿工作带来很大困难，人们不得不采取排水疏干措施，因而增加了开采成本。有的矿山涌水量过大不易疏干，或使用于疏干耗资过多，大大超过采矿价值，这就不得不停止开采。在解放前，国民党反动派统治的年代里，资本家开办矿山，只追求高额利润，对生产安全和工人生命财产漠不关心，对查明矿山水文地质条件丝毫不管，对坑道涌水更不采取有效的防范措施。所以许多矿山在开采过程中往往因水患，而造成重大损失。甚至人身伤亡，和整个矿山毁坏事故。

解放后由于党和人民政府的重视，加强了矿区的水文地质工作，在采矿过程中对矿坑涌水已采取积极有效的措施，保证了工人安全和生产正常进行。地质部先后颁发的“地质普查测量工作暂行规范”以及“地质勘探工作纲要”（草案）中，都有明确规定：在做任何比例尺任何阶段的普查和勘探同时都要进行相应的水文地质工作。全国储量委员会成立以后也规定：矿产储量报告中，必须有相应的水文地质资料，不然不予批准储量。由此可见水文地质工作在矿床开发中的重要作用。事实证明：只要通过工作了解并掌握了地下水的规律，不仅可以防止地下水有害事故的发生，还能变有害因素为有利因素。象利用矿坑涌水作为采矿的动力，以不经过处理以后的矿坑水可作为选矿或生活用水的水源等等。

从上述几点看来，地下水与人的关系是非常密切，在某些条件下它是有利的，我们利用它，而在另一些情况下它是有害的，我们要防止它、改造它，正因为如此，所以人类从古到今，在利用自然和改造自然的实践斗争中，使水文地质学就逐渐发展和丰富起来。

第三节 水文地质学的发展简史

水文地质学和其它许多科学，都是在人们生活生产实践中发生发展起来的，并随着社会生产力的发展和社会制度的进步日益充实和完备。

远在很古时代，人类就开始利用和防范地下水，并积累了一些有关地下水的普通知识，也有一些学者如古希腊的伯拉图（公元前300—400年）亚里士多德等，初步尝试解决地下水的某些理论问题，但由于当时社会生产力很低，也就不能使水文地质学迅速发展，成为一门独立的科学。在科学文化普遍停滞的中世纪中，地下水的理论，更没有得到重大的发展；直到19世纪末20世纪初有关地下水科学还是在普通地质学中讲述，未成为一门独立科学。

最先进最完备的水文地质科学理论，是从俄国十月革命以后才发展和成长起来的，苏

联在十月革命后，由于开展了社会主义和共产主义的伟大建设，无论在城市或工矿区供水、矿山排水、工程建设、农田灌溉与土壤改良等各方面，都迫切需要水文地质学解决有关问题。在伟大的苏联共产党领导下进行了巨大的多方面的水文地质工作，培养出了大批红色的水文地质专家和科学研究工作队伍，积累了丰富的资料。它远远超过了所有资本主义国家，使水文地质学在苏联迅速发展成为一门独立的综合性科学。它包括：普通水文地质学；地下水动力学；矿床水文地质学；（几种特殊矿床——又单独成为几门科学，即油田水文地质学，煤田水文地质学，放射性水文地质学）；矿水学；普查与勘探水文地质学；区域水文地质学；水文地球化学。此外目前还正在创立“古水文地质学”和“历史水文地质学”等科目。

上述各个方面都有许多专门著作，这些著作就是我们学习的最宝贵的知识。

我国是世界历史悠久的文明古国，关于地下水的利用很早以前就已经开始，并积累了很多丰富的知识。相传于唐尧时代一首画壤歌中提到“凿井而饮，耕田而食”可见我国是世界上最早有井的国家。在公元前300—200年时候，我们祖先就在缺水地区开凿了长达数十公里的坎儿井。

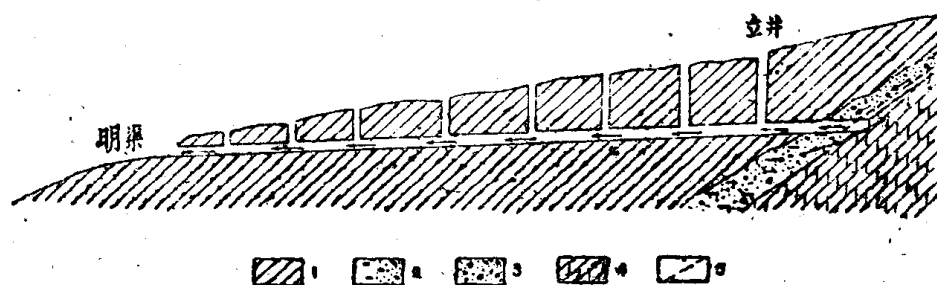


图 1 坎儿井纵剖面略图

1—复盖的亚粘土；2—砂和砾石；3—含水的砂和砾石；4—基岩；5—地下水

公元前250年春秋战国时，我国已开凿自流井，应当指出这是世界上最早的自流井，比法国的自流井还早1500—2000年^①。在秦汉时代，我国已对矿水加以利用，陕西华清池温泉用为洗浴。辽宁汤岗子温泉，唐太宗时就被发现。同时很早以前就兴修水利治理水患。可见当时一定积累了不少的水文地质知识和丰富的经验。但在以后的数千年中，由于长期封建统治束缚，使水文地质学没有得到很好的发展，对劳动人民已有的成就和丰富经验也未加以整理；近百年来更是因为外受帝国主义的侵略，内受封建主义和官僚资本主义的重重压迫，使水文地质学和其它科学一样，根本没有得到重视和发展。

我们水文地质学的发展，主要是解放以后，在伟大的中国共产党和毛主席的英明领导下，由于迅速的恢复了国民经济，大规模的进行社会主义建设，这就对水文地质提出了迫切要求。通过学习苏联先进经验和苏联专家无私的援助，以及全国人民的努力，才得到了飞跃的发展。突出表现在如下几方面：

随着各项经济建设的飞跃发展，成立了专门的管理机构和专业队伍。先后在有关院校创办了水文地质工程地质专业，大多数地质专业也开设了本门课程，几年来已培养了許多

① 外国文献记载：法国于公元1126年在APTVA省第一次打到自流，误认为世界上最早的自流井。

水文地质工程地质技术人员。

野外工作方面，已遍及全国各地。在全国许多地区进行了区域性的水文地质普查。所有开采和已勘探矿区中，进行了水文地质工作；保证了矿产储量提交和生产设计所需要的水文地质资料。为解决城市供水问题，先后在许多大城市以及中等城市，进行了供水水文地质勘察，为了建立和扩大疗养基地，在北京、山东、河北、福建等地进行了矿泉水水文地质调查。为了配合各大工程建设和确保工程安全，在大型水库、电站、铁路线、桥梁、海港和国防工程的修建等方面都进行了相应的水文地质工作。

为了发展农业生产，进行了不少灌区、盐渍化区的水文地质工作，给改良土壤合理开发和利用地下水提供了必要的资料。1958年以来全国各地开发大修水利的打井，挖泉和开渠运动，并在平原河网化、洼地改良方面，获得了许多经验，给水文地质学增加了新的内容。在不少地区建立了专门水文地质观测站，许多省在水利化基础上，也组织了群众性的地下水长期观察网，对生产建设起了积极促进作用。

此外在水文地质工作中还逐步迅速采用了各种先进方法和新技术（如物探，地植物…等），并已取得重大成就。

随着专业队伍的成长和适应生产建设的需要，在全国范围内逐渐开展了科学研究工作。各有关单位建立了水文地质工程地质研究机构，各大专院校也开展了一定的科学研究。

经过生产资料的收集与整理工作，在苏联专家指导下编制了各种水文地质图，并出版了许多专门书籍以及发行专门期刊杂志，及时总结交流经验，指导生产科研以及教学工作。

总之，我国水文地质学，在解放以来，仅仅短短的几年时间中，是从无到有；从小到大，获得了飞跃的发展，取得了辉煌的成就。可以断言在党和毛主席的正确领导下和三面红旗的光辉照耀下，加之全国人民的努力和苏联以及社会主义兄弟国家的无私援助，我国水文地质学会以更快的速度更高的质量阔步前进。

第二章 影响地下水的气象及水文因素

由于地下水是整个地球水圈中水的一部分，且经常不断的运动，故与大气中的水地表水有着密切的关系，象雨后及融雪季节，井内水面上升、泉水流量增大，河边附近的水井水位也往往随河水位变化而变化。所以我们不能离开自然界其他的水来单独研究地下水，下面首先将自然界中的水作一叙述。

第一节 自然界中的水及水的循环

“水”，是自然界组成的物质之一，并广泛的分布在大气圈中，地表面、地壳里以及生物体内。

大气圈的水，主要集中在大气圈的下层即对流层中。有气态、细小水滴之液态（云、雾、雨）、及固态（冰晶体、冰雹及雪）等状态存在。

存在于地表面的水，包括海洋、河流、湖泊、池塘……中的水，以及复盖于地面的冰雪等等。（以液体为主，固体次之）。

地壳中的水——地下水。主要存在于岩石圈上部靠近地表地带。可分为气态水、吸着水、薄膜水、毛细管水、重力水、固态水、和矿物中的结晶水等等。这些不同状态及不同性质的水，将在后面各章节中详细谈到。

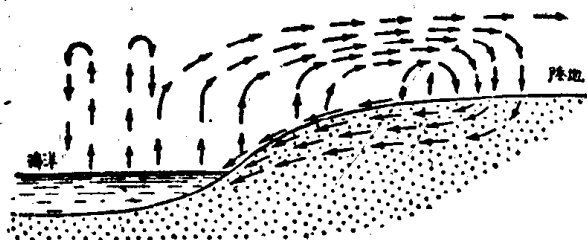


图 2 自然界中水环循示意图

自然界中的水量，只能大致的估计出来，根据维尔纳德斯基的计算和最近资料，自然界总水量大约有18亿立方公里（约占地球总质量的1/100）。其中大洋中的水约为13.7亿立方公里，大陆地表面的水约为75万1200立方公里，岩石圈的水（自地表向下深16公里的范围内）约4

亿立方公里，并以结晶水为主。大气圈中水约为12,300立方公里（相当全年降水量1/41左右）。因此自然界中的水主要存在于地表，相当部分存在于岩石中，少数在大气。

无论大气圈中水，地表水，以及地下水都经常发生着互相补给，互相转换的现象，即一般称之为“水的循环”（图2）。

水循环是由于太阳的热力和地心引力的影响产生的。由于太阳辐射热力的作用使地表水，生物体中的水，甚至靠近地表的地下水不断蒸发，以水蒸气的形式转移到大气中去。再随气流而带到更高的上空或其他地方，比如从海洋表面上带到陆地上空。以后因条件改变可凝结下降而形成大气降水。落于地表上的大气降水不外乎消耗于三方面：即一部分流入江河返回海洋以地表水形式存在；一部分渗入地下转为地下水；再一部分可重被蒸发转移到大气圈中去成为大气水。地表水在流动过程中，也在不断的遭受蒸发，以及在可以透水的情况下渗入地下；地下水可以汇入海洋，也可在一定地质地形及人为因素影响下，出露于地表补给地表水，以及受到蒸发。大气中水可直接在地表凝结以及在岩石中凝结，转变为地表水及地下水。由此可见地表水、大气水、地下水都参与水的循环作用，且变化过程是极其复杂的。

从水的循环中可以看出，研究地表水，大气水与了解地下水的形成有着重要意义。水文地质计算中，推算地下水储量的“水均衡法”也就是根据水循环的理论而推导出来的。（见潜水一章）。

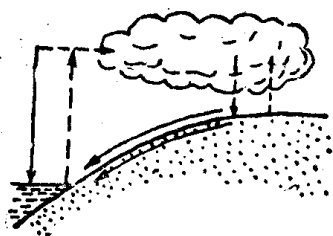


图 3 全球性的水份循环

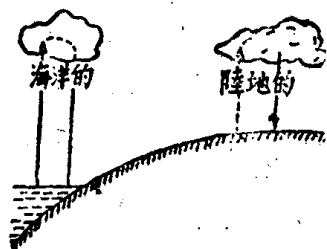


图 4 局部性的水份循环

尽管水循环的过程如何复杂，但大体可以划分为二种循环类型，即大循环和小循环。大循环——即从海洋表面蒸发的水份被带到大陆上空并降落于地表，这些降水除蒸发消耗外，又以河流和地下水流的形式返回到海洋中（图3）。又称全球性循环或外循环。小循

环——即海洋中的水被蒸发复以降水形式直接回到海洋中；或大陆上（包括水面、地表面、以及植物叶面）蒸发的水份再降落到陆面上，二者均称为小循环（图4）。又叫做局部性水循环或内循环。在小循环强的地区的降水量比小循环弱的地区的降水量要多，所以改造内陆干旱自然条件的主要措施之一，就是减少水的大循环而加大小循环，伟大的苏联和我国，大规模兴修水利，植树造林，水土保持……等一系列措施，都能控制水量流失，加大蒸发，增加小循环，改造不良气候。

第二节 影响地下水的气象因素

气象因素包括大气的温度、湿度、降水、蒸发、风、雷、电、日照、冰冻……等许多项。它们都与地下水有着一定的关系，但最为密切者首推降水，蒸发，及其大气的湿度。

一、大气的湿度：

所谓大气湿度，即是指大气中水蒸汽的含量，它是表明空气的干燥和潮湿程度的指标，通常用绝对湿度，相对湿度以及湿度差等来说明。

绝对湿度（ e ）——即单位体积空气中（一般为立方米）所含水蒸汽的数量。以克/米³或相当该数量所产生的压力高度（毫米）表示之。

由于温度升高蒸发作用加强，则空气中水蒸汽含量增多，其绝对湿度“ e ”亦随之而加大。所以在不同纬度地区，不同高度，不同时间内因气温不同则大气的绝对湿度不相同。而且变化很大。其水蒸汽的最大含量“ E ”（亦称饱和量）是一定的，超过了最大含量则多余水份就凝结出来。最大水蒸汽含量，又是随着温度的升高而增加的，如表1所示。

表 1

空气温度 C°	-30	-20	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
蒸汽最大重量 (克)	0.5	1.1	2.4	3.4	4.8	6.8	8.4	12.7	17.3	22.8	30.4	40.3
蒸汽最大张力 (毫米)	0.4	1.0	2.2	3.1	4.6	6.6	9.2	12.7	17.5	23.0	31.9	42.2

相对湿度（ E ）——即某一时刻，大气实际水蒸汽含量（绝对湿度）“ e ”与同温度饱和量“ E ”之比的百分数。用下式表示：

$$E_{\text{相}} = \frac{e}{E} \% \quad (1)$$

从（1）式中可以看出，相对湿度随“ e ”的增加而加大，随“ E ”的变大而减小。当温度增高时，“ e ”及“ E ”都要加大，但“ E ”的增涨数值远比“ e ”大，故相对湿度是随温度升高而减小的（即反比关系）。所以在地球极地地区，虽“ e ”值很小，但由于温度也低，故相对湿度远比中纬度地区要大；同理阴天比晴天要大，夜晚比白昼要大，在苏联冬天比夏天大，而我国因夏季降雨多以及急剧蒸发的结果，夏季比冬季要大（图5）。

水蒸汽未饱和的空气，可因温度降低而达到饱和；刚好使水蒸汽达到饱和的温度称之为露点。研究露点对了解降水有重要意义。

据上所述绝对湿度与相对湿度两者的含意是不相同的。一般所谓湿度，均是指相对湿度

度而言。

湿度差 (d) —— 即饱和量 “ E ” 与绝对湿度 “ e ” 之差。用下式表示:

$$d = E - e \quad (2)$$

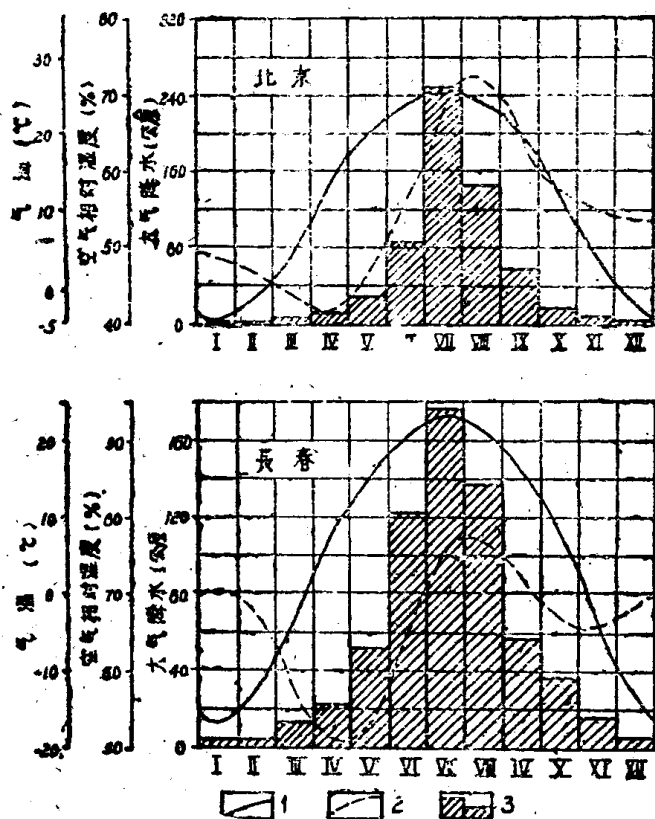


图 5 气温, 空气相对湿度和大气降水变化曲线
(根据克雷洛夫)

1—气温; 2—空气相对湿度; 3—大气降水

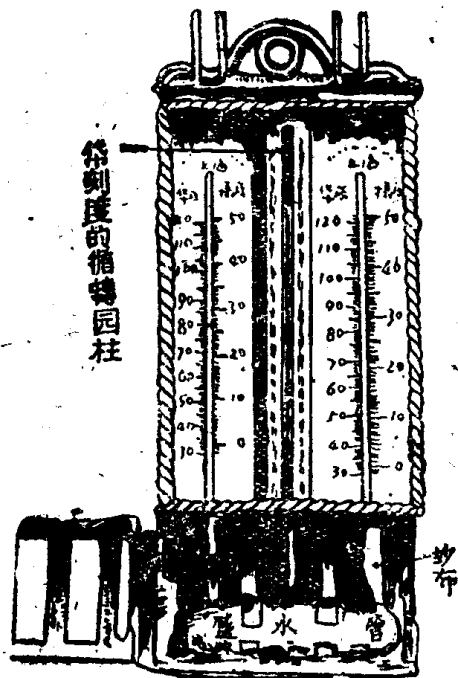


图 6 干湿球湿度计

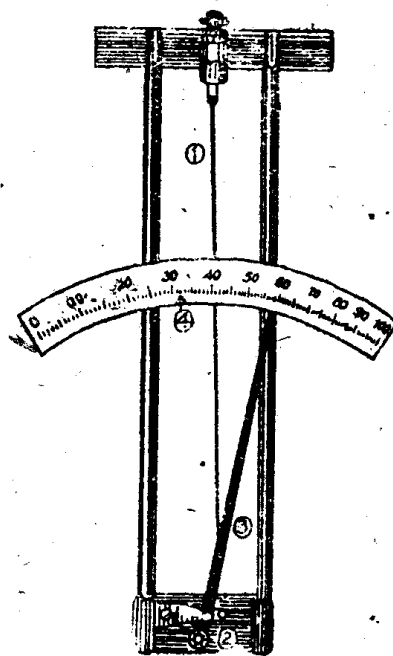


图 7 毛发湿度计

1—脱脂毛发; 2—重锤; 3—指针; 4—读数盘

湿度差是随温度升高而增大的, 它可以说明蒸发作用的强弱。湿度差越大、蒸发作用越强, 反之则愈弱。

上述三种湿度数值, 可用专门仪器以及计算而求得, 其中绝对湿度只能在水银柱上计算出来。相对湿度可直接用干湿球湿度计 (图 6) 和毛发湿度计 (图 7), 以及自计湿度计求出, 前者用于温暖气候, 后者主要用于寒冷气候。

二、大气降水

大气降水可分为水蒸汽在地表面 (土壤, 岩石表面, 植物表面……) 直接凝结而形成的地面降水, 如露、霜等; 以及在云层中凝结而形成的高空降水, 如雨、雪、霰、雹等。其中以后者为主。特别是雨, 雪的形式最为常见。

大气降水, 以降落到地面的水层厚度 (或高度) 表示, 单位为毫米。

在单位时间内，降水数量的多少，称之为降水强度。若降水强度达到或超过0.5—1毫米/分钟者，则称之为暴雨^①。按降水的强度可把降水分为三种：即霪雨、暴雨和毛毛雨。霪雨又称为连续性降雨其强度不大，但延续时间很长，分布面积很广，所以对地下水的补给意义很大。毛毛雨亦称为细雨，水量很小，易于蒸发；暴雨（亦称阵性降雨）强度大，降水量亦可能很多，但时间短，来不及下渗，大部分水量变为地表水流，故后两者对地下水补给意义均不大。

在寒冷的季节，往往是固体降水（雪、霰等），只有当它们融化以后才能补给地下水。

一个地区降水多少，取决于一系列条件，包括该区海拔高度，纬度，距海洋远近，地形，以及季节变化等许多方面。

一个地区降水量多少与地下水的关系很大，降水量丰富，则地下水的分布比较普遍、水量较大，水质较好，多为淡水。所以研究降水对于了解区域水文地质条件是非常必要的。在实际工作中，除了解降水总量以外，还要了解降水方式，（固态，液态），降水强度，降水历时以及降水频率等各方面情况。

测定降水的仪器有普通雨量计（图8），自记雨量计（图9）和测雪尺（图10）。



图8 雨量计

1—雨量计下部圆筒；2—雨量计上部圆筒带漏斗器；3—集水器；4—量雨杯

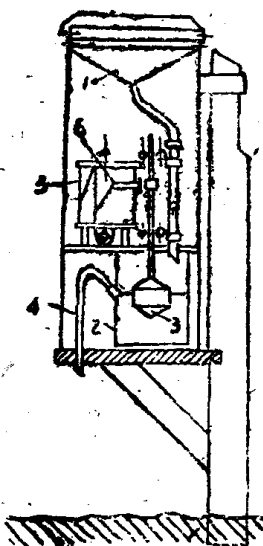
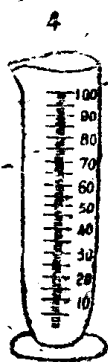


图9 自记雨量计

1—接雨漏斗；2—调节器；3—浮子；4—虹吸管；5—带有时钟装置的圆筒；6—自记笔

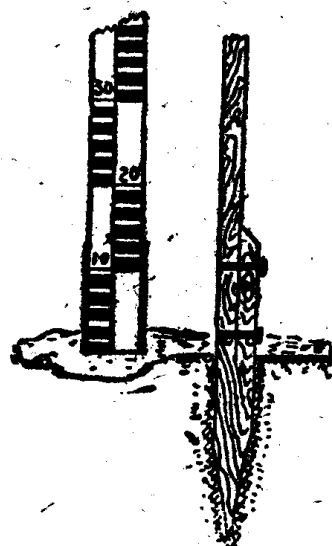


图10 固定量雪尺

三、蒸发：

水由液体变为汽体过程称之为蒸发，可分为水面蒸发；陆面蒸发以及植物表面蒸散（或蒸腾）等三种形式。地下水因位于地表以下，一般不易蒸发，只有当其水位很高接近地表面时，或毛细管带接近地表时，才具有明显的蒸发现象。

蒸发数量的表示同降水量相同，用高度（毫米）表示。在单位时间内蒸发水份的多

① 我国水文气象学中分类通常把一日内降水量在10毫米以内者称为小雨，10—25毫米称为中雨，25—50毫米称为大雨，大于50毫米者称为暴雨。

少，称之为蒸发速度。不同形式的蒸发，因其影响因素不一其速度亦不相同，其中尤以植物蒸腾作用和陆面蒸发作用最为复杂。影响水面蒸发的主要因素是：风速大小，湿度差以及气压大小和水面范围；（最根本因素是温度），如下的关系：

$$Q = K \frac{E - e}{P} S = K \frac{d}{P} S \quad (3)$$

式中 Q ——蒸发速度（水面蒸发）；

$E - e = d$ ——湿度差；

P ——大气压；

K ——与风速有关系数；

S ——水面面积。

测定水面蒸发，一般用普通蒸发皿（图11）及大型蒸发皿（图12）；测定土壤蒸发，一般使用波波夫式蒸发器（图13）。

影响陆面蒸发的因素，除上述各项外，还包括地形，土壤岩石性质（孔隙度，颜色，粗糙程度等）及潮湿程度，地下水位高

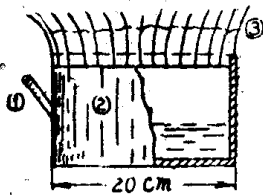


图 11 普通蒸发皿

1—水管；2—圆筒；3—护罩

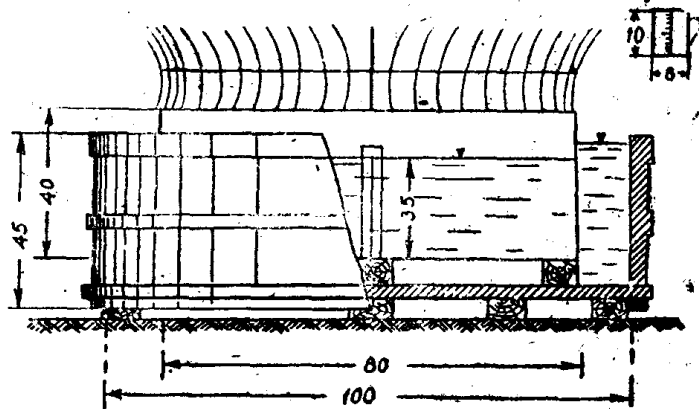


图 12 “大型”蒸发皿

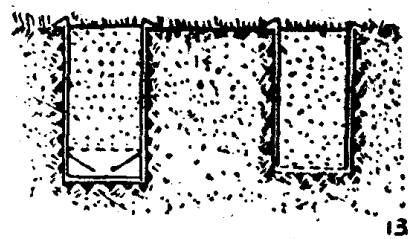


图 13 波波夫土壤蒸发器

低及矿化度和植物复盖等情况。而植物蒸散（或蒸腾）作用的强弱，除与许多气象，土壤岩石性质和地下水状况有关外，还与植物品种年（生长期）、和种植技术等有关。而且往往需水量很大，象一棵玉蜀黍在其全部生长期，可蒸发掉20~120升水，一棵向日葵，可蒸发250升水左右，可见植物需水量之多和蒸腾作用对地下水消耗量之大。上述看来，要了解某一地区总的蒸发值（包括三种蒸发形式的蒸发量在内）比较困难，为简便起见，通常借用水面蒸发（亦称蒸发力或蒸发度）来说明其蒸发强弱。而水面蒸发量比实际蒸发值往往大许多倍，实际工作中对比必须加以注意。

上述大气降水作用，会增加地下水的补给、淡化水质，引起地下水动态的一系列变化；而蒸发作用对地下水的影响却相反，减少地下水量使盐份浓缩。为了综合考虑对于水文地质影响，采用湿润系数概念来说明。

$$\text{湿润系数 } B_K = \frac{\text{降水量 } x}{\text{蒸发量 } N} \quad (4)$$

年平均湿润系数在1左右，是比较潮湿的地区大于1属潮湿区。湿润系数是潜水形成条件