

中等专业学校教学用书

# 水文地质与油田水

北京石油地质学校編



中国工业出版社

## 前 言

本書是根据石油工业部1959年12月批准的石油专业教学计划編写的，授課总时数为42小时。

由于我們水平不高，時間也較仓促，某些地方可能存在不妥之处，希各兄弟学校及讀者，更多地提出批評指正，並將宝贵意見寄至北京石油地質学校地質科，帮助我們作进一步修改。

北京石油地質学校教材編写組

1961年4月

# 目 录

## 前言

## 緒言 ..... 1

## 第一章 地下水的起源与分类 ..... 5

### 第1节 地下水的起源 ..... 5

### 第2节 地下水的分类 ..... 10

## 第二章 潛水 ..... 12

### 第1节 潛水的概念 ..... 12

### 第2节 潛水的形成过程 (补給、逕流、排洩条件) ..... 14

### 第3节 潛水等水位綫图 ..... 19

## 第三章 自流水 ..... 21

### 第1节 自流盆地与自流斜地 ..... 22

### 第2节 等水压綫图 ..... 26

### 第3节 自流水的分区 ..... 27

## 第四章 裂隙水和喀斯特水 ..... 29

### 第1节 裂隙水 ..... 30

### 第2节 喀斯特水 ..... 32

## 第五章 泉 ..... 35

### 第1节 泉的概述 ..... 35

### 第2节 泉的分类 ..... 36

## 第六章 地下水的物理性质及化学成分 ..... 38

### 第1节 地下水的物理性质 ..... 39

### 第2节 地下水的化学成分 ..... 41

### 第3节 地下水化学成分的形成 ..... 44

### 第4节 地下水化学分析项目及表示式 ..... 47

## 第七章 地下水的化学分类 ..... 52

### 第1节 舒卡列夫分类法 ..... 52

### 第2节 布罗茨基分类法 ..... 57

### 第3节 帕鞞米尔分类法 ..... 58

|     |                        |     |
|-----|------------------------|-----|
| 第4节 | 苏林的分类法 .....           | 62  |
| 第八章 | 地下水的垂直分带 .....         | 66  |
| 第1节 | 水动力的垂直分带 .....         | 66  |
| 第2节 | 水化学垂直分带 .....          | 68  |
| 第九章 | 油田水 .....              | 73  |
| 第1节 | 油田水的分类 .....           | 74  |
| 第2节 | 油田水的物理性质 .....         | 76  |
| 第3节 | 油田水的化学特性 .....         | 77  |
| 第4节 | 油田水的溶解气体 .....         | 83  |
| 第十章 | 油、气调查与勘探中的水文地质工作 ..... | 87  |
| 第1节 | 石油调查阶段的水文地质工作 .....    | 88  |
| 第2节 | 石油勘探阶段的水文地质工作 .....    | 96  |
| 第3节 | 开采阶段的水文地质工作 .....      | 105 |

## 緒 言

### 水文地質学的研究对象及任务

水文地質学是一門研究地下水的科学。其任务主要是研究地下水的形成、分布、埋藏和运动規律，以及地下水的物理性質和化学成分；研究地下水与岩石、构造、地貌之間的关系，以及地下水在运动过程中所发生的物理作用和化学作用。通过地下水的研究，使我們更合理利用地下水資源，防止和消除地下水給国民經济建設带来的危害（例如土壤盐漬化、矿坑充水、油井充水等）。

水文地質学是地質学的一部分，是在地質学的基础上发展起来的，因此，它与地質学中的沉积岩石学、第四紀地質学、构造地質学及地貌学等关系极为密切。此外，水文地質学与水文学、气象学、土壤学等都有密切的关联。

### 水文地質学在我国国民經济中的作用

在我国国民經济建設的各个部門中，几乎找不出一个与地下水毫不相关的部門。

几年来，已进行的大面积区域水文地質普查工作，对我国工、农畜牧业的发展，起了很大的作用。例如，华北平原、关中平原、成都平原等地区，經過水文地質普查，已經初步掌握了一般的水文地質規律，查明了地下水的概略儲量，从而为这些地区的农业发展和地下水源的合理开发，以及城市的规划提供了可靠的資料；通过松辽平原的水文地質普查，为松花江流域的开发和松辽运河的规划与設計提供了資料；长期遭受旱災威胁的內蒙缺水草地，也由于經過区域水文地質測量工作，探明了地下水源，基本上解决了重要牧区的供水問題，保證了畜牧业高速度的发

展；在新疆、甘肃河西走廊等干旱地区，经过水文地质工作，查明了地下水的分布和埋藏条件，确定了这些地区有丰富的地下水源，从而为发展西北地区的工、农、牧业提供了资料，并解决了若干地区的盐碱化问题等。目前正在进行的治理黄河，开发长江，改变沙漠以及改造黄土高原等各方面巨大的工作，均需有相应的水文地质资料，以供规划和设计的参考。

城市的发展和大型厂矿的兴建，首先需要解决水源问题。因为城市的发展不但需水量很大，而且水质也要求很高，地下水就能满足这些要求。如我国北京、西安、包头、太原、济南等城市，都以地下水作为供水的基本水源。工业上用水要求的质和量更高，如造纸1吨，需水400吨；加工1吨石油，需水5吨以上；炼钢1吨，需水27吨；火力发电站不但需水量很大，且要求软水；纺织工业用水亦需要软水。因此，随着城市的建设和工业的发展，给水文地质科学提出寻找新的水源的重要任务。

在采矿过程中，常常由于缺乏必要的水文地质资料，而使矿坑突然遭到地下水淹没的危险。因此，全国矿产储量委员会对此提出了严格的要求：没有水文地质资料，矿产储量不能被批准。如果提供的水文地质资料不足，就要降低矿产储量级别或重新补做工作。

水文地质工作除了能为农业灌溉用水提供地下水的资料外，研究地下水的动态变化，对农业发展也有很大的关系。不合理的灌溉，造成排水不良，使潜水水位接近地表，而产生土壤盐渍化。为此，必须根据地下水的动态长期观察收集资料，研究如何调节灌溉用水和设法降低地下水水位。

含有某些元素的矿泉水，可以治疗疾病。解放后，矿泉的调查已被列为水文地质任务之一。随着我国保健事业的发展，矿泉医疗事业将会获得相应的发展。

### 水文地质学在油、气田勘探与开采中的作用

地下水常常与油、气共同分布在储油构造中，这些水称为油

田水。油田水在物理性質与化学成分上与其他水有很大的不同，如常含有环烷酸盐类、碘、溴等，且常是 $\text{CaCl}_2$ 水型（这是反映地下有封闭良好的储油环境）。因此，我們通过地下水的化学成分和物理性質的研究，可以寻找和发现油、气藏。

通过油田水的研究，可以掌握地下水分布和运动的規律，以便合理的开发油田。石油在静水压力的影响下可以在油井中噴出地面，这是极为有利的石油开采方式；但只有查明了石油与水之間的关系后（确定油田的驱动类型），才能采取油田边缘注水等措施来维护这种天然动力，使油井长期获得稳定高产。此外，油田注水的水質和水量均要求很高，只有地下水才能满足这些要求。油田水的矿化度很高，常含有不少稀有元素，像碘、溴、硼等，可以提取这些元素作为化学工业的原料。所有上述工作，必需建立在搞清油区中水文地質条件和規律后才能进行。

### 水文地質学在我国的发展簡史

水文地質学是一門比較年青的科学，它是在最近几十年中，由于生产的发展才成为一門独立的科学的。但是，人类对地下水的利用远在几千年之前就已經开始了。据周書的記載：“黃帝穿井”，“尧凿井而飲”，說明在4000年前我們的祖先已知道利用地下水了。公元前250年的战国时代，我們的祖先在四川自貢一带凿井汲取鹵水煎盐，当时所打的盐井，已經深达几百米，这是世界上最早的自流井，比过去認為世界上最早的法国的自流井还早1500—2000年。

我国劳动人民虽然在生产实践中很早就积累了許多与地下水有关的宝贵知識，但是，由于长期的封建統治以及近百年来帝国主义的侵略和几十年的国民党反动的統治，地下水的研究处于长期停滞不前的状态，水文地質工作未能得到应有的重視。直到解放前，我国的水文地質学实际还是一个空白点。

解放后，在党和政府的领导下，在苏联和社会主义国家的专家帮助下，随着大規模的工、农业的建設和发展，我国水文地質

科学得到了空前的发展和壮大。在找矿及建筑工程部門首先建立了专门的水文地质机构，从1952年起，在全国各地的地质院校，都先后设立水文地质专业和课程，培养了大批水文地质干部。

我国区域水文地质工作，在短短的几年中，已在全国范围内迅速铺开，遍及全国各地。第一个五年计划完成了测量面积26万平方公里，不但为工、农、畜牧业发展，而且为科学研究也提供了丰富的资料。

近年来，由于学习了苏联的先进经验，利用水的化学性质探矿（化探），尤其是在复盖地区寻找油、气方面，已经获得了很大的效果。在我国玉门、克拉玛依等油区，由于进行油田的注水工作，不但保持了油层压力，而对于那些压力已经大大衰竭的油层来说，也获得很大的恢复，大大地提高了油田的采收率，延长了油田的开采寿命。目前，注水工作已成为油田的合理开发的一项制度。由于在油井中详细进行水文地质资料收集工作，掌握了油、水边界的推进的范围和规律，有效地防止了油井的充水，延长了油井的寿命。

总之，在社会主义制度下，由于水文地质面向生产，面向工、农业建设，在短短十一年中，我国的水文地质工作已经从无到有，从小到大，获得了巨大的成绩。可以断言，在今后的工农业发展中，尤其是在全党全民大办农业，大办粮食的今天，应该进一步充分发挥水文地质科学的作用。大力支援农业建设。随着石油工业的飞跃的发展，通过地下水的研究，可以发现更多的油、气田来满足国家建设的需要，而对油区的水文地质进行研究，又能给合理的开发油田提供重要的资料。

# 第一章 地下水的起源与分类

## 第1节 地下水的起源

研究地下水的起源是水文地质学中一个重要的理论部分。因为只有了解地下水的来源后才能合理地利用地下水，以及拟定与地下水进行斗争的正确方案。正因为地下水的起源有如此重要的意义，所以从古至今，许多学者曾对这方面进行过许多臆测和研究，并提出了各种假说和理论，展开过各种各样的争论。到目前为止，有些学说（如渗透说、凝结说、海成说、初生说等）已被试验和观测所证实，而被大多数学者肯定下来；有些学说还不够完善，还待今后通过试验和观测补充和证实。

综合各种地下水起源的学说，简略分述如下：

### 一、渗透说

公元前100年，罗马的建筑家马尔克·维特鲁维·鲍利首先提出降雨和融雪的渗透可以形成地下水和泉的说法。但这一接近于实际的学说，可惜未被当时观察所证实，不久就被人们遗忘了。

到了十七世纪，法国的物理学家马利奥特曾利用观察雨量计和地下地层的方法，从数量方面论证了渗透学说。他估计，于塞纳河流域的降水，约有1/6都渗到地下深处而形成了地下水。

苏联学者罗蒙诺索夫于1730—1750年发表的“地层论”中肯定了地下水起源于降水。并且指出：降水的渗透并不是到处和全年都可以发生，这种过程仅在土层本身能透水的地方才会激烈的进行。

然而到了1887年，德国的水文学者奥·福利盖尔根据某些地区降雨少，而地下水量却相当丰富而提出凝结说，并严厉地批评了渗透说。于是这两种学说便展开了一场剧烈的论战。直到二十世纪初期，苏联学者列别捷夫提出了新的凝结说的同时，又有力地

証实渗透說的存在，才使渗透說重新受到人們的支持。

目前所进行的一系列的研究和观察証明：大气降水和融雪的渗透是地下水的主要来源，而自河流、湖泊和人工水池底部的渗透也有很大的作用。据北京地区的观察結果，証明地下水位的高低与降雨量的多少是一致的，这是渗透說的有力証据。据很多实际資料証明，不仅埋藏在地壳上部的地下水与大气降水有关，而且循环在地壳深处的水也与大气降水有关，这种关联是通过地壳上部的地下水进行的。

由此可見，大气降水的渗透是地下水形成的主要方式。

## 二、凝結說

1887年德国的水文学者福利盖尔（O. Фопьгер）主张凝結說，他認為大气圈的空气中經常含有水蒸汽，当它进入較冷的地层时，与岩石孔隙中的空气替換的过程中，留下了湿气，然后湿气凝結成水。福利盖尔否認渗透說，他認為即使是最大的暴雨，地表水也不能渗透到較深的地下。显然，福利盖尔这种認為是片面的。虽然如此，他的学說在当时还是盛行的。

到十九世紀末叶，凝結說遭到气象学家加恩的尖銳批評，他提出以下几个問題給凝結說以致命的打击：

1. 土壤中的湿度有半年的时间較空气高（冬季），故凝結作用只能在半年中的时间进行。

2. 要想凝結生成2毫米高的水柱，必須在一昼夜內使1000立方米的空气在12小时內进入1立方米的地表內，又要在12小时內返回大气，这就需要空气运动速度似微风的速度。实际上任何地方也未見过这种現象存在。

3. 这么多水蒸汽凝結，会放出大量的热，凝結加热的結果会使凝結作用无法再进行。

4. 如何使空气进入土壤和岩石中，尤其在夏天当大气圈的空气較热和較輕时更难以想象。

在以上意見的尖銳批評下，福利盖尔放棄了他的学說。然而在自然界中确有凝結現象存在。

苏联学者别列切夫在实验的基础上补充与修正了凝結說，使其得到恢复。他认为岩石孔隙中水蒸汽运动的产生不是空气的循环，而是因为岩石和空气中所含水蒸汽张力差的结果，水蒸汽是由张力大的地方向张力小的地方移动，在夏季，岩石和土壤中水蒸汽的张力较大气圈中小，且随着深度减少，故水蒸汽由大气圈向岩石中移动，当进入较低温的地方，岩石孔隙被水蒸汽饱和而凝結成水。

这种凝結作用在沙漠地区进行得极强烈，对补给这些地区的地下水起着很大的作用，并且是这些缺水地区取得饮用水的主要来源。

沙漠地区在沙丘上不用灌溉而能种植西瓜和甜瓜，主要是依靠凝結水的供给。另外有些现象也可以用凝結作用来解释，例如在高矿化水中有淡水存在；在高山的分水岭地区无降雨也有地下水存在，这是凝結作用的结果。所以，凝結作用是某些地区地下水来源之一。

### 三、埋藏說（海成說）

是地下水起源学说中最早的一个，希腊哲学家柏拉图认为地下水是由海水通过地下洞穴而导至地球内部的，流入地球内部的水，以一种神秘而为人們难以了解的方式将盐份脱掉，脱出盐份的海水在地下以淡水的形式重新开始循环。

显然这种假说是唯心的，不是建立在试验和详细观察研究的基础上，因此不能正确地反映地下水起源的真实情况。海成說是地下水起源的一个派别，而这个派别在相当长的时间内是佔统治地位的。

近代很多苏联学者，从历史观点对地下水的起源进行了研究，结果表明：在自然界里有另外一种海相起源的地下水，即海相残留水。这种水的形成主要有下列两种形式：

1. 当海相地层形成时，在粗粒沉积物的孔隙間充滿了大量的海水，然后被不透水的細粒沉积物复盖后，粗粒沉积物中的海水被封閉起来，不能向旁側运动也不能蒸发而残留下来直到现在。

2. 当孔隙的地层形成以后，海水从上面或侧旁，沿着沉积物的孔隙或裂隙流到沉积物中的海水，被后生的不透水的沉积物所封闭而保留到现在。

海相残留水，往往都埋藏在地壳很深的封闭构造中，经过了几个地质时代，在漫长的地质年代里，经受了各种地质作用，使其性质发生了很大的变化，因而它与现代海水完全不同。

我国四川自流井的卤水，含盐量极大，可能属于古代海相的埋藏水。

#### 四、初生说

奥地利的地质学家鳩斯，在研究波斯米亚盆地的地质和古生物时，曾对该地区的温泉进行了观察。并于1902年首先发表了有关温泉成因的假说。他认为：在地壳深处的岩浆中富含各种成分的气体。这些气体可以是水汽、氢与氧等。由于岩浆的温度很高，所以气体便以很大的运动速度与岩浆分离开来。分离出来的气体沿各种裂隙而上升，一直到温度较低的地区。约在温度为 $500^{\circ}\text{C}$ — $600^{\circ}\text{C}$ 的地区里，上升的氢与氧便结合成水汽（ $\text{H}_2\text{O}$ ）。这样形成的水汽仍继续向上运动，当达到温度很低的地壳上部，由于冷却便使部分水汽凝结成液态水。这些液态水再与未凝结的气体一起上升至地表而形成温泉。因为其来源是地壳深处的岩浆，所以这些水的温度都很高，而且经常含有一些特殊的化学成分和气体。因为这种水是初次出露到地表，所以他称这种水为初生水或处女水。

这学说提出来以后，曾博得很多人的拥护，而且也曾推动了一些问题的研究。但他过分强调这一学说，认为所有的矿泉都是这样生成的。因此，在对矿泉的研究上起了很大的阻碍作用。所以在以后，曾遭到了很多人的批判。

现在大多数水文地质学者（格拉西 莫夫、奥弗 琴尼科夫等人）认为，纯粹的初生水是不存在的；即使有，那么在其上升过程中也必与渗透水混合，因此把它看成是混合体更为恰当。

属于这一类的尚有薩瓦連斯基提出来的脱出水。如所周知，

自然界很多矿物几乎都含有以化学結合形式存在于矿物中的各种化学結合水。根据水在矿物中的結合形式，可区分出結構水、結晶水和沸石水。这些水的特点如下表：

表1—1

| 水的形式  | 特 征                                                                              | 逸出温度                       | 矿 物 举 例                                                                                                                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 結 构 水 | H与O紧密地結合在某化合物的分子中，除非將这种化合物的分子破坏，通常很难逸出。只有高压大的条件下才能形成帶有結構水的矿物                     | 450—500                    | 水 鋁 石<br>$\text{AlCO}_3\text{OH}$<br>白 云 母<br>$(\text{K}, \text{H})_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$                                  |
| 結 晶 水 | H与O以 $\text{H}_2\text{O}$ 的分子形式成为某种矿物的成分之一。經脫水后剩下的是无水化合物，水分子的数量与无水化合物的分子数量有固定的比例 | 低于400                      | 石 膏<br>$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$<br>碳 酸 鈉<br>$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$                         |
| 沸 石 水 | 与前者类似，但在其中的 $\text{H}_2\text{O}$ 分子数量与无水化合物的分子数量之間，无固定的比例。在不破坏該物質的条件下，可在很大範圍內变动  | 开始于80—<br>120°C終于<br>400°C | 方 沸 石<br>$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{20} \cdot \text{H}_2\text{O}$<br>蛋 白 石<br>$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ |

含有化学結合水的岩石，在物理化学条件改变时，可排出矿物中的化学結合水。例如，含有化学結合水的岩石进到高温高压地带时，便可將其中的結合水分泌出来。相反，在某些条件下，又可生成次生含化学結合水的矿物，而將水吸收到矿物中。因此，在地壳深处，地下水可以变成結合水；結合水在适当的条件下又可重新变成水。但是由这种原因所形成的地下水，在地下水总均衡中其意义是不大的。

总结以上所論，渗透水、凝結水、初生水、海相残留水在自然界皆有分布。其中尤以渗透水和凝結水分布最广。这些起源不同的地下水之分布与地区的地質，地貌，水文，水文地質条件等密切相关。因此，在进行水文地質調查时，必須根据上述条件和地下水的一系列特点，确定某一地区内地下水主要是屬於那一种补給类型。

## 第2节 地下水的分类

地下水的分类是水文地质学的重要问题之一，地下水的分类是以地下水的成因和区别各种类型水的特征为基础。这是一个比较复杂的问题，到目前为止还没有一个通用的分类。

许多苏联学者提出了各种地下水的分类：

1. 郎盖根据地下水埋藏条件分为下列三类：

1) 土壤水：主要以悬挂毛细管水状态埋藏在地表附近的土壤水(图1—1)。

2) 潜水：埋藏在地表以下第一个隔水层以上的重力水(图1—1)。

3) 自流水：埋藏在地表以下任何两个隔水层之间的重力水(图1—2)。

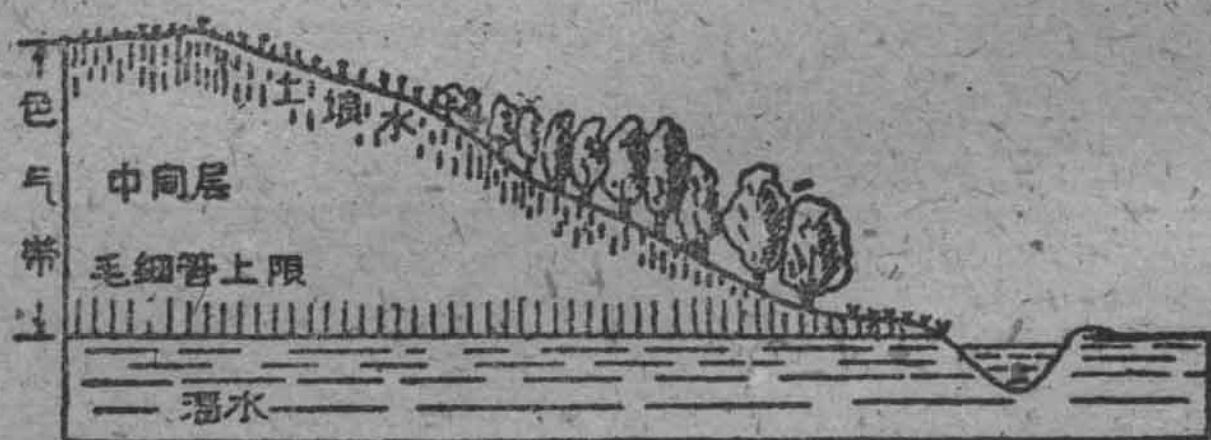


图1—1 土壤水与潜水分布图

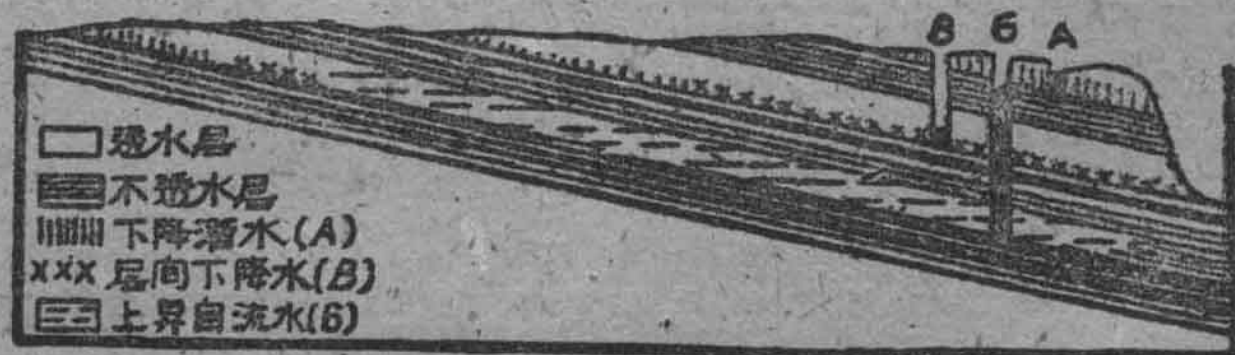


图1—2 各类型地下水关系图

2. 郎盖根据地下水起源又分为：

1) 渗入水(包括流入水)；2) 凝结水；3) 初生水(包

括化合初生水、凝結初生水、脫出水)；4)埋藏水(包括其生水和残余水)。

3.維尔納得斯基按水中的盐分分为:

- 1) 淡水——含盐量 $< 1$ 克/升
- 2) 盐質水——含盐量 $1-10$ 克/升
- 3) 盐水——含盐量 $10-50$ 克/升
- 4) 卤水——含盐量 $> 50$ 克/升

4.按地下水运动特征分类:

1) 渗透水——层流,水流的每一微小流束的方向与其他流束方向一致,这种水的运动规律符合达西定律。

2) 渗流水——或脈状水——紊流。不符合达西定律。

3) 溶洞水——混合流。

5.按温度可分为:

- 1) 冷水  $20^{\circ}\text{C}$
- 2) 温水  $22-42^{\circ}\text{C}$
- 3) 热水  $42-100^{\circ}\text{C}$
- 4) 极热水  $> 100^{\circ}\text{C}$

5.按含水层的性質可分为:

1) 层状孔隙水(疏松沉积物中的水); 2) 裂隙水(固結岩石裂縫中的水); 3) 喀斯特水(灰岩及可溶性溶洞中的水)。

以上分类是根据地下水的某一特征进行的,显然是不全面的。但是这种分类有一定的意义,比如按地下水的运动状态进行分类,对地下水运动的計算有一定意义,地下水进行层流或紊流运动,在計算时选择的公式就不同。地下水按盐分分类可以划分出不同等級的矿化度,以便进行合理的应用,如大于50毫克/升的卤水就比较适合制盐。

下面介紹克利門托夫地下水分类表:

表1—2为克利門托夫把奧弗琴尼科夫分类表进行修改后的地下水分类,地下水的基本类型还是包气帶水、潛水和自流水,並包括了地下水的起源,各种特征,以及在国民經济建設中的作

表1—2 地下水分類表（奧弗琴尼科夫—克利門托夫）

| 地下水的<br>基本<br>类 型 | 水 压<br>性 質 | 地下水的主要类型                                                                    | 补 給 区<br>和分布区<br>的 关 系 | 动态特点                                                    | 起 源          | 在国民經济<br>中的 应用                                |
|-------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|
| 包气<br>帶水          | 无压的        | 沼泽水，土壤水，<br>上層滯水，盐土水，<br>碱土水，多年冻结<br>区活动層水                                  | 一致                     | 水通常是暂时<br>的                                             | 基本上是<br>渗透的， | 对农业有最大的<br>意义，有时作为<br>小企业季节性供<br>水用           |
| 潛水                | 通常是<br>无压的 | 現代和古代河谷冲<br>积層水，冰川沉积<br>層水，坡积洪积和<br>其他复盖層水，草<br>原沙漠和半沙漠的<br>水，砂質海岸水，<br>山区水 | 一致                     | 水位变化决定<br>于水从地表的<br>渗透、地下水的<br>蒸发，有些<br>地方还决定于<br>水头的傳遞 | 可能局部<br>是凝結的 | 用于供水及灌溉                                       |
| 自流水               | 承压水        | 層間承压水（其中<br>包括石油水），冻<br>結層下水，矿水                                             | 不一致                    | 水位的变化决<br>定于水头的傳<br>遞                                   | 渗透的和<br>海成的  | 淡水用于供水，<br>高矿化水用于采<br>盐和提取某些元<br>素，矿水用于医<br>疗 |

用。这一分类是較全面的。以下各章將按上表分类分別討論潛水及自流水。

## 第二章 潛 水

在地下水分类一章中已談过，現代水文地質学中將地下水分为三个基本的类型：即包气帶水，潛水和自流水。其中包气帶水往往不是找矿水文地質工作的研究对象，因此不准备进行專門的討論，本章只討論潛水、下一章討論自流水。

### 第 1 节 潛 水 的 概 念

潛水是地表以下第一个含水层中的水，其下为稳定的隔水层，其上无隔水层或仅具局部的不連續的不透水层。潛水一般埋藏在第四紀的疏松沉积物中及出露于地表的基岩上部。

潛水是充滿了岩石所有空隙的重力水，它具有統一的自由水面，該面称之为潛水面。潛水面至地面的距離称之为潛水的埋藏深度。潛水面往下至隔水層頂板的距離則为含水層的厚度，見圖2—1。潛水埋藏深度及含水層厚度的變化很大，它們受氣候、地形及地質構造的影響。其中以地形的影響最顯著。山區地形割切厉害，潛水埋藏深度一般達几十公尺，甚至百余公尺；平原區地形平坦，潛水埋藏淺，一般只有几公尺，甚至为零（如沼澤區）。另外隔水層距地表很近時，埋藏深度亦減小。在其他條件相同時，潮濕地區含水層的厚度大于干旱地區，一般含水層的厚度由數十公分到數十公尺。潛水埋藏深度及含水層的厚度不僅因地而異，並且在同一地區還因時而異。雨季埋藏深度變小，含水層厚度加大；旱季則相反。

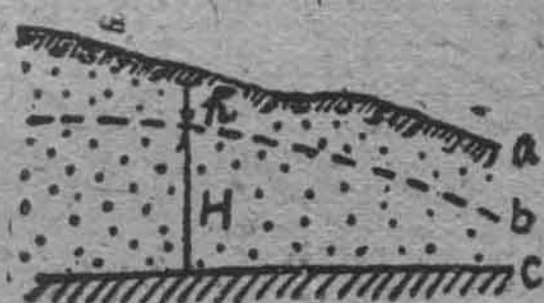


圖2—1 潛水含水層示意圖

a—地面；b—潛水面；c—隔水層頂板面；h—潛水埋藏深度；H—潛水含水層厚度。

潛水面是有起伏的。潛水面上每一点的絕對標高称之为潛水位。潛水在重力作用下由高水位處流向低水位處，這種流動的潛水称之为潛水流。因此潛水流的特征就是潛水面具有一定的坡降（坡度）。潛水面坡度大小的變化亦很大，在強烈割切的山區沿

山坡一帶可達几百分之几，甚至几十分之几，在平坦的平原區中則只有几千分之几。一般地面坡度愈大潛水面坡度亦愈大，兩者經常一致，但后者总是小于前者。另外当含水層的厚度及透水性

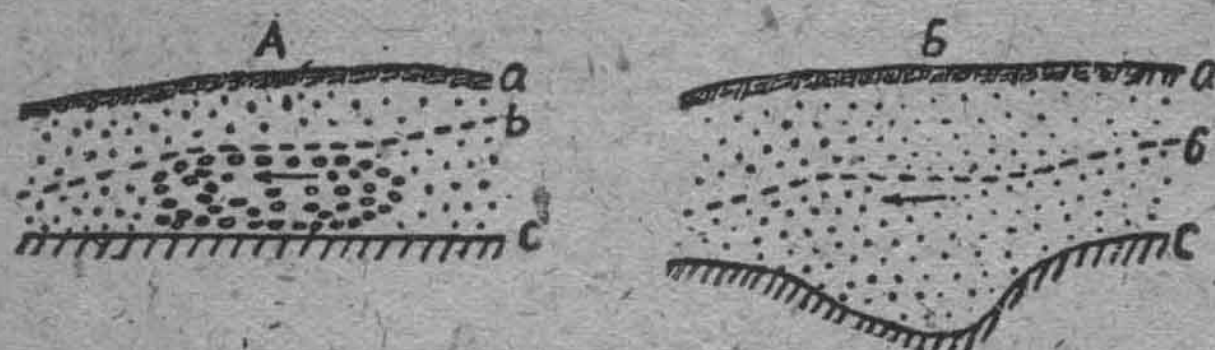


圖2—2 潛水面坡度的變化

A—当含水層透水性改變時所引起的變化；B—当含水層厚度改變時所引起的變化；a—地面；b—潛水面；c—隔水層頂板；←潛水流向。