

水文地质学讲座



北京地质勘探学院 王大纯等编著

地质出版社

水文地质学讲座

王大純等編著

地质出版社

1958·北京

本講座系由北京地質勘探學院水文地質系教研室編寫，曾于水文地質工程地質雜誌上分期發表，為使廣大讀者學習方便起見，特重新整理以單行本出版。

本講座共分十講，詳細和系統的介紹了水文地質學這一門科學最基本的原理和概念，並結合我國實際舉例說明，內容深入淺出，文字敘述簡明易懂，不失為對這一門科學有興趣者自修之良友，同時也適合於本專業在學同學參考之用。

水 文 地 質 學 講 座

編 著 者 北 京 地 質 勘 探 學 院

王 大 純 等

出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第056號

發 行 者 華 北 書 店

印 刷 者 地 質 出 版 社 印 刷 廠 印 刷

印數(京) 1—25,000册 1958年11月北京第1版

開本31"×43"1/32 1958年11月第1次印刷

字數100,000字 印張 4¹⁵/₁₆

定價(8) 0.46元

目 录

第一讲	緒言	4
第二讲	影响地下水的气候及水文因素	12
第三讲	地下水的运动	32
第四讲	地下水的物理性質和化学成分	43
第五讲	地下水的起源和分类	63
第六讲	潜水	81
第七讲	自流水	114
第八讲	矿水	126
第九讲	泉	140
第十讲	水文地質調查	151

水文地質学講座

第一講 緒 言

北京地質勘探學院 王大純

水文地質学是地質科学的一个分枝，这是一門年青的科学，它研究地下水的化学成分、分布、埋藏、运动、变化和起源等問題。地下水存在于地表以下，但是大气降水和地表水滲入地表之下以后，也可以变为地下水，地下水以某种形式出露于地表之后，也可以变为地表水而流走。所以地下水是不断运动和循环的地球水体中的一部分，因此它和地区的气候和水文因素有密切的关系。又因为它存在于岩层或土石中，所以地区的地質情况——地层、岩性、构造、地貌等等也对地下水产生深重的影响。因此，水文地質学是建立在地質学的基础上，并且和气候学、水文学等有密切的联系。

一、我國水文地質学發展概况

我們的祖先在很久以前就有了利用地下水的經驗。根据古書的記載，周朝时代已經能根据水質的不同，分別加以利用。一般淡的地下水当时已作为飲用，对四川某些地区的地下水則用以煮盐，对陝西的华清池泉水則用以洗浴等等。汉

朝在取水技术上有很大的改进，当时已经能取埋藏在地下200余公尺深处的自流水。这是世界上最早的自流井，比法国的自流井还要早1500—2000年左右。在以后的年代中虽然在这方面有所发展，但是终于因为生产力的未能解放，以及与其有关的科学未能发展，所以始终未能在理论上加以总结提高。这种情况一直延续到解放前。

解放后第一个五年计划开始，首先在工业方面提出利用和排除地下水的要求，所以最先开始的水文地质工作是为厂矿企业找寻地下水和煤矿矿坑排水。此后很多工业部门都陆续建立了水文地质机构或是进行了这方面的工作。与此同时各有关院校也都设立了水文地质专业，培养这方面的人材，以适应当前的需要。在这一时期，我国水文地质事业所以能够有这样迅速的发展，一方面是社会制度改变促进了生产力的发展，因之对科学工作提出了新的要求；另一方面是苏联专家在各个部门的各种工作中，给我们介绍了有关的经验和理论的结果。所以我国水文地质科学的成长和社会主义建设事业，有着不可分割的密切关系。

二、水文地质学在發展國民經濟中的作用

在人类生活中不可一日缺水，所以说“没有水就没有生命”。尤其是近代的大城市，集中了数十万或数百万人口，不但需水的数量非常大，往往达到每秒钟几立方公尺到几十立方公尺，而且在质量上也有一定的要求。地下水因为通过岩层的过滤作用，在质量和卫生条件上常具有较高的优越性，所以世界各国的大城市如莫斯科、伦敦、纽约等等多数

都尽先利用地下水作为供水水源。我国的一些大城市如北京、西安等地，也都取用地下水，由于城市人口的日益加多和生活水平的逐渐提高，水的需要量每年都不断增加，为了解决用水的问题，很多城市地下水水源的勘探工作仍然大力进行。

当建立大工厂时，不但集中了人口，而且工业本身往往也需要大量的地下水，且在质量上的要求更为严格，如造纸一吨最少需水400吨，加工1吨石油最少需水5吨，鍊钢时要求低温的水，纺织工业要求软水且其中不应含有铁锰，蒸汽锅炉用的水质要求更加严格。由于这种原因，所以在工厂未建立之前，必须先进行水源调查，以期在质量和数量上获得保证。例如我国的武汉和包头两大钢铁基地，都是在建厂以前就开始了水文地质勘查工作。我国铁路机车用水约有70%取用地下水。在西北的某些干旱地区，由于合乎质量的地表水及地下水较为缺乏，有时甚至不惜增加若干路线的长度以求获得适当的水源，而地下水源在这些地方尤其具有特殊重大的意义。

此外在干旱及半干旱地区，由于地表水源的缺乏，地下水常常是牲畜饮水和农业灌溉用水的主要来源，所以地下水的存在与否，常常可以决定农牧业发展的前途和发展规模。

有时地下水中富集了某种化学成分，则可直接用为工业原料，如我国四川的卤水，从周秦时代起，已经用为制食盐的原料，历经数千年，现在仍然大量开采，对西南地区人民生活的影响，不能说不重大。现在已经不单纯的作为制食盐的原料，而且是化学工业的原料。有时很少见的元素，如溴、碘等等，也常常在地下水中富集，这当然价值就更高。

有时地下水含有某些特殊成分或具有较高的温度，虽然数量不多，但是因为它们对人体的生理机械可以发生影响，起医疗作用，这种水就叫矿水。矿水是发展疗养院的基础，对保持人民的健康，可以起很大的作用。如上面所提到的华清池温泉，目前已经是一个疗养基地，许多部门在那里建立了疗养院。在全国范围内以温泉为基础的疗养院已多达数十处，在治疗疾病，恢复人民健康方面，起了重大作用。当然我国在这方面所进行的水文地质工作还很少，但是当人民生活水平再提高之后，这方面的要求会大大增加。

从上述情况可见，水文地质学对人民生活以及农、牧业和工业发展的重大作用。但是这仅仅是一个方面，有时地下水也可以成为国民经济发展的障碍，甚至对某些方面起很大的破坏作用，解决这些问题，也是水文地质工作的另一任务。

大家知道开采矿产时常常遇到地下水，轻则造成开采工作的暂时困难，重则造成大量的人身事故，甚至迫使矿山停止开采。如解放前淄博煤田中的某些矿井，就曾经由于地下水的突然湧入，而死亡工人数百名；解放后东北某铜矿也曾经被淹没。产生这种情况的原因就是没有进行水文地质工作。所以全国储量委员会成立之后，规定储量报告中必须有相应的水文地质工作，不然不能批准储量。曾经有过若干矿区，因为忽视水文地质工作而使储量等级降级，不但使开采设计不能进行，而且必须返工，造成很大的浪费。所以在矿产勘探过程中，须密切的配合水文地质工作，以期在勘探过程中，所有的勘探钻孔都能发挥最大的效用，既获得矿量的成果，又获得地下水的资料，最后达到既确定了矿产储量，也

对矿区的水文地质条件作出正确的结论，从而使开采设计工作得以顺利进行。

干旱地区由于降水稀少，蒸发强烈。当地下水面距地表很近时，水份被蒸发，而其中的盐份就聚积于土壤中，这就是土壤的盐渍化。盐渍化不适于农作物的生长，必须进行一系列的措施，以改良土壤；其中一项主要的工作，就是人工降低地下水位。这种地区也常常是需要以灌溉方法发展农业的地区，但由于灌溉水渗入地下，往往会使地下水面升高，而造成人为的盐渍化，因此干旱或半干旱气候条件下灌溉区的水文地质调查工作应该保证农业的发展，使之不受盐渍化的威胁。我国甘肃的银川地区，内蒙古自治区，黄河后套地区，都是古老的灌溉区，已经发生了盐渍化，而且日渐严重。现在在这些地区已经着手进行这方面的工作。

潮湿地区则相反，由于水份过多而形成沼泽化。沼泽区既不能发展农业，也不能进行任何工程建筑，所以是国民经济发展中的一大障碍。如东北的北大荒就有一部分沼泽区。当开辟为农场时，首先必须排除地下水，疏干沼泽。排除多少水，用何种设备排水，排水设备装置的地区等问题，必须经过水文地质调查，才能确定。

水库蓄水之后，可能引起地下水面的升高而产生回水，可能对重要的矿山、工厂、农田、居民点等发生影响，也可能引起水库中的水大量渗漏，而使水库的效益降低。这两方面的问题，都和地区地下水的状况有密切关系，所以在水库修建之前，必须进行水文地质调查工作。

水库中的水有时也可能通过坝的两侧或坝下，发生渗漏，

这就不仅是水庫蓄水量减少的問題，而有时还会危及坝的安全。为了避免这种情况的发生，必須很好的进行水文地質工作，以便事先采取措施。在松散岩层上修建水工建筑物时，这种工作更有特殊的重要性。

以上列举的工作，并未能包括全部的水文地質工作，但是已經可以看出它所涉及国民經济部門的广泛性，以及它对各个部門影响的深重。这也就是在我国大力发展水文地質科学的原因。

三、水文地質学現狀

水文地質学在国民經济发展中既然如此重要，在工作中运用水文地質学的先进理論和成就，来指导生产实践中所遇到的問題，以期作出正确的結論，就成为十分必要。

世界各国都或多或少的进行了有关地下水方面的工作，但是由于观点的不同，对这种工作的認識也各异。資本主义国家的学者認为研究地下水的科学是属于水文学的范围，因此叫作“地下水文学”，而仅从分布、埋藏及运动等方面，对地下水进行研究，結果使这門科学的范围变得狭窄。苏联在十月革命以后，由于发展国民經济的需要，而要求全面的研究地下水，以便最后解决其起源和形成問題，要获得这种結果，除必須对地下水本身进行一系列的研究之外，还必須很好的研究其环境条件，也就是地区的地質条件和自然地理条件，以探求它們相互之間的关系。沿着这一方向发展的結果，苏联在最近几十年之内逐步的在地質学的基础上，建立了水文地質学。也正是这种基本观点的差別，使社会主义国

家的水文地質学，不但为各方面的生产建設服务，而且使它在科学研究上获得了更广阔的发展前途和远景。当然科学研究的成就，又反过来可以指导生产建設工作，这正是社会主义制度推动科学前进的例証。

現代水文地質学快速发展的結果，已經使它产生了若干分枝科学，这些分枝科学都建立在普通水文地質学的基础上。普通水文地質学的内容包括前述一般的地下水理論問題。专门研究地下水流动状态的部分是地下水动力学，它研究地下水在不同地質条件及人为条件下的运动情况。直接服务于生产建設部分的是专门水文地質学或地下水調查及勘探，它研究为各种不同目的水文地質調查和勘探方法；其中可以分为供水、灌溉、排水、水工建筑、矿床、油田、矿水及多年冻结等等的水文地質調查工作。目前由于資料和經驗的积累，其中如矿床，油田，矿水和灌溉水文地質学等已逐渐成为独立的分枝。此外专门研究地下水中各种化学成分或元素轉移和变化的部分，也已经逐渐成为水化学。研究不同地区水文地質条件的部分，則称为区域水文地質学。

最近世界已經进入原子时代，放射性矿床的找寻和勘探对和平利用原子能具有根本性的意义。而地下水中放射性元素含量的多少，常常可以作为找寻放射性矿床的标志，因此最近年代又出现了放射性水文地質学，专门进行这方面的研究工作。

利用热的地下水作为能量的源泉，可以为国家节省大量的燃料，这方面的研究常常与温泉有密切关系；所以如何利用地热，也是水文地質学的一个研究方向。在这方面的研

究，目前以日本，意大利及新西蘭等較為先進。

我國水文地質科學的建立，雖然時間很短促，但是從開始的一天起，就是沿着這種正確的方向發展，只要我們的各個有關機構能互相配合，發揮集體精神，通力合作，相信在較短的期間，必能獲得快速的進展，以達到十二年內趕上世界科學先進水平的要求。

第二講 影响地下水的 气候及水文因素

北京地质勘探学院 柴本源

一、地球上的水分循环

地球上的水以气态、液态及固态三种形式存在于大气圈、地表及地壳之中，全球的总水量约为 1.4×10^{18} 立方公尺，其存在的比例为：大气圈水：水圈水：岩石圈水 = 1:100,000:10。大气水，地表水和地下水之间有着密切的关系。在太阳辐射和地心引力的影响下，不断地进行着水分循环。地表和地下的水，受太阳辐射的热力作用，变为水汽上升到大气圈中，然后复于适当的条件下在空中凝结成液态或

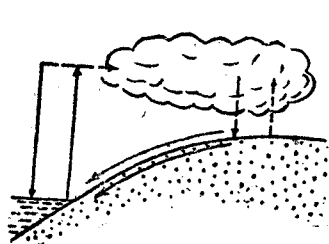


图 1. 局部性的水分循环

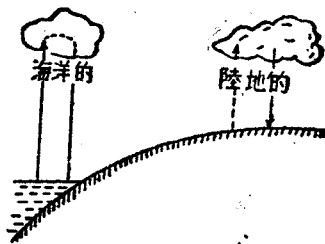


图 2. 全球性的水分循环

固态的水，而在地心引力的影响下降落下来。水分循环有局部性的和全球性的二种，都存在着一定的均衡关系。

1. 局部性的水分循环 局部性的循环即小循环，水从海洋或陆地表面蒸发上来，又以降水的方式直接回入海洋或陆地。

2. 全球性的水分循环 如果水分被气流从海洋带向大陆，并以降水的方式落到地上，这些降水除在当地进行蒸发外，复以河流和地下水流的形式通过地表和地下返回到海洋中，这样就完成了一个比较复杂的全球性的大循环。

3. 水的均衡 ③. 布吕克纳得出了二个关于地球上水均衡的基本方程式，他考虑了降水，蒸发及地表和地下逕流之间的平衡关系。

在海洋方面，由蒸发所损失的水是 Z_0 和海洋面上的降水量 X_0 ，以及流入海洋的地表及地下逕流量 Y_0 取得平衡：

$$Z_0 = X_0 + Y_0.$$

在大陆方面则其所获得的降水量 X_0 与其蒸发量 Z_0 及流入海洋的逕流量 Y_0 取得平衡：

$$Z_0 + Y_0 = X_0.$$

将上面二式相加，即得地球上水均衡的总方程式：

$$Z_0 + Z_0 = X_0 + X_0.$$

等式的左面为全球的蒸发量，而右面则为降水量，因此从整个地球来看，则降水量应该相当于蒸发量。

二、影响地下水的气候因素

一个地区的气候情况对于当地地下水的影响至巨，推根究源，绝大部分的地下水都是起源于大气降水，因此，要研究地下水的形成环境与补给条件，必须对地区的温度、降水

和蒸发等几个重要的气候因素有很充分的了解，例如在降水量较大的湿润地区，地下水的水量一般较为丰富而且水质也较好；反之，如果在气温高，蒸发量大而降水量小的地方，则要寻找水量丰富和水质良好的潜水就颇为困难了。所以，气候学乃是水文地质学的基本知识之一。

1. 大气圈的组成与构造

大气圈是几种气体的机械混合物，成膜状包围着地球，大气的质量约为 5.2×10^{15} 吨，一般把海陆的表面看作为大气圈的下限，但事实上，空气一直渗透到地壳的内部，充满在岩石的各种空隙之中，同时也渗入到各种深度的海水中。因为空气外壳是逐渐过渡到宇宙空间，所以要断定大气的高度非常困难，根据夜光云和极光等现象，知道甚至于在1000公里的高度处尚有空气的存在，不过那里的空气已经十分稀薄，接近于宇宙空间了。绝大部分大气质量是集中于20—30公里的下层中，所以就天气变化而言，这下层大气乃具有基本的意义。

根据物理性质可把大气圈分为数层，最下面的一层称为对流层，它直接毗连地表，是大气最密的层，占有全部大气质量的70—75%。对流层的平均高度为10公里，在极地上为8公里，赤道上为16公里。温度的垂直向上递减为对流层的特征，递减率根据最近地球物理学上的推定为每上升100公尺温度平均下降 0.5°C 。云、雨和气团的水平与垂直移动都发生于此层中，即一切的天气变化现象主要都发生在对流层。由于气圈的不断运动和混和的结果，对流层全部厚度中空气组

成之主要成分实际上保持不变，按容积百分比表示则为：氮—78.03%，氧—20.99%，氩—0.94%，二氧化碳—0.03%，此外尚有微量的氦、氖、氪、氙等惰性气体，以及臭氧和氢、氨等。其中氧和氮的对比关系特别固定，而二氧化碳则来自火山、矿泉、土壤，以及人类生产活动中煤的燃烧，其含量变化较大。除了上述那些比较稳定的成分外，在空气中尚含有水汽和尘埃这二种变动剧烈的组成部分。水汽含量随着高度的增加而迅速地减少，主要是集中于2—3公里以下的大气层中，其随空间和时间的变动范围，按容积计约在4%—0.01%之间。水汽要凝结而成水滴，就必须依靠大气中极细的灰尘微粒，是为凝结核，其中有海水的飞沫经蒸发后所遗留在空气中的小粒盐份，有陨石燃烧的产物，火山灰，烟粒，孢子和细菌等。所有这些都使大气降水在未达到地表之前，便已经具备了种种复杂的成分。

由对流层边界向上达80公里高度处的一层大气称为平流层，其主要特征为空气以水平移动占压倒优势，垂直移动（混合）极端微弱。平流层的湿度很小，因此水汽的凝结作用不会发生，云亦无法形成。此外平流层的温度分布和对流层完全二样。由10公里到约25公里的高度内，温度实际不变，而在25公里以上则温度一直上升。平流层的另一特征为臭氧显著地集中于该层中高度15—35公里的范围内。这层臭氧挡住了波长短于2910 Å 的太阳紫外辐射，因而保障了地球上各类生物的生命安全。

位于80公里以上的大气圈称为游离层，其主要组成仍是氮和氧，不过这些气体只是以离解状态存在着。

2. 地球的热力状况

一切复杂的天气现象主要是由于大气圈所获得的热量而引起的，它是所有气候要素里面最基本的一个，并且深入地表以下控制着岩石和地下水体的热力条件。地表和大气的热量的来源有二方面，一是太阳的辐射能^①，一是地球内部的热能。但地壳是一个良好的绝缘体，因此由地球内部所得到的热量仅为由太阳所获得的五分之一。太阳辐射在达到地面以前要经过厚厚的大气层，而大气对于太阳辐射几乎是一种透明介质，即大气很少吸收太阳光能。因此空气直接由太阳辐射的增热是不大的，而主要是由于地面把所吸收到的太阳辐射能转变为热能。这种热能除一部分用于地表本身的增温外，其他的就传递给空气而使空气增热，因此，地面是空气的第二热源。气温在每昼夜和每一年之间显示出—个最低值和最高值，这种气温的日变化和年变化随着纬度和地形等的因素而异。而在海洋和大陆的上空有着截然不同的性质，因为海洋的热容量大于陆地，所以海洋的吸热和放热都远较大陆为慢，对空气的热效应颇小。例如砂质土能付出所得热量的37%用来增热空气，砂能付出49%，而水面所吸收的太阳热量则几乎全部用于水的增热上，仅有不足1%的极小部分用于水上空气的增热。所以水面一般不影响气温的日变，但其对气温年变的影响则颇大，在温暖的季节里，湖泊和海洋渐渐积聚了大量的热，就缓和了暖季空气的增热，而在寒冷

① 除太阳辐射能外，尚有宇宙间其他恒星的辐射能，但因距离遥远，其真正到达地球的能量乃极为微小，一般都略去不计。