

高等学校教材试用本

普通水文地质学

北京地质学院水文地质教研室编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校教材试用本



普通水文地质学

北京地质学院水文地质教研室编

中国工业出版社

本书基本上是按照 1957 年原高等教育部批准試行的教学大纲編写的。

本书內容結合我国实际情况，在闡述問題时，較多地引用了我国实例。书中根据我国实际情况提出地下水的分类，并相应地充实了岩石中的水及岩石的水理性质、裂隙水及喀斯特水等章节。从教学角度出发，本书力求作到概念清楚，定义严格。

此书除供各高等院校水文地质及工程地质专业师生教学之用外，可供其他有关人員参考。

普通水文地质学

北京地质学院水文地质教研室編

※

地质部地质书刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙 10 号）

（北京市书刊出版事业許可証出字第 110 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

※

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印張 $8^{1/8}$ · 插頁 4 · 字数 215,000

1964 年 2 月北京第一版 · 1964 年 2 月北京第一次印刷

印数 0,001— 1,250 · 定价(科五)1.20 元

※

統一书号: K15165 · 2504(地质-241)

前 言

水文地质学在我国是解放以后出现的一门新科学。由于我国社会主义建设事业的发展和生产的需要，在党的领导和关怀下，水文地质学得以迅速建立和成长。

为了进一步提高教学质量，使一般的水文地质理论与我国的实际情况能更好的结合，本书于1959年9月完成初稿，后经教研室部分同志看过，并对其中某些章节进行了讨论，作者等又加以修改。于1960年9月出版。

本书内容基本上是根据1957年原高等教育部批准试行的水文地质及工程地质专业的普通水文地质学教学大纲编写的。在当时制定的大纲中不包括气候学和水文学基础部分，这一部分在教学计划中当时是一门独立课程。但是在以后修订教学计划时，又将其并入普通水文地质学部分中，因此本书包括了该两部分内容。

经年余试用的结果，发现有些章节安排的不够妥当，有些章节的内容应作修改。矿水作为一章列入普通水文地质学中，未必十分妥当，因为这种水仅由于具有特殊的化学成分、气体成分或较高的温度而具医疗意义，这种水的存在和出现虽然有其特定的条件，但是只不过是水文地质工作中的专门问题，而并非地下水的基本类型，所以在本书中仅作一般介绍，其主要内容则放在专门水文地质学之中。

多年冻区的地下水看来也并不属于地下水的基本类型，然而考虑到目前我国已确定的多年冻区分布范围尚未能十分肯定，并且所得到这方面的资料也较贫乏，列入专门水文地质学部分尚有困难，故仍保留为本书的一章，而在专门水文地质学中不再讲述。

根据我国基岩分布广泛，裂隙水和喀斯特水普遍存在的特点，

加强了岩石中的水及岩石水理性质一章有关裂隙和喀斯特的部分。相应的改写了裂隙水和喀斯特水两章。

地下水的分类一章亦作了某些修改。

本书在编写及改写过程中，力求结合我国实际情况，并将基本概念阐述明确。但是在目前我国水文地质学方面，名词不完全统一，同一个名词往往由于观点的不同而赋予不同的涵义和概念。对某些问题的探讨，也有类似的情况。因此，在本书中探讨问题时，可能有时不免强调了某些方面，而忽略了其他。相信通过实际资料的进一步验证和讨论，这些问题将会更合理、更切合实际的加以解决。

全书共分十五章，其中第五章、第十四章和第十五章由张人权编写；第七章和第十三章由郭竹第编写；第十二章由史毅虹改写；其余各章均由王大纯编写。史毅虹负责全书的整理工作。

编者原拟将全书作较细致的研究后再改写付印，但是为了满足教学需要不得不提前付印，故未能对书中的某些部分作较多的修改，所以存在的问题仍然不少，希读者批评指正，以便此后再行修改。

目 录

前言	
緒論	1
水文地质学发展史和地下水起源的学說	1
地下水在国民經济建設中的意义	8
水文地质学与其他科学的关系	11
第一章 地壳表层的热力状况	13
地表和大气热能的来源	13
地温的变化	14
地下水温度与地温的关系	20
第二章 大气中的水和气候	24
气象学和气候学的概念	24
大气圈的构造	24
某些气象要素的变化	26
气候与气候带	37
我国气候概况	41
第三章 地表徑流	50
流域的概念	50
徑流及其特征	51
我国河流的动态类型	58
地表水和地下水的补給关系	62
第四章 自然界中的水循环	64
自然界水的分布	64
自然界的水循环	64
第五章 岩石中的水及岩石的水理性质	68
岩石的空隙性	69
水在岩石中存在的形态	77
岩石的水理性质	81

第六章 地下水的运动	87
地下水运动的基本规律	87
渗透系数的测定	91
第七章 地下水的物理性质与化学成分	102
化学纯水与天然水	102
地下水的物理性质	104
地下水的化学成分	107
地下水化学成分的形成及其影响因素	118
地下水化学成分的分析	124
地下水按化学成分的分类	131
研究地下水物理性质与化学成分的意义	138
地下水水质评价	139
第八章 地下水的分类	141
地下水分类的意义	141
地下水分类的原则和概况	141
上层滞水	149
第九章 潜水	153
潜水的特征	153
潜水面形状及其表示方法	154
等水位线图及其意义	156
潜水的补给与排泄	161
潜水的动态和均衡	163
几类沉积物中的潜水	172
土壤的沼泽化与盐渍化	181
潜水分带的概念	183
第十章 自流水	190
自流水的特征	190
自流水的形成	191
等水压线图	198
我国自流含水层的实例	199
第十一章 裂隙水	204
概述	204

裂隙水的分布和埋藏条件·····	205
裂隙水的补给、径流及排泄条件·····	211
第十二章 喀斯特水 ·····	216
概述·····	216
喀斯特发育条件·····	217
喀斯特水·····	221
第十三章 多年冻区的地下水 ·····	226
多年冻层·····	226
多年冻区的地下水·····	230
多年冻区找水标志·····	233
第十四章 泉 ·····	237
泉的分类·····	237
泉的动态·····	241
泉在闡明地区水文地质条件方面的意义·····	244
第十五章 水文地质調查概述 ·····	250
水文地质調查的任务和内容·····	250
水文地质調查的工作方法·····	251
水文地质图·····	254
参考文献 ·····	257

緒 論

水文地质学是研究地下水的科学，它研究地下水的分布埋藏规律，物理性质和化学成分，运动的性质，动态变化以及起源和形成过程等等；同时它还研究在不同条件之下，如何以最经济合理的方法来利用或排除地下水，使之在国民经济的发展中起良好作用。前者是属于理论方面的研究，而后者则服务于具体的生产工作。但是这两类工作之间有着密切的、不可分割的联系。综合实际生产中的经验，必然会使理论研究得到提高；而理论研究的提高，也一定能给具体的生产工作指出更广泛的方向和解决存在问题的途径。水文地质学的发展正是这两方面工作不断前进的结果。

水文地质学发展史和地下水起源的学说

人类自定居之后，由于人口逐渐集中，农业开始发展，在较为干旱及地表水较缺乏之处，开始利用地下水作为生活及灌溉之用。

古罗马在公元前 312 年以前，即普遍利用泉及井水。这是该地区地下水十分丰富而且平均距地表的深度仅 5 米所使然。

古雅典在公元前约 600 年左右，大街上即有公用水井，私人宅院中亦不少，有些至今仍在应用。

古波斯的集水和引水工程规模十分宏大，其地下集水及引水工程即我国所称的坎儿井^①，这种井在德黑兰附近有 36 条，作为德黑兰的供水源地及附近地区农田灌溉之用。长度自 12 至 26 公里，最深达地表以下 150 米左右。这种取水及引水技术在公元前

① 坎儿井是地下集水及引水渠道，每隔一定间距有竖井通至地表。

500 年前后傳入埃及后，也被利用于取用地下水灌溉大量土地。

由于当时已經广泛利用地下水，因而产生了有关其起源的各种推想。古希腊哲学家柏拉图等看到泉水自石灰岩大溶洞中流出，故推想地下也必有此种洞穴存在，认为泉水乃大洋之水通过此种地下洞穴而形成。亚里斯多德則认为既然雨水是空气遇冷后凝結形成，故泉水也应为空气进入地下后遇冷凝結所致。

我国远在紀元前1000年之前，农业已有相当的发展。有关利用地下水的記載，在古书中很多。如詩經中屡見有关泉水的描述：“爰有寒泉，在浚之下”；“冽彼下泉，浸彼苞稂”。周书有“黃帝穿井”的記載。史記五帝紀（虞舜）中有“后瞽叟又使舜穿井，舜穿井为匿空旁出”。尔雅有“比卦初爻，有孚盈缶”，是說卜卦結果，东方有井可以汲用。周易有“井冽寒泉食，甃之以石，則洁而不泥，汲之以器，則养而不穷，井之功大矣”。可見至少在殷周之交，即紀元前1000年以前，我国人民不但已能利用地下水供生活及生产之需，而且也知道装备水井使之“洁而不泥”和有节制的用水，才能“养而不穷”。

有关用水技术的叙述則見于庄子：“子貢过汉阴，見一丈人，方将圃畦，凿隧而入井，抱瓮而出灌，搢搢然用力甚多而見功寡。子貢曰：有械于此，一日浸百畦，凿木为机，后重而前輕，洁水若抽，数为沃湯，其名为槲”。可見当时利用地下水进行灌溉已相当广泛，故取水技术也有相应的发展。像子貢所說的取水方法，在国内某些地区至今仍沿用。

当时具有总结意义的是管子地員篇中的叙述：“……赤埴历强肥，五种无不宜，其麻白，其布黃，其草宜白茅与藿，其木宜赤棠。見是土也，命之曰四施，四七二十八尺而至于泉，……其水白而甘”。“黑埴宜稻麦，其草宜萃修，其木宜白棠，見是土也，命之曰一施，七尺而至于泉，其水黑而苦”。这是世界上从土的颜色和植物种类等方面来推断地下水距地表的深度和水质最早的論述，很符合于現代水文地质学的理論和工作方法。此外书中还有根据岩石性质来推断地下水有无的描述。如“庚泥（沙泥混合沉

积)不可得泉”,“炎壤不可得泉”等等。可見我国人民对地下水的認識是从实际工作出发而获得結論。

自上述可知,随人类的定居和农业的发展無論在利用地下水方面,以及探寻和取用地下水方面,都有相当的发展。同时也开始了有关地下水起源的推想。但是由于科学的发展尚处于萌芽时代,因此理論上的問題則多屬臆想。

此后,在漫长的封建社会时期,自然經濟居統治地位,农业經濟占絕對优势。一切劳动均以手工操作为主,生产力发展緩慢。因而無論在探寻和开采地下水的技术方法方面,或有关地下水起源的理論方面,均发展較为迟滞。

約在紀元前 200 年的秦朝“蜀守李冰发明制盐法”,即发现利用地下卤水以煮盐之法,这是根据地下水水质的不同而作不同应用的首創。自此以后,至汉朝初年,四川地区取地下卤水煮盐之事即大盛,而对开采地下卤水的技术历代均有所发展。据元和志載:“仁寿陵井纵广三十丈,深八十余丈。”在紀元前后的时代,以竹片和木板为主要工具,在坚硬基岩中开凿深达数十米甚至百米以上的自流井,确实是人类探寻和开采地下水技术上的創举。四川省自流井这一城市之所以得名,也正由于此种原因。以后至 12 世紀法国和意大利才开始开凿自流井,其时代最少也晚于我国 1000 年以上。

历代王朝在西北及华北的干旱及半干旱地区都或多或少的兴办了水利事业,其中与地下水有关的除大量凿井而外,以引泉为主。如汉朝在新疆吐魯番一带开凿了坎儿井,引水灌田。清代又加以推广,至今仍保存不少。唐初在山西引晋祠泉水,岁收谷数千斛。宋代又修晋祠水利溉田 600 余頃。清初引山泉溉陝西田数万頃,名龙洞渠。

通过 1000 多年的凿井引泉,至明代,徐光启在所著的农政全书中,总結了我国开发利用地下水的經驗。其中如凿井擇地之法为:“凿井之处,山麓为上,蒙泉所出。……凿井者,察泉水之有无,斟酌避就之”。量淺深之法則为:“井与江河地脉貫通,其水淺

深，尺度必等，今問凿井应深几何？宜度天时旱潦，河水所关，酌量加深几何，而为之度，去江河远者不論”。从上述可見，根据多年凿井及引泉之經驗，已經知道泉是地下水的天然出露处所，故凿井一方面应考虑地貌形态，另一方面应根据泉水出露情况，考虑选择地点。在江河附近的沿岸地带，則地下水与河水有相互补給的关系，故可以用河水位来估測地下水面的位置。实际上已經明确的提出，在一定条件下地表水是地下水的来源，而在另外的条件下，則又能排泄地下水。

在这一时期，国外也和我国相似，仅限于对地下水源的探寻和修建一些引水工程。如前述法国和意大利对自流水的开发，便是一例。至于有关地下水理論方面，也由于实际生产方面的資料不多，以前的臆想学說仍然占統治地位。

直至 17 到 18 世紀产业革命开始，較大規模的工厂开始建立，城市人口迅速集中。生产力的发展迫切要求工具及設備的改进，現代自然科学的各个方面因而有了长足的进步。在地下水方面的工作，主要是进行水源調查及开采。此外，在理論研究方面也采取了搜集实际資料及实验研究的方法。从此才逐步建立了現代水文地质学的基础。例如哈雷进行蒸发試驗之后，表明自海洋蒸发的水汽足以供給出露于地表的泉水及河流之流量；馬利奧特証实大气降水可以渗入地下，当遇到不透水层时即作橫向渗透以供給泉水，他并且通过对泉水流量的觀測，得出結論：在雨季泉的流量增加，而干旱季节則减少；对流量稳定的泉則认为是存在大的地下儲水体不断补給的結果。

19 世紀至 20 世紀初，法国及美国均对自流水进行大量的勘探工作；俄国也組織了欧洲部分領土的水源勘察队，进行水源調查。根据对所获得的实际資料的分析，再加有关的实验研究工作，法国水力学家达尔西发现了水在砂土中渗透的层流运动定律。俄国学者列別捷夫則根据水汽自張力从大处向小处移动的原理以及敖德薩气象台的資料得出結論，认为地下水可以由空气中的水汽凝結而成。安德魯索夫提出地下水的埋藏学起源学說，即沉积岩中

可以保留有古代殘留水，这种水往往与石油共生。奥地利地质学家鳩斯提出，某些溫泉与岩浆冷却时因气体凝結而形成的水有关系。

至此，水文地质学已經具备了初步的理論基础，以及一般的工作方法，但是还不够完备。

十月革命之后，地球上第一个社会主义国家誕生，改变了生产关系，解放了生产力，不但生产大为发展，而且也推动了科学的发展。在社会主义建設时期国民經济的各个部門，如水利建設、农田灌溉、城市及工矿企业的供水、矿床勘探开采事业、以及矿泉医疗等方面，均要求解决存在的水文地质問題，所以苏联大力开展了水文地质工作，同时也发展了水文地质学的理論。至此水文地质学才真正形成为一門独立的科学。

苏联水文地质学的特点是将地下水作为自然历史的产物。在不同的条件下，地下水与其环境因素（地质、自然地理和人类的活动等等）不断的相互作用，因而有不同的形成和发展过程。适当的控制或利用这一过程，即可使地下水服务于各个国民經济部門生产的需要。在实际工作中，則力求建立一套在技术上可能而又可靠，在經济上符合节约原則的工作方法。这样就在继承已有的水文地质学各方面成就的基础上，使之形成为一門較為完善的独立学科。

我国自19世紀中叶以来即淪为半封建半殖民地的地位，生产力无从发展，与地下水有关的理論与方法更缺少发展的基础，遂使水文地质学在我国成为空白点。解放后，十余年来为了解决生产建設中的問題，不但在华北、西北、东北及华南的大部分地区进行了水文地质測繪，而且为解决具体生产問題，进行了大量勘探工作。如数以百計的城市及企业的供水工作，矿床水文地质勘探工作，某些灌区的土壤改良水文地质工作，以及水化学找矿工作等等。近年来配合农业发展的需要，更进行了大面积的农业供水水源勘探，在一些地区逐步建立起地下水的觀測站网，进行动态觀測。这些工作成果給我国水文地质学的发展和成长創造了

良好的条件。当然，由于水文地质科学介绍到我国为时不久，实际工作中和理论研究工作中存在的问题仍较多，均尚有待于我国水文地质工作者的艰苦努力工作。

从前述水文地质学发展的历史中可知，有关地下水起源学说的成长是和生产的需要及整个自然科学的发展息息相关。到目前为止，有关地下水起源的学说可以概括如下：

渗入说 包括大气降水和地表水自地表面的下渗而成为地下水。这一学说已经肯定的为多年积累的气候资料、水文资料和地下水的观测资料所证实。但是在何种条件下，水以何种方式和途径渗入地下，其渗入量究竟有多少，则仍需根据具体条件分析。而且在水文地质学上这个问题也并非已经全部获得解决。

埋藏说 既然地下水赋存于地表下的岩层中，而大部岩层又是在地质历史中沉积而成。显然，在沉积过程中可能有水同时存在，只要以后地区的地质发展历史使其处于封闭状态，则原始的水份可能保存于岩层中而构成地下水，此种地下水即埋藏水，由于它形成于沉积过程之中，故又名同生水或沉积水。有时在岩层已形成之后，虽然同生水已不存在，但是在其后的地质历史时期，如在适当的条件下，仍可能有水进入岩层的空隙中。当此种水再被封闭并保存于岩层中之后，也可形成埋藏水，此即后生水。因为海相沉积岩在地质历史上占有重要地位，故埋藏水往往以古海水为主。埋藏水有时也称为残留水或化石水。

初生说 当岩浆自地下深处侵入地壳时，即自熔融状态逐渐凝固，在岩浆后期常有气体上升。并在地下一定深处形成水。由于此种水来自地球内部，故称为初生水。有些人认为岩浆中并不存在水份。但是根据试验，各种岩浆岩在封闭条件下，加热至一定温度后，均有气体及水出现。此外根据矿床学的研究，各种金属矿脉常为岩浆入侵后期富含水及气体的矿液之产物。基于上述的理由，目前一般认为初生水的存在可能性较大。然而初生水在重力地下水的形成中似乎不可能占有很大的比重，而且也比较缺

乏确切而肯定的根据以說明这一形成过程的存在。

凝結說 空气中水汽的含量并不固定。但是自然界中不含水汽的空气，可以說是沒有的。水汽張力的大小，决定于其絕對数量。空气中水汽的絕對含量又常受溫度的控制，溫度高者帶有較大含量。故当地溫度低于气溫时，空气中的水汽即可进入地下岩层的空隙中，当水汽达到飽和之后，即进行凝結。如果地下較深处溫度較高，岩层空隙中的水汽有可能时也将上升进行凝結。凡以此种方式形成的地下水，即称为凝結水。凝結水形成的条件是地下某一深度的溫度与气溫有較大的差別，不然，凝結作用即不能进行。

脫出說 沉积岩中的很大部分是由地表風化产物所构成，在風化产物中有很大部分是水化矿物，如蛋白石、褐鉄矿以及各种粘土矿物均屬之，此种矿物在沉积岩中占有相当的数量。当岩层形成之后可能被深埋于地下。例如位于构造沉降帶中的沉积岩，由于处于高溫高压之下，其条件与地表完全不同，某些含水矿物中的結合水即可被析出。此种水也可成为地下水的来源之一，故称为脫出水。

以上是有关地下水起源各种学說的概要介紹。这些不同起源的水又可概括分为三类。第一是通过地表进入地下的水份，包括滲入和凝結两种起源的水。它們和地表之上的气候和水文过程关系密切。第二是沉积岩中埋藏的水份，即埋藏水，这种水既和沉积形成时的环境条件有关系，又和地区以后的地质发展历史相联系。第三是自地球內部和岩石中出来的水，包括初生水和脫出水，它們和地区的岩浆活动以及变质作用紧密相关。因此卡明斯基从水化学和水动力学的观点将地下水区分为三种循环过程：1. 滲入循环，即与大气水的滲入和地壳表层風化有关系的循环；2. 沉积循环，即与沉积过程中的海水或陆地水和沉积物成岩过程及其中所含水的变化有关系的水循环；3. 变质循环，即与岩层变质作用及岩浆活动有关系的水循环。卡明斯基认为，許多地下水均具有复杂的成因，并常常由某一地点的某一种循环逐渐过渡为另一地

点的另一循环过程。正是由于这一原因，对某一地区的地下水究竟属于何种起源，往往存在较大的分歧，尤其是地下深处的水，更是如此。

地下水在国民經济建設中的意义

如何利用或排除地下水，既然是水文地质学所要研究的一个方面，因而首先必須了解地下水在国民經济建設中的意义。自我国社会主义建設开始以来迄今十余年間，已进行了各种项目的水文地质工作。

首先，随着工业城市的建設和增加，为了满足工业和生活用水的需要，寻找和勘探地下水源是一项很重要的任务。解放以来，在短短的几年內，已經进行了数十个城市的地下水源勘查工作，以及很多大型厂矿企业的供水工作，保证了工业建設和城市建設的发展需要。至于中小城市和农村对地下水的利用，更是遍及全国，可見对人民生活影响之巨大。

地下水对农业发展的关系很大，尤其在干旱和半干旱地区更为重要。党中央在1957年公布的农业发展綱要四十条中特別提出：“兴修水利，发展灌溉，防治水旱灾害”。“为了充分利用一切水源，有关部門应当积极进行对地下水的勘察工作，保证水利部門所需的必要資料”。经过1957年和1958年的两次农村水利建設高潮之后，除兴建了成千上万的大中小型水庫及其他水利工程之外，还打了許多水井。这些水利建設工程不但对保证农业增产发挥了积极作用，并且在抗击最近連續三年来的特大自然灾害中起了重大作用。

1957年內蒙古自治区的某些地区空前干旱，由于缺水，牲畜遭到死亡。通过水文地质調查，在敖倫木图及哈布天昭等地探获了地下水，及时地解决了牧場缺水問題，保证該区畜牧业的順利发展。

有些地下水中含有某些特殊的化学成分、气体成分或相当高的溫度等等，因而对某些种类的疾病具有良好的医疗效果。这种

具有医疗意义的地下水称为矿水。它是发展疗养事业的基础。我国解放以后已经利用了許多已知的矿泉，建立了疗养院。如陕西省的华清池温泉，解放后已建立了7所疗养院。每年接待疗养人员达几千人。像这样的疗养院在解放后建立了不下数十处，对增进人民的健康起了不小的作用。随着生产的发展，人民生活水平的逐步提高，矿水的探寻与勘探必将迅速的发展。

有些地区的地下水中富集有某些元素，如溴、碘、锶、钼等等，此种地下水就成为具有工业价值的矿床。如我国四川自流井地区开采卤水，提取食盐，早在2000年以前，即已开始，目前仍在进行，并且已考虑到进一步的综合利用问题。

从上述可见，无论在人民的日常生活方面，在发展工、农、畜牧业的生产方面，积极的开发利用地下水，均有重大意义。从这一意义来说，将地下水看作有用矿产而与一般作为工业原料的矿床相提并论，实不为过。

另一方面，地下水也能成为国民经济发展的障碍，必须加以排除，以保证有关工作的顺利开展。

根据发展国民经济必须以农业为基础，工业为主导的方针，目前全国各行各业均大力支援农业。水文地质工作在支援农业方面也有责任作出应有的贡献。除上述的水源勘探工作外，还要为消除地下水对农业生产的有害影响进行工作。土地发生盐渍化，往往成为发展农业的重大障碍之一。我国的西北和华北地区土壤盐渍化现象相当普遍。土壤的盐渍化往往与地下水有密切关系。因此研究清楚地区的水文地质情况是预防灌区土地盐渍化的重要工作之一；在已经发生盐渍化的地区，查明地下水的情况则是消除土地盐渍化的必要前提。

另一种妨害农业生产发展的现象是土壤的沼泽化。如我国东北北部的某些地区，常常由于地表积水而产生沼泽化。产生积水的原因很多，地下水接近或出露于地表则为其可能的原因之一。为了开发利用这一部分土地，也必须研究清楚地区地下水的情况，以便确定引起积水的原因，针对原因采取疏干措施以改良土壤。