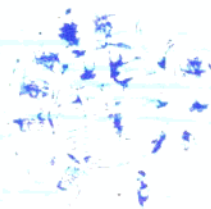


985165

高等 学 校 教 材

供水水文 地质学

王增银 编著



11
18



中国地质大学
出版社

高等学校教材

供水水文地质学

王增银 编著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了地下水资源的概念、分类及评价方法，地下水资源的开采和利用，地下水开采引起的负环境效应及防治，地下水资源的保护、管理及供水水文地质调查等问题。全书既重视基本理论的阐述，又注重实际应用，并密切结合实例进行论述，同时对地下水给水工程也进行了简要的介绍。

本书可作为高等院校水文地质与工程地质专业的教材，还可作为资源管理、环境工程、农田水利、给排水等有关专业的教学参考书，同时可供上述有关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

供水水文地质学/王增银编著. —武汉：中国地质大学出版社，1995.10
ISBN 7-5625-0986-7

I. 供…

I. 王…

Ⅱ. 治水-供水水源-水文地质

N. P641

出 版 中国地质大学出版社（武汉市·喻家山·邮政编码 430074）
责任编辑 贾晓青 责任校对 胡义珍 版面设计 俞霓芬
印 刷 中国地质大学出版社印刷厂
发 行 湖北省新华书店

开本 787×1092 1/16 印张 9.75 字数 250千字
1995年10月第1版 1995年10月第1次印刷 印数 1—1000册
定价：7.70元

前 言

地下水资源是工农业生产和人们生活供水的重要水源。长期以来，解决各种供水问题一直被作为水文地质学的基本任务，也是水文地质学重点研究的内容。供水水文地质学是在学完水文地质学基础、水文地球化学、地下水动力学和水文地质调查法等课程后进行学习的一门水文地质工程地质专业主要专业课之一。

本书是在已有内部试用教材《供水水文地质学》基础上重新编写的。为了适应学科发展的需要，这次重编除对原有内容做了一些增补外，还增加了给水工程和开采地下水的负环境效应及防治等新内容；力求使此书在理论上具有完整的体系，并注重实际应用，做到既有基本概念、基本原理的分析，又有应用实例的介绍，使学生学完本课程后，具有分析和解决供水水文地质问题的初步能力。

编写本教材时参考了教研室不少老师编写的讲义和生产单位的实际资料。书稿完成后，承蒙沈继方、李世忠教授对全书进行了认真的审阅。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，请读者给予批评指正。

编 者

1994. 12. 10

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 地下水资源在供水中的作用.....	(1)
第二节 供水水文地质学研究内容及其与其他学科的关系.....	(3)
第三节 我国供水水文地质发展概况.....	(4)
第二章 地下水资源评价概述	(7)
第一节 地下水资源的概念.....	(7)
第二节 地下水资源的分类.....	(8)
一、我国地下水资源分类现状.....	(8)
二、地下水资源分类.....	(10)
第三节 地下水资源评价的主要任务和内容.....	(13)
一、区域地下水资源评价.....	(14)
二、局部水源地地下水资源评价.....	(14)
第四节 地下水资源评价的原则.....	(15)
一、根据“三水”转化的观点评价地下水资源.....	(15)
二、根据“以丰补欠”的观点评价地下水资源.....	(16)
三、按照系统的观点评价地下水资源.....	(16)
四、根据“水质标准”评价地下水资源.....	(16)
五、以长期利用的观点评价地下水资源.....	(17)
六、根据“发展变化”的观点评价地下水资源.....	(17)
第三章 地下水水质评价	(18)
第一节 生活饮用水水质评价.....	(18)
一、对水的物理性质的评价.....	(19)
二、对普通溶解盐类的评价.....	(19)
三、对水中有毒物质的评价.....	(20)
四、对水中病菌的评价.....	(21)
第二节 工业用水水质评价.....	(22)
一、锅炉用水水质评价.....	(22)
二、工程建筑用水水质评价.....	(25)
三、其他工业用水水质评价.....	(27)
第三节 农业灌溉用水水质评价.....	(28)
一、农业灌溉用水对水质的要求.....	(28)
二、农业灌溉用水水质评价方法.....	(30)
第四章 地下水水量评价	(33)
第一节 补给量评价.....	(33)
一、水量均衡法.....	(33)
二、水文分析法.....	(37)
三、均衡计算中的频率分析.....	(39)

■

第二节	可开采量评价	(41)
一、	开采试验法	(42)
二、	解析法	(47)
三、	数值法	(57)
四、	电模拟法	(70)
五、	概率统计分析法	(71)
第三节	地下水资源评价精度及分级	(78)
第五章	地下水资源的开发	(82)
第一节	供水水源地的选择	(82)
第二节	取水构筑物的类型和布置	(82)
一、	水平取水构筑物——渗渠	(83)
二、	垂直取水构筑物——井	(83)
第三节	管井设计及成井工艺	(87)
一、	管井设计	(87)
二、	管井成井工艺	(89)
第四节	增加单井出水量的措施	(91)
一、	改变井周围的渗透条件, 增加井的出水量	(91)
二、	恢复生产井的出水量	(92)
第五节	给水工程	(93)
一、	给水量	(93)
二、	给水系统的组成与设计	(95)
三、	给水工程水力计算	(105)
第六章	地下水开采的负环境效应及防治	(109)
第一节	概述	(109)
第二节	地面沉降	(109)
一、	地面沉降形成机制	(110)
二、	地面沉降预测与防治	(111)
第三节	岩溶地面塌陷	(114)
一、	概述	(114)
二、	抽水塌陷形成机制及形成条件	(115)
三、	岩溶塌陷预测及防治	(116)
第四节	地下水水质恶化	(119)
一、	地下水水质恶化的主要特征及危害	(119)
二、	地下水水质恶化形成机制	(120)
三、	地下水水质恶化预测及防治	(121)
第七章	地下水资源保护与管理	(124)
第一节	地下水水质保护	(124)
第二节	地下水人工补给	(125)
一、	地下水人工补给的基本条件	(125)
二、	地下水人工补给方法	(126)

三、回灌中应注意的问题·····	(126)
第三节 地下水资源管理 ·····	(128)
一、地下水资源管理的含义·····	(128)
二、地下水资源管理模型·····	(129)
三、地下水资源管理措施·····	(130)
第八章 供水水文地质调查 ·····	(134)
第一节 供水水文地质调查的目的和任务 ·····	(134)
第二节 供水水文地质调查阶段的划分 ·····	(134)
一、集中连续供水调查阶段的划分·····	(134)
二、分散间歇性供水调查阶段的划分·····	(135)
第三节 不同类型供水的特点及其对水文地质调查工作的主要要求 ·····	(136)
一、工业用水供水·····	(136)
二、农田用水供水·····	(136)
三、生活用水供水·····	(136)
第四节 不同类型地区地下水主要特征及供水水文地质调查的要点 ·····	(137)
一、平原地区·····	(137)
二、丘陵山区·····	(140)
三、岩溶地区·····	(142)
主要参考文献 ·····	(146)

第一章 概 论

供水水文地质学是研究地下水资源作为供水水源的科学。它是在总结寻找和开发利用地下水经验的基础上,为满足人们对地下水需求量不断增加的情况下而逐渐发展起来的一门应用科学。

第一节 地下水资源在供水中的作用

水是人类社会得以生存和发展必不可少的物质,在日常生活和生产过程中都离不开水。因此,供水牵涉到国民经济的各个部门。地下水资源是淡水资源的重要组成部分,由于其具有独特的优点,地下水资源在供水中占有重要的位置。

水是组成人体的重要成分。据有关资料,体重 60kg 的成人,体内水分就有 40kg,占 65%;儿童更多,占体重的 80%。健康人的机体是处于水分平衡状态,以维持人体代谢和调节体温。一个人正常情况下一天约需 2kg 水,如果这一平衡遭到破坏,就会给人体健康带来严重后果。因此,水对人体来说比食物更重要。不吃食物,人可靠饮水维持 20 多天,但是不喝水,只要几天就可能死亡。人体维持正常的生长发育和生理机能,需要有一定的化学元素,如钾、钠、钙、镁、碘、氟、铜、铁、锌等。人们除了从食物中获得这些元素外,饮用水也是这些微量元素的重要来源。例如氟便是一种人体必需的微量元素,通常每人每日需氟量为 1.0mg,如果饮水中含氟量低于 0.5mg/L,儿童中龋齿患病率便要增高。据有关资料,人体需氟量中有 65% 来自饮水, 35% 来自食物。大量调查表明,一些地方病都与饮用水的水质有关,如有人调查克山病就是饮水中缺乏锂、硒等元素所致。可见从人体健康来说,长期饮用纯净、毫无杂质、不含微量元素的水并不是有益的。一般来说,地下水的水质都是比较好的,适宜作为饮用水源。所以不少国家制定的《水法》中都规定地下水应首先用来作为饮用水源。

在现代工业中,没有一个工业部门是不用水的,水的利用已渗透到各行各业中,成为工业不可缺少的生产资料。水在工业中的用途归纳起来主要有:①作为工业的动力,如水电站直接以水作为工业动力,火电厂则以水蒸气为动力,在煤矿中用高压水作为动力采煤,在油田中则利用注水保持油层的压力来开采石油;②作为工业的原料,如酒、饮料、化学溶剂等都是用水作为原料;③作为工业生产过程的处理剂和洗涤剂,如建筑业、陶瓷等都是用水作为溶剂,纺织、印染、选矿等都是用水来洗涤;④作为工业的冷却剂,由于水的比热大,因此一些发热量比较多的工厂,如火电厂、钢铁厂、化工厂等都需要大量的冷却水来吸热降温 and 调节湿度。

农业生产也离不开水。大家知道,在农作物生长过程中需要消耗大量的水分。据实验,生产 1kg 小麦需耗水 1000—1500kg,生产 1kg 皮棉需耗水约 5000kg,生产 1kg 水稻需耗水量还要大。因此,水是保证农业稳产、高产的重要基础。但是在干旱和半干旱地区,单纯依靠天然降水是无法满足作物生长的正常需要,要想提高产量就必须进行灌溉。即使对于水资源比较多的南方地区,由于降水分配不均匀,也需要进行灌溉。据世界各国文献证实,占耕地面积不到 18% 的灌溉土地所收获的粮食产量约占全世界粮食总产量的三分之二。所以土地灌溉

是提高粮食产量的重要措施之一。

发展畜牧业也同样离不开水。一方面牲畜需要饮水，另一方面草地需要灌溉。我国有草原面积 43 亿亩（不包括南方草地、草坡），这为畜牧业发展提供了良好的基础。但是我国大部分草原都处于干旱和半干旱地区，这些地区降水稀少，牧草产量很低，要发展畜牧业就必须进行人工灌溉，提高牧草产量。实践经验证明，草地灌溉后可以大幅度提高产量。如内蒙古自治区伊盟发展灌溉 20 多万亩，1 亩水浇地产草 1000—1500kg，比旱地草产量提高几十倍甚至百倍。因此，只有重视水浇地建设，方能使畜牧业的发展建立在稳定、可靠的基础之上。

我国淡水资源并不丰富。根据 1985 年地质矿产部组织的全国地下水资源评价的评审结果可知，我国水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3/\text{a}$ ，其中地下水资源为 $8 \times 10^{11} \text{m}^3/\text{a}$ 。从总量看居世界第 6 位，但按人口平均计算，平均每人每年占有水资源量相当于全球平均水平的四分之一。从水资源的利用角度来看，我国地表水资源在地区和时间分布上极不均匀，长江流域及其以南地区年径流量占 82.3%，华北、东北和西北广大地区诸河流量只占 17.7%，而且地表水资源主要分布在大河及淡水湖泊中，利用起来有一定的局限性。地下水资源分布要广泛得多，而且有含水层储水的调节作用，利用起来比较方便。所以，在生产迅速发展、人口激增、城市规模不断扩大以及环境污染而大大缩小了地表水体使用范围的情况下，不少专家把希望寄托在地下水资源的利用上。

为什么地下水有这么大的作用呢？这是由地下水资源本身的特点所决定的。一般来说，以地下水作为供水水源具有以下优点：

(1) 地下水的分布比较广泛，便于就地开采、利用，可节省许多输水和给水工程，特别在缺少地表水源的地区，地下水是唯一的水源；

(2) 由于岩石的天然过滤或上覆隔水层的保护，地下水水质比较洁净，一般不需处理即可使用，而且也不容易受到污染；

(3) 地下水动态比较稳定，受气候变化影响较小，故在任何时候都能保持供水能力；

(4) 取水建筑物容易修建，投资省，也便于管理。

正因为地下水有以上优点，所以地下水在很多国家的供水中都占有重要的地位。如在干旱的利比亚、沙特阿拉伯等国家供水全部用地下水^①，匈牙利、比利时、圭亚那使用地下水占总供水量的 90%，塞浦路斯、瑞士占 83%，阿尔及利亚占 67%，法国占 33%，英国占 25%，美国占 20%，其中 50% 的人饮用地下水，其中城市 60%—70% 用地下水供水，而且所占比例目前还在不断增长。

在我国，随着国民经济建设的迅速发展，地下水在总供水量中所占比例也在不断增加。据水利电力部门 1984 年统计资料，我国工业及城镇供水年用水量为 $743 \times 10^8 \text{m}^3$ ，其中地下水年开采量为 $154 \times 10^8 \text{m}^3$ ，占总供水量的 20.7%。对我国 181 个大中城市统计^②，其中有 61 个城市主要采用地下水，如北京、西安、太原、石家庄、沈阳、鞍山、济南、青岛、徐州等都利用地下水作为供水水源，40 个城市地表水、地下水兼用，如武汉市濒临长江，地下水仍占总供水量的 20% 以上。在农业灌溉总面积为 74 798 万亩中，其中纯井灌面积占总灌溉面积的 22.6%。据北方 17 省、市统计，地下水年开采量为 $4 \times 10^{10} \text{m}^3$ 。

随着我国现代化建设的蓬勃发展，城镇生活用水、厂矿企业生产用水、农业灌溉用水和牧区牲畜用水等的需水量还在日益增加。面对着日益扩大的用水要求，必须有计划地、充分

① 谢超凡，1986，《国外水文地质与工程地质发展动向》。

② 陈梦熊，1984，《新中国水文地质与工程地质工作的发展》。

地、合理地开发地表和地下水资源。其中在那些地表水缺乏的地区，如我国北方干旱、半干旱地区及南方部分岩溶地区，地下水是主要的，甚至是唯一的供水水源。充分合理地开发、利用地下水资源对于发展这些地区的工、农、牧业生产和解决人民生活用水有着极为重要的意义。

我国缺水地区面积相当大，有些地区到现在连人、畜饮水问题都没有解决，在干旱年份人们要用毛驴架子车、手扶拖拉机等到几公里甚至几十公里以外去运水，如在干旱的黄土高原就流传着“宁可客人吃个馍，不愿让人把水喝”的说法。还有些地区长期饮用水质不好的水，而影响人们的身体健康。如黑龙江省肇东县、河北省邢台地区等地方的人们长期饮用高氟水，不少人患有氟骨病而使身体发育不正常，失去了劳动能力。还有一些革命老区，在战争年代里广大群众为革命作出了巨大贡献，可是解放 40 多年了，至今还未能喝上一口好水。据统计，全国尚有 6000 多万人的饮水问题没有解决。在这些地区如何寻找和勘探出更多、更好的地下水源，解决人们的饮水需要，这也是一项繁重而艰巨的任务。

第二节 供水水文地质学研究内容及其与其他学科的关系

供水水文地质学是以解决地下水资源作为供水水源的应用学科。为了最优开采地下水，就必须查明地下水的形成条件、埋藏、分布及运动规律，进行地下水资源评价，论证地下水资源开发、利用的技术措施，还要评价开采条件下、人工补给条件下的水量变化。随着近 20 多年大量开采、利用地下水资源，出现了一系列环境地质问题，这又给供水水文地质学增加了新的研究内容，就是如何进行地下水资源的保护和管理。因此，供水水文地质学涉及的内容相当广泛，但归纳起来可分为以下 4 个方面。

1. 地下水资源的寻找和勘探

地下水埋藏于地下，不像地表水那样可以直接观察，因此，必须要首先确定哪里有可供开采利用的地下水。要解决这个问题，一方面要研究地下水资源的形成条件，另一方面就是利用各种技术手段查明其埋藏、分布和运动规律，圈出地下水富集地段，为进一步评价和开采提供资料。这些工作可统称供水水文地质调查，习惯上也称之为供水水文地质勘察。

2. 地下水资源评价

作为供水水源，它有质和量两方面的要求，因此，地下水资源评价又分为水质评价和水量评价两方面。水质评价主要是针对供水要求来进行的，而水量评价就比较复杂，它一方面要考虑水文地质条件，另一方面还要考虑用水要求。它不但要评价天然条件下的地下水量，还要评价开采条件下的、人工补给条件下的地下水量。因此，水量评价方法比较多，要求也比较严格，这是近十多年研究最多的内容。

3. 地下水资源开采

不管为何种目的供水，都要把地下水取出来才能利用。因此，必须对取水地段和取水方法进行选择和论证，这也是供水水文地质学研究的重要内容之一。地下水资源开采包括水源地的选择、取水方法的选择、取水构筑物的布置以及提高取水构筑物出水能力等。总之，要通过技术经济合理的取水构筑物把地下水开采出来，以满足各种用水的需要。

4. 地下水资源的保护和管理

地下水资源处在不断地补充和消耗过程中，外界环境的改变会引起地下水资源质和量的变化。而地下水开采是人为对环境的改变，这必然会引起地下水资源的变化，并可能产生负

环境效应，引起一系列环境地质问题，并最终影响地下资源的开采利用。因此，在地下水开采过程中必须采取一定的保护措施，同时对地下水资源进行科学的管理，达到最优和长期开采利用，使有限的地下水资源发挥最大的效益。

作为一门应用学科，它既要有自己的理论基础，又要有其研究手段。无疑水文地质学基础、地下水动力学和水文地球化学是供水水文地质学的理论基础，而水文地质调查法是供水水文地质学的研究手段。当然数学、物理、化学、地质学也都是学习供水水文地质学必须掌握的基础知识，特别是随着地下水资源评价和管理发展的需要，应用数学知识越来越多，已经成为愈来愈重要的工具。

供水水文地质学是应用学科，它涉及的知识很多，除了上述学科外，供水水文地质学还与环境生态学、土壤学、农田水利学、凿井工程学、给水工程学等学科有关。掌握这些知识将会不断促进供水水文地质学的理论发展和技术提高。

工农业的发展和人民生活水平的提高，对地下水的需求量在不断增加，对地下水的质要求也在不断提高。在那些地下水开采程度较低的地区，如何寻找出质量好量多的地下水，满足不断发展的需要，仍是当前供水水文地质工作中需要解决的问题。因此，必须采用先进的技术和装备，以利于寻找和开采地下水。目前遥感技术、核技术等供水水文地质工作中发挥着越来越大的作用，已成为供水水文地质学研究的重要手段。

随着人们对地下水需求量与日俱增，在一些大中城市和工业区地下水开采已有相当规模，不少地区已经出现了一系列水文地质及工程地质问题。所以，如何既能充分发挥地下水资源的作用，又使这些水文、工程地质问题能控制在最小范围内，即做到最优开采，已成为供水水文地质学研究的核心问题。要解决这个问题，就必须对地下水加强科学管理，以利于生产和保护环境。因此，供水水文地质学还与一些现代科学有着密切的关系。如系统工程学、电子计算技术、遥控和自动化等已成为供水水文地质学所必须的理论知识和研究手段。

第三节 我国供水水文地质发展概况

我国是世界上开发利用地下水最早的国家之一。据记载，尧代（公元前2000年）流行的一首歌谣《击壤歌》就有“日出而作，日入而息，凿井而饮，耕田而食”的字句。它不但生动地描绘了古代劳动人民怡然自得的风度，同时也说明我们的祖先在开始农耕定居生活时，就已经知道凿井、开采、利用地下水了。

我国究竟何时开始有井？有人说远在黄帝时代就已经有井了，因此有“黄帝使八家为井，井分四道，而分八宅，灌溉之事于从起”的说法；《世本》则说井是大禹时代有一个名叫伯益的人发明的。其实据考古发现的水井遗迹，比这要早得多。据现有资料，我国在新石器时期的遗址中，即已有当时的水井存在。其中最早的一眼井在浙江省余姚县河姆渡，是口规模宏大的木结构井，深度虽然不大（井底距当时的地表约1.35m），却用了200多根圆木、桩木。根据树轮校正的 ^{14}C 年代测定，为公元前3710 \pm 125年的水井，即距今约5700年。在河北省邯郸市涧沟、河南省洛阳市姙李、上海市松江县昆冈乡汤庙村等也都发现了新石器时期的水井。前两者属龙山文化，距今约4000年；后者属松泽文化晚期，距今约5000年。商代、西周、春秋、战国的水井则在很多地方都有发现。其分布范围，不但见于中原地区，也见于长江流域；其形状不仅有圆形的，也有椭圆形、方形和长方形的；其结构则有竹结构、木结构、石砌、砖砌和陶瓷管的。上述只是根据我国各地考古挖掘的资料得出的，由此可以证明，比

较原始、简陋的水井，一定在更早的时期就有了。

我国古代开凿水井主要是为了灌溉和饮用。从井中提水灌溉需要消耗大量的劳动力，为了节省劳力，提高工效，早在春秋时代，我国劳动人民发明了一种利用杠杆提水的工具，叫做桔槔。西汉时刘向在《说苑·反质》中就曾记载了邓析（？—公元前507年）教人使用桔槔的事迹。

随着地下水的开采利用，人们对布井、凿井及地下水水质也逐渐有了一定的认识。明朝徐光启在《农政全书》中对凿井利用地下水曾作过科学总结。其中如凿井择地之法则是“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”；量深浅之法则是“井与江河地脉贯通，其水浅深，尺度必等，去江河远者不论”。已经提出应根据地貌和泉出露的情况考虑选择井位，根据河水位确定井深，这些都是有一定科学道理的。

以上简要介绍了我国古代对地下水的认识和开采利用的情况，与同时代的世界各国相比，当时我国无疑是处于领先地位的。但是，如同一切其他灿烂的古代文化一样，在长期封建统治年代里，这些宝贵的经验流于民间，没有进行系统总结和提高。在国民党统治时期，连年军阀混战，民生凋敝，生产发展缓慢，各项科学技术发展基本上处于停滞状态。到解放前为止，地下水利用仍处于小规模分散开采状态，只有在北京、天津、上海等大城市开凿了少量的深井。据记载，我国最早的供水深井是1860年在上海凿成的，主要供居民饮用和工业用水。在理论研究上也做得很少，没有形成系统的理论。

新中国成立后，在中国共产党的领导下，国民经济得到迅速恢复和发展，为了满足工农业发展的需要，供水水文地质也有了突飞猛进的进展。在第一个五年计划期间，国家对重点城市和工业基地进行了改建和扩建，供水水文地质工作也由此迈出了第一步。首先对北京、包头、西安、太原等重要工业城市进行了供水水文地质调查工作，以后又相继在全国范围内，如酒泉、石家庄、郑州、西宁、乌鲁木齐、沈阳、长春等大、中城市全面开展了供水水文地质调查工作^①。提交了相应的调查报告，找到了一批新的水源地，基本上满足了当时城市供水的需要。同时为了配合农牧业的发展，结合群众抗旱斗争，50年代后半期开展了以华北为重点的农田供水水文地质调查工作，在专业队伍和群众打井队伍的共同努力下，到1958年底，我国北方地区的水井已由原来的100多万口增加到1000多万口，而且有相当一部分是深井。灌溉农田也由原来的1500万亩增加到了3亿亩。即水井数量增加了约10倍，而灌溉面积增加了约20倍，为农业抗旱保收，实现稳产、高产作出了贡献。

为了满足生产和教学的需要，在总结50年代进行的大量水文地质工作的基础上，1962年出版了由北京地质学院水文地质教研室编写的《专门水文地质学》一书，其中将供水水文地质单独列为一篇。这是对我国解放以来进行供水水文地质调查工作的全面总结，也是我国首次对供水水文地质进行较为系统的理论论述。这为我国供水水文地质学的形成奠定了基础。

60年代以来，除了继续在一些大、中城市进行城市供水水文地质调查和平原地区进行农田供水水文地质调查以外，为了满足生产建设对供水的需要，又大量开展了丘陵山区基岩裂隙水和岩溶水的寻找和勘探工作，同时为了解决缺水地区人、畜饮水问题开展了各种条件下的地下水的寻找和勘探工作。如总结了根据地质力学和新构造分析寻找地下水的方法，广泛使用地球物理勘探和放射性勘探寻找地下水等。这些都促进了找水理论和勘探方法的发展。在总结这段时间供水水文地质调查和研究的基础上，出版了一批有价值的专著，同时也编制出

^① 陈梦熊，1984，《新中国水文地质与工程地质工作的发展》。

版了供水水文地质调查的规范。

随着我国开发地下水的规模不断扩大，不少地区出现了区域性地下水位下降、地面沉降和水质恶化等环境地质问题。这使人们对地下水开采利用的认识产生了飞跃，地下水并不是“取之不尽，用之不竭”的，而是有一定限度的。因此，形成了地下水资源的概念，而且逐渐意识到应该按地下水系统评价地下水资源，并要控制地下水开采规模，实行地下水、地表水统一管理。目前，随着我国对外开放政策的实行，我国水文地质界开始注意吸收欧美地下水资源评价的理论和方法，使地下水资源评价在理论和方法上有了很大发展，同时也开始了地下水资源管理的研究，使我国供水水文地质学发展到一个新的阶段。

如果将 70 年代以前供水水文地质称为找水阶段的话，那么 80 年代以后供水水文地质就进入了管理的阶段，这是研究内容上的大飞跃。我国已经在不少地区开始了地下水资源管理的研究和试验，相信随着资料的积累，必将使供水水文地质学的内容更加完善。我国供水水文地质学必将会有更大的发展。

第二章 地下水资源评价概述

地下水资源评价是供水水文地质学的核心内容。要进行地下水资源评价,就必须首先研究地下水资源的概念、特征、分类、评价原则等问题,这些问题明确以后,才能进一步研究评价的方法。

第一节 地下水资源的概念

按联合国环境规划署的定义,自然资源是指在一定的时间条件下,能够产生经济价值的,提高人类当前和未来福利的自然环境因素的总称。也就是说,自然界里能够被人类利用,并产生经济价值的东西,我们都可以把它叫做自然资源。地下水是自然界存在的,而且是对人类能够产生经济价值的物质,因此属于自然资源的范畴。广义的地下水资源包括地下淡水、矿水、热水等,在供水水文地质学中则仅指有供水意义的淡水。实际上,地下淡水分布最普遍,数量最多,用途也最广泛。

自然资源按其本身固有的属性可以分为两类:一类是不可再生资源,如金属矿产、煤、石油等,这些资源开采一点少一点,故又称为一次性资源;另一类是可再生资源,如土地、森林、水资源等,只要利用得合理,可以永续不断的再生。地下淡水资源(以下简称地下水资源)是水资源的一部分,它是可再生资源。

众所周知,地下水资源形成必须具备两个基本条件:一是必须具有储藏地下水的空间,即有含水岩层存在;另一是必须具有补充来源。这两者缺一不可,它们间的关系,含水岩层是必要条件,补充来源是充分条件。这两个条件必须同时具备,才能保证地下水资源供人们开采利用。

从地下水的埋藏条件来说,地下水埋藏赋存于岩石空隙之中,它和其他矿产一样储藏于地壳中,具有一定的储存量,故可以用“储量”来表征。我国从50年代开始,在较长一段时间内一直是这样使用的。由于考虑到地下水与固体或其他流体矿产相比,具有补充、径流、排泄的特性,因此又将天然储量划分为“动”、“调节”和“永久”三部分,进而进行储量计算。这在一定程度上反映了地下水在含水系统中的赋存状态。

从地下水的补充来源来说,地下水是自然界整个水文循环的一个重要环节,地下水周而复始的运动和变化皆源于水文循环,地下水资源的多少也受水文循环的控制,所以,地下水是整个水资源的重要组成部分。再者,地下水具有可恢复性,开采后能够得到补充,而保持长期利用,因此,可以称为地下水资源。这是70年代以来,由于我国对地下水开采规模不断扩大,不少地区出现地下水区域大幅度下降、地面沉降和海水入侵等问题后,而逐渐认识到地下水是一种宝贵的资源,并建立起地下水资源的概念。

上述这两种叫法,不是名词的变换,而是反映了我国供水水文地质学的发展和人们认识的提高。70年代之前,由于当时工农业生产水平还比较低,地下水开采量有限,因此人们把着眼点主要放在含水岩层的研究上。只要能够寻找到导水能力强的含水层,打出的井涌水量大就算达到了目的。因此把地下水如同其他矿产一样称之为“储量”是必然的。随着工农业

的不断发展,取用地下水的规模也不断增大,若干个井在同一地区长期集中开采,地下水位持续下降,原来出水量大的井变小了,原来“富水”的岩层不那么“富水”了。因此人们才把着眼点从含水岩层的研究上扩大到补给来源的研究上,这时再用“储量”概念已不能完全反映地下水的特性了。所以将地下水称之为资源是认识上的提高。

从地下水开采利用来说,任何供水都有质和量两方面的要求,只有水质符合供水要求的地下水量才是可利用的。地下水储量只有量的含义而不包含质的含义,是不全面的,而地下水资源既包含有量的含义,又包含有质的含义,是最能体现地下水的实用价值的。

目前,在我国供水水文地质工作中已很少使用“储量”一词,“储量”的概念也逐渐被人们抛弃,而广泛使用的是地下水资源,其含义是指储存和流动在含水系统中,对人们有利用价值的地下淡水。但在矿床水文地质中,仍在沿用“储量”的叫法,这可能是一方面矿床排水没有水质的问题,另一方面也是为了与矿产地质相对应。

国外,“储量”和“资源”的概念在很多国家的含义是不同的。原苏联过去从地质矿产中引用过来并长期采用地下水储量的概念,近年来亦把有补给保证的地下水储量称为资源,并将储量和资源概念同时使用。在法国地下水储量是指储存于含水层空隙中的重力水体积,而地下水资源是指含水层中能提取出来的水量。美国、日本等国家早就把地下水作为整个“水资源”的一部分,而没有使用储量的概念。

第二节 地下水资源的分类

地下水资源分类是供水水文地质学中最重要和最有实际意义的问题之一,它不仅对勘探试验和观测工作能起到直接的指导作用,而且也是正确评价地下水资源的理论基础。以正确地符合客观实际的分类作为基础,勘探和评价工作才能有的放矢,减少盲目性,达到多快好省的目的。

一、我国地下水资源分类现状

由于地下水资源的复杂性,地下水资源分类一直是国内外学者重点研究的问题,并提出了各种各样的分类方案。在我国影响比较大的有下面几种分类方法:①四大储量分类,即动储量、调节储量、永久储量和开采储量;②补给资源和储存资源;③天然资源和开采资源;④补给量、储存量和允许开采量(有的叫可开采量)。下面作一些简单介绍。

(1)四大储量分类是原苏联普洛特尼柯夫提出的,从50年代以来被我国广泛采用。它将地下水储量分为动储量、调节储量、永久储量和开采储量四大类。

动储量:指通过含水层某一横断面上的地下水天然流量。

调节储量:指存在于地下水位年变动带内的重力水体积。

永久储量:指储存于地下水最低水位以下含水层中的重力水体积,也叫静储量。

上述三种储量代表天然条件下存在于含水层中的地下水储量,故统称为天然储量。

开采储量:指用技术经济合理的引水工程能从含水层中取出的水量,并在预定开采期内不发生水量减少及水质恶化等现象。

(2)王大纯、张人权、史毅虹编著的《水文地质学基础》中根据地下水系统的观点将地下水资源分为补给资源和储存资源。

补给资源:指含水系统经常与外界发生交换的水量,从多年平均角度看,就是含水系统

每年可以获得补充和恢复的水量。

储存资源：指在地质历史时期中不断累积储存于含水系统之中的水量。

(3) 该分类有两种：

①杨成田主编的《专门水文地质学》(1981)中，根据地下水均衡的原理将地下水资源分为天然资源和开采资源。

天然资源：指天然条件下，在计算时期内补给和储存在单元含水层中的地下水量。天然资源又进一步分为补给量和储存量，补给量是指在计算期内循环在单元含水层中的水量；储存量是指在计算期前聚积在单元含水层中的容积储存量及弹性储存量的不变量。

开采资源：指开采条件下，在供水期限内有保障的从单元含水层中所能抽取的地下水量。

②陈梦熊、方鸿慈等在《我国区域地下水资源评价的若干问题及有关意见》(1983)中也把地下水资源分为天然资源和开采资源。

天然资源：指在一个完整的水文地质单元内(区域的总体或整个含水层组)，地下水在天然条件下通过各种途径，直接或间接地接受大气降水或地表水的入渗补给而形成的具有一定化学特征、可资利用并按水文周期呈现规律变化的多年平均补给量。一般可用区域内各项补给量的总和或各项排泄量的总和来表征。

开采资源：指在经济合理的开采条件下和在开采过程中不发生水质恶化或其他不良地质现象(如地面塌陷、地面沉降等)，并对生态平衡不致造成不利影响的情况下，有保障的可供开采的地下水资源。

(4)冶金部供水水文地质勘察规范编写组编写的《供水水文地质勘察规范》中将地下水资源分为补给量、储存量和允许开采量。

补给量：指天然状态或开采条件下，单位时间从下列途径进入含水层(带)的水量。这些途径有：①大气降水的渗入量；②地表水的渗入量；③地下水的径流入量；④越流补给量；⑤人工补给量。

储存量：指储存于含水层中的重力水体积。

允许开采量：指通过技术上经济合理的取水构筑物，在整个开采期内出水量不会减少，动水位不超过设计要求，水质和水温变化在允许范围内，不影响邻近已建水源地正常开采，不发生危害性的工程地质现象的前提下，单位时间从水文地质单元或取水地段中能够取得的水量。

正如上一节所指出的，储量的概念是在找水阶段提出的，它是与当时生产发展水平相适应的。据此而将地下水储量分为动、调、静、开采四大储量基本上反映了地下水在天然状态下一定的客观规律。但通过生产实践来看尚存在不少问题，主要有：①它没有指出评价的范围，是对一个含水系统呢？还是对某一个取水地段，或是一口井，因此，在实际应用中往往使评价带来很大的误差；②它只考虑了含水系统内部水量的不同表现形式，而没有考虑含水系统外部的输入、输出对系统结构的控制作用，致使往往计算了天然条件下的各种储量，而提不出可靠的开采数据；③动储量大小与断面的位置有关，分类中没有指出应该选择什么位置的断面计算动储量，因此，使实际应用中有很大的随意性；④分类没有考虑开采后补给、排泄条件的变化对地下水资源的影响。由于存在这些问题，目前在我国基本上已不再使用这种分类方案。

其他3个分类方案是70年代以来在建立了地下水资源概念之后而提出的，它比前一个分类在概念上要明确得多，它们都突出了含水系统输入信息的控制作用。也就是说，在补给与

排泄这对矛盾中, 补给控制了排泄, 并由于补给与排泄的不同步, 而引起系统内部状态的变化, 使水位升降, 储存量增减。反过来说, 是储存量在补给与排泄之间起着调节和缓冲的作用。因此, 分类都突出了补给量的评价。但是, 由于各自的出发点和强调的角度不同, 也还存在程度不同的问题。①在《供水水文地质勘察规范》的分类中, 补给量是指天然或开采状态下进入含水层(带)的水量, 它没有明确是什么含水层(带); 储存量是指储存于含水层中的重力水体积, 一般来说, 由于补给和排泄的不平衡, 使地下水位发生升降变化, 水位变幅带内储存的水量应属于补给量, 不能作为储存量, 否则会引起重复计算; 允许开采量的定义比较概念化, 对其影响的众多因素在实际中有些难于确定, 因此缺乏确切的评价标准。②在杨成田的分类中, 天然资源的含义不够准确, 用计算期内的补给量和储存量作为天然资源, 看来缺乏代表性, 而且天然资源在开采条件下要发生变化, 很难绝对分清是天然的, 还是开采状态下的; 开采资源的含义也比较笼统, “有补给保证的”没有指出具体的内容, 而且将储存量作为开采资源的一部分也是欠妥当的。这样长期开采使用必定会引起含水层的疏干, 最终失去供水能力。③从地下水资源本身的特性来说, 将地下水资源分补给资源和储存资源是最好的划分。但是从地下水开采利用的角度, 储存和流动在含水系统中的水不一定都能取出来利用, 这与开采方案、技术能力和经济合理性等有关, 因此作为供水水源还必须评价能够开采出来供利用的地下水量。

二、地下水资源分类

从供水水文地质的角度, 本书采用下列分类方案, 即将地下水资源分为补给资源、储存资源和开采资源。如果仅是进行水量评价, 也可称为补给量、储存量、可开采量(或允许开采量)。下面分别论述它们的含义。

1. 补给资源

补给资源指天然条件或人为状态下, 通过各种途径进入含水系统或水源地开采层的可供利用的地下水数量, 从多年平均的角度看, 就是含水系统或水源地开采层每年获得补充和恢复的水量。一般包括降水入渗补给量、地表水渗漏补给量、侧向径流流入量、垂向越流补给量和各种人工活动的补给量, 通常用 m^3/a 表示。

2. 储存资源

储存资源指储存在含水系统或水源地开采层水位(头)变动带以下的淡重力水体积, 通常用 m^3 表示。潜水含水层的储存量也叫容积储存量, 一般用下式计算:

$$Q_{\text{储}} = \mu_d \cdot V \quad (2-1)$$

式中: $Q_{\text{储}}$ 为地下水的储存量 (m^3); μ_d 为含水层的重力给水度; V 为含水层的体积 (m^3)。

承压含水层除了包括容积储存量以外, 还有弹性储存量。其弹性储存量一般用下式计算:

$$Q_{\text{储}} = \mu_e \cdot h \cdot F \quad (2-2)$$

式中: μ_e 为弹性释水系数; h 为承压含水层自顶板算起的压力水头高度 (m); F 为承压含水层的分布面积 (m^2)。

补给资源和储存资源是天然条件下储藏于含水系统中的淡水数量, 故统称为天然资源。

3. 开采资源

开采资源指通过技术上经济合理的取水构筑物, 在整个开采过程中动水位不超过设计要求及没有持续下降的趋势, 水质变化在允许范围内, 不破坏邻近水源地开采和改变生态环境的前提下, 单位时间从含水系统或取水地段内能够取得的最大水量, 通常用 m^3/d 表示。