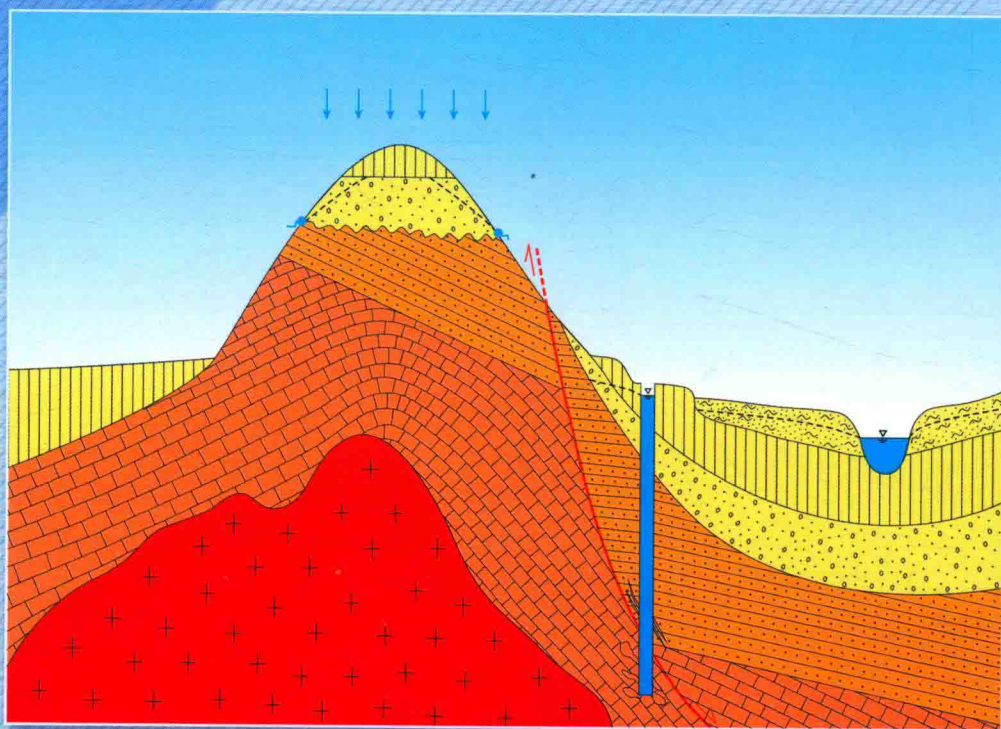


非外借

非外借



地质出版社

新构造控水理论与地下水 探寻开发技术

吴春寅 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是笔者多年来跟随我国老一辈水文地质学家、南京大学肖楠森教授从事“新构造控水理论”研究与寻找开发利用地下水的成果总结,也是《新构造分析及其在地下水勘察中的应用》(肖楠森、吴春寅等,地质出版社,1986)一书的后继本。全书从理论和实践应用对新构造控水理论进行了阐述。书中还对泉的合理开发利用和中小城市的供水水源地水资源评价进行了初步探讨。与众不同的是,笔者在书中以大量的翔实资料不仅总结了找水成功的宝贵经验,还毫不避讳地分析了一些定孔打井失败的原因与深刻教训,用以警示后人不要重蹈覆辙。

该书可供高等院校水文地质、工程地质、水利水电、铁路桥隧、凿井工程等有关专业学生的教材或教学参考书,亦可作为从事上述行业的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新构造控水理论与地下水探寻开发技术 / 吴春寅编
著. —北京:地质出版社, 2017. 7

ISBN 978 - 7 - 116 - 10479 - 2

I. ①新… II. ①吴… III. ①地下水资源 - 水利调查
②地下水资源 - 资源开发 IV. ①TV211. 1 ②P641. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 171397 号

责任编辑:李惠娣

责任校对:张 冬

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 66554646 (邮购部); (010) 66554579 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 66554582

印 刷:固安华明印业有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张:11.75 插页:1 页

字 数:286 千字

版 次:2017 年 7 月北京第 1 版

印 次:2017 年 7 月河北第 1 次印刷

定 价:60.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 10479 - 2

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社负责调换)

序

人类生存离不开水，因此水资源被人们广泛认为是三大战略资源之一。水资源中包含地表水和地下水两类资源，其中地下水具有分布广、分布相对均匀、水质优良、供水保证程度高的特点，而且具有地表水难以替代的优势：富含人体所需微量元素和矿物质，是最优质的饮用水供水水源，开发利用地下水是地表水不足或无水可用的干旱季节应急供水的必然选择，在应对战争、瘟疫、污染等突发事件方面具有地表水难以比拟的优势。因此，在保障城乡居民生活、支持经济社会发展和维护生态平衡等方面具有十分重要的作用。特别是我国北方地区，地下水更具有不可替代的作用，一些地区甚至是唯一的供水水源。

地下水的分布有它独特的规律，掌握了这个规律就能比较容易地找到地下水，不掌握或者掌握不好就可能和盲人摸象一样一场空。干孔或者井孔出水量太少，根本无法满足生产部门的需要。我国著名水文地质学家肖楠森教授长期一面从事教学，一面为生产部门寻找和开发地下水资源，数十年如一日，取得了极其丰富的经验，以后又上升为理论，并于20世纪七八十年代总结出了我国特有的“新构造控水理论”，为缺水地区和有关部门找寻地下水提供了理论指导，此项成果获得了国家和省部级奖。吴春寅教授是肖楠森教授的学生，除了教学工作外，长期跟随肖楠森先生赴全国各地找水，积累了丰富的找水经验。从学习到掌握肖楠森先生的找水理论，再到成为肖先生“新构造控水理论”的参与者和传承人之一，继而作为第二作者协助肖先生编写出版了专著《新构造分析及其在地下水勘察中的应用》（地质出版社，1986）。在肖楠森先生离开我们以后，吴春寅教授继续孜孜不倦地研究“新构造控水理论”，并赴野外验证这些新的认识，从而取得很多新的认识和优异的成果，使肖先生的工作在他身后不仅得到继承，而且有所发展和深化。考虑到原书已告罄，有必要根据这些年来取得的新认识、新发展对原书加以修订，内容上加以充实、完善，更难能可贵的是，本书不仅讲成绩，还毫不避讳地总结过去找水过程中失败的原因与教训。这就是新编《新构造控水理论与地下水探寻开发技术》一书的由来。书中展示了作者通过多年实践获

得的丰富而翔实的经验，基于大量观察和实践结果的分析推理和通过系统科学论证获得的丰富而重要的科学结论。因此，该专著的出版对推动水文地质科学的发展、系统深化和提高我们对地下水分布规律的认识等方面有一定的学术贡献。

值此新著即将出版之际，我乐于为之作序，并表示祝贺。

中国科学院院士
南 京 大 学 教 授



2016 年 11 月 5 日

前 言

《新构造控水理论与地下水探寻开发技术》一书是集《构造地质学》《古生物地层学》《矿物岩石学》等教材中的地质基础知识和《水文地质学基础》《地下水动力学原理》《专门水文地质学》等教材中的有关专业知识，在我国著名的水文地质学家、“找水大师”肖楠森教授所创立的“新构造控水理论”指导下，科学地寻找与开发利用地下水资源的一本实用性较强的专业书籍。该书可作为高等院校中水文地质、工程地质、水利科学、矿山开采、城市规划等有关专业的教材和教学参考书；亦可作为水文地质与工程地质、水利水电、煤田矿山、铁路交通、城市规划等勘察设计部门的技术参考书。本书是在地质出版社出版的《新构造分析及其在地下水勘察中的应用》（肖楠森、吴春寅等，1986）一书基础上进行修订的。

自1954年起，南京大学肖楠森教授就潜心于他的“新构造与地下水之关系”这一课题的研究。他数十年如一日，孜孜以求，足迹踏遍了大半个中国，在20世纪70年代末，创立了“新构造控水理论”，并用来指导找水实践。在“无水”“贫水”和“缺水”地区找水，取得了突破，为工业生产和人民生活提供了大量优质地下水，为我国的“四个现代化”建设做出了重要贡献；他的工作获得了同行专家们的高度认可和赞许。在此基础上的一些项目也获得了奖项：包括1978年荣获江苏省科技成果一等奖；1985年荣获国家科学技术进步二等奖；1987年荣获国家教委科技进步二等奖等。

笔者从1963年开始，即跟随肖楠森教授从事找水实践。工作期间，除了承担普通水文地质学、地下水动力学、新构造分析及其运用、地下水探寻与开发等课程的日常教学外，不分周末或节假日，常常陪伴他出去找水。在他身边长期耳濡目染，沐浴着他的言传身教，亲身经历和见证了“新构造控水理论”的创立，并参与了这一理论的发展和卓有成效的应用。1986年，当肖楠森教授第一本专著《新构造分析及其在地下水勘察中的应用》一书问世后，引起业内人士的浓厚兴趣。一时间，出现了一书难求的场面，不少读者和校友纷纷向作者写信求购。20世纪90年代初，地质出版社曾与肖楠森教授商讨过再版事宜，肖先生在笔者面前也提及过此事。当时商定，再版不等于增印，必须对第一版进行适当修改并增加一些新的发现、新的亮点才有再版的意

义。鉴于当时肖先生要承接来自全国各地的大量找水任务，笔者也迫于繁重的教学兼找水任务，一时无暇顾及此事，再版计划就此搁浅。光阴荏苒、时不我待，随着肖先生告老隐退，他曾经领导的一支骁勇善战的找水队伍日趋“老化、萎缩”。截至2008年肖先生离世后，由于种种原因，当年曾经创造过辉煌找水业绩、两度被评为“南京市先进班组”并获得“江苏省先进班组”提名的“南京大学新构造找水研究小组”已不复存在，实在令人惋惜！

笔者退休后，常常赋闲怀旧，心中不时涌动起“烈士暮年，壮心不已”的报国情怀，不甘心眼睁睁地看着在中华大地上土生土长的、由肖楠森教授一手创立的、含有自主知识产权的“新构造控水理论”从我们这一代人手中悄悄滑落、湮灭。这一“独创”理论应当是地质界的科学瑰宝，国家和人民的宝贵财富，能为人类社会创造出巨大的经济效益。笔者坚信，它一定能在全国人民实现“中国梦”的进程中再度出彩。一种强烈的事业心和本能的责任感冲击着笔者的心灵，驱动笔者下定决心更系统地总结、充实这一理论，以完成肖先生的未尽心愿，也以此感念他老人家当年的悉心培育之恩与诚爱之情。在归国校友张幼宽教授（肖先生的研究生）的积极支持与参与和他主持的国家自然科学基金重点项目“我国西南地区基岩裂隙水的形成与分布规律及探测理论研究”（项目编号：41330314）和南京大学地球科学与工程学院的资助下，笔者通过两个酷暑严寒，奋笔疾书，终于完成了本书的全部书稿与图表。全书用理论引路、实践印证的思路来阐明“新构造控水理论”。并用大量的事实与数据来证明该理论立论有据，行之有效。

提挈书中要点，有以下八个方面：

（1）较为完整、系统地诠释了“新构造运动”“新构造”“新构造分析”及“新构造控水理论”的含义。

（2）从《地质力学原理》《地球动力学》《板块理论》等经典著作中，探索出新构造运动的动力来源，即当代地壳运动的驱动力问题，从理论上阐明了新构造的形成机制、表现特征和分布规律。

（3）对新构造断裂带的富水性进行了更为深入、细致的研究，提出并非所有新构造断裂带均具有凿井取水意义的观点；强调新构造断裂带的富水性受其断裂带的力学性质（压、张、扭）、断裂带所切割的岩石性质（刚、柔及溶蚀性能）、断裂带发育规模的大小（长、宽、深三维空间）以及断裂带所能接受到的“三水”（大气降水、地表水、地下水）补给条件优劣等诸因素的制约，从而进一步扩大和充实了新构造控水的研究内容，完善了新构造控水理论。

（4）不能把所有的碳酸盐岩都简单地划为含水层，只有满足一些特定地质条件的碳酸盐岩才能称得上岩溶水含水层。

（5）传统找水方法认为背斜的轴部和向斜的中心部位是理想的定孔打井部位的观

点值得商榷。

(6) 对于准确选定井位有独到的见解；对于成井工艺、洗井、扩大单井涌水量等方面也提出了不同的规定与要求。

(7) 对于矿泉水的开发利用问题提出了合理建议与要求，并提供了成功开发的范例。对于岩溶地区因抽取地下水而引起地面塌陷的问题，提出了切实可行的防范措施与根治办法。

(8) 在山东枣庄地区，首次将新构造找水与计算机数值模拟相结合，取得了很好的成效。

根据联合国教科文组织的调查统计，我国属于水资源短缺的国家。改革开放 40 多年来，随着工农业和第三产业的飞速发展，人们对水量的需求越来越大，对水质的要求越来越高，而工农业现代化的进程造成了严重的环境污染。部分地区工业“三废”治理不力、管理不严，乱排乱放进入江河；农用化肥、农药流入地表水体，一些地区的地表水已不能饮用，甚至连浅层地下水也遭到了污染，严重影响人们的健康与生存。西部大开发需要水，西南干旱时需要水，广大山区更需要水，就连江南水乡和东部沿海城市因地表水体受到污染，现在也缺少纯净的饮用水，人们大声疾呼：向地下要水，向地壳深部取水。人民群众的呼声就是命令，就是集结号。所以广大水文地质工作者寻找和开发地下水资源的任务远未完成。此书的问世将为同行们完成这一历史使命开拓思路，提供捷径。

当前，教育部门开始注重对应用型人才的培养，并加大了投入。本书的出版又赶上“大众创业、万众创新”的时代浪潮，掌握好“找水凿井”这门技术，或许能给在校的水文地质专业的学子们未来的就业增加一些竞争能力。热切地期待着年轻的同行们能乐意接受这一理论，并使之发扬光大，走出国门，走向世界。

书中若有偏颇不当之处，恳请同行和读者们不吝赐教、援手斧正。

吴春寅

2016 年 10 月

目 录

序 前 言

第一章 地下水的赋存	1
第一节 孔隙含水介质的类型及其赋水特征	1
第二节 裂隙含水介质的类型及其赋水特征	2
一、成岩裂隙水	2
二、风化裂隙水	4
三、构造裂隙水	5
第三节 岩溶类含水介质及其赋水特征	5
一、碳酸盐岩岩溶水及岩溶裂隙水	5
二、钙质胶结的以石灰质为主的砾岩溶蚀裂隙水和层状岩溶水	6
第二章 新构造分析及其在地下水探寻中的应用	7
第一节 新生代地层岩石简述	7
一、第四纪 (Q) 地层岩石	7
二、古近 - 新近纪 (E - N) 地层岩石	8
第二节 新构造运动	9
一、新构造运动的含义	9
二、关于新构造运动的下限问题	11
第三节 新构造运动的表现形式	12
一、水平运动	12
二、垂直运动 (升降运动)	12
三、褶皱运动	13
四、与新构造运动有关的地质活动 (事件)	14
第四节 新构造运动的基本特征	15
一、具有一定的阶段性	15
二、具有一定的地带性	17

三、有一定的继承性	17
四、有一定的新生性	17
第五节 新构造的基本含义	18
一、新构造的概念	18
二、活断裂	18
三、新构造分析	19
第六节 新构造断裂的基本特征	21
第七节 新构造断裂的富水性研究	34
一、新构造控水理论	34
二、新构造断裂的水文地质意义	35
三、新构造富水断裂带中地下水的垂直分带研究	37
四、影响新构造断裂富水性的主要因素	38
第八节 新构造形成机制	41
一、关于新构造运动的力源问题	41
二、我国境内新构造断裂方向性和左旋扭动性成因机制	46
三、新构造断裂等距性、等深性、直立性、等斜性的成因机制	52
 第三章 地下水资源寻找与探查	 58
第一节 各种自然地理地质条件下地下水的探寻	58
一、基岩山区地下水的探寻	58
二、平原地区地下水的探寻	77
三、海岸带（滨海）及海岛地区地下水的探寻	79
第二节 地下水探寻方法	82
一、综合地质调查法	82
二、物理探测与资料分析	84
三、化探方法	94
四、工程勘探方法	94
 第四章 地下水资源开发技术	 98
第一节 水资源的概念	98
一、水资源含义	98
二、水储量和水资源的区别	98
三、我国的水资源概况	99
第二节 汲取地下水的集水建筑物类型及其适用条件	99

一、水平集水建筑物	99
二、垂直集水建筑物	101
第三节 常见的钻井设备与提水设备	103
一、常用的水文钻井设备	103
二、常用的水泵类型	105
第四节 凿井工艺研究	107
一、选定井位	107
二、钻孔结构设计	111
三、钻井施工	111
四、水井安装	112
五、洗井	113
六、增加单井涌水量的主要措施	113
第五节 地下水资源保护与水井水泵维修	116
一、地下水资源保护与管理	116
二、水井管理与维修	117
第六节 泉的开发与保护	117
一、泉的定义与分类	117
二、扩泉原则	117
第五章 供水水源地允许开采量的确定和水质评价	122
第一节 供水水源地的选定原则	122
第二节 供水水源地水量初步评价	123
一、工作区的水文地质条件	124
二、允许开采量的初步评价	124
第三节 地下水水质评价	146
一、岩溶水水化学特征	146
二、岩溶水水化学时空变化	148
三、岩溶水水化学形成机理	149
四、地下水水质评价及水质保护	150
第六章 环境地质问题研究——以山东枣庄为例	161
第一节 岩溶地面塌陷的形成条件和类型	161
一、岩溶塌陷的形成条件	161
二、岩溶塌陷产生的影响因素	162

三、岩溶塌陷的类型.....	163
第二节 原水源地岩溶塌陷的成因分析.....	163
一、塌陷概况.....	163
二、塌陷的规律.....	164
三、塌陷形成机制分析.....	165
第三节 新水源地的岩溶塌陷评估及预防.....	167
一、新水源地水、土、洞三者配置关系与地面稳定性分析.....	167
二、预防措施.....	169
第四节 结论.....	170
参考文献.....	171
后 记.....	174

第一章 地下水的赋存

地下水主要赋存在地面以下岩层的空隙之中。空隙分为松散岩层的孔隙、坚硬岩石的裂隙和可溶岩石的溶穴。由于各自的成因或构造经历不同，同一类型的含水介质的孔隙、裂隙或溶穴发育程度不同，其给水度和导水性亦有很大的差异。根据含水介质的性质，将地下水分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。我国地下水可采储量约有 $3000 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，其中孔隙水约 $2300 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，占 77%；岩溶水约有 $600 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，占 20%；裂隙水约有 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ，占 3%。

第一节 孔隙含水介质的类型及其赋水特征

孔隙水主要是指赋存于松散沉积物颗粒或颗粒集合体孔隙之间的地下水。如果它是与沉积物同时沉积的，则这部分水也是沉积物的组成部分。含有可采用的孔隙水的松散沉积物或堆积物主要有以下几种：

(1) 卵砾石层：因为颗粒比较粗大，必须有较大水动力条件才能搬运，所以一般分布在山间河谷、山间断陷盆地、山前地带及其与平原交接处。这里河流的坡降大，其堆积厚度可达几十米或几百米，孔隙粗大，导水性能好，给水度常可达 20%。一般来说，其给水度在水平与垂直方向上大而均匀。卵砾石层接受大气降水和地表水补给的能力很强，每秒数立方米至几十立方米的地表水流一旦流经卵砾石层，往往会全部渗入地下。但是，卵砾石层中如果夹有黏土，因为卵砾石间的空隙已经被黏土充填，成为卵砾石层的胶结物，就不能构成渗透性强的含水层。

(2) 砂层和砂砾层：按粒径大小，砂分为粗砂、中砂、细砂和粉砂四个级别。砂砾层是砂和砾石的混合沉积物。主要分布在山间河谷、山前地带、冲积平原底部，滨海平原底部，沙漠地区，新生代沉积盆地的深部，其给水度一般为 15% ~ 25%。其中，中粗砂层的有效孔隙度最大，而砂砾层本身的孔隙度没有中粗砂大，因为砾石层中的一部分孔隙被砂粒充填了，使孔隙度减小。粉细砂孔隙度虽大于中粗砂，但有一部分孔隙为薄膜水所占据，有效孔隙度小于中粗砂。所以富水性特好、单井涌水量最大的是中、粗砂层，而不是砂砾层或粉细砂层。打井时，如果在地下水位以下遇到厚度为 10 m、8 m 的中粗砂层，则单井涌水量可达 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上。砂层接受入渗的能力很强，每秒数立方米的地表水很快能渗到地下。在一条较大河流的中下游，其古河床中沉积的砂砾层厚度可达二三十米甚至上百米，有时其中会有黏土层隔开，形成几个承压水含水层。

(3) 亚砂土：导水能力和透水能力都比前两者弱，因此相对富水性较差，给水度只有 12% 左右。但在缺水地区，或者在亚砂土层分布厚度比较大的地区，仍然可以把它当作弱含水层来对待。例如，在没有古河床通过的长江漫滩地区，亚砂土往往厚达 30 ~

40 m, 其单井出水量不容忽视。由经验可知, 1 m 厚的亚砂土和流砂层其出水量可达 $2 \text{ m}^3/\text{h}$ 。另外, 西北地区的黄土类亚砂土 (颗粒达到粉土级别, $0.005 \text{ mm} < d < 0.05 \text{ mm}$) 被认为是风成的, 含有较多的碳酸钙, 在垂直方向上可以形成深度很大的溶隙, 接受大气降水入渗的能力较强, 所以在几百平方千米乃至 $1000 \sim 2000 \text{ km}^2$ 的黄土塬上, 常常看不到地表水体, 但在黄土塬上往往能见到一些完全封闭的渗水洼地。黄土高原上地下水位一般较深, 大多是数十米乃至上百米。

(4) 一些胶结疏松的或半胶结的砂岩、砾岩, 其孔隙尚未完全被胶结物填满, 往往也含有孔隙水。如果埋藏在很深的地下并有很好的盖层封闭, 则往往成为贮油层。

(5) 山麓堆积与泥石流堆积: 我国西南地区如云贵一带, 地面高差大, 由于物理风化作用, 常常发生岩崩、山崩, 大小石块常沿着陡峻的山坡像滚木橛石一样滚落下来, 就像我们看到的雪崩一样堆积在山谷中。泥石流在西南地区也很发育, 松散的大小碎石在饱水以后沿着山谷斜坡呼啸而下, 破坏力很大, 碎石堆积在低洼地区也能含水。1989 年夏天, 笔者跟随肖楠森教授去江西庐山脚下为某地质大队找水, 在古泥石流堆积中打成水量丰富的水井。另外, 当冰水沉积物——冰碛物中的冰消融后, 其所夹带的固体物质随水流搬运有分选性, 与河流沉积物有些相似, 这在第四纪以来平原堆积的砂砾石层中往往夹有这些成分, 所以不单独划分。据报道: 非洲沙漠 1300 m 以下有淡水, 淡水储量 $700 \times 10^8 \text{ m}^3$, 以 $1000 \text{ m}^3/\text{min}$ 的速度开采可供 130 多年使用。

第二节 裂隙含水介质的类型及其赋水特征

赋存于坚硬岩石裂隙中的地下水称为裂隙水。在基岩分布区, 裂隙分类方案很多, 包括: ①按裂隙的成因分类; ②按裂隙的开启程度分类; ③按裂隙的力学性质分类; ④按裂隙与岩层层面的几何关系分类等。从水文地质角度来看, 应采用裂隙的成因分类比较适用。地下水主要赋存于成岩裂隙、风化裂隙和构造裂隙中, 所以根据基岩裂隙的成因类型将地下水分为成岩裂隙水、风化裂隙水和构造裂隙水, 其中以构造裂隙水最有开发意义。裂隙水可开采量仅占全国地下水可开采量的 3% 左右, 但我国地形、岩性复杂, 裂隙水分布范围广泛, 约占水资源分布面积的 52%; 孔隙水分布面积占 35%; 岩溶水分布面积占 13%。

一、成岩裂隙水

1. 玄武岩成岩裂隙水

玄武岩成岩裂隙水的储存介质如下:

(1) 柱状节理: 玄武岩是一种基性喷出岩, 它的冷凝柱状节理发育。往往呈规则的六方柱状, 并且往往具有蜂窝状气孔, 透水性很强。在微地貌方面, 它与石灰岩分布地区的岩溶地貌有些相似, 因透水性好, 吸收降水入渗能力强, 在玄武岩分布区, 常常可以看到完全封闭的洼地, 地表多为干沟、旱谷。在熔岩台地边缘或低洼地带常常出露流量很大的泉群, 总流量可达 $0.1 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2) 熔岩隧洞: 玄武岩岩浆往往是多次喷发, 如果后期玄武岩岩浆覆盖在具有干沟的古地形上, 成岩后, 地下水沿着干沟中的碎石层流动, 在机械作用的破坏下, 能够形成地下岩洞。另外在玄武岩分布区, 还可见到特有的规模巨大的熔岩隧洞, 形成原因可能是

当熔岩流周围已冷却凝固时,中间的熔岩仍继续流动,直到最后一次热岩流流走之后,便留下一条长长的地下隧洞。海南岛海口市附近,地下熔岩隧洞宽7~8 m,最宽达13 m,高一般4 m,长可达2 km,主洞上还有两条支洞。云南腾冲在熔岩中发育一些大小不等的洞穴,一般长1~30 m,高1~1.5 m,宽1~2 m。常见有两个或多个洞口,与岩溶地区的溶洞相似。规模最大的隧洞是位于腾冲县城西8 km,其洞穴顶板埋深0.5~10 m,洞长150 m,最宽处5.3 m,最高处2.9 m,这种洞穴可能是前面所说的半凝固的处于流动状态的熔岩沿着倾斜地形流动形成的。

(3) 层状裂隙(层间裂隙):玄武岩岩浆大多是多期喷发,在喷发间断面上有古风化剥蚀面,岩石破碎,当它们被埋藏以后,形成了玄武岩中富水的层状裂隙水。可以这样认为:除了砂砾(卵石)层、石灰岩分布区外,玄武岩是富水性最好的岩层之一。尤其是成岩节理发育的地区、喷发的间断面、下伏隔水底板附近,钻孔单位涌水量可达 $0.5 \sim 10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$,在河流和泉水附近,钻孔单位出水量甚至可超过 $100 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。我国新生代玄武岩主要出露在吉林省东部山地、内蒙古锡林郭勒盟熔岩台地、广东雷州半岛和海南岛北部以及云南腾冲等地,其他各省均有零星分布,例如江苏的仪征、六合、盱眙等地,在扬州司徒庙及市东北郊化肥厂一带有隐伏的玄武岩,南京附近的江宁方山、六合方山,浦口的猪头山,安徽的天长、莱安、嘉山,山东长岛,台湾等地。在海南岛的玄武岩中打一眼井,单位出水量一般为 $13 \sim 61 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$,最大约为 $334 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。最大的泉群旱季流量达 1070 L/s 。云南腾冲坝派泉水是我国最大的熔岩泉水,它的补给水量丰富,动态稳定,冬夏流量无变化,有15个出水点,总流量为 3910 L/s ,矿化度为 0.03 g/L ,可溶性 SiO_2 为 52 mg/L ,达到矿泉水标准。美国夏威夷群岛上的檀香山市城市供水就是开采玄武岩中的裂隙地下水,供水量每日可达几十万立方米。据悉其水质排在美国供水城市的第一位。

2. 岩脉及岩体接触带中成岩裂隙水

地壳活动时期,岩浆上升侵入碎屑岩、岩浆岩和变质岩中形成了各种各样的侵入体,按其产状有:岩基、岩盘、岩株、岩墙等。由于侵入体在高温熔融时压力较大,对围岩进行挤压产生压裂作用,冷凝时体积收缩,使围岩紧闭的裂隙张开;有的沿着围岩裂隙上升,上升时将裂隙撑大,冷凝收缩时便留下空间;另一方面岩体外部岩浆冷却了,但内部岩浆还在运动,产生应力,使侵入体外面产生裂隙,因此,就使得接触带附近的围岩和侵入体内形成一系列压性和张性裂隙,这些裂隙伴随着侵入体呈脉状或带状分布,使岩层的渗透能力和蓄水能力大大增加。另外,由于岩浆侵入,使围岩局部受到变质,原来柔性岩石变成刚性岩石,泥岩发生角岩化甚至变成角岩,岩石的硬度、脆性增加,在构造应力的作用下容易破碎产生各种裂隙,增加透水性和蓄水空间,这就是通常所说的接触带富水。一般野外所见到的以中、酸性侵入体为最好。例如,东海、赣榆一带在变质岩中沿着石英脉找水,山东博山樵岭前一带沿着石英脉有许多小泉出露,流量 $10 \sim 50 \text{ m}^3/\text{d}$;江苏溧水乌山、柘塘等地,在闪长岩与红层接触部位所打的水井,出水效果均很好。对于由基性岩浆所形成的岩墙、岩脉来说,则情况较差,基性侵入岩中暗色矿物成分含量高,其抗风化能力差,辉石、角闪石很容易被风化成黏土矿物,岩石中的长石(基性岩中很少有石英或不含石英,但长石含量超过50%)容易风化成高岭土,强烈风化时,各种黏土矿物充填于各种裂隙中,使之形成阻水或隔水地质体。

另外,在花岗岩或花岗闪长岩中常常可以看到一种暗色脉岩——煌斑岩。在变质岩以及离侵入体不远的围岩中也能看到这种脉岩。常以脉状产出,有的呈直立状岩墙。这种岩脉全国分布很广,宽度数十厘米至数米,长数十米。岩脉中 SiO_2 含量较低,而碱金属含量较高,深色矿物含量大于 $1/3$ 。煌斑岩比较容易风化分解,深色矿物纤闪石化及绿泥石化,长石产生泥化和碳酸盐化,往往成为阻水或隔水地质体,钻至煌斑岩时,则不会出水。

二、风化裂隙水

风化裂隙是岩石在外营力作用下产生的裂隙,岩石在遭受风化过程中,一方面发展扩大原有的成岩裂隙和构造裂隙,同时也破坏原有的裂隙系统,使之更趋于均一化;另一方面,沿着岩石中隐蔽的软弱结构面产生新的裂隙。

风化作用有三种:物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用。对于地下水的蓄积和运移而言,物理风化作用产生的裂隙比较有利。物理风化是指温度变化引起岩石矿物颗粒或碎块不均匀胀缩作用,岩石裂隙、孔隙中的水体周期性地冻融所产生的胀缩作用,使岩石在原地产生机械破坏。化学风化是指岩石矿物在 H_2O 、 CO_2 、 O_2 等各种因素的作用下,经过一系列的化学作用过程,使岩石、矿物的化学成分发生改变,形成新的物质,从而使其原来的颗粒变小、变细。生物风化是指生物在其生命活动过程中对岩石矿物所产生的一种机械和化学破坏作用。如植物的根劈作用,根系生长引起的胀裂作用,植物根系分泌的有机酸以及植物死亡后分解产生的腐殖酸对岩石矿物的分解、破坏作用等。在自然界中,风化作用往往是三者综合作用。

风化裂隙向下延伸比较浅,分布密集,裂隙面曲折,呈不规则的网状。它的深度一般为 $3 \sim 30 \text{ m}$ 。在断层破碎带附近,风化裂隙带的深度可达 $50 \sim 100 \text{ m}$ 。

岩石的风化强度受气候因素、岩石的矿物成分和结构影响。一般来说,粗粒的结晶岩石比细粒的结晶岩石容易风化;矿物成分复杂的岩石比矿物成分单一的岩石容易风化;暗色矿物多的岩石比暗色矿物少的岩石容易风化;薄层岩石比厚层岩石容易风化。

在自然界中,厚层的石英岩、石灰岩抗风化能力强。而粗粒的花岗岩、花岗片麻岩、片麻岩、闪长岩和花岗闪长岩往往具有较厚的风化裂隙带、风化壳。江苏赣榆、东海一带在角闪片麻岩风化壳中挖大揭盖井,规格为 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$,每昼夜可出水 500 m^3 。

被埋藏在覆盖层以下的古风化壳,特别是在有断裂带通过的古风化壳,厚度大,补给来源好,具有一定的供水意义。例如,镇江谏壁电厂以及江苏大学一带,在下蜀土下面埋藏花岗岩风化壳,有的水井只需打 100 m 左右,出水量可达 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上,而且为承压水,水质很好,可作为矿泉水开发。

在我国南方,气候湿热,化学风化和生物化学风化比北方和西部地区强烈得多。化学风化和生物化学风化作用的结果,往往残留一些以风化的岩石碎屑和黏土为主的残积带,又叫全风化带。这种全风化带透水性很差,降低了供水意义。

在花岗岩风化壳中找水一定要找弱风化带一半风化带。因为弱风化带大多经过物理风化作用,岩石裂隙基本张开,有利于大气降水的入渗和地下水储聚。而在强风化带中,岩石经过化学风化和生物化学风化作用,长石被风化成高岭土将裂隙充填,使风化壳的透水性及储水性能变弱。

应该注意的是,基性岩体、喷出岩、沉积岩中的灰岩、砂岩、砾岩、泥岩等,在水文

地质上一般不考虑其风化壳。基性岩体中暗色矿物抗风化能力差,其中长石很容易风化成黏土矿物,其岩基作为隔水底板,岩脉作为阻水地质体。基性喷出岩一般都是火山熔岩,当其在地表分布范围与厚度不大、风化壳厚度也不大时,水文地质意义也不大。

沉积岩抗风化能力强,风化壳很薄,而且这种很薄的风化壳形成以后对下面新鲜基岩起保护作用。因此,风化裂隙水一般是在中、酸性火成岩中如花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩以及片麻状花岗岩等岩石中寻找。

三、构造裂隙水

赋存于构造裂隙中的地下水称为构造裂隙水。构造裂隙指岩石在内部营力作用下形成的裂隙。构造裂隙包括断层与节理、劈理、板理、片理等。劈理、板理、片理是岩石受压应力或剪应力作用而形成的细微的隐裂隙,这些裂隙一般不含水,不透水,只有张开以后才有水文地质意义。

构造裂隙的类型和发育程度受岩性和力学性质控制。

从岩性来看:柔性岩石如页岩、泥岩、粉砂岩、凝灰岩、千枚岩等,受力后容易产生塑性形变,而不易产生破裂。这类岩石构造裂隙不发育,在水文地质上常构成隔水底板或隔水顶板。刚性岩石,如花岗岩、片麻岩、石英岩、硅质岩、安山岩、石英砂岩、砾岩等,在构造应力作用下先产生弹性形变再破裂形变。

根据形成断裂的力学特征,把断裂分为压性断裂、张性断裂、扭性断裂三种。典型的压扭应力,对岩石的破坏性最强,往往能形成规模较大的压扭性断裂带,自断层面向两侧可以分为断层泥、糜棱岩、断层角砾岩、压碎岩和裂隙密集带;张性断裂一般缺少断层泥和糜棱岩带。野外我们所能看到的大多数是复合型的断裂,如张扭性断裂、压扭性断裂。

在自然界中,断层带的宽度从几十厘米至几十米甚至百米以上,长度几千米至几十千米,长的可达几百千米至几千千米,一般大型断裂多是压扭性断裂。纯粹张性断层向下切割的深度和在地表延伸的长度都比较小。

由于断层带及其两侧在三维空间上裂隙发育,既便于大气降水和地表水入渗补给,又有较大的储水空间,所以构造裂隙水是三种裂隙水中最具有供水意义的一种地下水。不论是沉积岩、火成岩还是变质岩地区,寻找地下水时,首先寻找构造裂隙水,其次才是寻找成岩裂隙水和风化裂隙水。

第三节 岩溶类含水介质及其赋水特征

一、碳酸盐岩岩溶水及岩溶裂隙水

可溶岩是以石灰岩、白云岩为主的碳酸盐岩,此外还有石膏岩和盐岩。

在我国,碳酸盐岩分布面积约有 $120 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。在南方,石灰岩时代较新,除少数地区外,大多从早古生代到早中生代;在西南地区,侏罗纪、白垩纪和古近-新近纪尚有海相地层。石灰岩中主要成分是 CaCO_3 ,由于气候温暖,潮湿,植被发育,有机酸含量高,故岩溶发育。我国南方石灰岩主要分布在广西、云南、贵州、湖南、湖北、四川等省(区)。在北方,石灰岩时代较老,从新元古代到早古生代,大多发生白云岩化、硅化,