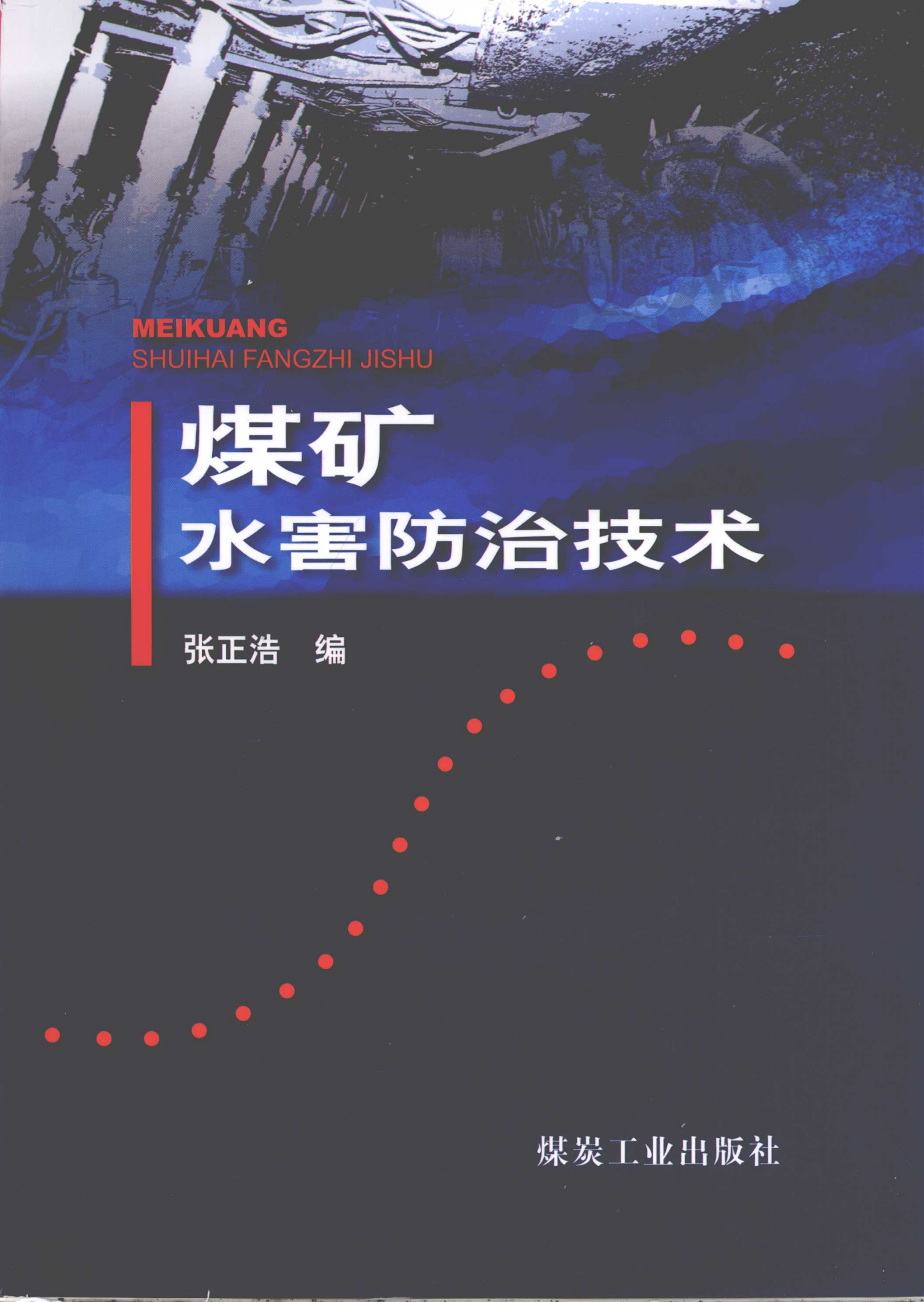




MEIKUANG

SHUIHAI FANGZHI JISHU

煤矿 水害防治技术

张正浩 编

煤炭工业出版社

煤矿水害防治技术

张正浩 编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿水害防治技术/张正浩编. --北京: 煤炭工业出版社, 2010

ISBN 978-7-5020-3651-5

I. ①煤… II. ①张… III. ①水文地质-临汾市②矿井水-矿山水灾-防治-基本知识-临汾市 IV. ①P641.626.1
②TD745

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 039932 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm^{1/16} 印张 19^{1/2}

字数 461 千字 印数 1—7,000

2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 6461 定价 48.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

淡水虽是一种循环资源，是经济社会发展的命脉。然而可供资源量在逐年减少，必须珍惜。

水是生命的源泉，是人类可持续发展的根本问题。据联合国预测，到2025年，全世界淡水需求量将增加40%，届时将有一半人口生活在缺水地区。

我国水资源总量约为 $2.68 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，在世界名列第6位，但人均可用水量，只占世界的1/4。华北地区区域地下水位平均每年下降0.12m。山西省水资源总量 $142 \times 10^8 \text{m}^3$ ，仅为世界人均占有量的4.1%。山西省境内各大泉的流量也在逐年减小。与此同时，不少矿井还面临着水害威胁，矿井水害事故在逐年上升。水害是仅次于瓦斯的煤矿安全重大危险源，为了省时省资安全有效治理各类矿井水害，使煤矿早日复工复产，在牛立东等先生指导下，特编写此书。本书立足于现场应用，可供煤炭系统各级主管政技领导和现场水文地质工作者参阅，并可供大专院校同学课外阅读。

编者衷心希望本书问世后，在煤炭战线落实科学发展观，以人为本，为防治水患方面作点微薄贡献，并希望在各级领导关怀和全体同仁共同努力下，使各煤炭企业在水害预测预报，有效防治，推广新科技、新工艺，关爱生命，变害为利，合理利用地下水等方面起抛砖引玉的作用，为煤炭振兴，经济腾飞，造福后代，作出应有的贡献！

在新科技、新工艺层出不穷的今天，由于编者所掌握的知识、资料不足，同时受到工作环境与经历的局限，加之编写时间短促，书中内容可能有叙述不全面、不确切之处，恭请斧正！在此，对书中引用资料的原作者表示衷心感谢！同时对积极提供资料和帮助的马平、马长江、王鹏、王永鑫、牛国秀、邓百成、邢兆楷、纪邦师、孙文龙、孙正隆、杨峰、杨二娃、李山亮、李文民、李爱元、李喜林、邱云虎、张文泉、张红宁、张福义、林型体、侯贵、高军峰、高建平、郭斌、曹银虎、游建平（按姓氏笔画排列）等先生表示诚挚谢意！

编 者

二〇一〇年三月

目 次

1	水文地质基础	1
1.1	一般概念	1
1.2	岩石的水文地质特征	3
1.3	含水层与隔水层	6
1.4	地下水的物理性质与化学成分	7
1.5	地下水的分类及其特征	12
2	矿井充水条件分析	16
2.1	充水水源	16
2.2	涌水通道	20
2.3	影响矿井充水的因素	26
3	矿井按充水条件的分类	36
3.1	矿井水文地质类型划分	36
3.2	各类充水矿井的特征及其防治水措施	38
4	矿井水害预报和预防	41
4.1	矿井水害类型	41
4.2	水害预报	52
4.3	水害防治	52
4.4	探放水工程	59
4.5	断层水和强含水层的探放	72
5	带（水）压开采与疏水降压开采	74
5.1	底板承压水临界隔水层（岩柱）厚度和临界水压值的计算	75
5.2	顶板承压水隔水层（岩柱）厚度的计算	81
5.3	带压开采的要求	83
5.4	疏水降压开采	84
5.5	专门水文地质说明书与工程设计	87
6	注浆堵水	97
6.1	注浆堵水中的水文地质工作	97

6.2	注浆施工	103
6.3	注浆材料	114
6.4	注浆设备	125
6.5	注浆堵水案例	133
7	矿区地表水的防治	149
7.1	防治方案	149
7.2	防治地表水工程	154
8	矿井涌水量的预测	161
8.1	水文地质比拟法预测	162
8.2	稳定流解析法预测	162
9	大水矿井的防水设施与要求	170
9.1	水闸门、密闭门及水闸墙	170
9.2	水闸门墙垛类型及厚度计算	174
9.3	密封式泵房	177
9.4	大水矿井的延深、淹没与恢复的几点经验教训	182
10	矿井水文地质工作	184
10.1	勘探阶段水文地质资料的应用	184
10.2	矿区（井）水文地质补充调查	185
10.3	矿区（井）水文地质补充勘探	191
10.4	矿井水文地质动态观测	197
11	物探技术在煤矿水害防治中的应用	213
11.1	应用物探技术探测水害	213
11.2	应用物探技术探测构造	235
11.3	综合物探技术的应用	244
12	水害事故综合分析	260
12.1	原因分析（直接原因）	260
12.2	防治水害建议	260
12.3	水害应急救援预案及实施	261
12.4	排水恢复被淹井巷	262
13	矿井突水抢险救灾技术	263
13.1	矿井突水抢险救灾	263
13.2	抢险救灾中的控水、排水和注浆堵水技术	265

13.3	抢险救灾中的水文地质工作·····	270
13.4	开展环境水文地质灾害调查·····	271
13.5	建立专项图纸资料台账·····	271
13.6	加强资料分析·····	272
13.7	其他工作·····	272
13.8	防水闸门·····	272
14	化害为利·····	274
14.1	充分利用水资源·····	274
14.2	利用涌水和疏水降压的排水·····	274
14.3	充分回收煤炭资源·····	275
附录 A	老窑水质特点在煤矿生产中的应用·····	277
附录 B	乡宁县吉宁勤海煤业有限公司“10·29”矿井透水事故分析·····	280
附录 C	吃堑长智,临汾市防治水工作初见成效·····	287
附录 D	矿井水文地质常用图例·····	291
附录 E	三角堰、梯形堰、矩形堰流量表·····	294
附录 F	泉、井、老窑调查表·····	300
参考文献	·····	303

1 水文地质基础

万丈高楼基础起，只要基础打得牢固、科学，并且地质位置适宜，哪怕6级地震，或11级大风，它依然会屹立不动。只有全面了解并掌握水文地质学基础知识，面对纷繁复杂的各种水害，才会得心应手地选择最适宜的防治技术，省资省时地安全治理。基于此，首先需系统地了解水文地质的一般基础知识。

1.1 一般概念

自然界中的水，以气态、液态和固态分布于地球的大气圈、水圈和岩石圈中。

水资源是指地球水分中可供人类利用的那部分水量。

降水是指大气层中水汽凝结并降落到地表、海洋面或植被表面的一切液态及固态水，如雨、雪、雹、雾、露、霜等。

降水一部分蒸发重返大气中，另一部分则汇到地表的河湖中，还有一部分沿着岩石空隙渗入地下形成地下水。地下水在岩石中运动遇到适当的条件，又流出地表转变为地表水，完成了—个循环。大循环主要受全球气候控制，是全球性的，这是海洋、陆地之间的循环，又称外循环。小循环是局部循环，它是水自海洋表面蒸发，又降至海洋表面，或水从陆地上的河湖水面、地表或叶面蒸发，又降到陆地表面。小循环是地区性的，一般受局部气象因素控制。以上是水的自然循环。水的社会循环是人类生活和生产所排放的废水经处理后又重新加以利用，随着科学技术的不断进步，这种循环量将会逐步增大。

降雨分为6个等级：①小雨，能使地面潮湿，但不泥泞，雨量 $1 \sim 10\text{mm/d}$ ；②中雨，雨降到屋顶有淅淅声，洼地积水，雨量 $10 \sim 25\text{mm/d}$ ；③大雨，降雨如倾盆，落地四溅，雨量 $25 \sim 50\text{mm/d}$ ；④暴雨，比大雨猛，能造成山洪，雨量 $50 \sim 100\text{mm/d}$ ；⑤大暴雨，比暴雨大，或时间长，能造成洪涝灾害，雨量 $100 \sim 200\text{mm/d}$ ；⑥特大暴雨，比大暴雨大，造成严重洪涝灾害，雨量大于 200mm/d 。

蒸发是在太阳能作用下，水由液态转化为气态的过程。蒸发作用包括水面蒸发（洋面、海面、河湖面）、地面蒸发和叶面蒸发。蒸发也影响地下水水质。蒸发量是用蒸发器测量的，它比降水量大得多。

水系：又叫“河系”。流域内各种水体构成的脉络、沼泽、湖泊系统的总称。一般包括某干流及其各级支流、湖沼、流域内地下暗流等，如汾河水系、黄河水系等。

流域：是地表水及地下水分水线所包围的集水区域的统称。习惯上往往指地表水的集水区域。一般把某水系的集水区域称该水系的流域。水系中各支流的集水区域称该支流的流域。流域内包括不同级别的水系，同时也有不同级别的流域。如洪洞南涧河水系属汾河流域，汾河水系又属黄河流域等。地下水分水线与地表水分水线不一致的流域称“非闭合流域”，反之则称“闭合流域”。根据地形图上的分水线可以定出流域边界，此范围内的面积称流域面积。

分水岭：指相邻两流域之间的山岭和高地。降水形成的地表径流，沿两侧斜坡注入不同河流。地下径流分水线称地下分水岭。例如秦岭、大别山是长江与淮河及黄河的分水岭，乡宁矿区黄河东断坳水文地质单元中西坡与枣岭之间奥灰岩水文地质条件不同，其间存在一条地下水分水岭。

分水线：指相邻流域的分界线，通常是分水岭最高点的连线。此线两侧的径流，注入不同的河流。分水线又分为地面分水线和地下分水线。由于流域内地质地貌条件影响，两者一般不相吻合，但通常以地面分水线作为流域分界线的标准。分水线是划分和计算流域的依据。

径流：指陆地上接受降水后，沿地表或地下运动的水流。可分为地表径流、地下饱和含水层中的地下径流和不完全饱和土层中的壤中流。径流是引起河流、湖泊水体情况变化的直接因素，也是陆地水最重要的水文过程。

径流带：指地下水向所在侵蚀基准面（如各大泉泉口标高）排泄的流水带。强径流带是指地下水的主要流水带，例如龙子祠泉的主要径流带是乔家湾复向斜轴部。一个水文地质单元往往只有一个侵蚀面，但也有例外，如黄河东断坳水文地质单元，其侵蚀基准面有禹门口黄河水面，还有鄂尔多斯深层奥灰溶裂水的最低水位，二者之间有一条地下分水岭。

径流量：指汇集到流域内的全部水流量。按所经历时间不同，可分为年径流量或月径流量等，均以立方米（ m^3 ）计。一个闭合流域的多年平均径流量，等于该流域相应时期的降水量减去蒸发量及散发量后的剩余水量。

径流深度：为河流给定断面上一定时段内的径流量除以该断面以上的流域面积之商。是该时段内全流域面积上产生的平均水深，以毫米（ mm ）为单位。

径流系数：指某地区一定时期内的径流深度与形成该时期径流的降水量的比值。介于0与1之间。在干旱地区，径流系数较小，有的几乎近于0；在潮湿地区，则径流系数较大。

径流模数：亦称“径流率”。指某一流域内，单位面积上的单位时间径流量。在排水工程中，又称“排水模数”或“排水率”。其值可由水文站上实测所得的流量资料（单位为 L/s ）除以在该站以上的流域面积（单位为 km^2 ）而得。

水位：指江、河、湖泊、水库和海洋中在某一地区及某一时刻的自由水面以及地下水的表面，以相对于特定基准面的高程表示。经过长期观测水位后，可得水位过程线及历时线，由此求得按月、年或多年的最高水位、最低水位、平均水位和不同历时的水位特征值。

流量：单位时间通过水渠或管道某一横断面的流体量。一般指体积流量，单位为 m^3/s 。

层流：亦称“片流”。流体质点不相互混杂，迹线有条不紊的流动。水流动于圆而直的管中，雷诺数小于2300时，呈层流现象。

紊流：即“湍流”。流体质点相互混杂，迹线极不规则的流动。紊流流体运动的物理量如速度、压强等的时间平均值有不规则的涨落现象。水流动于圆而直的管中，雷诺数大于2300时，呈紊流现象。

压力流：亦称“有压流”。无自由液面（液体与气体的交接面）的液流。例如给水工程管道中的水流，管道边壁上各处都受到液体的压力，液体各点压强一般都大于大气压强（除由于特殊原因局部形成负压的情况）。

渗流：指水在土壤、砂砾或岩石裂隙中流动的现象。液体在多孔介质中的运动叫渗透。绝大多数渗透属层流渗透，只有在少数的溶洞、宽大裂隙、卵砾石中，当流速较大时，才出现紊流渗透。

雷诺数：是英国物理学家雷诺（Osborne Reynolds）1842—1912 年发现的“无量纲”数。用来比较黏滞流体的流动状态。

$$Re = \frac{\rho lv}{\eta}$$

式中 ρ ——流体的密度；

η ——流体的黏度；

v ——流体的流速；

l ——物体的线度（如圆管的直径、渠道的深度、机翼的宽度等）。

雷诺数也是流体流动状态（层流和湍流）的判据，当其增大到某一临界数值（如流体在圆直管道中流动时为 2300）时，流体的流动将从层流转变为湍流。

1.2 岩石的水文地质特征

1.2.1 岩石的空隙性

岩石的空隙是地下水赋存和运动于地壳岩石圈的先决条件。空隙的大小、多少、连通充填程度及其分布规律直接支配着地下水的埋藏和径流条件。岩石空隙的成因类型有以下几种：

（1）孔隙：指岩石块体单元中未被固态物质充填的空间。在松散沉积物和胶结不良的粒状岩石中孔隙很发育。其特征呈多孔状、相互连通、分布均匀。孔隙大小和数量取决于岩石颗粒的大小和形状、分选程度、排列方式、胶结程度以及充填物的性质等因素。按孔隙大小分为大孔隙（ $\phi > 0.5\text{mm}$ ）、小孔隙（ $0.5\text{mm} \geq \phi > 0.002\text{mm}$ ）、微孔隙（ $\phi < 0.002\text{mm}$ ）。其定量指标为

$$\text{孔隙率}(n) = \frac{\text{孔隙体积}}{\text{岩石总体积}} \times 100\%$$

$$\text{孔隙比}(\varepsilon) = \frac{\text{孔隙体积}}{\text{岩石骨架体积}}$$

（2）裂隙：指岩石块体单元中自然形成的裂缝。在坚硬碎屑岩石中裂隙较发育，有明显的不均匀性，其大小、分布及连通性主要取决于岩石性质、裂隙的成因、岩石所处的构造部位以及裂隙在形成过程中的各种自然因素（如气候、地形、地下水活动等）。裂隙类型有风化裂隙、成岩裂隙和构造裂隙。其定量指标为

$$\text{线裂隙率}(K_{\text{L}}) = \frac{\text{测线穿过裂隙宽度之和}}{\text{测线长度}} \times 100\%$$

$$\text{面裂隙率}(K_{\text{if}}) = \frac{\text{裂隙面积之和}}{\text{测量岩石的面积}} \times 100\%$$

测量面积一般取 $1 \sim 2\text{m}^2$ 。

（3）溶隙：指可溶性岩石（以石灰岩为主）在地表水和地下水长期溶蚀作用下形成的各种洞穴。一般大小悬殊、形态多样、分布不均匀。溶隙发育程度、形态、分布规律、连通状况等主要与构造和地下水活动有关。表现为溶蚀裂隙、溶孔、溶沟、溶洞、天然

井、落水洞、地下湖、地下暗河等大型岩溶空间。在不同地区或同一地区不同地段、不同深度，岩溶发育情况变化很大，这与岩性、构造、地貌、气候、地壳运动等因素综合作用有关。其定量指标为

$$\text{线岩溶率}(K_{ki}) = \frac{\text{钻孔所遇溶洞溶裂长度}}{\text{钻孔穿过溶岩长度}} \times 100\%$$

$$\text{体积岩溶率}(K_{kv}) = \frac{\text{岩溶体积}}{\text{岩石总体积}} \times 100\%$$

上述空隙类型可组合成混合空隙类型，如孔隙-裂隙、裂隙-溶隙、溶隙-孔隙类型等。岩石的空隙分布一般是不均一的，研究时，要区分是区域性的，还是局部性的。前者在成因上包括风化裂隙、区域性的构造裂隙（如节理）等，后者在成因上包括断层破碎带、不同岩性接触带以及岩溶强烈发育带的大溶洞等，它们一般呈脉状、带状分布。岩石中空隙的性质以及不同性质空隙的发育程度，都会影响到地下水的存在条件及其水量的丰富程度。

1.2.2 岩石空隙的形式

岩石空隙有以下几种形式：

- (1) 坚硬岩层中的构造裂隙。
- (2) 坚硬岩层中的风化及构造裂隙。
- (3) 可溶性岩层中的溶隙。
- (4) 分选性好的砂质岩层中的孔隙。
- (5) 分选性差的砂质岩层中的孔隙。
- (6) 被部分胶结或充填的砂质岩层中的孔隙。
- (7) 黄土及黄土类土层中的大孔隙与毛细孔隙。
- (8) 黏性土层中的毛细孔隙。
- (9) 经压密而减小的孔隙。
- (10) 少量钙质胶结的砂岩，具有较大的孔隙。
- (11) 少量钙质胶结的贝壳灰岩，有大量互相连通的孔隙。
- (12) 白云岩中次生孔隙、大孔隙均由化石碎片溶解形成。

1.2.3 水在岩石中存在的形式——岩石孔隙中的水

1.2.3.1 物理结合水

指靠静电引力和氢链联结力吸引在土粒或岩石颗粒表面，不能在自身重力影响下运动的水。颗粒表面对水分子的吸引力自内向外逐渐减弱，结合水的物理性质也随之发生变化。最接近颗粒表面的结合水称为“强结合水”或“吸着水”，其外层称为“弱结合水”或“薄膜水”。结合水区别于普通液态水的最大特征是具有抗剪强度，即必须施加一定的外力后才能使其发生变形。

(1) 吸着水（强结合水）：指由分子引力和静电引力紧密吸附于岩石颗粒表面的水分子薄膜。它不受重力影响，不传递静水压力，不溶解岩类，不为植物吸收，零下 78℃ 不冻结，105 ~ 110℃ 转化为水汽。

(2) 薄膜水（弱结合水）：强结合水薄膜增厚，引力减弱，即为弱结合水，或称薄膜水。它也不受重力影响，不传递静水压力，但可从水膜厚处向薄处运移，其外层可被植物

吸收。

1.2.3.2 半自由水

指由毛细力支持而充满于岩石毛细孔隙中的水。它受重力作用，能传递静水压力，可为植物吸收。

1.2.3.3 自由水

(1) 固态水：指以冰的形式存在于岩石孔隙中的水。

(2) 气态水：指以水蒸气的形式存在于未饱和岩石孔隙中的水。它可以从张力大处向张力小的方向迁移。

(3) 重力水：指饱和于岩石孔隙中，在重力作用下能自由运动的水。它传递静水压力，是水文地质学研究的主要对象。

1.2.4 岩石的水理性质

(1) 容水性：岩石能容纳一定水量的性质。

(2) 持水性：在重力作用下岩石仍能保持一定水量的性能。其强弱决定于岩石颗粒表面吸附水的能力，岩石颗粒越小，滞留的水越多，持水度越大，反之亦然。具体划分见表1-1。

表1-1 按岩石持水性划分

持水性	粒径/mm	持水度/%	岩石名称
不持水的	>1~2	<0 接近0	极粗砂、砾石、卵石、致密块状坚硬岩石及岩溶裂隙发育的岩石
弱持水的	0.5~0.25	1.60	粗、中、细砂，裂隙微细的坚硬岩石及泥灰岩、白垩、疏松砂岩等
	0.25~0.10	2.73	
持水的	0.10~0.05	1.75	极细砂、粉砂
	0.05~0.005	10.18	
强持水的	<0.005	44.85	黏土、泥炭、淤泥等

(3) 给水性：饱水岩石在重力作用下能自由流出一定水量的性能。其性能好坏与岩石孔隙大小、多少、连通程度有关。常见岩石的给水度见表1-2。

表1-2 常见岩石的给水度

岩石名称	给水度(μ)	岩石名称	给水度(μ)
砂砾	0.35~0.30	强裂隙岩层	0.05~0.02
粗砂	0.30~0.25	弱裂隙岩层	0.02~0.002
中砂	0.25~0.20	强岩溶化岩层	0.15~0.05
细砂	0.20~0.15	中等岩溶化岩层	0.05~0.01
极细砂	0.15~0.10	弱岩溶化岩层	0.01~0.005
亚砂土	0.10~0.07	頁岩	0.005~0.0005
亚黏土	0.07~0.04		

(4) 贮水（或释水）性：承压含水层当水位上升（或下降）时，引起弹性贮存（或释放）一定水量的性能。

(5) 透水性：指土或岩石允许水通过的能力。其强弱取决于土或岩石中的孔隙和裂隙的大小和连通性，以渗透系数表示，可分为 5 个等级（表 1-3）。

表 1-3 按岩石透水性划分

透水性等级	渗透系数/ $(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$	岩石名称
I 强透水的	>10	良透水岩石（卵石、砾石、粗砂、岩溶发育的岩层）
II 良透水的	$10 \sim 1$	透水岩石（砂、裂隙岩石）
III 半透水的	$1 \sim 0.01$	微透水岩石（亚砂土、粉砂、泥灰岩、砂岩）
IV 弱透水的	$0.01 \sim 0.001$	极微透水岩石（亚黏土、黏土质砂岩）
V 不透水的	<0.001	不透水岩石，即隔水岩石（黏土）

(6) 导水性：岩石传导水的性能。用渗透系数 K 表示，单位为 m/d 。

(7) 导压性：岩石传递水压的性能。导压系数（ a ）表示水压从一点传到另一点的速率，或表示在承压含水层中抽水，不同时间降落漏斗扩展的速度（ m^2/d ）。

(8) 毛细性：饱水岩层水面以上，在毛细力作用下，水能上升一定高度的性能。毛细上升现象是地下水表面张力和重力、空隙壁面对水分子的吸附力平衡作用的结果，毛细水可以传递水压力。

某些松散岩层最大毛细上升高度见表 1-4。

表 1-4 某些松散岩层最大毛细上升高度

岩石名称	最大毛细上升高度/cm	岩石名称	最大毛细上升高度/cm
粗砂	2 ~ 4	亚砂土	120 ~ 250
中砂	12 ~ 35	亚黏土	250 ~ 350
细砂	35 ~ 120	黏土	500 ~ 600

1.3 含水层与隔水层

1.3.1 名词含义

含水层是指赋存有地下水的透水层，成为含水层的必备条件是：有赋存地下水的空间，有能聚集和赋存地下水的条件，有水的补给量。

隔水层也称“不透水层”，是指透水性很低的岩层，一般指渗透系数小于 $0.001\text{m}/\text{d}$ 的岩层。

隔水层在特定条件下具有两面性，如黏土岩隔水，如果裂隙发育则可透水，也能贮水；此外，在较大水压作用下，有的黏土和黏土岩石可使其中一部分结合水产生运动而具

有透水性，可由隔水层转化为含水层。

透水层是指能让水流透过的岩层，一般指渗透系数大于 0.001m/d 的岩性。

1.3.2 透水性划分原则

1.3.2.1 一般划分原则

岩层透水性一般划分原则如下：

- (1) 注意岩层透水、隔水和含水的相对概念及其相互的转化关系。
- (2) 考虑形成条件，并能反映客观实际。
- (3) 有利于生产实际需要和工作方便。

1.3.2.2 根据生产目的划分

根据生产目的，可将岩层划分为以下两种：

(1) 供水：能满足供水量的岩层均可视为含水层。按水量大小进一步划分为主、次含水层。由于供水规模和要求不同，相同含水层在不同富水地区，可以看做弱的、次要的含水层，甚至当做隔水层处理。如西坡与枣岭奥灰水是两个分系统，中间地下分水岭的灰岩溶隙不发育，可当做隔水层。

(2) 矿井防治水：凡水量足以威胁矿井生产的岩层均可视为含水层。按其威胁程度可进一步分成主、次含水层。一般水量大、水压大、距开采煤层近的含水层（如岩溶化灰岩等）应作为主要含水层考虑。

1.3.2.3 根据岩层含水性的变化划分

根据岩层含水性的变化可将岩层划分为以下几种：

(1) 含水层：对于厚度很大的含水层，考虑岩性差异、裂隙或岩溶发育程度在垂直方向上的变化，进一步划分出含水性不同的层，如奥陶系中统含水层。

(2) 含水层组段：从简化地质条件，有利于生产工作出发，可将一些岩性和含水层相近的含水层综合归并成一个含水层组。如 K_8 和 K_9 砂岩含水层，可归并成 2 号煤层顶板直接或间接进水的含水组。又如奥陶系中统溶裂含水层进一步可划分为下马家沟组 (O_{2x})、上马家沟组 (O_{2s}) 和峰峰组 (O_{2f})，每组又分为 2~3 段。

(3) 含水带：不含水的岩层，由于局部裂隙和断裂影响可以透水并含水。因此，在岩层水平分布方向上，应按实际含水性划分出含水带（静止水位以下）。

(4) 富水带：含水岩层由于局部岩性变化，裂隙和岩溶发育可以存在透水和含水性强很的地段（如古河床、岩溶集中径流地带等）。在水平分布上应划分出富水带（如乡宁矿区自硬家沟南侧沿乡宁断挠带至禹门口即可看做是富水带）。

1.4 地下水的物理性质与化学成分

1.4.1 地下水的主要物理性质及其定性表示方法

1.4.1.1 水温

地下水的温度与埋藏深度有关，近地表的水，温度受气温的影响（表 1-5），在恒温带（距地表 15~20m）以下的水温，则随深度的加大而逐渐升高，其变化的规律决定于地区的地热增温梯度，即地温梯度，正常地温区地温梯度小于或等于 $3^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。临汾市地温梯度一般为 $(1.5\sim3)^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，属正常地温区。个别矿（如浮山春山煤矿等）因煤系下伏有岩浆岩侵入体，其地温梯度显著增高。

表1-5 地下水按温度分类

类 别	非常冷的水	极冷的水	冷 水	温 水	热 水	极热的水	沸腾的水
温度/℃	<0	0~4	4~20	20~37	37~42	42~100	>100

1.4.1.2 颜色

地下水的颜色决定于水中的化学成分及其悬浮杂质。当其化学成分或悬浮杂质不同时,呈现的颜色亦不同(表1-6)。

表1-6 水中存在物质与水的颜色的关系

水中存在的物质	硬水	低价铁	高价铁	硫化氢	硫细菌	锰的化合物	腐植酸盐
水的颜色	浅蓝	灰蓝	黄褐	翠绿	红色	暗红	暗黄或灰黑

1.4.1.3 透明度

地下水的透明度决定于水中固体物质与胶体颗粒悬浮物的含量。地下水透明度的野外鉴别特征见表1-7。

表1-7 地下水透明度的野外鉴别特征

分 级	野 外 鉴 别 特 征
透明的	无悬浮物及胶体, 60cm 水深可见 3mm 的粗线
微浊的	有少量悬浮物, 大于 30cm 水深可见 3mm 的粗线
混浊的	有较多的悬浮物, 半透明状, 小于 30cm 水深可见 3mm 的粗线
极浊的	有大量的悬浮物或胶体, 似乳状, 水深很小也不能清楚看见 3mm 的粗线

1.4.1.4 气味

地下水是否具有臭味, 主要取决于水中所含的气体成分和有机质。气味的强度等级见表1-8。

表1-8 气味的强度等级

等 级	程 度	说 明
0	无	没有任何气味
I	极微弱	有经验分析者能觉察
II	弱	注意辨别时, 一般人能觉察
III	显著	易于觉察, 不加处理不能饮用
IV	强	气味引人注意, 不适饮用
V	极强	气味强烈扑鼻, 不能饮用

1.4.1.5 口味

水中存在的化学成分与口味的关系见表 1-9。

表 1-9 水中存在的化学成分与口味的关系

存在物质	NaCl	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄ MgCl ₂	大量 有机质	铁盐	腐植酸	H ₂ S 与碳酸 气同时存在	CO ₂ 及适量 Ca (HCO ₃) ₂ Mg (HCO ₃) ₂
口味	咸	涩	苦	甜	涩	沼泽味	酸	可口

1.4.1.6 导电性

地下水的导电性决定于水中所溶盐分的数量，这是因为各种盐类的水溶液一般都是良好的电解质。因此，即使是矿化度很低的淡水，也具有微弱的导电性。

1.4.1.7 放射性

地下水的放射性决定于水中所含放射性元素的数量。可以认为所有地下水都具有不同程度的放射性，但一般甚为微弱。埋藏于放射性矿床附近的地下水，通常具有较强的放射性。临汾市 K₁₀砂岩通常含有具医疗作用的氡元素即为明证。蒲县东河村民，长期食用 K₁₀砂岩裂隙水，自然平均年龄在 80 岁以上，并用于治疗红眼病、给哺乳妇女催奶、煎中药提高药效等。

1.4.2 水化学成分的分析及表示方法

水中发现的化学元素有 62 种。其含量多少决定于不同元素在岩石中的含量及其物理、化学性质。其存在的形态有离子状态、分子（化合物）状态和游离的气体状态。

1.4.2.1 水质分析项目

水质分析项目见表 1-10。

表 1-10 水质分析项目

分析方法	分 析 项 目
简分析 (简单分析)	除测定物理性质（色、水温、气味、口味、浑浊度或透明度）外，还需分析 Na ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、[HCO ₃ ⁻]、[Cl ⁻]、[SO ₄ ²⁻]、游离 CO ₂ 、pH、碱度、总硬度、总固形物等
全分析 (精确分析)	除测定物理性能（色、水温、气味、口味、浑浊度或透明度）外，还需分析 Na ⁺ 、K ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、Fe ³⁺ 、Fe ²⁺ 、NH ₄ ⁺ 、[HCO ₃ ⁻]、[Cl ⁻]、[SO ₄ ²⁻]、[NO ₂ ⁻]、游离 CO ₂ 、可溶性 SiO ₂ 、耗氧量、pH、碱度、酸度、总硬度、暂时硬度、永久硬度、负硬度、总固形物等
专门分析 (特殊分析)	根据具体任务要求而定。如饮用水，需分析水中有无 Cu、Pb、As、F、Hg 等有毒元素存在；对工程建筑有无影响时，应分析侵蚀性碳酸、硫酸等含量

临汾市 1 号、2 号煤层含硫量在 1% 以下，矿井水一般是中性或偏碱性。太原组煤层含硫量往往大于 2%，矿井水常呈酸性，这种酸性顶板滴水，有时将钢轨“滴”穿成洞状。用水质指导探老窑及采空区水时，一般用简分析即可，如果含有特殊元素（Pb、Cu、

As、F 等) 时, 则增作单项或多项专门分析。

1.4.2.2 水分析成果表示法

(1) 离子毫克(或克)数表示法: 指以 1L 水中所含离子毫克数表示的方法, 单位为 mg/L。当离子含量极少时, 也可用 $\mu\text{g/L}$ 和 ng/L 表示。

(2) 百分含量表示法: 即以 1000g 水中含某离子毫克数表示的方法。当水的密度为 1 时, 其值与每升离子毫克值相等。当离子含量极少时, 也常用 $\mu\text{g/kg}$ 和 ng/kg 表示。

(3) 离子毫克当量数表示法: 指以 1L 水中所含离子毫克当量数表示的方法, 单位为 mEq/L 。

$$\text{离子毫克当量} = \frac{\text{离子毫克数}}{\text{离子当量}} \quad \text{离子当量} = \frac{\text{离子量}}{\text{离子价}}$$

(4) 离子毫克当量百分数表示法: 指以 1L 水中阴(或阳)离子的毫克当量总数各作为 100%, 按下式计算:

$$\text{某阴(或阳)离子毫克当量百分数} = \frac{\text{该离子毫克当量数}}{\text{阴(或阳)离子毫克当量总数}} \times 100\%$$

(5) 分析结果的审查: 根据电离理论, 水溶液中阴、阳离子总的毫克当量数应基本相等, 误差应小于 2%。可溶性固体总量与分析测得的离子总和减去重碳酸根离子含量的一半, 再减去铵离子, 并加上二氧化硅的含量, 结果应接近, 一般误差不应超过 $\pm 5\%$ 。
 $\text{Ca}^{2+}(\text{mEq/L}) + \text{Mg}^{2+}(\text{mEq/L}) = \text{总硬度}(\text{mEq/L})$, 其误差不应超过 2 毫克当量或 10mg CaO。暂时硬度等于重碳酸根离子的含量。

1.4.2.3 地下水按水化学特征分类

(1) 地下水按矿化度分类见表 1-11。

(2) 地下水按酸碱度分类见表 1-12。

表 1-11 地下水按矿化度分类

名 称	总矿化度/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
淡水	<1
微咸水(弱矿化水)	1~3
咸水(中等矿化水)	3~10
盐水(强矿化水)	10~50
卤水	>50

表 1-12 地下水按酸碱度分类

名 称	pH 值
强酸性水	<5.0
弱酸性水	5.1~6.4
中性水	6.5~8.0
弱碱性水	8.1~10.0
强碱性水	>10.0

(3) 地下水按硬度分类见表 1-13。

表 1-13 地下水按硬度分类

名 称	硬 度	
	$(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/(\text{mEq} \cdot \text{L}^{-1})$	德 国 度
极软水	<1.5	<4.2
软水	1.5~3.0	4.2~8.4