

矿井地质 工作手册

内 容 提 要

本书系统介绍了煤矿建设和生产过程中的水文地质工作，着重于工作方法，兼顾到基本知识和有关新技术。全书共分四篇。第一篇水文地质基础；第二篇矿井涌水量预计；第三篇矿井水文地质工作；第四篇水文地质补充勘探。可供矿井水文地质工作者及有关院校师生参考使用。

责任编辑：吴志莲

矿 井 地 质 工 作 手 册

下 册

柴登榜 主编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

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850×1168¹/₃₂ 印张24 插页2

字数638千字 印数1—11,020

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

书号15035·2591 定价6.80元

编写人员名单

主 编：柴登榜

编 写：陈世杰、尤志仁、李竞生、李周尧、李白英、
李守章、许惠义、陈兆炎、李金凯、李渭成、
朱继中、李文杉、顾文灿、宗 坚、徐卫国、
郑世书、魏建德、周立功、梁仲华、潘文勇、
李庆广

审 校：陈兆炎、李守章、李金凯

编 者 的 话

矿井地质工作是直接为煤矿建设和生产服务的，是煤矿生产建设中一项极为重要的必不可少的技术基础工作。

矿井地质工作的目的是研究和解决矿井建设和生产过程中所出现的地质和水文地质问题，保证矿井生产建设的安全正常进行和高速度的发展，保证国家资源的合理开发和利用。

矿井地质工作的任务是：

1. 研究矿区、井田的地质和水文地质情况，查明影响煤矿正常生产和建设的地质因素。
2. 研究煤层的赋存情况、煤的物理化学性质，掌握煤层、煤质的变化规律。
3. 分析矿区充水条件，预测矿井涌水量，预防和处理矿井水害，研究和解决矿区供水水源以及矿井水的综合利用。
4. 提供矿井生产和基建所需要的地质、水文地质及工程地质资料。
5. 指导采掘工作，组织生产勘探，管理矿井储量，监督煤炭资源的合理开发。
6. 调查和研究含煤地层中伴生矿产的赋存情况和利用价值。

建国三十多年来，随着煤炭工业的发展，广大矿井地质工作者做了大量工作，积累了极为丰富的地质资料和工作经验。但是，到目前为止，还没有一本比较全面、系统，可供广大矿井地质工作者参考使用的工具书。为了进一步加强矿井地质工作，以适应煤矿发展的需要，我们根据广大矿井地质工作者的要求，在各方面的大力支持下，组织编写了这本《矿井地质工作手册》。

《矿井地质工作手册》在内容上着重介绍矿井地质和矿井水文地质的一般工作方法，并适当介绍与矿井地质有关的地质和水

文地质基本知识，也注意介绍国内外的有关新技术和新方法。本手册分矿井地质及矿井水文地质上下两册出版。

上册包括矿井地质基本知识及影响煤矿生产建设的地质因素的观测研究方法；矿井地质勘探技术手段和勘探方法；矿井原始地质编录、矿井地质制图和综合地质资料的编制；矿井储量管理和地质技术管理等四篇。

下册包括水文地质基本知识和矿井充水条件；矿井涌水量计算的基本原理及其各种计算方法；矿井水文地质的观测、编录及矿井水的防治工作；矿井水文地质补充勘探和矿区供水等四篇。

《手册》在编写过程，得到了煤炭系统有关生产、基建、科研、地质勘探等单位 and 兄弟院校的大力支持和协作；安徽淮南矿务局、广西合山矿务局、山东煤田地质勘探公司和浙江省煤炭工业局为我们召开调研、审稿等工作会议提供了良好的工作条件；山东大学孙讷正副教授审阅了本书有关矿井涌水量计算的内容。在此，我们一并致谢。

由于我们对矿井地质工作的规律还认识不深，对我国矿井地质工作经验总结得也不够，书中难免有各种缺点和错误，希同志们给予批评指正。

《矿井地质工作手册》编写组

1981年12月

目 录

第一篇 水文地质基础

第一章 地下水与矿井水的基本知识	1
第一节 自然界的水	1
第二节 地下水与气象、水文因素的关系	2
第三节 岩石的水文地质特征	8
第四节 含水层与隔水层	13
第五节 地下水的物理性质与化学成分	14
第六节 地下水的分类及其特征	30
第二章 矿井充水条件分析	35
第一节 充水水源	35
第二节 涌水通道	39
第三节 影响矿井充水的因素	42
第三章 矿井按充水条件的分类	57
第一节 矿井充水类型的划分原则	57
第二节 矿井充水类型的划分方案	58
第三节 各类充水矿井的特征及其防治水措施	59

第二篇 矿井涌水量计算

第四章 地下水渗流的基本原理	64
第一节 地下水的流态及渗流基本定律	64
第二节 地下水运动的基本微分方程	67
第三节 定解条件	70
第五章 解析解法	72
第一节 稳定流基本公式	72
第二节 水文地质参数的确定	75
第三节 利用稳定流理论计算矿井涌水量	87

第四节	非稳定流基本公式	118
第六章	数值解法	187
第一节	正演问题和反演问题	188
第二节	单层含水层问题的解算方法	192
第三节	多层含水层问题的解算方法	207
第四节	实例和程序	217
第七章	其它方法	264
第一节	Q-S 曲线法	264
第二节	经验比拟法	274
第三节	回归分析法	282
第四节	水均衡法	312
第五节	模型模拟法	317

第三篇 矿井水文地质工作

第八章	矿区(井)地面水文地质调查与观测	321
第一节	矿区(井)地面水文地质调查	321
第二节	矿区(井)水文地质要素的观测	341
第九章	井下水文地质调查和资料整理	384
第一节	井下水文地质调查	384
第二节	井下涌水量的观测	396
第三节	井下水文地质调查数据的汇总和整理	404
第十章	矿井水文地质图	410
第一节	矿井水文地质基本图纸	410
第二节	矿井水文地质专用图纸	423
第三节	矿井水文地质常用图例	424
第十一章	矿井水害预报和预防	428
第一节	矿井水害类型	428
第二节	水害预报	430
第三节	水害预防	432
第四节	探放水工程	435
第十二章	矿区地表水的防治	446
第一节	设计标准及防治方案	446

第二节	防治地表水的水文计算	451
第三节	防治地表水工程	465
第十三章	防水煤（岩）柱的留设及岩溶矿区塌陷防治	492
第一节	水体下、松散含水层下开采的防水煤（岩）柱	492
第二节	断层防水煤（岩）柱	510
第三节	岩溶矿区塌陷防治	515
第十四章	带（水）压开采与疏干降压开采	530
第一节	底板承压水临界隔水层（岩柱）厚度和临界水头值的 计算	531
第二节	顶板承压水隔水层（岩柱）厚度的计算	538
第三节	带压开采的要求	542
第四节	疏水降压开采	543
第五节	专门水文地质说明书与工程设计	549
第十五章	注浆堵水	553
第一节	注浆堵水中的水文地质工作	553
第二节	注浆施工	560
第三节	注浆材料	576
第四节	注浆设备	589
第十六章	水大矿井的防水设施与要求	612
第一节	水闸门、密闭门及水闸墙	612
第二节	水闸门墙垛类型及厚度计算	618
第三节	密封式泵房	622
第四节	水大矿井的延深、淹没与恢复的几点经验教训	629
第十七章	矿坑酸性水的防治	630
第一节	矿坑酸性水的形成	631
第二节	矿坑酸性水的危害	633
第三节	矿坑酸性水的防治与处理	633

第四篇 水文地质补充勘探

第十八章	补充勘探工作	639
第一节	补充勘探的目的和勘探手段的选择	639

第二节	补充勘探设计和勘探工程的布置原则	641
第三节	水文地质钻探	642
第四节	水文地质巷探	679
第十九章	试验工作	681
第一节	抽水试验	681
第二节	井下放水试验	694
第三节	压水与注水试验	699
第四节	连通试验	707
第二十章	水文物探	711
第一节	视电阻率法	711
第二节	充电法	733
第三节	流量测井法	737
第二十一章	矿区供水	743
第一节	矿区需水量	743
第二节	水质标准与水质评价	746
第三节	水源及水源地选择	753

第一篇 水文地质基础

第一章 地下水与矿井水的基本知识

第一节 自然界的水

一、分布

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。各相应圈层中的水，分别称为大气水、地表水和地下水。其估算量列于表1-1-1。

表 1-1-1 自然界中水的概略分布

水的分布	大 气 圈	岩 石 圈	水 圈		
			海 洋	河、湖	冰、雪
水的体积（公里³）	12.3×10^3	$15 \sim 1175 \times 10^3$	137×10^7	751×10^3	2×10^7
数量关系比	1	1~100		100,000	

二、水循环

大气水、地表水和地下水之间有着密切的联系，通过水的循环（见表1-1-2）相互转化和迁移。

表 1-1-2 自然界中水的循环

大循环 (外循环)	从海洋蒸发的水份凝结降落到陆地，再通过径流(或蒸发)形式返回海洋
小循环 (内循环)	从海洋（或陆地）蒸发的水份再降落到海洋（或陆地）

三、水均衡

自然界中的水，在循环过程中水量收支的数量关系，称为水均衡。概略年均衡量参见表1-1-3。

表 1-1-3 自然界中水量的均衡情况

区 域	面 积 (公 里 ²)	水均衡要素	水的体积 (公 里 ³)	水层厚度 (毫 米)
海 洋	360 × 10 ⁶	降 水	411.6 × 10 ³	1140
		蒸 发	447.9 × 10 ³	1200
		河水流入量	36.3 × 10 ³	100
陆 地* 外流区	117 × 10 ⁶	降 水	99.3 × 10 ³	850
		蒸 发	63.0 × 10 ³	540
		河流径流量	36.3 × 10 ³	310
陆 地* 内流区	33 × 10 ⁶	降 水	7.7 × 10 ³	240
		蒸 发	7.7 × 10 ³	240
整个地球	510 × 10 ⁶	降水或蒸发	518.6 × 10 ³	1017

* 陆地外流区：地表径流最后直接流入海洋的地区。
陆地内流区：地表径流不流入海洋的地区。

第二节 地下水与气象、水文因素的关系

一、气象因素

气象因素是表征大气所处物理状态的因素。

(一) 湿度

空气的湿度是指空气中水汽的含量，详见表1-1-4、1-1-5。

表 1-1-4 湿度的表示方法、涵义及其与地下水的关系

涵 义 及 表 示 方 法			与地下水的关系
湿 度	绝对湿度 (e)	某一时刻空气中的水汽含量，以一立方米空气中所含水汽的克数表示，或以水汽的张力即水银柱的高度（毫米）或压力（毫巴—1毫巴相当于0.75毫米水银柱的压力）表示	1. 空气中饱和水汽含量随温度增高而增加（见表1-1-5）。当相对湿度达到100%时，水汽可以凝结形成降水；

续表

涵 义 及 表 示 方 法			与地下水的关系
湿 度	相对湿度 (e ₁)	空气中实际存在的水汽含量 (e) 与同温度、同体积空气内水汽达到饱和状态时的含量 (E) 之比, 以百分数表示, 即 $e_1 = \frac{e}{E} \times 100\%$	2. 空气中水汽达到饱和时的温度称为露点, 若温度下降到低于露点时, 则剩余水汽亦能凝结形成降水: 3. 空气湿度的大小, 对土壤、沙层中地下水的蒸发影响很大, 湿度越大, 则蒸发量越小, 有利于地下水形成和聚积; 若湿度差越大, 则蒸发强度越大, 则地下水的消耗增大
	湿度差 (饱和差) (d)	一定温度下空气中水汽饱和含量与当时空气中水汽实际含量之差, 即 $d = E - e$	

表 1-1-5 水气饱和量与温度的关系

空气温度 (°C)	- 30	- 20	- 10	0	10	20	30
水汽饱和含量 (克/米 ³)	0.5	1.1	2.4	4.8	9.4	17.3	30.4
水汽最大张力 (毫巴)	0.4	1.0	2.2	4.6	9.2	17.5	31.9

(二) 降水

降水是指由大气层中水汽凝结并降落到地表或植被表面的一切液态水及固态水, 如: 雨、雪、雹、雾、露、霜等, 详见表 1-1-6。

表 1-1-6 降水形式、降雨等级及其与地下水的关系

降 水 特 征 及 表 示 方 法			与地下水的关系
降 水 形 式	低层降水	低空水汽在地表物体表面或植被表面上凝结形成的降水, 如: 雾、露、霜等	1. 各降水形式中, 以雨、雪对地下水形成意义最大; 2. 低层降水一般对地下水补给意义不大, 但在干旱沙漠地区有一定意义;
	高层降水	高空水汽遇冷凝结降落在地表的降水, 如: 雨、雪、雹、霰等	

续表

降水特征及表示方法			与地下水的关系
降雨表 特征要素	雨 量* (雨深)	表示在一定地点、一定时期内降雨的厚度或深度。通过绘制降雨量的时程线,可反映一年中季节降水的分配或历年干湿情况以及雨量的极值	3. 各降雨类型中,霪雨的雨率不大,但雨时长、雨面广,有利于对地下水的补给;细雨的雨率、雨量皆不大,易被蒸发消耗;暴雨,虽雨率大,但雨时短,雨水大部分来不及渗入地下,而多呈地表径流流失
	雨 时	表示降雨持续的时间	
	雨 率	表示降雨的强度,即单位时间的降雨量	
	雨 面	表示降雨分布的水平面积	
降雨类型	霪 雨	雨率不大,但雨时长,雨面广	
	细 雨	雨率、雨量皆不大	
	暴 雨	雨率、雨量大,但雨时短	
降 雨 等 级	小 雨	能使地面潮湿,但不泥泞,雨量1~10毫米/天	
	中 雨	雨降到屋顶有淅淅声,洼地积水,雨量10~25毫米/天	
	大 雨	降雨如倾盆,落地四溅,雨量25~50毫米/天	
	暴 雨	降雨比大雨还猛,能造成山洪,雨量50~100毫米/天	
	大暴雨	降雨比暴雨还大,或时间长,能造成洪涝灾害,雨量100~200毫米/天	
	特大暴雨	降雨比大暴雨还大,造成严重洪涝灾害,雨量>200毫米/天	

* 其他形式降水量可按雨量折算。

(三) 蒸发

蒸发是指在太阳能作用下,水由液态转化为气态的过程。蒸

发作用包括陆面蒸发、水面蒸发和叶面蒸发，详见表1-1-7。

表 1-1-7 蒸发作用类型、蒸发量及其与地下水的关系

蒸发作用类型	水面蒸发	指江、河、湖、海、池塘、水田等水体表面水份的蒸发，其蒸发强度受气温、湿度、风速、气压、水温、水质等多种因素的影响
	陆面蒸发	指陆地土、石表面水份的蒸发，其蒸发强度除受上述因素影响外，还与地形、土壤、岩石性质（特别是毛细性）、植被、地下水埋深等因素有关
	叶面蒸发 (蒸腾作用)	指植物叶面水份的蒸腾作用。不同植物的蒸腾量可相差很大
蒸发量	蒸发度 (蒸发力)	指水文、气象站用蒸发皿测得的蒸发量。它不能代表一个地区的真实蒸发量，只能表示某一地区的蒸发强度，可作为不同时期、不同地区蒸发强度对比的依据
	实际总蒸发量	指某一地区真实的总蒸发量。它由水面、陆面、叶面蒸发量组成。蒸发量一般可根据热量平衡、水量平衡等原理采用近似经验公式进行计算
与地下水的关系	1. 蒸发是地下水的主要排泄方式之一； 2. 蒸发不仅消耗地下水储量，而且影响地下水水质； 3. 降水量与蒸发度之比值，称湿润系数 K_H （ $K_H = \frac{\text{降水量}}{\text{蒸发度}}$ ），它可作为地区气候的干湿性和地下水丰缺程度的标志，详见表1-1-8	

表 1-1-8 地区干湿程度按湿润系数分带

湿 度 分 带	湿 润 系 数(K_H)
湿度过剩带	≥ 1.50
湿度充足带	1.49~1.00
湿度适中带	0.99~0.60
湿度不足带	0.59~0.30
湿度过低带	0.29~0.13
微湿度带	≤ 0.12

二、水文因素

水文因素是指反映地表水流特征的因素。

(一) 河系、流域、分水岭（表1-1-9）

表 1-1-9 河系、流域、分水岭的涵义

河 系	某干流及其全部支流构成一个独立的水道系统，称为河系（或水系）
流 域	某河系的全部汇水面积称该河系的流域。河系中的各个支流的汇水面积称支流的流域
分水岭 (分水线)	相邻河系之间（或相邻支流之间）流域的分界线称为分水岭(分水线)

(二) 径流

径流是指汇集到流域出口的全部水流；或指一个流域内的降水，除消耗于蒸发外剩余的全部水流。径流的表示方法见表1-1-10。径流率与年径流高度换算见表1-1-11。

表 1-1-10 径流的表示方法

径流要素	涵 义	计算公式	常用单位
流 量 Q	单位时间流过河流横断面的水量	$Q = FV$	米 ³ /秒
径流总量W	一定时段内通过过水横断面的总水量	$W = QT$	米 ³ 或亿米 ³
径流率M (径流模数)	单位时间内、单位流域面积上流出的水量	$M = \frac{10^3 Q}{f}$	升/秒·公里 ²
径流高度 h (径流深)	某一时期（年）内的流域径流总量，均匀分布于整个流域面积上的水层厚度	$h = \frac{QT}{10^3 f}$	毫米
径流系数 η	某时期内的径流高度与同一时期的降水量之比	$\eta = \frac{h}{x}$	%或小数
公式符号	F—河床过水横断面面积（米 ² ）； V—过水断面平均流速（米/秒）； f—流域面积（公里 ² ）； T—计算期时间（秒）； x—降水量（毫米）		

表 1-1-11 径流率与年径流高度换算表*

径流率M (升/秒·公里 ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
径流高度 h (毫米)	31.5	63	94.5	126	158	189	220	252	284	315
径流高度 h (毫米)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
径流率 M (升/秒·公里 ²)	0.137	0.634	0.951	1.27	1.58	1.90	2.22	2.54	2.85	3.17

* 换算公式： $M = \frac{h}{31.5}$ 或 $h = 31.5M$

(三) 气象水文资料的实际应用（表1-1-12）

表 1-1-12 气象水文资料的应用

资 料 内 容	应 用 方 面
由降水量、蒸发量、径流量资料计算（或根据经验确定）渗漏量及渗漏系数	用于按水均衡法计算矿井涌水量以及预计雨季最大涌水量
集中降水时间及最大降水量	用以安排地面防排水措施，设计地面及井下排水能力
历年分月降水量	用以绘制降水量与矿井涌水量关系曲线，分析矿井充水因素
最高洪水位及最大流量	用以选择井筒位置，设计地面防洪或河流改道工程
地表水位变化	用以分析矿区地表水与地下水的关系；在水体下采煤时，用以分析矿井涌水量与地表水体的关系
总降水量、总径流量	用以为矿井水的综合防治及综合利用提供依据

第三节 岩石的水文地质特性

一、岩石的空隙性

(一) 岩石空隙的成因类型 (表1-1-13)

表 1-1-13 岩石空隙的成因类型

空隙类型*		特 征	定 量 指 标
孔 隙	大 孔 隙 (孔径>0.5毫米)	主要发育在松散沉积物和胶结不良的粒状岩石中。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、形状、分选程度、排列方式、胶结程度以及充填物性质等因素	孔隙度(n) = $\frac{\text{孔隙体积}}{\text{岩石总体积}} \times 100\%$ 孔隙比(ε) = $\frac{\text{孔隙体积}}{\text{岩石骨架体积}}$
	小 孔 隙 (孔径0.5~0.002毫米)		
	微 孔 隙 (孔径<0.002毫米)		
裂 隙	风化裂隙	主要发育在坚硬碎屑岩石中, 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)	线裂隙率(K_{Ll}) = $\frac{\text{测线穿过裂隙宽度和}}{\text{测线长度}} \times 100\%$ 面裂隙率(K_{Lf}) = $\frac{\text{裂隙面积之和}}{\text{测量岩石的面积}} \times 100\%$ (测量面积一般取1~2米 ²)
	成岩裂隙		
	构造裂隙		
溶 隙 (岩溶)	散布岩溶	主要发育在可溶性岩石(以石灰岩为主)中。一般大小悬殊、形态多样、分布不均匀。岩溶发育程度、形态、分布规律、连通状况等主要与构造和地下水活动有关。表现为溶孔、溶沟、溶洞、天然井、落水洞、地下河等大型岩溶空间	线溶岩率(K_{Kl}) = $\frac{\text{占孔所遇溶洞溶隙长度}}{\text{占孔穿过可溶岩长度}} \times 100\%$ 体积岩溶率(K_{Kv}) = $\frac{\text{岩溶体积}}{\text{岩石总体积}} \times 100\%$
	网脉岩溶		
	管道岩溶		

* 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。