

矿床水文 地质学

沈继方 于青春 胡章喜 编著

中国地质大学出版社



矿床水文地质学

沈继方 于青春 胡章喜 编著

中国地质大学出版社

• (鄂) 新登第 12 号 •

内容简介

本书较全面地介绍了与矿床开采有关的水文地质、工程地质和环境地质问题。前三章着重从矿坑充水角度,系统阐述了矿坑充水水源与充水途径、矿床水文地质类型、矿坑涌水量预测方法。后两章则综合考虑矿产资源开发、供水需求和环境保护等方面问题,并讨论了矿床疏干排水所引起的人为地质作用与环境问题,如地面塌陷与沉降、水源枯竭、环境污染;介绍了各种行之有效的防治水方法;阐述了矿区地下水调查与调控的原则、特点及实例。

本书可作为水文地质与工程地质专业本科生的教材,也适用于从事有关矿床水文地质工作的科技人员参考。

矿床水文地质学

沈继方 于青春 胡章喜 编著

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 邓祥明 责任校对 陈爱玲
印 刷 中国地质大学出版社印刷厂
发 行 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 8.375 字数 209 千字
1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷 印数 1—3000 册

ISBN 7-5625-0663-9/P·238 定价 2.30 元

前 言

本书是以 1988 年沈继方、陈植华所编写的内部试用教材《矿床水文地质学》为基础，根据现行的大学本科《水文地质与工程地质》专业教学计划要求，并结合作者近年来的科研、生产成果及教学实践编写而成。这次编写对内容做了大量充实和更新，在结构上也做了较大的变动。全书无论从指导思想、基本观点到具体选材，均具有自己独特的风格，特别是反映了现代水文地质学科发展的新动向，突出了与工程地质学科的相互交叉和联系。

作者编写此书的原则是：突出重点，削枝强干；以基本概念、基本原理的介绍和分析为核心，辅以典型实例解剖；以提高学生分析问题和解决问题的能力为目标。

本书共分五章。其中，绪论及第一、二、四章，第五章第 1、2、3、4 节由沈继方编写；第三章由于青春编写；第五章第 5 节由胡章喜编写。

本书编写过程中，曾参阅一些矿区尚未公开发表的资料，并得到有关同行的鼓励和支持。书稿完成后，承蒙沈照理教授和田开铭教授进行了认真的审阅。作者在此表示衷心的感谢。

矿床水文地质学在国内尚属首次单独成书出版，由于作者的水平所限，书中一定存在不少问题，恳请读者给予批评和指正

编 者

1992 年 2 月于武汉

ABE 99/06

目 录

绪 论	(1)
第一节 矿床水文地质学的概念与性质	(1)
第二节 矿体赋存特征及开采方式	(1)
第三节 矿坑涌水现象与突水灾害	(4)
第四节 矿床水文地质研究的目的、任务与特点	(6)
第一章 矿坑充水条件	(8)
第一节 矿坑充水水源	(8)
第二节 天然局部充水途径	(15)
第三节 人为充水通道的形成机理与预测	(18)
第四节 矿井碎屑流形成机理与预防	(31)
第二章 矿床水文地质类型	(35)
第一节 矿床水文地质类型的分类原则与分类方案	(35)
第二节 孔隙充水矿床	(37)
第三节 裂隙充水矿床	(39)
第四节 岩溶充水矿床	(44)
第五节 高温充水矿床	(54)
第三章 矿坑涌水量预测方法	(57)
第一节 矿坑涌水量的概念与预测要求	(57)
第二节 常用的矿坑涌水量预测方法	(58)
第三节 解析法	(62)
第四节 数值法	(72)
第四章 矿床开采过程中的人为作用与环境问题	(80)
第一节 概述	(80)
第二节 岩溶充水矿床疏干排水时的地面塌陷	(81)
第三节 孔隙充水矿床疏干排水时的次生固结作用和地面沉降	(92)
第四节 水源枯竭	(97)
第五节 环境污染	(97)
第五章 矿区地下水的调查与调控	(100)
第一节 矿床水文地质调查的目的与特点	(100)
第二节 广东凡口铅锌矿勘探阶段的水文地质调查实例	(100)
第三节 矿床水文地质调查中几个值得注意的问题	(105)
第四节 矿区地下水防治方法	(110)
第五节 矿区地下水的综合调控	(122)
主要参考文献	(127)

绪 论

第一节 矿床水文地质学的概念与性质

矿床水文地质学是水文地质学科中的一个独立分支,专门研究矿床水文地质条件及其与矿床开采的关系,即研究矿床开采所引起的与地下水有关的一系列问题(其中包括水文地质、工程地质与环境地质等方面)以及调查、预测、解决这些问题的方法。

矿床是在地壳中由地质作用形成的、具有开采和利用价值的地质体,它是矿体自然分布和排列的总和。矿床水文地质条件即指矿床所处地段地下水的分布、埋藏、补给、径流和排泄、水质和水量及其动态等方面的特征,以及决定这些特征的自然的人为的环境。矿床水文地质学的研究对象不包括气、液体(天然气和石油)矿床和易溶的盐类(如钾、钠、钙、镁的氯化物和硫酸盐)矿床,因为这两者都有特殊的水文地质问题和相应的专门研究方法。所以矿床水文地质学的研究对象仅是非易溶固体矿床分布地段的地下水及周围环境与采矿活动之间相互关系。

矿床水文地质学作为一门具有独立系统的学科,是在本世纪 20 年代以后才逐渐形成的。它首先创建于前苏联,并随着我国和世界采矿事业的发展而不断完善。现代矿床水文地质学的研究内容和研究方法,都是由多门地质学科(水文地质学、工程地质学、环境地质学、矿床学、采矿学)交叉构成的,因而是一门综合性和实用性的边缘地质学科。

第二节 矿体赋存特征及开采方式

矿床水文地质条件及其与采矿活动的关系取决于矿体赋存特征和开采方式,因此本节略介绍有关矿床学和采矿学方面的一些基本知识。

一、矿体赋存特征

矿体赋存特征可用其形状、厚度、产状(倾角)和围岩组合关系等几个方面来表征,因此,可根据形状、厚度和产状对矿体进行分类。

从水文地质角度出发,按矿体形状可划分为层状矿体和非层状矿体两类。前者主要为沉积作用形成,一般分布面积广,且连续稳定,如煤、沉积型铁矿;后者主要是岩浆热液及汽化作用形成的金属和非金属矿,一般分布不稳定,常成脉状和不规则透镜状产出。

层状矿体依其厚度可分为极薄层($<0.8\text{m}$)、薄层($0.8\text{—}4.0\text{m}$)、中厚层($4\text{—}10\text{m}$)、厚层($10\text{—}30\text{m}$)和极厚层($>30\text{m}$);依其倾角可分为水平与微倾斜($<5^\circ$)、缓倾斜($5\text{—}30^\circ$)、倾斜($30\text{—}55^\circ$)和急倾斜($>55^\circ$)等。

矿体是矿石的自然集合体,是构成矿床的主体和核心。从广义的角度来讲,矿体周围的岩石都可叫围岩。但根据岩层与矿体的相对位置可区分为:顶板(矿体上部的岩层)、底板(矿体下部的岩层)和围岩(矿体两侧的岩石)。

二、矿床开采方式

矿床因矿体的赋存和埋藏条件不同,而采用不同的开采方式。不同开采方式对围岩及其地

下水的揭露和破坏不同。矿床的开采方式,大致可以分为两大类:即露天开采和地下开采。矿体埋藏较浅且厚度大时,可采用露天开采。其优点是施工简便,采掘能力大,效率高,成本低。露天开采时直接在地面开挖采矿工程,其总体称为露天采(矿)场(图 1)。

矿体埋藏较深时,多采用地下开采方式。为了从地下深处采出矿石,首先要将地表与矿体联系起来,并在地下形成必要的行人、运输、通风、排水和供电系统,因此就要在矿体及近矿围岩中开挖井筒(由地面进入地下的主通道)和各种用途的巷道及硐室。地下采矿井巷的种类很多,图 2 所示即为地下开采矿山的主要井巷类型。

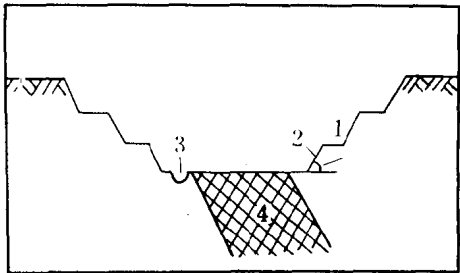


图 1 露天采矿场示意剖面图
1—台阶;2—台阶坡面;3—排水沟;4—矿体;
5—台阶面坡角

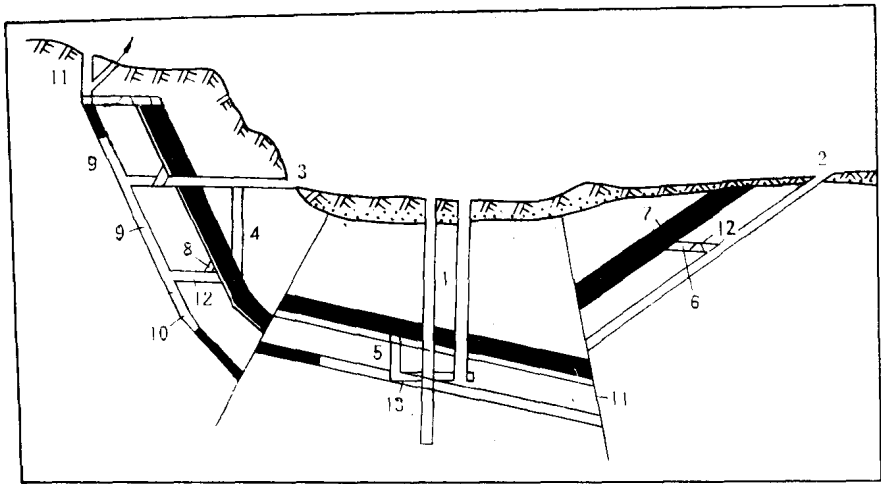


图 2 地下开采矿山井巷综合示意图
1—立井;2—斜井;3—平硐;4—暗立井;5—溜井;6—石门;7—煤(矿)门;8—煤(矿)仓;
9—上山道;10—下山道;11—风井;12—岩层平巷;13—煤(矿)层平巷

图 2 上所有的巷道按其空间位置可分为三种:

1. 直立巷道

(1)立井 立井又称竖井,有直接通往地面的出口,是由地面进入井下的主要通路,一般位于整个地下井巷系统的中部,常为一对,分主井、付井。担负全矿提升矿石任务的叫主井,担负矿井人员升降及材料、设备、矸石等提升任务的叫付井。

(2)小井 小井也是与地面相通的一种立井,但断面和深度均较小,一般位于井巷系统之边缘浅部,多用于通风,并兼作安全出口,故常称风井。

(3)暗井 暗井或称盲井,不直接与地面相通,担负从下水平往上水平提升矿石的任务。

(4)溜井 溜井无通往地面的出口,形状与暗井相同,但断面较小,用于自上向下溜放矿石。

2. 水平巷道

(1)平硐 平硐在地面有直接出口,作用同于立井,也有主、副之分,专用于通风的则叫通风平硐。

(2)平巷 平巷不直接与地面相通,是沿矿层或岩层走向开挖的水平巷道,分别称矿层平巷或岩层平巷。

(3)石门和矿门 即穿过岩层或矿层并与之直交或斜交的水平巷道。

3. 倾斜巷道

(1)斜井 斜井在地面有直接出口,作用同于立井,也有主、副之分,专门用于通风的则称通风斜井。

(2)上山 上山无直通地面的出口,位于开采水平运输大巷以上,沿矿层或岩层向上掘进的倾斜巷道,自上往下运送矿石。

(3)下山 下山无直通地面的出口,位于开采水平运输大巷以下,沿矿层或岩层向下掘进的倾斜巷道,自下往上运送矿石。

(4)溜道 溜道无直通地面的出口,用于自上向下溜放矿石。

上述竖井、斜井和平硐是由地面进入地下的主要通路,代表三种不同的矿山开拓方式,通常根据井筒形式划分为竖井开拓、斜井开拓和平硐开拓。除图2中所表示的各种基本巷道外,井下还建有井底车场,它是井筒附近各种辅助巷道和硐室的总称。前者环绕井筒用来联结各主要平巷,后者用来做为水泵房、水仓、机车库、机修房、变电室、调度室、休息室等,所以井底车场是井下的运输枢纽。

由一个井筒在地下联结形成的整个井巷系统称为矿井或矿坑,划归一个矿井开采的矿床部分称为井田,井田是矿田的一部分。处于同一地质构造内同一成因的全部矿床称为矿田,如山东莱芜铁矿田、淄博煤田。矿田特别是煤田的规模常很大,面积可达数百到数千平方公里,矿石储量从数亿到数百亿吨。显然,不能用一个矿井来开采,必须根据国民经济的需要,以及技术、经济上的合理性,将其划分为一些较小的部分——井田。井田范围根据矿井生产能力和自然条件进行圈定,其边界可以是自然的(如断层),也可以是人为的(如在相邻井田之间保留一定宽度的矿柱做为边界)。有些金属矿田规模很小,矿田就是一个井田。

一般井田面积仍很大,其倾向长度可达千米,走向长度可达数公里,矿产的储量可供开采几十年甚至百余年。为了在此范围内有计划地进行开采,需要将井田进一步划分。如图3所示,在开采倾斜矿层时,首先是在垂向上按一定的高度划分为几个阶段。两阶段之间以水平面为界,两边则直达井田边界,上、下界面用其标高表示。每个阶段都有自己的运输大巷和井底车场,通常在阶段的上界面布置通风平巷,在阶段的下界面布置运输大巷和井底车场,担负这一阶段的主要运输和提升任务,因而以下界面的标高值代表阶段,称为开采水平,一般简称水平(金属矿山常称中段)。阶段大小用阶段垂高表示,随矿种、矿体倾角、矿井规模不同而异。一般煤矿的阶段垂高较大,多在100m左右;金属矿的阶段垂高较小,多在50m左右。合理确定阶段垂高,对保证巷道的稳定性有很大意义。

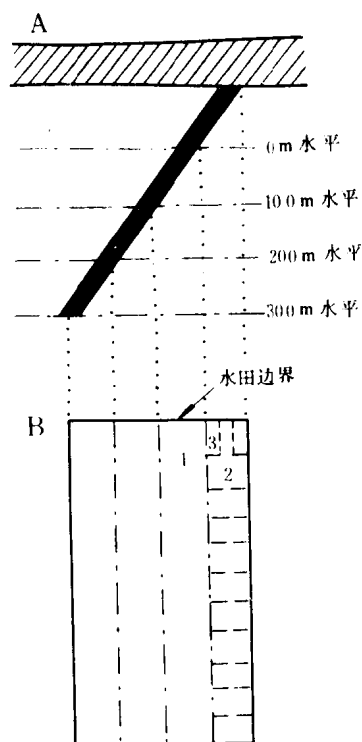


图3 井田横剖面A与平面投影B示意图
1—阶段;2—采区;3—区段

当阶段走向长度较大时,在全阶段布置采矿工作面,会给开采造成很大的困难。这时可沿走向进一步把阶段划分成较小的单元,即采区。阶段垂高大时,还可在采区内,根据采矿方法,沿矿层倾向分为若干个适合于采矿机械设备工作的区段。一般在区段矿层的下部掘进运输平巷,在上部掘进回风平巷,则构成一个采矿工作面系统。

井田划分为阶段以后,就可以进行矿井建设。首先掘进为全矿井和一个阶段服务的巷道,称开拓巷道,如井筒、井底车场、阶段运输和回风平巷、采区石门、总回风巷道、风井等;其次掘进为采区服务的运输和通风巷道,称准备或采准巷道;最后在矿层中掘进为采矿工作面直接服务的回采巷道,如工作面上部的回风平巷、下部的运输平巷、切割眼。然后就可进行开采。

采矿工作面也叫回采面,回采后的空间称为采空区,依对采空区的不同处理,可将采矿方法分为:

- (1)空场法——采空区不需人为处理,故又称自然支撑法,适于围岩稳定的薄矿层;
- (2)崩落法——让采空区顶板自然崩落,故对围岩破坏较严重,适于围岩较稳定的矿床;
- (3)留矿柱法——采空区之间,保留适当的矿柱,以支护顶板,故丢矿较多,适于围岩不稳定的矿床;
- (4)充填法——采空区用碎石、泥砂或水泥等进行人工充填,故对围岩破坏小,但成本高,适用于条件复杂(如水下采矿)而价值高的矿床。

第三节 矿坑涌水现象与突水灾害

开拓井巷系统和回采矿石,必然破坏矿体围岩或顶底板含水岩层,揭露一些地下导水通道,从而使地下水及与之联系的其他补给水源(如地表水、大气降水)流入井巷,这种现象称为矿坑涌水;井巷顶底或侧帮及回采工作面的局部,迅速形成的集中涌水,则称突水。

矿坑涌水和突水是矿产资源开发过程中常见的一种水患,不仅会给井巷开拓和回采工作带来困难,需要耗费巨资建立防排水工程,增加采矿成本;超过排水设备能力的大型突水(突水点峰值流量超过 $1\text{m}^3/\text{s}$),还会造成重大的人身伤亡事故和整个矿井的淹没停产。山东淄博煤田北大井在1935年日伪统治时期发生的大突水,就是我国煤田开采史上一个典型的例子。这次突水的峰值流量达 $7.4\text{m}^3/\text{s}$,造成井下535名工人全部死亡的惨案。该矿井在淹没39年之后,于1974年才得以恢复生产。我国自1949年中华人民共和国成立以来,矿床水文地质研究及矿井防治水工作才受到重视,并得到迅速发展。新、老矿区都开展了大量调查,为矿山建设提供了必要的基础资料,促进了矿产资源的开发和利用,也避免了由于涌水造成的重大人身伤亡事故。但是随着采矿事业的迅速发展,矿山建设规模的扩大和开采深度的增加,矿坑涌水和突水仍十分突出,特别是一些受岩溶水威胁的老矿区,由于以往基础水文地质工作比较薄弱,难

以及时准确地预测和预报突水,还常出现淹井事故。1984年6月3日在开滦煤田范各庄矿发生的一场特大突水,就是近期的一个典型例子。这次突水,其水量之大,在世界采矿史上是空前的。突水发生后仅21个小时就将年产 3×10^6 t 煤的范各庄矿全部淹没,根据淹没体积测算,突水高峰期(11小时)的平均涌水量为 $34.22 \text{ m}^3/\text{s}$,分别是国外最大突水量(南非西德律方天金矿; $5.7 \text{ m}^3/\text{s}$)和我国历史上最大突水量(山东淄博北大井)的6倍和4.6倍;3天以后巨大的水压又突破边界隔离矿柱,淹没了年产 2×10^6 t 煤的吕家坨矿,并通过边界煤柱向北侧年产 3×10^6 t 煤的林西矿渗水,使林西矿面临淹没威胁而被迫停产;与林西矿相邻的唐家庄矿和赵各庄矿,由于边界隔离煤柱受开采破坏已残缺不全,也受到威胁而处于半停产状态(两矿年开采量共 5×10^6 t)。这次罕见的特大突水,虽然由于突水前的预兆明显,根据矿井地质和水文地质工作者的据理推断,事先从井下撤出了绝大部分人员,没有造成严重的人身伤亡事故,并在国内各方面专家及有关治水力量的支持和协作下,仅用一年多时间,就使5个矿先后恢复生产,充分显示了中国人民的智慧和力量,为此《光明日报》在1985年8月7日发表了头版头条新闻报道“开滦矿务局战胜罕见的透水灾害”。但是,这次突水所造成的损失是巨大的,据不完全统计,直接和间接造成的国民经济损失达40亿元。一年治水所耗费的人力、物力、财力也是惊人的,从当时主要治水工程(见图4)投入的工程量和基本物质,就可见其规模之大:①在吕家坨、范各庄两矿安装大型潜水泵共20台,以大于 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 的流量进行强排,控制水位上涨,才确保其他相邻三矿未被淹没。②分别在吕家坨矿与范各庄矿和林西矿边界修建堵截工程,共打钻孔40个,总进尺9729.75m,投入的主要堵水物质和数量如下:细砂 $5.03 \times 10^4 \text{ m}^3$;石渣 $2.12 \times 10^4 \text{ m}^3$;水泥9110t;水玻璃90.15t。③查明和封堵突水通道——陷落柱,施工钻孔35个,总进尺23000m,投入的主要堵水物质和数量如下:石渣 $2.59 \times 10^4 \text{ m}^3$;砂子 $0.48 \times 10^4 \text{ m}^3$;粉煤灰300t;水玻璃4000t;水泥 $7 \times 10^4 \text{ t}$ 。

当时在三个注浆工地,共开动钻机40台进行注浆封堵。工程完工后,从1985年3月开始排水,恢复矿井。75天共从矿井排出淹没水量1200多万吨。

此外,这次突水还使区域地下水资源和地面环境遭到破坏。突水后开平煤田东部奥陶系岩溶水水位大幅度下降,

距突水点12.5km远的长观孔水位下降值达51.44m,使地面的许多供水井吊泵失去供水能力,造成东部矿区10万人口生产和生活用水的困难;覆盖在奥陶系之上的第四系松散层中,还相继出现了17个塌坑,其直径最大达23.5m,最深达12m,使地面及建筑物遭到破坏。此例充

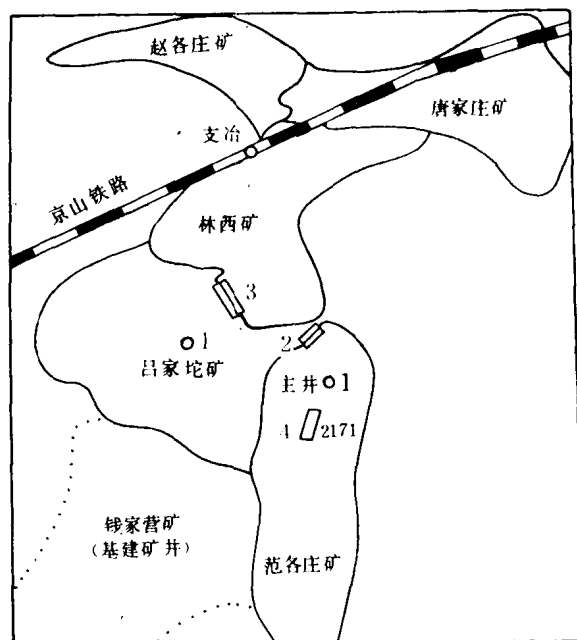


图4 范各庄等井田相对位置及2171陷落柱突水治理总方案布置略图

1—矿井排水(水泵10台,排水量 $18 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$);2—边界三条截水过水巷截流工程;3—边界煤柱加固工程;4—突水陷落柱堵水工程

分说明,研究和查明条件,加强分析和预测,做到防患于未然,减少或避免造成灾害,具有重要意义。

我国大多数煤田、一些接触交代型的金属矿和南方湘、桂、粤等省区中低温热液多金属矿的开采,常受到岩溶水的威胁,突水成为矿山建设和生产的主要障碍。有的矿区,每采一吨矿石,需要排出近 100t 的地下水;个别煤矿的吨煤排水费超过煤本身的售价;华北大量深埋的优质煤,由于受岩溶水威胁而不敢开采,一些矿井只采上部煤层,不仅造成开采上的极不合理,而且使这些矿井达不到应有的开采年限,出现“未老先衰”的现象。这些都说明,重视研究矿床水文地质条件与采矿的关系,做好矿坑涌水的预测和预防,是加速开发矿产资源的重要保证;反之,若情况不明,盲目开采,即使水文地质条件简单的矿区,也有可能出现人为的水害。

此外,由于采矿工程和矿坑排水,使地下水头压力、矿山压力与围岩之间失去平衡,从而引起一系列的工程地质作用和现象。如地下采空区顶板冒落和塌陷、巷道底板鼓胀、露天采矿场边坡的滑动、碎屑流的溃入等,均可造成严重的危害,并加剧水患,必须同时加以研究和防范。

矿坑涌水,特别是大型突水,不仅危害矿山本身,影响采矿工业的发展,而且由于单纯排水,大幅度降低地下水位,疏干含水层,还常引起区域性的水源枯竭、水质污染,破坏地面和生态环境等问题。所以,对矿坑涌水和突水进行监测和预防,减少和限制其危害,今后应同时作为矿山建设和生产与地区规划和建设中的重大研究课题。要摒弃传统矿床水文地质学的单纯排水概念,对矿区地下水,既要充分认识到它对矿坑的危害而要加以防范,又要作为宝贵的供水资源加以保护和利用。矿山建设必须贯彻排、供结合的方针,综合考虑防治矿井水患、保护水资源和矿区以至区域环境。

矿坑涌水和突水既取决于矿体赋存状况和水文地质背景,也与开采方法和矿井管理制度有关。查明矿床地质结构,掌握矿区地下水系统的范围、边界、补给条件,建立和健全长观网,了解地下水情的发展趋势,预测和预防突水;对矿产资源的开发进行科学管理,限制地方和个人的滥采和破坏;对矿区地下水源进行统一合理的调控。则能达到既保护水资源,又不破坏地面环境与生态,并杜绝巨、大型突水淹井事故,从而实现矿山安全生产,提高经济效益,并有利于矿区工农业生产的发展和人民生活水平的提高。实施这一综合的整体设想,既有赖于科技人员加强系统观念和环境保护意识,更有赖于矿山主管部门、社会力量和各级人民政府的支持和干预。

第四节 矿床水文地质研究的目的、任务与特点

根据上述认识,可把矿床水文地质研究的目的概括如下:为正确布署综合防治水害、全面利用和保护矿区水资源的系统工程提供水文地质论证,以便将矿区地下水调控到既有利于矿产资源经济合理的开发,又有利于环境保护和人民生活水平提高及工农业生产发展的最佳状态。

目的规定了任务,矿床水文地质研究任务与其他任何应用科学一样,不外乎以下两条:

一、充分认识自然的客观规律

在查明和掌握矿床开采前矿区与区域水文地质背景的基础上,分析矿坑充水条件,对矿床充水程度作出定量评价,并对矿床开采后矿区与区域水文地质条件的变化趋势和对环境质量的影响程度作出预测和论证。

二、合理改造和控制自然

提出矿区水源的多目标管理模型,进行综合调控。

矿床水文地质研究,是在矿产储量调查和开发时,对矿床自然条件和开采条件进行综合评价的重要组成部分,应贯穿在矿产区域普查、矿床地质勘探、矿山建设和生产的全过程中,并延续到闭矿以后的若干年内。不仅要研究矿床开采前初始水文地质条件,测预矿床开采后水文地质条件变化的可能和方向,提出最佳调控方案;而且要研究采矿活动干扰下实际的变化过程,以便对比、验证原来的认识和结论,这样,才能有效地指导矿区地下水的调控,并能进一步充实、提高和发展矿床水文地质理论。

第一章 矿坑充水条件

矿坑涌水现象及其过程称为矿坑充水。矿坑充水特点及充水强度(矿坑水* 的涌入方式、水量大小和动态)取决于矿坑充水条件,只有查明矿坑充水条件,才能正确预测矿坑涌水量,有效防治矿坑涌水。因此,研究矿坑充水条件是矿床水文地质学的核心内容之一。

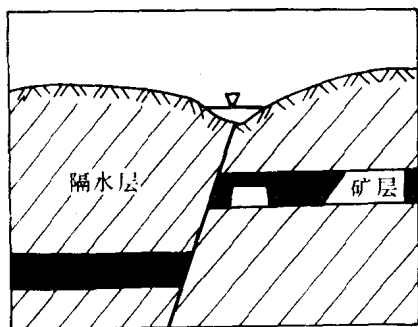


图 1-1 矿坑充水分析示意图

矿坑充水条件受一系列自然因素和人为因素控制,综合分析这些控制因素,可将矿坑充水条件概括为两个方面,即充水水源与充水途径。前者系指矿坑水的来源,或与矿坑有水力联系的储水体(层);后者系指水源与矿坑联系的方式,或水进入矿坑的通道。二者的统一和有机结合,才能构成矿坑充水。如图 1-1 所示,矿层深埋地下,假定顶、底板均为巨厚、稳定的隔水层,地表有河水从切断矿层的断层带上流过,断层成为河水唯一可能与矿坑发生联系的天然通道。若断层导水,河水可通过断层带与矿坑联系,进入矿坑,成为该矿的充水水源,而断层构成充水途径;若断层不导水,即没有充水途径,则河水也不能成为充水水源。可见充水水源和充水途径必须结合起来分析,才有实际充水意义。但在矿坑充水的形成作用上,水源是必要条件,途径是充分条件。

第一节 矿坑充水水源

地下水、大气降水、地表水、老窑和废弃井巷的积水,均可构成矿坑充水水源。各类水源与矿坑的联系程度和方式存在差异(见图 1-2),因而具有不同的充水特点和影响因素。

一、地下水

埋藏在矿层顶、底板(围岩)岩层中的地下水是矿坑最基本的充水水源。依其与矿层的相互关系可分为直接水源和间接水源(如图 1-2 所示)。直接水源必然被矿坑直接揭露,其充水作用随巷道掘进和矿石回采而延续,形成的矿坑总涌水量与巷道掘进长度和回采面积成正相关;间接水源只能通过局部导水通道与矿坑发生联系。

某一岩层中的地下水构成充水水源时,则此岩层称为充水岩层。地下水源的充水特点和强度与充水岩层的性质密切相关,其主要下面两个控制因素。

1. 充水岩层的空隙介质类型及发育特征

依空隙介质差异划分的不同地下水类型(孔隙水、裂隙水和岩溶水),是控制矿坑充水条件

* 凡是涌入矿山井巷系统而被排出的水,均称为矿坑水。

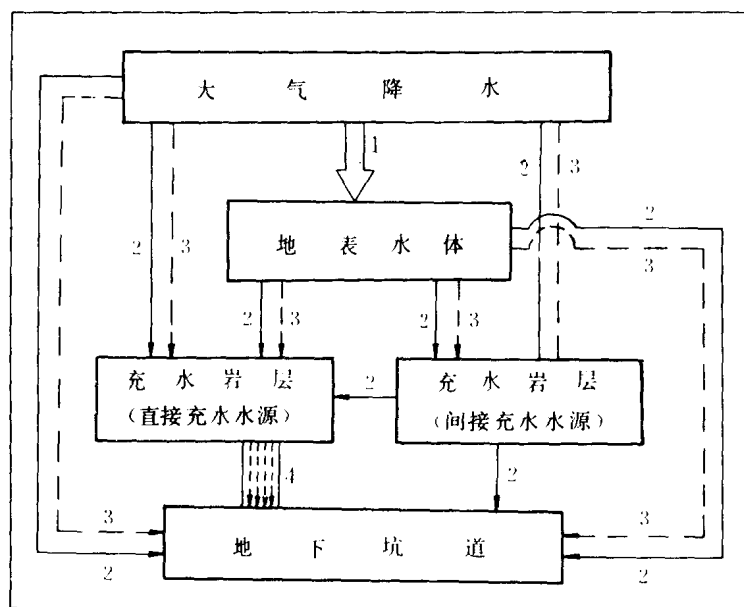


图 1-2 基本充水水源与矿坑的联系方式

1—直接降落；2—局部（集中）导水通道；3—通过空隙（孔隙、裂隙）介质均匀渗透；4—相互接触，坑道直接揭露地下水

的内在因素，决定矿床水文地质类型及其充水特点（参看第二章）。

2. 充水岩层中地下水的性质及水量大小

地下水源的性质与水量决定矿坑涌水量大小（或排水强度）和充水岩层疏干的难易程度。因而，必须在矿床水文地质调查中查明和确定。

流入矿坑的地下水包括两个性质完全不同的组成部分。一部分为地下水的贮存量，在矿床水文地质中习惯上称为静储量，以充水岩层空隙中所含的水体积表示，其大小主要决定于充水岩层的储水和给水能力；另一部分为地下水的补给量，矿床水文地质学中习惯上称为动储量，它是与一定的补给和排泄相联系，以地下径流的形式出现在充水岩层中，并以径流量表示，其大小主要决定于含水系统规模和补给条件。补给条件包括三个方面：①岩层透水性和厚度决定充水岩层接受补给的能力。②充水岩层的出露面积代表接受大气降水入渗补给的范围，决定垂向补给量大小。③周边界条件反映与区域含水系统的联系，决定侧向补给量大小。

若充水水源以地下水的贮存量为主，则矿坑涌水特点是：疏干排水初期涌水量相对较大，随着时间的延续逐渐减小，容易疏干；若充水水源以地下水补给量为主，则矿坑涌水量相对稳定，矿床不易疏干。可见，查清水源的性质具有重要意义。但是，地下充水水源的性质及补给量的大小在矿井疏干排水过程中是会变化的，为说明此问题，有必要从概念上来讨论矿井排水量的构成和含水层的一般疏干过程。

在无垂向入渗补给和排泄的情况下，若矿井以流量 Q_d 对充水岩层进行排水，并在时间 t 内形成了相当大范围的降落（减压）漏斗，当未达到补、排边界时，矿井排出的总水量应等于降落（减压）漏斗内被排除（释放）的地下水贮存量（弹性贮量），即

$$Q_d t = V_d = \Delta V, \quad (1-1)$$

式中： V_d 为 t 时间内排水总量，等于降落（减压）漏斗的体积乘以给水度（贮水系数）； ΔV 为充

水岩层中地下水贮存量的变化量。

可见,排出的总水量全部来自贮存量的消耗。因此,在矿井排水未影响到含水系统的补、排边界,原补给量和排泄量改变之前,即使 $Q_d < Q_r$ (充水岩层中地下水的原补给量),降落(减压)漏斗也会继续发展,充水岩层在此地段也会被疏干。

若矿井排水影响范围到达含水系统的补、排边界,引起补给量增大或排泄量减小,此时排水量的构成如下:

$$V_d = \Delta V_r + \Delta V_i + \Delta V_s \quad (1-2)$$

式中: ΔV_r 为同时期内含水系统补给量的增加量; ΔV_i 为同时期内含水系统排泄量的减少量。

当补给量的增加量与排泄量的减少量之和等于排水量时,即

$$V_d = \Delta V_r + \Delta V_i \quad (1-3)$$

则 $\Delta V_s \rightarrow 0$, 此时充水岩层中的地下水重新达到稳定流动,降落(减压)漏斗不再发展,必须有新的涌水点出现,使 V_d 增大,才能破坏(1-3)式的均衡关系。新增加的 ΔV_d 需由进一步消耗贮存量来补偿,则降落(减压)漏斗进一步发展,疏干范围扩大。这也就是矿坑排水对充水岩层的疏干过程。

第二章中图 2-8 所示的河南焦作煤田九里山矿井总涌水量多年动态曲线,就是上述矿井排水过程中补、排条件变化的反映。

(1-3)式是判断能否形成稳定条件井流的基本条件。(1-2)式是矿坑涌水量计算中应遵循的水均衡原则,它不仅是定量计算的基础,也是勘探工作指导思想的出发点。这说明,对地下水源的评价,除应研究含水层本身的水文地质参数(渗透系数、含水层厚度、给水度或贮水系数、入渗系数等)评价其导水能力外,还必须研究其补给条件,查清排泄方式和排泄量;不仅要研究补、排条件的现状,还应分析补、排条件在矿井排水过程中的变化。

二、大气降水

大气降水是地下水的主要补给来源,因此,矿坑充水特征一般都或多或少受到大气降水的影响。矿坑涌水量的动态曲线往往与当地大气降水过程图具有相似性(图 1-3),常表现出明显的季节变化和多年周期变化。

除露天采矿场外,大气降水对地下矿坑的充水作用不仅取决于大气降水本身的特点,还受到地表入渗条件的制约。所以,从充水水源角度研究大气降水时,必须综合考虑这两方面的条件。

1. 降水量的大小和分布

矿坑涌水量大小往往与月累积降水量密切相关。由于降水量在一年内分布不均匀,形成雨、旱两季,矿坑涌水量也相应地有旱季正常涌水量(Q_0)与雨季最大涌水量(Q_{max})之分,两者相差悬殊。前者相对较小而且稳定,来自充水岩层中地下水源的基流量;后者为雨季剧增的峰值涌水量,滞后于降水量峰值一定的时间段出现,常对矿井构成威胁。如北京西山长沟峪煤矿 1979 年的正常涌水量仅 $3.58 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$,而雨季的集中降水可直接通过与采区相通的老窑及地表塌陷坑灌入坑道,于 8 月 16 日形成了相当于正常涌水量 48 倍的最大涌水量,超过矿井设计排水能力而淹井。又如湖南香花岭多金属矿新风矿区,平时矿坑涌水量约 $10 \text{ m}^3/\text{h}$,而雨季暴雨直接经地表岩溶通道灌入,曾出现高达 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$ 的瞬时水量,在矿坑内外造成灾害性破坏。可见以大气降水为直接充水水源的矿井,预测雨季最大涌水量及采取相应的雨季防洪措施是矿山生产中的重要研究课题。

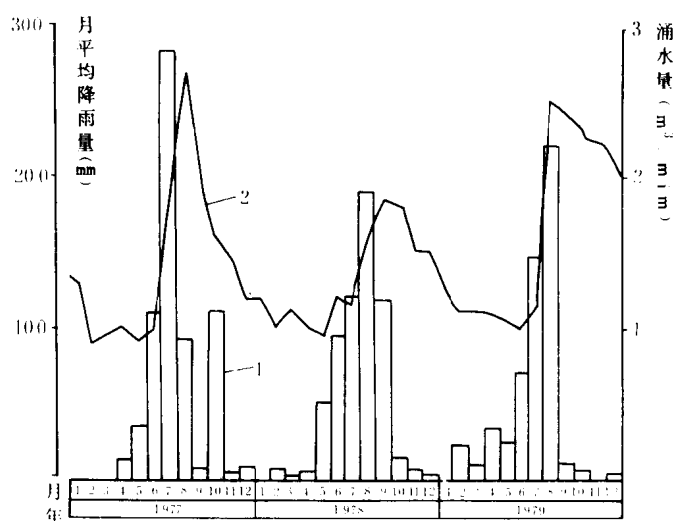


图 1-3 矿坑涌水量随降水量变化曲线(京西王平村矿)

1—降水量;2—矿坑涌水量

将矿坑年最大涌水量与正常涌水量的比值定义为季节变化系数(η):

$$\eta = \frac{Q_{\max}}{Q_0} \quad (1-4)$$

它可用来评价降水的充水程度。由于年最大涌水量受到年降水量的控制,具有多年的周期性变化,一个矿区的 $Q_{\max}$ 值和 η 值均不是常数,其大小在不同降水类型年相差很大(表 1-1),这乃是年降水量变化的反映。

表 1-1 北京西山长沟峪煤矿 1974—1979 年矿坑涌水量变化对比

年份(年)	1974	1975	1976	1977	1978	1979
降水类型*	丰水年	枯水年	平水年	丰水年	平水年	丰水年
$Q_0(\text{m}^3/\text{s})$	2.97×10^{-2}	2.97×10^{-2}	3.13×10^{-2}	2.80×10^{-2}	4.87×10^{-2}	3.58×10^{-2}
$Q_{\max}(\text{m}^3/\text{s})$	1.324	5.92×10^{-2}	8.30×10^{-1}	1.412	3.56×10^{-1}	1.732
η	44.62	2.01	26.48	50.43	7.28	48.34

注: * 年降水量大于多年平均年降水量时称丰水年;年降水量接近多年平均年降水量时称平水年;年降水量小于多年平均年降水量时称枯水年。

2. 降水性质与地表入渗条件

由于大气降水一般是通过岩层的空隙入渗而与地下矿坑相联系,因此矿坑涌水量的大小和动态不完全取决于降水量的大小,还和降水强度与地表入渗的配合有关。只有降水强度与地表入渗条件相适应的降水,才能全部对矿坑充水显示其作用。降水强度可用单位时间的降水量来表征,我们将它定义为小时降水量。地表入渗条件由入渗通道(充水途径)性质和地形汇水类型决定。降水入渗通道可分为面状渗入式和集中灌入式两种,地形汇水类型可分为散流地形(坡度大,切割强烈的山脊和山坡)、滞流地形(坡度小或较平坦的平原和台地)和汇流地形(低

洼谷地)等三类。在相同的地表入渗条件下,不同强度和分布的等量降水,引起的矿坑涌水量增量不同。若大气降水为面状渗入方式,降水入渗量将受到入渗速率的限制。对于汇流地形中的灌入式通道,矿坑涌水量增量可随降水强度增大而增加。如表 1-2 所示,北京西山大台矿区 1979 年的年降水量与 1971 年、1977 年相接近,而最大降水月(8 月)的总降水量和日最大降水量都比其它两年小,但该月 91%的降水量是在 6 天之内连续分布的,且其强度与入渗速率相适应,因而出现了全矿涌水量的最高记录,可见强度超过入渗速率的降水只能部分对矿坑充水,因而作者提出了有效降水量的概念。有效降水量在数值上小于或等于实际降水量,系指对矿坑涌水量能产生增量,或对充水岩层中地下水有补给能力的降水量,它排除了受地表入渗条件和包气带吸收等因素影响所产生的无效部分;其大小取决于降水性质和地表入渗条件,可依矿区多年降水与矿坑涌水量(或充水岩层的地下水位)的对应系列资料,确定它与实际年降水量和月降水量的相关关系。据此就可利用当地气象站的预测数据,预测雨季矿坑涌水量增量。

表 1-2 北京西山大台煤矿矿坑涌水量与降水量对比

年份	年降水量 (mm)	日最大降水量 (mm)	矿坑最大涌水量 (m ³ /s)	雨季矿坑涌水量增量 (m ³ /s)
1971	689.4	122	0.453	0.405
1977	669.7	51.4	0.639	0.554
1979	695.1	35	1.231	1.14

以上分析说明,对以大气降水为主要充水水源的矿床,在开采期间应系统观测矿坑涌水量和降水量,同时研究降水性质和地表入渗条件,以便掌握它们之间的对应关系。

三、地表水

位于矿区或矿区附近的地表水体,能否成为矿坑充水水源,关键在于二者之间有无水力联系,即是否存在充水途径。地表水体和矿坑之间的联系通道可分天然的和人为的两类。前者有充水岩层(地表水体作为充水岩层的补给源或排泄基准)和导水断裂带;后者有地下采空区的顶板破坏带和疏干排水范围内的岩溶地面塌陷。

地表水体成为矿坑充水水源时,它对矿坑的充水程度取决于以下几个方面。

1. 地表水体的性质和规模

常年性的大水体可成为定水头补给边界,使矿坑涌水量呈现大而稳定的特点,不易疏干,淹井后很难恢复;季节性水体只能定期(雨季)间断补给,矿坑涌水量大小随季节变化,受大气降水过程控制,但与同条件下仅受大气降水充水作用的矿坑相比,涌水量的动态有一定的差异,主要表现在雨季矿坑涌水量的增减速率不同,即增加快减少慢,特别是位于流域面积较大的河谷中下游的矿坑更为显著,这是因为河谷本身不仅提供了良好的入渗条件,而且还汇集上游广大集水面积内由降水转化为地表径流的部分,从而增大了降水的影响强度,并延长了降水的影响时间,因而雨季动态曲线的上升幅度相对增强,而雨后的降幅过程相对减弱。

2. 地表水体与矿坑的相对位置

地表水体与矿坑的相对位置包括两个方面:其一是指两者位置高程的相对关系。显然,只有位置高程大于矿坑的地表水体,才有成为充水水源的可能;其二是指两者之间的距离。开采埋藏标高低于地表水体的矿床时,若其间为相对隔水岩层,只有处于矿体开采破坏带之内的地