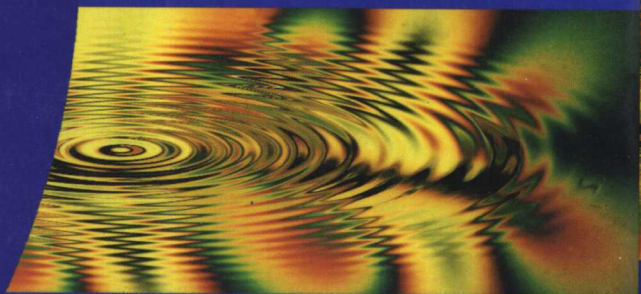


煤矿地下水与 底板突水

邵爱军 刘唐生 邵太升 著
张 伟 张运昌 杨建华



地震出版社

P641.4
S-121

煤矿地下水与底板突水

邵爱军 刘唐生 邵太升 著
张 伟 张运昌 杨建华

地 震 出 版 社

2001

图书在版编目(CIP)数据

煤矿地下水与底板突水/邵爱军等著. —北京:地震出版社, 2001. 6

ISBN 7-5028-1911-8

I. 煤... II. 邵... III. 煤矿-地下水-水文地质 IV. P641.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 038105 号

煤矿地下水与底板突水

邵爱军 刘唐生 邵太升 著

张 伟 张运昌 杨建华

责任编辑:张友联

责任校对:王花芝

出版发行:地震出版社

北京民族学院南路 9 号 邮编:100081

发行部:68423031 68467993 传真:68423031

门市部:68467991 传真:68467972

总编室:68462709 68423029 传真:68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京地大彩印厂印刷

版(印)次:2001 年 6 月第一版 2001 年 6 月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:221 千字

印张:8.5

印数:001~700

书号:ISBN 7-5028-1911-8/TD·12(2460)

定价:15.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)



内 容 简 介

本书是一部较为系统地研究和论述当前煤矿地下水及底板突水预测与防治方面的著作,它是作者在总结多年科研成果的基础上撰写而成的。本书以河北峰峰矿务局五矿为范例,结合山东淄博煤田的实际资料,针对我国北方岩溶充水矿床的特征,在基础地质研究的基础上,采用传统研究方法与当前新理论、新技术相结合、理论分析与试验研究相结合、定性分析与定量评价相结合等多种手段和方法进行研究。主要内容有:矿区水文地质特征,奥陶系灰岩裂隙渗透张量研究,环境同位素与水化学研究,地下水渗流数值模拟,围岩体工程地质特征,底板突水机理及其预测,底板阻抗突水性能分区及其防治水措施。

该书的理论性和实用性都较强,可供水文地质与工程地质、煤田地质、冶金地质、石油地质、工程勘查和环境工程等相关专业的教师、研究生和高年级学生参考,也可供一般从事矿山勘测、设计和施工的工程技术人员参考。

Groundwater of the Coal Mine and Water Bursting in Footwall

Shao Aijun Liu Tangsheng Shao Taisheng
Zhang Wei Zhang Yunchang Yang Jianhua

ABSTRACT

On the basis of scientific research of many years, groundwater of the coal mine especially the karst water filled mine in North China and water bursting in footwall as well as its countermeasures are discussed and the current achievements are summarized, in illustration of No.5 Mine in Fengfeng, Hebei Province combining with the data of coal mine in Zibo, Shandong Province. The studying methods adopted here are traditional geological methods and combining ones such as modern theories with new techniques, theoretical analysis with experimental research, qualitative analysis with quantitative assessment. Some of them were applied firstly in the category.

The main contents of the book are the characteristics of hydrogeology and engineering in the mine district, analysis and calculation on infiltration tensor in Ordovician limestone, mathematical and physical methods for researching isotopic and chemical characteristics of groundwater, numerical simulation of groundwater seepage, engineering geology of the wall rocks in the exploitation area of coal mine, mechanism and prediction for water bursting in footwall, and countermeasure of water bursting. The main factors controlling water bursting and bursting mechanism in footwall are described in detail. It is introduced to establish an experimental formula on forecasting water bursting in footwall according to the mechanics theory. The pertinent countermeasures for water bursting have been developed through synthetically analyzing the capability against water bursting in footwall of Shanqing coal layer.

The book is suitable for the scientists, engineers, and graduated students of hydrogeology and engineering geology, mine geology, petroleum geology, engineering exploration and environmental geology.

序 言

华北型煤田横跨 14 个省、市、自治区,总面积约 150000km^2 ,分布有大小煤田及煤炭产地近百余个,煤炭产量占全国总产量的三分之二,是中国最重要的煤炭工业基地。

河北峰峰矿务局五矿属华北型煤田,煤层储藏于石炭—二叠系地层,可采煤层共 7 层。随着开采深度的不断增加和开采层次的逐渐下移,煤层底板受大青灰岩和奥陶系灰岩裂隙岩溶水的威胁日趋严重。因此,进一步查清大青灰岩和奥陶系灰岩的水文地质条件,系统分析地下水的运动规律,深入研究诱发突水的因素及其形成机制,合理解决带压开采中防治突水的问题是当前一项非常紧迫的任务。

煤矿底板突水是在一定时空范围内的煤层围岩岩体形成采空区以后,由多种影响因素综合作用破坏原有围岩体系的平衡状态,引起地下水动力场的失衡所致。突水一旦发生,不但会对人民生命和国家财产构成严重威胁,而且给矿井带来难以挽回的损失,遗留下诸多难以消除的隐患。因此,煤矿突水被认为是影响煤矿安全生产的重大灾害之一而引起人们的关注。多年来,许多专家、学者进行了不懈的探索,试图从各个方面努力去解决这一重大生产实际问题,取得了可喜的成果,推动了这一领域研究工作的进展,但由于煤矿突水的复杂性,还有许多问题没有解决,仍需要进行探索 and 开展研究工作。

本书以河北峰峰煤田五矿作为一个典型实例,同时结合山东淄博煤田的实际资料,对岩溶充水矿床的水文地质、工程地质条件和带压开采的可行性进行了深入的研究,具有重要的理论意义和实用价值。本书在系统总结国内外大量有关文献资料的基础上,结合矿区具体的水文地质和工程地质条件,将一系列新理论和新方法应用于矿区地下水的研究之中,在以下方面有所创新:①在矿区地质、水文工程地质条件研究的基础上,推导了渗透张量的渗透主值和渗透主方向的计算公式,根据野外实测数据计算了奥陶系灰岩的渗透张量,提出远离岩溶大泉排泄区各向异性明显,岩溶大泉排泄区趋于各向同性的新见解;②利用正态分布密度函数表征地下水的混合模式,在此基础上提出的正态同位素模型具有新意;③利用突水观测资料所进行的数值模拟,不仅节省了大量资金,而且取得了更好的数值仿真效果,为查清矿床充水条件,确定合理的防治水措施,提供了科学依据;④在

软材料光弹模拟试验的基础上,借助于弹性理论、材料力学和格里菲斯强度理论建立了有实用价值的预报突水的近似公式,为突水预测提供了新的途径;⑤根据山青煤底板岩体阻抗突水性能进行的分区,对疏水降压的决策具有重要的参考价值。

这部著作内容丰富,文字精练,理论研究较深入,资料翔实,依据充分,观点明确,其研究成果具有明显的经济和社会效益。希望这部著作的出版对煤矿地下水、底板突水与防治和带压开采的研究起到积极的推动作用。

中国科学院院士
中国工程院院士

张宗祜

2001年2月23日

目 录

绪 论	(1)
一、研究进展	(1)
二、研究方法	(2)
三、研究成果	(3)
第一章 矿区水文地质特征	(7)
第一节 区域水文地质概况	(7)
一、南单元的边界和范围	(8)
二、南单元水文地质概况	(9)
第二节 井田水文地质特征	(12)
一、自然地理概况	(12)
二、地质概况	(13)
三、水文地质特征	(17)
第三节 模糊数学在径流分区中的应用	(23)
一、综合评判原理	(24)
二、综合评判计算	(25)
三、综合评判结果分析	(27)
第二章 奥陶系灰岩裂隙渗透张量研究	(28)
第一节 裂隙几何参数的确定及其统计分析	(28)
一、基本概念	(28)
二、裂隙几何参数的确定及其统计分析	(28)
第二节 裂隙水运动基本方程	(32)
第三节 裂隙岩体渗透张量计算	(33)
一、单组裂隙岩体的渗透张量	(33)
二、多组裂隙岩体的渗透张量	(34)
三、裂隙介质渗透主值及渗透主方向的确定	(35)
第四节 奥陶系灰岩渗透张量	(36)
一、测点的选择	(36)
二、奥陶系灰岩渗透张量计算及结果分析	(37)

第三章 水化学与环境同位素研究	(40)
第一节 水化学特征	(40)
一、水化学类型	(40)
二、水化学组分的构成	(40)
三、水化学组分背景值	(43)
四、水动力条件对水化学组分构成的影响	(49)
第二节 环境同位素特征	(50)
一、氢氧稳定同位素组成及其分布	(50)
二、氢氧稳定同位素动态分析	(51)
三、放射性同位素氡的分布特征	(52)
第三节 同位素数学模型及其应用研究	(52)
一、大气降水氡浓度的恢复	(52)
二、奥陶系灰岩岩溶水系统同位素模型研究	(53)
三、大青灰岩裂隙岩溶水年龄	(58)
第四节 正态同位素模型	(59)
一、年龄分配函数	(59)
二、正态同位素模型(NDM)	(59)
第四章 地下水渗流数值模拟	(61)
第一节 矿坑突水数值模拟	(61)
一、中央区 56603 工作面突水简介	(61)
二、中央区水文地质条件概化	(62)
三、数值模拟	(64)
第二节 矿坑放水试验数值模拟	(77)
一、东翼区大青灰岩放水试验简介	(77)
二、东翼区水文地质条件概化	(78)
三、数值模拟	(79)
第五章 围岩体工程地质特征	(82)
第一节 岩石物理力学性质	(82)
第二节 岩石声学特性	(83)
第三节 岩石微结构特征	(86)
第四节 岩体结构类型	(87)
一、围岩体结构划分原则和依据	(88)
二、煤层围岩体的结构分类	(89)
第五节 岩体裂隙展布特征	(90)
第六节 采动与矿压	(93)

第六章 采区煤层底板突水机理 (95)

第一节 突水影响因素分析 (95)

一、水压是引发突水的重要作用力之一 (95)

二、结构面及其物理性状对突水起决定作用 (95)

三、工程采动对底板的破坏作用 (97)

四、回采面积对突水的影响 (99)

五、隔水底板岩层厚度对突水的制约作用 (99)

第二节 突水基本类型 (100)

一、直接揭露型 (100)

二、节理、裂隙网络扩展型 (101)

三、节理、裂隙渗流型 (101)

四、较完整互层倾斜岩层底板突水 (101)

五、陡倾互层状岩层底板突水 (101)

第三节 突水形成机制 (102)

一、控制底鼓水的主要作用力 (103)

二、突水的力学原理 (103)

三、软材料光弹模拟试验研究 (104)

四、煤矿采区底板最易破裂点临界水压方程的确定 (110)

第七章 底板阻抗突水性能分区及防治水措施 (118)

第一节 分区原则 (118)

第二节 山青煤底板阻抗突水性能分区及说明 (119)

第三节 开采下三层煤的防治水措施 (119)

参考文献 (124)

Contents

Introduction	(1)
Chapter 1 Hydrogeological characteristics in the mine district	(7)
Section 1 Hydrogeological setting	(7)
Section 2 Hydrogeological characteristics in the fields of well	(12)
Section 3 Application of fuzzy mathematics in runoff division	(23)
Chapter 2 Infiltration tensor of Ordovician fissure	(28)
Section 1 Determining of geometry parameter and statistics analysis in fissure	(28)
Section 2 Basic equation of fissure water flow	(32)
Section 3 Calculation of fissure infiltration tensor in rockmass	(33)
Section 4 Infiltration tensor of limestone in Ordovician	(36)
Chapter 3 Hydrochemistry and environment isotope	(40)
Section 1 Characteristics of hydrochemistry	(40)
Section 2 Isotopic characteristics of hydrogen and oxygen	(50)
Section 3 Mathematical model of isotope and its application	(52)
Section 4 Isotopic model of normal distribution	(59)
Chapter 4 Numerical simulation of groundwater seepage	(61)
Section 1 Numerical analog of water bursting in pit	(61)
Section 2 Numerical analog of water discharge in pit	(77)
Chapter 5 Characteristics of engineering geology on the wall rockmass	(82)
Section 1 Physical and mechanical features of rock	(82)
Section 2 Acoustics feature of rock	(83)
Section 3 Micro-structure feature of rock	(86)
Section 4 Structure type of rock	(87)
Section 5 Distribution of rock fissure	(90)
Section 6 Exploiting variation and mine pressure	(93)

Chapter 6 Mechanism of water bursting in footwall	(95)
Section 1 Factors controlling water bursting	(95)
Section 2 Basic types of water bursting	(100)
Section 3 Mechanism of water bursting	(102)
Chapter 7 Classification of water bursting and countermeasure	(118)
Section 1 Principle of classification	(118)
Section 2 Classification and illustration of water bursting in footwall	(119)
Section 3 Countermeasure against water bursting in exploiting lower coal layers	(119)
References	(124)

绪 论

一、研究进展

我国北方的许多岩溶充水矿床,由于岩溶水频繁突入矿井,造成淹井或因突水威胁使大量煤炭资源难以开发。随着老矿区开采向深部延伸和复杂水文工程地质条件下新建井的发展,地下水害日趋严重,突水频率、突水量均有所增加。目前,已发生大的突水事故数百起,直接经济损失约数十亿元。受突水灾害威胁的大型矿井有 200 个之多,煤炭储量达 67 亿吨,占统配煤矿总储量的 18%,像这样一个对人民生命和国家财产构成严重威胁,同时影响开采活动的重大生产问题不能不引起人们的关注。

早在 20 世纪 50 年代,国内专家就已认识到突水现象与含水层的富水性、水头压力、相对隔水层厚度及断层的存在等因素有关。60 年代初,煤炭科学院地质勘探分院将突水作为上述因素的综合结果,以统计资料为基础,提出了突水系数的概念,即单位实际隔水层厚度可承受的临界水压值,在当时发挥了一定的作用。60 年代中期,煤炭科学院地质勘探分院与峰峰矿务局合作,对隔水底板进行了钻孔压水试验,提出突水过程和每米厚度岩层,包括断层、节理、裂隙等结构面在内的极限强度有关。70 年代开始强调采动对煤层顶底板的破坏作用是导致突水的诱发因素之一,并在峰峰矿区对采动破坏底板的深度进行了观测。70 年代后期,峰峰矿务局对带压开采下三层煤(小青、大青和下架煤)提出了开拓部署方案,并做了大量的研究和探查工作,对今后的工作有重要的指导作用。80 年代初,峰峰、淄博、开滦、井陘、焦作等矿务局根据历年来突水及井上、井下钻孔资料分析,以底板隔水层中存在的固有裂隙通道与含水层相联系为前提,提出了“原始导高”(潜导水)的概念,并认为其存在状况是底板突水的关键所在,同时对其在隔水层底板以下的存在状态进行了综合试验和观测。80 年代中期,对底板突水机理基本得到了共识,那就是含水层的富水性、隔水层底板厚度及其存在的断层、裂隙,水头压力和矿压(包括地应力)诸因素综合作用的结果,并通过水文地质、工程地质、岩体力学、地球物理勘探和现场测试等多种技术手段进行了综合研究,取得了许多研究成果。在预报突水方面已由过去的定性分析和半定量评价,发展为定量分析和仪器直接探测预报等,具有代表性的有:

(1) 长春科技大学胡宽璐教授(1981)在调查峰峰、淄博、开滦和井陘煤矿突水实例的基础上提出了用能量平衡理论确定代表突水的临界厚度并建立了相应的公式,经国内一些主要矿区的验证具有一定的实用性。

(2) 原煤炭部地质局葛亮涛教授(1986)通过对淄博煤矿大量突水资料的调查分析,采用力学平衡和曲线拟合的方法,提出了预报突水的临界水压方程,有一定的应用价值。

(3) 中国地质大学田开铭教授(1989)在其专著《用人工双层水位方法防止矿井排水引起的地面岩溶塌陷的研究》和《各向异性裂隙介质渗透性的研究与评价》之中,提出了含水层双层水位的概念,并通过裂隙介质渗透张量的计算,对河南焦作安全开采下三层煤进行了有针对性的

研究。

(4)中国科学院地质研究所许学汉教授(1991)在其专著《煤矿突水预报研究》中,首次应用工程地质力学理论与方法研究煤矿突水预测预报问题,并对开滦煤矿的突水进行了多学科的综合研究。

(5)辽宁阜新矿业学院王明玉副教授(1995)针对华北型煤田矿井突水提出了多含水层水箱理论,并建立了相应的突水量预报公式。

由于煤矿突水具有很强的突发性、随机性、模糊性和混沌性,亦有一些学者采用概率分析、模糊评判、灰色预测和灾变歧点等方法来预报突水。

进入 90 年代,随着计算机技术的发展和普及,与计算机技术有关的预报突水的理论方法异常活跃。一些数值计算方法用于预报水位、水量和突水,这些方法的应用,将突水预测预报的研究向前大大推进了一步。井下探测技术也有了很大发展,并得到了广泛应用,如坑道透视法、CT 探测技术、井下声波、电法、氡气测定法、 ^{218}P 法、地应力测量和综合测试技术等用于预测突水,取得了较好的效果。在治理工艺技术、帷幕截流工艺技术、井下放水工艺技术等方面,逐步形成了一套具有中国特点的矿山防治水理论与技术方法,在生产实践中正在发挥重要的作用。

二、研究方法

煤矿突水是在一定时空范围内的煤层围岩体形成采空区后,多种影响因素作用破坏了原有平衡状态,引起地下水流场和工程地质力学场的失衡所致。有些影响因素不但难以捕捉,更难以定量表达,因此,这一问题从理论和实践上尚未很好地解决。

长期以来对奥陶系灰岩岩溶承压水威胁煤层的开采问题存在两种观点,一是主张“深降强排”,二是主张“带压开采”。

所谓“深降强排”就是设置各种疏水工程,将岩溶水位降到开采水平以下,以确保煤层的安全开采。其优点是彻底根除水害,确保开采安全。但也存在弊端:疏水工程投资大,排水耗电量大,开采成本高。同时由于强排引起地下水位大范围、大幅度地下降,从而产生一系列的环境地质问题。

所谓“带压开采”就是利用底板隔水层的阻水作用,在不降低水压或少量疏水降压的条件下,带水压进行开采。带压开采经济效益好,但不能确保安全生产和不发生突水事故。

对于受承压水威胁的煤层要实现安全开采需要做好三方面的研究工作:

- (1)查清井田的地质、水文地质与工程地质条件;
- (2)研究底板突水机理,搞清底板突水的成因和条件,提出可靠的预测方法;
- (3)制定合理的开采方案和有效的防治水措施。

围绕上述工作,需要从具体到抽象、从表面到本质、从无序到有序逐步深化,遵循归纳与演绎相结合、单元分析与多元分析相结合、形象思维与抽象思维相结合的思维方法,制定一条综合性的、科学的研究技术路线,其具体研究程序参阅框图 0-1。

框图明确指出,此项研究工作必须以基础地质研究为先导。只有通过基础地质研究才能从根本上和实质上查清和把握突水的特征和引起突水的主要因素,才能有针对性地实施突水预测预报,才能有根据有目的地采取有效的防治水措施。

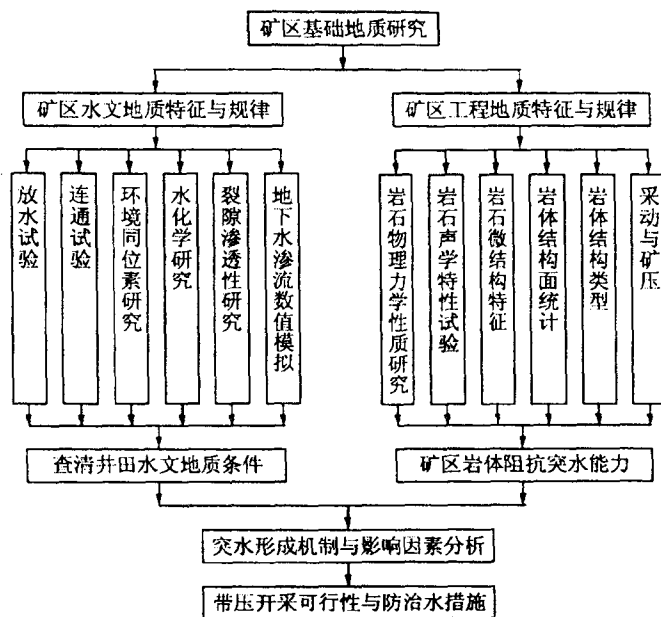


图 0-1 研究程序框图

研究中采用传统地质研究方法 with 当代新理论和新技术方法相结合,理论分析与宏观调查相结合,局部探查与整体系统相结合等多种技术方法和手段,拟对突水形成机制从理论上进行客观、全面、深入地分析研究,建立合理、准确地反映突水形成条件的物理力学模型,在数值模拟等定量评价的基础上,对煤层带压开采,提出科学的理论依据和有效的技术途径。

矿区突水有其共同规律,但具体到某一矿区又有自己的特点。因此,必须根据矿区的实际情况,对开采煤层围岩体抵抗突水的能力,从突水机制、类型和空间分布方面进行划分与评价,从而划分出相对安全与危险区段。对于相对危险的区段,要从安全可靠、经济合理性和技术可行性出发,制定防治水措施。由于煤层带压开采具有一定的风险性,所以在深入研究的基础上进行科学决策也是非常必要的。

三、研究成果

通过对峰峰矿务局五矿井田水文地质和工程地质条件及底板突水的综合研究,取得如下成果:

(1)在查清区域地质、水文地质条件的基础上,综合应用多学科知识,通过多种研究途径,采取多种研究手段,基本查清了五矿井田的水文地质条件。中央区大青灰岩含水层以边界断层侧向补给为主,垂向越流补给为辅,补给水源为奥陶系灰岩岩溶水;东翼区大青灰岩含水层以垂向越流补给为主。

在查清五矿井田水文地质条件的基础上,应用模糊数学方法,综合评判井田岩溶径流带的强弱程度。不仅奥陶系灰岩存在岩溶径流带,而且大青灰岩也存在岩溶径流带。在分布上两者的大体位置(平面上)基本一致,范围上奥陶系灰岩岩溶径流带较大。五矿井田奥陶系灰岩

属于岩溶强径流带;大青灰岩的中央区属于中等强度的岩溶径流带(与奥陶系灰岩相比较而言),东翼区属于极弱强度的岩溶径流带。

(2)在裂隙介质岩体水力学方面,应用概率统计对裂隙几何参数进行了统计分析,推导了部分参数的统计计算公式。根据渗透性可叠加原理,由裂隙水运动的基本方程,推导了裂隙岩体渗透张量的计算公式,较详细地推导了渗透主值、渗透主方向的计算。该公式简单实用,利用野外实测的裂隙产状要素和其他几何参数,即可计算裂隙岩体的渗透张量,为裂隙介质各向异性的研究提供了基础。依据野外实测资料,分岩性段(O_2^2 、 O_2^4 、 O_2^5 、 O_2^7)计算了奥陶系灰岩岩体的渗透张量,结果表明 O_2^7 段渗透主值最大, O_2^5 段最小,主方向明显地受构造控制。在平面图上渗透性表现为,远离排泄区渗透椭圆为一扁平椭圆,各向异性明显;排泄区渗透椭圆接近圆形,长短轴接近,趋于各向同性。

(3)根据概率统计分析,利用变差曲线法,按含水层确定出地下水中 7 种主要离子、固形物和 pH 值的背景值及其背景上限值,为确定水化学异常点提供了依据。其中大青灰岩水化学异常点的分布受构造控制明显,五矿背斜北侧地下水中 $K^+ + Na^+$ 含量较高,五矿背斜南侧地下水中 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 含量较高。通过对地下水化学组分构成动态的研究发现,中央区通过近 40 年的水动力扰动,大青灰岩水质与奥陶系灰岩水质更加接近,进一步证实了奥陶系灰岩水补给大青灰岩水的论点。东翼区大青灰岩放水前后(1996 年 4 月)水化学组分构成的变化说明,当大青灰岩水位降深较大时,水化学组分构成向奥陶系灰岩水方向演化。

(4)环境同位素在地下水的研究中具有独到之处。通过稳定同位素的分析认为,大青灰岩水、奥陶系灰岩水皆起源于大气降水。利用放射性同位素的计时性,以放射性衰变定理为基础的同位素数学模型在有关地下水的定量评价方面具有其他方法无法比拟的优越性。本文在国内首次应用正态同位素模型(NDM)于地下水年龄的计算中,该模型物理概念清晰,数学解释明确,文中对模型的具体应用,求解方法等都作了较详尽的论述,模型的参数由实测数据拟合确定,通过所建模型计算的理论输出曲线与实测值拟合较好。实践表明,该模型简单实用,计算精度较高,具有广阔的应用前景。正态同位素模型的提出和应用,是对同位素水文地质理论的补充和完善,根据现有文献资料,应用正态同位素模型进行有关地下水定量方面的计算,在国内尚属首次。与此同时,还应用指数——活塞流模型对地下水年龄进行计算,两模型计算结果得到相互印证。计算结果表明,奥陶系灰岩水地下水年龄为 16~18 年。最后用所建模型对 1952~1997 年地下水中氡的输出进行了计算,计算曲线与大气降水氡值曲线形状基本相同,但峰值有所滞后。

(5)众所周知,突水给国家造成的经济损失是巨大的,其后果是极其严重的,但另一方面突水也给我们积累了极其珍贵的水文地质资料。突水具有水流量大、时间延续长、水位降深大、降落漏斗影响范围大、暴露水文地质问题全面、反映水文地质条件清楚等特点,如果进行同等规模的放水试验,不仅影响生产,而且其投资之巨也是生产单位难以承受的。因此利用突水资料进行地下水渗流的数值模拟,对于查清矿床充水条件,制定科学合理的矿山防治水措施是有很大的帮助的。

中央区 56603 突水的数值模拟,计算范围南到 F_{10} 断层,北至 F_7 、 F_4 断层,东到 F_{11} 、 F_{19} 断层,西至 F_5 断层一线,面积 9.52km^2 ,剖分单元 160 个,结点 98 个,模拟时间 13 个月,稳定突水量 $25\text{m}^3/\text{min}$,参数分为 4 个区。模型识别的检验从两方面进行:①各观测孔水位随时间的变化过程(从时间上);②地下水流场(从空间上)。通过模型识别不仅各观测孔的水位动态曲线拟合

较好,而且流场(平面图和三维立体图)拟合也较好。通过模型识别对水文地质条件有了进一步的认识,补给中央区的边界断层有 F_{11} 断层中段、 F_{10} 断层东段及西北角的 F_4 断层,正常情况下隔水的断层,当水位差较大时,也有一定的水量通过,如 F_7 、 F_{19} 断层。模拟突水期间通过断层边界进入中央区的流量为 $18.6\text{m}^3/\text{min}$,以越流方式进入的流量为 $6.4\text{m}^3/\text{min}$ 。模型识别后,分三个水平 - 120m、- 150m、- 200m 水平进行了疏放水量、水位的预测,结果表明,中央区开采 - 100m 水平以下山青煤排水量较大,所以成本较高。

东翼区放水试验的数值模拟,计算范围东西边界为 F_{12} 、 F_{11} 断层,南北为边界煤柱,面积 1.2km^2 ,剖分为 142 个单元,87 个结点,时段 43 个,计算时间 11500min,参数分为 3 个区。模型识别认为,东翼区属于相对封闭块段,以垂向越流补给为主, F_{12} 为隔水断层, F_{11} 补给相对微弱。模型识别后,分三个水平 - 120m、- 150m、- 170m 水平进行了疏放水量、水位的预测,结果表明,东翼区大青灰岩含水层具有水压大、水量小、易于疏降的特点,只要措施得当,充分做好预防水突入的工作,通过对大青灰岩含水层采取适当的疏水降压措施来安全开采 - 100m 水平以下山青煤是可行的。

数值模拟过程中将模拟程序与计算机绘图程序相连接,大量读入的数据以图形方式进行检查,如剖分图、初始流场图等,以确保数据的准确无误。计算结果也以图形的方式输出,如动态曲线拟合图、流场图(包括平面图和三维立体图)等,整个过程由计算机自动完成,从而大大提高了工作效率。

(6)对五矿中央区 FD35、FD36 孔,深度自 - 119.9 ~ - 193.9m 的岩石物理力学性质指标、容重、点荷载强度、抗压强度、弹性模量和泊松比等进行了测定。从试验结果可以看出,同种类岩石力学指标高低之间相差较大,造成这种差别的主要原因是隐微裂隙和裂隙的发育程度,它们是岩石破坏机制和力学特性的主要控制因素。在煤矿突水预测预报中具有研究意义的往往是岩石相互作用下所表现出来的一系列性质,因此,岩石的物理力学性质的研究是其他各项研究的基础。

通过在岩石加载过程中量测纵横波速和振幅的变化,确定了岩石加载破坏过程中的裂纹闭合、弹性、塑性和裂纹起裂扩展阶段,获得了各个变形阶段的 V_p 值,从而实现对岩石破坏前兆的预测。

(7)对煤层底板岩石的微结构和微裂隙进行了观测,泥质灰岩多呈海绵状结构,微裂隙发育,形状不规则。砂岩多呈骨架状结构,颗粒基本由原生矿物组成,微裂隙不发育。根据上述特征,可以判定质地均匀的泥质岩、灰岩等半坚硬岩石,控制其透水性和强度的主要是微裂隙。非均匀性的砂岩等坚硬岩石,控制其透水性和强度的主要是矿物颗粒间的胶结程度和宏观裂隙。同时用断裂力学的基本观点对煤矿采区底鼓水形成的微结构特征进行了探讨,通过采用岩石断裂韧度与岩石声波 V_p 的相关分析,确定了岩石裂纹扩展时的临界波速 V_{pc} ,这个临界值在现场可以测定。这就使极其复杂的理论问题转化成了具有可操作性的实际方法问题,这种研究和通过研究而获得的实际方法在突水预报中是很有应用前景的。

(8)结合峰峰矿区的突水实例对煤矿采区底板突水机制进行了详细研究,对其影响突水的水头压力、结构面、采动与矿压、回采面积和隔水层厚度等主要因素进行了分析,其中结构面和水压是形成突水的基本条件,采动与矿压是诱导因素,隔水层厚度是制约因素,水压和回采面积是可人为控制的因素。在此基础上,结合峰峰矿务局各矿突水资料和五矿的实际情况,将突水划分为五种基本类型:直接揭露型、节理裂隙网络扩展型、节理裂隙渗流型、较完整互层倾斜