

② 河北省自然科学基金

② 河北省博士基金

联合资助

② 石家庄经济学院学术著作出版基金

煤矿

地下水

邵爱军 张发旺 邵太升 刘唐生 著

地质出版社

河北省自然科学基金
河北省博士基金 联合资助
石家庄经济学院学术著作出版基金

煤矿地下水

邵爱军 张发旺 邵太升 刘唐生 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书结合华北型煤田岩溶充水矿床的实例,将一系列新理论和新方法应用于煤矿地下水的研究。内容包括:裂隙岩体渗透张量理论及其应用,模糊数学在岩溶地下水系统研究中的应用,同位素数学模型及其应用,矿坑突水、矿坑放水的数值模拟,矿坑涌水量预测的人工神经网络模型,矿坑底板突水的突变模型,矿山环境的研究现状与发展趋势。

本书虽然针对煤矿地下水撰写,但其理论和方法具有普适性,可供水文地质工程地质、煤田地质、冶金地质、石油地质、工程勘察和水电工程等相关专业的工程技术人员、高校教师、研究生和高年级学生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿地下水/邵爱军等著. —北京:地质出版社,
2005. 10

ISBN 7 - 116 - 04659 - 3

I. 煤... II. 邵... III. 煤矿 - 地下水 - 研究
IV. P641. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 116309 号

责任编辑:陈 磊

责任校对:郑淑艳

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324565 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787 mm × 1092 mm $\frac{1}{16}$

印 张:7.5

字 数:190 千字

印 数:1—600 册

版 次:2005 年 10 月北京第一版·第一次印刷

定 价:20.00 元

ISBN 7-116-04659-3/P·2619

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)



邵爱军 男，汉族，1960

年9月出生，河北省武安县人，博士，教授。1982年毕业于河北地质学院水文地质工程地质系，1994、1998年分别于武汉水利电力大学水利工程系获硕士、博士学位。1998~2000年在中国科学院南京土壤研究所做博士后研究。现为石家庄经济学院水文地质学教授、硕士生导师。

研究方向：水资源与水环境

通讯地址：石家庄市槐南路302号

邮编：050031，石家庄经济学院

电话：0311-87207109

E-mail: shaoaijun@sohu.com



张发旺 男, 1965年出生, 河北省深州市人。1986年毕业于河北地质学院, 2000年获中国地质大学(北京)博士学位。现为中国地质科学院水文地质环境地质研究所副所长、研究员, 博士生导师。中国地质学会水文地质专业委员会秘书长, 国际水文地质学协会(IHA)中国委员会秘书长。

研究方向: 水环境演化效应

通讯地址: 河北省石家庄市正定县中山东路92号

邮编: 050803, 中国地质科学院水文地质环境地质研究所

电话: 0311-88022029

E-mail: fawangzhang@sina.com

序

我国是世界上的煤炭资源大国之一，居世界第三位。煤炭年生产量自 20 世纪 80 年代末以来就一直保持在 $10 \times 10^8 \text{t}$ 以上，居世界第一位。华北型煤田则是我国最重要的煤炭工业基地，已探明的煤炭储量占全国总储量的 60% 以上，煤炭产量占全国总产量的 2/3。

华北型煤田多为岩溶充水矿床，随着矿山开采深度的增加，出现的水文地质问题愈来愈多，解决这些问题也变得愈来愈困难。因此，在传统水文地质条件研究的基础上，进一步运用新的理论和技术方法，深入系统地研究矿区的水文地质条件，查清矿床充水水源、充水通道及充水强度，准确地预测矿坑涌水量、底板突水，解决出现的各种水文地质问题，有效地遏止底板突水造成的危害，合理地解决带压开采中防治水的问题是当前一项非常重要和紧迫的任务。

本书的作者从 20 世纪 80 年代以来，就一直从事地下水的研究，并特别注重煤矿地下水的研究工作，在做博士和博士后研究期间，加强了这方面的研究工作。针对煤矿地下水研究中存在的问题，在理论认识上，不论是研究的深度和广度，均有所发展、有所创新，提出了不少新观点、新思路，把对煤矿地下水的研究提高到了一个新的水平，为煤矿制定防治水措施和安全带压开采提供了科学依据。

全书在系统总结国内外大量有关文献资料的基础上，主要针对矿区地下水的运动规律，岩溶充水矿床矿坑涌水量的预测预报，煤层底板突水的突变理论研究，矿山环境保护与治理等一系列亟待解决和关注的问题进行了研究，其研究成果具有重要的理论意义和实用价值。

本书有以下特点和创新：

(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石灰岩的渗透张量，提出了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) 在应用模糊数学方法研究岩溶地下水系统的过程中，使用“频数统计法”确定隶属度，取得了较好的效果，为隶属度的确定提供了一种新的方法，特别是在径流分区的研究上，提出不仅奥陶系厚层灰岩存在岩溶水强径流带，而且煤系薄层灰岩也存在岩溶水强径流带，上下两套岩溶水强径流带系统在分布上位置大体一致，但规模上前者较大。

(3) 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 (NDM) 具有新意，实际应用效果较好。

(4) 利用矿坑突水资料，用不规则网格有限差分法，对矿坑地下水所进行的数值模拟，不仅节省了大量资金，而且取得了更好的数值仿真效果，计算结果和实际吻合。

(5) 将人工神经网络模型 (ANNM) 用于矿坑涌水量的预测，并根据 B-P 算法公式的缺陷，提出了一种新的、收敛速度快、误差小的联合学习算法 (ULD)，为矿坑涌水量

的预测提供了一条新的途径。

(6) 矿坑底板突水具有复杂性、突发性和随机性, 准确地进行预测预报十分困难, 作者应用突变理论, 结合材料力学、弹性力学, 建立了一种新的底板突水预测模型——尖点突变模型 (CCM), 具有新意和实用价值, 为定量研究底板突水问题, 开辟了一条新的途径。

(7) 随着煤矿开采规模的扩大和开采时间的延长, 引起的矿山环境问题日益突出, 书中对矿山环境污染治理、环境地质问题、矿山土地复垦、矿山环境质量评价和地质生态环境保护等问题, 也进行了全面而深入的探讨。

总之, 这部著作内容丰富新颖, 理论研究深入, 观点鲜明, 资料翔实, 具有实用性, 其研究成果具有明显的经济效益和社会效益。这部著作的出版, 必将对煤矿地下水的研究、底板突水的预测、煤矿水资源的合理开发利用和科学管理、矿山生态环境的保护与治理等方面起到积极的推动作用。

中国科学院院士

中国工程院院士



2005年3月31日

前 言

煤、石油、天然气是当今世界社会运行的三大支柱能源。中国是世界上的煤炭大国,在中国一次性能源的生产和消费构成中,煤炭占 70% 以上,这就决定了煤炭生产在中国能源工业中的地位。由于其他能源资源条件的限制,以煤为主要能源的格局将在中国长期存在。中国煤炭储量位居前苏联、美国之后,居世界第三位。煤炭年生产量自 20 世纪 80 年代末以来就一直保持在 $10 \times 10^8 \text{t}$ 以上,居世界第一位。而我国的北方华北型煤田则是我国最重要的煤炭工业基地,华北型煤田范围内,分布有大小煤炭产地近百余个,已探明的煤炭储量占全国总储量的 60% 以上,煤炭产量占全国总产量的 2/3。

在煤炭资源大规模开发过程中,与煤炭资源开采有关的地下水的问题愈来愈突出,同时由地下水引发的安全事故也愈来愈严重。华北型煤田的许多岩溶充水矿床,特别是一些老矿区,如焦作、淄博、峰峰、邯郸和开滦矿区等,随着煤层开采深度的不断增加和开采水平的逐渐下移,煤层底板由于受煤系地层薄层石灰岩和下伏奥陶系厚层石灰岩岩溶承压水的影响,矿坑涌水量逐渐增大,底板突水的威胁日趋严重,突水事故和突水水量不断增加。突水是矿山一种严重的地质灾害,突水一旦发生,不但直接或间接地对人民生命和国家财产构成严重威胁,而且给矿山带来难以挽回的损失,遗留下诸多难以消除的隐患。对于华北型煤田的岩溶充水矿床,随着矿山开采深度的增加,出现的水文地质问题愈来愈多,要想查清水文地质条件,解决这些问题也变得愈来愈困难。因此,在传统地质条件研究的基础上,进一步运用新的理论和技术方法,深入系统地研究矿区的水文地质条件,查清矿床充水水源、充水通道及充水强度,准确地预测矿坑涌水量、底板突水,解决出现的各种水文地质问题,有效地遏止底板突水造成的危害,合理地解决带压开采中防治水的问题是当前一项非常重要和紧迫的任务。

从 20 世纪 50 年代起,人们对煤矿地下水的研究工作就已十分重视,全面开展了对矿区地下水的普查与勘探工作。半个世纪以来,投入了大量的人力、物力和财力,积累了丰富的经验和翔实的基础资料,取得了许多研究成果,推动了这一领域研究工作的进展。本书就是在全面总结我国近半个世纪以来成果基础上,结合作者的研究成果编著而成的。其目的在于:针对煤矿地下水研究中存在的问题,把近年来新观点、新思路介绍给读者,在理论认识上、研究的深度和广度上使煤矿地下水研究有所发展、有所创新,并使其提高到一个新的水平,为煤矿制定防治水措施和安全带压开采提供切实可行的理论和方法依据。

全书共分七章,在系统总结国内外大量有关文献资料的基础上,以理论和方法研究为主体,同时以河北峰峰煤田为典型实例进行阐述,将地下水的理论研究与典型矿区的生产实际相结合。第一章裂隙岩体渗透张量理论及应用研究,介绍了该领域国内外研究现状,裂隙几何参数的确定,裂隙水运动的基本方程,重点介绍了裂隙岩体渗透张量的计算,并根据野外实测数据计算了奥陶系石灰岩的渗透张量;第二章模糊数学在岩溶水系统中的应

用,在对综合评判原理、隶属度确定方法介绍的基础上,运用综合评判对岩溶地下水系统进行研究;第三章同位素数学模型及其应用研究,首先介绍了同位素水文地质学的发展与研究现状,然后介绍了测定地下水年龄的同位素数学物理模型,最后介绍了正态同位素模型以及模型的应用;第四章地下水渗流数值模拟,分别对矿坑突水和矿坑放水试验进行了数值模拟,根据模型识别结果分水平对矿坑涌水量进行了预测;第五章涌水量预测的人工神经网络模型,首先介绍了有代表性的几种人工神经网络模型,然后主要介绍了B-P网络的结构与数学模型,以及算法的改进和模型预测矿坑涌水量的应用;第六章矿坑底板突水的突变模型研究,矿坑底板突水过程是一个典型的突变过程,将突变理论首次应用于煤矿底板突水的研究之中,结合材料力学、弹性力学,通过研究煤矿底板系统能量的失稳,建立了预测矿坑底板突水的尖点突变模型(Cusp Catastrophic Model),导出了系统失稳时受力的临界值及失稳时底板变形量和能量释放的表达式,为矿山突水预报提供了新的理论方法;第七章矿山环境的研究现状与发展趋势,随着煤矿开采规模的扩大和开采时间的延长,引起的矿山环境问题日益突出,书中对矿山环境污染治理、环境地质问题、矿山土地复垦、矿山环境质量评价和地质生态环境保护等问题,也进行了全面而深入的探讨。

本研究成果先后得到河北省自然科学基金项目(编号D2004000480)、河北省博士基金项目(编号B2002218)、河北省科学技术研究与发展计划项目(2276707)和石家庄经济学院学术著作出版基金的资助。

在本书撰写过程中,参阅了大量国内外有关文献资料,相关部门和作者的研究成果,对他们在本书中的贡献一并表示感谢。

最后,本书稿承蒙中国科学院院士、中国工程院院士张宗祜先生,刘光亚教授,贾贵廷教授审阅,并提出宝贵修改意见,在此表示衷心感谢。

鉴于著者水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

著 者

2005年5月于石家庄

目 录

绪论	(1)
第一节 中国煤炭资源概况	(1)
第二节 华北石炭二叠纪煤田分布及其特征	(3)
一、华北石炭二叠纪煤田的分布	(3)
二、华北石炭二叠纪煤田的特征	(4)
第三节 煤矿地下水研究新进展	(6)
参考文献	(8)
 第一章 裂隙岩体渗透张量理论及应用研究	(9)
第一节 裂隙几何参数的确定及其统计分析	(10)
一、基本概念	(10)
二、裂隙几何参数的确定及其统计分析	(10)
第二节 裂隙水运动的基本方程	(16)
第三节 裂隙岩体渗透张量的计算	(18)
一、单组裂隙岩体的渗透张量	(18)
二、多组裂隙岩体的渗透张量	(19)
三、裂隙介质渗透主值及渗透主方向的确定	(20)
四、方向渗透系数与渗透椭球	(21)
五、隙面粗糙度对渗透张量的影响	(22)
第四节 峰峰矿区奥陶系灰岩分段渗透张量计算	(23)
一、测点的选择	(23)
二、峰峰矿区奥陶系灰岩分段渗透张量计算结果及其分析	(24)
参考文献	(26)
 第二章 模糊数学在岩溶水系统中的应用	(28)
第一节 综合评判原理	(28)
一、综合评判原理	(28)
二、隶属度的确定	(30)
第二节 岩溶径流带的分区	(30)
第三节 结果分析	(33)
参考文献	(33)

第三章 同位素数学模型及其应用研究	(34)
第一节 同位素水文地质学的发展与研究现状	(34)
一、概述	(34)
二、同位素水文地质学的发展与研究现状	(35)
第二节 测定地下水年龄的同位素数学物理模型	(38)
一、氡浓度单位	(38)
二、同位素数学物理模型	(39)
第三节 正态同位素模型	(40)
第四节 正态同位素模型的应用	(41)
参考文献	(48)
第四章 地下水渗流数值模拟	(50)
第一节 矿坑突水数值模拟	(51)
一、56603 工作面突水情况简介	(51)
二、水文地质条件概述	(51)
三、数值模拟	(53)
第二节 矿坑放水试验数值模拟	(65)
一、东翼区大青灰岩放水试验简介	(65)
二、东翼区水文地质条件概述	(66)
三、数值模拟	(67)
参考文献	(70)
第五章 涌水量预测的人工神经网络模型	(72)
第一节 B-P 网络的结构与数学模型	(74)
一、神经元的结构与数学模型	(74)
二、B-P 网络的结构与数学模型	(74)
三、B-P 算法	(75)
第二节 算法的改进	(78)
第三节 B-P 网络的设计	(80)
第四节 矿坑涌水量预测	(82)
一、矿区水文地质条件概况	(82)
二、用 B-P 网络模型预测矿坑涌水量	(82)
三、小结	(84)
参考文献	(84)
第六章 矿坑底板突水的突变模型研究	(86)
第一节 突变理论的数学模型	(87)
第二节 矿坑底板突水的尖点突变模型	(89)
一、煤矿底板突水的力学模型	(89)

二、煤矿底板突水的尖点 (Cusp) 突变模型	(90)
三、小结	(92)
参考文献	(93)
第七章 矿山环境的研究现状与发展趋势	(94)
第一节 矿山环境污染治理的现状与趋势	(95)
一、矿山废水污染	(95)
二、矿山固体废物污染	(96)
三、矿山大气污染	(96)
四、矿山噪声及其防治	(97)
第二节 矿山开发中的环境地质问题的研究	(97)
一、煤炭开发对水环境的影响及其保护技术	(98)
二、煤炭开发对土地环境的影响及其保护	(100)
三、矿山的地热灾害	(101)
四、矿山的塌陷灾害	(102)
第三节 我国矿山土地复垦研究现状与发展趋势	(104)
一、土地复垦技术	(104)
二、土地复垦的基础理论研究	(105)
三、我国土地复垦工作面临的问题	(105)
四、土地复垦的发展趋势	(106)
第四节 矿山环境质量评价与地质生态环境保护	(107)
一、矿山环境质量评价	(107)
二、矿山环境地质图编制研究	(108)
三、矿山地质生态环境保护	(108)
参考文献	(110)

绪 论

第一节 中国煤炭资源概况

目前,我国使用的新矿产储量分类标准是中华人民共和国国家标准《固体矿产资源/储量分类》(GB/T17766—1999),新标准于1999年12月1日开始实施,该标准将矿产资源储量分为储量、基础储量和资源量3类。储量是经过详查或勘探,达到控制或探明的程度,扣除了设计和采矿损失,能实际采出的矿产资源数量;基础储量是经过详查或勘探,达到控制和探明的程度,是当前技术经济条件下可经济利用的矿产资源数量;资源量是指经过勘查后,经济可利用性差或经济意义未确定的那部分矿产资源数量。基础储量与储量的区别一是没有扣除影响因素;二是估算范围不同。而储量是基础储量中扣除各种损失后可以经济采出的部分。资源量是除去基础储量后的那部分资源数量。

而在新矿产储量分类标准实施之前,我国执行1993年制定的《固体矿产地质勘探规范总则》(GB13908—92)规定(旧矿产储量分类标准)。根据地质勘查的程度,旧标准将经过地质勘探的煤炭储量分成A、B、C、D、E五级,其中A+B类相当于美国分类中的确定(Measured)储量和西欧分类中的证实(Proved)储量;C类相当于美国分类中的推定(Indicated)储量和西欧分类中的概略(Probable)储量;D类相当于美国分类中的推测(Inferred)储量和西欧分类中的可能(Possible)储量。

目前,中国有关部门公布的煤炭保有储量,是指A、B、C、D四类煤炭储量的总数;中国有关部门所说的煤炭工业储量或精查储量,是指A、B、C三类煤炭储量的总数;而国际上公认的煤炭探明储量,大体上仅相当于A、B两类煤炭储量的总数,即相当于中国有关部门所说的可采储量(已为矿山占用的储量)与可供设计储量的总数(中国环境与发展国际合作委员会,1997)。

中国煤炭资源相当丰富,据地质工作者对煤炭资源进行远景调查结果,在距地表以下2000m深以内的地壳表层范围内,预测煤炭资源远景总量达 $50592 \times 10^8 \text{t}$ 。到1996年底止,探明储量的矿区5345处,保有储量总量 $10025 \times 10^8 \text{t}$ 。我国保有储量总量中的精查储

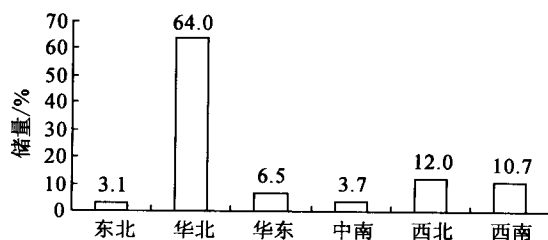


图1 中国各大区探明储量分布图

量 $2299 \times 10^8 \text{t}$ ，与世界探明可采储量相比，中国煤炭储量位于前苏联、美国之后，居世界第三位（引自朱训主编，1999 年《中国矿情》第一卷）。

从探明储量看，主要聚煤期（北方侏罗纪、华北石炭二叠纪和华南晚二叠世）的储量约占总探明储量的 90% 以上。在地理分布上，以华北居首位，占全国总探明储量的 64%，并集中在山西和内蒙古，其中山西的煤炭储量最多，相当于全国煤炭探明总量的 30%，而南方八省一市仅占 1.5%（王煦曾、朱榔如、王杰，1992）。

新中国成立以来，我国煤炭工业有了突飞猛进的高速发展，特别是在 20 世纪 70 年代开始进行综采技术后，中国的煤产量直线上升，到 80 年代末，中国的煤产量已跃居世界第一，突破 $10 \times 10^8 \text{t}$ 大关，至今仍保持着这一地位（表 1）。

表 1 中国 1949 ~ 1999 年煤产量

(单位: 10^4t)

年份	原煤产量	年份	原煤产量	年份	原煤产量	年份	原煤产量	年份	原煤产量
1949	3243								
1950	4292								
1951	5308	1961	27762	1971	39230	1981	62163	1991	108428
1952	6649	1962	21955	1972	41047	1982	66632	1992	111455
1953	6968	1963	21707	1973	41697	1983	71453	1993	115137
1954	8366	1964	21457	1974	41317	1984	78923	1994	122953
1955	9830	1965	23180	1975	48224	1985	87228	1995	129218
1956	11036	1966	25147	1976	48345	1986	89404	1996	137408
1957	13073	1967	20570	1977	55068	1987	92809	1997	137300
1958	27000	1968	21959	1978	61786	1988	97987	1998	125000
1959	36879	1969	26595	1979	63554	1989	105415	1999	104500
1960	39721	1970	35399	1980	62013	1990	107930		

注：资料来源：煤炭工业部，转引自：<http://www.cct.org.cn/cct/index.htm>。

煤、石油、天然气是当今世界社会运行的三大支柱能源。中国是世界上的煤炭大国，在中国一次能源的生产和消费构成中，煤炭占 70% 以上（表 2），这就决定了煤炭生产在中国能源工业中的地位。由于其他能源资源条件的限制，以煤为主要能源的格局将在中国长期存在。

表 2 全国国内生产总值（GDP）增长率、能源生产及消费状况一览表

年份	GDP 年增长率%	能源消费总量 10^4t 标准煤	煤炭消费量 10^8t	煤炭消费量占能源消费总量的比例/%
1985	13.5	76682	8.16	76.0
1986	8.8	80850	8.60	76.0
1987	11.6	86632	9.28	76.5
1988	11.3	92997	9.94	76.3
1989	4.1	96934	10.34	76.2
1990	3.8	98703	10.55	76.4

续表

年份	GDP 年增长率%	能源消费总量 10 ⁴ t 标准煤	煤炭消费量 10 ⁶ t	煤炭消费量占能源消费总量的比例/%
1991	9.2	103783	11.04	76.0
1992	14.2	109170	11.41	74.6
1993	13.5	115993	12.09	74.5
1994	12.7	122737	12.85	74.8
1995	10.5	131176	13.77	75.0
1996	9.6	138948	14.47	74.4
1997	8.8	138173	13.92	72.0
1998	7.8	132214	12.88	69.6
1999	7.1	122000	11.46	67.1

注：表中数据来源于 1985 ~ 2000 年《中国统计年鉴》，《中国能源统计年鉴 1991 ~ 1996》。

第二节 华北石炭二叠纪煤田分布及其特征

一、华北石炭二叠纪煤田的分布

由于华北地区煤炭的储量和产量在全国占的比重较大，所以下面主要阐述华北石炭二叠纪煤田的分布及其特征。华北石炭二叠纪聚煤区是我国最主要的煤田分布区（简称为华北型煤田），其轮廓大致相当于“中朝地台”的范围。其北界为阴山、燕山及长白山东段，南界为秦岭、大别山，西界为贺兰山、六盘山，东临黄海、渤海（图 2）。横跨 14 个省、市、自治区，即：京、津、晋、冀、鲁、豫的全部，辽、吉和内蒙古的南部，甘、宁的东部，陕、苏、皖的北部（武强、金玉洁，1995）。

华北聚煤区主要有四个含煤时代。以海陆交替相的石炭二叠纪煤田分布最广，储量最多，占全区储量的 80% 以上。属于这个时代的煤田有山西的沁水、大同、宁武、太原西山、平朔、阳泉、霍县、黄河东、运城、潞安、晋城；山东的济宁、兖州、淄博、新汶、莱芜、肥城、枣庄；河南的平顶山、焦作、鹤壁、安阳、永城、禹县、密县；河北的开滦、兴隆、峰峰、邯郸、邢台、井陘；安徽的淮南、淮北；江苏的徐州、丰沛；辽宁的本溪、沈南、南票；吉林的浑江、长白；陕西的府谷、吴堡、渭北；宁夏的贺兰山及内蒙古桌子山、准格尔等。这些煤田含煤程度较高，煤层稳定，煤质良好，储量丰富，为我国重要的能源基地。

其次为内陆盆地型的早、中侏罗世煤田，储量相当丰富。主要分布在鄂尔多斯盆地、燕南山麓、内蒙古大青山、豫西、山东、辽宁等地。其中以内蒙古东胜、陕西神木、榆林、黄陵、彬县以及大同、京西煤田最为著称。尤其是东胜—神木煤田，储量之大，煤质之好，为世界所罕见。

陆相晚三叠世煤田分布于陕北和豫西一带。此外，在山西、内蒙古、河南、河北及山

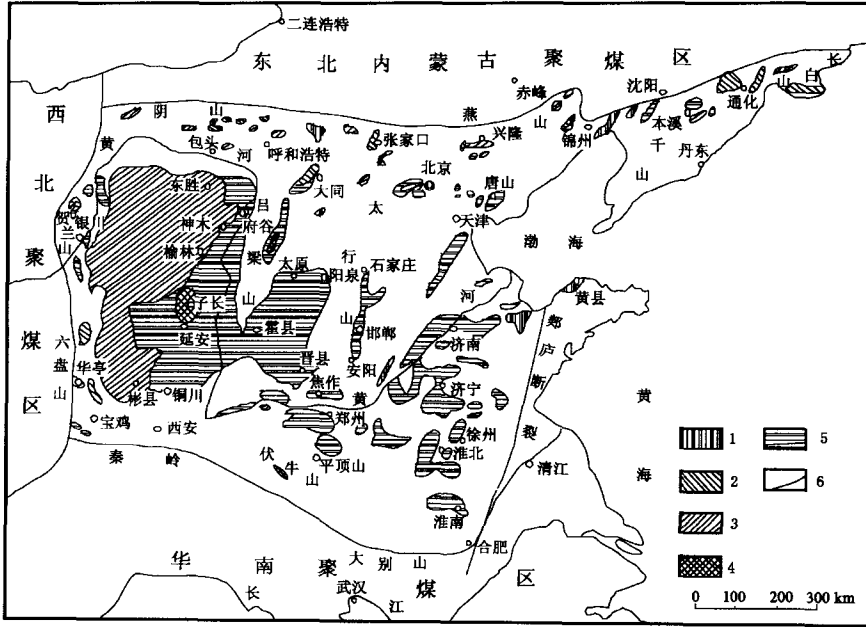


图2 华北石炭二叠纪聚煤区煤田分布示意图

1—第三纪煤田；2—晚侏罗世煤田；3—早、中侏罗世煤田；4—晚三叠世煤田；
5—石炭二叠纪煤田；6—聚煤区界线

东等地有零星第三纪煤田，在聚煤区北缘的固阳、张家口、通化一带有一些晚侏罗世煤田。它们均系小型陆相煤田，横向上无成因联系，孤立存在。

华北聚煤区的勘探开发工作开始最早，如开滦、大同、京西、峰峰、焦作、铜川、枣庄等煤矿都有悠久的开采历史，有的长达几百年。但大规模勘探开发，是解放以后进行的。据统计，目前该区探明储量约占全国探明储量的二分之一。

华北聚煤区目前年产 $1000 \times 10^4 \text{ t}$ 以上的大型煤矿区有 8 个，即大同、开滦、平顶山、淮北、阳泉、徐州、太原西山及峰峰；年产 $500 \times 10^4 \text{ t}$ 以上的煤矿区有 13 个，即淮南、义马、铜川、潞安、新汶、枣庄、汾西、京西、晋城、石炭井、通化和兖州（图 2）。这 21 个矿区的总产量，占全国煤产量的 50% 以上（王煦曾、朱榔如、王杰，1992）。

华北聚煤区不失为我国目前最大的煤仓，每天有大量煤炭从这里源源不断运往四面八方。

二、华北石炭二叠纪煤田的特征

石灰岩在我国广泛分布，出露面积达 $200 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，约占我国领土的 $1/5$ 。这些地区也正是我国重要的煤炭产地，有 60% 的煤矿不同程度地受到底板岩溶承压水的威胁（彭苏萍、王金安，2001）。在南方的贵州、广西、四川、滇东大面积分布有 110~220m 厚的茅口灰岩。在北方的华北型煤田区，厚度 600~800m 的奥陶系灰岩，对煤矿的安全开采威胁最大。在北方，河北的井陉、邢台、邯郸、峰峰、开滦，河南的安阳、鹤壁、焦作、平顶山、新密、豫西，山东的淄博、肥城、莱芜、新汶、枣庄，江苏的徐州、大屯以及安

徽淮南、淮北，山西霍县、轩岗，陕西渭北，辽宁本溪、南票，吉林通化等三十多个煤田均处于石灰岩区。石灰岩地区丰富的岩溶水是矿井充水的主要水源（李金凯等，1990）。

北方石炭二叠纪煤田（华北型煤田）多属岩溶充水矿床，此类煤田在采矿中有两套石灰岩含水层组威胁生产，一是石炭二叠纪煤系基底的奥陶系厚层石灰岩，二是太原组煤系地层中的薄层石灰岩，对采矿威胁性最大的是前者。当薄层灰岩与厚层灰岩发生密切水力联系时，薄层灰岩也会对矿井安全造成严重威胁。

煤矿水害事故是影响煤矿安全生产的五大灾害之一（王永红、沈文，1996）。华北型煤田最突出的问题就是矿坑涌水量大、底板突水严重。

目前，在北方已开采的岩溶充水矿床，水量最大的是河南焦作矿区，矿坑排水量达 $89.13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，其中 95% 为岩溶水，即 $84.67 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。主要开采的是二叠纪山西统大煤。主要直接水源为石炭纪太原组薄层灰岩，但得到中奥陶统灰岩水广泛的补给。其次水量较大的为峰峰矿区，开采石炭纪上部煤层，矿坑总排水量 $34.60 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，其中 74.76% 为岩溶水，即 $22.10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，主要为太原组灰岩水、中奥陶统灰岩水。

从太行山东麓的井陉、邢台、峰峰到南麓的安阳—鹤壁、焦作五个矿区矿坑排岩溶水总量为 $114.449 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。已开采的煤矿中，岩溶水排水量超过 $50000 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的有以下矿区（表 3）（刘启仁等，1995）。

表 3 太行山东麓、南麓煤矿排水量较大的矿区

矿区名称	最低开采水平 m	排岩溶水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	矿区名称	最低开采水平 m	排岩溶水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
焦作矿区	-300	846792	邯郸矿区		76002
峰峰矿区		221040	荣巩矿区	-150	56491
徐州矿区		184579	淮南矿区	-600	55469
平顶山矿区	-430	159292	枣庄矿区		51754
肥城矿区		86630	淮北矿区	-400	50386
开滦矿区	-905	51955			

华北型岩溶充水煤矿床，不仅矿坑涌水量大，而且底板突水灾害也很严重，对煤矿安全生产构成严重威胁。据不完全统计，自新中国成立以来至 1988 年，北方已发生岩溶水灾害性突水事故 130 次，淹没矿井 60 次，局部淹井 70 次，直接经济损失达 30 亿元以上（刘启仁等，1995）。并且，突水量逐年有所增加，20 世纪 50 至 60 年代，矿井的突水量一般为 $5 \sim 20 \text{ m}^3/\text{min}$ ，个别达 $50 \text{ m}^3/\text{min}$ ；70 年代的突水量一般为 $20 \sim 40 \text{ m}^3/\text{min}$ ，个别超过 $100 \text{ m}^3/\text{min}$ ；80 年代的突水量已上升到 $50 \sim 200 \text{ m}^3/\text{min}$ ，最高达 $2053 \text{ m}^3/\text{min}$ 。从突水水源来看，50 年代的突水主要是老窑、老空水，其次是煤层顶板砂岩裂隙水以及地表水、冲积层水等；60 年代，地表水、薄层灰岩水、煤层顶底板水和冲积层水的突水比例有所上升；70 年代的突水主要是薄层灰岩水；80 年代，奥陶系灰岩水的突水比例有较大的增长，而且薄层灰岩水和厚层灰岩水已成为这一时期较大突水事故的主要水体，开滦范各庄矿 2171 工作面陷落柱奥陶系灰岩突水，是这一时期突水事故的突出代表（中国煤矿防治水技术经验汇编编委会，1998）。

从矿区突水次数分布来看，矿区水害集中在太行山东麓和南麓一带，截止 1988 年北