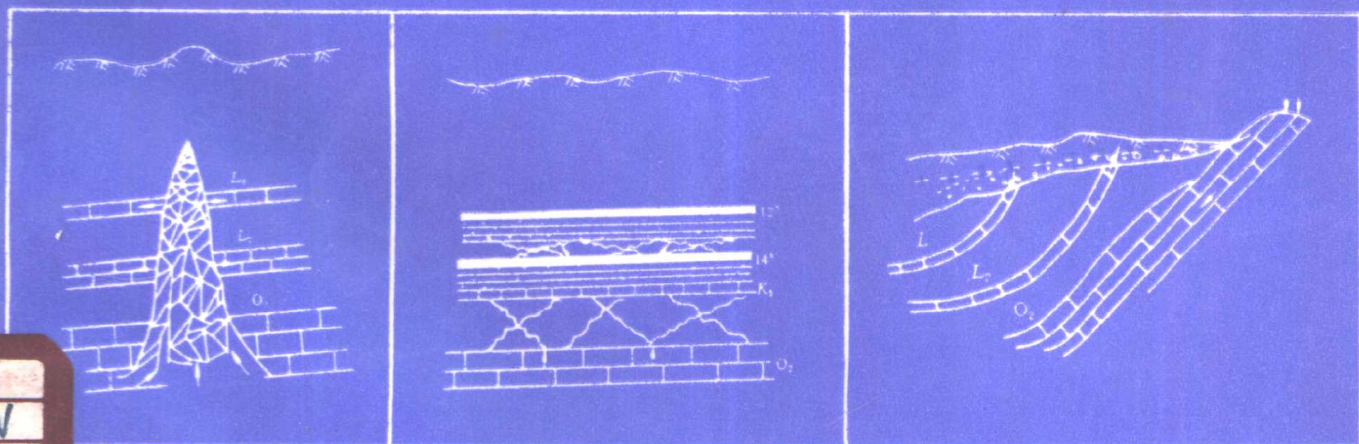
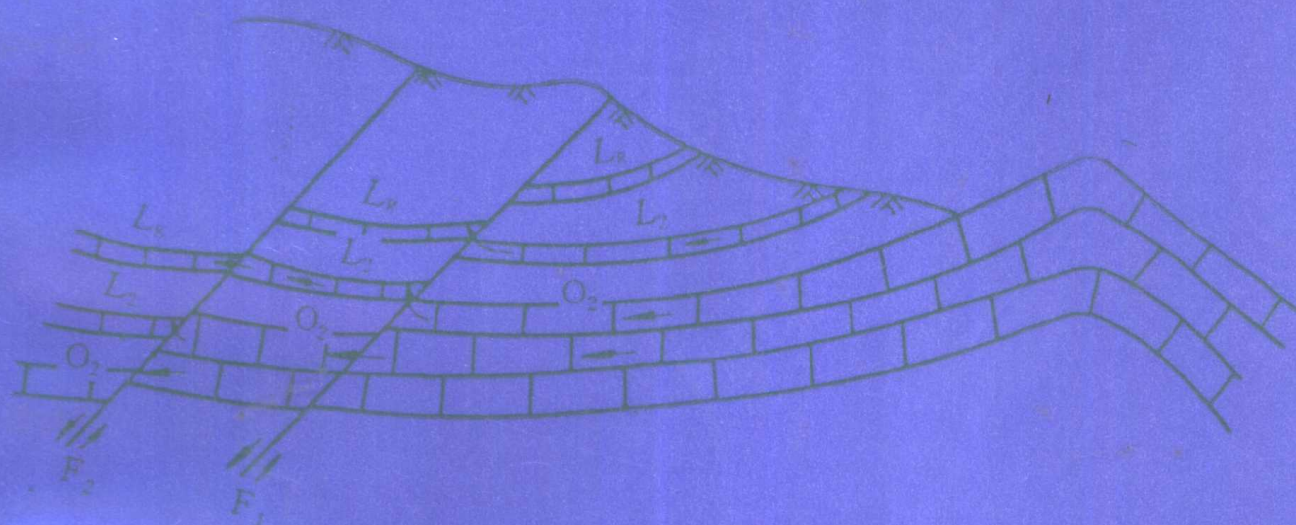


华北型煤田 矿井防治水决策系统

武 强 金玉洁 著



煤炭工业出版社

华北型煤田矿井防治水 决策系统

武 强 金玉洁 著

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

图书在版编目(CIP)数据

华北型煤田矿井防治水决策系统/武强、金玉洁著。

-北京:煤炭工业出版社, 1995

ISBN 7-5020-1211-7

I. 华… II. 武… III. ①矿山透水: 矿井水-预防-决策模型②矿井水: 矿山透水-矿山排水-决策模型 IV. TD74

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第09935号

华北型煤田矿井防治水决策系统

武强 金玉洁 著

责任编辑: 罗醒民

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

北京怀柔燕文印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092mm^{1/16} 印张14^{1/2}

字数332千字 印数1—370

1995年11月第1版 1995年11月第1次印刷

书号 3979 G0340 定价21.80元



前 言

华北型煤田的煤层底板突水问题是我国北方岩溶充水矿床的两大水文地质难题之一，也是当代矿床水文地质学的主要研究课题之一。华北型煤田煤层底板突水具有承压水头高、突水(淹井)事故频繁、突水量大的特点。随着各矿上组煤层开采水平的逐渐延深和下组煤层的逐步开采，这个问题以及由此诱发的一系列排水、供水、环境保护相互之间的矛盾将会更加突出。

根据大量的工作实践，作者认为，目前华北型煤田矿井有效的防治水决策程序应该从以下几个方面考虑：

(1) 首先在井下配备足够排水能力，建立分区隔房防水系统，增强矿井抗御水患的能力。同时在思想上、组织上高度重视矿井防水工作；

(2) 根据所研究的华北型煤田矿井各可采煤层与各充水含水岩系的具体沉积规律和沉积特征，对其进行矿井水文地质类型划分；

(3) 依据对物理场特征的综合分析，确定矿井水文地质内、外边界，建立矿井水文地质的立体充水概念模型；

(4) 建立并开发研制能够真实刻画矿井立体充水概念模型的地下水“拟三维”渗流数学模型和相关的软件系统；

(5) 矿井涌水量的立体数值模拟与立体优化管理评价；

(6) 依据作者提出的矿井防治水决策系统，对照所研究矿井的评价结论，选择相适应的具体防治水对策；

这套防治水决策系统，从理论和实践两方面较好地解决了华北型煤田矿井日益严重的水患预防与治理问题。

本书是作者近年来从事北方岩溶充水煤矿床防治水问题研究的部分成果。在撰写过程中，得到了田开铭教授的热情指导和支持，书中部分内容是在田开铭教授和陈明佑教授指导下完成的博士学位论文的一部分，其余是作者在博士后流动站期间所完成的部分研究成果。

在课题研究中，田宝霖教授、洪溢清高级工程师、郑军高级工程师、刘雪花及郑纲工程师和严向军硕士等给予了多方面的合作，他们先后奔赴实地，收集资料，现场踏勘，进行室内分析研究，付出了辛勤地劳动。

在研究试验现场，先后得到了李德安处长、罗元华处长、夏贻华总工、钟亚平总工、元刚处长、乔尚达总工、高建军处长、叶贵钧教授级高工和林曾平总工等的大力帮助和鼓励。

在本书编辑出版过程中，得到了王志玉工程师和董东林、曹红梅等硕士的热情帮助。

在此，著者向为本书出版而付出辛勤汗水的各位专家和同志们表示衷心的感谢！

本书由煤炭工业部部控项目和煤炭科学基金资助出版。

内 容 提 要

本书从华北型煤田区域沉积韵律和沉积特征入手,运用地下水流动系统分析方法,划分了该煤田的矿床水文地质类型,建立了矿井涌水量立体预测的水文地质概念模型。作者根据近年来对华北型煤田矿井内边界的研究成果,对四个具有不同内边界类型典型煤矿的矿井涌水量进行了立体数值预测和立体优化管理,在此基础上,总结提出了华北型煤田矿井防治水决策系统和决策程序以及一般的研究方法,并从理论和实践两个方面首次提出了华北型煤田矿井排、供、环保三位一体优化结合的管理模式和具体的划分方案。本书最后探讨了充水喀斯特裂隙介质的地下水渗流问题。

本书可供煤炭系统和有关矿业部门以及地质、水电、建材等行业从事水文地质和矿山开采专业的科技人员、现场工程技术人员参考,也可作为高等院校有关专业的本科生、研究生的教学参考书。

目 录

前言

第一章 中国华北型煤田矿床水文地质类型划分	1
第一节 华北型煤田的形成、沉积规律及沉积特征	1
第二节 华北型煤田立体充水水文地质特征	7
第三节 华北型煤田矿床水文地质类型划分	17
第二章 华北型煤田地下水流动系统	22
第一节 地下水流动系统基本理论	22
第二节 华北型煤田地下水流动系统特征	25
第三章 华北型煤田矿井涌水量立体预测理论模型	29
第一节 华北型煤田矿井涌水量预测的立体水文地质概念模型划分	29
第二节 两类典型煤矿井立体充水地质结构的比较与讨论	30
第三节 华北型煤田矿井涌水量预测的“拟三维”数学模型研究	34
第四章 华北型煤田矿井涌水量立体预测实践模型	46
第一节 点状喀斯特陷落柱型内边界煤矿井涌水量立体预测模型 ——以开滦范各庄矿为例	46
第二节 线状断裂带型内边界煤矿井涌水量立体预测模型 ——以焦作韩王、演马庄矿为例	77
第三节 窄条状隐伏露头型内边界煤矿井涌水量立体预测模型 ——以焦作九里山矿为例	89
第四节 面状裂隙网络型内边界煤矿井涌水量立体预测模型 ——以开滦东欢坨矿为例	97
第五章 华北型煤田矿井涌水量立体预测的一般研究工作方法	122
第一节 矿井水文地质类型划分	122
第二节 矿井水文地质立体概念模型建立	123
第三节 “拟三维”数学模型的建立及立体识别	137
第四节 矿井涌水量立体预测的数值评价	138
第五节 矿井涌水量立体预测的优化管理	140
第六章 华北型煤田矿区排水、供水、环境保护三位一体结合 模式的优化管理	144
第一节 排、供、环保三位一体结合的必然性分析与研究现状	144
第二节 排、供、环保三位一体结合的基本理论和模式	156
第三节 狭义的排、供、环保结合管理模型	157
第四节 广义的排、供、环保结合管理模型	160
第五节 不同污染类型矿井水的水质处理技术	194
第七章 华北型煤田矿井防治水决策系统研究	198
第一节 国外矿井防治水技术简介	198
第二节 华北型煤田矿井防治水决策系统	198

第八章 喀斯特裂隙介质的“拟三维”渗流模型研究	200
第一节 喀斯特裂隙介质地下水渗流模型研究概述	200
第二节 单层平面二维喀斯特裂隙介质渗流模型	204
第三节 三维喀斯特裂隙网络渗流模型	209
第四节 多层“拟三维”喀斯特裂隙介质渗流模型	211
主要参考文献	215

第一章 中国华北型煤田矿床水文地质类型划分

中国含煤地层在空间上遍布全国,各省区均分布有大小不一,经济价值不等的煤田;在时间上跨越元古代、早古生代、晚古生代、中生代和新生代。但其储量约占各时代总量的三分之一的晚古生代含煤岩系在全国分布最广,发育最好,我国主要的煤炭工业基地大多是开采晚古生代煤层。

中国晚古生代的含煤岩系无论在聚煤作用强度还是聚煤作用迁移方式方面,均与海水进退有着密切关系。煤系多形成于滨海环境,聚煤带也多随海水的进退而同步移动。成煤的古地理环境和海水的进退都是在一定的古构造背景下形成的,所以它们必定受着构造体系的控制。总观中国晚古生代含煤岩系的形成和展布,主要受三种构造体系的控制,即阴山—天山与秦岭—昆仑巨型纬向构造带和纵贯中部的径向构造带以及中国东部的华夏系构造带。

李四光教授在《地质力学概论》一书中明确指出:“矿产分布的规律,一部分和成生的条件有关,但主要受构造体系的控制”。还指出:“由于构成古老构造型式的巨型拗褶——包括隆起带和沉降带——一定会对古地理形势起着重要的控制作用,所以古老构造型式较新沉积层的分布和沉积岩相的变化,也一定会起到控制的作用”。

我国晚古生代含煤岩系大多形成于东西向或北东向隆褶带之间的大型拗陷中。尽管在它们的形成过程中,随着海水的进退不时改变着海、陆的分布状态及成煤古地理景观,但仍可清楚地看出,那些长期、多次变动的古地理界线,都是具有大的古构造背景的,它们往往表现为隆褶带和拗陷带相伴而生。隆褶带一方面作为陆源碎屑的补给区,另一方面则造成对成煤古地理、古气候和古植物区的强烈分割。而拗陷带即是聚煤的场所。

由于中国晚古生代含煤岩系主要受上述三种构造体系的控制,所以可明显地划分成华北、华南、西北及青藏(包括川西、滇西)四个聚煤区。四个聚煤区在含煤岩系的特征、形成与形变的规律等方面都各有特点。本章仅从矿床水文地质角度研究华北聚煤区——华北型煤田的形成和沉积规律及沉积特征。

第一节 华北型煤田的形成、沉积规律及沉积特征

一、华北型煤田的空间分布与形成历史

华北型煤田自中石炭世始就形成了广阔的聚煤拗陷,其北界为阴山、燕山及长白山东段,南界为秦岭、伏牛山、大别山及张八岭,西界为贺兰山、六盘山,东临黄海、渤海。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(图1-1)。

华北型煤田的空间分布与华北断块区基本一致,它在形成之前为一具有古老基底的古隆起区,基底由一套最古老的深变质岩系组成。在震旦期(17亿年至6亿年的中元古晚期和晚元古阶段)沉积的由长城系、蓟县系和青白口系等的碎屑岩、泥质岩和硅质碳酸盐岩所组成的“震旦亚界”,是古老基底之上的第一套沉积盖层。震旦亚界属于浅海相沉积,厚

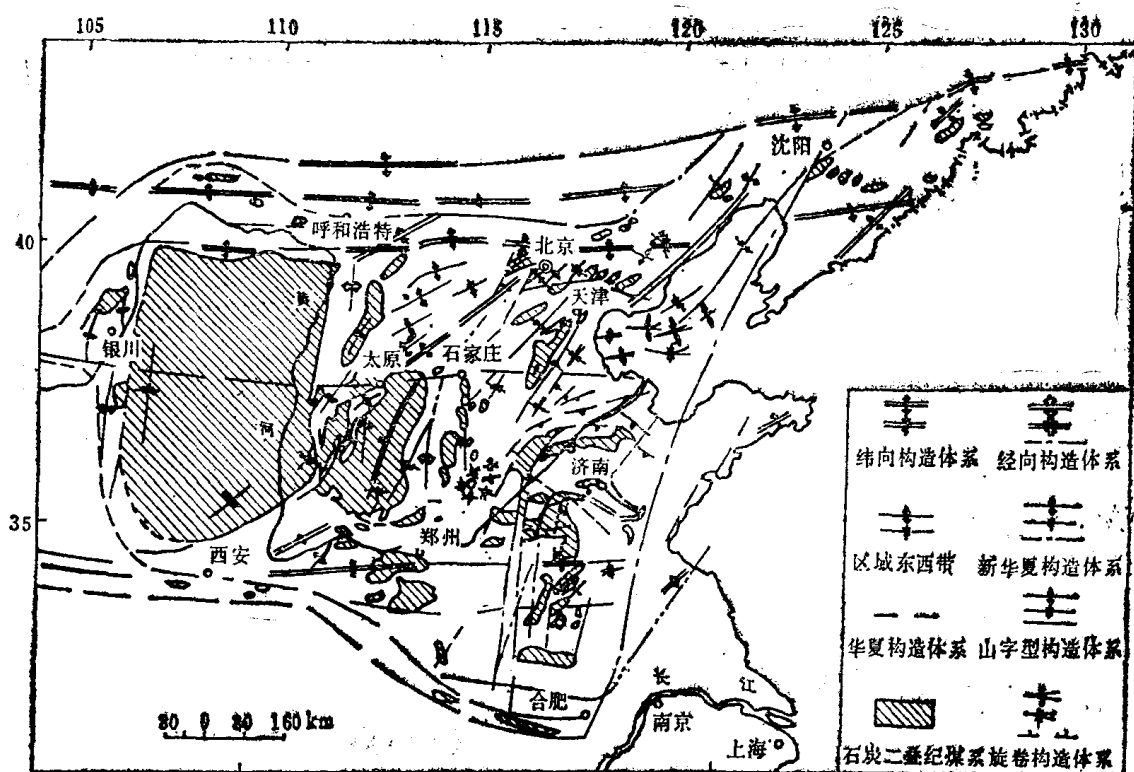


图 1-1 华北型煤田分布图 (据韩德馨)

者近万米，薄者仅百米或完全缺失，反映了该区在构造和古地理方面所具有的显著差异。

震旦期的构造运动形式表现为承前启后的过渡性质，主要形式为断块区大面积普遍抬升。它既未发生象前震旦那样的强烈地壳活动，又以一定的活动性区别于古生代时期更加微弱的地壳运动。在震旦系地层中，形成了一系列受基底构造复活运动制约的以断裂与断块活动为主的构造形迹。震旦亚界在遭受夷平剥蚀之后，沉降为浅海，为以寒武系开端的下古生代沉积建造创造了地质地理环境。

包括震旦亚界在内的前寒武系基底的构造格架具有以下特征：在北部的阴山——燕山地区，受北西西和北东东向构造牵就，形成了近东西向断裂带。此外，在元古界中还发育北东东向褶皱轴及与其配套的北北东和北西向两组剪切断裂。在南部边界，形成以北西西向剪切——拉张断裂为主的秦岭断陷带，并以此与华南大别山断隆区分界。在西部和东部边界，特别是东部边界，则以近南北向（包括北北东和北北西向）断裂带为界，如郯庐岩石圈断裂带。前寒武系基底的这套断裂构造格架，控制着上覆盖层构造的发育，影响着后期的岩浆和火山活动。

从寒武纪至二叠纪末期，华北地区地壳运动不算强烈，岩浆活动也不明显，前寒武系基底断裂断块的格局的复活运动控制着整个古生代的地质作用及其演化进程。这一地质时期以断块的掀斜式(翘板状)升降活动为主。首先形成了下古生代特有的“地盆”阶段的建造环境。即西北部高，东南部低的由南向北、由东向西的海侵浅海环境，形成了一套寒武、奥陶系海相碳酸盐岩建造。从志留纪至下石炭纪时期，华北断块全区处于加里东期的断裂隆起阶段，长时间遭受剥蚀、夷平和准平原化，致使上奥陶统至下石炭统地层几乎全部缺

失, 局部地区中、下奥陶统也缺失, 中石炭统直接沉积于寒武系之上, 如豫西的宜洛和平顶山等地。同时, 由于长时间的剥蚀, 全区大面积的奥陶纪碳酸盐岩发育了不同程度的喀斯特地貌。在构造运动方面, 寒武、奥陶纪碳酸盐岩主要发生以基底构造复活为基础的块断差异运动。在这种断裂与断块活动的牵导下, 局部地区形成了舒缓褶皱形迹。从中石炭世开始, 全区逐渐再次被海水侵没, 陆表海有所扩大, 海侵方向与寒武、奥陶纪时期雷同, 晚石炭世中期达到海侵最高潮。从晚石炭世晚期到二叠纪, 开始逐渐出现由北向南、由西向东的海退过程。在此期间, 形成了著名的石炭、二叠纪海陆交互相含煤建造——华北型煤田。

在华北石炭、二叠纪含煤建造中, 含煤性最好的是太原组和山西组, 它们正处于海水进退的转换阶段, 地壳活动较为和缓稳定, 海水仅有轻微升降, 华北广阔的聚煤拗陷完全处于滨海环境之中, 为含煤建造的沉积创造了有利条件。

具体地说, 晚石炭世太原组形成于海进过程。早二叠世早期山西组则形成于海退过程。从早二叠世晚期至晚二叠世, 海水已基本退出华北, 仅在豫西—淮南一带有过渡期沉积的地区, 仍继续有聚煤作用发生, 在此带以北均为陆相沉积, 因古气候条件的变化, 聚煤作用变差以至结束。需要指出的是, 中晚石炭世至二叠世的含煤岩系由海进型过渡为海退型, 并不是由于华北聚煤拗陷的基底有所抬升所致, 而是由于区域性海退和沉积物的过渡补偿所引起的。事实上, 整个华北聚煤拗陷在石炭至二叠纪期间完全处于持续沉降的过程中, 在豫西、晋东南等地所见的太原组、山西组和石盒子组向外围超覆的现象就是有力的证据。

因此, 根据对地壳构造活动历史和海水进退规程的分析不难得出: 所谓华北型煤田, 就是指经过后期改造的假整合于中奥陶统(或寒武系)巨厚层碳酸盐岩之上的一套石炭—二叠系海陆交互相的含煤岩系。

二、华北型煤田的矿床水文地质沉积环境

华北型煤田是在中奥陶世后华北整体隆起, 中石炭世再次发生海侵后开始沉积的。华北型煤田在晚古生代聚煤期间是个西北高、东南低的波状大型聚煤拗陷, 海水从东向西、从南向北侵入本区。该区含煤岩系的岩性特征是北粗南细、西粗东细, 含煤性好的含煤岩系主要由海陆交互相的碎屑岩组成。

(一) 石炭系

1. 本溪组

本溪组因沉积初期的古地形起伏不平, 沉积厚度常有变化, 一般在华北区仅数十米, 在辽宁东部太子河流域沉积厚度较大, 最大可达150m以上。总的来说, 沉积厚度具有东厚西薄、北厚南薄的变化趋势(图1-2)。本溪组以平行不整合角度上覆于奥陶纪灰岩的古风化壳上, 主要以滨海、浅海相砂岩和粉砂岩及泥岩为主, 夹石灰岩数层。

本溪组所含煤层多为薄煤层或煤线, 一般位于本溪组的中、上部, 局部地区在下部也夹有煤线。除在东北的南部和唐山一带煤层较多且沉积有可采煤层外, 其它地区一般只有1~2层煤线, 达到可采厚度者极少。

2. 太原组

太原组的厚度一般为80~140m, 中部较厚而南、北两缘较薄。太原组为海陆交替型含煤沉积, 主要由细—中粒砂岩、粉砂岩、泥岩、石灰岩和煤组成。薄层灰岩的层数和厚

度由南向北递减且变薄；而碎屑岩的比例则由南向北逐渐增大，其中石家庄以北的开平、兴隆煤田和东北部分煤田主要以碎屑砂岩沉积为主（图1-3）。

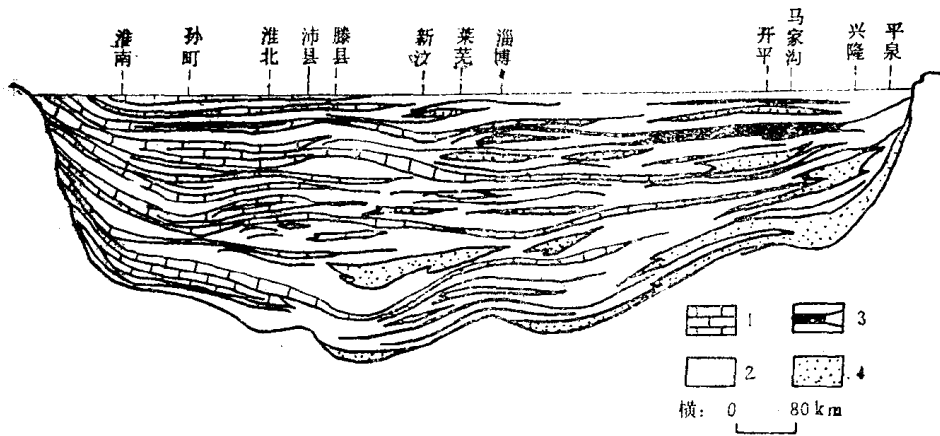


图 1-3 冀、鲁、苏、皖太原组沉积特征图
1—灰岩；2—泥岩、粉砂岩；3—煤层；4—砂岩

太原组普遍含煤，是全区的主要含煤地层之一。其煤层的层数和厚度南、北差异较大，北部煤层的层数和层厚均较南部多而厚。北部煤层总厚一般大于10m，最厚可达20~25m，多形成厚煤层或巨厚煤层。到南部的新密煤田（13）、确山煤田（14）、马坡煤田（17）、淮北煤田（18）和淮南煤田（19）一带，煤层总厚普遍小于5m，多为薄煤层或极薄煤层（图1-4）。

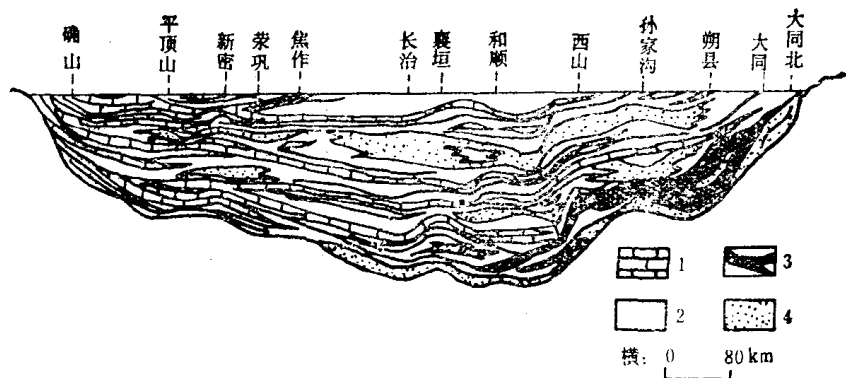


图 1-4 晋、豫太原组沉积特征图
1—灰岩；2—泥岩、粉砂岩；3—煤层；4—砂岩

从岩性、岩相组合和含煤性变化特征来看，太原组自南向北可分别划分为南带、中带和北带，具体规律如下：

（1）南带以浅海、滨海环境为主，由石灰岩、泥岩、粉砂岩及细砂岩组成，一般含薄层灰岩8~9层，灰岩累计厚度30~50m，淮南一带甚至达70m，占太原组总厚的50%~70%。如此厚度的薄层灰岩严重威胁着上覆煤层的安全开采。薄层灰岩中常见燧石结核，几乎每

层灰岩之下都有很薄的煤层或煤线，但由于聚煤作用发生在由短暂海退而形成的滨海沼泽中，不时被入侵海水所覆盖，所以，聚煤作用不能持久，形成的煤层缺乏工业价值。

(2) 中带碎屑物补偿比较充分，薄层灰岩所占比例减少，一般为3~6层，总厚10余米，夹有海相及过渡相砂岩、粉砂岩、泥岩和煤层8~10层，以薄煤层和中厚煤层为主，煤层顶板一般为浅海相的薄层灰岩和泥岩，较厚的煤层位于剖面的中下部，全区普遍可采。聚煤作用发生在海岸线时有变迁的海陆过渡地带。此带因接近隆起的陆源剥蚀区，太原组在该带以过渡相和陆相为主，海相层的数目和厚度都已大大减小。

(3) 北带的东部和西部聚煤环境不同，剖面沉积结构和含煤性差别较大。冀东和辽西等东部地区太原组中的碎屑岩比例较大，主要为滨海或三角洲砂质沉积。中期海侵高潮阶段形成了1~3层薄层灰层，分布于剖面的中、下部，特别在兴隆、京西和南票等靠近聚煤坳陷的边缘地带，太原组所含薄层灰岩甚少，主要由粗碎屑岩组成。因此，砂岩裂隙含水层是该地区煤系地层的主要充水含水层，如开平煤田。东部地区所含煤层较薄，但在晋北和内蒙古准格尔一带的西部地区，太原组沉积厚度小，岩性细，以过渡相和陆相的泥岩、粉砂岩为主，夹浅海相薄层灰岩或泥岩2~3层，向北尖灭。同时，普遍有较稳定的厚煤层或巨厚煤层发育，最后可达20~30m，是华北型煤田聚煤作用最好的地区之一。

太原组的多层薄层灰岩与煤层的沉积组合关系具有以下明显特点：

(1) 从冀、鲁、苏、皖和晋、豫的灰岩与煤层沉积相关曲线（图1-5和图1-6）可以看出：太原组的含煤性与其灰岩含量存在相互消长的关系。北部灰岩少，占地层剖面的

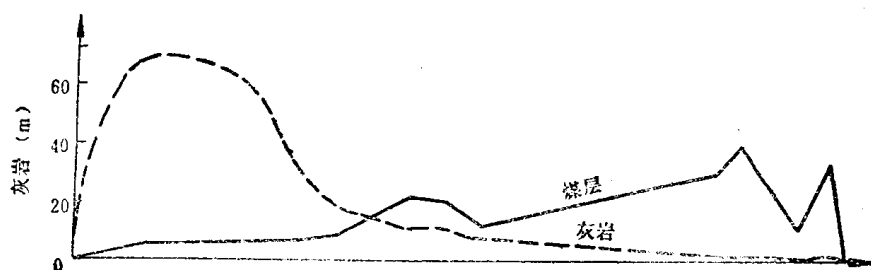


图 1-5 冀、鲁、苏、皖太原组灰岩与煤层沉积相关曲线图

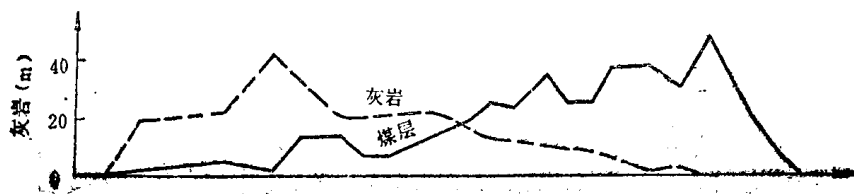


图 1-6 晋、豫太原组灰岩与煤层沉积相关曲线图

10%~20%，但含煤性好；南部灰岩显著增加，占地层剖面的40%~70%，含煤性明显变差。总而言之，太原组的含煤性和灰岩含量分区基本一致，均具有“南北分带、东西延展”的特征。

(2) 在天津、石家庄以北各煤田，所有薄层灰岩和巨厚层中奥陶统灰岩均伏于各可采煤层之下，成为煤层的直接底板或间接底板，严重地威胁着上覆煤层的安全开采。如准

旗煤田(8)、大同煤田(6)、京西煤田(5)、开平煤田(4)、辽西煤田(3)、本溪煤田(2)和浑江煤田(1)等;而从天津、石家庄以南的各煤田,除各可采煤层的直接或间接底板均有数层薄层灰岩和中奥陶统巨厚层灰岩沉积以外,其直接或间接顶板也同样有薄层灰岩沉积(见图1-2)。如太原西山煤田(7)、贺兰山煤田(9)、渭北煤田(10)、沁水煤田(11)、峰峰煤田(12)、新密煤田(13)、确山煤田(14)、淄博煤田(15)、宁阳煤田(16)、马坡煤田(17)、淮北煤田(18)和淮南煤田(19)等。显然,在这些煤田开采太原组煤层时,不仅需要考虑底板突水问题,而且顶板充水也是煤层安全开采的一个非常危险的隐患。

(二) 二叠系

华北型煤田从晚石炭世晚期开始,海水向东南方向退出,海岸线也逐渐向东南迁移。故二叠系的山西组 and 上、下石盒子组均以陆相沉积为主,缺乏海相的灰岩沉积。

山西组也是华北型煤田的主要含煤地层之一。它与太原组的显著差别是,随着陆地的扩展和海水退出,可采煤层的发育范围向南扩大。从总体而言,山西组煤层在整个华北型煤田内分布范围广,相对比较均匀(见图1-2)。但其含煤性仍显示出由北向南依次递减的规律。

上、下石盒子组所含煤层在郑州、西安以北几乎没有沉积,一般不作为含煤岩系处理。如宁阳煤田(16)、淄博煤田(15)、峰峰煤田(12)、沁水煤田(11)、渭北煤田(10)、贺兰山煤田(9)、准旗煤田(8)、太原西山组煤田(7)、大同煤田(6)、京西煤田(5)、开平煤田(4)、辽西煤田(3)、本溪煤田(2)和浑江煤田(1)等。从郑州、西安以南的各煤田,自北向南其含煤层数增多、厚度加大,以淮南煤田为最佳。上、下石盒子组煤层的沉积分布规律充分反映了聚煤环境逐渐向南退缩,干燥环境由北向南渐次推进的特点。

由于山西组和上、下石盒子组属于陆相环境,故几乎没有具有一定水文地质意义的海相灰岩沉积。各开采煤层的直接或间接顶板以及直接底板均为砂、泥岩互层,仅其间接底板为下伏太原组和本溪组的多层薄层灰岩以及中奥陶统巨厚灰岩。

在天津、石家庄以北,由于太原组各薄层灰岩均位于其各可采煤层之下,故山西组各可采煤层距太原组各薄层灰岩和奥灰层相对较远,其煤层开采的底板突水问题相对较小;而天津、石家庄以南各煤田,因太原组各可采煤层的直接或间接顶、底板均有薄层灰岩,故山西组各可采煤层距太原组薄层灰岩相对较近,其煤层开采的底板突水问题相对严重。

因上、下石盒子组各开采煤层与下伏的太原组和本溪组的各薄层灰岩和奥陶统巨厚灰岩相距较远,特别是上石盒子组的各可采煤层。因此,上、下石盒子组各可采煤层的矿床水文地质条件比较简单,几乎不存在底板喀斯特—裂隙水突水问题,仅有水量较小的顶板砂岩裂隙充水问题,如新密煤田(13)、确山煤田(14)、马坡煤田(17)、淮北煤田(18)和淮南煤田(19)等。

第二节 华北型煤田立体充水水文地质特征

一、剖面上具多层充水含水层组结构

在剖面上具有相互间水力联系密切的多层孔隙、喀斯特—裂隙充水含水层组结构。一般可划分为三个主要充水含水层组。

(一) 煤系含水层组

在假整合于中奥陶统或寒武系巨厚层碳酸盐岩之上的石炭系海陆交互相煤系地层中,

华北型煤田大部分均含有3~11层薄层石灰岩,总厚度一般为10~40m,为承压喀斯特一裂隙含水层。但真正对矿井充水有影响的含水层数较少,并因地而异。在山东新汶、肥城煤田,主要是第四层灰岩;在兖州、济宁、滕县煤田,第十层灰岩是开采太原组下部煤层的主要直接充水含水层;在太行山东南麓的焦作煤田,第八层和第二层灰岩分别是开采山西组大煤层和太原组下部煤层的主要直接充水含水层。

由于薄层灰岩含水层厚度有限,且常被断层切割成较封闭的各种有限规模的断块,故其影响矿床充水的严重程度主要取决于是否得到下伏中奥陶统灰岩水或浅部隐伏露头部位第四系强含水层的补给。当它们无水力联系时,矿床充水来源主要以消耗薄层灰岩静储量为主,对矿井安全生产威胁不大。但当薄层灰岩含水层通过垂向导水内边界与奥灰含水层或者通过越流与松散孔隙含水层发生水力联系时,一般造成矿坑涌水量明显增大且稳定。前者水力联系的密切程度取决于薄层灰岩与奥灰含水层之间的隔水层厚度和岩性。在焦作、峰峰、平顶山等煤田,断层切割严重,主要薄层灰岩(L_2 或大青灰岩)距中奥陶统灰岩含水层只有25~40m,中奥陶统灰岩水对其有强烈的补给,单位降深涌水量一般在 $1\text{L/s}\cdot\text{m}$ 以上;在淄博、肥城、淮北等煤田,虽然断层切割也很严重,但由于主要薄层灰岩与中奥陶统灰岩的距离为35~60m,中奥陶统灰岩水对其的补给能力相对上述要弱得多,其单位降深涌水量仅为 $5\text{L/s}\cdot\text{m}$ 左右。后者的水力联系密切程度则与隐伏露头部位的弱透水层厚度和基岩风化带的风化程度以及风化深度有关。

由于薄层灰岩在整个煤田的出露条件、埋藏条件、构造条件,特别是地下水的补给条件不尽相同,故各矿区薄层灰岩的喀斯特发育程度差异较大。一般地表露头区多发育溶沟和溶槽,在井下或钻孔中可见到溶洞和溶蚀裂隙等喀斯特现象。

地处太行山东南麓转折部位的焦作矿区,由于构造复杂,地层破碎,地下水补给条件好,其地下喀斯特发育。在焦作东部矿区勘探钻孔中,从蜂窝状小溶孔至0.1~5m直径的大溶洞均有发现,一般见直径2~5m大小溶洞的钻孔占总钻孔数的50%以上。钻孔所见大溶洞之多的现象是其它矿区所不及的,这是造成焦作矿区突水频繁的一个重要原因。

峰峰矿区共沉积有5层薄层灰岩,发育稳定且充水性较强的为伏青灰岩(厚4m)和大青灰岩(厚7m)。根据钻孔岩心资料统计,大量溶洞多发育在标高+100~-100m之间,两层薄层灰岩所见喀斯特大部分为溶孔和直径0.02~0.1m的小型溶洞,大者甚少。显然,薄层灰岩的喀斯特发育程度与焦作相比相差甚大。

其它矿区,如鹤壁、淮南、新汶、淄博和平顶山等,薄层灰岩虽沉积8层或更多,但由于构造条件、补给条件和水动力条件均不利于喀斯特发育,故钻孔在各层薄层灰岩中很少遇到较大溶洞,钻孔抽水试验的单位涌水量仅在 $0.03\sim 1\text{L/s}\cdot\text{m}$ 之间,极少数钻孔单位涌水量达到 $5\sim 10\text{L/s}\cdot\text{m}$ 。

根据前述的华北型煤田矿床水文地质沉积环境分析,在华北型煤田北部一带,特别是北带东部地区,假整合于中奥陶统巨厚层碳酸盐岩之上的石炭系含煤岩系中,薄层灰岩所占的沉积比例极小,主要煤系含水层为厚层状的砂岩裂隙充水含水层组,这些砂岩含水层组中垂直裂隙极为发育,而且在平面上基本均匀分布,水力联系密切,具有统一的承压水头,主要以中、细砂岩为主,间夹有粗砂岩沉积。一般可划分为2~3个砂岩裂隙含水层,其单层厚度一般为40~60m。这些砂岩裂隙含水层常因各种内边界沟通,与下伏巨厚层的中奥陶统灰岩含水层发生水力联系,严重威胁着上覆可采煤层的安全开采。如开滦范各庄

矿于1984年发生的世界采矿史上特大型的突水淹井事故就是其中一例。

(二) 中奥陶统碳酸盐岩含水层组

作为含煤岩系基底，且厚度多为200~800m的中奥陶统碳酸盐岩含水层，补给水源充沛，富水性强。大型群孔抽水试验显示出其水量大且稳定，连通性好，压力传递快，水位降低少，形成的降落漏斗平缓且扩展范围大，一般在每个水文地质单元内均形成统一的喀斯特水渗流场。该巨厚、高水头承压含水层是上覆煤层开采最危险的底板突水水源，奥灰参与的突水，一般具有发生突然，来势迅猛、涌水量大、持续时间长和造成损失严重等特点。

应该指出，中奥陶统碳酸盐岩的沉积厚度在区域上是变化的，其总体规律为中间厚、南北薄。这除了与原始沉积厚度有关外，后期的剥蚀作用亦有很大影响。在豫西新密、义马等地，其厚度为40~230m；在临汝、禹县、平顶山、登封，则全部缺失，煤系基底直接为下奥陶统白云质灰岩或厚达200~300m的寒武系碳酸盐岩。

中奥陶统碳酸盐岩本身也是一个复杂的多层含水层组结构体。按沉积旋回可划分为峰峰组、上马家沟组和下马家沟组。根据各地区岩性、岩相特征及岩性和生物化石组合，每组又可划分为2~3段。相对渗透性较差的角砾灰岩或角砾状灰岩层分别位于每组的底部，各组上部多为质纯的厚层灰岩。

在漫长的地质历史发展中，中奥陶统巨厚层碳酸盐岩的原始微裂隙网络在侵蚀性地下水的长期作用和接触渗透下，原始节理和原始裂隙处于一种永不停息的侵蚀扩溶演化状态。在后期的历次地壳运动催化作用下，形成了中奥陶统巨厚层碳酸盐岩的各种喀斯特现象和喀斯特景观。

由于受多种因素影响，华北型煤田各矿区的喀斯特发育程度相差较大，很不均匀，即使在同一矿区的不同地段或不同层位，喀斯特发育也不均一。喀斯特发育的深度各矿区差别也较大，一般不受当地侵蚀基准面的控制。

溶沟、溶槽是中奥陶统碳酸盐岩露头区常见的一种地表喀斯特现象，它们是大降水渗入补给地下水的良好通道。沟槽发育的方向多受地表裂隙展布方向控制，其发育宽度各地不同，一般为0.1~0.8m，大者可达1.5m。

溶蚀裂隙是北方喀斯特地下水的主要赋存介质和渗透通道，地表和井下十分常见。由不同展布方向的多组溶蚀裂隙交织构成的喀斯特裂隙网络是华北型煤田中奥陶统碳酸盐岩中地下水赋存和渗透的主要空间结构，也是所有以多孔介质渗流理论为基础的矿井水文地质计算方法应用于该类型煤田的一个前提条件。当然，这种喀斯特裂隙网络由于受不均匀的构造和水动力条件等影响，在网络的局部地段可能叠加了发育规模较大的断裂系统，但赋存喀斯特地下水的背景介质还主要以喀斯特裂隙网络为主。对于较大规模的断裂系统，不适合继续应用多孔介质的渗流理论加以计算，因为赋存于它们的喀斯特地下水的运动已远远超出渗流范畴，科学地处理方法应该是建立能够反映它们自己运动特征的独立数学模型。这样，把真实描述喀斯特裂隙网络和局部断裂系统各自特征的数学模型耦合起来，就是北方喀斯特裂隙网络地下水的较理想的渗流模型。

华北型煤田各矿区中奥陶统碳酸盐岩中的溶洞，大部分是在质纯的厚层状灰岩中顺层发育起来的，仅少数例外。

由于中奥陶统碳酸盐岩的喀斯特发育具有明显的非均匀和各向异性特性，这就决定了

赋存于其中的喀斯特地下水径流同样也表现出类似特点。即在厚层的碳酸盐岩径流区,存在着强径流、弱径流和几乎无径流区段之差异。在这些区段中,特别是强径流区段,往往呈不规则的带状展布,故称之为强径流带或集中径流带。强径流带的总体展布方向是由喀斯特水系统的补给区指向排泄区,它的发育规模与喀斯特大泉的天然泉排泄量呈密切的正比关系,即泉排泄量越大,强径流带的发育规模也越大,反之亦然。

强径流带一般具有以下特点:①强径流带的空间展布位置与碳酸盐岩的喀斯特发育部位相一致,如中奥陶统碳酸盐岩与石炭一二叠系煤系地层或火成岩体接触部位、褶皱构造轴部、断裂构造和急倾斜变缓带及河流的线状渗漏补给或溢出排泄带等;②强径流带的喀斯特介质主要以溶蚀裂隙网络为主,特别在径流带的中、上游,喀斯特地下水在其中的运动符合Darcy渗透定律;③强径流带是喀斯特富水带,其钻孔单位涌水量在整个喀斯特系统最大;④强径流带喀斯特地下水位呈槽谷型,纵向水力坡降较小,其地下水动态具有反映灵敏但相对稳定的特征,如矿井突水,其地下水位首先迅速波及强径流带,但其变化幅度不大;⑤强径流带地下水的水质较喀斯特水系统其它部位明显要好;⑥强径流带地下水多以喀斯特大泉形式排泄;⑦位于强径流带的矿山,突水次数频繁,突水水量大,它是北方喀斯特充水矿山遭受水害的真正水源通道。

需要指出的是,遭受了漫长地质年代强烈风化剥蚀和溶蚀作用的中奥陶统古风化面是一个起伏不平、喀斯特颇为发育的扁平漏斗。当中石炭世华北断块开始沉降,接受本溪组沉积时,根据能量最低原理,分选性较差的粗碎屑首先沉积在古风化面上相对低洼的溶坑和溶槽之上。随着断块的继续下沉和海水入侵的进一步加强,细碎屑的铝质粘土开始直接沉积于古风化面相对凸起部位,并且填充了风化带所发育的古喀斯特空间,同时在早先已被粗碎屑填平的坑槽之上也有沉积。由于受剧烈起伏不平的古风化面地形和古喀斯特空间的控制,细碎屑的铝质粘土岩沉积厚度在整个华北型煤田变化很大,一般为0~60m。由于铝质粘土岩的渗透性能极差,故它的沉积厚度直接影响华北型煤田下部煤层的安全开采。根据已掌握资料,在铝质粘土岩局部缺失或其沉积厚度较小地段,每当揭穿本溪组进入中奥陶统碳酸盐岩古风化面,钻孔即发生涌水。譬如,鹤壁一矿井下-50m水平奥陶系喀斯特含水层4号放水孔,当钻孔穿过本溪组后,孔内就涌出了含黄褐色碎块的水泥混合物,单孔出水量达185m³/h;又如,本溪采屯矿井下供水井,穿过本溪组进入中奥陶统碳酸盐岩仅5.6m,钻孔即发生涌水,水量较大;反之,在铝质粘土岩沉积厚度较大的地段,如构造条件较为简单,一般中奥陶统喀斯特水不可能直接参与矿井突水。

(三) 第四系松散孔隙含水层组

部分华北型煤田,第四系含水层组不整合覆盖于煤系和奥灰之上,形成了特殊的矿床水文地质条件。我国东部的开滦、两淮、济宁等矿区有厚达百米到数百米的第四系覆盖层,这些地区第四系底部是否存在厚层隔水层是决定其矿床水文地质条件复杂程度的重要因素之一。如开滦东欢坨矿,第四系底部粘土隔水层沉积很薄,局部地段完全缺失,松散孔隙含水层直接覆盖于煤系含水层和中奥陶统灰岩含水层隐伏露头之上,形成了矿区充水的另一个主要水源。

二、平面上充水含水层组性质各异

平面上各充水含水层组具有不规则的空间分布、非均匀、各向异性性质、复杂的边界位置和边界条件。地下水在各充水含水层组中的水力类型和疏干开采均随时、空而变化。