

矿山放水试验实践

喻希乐 许光泉 等●著
何吉春 施安才

中国科学技术大学出版社

矿山放水试验实践

喻希乐 许光泉 等 ● 著
何吉春 施安才

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书以位于淮南矿区潘集背斜的潘北煤矿为研究对象,在分析淮南矿区宏观地质条件、水文地质条件的基础上,完成了 A 组煤层底板 - 490 m 水平灰岩含水层的放水试验设计、放水试验过程并获得了丰富的现场试验资料。通过试验对灰岩含水层水文地质条件有了系统认识,尤其是试验区内不同断层的导水、隔水性。计算了研究区的水文地质参数,建立了水文地质概念模型和数学模型,利用 Modflow 软件识别了含水层的参数,开展了灰岩水的疏放性评价,并采用多种方法预测了矿井涌水量。针对矿山多种充水水源,研发了“矿区突水水源判别与分析系统”。

本书主要面向矿山水文勘探地质、矿山水文地质、采矿和掘进、隧道工程等相关行业的工程技术人员,也可供高等院校师生、矿山科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

矿山放水试验实践/喻希乐,许光泉,何吉春,施安才等著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2014.4

ISBN 978-7-312-03391-9

I. 矿… II. ①喻… ②许… ③何… ④施… III. 矿山—放水—试验 IV. TD743

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 320868 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 中国科学技术大学印刷厂
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 15
字数 320 千
版次 2014 年 4 月第 1 版
印次 2014 年 4 月第 1 次印刷
定价 36.00 元



前 言

矿山水文地质勘探不仅包括建井前和生产过程中的地面勘探工程,井下水文地质补勘工程也是其重要的组成部分。为了探查矿产资源在开采过程中受到充水含水层威胁的水文地质条件,开展井下水文地质补充勘探——放水试验,是最直接、最有效的方法。《煤矿防治水规定》第三十六条明确规定:“矿井有下列情形之一的,应当在井下进行水文地质勘探:(一)采用地面水文地质勘探难以查清问题,需在井下进行放水试验或者连通(示踪)试验……”,井下放水试验作为矿山的水文补充勘探方法,与地面水文地质勘探融为一体,形成一个完整的矿山防治水勘探工程。

潘北煤矿是安徽淮南矿业(集团)有限责任公司所辖的大型生产矿井,位于潘谢矿区的潘集背斜的北翼转折端。潘集背斜轴部为寒武系、奥陶系与石炭系灰岩露头区,经地震勘探发现,该露头区发育古岩溶,如溶洞、岩溶塌陷等,储存着丰富的地下水资源,但给矿山开采带来了水害问题。

该矿二叠系煤层隐伏于巨厚新生界松散层之下,位于石炭系太原组与奥陶系地层之上。矿山充水水源为新生界松散砂层孔隙水,煤系顶、底板砂岩裂隙水及底板岩溶水等。目前,主采 13-1、11-2、8、5-2、4-1 以及 A 组等煤层。A 组煤层含 1、3 两层煤,其中,3 煤厚为 0.47~9.06 m,平均为 4.98 m;1 煤厚为 0.28~10.17 m,平均为 3.58 m。煤层结构简单,赋存稳定,煤质优良,总储量为 2 666.35 万吨,占矿井总储量的 24.1%。A 组煤层在开采过程中受到来自底板岩溶的水害威胁。

为尽快查明 A 组煤底板灰岩水文地质条件,采用井上、下相结合的综合立体式水文地质勘探方法,时序上分为以下两个阶段:

第一阶段,地面补充水文勘查阶段:在 2009 年 11 月至 2010 年 8 月间,实施了“A 组煤底板灰岩地面水文地质勘探”工程,完成了地面 13 孔抽水试验,建立了各含水层水位观测系统,并对地面 20 个水位长观孔采用无线自动化遥控观测。与此同时,2009 年 12 月,启动了井下 -490 m 水平 C_1 组灰岩水文地质勘探工程,截止到 2011 年 8 月底,完成井下 C_1 灰岩放水巷道和三灰石门($C_1 \sim C_1^{\text{下}}$ 灰岩石门)施工,进尺 3 569.5 m 以及 C_1 组灰岩钻孔 85 个,进尺为 14 942.5 m,钻孔累计放水量为 462 206 m^3 。

第二阶段,井下放水试验阶段:由于 -490 m 水平西翼的地质构造较复杂,出现了 C_1 组灰岩钻孔放水量大、水位(压)降幅较小、个别钻孔水温异常偏高以及地面灰岩观测孔水位异常等现象。利用 -490 m 水平灰岩巷道东翼的 12 个钻场、 ES_1 和 ES_2 两个石门以及西翼 9 个钻场(DF_1 断层以西)、一个石门(WS_1)的放水孔及观测孔,在保持东翼正常放水条件下,开展对西翼的放水试验,共分成四个阶段:① 总恢复阶段;②

WS₁ 石门东侧钻孔放水—恢复阶段;③ WS₁ 石门西侧钻孔放水—恢复阶段;④ 西翼总放水阶段。

整个放水试验从 2011 年 8 月底至 11 月中旬,历时 76 天。采集了大量的基础数据,其中,背景值观测 1 次,放水试验 3 次,恢复试验 3 次,连通试验 3 次。采集了常规水样 100 个,微量元素水样 78 个;观测了水量数据 6 955 个,水压数据 17 625 个,水位数据 6 344 个,水温数据 6 955 个。其间,提交了简报 64 份,完成了四个阶段的试验成果总结报告 4 份,附表 15 份,附图 25 件,提交总结报告 1 份。

潘北煤矿群孔多阶段的放水试验是淮南煤田潘谢矿区首次进行的规模较大的井下灰岩含水层水文地质试验。它具有程序复杂、历时长、观测指标多、采集数据量大、参与人员多等特点,也是整个淮南矿区灰岩水防治研究的一个里程碑。它是一次在复杂水文地质条件下开展的灰岩水防治试验工程,拉开了潘谢矿区 A 组煤层开采时底板灰岩水威胁研究的序幕。

通过放水试验获得了以下成果:

(1) 进一步查明了井田水文地质条件,包括研究区内不同断层的导水、隔水性质,确定了以 DF₁ 为界,将试验区分为东翼和西翼两个区块的合理性。

(2) 计算了试验区 C₁ 组灰岩含水层的水文地质参数。

(3) 结合连通试验方法,查明了不同灰岩含水层之间的水力联系以及断层导、隔水性质,分析了西翼观测水位异常变化的原因。

(4) 根据放水过程中水温水量的变化特征,揭示了 WS₁ 石门水温异常变化的原因,得出了整个研究区由露头到深部的富水性变化规律。

(5) 建立了研究区的地下水数值模拟模型,评价了不同方案及不同开采水平下的疏放可行性,并预测了涌水量。

综上所述,放水试验不仅积累了丰富翔实的水文地质基础资料,分析了放水试验过程中的各种水文地质现象,获得了较为可靠的阶段性成果,且为潘北矿 A 组煤层开采过程中对灰岩水害的防治提供了依据。同时,也锻炼了一批从事矿山水害防治工作的工程技术人员,培养了一批水文地质工程技术骨干,是一次产、学、研相结合的成功实例。整个放水试验过程得到了淮南矿业(集团)有限责任公司领导、生产部领导的大力支持与指导以及安徽理工大学研究生的协助,在此表示衷心感谢。

本书写作人员为淮南矿业(集团)有限责任公司潘北煤矿喻希乐、何吉春、施安才、蒲治国、王毅、程建成;安徽理工大学许光泉、刘丽红;安徽省煤田地质局谢志刚;南京大学博士生赵雨晴。

本书对整个放水试验过程进行了系统总结与分析,作为矿山防治水工程的一个范例,可为其他类似矿山水文补充勘探、隧道工程施工以及基坑施工起到抛砖引玉的作用。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

作者

2013 年 10 月

目 录

前言	(i)
第一章 地质概况	(1)
第一节 区域地质概况	(1)
一、构造	(1)
二、地层	(2)
三、水文地质条件	(5)
第二节 潘北煤矿地质概况	(9)
一、地层	(9)
二、构造	(10)
三、水文地质条件	(15)
第二章 放水试验	(21)
第一节 试验背景	(21)
一、C _I 组灰岩出水量情况	(21)
二、C _I 组灰岩含水层水压变化情况	(23)
三、地面观测孔水位变化情况	(24)
第二节 放水试验目的与任务	(28)
一、放水试验目的	(28)
二、放水试验任务	(28)
第三节 试验要求及方法	(29)
一、试验要求	(29)
二、试验方法	(29)
第四节 放水试验工程布置	(30)
一、-490 m 水平钻场(孔)布置	(30)
二、地面水位观测孔布置	(30)
第五节 试验程序	(34)
一、背景值观测阶段	(34)
二、西翼总恢复阶段	(34)

三、WS ₁ 石门东侧钻孔放水试验	(34)
四、WS ₁ 石门西侧钻孔放水试验	(35)
五、总放水阶段	(35)
第六节 试验观测	(35)
一、试验观测孔分类	(35)
二、试验观测内容及要求	(38)
第七节 试验过程中干扰因素	(39)
一、东翼放水孔	(39)
二、西翼灰岩出水点	(40)
第三章 矿山地下水自动化监测系统	(41)
第一节 系统介绍	(41)
一、系统功能	(41)
二、系统结构	(42)
三、软件系统组成及功能	(44)
四、系统主要技术指标	(44)
第二节 系统分站功能及安装	(46)
一、地面各含水层水位监测	(46)
二、地面水文长观孔无线遥测分站	(48)
第四章 放水试验观测数据整理与分析	(49)
第一节 放水量动态	(49)
一、试验前水量动态	(49)
二、第一阶段放水孔水量动态	(50)
三、第二阶段放水孔水量动态	(52)
四、第三阶段放水孔水量动态	(55)
五、第四阶段放水孔水量动态	(56)
六、放水试验阶段总涌水量动态	(59)
第二节 水压动态变化	(61)
一、试验前水压动态	(61)
二、第一阶段水压动态	(61)
三、第二阶段水压动态	(69)
四、第三阶段水压动态	(76)
五、第四阶段水压动态	(83)
第三节 各含水层水位动态	(88)
一、试验前水位动态	(88)

二、第一阶段水位动态	(89)
三、第二阶段水位动态	(95)
四、第三阶段水位动态	(102)
五、第四阶段水位动态	(111)
第五章 水文地球化学与温度变化特征	(119)
第一节 水文地球化学特征	(119)
一、常规组分	(119)
二、-490 m 水巷道平东、西翼巷道水质空间特征	(126)
三、-490 m 巷道不同出水点水质特征	(129)
第二节 水化学类型	(130)
一、太原组灰岩水	(131)
二、奥陶系灰岩水	(131)
三、太原组—奥陶系混合水	(132)
四、二叠系砂岩裂隙水	(132)
五、新生界松散层水	(133)
第三节 地下水水温特征	(134)
一、各放水孔观测点水温特征	(134)
二、水温异常现象	(135)
第六章 -490 m 水平 C_I 组灰岩水文地质条件	(140)
第一节 潘谢矿区地下水补径排特征	(140)
一、地下水补给	(140)
二、地下水径流	(140)
三、地下水排泄	(140)
第二节 试验区地下水补径排特征	(141)
一、东翼地下水补、径、排	(141)
二、西翼地下水补、径、排	(143)
第三节 试验区 C _I 灰岩地下水流场特征	(149)
一、总恢复阶段	(149)
二、WS _I 石门东侧放水与恢复阶段	(151)
三、WS _I 石门西侧放水与恢复阶段	(151)
四、西翼总放水阶段	(153)
第四节 试验区断层导、阻水性质初步分析	(153)
一、F ₁ 、DF ₁₃ 和 DF ₉ 断层	(156)
二、DF ₁ 、DF ₁₋₁ 与 F _{A-1} 断层	(159)

三、 F_{70} 、 WF_1 断层	(160)
第五节 富水性特征	(163)
一、单位涌水量	(163)
二、水量变化	(164)
第六节 区块划分	(166)
第七章 水文地质参数计算	(169)
第一节 概述	(169)
第二节 计算方法	(169)
一、放水试验阶段	(170)
二、水位恢复阶段	(171)
三、群孔放水相互干扰下的含水层参数计算方法	(171)
第三节 东翼区块水文地质参数计算	(172)
一、背景分析	(172)
二、计算时段及孔位的选择	(173)
三、结果计算	(173)
第四节 西翼区块水文地质参数计算	(174)
一、背景分析	(174)
二、计算时段及孔位的选择	(174)
三、结果计算	(174)
第五节 水文地质参数分区	(175)
第八章 试验区 C_I 组灰岩地下水数值模拟	(177)
第一节 三维地下水流有限差分基本原理及方法	(177)
第二节 水文地质概念模型	(178)
一、模拟区范围	(178)
二、含水层结构概化	(178)
三、补给、排泄项	(179)
四、边界条件	(179)
第三节 数学模型及求解方法	(179)
一、数学模型	(179)
二、求解方法	(180)
第四节 模型划分	(185)
一、模型划分	(185)
二、模型参数分区	(185)
三、初始条件	(187)

四、模拟时段选定	(187)
第五节 模型识别与验证	(187)
一、模型识别与验证要求	(187)
二、识别与验证阶段	(188)
三、数值模拟流场	(195)
四、含水层参数分区确认	(196)
五、模拟结果分析	(198)
第九章 C_1 组灰岩水疏放性评价及涌水量预测	(199)
第一节 煤层底板突水评价	(199)
一、突水系数法	(199)
二、突水系数影响因素	(199)
三、煤层底板突水系数	(200)
第二节 含水层疏放试验	(201)
一、疏放试验方案	(201)
二、疏水降压效果	(202)
第三节 C_1 组灰岩涌水量预测	(204)
一、基本参数选取	(204)
二、 C_1 组灰岩涌水量预算	(204)
第四节 涌水量预测比较	(210)
第十章 突水水源判别与分析系统	(212)
第一节 多水源判别基本原理	(212)
一、多元逐步 Bayes 判别的方法	(212)
二、距离判别方法	(215)
三、灰色关联分析方法	(215)
四、模糊综合评判方法	(216)
第二节 潘北矿突水水源判别实现	(217)
一、水源判别分析模块	(217)
二、Piper 三线图绘制模块	(221)
三、水质报表模块	(221)
四、模型应用	(223)
参考文献	(226)

第一章 地质概况

第一节 区域地质概况

一、构造

淮南煤田位于华北板块最南缘,北邻蚌埠隆起,南临合肥拗陷,东至郟庐断裂,西止周口拗陷。三叠纪以来的印支期、燕山期的构造运动,形成了淮南近东西向的复向斜构造以及东西向与北北东向断裂相叠加的构造格局。复向斜,有谢桥古沟向斜、陈桥背斜、潘集背斜和耿村向斜等;南边有寿县老人仓断层、舜耕山逆冲推覆构造和阜风逆断层;北边有明龙山—上窑山滑塌构造,如图 1-1、图 1-2 所示。

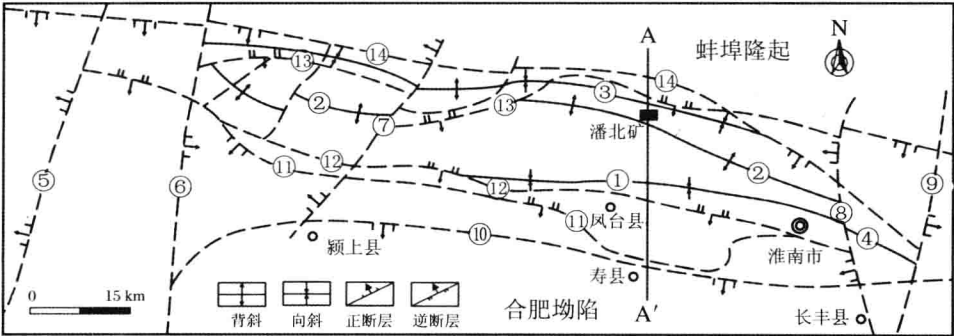


图 1-1 淮南煤田地质构造示意

①谢桥—古沟向斜;②陈桥—潘集背斜;③尚塘集—朱村集向斜;④永康背斜;⑤阜阳断裂;⑥西番楼断裂;⑦陈桥—颍上断裂;⑧新城口—长丰断裂;⑨武店断裂;⑩寿县—老人仓断裂;⑪舜耕山断裂;⑫阜阳—凤台断裂;⑬杨村集—朱集断裂;⑭刘府断裂

华北板块在志留系与泥盆系地层缺失,期间处于抬升状态,接受各种风化作用及地表、地下水流作用,形成了各种古岩溶地貌。

在侏罗系、白垩系及早第三系漫长的地质历史时期内,淮南煤田处于剥蚀夷平状态,形成了东南高、西北低的古地貌形态。晚第三纪早期,地壳普遍下沉,发生沉积。第四纪以来的新构造运动,东西沉降速率倒置,形成了平原西北略高于东南的现代地

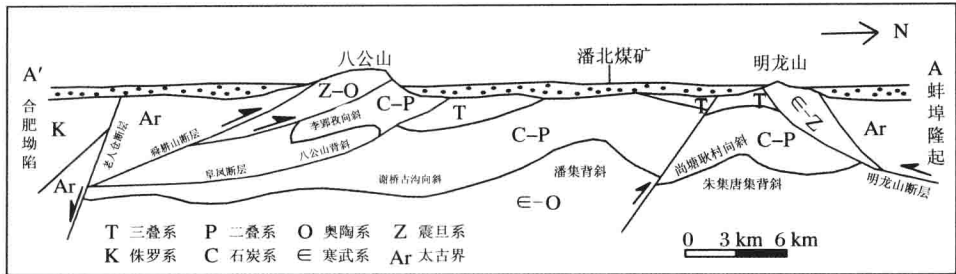


图 1-2 淮南煤田地质剖面图

貌景观。

近年来,随着潘谢矿区多种地质勘探工程日益增加,淮南煤田相继发现了大小不一岩溶陷落柱(带)或构造带。截至目前,淮南煤田共发现 13 个。其中,孔集矿 1 个,谢桥矿 2 个,张集矿 1 个,潘三矿实见 1 个、疑似 3 个,朱集矿疑似 1 个,顾桥矿为 2 条带状构造异常体,刘庄矿 1 个,新集三矿 1 个,其分布见图 1-3。

截至目前淮南煤田内通过巷道或工作面揭露或探明的构造异常带及陷落柱情况如表 1-1 所示。

表 1-1 淮南煤田岩溶陷落柱及地质构造带一览表(截至 2012 年)

煤 矿	分布情况	出水情况
潘三矿	实见 1 个,疑似 3 个	12318 工作面实际揭露,未出水
谢桥矿	实见 2 个	实际揭露 1 个,未出水
孔集矿	实见 1 个	对西八线 A 组煤开采有影响
张集矿	探测 1 个	尚未揭露
朱集矿	疑似 1 个	尚未揭露
顾桥矿	实见 2 个,带状构造异常体	揭露,未出水
刘庄矿	实见 1 个	井下揭露
新集三矿	实见 1 个	地表

二、地层

淮南煤田位于黄淮平原,除南北两翼低山残丘出露有前震旦系变质岩、震旦系、寒武系、奥陶系碳酸盐地层外,全区均被新生界松散层所覆盖。

由老至新,矿区发育地层有:震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系、第三系和第四系,其中,二叠系山西组和上、下石盒子组为主要含煤地层,其层序见表 1-2。

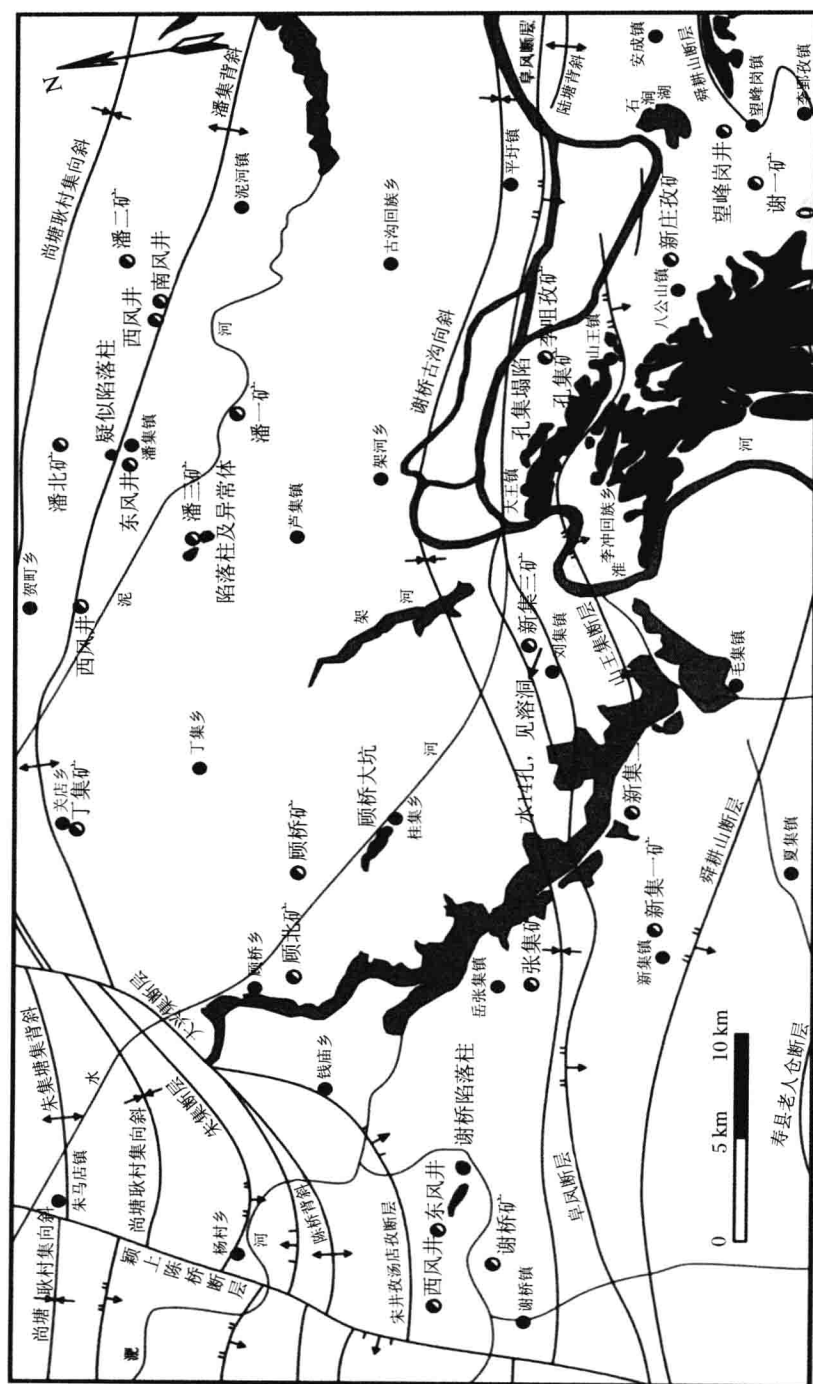


图 1-3 淮南煤田岩溶陷落柱(构造异常体)分布图

表 1-2 淮南区域地层简表

地层系统				岩性描述
界	系	统	群、组	
新生界	第四系	全新统 更新统		浅黄、灰黄色亚黏土、黏土和粉细砂等
	上第三系	上新统 中新统		灰绿色固结黏土夹砂层,含少量铁锰质结核
	下第三系	渐新统 始新统		浅灰色、棕褐色砂、泥岩及互层、夹砂砾岩
中生界	白垩系	上统		紫红色粉、细砂岩、砂砾岩
		下统		紫红色泥岩、粉砂岩、细一中砂岩
	侏罗系	上统		凝灰岩和安山岩、粉砂岩等
	三叠系	下统		紫红色砂、泥岩
古生界	二叠系	上统	石千峰组	紫红、灰绿色泥岩、细砂岩、石英砂岩
			上石盒子组	深灰色泥岩、砂岩、石英砂岩、含煤层
		下统	下石盒子组	灰色砂、泥岩及互层、炭质泥岩、含煤层
			山西组	泥岩、粉砂岩、含煤层
	石炭系	上统	太原组	灰岩为主,夹砂、泥岩,含薄煤层
	奥陶系	中统		白云岩夹薄层页岩
		下统		白云岩、白云质灰岩、泥质白云岩
	寒武系	上统		白云岩、硅质结核白云岩、竹叶状、鲕状灰岩
		中统		鲕状、砾状灰岩,含白云岩,夹棕黄色砂岩、页岩
		下统		泥质灰岩、豹皮状灰岩、生物碎屑灰岩及砂质灰岩、紫红色页岩
上元古界	震旦系	下统		白云岩、泥灰岩、夹竹叶状灰岩、石英岩及钙质砂岩、钙质页岩
	青白口系		徐淮群 八公山群	页岩、泥灰岩、钙质粉砂岩、石英砂岩、灰质白云岩
下元古界			风阳群	千枚岩、白云岩、大理岩、白云质石英片岩、石英岩
上太古界			五河群	片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩韵律互层

三、水文地质条件

按多孔介质性质将区域含水层划分为新生界松散孔隙含(隔)水层系统及基岩裂隙(溶隙)含水层系统。

(一) 新生界松散孔隙含(隔)水层系统

淮南煤田上覆新生界松散孔隙含(隔)水层,自上而下分述如下:

(1) 第四系含(隔)水层:厚 0~120 m,上段以细砂为主,夹多层黏土、砂质黏土,为潜水—承压含水层;中下段以细砂、中砂为主,夹砂质黏土,为承压含水层。

(2) 上新统含(隔)水层:厚 90 m 左右,以中细砂为主,夹多层黏土及砂质黏土,为承压含水层,富水性较强。

(3) 中新统上、中段含(隔)水层:厚 0~89 m,以黏土层为主,为隔水层,局部地段砂层富集。

(4) 中新统下段含(隔)水层:厚 0~96 m,岩性以棕色、灰绿色砂砾层为主,夹多层黏土,为承压含水层。受砂砾层及黏土层厚度在空间上变化影响,富水性差别较强,如潘集地区富水性相对较强,为 0.02~2.40 L/(s·m),水质为 $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型,而张集、谢桥矿区富水性较弱。

(二) 基岩裂隙(溶隙)含水层系统

依据淮南矿区构造及水文地质条件,即受南北两翼走向逆断层控制,中间形成淮南复向斜,将整个矿区划分成南区、中区、北区三个含水层亚系统,如图 1-4 所示。

1. 南部含水层亚系统

位于复向斜的南翼推覆体构造前缘,间夹于阜风与舜耕山逆冲断层之间。在八公山、舜耕山等低山丘陵地段,主要为寒武系、奥陶系灰岩露头,长期接受大气降水入渗补给,由于舜耕山断层的阻水作用,导致地下水沿断层面上溢形成上升泉,水质类型为低矿化度重碳酸盐型,现基本干涸。在二断层之间从李二矿至孔集,分布多对矿井,如图 1-5 所示。

矿井开采过程中煤层顶底板砂岩裂隙水为直接充水水源,浅部接受大气降水入渗补给,出水量较大,而越往深部则水量变小。

该区 A 组煤开采时,浅部接受露头区灰岩含水层的侧向补给,从 -280 m、-480 m 至 -660 m 水平,补给条件逐渐变差,灰岩含水层的富水性由强变弱。

浅部地下水长观孔水位随季节变化较大,地下水以垂直循环为主,地下水向深部运动受阜风断裂所阻,流动滞缓。同时,灰岩水的出现则由小到大呈逐渐增加趋势,如图 1-6 所示。

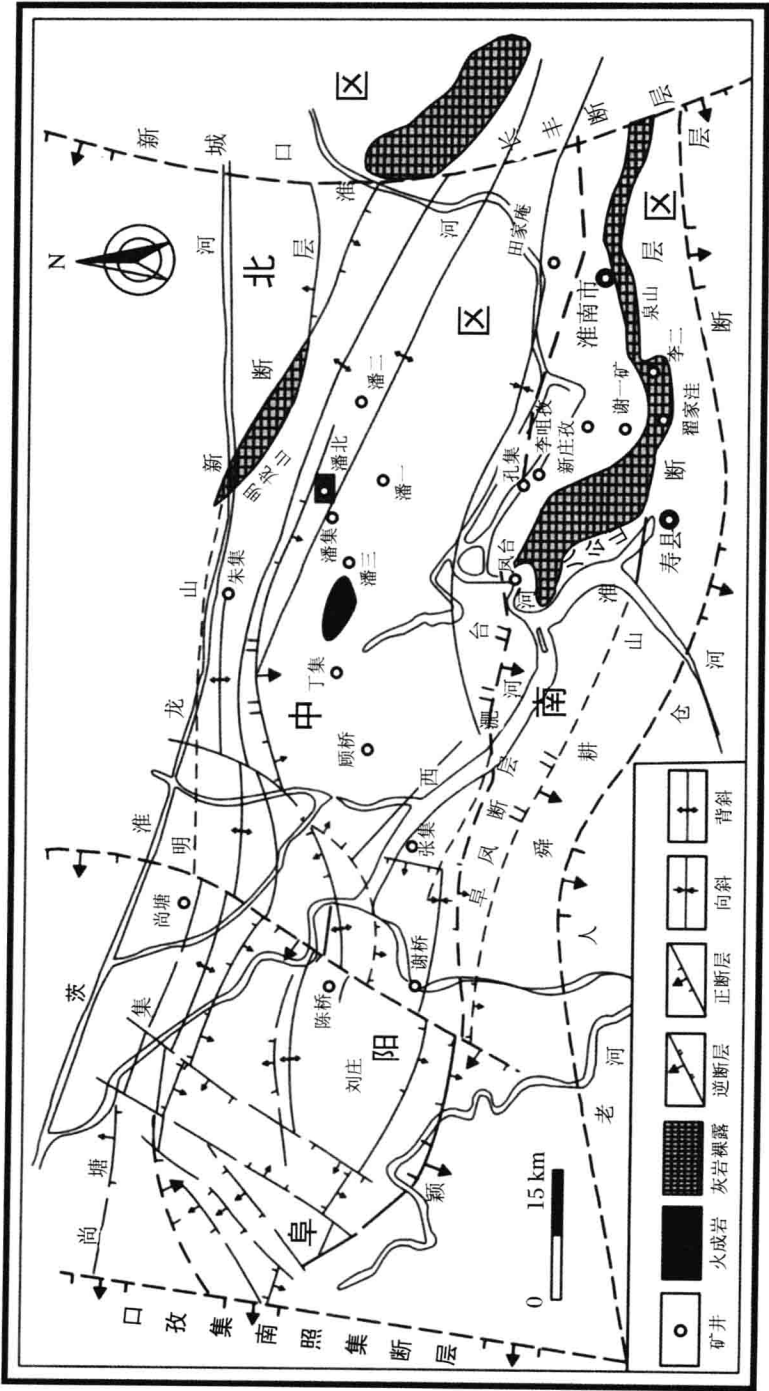


图 1-4 淮南煤田水文地质分区概要图

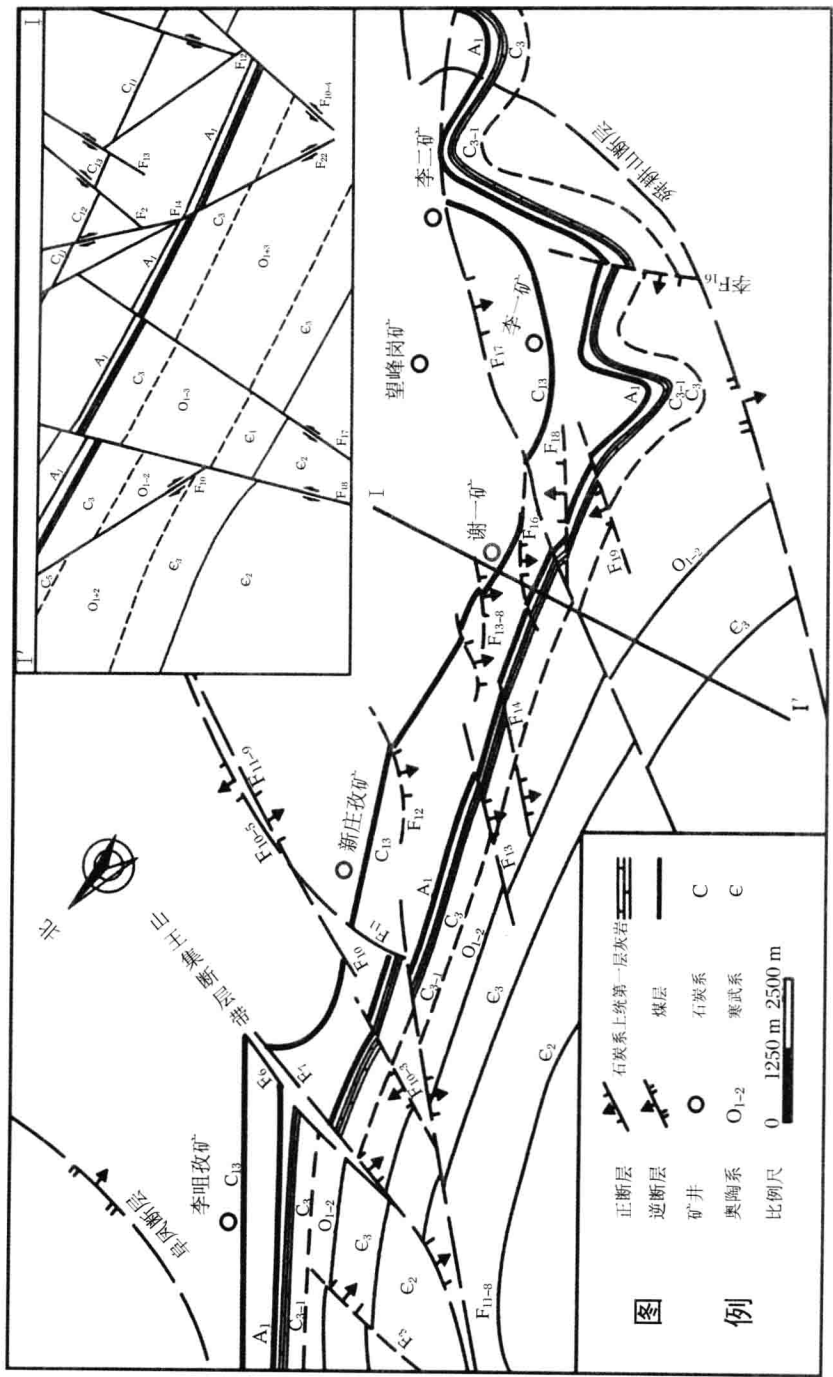


图 1-5 淮河以南矿区地层与构造示意图