

# 顾北煤矿中央采区水文地质条件 综合分析评价

朱昌淮, 贺世芳

淮河能源集团股份有限公司煤业分公司, 安徽 淮南

收稿日期: 2023年3月17日; 录用日期: 2023年4月18日; 发布日期: 2023年4月24日

## 摘要

以顾北煤矿中央采区为例,在系统分析矿井水文地质条件的基础上,采用井下灰岩含水层放水试验方法,通过对水量和各含水层观测孔水位动态分析,确定了南、北、中三个采区之间的水力联系,结果表明:三个采区属于相对独立的水文地质单元,中央采区各含水层之间在垂向上水力联系弱,采区C<sub>3</sub>I组灰岩含水层富水性为弱,其中采区边界Fs833为不导水断层,露头区范围灰岩裂隙发育,具有一定的导水性,地下水从露头区沿灰岩倾斜方向向深部流动,其富水性逐渐减弱,研究结果为矿井灰岩水害防治提供重要的参考意义。

## 关键词

水文地质条件, 放水试验, 断层导隔水性, 顾北煤矿

# Comprehensive Analysis and Evaluation of Hydrogeological Conditions in the Central Mining Area of Gubei Coal Mine

Changhuai Zhu, Shifang He

Huaihe Energy Group Coal Industry Branch, Huainan Anhui

Received: Mar. 17<sup>th</sup>, 2023; accepted: Apr. 18<sup>th</sup>, 2023; published: Apr. 24<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Taking the central mining area of Gubei coal mine as a case study, and based on a systematic analysis of the mine's hydrogeological conditions, researchers employed an underground limestone aquifer drainage test method. By examining the water volume and dynamic changes in water le-

vels in observation holes across each aquifer, they determined the hydraulic connections between the southern, northern, and central mining areas. Results indicated that these three mining areas constitute relatively independent hydrogeological units. The hydraulic connections between aquifers in the central mining area are weak in the vertical direction. The C<sub>3</sub>I group limestone aquifer in this area exhibits weak water-richness. The Fs833 boundary of the mining area is a non-conductive fault. Limestone fractures in the outcrop area are well-developed and exhibit some degree of conductivity. Groundwater flows from the outcrop area along the inclined direction of limestone towards deeper depths, with its water-richness gradually decreasing. These research findings provide valuable insights for preventing and controlling limestone water damage in mines.

## Keywords

Hydrogeological Condition, Discharge Test, Conductivity and Water-Resistance of Fault, Gubei Coal Mine

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

煤炭资源在未来三十年里仍占中国能源消费的主导地位[1], 随着浅部资源的日益枯竭, 开采深度不断增加, 深部煤层开采面临“三高一扰动”的复杂环境[2], 顶、底板水害威胁不断增大[3] [4]。近十年来, 我国大型岩溶水害事故超过 50 起, 造成了严重的经济损失与人员伤亡[5]。因此, 弄清矿井水文地质条件是矿井水害防治的重要前提, 查明区域水文地质条件成为矿井开采必不可少工作[6] [7] [8] [9], 探查突水水源、导水通道, 尤其断层、岩溶陷落柱等大型的导水通道[10] [11] [12] [13], 对于煤层下部岩溶水害的防治具有十分重要的现实意义[14]。

顾北煤矿为淮南煤田中部一隐伏式煤田, 岩溶较为发育, 深部岩溶水富水性较强, 与上部煤系存在一定的水力联系, A 组煤开采受岩溶水害威胁, 直接影响 1 煤层正常开采工作[15] [16] [17]。因此, 本文以顾北煤矿中央采区为研究对象, 结合井下放水试验方法, 分析了中央采区的水文地质条件及地下水流动方向上的富水性强弱, 为岩溶水害防治提供了可靠依据。

## 2. 地层与构造

顾北煤矿位于陈桥背斜东翼与潘谢背斜西部的衔接带上, 主要沉积寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系以及第四系松散层等地层。二叠系上统以细至粗砂岩为主, 含煤层; 二叠系下统以粗砂岩与泥岩为主, 含煤层; 石炭系太原组以灰岩为主, 夹泥岩、砂岩和盐岩, 含薄煤层; 石炭系本溪组以浅灰绿色铝铁质泥岩为主, 含黄铁矿; 奥陶系以厚层白云岩、白云质灰岩为主, 夹灰岩与页岩; 寒武系岩性以灰岩、白云岩和页岩为主, 其中顾北煤矿主要开采煤层为 13-1、11-2、8、6-2、1 煤。

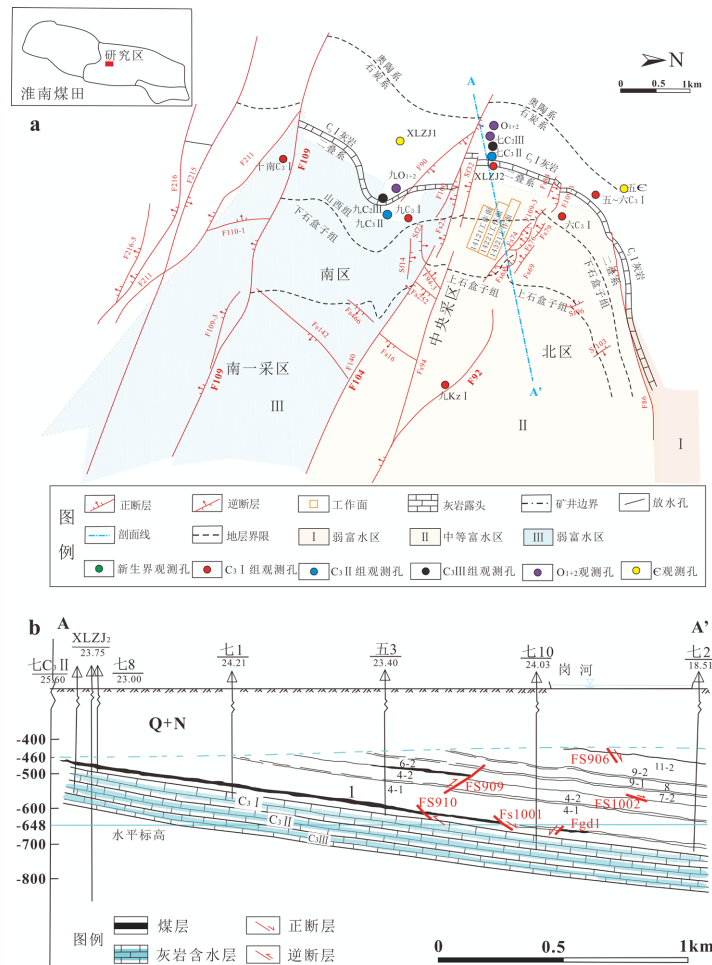
顾北煤矿地层为南北走向、向东倾斜的单斜结构, 倾角 5°~15°, 发育分布不均的次级宽缓褶曲和断层。根据次级褶曲和断层的发育特征, 可划分为 3 个区, 即北部简单向斜区、中南部“X”共轭剪切区和南部单斜构造区。

中央采区开采范围北至 Fs930、Fs924、Fs910 及 F92 断层组; 南至 F104 断层组; 西至 1 煤层隐伏露头; 东至 1 煤层-648 m 煤层底板等高线。采区中部发育一小型宽缓背斜, 起伏不大, 采区以断层构造为

主, 主要发育北西向和北东向两组断层, 北西向主要断层包括 F104、F104-0、F94、F92、Fs924 等, 断层落差大; 北东向主要断层包括 Fs883、Fs885 等, 断层落差较小。

通过大量研究可以发现, 顾北煤矿地层存在垂向分带性, 松散层、煤系地层与太原组岩溶含水层之间水化学环境差异明显, 水力联系微弱, 但石炭系与奥陶系之间水文地质条件相似[18][19], 同一含水层之间, 由于 F104 断层阻隔, 使得两侧水化学存在差异[16], 而通过南区放水试验可知浅部灰岩富水性相对较强, 深部较弱, 两者之间水力联系弱[20], 但迄今为止, 还未对中央区水文地质条件及断层导隔水性进行深入研究。基于此, 本文利用多次抽水试验数据及矿井水文地质资料对中央采区断层导隔水性进行评价, 对其水文地质条件进行了详细分析。

### 3. 含水层特征



注: (a) 顾北煤矿长观孔位置及中央采区工作面平面布置图; (b) 中央采区 AA'水文地质剖面图。

Figure 1. Hydrogeological map of the study area  
图 1. 研究区水文地质图

本采区含水层自上而下有: 新生界松散层含水层、二叠系煤层顶板砂岩裂隙含水层、太原组灰岩岩溶裂隙承压含水层以及奥陶系灰岩岩溶裂隙承压含水层, 其中对采掘工程影响较大的为底部太原组灰岩岩溶裂隙承压含水层, 研究区水文地质图如图 1 所示。

### 3.1. 新生界松散层含水层

本采区范围内松散层厚 442.7 m~484.35 m, 主要由砂层、砂质粘土和砂砾组成。自上而下可分为上部含隔水层(组)、中部含隔水层(组)、下部含隔水层(组)和底部“红层”等四个部分。其中中部与下部含隔水层分布稳定, 岩性以粘土及砂质粘土为主, 隔水性好; 下部含水层仅发育透镜状砂层, 单位涌水量  $q = 0.00096 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}) \sim 1.095 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ , 弱到中等富水性; 底部“红层”呈片状分布, 单位涌水量  $q = 0.00133 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ , 弱富水性。

### 3.2. 二叠系煤层顶底板砂岩裂隙含水层

二叠系煤层顶底板砂岩裂隙含水层总体上含水量小、富水性弱, 以静储量为主, 但由于 1 煤层顶板砂岩厚度分布各异, 砂岩裂隙发育不均一, 富水性受砂岩厚度、裂隙发育程度及边界条件所控制, 局部岩层裂隙发育地段及断层影响带附近可能相对富水。

### 3.3. 太原组灰岩岩溶裂隙含水层

太原组灰岩岩溶裂隙含水层(组)属承压水, 根据岩性、岩相和富水性综合分析, 将太原组灰岩分成三个含水组: C<sub>3</sub>I 灰岩含水组(1~3 下灰)、C<sub>3</sub>II 灰岩含水组(4~9 灰)、C<sub>3</sub>III 灰岩含水组(10~12 灰)。

C<sub>3</sub>I 组灰岩含水层: C<sub>3</sub>I 灰岩含水组厚度 31.14 m~41.09 m, 平均 36.73 m, 水位标高+7.93 m~+20.87 m, 单位涌水量  $q = 0.00021 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}) \sim 0.00107 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ , 渗透系数  $K = 0.000563 \text{ m}/\text{d} \sim 0.00454 \text{ m}/\text{d}$ , 为弱富水性。

C<sub>3</sub>II 组灰岩含水层: C<sub>3</sub>II 灰岩含水组厚度平均 38.65 m, 水位标高+7.42 m, 单位涌水量  $q = 0.00114 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ , 渗透系数  $K = 0.0078 \text{ m}/\text{d}$ , 为弱富水性。

C<sub>3</sub>III 组灰岩含水层: C<sub>3</sub>III 灰岩含水组厚度平均为 18.50 m, 水位标高+7.17 m, 单位涌水量  $q = 0.00188 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ , 渗透系数  $K = 0.0109 \text{ m}/\text{d}$ , 为弱富水性。

### 3.4. 奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层组

根据区内揭露奥灰钻孔资料, 奥灰厚度 52.62 m~87.70 m, 平均厚度 75.70 m, 根据区内补勘钻孔抽水试验资料, 单位涌水量  $q = 0.00248 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}) \sim 0.763 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 、渗透系数 0.0029 m/d~1.583 m/d, 弱~中等富水性。

## 4. 放水试验

### 4.1. 试验位置选择

矿井内共布设地面灰岩水位观测孔 14 个, 含 6 个 C<sub>3</sub>I 组灰岩水位观测孔、2 个 C<sub>3</sub>II 组灰岩水位观测孔、2 个 C<sub>3</sub>III 组灰岩水位观测孔、2 个奥陶系灰岩水位观测孔、2 个寒武系灰岩水位观测孔。在中央 1 煤采区露头附近有 5 个灰岩观测孔、2 个 C<sub>3</sub>I 组灰岩水位观测孔、1 个 C<sub>3</sub>II 组灰岩水位观测孔、1 个 C<sub>3</sub>III 组灰岩水位观测孔、1 个奥陶系灰岩水位观测孔。

### 4.2. 前期井下探放水试验

中央 1 煤采区 14121 工作面探放水工程始于 2021 年 5 月, 截至 2022 年 5 月 18 日已完成施工井下钻孔 20 个, 其中, C<sub>3</sub>I 灰岩层位完成探查孔 1 个; C<sub>3</sub>下灰岩层位完成探放水孔 12 个、探查孔 1 个; C<sub>3</sub>灰岩层位完成验证孔 5 个、测压孔 1 个。

在 14121 工作面灰岩探放水孔施工前, 中央 1 煤采区灰岩平均涌水量为 0 m<sup>3</sup>/h ~5 m<sup>3</sup>/h。2021 年 7 月之后, 通过钻孔施工放水, 灰岩涌水量呈现快速增加态势, 截止到 2022 年 5 月 18 日, 中央 1 煤采区灰

岩涌水量达 104.23 m<sup>3</sup>/h (图 2)。

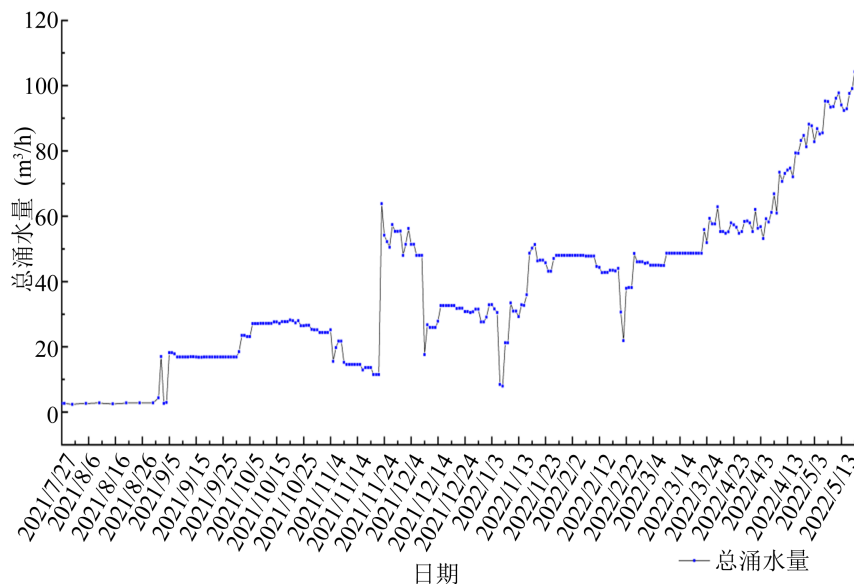


Figure 2. Central 1 coal mining area water inflow duration curve diagram  
图 2. 中央 1 煤采区涌水量历时曲线图

### 4.3. 试验过程

#### 4.3.1. 背景值观测

以 2020 年 7 月 27 日以来井下的放水孔、测压孔, 以及地面水位观测孔变化情况作为背景, 并每日观测一次井下水量、水温, 3~5 天采集指定钻孔水样一次, 每日 4 次地面含水层水位观测孔监测水位。

#### 4.3.2. 水位恢复阶段

关闭本次放水试验所用的 12 个灰岩放水孔, 结束标准为观测孔水压值变化小于 10%。

#### 4.3.3. 放水试验阶段

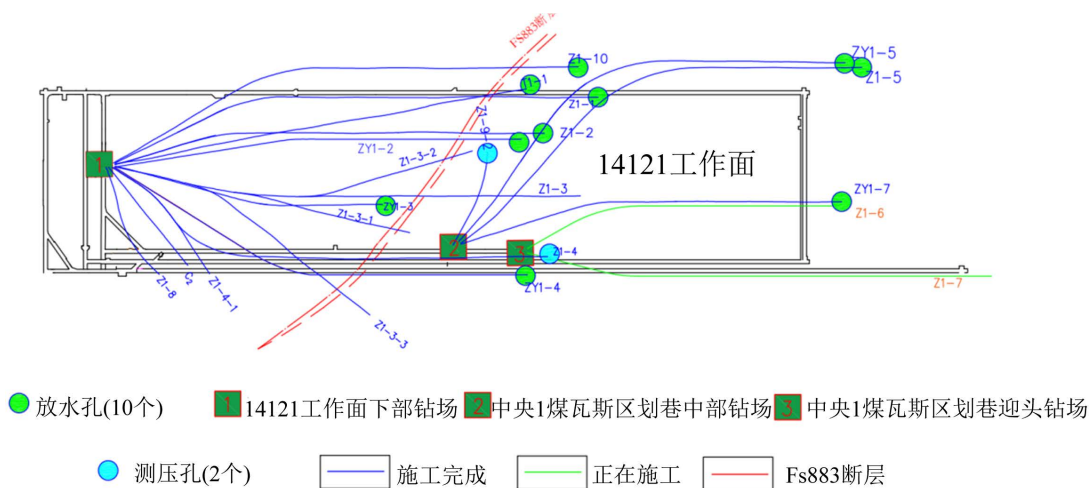


Figure 3. Layout diagram of each observation hole in water discharge test  
图 3. 放水试验井下各观测孔布置示意图

第一阶段: 打开底部钻场的 Z1-5、ZY1-5、ZY1-7 孔, 其余钻孔仍保持关闭状态, 即中部钻场 Z1-9-2 孔和下部钻场 Z1-1、Z1-2、Z1-10、T1-1、Z1-4、ZY1-2、ZY1-3、ZY1-4 孔作为测压孔, 目的考察风化带露头区灰岩水与 Fs883 断层水力联系。而后在此基础上, 打开 Z1-1、Z1-2、Z1-10 孔, 进一步调查、分析 Fs883 断层带与风化带灰岩含水层之间水力联系;

第二阶段: 在第一阶段放水的基础上, 将井下出水量大于  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  所有钻孔都打开, 仅保留 Z1-4 与 Z1-9-2 作为观测孔(图 3)。

## 5. 含水层垂向和水平上水力联系分析

### 5.1. 含水层间垂向水力联系分析

由于新生界松散层下部为厚层状粘土层, 阻隔了上部含水层对基岩含水层的补给, 试验以来, 新生界松散层水文观测孔水位始终保持正常时段小幅下降的稳定趋势, 无突变现象。

#### 5.1.1. $C_3\text{I}$ 与 $C_3\text{II}$ 组灰岩含水层间水力联系

中央 1 煤采区露头区  $C_3\text{I}$ 、 $C_3\text{II}$  组灰岩含水层水位均与  $C_3\text{I}$  组灰岩放水量有较好响应(图 4), 说明中央 1 煤采区内  $C_3\text{I}$ 、 $C_3\text{II}$  组灰岩含水层与露头区存在较好水力联系。由于南一、北一采区内  $C_3\text{I}$  与  $C_3\text{II}$  组灰岩含水层水位在背景值观测阶段无明显变化, 说明南一、北一采区内  $C_3\text{I}$  与  $C_3\text{II}$  组灰岩含水层水位基本未受中央 1 煤采区  $C_3\text{I}$  组灰岩放水影响。

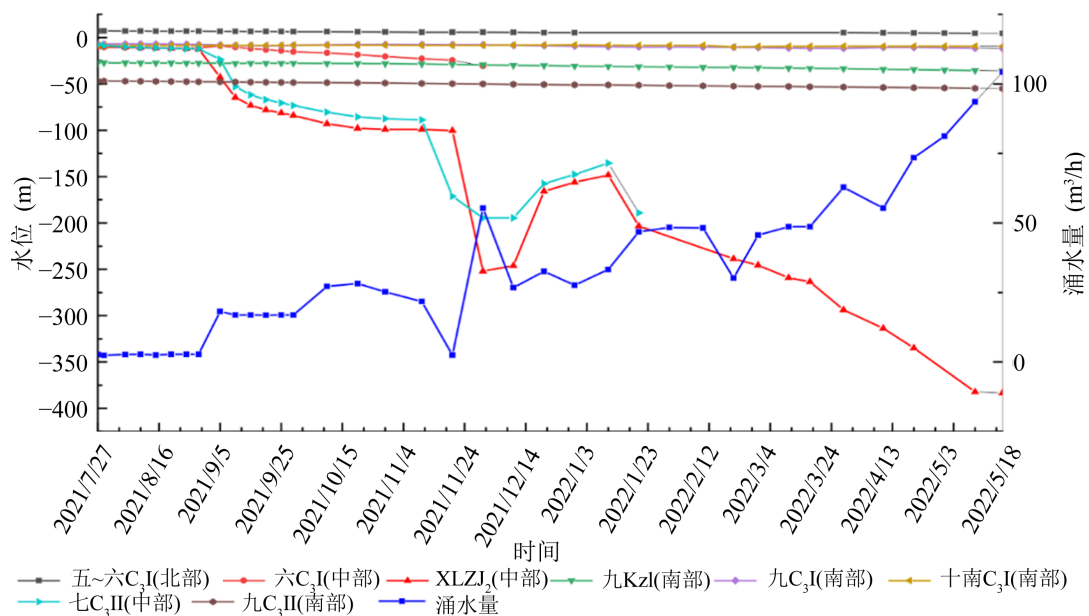


Figure 4.  $C_3\text{I}$  and  $C_3\text{II}$  limestone aquifer long view hole water level-water duration curve

图 4.  $C_3\text{I}$  与  $C_3\text{II}$  组灰岩含水层长观孔水位 - 水量历时曲线

#### 5.1.2. $C_3\text{I}$ 与 $C_3\text{III}$ 组灰岩含水层间水力联系

在放水阶段中央 1 煤采区露头区  $C_3\text{I}$  组及  $C_3\text{III}$  组灰岩含水层水位均与  $C_3\text{I}$  组灰岩放水量有较好响应(图 5), 说明中央 1 煤采区内  $C_3\text{I}$  组与  $C_3\text{III}$  组灰岩含水层在露头区存在较好水力联系。由于南一、北一采区内  $C_3\text{I}$  与  $C_3\text{III}$  组灰岩含水层水位在背景值观测阶段无明显变化, 说明南一、北一采区内  $C_3\text{I}$  与  $C_3\text{III}$  组灰岩含水层水位基本未受中央 1 煤采区  $C_3\text{I}$  组灰岩放水影响。

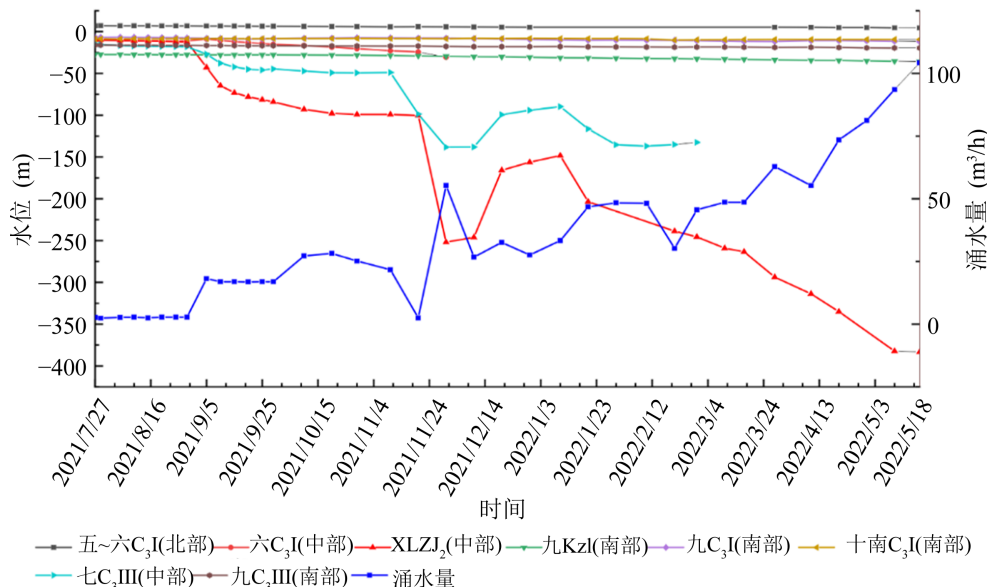


Figure 5. C<sub>3</sub>I and C<sub>3</sub>III limestone aquifer long view hole water level-water duration curve  
 图 5. C<sub>3</sub>I 与 C<sub>3</sub>III 组灰岩含水层长观孔水位 - 水量历时曲线

### 5.1.3. C<sub>3</sub>I 组与奥陶系和寒武系灰岩含水层间水力联系

随着中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩探放水工程涌水量的变化, 中央 1 煤采区露头区 C<sub>3</sub>I 组灰岩含水层水位与 C<sub>3</sub>I 组灰岩放水量有较好响应, 但中央 1 煤采区露头区奥陶系灰岩含水层水位未受 C<sub>3</sub>I 组灰岩放水影响 (图 6), 说明中央 1 煤采区内 C<sub>3</sub>I 组与奥陶系灰岩含水层在露头区无水力联系, 也佐证了中央 1 煤采区实施的区域探查治理工程效果。

由于南一、北一采区内 C<sub>3</sub>I 组与奥陶系和寒武系灰岩含水层水位在背景值观测阶段均无明显变化, 表明南一、北一采区内 C<sub>3</sub>I 组与奥陶系和寒武系灰岩含水层水位未受中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩放水影响。

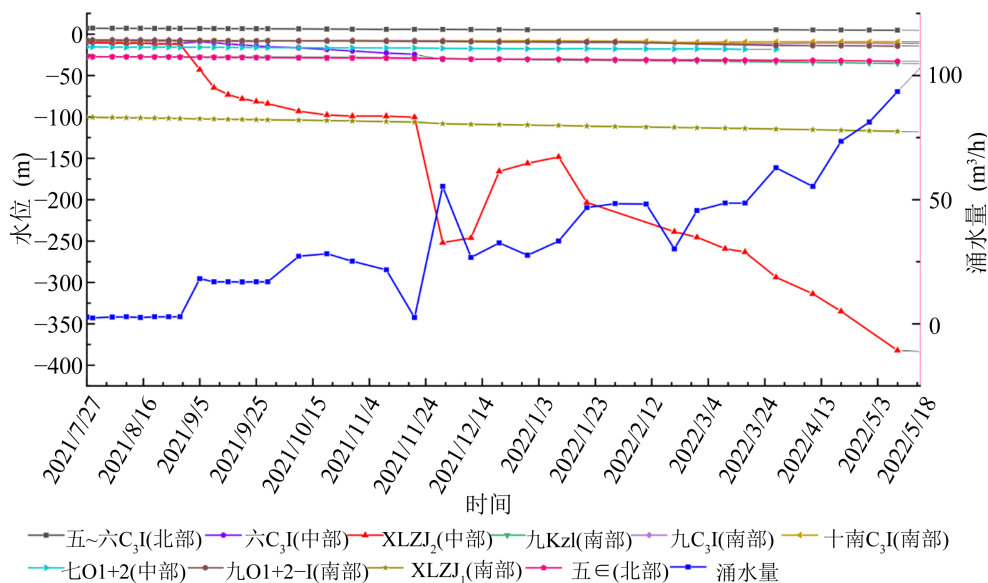


Figure 6. C<sub>3</sub>I and Ordovician and Cambrian limestone aquifer long view hole water level-water duration curve  
 图 6. C<sub>3</sub>I 组与奥陶系和寒武系灰岩含水层长观孔水位 - 水量历时曲线

## 5.2. 不同采区间水力联系分析

南一、北一采区内各灰岩含水层水位基本未受中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩放水影响(图 7), 因而南一、北一采区与中央 1 煤采区间不存在明显水力联系, 为三个相对独立的水文地质单元。

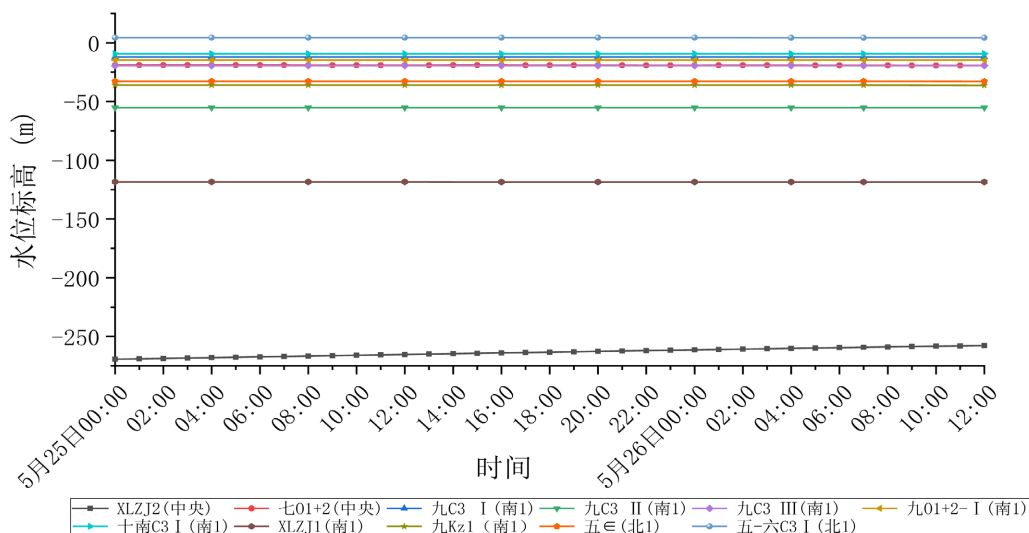


Figure 7. The water level change diagram of limestone aquifer in the second formal discharge stage  
图 7. 第二次正式放水阶段灰岩含水层水位变化图

## 5.3. C<sub>3</sub>I 组灰岩富水性分析

单位涌水量计算公式为  $q = Q/S$  ( $q$ : 单位涌水量;  $Q$ : 钻孔出水量;  $S$ : 放水孔水位降深), 选取三轮放水期间各放水孔水量与临近测压孔的水压信息计算各放水孔在各轮放水期间的单位涌水量, 计算结果如表 1 所示。

根据富水性分级, 对中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩含水层进行富水性分析, 发现第一轮放水期间, 中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩含水层单位涌水量介于 0.194 L/(s·m)~0.644 L/(s·m)、为中等富水; 第二轮放水期间中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩含水层单位涌水量介于 0.07 L/(s·m)~0.404 L/(s·m)、为弱~中等富水; 第三轮放水期间中央 1 煤区 C<sub>3</sub>I 组灰岩含水层单位涌水量介于 0.012 L/(s·m)~0.587 L/(s·m)、为弱~中等富水, 表明中央 1 煤区 C<sub>3</sub>I 组灰岩含水层富水性为弱~中等富水。

Table 1. Calculation table of unit water inflow of each discharge hole during three times of water discharge  
表 1. 三轮放水期间各放水孔单位涌水量计算表

项目	孔号	Z1-5	ZY1-5	ZY1-7	Z1-1	Z1-2	Z1-10	T1-1	ZY1-2	ZY1-3	ZY1-4
	$q/L/(s \cdot m)$										
	第一轮放水	0.644	0.194	0.197							
	第一轮放水	0.404	0.082	0.082	0.093	0.07	0.178				
	第三轮放水	0.587	0.109	0.116	0.145	0.069	0.29	0.012	0.135	0.141	0.015

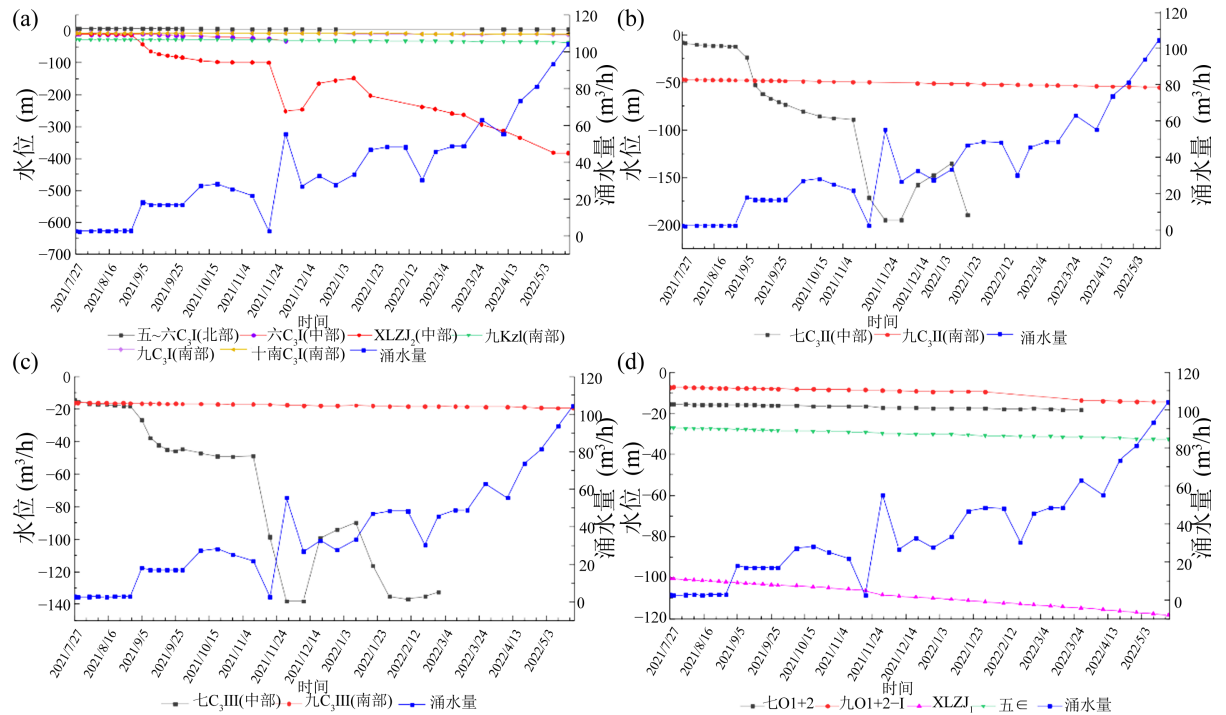
## 6. 水文地质条件综合评价

### 6.1. 采区边界断层导水性分析

在中央 1 煤采区 XLZJ<sub>2</sub> 孔、七 C<sub>3</sub>II、七 C<sub>3</sub>III、七 O<sub>1+2</sub> 孔水位下降幅度分别达 373.58 m、186.83 m、



156.37 m、2.85 m 情况下, 南一、北一采区各层位水位试验前后基本无明显波动(图 8)。中央采区首采面 1 煤层底板钻探过程中出水量出现变化时, 井田内三个采区地下水水位变化呈现不同的响应, 其中南一采区和北翼采区各灰岩观测孔水位变化趋势基本没有变化, 中央采区的 4 个太灰观测孔水位随水量变化的响应程度高, 表明中央采区与相邻采区之间水力联系弱, 同时表明采区之间的断层为隔水-弱导水断层。



注: (a) C<sub>3</sub>I 组灰岩; (b) C<sub>3</sub>II 组灰岩; (c) C<sub>3</sub>III 组灰岩; (d) 奥灰与寒灰。

Figure 8. Dynamic duration curve of water level-water inflow in each mining area before drainage test  
图 8. 放水试验前各采区钻孔水位 - 涌水量动态历时曲线

### 6.2. 采区内部断层导水性分析

由于 Fs883 断层为中央 1 煤采区首采工作面(14121 工作面)内揭露最大断层, 为此, 需重点对此断层的导、隔水性进行剖析。

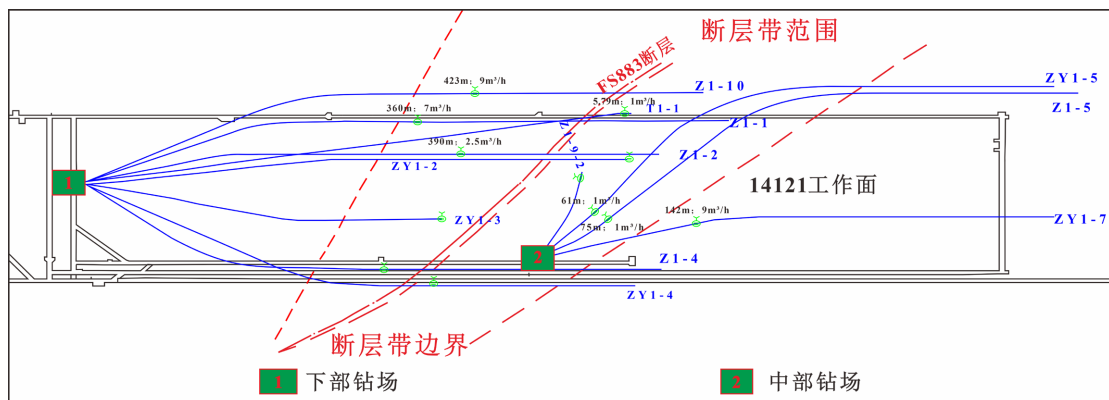


Figure 9. Fs883 fault zone plane shape speculation figure  
图 9. Fs883 断层带平面形态推测图

中央 1 煤采区包含三个工作面, 首采面穿过 Fs883 断层带, 从目前揭露情况分析, 该断层带为一长条形, 为一带状、斜切工作面的正断层带, 走向近东西向、倾向为  $180^\circ$ 、倾角为  $38^\circ\sim 57^\circ$ 、落差为  $6\text{ m}\sim 12\text{ m}$ 。通过对井下灰岩钻探揭露和出水情况比较, 为上(回风巷)下(机巷)小的楔形构造, 其变化范围如图 9 所示。

通过井下巷道和钻孔放水揭露, 并结合中央采区地面区域探查治理成果综合分析, 认为该断层在  $C_3I$  组灰岩内, 从风巷至机巷方向, 平面上表现为一定宽度的张裂隙带, 且逐渐向下收敛, 直至尖灭的“楔形”构造带, 内部灰岩裂隙发育; 在断层发育范围带内, 垂向剖面上表现为穿过  $C_3I$ 、 $C_3III$  组灰岩, 并呈现“V”字型尖灭特点。在工作面施工  $C_3I$  组灰岩探放水孔过程中, 断层带不同位置钻孔水量存在显著性差异, 表现为风巷位置灰岩段出水量较大, 而下方的机巷灰岩段则无水或滴水。因此, 沿断层走向, 从风巷沿断层向东(机巷方向), 灰岩裂隙发育性越来越差, 即沿断层带走向, 从由浅部至深部, 裂隙发育程度越来越差。

### 6.3. 断层导、储水性特征

工作面底抽巷在  $C_3I$  灰岩内揭露该断层为无水断层、工作面巷道穿过该断层时未见异常出水、 $C_3I$  灰岩区域注浆过程没有出现异常浆液消耗现象, 说明 Fs883 断层不导水。但依据钻探期间出水点的位置, 发现出水主要集中在 Fs883 断层带附近(图 10), 因此, Fs883 断层带具备储水性质。另外, 在中央采区地面区域探查与治理过程中, 该范围内未出现垮孔和注浆量增大等异常现象, 由于该断层发育程度在空间上受到限制, Fs883 断层本身不导水, 但 Fs883 断层次生裂隙带具有储水性质。

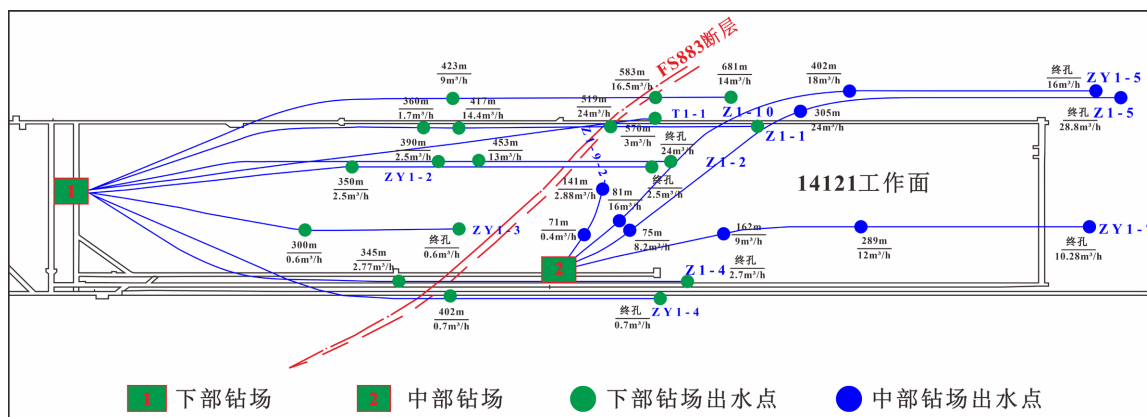


Figure 10. Water point distribution map of  $C_3I$  limestone drilling process

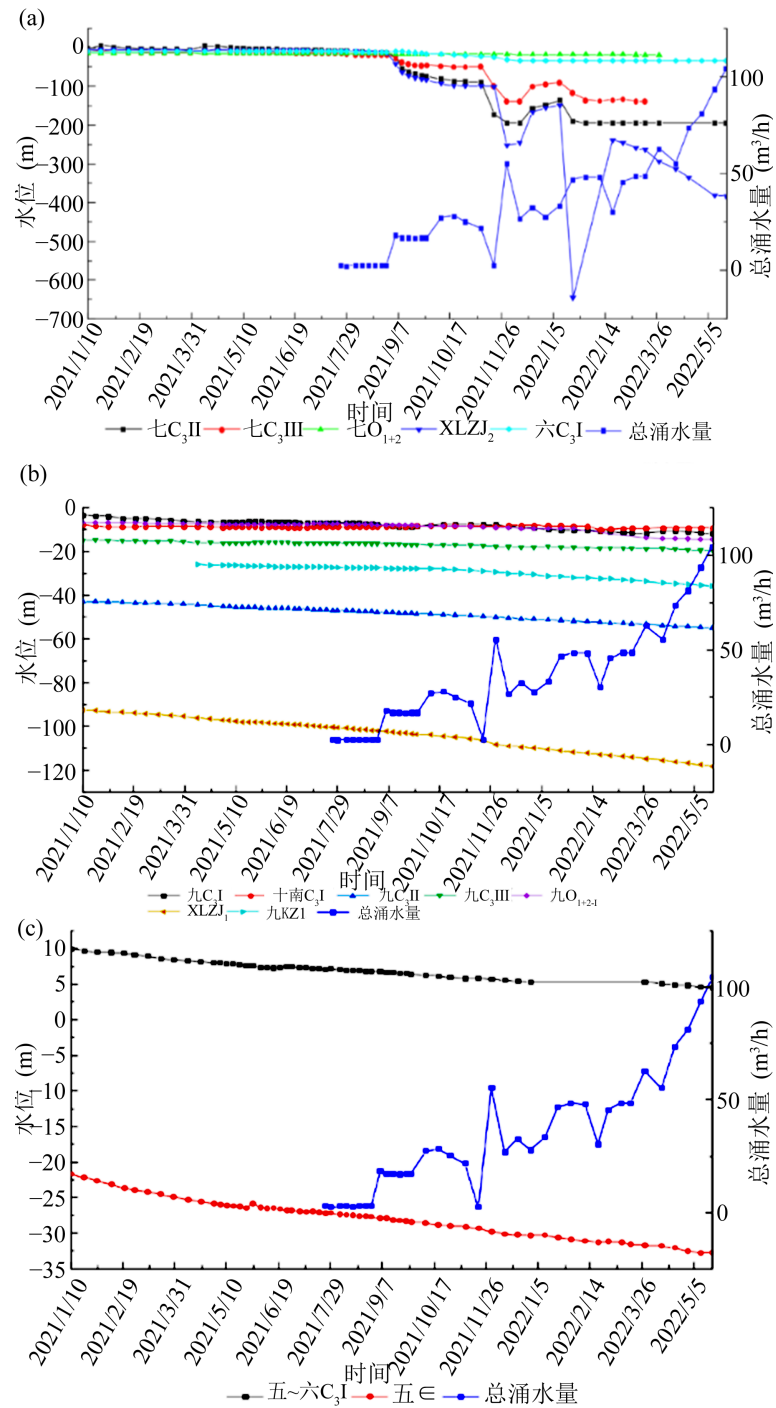
图 10.  $C_3I$  灰岩钻探过程出水点分布图

### 6.4. 采区充水条件

#### 6.4.1. 补给源及补给范围

南一、北一采区与中央 1 煤采区为三个相对独立的水文地质单元。在中央 1 煤采区  $C_3I$  组灰岩放水期间, 中央 1 煤采区  $C_3I$  组灰岩含水层水位响应明显(图 11(a)); 中央 1 煤采区其他含水层、南一采区及北一采区所有灰岩含水层水位均无明显响应, 仅按照以往降落斜率, 呈现缓慢下降趋势(图 11(b)、图 11(c)), 主要受南一采区疏放及潘谢矿区长期灰岩区域性水位下降影响, 也进一步说明中央 1 煤采区  $C_3I$  组灰岩放水期间补给水源以浅部露头区  $C_3I$  组灰岩水为主, 混有少量的  $C_3II$  和  $C_3III$  组灰岩水, 未接受深部奥灰、寒灰水的补给, 且露头区补给范围未波及到南一采区及北一采区浅部露头区;  $C_3I$  组灰岩放水期间, 第四系含水层水位未受影响, 说明太原组灰岩含水层与第四系含水层在浅部露头区无水力联系, 即放水试验

中亦无第四系水体参与。



注：(a) 中央 1 煤采区水位变化；(b) 南一采区水位变化；(c) 北一采区水位变化。

Figure 11. Limestone water level duration change curve of each mining area

图 11. 各采区灰岩水位历时变化曲线

#### 6.4.2. 补给路径

中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组含水层放水孔(下部钻场和中部部分钻孔)疏放水源直接来自于 Fs883 断层带补给,

而 Fs883 断层带和露头区之间存在较强水力联系。试验过程中发现：在第二小阶段时，当下部钻场放水，中部钻场水量基本未受影响，说明工作面内部径流方向为从西北向东南、从 Fs883 断层带内的中部钻场控制区穿过 Fs883 断层，后向 Fs883 断层带内下部钻场控制区流动，即发生中途截流现象。

因此，中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩放水期间水体径流路径为：露头区 C<sub>3</sub>I 组灰岩水→Fs883 断层带北部→Fs883 断层带北部放水孔排出一部分→断层放水孔→Fs883 断层带南部→Fs883 断层带南部放水孔排出(图 12)。

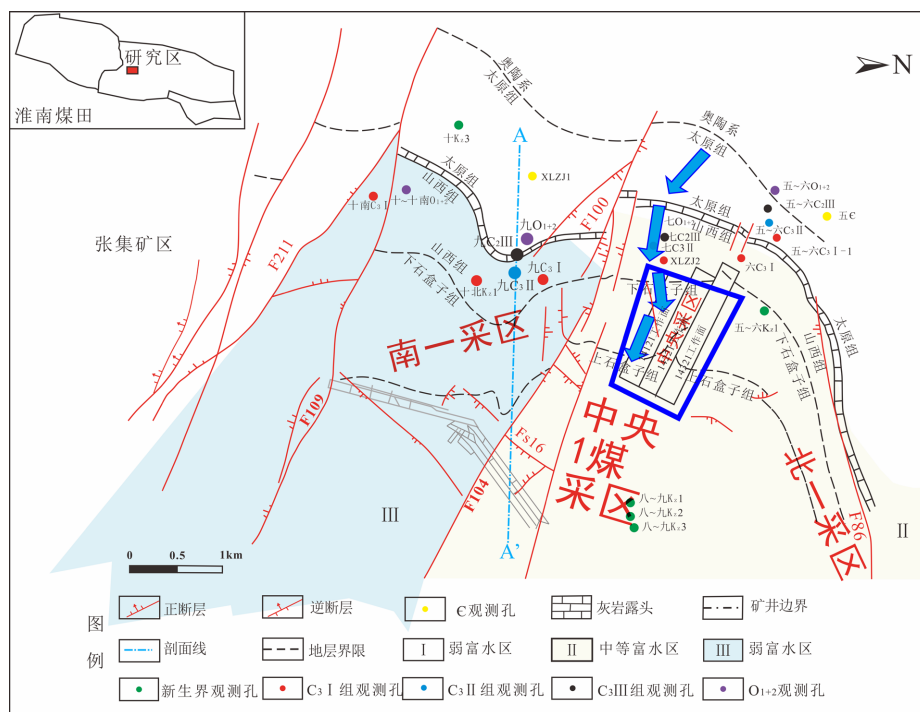


Figure 12. Central 1 coal mining area limestone water recharge path diagram  
图 12. 中央 1 煤采区灰岩水补径排路径示意图

## 7. 结论

通过上述研究主要可得出以下结论：

(1) 在放水试验过程中，南一、北一采区内各灰岩含水层水位基本未受中央 1 煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩放水影响，说明南一、北一采区与中央 1 煤采区间无明显水力联系，为三个相对独立的水文地质单元。

(2) 中央采区与相邻采区之间水力联系弱，各采区之间的断层为隔水-弱导水断层，工作面内部地下水径流方向为从西北到东南，中途有截流现象。中央采区 Fs883 为不导水断层，但断层两侧岩层裂隙较为发育，在 C<sub>3</sub>I 组灰岩层位具有一定储水性。

(3) 在放水试验期间，中央 1 煤采区其他含水层、南一采区及北一采区含水层水位主要受南一采区疏放及潘谢矿区长期灰岩区域性水位下降影响，说明中央一煤采区 C<sub>3</sub>I 组灰岩水补给水源为浅部露头区 C<sub>3</sub>I 组灰岩水为主，混有少量的 C<sub>3</sub>II 和 C<sub>3</sub>III 组灰岩水，无深部奥灰、寒灰水的补给，太原组灰岩含水层与第四系含水层在浅部露头区无水力联系。

## 参考文献

- [1] 谢和平, 吴立新, 郑德志. 2025 年中国能源消费及煤炭需求预测[J]. 煤炭学报, 2019, 44(7): 1949-1960.

- [2] 高明忠, 王明耀, 谢晶, 等. 深部煤层原位扰动力学行为研究[J]. 煤炭学报, 2020, 45(8): 2691-2703.
- [3] 吴俊达, 解建, 孙亚楠, 闫奋前. 承压水上工作面采动诱发断层活化及煤柱留设研究[J]. 煤炭工程, 2020, 52(5): 133-137.
- [4] 王威, 郑士田, 李文江, 等. 黄河北煤田顶底板双灰岩水害分析及防治技术[J]. 煤矿安全, 2020, 51(4): 93-96.
- [5] 尹尚先, 连会青, 刘德民, 尹慧超. 华北型煤田岩溶陷落柱研究 70 年: 成因·机理·防治[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(11): 1-29.
- [6] 毛则飞. 安徽省某矿区水文地质条件分析[J]. 西部资源, 2022, 111(6): 22-24.
- [7] 黄浩. 顶板探放水工作在工作面水文地质条件分析中的应用[J]. 煤炭技术, 2022, 41(11): 133-137.
- [8] 吴洁河. 基于数值模拟的水文地质分析[J]. 水利科技与经济, 2022, 28(10): 97-101.
- [9] 王晓琴, 刘永芳. 煤层浅埋区防水防沙水文地质条件分析研究[J]. 煤炭技术, 2022, 41(11): 152-154.
- [10] 王博文. 煤矿水文地质条件和矿井充水因素分析——以霍西煤田孝义市山西金晖万峰矿为例[J]. 华北自然资源, 2022, 108(3): 151-153.
- [11] 郝爱兵, 赵伟, 郑跃军, 等. 水文地质调查技术方法发展与应用综述[J]. 测绘科学, 2022, 47(8): 25-35.
- [12] 虎维岳. 华北东部深部岩溶及煤矿岩溶水害特征[J]. 煤田地质与勘探, 2010, 38(2): 23-27.
- [13] 甘林堂. 淮南矿区 A 组煤底板灰岩水防治及潘二矿突水事故原因分析[J]. 煤矿安全, 2018, 49(7): 171-174+180.
- [14] 刘闯, 李化敏, 鲁智豪, 常发展. 下伏煤层开采导水断层防水煤柱留设宽度研究[J]. 煤炭技术, 2022, 41(12): 5-9.
- [15] 苏悦, 许光泉, 魏健, 等. 顾北煤矿煤系砂岩裂隙水水文地球化学特征及其成因分析[J]. 矿业安全与环保, 2020, 47(2): 16-24.
- [16] 郑竹艳, 许光泉, 杨婷婷, 等. 淮南顾北矿 F<sub>104</sub> 断层两侧岩溶水化学形成机制及导隔水性评价[J]. 煤田地质与勘探, 2020, 48(1): 129-137.
- [17] 蔡有京, 窦春远, 魏健, 顾北煤矿 A 组煤首采区灰岩水害探查治理技术探讨[J]. 中国煤炭, 2022, 48(1): 39-45.
- [18] 杨婷婷, 许光泉, 余世滔, 等. 煤层下部太原组岩溶水化学组分特征及其成因分析[J]. 水文地质工程地质, 2019, 46(2): 100-108.
- [19] Zhang, H.T., Xu, G.Q., Chen, X.Q., et al. (2019) Hydrogeochemical Characteristics and Groundwater Inrush Source Identification for a Multi-aquifer System in a Coal Mine. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, **93**, 1922-1932. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.14299>
- [20] 余世滔, 许光泉, 张海涛, 等. 深埋单斜条件下碳酸岩含水层水文地质特征研究[J]. 地下水, 2018, 40(6): 1-4.