

岩溶含水层放水试验及水文地质条件分析

石怡煊, 何文乔, 徐立佳, 罗王珏, 刘艺豪

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2023年6月19日; 录用日期: 2023年7月20日; 发布日期: 2023年7月27日

摘要

岩溶水害一直威胁着我国煤炭安全开采。以安徽淮南顾北煤矿中央1煤采区下部灰岩为对象, 在分析矿井水文地质条件的基础上, 在2022年5月至6月间, 开展了顾北煤矿中央1煤采区C₃I组灰岩放水试验工作, 通过地下水动态变化分析, 不同含水层之间水力联系差异较大, 结果表明: 中央1煤采区C₃I组灰岩含水层与新生界松散层之间无水力联系, 接受C₃II和C₃III组浅部露头区补给, 无奥灰水补给。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。

关键词

放水试验, 中央采区, 太原组含水层, 顾北煤矿

Discharge Test of Karst Aquifer and Analysis of Hydrogeological Conditions

Yixuan Shi, Wenqiao He, Lijia Xu, Yujue Luo, Yihao Liu

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: Jun. 19th, 2023; accepted: Jul. 20th, 2023; published: Jul. 27th, 2023

Abstract

Karst water disaster has been threatening the safe mining of coal in China. Taking the limestone in the lower part of the central 1 coal mining area of Gubei Coal Mine in Huainan, Anhui Province as the object, based on the analysis of the hydrogeological conditions of the mine, from May to June 2022, the water discharge test of C₃I group limestone in the central 1 coal mining area of Gubei Coal Mine was carried out. Through the analysis of groundwater dynamic changes, the hydraulic connection between different aquifers is quite different. The results show that there is no hydraulic connection between the C₃I group limestone aquifer and the Cenozoic loose layer in the central 1 coal mining area, which is recharged by the shallow outcrop area of C₃II and C₃III groups, and

there is no Ordovician limestone water recharge. There is no obvious hydraulic connection between the south and north mining areas and the central 1 coal mining area, which are three relatively independent hydrogeological units.

Keywords

Water Discharge Test, Central Mining Area, Taiyuan Group Aquifer, 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

我国淮南煤田资源较为丰富,但开采难度不易,矿山岩溶水害一直是煤炭安全开采的主要祸首[1] [2]。虽然浅部煤炭资源逐渐枯竭,但深部煤炭资源储量丰富、煤质较好,因此,煤矿逐步向深部水平延伸开采,不得不面临灰岩水害的威胁[3] [4] [5]。而深部巨厚岩溶含水层中的岩溶水具有水压高、水量大、突水快等特点,一旦通过导水通道涌入工作面,就会造成难以估计的经济损失和恶劣的社会影响[6] [7]。近年来,矿井突涌水时有发生,我国目前因受水害威胁的煤炭储量超过 250 亿吨[8]。而近十年来,我国大型岩溶水害事故超过 50 起,直接损失 32 亿元,造成了严重的经济损失与人员伤亡[9] [10]。所以开展新生界水文地质补充勘探以及科学评价井田区新生界水文地质条件就显得极为重要[11]。放水试验是大流量多观测孔的放水试验,对于查明矿区或井田水文地质条件有着非常重要的意义,是煤矿水文地质勘查的重要手段[12] [13]。放水试验是我国具有地域特色的工程实践。由于地质条件等因素,国外对于深部岩溶含水层的水文地质研究较少,而我国在该领域的研究处于国际领先地位。分析矿区水文地质条件,对解放上百亿吨受水害威胁的煤炭储量和保障矿井安全、降低开采成本、避免地质风险、实现矿井的高产高效以及促进矿井的可持续发展有着十分重要的意义[14] [15]。本文结合实际情况,就顾北煤矿水文地质条件进行了初步研究。

该井田开采过程中充水水源为新生界底部松散砂层孔隙水、煤层顶底板砂岩裂隙水、1 组煤层下部的(石炭系太原组、奥陶系、和寒武系)灰岩水,以及采空水。现阶段开采 1 煤层距离底板下部的太原组灰岩含水层顶界为 11.17~29.48 m, 平均 18.32 m, 太灰水是直接充水水源。潘谢矿区奥灰和寒灰含水层具有统一的地下水流场,可通过断层带、岩溶构造带,在开采诱发条件下,与太灰含水层组发生水力联系。

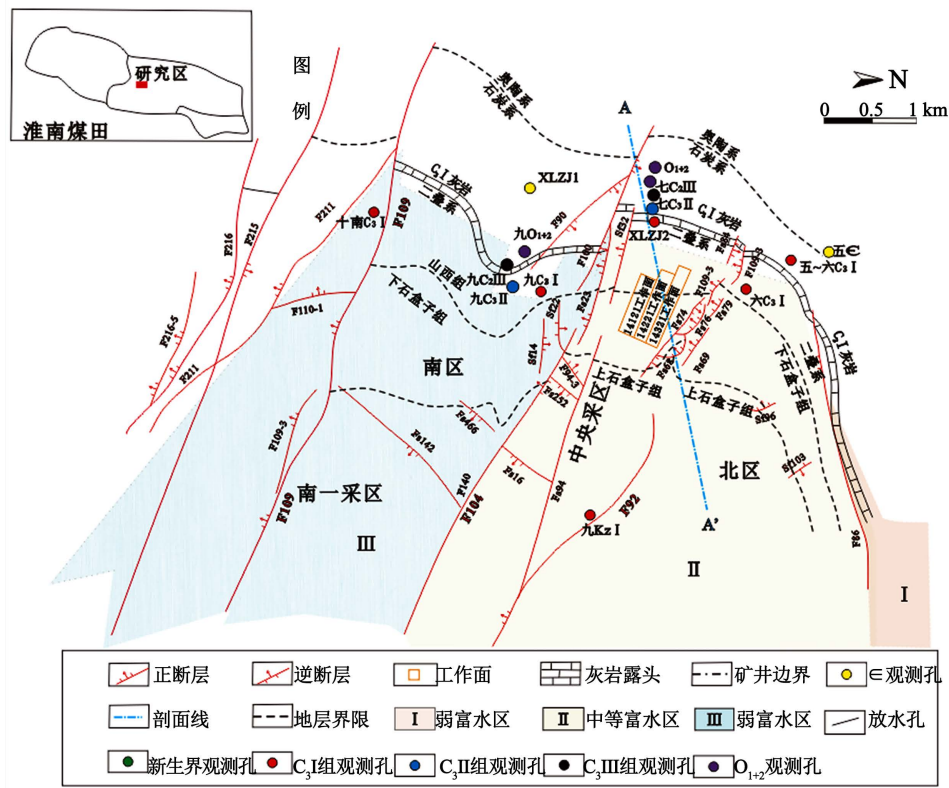
2. 研究区概况

顾北煤矿位于淮南煤田中部水文地质单元——潘谢 - 口孜东矿区的中部,属于谢桥 - 张集 - 顾桥水文地质单元。井田南北走向长 7.5 km, 东西倾斜宽 4.5 km, 为一走向南北, 向东倾斜的单斜构造, 地层倾斜平缓, 倾角 5°~15°, 并有发育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, 可以划分为 3 个采区: 北翼简单单斜区、中南部“X”共轭剪切区、南部单斜构造区。地层由上至下为:

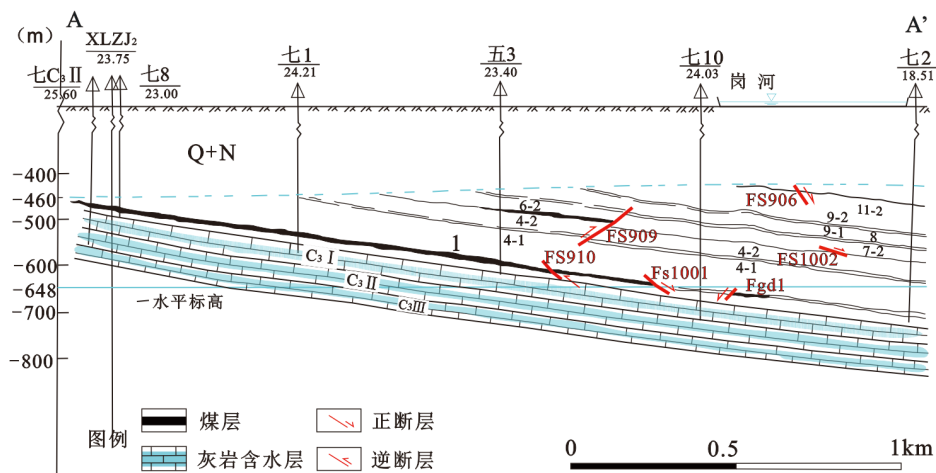
- 1) 新生界地层: 厚度为 390.35~509.10 m, 直接覆盖在二叠纪及灰岩地层上, 总体趋势东南薄, 西北厚。
- 2) 二叠系地层: 厚度大于 954 m。其中山西组、上、下石盒子组含煤地层厚 734 m。
- 3) 石炭系太原组地层: 厚度 99.99 m~129.11 m, 平均 113.99 m, 含薄层灰岩 10~13 层。主要由灰岩、页岩、砂岩和薄煤层组成。

4) 奥陶系地层：厚度为 48.70~92.50 m，平均 67.34 m，为灰 - 深灰色厚层状白云质灰岩及少量砾状灰岩。

中央 1 煤采区位于中南部“X”共轭剪切区，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。采区标高-457 m~-648 m，走向长 1010 m，倾向长 2150 m，面积 2.12 km²。可采储量 1126.3 万吨。采区空间布置如图 1 所示。



(a) 采区及工作面布置平面图



(b) 中央采区水文地质剖面图

Figure 1. Hydrogeological map of the study area

图 1. 研究区水文地质图

3. 含水层特征

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及煤系底部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。

3.1. 新生界松散层含水层

本采区范围内松散层层厚 442.7~484.35 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、下部隔水层分布稳定，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 $q = 0.00096 \sim 1.095 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ ，弱到中等富水性；底部“红层”呈片状分布，单位涌水量 $q = 0.00133 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ ，弱富水性。

3.2. 二叠系煤层顶底板砂岩裂隙含水层

根据本矿区及附近矿井生产实际，二叠系煤层顶板砂岩总体上含水量小、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组

太原组灰岩含水层(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：C₃I、C₃II、C₃III灰岩含水组。

1) C₃I组灰岩含水层：C₃I灰岩含水组厚度 31.14~41.09 m，平均 36.73 m，水位标高+7.93~+20.87 m，单位涌水量 $q = 0.00021 \sim 0.00107 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ ，渗透系数 $K = 0.000563 \sim 0.00454 \text{ m/d}$ ，为弱富水性。

2) C₃II组灰岩含水层：C₃II灰岩含水组厚度 38.65 m，平均 38.65 m 水位标高 + 7.42 m，单位涌水量 $q = 0.00114 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ ，渗透系数 $K = 0.0078 \text{ m/d}$ ，为弱富水性。

3) C₃III组灰岩含水层：C₃III灰岩含水组厚度 18.50 m，平均 18.50 m，水位标高 + 7.17 m，单位涌水量 $q = 0.00188 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ ，渗透系数 $K = 0.0109 \text{ m/d}$ ，为弱富水性。

3.4. 奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层组

据本区内揭露的奥灰钻孔资料，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 $q = 0.00248 \sim 0.763 \text{ L/(s}\cdot\text{m)}$ 、渗透系数 0.0029~1.583 m/d，富水性弱 - 中等。

4. 放水试验

相较于以往实验工作注重于含水层充水因素、充水条件、涌水量分析，本实验则依据中央采区首采面现有井下灰岩钻场和钻孔实际布置和对水量、水位(压)变化情况，并按背景值观测、水位恢复试验和放水试验等三个大的阶段，采用以下方法：

- ① 试验背景分析、放水试验与恢复水位试验相结合
- ② 采用加密与非加密观测方法
- ③ 地下水动态与水文地质条件分析相结合

使实验过程更加精细完善，实验结果更为合理可靠。

4.1. 试验钻孔选择及布置

- 1) 放水孔选择原则

通过前期对采区各放水孔的水量分析,在选择放水孔时,不仅要考虑采区边界断层带、采区内部 Fs883 及风化带露头区等因素影响;同时要结合各出水孔之间水力联系和出水量的大小。因此,放水孔选择原则为:

- ① 所选点位置具有代表性,如断层带或露头风化带;
- ② 目前井下的水量不小于 $2 \text{ m}^3/\text{h}$;
- ③ 放水过程,具有较好的瞬时响应性,即水压或水位随所选孔水量疏放具有较好的响应性。

具体为:第一阶段放水孔选择中部钻场的 Z1-5、ZY1-5、ZY1-7 孔,所选点位置近风化带露头区,在放水过程,具有较好的响应性;下部钻场的 Z1-1、Z1-2、Z1-10 孔,均位于首采面 C_3^3 下层位,均穿过 Fs883 断层带,存在水力联系。第二阶段放水孔选择剩余钻孔,只留下 Z1-9-2 与 Z1-4 作为测压孔(表 1)。

2) 水压观测孔选择

背景值观测阶段水压测试:为了解各放水孔的压力情况,该阶段对不同孔进行关孔测压。恢复阶段水压测试:关闭井下两个钻场出水孔,采用高精度压力表进行观测。放水阶段水压测试:按照放水阶段程序,分二个阶段选择测压孔进行测压(表 1)。

3) 地面水文观测孔选择

本次试验的地面灰岩水文观测孔共计 14 个。其中, $C_3\text{I}$ 组灰岩含水层有 6 个, $C_3\text{II}$ 组灰岩含水层有 2 个, $C_3\text{III}$ 组灰岩含水层有 2 个,奥陶系灰岩含水层有 2 个,寒武系灰岩含水层有 2 个(表 1)。

Table 1. Design table of discharge hole and water level (pressure) hole in test stage
表 1. 试验阶段放水孔和水位(压)孔设计表

试验阶段	试验观测孔分类		
	井下水文观测孔	地面水位观测孔	
背景值观测阶段	下部钻场: Z1-10、Z1-1、Z1-2、T1-1、Z1-4、ZY1-2、ZY1-3、ZY1-4 中部钻场: Z1-5(Z1-5-1)、ZY1-5、ZY1-7、Z1-9-2(12 个)		
恢复阶段	放水孔	测压孔	
		中部钻场: Z1-5、ZY1-5、ZY1-7、Z1-9-2; 下部钻场: Z1-10、Z1-1、Z1-2、T1-1、Z1-4、ZY1-2、ZY1-3、ZY1-4	中央 1 煤采区: XLZJ ₂ 、六 $C_3\text{I}$ 、七 $C_3\text{II}$ 、七 $C_3\text{III}$ 、七 O_{1+2}
放水阶段(I)	中部钻场: Z1-5、ZY1-5、ZY1-7	中部钻场: Z1-9-2; 下部钻场: Z1-10、Z1-1、Z1-2、T1-1、Z1-4、ZY1-2、ZY1-3、ZY1-4	北一采区: 五~六 $C_3\text{I}$ 、九 Kz1
	中部钻场: Z1-5、ZY1-5、ZY1-7; 下部钻场: Z1-1、Z1-10、Z1-2	中部钻场: Z1-9-2; 下部钻场: T1-1、Z1-4、ZY1-2、ZY1-3、ZY1-4	南一采区: 九 $C_3\text{I}$ 、九 $C_3\text{II}$ 、九 $C_3\text{III}$ 、十南 $C_3\text{I}$ 、九 $O_{1+2}\text{-I}$ 、XLZJ ₁ 、五 \in
放水阶段(II)	中部钻场: Z1-5、ZY1-5、ZY1-7; 下部钻场: Z1-10、Z1-1、Z1-2、T1-1、ZY1-2、ZY1-3、ZY1-4	中部钻场: Z1-9-2; 下部钻场: Z1-4	

4.2. 灰岩地下水动态变化

4.2.1. 涌水量变化

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 $0\sim 5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。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的态势,截止至 2022 年 5 月 18 日,中央 1 煤采区灰岩涌水量达 $104.23 \text{ m}^3/\text{h}$,采区灰岩疏放水量历时变化如图 2。

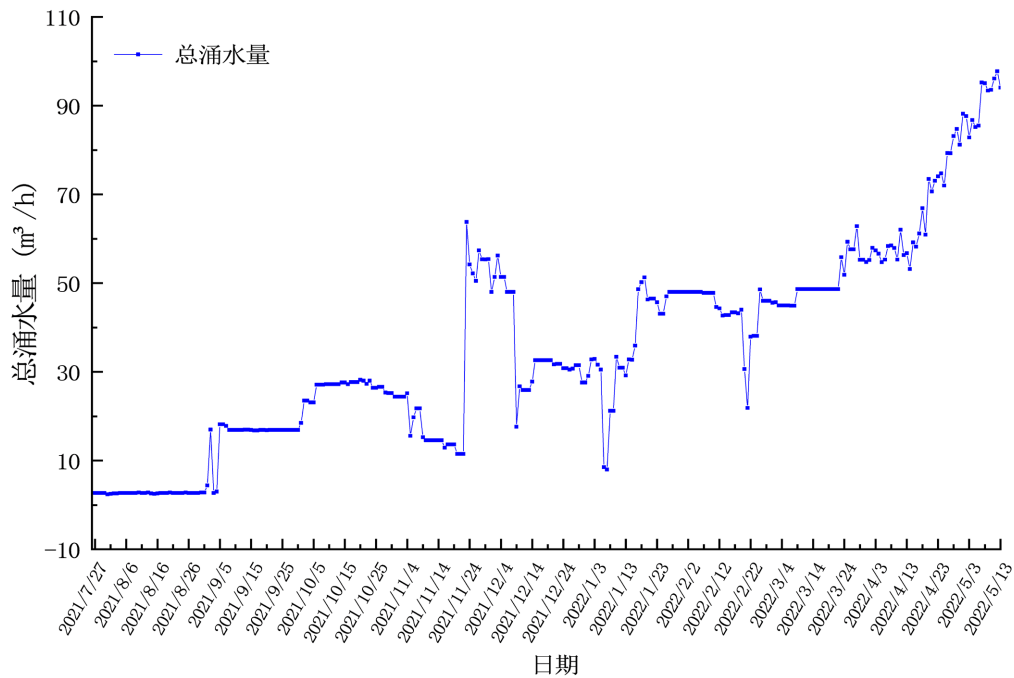


Figure 2. Water inflow duration curve of central 1 coal mining area
图 2. 中央 1 煤采区涌水量历时曲线图

截至 2022 年 5 月 18 日, 14121 工作面井下出水钻孔仅为 12 个, 除 T1-1 孔终孔层位及出水点均在 C_3^1 灰岩外, 其余终孔层位为 C_3^3 下及 C_3^9 灰岩的钻孔出水点均在 C_3^3 下灰岩中。2022 年 5 月 18 日钻孔的出水动态情况见表 2:

Table 2. Downhole limestone drilling water, water pressure, water temperature data statistics
表 2. 井下灰岩钻孔水量、水压、水温数据统计

序号	钻孔位置	钻孔名称	孔深 (m)	终孔层位	出水点 (m)	终孔			2022 年 5 月 18 日			
						日期	水量 (m^3/h)	水压 (MPa)	水温 ($^{\circ}C$)	水量 (m^3/h)	水压 (MPa)	水温 ($^{\circ}C$)
1		Z1-1	692	C_3^3 下	360	2021 年 11 月 2 日	60	0.7	34	3.87	0.7 二次	34
2		Z1-2	603	C_3^3 下	390	2021 年 12 月 1 日	24	0.21	34	3	0 二次	34
3	中央 1 煤采区 14121 工作面下部 钻场	Z1-4	537	C_3^3 下	345	2021 年 7 月 28 日	2.7	0.27	34	1.53	0.2 二次	34
4		Z1-10	681	C_3^3 下		2022 年 3 月 28 日	14	1.5	34	9.17	1.5 二次	34
5		T1-1	580	C_3^1	580	2022 年 1 月 2 日	2.5	2.35	34	0.87	1.1 二次	34
6		ZY1-2	573	C_3^9	573	2022 年 4 月 29 日	2.5	/	34	6	/	34
7		ZY1-3	543	C_3^9	387	2022 年 4 月 2 日	0.6	0.9	34	4.8	0.9	34
8		ZY1-4	405	C_3^9	402	2022 年 4 月 20 日	0.7	2	34	2.62	2	34
9	中央 1 煤采区 14121 工作面中部 钻场	ZY1-5	653	C_3^9	81	2022 年 2 月 18 日	16	2.4	34	5.53	2.4	34
10		Z1-9-2	141	C_3^3 下	114	2022 年 3 月 8 日	2.88	/	34	1.8	0.2	34
11		Z1-5	654	C_3^3 下	84	2022 年 4 月 19 日	28.8	/	34	45	/	34
12		ZY1-7	543	C_3^9	75	2022 年 4 月 8 日	10.28	/	34	7.2	/	34

4.2.2. 水位变化

地面有 14 个灰岩水位观测孔, 含 6 个 C₃I 组灰岩水位观测孔、2 个 C₃II 组灰岩水位观测孔、2 个 C₃III 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, 含 2 个 C₃I 组灰岩水位观测孔(六 C₃I 孔、XLZJ₂ 孔)、1 个 C₃II 组灰岩水位观测孔(七 C₃II 孔)、1 个 C₃III 组灰岩水位观测孔(七 C₃III 孔)、1 个奥陶系灰岩水位观测孔(七 O₁₊₂ 孔)。自 2021 年 7 月 27 日井下疏放水孔开始出水, 至 2022 年 5 月 18 日, 受中央 1 煤采区 A 组煤底板 C₃I 组灰岩疏放水影响, 各灰岩水位受到不同程度影响, 详述如下:

1) C₃I 组灰岩水位

中央 1 煤采区 XLZJ₂ 孔水位下降幅度最大为 373.58 m, 六 C₃I 孔由于设备故障于 2021 年 12 月 5 日之后已无法正常观测, 当时该孔钻孔水位已下降了 24.16 m。南一、北一采区 C₃I 组灰岩水位试验前后基本无明显波动。2021 年 7 月 27 日至 2022 年 5 月 18 日, 各采区内 C₃I 组灰岩水位观测孔记录 C₃I 组灰岩水位变化情况见图 3。

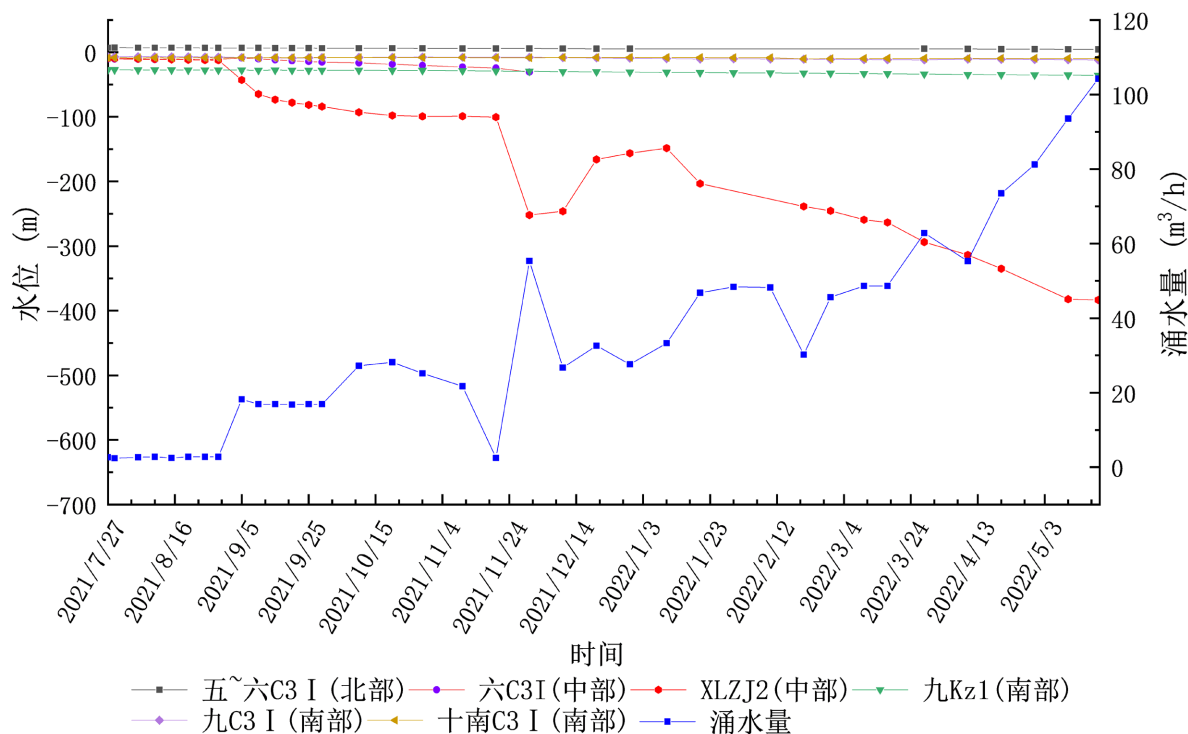


Figure 3. Dynamic duration curve of water level-water inflow in C₃I limestone
图 3. C₃I 组灰岩水位 - 涌水量动态历时曲线

2) C₃II 组灰岩水位

中央 1 煤采区七 C₃II 孔在 2021 年 11 月 22 日至 2021 年 12 月 11 日期间由于传感器无法伸入液面以下位置导致无法正常观测, 后恢复正常, 于 2022 年 1 月 21 日再次出现相同问题, 当时该孔钻孔水位 -194.661 m, 水位已下降 186.83 m, 后水位无法显示。南一采区 C₃II 组灰岩水位试验前后基本无明显波动。2021 年 7 月 27 日至 2022 年 5 月 18 日, 各采区内 C₃II 组灰岩水位观测孔记录 C₃II 组灰岩水位变化情况见图 4。

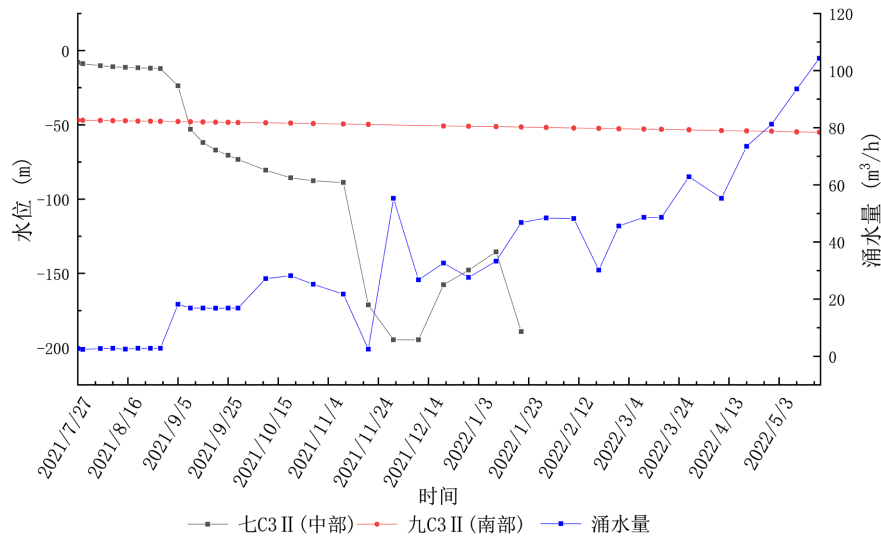


Figure 4. Dynamic duration curve of water level-water inflow in C₃II limestone
图 4. C₃II 组灰岩水位 - 涌水量动态历时曲线

3) C₃III 组灰岩水位

中央 1 煤采区七 C₃III 孔由于设备故障于 2022 年 3 月 5 日之后已无法正常观测，当时该孔钻孔水位已下降 156.37 m。南一采区 C₃III 组灰岩水位试验前后基本无明显波动。2021 年 7 月 27 日至 2022 年 5 月 18 日，各采区内 C₃III 组灰岩水位观测孔记录 C₃III 组灰岩水位变化情况见图 5。

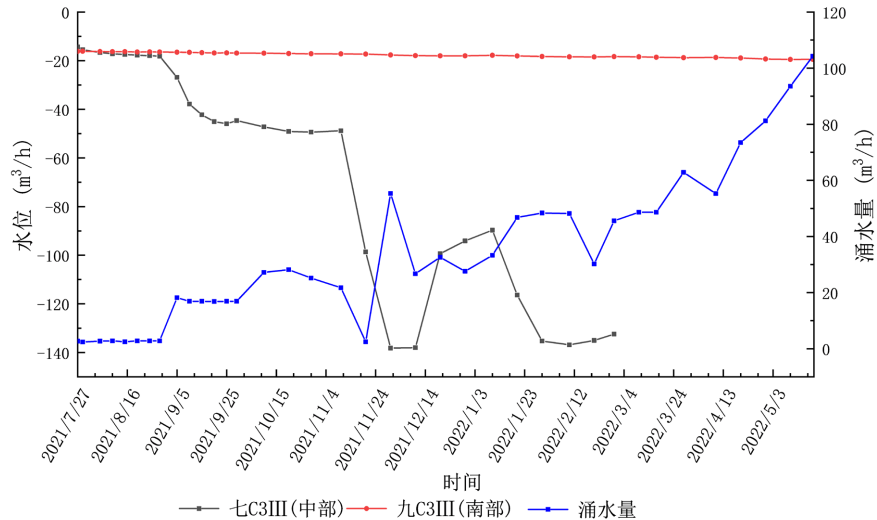


Figure 5. Dynamic duration curve of water level-water inflow in C₃III limestone
图 5. C₃III 组灰岩水位 - 涌水量动态历时曲线

4) 奥陶系、寒武系灰岩水位

中央 1 煤采区七 O₁₊₂ 孔由于设备故障于 2022 年 3 月 29 日后已无法正常观测，当时该孔钻孔水位已下降了 2.85 m，但水位降幅未受中央 1 煤采区放水影响、为奥灰水位区域性下降所致。南一采区(XLZJ₁ 孔、九 O₁₊₂-I 孔)奥灰水位、北一采区(五 6 孔)寒灰水位试验前后均无明显波动。2021 年 7 月 27 日至 2022 年 5 月 18 日，各采区内奥灰、寒灰水位观测孔记录奥灰、寒灰水位变化情况见图 6。

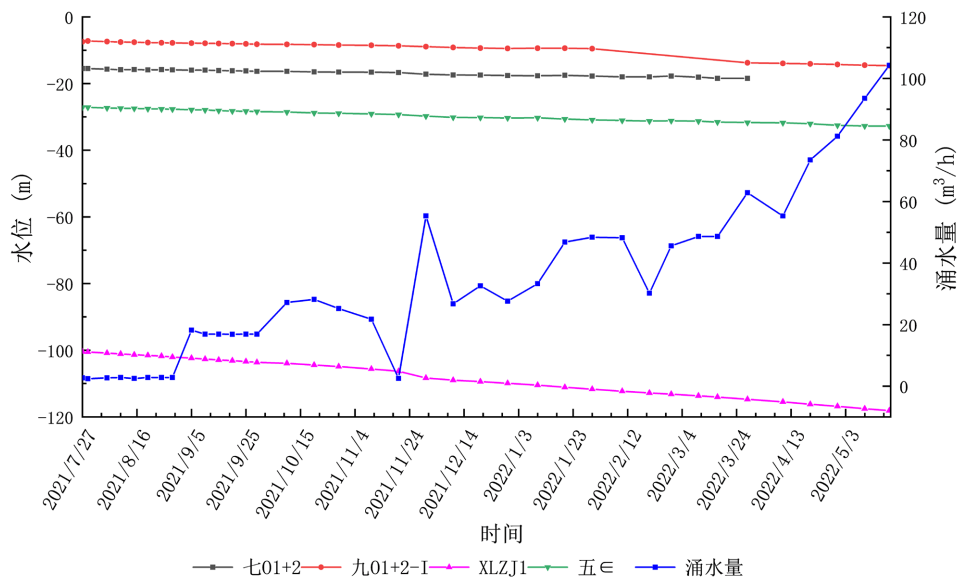


Figure 6. Dynamic duration curve of Ordovician limestone and cold ash water level-water inflow
图 6. 奥灰与寒灰水位 - 涌水量动态历时曲线

4.3. 试验过程

1) 背景值观测阶段

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, 主要要求:

- ① 井下放水孔目前处于放水状态, 每日观测水量、水温一次, 3~5 天采集指定钻孔水样一次;
- ② 地面含水层水位观测孔监测水位, 每日 4 次;
- ③ 每个钻场设置 1 个 C₃III 灰岩测水压。

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, 如图 7 所示。结束标准: 观测孔水压值变化小于 10%。

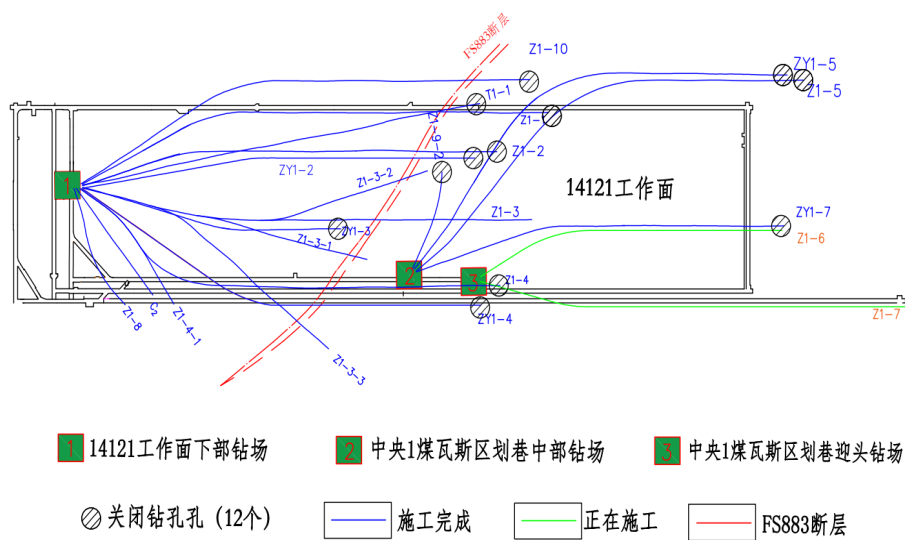


Figure 7. The layout diagram of underground observation holes in the recovery stage
图 7. 恢复阶段井下各观测孔布置示意图

3) 放水试验第一阶段

第一小阶段：当恢复阶段结束后，先打开底部钻场的 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(图 8)。

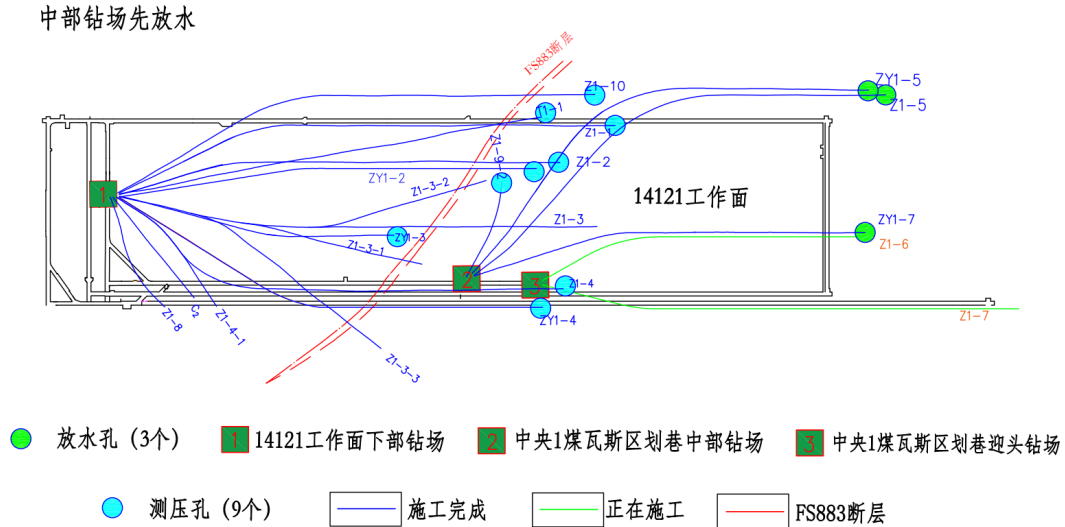


Figure 8. The layout diagram of each observation hole in the first small stage of water discharge
图 8. 放水第一小阶段井下各观测孔布置示意图

第二小阶段：在上述基础上，打开 Z1-1、Z1-2、Z1-10 孔(图 9)。

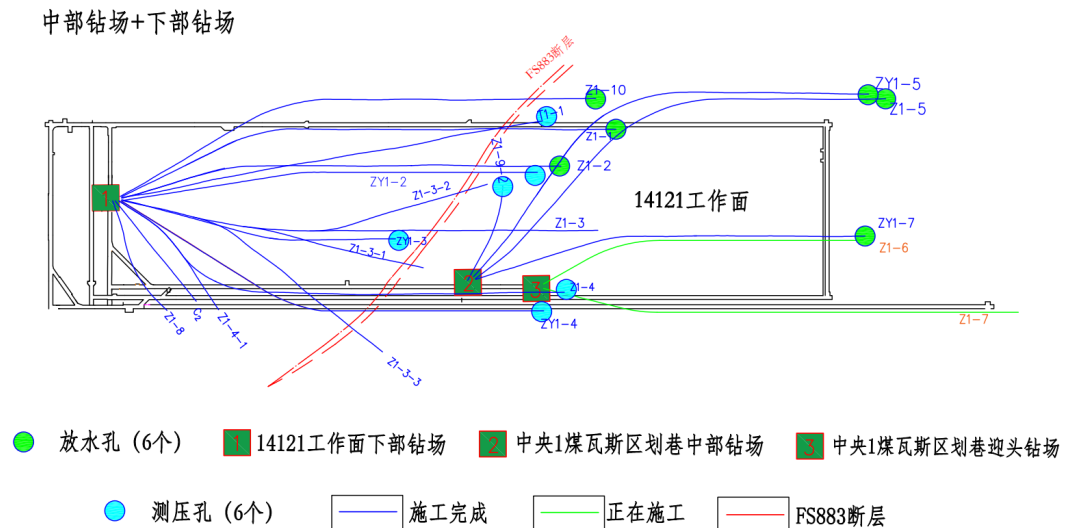


Figure 9. The layout diagram of each observation hole in the second small stage of water discharge
图 9. 放水第二小阶段井下各观测孔布置示意图

4) 放水试验第二阶段

在第一阶段放水的基础上，将井下出水量大于 2 m³/h 所有钻孔打开，仅保留 Z1-4 与 Z1-9-2 作为观测孔(图 10)。

第二阶段

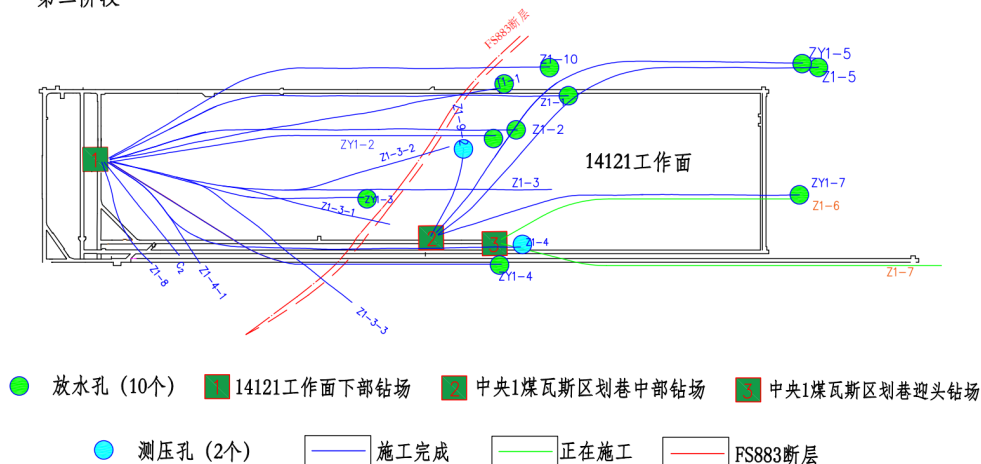


Figure 10. The layout diagram of each observation hole in the second stage of water discharge
 图 10. 放水第二阶段井下各观测孔布置示意图

5. 含水层间水力联系

5.1. 含水层间垂向水力联系

1) C₃I 组灰岩含水层与新生界松散层之间水力联系

由于新生界松散层下部为以厚层状粘土层，阻隔了上部含水层水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。故无水力联系。

2) C₃I 与 C₃II 组灰岩含水层间水力联系

随着中央 1 煤采区 C₃I 组灰岩探放水工程涌水量的变化，中央 1 煤采区露头区 C₃I 组及 C₃II 组灰岩含水层水位均与 C₃I 组灰岩放水量有较好响应(图 11)，说明中央 1 煤采区 C₃I 组与 C₃II 组灰岩含水层在露头区存在较好的水力联系。

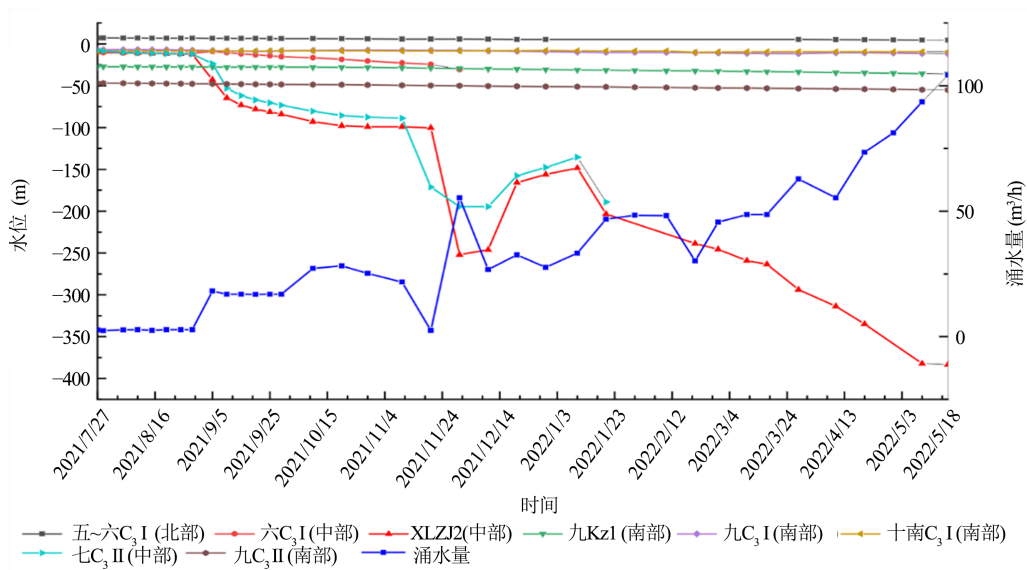


Figure 11. Water level-water duration curve of long observation hole in C₃I and C₃II limestone aquifers
 图 11. C₃I 与 C₃II 组灰岩含水层长观孔水位 - 水量历时曲线

3) C₃I 与 C₃III 组灰岩含水层间水力联系

据中央 1 煤采区露头区 C₃I 组(XLZJ₂ 孔)及 C₃III 组灰岩含水层水位信息可知,随着中央 1 煤采区 C₃I 组灰岩探放水工程涌水量的变化,中央 1 煤采区露头区 C₃I 组及 C₃III 组灰岩含水层水位均与 C₃I 组灰岩放水量有较好响应(图 12),说明中央 1 煤采区内 C₃I 组与 C₃III 组灰岩含水层在露头区存在较好水力联系。

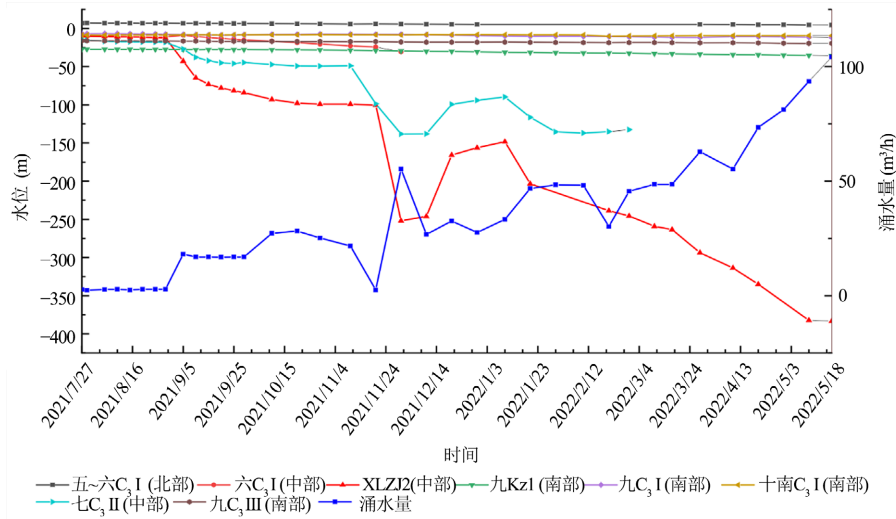


Figure 12. Water level-water duration curve of long observation hole in C₃I and C₃III limestone aquifers

图 12. C₃I 与 C₃III 组灰岩含水层长观孔水位 - 水量历时曲线

4) C₃I 组与奥陶系和寒武系灰岩含水层间水力联系

据中央 1 煤采区露头区 C₃I 组(XLZJ₂ 孔)及奥陶系(七₀₁₊₂ 孔)灰岩含水层水位信息可知,随着中央 1 煤采区 C₃I 组灰岩探放水工程涌水量的变化,中央 1 煤采区露头区 C₃I 组灰岩含水层水位与 C₃I 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 C₃I 组灰岩放水量影响(图 13),说明中央 1 煤采区内 C₃I 组与奥陶系灰岩含水层在露头区无水力联系。

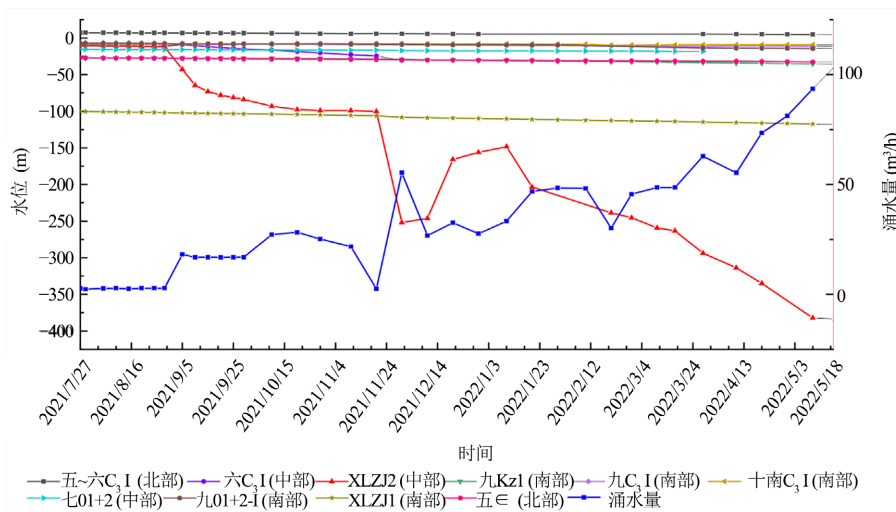


Figure 13. Water level-water volume duration curve of long observation hole in C₃I group and Ordovician and Cambrian limestone aquifer

图 13. C₃I 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. 各采区间水力联系

据 2021 年 7 月 27 日至 2022 年 5 月 18 日水位变化情况可知, 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 C₃I 组灰岩放水影响, 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。

6. 结论

利用中央 1 煤采区 12 个 C₃I 组灰岩放水孔, 开展 C₃I 组灰岩多阶段放水试验, 获得了水量的地下水动态数据, 并对水文地质条件进行了系统分析, 得出以下结论:

1) 研究区为单斜地层, 浅部岩溶含水层涌水量大, 而深部岩溶含水层涌水量小, 即研究区具有富水性随深度增加而减小的特点, 而底部太原组灰岩岩溶裂隙承压含水层对采掘工程影响较大。

2) 与常规方法(岩溶水化学特征等)不同, 本文采用放水实验探明了中央 1 煤采区 C₃I 组灰岩含水层与新生界松散层之间无水力联系, 接受 C₃II 和 C₃III 组浅部露头区补给, 无奥灰水补给。

3) 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。

基金项目

大学生创新项目(202210361005)。

参考文献

- [1] 高延法, 章延平, 张慧敏, 等. 底板突水危险性评价专家系统及应用研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(2): 253-258.
- [2] 虎维岳. 矿山水害防治理论与方法[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [3] 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.
- [4] 赵师庆, 李平华, 叶诗忠, 等. 两淮煤田石炭二叠煤系气源岩评价及其煤成气资源量估算[J]. 淮南矿业学院学报, 1989(3): 52-58
- [5] 刘会虎, 胡宝林, 薛俊华, 等. 淮南地区石炭-二叠系泥页岩有机地球化学特征[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2016, 47(6): 2100-2109.
- [6] 张磊. 深部岩溶水文地质特征及疏放性评价——以谢一煤矿为例[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2010.
- [7] 李博. 基于变权理论的煤层底板突水脆弱性评价——以蔚矿为例[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国矿业大学, 2014.
- [8] 王晓明, 周小平, 刘咏, 等. 基于水化学信息的顾北煤矿最佳突涌水水源判别模型[J]. 安全与环境工程, 2013, 20(5): 122-125.
- [9] 尹尚先, 连会青, 刘德民, 等. 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
- [10] 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.
- [11] 许波. 顾北煤矿 6-2 煤层水文地质与工程地质特征[J]. 军民两用技术与产品, 2015(16): 235-235.
- [12] 许光泉, 桂和荣, 张连福, 等. 矿井大型放水试验及其意义[J]. 地下水, 2002, 24(4): 200-201, 237.
- [13] 马莲净, 赵宝峰. 顶板含水层放水试验的钻孔单位涌水量计算方法[J]. 中国安全生产科学技术, 2019, 15(3): 49-54
- [14] 卜昌森, 张希诚, 尹万才, 等. “华北型”煤田岩溶水害及防治现状[J]. 地质论评, 2001, 47(4): 405-410.
- [15] 卜昌森, 张希诚. 综合水文地质勘探在煤矿岩溶水害防治中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2001, 29(3): 32-34.