

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2015.04.13

淮北桃园煤矿北八采区太原组灰岩含水层 放水试验与监测成果分析

吴基文¹, 翟晓荣¹, 沈书豪¹, 龚世龙², 王大设², 张 治²

(1. 安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南 232001; 2. 淮北矿业集团公司, 安徽 淮北 235006)

摘要: 桃园煤矿北八采区在开拓掘进过程中地温异常, 钻孔揭露太原组灰岩含水层水温高、水压高、水质异常。为了判断北八采区太原组灰岩含水层富水性及其补给水源, 在采区和矿井内布置了井上、井下观测系统, 在井下对太原组灰岩含水层实施放水试验, 采用自动监测装置记录放水量与观测孔水位。结果表明: 北八采区太原组灰岩含水层水位与奥陶系灰岩含水层水位同步下降, 而南部采区太原组灰岩含水层水位基本不变; 北八采区太原组灰岩水与奥陶系灰岩水之间存在密切的水力联系, 接受奥陶系灰岩水的补给; 采区内部存在高水位区; 北八采区呈现复杂的水文地质条件。研究成果为该采区太原组灰岩含水层水害的防治提供了可靠的水文地质依据。

关键词: 太原组灰岩含水层; 放水试验; 水力联系; 水位; 桃园煤矿

中图分类号: P641.73

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2015)04-0075-07

Analysis of draining test and monitoring result of limestone of Taiyuan formation of the eighth mining area in the north of Taoyuan coal mine in Huaibei

WU Jiwen¹, ZHAI Xiaorong¹, SHEN Shuhao¹, GONG Shilong², WANG Dashe², ZHANG Zhi²

(1. School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology,
Huainan, Anhui 232001, China; 2. Huaibei Ming Group
Corp. Ltd., Huaibei, Anhui 235006, China)

Abstract: The geothermal temperature of the eighth mining area in the north of Taoyuan coal mine is abnormal during caving and digging and the boreholes show that the temperature and pressure are high in aquifers of limestone of Taiyuan formation, as well as the water quality is abnormal. To evaluate the water abundance and the recharge sources of limestone of Taiyuan formation of the eighth mining area in the north, we arranged observation system above mines and below mines in mining area and coal mines. On the same time, we made draining test on aquifers of limestone of Taiyuan formation below mines and recorded the water release and the water level of observation borehole by automatic monitoring system. The results show that the water level of limestone of Taiyuan formation of the eighth mining area in the north falls along with the water level of limestone of Ordovician but the water level in the southern mining area doesn't change mainly. The water of limestone of Taiyuan Formation of the eighth mining area has a close hydraulic connection with the water of limestone of Ordovician and it is supplied by the water of limestone of Ordovician. There are areas with high water level in the mining area and the hydrogeological condition in the mining area is complicated. The

收稿日期: 2015-01-25; 修订日期: 2015-03-23

基金项目: 国家自然科学基金(41272278); 高等学校博士学科点专项科研基金(20123415110002)

第一作者: 吴基文(1961-), 男, 安徽舒城人, 博士, 教授, 主要从事工程地质与水害防治方面的教学与科研工作。E-mail: jwwu@163.com

research results provide a reliable geological gist for the prevention and government of the water of the limestone of Taiyuan formation in this region.

Keywords: aquifers of limestone of Taiyuan formation; draining test; hydraulic connection; water level; Taoyuan coal mine

0 引言

桃园煤矿位于安徽省宿州市区南约 11 km,为淮北矿业集团主力生产矿井之一,2012 年矿井核定能力为 185×10^4 t/a。矿井属华北型石炭二叠纪含煤岩系,主采山西组 10 煤层和下石盒子组 7_1 、 8_2 煤层。煤层开采主要受新生界松散层第四含水层(简称四含)、煤系砂岩裂隙含水层、太原组灰岩岩溶裂隙含水层水(简称太灰)与奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层水(简称奥灰)的影响^[1-2]。井田内太原组见灰岩 11 层,自上而下依次编号为 1 至 11。共分上、下两段:上段包含 1-4 灰,相距较近,作为一个含水层组,下段 5-11 灰,作为一个含水层组。矿井内 F_2 断层将井田划分为南北两块, F_2 断层以北为北八采区。该采区在开拓掘进过程中地温高,钻孔揭露太原组灰岩含水层水温高、水压高、水质异常,显示出复杂的水文地质条件。但该采区水文地质勘查程度不足,水文地质条件不清,开采过程中将受到底板太原组灰岩含水层的高承压和强富水威胁。《煤矿防治水规定》中明确指出^[3-5]:遇有复杂或极复杂型矿井,采用地面水文地质勘探难以查清问题时,需在井下进行放水试验或连通试验。水文地质试验是对地下水进行定量研究的重要手段^[6],其中井下放水试验是矿区水文地质工作中应用最多的方法^[7]。

鉴于此,为了查明太原组灰岩含水层的富水性及其与其它含水层的水力联系,开展了放水试验研究工作。布置了井上、下观测系统,对放水量、水位进行了实时监测,为采区水文地质条件评价提供可靠的基础数据,为煤矿安全高效开采提供水文地质保障。

1 放水试验工程布置与实施

1.1 工程布置

考虑到矿井水文地质条件、本次放水试验的目的以及矿井现有排水能力等多方面因素,放水孔位置定在北八大巷。同时,为了确保放水孔能够揭露到目的含水层,孔位确定前进行了井下物探工作,采用电测深探测手段,为合理布置放水孔位置提供有效的依据。另外,为了充分揭露目标含水层的水文地质条件,要求放水形成水位降深要足够的大,因此,放水孔布置相对集中,以构成放水“大井”。

观测孔采用井上与井下相结合。地面观测孔的布置首先用于控制整个井田试验过程中渗流场的形态变化,并考虑各含水层之间的水力联系情况。另外,为了查明 F_2 断层的富水性和导水性,在断层的上下盘分别施工观测孔。井下观测孔的布置主要由现场条件确定。共施工井下放水孔 4 个,观测孔 12 个(其中井下 5 个,地面 7 个),其参数见表 1,位置见图 1。

表 1 桃园煤矿北八采区放水试验钻孔信息一览表

Table 1 The list of drilling information of draining test of the eighth mining area in the north of Taoyuan coal mine						
钻孔用途	钻孔编号	含水层	观测方式	观测内容	距放水孔距离/m	位置
观测孔	C1	1-4 灰	井下自记仪	水压	350. 21	北八井下
	C3	1-4 灰	井下自记仪	水压	254. 43	北八井下
	C4	1-4 灰	井下自记仪	水压	723. 13	北八井下
	C5	1-4 灰	井下自记仪	水压	1344. 57	北八井下
	补 4	1-4 灰	井下自记仪	水压	979. 62	北八井下
	2010 观 1	1-4 灰	地面遥测仪	水位	1938. 47	北八地面
	2011 观 2	1-4 灰	地面遥测仪	水位	803. 19	北八地面
	98 观 3	5-11 灰	地面遥测仪	水位	1983. 50	南部地面
	98 观 1	奥灰	地面遥测仪	水位	5231. 65	南部地面
	2001 观 1	奥灰	地面遥测仪	水位	1534. 77	南部地面
	2003 观 1	四含	地面遥测仪	水位	8569. 63	南部地面
	2007 观 1	四含	地面遥测仪	水位	2174. 03	北八地面
	2011 观 1	奥灰	地面遥测仪	水位	625. 90	南部地面
	补 1	1-4 灰	井下自记仪	水量/水温	N67 点处	北八井下
放水孔	补 2	1-4 灰	井下自记仪	水量/水温	N67 点向北 28 m	北八井下
	补 3	1-4 灰	井下自记仪	水量/水温	N70 点向南 8 m	北八井下
	C2	1-4 灰	井下自记仪	水量/水温	N67 点向北 10 m	北八井下

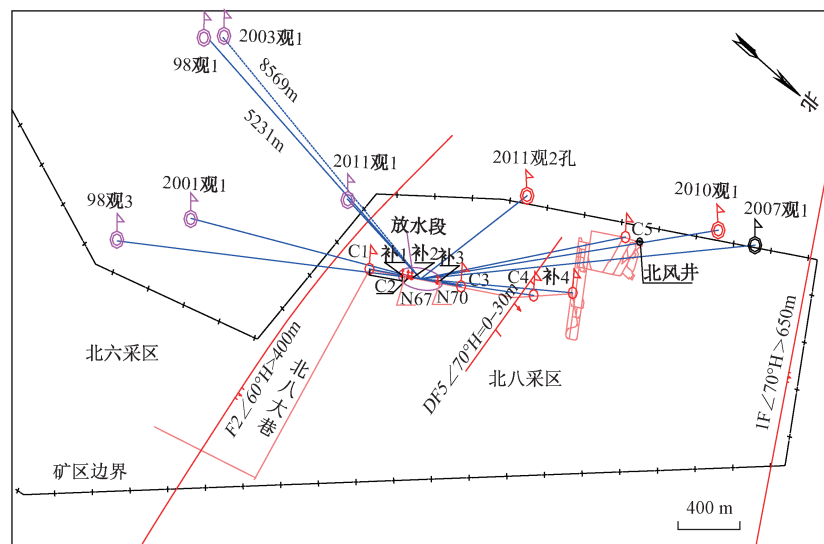


图1 放水试验工程布置示意图

Fig.1 The schematic diagram of engineering layout of draining test

1.2 放水试验实施过程

本次放水试验数据采集采用井下放水,井上、井下同步观测的方法。其中5个井下水压观测孔和4个放水孔采用西安欣源测控技术有限公司生产的KJ402-F矿用本安型水文分站,水压、水温采用GPW10/100矿用本安型压力温度传感器自动测量和记录监测设备,采集频率设为5 min/次;放水孔采用矿用磁旋涡流量传感器(GLC30/50)水量自记仪监测放水孔的出水量,同时采用井下流速仪法(YSD5本安型流速测量仪)及浮标法对各阶段的放水量进行实测验证;地面监测孔采用KJ402-FA水文分站,进行水位、水温自动记录。井下监测数据通过井下通讯系统实时传入监控中心,地面数据通过无线遥测系统实时传入监控中心,进行数据的实时采集。同时,井下观测系统安排24 h值班制度,并每隔2~4h测读一次数据,与仪器采集数据比对。测试手段先进,连续监测,精度高,测试数据可靠,达到了相关规程要求。

根据现场条件,本次放水试验采用定流量非稳定流方式进行^[8],由小到大三次定流量放水,于2011年9月16日至2011年10月5日进行了井下放水试验工作,总历时450余小时,共取得各类试验观测数据约50000个,累计放水量约64000 m³。第一阶段:C2、补1孔放水,放水量平均为95 m³/h,放水历时118 h,总放水量约11218 m³;第二阶段:打开补2孔和补3孔,控制放水量平均为203 m³/h,历时95.83 h,总放水量约20125 m³;第三阶段:打开补3孔,控制放水量平均

为313 m³/h,历时102.16 h,总放水量约32693 m³。放水量历时曲线如图2所示。至2011年9月29日关阀,观测水位恢复情况,至2011年10月5日结束,水位恢复历时137.25h。

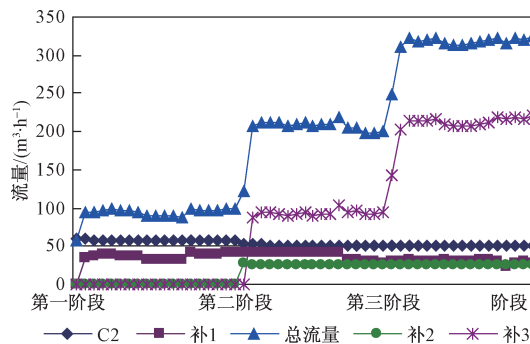


图2 放水量历时曲线图

Fig.2 Duration curve of water release

2 放水试验结果分析

2.1 太原组灰岩含水层水位变化特征

对整个放水试验观测成果进行了统计,计算了各阶段各观测孔水位变化值(表2)。太原组灰岩含水层各观测孔的水位动态变化具有如下特征:

(1)根据水位观测成果,在放水初期太原组灰岩含水层观测孔水位下降速度较快,后期下降速度趋缓并很快趋于稳定(图3),其降深变化规律符合距放水中心愈近水位反应愈快降深愈大的规律,放水中心降深达27.3 m。

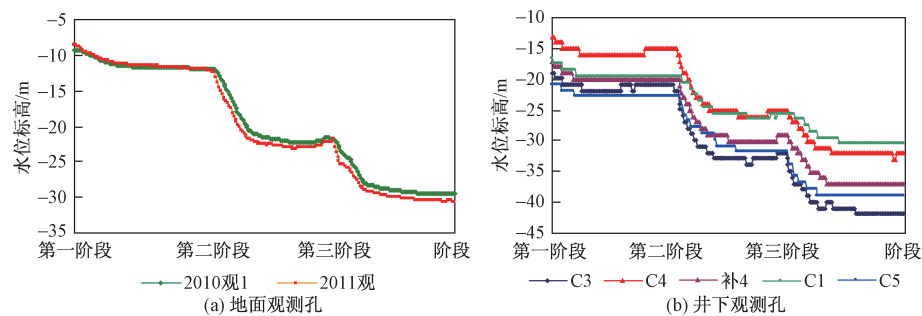


图 3 太原组灰岩含水层观测孔水位变化趋势图
Fig.3 The trend of water level of observation holes in aquifer of limestone of Taiyuan Formation

表 2 放水试验观测孔水位变化

Table 2 The change of water level in observation well of draining test									
观测孔	观测层位	初始水位/m	各阶段降深/m			总降深/m	最终水位/m	恢复水位/m	剩余降深/m
			一	二	三				
C1	1-4 灰	-16.54	3.00	6.00	5.00	14	-30.54	-15.54	-1.00
C3	1-4 灰	-18.93	2.00	11.00	10.00	23	-41.93	-16.93	-2.00
C4	1-4 灰	-13.09	2.00	10.00	7.00	19	-32.09	-12.09	-1.00
补 4	1-4 灰	-17.08	3.00	9.00	8.00	20	-37.08	-16.08	-1.00
C5	1-4 灰	-20.83	2.00	8.00	8.00	18	-38.83	-14.83	-6.00
2010 观 1	1-4 灰	-9.24	2.72	9.80	7.81	20.33	-29.57	-9.01	-0.23
2011 观 2	1-4 灰	-8.48	3.66	10.22	8.24	22.12	-30.60	-8.21	-0.27
2007 观 1	四含	-6.26	0.39	1.41	1.12	2.92	-9.18	-6.67	0.41
2003 观 1	四含	-82.28	0.01	0.04	0.04	0.09	-82.37	-82.54	0.26
2001 观 1	奥灰	-6.50	0.96	1.05	0.74	2.75	-9.25	-6.91	0.41
98 观 1	奥灰	-8.26	0.21	0.54	0.48	1.23	-9.49	-8.78	0.52
98 观 3	5-11 灰	-167.75	-0.04	0.00	-0.02	-0.06	-167.69	-167.57	-0.18

(2) 井下各观测孔降深最大为 C3 孔,为 23 m,最小为 C1 孔,为 14 m。从井下各观测孔离放水孔距离来看,离放水孔越远降深减小,放水区往北,C3 最近,离补 3 放水孔约 142 m,往后依次是 C4、补 4、C5。放水孔水位迅速下降说明太灰水静储量小,降落漏斗扩展迅速,径流条件较好,太灰 1-4 灰渗透系数较大;水位稳定时间短,能达到似稳定状态或保持缓慢的发展趋势说明补给丰富。另外从位于断层 DF5 两侧的 C3 孔和 C4 孔水位同步变化的情况来看,DF5 断层隔水性差,存在一定的导水性。

(3) 从 2010 观 1 和 2011 观 2 两个 1-4 灰观测孔来看,三阶段总水位下降值都在 20 m 以上,且相差不大,距离放水段较近的 2011 观 2 孔比 2010 观 1 大

2 m,说明 1-4 灰区域连通性好。第三阶段放水量增加,但水位下降值比第二阶段小,进一步说明区域补给较强。

(4) 定流量放水,太灰水位降深随时间延长而增大,且由表 3 可知,太灰的单位降深(单位放水量的降深)随放水量的增加由第一阶段至第二阶段明显变大,而由第二阶段至第三阶段又变小;由第一阶段至第二阶段降深的倍比大于流量的倍比,而第二阶段至第三阶段降深的倍比又小于流量的倍比,说明区域钻孔控制范围内太灰动储量(外来补给量)与静储量并存,且以动储量为主。同时也说明,随放水量的增大,放水时间的延长,使岩溶裂隙通道进一步疏通,导水性增强,同时也增强了补给通道的畅通性。

表 3 太原组 1-4 灰单位降深和降深倍比对比表

Table 3 The comparison between unit drawdown and multiple proportion of drawdown of 1-4 limestone in Taiyuan Formation													
放水流量/ (m ³ /h)	流量 倍比	C1 孔			C3 孔			C4 孔			2010 观 1 孔		
		降深/ m	单位降深/ ($\frac{m}{m^3/h}$)	降深 倍比	降深/ m	单位降深/ ($\frac{m}{m^3/h}$)	降深 倍比	降深/ m	单位降深/ ($\frac{m}{m^3/h}$)	降深 倍比	降深/ m	单位降深/ ($\frac{m}{m^3/h}$)	降深 倍比
95	1	3	0.032	1	2	0.021	1	2	0.021	1	2.72	0.029	1
203	2.14	6	0.030	2	11	0.054	5.5	10	0.032	5	9.80	0.048	3.60
313	3.29	5	0.016	1.67	10	0.032	5	7	0.022	3.5	7.81	0.025	2.87

(5) 放水孔关阀后多数观测孔水位恢复现象明显,1-4 灰观测孔能较快恢复到初始水位,井下和地

面太灰孔(1~4灰)均出现了负降深,主要是因为C2孔用水后产生了一定的降落漏斗,正式放水时水位没有完全恢复,因此放水孔附近观测孔的初始水位低于天然流场下的原始水位,水位恢复后出现了负降深。

2.2 含水层之间的水力联系程度

(1) 与奥陶系灰岩含水层的水力联系

本次放水试验所用的奥陶系灰岩含水层观测孔有2个(98观1、2001观1),均位于北八采区之南部,两者相隔 F_2 断层(图1)。放水期间,两孔水位均呈现均匀下降趋势(图4),分别下降了1.23 m和2.75 m(表1)。分析认为,由于 F_2 断层的影响,南区奥陶系灰岩与北八采区太原组灰岩对接(图5),导致两含水层相通,北八采区太原组灰岩含水层接受了奥陶系灰岩水的补给,两者存在密切的水力联系,同时也说明 F_2 断层在此段具有导水性。

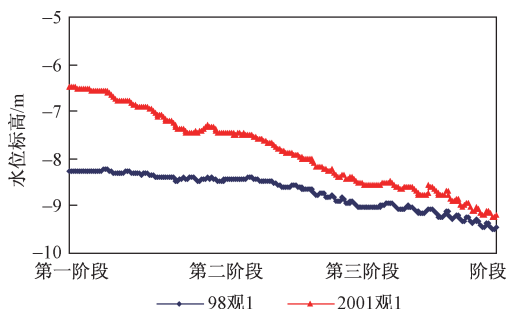


图4 奥陶系灰岩含水层观测孔水位下降趋势图

Fig. 4 The downtrend of water level of observation holes in aquifer of limestone of Ordovician

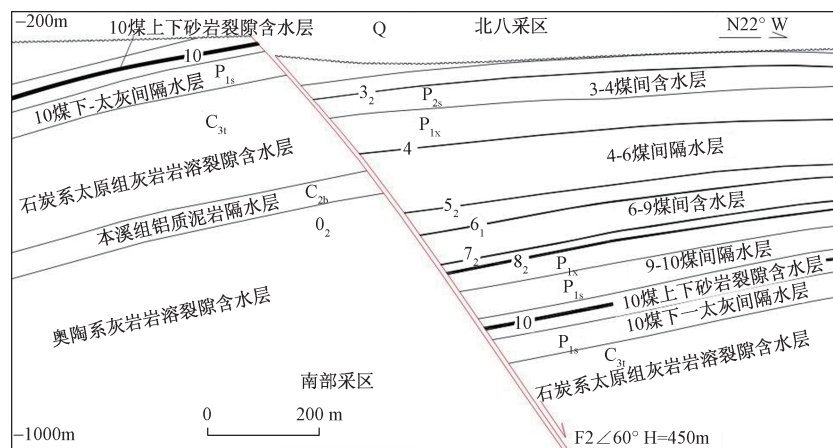


图5 F_2 断层两盘岩层对接示意图

Fig. 5 Schematic diagram of the stratum docking in two walls of the F_2 fault

(1)放水期间,位于南区的98观3孔观测的5-11灰,水位基本保持不变,甚至还略有上升(0.06 m)(图7),水位变化不受北八采区放水试验的影响;放水

(2)放水初期,北八采区四含观测孔2007观1水位变化很小,从第二阶段加大放水量后,水位下降速度加大(图6),下降值与奥陶系灰岩含水层水位下降值基本一致;并且在该区,奥陶系灰岩水、太原组灰岩水和四含水的初始水位基本一致,说明该区域四含与1-4灰存在水力联系,这是因为2007观1孔正好位于太原组灰岩露头区;而位于南区的四含观测孔2003观1孔水位基本不变,水位变化不受放水试验影响。



图6 北八采区四含观测孔水位下降趋势图

Fig. 6 The downtrend of water level of observation holes in the fourth aquifer of the eighth mining area in the north

2.3 水文地质单元划分

以 F_2 断层为界,可将桃园井田太原组灰岩含水层划分为两个水文地质单元,即 F_2 断层以北的北八采区单元和 F_2 断层以南的南部采区单元(图5)。分析如下:

孔关闭水位恢复期间,该孔水位也基本不变。说明南区5-11灰与北八采区的1-4灰无直接的水力联系,表明 F_2 断层在此段具有阻水性,由图5可以看出,南

部采区的太灰与北八采区煤系上部地层对接,使得南区的 5-11 灰与北八采区的 1-4 灰没有通过断层沟通。表明同一断层的导水性具有不均匀性,这与断层两盘对接岩层的富水性有关^[9]。

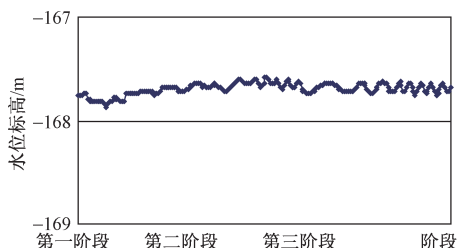


图 7 98 观 3 孔水位变化趋势图

Fig. 7 The trend of water level of borehole 98 - 3

(2) 南部采区现已进入二水平开采,由于受采掘影响,该区太原组灰岩含水层水位已下降至 -160 m 以下,而北八采区太原组灰岩水位基本不变,并保持高水位(-8 m 左右),表明两者之间不存在水力联系,应属于两个相对独立的水文地质单元。

2.4 高水位区特征

根据放水试验观测资料,编制了各放水阶段北八采区太原组灰岩含水层等水位线图(图 8),从图中可以看出,该区太原组灰岩地下水水流场总体表现为向放水孔方向流动,但在 C4 孔一带存在一高水位区,说明该区域存在一垂向补给通道,分析认为可能与 DF_5 断层切割奥陶系灰岩,导通奥陶系灰岩水有关,进一步揭示了该区水文地质条件的复杂性。

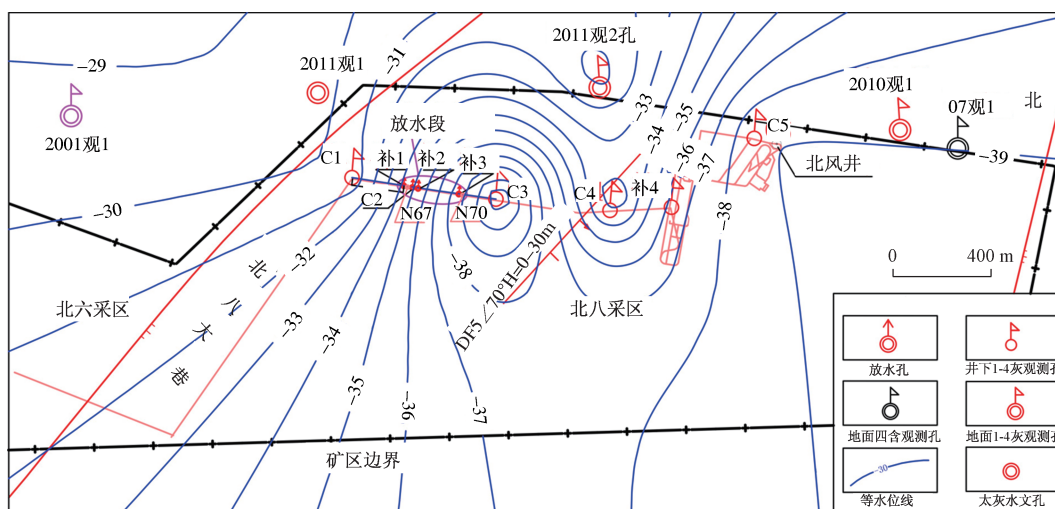


图 8 桃园矿北八采区放水结束时太原组灰岩含水层水位等值线示意图

Fig. 8 The sketch map of contour lines of water levels in aquifer of limestone of Taiyuan Formation at the moment of finishing the draining test in the eighth mining area of the north in Taoyuan coal mine

3 结论

(1) 本次放水试验按照非稳定流技术要求进行,采用自动监测系统对各阶段水位水量进行实时监测,数据记录准确,资料整理符合规范规定,为该区水文地质条件评价提供可靠数据。

(2) 北八采区太原组灰岩水与奥陶系灰岩水水位同步下降,而南区太原组灰岩水水位基本不变,说明 F_2 断层为北八采区太原组灰岩水的补给通道,与奥陶系灰岩含水层水力联系较强。北八采区与南部采区太灰含水层水力联系弱,可视为两个独立的水文地质单元。

(3) 由放水试验资料分析证明,要想达到安全开采水头,疏降水量大,疏降时间长,排水费用相当高,

经济不合理,因此深降强排在桃园矿北八采区实施是不可行的。可建立北八采区地面注浆系统,利用地面注浆系统,对 10 煤工作面进行底板灰岩含水层注浆改造,为 10 煤层带压开采提供保障。采区中部 DF_5 断层处(井下 C4 观测孔)出现高水位异常区,应开展探查工作,查明其导含水性及赋水区域,进一步排除隐患,准确评价高水位异常原因,并实施注浆治理。鉴于 F_2 断层的导水性,必须留设足够的断层防水煤柱。

(4) 通过放水试验,揭示了北八采区复杂的水文地质条件,为该区水害防治提供了可靠的水文地质依据。由此表明,放水试验是探查矿井水文地质条件较为有效的方法之一。

参考文献:

- [1] 安徽省煤田地质局第三勘探队. 淮北矿业集团公司桃园煤矿矿井地质报告[R]. 淮北: 淮北矿业集团, 2011.
Coal Geological Bureau in Anhui Province in the third exploration team. Mine geology report of Taoyuan coal mine in Huaibei Coal (Group) Co., Ltd [R]. Huaibei: Huaibei Mining Group, 2011.
- [2] 邱国良. 桃园煤矿八采区太灰水可疏放性评价[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2012.
QIU Guoliang. Feasibility evaluation of depressurizing from Taiyuan formation limestone water of sector VIII in Taoyuan coal mine [D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2012.
- [3] 国家安全生产监督管理局, 国家煤矿安全监察局. 煤矿防治水规定[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.
State Administration of Work Safety, State Administration of Coal Mine Safety. Rule of mine prevention and cure water disaster [M]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2009.
- [4] 许光泉, 桂和荣. 矿井大型放水试验及其意义[J]. 地下水, 2002, 9(4): 200-201.
XU Guangquan, GUI Herong. Large-scale dewatering test in coal mine and its significance [J]. Groundwater, 2002, 9(4): 200-201.
- [5] 张承斌, 杨森, 骆云秀. 恒源煤矿大型群孔放水试验的研究分析[J]. 煤矿开采, 2012, 17(5): 30-33.
ZHANG Chengbin, YANG Miao, LUO Yunxiu. Test of water prevention under amounts of boreholes in Hengyuan colliery [J]. Coal Mining Technology, 2012, 17(5): 30-33.
- [6] 王广才, 段琦, 常永生. 矿井水害防治中的水文地球化学探查方法[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(1): 33-37.
WANG Guangcai, DUAN Qi, CHANG Yongsheng. Hydro geochemical exploratory method in mine groundwater hazard control [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2000, 11(1): 33-37.
- [7] 李忠建, 魏久传, 徐建国, 等. 南屯煤矿群孔奥陶系石灰岩放水试验及数值模拟分析[J]. 水文地质工程地质, 2010, 37(2): 16-20.
LI Zhongjian, WEI Jiuchuan, XU Jianguo, et al. Dewatering test of group holes of the Ordovician limestone and numerical simulation of the Nantun coal mine [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2010, 37(2): 16-20.
- [8] 薛禹群. 地下水动力学[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
XUE Yuqun. Groundwater Dynamics [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997.
- [9] 李晓昭, 罗国煜. 地下工程突水的富水优势断裂[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(1): 36-41.
LI Xiaozhao, LUO Guoyu. Superior water bearing fault and water blasting in underground engineering [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2003, 14(1): 36-41.

敬告作者和读者

为适应我国科技信息化建设的需要, 扩大作者、读者学术交流渠道, 本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》及《中文科技期刊数据库》。今后, 我刊将作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给。如果作者不同意将文章编入上述数据库, 请在投稿时声明, 本刊将作适当处理。谢谢!

《中国地质灾害与防治学报》编辑部