

孙疃煤矿101采区松散层底部 三隔四含沉积特征研究

王天皓

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2022年7月31日; 录用日期: 2022年8月31日; 发布日期: 2022年9月7日

摘要

曾多次发生的以松散含水层作为井下水害主要诱因的煤层顶板事故, 已经造成了大量的财产损失且大大威胁着煤矿生产安全以及井下人员的生命安全, 以松散层底面至煤层开采上限间留设的安全煤岩柱能起到断绝开采煤层与煤系地层上覆松散层的作用, 留设安全防砂(塌)煤岩柱高度的研讨直接关乎矿井安全准则, 在生产科研方面是不可或缺的。研究以孙疃煤矿101采区为例, 采用岩心取样、土工实验、抽(注)水实验、XRD衍射等方法, 对采区内松散层底部三隔和四含的岩性特征、黏土微结构特征、物理、水理等方面进行研究, 得出结论: 孙疃煤矿101采区三隔是良好隔水层, 四含单位涌水量和渗透系数值均较小, 属弱富水的含水层, 为矿井浅部煤层的安全回采提供了有利的条件。

关键词

孙疃煤矿101采区, 富水性, 松散层

Study on Sedimentary Characteristics of 3rd Aquiclude and 4th Aquifer at the Bottom of Loose Layer in 101 Mining Area of Suntuan Coal Mine

Tianhao Wang

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

Abstract

The coal seam roof accident that has occurred many times with loose aquifer as the main cause of underground water disaster has caused a lot of property damage and greatly threatened the safety of coal mine production and the safety of underground personnel. The safety coal and rock pillar left between the bottom of the loose layer and the upper limit of coal seam mining can play a role in cutting off the overlying loose layer of the mining coal seam and the coal-bearing strata. The research on the height of the safety coal and rock pillar is directly related to the mine safety criterion and is indispensable in production and scientific research. Taking the 101 mining area of Suntuan Coal Mine as an example, the lithology characteristics, clay microstructure characteristics, physical and hydraulic characteristics of the 3rd aquiclude and 4th aquifer at the bottom of the loose layer in the mining area are studied by means of core sampling, geotechnical experiment, pumping (injection) water experiment and XRD diffraction. It is concluded that the 3rd aquiclude of the 101 mining area of Suntuan Coal Mine is a good aquifuge, and the unit water inflow and permeability coefficient of the 4th aquifer are small, which is a weak water-rich aquifer, which provides favorable conditions for the safe mining of shallow coal seams in the mine.

Keywords

Suntuan Coal Mine 101 Mining Area, Water-Rich, Loose Layer

Copyright © 2022 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

我国是一个“富煤、贫油、少气”的国家，现在正处在向社会主义工业强国迈进的时期，煤炭在我国工业上应用极其广泛。煤炭作为我国的主要能源，在国民经济和国计民生中有着非常重要的地位。在未来一段时期内煤炭作为我国基础能源的主体地位不会改变。因此，必须尽可能合理地开采地下煤炭资源[1]，以满足国家经济和人民生活日益增长的需求。

根据以往的矿井突水事故记录，影响我国煤炭安全的主要因素之一为矿井水害，煤层顶板突水事故的多次发生，不仅对我国矿井工程造成巨大的财产损失，还对井下工作人员的生命造成严重威胁，而这种煤层顶板突水事故的源头正是松散含水层。关于留设安全防砂(塌)煤岩柱高度的研究在保障矿井安全方面是至关重要的[2]，该研究主要利用松散层底面至煤层开采上限间留设的安全煤岩柱能起到隔绝开采煤层与煤系地层上覆松散层的作用[3]。

然而，关于孙疃煤矿 101 采区松散层底部隔水层的研究暂时较少，本次以孙疃煤矿 101 采区为例展开研究，研究松散层下部含隔水层沉积特征，进行研究区域安全煤柱岩性、结构特征及含、隔水(砂)性研究，进行煤岩柱分析与保护层特征研究，研究岩层抗破坏能力，是评价薄基岩浅埋煤层能否实现安全绿色开采的重要内容。本次的研究重点是矿井浅部煤层开采有影响的第三隔水层(下简称三隔)和第四含水层(下简称四含)。

2. 研究区概况

孙疃煤矿位于孙疃镇, 属安徽省淮北市濉溪县境内, 向北东距宿州市约 23 km。其边界: 南部以界沟断层为界, 与任楼煤矿接壤; 北部以杨柳断层为界, 与杨柳煤矿毗邻; 浅部(西)以太原组一灰顶界露头线为界, 深部(东)至 31 煤层-800 m 水平投影线; 南北走向长 10.6 km, 东西倾向宽 3.5~5.1 km, 面积 44.0044 km²。其地理坐标(1954 北京坐标系): 东经: 16°43'01"~116°46'59", 北纬: 33°31'19"~33°37'13"。矿井面积 44.0044 km², 开采深度由-190~-800 m 标高。

3. 松散层分布特征

该矿煤系地层覆盖着新生界松散层。松散层厚度受古地形控制, 总体趋势自西向东逐渐增厚。煤系之上直接覆盖着第四含水层(段), 新生界第一、二、三含水层(组)之间分布对应着第一、二、三隔水层(组)。松散层多由粉砂、粘土质砂、粘土、砂质粘土、钙质粘土以及半固结状、固结状的砾石、砂砾、粘土砾石及粘土质砂等组成, 砾石成分为灰岩、砂岩、石英岩、燧石等[4]。

根据采区钻孔资料分析得出松散层厚度, 做出其等值线图, 如图 1 和图 2 所示。从图中可以看出, 采位于采区的松散层厚度大且总体分布均衡, 西北部稍薄, 东南部稍厚。采区松散层厚度约 164.00~233.45 m, 受古地形控制, 总体趋势自西向东逐渐增厚。2020 观 1 孔附近最厚, 厚度达 233.45 m, 2018 水 1 孔附近最薄, 为 164.0 m, 平均 207.49。从图 1、图 2 可以看出, 浅部地区松散层厚度较大, 东南部较西北部偏厚。

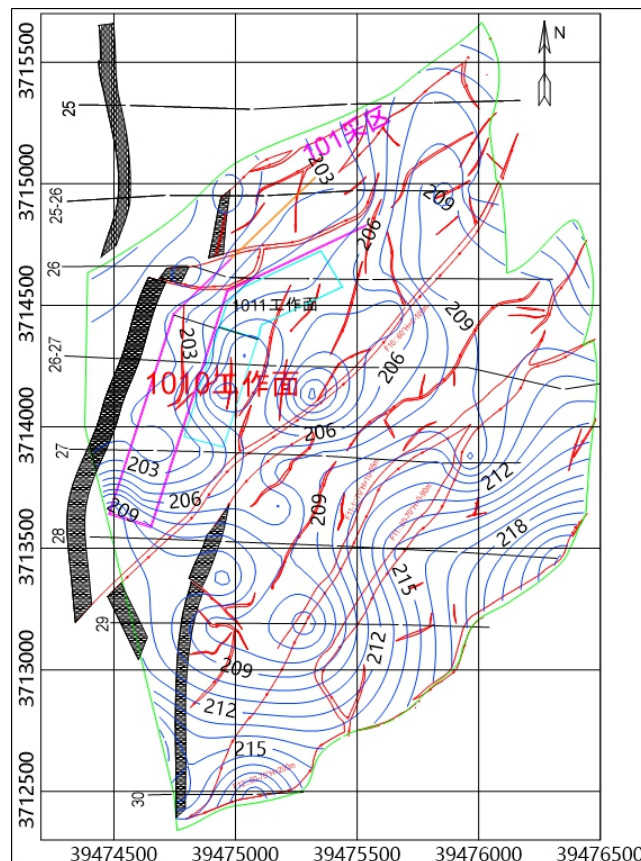


Figure 1. Contour map of loose layer thickness in mining area
图 1. 采区松散层厚度等值线图

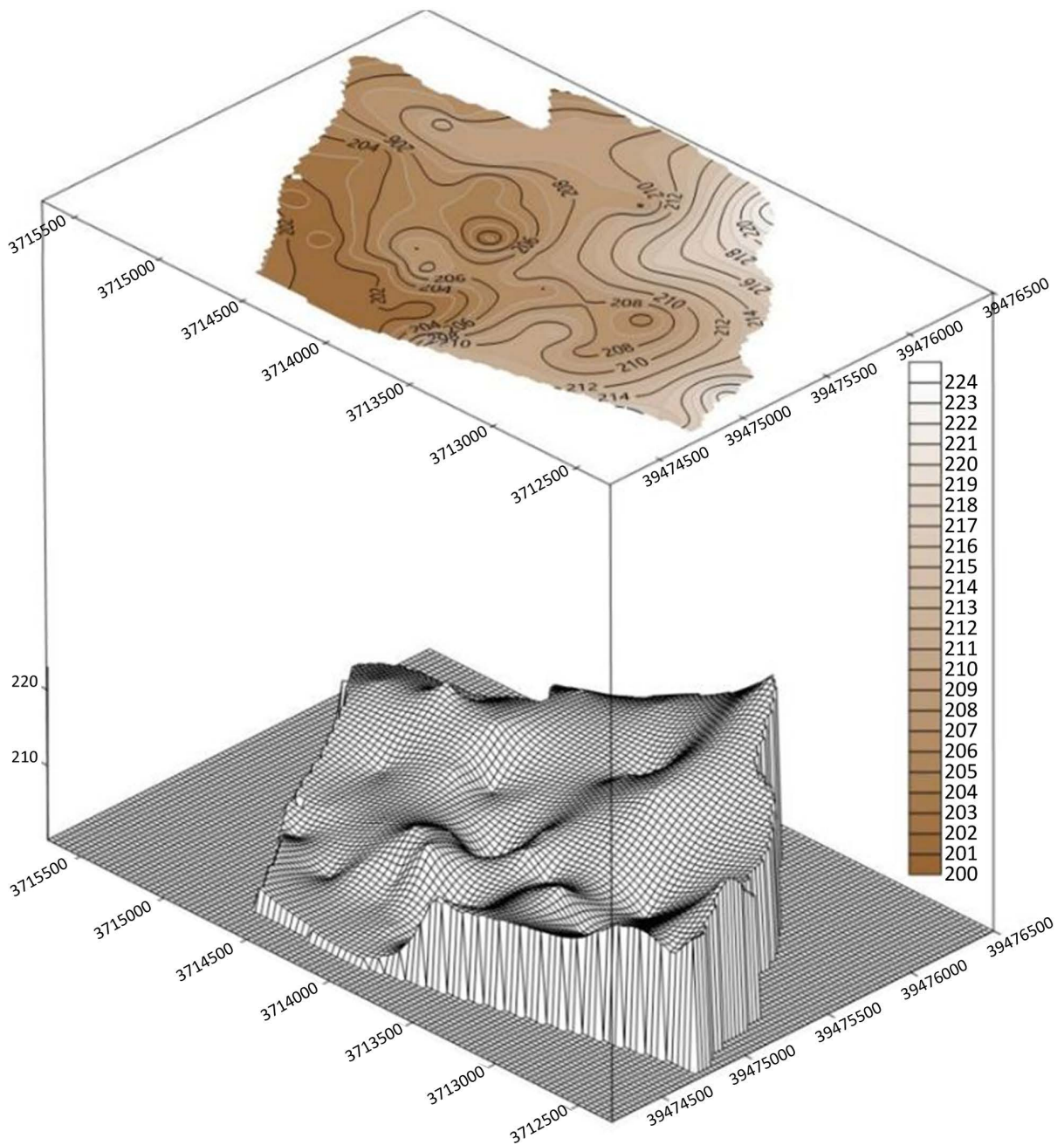


Figure 2. The three-dimensional view of the thickness distribution of the loose layer in the mining area
图 2. 采区松散层厚度分布立体图

4. 三隔水文工程地质特征

4.1. 三隔岩性特征

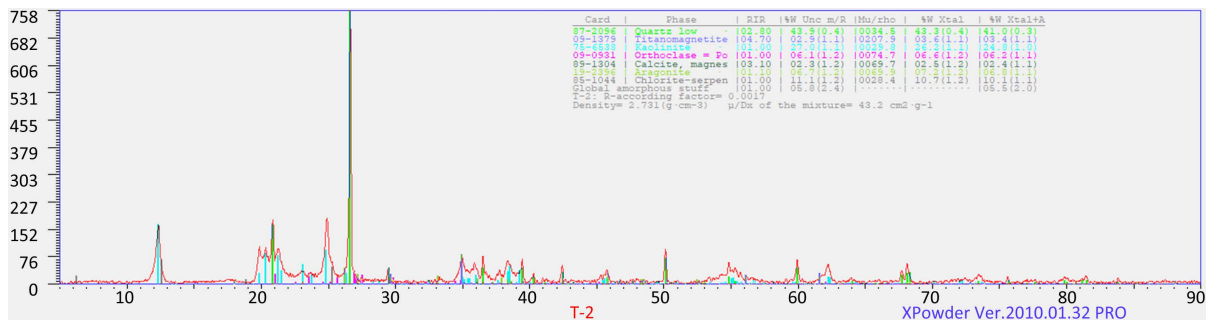
三隔的主要组成部分有灰绿色、棕黄色粘土和砂质粘土夹薄砂层(图 3)。上部粘土岩性质纯,且具 45° 静压滑面,中下部粘土钙质含量变多,局部呈半固结状。本组的粘土层主要为厚层状,具有塑性好、膨胀性强等特点。三隔一般分布稳定,隔水性好,为矿内良好的隔水层(组)。地表水和一、二、三含水与思含和煤系水失去水力联系的主要原因就是三隔。



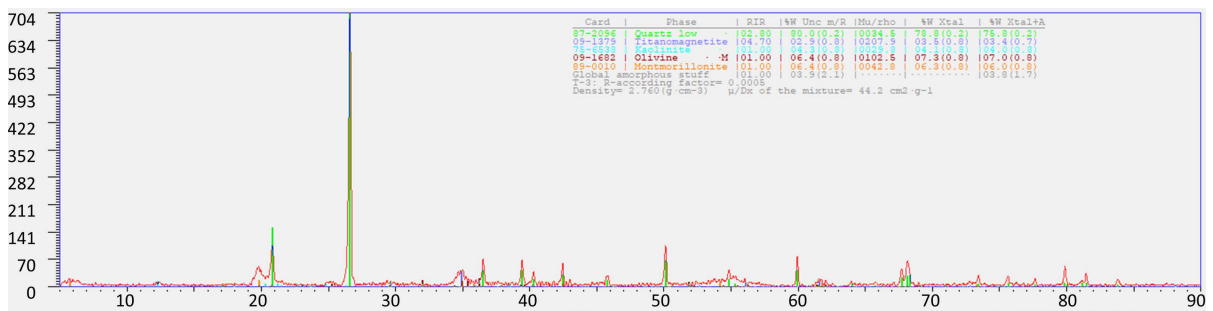
Figure 3. Photo of 3rd aquiclude core
图 3. 三隔岩芯照片

4.2. 三隔粘土微结构特征

通过对采集的样品进行 XRD 衍射(图 4)可知, 三隔岩石中下部隔水层中以石英、高岭石、绿泥石等矿物成分居多。根据衍射图分析, 初步认为三隔粘土多为层状结构, 层状结构的主要特点是扁平状聚集体与卷曲叶片状为主, 大小不一, 片状结构间彼此呈平行层状排列, 具有高度的定向性。单元体与单元体之间以面-面接触为主, 兼有面-边接触等多种接触形式。微孔隙大小均匀, 常沿层理延长, 有的呈裂隙状或木楔状。具有此类结构的粘性土含有大量的粘粒。由于微集合体的定向排列, 导致物理力学性质具各向异性。此种结构类型是在沉积过程中或成岩过程中形成的, 也可能由其它结构类型的粘土经压实作用而形成。



(a) 三隔



(b) 黏土

Figure 4. XRD of 3rd aquiclude clay
图 4. 三隔粘土 XRD

4.3. 三隔的物理、水理及力学性质

根据 2021-13 和 2021-8 孔的三隔土样土工实验, 测试结果表明, 三隔中的粘土与砂质粘土, 土粒比重都在 $2.64\sim 2.70 \text{ g/cm}^3$ 左右, 液限 $51.4\sim 54.2$, 塑限 $24.7\sim 26.6$, 塑性指数为 $26.7\sim 28.1$, 液性指数都小于 0, 表示土体处于干板结状态, 是良好的隔水层, 可有效阻隔三含及上部含水层水对煤矿安全开采的影响。

5. 四含沉积物的物理及水理性质

作为矿井主要充水水源介质之一, 新生界底部含水沉积物的物理、水理性质是反映其充水规律的主要依据, 是沉积物分析中与水文地质、工程地质最直接相关的项目, 对分析地层富水性有重要意义[5]。

5.1. 四含物理性质

根据 2021-13 和 2021-8 孔钻孔取芯土工试验结果表明: 四含中砂质粉土, 土粒比重为 $2.69\sim 2.80 \text{ g/cm}^3$, 密度 $1.89\sim 1.91 \text{ g/cm}^3$, 干密度 $1.63\sim 1.66 \text{ g/cm}^3$, 孔隙比为 $0.62\sim 0.65$, 液限 $32.1\%\sim 35.2\%$, 液性指数为 $-2.48\sim -1.79$; 塑性指数 $4.8\sim 6.8$ 。孔隙比较小, 液性指数小于 0, 反映土层含水性质比较弱的特点。

5.2. 四含砂层粒度分析

为方便了解颗粒大小级配情况, 给砂类土进行确定名分类, 对四含砂土样进行颗粒分析, 测定砂类土中各粒组相对重量占总土重的百分数。根据样本的粒度状况, 采取筛分法和比重计法对颗粒分析砂土样进行了实验测试[6]。

从上述实验测试的砂土级配曲线图中, 可以清晰分辨砂土的粗细、粒径分布的均匀程度和级配的优劣。依据该图, 可以计算出评价粗粒土渗透稳定性的重要指标: 不均匀系数 c_u 和曲率系数 c_c 。

土的不均匀系数越大, 则土粒大小变化程度大, 分选较差, 级配较好, 富水性、渗透性都较差; 不均匀系数越小, 则土粒大小均衡, 分选度好, 级配较差; 一般来说, 可以利用曲率系数来分析土粒度成分的组合特性, 当其值在 1~3 之间时, 说明级配较好, 小于 1 或大于 3 时, 则该土粒度成分不连续, 缺少中间颗粒; 用以下两式可求得土的不均匀系数与曲率系数:

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

$$c_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \times d_{60}} \quad (2)$$

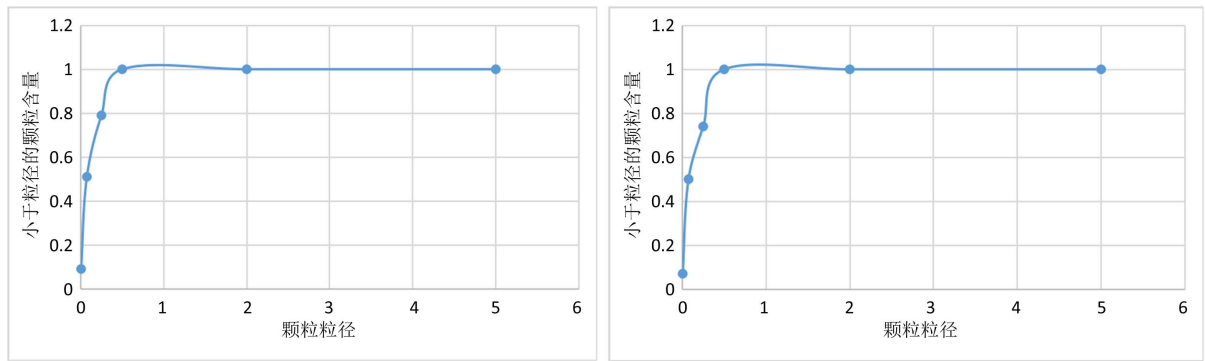
式中: c_u ——不均匀系数;

c_c ——曲率系数;

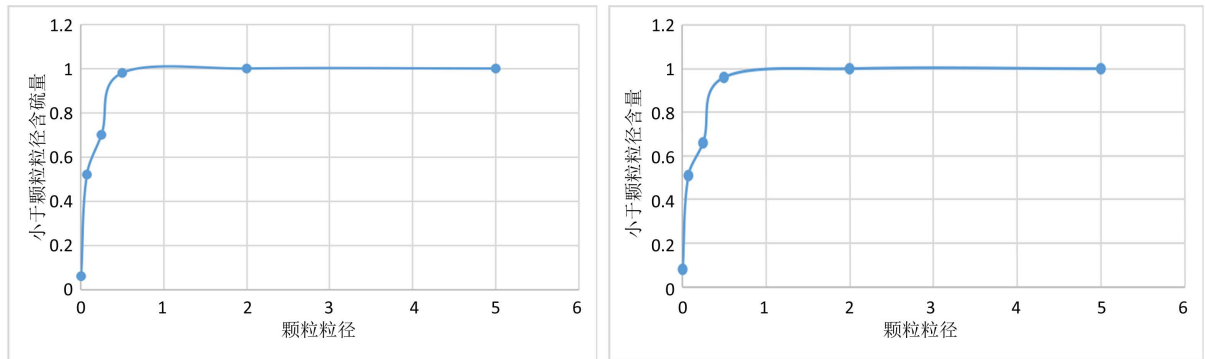
d_{60} 、 d_{30} 、 d_{10} ——分别表示小于某粒径颗粒占总重的百分数为 60、30、10 时的粒径。

总体来说, 土的级配不均匀系数大于或等于 5 且级配曲线连续在 1~3 时, 为级配良好, 当土不能同时满足上述两个要求时, 为级配不良。工程试验研究证明, 土体的渗透性被空隙的大小直接影响。而土体中的孔隙又取决于颗粒级配。一般情况下, 在土体中, 中粗粒形成骨架, 细粒充填孔隙, 渗透性能较小的土体总是配级良好且孔隙较小。。

本次处理的数据均来自位于采区浅部 2021-13 号孔和 2021-8 号孔两个孔资料, 其中 2021-13 孔位于 1010 工作面内, 具有一定的代表意义。为求得样品的四含砂层的不均匀系数和曲率系数, 使用上述办法对 4 个四含砂土类样品进行计算。计算结果见表 2。各样品的颗粒分布累积曲线见图 5。



(a) 四含砂质粉土 2021-13 号孔



(b) 四含砂质粉土 2021-8 号孔

Figure 5. The experimental results of the 4th aquifer layers

图 5. 四含砂层颗分实验成果图

Table 1. Soil particle group division

表 1. 土体粒组划分

粒组	颗粒名称	粒径 d 的范围(mm)	
粗粒	砾粒	粗粒	$20 < d \leq 60$
		中粒	$5 < d \leq 20$
		细粒	$2 < d \leq 5$
	砂粒	粗砂	$0.5 < d \leq 2$
		中砂	$0.25 < d \leq 0.5$
		细砂	$0.075 < d \leq 0.25$
细粒	粉粒	$0.005 < d \leq 0.075$	
	黏粒	$d \leq 0.005$	

结合图 5 和表 1 分析，确定研究区四含砂土层粒径含量(表 2)。

Table 2. Results of particle size analysis of four sand-bearing layers

表 2. 四含砂层粒度分析成果

岩性	孔号	砾粒含量(%)	砂粒含量(%)	细粒含量(%)	d_{60}	d_{30}	d_{10}	C_u	C_c
四含砂质粉土	2021-13 号孔	0	49	51	0.18	0.06	0.01	18	2.0

Continued

四含砂质粉土	2021-13 号孔	0	50	50	0.15	0.05	0.01	15	1.7
四含砂质粉土	2021-8 号孔	0	48	52	0.16	0.045	0.008	20	1.58
四含砂质粉土	2021-8 号孔	0	59	41	0.176	0.044	0.007	25	1.57
四含平均值		0	51.5	48.5	0.167	0.049	0.009	19.5	1.71

四含细粒含量约占 48.5%，砂粒含量约占 51.5%，砾粒含量微量。由以上计算结果可知，四含砂层属于配级良好的土，具有一定数量的粉粘粒成分，由此可知，研究区四含富水性与渗透性较差。

5.3. 可变形性

是否具有可变形性的四含粘土层，是评价其在含水条件下释放水能力的一种指标。利用含水量与塑限的关系，可以评判外力作用下的土体的抗塑性变形能力。具体指标有依据含水量与塑限关系的稠度分类法和依据液性指数的稠度分类法。从表 2 可以看到在所测的样品中绝大多数的含水率低于塑限，按照两种稠度的分类分属于“固态土”或者“坚硬土”。从表 2 还可得知四含土层处于坚硬形态，该液限指数都小于 0。以上这说明，与通常含水层相比，四含粘土层的孔隙率更低，含水率更少，较为“板结”。其原因是地层被长期强烈压实的结果。

5.4. 孔隙压实性

从表中的实验数据中可知，四含砂层孔隙比 e 在 0.622 到 0.646 之间，均为符合砂性土 < 0.7 的样品，按照工程地质分类，属于高密实土，这反映出该井田砂层已经被高度压密。

6. 四含富水性分析评价

采区及附近四含及基岩风化带抽注水试验钻孔主要有 2017 水、2017 水 2、11 观 1、09-水 3 和 2011-水 1 孔，岩性为砂、砾石及砂岩，探测的主要是基岩风化带和四含的水文地质特征。

6.1. 利用水位恢复数据计算含水层参数

1、计算原理

若不把水头惯性滞后动态列入考虑的范围，水井将会以固定流量 Q 一直抽水直到时间 t_p 再停止抽水，将水位还原，这样的话，可以把在时间 $(t > t_p)$ 的剩余降深 s' 理解成流量 Q 继续抽水一直到 t 时刻的降深和从停止抽水时刻起以流量 Q 注水 $t - t_p$ 时间的水位增高的叠加。两者均可用 Theis 公式计算[7]。故有：

$$s' = -\frac{Q}{4\pi T} \left[W\left(\frac{r^2 u^*}{4Tt}\right) - W\left(\frac{r^2 u^*}{4Tt'}\right) \right] \quad (3)$$

式中， $t' = t - t_p$ 。当 $\frac{r^2 u^*}{4Tt'} \leq 0.01$ 时。(3)~(12)式可简化为

$$s' = \frac{2.3Q}{4\pi T} \left(\lg \frac{2.25Tt}{r^2 u^*} - \lg \frac{2.25Tt'}{r^2 u^*} \right) = \frac{2.3Q}{4\pi T} \lg \frac{t}{t'} \quad (4)$$

式(4)表明， s' 和 $\lg \frac{t}{t'}$ 为线性关系， $i = \frac{2.3Q}{4\pi T}$ 是直线的斜率。可以通过水位恢复实验的材料画出

$s' \sim \lg \frac{t}{t'}$ 曲线，并计算直线段斜率 i ，可得出参数 T ：

$$T = 0.183 \frac{Q}{i} \quad (5)$$

再依照 $s_p = \frac{2.3Q}{4\pi T} \lg \frac{2.25at_p}{r^2}$ ，将 T 代入，可得：

$$s = aQ^b \quad (6)$$

利用式(6)可得出导压系数 a 和贮水系数 u^* 。

本次含水层的参数计算是利用各个抽水孔的水位恢复观测数据进行求参，利用剩余深度 s' 和 $\lg \frac{t}{t'}$ 的直线斜率计算参数，如下：

2、计算结果

根据 $s' \sim \lg \frac{t}{t'}$ 曲线斜率方法，运用 aquifertest 软件，计算得四含各钻孔所对应参数。通过 aquifertest 软件可以进行曲线拟合，部分钻孔拟合曲线如图 6 和图 7 所示。



Figure 6. 2017 water 1-hole aquifertest software mapping
图 6. 2017 水 1 孔 aquifertest 软件成图

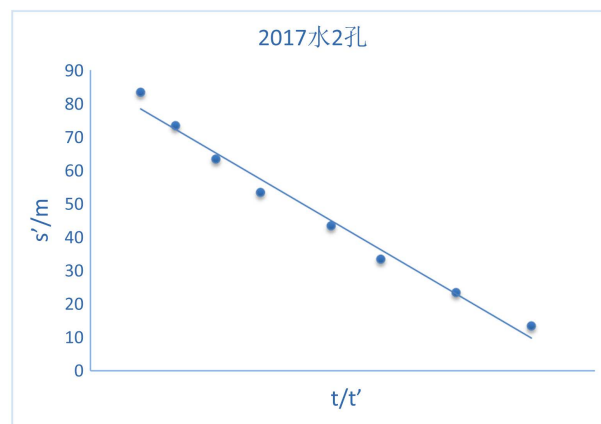


Figure 7. 2017 water 2-hole aquifertest software mapping
图 7. 2017 水 2 孔 aquifertest 软件成图

根据 aquifertest 软件的曲线拟合，可得采区四含钻孔所对应含水层参数如表 3 所示。

从表 3 可以看出，利用水位恢复法得到的采区四含的渗透系数在 0.0038~2.588 m/d 之间；但稳定流

抽水试验的渗透系数为 $K = 0.0029 \sim 2.758 \text{ m/d}$ ，能够看出两种理论计算的渗透系数无较大差别。且使用水位恢复法还可计算出储水系数，储水系数(u^*)表明了含水层弹性释水的能力，指面积为一个单位、厚度为含水层全厚度 M 的含水层柱体中，当水头变换一个单位时弹性释放或贮存的水量。储水系数在 $1.0 \times 10^{-5} \sim 2.2 \times 10^{-4}$ 之间，贮水能力较差，也就是弹性释水得能力不好。

Table 3. Parameter calculation results of water level restoration method in 4th aquifer (weathered zone)
表 3. 四含(风化带)含水层水位恢复法参数计算结果

钻孔号	抽水段	含水层厚度 M (m)	渗透系数 K (m/d)	储水系数 u^*	备注
2017 水 1	四含	0.77	1.126	1.0 e^{-5}	注水
2017 水 2	四含	1.46	2.588	1.10 e^{-4}	注水
2011 水 1	四含及风化带	17.76	0.06	2.2 e^{-4}	注水
2019 观 1	四含	5.55	0.0056	3.8 e^{-5}	注水
2019 观 2	四含	11	0.0038	6.5 e^{-5}	注水
2011 观 1	四含	7.68	0.076	5.2 e^{-5}	注水
09 水 3	四含及风化带	33.75	0.081	2.3 e^{-5}	抽水

6.2. 松散层下部含水层富水性评价

1、评价依据

根据《煤矿防治水细则》(2018)，含水层富水性分类标准为：

- 1) 弱富水性，单位涌水量 $q \leq 0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ；
- 2) 中等富水性，单位涌水量 $0.1 < q \leq 1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ；
- 3) 强富水性，单位涌水量 $1 < q \leq 5 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ；
- 4) 极强富水性，单位涌水量 $q > 5 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

$$Q_{91} = Q_{r_1} \left(\frac{\lg R_{r_1} - \lg r_{r_1}}{gR_{91} - \lg r_{91}} \right) \quad (7)$$

式中： Q_{91} ， R_{91} ， r_{91} ——孔径为 91 mm 的钻孔的涌水量、影响半径和钻孔半径； Q_{r_1} ， R_{r_1} ， r_{r_1} ——孔径为 r 的钻孔的涌水量、影响半径和钻孔半径。

2、评价结果

依照采区钻孔抽(注)水试验结果，单位涌水量为 $q = 0.001542 - 0.071 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。由于抽水钻孔的单位涌水量皆没有按照煤矿防治水细则进行换算，本次将按孔径 91 mm，降深 10 m 换算过后，得到两孔的抽水试验单位涌水量见表 4。对于只做一次降深抽水的钻孔，可视其为直线型进行单位涌水量的换算[8]。根据表 4 中换算过后的单位涌水量，同时由前所述据之前孔抽水试验换算后的成果 $q = 0.00142 - 0.0713 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。按煤矿防治水细则(2018)可知，四含和基岩风化带的富水性为弱富水。

Table 4. The results of the water pumping (injection) water test in 4th aquifer (weathered zone)
表 4. 四含(风化带)抽(注)水试验结果

钻孔号	抽水段	含水层厚度 M (m)	渗透系数 m/d	单位涌水量 (L/(s.m))	按照防治水细则换算过后的单位涌水量 (L/(s.m))
2017 水 1	四含	0.77	1.689	0.00935	0.0089
2017 水 2	四含	1.46	2.758	0.00988	0.00932

Continued

2011 水 1	四含及风化带	17.76	0.04	0.071	0.0713
2019 观 1	四含	5.55	0.0029	0.001542	0.00142
2019 观 2	四含	11	0.2775	0.0401	0.05662
2011 观 1	四含	7.68	0.082	0.0054	0.0052
09 水 3	四含及风化带	33.75	0.089	0.029	0.0283

由现场和实验室测试结果来看,四含单位涌水量和渗透系数值都比较小,属弱富水的含水层,结果也表明四含地下水的迳流补给条件也相对较差,这为矿井浅部煤层的安全回采提供了有利的条件。

6.3. 采动等级确定

依据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(以下简称为“三下”规范),见表 5,符合水体采动等级 II 第 2 条描述,即“底界面下为稳定的厚粘性土隔水层或松散弱含水层的松散层中、上部孔隙强、中含水层水体”,确定本矿井浅部煤层开采采动等级为 II 级;允许采动程度为:允许导水裂隙带顶点波及四含,但不允许垮落带波及四含;要求留设的安全煤岩柱类型为:防砂安全煤岩柱。

Table 5. Mining grades and allowable mining levels of water bodies in the mining area (according to the “Three Lower” standards)

表 5. 矿区的水体采动等级及允许采动程度(据“三下”规范)

煤层位置	水体采动等级	水体类型	允许采动程度
	I	1. 直接位于基岩上方或底界面下无稳定的粘性土隔水层的各类地表水体 2. 直接位于基岩上方或底界面下无稳定的粘性土隔水层的松散孔隙强、中含水层水体 3. 底界面下无稳定的泥质岩类隔水层的基岩强、中含水层水体 4. 急倾斜煤层上方的各类地表水体和松散含水层水体 5. 要求作为重要水源和旅游地保护的水体	不允许导水裂隙带波及到水体
水体下	II	1. 底界面下为具有多层结构、厚度大、弱含水的松散层或松散层中、上部为强含水层,下部为弱含水层的地表中、小型水体 2. 底界面下为稳定的厚粘性土隔水层或松散弱含水层的松散层中、上部孔隙强、中含水层水体 3. 有疏降条件的松散层和基岩弱含水层水体	允许导水裂隙带波及松散弱含水层水体,但不允许垮落带波及该水体
	III	1. 底界面下为稳定的厚粘性土隔水层的松散层中、上部孔隙弱含水层水体 2. 已或接近疏干的松散层或基岩水体	允许导水裂隙带进入松散孔隙弱含水层,同时允许垮落带波及该弱含水层

7. 结论

通过上述实验,对孙疃煤矿 101 采区松散层底部三隔和四含沉积特征得出以下结论:

1) 根据对 1010 工作面附近钻孔的统计分析得,孙疃矿 1010 工作面松散层厚度分布较均匀,变化不大。其中 2017 水 2 孔厚度最大,厚度达 205.35 m,27-1 孔厚度最小,厚度为 201.05 m,平均厚度为 203.05 m。1010 工作面松散层厚度东南部较厚,向西北方向逐渐变薄,但总体均匀,变化不大。

2) 三隔中的粘土与砂质粘土,是良好的隔水层,可以很好地阻隔三含及上部含水层水对煤矿安全开采的影响。

3) 四含属于弱富水的含水层, 结果也指出四含地下水的迳流补给条件相对较差, 这为矿井浅部煤层的安全回采提供了有利的条件。

综上, 孙疃煤矿 101 采区松散层底部三隔和四含的沉积特征研究对分析地层富水性有重要意义, 为矿井浅部煤层的安全回采提供有利的指导条件。

参考文献

- [1] 邓跃军. 矿井水害原因及防治水措施研究[J]. 山西冶金, 2022, 45(1): 327-328+331. <https://doi.org/10.16525/j.cnki.cn14-1167/tf.2022.01.129>
- [2] 葛如涛. 松散承压含水层富水性评价预测及松散层下开采防水煤岩柱留设研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2021. <https://doi.org/10.27101/d.cnki.ghfgu.2021.000373>
- [3] 刘涛. 浅埋薄基岩煤层上覆顶板突水机理研究[J]. 煤矿现代化, 2019(4): 101-103. <https://doi.org/10.13606/j.cnki.37-1205/td.2019.04.035>
- [4] 解国爱, 董承杰, 李凤荣, 刘伟, 朱传峰, 方婷, 邹旭, 解思伊. 淮北煤田孙疃煤矿构造特征及其演化[J]. 中国煤炭地质, 2015, 27(3): 1-5+11.
- [5] 赵莉, 吴泓辰, 任泽强, 杨文强. 淮北孙疃煤矿水文地质特征及涌水分析[J]. 矿产与地质, 2018, 32(1): 171-175.
- [6] 董续舒. 粒度分析在沉积岩中的应用[J]. 西部资源, 2021(4): 4-5+8. <https://doi.org/10.16631/j.cnki.cn15-1331/p.2021.04.002>
- [7] 陈江峰, 熊法政, 李猛, 韩银行, 武洪涛. 松散层富水性评价及水体采动等级划分[J]. 煤矿安全, 2016, 47(5): 49-51+56. <https://doi.org/10.13347/j.cnki.mkaq.2016.05.013>
- [8] 武强, 王洋, 赵德康, 申建军. 基于沉积特征的松散含水层富水性评价方法与应用[J]. 中国矿业大学学报, 2017, 46(3): 460-466. <https://doi.org/10.13247/j.cnki.jcumt.000679>