

淮南煤田阜凤推覆构造带水文地质特征研究

桂和荣^{1 2)} 宋晓梅²⁾ 彭子成¹⁾

1) 中国科技大学地球与空间科学系, 安徽 合肥 230000;

2) 淮南工业学院地质系, 安徽 淮南 232001

摘 要 淮南煤田阜凤逆冲断层是一压性断层, 使寒武系灰岩、砂泥岩推覆于二叠系煤系地层之上。该断层的水文地质特征, 对推覆体下安全采煤具有重要影响。本文测试了阜凤推覆体岩石化学成份并进行了含、导水性分析; 研究了阜凤断层带构造岩的微观特征, 并通过崩解试验分析了断层带介质的水稳定性及地下水径流的有利条件; 最后利用灰岩浸溶试验及碳酸平衡原理进一步研究了阜凤断层带的开放性与封闭性。结论是: 阜凤推覆构造带属开放系统, 具有地下水补给和径流的必要条件, 是导水的。其导水性随煤矿开采规模的扩大而增强。此结论已在煤矿生产实践中得到验证。

关键词 断层带导水性 构造岩 崩解试验 浸溶试验 开系统与闭系统

The Transmissivity of Fufeng Nappe Structural Belt in Huainan Coalfield

GUI Herong^{1 2)} SONG Xiaomei²⁾ PENG Zicheng¹⁾

1) Department of Earth and Space Science, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, 230000;

2) Department of Geology, Huainan Institute of Technology, Huainan, Anhui, 232001

Abstract Cambrian limestone and sandy mudstone were pushed onto the Permian coal measures by the Fufeng thrust in Huainan coalfield. It is very important to understand the hydrogeological features of this thrust, because it threatens safe mining under the Fufeng thrust block. Petrochemical composition of Fufeng thrust was determined and its water-bearing property was analyzed. The authors studied microfeatures of tectonite in Fufeng faulted zone, analyzed water stability of media in the faulted zone and found out favorable conditions for groundwater runoff by slaking test. In addition, the opening and closing properties of Fufeng faulted zone were studied by limestone etch test and carbonate balance principle. It is concluded that Fufeng nappe structural belt belongs to open system and has the essential conditions for groundwater intake and runoff. It therefore has water-transmission capacity. The transmissivity of the Fufeng fault zone increases with the expansion of the mining scale. The correctness of these conclusions have been proved.

Key words transmissivity of fault zone tectonite slaking test etch test open system and closed system

在淮南复向斜南北两翼, 由于受南北压应力作用, 发育了一系列走向压扭性逆冲断层, 其中阜凤(阜阳—凤台) 逆冲断层使寒武系地层自南向北推覆于二叠系煤系地层之上(图 1; 刘明善等, 1996), 断层带埋深在 250~500 m 范围内。该推覆体下煤炭资源十分丰富, 20 世纪 90 年代以来, 已建成投产的特大型矿井 3 对(新集一矿、二矿和张集矿), 年产量近 1 000 万吨。由于阜凤断层直接与第四纪底部第三含水层(简称“三含”) 相接, 并与 F_4 、 F_{10} 和 F_{11} 断层相连, 主采煤层距阜凤构造带又较近, 若该断层带导水, 那么对推覆体安全开采构成严重威胁。因而, 阜

凤构造带(指断层带) 的水文地质特征(特别是其导水性研究), 日益受到关注。

断层导水性研究近年来已发展了许多方法, 其中定量或半定量方法有连通试验(陈兆炎等, 1989)、一侧抽水另一侧观测水位法、水文地质补充勘探中测定冲洗液消耗量(桂和荣, 1997) 等。定性分析中, 通常认为正断层导水, 逆断层不导水。为确定阜凤逆冲断层是否导水, 近年来, 笔者通过钻探取心及水文地质观测, 从构造带岩性、断层带构造岩的水稳定性以及水文地球化学作用等方面进行了分析与研究, 证明了阜凤断层带为一开放系统, 具导水性。

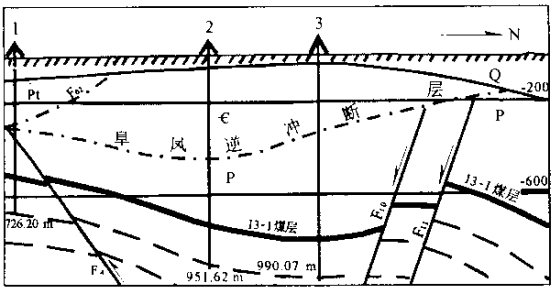


图 1 阜风推覆体结构剖面

Fig.1 Section of Fufeng nappe structure

1 阜风推覆体岩性及断层带物性条件

深埋断层带导水性研究目前仍是矿床水文地质领域的难题。煤矿生产实践证明 ,在漫长的地质和水文地球化学作用下 ,断层带的导水性有可能发生变化 ,原来不导水的 ,有可能变得弱导水或导水(即所谓的“活化作用”)。这种变化的程度与断层两盘岩性及断层带本身的物性条件有关。

1.1 推覆体岩性及水文地质条件

根据勘探资料 ,阜风推覆体主要由寒武系碳酸盐岩、砂泥岩组成(图 2) ,被第四系松散层覆盖。松散层厚度 64.2~311.29 m(新集井田范围内揭露) ,由 3 个含隔水层组组成 ,其中位于底部的第三含水层水直接与推覆体接触 ,构成了对推覆体水的渗透补给。

阜风推覆体厚度变化在 4.88~578.66 m 之间。经岩石化学成份测试(表 1) ,其中碳酸盐岩主要是灰岩和白云质灰岩 ,CaO 含量占绝对优势 ,属可溶岩。灰岩裂隙发育 ,岩心完整性较差 ,钻探时漏水孔率为 53%。由此可以推断 ,阜风推覆体岩溶裂隙发育 ,地下水径流条件良好 ,加上上覆“三”含的补给 ,使得推覆体含水性较好 ,形成了断层带水的补给源 ,来自这种补给源的地下水通常具有侵蚀性 ,对断层带的“活化”起重要作用 ,这是阜风断层带导水的必

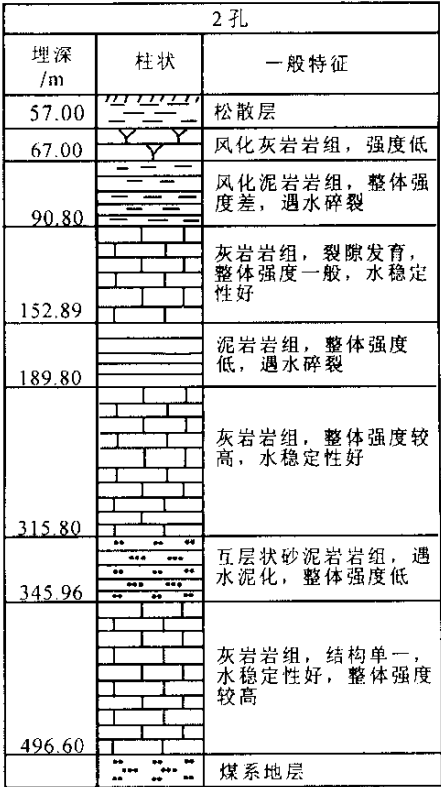


图 2 阜风推覆体岩性柱状图

Fig.2 Columnar section of Fufeng nappe

要条件之一。

1.2 断层带构造岩特征及其水的稳定性

阜风断层角度平缓 ,断层带宽度 0~17.4 m(已揭露资料) 。断层带构造岩(北京大学地质系地质力学专业 ,1978)为压性碎裂岩 ,岩性为煤屑、灰岩角砾等。角砾之间有错动 ,被压碎的矿物颗粒有各种扭曲变形。角砾粗细混杂 ,棱角状和次棱角状居多。扁形角砾 ,其长轴方向沿断层面分布 ,表面带有擦痕。显微镜下可见角砾岩的碎裂结构(图 3) ,泥质胶结 ,结构松散且遇水易崩解(表 2) ,崩解量超

表 1 阜风推覆体灰岩主要化学成份测试结果

Table 1 Major chemical compositions of limestone of Fufeng nappe

样号	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	烧失	总量	岩石名称
H1	1.15	52.48	2.460	0.10	0.24	0.01	0.12	0.10	0.17	0.01	43.42	100.24	灰岩
H2	2.43	51.88	1.060	0.88	0.77	0.03	0.09	0.20	0.16	0.03	42.48	100.01	灰岩
H3	0.93	52.79	1.500	0.29	0.28	0.02	0.11	0.14	0.20	0.01	43.15	99.42	灰岩
H4	6.01	48.44	1.610	1.88	0.99	0.05	0.03	0.16	0.16	0.01	39.50	98.84	灰岩
H5	2.39	50.43	2.840	0.63	1.00	0.02	0.21	0.11	0.06	0.01	42.20	99.90	灰岩(断层带角砾)
H6	2.11	30.61	20.16	0.82	0.44	0.01	0.30	0.40	0.03	0.02	44.88	99.78	白云质灰岩
H7	万寿数据	36	5.100	0.38	0.40	0.02	0.37	0.28	0.01	0.01	44.82	98.20	灰岩

表 2 阜凤断层带角砾岩崩解试验成果

Table 2 Testing results of breakage of breccia in Fufeng fault zone

样号	角砾体积/cm ³	崩 解 特 征
XJ1	127	20 s 后开始剥泥 ,60 s 开始起泡 ,经过 10'50"停止崩解 ,剩下的颗粒直径 1~3 mm。崩解量为 91%
XJ2	100	25 s 后剥泥 ,70 s 开始起泡 ,经过 12'10"停止崩解 ,剩下的颗粒直径 2~5 mm。崩解量为 93%
XJ3	132	10 s 后开始剥泥 ,并起泡 ,8'30"停止起泡 ,15'35"停止崩解 ,剩下的颗粒直径 3~5 mm。崩解量为 95%

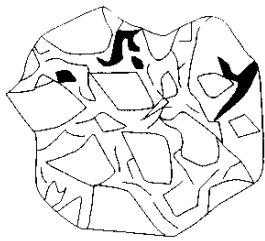


图 3 阜凤断层带构造岩镜下特征

Fig.3 Diagrammatic drawing of structure rock in the Fufeng nappe structure zone

过 90%。因而 ,断层带介质的水稳定性差 ,侵蚀性地下水的流动造成碎裂岩棱角被溶蚀 ,产生松软崩解 ,细小介质随水流被带走 ,径流通道逐渐扩展 ,更有利于地下水的径流 ,再溶蚀、崩解。据此预测 ,在上覆第四系第三含水层补给源充足的情况下 ,断层带导水性会向更好的方向发展。

2 断层带水文地球化学作用与导水性

断层带可视为一个系统。按照水文地球化学原理 ,系统与周围环境之间存在物质和能量的交换 ,此系统称为开放系统 ,否则为封闭系统(沈照理等 ,

1993)。断层带若导水 ,它与围岩之间一定存在物质和能量的联系 ,即开系统。断层带在不导水或导水性微弱的情况下 ,与围岩不产生物质和能量的交换 ,就是闭系统。因而 ,若能确定阜凤断层带属开系统还是闭系统 ,即能证明其导水性与否。此次研究中 ,设计了一种侵溶试验方法 ,该方法通过碳酸平衡分析 ,探讨阜凤断层带的水文地球化学作用与导水性。

2.1 浸溶试验

阜凤断层带中的水主要是接受推覆体水的补给 ,而推覆体中的水则主要来自上覆第四系底部第三含水层水的渗透补给。阜凤断层带中地下水的形、与演变与松散层水和推覆体之间的水文地球化学作用具有联系。这种联系涉及断层带的开放性或封闭性。研究中 ,取阜凤推覆体中的灰岩样(其岩石化学成份测定结果见表 1),装于玻璃钢槽中 ,用第四系第三含水层水浸溶 ,水温保持在 24~26℃ 之间(相当于阜凤推覆体的水温)。通过对玻璃钢槽不加盖与加盖来近似模拟开放及封闭条件。在槽底设置出水管 ,以定时测定浸液水质(表 3)。

2.2 碳酸平衡分析

阜凤推覆体灰岩中的方解石(CaCO_3)和白云石 [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]在第三含水层水中的溶解反应为:

表 3 阜凤断层带水浸液主要水化学成份平均含量

Table 3 Mean content of major chemical composition of water in Fufeng fault zone and water from the test of limestone dissolving in water of bottom aquifer in Quaternary system

水样来源	样品数量	pH	Cl^- mmol	SO_4^{2-} mmol	HCO_3^- mmol	CO_3^{2-} mmol	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$ mmol	Ca^{2+} mmol	Mg^{2+} mmol	总溶解固体 /g·L ⁻¹	方解石 SI _c	白云石 SI _d
第三含水层水	3	7.8	29.36	2.38	4.28	0.00	34.15	1.18	0.86	2.14	—	—
不加盖试验浸液	5	8.4	28.76	3.55	4.80	0.35	36.46	1.26	1.02	2.47	>1.0	>1.0
加盖试验浸液	3	7.9	27.01	3.60	4.43	0.00	34.37	1.21	0.92	2.23	<1.0	<1.0
阜凤断层带水	4	8.3	29.56	4.22	4.55	0.20	37.97	1.33	1.16	2.51	>1.0	>1.0

$$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$$
$$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 4\text{HCO}_3^-$$
可见 ,此反应需要耗大量的 CO_2 。若 CO_2 有充足的补给(开系统情况下) ,将使系统内 p_{CO_2} (CO_2 分压)基本上保持稳定不变 ,达到溶解平衡时将造成水中 HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、TDS(总溶解固体)浓度升高 ,直至饱和状态。若 CO_2 无充足的补给(闭系

统情况下) ,根据碳酸平衡方程的推导(Langmuir , 1971) [HCO_3^- 和 H^+ 的关系式为:

$$\text{HCO}_3^- = C / (2 \times 10^{-\text{pH}} + K_1)$$

式中 : HCO_3^- 为该离子的浓度单位为 mol/L ; K_1 为碳酸一级平衡常数 ; C 为常数(对于给定的某种水)。

由于水溶解方解石或白云石的能力明显降低 ,

随着 pH 值的增加 , HCO_3^- 浓度增加较慢 ,系统达不到饱和状态。

由表 3 可知 ,不加盖浸溶试验的浸液中 , HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 TDS 值高于第三含水层水 pH 值也有所升高 ,方解石和白云石的饱和指数(SI_c 、 SI_d)均大于 1.0 ,达到饱和状态。加盖试验浸液中 , HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 TDS 值略高于第三含水层水 (增加幅度小于前者) ,而且 SI_c 、 SI_d 均小于 1.0 ,未达到饱和状态。

阜风断层带水的 SI_c 、 SI_d 均大于 1.0 ,处于饱和状态。相比之下 , HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 TDS 值与不加盖 (开系统)浸溶试验结果接近 (图 4) ,而与加盖 (闭系统)试验结果相差较大。从而得出结论 :阜风断层带属开系统 ,与围岩之间存在物质和能量的交换 , CO_2 不断得到补给 ,是导水的。当有充足的补给水源时 ,水量较大 ,导水性会增强 (因为有水的不断流动 ,才能不断补充所需的 CO_2)。

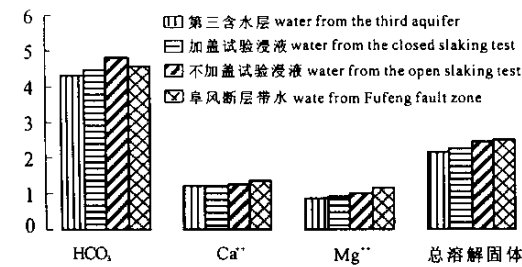


图 4 浸液、第三含水层及断层带水中几种成分比较

Fig. 4 Comparison of some chemical composition of water from Fufeng falt zone

3 结论

阜风推覆体岩性及裂隙性决定了它的含水性 ,这是阜风断层带导水的物质基础。断层带构造岩的结构特点及其水不稳定性 ,构成了该断层带导水的基本条件。因而 ,阜风推覆构造带是一个开放系统 ,是导水的。此结论在实际中已得到一定的验证。

淮南新集矿区曾在图 1 中的 1 勘探线附近开拓新集五矿井筒。按防治水设计 ,在井筒施工至 350 m 深度 (即距阜风推覆构造带约 50 m)时 ,停止井筒施工而进行钻孔探水。当钻孔钻到 52.5 m (达阜风推覆构造带)时 ,钻孔突然发出巨大响声之后 ,钻孔涌水猛增 ,水柱高 10 m 以上 ,钻杆上冲约 30 m 高度 ,钻孔最大瞬时水量为 $590 \text{ m}^3/\text{h}$,造成淹井。充分说明阜风断层带的导水性。随着推覆体下煤矿开采规模的扩大 ,水文地质条件的改变 ,阜风构造带导水性会增强。

参考文献

北京大学地质系地质力学专业编. 1978. 地质力学教程. 北京 :地质出版社 ,13~14.
陈兆炎 ,苏文智 ,郑世书等. 1989. 煤田水文地质学. 北京 :煤炭工业出版社 ,160~162.
桂和荣. 1997. 防水煤 (岩)柱合理留设的应力分析计算法. 北京 :煤炭工业出版社 ,50~53.
刘明善 ,廖多荪 ,郑高升等. 1996. 新集矿区科技之路. 北京 :煤炭工业出版社 ,13.
沈照理 ,朱宛华 ,钟佐 . 1993. 水文地球化学. 北京 :地质出版社 ,6~7 ,101~105.

References

The Specialty of Geomechanics of the Geological Department in Peaking University. 1978. Course of geomechanics. Beijing : Geological Publishing House ,13~14 (in Chinese).
Chen Zhaoyan ,Su Wenzhi ,Zhen Shishu. 1989. Coal hydrogeology. Beijing : Coal Industry Press ,160~162 (in Chinese).
Gui Herong. 1997. Calculating method by the stress analysis of design reasonable coal pillar for waterproof. Beijing : Coal Industry Press ,50~53 (in Chinese with English abstract).
Liu Mingshan ,Liao Duosun ,Zhen Gaosheng. 1996. Path of Xinji mining district. Beijing : Coal Industry Press ,13 (in Chinese with English abstract).
Langmuir D. 1971. The geochemistry of some carbonate ground waters in central Pennsylvania. Geochim. et Cosmochim. ,35 : 1023~1045 (in Chinese).
Shen Zhaoli ,Zhu Wanhua ,Zhong Zuoxi. 1993. Hydrogeochemistry. Beijing : Geological Publishing House ,6~7 ,101~105 (in Chinese).