

水压致裂实验Eh效应研究

我们在福建南靖县汤坑进行了水压致裂实验的Eh效应观测。在我国,水压致裂实验已用于石油地质勘探,但用于地震水化效应Eh的观测研究还是首次。本文介绍了观测结果。

1. 实验场区的地球化学背景

汤坑地热异常区四周有高山环绕,为一小盆地,面积约 5 km^2 ,实验场区隐伏断层发育,其构造及井孔分布如图1所示^[1]。

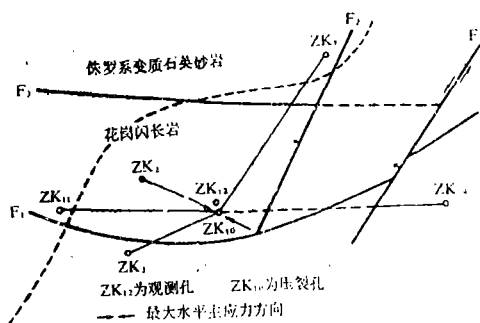


图1 汤坑地质构造及井孔分布图

观测孔ZK₁₂距离注压孔ZK₁₀10米,压裂实验和各种观测工作都集中在地热异常区进行。实验场区的地下水主要是基岩裂隙水及第四系松散层孔隙水,与地表水关系极为密切,为常温水,属低矿化度的重碳酸—钠钙型弱酸性水。盆地中央多出露低矿化度的碱性温泉水和热水,为硫酸—重碳酸—钠型水,热水的主要化学性质和化学成分列于表1中。

表1 实验场区各钻孔水质理化性质表

钻孔名称	ZK ₃	ZK ₁₄	ZK ₇	ZK ₁₁	ZK ₂	ZK ₁₂	ZK ₁₀
水温(℃)	85	29	46	70	78	74	74
K ⁺ +Na ⁺ (mg/l)	54.28	93.57	129.42	104.19	129.72	126.27	126.04
Ca ⁺⁺ (mg/l)	13.83	28.86	5.21	8.60	4.21	4.61	4.41
Mg ⁺⁺ (mg/l)	0.73	2.19	/	/	/	/	/
Fe ³⁺ (mg/l)	0.12	0.80	0.008	0.06	/	/	/
NH ₄ ⁺ (mg/l)	/	0.07	/	0.02	0.006	0.006	/
Cl ⁻ (mg/l)	14.89	47.86	31.91	26.94	33.32	33.84	31.55
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	62.93	99.42	132.56	109.99	134.48	132.08	98.56
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	84.21	138.51	107.36	97.02	108.01	96.41	107.40
CO ₃ ²⁻ (mg/l)	/	/	11.40	9.60	10.20	15.60	8.40
F ⁻ (mg/l)	7.00	2.80	15.0	15.0	15.0	14.0	10.0
SiO ₂ (mg/l)	32.0	32.0	55.0	44.0	58.80	64.0	60.0
耗氧量(mg/l)	2.39	0.56	0.18	0.95	1.10	0.60	0.61
Rn(埃曼)	10.20	5.10	19.0	12.1	18.4	/	12.23
pH值	7.15	7.50	8.40	8.40	8.40	8.70	8.40
总矿化度(mg/l)	228.11	376.84	432.22	356.93	439.74	435.66	390.55

2. Eh值的观测方法和压后效应

Eh值观测采用连续测定, 人工读数, 30分钟读一次数, 观测结果参见文献[1]。加压分三个阶段进行, 压裂过程及加压实验的各参数见文献[2], 图2为Eh观测结果。

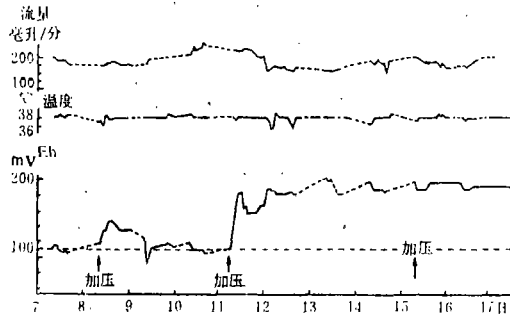


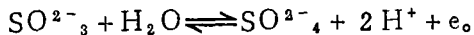
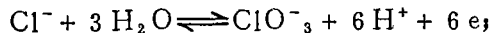
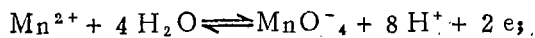
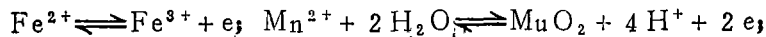
图2 压裂过程中Eh变化与温度、泉水流量及压力变化的关系

由图2可见, 12月8日第一次压裂时, Eh值随压力增加而升高, 最高上升幅度为32%, 24小时后恢复至背景值; 12月11日第二次压裂时, Eh值随压力增加而升高, 上升幅度达50%, 卸压后Eh值只下降20%, 未恢复至背景值, 经7小时后, 在新背景值上回升20%, 并保持相对稳定延续至13日; 12月15日第三次压裂时, Eh在高值处保持不变。

3. Eh值随压力变化的机理

Eh又称氧化还原电位, 为极不稳定的成分, 当外界条件, 如电、热、压力、空气以及一切具有氧化还原性质的物质的任何变化, 都能引起Eh值的变化。

当加压时, 含水层的温度和所受压力发生变化, 增强了溶解和扩散作用, 改变了地下水中各物质之间的动态平衡。从实验场区地球化学环境和地下水的地球化学性质分析, 有下列化学反应可导致Eh变化, 即:



另外, 观测孔及压裂孔同处于走向为北76°西的张性兼压扭性断层(F₁)带上, 且都处于燕山期侵入岩中。在钻孔内41.7—49.5米处的花岗闪长岩中有黄铁矿化带, 83.5米处的破碎花岗岩裂隙由铁锰质充填。硫化矿物及铁锰等元素具有氧化还原性质, 当加压时, 作用于水体的应力场发生变化, 或岩体产生某些微破裂, 使含水层之间互相沟通, 浅深层水中物质互相混合, 改变了化学平衡的方向, 促使氧化形和还原形浓度之比发生变化, 从而导致Eh变化。

由于观测孔ZK₁₂与压裂孔ZK₁₀的距离仅10米, 故其压后效应极为显著, Eh值变化速度快, 且有较大幅度增高。

4. 讨论

在压裂效应的实验中, 第一次和第二次压裂时, Eh值都随压力增加而升高, 但在第二

1) 福建水化站, 福建汤坑压裂实验地球化学效应观测数据汇编。

次压裂恢复过程中, Eh 值在新背景基础上又回升20%左右, 並在此高值上 稳定至第三次压裂。我们认为, 出现这种异常现象的原因主要是:

(1) 经两次压裂后, 地下水流途中出现了一些新界面, 这些新界面中的氧化还原性物质在外界条件改变时, 会重新建立新的化学平衡, 使Eh出现高值。

(2) 第三次注水压裂时, 加入了较多的压裂液, 因扩散作用, 压裂液中的有机物质与水中某些物质发生氧化还原反应, 使Eh维持高值, 这是由于化学效应的增大降低了压力效应的结果。

上述Eh值的变化与一些地震前观测到的Eh变化相类似。总之, 水压致裂实验的Eh效应观测结果表明, 观测Eh值的变化可以作为预报地震的一种前兆手段, 其预报效能可与氡射气预报地震相媲美。

(本文1987年5月23日收到)

(国家地震局兰州地震研究所 杨静修 雷兰生)

参 考 文 献

- [1] 福建省水文工程队, 对福建汤坑热矿水动态变化规律的初步认识, 水文地质工程地质, No.4, 1985.
[2] 李彤起, 水压致裂过程中的氢气反应, 西北地震学报, Vol.10, No.1, 1988.

THE RESEARCH OF Eh EFFECTS IN THE HYDRAULIC FRACTURING EXPERIMENT

Yang Jingxiu, Lei Lansheng

(The Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB)