维普资讯 http://www.cqvip.com

第27卷 第3期
2005年9月

西 北 地 震 学 报
NORTHWESTERN SEISMOLOGICAL JOURNAL

Vol. 27 No. 3
Sept., 2005

甘肃清水陇07#井井水变色的水文地球化学机理分析

陈兰庆，钟 心，吴永信
（中国地震局兰州地震研究所，甘肃 兰州 730000）

摘 要：针对2000年6月23日甘肃清水陇07#井井水突然由原来的无色透明变为淡蓝色，本文利用水质分析资料对其地球化学过程和机理进行了分析，并结合大区域异常论证，阐明了昆仑山口西M_S8.1地震之前青藏高原周围的构造活动与陇07#井井水变色的关系。

关键词：井水变色；水文地球化学；机理分析
中图分类号：P315.72+3；P641.3　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000－0844(2005)03－0278－04

Hydrogeochemical Mechanism Analysis for Water Color Changing at Long-07# Well, in Qingshui County, Gansu

CHENG Lan-qin, ZHONG Xin, WU Yong-xin
(*Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou* 730000, *China*)

Abstract: On June 23, 2000, the water color of Long-07# observation well in Qingshui county, Gansu province, changed from achromatic to blue suddenly. Using the data of all-around water quality analysis, the hydrogeochemical process and mechanism of the event are studied, and the relation between tectonist activity in margin area of Qinghai－Tibet plateau and the water color changing event before west to Kunlun Mountain Pass M_S 8.1 earthquake is discussed, combining with other anomolies in eastern Gansu province.

Key words: **Well water change color; Hydrogechemical; Mechanism analyze**

0 引言

2000年6月23日甘肃清水县陇07#井发现井水流量由原来的0.021 7 L/s变为0.025 6 L/s，同时井水由原来的无色透明变为淡蓝色。这一现象引起地震观测人员和分析预报人员的高度重视，甘肃省地震局在连夜派人前往现场考察的同时电令其观测人员每隔4 h取一个水样送兰州化验。弄清这一现象的成因以及与地震活动的关系，对今后地震异常落实和地震分析预报具有重要的意义。本文通过水质分析结果判定和水文地球化学过程解析了这一现象发生的原因。为了查清引起井水变色的物质来源，从青藏高原周围的一系列异常现象说明昆仑山口西8.1级特大地震之前的构造活动是这次井水变色的根本原因。

1 陇07#井的基本情况

陇07#井位于甘肃清水县城西的李沟附近，构造部位为陇西系南端，秦岭北缘断裂北侧。井位距一条季节性河100 m左右，一般来说河水不影响井水的流量。当地年降雨量60 mm左右。井水为第三系层间承压水，含水层透水性较差，流量小(Q=0.022 L/s)。含水层的岩性为较松散的沙砾岩和泥质砂岩。观测段为25—165 m。水温12 ℃。水质类型为SO_4—Na型水，库尔洛夫表示为

$$M_{1.093}\frac{SO_{62.08}^{4}HCO_{19.89}^{3}CL_{17.53}}{Na_{74.87}Ca_{19.69}}T12^{\circ}$$

收稿日期：2005-06-08
中国地震局兰州地震研究所论著编号：LC20050052
作者简介：陈兰庆(1960—)，女(汉族)，河南西平人，工程师，主要从事地震地下流体水质分析和观测研究工作.

维普资讯 http://www.cqvip.com

2　水质分析结果

所取 4 个水样 24 日下午专人送达兰州,距最后一水样的取样时间已经 4 个多小时,蓝色已经自动消失。观测水样无色无嗅,清亮透明,可见少许黑色微小颗粒状物,而且随着静置时间延长有所增加。

首先对有可能显蓝色的特征元素二价铜离子等进行了检验,但没有检出它们的存在。为了证明黑色微小颗粒状物的属性,对 3# 样进行了过滤,对滤出的黑色颗粒物滴加稀盐酸,呈显黄色。接着对 4 个水样进行了全面的水质分析,分析结果见表 1。

表 1　清水陇 07# 井水水质分析结果(单位:mg/L)

水样编号	1	2	3	4
取样时间	23 日 21 时	24 日 01 时	24 日 05 时	24 日 09 时
pH	8.1	8.51	8.91	8.50
K^+	3.3	3.2	3.2	3.2
Na^+	220	220	220	220
Ca^{2+}	19.64	18.84	18.44	19.64
Mg^{2+}	15.31	15.07	16.04	14.58
Cu^{2+}	0	0	0	0
Fe^{2+}	$<1\mu g$			
Fe^{3+}	0.75	1.28	0	1.4
CO_3^{2-}	13.26	13.26	13.26	13.26
HCO_3^-	128.11	114.63	128.11	121.37
F^-	2.1	2.1	2.1	2.1
CL^-	87.36	87.56	87.77	87.17
SO_4^{2-}	377.96	379.89	385.67	386.64
NO_3^-	0	0	0	0
NO_2^-	0.014	0.09	0.012	0.014
SiO_2	7.4	7.3	7.4	7.3
电导/[$S\cdot cm^{-1}$]	2.05	2.05	2.05	2.05

根据以上分析结果,可以看出以下基本事实:

(1) pH=8～9 之间,为弱碱性;

(2) HCO_3^- 的毫克当量百分数由原来的 19.89 变为 27.6,增加 7.71,而 HCO_3^- 是大气降水的主要特征,说明有浅源地表水混入的可能;

(3) SO_4^{2-} 的毫克当量百分数由原来的 62.08 变为 61.7,说明有生物还原作用($SO_4-Na \xrightarrow{生物还原} HCO_3-Na$)发生。

(4) 有 NO_2^- 存在,而没有 NO_3^-,证明了为还原性环境;

(5) 在不同时间所取的四个样品中,大多数离子都是稳定的,而唯有 pH 和 Fe^{3+} 变化较大,在没有进行过滤的样品中都检测到了 Fe^{3+},而经过过滤的 3# 样中没有检出 Fe^{3+},滤出物加稀盐酸后呈黄色;

(6) 样品由蓝色变为无色,同时出现微量颗粒物,而且随时间而有增加,说明析出的颗粒物就是 Fe^{3+} 的氧化物。

根据需(4)、(5)两条可以断定取样后由于空气的介入有以下反应发生

$$Fe^{2+} - e \rightleftharpoons Fe^{3+} \quad (1)$$

就是说,水中原来的 Fe^{3+} 被还原成 Fe^{2+},Fe^{2+} 又和 SO_4^{2-} 生成 $FeSO_4\cdot 7H_2O$ 而显浅蓝色。尔后又由于 Fe^{2+} 被氧化成 Fe^{3+} 而水的蓝色退色。

3　水文地球化学过程解析

在有机物(淤泥及石油产物)和脱硫细菌存在的情况下,碳氢化合物可以同硫酸盐发生作用,从而使硫酸盐中的 S 还原

$$CH_4 + SO_4^{2+} \longrightarrow H_2S\uparrow + CO_3^{2-} + H_2O \quad (2)$$

脱硫细菌的作用也会产生同样的作用

$$C + RSO_4 \longrightarrow RS + CO_2 \quad (3)$$

$$RS + CO_2 + H_2O \longrightarrow RCO_3 + H_2S\uparrow \quad (4)$$

式(3)和(4)中 R 为 Ca、Mg、Na 等;C 代表脱硫菌。

甲烷是天然有机物质的自然演化产物,它广泛存在于地壳中,因此在脱硫细菌的参与下,地下水中所含硫酸盐中的硫还原成 H_2S 是普遍的现象[1]。

硫化氢又与水中三价铁离子发生反应

$$3Fe_2(SO_4)_3 + H_2S + 2H_2O \longrightarrow 6FeSO_4 + SO_2\uparrow + 3H_2SO_4 \quad (5)$$

硫酸亚铁的水合物 $FeSO_4\cdot 7H_2O$ 俗称绿矾,是一种天蓝色或浅绿色晶体,工业上常用来制作染料和蓝黑墨水等[2-3]。在还原性环境的水中显浅蓝色,同时伴有 SO_2 的刺激性气味。

二价铁不稳定,很容易被氧化成三价铁,所以取样后随着时间的延续被空气中的 O_2 氧化而退色。

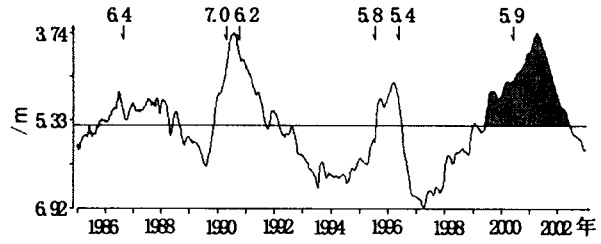
由于反应(2)、(3)、(4)的发生,CH_4 和脱硫菌是不能和 SO_4^{2-} 共存的,因此有机物和脱硫菌肯定是突然混入的,这一点可由井水变色的同时伴有流量突变来佐证。而且混入源不深,这可由大气降雨的主要特征成份 HCO_3^- 的增加来证明。

4　与地震活动的关系分析

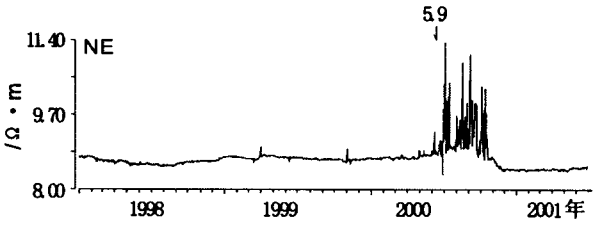
浅源的含有机物的地表水是如何混入引起了井水变色?与地震活动有没有关系?单独讨论这个问题很难深入,但如果将该井所发生的现象放到大环境中去分析,就比较清楚了。

在兰州以东的地区有多个包括地震地球化学观测泉井、地下水观测井和地球物理观测台点,在 2000 年前后的几年时间内发生了一系列的异常现象和显著的地震事件,见图 1(图件由郑卫平提供)。

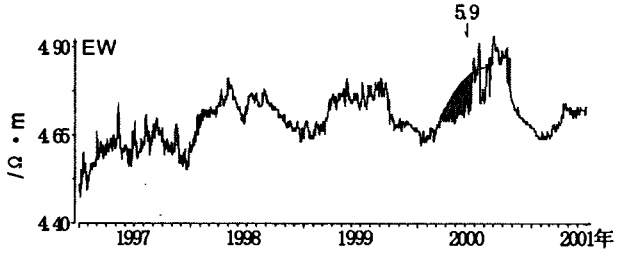
维普资讯 http://www.cqvip.com



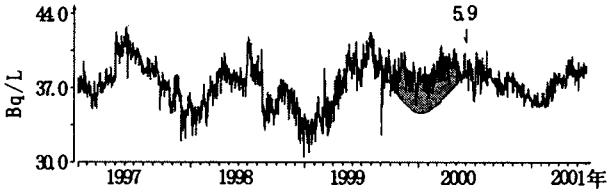
(a) 兰州大滩水位去倾傅氏分析五日均值图



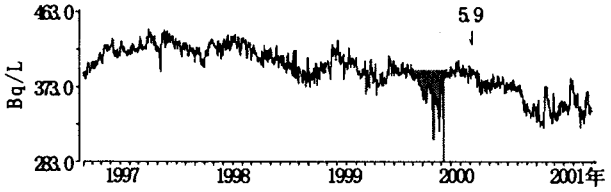
(b) 兰州地电日均值图



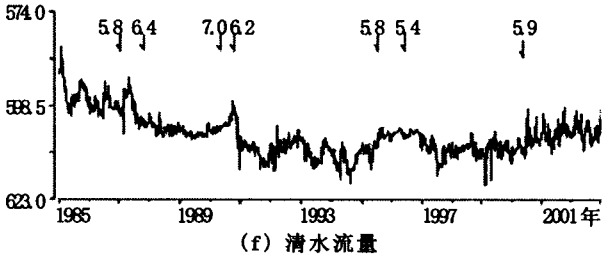
(c) 天水地电日均值图



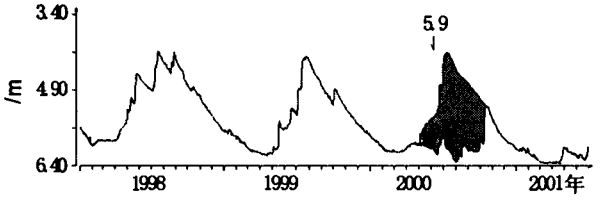
(d) 西和水氡日值图



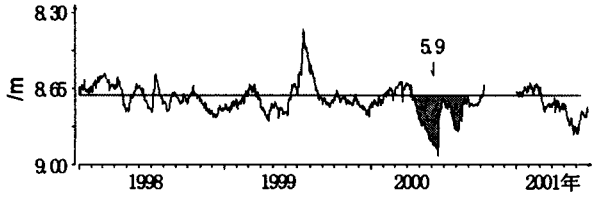
(e) 清水温泉水氡日值图



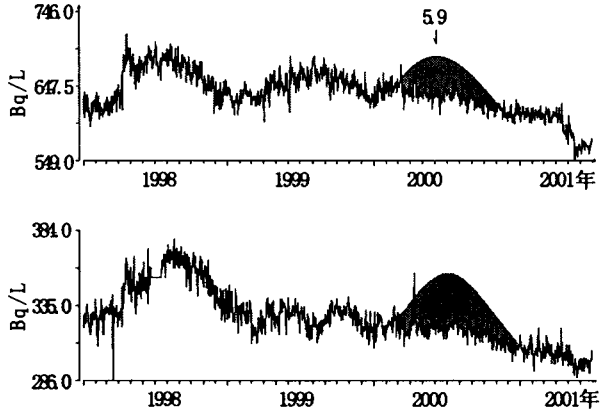
(f) 清水流量



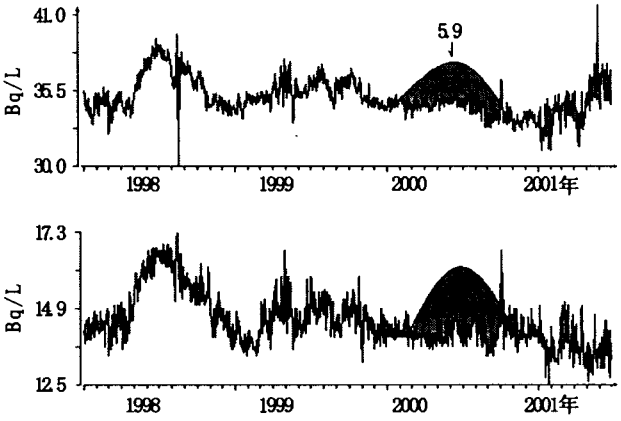
(g) 华亭水位日均值图



(h) 静宁水位日均值图



(i) 武山1号泉和武山22号井水氡日值图



(j) 平凉附件厂和平凉柳湖自流井水氡日值图

图 1 甘肃东部地区 2000 年前后部分异常现象

Fig. 1 Some abnormal phonomenons in eastern Gansu before and after 2000.

维普资讯 http://www.cqvip.com

2001 年 9 月 20 日天水街子口热水井中白色絮状物大量析出,与清水陇 07# 井相距 50 多公里。这期间先后发生了 2000 年 6 月 5 日甘肃景泰 M_S5.9 地震和 2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 M_S8.1 大地震。

这些有异常的台点都分布在青藏高原周缘地区,它们反应了在昆仑山口西发生 M_S8.1 大地震之前,整个青藏高原及其周沿地区的构造活动和应力积累过程。可见陇 07# 井井水变色不是孤立的现象,而是昆仑山口西大地震孕育过程中的前兆反应之一。

从小区域来看,距该井 100 m 就有一条季节性河,河边有淤泥和有机物腐殖质存在;数公里的地方就有清水温泉,这里裂隙发育,周围存在不少的淤泥。具有提供有机物和脱硫菌的物质基础和条件。在构造应力的作用下,所产生的微裂隙为有机物和脱硫菌进入地下水提供了通道。

从时间上来看,陇 07# 井水变色发生在景泰 M_S5.9 地震之后,所以也有人认为景泰地震是陇 07# 井井水变色的主要原因。至于是否是昆仑山口西 M_S8.1 地震的前兆,认识上有不同意见,也难以区分。但陇 07# 井水变色发生事件毕竟发生在景泰地震 18 天之后,作者认为连同景泰地震也放进昆仑山口西地震的前兆序列更为合理。昆仑山口西 M_S8.1 特大地震发生在青藏高原内部,在它的孕育过程中,整个青藏高原内部大规模的应力调整必定引起周边地区的应力状态调整和地壳运动,大面积、多学科、长时间的异常都可以由此得到解释,也正是这种应力调整和地壳运动造成的井水附近地层的微列隙为地表水的混入创造了条件。

井水变色的短期性说明了地表水混入通道的临时性,这是由裂隙地的物质条件和力学状态决定的。

5　几点认识

(1) 地下水及地球化学地震前兆观测项目有很多的震例,但机理问题一直是一个困扰着它的可信度的问题。研究异常机理,对于判断地震趋势和学科发展具有重要的意义。

(2) 地球深部的物质被观测到是需要特定条件的,尤其是突变性异常需要突发性的通道,一般来说浅源异常更为可信,浅源异常的机理之一就是不同水源的混入。而能够在一定条件下引起其它水混入的泉井可能是反应灵敏的泉井,因为它可能直接将地壳的运动及应力的变化转换为化学组分的变化。

(3) 地震预报在科学意义上还没有过关,因此更应该对所观测到的现象进行深入的研究,才有可能向实现具有物理意义的预报逐步靠近。

[参考文献]

[1] 李学礼. 水文地球化学[M]. 北京:原子能出版社,1982.

[2] 无机化学编写组. 无机化学[M]. 北京:人民教育出版社,1978.

[3] 戴安邦,等. 无机化学教程[M]. 北京:高等教育出版社,1958.