

水文地质分析方法在建水区域地下水 宏观异常分析中的应用^{*}

陈 亮¹, 付 虹², 邹金明¹

(1. 建水县地震局, 云南 建水 654300; 2. 云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 通过对云南省建水县多次地下水宏观异常实例的分析, 提出充分了解当地水文地质情况, 掌握不同地质条件下地下水的运移规律以及不同类型地下水的物理、化学特征等基本知识, 可以对地下水宏观异常是否属于由构造活动引起的地震异常作出判断。

关键词: 水文地质; 地下水; 宏观异常; 建水地区

中图分类号: P315.72⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2010)02-0176-07

0 引言

地下水是指蕴藏在地壳上部岩层中的水, 存在于土壤或岩石的孔隙、裂隙或溶洞中, 它参与大气循环, 也遵循自身的运移规律, 对压力变化敏感。井水和泉水是地下水最常见的形式 (国家地震局科技监测司, 1995)。

水文地质分析方法就是根据不同类型地下水的运移规律和动态特征, 对不同地质条件下潜水、裂隙水及岩溶水的补给、径流和排泄方式进行分析 and 总结 (房佩贤, 1996)。

地下水对地震很敏感 (陈运泰, 2005), 地震观测和研究表明, 很多大地震前都有地下水活动 (金继宇, 2006)。云南省地震局对 2007 年宁洱 6.3 级地震实现了短临预测, 其地下水温度的异常就是非常好的判据之一 (付虹, 2007)。1974 年云南昭通 7.1 级、1976 年唐山 7.8 级、龙陵 7.3、7.4 级、1988 年澜沧、耿马 7.6、7.2 级等大地震以及 2000 年姚安 6.5 级、2001 年施甸 5.9 级、永胜 6.0 级等中等地震前也都出现过地下水宏观异常 (付虹等, 2003)。大地震之前, 震区范围内的含水岩层在构造运动过程中, 受到强烈的挤压或拉伸, 引起地下水的重新分布, 出现水位、水温的升降、变味、变色、混浊、浮油花、冒气泡等各种物理和化学现象。震前地下水的异常变化是一种很重要的地震前兆现象, 是地震预测预报的重要依据之一 (付虹等, 2003)。已有的震例统计结

果表明, 大震前的宏观异常中, 地下水异常所占比例较大, 如 1976 年唐山 7.8 级大地震前, 唐山及其外围地区发生的 694 起宏观异常中有 94% 属地下水宏观异常 (国家地震局预测预报司, 1997), 且很多地下水宏观异常具有临震预报的时效性 (谢广林, 1984), 因此, 及时捕捉地下水宏观异常信息, 对地震预报毫无疑问是有意义的。

另一方面, 很多的地下水宏观异常并不是真正的地震前兆异常信息, 而是由于降雨、环境变更或人为因素等等引起的, 已有部分学者注意到了这个问题, 如翟义勇等 (2007) 对“宏观异常”落实事件引发的思考, 叶建刚和胡益兴 (2001)、翟义勇等 (2007) 提出及时落实异常, 准确判别是否属于地震宏观异常更为重要。

建水是云南多地震的地区之一。在十余年的宏观异常落实过程中, 笔者对县域内地下水的运移规律已有较全面的了解, 应用水文地质分析方法对所出现的地下水宏观异常进行分析、识别, 积累了一定的经验。本文旨在对这些经验进行归纳、总结, 为地下水宏观异常落实提供借鉴。

1 建水县域水文地质概况

建水县地处川滇菱形块体南端, 地质构造复杂。县境内除侏罗纪、白垩纪地层缺失外, 其余地层均有出露。地层岩性主要是震旦系、寒武系的砂岩、页岩、泥灰岩和泥盆、石炭、二迭、三迭系的碳酸盐岩等。碳酸盐岩出露面积约占全县

^{*} 收稿日期: 2009-05-21.

基金项目: 中国地震局 2009 年度震情跟踪合同制工作 (20090105) 项目资助.

总面积的 35%，并呈岩溶形态发育。县域内地下水有松散堆积层孔隙水、碎屑岩裂隙孔隙层间水、碳酸盐岩裂隙溶洞水和基岩裂隙水四种类型，并普遍存在于土壤及各类岩层中。由于特殊的构造原因，曲江盆地新三系向斜两翼的砂岩、砂砾岩中的层间水还具有承压性。

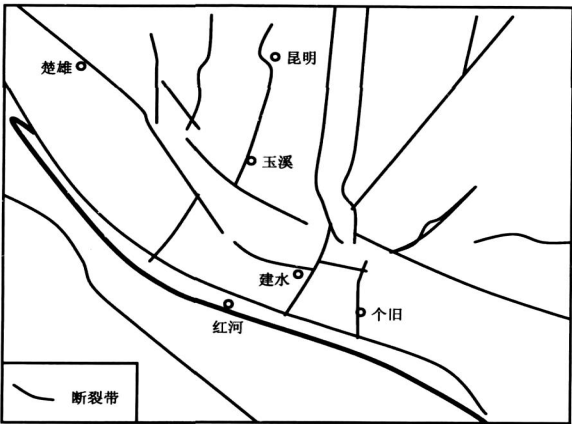


图 1 建水区域构造及周边构造环境
Fig. 1 Geological structure map of Jianshui county and its regional area

据统计，全县有 68 处流量在 10 L/s 以上的岩涌泉点，这些泉点受降雨的影响较大，分布在县境东南和西北部断裂带、火成岩侵入体附近的泉水水温较高，形成温泉。全县有 5 个水温在 60 以上的热泉。这些泉点因所处地层不同且补给源于深部，几乎不受降雨影响。

2 地下水异常事例

2.1 跃进水库翻花冒泡

2001 年 8 月 2 日建水县甸尾乡跃进水库库水翻花

冒泡，该地的水文地质特征为地表水溶洞裂隙水。跃进水库建于 1958 年，设计库容 $5 \times 10^7 \text{ m}^3$ ，径流面积 181 km^2 。现有库容 $4.2 \times 10^7 \text{ m}^3$ ，库水位 20 m。水库（23°44'N，102°41'E）位于建水盆地西北部、石屏—建水断裂北侧，距县城 26 km，海拔 1 541 m，局部构造 NE 向的甸尾—蚂蚁次级断裂沿旷野河进入并穿越库区，库区地下有煤层。

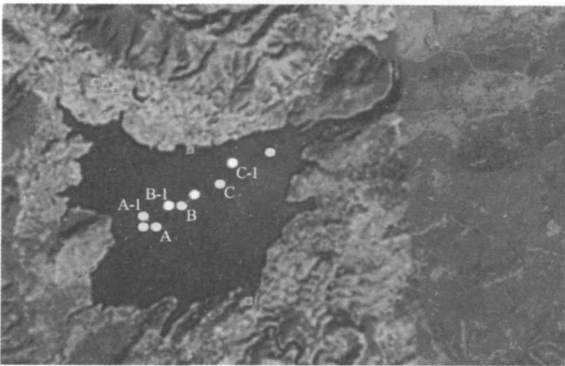


图 2 跃进水库翻花冒泡点示意图
Fig. 2 Yuejin reservoir bubble point diagram

翻花冒泡水域主要位于水库西南部，距大坝约 250 m，在数万平方米的水域中，先后发现大小不一、难以计数的冒泡点呈北东向展布。其中最明显的有 6 处，最大的两个点像沸腾的开水一样不停地翻滚，大量伴有臭鸡蛋气味的气泡和浑水喷涌而出，形成直径 3 m 左右的翻花冒泡区。这在建库 42 年以来从未有过。

跃进水库强烈的异常现象引起了国家、省、州、县地震局的高度重视，相关部门及时组成了现场跟踪监视组，携带多种监测设备进驻库区进行实时监测，同时采集水样、气样到中国地震局地质研究所进行分析（表 1~3）。

表 1 跃进水库样品说明
Tab. 1 Sample description of Yuejin reservoir

样品名称	样品编号	对应图 2	取样时间	检测时间
气样	G—A—1	翻花冒泡点 A	8 月 17 日 16 30 ~ 17 30	8 月 20 日 16 30 ~ 17 30
	G—A—2	翻花冒泡点 A—1		
	G—B—1	翻花冒泡点 B		
	G—B—2	翻花冒泡点 B—1		
水样	W—A—1	翻花冒泡点 A 水下 13 m	8 月 17 日 16 30 ~ 17 30	8 月 20 日 16 30 ~ 17 30
	W—B—1	翻花冒泡点 B—1 水下 14 m		
	W—C—1	翻花冒泡点 C 水下 13 m		
	W—N0—1	正常库水 水下 0.3 m		

表 2 跃进水库水样品水离子分析结果

Tab. 2 Yuejin reservoir water sample analysis results

样品编号	化学成份								pH值
	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
W—N ₀ —1	11.48	93.39	6.76	6.49	22.46	6.94	3.53	3.34	8.75
W—A—1	未测出	105.03	6.76	5.99	22.88	6.31	4.32	2.60	7.43
W—B—1	未测出	116.70	6.76	2.50	23.30	7.95	3.74	2.78	7.40
W—C—1	未测出	116.70	4.51	3.99	22.88	7.32	4.48	2.60	7.40

表 3 跃进水库水样品气体分析结果

Tab. 3 Yuejin reservoir water sample gas analysis results

样品号	含量 (%)				
	He	H ₂	Ar	N ₂	CH ₄
G—A—1	0	0	0.53	20.53	45.73
G—A—2	0	0	0.60	34.30	48.09
G—B—1	0	0	0.62	43.47	39.38
G—B—2	0	0	0.70	59.17	27.73

注：CO₂无法测出；O₂未检测。

检测结果表明，水样中化学组份与比照样品水库化学组成基本一致。气样中以 N₂ 为主，CH₄ 含量高达 48.09%，而气样中的 He、H₂ 容量均为 0，说明气体源于深部的可能性极小。

那么跃进水库逸出气体中大量的 CH₄ 又源于何处呢？中国石油总公司石油规划处对样品进行了碳同位素检测，得到 G - A - 1 样品：13C 值为 - 72.6‰，G - B - 1 样品的 13C 值为 - 73.2‰。

不同成因 CH₄ 的 13C 值差别很大，深部无机成因 CH₄ 的 13C 值为 - 20‰ ~ - 40‰，而浅部低温环境下形成的生物成因 CH₄ 的 13C 值较低。目前，一般把 13C 值 - 20‰ 作为无机成因 CH₄ 的可靠证据，13C 值 - 40‰ 则作为生物成因的标志值（陈荣书，1994）。跃进水库逸出气体中 CH₄ 的 13C 值为 - 72.6‰，大大低于无机成因的 13C 值，而符合湖泊、沼泽环境生物成因的 13C 值，由此表明跃进水库逸出气体是生物成因形成，而不是来源于地下深处，与构造活动无关。

因此可判定该水库出现的翻花冒泡现象不是由地下构造活动引起的，与地震活动无关。

2.2 泉点（龙潭）异常

2003 年 6 月 14 日建水陈官镇白水河龙潭（泉）出现鱼、虾等水生物死亡的异常现象。该地的人文地质特征为裂隙岩溶水。

现场的泉水与平时相比较无任何异常，也没

有水位升降和温度变化，水体清澈、无嗅无味。水面有死去的小鱼、小虾等水生物漂浮，而塘底已没有活体存在。

经调查分析后发现：（1）水理性质没有变化；（2）没有极端天气异常；（3）对处于同一水文地质单元的小龙潭、大龙潭、西湖龙潭、虾洞龙潭、大树龙潭、西山寺龙潭等泉点，进行了认真的调查和访问，未发现任何异常；（4）微观监测资料的动态变化中也未出现异常，数据变化较为平稳；（5）黑龙潭泉、楚雄—建水断裂带上的黄龙寺、谢家湾两大泉点以及受通海—曲江断裂影响的泉点、井水等均正常，通过电话询问其余乡镇，亦没有任何宏观异常报告。

因此分析认为：白水河龙潭的水生物死亡现象应该与一些村民在此勾兑农药、电击捕鱼有关，而与构造活动无关，不是地震前兆异常现象。

2.3 抽水机井机声音异常

2007 年 6 月 12 日建水县甸尾乡哨冲村机井的井管内发出像水沸腾时一样的声响。该地的人文地质特征为岩溶裂隙水。

该井井深约 70 m，水泵放置在井下约 50 m，每当抽水停止后，都有类似的响声，这种现象已持续几年时间，但附近村民认为 2007 年的声响较往年更大。附近其它并未出现异常，而且 2007 年雨水比往年更多。经抽水检测，该井水清澈、无色、无味。

调查与分析后认为：此类异常声响常常出现在抽水机井内，应是机械原因造成，若泵内或井管内有空气则响声更甚，与构造活动无关。

2.4 龙潭水体变浑

2007 年 7 月 3 日建水县东山大龙潭出现浑水。该地人文地质特征为裂隙溶洞水。

该泉点位于山脚，因富水的石炭系灰岩被隔水的震旦系砂泥岩切割而出露。出水点为两处，

一处出清水，一处出浑水（褐黄色泥浆水），浑水向周围扩散。龙潭出露于石灰岩层中，面积约 700 m^2 ，水源由东北（利民）方向补给。

经现场调查发现：（1）该龙潭每年 8 月至 10 月雨季期间都会出浑水，受降雨影响明显，但补给区半个多月没有降雨；（2）两处出水点只有一处出浑水，是局部异常；（3）该龙潭 2007 年 6 月 29 日清潭完毕，清潭后一直出清水，7 月 3 日发现出浑水，可排除潭底淤泥泛起可能；（4）附近泉点及水井并无异常；（5）当天中午 12 点左右，水逐渐变清，异常持续时间短。

分析认为：地下水流通道中有石块塌落，并由此改变了原来水流的形态，导致已沉积的泥沙泛起，产生浑水。浑水并不是由构造活动引起，与地震无关。

2.5 水库坝体浑水

2008 年 6 月 5 日建水岔科镇东风水库涵洞出水口出浑水。该地水文地质特征为填土裂隙潜水。

水库建造于泥盆系的砂页岩地层上，为小一型水库，土坝。库容 $3.26 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，现有水量 $2.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 左右，库区周围植被茂密，水土保持良好，雨后库区周围也不会形成浑水，库水清澈。前坝区周围没有浑水流入，但后坝泄水涵洞却有浑水流出。浑水从何而来？现场调查中发现，水库后坝坡中部有一检修竖井，开口 $1.6 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ ，深 17 m 左右，库水涵洞排水管道由此穿过，由于管道之间焊接不好，有错位现象，因此，竖井成为内外连接的通道，该塘水可流入出水管道。此外，水库后方左坝肩附近有大块的风化土层，与出水通道相对高差约 30 m，浑水颜色与土层颜色极为相似。

现场调查后发现：浑水不是来自库内，也不是来自坝体；破碎的基岩、填压的坝体土层和左坝肩附近的风化土层之间有连接通道，被雨水渗入以致水口出现浑水；也可能有其它原因。

分析认为：该异常非地下深层水所致，与附近两条小断裂无关，可能是地表水影响的结果，与地震无关。

2.6 龙潭水体变浑

2008 年 12 月 9 日建水县东山大龙潭出浑水，且水位上升。该地水文地质特征为裂隙溶洞水。

面积约 700 m^2 的龙潭水已发浑，呈褐红色、

（土红色）无异味、实测水温 21°C 。浑浊的潭水已把周围几千平方米的农田染成了一片褐红色，9 日 11:00 左右发现出浑水，水位上升了 2 cm，出水量较之前明显增加。

在干旱少雨的冬季，龙潭水量不减反增且由清变浑，这意味着什么？是否是附近的通海一曲江断裂在平静几十年后，开始了新的活动？

调查后发现：（1）这是当月龙潭第 4 次出浑水，前三次（1 日、4 日、7 日）均是当日发浑次日变清，都没有这次严重；（2）气象资料显示 12 月 6 日全县有一次普遍的降雨，最大雨量为普雄乡 3.8 mm，东山坝降雨量 $< 0.2 \text{ mm}$ ，补给区几乎没有雨；（3）周围泉点、机井和民用井没有异常变化；（4）建水县及周边县、市地下水微观观测数据无明显变化（异常）。

综合看到的现象及掌握的资料，分析认为造成龙潭水发浑和水位上升的原因可能是：2008 年 7~10 月雨季期间大量的降雨重新充满了早期形成的溶洞（也可能是更早前就已充满），由于泄水通道被泥沙及杂物堵塞，形成暂时的“地下水库”。之后，随着时间的推移，在水流的溶蚀及水体压力的共同作用下，泄水通道被逐渐打开，本月 1、4、7 号的 3 次水体发浑就是这种原因产生的结果。9 号，当通道被完全打开的“地下水库”泄水，造成龙潭水发浑及水位上升。

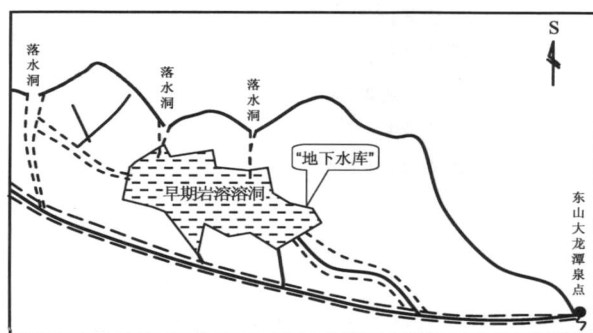


图 3 “地下水库”示意图

Fig. 3 “Underground reservoir” diagram

因此认为：该异常与地震无关，水体发浑和水位上升极可能是“地下水库”泄水造成的。

2.7 井水发浑

2008 年 9 月 17 日，建水二中食堂水井出浑水。水文地质特征为断裂破碎带、岩溶裂隙水。

水井建于 20 世纪 80 年代, 凿于石灰岩中。井口直径 0.9 m, 井深约 3 m, 井水从北侧 (靠山一面) 的石灰岩中涌出, 水量较大, 采用水泵抽水, 多年来从未干涸。出浑水的现象以前曾有过, 但浑浊程度没有这次大, 时间没这次长。水体, 呈褐红色 (泥浆色)、没有异味、水温正常, 井内亦无冒泡等现象、水流之处沟边有黄泥沉淀物。至 17 日上午, 浑水已持续 2 天, 且更加浑浊。

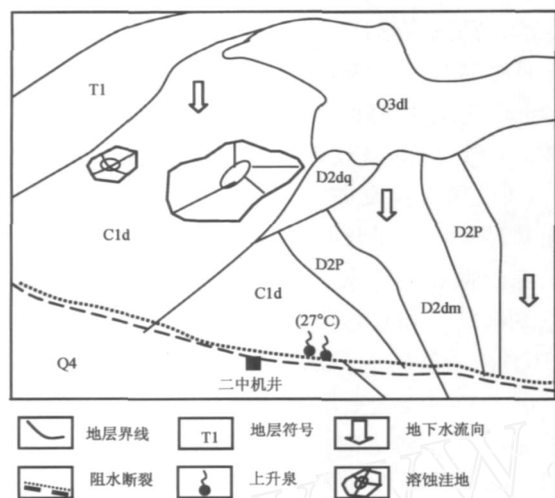


图 4 建水盆地黄龙寺单元断裂阻水富水构造示意图
Fig. 4 Jianhui basin Huanglongsi schematic diagram of water-blocking and water-rich tectonic fracture

石屏—建水断裂带正好从这里经过, 地下水的异常变化是否与断裂带活动有关? 5 月 14 日石屏发生 4.2、4.1 级地震, 建水普遍有感, 县域中、西部地区震感强烈; 9 月 15 日石屏坝心 3.5 级地震, 西庄一带有明显震感, 二中食堂水井距震中距 13.5 km; 该地区是否有降雨过程? 是否在二中水井补给区内? 还是有其它原因?

调查分析: (1) 井体之山上有跃进高沟经过, 山脚的水井与山腰的跃进高沟垂距约 70 m, 沟中水浑浊; (2) 当地村民反映: 9 月 14 日晚当地有较大降雨, 同时在水井上部补给区约 1.5 km 的山顶有一名为蚂蚁塘的水塘可积蓄降雨, 且塘底有一落水洞与该区地下水系相连; (3) 周围民用井未出现浑水现象; (4) 与井相隔约 30 m 处的黄龙寺龙潭水, 清澈见底无变化; (5) 在与该井直线距离约 1.37 km 的黄龙钢铁厂深水井现场抽水调查, 水质清澈。

综合以上信息认为造成二中食堂浑水的原因是: 降雨后外部浑水浸入, 不是地震宏观异常; 9 月 15 日石屏坝心 3.5 级地震可能破坏了地下水径流通道上岩体的稳定, 引起局部岩体松动、垮塌, 扰动多年沉积的泥沙所致。

2.9 井水发浑

2008 年 12 月 22 日西庄镇荒地大口井井水发浑, 该地水文地质特征为风化带上层潜水。

该井凿于震旦系砂岩的风化层中, 井口大, 直径约 2.5 m, 井深约 7 m, 井边用条石垒砌, 井水呈灰白色 (米汤色), 无异味。22 日早晨 9 时左右发现井水发浑 (无人扰动), 21 时浑水浊度有所减弱。

调查分析: (1) 井水主要由降雨渗透基岩风化层供给, 因为补给面积较大, 井水从未干涸。周围没有河流、沟渠, 该井为一独立的水文地质单元, 没有其它水力联系, 水文地质条件简单; (2) 每年都要清洗此井 (今年还未清洗), 井水主要由围井石缝浸透而入, 每年雨季井水都会发浑, 井口周围有陷落; (3) 周围机井和同处一个单元的民用井没有异常变化; (4) 建水县及周边县、市观测数据无明显异常。

由人力开凿的民用井往往位于基岩风化带、松散的砂、土层中, 补给范围小、埋藏浅、运移途径短、出水量少、受降雨影响大、径流条件单一。具有各向同性是它们的共同特征。处在同一水文单元的民用井还会同涨落同清浊同质同味。受非人为因素干扰时, 将呈现出同一变化特征。就大口井而言, 所出现的变化是独立的, 也是短暂的, 不具普遍性, 与同一单元民井的共性不符。因此, 井水发浑的原因与外界无关, 属自身问题。

综上所述, 认为造成井水发浑的原因极可能是井口周边有塌落现象, 造成地下水带入泥土, 再由围井石缝隙渗透而致, 与地震异常无关。

2.10 水位变化

2007 年 9 月 12 日建水利民乡芋头寨坝塘水位突升突降。该地水文地质特征为地表水碳酸盐岩泉水补给。

据村民小组长介绍, 9 月 12 日晚上约 20 时, 有五六个村民看见坝塘水尤如涨潮一样, 波浪突起, 从东向西逆行, 反复几次, 浪高约 40 cm, 持续时间十余分钟。这一怪异现象以前从未出现过,

引起部分村民的恐慌。

调查分析认为:该小坝塘处于震旦系的砂页岩层上,坝塘北面约20 m处有一条宽约10 m的冲沟,沟北面地表有碳酸岩出露,沟东面地表则是砂岩层出露,两者地质构造区别明显,为一小断裂带,该坝塘恰处于此。坝塘现蓄水约 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3$,最深处约6 m,水质良好、清澈透明,长年不竭,为当地村民生活水源。据云南省地震台网测报:2007年9月12日19时10分24秒印尼发生8.5级地震,震中距约2 000 km;此外,县域内的李浩寨、青龙等乡镇在同一时段也出现了类似的现象,与8.5级地震时间上非常吻合,应为印尼地震的影响所致。

由以上分析可知,这次水位变化应为印尼地震的同震效应,不是地震前的宏观异常。

在2008年5月12日汶川8.0级地震后的1小时内,建水县青龙、东山、西庄等乡镇连续报告有井水、龙潭发浑及坝塘水位突升突降的现象。均是受汶川地震影响而产生的同震效应,与地震前宏观异常无关。

3 结论

(1) 地下水宏观异常包括了与地震的孕育、发生有直接或间接联系的地质构造活动因素影响下的地震前兆异常和由自然、环境变化、人为因素引起的非地震宏观异常。准确判别地下水宏观异常是否为地震前兆异常,是落实宏观异常的关键,也是减少地震虚报率的途径之一。

(2) 充分了解当地的水文地质情况,掌握不同地质条件下地下水的运移规律,对潜水、裂隙水及岩溶水的补给、径流及排泄过程有全面的认识以及加深对具有不同类型地下水的物理、化学特征等基本认识,可以对地下水宏观异常给出相对合理的解释,进一步判断地下水宏观异常是否是由构造活动引起的地震前兆宏观异常。

(3) 因为地下水存在于地壳中的特殊形式,地下水宏观异常往往不会孤立出现,大地震前更是呈多点面状、多样形式出现,同时伴有微观监测数据等变化,在多次大震总结中已有报道。因此,在对宏观现象进行调查分析时,需把异常点放在一个大的区域中,而不是孤立地来看待了。

解气象、地质、环境等诸多可能的影响因素,结合当地的水文地质条件和所掌握的各类前兆信息,全面分析,综合判定,是提高判定准确性的重要途径。

(4) 地下水的运移过程非常复杂,气候、地形、地层、构造、生物等条件的不同都会使它发生变化。在调查过程中,可能会遇到难以解释或不明原因的现象。抓住“是否与地震有关”这个重点,排除是地震前的宏观异常,也是落实地下水宏观异常的有效方法之一。

(5) 大部分地下水异常凭借仔细地调查和认真的分析,基本就能得出合理的解释。但有些现象,必须借助相应的测试手段才能准确地识别。水质分析和气体检测是提高判定准确性的重要手段。

(6) 在地下水宏观调查核实中,经验的积累也是非常重要的,特别是对于一个特定的水文地质区域,通过多次异常的调查分析,逐步了解该区域的水文地质特征和异常表现形式,建立重要监测点的数据库,加强对历史资料的研究和总结,能对特定区域的新异常进行快速准确的判定。

(7) 在有感地震发生后,上报的地下水宏观异常现象比平时要多,这可能是地震后更多的人去关注宏观异常的缘故,对这类异常要特别注意,如果不是地震宏观异常,要及时给出分析结果,消除人们的疑虑,安定人心。

(8) 文中列举之事例均在建水县域内,有明显的地域特征。但不同的事例中已涵盖了潜水、裂隙水及岩溶水三种地下水的基本形态,具有普遍性。遗憾的是在笔者落实的所有宏观异常中没有碰到地震宏观异常,使所得到的认识不够全面。

参考文献:

- 陈荣书. 1994. 石油及天然气地质学 [M]. 武汉:中国地质大学出版社. 112 - 165.
- 陈运泰. 2005. 地震预报战略研究会上的发言 [J]. 国际地震动态, (5): 34.
- 房佩贤. 1996. 专门水文地质学 [M]. 北京:地质出版社. 1 - 85.
- 付虹, 万登堡, 张立. 2003. 云南地区地震宏观异常特征研究 [J]. 地震研究, 26 (3): 209 - 216.
- 付虹, 王世芹, 秦嘉政, 等. 2007. 2007年5~6月滇西南地区 $M \geq 5$ 成组地震活动中、短临异常特征及预测 [J]. 地震研究, 30 (4): 303 - 310.
- 国家地震局科技监测司. 1995. 地震地下水手册 [M]. 北京:地震出版社.

- 版社 .
- 国家地震局预测预报司 . 1997. 地震宏观异常预报方法 [M]. 北京 : 地震出版社 .
- 金继宇 . 2006. 与地震有关的水文及地球化学变化 [J]. 国际地震动态, (7): 41 - 49.
- 王大纯 . 2005. 水文地质学基础 [M]. 北京 : 地质出版社 .
- 谢广林 . 1984. 宏观异常作为地震短临信息的几个问题 [J]. 华南地震, 4 (2): 42 - 47.
- 叶建刚, 胡益兴 . 2001. 怎样分析地下水宏观异常 [J]. 山西地震, (4): 34 - 35.
- 翟义勇, 郎孝岭, 曹志磊, 等 . 2007. 一起“宏观异常”落实事件引发的思考 [J]. 防灾科技学院学报, (3): 82 - 85.

Hydrogeological Analysis of Regional Groundwater in Jianshui Abnormal Macro-analysis

CHEN L iang¹, FU Hong², ZOU Jin-ming¹

(1. Seismological Bureau of Jianshui County, Jianshui 654300, Yunnan, China)

(2. Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Through the macro-analysis of anomalies in the implementation of the site in Jianshui area in recent years, we realize that it is a good way to fully understand of the hydrogeological characteristics of the region, It can help us to judge whether ground water hydro-geological anomaly belongs to seismic anomaly.

Key words: hydrogeology, groundwater, macroscopic abnormalities, Jianshui



刘小凤 甘肃省地震局研究员。1986年毕业于兰州大学地质系,1999年毕业于北京大学地质系构造地质专业,获硕士学位。主要从事地震预报和地震地质研究工作。



范雪芳 山西省地震局高级工程师。1986年7月毕业于山西大学化学系,获理学学士学位。主要从事地下流体分析预报及研究工作。



李永振 辽宁省地震局工程师。1998年毕业于防灾科技学院地球物理系。主要从事地震监测工作。



张子广 河北省地震局副研究员。1983年7月毕业于北京大学地球物理系。现主要从事地震地下流体分析预报与研究工作。



陈亮 云南省建水县地震局高级工程师。1990年毕业于成都地质学院水文地质与工程地质专业,获工学学士学位。现主要从事地震监测预报及单位业务管理工作。



周彦文 山东省地震局助理工程师。2008年毕业于中国地震局兰州地震研究所,获硕士学位。主要从事地震监测与预报工作。



杨跃文 云南省地震局丽江地震台工程师。1992年毕业于防灾科技高等专科学校,2008年毕业于云南大学。主要从事地震监测、地球自由振荡研究。



李恒 中国地震局地震研究所助理研究员。2002年毕业于中国地质大学勘查技术与工程系,2007年毕业于中国地震局地震研究所,获硕士学位。目前主要从事工程地震、地震灾害损失和地震预警方面的工作。



杨富平 重庆邮电大学副教授。2004年毕业于四川师范大学,获数学教育学士学位和应用数学专业硕士学位,2007年毕业于北京师范大学自然地理学专业,获理学博士学位。主要从事灾害风险管理、应急救援仿真和人工智能等领域的研究。目前主持国家自然科学基金、横向课题(国家863计划子课题的一部分)各1项,参与国家级、省部级项目多项,在国内外学术刊物上发表学术论文十余篇。



单德华 辽宁省地震局地震监测中心主任、高级工程师。1996年毕业于成都理工学院应用地球物理专业,获学士学位;2004年毕业于东北大学信息工程学院计算机软件与理论专业,获硕士学位。长期从事地震监测工作。承担或参加了10余项科研课题,撰写论文10余篇。

注:苏有锦、方颖、钱晓东、张立、王绍晋、周光全、吴迪、崔庆谷的简介已分别刊登在本刊 Vol. 31, No. 4; Vol. 30, No. 2; Vol. 29, No. 1; Vol. 29, No. 4; Vol. 30, No. 2; Vol. 30, No. 3; Vol. 30, No. 3; Vol. 31, No. 4。