

基于年降水干扰排除的云南地区 地下水位群体异常研究*

胡小静¹, 付虹¹, 毕青²

(1. 云南省地震局, 云南 昆明 650224; 2. 玉溪市防震减灾局, 云南 玉溪 653199)

摘要: 利用云南地区10年以上的20口地下水位观测井孔资料, 选出其中受降水影响较大的18口井, 分别采用峰—谷幅值法和谷—谷幅值法对其观测资料进行年降水干扰排除后, 基于这20口井的资料, 提取全省和红河断裂东、西部地区的地下水位群体异常。结果表明: 云南水位观测井的群体异常与云南地区6级以上地震有较好的相关性, 其中谷—谷幅值方法提取的异常、预测效果较峰—谷幅值方法好, 可能表明降水影响的延迟过程对这些井更为重要。分区预测的预报效能不如全省, 可能说明井水位异常增多是区域构造活动和应力水平增加的结果, 因此将用较小区域的异常对应较小区域的地震, 虚报、漏报就会增多, 从而降低预报效能。在异常增多区域构造活动增强的背景下, 有利于6级以上地震发生, 因此将群体异常指标用于云南的年度地震活动水平预测, 具有一定的效能。

关键词: 地下水位; 降水影响; 群体异常; 区域构造活动

中图分类号: P315.723

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2016)04-0545-08

0 前言

地下水作为地壳结构中最活跃的组分之一, 会因受到地壳应力状态改变而引起含水层中含水量变化的影响, 能够比较灵敏地反映出地壳应力应变的信息(万迪坤等, 1993)。震例研究表明, 在许多中强地震前均记录到了地下水位异常变化, 尤其在云南地区, 地下水位异常作为中强震预测的重要依据, 目前已积累了很多丰富的震例经验(万登堡, 1992; 张体移等, 2012; 付虹等, 2014)。

地下水位作为流体学科重要的物理观测量, 是一个包含大气降水、气压、固体潮、地应力场等多种影响因素的复合参数(车用太, 鱼金子, 2006), 其中降水是地下水位变化的主要影响因素, 它使得多数井孔所观测记录的水位呈现雨季上升、旱季下降且比较容易识别的年变规律, 但当年降水量随着旱、涝年份的不均匀而出现明显差别时, 就将成为地下水位异常识别的重要干扰因素。

云南大部分水位观测井的井深均小于300 m,

且受降水干扰极为突出, 在水位的资料分析中排除降水对地下水位观测带来的影响, 对提高水位资料的使用率是非常必要的。一些学者对云南水位的降水干扰排除已做过一些研究(白宝荣, 付虹, 2006; 毕青等, 2012), 得到了一些有益的结果, 本文在前人研究的基础上, 增加了水位年变幅度与降水量的相关性研究以及异常机理的讨论。

1 基于降水干扰排除的地下水位异常提取

1.1 资料选取

云南省目前共有水位观测井孔63口, 其中有10年以上观测记录的有29口, 排除观测质量较差和基本无震例对应的9口井孔, 笔者将观测连续稳定、映震效果较好的20口井的井水位观测资料作为研究对象。其中受降水影响显著(即观测数据年变形态清晰)的井孔有18口, 受降水影响不明显的井孔2口, 具体井孔分布见图1。雨量数据收集来自于云南省气象局, 井孔水位观测起始时间不一致, 所以群体异常结果采用异常井孔所占同

* 收稿日期: 2016-03-25.

基金项目: 云南省人民政府十项措施监测预报项目(JCYB-20080601-05)和中国地震局监测预报司2015年地下流体指标建设项目联合资助。

期全部井点比例表示，具体始测时间见表 1。

表 1 水位井孔始测时间

Tab. 1 Observation time of water – level wells

台站名称	起始观测时间/年	台站名称	起始观测时间/年
普洱	1998	下关	2002
宁洱	2004	开远	1998
勐海	1998	高大	2002
澜沧	1998	易门	1998
景东	1998	南华	1998
施甸	2000	江川	1998
腾冲	2000	宣威	2005
保山	2005	大姚	2005
丽江	1998	东川	2004
永胜	1998	会泽	2000

1.2 不同的水位群体异常提取方法

大气降水对地下水位的影响具有滞后效应，因此笔者主要考虑年降水量对水位年变幅度的总体影响，分别利用峰—谷幅值法和谷—谷幅值法对受降水影响明显的 18 口井排除降水对地下水位观测的影响后进行异常识别和提取，对其余 2 口不受降水影响的水位观测井孔采取原始曲线人工识别异常，主要识别大幅上升或下降为主的异常形态。

1.2.1 峰—谷幅值法

用地下水位同一年的峰值与谷值之差（即年

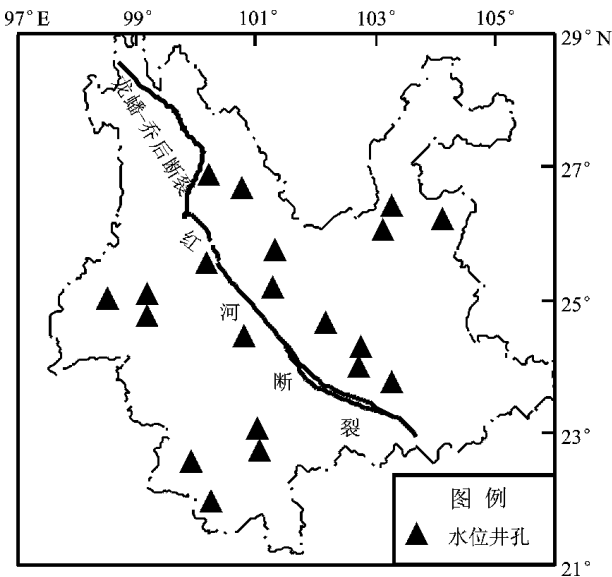


图 1 水位井孔分布图

Fig. 1 Distribution of water – level wells

变幅度) 和年降水量进行相关分析，将其称为峰—谷幅值法。该方法以每年地下水位观测的年变幅度为纵坐标，降水量为横坐标，横纵坐标的取值存在明显的线性关系，即降水与年变化幅度相关，该趋势变化可由一条直线进行拟合。如果当年变幅超出一倍均方差，出现明显偏离正常范围的情况时，则表示该年份水位处于异常状态（图 2）。表 2 给出利用峰—谷幅值方法排除降水干扰以后的地下水位异常结果。

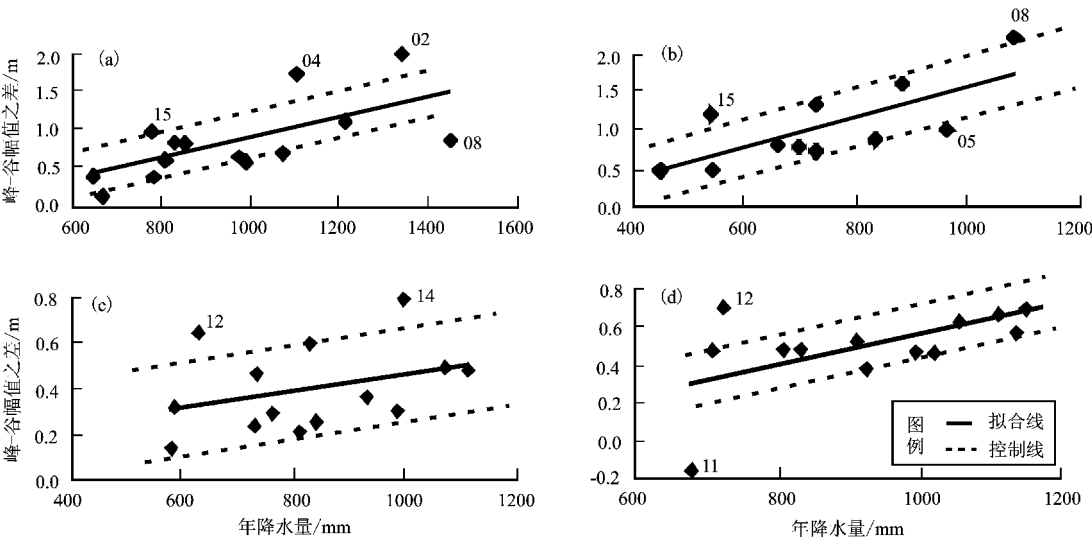


图 2 使用峰—谷幅值法提取高大 (a)、永胜 (b)、下关 (c) 及大姚 (d) 台的地下水位异常示意图

Fig. 2 Sketch map of groundwater level anomalies extracted by the method with the range of peak – valley value recorded by Gaoda (a), Yongsheng (b), Xiaguan (c) and Dayao (d) stations

表 2 使用峰—谷幅值法提取的地下水位异常结果统计表

Tab. 2 Statistic results of groundwater level anomalies extracted by the method with the range of peak – valley value

年份	红河断裂以西台站									红河断裂以东台站											异常比例 (%)
	普洱	宁洱	勐海	澜沧	景东	施甸	腾冲	保山	丽江	永胜	下关	开远	高大	易门	南华	江川	宣威	大姚	东川	会泽	
1998	0	—	1	0	0	—	—	—	0	0	—	0	—	0	0	0	—	—	—	—	0.10
1999	0	—	0	0	0	—	—	—	0	0	—	0	—	0	0	0	—	—	—	—	0.00
2000	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	—	0	0	1	—	—	—	0	0.00
2001	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	—	0	0	0	—	—	—	0	0.00
2002	1	—	0	0	0	0	0	—	0	0	1	0	0	0	1	0	—	—	—	0	0.14
2003	0	—	0	1	0	0	0	—	0	0	0	1	0	0	0	0	—	—	—	1	0.21
2004	0	0	0	0	1	1	0	—	0	0	1	0	0	0	0	0	—	—	1	0	0.25
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0.17
2006	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.06
2007	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.17
2008	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0.32
2009	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.11
2010	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.17
2011	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.17
2012	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0.30
2013	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0.30
2014	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0.39
2015	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0.35

注：“—”表示无数据；“0”表示正常；“1”表示异常；“异常比例”为当年出现异常的井孔数量占本年度所有井孔的比例。

对每年排除降水干扰后的异常井孔比例进行统计，根据震例对应情况，以异常比例大于 20% 作为异常指标，得到自 1998 年以来，利用峰—谷幅值法排除了降水影响之后，所提取出的水位群体异常与云南省内未来一年 6 级以上地震的对应情况，如图 3 所示。根据历史震例统计，1998 年以来，云南地区共发生 6 级以上地震 9 次，根据年份可划分为 7 组，从图 3 可见，在 2009 年姚安 6.0 级和 2014 年盈江 6.1 级、鲁甸 6.5 级、景谷 6.6 级 2 组地震前出现了较为显著的水位群体异常，其余 5 组 6 级以上地震前均未出现相对应的异常现象，对应率为 29%。

1.2.2 谷—谷幅值法

对地下水位谷值变化逐年差值与年降水量进行相关分析，将其称为谷—谷幅值法。该方法用每年地下水位观测的最低值（雨季来临前），以当年与前一年的谷值差值为纵坐标，前一年的年降水量为横坐标做图，图 4 为部分井孔的计算结果示

意图。群体异常统计原则同峰—谷幅值方法，表 3 给出所有参与计算的地下水位资料利用谷—谷幅值方法排除降水干扰以后的异常结果。

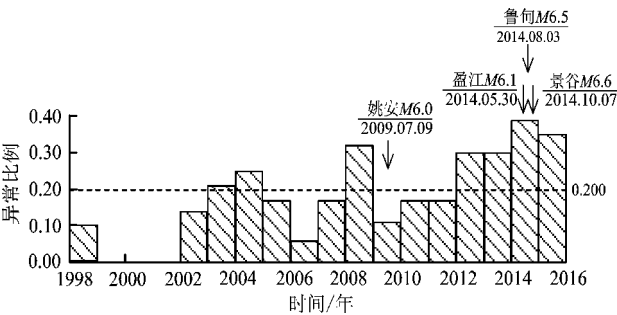


图 3 使用峰—谷幅值法提取的云南地区地下水位群体异常与震例对应关系

Fig. 3 The corresponding relation between group anomalies of groundwater level extracted by the method with the range of peak – valley value and earthquakes in Yunnan region

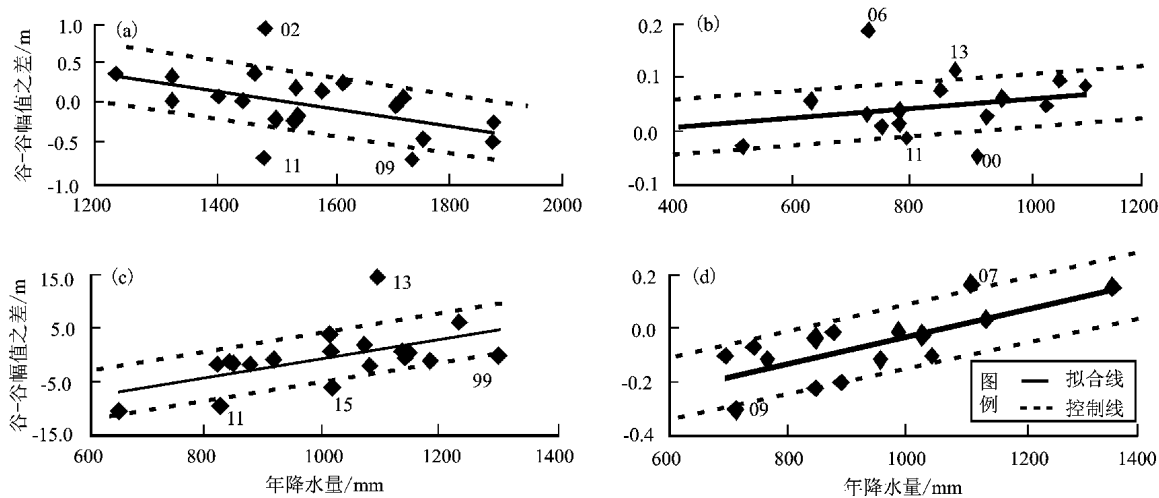


图 4 使用谷—谷幅值法提取澜沧 (a)、江川 (b)、丽江 (c) 及施甸 (d) 台的地下水位异常提取示意图

Fig. 4 Sketch map of groundwater level anomalies extracted by the method with the range of valley - valley value recorded by Lancang (a), Jiangchuan (b), Lijiang (c) and Shidian (d) stations

表 3 使用谷—谷幅值法提取地下水位异常结果统计

Tab. 3 Statistic results of groundwater level extracted by the method with the range of valley - valley value

年份	红河断裂以西台站								红河断裂以东台站											异常	
	普洱	宁洱	勐海	澜沧	景东	施甸	腾冲	保山	丽江	永胜	下关	开远	高大	易门	南华	江川	宣威	大姚	东川	会泽	比例（%）
1998	0	—	0	0	1	—	—	—	0	0	—	0	—	0	0	0	—	—	—	—	0.10
1999	1	—	1	1	0	—	—	—	1	0	—	1	—	0	0	0	—	—	—	—	0.50
2000	1	—	1	0	1	0	0	—	0	0	—	0	—	1	0	1	—	—	—	0	0.38
2001	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0	—	0	—	0	0	0	—	—	—	0	0.00
2002	1	—	0	1	0	0	0	—	0	0	1	1	0	0	1	0	—	—	—	0	0.33
2003	0	—	0	0	0	0	1	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	1	0.07
2004	1	0	0	0	1	0	1	—	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	1	0	0.24
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0.10
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0.15
2007	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.15
2008	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.20
2009	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0.25
2011	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.30
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.05
2013	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.25
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0.15
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0.25

注：“—”表示无数据；“0”表示正常；“1”表示异常。

图 5 为 1998 年以来利用谷—谷幅值法排除了降水影响之后提取出的水位群体异常与未来一年 6 级以上地震的对应情况。

表 4 对 1998 年以来云南省内发生的 9 次 (7

组) 6 级以上地震 (其中 2011 年 3 月 24 日缅甸 7.2 级地震距离云南边界 80 km, 且在年度地震趋势研究分析中认为此次地震标志着云南进入新一轮强震活跃期, 故本次震例统计把该地震统计在

内) 和发震前一年地下水位群体异常情况作了详细统计。由图 5 可见, 除 2007 年宁洱 6.4 级地震发生之前地下水位群体异常指标未达到阈值外, 其余 6 组地震发生的前一年, 地下水位群体异常均达到异常指标, 对应率高达 86%。

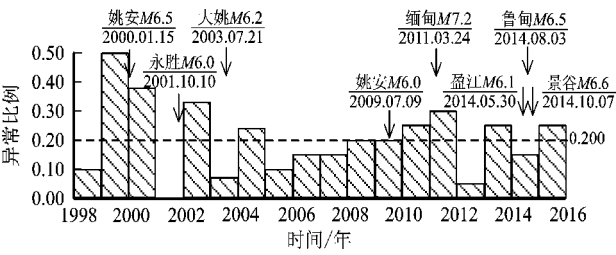


图 5 使用谷—谷幅值法提取云南地区地下水位群体异常与震例对应关系

Fig. 5 The corresponding relationship between group anomalies of groundwater level extracted by the method with the range of valley - valley value and earthquakes in Yunnan region

表 4 云南地区 6 级以上地震和地下水位群体异常情况
Tab. 4 The group anomalies of groundwater level and $M \geq 6.0$ earthquakes in Yunnan region

时间/年 - 月 - 日	地震	异常年份/年	异常比例
2000 - 01 - 15	姚安 6.5 级	1999	50%
2001 - 10 - 10	永胜 6.0 级	2000	47%
2003 - 07 - 21	大姚 6.2 级	2002	36%
2007 - 06 - 03	宁洱 6.4 级	—	—
2009 - 07 - 09	姚安 6.0 级	2008	22%
2011 - 03 - 24	缅甸 7.2 级	2010	22%
2014 - 05 - 30	盈江 6.1 级	—	—
2014 - 08 - 03	鲁甸 6.5 级	2013	22%
2014 - 10 - 07	景谷 6.6 级	—	—

注：“—”表示无数据。

1.3 不同异常提取方法讨论

分析上述两种不同的异常提取方法, 峰—谷幅值法主要用来描述降水量与当年水位的上升幅度之间的关系, 用来反应雨季来临后降水对水位即时的影响幅度; 谷—谷幅值法则主要用来描述降水量与一年时间尺度内水位的变化幅度之间的关系, 用来反应降水对水位观测在未来一年时间内的差异影响。上述两种方法的计算结果显示, 谷—谷幅值法所提取的水位群体异常达到异常指

标后, 未来一年内发生 6 级以上地震的概率明显高于峰—谷幅值法的结果, 这可能表明, 云南地区大多数水位观测井受降水的影响是一个持续缓慢的过程, 降水对井水位的影响具有一定的滞后性, 这与我们对全国范围内大多数地区地下水位观测的认识是一致的。

2 红河断裂东、西侧地下水位群体异常与强震分析

以红河断裂为界, 把研究区域分为云南省内红河断裂以东区域和以西区域 (图 1), 统计谷—谷幅值法所提取的异常比例, 图 6 为参与计算的地下水位异常台项比与不同研究区内 6 级以上地震的对应关系。2000 年以来, 红河断裂以西地区 6 级以上地震有 2007 年宁洱 6.4 级地震、2011 年缅甸 7.2 级地震以及 2014 年景谷 6.6 级地震。从图 6a 可看出, 在宁洱 6.4 级和缅甸 7.2 级地震发生的前 1~2 年内, 红河断裂以西地区连续几年区内确实出现了较为显著的地下水位群体异常, 2014 年盈江 6.1 级和景谷 6.6 级震前亦出现了部分水位异常, 但 2000 年以来, 红河断裂以西地区的水位群体异常达指标有 8 次 (其中 2007、2008、2011 及 2013 年的异常比例刚好达到异常指标 25%, 亦作为异常次数统计在内), 对 6 级以上地震虚报率达 62%。从图 6b 中可看出, 红河断裂以东地区, 在川滇交界地区的永胜 6.0 级、大姚 6.2 级、芦山 7.0 级和鲁甸 6.5 级地震之前, 分别出现了较为显著的地下水位群体异常, 但 2009 年姚安 6.0 级地震之前, 未曾出现相类似的异常情况, 有一定的漏报现象; 2000 年以来, 红河断裂以东地区地下水位群体异常达指标次数为 8 次 (不包括 2015 年), 对应地震 4 次, 其 6 级以上地震的虚报率为 50%。

综合上述的分区讨论结果, 云南省内红河断裂以西地区和以东地区的地下水位群体异常对本区 6 级以上地震有一定的指示意义, 但同时可以明显发现, 分区以后, 水位群体异常在达指标以后, 对该区内 6 级以上地震的虚报率会显著增多, 亦会出现一定的漏报情况, 这一现象在一定程度上显示出利用水位异常来确定云南地区未来可能的发震地点是有困难的。另外对比整个云南地区的群

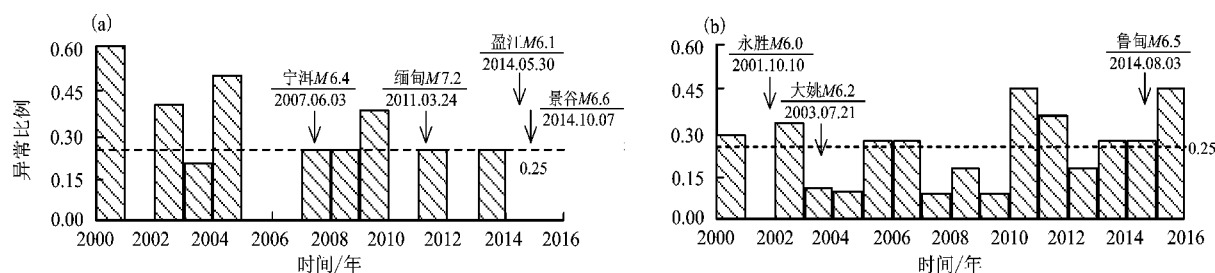


图6 红河断裂以西 (a) 及以东 (b) 地区地下水位群体异常与震例对应关系

Fig. 6 The corresponding relationship between group anomalies of groundwater level and earthquakes in west (a) and east (b) regions of Honghe Fault

体异常指标对6级以上地震的指示意义,也进一步表明,大范围的地下水位群体异常出现,可能表征的是区域构造活动和应力水平的增强,在构造活动增强的背景下,有利于6级以上地震的发生,这与陈立德和付虹(2003)的研究成果中提出的异常与地震都是区域应力水平增加的认识是一致的。

3 水位群体异常与地震关系分析

3.1 降水对水位的影响机理

井水位动态受降水影响,主要表现为雨季上升、旱季下降的年变形态,相关研究表明,不同深度的井孔受降水影响的过程和机理具有一定的差异性(鱼金子等,1992;车用太等,1993)。对于潜水含水层中的浅井,主要为地下水质量的迁移,一般包括降水荷载作用下使得含水层变形和降水渗入补给使含水层水量增多两种方式引起的井水位上升机制;对于承压含水层中的深井而言,则是以能量传递为主,即当降水在补给区垂直渗入时,补给区内的水力坡度随着潜水位上升不断增高,一方面会引起补给区内的潜水向深井承压区运动,同时也有不断增高的水位压力将以压力波的形式向深井承压区传递。相比两个不同的过程,前一个运动十分缓慢,后一个则传播较快,于是首先以压力波传递的方式,引起深井水位的上升;不同井孔对降水的响应时间不一致,主要是和观测井孔与补给区之间的距离、井孔含水层的渗透系数以及井水位本身的背景动态等多种因素有关(鱼金子等,1992;车用太,1993)。

3.2 构造活动对水位的影响和地震活动水平预测

构造活动对地下水位的影响,主要表现为破年变的水位上升或者下降。在地震孕育过程中,如果岩层被挤压,则岩层的孔隙率变小,孔隙水压增大,水流由含水层向井孔流动,从而使水位上升。相反,如果岩层被引张,则岩层的孔隙率变大,孔隙水压变小,水流由井孔返回含水层,致使水位下降(刘耀炜等,2010;付虹等,2014)。车用太等(1999)对地下流体异常场的形成和演化过程的研究结果表明,引起地下流体中期异常的主体不是震源体,而是区域构造活动,即震源体很有可能是区域地震构造活动之后产生的。由这一研究结果分析认为,区域地震构造带活动引起的地下水位异常主要表现出两个特点:一是从时间尺度来讲,大多表现为中期异常;二是从空间分布来看,在整个区域内会出现多个异常井孔。上述分析结果符合“区域地震构造活动培育震源体,震源体发展并产生地震”的模式,同时也为车用太(2006)论述的强震前1~1.5年研究区域内会出现地下水位群体异常这一现象提供了依据。排除年降水量后提取出的水位群体异常数量的增多较好地反映了区域构造活动和应力状态,在构造活动增强的背景下,有利于6级以上地震的发生,因此可以用水位的群体异常指标预测年度地震活动水平。

4 认识与讨论

本文采用不同方法对水位资料进行降水排除后,对不同区域的预测效果进行了对比,并结合有关水位观测的影响机理,提取云南地区的水位

群体异常指标,得到如下结论:

(1) 利用谷—谷幅值法所提取的水位群体异常达到异常指标后,未来一年内发生6级以上地震的概率,明显高于峰—谷幅值法所提取的水位群体异常指标,这在一定程度上表明谷—谷幅值方法较峰—谷幅值方法有效,这可能表明云南地区大多数水位观测井受降水的影响是一个持续缓慢的过程,降水对井水位的滞后性影响比快速影响要大,这与对全国范围内大多数地下水位观测的认识是一致的。

(2) 水位群体异常与区域6级以上地震有较好的相关性,当所选取的20口井中,异常比例达到20%后,云南省内次年6级以上地震对应率可达87%。

(3) 通过对全省、红河断裂以东和以西3个不同的研究区域进行分区研究,发现地下水位群体异常对整个云南省内6级以上地震预测效果较好,但分区后虚报、漏报增多,说明水位异常预报地点是困难的,大范围的异常增多,表征的是区域构造活动和应力水平的增强,这与地震前观测到的大量前兆异常是场兆异常和异常与地震都是区域应力水平增加的认识是一致的。

(4) 云南地区地下水位群体异常可以作为刻画区域构造活动和应力水平状态的特征参量,群体异常比例增大,构造活动增强的背景下,有利

于6级以上地震的发生。水位的群体异常作为年度地震活动水平预测指标,具有一定的预测效能。

参考文献:

- 白宝荣,付虹. 2006. 排除降雨干扰后的地下水位异常与强震预报[J]. 地震研究,29(1):39-42.
- 毕青,马丽霞,续外芬等. 2012. 滇东地区低水位群井异常分析[J]. 云南大学学报(自然科学版),34(S2):73-77.
- 车用太,鱼金子,刘五洲. 1999. 华北北部地区3次强震前地下流体异常场及其形成与演化机理[J]. 中国地震,15(2):139-150.
- 车用太,鱼金子,张大维. 1993. 降雨对深井水位动态的影响[J]. 地震, (4):8-15.
- 车用太,鱼金子. 2006. 地震地下流体学[M]. 北京:气象出版社,228-298.
- 陈立德,付虹. 2003. 地震预报基础与实践[M]. 北京:地震出版社,59-63.
- 付虹,郭成栋,赵小艳等. 2014. 云南开远井水位异常分析[J]. 地震学报,36(2):292-298.
- 刘耀炜,陆明勇,付虹等. 2010. 地下流体动态信息提取与强震预测技术研究[M]. 北京:地震出版社,39-40.
- 万登堡. 1992. 云南地下水动态短临指标体系研究[J]. 地震研究,15(4):381-391.
- 万迪坤,汪成民,李介成. 1993. 地下水动态异常与地震短临预报[M]. 北京:地震出版社,21-34.
- 鱼金子,车用太,张大维. 1992. 降雨对尚志井水位动态影响的剖析[J]. 东北地震研究,5(4):79-92.
- 张体移,吴富焕,毕青等. 2012. 通海高大水位异常与地震分析[J]. 云南大学学报(自然科学版),34(S2):86-92.

Research on Group Anomalies of Groundwater Level in Yunnan Region Based on Eliminating Precipitation Interference

HU Xiaojing¹, FU Hong¹, BI Qing²

(1. *Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650024, Yunnan, China*)

(2. *Yuxi Earthquake Prevention and Disaster Mitigation Bureau, Yuxi 653199, Yunnan, China*)

Abstract

Selecting 20 groundwater level observation wells which had been observed more than 10 years in the Yunnan region as research object, we eliminated the precipitation interference for 18 groundwater wells greatly influenced by precipitation by use of the peak – valley value and valley – valley amplitude value of groundwater level methods. Then we extracted the group anomalies of ground water level of 20 wells in accordance with 3 different regions (including Yunnan Province, eastern and western of Honghe Fault). The results showed that the group anomalies recorded by ground water level observation well have good correlation with $M \geq 6$ earthquakes. And the predicted effect of valley – valley amplitude value method is better than that of peak – valley amplitude method, which may indicate that the delayed impact process of precipitation is more important for these wells. The predicted effect of particular region was worse than that of the whole province, which may indicate that the increase of the group anomalies of water level may caused by the increasing of regional tectonic activity and stress level. If we use the anomalies of water level in the smaller area to predict the earthquakes, the probability of false and missing prediction will increase obviously, and the effectiveness of forecasting is reduced. The area under the background of tectonic activity increasing in abnormal increase region is easily to occur $M \geq 6$ earthquakes, so the group anomaly index for forecasting annual the occurrence of seismic activity in Yunnan has some effectiveness.

Key words: groundwater level; precipitation influence; group anomalies; regional tectonic activity