

地震科学联合基金资助

车用太 鱼金子 等 编著

地下流体典型异常的 调查与研究

地质出版社

图书在版编目(CIP)数据

地下流体典型异常的调查与研究/车用太等编著. —北京:气象出版社,2004.8
ISBN 7-5029-3784-6

I. 地… II. 车… III. 地下-流体流动-监测-北京市 IV. P315.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 074827 号

出 版 者:气象出版社

地 址:北京中关村南大街 46 号

邮 编:100081

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxcbs@263.net

责任编辑:刘厚堂

终 审:纪乃晋

封面设计:王 伟

责任技编:都 平

责任校对:应 宁

印 刷:北京京科印刷有限公司

发 行:气象出版社

开 本:787×1092 1/16

印 张:28.25

字 数:704 千字

版 本:2004 年 8 月第 1 版

印 次:2004 年 8 月第 1 次印刷

定 价:72.00 元

前言

一、我国地震地下流体动态观测与地震预测

我国自 20 世纪 60 年代末开始建立地震地下流体观测台站。经过近 20 年的努力,到 20 世纪 80 年代末至 90 年代初,分别建成中国地震地下水动态观测井网与全国水文地球化学观测台网两个布及中国大陆的专业网,其中有地下水动态观测井 260 个,国家水化基本台 68 个,区域水化台 110 个。到了 20 世纪 90 年代前期,在首都圈、云南等多震区又分别建设了区域性的地热(水温)观测网与水汞观测网,观测井点的数量各有 60 多个。此外,由县市级地震部门与大型工矿企业建设了几百个地方井(台)。目前我国地震地下流体观测井(台)的总数约为 800 个,已成为世界上地震地下流体观测规模最大的国家;在国内地震前兆观测中也成为规模最大的学科台网。从 21 世纪开始,对上述台站逐步进行大规模数字化改造,使观测技术迈入现代化的新阶段。

30 多年来,我国地震地下流体观测台站在我国地震前兆监测与地震预测中发挥了重要的作用。据 1966 - 1991 年间中国大陆 114 个震例的统计,地下流体台站捕捉到的震前异常数量占异常总数的 53.2%。1975 - 2000 年间我国成功预报的 10 个破坏性地震中,地下流体台站捕捉到的异常,为 5 个地震的短临预测提供了决策性的依据,为 3 个地震的短临预报提供了重要依据。地下流体台站还在很多次中强地震前取得了大量较为可信的前兆异常。

然而,我国地震预报的水平仍然较低。据初步统计,我国对发生在大陆中有地震前兆监测能力地区的地震预测成功率为, $M_s \geq 7.0$ 地震 53%, $M_s 6.0 \sim 6.9$ 地震 13%, $M_s 5.0 \sim 5.9$ 地震 3%。很显然,成功预测地震是非常困难的,目前,还远不能满足社会防震减灾的需求。

地震预测的困难来自多方面,其中地震前兆异常的复杂多样性是拦路虎之一,各种各样的异常经常混淆在一起,震前难以判定哪些异常与未来地震有关,常常导致地震的漏报、虚报与错报。因此,地震前兆异常的研究是突破地震预报难关的重要环节。

二、地下流体异常的概念

地震前兆观测,确切的说法是地壳中某一点的各种物理化学动态观测。地下流体前兆观测,就是通过井或泉等地下水露头观测发生在含水层中的地下水(气)物理化学性质或性状的变化。这种变化,可分为正常变化与异常变化。

正常变化,一般指在一定的井-含水层系统中,利用一定的观测技术,在没有较大的地震活动时段观测到的有规律的变化。如井水位的多年趋势下降,各种形态的年变规律,气压效应、地球固体潮效应、水震波等等;又如水氡的夏高冬低型年变化、冬高夏低型年变化、稳定型年变化等等。这种变化,也称正常动态。对于某一个台站某一个台项在某一个时段,总会有一定的正常动态。

异常变化,指一切违背正常变化规律的变化。如井水位多年趋势下降改变为加速下降或转平,或转折上升;年变形态发生变化或年变规律消失;水位固体潮畸变等。又如水氡突跳、水温阶变等等。这种变化,也称异常动态。对于某一个台站某一个台项而言,我们只希望在有较大地震活动时段出现这类动态,在没有较大地震活动时段不希望出现这类异常动态。然而,观测到的结果远不是这样,几乎所有台站所有台项动态中,常常出现异常变化,其中有震活动时段出现的异常,也有无震活动时段出现的异常,后一类异常严重干扰地震前兆异常。

由此可见,可把异常分为两大类,一类是与地震活动有关的异常,称为前兆异常;另一类是与地震活动无关的异常,称为干扰异常。

三、地下流体异常的成因分类

地下流体的异常分类,如表 1 所列。由表 1 可见,引起地下流体异常的原因很多。较为常见的是干扰异常,其中有大的环境变化引起的干扰,也有台站观测条件的改变引起的异常,几乎所有的环境因素和所有的观测条件与观测环境的变化都有可能引起干扰异常。

和地震的孕育与发生过程有关的前兆异常(又称震兆或震兆异常)也较为复杂,可分为源兆异常、场兆异常与远兆异常。

表 1 地下流体异常成因分类表

大 类	类 型	种 类
干扰异常	1. 台站自然环境的改变与人类工程活动引起的异常	a. 降雨渗入补给量的剧变引起的异常 b. 地表水渗入补给量的剧变引起的异常 c. 地面荷载作用引起的异常 d. 地下水开采引起的异常 e. 人类采矿活动引起的异常 f. 滑坡、泥石流等地质动力作用引起的异常等
	2. 台站观测条件的改变引起的异常	a. 观测井(泉)条件的改变引起的异常 b. 井口装置的改变引起的异常 c. 观测方法不当引起的异常 d. 观测仪器故障与老化引起的异常 e. 仪器运行条件变化引起的异常等
前兆异常	1. 源兆异常 2. 场兆异常 3. 远兆异常	
其他异常	1. 同震异常 2. 震后异常 3. 构造活动引起的异常 4. 性质不明的异常	

源兆异常,指与震源过程有关的异常。这种异常应出现在震中及其外围有限的地区,按照理论计算, M_s 5.0~5.9 地震的源兆只可能出现在距震中 50 km 范围内, M_s 6.0~6.9 地震的源兆只可能出现在距震中 160 km 范围内, M_s 7.0~7.9 地震的源兆只可能出现在距震

中470 km 范围内。这些异常的出现与消失,也应与地震活动过程密切相关,异常应出现在地震孕育到一定阶段后,随着地震活动的结束而消失。这些异常的幅度,应与震中距相关,随震中距的增大而变小。然而,实际观测结果中,只有少数异常符合上述特征。据我国地震地下流体震例的统计,这类异常的数量占全部前兆异常数量的比例不超过 20%。

显然,还有相当多的异常不是源兆异常。这类异常,虽然与地震活动表现出一定的相关性,但它们出现的空间位置及其发展过程与地震活动的关系,都非常复杂多样。它们可以出现在远离震中的地方,如 1978 年 7 月河北唐山 M_s 7.8 地震的前兆异常出现在远离震中近 1 000 km 的江苏与福建等地,又如 1996 年 5 月内蒙古包头西 M_s 6.4 地震前在远离震中 700~800 km 的天津与河北记录到了非常显著的异常,再如 2001 年 11 月昆仑山口西 M_s 8.1 地震前在远离震中 2 000 km 之外的河北、北京、江苏、浙江等地也记录到明显异常。这些异常多在震前几个月出现,震后 1~2 个月消失,甚至发震后 1~2 小时发生转折等。这类异常称其为场兆异常。

除了场兆异常之外,在我国地震地下流体观测网中还发现对应发生在几千乃至上万千米之外强震的异常。如山西朔州井水位的“前驱波”异常,在 40% 的世界 $M_s \geq 7.0$ 地震前表现出了周期为几至几十分钟的慢波动异常。这类异常,暂称其为远兆异常。

当然,还有不少异常,至今我们仍说不清楚其成因。总之,异常类型多种多样,异常成因错综复杂。

四、地下流体异常的调查与研究

显而易见,每个台站每个台项动态中都有可能出现异常动态。每当出现异常动态之后,需要进行调查与研究,其主要内容包括异常的真实性、异常的成因与异常的性质三大方面的调查与研究。

异常的真实性调查目的是确认异常的存在。多年的地震分析预报实践表明,确有个别异常属于“虚异常”,多数是因有关工作人员读数、抄数、报数、传数等出现差错引起的异常。因此,对异常的真实性有必要进行调查与确认。

异常调查与研究的重点是异常成因问题,要查清异常变化的原因是什么,其目的是判别出现的异常是否为干扰异常。有可能引起干扰异常的原因很多。每项因素对地下流体动态的干扰特征也千差万别。因此,干扰异常的调查与研究是十分艰难的工作。

常见的地下流体动态干扰因素,如表 2 所列。

由上可见,干扰异常的调查与研究涉及的面广,要考虑的因素多,但对某一台站某一台项某一特定的干扰异常而言,未必都这样复杂。

异常的调查研究方法,特别是重要异常的调查与研究,首先是要深入实际,到台站去,到现场进行调查与研究。必要时,应进行试验与检测,常见的工作有对仪器的检测与标定,在现场进行同测项的对比观测、加密观测与平行观测,有时要进行抽水试验、注水试验、放水试验等等。总而言之,尽可能在多方面进行分析的基础上,抓住关键环节进行验证,查明异常的原因,排除各种干扰异常。

对于出现的异常,不可能全部查清原因。查不清干扰原因的异常中,往往包含有前兆异常。到目前为止,判定出哪一类异常为前兆异常,特别是在地震发生之前作出判定是十分困难的事。一般情况下,采取类比法,即与本台本项已有的震兆异常进行对比分析,与本地区

本类震兆异常进行对比分析,与国内外同类震兆异常进行对比分析等,把与已有的震兆异常具有相似性的异常判定为震兆异常。然后,再进行异常的跟踪与震情的分析,为地震预测提供科学依据。

表 2 常见的地下流体动态干扰因素

干扰因素类型	干扰因素种类	影 响 因 子
自然环境	● 降雨 ● 气压 ● 江河水 ● 水渠 ● 水库 ● 泥石流与滑坡	● 降雨量大小与分布面积、降雨过程等 ● 特大波动与突变等 ● 特大水位变化与突变等 ● 严重漏失等 ● 蓄水与放水等 ● 开始活动与加剧活动等
人类活动	● 地下水开采 ● 地下水回灌 ● 农田灌溉 ● 油田生产 ● 矿井疏干 ● 矿山爆破与矿井坍塌 ● 机械振动	● 新井投产、旧井的停采或加大开采量等 ● 回灌井投产、回灌量变化等 ● 灌溉开始与停止、灌溉水质变化等 ● 开采井与开采层的变化、注水井与注水层的变化等 ● 疏干与疏干量变化、矿井淹没与停疏等 ● 爆破与坍塌的部位与规模等 ● 火车与载重车通过等
观测条件	● 观测井结构 ● 井口装置 ● 井水自流状态 ● 仪器工作环境 ● 台站工作环境	● 坍塌、老化破裂或腐蚀渗漏、洗井、变径等 ● 类型、形状、尺寸、材料等变化 ● 自流量的变化、断流等 ● 温度、湿度、电磁干扰等 ● 供电、通讯与雷击等
观测工作	● 水化学样品的采集 ● 观测基准点 ● 仪器与设备 ● 操作与观测 ● 标定与检查	● 采集位置、采集方式、取样容器等 ● 水位观测基准点变化、水位与水温传感器位置变更 ● 老化、故障、更新等 ● 是否规范? ● 是否按规定进行? 有无按规定校正?
其 他	多种偶然因素	

五、本书的编写说明

《地下流体典型异常的调查与研究》一书,是作者退休之前经三年的努力完成的,是作者退休后留给我国地震地下流体学科界的三本著作之一。本书是以作者 20 多年来地震地下流体台网建设与管理、震情分析与跟踪及相关研究成果为基础,吸收了同行们近 10 年来的实践经验而编写的。书中包括了 5 大类 18 种 123 项地下流体典型异常的调查与研究实例,其中可能与地震活动有关的前兆异常有 32 例,可能与构造活动有关的异常有 6 例,确认为各种干扰的异常有 76 例,成因与性质不明的异常 9 例(其中含 3 例其他类型的非震异常)。对上述各类异常,作者试图阐明异常出现的井区地质-水文地质环境、井-含水层系统的条件与异常特征,在此基础上介绍对异常的成因与性质进行调查与研究的实践,给出调查与研究

的基本结果。由于每个台站的具体情况不同,对每项异常的调查与研究的水平与深度也是不同的。因此,每项异常介绍的广度与深度是有差异的。然而,不管有多少差异,书中所列出的所有异常对我国地震地下流体动态监测与地震分析预报工作都会是有意义的。

如前所述,本书是作者与我国地震地下流体学科广大同行共同奋斗的结果。在 20 多年的地下流体异常的调查与研究实践中,与作者共同工作过的同志有中国地震局分析预报中心孙天林、邢玉安、朱自强与黄辅琼等,河北省地震局王吉易、曹新来、于书泉、李海孝与宋晓冰等,天津市地震局刘喜兰、邓守琴、邵永新、王安滨、金艳与李君英等,山西省地震局张淑亮、范雪芳与王爱英等,内蒙古地震局高立新、纪建国、阎海滨、曹井泉、李占维、王翠苹与王海义等,黑龙江省地震局许学礼、毕志铭与刘丹等,四川省地震局程万正、杨贤和、官致君、李军、邱发清、刘德安、胡方良与张永久等,云南省地震局万登堡、朱培耀、陈强与虎保昌等,甘肃省地震局刘耀炜、李晓峰、苏鹤军、刘廷慧、陈洁与苏永刚等及中国地震局地质研究所张培仁、林元武、王基华、谷元珠、朱清钟、杨会年、田竹君、王广才、孙雄、刘成龙、刘五洲、唐毅、张大维、易立新与吕金波等许多同志。

为本书的编写提供原始资料或有关材料的同志有:北京地震局杨明波、白春华、白长清、兰从欣等,天津地震局李一兵、王安滨、张建新、唐仲兴、黄振义等,河北地震局尹凤春、张启富、张素欣与张子广等,山西地震局杨海祥、梁建华、韩永祯与李明春等,内蒙古地震局燕志强与卢朝阳等,辽宁地震局刘宝恒、王维东与王海燕等,吉林地震局李富、许相希、王晓坤与吴廷国等,山东地震局王忠民、张昭栋、王允培、王长喜、魏汝庆与马志峰等,江苏地震局张愈、徐玉华与殷世林等,安徽地震局张朝明、张军与陶月潮等,河南地震局夏修军与郭德科等,湖北地震局杜玲甲与颜萍等,福建地震局庄光国、郑小倩与陈晨等,广东地震局侯帮华与罗胜钦等,广西地震局冉启华与黄廷光等,云南地震局张立与赵云旭等,四川地震局胡德军与朱航等,陕西地震局吴富春、景北科、白云宏与米秋霞等,宁夏地震局李英与孙立新等,青海地震局张敏等,新疆地震局王道、许秋龙、高小其与李艳萍等,海南地震局桂愉依、顾申谊、刘伟、胡久常与张云琳等及中国地震局地壳应力研究所刘永铭、王瑜青与姚宝树等,中国地震局地球物理所燕小渝等,中国地震局分析预报中心魏家珍与申春生等许许多多的同志。

在本书的酝酿与编写过程中,还得到了原中国地震局监测预报司李志雄副司长、潘怀文处长,现中国地震局监测预报司车时处长、刘桂萍副处长、李永林等领导同志的支持与协助。还要指出的是中国科学技术部与中国地震局共同下达的《地震地下流体台站观测环境技术要求》(国家技术标准)的编制项目,不仅有力地推进了本书的编写工作,而且在经费方面给予了一定支持,特别是赵家骝、黎益仕、冯义钧等同志还给了技术上的指导。

因此,本书在一定程度上是有关领导与专家 20 年尤其是最近 10 年来共同努力的结果。作者向支持、指导与协助本书编写工作的各位领导与同行们致以衷心的感谢。

尽管本书是在各位领导与同行专家们的支持与协助下完成的,作者也为此付出了三年多的艰辛努力,但毕竟作者的水平与能力有限,特别是因在繁忙的科学研究、震情跟踪、学科牵头与行政管理工作中挤出时间断断续续编写的,因此书中必有很多不足与不妥之处,恳请读者提出批评指正。

2004 年 1 月 18 日于北京

目 录

第一部分:观测环境的改变引起的干扰异常	(1)
第 1 章 降雨渗入补给量的变化引起的异常	(3)
1.1 降雨渗入补给量剧变引起的唐山地区井水位年变异常	(3)
1.2 连年干旱引起的昌黎井水位的多年年变异常	(10)
1.3 暴雨引起的松林中学井水位大幅度上升的宏观异常	(15)
1.4 暴雨引起的琼山三口井水外溢异常	(16)
1.5 大雨引起的定襄泉水氨的高值异常	(17)
1.6 大量融雪水渗入补给引起的新 09 泉水电导率高值与水氨低值异常	(20)
1.7 冻土层融化补给引起的尚志井水位的早春回升异常	(23)
1.8 甘东南地区地下流体趋势异常的调查与研究	(25)
第 2 章 地表水渗入补给量的变化引起的异常	(40)
2.1 水库引水渠渗漏引起的昌平北大 200 号院井水位高值异常	(40)
2.2 永定河开闸放水引起的塔院井水位的大幅度上升异常	(43)
2.3 库水外溢渗入补给引起的大宫门井水温度异常	(46)
2.4 漳南渠水渗漏引起的大面积地下水位上升的宏观异常	(48)
第 3 章 地表水体荷载作用引起的异常	(50)
3.1 海水荷载作用引起的 ZK26 井水位与水温变化	(50)
3.2 海潮干扰下的沿海地区深井水位的复合潮现象	(56)
3.3 江潮荷载引起的杨树浦地区多口井水位的潮汐变化	(59)
3.4 江湖水体荷载引起的金湖井水位的高值异常	(62)
3.5 渭河洪水荷载引起的双王井水位的高值异常	(64)
3.6 饮马河洪水荷载引起的丰镇井水位的高值异常	(66)
3.7 冯村水库荷载引起的三原井水位的高值异常	(68)
3.8 三峡水库蓄水引起的地下流体动态的异常变化	(70)
第 4 章 地下水开采引起的异常	(74)
4.1 抽水对东古楼地区多井地下流体动态影响的试验研究	(74)
4.2 抽水对古城地区多井地下流体动态影响的试验研究	(80)
4.3 沧州地区三个水源地抽水对井水位影响距离的研究	(85)
4.4 新水源地抽水试验引起的通县井水位的多次下降-上升异常	(93)
4.5 水源地抽水引起的晋 2-1 井水位的大幅度持续下降异常	(95)
4.6 井区新井抽水试验引起的镇川堡井水位的异常变化	(102)
4.7 电厂水源地开采量变化引起的晋 10-1 井水位的大幅度升降异常	(107)
4.8 区域地下水超采与邻井抽水引起的晋 7-1 井水位的持续下降异常	(109)

4.9	邻井抽水引起的西影井水位的巨变型下降异常	(113)
4.10	邻井间歇性自溢引起的新04井水位与水温的异常	(115)
4.11	区域热水开采引起的太平庄井水温与水位的显著异常	(118)
4.12	井区热水开采对怀来台地下流体动态的影响	(122)
4.13	区域与井区热水开采对天津张道口井地下流体动态的影响	(130)
4.14	井区外围浅层地下水开采引起的宝坻井水温异常	(142)
4.15	井区外围冷水井开采引起的奇村热水井的水氨高值异常	(148)
4.16	碳酸盐岩地区群井抽水对各类井水氨动态影响的观测研究	(151)
4.17	松散含水层抽水对水化学动态影响的观测研究	(155)
4.18	井区地下水超采引起的夏疗1井逸出气He的高值异常	(158)
4.19	开采方式改变引起的京热59井H ₂ 的特大幅度上升异常	(162)
4.20	突然停采地下水引起的高丽营七村井水发响冒气的宏观异常	(166)
4.21	井区外围农灌井夜抽昼停引起的涿州一民井昼响夜静的宏观异常	(167)
第5章	注水与压裂试验引起的异常	(169)
5.1	油田注水引起的雄101井与容1井水位的多年持续上升异常	(169)
5.2	注水井破裂漏水引起的鲁08井水位上升异常	(171)
5.3	油井压裂试验的地下水动态观测与研究	(174)
5.4	水压致裂试验的地下流体动态观测与研究	(176)
第6章	采矿活动引起的异常	(183)
6.1	矿山爆破引起的地下水化学动态的异常变化	(183)
6.2	地下核爆炸引起的地下流体动态的观测研究	(185)
6.3	矿井疏干排水引起的川06与川18井水位的异常变化	(189)
6.4	新建煤矿引起的万全井水位的大幅度升降起伏异常	(193)
6.5	矿井坍塌(矿震)引起的鲁15井水位的异常变化	(198)
第7章	列车荷载作用引起的异常	(204)
7.1	缓行列车荷载作用引起的SK36井水位的异常变化	(204)
7.2	快行列车荷载作用引起的丰镇井水位的异常变化	(206)
第8章	滑坡与泥石流活动引起的异常	(211)
8.1	滑坡体活动引起的武山温泉水氨动态的异常变化	(211)
8.2	泥石流活动引起的川07井水位的异常变化	(213)
8.3	滑坡活动引起的郭家坝井水位的异常变化	(214)
第二部分:观测条件的改变引起的干扰异常		(217)
第9章	观测井(泉)条件及其改变引起的异常	(219)
9.1	井斜引起水震波畸变的兴济井水位异常	(219)
9.2	井管老化引起的双桥井水位的“蠕变”异常	(221)
9.3	井管老化引起的蔡公庄井水位的大幅度升降异常	(226)
9.4	井管老化引起的张道口浅井水位与水温的同步异常	(228)
9.5	水井坍塌引起的蔡脑包井水变黑的异常	(231)

9.6	井内掉入小动物引起的咸田井水位的异常变化	(233)
第 10 章	井口装置与井(泉)口条件改变引起的异常	(235)
10.1	井口集气装置的改变引起的聊古 1 井气氦动态的变化	(235)
10.2	井口脱气装置的改变引起的马 17 井水位的异常变化	(237)
10.3	泄流口结构的改变引起的丰镇井水位趋势动态的变化	(240)
10.4	泄流口阀门老化引起的红羊井水位的突变异常	(243)
10.5	泄流口堵塞引起的井水位与井水温度的异常	(244)
10.6	井口附近浴池蓄水与放水引起的弥渡井水温的周期性变化	(247)
10.7	多井抽水状态的改变引起的邯 6 井水氦的高值异常	(249)
10.8	气温变化引起的矾山泉水温的异常变化	(251)
10.9	多井抽水状态的改变引起的华清池 4 号泉水氦异常	(253)
10.10	井房内旋风引起的皖 28 井水位的脉冲异常	(256)
10.11	扰动水位探头引起的塔院井水温的异常	(258)
第 11 章	观测仪器与观测方法不当引起的异常	(261)
11.1	塔院井数字化水位观测中的仪器零飘问题	(261)
11.2	更换试剂引起的王 4 井水汞的高值异常	(264)
11.3	污染试剂引起的延庆台水汞的高值异常	(266)
11.4	观测不当引起的奇村井水汞的高值异常	(267)
第三部分:与地震活动有关的前兆异常		(271)
第 12 章	井水位与流量的前兆异常	(273)
12.1	华北北部地区水位与水氦的多年高值异常	(273)
12.2	开远井水位在强震连发时段的高值异常	(277)
12.3	岫岩 M_S 5.4 地震前四口井水位的配套异常	(280)
12.4	豫 01 井与豫 11 井水位 2003 年 1~4 月的下降型异常	(284)
12.5	鲁 26 井水位 1990~1991 年间的下降-上升型异常	(288)
12.6	静宁井水位 2000 年 4~6 月的下降型异常	(290)
12.7	东 43 井水位多年动态的谷值差分异常	(291)
12.8	昆仑山口西 M_S 8.1 地震前地下流体的远场异常	(294)
12.9	朔州井水位的前驱波异常	(298)
12.10	蛟河井水位的远大震前异常	(303)
12.11	和龙井流量的远震与深震异常	(304)
12.12	台湾南投 M_S 7.6 强震前的柱坑井水位异常	(307)
12.13	地方小震前汤池 1 井流量与井压的异常	(309)
12.14	小庙台应变孔水位的源兆异常	(311)
12.15	新疆 21 号泉井水位的脉冲式震兆异常	(315)
12.16	北京大灰厂井水位异常的调查与研究	(317)
第 13 章	水氦与气氦的前兆异常	(325)
13.1	南涧温泉水氦在强震连发时段的高值异常	(325)

13.2	腾冲叠水河井水氦在强震连发时段的高值异常	(327)
13.3	清水河冷泉水氦的震前下降型异常	(330)
13.4	八一井气氦在强震前下降型异常	(332)
第 14 章	水温的前兆异常	(337)
14.1	三马坊井水温度的震前异常	(337)
14.2	澜沧井水温的强震前短临异常	(339)
14.3	澜沧—耿马地震前的多井水温异常	(341)
14.4	井水温度的远大震异常	(344)
第 15 章	水汞的前兆异常	(348)
15.1	江干井水汞在强震连发时段的大幅度脉冲状异常	(348)
15.2	新疆 10 号泉水汞的高值异常	(350)
15.3	首都圈地区水汞的前兆异常	(351)
第 16 章	气体与离子的前兆异常	(356)
16.1	怀来断层气 CO_2 的前兆异常	(356)
16.2	硝口泉水 CO_2 的高值异常	(358)
16.3	聊古 1 井氦(He)的低值异常	(361)
16.4	新疆 25 号泉硫化物与水温的同步异常	(362)
16.5	龙陵邦腊掌 1 号泉 HCO_3^- 与 F 在强震连发时段的突降-起伏型异常	(364)
第四部分:可能与区域构造活动有关的异常		(367)
第 17 章	可能与区域构造活动有关的异常	(369)
17.1	西昌地区 2002 年 5~6 月大规模宏观异常	(369)
17.2	建水跃进水库翻花冒泡的宏观异常	(376)
17.3	宁化县一民井水升温与冒气异常	(382)
17.4	西影井水位的多次自喷(溢)型异常	(383)
17.5	新 05 井的喷涌型异常	(391)
17.6	STS-16 井水位大幅度突升型异常	(394)
第五部分:性质不明的异常与其他非震宏观异常		(397)
第 18 章	性质不明的异常与其他非震宏观异常	(399)
18.1	太平庄井水位与水温的巨变型同步异常	(399)
18.2	张道口深井水温的持续上升型异常	(406)
18.3	塔院井水温的大幅度奇异变化	(414)
18.4	临漪水厂 1 井水温升高的宏观异常	(418)
18.5	呼和浩特市三处四口浅井水温的高值异常	(421)
18.6	延庆龙庆峡水库翻花冒泡的宏观异常	(430)
18.7	茂县白石海子水色发红的宏观异常	(432)
18.8	王都庄井水温阶变异常	(433)
18.9	一次井喷事件的调查与分析	(436)

第一部分

观测环境的改变引起的干扰异常

第 1 章 降雨渗入补给量的变化引起的异常

1.1 降雨渗入补给量剧变引起的唐山地区井水位年变异常

在华北地区多次中强地震前发现井水位的年变异常,即井水位年变规律被破坏的异常。由于这类异常,具有中强乃至强震的中短期前兆意义,近年来在首都圈及其邻区震情跟踪中,倍受有关专家的关注。在这种情况下,2001 年河北省唐山地区出现了唐山矿井、丰南井的井水位年变异常。为此,于 2001 年 10 月组织有关专家进行了系统的调查与研究。

1.1.1 唐山地区的水位年变异常

1.1.1.1 唐山矿井及其水位年变异常

唐山矿(山西水 2)井位于唐山市人民公园内,井孔位于唐山断裂带中段。井深 286.6 m (现今 207 m),观测层为中奥陶统(O_2)厚层灰岩岩溶含水层,其顶板埋深 154 m。该含水层补给区在井区以北约 20 km 的燕山山区中。该井自 1981 年 1 月开始观测井水位动态。

20 多年的观测结果表明,该井水位具有较强的反映地壳应力应变的能力,水位最大日潮差可达 7 cm,水震波记录能力也很强。在 1998 年 1 月张北 M_s 6.2 地震前的 1997 年曾表现出明显的水位年变异常。与此同时,该井水位动态还受大气降水渗入补给与地下水开采的强烈干扰。

唐山矿井水位动态,2001 年又一次表现出水位年变异常(图 1.1a)。异常形态与 1997 年类似,进入雨季之后,井水位受到降雨渗入补给,其动态应表现为回升,但至今仍没有回升。

1.1.1.2 丰南井及其水位年变异常

丰南(岳 42)井位于唐山市丰南县高庄乡,井孔位于唐山断裂带南段。井深 706.7 m,观

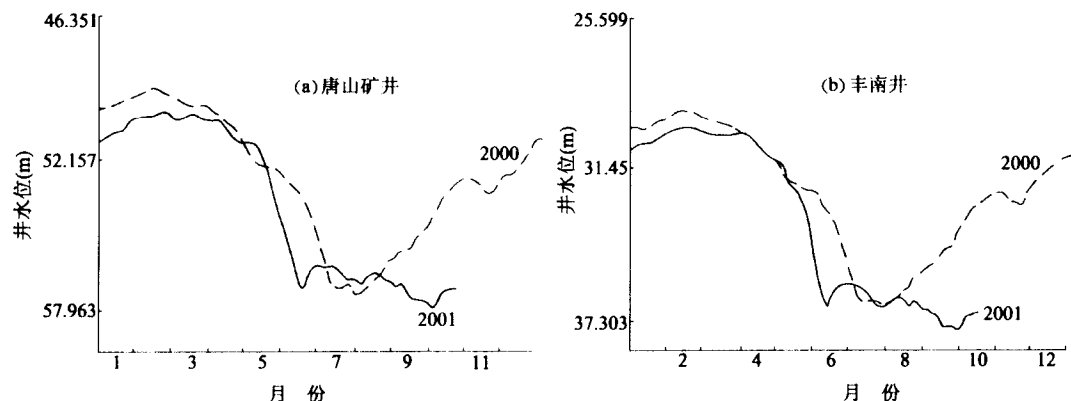


图 1.1 唐山矿井(a)与丰南井(b)2000 年与 2001 年水位年动态对比图

测层为中奥陶统(O_2)厚层灰岩岩溶含水层,其顶板埋深 541.7 m。该井距北部山区补给区约 25 km。该井自 1982 年 10 月开始观测水位动态。20 多年的观测结果表明,该井水位具有较强的反映地壳应力应变的能力,水位最大日潮差达 15 cm,在一些地震前也有过一定异常。其动态特征,与唐山矿井颇为相似,也受降雨与开采干扰。该井水位 2001 年度的年变异常,与唐山矿井的水位年变异常也颇为相似(图 1.1b)。

1.1.2 唐山矿井水位年变异常的调查与分析

1.1.2.1 唐山矿井水位年变异常的判别

系统分析 1990~2000 年间唐山矿井水位的年变特征之后(图 1.2),提出二条判别年变异常的判据:

(1)年动态曲线形态,由 N 字型或 V 字型变成 L 字型,即年初水位上升或平稳之后,春季水位下降,雨季水位回升为正常动态,而到雨季水位不回升为异常;

(2)雨季水位回升时间在 9 月以前时,视为年动态正常,10 月后回升并升幅小于 3 m 时视为异常。

如果同时兼有上述二条异常表现时,定为典型的年变异常;如果只有一种异常表现时,定为一般的年变异常。

按照上述二条判据与定义,系统分析结果列于表 1.1 中。由表 1.1 可见,11 年来出现过 4 次年变异常,其中 2 次典型的年变异常,2 次一般的年变异常。2 次典型年变异常年份为 1997 年与 1999 年,2 次一般的异常年份为 1990 年与 1993 年,其余 8 年为正常年份。

表 1.1 唐山矿井水位年变异常的判别结果

年 份	异 常 判 别		异 常 程 度	降 雨 特 征	
	第 1 判据	第 2 判据		年雨量(mm)	月雨量大于 160 mm 的月数
1990	有	无	一般的异常	747	2
1991	无	无	正常	740	1
1992	无	无	正常	326	0
1993	无	有	一般的异常	472	1
1994	无	无	正常	544	1
1995	无	无	正常	684	1
1996	无	无	正常	407	1
1997	有	有	典型异常	368	0
1998	无	无	正常	797	2
1999	有	有	典型异常	411	0
2000	无	无	正常	462	1
2001	有	待定	典型异常(待定)	445	0

1.1.2.2 水位年变异常与降雨渗入补给的关系

(1)与年降雨量的关系

1990 年以来,唐山地区年降雨量及其与年变异常的关系,见表 1.1。由表 1.1 可见,1990~2000 年间 2 次典型异常均出现于年降雨量小于 500 mm 的年份,2 次一般异常中 1

次出现在年降雨量小于 500 mm 的年份;年降雨量小于 500 mm 的年份共有 6 年,其中出现年变异常的年份有 4 次;有 2 年没有出现年变异常。因此,典型的年变异常,与年降雨量偏小的关系密切,一般异常与年降雨量也有一定关系。2001 年的水位年变异常,是年降雨量明显偏小的情况下出现的。

(2)与月雨量分布特征的关系

1990~2001 年间各年的月雨量分布特征如表 1.2 所列。对比分析月雨量分布特征与年变水位异常关系,发现雨量的月分布特征对年变异常也有较明显的影响,如图 1.2 所示。

1990~2000 年间有水位年变异常的年份中,雨季没有出现月雨量超过 160 mm 的年份时,即年中月雨量的分布较均匀,对含水层没有产生大“补”的年份,水位的年变多表现出典

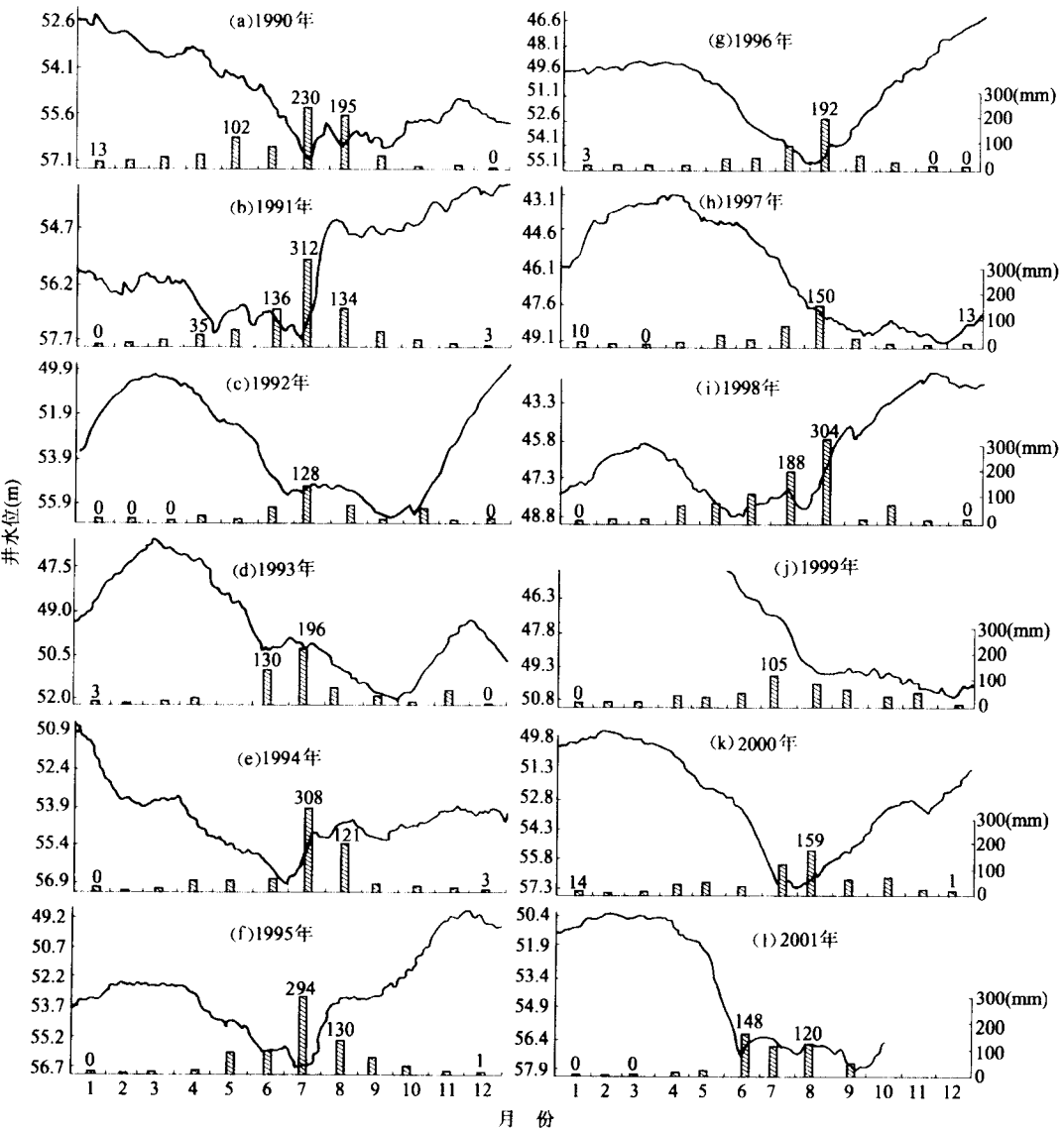


图 1.2 唐山矿井 1990~2001 年水位年动态及其与月雨量对比

表 1.2 唐山地区 1990~2001 年各月降雨量(mm)表

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年雨量
1990	13	14	24	37	102	67	230	195	55	0	10	0	747
1991	0	1	12	35	48	136	312	134	41	13	5	3	740
1992	0	0	0	19	8	46	128	67	17	37	4	0	326
1993	3	1	2	13	2	130	196	57	24	2	42	0	472
1994	0	1	0	6	27	37	308	121	25	9	7	3	544
1995	0	0	5	5	78	88	294	130	57	26	0	1	684
1996	3	0	1	1	21	23	83	192	52	31	0	0	407
1997	10	5	0	7	31	23	74	150	33	12	10	13	368
1998	0	10	6	56	69	93	188	304	6	64	1	0	797
1999	0	0	3	39	28	44	105	86	53	21	30	2	411
2000	14	0	5	31	34	21	115	159	36	39	7	1	462
2001	0	3	0	4	14	148	117	120	39				445

型异常,如 1997 年与 1999 年;但是一般异常年份中,月雨量可无也可有大于 160 mm 的月份,情况较为复杂。然而,如果把年降雨量小于 500 mm 和年中没有月雨量大于 160 mm 的月份共同作为条件来判别,那么两次典型异常符合两个条件,另两次一般异常不相符合,而 2001 年的水位年变异常是两个条件都符合的条件下出现的。

1.1.2.3 水位年变异常与地下水开采的关系

唐山矿井与丰南井分别位于唐山市城区及其郊区,工农业用水需求较大,唐山地区又是地下水开采的中心区域,而且井水位动态观测层与地下水开采层均为同一个中奥陶统灰岩含水层。因此很有必要调查与分析井水位年变异常与地下水开采的关系。

然而,由于种种原因,无法取得可靠的唐山城区地下水开采量及其变化的数值。经唐山市地震局的大力协助,由唐山市节水办公室得到了 1990~2000 年间地下水年开采量的参考数值(表 1.3)。由表 1.3 可见,唐山市地下水 2001 年的开采量与 2000 年持平,近几年开采量逐年减少。

表 1.3 唐山城区历年地下水开采量参考值

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001(上半年)
开采量($\times 10^4 \text{ m}^3$)	10 170	10 170	9 109	8 617	7 575	8 214	8 511	8 372	7 478	6 839	5 893	2 944

把上述的开采量资料与历年水位的年终值(12 月 31 日均值)进行对比,其结果如图 1.3 所示。由图可见,井水位的多年变化与开采量变化的关系较为复杂,1990~1992 年间开采量减少时井水位升高,两者关系反向(正常);1993~1997 年间开采量起伏时井水位也起伏,但同向起伏(不正常);1997~1998 年间开采量减少井水位上升(正常);1998 年之后开采量逐年减少且井水位也逐年下降(不正常),说明多数年份的井水位变化与开采量的关系不正常。这种复杂关系,至少从现有的数值上看,说明井水位的变化受开采量的影响不大。然而,二者间的关系由于开采量数据的不准确仍不能取得肯定的认识。