

地下流体预报地震论文集

地下流体预报地震论文集

国家地震局分析预报中心三室 编



地震出版社

08

地下流体预报地震论文集

国家地震局分析预报中心三室 编

地 震 出 版 社

1987

F462/送18

内 容 简 介

本论文集编辑了近年来地震地下流体的研究成果 41 篇论文。其中包括区域地质背景、观测方法和数据处理、地下流体的正常动态、物理参数的异常动态、化学组分的异常动态及物理机制和理论模式六个部分。主要涉及地下水中氡、其他气体组分、水质成分及水位的正常动态和地震前异常变化特征及其与地震关系的机理探讨。

本书论文由蔡祖煌、汪成民选编。

本书可供从事地震地下流体观测预报人员和科研人员参考。

地下流体预报地震论文集

国家地震局分析预报中心三室编

责任编辑：李树菁

*

地震出版社 出版

北京复兴路 63 号

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 14.5印张 268 千字

1987 年 7 月第一版 1987 年 7 月第一次印刷

印数 0001—1600

统一书号：13180·308 定价：4.00 元

编 者 的 话

在地震发生的深度内,尤其是在地壳内,固体与流体并存,其间存在着力学和物理化学方面的相互作用和动态平衡。在固体地壳受力、变形、破裂过程中,通过岩、土、水、气间的能量传递、物质交换和信息变换,地下流体的某些物理参数和化学组分会有灵敏的反应。通过地下流体还能比较迅速地把地壳深部信息传递到浅部来。

同时,在地下流体渗入固体孔隙的过程中,固体的某些力学性质和物理化学性质会有显著的变化,特别是抗剪强度会明显降低。地下流体积极参与了地壳的各种运动,特别是在地震的孕育和发生中起着不可忽视的作用。因此,地下流体是地壳运动和地震成因中的一个重要因素。

把上述两方面的研究结合起来,在微观上要深入研究地下流体与固体间的相互作用,研究固体受力如何引起流体物理参数和化学组分的变化,流体运移又如何引起固体力学性质和物理化学性质的变化,发展岩土水气物理化学力学;在宏观上要深入研究地下流体与其赋存的介质,即构造环境、地球化学背景和水文地质条件的关系,研究出现地震前兆异常的地点和指标(包括物理参数和化学组分)与当地地质条件的关系,发展地震流体地质学。通过前兆物理机制的理论研究和地质背景的区域研究,探讨前兆成因以及根据具体的地质背景因地制宜地选择观测点和观测项目的方法。这是地下流体预报地震研究中的战略性工作,通过研究布置有效的观测网来捕捉地震前兆。

地下流体预报地震研究中的战术性工作,在于通过研究寻找有效的监视方法和技术来捕捉地震。为此要研究测试技术和数据处理方法,地下流体的正常动态和异常动态,特别是要仔细寻找反映非地震活动的异常和地震前兆异常的区别;寻找前兆异常特征与地震三要素的关系,特别是要努力寻找预报发震地点的方法。通过测试传输的技术研究和分析预报的应用研究,寻求预报方法和标志,达到比较准确地预报地震的目的。

综上所述,我们认为,地下流体预报地震的研究,应包括理论、区域、技术、应用这样四个不可缺少的部分,组成一个统一的有机整体,组成一个完整的系统。

本文集就是本着上述思路,搜集了近年来以上四个方面的研究论文汇编成的。这基本上反映了我国利用地下流体预报地震研究的水平。选编时还考虑到综合性、地区性与单项性论文之间,物理参数与化学组分之间,水位与其他物理参数之间,水氦、气氦与其他化学组分之间的平衡,论文顺序也是这样排列的。还考虑到论文作者所在单位和地区的广泛性,力求使研究工作开展得较多的单位在文集中有充分的反映。限于选编者水平,文集选编不当之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

一九八五年二月

目 录

第一部分 地质背景和区域特征

一些断层活动部位的流体及其在地震活动期的异常运移·····	石慧馨等 (1)
试论地下水位震兆变化与地质构造的关系·····	张洪波等 (7)
北京地区地下热流体与深部构造·····	石慧馨 (14)
天津及邻近地区地热异常与地震关系的初步探讨·····	李一兵等 (20)
天津地震监测区水化学特征·····	李之鑫 (25)

第二部分 观测方法和数据处理

深井水化学综合观测条件的讨论·····	李金泉 (31)
水化学观测井孔的选择问题·····	唐仲兴等 (35)
河北武清侯 6 深井地下水位动态特征及数字无线遥测·····	孙振璈等 (38)
深井水位资料的数字滤波·····	徐道一等 (42)
唐山地震前浅井水位的趋势面分析·····	徐道一等 (47)
β 测氧法·····	杨崇义等 (50)
CY 2691 型电导自动测量仪的研究·····	冯裕中 (53)
稳定同位素地球化学与地震预报及某些稳定同位素质谱分析样品 的制备·····	穆松林等 (57)
京津及文坝地区部分井孔地下水气中氢、氧、碳同位素比值初探 ·····	穆松林 (60)

第三部分 地下流体的正常动态

对影响水氧变化的主要环境条件的探讨·····	杨玉荣等 (62)
白家疃井水氧正常动态·····	胡敦宽 (68)
对包气带氧气运移的几点看法·····	董守玉等 (72)
地下水化学组分变化的非地震因素·····	张玉松等 (76)
泉州-汕头地震带水氧正常动态变化与异常特征 ·····	余兆康等 (83)

第四部分 物理参数的异常动态

断裂蠕滑、断块活动与地下水位变化·····	王雅灵等 (89)
-----------------------	-------------

1981年春华北地震区一次应力加强过程·····	郭一新等 (94)
唐山 7.8 级、溧阳 6.0 级地震前后断层活动引起的地下水位变化 ·····	张兢等 (99)
深井水位显示的固体潮月波及其在地震预报中的应用·····	殷世林 (103)
井水地震图的初步研究·····	郑嘉炯等 (111)
唐山地震地下水位异常特征及其与地震孕育过程的关系·····	尹伯忠等 (118)
三次强震与唐山矿涌水量异常动态的关系·····	汪成民等 (132)

第五部分 化学组分的异常动态

南北地震带和滇西地区多次七级强震前地下水中氧含量的变化 ·····	王长岭等 (141)
水氧异常的选择性·····	洪云良 (151)
中等强度地震前水氧变化实例·····	王长岭等 (153)
溧阳 6.0 级地震前后 413 孔水氧浓度的变化·····	陆南栋等 (158)
强震的地下水化学前兆特征·····	张 炜 等 (163)
地下水中某些化学组分的短期、临震异常和临震预报·····	杨 玉 荣 (172)
海城地震前地下水化学组分异常的研究·····	全莹道等 (178)
武山试验场水文地球化学临震前兆研究·····	唐丰年等 (183)
唐山地震前天津热水井的二氧化碳异常特征及其原因·····	唐仲兴 (189)

第六部分 物理机制和理论模式

与应力有关的前兆与地震预报·····	张中良 (193)
地下水动力学前兆形成机制·····	吴锦秀 (200)
深层地下水的运移与地震前兆·····	吴锦秀等 (205)
降水和抽水影响水氧浓度变化的机理·····	王吉易等 (211)
海城地震氡射气一个前兆现象的模拟实验研究·····	罗光伟等 (215)
氧含量变化水流混合机制的实验研究·····	蔡祖煌等 (218)

第一部分 地质背景和区域特征

一些断层活动部位的流体及其在 地震活动期的异常运移

石慧馨 杨会年

(国家地震局分析预报中心)

地球内部构造圈内各圈层的成分、温度、压力不同,其内所含流体的成分、状态也不同。^[1] 岩石圈内有错断盖层、基底、整个地壳甚至整个岩石圈的断裂。这些断裂如果只是地质历史时期中曾错动过的形迹,在晚近较长的地质历史时期中已无活动,可由于变质、重熔、再结晶等作用而闭合。如果在一定深度内仍有活动断裂,岩石完整性受到破坏,在张性、剪性、甚至压性断裂旁侧的派生断裂的渗透性将增强。这些断层活动部位成为流体易于上涌的通道。这些流体将是查明断层现今是否仍有新活动的重要标志。为了评价区域构造活动性,预测现代地震活动危险区,预测工程年代中发震的可能性和强度,以及寻找地震破坏将要临近的前兆等,查明断层(包括隐伏断层)的近期活动程度、部位和深度是十分必要的。为此,近年来我们在我国一些地震带考察了断层活动部位的流体运动。

滇西地震带内出露在元江大断裂的几组断层交汇处的下关温泉,在蚀变带、泉华、泉口变迁到现代泉水出露条件上都十分清楚地显示了断层活动的新迹象。尤其是其气体成分中含有高达 31400ppm 的氦气。鉴于这样强大的氦气流的上涌,这个断层与深部沟通是不容置疑的。这一地震带是强烈活动的,引起这一断裂带的应力活动在深部上涌的流体质和量中有所反映。幅度明显的组分应该是代表深部来源的 He,并应同时了解 He 的载体 CO₂ 以及放射成因的 Rn。下关地区热水中 δD 仅为 -102‰,而邻近地区热水中 δD 为 -50—-70‰。除高差效应外,可能由于流体出露后经过十分发育的热蚀形成的类喀斯特洞穴迂回,产生了氦同位素分馏。在 1980 年 4 月加利福尼亚一次 4.8 级地震前,美国地质调查所曾在地震预报监测网的地下水中获得 δD 值的地震前兆异常变化。 δD 值在下关热流体中平时就高,如有异常变化时,此值将更高,而成为灵敏组分。滇西地区高温热水中,阳离子主要是钠,唯独下关温泉有高达 20% 以上的钙,钙钠比的变化是值得重视的(1980 年漾濞地震前宏观发现的水质异常当与此有关)。

青藏高原南部雅鲁藏布江构造缝合线北侧,念青唐古拉山前大断裂带是强震活动带和地热带,有成串的第四纪断陷盆地分布(图 1)。我们与美国加利福尼亚大学斯科里普斯海洋所合作考察了羊八井断陷盆地热田,着重分析了流体中的 He³/He⁴、He、CO₂、He/CO₂ 等成分(表 1)。这一热田流体中还含有 H₂S、B₂H₆、H₂、CH₄、Ar、N₂、He 等气体。水为 Cl-Na 型或 HCO₃-Na 型及其间的过渡类型,水中含 F、B、As、Li、SiO₂、Sr、Rb 等元素^[2, 3]。

根据 $\frac{R_{\text{气样}}}{R_{\text{空气}}}$ (R 为 He³/He⁴) 值判断,这一地区并没有活动深度到达地幔的断裂,可能强

烈的构造活动和水热活动主要与地壳中的花岗质重熔层有关。 CO_2 流体的上涌丰度大，分布广泛，可能与壳内高应力有关(图2)。这都说明这一地区一些断裂至今仍有强烈活动，这一带是中浅源地震活动的危险区。

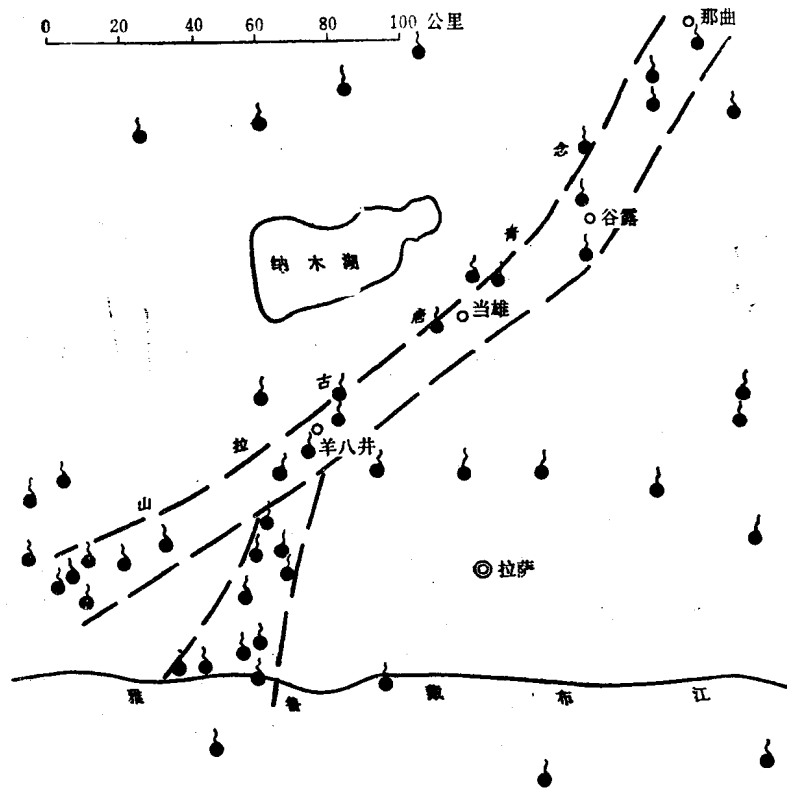


图1 念青唐古拉山山前断陷盆地(据青藏高原综合考察队、西藏地质局地热地质大队资料)

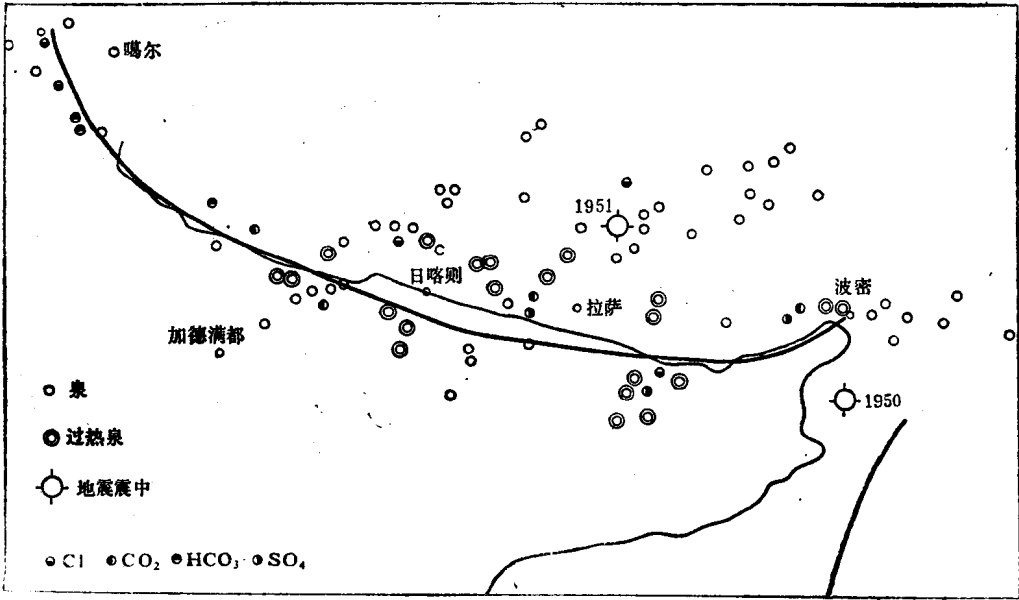


图2 西藏南部 CO_2 泉和过热泉的分布(据青藏高原综合考察队、西藏地质局地热地质大队资料)

表 1

羊八井气样分析结果

采样地点	He (毫微升)	CO ₂ (标准状态下毫升)	He/CO ₂ (百万分比)	$\frac{(\text{He}^3/\text{He}^4)\text{气样}}{(\text{He}^3/\text{He}^4)\text{空气}}$
泉1*	667	25.6	26.0	0.12
泉12*	596	22.8	26.2	0.12
泉 2	2750	25.0	110	0.12
泉 3	511	24.9	20.5	0.12
泉 4	2410	24.3	99	0.12
泉10	518	24.6	21.0	0.13
泉11	1470	20.1	73	0.13
井 5	2810	25.3	111	0.12
井 6	2190	21.0	104	0.12
井 7 **	(9.3)	(0.74)	(12.7)	0.13
井 9	5450	54.9	99	0.12

* 同一泉的重样;

** 取样瓶中有 53.7 克凝结水汽

表 2

板块边缘不同地区热水的对比

	强酸性水	过热卤水	过热纯 Cl-Na水	过 热 Cl-HCO ₃ , HCO ₃ -Cl水	CO ₂ 流体
现代消减带(岛弧-海沟)地区(西太平洋)	发 育				
地缝合线地区(西藏、滇西)	不 发 育		发 育		极发育

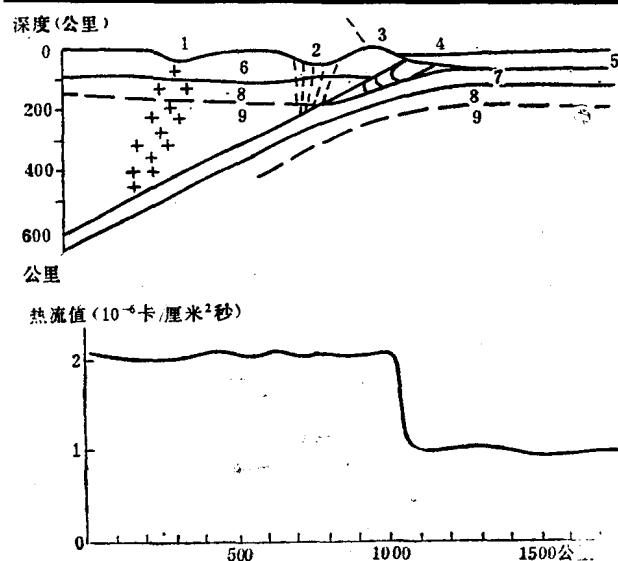


图 3 东北日本弧的典型剖面 and 热流剖面

1—弧后盆地系; 2—边缘海; 3—火山带; 4—海沟;
5—海平面; 6—大陆地壳; 7—海洋地壳; 8—地幔的
岩石圈部分; 9—地幔的软流圈部分

西藏、滇西腾冲一带的流体地球化学特征与西太平洋岛弧海沟对比, 两者差异较大(表 2), 热流异常分布特征也不同(图 3)。处于不同发展阶段的板缘地带—地缝合线和现代消减带动力条件的不同在流体中得到明显的反映。考察一些深大断裂活动部位的流体, 是研究新全球构造学的新途径。

在我国东部的华北断块, 不仅其边缘均为岩石圈大断裂, 而且在断块内部, 地堑、隆起等次级构造单元的边界也是切割深度不同的较大断裂。对断块边缘和地堑、隆起内的几个断裂带的考察发现在有新活动的部位, H₂、He、CH₄、CO₂ 增高。如庐断裂束状分支的东端, 北京地堑内水热活动强烈的崇文门断裂

属之。这些断裂都是长时间活动的深断裂(图4,5)^[4]。斯克里普斯海洋所协助测得其 R/R 空气值大于西藏羊八井热田数倍。地震活动期沿这些断裂有流体的异常运移。

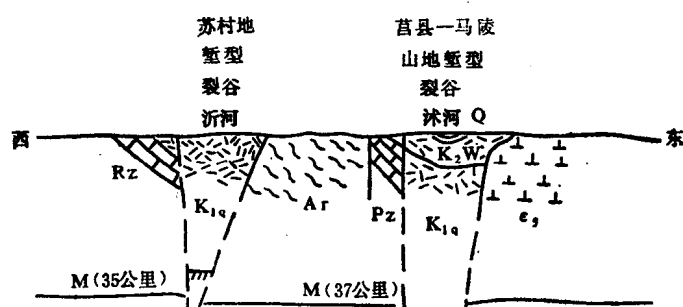


图4 沂沐裂谷深部地质背景图(据山东省地质局803队资料)

裂所截(图6)。

在此区濮阳一带,历史上曾发生过6.5级地震,而在相邻的地区如磁县、菏泽等地曾发生过7级以上地震和1982年的6.5级地震,4级以上中等地震很多,小震近年的活动也频繁。

在此区内,自1975年元月开始不断出现井水翻花、冒泡、发响、冒气等现象。这种现象的出现次数多,面积大。直至1982年仍有些井不时翻花、冒气。在长垣断裂与安阳断裂交汇处的清丰仙庄和稍微离开断裂的清丰大流、内黄东潘井区,从仍有气体涌出,深仅30米左右的浅井中采取了流体样。这些井取样时已停止抽水

月余,井口较大(75厘米),敞口,水位距地表7米左右,井壁有水泥筒支护。在这种水面与大气长期接触,长期抽水的静水中,经分析仍溶有2200ppm的 He ,尚有10%以上的 CH_4 和0.5—30%的 CO_2 等。水值为 HCO_3-Na 型, HCO_3 含量高达1000毫克/升(也可称为二氧化碳流体出露点^[6]),有较高硫酸钙、镁盐。从而否定了五年来一直认为气体是水位上升挤出的浅部土壤气的判断。氦气在空气中仅占 5×10^{-6} (体积百分比),又是最轻的惰性气体,极易向大气和宇宙逸散,能有大于空气440多倍的浓度存留于长期与空气接触的水中,说明有不断的补给,而氦气在现代地下水、气中含量极微,如此浓度应当与较老地层中的地下水、气有关。有的井仅 CO_2 增高,尚须进一步调查。

这些翻花冒气井,首先是因为含水层顶部有一定隔水、隔气含粘质成分的顶板,而氦是以断层为通道上来的,断层的活动性和渗透性近期有增强。这一地区内有深部气体沿断层上涌的活动部位,当然不止查出的这些,在近年出现翻花冒泡的井中开展类似的流体地球化学

华北断块中部,在隐伏的活动断裂交汇部位,我们对其上覆第四纪松散沉积中浅层井群流体作了一些研究。其结果同样证明沿正在活动的断层有流体的上涌,甚至可在浅部查出。如位于华北断块中部的豫北地区,区内有北北东或北东、北西西两组断裂,前者使本区构造具两隆两凹的展布规律,南北两端为后一组断

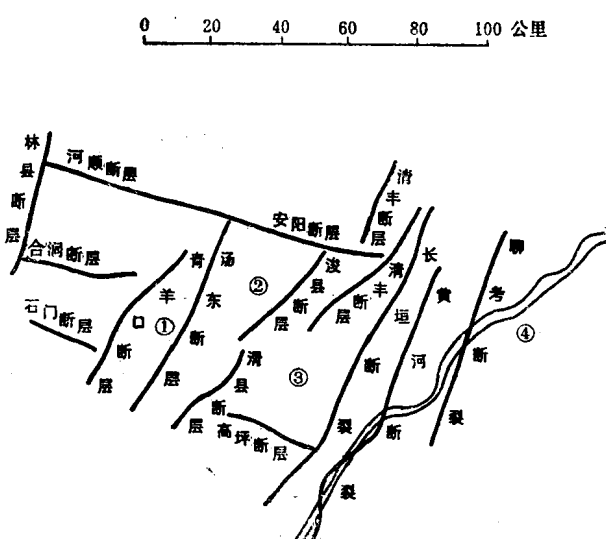


图5 豫北地质构造图(据李亭:豫北安阳地区构造活动特点与地震,1979)

1——汤阴地堑; 2——内黄隆起; 3——东濮凹陷; 4——鲁西隆起

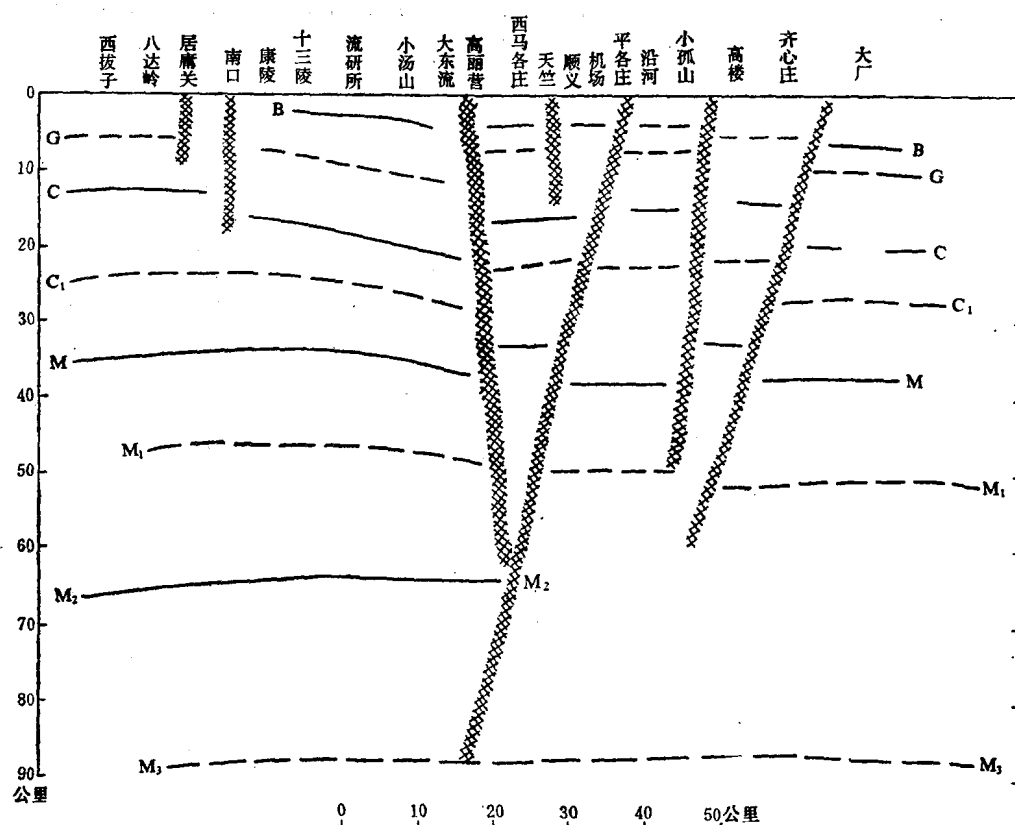


图 6 北京地区地壳上地幔构造剖面图 (据国家地震局地质所转换波测深资料)

测试, 将可进一步区分出哪些现象是浅部水文地质条件改变引起的, 哪些与深部有关。从地震地质背景、历史地震、微震活动等方面分析, 均可看出这一地区及邻区是一地震活动区。在已查出的断层活动部位加强监视地下流体的变化实属必要。观测组可分为 He 、 CH_4 、 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 、 CO_2 、 HCO_3^- 与 Cl^- 、 SO_4^{2-} 的比值, Na^+ 与 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的比值。

正是在断层活动部位, 在近年的一些强震前观测到流体幅度明显的异常运移。如八宝山活动断层拐弯处万泉庄枯井气体 Ar/N_2 、 CO_2 的异常, 新生代多次火山喷发通道中的崇文门断裂的光华热水中 H_2 的异常, 郑庐断裂带束状分叉西端的 Rn 异常, 香柏河断裂的水温异常, 尤门山断裂的水质异常等, 都属于这类异常。

流体地球化学方法在研究区域构造和地震活动性, 找出监视地下流体动态时适合于特定地质、水文地质条件的相应组分, 捕捉可能的地震前兆等方面, 都是有效的。这是一个新发展起来的领域, 一些极为初步的探讨有待于不断的工作进一步深化。

参 考 文 献

- [1] 蔡祖煌、石慧馨, 地震流体地质学概论, 地震出版社, 1980。
- [2] 穆铎, 羊八井地热田地下热赋存与地质构造的关系, 水文地质工程地质, 1期, 1980。
- [3] 安可士, 张锡根, 何世春, 羊八井地热田地球化学特征, 水文地质工程地质, 1期, 1980。
- [4] 高维明, 郑朗荪, 沂沭裂谷带地热异常特征, 沂沭断裂带地震地质论文集, 1979。

- [5] Barnes, I., Irwin, W.P. and White, D.E., Global distribution of carbon dioxide discharges, and major zones of seismicity, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigation.

试论地下水位震兆变化与地质构造的关系

张洪波

汪成民

(唐山水文地质观测站)

(国家地震局分析预报中心)

唐山、滦县是一个地震十分活跃的地区。唐山大震及其余震的资料表明,在多数地震前,地下水位均显示异常变化,但异常现象的形态、幅度、持续时间与地震的关系比较复杂。除与震级、震中距等众所周知的因素有关外,还受到过去并未引起充分重视的构造因素的影响,表现在:1.同一口井在其周围不同构造部位的地震前,水位异常形态、幅度和持续时间差别较大;相反,在同一构造部位的几次地震前,尽管震中距、震级不同,但异常大体相同。2.同一次地震对处于周围不同构造部位的井孔影响不同,而处于同一构造部位的几口井,大体不受震中距等因素控制,异常基本相似。

一、区域构造概况

唐山地震区位于东西向构造带与北北东向构造带复合部位,褶皱断裂发育,构造颇为复杂。区内青龙河断裂、雷庄断裂、昌黎断裂、唐山断裂、韩家庄—沙河驿断裂、蓟运河断裂等基底断裂控制了发震地质背景及异常的空间分布(图1)

在新构造运动的作用下,地形自北向南呈梯级状下降。全区可分为三个水文地质单元:

1.北部中低山丘陵水文地质区,赋存有基岩裂隙水和山间河谷平原砂卵石潜水。2.中部山前倾

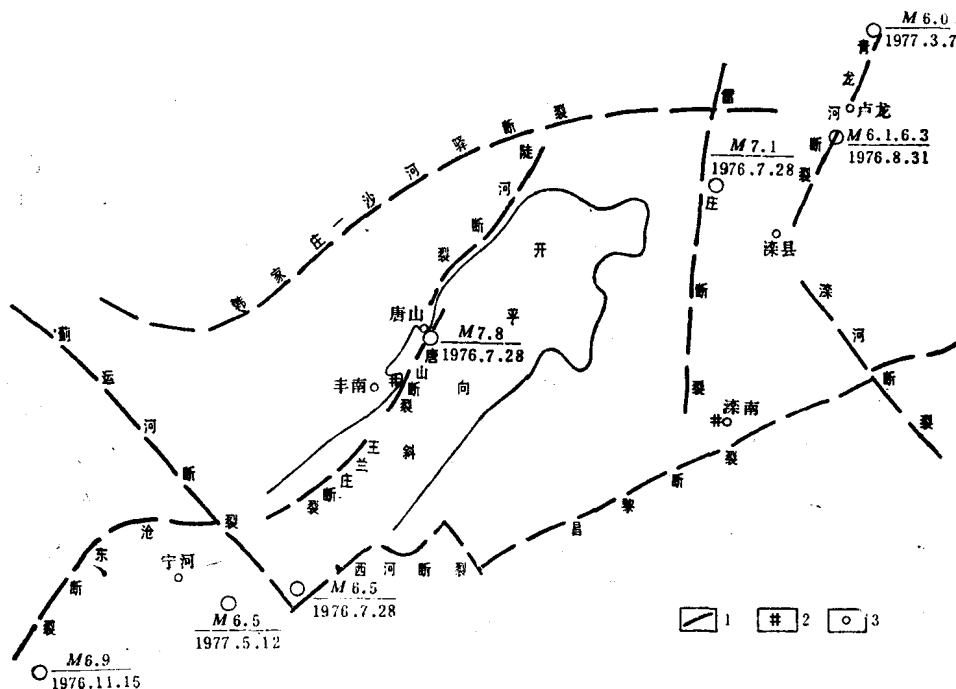


图 1 唐山地区活动断裂、震中及井孔位置分布图

1——活动断裂; 2——观测井; 3——城镇

斜平原水文地质区, 赋存有上覆第四系砂卵石层及砂层孔隙水以及深部的基岩裂隙水和岩溶水。3. 南部滨海平原水文地质区, 上下部砂层孔隙淡水之间夹有咸水层。

二、剖析三口井水位对唐山大震及其中强余震的反映

唐山 7.8 级地震及其余震前后地下水震兆现象非常复杂, 数量之多、强度之大, 范围之广, 在国内地震史上是罕见的。现讨论岳 42 井, 滦南井、卢龙井的水位震兆变化与地质构造条件的关系。

(一) 岳 42 井

位于开平向斜西北翼岭子背斜轴部, 唐山 5 号断层的西侧。井深 706.07 米, 0—427 米为第四系冲积层; 427—541.70 米为石炭二叠纪地层; 541.70 米以下为奥陶纪灰岩; 现观测灰岩岩溶裂隙承压水。由于井孔封闭条件较好, 含水层分布广, 能灵敏地反映地球潮汐体应变, 潮差可达 16 厘米。据统计, 固体潮重力理论值增加 15 微加左右, 引起水位上升 1 厘米; 气压上升 1 毫巴, 水位相应下降 0.7—0.9 厘米, 雷雨之前气压突变, 水位相应突变, 具有较好的负相关变化; 灰岩在市内以孤山形式零散出露, 可直接受降雨补给, 通常雨后 6—10 小时岳 42 井水位开始明显上升; 城市工业生产和生活用水对灰岩岩溶水的过量开采引起水位下降; 矿坑疏干对岩溶水影响表现为区域性大范围小幅度的渐变变化; 穿越唐山市内的陡河河水流流量超过了 6—8 米³/秒, 对岩溶水有明显补给。通过多年观测资料对比, 可对上述干扰因素作定性或半定量排除。

1977—1980 年唐山地震区发生 $M_s \geq 4.5$ 级地震 42 次。从图 2、表 1 可清晰地看出水位临震动态受活动构造控制, 异常变化具有分区性。

1977—1980 年唐山老震区 42 次 $M_s \geq 4.5$

表 1 级地震震兆分类表

震兆分区	震中位置	发震数	水位震兆变化特征统计	震兆评价
I	丰南、唐山、古冶一带 (唐山断裂附近)	16	下降 13 次占 81.2% 上升 2 次, 正常一次	震前水位下降 反映较好
II	古冶北及陡河水库一带 (开平向斜北翼)	6	上升 4 次占 66.7% 下降 1 次, 干扰影响 1 次	震前水位上升 反映一般
III	雷庄、卑家店一带 (雷庄断裂以西)	6	升降变化无一定规律	反映不明显
IV	滦县、卢龙一带(青龙河 断裂至雷庄断裂一带)	14	升降变化无一定规律、仅卢龙 一次 6.0 级地震前水位上升	反映不好

I 区内水位异常特征: 震前几天下降, 临震前几小时回升, 震时突升, 震后缓升。如 1980 年 3 月 12 日唐山市 4.9 级地震, 震前三天水位下降, 临震前 3 小时急转回升 2.5 厘米, 震时突升 3.2 厘米, 震后缓升并逐渐恢复正常。

II 区内地震水位异常特征: 震前几天水位往往明显上升, 在峰值附近发震, 震后水位下降。

(二) 滦南气象站井

位于昌黎断裂北侧, 雷庄断裂以东, 地处滦河冲积扇中段。孔深 250.48 米, 观测 200 米

以下第三含水组砂层孔隙承压水。隔水层稳定,不受当地开采影响,水位动态稳定,日变幅度为1—2厘米。每年低水位多出现在7月,高水位多出现在9、10两月。多年水位动态曲线资料表明,1976年唐山7.8级地震前水位有明显上升。从降雨补给角度进行对比,1978年下半年与1979年上半年降雨量之和略高于1975与1976年同期降雨量之和。但是,上升幅度却小于唐山大震前。震后18天内水位持续下降1.10米左右,后效时间之长,幅度之大,都远远超过前兆变化量。地震前后水位瞬时变化突出了与发震构造部位的关系(图2)。该震对唐山7.8级,滦县7.1级地震的震中距离大体相当,由于所处发震构造条件不同,同一口井也会出现相反的动态变化(表2)。

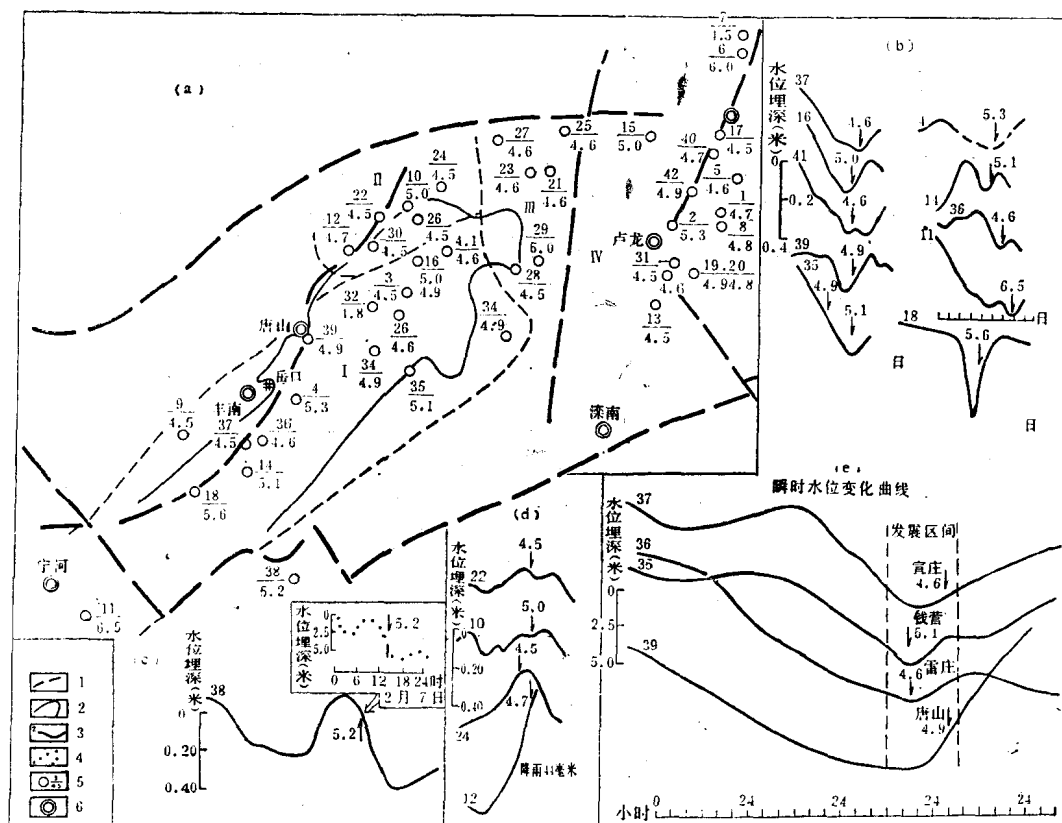


图2 岳42井水位变化及震中分布图

a——构造与井孔和震中分布图; b、c、d、e——水位瞬时变化曲线。1——活动断裂; 2——开平向斜;
3——水位曲线及震例号; 4——异常分区; 5——震中 地震编号; 6——市县

(三) 卢龙崔庄井

位于青龙河断裂附近,井孔座落于青龙河漫滩上。孔深408.08米,0—16.51米为第四系砂砾石层;16.51—408.08米为前震旦纪片麻岩。28.55米以上套管封孔,观测基岩裂隙水,水温37°C左右。附近河床内温泉水温高达50°C。由于基岩裂隙发育并与上覆砂砾石层直接接触,可接受降雨与河水补给,引起井孔水位上升。

卢龙崔庄井对唐山7.8级地震和4次6级以上地震有不同程度的反应。唐山7.8级地震是在频频大雨之后,青龙河河水猛涨条件下发生的。对比多年同期降雨量,河水流量与井孔水

表 2

唐山7.8级与滦县7.1级地震水位变化对比

发震时间	震中距	水位变化特征		
		震前	震时	震后
1976年7月28日03时42分 唐山7.8级地震	40公里	震前11小时水位突降5厘米	水位下降29厘米	缓慢下降15厘米
1976年7月28日16时45分 滦县7.1级地震	36公里	7.8级地震后水位下降逐渐转平(相对回升)	水位上升9厘米	11小时水位上升6厘米,然后转平

位资料,似乎震前三天水位上升是一种似升实降的震兆变化特征。震时水位强烈跳动(下降27厘米,回升57厘米,最后强烈下降1.38米)。28日7时17分6.5级地震(震中位于蓟运河断裂、西河断裂交汇部位北侧),水位由上升转平,震时重复下降。滦县7.1级地震由于水位强烈波动,自记曲线出格,很难分析震时水位瞬时变化全过程。但是,水位初动向上至少有80厘米变化幅度,与唐山7.8级地震水位初动方向明显不同(图3)。对于青龙河断裂附近地震,该井水位异常特征表现为固体潮形态畸变。如1976年8月31日11时卢龙南6.1级和6.3级地震,震前10小时水位正处于日变规律性下降过程中,突然上升3.5厘米,震时水位在跳动中下降9厘米。1977年3月7日8时卢龙、迁安间6.0级地震,震前潮差受到破坏,2月18日(正月初一)前后,潮差未增反明显减少,震时水位下降55厘米(图4)。

沧东断裂、蓟运河断裂复合部位构造区地震临震前水位有下降特征。如1975年11月15日21时宁河6.9级地震,地震时水位下降6厘米。1977年5月12日19时宁河6.5级地震前极短时间,水位突然下降3厘米,看来震前水位下降可能不是一种偶然现象。

总之,三口井的震例资料表明,每次地震前,水位异常的形态、幅度、持续时间等特征都受到构造条件制约。在复杂地质构造条件下,井孔反应并非都按震级大小、震中距远近千篇一律的格式变化。每口井对发生在它周围固定位置的地震具有相似的反应方式,我们称它为井孔对地震反应的“选择性”。

三、剖析三次地震对周围井孔水位的影响

地下水震兆现象对于一次破坏性地震往往依据构造条件呈现区域性变化。现讨论三次地震水位震兆

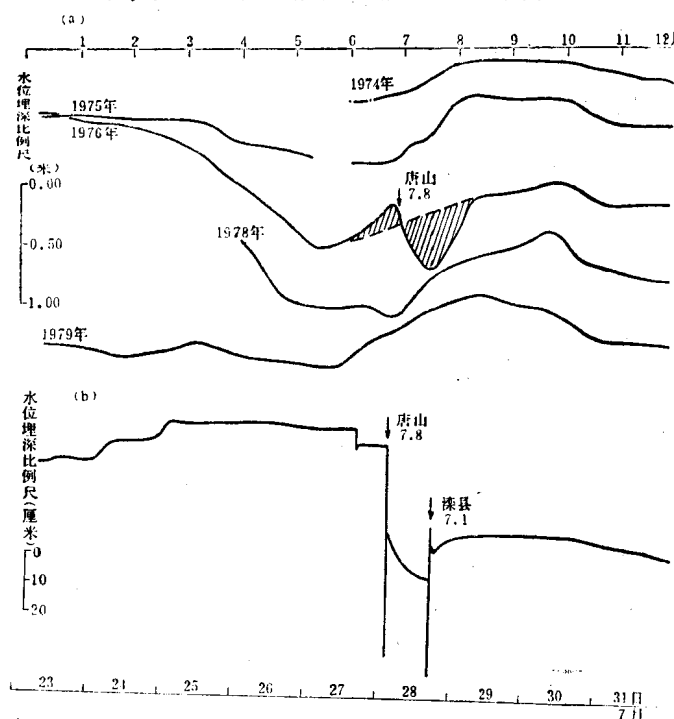


图3 滦南井唐山7.8级地震水位动态曲线

图b是图a中间唐山地震前后的水位变化放大

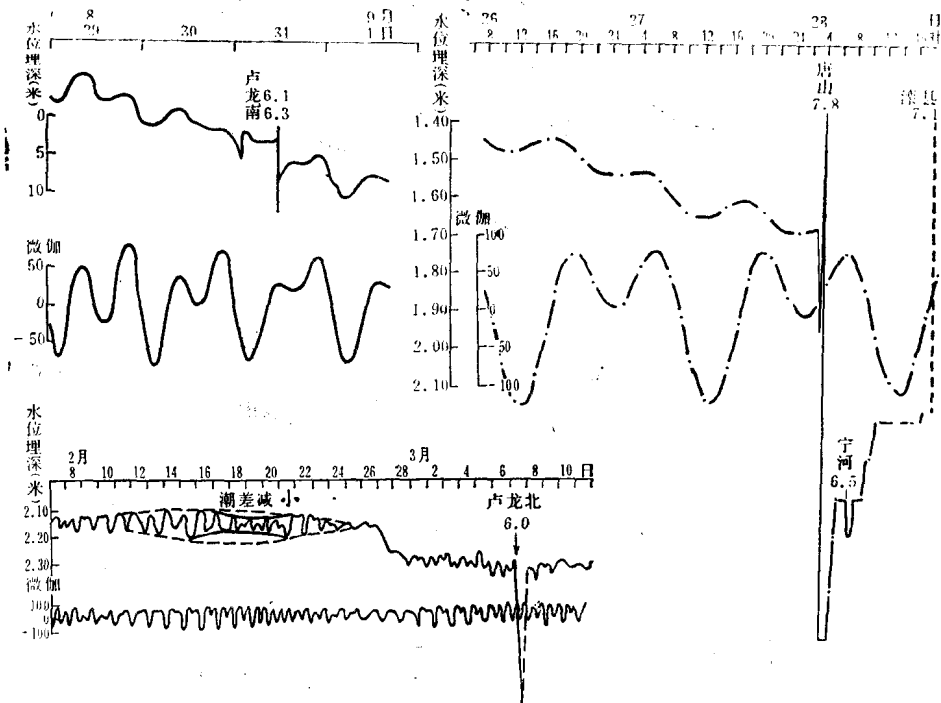


图4 卢龙崔庄井在不同地震前水位震兆曲线

变化特征。

(一) 唐山 7.8 级地震

1976 年 7 月 28 日 3 时 42 分唐山 7.8 级地震，震中区附近(构造块体内)，尤其沿唐山断裂带(包括王兰庄断裂、陡河断裂)地下水水位震兆变化表现出一定的阶段性(图 5)。7 月 27 日下午以前地下水多呈强烈下降、泉水断流、井水忽升忽降等现象。27 日晚则转为水位明显上升，28 日凌晨井水出现自流自喷现象。异常出现先后顺序及其特征与 1980 年 3 月 12 唐山 4.9 级地震水位自记曲线非常相近。它们反映了震中区尤其沿唐山发震断裂地下水水位“震前下降，临震回跳，震时突升，震后恢复”等几个变化阶段的全过程。

震中区周边活动断裂附近的井孔水位则表现为相反变化，如昌黎断裂附近的滦南井、青龙河断裂的卢龙井、雷庄断裂附近的安各庄井等。

(二) 王兰庄 5.6 级地震

1977 年 11 月 27 日 6 时 46 分丰南王兰庄 5.6 级地震，震前两天地下水沿断裂呈现北东北向条带状下降异常图形(图 6)。时已入冬，灌溉结束，地下水位趋于稳定。在此背景下各观测井水位不约而同下降(下降观测井占 84 %)，岳 42 井震前 10 小时水位突降 28 厘米，充分显示了地下水沿活动断裂的急剧变动。

(三) 南孙庄 4.8 级地震

1970 年 5 月 25 日 0 时 34 分丰南南孙庄 4.8 级地震，水位异常变化特征表现为：1. 在降雨背景下震中区附近地下水呈现区域性下降，如位于唐山断裂的丰南宣庄井震前 6 天水位突然下降 47 厘米，震后回升。2. 震前震中区短时间地下水、河水强烈上升，如小李庄压水井水位上升到井口附近；董庄子震前河水猛涨，震时掀浪半尺高，水浪逆风前进。3. 沿