1966年2月5日东川6¹、。级 地震水动态过程和孕震震源的研究

黄永祥

(云西省地震局)

对于深度不超过20公里范围内的浅源地震,震源介质岩石中充满着流体(水)。岩石的许多性质 的变化都与孔隙流体(水)的存在与运动有关。研究孕震震源必然要同时研究水动态过程。

地震与水动态的变化问题,我国古代有不少记载,郭增建等^{[1][2]}对历史地段和现今地没有过较 详细地总结研究。我国和其它国家对水动态予报地段的工作愈来愈引起了重视,近十多年来有了较大 的进展^[3]。

作为水动态与段源力学性质方面的探讨^{[4][6]}多数讨论的是流体渗透地球介质中剪切断层作用的 力学问题。但是我国大多数浅源地段断层面近于直立,不仅有平行断层的滑移运动,还有垂直于断层 的张性或压性和某些转动,与弹性静力学位错理论得到的走滑断层或倾滑断层的理论位移场相差甚 远^[6],

本文从1966年东川地震的大量水动态资料出发,以膨胀一扩散,包体孕震的角层,以这次地震为 例对震前水动态过程和孕震震源作些分析,而不追究断层性质和作用力的方式。

一、水动态资料

1966年2月5日云南省东川6**士**级地震发生后,在现场搜集了东川矿务局下风40多个水文测点的 水文资料。文中选用了其中资料连续的21个测点。水文站采取定员,定时,用堰或汕速仪观测,其误

X	泉号	二月	二月	四月	五月	变化率 (5月/2月)
AZ	2 #	64.3	60.3	58.3	57.7	10%
AX	2~1 *	54.0	50.7	48.0	48.7	10%
C⊠	, 7 *	23.9	21.0	21.3	21.8	9 %
CK	8#	0.37	0.30	0.30	0.33	11%
DIX	10*	189.8	162.2	153.8	152.7	20%
D <u></u>	11#	155.7	137.0	125.0	112.2	28%
EX	20≄	5.20	4.93	4.70		10%
EX	20~1 *	29.8	27.4	25.8	23.5	21%

表1 1967年各区水流量月平均值表

整一般不超过1%。

ور

水流量受降雨量影响即年变率的问题,以1967年为例,每个区任选2个泉点列于表1,从表可见 2至5月是旱季,流量有趋势性减少。在四个月中最大下降量为28%,平均每月下降7%,对于大多数 獨点下降量为10~20%。震前水流量变化也就是10多天,因此在资料处理上忽略降雨量的影响问题。

(一) 震前水流量变化

这次地震震前十多天,在离震中20多公里的范围内观测到了水流量的变化。

为了简化和方便,各区水流量变化详见图1和表2,照惯例,水流量发生突变之日称为异常发生 时间,流量变化的大小为异常值。泉点到震中的距离为"震中距"。

地区	泉号	异常发生 时间 (天)	震前水流量变化特征	异常值 %	震中距 (公里)
AZ	1	1月19日 (18天)	元月19日前水流量几乎稳定不变,19日之 后逐渐增加至2月11日才逐渐下降。	+ 12%	8
AX	2	1月19日 (18天)	元月19日前水流量趋于下降,19日起开始 增加,震后猛增。	+ 10%	7
Bx	8	1月27日 (10天)	元月27日前均匀下降,27日起平稳不变, 30日后转为逐渐上升。	+ 8 %	10.5
B⊠	4	1月27日 (10天)	元月27日前均匀下降,27日至震后十多天 均匀上升。	+1%	11
BIX	5	1月25日 (12天)	元月25日前水流量下降剧烈,25日起下降 程度减小。	- 8%	11
BK	6		上下跳跃	. O	13
C⊠	7		几乎不变	0	16
C⊠	8	· ·	几乎不变	0	16
DK	9		上下跳跃	0	16
DØ	10		上下跳跃	0	16
DØ	11		上下跳跃	0	16
DØ	12		下降,没有明显突变点,下降幅度超过年 变。		17
DØ	13		下降,没有明显突变点,下降幅度超过年 度。	-	18
DX	14		下降,没有明显突变点,下降幅度超过年 度。	-	18
DØ	15	65年12月25日 (43天)	下降,65年12月25日下降加速。	- 4 %	18

表 2 震前水流量变化表

西	北	地	震	学	报	
---	---	---	---	---	---	--

¢

• •

• •

DK	16	1月8日 (34天)	下降,1月8日之前略上升, 1月8日之后下降。	- 12%	18
EZ	17	1月15日 (22天)	下降,1月15日之前略上升, 1月15日之后下降。	- 8%	16.5
EX	18		下降,没有明显突变点,下降幅度超过年 变。		18
EX	19		下降,没有明显突变点,下降幅度超过年 变。	-	18
EX	20	1月10日 (27天)	下降,1月10日之前不变, 1月10日之后下降。	- 13%	18.5
ĒX	21	1月30日 (7天)	1月30日前均匀下降,30日以后下降的更快。	- 14%	19

部分泉点水流量变化过程曲线图(见图1)。



图1 部分泉点水流量过程曲线图

(二) 震后水流量的变化

震后水流量变化,利用水文观测资料分区统计于表8。在32个测点中23个增加,4个减少,5个

几乎不变。大多数测点流量是增加的,其空间分布不同于震前的分布特点。 据宏观资料统计;震后19处出现新泉或水流量增大^{[7][8]}。

water the party of			
流量变化 泉 点 数 区	流量增加	流量减少	流量不变
AK	8	0	0
B⊠	4	2	0
СК	8	1	0
DØ	2	0	8
EØ	6	1	2
	23	4	5

表 8 震后水流量变化

二、震前水流量变化的空间分布特点

文中选用的泉点空间分布图 2。这些观测点位于震源的西北方向,分布于区域应力场主压应力方向的附近。将表 2 作成图 8,由图可见,震前水流量的变化有一定规律,呈现出水流量增加区,减少区和稳定区,各区大体上都是以震中为中心的同心园。0~13公里的中心区为增加区,而16公里以外出现了流量的下降区(最大边界约为20公里),在增加区和下降区间夹一个过渡的稳定区。水流量增加的区域,其水流量异常变化幅度随震中距的增大而减小,距震中约 8 公里左右,异常幅度约10~12%,8~12公里之间,异常减到 1~8%,而在13~16公里之间几乎观测不到变化或上下跳跃。下降区的异常幅度为 4~14%,与距离的关系不很明显。



图 2 泉点地理位量分布图



三、震前水流量变化时间进程的变化特点

这次地泛震前水流量变化不仅异常值的大小和正负有上述特点,而且异常发生的时间与震中距之间也有一定关系,等常首先从紧靠震中的中心区开始随后逐渐向外扩展,0~8公里在震前约18天可观测到异常,在9~13公里在震前约10天可观测到异常。第二个特点是异常发生的时间下降区出现的更早一些,最早的可早到43天。下降区从时间上也大致有一个向外扩展的过程。

四、水动态过程和震源模型

这次东川地震水动态过程从空间分布上呈现水流量增加区,稳定区和下降区,从时间上表现为下 降区比增加区早一些,而两区均表现为由内向外扩展的过程。从异常幅度上水流量增加区有随距滑震 中由大向小的递减过程。这是为什么呢?是值得深思的。

从膨胀——扩散模型出发,震前水动态过程可以理解为震源介质(充满水的岩石)发生膨胀,孔 压降低,有效围压增大,(意味着岩石强度增大),但这只仅是一种暂时的强化,因为孔液(水)将从 邻区未受压的岩石流到上述孔压减小的区域(震源)。我们认为1966年东川地震的水动态过程正是反 应了这样一个震源膨胀——孔液扩散的过程。如采我们将震源膨胀区视为一个膨胀球,震源力学模型 就是这个膨胀球内嵌在周围介质中,也就是通常说的孕震包体。

五、孕震包体震源模型的应力分布解

为了简化起见,只考虑平面应力问题,而且夸大其膨胀的作用,孕震包体理解为一个半无限板靠 近其直线边缘嵌了个空孔,它受到平行于此直线边缘的均匀压力作用(见图4)。

1921年杰弗里(Jeffery)^{(9]}和1948年明德林(Mindlin)⁽¹⁰⁾曾用双极座标解出了这个问题, 其结果详见图 5-A,曲线表示沿边缘最大剪切应力的变化,当孔靠近板边缘时(即当震源很浅时,



135

应力集中在孔上面的区域是很显著的,而且周围区域的应力被应力集中区"吸收"了。

然而这个空孔模型可能过于简化,我们改成有一个有限刚度的包体半无限板,可能会更 合 理 一 点,但这种模型的解却不容易求得。1931年妹泽和西村 (Sezawa and Nishimura) ^{[113} 给出了这 个问题的解 (见图 5—B) 当膨胀区的有效刚度若比周围介质大约小20%时,也会拧成很大 的应力集 中,与空孔的解答是相类似的。

六、结 语

1966年2月5日东川6 去级地震位移场^[12]和压扭性断裂理论位移场^[0]均有软详细的研究,证 明东川地震不是简单断层错动。从包体理论可知包体破坏与张应力关系密切,图5--C中小江东断裂 张压活动图也勾画出了明显地张区和压区。从以上包体应力场分布解看,震源靠近地面时孔上面的应 力集中是很明显的,而且周围区域的应力被集中区"吸收"了,如果将水动态过程,简化为图5-D,由此可见,图A、B、C、D,是很吻合的,震源膨胀区应力集中,水流量增大,张应力活动也促 成张裂纹活动,使水流量亦增大,外区应力被"吸收"使水向震源膨胀区流动扩散,显出水流量减 少,中间稳定区水流量上下跳跃,显出应力过程不稳,或扩散过程的非线性性。异常时间扩延过程比 较复杂,本文不再讨论。从本文看出不追究断层性质和力的方式,由膨胀——扩散,包体孕院较好地 解释了这次地震的水动态过程。

此水流量资料由东川矿务局提供, 谨致谢意!

参考文献

- (1) 郭增建 地球物理学报 1964, Vol.13, No8。
- 〔2〕郭增建等 地球物理学报 1974, Vol.17, 99~105。
- 〔8〕石慧馨等 国外利用地下水、气予报地震研究的新进展。
- (4) J.R.Rice

Pore Fluid proceesses in the Mechanics of Earthquake Rupture

(5) A, Nur etc,

Proceedings of the Conference on Tectonic problems of the San Andreas Fault System, Stauford university, p.391~404.

- (6) 罗灼礼等 地震学报 1981, Vol.3 No4.
- (7) 东川救灾指挥部地震地质组 1966, 4.
 - 《东川地区地霞地质调查报告》
- (8) 东川矿务局设计科 水文地质组 1966.3.27。 《东川水文地质地震调查报告》
- (9) Jeffry.G.B. 1921. Plane strees and plane Strain in bipolar Co-ordinates, Trans R.Soe. (Lond) 221: 265~293.
- (10) Mindlin, R. D; 1948. Strees distribution arounds a hole nean the edge of a plate under tension, proc.Soc.Exp.Stress anal, 5: 56~68.
- (11) Sezawa, K.and Nishimura.G.1931. Rep. Aeron. Res.gnst, Tokyo gmp UNiv., 6: 25~43.

〔12〕国家地震局地震测量队《地震战线》1975年第8期。