

大桥 4.6 级水库地震的主压应力变化*

胡先明¹, 谢蓉华¹, 韩进¹, 王余伟¹, 孙毅¹, 陈慧²

(1. 四川省地震局, 成都 610041; 2. 云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 利用大桥水库遥测地震台网的模拟地震记录初动符号资料, 分年度和不相等时间段测定大桥水库小震综合断层面解, 寻找 4.6 级水库地震的主压应力变化。利用 1996~2005 年大桥库区 689 次地震的 1 605 个初动符号, 求出 P 轴和 T 轴的参数, 结果显示: 从蓄水到主震发生, P 轴方位角, 随时间越来越逼近主震 P 轴方位角; 逼近主震时解的精度高, 矛盾比变小; T 轴方位角主震前相对一致。

关键词: 大桥水库; 震源机制解; 小震综合断层面解

中图分类号: P315.72⁺⁷

文献标识码:

文章编号: 1000-0666(2009)04-0366-06

0 引言

小震综合断层面解的变化, 反映了 P 波携带的震源信息, 它与地震前后区域应力场的动态变化有一定关系。该方法可作为监视区域构造应力场动态变化的有效方法 (吴荣辉等, 1989)。20 世纪 70 年代中期, 小震综合断层面解的研究在国内发展比较快, 北京、云南、四川、内蒙古、新疆和福建等地的地震工作者均开展了大量的工作, 取得了丰富的资料和成果 (梅世蓉等, 1993), 如川滇地区的 8 次 7 级大震前 5 年内中强震震源机制解。它们的发展应力场往往经历了与区域构造应力场和大震应力场一致与不一致的多次交替变化。大震前最后一次中强震也发生在距大震震源区较近的地方, 其发展应力场与大震发展应力场明显不一致 (王绍晋等, 2001)。崔效锋, 谢富仁 (1999) 利用震源机制解对中国西南及邻区进行应力分区, 通过对 297 个地震震源机制解的反演分析认为中国西南及邻区可分为 5 个应力分区。樊跃新等 (2007) 研究认为渔洞水库蓄水和水位变化对研究区构造应力场没有明显的影响。刁桂苓等 (1996) 对 1976 年云南龙陵地震群 602 个中小地震的震源机制解的研究表明, 小震机制解的优势取向和主要类型与序列中的大地震震源机制一致。

周克森 (1985) 研究了新丰江水库区 4 个台站的小震资料, 其震源机制解反映了本区构造应力场的主要特征。魏柏林等 (1991) 对 1983 年 10

月 1 日~1987 年 4 月 30 日新丰江 165 次小震 P 波初动资料震源机制解的研究显示了以南北向挤压为特征的构造应力场。对新丰江水库地区自 1961 年下半年到 1999 年底近 40 年的大量小震, 分时段、分块计算小震综合机制解表明, 地震的破裂方式由 1962 年发生的 6.1 级主震前的走滑型为主转变为主震后的正断型破裂为主; 主压应力 P 轴的方位和倾角随水库水位的不同表现有所差别 (郭贵安等, 2004)。薛军蓉等 (2004) 研究了三峡水库蓄水初期 9 次微震震源机制解特征, 发震断裂滑动类型从蓄水前的斜滑型改变为蓄水后的倾滑型, 地震构造主压应力 P 轴从蓄水前的以水平力和近水平力为主改变为蓄水后的以垂直力为主, 构造主应力方位则不太集中。

大桥水库位于安宁河地震带, 是国内唯一的一座处于强震多发地区和高地震烈度区大型水库, 坝高 93 m, 库容 $6.58 \times 10^8 \text{ m}^3$, 1999 年 5 月 20 日蓄水。水库遥测地震台网于 1994 年 10 月试运行, 1996 年 7 月通过验收 (胡先明, 2005)。2001 年 9~11 月库区内有密集分布的高频次、近地表的小震群活动, 以致库区内地震存在 b 值与 η 值等地震学异常 (胡先明, 2003)。这个小震群震级小、频次高, 分布在一个震源深度浅、地域小的空间范围内, 为典型的前兆震群 (胡先明, 2004b)。2002 年 3 月 3 日 08 时 23 分, 在安宁河断裂带上的冕宁县大桥乡大桥水库大坝下游 3 km 处发生 4.6 级地震, 震中烈度为 VI 度, 冕宁县城震感强烈, 大桥水库发电机房预警装置报警, 值班人员震感

* 收稿日期: 2008-12-01.

基金项目: “十一五” 国家科研计划支撑项目 (2006BAC01B04-02-01) 资助.

强烈,震区民房出现微小裂隙,地震没有对大桥水库大坝造成影响。利用序列特征、库水位变化与地震的相关性、地震地质构造和震源机制解,判断该次地震是滞后响应的构造型水库诱发地震,属主震—余震型水库诱发地震类型(胡先明,2004a;谢蓉华等,2004)。分析认为地震发生前的2001年9~11月库区内密集分布的高频次的近地表的小震群是典型的前兆震群(胡先明,2004b)。对蓄水后的全时段地震空间扫描结果认为库区及附近和该次地震震中处于 b 值、 C 值、 D 值和地震活动度 S 值的高值区(胡先明,2005)。该次地震发震构造是安宁河东支断裂附近具有正断层性质的一个分支断裂(胡先明,叶有清,2005)。用穿过大桥水库蓄水区域底下的地震波所计算的波速比在主震前存在高值异常(胡先明等,2008)。

1 基本思路

1.1 工作思路

地震预报是世界性难题,水库地震预报由于受水库蓄水的影响等因素更加困难。作为水库地震研究工作者,我们力图从已经发生的水库诱发地震中找寻能够反映水库地震的相关信息,为今后水库地震监测预报服务。笔者通过对大桥4.6级地震深入研究,认为:该地震属于水库诱发地震,发震构造具有正断层性质,主震前的小震群为典型的前兆震群,主震前库区内地震存在 b 值与 η 值等地震学异常,4.6级地震处于地震空间扫描 b 值、 C 值、 D 值和 S 值的高值处,波速比在主震前存在高值异常(胡先明等,2003,2004a,2004b,2005a,2005b,2005c,2008;谢蓉华等,2004)。

本文利用大桥水库遥测地震台网10年的模拟地震记录,取初动符号资料,计算出大桥水库区的小震综合断层面解,利用大桥水库小震综合断层面解的时间变化,对比区域现代构造应力场和4.6级地震的震源机制解,找寻该次地震前后可能存在主压应力变化的有用信息。

1.2 小震综合断层面解

小震综合断层面解方法又称小震平均节面解方法,其基本思想是:设想一个较小的区域在统一的构造应力场的作用下,区内发生的地震有统一的或存在一个优势取向的震源机制解,台站周围发生的多次小地震的较为一致的震源机制解就可以综合表示为相当于一次地震的震源机制解。 m

个台站记录到 n 个地震的P波初动符号,即 $m \times n$ 次P波初动符号,综合投影于一个标准参考球上,在乌尔夫网上就会得到相当于一次地震的 $m \times n$ 个台站的P波初动符号,可以求解出多台平均断层面解(王海涛等,1992)。基于双力偶震源模型,通过多台平均断层面解,由双力偶震源模型来研究孕震应力场的变化。本研究试图利用小震综合断层面解,分年度做出其观测结果,找出在大桥4.6级地震前后主压应力和主张应力的变化,并与区域应力场和大桥4.6级地震震源机制解进行比较,总结水库诱发地震震例。

1.3 区域应力场

大桥水库地区现代构造应力场方位为北西—北西西方向。从区域上看,大桥水库北侧、东侧为鲜水河—安宁河—则木河活动断裂,西侧为金沙江活动断裂,南侧为红河活动断裂,由这些活动断裂所围限的地块呈现出向南东方向运动的特征。而导致这些断裂错动及地块位移的是北西方向的主压应力作用,表明大桥水库地区现今处在北西—北西西方向构造应力场中。1977年9月四川省地震局通过对冕宁泸沽花岗岩进行的浅孔地应力解除,求得最大主应力为 412 kg/cm^2 ,最小主应力为 36.6 kg/cm^2 ,最大主应力方向为 $N59^\circ W$ 。靠近大桥水库的几次中强地震震源机制解的主压应力轴方位分别为:1952年冕宁石龙6.7级地震为 128° 、1967年石棉4.8级地震为 63° 、1970年冕宁5.3级地震为 276° 、1972年西昌4.8级地震为 138° 、1975年康定6.2级地震为 150° 、1977年冕宁4.8级地震为 72° 、1989年石棉5.2级地震为 129° 、1994年沐川5.7级地震为 316° 、2001年雅江6.0级地震为 68° 、2002年大桥4.6级地震为 170° 。我们用西昌地震传输台网中部分台站记录的1986~1989年间400多个初动符号,按年度分别求解小震综合断层面解:1986年和1987年分别为 95° 、 97° ,1988年为 124° ,1989年为 307° 。2002年3月3日大桥水库诱发4.6级地震的震源机制解:节面I走向 155° 、倾向NE、倾角 47° ;节面II走向 6° 、倾向NW、倾角 47° ;P轴方位 170° 、倾角 74° ;T轴方位 80° 、倾角 0° 。较小区域的震源机制解的主压应力轴方位为北西—北西西方向。我们从收集到的川滇415次3级以上地震的697个震源机制解资料库中,选取震中范围在 $27^\circ \sim 30^\circ N$, $101^\circ \sim 104^\circ E$ 的地震有136次。

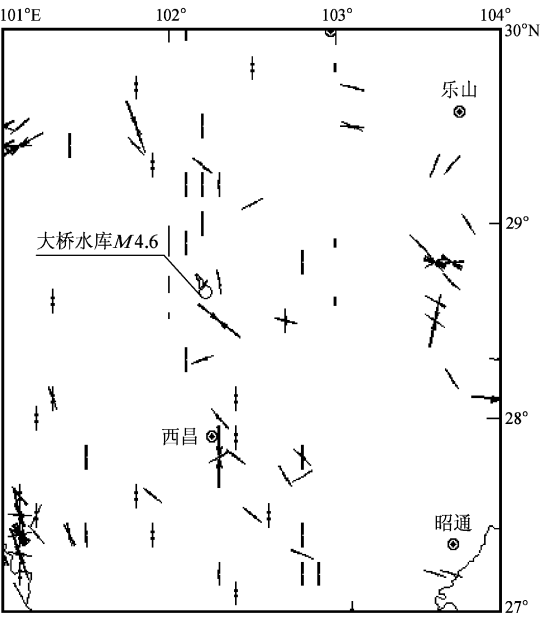


图 1 大桥水库区域 P 轴走向展布

Fig. 1 Regional distribution of P-axis direction

2 资料的选取与处理方法

选取台站震中距 ≤ 150 km 范围内的所有地震,要求地震定位精度为 1 ~ 2 类,震源深度准确。1996 ~ 2005 年在大桥库区及附近 (28.2° ~ 29.1° N, 101.9° ~ 102.5° E) 记录到有清晰可靠初动符号的地震共 689 次,其中 0.0 ~ 0.9 级 128 次, 1.0 ~ 1.9 级 352 次, 2.0 ~ 2.9 级 196 次, 3.0 ~ 3.9 级 12 次, 4.6 级 1 次。大桥水库台网 5 个子台鲁坝、

凉风岗、彝海子、瓦坡支和瓦吉木,台基条件好、资料质量高、观测连续可靠,它们与 689 次地震的最远震中距 < 100 km,瓦吉木台距离区域西北角最远 (99 km),瓦坡支台距离区域西南角次远 (85 km)。检索出地震,查得 P 波的初动符号,观测报告中初动起始尖锐的 ip 震相全部选取,观测报告中 ep 的初动符号也选用。采用的象限极性矛盾比 = 矛盾符号数/总符号数。

3 小震综合断层面解的时间变化

我们采集了大桥水库台网 5 个子台的记录数据,垂直向初动符号明显的有 1 605 个,分年度和不相等时间段做出综合断层面解 (表 1、表 2)。P 轴方位角与大桥水库地区现代构造应力场方位方向一致,为北西—北西西向。由 10 个年度的综合断层面解结果计算出的平均值 (表 1): P 轴方位角 112°、仰角 20°、T 轴方位角 55°、仰角 26°、矛盾比 0.25。由 17 个不相等时间段的综合断层面解的结果计算出的平均值 (表 2): P 轴方位角 107°、仰角 25°、T 轴方位角 57°、仰角 38°、矛盾比 0.23。

3.1 分年度 P 轴、T 轴、矛盾比的时间变化

P 轴方位角总体分布集中在 82° ~ 134° 间,平均 112°。1996 ~ 1998 年蓄水前相对离散平均为 99°, 1999 ~ 2002 年蓄水至主震发生年一致性较好,平均为 126°, 2003 ~ 2005 年主震后相对一致,

表 1 1996 ~ 2005 年大桥水库小震综合断层面解结果

Tab. 1 The results of Daqiao Reservoir small earthquake comprehensive fault plane solutions from 1996 to 2005

时间	P 轴		T 轴		符号矛盾比 (%)	地震
	走向	仰角	走向	仰角		
1996 年	82	12	176	15	11/65 = 0.17	30
1997 年	133	66	120 (300)	24	45/137 = 0.33	76
1998 年	82	28	12 (192)	32	21/75 = 0.28	29
1999 年	119	17	75 (255)	67	19/71 = 0.27	34
2000 年	123 (303)	14	39	20	52/162 = 0.32	73
2001 年	127 (307)	19	45	22	56/302 = 0.19	136
2002 年	134	9	39	30	60/266 = 0.23	110
2003 年	113	6	25 (205)	14	53/203 = 0.26	81
2004 年	111	13	14	26	66/230 = 0.29	89
2005 年	99 (279)	15	9 (189)	8	17/94 = 0.18	31
总 体	112	20	55	26	400/1605 = 0.25	689

表 2 不等时间段大桥水库小震综合断层面解结果

Tab. 2 The results of Daqiao Reservoir small earthquake comprehensive fault plane solutions of varions time section

时间	P 轴		T 轴		符号矛盾比 (%)	地震
	走向	仰角	走向	仰角		
1996 年	82	12	176	15	11/65 = 0. 17	30
1997 年 1 月 ~ 6 月	81	25	2 (182)	23	23/81 = 0. 28	41
1997 年 7 月 ~ 12 月	89 (269)	33	160	26	18/56 = 0. 32	35
1998 年	82	28	12 (192)	32	21/75 = 0. 28	29
1999 年	119	17	75 (255)	67	19/71 = 0. 27	34
2000 年	123 (303)	14	39	20	52/162 = 0. 32	73
2001 年 1 月 ~ 7 月	110	21	110 (290)	59	21/80 = 0. 26	30
2001 年 8 月 ~ 9 月	125 (305)	15	48	41	8/106 = 0. 08	48
2001 年 10 月 ~ 12 月	84 (264)	18	156	44	21/116 = 0. 18	58
2002 年 1 月 ~ 3 月	139	10	47	11	20/108 = 0. 19	48
2002 年 4 月 ~ 7 月	105	54	5	7	12/66 = 0. 18	27
2002 年 8 月 ~ 12 月	125	11	22	48	14/92 = 0. 15	35
2003 年 1 月 ~ 5 月	131 (311)	3	47	65	30/110 = 0. 27	45
2003 年 6 月 ~ 12 月	110	7	22 (202)	19	19/93 = 0. 20	36
2004 年 1 月 ~ 6 月	110	60	22 (202)	86	27/115 = 0. 23	46
2004 年 7 月 ~ 12 月	108 (288)	87	18 (198)	75	34/115 = 0. 30	43
2005 年	99 (279)	15	9 (189)	8	17/94 = 0. 18	31
总体	107	25	57	38	367/1605 = 0. 23	689

平均为 108°，3 组数据有明显区别。P 轴仰角除 1 次离散外总体相对集中，分布在 6° ~ 66°，平均 20°。1996 ~ 1998 年 P 轴仰角平均为 35°，1999 ~ 2002 年 P 轴仰角平均 15°，2003 ~ 2005 为 11°，3 组数据有明显区别。

T 轴方位角总体分布相对分散，分布在 9° ~ 176°，平均 55°。1996 ~ 1998 年蓄水前相对离散平均为 103°，1999 蓄水至主震发生年相对一致，平均为 50°，2003 ~ 2005 年主震后相对一致，平均为 16°，3 组数据有明显区别。T 轴仰角除 1 次离散外总体相对集中，分布在 8° ~ 67°，平均 26°。1996 ~ 1998 年 T 轴仰角平均为 24°，1999 ~ 2002 年为 35°，2003 ~ 2005 年为 14°，3 组数据有明显区别。

矛盾比总体上相对较好，由表 1 可见蓄水当年矛盾比为 0. 27，接近平均值 (0. 25)，蓄水次年矛盾比为 0. 32，相对平均值较差，2001 年矛盾比为 0. 19，相对平均值较好，大桥 4. 6 级地震发生当年矛盾比为 0. 23，接近平均值。对此可作如下解释：蓄水当年水库荷载未能形成，暂不会影响库区小震，蓄水次年水库荷载与原有力源共同影响库区小震，2001 年影响库区小震的力源为水库荷载因而发生前震群，大桥 4. 6 级地震后水库荷载的力源影响显著减弱。

3.2 不相等时间段 P 轴、T 轴、矛盾比的时间变化

P 轴方位角总体分布集中，分布在 81° ~ 139°，平均 107°。蓄水前 1996 ~ 1998 年近东西偏南方向相对集中，平均 84°，蓄水后 1999 ~ 2001 年 12 月相对离散，平均 112°，主震时段 2002 年 1 月至 3 月为最大值 139°（最接近 4. 6 级主震 P 轴方位角），主震后 2002 年 4 月到 2005 年相对离散平均 113°。4 组数据有明显时序区别。P 轴仰角分布在 3° ~ 87°，平均 25°。蓄水前 1996 ~ 1998 年平均 25°，蓄水后 1999 ~ 2001 年 12 月平均 17°，主震时段 2002 年 1 月至 3 月为 10°，主震后 2002 年 4 月到 2005 年平均 34°。

T 轴方位角总体分布相对分散，分布在 2° ~ 176°，平均 57°。蓄水前 1996 ~ 1998 年近南北方向相对集中，平均 178°，蓄水后 1999 ~ 2001 年 12 月相对离散，平均 86°，主震时段 2002 年 1 月至 3 月为 47°，主震后 2002 年 4 月至 2005 年北北东方向相对集中平均 21°。4 组数据有明显区别。T 轴仰角分布在 7° ~ 86°，平均 38°。蓄水前 1996 ~ 1998 年平均 24°，蓄水后 1999 ~ 2001 年 12 月平均 46°，主震时段 2002 年 1 月至 3 月为 11°，主震后 2002 年 4 月到 2005 年平均 44°。

矛盾比总体上相对较好，蓄水前的 1996 ~

1998 年矛盾比平均 0.26, 蓄水后的 1999 年~2001 年 12 月平均 0.22, 主震时段 2002 年 1 月至 3 月为 0.19, 主震后 2002 年 4 月至 2005 年平均 0.22。

4 主要变化分析

我们发现 1968 年苏联加尔姆地区地震前震源区应力轴发生转动, 松潘大地震前孕震应力场大致经历了 3 个阶段, 龙陵 7.3、7.4 级地震前有小震应力轴变化 (梅世蓉等, 1993)。在 1983 年 3 次 5 级以上地震前, 乌鲁木齐台周围小震断层解于 1981 年、1982 年 P 轴发生较明显的转向 (王海涛等, 1992)。

4.1 分年度主要变化

(1) 从蓄水到发生主震随时间越来越逼近主震 P 轴方位角。从蓄水次年到大桥 4.6 级地震发生, 逐年逐步接近 4.6 级地震的 P 轴方位角。P 轴方位角在蓄水以前的 3 年比较乱, 与大桥 4.6 级地震相差较大; 蓄水后 4 年相对一致, 与大桥 4.6 级地震相对一致且随时间越来越逼近; 其后 3 年相对一致, 但与大桥 4.6 级地震相差较大。

(2) 逼近主震时小震综合断层解精度高, 矛盾比变小。从蓄水次年到大桥 4.6 级地震水库荷载为影响库区小震的力源, 逼近 4.6 级地震时解的精度高, 矛盾比变小。在 2001 年 2.4 级小震群和 2002 年 4.6 级地震前, 其矛盾比为 0.19, 表示力源有良好的一致性。象限极性矛盾比反映力源一致性, 在蓄水以前的 3 年比较乱, 说明力源随时间有变化; 蓄水当年和次年比较乱, 可用库水加载影响来解释; 2001 年和 2002 年矛盾比小, 力源一致性好, 可用库水加载为主要影响来解释; 其后的 3 年比较乱, 说明力源随时间有变化。

(3) T 轴方位角主震前相对一致。T 轴方位角在蓄水以前的 3 年和蓄水当年比较乱; 蓄水以后的 3 年相对一致, 与大桥 4.6 级地震相对一致且随时间越来越逼近; 其后 3 年相对一致, 与大桥 4.6 级地震相对较远。

(4) 仰角相对一致。P 轴仰角除 1997 年和 1998 年分别是 66° 和 28° 外, 其余分布在 $6^\circ \sim 19^\circ$; T 轴仰角, 除蓄水的 1999 年是 67° 外, 其余分布在 $2^\circ \sim 32^\circ$ 。

4.2 不相等时间段主要变化

(1) P 轴方位角蓄水前为近东西偏南方向, 主震时段最接近 4.6 级主震 P 轴方位角。蓄水前 P 轴

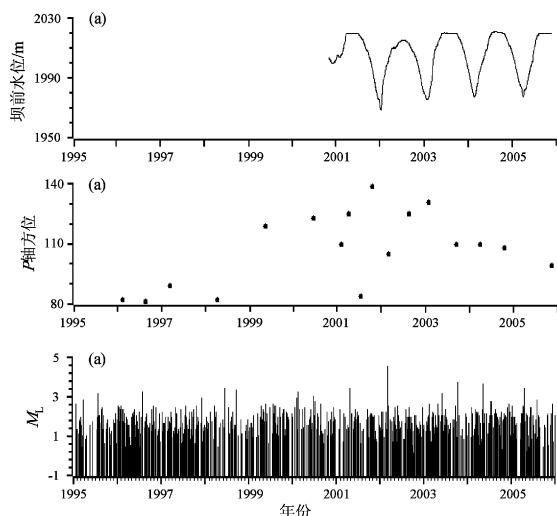


图 2 坝前水位 (a)、P 轴方位 (b) 和地震 (c) 时间演进

Fig. 2 time evolution of Upstream water level (a), P-axis orientation (b) and the earthquake (c)

方位角集中在近东西偏南方向, 蓄水后相对离散; 主震时段明显偏离原有的方向, 最大值最接近 4.6 级主震 P 轴方位, 主震后相对离散。

(2) 逼近主震时小震综合断层解精度高, 矛盾比变小。从蓄水次年到大桥 4.6 级地震发生, 水库荷载为影响库区小震的力源, 逼近 4.6 级地震时小震综合断层解精度高, 矛盾比变小。2001 年 2.4 级小震群矛盾比为 0.08, 2002 年 4.6 级地震矛盾比为 0.19, 并且在 2001 年 8 月到 2002 年矛盾比小, 表示力源有良好的一致性, 可用库水加载为主要影响来解释。

(3) T 轴方位角蓄水前为近南北方向, 主震后为北北东方向。T 轴方位角蓄水前接近正南北方向, 相对集中, 蓄水后相对离散, 主震时段 2002 年 1 月到 3 月为 47° , 主震后为北北东方向, 相对集中。

(4) P 轴仰角相对一致, T 轴仰角相对分散。

5 结论

对于 4.6 级水库地震, 利用水库地震台网记录的小震资料, 测定小震综合断层解, 进而研究库区及附近地区的主压应力变化。年度主要变化: P 轴方位角从蓄水到主震发生随时间越来越逼近主震 P 轴方位角; 逼近主震时解精度高, 矛盾比变

小;主震前T轴方位角、仰角都相对一致。不相等时间段主要变化:P轴方位角在蓄水前为近东西偏南方向,主震时段最接近4.6级主震P轴方位;逼近主震时小震综合断层面解精度高,矛盾比变小;T轴方位角蓄水前为近正南北方向,主震后变为北北东方向。整体上,主压应力P轴方位角从蓄水到发生主震,随时间越来越逼近主震P轴方位角,逼近主震时解精度高,矛盾比变小。

研究区内的P轴方位角,蓄水前与区域现代构造应力场方位一致,为北西—北西西方向;蓄水后P轴方位角逐步接近4.6级水库地震的P轴方位角;主震后P轴方位角逐步转向区域现代构造应力场方位。大桥4.6级水库地震,由库区地震记录求解出的主压应力存在明显变化,为今后监测预测水库诱发地震提供了一个对比研究实例。

参考文献:

- 崔效锋,谢富仁.1999.利用震源机制解对中国西南及邻区进行应力分区的初步研究[J].地震学报,21(5):513-522.
- 刁桂苓,王绍晋,龙晓帆,等.1996.1976年龙陵震群的小震震源机制[J].地震研究,19(4):331-339.
- 樊跃新,王绍晋,管丽霞,等.2007.渔洞水库地区地震活动性和构造应力场分析[J].地震研究,30(1):29-34.
- 郭贵安,刘特培,秦乃岗,等.2004.新丰江水库1961~1999年小震综合机制解结果分析[J].地震学报,26(3):261-268.
- 胡先明,谢蓉华,韩进,等.2008.水库诱发地震中水库水体下方的地震波速比[J].地震研究,31(3):215-221.

- 胡先明,叶有清.2005c.大桥水库 M_s 4.6级诱发地震的初步研究[J].四川地震,(4):25-31.
- 胡先明,张炜.2005b.冕宁大桥水库诱发地震的监测[J].四川地震,(1):12-17.
- 胡先明.2003.大桥水库诱发4.4级水库地震前的地震学异常[J].地震地磁观测与研究,24(3):14-19.
- 胡先明.2004a.冕宁大桥水库诱发地震研究[J].大地测量与地球动力学,24(2):88-91.
- 胡先明.2004b.大桥水库诱发地震前的小震群[J].四川地震,2004(2):36-41.
- 胡先明.2005a.大桥水库地震发生前的弱震时空分布[J].大地测量与地球动力学,25(专刊):54-58.
- 刘翔,王绍晋,钱晓东,等.2006.2005年会泽5.3级地震与小江断裂地震活动关系研究[J].地震研究,29(4):332-337.
- 梅世蓉,冯德益,张国民,等.1993.中国地震预报概论[M].北京:地震出版社.
- 王海涛,敖雪明,杨马陵,等.1992.单台地震预报方法的地震学方法[M].北京:地震出版社.
- 王绍晋,付虹,卫爱民,等.2001.川滇地区7级大震前中强震震源机制变化[J].地震研究,24(2):99-108.
- 魏柏林,陈庞龙,李富光,等.1991.新丰江地震震源机制解及构造应力场[J].地震学报,13(4):462-470.
- 吴荣辉,梁尚鸿,赵里,等.1989.北京地区中小地震震源机制及构造应力场研究[J].地震,(2):25-31.
- 谢蓉华,陈农,胡先明.2004.大桥水库诱发地震研究[J].水电站设计,20(4):25-31.
- 薛军蓉,李峰,王育.2004.三峡水库蓄水初期9次微震震源机制解特征[J].大地测量与地球动力学,24(2):48-51.
- 周克森.1985.小震震源参数与震源机制的联合测定[J].地震学报,7(3):237-253.

The Principal Compressive Stress's Variation of $M_{4.6}$ Daqiao Reservoir Earthquake

HU Xian-ming¹, XIE Rong-hua¹, HAN Jin¹, WANG Yu-wei¹, SUN Yi¹, CHEN Hui²

(1. Earthquake Administration of Sichuan Province, Chengdu 610041, Sichuan, China)

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

Abstract

By the recorded first-motion mark data of simulated earthquake made by telemetering seismostation net of Daqiao reservoir and the survey of small earthquakes' focal mechanism parameter of bridge reservoir according to years and different time buckets, we seek for the principal compressive stress's variation of 4.6 magnitude earthquake. After extracting P axis and T axis on the basis of 1 605 first-motion marks of 689 earthquakes in 10 years, it is finally demonstrated that P axis azimuth approaches the major earthquake's P axis azimuth more and more along with the time since sluicing to the major earthquake's occurring; the solution precision is high and the ratio of contradictions signs will become smaller when approaching the major earthquake; and T axis azimuth keep relatively consistent with that before the major earthquake.

Key words: Daqiao reservoir, focal mechanism solution, small earthquake comprehensive fault plane