

关于云南丽江7级地震的中短期预报

董国胜

(云南省大理州地震局, 云南 大理 671000)

摘要: 总结了对1996年2月3日云南丽江7级地震的中短期监视及跟踪预报过程. 根据川滇地区地震活动特征和可公度性计算结果, 在该次地震前对地震大形势进行了预测. 1995年10月以后, 滇西北地区出现了大面积、大幅度、多手段的同步异常, 其中以水汽、水位和 CO_2 异常为主, 沿中甸—南涧地震区分布较为集中. 根据上述异常特征及异常分布情况, 作者在该次地震前2个月向大理州政府提出了书面预报意见, 认为1996年2月底以前在中甸—丽江—剑川—华坪一带有可能发生5~6级地震.

主题词: 云南; 趋势预报; 短期预报; 丽江地震

中图分类号: P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)01-0033-07

0 引言

1996年2月3日在云南省丽江一带发生了 $M_s7.0$ 地震, 震中位置为北纬 $27^{\circ}18'$, 东经 $100^{\circ}13'$.

该次地震波及丽江、大理、迪庆和怒江4个地区(州)的9个县92个乡镇, 其中以丽江、鹤庆和中甸3个县受灾最重. 震中区烈度为IX度, 面积约为 $1\,225\text{ km}^2$. VIII度区面积约为 $2\,438\text{ km}^2$. VII度区面积约为 $4\,151\text{ km}^2$. VI度区面积约为 $10\,906\text{ km}^2$.

丽江地震前, 作者对川滇地区地震大形势做了预测, 根据一些前兆异常提出了短临预报意见. 本文介绍了该次地震的中短期异常特征及对该次地震的预报情况.

1 川滇地区地震大形势预测

1.1 川滇地区地震活动特征

根据1913年以来川滇地区地震活动特点, 可将该地区地震的空间分布分成9个区, 见图1. 这9个地震区是: (1)松潘—平武; (2)甘孜—道孚; (3)康定—泸定; (4)马边—大关; (5)通海—峨山; (6)中甸—南涧; (7)腾冲—龙陵; (8)澜沧—耿马; (9)思茅—普洱.

1913~1955年中国大陆地区地震活跃, 先后发生了5次 $M_s \geq 8.0$ 地震. 这些地震是: 1920年12月16日宁夏海原8.5级地震、1927年5月23日甘肃古浪8级地震、1931年8月11日新疆富蕴8级地震、1950年8月15日西藏察隅—墨脱8.6级地震和1951年11月18日

收稿日期: 1997-10-05; 修订日期: 1999-09-02

基金项目: 国家地震局9503基金课题资助.

作者简介: 董国胜(1947—), 男(白族), 云南大理人, 高级工程师, 现从事地震综合预报工作.

西藏当雄 8 级地震. 在此期间, 上述川滇地区的 9 个地震区中有 7 个区发生了 7 级以上的强震. 腾冲—龙陵地震区虽未发生 7 级以上地震, 但是在 1929~1934 年先后发生了 9 次 6 级以上地震, 其中 6.5 级地震有 3 次. 思茅—普洱地震区虽未发生过 7 级以上地震(表 1), 但是发生的最大地震的震级达 6.7 级, 接近 7 级.

1955 年 4 月 14 日四川康定折多塘 7.5 级地震发生后, 川滇地区进入 7 级地震平静期, 此后 15 年内无 7 级以上地震发生.

从 1970 年 1 月 5 日通海 7.7 级地震开始, 川滇地区又进入了 7 级地震活跃期, 在 9 个地震区中有 6 个区发生了 7.0 级以上地震. 另外 3 个地震区中, 思茅—普洱区发生了 6.8 级地震, 康定—泸定区发生了 6.6 级地震, 而中甸—南涧区一直未发生 6 级以上地震, 见表 1.

依据川滇地区地震活动特征, 作者曾在 1994 年提出了“中甸—南涧地震区未来发生强震的危险性大于其它地区”的看法^①.

1.2 川滇地区强震活动的可公度计算

翁文波先生首先指出地震的发生具有可公度性, 利用“可公度是周期性的扩大”这一思路, 可找到地震的韵律值^[1]. 朱令人等研究了南疆地区的强震活动的可公度性, 也取得了较好的效果^[2].

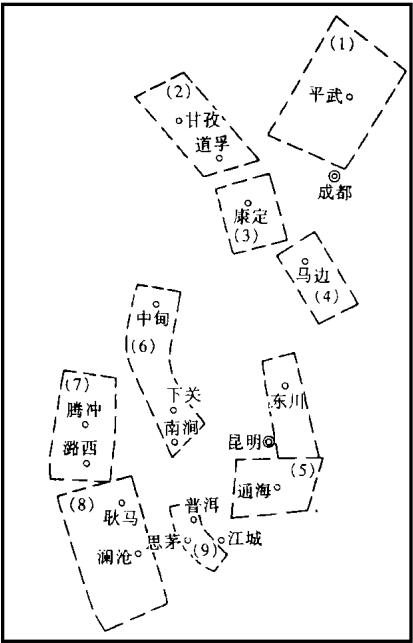


图 1 川滇地震区(带)分布示意图

Fig. 1 Sketch map of earthquake zone distribution of Sichuan and Yunnan areas.

表 1 川滇地区 9 个地震区强震参数

地震区 序号	1913~1955 年					1970~1995 年					相隔时 间/ 年	相隔距 离/km
	发震时间	震中位置		发震地点	震级 (M_S)	发震时间	震中位置		发震地点	震级 M_S		
		北纬	东经				北纬	东经				
1	1933-08-25	32. 0°	103. 7°	迭溪	7. 5	1976-08-16	32°42′	104°06′	松潘	7. 2	43	88
						1976-08-22	32°36′	104°08′	松潘	7. 2		79
2	1923-03-24	31. 3°	100. 8°	炉霍	7. 3	1973-02-06	31. 5°	100. 4°	炉霍	7. 6	50	49
3	1955-04-14	30. 0°	101. 9°	康定折多塘	7. 5	1989-09-22	30°11′	102°20′	小金	6. 6		
4	1917-07-31	28. 0°	104. 0°	大关吉利铺	7. 3	1974-05-11	28°06′	104°00′	大关	7. 1	57	11
5	1913-12-21	24. 2°	102. 5°	峨山	7. 1	1970-01-05	24. 1°	102. 6°	通海	7. 7	57	16
6	1925-03-16	25. 7°	100. 4°	大理凤仪	7. 0							
7	1929-10-17	25. 8°	98. 7°	腾冲北	6. 5	1976-05-29	24°21′	98°51′	龙陵	7. 3	46	160
	1930-09-22	25. 8°	98. 4°	腾冲北	6. 5	1976-05-29	24°33′	98°45′	龙陵	7. 4		142
	1933-08-11	25. 9°	98. 4°	泸水西								
8	1941-05-16	23. 6°	99. 4°	耿马大寨	7. 0	1988-11-06	22°50′	99°43′	澜沧	7. 6	47	25
	1941-12-26	22. 7°	99. 9°	勐海西北	7. 0	1988-11-06	23°23′	99°36′	耿马	7. 2		31
9	1942-02-01	22. 8°	101. 0°	思茅	6. 7	1979-03-15	23. 1°	101. 1°	普洱	6. 8	37	35

作者也曾对中国大陆 8 级大震、川滇地区 7 级强震和川滇地区分区的 6 级地震活动的可公度性进行了研究^[3,4].

取 1900 年以来川滇地区 $M_s \geq 7.0$ 地震进行可公度性计算(表 2), 得到该地区强震活动的

① 董国胜, 等. 震情研究报告[R]. 1994.

可公度值

$\Delta X = 3.91(\text{年})$

其绝对误差为 0.58 年.

表 2 川滇地区 $M_s \geq 7.0$ 地震的可公度性计算结果

序号	发震时间	震中位置		发震地点	震级 (M_s)	ΔX_{i+1}	ΔX_{i+2}	K	$K \cdot \Delta X$	$ \Delta X_k $	$\tilde{\alpha}$
		北纬	东经								
1	1913-12-21	24.2°	102.5°	峨山	7.1						
2	1917-07-31	28.0°	104.0°	大关吉利铺	7.0	3.61		1	3.91	0.3	-7.67
3	1923-03-24	31.3°	100.8°	炉霍	7.3	5.64					
4	1925-03-16	25.7°	100.4°	大理凤仪	7.0	1.98	7.62	2	7.82	0.2	-5.12
5	1933-08-25	32.0°	103.7°	迭溪	7.5	8.44		2	7.82	0.62	15.86
6	1941-05-16	23.6°	99.4°	耿马大寨	7.0	7.73					
7	1941-12-26	22.7°	99.9°	版纳南桥	7.0	0.61	8.31	2	7.82	0.52	13.30
8	1948-05-25	29.7°	100.3°	理塘	7.3	6.41					
9	1950-02-03	21.7°	100.1°	版纳南桥	7.0	1.69	8.10	2	7.82	0.28	7.16
10	1955-04-14	30.0°	101.9°	折多塘	7.5	5.20		1	3.91	1.29	32.99
11	1970-01-05	24.1°	102.6°	峨山曲溪	7.7	14.72		4	15.64	0.92	-23.53
12	1973-02-06	31.5°	100.4°	炉霍	7.6	3.09		1	3.91	0.82	-20.97
13	1974-05-11	28°06′	104°00′	大关·永善	7.1	1.26					
14	1976-05-29	24°22′	98°38′	龙陵	7.3	2.14					
15	1976-05-29	24°33′	98°45′	龙陵	7.4	0.00					
16	1976-08-16	32°42′	104°06′	松潘	7.2	0.13					
17	1976-08-22	32°36′	104°08′	松潘	7.2	0.01	3.54	1	3.91	0.37	-9.46
18	1988-11-06	22°50′	99°43′	澜沧-耿马	7.6	0.00					
19	1988-11-06	23°23′	99°36′	澜沧-耿马	7.2	12.21		3	11.73	0.48	12.28

在计算时以年为单位,将年、月、日统一归化为年. 丽江地震之后,1988 年 11 月 6 日在云南境内的澜沧—耿马地区发生了 7.6 级和 7.2 级地震,将时间归化为“年”,则该次地震的发生时间为 1988.85 年. 当 $K = 2$ 时,该次地震发生后,下一次 7 级以上地震发生的时间为:

$1988.85 + 2 \times 3.91 = 1996.67(\text{年})$

依据上述对地震大形势的分析及可公度计算结果,作者于 1995 年提出了“1988 年 11 月 6 日澜沧—耿马 7.6 级地震发生后,川滇地区下一次 7 级地震的发震时间为 1996.67 年. 主要监视区为中甸—南涧地震带”的预报意见^②.

2 短期预报

1995 年 10 月以后,滇西北地区出现了大面积、大幅度、多手段的异常. 这些异常同步出现,以水氡、水位和 CO₂ 为主,主要分布于中甸—南涧地震区. 观测点分布见图 2.

2.1 主要前兆异常特征

- (1) 南涧水氡日均值从 1995 年 10 月开始上升,并且一直处在高值状态,大于 40 Bq/L,超出了近年来的平均值 36 Bq/L(图 3a).
- (2) 1995 年 10 月 21 日洱源九气台水氡日均值为 41.6 Bq/L,达到了短临预报指标^[5]. 该测点是滇西水氡测点中布点最早、对应地震较好的国家级观测点.

从 1995 年 10 月开始,该测点水氡日均值出现 6 次超过 40 Bq/L 的突跳(图 3b).

② 董国胜,等. 震情研究报告[R]. 1995.

(3) 龙陵水氡日均值从 1995 年 12 月上旬开始上升, 恢复到 200 Bq/L 的正常值. 从 1996 年 1 月 8 日开始, 出现多次大于 300 Bq/L 的突跳(图 3c).

(4) 洱源江干水氡日均值从 1995 年 12 月中旬开始上升后, 一直处于大于正常值 55 Bq/L 左右的高值状态中(图 3d).

(5) 下关洱滨纸厂机井, 深 900 m, 井底岩层属前寒武系, 是滇西目前最深的观测井. 该井 CO₂ 含量较高, 正常情况下日均值约为 2 800 mg/L, 1995 年 11~12 月出现了大幅度的异常变化, 多次出现日均值大于 3 200 mg/L 或小于 2 400 mg/L 的现象. 这是自该井投入观测以来从未出现过的现象(图 4a).

(6) 下关温泉 CO₂ 日均值一般为 180 mg/L, 1996 年 1 月 19 日和 20 日, 日均值达 207 mg/L(图 4b).

(7) 鹤庆台 CO₂ 日均值一般为 120 mg/L, 1996 年 1 月 3 日和 4 日分别出现了 85 mg/L 和 92 mg/L 的低值(图 4c).

(8) 弥渡台的 CO₂ 的异常警戒线是 280 mg/L, 1996 年 1 月 1 日和 10 日分别出现了 295 mg/L 和 290 mg/L 的高值(图 4d).

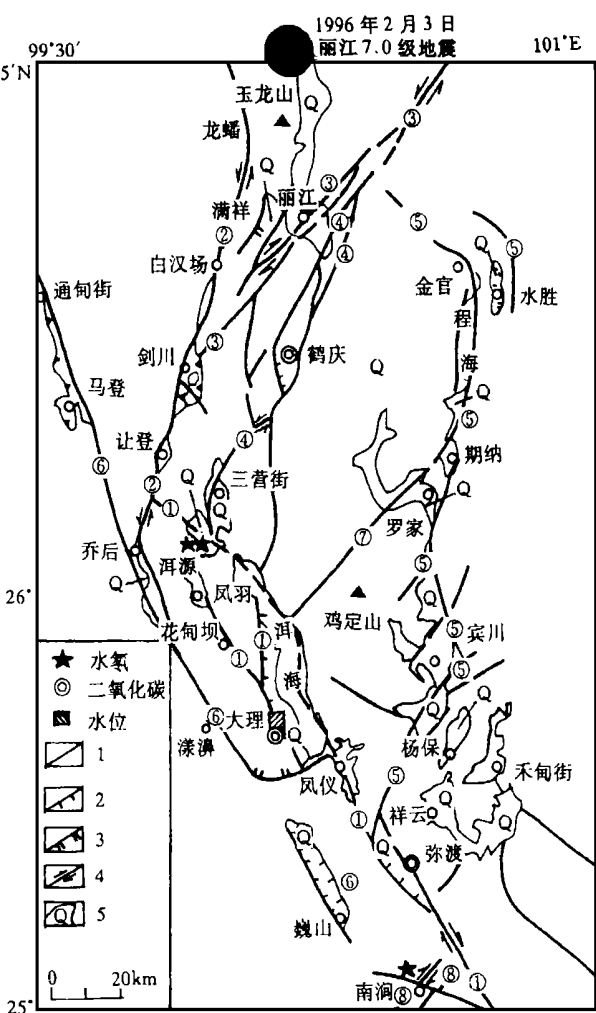
(9) 1996 年 1 月 28 日施甸井水位日差分值达 9 mm, 超过了 ±5 mm 的异常线(图 5a); 1 月 29 日保山滇 14 井水位日差分值达 13 mm, 超过了 ±10 mm 的异常线(图 5b); 同年 1 月大理月溪井水位日差分值多次超过 ±10 mm 的异常线(图 5c).

(10) 楚雄台地倾斜出现异常. 该台倾斜矢量打结后, 在云南省内一般会发生 $M_s \geq 5.0$ 地震, 对应率很高. 1996 年 9 月上旬到 12 月中旬, 该台倾斜矢量又出现了打结过程(6).

2.2

(1) 1995 年 11 月和 12 月分别出现了 11 次 $M_L 3.0$ 地震 3 个月累积频度达到了预报指标的情况. 75%.

(2) $M_L 3.0 \sim 4.9$ 地震 b 值若小于 0.82 即达到预报指标. 1995 年 10 月和 11 月, b 值分别为 0.81 和 0.72, 88%.



1 活动断裂; 2 正断层; 3 逆断层; 4 走滑断层; 5 第四纪盆地
① 红河断裂带; ② 龙蟠-乔后断裂带; ③ 丽江-剑川断裂带;
④ 鹤庆-洱源断裂带; ⑤ 程海断裂带; ⑥ 通甸-巍山断裂带;
⑦ 周城-清水断裂带; ⑧ 南汀河断裂带

图 2 区域构造、观测点及震中分布

Fig.2 Distribution of regional structures, observation points and epicenters.

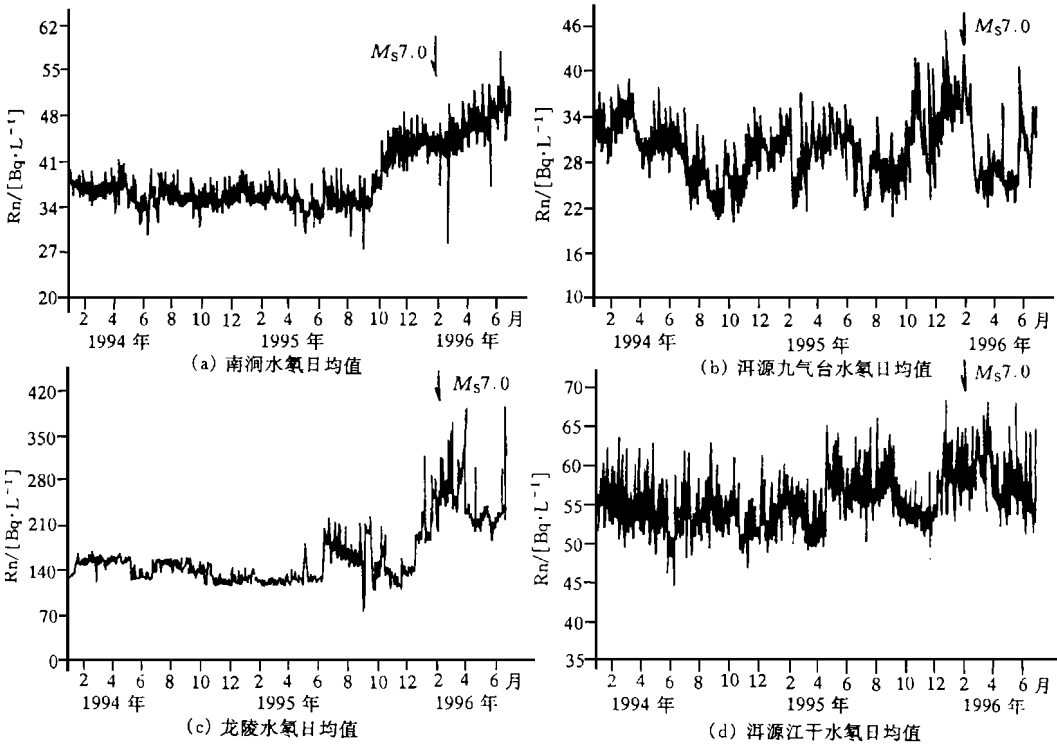


图3 滇西地区水氡异常变化

Fig. 3 Anomalous changes of radon content in groundwater of western Yunnan.

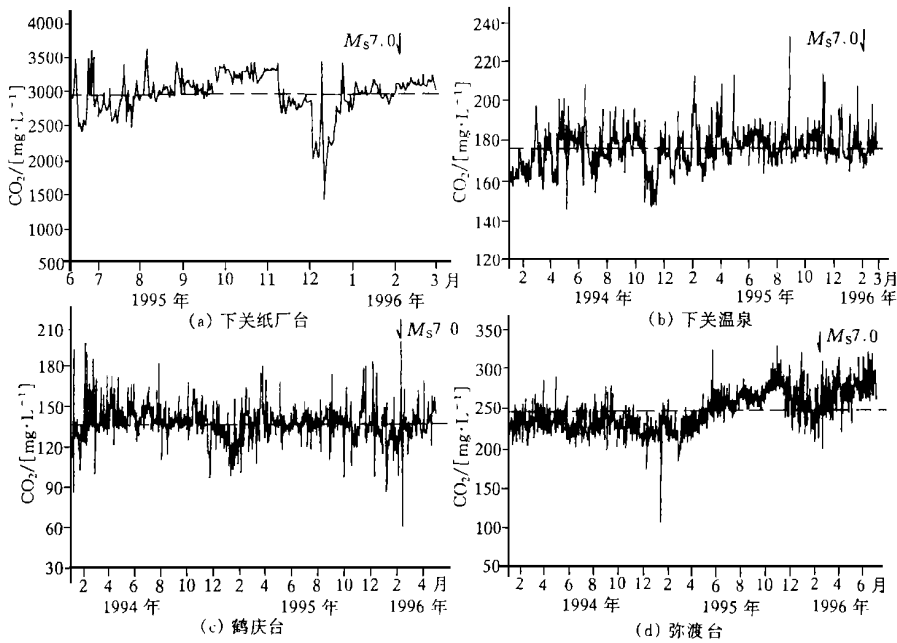


图4 滇西地区 CO₂ 含量日均值异常变化

Fig. 4 Daily mean values of CO₂ content in groundwater of western Yunnan.

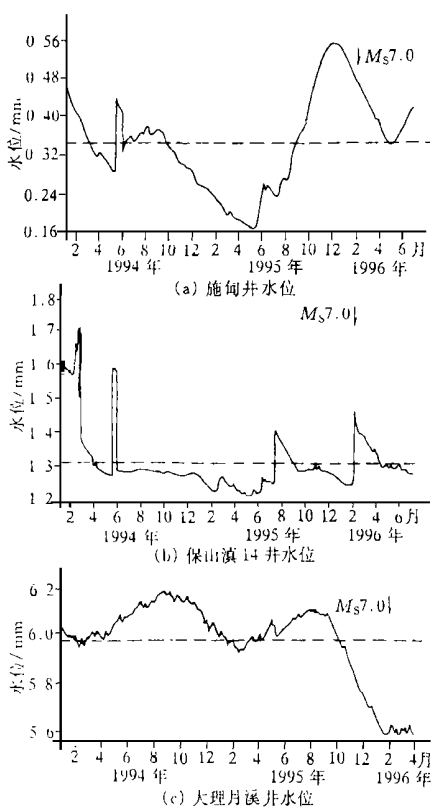


图5 滇西地区地下水位异常变化
Fig.5 Groundwater level anomalies of western Yunnan.

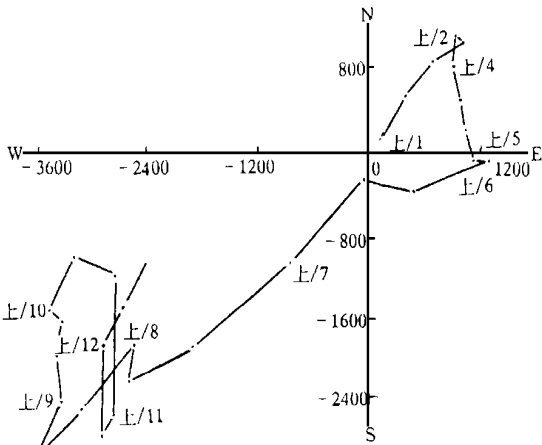


图6 楚雄台水管倾斜仪旬均值矢量图
Fig.6 Mean values of ten days of ground tilt vector observed by horizontal tiltmeter of Chuxiong station.

1995 年 12 月向云南省地震局提交了书面短期预报意见，
年 2 月底以前在中甸——
5~6 级地震。

3

1996 年 2 月 3 日云南丽江 7 级地震前，

VIII， 4 人，

本文在写作过程中得到了云南省地震局赵洪声研究员的帮助,在此致谢。

[]

[1] . [J] . , 1981, 24(12): 151~154.
[2] , . [J] . , 1983, 5(1): 43~51.
[3] . 8 级地震的可公度值探讨[J] . , 1987, 10(4): 441~445.
[4] . [J] . , 1986, 9(5): 547~553.
[5] . 7 个短临预报指标 A] . : , . : , 1994. 109~116.

MEDIUM-SHORT TERM PREDICTION OF THE LIJIANG M_s7 EARTHQUAKE ON FEB. 3, 1996 OF YUNNAN PROVINCE

DONG Guo-sheng

(*Seismological Office of Dali Prefecture, Yunnan Province, Dali 671000, China*)

Abstract: The medium-short term prediction and monitor process of the Lijiang M_s7 earthquake on Feb. 3, 1996 of Yunnan province is introduced. Seismicity trend before the earthquake was forecasted according to seismicity feature and commensurable characteristics of strong earthquake activities of Sichuan and Yunnan areas. Since Oct., 1995, a lot of kinds of the anomalies with large amplitude, such as radon and CO_2 contents in groundwater and groundwater level etc. synchronized in a wide range of western Yunnan, especially along Zhongdian—Nanjian seismic area. The characteristics of these short-term anomalies are introduced and analysed. According to the anomalous characteristics and distribution of the anomalies, as well as seismicity indices, the author thought that a $M 5 \sim 6$ earthquake may occur in Zhongdian—Lijiang—Jianchuan—Huaping zone the end of Feb., 1996 before and had presented a written prediction to the government of Dali prefecture.

Key words: Yunnan; Trend prediction; Short-term prediction; Lijiang earthquake