

一九七六年龙陵地震

陈立德 赵维城 等编



地震出版社

一九七六年龙陵地震

陈立德 赵维城等编

地震出版社

1979

一九七六年龙陵地震

陈立德 赵维城等编

地质出版社出版

北京三里河路54号

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092 1/16 8印张 插页1 210千字

1979年8月第一版 1979年8月第一次印刷

统一书号：13180·60 定价：1.00元

前 言

1976年5月29日，我国云南省西部地区的龙陵县先后发生了两组强烈地震。第一组地震发生在20点23分，最大震级7.3级，震中位置为北纬 $24^{\circ}22'$ ，东经 $98^{\circ}38'$ ，震源深度20公里；第二组地震发生在22点00分，最大震级为7.4级，震中位置为北纬 $24^{\circ}33'$ ，东经 $98^{\circ}45'$ ，震源深度20公里。两组地震的最高烈度均为Ⅷ度。

这两组地震使龙陵县的镇安、朝阳、勐冒、平达等16个公社遭受重灾，其余公社受到不同程度的破坏，全部受灾面积约1883平方公里，房屋倒塌和损坏达42万余间，工农业生产建设遭受不同程度的破坏。但是由于震前做了预报，中共云南省委及震区各级党政部门采取了防震措施，因此死亡人数不到受灾地区总人数的千分之零点五。

龙陵地震的预测预报大体经历了中期、短期、临震三个阶段。

1975年元月，国家地震局召开全国震情趋势会商会，会上根据西南地区的意见，指出云南西部及川、滇、藏交界地区近1—2年内有发生7级大震的危险，并列为全国重点监视区。

1976年元月召开的全国震情趋势会商会，再次指出上述地区有发生破坏性地震的可能，仍把这一地区列为全国重点监视区。5月28日，省委根据各级地震工作部门的分析预报意见，发出防震、抗震的电话通知，要求对水库、桥梁、仓库等重要建筑采取必要的措施。并指示交通、邮电、卫生、商业等部门立即做好防震、抗震的准备工作。5月29日有感前震发生后，龙陵县地震办公室根据中长期背景及有关前兆资料，估计前震后面可能还有大震发生，因此县委立即向全县发出了防震、抗震通知，并组织专人观察宏观异常。大震前十分钟左右，县地震办公室工作人员看到县城西山坡后出现了带状桔红色地光，立即拉响了警报器，做出了临震预报。

地震发生后，毛主席和党中央非常关怀灾区各族人民，发来了慰问电，派来了慰问团，送来了大批的抗震救灾物资。

国家地震局与云南省地震局立即组成了龙陵地震工作队，奔赴现场监视震情活动和进行科学考察。参加龙陵地震考察的除云南省地震局外，有国家地震局所属的地球物理研究所、地质研究所、工程力学研究所，以及原地震测量队、地震地质大队、物探队、兰州地震大队、成都地震大队、南京地震大队、广州地震大队，并有天水地震学校、天津市地震局、山东省地震局、安徽省地震局、中国科学院生物物理研究所、地质科学院地质力学研究所、中央新闻电影制片厂、中国科技大学、北京大学、清华大学、南京大学等单位，共四百多人。在上述单位考察的基础上，由龙陵地震工作队组织编写了“龙陵地震考察报告”初稿。

此后，云南省地震局又组织人员，对“报告”初稿进行了资料查对、补充和修改工作。本书是在上述集体工作的基础上，由陈立德、赵维城、阚荣举、张四昌、王绍晋、唐伯雄、姚福鑫、柴天俊、林美、尹心方、周炳荣、梁劳、马殿军、朱德厚、李克昌等同志执笔，陈立德、赵维城主编完成。书中插图由乐月珍、吴玉纯、李规秀同志清绘。

目 录

地震前兆部分

第一章 主震前地震活动	(1)
第一节 地震活动背景和地震带特征	(1)
第二节 主震前地震活动特征	(2)
第三节 波速比异常	(5)
第二章 微观前兆	(6)
第一节 土地电异常	(6)
第二节 水氡异常	(9)
第三节 地应力异常	(12)
第四节 地磁异常	(17)
第五节 地形变异常	(24)
第六节 重力异常	(33)
第三章 宏观前兆	(35)
第一节 地下水异常	(35)
第二节 动物异常	(37)
第三节 地声、地光、地气及气象异常	(39)
第四章 长、中、短、临异常显示及其特征	(45)
第一节 各期异常显示	(45)
第二节 各期异常特征	(46)

地震地质及宏观烈度部分

第五章 地震地质	(50)
第一节 地质构造背景	(50)
第二节 发震构造特征	(54)
第三节 几个问题的讨论	(61)
第六章 构造体系与龙陵地震	(64)
第一节 构造体系划分及晚近构造活动	(64)
第二节 龙陵地震控震构造和发震构造的探讨	(68)
第三节 构造应力场的分析	(69)
第七章 地裂缝	(71)
第一节 地裂缝发育特征	(71)
第二节 地裂缝的力学性质	(74)
第三节 地裂缝发育特征与地面运动	(75)

第八章 宏观烈度	(76)
第一节 烈度的评定	(76)
第二节 两次大震的烈度效应	(78)
第三节 等震线图及宏观地震参数	(80)
第四节 宏观烈度和地表宏观破坏特征	(84)

地震序列及震源机制部分

第九章 地震序列	(86)
第一节 序列特征	(86)
第二节 余震序列的空间分布	(91)
第十章 震源机制结果	(93)
第一节 滇西南区域应力场	(93)
第二节 震源机制	(93)

震 害 部 分

第十一章 各类震害及其分析	(100)
第一节 房屋震害程度和震害指数	(100)
第二节 各类房屋的震害分析	(101)
第三节 土坝震害特征及其分析	(106)
第四节 山地震害特征及其分析	(108)
第十二章 影响震害的因素	(111)
第一节 局部地形条件对震害的影响	(111)
第二节 地基土质条件对震害的影响	(111)
第十三章 余震观测	(114)
第一节 台站布设及观测结果	(114)
第二节 观测结果分析	(115)

第一章 主震前地震活动

第一节 地震活动背景和地震带特征

与当前世界地震活动的高潮期相呼应，我国西南地区7级以上大地震的活动亦很频繁。1970年以来的短短几年中，先后发生了云南通海、昭通，四川炉霍，西藏巴克哈鲁、扎达等地震。1975年我国邻境的缅甸，5级以上地震也见增多。这些动向标志着我国西南地区的地震活动正处于高潮期之中。与此同时，我国华北及其邻近地区也先后进入了活动高潮期。

1976年5月发生了龙陵地震之后，在我国又相继发生了河北唐山地震，四川松潘地震，云南四川交界的盐源、宁蒗地震等一系列强烈地震。

红河断裂以西的滇西及滇西南地区，主要分属于两个地震带，即腾冲龙陵澜沧地震带和普洱地震带。腾冲龙陵澜沧地震带，北起泸水西南的中缅边境，向南经腾冲、龙陵、澜沧、勐海等地一直延伸到缅甸境内。由于该带各段地质构造条件不同，因而各段地震活动特点也略有差异。

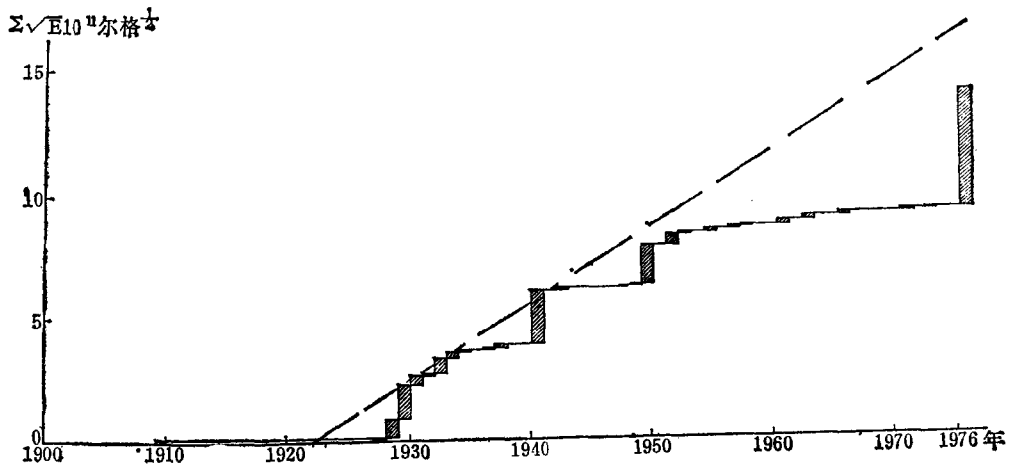


图 I-1 腾冲龙陵澜沧地震带应变释放曲线

图 I-1 为腾冲龙陵澜沧地震带1900年至1976年的应变释放曲线图。构成上述曲线的主要部分是：1923年发生在我国沧源西南缅甸境内的7¼级地震及1929年至1933年腾冲以北地区的强震群；1941年的耿马和澜沧两次7级地震；1950年勐海西南的7级、6¾级地震和1976年的龙陵地震。从图即可看出，该带至少从1900年至1923年为一长时间的相对平静期；从1923年至1952年由四个6—9年的相对平静期与相对活动期交替组成的一个历时29年的大震活动期。1953年至1975年为1900年以来第二个时间较长的平静期，即能量积累阶段。直到1976年龙陵地震发生，该带进入了又一个新的活动时期。

第二节 主震前地震活动特征

(一) $M \geq 4$ 级地震的围空

主震前的小震围空现象，已为通海、炉霍、海城等震例所证实。西南地区其它一些6级以上强震之前，也同样显示了小震围空现象。鉴于西南地区有较多的弱震活动带，小震活动的背景值普遍较高，所以选取 $M \geq 4.0$ 级地震作为判别围空的震级界限。

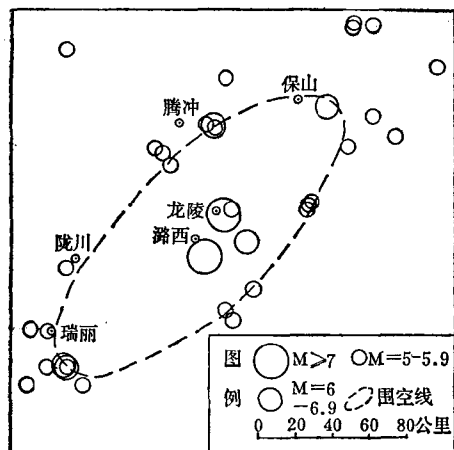


图 I-2 龙陵地震前 (1966—1976年) $M \geq 4.0$ 级地震的围空现象

龙陵及其周围地区，自1966年至1976年龙陵地震之前的10年时间内， $M \geq 4.0$ 级的地震逐渐围成空区 (图 I-2)。空区长轴呈北东方向，长约200公里，面积约为12500平方公里。

有人在海城地震序列特征总结中，得出我国大震震级与空区长轴及面积之间的经验关系为：

$$M_s = 3.00 \lg L - 0.07 (\pm 0.33)$$

$$M_s = 1.55 \lg A + 0.31 (\pm 0.34)$$

式中 L 为长轴长度，单位为公里； A 为空区面积，以平方公里计。按上述经验关系式计算，震级应在6.5至7.2之间，较龙陵地震的实际震级为低。

值得注意的是，龙陵地震之前，小震围空的面积与震前波速变化出现异常的范围大体重合，这可能是探讨震前出现空区物理机制的线索。

二、区域性小震频度逐步增强

地震孕育过程的模拟实验表明，随着载荷的逐步增加，在未来大破裂发生的地方及其附近，首先出现一些微破裂。在天然地震的研究中，人们则发现，在某些强震发生之前，未来地震震中外围地区，曾经有过区域性地震活动增强的表现。如炉霍、昭通、海城等震例。

龙陵大震之前，震区及其附近的小震活动，同样发现至少在震前6年时间内 (1970—1975)， $M \geq 3.0$ 的地震活动确有逐渐增强的显示。这可能标志着与龙陵地震有关的区域应力场的逐步增强。

从图 I-3 可以看出以下两个特点：

第一点，1970年至1975年，震区及其附近小震频度逐步增强。1970年以前，龙陵周围直至保山一带的小震很少，仅于1970年在保山南部发生过一次 $M_s = 4.3$ 的地震 (图 I-3a)。1971年2月5日保山丙麻公社的小寨发生 $M_s = 5.5$ 级的中强地震，随后在龙陵以南出现了一串北东向小震。1972年至1975年，小震活动继续加强，其中1973年6月在龙陵震区的北部发生了最大震级为5.1级的早期前震，1974、1975年震区及其附近小震活动频繁，但分布区域有所不同。1974年小震主要集中在龙陵附近 (图 I-3e)，1975年外迁，主要集中在震区北部的腾冲附近 (图 I-3f)。

第二点，大震前的小震活动，几次出现带状分布。1972年和1974年，龙陵地区周围的小

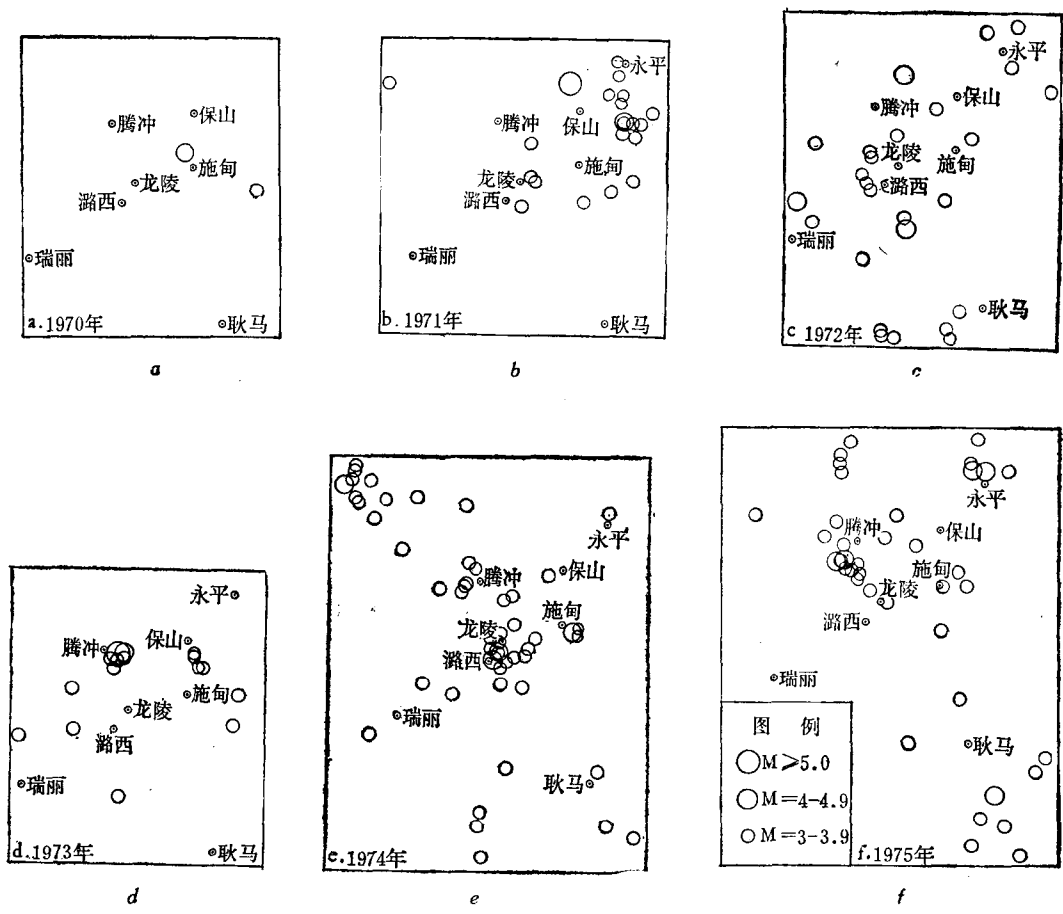


图 I-3 1970—1975年龙陵及其周围地区小震 ($M_s \geq 3.0$) 震中分布图

震呈北东向及北西向的条带状分布(图 I-3c,e), 1975年龙陵及周围地区小震活动的分布略有迁移, 呈现出明显的北西向条带状(图 I-3f)。1975年7月至1976年5月, 云南西部还出现了北东向与北北西向两组小震活动带, 交汇于龙陵震区附近。其中, 尤以北北西向条带持续时间长、规律性明显, 并且与腾冲龙陵澜沧地震带相一致。在北北西向小震活动带上, 还可以看到震中自北而南的迁移。这种现象可能与大震前的构造活动有关。

总之, 龙陵地区自1971年2月5日保山丙麻地震后, 开始出现小震活动。其后, 区域性小震活动逐步增强, 这可能标志着区域应力场的逐步加强, 构造活动逐渐加剧。1972、1975年, 震区及其外围小震活动呈北东向和北西向条带分布, 这可能是区域性构造活动的标志。1974年龙陵震区小震活动频繁, 震前一年, 即1975年转入相对平静, 小震活动向北西方向迁移至腾冲附近, 并再次出现北西向条带状分布。值得一提的是, 这种发展及迁移顺序与龙陵地震序列的强余震的迁移方向非常相似。

三、外围地区5级以上地震频度明显增加

1975年底, 在讨论云南地区1976年地震危险趋势时, 我们曾把1975年云南及其邻近的缅甸境内5级以上中强震频度的突然增加的现象, 作为1976年滇西北地区 and 腾冲及其以南的中缅边界一带, 可能发生破坏性地震的中期预报的重要依据之一。

1950年至1975年,云南共发生了5级以上地震68次(不包括各大震序列的强余震),平均每年2.6次。1975年云南境内共发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震6次,超过历史平均水平的两倍。

表 I-1 给出1950—1975年间,云南地区历年中强震活动水平及其发生6—7级地震的可能性。由表可以看出,凡是中强震活动异常频繁时,发生 $M \geq 6.0$ 级强震的可能性就相当大。昭通地震前一年在云南及其毗邻的四川筠连、马边一带,中强震活动也十分频繁。追溯过去26年的情况,可以看出,凡中强震达到这种高水平的年份,均有一至数个6级以上强震或大震发生。另外根据我们以前的研究,发现耿马、澜沧及腾冲地区的地震活动与其邻近的缅甸境内中深源地震带的地震活动具有同步高涨的呼应关系。1975年缅甸境内5.0级以上地震的活动,亦为该区频度较高的年份。由此可以认为,对某些特定地区来说,一定范围内中强震活动的加剧,频度的明显增高,可以作为大震中期危险背景的一个定性标志。

云南中强震活动水平与 $M \geq 6.0$ 的发震关系

表 I-1

中强震活动水平	$M \geq 5.0$ 级次数	$M \geq 6.0$ 发震的可能性	$M \geq 6.0$ 不发震的可能性
低于平均水平	$n < 3$	27%	86%
等于平均水平	$n = 3$	18%	7%
高于平均水平	$n > 3$	55%	7%
两倍于平均水平	$n = 6$	100%	0

四、早期前震及直接前震

近年来国内很多人在寻找大震的前兆标志过程中,逐渐注意到我国大陆所发生的一些7级以上的强烈地震,震前几年,在大震周围一定距离内,大都发生过一些中强地震。这种地震,我们称为早期前震,也就是指在大震发生前数年,在后来大震极震区内,或大震余震分布区内所发生的中强地震。并且这些中强震在构造上与后来大震的发震构造有紧密的联系,有的甚至就属于同一个发震构造带。

龙陵大震前三年,1973年6月1日至2日,在龙陵以北,曾接连发生 $M_s = 4.9$ 、5.1、4.6级地震。这次地震是一个有较多前震和丰富余震的震群序列。宏观震中在龙陵以北、腾冲东南的芒棒一带,位于1976年龙陵大震的余震区内,且与1976年6月9日 $M_s = 6.1$ 级的强余震的极震区相当接近。可以认为,与我国其它大震震例相比,龙陵大震同样有早期前震。

一般认为, b 值与发震地区的应力状态有关。龙陵大震的早期前震为震群序列,包括主震在内的全序列累计 b 值为0.49,震前九天,不包括主震在内的 b 值则更低,仅为0.35。这样的 b 值范围,无论如何是相当低的。由此看来,早期前震可能反映了大震前孕震区内的应力状态,即在某些局部地区已达到破裂强度,而在较大区域内保持着较高的应力状态。

直接前震,系指某些大震发生之前几分钟至一、二天,在未来大震的极震区或其邻近区所发生的一系列中小地震。直接前震在有短、临预报的情况下,它比较明确地指出了未来大震可能发生的时间和地点,常常起到警报作用。因此也可以称它为警报前震。

龙陵大震有明显的直接前震,据腾冲地震台记录,在大震发生前25分钟内,共记录到前震16次,其中6次震区有感。最大的一次前震为5.2级,仪器测定的震中位于第一组龙陵大震的极震区附近。但有感前震的最高烈度点却在镇安盆地东侧的兰寨附近。与有丰富前震活动的海城地震序列相比,龙陵大震的直接前震具有时间短促、震级较大、空间分布比较分散等特点。

从1976年5月1日至5月29日19时58分5.2级直接前震发生以后, b 值相当低,累计 b 值

仅为0.41。大震临震之前 b 值显著降低的现象，在其它大震的研究中已多次发现。龙陵大震和其后的某些强余震及早期前震也均发现震前 b 值降低的现象。

第三节 波速比异常

限于台站布局，仅以两个台（腾冲、云县）的数据，按 $\frac{\tau_s}{\tau_p} = \frac{t_{SB} - t_{SA}}{t_{PB} - t_{PA}}$ 对震区的波速比变化进行检查，其范围为北纬 $24^{\circ}10'$ 至 25° ，东经 $98^{\circ}20'$ 至 $99^{\circ}10'$ 。

上述地区内，自1972年9月已经连续出现波速比的低值 $\frac{\tau_s}{\tau_p}$ 小于1.70，多数小于1.65。大震之前，1975年12月在腾冲南发生小震群，伴随小震群的发生， $\frac{\tau_s}{\tau_p}$ 有一连续回升过程（12月16日至22日），随后有连续的资料表明，波速比已回升到通常认为是正常值的范围。由此可以认为，至少从1972年9月起始，波速比曾出现异常（图 I-4），至1975年12月 $\frac{\tau_s}{\tau_p}$ 值回升，比较肯定的连续的震前波速比低值，至少达40个月。依据有关研究，45个月的异常时间，将对应一个6.7级的地震。

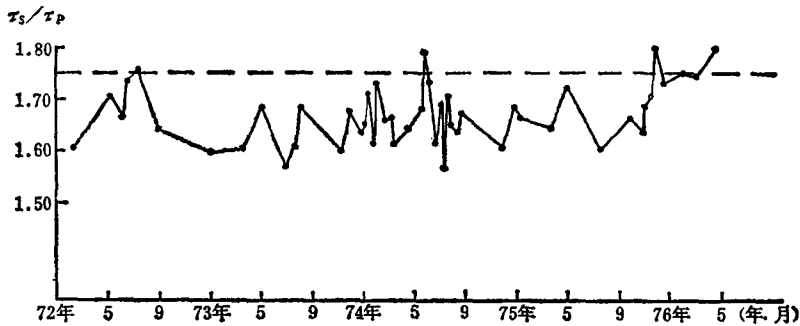


图 I-4 龙陵地震波速比异常图

上述资料表明，龙陵地震之前，地震活动在长、中、短、临各个阶段的显示，是各不相同的。震前几年至几十年，即长期异常阶段，属于地震方面的异常显示，目前仅从腾冲、龙陵、澜沧地震带应变释放曲线图上和 $M_s \geq 4.0$ 级地震的围空现象有所显示。

震前2—3年至震前半年或2—3个月，在地震方面所出现的异常，即中期异常，内容比较丰富，归纳起来有：

1. 1970年以后，小震频度逐年增强，其中部分年份小震震中在平面上出现北东、北西两个条带在震中地区交汇的现象。

2. 震前三年，即1973年6月震区北部发生 $M_s = 5.1$ 级的早期前震。

3. 震前三年多，1972年9月震区周围出现了波速比异常。

4. 震前一年左右，云南地区和西部缅甸境内， $M_s \geq 5.0$ 级的地震频度显著增高。

5. 震前半年，1976年12月震区内波速比异常结束，回升到正常值水平。

震前2—3个月至震前半月或一月，地震方面的短期异常显示，并不十分明显。而震前半月至发震当天，即临震异常阶段的突出表现是，发震当天出现直接前震。

第二章 微观前兆

第一节 土地电异常

这里分析和整理了震前三十多个观测点的土地电资料，发现地震前在震中距400—500公里左右的范围内，有相当一部分观测点的土地电曾出现过明显的中期和临震异常。出现中期异常的点多位于震中距100公里左右的范围内，位于400—500公里距离的点一般仅有临震异常反映。

现将龙陵地震前土地电异常形态及其时空演变特征分述如下。

一、中期异常特征

(一) 异常发展的阶段性

震中及外围地区有几十个测点的土地电日均值异常图，按其形态大致可分为峰形、谷形、上升形、下降形等四种异常图象。距震中大约70公里范围之内的龙陵、腾冲、保山、昌宁等观测点的异常形态，绝大多数为峰形异常，个别点为谷形异常。

两种异常形态的共同特点是：异常随着时间的变化，大致可以分出下述四个发展阶段。

第一阶段为异常初期。

在距震中70公里范围之内的有龙陵、腾冲、昌宁等土地电观测点，这些点的观测值差不多同时从1975年12月中旬或下旬开始，出现大幅度的上升或下降，一直到1976年2月或4月，分别上升或下降到最高值或最低值（见图 I-5）。如龙陵县地震办公室（以下简称地办）的土地电观测点，距震中15公里，电极为碳、铅异性极，埋深2米，处于当地潜水面以下。该点南北向土地电从1975年12月12日的-26微安开始逐渐上升，至1976年4月20日上升到110微安，出现第一极值点。上升幅度达136微安。昌宁大塘（距震中60公里）南北向土地电，在

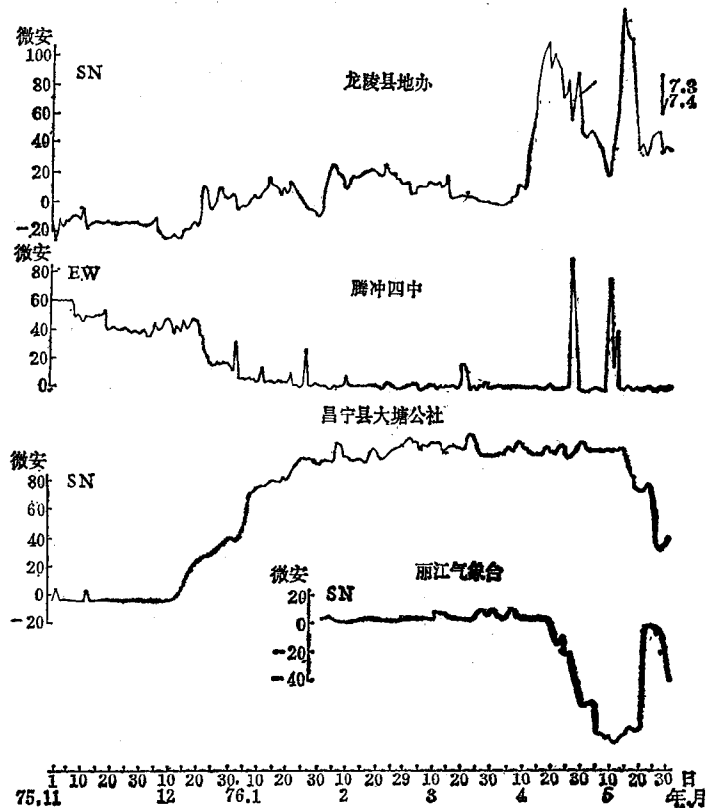


图 I-5 龙陵地震前土地电中期异常

1975年12月12日之前的四个多月时间内，测值一直比较稳定，变化幅度仅4微安左右。同年12月12日与龙陵县地办土地电同一天突然开始上升，至1976年2月7日上升到105微安，第一极值点比龙陵地办早出现两个月左右。而同一点的東西向土地电，于1975年11月1日开始上升，异常开始时间比南北向的早一个半月左右。腾冲县第四中学（距震中40公里）东西向土地电，1975年12月1日观测值从64微安开始下降，至1976年2月5日下降到1微安，也完成了第一阶段异常。

第二阶段为异常中期。上述各点，从1976年2月或4月第一极值点出现后，直到震前一至半月时间内，观测值处于高值或低值段上波动。在这一阶段内，多数点的曲线形态较为平稳。

第三阶段为异常结束阶段。最后一个极值点出现以后，各点观测值分别与它第一阶段相比，出现反向变化，使异常形态呈现出峰形或谷形。如昌宁大塘南北向土地电，最后一个极值点出现在5月14日，自此以后，观测值与异常初期相比，呈现出反向变化，表现为大幅度的下降，即从5月14日的101微安，至震前一天5月28日下降到了32微安，半月内观测值下降68微安。整个异常经历了上升——高值平稳——下降的过程，异常形态呈现峰形。

第四阶段为临震阶段。震前半月至发震当天，在广大范围内的许多观测点上，观测值出现大幅度跳动或脉冲（详后）。

（二）异常发展的时空演变特征

我们把三十多个土地电点开始出现异常的时间、异常持续时间和异常的最大变化幅度进行对比，发现在震中距100公里范围以内的龙陵、腾冲、昌宁等地的土地电，一般都在1975年11—12月开始出现异常；最大异常幅度为正常值的500—700%；异常持续时间约5—6个月。

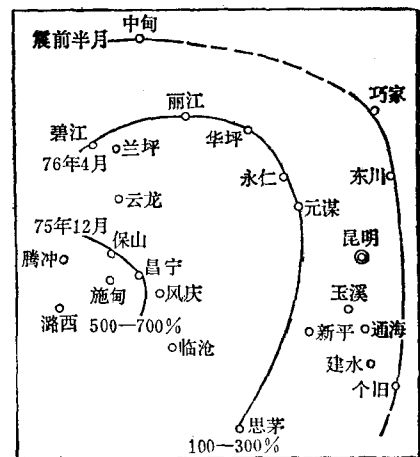
而距震中300公里左右范围以内的丽江、元谋、思茅等地的土地电，除个别点外，一般在1976年4月中旬前后开始出现异常，异常持续时间一个半月左右，异常幅度除个别点外，一般仅100—300%。

离震中500公里左右的巧家、东川、个旧一带的土地电，一般多在5月初至震前半月的5月中旬才开始出现异常。异常持续时间仅一至半月，但异常幅度却较大。

由图I-6来看，龙陵地震前土地电的时空演变特征，显示出异常开始和持续时间、异常幅度都有随震中距加大出现规律性衰减的现象。一般特点是，近震中的观测点，异常开始早、持续时间长、异常幅度大。而远离震中的观测点则相反，表现出异常开始晚、持续时间短、幅度小。无论其观测点离震中是近或是远，其异常结束时间都大体相近。

二、临震异常特征

土地电的短期异常主要表现是，在距震中200—300公里范围内，于震前一个半月左右，即4月中旬前后开始出现异常。而震前一月至发震当天，土地电出现大量临震异常显示，其主要表现是：



图I-6 龙陵地震前土地电开始异常时间(年、月)、异常幅度(%)随震中距增大变化示意图

(一) 震前一月至半月内, 许多观测点的测值, 出现反向加速变化。如前所述, 峰形或谷形异常, 测值从高值或低值平稳段突然转折为下降或上升, 完成一个完整的峰形或谷形异常形态, 这就意味着异常发展已进入了临震阶段。

(二) 震前一至半月, 在震中附近及外围地区许多观测点上, 观测值突然出现大幅度的上升或下降。在 150 公里范围内具有上述临震异常显示的有施甸中学、临沧中学等土地电 (图 I-7)。距震中较近的腾冲四中东南向土地电, 从 1976 年 2 月 5 日至 4 月底进入异常中期, 出现低值平稳段后, 测值变化一般为 1—2 微安, 仅个别变化达到 16 微安。但从 4 月底开始至 5 月中旬, 观测值连续多次出现大幅度跳动, 如 5 月 10 日至 13 日连续三天大幅度上升, 最大幅度达 76 微安 (见图 I-5)。在差不多同一时段内, 距震中 400 公里左右的一些观测点, 如峨山、嵩明、东川、个旧等地的一些观测点也出现了大幅度升降变化 (图 I-8)。

(三) 震前半月至发震当天, 土地电出现摆动和脉冲异常。凤庆一中离震中 120 公里, 该点的土地电采用连续自动照相记录, 从记录纸上看出, 5 月 12 日以后, 东西向记录纸上呈现出突升突降的脉冲型异常 (图 I-9), 最大幅度达 10 多微安。距震中 400 公里的昆明地震台自然电位自动记录图纸上, 震前几天也记录到了类似的脉冲信号。而距震中较近的一些观测点, 临震异常则表现

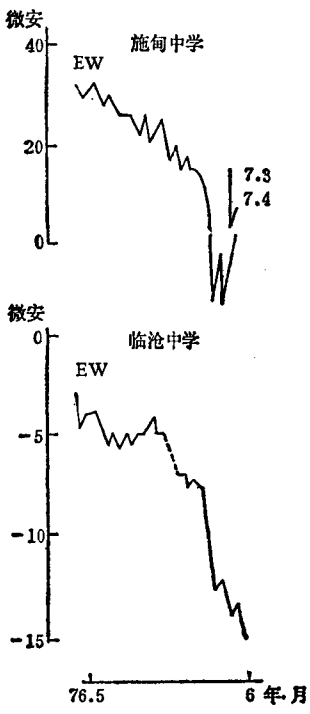


图 I-7 施甸中学、临沧中学土地电临震异常特征——大幅度下降

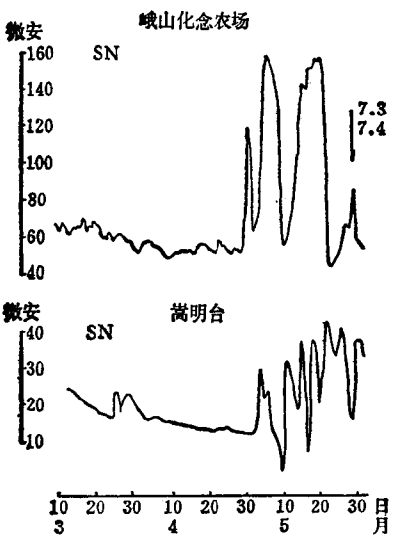


图 I-8 峨山纪念农场、嵩明地震台土地电临震异常特征——大幅度升降

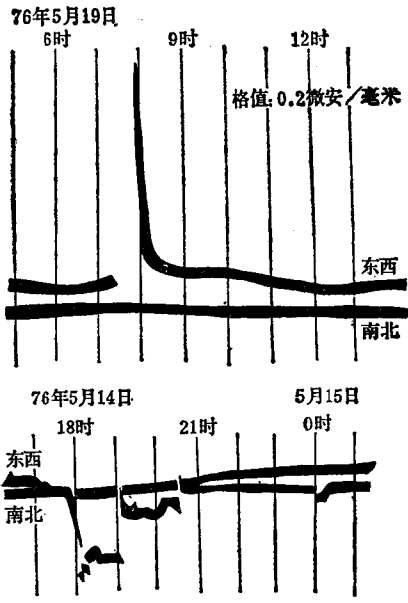


图 I-9 凤庆一中土地电临震异常特征——大幅度脉冲 (据原始照相记录图复制)

为微安表指针摆动或测值大幅度下降。如龙陵县地办的土地电，震前三天（5月26—29日）微安表指针不断出现脉冲式断续摆动，直至发震后止。5月28日腾冲四中微安表指针曾多次出现每秒三至四次的摆动，摆动持续时间最长的一次约90分钟左右。龙陵县气象站东西向土地电在发震当天（震前）突降61微安。

震前半月至发震当天，位于400—500公里范围内的许多土地电观测点，几乎同时出现大幅度跳动和摆动的异常现象，这是龙陵地震临震阶段土地电表现的主要特征。

第二节 水 氡 异 常

一、关于正常值的选取

众所周知，水里的氡气是由于地下水在含水层中流动时，溶解了岩石孔隙和裂隙中的氡气而来。在地应力、地温、地下水的物理化学性质、流速等相对稳定的情况下，泉水中氡的含量，应该是一个仅在一定范围内波动的稳定数值。这就是我们常说的正常背景值。因此选取各水点氡含量正常值的原则是，首先考虑该水点附近没有地震的时段，然后尽可能选取连续的、长时间的数据，取其平均值，作为它的正常值——基值。由于季节变化，基值连成的基线将是一条按一定规律起伏的曲线。

考虑到目前云南地区许多水点采用FD—105型静电计测水中的氡含量，而该仪器的测试流程比较长，步骤复杂，因此引起误差的因素和机率也就较多，因此在分析龙陵地震前水氡异常特征时，我们把超过基值 $\pm 5\%$ 的观测值列为异常值，而把在5%范围以内的波动视为正常值。

二、龙陵地震前水氡异常特征

震前云南省内开展水氡观测的水点共有十七个，其中群众业余测报点十一个。具有连续两年以上观测资料的点五个，连续一年以上的水点四个。观测点的分布及水点情况见表 I-2。

云南省境内各水氡观测点观测条件一览表

表 I-2

水点名称	水温 °C	含氡量 埃曼	开始观测时间 (年、月)	出水口条件	观测仪器型号	资料情况	取水条件	观测单位
龙陵黄草坝		30	1974.11	自流	FD-105	断续	抽空吸取	龙陵地办
下关	70	2	1970.4	自流	FD-105	连续	抽空吸取	下关台
曲江	65	75	1974.6	自流	FD-105	连续	抽空吸取	水化站
洱源	75	5	1975.4	自流	FD-105	连续	抽空吸取	洱源地办
澜沧	40	3	1975.4	自流	FD-105	连续	抽空吸取	澜沧台
腾冲和顺乡	冷泉	6	1975.8	自流	FD-105	连续	抽空吸取	腾冲二中
汤池	69	20	1974.8	自流	FD-105	连续	抽空吸取	阳宗海发电厂
罗茨	40	4	1975.8	自流	FD-105	断续	抽空吸取	禄丰地办
会泽	冷泉	2	1973	自流	FD-105	连续	盐水瓶	会泽地办
寻甸	冷泉	8	1975.2	自流	FD-105	连续		寻甸地办
塘子	67	2	1975.2	自流	FD-105	连续		寻甸地办
昭通	40	15	1975.4	机井抽水	FD-105	连续	抽空吸取	昭通台
安宁	42	8	1975.5	机井自流	FD-105	连续	抽空吸取	水化站
丽江	冷泉	2	1972.1	自流	FD-105	连续	盐水瓶	丽江台
盈江	温泉		1975.12		FD-105	断续		盈江一中
沾益	冷泉	5	1974		FD-105	断续		沾益地办
弥勒	温泉				FD-105	断续		弥勒地办

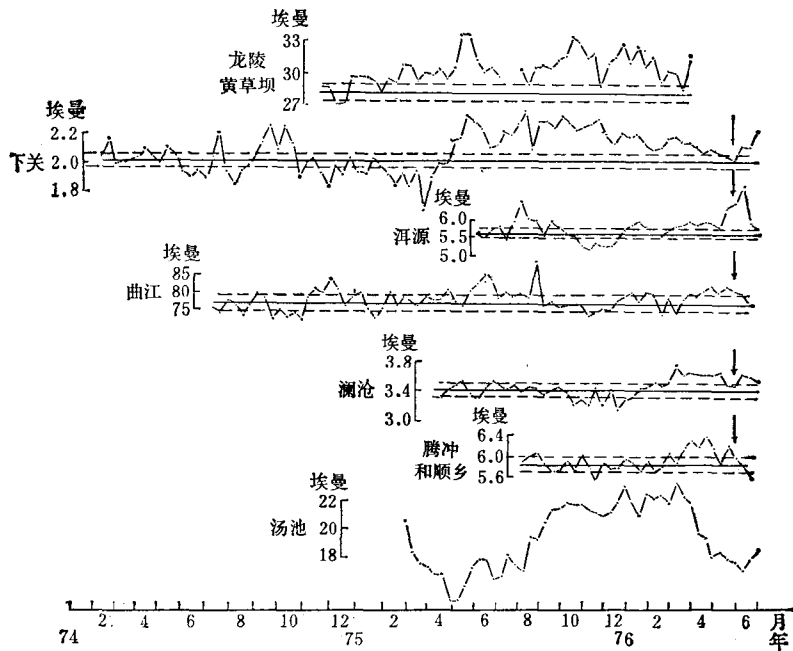


图 I-10 龙陵地震前水氧旬均值异常图

(一) 中期异常特征

图 I-10 是一张从震中到外围 450 公里范围内，震前水氧中期趋势异常图。从图中可以看出龙陵地震前水氧有下述异常特征：

1. 大地震前，在 400 公里范围内的某些构造部位上的水点，出现了中期趋势异常，持续的时间最长可达一年以上，最短也有三个月左右。

2. 若将各观测点的开始异常时间、最大异常幅度、异常持续时间绘成平面图，水氧中期趋势异常表现出离震中近的水点异常幅度大，持续时间长，异常开始时间早。震中区的黄草坝从 1975 年 2 月中旬就开始大幅度上升。同年 5 月、10 月分别上升到第一极值点和第二极值点，同年 11 月以后缓慢下降，到震前的两个月，即 1976 年 3 月下降到 1974 年开始观测时的数值。1976 年 4 月虽然换了新水点，但原观测点的整个中期趋势异常还是十分清楚的。该水点的异常最大幅度达 18.3%，持续时间长达 15 个月。可是距震中 175 公里的下关水点，其异常开始时间就比黄草坝水点推迟了约三个月，于 1975 年 5 月才开始出现异常，整个异常时间约十二个月，最大异常幅度为 14.8%。距震中 430 公里的曲江水点，出现异常最晚，于 1976 年 3 月下旬才开始异常，异常时间约二个月，异常幅度也较小，仅 6.2%。其余水点的异常特征见表 I-3。

龙陵地震前水氧（旬均值）异常特征

表 I-3

水点名称	离震中距离 (公里)	基 值 (埃曼)	正常波动范围 (埃曼)	异常开始时间	最大异常幅度 (埃曼)	相对变化幅度 (%)
龙陵黄草坝	震中区	28.4	1.42	1975.2—3	33.6	18.3
下 关	170	2.03	0.11	1975.5	2.33	14.8
洱源九气台	220	5.62	0.28	1976.2	6.31	12.4
澜 沧	250	3.42	0.17	1976.2	3.67	7.3
曲 江	430	77.0	3.9	1975.3	81.8	6.2

3. 龙陵大震前水氧异常的另一个特征，就是云南境内的各个水点，其开始异常时间虽然随着震中距的不同而有早有晚，异常幅度、异常持续时间有大有小、有长有短，但是各水点异常的结束时间却大体都是在震前一月到半月的时间内。

4. 这次地震的异常特征是上述各个水点都表现为含氧量增加，即为正异常，没有发现明显下降的水点。同时，在5月29日两组大震发生后，在震区附近的潞西县安装了一台FD-128连续自记水氧仪。分析这台仪器有关记录，发现在强余震之前其测值也表现为上升。

5. 从图 I-10 可以看出，水氧中期异常，同样可以划分出以下四个阶段：(1) 异常初期——其特征表现为测值上升，而且上升速率还比较大；(2) 异常中期——各水点这一时期内的观测值均超过各自的正常波动范围，处于高值上波动；(3) 异常结束——各水点测值大幅度下降，震前一月到半月测值回到基值附近，甚至远低于基值。这一阶段的下降速度与异常初期的上升速度比较，有快有慢；(4) 临震阶段——当测值从高值段开始下降，观测值回到基值附近时，就进入了临震阶段。

(二) 短期、临震异常特征

水氧短期异常的表现之一就是距震中较远的一些点，在震前二至三个月内开始出现异常，如距震中 200 公里以外的曲江、澜沧等水点就在震前二至三个月内开始出现异常。表现之二是在震前一月到半月的时间内各水点的测值下降到基值附近，完成一个峰形异常。

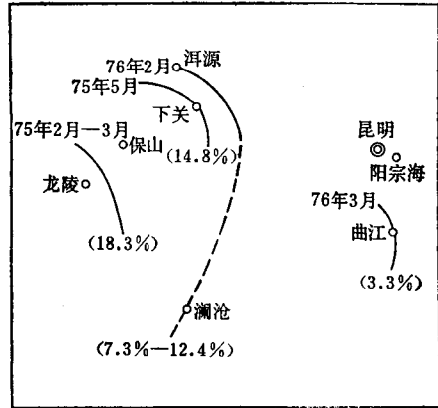


图 I-11 龙陵地震前水氧异常开始时间(年、月)异常幅度(%)随震中距离变化示意图

龙陵巴腊掌温泉水氧 4—6 月数据*

表 I-4

含氧量 日	月			含氧量 日	月		
	4	5	6		4	5	6
1				17	24.8	16.6	378.4
2		24.5		18	23.7	20.8	402.3
3		19.8	44.0	19	21.4	16.9	
4		21.6	47.9	20	23.7	18.5	
5		20.7	52.9	21	21.7	14.7	
6	20.8	22.8	66.5	22	24.8	15.7	
7	25.5	23.8	80.0	23	23.9	15.2	
8	23.7	21.5	93.0	24	23.8	16.4	
9	30.1	23.0	109.0	25	21.2	14.1	
10	22.0	21.7	152.0	26		12.5	
11	26.8	20.9		27		12.5	
12	20.2	21.8	143.0	28		11.5	
13	28.4	19.6	226.1	29		11.7	
14	27.7	20.1		30			
15	22.4	21.1		31			
16	25.8	18.6	410.8				

* 单位为埃曼