

旱震关系与大地震中期预报

耿 庆 国

(国家地震局分析预报中心,北京)

摘 要

本文论述了作者在研究孕震过程中的气象效应问题时发现: 6 级以上大地震的震中区, 震前一至三年半时间内往往是旱区。旱区面积随震级大小而增减。在旱后第三年发震时, 震级要比旱后第一年内发震增大半级。据此提出运用旱震关系进行大地震中期预报的方法原则。

为探索 6 级以上大地震的中期预报问题, 作者研究了干旱与地震的关系, 认为旱震关系是大地震中期预报的一个有效方法。

在大地震的孕育过程中, 可能存在着影响气象的因素。地震作为地球内部(特别是地壳和上地幔)矛盾运动的产物, 直接的因素仍然是地应力的集中所致。在孕震过程中, 不仅有力学过程存在, 而且同时伴随有热、电、磁等物理化学过程存在。在孕震过程中, 在震源体积内及其前兆异常场区域中, 可能有由地下放出的热能、电磁能、化学能以及载热、载电的物质流上升到地表, 这些都可能造成了低空大气的异常现象。而地下旧有的断裂带和断裂带在孕震过程中新产生的微破裂, 有可能提供地下物质和能量上涌的通道。即在大地震孕育过程中, 由于地热增高, 使近地面出现干热特征, 导致空气中水汽含量大大降低, 平均绝对湿度变小, 不但改变了云的状况, 而且由于根本缺乏水汽条件, 因而不产生降水, 出现了地表面的干旱局面。孕震过程中造成干旱的原因, 除地热变化这一根本因素外, 地球内部电场和低空大气电场的相互作用, 也是一个重要的因素。

一、确立旱震关系(大地震中期预报方法)的事实依据

1972 年, 作者在研究孕震过程中的气象效应时, 发现: 6 级以上大地震的震中区, 震前一至三年半时间内往往是旱区。旱区面积大, 则震级大。在旱后第三年发震时, 震级要比旱后第一年内发震增大半级。

1. 6 级以上大地震的震中区, 震前一至三年半时间内, 往往是旱区。在系统查阅、整理全国各地震区降水量资料的基础上, 列出了近百年来中国 6.0 级以上大地震的旱震震例 229 例。

2. 从公元前 231 年(秦始皇十六年)至公元 1971 年(表 1), 在这 2,202 年间, 华北及渤海地区(34° — 43° N, 108° — 125° E)共发生 6.0 级以上大地震 69 次, 其中除 1337 年 9 月 8 日河

北怀来 ($M = 6\frac{1}{2}$ 级) 地震,震前二年大饥、灾因不详及 1368 年 7 月 8 日山西徐沟($M = 6$ 级)地震,震前一年大风雹外,其余 67 次地震,都是旱震震例。其中,震前一年大旱者为 27 次,震前二年大旱者为 15 次,震前三年大旱者 16 次,震前三年半大旱者为 9 次。总之震前一至三年半时间内大旱者为 67 次,占地震总次数的 97.1%¹⁾。

表 1 公元前 231 年—1971 年华北及渤海地区 6.0 级以上大地震旱震关系统计表

地 区	华北及渤海地区 (34°—43°N, 108°—125°E)	
时 间	公元前 231 年—公元 1971 年(共 2,202 年)	
6 级以上大地震总次数	69 次	
剖 析 \ 项 目	旱震震例个数(次)	在地震总次数中所占百分比
震前一年大旱者	27	39.1
震前二年大旱者	15	21.8
震前三年大旱者	16	23.2
震前三年半大旱者	9	13.0
震前四年大旱者	0	0.0
震前旱情记载不确	2	2.9
震前一至三年半大旱	共计 67 次	97.1

3. 旱区面积随震级大小而增减 震前旱区面积越大,旱后相应的地震震级越高。发生 6 级地震所需的震前旱区面积为 $25.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 发生 7 级地震所需的震前旱区面积为 $43.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ²⁾。1956 至 1971 年,全国共出现 46 个旱区(旱区面积均大于 $25.2 \times 10^4 \text{ km}^2$),其中有 39 个旱区,在旱后的一至三年半时间内发生有 6.0 级以上地震。即有 84.8% 的大旱区,旱后至三年半时间内有 6.0 级以上地震发生。还有 15.2% 的大旱区,旱后三年半内没有发生 6.0 级以上地震。

4. 干旱异常持续时间长,则震级大 大旱年后,如马上发震,震级小些;旱后第三年发震时,震级将增大半级。中国历史上,几个 7 级半或 8 级的大地震,多是在大旱后第二年至三年半时间内发生的(表 2)。

二、运用旱震关系进行大地震中期预报的方法原则

必须指出的是,旱震关系的研究结果告诉我们:旱庄稼的“旱”,与旱震的“旱”,尽管是同一个“旱”字,但它是两种差别很大的“旱”情。也就是说,旱庄稼的“旱”与旱震的“旱”,在概念上完全不是一回事,而是两码事。

农作物生长期间需要水,而天又不及时降雨(雪)下来,就会造成各个不同季节的“旱”情,

1) 耿庆国,公元前 231 年—1971 年中国华北及渤海地区 6 级以上大地震震前旱情史料,1972 年 10 月。
2) 耿庆国,1956 至 1970 年中国大陆 6 级以上大地震旱震关系分析统计结果,1972 年 9 月 25 日。

如所谓的春旱、夏旱、秋旱、冬旱等。而往往是在某一局部地区春旱或夏旱出现之后,接着就是雨涝。这样尽管全年总和降水量与多年平均降水量水平完全相当,也就是说,纵观全年并不缺水,但是由于夏收前未及时降雨旱了庄稼,因此,农业气象上往往认为这一年是干旱年。

表 2 中国历史上几个大震 ($M \geq 7 \frac{1}{2}$) 震前大旱年份一览表

地 震 日 期			震中地区	震 级 M	震前旱情
年	月	日			
512	5	21	山西代县	$7 \frac{1}{2}$	震前二年(510年)大旱
1556	1	23	陕西华县	8	震前三年(1553年)大旱
1654	7	21	甘肃天水	$7 \frac{1}{2}$	震前二年(1652年)大旱
1668	7	25	山东郯城	$8 \frac{1}{2}$	震前三年(1665年)大旱
1695	5	18	山西临汾	8	震前三年(1692年)大旱
1830	6	12	河北磁县	$7 \frac{1}{2}$	震前三年半(1826年)大旱
1879	7	1	甘肃武都	$7 \frac{1}{2}$	震前二年(1877年)大旱

旱震的“旱”,是作为 6 级以上大地震中期孕震过程的气象效应的典型表现,即孕震过程中的“地表皮肤病”,而引起我们认真关注的。

旱震的“旱”,往往是春夏秋连旱,或春夏秋冬连旱或连续二、三年大旱;而且是大面积的严重干旱;往往是几十年不遇甚至上百年不遇的大旱。因此,所有旱震的“旱”,必然首先“旱”庄稼。反之旱庄稼的“旱”,由于干旱时间短,旱区面积小,旱情程度一般,尽管对农作物生长不利,但根本与强震活动无关。

根据中国 1956—1970 年 6 级以上大地震旱震关系分析统计结果,1972 年 10 月作者正式提出旱震关系大地震中期预报方法。运用旱震关系进行大地震中期预报的方法原则是:

1. 依据旱区面积确定震级 (1) 发生 6 级地震所需的震前旱区面积为 $25.2 \times 10^4 \text{ km}^2$;
(2) 发生 7 级地震所需的震前旱区面积为 $43.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

2. 依据特旱区位置确定发震危险区 所谓特旱区,是指在大面积旱区内,找出突破历年降水量最低值的点或地域,构成该旱区的特旱区。

3. 在发震时间的预报上,一般先报旱后 1—2 年;如第三年再报时,须将震级提高半级。

三、旱震关系是大地震中期预报的一个有效方法

运用上述方法原则,从 1972 年 10 月开始,旱震关系作为大地震中期预报方法之一,直接参与了十余年来中国大地震中期预报的实践,并在炉霍、昭通、海城、唐山、松潘、龙陵等大地震中期预报上,取得了一定成效。

1. 1972 年我国华北及渤海地区出现了几十年不遇的严重干旱,大旱面积达 $113.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,

这是一个足以发生两组 7 级大地震,甚至可能发生一组 8 级强震的旱区面积。其中,辽宁锦州—岫岩一带,河北唐山地区及山西河北之交的石家庄、邢台、太原、忻县一带为特旱区(图 1)。

依据旱震关系,我们曾提出:“在 1972 年华北及渤海地区大旱后的一至三年半时间内,可能在河北、山西、辽宁、内蒙古四省区范围内发生 7 级以上强震。”“可能的发展地区包括辽宁锦州—岫岩一带,河北唐山地区及石家庄、邢台、太原、忻县一带。”^[1-3]并提出在大旱后第三年或更长时间内发展,震级将可能达到 7.5 级—8 级。

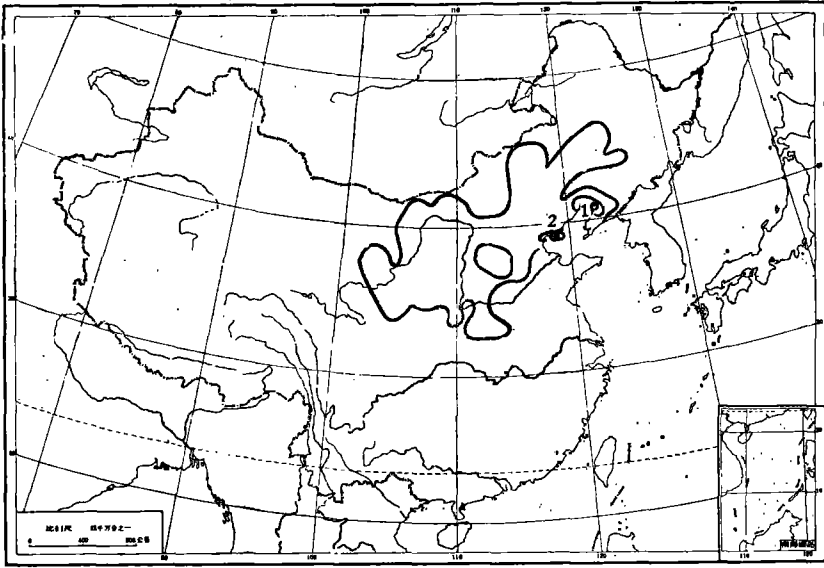


图 1 1972 年我国华北及渤海大旱区

- 1——1975 年 2 月 4 日辽宁海城 $M_s = 7.3$ 级地震(旱后二年零一个月震);
2——1976 年 7 月 28 日河北唐山 $M_s = 7.8$ 级地震和滦县 $M_s = 7.1$ 级地震(旱后三年半震)。

结果于 1975 年 2 月 4 日,即 1972 年华北及渤海地区大旱后两年零一个月,在辽宁锦州—岫岩特旱区内发生了海城 $M_s = 7.3$ 级强震;于 1976 年 7 月 28 日,即 1972 年华北及渤海地区大旱后三年半,在河北唐山特旱区内发生了唐山 $M_s = 7.8$ 级大地震和滦县 $M_s = 7.1$ 级强震。

而对 1972 年华北及渤海大旱区的另一个特旱区,即石家庄、邢台、太原、忻县一带来说,则没有发生 7 级以上强震,故构成虚报。

2. 1972 年,我国西南(四川省西北部和南部、云南省东北部和西部以及西藏自治区东部和中部)出现了一个面积达 $129.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的大旱区。这是足以发生一组 8 级大地震或发生两组 7 级以上强震的旱区面积(图 2)。

其中,四川西北部地区(广元—雅安—康定—炉霍—甘孜—德格—阿坝—南坪—松潘—黑水一带)为特旱区;四川南部和云南东北部地区(西昌—乐山—宜宾—昭通—普格—越西—雷波一带)为特旱区;西藏东部和中部(索县—那曲—班戈—申扎一带)为特旱区。此外,云南西南部地区(丽江—大理—临沧—思茅—保山—芒市—腾冲一带)为亚特旱区。

依据旱震关系,我们曾提出:“1973—1974 年,在四川西北部地区(广元—雅安—康定—

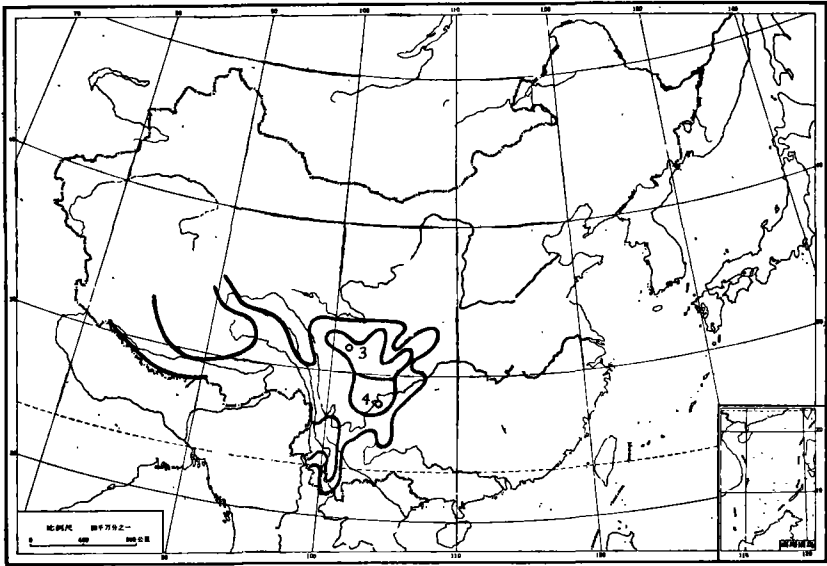


图 2 1972 年我国西南大旱区

3——1973 年 2 月 6 日四川炉霍 $M_s = 7.9$ 级地震(旱后一年震);
4——1974 年 5 月 11 日云南昭通 $M_s = 7.1$ 级地震(旱后二年震).

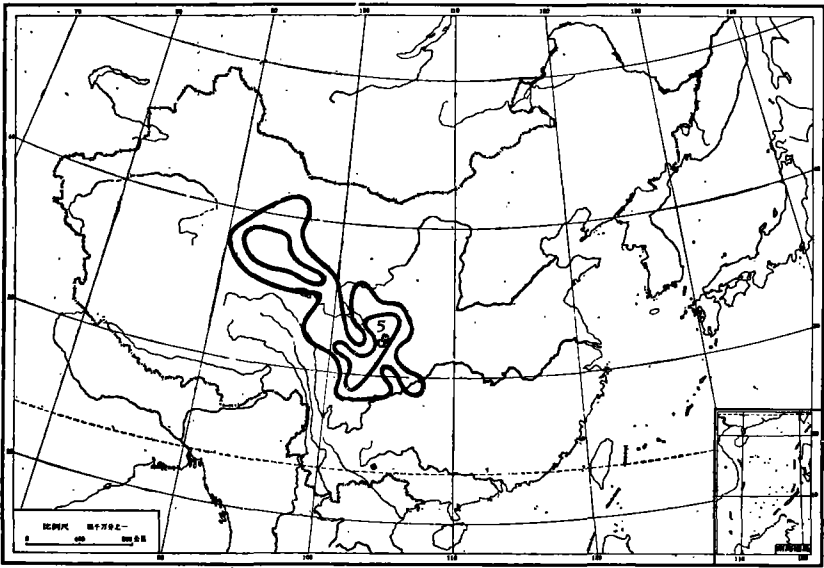


图 3 1974 年我国川甘交界和青海西北部大旱区

5——1976 年 8 月 16 日四川松潘 $M_s = 7.2$ 级地震和 1976 年 8 月 23 日 $M_s = 7.2$ 级地震(旱后二年震)

甘孜一带)或云南省西南部地区(下关—思茅一带)有 $6-6\frac{1}{2}$ 级地震。四川省南部和云南省东北部地区(西昌—乐山—宜宾—雷波—昭通一带)的大地震危险性,也值得注意”。结果于 1973 年 2 月 6 日在四川西北部特旱区内的炉霍甘孜一带发生了 $M_s = 7.9$ 级大地震及 1973 年 2 月 8 日炉霍 $M_s = 6.0$ 级地震; 1973 年 8 月 11 日在四川西北部的南坪、松潘一带发生了

$M_s = 6.5$ 级地震; 接着 1973 年 8 月 16 日在云南省西南部亚特旱区内的思茅、普洱一带发生了 $M_s = 6.3$ 级地震; 1974 年 5 月 11 日在四川省南部和云南省东北部特旱区内的雷波、昭通一带, 发生了 $M_s = 7.1$ 级强震。

3. 1974 年, 我国四川西北部、甘肃南部和青海西北部及其东南部地区, 出现了一个面积为 $56.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的旱区(图 3)。这是一个足以发生两组 6 级以上地震或可能发生一组 7 级以上强震的旱区面积。

1974 年, 我国四川西北部、川甘交界地区的特旱区为四川省的康定—雅安—灌县—平武—松潘—若尔盖—甘肃武都一带, 因此, 1975 年至 1976 年或稍长一些时间内, 可能在上述特旱区内发生 6 级以上、甚至 7 级以上强震。

依据旱震关系, 1975 年 1 月 10 日我们曾提出: “1975 年—1976 年, 四川康定—石棉—灌县—松潘—甘肃武都一带, 可能有 6 级以上地震。”结果于 1975 年 1 月 15 日在四川康定、石棉之间的九龙附近, 发生了 $M_s = 6.2$ 级地震。1976 年 1 月, 我们依据 1974 年四川西北部和甘肃南部的旱区, 继续重申旱震关系大地震中期预报意见如下: “1976 年, 四川、甘肃交界地区, 即灌县—松潘—若尔盖—岷县可能发生 6 级以上地震”。结果于 1976 年 8 月 16 日在四川松潘、平武一带发生了 $M_s = 7.2$ 级地震, 1976 年 8 月 23 日在四川松潘、平武一带再次发生 $M_s = 7.2$ 级地震^[4-6]。

4. 1975 年, 我国云南省西部和北部、四川省西南部以及西藏自治区东部出现了一个面积达 $92.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的大旱区, 这是足以发生两组 7 级以上强震, 甚至可能发生一组 8 级大地震的旱区面积(图 4)。

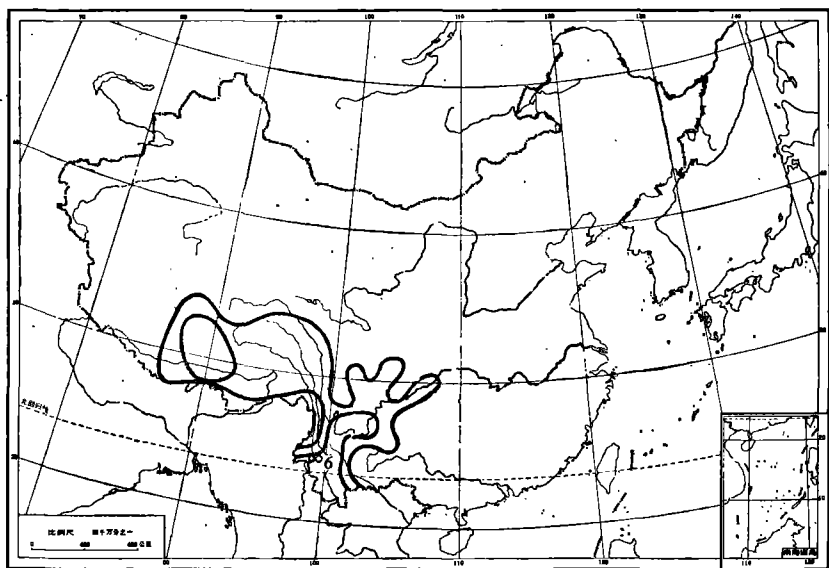


图 4 1975 年我国西南(滇西、滇北、川西南、藏东)大旱区

6——1976 年 5 月 29 日云南龙陵 $M_s = 7.5$ 级和 $M_s = 7.6$ 级地震(旱后一年震)

1975 年, 我国西南大旱区的特旱区(中甸—剑川—洱源—耿马一带)实际上可以分为两个彼此独立的特旱区。

(1) 滇西南特旱区,由景洪—澜沧—临沧—耿马—芒市(潞西)一带构成。

(2) 川南滇北特旱区,由大理—丽江—盐源—会理—昭觉—普格—会泽—昭通一带构成。

对于上述两个特旱区(即滇西南特旱区和川南、滇北特旱区)在 1976 年或稍长一些时间内发生 7 级以上强震的危险性均不能忽视,须认真重视。

依据旱震关系,1976 年 1 月我们曾提出:“1976 年,四川西南部、云南西部北部、西藏东部,可能发生 7 级以上强震。值得注意的地区,一是中甸—剑川—洱源—耿马;二是昌都—巴塘。”结果于 1976 年 5 月 29 日在洱源—耿马特旱区内的云南龙陵、潞西一带发生了 $M_s = 7.5$ 级和 $M_s = 7.6$ 级两次强震^[7]; 1976 年 11 月 7 日,在中甸—剑川特旱区内的云南丽江、宁蒗一带发生了 $M_s = 6.7$ 级地震,1976 年 12 月 13 日又在云南宁蒗一带发生了 $M_s = 6.0$ 级地震。

四、关于从旱震关系研究得出的孕震过程中异常时间及异常范围与未来地震震级的关系

1. 由 1956 年—1970 年国内大旱区(旱区面积 $\geq 25.2 \times 10^4 \text{ km}^2$) 与旱后一至三年半时间内发生的 $M_s \geq 6.0$ 级强震的旱震震例分析统计结果,本文作者于 1972 年 9 月给出旱震关系方面,有关震前干旱异常持续时间及大旱区面积与地震震级之间的具体经验关系式

$$M_s = 1.5 \log T + 3.5 \log S + 0.5.$$

式中 T 为干旱异常持续时间,单位为天; S 为干旱异常区范围,即大旱区面积,单位为 10^5 km^2 。

2. 由作者提出来的旱震关系经验公式(1972 年)

$$M_s = 1.5 \log T + 3.5 \log S + 0.5. \quad (1)$$

T 以天计, S 以 10^5 km^2 计。

(1) 若旱后第一年发震时

① 当 $T = \text{干旱年本身天数} + \text{旱后第一年内异常持续天数}$ (按优选法 0.618 法优选)

即 $T = 365 \text{ 天} + 365 \text{ 天} \times 0.618 = 591 \text{ 天时}$,

$$S = 2.52(10^5 \text{ km}^2),$$

则有

$$\begin{aligned} M_s &= 1.5 \log T + 3.5 \log S + 0.5 \\ &= 1.5 \log 591 + 3.5 \log 2.52 + 0.5 \\ &= 6.1 \text{ (级)} \end{aligned}$$

即发生 6 级地震所需的震前旱区面积为 $25.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

② 当 $T = 591 \text{ 天时}$,

$$S = 4.32(10^5 \text{ km}^2),$$

则有

$$\begin{aligned} M_s &= 1.5 \log T + 3.5 \log S + 0.5 \\ &= 1.5 \log 591 + 3.5 \log 4.32 + 0.5 \\ &= 6.9 \text{ (级)}. \end{aligned}$$

即发生 7 级地震所需的震前旱区面积为 $43.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

(2) 若旱后第三年发震时

①当 $T = \text{干旱年本身天数} + \text{旱后一、二年天数} + \text{旱后第三年内异常持续天数}$ (按优选法 0.618 法优选), 即

$$T = 365 \text{ 天} + 2 \times 365 \text{ 天} + 365 \text{ 天} \times 0.618 \\ = 1321 \text{ 天时,}$$

$$S = 2.52(10^5 \text{ km}^2),$$

则有

$$M_s = 1.5 \log T + 3.5 \log S + 0.5 \\ = 1.5 \log 1321 + 3.5 \log 2.52 + 0.5 \\ = 6.6 \text{ (级).}$$

即旱后第三年发震时, 震级将提高半级.

②当 $T = 1321$ 天时,

$$S = 4.32(10^5 \text{ km}^2),$$

则有

$$M_s = 1.5 \log T + 3.5 \log S + 0.5 \\ = 1.5 \log 1321 + 3.5 \log 4.32 + 0.5 \\ = 7.4 \text{ (级).}$$

即旱后第三年发震时, 震级将提高半级.

3. 对中国大陆 (1958—1976 年) 7.0 级以上强震旱震震例所做的检验, 见表 3.

表 3 中国大陆 (1958—1976 年) 7.0 级以上强震旱震震例检验

大旱年份及大旱区名称	大旱区面积 (10^5 km^2)	干旱异常持续 时间(天)	计算震级 M	实际震级 M_s	震级检验 $\Delta M =$ $M - M_s$	备 注
1962 年西北大旱区	$S_1 = 9.23$	$T_1 = 423$	$M_1 = 7.9$	7.0	$\Delta M = 0.9$	阿兰湖
1965 年华北大旱区	$S_2 = 9.56$	$T_2 = 444$	$M_2 = 7.9$	7.2	$\Delta M = 0.7$	邢 台
1968 年华北及渤海大旱区	$S_3 = 5.50$	$T_3 = 564$	$M_3 = 7.2$	7.4	$\Delta M = -0.2$	渤 海
1969 年西南大旱区	$S_4 = 6.64$	$T_4 = 369$	$M_4 = 7.2$	7.7	$\Delta M = -0.5$	通 海
1970 年东北大旱区	$S_5 = 5.84$	$T_5 = 1367$	$M_5 = 7.9$	8.0	$\Delta M = -0.1$	东北深震
1972 年西南大旱区	$S_6 = 12.96$ $S_7 = 6.48$	$T_6 = 401$ $T_7 = 462$	$M_6 = 8.3$ $M_7 = 7.3$	7.9 7.1	$\Delta M = 0.4$ $\Delta M = 0.2$	甘 孜 昭 通
1972 年华北及渤海大旱区	($S = 11.34$ $S_8 = 5.67$ $S_9 = 5.67$)	($T = 1129$ $T_8 = 1129$ $T_9 = 1660$)	($M = 8.8$) $M_8 = 7.7$ $M_9 = 8.0$	7.3 7.8 7.1	$\Delta M = 0.4$ $\Delta M = 0.2$	海 城 唐 山 深 县
1973 年新疆大旱区	$S_{10} = 8.10$	$T_{10} = 587$	$M_{10} = 7.9$	7.3	$\Delta M = 0.6$	乌 恰
1974 年川北甘南大旱区	$S_{11} = 5.67$	$T_{11} = 958$	$M_{11} = 7.6$	7.2 7.2	$\Delta M = 0.4$	松 潘
1975 年西南大旱区	$S_{12} = 9.23$	$T_{12} = 513$	$M_{12} = 8.0$	7.5 7.6	$\Delta M = 0.4$	龙 陵

4. 与国外结果的比较

由旱震关系经验公式

$$M_s = 1.5 \log T + 3.5 \log S + 0.5$$

T 以天计, S 以 10^5 km^2 计, 则有

$$1.5 \log T = M_s - 3.5 \log S - 0.5$$

即得出另一形式的旱震关系经验公式

$$\log T = 0.67M_s - 2.3 \log S - 0.3. \quad (2)$$

Scholz^[8] 曾给出前兆异常时间与未来地震震级之间的关系

$$\log T = 0.685M_s - 1.57. \quad (3)$$

比较 (2) 和 (3) 两式, 可有如下认识:

(1) 显然公式 (2) 更符合客观实际. 因为公式 (2) 不但考虑到震级 M_s 的大小与前兆异常时间 T 有关, 而且与前兆异常区范围 S 有关.

(2) 实际上, 公式 (3) 只是公式 (2) 的一种特例. 这是因为, 当 $S = 3.63 (10^5 \text{ km}^2)$ 时, 有 $\log T = 0.67M_s - 2.3 \log S - 0.3 = 0.67M_s - 2.3 \log 3.63 - 0.3 = 0.67M_s - 1.59$.

于是得出与公式 (3) 大体一致的形式. 而前兆异常区范围 $S = 3.63 (10^5 \text{ km}^2) = 36.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 并不是偶然的. 由于发生 6 级地震所需的震前旱区面积为 $25.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 发生 7 级地震所需的震前旱区面积为 $43.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 采用优选法 (0.618 法), 可得出标准旱区面积的优选数值为.

$$\begin{aligned} S &= 25.2 + (43.2 - 25.2) \times 0.618 \\ &= 25.2 + 18.0 \times 0.618 = 25.2 + 11.1 = 36.3 (10^4 \text{ km}^2). \end{aligned}$$

由此可见, 在公式 (3) 中所隐含的前兆异常区范围 S 为一固定常数 ($S = 36.3 \times 10^4 \text{ km}^2$), 而这一常数值恰恰是发生 6 级和 7 级地震所需的震前标准旱区面积的优选法数值.

五、结 论

1. 十余年来, 大地震中期预报的实践证明: 6 级以上大地震的震中区, 震前一至三年半时间内往往是旱区, 这是一个十分重要和关键的事实. 旱震关系, 作为大地震中期预报方法之一, 是有成效的; 有关旱震关系的物理基础问题, 是值得予以深入研究的.

2. 华北及渤海地区 1972 年大旱是海城 7.3 级强震和唐山 7.8 级强震中期孕震过程中造成的气象异常效应.

实际上, 华北及渤海地区地震活动性和其他多种前兆观测资料表明, 海城地震和唐山地震的中长趋势前兆异常, 确实相继出现在 1972—1973 年. 这种空间和时间内与华北及渤海地区 1972 年大旱同步出现的异常现象, 是绝非偶然的, 是有其内在联系的.

3. 运用旱震关系进行大地震中期预报的方法原则, 还存在不少问题, 需要进一步研究解决:

其一是, 当一个大面积旱区内存在两个以上特旱区时, 是否都会是发震危险区, 对此如何进行甄别鉴定和正确决断?

其二是, 在发震时间 (发震年份) 预报上, 当一个大面积旱区出现后, 到底是在旱后第一年发震, 还是在旱后第二年发震, 还是在旱后第三年或稍长时间内发震? 对此如何进行正确判断,

以求缩短预报和预防的时间。

其三是, 统计结果表明, 尽管有 84.8% 的大旱区在旱后一至三年或稍长时间内发生有 6 级以上地震, 但还有 15.2% 的大旱区, 旱后三年半时间内没有发生 6 级以上地震; 因此必须解决可能出现的虚报和漏报大地震的问题。

4. 大地震发生前是有气象异变作为其前兆的, 抓住这种前兆, 是完全有可能在预测、预报和预防大地震方面发挥一定作用。深入研究孕震过程中的气象效应, 显然对于大地震的预报、预防工作具有重要的意义。

写作过程中, 得到丁国瑜、翁文波、张家诚教授和其他地震界、气象界同行的鼓励, 特别得到傅承义教授的悉心指导和亲自修改, 作者在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 朱凤鸣、吴戈等, 一九七五年海城地震, 地震出版社, 1982, 4 和 100.
- [2] 陈非比等, 唐山地震, 地震出版社, 1979, 133.
- [3] 马宗晋等, 1966—1976 年中国九大地震, 地震出版社, 1982, 44.
- [4] 四川省地震局分析研究室, 地震战线, 1977, 2.
- [5] 朱皆佐、江在雄, 松潘地震, 地震出版社, 1978.
- [6] 四川省地震局编, 一九七六年松潘地震, 地震出版社, 1979.
- [7] 云南省地震局, 地震战线, 1977, 2.
- [8] Scholz, C.H. et al., *Earthquake Prediction*, 1973, 181.