

华北断块区地震幕与大华北气温异常 时空演化特征*

陈有发 陶淑芬

(中国兰州 730000 国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

研究了 1966—1976 年间华北断块区地震幕活动与大华北地区 1960 年 2 月—1977 年 1 月气温异常时空演化之间的关系. 主要结论是: (1) 华北地区 1960 年 2 月(增温)和 1977 年 1 月(降温)以及 1975 年 9 月和 1976 年 2 月(增温)的气温增温—降温过程, 与地震幕活动开始和结束时间相关联; (2) 气温异常时间与范围之间, 以及它们与地震能量之间有较高的可信度; (3) 1960 年 2 月—1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震时的 16.5 年可按 0.618^N 划分 18 个时段, 地震幕中单个地震及天气增温的时间恰好位于某几个时段中.

关键词 华北断块; 地震幕; 气温异常

1. 引 言

自 60 年代以来, 水文气象因素变化与地震之间的关系研究越来越受到科学家的关注, 并发表了许多有价值的论著(兰州地震大队气象地震组, 1976; 耿庆国, 1985). 从这些论著得出: (1) 大地震前气象要素具有前兆性变化, 其中重复性较好的是降水、气温和气压; (2) 气象要素前兆的时空演化规律, 在时间和空间尺度上都比较; (3) 大地震前气象要素程度不同地携带有地震前兆信息; (4) 虽然气象要素资料也遭到干扰的污染而成为一个灰色量, 但仍然是地震预报的重要手段之一. 本文利用气温资料来研究 1966—1976 年发生在华北断块区 4 处 7 级以上地震, 及其组成地震幕的气温前兆特征, 探索 7 级以上地震前后气温的时空变化规律, 圈定地震危险区和预报发震的时间.

2. 资 料

利用《1951—1980 中国平均气温变率资料》、辽宁省气象局出版的盖县、岫岩、海城和营口《1971—1980 地面气候资料总结》, 以及海城 1973—1976 年日均值资料. 从月距平资料中

* 地震科学联合基金会资助.

1991 年 7 月 3 日收到本文初稿, 1992 年 3 月 31 日决定采用.

寻找地震气温前兆时遵循两条原则: (1)在震前同月历年中为最大者或最小者,并在 12, 1, 2, 3 月中该值同时满足在同年中也为最大者(称为天气增温过程)或者最小者(称为天气降温过程);(2)在空间分布上有足够大的面积,一般要求有 25 个左右以上的气象站。据此,我们查找了黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、北京、天津、河北、山东、山西、河南、江苏、安徽、陕西、宁夏和甘肃等省区气象站资料,满足上述条件的有 6 个地区和时间。

(1)1960 年 2 月天气增温异常区。该区大致范围是:东到黑龙江牡丹江、绥芬河;西到宁夏银川、内蒙古吉兰泰;北到内蒙古东乌珠穆沁旗、科尔沁右翼前旗;南到河南信阳、安徽合肥。面积为 $188.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 如图 1 中实线(正数)围成的范围,103 个气象站月距平均值为 3.9°C 。

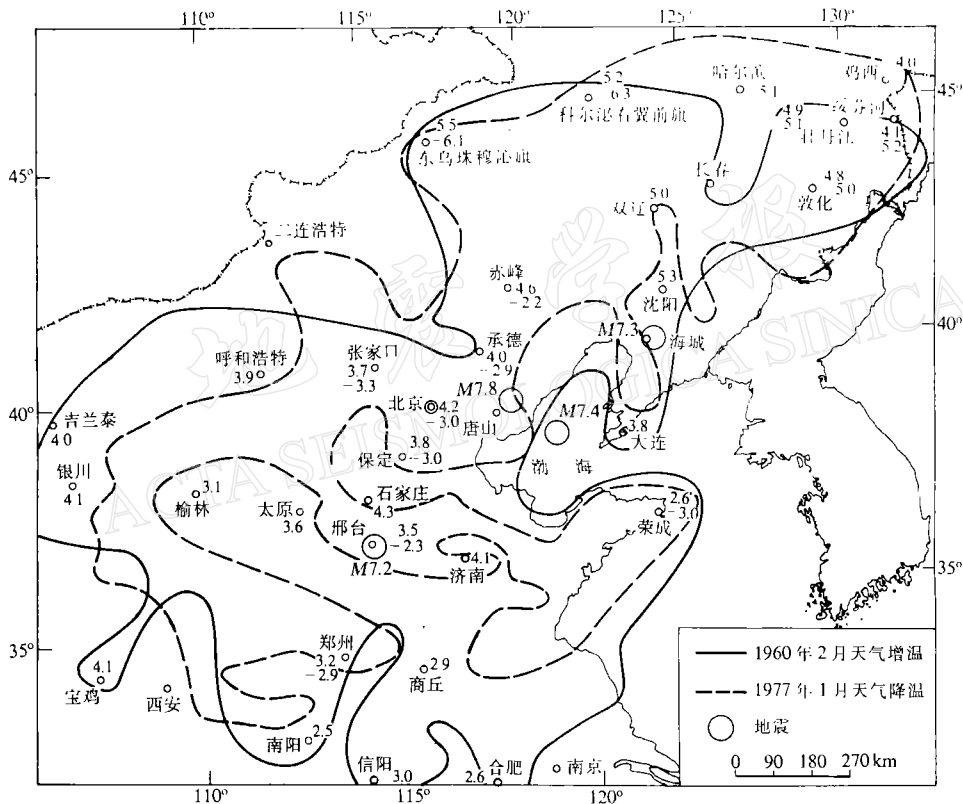


图 1 大华北地区1960年2月天气增温(实线为正数)和1977年1月天气降温(虚线为负数)范围

(2)1967 年 5 月天气增温异常区。该区大致范围是:东到吉林临江、集安;西到内蒙古二连浩特、山西右玉;北到内蒙古林西、吉林双辽;南到开封、商丘。面积为 $84.9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 如图 2 中实线包围的范围,57 个气象站月距平均值为 2.5°C 。

(3)1973 年 1 月天气增温异常区。该区范围大致是:东到吉林敦化、桦甸;西到河北围场、辽宁、兴城;北到吉林长岭、长春;南到山东荣成。面积为 $36.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 如图 3 实线围成的范围;25 个气象站月距平平均值为 3.7°C 。

(4)1975 年 9 月天气增温异常区。该区范围大致是:东到牡丹江、鸡西;西到吉兰泰;北到东乌珠穆沁旗、通榆;南到南京、合肥。面积为 $162.9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 如图 4 实线围成的范围(未括的数字),80 个气象站月距平平均值为 1.9°C 。

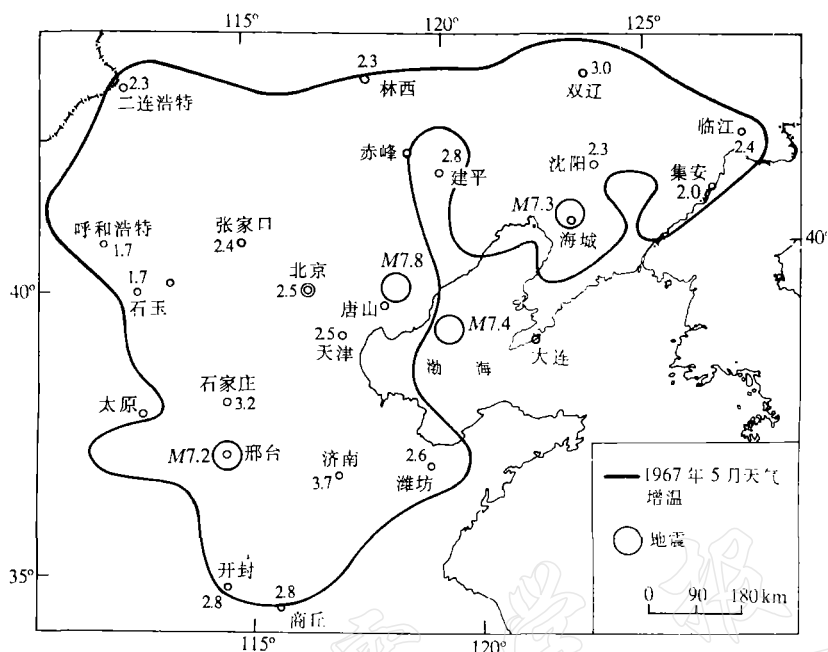


图2 华北地区中部1967年5月天气增温范围

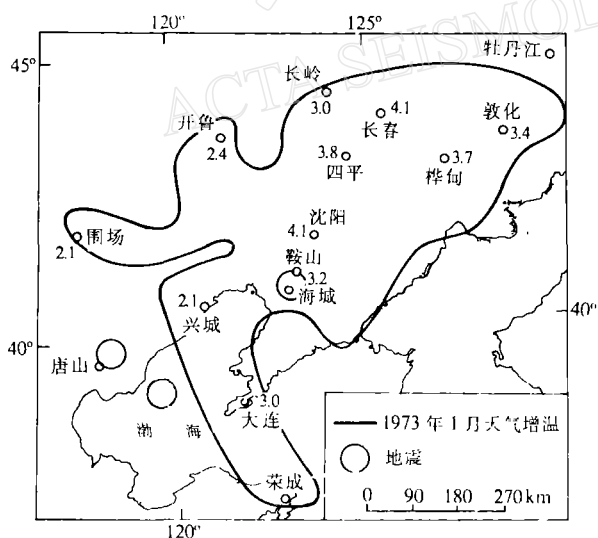


图3 华北东部1973年1月天气增温范围

(5) 1976年2月天气增温异常区。这次异常计算时间为1961—1980年。该区范围大致是：东到鸡西；西到吉兰泰、银川；北到东乌珠穆沁旗、科尔沁右翼前旗；南到山西兴县、河北乐亭。面积为 $129.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，如图4虚线围成的范围(带括号数字)，42个气象站月距平平均值为 4.3°C 。

(6) 1977年1月天气降温异常区。该区范围大致是：东到鸡西、绥芬河；西到宁夏盐池、甘肃环县；北到东乌珠穆沁旗、科尔沁右翼前旗；南到徐州、陕西商县。面积为 $(150-160) \times 10^4 \text{ km}^2$ ，如图1中

虚线围成的范围(长春除外)，72个气象站月距平平均值为 -3.5°C 。

3. 华北断块区地震幕与气温异常的时空演化特征

(1) 1960年2月大华北天气增温区与华北断块区地震幕之间的内在联系。从图1可以看出，大华北地区从1960年2月天气增温到1977年1月天气降温期间历时17年。这

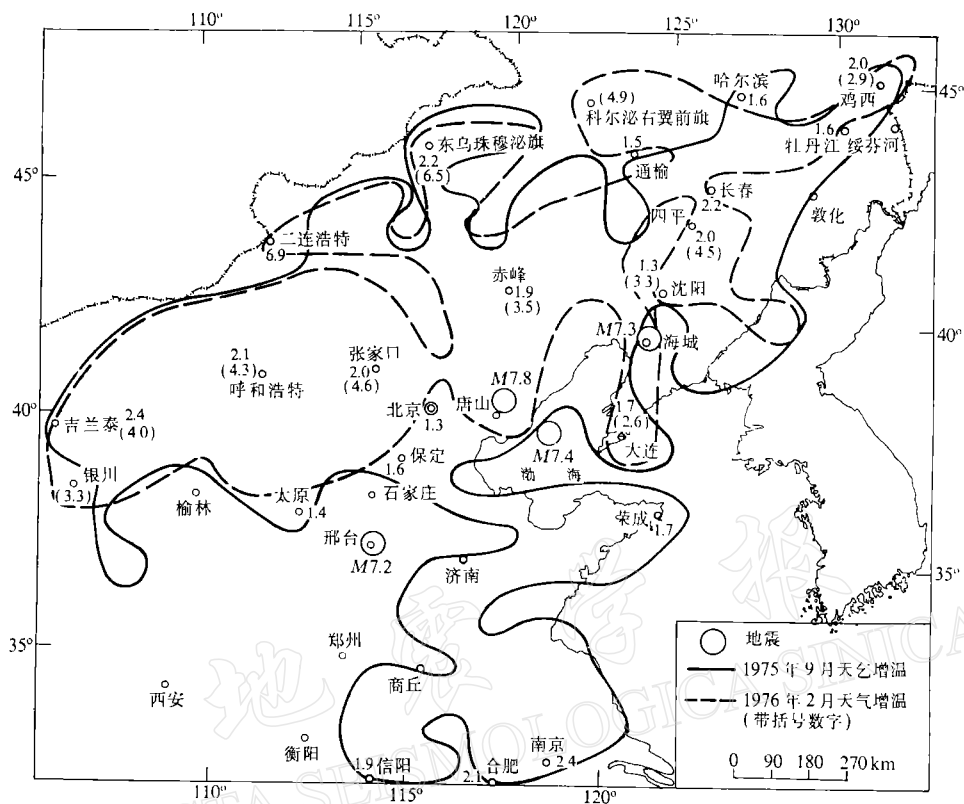


图4 华北中部1975年9月和1976年2月天气增温范围

种增温—降温大致重合的范围覆盖了华北断块区(马宗晋等, 1982; 张肇诚, 1988). 而华北断块区在1966—1976年间相继发生了1966年3月22日邢台7.2级、1969年7月18日渤海7.4级、1975年2月4日海城7.3级和1976年7月28日地震幕主震唐山7.8级4处7级以上地震. 在后3处地震前1967年5月、1973年1月和1975年9月及1976年2月又出现覆盖震中区的天气增温过程(图2, 3, 4). 据此, 认为大华北地区气温异常与华北断块区地震幕之间有内在联系. 1960年2月增温是断块区地震幕开始活动的前兆, 1977年1月降温是地震幕结束的标志.

(2) 华北局部地区天气增温异常与单个地震之间的联系. 由图2、图3和图4可以看出, 1966年3月22日邢台7.2级地震后在郅庐断裂, 华北平原拗陷带与阴山燕山隆起带交汇处相继发生了渤海7.4级、海城7.3级和唐山7.8级地震, 在这3处7级地震前都出现了天气增温异常. 渤海7.4级地震前1967年5月出现气温异常的较高值都分布在地震周围, 异常时间为27个月. 海城7.3级地震前1973年1月出现天气增温异常, 海城在1973年1月为震前历年同期最高温度 -8.1°C , 而1月份的多年平均值为 -11.1°C , 异常时间为25个月. 唐山7.8级地震前3次出现气温异常: 1960年2月有103个气象站出现增温异常, 1975年9月和1976年2月又在1960年2月出现的天气增温异常区内再次出现增温异常, 但1976年2月的异常范围比1975年9月的要小, 区域向北收缩. 异常时间分别为198(称为地震幕气温异常时间 T_0)、11和6个月.

(3) 华北断块区地震幕结束的冷天气过程. 1977 年 1 月在华北地区出现大范围历年最低气温的天气过程, 其范围与 1960 年 2 月的增温范围大体相当, 如图 1 中虚线围成的范围(负数), 气温幅度为 $-1.9 \sim -6.3^{\circ}\text{C}$. 这次冷天气过程后直到 1991 年在华北断块区没有发生 7 级以上地震. 因此, 可以认为 1977 年 1 月华北地区大面积的冷天气过程, 是华北断块区地震幕结束的标志.

4. 华北断块区地震活动与气温异常之间关系可信度的讨论

(1) 气温异常区与断块区地震活动轮廓的一致性. 从 1960 年 2 月天气增温开始到 1977 年 1 月天气降温为止, 历时 17 年之久. 这种增温—降温的范围基本一致, 二者都覆盖了断块区. 这充分说明气温异常与华北断块之间有耦合现象, 大气与地壳有热量交换的内在联系. 1966—1976 年间 4 处 7 级以上地震组成的地震幕活动范围, 被 1960 年 2 月气温异常区所覆盖(图 1), 单个地震活动范围也被震前的气温异常区所复盖(图 1, 2, 3, 4). 由此可以得出, 华北地区气温异常与该区的地震活动之间不是偶然的巧合, 而是成因上的联系.

(2) 气温异常时间与地震能量之间的相关性. 华北地震幕中地震与气温异常有关参数如表 1 所示. 表中带括号的数为短临参数. 统计二者之间的关系为

$$E = 9.945 \times 10^{23} T - 4.551 \times 10^{23} \quad (1)$$

表 1 地震幕中 7 级以上地震与气温异常有关参数

地 震			气 温 异 常		
发震时间 (年·月·日)	震级 (M)	$E \times 10^{-7} (\text{J})$	发生时间 (年·月)	前兆时间 (年)	面积 $\times 10^4 \text{ km}^2$
1969.7.18	7.4	2.089×10^{28}	1967.5	2.3	84.9
1975.2.4	7.3	1.380×10^{28}	1973.1	2.1	36.4
1976.7.28	7.8, 7.1	1.157×10^{28}	(1975.9)	(1.0)	(162.9)
		$\Sigma E = 1.595 \times 10^{28}$	1960.2	16.5	188.4

式中, 二者之间的相关系数为 1.000, 在或然率 $\varphi = 0.99$ 时, 表征关系式 (1) 可靠程度的 $t(0.99, 3) = 1795.715$, 远大于理论值 $t_0(0.99, 2)$ ($t_0(0.99, 2) = 63.657$), 所以 (1) 式表明气温异常与地震能量之间存在很好的相关性, 气温异常时间越长, 未来地震的能量就越大. 显然, (1) 式的统计样本不很多, 但是评估线性关系可靠程度的 $t(\varphi, n)$ 值实际的远大于理论值. 因此, 所得关系式是很可靠的, 表明原始资料不具有人为因素, 它是地震能量与气温异常时间之间客观规律的定量描述.

(3) 气温异常范围与断块区地震能量之间的相关性. 统计二者之间的关系为

$$\lg E = 23.799 + 7.470 \times 10^{-3} \times S \quad (2)$$

式中, S 单位为万平方公里, (2) 式相关系数在 0.99 以上, 关系式可靠程度 $t(0.99, 4) = 83.780$, 大于理论值 $t_0(0.99, 4)$ ($t_0(0.99, 4) = 4.032$). 所以, (2) 式是可靠的. 气温异常面积越大, 未来地震能量就越大.

(4) 气温异常时间和异常面积与地震能量之间的相关性. 气温异常时间(不包括短临时间)和异常面积的乘积与地震能量之间的关系为

$$T \cdot S = 2.591 \times 10^{-22} \times E - 312.404 \quad (3)$$

式中,二者之间的相关系数为 1.000, $t(0.99, 3) = 3564.111$, $t_0(0.99, 2) = 63.657$, $t(0.99, 3) > t_0(0.99, 2)$. 因此, (3) 式是可靠的. (3) 式表明气温异常时间和异常面积都受地壳运动能量的控制.

(5) 气温异常和地震的有序性. 在地震幕气温异常时间里 5 次大面积气温异常和 4 次 7 级以上地震的发生时间与 T_0 按黄金分割数 0.618^N 变化之间存在对应规律, 即气温异常时间或地震时间与主震时间之间的间隔时间 $T_{a,e}$ 近似有

$$T_{a,e} \approx 0.618^N T_0 \quad (4)$$

式中, N 为自然数. 它们的对应情况如表 2 所示.

表 2 气温异常时间和地震时间到主震时间之间的间隔时间与 $0.618^N T_0$ 的对应关系

N	0	1	2	3	5	6	7	18
$T_{a,e}$ (年)	16.5	10.20	6.30	3.89	1.49	0.92	0.57	0.03
气温异常时间、 间隔时间(T_a), 误差 (%)	1960.2 16.5 0	1967.5 9.25 -9.3		1973.1 3.58 -8.0		1975.9 0.92 0	1976.2 0.6 5.3	
地震时间 间隔时间(T_e) 误差 (%)		1966.3.22 10.33 1.3	1969.7.18 7.04 11.7		1975.2.4 1.5 0.7			1976.7.28

由表 2 可以看出, 5 次气温异常(T_a)和 4 次地震时间间隔(T_e)都与 $0.618^N T_0$ 时间相吻合. 这种现象可能揭示了地震幕中地震和气温异常交替出现的某种有序规律; 特别是邢台 7.2 级地震与唐山 7.8 级地震之间时间间隔 10.33 年恰好等于 T_0 的 0.618 倍. 这一点也进一步说明气温异常与地震幕之间关系的可靠性.

但是, 为什么这些事件在时间上按 0.618^N 分布? 还不清楚它的物理意义. 不过列举下面的事实能帮助认识 0.618^N 存在的普遍性. 正五角星里五边形的每相邻二个顶点都分布在相应 5 条线(长度为 1) 0.618 和 0.382 处, 这种结构是正五角星最稳定的状态; 研究物质成份构成时也发现有这种规律: (1) 两个和三个元素构成的无机化合物(如 NaCl, MgO, CaCO₃) 在成份比例上具有 0.618 的性质, Cl, Mg 和 CO₃ 占它们分子量的 0.618; (2) 4 个以上元素构成的复杂成份物质不仅具有 0.618 的性质, 其中有关部分的成份构成上还具有 0.618^N 的性质, 如香花石($N=1, 5$), BeSiO₄ 占香花石分子量的 0.618, 香花石分量的 0.618⁵ 倍就是 F₂ 的含量. 除此之外, 类似的现象在生物系统中也存在. 因此, 0.618 黄金分割数在自然界是客观存在的规律. 正因如此, 0.618 优选法才能在生产 and 科学实验中得到普遍地应用. 这样可以推测时间序列中出现的事件也有类似的规律. 断块区 1960 - 1977 年间 4 处 7 级地震和 5 次气温异常在时间分布上符合 0.618^N 规律, 正是在这个时期的 0.618^N 时间段中最有利于地震和气温异常事件的出现.

5. 华北天气增温异常的可能原因

曾有少数作者研究了气象因素异常的可能原因(Милькис, 1986). 我们认为, 更重要的可能原因是地壳运动引起天气增温, 增温和地震是同源异象现象, 都是释放地壳运动能量

的两种形式. 华北地震活动可能受日本海板块向西俯冲运动所控制(马宗晋等, 1982). 由热力学可知, 在外力作用下华北断块内能增加, 在地壳某些部位积累应变能、孕育地震; 同时, 又在某些部位通过变形、摩擦和蠕变, 减小内能, 又向外界传递热量, 形成增温异常区. 实验表明固体变形时会释放出热量(Сальман и др, 1989). 华北地震幕活动前 1955—1960 年地壳形变速率加速, 唐山 7.8 级地震前 16 年就出现地震形变前兆. 整个华北断块区形变的全貌不清楚, 但是, 大范围的形变前兆是确实存在的, 其中最突出的是 4 处 7 级地震. 邢台 7.2 级地震前束鹿地堑水准点大幅度下降达 210mm, 而邢家湾上升达 140mm(河北省地震局, 1986); 7.8 级地震前 4 个阶段的形变幅度达 50.8mm, 水平和垂直形变都特别明显(国家地震局《一九七六年唐山地震》编辑组, 1982; 马宗晋等, 1982); 张郅珍(1981)确定唐山 7.8 级地震前蠕变断面在地下 2—8km, 平均走滑和倾滑速度为 186mm/年和 14mm/年; 海城 7.3 级地震前也有类似现象(朱凤鸣等, 1982). 这些地壳变形几经下沉上升、多次起伏、反复伸缩、十分剧烈. 摩擦生热也是热力学的规律之一. 华北块体边界由深大断裂所切割, 在块体内部又被次一级北东或北北东向的断裂带切割成若干块体, 这些块体又与东西向或北西向构造相交交织切割成网(张肇诚, 1988, 1990). 在构造应力作用下, 网状块体或断裂发生相对运动、产生变形、摩擦和蠕变. 通过变形和摩擦、机械能变成热能, 再从成网断裂处放出大量的热量, 断裂带成为生成热能和溢出热量的渠道. 实际上华北地震幕活动期间, 地壳变形、摩擦和蠕变是一个难于从时间和空间上区分的过程. 总的热效应超过某时期同月气温涨落变化时就显示出异常, 有时候的热效应可能被这种涨落变化所掩盖, 而呈现正常气温.

6. 结束语

华北断块区地震幕与气温异常之间的关系是比较复杂的, 我们作了一定广度和深度的研究, 得到地震幕活动与气温异常时空演化之间的某些特征. 这些特征对预报地震幕和单个地震有着很重要的实际意义.

感谢汤懋苍、刘德富和刘勤明的大力支持和帮助.

参 考 文 献

- 耿庆国, 1985. 中国旱震关系研究, 157—201. 海洋出版社, 北京.
- 国家地震局《一九七六年唐山地震》编辑组, 1982. 一九七六年唐山地震, 71—170. 地震出版社, 北京.
- 河北省地震局, 1986. 一九六六年邢台地震, 158—171. 地震出版社, 北京.
- 兰州地震大队气象地震组, 1976. 气象与地震. 地震出版社, 北京.
- 马宗晋、傅征祥、张郅珍、汪成民、张国民、刘德富, 1982. 1966—1976 年中国九大地震, 23—40, 76—97, 158—202. 地震出版社, 北京.
- 张肇诚, 1988. 中国震例(1966—1975), 1—18, 189—210. 地震出版社, 北京.
- 张肇诚, 1990. 中国震例(1976—1980), 59—104. 地震出版社, 北京.
- 张郅珍, 1981. 唐山地震前地壳的异常隆起及无震蠕变. 地震学报, 3, 11—12.
- 朱凤鸣、吴戈等, 1982. 一九七五年海城地震, 23—33. 地震出版社, 北京.
- Милькис, М. Р., 1986. Метеорологические предвестники сильных землетрясений. *Физика Земли*, No. 3, 36—47.
- Сальман, А. Г., Фелиц, С. Б., 1989. Характер связи теплового и сейсмического режимов верхней части земной коры. *Физика Земли*, No. 1, 70—73.