

磁暴与地震活动的关系*

蒋伯琴

(中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所)

摘 要

该工作是前一研究(蒋伯琴, 1985)的继续. 前一研究中发现, 关于磁暴与地震的交叉相关系数分布形态和磁暴本身的季节分布形态很类似. 这是一个很有意义的信息. 根据此信息可导出以下二点结论: (1) 磁暴对地震的作用有若干个月的滞后效应; (2) 磁暴的季节分布形态潜在地影响地震的季节分布形态. 本工作的目的是进一步检验这一信息的真实性. 因此, 用相同的方法, 在扩充资料和系统分类的基础上作了详细分析. 结果证明, 系数的这种分布形态在各类分析中是普遍存在的. 并且还表明, 随着地震强度与深度的不同, 引起这类分布形态之间具有系统性差异.

关键词 交叉相关系数; 滞后效应; 分布形态; 加权处理; 时间迭加统计

一、资料、方法和结果

1. 资料

磁暴资料与文献(蒋伯琴, 1985)中所用的相同(Royal greenwich observatory, 1955). 地震资料(Gutenberg *et al.*, 1954)有很大的扩充. 除包含文(蒋伯琴, 1985)中所用的 800 多个 7 级以上的大地震外, 增加了大量 5-6 级的中、小地震, 去掉一些认为是余震的地震后, 共计 3891 个. 再按震源深度分作浅源地震(深度小于 60 km, 计 2567 个)、中深源地震(60-300 km, 计 944 个)和深源地震(300 km 以上, 计 380 个); 按地震强度分作 a 类($\geq 7\frac{3}{4}$ 级, 计 129 个)、b 类(7.0-7.7 级, 计 752 个)、c 类(6.0-6.9 级, 计 2033 个)、d 类(5.3-5.9 级, 计 920 个)和 e 类(< 5.3 级, 计 57 个)地震. 地震资料方面与文献(蒋伯琴, 1985)中的资料比较, 不仅在数量上增加到 4 倍多, 而且使用时按其强度与深度作了系统分类.

2. 方法

方法与文献(蒋伯琴, 1985)中所用的相同, 即交叉相关法和时间迭加法. 这二种方法中前一种是主要的, 后一种仅作为参考, 因为相对地说, 时间迭加法只有资料足够充分时, 才能消除偶然因素显出其基本规律来. 一些事实表明, 在统计分析中对不同强度的地震, 作为一种触发指数, 经过适当的加权处理是有必要的.

* 国家地震局地球物理研究所论著 92A0031.

1989 年 11 月 1 日收到本文初稿, 1990 年 12 月 3 日决定采用.

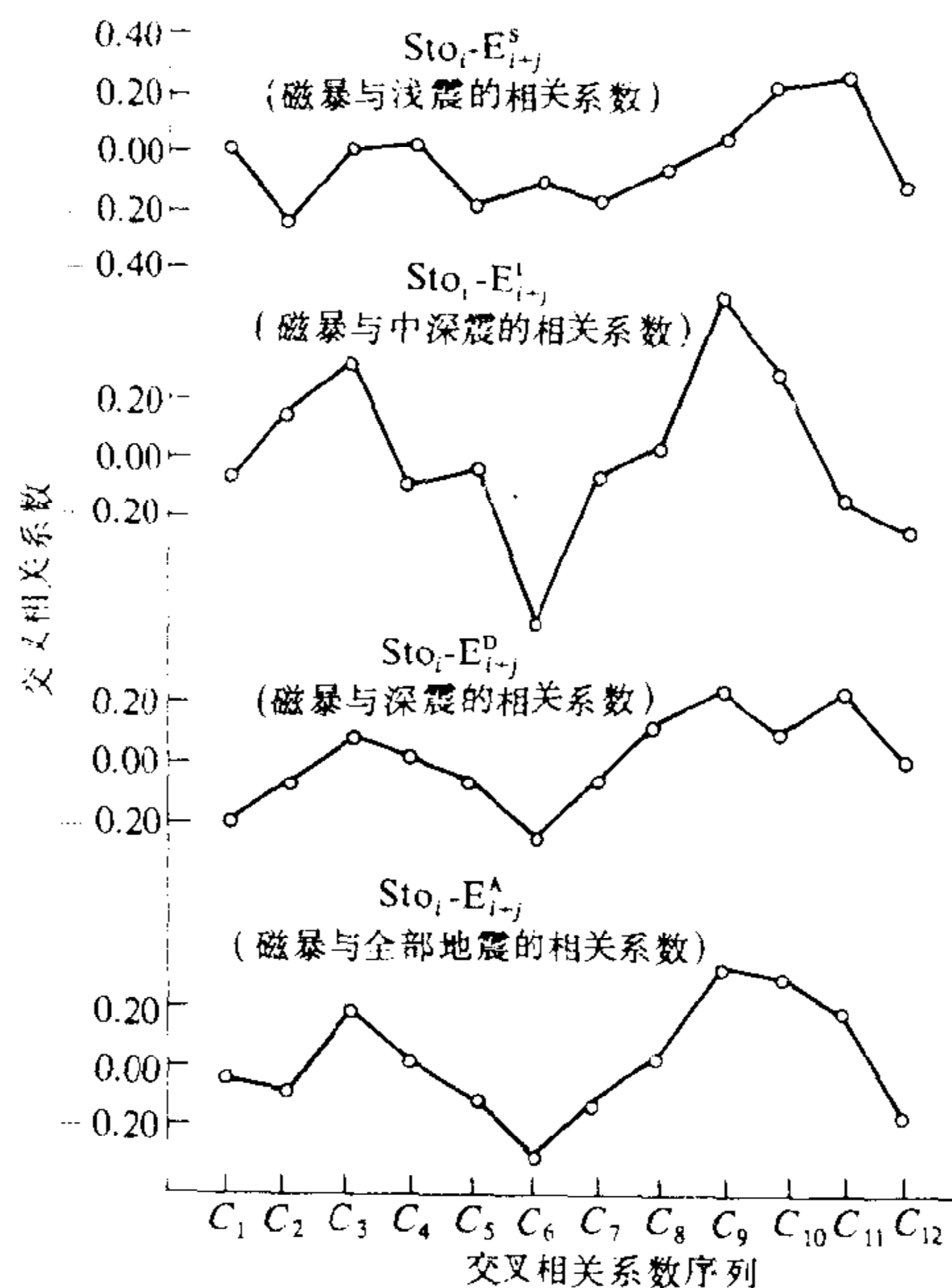


图1 磁暴平均年分布与地震按深度分类的年分布之间的交叉相关系数分布图(1904-1952).横坐标 C_1, C_2 等代替 $(Sto_i - E_{i+0})_1, (Sto_i - E_{i+1})_2$ 等的简化符号

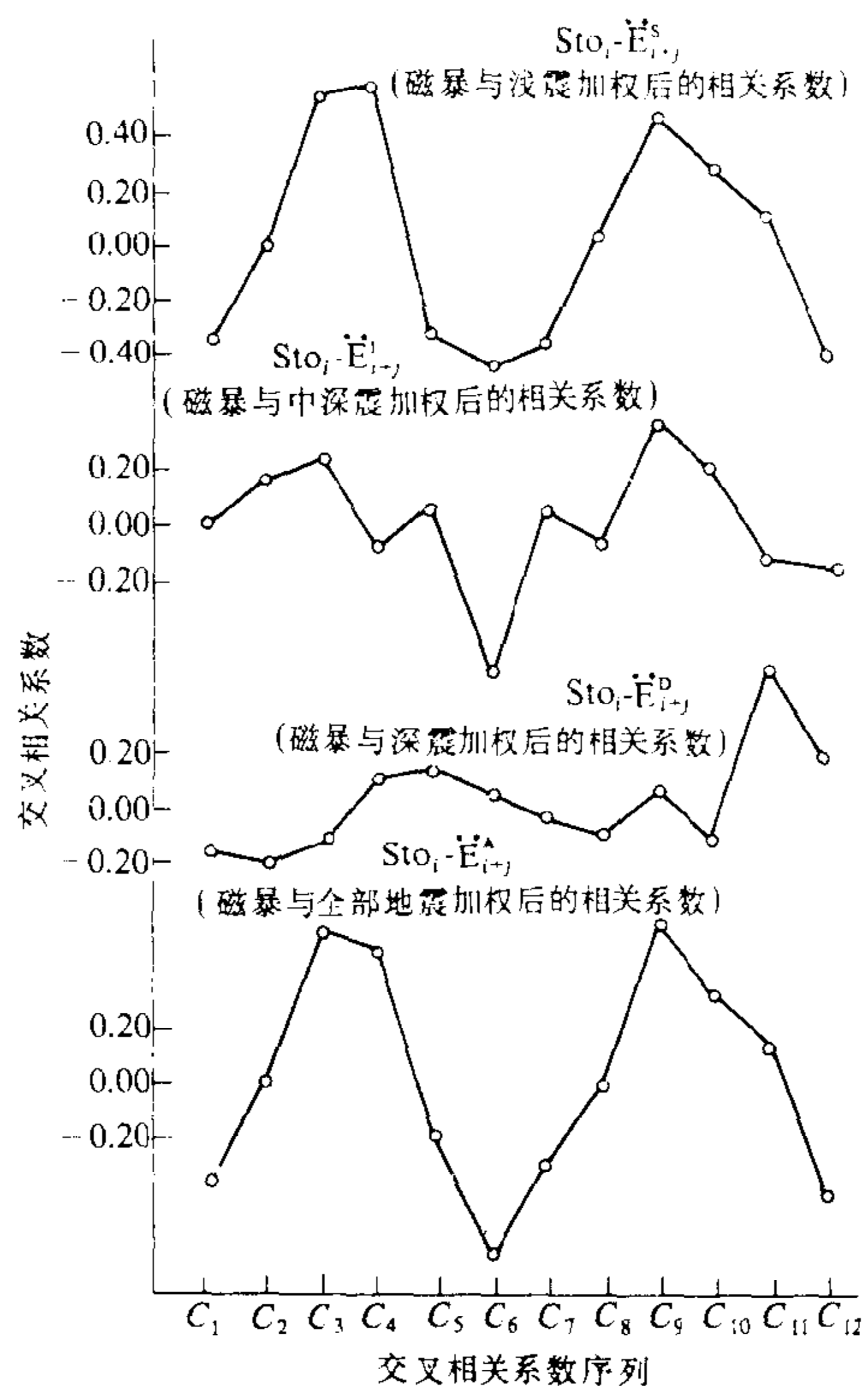


图2 对图1不同强度的地震加权后的交叉相关系数分布图(1904-1952)

3. 结果分析

如文献(蒋伯琴, 1985)中已有说明, 磁暴与地震的平均年变化在求逐月交叉相关系数时, 是作为一个闭合周期函数来使用的, 即第12月以后的延伸仍是接前面的月份, 以此求出二者一一对应的和磁暴月份逐一超前的交叉相关系数. $(Sto_i - E_{i+j})_{j+1}$ 项表示磁暴与地震的各项交叉相关系数值, 其中 i 和 j 为下标变量, i 从1, 2, 3 增到12, j 从0, 1, 2 增到11. 当 $j=0$ 时, 为各月磁暴与地震一一对应的交叉相关系数; $j=1$ 时为磁暴超前一个月的交叉相关系数, 以此类推. 括号外的数字 $(j+1)$ 为交叉相关系数的序数. 图中出现的符号 \dot{E} 表示地震按强度作了加权处理.

图1 为磁暴 (Sto) 平均年分布与地震按深度分类 (浅震: E^s ; 中深震: E^l ; 深震: E^p ; 全部地震: E^A) 的平均年分布之间的交叉相关系数. 图上清楚可见, 磁暴与不同深度的三类地震及其总和的交叉相关系数都具有文献(蒋伯琴, 1985)所指出的分布特征, 即系数在3和9时或其附近有最大峰值. 这反映着磁暴的季变规律对地震活动的影响, 以及对地震活动所引起的2-4个月的滞后效应.

图2 为地震按强度加权后 ($a \times 6, b \times 3, c \times 1, d/3, e/6$) 的结果; 此结果比图1更为显著, 而且具有这样一些特点: 对系数的第一个峰值而言, 浅源地震最为显著(0.58), 中深震次之(0.23), 深震最小(0.12), 表明磁暴对地震的作用随深度而减弱; 其次, 第一个峰值出现的位置, 浅震在 $(Sto_i - E_{i+3})_4$ 上, 深震在 $(Sto_i - E_{i+4})_5$ 上, 推迟一个月, 而中深震的结果较不明确, 主要峰值在 $(Sto_i - E_{i+2})_3$ 上, 但有一次要峰值在 $(Sto_i - E_{i+4})_5$ 上, 这亦多

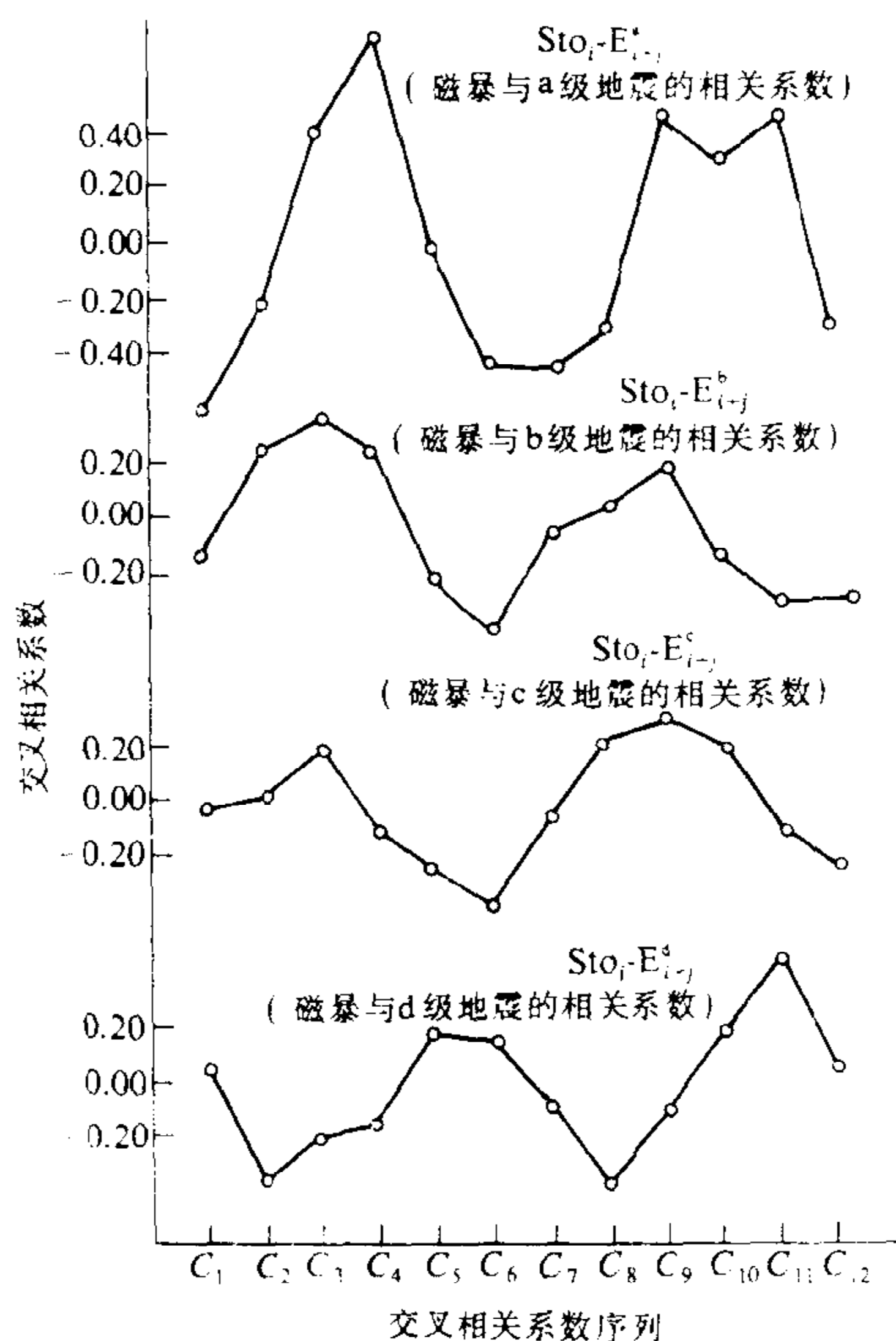


图3 磁暴平均年分布与地震按强度分类的年分布之间的交叉相关系数分布(1904-1952)

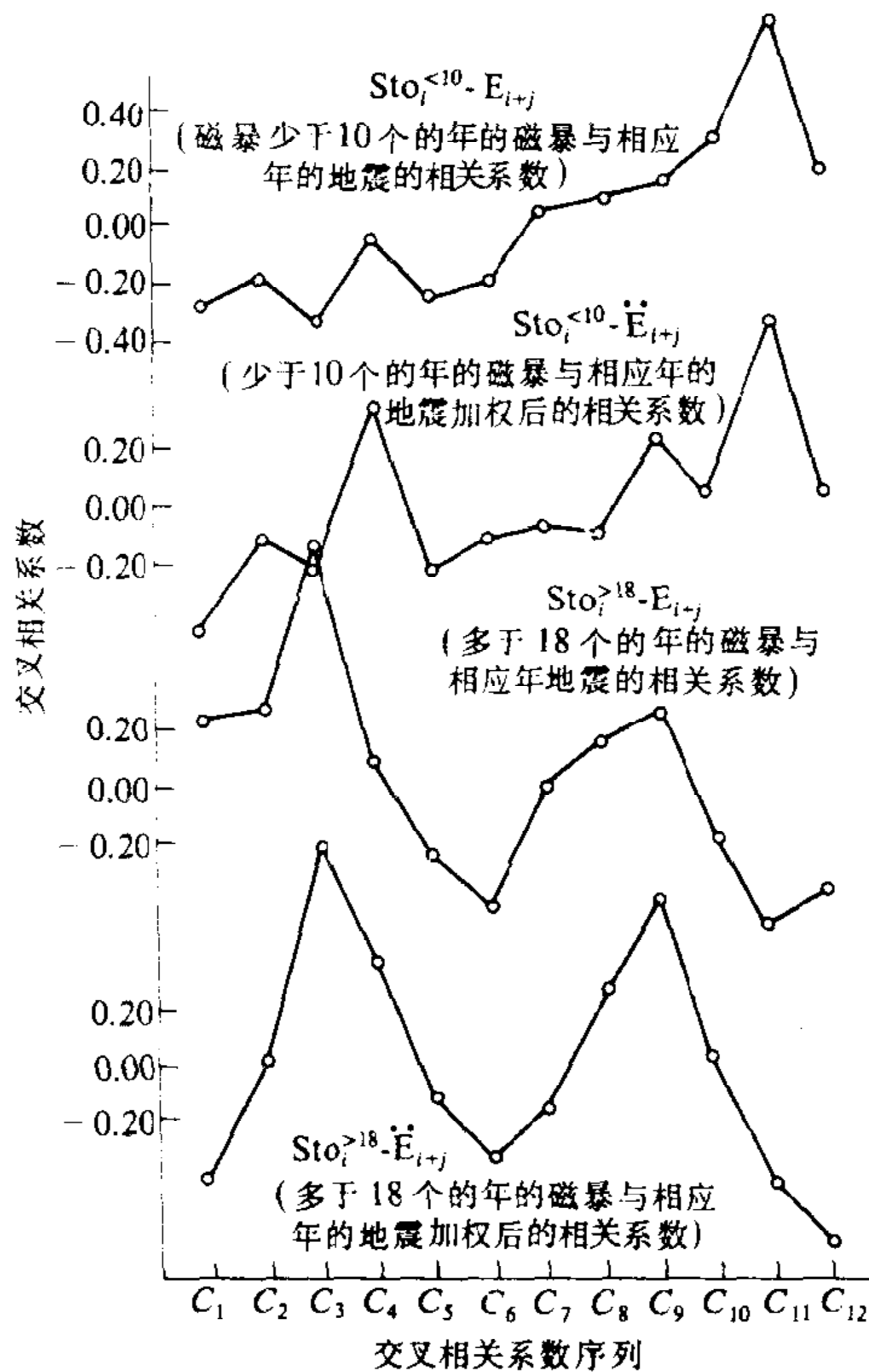


图4 磁暴少于10个的年和多于18个的年(各取14年)的平均年分布与地震的相应年分布之间的交叉相关系数分布

少表明,滞后时间随深度而加大. 图中全部地震的峰值亦很显著,这是因为其中浅源地震占大多数.

图3是磁暴平均年分布与不同强度的地震平均年分布之间的交叉相关系数. 图上第一个系数峰值,分别为0.73(a类地震),0.41(b类),0.21(c类)和0.19(d类),显示系数值随地震强度降低而减小. 同时, a类地震系数峰值的位置在 $(Sto_i - E_{i+3})_4$ 上, b和c类在 $(Sto_i - E_{i+2})_3$ 上, 而最弱的d类地震也有一次要峰值在 $(Sto_i - E_{i+0})_1$ 上(其主要峰值在 $(Sto_i - E_{i+4})_5$ 上),这也表明强度大的地震比强度小的地震滞后时间要长一些.

图4为磁暴最多的(>18 个/年)14年与最少的(<10 个/年)14年,各与对应年的地震的结果. 正如预先设想的,系数的双峰形态(类似磁暴的季节分布形态)完全与磁暴多少有关,前者是很显著的,后者不显著. 为更好阐明这一点,直接绘出了与图4相对应的磁暴与地震的季节分布曲线(图5),结果也是清楚的. 磁暴多的年(也是季变显著的年)表明,地震加权后季节分布的形态有类似磁暴季节分布的特点,只是二个峰值滞后若干个月. 而对于磁暴少的年就没有这种特点.

关于同时性效应问题,更确切地说滞后时间很短的效应问题, Simpson (1968)的工作(他以小时为时间尺度)是很有说服力的. 但在我们的分析中并不明显(注意时间尺度不同),仅在浅震和小震中略有显示(见图1和图3);同时浅震加权处理后,这类效应就看不出来了(见图2),也说明该效应主要存在于小震中.

图6是用时间迭加统计得出的结果. 其以发生大磁暴或二次以上磁暴的月份为始点

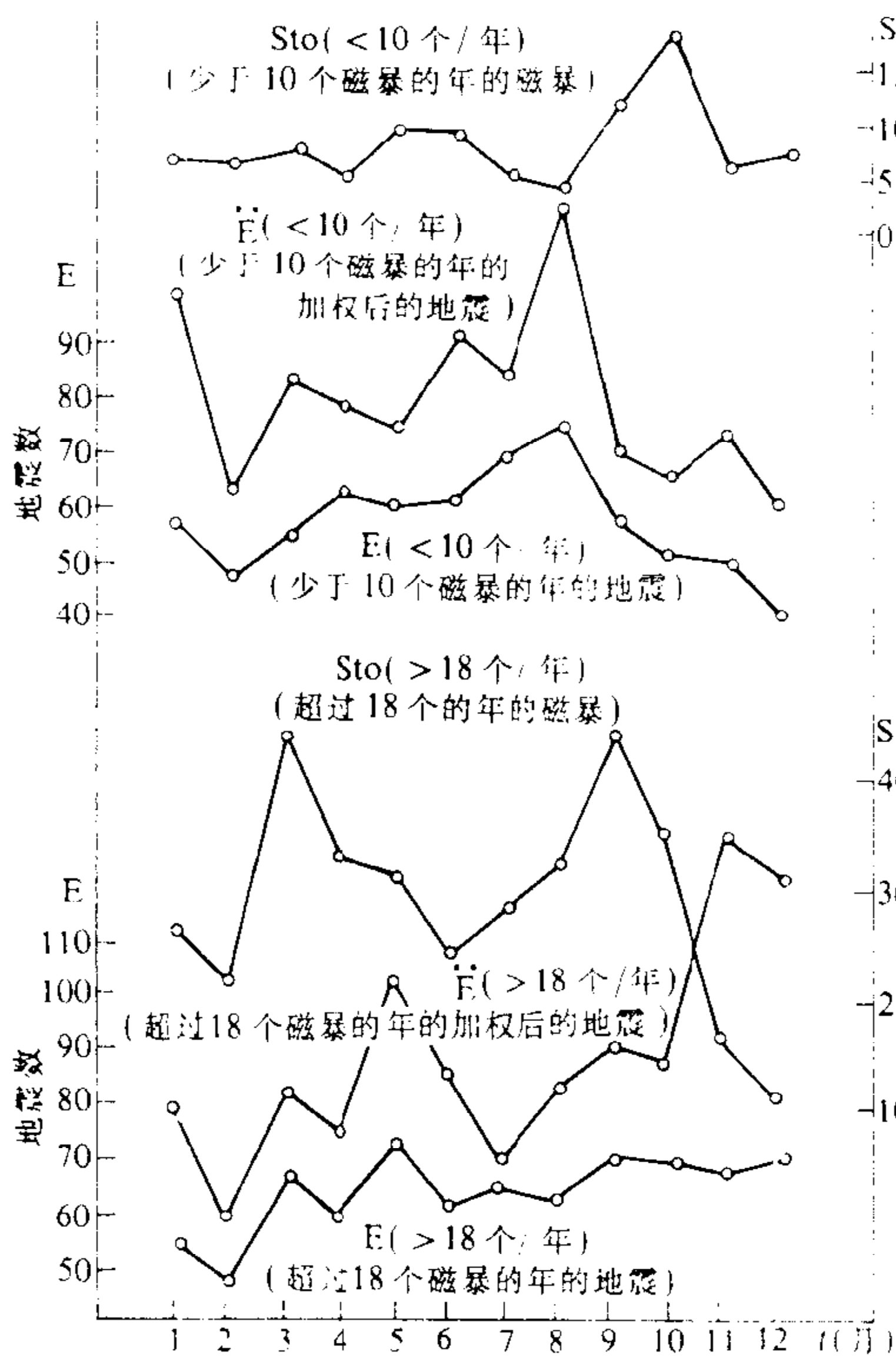


图5 每年磁暴少于10个的年(14年)和超过18个的年(14年)的平均季节分布以及对应的地震平均季节分布

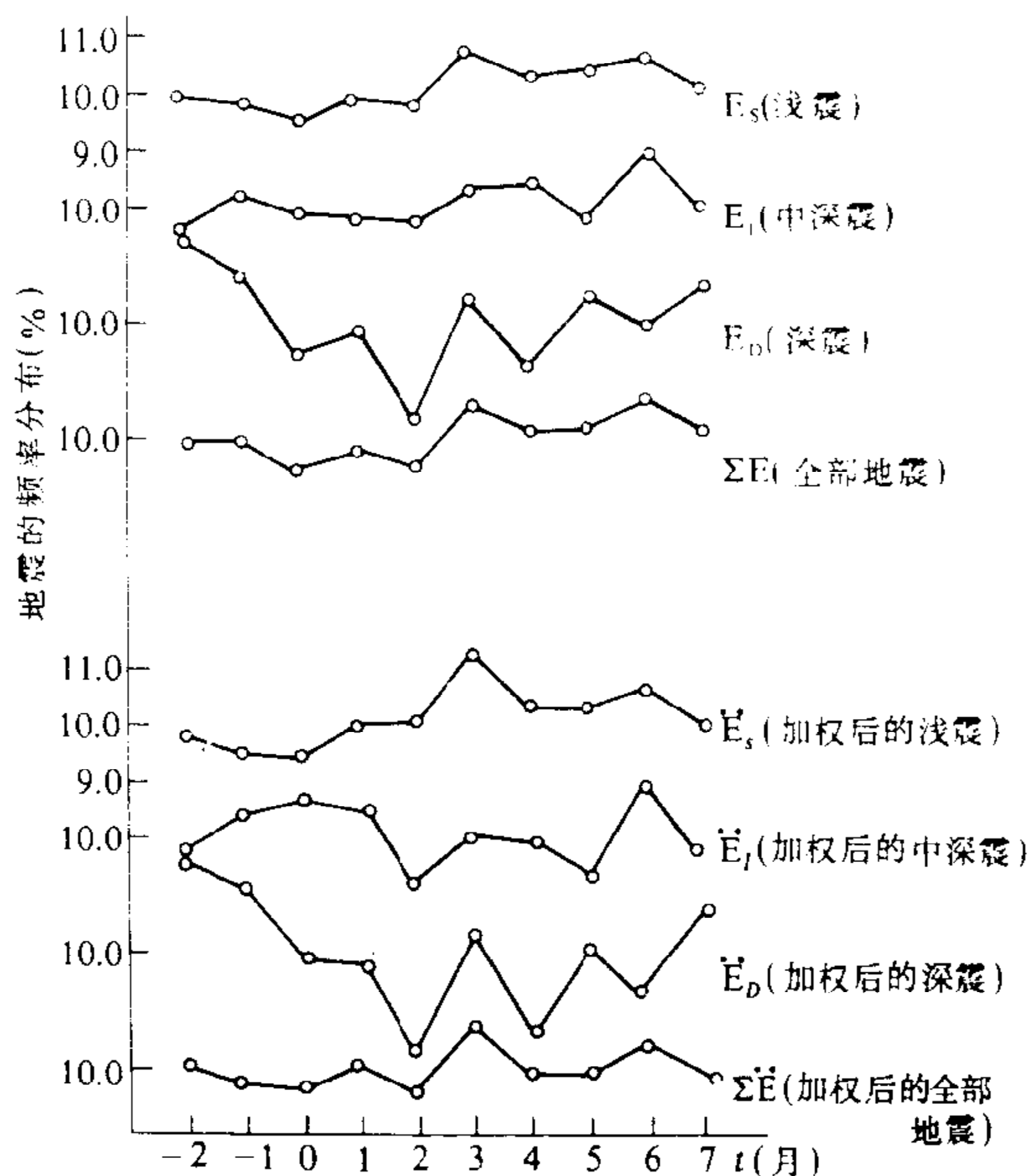


图6 发生大磁暴或二次以上磁暴的月份及其前(2个月)后(7个月)共10个月的不同深度的地震的频率分布(上)以及地震加权后的频率分布(下)

及其前(2个月)后(7个月)共10个月的不同深度的地震的频率分布(上),以及地震加权后的频率分布(下),可清楚地看出,对浅源地震(还有全部地震)在滞后第3个月有最大峰值,加权后的结果更为明显.除统计量少的深源地震外,其余各项统计在第6个月亦有一峰值,这可能部分地是由于同时性效应在该统计上的反映,因为磁暴一般在3月份或9月份出现最多,而3月到9月或9月到下一年3月均相距6个月.

我们对只发生一个中等磁暴的月份也作了迭加统计分析,看不出有类似图6的特点(图略),表明磁暴的强度与频度从中起着作用.

时间迭加统计的结果亦表明,磁暴对浅源地震影响比较明显,滞后时间亦在2-4个月之间.

综合上述分析可得出如下结论:

1. 从多方面证实前文(蒋伯琴,1985)的主要结果是可信的.磁暴与地震的交叉相关系数有类似磁暴本身双峰形态特征.这结果揭示:(1)磁暴的季节分布形态潜在地影响地震季节分布的形态;(2)磁暴对地震活动的影响有2-4个月的滞后效应,此点对地震预报有参考意义.

2. 磁暴影响地震的作用与滞后时间,对不同类型的地震有所不同.磁暴对浅源地震与强震影响最明显.其作用有随地震深度加深而减弱,随地震强度增大而增强的倾向;其滞后时间有随深度加深而增长,随地震减弱而减小的倾向.

3. 磁暴影响地震的作用与其强度和频度有关,大磁暴或连续发生的磁暴触发地震的机率比较显著.

本课题在开始时得到陈英方同志的多方帮助,在收集地震资料方面得到赵荣国同志的协助,谨此一并致谢.

参 考 文 献

蒋伯琴, 1985. 太阳黑子、磁暴与地震活动的关系. 地震学报, 7, 452-460.

Gutenberg, B. and Richter, C. F., 1954. *Seismicity of the Earth and Associated phenomena*, New Jersey, Princeton Univ., Pr., 2nd ed.

Royal greenwich observatory, 1955. *Geomagnetic Storm Data* (1874-1954).

Simpson, F., 1968. Solar activity as a triggering mechanism for earthquakes. *Earth Planet., Sci. Lett.*, 3, 417-425.

地电阻率前兆与地电台台址-装置条件的关系研究*

汪晓东 关华平

(中国北京 100036 国家地震局分析预报中心)

摘 要

对地电阻率前兆与地电台台址-装置条件的关系做了深入的分析,认为第四纪地层对地电阻率前兆有着较大的屏蔽作用;提出了台址-装置系数的新概念和台址-装置校正的新的资料处理方法.本文观点得到了大量观测资料的验证.

关键词 屏蔽作用; 台址-装置系数; 台址-装置校正

一、引 言

一个地电台能否观测到地电阻率前兆与其台址和所用电法装置的关系是很密切的.本文从一个新的角度出发,试图对该问题作出一种半定量的分析.

二、第四纪地层对地电阻率前兆的屏蔽作用

1. 地电阻率前兆的机理

一般认为,产生地电阻率前兆的根本原因是岩土层的形变,在未发生形变的岩土层中不可能观测到电阻率前兆;因此,当震源应力场的作用由于受到某种因素的阻碍而达不到岩土层的某一深度时(该深度应近似等于电法装置的勘探深度),我们就很难在地表观测到地电阻率前兆.

2. 土层与岩层的区别和联系

第四纪地层是由松散沉积物组成的未成岩地层,属于塑性体;而其下伏的已成岩地层一般由均匀致密的岩石所组成,力学性质接近于弹性体.众所周知,地壳的水平运动是导致多数地震发生的主要原因,因此:(1)对于岩层来说,在非震中区,它将主要受到一个水平向正应力的作用;而在震中区,它则会同时受到水平向和垂直向正应力的作用.(2)对于土层来说,因为其中的应力是通过岩石层的传递而来的,所以在非震中区,其底界面附

* 本工作系地震科学联合基金会的资助课题.

1990年11月23日收到本文初稿,1991年7月20日决定采用.