

HAINAN DIZHEN HUODONG YANJIU

海南地震活动研究

沈繁奎 符干 编著



地震出版社

海南地震活动研究

沈繁奎 符 干 编著

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

海南地震活动研究/沈繁奎 符 干编著. —北京:地震出版社, 2004. 7

ISBN 7-5028-2512-6

I. 海... II. ①沈...②符... III. 地震-研究-海南省 IV. P316.266

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 046901 号

地震版 XT 200400182

内 容 简 介 本书以海南省及其周围地区地震事件为基础,以地震活动基本特征和近些年作者研究成果为主线,从不同的角度揭示海南地震活动规律,为从事地震监测预报、地震安全性评价以及灾害对策研究和工作人员提供借鉴与参考。本书是海南省地震局成立以来第一部自己的论著,为海南防震减灾事业的发展奠定了基础。

海南地震活动研究

沈繁奎 符 干编著

责任编辑:陈晏群

责任校对:庞娅萍

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮 编:100081

发行部:68423031 68467993

传 真:88421706

门市部:68467991

传 真:68467991

总编室:68462709 68423029

传 真:68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京金鼎彩色有限印刷公司印刷.

版(印)次: 2004 年 7 月第一版 2004 年 7 月第一次印刷

开 本: 787×1092 1/16

字 数: 173 千字

印 张: 6.75

印 数: 001~500

书 号: ISBN 7-5028-2512-6/P·1199(3136)

定 价: 20.00 元

版权所有 翻印必究

图书出现印装问题,本社负责调换

序

众所周知,地震预报是世界难题,能否实现准确预测尚争论不休。我国深受地震灾害之苦,20 世纪全球自然灾害死亡人数中地震灾害造成死亡的所占比例超过 50%,而全球死亡人数达 20 万人以上的两次地震全发生在中国!地震以其时空突发性、毁灭性对人民生命安全构成巨大威胁,在以人为本的社会体制下,中国科学家责无旁贷担负起重任,几十年来孜孜不倦地在地震预报的道路上艰难跋涉,经历了无数次风雨、跌了多少回跟头,承受的失败多于成功,但他们坚持到了今天。无论今后路有多长,不论怎么走下去,他们都要将过去的艰苦历程记载下来,并将颗颗收获和粒粒惊喜呈现出来。

尤其在海南,受岛屿地理环境限制,做好地震预测工作就更难。可是,历史的灾难似乎就在眼前:明万历三十三年即公元 1605 年,琼山东北部发生 7½ 级大地震,顷刻之间万亩良田变沧海,各类建筑物“倒毁殆尽”,造成 3300 余人死亡,淹没 72 个村庄,形成了世界罕见的大规模“海底村庄”景观。作为海南地震工作者,心系全岛安危,倔强地钻研区域地震活动,深入把握地震孕育演化过程,取得了骄人的成绩。他们有理由撰写出心血与经验的结晶,他们填补了空白,为海南防震减灾事业的发展建功立业!

2004 年 5 月 10 日

前 言

自古以来,预知未来一直是兵家、商家乃至百姓人家非常关心的事情,其中灾害预测中又以地震预测难度最大,也最有魅力。

为了认知和预报海南地震,须从以下三个方面入手:一是从大范围(至少是华南地区)鸟瞰海南所处的地震区、带,借助层次观研究系统与子系统之间的关系;二是从历史长河中认清现今地震活动所处的点、位,以对地震周期、幕、时段等基本特征的认识把握地震活动的起伏;三是通过研究区域地震活动的特点,提取合适的分析预测方法。

本书以地震事件事实为基础,以地震活动基本特征和近些年作者研究成果为主线,从不同的角度揭示海南地震活动规律,为从事地震监测预报、地震安全性评价以及灾害对策研究和工作人员提供借鉴与参考。本书是海南省地震局成立以来第一部自己的论著,填补了海南地震预测研究书籍的空白,为海南防震减灾事业的发展奠定了基础。

本书第一、二章由沈繁奎编写,第三、四章由符干编写。原定第四章为地震震例,考虑到一些书刊中已有该方面详细内容,故改为提供最新修编过的地震目录。

在本书编著过程中,得到我国地震预报研究领域资深专家李海华研究员的悉心指导,在此表示衷心的感谢!对在文图编辑过程中给予帮助的王志成、袁锡文、邱雪强表示感谢!

作 者

2004年5月19日

目 录

第一章 华南地震活动特征	(1)
1.1 华南构造块体及地质构造背景	(1)
1.1.1 华南构造块体动力机制	(1)
1.1.2 华南地质构造背景	(2)
1.2 华南地震活动特征	(3)
1.2.1 华南地震时空分布特征	(3)
1.2.2 中强地震活跃幕	(4)
1.2.3 地震节律、韵律现象	(4)
1.2.4 地震迁移与重复	(5)
1.2.5 华南中强震成对性	(6)
1.2.6 地震时间序列与频次分析	(7)
1.3 华南强震环境因子	(8)
1.3.1 太阳黑子	(8)
1.3.2 地球自转	(10)
1.3.3 宇宙线	(11)
1.3.4 近地面大气物理异常	(13)
1.3.5 热异常监测与研究	(15)
1.3.6 华南强震对月相的强烈响应	(18)
第二章 海南地震活动研究	(20)
2.1 地震活动性参数 b 值和年发生率的计算	(20)
2.1.1 地震活动性参数的统计范围划分	(20)
2.1.2 b 值	(20)
2.1.3 地震年平均发生率 v_4	(22)
2.1.4 雷琼地震区的 b 值和 v_4 值	(23)
2.2 中强震前区域地震活动增强与平静特征	(24)
2.2.1 异常增强	(24)
2.2.2 异常平静	(26)
2.2.3 预报指标	(26)

2.3	区域 b 值时间曲线和地震序列时段分析方法	(28)
2.3.1	雷琼地区 b 值时间曲线分析方法	(28)
2.3.2	区域地震序列的时段分析方法	(29)
2.4	区域地震序列分类标准	(29)
2.4.1	序列震例的选取	(30)
2.4.2	地震序列分类标准的延拓	(30)
2.4.3	震例评判	(31)
2.4.4	关于前震序列	(32)
2.4.5	讨论	(33)
2.5	陵水地震预测预报和应急演练	(33)
2.5.1	陵水地震及序列概况	(33)
2.5.2	预测预报过程	(35)
2.5.3	应急演练措施和实效	(36)
2.5.4	结语	(37)
2.6	地震警戒级别与灾害对策	(38)
2.6.1	预警的含义	(38)
2.6.2	地震警戒级别的划分及含义	(38)
2.6.3	地震部门的预警工作机制	(39)
2.6.4	风险评估和对策建议	(40)
2.6.5	结论	(42)
第三章	区域地震中短期预测方法应用研究	(43)
3.1	$A(b)$ 值时空扫描在海南及邻区地震预测中的应用	(43)
3.1.1	引言	(43)
3.1.2	资料与方法	(44)
3.1.3	海南及邻区中强地震前的 $A(b)$ 值异常特征	(45)
3.1.4	结论与讨论	(48)
3.2	加卸载响应比理论在海南及邻区地震预测中的应用	(48)
3.2.1	引言	(48)
3.2.2	加卸载响应比理论与方法	(49)
3.2.3	资料处理与结果	(49)
3.3	地震活动因子 A 值在粤桂琼地区地震预测中的应用	(52)
3.3.1	引言	(52)
3.3.2	资料与方法	(52)

3.3.3 粤桂琼地区 A 值时空异常特征	(5 3)
3.4 海南及邻区中强地震测震学短期预测指标研究	(5 6)
3.4.1 中强地震前地震活动性参数 b 、 $\lg E$ 、 $\overline{M}$ 值等中期协同 异常指标	(5 6)
3.4.2 中期转向短期异常指标	(5 7)
3.4.3 短期转向短临异常指标	(6 0)
第四章 海南地震目录(1466~2003 年)	(6 3)
4.1 海南历史地震目录(1466~1949 年)	(6 3)
4.2 海南现代地震目录(1949.10~2003.12)	(6 8)
4.3 南海地震目录(1900~2003 年)	(7 8)
4.4 1605 年琼山大地震强余震震级参数	(8 5)
4.4.1 引言	(8 5)
4.4.2 琼山大地震序列史料	(8 5)
4.4.3 强余震震级参数的计算	(9 2)
4.4.4 讨论	(9 4)
4.4.5 结语	(9 6)
本章参考资料	(9 7)
本书参考文献	(9 8)

第一章 华南地震活动特征

1.1 华南构造块体及地质构造背景

1.1.1 华南构造块体动力机制

在中国大陆一级活动块体构造中,华南地区和南海仅被划分成了两个活动地块,即大华南地块和南海地块。张虎男等人(1992,1993)根据构造运动、地貌、形变等多种资料对中国东南和华南沿海地区断块构造进行详细研究,把华南沿海地区划分为 10 个断块,并给出了各个断块构造区第四纪以来不同时段活动的幅度和垂直升降速率。

黄汲清先生认为华南地块处于欧亚板块、印度-澳大利亚和太平洋板块的交汇部位,其构造应力场受到这三个板块之间相互作用产生的全球地球动力体系联合作用的控制,同时还受到南海海底扩张运动产生的区域性地球动力源影响,从而构成了本区既有别大陆内部又有别板块边沿的构造环境,属滨太平洋构造域。

根据海洋地质调查和分析的结果,认为南海海盆有几个扩张中心,但现在基本都已停止扩张,南海及海南的构造应力源主要来源菲律宾板块和澳大利亚-印度板块推力和欧亚板块的阻力,另外一个比较大的力源是地幔对流对岩石层的拖曳力,此拖曳力在海南及南海地区的方向为近东西、朝向东。由 GPS 观测数据得出华南块体现今活动显示,在华南地区菲律宾板块作用力表现不太明显,澳大利亚-印度板块推力和地幔对流对岩石层的拖曳力占主导地位,欧亚板块的阻力也比较明显(图 1.1)。

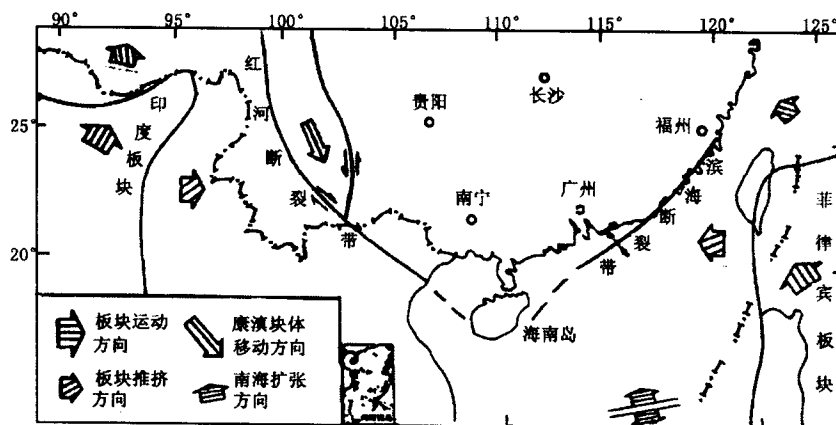


图 1.1 华南构造区环境动力作用示意图

1.1.2 华南地质构造背景

按照华南新构造运动观点(任镇寰等),北东东、近东西向断裂是东南沿海地区的控震构造和主要发震构造,2001年版地震动参数区划图的编制就采用了这一思想。大量的重磁资料和形变测量结果等支持这一观点,显示出晚第三纪—第四纪新构造运动、深部物质交流以北东东向为主体。北西向断裂活动较新,在表层(10km内)常切割北东东向断裂,而深部构造还是呈北东东向分布,而北东向构造仅是老构造的残留痕迹。

第三纪后期,由于南海扩张,形成了大量的北东东向构造,并改造了原来的北东向构造,现今表层存在的地温等值线、温泉分布、海岸线、第四纪等厚线等均表现为以北东东向展布的主体。

根据华南大量强震震源机制解资料,东南沿海地震带的主压应力为北西西方向,在这样统一的应力场作用下,北东东向断裂具有右旋性质,而北西向断裂大都是左旋正断层。东南沿海地区的强震均发生在北西向断裂与北东东向断裂的交汇部位(图1.2)。

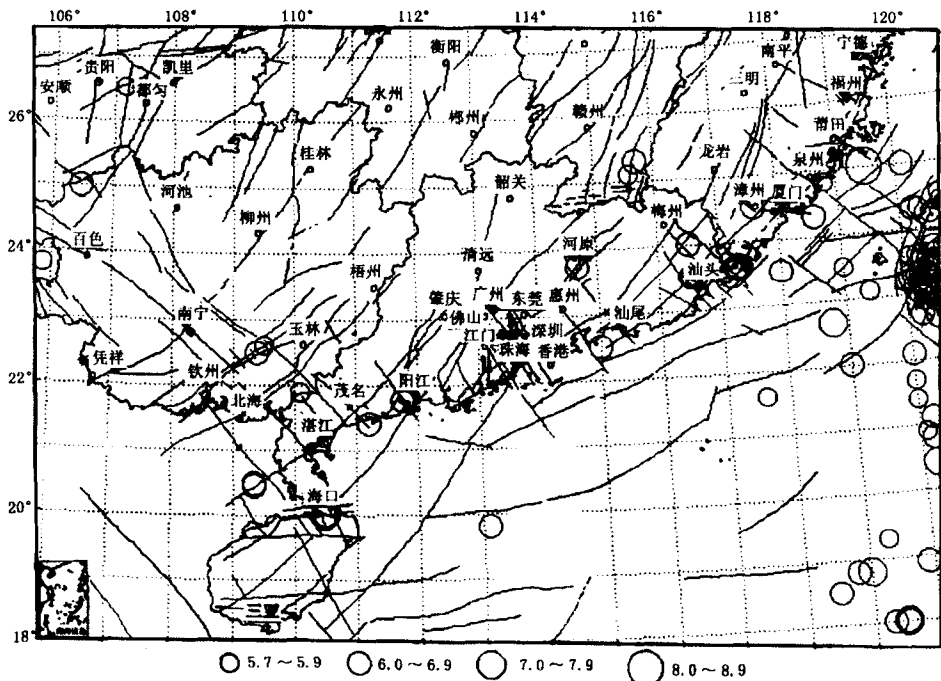


图1.2 华南第四系构造与1400年以来 $M_s \geq 5\frac{1}{2}$ 强震震中分布图

强震的发生需要深部巨大的能量。因此,不仅要有北西向新而强的活动,还必须要有北东东向深部断裂的参与和作用。东南沿海的东西两端,由于规模宏大的巴士系断裂和红河系断裂的存在、活动,因此地震多、强度大。而中部的北西向断裂属于张性支断裂,没有形成规模,因此这一地区地震少、强度低。

1.2 华南地震活动特征

1.2.1 华南地震时空分布特征

根据林纪曾等专家研究成果,目前比较公认的看法是:东南沿海地震活动周期为 320 年左右。第一周期约始于公元 1400 年,第二周期约始于公元 1720 年,7 级以上地震均发生在沿海或滨海地区(即外带),形成了外带释放、内带调整的长期中强地震活动格局,由滨海到内陆地震强度逐渐减弱。

现在来看,第二活动周期与第一活动周期地震活动有所不同,第二活动周期存在以 1918 年南澳 7.3 级地震和 1994 年台湾海峡 7.3 级地震为代表的 2 个释放高潮(图 1.3),且第二活动周期的强震时空分布相对分散(图 1.4)。

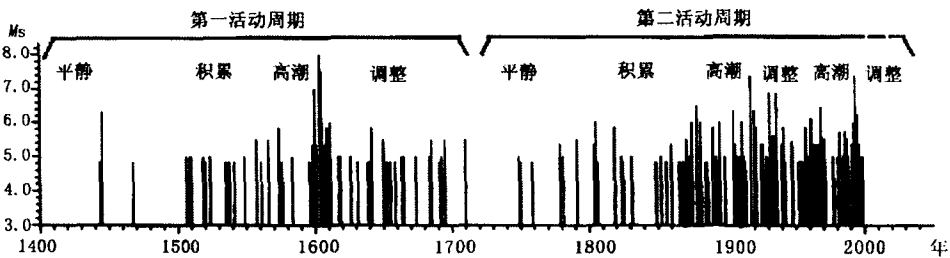


图 1.3 华南地震序列与活动周期分析图

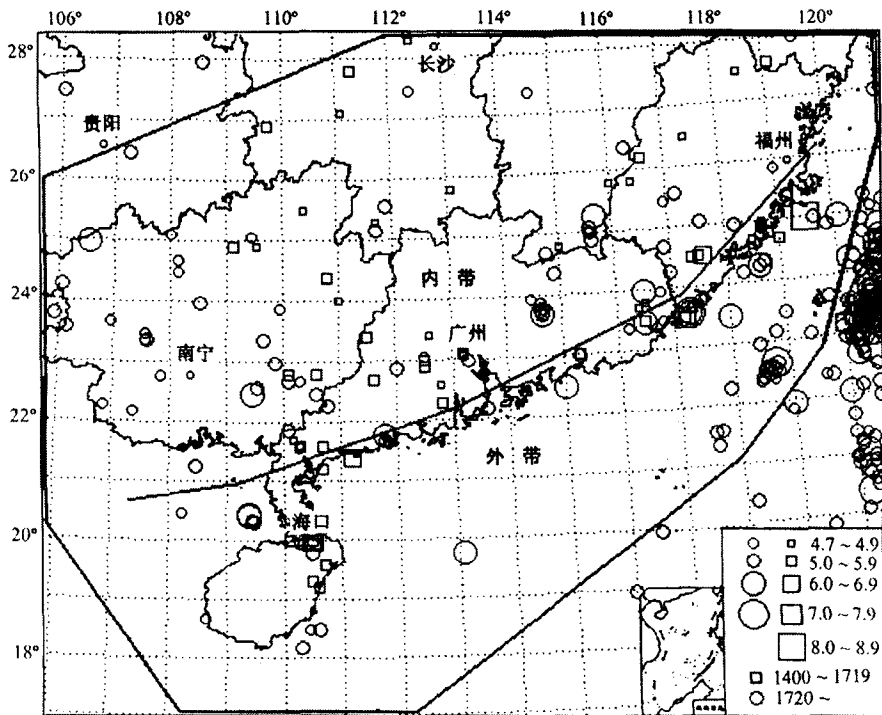


图 1.4 华南区域选取、内外带分界和中强地震震中分布图

长期以来,华南中强地震主要发生在粤闽赣交界及沿海和粤桂琼交界及沿海地区,形成了中强地震活动的2个主体地区,粤桂琼与粤闽赣地震应变能释放的比值较为稳定,约在1:2,中强地震个数之比也为1:2左右。根据1999~2001年GPS观测数据分析结果,两个区域的地壳运动速率之比为1:1.8,与地震活动的比值吻合。

未来至本活动周期结束(约在公元2040年左右)的较长时间内,华南的地震活动,应处于台湾海峡7.3级地震后的调整释放或剩余释放阶段,地震强度可能起伏衰减,外带释放仍会高于内带,外带的地震活动水平最高可达到6级左右,内带的地震活动水平最高可能为5级左右。

1.2.2 中强地震活跃幕

华南地区中强地震具有成丛活动特征,形成一些地震活跃幕, $M_s \geq 6.4$ 地震均发生在 $M_s \geq 5.7$ 地震活跃幕之中, $M_s \geq 5.7$ 活跃幕则出现在 $M_s \geq 4.7$ 活跃幕之中,表现出大小地震频次关系的基本特征(图1.5)。

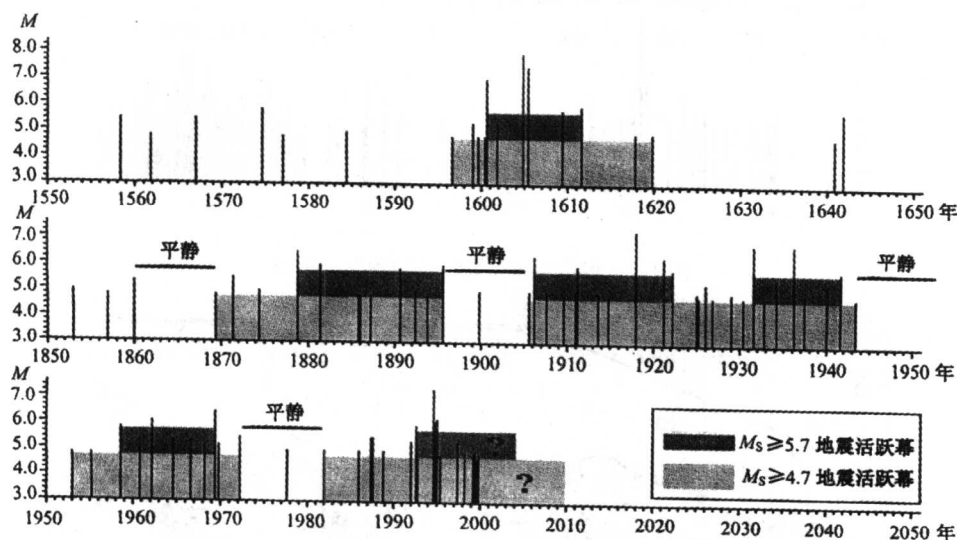


图1.5 东南沿海地震序列与活跃幕分析图

1.2.3 地震节律、韵律现象

根据刘德富等研究成果,地震序列存在自激励现象,即较大地震之间历经较小地震的个数为8。东南沿海各区域地震序列(去除余震)表现出一些自激励现象(图1.6),1918年广东南澳7.3级地震、1994年台湾海峡7.3级地震为7级大震节点。

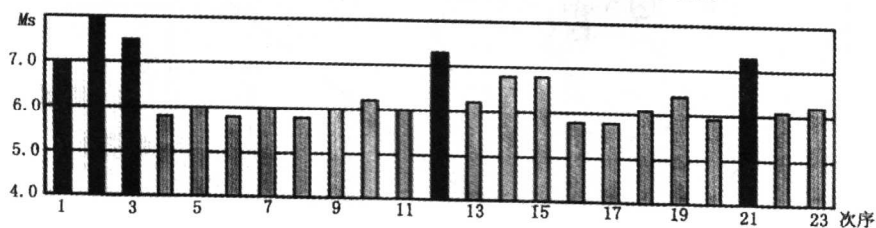


图1.6 1400年以来东南沿海 $M_s \geq 5.7$ 地震序列次序-震级图

强震发生的时间间隔为 11 年或 11 年的整数倍的现象称为 11 年韵律,1890 年以来华南地区 $M_S \geq 5.7$ 地震(丛)之间分组存在 11 年韵律现象(图 1.7)。

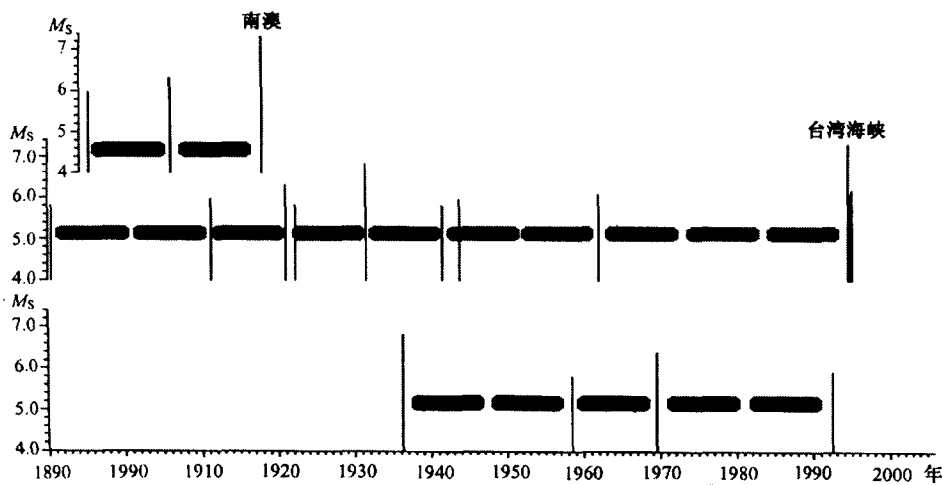


图 1.7 华南 $M_S \geq 5.7$ 地震序列及 11 年韵律示意图

1.2.4 地震迁移与重复

华南地区 $M_S \geq 5.7$ 强震存在南北交替、东西往复迁移的特点(图 1.8),体现了该区地震活动的整体关联性。实际上对于 $M_S = 4.7 \sim 5.6$ 的中等地震也存在南北交替、东西往复迁移的规律(图 1.9)。

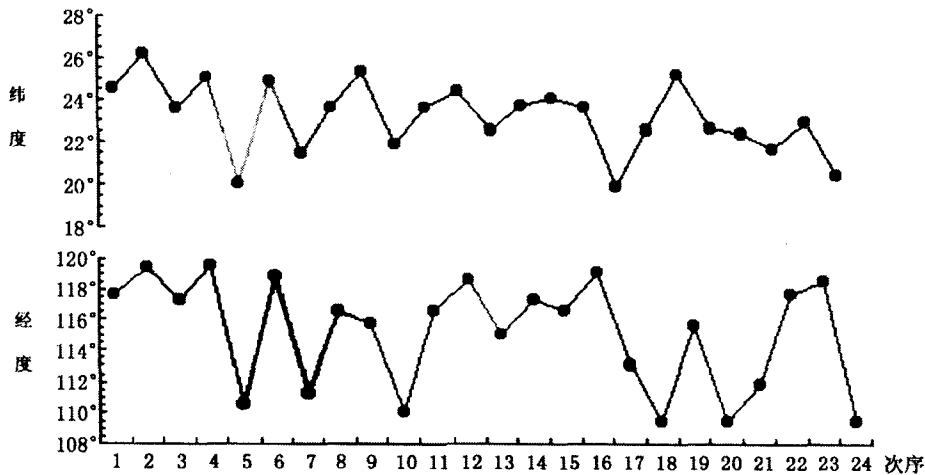
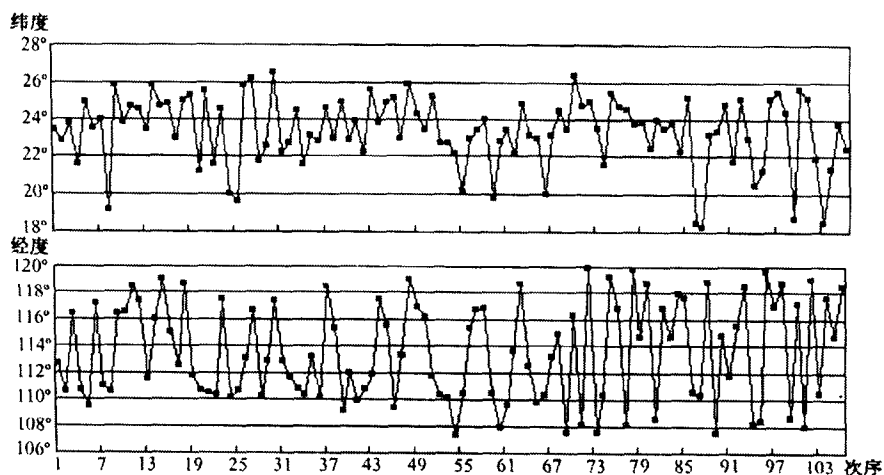


图 1.8 1400 年以来东南沿海 $M_S \geq 5.7$ 强震纬度、经度迁移图

华南 7 级大震只在南澳、潮汕地区重复出现,该区也是东南沿海地震带强震重复率最高的地区。中强地震曾重复发生的有福建漳一厦地区、赣南地区、广东阳江—电白地区和桂东南地区。

图 1.9 1400 年以来东南沿海 $M_S = 4.7 \sim 5.6$ 地震纬度、经度迁移图

1.2.5 华南中强震成对性

1960 年以来华南及海域的 $M_S \geq 4.7$ 中强地震发生时间上成对或成组现象显著,剔除余震(震群、双震、多震取最大地震)后,可将全部 38 例 $M_S \geq 4.7$ 地震划分为 15 个组对(表 1.1)。

表 1.1 1960 年以来华南 $M_S \geq 4.8$ 地震成对或成组活动情况统计表

组	序	$M_S \geq 4.7$ 地震				震级 M_S	个数	间隔/月	震级差
		时 间	地 点						
			年 月 日	纬度(°)	经度(°)				
01	01	1960 07 21	27.30	121.80	温州近海	5.0	3	2	0.0
	02	1960 09 16	25.10	120.70	台湾海峡	4.9			
	03	1960 11 05	24.00	108.50	广西合山	5.0			
02	04	1962 03 19	23.72	114.67	广东河源	6.1	4	1	0.6
	05	1962 04 20	24.30	106.00	广西田林	5.0			
	06	1962 04 23	23.60	106.10	广西那坡	5.5			
	07	1962 04 24	23.50	116.80	广东汕头	4.8			
03	08	1966 06 11	23.60	120.10	台湾海峡	5.9	2	4	0.6
	09	1966 09 26	23.30	117.90	东沙群岛	5.3			
04	10	1967 12 30	20.40	118.20	南海中部	5.0	2	3	-0.2
	11	1968 04 01	25.10	117.60	福建龙岩	5.2			
05	12	1969 07 26	21.75	111.75	广东阳江	6.4	3	5	1.2
	13	1969 12 17	18.50	110.60	万宁近海	5.1			
	14	1969 12 20	18.20	110.30	陵水近海	5.2			
06	15	1972 02 12	24.90	120.50	台湾海峡	5.0	2	2	-0.5
	16	1972 04 06	23.20	118.80	台湾海峡	5.5			
07	17	1977 10 19	23.38	107.53	广西平果	5.0	2	10	-0.3
	18	1978 08 10	25.30	120.60	台湾海峡	5.3			
08	19	1982 02 25	24.73	114.78	江西龙南	5.0	2	8	-0.7
	20	1982 10 27	23.80	105.90	云南富宁	5.7			
09	21	1986 01 28	21.70	111.80	广东阳江	5.0	2	9	-0.7
	22	1986 10 22	23.10	119.40	台湾海峡	5.7			
10	23	1987 08 02	25.03	115.60	江西寻乌	5.5	2	1	0.0
	24	1987 09 06	23.00	118.50	台湾海峡	5.5			

续表

组	序	$M_s \geq 4.7$ 地震				震级 M_s	个数	间隔/月	震级差
		时 间	地 点						
		年 月 日	纬度($^{\circ}$)	经度($^{\circ}$)	地 名				
11	25	1988 11 05	20.48	108.17	北 部 湾	4.8	3	2	-0.2
	26	1988 11 10	21.28	108.42	北 部 湾	5.0			
	27	1989 01 09	24.08	120.40	台湾海峡	5.0			
12	28	1992 02 18	25.02	119.67	南 日 岛	5.3	2	7	-0.6
	29	1992 09 14	21.60	117.60	东沙群岛	5.9			
13	30	1994 09 16	22.67	118.75	台湾海峡	7.3	4	3	1.1
	31	1995 01 10	20.48	109.35	北 部 湾	6.2			
	32	1995 02 25	24.37	118.70	晋江近海	5.3			
	33	1995 06 05	18.70	108.60	东方近海	4.8			
14	34	1997 05 31	25.58	117.18	福建永安	5.3	2	10	0.4
	35	1998 04 16	25.12	107.98	广西环江	4.9			
15	36	1999 05 17	18.50	110.42	万宁近海	4.9	3	7	-0.1
	37	1999 06 06	21.37	117.63	东沙群岛	5.0			
	38	1999 12 27	22.38	118.45	台湾海峡	4.8			

华南中强地震成对或成组现象说明本区地震活动具有自激发机制,发生中强地震本身即是地震的触发因素或背景因素。15组中强地震中,成对的有9组,成三的有4组,成四的有2组;组中地震最大间隔小于半年的有9组,7~9个月的有4组,10个月的有2组;首震与其后组内最大地震震级差小于或等于0.5级的有8组,0.6~0.7级的有5组,1.1~1.2级的有2组,另外,震级升或平的有10组,震级下降的有5组,2组震级差为1.1~1.2级的均为震级下降型,而且当首震震级大于5.9时(4组)均为下降型。

1.2.6 地震时间序列与频次分析

华南地区中强地震丛开始之前, $M_L \geq 3$ 地震活动常常出现增强的过程(图1.10),持续时间为2年左右;华南地震活动存在5年左右的周期变化, $M_L \geq 4$ 地震起伏过程清晰(图1.10);华南 $M_L \geq 3.4$ 地震(去除余震)半年频次变化,对 $M_L \geq 5$ 地震丛,有较好的预测效果,频次的上升达到高值预示丛的开始(图1.10),而下降结束则预示丛的终止。

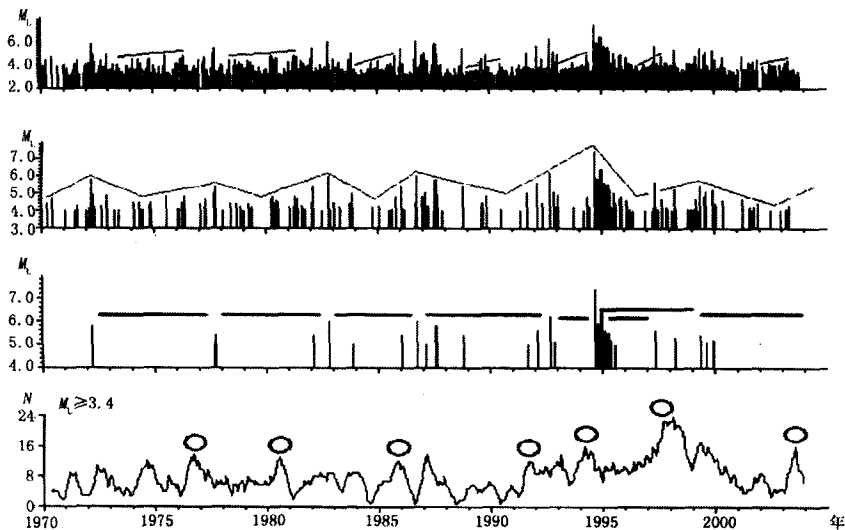


图 1.10 华南 $M_L \geq 3.4, 4, 5$ 地震时间序列和 $M_L \geq 3.4$ (删除余震) 半年频次时间扫描曲线图

1.3 华南强震环境因子

1.3.1 太阳黑子

太阳外层是太阳活动异常剧烈的区域、有很丰富的物理现象,如黑子、耀斑、光斑、日珥、日冕等。其中黑子最具代表性,黑子极多时,日面各种物理现象极为活跃,黑子极少时,日面非常宁静。其次黑子容易观测且记载最为丰富、历史最悠久。我国《汉书·五行志》:“成帝河平元年三月己未,日出黄,有黑气大如钱,居日中央”。这就是举世公认最早(公元前 28 年 5 月 10 日)的黑子记载,比欧洲早 800 多年。其实起源于象形文字的“日”字,是从圆中有黑点演变而来,这表明祖先在造汉字之前就已经注意到太阳有黑子了。

1. 近 500 年太阳黑子活动基本位相的确定

据东京天文台和苏黎世天文台资料,自 1498~2001 年,太阳黑子数已历经 46 次极小(m)年和极大(M)年(表 1.2)。

表 1.2 太阳黑子数位相频次分布表

位相	m	m+1	m+2	m+3	M-3	M-2	M-1	M	M+1	M+2	M+3	m-3	m-2	m-1
年数	46	46	40	14	5	20	46	46	46	41	18	36	46	46
频次/ %	100	100	87	30	11	43	100	100	100	89	39	78	100	100

在上表中,有些位相频次过于偏少,使统计结果失真,有必要将 M+3 并入 m-3, m+3 和 M-3 并入 M-2,可得近 500 年来表征太阳黑子活动 11 年周期的基本位相(表 1.3)。自 1498 年至 2001 年共 503 年,而以 11 年基本位相在 46 个周期共占有年份是 506 年,相差很小,因此以 11 年为太阳黑子近 500 年来的活动的基本位相是合适的。

表 1.3 太阳黑子 11 年周期基本位相与划段表

位相	m	m+1	m+2	M-2	M-1	M	M+1	M+2	m-3	m-2	m-1
出现频次/%	100	100	87	85	100	100	100	90	100	100	100
划段	谷段			升段			峰段			降段	

2. 等价地震频数

由于震级相差 1 级,能量相差 30 倍,因此统计频次时会突出低震级的作用。而统计能量时又会突出高震级作用,因此除统计地震频次外,还引入“等价 5 级地震频数”,其定义为:

$$S = 1/r_0 \sum n(E)r(E) \quad (1.3.1)$$

式中: $n(E)$ ——能量为 E 的地震频次, $r(E)$ ——能量为 E 的震源球半径, r_0 为等价地震的震源球半径, μ 为拉梅系数,本文取 5 级地震为单位,故上式中 S 被定义为以 5 级地震为单元的等价地震数。

$$rE = \mu^3 \sqrt{E},$$

$$\therefore E = 10^{11.8+1.5M}$$

$$\therefore r(E) = \mu 10^{3.9+0.5M}$$

$$r_0 = \mu 10^{6.4}$$

代入(1.3.1),有:

$$S = \sum n(M) 10^{-2.5+0.5M} \tag{1.3.2}$$

用(1.3.2)式可将华南地区 1500~2001 年 $M \geq 5.5$ 地震换算成以 5 级地震为单位的等价地震数。

3. 华南强震在太阳黑子活动 11 年周期基本位相中的分布特征

1530 年以来,华南 $M \geq 5.5$ 级强震共有 64 个,且完整性较好,在太阳黑子活动 11 年位相分布中较好地反映出其特征(表 1.4、1.5、图 1.11、1.12)。

表 1.4 华南强震在太阳黑子活动周各相位频次分布表

	m	m+1	m+2	M-2	M-1	M	M+1	M+2	m-3	m-2	m-1	合计
近 500 年强震	4	7	1	2	1	5	10	8	10	10	6	64
等价 5 级地震	10	24	3	10	2	31	47	19	31	44	15	236
近 100 年强震	1	4	0	2	1	3	3	1	3	9	3	30

表 1.5 华南强震在太阳黑子活动周各时段频次分布表

频次分布		谷 段	升 段	峰 段	降 段	合 计
近 500 年强震	次	12	3	23	26	64
百分比	%	19	5	36	40	100
等价 5 级地震	次	36	12	97	90	236
百分比	%	15	5	41	38	100
近 100 年强震	次	5	3	7	15	30
百分比	%	17	10	23	50	100

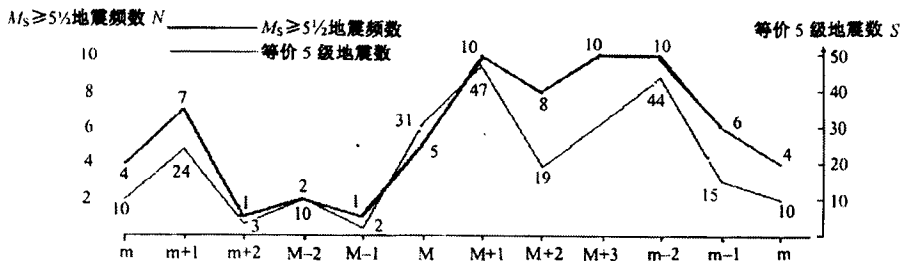


图 1.11 华南强震($M \geq 5.5$)在太阳黑子活动位相中的频次分布图(1530~1995 年)

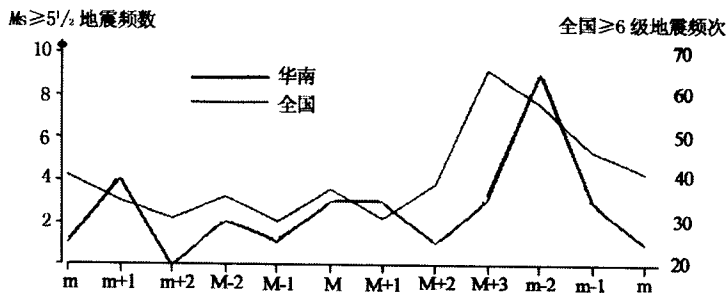


图 1.12 华南强震近 100 年(1900~1995)在太阳黑子活动位相中的频次分布图(李海华)