



# 南黄海海域 $M \geq 6$ 强震趋势预测及其论证分析研究

## 摘要

南黄海地区是我国东部中强地震活动最为活跃的地区之一,自 1846 年以来,该研究区  $M \geq 6$  强震活动具有显著的可公度性和有序性,其主要有序值为 74~75 a、57~58 a、11~12 a 和 5~6 a,其中 74~75 a 和 57~58 a 具有突出的预测作用.根据翁文波信息预测理论,在回顾总结成功预测 1996 年 11 月 9 日南黄海 6.1 级强震的基础上,深入研究了南黄海海域  $M \geq 6$  强震活动的可公度性及其预测功能,构建并完善了南黄海海域  $M \geq 6$  强震的二维和三维有序网络结构,对该区未来  $M \geq 6$  强震趋势进行了预测,并对预测的可能性与合理性进行了论证分析.研究结论表明:南黄海海域未来新一轮强震活跃幕的首次  $M \geq 6$  强震将发生在 2053—2054 年前后,未来第 2 次  $M \geq 6$  强震或强震群可能发生在 2058—2059 年前后.

## 关键词

南黄海;可公度性;信息有序网络结构;时间间隔聚点分析; $M \geq 6$  强震预测

中图分类号 P315.75

文献标志码 A

收稿日期 2015-03-18

作者简介

门可佩,男,教授,主要从事应用统计分析、信息预测理论、天灾预测与地震预测研究.  
menkepei@163.com

## 0 引言

自然灾害及其防御一直是人类社会必须直面的重要课题,古今中外的专家运用过各种理论和方法进行研究并付诸实践.然而,强震预测依然是世界性科学难题,至今没有得到解决.20 世纪 80 年代,翁文波院士在从事天灾预测的实践中做出了卓越的贡献,他创立了以信息预测为核心的预测理论,这是当代天灾预测的重大理论创新<sup>[1-7]</sup>.众所周知,事物的自然特性基本上可分为两大类:有序性和无序性.有序性是自然界的一种秩序或规律.可公度性如同周期性、韵律性、对称性、分形自相似性等都属于有序性的范畴,是信息预测理论的主要内容.翁文波应用可公度性和干支周期等方法成功地预测了 1991 年发生的江淮特大洪灾和 1992 年美国加州强烈地震<sup>[1-2]</sup>.1982—1992 年他提出各类天灾预测 252 次,实际发生 211 次,成功率达到 83.73%<sup>[4]</sup>.2004 年耿庆国<sup>[8]</sup>提出独立可公度元的新概念,通过提取整数集合中的可公度元,使三元、四元、五元等可公度式统一用数据相加减的方式来表达可公度性,并对黄河、淮河大洪水以及华北大旱灾等进行预测研究,受到有关方面的高度重视.徐道一首次提出信息有序性、大地震形成机制的网络特性以及自组织有序网络等,进一步丰富和发展了信息预测理论<sup>[9-12]</sup>.

中国是一个多地震的国家,强烈地震常常给人民生命财产造成重大损失.地震危险性分析是地震学研究的主要内容,而地震危险性分析的本质就是地震的中长期预测.20 世纪 90 年代以来,笔者致力于中国强震预测研究,首次提出应用网络结构图直观而清晰地展示出强震活动的可公度性和有序性,特别致力于中国东部和西部地区强震活动的有序性及其网络结构研究、中国大陆 8 级大震与长江大洪水有序网络结构及其预测研究以及地震灾害评估等,取得了一批研究成果<sup>[13-27]</sup>.在上述研究成果的基础上,本文补充并整理强震事件新信息,将可公度性方法与信息有序网络结构分析相结合,深入探索南黄海海域  $M \geq 6$  强震活动规律,并对该地区未来  $M \geq 6$  强震趋势进行中长期预测,以期为我国东部地区防震减灾工作提供决策依据.

## 1 可公度性信息系与信息有序网络构建

### 1.1 基本概念与定义

信息预测是以信息学为基础,以信息(秩序)为主要研究对象,以

<sup>1</sup> 南京信息工程大学 数学与统计学院,南京,210044

否定随机性为原则.这里所谓信息是指信息系中的元素、元素集和子体系,它表征系统的“序”的概念,自然数和整数信息系在自然科学中占有十分重要的位置.自然界中存在着由自然数或整数传递信息的某种秩序,且不会因加减法处理而失真.自然界的结构,许多是与自然数有关的,例如元素周期律的主要指标——原子序数,即自然数,因此,自然数或整数本身就是信息<sup>[1-5]</sup>.

可公度性可简单定义为:若某数据集  $\{X_i\}$  中任意两个元素  $X_s$  和  $X_t$ , 其差若能表示为某个常数和—个整数的积,即

$$X_s - X_t = \Delta X \cdot K_i, \quad K_i = 1, 2, \dots,$$

若上式是稳定的,则称该数据集  $\{X_i\}$  是具有可公度性的有序集,常数  $\Delta X$  则为该数据集的可公度值.这里  $K_i$  是以可公度值为周期的序数.若  $K_i = 1$ , 则  $\Delta X$  即为数据集  $\{X_i\}$  的基本周期.

可公度信息系的一般表达式为<sup>[4,7-8]</sup>

$$X_i = \sum_{j=1}^L (I_j X_{ij}) + \varepsilon_0,$$

式中  $I_j \in \{i\}$ , 且  $I_j \neq i$ , 即  $I_j$  是下标集  $\{i\} = \{1, 2, \dots, n\}$  中与  $i$  不同的任意元素,  $X_{ij}$  是数据集  $\{X_i\}$  中与  $X_i$  不同的任意元素.  $I_j$  为整数, 本文取  $\pm 1.L$  为可公度的元数.  $\varepsilon_0$  为事先确定的可行性临界值(偏差).当然,一个可公度式可能是偶然的,如果有  $m$  个可公度式 ( $m$  足够大) 则可拒绝均匀分布的假设,从而证实实际数据序列中所包含的几乎可公度性是非偶然的.这里  $m$  称为可公度式的频数,它是分析时间序列可公度信息强弱的一个重要指标.

## 1.2 应用实例

“可公度性”(commensurability)一词原先是在天文学中提出来的,翁文波将其引入到预测学领域,展现出它强大的生命力.可公度性是自然界的一种秩序,是系统的一类信息,也是时空对称性的一种表现,它表达了系统元素中可以共同度量的某种规律.许多客观事物中都存在着可公度性,比如太阳系行星的平均距离存在着可公度性.木星的3个主要卫星木卫一、木卫二和木卫三的平均运动(mean motion)  $Y_1$ 、 $Y_2$  和  $Y_3$  服从下列关系式:

$$Y_1 - 3Y_2 + 2Y_3 = 0,$$

这是一个与原点无关的可公度性方程或首一多项式(monic polynomial),式中各项系数之和等于0.土星的4个主要卫星土卫一、土卫二、土卫三和土卫四的平均运动  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$  和  $Z_4$  具有下列关系:

$$5Z_1 - 10Z_2 + Z_3 + 4Z_4 = 0,$$

其系数之和为0,它也是与原点无关的.天王星的4个主要卫星也具有类似关系:

$$W_1 - W_2 - 2W_3 + W_4 = 0,$$

其系数之和等于-1,这是与原点有关的.

在实际预测时,由于天灾时间序列一般样本不会太长,通常采用三元或四元可公度式进行预测分析.对实数域  $\mathbf{R}$  上容量为  $n$  的数据集  $\{X_i\}$ , 如果有  $m$  个可公度式,则三元可公度式形如:

$$X_i + X_j - X_k = X_s,$$

$$|X_s - X_j| < \varepsilon,$$

式中  $i, j, k = 1, 2, \dots, n; s = 1, 2, \dots, m$ ; 并且  $i \neq j \neq k$ .

当  $X_s > X_n$  时,则  $X_s$  就是预测值,其脚标中“ $\cdot$ ”表示三元可公度的组合指标.如取四元可公度式,则有:

$$X_i + X_j - X_q - X_r = X_t,$$

$$|X_t - \Delta X| < \varepsilon,$$

式中  $i, j, q, r = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, m$ ; 并且  $i \neq j \neq q \neq r$ . 式中  $\Delta X$  称为序列  $\{X_i\}$  集的四元  $\varepsilon$  概周期.此时  $X_t$  实为  $\Delta X$ , 预测值则应为  $X_{n+1} = X_n + \Delta X$ .

文献[1]给出唐山地震四元概周期一例.据资料记载,唐山附近曾发生6次  $M \geq 5.5$  地震,其时间为:

$$X_1 = 1527 \text{ 年 } 7 \text{ 月 } 1 \text{ 日}, X_2 = 1568 \text{ 年 } 4 \text{ 月 } 25 \text{ 日},$$

$$X_3 = 1624 \text{ 年 } 4 \text{ 月 } 17 \text{ 日}, X_4 = 1795 \text{ 年 } 8 \text{ 月 } 5 \text{ 日},$$

$$X_5 = 1805 \text{ 年 } 3 \text{ 月 } 12 \text{ 日}, X_6 = 1945 \text{ 年 } 9 \text{ 月 } 23 \text{ 日},$$

如果按每年12个月,每月30d换算,可用四元可公度式求得概周期:

$$X_4 + X_2 - X_5 - X_1 = 31 \text{ a 零 } 77 \text{ d},$$

$$X_5 + X_4 - X_6 - X_3 = 30 \text{ a 零 } 277 \text{ d},$$

其平均四元周期  $\overline{\Delta X}$  约为 30 a 零 357 d. 从  $X_6$  外推一个周期,即得到下一次强震时间可能是 1976 年 9 月 20 日.这与唐山地震实际发生时间 1976 年 7 月 28 日仅相差 54 d, 小于  $\varepsilon = 90 \text{ d}$  的可行性临界值.这表明可公度性方法预测强震是行之有效的.

此外,我国许多专家还研究了日本、印尼、缅甸、智利、新西兰以及中国台湾地区7级强震或8级大地震等重大自然灾害的可公度性和有序性及其灾害链的预测问题,展示出信息预测理论的广泛的适用性<sup>[28-35]</sup>.

总而言之,可公度性方法的基本思路可概括为从局部到个别<sup>[7]</sup>,即从局部样本数据中进一步挑选其中少数存在可公度性的样本数据,再从这些少量样本数据进行预测.其运算操作多为加减法,这有利于信息保真.可公度性方法基于实际体系,基于尽可

能少的理论假设,重点放在大量无序现象中寻找有用信息,它是一种唯象的方法.应用可公度性方法探索地震预测,是在不保证下次必然发生的情况下,以增加虚报概率为代价,给出若干可能发生的时段,从中提取非偶然的信号.

### 1.3 信息有序网络构建

本文所谓的有序网络就是节点及其连线的有序集合,这里的节点即强震样本,节点之间的连线为强震的时间间隔,即序参数  $\tau$  值,用来表示强震之间的相互作用与联系.在构建强震有序网络时,通常只关注节点之间连线长度(时间间隔)的有序关联,并不在意节点位置和连线的平直弯曲、有无相交等.这种不依赖于节点的具体位置和连线具体形态所表现出来的性质称为网络的拓扑性质,其相应的结构则称为网络的拓扑结构.因此,强震有序网络是一种具有拓扑结构的复杂网络.

根据信息预测理论构建天灾信息有序网络时,首先需要提取强震样本时间序列的可公度值或有序值,特别要注意选择部分具有代表意义的强震样本,但无须苛求全部样本数据,因为有时采用全部数据往往显得杂乱无章,反而掩盖了最主要的客观规律;然后再设计构建有序网络图,以强震样本为网络节点,沿着坐标轴经纬方向纵横排列,以各可公度值为边线,将各节点依照时序并按一定的规律连接成网络状,形成所谓可公度有序网络结构图.根据有序网络的拓扑性质,可将此图设计成二维平面的,也可以是三维立体的,以便直观、快速、全面地进行分析 and 预测.有时一个网络图难以概括全面,则可分为几个图从多个角度加以描述.为保证样本上下左右之间的时序关系,个别样本可以重复出现.通常二维平面网络便于刻画总体格局的结构全貌,其时序规律显得十分简洁直观,而三维立体网络则用于形象地展示局部结构特征.

## 2 1996 年南黄海 6.1 级地震预测回顾与未来 $M \geq 6$ 强震趋势预测

### 2.1 研究区地震活动概况

本文研究区南黄海海域(120.5~124.5°E,31~35.5°N)位于欧亚板块与太平洋板块的接合部,是中国东部中强地震最为活跃的地区之一.按照板块构造学说的观点,太平洋板块向西挤压碰撞的动力作用是影响中国大陆地区,尤其是大陆东部地区的一个主要动力源.南黄海按其地质构造特征可划分为4

个地震活动性有明显差异的构造单元,自北向南分别为北部拗陷区、中部隆起区、南部拗陷区及勿南沙隆起区.区内断裂构造发育,新构造和现代构造运动活跃.境内北东向、北北东向与北西向、北西西向等多组活动断裂交汇切割处,断陷和隆起的交界处,是地震发生的主要场所.本区最大地震(1846年7级)就发生在南黄海南部拗陷区海域.

### 2.2 南黄海海域 7 次 $M \geq 6$ 强震的可公度性结构关系及其预测回顾

根据地震资料<sup>[36-38]</sup>,1846—2015年本研究区共发生  $M \geq 6$  强震 15 次,分布在 11 个年份(表 1).现取以下 7 个强震样本,为了简便起见分别以其发生的年号加以表示,即设:

$$X_1 = 1846, X_2 = 1852, X_3 = 1910, X_4 = 1921, \\ X_5 = 1927, X_6 = 1984, X_7 = 1996.$$

选取样本时对于强震群通常以其主震为代表,则上述 7 个元素之间有以下特殊的结构关系:

$$X_2 + X_4 = X_1 + X_5 = 3773, \\ X_3 + X_4 = X_1 + X_6 = 3830(3831), \\ X_4 + X_4 = X_1 + X_7 = 3842, \\ X_5 + X_4 = X_2 + X_7 = 3848, \\ X_6 + X_4 = X_3 + X_7 = 3905(3906), \\ X_6 + X_2 = X_3 + X_5 = 3836(3837),$$

这种结构是可公度性的特例.通过移项,应用减法即可获知该结构中包含 6 个可公度值(即有序值):6 a、12 a、57 a、63 a、69 a、75 a,即有下式:

$$X_2 - X_1 = X_5 - X_4 = 6, \quad (1)$$

$$X_4 - X_3 = X_7 - X_6 = 12(11), \quad (2)$$

$$X_6 - X_5 = X_3 - X_2 = 57(58), \quad (3)$$

$$X_3 - X_1 = X_6 - X_4 = 63(64), \quad (4)$$

$$X_4 - X_2 = X_7 - X_5 = 69, \quad (5)$$

$$X_4 - X_1 = X_5 - X_2 = X_6 - X_3 = X_7 - X_4 = 75(74), \quad (6)$$

式(1)+式(5)=式(2)+式(4)=式(6),式(2)+式(3)=式(5),式(1)+式(3)=式(4).这说明在上述 6 个可公度值中,6 a、12 a 和 57 a 是基本可公度值,而 63、69、75 为其之和,即:57+6=63,57+12=69,6+12+57=75.这样,在上述  $X_1 \sim X_7$  的二元年号和特殊结构关系中,显示出十分对称而和谐的规律.把这种关系用直线联结起来,则呈现平行对称之态(参见图 1 a 与 b).这里“对称”就是“有序”,它们蕴含了强震活动规律的信息.须要注意的是,此 2 图中间的那条线是不相重合的.根据上述可公度性结构关系与有序网络分析方法,笔者曾在文献[13,15]中利用前 6

表1 南黄海海域  $M \geq 6$  强震目录(1846—2015年)

Table 1 Catalogue of  $M \geq 6$  earthquakes in the South Yellow Sea region during 1846-2015

序号	发震日期	震中位置		震级/M	地点
		经度/(°E)	纬度/(°N)		
1	1846-08-04	122.0	33.5	(7)	南黄海
2	1847-11-12	122.0	33.0	(6)	南黄海
3	1852-12-16	121.5	33.5	( $\geq 6\frac{1}{2}$ )	南黄海
4	1853-04-14	121.5	33.5	( $\geq 6\frac{1}{2}$ )	南黄海
5	1853-04-15	121.5	33.0	( $\geq 6$ )	南黄海
6	1853-04-23	122.5	32.0	(6)	南黄海
7	1879-04-04	122.0	34.0	( $6\frac{1}{2}$ )	南黄海
8	1905-09-29	121.5	33.8	( $6\frac{1}{2}$ )	南黄海
9	1910-01-08	122.0	35.0	$6\frac{3}{4}$	南黄海
10	1921-12-01	122.0	33.7	$6\frac{1}{2}$	南黄海
11	1927-02-03	121.0	33.5	$6\frac{1}{2}$	南黄海
12	1927-02-03	121.0	33.5	$6\frac{1}{2}$	南黄海
13	1984-05-21	121.66	32.60	6.1	南黄海
14	1984-05-21	121.60	32.64	6.2	南黄海
15	1996-11-09	123.10	31.83	6.1	南黄海

注1:序号8在文献[36]中为  $6\frac{1}{2}$  级,在文献[37]中修改为5.6级.

个强震样本  $X_1 \sim X_6$ , 对未来强震  $X_7$  即1996年11月9日南黄海6.1级地震作过较好的预测. 现由式(6)可得以下3个三元可公度式:

$$X_4 + X_4 - X_1 = X_7 = 1996(1997.244),$$

$$X_5 + X_4 - X_2 = X_7 = 1996(1996.050),$$

$$X_6 + X_4 - X_3 = X_7 = 1996(1996.288),$$

这里,第1式中前2个元素相同,频数取1.后2式中前2个元素相异,频数各为2.故而,实际区间频数  $\alpha = 5$ , 大于按文献[4]计算得出的频数  $\lambda_x = 1.98$ , 非偶然性的置信水平  $(1 - \alpha) \geq 88\%$ . 上式右边括号里的数值是按照实际发震时间计算的结果(单位:a), 此3式的平均值  $\bar{X}_7 = 1996.527$ , 这与1996年南黄海6.1级地震实际发震时间1996.858仅仅相差0.33 a.

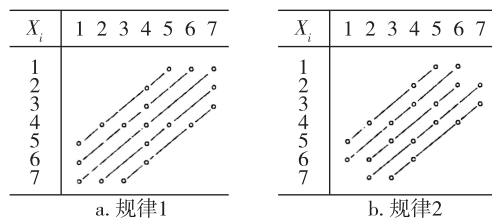


图1 南黄海海域  $M \geq 6$  强震二元年号和平行对称规律

Fig. 1 Parallel symmetry rule in the sum of two year numbers of  $M \geq 6$  earthquakes in the South Yellow Sea region

## 2.3 南黄海海域 $M \geq 6$ 强震的有序网络结构分析与趋势预测

### 2.3.1 2D 平面有序网络的构建与预测分析

1846年以来,南黄海海域  $M \geq 6$  强震具有鲜明的丛集特征(图2).6级强震按3丛分布,每丛间隔时间为57 a,丛内相邻二强震时间间隔为12 a和6 a,强震活动规律井然有序<sup>[18,24]</sup>.图2为南黄海海域  $M \geq 6$  强震可公度信息系有序网络结构,该图以3条横线为主链,每条横链线按照时间顺序描述了处于同一活跃幕内的一丛  $M \geq 6$  强震的传递过程(不计余震);竖线表示平静幕持续时间(即57 a),每条竖线连接其上下2个活跃幕;斜线则表示强震的跨越间隔关系.图2所展示的3个基本有序值(即序参数)“—6a—57a—12a—”具有循环往复的韵律特征,尤为令人注目.

为了研究的方便,本文将强震样本1847并入1846(即  $X_1$ ),将强震样本1853并入1852(即  $X_2$ ),以平面左上角为坐标原点,按照时序从左向右,同时从上往下相互连接展开.本文以强震样本发生的年份来表示网络节点,2个节点之间连线上的数字为年号之差,即此两强震间的时间间隔.个别情况略加调整,如节点1921(即  $X_4$ )与1910(即  $X_3$ ),按年号相差11 a,而二者间实际间隔11.90 a,故按12 a计算;节点1910(即  $X_3$ )与1846(即  $X_1$ ),按年号相差64 a,而二者之间实际间隔63.43 a,故按63 a计算;节点1910(即  $X_3$ )与1852(即  $X_2$ ),按年号相差58 a,而二者实际间隔57.06 a,故按57 a计算(以下同此).为保证样本上下左右之间的时序关系,个别样本可以重复选用.

同时,图2非常鲜明地反映出本区  $M \geq 6$  强震活跃幕的划分.由图2可知,1927(即  $X_5$ )为第2丛强震的收尾震,1996(即  $X_7$ )为第3丛强震的收尾震.1996年南黄海6.1级地震后,目前本研究区正处于第3活跃幕后的平静幕,依照前3丛强震发生的规律,将  $X_7$  向下延长57 a,即可预测:南黄海海域未来首次  $M \geq 6$  强震  $X_8$  可能发生在2053年前后,该次强震可能标志南黄海海域新一轮活跃幕即第4丛6级强震活动的开始;再将  $X_8$  向右水平延长6 a,即得南黄海海域新一轮活跃幕内第2次6级强震或强震群预测值  $X_9 = 2059$  (因本文采用发震年号表示强震,故而预测误差取  $\pm 1$  a,下同).

### 2.3.2 3D 立体有序网络的构建与预测分析

在图2中,南黄海海域之内3丛  $M \geq 6$  强震  $X_1 \sim$

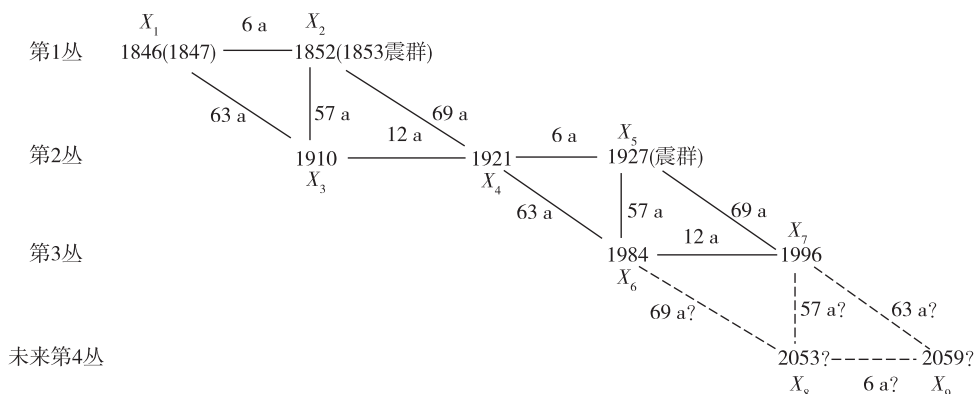


图2 1846年以来南黄海海域  $M \geq 6$  强震有序网络结构及其预测示意(虚线表示预测,下同)

Fig. 2 Ordered network structure of  $M \geq 6$  earthquakes and its prediction in the South Yellow Sea region since 1846 (dotted line for prediction, and the same notes in following figures)

$X_7$  共 7 个样本点:1846、1852、1910、1921、1927、1984 和 1996,可构成 2 个几乎全等的四边形:1846—1852—1910—1921 和 1921—1927—1984—1996,这似乎表明南黄海  $M \geq 6$  强震活动具有自我复制的特征.若果真如此,我们将会在未来获得一个由 1 条实线边和 3 条虚线边所组成的四边形:1984—1996...2053...2059,它与 4 条实线边组成的四边形:1921—1927—1984—1996 也是全等的.采用类似生物工程中遗传基因剪切粘接技术,将图 2 从 1921 节点剪开,将这 2 个四边形 1846—1852—1910—1921 和 1921—1927—1984—1996 上下平行搁置,分别取为上底和下底.为突出样本之间的有序关联,这里将样本 1921 重复选用,则此 7 个强震样本又可构成一个四棱柱形状的三维立体网络,如图 3 所示.图 3 深刻概括并准确揭示了 1846 年以来南黄海海域  $M \geq 6$  强震活动的时空规律.由图 3 也可预测 1996 年南黄海 6.1 级强震的发生.

将图 3 沿上下底面对角线垂直剖开,则可分解为 2 个三棱柱体网络,如图 4 所示.图 4a 反映出 1984 年 6.2 级强震与强震样本 1846、1852、1910、1921 和 1927 之间耦合关联的有序性;图 4b 反映出 1996 年 6.1 级强震与样本 1852、1910、1921、1927 和 1984 之间耦合关联的有序性.由图 4 也可分别对 1984、1996 年强震进行预测.

### 2.3.3 研究区空间扩张后的有序网络预测分析

在上述图 2 中 7 个南黄海强震样本的基础上,只要补充 1979 年 7 月 9 日江苏溧阳 6.0 级地震和 1905 年 9 月 29 日南黄海 6 $\frac{1}{2}$  级地震,则可将研究区范围由南黄海海域扩大到陆地,即包括江苏省在内的整个江苏-南黄海地区,如图 5 所示.由表 1 可知,在空间分布

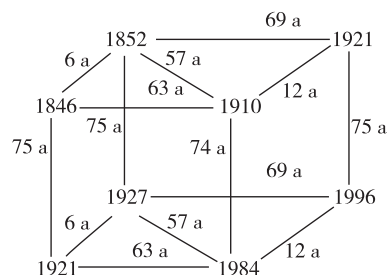


图3 南黄海海域  $M \geq 6$  强震三维立体有序网络结构  
Fig. 3 3D-ordered network structure of  $M \geq 6$  earthquakes in the South Yellow Sea region

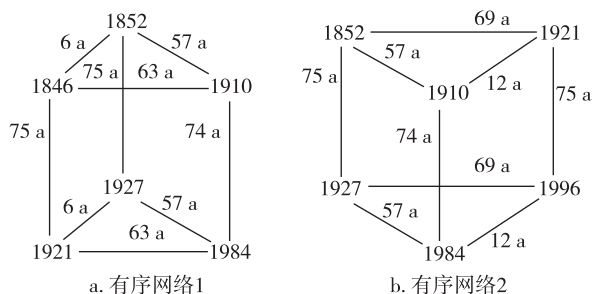


图4 由图3的四棱柱有序网络分割而成的2个三棱柱体有序网络

Fig. 4 Two triangular-prism-shaped networks by cutting the four-prism-shaped network in Fig.3

上本区地震活动最显著的特点是海强陆弱,绝大多数中强地震都发生在南黄海海域,海域  $M \geq 6$  地震的累积释放应变能占全区的 90% 以上.图 5 以可公度值 74 a (或 75 a) 为主角,突出展示了江苏-南黄海地区  $M \geq 6$  强震可公度信息系网络结构及其预测功能,非常准确清晰地揭示了 1846 年以来本区  $M \geq 6$  强震活动的

客观规律.尤为令人关注的是有序值 74~75 a 能从一个活跃幕传递到另一个活跃幕,而有序值 11~12 a 与 5~6 a 则仅在活跃幕内传递.图 5 从上至下共有 4 条水平向横链线,根据强震活动的传递规律,将第 1 条横线向右方延伸 74(或 75 a),即得预测值  $X_8 = 2053$  (或 2054),这将是本研究区未来新一轮强震活跃幕的首次 6 级强震,将第 2、第 3 条横线也分别向右方延伸 74 a(或 75 a),可得预测值  $X_9 = 2058$  (或 2059),  $X_{10} = 2070$  (或 2071),这将是本区未来新一轮活跃幕内第

2、第 3 次 6 级强震.这里前 2 个预测值与应用图 2 的预测结果完全相同.

构建江苏-南黄海地区  $M \geq 6$  强震三维立体有序网络如图 6 所示,也可对该区未来  $M \geq 6$  强震活动趋势进行预测研究.将图 6 中强震样本 1979、1984、1996 分别向下方竖直延伸 74 a (或 75 a),即得本区未来第 4 活跃幕的 3 个强震预测值:2053(或 2054)、2058(或 2059)、2070(或 2071).这与图 5 的预测结果也是完全一致的.

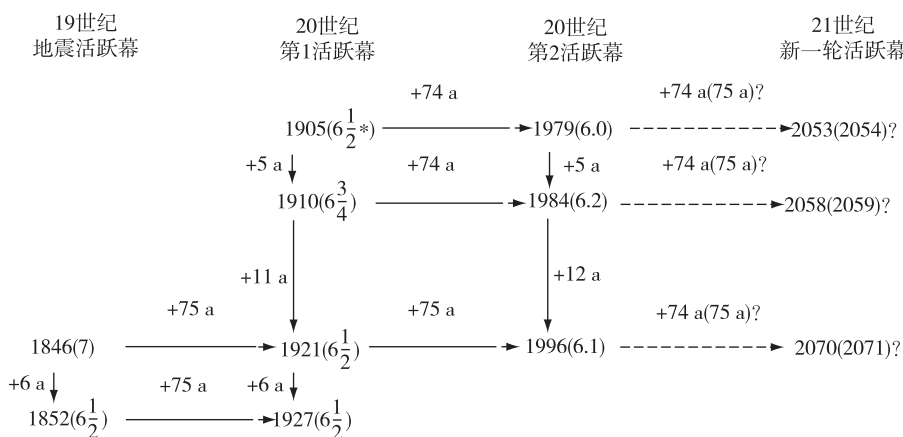


图 5 江苏-南黄海地区  $M \geq 6$  强震有序网络结构及其预测示意

Fig. 5 Ordered network structure of  $M \geq 6$  earthquakes and its prediction in Jiangsu-South Yellow Sea region

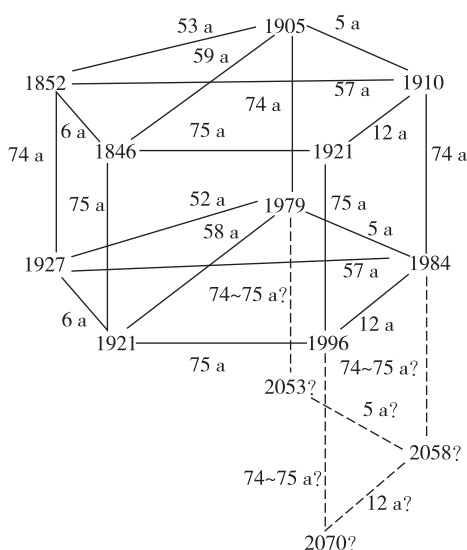


图 6 江苏-南黄海地区  $M \geq 6$  强震三维立体有序网络结构及其预测示意

Fig. 6 3D-ordered network structure of  $M \geq 6$  earthquakes and its prediction in Jiangsu-South Yellow Sea region

震的有序网络,具有非常稳定而对称的结构关系,高度概括并深刻揭示了 170 a 以来南黄海海域 6 级强震的活动规律,从而展示出独特的预测效果.徐道一<sup>[10]</sup>认为,如此明显的等时间间隔结构,只有比较均匀介质才能具有类似性质,这就意味着地球深部可能存在一种较大范围动力过程的控制作用.由此可知,上述图中的这些有序值所传递的信息决非偶然,它们体现了天体运动的整体性,反映了天地之间耦合关联的整体控制作用<sup>[10]</sup>.

### 3 南黄海海域未来 $M \geq 6$ 强震可能性的论证分析

上述南黄海海域未来 2 次  $M \geq 6$  强震预测结果:  $X_8 = 2053$  与  $X_9 = 2059$ ,是否假正确,还是偶然正确,当然值得怀疑,现根据文献[39]的  $\Delta_{i,m}$  聚点分析法来讨论其可能性与合理性.

#### 3.1 关于 $X_8$ 取值的可能性

南黄海海域  $M \geq 6$  强震属稀有天灾事件.现以  $\Delta_{i,m} = X_i - X_{i-m}$  表示稀有事件的第  $i$  次实现与前  $m$  次

综上所述,本文所构建的南黄海海域  $M \geq 6$  强

实现的时间间隔,其中  $1 \leq i-m < i < N$ ,  $N$  为已实现的总次数.本文中  $N=7$ .  $\Delta_{i,m}$  是三元可公度式的构成基础,南黄海海域  $M \geq 6$  强震时间间隔  $\Delta_{i,m}$  的分布情况如表 2 所示.

表 2 时间间隔  $\Delta_{i,m}$  聚点的分布

Table 2 Distribution of accumulation point of time interval  $\Delta_{i,m}$

$i$	$m$					
	1	2	3	4	5	6
2	6					
3	57	63				
4	12	69	75			
5	6	18	75	81		
6	57	63	75	132	138	
7	12	69	75	87	144	150
	$\{\Delta_{i,1}\}$	$\{\Delta_{i,2}\}$	$\{\Delta_{i,3}\}$	$\{\Delta_{i,4}\}$	$\{\Delta_{i,5}\}$	$\{\Delta_{i,6}\}$

表 2 中  $\Delta_{i,m}$  的分布相当稳定,因而有可能通过已知强震事件的时间序列去预测未来可能发生的强震事件.当  $m=1$  时,  $\{\Delta_{i,1}\}$  具有明显的聚点,集中在 6、12、57 附近,而且这 3 个聚点的概率相同.因此,未来强震事件  $X_8$  的发展有 3 种可能性: 2002, 2008, 2053. 当  $m > 1$  时,  $\Delta_{i,m}$  的分布也各有聚点,很有规律,当然这与  $\Delta_{i,1}$  分布的规律性有关.特别是第 3 列  $\{\Delta_{i,3}\}$  的聚点均为 75, 独占一列,这也进一步证明了 75 a 具有突出的预测功能.

$$\begin{cases} X_8(1) = X_7 + \Delta_{2,1} = 1996 + 6 = 2002, \\ X_8(2) = X_7 + \Delta_{7,1} = 1996 + 12 = 2008, \\ X_8(3) = X_7 + \Delta_{6,1} = 1996 + 57 = 2053, \end{cases} \quad (7)$$

为了确定  $X_8$  的 3 种可能性哪一种更大,利用式(7)计算  $\Delta_{8,m}$ , 计算结果如表 3 所示.

由表 3 可知,  $\Delta_{8,6}$  支持  $X_8(1)$ ,  $\Delta_{8,5}$  支持  $X_8(3)$ ;  $\Delta_{8,2}$  与  $\Delta_{8,3}$  对这两者都支持;而  $\Delta_{8,1}$  与  $\Delta_{8,4}$  对三者均支持.因此,  $P[X_8(3)] = P[X_8(1)] > P[X_8(2)]$ , 即  $X_8$  可能发生在 2002 或 2053 年.目前,时间已经证明: 1996 年南黄海 6.1 级地震之后,本研究区强震活动已进入平静幕,而 2002 与 2008 年已经过去,并没有发生  $M \geq 6$  强震,这就是说,未来  $M \geq 6$  强震有可能发生在 2053 年前后.

### 3.2 关于 $X_9$ 取值的可能性

若对  $X_8$  的 3 种可能采取一视同仁的态度,利用  $X_8(1)$ 、 $X_8(2)$ 、 $X_8(3)$  分别对  $X_9$  进行预测:

1) 对于  $X_8(1) = 2002$ , 利用式(8) 计算  $\Delta_{9,m}$ , 结

果如表 4 所示.

$$\begin{cases} X_9(1) = X_8(1) + \Delta_{2,1} = 2002 + 6 = 2008, \\ X_9(2) = X_8(1) + \Delta_{7,1} = 2002 + 12 = 2014, \\ X_9(3) = X_8(1) + \Delta_{6,1} = 2002 + 57 = 2059. \end{cases} \quad (8)$$

由表 4 分析可知,  $\Delta_{9,m}$  各值都支持  $X_9(3)$ , 而  $X_9(1)$  和  $X_9(2)$  各仅有 1 个值或 2 个值支持,显然  $X_9 = 2059$  的可能性  $P[X_9(3)]$  较大,因此  $X_9$  应取 2059.

表 3  $\Delta_{8,m}$  计算结果

Table 3 Calculation of  $\Delta_{8,m}$

$m$	1	2	3	4	5	6
$X_8(1)$	6	18	75	81	93	150
$X_8(2)$	12	24	81	87	99	156
$X_8(3)$	57	69	81	132	144	201

表 4  $\Delta_{9,m}$  第 1 种可能性计算结果

Table 4 Calculation of  $\Delta_{9,m}$  for the first possibility

$m$	1	2	3	4	5	6
$X_9(1)$	6	12	24	81	87	99
$X_9(2)$	12	18	30	87	93	105
$X_9(3)$	57	63	75	132	138	150

2) 对于  $X_8(2) = 2008$ , 根据式(9) 计算, 结果如表 5 所示.

$$\begin{cases} X_9(1) = X_8(2) + \Delta_{2,1} = 2008 + 6 = 2014, \\ X_9(2) = X_8(2) + \Delta_{7,1} = 2008 + 12 = 2020, \\ X_9(3) = X_8(2) + \Delta_{6,1} = 2008 + 57 = 2065. \end{cases} \quad (9)$$

表 5  $\Delta_{9,m}$  第 2 种可能性计算结果

Table 5 Calculation of  $\Delta_{9,m}$  for the second possibility

$m$	1	2	3	4	5	6
$X_9(1)$	6	18	30	87	93	105
$X_9(2)$	12	24	36	93	99	111
$X_9(3)$	57	69	81	138	144	156

由表 5 分析可知,  $X_9(1)$  和  $X_9(3)$  分别有  $\Delta_{9,4}$  与  $\Delta_{9,5}$  的支持,  $\Delta_{9,2}$  虽对这两者均支持,但是更偏重后者.所以  $X_9(3)$  其可能性略大于  $X_9(1)$ , 即  $X_9$  可取 2065 或 2014, 而 2014 年也已经过去, 该研究区并没有发生  $M \geq 6$  强震, 故  $X_9$  取 2065 的可能性大.

3) 对于  $X_8(3) = 2053$ , 根据式(10) 计算, 结果如表 6 所示.

表 6  $\Delta_{9,m}$  第 3 种可能性计算结果  
Table 6 Calculation of  $\Delta_{9,m}$  for the third possibility

$m$	1	2	3	4	5	6
$X_9(1)$	6	63	75	132	138	150
$X_9(2)$	12	69	81	138	144	156
$X_9(3)$	57	114	126	183	189	201

$$\begin{cases} X_9(1) = X_8(3) + \Delta_{2,1} = 2053 + 6 = 2059, \\ X_9(2) = X_8(3) + \Delta_{7,1} = 2053 + 12 = 2065, \\ X_9(3) = X_8(3) + \Delta_{6,1} = 2053 + 57 = 2110. \end{cases} \quad (10)$$

由表 6 分析可知,  $\Delta_{9,m}$  各值都支持  $X_9(1)$ , 其可能性大大超过后二者, 因此  $X_9$  应取 2059.

此外, 不论  $X_8$  为何值都可直接利用  $X_1 \sim X_7$  去预测  $X_9$ , 见下列 9 个三元可公度式:

$$\begin{aligned} X_7 + X_3 - X_1 &= 2059, & X_7 + X_4 - X_2 &= 2065, \\ X_7 + X_5 - X_3 &= 2014, & X_7 + X_6 - X_4 &= 2059, \\ X_7 + X_7 - X_5 &= 2065, & X_6 + X_4 - X_1 &= 2059, \\ X_6 + X_5 - X_2 &= 2059, & X_6 + X_6 - X_3 &= 2059, \\ X_5 + X_5 - X_1 &= 2008. \end{aligned}$$

在上述 9 个公式中, 预测值为 2059 的有 5 式, 预测值为 2065 的有 2 式, 而预测值 2008 与 2014 的各有 1 式, 由此可知,  $X_9$  为 2059 的可能性最大(图 7).

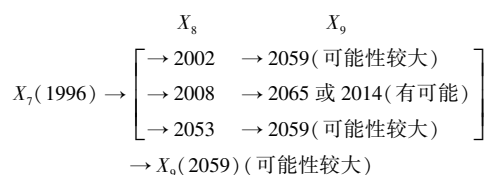


图 7 南黄海海域未来  $M \geq 6$  强震事件  $X_9$  取值的可能性

Fig. 7 Possibility of future  $M \geq 6$  earthquake event

$X_9$  in the South Yellow Sea region

综上所述, 南黄海海域未来 2 次  $M \geq 6$  强震有较大可能发生在 2053 (或 2054) 和 2058 (或 2059) 年前后.

## 4 结论与讨论

1) 南黄海海域是我国东部中强地震重点监视防御区之一. 1846 年以来南黄海海域  $M \geq 6$  强震具有显著的可公度性和有序性, 其主要有序值为 74 ~ 75 a, 69 a, 63 a, 57 ~ 58 a, 11 ~ 12 a 和 5 ~ 6 a, 其中 74 ~ 75 a 和 57 ~ 58 a 是最重要的序参数, 反映了本研究区 3 个地震活跃幕与 2 个平静幕之间交替发生的周期特征和连接关系, 故而具有突出的预测作用. 目前南黄海海域正处于第 3 强震活跃幕之后的平静

幕, 南黄海海域未来新一轮强震活跃幕的首次  $M \geq 6$  强震将发生在 2053—2054 年前后, 未来第 2 次  $M \geq 6$  强震或强震群可能发生在 2058—2059 年前后.

2) 地震预测研究的发展战略在于创新<sup>[40]</sup>. 将信息有序网络技术应用于强震预测研究就是一种创新. 本文研究结果表明, 强震是可以预测的, 强震活动所呈现出的有序网络特性应该是强震形成的一种机制. 本文所构建的 2D 和 3D 有序网络结构, 高度概括并深刻揭示了 170 a 以来本研究区  $M \geq 6$  强震活动复杂而有序的客观规律, 并显示出良好的预测效果, 其方法独特、直观且又使用方便, 避免了采用传统数学分析方法的繁琐和数量上的不可识别性, 从而有效地分析和解决强震中长期跨越式预测预报问题, 这对于大力推进强震预测研究和防震减灾工作具有十分重要的理论和实际意义.

3) 预测并不存在唯一的方法. 翁文波信息预测理论把秩序 (order) 定义为信息, 它用相对较为简单的模型去拟合客观实际体系的过程, 通过对实际体系随机性的否定来提取信息, 进行预测. 这种信息预测是偏于唯象的<sup>[4,7]</sup>, 即从实际出发, 发现问题和解决问题. 信息预测理论致力于从无序、复杂和偶然之中挖掘出具有对称、简洁和必然的有序信息, 更加注重从少量数据中挖掘自然灾害的规律性. 可公度性和有序网络结构分析方法是翁文波信息预测理论的重要组成部分, 在天灾预测实践中发挥了极为重要的作用, 可应用于微观、宏观、宇观许多自然现象的科学研究中. 本文仅仅是应用可公度信息系及其有序网络结构对南黄海海域  $M \geq 6$  强震趋势进行了初步预测研究和探讨, 翁文波院士博大精深的预测思想超越了时代, 成为我们不断学习和进取的宝贵财富.

## 参考文献

### References

[1] 翁文波. 预测论基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 1984  
WENG Wenbo. Fundamentals of forecasting theory [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1984

[2] 翁文波, 张清. 天干地支纪历与预测[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993  
WENG Wenbo, ZHANG Qing. The Gan-Zhi calendar system and forecasting [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993

[3] 翁文波. 翁文波学术论文选集[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994  
WENG Wenbo. Selected academic papers of WENG Wenbo [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994



- [ 4 ] 翁文波,吕牛顿,张清.预测学[M].北京:石油工业出版社,1996  
WENG Wenbo, LÜ Niudun, ZHAN Qing. Theory of forecasting [ M ]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996
- [ 5 ] 翁文波,门可佩,秦伟良.初级数据分布[M].北京:石油工业出版社,2004  
WENG Wenbo, MEN Kepei, QING Weiliang. Primary data distribution [ M ]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004
- [ 6 ] 徐道一,王明太,耿庆国,等.翁文波院士的信息预测理论体系的创新性及其意义[J].地球物理学进展,2007,22(4):1375-1379  
XU Daoyi, WANG Mingtai, GENG Qingguo, et al. The creativity of informative forecasting theory and its significance [ J ]. Progress in Geophysics, 2007, 22 ( 4 ): 1375-1379
- [ 7 ] 徐道一.试论可公度性方法的基本特性[C]//王明太,耿庆国.翁文波院士与天灾预测.北京:石油工业出版社,2001:134-139  
XU Daoyi. On the basic characteristics of commensurability method [ C ] // WANG Mingtai, GENG Qingguo. Academician WENG Wenbo and Prediction of Disaster. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 134-139
- [ 8 ] 耿庆国.可公度性是自然界的一种秩序[C]//中国天灾信息预测研究进展:继承弘扬翁文波学术思想掠影.北京:石油工业出版社,2004:71-76  
GENG Qingguo. Commensurability is one of the orders in nature [ C ] // Progress in Natural Disaster Informational Forecasting of China. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 71-76
- [ 9 ] 徐道一,孙文鹏,仇宝聚,等.初论地质信息有序系列[J].地学前缘,1997,4(3/4):13-21  
XU Daoyi, SUN Wenpeng, ZHANG Baoju, et al. A preliminary study on the informational ordered series in geology [ J ]. Earth Science Frontiers, 1997, 4 ( 3/4 ): 13-21
- [ 10 ] 徐道一.大地震发生的网络性质:兼论有关地震预测的争论[J].地学前缘,2001,8(2):211-216  
XU Daoyi. The network features of large earthquake occurrence and some words on the debate of earthquake prediction [ J ]. Earth Science Frontiers, 2001, 8 ( 2 ): 211-216
- [ 11 ] 徐道一.试论“系统”和“网络”的异同[C]//王恒礼,毕孔彰,吴凤鸣.地学哲学与全面建设小康社会.北京:中国大地出版社,2004:263-268  
XU Daoyi. On the similarities and dissimilarities of terms “System” and “Network” [ C ] // WANG Hengli, BI Kongzhang, WU Fengming. Geoscience Philosophy and Building a Well-off Society in an All-Round Way. Beijing: China Land Press, 2004: 263-268
- [ 12 ] 徐道一.自组织网络与灾害链研究[C]//高建国.苏门答腊地震海啸影响中国华南天气的初步研究:中国首届灾害链学术研讨会论文集.北京:气象出版社,2007:175-179  
XU Daoyi. Research on self-organized network and disaster chains [ C ] // GAO Jianguo. Proceedings of the First Disaster Chains Seminar in China. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 175-179
- [ 13 ] 门可佩.江苏-南黄海地区  $M \geq 6$  强震预测探索[J].地震地磁观测与研究,1993,14(2):7-12  
MEN Kepei. Research for the prediction of strong earthquake ( $M \geq 6$ ) in Jiangsu-the South Yellow Sea region [ J ]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 1993, 14 ( 2 ): 7-12
- [ 14 ] 门可佩,赵兵.华东东部地区中强地震概率背景及其发震估计[J].内陆地震,1993,7(3):279-285  
MEN Kepei, ZHAO Bing. Estimation of moderate-strong earthquake probability and its occurrence in the east part of East China [ J ]. Inland Earthquake, 1993, 7 ( 3 ): 279-285
- [ 15 ] 门可佩,赵兵.江苏-南黄海地区地震活动趋势研究[J].地震地磁观测与研究,1997,18(3):65-72  
MEN Kepei, ZHAO Bing. Research on the seismicity trend of moderately strong earthquakes in Jiangsu-the South Yellow Sea region [ J ]. Seismological and Geomagnetic Observation and Research, 1997, 18 ( 3 ): 65-72
- [ 16 ] 门可佩.可公度性理论与南黄海强震预测[C]//王明太,耿庆国.翁文波院士与天灾预测.北京:石油工业出版社,2001:121-128  
MEN Kepei. Theory of commensurability and prediction of strong earthquakes in South Yellow Sea region [ C ] // WANG Mingtai, GENG Qingguo. Academician WENG Wenbo and Prediction of Disaster. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 121-128
- [ 17 ] 门可佩.江苏-南黄海地区强震有序网络结构与地震活动分期研究[J].地球物理学进展,2006,21(3):1028-1032  
MEN Kepei. Ordered network structure of strong earthquakes and division of seismic period in Jiangsu-South Yellow Sea region [ J ]. Progress in Geophysics, 2006, 21 ( 3 ): 1028-1032
- [ 18 ] 门可佩.江苏-南黄海地区地震链及其有序网络结构研究[J].地球物理学报,2009,52(10):2573-2579  
MEN Kepei. Research on earthquake chains and its orderly network structure in Jiangsu-South Yellow Sea region [ J ]. Chinese Journal of Geophysics, 2009, 52 ( 10 ): 2573-2579
- [ 19 ] 门可佩.新疆地区  $M \geq 7$  强震有序网络结构及其预测研究[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2012,4(3):270-278  
MEN Kepei. Ordered network structure of  $M \geq 7$  strong earthquakes and its prediction in Xinjiang [ J ]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology ( Natural Science Edition ), 2012, 4 ( 3 ): 270-278
- [ 20 ] 门可佩.青藏高原北部地区  $M \geq 7$  强震有序网络结构及其预测研究[J].南京信息工程大学学报(自然科学版)2012,4(4):307-315  
MEN Kepei. Ordered network structure of  $M \geq 7$  strong earthquakes and its prediction in northern Tibetan Plateau region [ J ]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology ( Natural Science Edition ), 2012, 4 ( 4 ): 307-315
- [ 21 ] 门可佩.中国大陆8级大震有序网络结构及其预测研究[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2012,4(5):466-475  
MEN Kepei. Research on ordered network structure of

- $M \geq 8$  great earthquakes and its prediction in Mainland China [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2012, 4(5): 466-475
- [22] 门可佩, 崔蕾. 中国地震灾害损失评估模型与实证分析研究 [J]. 南京信息工程大学学报 (自然科学版), 2013, 5(4): 369-378  
MEN Kepei, CUI Lei. Evaluation models and empirical analysis of earthquake disaster losses in China [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2013, 5(4): 369-378
- [23] 门可佩. 长江流域大洪水有序网络结构及其预测研究 [J]. 南京信息工程大学学报 (自然科学版), 2014, 6(2): 175-181  
MEN Kepei. Ordered network structure and its prediction for the big floods in the Changjiang River Basin [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2014, 6(2): 175-181
- [24] 门可佩. 江苏-南黄海地区  $M \geq 6$  强震有序网络结构及其预测研究 [J]. 南京信息工程大学学报 (自然科学版), 2014, 6(3): 268-274  
MEN Kepei. Ordered network structure of  $M \geq 6$  strong earthquakes and its prediction in Jiangsu-South Yellow Sea region [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2014, 6(3): 268-274
- [25] 门可佩. 有序网络结构与中国大陆西部 8 级大震有序对预测研究 [J]. 南京信息工程大学学报 (自然科学版), 2015, 7(2): 174-183  
MEN Kepei. Ordered network structure and its prediction for the ordered pair of  $M \geq 8$  great earthquakes in west China [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2015, 7(2): 174-183
- [26] 门可佩. 新疆及其邻区 4 次  $M \geq 7$  强震预测总结与未来 7 级强震预测研究: 基于有序网络结构分析 [J]. 南京信息工程大学学报 (自然科学版), 2015, 7(6): 567-576  
MEN Kepei. Prediction summary of  $M \geq 7$  earthquakes in Xinjiang based on the ordered network structure analysis [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2015, 7(6): 567-576
- [27] Men K P, Zhao K. The 2015 Nepal  $M 8.1$  earthquake and the prediction for  $M \geq 8$  earthquakes in west China [J]. Natural Hazards, 2016, 82: 1767-1777
- [28] Xu D Y, Ouchi T. Equidistant ordering of shallow earthquakes ( $M \geq 7.5$ ) in and around Japan since 1890 [R]. Research Report of RCUSS, Kobe University, 1998, 2: 141-158
- [29] Xu D Y, Ouchi T. Spatiotemporal ordering of great earthquakes ( $M \geq 8$ ) in Asia during 1934-1970 years [R]. Research Report of RCUSS, Kobe University, 1998, 2: 159-170
- [30] 郭增建, 郭安宁, 周可兴. 地球物理灾害链 [M]. 西安: 西安地图出版社, 2007  
GUO Zengjian, GUO Anning, ZHOU Kexing. Geophysical disaster chain [M]. Xi'an: Xi'an Map Press, 2007
- [31] 门可佩. 重大地震灾害链的时空有序性及其预测研究 [J]. 地球物理学进展, 2007, 22(2): 645-651  
MEN Kepei. Time-space order of severe earthquake disaster chain and its prediction [J]. Progress in Geophysics, 2007, 22(2): 645-651
- [32] Hu H, Han Y B, Su Y J, Wang R. Commensurability of earthquake occurrence [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 70/71: 27-34
- [33] Hu H, Han Y B. Prediction of the Hualian earthquakes in Taiwan and an extended discussion on the method of commensurability [J]. Applied Geophysics, 2005, 2(3): 194-196
- [34] Su Y J, Hu H. Application of commensurability in earthquake prediction [J]. International Journal of Geosciences, 2015, 6: 619-624
- [35] 延军平, 白晶, 苏坤慧, 等. 对称性与部分重大自然灾害趋势研究 [J]. 地理研究, 2011, 30(7): 1159-1168  
YAN Junping, BAI Jing, SU Kunhui, et al. Research on symmetry and tendency of several major natural disasters [J]. Geographical Research, 2011, 30(7): 1159-1168
- [36] 江苏省地震局. 江苏地震志 [M]. 北京: 地震出版社, 1987  
Seismological Bureau of Jiangsu Province. Historical records of Jiangsu earthquake [M]. Beijing: Seismological Press, 1987
- [37] 中国地震局震害防御司. 中国历史强震目录 (公元前 23 世纪—公元 1911 年) [M]. 北京: 地震出版社, 1995  
Department of Earthquake Disaster Prevention, China Earthquake Administration. Catalogue of China's historical strong earthquakes (the 23rd century B C - 1911 A D) [M]. Beijing: Seismological Press, 1995
- [38] 中国地震局震害防御司. 中国近代地震目录 (公元 1912 年—1990 年,  $M_s \geq 4.7$ ) [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999  
Department of Earthquake Disaster Prevention, China Earthquake Administration. Catalogue of China's recent earthquakes (1912-1990 A D,  $M_s \geq 4.7$ ) [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1999
- [39] 王仲奇. 三元可公度性应用于稀有事件预测的合理性分析以及  $(\Delta_{i,m})$  有明显“聚点”的稀有事件的预测 [J]. 预测, 1989(3): 43-46, 50  
WANG Zhongqi. Rationality analysis of the rare event prediction and its prediction for rare event with obvious accumulation point for time interval of  $(\Delta_{i,m})$  by using commensurability of three variables [J]. Forecasting, 1989(3): 43-46, 50
- [40] 许绍燮. 地震预报发展战略在于创新 [J]. 国际地震动态, 2005(5): 30-33  
XU Shaoxie. The strategy of development of earthquake prediction should relied on innovation [J]. Recent Developments in World Seismology, 2005(5): 30-33

## Prediction and demonstration analysis for the trend of $M \geq 6$ earthquakes in the South Yellow Sea region

MEN Kepei<sup>1</sup>

1 School of Mathematics & Statistics, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** The South Yellow Sea region is one of the most active areas with medium-and-strong earthquakes in the eastern part of China. According to the statistical analysis, the activity of  $M \geq 6$  earthquakes in this region has shown an obvious commensurability and orderliness since 1846. The main orderly values are 74-75 a, 57-58 a, 11-12 a, and 5-6 a, of which 74-75 a and 57-58 a play an outstanding role in strong earthquake prediction. Under the guidance of the information forecasting theory proposed by Weng Wenbo, we construct and further optimize the 2D-and 3D-ordered network of  $M \geq 6$  earthquakes. The structure and its prediction function for strong earthquakes are discussed in detail after reviewing and summing up the successful prediction for the M6. 1 earthquake in the South Yellow Sea on November 9, 1996. In the meanwhile, the trend prediction of  $M \geq 6$  earthquakes in the future and demonstration analysis are studied on the basis of the ordered network structure and commensurable analysis. The results show that the first  $M \geq 6$  earthquake in the next active episode will probably occur around 2053–2054; furthermore, the second one or strong earthquake swarm in the future will probably occur around 2058–2059.

**Key words** South Yellow Sea region; commensurability; informational ordered network structure; analysis on the accumulation point of time interval; prediction of  $M \geq 6$  earthquake