



# 有序网络结构与中国大陆西部 8级大震有序对预测研究

## 摘要

自1303年以来的710 a间,中国大陆共发生 $M \geq 8$ 大震23次,呈现出显著的自组织有序性.特别需要指出的是,从1902年到2001年的100 a间,中国大陆西部地区发生了3对前后间隔4 a的8级大震有序对.在对中国大陆8级大震有序网络构建及其总结研究的基础上,补充新信息,进一步优化完善并构建8级大震二维平面与三维立体有序网络结构,并由此进行预测:2022与2026年前后中国大陆西部有可能发生新的8级大震有序对.

## 关键词

中国大陆西部;信息有序网络结构;8级大震有序对;大震预测

中图分类号 P315.75

文献标志码 A

收稿日期 2013-04-19

## 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

中国不仅是一个多地震的国家,而且是大地震多发的国家,防震减灾是我国经济社会发展所面临的极为关键而紧迫的任务,但至今我国还很缺少对大震或强震的中长期预测预报.地震活动性是地震预测预报研究的基础资料,而8级大震极少发生,数十年甚至上百年来才发生一次,这使得8级大震的预测研究工作极其复杂困难,需要长期积累资料才能探索研究其活动规律.我国历史悠久,强震活动频繁且分布地区较广,从公元前23世纪至今,地震资料延续时间长达4300余年,内容丰富而详细,这在世界上是绝无仅有的,它为我国地震研究工作提供了极其宝贵的基础条件.徐道一等<sup>[1-5]</sup>对中国大陆8级大震活动的有序性进行了深入研究,2001和2007年他又分别提出大地震发生的网络假说和自组织网络新观念<sup>[6-7]</sup>.2010年,徐道一等<sup>[8]</sup>首次提出了中国大陆8级大震的网络结构.20世纪90年代以来,本文作者致力于地震、巨洪等重大自然灾害的有序网络及其预测研究,特别是中国东部和西部地区强震活动以及长江大洪水的有序性及其有序网络结构的研究,取得了一批重要成果<sup>[9-17]</sup>.2011年,笔者在文献[18]中深入研究了中国大陆8级大震有序网络的构建及其预测技术.本文是文献[18]的续篇,是在上述研究的基础上补充新信息,细化构建并完善中国大陆8级大震有序网络,并对未来中国大陆地区8级大震进行预测分析,旨在进一步推进8级大震预测研究.

## 1 中国大陆8级大震危险性的概率评估

根据文献[19-21],自1303年至2013年的710 a间,中国大陆共发生 $M \geq 8$ 大震23次(表1),大约平均间隔30.9 a一次.21世纪开始至今,中国大陆西部地区已经发生2次8级大震——2001年11月14日昆仑山8.1级大震和2008年5月12日汶川8.0级大震,特别是后者给我国造成了极其惨重的损失:灾区总面积约50万 $\text{km}^2$ ,受灾群众4625万人,伤亡人数高达461793人(其中死亡与失踪87150人),直接经济损失为8451亿元人民币.在汶川8.0级地震之后不到3 a时间,便发生了震惊世界的2011年3月11日日本本州东海岸附近海域9.0级特大地震(据中国地震台网中心(CENC)测定,其震中为

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

142.6°E, 38.1°N,  $h=20$  km), 未来中国大陆 8 级大地震危险性如何? 这是人们普遍关注的问题。

由表 1, 中国 8 级大地震序列相邻 2 次 8 级大地震间隔时间, 按照 1 回归年 (tropical year) = 365.242 2 d、1 回归月 = 30.44 d 换算, 最短的仅有 11 d, 即 0.028 a (1833 年 8 月 26 日西藏聂拉木地震与 9 月 6 日云南嵩明地震), 最长的为 144.3 a (1411 年西藏当雄地震与 1556 年陕西华县地震)。现将相邻 8 级大地震时间间隔序列  $x_1, x_2, \dots, x_n$  由小到大重新排列, 并重新编号为  $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$ , 则可以建立累积概率经验分布函数:

$$F_n(x) = \begin{cases} 0, & x < x_{(1)}, \\ \frac{k}{n}, & x_{(k)} \leq x < x_{(k+1)}, k = 1, 2, \dots, n-1, \\ 1, & x \geq x_{(n)}. \end{cases}$$

据此可统计, 相邻间隔的累积概率如表 2 所示。

考虑到 1303—1654 年的 350 多年间, 由于年代久远, 8 级大地震资料可能有所漏记, 故而分别计算以 1303 年为起点的全序列和以 1654 年为起点的主序列的累积概率, 以便进行对比分析。由表 2 可知: 自 2008 年汶川 8.0 级大地震后到 2013 年底, 中国大陆发生 8 级大地震的危险性约为 0.23~0.26, 如果持续到 2016 年底则约为 0.32~0.37, 到 2019 年底约为 0.36~0.42, 到 2022 年 6 月约为 0.45~0.53, 到 2024 年 6 月则为 0.50~0.58, 到 2027 年 6 月则为 0.55~0.63, 到 2029 年底则为 0.64~0.74; 当相邻间隔为 25 a 时, 即到 2033 年其累积发震概率则高达 0.73~0.84。由此可对 2008 年汶川 8.0 级大地震之后中国大陆未来发生 8 级大地震的危险性作一简单的估算。

表 1 中国大陆  $M \geq 8$  大震目录 (1303—2013 年)

Table 1 Catalogue of  $M \geq 8$  earthquakes in mainland China from 1303 to 2013

| 序号 | 发震日期          | 相邻地震<br>时间间隔/a | 震中位置    |         | 震级/<br>M         | 地点       |
|----|---------------|----------------|---------|---------|------------------|----------|
|    |               |                | 纬度/(°N) | 经度/(°E) |                  |          |
| 1  | 1303-09-25    |                | 36.3    | 111.7   | (8)              | 山西赵城、洪洞  |
| 2  | 1411-10-08    | 108.037        | 30.1    | 90.5    | (8)              | 西藏当雄西南   |
| 3  | 1556-02-02    | 144.317        | 34.5    | 109.7   | (8) <sup>①</sup> | 陕西华县     |
| 4  | 1654-07-21    | 98.469         | 34.3    | 105.5   | (8)              | 甘肃天水南    |
| 5  | 1668-07-25    | 14.011         | 34.8    | 118.5   | (8½)             | 山东郯城     |
| 6  | 1679-09-02    | 11.103         | 40.0    | 117.0   | (8)              | 河北三河平谷   |
| 7  | 1695-05-18    | 15.711         | 36.0    | 111.5   | (8) <sup>②</sup> | 山西临汾     |
| 8  | 1739-01-03    | 44.417         | 38.8    | 106.5   | (8)              | 宁夏平罗、银川间 |
| 9  | 1812-03-08    | 73.181         | 43.7    | 83.5    | (8)              | 新疆尼勒克东   |
| 10 | 1833-08-26(A) | 21.466         | 28.3    | 85.5    | (8)              | 西藏聂拉木    |
| 11 | 1833-09-06(B) | 0.028          | 25.0    | 103.0   | (8)              | 云南嵩明杨林   |
| 12 | 1879-07-01    | 45.837         | 33.2    | 104.7   | (8)              | 甘肃武都南    |
| 13 | 1902-08-22    | 23.142         | 39.9    | 76.2    | 8¼               | 新疆阿图什北   |
| 14 | 1906-12-23    | 4.336          | 43.5    | 85.0    | 8 <sup>③</sup>   | 新疆沙湾西南   |
| 15 | 1920-12-16    | 13.981         | 36.7    | 104.9   | 8½               | 宁夏海原     |
| 16 | 1927-05-23    | 6.435          | 37.7    | 102.2   | 8                | 甘肃古浪     |
| 17 | 1931-08-11    | 4.218          | 47.1    | 89.8    | 8                | 新疆富蕴     |
| 18 | 1950-08-15    | 19.010         | 28.4    | 96.7    | 8.6              | 西藏察隅、墨脱  |
| 19 | 1951-11-18    | 1.259          | 31.1    | 91.4    | 8                | 西藏当雄     |
| 20 | 1976-07-28    | 24.694         | 39.4    | 118.0   | 7.8~8.2          | 河北唐山     |
| 21 | 1997-11-08    | 21.278         | 35.2    | 87.3    | 7.9~8.0          | 西藏玛尼     |
| 22 | 2001-11-14    | 4.017          | 36.2    | 90.9    | 8.1              | 青海昆仑山    |
| 23 | 2008-05-12    | 6.494          | 31.0    | 103.4   | 8.0              | 四川汶川     |

注: 表 1 由文献 [8, 18] 表 1 改编。①文献 [20] 改定为 8¼ 级; ②文献 [20] 改定为 7¾ 级; ③文献 [20] 改定为 7.7 级。

表 2 中国大陆 8 级大震累积发震概率估计

Table 2 Cumulative probability of  $M \geq 8$  earthquakes in mainland China

|                   | 大震时间间隔/a |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                   | 5.5      | 8.5  | 11.5 | 14   | 16   | 19   | 21.5 | 23   | 25   | 46   | 73   |
| 累积到(年份)           | 2013     | 2016 | 2019 | 2022 | 2024 | 2027 | 2029 | 2031 | 2033 | 2054 | 2081 |
| 累积概率(从 1303 年起计算) | 0.23     | 0.32 | 0.36 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.64 | 0.68 | 0.73 | 0.77 | 0.82 |
| 累积概率(从 1654 年起计算) | 0.26     | 0.37 | 0.42 | 0.53 | 0.58 | 0.63 | 0.74 | 0.79 | 0.84 | 0.89 | 0.95 |

## 2 中国大陆 8 级大震有序网络概述

### 2.1 中国大陆 8 级大震活动规律与信息有序网络构建

“系统”是一个抽象的概念,它可用以研究许多事物的特性.一个系统总要有个范围和边界,以与其他事物相区别.通常系统的封闭度要大于开放度,故而它难以描述复杂多变的研究对象.“网络”具有很强的形象性,它没有边界,或边界十分模糊,可以不受限制地延伸,其开放度往往大于封闭度,因此网络更适合用来表述系统所不能包含的那部分客观存在的复杂事物,特别是多元联系的复合体<sup>[22]</sup>.近年来复杂网络成为研究复杂系统的一门新兴学科,受到国内外学者的极大关注.复杂网络分析方法已广泛应用于各个学科领域,许多自然的、社会的或人造系统都可以通过形形色色的网络加以描述和研究.

本文所谓的有序网络就是节点及其连线的有序集合,这里节点即大震样本,节点间的连线为大震时间间隔,即序参数  $\tau$  值,用来表示大震之间的相互作用与联系.在构建大震有序网络时,通常只关注节点之间连线长度(时间间隔)的有序关联,并不在意节点的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,大震有序网络是一种具有拓扑结构的复杂网络.

网络的结构、功能、影响因素是经常在变化的.可以特别运用网络来形象表述一些重要的联系方式:1)长程相关联系:在网络中,相距很远的节点和线的联系可以较为密切,而网中的空格与网的节点相距很近,但与节点的联系却很少;2)连续和离散的结合:空格表示离散,而节点和网线是连续的.这对解释“跨越式相关联系”很有价值<sup>[22]</sup>.徐道—<sup>[6-7]</sup>的大震网络假说把大震视为多层次、多因素、多维的网络节点,从整体和动态的角度出发去研究大地震活

动规律和信息有序性.因此,根据有序网络的拓扑性质,便可以将大震网络图设计成二维平面或三维立体的不同形式.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.为确保样本之间上下左右之间的时序关联,个别样本可以重复出现<sup>[9-12,18]</sup>.

为了研究的方便起见,本文以大震发生年号表示大震事件,这样表 1 中 23 个大震共有 22 个年号(其中 1833 年 2 个 8 级大震合记为 1 个年号),任意 2 个年号相减,可得  $C_{22}^2 = 231$  个时间间隔  $\tau$  值.统计分析表明,中国大陆 8 级大震具有显著的有序性,8 级大震的主要时间间隔  $\tau$  值为 252~258、108~112、94~98、44~48、24~25、16~19 与 11~14 a 等,其中 252~258 a 频次最高,是最为重要的序参数.文献[8]将 23 个大震样本分为 3 个大震系列(Great Earthquakes Order Series, GEOS)和一个大震亚系列(Great Earthquake Order Sub-series, GEOS)两部分.

图 1 为中国大陆 8 级大震系列有序网络主结构,该图每行各组成一个大震有序系列,分别以其打头大震的年号记为 1303、1556 和 1812 系列(2065 系列即为预测的未来大震系列).各系列(即各行)相邻 2 个大震样本的时间间隔看似杂乱无章,毫无规律可循,但是,若将 1303 与 1556 系列、1556 与 1812 系列对应样本相比较,即按竖列两两样本间隔却都在 252~258 a,表现出惊人的有序性.图 1 中左起实线第 1 列:1303—1556—1812,总时长为 509 a;实线第 2 列:1411—1668—1920,总时长也是 509 a.这绝非偶然,表明中国大陆 8 级大震的活动具有较强的规律性.图 2 为 8 级大震亚系列网络结构,也展现出极好的对称有序性.

图 1 和图 2 高度概括并准确刻画了 710 a 来中国大陆 8 级大震链发生与发展的规律,其中包含了极为丰富的内涵.根据图 1 和图 2,不仅可对 2001 年昆仑山 8.1 级大震与 2008 年汶川 8.0 级大震进行预测,而且可对中国大陆未来 8 级大震进行预测.

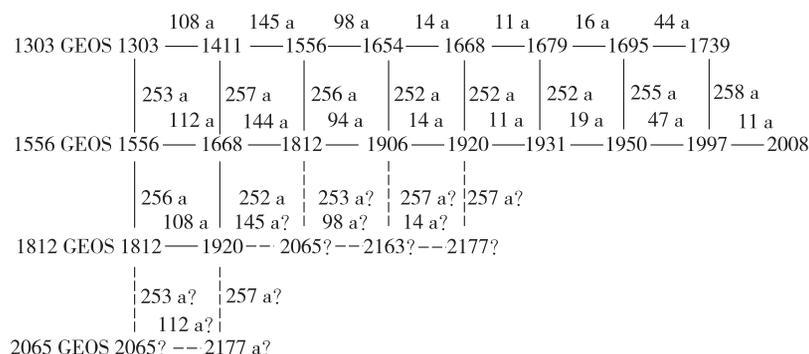


图1 1303—2013年中国大陆8级大震信息有序网络主结构(由文献[18]图1改编,虚线表示预测,下同)

Fig. 1 Ordered network structure of  $M \geq 8$  earthquakes during 1303—2013 in mainland China (Revised by Fig.1 in ref[8]. Dotted line indicated prediction, and the same in following figures).

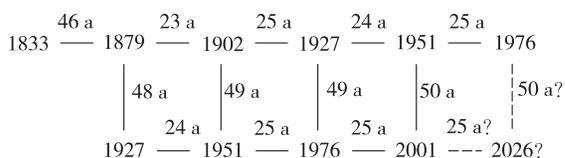


图2 1833亚系列有序网络结构及其预测示意

Fig. 2 Ordered network structure of the 1833 GEOS and its prediction sketch

## 2.2 2001年昆仑山8.1级大震与2008年汶川8.0级大震预测实例

采用类似生物工程遗传基因的剪切粘接技术,由图1中主序列部分样本可构建2001年昆仑山8.1级大震三维立体网络预测示意(图3),由图2中亚序列部分样本可构建2008年汶川8.0级大震三维立体网络预测示意(图4)。

在图3中,有3个四边形其对边基本相等,显得非常规则而对称有序。图3中3个序参数25 a(24 a)、50 a(49 a)、99 a(97 a),其中25 a为最基本的序参数,另2个序参数分别为其2倍和4倍的关系,故而它们具有重要的预测意义。图3揭示了2001年青海昆仑山8.1级大震发生的时间规律。

在图4中,有3个四边形其对边均对应相等,也十分规则而对称有序。图中4个序参数11、77、252和329 a具有极其重要的预测意义,其中11 a为最基本的序参数。图4揭示了2008年四川汶川8.0级大震发生的时间规律,若结合青藏高原北部地区 $M \geq 7$ 强震有序网络结构图,汶川大震应该是可以成功预测的。

## 3 8级大震对有序网络构建及其预测

1833亚系列与主系列1303、1556的大震样本之

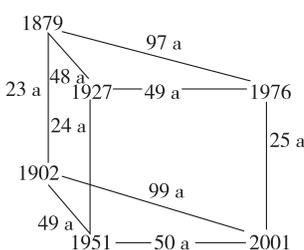


图3 2001年昆仑山8.1级大震三维立体网络预测示意

Fig. 3 Sketch of prediction for the M8.1 earthquake at Kunlun Mountains in 2001 by using a 3D-ordered network

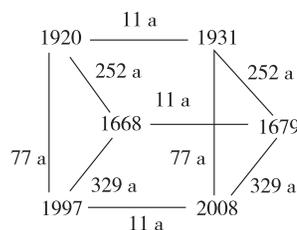


图4 2008年汶川8.0级大震三维立体网络预测示意

Fig. 4 Sketch of prediction for the Wenchuan M8.0 earthquake in 2008 by using a 3D-ordered network

间并非隔绝而互不相关。如图5所示,各个四边形对边相等,非常对称规则,这表明它们之间也存在一定的有序联系。

特别需要指出的是,在表1中,从1902年到2001年的100 a间,我国大陆西部地区共发生6个8级大震:1902(新疆阿图什)与1906(新疆沙湾)、1927(甘肃古浪)与1931(新疆富蕴)、1997(西藏玛尼)与2001(青海昆仑山)。这6个8级大震分成3对发生,结伴而行,每对2个大震都是前后间隔4 a,本文称之为8级大震有序对,其中3个大震属于1556

主序列,另外3个大震属于1833亚序列。在短短100 a时间内竟然发生了这样的3对8级大震,这在中外地震史上都是独特而罕见的震例。

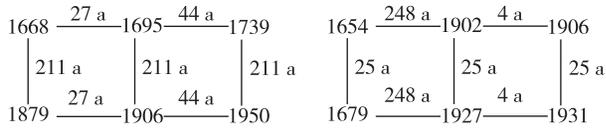


图5 1833亚序列与主序列1303、1556样本间的有序关系  
Fig. 5 Ordered relation between the 1833 GEOS and the 1303 GEOS or the 1556 GEOS

### 3.1 二维平面有序网络构建及其预测

为从杂乱无序的8级大震时间序列中挖掘出有序规律,本文同样采用类似生物遗传工程基因剪接技术,以此3对大震6个样本为节点,将其相互组合粘接,可构建二维平面有序网络结构(图6)。在图6中,各个四边形其对边相等,极其规则工整,由图6a与6b不仅可以预测2001年昆仑山8.1级大震,还可对未来8级大震有序对进行预测,即2022与2026年中国大陆西部地区可能发生新的8级大震有序对(由于本文采用发震年号表示大震样本,故而预测误差取 $\pm 1$  a,下同)。

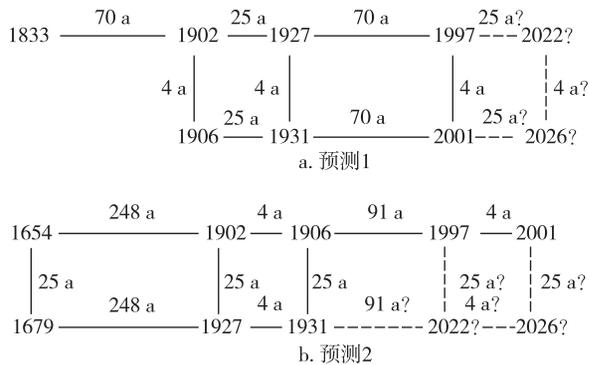


图6 中国大陆西部未来8级大震有序对二维网络结构预测示意

Fig. 6 Sketch of prediction for the ordered pair of  $M \geq 8$  earthquakes in west China by using a 2D-ordered network

### 3.2 三维立体有序网络构建及其预测

#### 3.2.1 四棱柱体有序网络及其预测

同样采用类似的方法,以此3对大震6个样本为节点,将其组合粘接可以构建一个三棱柱体(triangular prism)形状的三维立体有序网络结构,见图7中实线部分。图7包含了3个四边形:1902—1906—1927—1931、1902—1906—1997—2001和1927—

1931—1997—2001,其对边对应相等,十分对称整齐。这3个四边形所组成的实线三棱柱网络结构,也反映出主序列与亚序列大震样本之间井然有序的耦合关联关系。由图7中的实线三棱柱网络不仅可以很好地预测2001年昆仑山8.1级大震,还可以将该图进行延伸与扩充,又构建出一个由实线和虚线共同组成的四棱柱体(quadrangular)形状的三维立体有序网络结构,由此可对未来8级大震有序对进行预测,即2022与2026年中国大陆西部地区可能发生新的8级大震有序对。

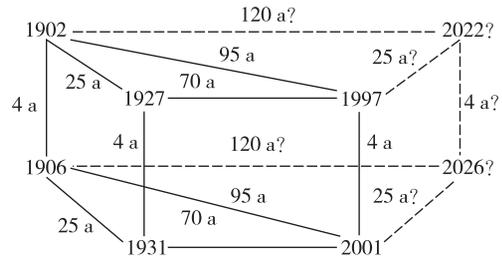


图7 中国大陆西部未来8级大震有序对四棱柱三维立体网络预测示意

Fig. 7 Sketch of prediction for the ordered pair of  $M \geq 8$  earthquakes in west China by using a quadrangular network

#### 3.2.2 五棱柱体有序网络及其预测

仿此,选用1833亚序列与1556、1303主序列部分大震样本,还可以组合构建五棱柱体(five prism)形状的三维立体有序网络预测图8。图8也同图6、图7一样,以已知3对6个大震样本为主要网络节点,深入挖掘其中内在的特殊信息。

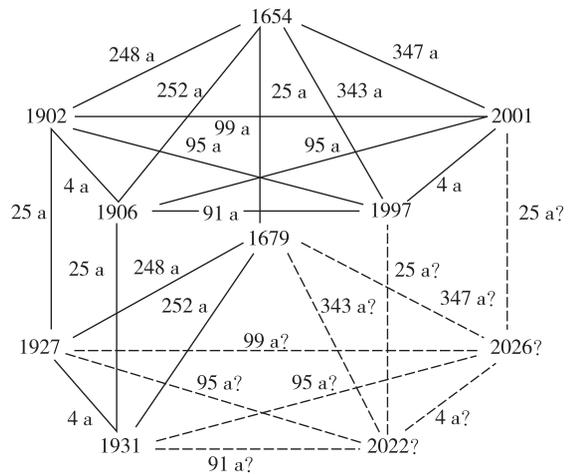


图8 中国大陆西部未来8级大震有序对五棱柱三维立体网络预测示意

Fig. 8 Sketch of prediction for the ordered pair of  $M \geq 8$  earthquakes in west China by using a five prism network

由图 8 分解可得对角线剖面与侧面的各种矩形 (rectangle) 共 9 个, 如图 9 所示. 图 9 之中第 1 行 3 个实线矩形网络目前已经完成, 其对边对称相等, 显得十分规则有序. 根据矩形对边相等的性质, 则由图 9 中第 2 行 3 个矩形有序网络可以预测: 2022 年前后有发生 8 级大震的可能. 而由图 9 中第 3 行 3 个矩形有序网络可以预测: 2026 年前后有发生 8 级大震的可能. 因此, 由图 8 五棱柱体有序网络同样也可“一网打尽”未来第 4 对 2 个 8 级大震的预测, 即 2022 与 2026 年前后中国大陆西部地区有可能发生新的 8 级大震有序对.

### 3.2.3 三棱柱体有序网络及其预测

如果将图 8 的五棱柱体沿着上下底面对角线垂直切分, 则可以分割成如图 10 中 a—f 计 6 个三

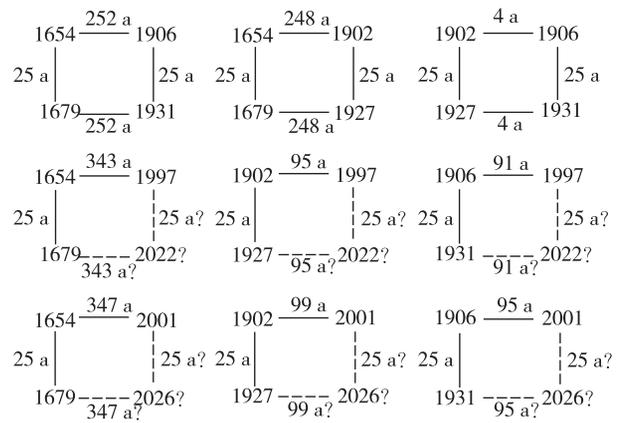


图 9 图 8 中的 9 个矩形具有稳定的对称结构

Fig. 9 Nine rectangles with stable and symmetrical structure in Fig. 8

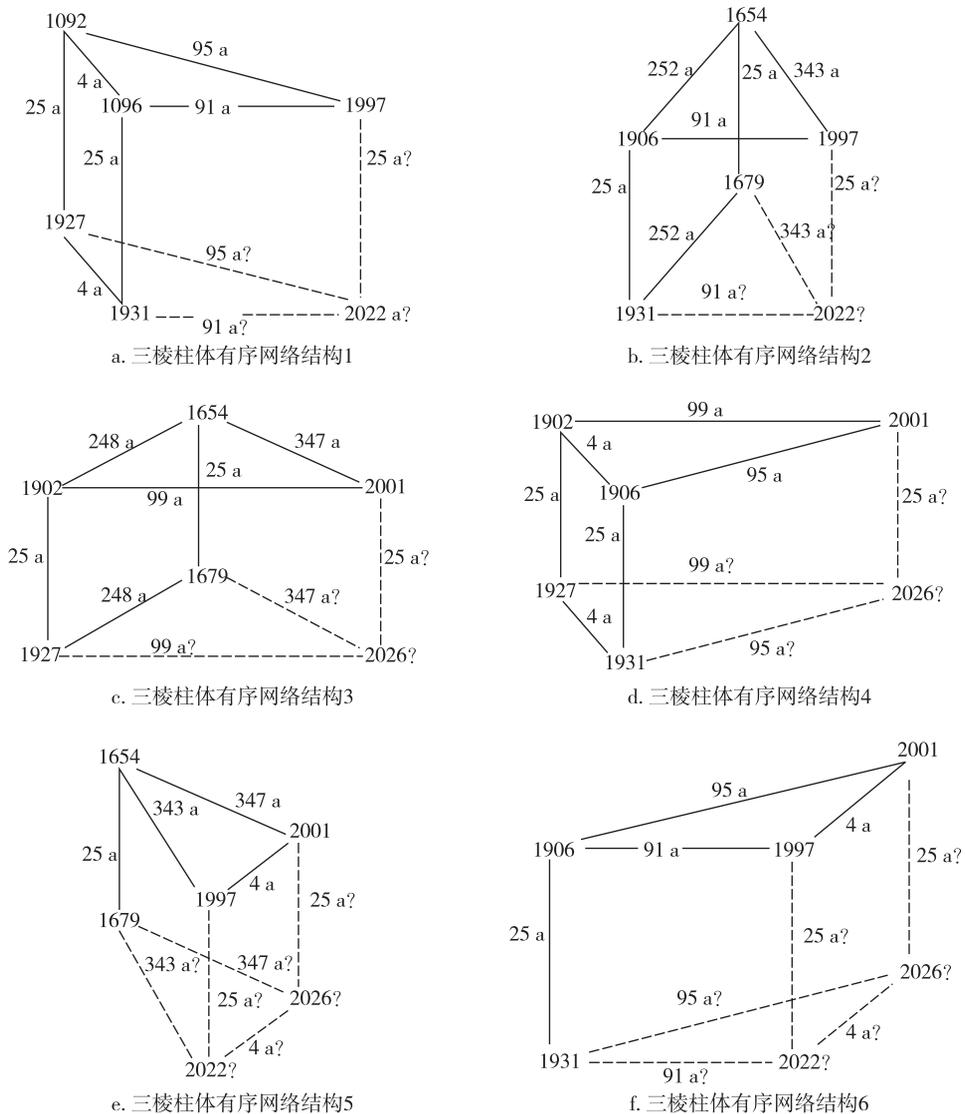


图 10 中国大陆西部未来 8 级大震有序对三棱柱三维立体网络预测示意

Fig. 10 Sketch of prediction for the ordered pair of  $M \geq 8$  earthquakes in west China by using triangular prism networks

棱柱体。

同样地,根据矩形对称相等的规则,由图 10a 与 10b 2 个三棱柱体有序网络结构图均可预测:2022 年前后有发生 8 级大震的可能;由图 10c 与 10d 2 个三棱柱体有序网络结构图均可预测:2026 年前后有发生 8 级大震的可能;而由图 10e 与 10f 2 个三棱柱体有序网络结构图则均可预测:未来 8 级大震有序对确实有可能发生在 2022、2026 年前后。

### 3.3 组合预测

1) 如果在表 1 中选取大震样本分别表示为:  $x_1 = 1833, x_2 = 1879, x_3 = 1951, x_4 = 1976, x_5 = 1997, x_6 = 2001$ , 则有如下三元可公度式 (three-variable commensurable formula):

$$\begin{aligned} x_6 + x_5 - x_4 &= 2001 + 1997 - 1976 = 2022, \\ x_5 + x_4 - x_3 &= 1997 + 1976 - 1951 = 2022, \\ x_4 + x_2 - x_1 &= 1976 + 1879 - 1833 = 2022. \end{aligned}$$

这表明时间点 2022 绝非偶然,在 2022 年前后中国大陆有可能发生 8 级大震。

2) 图 2 为 1833 亚系列网络结构,由图 2 可以预测:2026 年前后中国大陆有可能发生 8 级大震。同时,若在 1833 亚系列中选取 6 个大震样本:  $y_1 = 1879, y_2 = 1902, y_3 = 1927, y_4 = 1951, y_5 = 1976, y_6 = 2001$ , 则可生成以下 6 个三元可公度式:

$$\begin{aligned} y_6 + y_5 - y_4 &= 2026, \\ y_6 + y_3 - y_2 &= 2026, \\ y_6 + y_6 - y_5 &= 2026, \\ y_5 + y_4 - y_2 &= 2025, \\ y_6 + y_4 - y_3 &= 2025, \\ y_5 + y_5 - y_3 &= 2025. \end{aligned}$$

这也表明时间点 2026 (2025) 绝非偶然,在 2026 年前后中国大陆有可能发生 8 级大震。

3) 由图 7 和图 8,上述 3 对 8 级大震是成对有序发生的,第 1 对与第 2 对 8 级大震之间相隔 21 a,这 4 个大震时间节点可连接组成一个空间四边形:1902—1906—1927—1931(图 11 上)。基于对称有序性的比较分析,如果未来第 4 对 8 级大震与第 3 对之间的间隔也是 21 a,则这 4 个大震节点也将连接组成一个具有 1 条实线边和 3 条虚线边的空间四边形:1997—2001—2022—2026(图 11 下)。这 2 个四边形的对边应该对称相等,由图 11 可以预测:未来第 4 对 8 级大震将发生在 2022 与 2026 年前后。

综上所述:2022 与 2026 年前后,这种前后间隔 4 a 的 8 级大震有序对很有可能再次发生;由于前 3

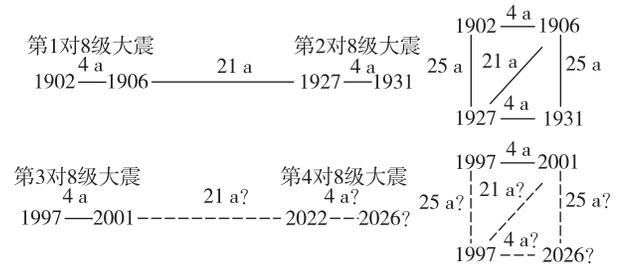


图 11 基于对称有序性未来 8 级大震有序对预测示意

Fig. 11 Sketch of prediction for the future pair of  $M \geq 8$  earthquakes based on the symmetry and orderliness

对 8 级大震都发生在中国西部,因此未来第 4 对 8 级大震仍可能发生在中国大陆西部地区。

## 4 结语

1) 中国大陆 8 级大震在时间上具有显著的自组织有序性,由其所形成的规范对称的网络结构为网络假说又提供了一个新的实例。徐道一<sup>[22]</sup>指出,中外文化关于“时间”的认识是有显著差异的。中国传统文化从有机的整体观出发去理解“时(天时)(time of the universe)”,将它与其所隐含的、有联系的形势、条件(或信息)都包含在内,也就是说“时(天时)”具有天之时与消息时(信息时)的两重属性,而不是像西方科学把“时间”当作孤立的、一维的时间轴来认识的。天体位置的任一变化,必然对应唯一的一个时刻。因此,根本不存在孤立于空间 3 个坐标之外的时间坐标。所以时间与空间是统一的、一一对应的。立足于天时(天之时与消息时)的概念,“得此时者必知几(机)”,据此进行预测,则是理所当然。郭汉英<sup>[23]</sup>指出,古语“上下四方曰宇,古往今来曰宙”不仅道出古代三维空间和一维时间的概念,也道出空间、时间就是宇宙的本质。

2) 事物的自然特性基本上可划分为两大类:有序性和无序性。有序性又可划分为显性与隐性两类,显性有序性是表现明显的有序性,如一年四季变化;隐性有序性是隐伏的有序性<sup>[22]</sup>。对称(symmetry)和非对称(nonsymmetry)或对称破缺(symmetry breaking)也是自然的基本属性之一,它们是大自然变化中同一和变异,相互依存、相互转化,从而构成了自然界五彩缤纷、复杂而生动的图景<sup>[24]</sup>。对称性意味着有序性、简单性和必然性,探索对称性就是在随意性中寻找有序性,在复杂性中寻找简单性,在偶然性中寻找必然性<sup>[25]</sup>。有序常常是与无序相伴生的。对称性、可公度性、分形自相似性、信息有序性等都属于

于有序性的范畴。有序性现象是贯穿于人类、生物和自然界的共同现象,探索有序性将对人们认识人类社会和自然的发展具有深刻的启迪<sup>[22,26]</sup>。地震链上的强震不是一个孤立的事件,而是具有耦合性前后关联的相互作用,从而形成网络,即所谓“涌现”(emergence)。这种强震网络是一种隐性网络<sup>[27-30]</sup>。本文所构建的8级大震有序网络结构,则是从无序、复杂和偶然之中挖掘出具有对称、简洁和必然性的有序信息,它高度涵盖并准确揭示了710 a以来中国大陆8级大震活动复杂而有序的特征,有利于深刻认识8级大震发生的规律,从而推进8级大震的预测研究。

3) 当今世界进入了大数据时代(the Era of Big Data)<sup>[31]</sup>,大数据无疑是当前最热门的话题。对此有媒体宣称:2013年是大数据元年。大数据时代的预言家维克托·迈尔-舍恩伯格(Viktor Mayer-Schönberger)认为,世界的本质就是数据,大数据将开启一次重大的时代转型,从因果关系(causality)到相关关系(correlation)的思维变革是大数据的关键,建立在相关性基础上的预测是大数据的核心。如何从海量的大数据中发现有用信息,寻找与挖掘隐藏在其中的模式、趋势和相关性,从而揭示自然与社会现象及其发展规律,需要拥有更强的数据洞察力。文献<sup>[31]</sup>以非常独特而深入的角度,提出了“不是随机样本,而是全体数据;不是精确性,而是混杂性;不是因果关系,而是相关关系”这样3个关于大数据的鲜明观点,非常值得仔细阅读和思考。总体而言,大数据理论的基本思想与信息预测理论大体是相一致的。所不同之处在于,在前者中相关分析是狭义的,即统计相关;而在后者中相关关系是广义的,它既包括统计相关,也包括可公度性、对称性、分形自相似性、信息有序性等。更为重要的是,信息预测理论更加致力于从少量数据中挖掘大地震、大洪水等重大灾害事件的规律性,这将有利于推进灾害预测研究的新思维。本文的结果以及我国专家成功预测强震、巨洪等重大天灾的许多实例表明:应用信息有序性和少量数据,有时也可以得出比“因果关系”好得多的研究成果<sup>[32]</sup>。

4) 有序网络结构分析是8级大震中长期预测的一种直观形象、简明易行的好方法,它避免了传统数理模型分析的繁琐和不可识别性。大震预测虽然是世界难题,但是大震是可以预测的。本文研究结果再次表明:基于翁文波信息预测理论的有序网络结构

分析是大震或强震中长期跨越式预测的有效方法。众所周知,大震预报研究是一个渐近的过程,是一个大系统工程。上述预测有可能存在虚报,后续短临预报工作则是在中长期预测的基础上采取多学科、多途径联合协同攻关,要大力加强多种临震现象的综合研究,跟踪聚焦大震信息,运用多种手段去伪存真、排除虚报、缩小预报范围,锁定并捕捉未来大震,努力为人类防震减灾事业做出贡献。

## 参考文献

### References

- [1] 徐道一,黄建发,王湘南.中国大陆8级地震的有序性:一种新的预测方法[J].地震地质,1991,13(3):231-240  
XU Daoyi, HUANG Jianfa, WANG Xiangnan. Temporal orderliness of earthquakes ( $M \geq 8$ ) on China Mainland: A new approach to the prediction of earthquakes [J]. Seismology and Geology, 1991, 13(3): 231-240
- [2] 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
- [3] 徐道一,郑炳华,王湘南,等.中国大陆及邻区8级地震的空间有序性[J].华南地震,1999,19(2):1-6  
XU Daoyi, ZHENG Binghua, WANG Xiangnan, et al. The spatial ordering of  $M \geq 8$  earthquakes in China continent and its adjacent areas [J]. South China Journal of Seismology, 1999, 19(2): 1-6
- [4] 徐道一.1303年山西洪洞8级大地震的时间有序性特征[J].山西地震,2003(3):34-36  
XU Daoyi. Characteristics on time order of the 1303 Hongtong, Shanxi, stong earthquake of M8 [J]. Earthquake Research in Shanxi, 2003(3): 34-36
- [5] 徐道一.中国大陆8级巨震的时间信息有序性及其预测意义[C]//中国天灾信息预测研究进展.北京:石油工业出版社,2004:142-146  
XU Daoyi. Temporal ordering of  $M \geq 8$  great earthquakes in mainland China and its prediction significance [C] // Progress in China's Informational Forecasting of Natural Disasters. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 142-146
- [6] 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
- [7] 徐道一.自组织网络与灾害链研究[C]//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-organization network and disaster chains [C] // Commentaries on the First Disaster

- Chains Seminar in China. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 175-179
- [ 8 ] Xu D Y, Men K P, Deng Z H. Self-organized ordering of earthquakes ( $M \geq 8$ ) in Mainland China [J]. Engineering Sciences, 2010, 8(4): 13-17
- [ 9 ] Men K P, Liu W J. The orderly network structure of  $M \geq 7$  strong earthquake chain and its prediction in Xinjiang region of China [J]. Z Naturforsch, 2011, 66(5): 363-371
- [ 10 ] 门可佩. 青藏北块  $M \geq 7$  强震有序网络结构与汶川 8 级大震预测回顾 [J]. 中国工程科学, 2009, 11(6): 82-88  
MEN Kepei. Orderly network structure of  $M \geq 7$  strong earthquakes in the north of Tibet-Plateau and retrospect of prediction for Wenchuan M8.0 earthquake [J]. Engineering Sciences, 2009, 11(6): 82-88
- [ 11 ] Men K P. Research on prediction of three great earthquakes during the beginning of the 21st century in the northern Xizang Plateau [J]. Z Naturforsch, 2011, 66a: 681-691
- [ 12 ] Men K P, Cui L. The ordered network structure of  $M \geq 6$  strong earthquakes and its prediction in the Jiangsu-South Yellow Sea region [J]. Z Naturforsch, 2013, 68a: 371-379
- [ 13 ] 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-the South Yellow Sea region [J]. Progress in Geophysics, 2006, 21(3): 1028-1032
- [ 14 ] 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
- [ 15 ] Men K P, Zhao K, Zhu S D. The ordered network structure and its prediction for the big floods of the Changjiang River basins [J]. Z Naturforsch, 2013, 68a: 766-772
- [ 16 ] 门可佩. 中国水旱灾害的有序网络结构特征及其预测研究 [J]. 地球物理学进展, 2005, 20(3): 867-876  
MEN Kepei. On the characteristics of the ordered network structure for severe floods and droughts over China with the applications to prediction [J]. Progress in Geophysics, 2005, 20(3): 867-876
- [ 17 ] 门可佩. 我国旱涝灾害的可公度性及其预测研究 [J]. 中国减灾, 1999, 9(2): 14-18  
MEN Kepei. Research on the commensurability of severe floods and droughts in China and its prediction [J]. Disaster Reduction in China, 1999, 9(2): 14-18
- [ 18 ] Men K P. The ordered network structure of  $M \geq 8$  great earthquakes and their prediction in Mainland China [J]. Z Naturforsch, 2012, 67a: 308-316
- [ 19 ] 顾功叙, 林庭煌, 时振梁, 等. 中国地震目录 (公元前 1831—1969 年) [M]. 北京: 科学出版社, 1983  
GU Gongxu, LIN Tinghuang, SHI Zhenliang, et al. Catalogue of Chinese earthquakes (1831 B C—1969 A D) [M]. Beijing: Science Press, 1983
- [ 20 ] 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 Chinese historical strong earthquakes (the 23rd century B C—1911 A D) [M]. Beijing: Seismological Press, 1995
- [ 21 ] 中国地震局震害防御司. 中国近代地震目录 (公元 1912—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 Chinese recent earthquakes (1912—1990 A D  $M_s \geq 4.7$ ) [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1999
- [ 22 ] 徐道一. 周易·科学·21 世纪中国 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2008  
XU Daoyi. The book of changes sciences China in the 21st century [M]. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 2008
- [ 23 ] 郭汉英. 空间、时间和宇宙理论面临挑战 [J]. 科学, 2004, 56(1): 7-11  
GUO Hanying. The theory of space, time and cosmos is in face of challenges [J]. Science, 2004, 56(1): 7-11
- [ 24 ] 王德胜. 对称和对称方法 [J]. 东南大学学报: 哲学社会科学版, 2003, 5(3): 39-45  
WANG Desheng. Symmetry and method of symmetry [J]. Journal of Southeast University: Philosophy and Social Science, 2003, 5(3): 39-45
- [ 25 ] 叶大年. 地理与对称 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000  
YE Dalian. Geography and symmetry [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Education Press, 2000
- [ 26 ] 宋毅, 何国祥. 有序与对称破缺 [J]. 天津师大学报: 社会科学版, 1988(2): 40-42  
SONG Yi, He Guoxiang. The order and symmetry breaking [J]. Journal of Tianjin Normal University: Social Science, 1988(2): 40-42
- [ 27 ] Holland J H. Emergence: From chaos to order [M]. Oxford: Oxford University Press, 1998
- [ 28 ] 郭雷, 许晓鸣. 复杂网络 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2006  
GUO Lei, XU Xiaoming. Complex networks [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Education Press, 2006
- [ 29 ] Albert R, Barabasi A-L. Statistical mechanics of complex networks [J]. Reviews of Modern Physics, 2002, 74(1): 47-97
- [ 30 ] Boccaletti S, Latora V, Moreno Y, et al. Complex networks: structure and dynamics [J]. Physics Reports, 2006, 424(4/5): 175-308
- [ 31 ] 维克·托迈尔·舍恩伯格, 肯尼思·库克耶. 大数据时代: 生活、工作与思维的大变革 [M]. 盛杨燕, 周涛, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2013  
Viktor Mayer-Schönberger, Kenneth Cukier. Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think [M]. Hangzhou: Zhejiang People's Publishing House, 2013
- [ 32 ] 徐道一. 从因果性走向相关性的科学思维变革趋势: 读《大数据时代》一书的一点启示 [J]. 办公自动化, 2014(11): 34-36

XU Daoyi. The change trend of scientific thinking from causality to correlation: A little enlightenment to read

book<The Era of Big Data>[J]. Office Informatization, 2014(11):34-36

## Ordered network structure and its prediction for the ordered pair of $M \geq 8$ great earthquakes in west China

MEN Kepei<sup>1</sup>

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

**Abstract** According to the statistical analysis, a total of 23  $M \geq 8$  earthquakes occurred in mainland China from 1303 to 2012. The seismic activity of  $M \geq 8$  earthquakes has showed an obvious self-organized orderliness. It should be remarked especially that, there were three ordered pairs of  $M \geq 8$  earthquakes occurred in west China during 1902—2001, of which, the time interval of two earthquakes in each pair was four years. This is a unique and rare earthquake example in earthquake history of China and the whole world. In the guidance of the information forecasting theory of WENG Wenbo, based on previous research results, combining ordered analysis with complex network technology, we focus on the summary of the ordered network structure of  $M \geq 8$  earthquakes, and add new information to further optimize network, hence construct the 2D- and 3D-ordered network structure of  $M \geq 8$  earthquakes and make prediction research. At last, a new prediction opinion is presented that the future ordered pair of  $M \geq 8$  earthquakes will probably occur around 2022 and 2026 in west China.

**Key words** west China; informational ordered network structure; ordered pair of  $M \geq 8$  earthquakes;  $M \geq 8$  earthquake prediction