文章编号:1674-7070(2015)06-0567-10

门可佩[1]

新疆及其邻区4次$M\geqslant7$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

摘要

1800年以来,新疆及其邻区$M\geqslant7$强震具有显著的可公度性和有序性,其主要有序值为(30 a)×k(k=1,2,3)、11~12 a、41~43 a、18~19 a与5~6 a等.利用翁文波信息预测理论,根据已有的研究成果,将有序网络结构分析与复杂网络技术相结合,补充新信息,不断总结优化和构建该研究区$M\geqslant7$强震二维平面与三维立体有序网络结构,充分揭示该区210多年来$M\geqslant7$强震的活动规律,并据此较为成功地预测了1996年以来该区所发生的4次$M\geqslant7$强震,即从1996年喀拉昆仑山7.1级强震,到2003年俄、蒙、中边境7.9级强震,再到2008、2014年于田2次7.3级强震.同时还提出新的预测意见:该研究区未来2次$M\geqslant7$强震将可能发生在2019—2020、2025—2026年前后.研究结果表明:强震是可以预测的.有序网络结构分析方法对于强震的中长期跨越式预测具有独特效果.

关键词

新疆及其邻区;信息有序网络结构;2008年于田7.3级强震;2014年于田7.3级强震;$M\geqslant7$强震预测

中图分类号 P315.75

文献标志码 A

收稿日期 2014-04-09

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

1 南京信息工程大学 数学与统计学院,南京,210044

0 引言

据中国地震台网正式测定:2014年2月12日17时19分新疆维吾尔自治区和田地区于田县发生7.3级地震(82.5°E,36.1°N,h=12 km).这是继2008年3月21日于田7.3级地震后,新疆地区再次发生的7级以上地震.在近6年的时间内于田连续2次发生7.3级强震,这种现象实属罕见.所幸的是2次7.3级强震均发生在海拔5 000 m左右的高山无人区,没有造成人员伤亡,其他损失也较小.于田7.3级强震的发生对新疆及其邻区未来地震趋势,乃至整个中国大陆都具有十分重要的研究意义.

众所周知,地震预测预报是当今世界难题.中国是多地震的国家,而且是大震强震多发的国家,至今我国还缺少对大震或强震的中长期预测预报.20世纪80年代,翁文波创立了信息预测理论并在地震、旱涝等天灾预测和预测科学中取得了杰出的成就,为重大自然灾害预测开辟了一条崭新的道路[1-3].信息预测理论融合了中西文化的优势,是当代天灾预测的重大理论创新.徐道一等[4-11]首次提出强震的有序性、大地震形成机制的网络特性以及自组织有序网络等,进一步丰富并发展了信息预测理论.近年来,基于信息预测理论的有序网络结构分析方法在强震、巨洪等中长期预测研究中展现出极其重要的作用[12-18].

1992年以来,笔者开始致力于新疆地区$M\geqslant7$强震链的有序性及其有序网络结构研究,并对1996—2014年该研究区所发生的4次$M\geqslant7$强震进行了较为成功的预测[19-23].特别是2008、2014年2次于田7.3级地震预测,当时笔者密切跟踪新疆7级强震信息,并于2008年1月18日向中国地球物理学会天灾预测专业委员会提交预测意见,同年3月11日在再次提交的《关于2008年度天灾预测意见说明》一文中明确提出:2008年该区发生7级以上强震的危险性很大.2008年3月21日于田7.3级强震果然发生.关于2014年于田7.3级强震预测,早在20年前笔者就已提出:2015年前后该地区有可能发生7级强震[19],此后一直关注并跟踪预测研究,2008—2013年笔者等

多次撰文提出中长期预测意见:2014—2015 年新疆地区将发生 $M\geqslant7$ 强震[24-28].2010 年 12 月在天灾预测总结学术会议上笔者又明确提出:新疆地区未来 2 次 7 级强震,一次将发生在 2014—2015 年,另一次在 2019—2020 年前后(参见预测报告《新疆地区未来 2 次 7 级强震预测》,刊于《2010 天灾预测总结学术会议文集》第 232~235 页).2 次于田 7.3 级强震的成功预测再次表明:将翁文波信息预测理论与有序网络结构分析相结合,是强震中长期跨越式预测的有效方法.

本文在总结上述 4 次 $M\geqslant7$ 强震较为成功预测的基础上,深入探索新疆及其邻区 $M\geqslant7$ 强震活动的规律,补充新信息,不断完善和优化构建该地区二维和三维有序网络结构并对未来 $M\geqslant7$ 强震进行中长期预测,以期为我国防震减灾事业提供决策依据.

1 新疆及其邻区 $M\geqslant7$ 强震有序网络构建

事物的自然特性基本上可划分为有序性和无序性两大类.有序性是自然界的一种秩序或规律,它包括周期性、可公度性、韵律性、对称性、分形自相似性、信息有序性等.有序常常是与无序相伴生的.有序性现象是贯穿于人类、生物和自然界的共同现象,探索有序性对认识人类社会和自然的发展具有深刻的启迪[29-30].

新疆地区是我国西部强震活动最为剧烈的地区之一.表 1 列出了新疆及其邻区自 1800 年以来历史记载和现代仪器记录的我国境内 $M\geqslant7$ 强震共 22 次,其中 8 级巨震 4 次,另有境外吉尔吉斯斯坦、哈萨克斯坦、俄罗斯等地震 10 次.笔者多年研究结果表明,近 210 多年来本研究区 $M\geqslant7$ 强震活动呈现出良好的可公度性和有序性,其主要有序值(即序参数)有 5 种:$\tau_1=(30\ \mathrm{a})\times k(k=1,2,3)$、$\tau_2=11\sim12$ a、$\tau_3=41\sim43$ a、$\tau_4=18\sim19$ a 和 $\tau_5=5\sim6$ a.文献[24-28]详细研究了该地区 $M\geqslant7$ 强震时间间隔的有序性结构以及各有序值之间的关系,并指出上述有序值所具有特殊的预测功能.

图 1 为 1800 年 1 月—2014 年 2 月该地区 $M\geqslant7$ 强震链有序网络主结构.为研究的简便起见,本文中强震样本均以其发生的年号来表示,其中 1924、1931、1944、1955、1974、2003 年均发生过 2 次 $M\geqslant7$ 强震,只占用同一个年号.这样,图 1 中样本量为 26 个,约占总样本量的 81.3 %.另外 6 个发生在境外的 $M\geqslant7$ 强震,未列于图 1 之中.

图 1 以 5 条横链线为主体,竖直线与单斜线、双斜线则起着辅助支撑的作用,强震样本通过 5 条横链线按照时序,依据有序值 $\tau_1=(30\ \mathrm{a})\times k(k=1,2,3)$,从左向右传递发生:(a) 链中各强震样本以 60 a 为间隔发生;(b) 链中各样本分别以 30 a 或 60 a 为间隔交替发生;(c)与(d) 链中各强震样本间隔均为 30 a;(e) 链中强震样本间隔为 90 a.在图 1 中,竖线表示处于同一列的强震之间相隔 $\tau_2=11\sim12$ a,双斜线表示相隔 $\tau_3=41\sim43$ a,单斜线表示相隔 $\tau_4=18\sim19$ a.图 1 不仅刻画了有序值 τ_1 自身的传递规律,同时又反映了它与 τ_2、τ_3、τ_4 之间的有序关联,充分揭示了该区 $M\geqslant7$ 强震活动井然有序的规律,从而具有较强的预测功能.

2 强震预测实例与本研究区未来 $M\geqslant7$ 强震预测

2.1 应用二维平面有序网络进行预测

结构是功能的基础,功能是结构的反映.现就不同有序网络图,对 1996 年以来本研究区 4 次 7 级强震(表 1 中序号 28~32(序号 29、30 合二为一,即 2003 年 7.9 级强震))的成功预测加以说明.不仅可以运用展示整体格局的主结构图 1 来预测 2003 年俄、蒙、中交界 7.9 级强震以及 2008、2014 年 2 次于田 7.3 级强震的发生,还可以设计出采用不多的强震样本量、局部细化结构的二维平面有序网络来实现对此 3 次强震的预测.

2.1.1 关于 $\tau_1=(30\ \mathrm{a})\times k(k=1,2,3)$ 与 $\tau_2=11\sim12$ a 的预测功能

图 1 右边第 2 条竖实线串联着 4 个强震样本:1974—1985—1996—2008.同时,在图 1 上部,1931、1949、1990 和 2008 这 4 个样本点构成一个非常规范的对边相等的“平行四边形”,由此“平行四边形”所包含的对称有序信息表明:2008 年于田 7.3 级强震的发生绝非偶然.图 1 中(c)链实线串联着 5 个强震样本 1883 *—1914—1944—1974—2003 *,(d)链实线也串联着 5 个强震样本 1895—1924—1955—1985—2014.这里的时间点位 2003、2014 同样绝非偶然.笔者等正是据此较好地预测了 2003 年俄、蒙、中交界 7.9 级强震以及 2008、2014 年 2 次于田 7.3 级强震的发生(这是关于该研究区第 2、第 3、第 4 次成功预测的 7 级强震实例)[19-28].

根据强震链的上述规律,由图 1 可对该区未来 $M\geqslant7$ 强震作如下预测(因采用发震年份表示强震样

表 1　新疆及其邻区 $M\geqslant7$ 强震目录(1800—2014 年)

Table 1　Catalogue of $M\geqslant7$ strong earthquakes in Xinjiang and its adjacent region during 1800—2014

序号	发震日期	震中位置		震级/M	地点	太阳黑子峰谷年
		纬度/(°N)	经度/(°E)			
1	1812-03-08	43.7	83.5	8	尼勒克东	m+2
2	1842-06-11	43.5	93.1	7	巴里坤附近	m-1
3	1883-02-12	43.5	78.0	7.5	哈萨克斯坦:阿拉木图(境外)	M-1
4	1887-06-08	43.1	76.8	7.3	哈萨克斯坦:阿拉木图(境外)	m-2
5	1889-07-11	43.2	78.7	8.3	哈萨克斯坦:阿拉木图(境外)	m
6	1895-07-05	37.7	75.1	7	塔什库尔干	M+2
7	1902-08-22	39.9	76.2	8¼	阿图什北	m+1
8	1906-12-23	43.5	85.0	7.7	沙湾西南	M+1
9	1911-01-03	43.5	77.5	8.3	哈萨克斯坦:阿拉木图(境外)	m-2
10	1911-02-18	40.0	73.0	7.8	吉尔吉斯斯坦(境外)	m-2
11	1914-08-05	43.5	91.5	7½	巴里坤一带	m+1
12	1924-07-03	36.8	83.8	7¼	民丰东	m+1
13	1924-07-12	37.1	83.6	7.2	民丰东	m+1
14	1931-08-11	47.1	89.8	8	富蕴附近	m-2
15	1931-08-18	47.2	90.0	7¼	富蕴附近	m-2
16	1944-03-10	44.0	84.0	7.2	新源东北	m
17	1944-09-28	39.1	75.0	7	乌恰南	m
18	1946-11-02	41.5	72.5	7.6	吉尔吉斯斯坦(境外)	M-1
19	1949-02-24	42.0	84.0	7¼	库车东北	M+2
20	1955-04-15	39.9	74.6	7	乌恰西	m+1
21	1955-04-15	39.9	74.7	7	乌恰西	m+1
22	1974-07-05	45.0	94.2	7.1	巴里坤东北	m-2
23	1974-08-11	39.4	73.8	7.3	乌恰西南	m-2
24	1978-03-24	42.8	78.6	7.2	哈萨克斯坦:阿拉木图(境外)	M-1
25	1985-08-23	39.53	75.32	7.1	乌恰	m-1
26	1990-06-14	47.90	85.09	7.2	吉木乃西北	M+1
27	1992-08-19	42.1	73.9	7.5	吉尔吉斯斯坦(境外)	M+3
28	1996-11-19	35.2	78.0	7.1	喀喇昆仑山	m
29	2003-09-28	49.9	87.9	7.9	俄蒙中交界(境外)	M+3
30	2003-10-01	50.1	87.8	7.3	俄蒙中交界(境外)	M+3
31	2008-03-21	35.6	81.6	7.3	于田	m
32	2014-02-12	36.1	82.5	7.3	于田	M?

注:根据文献[26-28,31-33]与中国地震信息网(www.csi.ac.cn)修定.表中 m 为太阳黑子谷年,M 为太阳黑子峰年,m-1 为太阳黑子谷前第一年,M+1 为太阳黑子峰后第一年,余类推,下同.

本,故而误差取±1 a,下同):

1) 将图 1 中强震链(b)向右边延伸 29~30 a,即可获知该区未来第 1 次 $M\geqslant7$ 强震可能发生在 2019—2020 年前后;同样,将图 1 右边第 2 条纵列链 1974—1985—1996—2008 向下相应延伸 11~12 a 也可获知该项预测.

2) 将强震链(e)与图 1 右边第 1 条纵列链分别延伸,其交叉点 2025—2026 年前后,即为该区未来第 2 次 $M\geqslant7$ 强震发生的时间点位.

3) 将(c)、(d)、(e) 各横链分别向右侧延伸 30 a,即可获得该区未来后续的 $M\geqslant7$ 强震发生的时间点位:2033、2044 与 2055—2056 年.

2.1.2　关于 $\tau_3=41\sim43$ a 的预测功能

20 世纪我国大陆西部 $M\geqslant7$ 强震活动经历了 5 个轮回,图 2 反映了 τ_3 隔幕传递的规律,前 3 条横链线把第 1、3、5 活跃幕串联成非常规则而对称的 3 线

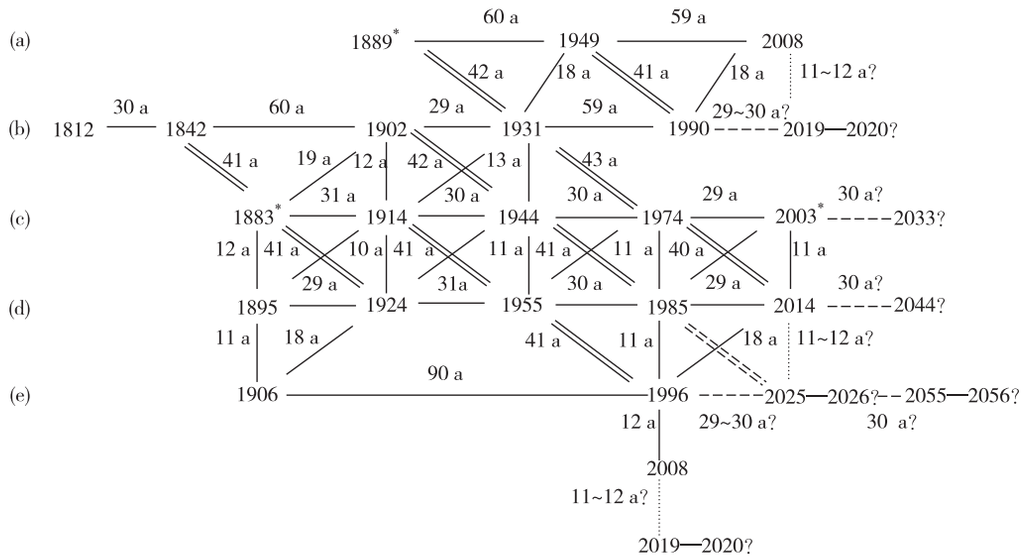


图1　新疆及其邻区$M\geqslant7$强震有序网络主结构(据文献[26-28]图1改绘,虚线表示预测,*表示境外地震,下同)

Fig. 1　Ordered network structure of $M\geqslant7$ earthquake chains in Xinjiang and its adjacent region (Revised by Fig.1 in ref.[26-28]. Dashed lines for prediction, symbol * denotes earthquakes occurred in countries beyond China, and same notes in following figures)

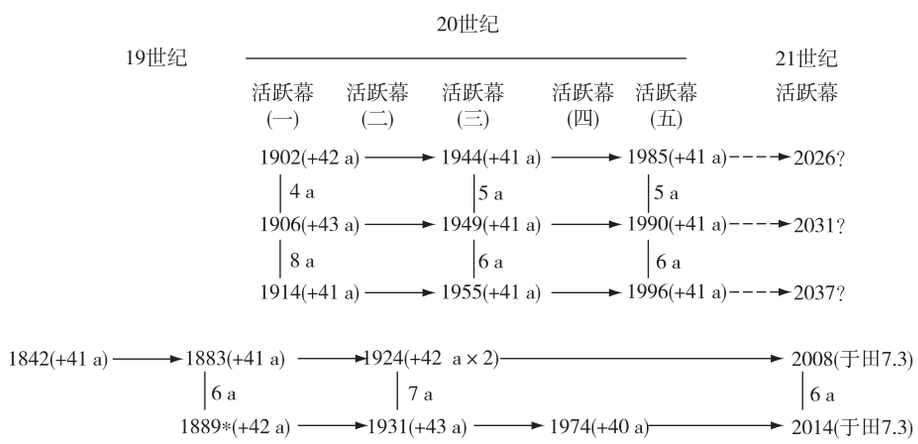


图2　有序值$\tau_3=41\sim43$ a的传递规律及其预测示意

Fig. 2　Transmission rule of the ordered value 41-43 a and its prediction sketch map

9点的“3阶矩阵”.根据图2对称有序性所传递的信息,笔者曾在1994年预测第9点将在1996年前后“就位”[19].1996年11月19日喀拉昆仑山7.1级强震果然在所预测的点位上亮相.这是笔者关于该区首次成功预测的7级强震实例.

应用图2,同样也可预测2008和2014年于田7.3级强震的发生:

1)第4条横链线,由20世纪第2活跃幕的1924年民丰2次$M\geqslant7$强震,经过2个42 a传递到21世纪的活跃幕,结果发生了2008年3月21日于田7.3级强震.

2)第5条横链线,依次串连起1889、1931、1974这3个强震样本,再经40 a可传递到2014年时间点位,结果便发生了2014年2月12日于田7.3级强震.

上述强震成功预测实例表明,有序网络结构分析是一种以少胜多的研究方法,在一定条件下有时会有十分显著的效果.根据图2所展示的规律,同时可作以下未来强震预测:将前3条横链线再分别向右侧延伸41 a,即在2026、2031、2037年前后,新疆及其邻区仍有可能发生$M\geqslant7$强震.

2.1.2 有序网络细化结构及其预测功能

图3为图1局部结构细化,它以有序值 $\tau_1=(30\text{ a})\times k(k=1,2,3)$ 为主体,以 $\tau_2=11\sim12$ a 和 $\tau_5=5\sim6$ a 为其辅助支撑.众所周知,干支纪历是我国古代人民智慧的结晶,干支周期在自然科学中具有普适意义.新疆及其邻区 $M\geqslant7$ 强震活动时间间隔与干支周期60 a密切相关,30 a为60 a的半周期,90 a可拆分为60 a与30 a之和,故而本文将有序值30、60和90 a放在一起加以考虑.

运用图3任何一种细化结构,均可实现对2008、2014年2次于田7.3级强震预测.特别需要指出的是,仅仅运用图3c一个网络,即可像图1一样实现"一网打尽"1996、2003、2008和2014这4大强震事件的预测.

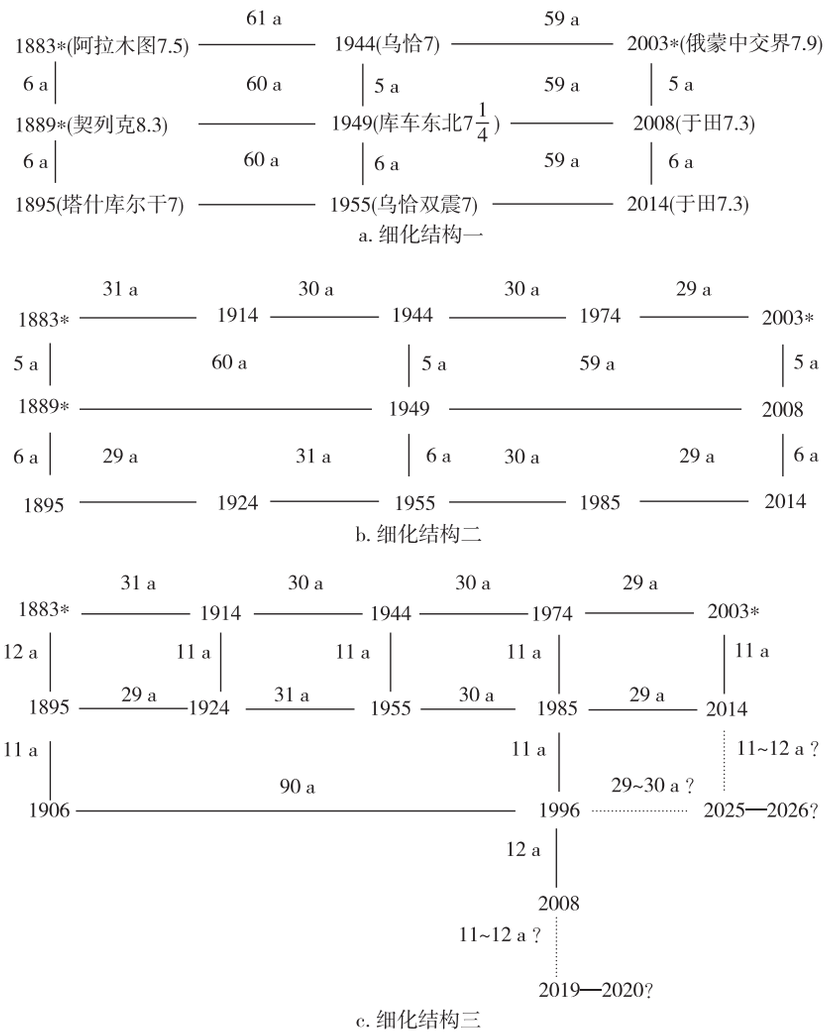


图3 有序网络细化结构应用于2008和2014年于田7.3级强震预测

Fig. 3 Detailed ordered networks of Fig.1 for prediction of the Yutian M7.3 earthquakes in 2008 and 2014

2.2 三维立体有序网络构建及其预测

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,并不关注节点的位置以及连线的平直弯曲、有无相交等,因此,强震有序网络是一种具有拓扑结构的复杂网络.根据有序网络的拓扑性质,可以将强震网络图设计成二维平面或三维立体的不同形式加以展示.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.为了保证样本之间上下左右的时序关联,必要时个别样本可以重复出现(如图1中样本2008).二维经纬线的平面网络便于刻画总体格局的结构全貌,其时序规律十分简洁直观(如图1),而三维立体网络则常用于形象地展示局部结构特征.

2.2.1　六棱柱体有序网络及其预测

如果将图 1 作三维立体化处理,则可构建该区 $M\geqslant 7$ 强震六棱柱形状的三维立体有序网络结构(图 4).由图 4 的下底面,不仅可以同时预测 2003 年俄、蒙、中交界 7.9 级强震以及 2008、2014 年 2 次于田 7.3 级强震的发生,另外还可获知该区未来 $M\geqslant 7$ 强震预测点位落在 2033、2044 和 2050 年前后.

2.2.2　四棱柱体和五棱柱体有序网络及其预测

同样,如果将图 2 作三维立体化处理,则可构建该区 $M\geqslant 7$ 强震的四棱柱与五棱柱形状的三维立体有序网络结构(图 5 和图 6).图 5 与图 6 以 $\tau_3=41\sim 43$ a 为主体(即图中竖直线),展示了它与其余的有序值之间的呼应与关联关系.

由图 5 中间层面,可以预测 2014 年于田 7.3 级强震的发生,由图 5 右边第 2 条竖直线与下底面的交点,可以预测 1996 年喀拉昆仑山 7.1 级强震的发生.另外,由图 5 的下底面还可以获知该区未来 $M\geqslant 7$ 强震预测点位落在 2055—2056 年前后.

由图 6 左边第 1 条竖直线最下部,同样可以获知 2014 年于田 7.3 级强震的发生,而由图 6 右边第 2 条竖直线与从上至下的第 3 层面的交点,可以预测 1996 年强震事件的发生.此外,由图 6 下底面还

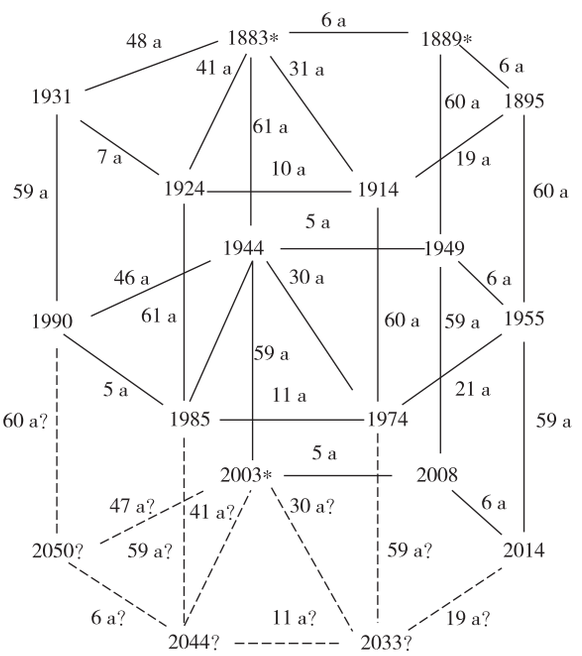


图 4　新疆及其邻区 $M\geqslant 7$ 强震六棱柱
三维立体有序网络结构及其预测示意

Fig. 4　Prediction sketch for $M\geqslant 7$ earthquakes in Xinjiang and its adjacent region using a six prism ordered network structure

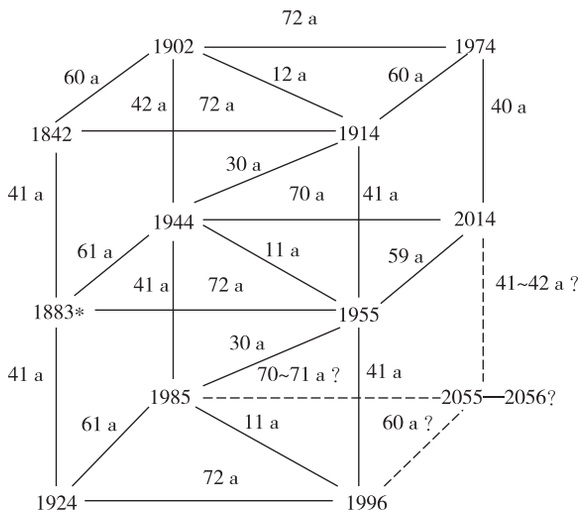


图 5　新疆及其邻区 $M\geqslant 7$ 强震四棱柱
三维立体有序网络结构及其预测示意

Fig. 5　Prediction sketch for $M\geqslant 7$ earthquakes in Xinjiang and its adjacent region using a quadrangular network structure

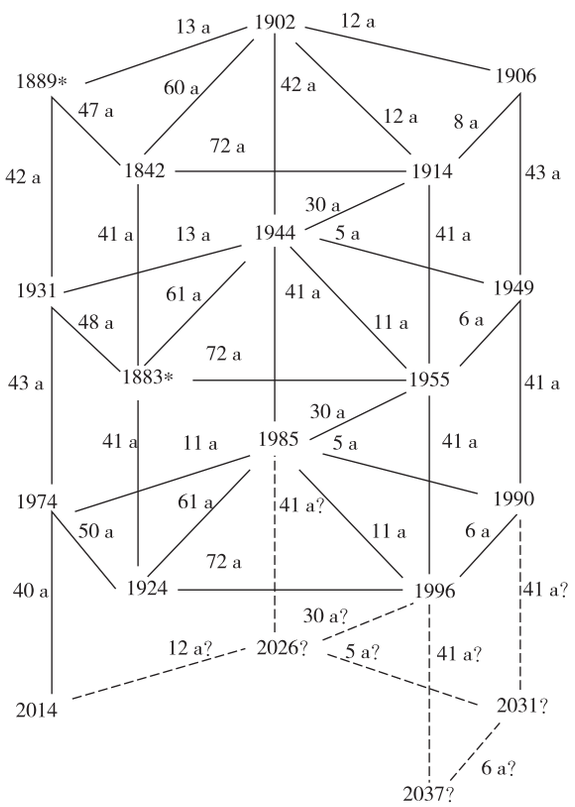


图 6　新疆及其邻区 $M\geqslant 7$ 强震五棱柱
三维立体有序网络结构及其预测示意

Fig. 6　Prediction sketch for $M\geqslant 7$ earthquakes in Xinjiang and its adjacent region using a five prism network structure

可预测该区未来 $M\geqslant7$ 强震可能发生在 2026、2031、2037 年前后.

综上预测结果,该地区未来 $M\geqslant7$ 强震将可能发生在 2019—2020、2025—2026、2031—2033、2037、2044、2050 和 2055—2056 年前后.

2.3 太阳黑子活动及其影响

太阳黑子活动具有 11 a 的平均周期、22 a 的磁性周期以及 80~90 a 的长周期,因此,可以把有序值 11、22、44 a 放在一起考虑.19 世纪以来,新疆及其邻区 $M\geqslant7$ 强震有 19 次发生在太阳黑子的峰值和谷值的前后一年,占总数的 61.3%,其中发生在谷值前后一年的就有 13 次,约占总数的 41.9%(参见表 1 右边第 1 列).

1996 年处于自 1755 年算起的第 23 太阳黑子周开始的谷期,这一年先后发生了阿图什 6.9 级地震和喀喇昆仑山 7.1 级强震,接着又在 1997 年初发生了伽师 6 级强震群,该实例为上述结论又提供了新的证据.天文观测资料显示,2007—2009 年太阳活动处于罕见的极低状态,太阳黑子相对数(即沃尔夫数)分别为 7.5、2.9、3.1,连续 3 年小于 10.从 1996 年开始的第 23 周已经历了近 14 年,为 1798 年以来 200 多年间最长的太阳黑子周期.太阳黑子周期变长(SCL>11)、太阳活动长谷年等异常现象,往往与全球性灾害频发结伴同行.2008 年正值太阳活动第 24 周的谷值期,在这样的天文背景下,2008 年初中国南方广大地区突遭低温冰雪灾害袭击,接着 2008 年 3 月 21 日新疆于田 7.3 级强震、2008 年 5 月 12 日四川汶川 8.0 级大震、2010 年 4 月 14 日青海玉树 7.1 级强震相继发生,这些现象绝非偶然,而是客观规律,它为上述结论提供了一个极好的例证[26-28,34].

2010 年以来,太阳活动已进入第 24 周上升阶段,预计第 24 周的峰值期将发生在 2013—2014 年,第 25 周的谷值期与峰值期将分别发生在 2019—2020 与 2025—2026 年前后.上述天文背景的变化必须引起我们的高度关注.

宇宙是统一的整体,日、地、月的运行与地震等天灾活动相互联系、相互依存.地震的发生可视为地球内部因素和外部因素非线性相互作用的结果.外因往往与大震或强震关系更为密切,并且地震越大可能相关性越好.总之,大震大灾因其独特性应放在天地生大系统范围内去研究[35-37].

3 结语

1) 大数据时代的预言家维克托·迈尔-舍恩伯格(Viktor Mayer-Schönberger)等[38]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,需要我们拥有更强的数据洞察力.信息预测理论致力于从无序、复杂和偶然性之中挖掘出具有对称、简洁和必然性的有序信息,与大数据理论不同的是它更加注重从少量数据中挖掘大地震、大洪水等重大自然灾害事件的规律性.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[39].本文构建的新疆及其邻区 $M\geqslant7$ 强震有序网络结构,高度涵盖并充分揭示了 210 多年来该地区 $M\geqslant7$ 强震活动复杂而有序的特征,为强震的网络假说提供了一个新的有力证据,有利于深刻认识强震发生的时空规律,从而推进 $M\geqslant7$ 强震的预测研究.

2) 通过总结新疆及其邻区在过去的 20 年中 4 次较为成功的 7 级强震预测实例(即从 1996 年喀拉昆仑山 7.1 级强震,到 2003 年俄、蒙、中交界 7.9 级强震,再到 2008、2014 年于田 2 次 7.3 级强震)表明:基于翁文波信息预测理论的有序网络结构分析方法,应用于强震的中长期跨越式(特别是长时间、长距离)预测是卓有成效的,它准确精炼、直观形象、简明易行,避免了传统数理模型分析的繁琐和不可识别性.根据本文新构建的强震二维和三维有序网络结构,可作以下预测(暂时略去时间较为久远的预测):新疆及其邻区未来 2 次 $M\geqslant7$ 强震可能发生在 2019—2020、2025—2026 年前后.

3) 强震预测虽然是世界难题,但是强震是可以预测的.强震预报研究是一个渐进的过程,是一个大系统工程.本文的预测有可能存在虚报漏报,后续短临预报工作必须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,跟踪聚焦强震信息,运用多种手段去伪存真,排除虚报漏报,缩小预报范围,锁定并捕捉未来强震,为大力推进我国强震预测预报研究和防震减灾大业做出更大贡献.

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,吕牛顿,张清.预测学[M].北京:石油工业出版社,1996
WENG Wenbo, LÜ Niudun, ZHANG Qing. Theory of forecasting[M].Beijing:Petroleum Industry Press,1996
[3] 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
[4] 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 it's significance [J]. Progress in Geophysics, 2007, 22 (4): 1375-1379
[5] 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 $M\geqslant8$ on China mainland: A new approach to the prediction of earthquakes[J].Seismology and Geology,1991,13(3):231-240
[6] 徐道一,王湘南,严正.新疆大地震的时间有序性初探[J].内陆地震,1994,8(3):203-210
XU Daoyi, WANG Xiangnan, YAN Zheng. Time orderness of great earthquakes in Xinjiang [J]. Inland Earthquake,1994,8(3):203-210
[7] 徐道一,孙文鹏,仉宝聚,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
[8] 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
[9] 徐道一.试论"系统"和"网络"的异同[C]//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] // Geoscience Philosophy and Building a Well-off Society in an All-round Way. Beijing:China Land Press,2004:263-268
[10] 徐道一.天地生人网络研究的新方法:实例和认识[J].矿物岩石地球化学通报,2005,24(2):178-180
XU Daoyi. Research on new method of the network among cosmos,earth,biology and humans:Examples and cognition[J].Bulletin of Mineralogy,Petrology and Geochemistry,2005,24(2):178-180
[11] 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-organization network and disaster chains[C]//GAO Jianguo.Proceedings of the First Disaster Chains Seminar in China.Beijing:China Meteorological Press,2007:175-179
[12] Xu D Y, Men K P, Deng Z H.Self-organized ordering of earthquakes ($M\geqslant8$) in mainland China [J]. Engineering Sciences,2010,8(4):13-17
[13] Men K P. Research on prediction of three great earthquakes during the beginning of the 21st century in the northern Xizan Plateau [J]. Zeitschrift für Naturforschung A,2011,66a(10/11):681-691
[14] Men K P.The ordered network structure of $M\geqslant8$ great earthquakes and their prediction in Mainland China[J]. Zeitschrift für Naturforschung A, 2012, 67a (5): 308-316
[15] Men K P, Cui L.The ordered network structure of $M\geqslant6$ strong earthquakes and its prediction in the Jiangsu-South Yellow Sea region [J]. Zeitschrift für Naturforschung A,2013,68a(5):371-379
[16] Men K P, Zhao K.The ordered network structure of $M\geqslant8$ earthquakes and its prediction for the ordered pair great earthquakes in Mainland China[J].Zeitschrift für Naturforschung A,2014,69a(3/4):145-154
[17] 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
[18] 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]. Zeitschrift für Naturforschung A,2013,68a(12):766-772
[19] 门可佩.新疆及其邻区$M\geqslant7$强震的预测研究[J].西北地震学报,1994,16(4):29-36
MEN Kepei. Study on prediction of strong earthquakes ($M\geqslant7$) in Xinjiang and nearby area[J].Northwestern Seismological Journal,1994,16(4):29-36
[20] 王兰英,门可佩.有序性分析与新疆7级强震预测[J].高原地震,1996,8(4):19-26
WANG Lanying,MEN Kepei.Ordered analysis and strong earthquakes with $M\geqslant7$ prediction in Xinjiang[J].Earthquake Research in Plateau,1996,8(4):19-26
[21] 门可佩,赵兵.有序性分析与强震预测[J].国际地震动态,1997(5):1-4
MEN Kepei, ZHAO Bing. Ordered analysis and strong earthquake prediction [J]. Recent Developments in World Seismology,1997(5):1-4
[22] 门可佩,裴青莉.新疆地区7级强震的有序性及其预

测意义的再认识[J].高原地震,1997,9(4):46-53
MEN Kepei, PEI Qinli. Further research on order of strong earthquakes with $M\geqslant 7$ and its prediction in Xinjiang and adjacent region[J]. Earthquake Research in Plateau,1997,9(4):46-53

[23] 门可佩.新疆地区7级强震的有序性及其预测研究[C]//江苏省科学技术协会.科技进步与学科发展:迎接21世纪挑战.南京:东南大学出版社,1999:617-622
MEN Kepei.Research on the order of strong earthquakes with $M\geqslant 7$ and its prediction in Xinjiang area[C]// Jiangsu Association for Science and Technology.The Scientific and Technological Progress and Discipline Development: Facing the 21st Century Challenge. Nanjing: Southeast University Press,1999:617-622

[24] 门可佩,徐道一,程国胜.新疆地区强震链有序网络结构与于田7.3级强震预测[J].中国人口·资源与环境,2008,18(增刊1):625-629
MEN Kepei,XU Daoyi,CHENG Guosheng.Strong earthquake network structure in Xinjiang region and prediction of the Yutian 7.3 earthquake[J].China Population, Resources and Environment, 2008, 18(sup1): 625-629

[25] Men K P.Strong earthquake network and its prediction in Xinjiang region[C]// Jiang Y, Cheng G S.Proceedings of 2010 International Conference on Application of Mathematics and Physics,2010,2:122-127

[26] Men K P,Liu W J.The orderly network structure of $M\geqslant 7$ strong earthquake chain and its prediction in Xinjiang region of China[J]. Zeitschrift für Naturforschung A, 2011,66a(5):363-371

[27] 门可佩.新疆地区$M\geqslant 7$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 $M\geqslant 7$ strong earthquakes and its prediction in Xinjiang[J].Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition,2012,4(3):270-278

[28] Men K P,Zhao K.The orderly network structure and prediction summary for $M\geqslant 7$ earthquakes in Xinjiang region of China[J]. Zeitschrift für Naturforschung A, 2014,69a(12):635-644

[29] 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

[30] 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

[31] 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

[32] 中国地震局震害防御司.中国近代地震目录(公元1912—1990年$Ms\geqslant 4.7$)[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 $Ms\geqslant 4.7$)[M].Beijing: China's Science and Technology Press,1999

[33] 中国地震局震害防御司.全球重大灾害性地震目录(2150 B C—1991A D)[M].北京:地震出版社,1996
Department of Earthquake Disaster Prevention, China Earthquake Administration.Catalogue of global major disastrous earthquake (2150 B C—1991 A D)[M]. Beijing:Seismological Press,1996

[34] 中国地球物理学会天灾预测专业委员会.2011年全国重大天灾综合预测意见[C]//2011天灾预测总结研讨学术会议文集.北京,2011:1-3
The Committee of Natural Disaster Prediction, Chinese Geophysical Society. Severe natural disaster prediction statement of 2011 in China[C]// Proceedings of 2011 Conference on Natural Disaster Prediction.Beijing,2011: 1-3

[35] 郭增建,秦保燕,李革平.未来灾害学[M].北京:地震出版社,1992
GUO Zengjian,QIN Baoyan,LI Geping.Future catastrophology[M].Beijing:Seismological Press,1992

[36] 郭增建,秦保燕,郭安宁.地气耦合与天灾预测[M].北京:地震出版社,1996
GUO Zengjian,QIN Baoyan,GUO Anning.Earth-gas coupling and disaster forecasting[M].Beijing:Seismological Press,1996

[37] 耿庆国.中国旱震关系研究[M].北京:海洋出版社,1985
GENG Qingguo. Research on the relationship between drought and earthquake [M]. Beijing: China Ocean Press,1985

[38] 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].Translated by SHENG Yangyan, ZHOU Tao. Hangzhou:Zhejiang People's Publishing House,2013

[39] 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 Automation, 2014 (11):34-36

Prediction summary of $M\geqslant 7$ earthquakes in Xinjiang based on the ordered network structure analysis

MEN Kepei[1]

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

Abstract $M\geqslant 7$ earthquakes have showed an obvious commensurability and orderliness in China's Xinjiang and its adjacent regions since 1800, with the main orderly values being (30 a)×k(k=1,2,3), 11-12 a, 41-43 a, 18-19 a, and 5-6 a. In the guidance of the information forecasting theory of Weng Wenbo, and by combining ordered network structure analysis with complex network technology, we focus on the prediction summary of $M\geqslant 7$ earthquakes in Xinjiang and its adjacent regions by using the ordered network structure, and add new information to further optimize the network, hence construct the 2D-and 3D-ordered network structure of $M\geqslant 7$ earthquakes. In this paper, the network structure fully revealed the regularity of seismic activity of $M\geqslant 7$ earthquakes in the study region during the past 210 years. Based on this, four $M\geqslant 7$ earthquakes were predicted successfully in turn in this region, namely the Karakorum M7.1 earthquake in 1996, the M7.9 earthquake in the junction area of Russia, Mongolia, and China in 2003, and the two Yutian M 7.3 earthquakes in 2008 and 2014. At the same time, a new prediction result is presented that the future two $M\geqslant 7$ earthquakes will probably occur around 2019—2020 and 2025—2026 in the research region. The results show that large earthquake occurred in defined region can be predicted. The method of ordered network structure analysis produces satisfactory results for the moderate and long term prediction of $M\geqslant 7$ earthquake.

Key words China's Xinjiang and its adjacent region; imformational ordered network structure; Yutian M7.3 earthquake in 2008; Yutian M7.3 earthquake in 2014; $M\geqslant 7$ earthquake prediction