

青海 $M_s \geq 6.0$ 地震未来趋势判断

——基于可公度方法的研究

石 玥 曹广超

(青海师范大学生命与地理科学学院, 西宁 810008)

摘 要 在掌握青海省17次历史地震数据后,从时间对称性方面研究该区域地震发生规律,分析地震发生的可能时间,从而为青海地震灾害的监测提供一定的依据。应用三元、四元、五元可公度方法,对青海近40年来6.0级以上的地震分析得到:未来10年内,青海省 $M_s \geq 6.0$ 级地震信号在2015年较强,有发生6级以上地震的可能。

关键词 趋势判断 对称性 可公度 蝴蝶结构图 青海

中图法分类号 P315.75; **文献标志码** A

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一,气象、地震、洪涝、地质、海洋等自然灾害给人类带来了极大的危害;其中给人类造成最大危害的是地震。随着经济的不断增长,自然灾害所带来的损失也越来越严重,灾害的预测工作也越来越得到人们的重视。

地震预测是当今世界难题,许多学者纷纷投入了对地震预测方面的研究工作。20世纪80年代,中国科学院翁文波院士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]。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^[2]的研究表明:中国和亚洲大地震不仅在时间上而且在空间上也具有有序性。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、对称性和自相似性^[3]。“可公度性”源于天文学,表示自然界事物之间的一种秩序,是自然现象周期性的一种客观外在反映,所以是一种信息系。著名地球物理学家翁文波院士首先将天文学中最先提出的这种可

公度性原理运用于洪水、大旱、地震等重大自然灾害的预测,为国内外学者在自然灾害预测中广泛使用^[4]。

应用可公度性方法探索天灾预测,是在不保证下次必然发生的情况下,以增加虚报概率的代价,给出若干可能发生的时段,从中提取非偶然的信号^[5]。本文基于可公度性方法,试对青海省地震的时间对称性及其规律进行分析,为防灾提供重要的参考信息。

1 资料与方法

青海省位于新生代以来地壳运动强烈的青藏高原中北部及其东北缘,境内地质构造规模大、活动性强,省内外主要断裂带有阿尔金断裂带、祁连山-河西走廊活动断裂系、昆仑山断裂系、巴颜喀拉断裂系、唐古拉山断裂系等,是中国内陆一个强震多发的省份,省内地震活动分布广、强度大、频度高、历史上曾发生过多达7级以上乃至8级的大地震^[6]。

本文地震数据来源于国家地震科学数据共享中心以及中国地震台网有关数据。资料显示自1970年以来青海及临近地区共发生 $M_s \geq 6.0$ 级以上强震17次(见表1),强震活动十分频繁。

2013年7月23日收到

第一作者简介:石 玥(1989—),女,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向:地表环境过程。E-mail: Ssoul_yue@163.com。

表1 青海省1970年以来 $M_s \geq 6.0$ 地震信息统计表

序号	时间	λ_E	ϕ_N	震级/ M_s	参考地点
1	A1 1971—03—24	98.10	35.50	6.3	青海海西
	A2 1971—04—24	98.10	35.50	6.3	青海海西
2	B 1975—05—05	93.00	33.30	6.4	青海玉树
3	C1 1977—01—01	91.20	38.20	6.4	青海海西
	C2 1977—01—19	95.80	37.10	6.3	青海海西
4	D 1981—06—09	91.27	34.30	6.5	青海玉树
5	E1 1986—08—20	91.75	34.54	6.4	青海玉树
	E2 1986—08—26	101.63	37.78	6.5	青海海北
6	F 1987—02—25	91.25	38.06	6.1	青海海西
7	G1 1988—11—05	91.87	34.27	6.8	青海玉树
	G2 1988—11—25	91.93	34.42	6.0	青海玉树
8	H1 1990—01—14	92.00	37.84	6.5	青海海西
	H2 1990—04—26	100.33	36.06	7.0	海南藏族自治州 共和县与兴海县 之间的塘格木地区
9	I 1994—01—03	100.16	36.07	6.0	青海海南
10	J 1995—12—18	97.42	34.61	6.2	玛多县
11	K 2000—09—12	99.44	35.44	6.7	兴海-玛多间
12	L 2001—11—14	90.53	35.92	8.2	新疆青海交界
13	M 2002—06—29	94.27	34.21	6.1	青海玉树
14	N 2003—04—17	96.52	37.56	6.6	青海德令哈
15	O 2008—11—10	95.91	37.66	6.6	青海海西
16	P1 2009—08—28	95.90	37.60	6.6	青海海西
	P2 2009—08—31	95.98	37.74	6.1	青海海西
17	Q1 2010—4—13	96.59	33.22	7.3	青海玉树
	Q2 2010—04—14	96.57	33.22	6.4	青海玉树

2 时间对称性及趋势判断

2.1 可公度法

可公度法分为三种,分别是三元、四元、五元可公度法。在可公度趋势判断的过程中,优选三元法,其次参考四元、五元可公度法,一般情况下,三元的结果优于四元的,四元的结果优于五元。在预测结果中首选临近年份中频数最多的或是几个元计算结果中均有计算结果的年份为最终结果,最后综合得出比较合理的结论。如果相互矛盾,再参考蝴蝶结构图。

2.1.1 三元可公度法检测

由表1知,近40年来青海省发生 $M_s \geq 6.0$ 级地震的年份一共17年。设 $X_1 = 1971, X_2 = 1975, X_3 = 1977, X_4 = 1981, X_5 = 1986, X_6 = 1987, X_7 = 1988, X_8 = 1990, X_9 = 1994, X_{10} = 1995, X_{11} = 2000, X_{12} = 2001, X_{13} = 2002, X_{14} = 2003, X_{15} = 2008, X_{16} = 2009,$

$X_{17} = 2010$,然后对这17次地震进行检验,表明:每一个年份都有至少三个可公度表达式,由此可以得到青海省 $M_s \geq 6.0$ 级历史地震有很好的可公度性,如表2。

表2 青海省1970年以来 $M_s \geq 6.0$ 级地震的三元可公度计算检验

年份	频数	部分三元可公度式($X_d = X_a + X_b - X_c$)
$X_1 = 1971$	9	$X_{14} + X_3 - X_{16} = 1971, X_{10} + X_3 - X_{12} = 1971, X_3 + X_2 - X_4 = 1971$
$X_2 = 1975$	10	$X_{13} + X_4 - X_{15} = 1975, X_{11} + X_1 - X_{10} = 1975, X_7 + X_3 - X_8 = 1975$
$X_3 = 1977$	10	$X_{16} + X_1 - X_{14} = 1977, X_{11} + X_1 - X_9 = 1977, X_9 + X_1 - X_7 = 1977$
$X_4 = 1981$	20	$X_{16} + X_2 - X_{14} = 1981, X_{11} + X_2 - X_9 = 1981, X_{13} + X_7 - X_{16} = 1981$
$X_5 = 1986$	17	$X_{13} + X_6 - X_{14} = 1986, X_{13} + X_9 - X_{17} = 1986, X_9 + X_6 - X_{10} = 1986$
$X_6 = 1987$	24	$X_{14} + X_5 - X_{13} = 1987, X_{10} + X_5 - X_9 = 1987, X_9 + X_4 - X_7 = 1987$
$X_7 = 1988$	26	$X_{13} + X_6 - X_{12} = 1988, X_{10} + X_9 - X_{12} = 1988, X_8 + X_2 - X_3 = 1988$
$X_8 = 1990$	6	$X_{15} + X_3 - X_{10} = 1990, X_{12} + X_3 - X_7 = 1990, X_9 + X_3 - X_4 = 1990$
$X_9 = 1994$	23	$X_{17} + X_5 - X_{13} = 1994, X_{15} + X_4 - X_{10} = 1994, X_{10} + X_6 - X_7 = 1994$
$X_{10} = 1995$	28	$X_{17} + X_5 - X_{12} = 1995, X_{13} + X_4 - X_7 = 1995, X_{11} + X_4 - X_5 = 1995$
$X_{11} = 2000$	20	$X_{16} + X_5 - X_{10} = 2000, X_{12} + X_6 - X_7 = 2000, X_8 + X_6 - X_3 = 2000$
$X_{12} = 2001$	30	$X_{17} + X_5 - X_{10} = 2001, X_{13} + X_9 - X_{10} = 2001, X_{10} + X_9 - X_7 = 2001$
$X_{13} = 2002$	30	$X_{14} + X_{11} - X_{12} = 2002, X_{12} + X_7 - X_6 = 2002, X_{10} + X_9 - X_6 = 2002$
$X_{14} = 2003$	23	$X_{17} + X_4 - X_7 = 2003, X_{15} + X_4 - X_5 = 2003, X_{12} + X_7 - X_5 = 2003$
$X_{15} = 2008$	24	$X_{16} + X_9 - X_{10} = 2008, X_{13} + X_4 - X_2 = 2008, X_{12} + X_7 - X_4 = 2008$
$X_{16} = 2009$	24	$X_{17} + X_5 - X_6 = 2009, X_{15} + X_6 - X_5 = 2009, X_{14} + X_{11} - X_9 = 2009$
$X_{17} = 2010$	18	$X_{14} + X_7 - X_4 = 2010, X_{12} + X_{10} - X_5 = 2010, X_{13} + X_8 - X_4 = 2010$

2.1.2 三元可公度趋势判断

三元间隔外推式 $X_d = X_a + X_b - X_c, a, b, c = (1, 2, 3, \dots, 17), d$ 为要判断的第18个年份,即 $d = 18$,且同时满足 $d = a + b - c (a \neq b \neq c)$,由此,对青海 $M_s \geq 6$ 地震的17个数据进行计算分析,统计得出三元间隔外推频数分布图(图1)。由图1知,2015年的频数最高为24,即2015年最有可能发生 $M_s \geq 6.0$ 级以上地震。

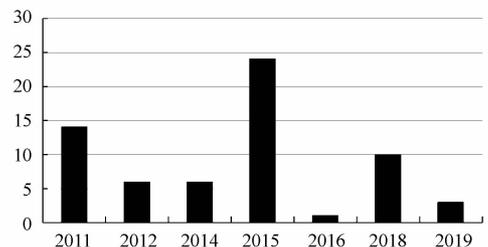


图1 三元可公度式外推频数图

2.1.3 四元可公度趋势判断

由四元可公度法计算如下:

首先计算公差 $\Delta X = X_a + X_b - X_c - X_d$,其中

$a + b = c + d, X_{18} = X_{17} + \Delta X$, 设 $X_1 = 1971, X_2 = 1975, X_3 = 1977, X_4 = 1981, X_5 = 1986, X_6 = 1987, X_7 = 1988, X_8 = 1990, X_9 = 1994, X_{10} = 1995, X_{11} = 2000, X_{12} = 2001, X_{13} = 2002, X_{14} = 2003, X_{15} = 2008, X_{16} = 2009, X_{17} = 2010$ 。

则计算结果 $\Delta X = 3$ 的频数最高。而 $\Delta X = 5$ 频数一般但也有出现,如 $X_8 + X_{11} - X_2 - X_{17} = 5$ 。

2.1.4 五元可公度趋势判断

利用五元可公度法,发现 2015 年具有很强的可公度性,频次达到了 351。其公式如下: $X_{18} = X_{17} + X_{15} + X_4 - X_{16} - X_3 = 2015$; $X_{15} + X_{13} + X_6 - X_{12} - X_4 = 2015$; $X_{10} + X_9 + X_7 - X_6 - X_2 = 2015$ 等。

结合三元、四元可公度可以得到,未来 10 年内,青海省在 2015 年发生 $M_s \geq 6.0$ 级地震的可能性比较大。

2.2 蝴蝶结构法及检验

蝴蝶对称结构图是自然灾害时间对称性结构的体现,是可公度方法关于时间结构认识的进一步表达^[7]。

根据可公度信息,绘制蝴蝶对称结构图(图 2),从图中可以看出,青海省 $M_s \geq 6.0$ 地震存在时间对称性规律。17 个灾害时间,我们要求至少有 4~5 组不同周期,在不同周期内呈现出多组如蝴蝶般的对称关系图,如与周期 15 a 有关的蝴蝶共有 8 只。该区域时间间隔以 6 a、7 a、8 a、13 a、15 a 最为显著,其中能与 2015 年衍生的“蝴蝶结构”套合的主周期有 6 a、7 a、13 a、15 a,与 2015 年相关的主周期有 6 a、7 a、13 a、15 a、14 a 等。

蝴蝶结构图的随机性概率: $T = m/n$,其中, T 为

灾害事件时间序列中预测年份发生的可能概率; n 为总灾害事件次数; m 为参与实际预测的灾害次数,即和主周期关联的年份统计。经计算,2015 年青海发生 6 级以上地震的可能概率为 72.2%。

3 结论

本文选取青海地区作为研究区域,对 1970 年以来 $M_s \geq 6.0$ 地震进行分析,利用可公度法对未来地震发生趋势作出判断,得到基本结论如下。

1) 1970 年以来青海地区 $M_s \geq 6.0$ 的地震有较好的“可公度”特征。经可公度计算,2015 年地震信号较强,有可能发生 ≥ 6.0 级地震。

2) 青海 $M_s \geq 6.0$ 地震存在时间对称性规律,时间间隔以 6a、7a、13a、15a 最为显著。通过蝴蝶结构图,我们发现 2015 年青海 $M_s \geq 6.0$ 地震信号最强,由蝴蝶结构法计算出的随机性概率也达到了 72.2%。

3) 应用可公度性方法探索天灾预测,是在不保证下次必然发生的情况下,以增加虚报概率的代价,给出若干可能发生的时段,从中提取非偶然的信号^[5]。本文基于可公度性方法,对青海省地震的时间对称性及其规律进行分析,对未来可能发生地震的年份进行了趋势判断,震级存在一定的误差,一般认为可接受的震级误差为小于等于 0.2 级,时间误差为 1 年。

4) 本文只是对青海地震的时间对称性上进行未来地震的发展趋势研究,对于可公度方法的空间对称性上还需进一步分析探讨,从而为防灾提供更详细的参考信息。

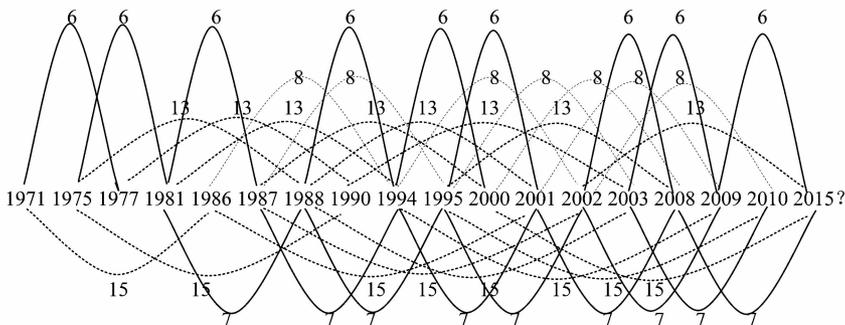


图 2 青海省 $M_s \geq 6.0$ 地震时间序列蝴蝶结构图

参 考 文 献

- 1 翁文波. 预测论基础. 北京:石油工业出版社,1984
- 2 许道一,Ouchi T. 亚洲大地震的时间有序性与沙罗周期. 地球物理学报,1999;42(增刊1):42—48
- 3 门可佩. 新疆地区 $M_s \geq 7$ 强震有序网络结构及其预测研究. 南京信息工程大学学报:自然科学版,2012;4(3):270—278
- 4 闫军辉,延军平. 新疆喀什地区地震活动趋势——基于可公度方
- 法的研究. 自然灾害学报,2011;20(6):177—180
- 5 门可佩. 我国旱涝灾害的可公度性及其预测研究. 中国减灾,1999;9(2):14—18
- 6 马玉虎. 关于对青海地区强震综合预报的思考. 高原地震,2005;17(3):8—17
- 7 李双双,延军平. 西太平洋俯冲带北部地区 $M_s \geq 8$ 强震时空对称特征. 地球物理学进展,2012;27(3):0960—0966

The Tendency Judgment of Future $M_s \geq 6.0$ Earthquake in Qinghai: A Commensurability-based Research

SHI Yue, CAO Guang-chao

(College of life and geography, Qinghai Normal University, Xining 710000, P. R. China)

[Abstract] Historic earthquake activity in Qinghai has been analyzed by the time symmetry based on the 17 times historical seismic data of Qinghai, and predicted the time of the future earthquake occurrence and provided the basic reference for earthquake monitoring in Qinghai. Based on the method of ternary, quaternary and quintuple commensurability, the earthquake whose magnitude is more than 6.0 in nearly 40 years is analysed. The results show that in the next 10 years, 2015, an earthquake with magnitude equal to or more than 6.0 is more likely to happen.

[Key words] tendency judgment symmetry commensurability butterfly structure Qinghai