

doi:10.3799/dqkx.2014.170

日本大震与中国及邻区中强地震的遥相关

曾小苹^{1,2}, 林泊宁², 陈维升^{3*}, 白志强³, 郑吉盎^{2,4}, 林云芳^{1,2}

1. 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081
2. 益正科技震磁关系研究课题组, 北京 102218
3. 北京工业大学地震研究所, 北京 100124
4. 益正科技公司, 洛杉矶 CA91731

摘要: 将日本从北至南划分为 5 个区, 分析 1900—2011 年 3 月共 110 a 期间发生的 67 个 $M_s=6.9\sim 9.0$ 大震事件, 与其后 4 a 在中国及邻区发生的 $M_s\geq 6.0$ (极个别为 $M_s=5.5\sim 5.8$) 共 569 个中强地震的对应比较. 得出结论: (1) 日本大震和中国及邻区中强震二者有很好的遥相关关系; (2) 分析了日本各区与中国及邻区地震相对应的特点; (3) 中国地区地震的滞后时间多为 0.5~2.0 a, 最长 4 a; (4) 用“遥相关法”预测 2011—2013 年期间, 中国及邻区的中强地震危险区. 年度预测与实际发生地震检验结果显示: 预测的 34 个次地震危险区中, “报对”28 个次, 约占总预测个次的 82%, “虚报”6 个次, 约占 18%, 显示“遥相关法”对年度地震预测有一定效果; (5) 提出“蜘蛛网”逆反应模型解释中国及邻区对日本大震的响应现象.

关键词: 日本大震; 遥相关; 中强震; 天然地震.

中图分类号: P315.7 **文章编号:** 1000—2383(2014)12—1864—09 **收稿日期:** 2014—09—01

Teleconnection between Great Earthquakes in Japan and Moderate-Strong Earthquakes in China and Its Vicinity

Zeng Xiaoping^{1,2}, Lin Boning², Chen Weisheng^{3*}, Bai Zhiqiang³, Zheng Ji'ang^{2,4}, Lin Yunfang^{1,2}

1. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China
2. E-Right Seismo-magnetic Study Group, Beijing 102218, China
3. Institute of Earthquake Prediction, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China
4. E-Right Research Company, Los Angeles CA91731, USA

Abstract: We quoted total 67 seismic events of $M_s=6.9-9.0$ in past 110 years (during 1900 to March 2011) in five divided regions from north to south in Japan and total 569 moderate-strong earthquakes of $M_s\geq 6.0$ in China and its vicinity to study their correlativity. The corresponding comparison was carried out to compare each Japanese earthquake and earthquakes occurred in China and its vicinity within 4 years (predominantly, $M_s\geq 6.0$). It is found that there are good correlations between great earthquakes in Japan and moderate-strong earthquakes in China and its vicinity. By studying the correlation characteristics, there are lag intervals, mostly from 6 months to 2 years but no more than 4 years, when earthquakes occurred in China after earthquakes in Japan. The “teleconnection prediction method” to predict the moderate-strong seismic risk regions in China and its vicinity is applied and positive results of 82% correctness (6 false predictions in 34 earthquake regions) are obtained. We try to use a “spider web” model of reverse reaction to explain the correlativity of earthquakes which we studied.

Key words: great earthquakes in Japan; teleconnection; moderate-strong earthquake; earthquake.

2011 年 3 月 27 日的《Nature》杂志发表了美国地质调查局(USGS)的地质学家一项最新研究: 3 月 11 日发生在日本的特大地震将不会引发其他地区出现类似的大地震. 他们研究了过去 30 年间发生在 $M_s 7$ 以上地震之后的超过 200 个的地震案例, 发现发生 $M_s 7$ 以上地震后, 距离震中 1 000 km 以

基金项目: 北京市教委项目 (Nos. 001000543214550, 302300514313001).
作者简介: 曾小苹 (1939—), 研究员, 主要从事地震及巨灾灾害链预测研究. E-mail: zengxp@vip.163.com
* 通讯作者: 陈维升, E-mail: wschen2012@126.com

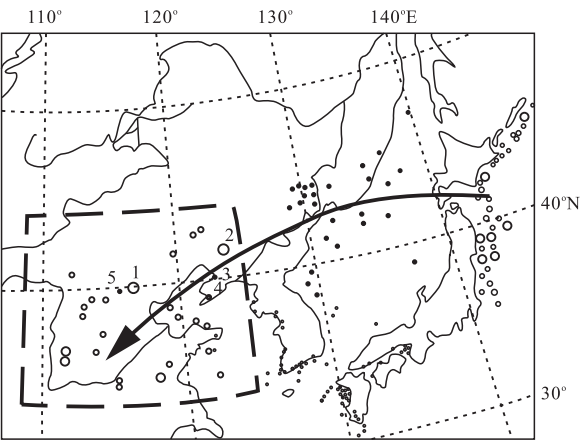


图 1 连接日本海沟与华北地区的大圆弧(吴佳翼等,1979)
Fig.1 A great arc to connect Japan Trench and North China

内的断层带出现了相应的反应以外,此距离以外看不到任何 5 级以上的触发地震(Parsons and Velasco,2011).有关与日本地震对应的地震迁移问题,此前已有地震学者吴家翼等(1979)对 1918—1978 年期间的 14 个日本海沟和华北地区的地震活动期进行统计分析,发现华北地区大地震与日本海西部深震有较好的相关性.他们的解释是:上地幔物质流的

可能路径在地面上的投影,是以球面大圆弧为中心线,以一定宽度从日本海沟通向华北地区(图 1).

本文将探讨 110 a 来日本大震与中国及邻区中强地震的相关关系,据此,由日本 2011 年发生的“311”巨震推测 2011—2014 年期间中国及邻区的中强地震,并对 2011—2013 年的地震做了每年的预测.

1 分区和选取地震的规则

1.1 日本地震海啸分区

为考察中国及邻区(或泛称为“中国地区”)中强地震与日本大震的相关性,笔者将日本大震的发生地从北至南划分为 5 个区.北海道区:140°~148°E, 40~48°N;北区:136°~144°E, 36°~42°N;中区:130°~144°E, 33°~36°N;南区:128°~136°E, 30~33°N;琉球区:124°~133°E, 24°~32°N.具体如图 2 中 5 个白线所围长方形区域.

1.2 中国中强震分区

中国地区按以下地理位置划分为 10 个区:东北地区:黑、吉、辽、东北深震区(包括邻区);华北地区:

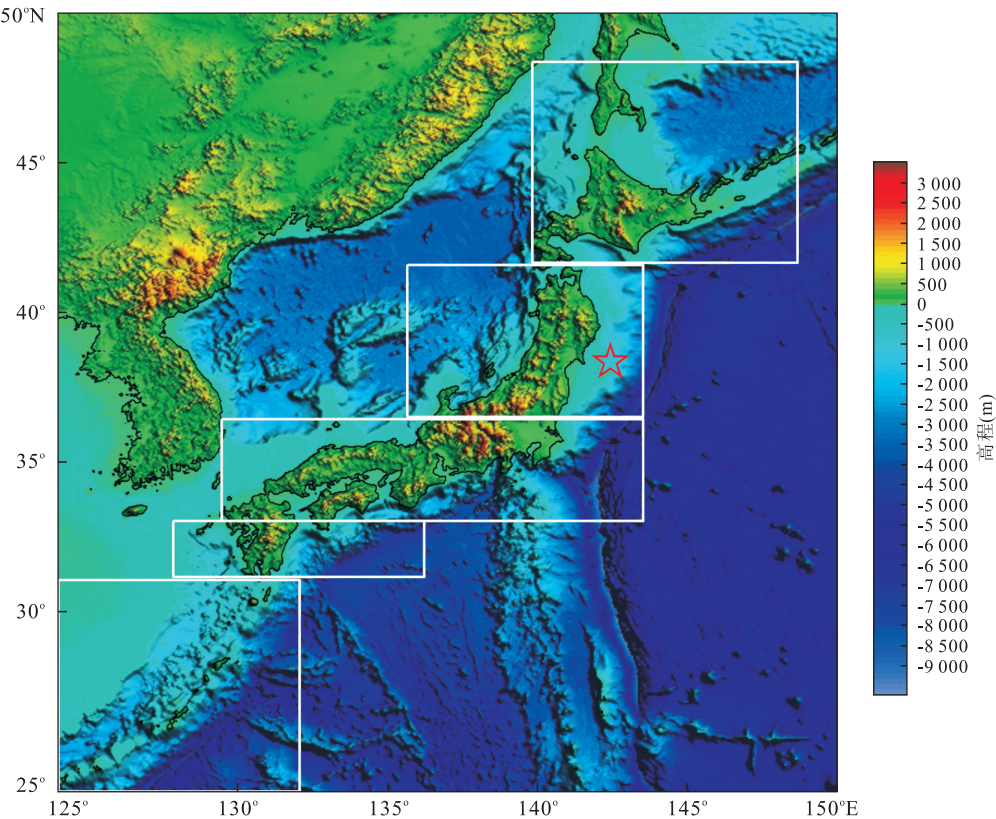


图 2 日本地震分区及 2011 年“311”地震震中位置(图中☆位置)
Fig.2 The seismic zoning in Japan and the epicenter of “311” great earthquake in 2011

京、津、冀、晋、渤海；内外蒙地区：内蒙、蒙古；华东：苏、鲁、沪、皖、黄海；华南地区：浙、闽、粤、南海、桂、北部湾；华中地区：豫、鄂、湘、赣；陕甘宁地区：陕、甘、宁；西南地区：川、滇、中缅界、中老（挝）界；新疆地区：新、周边国家和地区哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、阿富汗的兴都库什；青藏地区：青、藏、中印界、中锡（金）界、中尼（泊尔）界、中不（丹）；台湾地区。

1.3 震级选取原则

(1)日本地震：1900 年—2011 年 3 月 $M_s \geq 6.9$ 大震；(2)中国地区地震：日本大震发生后 4 a 内（个别最长为 4.6 a），中国及邻区 $M_s \geq 6.0$ 地震（个别为 $M_s = 5.5 \sim 5.8$ ）；(3)同一地点多个 $M_s \geq 6.0$ 的，若 2 个相隔时间超过 4 个月的地震，按 2 个地震事件计；(4)同一地点 4 个月内发生多个地震，算 1 个地震，以震级最大者计。

2 地震相关资料

地震目录采用《全球重大灾害性地震目录》（Dunbar *et al.*, 1992；Dunbar and Whiteside,

1996）、《中国强震目录》（中国地震局监测预报司预报管理处，2005）和地震速报目录（据中国地震台网中心地震数据管理与服务系统（<http://www.csnd-mc.ac.cn/newweb/data.htm>）2005 年 6 月～2011 年 3 月资料）。第 1 种目录中附有海啸资料，后两种目录中没有海啸资料。1900—2011 年 3 月期间日本大震序列及所在分区位置均列入表 1，各区大震数见表 2。

3 日本大震与中国地区地震的遥相关

3.1 日本分区大震与中国及邻区地震的对应统计

由表 1 和表 2 可知，1900—2011 年 3 月 110 a 期间，日本共发生 $M_s = 6.9 \sim 9.0$ 大震 67 个，中区和北区最多，分别约占总地震的 1/3 和 1/4，琉球区约占 1/5，北海道区和南区相对较少。67 个日本大震中有 65 个与中国地区中强地震有相互对应，占 97%。未对应的 2 个分别为 1901 年琉球 $M_s 7.9$ 和 1949 年北海道 $M_s 7.7$ 大震。具体对应情况如表 3。

3.2 中国及邻区中强震与日本 5 区大震对应统计

1900 年以来，中国及邻区发生与日本大震相关

表 1 日本大震的分区序列
Table 1 The zoning sequence of great earthquakes in Japan

编号	时间 (年—月—日)	震级 M_s	分区	编号	时间 (年—月—日)	震级 M_s	分区	编号	时间 (年—月—日)	震级 M_s	分区
01	1900—01—11	7.8	中区	24	1931—11—02	7.5	南区	47	1983—05—26	7.8	北区
02	1901—06—24	7.9	琉球	25	1933—03—02	8.9	北区	48	1984—08—06	6.9	南区
03	1901—08—09	7.9	北海道	26	1938—06—10	7.7	琉球	49	1993—02—07	6.9	北区
04	1904—06—07	7.9	北区	27	1938—11—05	7.7	北区	50	1993—07—12	7.6	北区
05	1904—08—24	7.9	琉球	28	1939—05—01	7.0	北区	51	1995—01—16	7.3	中区
06	1905—06—02	7.9	中区	29	1940—08—01	7.7	北海道	52	1995—10—18	7.3	琉球
07	1905—07—06	7.6	北区	30	1941—11—18	7.9	南区	53	1996—10—19	7.1	南区
08	1905—09—01	7.5	北海道	31	1943—09—10	7.4	中区	54	2000—07—30	7.0	中区
09	1906—01—21	8.4	中区	32	1944—12—07	8.3	中区	55	2001—03—24	6.9	中区
10	1909—03—13	8.3	南区	33	1946—12—20	8.4	南区	56	2002—03—26	7.1	琉球
11	1909—11—10	7.9	琉球	34	1948—06—28	7.3	中区	57	2004—09—05	7.4	中区
12	1910—02—12	7.6	中区	35	1950—02—28	7.8	北海道	58	2004—10—23	7.0	北区
13	1910—05—22	7.5	北海道	36	1952—03—04	8.6	北海道	59	2005—03—20	7.3	中区
14	1911—06—15	8.7	琉球	37	1953—11—25	8.3	中区	60	2007—01—15	6.9	中区
15	1914—11—24	8.7	南区	38	1958—03—11	7.5	琉球	61	2007—07—16	7.0	北区
16	1915—02—28	7.7	琉球	39	1964—06—16	7.4	北区	62	2007—07—16	6.9	中区
17	1915—11—01	7.8	北区	40	1968—04—01	7.8	南区	63	2008—09—11	7.1	北海道
18	1916—02—01	8.0	琉球	41	1968—05—16	8.1	北区	64	2008—08—09	7.2	中区
19	1916—04—21	7.8	中区	42	1969—01—19	7.6	北海道	65	2010—02—27	7.2	琉球
20	1919—05—03	7.6	北海道	43	1969—08—11	8.2	北海道	66	2010—12—22	7.4	琉球
21	1923—09—01	8.3	中区	44	1972—12—04	7.2	中区	67	2011—03—11	9.0	北区
22	1926—06—29	7.5	琉球	45	1974—05—08	7.0	中区				
23	1927—03—07	7.9	中区	46	1978—06—12	7.7	北区				

表 2 日本大震分区统计(1900—2011—03)

Table 2 The divisional statistics of great earthquakes during 1900 to March,2011 in Japan

区间段	北海道	北区	中区	南区	琉球	总计
总计	10	15	21	8	13	67
百分率(%)	14.9	22.4	31.3	11.9	19.4	100.0

表 3 日本各区大震与中国及邻区中强地震对应概况

Table 3 General view of correlation between great earthquakes in Japan and moderate-strong earthquakes in China and its vicinity

区间	北海道区	北区	中区	南区	琉球区	总计
日本大震个数 N_i	10	15	21	8	13	67
中国有对应个数 n_i	9	15	21	8	12	65
对应率 n_i/N_i (%)	90.0	100.0	100.0	100.0	92.3	97.0

的中强地震共 569 次,其中与日本中区相关的地震最多,占 35.5%;其次是与北海道和北区,相关的地震比例大于 18%;南区 and 琉球区相关的地震比例占 14%左右.

表 4 中国及邻区与日本各区大震的分区对应

Table 4 Summary of earthquakes in China and its vicinity corresponding to great earthquakes in divided zones in Japan

地区	具体省区	北海道	北区	中区	南区	琉球	总计	比例(%)
东北	深震区	2	4	11	2	6	25	4.40
	黑吉辽	1	—	2	2	—	5	0.90
	京津河北	—	2	4	1	—	7	1.20
华北	渤海	2	—	—	—	—	2	0.35
	山西	—	—	—	1	—	1	0.20
内外蒙	内蒙	—	2	4	1	2	9	1.60
	蒙古	1	2	4	1	—	8	1.40
华东	山东	—	2	—	1	—	3	0.50
	江苏/黄海/东海	2	4	5	2	2	15	2.60
华南	广东/南海	3	3	9	2	4	21	3.70
	广西/北部湾	—	1	—	—	—	1	0.20
华中	河南/湖北	—	—	—	2	—	2	0.35
	湖南/江西	—	—	1	—	—	1	0.20
陕甘宁	宁夏	2	—	—	—	—	2	0.35
	甘肃	—	2	3	3	2	10	1.70
西南	四川	8	6	12	2	2	30	5.30
	云南	9	11	22	8	7	57	10.0
	缅甸/老挝	—	2	9	2	3	16	2.80
青藏	青海	7	7	11	5	6	36	6.30
	西藏	16	9	20	7	7	59	10.40
	尼/印/锡/不丹	—	1	3	3	—	7	1.20
新疆	新疆	8	11	18	10	12	59	10.40
	兴都库什	2	3	4	2	2	13	2.30
	哈/吉/塔	—	2	4	3	2	11	1.90
台湾	台湾	41	31	56	20	21	169	29.70
总计		104	105	202	80	78	569	—
比例(%)		18.3	18.4	35.5	14.1	13.7	—	—

与日本大震相呼应最多的为台湾地区,占 29.7%,约占中国地区全部对应地震的 30%.大陆各区与日本大震对应最多的地区依次为新疆(14.6%,含外国邻区)、云南(12.8%)和西藏(11.6%).值得注意的是,大华北地区只有渤海和宁夏 2 个地区与北海道大震有关,其余京津冀、晋、鲁、内蒙、甘、华中等地区的中强地震,以及紧邻中国新疆、西藏和云南边界的邻国(哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、尼泊尔、不丹、锡金、印度、缅甸和老挝)等地区的中强地震都与北海道区的大震无关.与日本所有 5 个区大震都有对应关系的地区有:东北深震区、江苏和黄海、东海、广东和南海、四川、云南、青海、西藏、新疆、阿富汗的兴都库什、台湾等(表 4).

云南地区的地震几乎与日本 5 个区的大震都有呼应,其中与日本北区和中区大震相关的地震接近该区中强震的 60%.日本北区大震与中国及邻区对应的地震有 31 个次,其中台湾地区最多,接近 30%;新疆、云南和西藏地区分别为 15%、12%和

10.0%左右,日本中区大震对应中国及邻区的地震次数最多,有 202 次,其中仍然是台湾、云南、新疆和西藏地区的地震最多,分别占 27.7%、15.3%、12.9%和 11.4%.44.0%的深震都发生在日本中区大震之后.笔者选取了中国 31 个重要地震,如 1927 年甘肃古浪 $M_s8.0$ 、1931 年新疆富蕴 $M_s8.0$ 、1954 年山丹 $M_s7.25$ 、1955 年四川康定 $M_s7.5$ 、1957 年蒙古 $M_s8.3$ 、1973 年四川炉霍 $M_s7.6$ 、1974 年云南大关 $M_s7.1$ 、1974 年新疆巴里坤 $M_s7.1$ 、1975 年辽宁海城 $M_s7.3$ 、1976 年河北唐山 $M_s7.8$ 和四川松潘 $M_s7.3$ 、1995 年云南孟连 $M_s7.3$ 、2001 年青海喀喇昆仑山口西 $M_s8.2$ 和 2008 年四川汶川 $M_s8.0$ 等地震,均发生在日本中区大震后 1.5 a 左右.

日本南区大震与中国台湾、新疆地区的对应率分别为 25.00%、18.75%,西藏和云南均为 12.50%,陕西、宁夏、广西、江西、河南和渤海等地无地震对应,其余地区对应的地震分布比较均匀.

琉球群岛大震与中国地区 78 个次中强地震对应,同样,台湾和新疆对应最多,分别占 1/4 和 1/5;其次是云南和西藏地区,分别为 12.8%和 9.0%;东北深震和和青海均有 7.7%的地震对应.东北深震地区发生震源深度为 430~595 km、 $M_s\geq 6.0$ 的强震 21 个, $M_s=5.5\sim 5.9$ 地震 4 个.21 个强震中与日本大震后 1 a 有对应的 18 个,占 85.7%;11 个与日本中区大震有对应(占 52.4%);21 个强深震与日本南区大震无对应;有近 1/4(24%)的 $M_s\geq 5.5$ 深震与琉球大震相关.中国及邻区中强地震与日本大震对应的平均滞后时间在琉球区约为 0.5 a,在北区约为 2 a,其余 3 区为 1.0~1.5 a.有中国 3 个地区的滞后时间约为 4.5 a,即山东菏泽、新疆富蕴和蒙古,其震级分别为 $M_s7.4$ 、 $M_s8.1$ 和 $M_s7.9$ (表 4).

4 “蜘蛛网”逆反应模型

日本大震与中国及邻区中强地震的遥相关分析结果显示:二者有明显的对应关系.笔者试图通过提出“蜘蛛网”逆反应模型解释此现象.在“蜘蛛网”逆反应模型中,假设日本地区处于“蜘蛛网”的中心,中国及邻区与蛛网中心有诸多连线,相当于地下可能的物质流通道,或是振动的传播路径.蛛网中心地震传播的过程与蜘蛛捕食时蛛网抖动正好相反,所以称之为逆反应模型(图 3).

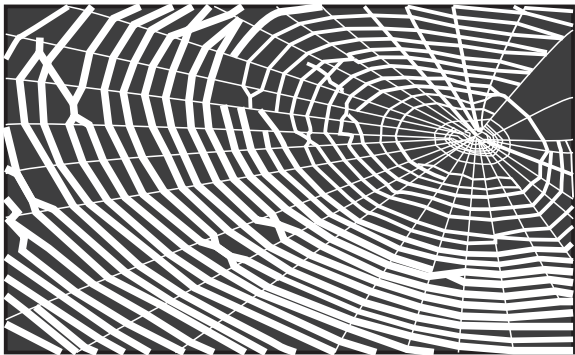


图 3 日本大震与中国及邻区中强震遥相关的蜘蛛网逆反应模型

Fig.3 “Spider web” model showing reverse reaction which connects the moderate-strong earthquakes occurred in China and its vicinity and the great earthquakes in Japan

5 遥相关“蜘蛛网”模型的应用

日本东北部外海三陆冲、仙台以东的近海,2011 年 3 月 11 日发生了 $M_s9.0$ 的特大地震并引发海啸,被命名为“东日本大地震”.笔者选取了 1900—2011 年 3 月期间,日本北部仙台三陆町近海($38^{\circ}\text{N}\sim 40^{\circ}\text{N}$, $142.5^{\circ}\text{E}\sim 144.5^{\circ}\text{E}$)范围内发生的 16 个大震海啸事件,考查每个事件后 4 a 内中国地区发生的中强震分布.发现历史上仙台近海(“三陆町”)有 2 个与“311”大地震海啸类似事件:1933 年 3 月 2 日 $M_s8.9$ 巨震引发海啸和 1983 年 5 月 26 日 $M_s7.8$ 地震海啸.1~4 a 后,分别对应于这两次地震海啸的中国及邻区的重要地震列于表 5.

根据“蜘蛛网”逆反应模型,“311”东日本大地震海啸的发生,意味着蜘蛛网中心的“大蜘蛛”在日本北区动了,那么,相关联的某些远处端点可能在未来 4 a 内被触发“振动”(表 5).据此,笔者绘制了 2011—2014 年期间可能的“遥相关”地震图件,每年年初再次检查后以年度预测意见形式,分别于 2011 年 4 月 8 日、2012 年 4 月 1 日和 2013 年 3 月 31 日,向中国地球物理学会天灾预测委员会呈交 2011 年、2012 年和 2013 年年度全国地震预测意见(中国地球物理学会天灾预测专业委员会 2011—2013 年天灾预测意见汇编(黄皮书)).具体预测与对应情况见图 4 和表 6.

(1)图表分析说明.在应用“遥相关法”预测中国及邻区 2011—2013 年中强地震过程中,笔者主要针对“311”东日本大地震海啸事件进行讨论.在 3 a 间共

表 5 与“311”东日本大地震类似的 2 个事件相关的中国地区重要地震

Table 5 The significant earthquakes in regions of China correlated to 2 seismic events which are similar to the great earthquake in East Japan of “311”

1933 年 3 月 2 日 M_s 8.90				1983 年 5 月 26 日 M_s 7.80			
编号	年份	震级 M_s	地点	编号	年份	震级 M_s	地点
01	1933	7.50	四川茂汶	12	1983	6.00	山东菏泽
02	1934	6.00	新疆乌鲁木齐北	13	1984	6.10、6.20	南黄海
03	1935	7.10	台湾苗栗	14	1984	6.30	云南孟连
04	1935	6.00、6.00	台湾新竹	15	1985	7.10、6.60	新疆乌恰
05	1935	6.00、6.00	四川马边	16	1985	5.80	云南盈江
06	1936	6.75	甘肃康乐	17	1986	5.10	青海玉树
07	1936	6.75	广西灵山	18	1986	7.30、6.80	台湾花蓮
08	1936	6.75、6.75	四川马边	19	1986	6.40	青海格尔木
09	1936	6.00	甘肃天水	20	1986	6.50	青海门源
10	1937	7.50、7.60	青海阿兰胡	21	1986	5.50	黑龙江德都
11	1937	7.00、6.75	山东菏泽	22	1987	5.80	新疆拜城
				23	1987	6.40	新疆乌什
				24	1987	5.80	甘肃迭都
				25	1987	6.10	青海茫崖

提出了 34 个危险地震区(表 6).需要说明的是:在上表中编号为 12-05 的为根据其他方法圈定的危险区,不参与本文“遥相关法”的统计和检验,而 12-11 在 2012 年年度预测图圈定中被遗漏了(图 4b,图 4c),该危险区在 2011 年 4 月早已圈定.

(2)地震三要素的误差算法.年度预测的时间范围为提出预测当年 4 月至次年 3 月.在此预测期间发生地震的时间误差 $\Delta T=0$ a(即 12 个月内);地点误差 ΔR 以圈定地震危险区的几何中心与实际发生地震的震中之间的距离计算,单位为 km;震级误差 $\Delta M=M_{s0}-M_s$, M_{s0} 为预测震级, M_s 为实发地震震级.

(3)预测效果.以 $\Delta R\leq 500$ km 内 $\Delta T\leq 2$ 年发生 $M_s\geq 5.0$ 的地震统计.在预测的 34 个危险地震区中,有 6 个区未发生地震,即有 28 个次地震危险区“报对”,约占 82%，“虚报”率约为 18%.6 个未发生地震的地区,除广东外,均为内陆地区:即广西中南部、山东菏泽、晋冀蒙交界、内蒙东南部和青海共和地区,原因尚待考察和研究.

预测在 1 a($\Delta T=1\sim 12$ m)内发生的地震区 21 次,约占预测区的 62%,在 0~0.9 a(17 个月)内,共 27 次,约占 79%;地点误差 $\Delta R\leq 200$ km 和 500 km 的分别有 16 和 28 次,约占预测区的 47%和 82%;震级误差 $\Delta M\leq 0.5$ 和 1.0 的分别为 14 和 21 次,约占 41%和 62%(表 7).

预测的和实际发生的地震对应最好的地区是台湾、东北深震地区、南北断裂带和川滇藏缅甸交界的

高地热地区.

6 结论和讨论

(1)通过针对 1900—2011 年 3 月共 110 a 期间,日本发生的 67 个大震与其后 4 a 内中国及邻区发生的 569 个中强地震,按地震分区的遥相关分析,发现日本 67 个大震中,有 65 个与中国地震有相关关系,对应率为 97%.逐个考察日本分区与中国地区地震的相互对应关系,找出二者遥相关的时间、空间分布特点,为年度预测提供了一个参考背景.

(2)在分析日本北区大震与中国地区地震的遥相关基础上,笔者利用“311”东日本大地震事件,对 2011—2013 年中国及邻区中强地震做了年度预测,并与实际发生的地震做了效果检验.结果显示遥相关法对年度地震预测三要素的能力是:①时间误差:1 a 和 2 a 内实际发震区分别为预测区总数的 62%和 100%;②地点误差:200 km 和 500 km 内分别约占 47%和 82%;③震级误差:1 级和 2 级的分别约占 62%和 82%.

(3)日本大震与中国及邻区中强地震相关关系很好.虽然 Parsons and Velasco(2011)的研究仅将大地震所相关影响到的地震范围限制在大地震破裂长度的 2~3 倍的距离,但笔者的研究发现大地震可能影响更遥远的地区,例如日本“311”大震影响了包括中国地区的地震发生.这种遥相关现象符合笔者提出的地震“蜘蛛网”逆反应模型.在笔者所进行的

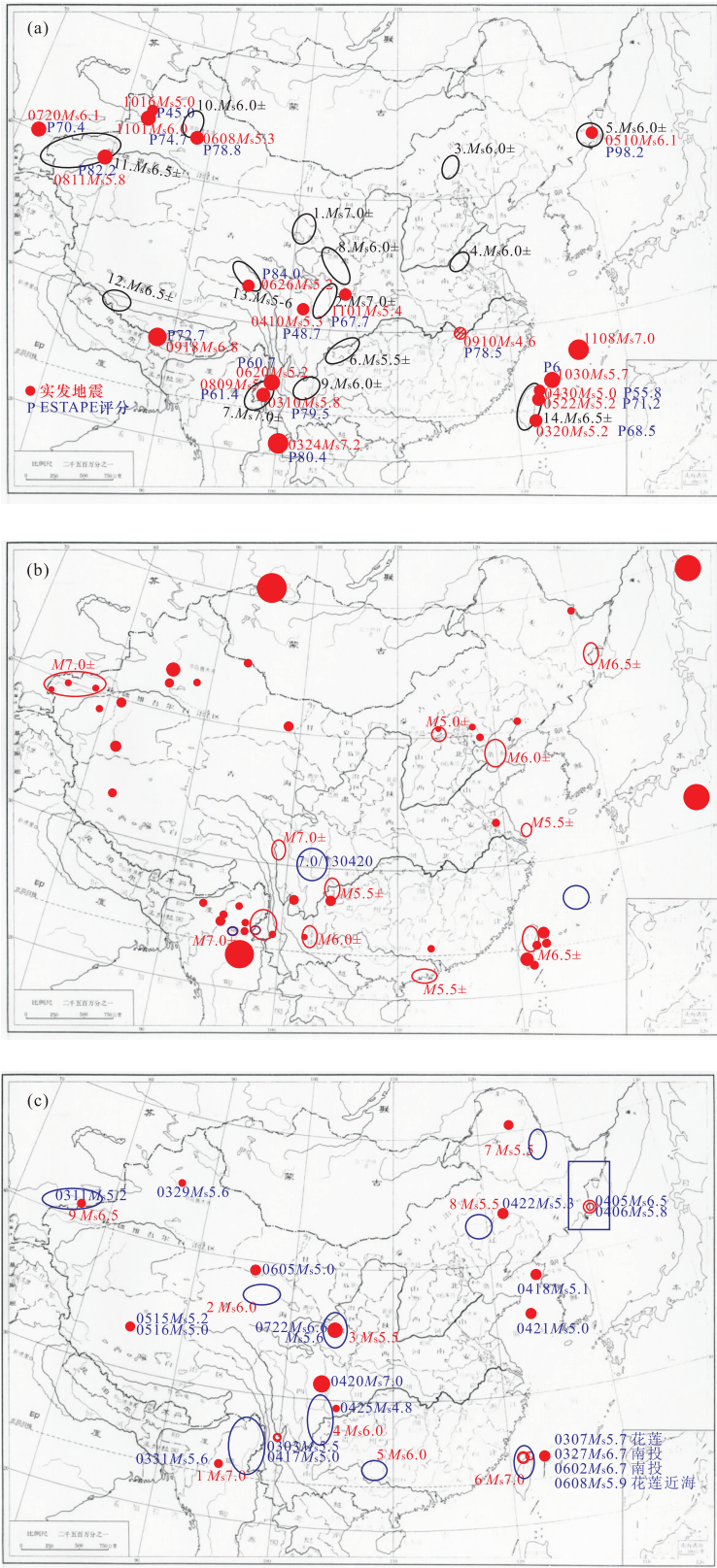


图 4 日—中地震遥相关法对中国中强地震危险区年度预测图与实发震中分布(图中红色圆圈表示为震中)

Fig.4 The annual prediction diagrams showing the moderate-strong seismic risk regions in China by using the method of tele-connection and the real epicenters

a.2011 年地震趋势预测(由曾小苹,林云芳和郑吉益 2011 年预测);b.2012 年地震趋势预测;c.2013 年地震趋势预测(由曾小苹和林云芳 2013 年绘制)

表 6 “311”东日本大地震遥相关预测中国地震($M_s \geq 5.0$)及检验

Table 6 The prediction and verification of earthquakes in China($M_s \geq 5.0$) by teleconnection with the great earthquake of “311” in East Japan

编号	预测意见		实发地震			预测误差		
	地点	震级 M_{s0}	日期	地点	震级 M_s	时间 $\Delta T(a)$	震中距 (km)	震级 ΔM
11-01	青海共和	7.0						
11-02	汶川震区	7.0	20110410	31.3°N,100.9°E 四川炉霍	5.3	0	258	1.7
11-02	汶川震区	7.0	20130420	30.3°N,103.0°E 四川芦山	7.0	2	195	0.0
11-03	内蒙赤峰—巴林	6.0						
11-04	山东菏泽	6.0						
11-05	东北深震区	6.0	20110510	43.3°N,131.2°E 吉林珲春	6.1	0	8	0.1
11-06	重庆—云南昭通	5.5	20120907	27.5°N,104.7°E 云南彝良	5.7	0.4	115	0.2
11-06	重庆—云南昭通	5.5	20120907	27.6°N,104.7°E 云南彝良	5.6	0.4	104	0.1
11-07	云南腾冲—缅甸	7.0	20110324	20.8°N,99.8°E 缅甸	7.2	0	451	0.2
11-08	甘肃东南部	6.0	20111101	32.6°N,105.3°E 甘川交界	5.4	0	273	0.6
11-09	云南昆明—姚安	6.0	20120624	27.7°N,100.7°E 云南宁蒗	5.7	0.2	277	0.3
11-10	新疆乌鲁木齐	6.0	20111101	43.6°N,82.4°E 新疆伊犁	6.0	0	452	0.0
11-11	新疆西南乌恰	6.5	20110720	40.1°N,71.4°E 吉尔吉斯	6.1	0	441	0.4
11-11	新疆西南乌恰	6.5	20110811	39.9°N,77.0°E 新疆阿图什	5.8	0	75	0.7
11-12	西藏西南仲巴	6.5	20110918	27.7°N,88.2°E 印度—锡金	6.8	0	413	0.3
11-13	青海东南玉树	5.5	20110626	32.4°N,95.9°E 青海玉树	5.2	0	123	0.3
11-14	台湾	6.5	20120225	22.8°N,120.8°E 台湾屏东	6.0	0	81	0.5
12-01	南黄海—长江口	5.5	20130421	35.2°N,124.6°E 黄海	5.0	0.1	385	0.5
12-02	四川马边—滇东北	5.5	20120907	27.5°N,104.7°E 云南彝良	5.7	0	91	0.2
12-02	四川马边—滇东北	5.5	20120907	27.6°N,104.7°E 云南彝良	5.6	0	80	0.1
12-03	台湾苗栗—新竹	6.5	20120226	22.8°N,120.8°E 台湾屏东	6.0	0	172	0.5
12-03	台湾苗栗—新竹	6.5	20120409	24.1°N,122.3°E 台湾花莲	5.5	0	114	1.0
12-03	台湾苗栗—新竹	6.5	20120606	22.4°N,121.4°E 台湾台东	5.6	0	212	0.9
12-03	台湾苗栗—新竹	6.5	20120610	24.5°N,122.3°E 台湾宜兰	5.9	0	114	0.6
12-03	台湾苗栗—新竹	6.5	20120615	23.7°N,121.6°E 台湾花莲	5.5	0	78	1.0
12-04	云南腾冲—盈江	7.0	20121001	28.0°N,99.0°E 缅甸北	5.8	0	429	1.2
▲12-05	云南昆明—姚安	6.0	20120624	27.7°N,100.7°E 云南宁蒗	5.7	0	460	0.3
12-06	新疆阿图什	7.0	20120302	39.7°N,74.3°E 新疆乌恰	5.0	0	150	2.0
12-06	新疆阿图什	7.0	20120309	39.4°N,81.3°E 新疆和田	6.0	0	456	1.0
12-06	新疆阿图什	7.0	20120601	39.9°N,75.1°E 新疆乌恰	5.0	0	95	2.0
12-06	新疆阿图什	7.0	20120811	40.0°N,78.2°E 新疆阿图什	5.2	0	200	1.8
12-07	广东阳江地区	5.5						
12-08	东北深震地区	6.5	20130405	42.8°N,131.1°E 中俄交界	6.5	0.1	219	0.0
12-09	渤海地区	6.0	20130518	37.7°N,124.7°E 渤海东	5.1	0.2	447	0.9
12-10	晋冀蒙三省界	5.0						
▲12-11	四川道孚地区	7.0	20130420	30.3°N,103.0°E 四川芦山	7.0	0.1	207	0.0
▲12-11	四川道孚地区	7.0	20130812	30.0°N,98.0°E 西藏昌都	6.1	0.3	308	0.4
13-01	缅甸—云南腾冲	7.0	20130331	23.0°N,96.5°E 缅甸	5.8	0	190	1.2
13-01	缅甸—云南腾冲	7.0	20130417	25.9°N,99.8°E 云南洱源	5.0	0	287	2.0
13-01	缅甸—云南腾冲	7.0	20130920	95.5°N,22.8°E 缅甸	5.7	0	270	1.3
13-02	青海西北	6.0	20130605	38.5°N,92.4°E 青海海西	5.1	0	478	0.9
13-03	甘肃东南	5.5	20130722	34.5°N,104.2°E 甘肃定西	6.6	0	38	1.1
13-03	甘肃东南	5.5	20130722	34.5°N,104.2°E 甘肃定西	5.6	0	38	0.1
13-04	川滇交界	6.0	20130420	30.3°N,103.0°E 四川芦山	7.0	0	340	1.0
13-05	广西中南部	6.0						
13-06	台湾中部	7.0	20130327	24.0°N,121.0°E 台湾南投	6.5	0	15	0.5
13-06	台湾中部	7.0	20130602	23.9°N,120.9°E 台湾南投	6.7	0	0	0.3
13-06	台湾中部	7.0	20130608	24.0°N,122.9°E 台湾花莲	5.9	0	204	1.1
13-06	台湾中部	7.0	20131031	23.5°N,121.4°E 台湾花莲	6.7	0	68	0.3
13-07	五大连池	5.5	20130625	49.8°N,125.2°E 黑龙江	5.0	0	255	0.5
13-07	五大连池	5.5	20131031	44.6°N,124.2°E 吉林松原	5.8	0	391	0.3
13-08	东北深震区	5.5	20130405	42.8°N,131.1°E 中俄交界	6.5	0	100	1.0
13-08	东北深震区	5.5	20130406	42.8°N,131.1°E 中俄交界	5.8	0	100	0.3
13-08	东北深震区	5.5	20130902	42.2°N,133.6°E 俄罗斯海中	5.7	0	217	0.2
13-08	东北深震区	5.5	20131030	43.3°N,130.9°E 吉林珲春	5.3	0	156	0.2
13-09	内蒙东南	5.5	20130422	42.9°N,122.4°E 通辽—阜新	5.3	0	293	0.2
13-10	新疆西南	6.5	20130311	40.2°N,77.5°E 新疆阿图什	5.2	0	218	1.3

表 7 28 个对应的地震预测区三要素误差情况

Table 7 The errors of three elements in 28 corresponding earthquake prediction areas

三要素	$\Delta T(a)$			$\Delta R(km)$			ΔM		
	0	0.1~1.9	2.0	0~100	101~200	201~500	0.0~0.5	0.6~1.0	1.0~2.0
<i>n</i>	21	6	1	4	12	12	14	7	7
<i>n</i> /34(%)	61.8	17.6	2.9	11.8	35.3	35.3	41.2	20.6	20.6

2011—2013 年度地震预测中也得到了印证。

致谢:在本文的投稿排版过程中,中国地质大学(武汉)曾佐勋教授和他的研究生贺赤诚做了反复的修改完善工作,在此深表感谢。

References

Dunbar, P.K., Lockridge, P.A., Whiteside, L.S., 1992. Catalog of Significant Earthquakes, 2150 B.C. — 1991 A.D. Including Quantitative Casualties and Damage. NOAA National Geophysical Data Center Report SE-49, Boulder, Colorado (in Chinese).

Parsons, T., Velasco, A.A., 2011. Absence of Remotely Triggered Large Earthquakes beyond the Mainshock Re-

gion. *Nature Geoscience*, (4): 312 — 316. doi: 10.1038/ngeo1110

Wu, J.Y., Yu, S.J., He, S.Y., 1979. The Correlation of Earthquake Occurrence between Northeastern China and Japan. *Acta Geophysica Sinica*, 22 (4): 415 — 438 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

Dunbar, P.K., Whiteside, L.S., 1996. 全球重大灾害性地震目录(2150BC~1991AD). 国家地震局震害防御司译. 北京:地震出版社.

吴佳翼, 郁曙君, 何淑韵, 1979. 华北地震同日本地震的相关性. *地球物理学报*, 22(4): 415—438.