

长波辐射(OLR)信息预测华北地震的方法研究

康春丽¹, 刘德富², 陈艳³, 周晓成²(1. 中国地震台网中心, 北京 100036;
2. 中国地震局地震预测研究所, 北京 100036; 3. 北京大学, 北京 100871)

摘要:利用卫星对地遥测长波辐射(OLR)信息,分析了华北地块 OLR 信息场的空间分布及其变化特征,结合地震活动分布特点进行了短期预测中强地震判定指标的方法研究。结果表明该方法可对华北地区短期内有无可能发生 $M5$ 以上的显著地震做出较为明确的诊断。经近一年的实际检验效果良好,对华北地区震情监测预报有实用价值。

关键词:长波辐射(OLR)信息;华北;地震预测方法

中图分类号: TP79:P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2006)01-0059-05

Research on Earthquake Prediction Method in North China Using Outgoing-Longwave-Radiation Information

KANG Chun-li¹, LIU De-fu², CHEN Yan³, ZHOU Xiao-cheng²(1. China Earthquake Network Center, CEA, Beijing 100036, China;
2. Institute of Earthquake Prediction, CEA, Beijing 100036, China; 3. Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Based on the information of OLR (Outgoing-Longwave-Radiation) of the satellite telemetry, the spatial distribution and its variation characteristics of the OLR information field in North China are analyzed, and the method for the determination indexes of moderate-strong earthquakes in short-term prediction by combining with seismic activity features is discussed. The result shows that this method may give a specific estimation whether there will be earthquakes with $M \geq 5$ in the near future in North China, with good test effectiveness in practice of one year. The method has a practicality for monitoring and forecasting short-term seismic situation in the near future in North China.

Key words: Outgoing-Longwave-Radiation information; North China; Earthquakes prediction method

0 前言

卫星遥感技术以其覆盖域广、精度高、数据密度大等优点,引起了世界各国地震学家的广泛关注,先后开展了卫星遥感在地震预报中的探索性应用研究,并从不同的角度揭示了地震发生的遥感信息指征^[1-6]。然而对一个确定地区能否利用遥感信息进行短期月际尺度有无中、强地震事件发生的跟踪预测,国内外还都未见进行。这种预测单纯通过跟踪日际热红外亮温图像的演变是困难的,必须另择适宜月际尺度的遥感信息物理量,通过数值分析处理提取诊断指标才有实用意义。考虑到地震的孕育发

生过程中有能量积累并伴随有电磁辐射征象,作者曾分析了卫星遥感地—气系统“射出长波辐射通量”这一物理量场的空间分布,特别是其震前短期孕震地区的变化特征,结果表明这种辐射信息在许多次大震前都有显著异常。最新的例证如2004年12月26日发生在印度尼西亚苏门答腊岛西北的8.7级特大地震,在震前1~2个月震区周围遥感辐射信息的持续性异变就是多年来少有过的^[7]。为将这种辐射信息用于一个确定区域的地震监视预测,本文以华北地区为例,研究了逐月诊断有无中强

收稿日期:2005-06-15

基金项目:北京市科委项目(H030630090190);国家973项目(2005CB724803)

作者简介:康春丽(1964-),女,陕西大荔人,副研究员,主要从事卫星遥感热红外技术在地震预测中的应用等方面的研究。

震事件的方法,其结果可用于华北地区的震情预测。

1 确定预测区域及预测对象

华北地块是我国地震活动的一个多发区。考虑到该地块内的中强地震主要集中在山东郯渤带、燕山带、山西带以及河北平原带等四条构造活动带上,本文选取北纬 35° — 43° 、东经 110° — 120° 范围为预测研究区,以1976年至2003年间发生的5级左右以上的中强地震为预测研究的对象。从表1可见,在28年的336个月中有32个月度发生过中强以上地震事件(不计唐山主震后老震区的近期余震),月发生率仅为9.5%。但在这32个月次事件中M5以上的地震事件又多达25次,占78%。因此如何做好该区域短期(三个月)内有无中强震事件的预测至关重要。

表1 华北预测区中强地震事件表^[8]

序号	时间	北纬/ $^{\circ}$	东经/ $^{\circ}$	震级/M	地点
1	1976-04-06	40.2	112.1	6.3	内蒙和林格尔
2	1976-07-28	39.4	118.0	7.8	河北唐山
3	1977-03-07	39.9	118.9	5.9	河北唐山
4	1980-02-07	39.5	117.9	5.2	河北玉田
5	1980-08-02	36.0	113.9	5.1	河南林县
6	1981-08-13	40.6	113.4	5.8	内蒙丰镇
7	1981-11-09	37.4	114.9	6.1	河北邢台
8	1982-10-19	39.9	119.0	5.3	河北卢龙
9	1982-12-10	40.3	116.3	5.0	北京
10	1983-04-03	40.7	114.8	5.1	河北张家口
11	1983-11-07	35.3	115.4	6.2	山东菏泽
12	1985-04-22	39.7	118.8	5.0	河北隆尧
13	1985-06-21	42.4	113.5	5.8	内蒙苏尼特右旗
14	1985-11-21	40.0	115.5	4.8	北京
15	1985-11-30	37.2	114.8	5.6	河北邢台
16	1986-11-10	40.0	116.4	4.8	北京
17	1989-10-19	39.9	113.9	6.1	山西大同
18	1991-01-29	38.4	112.5	5.5	山西忻州
19	1991-03-26	40.0	113.8	6.1	山西大同
20	1995-09-20	35.0	118.0	5.6	山东苍山
21	1996-05-03	40.5	109.4	6.6	内蒙包头
22	1996-07-17	42.0	120.2	5.1	内蒙傲汉旗
23	1997-05-25	40.4	114.5	4.7	河北宣化
24	1997-09-18	38.0	121.2	4.8	山东长岛
25	1998-01-10	41.1	114.3	6.2	河北尚义
26	1998-04-14	39.7	118.5	5.0	河北唐山
27	1998-06-02	41.2	114.4	4.8	河北张北
28	1998-08-13	41.0	114.6	4.7	河北张北
29	1999-03-11	41.1	114.4	5.5	河北尚义
30	1999-11-01	39.9	113.9	5.7	山西大同
31	2001-03-02	40.4	114.9	4.7	河北深井堡
32	2002-04-22	37.3	114.4	5.4	河北内丘
33	2002-05-19	39.4	118.0	4.7	天津宁河

注:不含唐山主震后老震区近期余震事件。

2 卫星遥感信息短期判定指标的建

2.1 卫星遥感产品的选取及变化特征分析

为适应短期月际地震预测的需要,所选遥感信息一方面应能反映月际尺度的时空变化特征,另一方面要具有长时间的遍历性,以便能在普适性分析基础上提取月度判定指标。美国国家海洋大气管理局发射的NOAA极轨气象遥感卫星提供的长波辐射(Outgoing Longwave Radiation,简称OLR)数据,自1974年起至今已有30多年的资料积累,其空间分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。OLR数据不仅能满足遍历性分析研究和提取地震信息指征的需要,而且可通过因特网连续获取(包括日均值、月均值),以用于未来的地震预测。因此,本研究以OLR资料为研究的主要信息源,进行短期尺度内中强地震的定量判定指标研究。

对所获取的NOAA卫星数据进行处理后,形成华北地区范围内的OLR数据,以月计平均值,按地理经纬度构成 2.5° 间距的网格化数值场作为研究的基准面,逐月分析中强震发生前OLR实测数值场的分布及变化特征。对1975—2003年共计300多个月华北地区OLR月平均实测数值场的分析结果表明,华北西北部NW与EW向构造交汇区上的某些特殊部位(如($N40^{\circ}$ 、 $E112.5^{\circ}$)和($N37.5^{\circ}$ 、 $E112.5^{\circ}$)二点位)的辐射变化同其周围环境比较,在未来短期有震与无震前的差异有明显不同。其主要特征是:有强震孕育时所处构造交汇部位附近地区的辐射值大多是在周围环境辐射场呈负值减弱变化的背景下反而增强,形成明显的正值变化中心;而无震孕育时同一构造部位无此特征,如表2和表3

表2 1976年3月OLR距平场数值分布
(单位: $0.1 W/m^2$)

经纬度	107.5	110	112.5	115	117.5	120
50	-45	-39	-27	10	16	-5
47.5	-30	-18	-15	-10	-12	-17
45	-42	-25	24	16	-8	-29
42.5	-18	8	10	13	-13	-30
40	-7	14	3	-12	-7	-7
37.5	-13	-15	-74	-69	-45	-31
35	-55	-17	-14	-22	-45	-19

注:□表示其后4月6日发生6.3级地震

表3 1993年3月OLR距平场数值分布
(单位: $0.1 W/m^2$)

经纬度	107.5	110	112.5	115	117.5	120
50	51	48	56	78	93	91
47.5	62	60	34	26	50	66
45	26	34	19	-14	-4	44
42.5	5	37	42	35	77	84
40	35	20	44	60	80	77
37.5	23	52	87	79	85	92
35	42	55	67	70	57	60

所示。本研究就是期望通过对这些特殊构造部位点 OLR 变化特征的追踪,能够对该地区未来短期是否有明显的地震发生作出较为准确的判断。

2.2 华北地区地震热红外短期定量预测指标研究

根据上述特征,作者选取山西地震构造带同燕山地震构造带相交汇部位二个点位即(N40°, E112.5°)和(N37.5°, E112.5°)为预测的特征点,两个特征点 OLR 辐射通量的梯度差值为异常判定点。表4所列历年各月构造交汇点位的梯度差值,与其多年平均值进行比较后提取出了通过监视特殊构

造部位 OLR 涡变信息的短期(月际)地震预测指标,指标线的具体数值给出在表4末。按各月指标线对表1中发生的历史地震做遍历性预测检验,统计结果显示(如表5):预测短期(3个月尺度)华北地区有中、强震发生的指标有效率能达到87.1%,失效率仅为12.9%;预测5级以上的有效率可达70.1%,失效率为30%。需要强调指出的是,上述预测指标在本研究的时、空范围内,没有漏报5.4级以上破坏性地震事件,因而已具有实用意义。

表4 构造点位(N37.5°-40°, E112.5°)长波辐射(OLR)梯度差值表

月份	月际 OLR 梯度差值(单位:0.1 W/m ²)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1976	-23	21	68	63	-21	-9	-47	33	23	9	-11	25
1977	-16	-37	-28	12	-2	26	-5	36	-32	25	25	14
1978	3	13	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
1979	-51	-11	-5	-65	-35	1	-52	-34	-10	-16	-32	15
1980	-12	3	-3	26	-41	27	-43	4	-7	-21	-18	-33
1981	-10	22	-16	-29	-57	62	-35	-28	32	-30	-25	-40
1982	-4	-22	6	8	-84	-77	-98	9	34	3	4	-20
1983	-9	-34	30	-35	18	8	-49	49	-33	49	-3	-312
1984	-18	30	-43	-81	60	27	-36	-8	23	10	-4	-3
1985	19	-8	51	-7	-10	23	2	2	38	41	-20	4
1986	-21	5	-22	13	-6	-14	19	-43	36	2	-7	-1
1987	-40	-11	7	-27	-4	-7	-21	-23	-27	24	10	7
1988	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
1989	-9	-75	32	35	-36	48	45	-34	-4	14	-11	11
1990	-27	-7	3	-45	5	28	16	34	-28	-6	35	1
1991	-19	-16	-7	-9	-38	53	4	58	6	-17	-9	-15
1992	-3	-1	-13	3	10	-6	-11	0	-12	-24	-28	11
1993	-35	-19	-34	-13	29	-53	82	73	25	40	34	1
1994	4	-14	2	50	4	-10	-14	-61	1	10	-6	-10
1995	-17	-1	-53	-39	-83	-56	-10	-33	-21	11	-11	-1
1996	-8	7	28	-56	-25	85	9	-33	25	22	-1	-21
1997	21	26	10	67	60	58	79	61	35	8	-14	23
1998	39	28	29	4	27	12	46	34	62	34	22	19
1999	2	22	22	92	15	0	-73	94	-9	-15	-67	-29
2000	-37	-41	-51	-73	-35	-47	44	-37	-6	27	22	95
2001	-26	-23	-56	-50	-21	-26	9	62	24	-36	-33	-77
2002	142	150	-44	-101	-34	24	-42	-42	-11	-99	-23	-32
2003	-35	0	14	-24	26	-65	-15	-20	-20	47	21	-39
多年均值	-12	-6	0	-3	-10	9	-4	6	6	10	-6	3
诊断指标	>140	>140	>27	>62	>60	>61	>44	>92	>31	>46	>34	>14

注:“xxx”表示缺数

2.3 华北地区短期定量预测指标的预测效能分析

为考查本预测指标的实际预测效能,作者应用该判定指标对2003年10月至2004年10月间的地震活动进行了短期(月)跟踪预测试验,如表6所示。近一年来除了2003年10月份出现了OLR实测值大于预测指标值的现象外,其它各月的实测值都低于预测指标值。而在此期间,该研究区依次发

生了2003年11月25日山西洪洞5级、2004年1月20日河北滦县5级共2次中强地震^[9],均发生在异常指标出现后的3个月内。检验结果表明本研究所给出的短期(月际)预测诊断指标基本具备了实用性。据此就形成了进行华北地区短期内地震形势判定的长波辐射短期定量预测方法。

表5 华北地区 OLR 预测指标与地震事件的相关性

指标出现时间	华北地区短期地震事件						预测检验	
	时间	震级/M	地点	时间	震级/M	地点	正	误
1976-03	1976-04-06	6.3	内蒙和林格尔	1976-04-22	4.8	河北大城	●	
1976-04	1976-07-28	7.9	河北唐山				●	
1976-12	1977-03-07	5.9	河北唐山				●	
1979-12	1980-02-07	5.2	天津玉田				●	
1981-06	1981-08-13	5.8	内蒙丰镇				●	
1981-09	1981-11-09	6.1	河北邢台				●	
1982-09	1982-10-19	5.3	河北卢龙	1982-12-10	5.0	北京	●	
1983-03	1983-04-03	5.1	河北张家口				●	
1983-10	1983-11-07	6.1	山东菏泽				●	
1985-03	1985-04-22	5.0	河北唐山	1985-06-21	5.8	内蒙苏尼特	●	
1985-09	1985-11-30	5.6	河北隆尧	1985-11-21	4.8	北京	●	
1986-09	1986-11-10	4.8	北京				○	
1989-03								○
1989-07	1989-10-19	6.1	山西大同				●	
1990-11	1991-01-29	5.5	山西忻州	1991-03-26	6.1	山西大同	●	
1993-07								○
1996-03	1996-05-03	6.6	内蒙包头				●	
1996-06	1996-07-17	5.1	内蒙傲汉旗				●	
1997-04	1997-05-25	4.7	河北宣化				○	
1997-07	1997-09-18	4.8	山东长岛				○	
1997-09	1998-01-10	6.2	河北尚义				●	
1997-12	1998-01-10	6.2	河北尚义				●	
1998-03	1998-04-14	5.0	河北唐山	1998-06-02	4.8	河北张北	●	
1998-07	1998-08-13	4.7	河北张北				○	
1998-09								○
1998-12	1999-03-11	5.5	河北尚义				●	
1999-04								○
1999-08	1999-11-01	5.7	山西大同				●	
2000-12	2001-03-02	4.7	河北深井堡				○	
2002-01	2002-04-22	5.4	河北内丘				●	
2002-02	2002-04-22	5.4	河北内丘	2002-05-19	4.7	天津宁河	●	

注：●标识正确○；标识基本正确；○标识不正确

表6 OLR 短期预测指标的检验性分析

年 月	2003 年					2004 年							
	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
OLR 实测值	47	21	-39	-96	-88	-76	-38	-61	54	39	-29	-57	-76
预测指标线	46	34	14	140	140	27	62	60	61	44	92	31	46
是否满足条件	√	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
预测意见	未来三个月有中强震				无	无	无	无	无	无	无	无	无
实况检验	2003 年 11 月 25 日洪洞 5 级				无	无	无	无	无	无	无	无	无
	2004 年 01 月 20 日涞县 5 级				无	无	无	无	无	无	无	无	无

3 华北地区长波辐射短期定量预测方法在未来震情分析中的应用

本研究所建立起的 OLR 信息指标,可连续进行未来短期或月度华北地区有、无中强地震的诊断性预测。具体的应用步骤是,首先对所获取的 NOAA 卫星遥感数据进行处理,形成华北地区范围内 OLR 数据;然后计算出当前月华北西北部构造交汇区二点位(N40°、E112.5°)和(N37.5°、E112.5°) OLR 月

平均梯度差值,并与表4中提取的预测指标值进行比较。

(1)如若其值未达到预测指标线,则仅可预测未来1月尺度内发生5级左右以上地震的可能性较小,其失误率低于15%。

(2)如若其值达到或超过预测指标线,则预测未来短期(3个月计尺度)发生5级左右以上中强地震的可能性较大,其有效率为87%;若预测未来1~2个月计尺度,其有效率降至65%;仅预测未来1个

月计尺度,则降低为30%。但是若预测未来短期(3个月计尺度)有发生5.3级以上突出的地震事件时,指标有效率亦可达到55%。

4 结语

本研究所给出的还仅是利用卫星遥感信息,通过监视构造特征部位的长波辐射信息场变异判定短期华北地块有、无中强地震的预测方法。而如何进一步缩小预测的空间地区例如地震可能发生在华北区的哪一方位,甚至于能否预测临震,作者正在继续深入研究并已初显端倪。

[参考文献]

- [1] 康春丽,郝平,陈立泽,等. 红外遥感观测结果对中国大陆2003年度地震活动趋势预测[A]. 见:中国地震趋势预测研究[C]. 北京:地震出版社,2002. 165-171.
- [2] 康春丽,陈正位,陈立泽,等. 昆仑山口西8.1级地震的卫星热红外前兆特征分析[J]. 西北地震学报,2003,25(1):12-15.
- [3] 刘德富,康春丽. 地球长波辐射(OLR)遥感与巨灾预测[J]. 地学前缘,2003,10(2):427-434.
- [4] Andrew A Tronin, et al.. Thermal IR satellite data application for earthquake research in Japan and China[J]. Journal of Geodynamica, 2002, 33:519-534.
- [5] L I Morzova. Satellite meteorological images as carriers of information on seismic processes[J]. Geology of Pacific Ocean, 2000, 15: 439-446.
- [6] 强祖基,贺常恭,李玲芝,等. 卫星热红外图像亮温异常—短临震兆[J]. 中国科学(D辑),1998,28(6):564-573.
- [7] 刘德富,康春丽. 苏门答腊岛8.7级大地震前的辐射异常现象[J]. 国际地震动态,2005,(1):37-39.
- [8] 中国地震局监测预报司编. 中国地震活动分布统计图集[M]. 长沙:湖南地图出版社,2001,263-275.
- [9] 张永仙,王慧敏,王琳瑛,等. 华北东北片区2005年度地震趋势预测研究[A]. 见:中国地震趋势预测研究[C]. 北京:地震出版社,2004. 160-189.