

长波辐射在地震预报中的应用

孙武林

(青海省气象台, 西宁 810001)

摘要 本文应用卫星接收的地气系统射出的长波辐射资料, 分析计算了几次地震前长波辐射的异常变化。分析结果表明, 云层对长波辐射月平均值的影响不大, 所以长波辐射的大小可以反映下垫面的热状况。地震发生时, 长波辐射的值都异常升高。因此, 长波辐射资料的异常变化在地震的短期和临震预报方面有应用前景。

关键词: 长波辐射; 短期预报; 青海

1 前言

地气耦合, 即岩石圈与大气圈相互作用, 愈来愈被人们所重视。地震发生时, 大气圈有着许多异常信息, 例如1990年4月26日共和7级地震的前一年, 河卡气象站有15个气象要素

表1 1989年河卡站气象异常记录表

资料名称	异常记录	出现日期	历年极值
月降水量	74.0mm	4月	36.5mm
月最大积雪深度	16cm	4月6日	15cm
月日照时数最小	148.1小时	6月	165.6小时
月降水最	178.6mm	6月	128.5mm
一日最大降水量	59.3mm	6月23日	23.7mm
一日 $R \geq 25\text{mm}$ 日数	1天	6月23日	0
一日 $R \geq 50\text{mm}$ 日数	1天	6月23日	0
月降水量	193.6mm	7月	125.5mm
一日最大降水量	48.2mm	7月26日	28.2mm
一日最大降水量	106.5mm	8月3日	50.6mm
大冰雹最大直径	2.5cm	8月3日	
一小时降水量	102.1mm	8月3日	
月最大积雪深度	2cm	9月26日	0
月最多冰雹日数	2天	10月	0
月最大积雪深度	7cm	10月16日	7cm

记录达历史同期极值(表1)。

在地气耦合方面, 国内外的气象、地震专家们已做过许多研究工作, 如汤懋苍等, 应用地温的异常预报汛期降水和地震趋势已有成效。又如作者应用长波辐射距平指数, 表征青藏高原的热状况, 揭示出长波辐射与大气环流及副高活动有比较密切的关系, 并用秋季长波辐射距平指数预报下一年青海东部春季的降水等^①。

八十年代以来, 气象卫星遥感资料的研究和应用, 已从灾害性的旱涝预报、林火监测, 扩展到灾害天气、病虫害预测、粮食估产和地震预报等方面。

^① 孙武林, 青藏高原热状况与青海东部春季降水。

本文应用卫星接收的地气系统射出的长波辐射资料,分析研究了 1991 年 9 月锡铁山 5.1 级和共和 5.3 级地震前长波辐射资料的异常变化,探索利用长波辐射资料进行地震预报的可能性。

2 长波辐射的概述

NOAA 卫星接收到的地气系统射出来的长波辐射,是一种辐射热,单位是瓦/m²。根据普朗克定律关于绝对黑体的放射能力与波长和温度的关系式:

$$E_{\lambda T} = \frac{C_1}{\lambda^5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1} \quad (1)$$

式中 C₁、C₂ 为常数。C₁=5.317×10⁵(焦耳·分·微米²);C₂=1.438×10⁴(微米·度),可导出:

$$T = \frac{C_2}{\lambda n \left(\frac{C_1}{\lambda^5 E} + 1 \right)} \quad (2)$$

T 称之为辐射温度,它不是实际地温,它主要包含了大气(主要是云)的影响。在无云的情况下,射出的长波辐射由陆地或水面的温度所决定,在有云的情况下,卫星测到的长波辐射主要来自云顶,所以长波辐射的大小主要由下垫面和云顶的温度所决定。

表 2 列出了长波辐射与河卡站云量的相关系数。由表 2 可知,长波辐射的大小与云量、阴天日数呈反相关,与晴天日数呈正相关。所以长波辐射的量值,在多云和降水时较小,在无云或少云时较大。

表 2 历年长波辐射与河卡站云量的相关系数表

项目 月份	平均总云量	平均低云量	总云量		低云量	
			晴日	阴日	晴日	阴日
1 月	-0.67	-0.55	0.56	-0.45	0.52	-
7 月	-0.59	-0.62	0.54	-0.50	0.66	-0.61
年	-0.44	-0.58	0.39	-0.23	0.60	-0.52

分别计算出河卡站历年各月平均总云量和低云量的偏差、标准差,结果见表 3。计算公式分别为:

$$\text{误差公式: } V = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i - \bar{X}|$$

$$\text{标准差公式: } \sigma = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \right]^{-2}$$

式中 N 为序列长度。X_i 为历年样本值。 \bar{X} 为历年平均值。

从表 3 可知,河卡地区历年各月平均总云量和低云量的偏差、标准差,都是比较小的,量值均在 1 成以下,所以云层对长波辐射量值的影响,对同一地区来说基本上是变化不大的。另外地理纬度、下垫面(地形、植被等)对长波辐射的影响基本是衡定的。因此长波辐射的大小可以反映下垫面的热状况。

表3 河卡站各月平均云量的偏差和标准差表

项目\月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	
总云量	偏差	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	0.3
	标准差	0.9	0.8	0.9	0.6	0.5	0.7	0.7	0.9	1.0	0.8	0.7	0.9	0.3
低云量	偏差	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6	0.3	0.1	0.2
	标准差	0.4	0.6	0.5	0.7	0.6	0.8	0.8	0.8	1.0	0.8	0.3	0.2	0.3

本文所用的1974年6月—1986年6月(缺1978年3月—12月)的长波辐射资料来源于国家气象局气象科学研究所。1989年7月至今的资料,由国家卫星气象中心提供。

3 1991年9月锡铁山5.1级和共和5.3级地震前长波辐射的异常特征

3.1 长波辐射的异常情况

热异常即地震前地温异常升高是一种普遍的现象。从表4中列举的震例可知,地震前长波辐射的值也同样异常增高,一般长波辐射距平值越大,地震的震级越大。例如,1990年4月共和7级地震前,长波辐射最大距平为33.8,超过标准差的3倍(达到了世界气象组织关于气候异常的标准)。

表4 1990年—1993年地震前长波辐射异常记录表

序号	发震时间	地名	震级	异常时间	辐射最大距平
1	1990-04-26	共和	7.0	前三月内	+33.8
2	1990-01-14	茫崖	6.7	前一月内	+13.0
3	1990-10-20	天祝	6.2	前一月内	+21.0
4	1991-09-02	锡铁山	5.1	前三月内	+19.9
5	1991-09-20	共和	5.3	前一月内	+19.4
6	1992-01-12	金塔	5.4	当月	+11.0
7	1992-02-03	唐古拉	4.5	前一月内	+18.0
8	1992-06-21	拉萨	6.5	前三月内	+19.0
9	1992-08-07	玉树	4.6	前二月内	+16.0
10	1992-08-19	伏龙芝	7.5	前一月内	+33.0
11	1993-01-18	当雄	6.3	当月	+15.0
12	1993-01-27	思茅	6.3	前一月内	+14.0
13	1993-03-20	拉孜	6.6	前二月内	+16.5

从图1、2可知,锡铁山、共和两地区,长波辐射异常升高从1991年7月开始,持续三个月,9月上旬达最大值,正距平中心位于锡铁山一带和共和附近。从长波辐射的历史曲线图上(图3、4)看到,两地区长波辐射距平值均已达历史最高值。由此可见,长波辐射的异常区域,就是未来地震发生的地区。

3.2 电磁波的异常反映

地震前8月20日16时17分,青海省气象台711型测雨雷达在开机观察时,发现一种不同于降水、云、晴空湍流、地物等的扇形点状回波(图5),持续约15秒钟,回波方位以西宁为原点,向西开口约210—330度范围,集中出现在210—230度,280—330度方位,这和长波辐射的异常区相对应。由于青海省气象台这部雷达每天开机时间不长,所以无法确定在临震前是否有上述回波存在。

类似这种异常回波,曾在1990年10月4日11时5分出现过,持续约2秒钟,回波方位在西宁正东夹角20度范围内,半月后,即10月20日在甘肃省天祝发生6.2级地震。1976年7月唐山大地震前的一、二天内,在测雨雷达上,也出现过扇形指状回波。

这种异常回波的出现,可能直接反映了孕震地区上空电磁场的变化,具有一定的临震预

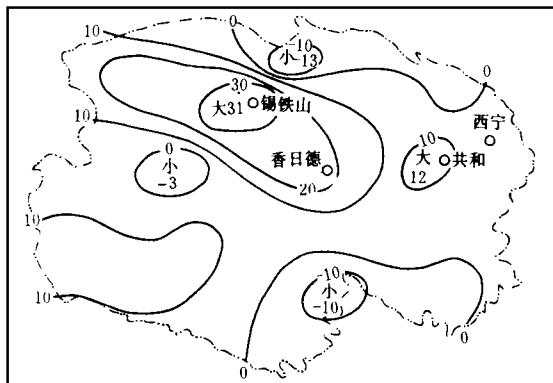


图1 青海省1991年9月上旬长波辐射距平图(单位:瓦/m²)

Fig.1 OLR distance average in the first ten days of Sept. ,1991.

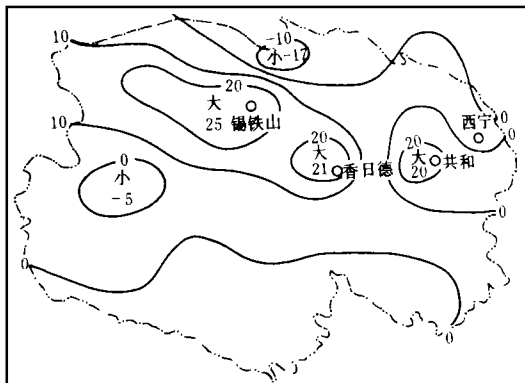


图2 青海省1991年9月长波辐射距平图(单位:瓦/m²)

Fig.2 OLR distance average in sept. ,1991.

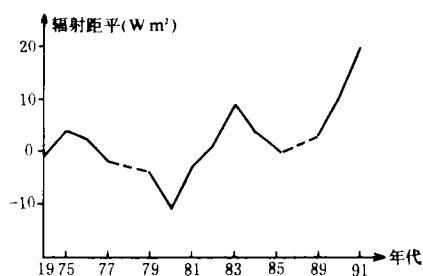


图3 锡铁山历年9月长波辐射距平曲线图
Fig.3 Curve of OLR distance average in Sept. of every year at Xietieshan, Qinghai province.

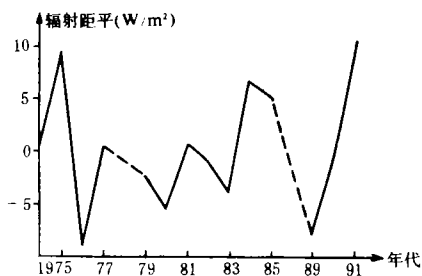


图4 共和历年8月长波辐射距平曲线图
Fig.4 Curve of OLR distance average in August of every year in Gonghe area, Qinghai province.

报价值。

3.3 天气异常情况

1991年7月锡铁山地区气温偏高1—2℃。冷湖站月平均气温达19.1℃,为历史同期最高值。7月降水量距平,大柴旦为62%,香日德为130%,8月降水距平大柴旦为338%(为历史同期最大值),香日德为78%。9月份,柴达木盆地基本无降水,共和地区降水距平为-85%,均达历年同期极小值。

3.4 地温异常情况

从大柴旦7月20cm地温曲线图上看(见图6),1991年7月地温达到历史最高值,震前开始下降。从香日德7月80cm地温曲线图上看(见图7),1991年7月地温达到历史最高值,震前开始下降。

根据上述异常现象和1991年8月20日西宁雷达异常回波,以及长波辐射、地温、气温、降水的异常区域,在1991年8月下旬,作者曾向青海省地震局预报室发布预报,即短期内(1—2个月)在锡铁山、共和地区可能发生地震。实际在9月2日锡铁山发生5.1级地震,9月9日香日德发生4.7级地震,9月20日共和附近发生5.3级地震。

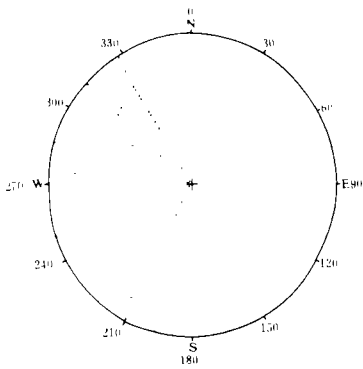


图 5 1991 年 8 月 20 日 16 时 17 分雷达异常扇形点状回波图
 Fig. 5 The radar spot echoes of anomalous fan at 16h 17min on August 20, 1991.

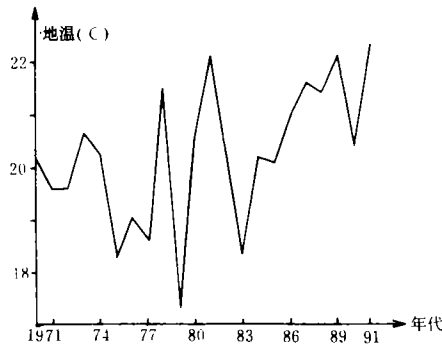


图 6 大柴旦历年 7 月 20cm 地温曲线图
 Fig. 6 Geotemperature change of 20cm deep in July of every year in Dachaidan, Qinghai province.

4 结语

(1) 卫星接收的地气系统射出的长波辐射, 主要由下垫面和云顶的温度所决定。对河卡或同一地区来说, 云层对长波辐射月平均值的影响, 基本上是变化不大的。所以长波辐射的月平均的大小基本上可以反映下垫面的热状况。

(2) 近年来的震例说明, 震前长波辐射大都异常增高, 且长波辐射的距平值越大, 地震的震级越大。但长波辐射的异常, 并不一定都对应后期地震。从作者对 1991 年 9 月锡铁山、共和地震的预报事例说明, 长波辐射对预报地震发生的地点, 是一种较为有效的新途径, 是值得进一步探索的。

(本文 1993 年 9 月 15 日收到)

(下转 35 页)

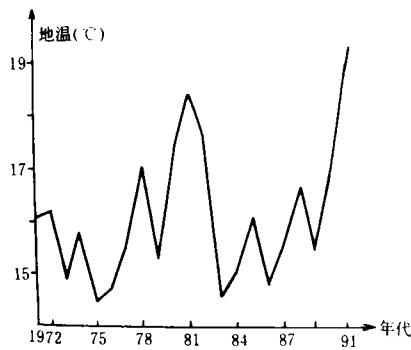


图 7 香日德历年 7 月 80cm 地温曲线图
 Fig. 7 Geotemperature change of 20cm deep in July of every year in Xiangride, Qinghai province.

参考文献

- 1 Shore J E Minimum Cross Entropy Spectrum Analysis IEEE Tran. ASSP, 1981, 29: 230—237.
- 2 郑治真. 瞬态谱估计理论及其应用. 北京:地震出版社, 1993.

**APPLICATION OF MINIMUM CROSS ENTROPY SPECTRUM TO WATER
LEVEL DATA OF ROCK BLAST**

Zhao Ming, Huang Jigang, Zheng Zhizhen
(*Institute of Geophysics, SSB, Beijing 100081*)

Abstract

The theory of minimum cross entropy spectrum was briefly introduced. One experimental data was used to examine the program of minimum cross entropy spectrum, and we used the method of minimum cross entropy spectrum to analyse water level data of rock blast. Besides the day change of 0.98Hz, the results show that there would appear high frequency of 1.2Hz several days before some rock blasts. This result can not be obtained by ordinary methods. The new method provides a new path of rock blast forecast.

Key Words: Minimum cross entropy spectrum; Rock blast; Precursor of rock blast;
Mining earthquake

(接 49 页)

**APPLICATION OF OUTGOING LONG-WAVE RADIATION
TO EARTHQUAKE PREDICTION**

Sun Wulin
(*Meteorological Observatory of Qinghai Province, Xining 810001*)

Abstract

By using the data of outgoing long-wave radiation (OLR), received by the satellite, this paper calculated the anomalous variation of OLR before several earthquakes. The results show that the effect of cloud layer on the monthly mean value of OLR is only a little; the OLR value can reflect the heat state of the ground; before the earthquakes, the OLR value rises obviously. Therefore, the anomalous variation of OLR is of applied prospect for short-impending earthquake prediction.

Key Words: Outgoing long-wave radiation; Short-impending prediction; Qinghai;
Earthquake precursor