

四川芦山 M_s 7.0 级地震前卫星线性云异常现象

吴立新^{1,2}, 郑硕¹, 仲小红³, 秦凯²

1. 民政部/教育部减灾与应急管理研究院;北京师范大学,北京 100875

2. 中国矿业大学(徐州)环境科学与测绘学院,江苏徐州 221116

3. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院,北京 100083

摘要 对四川芦山地震前 1 个月内的 FY-2 卫星云图与红外亮温数据分析发现,震前 3d 即 4 月 17 日的 06:30—09:30,在青藏高原东部出现延展达数百千米的两条线性云,两者延伸交叉处正是芦山地震的震中位置。通过与汶川 M_s 8.0 级地震前数小时出现的线性云异常进行比较,认为龙门山断裂带强震前屡次出现的“无中生有”线性云异常现象,可能与青藏高原东部地下未知的隐伏构造及油气赋存有关,具有一定的临震指示性,应该作为该地区地震遥感监测的重点。今后,在全球综合地球观测系统(GEOSS)大数据的支持下,考虑孕震过程中的地球系统多圈层作用与耦合效应,将开展遥感多参数异常时空特征及其关联性分析,为解开该地区的线性云异常之谜提供科学依据。

关键词 芦山地震;卫星遥感;线性云;异常;耦合效应

中图分类号 P315.61

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.12.003

Satellite Linear Clouds Anomaly Before M_s 7.0 Lushan Earthquake

WU Lixin^{1,2}, ZHENG Shuo¹, ZHONG Xiaohong³, QIN Kai²

1. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs & Ministry of Education; Beijing Normal University, Beijing 100875, China

2. School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu Province, China

3. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China

Abstract The analysis of the FY-2 satellite cloud images and the infrared radiation brightness temperature data within a month before Lushan earthquake discovered that there were two linear clouds with length of hundreds of kilometers, which developed along the eastern edge of Tibet Plateau at 06:30–09:30am on 17 April, 2013, 3 days before Lushan earthquake. The earthquake epicenter of Lushan earthquake was just located at the intersection point of these two linear clouds extension. As compared to the linear cloud anomalies occurred a few hours before Wenchuan M_s 8.0 earthquake, we suggested that the abrupt occurrences of linear clouds before strong earthquakes in Longmenshan faults region might be related with some unknown hidden structures and underground petroleum resources in the eastern edge of Tibet Plateau. The linear clouds had omens meaning for coming earthquake, which should be taken as a key point of satellite remote sensing monitoring. Subsequently, with the support of big data from GEOSS, and in consideration of the interaction between the multiple spheres of earth system and coupling effect in seismogenic process, we will analyze the spatio-temporal features and the relations of multi-parameters from remote sensing, so as to provide scientific foundations for uncovering the enigma of abnormal liner clouds in this region.

Keywords Lushan earthquake; satellite remote sensing; linear cloud; anomaly; coupling effect

收稿日期: 2013-04-25

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2011CB707102)

作者简介: 吴立新(中国科协所属全国学会个人会员登记号:E381010119S),教授,研究方向为数字矿山与数字减灾、灾变遥感与灾害观测、空间信息理论与方法等,电子信箱:awulixin@263.net

0 引言

地震是对人类危害最严重、破坏性最大的突发性自然灾害之一,地震活动监测预警已成为当前地球科学及相关学科面临的最为艰巨的问题之一,是关系人类社会安全与国计民生的、亟待协同攻克科学难题。北京时间 2013 年 4 月 20 日 08:02 分,四川省雅安市芦山县(30.3°N,103.0°E)发生 M_s 7.0 级地震,震源深度 13km。截至本文成稿时间,本次地震已造成 193 人死亡、25 人失踪、12211 人受伤,再次给我们敲响了警钟。随着全球综合地球观测系统(GEOSS)的快速发展^[1],地震多参数遥感异常研究已取得重要进展^[2-12]。其中,利用卫星遥感监测到的震前云异常现象(也称为地震云),被证实与构造活动存在一定的相关性^[13-18],是实现地震短临预警的重要潜在途径之一。

2000 年, Morozova^[13,14]分析俄罗斯远东地区 MTSAT-1R 静止气象卫星影像时发现,地震前在孕震区活动断裂带上空出现了不同宽度的线性云异常(Linear Cloud Anomalies, LCA)。郭广猛等^[15,16]分析卫星遥感影像,发现伊朗、中国的甘肃、新疆、台湾等地区发生的一些地震前也出现了线性云和云团空洞异常现象;他们还利用 2012 年 4 月 22 日出现的地震云对 2012 年 5 月 20 日意大利北部 6 级地震进行了预测(“According to the satellite data, there will be $M=5.5-6.0$ quake in Italy. If $M=5.5$, it is about in 10 days, if $M=6.0$, it is in 30 days.”)^[17],并提前通过邮件发送给意大利国家地球物理和火山学研究所(INGV)的 De Santis 研究员,震后结果表明,地震预测 3 要素中的时间和震级对应较好,地点误差为 100~300km,可视为一次较成功的预测案例。

本课题组曾分析揭示汶川地震前数小时的线性云异常现象^[18]。从震源位置、震源机制和震级大小看,芦山地震可看成 2008 年汶川大地震的强余震,是其破裂向西南方向的发展^[19]。我们不禁要问:此次芦山震前是否存在云异常现象?若有,它与汶川震前的云异常特征有无可比性?为此,本课题组在震后迅速启动地震遥感异常分析研究,收集了震前 1 个月的 FY-2 卫星云图与红外 1 通道(10.3~11.3 μm)亮温数据产品,试图探索芦山地震的卫星遥感异常现象。

1 芦山地震前卫星云异常现象

目前,关于地震云的报道,有两种基本形态。一种是突然出现的边界平直的狭窄云带,可概括为“无中生有”,如图 1(a)所示;2009 年 5 月 31 日鄂霍次克海(Okhotsk)上空出现的线性云(黄色椭圆圈内),对应于 5 月 31 日发生的 3.8 级地震(图中 31.05)及 6 月 1 日发生的 4.7 与 4.0 级的地震(图中的 2 个 1.06)。另一种是在正常的气象云团中出现的窄冲蚀带或空洞,可概括为“有中生无”,如图 1(b)所示;2009 年 12 月 22 日鄂霍次克海(Okhotsk)上空出现的窄冲蚀带状线性云(黑色直线),对应于 2009 年 12 月 22—26 日在堪察加半岛(Kamchatka Peninsula)东部海岸发生的 4.0~6.3 级地震序列。

分析 FY-2 卫星云图发现,北京时间 4 月 17 日的 06:00—10:00 云图上出现了明显的线性云特征(图 2)。自

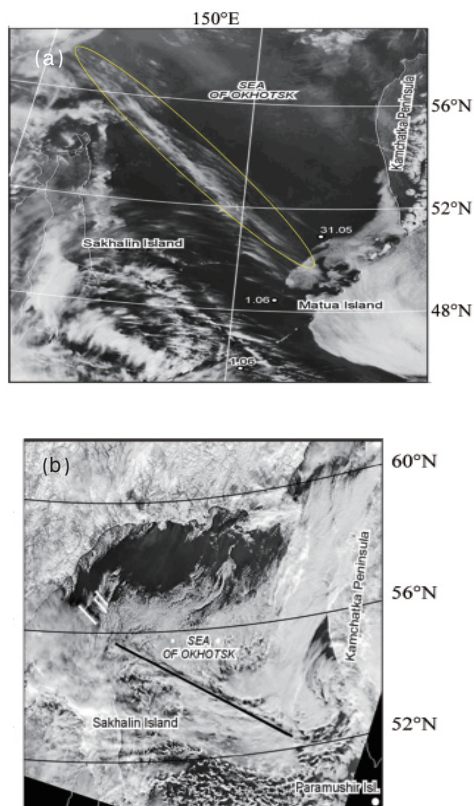


图 1 震前两种典型线性云异常 (引自参考文献[13, 14])

Fig. 1 Two kinds of typical linear cloud anomalies before shaking (from references [13, 14])

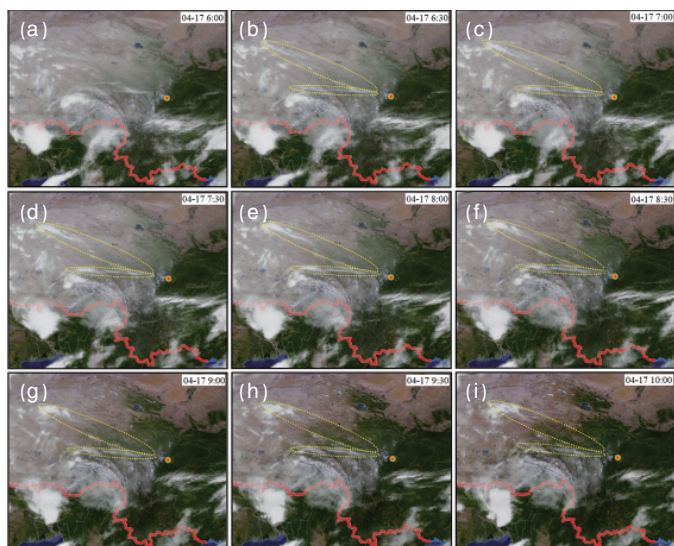


图 2 芦山地震前 3d 卫星云图上出现的线性云异常 (圆圈为震中位置)

Fig. 2 Linear cloud anomalies from satellite cloud maps 3 days before Lushan earthquake (the red circle indicated the earthquake epicenter)

06:30 开始,在雅安西部的青藏高原东北缘,隐约出现一条近 EW 走向的线性云(黄色小椭圆内);随后,逐渐清晰,并且未随周边气团自西向东运动(中国大部分地区处于西风带,卫星云图上的云团一般是自西向东运动),而是保持较强的箭头形线性云特征长达 3h;09:30 后逐渐消散。与此同时,06:30—07:30 期间,在前者的西北部隐约出现一条 NW 走向的线性云(黄色大椭圆内)。两者延伸交叉处正是芦山地震的震中位置,延伸距离不超过 100km,表现出明显的地震指示性特征。进一步对 2013 年 4 月 17 日 08:00 时 FY-2 的红外亮温数据叠加断层数据后,可见两条线性云的空间位置、形态与断层分布之间具有较好的空间相关性(图 3)。

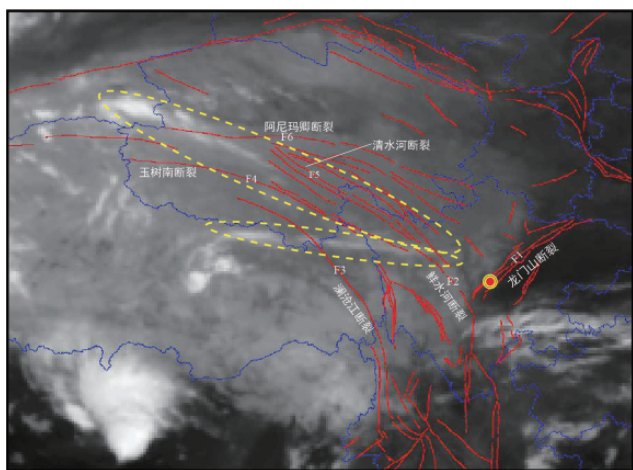


图 3 FY-2 红外亮温数据产品显示的 2013 年 4 月 17 日 08:00 时的线性云异常(圆圈为震中位置)

Fig. 3 Linear cloud anomalies at 08:00am on 17 April, 2013 from FY-2 infrared radiation brightness temperature data (the circle indicated the earthquake epicenter)

上述现象表明,芦山地震前 3d,在青藏高原东部出现的延展达数百千米的两条线性云,属于地震云基本形态中的第一种^[13-18],即突然出现的边界平直的狭窄云带的“无中生有”现象。

2 与汶川地震线性云异常的比较

如图 4 所示,2008 年汶川地震前数小时线性云异常的时空特征为:震前 5h(2008 年 5 月 12 日 09:30),在青藏高原东昆仑断裂带上方,出现一条箭头形线性云,其尾部向西穿过昆仑山口,东部前端逐渐向东南方向的震中逼近;1h 后到达离震中的最近点。与此同时,在四川盆地西侧即龙门山断裂带上方出现一条腰鼓形的线性云;汶川正好位于两者的延伸交叉位置^[18]。比较两者可见,汶川地震前的线性云异常与芦山地震前 3d 出现的线性云相似,均属于“无中生有”类型。但是,汶川 M_s 8.0 级地震前的线性云异常出现时间明显晚于芦山 M_s 7.0 级地震前的线性云异常,可能暗示该地区线性云异常出现的时间特征与地震震级之间存在某种关联性,即震级越大,线性云异常出现越晚。

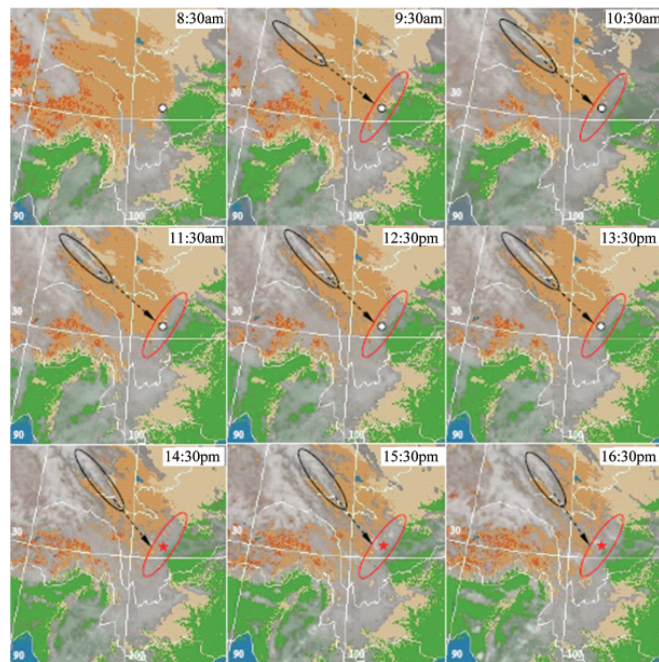


图 4 汶川地震前的线性云异常(引自文献[18])

Fig. 4 Linear cloud anomalies before Wenchuan earthquake (from reference [18])

3 讨论

地震异常识别是地震预警预报的基础,有利于地震减灾防灾。受地球内部系统的复杂性、变化过程的不确定性、深部观测的有限性制约,人类现阶段尚不具备准确预测预报地震的能力。但是,不断增强的空间对地观测技术及正在建设的 GEOSS 为我们提供了多种多样、源源不断的关于地球内部、表面、大气层和电离层的观测数据,这些数据必然承载了地球内部变化及孕震过程的某种关联信息。如果能揭示地球系统岩石圈-盖层-大气层-电离层(LCAI)之间的相互作用机理和耦合过程,并据此分析多源观测数据的内在联系、变化规律和异常特征,则可以建立基于 GEOSS 和多参数关联分析的地震异常识别模型。在此基础上,充分发挥 GEOSS 的作用,深入挖掘空间观测数据的内涵,并与孕震区的岩石圈、盖层的具体特征及孕震模式相结合,运用物联网、大数据和并行处理技术,可望发展形成地震监测预警新技术,进而开启地震预测预报希望之门。

4 结论

2013 年芦山地震前 3d,即 4 月 17 日的 06:30—09:30,在青藏高原东部出现了延展可达数百千米的两条线性云,两者延伸交叉处正是芦山地震的震中位置。通过与 2008 年汶川地震前数小时出现的线性云异常进行比较,可以推论四川龙门山断裂带中强地震前出现“无中生有”线性云现象既不是偶然,也不是气象原因,很可能与青藏高原东部地下未知的某种隐伏构造、岩体及油气赋存有关。在临震前构造系统失稳临界态和巨大地应力作用下,隐伏构造周围的电磁场可能

发生了某种异常变化,同时(或)有地下流体(CH_4 、 Rn 等)沿构造裂缝溢出,导致在隐伏构造的地表上方形成生云条件而形成线性云。若这种推论正确,则这种线性云异常就具有一定的临震指示性,应该作为该地区地震遥感观测的重点。

以上仅是初步分析,线性云异常的可靠性与时空特征尚待检验。随着更多对地观测数据的获取,本课题组将开展遥感多参数(红外亮温、地表温度、潜热通量、长波辐射及电离层TEC等)的异常时空特征及其关联性分析研究,加强理解汶川及芦山地震孕震过程中地球系统多圈层相互作用及其耦合效应^[1],以期逐渐解开龙门山断裂带大地震前屡次出现线性云异常之谜。

参考文献 (References)

- [1] 吴立新, 刘善军. GEOSS 条件下固体地球灾害的广义遥感监测 [J]. 科技导报, 2007, 25(6): 1-10.
Wu Lixin, Liu Shanjun. Science & Technology Review, 2007, 25(6): 1-10.
- [2] 刘善军, 吴立新, 李金平, 等. 台湾恒春地震前的卫星热红外异常特征及其机理[J]. 科技导报, 2007, 25(6): 32-37.
Liu Shanjun, Wu Lixin, Li Jinping, et al. Science & Technology Review, 2007, 25(6): 32-37.
- [3] 李金平, 吴立新, 温志勇, 等. 中国沿海和内陆强震前的地表潜热通量异常特征[J]. 科技导报, 2008, 26(5): 40-44.
Li Jinping, Wu Lixin, Wen Zhiyong, et al. Science & Technology Review, 2008, 26(5): 40-44.
- [4] Qin K, Guo G M, Wu L X. Surface latent heat flux anomalies preceding inland earthquakes in China[J]. Earthquake Science, 2009, 22(5): 555-562.
- [5] 秦凯, 吴立新, 马未宇. 2009年青海海西地震序列的潜热通量异常时空特征[J]. 科技导报, 2010, 28(4): 68-72.
Qin Kai, Wu Lixin, Ma Weiyu. Science & Technology Review, 2010, 28(4): 68-72.
- [6] 郭广猛. 1998年张北地震前的大气增温异常 [J]. 科技导报, 2010, 28(14): 98-100.
Guo Guangmeng. Science & Technology Review, 2010, 28(14): 98-100.
- [7] 秦凯, 吴立新, De Santis A, 等. 2010年新西兰 M_s 7.1 级地震地表潜热异常[J]. 科学通报, 2011, 56(28-29): 2373-2379.
Qin Kai, Wu Lixin, De Santis A, et al. Chinese Science Bulletin, 2011, 56(28-29): 2373-2379.
- [8] 陈梅花, 邓志辉, 马晓静. 2010年智利 M_s 8.8 级地震前可能的潜热通量异常及其与地表温度变化的关系 [J]. 地球物理学报, 2011, 54(7): 1738-1744.
Chen Meihua, Deng Zhihui, Ma Xiaojing. Chinese Journal of Geophysics, 2011, 54(7): 1738-1744.
- [9] 康春丽, 刘德富, 荆凤, 等. 大地震红外辐射异常信息时空特征分析[J]. 地球物理学进展, 2011, 56(6): 1897-1905.
Kang Chunli, Liu Defu, Jing Feng, et al. Progress of Geophysics, 2011, 56(6): 1897-1905.
- [10] Qin K, Wu L X, De Santis A, et al. Quasi-synchronous multi-parameter anomalies associated with the 2010-2011 New Zealand earthquake sequence [J]. Natural Hazards and Earth System Science, 2012, 12: 1059-1072.
- [11] Wu L X, Qin K, Liu S J. GEOSS-Based thermal parameters analysis for earthquake anomaly recognition [J]. Proceedings of the IEEE, 2012, 100(10): 2891-2907.
- [12] Qin K, Wu L X, De Santis A, et al. Preliminary analysis of surface temperature anomalies preceding the two major 2012 Emilia (Italy) earthquakes[J]. Annals of Geophysics, 2012, 55(4): 823-828.
- [13] Morozova L I. Satellite meteorological images as carriers of information on seismic processes[J]. Geology of Pacific Ocean, 2000, 15: 439-446.
- [14] Morozova L I. Crustal geodynamic activity: Manifestations in cloud fields[J]. Russian Geology and Geophysics, 2012, 53: 416-423.
- [15] 郭广猛, 王斌. 地震前云异常初步研究[J]. 遥感信息, 2005(5): 1.
Guo Guangmeng, Wang Bin. Remote Sensing Information, 2005(5): 1.
- [16] Guo G M, Wang B. Cloud anomaly before Iran earthquake [J]. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29: 1921-1928.
- [17] Guo G M, Yang J. Three attempts of earthquake prediction with satellite cloud images [J]. Natural Hazards and Earth System Science, 2013(13): 91-95.
- [18] 吴立新, 刘善军, 陈云浩, 等. 汶川地震前卫星热红外异常与云异常现象[J]. 科技导报, 2008, 26(10): 32-36.
Wu Lixin, Liu Shanjun, Chen Yunhao, et al. Science & Technology Review, 2008, 26(10): 32-36.
- [19] 金煜, 邓琦. 院士称芦山地震是汶川地震余震 [EB/OL]. 2013-04-21. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2013/4/277024.shtm>.
Jin Yu, Deng Qi. Academician said Lushan earthquake was the aftershock of Wenchuan earthquake [EB/OL]. 2013-04-21. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2013/4/277024.shtm>.

(责任编辑 王媛媛)

《科技导报》“综述文章”栏目征稿

“综述文章”栏目发表对当前自然科学有关学科领域的研究热点、前沿分支发展现状及动向的评述性文章。要求在所属学科领域从事比较深入研究的一线科研人员在研读相当数量文献资料的基础上,全面、深入、系统地论述该领域的问题,并对所综述的内容进行归纳、分析、评价,以反映作者的观点和见解。在线投稿: www.kjdb.org。