

文章编号: 1672-8785(2016)06-0035-05

基于红外与再分析资料的深对流 系统个例分析

梁 快¹ 赵 丽² 宋兴瑞¹ 高舜龙¹ 石汉青¹

(1. 解放军理工大学气象海洋学院, 江苏 南京 211101 ;

2. 96427 部队, 陕西 宝鸡 721006)

摘 要: 在夏季, 青藏高原及其邻近地区的深对流活动十分活跃。利用 FY-2C 卫星两个红外通道的资料以及 ERA-Interim 再分析资料对 2009 年 7 月 12 日发生在青藏高原南坡上的一次对流系统进行了分析。结果表明, 位于高原南坡的对流系统由于受地形抬升和高层反气旋抽吸的综合作用, 其深对流发展高度较高; 此时若将对流层低层的水汽向上输送到对流层顶附近, 则将有利于平流层与对流层之间的物质交换。高原及其邻近地区的对流系统所处的位置和底层温度梯度与水汽梯度的分布情况都会对对流系统的发展产生重要影响。

关键词: 红外; 再分析资料; 深对流; 个例分析

中图分类号: P407.6 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2016.06.007

Analysis of Deep Convective Systems Based on Infrared and Reanalysis Data

LIANG Kuai¹, ZHAO Li², SONG Xing-rui¹, GAO Shun-long¹, SHI Han-qing¹

(1. Institute of Meteorology and Oceanography, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China; 2. Unit 96427 of PLA, Baoji 721006, China)

Abstract: In summer, the deep convection motion over Tibetan plateau and its adjacent regions is most active. One deep convective system occurred over the southern slope of Tibetan plateau on July 12, 2009 is analyzed by using the data from two infrared channels of FY-2C meteorological satellite and the reanalysis data from ERA-Interim. The results show that because of the synthetic action of topographic lift and cyclonic pumping in upper atmosphere, the convective system over the southern slope of Tibetan plateau has a higher deep convection development altitude. At this time, if the water vapour in the lower part of the troposphere is transported upward to the top part of the troposphere, it would benefit the exchange of substance between the stratosphere and the troposphere. Both the position of a convective system over plateau and its adjacent regions and the distribution of temperature gradient and vapour gradient in lower part of troposphere have significant influences on the development of convective systems.

Key words: infrared; reanalysis data; deep convection; case analysis

收稿日期: 2016-04-01

作者简介: 梁快(1992-), 男, 陕西西安人, 硕士研究生, 主要研究方向为红外探测、卫星遥感及其反演。

E-mail: 18761683536@163.com

0 引言

发生在热带、副热带地区的深对流活动不仅对全球大气的能量交换和水汽交换非常重要,而且在平流层-对流层物质交换中也发挥着关键作用^[1-3]。在夏季,高原地区及其临近地区的深对流活动十分活跃,具有与平原地区不同的结构特征:其降水大体集中在夏季,主要表现为多阵雨、雷暴和冰雹天气,且与大气温度场的时空分布之间存在一定的关系^[4-6]。例如,文献[7]中的统计分析结果表明,青藏高原的积雨云年均出现次数是我国其他区域整体平均值的2.5倍,而且我国东南沿海区域和青藏高原均为积雨云出现频率的高值区。

随着卫星遥感技术的不断成熟,利用卫星资料研究深对流云的发生及发展特征已经成为一种有效手段。基于静止卫星红外资料可以获得云顶信息,从而直观表达对流云活动的强度和范围。而利用经多种观测资料融合的再分析资料则可对深对流云内部的温度场、湿度场以及外部环流形势等进行分析。综合使用两种资料有利于人们对深对流活动形成更加深入的认识。

为了研究高原附近深对流系统的发生、发展特征和影响,本文选择2009年7月12日发生在青藏高原南坡上的一次深对流系统。我们综合利用红外与多种再分析资料,从深对流活动的红外亮温特征、环流形势、温度场和湿度场等要素出发,基于FY-2C卫星的红外资料以及ERA-Interim再分析资料对这一次深对流系统进行了分析。

1 资料选取

作为我国第二代静止气象卫星,FY-2C卫星上搭载了一台可见光-红外自旋扫描辐射计。该载荷可提供IR1 (10.3 ~ 11.3 μm)、IR2 (11.5 ~ 12.5 μm)、IR3 (6.3 ~ 7.5 μm)、IR4 (3.5 ~ 4.0 μm)四个红外波段和VIS (0.55 ~ 0.90 μm)一个可见光波段的资料。本文利用TRMM卫星20 dBZ雷达的最大回波高度资料对深对流系统进行了定位,并使用FY-2C卫星的长波红外通道(IR1)和水汽通道(IR3)分析了深对流系统的亮温与水汽特征。此外,我们还使用了欧洲中期天气预报中心提供的一天四次(00时、06时、12时、18时)的ERA-Interim再分析资料中的温度、风速、垂直速度和湿度等变量,其水平分辨率为 $1.5^\circ \times 1.5^\circ$,垂直方向上共有37层(1000 hPa ~ 1 hPa),而在对流层顶区域的垂直分辨率甚至可以是25 hPa。

2 个例选取与分析

本文的研究对象为2009年7月12日14:30时(UTC)发生在青藏高原南坡上的对流系统。根据TRMM卫星20 dBZ雷达的最大回波高度资料(卫星轨道号为66407)显示,本次对流活动的发展高度达到了17 km,符合深对流系统的一般定义^[8-9]。

2.1 亮温分析

图1所示为FY-2C卫星的IR1通道亮温(BT_{IR1})及其与IR3通道亮温之间的差值($BT_{IR1-IR3}$)。从图1(a)中可以看出,对流系统大致呈西北-东南向带状分布,亮温极值中心位于(74°E ~ 76°E, 28°N ~ 29°N)范围内,云顶最

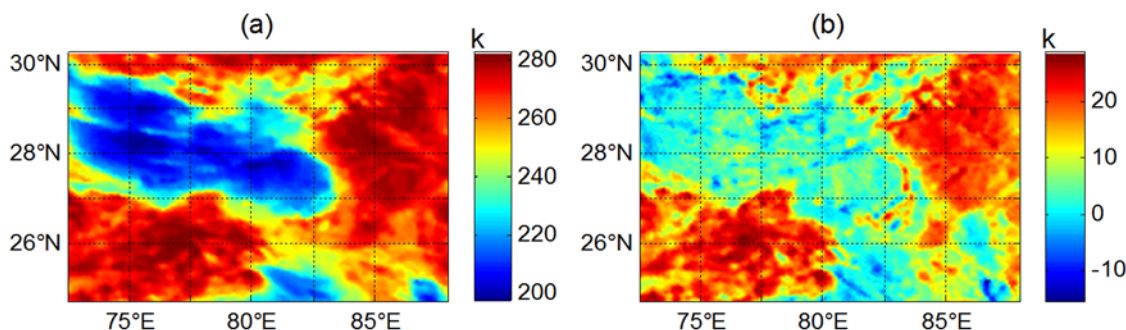


图1 IR1通道亮温及其与IR3通道亮温之间的差值

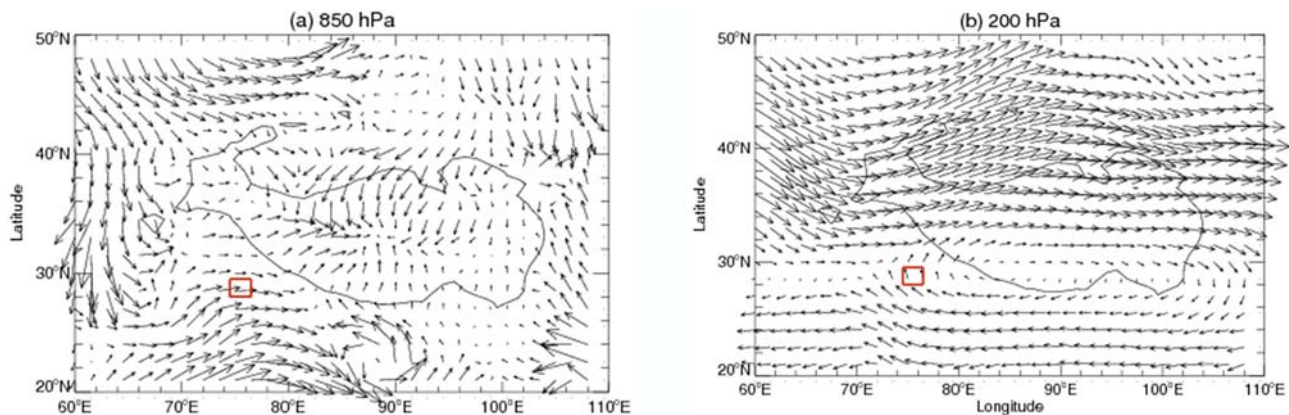


图 2 850 hPa 和 200 hPa 风场的水平分布

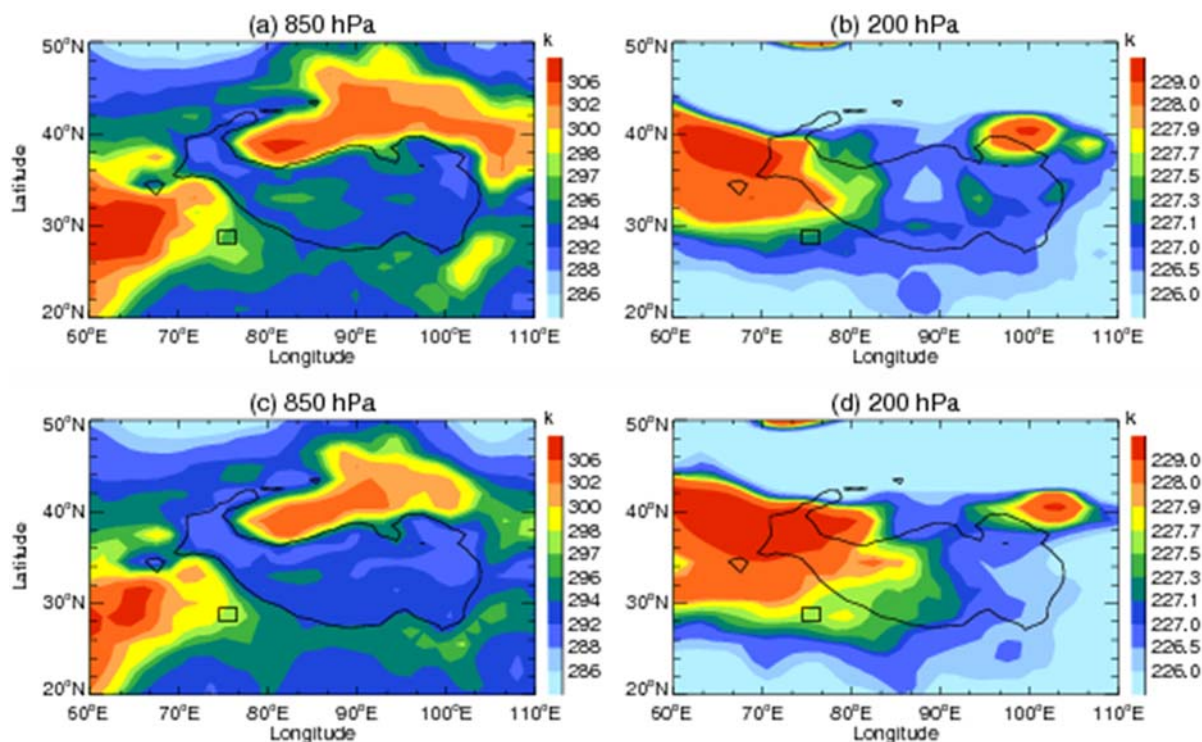


图 3 850 hPa 和 200 hPa 温度场的水平分布 ((a) 和 (b):12 时; (c) 和 (d):18 时)

低亮温低于 200 K。水汽通道中, 水汽吸收较强。图 1(b) 中的 $BT_{IR1-IR3}$ 低值区与图 1(a) 中的亮温低值区相对应, 表明对流区内由于云顶发展到了较高高度, 水汽吸收变弱, 导致亮温差值较小。

2.2 水平风场分析

图 2 所示为深对流区域在 12 时的 850 hPa 和 200 hPa 风场的水平分布。从图 2(a) 中可以看出, 强对流区域在对流层低层主要受来自低纬孟加拉湾的暖湿气流的影响, 而且这一股气流由于受到高原南部喜马拉雅山脉的地形阻碍而产

生了沿高原南坡向南的绕流作用, 由此在 $75^{\circ}\text{E} \sim 95^{\circ}\text{E}$ 经度范围内形成了气旋。对流区域靠近该气旋的西北部边缘, 有利于水汽在喜马拉雅山脚下积聚。从图 2(b) 中可以看出, 高原南部形成了一个范围较大的反气旋环流, 此时对流区域位于反气旋的西侧地带。

2.3 水平温度场分析

图 3 所示为 850 hPa 和 200 hPa 温度场的水平分布。可以看出, 12 时在 850 hPa 高度上发生的对流区域 (黑框) 为暖平流; 借助西南风的作用, 对流层的低层温度将会升高; 同时 200 hPa

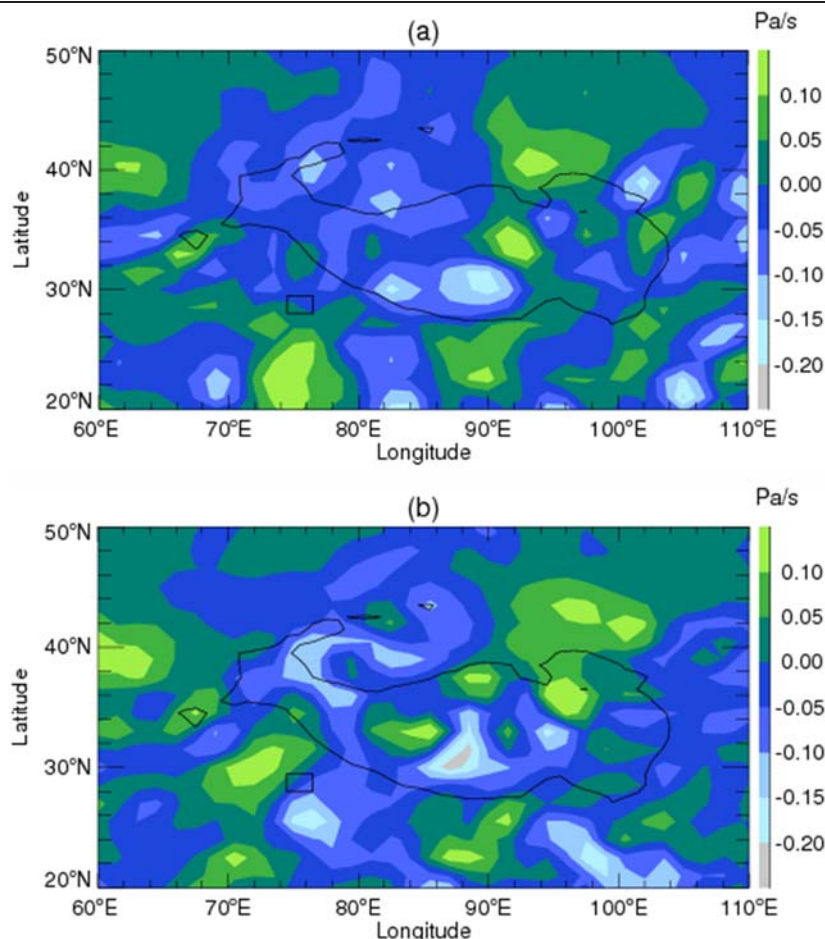


图 4 200 hPa 垂直速度场的水平分布: (a) 12 时; (b) 18 时

高度上为冷平流, 温度将会降低; 对流区域的温度梯度无论在高层还是在低层都比较大, 这会导致不稳定性快速增加, 从而促进对流系统的发展。从 12 时到 18 时, 对流区域的温度在 850 hPa 和 200 hPa 上都在升高, 说明由于对流系统发展旺盛, 其顶部高度已经达到了 200 hPa 甚至更高。结合图 2 中的风场分布可以发现, 高原南坡低层的暖湿气流因遇到喜马拉雅山脉地形的阻挡, 形成了水汽和温度梯度的高值区; 在山脚处, 由于地形作用而击穿了稳定层并使不稳定性得到了释放, 从而促进了对流系统的发展, 更加有利于深对流系统的形成。

2.4 垂直速度场分析

图 4 所示为 200 hPa 垂直速度场的水平分布。在 12 时和 18 时, 对流发生区域在 200 hPa 上都处于反气旋中心和外侧的交界区; 除少数地区外, 大部分处于反气旋中心的上升气流中。这

说明对流系统受到平流层空气的侵入影响非常小, 因此该系统是一次发展旺盛的深对流系统。另外还可以发现, 对应于高原高空的反气旋系统中心气流上升区的位置也在发生明显变化。

2.5 水平比湿场分析

图 5 所示为比湿场的水平分布。200 hPa 高度上的水汽在 18 时出现了一个显著的高值区 (见图 5(c))。通过对比 12 时 200 hPa 高度上的水汽可以看到, 对流发生后, 水汽显著增强。但在下平流层中的 100 hPa 高度上, 对流发生前后, 该区域内的水汽并没有出现类似现象。这可能是由于 100 hPa 高度位于平流层中, 受到对流层顶脱水作用的影响, 导致 100 hPa 高度上的水汽在对流发生后反而降低。伴随着对流系统的发展, 在对流中心区域, 水汽被向上输送到对流层顶附近的区域, 使该区域内上对流层和下平流层的大气成分发生改变。

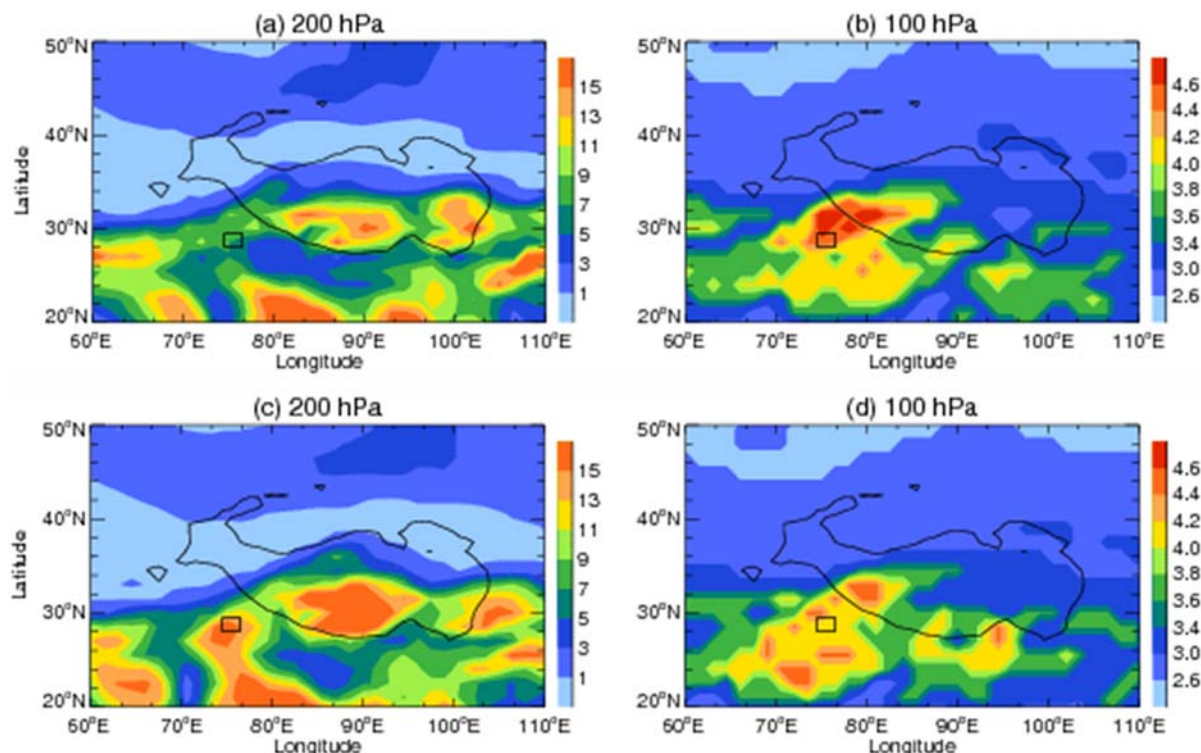


图 5 200 hPa 和 100 hPa 比湿场的水平分布 ((a) 和 (b):12 时; (c) 和 (d):18 时)

3 结束语

本文利用 FY-2C 卫星两个红外通道的资料以及 ERA-Interim 再分析资料对 2009 年 7 月 12 日发生在青藏高原南坡上的对流系统进行了分析。结果表明,在此次对流系统的发展过程中,低层 850 hPa 高度上的暖湿气流因遇到高原南部的山脉,形成了水汽和温度梯度的高值区;在山脚处,由于地形抬升而冲破了稳定层并释放出了不稳定性,加剧了对流的发展,从而有利于深对流系统的形成。由于受到低层地形抬升和高层反气旋抽吸的综合作用,文中对流个例的发展高度较高,并将对流层低层的水汽输送到了对流层顶,影响了上对流层和下平流层的大气成分分布,而且对平流层与对流层之间的物质交换也产生了重要影响。

参考文献

- [1] Holton J R, Haynes P H, McIntyre M E, et al. Stratosphere-tro Posphere Exchange [J]. *Rev Geophys*, 1995, **33**(4): 403-439.
- [2] Sherwood S C, Dessler A E. On the Control of Stratospheric Humidity [J]. *Geophys Res Let*, 2000, **27**(16): 2513-2516.
- [3] 柏晶瑜, 徐祥德, 于竖秋. 青藏高原东南部夏季深对流加热研究 [J]. *气象科技*, 2003, **31**(1): 18-22.
- [4] Flohn H. Contributions to a Meteorology of the Tibetan Highland [C]. Fort Collins: Atmospheric Science Paper, 1968.
- [5] 周筠君, 陈成品, 刘黎平, 等. 青藏高原那曲地区冰雹天气系统中的大气电场 [J]. *高原气象*, 2000, **19**(3): 339-347.
- [6] 韦志刚, 黄荣辉, 董文杰. 青藏高原气温和年降水的年际和年代际变化 [J]. *大气科学*, 2003, **27**(2): 157-170.
- [7] 戴加洗. *青藏高原气候* [M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [8] 李典, 白爱娟, 黄盛军. 利用 TRMM 卫星资料对青藏高原地区强对流天气特征分析 [J]. *高原气象*, 2012, **31**(2): 304-311.
- [9] Kummerow C, Barnes W, Kozu T. The Tropical Rainfall Measuring Mission Sensor Package [J]. *J Atmos Oceanic Tech*, 1998, **15**: 809-1392.