

# TRMM 卫星资料对陕西及周边地区夏季降水的探测<sup>\*</sup>

白爱娟<sup>1,2</sup>, 方建刚<sup>2</sup>, 张科翔<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075;

2. 陕西省气象台, 陕西 西安 710015)

**摘 要:** 采用2002~2006年夏季6~8月热带降水测量(TRMM)卫星3B41RT类数据资料, 以发生在陕西及周边地区的连阴雨、暴雨和日降水量序列事件为例, 通过比较TRMM卫星降水资料与地面气象站观测资料的差异, 分析了TRMM卫星对陕西及其周边地区夏季降水过程的探测能力。结果说明TRMM卫星反映的陕西及周边地区夏季降水量值偏小, 但探测结果能够大致表现陕西关中和陕南及同纬度周边地区夏季降水量的基本特征, 对陕西北部地区夏季降水量的探测能力较差。

**关键词:** TRMM 卫星资料; 降水过程; 连阴雨; 夏季; 陕西

**中图分类号:** P458.1<sup>+</sup>21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)02-0041-05

## 0 引言

1997年美国NASA(National Aeronautical and Space Administration)和日本NASDA(National Space Development Agency)联合发射了热带降水测量(Tropical Rainfall Measuring Mission, 简称TRMM)卫星, 它的目的是测量热带和亚热带地区降水特征及能量交换。TRMM卫星自1997年成功发射至今稳定运行, 给中低纬度地区的降水量观测提供了丰富的信息。TRMM卫星携带的降水雷达PR(Precipitation Radio)和微波成像仪TMI(TRMM Microwave Imager)等探测仪器, 向陆地发回了多种高时间和空间分辨率的探测数据, 为分析降水、闪电、云量等天气现象提供了最详细最直接的信息<sup>[1-2]</sup>。TRMM卫星资料近年来在国际上得到了广泛应用, Daniel在2005年曾指出<sup>[3]</sup>, TRMM卫星资料已经收集了热带和亚热带地区降水的详细信息, 成套的仪器提供了有关降水许多要素的模拟探测数据。Huffman<sup>[4]</sup>在2007年就TRMM卫星资料的应用做了大量的分析研究工作, 他比较了TRMM卫星3B41RT类资料与TAO/TRION(Tropical Atmosphere Ocean/ Triangle Trans Ocean Buoy Network)资料的差异, 认为此类资料对主要降水过程的落区探测基本准确, 但对一些小尺度天气过程

产生的降水有较大误差。近年来, TRMM卫星资料在我国华南部分地区得到应用<sup>[2,5,6]</sup>, 并取得了良好的应用效果, 但是在我国中纬度其它地区的应用较少, 在西北地区的应用更少。

陕西省位于中纬度的西北地区东部, 青藏高原的东北侧, 它的主要雨季是夏季, 尤其是其南部地区夏季常有暴雨和大暴雨天气过程发生, 夏末秋初又有连阴雨天气出现, 这些天气过程给陕西带来充沛雨水的同时, 也造成了严重的经济损失<sup>[7-9]</sup>, 因此对陕西降水天气过程, 如暴雨、大暴雨、连阴雨等事件的监测预报具有重要的防灾、减灾意义。陕西虽然位于TRMM卫星的探测范围内, 但是TRMM卫星资料能否用在陕西省的降水分析预测中, TRMM卫星资料能否正确探测陕西及周边地区连阴雨、暴雨等天气过程的强弱、发生区域以及移动路径等特征, 还需要做进一步的检验。

本文利用2002~2006年夏季(6~8月)发生在陕西及周边地区的降水事件为例, 采用TRMM卫星3B41RT类每小时降水量分析资料, 分析其对陕西及周边地区夏季降水过程的探测能力, 讨论TRMM卫星资料在陕西降水分析预测中的可用性, 为陕西省及周边地区夏季暴雨、大暴雨的监测预警提供可靠的科学依据。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-05-15

基金项目: 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金资助(SKLLQG0612)

作者简介: 白爱娟(1971-), 女, 陕西长安人, 博士, 主要从事天气预报和气候研究工作. E-mail: baiaj@ieecas.cn

## 1 数据说明

本文采用的 TRMM 卫星 3B41RT 类资料,起源于对地静止卫星 GEO 的红外观测 (merged geostationary Infrared observations) 数据,并经过 TRMM/TMI 微波观测降水资料的验证,是与 TMI 探测数据融合而成。TRMM 卫星的 3B41RT 资料是目前具有最高时间和空间分辨率的降水观测资料,它的空间范围为  $60^{\circ}\text{S} \sim 60^{\circ}\text{N}$ ,  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}\text{E}$ , 经纬度分辨率为  $0.25^{\circ}\text{N} \times 0.25^{\circ}\text{E}$ , 时间分辨率为 1 h。研究范围是:  $30^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ ,  $104^{\circ}\text{E} \sim 114^{\circ}\text{E}$ , 包括了陕西省和其周边的四川和山西等省份的部分地区;研究时段为 2002 ~ 2006 年夏季 6 ~ 8 月。

气象观测站的降水量资料是中国 643 个气象站 20 时的逐日降水量资料,由中国气象局气候资料信息中心提供。在本文的研究范围内,共有 97 个站。需要将 TRMM 卫星的每小时降水量资料计算成与气象站观测时间相对应的日降水量资料。用气象站的降水量资料和 TRMM 卫星 3B41RT 资料作比较,检验 TRMM 资料在陕西省的可用性。

## 2 连阴雨의探测

2003 年 8 月 24 日至 9 月上旬,陕西省及其以东地区发生了一次长连阴雨天气过程,尤其是 8 月 28 ~ 29 日发生在秦岭山区的特大暴雨天气过程,秦岭南麓宁陕县日降水量达 345 mm,突破了该气象站建站以来的历史极值<sup>[8]</sup>。这次连阴雨过程导致渭河及其支流出现自 1954 年以来的首次洪涝灾害,造成了严重的经济损失<sup>[7~9]</sup>。分析 8 月 24 ~ 30 日(图 1 仅显示了 28 日和 29 日的降水量分布,其余图略)TRMM 卫星和地面气象站观测的降水量分布特征,讨论 TRMM 卫星对降水量的探测能力。比较气象站观测的 28 日降水量(图 1a)和 TRMM 卫星探测的降水量(图 1b),发现  $34^{\circ}\text{N}$  以南降水高值中心的位置相似,  $34^{\circ}\text{N}$  以北的陕西北部地区差异略显著,尤其是对陕北南部的降水区。从降水量的整体分布看, TRMM 卫星反映的降水量分布大致揭示了位于陕南宁陕县附近( $34^{\circ}\text{N}$ ,  $108^{\circ}\text{E}$ )和陕南以东( $34^{\circ}\text{N}$ ,  $113^{\circ}\text{E}$ )附近的强降水区,同时也表现了 8 月下旬阴雨天气主要发生在黄河中下游的事实。

从 29 日气象站和 TRMM 卫星探测的降水量分布(图 1c 和图 1d)看,气象站观测的主要降水中心位于陕西以南四川盆地的北部地区,在陕西中南部的关中和陕南地区有弱降水中心存在。TRMM 卫星资料显示的主要降水分布与气象站观测的相同,位于四川盆地北部地区,而且陕西关中和陕南的降水分布也大致相同,同时也揭示了陕西以东山西境内的降水量分布特征,但是对  $34^{\circ}\text{N}$  以北的陕北南部降水没有探测到。对比两种手段探测的降水量分布也可以发现, TRMM 卫星探测到的降水量值明显比实际观测的降水量值小。以上分析可以看出, TRMM 卫星能够较准确地探测到陕西关中、陕南及同纬度周边地区的阴雨天气,但是对陕西北部地区降水量的探测结果误差较大。

## 3 TRMM 卫星资料对暴雨的探测

2002 年 6 月 8 ~ 9 日,陕西、四川省东北部出现了一次特大暴雨过程,即‘六·八’暴雨。这次降水过程集中在 8 日夜間到 9 日清晨,陕西省 97 个气象站自西向东先后出现了大雨以上的强降水,其中日累计降水量达 50 ~ 100 mm 的站有 40 个, 100 ~ 200 mm 的站有 3 个,最强的降水出现在秦岭南麓的佛坪县,日降水量达 210 mm。在远离沿海的内地出现如此强的暴雨实属罕见。

从 6 月 8 ~ 9 日气象站观测的降水量分布(图 2a)可以看出,这次降水过程主要发生在从四川盆地向东北方向伸展的雨带中,在四川北部地区有一个强降水中心,中心雨量达 70 mm 以上,陕西南部地区也有一强降水中心,中心雨量达 60 mm 以上,同时在陕西中部和山西北部地区也有较强的降水发生。

与气象站观测的降水量分布相比,图 2b 是 TRMM 卫星显示的同时段降水分布。从 TRMM 卫星探测的降水量分布看, TRMM 卫星虽然清晰地显示了四川北部和陕西南部的强降水中心,却未能显示陕西中部和山西北部的降水区,而且降水量要比气象站观测的降水量明显偏弱。因此由于探测角度的限制, TRMM 卫星资料能够探测到陕西的强降水过程,但是反映的降水范围小,雨量弱,而且对陕西北部及其相同纬度地区的降水特征反映能力较差。

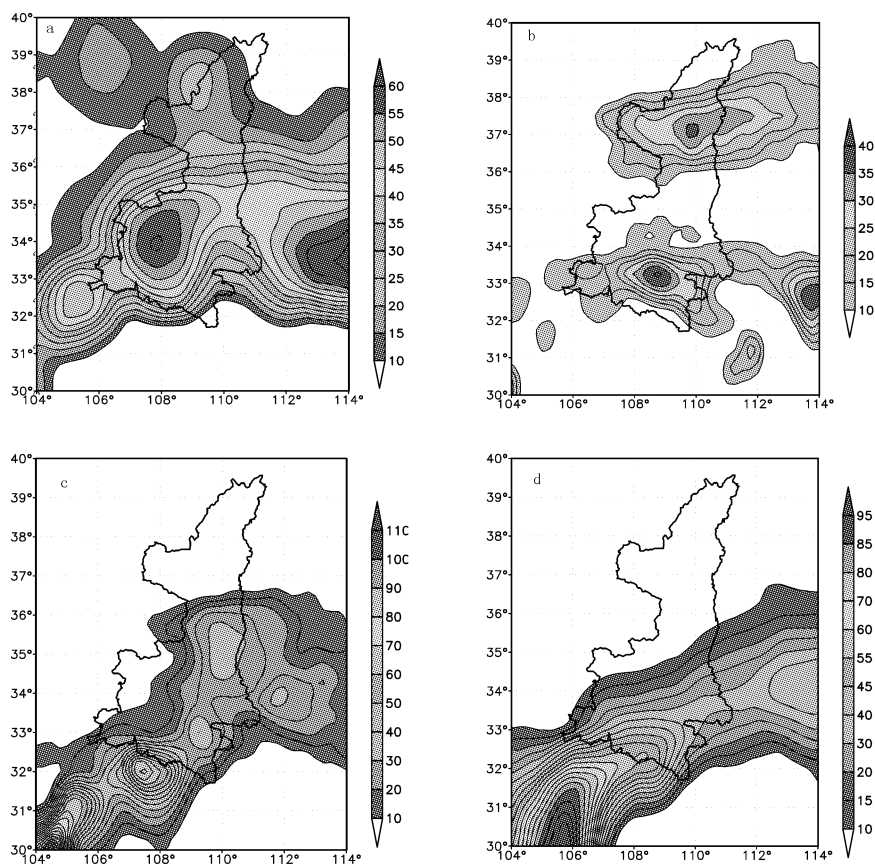


图1 2003年8月28日20时~29日20时气象站(a)和TRMM(b)观测的降水量和29日20时~30日20时气象站(c)和TRMM(d)观测的降水量分布(单位: mm, 曲线为陕西省的边界, 以下同)

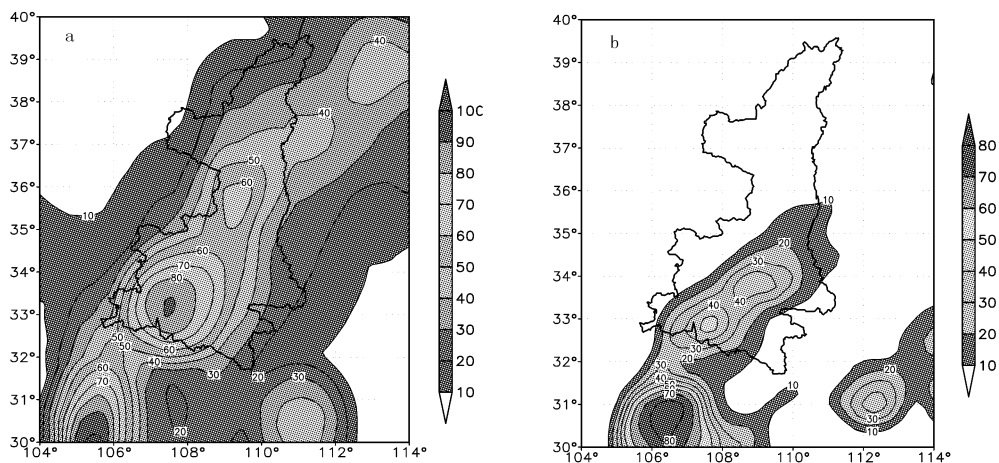


图2 气象站(a)和TRMM卫星(b)观测的2002年6月8日20时~9日20时降水量分布(mm)

#### 4 TRMM 卫星资料对降水活动过程的探测

从以上分析可以看出, TRMM 卫星探测到了2002年6月8~9日出现在四川东北部和陕西的强降水过程, 而且探测到了发生在陕西省中部和南部地区的强降水区。下面仍以这次强降水过程为

例, 分析对流系统的移动路径。从8日下午到9日沿 $30^{\circ} \sim 36^{\circ} \text{N}$ 的关中、陕南降水量的经度-时间剖面(图3)上看, 这次过程从8日15时左右开始, 在高原东部边缘地区 $105^{\circ} \text{E}$ 生成, 于8日夜间在 $107^{\circ} \text{E}$ 的陕西西南部加强, 逐渐向东传播。在9日03时前后, 到达 $106^{\circ} \sim 111^{\circ} \text{E}$ 的陕西省。随后向东传播, 形成大范围的降雨天气, 影响到陕西省以东地区。张弘<sup>[8]</sup>对这次降水过程的分析表明,

700 hPa 高原涡在高原东部生成后, 迅速向东北移动, 影响秦岭山脉及其周边地区, 产生强降水天气。高时空分辨率的 TRMM 卫星资料同样证明, 对流系统在高原东部生成, 并向东传播, 影响到高原以东的四川和陕西, 以及以东的其它地区, 形成强降水天气过程。

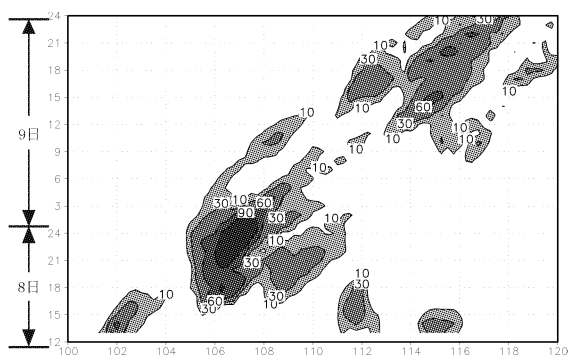
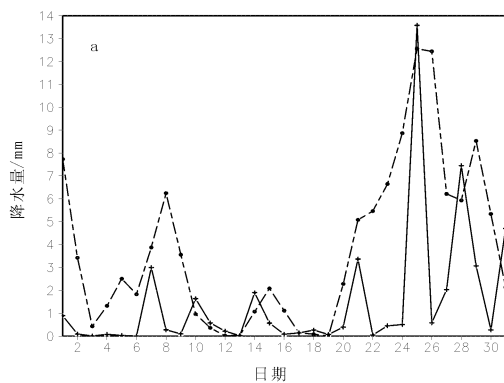


图3 TRMM 卫星探测的8日12时~9日24时降水量沿  $30^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{N}$  的经度-时间剖面图(单位: mm, Y轴为从8日12时~9日24时的时次, X轴为经度)

## 5 对陕西及周边地区月降水量的探测估计

2003年8月的连阴雨是发生在西北地区东部和华北地区的一次明显的天气过程, 采用这次连阴



雨天气过程为例, 比较气象站和 TRMM 卫星资料对这个月期日降水量的探测, 以说明 TRMM 卫星资料对陕西省及周边地区夏季降水量探测的准确性。考虑 TRMM 卫星对陕西北部和中南部探测能力有差异, 因此分陕西北部( $36^{\circ}\text{N}$  以北)和陕西省的关中、陕南( $36^{\circ}\text{N}$  以南)两个区, 其中关中、陕南包括了 61 个气象站, 陕西北部包括了 36 个气象站。从不同地区日降水量的长时间序列, 来比较气象站的区域平均降水量与 TRMM 卫星的平均格点降水量值。从陕西北部地区的降水量变化曲线(图 4a)分析, TRMM 卫星观测的降水量值比实际气象站的观测值略偏小, 在 8 月中旬, 气象站观测的降水活动较少时, 两曲线起伏大致相同, 说明 TRMM 对降水过程和降水量相对强弱反映较准确。但是在 8 月下旬, 气象站观测的降水活动很频繁, 两曲线差异非常大, 说明在陕西北部, TRMM 卫星对强降水过程的探测能力较差。相反在关中、陕南地区(图 4b), 两曲线吻合得较好, 尤其是在 23 日以后降水频繁出现的时段里, TRMM 卫星与气象站观测的日降水量值变化相似, 能够大致表现出降水量的有无和相对强弱。因此 TRMM 卫星资料能够揭示陕西关中、陕南, 及其周边同纬度地区的降水量变化特征, 但是在陕西北部, 探测结果误差较大, 应用时要慎重考虑。

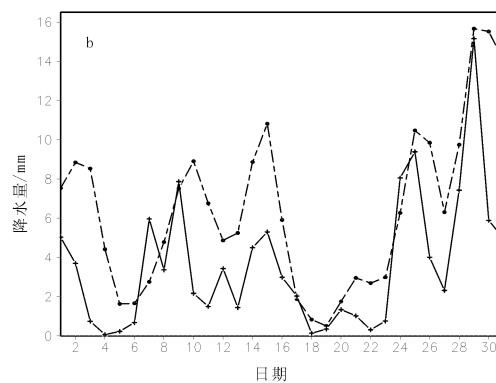


图4 气象站(虚线)和 TRMM 卫星(实线)探测的陕西北部(a)及陕西关中陕南地区(b)2003年8月日降水量序列

## 6 小结

以发生在陕西及其周边地区的暴雨、连阴雨和日降水量序列等事件为例, 通过比较 TRMM 卫星资料和地面气象站的观测结果发现, 虽然 TRMM 卫星是热带降水测量卫星, 但是对中纬度地区的降水活动仍然有一定的探测能力。陕西省位于中纬度地区, TRMM 卫星对该地区降水量的探测结果

值略偏小, 但对陕西关中和陕南及其周边地区的暴雨和连阴雨过程能够较准确地探测到, 而且还能够表现该地区较长时间的降水量序列变化特征。鉴于以上原因, 可以说 TRMM 卫星资料可以用来分析陕西省关中、陕南及其周边同纬度地区的降水过程, 并且可以为该地区某些长时间降水序列的分析提供参考, 但是 TRMM 卫星对陕西北部地区降水过程的探测能力较弱, 对 TRMM 卫星资料在陕西北部地区的应用需要慎重考虑。

## 参考文献:

- [1] 吴庆梅, 程晓虎, 苗春生. 用 TRMM 卫星资料研究江淮华南降水的微波特性[J]. 应用气象学报, 2003, 14(2): 206-214.
- [2] Fu Y. F., Feng J. Y., Zhu H. F., et al. Precipitation structures of a thermal convective system happened in the central western subtropical Pacific anticyclone [J]. ACTA Meteorologica Sinica, 2006, 20(2): 232-243.
- [3] Daniel J., Edward J., Stephen W. Three years of TRMM precipitation features. Part I: Radar, Radiometric, and Lightning characteristics [J]. Month Weather Review, 2005, 133(3): 543-566.
- [4] Huffman G. J., Adler R. F., Bolvin D., et al. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis: Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scale [J]. Journal of Hydrometeorology, 2007, 8(1): 38-55.
- [5] 梁建茵, 陈小通, 万齐林. 热带气旋“黄蜂”登陆过程诊断分析[J]. 应用气象学报, 2003, 19(S1): 45-55.
- [6] 傅云飞, 林一骅, 刘国胜. Seasonal characteristics of precipitation in 1998 over East Asia as derived from TRMM/PR [J]. 大气科学进展: 英文版, 2003, 20(4): 511-529.
- [7] 吕俊杰, 王旭仙, 胡淑兰, 等. 渭河流域严重洪涝灾害环流形势演变特征[J]. 灾害学, 2004, 19(2): 69-74.
- [8] 张弘, 孙伟. 2003 年陕西持续性暴雨成因分析[J]. 灾害学, 2004, 19(2): 55-61.
- [9] 林纾, 赵建军, 瞿文. 2003 年夏秋季大气环流异常对西北地区降水的影响[J]. 灾害学, 2004, 19(3): 62-65.

## Summer Rainfall in Shaanxi and Its Neighborhood Regions Observed by TRMM Satellite

Bai Aijuan<sup>1,2</sup>, Fang Jiangang<sup>2</sup> and Zhang Kexiang<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory of Loess Quaternary Geology, Institute of Earth Environment Research, CAS, Xi'an 710075, China; 2. Shaanxi Meteorological Observatory, Xi'an 710015, China)

**Abstract:** Using the summer hourly rainfall data of 3B41RT from TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) satellite of 2002~2006, taking continuous rain, storm and daily rainfall series as examples, the TRMM satellite's capability for detecting summer rainfall in Shaanxi and its neighborhood regions is analyzed by comparing the rainfall data from TRMM satellite with the data from ground weather stations. The results show that, data from TRMM satellite can indicate the summer rainfall features in the central and southern Shaanxi and its neighborhood regions. But, for northern Shaanxi, its detecting capability is poor.

**Key words:** TRMM satellite; precipitation; continuous rain; Summer; Shaanxi