

2003 年淮河流域暴雨期间 OLR 与 QuickScat 场特征分析

李小龙^{1,2} 郑新江¹

(1. 中国气象局国家卫星气象中心, 北京 100081; 2. 北京大学物理学院)

提 要: 介绍了在 2003 年 6 月 21 日~7 月 10 日淮河暴雨期间卫星定量资料 (OLR、AMSU、QUICKSCAT 等) 在监测暴雨与洪水中的应用情况。并得到了如下结果: ①雨带位于 OLR 低值区 $170\sim 220\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 范围内, 并随 OLR 低值区做南北向摆动; ②OLR 低值区与暴雨期间四支输送带有较好的对应关系; ③使用 QuickScat 资料分析了越赤道气流、季风与水汽输送之间的关系; ④使用国家卫星气象中心的 AMSU 资料分析了淮河流域发生的中尺度云团中降水最可能出现的位置。为提高暴雨预报的精度提供了新的概念。

关键词: 暴雨 卫星遥感 OLR QuickScat AMSU

Analysis of Satellites' Quantified Data during Heavy Rainfall Period over Huaihe Valley in 2003

Li Xiaolong^{1,2} Zheng Xinjiang¹

(1. National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081

2. Department of Atmospheric Science, School of Physics, Peking University)

Abstract: An application of satellite quantitative data to heavy rain and flood monitoring during June 21 to July 10, Huaihe rainfall period in 2003 is introduced. The main contents and conclusions are as follow. ① The rain belt overlaps with lower OLR value band which is from $170\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ to $220\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, and moves northward or southward together. ② Lower OLR value band position corresponds commendably to four vapor transportation paths during rainfall period. ③ The analysis of the relationship between cross-equatorial flows, monsoon

and vapor transportation is made with QuickScat data. ④ The probable position of mesoscale convective precipitation is analyzed with AMSU data. These analyses provide some new ideas for more accurate prediction of the heavy rain.

Key Words: heavy rainfall satellite remote sensing OLR QuickScat AMSU

引 言

2003 年 6 月下旬至 7 月上旬,淮河流域出现持续大范围降雨(图 1)。流域内一般雨量达 200~400mm,合肥及其周边地区达 400~600mm,成为全国最大的降雨区。虽然,2003 年夏季淮河流域降水量不及 1991 年,但 6 月 21 日至 7 月 10 日这段时间内的降雨量却为历年最大值。由于持续大范围降雨,淮河上中游干支流水位普遍上涨,淮河发生了超过 1991 年的大洪水。

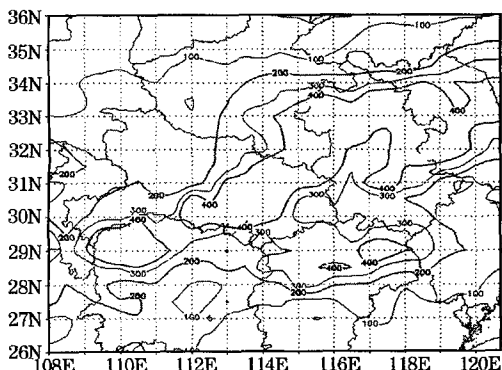


图 1 2003 年淮河流域暴雨期间 (6.20~7.10) 雨量累积图

近年来我国关于江淮暴雨研究工作很多^[1~3],利用多种卫星遥感定量资料对暴雨与洪水进行了监测与分析,其中利用风云一号气象卫星提供的 OLR (射出长波辐射) 资料分析了本次淮河流域大范围降水过程中的一些特点。中国风云一号极轨气象卫星每天可提供 2 个时次 OLR 资料 (00UTC、12UTC),空间分辨率为 $0.05^\circ \times 0.05^\circ$,覆盖区域为 $0 \sim 60^\circ \text{N}$ 、 $70 \sim 150^\circ \text{E}$,单位 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。资料日期为 6 月 21 日~7 月 10 日(其中 6 月 30 日、7 月 6~7 日缺测)。

所使用洋面风场资料来自 QuickScat。(Quick Scatterometer, 快速散射计卫星)。QuickScat 是一颗海洋科学卫星,它于 1999 年 6 月 19 日升空,装备了全天候测量近洋面风速和风向的微波雷达,可提供海面上空 10m 处的风向风速。AMSU 资料来自 NOAA-16 卫星,每天两次覆盖全国,AMSU-B 星下点分辨率为 15km。

1 淮河暴雨期间 OLR 资料应用

通过分析逐日降雨量与 OLR 场发现,主要雨带与 OLR 低值区有很好的对应关系,而 OLR 高值区对应着主雨带边缘的少雨区。因此利用 OLR 场可以分析雨带的位置、摆动及水汽输送情况。

1.1 OLR 场与雨带的位置

将 6 月 21 日~7 月 10 日(中间缺少 3 天)淮河出现大范围强降雨日期的 OLR 资料做平均,可以得到暴雨期间的平均 OLR 场图(图 2,见彩图附页)。与图 1 对比,可以得到下列结果:OLR 值小于 $170 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的区域与 20 天总雨量 400~600mm 的区域一致,OLR 值为 $170 \sim 200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的区域与 20 天总雨量 200~400mm 的区域一致,OLR 值大于 $220 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的区域为少雨区。

有关“75.8”台风暴雨的天气学分析研究中已经指出,7503 号台风受阻于河南省境内,长期维持少动,可能与台风北侧弱高压的存在有关,而在 OLR 场上对此高压比 500hPa 高度场反映得更清楚^[4]。同时说明 OLR 高值区域是下沉区。与以上结论一致,2003 年淮河流域暴雨期间,在主雨带的南北两侧均为 OLR 值高于 $220 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 区域,其北侧的 OLR 高值区反映了大陆高压

南边界的范围,其南侧的 OLR 高值区反映了副热带高压北边界的位置。因此主雨带受其北侧和南侧大范围下沉区的阻挡,有利于在淮河流域维持。

通过分析逐日 OLR 场逐日分布(图略)的变化来了解主雨带的强弱与摆动情况,并对暴雨过程进行分析。根据 OLR 场低值区的南北摆动与强度变化初步分析将 6 月 21 日~7 月 10 日这段期间内的暴雨分为 5 次过程。考虑到地面观测站点的分布不均以及雷达观测的范围限制,OLR 场资料可以在宏观上准确地把握主雨带的强弱变化以及走向摆动。

1.2 OLR 场与水汽输送

1991 年江淮暴雨期间的有关研究表明,OLR 低值区可以反映江淮梅雨期间的水汽输送情况^[5]。下面利用 OLR 场低值区分析 2003 年淮河降雨期间的水汽输送。

在 2003 年 6 月 21~23 日的 OLR 合成平均图上(图 3,见彩图附页)可以分析出,有四个 OLR 低值带与淮河流域的 OLR 低值区相连接,表明有四支水汽输送活跃地带与暴雨区相连。南海有 OLR 低值区连接江淮地区,表明自南海北部对流活跃,并伴有水汽进入华南、江南地区。

在 6 月 22 日~7 月 10 日的 OLR 平均图(图 4,见彩图附页)上,南海 OLR 低值区已经不明显,图中 OLR 高值区(紫红色区域)的向东延伸反映了西太平洋副热带高压的加强西伸,它切断了南海水汽的输送通道。南海的水汽输送与另外三支水汽输送属于不同的季风区。其他三支 OLR 低值区一直维持,图 4 中三个黑色箭头自下而上分别位于中南半岛南部、孟加拉湾以及青藏高原东南部,对应三支水汽输送通道:第一支从东印度洋的安达曼海等海域经中南半岛进入我国西南地区转向江淮地区;第二支从孟加拉湾北上进入我国青藏高原以东地区进入江淮地区;第三支呈纬向,源于印度次大陆进入我国青藏高原中部、东部地区转向江淮地区。OLR 场清晰地反映了这支纬向分布的水汽通道的存在。

以上分析表明,此次淮河流域降雨期间共有四支水汽输送,其中来自南海的一支由于副热带高压的加强西伸,后期在 OLR 场上变得不清楚,其余三支一直保持了很强的势力。在季风期间,孟加拉湾和南海强的水汽输送是中国强降水的重要的条件之一。来自中南半岛和印度次大陆北部的水汽对此次淮河暴雨的贡献不可忽视,特别是来自西亚或南亚地区的低值系统(云图上一般表现为低槽或弱冷锋云系),翻越青藏高原东移后,与副高在长江中下游地区、江淮地区交汇触发强降水天气,气象卫星的监测反映清晰明了。

2 QuickScat 资料应用

QuickScat 资料可以较好地反映越赤道气流与水汽输送的关系。陶诗言、陈隆勋等人^[6]指出:90~110°E 越赤道气流对中国夏季季风起着重要作用,“当印度偏西季风和来自澳大利亚的越赤道气流汇集时,这些地区的西南水汽输送明显加强。”指明了越赤道气流、季风与水汽输送之间的关系。

美国 QuickScat 卫星提供海面 10m 高处的风场信息,使我们更好地了解印度洋低层越赤道气流与淮河降雨期间三支水汽输送的关系(图 5,见彩图附页)。从图 5 可以分析出:

① 从南海有偏南风吹向华南等地,风速在南海中部达到 $14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,气流是大规模有组织的向北运动,到了 7 月初,这股南风气流减弱,并变得杂乱,这正与前面关于南海的水汽输送变化有着很好的对应关系,副高的变化改变了这一海域气流以及水汽输送的走向。

② 在 90~110°E 和 60~90°E 赤道地区有来自南半球的气流越过赤道进入印度洋东部与孟加拉湾地区,以及印度次大陆南部、中南半岛、南海,风速在孟加拉湾北部达 $15\sim 17\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,在南海中部达 $14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,与第二、三支水汽输送对应较好。值得注意的是,在印尼群岛的西侧维持着一个反气旋环流(图 5a 中 A 处),使气流转向,加强

了南海与中南半岛偏南风的强度。

③ 在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{E}$ 的赤道地区有另一支强的越赤道气流, 由于柯氏力的影响, 在非洲东岸转向东北方向, 吹向印度次大陆: 该气流在阿拉伯海上风速最大可达 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在整个淮河流域降雨期间保持着同样的强度。此气流与上节提到的来自印度次大陆北部的水汽输送有较好的对应关系。表明: 当印度偏西季风和来自澳大利亚的越赤道气流汇集时, 这些地区的西南水汽输送明显加强。同时, 在此期间, 在印度洋热带洋面上有两个反气旋环流生成 (图 5b、d 中 A1、A2), 增加了索马里急流偏东的分量。正如 Ninomiya 和 Kobayashi^[7] 的研究指出: 中心位于热带印度洋和印度尼西亚地区上空的顺时针环流系统从热带向印度次大陆和东南亚的水汽输送起着重要作用。

以上 QuickScat 资料分析说明: OLR 场上分析出的 4 支水汽输送通道与越赤道气流、印度洋上的反气旋性环流出现以及夏季风的强盛有很好的对应关系。

3 “AMSU” 资料应用

利用 AMSU 资料可以较好地分析出中尺度云团中降雨可能发生的区域。AMSU-A 有 15 个通道, AMSU-B 有 5 个通道, 其星下点分辨率为 15km 。主要用于改进大气温度和湿度的垂直探测能力。由于增加了一个专门用于探测大气湿度的高分辨率微波探测器 AMSU-B, 从而大大提高了大气湿度的探测水平。

大多数降水系统中, 降水层可以扩展到冻结层之上, 并且存在冰水共存的混合层。星载被动微波遥感仪器从高频一直到低达 37GHz 的频道, 都对降水过程中冰粒子产生的强散射信号有很好的响应。深对流产生的冰水通常反映了对流的强弱和对流云所处的发展阶段。AMSU-B 可以对不同高度上的冰云与水云进行探测, 其中 CH2 对 2km 附近高度上的水云敏感度较高, 可提供云中可降水量的信息。也为我们分析产生暴雨的

中尺度云团中最大降水可能出现的位置提供了信息。

图 6 (见彩图附页) 为 2003 年 6 月 29 日 18:34 (UTC) AMSU-B 的 CH2 微波图像, 图中显示了位于淮河流域 4 个中尺度云团中的含水量分布 (图中 A、B、C、D 蓝色区域), 由于当时水汽条件比较好, 上述云团在 2km 高度附近云中含有大量可降水滴。为确定云中的可降水量和降水位置提供了参考。

4 结 语

通过以上分析, 说明卫星定量资料在暴雨分析与洪水监测中可以发挥重要作用。① 雨带位于 OLR 低值区 $170\sim 220\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 范围内, 并随 OLR 低值区的变化而摆动。② OLR 低值区与暴雨期间四支水汽输送带有较好的对应关系, 高值区与下沉运动相关连, 在一定程度上可以看作副高变化的指标。③ QuickScat 资料可反映越赤道气流、季风与水汽输送之间的关系。④ AMSU 资料可揭示出中尺度云团中降水最可能出现的位置。

参考文献

- 1 陶诗言. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980: 1~225.
- 2 章淹. 暴雨预报. 北京: 气象出版社, 1990: 1~424.
- 3 丁一汇. 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究. 北京: 气象出版社, 1992: 1~225.
- 4 许晨海, 倪允琪, 朱福康. 1998 年 7 月西太平洋副高显著南落的原因. 气象, 2000, 26 (8): 6~10.
- 5 谢齐强. 1991 年江淮流域特大暴雨水汽输送. 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究. 北京: 气象出版社, 1992: 61~64.
- 6 Tao. s. and L. chen. A review of recent research on the east Asia summer monsoon in China. Monsoon Meteorology. Edit. chang, P. -C. And T. N. Krishnamurti, Oxford Univ. Press, 1987: 50~92.
- 7 Ninomiya, K. and C. kobayashi. Precipitation and moisture balance of the Asia Summer monsoon in 1991, Part II: Moisture transport and moisture balance. J. Meteor. Soc. Janpan, 1991: 77~99.

李小龙等：2003年夏季淮河流域暴雨期间OLR与QuickScat场特征分析

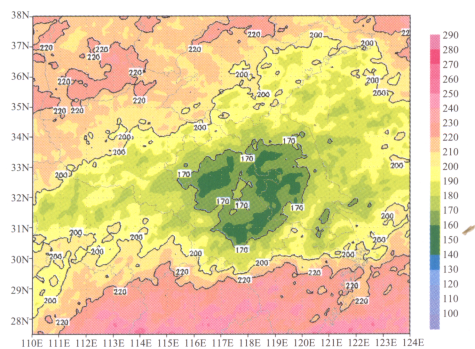


图2 2003年6月21日-7月10日暴雨期间 OLR 合成图 (W/m^2)

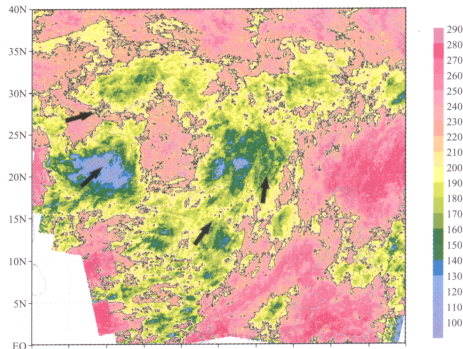


图3 2003年6月21~23日 OLR 场合成图

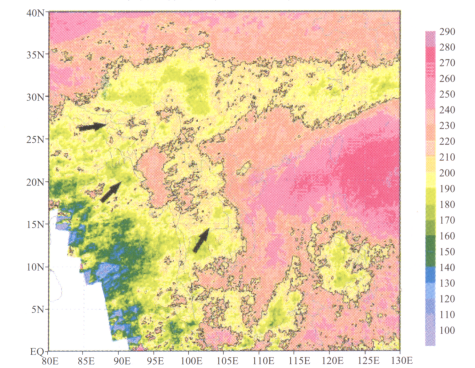


图4 2003年6月22日-7月10日 OLR 场合成图

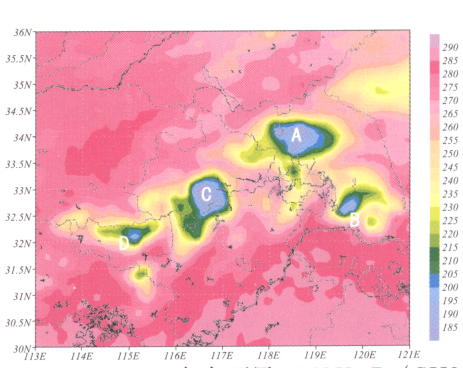


图6 NOAA-16 气象卫星 AMSU-B (CH2) 微波亮温图 (2003.06.29.18:34 UTC)

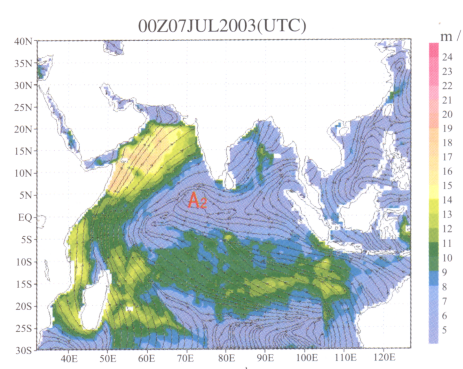
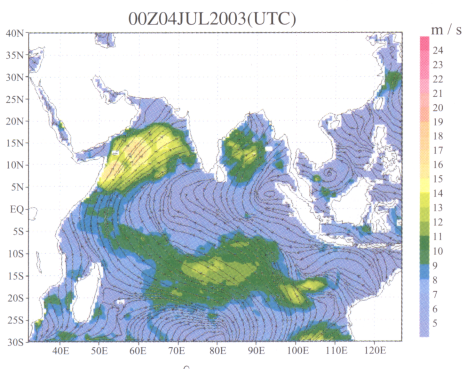
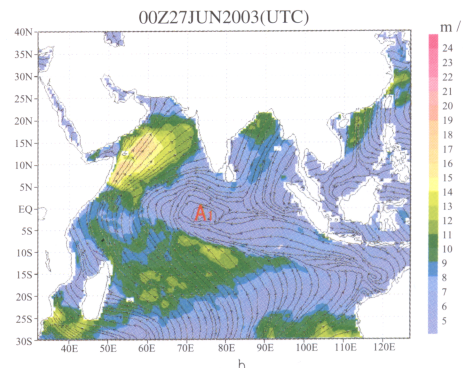
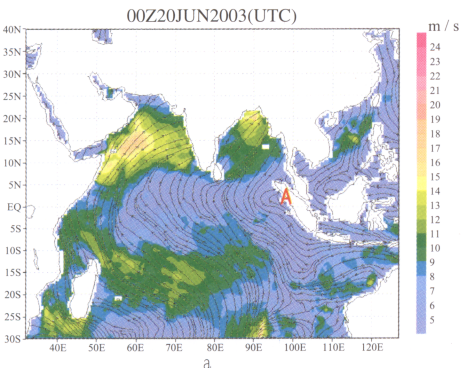


图5 QuickScat 洋面风场图