

# 利用SWAP卫星平台对一次秋季连阴雨过程进行解析

张泽铭, 李春光, 侯红运  
(山东省济宁市气象局, 山东 济宁 272037)

**摘要:** 利用 SWAP 卫星平台, 对 2014 年山东省运动会期间的连阴雨天气过程进行解析, 结果表明, 本次秋季连阴雨发生时, 贝加尔湖强大高压脊与降水关系密切, SWAP 卫星平台高分辨率可见图像上, 包含对流泡的对流云团东北侧边缘地区与该时段强降水区位置非常吻合。云导风产品能够指示出高空的强烈辐散, 结合低空急流的辐合, 能够判断出强降水出现的区域。SWAP 平台对流综合显示的高能舌位置不仅能够提示强降水的地区, 还能再结合 700 hPa 引导风预报出未来 2 h 左右的强降水区。

**关键词:** 卫星平台; 急流; 雨强; 云导风

**中图分类号:** TV213.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2015)06-0023-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2015.06.008

## Analysis of A Continuous Autumn Rain Process Using SWAP Satellite Platform

ZHANG Zeming, LI Chunguang, HOU Hongyun  
(Jining Municipal Meteorological Bureau, Jining Shandong 272037, China)

**Abstract:** Using of SWAP satellite platform, the application of the rainy weather during the games in Shandong province in 2014 is analyzed. The result shows that a strong ridge of high pressure and precipitation close to Lake Baikal when rain occurs this fall, SWAP satellite platform on the high-resolution visible images, comprising bubbles convection convective clouds on the northeast side of the edge area and the global convection contains periods of heavy precipitation area is very consistent position. cloud wind products can indicate a strong divergence aloft with convergence scattered, low level jet can determine the heavy rain area. The high energy tongue position SWAP platform convection integrated display can not only reveal the strong precipitation area, but also combined with the 700 h Pa wind forecast future about 2 h rainfall region.

**Key words:** Satellite platform; Jet; Rain intensity; Cloud wind guide

SWAP (静止气象卫星天气应用平台, Satellite Weather Application Platform) 是主要为从事天气预

收稿日期: 2015-03-13

基金项目: 山东省气象局青年科研基金项目“南四湖地区秋季连阴雨研究”(2014SDQN18)部分内容

作者简介: 张泽铭 (1982—), 男, 山东金乡人, 工程师, 主要从事中短期天气预报方面的研究。联系电话: (01)13853793175; (0537)2232343。E-mail: zmzhang2002@qq.com

15 点 (次) 增产, 平均折合产量 1 830.13 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照品种陇亚 10 号增产 12.50%, 增产达极显著水平, 居参试材料第 2 位; 含油率 40.43%, 丰产性、稳定性及适应性好。2000-16 有 15 点 (次) 增产, 平均折合产量 1 796.10 kg/hm<sup>2</sup>, 较对照增产 10.41%, 增产达极显著水平, 居参试材料第 3 位; 含油率 39.60%, 丰产性、适应性好, 稳定性居中。

### 参考文献:

- [1] 王利民. 我国胡麻生产现状及发展建议[J]. 甘肃农业科技, 2014(4): 60-62.
- [2] 党照, 党占海, 杨崇庆, 等. 两个胡麻杂交组合在云南元谋制种播期试验[J]. 甘肃农业科技, 2013(9): 6-8.
- [3] 张运晖, 赵瑛, 罗俊杰. 甘肃胡麻产业发展浅议[J]. 甘肃农业科技, 2013(7): 54-55.
- [4] 党照, 张建平, 王利民, 等. 胡麻新品种陇亚 12 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2013(1): 3-4.
- [5] 刘世海, 孙慧, 魏芳红, 等. 旱地胡麻全膜覆土穴播栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2010(11): 59-60.
- [6] 叶春雷, 石有大, 罗俊杰, 等. 种植密度对旱地胡麻产量及品质的影响[J]. 甘肃农业科技, 2014(4): 11-13.
- [7] 冯克云. 2004—2005 年酒泉市棉花多点试验品种 (系) 的丰产稳产性分析[J]. 甘肃农业科技, 2007(12): 18-20.
- [8] 李顺康. 优质杂交水稻多年多点品种比较试验[J]. 种子世界, 2009(1): 26-27.

(本文责编: 陈伟)

报专业技术和科研人员,基于数据同步及共享数据库、产品及图像显示处理及交互分析等业务运行的公共平台。山东省第23届运动会于2014年9月16日至24日在山东济宁召开,9月13日开始济宁地区出现连阴雨天气,降水一直持续至18日白天,过程降水量到达暴雨级别,16日下午开幕式和17日第1个比赛日多项室外比赛均在降水中进行。为了做好精细化气象服务工作,济宁市气象台更新了SWAP平台的版本,为山东省重要天气精细化服务发挥了重要作用。我们介绍了本次降水实况,利用强降水的主要时段高空和地面实况资料,结合各种物理量场和能量场进行分析,找出秋季连阴雨的降水成因和机制,利用SWAP平台高分辨率资料、云导风产品和对流综合显示进行解析,找出规律,为以后SWAP平台在日常预报业务,特别是秋季连阴雨等强降水,以及重大活动精细化预报服务中找出分析着眼点和分析思路,使SWAP平台发挥更大作用。

### 1 降水实况及分析方法

受切变线和地面倒槽的共同影响,2014年9月13日夜间开始,山东省自西南向东北出现了1次大范围的降水过程,降水持续至18日结束。济宁11县(市)平均降水量达62.9 mm,均达到暴雨,最大降水区出现在金乡县,为98.3 mm。此次济宁市秋季强降水的特点是强度大、历时长、范围广,这种全区性的秋季暴雨在济宁市较为少见。

利用本次强降水的主要时段9月17日的500、700、850 hPa高空和地面实况资料,结合各种物理量场和能量场进行分析,找出本次秋季连阴雨的降水成因和机制。利用常规资料和NCEP2.5° X2.5°再分析资料,对该强降水过程从环流背景、水汽条件和物理量特征等方面进行了分析和探讨,重点利用SWAP平台高分辨率资料、云导风产品和对流综合显示进行解析,找出规律。

## 2 结果与分析

### 2.1 环流形势分析

2.1.1 高空天气形势 根据NCEP2.5° X2.5°再分析资料9月17日8:00时的高空形势图(图1)可以看出,在9月17日8:00时500 hPa高度场上,山东省处于宽广的槽前西南气流中,河套南部地区有高空槽存在,未来有逐渐东移趋势;贝加尔湖附近维持一强大高压,济宁地区位于588线和584线之间,副热带高压强势维持,南方暖湿气流不断向北输送。700 hPa在山西西南部形成低涡,其东侧暖式切变线恰好在济宁市背部穿过。850 hPa上低涡位置略微偏东南方向,在河南地区的中南部,

其暖式切变线在山东江苏的交接处。700 hPa和850 hPa上均有一支从河南到山东的西南气流,风速达到16 m/s,为这次降水提供了充足的水汽。850 hPa自鲁西南至鲁东北有很好的风速风向切变

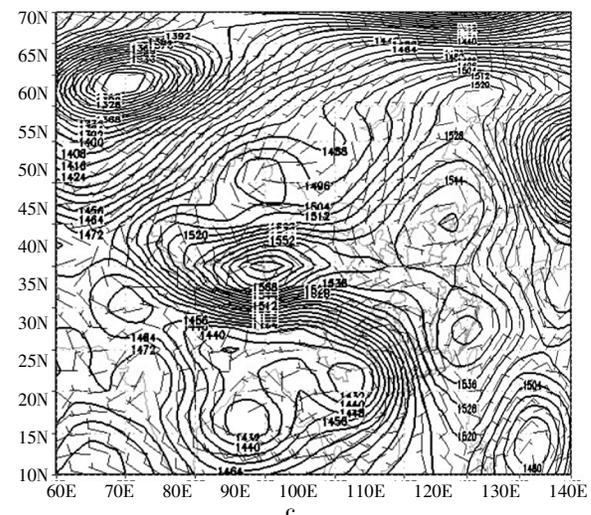
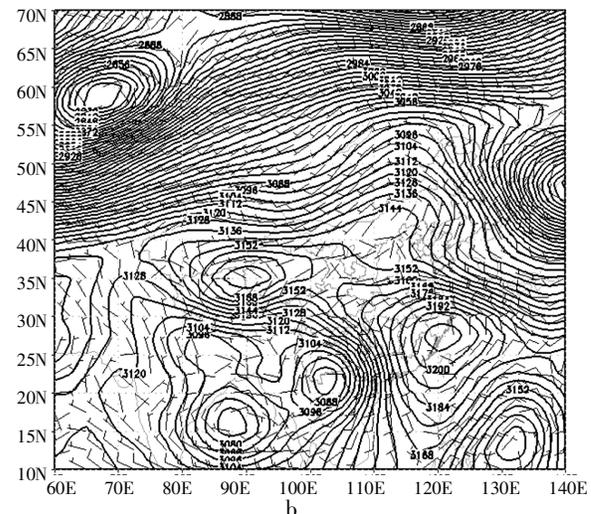
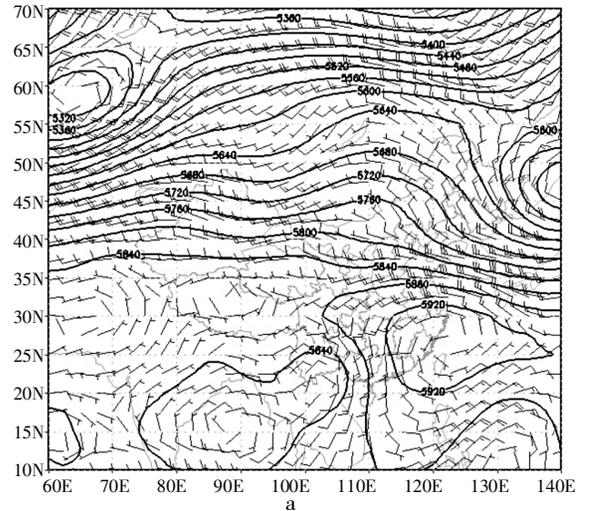


图1 2014年9月17日8:00时高空天气形势 500 hPa(a)、700 hPa(b)、850 hPa(c)

副合区, 冷暖空气交汇, 强降水主要出现在 850 hPa 切变线位置与 700 hPa 切变线之间的地区, 该地区也基本为济宁市整个辖区范围。

2.1.2 地面形势 从地面形势图上分析, 在 9 月 17 日 20:00 时地面图上, 山东自西南向东北有倒槽(或低压)发展, 倒槽顶部压在鲁南边界, 存在地面风场的辐合, 此后倒槽稳定少动, 造成济宁地区强降水。后期倒槽向北向东发展, 济宁市降水强度逐渐减弱。通过高空和地面实况分析, 此次暴雨具备有利的环流形势。

## 2.2 物理量场分析

2.2.1 水汽条件 暴雨的形成需要大量的水汽供应, 水汽通量辐合中心与暴雨的落区和强度有很好的对应关系, 通过分析水汽通量散度等一些关键要素即可发现水汽的辐合、辐散及其来源。通过分析对比 16 日和 17 日 20:00 时的各层水汽通量散度(图略)发现, 各层的水汽通量散度分布相似, 数值由低层向高层逐渐减小, 同时可明显看出 16 日 20:00 时 850 hPa 上有一条自西南至东北走向的水汽辐合带, 该辐合带与中低空强盛的西南气流位置非常吻合。济宁的水汽通量散度负值区达到  $5 \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{hPa})$ , 中西大部分处于辐合区, 东南少部分还处于辐散区, 之后水汽通道东移南压, 至 17 日 20:00 时, 济宁东部水汽通量散度负值区达到  $7 \text{ g}/(\text{s}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{hPa})$ , 但其最北侧、最南侧的水汽条件不好, 这与济宁市 16 日白天西部降水较多、17 日白天东南地区降水加强的实况是一致的。水汽通量散度负值区为水汽通量辐合区, 绝对数值越大, 越有利于对流系统的产生发展以及强降水的产生。充沛的水汽供应和强烈的水汽辐合, 为济宁这次秋季强降水提供了充足的水汽条件。

2.2.2 K 指数 K 指数是能综合反映中低层垂直降温、低层露点及温度露点差的物理量, 也是诊断暴雨产生的指数之一<sup>[1]</sup>。从 9 月 16 日 20:00 时至 17 日 20:00 时 K 指数的水平分布演变可知, 9 月 16 日 20:00 时山东省 K 指数鲁西北在 24~28, 说明比较稳定; 鲁西南和鲁中在 32~34, 说明鲁西南和鲁中不稳定能量增加, 此时济宁的 K 指数在 34 左右, 能量逐渐聚集, 部分地区已经出现弱降水。17 日 20:00 时济宁处在 36~38 的高值中心区, 能量加大, 受其影响, 17 日白天济宁全区的降水强度明显加强, 金乡站已经出现暴雨, 这与实况相吻合。在这次强降水过程中, K 指数具有较好的指示意义, K 指数  $\geq 35$  是济宁秋季出现暴雨的条件之一。从 9 月 16 日 20:00 时至 17 日 20:00 时, 济宁地区的 K 指数一直较大, 并且有不断增大的过程, 说明济

宁上空的大气非常暖湿, 积聚了大量不稳定能量, 在有利的触发机制下, 积聚的能量一旦得到释放, 将容易出现较大降水。

## 2.3 SWAP 资料分析应用

2.3.1 高分辨率可见光图像分析 连阴雨天气过程雨强最大出现在 17 日 17:00 时, 最大小时雨强出现在金乡, 为 9.4 mm, 济宁为 9.0 mm。17 日 17:00 时 SWAP 可见光 1.25 km 分辨率见图 2, 在副高外围湖北、河南和安徽北部有明显的对流云团发展, 其内部对流泡清晰可见, 在东北侧边缘恰好处于济宁上空, 与本时段的强降水的出现非常吻合。

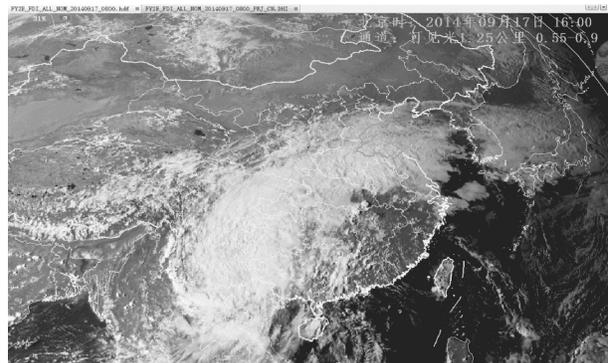


图 2 17 日 17:00 时可见光 1.25 km 分辨率可见光图像

2.3.2 云导风资料分析 卫星云导风, 国际上通常称为大气运动矢量 (AMVs, atmospheric motion vectors), 国内通常称为云导风或云迹风。卫星云导风资料具有覆盖范围广、时空密度大等优点, 因此, 它能有效地弥补海洋、高原等地区观测信息的不足, 为天气分析和数值预报提供大量有用资料<sup>[2]</sup>。选取 17 日 16:00 时雨强最大时的卫星资料, 取离 16:00 时最近的 19:30 时云导风资料和 16:00 时高分辨率可见光图像叠加(图 3)可见, 风场和副高外围的高层气流非常一致, 华南和华中大部地区由于处在副高里面, 天气晴好, 基本无云, 也基本无云导风资料, 而副高西侧和北侧全部为红色的风场, 表示 400 hPa 以上的风场信息。济宁处于副高外围北侧的偏西气流里, 东侧临沂地区附近有个 30 m/s 的西风显示, 而基本正西方向在菏泽与河南交接处附近的西风仅为 20 m/s, 说明济宁上空高层有着强烈的高空辐散。分析 17 日 20:00 时 700 hPa (图 1 b) 形势图, 济宁恰好处于低空急流的左前方, 有着明显的低空辐合。强降水发生过程中, 高空急流入口区南侧的辐散区和低空急流左前方的辐合区耦合, 使得高空急流入口区产生正的次级环流, 低层辐合上升, 高空辐散, 有利于对流的发展, 同时有利于低空急流的形成和发展, 低空急流为此次暴雨提供了充足的

水汽和对流发展的不稳定能量。山东南部 and 河南境内的低空急流不断加强, 它的加强对强降水的发生和维持有积极作用。后期低空急流减弱, 雨势减弱, 暴雨区移出, 充分显示了低空急流对暴雨的作用<sup>[3-4]</sup>。

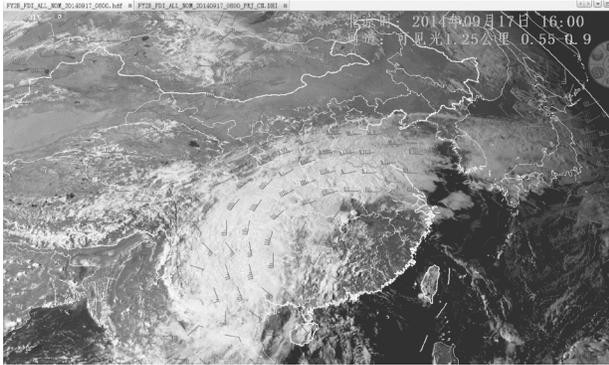


图3 17日19:30时云导风和16:00时高分辨率可见光图像

2.3.3 对流分析 SWAP1.0.5 版本对流分析功能进行了优化, 能够更好的帮助预报员对对流云团进行细致分析。通过 SWAP 对 17 日 16:00 时水汽通道图像进行对流综合显示(图4), 放大山东至河南地区, 一块对流云团在山东南部边界至河南东部、安徽北部地区, 而在其北侧, 恰好在济宁的金乡上空有向东北方向伸展的  $-32.0$  左右的高能舌(圆

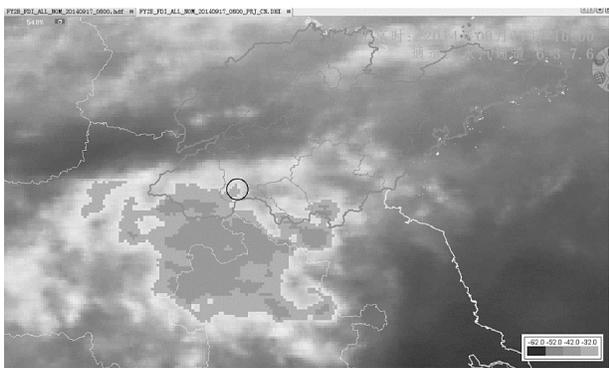


图4 SWAP17日16:00时水汽图像对流综合显示

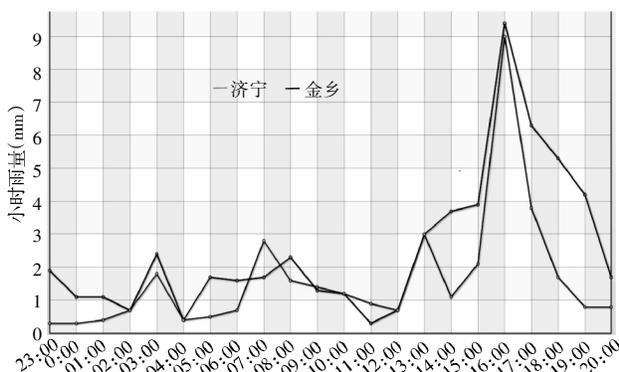


图5 济宁和金乡16日23:00时至17日8:00时小时雨量曲线

圈处), 而此时的降水实况, 金乡恰好是该地区的最大小时雨强地点(图5), 与强降水区非常吻合。结合 700 hPa 引导风场, 济宁上空吹西南风, 济宁位于金乡的东北方向, 正好沿着西南气流的方向, 济宁也是该时段的强降水地区之一。可见, SWAP 对流分析显示的高能舌位置不仅能够提示强降水的地区, 还能结合 700 hPa 引导风预报出未来 2 h 左右的强降水区。

### 3 结论

1) 通过对在 2014 年 9 月 16—17 日山东省省运会期间济宁地区的秋季连阴雨的降水成因和机制分析, 以及 SWAP 平台在本次秋季连阴雨的服务中的使用解析, 结果表明, 本次连阴雨天气过程是在有利的天气背景下发生的, 高空影响系统是高空槽、副高外围以及槽前强盛的西南气流, 贝加尔湖附近强大高压脊与降水关系密切, 底层有明显的切变线, 地面主要受倒槽影响。

2) 强降水区低层有大量的水汽输送和强烈的水汽辐合。水汽通量散度负值区为水汽通量辐合区, 绝对数值越大, 越有利于对流系统的产生发展以及强降水的产生。充沛的水汽供应和强烈的水汽辐合, 为济宁这次秋季强降水提供了充足的水汽条件。济宁上空的大气非常暖湿, 积聚了大量不稳定能量, 在有利的触发机制下, 积聚的能量一旦得到释放, 将容易出现较大降水。

3) 高分辨率可见图像上, 包含对流泡的对流云团东北侧边缘地区与该时段强降水区位置非常吻合。云导风产品能够指示出高空的强烈辐散, 结合低空急流的辐合, 能够判断出产生正的次级环流, 低层辐合上升, 高空辐散, 有利于对流的发展, 同时有利于低空急流的形成和发展, 低空急流为此次暴雨提供了充足的水汽和对流发展的不稳定能量, 充分显示了低空急流对暴雨的作用。SWAP 平台对流综合显示的高能舌位置不仅能够提示强降水的地区, 还能再结合 700 hPa 引导风预报出未来 2 h 左右的强降水区。

### 参考文献:

- [1] 寿绍文, 励申申, 姚秀萍. 中尺度气象学[M]. 气象出版社, 2003: 291-300.
- [2] 侯青, 许健民. 卫星导风资料所揭示的对流层上部环流形势与我国夏季主要雨带之间的关系[J]. 应用气象学报, 2006, 17(2): 138-144.
- [3] 李建辉. 华南初夏的超低空急流及其对暴雨的影响[J]. 气象学报, 1982, 40(3): 319-326.
- [4] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 气象出版社(第四版), 2007: 398-400.

(本文责编: 杨杰)