

# 长江三峡地区枯水期强降水过程的水汽图象

熊廷南

(北京气象学院大气科学系,北京 100081)

## 提 要

通过对1996年11月4~6日长江三峡地区强降水过程的水汽图象、红外及可见光云图和常规气象资料的诊断分析,证实了在水汽图象上可以看到红外云图和可见光云图上看不到的信息,而这信息对强降水预报是重要的。

**关键词:** 水汽输送带 暗区 降水量

## 引 言

1996年11月4~6日长江三峡地区出现了36年以来同期最强的降水过程。1961~1995年11月份三峡地区6站(恩施、奉节、宜昌、巴东、万县、五峰)日降水量总和的最大值是159mm,而1996年11月4日6站日降水量总和为223mm,6日为169mm,均超过了历史最大值。为提高天气预报的准确率,对该过程的水汽图象进行了分析。

## 1 天气形势特征

造成4日强降水的水汽输送形势为阻塞型,1996年11月3日08时500hPa图上阻塞高压中心位于乌拉尔山以东 $62^{\circ}\text{N}$ 、 $65^{\circ}\text{E}$ ,阻塞高压前部横槽明显,横槽南部的西风带中有两个明显的短波槽,一个在乌鲁木齐和哈密之间,另一个在乌兰巴托东部,均有明显的冷舌与之对应。另外,在青藏高原上(拉萨北部)也有一明显的短波槽,与之配合的冷舌明显。位于新疆和青藏高原的短波槽为长江三峡地区提供降水所必须的冷空气。

低纬度地区的热带辐合带很活跃,孟加拉湾和南海都有非常活跃的热带云团,南海云团在3日08时已发展为热带风暴。与活跃的热带辐合带相对应的是强大的副热带高压,副热带高压的5880gpm线在 $23^{\circ}\text{N}$ 西伸

至 $107^{\circ}\text{E}$ ,致使副热带高压和孟加拉湾低槽之间西南风强劲,500hPa最大风速为 $22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (重庆)。

造成6日强降水的水汽输送形势为两槽一脊型。1996年11月5日08时,亚洲北部的阻塞高压崩溃, $40\sim 55^{\circ}\text{N}$ 的西风带为两槽一脊型。乌兰巴托东南方的横槽与很明显的冷舌相配合。 $\theta_e$ 线的分析显示出明显的锋区,表明冷空气活动对这次降水的显著影响。低纬度地区的形势与4日相似。

## 2 水汽图上的特征及诊断分析

### 2.1 水汽输送带

在水汽图上,较湿较冷的区域表现为亮(白)的色调;而较干较暖的区域表现为较暗(黑)的色调。在11月4日强降水发生前的1~3日,水汽图上一直维持着一条来自孟加拉湾及南海的活跃热带云团(白亮)的水汽带(灰白),水汽带沿副热带高压西北边缘北上,经长江三峡南侧、长江口至日本南部。从11月1日开始水汽输送带一直在三峡地区徘徊,与热带辐合带云团相比色调要淡得多,但它基本连续完整,偶尔出现间断(即在水汽带中出现暗缝)。水汽输送带与热带辐合带之间的大片暗区是副热带高压的区域(在水汽图上,暗(黑)区一般表明较干较暖并具有下沉

运动)。图1是在水汽图上看到的长江三峡地区降水的背景形势。

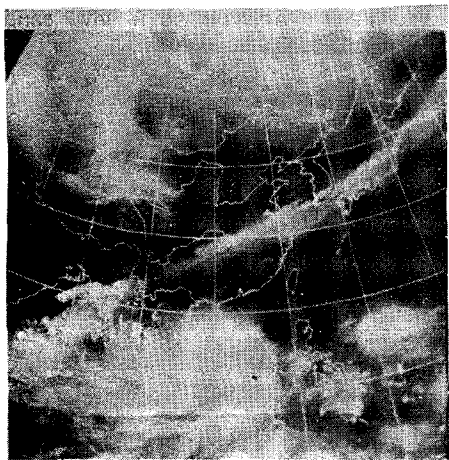


图1 1996年11月2日20时水汽图象

在2日20时水汽图上,水汽输送带出现了明显的断裂(25°N、103°E处)。相应的大降水发生在断裂处的西南侧(即断裂处的上游)的白亮云团处(见图1)。断裂处的东北侧,即水汽输送带断裂处的下游,因为水汽输送不充分,无大的降水,6小时的降水量小于5mm。此时长江三峡地区就处在断裂的下游。需要指出的是,在与水汽输送带出现断裂的水汽图象同时刻的红外云图上看不出断裂现象,整个云带仍旧连续完整,色调很白亮,仅次于热带云团。

比较同时刻的红外云图和水汽图象,水汽图象上的水汽输送带对应于红外云图上是一条连续云带,但是红外云图上的云带比水汽图象上的水汽输送带宽,而且色调也比水汽图象上白亮。同时刻的可见光图上与水汽输送带对应的区域的云带更宽、更白亮,这表明500hPa以上的水汽向一个更狭窄的地带

集中。而只有在红外、可见光和水汽图上都白亮的区域才表明水汽深厚,对流强盛,是可能产生强降水的区域。

经过两天的稳定、徘徊之后,3日14时水汽输送带又开始大举北上,在水汽图象上表现为源自孟加拉湾和南海热带气旋的白亮云带连续且密实地向东北伸展,抵达长江三峡地区。4日02时新的水汽输送带已覆盖长江三峡地区并伸展至长江口,强降水过程从这时开始(图2)。水汽输送带北上的原因有三:①副热带高压西伸。2日08时至5日08时,500hPa的5880gpm的西边界西伸了4个经度。700hPa的3160gpm线的西端从2日08时至4日08时,西伸了10个经度。②偏南低空急流加强。700hPa图上,南宁、贵阳(昆明)、重庆一线的东南风、南风、西南风一般都增加了 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右。例如重庆的风速变化为: $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2日20时) $\rightarrow 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3日08时) $\rightarrow 22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (4日08时)。③南海热带气旋登陆后迅速减弱。热带气旋内的无辐散层提高,使得热带气旋所携带的水汽得以从中上层迅速流入我国大陆。

这条东北~西南走向的水汽输送带边界呈反气旋弯曲,而且北边界非常整齐光滑,意味着300hPa急流轴相当强。水汽输送带的北上和北边界变光滑的过程也就是300hPa急流轴北抬并加强的过程。3日08时至4日20时平均每12小时300hPa急流轴向北抬2个纬距,急流中心风速也不断增加,从 $53\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3日08时), $55\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (3日20时), $63\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (4日08时),到 $74\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (4日20时)。5日08时急流轴稍向南移,5日20时和6日08时急流变化很小。

另外,在副热带水汽羽的西北方向有一条极锋水汽羽。极锋水汽羽与副热带水汽羽的结合,是造成这次强降水过程的一个重要原因。

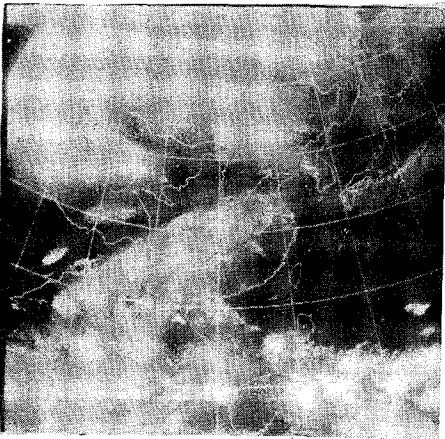


图2 1996年11月4日02时水汽图象

从水汽图象上还可以清楚地看出,经长江三峡地区而东北上的水汽输送带是来自孟加拉湾风暴和南海热带气旋两部分。由与水汽输送带相对应的剖面图看,自地面至200hPa的深厚湿层( $T - T_a = 2$ ),1日20时至3日20时逐渐由南、西南两个方向汇合于长江地区。在红外云图上对应于水汽输送带有相应的云系存在,但是红外云图上的云系比水汽图上的水汽输送带宽,云区范围大,看不出断裂和强弱,边界也不如水汽图象上清楚。换句话说,就是水汽图象上的白亮区比红外云图上少,由此可见深厚的湿层只出现于狭窄区内,而强降水云系发生在湿层很厚的白亮区内。

## 2.2 干涌

水汽图上带有向南凸出的弧形边界的暗区叫做干涌。干涌的弧形边界与500hPa天气图上冷舌的外围等温线相吻合,故能帮助我们判断冷空气的活动。例如,3日08时,位于 $40^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\text{E}$ 处的白云区对应500hPa上的弱脊,白云区两侧各有一个干涌,西边

的干涌对应乌鲁木齐和哈密之间的小槽及冷舌;东边的干涌对应乌兰巴托东部的短波槽和冷舌(图3)。干涌的移动能帮助我们预报冷空气的移动方向。

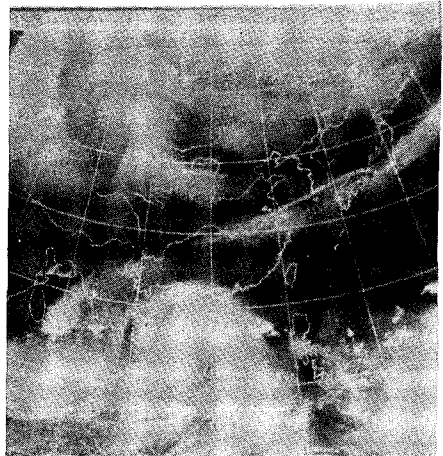


图3 1996年11月3日08时水汽图象

## 2.3 水汽输送带中的雨区

分析6小时降水量图的过程中发现一个有趣的现象:大于5mm的等雨量图总是与水汽输送带走向一致,而且雨区就在水汽带内,不过有不同的大值中心。如果是包括微量在内的雨区,那么雨区的形状与可见光图上的云区形状非常一致。

例如,3日14时的小雨雨区(6小时降水量)的形状与11时和14时的可见光云图上的云区形状一致,呈南北走向,以长江三峡地区为中心,宽度约为10个经距左右,雨区北界达 $38^{\circ}\text{N}$ 。而在水汽图上,水汽带仍旧很窄(2纬距),呈西南~东北走向,而且长江三峡地区为暗的断带。在红外云图上除了有与水汽图一致的云带外,还能看到与地面雨区对应的淡灰色低云区。而在水汽图上是看不到低云的。这也是水汽图象的一大特点,即不能

看到 700hPa 以下的云和地表特征。大于 5mm/6h 的雨量中心常常与水汽输送带中的白亮云团或小的云块相对应,这种白亮云团和云块在红外云图上也能看到,但不如在水汽图象上容易分辨。

根据本个例分析,大于 5mm/6h 的雨区都在水汽输送带中。由于水汽输送带比相应的红外云图云带范围小,所以可以帮助我们缩小预报范围。例如,2日 20时水汽带断裂后,在断裂处(23°N、97°E)的上游,有一些白亮云团,云团在不断地组合变化中北上至(24°N、100°E)处。结果 3日 08时的 6小时雨量记录表明,对应这些白亮云团的大雨中心值位于昆明西西南方,分别为 66mm/6h 和 36mm/6h。

强降雨区位于水汽输送带里,但并不是水汽输送带的所有部位都有强降雨。确定水汽输送带中的雨区可结合物理量诊断分析。例如 3~4日的水汽输送带即宽又白亮,没有明显的小云团。但在水汽输送带中低层有水汽通量辐合的部位对应大于 5mm/6h 的大雨中心。从 3日 20时开始,长江三峡地区始终处在水汽通量辐合区域,且水汽通量辐合的厚度达 400~500hPa。3日 08时长江三峡地区及其东北方向上升运动很强,最大上升速度在 500hPa,其值为  $170\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (图略)。所以长江三峡地区 4日产生了历史同期最大的降水。

从 4日 17时开始,近 4个纬距宽的水汽

输送带在 25°N、95°E(即与热带辐合带相连处)再次变窄,随后下游水汽输送带也慢慢变窄,南海热带气旋渐无踪影,但热带辐合带仍很活跃,菲律宾以东又有热带气旋生成,南海及中南半岛也有热带云团活动,所以水汽输送带一直维持。虽然水汽输送带的整体色调为灰白,但其中相对浓白的小云团和云块造成了 6日长江三峡地区 6小时降水量的大值中心。6日 20时以后 6小时的大雨中心在长江三峡地区的东北方向。

### 3 结语

3.1 水汽图象可以为降水预报提供有用的信息。大于 5mm/6h 的雨区位于水汽输送带内,小于 5mm/6h 的雨区可出现在水汽图象的暗区中和可见光图的白亮区内。

3.2 水汽输送带中清晰可见的中尺度结构、色调白的块一般对应强降雨。

3.3 水汽图上有些浓白色的云区域并不下大雨,原因是:①厚卷云。因为卷云温度低,故在水汽图上为白色。②水汽多(无云)。水汽的吸收作用使得卫星收到的能量很少,故色调很白。这时可参看红外和可见光图相应区域是否白亮以考虑下大雨的可能。

3.4 结合物理量计算结果进行降水预报。在水汽输送带中低层水汽通量辐合的区域易产生大降水。

3.5 水汽图象可以分析出可见光、红外云图上不易看出的系统,但对水汽图象的解释也比可见光和红外云图复杂得多。

## Analysis on Water Vapor Imagery of the Strong Rainfall for Dry Season in the Three Gorges Region

Xiong Tingnan

(Beijing Meteorological College, 100081)

### Abstract

By using the water vapor imagery, the strong rainfall for dry season in the Three Gorges region are predicted in 1996. It is proved that there are many information only on the water vapor imagery but not on the IR picture and the visible picture. This kind of information is very important for predicting strong rainfall.

**Key Words:** water vapor bands dark area precipitation