

气象卫星资料在我国天气分析和预报上的应用

陶诗言 方宗义 李玉兰 肖稳安

(中国科学院大气物理研究所)

我国从1969年开始将气象卫星资料用于天气分析和预报。目前各省都有自动图片传送系统(APT)接收站。大多数自动图片传送系统(APT)接收站是接收泰罗斯-N(TIROS-N)卫星的低分辨扫描辐射仪云图,有几个站接收日本地球静止气象卫星云图,中央气象台还接收由华盛顿世界气象中心和日本气象厅发送的太平洋的卫星探空和测风资料。大多数天气预报部门的预报员在做短期预报时,常常参考卫星云图资料。根据近十年使用气象卫星资料的经验,我们认为卫星资料对于改善天气分析和预报是有用处的,尤其是在西藏高原和我国邻近海域,卫星资料是天气分析和预报的重要工具。

一、卫星云图在西藏高原上的应用

西藏高原是世界上最大的高原,它位于北纬26—40度,东经70—104度。海拔高度在5公里以上,面积约有二百万平方公里。西藏高原对中国和日本的天气以及整个北半球的大气环流有重要影响。有许多系统是经过高原或是先在高原上生成,然后影响我国东部地区 and 日本的。由于高原气象观测站稀少,尤其是高原西部地区,没有一个测站,用常规气象资料追踪高原上的天气系统常常有困难,卫星云图对于高原的天气分析和预报是个重要工具。实践证明:卫星云图对于追踪天气系统的移动,判别系统的生成,以及确定系统的结构都是有用处的。

西藏高原耸立在南亚对流层中部,高原的四周有山脉围绕。过去我国的气象员认为,高原的天气和平原不同。例如,在高原上常常观测到积状云,层状云却很少见。又认为在高原上冬季不常见寒潮、冷锋和暖锋的活动。卫星云图推出,情形并不如此。我们发现,象在平地上一样,高原上的天气变化,主要由天气系统过境所引起。从10月到5月是高原的干季,这时常常有高空槽从中亚细亚越过高原东移,寒潮和锋面活动也常常在高原上出现。高原切断冷涡虽不很常见,但偶尔也能见到。图1是高原上一次高空西风槽活动的例子。在高原上的高空槽云系不像在海上那样表现成逗点状云系,而是表现成一条南北走向的卷云带。这个高空槽在第二天移到长江中下游时,曾引起一次强烈的龙卷风天气。卫星云图分析表明寒潮大多从西北方侵入高原,其冷锋在向东南方向移动过程中有时会引起高原地区大面积降雪。图2是高原上一次暖锋云系,暖锋上的多层云系结构表



图1 1974年4月11日10时诺阿-3甚高分辨红外云图。图上给出位于高原上空的高空槽云系

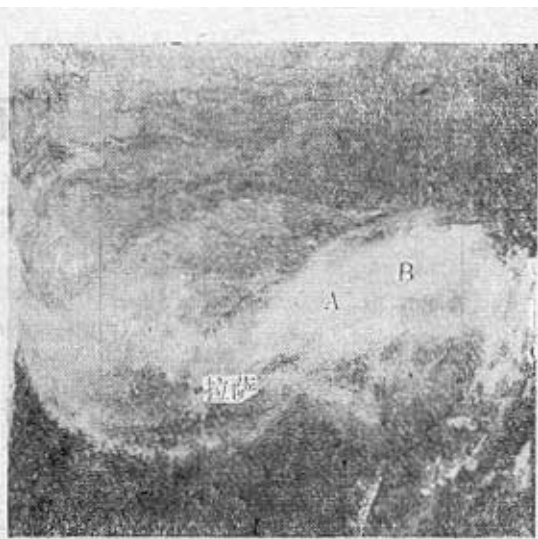


图2 1973年12月10日10时诺阿-3甚高分辨红外云图。图上的AB为位于高原上的暖锋云系

现很清楚。从高原东部的两个探空站资料分析证明,这确是一条暖锋。在过去,高原上有没有暖锋,预报员存在分歧意见,卫星云图证实了高原上有暖锋活动。高原上的静止锋云系可以横贯整个高原。高原上切断冷涡云系的螺旋状结构很清楚。在干季,高原上的云系多数是高云,在分析天气系统时,红外云图比可见光云图更好用。

6至9月是高原的湿季,这时印度夏季风可以侵入到高原上。高原上的积雨云甚多见。有时候印度季风低压中的云系可以越过喜马拉雅山脉伸展到高原上。图3是一次印度季风低压的云系,这个季风低压沿着恒河向西移动,低气压的云系伸到高原上,造成高原南部一次强降水过程。

孟加拉湾热带气旋也能影响高原的天气。当风暴侵入印度时,如果同时有高空槽过境,这两种天气系统的云系连结在一起,

常常可以造成高原上的强降水过程。1973年10月12日有一个孟加拉湾风暴云系同高原上的高空槽云系相联结,高原南部出现一次大面积创历史记录的暴雪。高原南部的帕里站(55773)24小时降水量达到121毫米。

热带的云涌有时候也影响到高原上。卫星云图指出,当巴基斯坦和阿拉伯海有高空槽发展,槽线伸展到 20°N 以南时,有大量水汽和云系从阿拉伯海向高纬度方向涌进,影响亚热带甚至西风带的天气。1972年11月27—29日,在阿拉伯海出现一次云涌过程。云涌是从

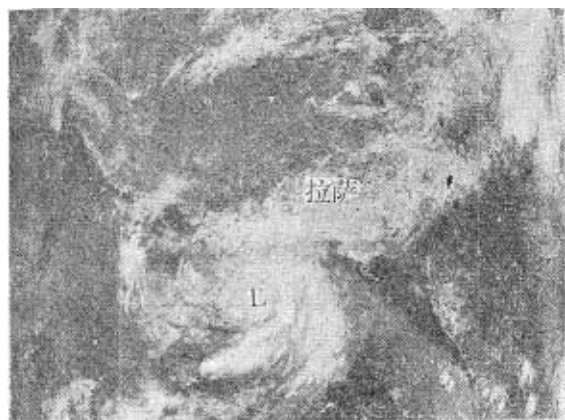


图3 1975年9月26日10时诺阿-4甚高分辨可见光云图。“L”为沿着恒河向西移动的季风低压,给西藏高原南部造成明显降水。

阿拉伯海上的赤道辐合线发生的, 有一条宽厚的云带越过高原伸展到 40°N , 根据卫星云图和常规气象资料分析出这次云涌过程中 200 毫巴等高线图和高空急流位置。这次云涌过程造成高原上一次大面积的暴雪, 留下的积雪在一个月以后仍未见消融。

在早年高原上的气象员认为, 由于喜马拉雅山的阻挡, 印度的季风低压、孟加拉湾风暴对于高原并没有什么影响, 也不知道来自阿拉伯海的热带云涌能影响高原。有时候高原上出现了一场大暴雪, 不知道是什么天气系统引起的。有了卫星云图以后, 才知道高原南边的热带天气系统对高原是有影响的。

二、利用卫星资料监视海上的天气系统

我们利用卫星云图监视海上台风活动。在 1970 年—1973 年我们利用弗里茨^[1]等人的分类法, 以后采用德沃夏克^[2]的方法估计台风的强度和其可能发展。这些方法主要根据台风中稠密云区的范围和云带的弯曲特征作为判据。几年来我们使用的经验做法, 同一强度的台风, 云型和云量的差异甚大。因此单凭卫星云图上稠密云区的大小和云带特征来估计风暴的强度存在一定的困难。最近, 我们根据 1978 年地球静止卫星的红外云图, 得出一个考虑中心强对流云区大小的估计热带气旋强度的方法^[3]。把热带气旋中心强对流云区大小; 环流中心相对于强对流云区的位置; 眼区的形状和大小; 螺旋云带的圈数等四个方面的云系特征作为制约热带气旋强度的因素。综合这四个因子得到热带气旋总强度数。图 4 是热带气旋总强度数 T 与中心最大风力的相关曲线。根据这条相关曲线可以估计热带气旋强度。

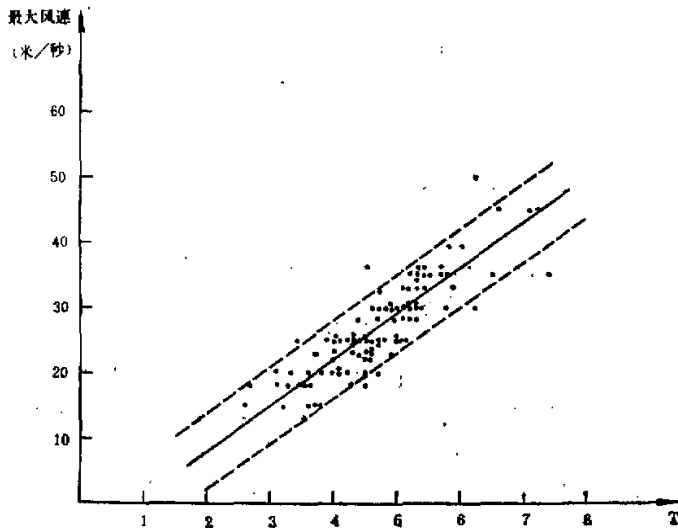


图 4 热带气旋总强度与中心最大风力的相关曲线

卫星云图可以监视海上其它热带扰动的活动, 这类扰动有些不能用常规资料分析出来。有时当这类扰动侵入大陆时, 也会引起暴雨或大风^[4]。在 1977 年 8 月 21 日上午的卫

星云图上(图略),离开上海以东的洋面上 300 和 600 公里处有两块小的云团,它们出现在 7707 号台风北面 1000 公里的地方,以 20 公里/小时的速度向西移动。在 21 日 19 时的云

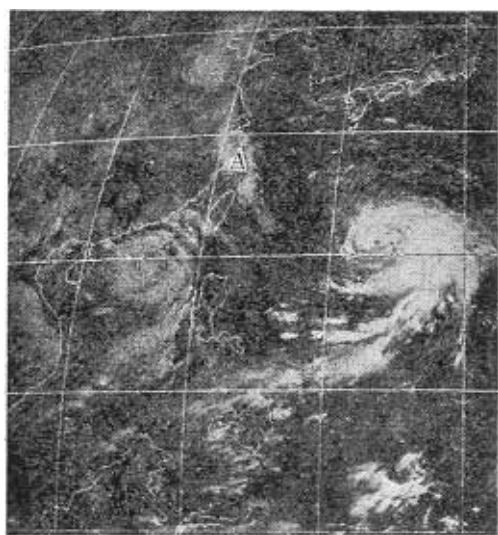


图 5 1978 年 7 月 25 日 08 时地球静止卫星可见光云图。跟随 7805 号台风移动的云团 A 已到达浙江省沿岸,带来了暴雨天气。

图上,这两块云团已逼近上海。当它们经过上海时,上海出现了创历史记录暴雨。8 小时降水量达到 540 毫米。1 小时降水量达到 150 毫米。这种台风外围的云团在卫星云图上表现很小,无法用海上的常规资料分析出来,目前只能用云图来监视。

有时候在台风后面跟随着一个弱的热带扰动,台风登陆以后,人们的警惕性已放松,没有监视后面的扰动,意外地出现第二场暴雨。卫星云图对于监视这类扰动有用处。1978 年 7 月 23 日 14 时,7805 号台风已经在长江口以南登陆,但在台风后面, 25°N , 127°E 处跟随着一个热带云团 A。7 月 25 日 08 时(图 5),台风已移到华北,热带云团 A 在浙江南部登陆,造成一次强的暴雨。24 小时最大降水量达到 210 毫米。

从 1978 年 5 月开始,我们将日本同步卫星资料用于日常的天气分析和预报。由于每天同步卫星云图的次数比较多,这为我们监视海上天气系统的活动提供更有用的工具。

三、利用卫星云图分析锋的结构

卫星云图能帮助我们分析锋面的结构^[5]。1974 年 2 月 5 日华南沿海岸有一条移动甚慢的冷锋(图 6a)。这条冷锋的云系在东经 110° 度以西完全是低云,因为在可见光云图上虽然显得很白,但在红外云图上却呈暗灰色。在 110°E 以东是中云区(图 6b),从云系的结构看,这条冷锋上的云层比较薄,我们推论在锋面逆温层的上面,还有一层下沉逆温层。图 7 是通过锋面的南北向垂直剖面,可以看出在锋面上空对流层下半部有两层逆温层,锋面逆温层出现在 800 毫巴附近,而在 600 毫巴处另有一层下沉逆温,因此锋面的云系只限于中、低云。

昆明准静止锋天气是冬季云南、贵州常见到的,其位置一般位于昆明和贵阳之间,它具有暖锋的性质,云层的厚度甚薄。在 1974 年 2 月 5 日(图 6a)昆明准静止锋也存在。从穿过昆明静止锋的东西向剖面图(图略)可以看出,静止锋的坡度甚小,并且同样有两层逆温层存在。在卫星云图上(图 6b)昆明静止锋位于云区西部的边界处。

冬季华南的准静止锋和昆明准静止锋上空存在有下沉逆温,在云图上表现云层比较薄。这是华南静止锋的特色。它与高原的存在有关系。冬季高原位于西风带,气流越过高原后,在高原东坡下沉,在对流层中部造成下沉逆温,并抑制锋面云系在铅直方向发展。

在图 6 中,黄河中下游在可见光和红外云图上都表示有一个天气系统 A 存在,从云型

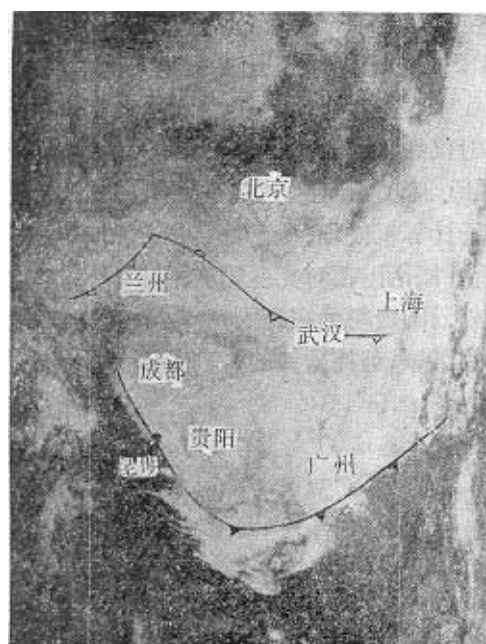


图 6a 1974 年 2 月 5 日 09 时诺阿-3 甚高分辨可见光云图。

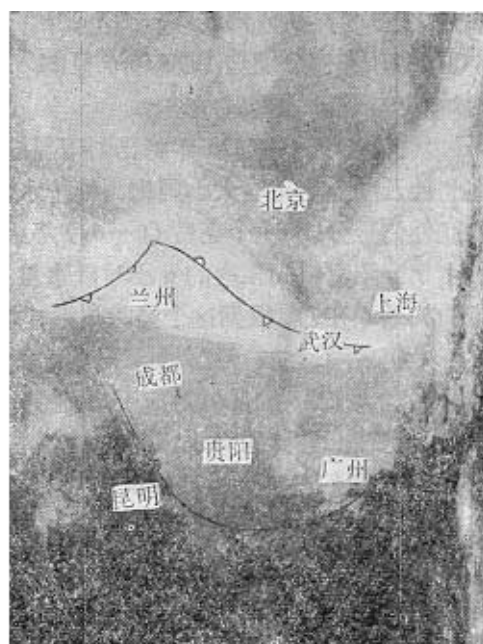


图 6b 1974 年 2 月 5 日 09 时诺阿-3 甚高分辨红外云图。

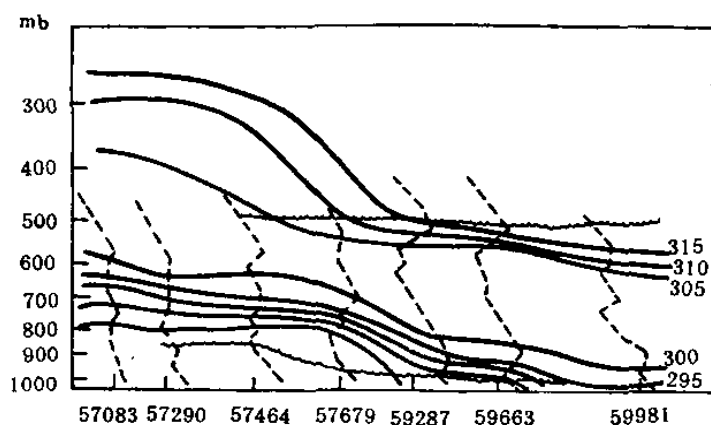


图 7 1974 年 2 月 5 日 08 时沿 115°E 的南北向垂直剖面图。

的结构看,似乎有冷暖锋结构。但在原来的海平面天气图上没有分析出冷暖锋,地面要素反应也不清楚,只分析出一个伸向北方的低气压槽和一片雪区。事实上这条锋系是存在的。从沿 25°N 的垂直剖面图可以看出(图略),在对流层中部确有冷锋和暖锋锋区存在,锋面的坡度并不大,在对流层下部有一个冷空气垫存在,这是一条高空锋系,我们根据卫星云图可以判断锋面的结构并改进海平面天气图分析。

四、用卫星云图分析大陆上的暴雨和雷暴

甚高分辨率辐射仪红外云图对于确定夏季梅雨锋上的强降水区很有效^[6]。在1976年

6月22日的甚高分辨红外云图上,在锋面云带中可以见到一个个亮的云图A、B、C、D、E(图8),它们分别与1976年6月21日—22日24小时降水量图上的五个强降水中心相对应。

我们在1974—1975年将诺阿卫星的扫描辐射仪红外信号经过电子计算机处理,研究在红外云图上的亮度大小同梅雨锋降水量的关系^[7]。将由自动图片传送系统(APT)收到的红外信号分成64个亮度(0—63)等级送入电子计算机处理,得出数字化云图。将这种数字化云图资料同相应的6小时降水量进行分析,概括出相对亮度同梅雨锋6小时降水量的关系(图9),根据这个经验关系,可以从红外云图资料确定梅雨锋6小时的降水量。实际个例表明,在数字红外云图上,亮度大于40的区域,与梅雨锋的大范围降水区域相对应。亮度大于48的区域对应于梅雨锋上强降水区域。估计的降水区多数同实况符合。由于我们没有大的计算机,这种试验还不能在日常天气分析业务中使用。

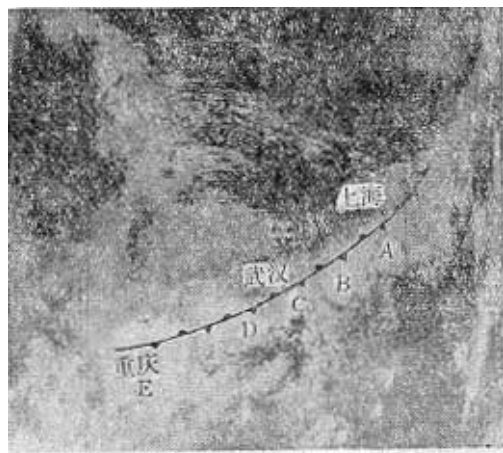


图8 1976年6月22日09时诺阿-4甚高分辨红外云图。图上的A、B、C、D、E是沿着梅雨锋上的中尺度雨团。

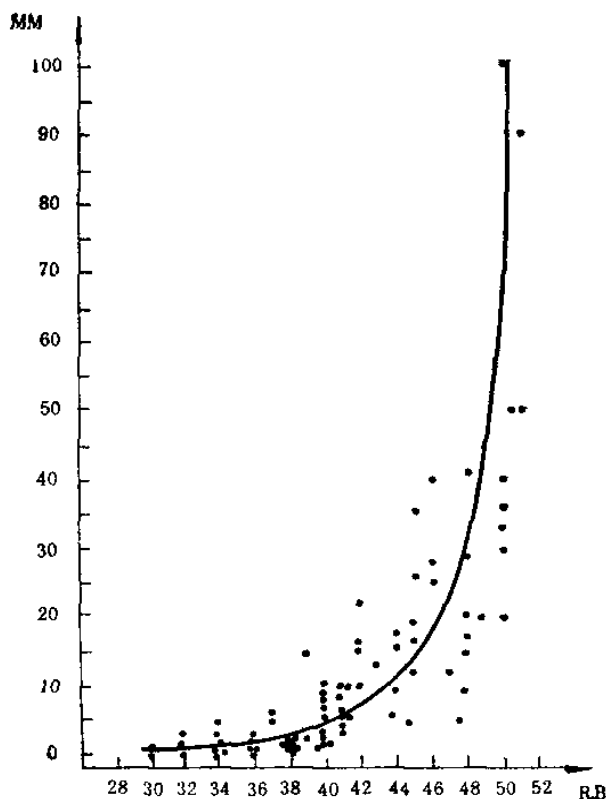


图9 相对亮度(RB)与梅雨锋上6小时降水量的相关曲线。

中国的强暴雨多数是由移动甚缓的、持久性的雷暴群引起的。从卫星云图可以分析这类雷暴群。1975年8月7日7503号台风登陆后移入河南境内,出现了24小时1060毫米的降水量,造成严重洪水。图10是暴雨时刻的红外云图。云图上的A处就是暴雨区所在。暴雨区出现在台风中心的东部和东北部。在暴雨区东部有一条移动甚缓的冷锋,冷锋后非常潮湿并有甚强的低空东风气流,以及锋前潮湿的东南风气流都吹向暴雨区。这类气团是位势不稳定的。在暴雨区西侧有大致与东风气流成正交的山脉,它促使湿空气抬升,释放位势不稳定能量,触发强对流活动。从每小时的降水量图(图略)看出,有一个个强的降水中心在暴雨区东南方生成,并向西北方向移动,进入暴雨区,造成在暴雨区出现一个准静止的降水系统。根据目测报告,在暴雨区天气现象很可惧,雷声不断,大雨滂

沱,使人感觉透不过气来。在卫星云图上(图 10):风暴中心东面有一一条条小对流云带向暴雨区汇集。这些强对流云带同每小时雨量图上的雨团中心移动路径相对应。如果当时有地球同步卫星云图,对这次强暴雨的监视将会更有效。

夏季的雷暴天气生命史比较短,用极轨卫星不容易抓住其活动。地球静止卫星云图却能较好地跟踪这类系统的活动演变。1978 年 6 月 9 日下午华北地区出现了一次雷暴、大风、冰雹过程。它出现在华北北部地区有高空冷涡的形势下。在 6 月 9 日上午 08 时(北京时)的地球静止卫星云图上(图略)冷涡中心位于 44°N , 115°E 附近,与冷涡相连系的冷锋云系已经位于东部沿海,涡后是大片晴空区。9 日 11 时(图 11a)低涡中心的偏西方向即 43°N , $110^{\circ}-115^{\circ}\text{E}$ 一带已有对流云带 AB 开始发展,云顶不高,红外云图上呈灰色。到

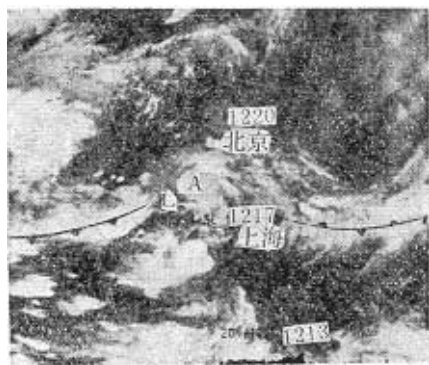


图 10 1975 年 8 月 7 日 20 时诺阿-4 甚高分辨红外云图。L 是 7503 号台风的残余中心, A 是产生河南特大洪水的停滞性云团。

14 时,低涡西北方的对流云带 AB 进一步发展成为较典型的飚线云系。在 14 时的地面图上,与飚线云系相对应的地区为一片雷暴天气。17 时(图 11b)对流云带继续往东南方向移动并加强。云带的前沿光滑,呈弧状向东南方向突出,地面大风出现在弧状云线过境时,风向与弧线正交。20 时弧状云线 AB 演变为一卵形云区,并转向东移动到渤海湾北岸,24 时云带 AB 强度减弱,处于消散状态,移动方向转为东北东。这条对流云带在 6 月 9 日 14 时—20 时造成了华北北部大范围雷暴、冰雹、大风天气。

当华北有高空冷涡停留时,上述过程可以每天重复出现,使得华北北部局部地区每隔 12—18 小时出现一场雷暴。从高空冷涡中有一个个中间尺度扰动传播出来,这种扰动在等压面高度场上反应不明显,只在温度场上表现为一个小冷槽,但一般不被人们注意。卫

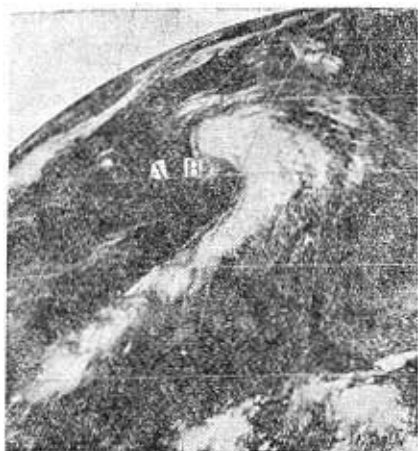


图 11a 1978 年 6 月 9 日 11 时地球静止卫星红外云图。北京西北方的低云线 AB 刚开始发展。



图 11b 1978 年 6 月 9 日 17 时地球静止卫星红外云图。AB 已发展成为典型的飚线云系。

星云图却直观地表示其存在,地球静止卫星云图可以有效地追踪这类中间尺度扰动的活动。

五、结 论

在本文中我们概括了卫星资料在天气分析和预报中的各种应用。我们主要是应用极轨卫星的自动图片传送系统 (APT) 资料,从 1978 年开始使用同步卫星资料。我们使用的经验指出,卫星资料对于天气分析和预报是有价值的工具,尤其是在资料稀少地区。在今后由于使用地球静止卫星资料,这将使我们对于影响中国的一些天气系统有更深入的了解,并能更好地做出天气分析和预报。

参 考 资 料

- [1] Fritz, S. L. F. Hubert and A. Timchalk, Some inferences from satellite pictures of tropical disturbances, *Mon. Wea. Rev.* vol. 94, p. 231—236.
- [2] Dvorak, V. F., Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery, *Mon. Wea. Rev.*, vol. 103, p. 420—430.
- [3] 方宗义、周连翔,用地球同步气象卫星红外云图估计热带气旋强度(待发表)。
- [4] 蔡则佑、李玉兰,1977 年上海特大暴雨的初步分析,中国科学院大气物理研究所集刊,第九号(尚未出版)。
- [5] 陶诗言、曹玉,我国三类天气的卫星云图分析,中国科学院大气物理研究所集刊,第九号(尚未出版)。
- [6] 陶诗言等,中国暴雨(尚未出版)。
- [7] 肖德安、方宗义,长江流域梅雨天气的卫星云图和降水分析,中国科学院大气物理研究所集刊,第七号,科学出版社, p. 33—44, 1979.