

用地球静止气象卫星云图 分析我国几类强雷暴天气

肖 稳 安

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

夏季的雷暴、冰雹、大风等强对流天气,尺度小,生命史短,用常规的天气观测资料分析它们的活动存在着一定的困难。然而,地球静止气象卫星(GMS)云图为我们提供了连续观测这些对流活动的一种可能性。本文主要是利用三小时一次的GMS云图资料,分析了1978年6—8月份我国大陆上的六类雷暴天气,阐述了强雷暴活动的云图特征。指出,假若有30分钟一次的GMS云图,则对夏季大陆上强雷暴的分析和监视更为有利。

一、前 言

夏季的雷暴、冰雹、大风等强对流天气,尺度小,生命史短,用常规的天气观测资料和极地轨道的卫星云图不容易分析出它们的活动。观测时次稠密的地球静止卫星云图,却能从云型变化上清楚地看到强雷暴活动发生前几小时最初阶段的对流发展及其后来的演变过程。1978年起我们有了地球静止卫星云图资料。本文利用这些资料对1978年6—8月份在我国大陆上发生的几类强雷暴天气作了分析。

二、华北冷涡飑线云图分析

夏季华北高空冷涡是造成华北北部地区强雷暴天气的一种主要天气形势^[1]。强雷暴出现在冷涡中心云区的西南—南部,在这个部位有不稳定的层结。只要有中尺度的切变线、露点锋、辐合线、中低压等系统,都能触发强对流天气。1978年6月中上旬,在华北地区有两次高空冷涡影响下的强雷暴天气。这里我们以6月9日为例,用地球静止卫星云图来进行分析。

6月9日13时,强对流天气最先在河北省的西北部康保县—张北县—尚义县一带生成,其后,从西北逐渐向东南方向推进。这样一次飑线活动过程,在地球静止卫星云图(图1)上表现很清楚。6月9日08时,对流层中部一个高空冷涡移到内蒙古东部和辽宁交界的地方,冷涡中心在 44°N 、 115°E 附近,与冷涡相联系的冷锋云带已经移过京津地区,位

1979年6月14日收到。

于华北东部的海面上, 冷涡后部是一大片晴空区(图 1 08 时), 11 时在冷涡的西南方向有一弱云线 AB 生成, 云顶不高, 在红外云图上呈暗灰色。到 14 时, AB 云线进一步发展为一条较典型的有弧状前沿的飢线云系。云的颜色明亮, 云顶向上伸展很高。云区东西长

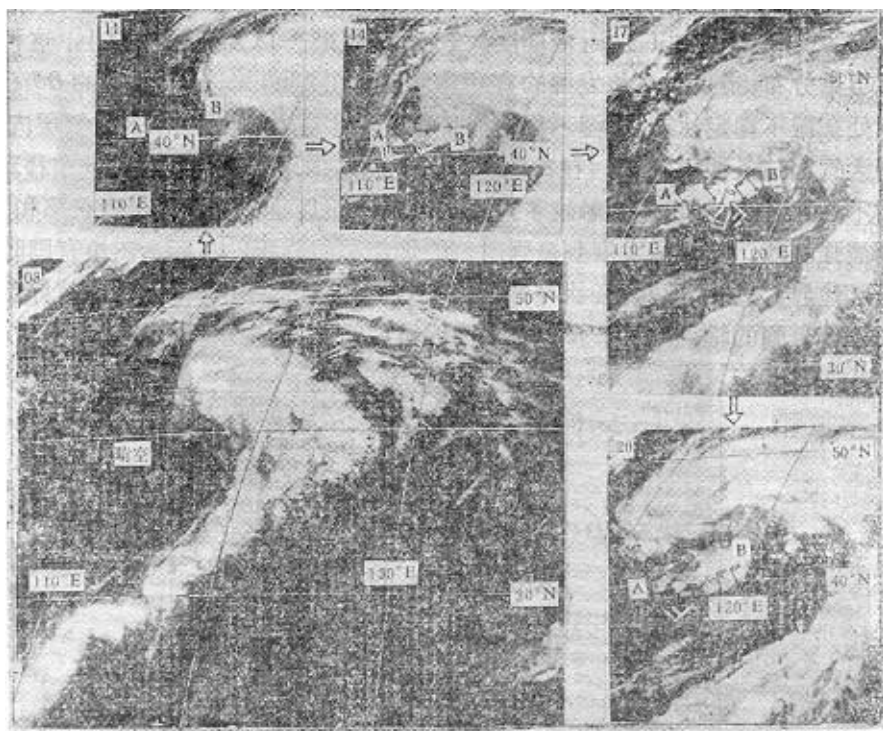


图 1 1978 年 6 月 9 日 08、11、14、17、20 时 GMS-IIR 云图

约 450 公里, 南北宽 40—100 公里, 东端宽, 西端窄(即头部大, 尾巴小), 象一个小蝌蚪的形状。与 14 时飢线位置十分一致。飢线云系相对应的地面上是一条强雷暴天气。14 时以后, 飢线云系向东南方向移动, 在移动中迅速加强。17 时, 飢线云系的稠密云区范围明显向外扩展, 三小时约向东南方向伸展了 100 公里。云体结构稠密, 颜色明亮, 云顶很高, 有穿透性对流云(雷达回波观测, 17 时左右云顶高达 16 公里)。云区东南前沿光滑整齐呈卵状向东南方向凸出。飢线云系已发展到了最强盛阶段, 演变成为一条强飢线云带。在 17—18 时左右, 与强飢线云带相对应的地区出现了这一天范围最大, 强度最猛烈的雷暴、冰雹和大风天气。大风出现在卵状云区边界过境时, 大风风向与强飢线云带的光滑边界正交。20 时, 飢线云带继续向东南东方向移动, 飢线云带的卵状前沿变得更加光滑整齐, 说明飢线云带之后偏北大风仍然很大。在 20 时的 GMS 云图上标有地面大风记录, 河北昌黎, 乐亭等地 20 时左右瞬时大风还在 8 级以上。但是 20 时飢线云带的密蔽云区范围开始减小, 西端尾部稠密云区趋于消散, 飢线云带影响下的冰雹、大风和雷暴天气接近结束。24 时, 飢线云带转向东北东方向移动, 卵状光滑整齐的前边界变得模糊, 云区范围迅速缩小, 亮度变暗, 飢线云带处在迅速衰亡阶段, 其影响下的强雷暴天气完全结束。

我们分析了华北北部地区 08—20 时对流层不同高度冷暖平流; 北京假相当位温随高

度的变化;太阳辐射对低层无云区增温的影响(云区和无云区 08—14 时地面温度及气温分布的分析)以及填有稠密观测资料的每小时地面流线分析。9 日 08 时,当 500 毫巴冷涡后部一个冷空气中心(难以分析出气压槽)从西向东移动时,北京地区 24 小时降温 5°C 以上。而在同一地区的 850 毫巴以下到地面,有偏南的暖空气平流和太阳辐射的增暖,使 850 毫巴 24 小时增暖 7°C 以上。近地面层大气 6 小时(08—14)增温 8°C 以上。这种上冷下暖的大气层结分布,提供了对流发展的有利环境场。在 2000 米以下,北京的 $\partial\theta_{se}/\partial z < 0$, 说明大气处在湿不稳定状态,潮湿不稳定能量主要集中在 2000 米以下的大气层内^[2]。在这种有利的大气层结条件下,11 时在冷涡西南部地面的中尺度辐合线从西向东移动,经过大气层结不稳定区时,就迅速地触发了对流的发展。而且随着这条辐合线东移和加强,对流发展到最强阶段。图 2 是发展到最强时刻的地面流线分析。在图上还绘有同时刻飑线云带的云区边界、大风和冰雹、云状符号。在 17 时,飑线位置和飑线云带的前界重合。在辐合线上辐合最强的辐合中心位置对流云也发展最旺盛,出现了猛烈的强雷暴天气。

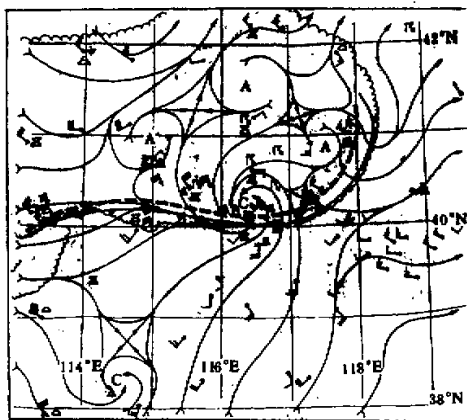


图 2 1978 年 6 月 9 日 17 时地面流线(实点线);
飑线(带黑倒三角实线);对流云区边界(弧线);辐合线(双虚线)分析

华北高空冷涡影响下的一场一场强雷暴天气是与冷涡后部中间尺度的扰动和地面中尺度系统的相互配合相联系。但是由于气象台站观测时间和台站之间距离的限制,这些系统难以分析出来,有时高空冷涡后部的中间尺度扰动只是在温度场有一个小的冷槽,在等高面图上分析不出来,常常不被人们注意。可是在卫星云图上,冷涡后部的强雷暴却能以明亮的云系表现出来,这就使我们可以利用观测时次稠密的地球静止卫星云图来分析和监视这类强雷暴天气的活动。

三、由海陆差异造成的对流活动

在沿海地区,海陆风的作用甚明显。白天近地面层有海风从海上吹向大陆,当海风从海上吹向陆地时,形成一条海风锋,在海风锋上有时候可以产生带状对流性天气^[3]。1978

年 6 月 15 日,有一条冷锋侵入华南沿海,冷锋云带不断在消散。在 15 日 11 时(图 3),冷锋上除了个别地方有零散的低云外,大部分地区为晴空区。在 14 时,沿福建、广东海岸线地区有对流发展,即在上午的沿海岸走向的锋面无云区开始有较明亮的积状对流云出现。到了下午 17 时,对流迅速发展为和海岸线走向完全一致的稠密的强对流云区。并出现雷暴天气。

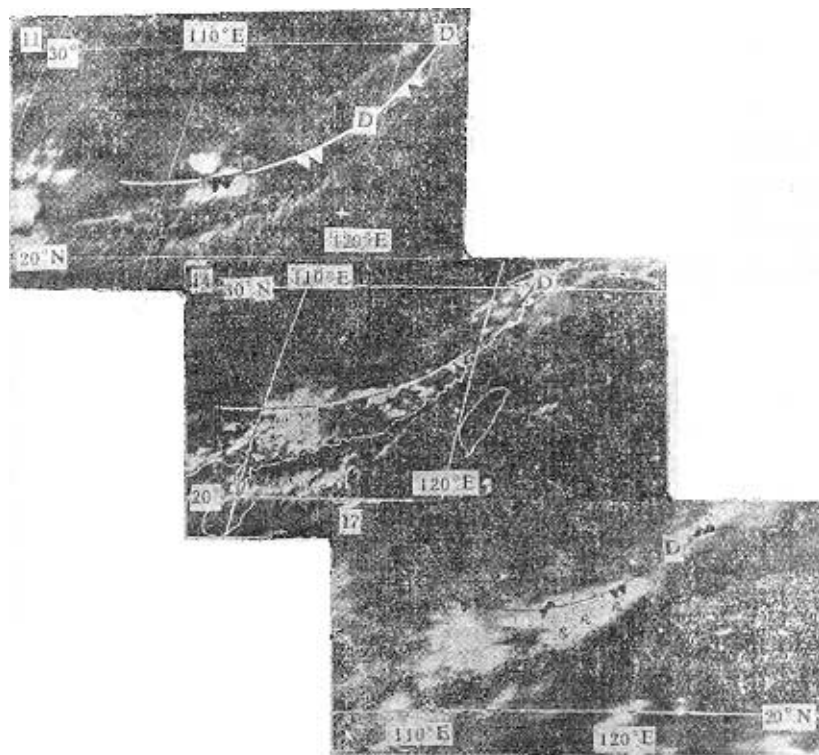


图 3 1978 年 6 月 15 日 11、14、17 时 GMS-IR 云图

这条对流云带主要是海风锋发展的结果。我们作了沿海岸线午后对流发展区 11 个测站的单站风随时间的变化、沿海岸线的流场分析和厦门站的层结分析。白天随着海陆加热的不同,向岸风(从洋面吹向陆地的风)从 11 时开始普遍加强。在福建的莆田、厦门、漳州等沿东北—西南走向的海岸线地区,风向从锋前的西南风转为东南风。而在福建的东山、广东的汕头和惠来等近东西走向的海岸线地区,南风分量加强。可见随着白天大陆和洋面的不同增暖,海风从 11 时开始逐渐建立,14 时以后到 17 时发展到最强,这时候最有利于在海风和内陆风之间建立海风锋。图 4 表示出在冷锋前 120 公里的地方沿着海岸线分析出一条海风辐合线。17 时以后,海风开始减弱,对流随之慢慢地减弱和消失。在天气图分析中,不容易将海风锋分析出来。地球静止卫星云图对监视海风锋上的对流活动是个有用的工具。

四、副热带高压北侧的强对流云团和它们的合并

夏季,副热带高压伸到我国大陆上空时,在对流层中下部,副热带高压的西北侧维持

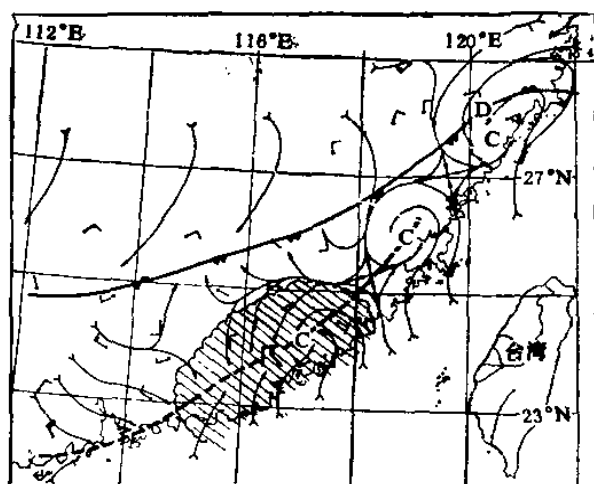


图 4 1978年 6 月 15 日 16 时地面流线(实矢线)、
辐合线(双虚线)、海风对流云区(影区)、锋面分析

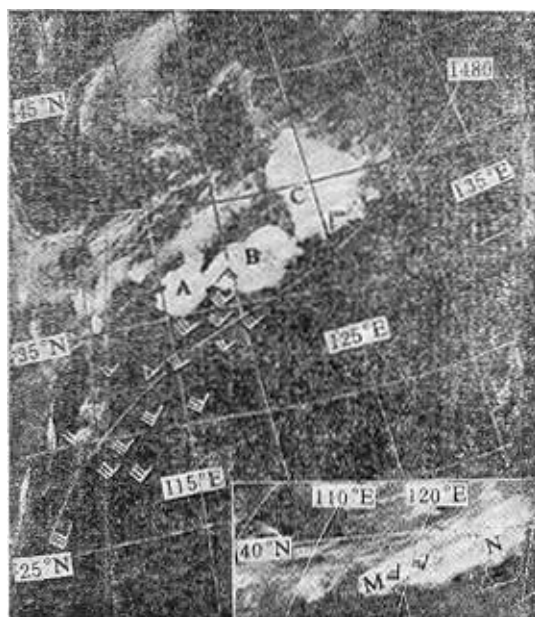


图 5 1978年 7 月 9 日 08 时 08 分 VHRR IR 云
图,右下角为 11 时 GMS-1 IR 云图

着一支偏南的暖湿气流,在这个地区有时会出现强对流风暴。1978年7月9日08时(图5)在副热带高压的西北侧出现了三片强对流云区A、B和C。云的色调很亮,云顶伸展很高,每一团云上部都覆盖有卷云砧,云区边界整齐清晰,是发展旺盛的强对流云系。其中A和B云团在山东半岛的南部济南、泰山一带,在它们的影响下,地面出现大风和强雷暴天气。受B云团影响的山东省高密县1小时降水51.8毫米。潍坊地区8时42分的瞬时最大风速42.2米/秒,在12级以上。A云团影响济南、泰山等地时曾出现冰雹、大风和暴雨。由9日08时山东潍昌地区的地面流线中分析(图略)可知,A云团和B云团同副热带高压北侧的“人”字形辐合线相联系。经过两个多小时之后,三团对流云区合并在一

起,成为近东西向的一条白亮的强对流云带 MN(图 5 右下角,1978 年 7 月 9 日 11 时地球静止气象卫星红外云图),一直维持到 14 时以后,对流云带还没有衰弱。山东省东南部一直是激烈的雷暴天气此起彼伏。潍县 10 时 30 分瞬时风速 36 米/秒。到 17 时, MN 对流云带才开始减弱。相应的地面天气也随之减弱,因此,地球静止气象卫星云图清楚地反映了副高北侧西南暖湿气流中的中尺度对流活动,是帮助中分析的有用工具。

五、冷锋飚线的云图分析

地球静止卫星云图还可用来监视夏季在冷锋附近飚线的生成及其活动。1978 年 7 月 9 日有一条弱冷锋云带 AB 和一条干锋 CD 分别从 45°N 以北及华北西部地区移到华北北部(图 6)。锋面云带由层状云组成,干锋附近是一片积状云区,而锋前部(东侧)要活跃一些。可见冷锋前的暖气团是很不稳定的,14 时在冷锋前、沿干锋的前边界生成了许多

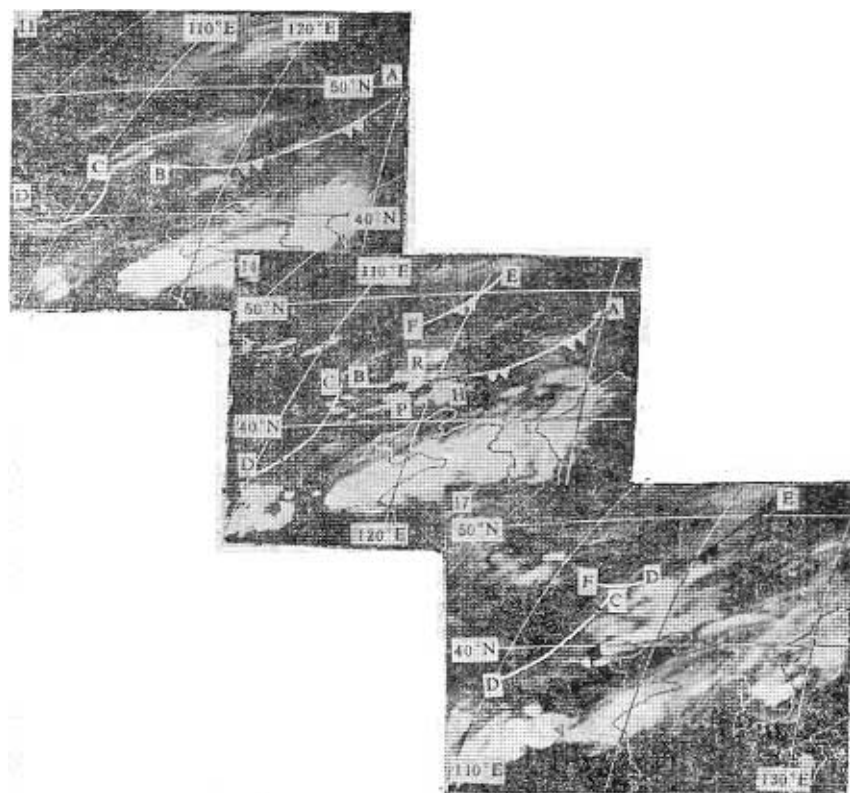


图 6 1978 年 7 月 9 日 11、14、17 时 GMS-1 IR 云图

对流云团。其中以干锋和冷锋交界处的对流云团 R、P、H 范围最大、颜色白亮,是三个较强的雷暴云团,地面上出现了相应的雷暴天气区。其后,北方又有一冷空气南下,相应的冷锋云带 EF 向东南移动,17 时赶上前面的冷锋,和冷锋云带 AB 相接,冷锋加强,这时可以看到冷锋和干锋前的雷暴云团迅速地向一起集中合并,明显加强,云团发展更加旺盛。每一个强雷暴云团的西南—南边界都很光滑清晰,呈卵状,而东北边界被旺盛对流云上空

的辐散卷云砧覆盖^[5]。高空卷云由强雷暴云团的上空向东北方向伸展。可知强雷暴对流云团高低风的垂直切变很大^[6]。低空飚线后为偏北风,风向与强雷暴云团光滑的西南边界正交。高空是一致的西南风。几个强雷暴云团排列成一条强飚线云带。在这条飚线云带的影响下,京、津、唐地区 17 时左右出现了大暴雨、冰雹和大风天气。天津市 17—18 时瞬时大风为 42 米/秒,河北省永清县 30 分钟降水 84 毫米,为该地区历史上所罕见的强对流天气。

六、切变线弱云线上的对流发展

在很多情况下,已减弱的飚线云带如果和其它的对流边界或对流云带(线)相遇,在相遇的地方会有新的对流云生成,出现对流性强雷暴天气。上述 1978 年 7 月 9 日 17—18 时在天津地区产生严重灾害的强飚线云带到 20 时分裂出一条不连续的低云组成的切变线弱云线 LS(图 7)。云带 LS 在向南移动中逐渐靠近副热带高压北侧的大雷暴云团,在 24 时的云图上,对流再次发展。这时正好是云带 LS 同前面大雷暴云团相交的时候。

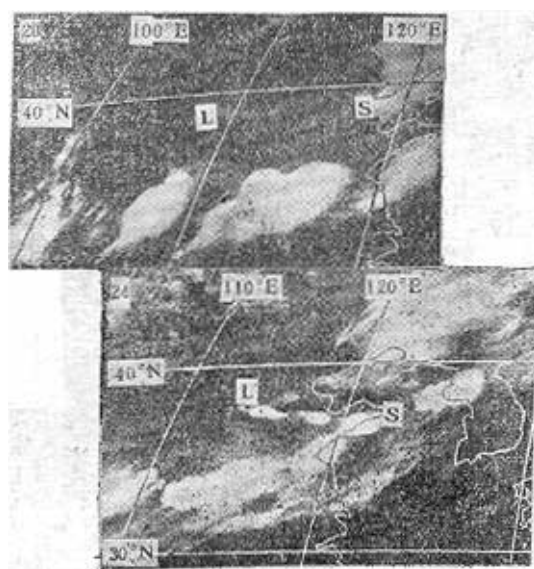


图 7 1978 年 7 月 9 日 20、24 时 GMS-1 IR 云图

在夏季的地球静止卫星云图上,我们还常常看到有许多天气尺度系统和中小尺度系统的弱云线,如:不活跃的冷锋云线、切变线云线以及从雷暴云团中移出来的弧状云线等等。它们在移动过程中,遇到合适的条件,就能沿着这些弱云线激发出新的对流云的发展,甚至会发展演变为一条强的飚线云带,产生剧烈的强对流天气。因此,在用卫星云图分析强对流天气时,要注意两条对流云线的相交以及各种弱云线和其它积云区的相碰。

七、早晨对流云发展区中间的晴空区午后对流的发展

在地球静止气象卫星云图的分析中,经常发现,在早晨云区边界位置,或者在早晨云

区中间的晴空区,由于加热不同,在云区以外的晴空区午后会有雷暴形成^[1]。图 8 是一个例子。图中标有 Q 的地方,在上午 11 时—14 时的云图上均为晴空区。但是到 17 时,在 Q 处出现了比其西侧对流云还要稠密明亮的边界光滑陡峭的“8”字形对流云团。由于它的生成、在河南省郑州、开封及其以东的地方,17 时出现了强风和暴雨。



图 8 1978 年 7 月 9 日 11、14、17、20 时 GMS-1 IR 云图

Q 处发展起来的强对流云团,后来又和东侧老的减弱了的对流云合并。在 20 时,发展成非常强大的超级雷暴单体云团 H, 同样, H 云团西侧的 P 云团,也是由周围的对流云单体向一起集中合并而成的超级对流单体,在 1200 平方公里以上的地方产生了不同程度的强雷暴天气。

八、结 语

通过一年来对地球静止卫星云图的分析,我们发现夏季我国许多强对流天气发生、发展容易从地球静止卫星云图中分析出来。前面所列举的六类强对流天气是比较常见的系统。如果能有 30 分钟一次的卫星云图资料,则对夏季大陆上局地风暴的监视和预报更是有利。

参 考 文 献

- 【1】 中国科学院大气物理研究所二室暴雨组, 影响华北暴雨的几类天气尺度系统的分析(未出版)。
- 【2】 丁一汇: 中尺度气象学, 北京师范大学地理系印, 1978 年 11 月。
- 【3】 Purdom, J. F. W., Some uses of high-resolution GOES imagery in the mesoscale forecasting of

- convection and its behavior, *Mon. Wea. Rev.*, 04, 1474—1483, 1976.
- [4] Purdom, J. F. W. 同 [3].
- [5] Gurka, J. J., Satellite and surface observations of strong wind zones accompanying thunderstorms, *Mon. Wea. Rev.*, 104, 1484—1493, 1976.
- [6] 北京大学地球物理系气象教研室编, 天气分析和预报, 第十五章, 中小尺度天气系统, 科学出版社, 1976.
- [7] Purdom, J. F. W and Gurka J. J., The effect of early morning cloud cover on afternoon thunderstorm development. Fifth Conference on Weather Forecasting and Analysis, 3, 4—7, 1974.

THE ANALYSIS OF SEVERE THUNDERSTORMS IN CHINA WITH GMS PICTURES

Xiao Wen-an

(*Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

In summer, it is difficult to analyse the development of convective weather systems, such as thunderstorms and haze etc, with conventional data, owing to their small scale and short life time. However, with the IR satellite picture from GMS it is possible to observe the change of the convective activity. In this paper by using the pictures taken once every three-hours, we analysed six different types of thunderstorms in June-August 1978 in China and showed the imagery characteristics of these thunderstorms. It is found that if the GMS picture observed for every half-hour is available, it will be more useful for the analysis and monitoring of these thunderstorms.