

文章编号:1673-8411 (2018) 02-0041-04

# FY3 极轨卫星资料在暴雨短时预报中的应用分析

黄 荣<sup>1</sup>, 刘日胜<sup>1</sup>, 刘国忠<sup>1</sup>, 何 立<sup>2</sup>

(1.广西区气象台, 南宁 530022; 2.广西气象减灾研究所, 南宁 530022)

**摘 要:**利用常规观测、地面加密自动站降水资料以及 FY3B 极轨卫星资料,对 2014 年 5 月 18 日广西一次暴雨过程中暴雨云团的微波湿度计特征进行分析,得出以下结论:(1)广西中东部处受高空槽前西南气流影响,中低层水汽条件较好,低层有切变辐合,为中尺度对流系统的发生、发展提供了有利背景。(2)250m 分辨率可见光通道云图上对流发展旺盛的云团有明显不均匀纹理结构,其中镶嵌着多个圆形的暗影,预示着云中伴有强降雨、雷暴大风等灾害性天气。(3)微波湿度计资料反映出暴雨云团从低层到中层都有较高的水汽含量,50mm 以上的强降雨区主要位于 3 个亮温低值中心的过渡区域,即对流云团合并处。高低层通道亮温差能反映云团对流的强弱程度,强降雨发生在微波亮温差的正值区,通道 3 与通道 5 的亮温差对 6h 强降雨落区有较好的指示意义。

**关键词:** FY3B; 暴雨; 微波湿度计; 水汽

中图分类号: P456.1

文献标识码: A

## Application of FY3 Satellite Data in Short-term Rainstorm Forecast

Huang Rong<sup>1</sup>, Liu RiSheng<sup>1</sup>, Liu GuoZhong<sup>1</sup>, He Li<sup>2</sup>

(1.Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022;

2. Guangxi Institute of Meteorological Disaster Mitigation, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** By using conventional observations data, precipitation data from ground-encrypting automatic stations, and FY3B polar-orbiting satellite data, the characteristics of the microwave hygrometer during a rainstorm in Guangxi in May 18, 2014 were analyzed. It was concluded that: (1) the upper troughs and adequate water vapor in the middle and lower layers and shear convergence at lower level provided an advantageous background for the occurrence and the development of mesoscale convective systems. (2) Convectively cloud had an uneven texture structure in 250m resolution visible light channel cloud image, in which many circular shadows were embedded, indicating that it was accompanied by severe weather such as heavy rain, thunderstorms, and winds. (3) The microwave hygrometer data reflected that the rainstorm cloud had enough moisture from the lower layer to the middle and upper layers, and the heavy rainfall areas were mainly located in the transitional area of three low value centers of bright temperature, where convective cloud cluster merged. The bright temperature difference between high and low-level channels could reflect the intensity of convection. Heavy rainfall occurred in the positive area of the microwaves bright temperature difference, and the bright temperature difference in channel 3 minus channel 5 was important for the 6h strong rainfall forecasting.

**Keywords:** FY3B; rainstorm; MWHS; water vapor

收稿日期: 2018-01-15

**基金项目:** 国家卫星气象中心“卫星资料在暴雨监测和预报中的应用子系统改进”(FY-3(02)-UDS-1.1.1(b)); 国家卫星气象中心“高分辨率卫星资料的中尺度和台风应用分析技术”(201401KY002/02-3)共同资助。

**作者简介:** 黄荣(1982-),男,工程师,硕士,研究方向:灾害性天气短时临近预报预警。

## 1 引言

暴雨是广西最主要的气象灾害之一,一直以来都是气象研究重点领域,气象工作者围绕暴雨的大尺度环流形势和环境条件、物理量参数特征方面取得了不少研究成果<sup>[1-6]</sup>。暴雨是多种尺度天气系统相互作用的结果,是在有利的天气背景下由中尺度对流系统直接造成的。FY2 系列气象静止卫星能够持续对中国区域进行高时空分辨率的观测,可以监测中尺度对流系统的发生、发展和演变,在广西前汛期暴雨、台风暴雨监测预报得到了广泛应用<sup>[7-10]</sup>。但由于静止卫星红外通道和水汽通道等主要反映的是云顶的特征信息,无法获得云团的垂直结构信息。极轨气象卫星搭载有比静止卫星更高空间分辨率的光谱成像仪、扫描辐射计和大气垂直探测器,中分辨率光谱成像仪 MERSI 可见光通道星下点最高分辨率达 250m,微波湿度计 MWHS 主要吸收成分为水汽,受冰态降水粒子影响较大,具有穿透云雨的能力,能够观测降水云团中不同高度层的水汽特征<sup>[11-12]</sup>。国内学者利用 FY3 系列极轨卫星资料在定量降水估计、强对流天气监测中开展了应用研究<sup>[13-14]</sup>,发现应用微波湿度计对比 FY2 静止卫星在不同量级降水估计的“命中率”和精准度方面都有优势,其在大气不同高度垂直探测能力和高空间分辨率的可见光图像能反映强对流天气系统的精细化结构特征,但其缺点是每天过境两次,时间分辨率较低,因此在暴雨监测预报时需要结合静止卫星和极轨卫星的各自优势进行分析。

2014 年 5 月 17-19 日,受低层切变线和冷空气南下影响,河池、桂林、柳州、贺州、来宾、贵港、梧州、玉林、南宁等市出现中到大雨,局部大暴雨及雷雨大风等强对流天气。强降雨导致来宾、南宁、贺州等地出现内涝,农田被淹和房屋倒塌,给人民群众造成较大的经济损失。2014 年 5 月 18 日强降雨时段期间, FY3B 极轨卫星正好过境广西,选取此时段降水和卫星资料进行分析,重点对 FY3B 微波湿度计资料在暴雨短时预报中的应用进行探讨,总结预报着眼点,为短时预报提供依据。

## 2 天气实况

2014 年 5 月 17 日-18 日 20 时,广西自西北向东南出现了暴雨天气,根据广西区域自动站雨量统计,24h 共有暴雨 321 站,其中大暴雨 53 站(图略),最大 24h 雨量出现在河池东兰三石镇纳腊村,达 199.9mm。此次暴雨过程主要的降水时段出现在 18 日白天,图 1(见彩页)为广西区域加密自动站 18 日 13-19 时 6h 累计雨量,可以看出强降水主要位于桂东至桂东南一带,雨带呈东北—西南走向,共有 79 站雨量大于 50mm,2 站大于 100mm,6h 最大雨量出现贵港桂平白沙镇,达 134.5mm。强降雨范围集中、降雨强度强,具有明显的对流降水特征。

## 3 天气系统分析

由 2014 年 5 月 18 日 08 时的中尺度分析图(图 2)可以看出,200hPa 西风急流轴位于 33°N 附近,广西处在高空急流入口区右侧的气流辐散区;500hPa

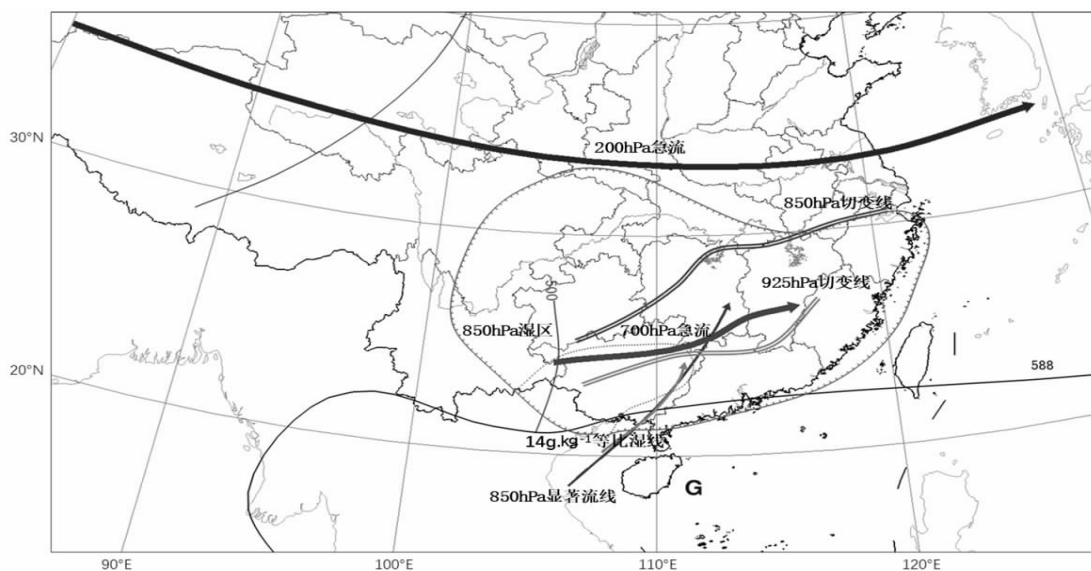


图 2 2014 年 5 月 18 日 08 时中尺度分析图

副热带高压脊线位于  $15^{\circ}\text{N}$ , 副高控制整个南海地区, 云南省东部有短波槽东移, 在高原东部有振幅达 10 个纬距高空槽, 槽后有较强的冷平流; 700hPa 广西受西偏南气流控制, 最大风速达  $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 850hPa 切变线位于贵州与广西交界附近, 北部湾到广西北部为一致的西南气流, 风速  $10\text{--}12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 比湿达  $14\text{--}16\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 并且温度露点差小于  $3^{\circ}\text{C}$ , 水汽条件较好; 925hPa 低空切变线位于广西中部, 位置稳定少动。地面有弱冷空气从东路南下, 广西东南部有一条东北风与东南风形成的地面辐合线。这表明, 5 月 18 日广西中东部处受高空槽前西南气流影响, 中低层水汽条件较好, 低层有切变辐合, 为中尺度对流系统的发生、发展提供了有利背景。

## 4 FY3B 卫星资料分析

### 4.1 250m 分辨率可见光图像特征

从 5 月 17 日 20 时至 18 日 20 时 FY2E 静止卫星云图演变(图略)发现, 17 日 22 时在广西西北部有 1 个对流云团生成发展后向东南方向移动。5 月

18 日 08 时该对流云团 A 移到广西桂林到柳州一带, 强度有所减弱; 11—12 时该云团在 925hPa 切变线附近再次发展增强, 13 时云团西侧和东南侧各新生出对流云团 B 和 C, 14 时 3 个云团逐渐开始合并(图 3a); 16 时(图略)合并后的云团强度发展到最强, 云团  $\text{TBB} < -52^{\circ}\text{C}$  覆盖的范围达到约  $6000\text{km}^2$ , 最低亮温值达  $-77^{\circ}\text{C}$ ; 18 时后, 暴雨云团逐渐向东移入广东, 广西境内的对流云团强度减弱。

从 5 月 18 日 14 时 25 分 FY3B MERSI 传感器 250m 分辨率可见光通道云图(图 3b)可以看到广西中东部被大片云带覆盖, 云带由 3 个椭圆形云团组成, 云团白亮, 上风方(东南侧)边缘光滑, 表明有较强偏南气流进入对流云团, 下风方(东北侧)可以看到丝羽状的卷云, 与高空有较强辐散出流有关。西侧和东南侧的中尺度云团 B 和 C 有明显不均匀纹理结构, 其中镶嵌着多个圆形的暗影, 这是强对流上升运动形成的上冲对流云顶, 表明这两个云团中对流发展十分旺盛, 预示着云中伴有强降雨、雷暴大风等灾害性天气<sup>[15]</sup>。

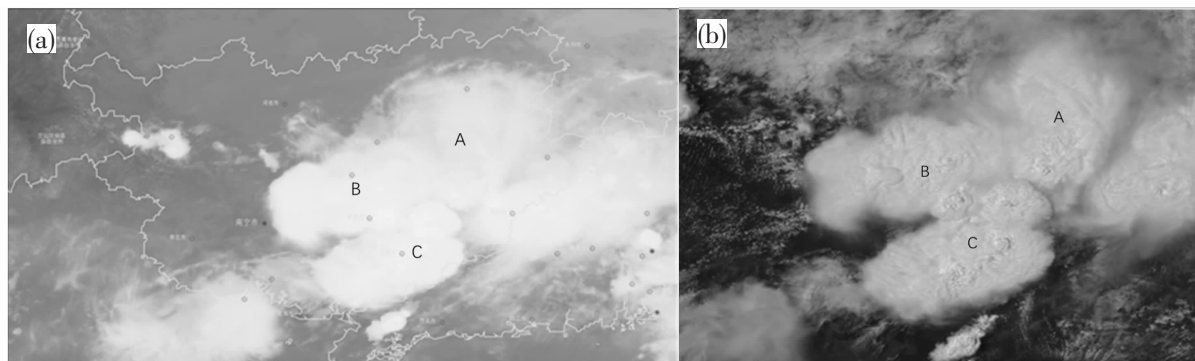


图 3 (a) 2014 年 5 月 18 日 14 时 25 分 FY3B VIRRX 1000m 分辨率长波红外通道云图 (b) MERSI 250m 分辨率可见光通道云图

### 4.2 微波湿度计亮温特征

微波湿度计通道 3、4、5 亮温值能够分别反映大约 400hPa、600hPa、800hPa 的水汽分布特征, 其亮温值越低, 表明水汽对辐射的吸收越强<sup>[16]</sup>。2014 年 5 月 18 日 13 时 24 分 FY3B 微波湿度计观测资料正好覆盖广西全境, 因此选取微波湿度计资料与 13—19 时广西区域加密自动站 6h 雨量  $\geq 20\text{mm}$  强降雨叠加显示进行分析(图 4, 见彩页)。在广西东部和东南部对流云团活动区域, 微波湿度计亮温通道 3、4、5 都存在大片亮温  $< 180\text{K}$  的低值区, 云团有 4 个亮温值  $< 160\text{K}$  的低值中心。由此可以看出, 在广西中部和东南部的对流云团中, 大气低层 800hPa 以及对流

层中上层 600hPa—400hPa 水汽条件均非常充沛, 有利于强降雨的发生。

6h 雨量 20—30mm 区域, 通道 3 微波亮温值约为 200—230K, 通道 4 微波亮温值约为 180—220K, 通道 5 微波亮温值约为 160—200K; 6h 雨量 30—50mm 区域通道 3 微波亮温值约为 180—220K, 通道 4 微波亮温值约为 180—220K, 通道 5 微波亮温值约为 160—200K; 值得注意的是 6h 雨量  $\geq 50\text{mm}$  强降雨区与亮温低值中心并不对应, 强降雨区主要位于 3 个亮温低值中心的过渡区域, 亮温范围从 160—235K 不等。同样的, 通道 4 和通道 5 的微波亮温有相似的特征。这是一方面由于云团合并促成中尺度对流系



统生成使对流发展更强烈<sup>[17]</sup>,14:00–15:00 贵港桂平白沙镇录得过程最大雨强  $110.7\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ,另一方面由雷达回波演变(图略)可以看出,强回波中心持续通过同一地点,即“列车效应”导致暴雨产生。

### 4.3 FY3B 微波湿度计亮温差特征

由于微波湿度计 3、4、5 通道的中心频率有细微差异,依次位于强水汽吸收线的中心到边缘位置,受冰相粒子的散射影响也不尽相同。已有的研究表明,高层通道与低层通道的亮温差能反映云团对流的强弱<sup>[18]</sup>,因此通过对 3、4、5 通道产品计算以下 3 个特征量:

- (1) $\text{CH34}=\text{CH3}-\text{CH4}$ :通道 3 减通道 4 亮温差;
- (2) $\text{CH35}=\text{CH3}-\text{CH5}$ :通道 3 减通道 5 亮温差;
- (3) $\text{CH45}=\text{CH4}-\text{CH5}$ :通道 4 减通道 5 亮温差。

图 5(见彩页)是微波湿度计的各层的亮温差与地面  $6\text{h}\geq 20\text{mm}$  以上强降水的区域叠加,从图中可以看到,6 小时强降雨区位于正亮温差区域,这表明在对流云团中,通道 5 的亮温最低,其次为通道 4 亮温,通道 3 的亮温值最高。因此,通道 3 减去通道 5 的亮温差也最大, $6\text{h}\geq 20\text{mm}$  的强降雨大部分位于 CH35 差值  $20\sim 40\text{K}$  的区域内,CH34 差值约为  $10\sim 20\text{K}$ ,CH45 差值约为  $0\sim 20\text{K}$ 。强降雨主要发生在亮温差的正值区,但对于梧州市南部、玉林市北部的强降雨区明显漏报,这是由于微波湿度计仅有一个时次的资料,无法完整反映暴雨云团合并后演变和发展的过程。但总体上看,微波湿度计高低层通道正亮温差能反映云团深对流的区域,CH35 正亮温差大值区对 6 小时强降雨落区仍有较好的指示意义。

## 5 结论

利用常规观测、地面加密自动站降水资料以及 FY3B 极轨卫星资料,对 2014 年 5 月 18 日广西一次暴雨过程进行综合分析,重点对暴雨云团的微波湿度计亮温资料在短时(6h)暴雨过程中的特征进行分析,得出以下结论:

(1)2014 年 5 月 18 日广西中东部处受高空槽前西南气流影响,中低层水汽条件较好,低层有切变辐合,为中尺度对流系统的发生、发展提供了有利背景。

(2)250m 分辨率可见光通道云图显示广西中东部云团有明显不均匀纹理结构,其中镶嵌着多个圆形的暗影表明对流发展十分旺盛,预示着云中伴有

强降雨、雷暴大风等灾害性天气。

(3)微波湿度计资料反映出暴雨云团从低层到中层都有较高的水汽含量区, $50\text{mm}$  以上的强降雨区主要位于 3 个亮温低值中心的过渡区域,即对流云团合并处。高低层通道亮温差能反映云团对流的强弱程度,强降雨发生在微波亮温差的正值区,通道 3 减通道 5 的亮温差大值区对 6h 强降雨落区有较好的指示意义。

### 参考文献:

- [1] 林开平,张诚忠,董良森,等.广西致洪暴雨过程的要素场演变特征及物理量诊断分析[J].广西气象,2001(1):12–16.
- [2] 傅慎明,赵思雄,孙建华,等.一类低涡切变型华南前汛期致洪暴雨的分析研究[J].大气科学,2010,34(1):235–252.
- [3] 刘国忠,黄嘉宏,曾小团,等.引发广西两次严重山洪地质灾害的暴雨过程分析[J].气象,2013,39(11):1402–1412.
- [4] 陈见,高安宁,唐文.广西超大范围锋面暴雨发生特征及预报方法研究[J].气象研究与应用,2013,34(1):7–12.
- [5] 屈梅芳,古文保.广西一次连续性暴雨过程分析[J].气象研究与应用,2016,37(4):41–45+130.
- [6] 覃靖,潘海,苏小玲.2016 年 5 月桂北地区一次对流性暴雨过程诊断分析[J].气象研究与应用,2016,37(4):22–26+131.
- [7] 黎惠金,李向红,黄芳,等.广西一次特大暴雨的 MCC 演变过程及结构特征分析[J].高原气象,2013,32(3):806–817.
- [8] 刘晓梅,陈见,李向红,等.一次广西东部季风爆发前夕短历时强降雨分析[J].气象研究与应用,2014,35(2):14–18+125.
- [9] 赖雨薇,苏兆达,梁岱云.多普勒雷达和卫星在监测正面影响桂中台风的应用[J].气象研究与应用,2016,37(1):61–63.
- [10] 赖珍权,翟丽萍,古文保.1415 号台风“海鸥”的卫星云图及雷达资料分析[J].气象研究与应用,2017,38(2):10–13+115–116.
- [11] 陈昊,金亚秋.风云三号 MWTS/MWHS 大气温度与水汽廓线反演——2008 年凤凰台风个例试验[J].遥感学报,2011,15(1):137–147.
- [12] 张鹏,杨虎,邱红,等.风云三号卫星的定量遥感应应用能力[J].气象科技进展,2012,2(4):6–11.
- [13] 崔林丽,杨引明,游然,等.FY-3A/MWHS 数据在定量降水估计中的应用研究[J].高原气象,2012,31(5):1439–1445.

(下转第 71 页)

芒果种植的规模呈现出逐年增加的趋势, 由此带来的一系列经济收益也尤为可观, 不仅是田东县最主要的经济作物之一, 也成为田东县为人称道的一张明信片。但是芒果作物在生长发育的过程中不可避免会受到各种各样的气象灾害影响, 因此果农应当密切关注天气变化, 提前防范恶劣天气对芒果的影响, 以保证芒果的优质高产。

#### 参考文献:

- [1] 傅国华, 韩立越, 许能锐. 中国芒果产业链现状[J]. 热带农业科技, 2008, 31(4): 27-31.
- [2] 铁万祝, 罗关兴, 王友富, 王军. 我国芒果产业发展概括于主要问题[J]. 中国热带农业, 2013, 54(5): 16-19.
- [3] 胡伟, 张德生, 刘康德. 中国芒果产业发展变迁及影响因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(6): 53-59.
- [4] 钟国强, 邓九生. 论广西发展商品生产的农业气候资源优势[J]. 广西农学报, 1994, (4): 26-31.
- [5] 凌逢才, 黄国第. 借鉴金沙河芒果生产经验促进广西芒果产业发展的思考[J]. 农业研究与应用, 2014, 15(4): 70-72.
- [6] 农军. 百色市芒果产业发展探析 [J]. 安徽农业科学, 2014, 42(2): 602-606.
- [7] 陈杰忠. 芒果栽培气象条件分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016, (09).
- [8] 黄海平, 黎启仁, 文振德. 广西芒果布局初探[J]. 广西气象, 1996, 17(2): 27-29.
- [9] 陆润清. 田阳县芒果生产的气候条件分析[J]. 广西气象, 1991, 12(4): 51-52.
- [10] 王丽. 芒果栽培与气象[J]. 农技服务, 2015, 25(8): 12-15.
- [11] 李阜楠, 陈永琼, 杜成勋. 攀枝花气候条件对芒果生长的影响[J]. 高原山地气象研究, 2010, 30(4): 69-71.
- [12] 车秀芬, 张京红, 黄海静, 等. 海南芒果气象灾害监测及气候品质认证系统研发[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(2): 45-48.
- [13] 刘锦銮. 广东芒果生产的农业气候区划及合理布局[J]. 广东农业科学, 1996, (5): 20-22.
- [14] 吴泽欢等. 芒果对土壤和气候条件的要求[J]. 广西热作科技, 1985, (2).
- [15] 黄璐婷, 戴雨菡, 李思雨. 百色市种植芒果的气候资源分析[J]. 农业科技与信息, 2016, 50(30): 65-67.
- [16] 马学林, 郭学金. 金沙江干热河谷区优质晚熟芒果栽培技术[J]. 现代农业科技, 2015, (24): 99-101.
- [17] 李琳. 气候条件对芒果结果期的影响[J]. 农业与技术, 2016, 9(13): 107-108.
- [18] 陆甲, 廖雪萍, 李耀先. 广西农业旱灾对气温降水的影响特征[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(2): 67-69.
- [19] 周冬梅, 欧阳兆云, 张和稳, 等. 田阳干旱指数对早玉米产量影响的农业气候评价 [J]. 气象研究及应用, 2014, 35(3): 76-78.
- [20] 符晓虹, 郑育群. 海南橡胶的气象灾害分析[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(3): 55-57.
- [21] 尹华军, 黄河. 隆林县西贡蕉种植的气象条件分析[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(2): 64-65.
- [22] 李日旺, 黄国第, 苏美花, 等. 我国芒果产业现状与发展策略[J]. 南方农业学报, 2013, 44(5): 875-878.

.....

(上接第 44 页)

- [14] 高大伟, 樊高峰, 胡永亮, 等. FY-3 气象卫星微波水汽三维可视化及其在强天气监测中的应用[J]. 国土资源遥感, 2014, 26(1): 139-143.
- [15] 张春喜, 王迎春, 王令, 等. 一次短历时特大暴雨系统的高分辨率卫星图像[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2008(4): 647-650.
- [16] 龙利民, 张萍萍, 张宁. 2008-07-22 襄樊特大暴雨 FY-3A 微波资料分析[J]. 大气科学学报, 2010, 33(5): 569-575.
- [17] 黄勇, 覃丹宇. 舟曲泥石流天气过程中云团合并的卫星观测[J]. 应用气象学报, 2013, 24(1): 87-98.
- [18] 徐双柱, 吴涛, 张萍萍. 风云 3 号气象卫星资料在暴雨预报中的应用[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 97-102.