

文章编号:1673-8411 (2016) 03-0109-03

# 卫星初生对流的业务应用技术研究

刘国忠<sup>1</sup>, 黄荣<sup>1</sup>, 翟丽萍<sup>1</sup>, 孙红梅<sup>1</sup>, 覃丹宇<sup>2</sup>

(1.广西气象台, 南宁 530022; 2.国家卫星气象中心, 北京, 100081)

**摘要:**通过对 FY 静止气象卫星和多普勒天气雷达资料的分析,发现对流发展各阶段卫星云团和雷达回波均有不同特征,卫星红外通道最小亮温与雷达最大反射率因子强度存在明显的反相关性,均能够反映强对流发展的过程。

**关键字:**FY 静止气象卫星;多普勒天气雷达;初生对流;业务应用技术

中图分类号:P49

文献标识码:A

## Application of satellite in convective initiation

Liu Guo-zhong, Huang Rong, Zhai Li-ping, Sun Hong-mei, Qin Dan-yu

(1. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022; 2. National Satellite Meteorological Centre, Beijing, 100081 )

**Abstract:** Based on the analysis of FY geostationary meteorological satellite and Doppler weather radar data, it is found that the characteristics of satellite cloud and radar echo in the different convection developing stages are different. Infrared channel minimum light temperature of satellite and the maximum radar reflectivity intensity is obviously inverse correlation.

**Key Words:**

普遍研究认为,中小尺度对流系统是在一定的天气尺度环流背景下形成和发展起来的,是暴雨、冰雹、雷雨、大风、龙卷等灾害性天气的直接制造者<sup>[1-9]</sup>。在临近预报中,对初生对流(convective initiation, 简称 CI)的识别、追踪是中小尺度对流系统预报主要的技术方法之一,这方面的研究也成为强对流预报新的热点<sup>[10-13]</sup>。CI 的通常定义是:卫星云图上对应多普勒天气雷达第一次检测到由对流云产生的反射率 $\geq 35\text{dBz}$ 的像元<sup>[14]</sup>,CI 技术的核心是分析对流运动,对流运动造成云体厚度增加,云顶温度的急剧下降,云顶相态的变化等现象,可通过多光谱分析技术进行判识,从而捕捉到初生对流。但在目前的实际预报业务中,可以获取的 FY 系列静止卫星资料的分辨率大多为 $5\times 5\text{km}$ ,比多普勒雷达分辨率 $1\times 1\text{km}$ 来得粗,按 CI 定义,在雷达上已达初生对流,但静止卫

星云图上的像元往往反映不出来,给业务应用带来了很大的困扰。本文试以 6 分钟加密的 FY 系列静止卫星云图资料,按目前业务应用方式对初生对流进行业务定义,分析得出云图特征,对比分析获得雷达回波特征,通过典型个例分析总结业务应用技术方案,解决业务难题,为临近预报提供技术支撑,并为将来高分卫星资料应用提供技术方案。

## 1 卫星初生对流业务应用定义

目前业务应用中,通常在卫星云图上识别、追踪初始对流云团,并进行强对流天气预报,因此卫星初生对流业务应用试定义为:在 6 分钟加密的 FY 系列静止气象卫星红外云图上,人眼首次可以识别出的与周围环境有明显梯度差异的范围较小的对流云团。

收稿日期:2016-05-06

基金项目:中国气象局国家卫星气象中心项目(201401KY002/02-3)、中国气象局华南区域气象中心科技攻关项目(GRMC2014M13)和广西自

然科学基金项(2014GXNSFAA118299)共同资助

作者简介:刘国忠(1968-),高级工程师,主要从事天气预报预测工作。

## 2 广西地区初生对流云团特征

根据定义,选取了广西 12 个卫星初生对流云团(图略),对其初生时的卫星多光谱资料及相应的多普勒雷达回波资料进行统计分析表明,广西地区初生对流团的长波红外云顶亮温为 266.46K~277.23K,平均为 271.53K;红外分裂窗云顶亮温为 267.23K~278.00K,平均为 272.67K;中波红外云顶亮温为 292.02K~308.09K,平均为 302.67K;水汽亮温为 245.06K~253.24K,平均为 251.73K;对应雷达回波中最大组合反射率因子强度为 48dBz~68dBz,平均为 59.67dBz。长波红外云顶亮温与红外分裂窗云顶亮温按数值大小序列有一一对应的关系,中波红外云顶亮温、水汽亮温与长波红外云顶亮温、红外分裂窗云顶亮温无明显相关性,中波红外云顶亮温与水汽亮温之间也无明显相关性。与卫星初生对流相对应的雷达回波中最大组合反射率因子强度值普遍较大,与从雷达角度定义的初生对流雷达回波强度有较大差异( $\geq 35$ dBz),这是由于雷达和卫星探测分辨率的差异造成的,由于卫星分辨( $5\times 5$ km)比雷达分辨率( $1\times 1$ km)粗,当卫星探测到初生对流时可能在雷达上已是发展到一定强度的强对流回波( $\geq 48$ dBz)。但与卫星初生对流相对应的雷达回波范围都很小(图略),因此对卫星初生对流的分析研究依然是有意义的。随着将来高分辨率卫星资料的获取,卫星初生对流与雷达初生对流的相互匹配会更好,因此提前研究卫星初生对流资料的应用可为高分辨率卫星资料的应用打下基础。分析还可以看出,与卫星初生对流相对应的雷达回波后续发展主要可以分为自身发展成强雷暴单体风暴或超级单体风暴和发展后与多单体合并两种类型。发展成的强雷暴单体风暴或超级单体风暴一般生命史为 3~5 个小时,发展后与多单体合并一般生命史为 2~4 个小时。从初生对流发生的时间段来说,午后至傍晚生成的初生对流更容易发展成强对流云团。以上分析获取的特征可作为广西地区初生对流云团生成的判别指标。值得一提的是,初生对流生成以后是否发展成强对流云团,与当时的天气系统及环境场有关,下文对初生对流生成以后发展成强对流云天气的典型个例进行步分析研究,揭示初生对流生成以后发展成强对流天气的成因。

## 3 初生对流云团发展成强对流云团典型个例分析

15 年 4 月 28 日 14 时 36 分~19 时在云南富宁

县境内卫星初生的对流云团,经广西百色市至崇左市发展成历时 4 个多小时强对流云团过程。在有利大尺度和中尺度环境条件下,28 日午后西南和华南地区多对流活动,14 时 36 分在云南省富宁县有一卫星初生对流云团生成,多光谱参数为:长波红外最小亮温值 277.23K、红外分裂窗最小亮温值 278K、中波红外最小亮温值 306.98K、水汽最小亮温值 251.04K,与之相对应在云南省富宁县中部可以识别出一个新生的雷达回波对流单体,雷达最大反射率因子 13dBz,水平尺度约 6km。12 分钟后卫星云团和与之对应的雷达回波对流单体迅速增长,卫星长波红外最小亮温值下降为 267.27K,比前一时次下降了-6.71K,与此同时,雷达最大反射率因子强度增大到 35dBz,水平尺度增大到约为 18km,达到雷达初生对流的标准,比前一时次增加了 17dBz,长波红外最小亮温值下降的幅度和雷达最大反射率因子强度的幅度均为此次过程的最大时次,经历 4 个体描 24 分钟发展成普通雷暴单体,长波红外最小亮温值累积下降了-16.38K,为 260.85K,雷达最大反射率因子强度累积增长了 32dBz,为 45dBz,水平尺度增大到约为 30km,云团和雷达回波范围较小。经历 8 个体描 48 分钟发展成强风暴单体,长波红外最小亮温值累积下降了-22.9K,为 237.95K,雷达最大反射率因子强度累积增长了 18dBz,为 63dBz,水平尺度增大到约为 35km,云团范围增长缓慢,雷达回波下风方出现弱云羽。经历 8 个体描 48 分钟发展成超级单体风暴,长波红外最小亮温值累积下降了-16.53K,为 221.42K,雷达最大反射率因子强度累积增长了 6dBz,为 69dBz,出现三体散射 TBSS,水平尺度增大到约为 50km,云团范围快速增长,雷达回波下风方出现长条型云羽。16 时 36 分~17 时 36 分,长波红外最小亮温值累积下降-5.33K,为 216.09K,达最低,雷达最大反射率因子维持在 67~70dBz,显示风暴已经为成熟超级单体风暴,云团范围迅速扩大,雷达回波下风方出现大片云羽。17 时 38 分后,强风暴单体开始显著减弱,长波红外最小亮温值开始缓慢上升,最大反射率因子开始缓慢下降,云团范围达最大并向周围扩散,强雷达回波下风方云羽范围达最大。18:时 00 分后,风暴已经减弱为普通雷暴单体,此时云图由于卫星加密观测扫描轨道变化,观测到对流云团不完整。

分析过程中雷达最大反射率因子强度与各卫星通道最小亮温随时间演变(图 1)发现,最大反射率因子经历快速增加、缓慢增强、波动性稳定维持,红

外卫星通道最小亮温值经历快速减弱、缓慢减弱、波动性稳定维持。普通雷暴单体阶段为最大反射率因子快速增加(1.33dBz/分钟)和红外最小亮温值快速减弱(-0.68K/分钟), 强风暴单体和超级单体风暴为雷达最大反射率因子缓慢增强(0.25dBz/分钟)和红外最小亮温值缓慢减弱(-0.41K/分钟), 成熟阶段超级单体风暴为最大反射率因子和红外最小亮温值波动性稳定维持。另外, 从红外 1 通道逐 6 分钟亮温变化可以看出(图略), 在整个对流云团的发展过程中最小亮温值的变化率起伏不定, 但整体基本趋于减小, 在对流发展初始时刻变化率最大。雷达最大反射率因子和红外最小亮温值之间存在反相关性, 能够反映对流的演变过程。

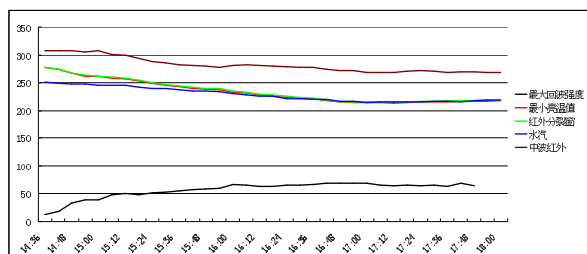


图 1 雷达最大反射率因子强度与各红外卫星通道 (IR1、红外分裂窗、水汽、中波红外) 最小亮温随时间演变图

分析雷达最大反射率因子强度与可见光(5km 和 1km)通道最大反照率随时间演变发现, 5km 可见光通道最大反照率前期缓慢增长, 1km 前期围绕一定强度震荡, 由于太阳照射减弱和暗影出现, 中后期反照率迅速减小, 除 5km 前期与雷达最大反射率因子有一定的正相关性, 其他相关性差。

通过以上分析发现卫星资料的变化对跟踪初生对流发展成强对流云团过程有意义。

## 4 结论与讨论

(1) 广西地区业务定义卫星初生对流云多光谱参数有其自身特征, 可作为广西地区业务初生对流云生成的判据。业务初生对流相应的雷达回波最大反射率因子强度值普遍较大, 这是由于雷达和卫星探测分辨率的差异造成的, 初生对流和相对应的雷达回波范围都很小, 对早期跟踪均有意义。

(2) 业务定义初生对流发展成强对流典型个例过程中, 各阶段卫星云团和对应的雷达回波均有不同明显特征。在对流演变过程中, 红外卫星通道最小亮温与雷达最大反射率因子强度存在明显的反相关

性, 能够反映强对流发展的过程。

(3) 目前由于受限于获取卫星资料时空分辨率较低, 只是作了初浅分析, 随着将来高分卫星资料的及时获得, 卫星与雷达资料的时空匹配度的提高, 可以按照 CI 的严格定义进行分析研究, 发挥卫星比雷达更为提前的优势, 本研究为高分卫星资料的应用提供技术方法。

## 参考文献:

- [1] 程麟生, 冯伍虎. 中纬度中尺度对流系统研究的若干进展 [J]. 高原气象, 2002, 21 (4): 337-347.
- [2] 方翀, 毛冬艳, 张小雯, 等. 2012 年 7 月 21 日北京地区特大暴雨中尺度对流条件和特征初步分析 [J]. 气象, 2012, 38 (10): 1278-1287.
- [3] 农孟松, 董良森, 等. 广西“94.6”特大洪涝暴雨过程的中尺度分析 [J]. 气象应用与研究, 2008, 29 (s).
- [4] 胡勇林, 洪展, 等. 一次中尺度强降水天气过程分析 [J]. 气象应用与研究, 2011, 32 (4): 1-3.
- [5] 李勇, 覃武, 钟利华. 广西 2012 年前汛期 3 次暴雨过程环流和中尺度特征 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (2): 31-35.
- [6] 陈思毅, 梁俊聪, 杨玉莲, 等. 梧州市 2015 年 5 月 15 日短时雷雨大风过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2016, 37 (S1): 75-76.
- [7] 廖慕科, 唐乔义, 伍静, 等. 2010 年 4 月桂东北一次暖区暴雨天气分析 [J]. 气象研究与应用, 2010, 31 (4): 21-22.
- [8] 方宗义, 覃丹宇. 暴雨云团的卫星监测和研究进展 [J]. 应用气象学报, 2006, 17 (5): 583-593.
- [9] 费增坪, 郑永光, 张焱, 等. 基于静止卫星红外云图的 MCS 普查研究进展及标准修订 [J]. 应用气象学报, 2008, 19 (1): 82-90.
- [10] 何彬方, 黄勇, 冯妍, 等. 基于 MODIS 资料的强对流云团通道特征分析 [J]. 大气与环境光学学报, 2008, 3 (3): 203-211.
- [11] 井喜, 李社宏, 屠妮妮, 等. 黄河中下游一次 MCC 和中尺度强对流云团相互作用暴雨过程综合分析 [J]. 高原气象, 2011, 30 (4): 913-928.
- [12] 林宗桂, 林开平, 陈翠敏, 等. 广西前汛期冷锋云系中尺度对流云团卫星云图特征分析 [J]. 广西气象, 2003, 24 (3): 1-5.
- [13] 覃丹宇, 方宗义. 利用静止气象卫星监测初生对流的研究进展 [J]. 气象, 2014, 40 (1): 7-17.
- [14] Roberts R D, Rutledge S. Nowcasting storm initiation and growth using Goes-8 and Wsr-88D data. Weather and Forecasting, 2003, 18 (4): 562-584.