GMS 多通道资料综合判别可降水云

刘　文　边道相　张苏平

（山东省气象科学研究所，济南　250031）

提　要

利用 1995 年 7～10 月影响山东的 12 次降水天气过程 370 个时次的 GMS-5 卫星云图，以及对应时次全省 95 个雨量观测站自记降水资料，统计分析了静止气象卫星各通道资料与降水概率的关系。探讨了静止气象卫星云图综合识别可降水云的方法。

关键词：GMS 资料　多通道合成　降水概率

引　言

静止气象卫星（GMS）播发的展宽数字化（S-VISSR）云图资料具有多通道扫描、时空分辨率较高、实时性强、数字化传输方式等特点，在天气分析预报特别是灾害性天气监测方面发挥了重要作用。国内外卫星气象工作者自 80 年代开始，对卫星资料估计降水进行了大量研究[1,2]，但大多基于红外单通道资料。目前运行的 GMS-5 卫星可提供可见光通道、红外分裂窗通道和 6.5～7.0μm 的水汽通道等多种图象，从而大大增强了静止气象卫星获取云和地表定量参数的能力。由于各通道图象分别反映了云的不同信息，将其进行综合分析可以克服单通道图象分析带来的片面性。本文对静止气象卫星各通道资料与降水概率的关系进行了统计分析，探讨了卫星云图综合识别可降水云的方法。

1　云图资料的处理

1.1　样本资料

本文分析资料为 1995 年 7～10 月影响山东的 12 次降水天气过程 370 个时次的 GMS-5 卫星图象资料，和对应时次全省 95 个雨量观测站自记降水资料。静止气象卫星资料是经静止气象卫星中规模资料利用站 CMAPPS 系统（国家卫星气象中心研制）接收处理生成的 4∶1 可见光、1∶1 红外、1∶1 水汽通道 Lambert 投影图象。

1.2　卫星资料的定标

亮温与反照率计算是定量分析的基础。卫星图象文件记录的是卫星观测的计数值，红外通道资料为 8bit，对应 0～255 灰度；可见光通道为 6bit，对应 0～63 灰度。CMAPPS 系统中虽然具有获取亮温、反照率功能，但由于是人机交互式逐点操作，不能对某一特定区域或整个图象文件进行计算。我们利用卫星播发的定标信息块（CMAPPS 系统中的 CALIB.DAT 文件）中各通道动态定标表计算亮温和反照率值，并生成范围可选的亮温、反照率数值文件。定标信息块中自 257～4352 字分别是可见光通道、红外、分裂窗、水汽通道的定标表，即灰度值与反照率（或亮温）变换表。每一灰度用一个长整数表示，占 4 字节。由于它的排列与微机中整数字的排列顺序相反，使用时我们用式（1）计算该整数的值。

$$N=\sum_{i=1}^{4}256^{4-1}BYTE_i \qquad (1)$$

1.3　可见光通道数据订正

由于可见光的双向反射特性，下垫面的反射率随太阳高度角的变化而变化。因而卫星可见光通道的观测值，随观测时次、各点地理位置的不同而受到影响，使可见光通道资料失去可比性。为了获取真实的反照率，用以下公式进行订正[3]：

$$R = ref/\cos(Z) = ref/\sin(H) \quad (2)$$

其中，R 为订正后的反照率，ref 为灰度推算出的反照率，Z 为该点天顶距，H 为太阳高度角。统计分析时取 $H>15°$。太阳赤纬采用文献[4]中的方法计算。

表1 不同亮温下的降水概率/%

亮温/℃	0～−9	−10～−19	−20～−29	−30～−39	−40～−49	−50～−59	−60～−69	<−70
红外通道	19	25	35	42	54	68	71	85
水汽通道	—	—	15	20	34	62	67	80

表2 不同反照率下的降水概率

反照率/%	<30	30～39	40～49	50～59	60～69	70～79	>79
降水概率/%	—	8	11	21	35	58	72

2 卫星资料与降水概率的关系

2.1 不同亮温、反照率下的降水概率

将山东区域95个雨量自记观测站周围3×3个象素点(约20×20km)的卫星观测平均值与各雨量自记观测站逐时降水观测资料，按红外亮温10℃、可见光反照率10%间隔，对其产生地面降水(降水率>0.1mm/h)的频率进行了统计，结果见表1、表2。由表1及表2可以看出，各通道地面降水概率随亮温降低(对应高度增加)、反照率增加(对应云厚增加)而增大。红外通道亮温在0℃以下时均可产生降水，在−25℃左右时的降水概率为35%。水汽通道亮温一般位于−20℃以下，在−45℃左右时降水概率达34%。可见光通道反照率在55%时的降水概率为21%，小于此值几乎不产生降水。

2.2 多通道资料与降水概率的关系

2.2.1 统计结果

为了探求卫星多通道资料与地面降水概率的关系，我们以红外亮温10℃、可见光反照率10%间隔，统计了云顶亮温0～70℃、不同反照率下的联合降水频率，结果见表3。分析发现，地面降水概率主要随可见光反照率的增加而增大；随着云顶红外亮温的降低，降水概率虽有所增大，但增加幅度较小。比如，当云顶亮温在−40～−50℃时，随着可见光反照率的增大，降水概率由14%逐渐增大到83%；而当反照率大于80%时，随着云顶温度的降低，降水概率由56%仅增加到85%。

表3 不同红外亮温 $IR1$/℃反照率下的降水概率/%

反照率/%	30～39	40～49	50～59	60～69	70～79	>79
$-10<IR1\leqslant 0$	6	9	15	24	41	56
$-20<IR1\leqslant -10$	6	8	20	33	51	62
$-30<IR1\leqslant -20$	9	13	28	42	63	78
$-40<IR1\leqslant 30$	12	17	15	43	63	75
$-50<IR1\leqslant -40$	14	13	12	38	69	83
$-60<IR1\leqslant -50$	17	33	38	59	75	84
$-70<IR1\leqslant -60$	—	—	—	33	80	85

2.2 降水概率的统计回归模式

取红外通道亮温10℃、可见光反照率10%、水汽通道亮温10℃间隔，统计了各通道不同测值区间下的联合降水频率。为了建立卫星多通道资料估测地面降水概率的统计回归模式，取红外通道亮温10℃、可见光反照率10%、水汽通道亮温10℃间隔的中数及对应区间的降水概率作为样本数据，从而建立了地面降水概率 Y 与可见光反照率 Vis、红外亮温 t_1(℃为单位)、水汽通道亮温 t_3(℃为单位)

的三元线性回归方程：

$$Y = -0.00473539t_1 + 0.00262304t_3 + 1.08826Vis - 0.30104 \quad (3)$$

样本数 $N = 98$，复相关系数 $R = 0.89$，$S = 0.14$，$F = 118.8$。相关性检验信度达0.001以上显著水平。此式表明，若其它条件不变，可见光反照率增加10%时，降水概率大约增加10.9%；当可见光反照率一定时，云顶红外亮温降低10℃，降水概率仅增加4.7%左右；当云层反照率、云顶红外亮温一定时，随着水汽通道亮温的降低，降水概率却以0.026/10℃的递减率逐渐减少。说明当高层水汽存在时，如云层能伸展到高层水汽位置（t_1 与 t_3 大致相等），云层产生降水的概率才增大。也就是说，当云顶上方存在湿区（未形成云）时，说明云中上升运动不强，云团降水概率略微减少。同时也说明可见光通道反射率对云层降水概率起主要作用，而未形成云的高层水汽对降水作用不大。

3 降水云判别

3.1 多通道伪彩色合成方法

微机配备的VGA系列图形显示卡可以进行图象处理，并可通过调整数模转换寄存器中256个象素数据寄存器的红、绿、蓝色度值进行伪彩色合成显示。根据表1、2给出的卫星各通道测值下的降水概率，采用线性内插法按降水概率将卫星各通道测值分为6个层次（表4）。将可见光、红外、水汽通道分别对应颜色通道的红、绿、兰，对应色度也分为6层，共分6×6×6=216层，在微机上进行多通道伪彩色合成显示。单一颜色如红色表示单通道（可见光）判别有降水，其它通道判别降水概率较小。白色调表示各通道均判有降水，云层高而厚且水汽条件充沛，云层产生降水的概率就大。

表4 各通道卫星测值分层表

分层号	1	2	3	4	5	6
VIS	＜45	46～60	61～67	68～75	76～85	＞85
*IR*1	＞0	0～－21	－22～－35	－36～－47	－48～－66	＜－66
*IR*3	＞－20	－21～－40	－41～－48	－49～－53	－54～－69	＜－70
降水概率%	＜10	20	35	50	65	80

注：*IR*1、*IR*3为红外、水汽通道的亮温值/℃，*VIS*为订正后的可见光反照率/%

3.2 降水概率图象判别降水云

将静止气象卫星各通道观测数据代入公式(3)，计算得到各扫描象元数字化降水概率。然后将其在微机上进行伪彩色图象显示，得到云层降水概率分布图象。由于图象颜色与降水概率是一一对应的，所以能直观地显示出云层的降水概率。

4 结语

4.1 通过对卫星各通道资料与地面降水概率关系的统计分析表明，地面雨区位置主要取决于表征云厚的可见光通道资料，云顶红外通道亮温的影响较小，而未形成云的高层水汽对地面降水几乎没有作用。地面降水概率主要随可见光反照率的增加而增大。

4.2 利用微机伪彩色合成技术应用于静止气象卫星图象可降水云的判识方面，取得了较好的效果，有一定的实用价值。

4.3 由于卫星可见光资料与地面降水概率关系密切，因此在进行地面降水估计时应充分考虑可见光资料。多通道卫星资料结合估计地面降水可能会取得较好的效果，这也是我们正在研究的课题。

参考文献

1 李建辉. 气象卫星雷达数字化图象的分析应用. 北京：气象出版社，1993年.

2 85-906-01课题组. 台风、暴雨灾害性天气探测、数据采集技术的研究. 北京：气象出版社，1996年.

3 国家卫星气象中心. 静止气象卫星中规模资料利用站软件系统用户手册，1995.

4 中国太阳能学会. 太阳辐射测量指南. 1984.

（下转第38页）

（上接第26页）

The Composite Identification of Precipitation Cloud Using GMS Multichannel Data

Liu Wen　Bian Daoxiang　Zhang Suping

(Shandong Reseach Institute of Meteorological Science, Jinan 250031)

Abstract

Using the GMS-5 multichannel data and the precipitation data from the self-recording rain gauges at 95 stations in Shandong province during 12 precipitation events from Jul. to Oct. in 1995, the relationship between the multichannel data and the precipitation probability was analysed. The composite identification of precipitation clouds using GMS multichannel data was discussed.

Key Words: GMS data　composition of the multichannel data　precipitation probability