

数字化卫星云图的短时降水预报方法

钱兆熊

(武汉中心气象台)

提 要

本方法利用日本GMS-3卫星的每3小时一次红外云图A分区图的数字化资料,根据云图灰级与降水的关系,并提取云团各种参数,对攻关课题预报区(A、B区)试作短时降水强度和位置的预报,取得良好的效果。

一、资料处理

近年来,红外分层增强云图的应用,受到短期预报员的欢迎,美国在70年代后期^[1,2,3,4,5]用计算机对卫星信号作数字化处理,取得令人满意的分层增强效果。随着微机技术的发展,国内目前已研制成功几种云图数字化处理系统。本系统由武汉测绘科技大学与武汉中心气象台共同研

制。自1987年7月作业务运行。系统基本框架见图1。

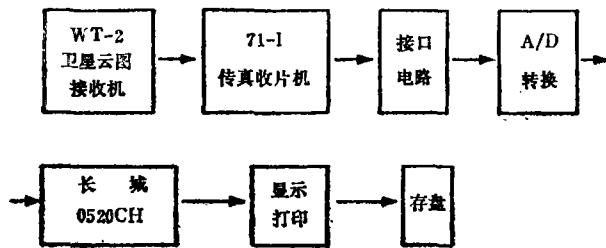


图1: 系统框架图

该系统能产生一个0—127的数字资料。并利用开窗技术提取1/15的数据块建立文件。然后将图象投影作麦卡托(Mercator)坐标的转换,以便与其它图象套准。

从图象 $s(x, y)$ 的投影(卫星为光源)转换到麦卡托坐标 $M(X, Y)$ 的示意图如图2。转换方程如下。

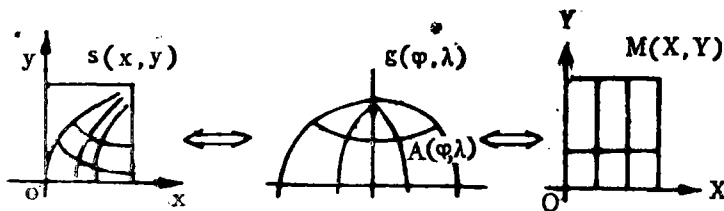


图2 $s(x, y)$ 坐标投影转换成 $M(X, Y)$ 坐标示意图

麦卡托投影 $M(X, Y)$ 的方程

$$\left. \begin{aligned} X &= \beta \cdot \pi [\operatorname{tg}(45^\circ - \varphi/2)] \\ Y &= \beta \lambda \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

卫星成象投影 $s(x, y)$ 方程

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{f_0 R \sin \varphi}{D - R \cos \varphi \cos(\lambda - 140^\circ)} \\ y &= \frac{f_0 R \cos \varphi \sin(\lambda - 140^\circ)}{D - R \cos \varphi \cos(\lambda - 140^\circ)} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$D = R + H$, R 是地球半径, H 是卫星离地面高度, f_0 是光学系统的焦距, 可由云图上读得 (φ, λ) 经纬网格和对应成象坐标 (x, y) 确定。

图 2 中 X 是 φ 的函数 $X(\varphi)$, Y 是 λ 的函数 $Y(\lambda)$ 。利用方程组 (1), 首先确定开窗区的 $M(X_i, Y_i)$ 的矩形四顶点坐标 X_i, Y_i 。由此算得 φ_i, λ_i 。将 φ_i, λ_i 代入方程 (2) 求得图象 $s(x, y)$ 上相应点 x_i, y_i 。并取 x_i, y_i 坐标点上的值为 $M(X_i, Y_i)$ 的值。为减少计算量, 仅计算 N 小块矩形四顶点的坐标作转换。其余采用多项式内插求得。处理后的数字化数据, 在 $25-35^\circ \text{N}$ 之间每 5×5 经纬网格内有 40×40 个象点的值。分辨率约为 13.4 千米 \times 13.4 千米。

二、云团参数的提取

根据日本气象中心经地面资料处理中心修正后的云顶实际黑体温度 T_c , 分为 64 个温级, 每温级域宽 $1.74-1.75^\circ \text{C}$ 。第 N 级所示的温域 $[T_{\min}^n, T_{\max}^n]$ 上下限为

$$\left. \begin{aligned} T_{\min}^n &= 28.55 - 1.745n & n &= 0, 1, 2, \dots, 63 \\ T_{\max}^n &= 28.55 - 1.745(n-1) & n &= 1, 2, 3, \dots, 64 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

全温域能表示从 28.55°C 到 -79.7°C 的范围。利用 (3) 式可计算出各象素点所对应的云顶温度。根据武汉与宜昌站的探空 $T-1np$ 图算得各温度所对应的高度作平均来确定云顶高度。

夏季对流云发展十分强烈, 为滤掉天气意义不大的云, 这里对云顶温度大于 4°C (相应数字资料为 30 或以下) 的象素点划为 0 级。把数字资料从 30 开始每 6 个数划为一个等级, 分成 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 共 16 个等级。这种划分可因季节和地理而异 (表 1)。

表 1 云顶理论温度 ($^\circ \text{C}$) 和平均高度 (千米)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
> 4.1	4.1	-1.2	-6.4	-11.6	-16.9	-22.1	-27.3	-32.6	-37.8	-43.0	-48.3	-53.5	-58.7	-64.0	-69.2
	-1.1	-6.3	-11.5	-16.8	-22.0	-27.2	-32.5	-37.7	-42.9	-48.2	-53.4	-58.6	-63.9	-69.1	-74.4
< 5.0	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.6	11.7	12.0	12.7	13.4	14.3	15.5	> 16.5

攻关课题关键区A、B区(29.5—31.5°N, 109—113.5°E)。现仅对A、B区的云图作打印。每3小时一次,并对A、B区的云团作进一步的研究,提取下列参数:(a)查寻A、B区云图中最高云顶象素点位置及等级;(b)计算A、B区各等级的面积(象素点的个数);(c)计算A、B区云图的“重心”坐标 \bar{X} 、 \bar{Y}

$$\bar{X} = \frac{\iint_{\sigma} x w(x, y) d\sigma}{\iint_{\sigma} w(x, y) d\sigma} \quad \bar{Y} = \frac{\iint_{\sigma} y w(x, y) d\sigma}{\iint_{\sigma} w(x, y) d\sigma}$$

$w(x, y)$ 为每个象素点的等级。 σ 为积分区域,这里定为A、B区;(d)比较本时刻与前一时刻或前二时刻云团各参数。求得云团最高云顶的位移方向和距离,“重心”的移动方向和距离,各等级象素点的增减和最高云顶的变化。上述工作均在微机上实现,并将参数存盘。

三、短时降水预报方法

用数字化卫星云图资料作短时降水的预报,这里引用美国卫星中心的Scofield/Oliver技术。现简介该技术并根据我们的经验作了订正。预报公式如下

$$RR = (TG + O + M + S) \cdot (PW/1.5)$$

式中RR为降水量预报值(3小时);TG为云顶温度和云的增长因子或上部辐散因子。O为冲顶因子;M为合并因子;S为饱和和环境因子;PW为天气尺度环境中地面至500百帕观测到的可降水量,为水汽订正因子。

上述5个因子(TG、O、S、M、PW)的判定分述如下:

1. TG 根据云顶温度和云的增长情况由表2来确定降水量。

表2 云顶温度和云的增长情况与降水量关系对照表

降水量 英寸/3小时	增长量		
	>2/3 纬距	1/3—2/3 纬距	<1/3 纬距
云顶温度			
A	1.25	0.75	0.50
B	2.25	1.00	0.75
C	3.75	2.00	1.00
D	5.00	3.00	1.50
E	5.00—10.00	3.00—5.00	1.50—3.00
F	10.00	5.00	3.00

2. O 当一个云顶有3个以上的象素,而且其数字比周围象素的数字高2或以上,认为有冲顶发生。有冲顶的云图需增加降水估计量为:

云顶温级: A B C D E F

降水增量: 2.5 2.25 2.0 1.5 1.5 1.5

3.M 当两张连续的云图上云顶相距在0.5个纬距内，且该时刻云顶比上时刻云顶温度低时，认为有合并现象发生。此时需增加2.5英寸降水量。

4.S 如两张连续的云图上，云图重心3小时移动小于一个纬距或云顶重叠部分超过50%，认为云中水汽条件达到饱和和环境条件。需增加降水预计量：

云顶温级：A B C D E F

降水增量：2.0 2.0 2.0 2.0 2.5 3.75

5.PW 此项仅用于修正干燥环境(雷暴或云底较高的情况)。用相对湿度查算可降水量，其余情况认为 $PW/1.5=1$ 。降水发生地点的估计如下：(1)计算前一时刻云图“重心”移动方向和距离与现时刻和前一时刻间云团“重心”移动方向和距离作矢量和，再对其距离求平均。(2)读取与云图临近时刻700百帕宜昌站的风向、风速，再与(1)求得移向移速求矢量和，作为本时刻云的移向。

四、预报效果的检验

本方法自1987年开始作试验，通过不断完善，现除键入700百帕宜昌站的风向、风速，其它工作由微机自动计算处理，并作短时降水强度和区域的预报，取得良好的效果。1989年预报准确率为4/6。

用1988年8月9日20时至10日05时4张数字化云图(图略)作降水预报，并用宜昌站的降水量作验证。各参数值之和与实际降雨量的比较见表3。由1988年8月10日02—08时

表 3

	TG	O	M	S	PW	RR	实 况
9日20时	×	×	×	×	×	×	2.51
10日00时	3.00	1.50	×	×	×	4.5	3.72
10日02时	×	2.00	×	1.0	×	3.00	2.92
10日05时	×	×	×	×	×	×	×

注：RR和实况均为英寸，1英寸=25毫米

雨量图(图略)可见，50毫米等雨量线的范围在宜昌附近，与外推的位置接近。此例的4次预报有3次正确。9日20时外推失败是因云团还未发展旺盛。10日00时和10日02时预报基本正确，尤其02时更接近实况。从3年的试验结果得到，这种预报方法对出现卷云砧时，由于对流云主体趋于消散，降水估计出现偏大。另外对突发性发展的云团无预报能力。

参 考 文 献

- [1] 郑国光, 红外分层增强云图的温度标定及使用方法的探讨, 南京气象学院学报, 1984, 2.
- [2] Roderick.A.Scofield; Satellite derived rainfall estimates of the brady bend, Pennsylvania, Flash flood; Fourth conference on Hydrometeorology, October, 19, 1981.
- [3] Roderick.A.Scofield and Vincent.j.Oliver; Some improvements of the Scofield/Oliver Technique, Second conference on flash flood.

AN ESTIMATIVE METHOD OF VERY SHORT-RANGE PRECIPITATION FORECASTING BY DIGITAL SATELLITE IMAGERY

Qian Zhaoxiong*

ABSTRACT

In this study, a method is proposed, using GMS-3 satellite digital data every three hours, for analyzing the relation between cloud grey degree and rainfall. Several parameters are thus obtained, from which rainfall intensity and locality in the "A, B" areas have been satisfactorily estimated in three hours.

* Affiliated with the Wuhan Central Meteorological Observatory