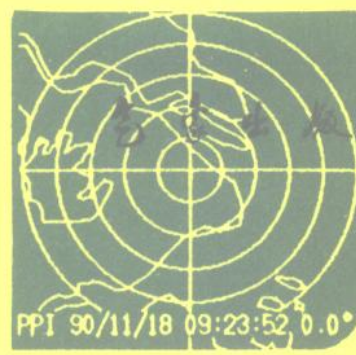
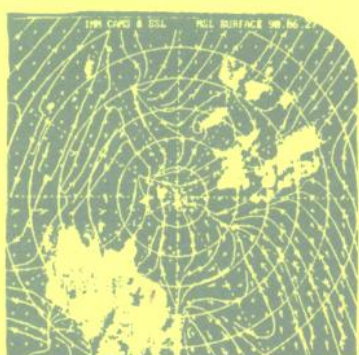
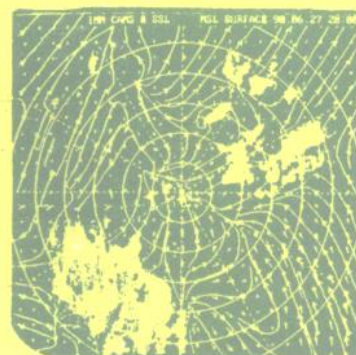
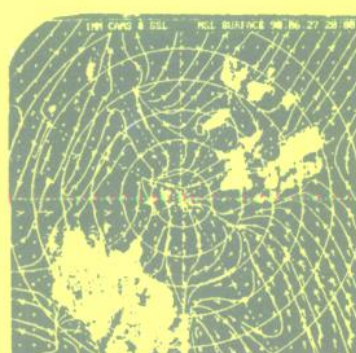
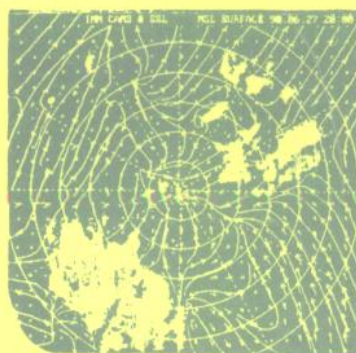


气象卫星雷达数字化 图像的分析应用

李建辉 编著



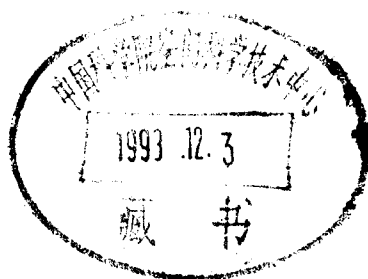
气象出版社

410.4
3H

气象卫星雷达数字化图像的分析应用

李建辉 编著

TIV34/20



气象出版社

108137

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

气象卫星、雷达数字化图像的处理和分析应用,是各国气象工作者普遍关心的问题,本书收集了近年来国内外这方面的成果并加以归纳总结。内容包括:图像数字化处理基础、数字化图像处理的基本内容和方法、常规天气雷达和多普勒雷达数字化图像的分析应用、气象卫星云图数字化图像的分析应用以及各种数字化图像的综合分析应用等。该书可作为天气动力、大气探测等专业本科生或研究生的教学参考书,亦可供气象业务工作者参考使用。

气象卫星雷达数字化图像的分析应用

李建辉 编著

责任编辑 成秀虎

★

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路 46 号)

北京科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

★

开本:787×1092 1/16 印张: 7.25 字数:170 千字

1993 年 2 月第一版 1993 年 2 月第一次印刷

印数: 1—3800 定价: 5.80 元

ISBN7-5029-1191-X/P.0550

前 言

随着科学技术的飞跃发展,大气遥感探测日新月异,自四十年代开始地基探测以来,气象雷达发展很快,在第二次世界大战期间,天气雷达已在欧洲一些国家出现,一些气象工作者在雷达回波原理、探测方法和回波分析等方面开展了一些研究。五十年代天气雷达已在一些国家的业务工作中应用,雷达跟踪强对流天气等有效地促进了一些灾害性天气的分析预报。六十年代随着雷达灵敏度等性能的不断改进,雷达气象学已从回波形态研究向回波结构等发展,各种天气概念模式纷纷出现。七十年代雷达测量降水已开始用于业务,多普勒雷达的问世,又使雷达测量降水和流场结构走向深入,促进了降水物理和强风暴动力学的发展。特别是数字通信和小型计算机的发展,雷达回波的数字化处理得以实现,信号处理,数字显示、彩色处理等直观、定量的显示方式,使雷达气象学走向新的里程。就在天气雷达迅速发展的六七十年代,作为空基遥感探测大气的基本工具的气象卫星问世了。1960年美国发射了第一颗极轨气象卫星 TIROS。1978年 TIROS-N 和 NOAA-G 系列极轨卫星携带了多部辐射仪组成的垂直探测器(TOVS),用于测量地面到平流层温度、湿度的垂直结构。随后增强显示和数字化技术也先后用于业务。

地基、空基遥感从不同方向和角度对天气的探测,使我们对很多天气特别是对对流风暴等中尺度天气的了解有了长足的进步,而数字化技术又把这些天气的分析预报推到一个新的高度。从目前来看,卫星、雷达图像的数字化处理至少有以下几方面的优点:

1. 出图快。卫星云图发图后,通常 15 分钟即可接收、处理、打印完毕。比黑白云图照片快出图一小时。雷达回波图更快,一幅图一般 5—8 分钟处理、打印完毕,比回波照片快一个多小时。这一点对分析预报,特别是短时预报无疑是很有价值的。

2. 分辨率高。云图照片和雷达回波照片通常只能粗略地区分层次,彩色和数字图像则可分出 8、16、32 个层次,最多可达 256 层。

3. 可进行定量分析。数字化图像不但对亮度进行量化处理,而且便于定量分析计算,这一点比云图、回波照片有了突破性发展,这也是数字化图像的主要特点和优点。

4. 可进行连续分析。云图、回波图像储存在计算机内,可调出进行动画式的连续显示,提高了对天气演变分析能力。

5. 可进行三维分析。云图、回波数字化资料经过处理可得到天气的立体图型,对天气得到更具体直观的认识。

因此,近年来,对卫星、雷达数字化图像处理和分析应用,成为世界各国气象工作者研究的热点和气象业务部门现代化的重要内容。各国都在积极开发业务化的图像处理系统,著名的美国威斯康星大学的 McIDAS(处理同步卫星图像和气象资料的人机对话资料存取系统)自 1970 年问世以来,现已发展到第三代,成为处理各种资料的通用系统。我国自 1980 年研制成功接收美国第三代业务极轨卫星数字化资料接收设备,1981 年研制了卫星云图增强显示装置和微处理机假彩色密度分制仪,1983 年引进美国的“人一机对话”系统后,卫星、雷达图像处理技术在国内发展很快,目前,省、军级以上气象部门大都有适合自己业务使用的图像处理系统。一些数字化资料如雷达回波数字化

拼图等,已在广大台站使用。

为了配合卫星、雷达数字化资料的推广使用,我们收集了近年来国内外这方面的成果,结合华东中尺度天气试验的工作,编写成这本书。内容包括:图像数字化处理基础、数字化图像处理的基本内容和方法、常规天气雷达和多普勒雷达数字化图像的分析应用、气象卫星云图数字化图像的分析应用以及各种数字化图像的综合分析应用等。作为天气动力、大气探测等专业本科班和研究生班学员教学参考书,同时供气象业务工作者参考使用。

目前,大气遥感图像处理及其应用尚处于发展阶段,不少工作方兴未艾,本书在编写过程中,对一些工作虽然做了一些初步归纳和综合,但只能是这一阶段的产物,不当之处在所难免,望读者多加指正。

本书承蒙中国科学院大气物理研究所、气象科学研究院中尺度气象研究所、中央气象台、空军气象中心、空军气象学院等单位提供了有关资料,杨国祥教授、陆佑中副教授对全书进行了审阅,并提供了宝贵意见,黄峰同志提供了有关图表、司秀英、李柏同志做了大量抄写、校对工作,对此一并表示衷心感谢!

作者

一九九二年四月于南京

目 录

前言

第一章 导论	(1)
§ 1 引言	(1)
§ 2 图像数字化处理的基本原理	(1)
§ 3 数字化图像的表示方法	(2)
参考文献	(6)
第二章 数字化图像处理的基本内容	(7)
§ 1 图像配准	(7)
§ 2 图像增强	(9)
§ 3 图像特征显示	(11)
§ 4 数值分析、计算	(14)
参考文献	(22)
第三章 常规天气雷达数字化图像的分析应用	(23)
§ 1 概述	(23)
§ 2 回波强度的分析判别	(25)
§ 3 回波移动的客观外推	(29)
§ 4 回波降水量的测量	(35)
参考文献	(40)
第四章 多普勒天气雷达数字化图像的分析应用	(41)
§ 1 概述	(41)
§ 2 多普勒风速图像的基本图形	(41)
§ 3 多普勒速度和水平流场的关系	(45)
§ 4 多普勒速度图像的应用	(53)
参考文献	(61)
第五章 气象卫星数字化图像的分析应用	(62)
§ 1 数字化云图的基本分析方法	(62)
§ 2 云风分析	(65)
§ 3 台风分析	(71)
§ 4 估算降水量	(80)
§ 5 监测、预报雷暴	(87)
参考文献	(91)
第六章 各种数字化图像的综合分析应用	(93)
§ 1 概述	(93)
§ 2 用气象卫星、雷达数字化图像分析天气	(93)
§ 3 用气象卫星、雷达数字化图像预报天气	(99)
参考文献	(107)

第一章 导 论

§ 1 引 言

气象卫星、雷达图像包括很多内容。气象卫星就有极轨卫星和同步卫星,它们对大气遥感可得到云图和大气垂直分布等资料。气象雷达的种类更多,常规天气(测雨)雷达、多普勒雷达,甚高频(VHF)雷达,圆极化波雷达、声雷达、光雷达等,它们对大气遥感可得到云层回波、风、温度、湿度等资料。但目前在业务部门使用的主要是各种气象卫星云图和各種雷达回波图。因此,本书主要是介绍各种气象卫星的数字云图和各種常规天气雷达、多普勒雷达数字回波图的分析应用。

卫星云图和雷达回波图是分别从空基和地基对大气遥感探测的产品,对天气提供了多方位、多角度的信息,因此,随着气象卫星和雷达设备的发展和业务化,人们越来越认识到它们对天气预报的作用,都在寻求两者配合分析预报天气的途径。也正是由于两者在数字化图像处理上有很多相同之处,所以本书介绍两者数字化图像处理的原理、内容时,主要是叙述它们的共性,而对一些个性的问题放在第三章以后介绍。

§ 2 图像数字化处理的基本原理

图像处理是用一定方法从原始图像中提取信息,有照像的、光学的、数字的方法。数字处理就是把测得的模拟信号通过计算机处理成数字信号,处理以后又把数字数据恢复为连续信号显示^[1]。处理步骤可概括如下(见图 1.1):传感器发射的电磁波照射到大气水滴和地面景物后反射回来,或被动接受到的辐射能经过接收系统的光电效应形成原始图像,原始图像传送到计算机进行数字化处理,最后又恢复为连续图像并显示在屏幕上或打印在纸上。

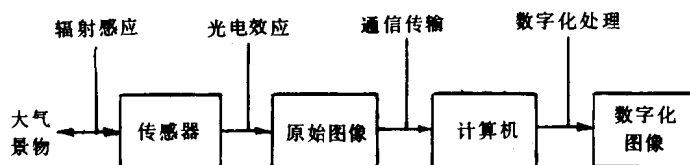


图 1.1 图像处理方框图

从图 1.1 可以看到,数字图像处理是整个处理工作的最后一步。这一步包括两部分工作,第一部分是图像定量恢复以校正降质和去除噪声,图像配准以便进行重叠和嵌拼成图,图像特征的主观增强以便人们判释;第二部分是从图像中提取信息,把图像分割成不同区划进行特征分析。

因此,数字图像处理需要建立一个系统,以满足进行图像处理、数据管理、运算分析以及分析者与系统之间对话等功能。其实图像分析经常是一种探索过程,因此,分析者应当包括在图像处理系统之中,他是一个能把图像中的信息同他处理数据的经验融合在一起的专家,通过人机对话解决人或机器都难以单独解决的图像分析问题。

§ 3 数字化图像表示方法

数字化图像通常是对图像灰度按彩色或数字分级(层),通过屏幕彩色显示、数字打印和绘图等表示出来。

一、图像坐标系

目前气象卫星、雷达数字图像主要是二维图像,这种图像每一幅都由两个空间变量 x 、 y 的实函数表示,这个函数代表空间位置 (x, y) 处物理变量的数值。图像函数通常被定义在一个矩形区域 R (见图 1.2) 中,

$$R = \{(x, y) | 0 \leq x \leq x_m, 0 \leq y \leq y_m\}$$

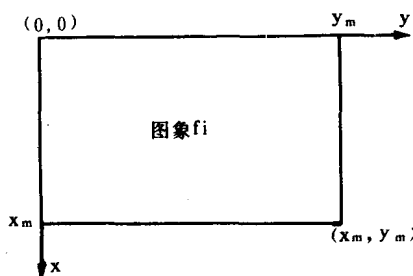


图 1.2 图像坐标系

图 1.2 的 $f_i(x_0, y_0)$ 处的函数值叫作图像分量在该点的灰度值。最低的灰度值当作黑色,最高的灰度值当作白色,由黑到白的各种灰度组成灰阶。每一灰度值代表了图像灰度的明暗程度。

对卫星云图、雷达回波来说,灰度就是辐射强度,也称亮度。就是说,灰度(亮度)在卫星云图表示红外温度或可见光反射率;在雷达回波图上表示反射率或反射因子。

二、灰度(亮度)分级

卫星、雷达图像的灰度(亮度)分级主要是根据传感器和接收设备性能,人们视觉系统鉴别颜色的能力和业务工作的要求而定。云图和回波图的灰度目前一般分为 8—32 级,而数字化后一般也是 8—32 级,也有分得较细的,图 1.3 就是一个例子,灰度多达 64 级^[2]。

回波亮度分级通常按 10dBz 或 5dBz 分级,如表 1.1、1.2 所示。

表 1.1 回波亮度 8 级分级表

级	0	1	2	3	4	5	6	7
dBz	0	<10	11—20	21—30	31—40	41—50	51—60	>60

表 1.2 回波亮度 16 级等级表

级	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
dBz	0	<5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65	66—70	>70

卫星云图通常是在云图灰度的基础上根据不同的使用目的和业务要求,用以下几种方法分级。

1. 一个灰度为一级。例如, GMS 低分辨云图灰度为 16 级,数字处理时亦分为 16 级,一个灰度一级。

2. 二至多个灰度一级。例如, GMS 高分辨云图灰度为 32 级,数字处理时按 4 个灰度一级分为 8 级,按 2 个灰度一级分为 16 级。

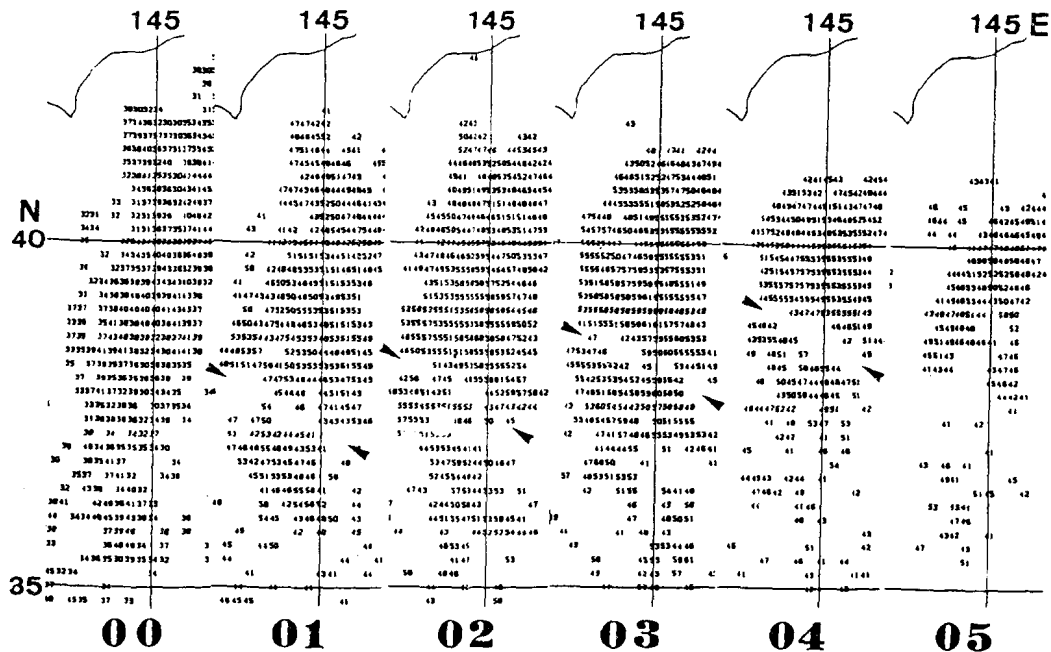


图 1.3 1988 年 5 月 24 日 0 5 时日本 40°N、145°E 附近可见光数字云图

图中灰度等级为 64 级,00 时,05 时(UTC)取 30 级以上,01—04 时取 40 级以上,箭头表示云区边缘移动位置

3. 按特征值分级。例如,为了监测雷暴要突出 0°C、-18°C、-40°C、-56°C 的层次,可以这些温度所在灰度分级。1983—1988 年中央气象台使用的 GMS 红外云图就是按照图 1.4 分级^[3]。即在云顶温度高于 -33°C 时,进行线性增强,灰度达到最白色;而温度低于 -33°C 时,则按以下温度分级:

- 33—-46°C 黑色
- 46—-57°C 深灰色
- 57—-74°C 浅灰色
- <-74°C 白色

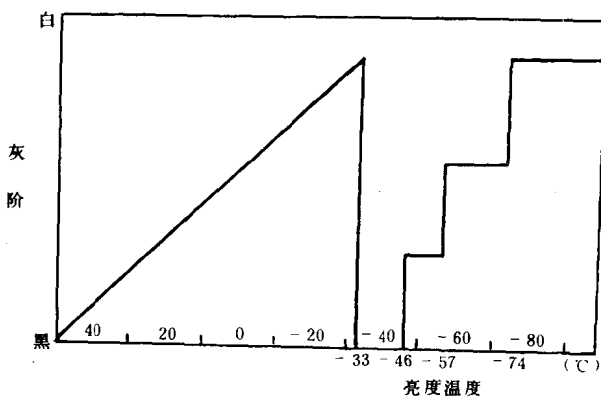


图 1.4 1983—1988 年中央气象台使用的 GMS 红外云图灰度分级图

红外云图的灰度与温度有确定的对应关系,它们之间的换算见表 1.3 和 1.4。表 1.3 是低分辨云图上灰度与温度的换算,表 1.4 是高分辨云图上灰度与温度的换算。这里所指的温度是卫星上红

外辐射仪观测到的辐射温度,即黑体温度,在红外云图上也叫亮度温度。

表 1.3 GMS-1 低分辨红外云图灰度-温度换算表

灰级	温度(℃)	灰级	温度(℃)
0	-23.16	8	-25.73 ~ -32.72
1	23.16 ~ 16.17	9	-32.72 ~ -39.70
2	16.17 ~ 9.19	10	-39.70 ~ -46.69
3	9.19 ~ 2.20	11	-46.69 ~ -53.67
4	2.20 ~ -4.78	12	-53.67 ~ -60.65
5	-4.78 ~ -11.76	13	-60.65 ~ -67.64
6	-11.76 ~ -18.75	14	-67.64 ~ -74.62
7	-18.75 ~ -25.73	15	-74.62 ~

在使用云图灰度时还必须注意,由于云层中各单体(或云中空隙)的大小,总云量多少,云层对来自下面辐射的不透明程度,辐射仪对云区视角的大小等都使卫星辐射仪测量到的云顶整体温度与实际温度有一定误差。在我国华东地区,我们曾用华东中尺度天气试验期间稠密的探空和雷达资料与日本 GMS-1 高分辨云图比较,发现 4—6 月,云顶实际温度比云图灰阶对应的黑体温度,在 15℃ 以上低 1—3℃,在 15℃ 以下高 8—10℃ (看图 1.5)。

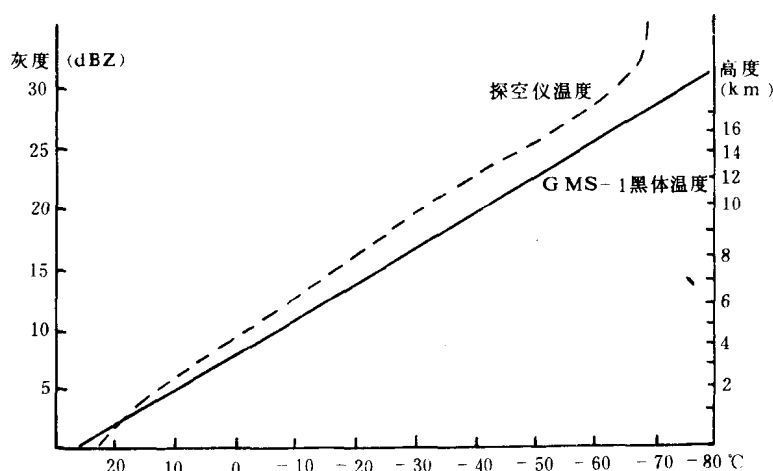


图 1.5 华东 4—6 月探空测得气温(虚线)与 GMS-1 云图黑体温度(实线)的比较

三、屏幕彩色显示

屏幕彩色显示是数字化图像表示的主要方式,按照对云图、回波图亮度分级。每一级可配备一种颜色,造成假彩色云图。颜色的分配一般有三种做法:

1. 模拟自然景色分层。例如:中央电视台的电视云图广播,大陆底色为绿色,海洋为蓝色,以接近下垫面的颜色;云层由浅灰色到深灰色,以接近云层色彩。
2. 按冷暖色分层。气温较高的低层为红、黄等暖色,气温较低的高层为绿、蓝等冷色。
3. 按特征分层。按照天气特征,用最醒目的色彩突出特征部分。例如:国家气象局气象中心 1990 年为了监测降水天气对 GMS-4 同步卫星的彩色分层是:^①

① 姚登文、程涛,1990 年第二次华北暴雨试验总结,国家气象中心技术报告,9104 号(1991)。

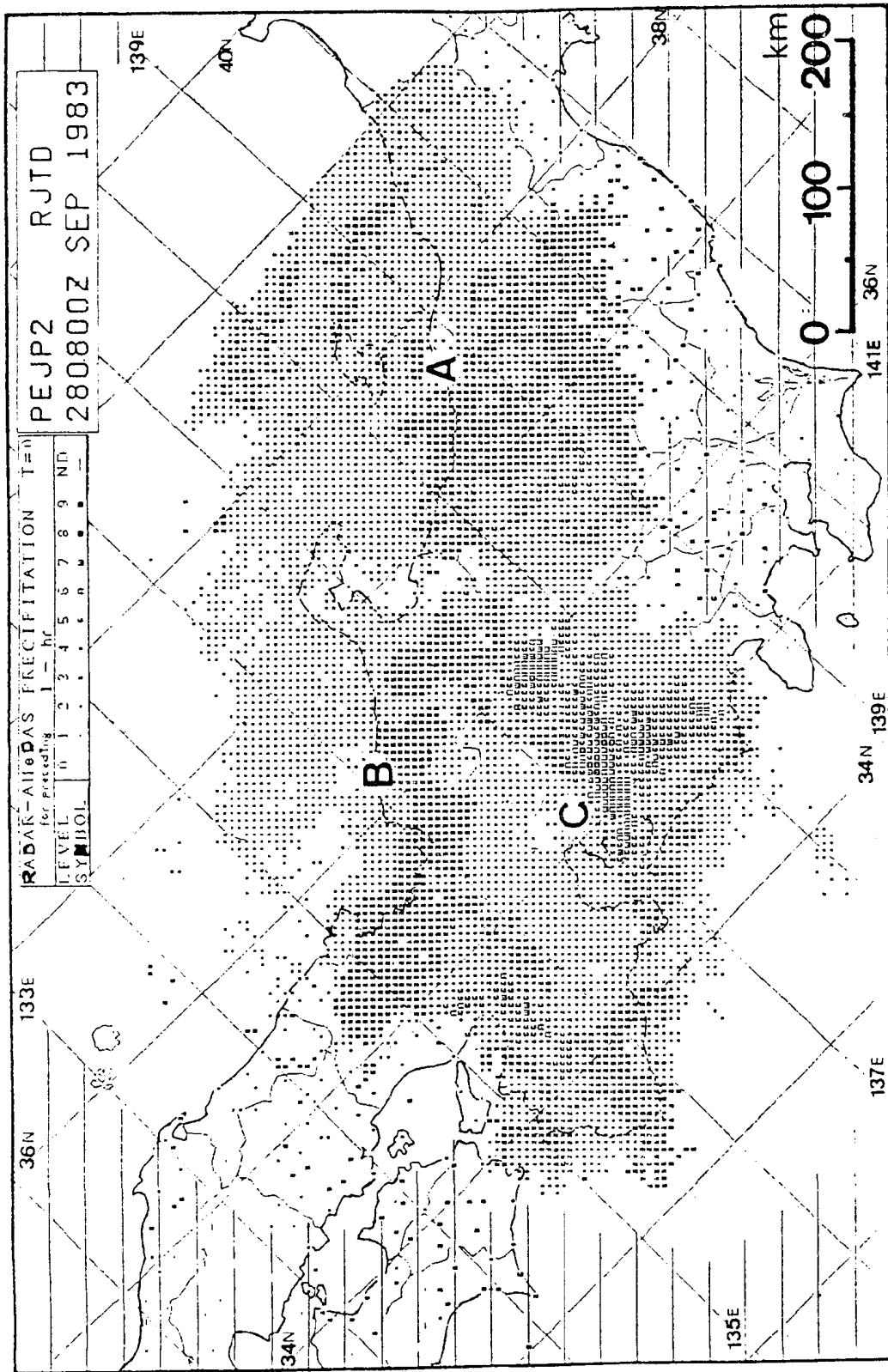


图 1.6 1983年9月28日08时日本雷达和自动气象资料获取系统观测的降水量合成图

图中A、B、C为雷达位置

表 1.4 GMS-1 高分辨红外云图灰度—温度换算表

灰级	温度(℃)	灰级	温度(℃)
0	26.65	16	-25.73—-29.23
1	26.65—23.16	17	-29.23—-32.72
2	23.16—19.66	18	-32.72—-36.21
3	19.66—16.17	19	-36.21—-39.70
4	16.17—12.60	20	-39.70—-43.19
5	12.60—9.19	21	-43.19—-46.69
6	9.19—5.70	22	-46.69—-50.12
7	5.70—2.20	23	-50.18—-53.67
8	2.20—-1.29	24	-53.67—-57.16
9	-1.29—-4.78	25	-57.16—-60.65
10	-4.78—-8.27	26	-60.65—-64.15
11	-8.27—-11.76	27	-64.15—-67.64
12	-11.76—-15.26	28	-67.64—-71.13
13	-15.26—-18.75	29	-71.13—-74.62
14	-18.75—-22.24	30	-74.62—-78.11
15	-22.24—-25.73	31	-78.11

灰色	>-30℃	黑色	-54—-62℃
粉红色	-30—-42℃	墨绿色	-63—-75℃
浅蓝色	-42—-53℃	红色	-76—-81℃

四、数字打印

数字打印(硬拷贝输出)是数字化图像表示的最基本的方法。按照对云图、回波图亮度的分级,每一级用一个字符来表示。最基本的方法有三种:

1. 以阿拉伯数字表示。例如:分8级,则0、1、2、3、4、5、6、7分别代表0—7级。这种做法最直观,但对超过10级的处理就比较复杂。

2. 以英文字母表示。例如:分8级,则A、B、C、D、E、F、G、H分别代表0—7级,这种做法对超过10级的处理就比较简单,特别是对一些有正、负号的数字的处理,更为方便。

3. 以特征符号表示。如分8级,则用8个不同符号代表0—7级,这种方法处理时比较简单。例如,日本雷达和自动气象资料获得系统(AMeDAS)观测的降水量合成图^[4],就用印刷符号表示降水量(见图1.6)。

五、图像打印

这种方法主要是通过彩色绘图仪打印出屏幕彩色显示的图像。但由于成本较高,业务工作多不采用。

参考文献

- [1] J. G. Moik, Digital processing of remotely sensed images national aeronautics and space administration, NASA, SP-431, (1980).
- [2] 麻生、正, 弱し寒気移流雲上出現札為[暗し編], 衛星センター技術 報告, 第19号, (1989)。
- [3] 范蕙君等, 确定台风强度方法的改进, 气象, 16(8), 10—14, (1990)。
- [4] Y. Takemura, K. Takase and Y. Makikara, Operational precipitation system using digitized radar and rain gauges, Nowcasting I, ESA, SP-208, 411—416, (1984).

第二章 数字化图像处理的基本内容

近年来,数字化图像处理内容日新月异,发展很快,最基本的包括:图像配准、图像增强、图像特征显示和分析计算等。

§ 1 图像配准

在许多图像的分析应用中,经常需要对于不同传感器在同一时间获得的同一天气的图像或者不同时间对同一传感器获得的图像进行比较分析,这就要求进行图像配准以产生一组空间对准的图像。做法大致有两种:一是相对配准,即选择多图像中一个图像作参数,其它图像以它为准进行配准;一是绝对配准,指定一个控制网格,所有图像都以此进行配准。

图像配准以后,就可以对多幅图像进行叠加或嵌套。常用的有如下几类。

一、加网格、地图

在垂直剖面图中增加等高线、等距线,在平面图中增加各种坐标的等距线、经纬度线、地图的海岸线、江河湖泊、国境线、省界等。图 2.1 就是一幅图例,图中除有雷达屏幕特有的极坐标(50 公里一圈)外,还有海岸线、河流、湖泊和主要测站位置。

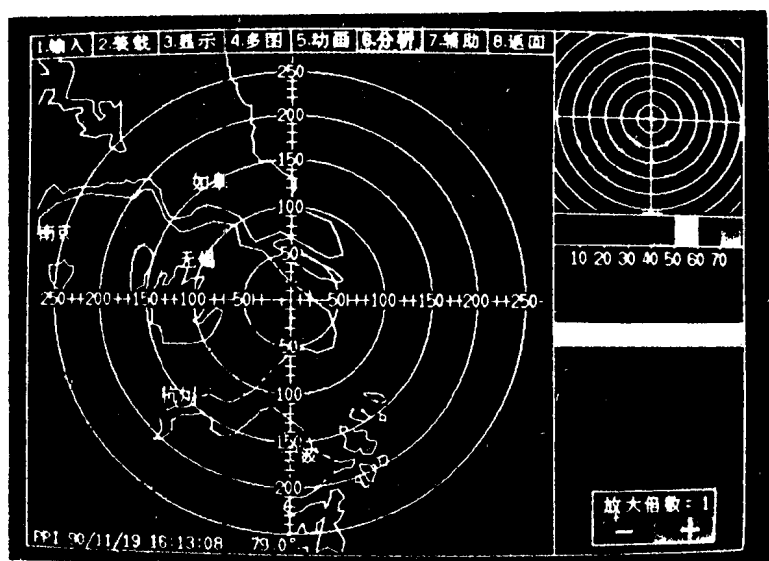
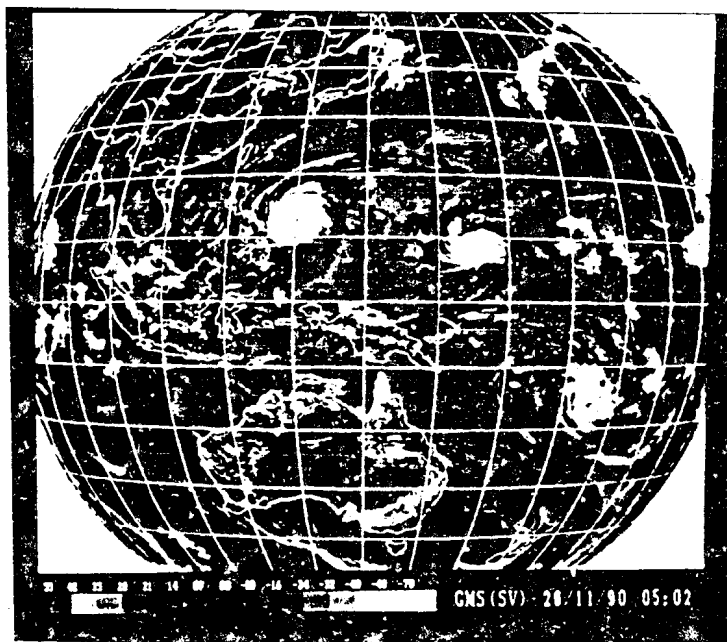


图 2.1 1991 年 11 月 19 日 16 时 13 分上海数字回波图

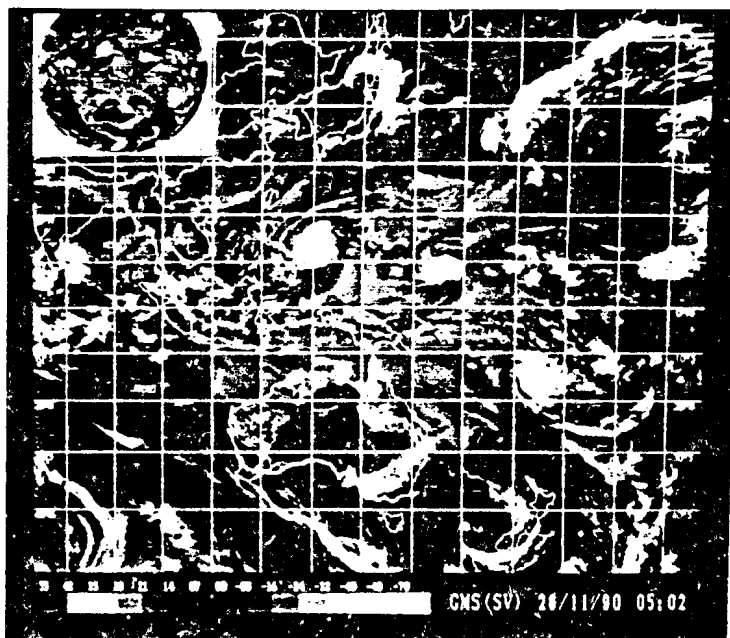
在各种坐标、经纬度的基础上,根据使用需要,还可以确定各种细网格。如雷达回波图通常使用 1—4 公里的格点,卫星云图通常使用 8—16 公里格点。也有使用更大的网格。如华北区域数字雷达回波拼图,按每个纬距 4 等分,每个经距 3 等分,即每个经纬距分为 12 个格点(见第三章图 3.1)。

二、投影变换

卫星云图、雷达回波图、天气图等底图的投影方式和比例多种多样,进行各种图像分析比较,就必须将各种图像的投影和比例统一,这就要对一些图像的地图投影进行变换。图 2.2 就是一个例



(a)



(b)

图 2.2 1990 年 11 月 26 日 05 时 GMS 数字化云图

子,1990 年 11 月 26 日太平洋低纬地区有两个台风活动,为了把云图与热带天气图(底图为麦卡托投影图)配套分析,将接收到的云图(图(a))经过处理变换为麦卡托投影云图(图(b))。

投影变换通常的做法是几幅要配准的图像中,以一种图像底图坐标为基础,将另一种图像转换成相应的经纬度坐标,然后再换算成一致的屏幕坐标。例如天气图形与卫星云图或雷达回波图配套使用,就以卫星云图或雷达回波图坐标为基础,将天气图屏幕坐标换成相应的经纬度坐标,再将经纬度坐标天气图的等值线、天气区等换算成与云图或回波图一致的屏幕坐标。

三、图像叠加、嵌套

各种图像进行投影变换以后,就可以进行叠加、嵌套。叠加,是指一个图像的图形全部重叠在另一个图像上。嵌套,是指把一个图像中有意义的部份(如特征线、天气区等)嵌套在另一个图像中。图 2.3 就是一个例子,这幅图像是 1989 年 8 月 12 日 15 时江淮地区出现飑线时的实况图和 15 时 43 分的雷达回波图叠加,它使预报人员更容易地确定回波云带的性质,也进一步地分析到地面实况图中风切变地带所具有的天气意义。图 2.4 是 1985 年 15 号台风在南海的一幅可见光云图^[1],图上嵌套上红外云图云顶等温度线,这样云系既有立体感,同时还可看出台风主要对流云区位于其南部,对流十分旺盛(云顶辐射温度达 -80°C 。台风的偏心特点也一目了然。图 2.5 是 1990 年 6 月 27 日北京多普勒雷达回波图和流线的叠加,从中既可以看到流场辐合区的天气特征,也诊断了回波区的天气意义。

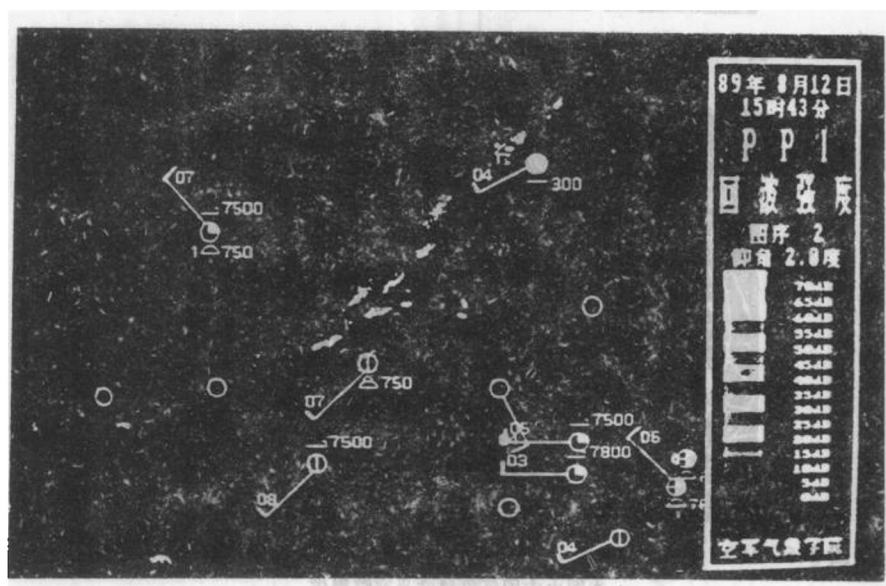


图 2.3 1989 年 8 月 12 日江淮地区出现飑线时南京雷达回波图与地面实况图叠加
为了避免图中杂乱,天气实况略去了部分内容

§ 2 图像增强

图像增强的目的是为了在图像信息提取和分析中给分析者提供更直观、更具体的图像。一般通过弄清楚图像中感兴趣部份的特征、或者利用适合人类视觉系统的图像显示来完成。增强的方法有对比度增强(灰度等级修正)、边缘增强、彩色增强(假彩色)、多图像增强。

一、对比度增强

目的是为了产生一幅能最佳地利用显示设备动态范围的图像。为了使人的眼睛看清楚亮度的细致变化,因此可通过灰度等级变换(整幅图像变换和对有晕映、阴影等进行空间不均匀变换)和直方图修正来进行^[2]。

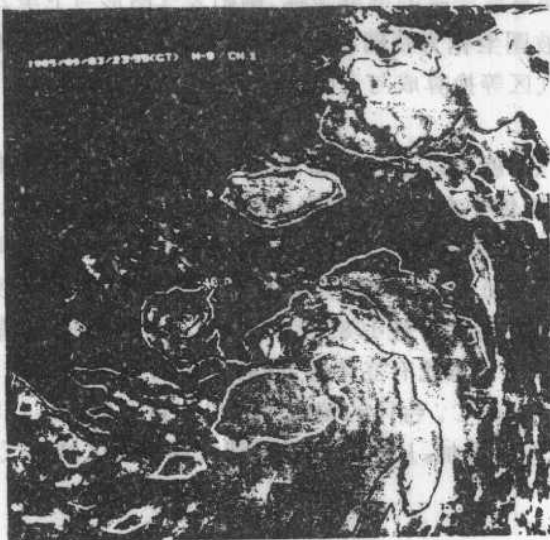


图 2.4 1985 年 9 月 3 日 23 时 55 分 15 号台风可见光云图
图中嵌套了红外云图云顶温度线

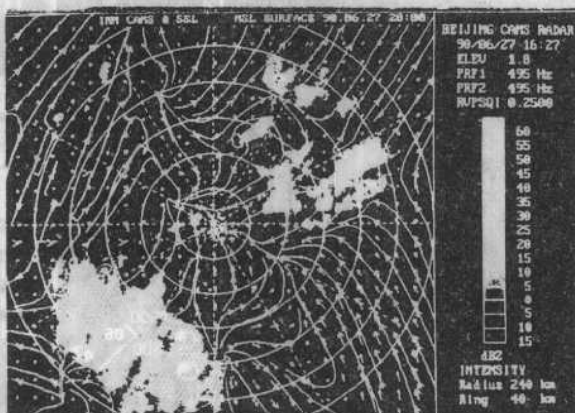
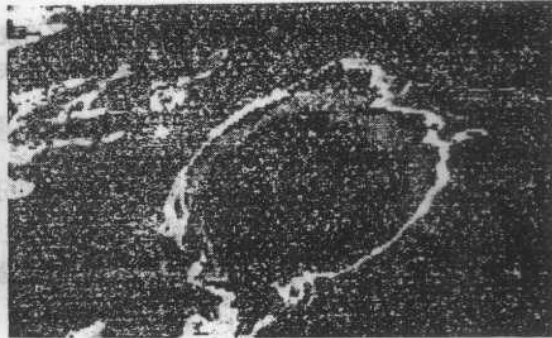
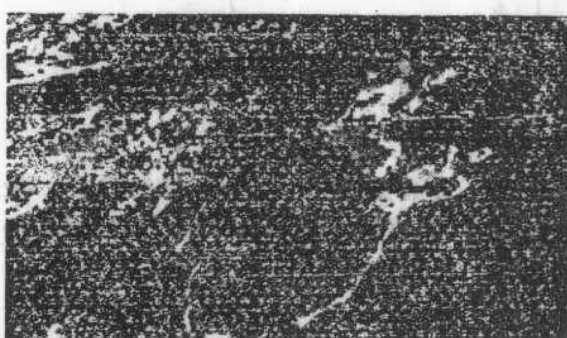


图 2.5 1990 年 6 月 27 日 16 时 27 分北京多普勒雷达回波图和流线图叠加
本图由中国气象科学研究院提供



(a) 12 日 06 时(GMT) (b) 12 日 09 时(GMT)

图 2.6 1979 年 6 月 12 日 GOES-E 卫星云图

二、边缘增强

为了克服成像和扫描过程引起的模糊降质,用高通滤波法等数学处理能使高频部分锐化而达到边缘增强的目的。图 2.6 就是一个图例^[3]。通过边缘增强,云团的边缘十分清楚,具有对流复合体(MCC)冷云盾的形态特征明显的反映出来了。

三、彩色增强

人的视觉仅能鉴别 20—30 种灰度,而在同样条件下却能识别多得多的彩色色彩,因此彩色增强能使显示的信息量增加。彩色增强主要采用假彩色或伪彩色的方法,把每个灰度级或几个级的范围变换为一种不同的颜色,或者把灰度值投影到色彩标尺上,从而得到所需数量的可识别的灰度级的变换。图 2.7 就是一幅假彩色增强的雷达回波图^[4],图中极坐标每圈为 5 公里,每一格点为 0.5×0.5 公里,伪彩色分 15 级,并有相应的回波降水量。

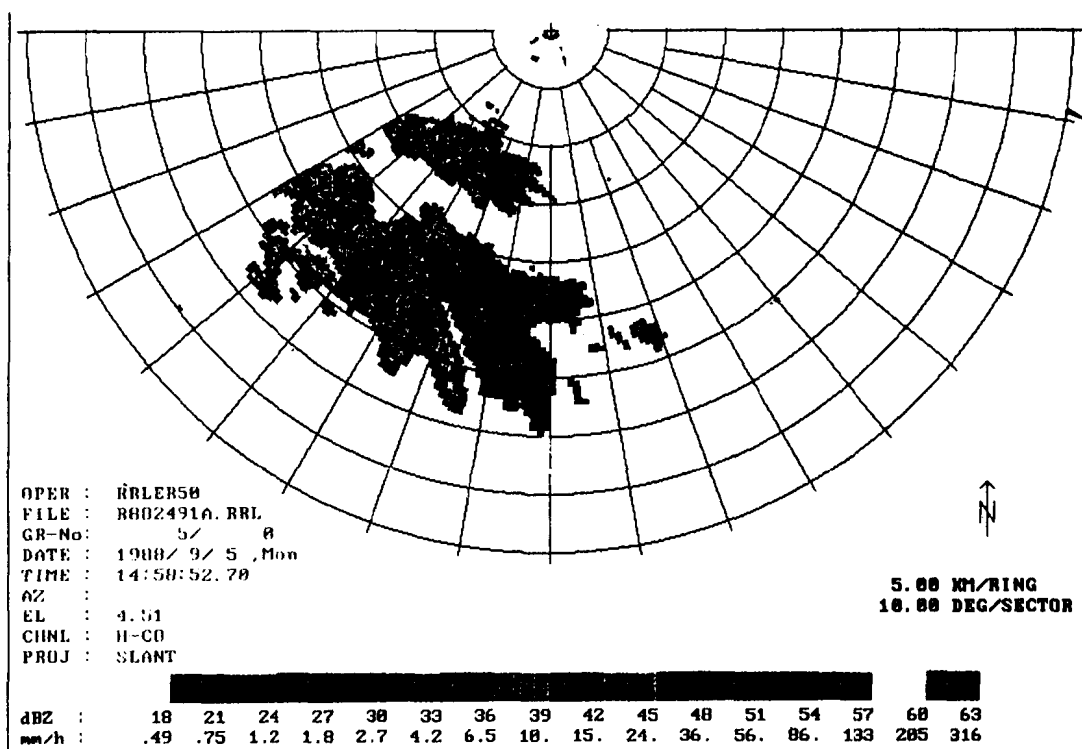


图 2.7 1988 年 9 月 5 日 14 时 58 分奥地利彩色雷达回波图

图下色标分别表示反射率和每小时降水量

四、多图像增强

用一个以上的谱段使一个云层成像,或在一段时间内用多图像监视一个云层。这样多图像技术就有:分图像各自的对比度增强,或各个分图像的线性和非线性组合,包括取比例、取差值和主分量分析、各个分量的假彩色合成等。

§ 3 图像特征显示

特征显示是根据天气分析的需要,突出天气的一些主要部分。常用的方法有以下几种。

一、漫游、开窗、放大

利用按键或鼠标器在图像中漫游图像任意部分,然后在感兴趣的地方对图像开出窗口,进行放大,以便对关键的地区进行细致的分析。图 2.8 就是一个例子。1990 年 8 月 12 日 14 时 46 分南京