

天气雷辔回波素描图打印及常规业务的计算机处理

魏应植 苏卫东

(厦门市气象局)

提 要

本文利用天气雷达数字化处理设备得到的较高分辨率数字化资料，开发了回波素描图自动描绘打印软件，并针对雷达探测日常较繁琐的操作提出了计算机处理方案。

一、引言

随着计算机技术在我国气象部门的广泛应用，诸如气象通讯、填图和基础测报等专业都先后实现了自动化或半自动化处理，雷达、卫星探测资料的数字化处理系统也已投入业务应用，我们已经容易得到雷达有效探测范围内 $2 \times 2\text{ km}$ 或 $1 \times 1\text{ km}$ 网格的数字化回波资料。借助一台PC/AT（或其它档次）微型计算机来作回波素描图、编发电报和资料归档存储等处理是完全可能的。从而减少雷达观测人员在常规业务工作中的时间消耗，把更多的精力用在考虑短时预报，提高预报水平上。

二、自动描绘素描图

描绘回波廓线实质上也是画等值线，它与画气象要素物理量场等值线的思路基本上相同。用计算机画等值线一般有两种方法，一种叫做“穿线”法，它是把要素场中某一数值范围内的所有相邻的要素点成片地穿梭连结起来；另一种可称为“掏心廓线”法，即消除某一数值范围内的要素点而保留其边缘上的点，从而自然构成等值线廓线。掏心廓线

法的程序设计较容易实现，以常规气象要素场有限的格点资料放大至较高分辨率的网格数目后，采用该方法比较合适。而将雷达回波图象处理成连续的等值廓线，必然要作许多平滑和内插，造成资料失真。这种失真对于十分注重回波细微结构特征的中小尺度分析来说，可能是不受欢迎甚至是不可忍受的，因此采用穿线法更为合适。图1是采用穿线法设计的描绘素描图流程图。

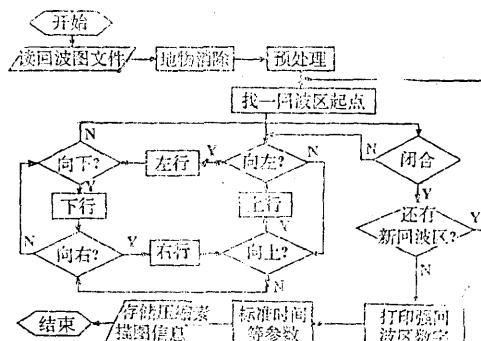


图 1

描绘素描图的要素数据取自数字化处理系统输出的 256×256 点阵8层次图象资料，每一要素点代表距离库长为 $2 \times 2\text{ km}$ 。为便于与 200 km 档案素描图底图相配套，取以测站为中心的 200×200 个要素点。在预处理中，

对数据作必要的规格化处理，如滤除零星点状孤立回波（少于10点），在回波凹缝中插入点作平滑处理。对不符合穿线规则的部分作特殊处理，如修剪多点线状突出部位、切断两块回波区之间的单线式连接等，以保证作穿线处理时不致于误入歧途。

在描绘每一块回波区的廓线处理中，采取了“向左看，向右转”的穿线规则。即：从某一回波区的某一特定点（如 200×200 数据区中回波数字块的左上角）开始，若该点的左边有回波则优先向左穿线（起始点的左边必定无回波），否则向前方穿线，若左、前方均无回波则向右穿线。对于一块连续的回波区，执行这一规则最终必然回到穿线的起点。图1中给出了按此规则向4个方向穿线的流程图，实际设计中是向8个方向穿线的。其优先穿线顺序依次为：左、左前、前、右前、右、右后。描绘完一块回波区廓线后，就从内存数据区中消去该块回波区数据，接着按同样方法处理另一块回波区，直至数据区中没有回波数字为止。这种程序设计技术也适用于画其它类型的等值线。

该处理软件还具有下列功能。

1. 地物消除。不考虑旁瓣作用时，当观测仰角比地物挡角高出 $1/2$ 垂直波瓣宽度，就可以消除地物回波的影响，分别取一幅最佳观测仰角和一幅最高挡角+半波瓣宽度仰角的图作合成处理。如厦门713雷达站最佳观测仰角为 1.5° ，最高挡角为 1.9° ， $1/2$ 波瓣宽度等于 0.6° ，因此分别用 1.5° 和 2.5° 仰角取两幅图，从 2.5° 仰角观测到的资料中取近距离 80×80 个网格点数据，其余远距离网格点数据取自最佳观测仰角观测到的资料，从而达到消除地物的效果。试验结果表明这种方法是可行的。

若按标准大气折射条件并考虑了地球曲率作用的射束高度关系有：

$$h = h_0 + r \sin \alpha + 3r^2 / 8R_m$$

其中 h_0 为测站高度， α 为观测仰角， r 为斜

距， R_m 为地球半径。取上述两种观测仰角时，波束轴线随距离 r 的变化如附表。

附表 不同距离处波束轴线离地高度 (km)

r (km) α (度)	10	30	50	80	100	150	200
2.5	0.59	1.51	2.5	4.0			
1.5				2.6	3.4	5.4	7.7

显然，两种不同观测仰角取得的资料代表了两个不连续的平面（或锥面）空间，其设计思路与CAPPI（等高平面位置显示）思想是一致的。

2. 强回波区数字打印。描绘回波区廓线保留了人工描图的效果也照顾了预报员的使用习惯，将廓线内 $\geq 30\text{dBz}$ 的回波区以 $8 \times 8\text{ km}$ 网格长度（在图面上共有 50×50 个格点）的密度分层次（层/ 10dBz ）打印在素描图上，可以更直观定量地了解强回波区的分布。

3. 资料压缩传输。最初取得的图象每幅长度为 24kB ，经编码映射压缩^[1]后每幅长度为 $7\text{--}9\text{kB}$ （视回波区范围大小），经穿线处理后的回波廓线图数据作游程编码压缩后长度为 $3\text{--}5\text{kB}$ （包含强回波区数字）。这些资料可以通过有线或无线方式传输给远程用户，在远程计算机上还原成屏幕图象、图形，或在素描图底图上描绘素描图。

此外，该软件还具有重复打印多张素描图；在图面上标注时间（年、月、日和取资料时分）、观测仰角等；能识别并拒绝处理距离档不符的资料；可描绘不同距离档素描图和RHI素描图；操作过程汉字提示等功能。

上述介绍的雷达回波素描图自动处理是在Rolard DXY-880或DXY-800平面A3绘图仪上描绘输出的，也可用24点阵打印机控制打印黑白图形（如LQ-1600或AR-3240等打印机）。绘图处理软件用8088宏汇编语言编写。图2是在DXY-880 A绘图仪上描绘的9006号台风登陆前素描图。

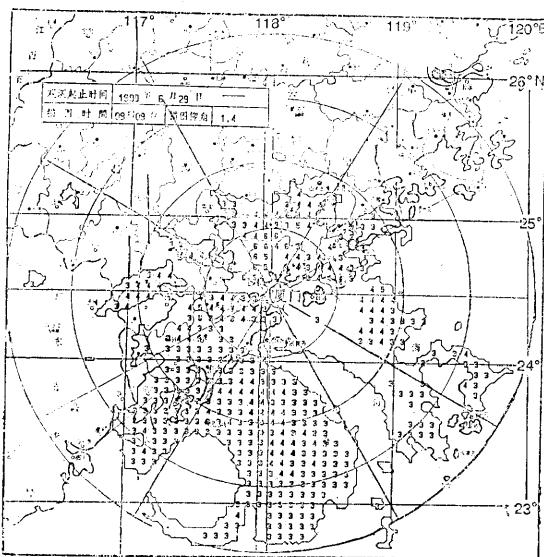


图 2 计算机自动描绘的9006号台风登陆前素描图

三、其它常规业务自动化

1. 半自动编报

目前华东、华中两地区雷达回波综合图采用人工数字化拼图方案。根据这一方案，每一部参加组网雷达必需编发200km探测范围内的回波区，发报网格为 $32 \times 32\text{ km}$ ，单站雷达责任区为 13×13 个网格。人工编报是预先制作好探测区的透明网格，在编报时叠套在回波区上进行读数，这种操作常有较大误差和人为错误。

如上所述，我们可以得到经过地物消除的数字化回波资料，它是计算机自动编报的资料来源。由于回波性质、形状和回波顶高这几项参数还需靠人工判别，因此还不能做到全自动。下面介绍编报中的几点处理方法。

a. 日期时间组，目前大多数微机都具备实时时钟功能，利用DOS功能调用21H中断2AH和2CH号调用就可以得到日期时间编码。

b. 回波区编报。取自 256 km 档数字资料，其距离库长为 $2 \times 2\text{ km}$ ，从中取 208×208 点作网格化处理，即每 16×16 点合成一发

报网格，对 $<30\text{ dBz}$ 且有回波的点少于 $1/5$ 网格的情况按发报规则当成无回波处理。

c. 强中心。从所有网格中挑出回波最强的网格，若存在多个强中心时根据需要人工干预选出一个或多个来编报。

d. 移向移速。从实时资料库中调取相关探空站 700 hPa 或 500 hPa 高空风换算为 $\text{km}/\text{时}$ 编报，也可以人工输入实际观测的移向移速编码。

2. 台风雷达定位的坐标换算方法

通常，雷达探测到的台风中心极坐标值要借助素描图底图，间接读出台风中心的经纬度值，其缺点是误差大，使用不便。下面介绍一种既简便又准确的换算方法。

由天文学可知，每一纬度或经度所代表的距离长度为：

$$\left. \begin{array}{l} \text{每一纬度 } K = 111.133 \\ - 0.559 \cos 2\varphi \text{ (km)} \\ \text{每一经度 } L = 111.413 \cos \varphi \\ - 0.094 \cos 3\varphi \text{ (km)} \end{array} \right\} \quad (1)$$

纬度 φ 、经度 ψ 与方位 θ 和距离 R 的关系为：

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = \frac{R}{K} \cos \theta + \varphi_0 \\ \psi = \frac{R}{K} \sin \theta + \psi_0 \end{array} \right\} \quad (2)$$

把测站的纬度 φ_0 代入(1)式，得到 K 、 L 两个常数。例如厦门雷达站 $\varphi_0 = 24^\circ 29'$ ，则 $K = 110.77\text{ km}$ ， $L = 101.37\text{ km}$ 。考虑雷达观测仰角的影响， $R = r \cos \alpha$ ， r 、 α 分别为斜距和仰角。又 $\psi_0 = 118^\circ 04'$ ，经纬度常用十进制表示，则

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = \frac{r}{110.77} \cos \alpha \cos \theta + 24.483 \\ \psi = \frac{r}{101.37} \cos \alpha \sin \theta + 118.067 \end{array} \right\} \quad (3)$$

由于 K 、 L 是 φ 的函数，上式在一定的距离范围内会产生一点误差。不难验证，在 300 km 范围内，最大绝对误差不大于 0.02 度，这个误差幅度是可以容许的。考虑到雷达观测

(下转第8页)

(上接第40页) 仰角较小, 实际应用中可将公式(3)中的 $\cos\alpha$ 当成1处理。

厦门雷达站自1983年以来一直使用可编程计算器利用上述换算公式作坐标转换, 取得了良好的效果。

四、结语

1. 对于在某一方位受到较高地物阻挡的雷达站, 应适当选取观测仰角, 可以容许个别地物点存在为代价取得更佳的回波全貌, 在进一步处理中来消除个别固定地物回波点。

2. 取两幅PPI回波图作合成处理消除地物影响, 在两个PPI交界处回波存在不连

续性。考虑到天气雷达波瓣宽度较大(如713雷达 1.2°), 在80km处垂直波束宽达1.7km, 另一方面, 素描图中所打印的强度数字已经过套粗网格处理(有2点以上情况取最强值)因此认为由不连续性所产生的影响不重要。

3. 回波移向移速自动判定的有效途径应通过回波图象识别技术来解决。

参考文献

- [1] 魏应植, 数字化雷达回波资料二次处理及其图象数据压缩技术, 气象, Vol.16, No.3, 1990.
- [2] 魏应植, 台风雷达定位的坐标换算方法, 福建气象, 1987年第9期。