

新一代天气雷达产品在 MICAPS 中的 显示与调用

赵瑞金^{1,2} 杨洪平³ 郭亚田⁴

(1. 兰州大学大气科学学院, 兰州 730020; 2. 河北省气象台, 石家庄 050021;
3. 武汉暴雨研究所; 4. 中国气象科学研究院)

提 要

介绍了新一代天气雷达产品的文件数据格式及实现在 MICAPS 中显示的方法。给出了在 Lambert 投影下将雷达回波的极坐标数据转换成经纬度位置, 并计算网格点坐标的公式。通过更换 BMP 图像文件的文件头, 实现 MICAPS 十三类数据格式的转换。并对坐标缩放系数的计算、调色板文件进行了说明。

关键词: 新一代天气雷达 产品 MICAPS

引 言

新一代天气雷达探测资料的应用与开发, 已成为当今国内气象管理、建设和天气预报业务人员共同面临的新课题。如何在 MICAPS 平台上显示、分析和研究雷达信息是亟待解决的关键技术之一。新一代天气雷达系统除了回波强度、速度产品及谱宽产品外, 还提供了丰富物理量转换产品和强天气监测

产品。本文以 Lambert 投影下的雷达拼图产品为例, 介绍了新一代天气雷达产品的数据格式和投影转换办法, 以及 MICAPS 十三类数据格式中坐标缩放系数的计算方法。对于 MICAPS 的二次开发和新一代天气雷达产品的开发具有实际应用价值。

1 新一代天气雷达产品的文件数据格式

新一代天气雷达文件数据格式分为三大

类。

第一类为雷达原始数据格式(VOL 扫描数据格式、PPI 和 RHI 数据格式),其数据以雷达扫描的极坐标方式排列(存储),力求达到保存的雷达原始扫描数据精度和分辨率最高。

第二类为雷达数据产品格式,是以原始数据为依据,按照产品设计需求,经过处理生成的雷达数据产品的数据格式。该格式分为两种:极坐标形式排列和直角坐标形式排列。

第三类为雷达图像产品格式,是原始数据经过各种加工处理后生成的图像或数据。一般把图像产品转变为图像文件进行存储和传送,文件格式采用点阵格式或位图格式。雷达图像产品格式,分为两种:第一种为 BMP 图像格式,第二种为 MICAPS 系统第十三类数据格式。

2 雷达产品的坐标变换

雷达采集的数据是以雷达站为中心的圆锥面上的数据,为此,首先应进行坐标变换,将极坐标的数据信息转换为以地理经纬度为坐标的地图坐标数据信息。将地球视为圆球体(半径 R_e),空间某点位置记为 (λ, φ, H) , 其中 λ 为经度, φ 为纬度, H 为海拔高度。设雷达站位于 $(\lambda_r, \varphi_r, h_r)$ 处,在雷达坐标系中,一般用仰角、方位和探测斜距来表示目标物位置,记为 (α, θ, L) 。

在标准大气状态下,等效地球半径为 R_m ,回波高度计算公式为

$$H_1 = h_r + L \sin \alpha + \frac{L^2 \cos^2 \alpha}{2R_m} \quad (1)$$

根据万玉发等^[1]的研究,经纬度的计算公式为

$$\begin{cases} \varphi = \arcsin(\cos \beta \sin \varphi_r + \sin \beta \cos \varphi_r \cos \theta) \\ \lambda = \arcsin\left(\frac{\sin \theta \sin \beta}{\cos \varphi}\right) + \lambda_r \end{cases} \quad (2)$$

其中, β 为探测距离对应的地心角,令 $\kappa = L/(R_m + h_r)$, 则根据张沛源等^[2]研究,

$$\beta = \frac{R_m}{R_e} \arctan\left(\frac{\kappa \sin \alpha}{1 - \kappa \cos \alpha}\right) \quad (3)$$

3 Lambert 投影转换计算

3.1 建立投影区域坐标系

在 Lambert 投影中,等纬度线是以极地为中心且不闭合的圆弧。在 MICAPS 中, Lambert 投影的两条割线分别为 $\varphi_1 = 60^\circ \text{N}$ 和 $\varphi_0 = 30^\circ \text{N}$,参考经线为 $\lambda_0 = 110^\circ \text{E}$,圆锥常数 $n = 0.71556$ 。

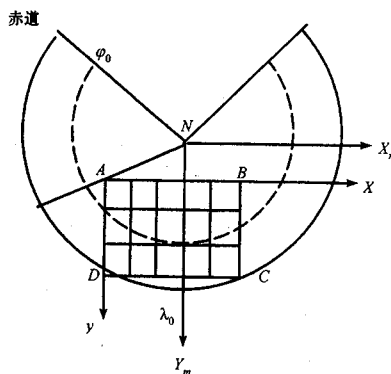


图1 兰勃托投影区域示意图

首先,以北极点 N 为坐标原点, λ_0 经度线为 Y_m 轴, X_m 轴指向东(见图1),建立地图坐标系,然后,确定矩形区域 $ABCD$ 中 AD 必须平行于 Y_m 轴, AB 必须平行于 X_m 轴。选取 A 点坐标原点建立区域直角坐标系, AB 为 x 轴, AD 为 y 轴。在 $ABCD$ 中建立网格, x 方向格距为 Δx , y 方向格距为 Δy , (λ_0, φ_0) 所在的网格点坐标为 (I_m, J_m) 。

3.2 网格点经纬度计算

设网格点 (i, j) 在地图坐标系中的坐标为 (X_i, Y_j) , 经纬度为 $(\lambda_{ij}, \varphi_{ij})$, 计算公式^[3]为:

$$\begin{cases} \lambda_{ij} = \lambda_0 + \frac{1}{n} \arctg \frac{X_i}{Y_j} \\ \varphi_{ij} = 90 - 2 \arctg \left[\operatorname{tg} \frac{90 - \varphi_1}{2} \sqrt{\frac{n \rho_{ij}}{R_e \cos \varphi_1}} \right] \end{cases} \quad (4)$$

其中,

$$\begin{cases} X_i = (i - I_m)\Delta x \\ Y_i = (j - J_m)\Delta y + Y_{m0} \\ Y_{m0} = \frac{R_e \cos \varphi_1}{n} \left[\frac{\operatorname{tg}(45 - \varphi_0/2)}{\operatorname{tg}(45 - \varphi_1/2)} \right]^n \\ \rho_{ij} = \sqrt{X_i^2 + Y_j^2} \end{cases}$$

3.3 由经纬度计算网格点坐标

网格点坐标 (i, j) 计算公式^[3]为

$$\begin{cases} i = I_m + \frac{\rho \sin[n(\lambda - \lambda_0)]}{\Delta x} \\ j = J_m + \frac{\rho \cos[n(\lambda - \lambda_0)] - Y_{m0}}{\Delta y} \end{cases} \quad (5)$$

其中,

$$\rho = \frac{R_e \cos \varphi_1}{n} \left[\frac{\operatorname{tg}(45 - \varphi/2)}{\operatorname{tg}(45 - \varphi_1/2)} \right]^n \quad (6)$$

4 生成 Lambert 投影方式显示的雷达回波图像

按照(2)式计算后的雷达回波的经纬度位置,代入(5)式,求得相应的网格点坐标 (i, j) ,根据雷达网格点坐标和雷达采集的数据信息,重新生成新的回波图像,根据雷达数据文件的 dBz 值,用不同的颜色来表示相应的 dBz 值。一般分为 8 个或 16 个等级。并将文件保存为 BMP 格式,颜色值设置按照 256 色设置。

5 生成 MICAPS 十三类数据格式产品

5.1 MICAPS 十三类数据格式的说明

文件头:(文件头为 TEXT 格式)

diamond(8 个字符)13(3 个字符)数据说明(40 个字符)

年(5 个字符)月(3 个字符)日(3 个字符)时次(3 个字符)X 方向图像大小(5 个字符)Y 方向图像大小(5 个字符)图像左下角经度坐标(8 个字符)图像左下角纬度坐标(8 个字符)投影方式(2 个字符,1—LAMBERT,2—MECATOR,3—北半球,4—南半球,5—线性投影)。放缩系数(5 个字符)图像类型(2 个字符,2—雷达拼图)像素值与相应物理量对照表文件名(12 个字符)系统保留(16 个字符)(文件头部分共 128 个字符)。

例如:目前 9210 工程通讯系统传输的华

北地区雷达拼图参数,以 Lambert 投影为例:图像为 800×600 ,左下角经纬度(94.66°E 、 23.86°S),投影方式=1,放缩系数=3.292,图像类型=2

数据:(数据格式为二进制数据)

一个像素点站一个字节,先沿 X 方向后沿 Y 方向。

具体文件格式:

diamond 13 华北雷达拼图 2003 年 4 月 15 日 3 时(世界时) 2003 4 15 3 800 600 94.66 23.86 1 3.292 2

下面是 256 级灰度表示值...

如果实际字符比数据格式规定的字符数少,多余的用空格代替。文件头中实际为 diamond 空格(8 个字符)13 空格(3 个字符)。其余类推。

从上面可以看出, MICAPS 十三类数据格式实际上就是将 BMP 格式的图像文件的文件头进行了置换。由于本文上面已介绍,存储图像时,不同的 dBz 值用不同的颜色表示,256 级灰度值与 dBz 值建立了对应关系。具体方法,可按照中国气象局下发的 9210 工程 MICAPS 系统管理员手册中规定,利用调色板文件来实现。

5.2 确定缩放系数

雷达产品进行地理坐标转换生成后,为了实现与 MICAPS 的衔接,必须计算缩放系数。MICAPS 十三类数据格式中的缩放系数由雷达投影方式、雷达图像产品的地理范围来决定,具体方法如下:

(1) 确定底图文件的标准经纬度

若底图为 Lambert 投影时,输入的标准经纬度应为实际标准经纬度乘 0.71556。标准经纬度为 30° 。例如:当实际标准经纬度为 110°E 时,标准经纬度 = 78.712° 。

(2) 根据底图的左下角坐标,和右上角作标,计算缩放系数

为了计算方便,将 C:\MICAPS\CODE 下的 map.dat 文件简化成只含底图左下角和右上角两个点的坐标,例如:当底图的

左下角和右上角坐标分别为(110.0,34.9)和(122.7,42.4)时, map.dat 文件如下:

```
diamond 9
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
2 map 274 1 65535
110.0 34.9 122.7 42.4
```

然后,调用 map.dat 文件,点击底图设置下的“生效”后,再按“确定”按钮。另取文件名 map1.dat 将新的底图文件保存。

打开新存的底图文件 map1.dat,如下:

```
diamond 9
```

```
1 78.712 30.000 1.900 1.900
-581.000 -3411.600 0 0 0
2 map 274 1 65535
-1103.443 -1326.867 -1027.148
-1259.024
```

其中(-1103.443 -1326.867)和(-1027.148 -1259.024)为 MICAPS 算出的坐标值。 $\Delta X = (1103.443 - 1027.148) = 76.285$

假设如果原图的大小为 40×40 , 则 $\Delta X_1 = 40$

缩放系数 $N = \Delta X / \Delta X_1 = 1.9071$

5.3 生成 MICAPS 十三类数据格式产品

将生成的 BMP 格式雷达回波图像文件的文件头替换成 MICAPS 十三类数据格式的文件头后重新存储,并将计算求得的缩放系数写入 MICAPS 十三类数据格式的雷达

产品文件头中,即转换成 MICAPS 十三类数据格式的雷达回波产品文件。

5.4 建立调色板文件

按照 MICAPS 第 15 类数据格式建立调色板文件后,上述生成的雷达产品即可在 MICAPS 中调用和显示。例如:雷达拼图的调色板为 colormap020。

6 小 结

实现新一代天气雷达回波产品在 MICAPS 环境下的调用与显示,将大尺度天气背景与雷达资料相结合,并与地面、高空资料、卫星资料、以及数值预报产品相配合,根据其回波强度、速度场特征,确定灾害性天气的发生、发展和消亡。有利于提高强对流天气分析、识别的准确性。为预报员进行精细化天气预报提供更加方便、有力的监测和预报手段。

参考文献

- 1 万玉发,杨洪平,肖艳娇等.多普勒天气雷达站址视程的客观分析技术.应用气象学报,2000,11(4):440~447.
- 2 张沛源,周海光,胡绍萍.双多普勒天气雷达风场探测的可靠性研究.应用气象学报,2002,13(4):485~495.
- 3 沈桐立,田永祥,葛孝贞等.数值天气预报.北京:气象出版社,2003:60~71.
- 4 中国气象局.新一代天气雷达基本数据格式和显示要求(2.0 版本).2001.
- 5 中国气象局.9210 工程 MICAPS 系统管理员手册.1999.
- 6 中国气象局.9210 工程 MICAPS 用户使用手册.1999.

Display and Application of CINRAD Product in MICAPS

Zhao Ruijin^{1,2} Yang Hongping³ Guo Yatian⁴

(1. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730020;
2. Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021; 3. Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan;
4. Chinese Academy of Meteorological Sciences)

Abstract

The data file and the displaying method of the CINRAD's products in MICAPS are introduced. In order to convert the radar echo data in polar coordinate into the data in grid coordinate, the formulas for calculating geographical position in Lambert projection are given. The 13th data file of MICAPS is obtained through changing the head of BMP picture file. The calculating method of the zoom coefficient in different coordinate and the color map file are introduced too.

Key Words: CINRAD product MICAPS