

713 雷达数据判读与地学可视化

于雪涛¹ 奚砚涛¹ 芮小平² 蒋之犇³

(1 中国矿业大学资源与地球科学学院, 徐州 221116; 2 中国科学院研究生院资源与环境学院, 北京 100049;
3 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062)

摘要 713 型气象雷达为我国自主设计的固定式测雨雷达, 目前我国西北部和中部地区的一些气象局仍在使用。文章简要介绍了 713 雷达的平面位置显示器(PPI)和距离高度显示器(RHI)两种数据的结构和格式, 在充分解析后, 采用 Visual Basic. NET 2005 开发语言, 完成了对两种雷达回波数据的准确判读。并结合 GIS 二次开发组件 MapX, 采用常规天气雷达数据产生回波图像的算法, 提出并实现了极坐标系下的雷达平显回波图和高显回波图的地学线型与面型可视化, 最大限度恢复了雷达数据中存储的回波信息, 为准确分析区域降水提供了依据。

关键词 713 雷达 PPI RHI 地学可视化 数据判读

引言

我国各省市气象局使用的气象雷达有很多种, 比较常见的有 711、713、714、718、843 和多普勒雷达^[1]。气象局为更好地利用本局的雷达回波数据, 全面做到防灾减灾, 大部分都开展了适用于本局的人工影响天气作业指挥系统的研发^[2~3], 而如何快速准确读取雷达回波数据及更真实地显示回波图像, 就成了其研究的第一步。

713 雷达为气象部门重点规划布点的常规气象雷达, 在定量估测降水和人工影响天气等工作中担负极其重要的角色, 目前仍装备并使用于我国西北部和中部的部分省市^[4]。其配有平面位置显示器、距离高度显示器和距离仰角显示器合用的显示器和 A/R 显示器, 并配有视频信号处理器, 其生成的回波图像数据主要有平面位置显示(PPI)和距离高度显示(RHI)。充分解析其回波数据和真实显示回波图像, 以准确分析区域降水和做到防灾减灾, 一直都是气象工作者十分关注的问题。

刘继东^[5~6]等曾采用 VC++ 完成了对 PPI 回波图的判读, 但没有对回波图像的可视化做进一步的研究。王令^[7]早在 1995 年就指出了 713 雷达回波在显示时存在坐标系的转换问题, 也没有做进一步

的工作。迄今使用的大部分 713 雷达回波图像显示程序, 显示时的坐标系仍是基于笛卡尔直角坐标系, 而雷达数据是基于极坐标系存储的, 转换坐标系必然带来误差, 使显示的回波图像不够准确, 并很可能出现图像偏离的现象。本文在充分解译 713 雷达的 PPI 和 RHI 回波文件后, 完成了回波图像在极坐标系下的地学线型与面型可视化。

1 数据格式及数据判读

1.1 数据格式说明

713 型雷达回波数据的编码为二进制格式。它的内容包括两部分, 数据头和数据区。数据头保存了该雷达数据文件的创建日期、扫描方式、扫描范围、中心坐标、扫描半径等信息, 数据区则记录了扫描范围内的回波强度值。

PPI 和 RHI 存储数据的坐标系均是极坐标系。PPI 的扫描范围为 360°, 其中均匀分布了 512 根扫描径线, 这 512 根扫描径线把 360°分成了 512 等份, 每份占的角度为 0.703125°。在每根扫描径线上, 根据离扫描圆心的远近均匀分布了 250 个数据, 数据即为对应位置处的回波强度。RHI 的扫描范围为 30°, 在这 30°中, 共有 171 根扫描径线, 即可分成 170 等份, 每份占的角度为 0.17647°。它的每根扫描径

线上,也是共有 250 个数据^[5]。

1.2 数据的判读

雷达数据的编码为二进制格式,故在用 Visual Basic. NET2005 读取文件时使用的阅读类为 BinaryReader,定义的方法如下:

```
Dim F As FileStream
F = New FileStream ( strPath, FileMode. Open,
FileAccess. Read)
Dim B As New BinaryReader(F)
```

然后根据雷达数据的数据头和数据区各项信息所占的字节数使用 B. ReadBytes() 依次读取信息。在读取数据区信息时,数据区中每个数据占一个字节,为无符号的整数,一条记录共有 250 个数据,所以可以用循环读出雷达回波文件中的每条记录中数据,并存入已经定义好的结构体中,即:

```
For i = 1 To 250
R. Record (j). data (i) = Convert. ToInt32 (B.
ReadByte())
Next
```

在读取所有数据时,读取的字节数一定要匹配,具体每项信息占用的字节数,可以查阅有关文献^[5]。

2 数据可视化

因为雷达回波数据的原始存储坐标系就是极坐标系,故在显示回波时,直接显示为极坐标系下的回波图像即可,既保持图像真实,又减少计算量。采用 MapX 二次开发组件,是因为下一步的自动分析回波图,如图像分块及回波跟踪,在 GIS 中是很容易实现的。

2.1 数据的线型可视化

PPI 有 512 根扫描径线,每根扫描径线上有 250 个数据,故总计有 128000 个数据,绘制 128000 根用不同颜色区分大小的短线来表达数据是最直接的方法,但数据量如此庞大,直接绘制所消耗的系统资源肯定是不能接受的,必须对其进行优化与压缩。

通过对多份数据的分析,发现有相当一部分的值为空值,即当前区域为无降水回波的状态,故不必对此进行绘制。此外每根扫描径线上的数据也有很好的相关性,即在每根扫描线上,有很多绘制颜色相同的数据连在一起,这也说明了降水回波的分布具有相关性,符合实际。因此对于多个绘制颜色相同的数据,可以通过绘制一条短线来代替,也就是行程编码压缩算法的思想。

所谓行程编码,又称为游程长度编码,是栅格数据压缩的重要编码方法,也是图像编码中比较简单的方式之一。在行程编码中,将原图只表示属性的数据阵列变成数据对 (S_i, L_i) ,其中 S_i 为属性值, L_i 表示行程。这种压缩算法的特点是,属性的变化越少、行程越长,则压缩的比例越大,或者说压缩的大小与图像的复杂程度成反比,因此这种编码方式最适合于类型区面积较大的专题图、遥感影像分区集中的分类图,而不适合于类型连续变化或类型区域分散的分类图^[8]。

结合上述思想,设计二重循环来绘制平显回波图,外循环为遍历每根扫描径线,内循环为绘制一根扫描径线上的所有数据,最终与原来全部绘制的方法相比,速度大大提高。

在计算每根短线的起始坐标时,首先需要计算出雷达中心所在地在经线圈上每公里的经度值增量(Ikilometerdx),然后计算出雷达中心所在地在纬线圈上每公里的纬度值增量(Ikilometerdy),因为涉及的范围不太大,故可以认为经纬度值在中心点坐标附近是均匀变化的。假设扫描角度是从方位角 0° 开始扫描,则计算坐标的代码如下:

```
Const a As Double = 3.1415926 * 2 / 512
IAddXPK = Ikilometerdx / Inametype. type * 2
IAddYPK = Ikilometerdy / Inametype. type * 2
xx = Math. Sin(a * i) * IAddXPK
yy = Math. Cos(a * i) * IAddYPK
x = IcenterX + xx * j
y = IcenterY + yy * j
```

其中 Inametype. type 是根据雷达的扫描半径返回的不同数值(500 km:1,250 km:2,125 km:4,62.5 km:8), i 和 j 分表表示第 i 根扫描径线上第 j 个雷达回波数据,IcenterX 和 IcenterY 为雷达中心所在地的经度和纬度值,最终计算得到的 x 和 y 即为所需的第 i 条扫描径线第 j 个雷达回波数据处的经纬度坐标,进而可以获得所有数据点的坐标,从而可以绘制平显回波图并叠加到行政区划图上。

对于 RHI,因为它的扫描角度为 30° ,其数据则完全挤在了 $0^\circ\sim 30^\circ$ 之间,本文作者在距离高度显示中,对高度值做了乘 10 处理,经过处理后,数据则基本上落在了 $0^\circ\sim 90^\circ$ 的笛卡尔坐标系中,增强了 RHI 回波图的判读性。对其进行优化和压缩的方法以及计算坐标的方法与 PPI 基本相同,不再赘述。

图 1a(见图版)为采用上述方法生成的内蒙古包头市某时的 PPI 回波图,图 1b(见图版)为内蒙古自治区包头市某时的 RHI 回波图,采用的显示组件为 MapInfo 公司的 Map X5.0 版本。

2.2 数据的面型可视化

采用上述方法生成的平显图和高显图,虽能真实地反映降水回波的状况,但由于上述方法是基于线生成的,特别是当放大图像浏览时,线与线之间会产生很大的空当,造成图面效果不够理想,故对其做进一步的优化,提出并实现了用面来代替线的方法绘制平显回波图和高显回波图。

以平显回波图为例,它的每根扫描径线上有 250 个数据,也就是有这么多个圈层,如果按这样的圈层来绘制,则每个圈层上有 512 个数据。在绘制圈层时,如果为第 1 圈层,则需找出第 1 圈层中至少连续 2 个点的点集,然后和圆心构成扇形区域,此时可以用三角形或多边形近似地代替扇形(图 2a,见图版)。图 2a 中 1、2、3 和 4 点即为要寻找的多边形外边界点。以下的算法伪代码即为寻找并绘制第 1 圈层中所有这样的多边形,具体步骤如下。

(1)当前数据位置指针初始化,设为 1,当前颜色值设为第 1 圈第 1 个对应的颜色。

(2)清除存储多边形点坐标的数组 IbackPoints。

(3)重复执行以下步骤,直到读到第 1 圈的最后一个反射率因子数据。

① 如果当前数据的颜色不是无值即有降水回波的情况,则执行以下步骤:

- 如果当前颜色和前一个颜色相同,则把这个数据点加入到数组 IbackPoints 中;

- 如果当前颜色和前一个颜色不相同,则把这个数据点加入到数组 IbackPoints 中,然后把圆心坐标添加进来,绘制多边形,绘制完后,清空数组 IbackPoints,并把当前数据点坐标加入到数组 IbackPoints 中。

② 如果当前数据的颜色是无值即无降水回波情况,则执行以下步骤:

- 如果数组 IbackPoints 中的点等于或多于 2 个,则把圆心坐标添加到 IbackPoints 中,然后绘制多边形,绘制完后,清空数组 IbackPoints;

- 如果数组 IbackPoints 中的点少于 2 个,则清空数组 IbackPoints。

③ 当前颜色值设为第 1 圈当前数据位置的反射率因子颜色,当前数据位置指针递增 1。

对于其他的圈层算法类似,也是用多边形代替扇形,其不同之处就是在记录多边形外边点坐标时同时记录多边形内边点的坐标,绘制时再按同顺序添加到临时点集中,构成完整的多边形,如图 2b(见图版)所示。

采用上述的面型可视化算法,最终显示的 PPI 和 RHI 图像真实,并且最大限度地恢复了存储的雷达回波信息,提高了回波判读的准确性。图 3a(见图版)为图 1a 中显示的平显数据面型显示回波图,图 3b(见图版)为图 1b 中显示的高显数据的面型显示回波图。

3 结语

结合 GIS 二次开发组件,在极坐标系下,绘制 713 型雷达的平显回波图和高显回波图,可最大限度地恢复原始数据中存储的回波信息,为准确分析区域降水提供可靠的依据。在绘制雷达回波图时,可采用面型显示,使显示的回波图既真实又美观。由于作者采用的 GIS 二次开发组件为 MapInfo 公司的 MapX 5.0 版本,其重绘的速度并不快,使用的开发语言为 Visual Basic.NET 2005,其运行效率也并不高,或许采用最新的二次开发平台和效率高的开发语言还能够提高回波图的绘制速度,对此还有待进一步的探索。

参考文献

- [1] 胡定廉,樊启恭. 713 型气象雷达[J]. 气象科技,1978,(1): 1-5.
- [2] 王以琳,黄磊. 地市级人工影响天气业务技术系统[J]. 气象科技,2007,35(4):535-540.
- [3] 刘春文,李文祥,冯庆明. 基于多雷达产品的市县级人工防雹作业指挥系统[J]. 气象科技,2009,37(4):486-491.
- [4] 舒童,赵明. 影响 CTL-713C 天气雷达回波强度标定误差的因素[J]. 气象科技,2008,36(5): 658-660.
- [5] 刘继东,胡新波,刘士军,等. 解密 713C 天气雷达平显 dBZ 数据文件内部格式[J]. 科技资讯,2008,(7):37.
- [6] 刘继东,石磊,魏佳,等. 用 VC++ 实现对 713C 雷达回波图进行深入分析的技术方法[J]. 科技资讯,2007,(36):115-116.
- [7] 王令. 713-C 雷达探测中的问题[J]. 江西气象科技,1995,(3): 24-25.
- [8] 郭达志. 地理信息系统原理与应用[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2002:114-115.

Interpretation and Geo-Visualization of 713 Radar Data

Yu Xuetao¹ Xi Yantao¹ Rui Xiaoping² Jiang Zhiben³

(1 School of Resources and Earth Science, China University of Mining & Technology, Xuzhou 221116;

2 College of Resources and Environment, Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

3 College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062)

Abstract: The structure and format of 713-model radar data, Plain Position Indicator (PPI) and Range Height Indicator (RHI), are introduced briefly. After fully analyzing, the interpretation of radar data is completed accurately by using Visual Basic.NET 2005. Selecting MapX as the secondary development components, the geo-visualization of radar data by both line and region is realized under the polar coordinate system, including PPI and RHI, by means of the traditional algorithms of creating radar images. The method can recover, to the utmost, the echo information of radar data and provide an accurate analysis basis for regional precipitation.

Key words: 713 radar, PPI, RHI, geo-visualization, data interpretation

欢迎访问《气象科技》编辑部网站！

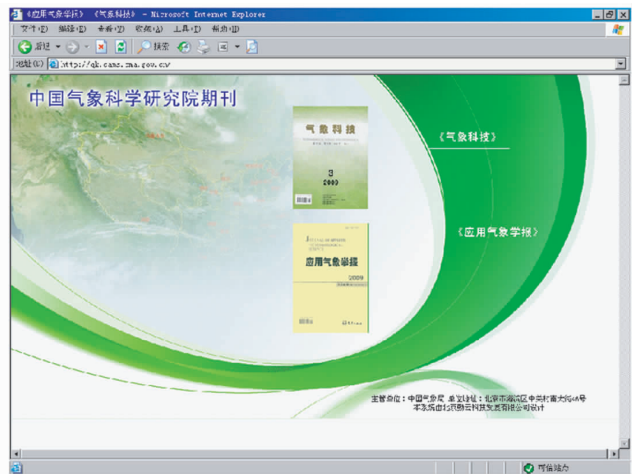
全文免费查询、阅览、下载

《气象科技》编辑部开通了网上阅览、投稿、审稿、稿件处理系统。读者可以在网上浏览和下载本刊的标题、摘要及全文,也可了解订阅信息和下载期刊订单;作者可以网上投稿、查询稿件处理进度,下载审稿意见及稿件修改要求;专家可以在网上审稿。欢迎各位作者、专家、读者访问和使用。

编辑部网址:

<http://qk.cams.cma.gov.cn/>

(注:编辑部不再接受其他形式的投稿)



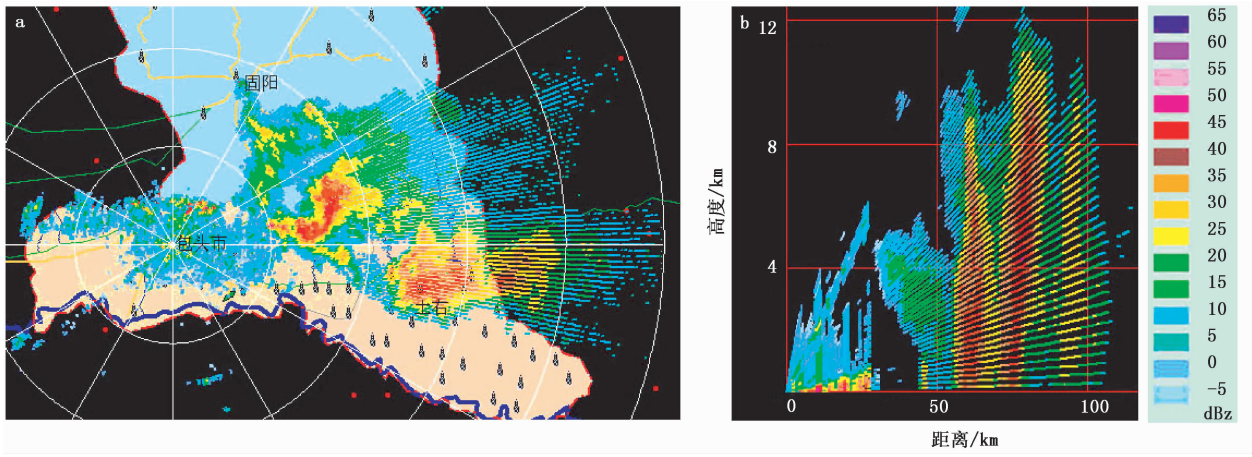


图 1 线型雷达平显回波(a)和高显回波(b)

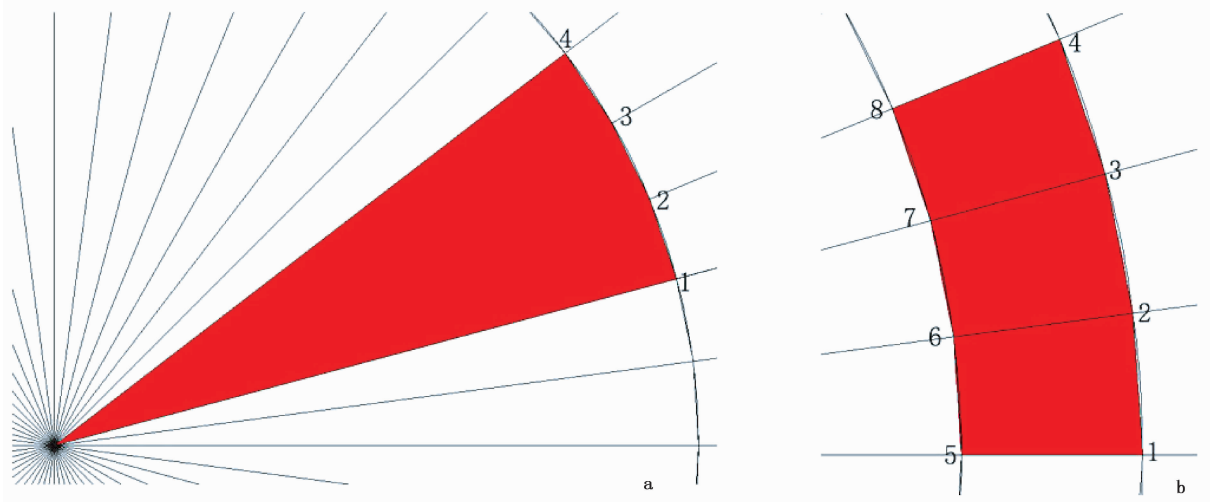


图 2 各圈层绘制示意:(a)第 1 圈,(b)其他圈层

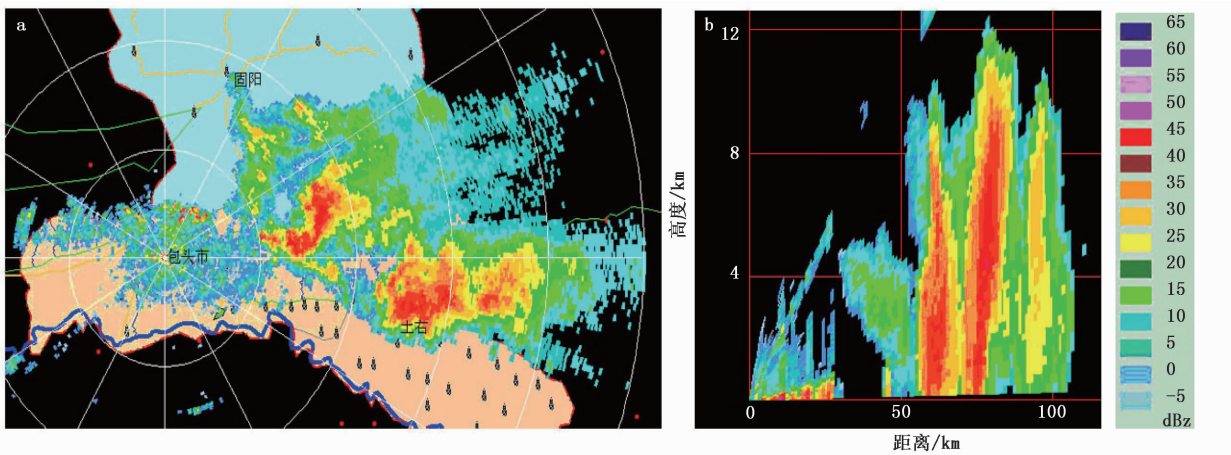


图 3 面型雷达平显回波(a)和高显回波(b)