

陈大任, 陈刚, 吴峥嵘. 基于体扫模式的组合 RHI 自动实现算法[J]. 气象, 2010, 36(2): 109-112.

基于体扫模式的组合 RHI 自动实现算法^{* 1}

陈大任¹ 陈 刚² 吴峥嵘³

1 中国气象局气象探测中心, 北京 100081

2 安徽四创电子股份有限公司, 合肥 230088

3 民航空中交通管理局气象中心, 北京 100621

提 要: 天气雷达的 RHI 扫描方式能够直观地提供云雨回波垂直结构的详细信息, 因而该扫描方式在实际业务工作中, 常常被用于人工影响天气的指挥作业。传统 RHI 方式需采用人工定位的手工操作方式, 且只能获取指定方位空间的有限信息, 这些都制约了新一代天气雷达全空域自动监测效能的有效发挥。在现有自动连续的体扫工作模式下, 所开发的算法利用有限仰角层数据实现了自动组合“RHI”的功能, 以增强基于现有新一代天气雷达业务扫描方式的业务产品功能。

关键词: RHI, 自动生成算法, 雷达, 产品

Composite RHI Auto-Implementation Algorithm Based on Volume Scan Mode

CHEN Daren¹ CHEN Gang² WU Zhengrong³

1 Meteorological Observation Center, CMA, Beijing 100081

2 Anhui Sun-Create Electronic Co. Ltd., Hefei 230088

3 Meteorological Center, Air Traffic Management Bureau of Civil Aviation Administration of China, Beijing 100621

Abstract: RHI scan mode is widely used in weather modification field because it can provide more detailed vertical structures of cloud and rain echoes. The traditional RHI mode needs so many manual operations to select its cross-section orientations one by one, and the information obtained is very limited. Therefore, CINRAD automatic detection functions are limited by these disadvantages. The developed algorithm introduces how the combined RHI products are auto-implemented based on current volume scan mode, to enhance the CINRAD operational functions.

Key words: RHI, auto-implementation algorithm, weather radar, products

引 言

雷达的 RHI 扫描方式为人们所熟知, 在气象业务工作中, 由于其具有方便直观地呈现被监测对象——云雨回波的垂直结构分布信息的功能, 而为广大气象工作者所常用, 尤其在人工影响天气作业工作中, 是常用的观测模式。近年来随着新一代天气雷达布网建设进程的稳步推进, 我国已基本完成了新一代天气雷达的全国布网工作。并实现了全网

全天时的三维体扫业务观测模式^[1]。三维体扫业务观测模式最大限度地发挥了新一代天气雷达对灾害性天气的业务监测能力, 为多种气象业务提供了较详尽的基础数据和多种相关产品。连续的三维体扫业务观测模式在实现了提供大范围监测信息业务功能的同时, 也限制了传统的 RHI 扫描方式的运用。从而导致了连续获取全域三维信息的业务需求与获取精细垂直结构信息的业务需求间的矛盾。

传统的 RHI 扫描方式及产品生成均是在人工干预的情况下得以实现, 其不仅要求人工定位, 而且

* 国家自然科学基金 40975018 资助

2009 年 3 月 2 日收稿; 2009 年 9 月 23 日收修定稿

第一作者: 陈大任, 主要研究方向为探测方法及技术研究. Email: drchen@126.com

费时。在人工影响天气作业中,雷达提供的传统的 RHI 扫描结果,可揭示冰雹云和雷雨云形态结构信息。气象工作者利用这些信息进行降水云的宏观特征分析^[2],雹云识别的技术判据与预警及作业指挥^[3]。利用回波强度剖面可判断雷暴云顶的上冲与崩溃^[4],以及低层弱回波区、有界弱回波区、中高层回波悬垂等特征^[5]。而目前 RHI 扫描结构特征的获取是通过手动选取剖面作业实现该项功能。做垂直剖面产品请求时,必须由预报员选定剖面起始位置,且属于一次性请求产品,不能在多个体扫中连续显示。因此垂直剖面产品更多地用于事后对过程的回放,而难以实时地用于临近预警及人工影响天气作业服务。

针对上述业务需求提出了一个简单易行的业务解决方案,即通过扩展现有的产品生成算法,利用有限仰角层数据,来实现自动形成组合“RHI”产品的功能,为实时业务工作提供较为直观的回波垂直分布信息。

1 原理及算法

1.1 原理

在连续的三维体扫模式下,可以利用有限的仰角层数据,在一定程度上较为高效地实现获取所观测对象的任意两点间垂直剖面上的垂直结构信息^[6],而通过“任意的确定点”与雷达原点的连线即为雷达的径向线,这个“任意的确定点”可以是回波的强中心、台风眼等,因而可更便捷地形成组合“RHI”来实现相关的产品功能。

在体扫模式下,目前采用一定的算法可以得到组合反射率因子产品,该产品是我国现有新一代天气雷达中较为常用的二次产品。组合反射率因子是一种在直角坐标中的投影产品,它显示了每个坐标格点上方对应气柱内任何地方被发现的最大反射率因子(该产品在 CINRAD/SA、SB 系列中称为组合反射率因子;在 CINRAD/CC 的产品中称作最大垂直回波强度)。分辨率根据需求可以有 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$ 和 $4\text{ km}\times 4\text{ km}$ 的选择。在 SA 中显示组合反射率因子时,同时也可以显示一个综合属性表。特征表摘要地给出每个由风暴算法产生的每个被识别的风暴的主要特征,例如最大反射率因子和高度、风暴顶高以及中与中尺度气旋有关联的速度等。在 CINRAD/

CC 中该产品的最新功能不仅提供了最大垂直回波的平面分布,而且还附加提供了垂直气柱在从南至北及从西到东方向上的垂直投影分布(简称“组合反射率因子三视图”——垂直最大“顶俯视”、自西向东最大“左视”、自南向北最大“前视”三者的组合)(图 1 右上部)。这样的产品在 SELEX-Gematronik 公司的产品中被称为 MAX-Maximum Display^[7]。

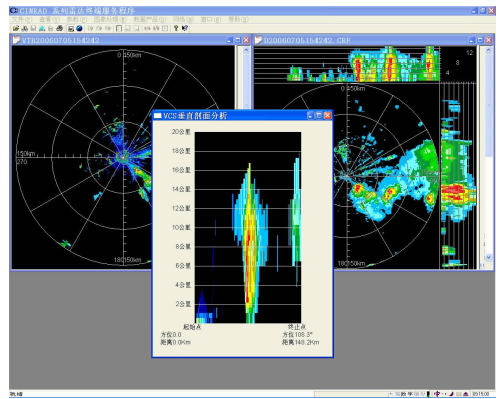


图 1 组合反射率因子三视图(右侧)及自动获取的北京平原地区组合 RHI 剖面图

Fig. 1 CR and CR projection from south and west (right) and RHI auto-implementation over Beijing plain

RHI 扫描的不便之处在于坐标定位的人工干预,因而不易形成产品的自动生成功能。如何实现组合“RHI”的关键问题在于自动获得定位坐标数据。我们在计算组合反射率因子类产品时,实际是根据所形成的产品需求,舍弃或保留了最大反射率因子的部分分布信息,在 SA 的算法中舍弃了最大反射率因子沿水平层在垂直方向上的投影分布信息(缺少左视和前视),而在 CC 的产品中则是部分地利用了垂直分布的相关信息。实际上从图 1 所示的三个最大反射率因子投影面中,就可以较直观地获得最大反射率因子的空间分布形态。因为是最大反射率因子的三视投影产品,因此从这个产品数据中,按一定的规则即可获得整个雷达扫描体内最大反射率因子的定位坐标数据,结合已知的雷达站点坐标,即可方便地获得相对于雷达的方位定位信息,利用现有的任意两点的垂直剖面算法,进而可以实现沿径向的组合“RHI”产品功能。

1.2 数据源

如上所述自动组合“RHI”功能实现的方式,是基于体扫数据来实现相应的产品,更进一步地讲是

在形成组合反射率因子——组合反射率因子三视图产品的基础上来实现的,在此不对形成组合反射率因子产品的算法多加赘述,而着重阐述定位信息的获取算法。

首先在形成组合反射率因子产品时,应将其同时投影在如图1(右上部)的三个投影面上,获得“组合反射率因子三视图”。简单的处理方法是在计算获取组合反射率因子产品的“俯视”数据时,利用其高度坐标数据与水平坐标数据分别组合,形成由高度和东西轴向(X 方向)构成的“左视”数据集和由高度和南北轴向(Y 方向)构成的“前视”数据集。一方面增加了回波强度的“三维”分布信息,另一方面也为组合“RHI”产品算法提供了“基数据”——最大反射率因子左视和前视矩阵。

1.3 算法

组合“RHI”产品算法主要实现两个功能:一个是目标点方位的自动定位;一个是给定的方位(已知两点位置)处的组合“RHI”的实现。给定方位的组合“RHI”实现的算法可以利用新一代天气雷达中任意两点间的垂直剖面算法实现。目标点方位自动定位的功能则由给出的雷达体扫空间中最大反射率因子的搜索定位算法实现。该算法是在最大反射率因子水平层析的两个垂直投影面(左、前视)上展开。

搜索算法的基本数据集是左、前视两个二维最大反射率因子数据矩阵。控制参数为最大地物高度和最大反射率因子阈值。最大地物高度阈值的设定可以提供避免地物杂波干扰的简易方法,最大反射率因子阈值的设定可以预定并控制算法的启动机制。最大地物高度和最大反射率因子阈值存储于Geodata文件中。

参数说明:

Az 搜索到的最大反射率因子的方位;

we 东西向;

ns 南北向;

CLH 雷达站周边地物(山脉等遮挡物)的最大高度,即:control level high;

$MaxZ$ 搜索到的最大反射率因子值;

R_{xz} 、 R_{yz} 分别为在前、左视数据矩阵中各位置点的最大反射率因子值;

X_{we} 、 Y_{ns} 搜索到的最大反射率因子值在东西、南北所在位置点的水平面坐标;

X_0 、 Y_0 分别为东西、南北向的起始点;
 X_{max} 、 Y_{max} 分别为东西、南北向的终点;
 Z_k 搜索到的最大反射率因子值所在高度。
数据处理流程和算法见图2。

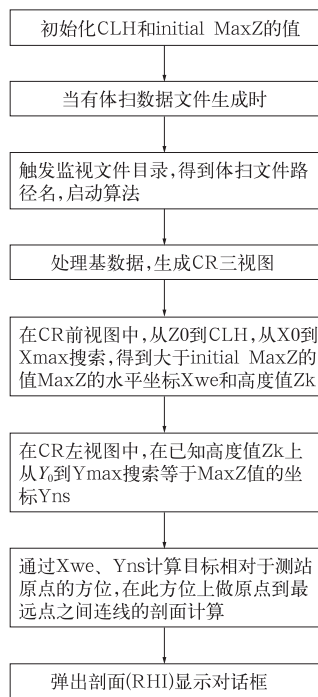


图2 数据处理流程图

Fig.2 Data processing flow chart

2 实例分析

在业务试运行中上述算法获得了较好的应用,在此给出几个实际的个例来分析该算法的业务可用性。

在北京地区西部及北部多为山地,东南方向为平原。从制作剖面来讲,在平原地区不易受地物的影响,而在山地则受地物影响的程度要远大于平原地区。从上述算法设计中,预制了强回波高程的起点门限,以避免由于对地物的滤波或是消除算法的不完整,而可能造成的虚假识别判断。

图1(中部)给出的是在北京平原区域利用算法自动获得的组合RHI产品示意图。从图中可以看到强回波多集中于北京东南部的平原地区,且有两块强回波区,按照算法它将自动地判别获得它们之中的最强的回波位置,并实时地给出该点的垂直剖面图。而图3则给出了位于北京西部山区的一次冰雹过程的组合RHI剖面的示意图,该块雹云回波位于北京西部的门头沟地区,该地区周边多山,其南部就是灵山,

海拔近 2 km。从自动识别算法的计算结果看,已避免了该回波周边的地形影响,而实际提取到了该块强回波最大反射率因子所在位置的坐标信息。

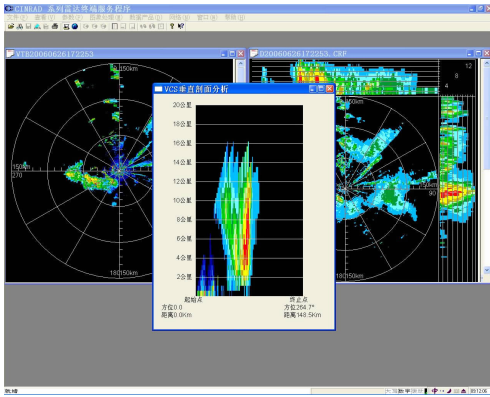


图 3 山区中强回波的自动组合 RHI 图
Fig. 3 RHI auto-implementation
over the mountain region

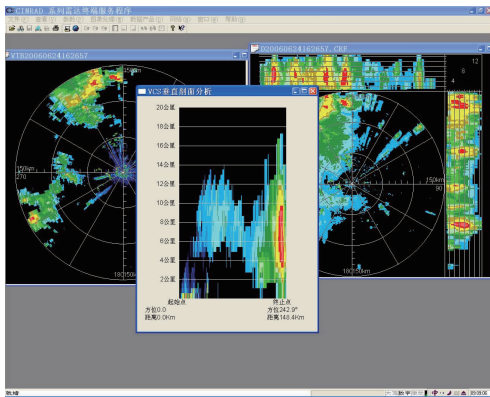


图 4 多强中心回波中最大回波
强度处的自动组合 RHI 图
Fig. 4 RHI auto-implementation from the
maximum of multi strong center echoes

图 4 中给出的是从雷暴团中自动提取最大强回波中心位置后获得的组合 RHI 图。

3 小结

本文介绍的算法实现了自动生成雷达扫描范围内基于最大反射率因子的组合“RHI”产品的业务功能,自动组合“RHI”产品功能的实现,部分地弥补了现有业务扫描模式带给实际业务需求的缺陷,尤其对于人工影响天气作业指挥业务工作带来了一定的便利条件。

目前,该算法还只能提供基于组合反射率因子产品的全部监测范围内最强回波处的单点自动组合“RHI”产品的功能。而这一最强回波的所在位置,可能不一定是业务人员最关心的强反射率因子所在位置。通过对算法的进一步扩展,则不难获得雷达观测视野范围内多点自动组合“RHI”产品功能,从而进一步增强相应的业务能力,更好地发挥新一代天气雷达的技术性能。

致谢:对中国气象科学研究院陈跃、民航北京气象中心甄广炬、四创公司杨磊等先生提供的文献及数据支持在此一并表示衷心的感谢。

参考文献

- [1] 中国气象局. 新一代天气雷达观测规定[G]. 2002.
- [2] 彭亮,姚展予,戴进,等. 河南春季一次云降水过程的宏微观物理特征分析[J]. 气象,2007,33(5):3-17.
- [3] 张晰莹,张礼宝,安英玉,等. 弱冰雹云雷达回波结构特征分析[J]. 气象,2008,34(2):38-42.
- [4] 毕旭,罗慧,刘勇. 陕西中部一次下击暴流的多普勒雷达回波特征[J]. 气象,2007,33(1):70-73.
- [5] 金巍,曲岩,安来友. 超级单体引发的龙卷天气过程分析[J]. 气象,2009,35(3):36-41.
- [6] 高玉春. 任意垂直剖面程序设计及修改. 中尺度气象文集(I)[G]. 北京:气象出版社,1987,6-8.
- [7] SELEX-Gematronik Co. User Manual of Gematronik Weather Radar Systems, 2005,4-48.