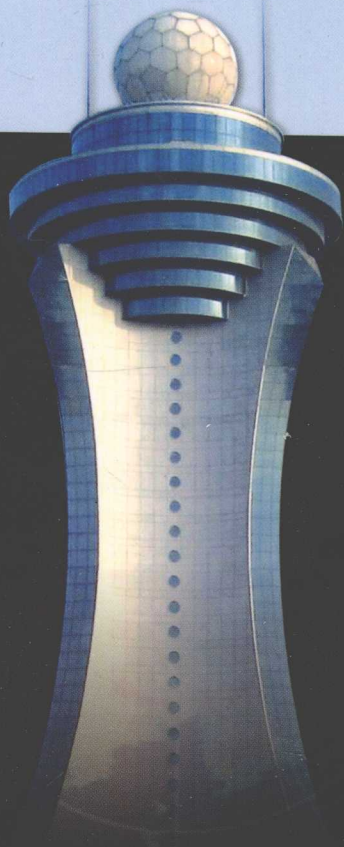


主 编：陈德生

副主编：魏延涛

# 河南省新一代多普勒天气雷达 应用指南



 气象出版社  
China Meteorological Press

# 河南省新一代多普勒天气雷达 应用指南

主 编：陈德生

副主编：魏延涛

### 内容简介

本书深入浅出地论述了新一代多普勒天气雷达(CINRAD SA/SB)的基本原理和系统结构,结合河南省现有六部雷达的运行现状,汇总分析了随机操作和维护维修工作步骤,着重介绍了故障检修方法和安全操作规程,同时对如何发挥雷达效益进行了大量事例论证。

本书将电子工程、大气物理和预报分析三方面内容相结合,可供气象、海洋、水文、电子等业务人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

河南省新一代多普勒天气雷达应用指南/陈德生主编;  
魏延涛副主编. —北京:气象出版社,2009.9

ISBN 978-7-5029-4814-6

I. 河… II. ①陈…②魏… III. 多普勒雷达-气象  
雷达-指南 IV. TN959.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 154603 号

Henansheng Xinyidai Duopule Tianqi Leida Yingyong Zhinan

### 河南省新一代多普勒天气雷达应用指南

主 编:陈德生

副主编:魏延涛

---

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:王萃萃 李太宇

封面设计:王 伟

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:240 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版

定 价:25.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: [qxcbs@263.net](mailto:qxcbs@263.net)

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:8.5

印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

## 编 委 会

顾 问：高玉春 李建国

主 编：陈德生

副 主 编：魏延涛

参编人员：（以姓氏笔画为序）

王全周	邓天宏	冯 丹	古 岭	李 晔
李顺利	李 可	刘 伟	张天华	张永涛
陈 莹	杨 奇	杨 帆	武小明	赵传洪
姚 远	钟天华	郭跃辉	贾 锋	徐远远
崔炳俭	黄跃青	董 博	潘新民	

## 序

河南是我国气象灾害频繁发生的省份之一,每年因气象灾害造成的经济损失约占全省生产总值的3%~5%。尤其是近年来因气候变化等原因,河南省各种灾害性天气频繁出现,具有发生种类多、影响范围广、危害严重的特点,所谓的“风调雨顺”之年很少出现。据统计,全省平均每年由各种气象灾害造成的农作物受灾面积200多万公顷,影响人口近3000万人次,直接经济损失100多亿元。随着经济社会快速发展,因气象灾害造成的损失会越来越严重,各级气象部门在气象灾害防御中担负着越来越重大的责任。

新一代多普勒天气雷达可提高对台风、暴雨、冰雹、雷暴、飏线、中尺度气旋、湍流、龙卷风等灾害性天气的监测、预警,提高预报时效和准确度。目前,河南省已经建成了郑州、南阳、濮阳、商丘、驻马店和三门峡六部新一代多普勒天气雷达,计划未来3年,再新建洛阳、信阳和平顶山三部,到2012年建成覆盖全省的无盲区河南省新一代天气雷达探测网。

做好新一代天气雷达技术保障工作,对于提高灾害性天气的监测预警,减少灾害性天气给人民群众生命财产造成的损失具有十分重要的意义。河南省大气探测技术保障中心作为气象雷达保障的主要责任单位,3年来不断探索,积累经验,汇总了新一代多普勒天气雷达(CINRAD SA/SB)的基本原理、故障处理方法以及测试与检修经验,同时对雷达产品的典型应用实例进行了详细分析,该书对于河南省各级雷达台站和业务管理部门具有很强的指导意义,同时也可作为大气科学领域和相关气象专业学生的参考资料。

我真诚地向广大气象工作者以及相关领域的读者推荐这本书,愿它成为大家的良师益友。同时希望编者再接再厉,能有更多更好的作品问世。

王建国\*

---

\* 王建国,河南省气象局党组书记、局长,高级工程师

# 前 言

为了做好新一代多普勒天气雷达的技术保障工作,河南省大气探测技术保障中心作为气象雷达保障的主要责任单位,3年来积极探索经验,汇总河南省新一代天气雷达运行过程中出现的各种故障与维修记录,最终编成此书。该书是以新一代多普勒天气雷达(CINRAD/SA&SB)为背景,参考了美国 WSR-88D 培训教材。我们注意到,我国正在研制、生产和逐步投入使用的新一代天气雷达有多种型号,相互之间各有差异,这给我们的编写带来了难度。本书的读者对象主要是使用新一代天气雷达的台站机务员和雷达管理人员,也可作为大气探测领域本科生、研究生和相关科研业务人员参考。

本书内容涵盖了我国现有新一代天气雷达中 S 波段的两种型号,汇总、分析了各类故障成因和解决方法,是诸多作者多年工作经验的总结和升华。全书共分七章,第一章,引论,由黄跃青、刘伟、李可、李顺利、古岭、董博编写;第二章,新一代多普勒天气雷达故障整编,由陈德生、李晔、姚远、徐远远编写;第三章,新一代多普勒天气雷达测试与检修,由杨奇、潘新民、贾锋、冯丹编写;第四章,新一代多普勒天气雷达维护,由崔炳俭、钟天华、张杰、张怡、董建设编写;第五章,应用分析,由王全周、郭跃辉、杨帆、张永涛、邓天宏、李飞编写。全书由魏延涛、陈德生进行了通稿和编排。建议读者在进行任何实际操作前,先仔细阅读第四章的内容。

在本书编写过程中,中国气象局气象探测中心、北京敏视达雷达有限公司、南京恩瑞特实业有限公司和郑州市气象局等单位提供了详细的技术资料和指导意见,特致谢意。

由于编者水平有限,错误和不当之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2009年5月8日

# 目 录

序

前言

<b>第一章 引论</b> .....	( 1 )
1.1 概述 .....	( 1 )
1.2 河南省新一代天气雷达现状 .....	( 9 )
1.3 本章小结 .....	( 15 )
<b>第二章 新一代多普勒天气雷达故障整编</b> .....	( 16 )
2.1 发射分系统 .....	( 17 )
2.2 接收分系统 .....	( 27 )
2.3 伺服分系统 .....	( 33 )
2.4 天馈分系统 .....	( 39 )
2.5 信号处理单元 .....	( 43 )
2.6 本章小结 .....	( 47 )
<b>第三章 新一代多普勒天气雷达测试与检修</b> .....	( 48 )
3.1 雷达自测试系统 .....	( 48 )
3.2 雷达系统性能测试 .....	( 49 )
3.3 故障诊断和检修方法 .....	( 63 )
3.4 本章小结 .....	( 72 )
<b>第四章 新一代多普勒天气雷达维护</b> .....	( 73 )
4.1 雷达系统安全操作规程 .....	( 73 )
4.2 雷达发射机维护 .....	( 78 )
4.3 天伺系统维护 .....	( 83 )
4.4 雷达日、周、月、季、年维护 .....	( 91 )
4.5 本章小结 .....	( 98 )
<b>第五章 新一代多普勒天气雷达应用分析</b> .....	( 99 )
5.1 郑州新一代天气雷达气象服务 .....	( 99 )
5.2 三门峡新一代天气雷达气象服务 .....	( 101 )

---

5.3 驻马店新一代天气雷达气象服务 .....	(105)
5.4 南阳市新一代天气雷达气象服务 .....	(105)
5.5 濮阳新一代天气雷达气象服务 .....	(106)
5.6 商丘新一代天气雷达气象服务 .....	(111)
5.7 本章小结 .....	(113)
<b>附件 1: 雷达报警信息中英文对照表 .....</b>	<b>(114)</b>
<b>附件 2: 接收机框图 .....</b>	<b>(120)</b>
<b>附件 3: 新一代多普勒天气雷达系统气象应用产品列表 (CINRAD/SA&amp;SB) .....</b>	<b>(121)</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>(124)</b>



# 第一章 引 论

随着我国社会经济的飞速发展,公共气象服务对经济的作用越来越明显,特别是局地突发性气象灾害造成的损失越来越严重,平均每年有 8~10 个热带风暴(台风)在沿海登陆,动辄造成几十亿甚至上百亿元的经济损失。此外,每年还发生近千次的风雹灾害,严重威胁着人民群众的安危和社会的稳定。对于这种局地突发性气象灾害,新一代天气雷达成为监测、预警最有效的顺风耳、千里眼。近 10 年来,我国天气雷达监测网的建设取得了长足的发展,在灾害性天气监测和预警方面已经发挥了重要作用,取得了明显的社会、经济和生态效益。新一代天气雷达可提高对台风、暴雨、冰雹、雷暴、飏线、中尺度气旋、湍流、龙卷风等灾害性天气的监测和预警,提高天气预报时效,同时通过建立多普勒雷达资料有限区域的多维变分同化系统,可为数值天气预报提供更加有效的初始场,雷达探测提供的实时大气相态数据信息,为开展人工影响天气作业、充分利用和开发空中云水资源,抗旱、防雹和改善生态环境等提供重要的科学决策与依据。

1997 年上海率先引进美国 WSR-88D 型多普勒天气雷达,1999 年中美合资的 WSR-98D (CINRAD/SA)在安徽合肥建成并通过现场验收,新一代多普勒天气雷达在灾害性天气监测、预警方面,发挥着不可替代的作用。目前我国已建成的新一代多普勒天气雷达主要分 S、C 两种波段,S 波段雷达主要分布在沿海地区及主要降雨流域,C 波段雷达主要分布在内陆地区,计划到“十一五”末期,全国将建成 158 部多普勒天气雷达构成的天气雷达网,随着中国气象局新一代天气雷达网建设计划的顺利实施,越来越多的多普勒天气雷达在全国各地建成并投入业务运行,标志着我国气象事业在高科技探测领域已经实现了质的飞跃。

## 1.1 概述

新一代多普勒天气雷达是一个探测、处理、分配并显示产品的独立应用系统。基于瑞利散射原理来获取气象目标物距离、方位和反射率数据,间歇性地向大气中发射脉冲电磁波,以近乎直线的路径和接近光波的速度在大气中传播。在其传播的路径上,若遇到了气象目标物,脉冲电磁波被气象目标物散射,其中后向散射返回雷达的电磁波(称为回波信号),根据雷达方程和气象算法,在用户端显示出气象目标的空间位置、强度等特征。采用多普勒频率技术计算径向速度,多普勒效应是澳大利亚物理学家 Doppler J 1842 年首先从运动着的发声源中发现的现象。多普勒天气雷达的工作原理即以多普勒效应为基础,当降水粒子相对雷达发射波束发生相对运动时,根据回波信号与发射信号的高频频率差异,从而得出所需的信息。采用这种原理,可以测定散射体相对于雷达的径向速度,在一定条件下反演出大气风场、气流垂直速度的分布以及湍流情况等。新一代多普勒天气雷达系统采用软件处理来控制雷达工作特性,以产生最佳雷达探测范围并使反射率回波最佳化,根据应用气象算法对获得的基本天气数据进行分析处理,从而生成并导出天气预报员可视的基本气象产品图。

根据我国气候特点和不同波段雷达在大气中的探测能力,我国新一代天气雷达以 S 波段

和 C 波段天气雷达为主,在因人工影响天气等需求而需要加密的区域可以增加布设 X 波段天气雷达作为补充。根据国际电联和国家无线电管理委员会对天气雷达频率资源的划分,S 波段天气雷达的频率范围在 2700~2900 MHz;C 波段天气雷达的频率范围在 5300~5500 MHz。根据新一代天气雷达最大不模糊距离、速度的范围以及大气衰减和地球曲率影响,雷达站间距以 200 km 左右为宜,以便相互衔接覆盖。西部地区站距可大于 250 km,视经济条件、服务重点地区或经济发达地区应适当加密到 150 km 左右;在年降水量 400 mm 以上地区雷达站间距以 200 km 左右为宜,年降水量达到 800 mm 以上地区可适当加密;年降水量 200~400 mm 地区站距以 250 km 为宜。

新一代天气雷达系统对灾害性天气具有较强的监测和预警能力,对台风、暴雨等大范围降水天气的监测距离不小于 400 km,对雹云、龙卷和气旋等小尺度强天气现象的有效监测和识别距离大于 150 km,新一代天气雷达探测能力明显,在 200 km 处探测到的最小回波强度值不小于 -7 dBz(S 波段)。区别于早期国产雷达的工作特性,新一代天气雷达在获取准确反射率的前提下,具有良好的多普勒测速能力,能获取降水云体中的风场信息,从而得到准确的径向风场分布数据,因此能尽早识别和判断飏线、龙卷、下击暴流等造成风害的灾害性天气,这对研究降水的形成,分析中小尺度天气系统,警戒强对流天气等具有重要意义。

新一代多普勒天气雷达系统由若干个子系统构成,每个分系统都由计算机程序控制,执行既定规则的体扫方式,大大提高了探测数据精度,这与原有天气雷达的设计理念有很大不同。这些子系统包括:雷达数据采集系统(RDA),雷达产品生成系统(RPG)和基本用户终端系统(PUP),如图 1.1 所示。当雷达连续工作时,大量的数据需要迅速地处理,因此要求使用高性能的计算机,通过预制的各种气象算法来处理数据流。图 1.2 描绘了天线扫描方式,(以 VCP21 模式为例)通过这种扫描方式,RDA 得到基本数据信息(Base Data),经过 RPG 中各种气象算法的处理,生成气象和水文产品被最终显示在用户工作窗口上。

### 1.1.1 雷达数据采集子系统(RDA)

RDA(Radar Data Acquisition System)是新一代天气雷达系统的数据采集单元,由四部分构成:天线、发射机、接收机和信号处理器。它的主要功能是产生和发射高频射频脉冲,通过收发开关的通断接收气象目标物对射频脉冲的反射能量,最后信号处理单元生成基本数据(Base Data)。图 1.3 所示为新一代天气雷达系统配置框图。

#### (1) 天线

天线是雷达采集系统中的能量转换部件,它将发射机产生的射频微波信号以波束的形式发射到大气场并接收反射回来的能量。天线仰角的变化范围是  $-1.0^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ,天线仰角的设置取决于天线的扫描方式(Scan Strategy)、体扫模式(Volume Coverage Pattern)和天气模式(Operational Mode 分为晴空和降水两种模式)。雷达开机观测中技术人员不能手动调节天线扫描仰角,天线仰角只能根据上述三种工作方式中预设的程序执行扫描功能。

扫描方式控制雷达在一次体积扫描(volume scan)中使用多少仰角和时间,新一代天气雷达系统设计中固化有三种扫描方式:

扫描方式 #1:5 min\* 完成 14 个不同仰角上的扫描(14/5);

扫描方式 #2:6 min 完成 9 个不同仰角上的扫描(9/6);

\* 1 min=1 分钟

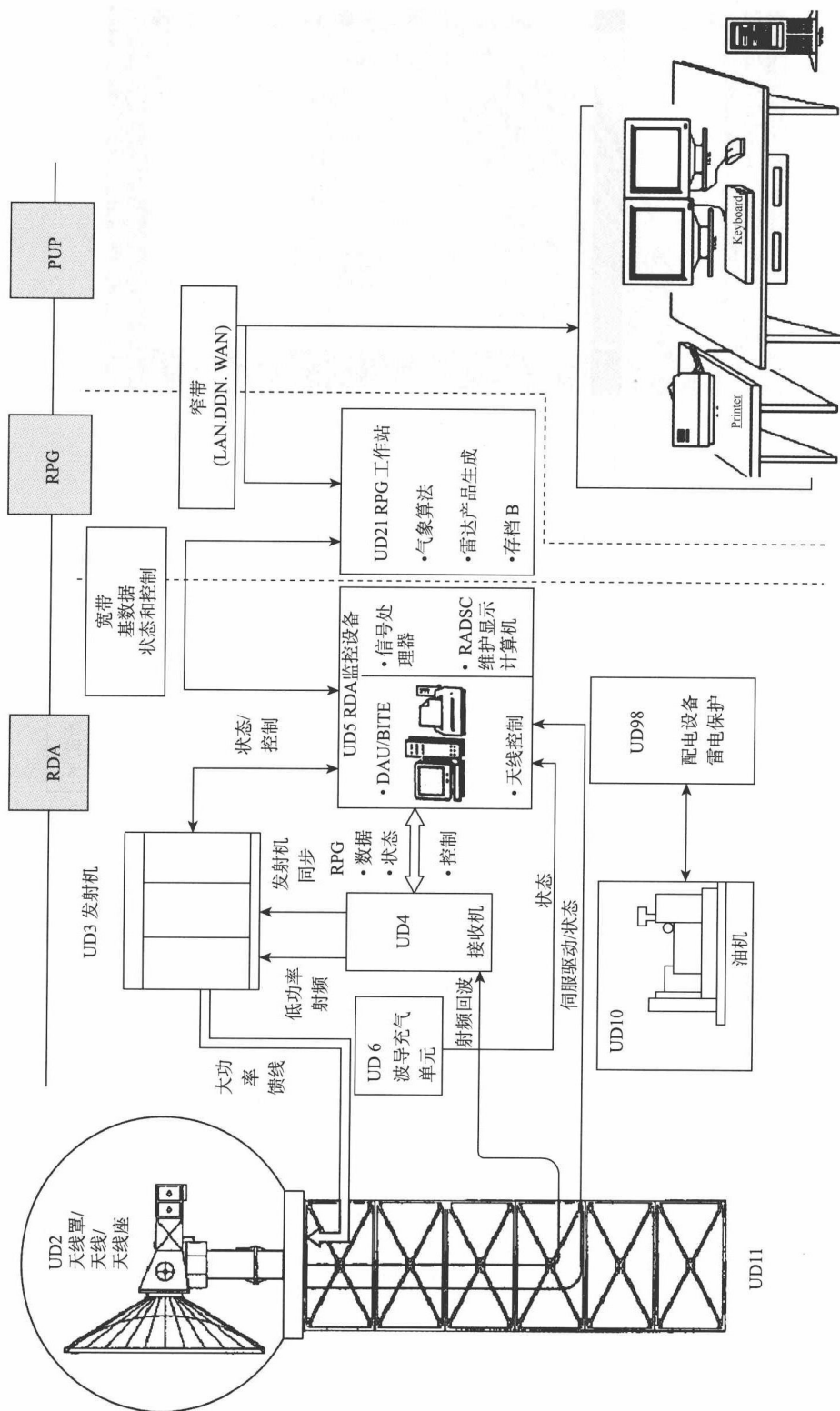


图 1.1 CINRAD/S波雷达系统结构图

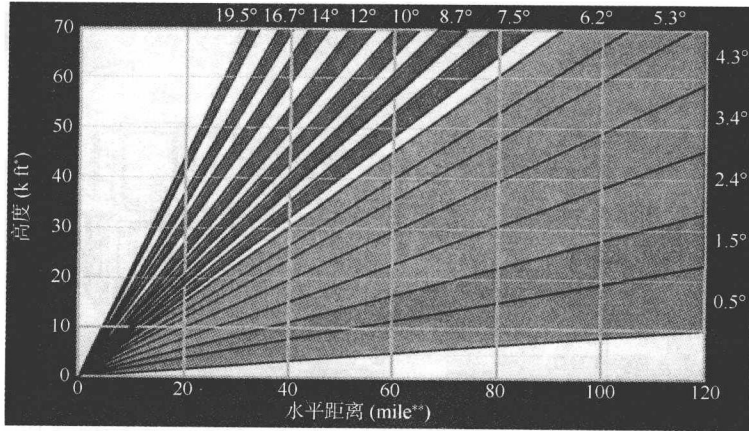


图 1.2 天线扫描方式

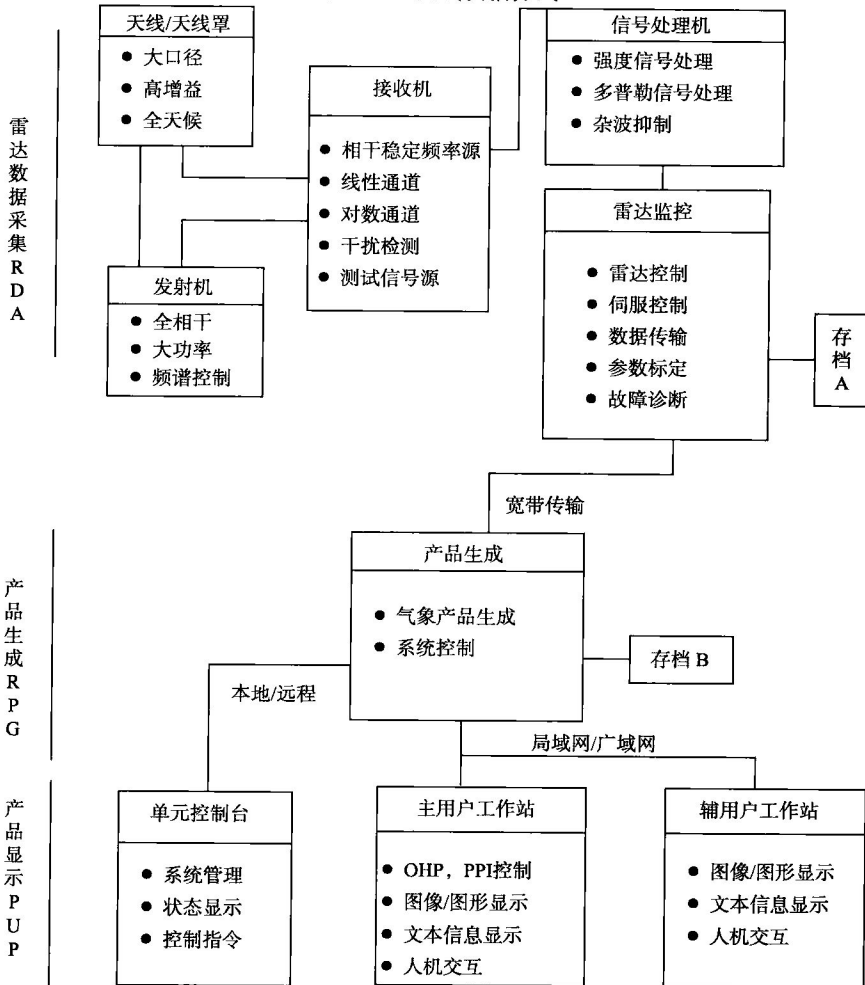


图 1.3 新一代天气雷达系统配置图

\* k ft=1000×30.48 cm; \*\* 1 mile=1.609 km

扫描方式#3:10 min完成5个不同仰角上的扫描(5/10);

扫描方式确定一次体积扫描中使用多少层仰角,而具体是哪些仰角则由体扫模式(VCP: Volume Cover Pattern)来规定。目前在用的新一代多普勒天气雷达常用下面三种体扫方式:

VCP11—VCP11(scan strategy #1,version 1)规定5 min内对14个具体仰角的扫描。

VCP21—VCP21(scan strategy #2,version 1)规定6 min内对9个具体仰角的扫描。

VCP31—VCP31(scan strategy #3,version 1)规定10 min内对5个具体仰角的扫描。

工作模式(Operational Mode):

新一代天气雷达使用两种工作模式,即降水模式和晴空模式。雷达的工作模式决定了使用哪种VCP,而VCP又确定了具体的扫描方式。

工作模式A:降水模式使用VCP11或VCP21,相应的扫描方式分别为14/5和9/6。

工作模式B:晴空模式使用VCP31,使用扫描方式5/10。

## (2)发射机

获取雷达数据的第一步是发射高稳定的射频脉冲信号,由频综经过倍频器、定时器等产生发射系统的射频触发脉冲,经过调制放大链路,主要由速调管放大器(相当于老式雷达中的磁控管)来完成,该放大器产生一个高功率、窄脉冲和初相位稳定的波长为10 cm的射频信号,一旦射频脉冲形成,经由抛物面天线投射到大气中。

## (3)接收机

根据瑞利散射原理,天线接收目标物返射(电磁波后向散射)能量,把微弱信号传送给接收机,经过低噪声放大器后,采用经典超外差接收原理,经混频、对数放大,实现I、Q和LOG信号解调和放大,由于接收到的回波能量很小,所以在以模拟信号的形式传送给信号处理器之前必须由接收机进行放大,进行模拟信号和数字信号转换等,同时为了保证雷达接收性能的高效稳定,干扰检测、系统自测试功能均在接收机内实现。

## (4)信号处理器

当接收机接收到反射回来的模拟信号后,信号处理器完成三个重要的功能:地物杂波消除,模拟信号向数字信号的转换和退多普勒数据的距离折叠等。

地面杂波消除:气象目标回波和地物回波的主要区别是地物目标反射回来的相位不同,信号处理器利用目标物运动与否作为主要判据,根据回波信号的相位是否变化来消除地物杂波。

A/D变换:信号处理器的主要任务之一是将由接收机获取的模拟信号转换成三种数字化的基本数据,它们是基本反射率因子(Base Reflectivity),基本速度(Base Velocity)和基本谱宽(Base Spectrum Width)。

退距离折叠(range unfolding):为了精确测量径向速度,新一代多普勒天气雷达扫描方式采用较高的脉冲重复频率(PRF),其最大探测距离较短。雷达可接收到位于其最大探测距离之外的目标物的较强回波,并将目标物误认为是位于其最大探测距离之内,从而产生距离折叠(Range Folding),信号处理器的一个重要任务是消除距离模糊,这个处理过程称为退距离折叠(Range Unfolding)。

采用PPP脉冲对方法获得多普勒径向速度:多普勒天气雷达利用多普勒效应,通过测量频率漂移来探测目标物的径向速度,对于脉冲式多普勒天气雷达,频率漂移测量是通过相位测量来实现的。平均径向速度定义为:

$$V = \frac{\lambda \bar{\theta}}{4\pi T} \quad (1.1)$$

其中： $\lambda$  为波长， $T$  为脉冲周期， $\bar{\theta}$  为平均相邻两次的相位差（雷达能够识别的或检测出的最大相位差为  $2\pi$ ）。

$$\left(\text{可以理解为：}\frac{d\varphi}{dt} = \frac{\bar{\theta}}{T} = \frac{2\pi \cdot \Delta f}{T}\right)$$

最大多普勒径向速度  $V_{\max}$  与雷达探测最大不模糊距离  $R_{\max}$  的关系：最大不模糊径向速度  $V_{\max}$  与最大探测不模糊距离  $R_{\max}$  成反比关系。为了增大最大不模糊速度，就要减小最大不模糊探测距离。如果要增大可测距离就必然要减小速度的可测范围。为了解决这一矛盾，多普勒天气雷达在硬件上，采用双脉冲重复频率的发射体制，即双 PRF 功能。发射模式预置不同脉冲重复频率交替发射，然后利用它们的相位差和脉冲重复周期差，求算径向速度。它的基本原理如下：

对速度一定的目标物来说，不同的脉冲重复周期测得的相位不同。由(1.1)式可得：

$$\text{当 } T = T_1 \text{ 时, } \bar{\theta}_1 = \frac{4\pi T_1 \bar{V}}{\lambda} \quad (1.2)$$

$$\text{当 } T = T_2 \text{ 时, } \bar{\theta}_2 = \frac{4\pi T_2 \bar{V}}{\lambda} \quad (1.3)$$

由式(1.2)减式(1.3)得：

$$\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2 = \frac{4\pi \bar{V}}{\lambda} (T_1 - T_2) \quad (1.4)$$

$$\text{则：} \quad \bar{V} = \frac{\lambda(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)}{4\pi(T_1 - T_2)} \quad (1.5)$$

当  $(\bar{\theta}_1 - \bar{\theta}_2)$  的相位差达到  $\pm\pi$  时，最大不模糊径向速度  $V_{\max}$  为：

$$V_{\max} = \frac{\lambda}{4(T_1 - T_2)} \quad (1.6)$$

若令： $T_1 > T_2$  为了提高最大不模糊速度，则要求  $T_1 - T_2 < T_2$ ，即  $\frac{T_1}{T_2}$  在 1~2 之间。而最大可测距离则由  $T_2$  决定。

例如：我们要求最大可测不模糊探测距离为 300 km，则要求  $T_2 = 0.002$  s，即脉冲重复频率为 500 周(Hz)。

当  $T_1 = 0.0025$  秒时，即 PRF = 400 周， $\bar{V}_{\max} = 53.50$  m/s；

当  $T_1 = 0.0027$  秒时，即 PRF = 375 周， $\bar{V}_{\max} = 38.21$  m/s；

当  $T_1 = 0.003$  秒时，即 PRF = 333 周， $\bar{V}_{\max} = 26.75$  m/s；

从而到达了速度扩展的目的。

### 1.1.2 雷达产品生成子系统(RPG)

雷达产品生成子系统 RPG(Radar Products Generate)是一个多功能单元，它由宽带通讯线路从 RDA 接收数字化的基本数据(Base Data)，综合多种气象算法和水文算法处理和生成 30 类 70 多种气象产品，经宽带通信网络发送到 PUP 用户，RPG 是控制整个雷达系统的指令中心。

#### (1) 产品生成

根据雷达操作员的输入指令和数据请求，RPG 在体扫的基础上产生需要的产品。

基本产品:根据从 RDA 接收到的数字化基本数据,RPG 可以生成操作员指定仰角上的基本反射率因子、基本径向速度和基本谱宽产品。

产品生成系统根据用户要求生成的基本产品有:基本反射率因子产品 6 种,平均径向速度产品 6 种,速度谱宽产品 3 种,共计 3 类 15 种气象产品,如下表:

表 1.1 基本数据产品

产品	产品号	空间分辨率 (nmile*)	资料等级	最大探测距离 (nmile)	产品范围	
					nmile(半径)	nmile×nmile
基本 反射 率因 子(R)	16	0.54×1	8	124	124	—
	7	1.1×1	8	248	248	—
	18	2.2×1	8	248	248	—
	19	0.54×1	16	124	124	—
	20	1.1×1	16	248	248	—
	21	2.2×1	16	248	248	—
平均 径向 速度 (V)	22	0.13×1	8	32	32	—
	23	0.27×1	8	62	62	—
	24	0.54×1	8	124	124	—
	25	0.13×1	16	32	32	—
	26	0.27×1	16	62	62	—
	27	0.54×1	16	124	124	—
谱宽 (W)	28	0.13×1	8	32	32	—
	29	0.27×1	8	62	62	—
	30	0.54×1	8	124	124	—

导出产品:RPG 也生成导出产品,一个导出产品是由数字化的基本数据经过使用特定的算法而得到的。原则上说,除了上述三个基本产品以外的产品都是导出产品。一个导出产品的例子是组合反射率因子。它使用的算法是在所有仰角上挑选每个体积扫描中每一地点上最大反射率因子,并把它们组合成一个数据产品。其它类型的导出产品包括三种基本数据的垂直截面,垂直累积液态含水量(VIL),龙卷特征(TVS)等共 33 个。

## (2) 产品分发

产品由 RPG 生成后,通过宽带通讯线路传送给各个用户,最多可以带 8 个 PUP 用户。

## (3) 雷达控制台(UCP)

雷达控制台 UCP(Unit Control Position)属于 RPG,它通过与 RPG 的交互,实现对整个雷达系统的远程控制,它具有用户终端和系统控制台的双重功能。应用终端是通过菜单驱动的,用来发布命令和修正参数;系统控制台允许雷达操作员通过与 RPG 系统的操作达到文件维护、数据备份以及软件安装等功能。

UCP 由高性能商用台式机组成,主要是一套运算性能强大的操作软件平台,UCP 的命令是由 RPG 来完成的。UCP 可对 RDA、宽带通信和 RPG 进行直接控制,也可以通过宽带通讯来间接控制用户。

\* 1 nmile=1 海里=1853.2 m

UCP 对 RDA 的控制包括:

改变体扫模式:UCP 执行改变体扫模式的指令,省缺的体扫模式有 3 种:即 VCP11、VCP21 和 VCP31,改变 VCP 的指令可使上述四种模式之一成为 RDA 现行的观测模式,这是改变天线扫描和观测模式的通常方法。这一指令发布后,RDA 将把原有的体扫完成,然后再执行新的工作模式。

重新启动体扫:当这一指令发布后,天线停止转动和发射,回到最低仰角状态,根据最近一次设定的观测模式,体积扫描重新启动,这一指令通常在需要迅速的从 VCP21 转到 VCP11 时或需要立即改变脉冲重复频率时才使用。

RDA 重新启动:这一指令强制 RDA 处于备用(standby)状态,清除内存中 RDA 软件,然后再使系统回到初始运行状态,这一指令在清除软件故障方面很有用。

UCP 对 RPG 的控制包括:

控制通信链路:连接或断开宽带(局域网)通讯线路,在某一用户的线路与 RPG 接通之前,必须由 UCP 对其激活,加入配置文件和命令行,利用 UCP 将某一通讯线路断开,然后再连接的操作可用来清除通讯障碍(如数据溢出)。

关闭 RPG:这一指令清除内存中的 RPG 软件,在重新启动时执行软件重新载入,这一指令可用来消除软件障碍。

自由文本信息(FTM):用来给 PUP 关联用户传送系统信息,UCP 所在的操作用户可通过这种方式迅速有效的向个别的、几个或所有关联用户传送必要的系统信息。

雷达状态监测:雷达系统生成的状态信息很多,对这些信息必须进行连续的监测以保证用户接收到的产品具有可靠的探测质量。其中用户可接收到的最重要的一种状态信息称为雷达系统状态(Unit Status),虽然基本用户终端的操作员没有对 RPG,宽带通讯和 RDA 的控制权,但这一信息可以提示影响接收性能和产品质量的原因。一旦发现问题,可通知雷达随机机务员进行处理。

### 1.1.3 雷达用户处理子系统(PUP)

用户处理单元(PUP)是收集、处理和存贮从 RPG 获得的气象产品的分系统,包括软件和硬件处理平台,由用户处理器和交互式用户工作站两部分组成。其中交互式用户工作站由高分辨图形监视器、应用终端和彩色打印机组成,是气象预报人员显示和操作新一代天气雷达产品的工作平台。主用户处理器连接一个系统终端,为操作者提供 PUP 软件安装、运行监控等功能。PUP 主要实现以下功能:气象产品的采集,操作员通过在 PUP 上设置常规产品集(RPS)或通过一次性请求从 RPG 上采集气象产品或信息,也可通过设置警报区域和警报阈值自动从 RPG 采集警报配对产品,以及基本反射率因子导出产品的生成、调阅和应用,由基本反射率因子导出的产品包括 19 类 27 种产品,如表 1.2 所示。

这些由基本反射率因子导出的产品是以基本反射率因子为基础,经过严格的水文气象算法生成的,更加丰富、细致、准确地描述了各类强天气的发生、发展、消亡,特别是对风暴结构的分析、了解,如组合反射率因子产品,弱回波区产品。而各种降水产品、冰雹指数产品等也为及时监测和预报强对流天气提供了很好的参考。需要指出的是:这些产品虽然以基本反射率因子数据导出,但需要用户设置一些本地环境参数或阈值,这对产品的生成和应用具有重要的意义。

雷达用户终端平台执行功能菜单来实现气象产品的处理和显示,包括气象产品的显示、放



大、动画、产品叠加、地理信息的叠加以及强天气的自动报警功能等,根据产品代号检索和处理,同时具有雷达远程控制功能。

表 1.2 基本反射率生成的产品清单

产品	产品号	空间分辨率 nmile×nmile	资料等级	最大探测 距离(nmile)	产品大小	
					nmile(半径)	nmile×nmile
组合反射率因子(CR)	35	0.54×0.54	8	124	124	—
	36	2.2×2.2	8	248	248	—
	37	0.54×0.54	16	124	124	—
	38	2.2×2.2	16	248	248	—
组合反射率因子等值线(CRC)	39	0.54×0.54	16	124	124	—
	40	2.2×2.2	16	248	248	—
反射率因子剖面(RCS)	50	0.54×0.27(垂直)	16	124	—	—
分层组合反射率因子平均值(LRA)	63	2.2×2.2	8	124~175	—	248×248
	64	2.2×2.2	8	124~175	—	248×248
	89	2.2×2.2	8	124~175	—	248×248
分层组合反射率因子最大值(LRM)	65	2.2×2.2	8	124~175	—	248×248
	66	2.2×2.2	8	124~175	—	248×248
90	2.2×2.2	8	124~175	—	248×248	
弱回波区(WER)	53	0.54×0.54	8	124	—	27×27
风暴跟踪信息(STI)	58	—	N/A	248	248	—
风暴结构(SS)	62	—	N/A	248	248	—
冰雹指数(HI)	59	—	5	124	124	—
回波顶高(ET)	41	2.2×2.2	16	124	124	—
回波顶高廓线(ETC)	42	2.2×2.2	16	124	124	—
垂直液态水含量(VIL)	57	2.2×2.2	16	124	124	—
强天气概率(SWP)	47	15.4×15.4	N/A	124	124	—
		(nmile <sup>2</sup> )				
一小时降水量(OHP)	78	1.1×1	16	124	124	—
三小时降水量(THP)	79	(nmile <sup>2</sup> )	16	124	124	—
		1.1×1				
风暴总降水量(STP)	80	(nmile <sup>2</sup> )	16	124	124	—
		1.1×1				
用户可选降水量(USP)	31	(nmile <sup>2</sup> )	16	124	124	—
		1.1×1				
数字降水阵列(DPA)	81	APROX 5×5	100	124	—	—
补充降水资料(SPD)	82	N/A	N/A	124	124	—

## 1.2 河南省新一代天气雷达现状

河南省位于中国中东部,黄河中下游,黄淮海平原西南部,处在 102.35°~116.65°E, 31.38°~36.37°N 之间,全省总土地面积 16.7 万 km<sup>2</sup>。河南大部分地处暖温带,南部跨亚热