

0414号台风“云娜”多普勒雷达探测

朱龙彪 郑 铮 何彩芬

(浙江省宁波市气象局,宁波 315012)

摘 要

通过宁波新一代天气雷达对0414号台风“云娜”的多普勒雷达探测资料及其所提供的产品进行个例分析,得出了一些初步的结果:该雷达对“云娜”的中心位置探测与舟山、温州雷达以及中央气象台综合定位基本一致;通过大陈站、石浦站出现的极大风速与温州、宁波两部多普勒雷达测得的最大径向速度比较,发现其独特的径向速度产品能较好地显示台风的极大风速情况;探测到的反射率因子强度与雨强有较好的对应关系,并就此讨论了 $Z-I$ 关系。文章还对总降水量产品和实况雨量进行比较,发现反演值只有实况过程雨量的50%左右。

关键词:台风 中心定位 回波强度 雨强

引 言

宁波新一代天气雷达建成于2003年1月,为S波段10cm多普勒雷达,并在2003年2月投入业务试运行。宁波雷达对于强台风的探测尚属首次,“云娜”台风的强风速和雨强在我国登陆台风中是少见的,因此对多普勒雷达所提供的产品进行个例分析具有一定意义,并通过资料的积累得出一些统计参数,为今后雷达产品在台风的业务应用提供参考。

1 “云娜”台风概况及其环流背景

0414号台风“云娜”,2004年8月12日20:00(北京时,下同)在浙江温岭石塘镇登陆,登陆时中心气压950 hPa,近中心最大风速58.7 m/s(大陈站),宁波石浦气象站也测到41.9 m/s的极大风速。受“云娜”台风影响,浙江省的温州、台州、宁波等地都出现了特大暴雨,最大降水量出现在登陆点附近的乐清市礁头,为917 mm,其次是临海的黄家寮,为656 mm,图1为8月11日20:00~13日20:00“云娜”台风的过程雨量。尽管浙江省已经在“云娜”登陆之前安全转移了41万人口,但是由于该台风风雨极强,造成4.24万间房屋倒塌,加之山洪和泥石流灾害,浙江沿海地区仍有164人不幸遇难,24人失踪,直接经济损失达180多亿元,它是近50年来我国最强的登陆台风之一,也是继5612号、9711号台风之后的又一个严重影响浙江省的强台风。

“云娜”台风移动路径比较规则,形成以后基本是向西北方向移动,但是在登陆时突然

折向西行,正面袭击浙江省中南部地区并造成极大影响。从带状副高的演变来看,8月11日20:00,在“云娜”的北部有一个带状副高,11日20:00~12日08:00,海上副高强大,且呈西北—东南走向,它的西南侧盛行东南风,受其引导,“云娜”朝西北方向移动。12日08:00~20:00,大陆上空副高强度加强并南压,于是在台风的北面形成了一个弧形的东风区,这非常有利于台风的西行(图2)。

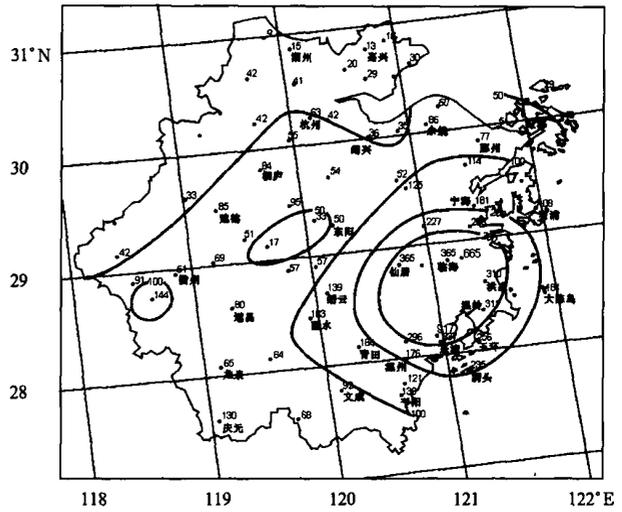


图1 “云娜”台风的过程雨量(单位: mm)
(2004年8月11日20:00~13日20:00)

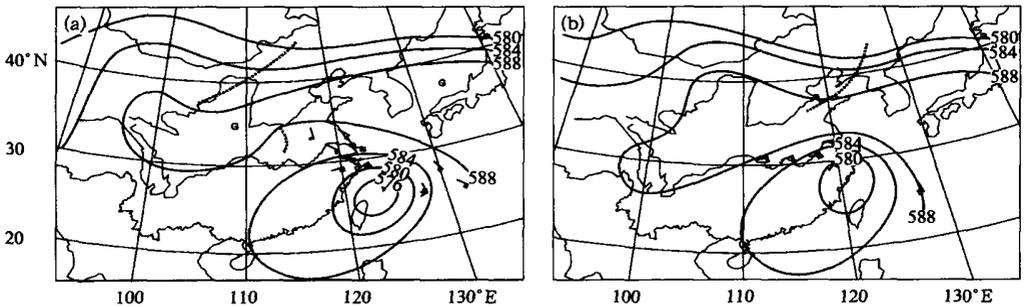


图2 2004年8月12日500 hPa副热带高压带的演变(单位:dagpm)
(a) 08:00,(b) 20:00

2 多普勒雷达产品的应用及其分析

2.1 北眉形回波对路径的预测

彩图3是2004年8月12日23:21的宁波雷达反射率因子图。由图可见,台风回波北侧有一条眉形回波带,这里称它为北眉形回波。从6 min一次的雷达观测资料发现,在“云娜”台风登陆西行期间,即从8月12日20:00~13日01:00这条呈东西向对称的北眉形回波一直存在,并且在台风西行时其形状基本不变。这种北眉形回波是由于台风外围螺旋云带受北侧稳定的东西向副热带高压带阻挡而形成的。由此可以认为,北眉形回波的出现对判断台风未来向西行具有一定的指示意义,这与福建的陈瑞闪总结的用西行类台风北侧螺旋回波带的形状及演变预测台风未来路径的结论是一致的^[1]。

2.2 眼区特征与中心定位

当“云娜”台风移入东海后,宁波新一代天气雷达即对它进行了全程监测,8月12日11:00起雷达观测到了台风眼区。台风眼区是位于云墙曲率中心的无回波区,从不同时段观测到的回波资料看,台风眼区大多呈圆形,只有少数是椭圆形。彩图4是“云娜”台风登陆前宁波新一代天气雷达观测到的 0.5° 仰角上逐时反射率因子图,从回波资料可以看出,“云娜”台风的眼区非常清晰,眼区直径约为45 km,属小眼台风。小眼台风通常与强的风速相联系,因此该台风也可称为小眼强台风。在台风登陆前,宁波市气象台根据雷达反射率因子图对台风中心进行半小时一次定位,并将雷达定位资料向浙江省气象台与沿海的临近台站进行通报,为台风预报提供了重要信息。由于台风眼明显近圆形,因此对台风中心的定位方法采用几何中心定位法,即在台风中心的无回波区画圆或椭圆,将其中心位置定为台风中心。表1是宁波雷达用几何中心定位法测出的台风位置,并与当时舟山、温州雷达站的部分台风定位资料以及中央气象台发布的台风预报位置进行比较,可见各雷达对台风中心的定位比较接近,表明对“云娜”台风采用几何中心定位方法是可行的。

表1 2004年8月12日14号台风“云娜”定位资料

时间	宁波雷达		舟山雷达		温州雷达		中央气象台	
	纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度	纬度	经度
11:00	27.1° N	123.1° E					27.1° N	123.1° E
12:00	27.2° N	122.8° E						
13:00	27.3° N	122.7° E						
14:00	27.4° N	122.4° E	27.5° N	122.5° E			27.2° N	122.6° E
15:00	27.5° N	122.4° E	27.6° N	122.4° E	27.50° N	122.30° E		
16:00	27.8° N	122.2° E	27.7° N	122.2° E				
17:00	27.9° N	122.0° E	27.8° N	122.0° E	27.85° N	121.95° E	27.8° N	122.1° E
18:00	28.0° N	121.8° E	28.0° N	121.8° E	27.94° N	121.85° E		
19:00	28.1° N	121.5° E	28.1° N	121.5° E				
19:24	28.2° N	121.3° E						
19:30			28.2° N	121.3° E				
20:00							28.3° N	121.6° E

2.3 登陆点的时空分析

台风登陆的地点与时间一直是预报人员在台风业务中非常关心的问题,有时利用不同的气象资料来确定台风登陆地点可能会有差别,其中与获得资料的时间不同有很大关系。目前新一代天气雷达每隔6 min进行一次体扫,因此利用雷达资料有时能看清台风登陆的全过程。彩图5是宁波新一代天气雷达观测到的“云娜”台风登陆时的回波资料。由图可见,8月12日18:30“云娜”台风眼壁的无回波区移近石塘镇,表明此时台风眼壁开始向石塘镇靠近,然后台风向偏西方向移动。18:54台风眼壁的无回波区移近玉环的干江镇,19:24台风中心从干江镇登陆,20:00整个台风眼区全部登上陆地。从回波资料分析可以看出,“云娜”台风左眼壁碰到陆地到整个台风眼区登上陆地,前后经历了约90 min。因此从雷达反射率因子资料来看,将“云娜”台风定为8月12日19:24在玉环县干江镇登陆似乎比较合理。

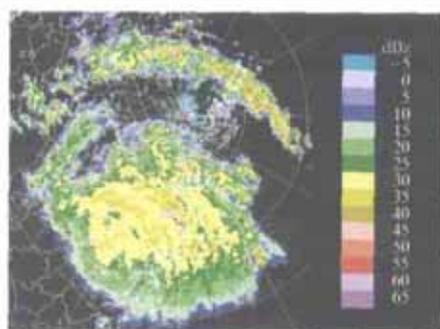


图3 2004年8月12日23:21宁波雷达反射率因子图
(仰角 0.5° ，距离间隔每圈100 km)

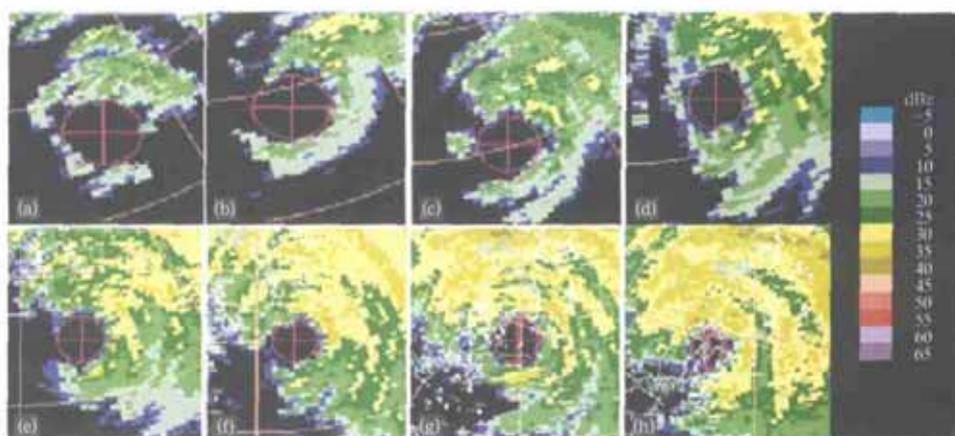


图4 2004年8月12日“云娜”台风登陆前宁波雷达反射率因子演变图
(仰角 0.5° ，距离间隔每圈100 km)

(a) 13:00, (b) 14:00, (c) 15:00, (d) 16:00,
(e) 16:59, (f) 17:59, (g) 18:59, (h) 19:59



图5 2004年8月12日“云娜”台风登陆时宁波雷达反射率因子图
(仰角 0.5° ，距离间隔每圈100 km)
(a) 19:23, (b) 19:59

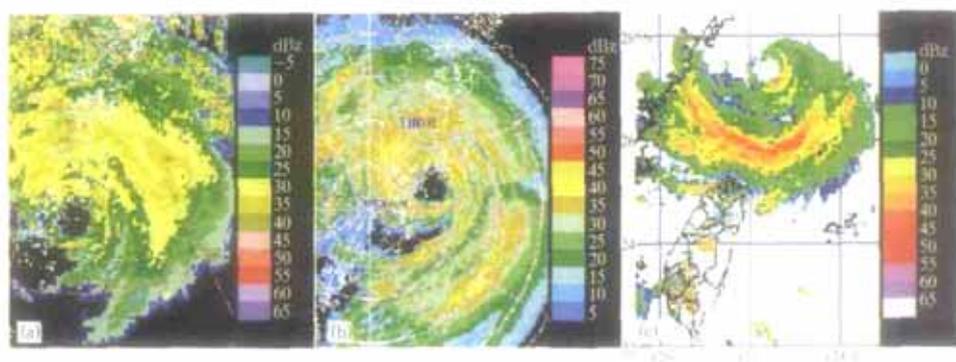


图6 2004年8月12日“云娜”台风雷达反射率因子分布图

(a) 宁波雷达19:00仰角0.5°, 雷达扫描半径100 km;

(b) 温州雷达19:00仰角1.5°, 雷达扫描半径90 km, (c) 宁波温州14:00雷达拼图

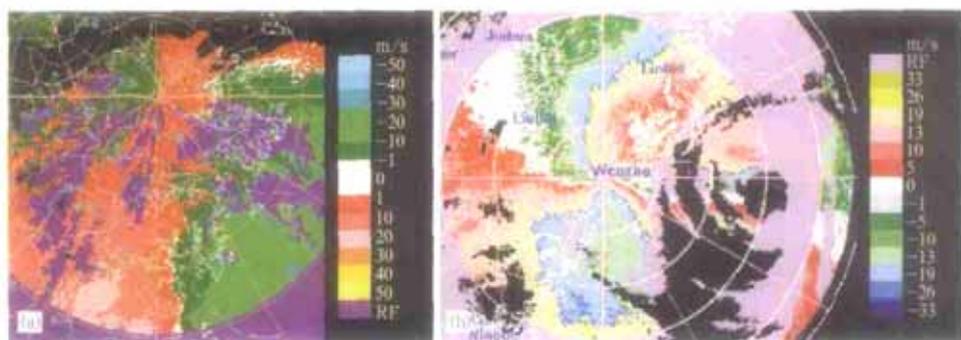


图7 2004年8月12日“云娜”台风雷达径向速度图

(a) 宁波雷达14:54仰角0.5°, 雷达扫描半径100 km, (b) 温州雷达15:56仰角1.5°, 雷达扫描半径90 km

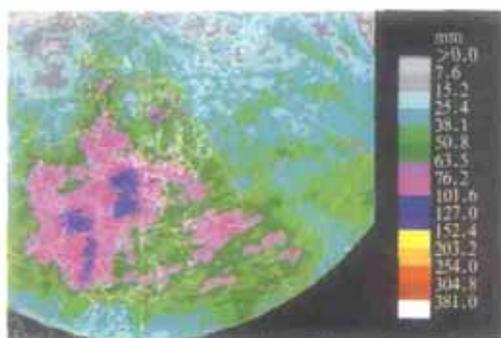


图8 2004年8月13日10:47宁波雷达“云娜”台风总降水率(SRTN)

(仰角0.5°, 雷达扫描半径100 km)

2.4 雷达探测的局限性

“云娜”台风移到东海时,我国东部沿海许多雷达都能观测到它的回波情况,对不同位置雷达观测的回波资料进行比较发现各回波特征有较大的差别,彩图 6 分别是宁波、温州、台湾省雷达从不同位置观测“云娜”台风反射率因子资料。由图可见,处在不同位置的雷达观测到的台风眼区无回波区都非常清晰,但显示的密蔽云区回波有很大不同。宁波雷达观测到的是台风中心北侧的回波,而台湾省雷达拼图显示的是台风中心南侧的回波,温州雷达回波介于两者之间。经比较可以看出,单部雷达探测的台风密蔽云区回波存在局限性,其主要原因是由地球曲率和雷达观测到的回波呈锥面引起的。当宁波雷达用 0.5° 仰角观测 300 km 处的台风密蔽云区回波时,其高度已经处在 8.9 km ,而“云娜”的回波顶高一般在 8 km 左右,因此当时宁波雷达基本探测不到台风南侧的密蔽云区回波,而台湾省雷达拼图资料上也看不到台风中心北侧的密蔽云区回波。这一现象在日常的雷达资料分析中应予以注意,不然可能会引起判断上的失误,将来全国雷达拼图形成后能使雷达回波资料更加完整。

2.5 多普勒雷达径向速度特征

“云娜”台风登陆期间的风力非常强劲,处于登陆点附近建于 20 世纪 70 年代的许多房屋被强风刮倒或揭顶造成人员伤亡,由风灾引起的人员伤亡是近年来我国登陆台风中最为严重的。多普勒雷达具有独特的探测径向速度能力,但目前在使用该产品时尚不清楚雷达探测到的最大径向速度与影响台风的地面最大风速呈何关系。表 2 列出了“云娜”台风登陆期间沿海测站的极大风速与相近时间多普勒雷达在有效测距内探测到的最大径向速度,8 月 12 日 14:56 石浦站出现了 41.9 m/s 极大风速,12 日 14:54 宁波雷达 0.5° 仰角的径向速度图上(彩图 7a),在石浦偏东方向约 45 km 海面上,约 3 km 上空的最大径向

表 2 雷达径向风与实测风对照表

时间	地点	离台风中心距离/ km	测站极大风速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	雷达测得最大径向速度/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$
14:56	石浦	200	41.9	40.0
15:58	大陈	100	58.7	54.0

速度是 40 m/s ,与石浦站的实测风速非常接近,但这两个不同的观测记录的地点与高度是不同的。此时石浦站与台风中心的距离约 200 km ,石浦站正好处在台风密蔽云区的边缘位置。8 月 12 日 15:58 大陈站的极大风速达 58.7 m/s ,风向 45° ,在 12 日 15:56 的温州雷达 1.5° 仰角的径向速度图上(彩图 7b),在温州雷达站东北方向 $50\sim 100\text{ km}$ 处出现一片速度模糊区,这是雷达测到的最大径向速度,大陈站也在该区域中,大陈站实测风向为 45° ,与温州雷达的径向基本保持一致,根据速度退模糊公式: $V = V \pm 2nV_{\max}$ 可计算出最大径向速度是 54 m/s ,从该雷达 1.5° 仰角观测可知雷达测到的最大径向速度出现在 2 km 上空,虽然地面与雷达获取资料的高度不同,但两种观测结果是比较接近的。根据台风中心位置测算,最大径向速度位于台风中心西北方向约 100 km ,当时“云娜”台风密蔽云区宽度约 200 km ,测站极大风速出现在台风密蔽云区范围之内。从上述记录可以看出,虽然雷达观测到的最大径向速度与气象站观测记录的地点与空间不同,但多普勒雷达观测到的最大径向速度与附近地面测站测到的极大风速非常接近,两者风速仅差

4.7 m/s,即两者风速差距在10%左右,表明多普勒雷达的径向速度资料对台风的大风预报有重要的参考意义。

2.6 降雨回波特征

“云娜”台风强降雨主要是由密蔽云区和螺旋云带产生的,14号台风密蔽云区与螺旋云带的回波顶高大多为8 km,少数达到10 km,回波高度比夏季雷雨回波高度要低。密蔽云区内部有对流单体存在,对流单体强度为40~45 dBz,各单体边缘由35 dBz回波紧密结合而成,而在PPI图上显示密蔽云区呈紧密的内螺旋雨带结构。产生台风强降雨的30 dBz以上的回波高度在6 km以下,回波强度大多是35~40 dBz,个别强中心有50 dBz,表明台风强降雨主要发生在6 km以下区域里。如将35~40 dBz回波强度代表台风登陆期间的强降雨回波,根据浙江省自动雨量站资料统计,处在“云娜”台风登陆点附近的温州乐清站的过程雨量是329.4 mm,降雨时间为8月12日08:00~13日12:00,若将雨强超过10 mm/h作为强降雨,则乐清强降雨时段出现在8月12日15:00~13日05:00的14 h内,累计雨量306.9 mm,平均雨强为23.5 mm/h,其中最大雨强为36.6 mm/h。临海站过程雨量317.6 mm,其中强降雨时段有12 h,即从8月12日14:00~13日02:00,累计雨量231.3 mm,平均雨强17.8 mm/h,其中最大雨强为41 mm/h。位于临海黄家寮的过程雨量为656 mm,乐清礅头的过程雨量达917 mm,12 h雨量达600 mm,平均雨强达50 mm/h,但在雷达回波资料中并没有发现这些区域有更强的回波。据了解,上述两地都位于山区,可能是山脉的阻挡使雷达测不到那里的真实回波,而山区有利的地形对台风雨量有显著的增幅作用。临海的黄家寮地处括苍山,面向东南,与“云娜”的东南气流正好构成迎风坡。而乐清礅头也位于山区,该地在许多次台风中雨量都出奇的大。根据宁波近50年成灾台风的雨量资料统计得出,有83%的山区台风雨量是平原地区的2倍以上,其中20%的山区台风雨量是平原地区的3倍以上。因此可以认为,上述两地的强降雨与山区地形的增幅作用有直接关系,根据“云娜”台风的雨量分布来看,在台风登陆点附近的山区迎风坡雨量是平原地区雨量的2~3倍。

2.7 “云娜”台风回波的Z-I关系分析

根据反射率因子与雨强公式^[2]: $Z = A \cdot I^b$, A, b 为参数。在WSR-98D雷达中,系统初始设定的参数值 A 取300, b 取1.4,适用于一般对流降水,在分析“云娜”台风强降雨时,如仍用此式计算“云娜”台风登陆点附近的雨强,发现计算结果明显偏小。根据“云娜”台风登陆点附近的临海和乐清站逐时雨量资料和对应的回波资料分析,在“云娜”台风登陆期间实际雨强为10~45 mm/h,对应 0.5° 仰角上平均反射率因子为30~40 dBz,与35 dBz以上的反射率因子相对应的实际雨强大都在15 mm/h以上。但把反射率因子35 dBz代入上式,计算得出的雨强仅为5.4 mm/h,远小于实际雨强。因此在计算台风降水时,应对上式雨强公式中的参数 A, b 进行修改。取“云娜”台风登陆点附近临海站12 h的逐时降水资料(该测站位于宁波雷达站偏南方向140 km处),同时用光标读出 0.5° 仰角上对应位置的每6 min一次雷达反射率因子值,由于“云娜”台风登陆期间的暴雨比较均匀,因此可以利用逐时降水资料与6 min一次回波资料计算出 $A=120, b=1.14$,用此式来计算“云娜”台风登陆点附近的雨强更接近于实际雨强(计算结果见表3),但当反射率因子超过40 dBz计算的雨强值将明显偏大,对于受地形作用明显的山区用此公式仍不适

用。由于受台风样本资料的限制,其准确性还有待于在以后的台风个例中作进一步验证。

表 3 Z-I 关系修正前后计算的雨强与实况雨强对比

反射率因子/ dBz	18	23	28	33	34	35	38	41
修正前雨强/(mm·h ⁻¹)	0.328	0.747	1.7	3.87	4.55	5.37	8.8	14.4
修正后雨强/(mm·h ⁻¹)	0.569	1.56	4.3	11.76	14.4	17.6	32.3	59.2
实况雨强/(mm·h ⁻¹)	2	2.5	4.5	14.6	16.8	18	31	41

3 “云娜”台风雨量与雷达产品风暴总降水(STP)对比

对新一代天气雷达反演产品风暴总降水(STP)与“云娜”台风实际雨量进行对比,彩图 8 是 2004 年 8 月 13 日 10:47 的 STP 图,该图基本代表了浙江省沿海的“云娜”台风过程雨量,由图可见,STP 大的雨量区域处在“云娜”台风登陆点附近的台州沿海,该地区 STP 的最大值为 139.7 mm,与此同时,处于平原测站的临海实际雨量是 294 mm,经对比可见,STP 产品反演了该地实际雨量的 48%,而 STP 显示的暴雨范围比实际的暴雨范围要小,且 STP 显示不出山区的大雨量中心。再将 STP 与宁波各测站的雨量进行对比,表 4 分别列出了宁波各站的过程雨量与对应的 STP 值,由表 4 可见,宁波各测站的过程雨量在 50~174 mm,从 STP 反演出的雨量是各测站雨量的 50%左右。经上述对比显示,在雷达有效探测距离内,STP 显示的值约是平原地区雨量的 50%左右。STP 显示不出温州沿海大的雨量中心,主要原因是温州离宁波雷达站的距离较远(约 240 km)。由此看出,STP 产品反演“云娜”雨量的有效距离在 150 km 以内比较合适,而在有效距离外,由于回波失真等原因,STP 产品反演的值已没有实际参考意义。

表 4 雷达 STP 与宁波各测站雨量对比

站号	慈溪	余姚	鄞州	北仑	奉化	象山	宁海	平均
实测雨量/mm	59.6	85.4	77.3	50.0	113.6	82.6	174.0	91.8
STP/mm	31.7	44.4	40.6	38.1	57.1	44.4	88.9	49.3
反演比例/%	53.2	52.0	52.5	76.2	50.3	53.8	51.1	53.7

4 小 结

(1) 北眉形回波通常出现在西行台风中,该回波特征对判断台风未来向西行有一定的指示意义。

(2) “云娜”台风属小眼台风,雷达反射率因子显示台风中心处于眼区的几何中心,用新一代天气雷达对登陆台风进行定位有较大的时间优势。

(3) 独特的径向速度产品能较好地反映台风的极大风速情况,对台风风力预报有重要的参考作用。

(4) 经计算认为“云娜”台风登陆点附近的平原地区 Z-I 关系为 $Z=120 \cdot I^{1.14}$,而山区迎风坡的雨强能达到平原地区的 2~3 倍,但此公式的准确性还有待于以后进一步检验。

(5) 雷达产品 STP 反演“云娜”台风平原地区的雨量是实际雨量的 50 %左右,在应用 STP 产品时应作相应的订正。

上述结论仅是个例分析的结果,其有效性还需在今后应用验证和发展。

参 考 文 献

- 1 陈瑞闪.台风.福建:科学技术出版社,2001.209~210;278.
- 2 张培昌,杜秉玉,戴铁丕.雷达气象学.北京:气象出版社,2000.177~182.

ANALYSIS OF DOPPLER RADAR PRODUCTS ABOUT TYPHOON RANANIM

Zhu Longbiao Zheng Zheng He Caifen
(*Ningbo Meteorological Bureau, Ningbo 315012*)

Abstract

Detect products of Ningbo Doppler radar during the period of typhoon Rananim are analysed. Results show that Rananim's center located by Ningbo radar coincides with the guidance from NMC, reports from Zhoushang and Wenzhou Doppler radar. Velocity products of the Doppler radar can describe the maximum velocity pattern of typhoon Rananim well when comparing the maximum radius velocities of Dopple radars in Ningbo and Wenzhou with the extreme wind speeds occurring at Dachen and Shipu weather stations. Precipitation intensity is in good relationship with products of the echo, their relationship is further discussed, STP is about 50 % of the observation.

Key words: Typhoon Locating the center Intensity of echo Rainfall intensity