

使用单部雷达探测资料进行 甚短期降水预报

冯志娴

(安徽省气象台)

提 要

在统计分析合肥地区降水和强降水回波特征的基础上,提出并讨论了使用单部雷达探测资料进行测站降水甚短期预报的方法和能力。初步结果表明,该方法有一定的预报准确率,若综合考虑天气形势和卫星等其它探测资料,预报准确率会进一步提高。

为了开展合肥地区的甚短期降水预报服务,我们试验了一个方案,其要点是在对天气形势有所了解的基础上,以雷达回波分析为主要手段,根据历史上合肥降水回波的演变规律,结合当时的观测资料进行甚短期降水预报。为此我们对1975年以来造成合肥降水的雷达回波进行了统计,并讨论了用单部雷达进行测站单点降水预报的能力。

一、合肥回波的统计分析

我们对1975—1987年4—9月份合肥地面观测报表中天气现象栏内记有阵雨符号(1980年以后记有阵雨及一般雨符号)且有回波资料者进行了统计,依据造成合肥降水的回波系统及整体移向分为四类进行统计。

(1)来自西北方的系统(包括来自西方及北方的系统)回波整体向东南方移动;(2)来自西南方的系统(包括来自南方的)回波整体向东北方移动;(3)来自东半部的回波系统,整体向西或西北移动;(4)在合肥附近生成的回波单体,整体位置少动或生命史较短而观测不到明显的移动。统计结果如表1所示。由统计结果可见,合肥降水大多数是由西风带系统回波的移入而造成的,由台风造成的降水不多,只占5%,局地产生的回波而造成降水的也不多,占8%。在西风带回波系统中虽然回波的整体移向不同,但回波单体基本都是向东或东偏北方移动

的。下面分别说明各回波系统的特征。

表 1

回 波 来 向	样 本 数	频 率
西 北 方	124	49%
西 南 方	96	38%
东 半 部	12	5%
局 地 性	20	8%

1. 来自西北方的回波

这种回波是引起合肥降水的主要回波类型,约占49%,其天气系统大多数为低槽冷锋或静止锋上有气旋发展。由于锋面的位置及强弱的不同,在回波的表现上也有所不同,在回波形态上主要有三种类型。

(1) 200—300km长的NE—SW向或近于N—S向的雷阵雨回波带,它的移速较快一般可达50—60km/时,影响时多伴有大风及短时的强雷雨,雨量一般可达10—20mm(但有时由于回波主体未经测站使测站雨量较小),雷雨过后可见回波带移到测站东或东南方。下面给出一个这种类型的回波实例,一次急行冷锋造成测站雷雨大风的回波演变情况。1980年5月14日上午4时38分一条长约400km,宽30—40km,由雷雨回波单体组成的NE—SW向的回波带已位于测站西北方100km附近,回波带以每小时约60km的速度向东南方移动,回波高度为

, 8—12km, 6时12分回波带前沿已到测站, 测站 5⁵³—9⁵⁸ 有降雨, 6—9时每小时的降水量分别为 7.6, 5.2 和 2.5mm。在测站降水期间探测回波范围只有 50km 左右, 从图1中 6⁵⁶, 7¹⁸ 及 8⁰⁰ 的几张 PPI 上可见, 6时56分回波正经过测站, 探测范围尚不足 50km, 7时18分测站已处于强降水的后缘, 8时06

分雷雨回波带已移过测站, 测站为其后部的层状云所控制, 10时38分回波带已移到测站东南方 50—100km, 尔后继续东南移。这次回波带移速快、单体排列紧密、宽度窄、带来的天气激烈, 有超过 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风, 由于移速快过程降水量并不很大。

(2) 在回波距测站尚有百余公里时看

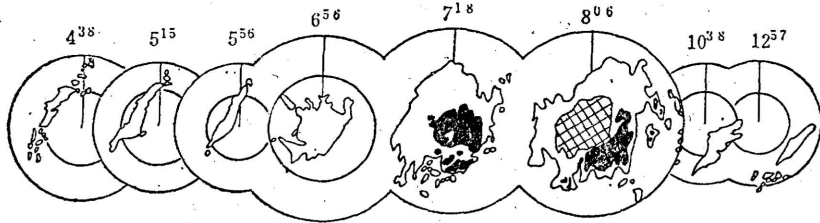


图1 1980年5月14日回波演变

6⁵⁶, 7²⁸, 8⁰⁰ 每圈 50km, 其它时次每圈 100km, 阴影区为衰减 10dB 的回波, 网线区为絮状回波

来为移速较慢的混合型絮状回波带, 当它移经测站时由于 3cm 雷达的衰减较甚, 带的两端经常探测不到, 从而成为测站附近的一团回波, 又由于自西北方移来的这种回波带往往只是降水云系的前缘, 所以测站附近的一团回波可持续几个小时。由此种回波造成的降水强度不等, 有时也能造成每小时 5—10mm 的降水。当带状结构再次在测站东南方显现时意味着测站降水的结束。

有时在这种回波带的前方或南端可见有些小的絮状回波或对流单体生成, 或自西南方大别山东北角向测站移来 (向 NE 或 ENE 方向移动), 而造成回波带整体尚未到达测站降水已开始。如 1982 年 5 月 12 日 10 时在测站西部 100—150km 处有一条近于 NE—SW 向的絮状回波带较规律地东移, 其演变如图 2a 所示, 由图可见 13 时西部的回波带距测站还有 40km, 但 13³⁰—14⁰⁰ 测站已有降水, 由图 2b 13 时 55 分的回波分布可见, 此时主回波带仍位于测站西部, 但其前缘的小单体已自西南方北上影响测站, 而造成此次降水, 回波带主体 15 时才到达测站, 使测站有连续性小雨。

(3) 自西部不断有雷雨回波或絮状回波团东移, 回波的分布往往是无规则的, 但有时也可成小的带状, 这种类型的回波多出现在梅雨季节。这类回波移经测站时所造成的降水情况决定于回波的分布、强弱及性质。较强的层状云回波团经过测站时也可造成每小时 5—10mm 的降水 (图略)。

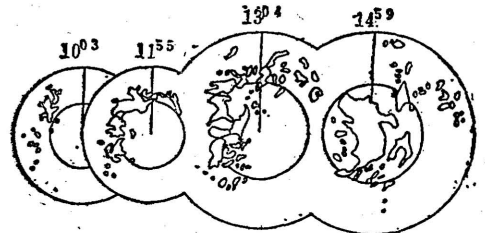


图 2a 1982 年 5 月 12 日回波演变

(每圈 100km)



图 2b 1982 年 5 月 12 日 13 时 55 分回波图

(每圈 50km)

2. 来自西南方的回波

有 38% 的合肥降水是由南及西南方的回波北上所造成的。在天气系统和回波形态上大致可分为两种类型。

(1) 高空有西南涡或暖切变, 地面有北抬的静止锋或气旋东移时, 其回波有时为 NW—SE 向的回波带, 有时为絮状回波团自测站西南方向东北方向移动, 初始回波的出现地点可有很大不同, 有时在 3、4 小时前在大别山的西南坡在雷达视野的边缘就观测到有 NW—SE 向的回波带规律地向 NE 方

向移动,有时这些回波是在大别山的东部发展加强的或形成带状的。形成地点的不同与天气系统的强弱,影响系统形成的条件及大别山的复杂地形有关。强对流回波带移经测站时可有雷雨大风及强降水出现,混合型的絮状回波带移经测站时往往可在测站持续数小时。

有时在这种NW—SE向的回波带移过之后,西北方又有与冷锋相配合的回波系统移入,如图3所示,1987年4月20日6时20

分在测站西南方150km附近有一条NW—SE向的混合型回波带,它以30km/小时的速度向东北方移动,8时22分测站开始降水,降水持续了两个半小时,总降水量6.2mm。10时23分在测站西北方200—250km处有絮状回波出现,13时05分该回波约向东南移了100km并略成带状分布,14时15分回波带整体继续东移,15时20分回波带已影响测站,18时10分回波带已移到测站东部100km附近。

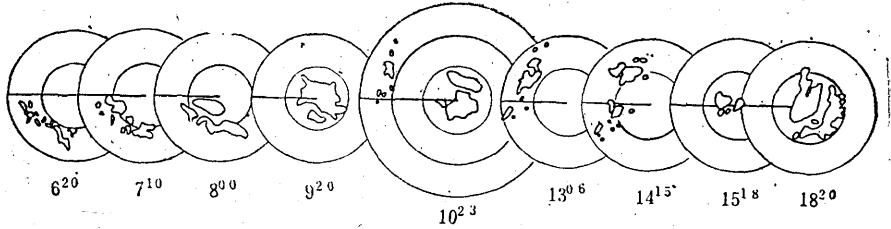


图3 1987年4月20日回波演变图
(每圈100km)

(2) 盛夏当本区处于副高边缘,且地面有锋面活动时,在大别山附近或其东北坡常有雷阵雨回波生成并较规律地向东北方向移动,造成合肥的雷阵雨天气。1978年7月15日下午的一场雷雨就是由在大别山附近生成的一雷阵雨回波团较有规律地向东北方移动而造成的。由图4可见12时06分回波已在大别山主峰附近生成,此回波以约30km/时的速度向东北方向移动,15时10分测站雷雨开始并伴有大风,过程降水量37.5mm,17时35分回波团已移到测站东北方。

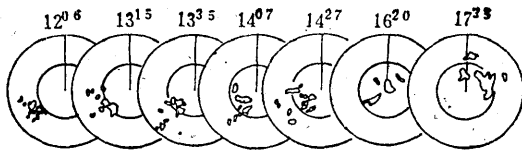


图4 1978年7月15日回波演变图
(每圈100km)

3. 来自东半部的回波

当本区受台风外围或东风波影响时,造成合肥降水的回波则来自东或东南方。回波多为近于N—S向以阵雨为主的回波带,向西移动,当台风低压深入内陆变为低气压时多为絮状回波团,自东南向西北移动。如1978年7月24日当台风低压深入本省时我

们还观测到涡旋状的絮状回波团(图略)。

4. 局地对流回波

盛夏,在副高边缘控制时易有局地雷阵雨回波产生,这类回波生命史短,生消变化快,移动不甚明显,在分布上也常是随机的。但有时当江淮之间有辐合线或锋面活动时,由于地形影响往往是在测站西南的大别山区及东北的皖东丘陵先有对流云发展,其后才在合肥附近的平原地区发展,所以在回波的演变上表现为午后在大别山区和皖东丘陵先有对流回波出现,其后这两个回波群都进一步发展并呈现有向测站靠拢的趋势,从而造成合肥地区的雷雨。由图5所示的1978年8月9日的一次降水过程就属于此种情况,13时54分观测发现大别山区及皖东丘陵都有对流回波出现,其后这两个回波团都在发展,大别山区附近的回波团向东北方向扩展,皖东丘陵的回波团向西南方扩展,由16时48分的回波分布可见,东部有一回波单体已临

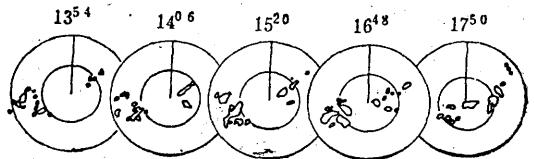


图5 1978年8月9日回波演变图
(每圈100km)

近测站, 17时08分、17时55分测站出现雷雨并伴有大风, 过程降水量7.6mm, 18时以后回波减弱趋于消失。

二、合肥强降水的回波特征

我们把每小时降水量在10mm以上的降水定义为强降水。强降水时段的回波特征可分为两大类, 一类是对流回波, 一类是絮状回波。由对流回波造成的强降水其回波形态大致可分为三种, 一是对流单体, 其水平尺度一般在20km以上, 高度在10km以上; 二是移动较有规律的雷雨回波带, 带宽10—30km不等, 有时由于降水的衰减回波带宽不及10km, 但其降水量却相当大, 可达40mm/小时; 三是尺度在50—100km的近于E—W向的回波短带, 由于其带的走向与单体移动方向大致相同, 因而使测站可持续处于雷雨回波控制之下, 造成较大的降水。由于对流回波的局地性强、生命史短, 加之样本数量较少, 我们觉得降水量的大小虽与回波高度、强度有关, 但当回波达到一定高度和强度后, 决定单点降水量多少的往往主要是回波主体是否通过测站, 此外回波通过测站时单体处于其生命史中的哪一阶段对测站降水量大小也相当重要。例如1986年7月31日(图6a)16时15分在测站西南方15km有块高

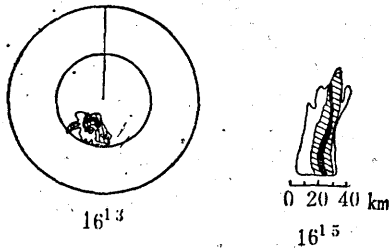


图6a 1987年7月31日16时13分PPI(每圈50km)和16时15分RHI(方位220°, 高度17.3km)

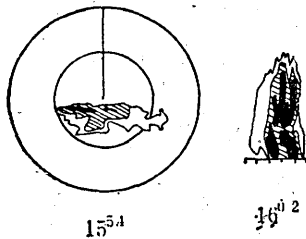


图6b 1986年7月22日15时54分PPI(每圈50km)和16时02分RHI(方位261°, 高度16.7km)

17.3km衰减40dB后仍可看到的雷雨回波, 15分钟后高度达17.7km, 回波向东北方向移动, 测站17—18时降水量36mm。同月22日(图6b)16时在测站南部10km有一条E—W向的雷雨回波短带, 西部回波高度16.7km, 衰减40dB也仍可看到回波, 回波带向东北偏东方向移动, 而过程降水量只有3.5mm。这两天的回波高度、强度大致相同, 但降水量却相差悬殊, 仔细分析可能是由于31日回波正处于发展阶段, 且回波主体通过测站。而22日回波移到测站时已处于强降水的后期; 另外, 该日的回波短带是由几个单体组成的, 测站正处于两回波的接合处, 因而使得22日的降水量较小。

由絮状回波造成的强降水多出现在梅雨季节, 其回波形态多为测站附近50km内的一团絮状回波, 由于强降水的衰减使探测范围大大缩小, 探测结果严重失真。有时可观测到有浓密的团块自西部东移而造成测站的强降水。

三、单部雷达作测站降水预报的能力

以上的分析都是根据可判断出演变过程的那些造成合肥降水的回波资料进行的, 有时由于开机时间及取样技巧的限制, 有些降水未能事先判断出来, 因此提出了单部雷达作测站降水预报的能力到底如何的问题。为此, 我们从以下两方面进行探讨。

1. 根据降水实况分析回波资料, 看是否能根据回波资料提前做出降水预报

我们把1982年的降水和回波资料按其是否易于预报, 分下面三类进行统计

(1) 回波区(带)较规律地向某一方向移动, 根据其移动规律及分布趋势能较好地做出测站降水开始(或加强)的预报, 在统计的70余个样本中有42%属此种情况, 其中降水量大于1mm的占24%。

(2) 清晨(05时)开机测站已有降水, 且从回波分布上可判断降水仍将持续, 所以不存在预报降水开始的问题。这类样本约占23%。

(3) 局地性的雷阵雨回波及弱的零散的层状云回波由于其分布零散、生消变化快, 在现有的观测时次(白天平均2小时观测一次)及取样技术上不易做出较确切的降水预报。有34%的样本属于此类。但其中绝大部分为降水量小于1mm的层状云降水, 只有

8%有较大的降水。

由以上统计可见,有半数以上的降水能根据回波的演变规律较准确地作出短时降水预报。若考虑到降水预报的实用价值把那些小于1mm的降水不予考虑,则可预报率可高达75%。

2.根据一天5次定时开机的回波资料,判断未来3小时内是否有降水产生,统计其准确性

我们以1987年的资料进行了这方面的检验,根据每天05、08、10、15及20时的回波资料进行判断,其结果如表2。可见用雷达作未来3小时降水预报准确率为73%,若对降水量为0.0的降水不算漏报,则预报准确率可达84%。

1987年4—8月业务预报1—6小时内的降水,共预报94次,其中漏报1次,空报5

表2

时 间	05	08	10	15	20	合计	百分比
准确次数	29	34	27	34	23	147	73%
空报次数	9	7	5	4	3	28	14%
漏报次数	7	4	6	5	4	26	13%
漏报RR=0.0次数	6	3	6	3	3		

次,准确率为93.6%,将雨量分为小、中、大、暴雨四个等级,则降水量预报的准确率为83%。(此预报方法除依据雷达回波外还综合考虑了天气图及卫星云图资料)。

四、几点看法

1.系统性降水回波一般随系统移动,单体移向受中层风影响,因此大多数回波有一定的移向,当测站在西风带影响下,降水回波来自测站西面,当测站处于东风带系统影响下(台风低压、东风波扰动等),降水回波来自东面,对合肥来说此类回波较少,一般发生在8月份。大多数降水的雷达回波有一定移动规律,据以上雷达预报能力统计表明单

站雷达探测资料对于短时降水预报是很重要的。

2.规律移动的回波带的降水一般较容易预报,但预报时要注意带的特征,如单体排列的紧密情况、带的宽窄、移速的大小等等,一般说来单体排列愈紧密宽度愈窄移速愈快带来的天气愈激烈。另外,在回波带的前部有时易有单体新生而造成回波带整体尚未到达测站时测站已开始了降水,即降水开始的时间比按移动规律外推的要提前。

3.单站降水强度主要取决于:(1)回波性质、强度、持续时间;(2)回波强中心是否正好通过测站;(3)通过测站时回波处于什么发展阶段,一个同等强度的对流单体处于发展阶段和减弱阶段其天气表现差异很大。

4.预报回波带所造成的降水的持续时间不能只根据回波带的宽度来估计,因为3cm雷达的降水衰减较甚,回波带后部大范围的降水区由于衰减作用看不到了,所以当回波带移经测站后回波可在测站持续数小时,有时甚至可观测到有多条回波带相继通过测站,因而测站降水的持续时间往往比由回波带的宽度所估算的降水持续时间长。一般说来移速快的对流回波带移过后降水持续的时间短,移速慢的混合型回波带移过后降水持续的时间长。如果地面有倒槽东伸且低层为暖切变,此时如大别山附近有回波出现,此回波一般会向东偏北方向移动而造成测站的降水,当测站已有降水如大别山附近不再有回波出现,且大别山区地物清晰,则往往预示着测站降水即将结束。

5.回波发展演变受天气系统支配,为了进一步提高短时降水预报准确率,必须重视天气系统的演变对雷达回波演变的影响的研究,并在使用雷达资料进行预报时加以考虑。注意每小时一张的卫星云图同雷达回波的关系,它将对降水短时预报有重要作用

Very short-range precipitation forecasting using single radar echo data

Feng Zhixian

(Meteorological observatory, Anhui Province)

Abstract

In this paper the echo characteristics of rain and heavy rain in Hefei area are analysed. The method, using single radar echo data to produce very short-range precipitation forecasting, and its skill are presented and discussed. The preliminary results show the method has somewhat skill and can be improved if other data would be incorporated.