

夏季雷暴云雷达回波特征分析

李玉林

杨梅 李玉芳

(江西省人工影响天气办公室,南昌 330046)

(江西省气象台)

提 要

根据南昌 713 雷达 2000 年 6~7 月获取的雷暴云回波资料,结合雷电灾害实况,对夏季雷暴云回波特征、天气形势及大气稳定度进行初步分析。结果表明,强雷暴云回波特征为:最大顶高达 17~18km,最大强度达 55dBz;大多数强雷暴云回波的强度为 40~45dBz,主要产生在水平尺度大于 30km 的雷暴团和雷暴短带上。强雷电与强降水、雷雨大风、冰雹等强对流天气一样,与地形有关,而且均来自强烈发展的雷暴。

关键词: 夏季雷暴 云回波 分析

引 言

雷电,尤其是云-地闪电,是对国民经济有重大影响的灾害天气现象。本文根据 2000 年 6~7 月南昌 713 雷达(经过严格距离订正)获取的雷暴(电)和强降水个例回波资料(直接从雷达观测中获取)以及对应地面实况,与对产生雷暴天气灾害起重大作用的天气形势、大气稳定度等进行分析,得出雷暴云回波的有关特征。

1 产生雷暴的天气形势特征

分别对 6 月 1 日、6 月 30 日、7 月 1 日天气形势分析中可看出(表 1),雷暴的产生与高温高湿不稳定层结及有利的天气系统紧密相联,主要特征有:

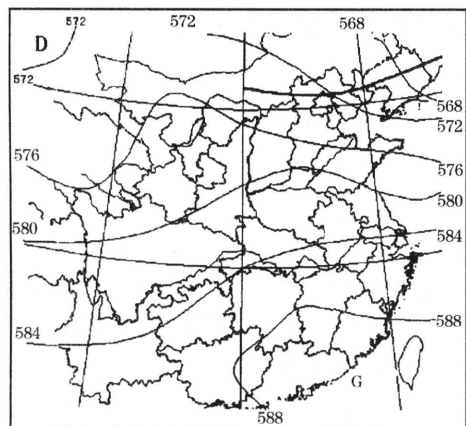
(1)三日雷暴天气均处副高边缘强盛西南气流中,500hPa 有小槽东移,中低层有明显的冷、暖切变,地面有静止锋,强雷暴处于副高边缘、切变线或低槽的前部(图 1)。

(2)中低层温度高、湿度大。如 850hPa,南昌温度 $\geq 21^{\circ}\text{C}$, $(t - t_d) \leq 3$,KI 值大,沙氏指数小。

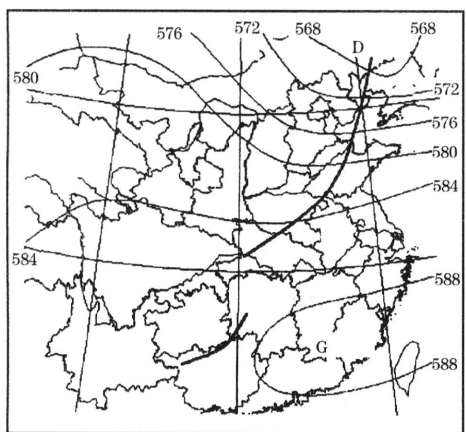
(3)锋区不太明显,强度也不太强,但有明显的热力作用。除在物理量上表现出有强位势不稳定和对流性不稳定外,卫星云图云系表现出明显的日变化。12:00 之前上游有系统性云系,江南为少云区和晴空区;13:00 到傍晚,在晴空区有对流强烈发展。

表 1 天气形势和大气稳定度特征

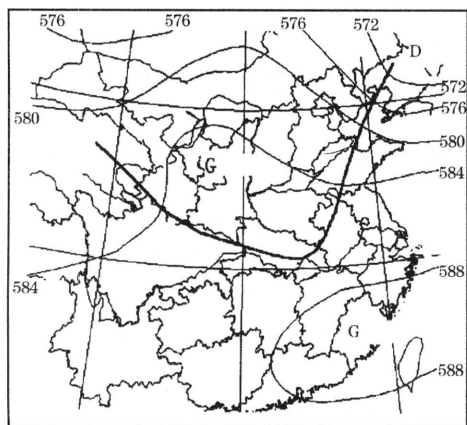
时间	强对流发生站数 (站次)	850hPa	地面	08:00SW 气流强度 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	850hPa $T - T_d$ ($^{\circ}\text{C}$)	KI、S 值 ($^{\circ}\text{C}$)	08:00 500hPa 降温趋势	不稳定能 量厚度 (km)
6 月 1 日	7(雷雨大风为主)	暖式切变 (30°N)	静止锋	≥ 18	3	36、-1.9	降温	>12
6 月 30 日	10(雷雨大风为主)	冷式切变 (29°N)	静止锋	≥ 10	3	40、-6.1	降温	>12
7 月 1 日	11(雷雨大风为主)	暖式切变 (29°N)	静止锋	≥ 10	4	31、-4.5	降温	>12
6 月 22 日	9(强降水)	冷式切变 (31°N)	静止锋	≥ 18	0.8	35、-1.6	增温	9.9



a 2000年6月1日 08⁰⁰500hPa



b 2000年6月30日 08⁰⁰500hPa



c 2000年7月1日 08⁰⁰500hPa

图1 产生雷暴灾害性天气的500hPa高空形势变化
(4)作为强雷暴对比日的2000年6月22日,地面和850hPa形势与雷暴日类似,但

500hPa没有副高配合,不稳定能量面积远小于前三日的面积,不稳定能量区维持时间也远小于强雷暴;并且850hPa($T - T_d$) = 0.8,也表明低层水汽含量十分充沛。

(5)500hPa强雷暴从01:00开始逐时呈现降温状态,而强降水则呈现增温状态。

2 雷暴的雷达回波分析

雷电与冰雹、强降水等强对流天气一样,均出自强烈发展的雷暴云中。不少研究者发现,高降水效率是雷暴云中闪电活动的一个必不可少的条件。闪电集中区域常常与强降水区相吻合。雷达观测也发现,每一次闪电过程的出现,都会伴随着降水强度的陡增。同时,当回波顶增高或雷达反射率增大时,闪电频数也趋于增大^[1]。

2.1 强雷暴云回波参数特征

2.1.1 强雷暴云的回波顶高

从对上述三日雷暴过程跟踪观测来看(表2),其共同特征是:回波顶高度高、强度高、强度梯度大、强回波顶高也高。三日中最大的回波顶高均达17~18km,最大云回波顶高处的温度达-70℃以下。三日中各个时次的平均最大顶高达14.5km;衰减25dBz、30dBz、35dBz、40dBz、45dBz、50dBz、55dBz后平均顶高分别为:14.5、12.4、10.9、9.2、7.8、6.7、5.7km,级间衰减分别为1.64、1.68、1.67km/5dBz。当时回波强度梯度很大,衰减45dBz后平均回波顶高(厚度)达7.8km,其顶部温度在-13℃~-15℃。这表明,三日均属强烈发展的雷暴云,云内上升气流强且含水量高,云内冰、水混合区厚,十分有利于强雷电的产生。

2.1.2 强雷暴云的回波强度

回波强度是雷暴云的主要参数指标,三日中雷暴有的强度高达55dBz,而且雷暴云厚度也很厚,衰减45dBz后达8~9km以上。观测实况表明,强回波厚度越厚,产生强雷暴可能性越大。但实况也表明,造成地面雷电

灾害的雷暴云回波强度大多数为 40~45dBz。如 6 月 1 日的雷暴云,就是由几个强度为 40~45dBz 的雷暴云单体合并形成的;当时这块云体北抬后与北部宜丰境内的另一块雷暴单体合并,形成了中心强度为 50~55dBz 的雷暴团,但此时当地并没有出现雷电灾害,而只是出现了 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的雷雨大风。另外,6 月 1 日雷电造成南昌市区东郊以及 6 月 30 日上午造成修水县漫江乡两地人员伤亡的雷暴云的回波强度,均在 40~45dBz;其它一些目测范围内的看到的强雷暴灾害,也是如此。由此可见,产生地面强雷暴的云体与回波强度并不是一一对应的关系,而是在强度超过了 55dBz 之后的云回波,则更容易产生冰雹或强大风天气。

2.1.3 强雷暴与冰雹云、强降水的不同点

表 2 给出强雷暴、强降水及冰雹云雷达回波参数。从表 2 看到,6 月 22 日的强降

水,要比雷暴日的最大回波顶高和一般顶高都要低 4~5km。强回波厚度也比强雷暴薄。冰雹云最大的回波强度和强度梯度也都远大于一般的雷暴和强降水。如 1999 年 5 月 10 日的冰雹天气过程,最大强度达 60dBz,每隔 5dBz 的逐级强度衰减顶高仅相差 0.74km,远比雷暴小。统计表明,冰雹云的回波强度大多在 55dBz 以上,且该强度的厚度也多在 5km 以上;虽然强雷电也可以达到该强度,但其厚度一般较薄。雷暴日 55dBz 厚度仅有 1~2km。冰雹云的强中心位置大多数出现在云体中部,离地有 3~4km。

2.1.4 强雷暴云回波的外形特征

强雷暴大多数发生在由单体雷暴云集合的雷暴团或雷暴带中。这种雷暴云团(带)的水平尺度多在 30~40km 以上。这是强降水、冰雹的共同之处。因为云体越大,表明云含水量多、能量集中,电场强度也就比较大。

表 2 强雷暴、强降水、冰雹云雷达回波参数特征

时间	天气现象	回波顶高(km)					强度(dBz)			单体最大水平尺度 km^2	回波性质	回波形状	处于影响系统部位	其它
		最大顶高	一般回波顶高	强回波顶高	强回波厚度	强回波离地高度	最大强度	一般强度	强度梯度 ($\text{km}/5\text{dBz}$)					
2000年6月1日	强雷暴	17	13.1	6.3	6.3	及地	55	45	1.64	>30	雷雨大风	块、带状	暖区	伴有强降水、大风
6月30日	强雷暴	17	15.0	8.2	8.2	及地	55	45	1.68	>30	雷雨大风	块、带状	暖区	伴有强降水、大风
7月1日	强雷暴	18	15.3	9.0	9.0	及地	55	45	1.67	>30	雷雨大风	块、带状	暖区	伴有强降水、大风
6月22日	强降水	14	10.0	5.0	5.0	及地	45	40	缺资料	<30	混合	絮状	暖区	有时伴有雷电、大风
1999年5月10日	冰雹	12	9.0	7.1	5.0	2	60	45	0.74	>30	飊线大风	带状	暖区	有时伴有飊线

2.2 强雷暴与地形的关系

雷暴的发生、发展,除了与有利天气系统、热力条件等有关外,还与地形关系密切。从 6 月 1 日、6 月 30 日、7 月 1 日雷达回波上

可以看出,雷暴的发源地均位于赣东南的军峰山、出云峰前和赣西南的武功山及赣西、西北的九岭山前以及赣东的怀玉山前,在山坡的迎风面,雷暴强度和顶高都明显加强。

由图2看出,6月1日14:41初始雷暴出现在三处:一是在武功山附近;二是在抚州南部的诸山峰前;三是在赣东北的黄山山脉前。当雷暴云单体随着西南气流,自南向北移动到达怀玉山前时,由原来的雷暴云单体变为100多公里的雷暴云带,其外形与山脉走向一致。15:06在上高南侧和西南侧有10公里大小的雷暴单体若干,各单体强度在40dBz。16:26已合并成一个水平尺度为30×40km²的雷暴团,其内可见4个强中心,顶高15km。16:48另一单体又合并到雷暴云团之中,形成一个更大的(30×50km²)雷暴云团。受它的影响,上高县境内出现了雷电伤人灾害性事故。从地形上看,上高北部有SW-NE走向的九岭山,县城东南30km处有海拔1000m的白云峰,这样无论是北面还是南面有回波移入,都会受到山脉抬升作用使其加强。1999年5月10日17:00多伴随冷锋飚线出现的雷暴云单体就是在这里合并并加强的,当地下了冰雹。

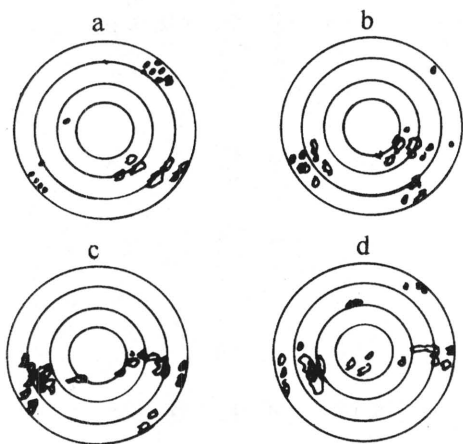


图2 2000年6月1日雷暴过程回波演变示意
a.14:41 b.15:48 c.16:48 d.17:36
仰角1°距离圈:50km 强度40~45dBz

6月30日(图3)受低槽东移影响,10:38沿五梅山从修水-萍乡形成一条南北向的不连续雷暴带,全长120km,宽15km;受其中的短带影响,位于五梅山前的修水县漫江乡一

老农被雷电击中身亡;12:00以后,随着低槽东移和冷空气扩散,在怀玉山前和东南部的武夷山前以及赣西北的九岭山和南昌西山之间爆发出大范围的雷暴云单体,其中以赣西北为最强;13:54南昌市区及沿赣江一线形成了密集的雷暴云带,地面是雷电交加。在冷锋雷暴云带南移过程中,沿途地面出现了雷雨大风灾害。

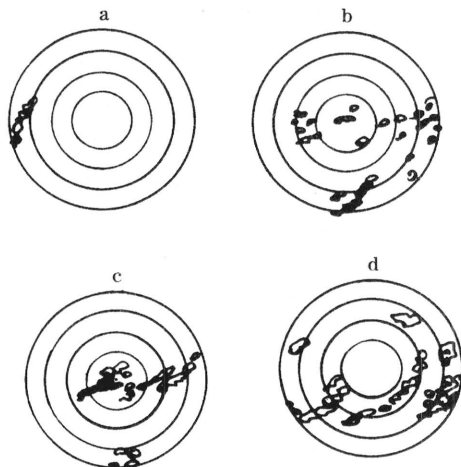


图3 2000年6月30日雷暴过程回波演变示意
a.10:36 b.12:44 c.13:54 d.16:34
仰角1°距离圈:50km 强度40~45dBz

7月1日(图4)14:00以前,雷暴主要在武功山一带发展最为旺盛,并顺副高边缘的偏南风不断北上。14:30以后,武夷山沿线的雷暴云,也明显加强并朝西北向移动,与九岭山前的雷暴遥相呼应。17:00后,回波移向由北转为东南。这表明,此时有弱冷空气扩散南下,各地雷暴达到一天之中的最强;强风和雷暴则主要是出现在19:00以后,其中上饶地区横峰县在19:34~20:30连续出现了30m·s⁻¹的雷雨大风和少有的强雷暴,还伴随有冰雹。从地形上看,横峰县处于怀玉山和武夷山之间。除了山脉对强雷暴的产生有推波助澜的作用外,强雷暴还经常在江边或湖边出现。如6月1日和6月30日雷暴天气过程,就出现在赣江边上,使得南昌市区

多次出现强雷暴伤人事故。

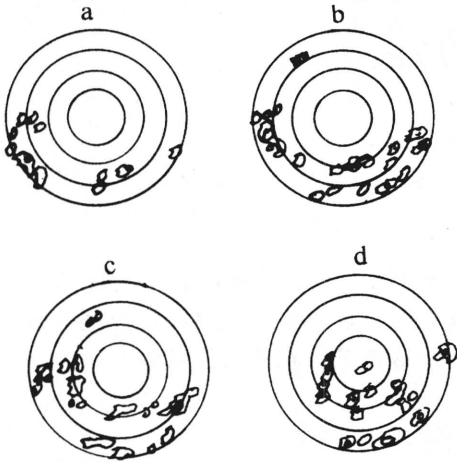


图4 2000年7月1日雷暴过程回波演变示意
a.13:39 b.15:06 c.16:26 d.17:49
仰角1°距离圈:50km 强度40~45dBz

3 小结

通过对2000年6~7月三次强雷暴(6月1日、6月30日、7月1日)与强降水(6月22日)及冰雹(1999年5月10日)的回波对比分析表明,强雷暴的产生与高温高湿的不稳定大气环境密切相关,其回波顶高达18km、强度达55dBz;但真正造成地面强雷暴

的云回波强度却不是最强的,其强度一般为40~45dBz。这表明,强雷暴与回波强度并不是一一对应的关系。产生强雷暴的云体水平尺度在30km²以上,尺度越大、厚度越厚,产生地面强雷暴的可能越大;强雷暴的形成、发展与地形、地物关系密切,山脉的迎风面有助于雷暴的合并和加强。

强雷暴、冰雹、强降水同出自对流云中,但它们各自所需的大气条件是不一样的。表现在雷达回波参数上也有明显区别。强雷暴不但顶高可到达17km以上,而且强回波(45dBz)顶高可达10km以上,强回波区越厚,地面雷暴越强;冰雹云的特点是强度大多数在55dBz以上,强中心的厚度大多在5km以上,有的可达到10km以上,强中心位于云体中部并离地有3~4km,并且强雷暴的强中心位于云底;正因为如此,冰雹云闪电一般在云内发生,为“横闪”,而云-地闪电则为“竖闪”。单纯的强降水一般顶高和强度都低于前者,也没有雷电相伴,但低层水汽含量十分丰富。

参考文献

1 陈良栋. 天气雷达资料的分析与应用. 北京:气象出版社,1991.

Analysis of Thunderstorm Cloud Echo in Summer

Li Yulin Yang Mei Li Yufang

(Weather Modification Office of Jiangxi Province, Nanchang 330046)

Abstract

Based on the data of thunderstorm cloud echo obtained by 713 radar from June to July, 2000, the characteristic of thunderstorm, weather situation and the atmospheric stability are analysed. Results show that the echo top reaches 17—18km, the maximum reflectivity is 55dBz and the maximum reflectivity for most of the thunderstorm is 40—45dBz, which mainly form on the thunderstorm cloud cluster-thunderstorm short zone of level scale >30km. Like the severe weather such as heavy precipitation, the strong wind with thunder rain and hail, the strong thunderstorm is related on the topography and from the inside of strongly developed thunderstorm.

Key Words: thunderstorm cloud echo topography