

一次有利于人工增雨作业的锋面降水过程分析

陈进强 张纪淮

李一平 单久涛 薄玉华

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

(内蒙古气象科学研究所)

提 要

使用常规天气资料、卫星云图和雷达回波资料分析 1999 年 6 月 13~14 日内蒙古一次锋面降水天气过程的天气条件、卫星云图和雷达回波的特征, 对锋面降水云系的分布进行讨论, 为人工增雨飞行播撒作业提供科学依据。

关键词: 人工增雨 锋面降水系统 飞行播撒作业

引 言

内蒙古地区, 降水量少, 气候干燥, 其中西部地区年平均降水量只有 100~300mm 左右, 主要集中在 6~8 月间。为了弥补降水量的不足, 每年 4 月中旬到 8 月上旬实施人工增雨飞行播撒作业。人工增雨飞行播撒作业受到很多条件的限制, 特别是天气条件限制。为此, 对一些降水过程的天气条件、卫星云图和雷达回波特征进行分析研究, 为改进和提高人工增雨飞行播撒作业的效果是很

有意义的。1999 年 6 月 13 日 08 时~14 日 08 时(北京时, 下同), 来自我国东部高压脊西侧的偏南暖湿空气和来自新疆西部的西亚低槽后部的偏北冷空气在内蒙古上空交汇, 内蒙古全区出现一次锋面降水天气过程, 内蒙古大部分地区的雨量为小到中雨, 其中, 伊盟东部、乌盟及锡盟大部为中~大雨, 呼和浩特市区和锡盟的乌旗雨量分别为 32 和 33mm。这个锋面降水系统 13 日 08 时在蒙古人民共和国的东南地区生成, 锋面呈东北一

西南走向,横过内蒙古全区,以后由西北向东南缓慢地移动。20时以前,锋面产生的降水主要以阵性降水为主,而20时以后,转为层状云的稳定性降水。降水的时间长、范围大,这种锋面降水天气条件十分有利于人工增雨飞行播撒作业。

1 天气形势

影响这次降水天气过程的主要天气系统是位于我国东部的高压脊和位于新疆西部的西亚低槽,以及位于内蒙古的低压锋面降水系统。

在6月13日08时500hPa图上,从我国东部一直到俄罗斯的远东地区,有一暖性高压脊(图略)。这个高压脊比较深厚,向上到200hPa,向下一直伸展到地面。高压脊的西侧存在一支 $12\sim 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南气流。08时200hPa,在四川省和西藏分别有一个闭合的南亚高压中心,从高压中心向东北伸延的与500hPa相对应的高压脊也十分明显。850~700hPa,与500hPa相对应的高压脊的西侧,从广西和云南向北经贵州、四川、宁夏和甘肃然后进入内蒙古的西部,一直到内蒙古的东北地区有较强的偏南气流,其中,700hPa有 $8\sim 14\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南气流。

在500hPa图上新疆的北部有一低槽,在其相应的位置上有一个冷的温度槽配合。从低槽的后部不断有偏北冷空气南下经新疆北部进入蒙古人民共和国的上空。200hPa的低槽发展强大,而850~700hPa的低槽处在新疆的北部,强度较弱(图略)。

13日08时,地面图上,在蒙古人民共和国的南部和内蒙古中部边界附近有一闭合低压中心,一条呈东北-西南走向的冷锋系统已经生成,这条冷锋从蒙古人民共和国的东部通过低压中心向西南延伸到青海省的北部(图略)。这时,除了锋面西南段有小部分地区出现对流云和小雨,在锋西端的青海和锋面西南段后部的甘肃已有大片降水出现外,其它地区均无降水。11~17时,位于甘肃和青海的高压不断发展加强,锋面低压也有些

加深,但锋面系统的位置几乎没有变化。20时以后,位于甘肃和青海的闭合高压与北部的高压打通后,冷锋系统才以 $20\sim 25\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的速度由西北向东南移动,它横过内蒙古全区,给内蒙古带来一次降水过程,14日08时以后,锋面移出内蒙古,10时以后,锋面降水基本结束。

2 卫星云图和雷达回波特征

13日08时卫星红外云图,在地面冷锋西南段后部的青海、甘肃和内蒙古的西部上空已有一个云团。以后,这个云团沿着500hPa的西南气流,由西南向东北方向移动。当这个云团进入蒙古人民共和国南部的低压中心时,得到加强和发展,云团的前部和低压中心附近的云系结构比较密集,灰白色调比较清晰,表明这些云系主要是雨层云或层云,同时还包含有一些对流云系,低压东部和后部主要是层云和密卷云。20时以后,云团和低压在向东北方向移动过程中逐步发展成为东北-西南走向的锋面云带,与地面的锋面位置相对应,长度几千km,宽度200至400km,这条锋面云带造成了内蒙古这次降水过程。

在锋面云带系统向东南移动过程中,位于呼和浩特市东部白塔机场附近的711数字化雷达,对这次降水过程进行了观测,观测结果表明:13日20时以前,测站周围120km范围内有分散零碎的不规则的降水回波,其中,测站的西半部(即由西南-西-西北)主要是对流性降水回波,降水回波强度大部分在20~30dBz之间,最大降水回波强度(局部地区)40dBz,降水回波顶高8km,降水回波由西南向东北方向移动,测站东半部的降水回波主要是稳定性的层状云降水。测站西半部距离地面低压中心较近,地面辐合较强,主要是对流性降水,测站东半部距离低压中心较远,辐合较弱,主要是层状云降水。20时以后,随着地面低压中心向东北方向移动,以及锋面云带系统的形成,雷达观测到东北-西南走向的锋面降水回波带。

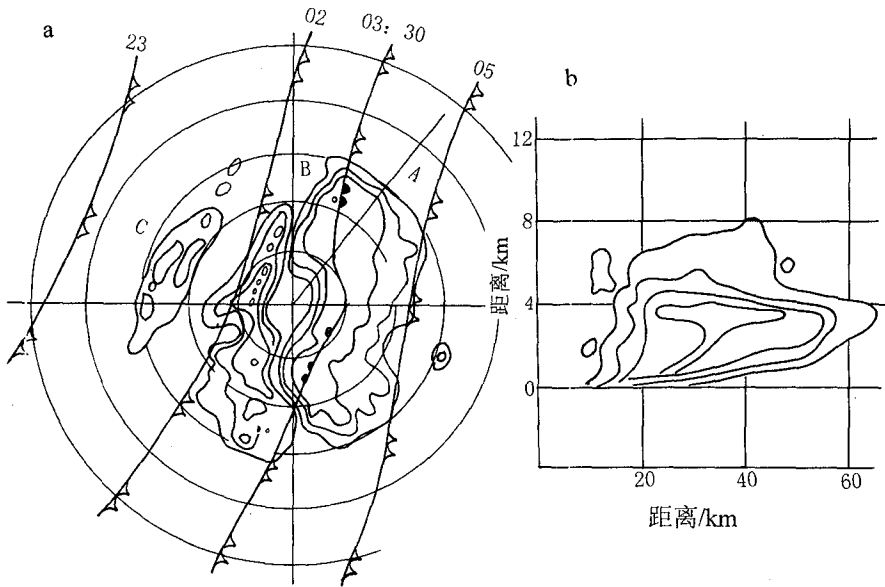


图1 1999年6月14日03时30分白塔机场711雷达的PPI (a)和RHI (b)分布
 (a) 仰角4.0°, 距离每圈20km, (b) 方位38°, 回波等值线自外到内分别是10、20、30和40dBz

图1是14日03时30分711数字化雷达观测到的PPI (a)和RHI (b)降水回波图。从PPI (a)可以看出,锋面云系由三条降水回波带组成,如图中A、B和C所示。降水回波带与卫星红外云图的锋面云带以及地面锋线的走向一致,呈东北-西南走向。图中23、02和05时的锋线位置是根据地面天气图冷锋所在的位置确定,03时30分的锋线位置是根据此刻雷达观测到的最强降水回波雨核^[1]确定。由图1可见,根据地面天气图确定的锋线位置和根据雷达观测到的降水回波确定的窄的锋线的位置是比较一致的^[2]。另外还可以看出,降水回波带A是与03时30分的锋线相联系,长度120km,宽度50~60km。由于雷达观测的仰角较高(4.0°),同时考虑到降水对三公分波长雷达衰减影响较大,降水回波带的实际长度和宽度比雷达观测到的长度和宽度要大得多。锋面降水回波的强度和结构比较均匀,大部分区域的降水回波强度为20~35dBz,只有降水回波带A中的锋线窄带强度最强,高达40~45dBz,显示出锋线的位置。降水回波带B和C的范围小,强度也较弱,大部分区域为20~35dBz。

值得注意的是,地形阻挡锋线的移动速度有一定的影响。如图中测站东部大约20km处的锋线呈弯曲状。这主要是受测站北部大约20km有东-西走向的大青山山脉和测站东南20km山地的阻挡作用而造成的。图1 (b) RHI是方位为38°的垂直剖面图。可以看出,降水回波顶高接近8km,回波宽度大约60km。降水回波强度大部分区域为20~35dBz,最强为40~45dBz。垂直剖面的一个显著特点是在接近4km的高度上有一条长25km的零度层亮带,表明降水是稳定性的层状云降水。

3 讨论

3.1 锋面降水回波分布

根据图1 (a) PPI雷达观测到的锋面降水回波分布,与锋线相联系的降水回波带A是主要的降水区,它的长度和宽度以及回波强度是其它回波带B、C所不能相比的。因此,飞行播撒作业应该在降水回波带A的区域中进行,同时考虑到锋线前的区域,通常为偏南暖湿抬升气流,相对于其它区域含水量比较丰富,所以应在锋线前5~10km的区域范围进行南北来回飞行播撒作业,效果会

更好。

3.2 回波高度

根据图 1 (b) RHI 垂直剖面图, 回波顶高接近 8km, 0℃层亮带接近 4km 的高度, 所以飞机进行飞行播撒作业应在 4km 以上的冷云范围内, 最好在 4~6km 高度层内。考虑到云层的厚度, 通常播撒高度下面的云厚度越大, 冰晶核通过云层的时间越长, 播撒的效果就越大, 而且在锋线前有上升气流, 所以冰晶核驻留在云内的时间较长。所以, 根据 RHI 垂直剖面的降水回波分布, 建议飞行播撒作业最好在地面锋线前 5~10km 范围, 高度 4~6km 内。

3.3 降水回波强度

图 1 中, 降水回波强度大部分区域在 20~35dBz, 最强的降水回波 40~50dBz, 利用 $Z=200 I^{1.6}$ 公式, 求出雨强 I (见表 1)。

表 1 降水回波强度 Z 与雨强 I 的对应值

Z / dBz	15	20	25	30	35	40	45	50
I / $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$	0.5	0.8	1.1	1.5	2.1	2.9	4.1	5.5

由表 1 可见, 15dBz 相对应的雨强 I 为 $0.5 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, 20~35dBz 范围内相对应的雨强 I 在 $0.8 \sim 2.1 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 范围内, 40~50dBz 范围相对应的雨强 I 在 $2.9 \sim 5.5 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 范围内。计算的结果是在通常的层状云降水雨强 ($10^{-1} \sim 10^0 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$) 的范围内^[3]。一般说来雨强越大, 云的含水量也越大, 同时考虑到层状云降水的雨滴一般在 $300 \mu\text{m}$

~2mm 之间^[4], 所以实行飞行播撒作业应当在回波最强而回波尚未及地的区域中进行。但就本例而言, 应当在 20~35dBz ($0.8 \sim 2.1 \text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$) 的区域内进行飞行播撒作业, 效果可能会更好。

4 小结

综上所述得出, 6月13日08时~14日08时影响内蒙古全区降水过程的主要天气系统是锋面降水系统, 这条锋面降水系统呈东北-西南走向, 横过内蒙古全区, 由西北向东南方向移动, 影响的范围广, 时间长, 降水稳定, 是一次十分有利于人工增雨飞行播撒作业的天气过程。根据这次天气过程降水回波的特征, 实行飞行播撒作业应当在锋线前 5~10km 范围、高度 4~6km 内, 降水回波强度 20~35dBz 区域内进行南-北飞行播撒作业, 增雨的效果可能会更好。

参考文献

- 1 Browing, K. A., et al.. The Structure of Rainbands Within a Mid-latitude Depression. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 1973; 215~231.
- 2 Hobbs, P. V. and Biswas. the Cellular Structure of Narrow Cold Frontal Rainbands. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 1979; 723~727.
- 3 黄美元, 徐华英. 云和降水物理. 北京: 科学出版社, 1999; 219.
- 4 王鹏飞, 李小华. 微观物理. 北京: 气象出版社, 1989; 241.

The Analysis of a Frontal Precipitation Process Beneficial to Artificial Rainfall Seeding

Chen Jinqiang Zhang Jihuai

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Li Yiping Shan Jiutao Bo Yuhua

(Inner Mongolia Meteorological Institute, Huhhot 010051)

Abstract

The weather conditions the satellite cloud pictures the radar echoes and the characteristics of a frontal precipitation process occurred in the Inner Mongolia Autonomous Region from 13 to 14 June 1999, was analysed. Cloud distribution of frontal precipitation was discussed according to the characteristics, and the scientific base was provided for cloud seeding activities.

Key Words: artificial rainfall frontal precipitation cloud picture radar echo