利用雷达回波参数分析雪的增长[1)]

杨文霞

（河北省人工影响天气办公室，石家庄　050021）

马翠苹

（河北省气象台，石家庄　050021）

提　要

利用一次稳定性降水云系的713雷达观测资料，分析了云顶温度的分布情况，结果表明，该次过程有57%—70%的云系符合Grant提出的"播云温度窗"指标。进而，根据$\frac{\partial Z}{\partial H}$值的变化，分析了云中雪粒子的增长情况。

关键词：　雷达回波顶高　播云温度窗　$\frac{\partial Z}{\partial H}$值　雪粒子

引　言

雷达在人工增雨作业与科研中是重要的实时探测工具。中、小尺度降水系统临近时，雷达可以较为直观地观测到云系的范围、移动、变化等，从而可用于直接指导人工增雨作业。降水的雷达回波反射因子(Z)是降水粒子尺度与数密度的综合反映。本文利用1995年6月21日一次天气过程的713雷达回波资料，结合作者以前分析过的1993年6月27日和1993年6月11日雷达回波资料的部分分析结果[1—2]，对本次过程人工降水的催化条件进行了探讨，并通过$\frac{\partial Z}{\partial H}$值分析了云中雪粒子的增长特点。

1　天气背景和资料收集

1995年6月21日08时，受乌兰巴托至银川的低槽与40°N以南明显的暖湿气流向北输送的影响，造成河北省中南部(石家庄地区、保定地区南部)午后至傍晚出现一次稳定性降水过程。

河北省气象台713数字化雷达系统对该过程进行了观测，并将14时、15时、17时、18时观测的ZPPPI图的资料数据存盘。

2　雷达资料分析

用713雷达的计算机资料处理系统沿较强回波方向做RHI回波剖面图。每张RHI图上都存在明显的0℃层亮带，据此判断这是一次稳定性层状云降水过程。

所做剖面图的具体路线如下：

14时：石家庄市西北方—保定市西。

15时：石家庄地区西北部区域，井陉、平山一带。

由逐时雨量图上可看出，14时以后石家庄地区大部和保定以南地区已经开始降雨。15时逐时雨量图上，石家庄市西北—保定以

1)　本文是河北省科学基金和中国气象局科学基金资助项目

西之间，有一5.2mm·h^{-1}的强降水中心；16时逐时雨量图上，平山有一雨强为6.9 mm·h^{-1}的强中心。

在所取的两张RHI图上，沿水平方向每隔0.85km取一个点，测出雷达反射因子(Z)为0、20、30、40、50dBz时的所在高度，然后对照邢台探空站1995年6月21日19时探空资料，算出与各个回波高度相对应的温度。14时取得样本26个，15时取得样本20个，共计46个。图1和图2给出了每个时次的前7个样本的H-Z和T-Z图。

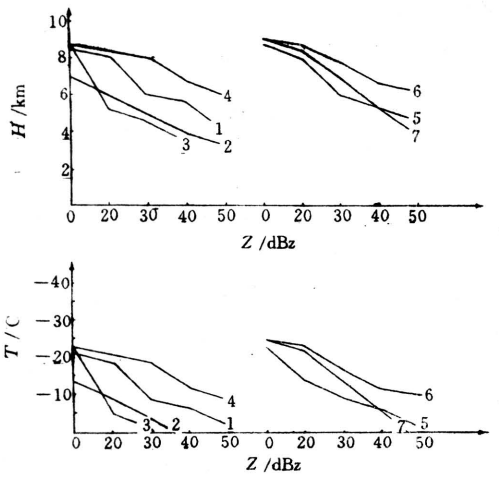

图1 14时样本1—7的H-Z和T-Z图

2.1 回波顶高与云顶温度

云顶温度是很重要的人工降水播云技术指标之一。70年代Grant指出当云顶温度高于－10℃或低于－24℃时，播撒无效或效果不明显；当云顶温度处于－10——24℃称为“播云温度窗”。这一判据被接受并做为定量的催化指标采用[3]。在实际作业中，由于受飞行高度和某些天气条件的限制，有时不可能到达云顶。因此，利用0dBz雷达回波顶高及顶温可对人工增雨播云条件进行实时监测。

对14时所取的26个样本进行计算、统计，得出不同云顶高度出现频率和云顶温度出现频率(见表1和表2)。图3和图4分别是14时的回波顶高积分分布和云顶温度积分分布图。

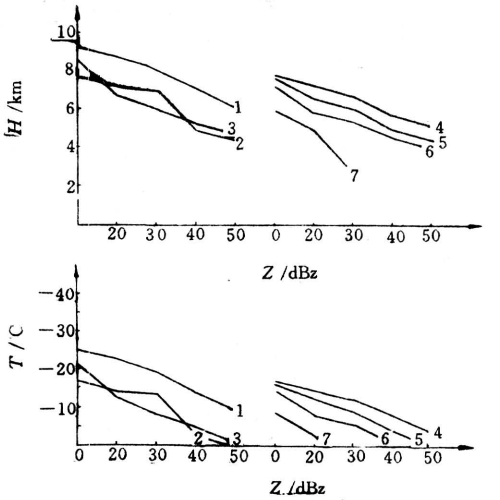

图2 15时样本1—7的H-Z和T-Z图

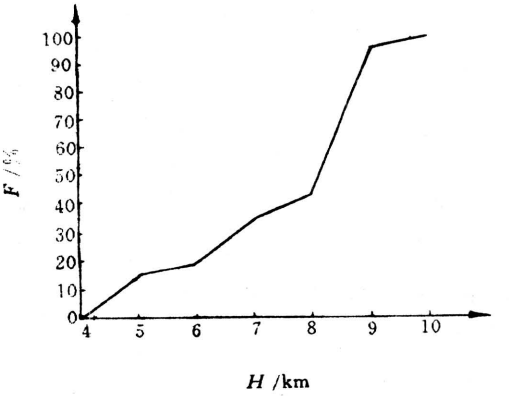

图3 回波顶高积分分布
1995年6月21日14时

由图3和图4可见，14时云系中有67.7%的样本云高集中在6000—9000m，相应的云顶温度在－10——24℃，符合Grant提出的“播云温度窗”指标。用同样方法可得出15时云高集中在6000—8000m，符合“播云温度窗”的样本占70%。

表1 1995年6月21日14时回波顶高频率分布统计结果

回波顶高/km	样本/个	频率/%	回波顶高/km	样本/个	频率/%	回波顶高/km	样本/个	频率/%
4—5	4	15.4	6—7	4	15.4	8—9	14	53.9
5—6	1	3.8	7—8	2	7.7	9—10	1	3.8

表2 1995年6月21日14时云顶温度频率分布统计结果

云顶温度/℃	样本/个	频率/%	云顶温度/℃	样本/个	频率/%	云顶温度/℃	样本/个	频率/%
0——5	4	15.4	−10——15	4	15.4	−20——25	12	46.1
−5——10	1	3.8	−15——20	3	11.5	−25——30	1	3.8

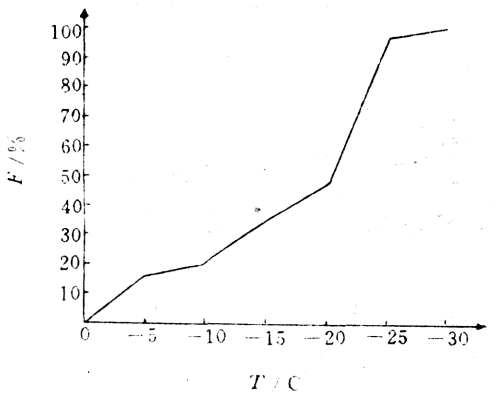

图4 云顶温度积分分布
1995年6月21日14时

文献[1]分析的张家口地区6月份3次层状云降水过程中，云高集中在5000—8000m，云顶温度在−10——24℃的可播云占57%；文献[2]给出的1993年6月27日的个例中，可播云占71%。据此推测，本次过程从云顶温度指标来看，具有较好的人工增雨条件。

2.2 $\frac{\partial Z}{\partial H}$值与冷云中雪粒子增长

雷达反射因子 $Z=\sum_i n_i D_i^6$。其中 n_i 为云雨质粒的数浓度，D 代表雨滴或融滴的直径。由于 Z 与 D^6 成正比，所以云中降水粒子的大小对回波强度起主要作用。层状云中上升气流弱，忽略上升气流对冷云中雪粒子下降速度的影响，则冷云中雪粒子直径在下落过程中增大的越快，$\frac{\partial Z}{\partial H}$值越大，对应的 Z-H 折线斜率越小。

根据46组数据进行统计分析，以温度间隔为5℃对相应的$\frac{\partial Z}{\partial H}$值进行平均，结果见表3。

表3 $\frac{\partial Z}{\partial H}$平均值统计结果

温度/℃	$-\frac{\partial Z}{\partial H}$平均值/dBz·km^{-1}
0——5	35.3
−5——10	13.9
−10——15	17.5
−15——20	17.6
−20——25	30.5
−25——30	11.0

为了进一步比较，用同样方法分析了1993年6月两次雷达回波情况。

1993年6月11日的资料缺少0——5℃的样本；在两次观测中0——5℃都出现了一个$\frac{\partial Z}{\partial H}$值的较大增长区。Hobbs等在1974年观测到0℃——5℃区间和−15℃左右有雪团出现频率的两个峰值[4]，并认为在−5℃左右的较高温度下雪晶易于相互粘连，在−15℃附近枝星雪易于攀附。本文上述结果与Hobbs的观测结果基本一致。

在表3中，−20——25℃区间出现了第二个峰值。在1993年6月27日和1993年6

月11日的样本中随着温度的进一步降低，$\frac{\partial Z}{\partial H}$值在－25——30℃之间显示出比邻近温度增大的趋势。我们推测这可能与较低温度下通过云中自然核化形成的云中降水粒子的增多有关。

3 结 语

3.1 1993年6月21日14时和15时河北中部地区上空的云团，云顶温度在－10——24℃之间符合人工降水"播云温度窗"的可播云分别占57%和70%。

3.2 根据$\frac{\partial Z}{\partial H}$值随温度变化分析，在0——5℃间有$Z$值的迅速增大层，可能是由这一云区中雪粒子的增长迅速所致。在－20——25℃间，Z值增长率出现的峰值，可能与这一区间云中自然催化增大所致。对比发现，此次过程降水机制中的自然引晶过程较其他两个过程强。

3.3 通过上述分析，表明通过对雷达回波顶高及雷达反射率的垂直廓线的进一步分析，可望建立起一组有关人工增雨条件的实时判别指标。进一步的定量分析，还需要收集更多的观测个例。

参考文献

1 杨文霞. 从不同衰减分贝的回波顶高度看云顶温度及雪粒子的增长. 云降水物理和人工增雨技术研究. 北京：气象出版社，1994：175.

2 杨文霞，马翠苹. 一次人工增雨作业的713雷达回波分析. 云降水物理和人工增雨技术研究. 北京：气象出版社，1994：167.

3 章澄昌. 人工降水原理. 人工影响天气概论. 北京：气象出版社，1992：206.

4 Hobbs P. V. ，S. Chang and G. D. Locatll. The dimensions and aggregation of ice crytals in natural clouds. J. Geoph. Res. ，1974，19(15)：2199—2206.

Analysis of the Growth Process of Snow Particles According to the Parameters of Radar Echoes

Yang Wenxia

(Weather Modification Office of Hebei Province，Shijiazhuang 050021)

Ma Cuiping

(Hebei Provincial Observatory)

Abstract

The distribution of cloud top temperature is estimated base on the echoes at the top height of the precipitating stratiform cloud system measured by the 713 type weather radar in Hebei province. The results show that from 57 percent to 70 percent of cloud top temperature are seedable in the stratiform clouds according to proposed seedability index of cloud top temperature by Grant. In the sametime，based on different attenuated dB values of radan echoes ($\frac{\partial Z}{\partial H}$)，the growth case of snow particles with different temperature layers variation is analyzed.

Key Words： the top height of radar echo the cloud top temperature index $\frac{\partial Z}{\partial H}$ value snow particle