2008北京残奥会闭幕日飞机消云作业分析

田海军[1] 景 丽[2,3] 刘力威[1] 李宏宇[1] 金 华[1]

(1. 北京市人工影响天气办公室,100089;2. 国家气候中心;
3. 空军装备研究院航空气象防化研究所)

提 要:利用新一代多普勒天气雷达资料,对北京2008年9月17日残奥会闭幕日北京上游地区较弱对流云团作业进行了初步分析。结果表明,用飞机播撒吸湿性高浓度粒子群催化剂可消弱雷达回波强度和范围,有效抑制对流云团的发展。飞机消云拦截作业对保障残奥会闭幕式的顺利进行起到了一定作用。

关键词:人工影响天气 消云 效果 残奥会

引 言

2008年9月17日是北京残奥会闭幕日,当天上午10时,最新气象资料分析表明,未来北京地区受空中弱切变线影响;9月17日08时奥运气象服务中心发布的天气预报也表明,北京地区9月17日白天多云转阴,傍晚前后有雷阵雨。正在张家口机场待命的空军第十三师20048、20141机组接到消云减雨拦截二号指令后,两架飞机共起飞4架次,在空中播撒大剂量吸湿性高浓度粒子群催化剂。作业后,地面多普勒雷达显示,空中正在发展的对流云团得到了有效抑制,雷达回波中心高度减低、中心强度逐渐减弱,范围逐渐缩小,直至最后消失。本文通过新一代多普勒雷达对北京残奥会闭幕日,在北京上游西北方向较弱对流云团飞机消云减雨作业的初步分析,来寻找飞机消云减雨作业的物理响应,同时检验消云减雨作业的效果。

1 人工消云减(增)雨科学背景

人工影响天气是通过一定科学科技手段对天气实行影响,使之朝着人们希望的方向发展,达到趋利避害的目的。自然降水的产生,不仅需要一定的宏观天气条件,还需要满足云中的微物理条件(1):0℃以上的暖云中要有大水滴以及0℃以下的冷云中要有冰晶,没有这个条件,天气形势、云层条件再好,也不会下雨。然而,在自然情况下,这种微物理条件有时就不具备或虽然具备但又不够充分。前者根本不会产生降水,后者则降雨很少。此时,如果向云中播撒人工冰核,使云中产生凝结或凝华的冰水转化,再借助水滴的自然碰并过程,就能使降雨产生或使雨量增大。人工冰核这种催化剂的作用就是使本来不会产生的降水得以产生,已经产生的降水强度增大。

人工消云减(增)雨的方法有空中和地面作业两种。

地面作业主要用火箭弹、高炮弹、碘化银烟条装载一定剂量的碘化银作业。

空中作业是用飞机在云中播撒(或过量播撒)催化剂,通过施加间接影响,促使云中更多的水分变成雨滴(雪)降到地面,而非直接干预云中的能量变化。使用的催化剂通常

基金项目:十一五"国家科技支撑计划重点项目"人工影响天气关键技术及装备研发"(2006BAC12B00)资助

有3类:第一类是可以产生大量凝结核或凝华核的碘化银等成核剂,第二类是可以使云中水分形成大量冰晶的干冰等致冷剂,第三类是可以吸附云中水分变成较大水滴的盐粒等吸湿剂。消云减雨就是用飞机在云中过量播撒催化剂,压制发展的对流云中上升的气流,从而使对流云减弱直至消亡。

2 天气形势分析

从9月17日14时500hPa形势图可以看出,贝加尔湖附近有一低涡南下,其槽区为浅槽区,没有移动性短波槽活动,槽后西北气流最南端已抵至我国河北北部境内。该气旋不受西太平洋副热带高压的影响,因此移动发展速度较快,在华北地区有产生降水的趋势;从850 hPa形势图可以看出,低涡系统随高空低槽发展东移南下,17日14时位于我国内蒙古,其槽线从低涡中心一直延伸到河北张家口以北境内;地面冷锋17日14时位于河北北部境内并且高空槽线与地面锋面相吻合;从当时的卫星云图(图略)上可以清晰地看出,在内蒙与河北镜内有一条水汽输送带,高低空环流形成了可能的降水形势。如图1,图2。

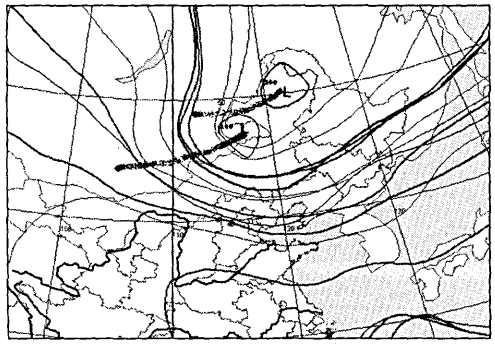


图1 高空弱切变

总体来看,受空中弱切变线的影响,北京地区的天气形势相对比较复杂。北京处在西北东移南下冷空气的前部,其西北张家口地区的对流云发展迅速,虽然西太平洋副热带高压已东移南撤,暖湿气流输送不明显,但

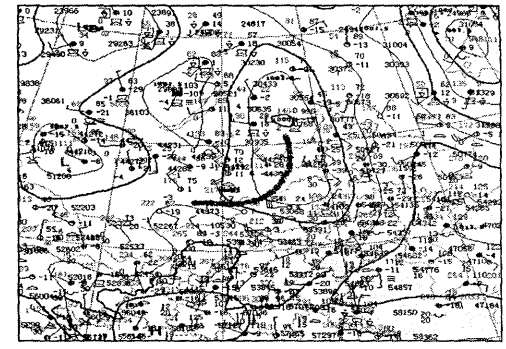


图2 地面锋线

是,该冷空气南下路径下垫面是山区,有一定的水汽湿度;对高空及地面的资料分析表明,空中槽线与地面锋面重合,有利于气流的发展,当晚的残奥会闭幕式可能会受到天气影响。

3 云量观测情况

北京残奥会闭幕日当天中午,12:27开始第一航次的两架作业飞机从张家口机场先后起飞,飞往指定作业区;12:30飞机爬升到300m高度,从飞机上观测到空中有少量淡积云,云顶高3200m,云量2~4成;12:44进入作业区,飞行高度4000m,观测到淡积云,云量4~6成;12:46飞机位于作业区,飞行高度4200m,在淡积云上方开始作业,当时云高4000m,云量4~6成;13:49飞机在作业区4200m高度,遇有层积云,云量3~4成;13:58第一航次飞机作业完毕并降落。第二航次14:25开始两架作业飞机从张家口机场先后起飞,飞往指定作业区,14:30飞机爬升到700m高度,从飞机上观测到空中有发展的浓积云,云顶高4000m,云量2~4成;14:37接近作业区,飞行高度3800m,观测到飞机左侧前居中有浓积云,云高4200m,云量浓积云3~5成;14:42飞机进入作业区,飞行高度4500m,在浓积云、层积云上方开始作业,云高4200m,云量浓积云4~6成,总云量7~8成;15:22飞机在作业区,飞行高度4500m,在浓积云上方作业,云顶高度约4200m,云量

浓积云 4 ~ 5 成,总云量 7 成; 15:50 飞机在作业区,飞行高度 4300m,观测到浓积云,云顶高度约 4000m,云量浓积云 2 ~ 3 成,总云量 4 ~ 6 成。15:58 飞机作业完毕并降落。飞行接收的数据显示,零度层高度在 4000m 左右。具体观测地点、时间及云的情况见表 1。

表 1　飞机观测情况

时间	地点	飞行高度(m)	云状	云顶高	云量
12:30	张家口	300	淡积云	3200	2 ~ 4
12:44	作业区	4000	淡积云	3500	4 ~ 6
12:46	作业区开始作业	4200	淡积云	3800	6
13:49	作业区	4200	层积云、淡积云	4000	3 ~ 4、6
14:30	张家口	700	浓积云、层积云	4000	2 ~ 4、6 ~ 8
14:37	接近作业区	3800	浓积云、层积云	4200	3 ~ 5、7 ~ 8
14:42	作业区开始作业	4500	浓积云、层积云	4200	4 ~ 6、7 ~ 8
15:22	作业区	4500	浓积云、层积云	4200	4 ~ 5、7
15:50	作业区	4300	浓积云、层积云	4000	2 ~ 3、4 ~ 6

4　飞机作业情况

2008 年 9 月 17 日从中午 12:27 到 15:36,张家口机场共出动空 13 师 20048 和 20141 运八作业飞机 4 架次,进行下投式膨润土消云减雨作业。飞行轨迹见图 3,图 4,图 5 和图 6。

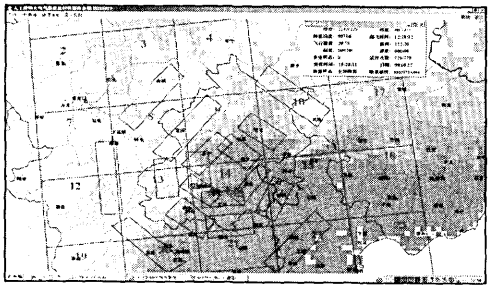


图3　飞行轨迹(20048第一次作业)

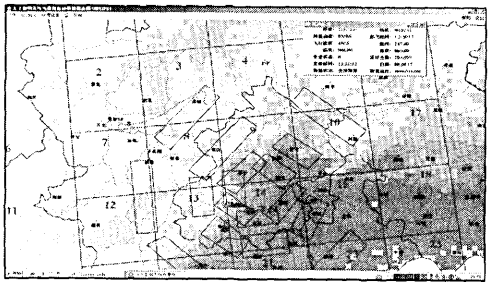


图4　飞行轨迹(20048第二次作业)

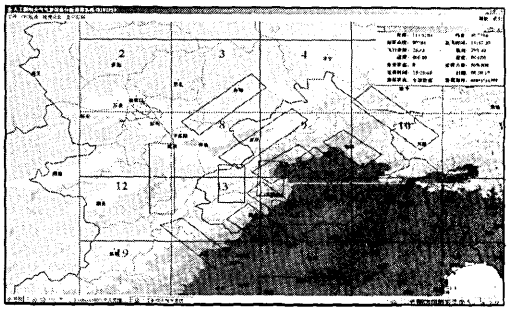


图5　飞行轨迹(20141第一次作业)

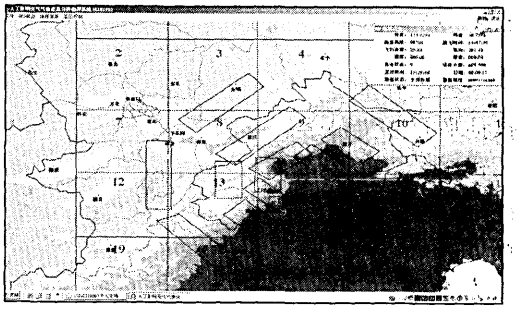


图6　飞行轨迹(20141第二次作业)

4.1　作业时间

空军第十三师 20048 、20141 机组一接到消云减雨拦截二号指令,立即在北京市人工影响天气办公室驻张家口工作人员的配合下,紧急联系北京空管、航空调度等部门;12:27 第一架次运八飞机率先起飞,机号为 20048;12:37 第二架次运八飞机起飞,机号

为20141；飞机及时飞往指定作业区进行消云减雨拦截；(13:58 两架飞机先后降落)14:25 第三架次运八飞机起飞，机号为20048；14:35 第四架次运八飞机起飞，机号为20141；飞机飞往同一作业区进行消云减雨拦截；第一航次作业时间为12:46—13:52；第二航次作业时间为14:42—15:51。四架、两航次飞机实际在作业区进行作业时间近4小时；作业区位于北京西北张家口地区的崇礼、宣化、赤城一带。

4.2 作业原理及方式

采用播撒吸湿性高浓度粒子群催化剂(膨润土)的方法来压制发展中对流云及其上升的气流，或对其周边层积云作业施加影响，使其减弱直至消亡，达到消云减雨拦截、人工影响天气的目的。作业前将催化剂放置在空军第15军空投研究室精心研制的纸制空投箱内，每箱装催化剂20kg，飞机一次装机150～200箱；作业飞机飞行到指定区域范围时打开飞机机舱后门，在规定时间内，依次在云顶播撒催化剂。该方法消弱了北京西北方向发展中的对流云团。

4.3 作业剂量

此次作业时间延续4小时，在云顶共下投播撒近15吨膨润土计700余箱。作业时飞机平均时速380km/h；根据云量的深厚与浅薄，作业的剂量有所不同，相对较厚的云层剂量为2至4秒钟播撒20kg；较薄的云层剂量为4至6秒钟播撒20kg；以平均20kg/0.5km的作业量在作业区域进行播撒(在云顶播撒 $r>100\mu m$ 大颗粒剂量为10kg/km，吸湿剂寻找最佳部位播撒[1])。此次任务在作业区为大剂量作业。

5 效果分析

5.1 雷达回波变化

分析9月17日下午的北京市气象局多普勒雷达回波图(图略)，可以看出，随着高空弱切变南移，在雷达150km探测范围内，14:37分雷达回波其强度为15～20dBz，速度为10.8m·s^{-1}，高度5～7km。此时作业飞机正接近作业区，14:42分到达指定区域开始作业；14:58雷达显示回波在发展中；15:08分回波带在张家口以南崇礼附近，尺度加宽变大，呈发展趋势；回波中心强度为25～30dBz，回波顶高为4～5km，回波带大约以7.2m·s^{-1}的速度向东南移动，回波带的位置与地面锋面位置较为一致；15:24分回波带在张家口以南赤城地区，回波其强度中心最大达到了20～25dBz，高度3～5km。此时，作业飞机一直在对流云上空进行作业，飞机有较强的颠簸；15:40分雷达显示回波得到有效控制；15:55分雷达显示回波明显减弱；16:11分回波带逐渐移出作业区，其回波强度减弱，中心减小到了10～15dBz，且回波范围缩小；16:27分强度回波、高度回波、速度回波在雷达图上基本消失。

多普勒雷达对云回波的跟踪监测分析(表2)表明，作业前回波在作业区以外，回波云向东南方向移动的速度和回波强度逐渐增强和扩大。作业后，回波云向东南方向移动的速度和回波强度逐渐减弱和减小，高度减低，直至消失，说明本次飞机作业达到了消云的目的。

表2 作业前后雷达回波变化

时间	作业情况	强度(dBz)	高度(km)	速度(m·s^{-1})
14:37	作业前	15～20	5～7	10.8
14:58	作业中	25～30	4～6	8.6
15:08	作业中	20～25	4～5	7.2
15:24	作业中	20～25	3～5	4～6.8
15:40	作业中	20～25	3～5	4～4.5
15:55	作业后	10～15	3～5	4～4.5
16:11	作业后	10～15	消失	2～3.6

5.2 观测实况分析

张家口地面观测站观测到的实况：9月17日下午13:10分开始，该地区上空由淡积云向层积云发展；13:45分观察到有浓积云

生成云量 2 ~ 3 成,总云量 6 ~ 7 成;14:20 分观察到浓积云云量 3 ~ 4 成,总云量 6 ~ 7 成,天空状况阴;14:50 分观察到浓积云云量 3 ~ 4 成,总云量 7 ~ 8 成;15:30 分观察到浓积云云量 2 ~ 3 成,总云量 5 ~ 6 成;16:10 分观察到浓积云云量 1 ~ 2 成,总云量 4 ~ 5 成。由地面观测到的实况分析,表明了该地区云的发展变化过程,从侧面反映了飞机消云减雨的效果。

6　结论

由以上分析可以看出:用吸湿性高浓度粒子群催化剂对较弱回波云系进行作业,抑制了对流云团的发展,削弱了雷达回波的强度并缩小了大小范围,起到了人工影响天气的作用。人工消云作业效果在雷达回波上的特征表现比较清晰。

科学优质的人工催化手段结合高效的人工影响天气方法,使人工影响天气技术向前迈进了一步。但是,在作业中,如何使人工影响天气催化剂达到更好的效果,以及在不同的天气系统,催化剂在云中的最佳播撒位置及最佳用量仍需进一步研究。

参考文献

[1]　叶家东. 大气科学,1986,479:10.