

文章编号 :1006-7639(2004)-01-0026-04

甘肃省飞机人工增雨天气系统分型和天气特点

李宗义¹, 庞朝云²

(1. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020 2. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020)

摘 要 选用 2000~2003 年 3~10 月, 甘肃省实施飞机人工增雨的 116 架次资料为样本, 以增雨当日 08 时 500hPa 资料为主, 根据冷空气入侵甘肃的不同路径, 将有利飞机人工增雨的天气系统分为 5 种类型: 高原低槽型、西南气流型、平直气流型、西北气流型和北方低槽型, 并分析了不同系统的特征。
关键词: 飞机增雨; 天气系统分型; 天气特点
中图分类号: P481 文献标识码: A

引 言

甘肃省实施飞机人工增雨的区域有张掖、武威、金昌、白银、兰州、临夏、定西、天水、平凉、庆阳 10 个市州的 51 市县。从张掖到庆阳东西距离约 850km, 由武威民勤到天水北道南北相距 550km。区域内有张掖的胭脂山 3 976m、武威的毛毛山 4 070m、临夏的母太子山 4 332m、兰州的马啣山 3 671m、平凉的崆峒山 2 123m。由于高山纵横, 地形复杂, 飞机作业高度河西在 5 500~6 000m 左右, 河东在 4 500~5 500m 之间。对于云层较低的层状云降水, 往往是在云上飞行, 影响作业效果。

甘肃省地处青藏高原边坡, 天气具有明显的高原特征, 往往是多夜雨, 而且午后到夜间多雷雨。在春秋季节, 当出现较强冷空气影响的天气过程时, 在 4 500m 以上又会出现较严重结冰。这种特殊的地理和气象条件给飞机作业带来了不能克服的困难, 造成一些十分有利降水的天气过程不能作业。

甘肃的作业区域又是兰州通往全国的空中走廊, 为了民航客机和增雨飞机的安全, 不能在作业区任意飞行, 只能在增雨作业飞行前就申报好固定航线, 这样难免会出现在作业区降雨条件最有利的地方不能作业而影响作业效果。

本文利用 2000 年 3 月 1 日~2003 年 9 月 7 日的 116 次飞机人工增雨作业样本和从事十多年增雨预报的经验, 分析了有利甘肃省飞机人工增雨的不

同天气系统特征和天气特点。

2 有利飞机人工增雨的天气系统

2.1 天气系统分型

对于天气系统的分型, 不同的研究对象有着不同的分型, 如梁潇云等对青藏高原东部牧区雪灾天气的分析, 将天气系统分为 4 类^[1]。李宗义等对西北区东部大雨天气形势分为 5 类^[2]。本文对 116 个增雨样本, 选用增雨当日 08 时 500hPa 资料逐次分析, 以冷空气入侵甘肃省的不同路径为主, 将有利飞机人工增雨的天气系统分为 5 种: 即高原低槽型、西南气流型、平直气流型、西北气流型和北方低槽型。

2.2 各天气系统增雨架次分布

在 2000 年 3 月 1 日~2003 年 9 月 7 日的 926 天中, 安全飞行 116 架次, 平均 8d1 架次。其中, 4、5、7、9 月飞行 80 架次, 占总增雨数的 69%。从表 1

表 1 各系统增雨架次分布

Tab. 1 Distribution of artificial precipitation enhancement operation in each weather system

月	高原低槽	西南气流	平直气流	西北气流	北方低槽	合计
3	2	0	2	3	1	8
4	12	0	2	3	2	19
5	6	0	2	5	6	19
6	2	1	1	2	2	8
7	1	8	3	3	7	22
8	4	3	2	2	4	15
9	4	10	2	1	3	20
10	2	0	1	2	0	5
合计	33	22	15	21	25	116

看出 ,高原低槽型 33 架次 ,西南气流型 22 架次、平直气流型 15 架次 ,西北气流型 21 架次 ,北方低槽型 25 架次。其中西南气流型主要出现在 7~9 月。

2.3 各天气系统代表站持续降水时间

根据我省区域划分 ,以张掖代表河西 ,兰州代表中部 ,西峰代表陇东 ,天水代表南部。将 116 个增雨样本 ,对各型逐日计算 20 时~20 时的日降水时间 ,表 2 为代表站各型的平均日降水时间。高原低槽型在增雨区内平均日降水时间 6.3~8.8h ,西峰、天水

表 2 各系统代表站要素平均值

Tab.2 Mean of each factors in typical observatory of different weather system

站名	高原低槽 时间(h) 雨(%)		西南气流 时间(h) 雨(%)		平直气流 时间(h) 雨(%)		西北气流 时间(h) 雨(%)		北方低槽 时间(h) 雨(%)	
张掖	6.3	55	2.8	65	1.8	63	0.9	32	3.8	96
兰州	6.6	84	6.2	99	4.5	81	4.4	79	7.0	91
西峰	8.8	90	6.8	90	5.5	75	5.3	84	5.2	65
天水	8.0	96	8.9	90	6.5	75	5.7	89	5.9	74
高度 (m)	5 388		5 421		5 346		5 346		5 457	
云(%)	74		95		56		79		95	

注 :表中时间为平均日降水时间 ,雨为样本数与雨日百分比
高度为增雨飞行平均高度 ,云为飞行高度在云中的百分比
降水率 90%~96% ,平均飞行高度 5 388m ,飞机入云率 74% ,从时间及降水率分析最适合在陇东、南部增雨 ;西南气流型兰州以东平均日降水时间 6.2~8.9h ,兰州以东降水率 90%~99% ,平均飞行高度 5 421m ,飞机入云率 95% ,适合在兰州以东增雨 ;平直气流型兰州以东平均日降水时间 4.5~6.9h ,降水率 75%~81% ,平均飞行高度 5 346m ,飞机入云率 56% ,较适合在兰州以东增雨 ;西北气流型兰州以东平均日降水时间 4.4~5.7h ,降水率 79%~89% ,平均飞行高度 5 346m ,飞机入云率 79% ,适合在陇东、南部增雨 ;北方低槽型平均日降水时间 3.8~7.0h ,降水率张掖、兰州 91%~96% ,平均飞行高度 5 457m ,飞机入云率 95% ,最适合河西、中部增雨。

3 各天气系统的特征及天气特点

3.1 高原低槽型

此型在 500hPa 图上 ,北部锋区偏北 ,北方冷空气势力较弱 ,主要天气系统是青藏高原上生成的低槽加深东移 ,槽前有明显偏南暖湿气流北上进入甘肃 ,东部为高压脊。图 1 是 2002 年 4 月 3 日 08 时 500hPa 典型场。700hPa 图上有一支较强的偏南气流形成低层水汽输送。云系以中云为主 ,云层深厚 ,大气整层湿度大 ,以暖云降水为主。一般情况下 ,大

气层结稳定 ,系统移动缓慢 ,降水强度小 ,时间长 ,范围大 ,是进行飞机人工增雨的理想天气系统 ,全省范围任意时间均可进行增雨作业。催化剂应以液氮为主 ,作业高度以 5 000~5 500m 较适宜。

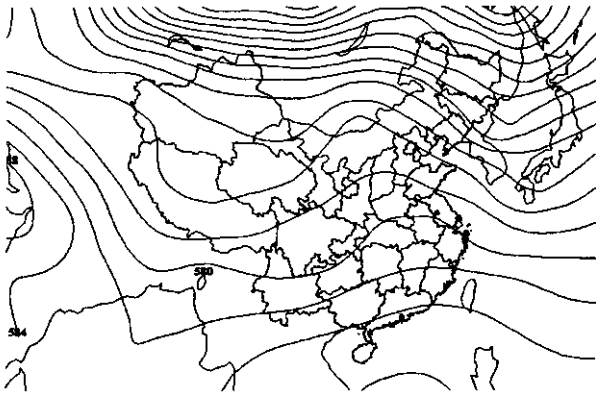


图 1 2002 年 4 月 3 日 08 时 500hPa 图

Fig.1 500hPa synoptic chart at 08:00 on 3 April 2002

3.2 西南气流型

西南气流型也称西太平洋副热带高压型 ,它主要是由副热带高压北抬西伸形成的 ,在甘肃主要出现在每年的 7~9 月 ,是我省雨季的主要天气形势。当 500hPa 副热带高压脊线位于 28~30°N 附近 ,588 位势什米线西伸在 95~98°E 时 ,我省位于 588 位势什米线西北部的强西南气流中。图 2 是 2002 年 9 月 19 日 08 时 500hPa 典型场。冷空气偏北 ,强度较弱。700hPa 图上有强偏南气流配合。这种形势下 ,当副热带高压西进或东退到以上位置 ,且相对稳定时 ,我省会出现一次明显的区域性大降水天气。

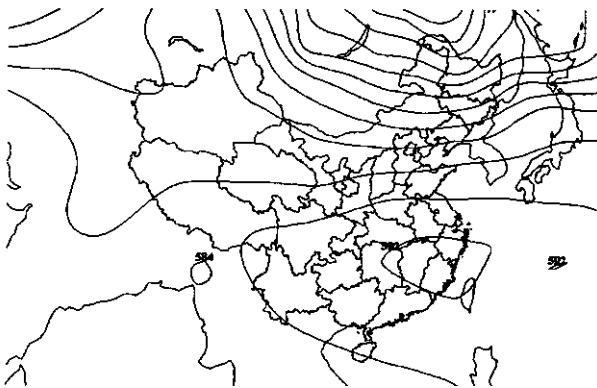


图 2 2002 年 9 月 19 日 08 时 500hPa 图

Fig.2 500hPa synoptic chart at 08:00 on 19 September 2002
这种降水的云系往往是由稳定性云和对流性云组成的混合云系 ,在过程开始前 ,有时伴随着强对流性天气 ,降水时间以甘肃南部最长。飞机人工增雨应选择 在降水开始以后云层转入稳定时进行。催化剂应以液氮、丙酮碘化银溶液并用 ,作业高度以 5 300~5

700m 较适宜。

3.3 平直气流型

500hPa 图上,整个西伯利亚及东部为强大低压,新疆及西北区处于低压底部的平直西风气流中,在平直气流中有短波槽东移,温度场在 40°N 附近维持东西向锋区。图 3 是 2001 年 3 月 15 日 08 时 500hPa 典型场。冷空气主力稳定在西伯利亚,从低压底部不断有弱冷空气沿偏西气流东移。700hPa 甘肃河东地区有偏南风维持并吹向河西,形成低层水汽输送。在这种形势下,甘肃常常出现间断性连阴雨天气^[3]。云系,河东在春秋季节以低云为主,夏季低云、中云形成深厚云层,大气层结稳定。催化剂应以液氮、丙酮碘化银溶液并用,作业高度河东春秋季节 4 000~4 500m,夏季 5 000~5 500m 较适宜。

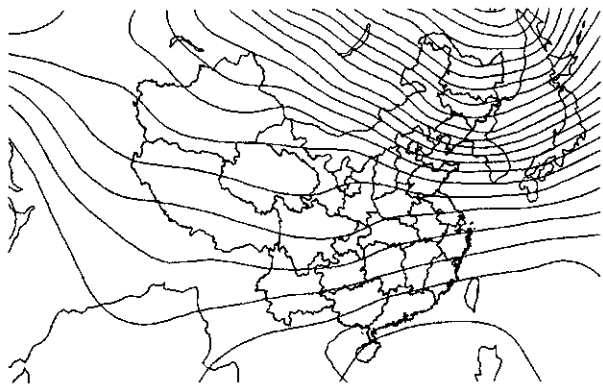


图 3 2001 年 3 月 15 日 08 时 500hPa 图

Fig. 3 500hPa synoptic chart at 08:00 on 15 March 2001

3.4 西北气流型

500hPa 图上,冷空气沿西北气流进入我省。巴尔喀什湖或新疆为高压脊,新疆东北部有一低压,在西北气流中具有明显的冷平流,青藏高原上一般情况下没有西南暖湿气流。图 4 为 2000 年 5 月 15 日

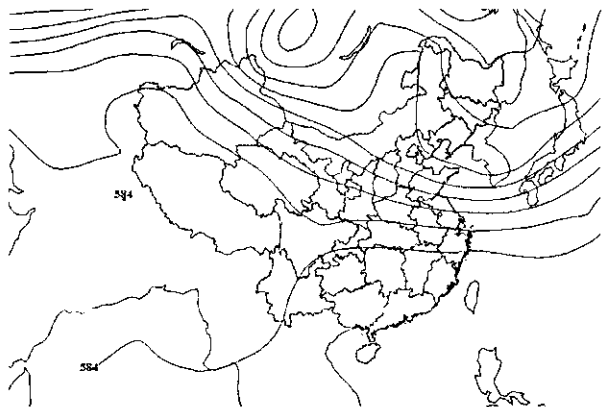


图 4 2000 年 5 月 15 日 08 时 500hPa 图

Fig. 4 500hPa synoptic chart at 08:00 on 15 May 2000

08 时 500hPa 典型场。700hPa 沿高原边坡有偏南气流维持。地面图上有明显的冷锋配合。这种形势的降水特点是由中高层提供较强冷空气,低层提供水汽输送,是典型的冷锋降水。当锋面过境时往往伴有对流性天气,锋后转入稳定性云系,以中云为主,范围较小,降水时间较短。飞机人工增雨时要选择冷锋后部及时作业。催化剂应以液氮、丙酮碘化银溶液并用,作业高度 5 000~5 500m 较适宜。

3.5 北方低槽型

500hPa 图上,西伯利亚低槽东移南压加强,新疆有脊加强,甘肃位于北部东移的低槽中,较强冷空气从北方进入我省,青藏高原上有弱偏南暖湿气流北上。图 5 是 2001 年 8 月 18 日 08 时 500hPa 典型场。700hPa 图上,从四川盆地有一支偏南气流北上。中低层均有水汽输送,水汽充足,云层厚。但是在这种形势下,当系统到来之前,午后到前半夜容易形成对流性云系,且降水时间较短,应选择槽后及时进行飞机人工增雨作业。催化剂应以液氮、丙酮碘化银溶液并用,作业高度 5 500~6 000m 较适宜。

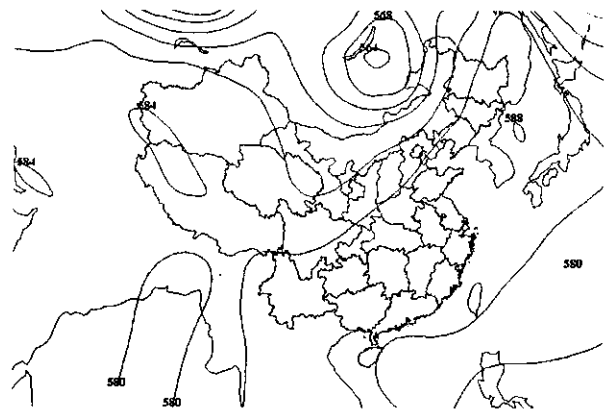


图 5 2001 年 8 月 18 日 08 时 500hPa 图

Fig. 5 500hPa synoptic chart at 08:00 on 18 August 2001

4 一次飞机人工增雨的个例分析

4.1 降水过程概况

在副热带高压西伸过程中,2002 年 9 月 18~20 日,甘肃省出现了一次连阴雨降水天气。18 日 08 时 500hPa 图上,当副热带高压 588 位势什米线还位于长江中下游时,从西伯利亚有低槽南下,我省张掖以东普降小雨。19 日 08 时 588 位势什米线西伸北抬到西藏、四川、陕南、河南一带时,我省位于副热带高压西北侧的西南暖湿气流中,兰州以东普降小雨(如图 6)其中,天水、陇南两地市降了小到中雨,平

凉、庆阳两市为中雨 ,局部地方大雨。20 日 08 时 , 588 位势什米线继续西进 ,西南气流减弱 ,新疆暖脊加强 ,脊前西北气流进入我省河西 ,天气转晴 ,但河东仍维持小雨天气。21 日副高继续西伸南退 ,我省受新疆脊前西北气流控制 ,降水天气结束。

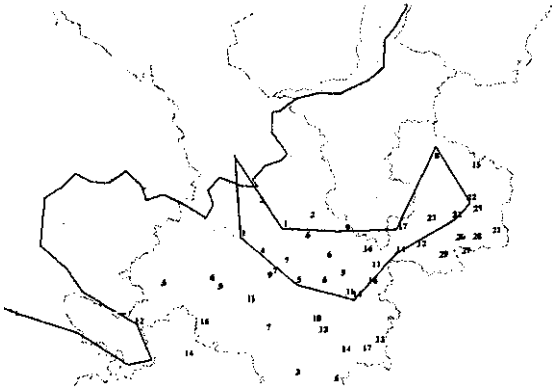


图 6 2002 年 9 月 19 日 08 时~20 日 08 时降水量 (图中甘肃境内的闭合线为飞机增雨航线)

Fig.6 The precipitation from 08:00 19 Sep to 08:00 20 Sep in 2002

(The close line inside Gansu province is the path of aircraft artificial precipitation enhancement)

这是一次副热带高压西伸北抬过程中的连续性降水天气。由于在副高影响前受北部低槽影响 ,各地降水已经开始 ,因此 ,当副热带系统影响时 ,大气层结已转入稳定状态 ,没有形成对流云系 ,是一次稳定性降水天气过程。

4.2 飞机人工增雨概况

2002 年夏季 ,甘肃各地普遍少雨 ,干旱严重 ,9 月下旬是河东秋播期 ,急需有一次明显降水。9 月 19 日 ,当副热带高压西伸北抬到有利甘肃降水时 ,甘肃省人工影响天气办公室和各协作单位密切合

作 ,于 19 日 08 :51~12 :17 在兰州、定西、白银、天水、平凉和庆阳等市进行了飞机人工增雨作业 ,取得显著效果。

这次增雨中 ,共播洒液氮 210L ,丙酮碘化银溶液 80L。飞行高度 5 200~5 500m ,在云中作业。云中温度 0.38~-2.39℃ ,相对湿度 88%~95% ,在飞机外挂器上有 1~4cm 的结冰 ,飞行平稳。

以上飞行作业中对云、温度、湿度及结冰的记录数据说明 ,这次增雨天气过程云层厚 ,整层湿度大 ,温度高 ,属暖云降水。

5 小 结

- 5.1 高原低槽型大气层结稳定 ,系统移动缓慢 ,降水强度小 ,时间长 ,范围大 ,是进行飞机人工增雨的理想天气系统。
- 5.2 西南气流型飞机人工增雨应选择在降水开始以后云层转入稳定时进行。
- 5.3 平直气流型云系河东在春秋季节以低云为主 ,夏季低云、中云形成深厚云层 ,大气层结稳定。增雨作业区域为兰州以东为主。
- 5.4 西北气流型飞机人工增雨时要选择冷锋后部及时作业 ,增雨区域以陇东、南部为主。
- 5.5 北部低槽型应选择槽后及时进行飞机人工增雨作业。

参考文献 :

[1] 梁潇云 ,钱正安 ,李万元.青藏高原东部牧区雪灾的环流型及水汽场分析[J].高原气象,2002,21(4):359-361.
[2] 王强 ,李宗义 ,倾继祖 ,等.西北区东部 6-9 月大雨短期预报支持系统[J].甘肃气象,1992,(2):8-9.
[3] 李宗义 ,杨建才 ,牛喜梅.西北地区连阴雨天气分析[J].甘肃气象,1996,14(2):5-6.

The Weather System Types of Aircraft Artificial Precipitation Enhancement and Weather Characteristics in Gansu Province

LI Zong-yi¹ ,PANG Chao-yun²

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory , Lanzhou 730020 ,China ;
2. Gansu Weather Modification Office , Lanzhou 730020 ,China)

Abstract :Using the data of 116 times ' samples of aircraft artificial precipitation enhancement operation from 2000 to 2003 (March to October) ,and based on the real time data at 500hPa at 08:00 ,five weather types which benefit aircraft artificial precipitation enhancement were obtained according to different path of the cold current invading Gansu province :plateau low trough , southwest air current , straight fluctuant , northwest air current and northern low trough.

Key words : aircraft artificial precipitation enhancement ; weather system types ; weather characteristic