

文章编号:1006 - 7639(2003) - 04 - 0041 - 04

# 甘肃春末夏初飞机人工增雨天气系统分型

王劲松<sup>1</sup>, 王 璠<sup>2</sup>, 李宝梓<sup>3</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省庆阳市气象局, 甘肃 西峰 745000;  
3. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020)

**摘要:**利用甘肃省 1991~2002 年飞机人工增雨作业资料,对春末夏初飞机人工增雨作业状况进行了统计分析;按照甘肃省的天气系统特征,利用探空资料,根据自动化“判别模型”的判别,得出甘肃降水的高空环流可分为三种类型:平直多波动型、西南气流型和西北气流型,其中降水类型以平直多波动型为多见。通过“判别模型”对飞机人工增雨天气系统的分型,结果表明,飞机人工增雨作业的主要天气类型首先为平直多波动型,其次为西南气流型。

**关键词:**飞机人工增雨;春末夏初;天气系统分型

**中图分类号:** P481

**文献标识码:** B

## 引言

甘肃省深居内陆,处于我国东部季风区、西北干旱区和高原气候区三大气候带的交汇区<sup>[1]</sup>,属中纬度的干旱半干旱区,年降水量少,雨季相对集中,降水年变率大。干旱是最基本的气候特点,旱灾是最主要的自然灾害。干旱缺水严重制约着甘肃经济的发展,尤其是工农业生产的发展。因此,对甘肃省水资源的研究具有十分现实的意义。

长期以来,人们仅把水资源的研究集中到了地表水(河川、湖泊、水库等水域)和地下水。实质上,地表水和地下水都是来自天空云体的各种降水,若要从根本上解决旱灾及水资源问题,必须要重视天空水这一资源<sup>[2]</sup>。而人工增雨正是开发利用空中云水资源、增加自然降水的有效手段。

根据甘肃省的自然地理概况和气候状况,一般以乌鞘岭为界,其以西地区是灌溉农业区;其以东地区则是雨养农业区。在灌溉农业区,主要的水资源来自其境内的三条内陆河<sup>[3]</sup>。而在雨养农业区,尤其在陇中(含白银、兰州、定西和临夏)、陇东的雨养农业区,如果仅靠自然降水来满足农业生产的需求是远远不够的,那么如何利用人工增雨这一有效手段来尽可能地满足农作物对降水的需求?这就使得

人工增雨的意义显得尤为重要。另一方面,春末夏初正值北方冬小麦的乳熟-收割期,春小麦正处在拔节灌浆期,降水对当年农业的丰欠至关重要。因此,选择春末夏初这一时期来讨论人工增雨问题具有十分重要的现实意义。

由于人工增雨作业总是在一定的天气条件下进行的,即只有在适宜的天气条件下才有可能收到好的效果。为了避免盲目性,提高作业效果,通过对甘肃省自然降水天气系统类型的研究,结合所进行的人工增雨作业,归纳总结出不同类型的降水天气形势特征及其人工增雨作业情况是十分必要的。考虑到甘肃春末夏初降水云系主要以层状云或层积混合云系为主,且这两种云系是适合飞机人工增雨作业的降水云系,所以在本文的讨论中,对人工增雨作业次数的统计是以飞机人工增雨作业的次数来进行的,不包括高炮、焰弹方式的作业次数。

## 1 春末夏初飞机人工增雨作业概况

对甘肃省 1991~2002 年春末夏初飞机人工增雨作业次数进行了统计分析,结果表明,在这 12a 的春末夏初中,总共有 235 架次的飞机人工增雨作业。

收稿日期:2003-08-28;改回日期:2003-11-17

基金项目:甘肃省气象局课题“甘肃省和黄河上游云水资源与人工增雨潜力研究”之第 3 子专题“空中云水资源与人工增雨潜力数值模拟”资助

作者简介:王劲松(1968-),女,贵州凯里人,副研究员,从事数值预报和干旱气候研究。

考虑在同一天内,天气系统的类型变化很小,因此在本文的讨论中,规定在同一天内无论飞机在增雨作业过程中飞行了几架次,均视为 1 架次来统计。按照如上的规定,首先对 235 架次的飞机人工增雨作业进行普查,发现同一天作业次数最多的达 3 架次;然后经过筛选,确定出 190 架次的飞机人工增雨作业为研究对象;最后分别对这些个例进行分类并确定其天气类型。

## 2 春末夏初降水天气系统分型

### 2.1 分型判别模型的建立和解读

分型判别模型是在查阅了 1980~2000 年高空、地面天气图的基础上建立起来的。根据甘肃省各个季节的不同天气特点,选择了不同的分型指标站,并在分型设计中借鉴了预报员的工作经验,给出了不同的分型规则。

按照大气运动的基本规律,结合影响甘肃省天气系统环流背景,指标站点选择在  $30 \sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $85 \sim 110^{\circ}\text{E}$  这一关键天气区域内。在关键区范围内再沿南北方向由北至南划分出纬度不同的三块区域,分别命名为“北部判据区”、“中部判据区”和“南部判据区”。其中,“北部判据区”指  $43 \sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $85 \sim 110^{\circ}\text{E}$  范围,“中部判据区”指  $36 \sim 43^{\circ}\text{N}$ 、 $85 \sim 110^{\circ}\text{E}$  范围,“南部判据区”指  $30 \sim 36^{\circ}\text{N}$ 、 $85 \sim 110^{\circ}\text{E}$  范围;在各判据区内再由西向东逐步判别。其中,“北部判据区”的判别结果代表了冷空气的活动强弱;“中部判据区”的判别结果代表了高空的冷空气沿西风气流东移后对甘肃中东部造成的影响;“南部判据区”的判别结果代表了西南气流的强弱。为了便于分析,利用 Fortrant Powerstation 4.0 和 Visual Basic 6.0 编制了“基于 micaps 系统上的天气分型处理分析系统”,实现了预报对象自动入库、因子选取、数据处理、分型结果及图像生成输出的一体化、可视化、自动化,该软件可以对任意时次的高空资料进行数据处理、环流分型和各个层次的天气图表显示输出。

判别模型的入口资料为中国气象局下发的探空报文资料,首先由计算机对规定站点的报文进行自动识别,如果发现规定站点上的报文资料空漏,将自动启用插补资料的功能模块。插补资料采用的是有限元 Ritz - Galerkin 方法<sup>[4]</sup>,将一个连续区域的问题离散化为一个代数问题,利用变分方法进行求解,然后再进行分型判别,最后给出天气系统的高空分布形式。

### 2.2 分型结果及其特征描述

普查甘肃 1991~2002 年有降水的天气过程,普查标准规定为:出现 3 站的 24h(北京时 20~20 时)降水量  $> 5\text{mm}$ ,确定为一个降水过程的个例。经普查,12a 的春末夏初期间达到上述普查标准的降水个例共为 672 次;在利用探空资料和判别模型,对上述个例进行天气系统分型后,得到春末夏初降水天气系统的主要类型为 3 种:平直多波动型、西南气流型和西北气流型,其所占的百分比分别为 44%、40%和 16%。下面给出各类型的天气特征描述和相应的图形示意。

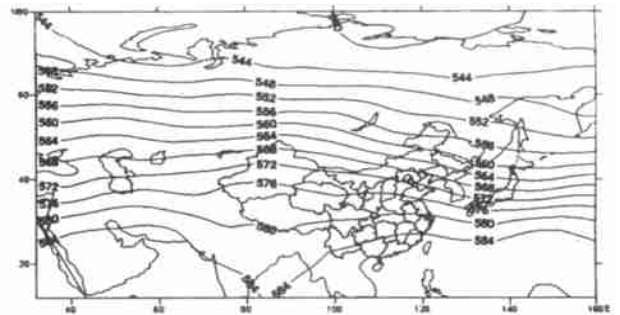


图 1 平直多波动型天气 500hPa 平均环流示意图

Fig. 1 The sketch map of average circulation at 500hPa based on straight but some fluctuant air current weather system

#### 2.2.1 平直多波动型

平直多波动型天气的主要特征是:东亚 500hPa 中纬度盛行一支比较平直西风环流,多中短波槽东移。直接造成降水的影响系统,一是来自蒙古西南部和河西走廊并向东南方向移动的低槽和冷锋。500hPa 槽前的西南气流,从  $30^{\circ}\text{N}$  一直到达  $40^{\circ}\text{N}$ ,甘肃省东部地区受到河西低槽的槽前影响。对流层中、下部的西南和偏南气流,将云贵高原和四川盆地等南方内陆的潮湿气团,向北输送到西北地区东部,并形成辐合上升运动;二是来自新疆南部经青海省柴达木盆地,向东移动的比较清楚的低槽和冷锋。柴达木盆地的降水天气在东移的过程中,到了甘肃省中部地区一带以后,也会发展和加强(图 1)。从降水性质来看,此种类型的天气形势在春末夏初的平均干旱时段,一般能造成颇为可观的、平均为中雨的降水。

#### 2.2.2 西南气流型

西南气流型天气的主要特征是:东亚 500hPa 中纬度的  $105^{\circ}\text{E}$  以西的高度,较以东同纬度地区,显著偏低。河西走廊到青藏高原中部,为造成降水的影响槽所在,河套及以东以南地区,为偏东北-西南向的副热带高压脊控制。在槽前脊后,从青藏高原

东南部到河套一带,有一支南北纬度跨度很大的强劲的暖湿西南气流(图 2)。从降水性质来看,此种类型的天气形势是产生区域性大降水的典型形势,往往雨区范围大、且在甘肃省中部和以西地区停留时间长。

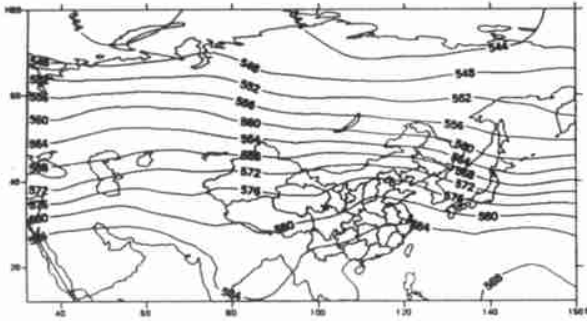


图 2 西南气流型天气 500hPa 平均基本流型示意图

Fig. 2 The sketch map of average circulation at 500hPa based on southwest air current weather system

### 2.2.3 西北气流型

西北气流型天气的环流特征与西南气流型天气大体上相反,对西北地区来说,主要表现为环流呈现东低西高的形式。105<sup>°</sup>E 以西地区的高度场的值较高,甘肃大部分地区处于西北气流的控制下(图 3)。从降水性质来看,此种类型的天气形势产生的降水范围小,且一般为小到中雨。

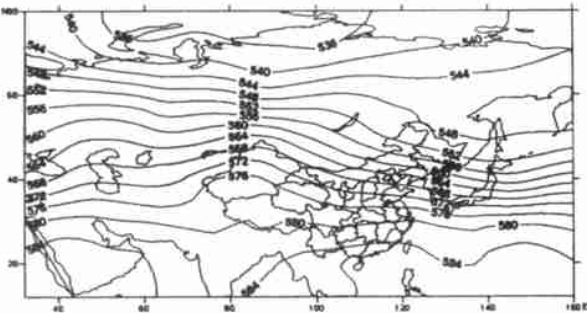


图 3 西北气流型天气 500hPa 平均基本流型示意图

Fig. 3 The sketch map of average circulation at 500hPa based on northwest air current weather system

## 3 飞机人工增雨作业与降水天气系统的统计关系

利用判别模型对筛选出的 190 架次的飞机人工增雨作业进行了分类见表 1。

从表中可知,在各类天气系统中平直多波动型天气的作业架次最多,为 83 例,占总架次的 44%。西南气流型天气为 80 例,占总架次的 42%。西北气流型天气仅为 27 例。可见,对西北气流型天气的

作业次数非常少,在 1991~2002 年的 12a 间,其春

表 1 飞机人工增雨作业天气系统统计结果

Tab. 1 The statistic result of weather system of aircraft artificial precipitation enhancement operation

	4 月	5 月	6 月	7 月	合计/(次)	百分率/(%)
平直多波动型	19	32	13	19	83	44
西南气流型	13	26	22	19	80	42
西北气流型	12	4	6	5	27	14

末夏初的作业架次仅占整个春末夏初作业架次的 14%。用该结果与文中 2.2 节得到的统计数据对比,可知利用飞机人工增雨作业次数和利用降水天气日数得到的分型结果差别不大,即利用飞机人工增雨作业次数来进行天气分型对该文的结果影响很小。

在整个春末夏初时段,平直多波动型天气的作业架次与西南气流型天气的作业架次相当,不过前者略多,但进一步分析可以发现,并不是整个春末夏初时段中的每一个时期,都是平直多波动型天气的作业架次多于西南气流型天气的作业架次,分析表明,4、5 月,平直多波动型天气的作业架次较西南气流型天气的多;而 6、7 月,西南气流型天气的作业架次较平直多波动型天气的多。出现这一现象的原因与仅从天气学的角度来分析得到的结论是相吻合的,因为 4、5 月为从冬季到夏季的过渡季节,大气环流处于调整阶段,这时,对流层中低层多短波系统活动,对应平直多波动型天气的降水形势。而 6、7 月,大气环流基本稳定,加之副热带高压的影响,使得到达甘肃省中东部的西南气流比较活跃,对应西南气流型天气的降水形势。从上面的分析可看出,平直多波动型和西南气流型是飞机增雨作业的主要天气类型。

## 4 结 论

根据甘肃的天气系统特征,利用一个自动化的“判别模型”对该区域春末夏初的降水系统进行了分型,并结合该时段的人工增雨作业架次,通过统计分析得出如下结论。

4.1 甘肃春末夏初降水的高空环流分为 3 种类型:平直多波动型、西南气流型和西北气流型,其中降水类型以平直多波动型为最多。

4.2 甘肃省飞机人工增雨作业,在春末夏初,以平直多波动型和西南气流型为主,且 4、5 月以平直多波动型较多,6、7 月以西南气流型较多。

## 参考文献:

- [1] 李栋梁,刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京:气象出版社,2000.1-2.
- [2] 王昂生,黄美元. 旱灾、天空水资源开发及人工降水研究[J]. 地理学与四化建设,1990,(3):58-62.
- [3] 王劲松,冯建英. 甘肃省河西地区径流量干旱指数初探[J]. 气象,2000,26(6):3-7.
- [4] 苏煜城,吴启光. 偏微分方程数值解法[M]. 北京:气象出版社,1992.282-298.

## The Weather System Types of Aircraft Artificial Precipitation Enhancement in Late Spring and Early Summer in Gansu Province

WANG Jin - song<sup>1</sup>, WANG Jin<sup>2</sup>, LI Bao - zi<sup>3</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Qingyang Meteorological Bureau, Xifeng 745000, Gansu, China; 3. Gansu Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Using the data of aircraft artificial precipitation enhancement operation from 1991 to 2002 in Gansu province, the situation of it was analyzed statistically in late spring and early summer. According to the characteristic of weather system of Gansu, making use of sounding data and basing 'discriminant model', we can educe three types of high-level circulation of precipitation. These types were straight but some fluctuant, southwest and northwest air current weather system, respectively. Among the types, the straight but some fluctuant air current weather system emerged more frequently. The types of weather system of aircraft artificial precipitation enhancement operation were sorted by 'discriminant model', result showed that the main type of aircraft artificial precipitation enhancement operation was straight but some fluctuant air current weather system also, and the next type was southwest air current weather system.

**key words** aircraft artificial precipitation enhancement; late spring and early summer; weather system type