

甘肃省秋季飞机人工增雨天气系统分型

王 璘^{1,2} 李宗龔^{1,2} 王劲松¹ 沈治广² 李宝梓³

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

提 要: 为了探讨甘肃秋季人工增雨天气系统的影响特征, 利用甘肃省 1991—2002 年飞机人工增雨作业资料, 对秋季飞机人工增雨作业情况进行了统计分析; 按照甘肃省秋季天气系统特征, 利用探空资料, 建立了甘肃省秋季天气系统自动化“判别模型”, 得出甘肃秋季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主。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为西南气流型和平直多波动型。可为人工增雨作业区域选择和航线设计提供天气气候背景。

关键词: 飞机人工增雨 天气系统分型 航线设计

Weather System Types of Aircraft Artificial Precipitation Enhancement in Autumn in Gansu Province

Wang Jin^{1,2} Li Zongyan^{1,2} Wang Jinsong¹ Shen Zhiguang¹ Li Baozi³

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

Abstract: To investigate features of the autumn weather system over Gansu Province in airplane artificial precipitation enhancement, statistical analysis was conducted, based on the data of airplane artificial precipitation enhancement operations from 1991 to 2002. Meanwhile, discriminant model of the autumn weather system of Gansu was established by utilizing the information of sounding data and the autumn weather system features. The results show that upper air circulation of the autumn precipitation in Gansu can be divided into three categories i. e. straight and fluctuant flow pattern, southwest flow pattern and northwest flow pattern. Among those patterns, the straight and fluctuant flow pattern occurred more frequently than other two patterns.

国家科技攻关重大项目“西部开发科技行动”之“祁连山空中云水资源开发利用研究”子专题“云物理特征数值模拟及催化效果的模拟检验”(2004BA901A16-02-02)

收稿日期: 2005 年 11 月 22 日; 修定稿日期: 2006 年 6 月 12 日

The results indicate that southwest and straight yet fluctuant flow patterns are suitable for aircraft artificial precipitation enhancement operation. The results can be used for choosing the seeding area and designing flight course in the artificial precipitation enhancement operation.

Key Words: aircraft artificial precipitation enhancement autumn weather system pattern

引 言

甘肃省地处欧亚大陆腹地,是我国东部季风区、西北干旱区和高原气候区三大气候带的交汇区^[1],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。

水资源是大气降水、地面水和地下水的总称。其中大气降水不但在全球水循环中起了关键性作用,而且降水的多少基本上决定了当地水资源的丰富与匮乏^[2]。因此,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^[3]。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。

在开展秋季人工增雨、增加土壤贮水量、改善次年春季作物生长状态、提高人工增雨效益等方面已有较深入的综合分析^[4]。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。而在雨养农业区,如何利用人工增雨增加大气降水,满足农作物对降水的需求,显得尤为重要,加之,秋季是甘肃省冬麦区全生育期(9月至次年6月)关键降水时段,这个时段降水量的多少不仅是保证冬小麦播种、出苗的重要条件,还关系到土壤蓄水保墒、减轻次年春旱的威胁,对冬麦产量丰歉的影响起着关键作用^[1]。因此,选择秋季这一时期来探讨人工增雨问题具有

十分重要的现实意义。

甘肃秋季降水云系主要以适合飞机人工增雨作业的层状云系为主。因此,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,结合飞机人工增雨作业的情况,归纳总结出不同类型的降水天气形势特征,对实施飞机人工增雨作业是十分必要的。

1 秋季飞机人工增雨作业概况

甘肃省 1991—2002 年秋季飞机人工增雨作业共计 53 架次。考虑在同一天内,天气系统的类型变化很小,因此,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 53 架次的飞机人工增雨作业进行普查,在同一天作业次数最多的达 2 架次;然后经过筛选,确定出 46 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 秋季降水天气系统分型

2.1 判别模型的建立及其处理流程

判别模型是在查阅了 1980—2002 年秋季高空、地面天气图的基础上建立起来的。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 30~50°N、85~110°E 这一关键天气区域内。王劲松等^[5]在此关键天气区域内已经给出了春末夏初降水天气系统分型模式,虽然秋季是夏季向冬季的过渡季节,平均环流仍保持夏

季的一些特征,但在关键区范围内秋季降水天气系统分型判别模式同春末夏初的判别模式相比是不同的,秋季降水天气系统分型判别模式除在 35°N 以南保留了与春末夏初分型模式中相同的“南部判据区”外,还增加了副热带高压的判别模式。在中纬度地区,结合甘肃省的气候特点,沿西北东南方向以甘肃河西的马鬃山、酒泉和青海的西宁为分界线,分为“西部判据区”和“东部判据区”,并增加了“西部判据区”和“东部判据区”之间的位势高度差。“西部判据区”、“东部判据区”的判别结果代表了冷空气沿西风气流东移后对甘肃造成的影响和冷暖气流的变化特征。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^[6],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势。

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:出现大于或等于 3 站的 24h(北京时 20—20 时)降水量大于 5mm,确定为一个降水过程个例。经普查,12 年的秋季期间达到上述普查标准的降水个例共为 285 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秋季降水天气系统的类型为三种: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 60.7%、34.0% 和 5.3%(见表 1)。可以看到,秋季降水主要以平直多波动型为主,且所占的比例相当大。

表 1 秋季降水天气系统分型结果

	9 月	10 月	合计/次	百分率/%
西南气流型	69	28	97	34.0
平直多波动型	87	86	173	60.7
西北气流型	9	6	15	5.3

2.2.1 西南气流型

已有的研究表明,甘肃省秋雨多的年份,降水过程大多以连阴雨方式出现,连阴雨是秋雨的主要降水形式^[7]。连阴雨天气过程是在大范围稳定的环流形势下产生的,一般而言,当西太平洋副热带高压控制我国东部,脊线在 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间,或者华南有一高压单体,其西端达到 $90^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ 时,高压西部的一支持续的西南气流不断输送暖湿空气到高原东北侧,产生连阴雨天气。西南气流型的降水天气类型实质上就是产生甘肃省连阴雨天气的形势(图 1)。同时秋季作为夏季向冬季的过渡季节,随着副热带高压的南撤,使得到达甘肃省中东部的西南暖湿气流在逐渐减弱,这从表 1 也可看出,西南暖湿气流的逐渐减弱,导致了西南气流型的降水个例在减少。

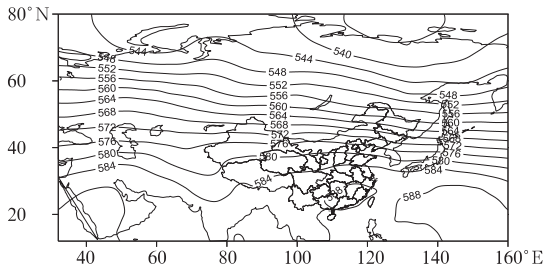


图 1 西南气流型 500hPa 平均环流示意

2.2.2 平直多波动型

分型结果得出,平直多波动型天气是秋

季降水的主要形势,从 500hPa 平均图(图 2)上可以看出,副热带高压北侧的长波波长仍为 50~60 个经度,高压脊线已南退到 20~25°N。东亚西风环流平直,在 40~60°E、70~80°E 分别有中短波槽东移。秋季是夏季风逐渐减弱,并向冬季风的过渡季节,该季节锋面降水较多。直接造成降水的影响系统主要有两个,一是由西向东移动的低槽和冷锋。二是 500hPa 青藏高原中部到西北地区东南部(30~36°N、96~103°E),有时会形成一条东北-西南向或偏东-西向的切变线和冷涡。

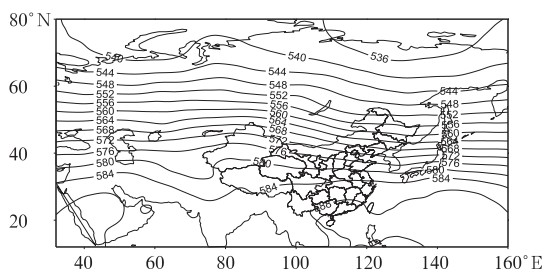


图 2 平直多波动型 500hPa 平均环流示意

2.2.3 西北气流型

西北气流型的降水天气系统在秋季占的比例很小,仅为 5.3%,在这种天气形势下,甘肃大部分地区处于西北气流的控制之下,出现降水的几率很小,降水主要以阵雨或雷阵雨的形式出现。在 500hPa 高空图上产生降水的系统有两个,一是在阿尔泰、哈密以东形成低涡,冷空气沿西北气流下滑,形成降水;二是在高原东部(30~36°N、96~104°E)有低压槽形成,产生降水。再者,前文已经提到,在秋季,由于副热带高压的南撤,使得西南暖湿气流向高原东北侧的输送在减弱,因

此西北气流南下的冷空气和西南暖湿气流交汇的机会在大大减小,从而导致了西北气流型的降水个例也在减少。

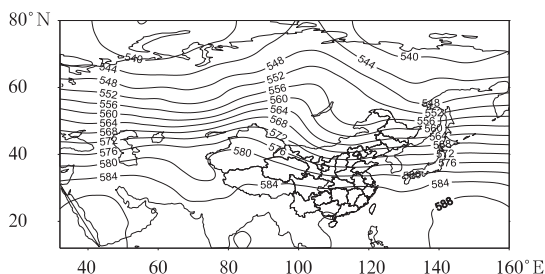


图 3 西北气流型 500hPa 平均环流示意

3 飞机人工增雨作业与降水天气系统的统计关系

利用判别模型分别对 46 架次飞机人工增雨作业相对应的前一日和当日的 500hPa、400hPa 08 时、20 时的高空资料进行了统计分析(见表 2),发现在 500hPa、400hPa 同一天 08 时、20 时的分型结果变化很小,尤其以 400hPa 表现最为显著;在进行飞机增雨的前一天西南气流分型数明显高于增雨当天,尤其以 500hPa 表现最为显著;在各类天气系统中西南气流型的作业架次最多,其次为平直多波动气流型,西北气流型最少。

以作业当天 500hPa 08 时的分型结果为例(见表 3),西南气流型为 27 例,占总架次的 59%;平直多波动气流型为 18 例,占总架次的 39%;西北气流型仅为 1 例,占总架次的 2%。由此可见,西北气流型的作业次数非常少,仅 1 例。

表 2 飞机人工增雨作业天气系统 500hPa、400hPa 分型统计结果

	08 时				20 时			
	500hPa		400hPa		500hPa		400hPa	
	前一天	当天	前一天	当天	前一天	当天	前一天	当天
西南气流型	30	27	26	27	29	26	27	28
平直多波动型	15	18	17	16	16	19	16	15
西北气流型	1	1	1	1	1	1	3	2

表 3 飞机人工增雨作业天气系统统计结果

	9 月	10 月	合计/次	百分率/%
西南气流型	20	7	27	59
平直多波动型	9	9	18	39
西北气流型	0	1	1	2

通过对 46 架次飞机人工增雨作业资料和甘肃省 81 个地面站的 24 小时降水资料对比分析,发现在 27 例西南气流型增雨个例中,作业区出现中雨(有 5 站以上降水量大于 10 毫米)以上的天气过程有 17 例;在 18 例平直多波动气流型增雨个例中,甘肃河西地区未出现降水天气过程,其它地区的降水量均以小雨为主,降水量由西北向东南递增;在 1 例西北气流型增雨个例中,降水以阵雨或雷阵雨的形式出现,且分布极不均匀。

4 结 语

根据甘肃的天气系统特征,建立了甘肃省秋季天气系统自动化“判别模型”,通过对甘肃省秋季天气系统分型判别,并结合相应时段的人工增雨作业架次和降水实况资料进行统计分析得出如下结论:

(1) 甘肃秋季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。

(2) 甘肃省秋季的飞机人工增雨作业,以西南气流型和平直多波动型为主,尤其以西南气流型增雨作业次数最多。

(3) 甘肃省河西年降水量少,在秋季多选择西南气流天气型实施飞机人工增雨作业。

(4) 在平直多波动天气型下,飞机人工增雨作业应以甘肃的陇中、陇东及其南部为选择区域和飞行航线。

(5) 在西北气流与西南气流辐合天气型下,实施飞机人工增雨作业,有待进一步探讨。

参考文献

[1] 李栋梁,刘德祥. 甘肃气候[M]. 北京:气象出版社, 2000:1-34.

[2] 许晨海,姚展予,陈进强. 黄河上游降水的时空变化及其环流特征[J]. 气象,2004,30(11):51-54.

[3] 王昂生,黄美元. 旱灾、天空水资源开发及人工降水研究[J]. 地学与四化建设,1990,(3):58-62.

[4] 常有奎. 青海湖环湖地区秋季人工增雨的综合效果分析[J]. 气象,2005,31(2):43-47.

[5] 王劲松,王璵,李宝梓. 甘肃春末夏初飞机人工增雨天气系统分型[J]. 干旱气象,2003,21(4):41-44.

[6] 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.

[7] 白肇烨,徐国昌. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1991:147-150.