

文章编号:1006-7639(2005)-01-0084-06

近 13 a 影响甘肃省夏季旱涝因子的几点思考

林 纾¹,徐启运²

(1. 兰州中心气象台,甘肃 兰州 730020;2. 甘肃省气象局,甘肃 兰州 730020)

摘 要:给出了 1991 年以来甘肃省夏季降水的实况和预测评估,对甘肃省夏季降水的影响因子作了多方面的分析和思考,指出对甘肃省汛期预测影响较大的因子是北半球极涡活动、太平洋海温、西太平洋副热带高压、夏季登陆的热带风暴数、越赤道气流与季风、夏季东亚地区阻塞高压等;西太平洋副热带高压的影响,最重要的是其阶段性的综合演变特征;夏季高原高度场持续偏高的态势已经削弱了它的信号作用;太阳活动对甘肃省夏季旱涝的影响比较复杂,不能一概而论。

关键词:甘肃省;夏季降水;预测;影响因子

中图分类号:P457.6

文献标识码:A

引 言

甘肃省夏季(6~8月,下同)降水一般占年降水的 $1/2 \sim 2/3$ ^[1],大雨以上强度的大范围降水也多发生在这个时段内,所以夏季降水的趋势预测在为各级部门的决策服务工作中起着举足轻重的作用。为了更好地发挥国家气候中心的业务指导作用,国家气候中心每年4月初和6月末都将专门举行全国夏季和盛夏降水趋势预测会商会,目的就是集思广益,提高我国夏季降水预测水平。尽管许多业务人员、研究人员为夏季降水预测付出了长期艰辛的劳动,但由于影响夏季降水的因子异常复杂,同时又受到短期气候预测技术发展水平的限制,使我国每年夏季仍有部分地方的气候异常难以准确地预测。文中将针对甘肃1990年以来夏季降水的预测水平、主要气候影响因子的特性进行综合分析评估,得到了有益于甘肃省夏季降水气候趋势预测的结果。

1 资料与方法

1.1 资 料

甘肃省敦煌、酒泉、张掖、武威、靖远、兰州、临

夏、临洮、定西、岷县、合作、天水、武都、平凉、西峰、环县等16个预测代表站,1991~2003年夏季降水的实况资料由兰州中心气象台提供,74个环流特征量、阻高指数、北半球500 hPa和海温资料来自国家气候中心。

1.2 方 法

根据中国气象局颁布的《重要天气预报质量评定办法》中,6级评分制降水趋势预测用语及各等级划分标准(表1),计算定性评分核查标准评估量 P_s 。预测与实况符号相符为正确,预测与实况符号不符只允许跨1个量级算正确,预测与实况跨2个量级的为不正确。如果预测偏多(少)或特多(少),实况也为偏多(少)或特多(少),则奖励一个权重系数。

预报定性评分 P_s 可表示为:

$$P_s = \frac{N_0 + N_1 + N_2}{N} \times 100\%$$

式中, P_s 为预报定性评分, N 为参加评分的总站数, N_0 为预报与实况的距平符号相同的站数以及预报与实况虽然距平符号不同,但都属略多、略少级的站数; N_1 为偏多(少)异常预报正确的站数, N_2 为特多(少)异常预报正确的站数。

将16个站分成5片,分别是河西片(敦煌、酒

收稿日期:2005-01-07;改回日期:2005-02-17

基金项目:国家自然科学基金(40475031),国家科技攻关计划“西部开发科技行动”重大项目(2004BA901A16),甘肃省科技厅项目(GS012-A45-118)共同资助

作者简介:林纾(1964-),女,福建福州人,高级工程师,主要从事短期气候预测业务及其相关方面的研究工作。

泉、张掖、武威)、中部片(靖远、兰州、临夏、临洮、定西)、甘岷片(岷县、合作)、陇南片(天水、武都)、陇东片(平凉、西峰、环县),每片作算术平均,与该片 1971~2000 年算术平均的 30 a 均值计算降水距平百分率。

表 1 6 级评分制降水趋势预测用语及各等级划分标准

Tab.1 The diction of forecast precipitation in six step grade and division standard of grade

预测用语	距平百分率
特少	$-\Delta R \leq -50$
偏少	$50 < \Delta R \leq -20$
略少	$-20 < \Delta R < 0$
略多	$0 \leq \Delta R < 20$
偏多	$20 \leq \Delta R < 50$
特多	$50 \leq \Delta R$

2 1991 年以来甘肃省夏季降水分布

1991 年以来,甘肃省夏季降水大致分为 5 种情况:

①全省偏少——5 片均为负距平,有 1991、1997、2000 和 2001 年,概率为 30.8%;

②全省偏多——5 片均为正距平,仅有 1995 年,概率为 7.6%;

③全省接近常年——多、少在 2 成以内,有 1994 和 1998 年,概率为 15.4%;

④全省大部正常偏少——3 片偏少、2 片在偏多 2 成以内,有 1999 和 2002 年,概率为 15.4%;

⑤全省大部偏多——4 片偏多、1 片偏少,有 1992、1993、1996 和 2003 年,概率为 30.8%。

分析表明,20 世纪 90 年代以来,甘肃夏季降水以全省偏少和全省大部偏多的概率最大,各占 31%,全省偏多的概率最小,约为 8%。由表 2 也可以看到,就各片降水特征而言,中部降水略偏多的概率最大,8 a 占 61.5%,甘岷和陇东次之,5 a 占 38.5%;河西偏少的概率最大,7 a 占 53.8%,甘岷次之,4 a 占 30.8%,略偏少的概率河东均为 3 a,占 23.1%。中部、甘岷、河西出现 2 成以上降水的概率较小,其中中部在 13 a 中夏季未出现过偏多量级以上的降水,甘岷未出现过特多量级的降水。陇南片比较特殊,6 个量级的降水概率相差无几。虽然甘肃省是典型的干旱和半干旱地区,但除陇南外,其它地区夏季均未出现过降水特少的情况。

图 1 中给出了甘肃 5 片近 13 a 来的降水演变

曲线,在图中可以看到,1991~1996 年甘肃省夏季降水以偏多为主,1997 年至今则以偏少的气候年际变化为主。中部的降水变率较小,大多数年份在正常范围内摆动;河西和陇南的降水变率最大。在 20 世纪 90 年代中前期、90 年代末到现在河西降水与河东相反,但总体来看,河东与河西降水的反位相趋势并不明显。

表 2 各片降水特征(年/片)

Tab.2 The precipitation character in every area (years/area)

降水特征	河西	中部	甘岷	陇东	陇南
特少	0	0	0	0	2
偏少	7	2	4	2	3
略少	1	3	3	3	3
略多	3	8	5	5	2
偏多	1	0	1	2	2
特多	1	0	0	1	1

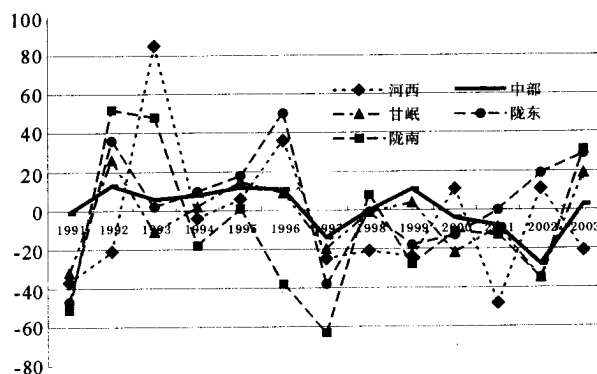


图 1 甘肃 5 个区域近 13 a 夏季降水距平百分率 (%) 演变曲线

Fig.1 The evolvement of precipitation anomalies over five areas of Gansu province in recent 13 years in summer

3 20 世纪 90 年代以来甘肃省夏季降水预测评估

图 2 中显示出甘肃省夏季各月近 13 a 来的预报定性评分 P_s 演变曲线,可以得到以下几点结论:

(1) 甘肃省夏季降水预测评分呈现波动上升的趋势,尤其 1999 年以来逐年稳步上升,13 a 中 $P_s \geq 60\%$ 的有 12 a,占 92%;夏季最高的 P_s 是 2003 年,为 100%;最差的是 1992 年,为 55%。

(2) 6、7、8 月最高的 P_s 分别为 81%、88%、93%,最差的 P_s 分别为 33%、19%、53%。

(3) 6、7、8 月和夏季平均 P_s 分别为 59%、66%、

68%和 82%。其中,13 a 中 6~8 月平均 P_s 最高是 2002 年,为 87%,最差的是 2000 年,为 40%。

(4) 各月 P_s 以 6 月最差,7、8 月相对较高,夏季预测 P_s 最好。这种预测评分的起伏变化与 6 月正是甘肃春夏大气环流转换多变,而夏季降水的基数大、降水变率相对较小有关。

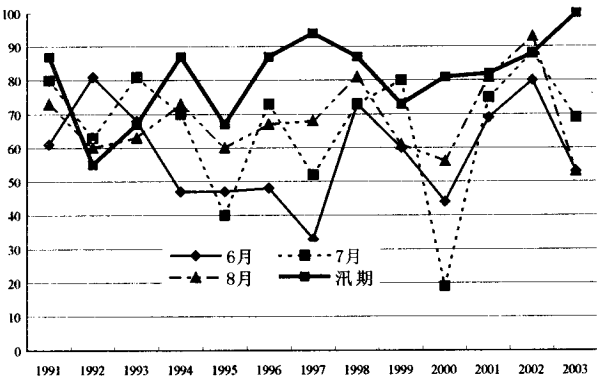


图 2 甘肃省夏季及各月近 13 a P_s (%) 曲线 图中加粗数字为每年 6、7、8 月平均 P_s)

Fig.2 The P_s curve of Jun, Jul, Aug and summer in Gansu province in recent 13 years
(Overstriking number is average P_s of Jun, Jul, Aug. in every year)

4 影响甘肃省夏季旱涝因子的综合评估

4.1 海 温

甘肃省夏季降水与太平洋海温有着密切的关联。李耀辉等^[2]的研究表明,无论降水还是气温,夏季青藏高原东侧地区是对 ENSO 影响反映最强烈的区域;朱炳瑗、李栋梁^[3~4]的研究显示西北地区东部在厄尔尼诺事件当年 3~9 月降水明显偏少,次年降水明显偏多。1991 年以来,有 5 次强度不等的厄尔尼诺事件,它们是 1991 年 5 月~1992 年 7 月(强)、1993 年 3 月~1993 年 11 月(中)、1994 年 9 月~1995 年 2 月(弱)、1997 年 5 月~1998 年 6 月(极强)和 2002 年 5 月~2003 年 3 月(弱);2 次拉尼娜事件,1995 年 9 月~1996 年 4 月(弱)、1998 年 12 月~2000 年 4 月(强)^[5~6]。经过对比分析,仅 1993 年夏季降水与研究结果不符,其它年份海温对甘肃省夏季降水的影响基本与学者的研究一致,占 80%,可见海温是甘肃省夏季降水预测的一个强信号。预测实践表明,一般在厄尔尼诺或拉尼娜事件发生年和次年对甘肃省夏季降水预测的指示性最

好,但在海温维持正常状态时,它的影响就存在着许多不确定性。

1993 年 4 月开始了一次新的 ENSO 事件,从预测的角度,我省夏季降水以偏少为主,实况却是全省以偏多为主。究其原因是 1993 年夏季越赤道气流总量却比常年偏强,居历史第三位^[7],根据研究越赤道气流偏强对西北地区的降水是十分有利的^[8],而统计的结果表明,ENSO 事件的年份越赤道气流总量比常年明显偏弱,1993 年则属于特殊的年份。对于地处内陆的甘肃省,充沛的水汽如果能够到达,造成较多降水就不足为奇了。

4.2 西太平洋副热带高压

表 3 给出了西太平洋副热带高压强度、北界、西伸脊点 6~8 月的距平及其与甘肃省夏季降水的对比,可以看到自 1991 年以来,西太平洋副热带高压强度有 5 个演变阶段:1992~1995、1998 年和 2003 年强度明显偏强,1991、1996~1997、1999~2002 年正常偏弱。

表 3 夏季副高状况与甘肃夏季降水

Tab.3 The subtropical high and precipitation in Gansu province in summer

	强度 (gpm)	北界 (°N)	西伸脊点 (°E)	甘肃降水
1991	12	-1	3	全省偏少
1992	21	2	2	全省偏多
1993	27	-1	-17	全省偏多
1994	41	3	-10	全省接近常年
1995	57	0	-20	全省偏多
1996	-1	-1	-15	全省大部偏多
1997	-12	-1	-5	全省偏少
1998	45	0	-23	全省接近常年
1999	-22	3	13	全省大部正常偏少
2000	-26	2	12	全省偏少
2001	-13	1	-2	全省偏少
2002	-1	-3	-2	全省大部正常偏少
2003	31	0	-20	全省大部偏多

副高北界 1991 年以来大体分为 4 个阶段,1991~1995、1999~2000 年 6、7 月略偏南,8 月明显偏北,1996~1998 年夏季略偏南,2002~2003 年 6、7 月偏南,8 月偏北。

副高西伸脊点也大体分为 4 个阶段,1991~1992 年 6、7、8 月逐渐东退,8 月明显偏东,1993~1998 年明显偏西,1999~2000 年偏东,2001~2003

年又偏西,尤其 2003 年显著偏西。

在表 3 中我们可以得出副高异常偏强(平均强度 ≥ 27)且明显偏西(夏季偏西 10 个经度以上)时,甘肃省夏季降水接近常年或偏多,如 1993、1994、1995、1998 和 2003 年;副高异常偏弱(平均强度 ≤ -12)时,甘肃省夏季降水以少为主,如 1997、1999、2000 和 2001 年,准确率近 70%。根据预测经验,副高阶段性的综合演变特征非常重要,它决定着甘肃省对应时段的气候状况。夏季副高的变化是多样的,其强度、面积、西伸脊点和北界的变化并不同步,某月的异常状况可能会影响对夏季副高状况的评估。以 1991 年夏季为例,6、7 月副高显著偏强偏西,全省降水偏少——与上述判别标准相反;8 月副高明显偏弱东退,全省降水偏少——与上述判别标准一致;但由于 8 月副高东退的幅度大于 6、7 月偏西的幅度,8 月副高偏弱的程度小于 6、7 月偏强的程度,所以夏季副高总趋势为偏强、偏东。同是 6、7 月副高偏强、偏西但程度略有差别,对应 1991 年和 1996 年同期我省的降水却大相径庭。在亚欧 500 hPa 高度平均和距平合成图上看到(图略),2 a 中低纬度特征非常相似,从东欧到整个西伯利亚地区为一个高正距平带,中纬度正距平值略小,惟一的差别在高纬度,1991 年极涡偏弱而 1996 年极涡明显偏强。所以副高只是影响我省汛期降水的一个重要因素,在同等条件下,由于其它因素的影响降水结果会不尽相同。

4.3 高原高度场

已有的研究表明,青藏高原高度场偏高时,西太平洋地区位势高度也偏高,有利于西太平洋高压西伸北抬,有利于我国北方降水^[2]。近 13 a 来,青藏高原高度场均为偏高的状态,实况是 I 类雨型仅有 3 a,北方大部 20 世纪 90 年代夏季降水偏少。所以,夏季高原高度场持续偏高的态势,已经削弱了它对甘肃省夏季降水的信号作用。

4.4 中高纬度的阻塞高压

中纬度 500 hPa 高度,夏季东亚地区阻塞高压是影响我国夏季降水、旱涝的主要环流系统之一,东亚地区阻高的持续发展是造成我国出现 III 类雨型的主要原因之一^[9]。由鄂霍次克海、贝加尔湖、乌拉尔山 3 个区域的阻高指数分析可以看到(表 4),1997 年以前,大多数年份出现阻高的次数相对较少,平均每季出现 2.4 次,1998 年后,阻高出现较频繁,平均每季出现 4.5 次。由此可见,阻高出现的频率与甘肃

省夏季降水大体呈反位相,这也与我国夏季出现 III 类雨型时,西北地区降水以少为主的结论一致。

表 4 3 个关键区夏季阻高出现的频次

Tab.4 The frequency of blocking high over three key areas in summer

	乌山	贝湖	鄂海	合计
1991	1	2	0	3
1992	0	0	1	1
1993	0	1	1	2
1994	0	1	0	1
1995	0	1	1	2
1996	3	1	1	5
1997	3	0	0	3
1998	3	2	3	8
1999	0	1	0	2
2000	1	1	0	3
2001	0	2	2	4
2002	1	2	1	4
2003	2	2	2	6

4.5 越赤道气流与季风

有学者把越赤道气流分为 3 类,其中有 2 类都与西北地区东部夏季降水呈正相关,表明越赤道气流与西北地区东部降水关系密切,不仅如此,还与越赤道气流的位置和强度有关,其偏强、偏西时,夏季雨带易偏北,利于北方降水。对照分析时间段内,越赤道气流强(弱),甘肃省夏季降水多(少)的概率为 61.5%,另有 2 a 越赤道气流虽然强但位置偏东,甘肃省降水少。

季风对西北地区夏季降水的影响许多学者也做了大量研究^[9~10],但每年夏季不同区域的季风强弱对西北降水的影响不尽相同。统计 13 a 的季风影响,东亚季风和南亚季风强(弱),降水多(少)的正相关影响占 54%~61%,但两者每年的强弱并不一致,所以季风对西北地区降水的影响是综合的产物,还有许多工作可以做。

4.6 太阳活动

董安祥等^[11]指出,在太阳活动低值年或谷年易旱。1991~2003 年期间,太阳活动基本为一个周期。1991 年和 2002 年均为 M+2 年,前者全省降水偏少,后者陇东、河西降水偏多,其它地方偏少;1996 是 M 年,全省降水偏多。1991~1996 年是太阳活动由高值向低值年过渡的年份,期间甘肃省降水偏多;1996~2000 年是太阳活动由低值向高值年过渡

的年份,期间甘肃省降水偏少,但这一个太阳活动周期内降水的表现,并不能够代表太阳活动的全面影响。所以太阳活动对甘肃省夏季旱涝的影响比较复杂,不能一概而论。

4.7 北半球极涡

北半球极涡中心强度在 1992~1997 年间基本处在一个偏强的背景下,1998 年后开始偏弱,尤其 1998 年特弱,2003 年又开始转强。这与甘肃省夏季降水分布有较好的对应关系,北半球极涡偏强的阶段,甘肃省夏季降水以正常偏多为主,反之,夏季降水偏少,准确率达 85%。下面分析反例的 2002 年极涡及其影响:极涡 6~8 月有由正常到偏强的过程,夏季总趋势偏强;我省夏季分月降水,6 月除陇南略少外,其它地方特多,7、8 月普遍偏少,夏季总量河西、陇东略多,其余地方偏少 3 成以上。在 2002 年夏季 500 hPa 高度平均和距平图上,亚欧呈两槽两脊分布,我省上空由脊控制且偏强,东欧到东亚呈明显的东高西低型,负中心在西伯利亚西北部,正中心在蒙古国中部,中心值均为 50 gpm。尽管极涡较强,但 500 hPa 的环流形势并不利于冷空气侵袭我省,极涡的影响并未体现出来。

4.8 登陆热带风暴

1991~2003 年间,夏季登陆的热带风暴数 1994 年偏多 6 个,1992、1995、2001 年偏多 1~2 个,其余年份正常偏少,其中 1998 年偏少 3 个。谢金南、卓嘎等^[12~13]的研究表明,登陆台风个数与青藏高原东侧年降水量呈显著的正相关。具体在近 13 a 中,热带风暴偏多的 4 a 中,有 3 a 甘肃省夏季降水正常偏多,准确率为 75%,其余热带风暴数正常偏少的年份,甘肃省夏季降水正常偏少的概率占 67%,总体而言有约 70%的准确率。所以,可以把国家气候中心夏季热带风暴趋势作为甘肃省夏季降水的预测依据之一。至于 30%与研究相悖的情况,可能与热带风暴登陆的地点和移动路径有关,这点尚需作进一步研究。

5 主导因子的确定

从上述分析可以看到,影响甘肃省汛期降水的因子异常复杂,短期气候预测的难度由此可见一斑,还有一些因子如高原积雪等由于个例较少,本文未作分析。如此多的影响因子在预报中如何确定主导因子?这是一直困惑预报员的难题。回顾历史,汛期降水往往是多种因子综合影响的结果,降水结果相

同影响因子不同,或者降水结果不同影响因子却相似的年份时常见,而有些年份甚至不能够确定主导因子。从笔者多年的体会,首先要了解我省汛期降水的气候变化背景和自身演变规律,其次要明确哪个影响因子最异常,尤其是北半球极涡活动、赤道太平洋海温、西太平洋副热带高压这 3 个因子,要从前期冬春季开始密切关注其发展状况。其它因子如夏季登陆的热带风暴数、越赤道气流与季风、夏季东亚地区阻塞高压等,要从它们未来的状况预测对我省汛期降水的影响,其不确定性更大,考虑时再次之,但同样要严密监测其演变特点。

6 小结与讨论

(1) 甘肃省夏季降水 1991~1996 年以偏多为主,1997 年后则以偏少为主。

(2) 13 a 甘肃省短期气候预测评估结果:6、7、8 月和夏季平均 P_s 分别为 59%、66%、68%和 82%;6~8 月平均 P_s 最高的是 2002 年为 87%,最差的是 2000 年为 40%;夏季 P_s 最高的是 2003 年为 100%,最差的是 1992 年为 55%。

(3) 对甘肃省汛期气候预测影响较大的因子,按准确率顺序依次是北半球极涡活动、赤道太平洋海温、西太平洋副热带高压、夏季登陆的热带风暴数、越赤道气流与季风、夏季东亚地区阻塞高压等,这些因子表现异常时,它们的信号作用显著,否则,也较难判断,这正是短期气候预测难度之所在。西太平洋副热带高压的影响,最重要的是其阶段性的综合演变特征;夏季高原高度场持续偏高的态势已经削弱了它的信号作用;太阳活动对甘肃省夏季旱涝的影响比较复杂,不能一概而论。

致谢:感谢李宗义高级工程师提供了部分年份的业务评估资料。

参考文献:

- [1] 李栋梁,谢金南,王文. 中国西北夏季降水特征及其异常研究[J]. 大气科学,1997,21(3):331-340.
- [2] 李耀辉,李栋梁,赵庆云. ENSO 循环对西北地区夏季气候的影响[A]. 中国西北干旱气候变化与预测研究(Ⅰ)[C]. 北京:气象出版社,2000. 280-287.
- [3] 朱炳瑗,李栋梁. 热带太平洋海温与中国西北夏季降水的关系[J]. 气象学报,1991,49(3):21-28.
- [4] 朱炳瑗,李栋梁. 1845-1988 年期间厄尔尼诺事迹与我国西北旱涝[J]. 大气科学,1992,16(2):185-192.

- [5] 李晓燕, 翟盘茂. ENSO 事件指数与指标研究 [J]. 气象学报, 2000, 58 (1): 102-109.
- [6] 廖荃荪, 赵振国. 我国东部夏季降水的季度预报方法 [J]. 应用气象学报, 1992, 3 (增刊): 1-10.
- [7] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场 [M]. 北京: 气象出版社, 1999. 12, 1-78.
- [8] 林纾, 赵建华, 瞿汶. 2003 年夏秋季大气环流异常对西北地区降水的影响 [J]. 灾害学, 2004, 19 (3): 62-67.
- [9] 白虎志, 谢金南, 李栋梁. 近 40 年青藏高原季风变化的主要特征 [J]. 高原气象, 2001, 20 (1): 22-27.
- [10] 白虎志, 谢金南, 李栋梁. 青藏高原季风对西北降水的相关分析 [J]. 甘肃气象, 2000, 18 (2): 16-18.
- [11] 董安祥, 祝小妮, 郭慧. 太阳活动与西北地区降水 [J]. 甘肃科学学报, 1999 (4): 57-61.
- [12] 谢金南, 卓嘎. 台风活动对青藏高原东北侧降水的影响 [J]. 高原气象, 2000, 19 (2): 244-252.
- [13] 卓嘎, 谢金南, 马镜娴. 登陆台风与我国降水的统计关系 [J]. 高原气象, 2000, 19 (2): 260-264.

Thinking about Influencing Factors on Drought and Flood in Summer over Gansu Province in Recent 13 years

LIN Shu¹, XU Qi-yun²

(1. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China;
2. Gansu Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China)

Abstract:After giving observational precipitation and forecasting evaluation in summer over Gansu province since 1991, the influencing factors on precipitation in summer were analyzed generally. Results show that the main influencing factors on summer precipitation are Northern Hemisphere polar vortex activity, sea surface temperature of Pacific Ocean, subtropical high over western Pacific Ocean, disembarking tropical storm number, the air current through equator and monsoon, blocking high in eastern Asia in summer. The stage developing characteristic is significant about influencing of subtropical high over western Pacific Ocean, and continue higher situation of the height field in summer has weakened its signal effect. The influence of the sun activity is more complicated.

Key words: Gansu province; precipitation of summer; forecast; influencing factor

(上接第 83 页)

Arid Climate Observing System

BI Xiao-dong, ZHANG Qiang, HU Wen-chao

(Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China)

Abstract:Based on China meteorological undertaking advancement stratagem, by analyzing the features of weather and climate and circumstance and the actuality of climate observing system in northwest region, the paper has presented a initial project of Arid Climate Observing System(ACOS), which consists of 4 parts of the ground-base observing, the air-base detecting, the space-base monitoring and the information transmitting and sharing. There are 3 layers of weather stations, ecological and climate experiment stations and land-surface process experiment bases in the ground-base observing part. The aim of Arid Climate Observing System(ACOS), centered on atmosphere, is to carry out composite three-dimensional observation on 5-sphere of atmosphere, hydrosphere, cryosphere, lithography and biosphere and interaction among them.

Keywords: Arid Climate Observing System(ACOS) ; ground-base observing; air-base detecting; space-base monitoring