

河西走廊东部中雨及以上降水的气候特征及预报

丁文魁^{1,2}, 杨晓玲², 胡津革², 周文霞²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省武威市气象局, 甘肃 武威 733000)

摘要: 利用河西走廊东部武威市5个气象站1960~2009年降水资料, 分析了该区域中雨及以上降水(日降水量 ≥ 10 mm)的时空分布特征。结果表明: 河西走廊东部中雨及以上降水南部明显多于北部; 各地中雨及以上降水日数的年变化不太一致, 天祝、永昌、民勤呈增加趋势, 凉州、古浪呈减少趋势。中雨及以上降水天气主要出现在4~10月, 以7月、8月最多; 强降水仅出现在5~9月, 年降水量的多少与发生强降水场次关系很大。造成河西走廊东部中雨及以上降水环流形势主要有新疆冷槽东移南压型和西南气流型, 充足的水汽条件、强烈的上升运动和不稳定能量是中雨及以上降水的必需条件。运用ECMWF数值预报格点场资料, 采用Press准则进行因子初选, 用逐步回归预报方法进行因子精选, 使用最优子集回归建立中雨及以上降水预报方程, 采用CSC双评分准则确定了各地中雨及以上降水预报的全局最优的显著性方程, 采用拟合率和概括率同时最大的原则确定中雨及以上降水预报临界值和中雨及以上降水的定性预报。该模式具有较高的拟合精度和预报准确率, 为中雨及以上降水的业务预报提供了客观有效的指导。

关键词: 降水; 气候特征; ECMWF; 数值预报

中图分类号: P468.0⁺24

文献标识码: A

引言

降水是重要的气象要素之一, 降水的多少反映某个地方的旱涝情况、农业生产以及经济发展状况。中雨及以上降水有时常常造成山体滑坡、泥石流等地质灾害, 甚至引发洪水危及人民生命财产安全, 造成巨大的经济损失。长期以来, 中雨及以上降水的预报一直受到气象工作者的关注。以往对中雨及以上降水的研究, 大多停留在研究它的降水气候特征、环流形势和成因分析上, 张楠楠等^[1]统计分析了宁夏中雨及以上降水过程气候特征; 杨金虎等^[2]研究了中国西北近41 a来年中雨及以上级别降水次数的时空分布特征; 张天锋等^[3]研究了庆阳一次强暴雨天气过程雷达回波特征; 扈祥来等^[4]对甘肃省暴雨进行了初步探讨; 滕水昌等^[5]也对河西走廊一次突发性暴雨天气进行了诊断。作者除了对上述特点进行分析外, 还对中雨及以上降水的预报方法进行了研究, 特别是对数值预报产品进行解释应用来预

报中雨及以上降水, 填补了当地此项工作的空白。

河西走廊东部武威市地处青藏高原北坡, 南靠祁连山脉, 北邻腾格里和巴丹吉林2大沙漠, 东接黄土高坡西缘, 海拔高度在1 300~3 100 m之间。由于深居内陆, 远离海洋, 降水稀少, 气候干旱, 年平均降水量仅114.8~396.3 mm、气温0~8.4℃, 蒸发量1 549.1~2 619.6 mm, 蒸发与降水的比值为3.9~22.8, 属于温带干旱、半干旱气候^[6]。河西走廊东部武威市降水主要以小雨($R < 10$ mm)为主, 小雨场次占全部降水场次的92.5%~96.8%, 中雨及以上($R \geq 10$ mm)的降水场次占全部降水场次的3.2%~7.5%, 有气象记录以来未出现过区域性暴雨, 仅有局地暴雨3次。虽然中雨及以上降水出现的几率小, 但造成的危害却不如忽视, 如2006年7月30日武威市出现了大到暴雨, 凉州区降水量达48.5 mm, 共造成3人死亡, 8人重伤, 直接经济损失23 023.8万元。因此对于降水稀少, 且以小雨为主的武威市来说, 中雨及以上降水准确预报就显得尤为

收稿日期: 2010-10-13; 改回日期: 2010-11-19

基金项目: 甘肃省气象局2007年面上科研项目“石羊河流域精细雨量预报技术和方法研究”(2207-08)资助

作者简介: 丁文魁(1970-), 男, 汉族, 甘肃古浪人, 工程师, 主要从事应用气象及研究工作。E-mail: wwqxj6150343@163.com

重要。

1 资料来源和处理方法

1.1 资料

气候资料用河西走廊东部武威市永昌、民勤、凉州、古浪、天祝(乌鞘岭站)5个气象站1960~2009年逐日降水资料;预报对象为1996~2007年4~10月河西走廊东部武威市5个站点逐日降水实况。预报因子选取1996~2007年4~10月逐日ECMWF数值预报20时格点场资料,范围90~110°E,35~45°N,网格距为2.5°×2.5°经纬度,层次为850 hPa、700 hPa、500 hPa、200 hPa,基本要素为位势高度、温度、相对湿度以及风速的 u 、 v 分量等。

1.2 资料处理方法

对中雨及以上降水求其月、年及年代日数,分析其变化特征及极值,用多项式和线性拟合分析其变化趋势,分析中雨及以上降水的强度变化、环流形势和物理因素特征。

线性内插方法^[7]对预报因子格点资料进行加密处理,其计算公式为:

$$f(x) = f(x_0) + (f(x_1) - f(x_0)) dx \quad (1)$$

$$f(y) = f(y_0) + (f(y_1) - f(y_0)) dy \quad (2)$$

(1)、(2)中 $f(x)$ 、 $f(y)$ 为格点场要素, dx 、 dy 为格距,使用线性判别^[8]对预报因子进行0、1标准化处理,其计算公式为:

$$C_{r1} = (x_1 \times \delta_2 + x_2 \times \delta_1) / (\delta_1 + \delta_2) \quad (3)$$

(3)式中 x_1 和 δ_1 是预报量为1时所对应那一组预报因子的平均值和标准差; x_2 和 δ_2 是预报量为0时所对应那一组预报因子的平均值和标准差。

权重概率^[9]是指每个因子落在0或1档时,预报量 y 为0或1的频数叠加。其计算公式为:

$$P_0 = R_1 P_{10} + R_2 P_{20} + \dots + R_n P_{n0} \quad (4)$$

$$P_1 = R_1 P_{11} + R_2 P_{21} + \dots + R_n P_{n1} \quad (5)$$

(4)、(5)式中 P_{n0} 是第 n 个因子所在档次预报量 y 为0的频率; P_{n1} 是第 n 个因子所在档次预报量 y 为1的频率, $n=1,2,\dots$ 是预报因子个数, R_n 为因子与预报量的相关系数。 P_0 是预报量为0的权重概率,

P_1 是预报量为1的权重概率。

预测概率由权重概率值和方程的预报值和临界值求得,其计算公式为:

$$P'_1 = P_1 + P_1 \times (\hat{Y}_i - \hat{Y}_c) / \hat{Y}_c \quad (6)$$

$$P'_0 = 1 - P'_1 \quad (7)$$

(6)、(7)式中 \hat{Y}_i 由方程求得值, \hat{Y}_c 为挑选的临界值, P'_0 是预报量为0的预测概率, P'_1 是预报量为1的预测概率。

2 结果与分析

2.1 中雨及以上降水的气候特征

2.1.1 降水日的空间分布

河西走廊东部武威市地处祁连山东麓,境内地形复杂,高山平原沙漠并存,由北向南海拔高度逐渐上升,南部天祝、古浪属山区,中北部凉州、永昌属绿洲平原,北部民勤属荒漠区。统计分析50a各地中雨及以上降水资料发现,中雨及以上降水日数存在明显的地域分布,由北向南逐渐增加(图1)。这是由于气流沿迎风坡被迫抬升,使水汽凝结而成云致雨,中雨及以上降水日数随海拔高度的升高而增加^[10]。其中北部民勤中雨及以上降水日数最少为124 d,占年降水总次数的3.2%;其次为凉州176 d,占年总次数的3.3%;永昌为213 d,占年总次数的3.6%;天祝为486 d,占年总次数的4.9%;古浪最多为535 d,占年总次数的7.5%。永昌虽然地处偏北,但海拔高度比凉州高,中雨及以上降水日数略多于凉州,但比南部山区少得多。古浪虽海拔高度比天祝低得多,但中雨及以上降水日数比天祝多,主要是由于古浪地处迎风坡,气流在迎风坡被迫抬升,上升运动明显,降水强度大,中雨及以上降水日数较多,天祝(乌鞘岭站)处在山顶,抬升运动较弱,中雨及以上降水日数较古浪少。

2.1.2 降水日的时间变化

2.1.2.1 年际、年代际变化

河西走廊东部各地中雨及以上降水日数的年变化不太一致(图2),用线性拟合统计50a来河西走廊东部年中雨及以上降水日数的增长率:永昌0.31 d/10 a、民勤0.06 d/10 a、凉州-0.13 d/10 a、古浪-0.18 d/10 a、天祝为0.58 d/10 a。全市年平均中雨及以上降水日数为6.1 d,各地中雨及以上降水日数最多的年份永昌为1993年、2007年(8 d),民勤

为 1973 年、1977 年、1994 年(6 d),凉州为 1970 年、1971 年、2002 年(7 d),古浪为 1979 年(17 d),天祝为 1979 年、2003 年(17 d)。没有出现中雨及以上降水的年份永昌为 2005 年,民勤为 1963 年、1976 年、1980 年、1982 年,凉州为 1963 年、1972 年、2005 年,古浪、天祝每年都有中雨及以上降水天气出现。由图 2 可知各地逐年中雨及以上降水日数的变化步调比较一致,通过周期分析和方差分析发现,年中雨及以上降水日数的时间序列存在着 8~10 a 的周期变化。

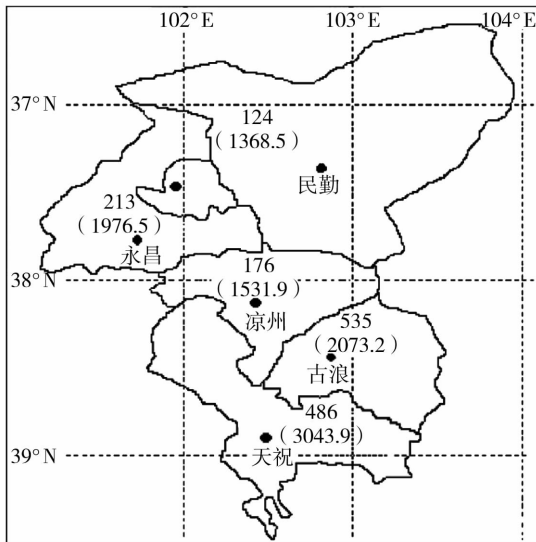


图 1 近 50 a 各地海拔高度以及中雨及以上降水出现的日数(单位:d, 括号内数字为海拔高度)

Fig. 1 The spatial distribution of altitude, middle and above rainfall days at each station of the east region of Hexi Corridor in recent 50 years (Unit:d)

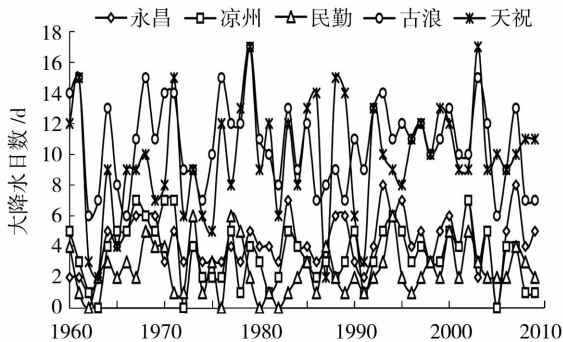


图 2 近 50 a 各地年中雨及以上降水日数变化

Fig. 2 Variation of annual rainfall days with middle and above precipitation in each region in recent 50 years

2.1.2.2 月际变化

在月际分布上,河西走廊东部各地中雨及以上降水天气主要出现在 4~10 月,以 7 月、8 月最多,共占中雨及以上降水总日数的 40.0%~58.2%,6 月、9 月次之,共占 32.2%~37.2%,4 月、5 月、10 月共占总日数的 11.8%~24.7%,3 月、11 月偶有出现,共占 0.0%~3.2%,其中永昌 3 月和天祝 3 月、11 月没有出现中雨及以上降水,1 月、2 月、12 月未出现中雨及以上降水(图 3)。

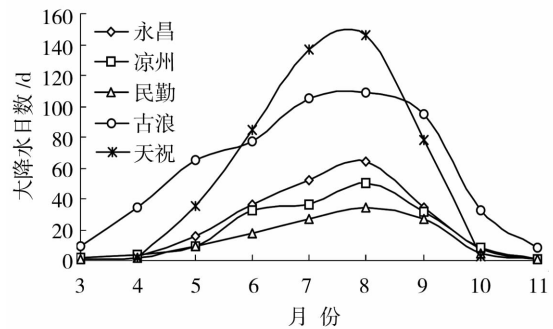


图 3 近 50 a 各地月中雨及以上降水日数变化

Fig. 3 Variation of monthly rainfall days with middle and above precipitation in each region in recent 50 years

2.1.3 降水强度变化

分析近 50 a 年中雨及以上降水强度(图 4)可知,各地降水强度的变化并不一致,总体来看,南部的降水强度大于北部,但最强和次强降水量极值却出现在北部。各地最强降水量永昌出现在 1987 年 6 月 11 日(65.4 mm)、民勤 1994 年 6 月 14 日(48 mm)、凉州 1985 年 6 月 3 日(62.7 mm)、古浪 2007 年 8 月 11 日(43.2 mm)、天祝 1997 年 7 月 14 日

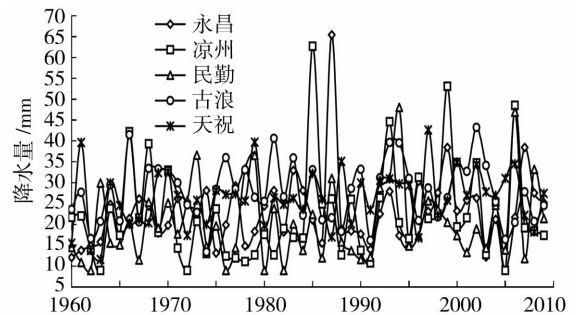


图 4 近 50 a 各地逐年中雨及以上降水强度变化(注:没有出现中雨及以上降水的年份用 9 mm 代替)

Fig. 4 Variation of annual rainfall (middle and above) intensity in each region in recent 50 years

(42.6 mm);次强降水量永昌出现在1999年7月13日和2007年7月20日(38.4 mm)、民勤2006年8月11日(46.9 mm)、凉州1999年7月13日(53.1 mm)、古浪1966年8月15日(41.5 mm)、天祝1979年7月13日(39.7 mm)。

受季风气候的影响,河西走廊东部强降水主要集中在汛期5~9月,年降水量的多少与发生强降水的场次的关系很大^[11],如果把1 d或连续2 d降水量 $R \geq 25$ mm的降水天气确定为一次强降水天气过程,统计50 a来强降水发生的年代及月场次(表1)可知:强降水的场次与年降水量的变化一致,且从北向南逐渐增加,其中永昌31次、民勤21次、凉州26

次、古浪91次、天祝85次,共254场次强降水天气,除1991年未出现强降水,其余年份均有局地强降水出现,永昌、民勤、凉州年均不到1次,古浪、天祝年均分别为1.8、1.7次。强降水场次永昌逐年代增多;民勤1960年代、1980年代、2010年代少,1970年代、1990年代多;凉州1970年代少,其它年代多;古浪1970年代多,其它年代少;天祝1960年代、1980年代少,1970年代、1990年代、2010年代多。强降水只出现在5~9月,8月最多,依次为7月、6月、9月、5月,其它月份未出现强降水。50 a来未出现过区域性暴雨(≥ 50 mm),仅出现局地暴雨3次,分别为永昌1次、凉州2次。

表1 近50 a各地年代、月强降水场次(单位:d)

Tab. 1 Decadal and monthly strong rainfall($R \geq 25$ mm) days in each region in recent 50 years

站点	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2010年代	5月	6月	7月	8月	9月
永昌	3	6	7	7	8	1	5	9	11	5
民勤	3	8	2	6	2		3	5	11	2
凉州	5	3	6	5	7		6	5	13	2
古浪	18	22	17	18	16	5	18	19	33	16
天祝	11	20	12	19	23	5	7	29	33	11

2.1.4 降水环流特征

造成河西走廊东部中雨及以上降水的环流形势主要有2大类,一类是新疆冷槽东移南压型,一类是西南气流型^[12]。新疆冷槽东移南压型:乌拉尔山为高压脊,新疆至河西西部为大低压槽,并有明显的冷温槽配合,该槽东移南压到河西东部时强冷空气爆发,造成本地中雨及以上降水,还常常伴有大风和强降温等灾害天气,这种形势造成的降水雨强较大,持续时间较短。西南气流型:新疆为高压脊,河西中西部为西北气流控制,并伴随有强冷平流,河西东部处于副热带高压边缘的西南暖湿气流之中,高低空湿度较大,露温差一般 < 3 °C,即河西东部以北为冷平流,以南为暖平流,该区域处在冷暖空气交汇地,强而势均力敌的冷暖空气使不稳定能量在该地释放,引发该地中雨及以上降水的产生,这种形势造成的降水雨强较小,持续时间较长。

2.1.5 物理要素特征

对河西走廊东部出现中雨及以上降水的物理要素水汽条件、上升运动、能量场进行分析发现有如下特点:(1)水汽条件。河西走廊东部上空700 hPa水汽通量散度中心强度 $\leq -2 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ·

cm^{-2} ;从700~400 hPa 温露差 $T - T_d \leq 2.0$ °C,相对湿度 $r \geq 70\%$;(2)上升运动。河西走廊东部上空700 hPa散度场中心强度 $< -1.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,200 hPa散度场中心强度 $> 3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;700 hPa 涡度场中心强度 $> 1.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,200 hPa 涡度场中心强度 $< -2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$;700 hPa垂直速度中心强度 $< -1.0 \times 10^{-5} \text{ hPa/s}$,400 hPa垂直速度中心强度 $< -0.5 \times 10^{-5} \text{ hPa/s}$;(3)能量场。在河西走廊东部上空850~500 hPa有 θ_{se} 中心强度 > 76 °C的高能舌重叠;K指数中心强度 > 32 °C。这种充足的水汽条件、高层辐散低层辐合的上升运动以及强烈的不稳定能量是河西走廊东部产生中雨及以上降水的必需条件^[13]。

3 中雨及以上降水预报

3.1 资料处理

ECMWF数值预报产品的格距为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度,而河西走廊东部各地的间距为60~100 km,因此首先利用线性内插方法对格点插值处理,提高数值预报产品格点场的分辨率,从而提高区域内站点的预报精度。插值后的格点资料为 $1^\circ \times$

1°经纬度,关键区域 90 ~ 110°E,35 ~ 45°N 内共得到 11 × 21 个格点。其中经向差分距 $\Delta y \approx 111$ km,纬向差分距 Δx 随纬度的变化而变化的,在赤道附近 $\Delta x \approx 111$ km,随着纬度的增高, Δx 的间距减小,具体计算公式为: $\Delta x = (\pi R \cos \varphi) / 180$,其中,式中 R 为地球半径约为 6 370 km, φ 为格点所在的纬度(角度)^[14]。

差分得到的关键区物理量格点资料采用诊断方法、因子组合等多种组合手段构造出多个具有经验性的预选组合因子^[9,15],共 2 485 个预报因子为初选因子库,供预报方程进行初选。

由于中雨及以上降水主要出现在 4 ~ 10 月,因此选取了 4 ~ 10 月的资料建立预报模式。降水资料是不连续的,且中雨及以上降水出现的几率较小,为了使预报模式具有较高的稳定性和准确性,在建立预报模式前,首先要对资料进行消空处理,首先把没有降水的资料全部滤去,只留有降水的资料;其次还要对预报对象和预报因子进行 0、1 标准化处理,把预报对象分为有、无 2 级,有中雨及以上降水时, $y = 1$;降水量 < 10 mm 时, $y = 0$ 。预报因子划分 0、1 标准化使用了线性判别。

3.2 预报模式建立

3.2.1 预报因子选取

由于单相关系数事实上反映了 x 与 y 之间用一

个线性函数拟合的好坏,而不能完全反映预测的好坏。使用 Press 准则初选的因子既可以反映因子的拟合好坏,也可以衡量预测能力的好坏,用它可以选取预测能力较好的因子^[16]。

在进行中雨及以上降水预报因子的初选时,采用 Press 准则,用 r_p 进行因子普查,初选因子的标准为:①预报因子与预报对象的 $r_p \geq 0.5$;②因子物理意义要清晰;③同一因子场上至多选取 5 个因子;④初选后的因子数控制 80 ~ 100 个之间^[14,16]。

对因子普查后得到的 80 ~ 100 个初选预报因子,用逐步回归方法精选出 8 ~ 10 个最优预报因子,作为进行最优子集回归的候选因子。

3.2.2 最优子集回归预报模型

将逐步回归方法确定的 8 ~ 10 个因子代入最优子集回归建立方程,若有 p 个因子,会得到 $2^p - 1$ 个可能回归,从所有方程中选出 CSC 评分最大的预报方程,当 CSC 评分接近时,挑选预报因子较少的那一个作为最终预报方程。采用 CSC 双评分准则,当 CSC 达最大时相应的回归模型为最优^[17-18]。最终分别确定各地中雨及以上降水预报方程。

表 2 列出了最优子集回归建立的中雨及以上降水预报方程,其中物理量后括号内数字(p_m, p_n)为某一物理量第 m 个因子到第 n 个因子的代数。表 3 列出了方程的各项检验参数。

表 2 各地中雨及以上降水预报方程

Tab. 2 Forecast equations of rainfall (middle and above) in each region

站点	预报方程
永昌	$Y = -0.3158 + 0.0954qq_8(6,7) + 0.0333rh_8(5,8) + 0.0616td_8(1,8) + 0.0276ud_8(1,8) + 0.3055vd_8(5,5)$
民勤	$Y = -0.3271 + 0.0155rd_7(2,9) + 0.0641rh_7(5,6) + 0.0276td_8(1,8) + 0.0471ud_8(1,9) + 0.1367vd_8(3,6)$
凉州	$Y = -0.3042 + 0.0758qq_8(7,8) + 0.0371rh_8(6,9) + 0.0499td_8(1,8) + 0.0311ud_8(1,9) + 0.1958vd_8(5,6)$
古浪	$Y = -0.0967 + 0.0326rh_8(5,9) + 0.1029td_8(1,2) + 0.0297vd_7(5,9) + 0.1499vd_8(2,5) + 0.0650vv_7(6,7)$
天祝	$Y = -0.2182 + 0.0504ht_5(2,4) - 0.0079rh_8(3,9) + 0.0716td_8(1,9) + 0.0390vd_7(6,9) + 0.1700vd_8(4,5)$

注:方程中下标 8 表示 850 hPa、下标 7 表示 700 hPa、下标 5 表示 500 hPa

表 3 最优子集回归方程显著性检验参数

Tab. 3 Significance examination parameter of optimum subset regression equation

站点	csc(双评分)	rr(复相关系数)	f	复相关系数检验	F 检验
永昌	186.2	0.68	64.1	0.001	0.01
民勤	123.9	0.686	41.8	0.001	0.01
凉州	183.4	0.718	69.2	0.001	0.01
古浪	256.5	0.7	116.1	0.001	0.01
天祝	301	0.63	90	0.001	0.01

由表 2 可以看出:方程中入选的因子有 850 hPa 比湿(qq_8)、相对湿度(rh_8)、露点温度(tdd_8)、温度露点差(td_8)和 700 hPa 湿度平流(rdv_7)、相对湿度(rh_7)反映低空水汽含量的多少,850 hPa 涡度平流(vdv_8)和 700 hPa 涡度平流(vdv_7)反映水汽低空辐合辐散情况,700 hPa 南风(vuv_7)反映低空西南气流的强弱,500 hPa 高度(hht_5)反映中空槽脊的强弱。这些入选的预报因子物理意义明确,在经验预报中也是预报降水的首选因子。

从表 3 中可以看出,各地中雨及以上降水方程的复相关系数在 0.63 以上,复相关系数的显著性检验均通过了 $\alpha=0.001$ 信度检验,方程的显著性检验均通过了 $\alpha=0.01$ 信度检验,说明利用最优子集回归确定的预报方程效果是显著的。

3.2.3 中雨及以上降水预报的确定及效果检验

对各地方程求得 \hat{Y}_i ,采用拟合率和概括率同时最大原则挑预报选临界值 \hat{Y}_c 作为分割值。若 $\hat{Y}_i \geq \hat{Y}_c$,则定性预报未来时段有中雨及以上降水,否则无中雨及以上降水。考虑权重概率、预测概率以及方程的拟合率,最后输出有中雨及以上降水预报概率 POP:

若 $\hat{Y}_i \geq \hat{Y}_c$,定性预报有中雨及以上降水,预报概率为 $POP = (P'_1 + \text{方程拟合率})/2$ 。

若 $\hat{Y}_i < \hat{Y}_c$,定性预报无中雨及以上降水,预报概率为 $POP = (P'_1 + 1 - \text{方程拟合率})/2$ 。

永昌:当 $\hat{Y}_i \geq 0.29$,预报有中雨及以上降水,否则为无中雨及以上降水,预报概率为 87%,方程拟合率为 79%。

民勤:当 $\hat{Y}_i \geq 0.30$,预报有中雨及以上降水,否则为无中雨及以上降水,预报概率为 90%,方程拟合率为 71%。

凉州:当 $\hat{Y}_i \geq 0.30$,预报有中雨及以上降水,否则为无中雨及以上降水,预报概率为 90%,方程拟合率为 78%。

古浪:当 $\hat{Y}_i \geq 0.30$,预报有中雨及以上降水,否则为无中雨及以上降水,预报概率为 91%,方程拟合率为 71%。

天祝:当 $\hat{Y}_i \geq 0.25$,预报有中雨及以上降水,否则为无中雨及以上降水,预报概率为 82%,方程拟合率为 62%。

建立的中雨及以上降水客观预报方程于 2008 年 4 月投入业务试用,对 2008~2010 年 4~10 月的应用情况进行了预报效果检验。按上面确定的临界值标准进行评定,各方程试报准确率在 63%~69%,空报率在 19%~37%,漏报率在 10%~18%。由此看出,使用最优子集回归建立的中雨及以上降水预报方程拟合率和准确率均达到了一定的预报水平,大大超过了以往人工对中雨及以上降水的预报能力,因此,该预报模式具有较好的参考价值,可为本地中雨及以上降水业务预报提供客观有效的指导。

4 小 结

河西走廊东部中雨及以上降水的分布为南部多,北部少,随海拔高度的升高而增多;各地中雨及以上降水日数的年变化不太一致,天祝、永昌、民勤呈增加趋势,凉州、古浪呈减少趋势;中雨及以上降水天气主要出现在 4~10 月,以 7 月、8 月最多;强降水出现在 5~9 月,年降水量的多少与发生强降水的场次的关系很大。河西走廊东部产生中雨及以上降水的环流形势有新疆冷槽东移南压型和西南气流程型。充足的水汽条件、高层辐散低层辐合的上升运动以及强烈的不稳定能量是河西走廊东部产生中雨及以上降水的必要条件。

预报经验显示,采用诊断方法和因子组合等手段建立预报因子库,使用 Press 准则进行因子初选和逐步回归方法进行因子精选,选取的因子拟合程度好、预测能力强,具有较好的稳定性。本文还使用最优子集回归建立预报方程,采用 CSC 双评分准则从所有回归方程中确定了一个全局最优的显著性方程,方程通过了 $\alpha=0.01$ 信度检验。采用拟合率和概括率同时最大的原则确定了中雨及以上降水的预报临界值和预报的定性判别。用 ECMWF 数值预报产品制作中雨及以上降水预报模式,具有较高的拟合率和准确率,可为业务预报提供客观有效的指导产品。

参考文献:

- [1] 张楠楠,桑建人,杨侃,等. 宁夏中雨及以上降水过程气候特征统计分析[J]. 干旱气象,2010,28(2):173-178.
- [2] 杨金虎,江志红,杨启国,等. 中国西北近 41 a 来年中雨及以上级别降水次数的时空分布特征[J]. 地球科学进展,2005,20(增):138-145.
- [3] 张天锋,王位泰,吴爱敏,等. 庆阳一次强暴雨天气过程雷达回波

- 特征[J]. 干旱气象, 2007, 25(3): 61-65.
- [4] 扈祥来, 高前兆, 牛最荣, 等. 甘肃省暴雨初探[J]. 干旱气象, 2004, 22(1): 74-79.
- [5] 滕水昌, 渠永兴, 王坚, 等. 河西走廊一次突发性暴雨天气的诊断分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(3): 66-71.
- [6] 白肇烨, 许国昌, 孙学筠, 等. 中国西北天气[M]. 北京: 气象出版社, 1988. 230-240.
- [7] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材[M]. 北京: 气象出版社, 1998. 75-111.
- [8] 俞善贤. 一个着眼于预测能力及稳定性的因子普查方法[J]. 气象, 1991, 17(9): 40-43.
- [9] 牛叔超, 朱桂林, 李燕, 等. T106 产品夏季中雨及以上降水概率预报自动化系统[J]. 气象, 2000, 26(3): 37-39.
- [10] 黄玉霞, 李栋梁, 王宝鉴, 等. 西北地区近 40 年年降水异常的时空特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 245-252.
- [11] 王秀荣, 徐祥德, 庞昕. 西北地区夏季降水异常的时空特征分析[J]. 气象科学, 2002, 22(4): 402-409.
- [12] 陈乾, 陈添宇, 肖宏斌. 祁连山区夏季各类降水过程的典型个例分析[J]. 干旱气象, 2008, 26(3): 1-7.
- [13] 兰晓波, 杨晓玲, 李岩瑛. 民勤一次大到暴雨天气诊断分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(增刊): 42-46.
- [14] 裴洪芹, 邵庆国, 吴君, 等. 临沂中尺度数值预报系统及应用[J]. 气象科技, 2007, 35(4): 464-469.
- [15] 陈百炼. 中雨及以上降水温度分县客观预报方法研究[J]. 气象, 2003, 29(8): 48-51.
- [16] 谷湘潜, 李燕, 陈勇, 等. 省地气象台精细化天气预报系统[J]. 气象科技, 2007, 35(2): 166-170.
- [17] 俞善贤, 汪锋. 试用最优子集与岭迹分析相结合的方法确定回归方程[J]. 大气科学, 1998, 22(12): 382-388.
- [18] 张万诚, 郑建萌, 解明思. 最优子集回归模型在低纬高原雨季开始期预报中的应用试验[J]. 气象, 2000, 26(11): 24-27.

Climatic Characteristic and Forecast of Precipitation over 10 mm in Eastern Hexi Corridor of Gansu

DIN Wenkui^{1,2}, YANG Xiaoling², HU Jing², ZHU Wenxia²

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Key Laboratory of Arid climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou 730020, China;
2. Wuwei Meteorological Bureau of Gansu Province, Wuwei 733000, China)

Abstract: Based on daily precipitation data from five stations in Wuwei (located in east of Hexi Corridor) from 1960 to 2009, the spatial and temporal distribution of precipitation over 10 mm (daily precipitation ≥ 10 mm) was analyzed systematically in this paper. The results show that precipitation over 10 mm was more obviously in south part than that in north of east Hexi Corridor. Annual variation of precipitation days over 10 mm was not consistent in each region, and it presented increasing trend in Tianzhu, Yongchang and Minqin, but decreasing trend in Liangzhou and Gulang. The rainfall (precipitation over 10 mm) weather occurred mainly in April to October, especially in July and August. Precipitation over 25 mm only occurred in May to September, and the annual precipitation correlated with occurrence times of precipitation over 25 mm. The circulation situations which resulted in precipitation over 10 mm in east Hexi Corridor were Xinjiang cold trough moving to east and south, and southwest air current, and the abundant water vapor condition, the intense lifting movement and the unstable energy were essential conditions. Based on data of ECMWF numerical forecast grid field, the factors were initially selected with Press criterion and selected accurately with stepwise regression forecast method, the forecast equations for precipitation over 10 mm were established with optimal subset regression. The most superior significance forecast equations of precipitation over 10 mm in each region were determined finally with the CSC double grading criterion. Forecast marginal value and qualitative forecast of precipitation over 10 mm were determined using principle that the fitting and the summary rate were the biggest simultaneously.

Key words: precipitation; climate characteristic; ECMWF; numerical forecast