

# 宁夏春季首场透雨的气候预测探索

李艳春<sup>1</sup>, 梁旭<sup>2</sup>, 纳丽<sup>2</sup>, 郑广芬<sup>2</sup>, 孙银川<sup>2</sup>

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 750002; 2. 宁夏气象台, 宁夏 750002)

**摘要** 利用目前在统计预报中广泛应用的最优子集回归预报法, 作宁夏南部山区及银川地区春季首场透雨出现日期的统计预报, 给出了具体的预报方程和拟合效果分析。并对近30 a来宁夏南部山区及银川地区首场透雨出现日期的变化特征进行了较详细的分析。研究表明: 银川地区3月份出现首场透雨的气候概率为23.3%、4月份为20%、5月份为23.3%、6月份为33.3%, 出现机会相对较多。30 a来春季首场透雨出现日期, 20世纪70年代相对较晚, 80年代偏早, 90年代介于70、80年代之间。南部山区春季首场透雨出现时间相对比较集中, 其中4月份出现的气候概率为53%, 其次是5月份和3月份, 分别为20%和17%, 最小的是6月份, 只占10%。从近30 a来的总趋势看, 南部山区春季首场透雨出现日期在波动中略有推迟现象。利用最优子集回归预报法对宁夏春季首场透雨出现日期的预测具有理想的拟合效果。

**关键词** 宁夏春季; 首场透雨; 气候预测

中图分类号: P456.8

文献标识码: A

## 引言

多年来, 春季降水量预测是宁夏短期气候预测工作中的重要内容, 对春季抗旱工作发挥着重要作用, 特别是春季首场透雨的预报对干旱地区指导农业生产具有非常重要的意义, 也是各级领导十分关注的问题。但目前对春季首场透雨的预测又是短期气候预测工作中的一个难点和重点。多年来在短期气候预测工作中, 只对春季各月的降水量进行预测, 无法实现对春季首场透雨的具体出现日期进行预测<sup>[1~2]</sup>。我们利用目前在统计预报中广泛应用的一个预报方法: 最优子集回归预报法, 作宁夏南部山区及银川地区首场透雨出现日期的统计预报。

## 1 基本资料的预处理

### 1.1 首场透雨出现日期的获取

由于每年3月开始的春季首场透雨出现时间的早晚对农业生产有着极大的影响, 也是我们关注的问题。首先对首场透雨的出现日期进行编号。利用银川及南部山区7站, 自1971年至2000年共30 a的逐日降水量资料, 从每年的3月1日开始, 分别将

银川站、南部山区7站(同心、盐池、西吉、海原、固原、隆德、泾源)中大多数站(4站以上)的日降水量 $\geq 8$  mm或过程降水量 $\geq 10$  mm定为该年银川地区或南部山区首场透雨出现的时间。如3月1日出现首场透雨记为“1”, 按顺序向后推, 如果4月1日出现首场透雨, 则编号记为“32”, 以此类推, 首场透雨的最晚出现时间统计到6月底。这样将分别形成了自建站以来银川地区、宁夏南部山区首场透雨出现日期编号序列。在该序列中, 编号越大说明春季首场透雨出现时间越晚, 反之越早。

### 1.2 预测因子的获取

从影响气候变化的因素考虑, 银川地区、宁夏南部山区首场透雨出现的早晚可能会与前期北太平洋海温场的变化、前期月平均500 hPa高度场的变化以及前期大气环流自身变化有一定的联系<sup>[3~4]</sup>。文中引用国家气候中心每月下发的海温场、500 hPa高度场及环流特征量资料, 利用场相关分析分别计算了银川地区及宁夏南部山区首场透雨出现日期编号序列与前期北太平洋海温场286个格点资料序列、月平均500 hPa高度场格点资料序列以及有连续记录的24个环流特征量序列的相关系数。其中, 北太

收稿日期: 2005-07-04; 改回日期: 2005-10-07

基金项目: 科技部项目(2004DIB3J121)资助

作者简介: 李艳春(1965-), 女, 宁夏中宁人, 高级工程师, 主要从事气候分析及研究。E-mail: nxlyc1965@126.com

太平洋海温场 286 个格点资料的范围见图 1。

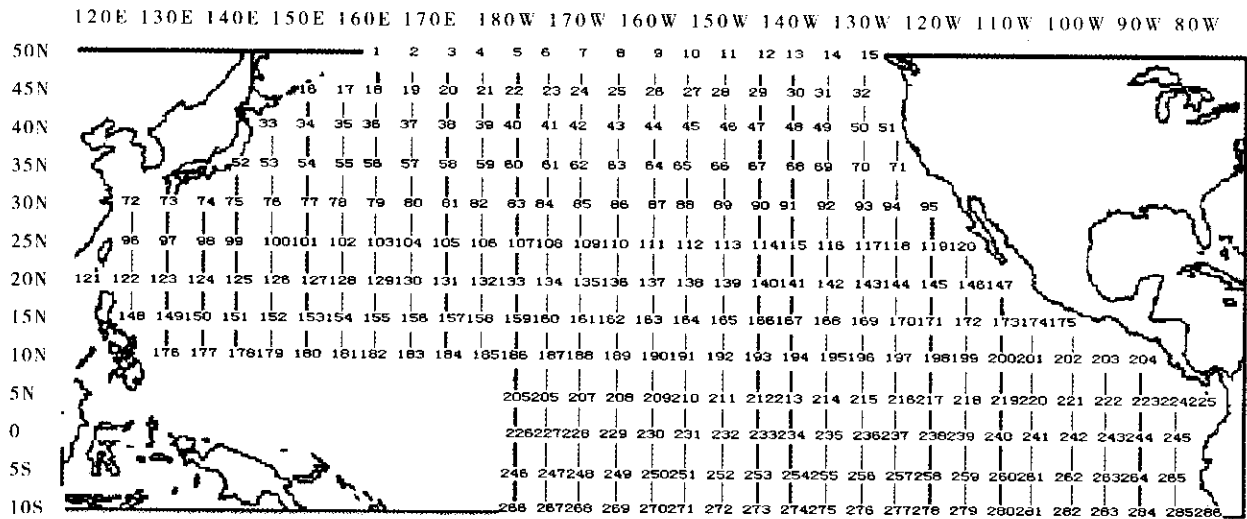


图 1 文中所普查北太平洋海温范围示意图

Fig. 1 The area of surveyed SST in north Pacific

由普查结果发现,无论银川地区还是南部山区首场透雨的出现日期与前期北太平洋海温场的相关普遍比较好,有一些关键区的相关系数能达到 ±0.5 以上,大大超过了信度为 0.01 的显著性检验水平。与 24 个环流特征量的相关次之。与前期月平均 500 hPa 高度场的相关不显著。

在相关普查的基础上,综合考虑了所选资料序列的长度以及与首场透雨出现日期编号序列相关显著区域(关键区)的范围和相关系数的大小。同时根据统计预报对入选因子的长度与入选因子数之间关系的要求<sup>[5]</sup>。即:入选因子数  $m \leq (1/3) \times N$ , 其中,  $m$  为入选因子数,  $N$  为资料序列的年代长度。分别选择了与银川地区以及宁夏南部山区相关系数达到 ±0.3 以上(信度超过 0.05)、>20 个格点且相关显著点的范围相对比较集中的区域为一个相关显著区,共选取 13 个相关显著区。为了考虑资料序列的代表性和可信度,在相关显著区选取的基础上,将每一个显著区中相关系数达到 ±0.4 以上,信度超过 0.01 显著性水平的格点范围定义为关键区。将 13 个关键区的前期海温场格点列于表 1、表 2 中。

将所选关键区内的各网格点资料序列统计平均后,记为一个关键区代表序列。这样就得出了预测银川地区及南部山区首场透雨出现日期的统计预测因子序列各 13 个。

表 1 与银川地区首场透雨出现日期编号序列相关显著的前期海温场及关键区范围统计

Tab. 1 Statistics of rank correlation between the dates of the first soaking rainfalls in Yinchuan and previous SST key area

序号	月份	相关显著区系数范围	关键区范围
1	4	-0.30 ~ -0.56	177 ~ 185
2	1	-0.30 ~ -0.50	132, 135 ~ 136, 152 ~ 161, 179 ~ 185
3	2	-0.30 ~ -0.50	69, 91 ~ 92, 113 ~ 114, 135 ~ 138
4	11	-0.30 ~ -0.52	130 ~ 133, 156 ~ 158
5	12	-0.30 ~ -0.56	2 ~ 4, 6, 20 ~ 21
6	3	-0.30 ~ -0.49	179 ~ 185
7	10	-0.30 ~ -0.48	176 ~ 182
8	5	-0.30 ~ -0.54	157, 179 ~ 183
9	3	0.30 ~ 0.46	230, 246 ~ 247, 266 ~ 269
10	2	-0.30 ~ -0.57	153, 179 ~ 182
11	11	-0.30 ~ -0.53	176 ~ 180
12	6	0.30 ~ 0.54	252, 271 ~ 274
13	3	0.30 ~ 0.51	215 ~ 216, 218 ~ 219, 201

注:区域范围中的数据为北太平洋海温场 286 个网格点的排序号

表2 与南部山区首场透雨出现日期编号序列  
相关显著的前期海温场及关键区范围统计

Tab.2 Statistics of rank correlation between the  
dates of the first soaking rainfalls in southern mountain  
areas in Ningxia and previous SST key area

序号	月份	相关显著区系数范围	区域范围
1	9	0.30~0.70	33~34, 76~79, 126~129, 154~157, 52, 54, 100~102
2	3	0.30~0.53	171, 196~199, 215~219, 239~240, 257~259
3	10	0.30~0.50	33~34, 52~56, 75~76, 100~101
4	9	-0.30~-0.51	200, 218~220, 240~245
5	2	0.30~0.54	84, 103~109
6	8	0.30~0.55	59~63, 81~82
7	8	0.30~0.48	33, 35, 52, 54~56, 78
8	8	-0.30~-0.47	218~220, 240~243
9	12	0.30~0.49	39, 42, 60~62
10	9	0.30~0.49	40, 61, 81~83
11	3	0.30~0.50	122~123, 148
12	6	0.30~0.47	145, 171, 198~199
13	7	-0.30~-0.47	243~245

注:区域范围中的数据为北太平洋海温场 286 个网格点的排序号

## 2 统计预测方法简介

### 2.1 预测方法

从理论上已证明,逐步回归在给定的预测因子条件下并不能获得一个最优回归方程,在计算机内存和运算速度允许的条件下,使用最优子集回归(所有可能的子集回归)可以保证得到一个最优的多因子回归预测模型<sup>[6~8]</sup>。

在本次首场透雨预测中,可选择的自变量有 13 个,将 13 个因子进行任意组合,其中任选一个子集的自变量可以与因变量(首场透雨出现日期编号序列)建立一个回归预报方程,把该预报方程称为其中的一个子集回归预报方程,如果把只有常数项的方程  $y = \beta$  也算在内,13 个自变量可以建立  $2^{13}$  种不同的线性子集回归预报方程,即:

$$\sum C_p^{13} = 2^{13} - 1 = 8191 (\text{个})$$

所谓选择自变量就是要确定哪一个子集回归效果最好,效果最好的子集回归称为最优子集回归。确定最优子集回归的方法是:设计一统计量  $S = S_1$

+  $S_2$

$$S_1 = n(1 - Q_K/Q_Y)$$

$$Q_Y = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2$$

$$S_2 = 2I = 2 \left[ \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^I n_{ij} \ln n_{ij} + n \ln n - \left( \sum_{i=1}^I n_i \ln n_i + \sum_{j=1}^I n_j \ln n_j \right) \right]$$

$$n_i = \sum_{j=1}^I n_{ij} \quad n_j = \sum_{i=1}^I n_{ij}$$

其中  $Q_K$  为残差平方和,  $Q_Y$  为气候学预报量,  $I$  为预报趋势类别数。

该统计量与各子集回归方程的关系为:  $S$  越大,对应的回归方程效果越好,每一个子集回归都能算出它的  $S$  值。设:其中的一个子集回归共选入  $k$  个自变量 ( $k \leq 13$ ),它们分别为  $X_{z1}, X_{z2}, \dots, X_{zk}$ ,则这个子集回归对应的  $S$  值为:  $S(X_{z1}, X_{z2}, \dots, X_{zk})$ ,共可以计算  $2^k$  个  $S$  值,从中选出最大的  $S$  值,最大的  $S$  值对应的回归模型为最优子集回归模型。

$$y = \beta_0 + \beta X_{z1} + \beta X_{z2} + \dots (k \leq 13)$$

### 2.2 春季首场透雨预测模型的建立

利用上述最优子集回归方法和相关普查后所得到的前期不同月份关键区内与首场透雨出现日期编号序列对应的预报因子,分别建立银川地区及宁夏南部山区首场透雨出现日期的预测模型如下:

银川地区:

$$y = 1667.9 - 3.028X_3 - 2.241X_4 - 1.534X_5 + 2.959X_9 - 3.745X_{11}$$

南部山区:

$$y = -1446.6 + 1.935X_2 + 1.026X_6 + 0.852X_7 + 1.918X_{12}$$

其中:  $X_i$  分别代表银川地区(表1)、南部山区(表2)海温资料序号所对应格点资料的平均序列。

## 3 春季首场透雨实测及预测(拟合)结果分析

### 3.1 春季首场透雨实况分析

将宁夏中北部地区(以银川站为代表)及南部山区(以南部山区7站为代表)春季首场透雨出现日期的编号序列进行对比分析(图2、图3)。

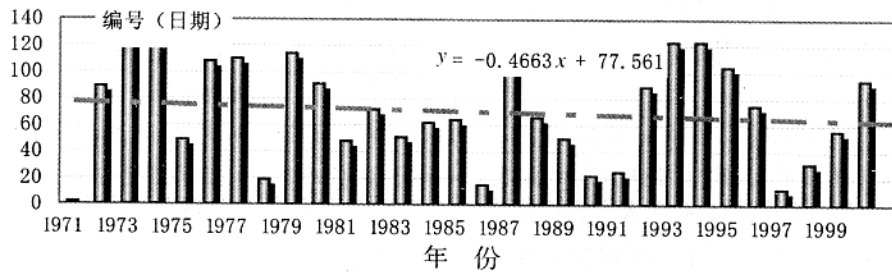


图 2 银川地区春季首场透雨出现时间随年代变化

Fig.2 The decadal change of the dates of the first soaking rainfalls in Yinchuan

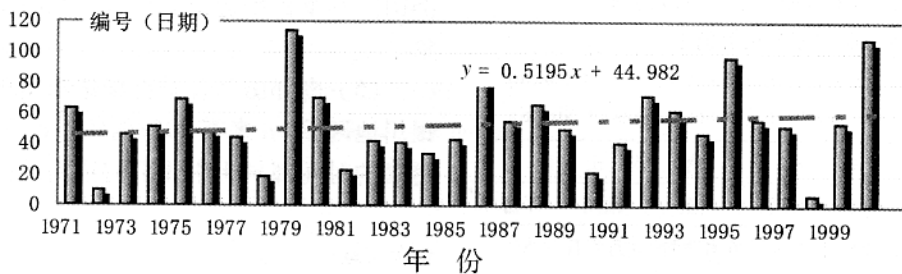


图 3 宁夏南部山区春季首场透雨出现时间随年代变化

Fig.3 The decadal change of the dates of the first soaking rainfalls in southern mountain areas in Ningxia

近 30 a 来,银川地区春季首场透雨出现日期: 20 世纪 70 年代的大多数年份相对较晚,90 年代次之,80 年代除 1987 年外其余普遍偏早。其中,3 月份出现首场透雨的气候概率为 23.3%、4 月份为 20%、5 月份为 23.3%、6 月份为 33.3%,出现机会相对较多。从近 30 a 来的总趋势看,银川地区春季首场透雨出现日期在波动中略有提前。

宁夏南部山区春季首场透雨出现时间相对比较集中,其中 4 月份出现的气候概率为 53%,其次是 5 月份和 3 月份,分别为 20% 和 17%,最小的是 6 月份,只占 10%。从近 30 a 来的总趋势看,南部山区春季首场透雨出现日期在波动中略有推迟现象。

由 2 个不同区域的情况对比发现:由于南部山区年及各季降水量普遍多于宁夏中北部的银川地区,这就造成了南部山区春季首场透雨出现时间普遍早于银川地区,30 a 来有 80% 的年份南部山区出现首场透雨的时间都早于中北部的银川地区。

### 3.2 春季首场透雨出现日期拟合及预测分析

从上述透雨预测模型对银川地区及南部山区春季首场透雨的拟合结果看(图 4、图 5):

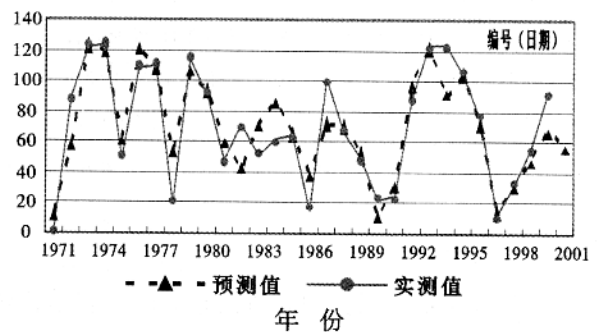


图 4 银川地区首场透雨出现日期实测及拟合(预测)图

Fig.4 The observed and forecasted dates of the first soaking rainfalls in Yinchuan

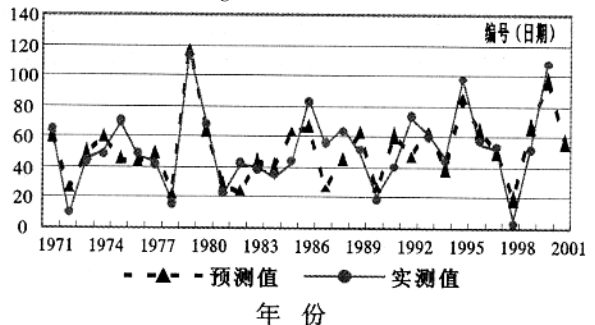


图 5 宁夏南部山区首场透雨出现日期实测及拟合(预测)图

Fig.5 The observed and forecasted dates of the first soaking rainfalls in southern mountain areas of Ningxia

利用最优子集回归方法建立的银川地区及宁夏南部山区春季首场透雨预测模型均对实况具有较好的拟合能力。特别是对一些极值的拟合是许多统计模型所不及的。

从预测模型对 2000 ~ 2005 年 6 a 首场透雨出现日期的预报结果看(表 3):该预测模型对宁夏南部山区首场透雨的预测结果比较理想,6 a 的预测值中有 5 a 接近实测值(误差 < 2 旬),预测准确率达到 83%;对银川地区的预测准确率相对较差为 67%。6 a 的预测值中有 4 a 接近实测值(误差 < 2 旬)2 a 差异较大。

表 3 宁夏银川及南部山区首场透雨出现日期实测及预测值表

Tab. 3 The observed and forecasted dates of the first soaking rainfalls in Yinchuan and southern mountain areas of Ningxia

年份	银川地区			南部山区		
	实测	预测	评估	实测	预测	评估
2000 年	6 月 2 日	5 月 6 日	×	6 月 2 日	6 月 4 日	√
2001 年	4 月 23 日	4 月 27 日	√	4 月 23 日	4 月 26 日	√
2002 年	4 月 4 日	4 月 23 日	√	4 月 4 日	5 月 1 日	×
2003 年	5 月 4 日	5 月 30 日	×	5 月 4 日	5 月 4 日	√
2004 年	5 月 2 日	5 月 16 日	√	5 月 2 日	5 月 6 日	√
2005 年		6 月 6 日	√	5 月 16 日	5 月 12 日	√
准确率	67%			83%		

## 4 结 论

(1) 利用最优子集回归方法建立宁夏春季首场透雨预测模型,是切实可行的,对首场透雨出现日期具有非常好的拟合效果和较好的预测能力。

(2) 本文利用春季首场透雨出现日期建立编号序列,通过相关普查寻找和建立春季首场透雨出现日期与前期北太平洋海温场、环流特征量、500 hPa

高度场等的关系,进而建立春季首场透雨预测模型的思路是行之有效的。

(3) 近 30 a 来银川地区春季首场透雨出现日期,70 年代相对较晚,80 年代偏早,90 年代介于 70、80 年代之间。其中,3 月份出现首场透雨的气候概率为 23.3%、4 月份为 20.0%、5 月份为 23.3%、6 月份为 33.3%,出现机会相对较多。从 30 a 总趋势看,银川地区春季首场透雨出现日期在波动中略有提前。

(4) 宁夏南部山区春季首场透雨出现时间相对比较集中,其中 4 月份出现的气候概率为 53%,其次是 5 月份和 3 月份,分别为 20% 和 17%,最小的是 6 月份,仅为 10%。从近 30 a 来的总趋势看,南部山区春季首场透雨出现日期在波动中略有推迟现象。

(5) 南部山区春季首场透雨出现时间普遍早于银川地区,30 a 来有 80% 的年份南部山区出现首场透雨的时间都早于中北部的银川地区。

### 参考文献:

- [1] 李耀辉,李栋梁,赵庆云.中国西北地区春季降水异常的特征分析[A].中国西北干旱气候变化与预测研究(一)[M].北京:气象出版社,2000.70-73.
- [2] 杨舵,史玉光.新疆春季降水与北大西洋海温关系的初步研究[A].中国西北干旱气候变化与预测研究(三)[M].北京:气象出版社,2000.234-240.
- [3] 胡桂芳,奚秀芬.山东夏季降水量场预测模型研究及预测试验[J].气象,2002,28(12):15-20.
- [4] 李祚泳,张辉军.气温和降水时变影响参数的多步预测模型[J].高原气象,1993,12(4):425-431.
- [5] 李艳春,李艳芳.宁夏近百年来气候变化及突变分析[J].高原气象,2001,20(1):100-104.
- [6] 章景德,高富荣,郑祖光,编著.气象统计预报基础[M].北京:气象出版社,1995.278-303.
- [7] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999.194-201.
- [8] 魏凤英.华北干旱的多时间尺度组合预测模型[J].应用气象学报,2003,14(5):583-592.

## Climate Prediction Research on the First Soaking Rainfall in Ningxia

LI Yan - chun<sup>1</sup> , LIANG Xu<sup>2</sup> , NA Li<sup>2</sup> , ZHENG Guang - fen<sup>2</sup> , SUN Yin - chuan<sup>2</sup>

( 1. Key Laboratory of Meteorology Disaster Preventing and Reducing of Ningxia , Yinchuan 750002 ,China ;  
2. Ningxia Meteorological Observatory , Yinchuan 750002 ,China )

**Abstract** The dates of the first soaking rainfalls in the south and middle parts of Ningxia were forecasted statistically by using the optimal subset regression method , the forecast equation was set up and its effect was analyzed , and the change of the dates of the first soaking rainfall in the regions in recent 30 years was discussed in detail. Results show that the occurrence probability of the first soaking rainfall is 23.3% in March , 20% in April , 23.3% in May , and 33.3% in June in Yinchuan region , during the last 30 years the dates of the first soaking rainfalls were later in 1970s , earlier in 1980s , and medium in 1990s between that in 1970s and 1980s. The dates of the first soaking rainfall concentrated relatively in southern mountain areas of Ningxia , the probability of occurrence is 53% in April 20% and 17% in May and March and only 10% in June , and it is found that there is a slight trend of postponing with fluctuation for the dates of the first soaking rainfalls in this region in recent 30 years. The effect of forecast using the optimal subset regression method for the date of the first soaking rainfall is good in Ningxia.

**Key words** : spring ; Ningxia ; the first soaking rainfall ; climate forecast

( 上接第 36 页 )

## Analysis on Climatic Characteristics of Circulation Field under the Heavy or Torrential Rain Condition over the Southeast Region of Gansu Province

WANG Long<sup>1,2</sup> , LIU Wei - Min<sup>2</sup> , JIA Hai - Yuan<sup>2</sup> , WANG Tong<sup>2</sup> , JIN Yong - cai<sup>2</sup>

( 1. Institute of Arid Meteorology , CMA , Lanzhou 730020 ,China ;  
2. Tianshui Meteorological Bureau of Gansu Province , Tianshui 741000 ,Gansu , China )

**Abstract** : Based on the reanalysis data of the upper air grid point from NCEP during 1967 ~ 2000 , the characteristics of both upper and lower air circulation current fields under the condition of heavy or torrential rains were analyzed , and the climatic models of three upper and lower air circulation patterns and their departure difference fields were established month by month in May to September by experience and statistical method. Thus the essential theoretical foundation for analyzing weather forecast result , establishing predicting factors data and setting up the model of short range forecast has been provided.

**Key words** : heavy or torrential rain ; circulation characteristics ; classification