

汛期相当暴雨日数与总降水量的定量关系^①

吴正华 李海盛 储锁龙

(北京市气象科学研究所,100081)

提 要

北京近百年汛期(6~8月)相当暴雨日数与汛期总降水量相关系数高达0.97,京津冀地区30年汛期区域平均相当暴雨日数与区域平均降水量相关系数亦达0.94。通过点聚图和回归方程来表征两者的线性关系。汛期相当暴雨日数估算汛期总降水量的误差约10%,即估算精度达90%。这种估算方法可供业务使用。

关键词: 相当暴雨日数 总降水量 定量关系

引 言

关于北京的汛期暴雨与旱涝级别的关系,已在文献[1]中做了分析,指出暴雨与旱涝有很好的相关性,暴雨的次数对旱涝年景有决定意义。在此基础上,进一步探讨相当暴雨日数与总降水量的定量关系,将会有助于汛期旱涝预报。

1 汛期相当暴雨日数与总降水量的对应关系

汛期(6~8月)内,连续数日出现有量降水(期间可有一次微量降水),其过程总降水量 $\geq 50.0\text{mm}$,称为一次暴雨过程。将暴雨过程的总降水量除以50,所得之整数即为相当暴雨日数。汛期相当暴雨日数,即为汛期所有暴雨过程的相当暴雨日数之和。相当暴雨日数的意义在于:一是要克服暴雨日界时间的局限性。例如,1953年8月24~26日三天雨量分别为29.9mm、49.9mm和34.1mm,按暴雨日数统计,均不够暴雨标准,而按相当暴雨日数计算,为 $113.9/50=2$ 天;二是为了表达雨强的差异。例如,1891年7月23日雨量为609.0mm,其相当暴雨日数为12。特大暴

雨过程其相当暴雨日数均 ≥ 4 。

1.1 北京地区

北京1875~1997年有汛期相当暴雨日数资料99年,其中1875~1914年资料间断,仅有16年,1915年起为连续资料。

表1为北京近百年汛期相当暴雨日数与汛期总降水量距平的对对应关系。降水级别采用业务工作中的旱涝级别。即1级为降水距平百分率 $\leq -50\%$ (降水量 $\leq 230\text{mm}$);3级为降水距平百分率为 $\pm 20\%$ 之间($370\text{mm} \leq$ 降水量 $\leq 550\text{mm}$),5级为降水距平百分率 $\geq 75\%$ (降水量 $\geq 800\text{mm}$);2、4级分别介于1~3级和3~5级之间。

从图1和表1中可知:①北京相当暴雨日数与降水量的时间序列直方图升降趋势一致,即相当暴雨日数的多少反映汛期总降水量的大小。②相当暴雨日数 ≤ 3 时,对应降水量 $\leq 370\text{mm}$ 或降水距平百分率为 -20% 以下的拟合率为 $28/34=82.4\%$;相当暴雨日数 ≥ 7 时,对应降水量 $> 550\text{mm}$ 或降水距平百分率为 20% 以上的拟合率为 $29/33=87.9\%$;③相当暴雨日数 ≤ 1 时,共出现18

① 国家“九五”重中之重项目“我国短期气候预测系统的研究”(96-908-05-02)专题资助

年,均为旱年;而相当暴雨日数 ≥ 8 时,共出现21年,均为涝年。这些统计表明:相当暴雨日数愈少,则降水量愈小,反之,相当暴雨日数愈多,则降水量愈大。正如文献[2]指出

的,北京汛期降水量多少只与暴雨过程有关,而与大雨过程、中雨过程和小雨过程无关。在干旱的汛期,其降水过程总数并不比涝年少,只是暴雨过程明显偏少。

表1 北京近百年汛期相当暴雨日数与汛期总降水量距平(ΔR)的关系

相当暴雨日数	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8	合计
$\Delta R \leq -50\%$	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
$-50\% < \Delta R < -20\%$	3	10	4	6	2	0	0	0	0	25
$-20\% \leq \Delta R \leq 20\%$	0	0	1	5	17	4	4	4	0	35
$20\% < \Delta R < 75\%$	0	0	0	0	0	3	2	8	12	25
$\Delta R \geq 75\%$	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9
合计	5	13	5	11	19	7	6	12	21	99

北京近百年汛期相当暴雨日数与汛期总降水量的相关系数为0.9692,通过0.01信度($r_\alpha = 0.2540$)检验。

1.2 京津冀地区

根据京津冀地区61站(河北省40站,北京15站,天津6站)。1963~1990年6~8

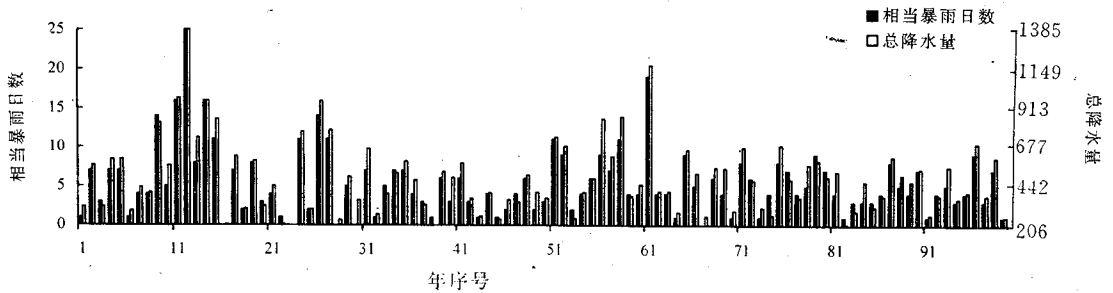


图1 北京近百年汛期相当暴雨日数和总降水量的时间序列直方图

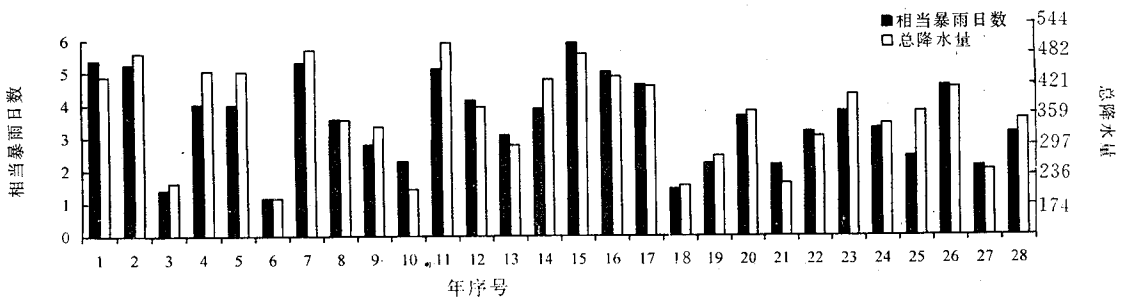


图2 京津冀区域平均汛期相当暴雨日数和总降水量的时间序列直方图

月逐日(20~20时)雨量资料,先求各站每年的相当暴雨日数与其汛期降水量,再作61站的算术平均值得到该年的区域平均相当暴雨日数和总降水量。京津冀地区1963~1990年期间,多年平均的6~8月区域平均相当暴雨日数为3.53,区域平均总降水量为403.5mm。其年际变化如图2。

将图2中的峰、谷年份即多雨年和少雨年分别列入表2和表3。

表2 京津冀地区汛期多雨年的区域平均相当暴雨日数和降水量

年份	1964	1969	1973	1977	1978
相当暴雨日数	5.23	5.28	5.10	5.90	5.00
暴雨距平	1.70	1.75	1.57	2.87	1.47
降水量雨量/mm	519.3	526.5	540.1	518.9	474.6
量距平百分率	28.7	30.5	33.9	28.6	17.6

表3 京津冀地区汛期少雨年的区域平均相当暴雨日数和降水量

年份	1965	1968	1972	1980	1983	1989
相当暴雨日数	1.41	1.16	2.28	1.43	2.16	2.11
暴雨距平	-2.12	-2.37	-1.25	-2.10	-1.37	-1.42
降水量雨量/mm	274.4	245.9	262.4	269.2	272.9	297.7
量距平百分率	-32.0	-39.1	-35.0	-33.3	-32.4	-26.2

从图2和表2、3中可知:①区域平均相当暴雨日数的多少和汛期降水量的大小存在较好的对应关系。②区域平均相当暴雨日数 ≥ 5.0 ,共出现5次(1964、1969、1973、1977和1978年)比常年值3.53偏多1.47~2.87。对应汛期降水距平百分率大都在20%以上,均属多雨年。须说明的是,1963年是洪涝年,区域平均相当暴雨日数 >5 ,但61个站平均汛期雨量并没有明显偏多,这里没有列入表中。③区域平均相当暴雨日数 <2.3 ,共出现6次(1965、1968、1972、1980、1983和1989年)比常年偏少1.25~2.37,对应汛期降水距平百分率大都偏少30%以上,均属少雨年。

京津冀地区汛期区域平均相当暴雨日数与降水量的相关系数为0.9375,通过0.01信度($r_a = 0.4487$)检验。

2 用相当暴雨日数估算汛期总降水量

北京和京津冀地区的汛期相当暴雨日数

与汛期总降水量分别制作点聚图(见图3、图4)。

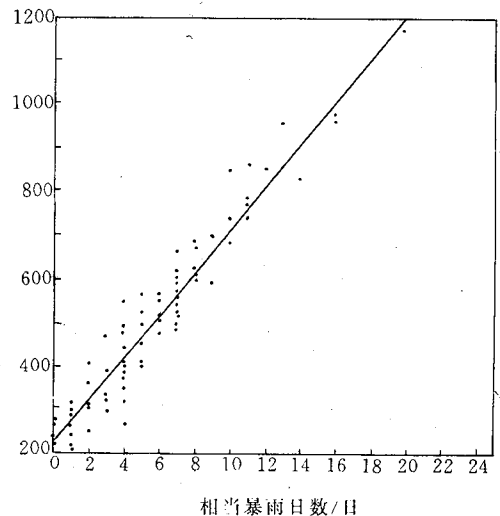


图3 北京近百年汛期相当暴雨日数与汛期总降水量点聚图

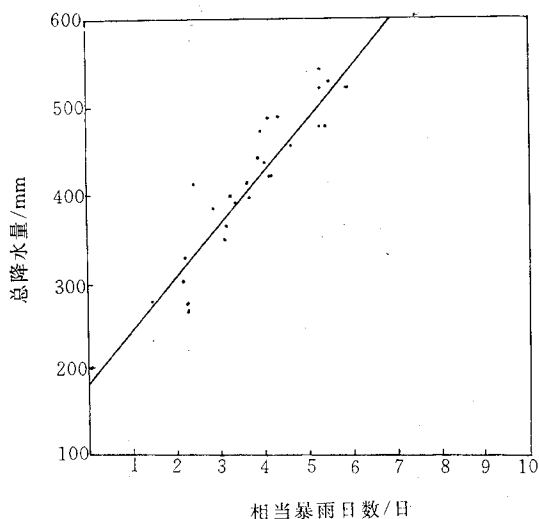


图4 京津冀地区区域平均汛期相当暴雨日数与汛期总降水量点聚图

北京和京津冀地区的汛期相当暴雨日数(x)和汛期总降水量(y)的回归方程 $y = bx + a$ 分别为:

北京: $y = 48.756x + 233.986$

这里,系数 b 值大小接近一个相当暴雨日的雨量值(50mm),常数 a 表示非暴雨过程,即每年汛期全部大雨过程、中雨过程和小雨过程的总降水量多年平均值。从实际资料看,在北京汛期无暴雨过程(相当暴雨日数为0)的5年中,其汛期降水量平均值为254.3mm,与 a 值接近。

京津冀地区: $y = 62.138x + 179.344$

根据以上两个回归方程,如果相当暴雨日数能预报出来,就可估算汛期降水量。

3 估算精度分析

3.1 残差分析

定义残差 $\Delta y_i = \hat{y}_i - y_i$,式中 \hat{y}_i 和 y_i 分别为第 i 年的估算值和第 i 年的汛期总降水量。

北京和京津冀地区汛期相当暴雨日数估算降水量的残差分析表明:①北京99年中,有 $58/99 = 58.6\%$ 降水量残差不超过40mm,有 $86/99 = 86.9\%$ 降水量残差不超过80mm。降水量残差值超过100mm的有5年,其中3年(1924、1954和1956年)是因暴雨过程多,相当暴雨日数 ≥ 10 ,使计算误差累计较大;另外两年(1972和1983年),则是干旱,相当暴雨日数少(为4天和3天),其降水量残差偏大是由于非暴雨过程偏少(均不超过10次)且大雨过程不超过2次,使得非暴雨过程总降水量远小于回归方程中的常数 a 所致。②京津冀地区有一半降水量残差不超过20mm,有 $27/28 = 96.4\%$ 降水量残差不超过60mm。这比北京99年资料更集中在回归直线附近(图4)。

3.2 回归方程的统计检验

回归方程的 F 检验^[3](见表4)。

表4 F 检验

	n	Q	S	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
北京	99	277345.8	2889.0	1485.7	3.95	6.93
京津冀	28	28152.66	1005.2	188.6	4.23	7.72

$$\text{统计量 } F = \frac{u/m}{Q/(n-m-1)}$$

式中: m 为因子个数,即1; n 为资料长度; $u = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2$, 即回归平方和; $Q = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2$, 即残差平方和。 \hat{y}_i 和 y_i 分别表示第 i 年的汛期估计值和降水量。 \bar{y} 为降水均值。

对北京, $F = 1485.7$

对京津冀地区, $F = 188.6$

F 和 F_{α} 均列入表4。从表4中可知, $F > F_{\alpha}$, 均通过0.05、0.01的信度检验。

3.3 精度分析

表4中的 S 为剩余方差,再开方得到剩余均方差。即剩余均方差 $S_r = \sqrt{S}$,误差百分率为 $\frac{S_r}{y} \times 100\%$ 。

对北京:剩余均方差 $S_r = 53.7$,降水均值为460.0mm,误差的百分率为 $\frac{53.7}{460.0} \times 100\% = 11.7\%$,估算精度为 $100\% - 11.7\% = 88.3\%$ 。

对京津冀地区平均:剩余均方差 $S_r = 31.7$,降水均值为403.5mm,均方根的误差 $= \frac{31.7}{403.5} \times 100\% = 7.9\%$,估算精度为 $100\% - 7.9\% = 92.1\%$ 。

4 结论

4.1 北京、京津冀地区汛期相当暴雨日数估算总降水量 $y = bx + a$,常数 a 为非暴雨过程的降水量多年平均值,系数 b 接近一个相当暴雨日的雨量, a, b 均有明确的物理意义,而且估计精度达90%,其误差为1~2个相

当暴雨日的雨量。估算方法可供业务使用。

4.2 本文的估算方法是把汛期相当暴雨日数与降水趋势即旱涝程度较好的对应关系^[1,2]和汛期旱涝往往取决于几场暴雨^[1]的感性认识,转化为定量的数学表达式。

4.3 汛期旱涝是大尺度长时间的降水量异常现象,暴雨是中尺度系统作用下的短时强降水。两者的成因和预测各有不同思路,如何认识和理解两者的关系有待于深入研究。

参考文献

- 1 吴正华,储锁龙. 北京暴雨与旱涝关系的分析. 应用气象学报, (待发表).
- 2 陆晨,李青春. 北京夏季不同等级降水过程与旱涝关系的分析. 气象, 1998, 24(3): 38~41.
- 3 屠其璞等. 气象应用概率统计学. 北京:气象出版社, 1984: 251~255.
- 4 暴雨编写组. 华北暴雨. 北京:气象出版社, 1992: 1~12.

The Quantitative Relation between the Equivalent Torrential Rain Day and the Total Rainfall at the Flood Period

Wu Zhenghua Li Haisheng Chu Suolong

(Beijing Institute of Meteorological Science, 100081)

Abstract

The correlational coefficient between the number of the equivalent torrential rain day and the total rainfall at June~August of this century in Beijing is 0.97. The correlational coefficient between the regional average number of the equivalent torrential rain day and the regional average total rainfall is 0.94. The linear correlation between the number of the equivalent torrential rain day and the total rainfall is given by the regression equation and the scatter diagram. The root mean square error of the total rainfall calculated by the regression equation is near 10 percent. The method of the total rainfall calculated by the number of the equivalent torrential rain day can be applied to the operational use.

Key Words: equivalent torrential rain total rainfall quantitative relation