王纪军，任国玉，匡晓燕，等. 2010. 河南省月和年降水量正态性分析 [J]. 气候与环境研究，15 (4)：522－528. Wang Jijun, Ren Guoyu, Kuang Xiaoyan, et al. 2010. Normality analysis of the monthly and annual precipitation in Henan Province [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 15 (4)：522－528.

河南省月和年降水量正态性分析

王纪军[1]　任国玉[2]　匡晓燕[3]　汪方[2]

1　河南省气候中心，郑州　450003
2　中国气象局气候研究开放实验室，国家气候中心，北京　100081
3　河南省气象台，郑州　450003

摘　要　利用1957～2008年（共52年）河南省48个气象站月、年降水量资料，利用标准偏态系数和峰度系数检验方法，对降水量的正态性进行了分析。结果表明，河南省大多数气象站的月和年降水量不服从正态分布，但对降水量序列进行开平方或开立方处理后，降水量序列的正态性得到明显的改善。半数台站的年降水量原始序列服从正态分布。对各站偏态系数进行平均，可以发现，所有站月序列的偏态系数均为原序列的最大，立方根序列的偏态系数最小。原序列均为正偏，平方根序列以正偏为主，立方根序列则以负偏为主。所有站月原序列的峰度系数均为正数，平方根或立方根的峰度系数则正负相间。

关键词　河南　降水量　正态性　概率分布
文章编号　1006-9585（2010）04-0522-07　　**中图分类号**　P426.62　　**文献标识码**　A

Normality Analysis of the Monthly and Annual Precipitation in Henan Province

WANG Jijun[1], REN Guoyu[2], KUANG Xiaoyan[3], and WANG Fang[2]

1　*Henan Climate Center, Zhengzhou*　450003
2　*Laboratory for Climate Studies, China Meteorological Administration, National Climate Center, Beijing*　100081
3　*Henan Meteorological Observatories, Zhengzhou*　450003

Abstract　Based on monthly and annual precipitation at 48 stations from 1957 to 2008 in Henan Province, the normality of the precipitation was analyzed by using the skewness and sharpness coefficient methods. The results show that the monthly and annual precipitation at most of the stations do not obey the normal distribution, however, their square/cube root obey the normal distribution better. For half of the stations, their original series of annual precipitation obey the normal distribution. The biggest skewness coefficient occurs in the original series, and the smallest in the cube root series, which is applicable for all stations and months. The positive bias is found in all the original series and most of the square root series, and the negative bias is found in most of the cube root series. The sharpness coefficients are all positive for the original series, which is positive or negative for square and cube root series.

Key words　Henan, precipitation, normality, probability distribution

收稿日期　2010-03-12 收到，2010-06-19 收到修定稿
资助项目　国家科技支撑计划课题 2007BAC03A01 和 2007BAC29B02
作者简介　王纪军，男，1970年出生，博士，高级工程师，主要从事气候与气候变化研究。E-mail：wjj_wang@hotmail.com

1　引言

降水是地面观测中最基本的气象要素之一，也是决定某地天气气候特征的关键因子。由于严重缺少降水而形成的气象干旱，以及由于集中强降水造成的严重洪涝现象，是河南天气气候的显著特点之一。对于河南省的降水及其变化规律分析，已经取得了许多成果（王纪军等，2007，2008）。

在气候统计、短期气候预测业务和气候变化研究中，许多方法都基于样本服从正态分布的假设。对月以上尺度降水概率分布特征的研究一直受到气象工作者的关注，获得了一系列的研究成果。曹杰和陶云（2002）对全国 160 个测站的月降水资料是否服从正态分布进行了检验分析，指出中国大多数测站夏季月降水量符合正态分布；冬季降水多不服从正态分布，黄河流域以南和江淮流域、东北部分地区及云南部分地区基本符合正态分布。杨观竹（1983）、王新平等（2001）、黄嘉佑等（2003）、陶云和段旭（2003）、胡文东等（2006）、方建刚等（2009）分别就不同区域降水正态分布问题进行了相关研究，多数研究发现区域内月和年降水量基本符合正态分布规律，但也有不同结论。

因此，月和年降水量的概率分布特征在不同地区存在一定差异；另外，气候变化研究中资料序列的均一化也要求检验序列和参考序列服从正态分布（Wijngaard et al.，2003）。在这种情况下，需要根据各个地区详尽观测资料，进行具体的研究，以便为相关气候研究和业务工作提供理论依据。

2　资料和方法

2.1　资料

利用河南省气候中心提供的 1957～2008 年河南省 48 个气象站的月、年降水观测资料。这些台站空间分布相对均匀，包括部分国家级气象站，但多数为省级气象站。对于个别缺测年份，利用 52 年的平均值简单进行插补。资料经过质量控制，但没经过均一化订正。由于站点迁移等造成的非均一性可以看作随机误差，对月和年降水概率分布特征分析影响不大。

2.2　方法

对于样本数为 n 的时间序列 x_i（$i=1, 2, \cdots, n-1, n$），偏态系数 C_{sk} 和峰度系数 C_{sh} 分别为

$$C_{\mathrm{sk}}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i-\bar{x}}{s}\right)^3, C_{\mathrm{sh}}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i-\bar{x}}{s}\right)^4-3, \tag{1}$$

式中，样本序列的平均值

$$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i,$$

均方差

$$s=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}.$$

在样本容量足够大时，如果样本服从正态分布，其偏态系数和峰度系数也服从正态分布，且数学期望为 0，均方差分别为

$$S_{\mathrm{sk}}=\sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}},$$

$$S_{\mathrm{sh}}=\sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}. \tag{2}$$

假设 H_0：样本序列服从正态分布，取置信度 $\alpha=0.05$，当 $\left|\frac{C_{\mathrm{sk}}}{S_{\mathrm{sk}}}\right|<1.96$ 且 $\left|\frac{C_{\mathrm{sh}}}{S_{\mathrm{sh}}}\right|<1.96$ 时，接受原假设 H_0，认为序列服从正态分布；否则拒绝原假设，即认为序列不服从正态分布。下文将 $\left|\frac{C_{\mathrm{sk}}}{S_{\mathrm{sk}}}\right|$、$\left|\frac{C_{\mathrm{sh}}}{S_{\mathrm{sh}}}\right|$ 定义为标准偏态系数和峰度系数（简称为偏态系数和峰度系数），进行分析。

3　结果

3.1　降水量正态性检验

利用偏度和峰度系数检验法对河南省 48 个台站 52 年的月、年降水量进行正态性检验。图 1 给出了逐月以及年降水量未能通过正态性检验的站数的比例。月降水量原序列多不服从正态分布，11 月所有台站均不能通过正态性检验；1 月、6 月、12 月（47 个站）、2 月、10 月（45 个站）和 5 月（44 个站）等共 6 个月有 90％以上的台站不能通过正态性检验；4 月、7 月和 8 月 3 个月的降

水量不能通过正态性检验的站数均为43个，比例接近90%；即使是效果最好的3月，也有29个站不能通过正态性检验，占统计台站的60%。年降水量有21个站不能通过正态性检验，占43.8%。

对原降水量序列进行开平方根处理，序列的正态性有了很大的改变，仅有不足11%的站月序列不能通过正态性检验。2月、3月、10月、11月所有台站均通过正态性检验，9月仅有卢氏1站不能通过正态性检验，1月和12月各有2个站不能通过正态性检验，分别为安阳、濮阳和新乡、伊川；5月、7月和8月不能通过正态性检验的站数比例均在17%以下，站数依次为8、7和7个，4月的降水量开平方后仍有近一半的台站未能通过正态性检验，具体站数为22个。年序列有7个不能通过正态性检验，占全部统计站数的14.6%。

对原降水序列进行立方根处理，序列的正态性检验结果也好于原序列，但并不比平方根结果要好，近20%的站月序列不能通过正态性检验。5月、6月、8月和11月4个月份的效果最好，各有2个站未能通过正态性检验，其次为9月，有3个站不能通过正态性检验；最差的是2月，有28个站不能通过，占所有站数的58.3%，不能通过正态性检验的站数超过20个以上的还有3月和12月，各有24个站和21个站。年降水量仅有3个站不能通过正态性检验。与平方根相比，4～8月5个月的月序列和年序列的正态性检验通过率立方根高于平方根10%左右。

3.2 降水量标准偏态系数

图2给出了河南省月和年降水量偏态系数及其站间的标准差，反映了河南省降水量偏态系数的年内变化及其空间变化特征。

从原降水序列的各站平均偏态系数看，平均为2.82，站间差异较大，其中4月超过2.0，而8月接近2.0；降水量均为正偏，4月最大为

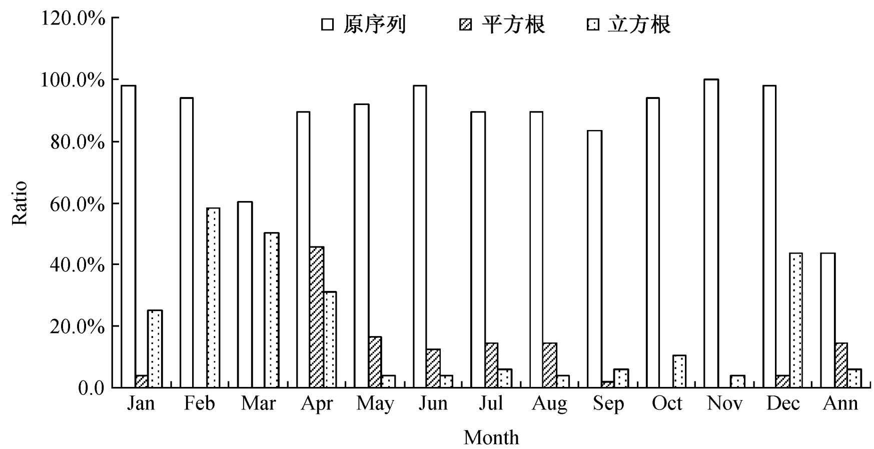

图1 不能通过正态性检验的站数的比例

Fig. 1 Ratios of the stations which cannot pass the normality analysis

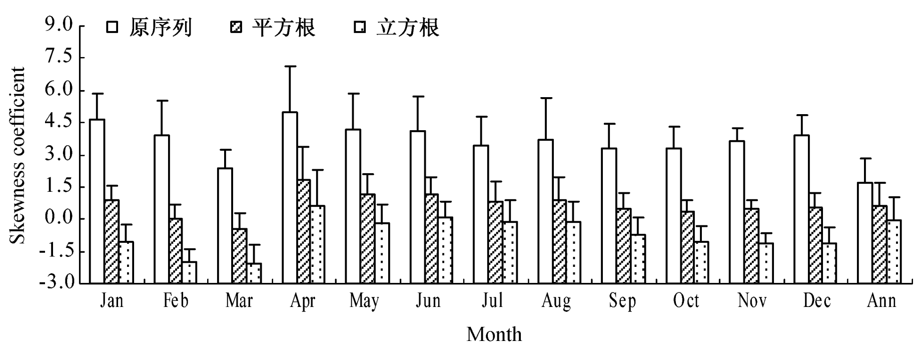

图2 逐月和年降水量偏态系数及其误差

Fig. 2 Skewness coefficients of monthly and annual precipitation, and their standardized deviation

4.99；最小的 2 月也有 2.88，也不能通过正态性检验。从降水量平方根序列的平均偏态系数看，平均为−0.37，站间差异都在 1.60 以下；3 月为负偏、2 月接近 0，其他各月均为正偏，4 月最大为 1.82，3 月最小为−0.42。降水平方根序列均能通过正态性检验。而降水量立方根的偏态系数平均为−0.13，站间差异较大，整体上以负偏为主，除 4 月和 6 月为正偏外（其中 6 月接近 0），其他月份均为负偏。只有 3 月的偏态系数值为−2.09、小于−2.0，不能通过正态性检验。

年降水量的偏态系数原始序列平均为 1.68，平方根和立方根后偏态系数明显减小，分别为 0.63 和−0.07。站间均方差三者相当，均为 1.1 左右。

河南省年降水量（图 3a）的偏态系数超过 1.96 的区域主要集中在豫西山地，豫东、豫北的部分地区也有所表现。年降水量以正偏为主，统计站点中仅有 5 个站为负偏，约占总数的 10.4%，且其绝对值小于 1.5，其中有 4 个站的绝对值在 0.8 以下。

河南省年降水量平方根的偏态系数（图 3b）和原始序列一样，以正偏为主。仅有 9 个站的偏态系数小于 0，其中 4 个站偏态系数的绝对值在 1.0 以下，潢川站出现大的负值中心，中心强度

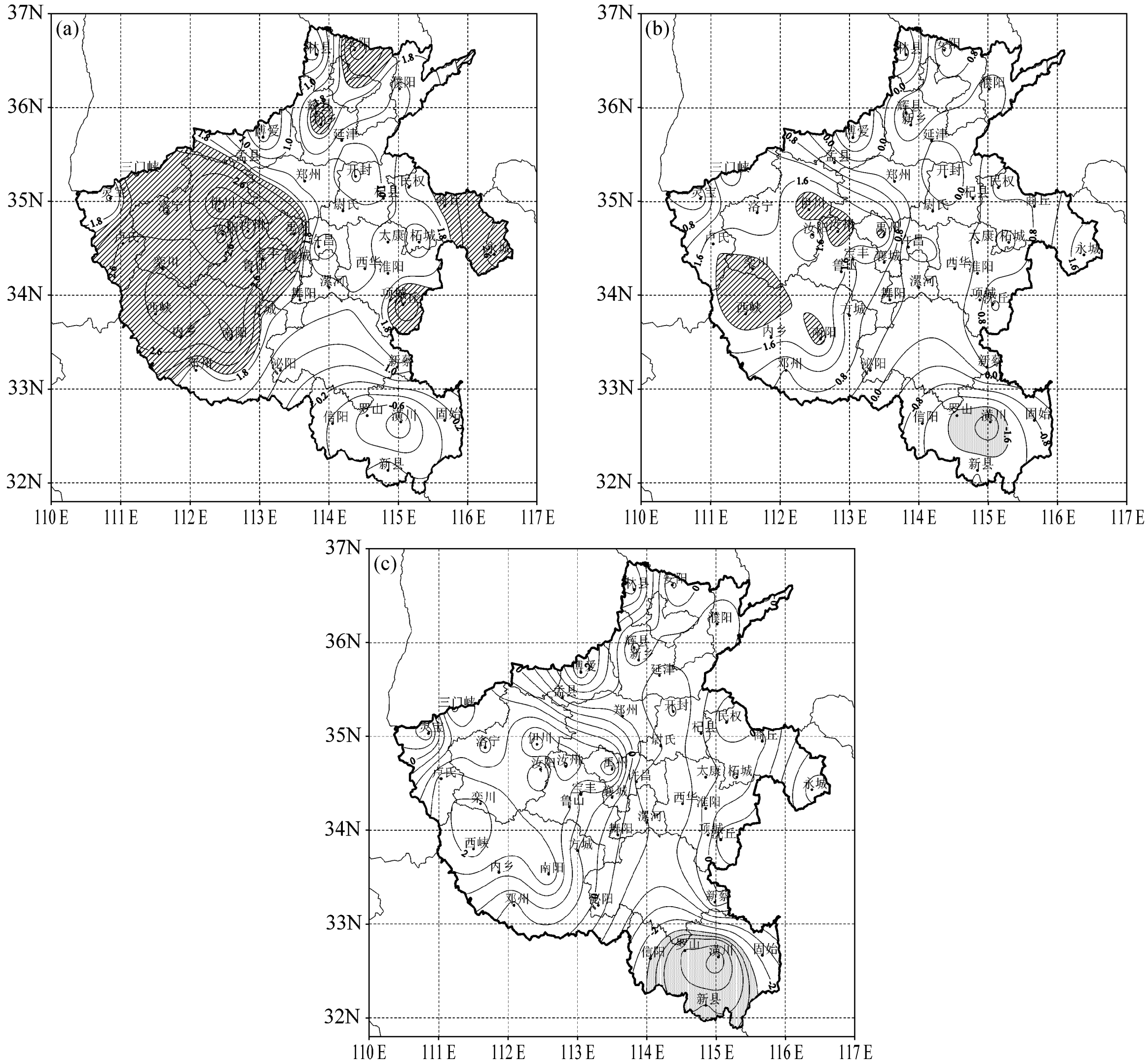

图 3　河南省 48 个台站 1957～2008 年年降水量序列的偏态系数分布：(a) 原序列；(b) 均方根；(c) 立方根。阴影为偏态系数绝对值超过 1.96 的区域

Fig. 3　Distribution of skewness coefficients of the annual precipitation at 48 stations in Henan Province during 1957−2008: (a) Resource; (b) square root; (c) cube root. The shaded areas denote where the skewness coefficients were greater or equal to 1.96

为−2.31，延津站的偏态系数为0。其他38个台站均表现为正偏状态，共有5个站不能通过正态性检验，主要分布在豫西山地，偏态系数在2.10～2.47之间，分别为伊川、汝州、西峡、南阳、栾川和禹州。

河南省年降水量立方根的偏态系数（图3c）则和原序列以及平方根序列不同，以负偏为主，共有27个站的偏态系数小于0，占统计站点的56.3%。其中潢川出现一个强度为−2.94的负值中心，此外还有罗山（−2.44）和新县（−2.07）共3个分布在豫南地区的站偏态系数不能通过正态性检验。其他21个站的偏态系数多在1.75以下，其中12个站的偏态系数在1.0以内，占正偏站数的57.1%。

3.3 降水量标准峰度系数

图4给出了河南省逐月和年降水量峰度系数及其站间的标准差，反映了河南省降水量峰度系数的年内变化及其空间变化特征。

从原序列的各站平均峰度系数看，平均为3.02，站间差异较大，均方差平均为1.84。峰度系数除3月为0.14外，其余月份峰度系数的平均值均在1.60以上，8个月份不能通过正态性检验。从降水量平方根序列的平均峰度系数看，平均为−0.06，站间差异较小，除4月和8月大于1.5外，其余各月均在0.3～1.3之间。而降水量立方根后的峰度系数平均为−0.35，站间的差异较小，均方差为0.98。数值上基本正负参半，有5个月为正值，集中在2～5月和7月，最大值为3月的1.01，最小值为12月的−1.31，其他各月的峰度系数均在±0.55之间。

年降水量的峰度系数原始序列平均为0.54，站间均方差为1.14；平方根后峰度系数大大减小，平均不足−0.01，站间差异也明显缩小，均方差达到0.72；而立方根后峰度系数和站间差异也明显减小，峰度系数为−0.07，站间均方差为0.75。

河南省年降水量（图5a）的峰度系数多为正值，负值仅占37.5%。绝对值在1.0以内的共有26个站，占所有台站的54.2%。超过1.96的站数有5个，约占10%左右，呈东北—西南分布，中心最大强度为3.01，出现在汝州，依次还有内乡（2.92）、安阳（2.56）、伊川（2.41）和新乡（2.29）。

河南省年降水量平方根的峰度系数（图5b）和原序列一样，多表现为正值。峰度系数小于0的有22个站，占45.8%；其余台站的峰度系数均为正值。标准峰度系数绝对值均在1.50以下，即都可以通过正态性检验。

河南省年降水量立方根的峰度系数（图5c）和平方根序列相似，所有台站峰度系数的绝对值均在1.80以内。立方根的峰度系数正负参半，均为24个台站。最大值为新县的1.79，最小值则为泌阳的−1.43，均能够通过正态性检验。

3.4 降水量正态性检验结果

利用降水量的原序列、平方根序列和立方根序列分别进行正态性检验。以标准偏态系数与峰度系数绝对值的和的最小值作为判据，确定通过正态性检验的最终序列。

河南省通过正态性检验的序列中，平方根序列占的比重最大，共有466站月，占80.9%；其次为原序列，有55个站月，占9.5%；立方根序列比例最小，仅有6.3%。经过取平方根、立方根

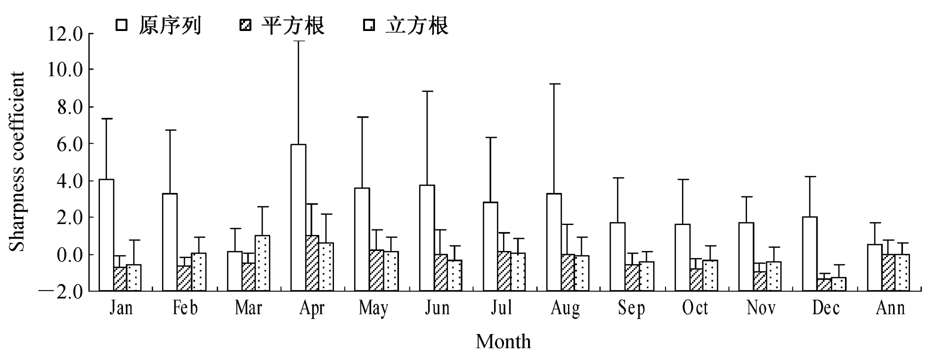

图4 逐月和年降水量峰度系数及其误差

Fig. 4 Sharpness coefficients of monthly and annual precipitation, and their standardized deviation

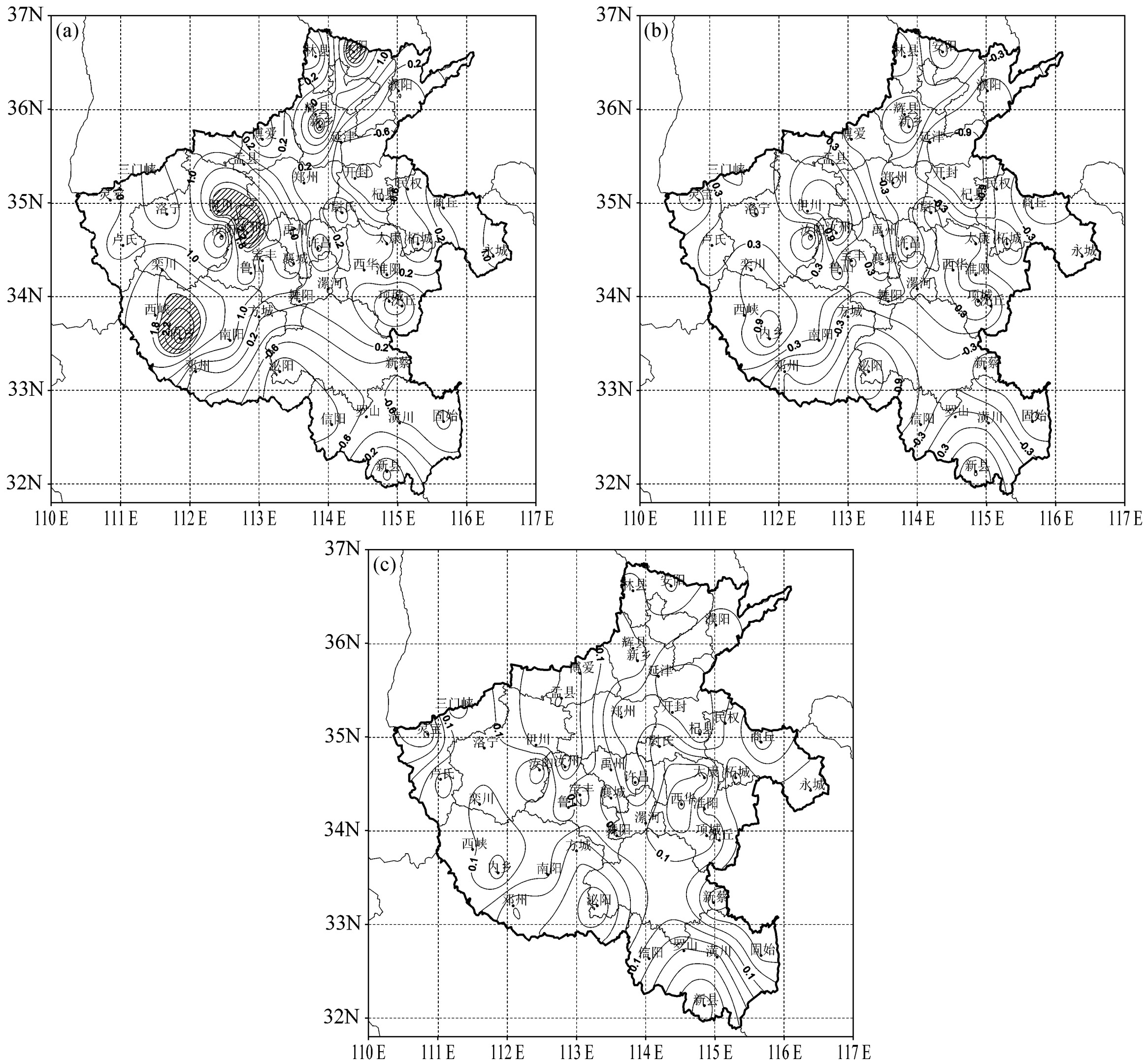

图 5　同图 3，但为峰度系数

Fig. 5　Same as Fig. 3，but for sharpness coefficients

仍然不能通过正态性检验的有 19 个站月，占统计站月的 3.3%。

表 1 给出了河南省年降水量正态性检验的最终结果。年降水量与月降水量序列的正态性检验有明显的不同：年降水量均能通过正态性检验；共有 27 站年降水量符合正态分布，占 56.2%；其次为平方根序列，有 15 个站，占 31.3%；立方根占的比例最小，仅有 12.5%。

4　结论

利用逐月资料采用峰度—偏态系数法进行河南省降水量的正态性检验，得到以下结论：

（1）月降水量多不服从正态分布，但对降水量序列进行平方或立方根处理后，序列的正态性得到明显的改变。利用峰度系数与偏态系数绝对值的和作为判据，年降水量原序列或处理后序列均能够通过正态性检验：其中 56.2%的台站原序列服从正态分布，31.3%的台站序列平方根后服从正态分布，12.5%的序列立方根后服从正态分布。

（2）月降水量原序列均为正偏，平方根序列以正偏为主，立方根序列则以负偏为主。各站的偏度系数均为原始序列的最大，立方根序列最小。

（3）所有站月原序列的峰度系数均为正数，平方根或立方根的峰度系数则正负相间。

表1 河南省年降水量正态性检验采用的最终序列
Table 1 Series adopted by the tests of the normality analysis

序号	站名	处理	序号	站名	处理	序号	站名	处理	序号	站名	处理
1	林县	原	13	伊川	立	25	内乡	平	37	泌阳	原
2	安阳	平	14	汝州	立	26	鲁山	平	38	新蔡	原
3	博爱	原	15	栾川	立	27	南阳	立	39	信阳	原
4	辉县	平	16	汝阳	原	28	方城	平	40	罗山	原
5	新乡	平	17	郑州	原	29	宝丰	平	41	新县	原
6	延津	原	18	禹州	立	30	襄城	平	42	民权	原
7	濮阳	原	19	许昌	原	31	舞阳	原	43	商丘	平
8	三门峡	平	20	开封	原	32	漯河	原	44	柘城	原
9	灵宝	原	21	尉氏	原	33	淮阳	原	45	沈丘	平
10	洛宁	平	22	杞县	原	34	西华	原	46	永城	平
11	卢氏	平	23	太康	原	35	项城	平	47	潢川	原
12	孟县	原	24	西峡	立	36	邓州	原	48	固始	原

注：原表示原序列，平表示平方根序列，立表示立方根序列。

（4）不管是偏态系数还是峰度系数，原序列未能通过正态性检验的多集中在豫西，这可能与该地区的地形（多为山地）有关，复杂的地形造成降水量的非均一性。对于峰度系数而言，不管是平方根还是立方根，绝对值均在1.80以内，能通过显著性检验。而偏态系数出现与峰度系数相似的现象外，平方根、立方根序列在豫南还出现了不能通过正态性检验的地区。

参考文献（References）

曹杰，陶云. 2002. 中国的降水量符合正态分布吗？[J]. 自然灾害学报，11（3）：115－120. Cao Jie，Tao Yun. 2002. Does the rainfall in China fit the normal distribution? [J]. Journal of Natural Disasters (in Chinese)，11（3）：115－120.

方建刚，毛明策，程肖侠. 2009. 陕西降水的正态性特征分析[J]. 西北大学学报（自然科学版），39（1）：131－136. Fang Jiangang，Mao Mingce，Cheng Xiaoxia. 2009. The analysis of statistics distribution characteristics on precipitation in Shaanxi [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition) (in Chinese)，39（1）：131－136.

胡文东，陈晓光，李艳春，等. 2006. 宁夏月、季、年降水量正态性分析[J]. 中国沙漠，26（6）：963－968. Hu Wendong，Chen Xiaoguang，Li Yanchun，et al. 2006. Normality analysis on annual，seasonal and monthly precipitation in Ningxia [J]. Journal of Desert Research (in Chinese)，26（3）：963－968.

黄嘉佑，黄茂怡，张印，等. 2003. 中国三峡地区汛期降水量的正态性研究[J]. 气象学报，61（1）：122－127. Huang Jiayou，Huang Maoyi，Zhang Yin，et al. 2003. The study of normality on summer precipitation in Sanxia area of China [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)，61（1）：122－127.

陶云，段旭. 2003. 云南降水正态分布特征的初探[J]. 气象科学，23（2）：161－167. Tao Yun，Duan Xu. 2003. The research of normal distribution characteristics of the precipitation in Yunnan Province [J]. Scientia Metrorologica Sinica (in Chinese)，23（2）：161－167.

王纪军，裴铁璠，顾万龙，等. 2007. 降水年内分配不均匀性指标[J]. 生态学杂志，26（9）：1364－1368. Wang Jijun，Pei Tiefan，Gu Wanlong，et al. 2007. Non-uniformity index of annual of precipitation distribution [J]. Chinese Journal of Ecology (in Chinese)，26（9）：1364－1368.

王纪军，裴铁璠，陈正洪，等. 2008. 河南省春季降水日数变化趋势[J]. 长江流域资源与环境，17（Z1）：36－40. Wang Jijun，Pei Tiefan，Chen Zhenghong，et al. 2008. Climatic trend of rain days during spring in Henan Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin (in Chinese)，17（Suppl. 1）：36－40.

Wijngaard J B，Klein Tank A M G，Können G P. 2003. Homogeneity of 20th Century European daily temperature and precipitation series [J]. Int. J. Climatol.，23：679－692.

王新平，张景光，李新荣，等. 2001. 沙坡头地区多年降水分布特征、趋势及其变率[J]. 中国沙漠，21（4）：260－264. Wang Xinping，Zhang Jingguang，Li Xinrong，et al. 2001. Distribution，trends and variability of precipitation in Shapotou region [J]. Journal of Desert Research (in Chinese)，21（4）：260－264.

杨观竹. 1983. 陕西省年、月降水量的理论频数分配[J]. 高原气象，2（2）：36－41. Yang Guanzhu. 1983. The theoretical frequency distribution of the annual and monthly precipitations in Shanxi Province [J]. Plateau Meteorology (in Chinese)，2（2）：36－41.