

# 温江近60年极端降水的变化特征分析

张荣平\*, 肖国杰#, 陈孟佳, 张妍, 张伟超

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都

收稿日期: 2021年10月12日; 录用日期: 2021年11月11日; 发布日期: 2021年11月19日

## 摘要

本文采用成都市温江站1960~2019年逐日降水量数据, 采用百分位法计算得到极端降水量、极端降水日数、极端降水强度, 利用线性倾向估计、累积距平等方法, 对成都地区的极端降水事件进行了研究。结果表明: 1) 极端降水量和极端降水日数呈波动下降趋势, 但这种下降趋势并不显著。年际尺度上, 极端降水量的变化趋势在1982年与2012年存在突变, 极端降水日数的变化趋势在1973年与1997年存在突变。年代尺度上, 二者的最高值均出现在60 s, 最低值均出现在00 s。2) 近60 a极端降水强度呈现出波动变化, 无线性趋势。年极端降水强度值在多年平均值线上下小幅波动, 年代极端降水强度变化不大。

## 关键词

极端降水量, 极端降水日数, 极端降水强度, 累积距平

# Analysis on the Variation Characteristics of Extreme Precipitation in Wenjiang in the Recent 60 Years

Rongping Zhang\*, Guojie Xiao#, Mengjia Chen, Yan Zhang, Weichao Zhang

College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

Received: Oct. 12<sup>th</sup>, 2021; accepted: Nov. 11<sup>th</sup>, 2021; published: Nov. 19<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Based on the daily precipitation data of Chengdu Wenjiang station from 1960 to 2019, the extreme precipitation, the number of days of extreme precipitation and the intensity of extreme precipita-

\*第一作者。

#通讯作者。

tion are calculated by percentile method. The extreme precipitation events in Chengdu are studied by using linear trend estimation and cumulative anomaly. The results show that: 1) The extreme precipitation and extreme precipitation days show a fluctuating downward trend, but the downward trend is not significant. On the interannual scale, the variation trend of extreme precipitation was abrupt in 1982 and 2012, and the variation trend of extreme precipitation days was abrupt in 1973 and 1997. On the decade scale, the highest value of both appeared in 60 s and the lowest value appeared in 00 s. 2) In recent 60 years, the intensity of extreme precipitation showed a fluctuating change, without a linear trend. The annual extreme precipitation intensity fluctuates slightly above and below the multi-year average, but the annual extreme precipitation intensity changes little.

## Keywords

Extreme Precipitation, Days of Extreme Precipitation, Extreme Precipitation Intensity, Cumulative Anomaly

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

1960 年以来,化石燃料燃烧加剧、碳排放量逐年增长带来近百年甚至近千年来前所未有的相关气候变化。出于对潜在的全球气候变化问题的重视,由世界气象组织(WMO)和联合国环境规划署(UNEP)于 1988 年成立了联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC),并在 1990 年发布了《第一次评估报告》[1]。自此气候变化的成因,其潜在的环境、社会、经济影响,以及缓解气候变化的可能性对策就成为了各国政府和各类国际研究机构的热点议题。

根据 IPCC 第五次评估报告结果,全球气候变暖趋势不可避免,其具体表现在全球气温上升、海平面上升、极地冰盖消融、极端气候事件频增等方面[2]。气候变化已经对人类健康、人类安全、生计与贫困等人类福祉方面产生了负面影响,增加了额外负担。气候变化将加剧现有问题,放大各类冲突,为国家安全带来新的隐患[3]。在全球变暖气候的威胁下,应对极端天气的可能性对策成为全球共同关注的焦点。其中各类极端降水将导致城市内涝危害城市交通安全[4]、农田积水危害粮食安全[5]、地表水量短时间激增影响堤坝泄洪[6],与人民的生产生活安全息息相关,是国内外气象工作者们共同关注的重点问题。

四川东部即四川盆地及周围山地属中亚热带湿润气候区,又兼有海洋性气候特征,全年温暖湿润;盆地地区云量多,晴天少[7]。成都是四川的省会城市,位于四川盆地西部,地势平坦、物产丰富、农业发达,自古有“天府之国”的美誉,也是国家重点高新技术产业基地、商贸物流中心和综合交通枢纽[8]。温江地处成都,温江站的气象观测数据的相关研究分析结论可以较好代表成都气象要素变化。对该站点的近 60 年降水数据的研究分析,能够了解成都地区的极端降水变化特征,确保人民生活正常运行和社会经济可持续发展。

据此,本文通过百分位法确定温江站的极端降水事件阈值,通过一元线性方程进行极端降水事件变化趋势的表示,同时由相关系数检验判断变化趋势是否显著,通过累加距平进行变化趋势的突变检验。以温江站作为代表探究成都地区极端降水的变化特征。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料概况

本文重点对四川省成都市近 60 a 的极端降水变化特征进行分析,所用的数据为成都市温江站 1960~2019 年的逐日降水资料。气象数据来源于中国气象数据网。

### 2.2. 研究方法

本文采用百分位法[9] [10]进行极端降水阈值的确定,根据确定后的极端降水阈值统计年际与年代的极端降水量、极端降水日数、极端降水强度;用线性倾向估计法[11]对各个气象要素的线性变化趋势及其显著性进行分析;用累积距平方法[11]对年际变化进行突变分析。

## 3. 研究结果

### 3.1. 极端降水量的变化特征

#### 3.1.1. 极端降水量的年际变化特征

通过百分位法的计算,成都市温江站极端降水事件的阈值为 27.1 mm。根据传统的气象学名词解释,24 h 内降雨量大于等于 25 mm 且小于 50 mm 的天气现象叫做大雨。由此来看,对于夏季少暴雨少急雨、短时雨量较小的成都地区来说,24 h 内降雨量达到大雨级别即可粗略认定为发生了极端降水天气过程。

从由线性倾向估计方法得出的线性直线(图 1)来看,1960~2019 年的极端降水量年际变化呈现随年份增加的负相关趋势,其线性相关系数  $r$  值为 $-0.181$ ,未通过  $\alpha = 0.05$  的显著性检验,表明极端降水量的线性相关性较弱,即成都地区的极端降水量减少的年际变化不显著。近 60 a 年平均极端降水量为 425.6 mm,最大值出现在 1961 年为 886 mm,最小值出现在 1965 年为 105.9 mm。

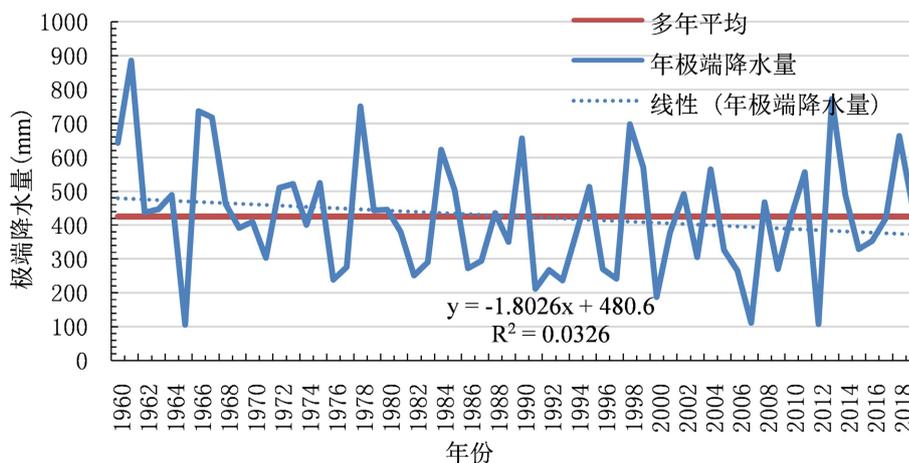
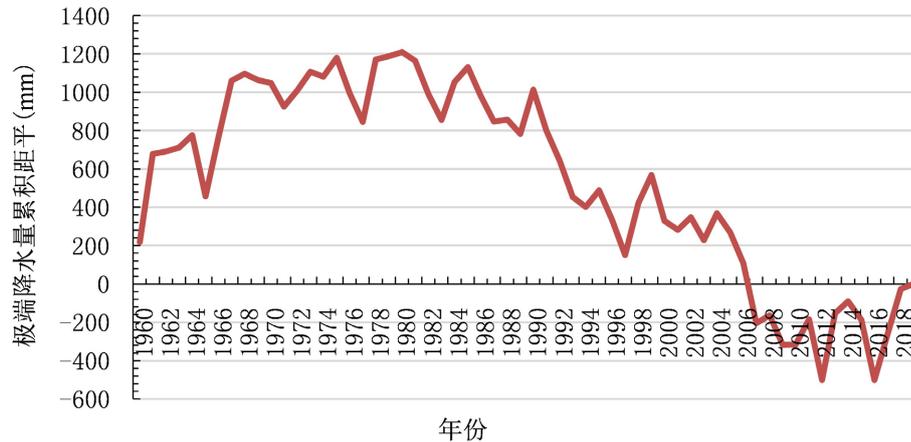


Figure 1. 1960~2019 interannual variation trend of annual extreme precipitation in Wenjiang

图 1. 1960~2019 年温江站年极端降水量变化趋势

根据累积距平所绘制的曲线(图 2)来看,1982 年前累积距平曲线呈波动上升趋势,并在 1982 年达到最大值 1208.7 mm,成为最大值点;从 1982~2012 年累积距平曲线呈波动下降趋势,距平值迅速减小,在 2012 年达到最小值 $-502.4$  mm;在 2012~2016 年期间,累积距平值波动平缓,并在 2016 年再次取得最小值。即可以初步判断 1982 年和 2012 年为极端降水量变化趋势的突变时间点。1982 年前年极端降水量平均值为 478.5 mm,1982~2012 年极端降水量平均值为 371.9 mm,2012 年后年极端降水量平均值为 497.4 mm。



**Figure 2.** 1960~2019 Accumulated anomaly of annual extreme precipitation in Wenjiang  
**图 2.** 1960~2019 年温江站年极端降水量累积距平

### 3.1.2. 极端降水量的年代变化特征

根据极端降水量的年代变化特征表(表 1),可以看出 80 s 和 00 s 分别存在一个极端降水量变化的低值区,印证了前文极端降水量年际变化的累积距平分析结果的基本正确。年代平均极端降水量在 60 s 达到最大为 531.9 mm,其后逐渐减小,近 10 a 又开始增多。

**Table 1.** 1960~2019 decadal variation trend of extreme precipitation in Wenjiang  
**表 1.** 1960~2019 年温江站极端降水量年代变化趋势

年代	60 s	70 s	80 s	90 s	00 s	10 s
极端降水量/mm	531.9	438.2	384.9	404.1	337.1	457.5

## 3.2. 极端降水日数的变化特征

### 3.2.1. 极端降水日数的年际变化特征

本文根据国际组织推荐标准的极端降水统计方法得出极端降水事件阈值,即第 95 个百分位上的值定义为极端降水事件发生。由此可得,一般来说一年内的极端降水事件日数应当在 19 日以内。成都地区 1960~2019 年的年均极端降水日数为 7.9 d,60 a 内无年极端降水日数在 19 日以上。说明成都地区的极端降水日数较少,受到由于极端降水导致的危险伤害的日数较少。

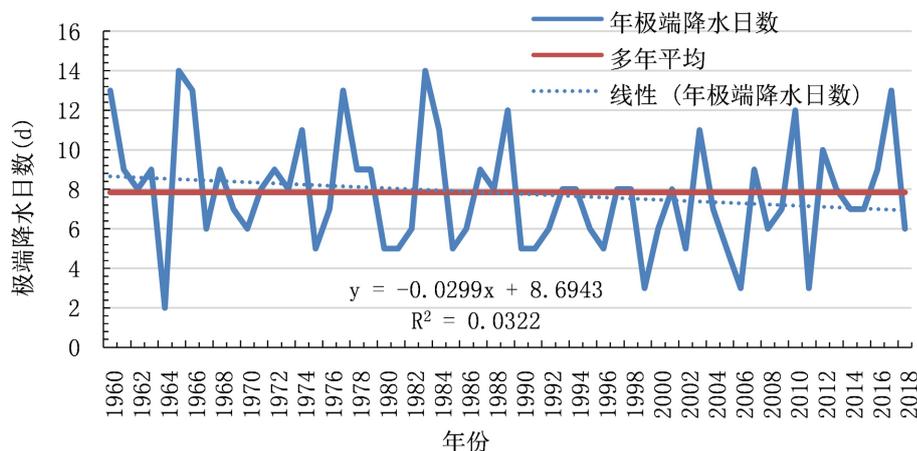
从由线性倾向估计方法得出的线性直线(图 3)来看,1960~2019 年的极端降水日数的年际变化同极端降水量的年际变化趋势相似,均呈现随年份增加的负相关趋势,在 60 a 的时间序列上呈波动下降。但是其得出的线性相关系数  $r$  值为-0.179,未通过  $\alpha = 0.05$  的显著性检验,即极端降水日数下降的趋势不显著。近 60 a 年平均极端降水日数为 7.9 d,最大值出现在 1965 年和 1983 年为 14 d,最小值出现在 1964 年为 2 d。

根据累积距所绘制的曲线(图 4)来看,1990 年前累积距平曲线呈波动上升趋势,并在 1990 年达到最大值 23.7 d;从 1990~2012 年累积距平曲线呈波动下降趋势,距平值迅速减小,在 2012 年达到最小值-5.1 d;在 2012~2019 年期间,波动较为平缓,即可以初步判断 1990 年和 2012 年为极端降水日数变化趋势的突变时间点。1990 年之前年极端降水日数平均值为 8.6 d,1991~2012 年极端降水日数平均值为 3.6 d,2012 年之后年极端降水日数平均值为 8.6 d。

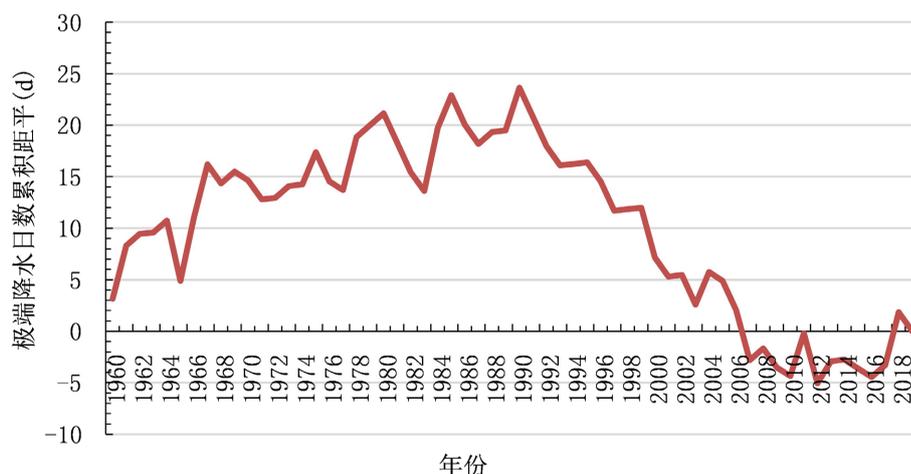
### 3.2.2. 极端降水日数的年代变化特征

根据极端降水日数的年代变化特征表(表 2),可以看出 60 s 存在一个极端降水日数的最高值为 9.4 d,

00 s 存在一个极端降水日数的最低值为 6.3 d。



**Figure 3.** 1960~2019 interannual variation trend of days of extreme precipitation in Wenjiang  
**图 3.** 1960~2019 年温江站年极端降水日数变化趋势



**Figure 4.** 1960~2019 accumulated anomaly of days of extreme precipitation in Wenjiang  
**图 4.** 1960~2019 年温江站年极端降水日数累积距平

**Table 2.** 1960~2019 decadal variation trend of days of extreme precipitation in Wenjiang

**表 2.** 1960~2019 年温江站极端降水日数年代变化趋势

年代	60 s	70 s	80 s	90 s	00 s	10 s
极端降水日数/d	9.4	8.3	7.8	7.1	6.3	8.2

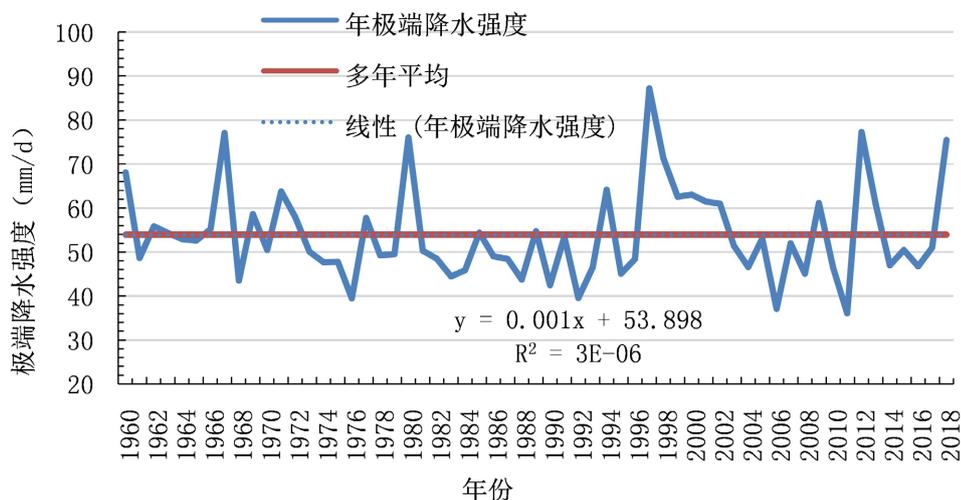
### 3.3. 极端降水强度的变化特征

#### 3.3.1. 极端降水强度的年际变化特征

极端降水强度由年极端降水量和年极端降水日数之比得出，表明了极端降水事件对于当地生活生产影响的可能程度。和极端降水量以及极端降水日数相同，是极端降水研究中重要的极端降水指数。

从由线性倾向估计方法得出的线性直线(图 5)来看，直线与 x 轴基本平行，表示了 1960~2019 年的极端降水强度的无显著的增加或减少，即成都地区极端降水强度在 60 a 的时间序列上呈上下波动变化。近 60 a 年平均极端降水强度为 54.0 mm/d，最高值出现在 1997 年为 87.2 mm/d，最低值出现在 2011 年为 36.1

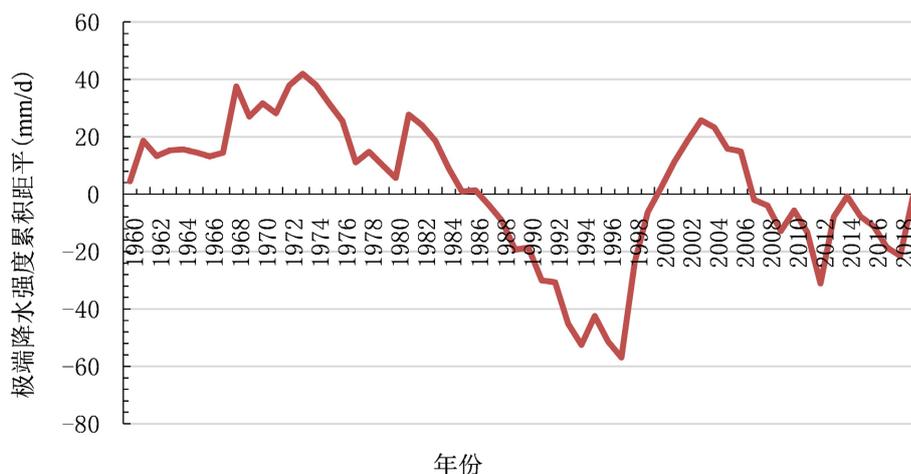
mm/d。



**Figure 5.** 1960~2019 interannual variation trend of annual extreme precipitation intensity in Wenjiang

**图 5.** 1960~2019 年温江站年极端降水强度变化趋势

根据累积距平所绘制的曲线来看(图 6), 在 1973 年前累积距平曲线达到最大值, 在 1997 年累积距平曲线达到最小值, 曲线整体呈现波动变化趋势, 可初步判断 1973 年和 1997 年分别出现了极端降水强度的突变。1973 年前年极端降水强度平均值为 57.0 mm/d, 1974~1997 年极端降水日数平均值为 49.9 mm/d, 1997 年之后年极端降水强度平均值为 56.2 mm/d。



**Figure 6.** 1960~2019 accumulated anomaly of annual extreme precipitation intensity in Wenjiang

**图 6.** 1960~2019 年温江站年极端降水强度累积距平

### 3.3.2. 极端降水强度的年代变化特征

根据极端降水强度的年代变化特征表(表 3), 可以看出 80s 存在极端降水强度最低值为 49.4 mm/d; 90 s 存在极端降水强度最大值为 56.9 mm/d, 主要原因为 1997 年极端降水强度为 87.2 mm/d, 强度最大。年代降水强度多年平均值为 54.2 mm/d, 同各个年代的极端降水强度基本相近, 变化了较小, 和前文年际变化趋势分析相同。

**Table 3.** 1960~2019 decadal variation trend of extreme precipitation intensity in Wenjiang  
**表 3.** 1960~2019 年温江站极端降水强度年代变化趋势

年代	60 s	70 s	80 s	90 s	00 s	10 s
极端降水强度/mm/d	56.6	52.8	49.4	56.9	53.5	55.8

#### 4. 结论

本文利用 1960~2019 年温江站的逐日降水量数据, 在经过对于缺测值的初步处理后, 通过百分位法计算得出了极端降水事件阈值。从极端降水量、极端降水日数、极端降水强度三种不同极端降水指数方面, 在年际与年代两种时间尺度上进行了分析, 结论如下:

1) 极端降水量在年际时间序列上呈现波动下降趋势, 但下降趋势不显著。1982 年与 2012 年为极端降水量变化趋势的突变时间点。60 s 出现了极端降水量的最高值, 最低值出现在 00 s。

2) 极端降水日数在年际时间序列上同样呈波动下降趋势, 且下降趋势不显著。极端降水日数的突变时间点同极端降水量基本保持一致, 且最高值和最低值同样出现在 60 s 和 00 s。

3) 极端降水强度呈现出波动变化, 但无线性趋势。年极端降水强度值在多年平均值线上下小幅波动, 年代极端降水强度变化不大。

#### 参考文献

- [1] Pedersen, J., Santos, F.D., Vuuren, D.V., *et al.* (2021) An Assessment of the Performance of Scenarios against Historical Global Emissions for IPCC Reports. *Global Environmental Change*, **66**, Article ID: 102199. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102199>
- [2] 沈永平, 王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068-1076.
- [3] 张存杰, 黄大鹏, 刘昌义, 等. IPCC 第五次评估报告气候变化对人类福祉影响的新认知[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(4): 246-250.
- [4] 宋晓猛, 张建云, 占车生, 等. 气候变化和人类活动对水文循环影响研究进展[J]. 水利学报, 2013, 44(7): 779-790.
- [5] 曾小艳, 陶建平. 气候变化背景下湖北省稻谷产量影响因素研究——基于湖北省 78 个县市面板数据的分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2013(5): 74-78.
- [6] 古力巴合热·赛力汗, 俞健. 新疆军塘湖河洪水成因分析[J]. 水利科技与经济, 2013, 19(8): 48-50.
- [7] 冯庆元. 成都经济区空间相关与增长收敛分析[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南财经大学, 2014.
- [8] 李荣波, 魏鹏, 纪昌明, 等. 雅砻江流域近 60 a 径流趋势特征分析[J]. 人民长江, 2017, 48(5): 38-42.
- [9] Bonsal, B.R., Zhang, X.B., Vincent, L.A., *et al.* (2001) Characteristic of Daily and Extreme Temperature over Canada. *Climate*, **5**, 1959-1976. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<1959:CODAET>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<1959:CODAET>2.0.CO;2)
- [10] Folland, C. and Anderson, C. (2002) Estimating Changing Extremes Using Empirical Ranking Methods. *Climate*, **15**, 2954-2960. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<2954:ECEUER>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2954:ECEUER>2.0.CO;2)
- [11] 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: 69-72.