

Precipitation and Evaporation Change in the Balikun over Last 55 Years

Shixin Zhuo, Guihong Feng, Kan Shi

Hami Region Meteorological Bureau, Hami Xijiang
Email: hmmyl65313@163.com

Received: Mar. 24th, 2016; accepted: Apr. 9th, 2016; published: Apr. 12th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

In order to investigate the characteristics of the hydrological cycles in the Balikun Kazak autonomous county, north Hami area, the data of the precipitation and evaporation during 1961-2015 collected from the National basic meteorological station in the Balikun have been analyzed according to the linear regression, anomaly percentage, Mann-Kendall mutation test and index of dryness. The result indicates that during the past 55 years, the changes of the annual, seasonal precipitation and evaporation respectively are obvious. The trends of the annual and seasonal precipitations increased strongly, however in winter (December, January and February) the precipitation kept stable. So, the climate at the Balikun is experiencing the turnover from the arid to semi-arid. Especially, during the 2009-2015, the precipitation increased obviously with the evaporation decrease, the climate belonged at a relatively humid period.

Keywords

Northern Hami, Precipitation, Evaporation, Dry Index

近55 a巴里坤降水量与蒸发量变化

卓世新, 冯桂红, 石侃

哈密地区气象局, 新疆 哈密
Email: hmmyl65313@163.com

收稿日期: 2016年3月24日; 录用日期: 2016年4月9日; 发布日期: 2016年4月12日

摘要

为了研究哈密北部巴里坤哈萨克自治县一带的水分循环变化特征,利用巴里坤国家气象站1961~2015年降水量和蒸发量观测资料,采用线性回归、距平百分率、Mann-Kendall突变检验方法以及干燥度指数,对巴里坤降水量、蒸发量和干燥度进行了分析。结果表明:巴里坤年、季降水量和蒸发量年际变化明显;近55 a年、季降水量呈增加趋势,其中年、春、夏、秋季的降水量增加趋势明显,冬季增加不明显,受此影响,近55 a巴里坤气候总体趋于干旱向半干旱发展的趋势,其中2009~2015年降水量明显增加,蒸发量明显减少,气候处于相对湿润期。

关键词

哈密北部, 降水量, 蒸发量, 干燥度指数

1. 引言

在气候变化系统中降水与蒸发是水分循环的重要组成因子,也是能量交换的重要因素。而气候的干湿变化,是由水分盈亏不平衡造成的,当水分的收入量大于蒸发量时,气候相对湿润,反之气候则相对干燥[1]。近年来众多学者对全国以及不同区域的降水量与蒸发量特征及干湿变化进行了大量的研究[2]-[7]。杨修平等[8]对中国北方近40 a降水量和蒸发量进行研究,指出我国气候干湿变化主要取决于降水量的变化,近40 a我国干旱半干旱区降水量和蒸发量均在减小,但降水量减小速率大于蒸发量,气候在变干。王菱等[9]也证实,近40 a中国100°E以东的北方地区气候逐渐趋向干旱化,而100°E以西的西北地区气候总体趋向湿润。普宗朝等[10]利用降水量、潜在蒸散量和干燥度指数研究近48 a新疆干湿气候时空变化,指出新疆年降水量是增加的,年潜在蒸散量总体是减少的,气候总体呈“增湿”趋势。

在全球气候变暖的大背景下,极端天气气候事件,尤其是干旱事件频发,频率和影响范围具有增加趋势,恶化的生态环境给农牧业生产、环境、人类生活等带来不同程度的危害。受气候变化、地形特点和人类活动等因素影响,以及人类过度开发和扰动,生态环境变得十分脆弱[11]。近年来,有关哈密地区降水量和蒸发量变化已从不同方面进行了分析[12]-[14],但对北部巴里坤降水量和蒸发量的研究工作很少。巴里坤地处迎风坡,降水较多,全年降水量占到哈密全地区的47.44% (1981~2010年),几乎达到全地区的一半。因此,研究巴里坤降水与蒸发的变化规律,了解生态环境的干湿变化,对搞好农牧业结构调整,合理利用开发水资源具有十分重要的意义,同时对全面了解当地气候变化有一定的先导作用。

2. 资料和方法

2.1. 研究区概括

哈密北部巴里坤哈萨克自治县位于天山山脉东段与东准噶尔断块山系之间的草原上,地理坐标为东经91°19'30"~94°48'30"、北纬43°21'~45°5'19",东邻伊吾县,南接哈密市,西毗木垒哈萨克自治县,北界蒙古人民共和国,全县总面积38445.3 km²,平均海拔1650 m。该县地处亚欧大陆腹地,距离海洋遥远,属于大陆性冷凉干旱气候区,冬季严寒干冷,夏季凉爽多雨,光照充足,四季不分明。

2.2. 资料

为了全面细致地研究巴里坤降水量与蒸发量变化特点和相互之间的关系,采用资料为巴里坤国家气象站1961~2015年逐月降水量和蒸发量。针对观测仪器和采集时间具体如表1。根据20 cm蒸发皿和

Table 1. The instrument and acquisition time of evaporation and rainfall in Balikpapan
表 1. 巴里坤蒸发量和降水量观测仪器和采集时间

观测项目	观测时间		观测仪器
	年	月	
蒸发	1961~2001	1~12	20 cm 蒸发皿
	2002~2015	1~4, 10~12	20 cm 蒸发皿
	2002~2015	5~9	E-601B 型蒸发器
降水	1961~2015	1~4, 10~12	称雪器
	1961~2015	5~9	雨量器

E-601B 型蒸发器对比观测结果, 得到二者折合系数 $K = 1.55$ (20 cm 蒸发皿蒸发量/E-601B 型蒸发器蒸发量(保留二位小数)), 将 2002~2015 年的 5~9 月蒸发量换算成 20 cm 型蒸发皿蒸发量。根据时间序列划分春季(3~5 月)、夏季(6~8 月)、秋季(9~11 月)、冬季(12 月一次年 2 月)。

2.3. 研究方法

1、气候变化趋势分析

利用一元线性回归方程来描述气候要素的变化趋势, 即

$$y(t) = ax + b \quad (1)$$

方程中: t 为年序, a 为线性方程的斜率, 也就是气候要素的线性变化趋势和速率, a 为正(负)表示要素增加(减小)趋势, a 为 0 时表示要素无变化, 并将 $a \times 10$ 定义为气候倾向率, 单位为 mm/10 a, b 为常数, 可通过最小二乘法求取。

2、变差系数

某要素年代际变化趋势采用变差系数法。变差系数能描述气象要素在不同年代的相对变化。通过对不同年代的变差系数可以知道要素变化的大小及其变化的稳定性。变差系数为标准差(S)与平均值(\bar{x})之比, 即

$$V_p = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

3、距平百分率

利用距平百分率分析某一时段某要素与同期平均状态的偏离程度。即距平百分率表示为 (实测值-同期历史均值)/同期历史均值。

4、气候突变分析

气候突变是指在较短时期内由一种相对较稳定的气候状态过渡到另一种气候状态的变化, 它是气候系统非线性性质的一种表现。Mann-Kendall 法作为一种非参数统计检验方法。由于不需要样本遵从一定的分布, 也不受少数异常值干扰, 近年来得到众多学者的应用。其公式为:

$$UF_k = \frac{[s_k - E(s_k)]}{\sqrt{\text{var}(s_k)}} \quad (3)$$

UF_k 组成一条 UF 曲线, 通过信度检验可得出其是否有明显的变化趋势。把此方法引用到反序列中, 计算得到另一条曲线 UB , 则两条曲线在置信区间内的交点确定为突变点。给定显著性水平 $\alpha = 0.05$, 则统计量 UF 和 UB 的临界值为 ± 1.96 。 $UF > 0$, 表示序列呈上升趋势; 反之, 表明呈下降趋势, 大于或小于 ± 1.96 ,

表示上升或下降趋势明显。并且这个交点对应的时刻就是突变开始的时间。反之，则认为没有突变。

5. 干燥度分析

干燥指数是反映某个地区的气候干燥程度的指标，通常定义为年降水量和年蒸发量的比值。具体采用标准是 1977 年联合国有关组织(FAO, ESCO, WMO 和 UNEP)采用的干燥度指数，公式为：

$$D = r/EPT \quad (4)$$

其中 D 为干燥度， r 为年降水量， EPT 为年蒸发量， $D < 0.03$ 为很干旱区； $0.03 \sim 0.20$ 为干旱区， $0.20 \sim 0.50$ 为半干旱区[15]。

3. 结果与分析

3.1. 降水量气候变化特征

从图 1 可以看出，巴里坤近 55 a 降水量的年际变化较为显著，呈现明显的“峰谷”变化，旱涝交替出现，总体呈上升趋势，以 $12.58 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 速率增加，通过 0.01 显著性检验，这与新疆降水变化是增加的结论相一致[15] [16]，说明巴里坤年降水量与新疆年降水量变化趋势同步。近 55 a 平均降水量为 224.0 mm ，年最多降水量为 364.0 mm ，出现在 2015 年，最少年是 1962 年，为 121.4 mm ，最多与最少年相差 242.6 mm 。年降水量距平百分率为 $-45\% \sim 64\%$ ，表明降水量的年际变化较大，容易形成干旱或夏季内涝。年降水量距平百分率在 30% 以上的年份有 1984、1988、2007 和 2015 年，在 -30% 以下的年份有 1962、1968、1974、1975、1982、1985 和 1997 年。近 55 a 正距平有 28 a，负距平有 27 a，其中从 20 世纪 60 年代到 80 年代中期负距平较多，有 18 a，处于降水相对偏少期；从 80 年代中期以后正距平较多，共有 21a，特别是从 2003 年开始处于降水相对偏多期，正距平达到 10 a，降水增加相对明显。

从年代际变化(图 1)可以看出气候变化较明显，巴里坤近 55 a 降水量的年代际变化呈逐年上升趋势。从表 2 中可知巴里坤在 20 世纪 60 和 70 年代降水量低于历年平均值，为相对少雨期，80 年代与历年平均值相当，从 90 年代开始降水开始增加，为相对多雨期，且近 15 a 降水增加较为明显。各年代(统计 1961~2010 年)年降水量变差系数较小，80 年代变差系数最大，其余 4 个年代较小，90 年代最小，表明巴里坤年降水量在 80 年代变化频繁、波动较大，其他年代变化不太明显。

在分别对各季节降水量年际变化进行了统计分析(图略)，我们发现，各季节降水量呈上升趋势，其中夏季增加的趋势最明显(表 3)，冬季变化不太明显，春、秋季通过 0.05 显著性检验，夏、冬季没有通过显著性检验。年内降水量集中出现在夏季，为 119.4 mm ，占年降水量 53.3%，冬季少雨，仅为 12.0 mm ，春季和秋季降水相当，占年降水量 21% 左右，因此夏季降水量对年降水量的贡献最大，冬季贡献最小，造成巴里坤雨季和干季也十分明显。

3.2. 蒸发量气候特征变化

从蒸发量逐年变化曲线(图 2)可以看出年际变化明显，呈明显的“双峰双谷”型，从 1965~1984 年、2009~2015 年年蒸发量基本低于平均值，以负距平为主，为蒸发量相对偏少期，1961~1964、1985~2008 年年蒸发量基本高于平均值，以正距平为主，为蒸发量相对偏多期；而与降水量逐年变化曲线略有不同，但是总的变化趋势是相同的，是以上升趋势为主，以 $23.95 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 速率增加，没有通过 0.05 显著性检验，这与乌昌地区中山带蒸发量呈增加趋势的结论相一致[17]。近 55 a 平均蒸发量为 1656.6 mm ，年最大蒸发量出现在 1962 年为 1922.3 mm ，最小出现在 1984 年为 1294.1 mm ，最大与最小蒸发量相差 628.2 mm 。

从图 2 可以看出巴里坤蒸发量年代际气候变化显著，跟历年平均值相比 20 世纪 60~80 年代为蒸发量相对偏少期，70 年代最少；90 年代与 21 世纪初十年为相对偏多年期，21 世纪初十年最多(表 2)。各年

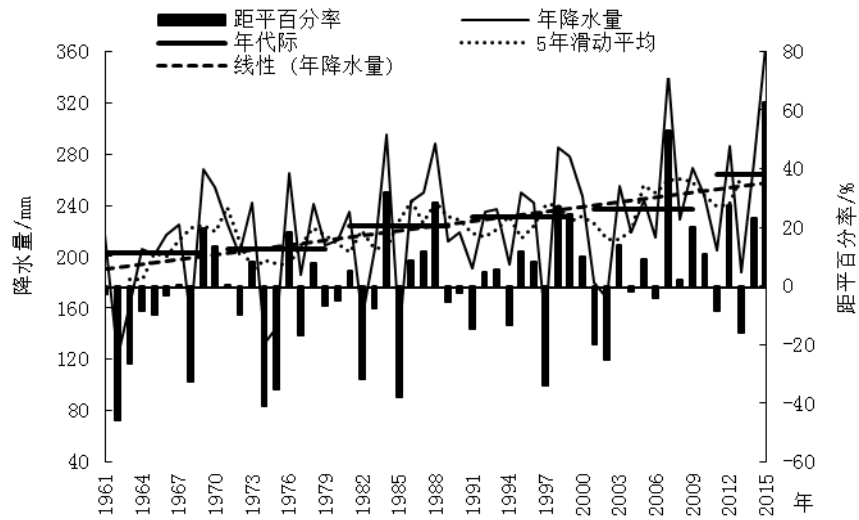


Figure 1. The trend line of annual precipitation quantity and anomalous percentage in Balikun

图 1. 巴厘坤年降水量变化趋势线和距平百分率

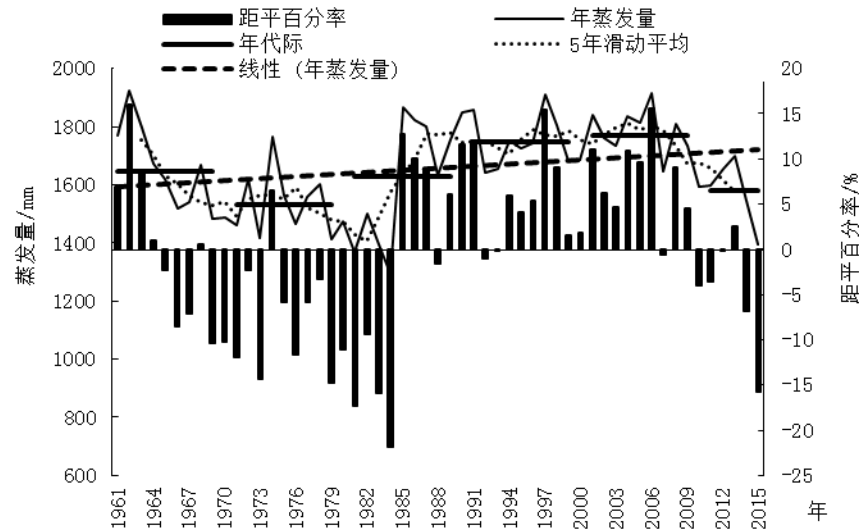


Figure 2. The trend line of annual evaporation quantity and anomalous percentage in Balikun

图 2. 巴厘坤年蒸发量变化趋势线和距平百分率

Table 2. Data and characteristic parameters of precipitation and evaporation in Balikun

表 2. 巴厘坤降水和蒸发量资料及特征参数

参数	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2010	1961~2015	
降水量	变化速率	8.21	1.32	3.85	5.45	12.58	
	平均值/mm	202.5	206.0	224.2	230.7	224.0	
	变差系数	0.2238	0.2049	0.2254	0.1816	0.2062	0.0299
蒸发量	变化速率	-40.92	-6.85	53.18	0.13	23.95	
	平均值/mm	1647.3	1533	1628.8	1746.1	1767.4	1656.6
	变差系数	0.0893	0.0718	0.1357	0.0510	0.0545	0.0954

代蒸发量的变差系数差别较小, 80 年代变差系数最大, 与年降水变化相同, 其余 4 个年代变差系数较小, 90 年代最小, 表明巴里坤蒸发量在 80 年代变化剧烈、波动较大, 其他年代变化较为平稳, 年代际差异较小。

季蒸发量逐年变化趋势(表 3)与相应季降水量逐年变化趋势明显不同, 年际变化不明显, 春、冬季逐年蒸发量以下降趋势为主, 夏、秋季以上升趋势为主, 其中夏季以 17.64 mm/10 a 速率增加, 夏季通过 0.05 显著性检验, 其他三季没有通过显著性检验。夏季蒸发量的增加是造成年蒸发量增加的主要原因, 其次是秋季。巴里坤年蒸发量存在明显的季节变化, 夏季蒸发量为 780.7 mm, 占年蒸发量 47.13%, 其次是春季, 为 504.3 mm, 占 30.44%, 冬季最小, 仅占 3.51%。综上所述, 夏季蒸发量的变化对年蒸发量变化贡献最大, 其次是春季, 冬季贡献最小。

4. 降水量和蒸发量突变分析

利用 Mann-Kendall 方法检测巴里坤降水量和蒸发量的气候突变时间。由图 3(a)可知 UF 与 UB 曲线在 ± 1.96 范围内出现多个交点, 但只有 2002 年降水发生由低到高的突变, 且上升趋势较明显, 通过 0.05 的置信度检验, 可以确定 2002 年是巴里坤降水量的突变年。对四季的降水量进行突变分析发现, 各季均不存在气候突变(图略)。由图 3(b)可知 UF 与 UB 曲线在 1988 年出现交点, 上升趋势明显, 通过 0.05 的置

Table 3. The annual and seasonal data and years appeared of precipitation and evaporation in Balikun
表 3. 巴里坤降水和蒸发量年、季资料及出现年份

时间	参数	降水量(mm)	出现年份	蒸发量(mm)	出现年份
年	平均	224		1656.6	
	最小	121.4	1962	1294.1	1984
	最大	364	2015	1922.3	1962
	变化速率(mm/10a)	12.58		23.95	
春季	平均	45.3		502	
	最小	11.6	1986	407	1979
	最大	96.5	1998	610.3	1962
	变化速率(mm/10a)	3.17		0.37	
夏季	平均	120.7		778.5	
	最小	56.5	1982	555.4	1984
	最大	198.7	2007	960	1985
	变化速率(mm/10a)	4.83		17.64	
秋季	平均	49.2		312.3	
	最小	8.1	1997	221.5	2015
	最大	103	2015	413	1997
	变化速率	4.03		5.78	
冬季	平均	12.2		57.3	
	最小	2	1992	42.3	1984
	最大	33.8	2010	84.4	1963
	变化速率(mm/10a)	0.54		0.71	

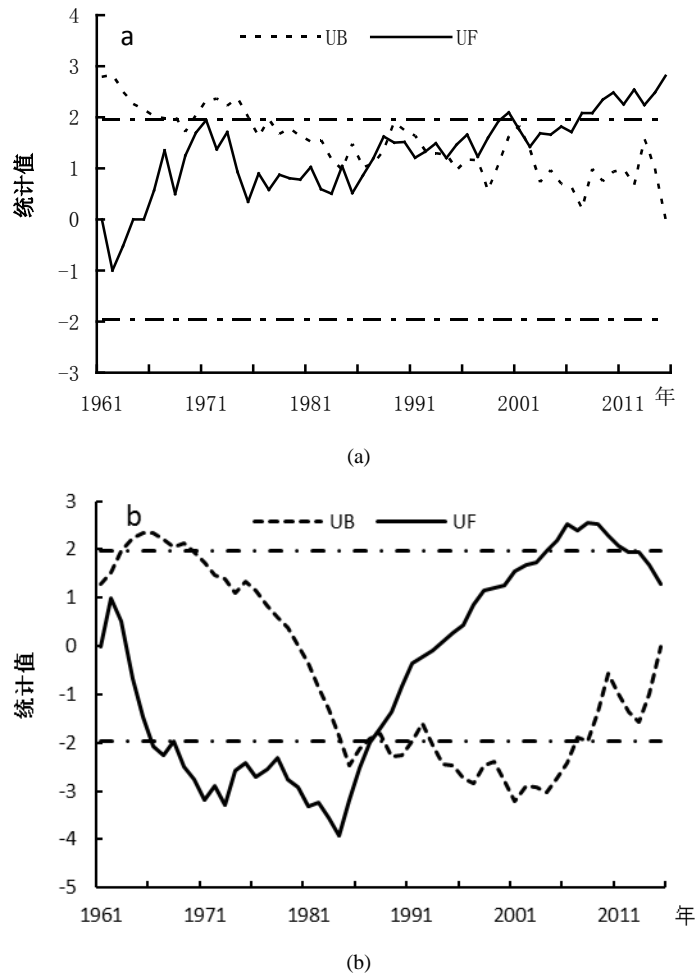


Figure 3. Barkol precipitation and evaporation (a) (b) climate change curve
图 3. 巴里坤降水量(a)与蒸发量(b)气候突变曲线

信度检验,表明蒸发量呈显著的增加趋势,因此1987年是巴里坤蒸发量是从一个相对偏少期转为一个相对偏多期的突变年。同时也对四季蒸发量进行突变分析(图略),其中春、冬季不存在气候突变,夏季UF与UB曲线在1986年出现交点,秋季在1989年出现气候突变,夏、秋季均通过0.001的置信度检验(± 2.56),说明突变显著。

5. 降水量和蒸发量变化对干燥度的影响

受年降水量和蒸发量空间分布的共同影响,巴里坤近55 a平均干燥度指数 $D = 0.14$,气候干燥,只有1984、2007、2015年三年 $D > 0.20$,为半干旱年,其他年份均为干旱年。近55 a巴里坤年降水量呈增加趋势,受其影响干燥度指数近55 a呈增加趋势,并且二者年际变化具有很好的相关关系,相关系数达到0.933,通过置信度 $\alpha = 0.01$ 的显著检验。干燥度指数最大出现在2015年,最小在1962年,与年降水量最多、最少出现年份相同。近55 a年蒸发量与干燥度指数呈负相关,相关系数 -0.353 (通过置信度 $\alpha = 0.01$ 的显著检验)。

从图1可知,2003~2015年巴里坤降水量增加,蒸发量减少,是造成干燥度指数上升的主要原因。尤其是2009~2015年降水量增加明显,与55 a平均值相比,偏多17.05%,蒸发量明显减少,比历年平均值偏少3.30%,导致干燥度指数增大。

对巴里坤近 55 a 春、夏、秋、冬四季的干燥度指数进行分析(图略), 春季的干燥度指数最小, 仅为 $D = 0.09$, 气候极为干燥; 冬季最大, $D = 0.22$, 为半干旱气候; 夏、秋季干燥度指数相当为 $D = 0.16$ 。通过对四季降水量和蒸发量的气候倾向率比较可知, 冬季蒸发量减小速率明显大于降水量增加速率, 这是造成冬季干燥度指数较其他三季偏大的原因之一。

6. 结论

1) 巴里坤年、季降水量具有明显的年际变化, 呈线性增加趋势的特点。巴里坤年、春、夏、秋季降水量增加明显, 其中夏季增加的趋势最明显, 以 $4.83 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 速率增加, 冬季变化不太明显。巴里坤降水量在 20 世纪 60 和 70 年代偏少, 为相对少雨期, 从 90 年代以后降水开始增加, 为相对多雨期, 特别是近 15 a 降水增加明显。巴里坤降水量在 2002 年存在突变, 通过 0.05 的置信度检验, 说明从 2002 年开始巴里坤降水量进入明显增加趋势。

2) 巴里坤蒸发量年、季年际变化具有明显的“双峰双谷”型, 线性趋势变化明显, 但季节变化不明显, 春、冬季蒸发量呈下降趋势, 夏、秋季呈增加趋势, 夏季增加趋势最明显, 以 $17.64 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 速率增加, 夏季蒸发量的增加是造成年蒸发量增加的主要原因。巴里坤蒸发量在 20 世纪 60~80 年代为偏少期, 特别是 70 年代为明显偏少期, 从 90 年代到 21 世纪初十年为偏多期, 近 5 a 为偏少期。巴里坤蒸发量突变年出现在 1987 年, 说明蒸发量从相对偏少期转为相对偏多期。

3) 近 55 a 巴里坤干燥指数受降水增加的影响, 呈增加趋势, 气候总体趋于干旱向半干旱发展的趋势。干燥度指数与降水量呈明显的正相关, 相关系数达到 0.933, 与蒸发量呈负相关, 相关系数为 -0.353 。

参考文献 (References)

- [1] 吴文娟, 王刚, 黄丕新, 等. 近 50a 海口市降水量与蒸发量变化[J]. 气象研究与应用, 2009, 30(1): 19-22.
- [2] 秦大河, 陈宜瑜, 李学勇. 中国气候与环境演变(上卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-163.
- [4] 施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖干向暖湿转型的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 219-226.
- [5] 吴文娟, 王刚, 黄丕新, 等. 近 50a 海口市降水量与蒸发量变[J]. 气象研究与应用, 2009, 30(1): 19-22.
- [6] 刘波, 马柱国. 过去 45 年中国干湿气候区域变化特征[J]. 干旱区地理, 2007, 30(1): 7-15.
- [7] 马柱国. 中国北方干旱区地表湿润状况的趋势分析[J]. 气象学报, 2001, 59(6): 737-746.
- [8] 杨修平, 丁永建, 陈仁升, 等. 近 40a 中国北方降水量与蒸发量变化[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(2): 6-11.
- [9] 王菱, 谢贤群, 李运生. 中国北方地区 40 年来湿润指数和气候干湿带界线的变化[J]. 地理研究, 2004, 23(1): 45-54.
- [10] 普宗朝, 张山清, 王胜兰, 等. 近 48a 新疆干湿气候时空变化特征[J]. 中国沙漠, 2011, 31(6): 1563-1572.
- [11] 魏文寿, 何清, 刘明哲, 等. 准格尔盆地的气候变化与荒漠环境研究[J]. 中国沙漠, 2003, 23(2): 110-115.
- [12] 邢芝芳, 杨艳玲, 王军. 1960-2008 年新疆哈密地区的气温变化分析. 沙漠与绿洲气象, 2011, 5(1): 25-28.
- [13] 阿依夏木·尼亚孜, 周宁芳, 杨贵名. 近 45 年哈密地区温度变化特征[J]. 气象, 2007, 33(7): 89-97.
- [14] 苗运玲, 卓世新, 杨艳玲, 等. 新疆哈密市近 50a 蒸发量变化特征及影响因子[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 95-100.
- [15] 王延禄. 中国建立、引用和验证气象干旱指标综述[J]. 干旱区地理, 1997, 13(3): 80-86.
- [16] 杨勇, 普宗朝, 张山清, 等. 近 48 年新疆博州地区气候变化趋势的分析[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2010, 28(4): 446-452.
- [17] 宫恒瑞. 1981-2010 年乌昌地区 20 cm 蒸发皿蒸发量变化原因分析[J]. 干旱区研究, 2013, 30(5): 815-821.