

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.01.012

拉萨河流域水循环要素演变趋势分析

洛珠尼玛¹, 王建群², 徐幸仪²

(1. 西藏自治区水文局, 西藏 拉萨 850000; 2. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098)

摘要 采用 Mann-Kendall 秩次相关检验法、线性回归分析等方法对拉萨河流域水循环要素长期变化趋势进行了分析研究。结果表明, 拉萨站的年平均气温总体上均呈上升趋势, 每 10 年增加 0.33℃, 气温上升趋势显著, 年蒸发能力总体上均呈上升趋势, 但上升趋势并不显著, 年降水量长期变化趋势不明显。拉萨站的年平均流量总体上呈上升趋势, 但上升趋势并不显著。自 2000 年以来, 拉萨站出现中水年的机会较少, 出现丰水年的机会较多且丰枯变化剧烈。拉萨站径流年内分配不均匀系数和 7—9 月降水量占全年比例年际间较稳定。

关键词 气候变化; 青藏高原; 水循环; 气温; 降水; 蒸发; 径流

中图分类号 P339 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2012)01-0051-03

Variation trend of water cycle factors in Lhasa River Basin

Luo zhunima¹, WANG Jian-qun², XU Xing-yi²

(1. Bureau of Hydrology and Water Resource of the Tibet Autonomous Region, Lhasa, 850000, China;

2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract : The long-term variation trend of the water cycle factors in the Lhasa River Basin was analyzed using techniques including the Mann-Kendall test and linear regression analysis. The results show the following : The annual average temperature at Lhasa Hydrological Station presented an increasing trend in general with a rate of 0.33℃ per ten years, and this increasing trend was significant. The annual evaporation capacity at Lhasa Hydrological Station presented an increasing trend, which was not significant. The long-term change trend of the annual precipitation was not obvious at the station. The annual runoff volume showed an increasing trend in general at the station, but this increasing trend was not significant. There have been few normal years of runoff and many wet years at the station since the year 2000, and there were dramatic changes between the wet years and dry years. The change trend of the time series of the non-uniformity coefficient of the intra-annual runoff distribution at Lhasa Hydrological Station was not significant, and the inter-annual change of the proportion of the precipitation from July to September to the total precipitation over a whole year was not obvious.

Key words : climate change; Qinghai-Tibet Plateau; water cycle; air temperature; precipitation; evaporation; runoff

1 概述

拉萨河流域位于北纬 29°32′ ~ 31°28′ 和东经 90°06′ ~ 93°36′ 之间, 流域面积 32 896 km², 约占雅鲁藏布江流域面积的 13.6%, 其中冰川面积 702 km²。拉萨河流域的北面 and 东面与怒江流域相邻, 东面为雅鲁藏布江支流帕隆藏布和尼洋河流域, 南面为雅鲁藏

布江干流流域, 西面和西北面以念青唐古拉山脉为界, 与藏北高原毗连。青藏高原因其高海拔、地表物理性质复杂等特点, 在全球气候变化中具有其自身特殊的演变规律^[1-2], 是全球变化研究的热点区域。拉萨河流域地处青藏高原的腹地, 研究拉萨河流域水循环要素演变趋势规律, 对全球变化研究有着重要的意义。

基金项目 国家自然科学基金(40830639)

作者简介 洛珠尼玛(1966—), 男(藏族), 工程师, 主要从事流域水文过程模拟及预报工作。E-mail :luoznm@126.com

通讯作者 王建群, 教授。E-mail :wangjq@hhu.edu.cn

关于西藏高原地区气候变化的趋势,有着大量的研究,例如文献 [3-6]。文献 [3] 利用西藏地区 1961—2000 年的月平均气温、最高气温、最低气温资料,分析了近 40 年高原气温的变化趋势,结果发现,西藏大部分地区四季和年平均气温为升温趋势。文献 [4] 利用西藏地区 1971—2000 年月降水量资料分析了近 30 年高原降水的变化趋势,结果发现,西藏大部分地区年降水量变化为正趋势,降水倾向率为 1.4 ~ 66.6 mm/10 a,而阿里地区呈较为明显的减少趋势。文献 [5] 利用西藏高原近 40 年来的逐月气象数据,通过时间序列分析和 Mann-Kendall (以下简称 M-K) 秩次相关检验方法,揭示了近 40 年来西藏高原气候变化的主要特征,认为降水趋势变率空间分布上的基本规律是,其大小由东往西逐渐减小,藏中和藏东为上升趋势,藏西为下降趋势。文献 [6] 选取藏北地区有长期、连续记录的 5 个气象站点,分析了藏北地区近 40 年来的气候变化特征,并对其可能影响进行分析,认为藏北地区近 40 年来温度上升趋势明显,尤其降水的年际波动大,自 20 世纪 90 年代以后明显增多。文献 [7] 从西藏地区 27 个气象站点的年平均气温、降水量和蒸发量 1957—2002 年的长时间序列出发,研究了西藏高原气象要素长期变化趋势和持续性,认为西藏地区年平均气温将全面上升,年降水量在偏西部地区呈下降趋势、在其他地区呈上升趋势,年蒸发量除狮泉河附近的带状区域外,其余地区呈下降趋势。

西藏高原地区气候变化的趋势尽管有着大量研究,但关于地处青藏高原腹地的拉萨河流域水循环要素演变趋势还缺少研究。笔者将利用拉萨水文站长系列水文气象观测数据对拉萨河流域水循环要素演变趋势进行分析研究。

2 资料与方法

研究选取拉萨水文站 1956—2009 年降水、气温、蒸发皿、径流等水文气象观测数据。

采用 M-K 秩次相关检验法^[8]、线性回归分析法对拉萨水文站降水、气温、蒸发皿、径流等水循环要素演变趋势进行显著性检验和分析,用年内分配不均匀系数分析拉萨水文站径流径流年内分配不均匀性的变化趋势。

对时间序列 $x_1, x_2, \dots, x_n$ (n 为样本长度), 定义 M-K 秩次相关检验统计量 U 如下:

$$U = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{V_{ar}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{V_{ar}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (2)$$

$$V_{ar}(S) = \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^m t_j(t_j-1)(2t_j+5) \right] / 18 \quad (3)$$

式中: m 为‘结’的总数, t_j 为第 j 个‘结’的宽度, $j = 1, 2, \dots, m$ 。当 n 增大时, U 很快收敛于标准正态分布。给定显著性水平 $\alpha = 0.05$, 其双边正态分位数值 $U_{\alpha/2} = 1.96$, 当 $|U| > U_{\alpha/2}$ 时, 时间序列变化趋势显著。定义 M-K 秩次相关检验法中倾斜度 β 如下:

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{x_i - x_j}{i - j} \right), \forall j < i \quad (4)$$

其中 $1 < j < i < n$ 。当 $\beta > 0$ 时, 表示上升趋势; 当 $\beta < 0$ 时, 表示下降趋势。

3 降水、气温及蒸发量变化趋势

采用 M-K 秩次相关检验法、线性回归分析法对拉萨站 1955—2009 年年降水量、年平均气温、年蒸发皿观测测量系列进行统计分析。结果见表 1、图 1~3。

表 1 1955—2009 年拉萨站降水、气温和蒸发皿观测测量变化趋势

分析对象	年降水量/mm	年平均气温/℃	年蒸发皿/mm
U	1.23	2.70	1.76
β	1.15	0.03	2.78
多年平均	453	7.87	1992
线性趋势年变化量	0.51	0.033	4.08
变化趋势	增加	显著增加	增加

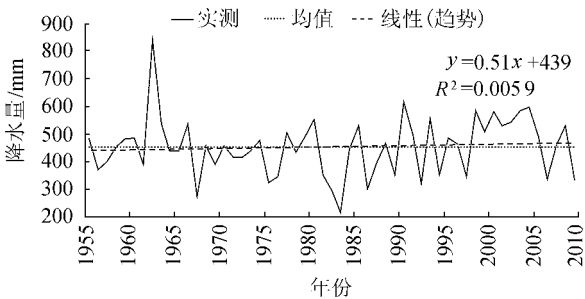


图 1 拉萨站年降水量变化趋势

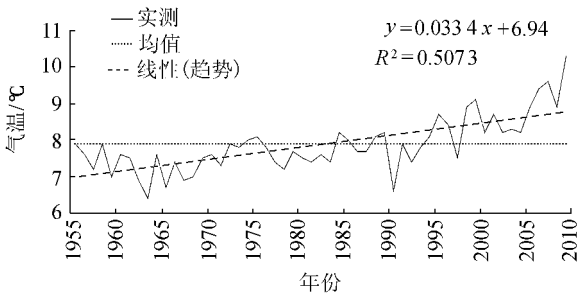


图 2 拉萨站年平均气温变化趋势

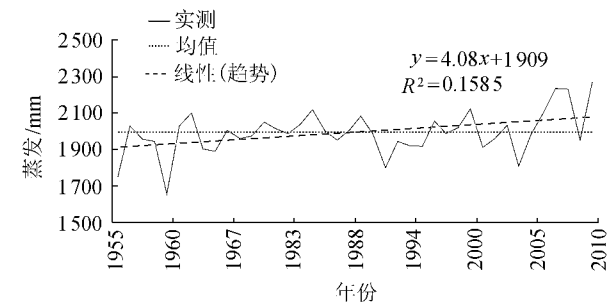


图3 拉萨站年蒸发皿观测变化趋势

由表1和图1~3可知,1955—2009年间拉萨站的年平均气温总体上呈上升趋势,每10年增加0.33℃,气温上升趋势显著;年蒸发能力总体上呈上升趋势,M-K秩次相关系数 $U=1.76$,其绝对值没有超过显著性水平为 $\alpha=0.05$ 的双边正态分位数值1.96,上升趋势并不显著;年降水量长期变化趋势不明显。

4 径流年际变化

拉萨河拉萨水文站控制流域面积26235 km²。根据拉萨站1956—2009年日平均流量观测资料统计分析,其拉萨河流域年径流量年际变化见表2。

表 2 拉萨河流域年径流量年际变化						亿 m ³
年份	1960— 1969	1970— 1979	1980— 1989	1990— 1999	2000— 2009	多年 平均
拉萨站	100.47	84.74	83.32	95.68	108.55	92.84

由表2可以看出,拉萨河流域多年平均实际来水量92.84亿 m³,21世纪初期最丰,20世纪80年代最枯。

采用M-K秩次相关检验法、线性回归分析法对拉萨站1956—2009年的年平均流量系列进行统计分析检验,结果见表3和图4。

表3 拉萨站年平均流量统计				
统计项目	U	β	线性趋势年变化量	变化趋势
1956—2009年	1.45	1.15	0.98	增加

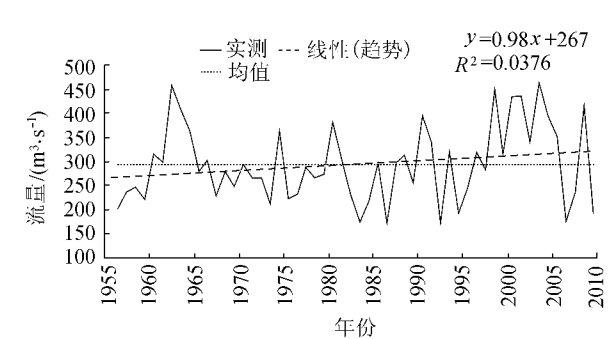


图4 拉萨站年平均流量系列变化趋势

由表3和图4可知,拉萨站的年平均流量总体上呈上升趋势,每10年增加9.8 m³/s。M-K秩次相关系数 $U=1.45$,其绝对值没有超过显著性水平为 $\alpha=0.05$ 的双边正态分位数值1.96,因此拉萨站的

年平均流量过程上升趋势并不显著。根据文献[9]的对念青唐古拉山拉弄冰川的考察研究,1970—1999年拉弄冰川末端退缩了285 m,平均年退缩量9.8 m,1999—2003年拉弄冰川退缩13 m,平均年退缩量3.25 m,由于冰川对气候的响应有一定滞后性,近年来气候持续变暖将使拉弄冰川继续保持退缩状态。笔者认为,近年来拉萨河流域降水量变化趋势不明显,年径流量过程的上升趋势与气温升高和流域内冰川退缩有关。

为进一步探讨拉萨河流域年径流丰枯变化的规律,首先作出拉萨站年径流量P-Ⅲ型理论频率曲线,设 $P<25\%$ 为丰水年, $P>75\%$ 为少水年, $P=25\sim75\%$ 为中水年,计算得出丰水年与中水年的分界年径流量为108.48亿 m³、中水年和枯水年的分界年径流量为75.05亿 m³。然后再将各站年径流系列进行丰、中、枯分类,并绘图。图5是拉萨站年径流丰、中、枯出现过程。由图5看出,自2000年以来,拉萨站出现中水年的机会较少,出现丰水年的机会较多且丰枯变化剧烈。

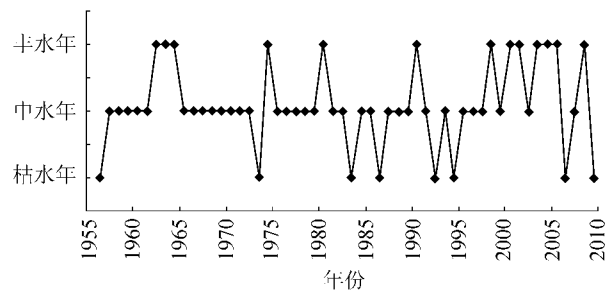


图5 拉萨站丰、中、枯水年过程

5 径流年内变化

拉萨河流域1956—2009年多月平均径流量统计见表4。

表4 拉萨河流域多月平均径流量 亿 m ³												
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
径流量	1.56	1.26	1.35	1.66	3.47	10.75	19.59	23.61	17.33	7.28	3.36	2.14

由表4可以看出,拉萨河流域径流量主要集中在汛期(7—9月),占年总量的65%,8月径流量最大,2月经流量最小,径流量月最大值是月最小值的18.74倍。

为了进一步分析径流年内分配特征变化规律,采用年径流年内分配不均匀系数 C_u 和7~9月占全年比例 C_x 来刻画径流年内分配特征,采用M-K秩次相关检验法、线性回归分析方法分析 C_u 和 C_x 的变化趋势。其中 C_u 定义如下:

(下转第88页)

表 2 滨城区不同水平年雨水资源可利用量 亿 m ³					
保证率	屋面集水	路面水景集水	绿地集水	采用雨水利用措施后总利用量	城区雨水潜力
P = 20%	0.40	0.71	0.031	1.141	1.94
P = 50%	0.32	0.58	0.025	0.925	1.59
P = 75%	0.27	0.49	0.022	0.782	1.34
P = 95%	0.21	0.38	0.017	0.607	1.04
年均	0.33	0.59	0.026	0.946	1.62

4 结 语

滨城区年均雨水利用潜力为 1.62 亿 m³,采用雨水利用措施后,其利用量可以达到雨水利用潜力的 58%,基本可以解决滨城区水资源量匮乏的问题。除此之外,建议采取制定适合本地特征的雨水利用相关法规与政策、加强监督、加大宣传力度等措施来实现雨水资源化。

(上接第 53 页)

$$C_u = \frac{\sigma}{E}$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{12} (W_i - E)^2$$

$$E = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} W_i$$

式中:W_i 为各月径流量;E 为样本均值;σ 为均方差。
对拉萨河流域径流年内分配不均匀系数系列和径流 7—9 月占全年比例系列进行统计分析,结果见表 5。

表 5 1956—2009 年拉萨河流域径流年内分配特征变化

统计项目	U	β	线性趋势年变化量	变化趋势
C _u	-0.477 5	-0.000 6	-0.000 6	减少
C _x	-1.231 0	-0.000 6	-0.000 7	减少

由表 5 可以看出,径流年内分配不均匀系数 C_u和 7—9 月占全年比例 C_x 年际间较稳定。

6 结 语

- a. 拉萨站的年平均气温总体上呈上升趋势,每 10 年增加 0.33℃,气温上升趋势显著;年蒸发能力总体上呈上升趋势,但上升趋势并不显著;年降水量长期变化趋势不明显。
- b. 拉萨河流域多年平均实际来水量 92.84 亿 m³,20 世纪初期最丰,20 世纪 80 年代最枯。拉萨站的年平均流量过程总体上呈上升趋势,但上升趋势并不显著。近年来,拉萨河流域降水量变化趋势不明显,年径流量过程的上升趋势与气温升高和流域内

参考文献：

[1] 郑兵,张树峰,袁梅.滨州市滨城区节水型社会建设现状及对策[J].山东水利,2006(12) 28-29.

[2] GB 50400—1006 建筑与小区雨水利用工程技术规范[S].

[3] 王金芬,刘雪梅.浅谈滨州市区立地盐碱条件下的绿化技术[J].北方园艺,2008(2) 160-162.

[4] 董滨,刘辉,张宝林,等.滨州北互通立交区边坡绿化用水的集蓄利用[J].给水排水,2010,36(S1) 165-168.

[5] 郑兵,刘振美.滨城区地下水资源合理开发与利用对策[J].水资源保护,2003(4) 29-30.

[6] 王胜岭,王德生,宋波,等.滨州市地面沉降监测与成果分析[J].地矿测绘,2008,24(4) 28-30.

[7] 薛令轩,王兵,卢政峰,等.滨州市海(咸)水入侵灾害及发展趋势[J].山东国土资源,2008,24(9) 34-38.

[8] 鹿新高,庞清江,邓爱丽,等.城市雨水资源化潜力及效益分析与利用模式探讨[J].水利经济,2010,28(1) 1-4.

(收稿日期 2010-12-02 编辑 高渭文)

冰川退缩有关。

- c. 自 2000 年以来,拉萨站出现中水年的机会较少,出现丰水年的机会较多且丰枯变化剧烈。
- d. 拉萨站径流年内分配不均匀系数和 7—9 月占全年比例年际间较稳定。
- e. 近年来,拉萨河流域的气候有暖湿化趋势,这将有利于流域内的植物生长,但是拉萨河流域冰川冻土面积大,气温升高会引起冰川退缩和冻土层融化,又将给该地区脆弱的生态系统带来不利影响。

参考文献：

[1] 郑度.青藏高原自然地域系统研究[J].中国科学 D 辑,1999,26(4) 336-341.

[2] 李潮流,康世昌.青藏高原不同时段气候变化的研究综述[J].地理学报,2006,61(3) 327-335.

[3] 杜军.西藏高原近 40 年的气温变化[J].地理学报,2001,56(6) 682-690.

[4] 杜军,马玉才.西藏高原降水变化趋势的气候分析[J].地理学报,2004,59(3) 375-382.

[5] 徐宗学,巩同梁,赵芳芳.近 40 年来西藏高原气候变化特征分析[J].亚热带资源与环境学报,2006,1(1) 24-32.

[6] 盛文萍,高清竹,李玉娥,等.藏北地区气候变化特征及其影响分析[J].高原气象,2008,27(3) 509-516.

[7] 李发鹏,徐综学.西藏高原气象要素长期变化趋势及其持续性特征分析[C]//夏军,贾绍凤,刘苏峡.第七届中国水论坛论文集:水系统与水资源可持续管理.北京:中国水利水电出版社,2010 104-109.

[8] 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.

[9] 张堂堂,任贾文,康世昌.近期气候变暖念青唐古拉山拉弄冰川处于退缩状态[J].冰川冻土,2004(6) 736-739.

(收稿日期 2010-12-20 编辑 高渭文)