

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2009.06.004

黄河源区蒸散量变化与生态恶化的关系

刘 猛^{1,2},夏自强^{1,2},韩 帅²,王 霞²,唐志坚²

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210098;

2.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要:利用 20 世纪 80 年代以来黄河源区水文和气象资料,分析了该区蒸散量、日照时数、气温、空气饱和差的变化趋势,并着重研究了诸因子对蒸散量的影响.结果表明,源区蒸散量呈逐年增大趋势,而作为主要影响因子的日照时数则以 3.6 h/a 的速度增加,气温以 0.04℃/a 的速度递增,空气饱和差也以 0.02 hPa/a 的速度递增.因此,可以认为,源区日照时数、气温及饱和差的增加,加剧了草地蒸散发,生态的恶化也加大了蒸散量,蒸散量的增大和降水量的减少则直接造成了源区流量的减少和生态的恶化.

关键词:黄河源区;生态环境;蒸散量;日照时数;气温;空气饱和差

中图分类号: P333.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1980(2009)06-0631-04

黄河源区是指黄河干流唐乃亥水文站以上的地区,其集水面积为 12.20 万 km²,占黄河流域面积的 15%.该区域多年平均降水量(1956~2000 年系列,下同)485.9 mm,多年平均天然径流量 205.2 亿 m³,占黄河天然径流量 534.8 亿 m³ 的 38%,为黄河主要产水区,被形象地称为“黄河的水塔”^[1].近年来,黄河源区出现了一系列严重的生态恶化问题,已经对整个流域社会与经济的可持续发展产生了较大影响.黄河源区生态十分脆弱,由于自然因素与人类不合理活动的影响,源区生态日益恶化,这一区域正面临有史以来规模最大、涉及面最广、后果最为严重的生态退化问题.因此分析在全球持续变暖条件下黄河源区蒸散量变化与生态恶化的关系,对于区域生态保护和水资源的可持续开发利用具有重要的意义.本文在分析气候因子对蒸散量影响的基础上,着重分析了生态变化和蒸散量变化的关系.

1 蒸散量变化特征

1.1 蒸散量年际变化趋势

考虑到黄河源区年径流量的 76% 集中在 5~10 月,而牧草的主要生长季也在该时段,为此,选取地处黄河源区上、中、下段的甘德、河南、同德 3 站 1981~1998 年 5~10 月气温、降水、日照时数等气候要素的逐年平均值代表黄河源区的数值进行计算.图 1 给出了 1981~1998 年黄河源区蒸散量变化曲线.

从图 1 可以看出,除年际间的微小波动外,黄河源区蒸散量呈现出逐年上升趋势,其上升趋势进入 20 世纪 90 年代后表现得尤为明显.通过距平分析同样发现,黄河源区蒸散量距平一般都在 ±5% 以内,其年变差系数为 0.045,说明年际间的变化较小.在 1981~1998 年间,蒸散量出现负距平的有 10 个年份,正距平的有 8 个年份,正、负距平出现频率基本相当,但负距平主要出现在 20 世纪 90 年代以前,而正距平主要出现在 20 世

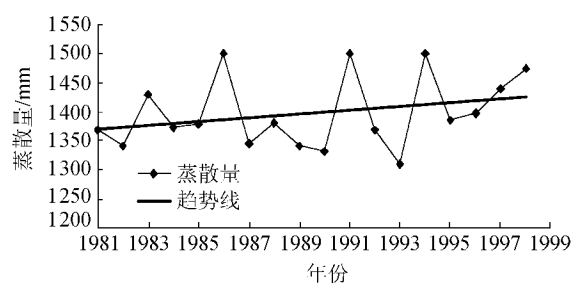


图 1 1981~1998 年黄河源区蒸散量变化趋势

Fig. 1 Variation trend of evapotranspiration in source region of Yellow River from 1981 to 1998

收稿日期:2008-09-08

基金项目:国家自然科学基金重大项目(30490235)

作者简介:刘猛(1978—),男,河南商丘人,硕士研究生,主要从事水文水资源与生态环境研究.

纪 90 年代,其中在 20 世纪 90 年代的 9 个年份正距平就出现了 6 个年份,出现频率达 66% 以上.另外,通过计算气候倾向率得出,黄河源区蒸散量每 10 a 以 32.5 mm 的速率上升.

1.2 气候因子对蒸散量的影响

1.2.1 日照时数对蒸散量的影响

一般说来,日照时数越大,太阳净辐射值便越大,蒸散过程的能量供给就越充分,蒸散量也随之增大.反之,则蒸散量减小.黄河源区日照时数变化趋势如图 2 所示.由图 2 可见,自 1981 年以来,该地区日照时数呈逐年上升趋势,进入 20 世纪 90 年代后上升趋势更为明显,其气候倾向率达 3.6 h/a.经计算分析,日照时数与蒸散量的相关系数为 0.86,且通过 0.01 置信度检验^[2],说明日照时数对蒸散量有着显著影响.同时,分析蒸散量和日照时数的变化趋势还可发现,蒸散量趋势线 20 世纪 80 年代较日照时数趋势线低,而 90 年代又高出日照时数趋势线,说明蒸散量的上升幅度较日照时数的上升幅度大,表明影响蒸散量的主要气候因子是日照时数^[3].

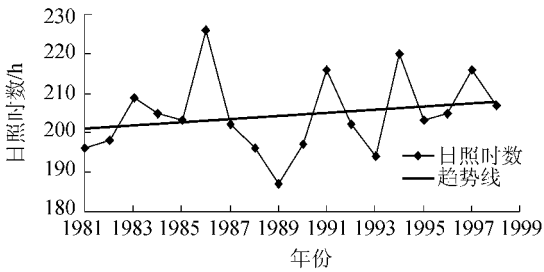


图 2 1981~1998 年黄河源区日照时数变化趋势
Fig. 2 Variation trend of sunshine duration in source region of Yellow River from 1981 to 1998

1.2.2 气温对蒸散量的影响

气温是影响大气-土壤边界上物质与能量交换的一个气候特征量,是蒸散过程中能量供给条件的影响因子之一,气温越高,太阳净辐射可化为蒸散当量的数值就越高^[4].图 3 给出了黄河源区 1981~1998 年年平均气温变化趋势.利用多项式模拟的趋势线呈现出强劲的上升趋势,说明源区平均气温是明显升高的,其气候倾向率达每 10 a 增加 0.4℃.通过数值模拟得出:平均气温升高 2℃和 4℃,蒸散量则分别增加 4.2%和 8.5%.据此,由于黄河源区平均气温的逐年上升,至少使流域蒸散量每 10 a 以 0.8%的速度增大^[5].

1.2.3 空气饱和差对蒸散量的影响

空气饱和差是影响蒸散过程水汽运移条件的主要因素.随着空气饱和差的增大,蒸散量也相应增大.图 4 给出了黄河源区空气饱和差变化趋势,可以发现,该地区空气饱和差在逐年增大,其增幅约为 0.02 hPa/a,说明黄河源区空气饱和差的增大,加剧了蒸散量的增大.

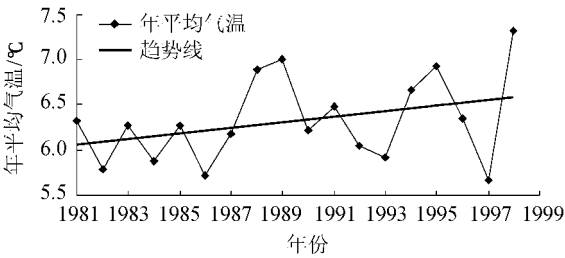


图 3 1981~1998 年黄河源区年平均气温变化趋势
Fig. 3 Variation trend of mean air temperature in source region of Yellow River from 1981 to 1998

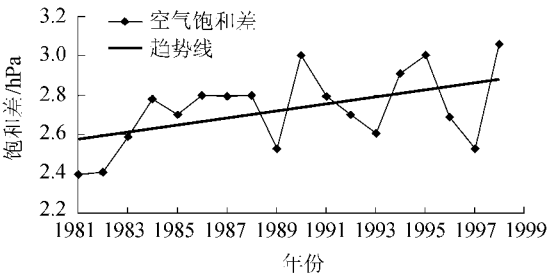


图 4 1981~1998 年黄河源区空气饱和差变化趋势
Fig. 4 Variation trend of air saturation deficit in source region of Yellow River from 1981 to 1998

2 主要生态问题

生态恶化是黄河源区存在的主要问题.源区高寒缺氧,气候条件恶劣,近几年出现气候干旱、冰川退缩、雪线上移、湖泊消失、湿地消减、植被退化、土地沙化、生物多样性减少等现象,已对整个黄河源区的生态系统和经济发展构成严重威胁.黄河源区 20 世纪 80~90 年代平均草场退化速率比 70 年代增加了 1 倍以上.年平均输沙量高达 8814 万 t,既损失了土壤,加快了生态恶化,也造成下游河道淤塞,危害水利设施^[6].

近年来黄河源区来水量逐年减少,黄河流域的形势更加严峻.水文观测资料表明:黄河上游连续 7 年出现枯水期,年平均径流量减少 22.7%.黄河源区素有“千湖之区”的美称,但自 20 世纪 90 年代中期以来相继出现连续多年的枯水期,致使多数湖泊干涸,仅玛多县就有近千个湖泊消失,未干涸的湖泊水位急剧下降,鄂陵湖和扎陵湖的水位下降了 2 m 以上.1996 年鄂陵湖和扎陵湖之间的黄河沿段首次出现断流,1997 年第一季

度降到历史最低点,鄂陵湖和扎陵湖之间出现断流.1998 年 1~6 月,鄂陵湖口以下至黄河沿 60 km 以上的河段陆续出现断流 98 d^[7].黄河源区长期干旱、径流量减少、湖泊干涸是黄河下游断流及断流时间加长的成因之一.黄河源区来水量减少不仅制约着源区经济社会的发展和农牧民的生产生活,还致使下游断流频率不断增加,断流历时和断流河段不断延长,给下游 1 亿多人口的生产生活造成严重困难.

3 生态变化和蒸散量变化的关系

3.1 生态变化对蒸散量的影响

- a. 通过修建水库等,增加了水域面积,进而增加了水面蒸发量.
- b. 修建公路、采掘破坏了草甸,又切断了地表径流的通道,进而加大了地表蒸散量.
- c. 鼠害猖獗,造成鼠洞增多,加大了地表水、地下水与外界的接触面积,使潜水蒸发通道畅通^[8].同时,也加快了草地的萎缩、退化.
- d. 气温升高,致使冻土层埋深加大,原有的依靠冻土层拦截地表径流与地下水径流的作用消失,增加了土壤下渗量,从而增加了潜水蒸发量.气温升高 1℃,黄河源区多年冻土上限将下降 5 m 左右,季节冻土上限下降 10 m 左右,冻土层厚度减少 20 m 左右^[9].

3.2 蒸散量变化对生态环境的影响

流域水量收支平衡公式为

$$P + R_{gl} = E + R + \Delta W$$

式中: P ——降水量; R_{gl} ——从地下流入流域的水量; E ——蒸散量; R ——径流量; ΔW ——流域蓄水量的变化.当流域为闭合流域时, $R_{gl} = 0$,则 $R = P - E - \Delta W$,即流域径流量等于降水量减去蒸散量与流域蓄水量变化值之和.若研究时段长 n ($n > 1$ a),由于在多年期间,有些年份 ΔW 为正,有些年份 ΔW 为负,则有 $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta W) \approx 0$.因此,降水量与蒸散量的大小决定了流域径流量的丰枯^[10].根据 1981~1998 年黄河源区降水量变化趋势,该地区降水量自 20 世纪 80 年代以来呈逐年减少趋势,其气候倾向率高达 4.47 mm/a,即降水量以每 10 a 平均 44.7 mm 的速率减少^[11].

综上所述,黄河源区日照时数、气温及空气饱和差的增大,导致了草地蒸散量的加大,而蒸散量的增大和降水量的减少,使土壤含水量减少,造成了流域流量的减少,促进了草地荒漠化的蔓延,加剧了黄河源区气候的干旱化,使黄河源区生态环境逐渐恶化.

4 结 论

- a. 黄河源区蒸散量呈逐年增大趋势,并以平均 3.25 mm/a 的速度递增.
- b. 黄河源区日照时数、气温、空气饱和差分别以 3.6 h/a,0.04℃/a,0.02 hPa/a 的速度增加.
- c. 黄河源区生态日益恶化,主要表现为草场严重退化、水土流失加剧、土地沙漠化面积扩大、冰川湿地退缩、生物多样性锐减等.
- d. 黄河源区生态的恶化加大了蒸散量,蒸散量的增大和降水量的减少对黄河源区流量的减少和草地荒漠化的蔓延产生了直接的影响,最终导致黄河源区生态逐渐恶化,因此,生态的恶化与蒸散量的增大是相互作用的.

参考文献:

[1] 刘猛,夏自强,李俊芬,等.全球气候变暖背景下黄河源区蒸发变化研究[J].人民黄河,2008,30(9):30-31. (LIU Meng, XIA Zi-qiang, LI Jun-fen, et al. Study on evaporation variation of headwater region of the Yellow River under the conditions of global climate warm up[J]. Yellow River, 2008, 30(9): 30-31. (in Chinese))

[2] 李林,张国胜,汪青春,等.黄河上游流域蒸散量及其影响因子研究[J].气象,2000,26(2):6-10. (LI Ling, ZHANG Guo-sheng, WANG Qing-chun, et al. Dry climate impact on evapotranspiration in the upper valley of the Huanghe River[J]. Meteorological Monthly, 2000, 26(2): 6-10. (in Chinese))

[3] 买苗,曾燕,邱新法,等.黄河流域近 40 年日照百分率的气候变化特征[J].气象,2006,32(5):62-66. (MAI Miao, ZENG Yan, QIU Xin-fa, et al. Variation of sunshine percentage for the last 40 years in the Yellow River basin[J]. Meteorological Monthly, 2006, 32

(5) 62-66. (in Chinese))

- [4] 夏自强. 土壤水资源特性分析[J]. 河海大学学报:自然科学版, 2001, 29(4): 23-26. (XIA Zi-qiang. Analysis of soil water resource characteristics[J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2001, 29(4): 23-26. (in Chinese))
- [5] 施雅风. 气候变化对西北华北水资源的影响[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1995: 275-277.
- [6] 刘伟民. 黄河源区生态环境及其治理对策[R]. 郑州: 黄河水利委员会, 2004.
- [7] 吴青, 周艳丽. 黄河源区生态环境变化及水资源脆弱性分析[J]. 水资源保护, 2002(4): 21-24. (WU Qing, ZHOU Yan-li. Eco-environment variation in Yellow River source region and analysis of water resources vulnerability[J]. Water Resources Protection, 2002(4): 21-24. (in Chinese))
- [8] 牛玉国, 张学成. 黄河源区水文水资源情势变化及其成因初析[R]. 郑州: 黄河水利委员会, 2004.
- [9] 王绍令. 青藏高原冻土退化与冻土环境变化探讨[J]. 地球科学进展, 1998(10): 65-73. (WANG Shao-ling. Study on permafrost degradation and changes of permafrost environment Qinghai Xizang Plateau[J]. Advance in Earth Sciences, 1998(10): 65-73. (in Chinese))
- [10] 芮孝芳. 水文学原理[M]. 北京: 水利电力出版社, 2004.
- [11] 黄河流域水资源保护局. 黄河源区生态环境变化及保护策略探讨[R]. 郑州: 黄河水利委员会, 2004.

Relationship between variation of evapotranspiration and ecological deterioration in source region of Yellow River

LIU Meng^{1,2}, XIA Zi-qiang^{1,2}, HAN Shuai², WANG Xia², TANG Zhi-jian²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,

Hohai University, Nanjing 210098, China;

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

Abstract: Using hydrological and meteorological data from the source region of the Yellow River from the 1980s onward, the variation trends of the evapotranspiration, sunshine duration, air temperature and air saturation deficit were analyzed. The influences of various factors on the evapotranspiration are highlighted. The results show that evapotranspiration in the source region of the Yellow River is increasing year by year. The sunshine duration, regarded as the main factor, is increasing at a rate of 3.6 h/a. The air temperature is increasing at a rate of 0.04°C/a. The air saturation deficit is increasing at a rate of 0.02 hPa/a. The increases of the sunshine duration, air temperature and air saturation deficit accelerate the evapotranspiration from the grassland, and the deterioration of the ecological environment also increases the evapotranspiration. The increase of the evapotranspiration and the decrease of the precipitation amount have a direct influence on the decrease of the flow discharge and the ecological deterioration in the source region of the Yellow River.

Key words: source region of Yellow River; ecological environment; evapotranspiration; sunshine duration; air temperature; air saturation deficit