

基于水文模型的乌裕尔河流域水资源评价

冯夏清^{1,2}, 章光新²

(1.辽宁省水文局,辽宁 沈阳 110003; 2.中国科学院东北地理与农业生态研究所,吉林 长春 130102)

摘要:基于水文模型的流域水资源评价可以为解决流域水资源短缺问题和改善水资源管理利用模式提供科学依据。针对传统水资源评价存在的问题,以乌裕尔河流域为例,利用研究区已建立的 SWAT 模型进行流域水资源评价,并分析了流域蓝水绿水资源量的时空分布规律。研究表明,绿水资源量在乌裕尔河流域水资源量中占得较大比重,对维持区域水安全、粮食安全和生态系统稳定具有重要作用。把绿水资源量评估纳入到传统水资源评估体系中,并对传统的水资源管理进行革新是一项势在必行的举措。

关键词:SWAT 模型;乌裕尔河流域;蓝水;绿水;水资源

中图分类号:TV213

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2015)02-0049-04

1 引言

流域水资源评价是水资源合理配置的基础。传统水资源评价中的可利用水资源量为狭义的水资源量,即蓝水资源量,忽视了占水文循环 60%以上的绿水资源。随着人类活动的加剧,水资源短缺问题日益严峻,绿水资源引起人们的重视,绿水在维持干旱半干旱地区水安全、粮食安全和生态系统稳定中具有十分重要的作用;传统的水资源评价方法,采用分离评价模式,难以反映水资源各成分间的相互转换。针对传统水资源评价存在的问题,通过水文模型综合估算流域的广义水资源量(即蓝水绿水资源量)的方法,可以为解决流域的水资源短缺问题和改善水资源管理利用模式提供科学依据^[1-2]。

乌裕尔河流域地处内陆半干旱区,是气候变化的敏感区,同时乌裕尔河是扎龙湿地的重要补给水源,其水资源量评价对区域经济社会发展和扎龙湿地生态环境保护具有战略意义,因此基于水文模型的乌裕尔河流域水资源评价具有重要的现实意义。国内许多学者已经开始应用水文模型来进行下垫面变化条件下的水资源评价^[3-6]。基于物理参数的分布式水文模型的降雨径流模拟可以从机理上解释、模拟和解决传统水资源评价方法的不足,从而为变化环境条件下的流域水资

源评价探索了一条道路^[6]。

SWAT 模型是由美国农业部农业研究中心(US DA-ARS)开发的基于连续时段模拟的流域尺度分布式水文模型,在水文水资源领域得到了广泛的应用。近年来,SWAT 模型经历了不同流域的改进研究,已证明在我国具有较好的适用性,而且 SWAT 模型能够直接输出蓝水绿水资源的不同分量,是估算蓝水绿水资源一种比较有效的方法。更为重要的是,SWAT 模型能够输出水文循环中各个水文要素的时空分布情况,并且充分考虑了不同土壤类型、土地利用方式及水资源管理模式等影响蓝水绿水的重要因素,因此在蓝水绿水资源量估算上具有一定的优势。本文以乌裕尔河流域为例,利用研究区已建立的 SWAT 模型^[7]进行流域水资源评价,在模型中,认为蓝水等于产水量与深层地下水补给量之和,绿水等于实际蒸散发量。并分析了流域蓝水绿水资源量的时间、空间分布规律,为解决水资源短缺问题提供了一种新的思路。

2 研究区概况

乌裕尔河是嫩江水系的一级支流,也是嫩江左岸的一条无尾河,发源于黑龙江省北安市小兴安岭西麓山区,流经黑龙江省的北安、克山、克东、依安、富

收稿日期:2013-12-03

基金项目:国家自然科学基金项目(41101034)

作者简介:冯夏清(1985-),女,山东滕州人,工程师,博士,主要研究方向为水文水资源。E-mail:qingqing_2002j@163.com

裕等市县,最终流入扎龙湿地,是扎龙湿地重要的补给水源。河源高程 418m,河道全长 576km,流域面积 15 084km²,地势呈东北高、西南低。上游山区支流较多,是主要的产流区;中下游为平原区,龙安桥以下区域失去明显河道,河水漫溢形成永久性季节性淡水沼泽地。本流域地处松嫩平原西部大陆性季风盛行区,属于典型内陆半干旱气候,冬季气候干燥严寒,夏季温热多雨,春秋两季气温变化急剧,干旱多风。流域径流补给方式主要为降水,其次为冰雪融水;年降水量为 496.7mm,年蒸发量为 1 110~1 780mm,而且降水年际变率大,年内降水分布极为不均匀,主要集中在汛期 6~9 月份,占全年降水量的 80%。

3 乌裕尔河流域水资源量评价

广义的水资源量包括蓝水与绿水资源量的总和,蓝水即传统水资源评价中的可利用水资源量,属于狭义水资源量范畴;绿水主要是指植物根部土壤存储的雨水,即源于降水、存储于土壤并通过蒸发、蒸腾进入到大气中的水汽^[8]。

根据上述蓝水绿水的定义以及 SWAT 模型的输出结果,蓝水资源量可以认为是产水量(WYLD)与深层地下水补给量(DA_RCHG)之和,绿水即实际蒸散发量(ET)。利用研究区率定好的 SWAT 模型^[7]对乌裕尔河流域进行广义水资源评价,评价结果如表 1 所示。1985~2006 年乌裕尔河流域多年平均降水水资源量为 59.08×10⁸m³,多年平均蓝水绿水水资源量为 58.84×10⁸m³,是传统可利用水资源量(即蓝水资源量)的 11 倍以上。导致降水水资源量与水资源总量不相等的原因是,由于模型模拟时间长度及模型初始含水量估算不准所限,模拟时段始末土壤含水量变化并不为 0。

表1 1985~2006年乌裕尔河流域多年平均蓝水绿水水资源量 (10⁸m³)

Table 1 The mean annual blue and green water resources in the Wuyuer river basin from 1985 to 2006

水资源分区	降水水资源量	水资源总量	蓝水资源量	绿水水资源量
北安以上	14.08	13.79	1.88	11.91
北安至依安	28.23	28.38	3.55	24.83
依安至龙安桥	16.77	16.67	0.67	16.00
整个流域	59.08	58.84	6.10	52.74

1985~2006 年乌裕尔河流域多年平均绿水水资源量

为 52.74×10⁸m³,占水资源总量的 90%,这表明降水资源的大部分都耗散于蒸散发,并且除了植物生长所必要的蒸腾以外,还包括大量的无效蒸散发,主要是植被截留损失及裸土蒸发损失。

4 乌裕尔河流域水资源量时空分布特征

4.1 蓝水绿水水资源量时间分布特征

从各年代平均水资源量来看(见表 2),自 20 世纪 80 年代以来,乌裕尔河流域水资源量呈现递减的趋势,以绿水资源的减少为主,而蓝水资源存在小幅度的增加。

表2 乌裕尔河流域各年代平均蓝水绿水水资源量 (10⁸m³)

Table 2 The Multi-year average blue and green water resources in the Wuyuer river basin

年代	蓝水资源量	绿水水资源量	水资源总量	降水水资源量
20 世纪 80 年代	5.61	56.88	62.49	61.76
20 世纪 90 年代	6.50	51.57	58.07	58.63
21 世纪以来	5.94	50.54	56.48	57.12
多年平均	6.10	52.74	58.84	59.08

统计 SWAT 模型输出文件中各月蓝水绿水水资源量,并按相应月份取平均值,得到蓝水绿水水资源量的年内变化过程(见图 1)。从图 1 中可以看出,蓝水绿水水资源的变化趋势与降水基本一致,汛期(6~9 月)各类水资源较高,冬季(12 月~次年 2 月)较低。4 月份随着气温的升高,冰雪开始融化,蓝水绿水水资源量开始升高,4~10 月的绿水水资源量占全年绿水水资源总量的 96%,说明 4~10 月研究区蒸散发量较高。

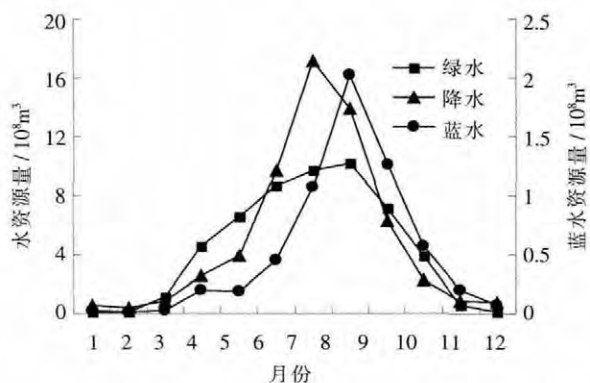


图1 乌裕尔河流域蓝水绿水水资源量年内分配曲线

Fig.1 Distribution of the annual blue and green water resources in the Wuyuer river basin

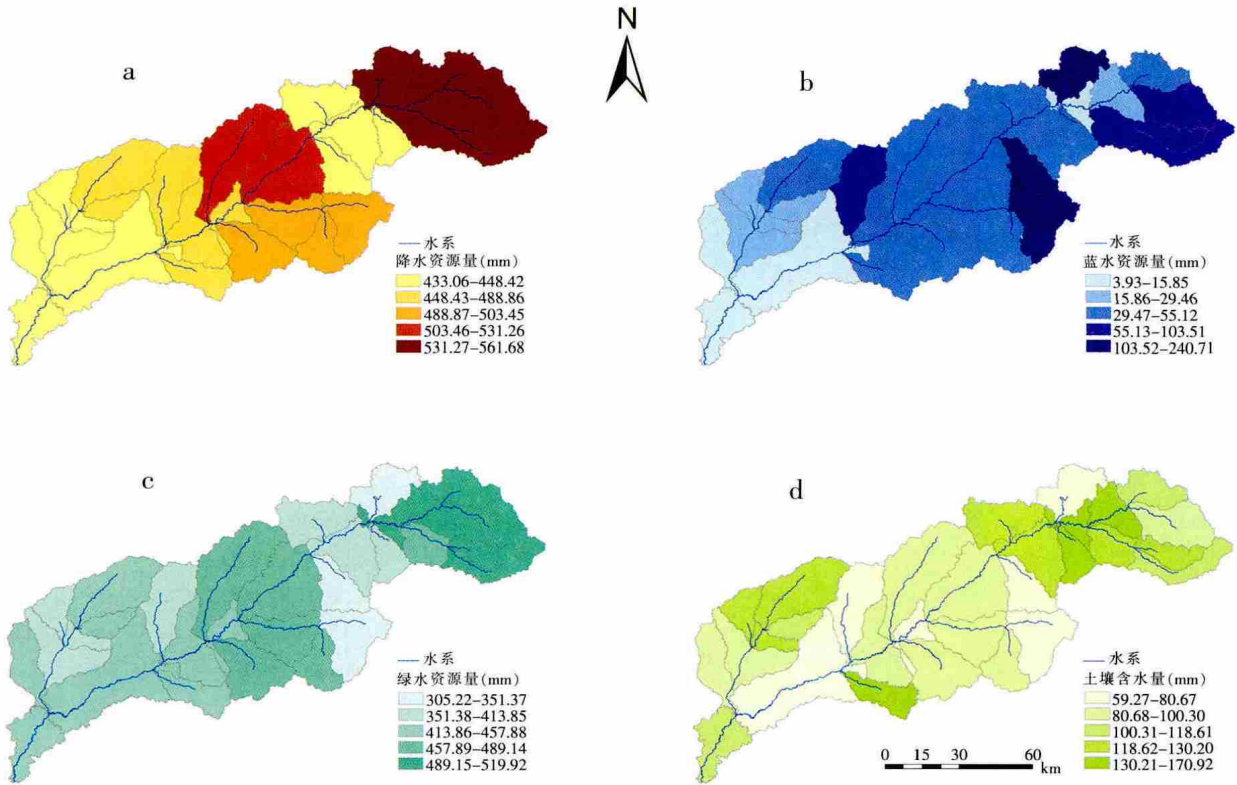


图2 乌裕尔河流域多年平均降水、蓝水、绿水及土壤含水量空间分布
(a:降水;b:蓝水;c:绿水;d:土壤含水量)

Fig.2 Spatial distribution of the mean annual precipitation, blue water, green water and soil storage water in the Wuyuer river basin (a: precipitation; b: blue water; c: green water; d: soil water)

4.2 蓝水绿水资源量空间分布特征

对流域输出结果进行整理,得到30个子流域1985~2006年多年平均降水、蓝水和绿水资源量,并作为图形属性添加到子流域栅格图中,得到子流域尺度多年平均蓝水绿水空间分布情况(见图2)。图2(a)、(b)、(c)、(d)分别代表降水、蓝水、绿水和土壤含水量,其中土壤含水量代表了研究时段末土壤供给作物水分的能力。

总体来看,乌裕尔河流域蓝水资源量和降水量的空间分布基本一致,都呈现由东北向西南递减的趋势,这与乌裕尔河流域的地形和水文气象特征相符。整个流域蓝水资源量在3.93~240.71mm之间,上中游蓝水资源量大于下游。从绿水资源量的空间分布来看,整个流域绿水资源量偏高,空间差异不大,部分子流域绿水资源量偏少可能与该区域植被覆盖度低有关,降低了该子流域的水源涵养能力。

在降水较小的子流域(降水为433.06~448.42mm,

蓝水资源量为3.93~15.85mm的子流域),绿水资源量稍大于降水量,也就是说,蒸散发不仅耗散了全部降水也消耗了部分土壤含水量。具有该类特征的地区主要分布在中下游流域,此区域为乌裕尔河流域的主要农产区,少雨及大量的蒸散发会严重影响当地农业产量。而该地区的土壤含水量介于59.27~118.61mm之间,是蓝水资源量的10倍以上,说明该地区具有土壤补给作物需水的潜力,以后应该充分利用绿水资源来缓解干旱导致的农业减产问题。

5 结论

近年来,绿水研究受到广大科学家的关注。本文利用SWAT模型对乌裕尔河流域进行水资源评价,得出如下结论:

- (1)1985~2006年乌裕尔河流域多年平均蓝水绿水资源量是传统水资源量的11倍以上。
- (2)从各年代平均水资源量来看,自20世纪80年

代以来,乌裕尔河流域水资源量呈现递减的趋势,以绿水资源的减少为主,而蓝水资源存在小幅度的增加。

(3) 蓝水绿水资源的变化趋势与降水基本一致,汛期各类水资源较高,冬季较低。

(4) 乌裕尔河流域蓝水资源量和的降水量空间分布基本一致,都呈现由东北向西南递减的趋势,这与乌裕尔河流域的地形和水文气象特征相符。从绿水资源量的空间分布来看,整个流域绿水资源量偏高,空间差异不大。

参考文献:

- [1] Jurgen S, Karim C A, Raghavan S, Hong Y. Estimation of freshwater availability in the West African sub-continent using the SWAT hydrologic model [J]. Journal of Hydrology, 2008,352:30-49.
- [2] Monirech F, Karim C A, Rainer S, et al. Modelling blue and green water resources availability in Iran [J]. Hydrological Processes, 2008,23(3):486-501.
- [3] 夏岑岭,赵人俊,卞传恂,等. 湿润半湿润地区水资源评估水文模拟方法 [J]. 资源科学, 1994,6:32-42. (XIA Cenling, ZHAO Renjun, BIAN Chuanxun, et al. Hydrological simulation for water resources assessment in humid and semihumid region [J]. Resources Science, 1994,6:32-42. (in Chinese))
- [4] 贾仰文,王浩,仇亚琴,等. 基于流域水循环模型的广义水资源评价()-评价方法[J]. 水利学报, 2006,37(9):1051-1055. (JIA Yangwen, WANG Hao, QIU Yaqin, et al. Generalized water resources assessment based on watershed hydrologic cycle model I: assessment approach [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006,37 (9):1051-1055. (in Chinese))
- [5] 贾仰文,王浩,仇亚琴,等. 基于流域水循环模型的广义水资源评价()- 黄河流域应用 [J]. 水利学报, 2006,37 (9):1181-1187. (JIA Yangwen, WANG Hao, QIU Yaqin, et al. General water resources assessment based on watershed hydrologic cycle model : applications in the Yellow river basin [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006,37(9):1181-1187. (in Chinese))
- [6] 王忠静,杨芬,赵建世,等. 基于分布式水文模型的水资源评价新方法[J]. 水利学报, 2008,39 (12):1279- 1285. (WANG Zhongjing, YANG Fen, ZHAO Jianshi, et al. New approach for water resources assessment based on distributed hydrological model[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008,39(12):1279-1285. (in Chinese))
- [7] 冯夏清,章光新,尹雄锐. 基于 SWAT 模型的乌裕尔河流域气候变化的水文响应[J]. 地理科学进展, 2010,29(7):827-832. (FENG Xiaqing, ZHANG Guangxin, YIN Xiongwei. Study on the hydrological response to climate change in Wuyur river basin based on the SWAT model [J]. Progress in Geography, 2010,29(7):827-832. (in Chinese))
- [8] 程国栋,赵文智. 绿水及其研究进展[J]. 地球科学进展, 2006,21(3): 221-227. (CHENG Guodong, ZHAO Wenzhi. Green water and its research progresses[J]. Advances in Earth Science, 2006,21(3):221-227. (in Chinese))

Assessment of Water Resources in Wuyuer River Basin Based on Hydrological Model

FENG Xiaqing^{1,2}, ZHANG Guangxin²

(1. Hydrology Bureau of Liaoning Province, Shenyang 110003, China;

2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China)

Abstract: Water resource assessment based on the hydrological model provide scientific basis for solving the problem of water shortage and improving the mode of water resources management and utilization. In this study, the SWAT was used in the assessment of water resources, and analyze the spatial and temporal distributions of blue and green water resources in the Wuyuer River Basin. The results show that the green water resources occupying the large proportion in the total water resources, and play an important role in sustaining the water security, food security and stability of ecosystem. The innovation which brings the green water resources into traditional water resources assessment is imperative.

Key words: SWAT model; Wuyuer River Basin; blue water; green water; water resources