

宁夏盐池县生态用水的初步研究

孙跃强,张天勇,段玉玺,贺康宁

(北京林业大学 水土保持学院 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室,北京 100083)

摘 要:根据生态学的基本理论,依据生态系统的基本组成,提出了生态用水的定义,建立了生态用水的分类系统,并进一步根据盐池县的实际情况,对当地生态用水类型进行界定。计算得出了盐池县各项生态用水类型的用水量,结果为森林植被生态用水 $6.05 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,水土保持生态用水 $0.19 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,草地建设生态用水 $8.18 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,湖泊洼地生态用水 $0.0627 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,城镇绿化生态用水 $0.0031 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

关键词:生态用水;生态用水分类;生态用水量计算;盐池县

中图分类号:X171.1;S157 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2007)06-0142-03

Preliminary Study on Ecological Water Use in Yanchi County of Ningxia

SUN Yue-qiang,ZHANG Tian-yong,DUAN Yu-xi,HE Kang-ning

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Combating Desertification, Ministry of Education, Soil and Water Conservation College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract:Based on the basic ecological theories,the authors present the definition of ecological water use and established the system of ecological water use classification according to the basic constitute of ecosystem,and further classified local ecological water types according to the practical condition of Yanchi County. The calculating result on every kinds of ecological water are the following:the average annual ecological water use of forest cover is $6.05 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$;the average annual ecological water use of soil and water conservation is $0.19 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$;the average annual ecological water use of meadow cultivating is $8.18 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$;the average annual ecological water use of lake and billabong is $0.0627 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$;the average annual ecological water use of plantation in the town is $0.0031 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$.

Key words:ecological water use;Classification of ecological water use;calculating of ecological water use;Yanchi county

生态环境脆弱的地区大多都是水资源不丰沛的地区,而在诸多生态系统类型中,水始终是其中最重要的生态因子。而长期以来人们只注意了其资源的一面,忽视了其涵养水源、保持水土、防止污染等生态功能。在干旱、半干旱地区,生态用水的保证成了严重的问题,在这些地区一般都会形成城市用水和工业用水挤占生态用水的格局,从而造成自然植被退化、河床淤积(缺乏冲沙水)及地下水大面积超采等严重后果^[1]。该文以宁夏省盐池县作为研究对象,通过分析其生态用水类型,计算生态用水量,进而为其社会经济与生态环境协调发展提供依据。

1 研究区概况

盐池县隶属宁夏回族自治区,位于宁夏东部。地处陕甘宁蒙四省(区)交界处,是毛乌素沙地的南缘,鄂尔多斯台地向黄土高原过渡地带。全区南北长 110 km,东西宽 66 km,总面积 8 661.3 km²,辖 8 个乡镇,101 个行政村,总人口 16.2 万人,有草原面积 47.6 万 hm²,耕地面积 14.53 万 hm²,其中水地面积 1.34 万 hm²,年饲养羊 80~100 万只,是国家划定宁夏回族自治区惟一的牧区县。

根据盐池县水务局统计资料,盐池县水资源总量

$3\,979.26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,其中地表水 $1\,925 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,地下水开采储量 $2\,054.26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。可利用水总量为 $2\,252.89 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,其中可利用地表水 $198.63 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,可利用地下水 $2\,054.26 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。年均降水量 295.1 mm。

2 盐池县生态用水类型

广义生态用水概念是十分广泛的,植被建设、水土保持、维护河流水沙平衡、维护陆地水盐平衡、保护和维持河流生态系统的基本径流量、回补超采地下水所需水量及平原造林用水、草地建设用水等都属于生态用水范畴。此外用于河流水质保护和鱼类洄游等所需水量也是生态用水的范畴。由此可将生态用水定义概括为:为维护或改善组成现有生态系统的植物群落、动物及非生物部分的平衡所需要的水量^[2-8]。

根据上述生态用水的定义对盐池地区的生态用水类型进行界定。首先根据生态系统的组成成分将生态用水划分为 3 类^[9-12]:绿色植物用水、动物用水和维护无机环境的生物地理平衡所需的水分。

动物用水主要包括维持水生生物栖息地所需水量、鱼类洄游以及饮用水几部分。由于盐池地区不存在大面积的河湖,水生生物微乎其微,故动物用水在盐池地区生态用水中

收稿日期:2007-03-27
基金项目:国家科技攻关项目“防沙治沙关键技术与示范:沙区农田和草场风蚀防控与人居环境安全保障技术研究”(2005BA517A05)
作者简介:孙跃强(1982-),男,硕士,主要从事自然地理研究。
通信作者:贺康宁,教授,博士,博士生导师,主要从事林业生态工程建设、抗旱造林技术研究。

所占比例很少 ,这里不多加讨论。

无机环境的生态用水主要包括为维持无机环境稳定的生态功能 ,天然水体所必须储存和消耗的水量。如维持河流的生态基流 ,维持必要的湖泊与湿地、污染水域的稀释更新、城市河湖景观、恢复一定地下水位。就盐池地区具体情况来说 ,无常流性河流 ,只在降雨过后产生少量径流 ,所以河流生态系统基本生态用水量 and 维持河流水沙平衡的需水量很少 ,对于总的生态用水来说 ,可以忽略不计。但根据盐池地区现

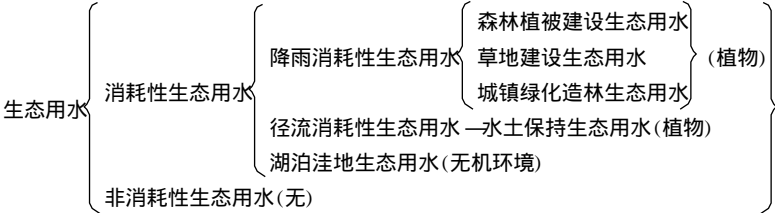


图 1 盐池县生态用水类型

3 现状生态用水的计算与分析

3.1 森林植被生态用水量的确定

森林植被的生态用水量可看作是林地林木实际蒸散量的总和 ,也是林地耗水量。计算中最常用的方法是先用气象因素计算各阶段参考作物蒸散量 (Reference crop evapo-transpiration) :高度一致、生长旺盛、完全覆盖地面而不缺水

状调查表明 ,地区内的湖泊、洼地还有一定的水量 ,所以就将湖泊洼地的生态用水量列为盐池地区生态用水成分之一。

盐池地区生态用水最主要的组成成分是植物用水 ,即植被生态建设用水 ,其中包括森林植被生态用水、草地建设用水、水土保持生态用水、城镇绿化用水。

根据上述划分 ,并按照水资源的变化情况分为消耗生态用水和非消耗生态用水 ,且进一步细分为降水消耗性与径流消耗性生态用水 ,详见图 1。

12 个月的和 ; h ——月热量指数 ,当 $T = 0$ 时 , $h = 0$; T ——月平均气温 () ; A ——指数 ,是年热量指数的非线性函数 ; k ——订正系数 ,根据纬度查专用表。

在求得当地的植物参考蒸散量后 ,用植物系数 K_c 作调整后得到植物的最大蒸散量 ,即蒸散需求量 ,如式 (2) [16-17] :

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \tag{2}$$

式中 : ET_c ——植物蒸散需求量 (mm/d) ; ET_0 ——植物参考蒸散量 (mm/d) ; K_c ——植物需水系数。

而林地实际蒸散量也可表示为该地潜在蒸散量乘以一个相应的比例系数 K , K 和 K_c 一样 ,其值随植物种类、同一种植物所处的生长发育阶段、生长季节不同而具有不同的数值。本文计算时采用在盐池县灌木园对蒸散量的观测结果 ,计算出白榆和柠条的 K 和 K_c 值 ,由于白榆和柠条为盐池县乔木和灌木的主要代表树种 ,所以本文就以它们的植物系数代替乔木和灌木的。另外再根据 2005 年 12 月的森林资源情况统计 ,计算出盐池县森林植被年实际耗水量 ,年需水量以及林地年生态用水总量 ,具体见表 1。

$$ET_0 = k \times 16.2 (10 \frac{T}{H})^A \tag{1}$$

式中 : $H = \sum_{n=1}^{12} h$ $h = (\frac{T}{5.0})^{1.514}$
 $A = 6.75 \times 10^{-7} H^3 - 7.71 \times 10^{-5} H^2 + 1.79 \times 10^{-2} H + 0.49$
式中 : ET_0 ——潜在蒸发散量 (mm) ; H ——热量指数 ,等于

表 1 盐池县森林植被生态用水量

树种	面积/ 万 hm ²	林木耗水系数 K_a 值	林木需水系数 K_c 值	年实际耗水量/ mm	年需水量/ mm	林地实际生态 用水量/ (10 ⁸ m ³ · a ⁻¹)
乔木	9.17	0.41	0.63	270.83	416.15	2.48
灌木	15.9	0.34	0.52	224.59	343.49	3.57

表 2 小流域综合治理减少年径流量统计

小流域	所在乡镇	面积/ km ²	治理时段	治理前后 年径流 减少率/ %
八岔梁	花马池镇	37.55	1988 - 1992 年	32.7
刘窑头	青山乡	24.55	1997 - 2001 年	38.5
雷记沟	青山乡	55	2000 - 2003 年	36.91

3.2 水土保持生态用水量的确定

通过分析水土保持对径流的影响 ,并在此基础上 ,依据实测资料来计算水土保持生态用水定额 [18-19]。这里将进行水土保持治理前后径流量的差值看作是水土保持生态用水量。查资料得到盐池县风沙区径流系数为 0.056 ,黄土高原

区径流系数为 0.104 ,加权平均得到全县平均径流系数为 0.066。再根据盐池县的降水资料 ,由此可得未治理前平均径流深为 19.48 mm。根据当地的实测资料 ,见表 2。盐池县水土流失治理后 ,年径流减少率平均为 36.03 % ,所以得到水土流失综合治理减少的年径流平均为 7.02 mm ,也就是说水土保持生态用水定额是 7.02 mm。全地区水土流失治理面积 2 705.29 km² ,生态用水量为 0.19 ×10⁸ m³ /a。

3.3 草地生态用水量的确定

实验表明 :各类牧草的植物系数 K_a 值约为旱农作物系数 K_a 值的 1/3 左右。盐池县农作物以冬小麦和玉米为代表 ,其 k_a 值均为 0.80 [20] ,所以得到盐池县牧草的 k_a 值为 0.26。再根据桑斯维特公式计算出盐池县牧草的年均潜在蒸散量 ,计算出草场的生态用水总量 ,见表 3。

表 3 盐池县草地生态用水量

项目	面积/ 万 hm ²	植物 耗水系数	年实际耗水量/ mm	林地生态用水量/ (10 ⁸ m ³ · a ⁻¹)
牧草	47.65	0.26	171.74	8.18

3.4 湖泊洼地生态用水量的确定

湖泊洼地生态环境用水量主要是维持湖泊特定的水、盐以及水生生态条件下,一年内消耗的水量。根据水量平衡的原理,在无取水的自然条件下,对于湖泊洼地有^[14]:

$$W_1 = P + R_i - R_f - E + W_g \tag{3}$$

式中: W_1 ——湖泊洼地蓄水量的变化量; P ——降水量; R_i ——入湖水量; R_f ——出湖水量; E ——蒸发量; W_g ——地下水变化量。

为维持湖泊洼地的生态环境功能,要求湖洼地蓄水量不发生变化,即 $W_1 = 0$ 。对北方河流而言,由于蒸发 E 大于降水 P ,因此在地下水位维持动态平衡的条件下($W_g = 0$),必须有相当一部分的入湖水量消耗于湖泊与洼地的水面蒸发。因此,湖泊洼地的生态环境用水主要是用以维持湖泊洼地水量平衡而消耗于蒸发的水量,其计算公式如下:

$$W_1 = A_i (E_i - P) \tag{4}$$

式中: W_1 ——水面蒸发量,可以表示湖泊洼地的生态环境用水量; A_i ——某一湖泊洼地的水面面积; E_i ——相应的水面蒸发能力; P ——降水量。根据盐池县生态建设志结论,盐池县年平均降水量为 29.15 mm,水面蒸发量高达 2 100 mm。盐池县湖泊洼地水面面积为 346.7 hm²。经计算湖泊蒸发生态用水总量为 0.062 7 × 10⁸ m³/a。

3.5 城镇绿化造林生态用水的确定

在盐池县的绿化面积,包括城镇绿化面积 132.29 hm²和防护林 20.65 hm²。由于具备一定的灌溉条件,因此林木生长实际水分消耗标准应按林木需水量的定额计算。经计算盐池县绿化造林生态用水总量为 0.003 1 × 10⁸ m³/a。

表 4 城镇绿化生态用水量

名称	面积/ hm ²	耗水量/ mm	生态用水量/ (10 ⁸ m ³ · a ⁻¹)
城镇绿化	132.29	171.74	0.0023
防护林	20.65	416.15	0.0008

表 5 盐池县各类型生态用水量

生态用水类型	森林植被 生态用水	水土保持 生态用水	草地建设 生态用水	湖泊洼地 生态用水	城镇绿化 生态用水
生态用水量/ (10 ⁸ m ³ · a ⁻¹)	6.05	0.19	8.18	0.0627	0.0031
比例/ %	41.75	1.31	56.45	0.43	0.06

4 结论与建议

- (1) 盐池县的年生态用水总量为 14.49 × 10⁸ m³/a。
- (2) 盐池县境内的生态用水全部来自于消耗性生态用水。
- (3) 盐池县各类型生态用水中,以草地建设生态用水量最高,达 8.18 × 10⁸ m³/a,占总量的 56.45 %;城镇绿化生态用水量最低,为 0.003 1 × 10⁸ m³/a,占总量的 0.06 %。由此可以得出,在盐池县,森林植被以及草地的分布在很大程度上决定了该地区生态用水量的总量。盐池县各类型生态用水量具体情况见表 5。
- (4) 生态用水和生态需水是涉及生态学、林学、水土保持学、水文学与水资源学、环境学、地理学等多学科,以及林业、水土保

- 持、水利、环境保护等多部门和行业的一个复杂问题。今后还需要从多学科交叉的角度,考虑各个部门和行业生态用水的要求,在可供水资源允许的前提下协调各方面生态用水要求。
- (5) 各种类型生态用水的定额,是决定生态用水精度的关键因素,需要对生态用水定额进行深入研究,分析它在空间和时间上的变化规律,建立生态用水定额函数,这是生态用水问题研究的一个关键。
- (6) 生态用水的理论体系目前还不完善,需要从基础理论和计算方法等不同层次,进一步建立和完善计算方法和水资源评价方法,以及影响生态用水因素的量化分析等,形成完整的理论体系。
- 参考文献:
- [1] 左其亭. 干旱半干旱地区植被生态用水计算[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2): 213 - 218.
- [2] 丰华丽, 夏军, 占车生. 生态环境需水研究现状和展望[J]. 地理科学进展, 2003, 22(6): 591 - 597.
- [3] 郑红星, 刘昌明, 丰华丽. 生态用水的理论内涵探讨[J]. 水科学进展, 2004, 15(5): 626 - 633.
- [4] 粟晓玲, 康绍忠. 生态需水的概念及其计算方法[J]. 水科学进展, 2003, 13(6): 740 - 744.
- [5] 崔树彬. 关于生态环境需水量若干问题的探讨[J]. 中国水利, 2001(8): 71 - 76.
- [6] 张丽, 董增川, 丁大发. 生态需水研究进展及存在问题[J]. 中国农村水利水电, 2003(1): 13 - 15.
- [7] 杨爱民, 唐克旺, 王浩, 等. 生态用水的基本理论与计算方法[J]. 水利学报, 2004(12): 39 - 45.
- [8] 何永涛, 闵庆文, 李文华. 植被生态需水研究进展及展望[J]. 资源科学, 2005, 27(4): 8 - 13.
- [9] 张思玉, 杨辽, 陈戈萍. 生态用水的概念界定及其在西北干旱区实施的策略[J]. 干旱区地理, 2001, 24(3): 277 - 281.
- [10] 陈丽华, 王礼先. 北京市生态用水分类及森林植被生态用水定额的确定[J]. 水土保持研究, 2001, 8(4): 161 - 164.
- [11] 王礼先. 植被建设与生态用水: 以西北地区为例[J]. 水土保持研究, 2000, 7(3): 5 - 71.
- [12] 宋炳煜. 关于生态用水研究的讨论[J]. 自然资源学报, 2003, 18(5): 617 - 625.
- [13] 陈丽华. 森林流域蒸发散的计算[J]. 水土保持学报, 1992, 6(3): 87 - 90.
- [14] 苗鸿, 魏彦昌, 姜立军, 等. 生态用水及其核算方法[J]. 生态学报, 2003, 23(6): 1156 - 1164.
- [15] 陈丽华, 余新晓, 王礼先. 北京市生态用水的计算[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 116 - 118.
- [16] 张丽, 董增川, 赵斌. 干旱区天然植被生态需水量计算方法[J]. 水科学进展, 2003, 14(6): 746 - 749.
- [17] 何永涛, 李文华, 李贵才, 等. 黄土高原地区森林植被生态需水研究[J]. 环境科学, 2004, 25(3): 35 - 39.
- [18] 李丽娟. 海滦河流域河流系统生态环境需水量计算[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 495 - 500.
- [19] 严登华, 何岩, 邓伟. 东辽河流域河流生态系统生态需水研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(1): 46 - 49.
- [20] 陈玉民, 郭国双. 中国主要作物需水量与灌溉[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.