

水约束下乌兰察布盟林草植被的需水量分析^{*}

罗诗峰^{1a}, 杨改河^{1b}, 李 奔², 侯 刚^{1a}

(1 西北农林科技大学, a 资环学院, b 农学院, 陕西 杨凌 712100;

2 武汉大学 水利水电学院, 湖北 武汉 430072)

[摘 要] 乌兰察布盟地处中国北方农牧交错带, 属于干旱半干旱地区, 水资源短缺已成为该地区生态环境修复和经济发展的重要制约因素。文章对该地区水资源特点及存在问题进行了分析, 采用统计年鉴资料计算出其草地和林地面积, 并分别采用水量平衡法、定额法求出草地和林地植被需水量为120.63亿m³, 生态缺水10.83亿~11.37亿m³; 据此提出了该地区基于生态需水的林草植被建设措施。

[关键词] 水约束; 林草植被; 需水量; 乌兰察布盟

[中图分类号] TV 213.9

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)08-0057-05

乌兰察布盟位于内蒙古自治区中部, 属于干旱半干旱地区, 长冬、严寒、长期干旱是该地区气候的主要特点。其多年平均降雨量和蒸发量分别为258~426 mm 和1 750~2 750 mm, 是我国典型的农牧交错区之一, 总面积5.45万km²。该区内主要分布有天然草地、人工饲草地、疏林地、乔灌木林地及人工林地等。近20年来, 由于人口剧增和过度垦牧, 加剧了该地区水资源短缺的矛盾, 导致林草植被生态系统退化明显。随着人民生活水平的提高和社会经济的不断发展, 工业及生活用水量势必逐步增加, 这也将进一步挤占生态环境用水量, 从而使水资源供需矛盾日益突出, 生态环境受到严重威胁。因此, 研究该地区林草植被生态环境需水量, 对植被建设、水资源的可持续利用及生态环境保护具有重要的现实意义。

植被需水量研究开始于20世纪80年代末期, 并且多数研究以干旱地区为基础, 其原因在于干旱区降水量不能满足植被的需求, 对水资源的过度利用造成地下水量和地表径流量减少, 极大危害了干旱地区的生态系统。近年来, 许多学者对植被需水量的概念、理论进行了探索, 但对其计算方法的研究并不深入、完善, 多以定性分析和宏观定量相结合的方法为主。如刘昌明^[1]认为, 植被需水的计算研究应考虑水热平衡、区域水量平衡和供需平衡等; 沈清林等^[2]对干旱区生态环境需水组成进行了详尽分析与研

究; 崔宝山等^[3]探讨了湿地生态环境需水量的内涵、组成和临界值, 以水量平衡原理为基础对计算的指标和理论模型进行了研究。本研究在分析乌兰察布盟水约束的基础上, 从林草植被生长状况、植被生态耗水量及蒸腾量的关系出发, 探讨了水约束下林草植被需水量的计算方法, 同时通过供需平衡分析林草植被生态缺水状况, 旨在为该地区林草植被建设提供科学依据。

1 乌兰察布盟水资源特征分析

1.1 水资源开发利用状况总值

乌兰察布盟多年平均降雨量为284.5 mm, 平均入渗系数为0.066, 入渗总量为15.65亿m³, 扣除清水基流4.06亿m³, 地下水补给量为11.59亿m³。全盟多年平均水资源总量为21.01亿m³, 其中地表水8.54亿m³, 地下水12.47亿m³; 可利用水资源量为11.02亿m³, 其中地表水3.99亿m³, 地下水7.03亿m³。该地区人均水资源占有量为770 m³, 占内蒙古自治区平均水平的33.8%。2004年, 乌兰察布盟实际开发利用水资源总量为5.08亿m³, 占可利用水资源总量的46.1%。其中, 农田灌溉用水3.83亿m³, 占现状用水总量的75.4%^[4]。乌兰察布盟水资源利用现状详见表1。

1.2 水资源供需矛盾日益突出

乌兰察布盟受雨量和地形条件的影响, 水资源

^{*} [收稿日期] 2005-10-10

[基金项目] 国家重大基础预研项目(2005CCA 05300)

[作者简介] 罗诗峰(1978-), 男, 河南商丘人, 在读硕士, 主要从事资源与环境生态研究。

[通讯作者] 杨改河(1957-), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源与环境生态研究。

时空分布不均, 年际变化大, 在该地区由南向北水资源逐渐递减, 水资源丰富区主要集中在滩川盆地、湖泊周围。全盟年均降水量为150~ 400 mm, 且多集中在7~ 8 月份, 此期降水量占全年的51%~ 58%。2004 年, 乌兰察布盟总供水量为5.19 亿 m^3 , 其中地

下水为3.88 亿 m^3 , 约占总供水量的74.9%^[4]。近年来, 由于人口及社会经济的持续增长, 除农业用水量略有下降外, 工业、生活及林牧渔用水量都呈持续上升的趋势(图1), 而可利用的水资源量却越来越少, 水资源短缺现象日益严重。

表1 2004 年乌兰察布盟水资源利用现状

分区 Regions	可利用水资源量/亿 m^3 A available water volume			现状用水量/亿 m^3 Current water utilization volume				人均 用水量/ m^3 Per capita water
	地表水 Ground water	地下水 Underground water	总计 Total	生活 Domestic	工业 Industry	农业 Agriculture	林牧渔 Others	
内陆河流域 Inland basin	2.10	4.73	6.83	0.45	0.23	2.62	0.21	234.60
海河流域 The Hai river basin	1.29	1.36	2.65	0.17	0.06	0.89	0.01	205.78
黄河流域 The Yellow river basin	0.60	0.94	1.54	0.08	0.03	0.32	0.01	215.24
合计 Total	3.99	7.03	11.02	0.70	0.32	3.83	0.23	-

注: 数据根据2004 年乌兰察布市水资源公报整理计算。
Note: The dates were arranged and calculated in according to water resource bulletin of wulanchabu league in 2004

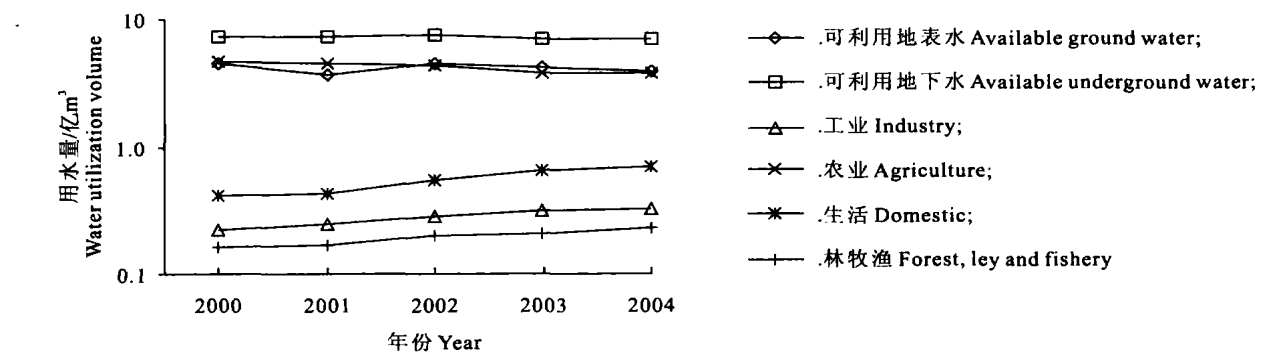


图1 乌兰察布盟2000~ 2004 年水资源供需变化趋势

Fig.1 Tendency of water supply and requirement in Wulanchabu league from 2000 to 2004

1.3 地表水资源过度利用

乌兰察布盟有黄河、海河及内陆河流域, 这些河流多为季节性河流, 具有流程短、流量小的特点, 地表水资源短缺, 水资源利用以地下水为主。据统计^[4], 2004 年全盟可利用水资源量11.02 亿 m^3 , 其中可利用地下水资源7.03 亿 m^3 , 约占可利用水资源量

的63.8%。可利用地表水资源量为3.99 亿 m^3 (表1), 实际开发利用地表水资源量为1.15 亿 m^3 , 占可利用地表水资源总量的28.8%。根据用水紧张程度分类(表2)可知, 乌兰察布盟地表水用水紧张程度为中度紧张, 需要加强供水与需水两方面的管理, 以确保其生态环境用水。

表2 用水紧张程度分类^[5]

用水紧张程度 Water utilization tension	用水量占可用水量的比例 Ratio of used water and available water	分类描述 Classified description
A 低度紧张 Low	< 10%	用水不是限制因素 Water utilization is not a confined factor
B 中度紧张 Middle	10%~ 20%	可用水量开始成为限制因素, 需要增加供给, 减少需求 More supply and less demand is needed as available water starts to be a confined factor
C 中高度紧张 Minus high	20%~ 40%	需要加强供水和需水两方面的管理, 确保水生态系统有充足的水流量, 增加水资源管理投资 Promotion of management ao supply and demand is needed, make sure there are enough water for ecological system and enforce investment of water management
D 高度紧张 High	> 40%	严重缺水已成为经济增长的制约因素 Water shortage has seriously confined the economy development

1.4 水利基础设施薄弱, 农业用水比例高

截至2004年, 乌兰察布盟牧区水利设施共有大型水库5座, 中小型水库39座, 总蓄水能力仅为0.22亿m³左右。据水资源公报统计资料^[6]显示, 大中型水库年蓄水能力均呈不同程度的下降趋势(图2)。此外, 该地区另有塘坝50座, 引水工程571处, 配套完好机井16466眼, 灌溉天然草场面积为2006 km², 仅占可利用草原面积的0.06%。乌兰察布盟农业用

水量占总用水量的79.9%, 但农业在乌兰察布盟国民生产总值中的比重仅为39.3%, 且农田灌溉依然以大水漫灌为主^[4]。由此可见, 农业用水不仅经济效益低下, 而且水资源浪费严重。从世界平均用水结构(农业用水占65%, 工业用水为22%)看, 这不仅说明该地区水利基础设施薄弱、水资源利用方式落后、利用效率差, 同时也反映出通过用水结构调整实现节约用水的潜力很大。

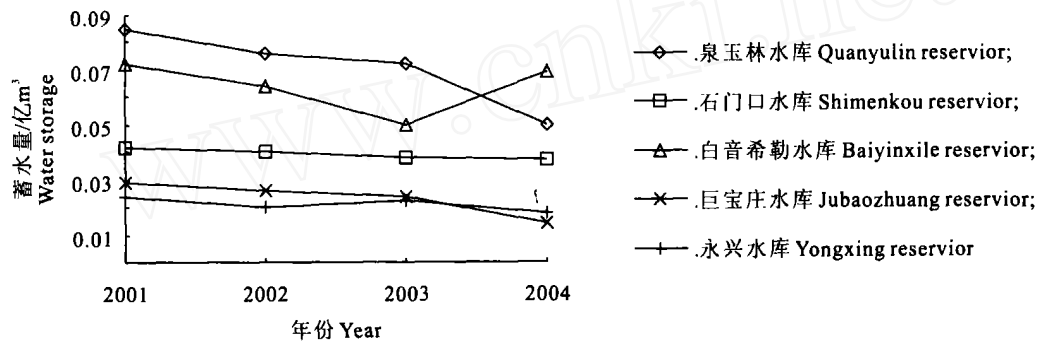


图2 乌兰察布盟5座大型水库年蓄水量的变化

Fig 2 Changes of water volume in five big reservoirs in Wulanchabu league

2 乌兰察布盟林草植被需水量分析

2.1 乌兰察布盟林草植被分类

对乌兰察布盟而言, 植被需水量是保证天然及人工植被正常生长, 并能够抑制土地沙化、水土流失

及荒漠化所需的最小水资源量^[7]。在林草植被需水量的计算过程中, 不同植被类型所采取的计算方法也不尽相同。因此, 确定各植被类型的面积十分重要。根据2004年内蒙古大辞典及乌兰察布盟统计资料^[4], 不同生态系统类型的植被面积如表3所示。

表3 乌兰察布盟植被的分类面积

Table 3 Dimensions of classified vegetation in Wulanchabu league					万 km ²
草原 Meadow			林地 Woodland		
草场面积 Natural meadow	人工饲草面积 Artificial meadow	疏林地 Distant	乔灌木林地 Arbor and bush	人工林网 Artificial	其他 Others
3.44	0.65 × 10 ⁻²	0.23	0.12	0.26	0.02

2.2 林草植被需水量的计算方法

2.2.1 草地需水量计算方法 目前, 关于天然植被生态系统需水量的计算方法主要有水量均衡法、生态需水定额法、水保法、潜在蒸发法及修正的彭曼公式法等^[6]。乌兰察布盟地区草地以羊草草原为主要草地类型。草地水分循环是通过大气降水、植被蒸发与蒸腾的相互转化来实现的。前人研究成果^[1]表明, 在草地生长季节, 草地蒸散量略大于天然降雨量, 会产生轻度水分亏损, 其不足部分可由40 cm以下深层土壤水分来补给。在非生长季节, 大气降水可抵消由蒸散引起的水分亏损, 因此, 该地区草地植被的水分收支基本上是平衡的。由水量平衡原理可知, 草地天然降水大部分消耗于地带植被的蒸腾耗水量和土壤蒸发量^[7]。因此, 计算天然草地需水量可采用水平

衡公式^[8]:

$$Q = 1000(P - R)F + \Delta W \tag{1}$$

式中, Q 为草地需水量, m³; P 为多年平均降雨量, mm; R 为多年平均径流深, mm; F 为草地面积, km²; ΔW 为土壤水变化量, m³。

人工饲草生态需水量可采用定额法来计算, 计算公式为:

$$Q = F \times A \tag{2}$$

式中, F 为人工饲草草场面积, km²; A 为饲草地灌溉定额, m³/km²。

2.2.2 林地需水计算方法 林地生态环境需水量是林地生态系统为维持自身生长、发挥生态功能所需要消耗的水资源量, 包括树木蒸腾量和林地蒸发量。计算林地植被生态需水, 有定额法和水保法2种

方法^[6]。由于乌兰察布盟地区植被需水主要以降雨来补充,计算降水性植被需水量一般采用定额法:

$$Q_1 = \sum (S_i \times W_i) \tag{3}$$

式中, Q 为草地需水量, m^3 ; S_i 为某一植被类型的面积, km^2 ; W_i 为该种植被在自然条件下的生态耗水定额, m^3/km^2 。

2 3 林草需水计算结果与水资源供需平衡分析

2 3 1 林草植被生态环境需水量计算结果 乌兰察

表4 乌兰察布盟草地需水量计算结果

Table 4 Results of water requirement of meadow in theW ulanchabu league

草场类型 Meadow type	F/km^2	P/mm	R/mm	$A/(m^3 \cdot km^{-2})$	$Q/亿m^3$
天然草场 Natural meadow	3.44	284.5	15.7	-	92.47
人工饲草 Artificial meadow	0.65×10^{-2}	-	-	4.8×10^5	0.31
合计 Total	-	-	-	-	92.78

由于天然林地是在没有人工供水的天然状态下生长的,其供水是不充分的,因此其水分消耗量相对较少,其生物生产量也较低。根据乌兰察布盟地区实

布盟农牧交错带多年平均降雨量为284.5 mm,多年平均径流深为15.7 mm,人工饲草地灌溉定额为 $4.8 \times 10^5 m^3/km^2$ ^[9]。另据乌兰察布盟地区多年土壤水分动态变化^[10],式(1)中的 ΔW 可假设为零。由式(1)和(2)可分别计算出草地植被需水量,详见表4。

际蒸发量资料,人工林地单位耗水量达615 mm,自然植被(乔、灌、疏林地)单位耗水量为320 mm,由式(3)计算得出各林地需水量结果见表5。

表5 乌兰察布盟林地需水量计算结果

Table 5 Results of water requirement of woodland in theW ulanchabu league

林地类型 Woodland type	面积/万 km^2 Area	单位耗水量/mm Water consumption per	需水量/亿 m^3 Water demand
疏林地 Distant woodland	0.23	320	7.36
乔灌木林地 Arbor and bush woodland	0.12	320	3.84
人工林网 Artificial woodland	0.26	615	15.99
其他 Others	0.02	330	0.66
合计 Total	0.63	—	27.85

2 3 2 水资源供需平衡分析 对该地区林草植被生态系统需水量进行分类汇总,可得到乌兰察布盟林草植被生态环境的需水总量,结果见表6。由表6可知,按照乌兰察布盟现状林草植被面积计算林草需水量为120.63 亿 m^3 ,当地正常年份的天然降雨转

化为水资源量为116.07 亿 m^3 ,小于林草植被生态系统的基本需水量,缺水达4.56 亿 m^3 。如果按有效降雨量来计算,生态缺水为10.37 亿~13.85 亿 m^3 ,这种情况无法满足植被最基本的需水量,因此生态缺水将导致该地区生态环境持续恶化。

表6 乌兰察布盟林草植被生态环境需水量

Table 6 Water requirements of woodland and meadow vegetations in theW ulanchabu league 亿 m^3

林草植被类型 Vegetation type	需水量 Water requirement	降雨折合水资源量 Rainfall resource	有效降雨量* Effective rainfall	余缺量 Water shortage
草地 Meadow	92.78	98.15	93.24~90.30	0.46~ -2.48
林地 Woodland	27.85	17.92	17.02~16.48	-10.83~ -11.37
合计 Total	120.63	116.07	110.26~106.78	-10.37~ -13.85

注: * 代表扣除5%~8%的蒸发量^[4]。

Note: * Stands for taking out the evaporated volume by five to eight percent

3 基于生态需水的林草植被建设

3 1 根据水资源条件进行植被建设

由本研究结果可知,乌兰察布盟林草植被在满足最小生态环境需水量要求下缺水量约为

10.37 亿~13.85 亿 m^3 ,无法满足最基本的生态环境需水量。尤其是林地生态缺水更为严重,正常年份下缺水为10.83 亿~11.37 亿 m^3 。因此,乌兰察布盟地区植被建设应充分考虑当地气候及降雨条件,通过采取提高雨水利用率及选择适宜当地水资源条

件的耐旱树种等措施,在地形低平、潜水较丰富、或有水源补给的地段进行林草植被建设。另外,由于灌木树种生态耗水量较低,应明确规定以灌草为主的植被建设方向,并充分利用林草生态系统的自我修复能力来缓解生态缺水状况。

3.2 营造混交林,改变人工纯林状况

在乌兰察布盟植被建设中,不能单纯追求林地面积和经济效益,而忽视其生态效益,要认识到生态系统的复杂性,用生态学的原理去营造林草,提高植被质量^[11]。目前,现存人工林不仅林种、结构单一,

而且其面积占全部林地的41.3%,形成了大面积纯林,生物多样性水平低,生态系统脆弱;此外,人工纯林对水资源需求比较高,单位生态耗水量达615 mm,而乔灌木混合林地仅为320 mm,并且人工纯林对恶劣环境的适应性与抗逆性远不如天然林^[12]。因此,在植被建设中应大面积发展混交林,增加植被生态系统的生物多样性,同时减少林地需水量。对大面积的天然残次林和灌丛,应施行封山禁牧与营造人工乔灌木林相结合,从而形成优良的混交林。

[参考文献]

- [1] 刘昌明 中国21世纪水供需分析:生态水利研究[J]. 中国水利, 1999(10): 18-20
- [2] 沈清林,李宗礼,王以佑 民勤绿洲生态用水量初步研究[C]//许新宜 水资源可持续管理问题研究与实践 武汉:武汉测绘科技大学出版社, 1998: 126-129
- [3] 崔保山,杨志峰 湿地生态环境需水量等级划分与实例分析[J]. 资源科学, 2003, 25: 21-29
- [4] 乌兰察布盟水利局 水资源公报[R]. 呼和浩特:内蒙古文化出版社, 2004
- [5] 董哲仁 河流生态恢复的目标[J]. 中国水利, 2004(10): 15-19
- [6] 杨爱民,唐克旺 生态用水的基本理论与计算方法[J]. 水利学报, 2004(12): 1-7
- [7] 汤洁,麻素挺,林年丰,等 吉林西部植被生态环境需水量供需平衡研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18: 5-8
- [8] 孟祥林 乌兰察布盟生态变化及对策研究[J]. 国土与自然资源研究, 2000(3): 37-39
- [9] 郭克贞,史海滨,苏佩凤,等 锡林郭勒草原生态需水初步研究[J]. 中国农村水利水电, 2004(8): 82-85
- [10] 内蒙古自治区地方志编纂委员会 乌兰察布盟志[M]. 呼和浩特:内蒙古文化出版社, 2004
- [11] 王延松,辽宁省植被现存问题及对策研究[R]. 中国环境管理, 2003, 22: 22-24
- [12] 李丽娟,郑红星 海滦河流域河流系统生态环境需水量计算[J]. 地理学报, 2000(7): 495-500

Analysis on water requirement of vegetations of woodland and meadow in the Wulanchabu league under ecological environment

LUO Shi-feng^{1a}, YANG Gai-he^{1b}, LI Ben², HOU Gang^{1a}

(1 a College of Resources and Environmental Science; b College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Water Resources and Hydropower, Wuhan University, Hubei, Wuhan 430072, China)

Abstract: Located in north ecotone in China, Wulanchabu league belongs to semi-arid climate region and the shortage of water resource has seriously limited the economic development and ecological environment rehabilitation. Based on the analysis of the water resources characteristics and the existing problems, the areas of woodland and meadow were calculated based upon statistic yearbooks. The water requirements of different kinds of vegetations were calculated by water balance and ration method. Because the water requirement is mainly supplied by rainfall, through water balance analysis, the water requirement is 12.063 billion m³ and the shortage is 1.083 billion-1.137 billion m³ in the area. And accordingly measures to develop vegetations based on ecological water needs are put forward.

Key words: water resource; vegetations of woodland and meadow; water requirement; Wulanchabu league