

新疆生态用水量的初步估算

贾宝全<sup>1,2</sup>, 慈龙骏<sup>2</sup>

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国林业科学院, 北京 100091)

**摘要:**以新疆为例,在干旱区生态用水的概念与分类基础上,依据部分试验资料及理论公式推导结果,确定了各类生态用水的用水定额,并以林业、草场资源等统计数据为依据,对新疆 1995 年的生态用水进行了初步估算。结果表明,全疆生态用水总量达  $237.9 \times 10^8 \text{m}^3$ 。其地区分布情况是北疆占 17.8%,东疆占 5.4%,南疆占 76.8%。就其类型而言,天然植被生态用水量最大,其中又以低地草甸为最大。

**关键词:**生态用水;概念;分类;用水定额;总量估算;新疆

The primary estimation of water demand by the eco-environment in Xinjiang

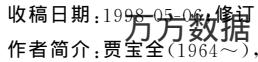
JIA Bao-Quan<sup>1,2</sup>, CI Long-Jun<sup>2</sup> (1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academic of Sciences, Urumqi 830011, China*; 2. *Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*)

**Abstract:** Oasis is the major area of human activity in the arid land. Its only occupied 4%~5% of arid territory, but the population over 90% and social healthy over 95% are concentrated in it. In the process of oasis formation and evolution, water resource is the essence. Since 1949, the oasis exploitation have gained many achievements in China, but its environment problems originated rapidly from that and more attention has been paid to the economic benefit of oasis water resource rather than the eco-environmental benefit of it. So the main environmental issues of the water resource utilization are the guarantee of water supply for eco-environment. The paper discussed the conception of water demand by the eco-environment. It can be defined that water consumed by the environment system which can support the oasis's exist and development, as well as maintain and improve the oasis environment quality. Because the oasis sustainability depend on it inside and outside environment system, the water demand by eco-environment in Xinjiang can be classified into 7 kinds, which are artificial oasis, Tugayi, river valley forest, river and lake, meadow on the flat land, city and desert vegetation. Based on this, we determined the quota of different kinds according to the results of experience and theoretical information. The result showed that the water consumed by the eco-environment reached  $237.9 \times 10^8 \text{m}^3$  in Xinjiang in 1995, in which the Tarim Basin occupied 76.8%, Turpan and Hami Basin 5.4%, and Jaguar Basin, the west Mountain, Altai 17.8%. In different kinds, natural system which include all natural oasis and lake occupied 87.54% and artificial system 12.46%. In natural system, natural vegetation consumed 75.38% of water resource, in which the meadow on flat land occupied 63.43%. In Xinjiang, the total water resource quantity is  $865 \times 10^8 \text{m}^3$ . Under this condition, the contradiction of water resource utilization between agriculture and eco-environment will aggravated further. Consider the significance of water consumed by the eco-environment to oasis development in the future, it is suggested that we should guarantee the eco-environment water demand first, because this is a prerequisite condition to maintain the oasis sustainable development.

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(39990490)、中国科学院资源与生态环境研究重大项目(KZ951-B1-213)和国家“九五”攻关项目(96-912-02-01)的部分研究内容

收稿日期: 1998-05-06, 修订日期: 1999-10-11

作者简介: 贾宝全(1964~), 男, 副研究员。



**Key words:** water demand by the eco-environment; primary calculation; arid land; Xinjiang

文章编号: 1000-0933(2000)02-0243-08 中图分类号: X22 文献标识码: A

水资源,尤其是淡水资源的短缺,将是 21 世纪人类社会共同面对的危机之一。我国是一个干旱缺水严重的国家,人均水资源占有量 2300m<sup>3</sup>,只及世界平均水平的 1/4。而且在地区分布上亦极不平衡,在耕地、人口占全国总量 36% 和 54% 的南方,水资源量占到全国的 81%;而耕地和人口分别占全国总量 45% 和 38% 的北方 15 个省区,水资源总量仅占全国的 9.7%。

在贺兰山-乌鞘岭以西的我国西北内陆干旱区,其面积 210 多万 km<sup>2</sup>,约占全国陆地面积的 22%<sup>[1]</sup>。水资源总量仅占全国的 4.27%,这里气候干旱,降水稀少,农业上非灌不植。因此,在水资源总量不变的前提下,水成为这一地区最活跃、最为敏感的中心因子。并围绕这一中心,出现了许多的用水矛盾。目前最为迫切、对当地经济、社会持续发展影响最大的,当推工农业生产用水与生态环境用水的矛盾。由于生态环境问题的滞后效应,这一问题以前并未引起人们的重视,特别是生态用水理论问题研究的滞后,直接影响到了这一问题的及时解决。本文即拟以新疆为例,从生态用水的理论、用水定额等方面,对该问题进行探讨。

1 生态用水的概念与分类

生态用水在有的文献中又被称为环境用水<sup>[2]</sup>或生态环境用水<sup>[3]</sup>。其内在含义是指改善生态环境质量或维护环境质量不至于进一步下降时需要的水量。但因其环境主体不明确,故在使用中常有不同理解。

干旱区是绿洲农业,以新疆而论,绿洲面积虽仅占其国土面积的 4%~5% (加上天然绿洲可达 7.65%),但却集中了疆内 90% 以上的社会财富和 95% 以上的人口。因此,从利用的角度而言,在干旱区山地、荒漠、绿洲这三大系统中,绿洲应是干旱区的主体景观。基于此点,贾宝全将干旱区生态用水的概念曾作如下定义<sup>[4]</sup>:

在干旱区内,凡是对绿洲景观的生存和发展及环境质量的维持与改善起支撑作用的系统所消耗的水分,称之为生态用水。

在上述定义的基础上,又依据绿洲生命支持系统的来源,对干旱区生态用水进行了分类,结果见表 1。

2 生态用水计算模型

2.1 直接计算法

依生态用水的来源可把表 1 的生态用水类型归为 3 类:①绿洲生态用水与城市园林绿地生态用水,它主要利用地表水,且是以灌溉方式来保证的;②如低地草甸、荒漠河岸林、河谷林等天然植被类型,它们的生态用水主要来源于地下水的供应;③河、湖类的生态用水,其来源既有地下水的补充、又有地表水的供给。

对于第一类,因其组成要素对其生长状况的要求与它所庇护下的农作物要求基本相同,且在长期的绿洲经营实践中已有很好的工作基础,故可直接用其组成要素的相应面积乘以其灌溉定额求得。

河、湖生态用水当中,基于对湖泊的整体认识,在流域规划当中,已定有相应的河、湖水面保护目标,在要求一定面积的情况下。其补给项应等于消耗项,而消耗项中,主要是河、湖水面蒸发损失,故可用蒸发量乘以相应的湖、河保护面积来推算其生态用水量。

2.2 间接推求模型

第二类生态用水的计算则稍显麻烦。就目前的工作来看,基于灌溉恢复方面尚有一定资料,但对于天然植被的水分蒸散方面则很少做过工作。因此,在水文分析计算中常用间接法进行推求,即某一植被类型在某一潜水位下的面积乘以该潜水位下的潜水蒸发量与植被系数。公式表示为:

$$WST_i = A_i \times W_{gi} \times K \tag{1}$$

$WST_i$  为植被类型  $i$  的生态用水,  $A_i$  为植被类型  $i$  的面积,  $W_{gi}$  为植被类型  $i$  所处某一地下水埋深时的潜水蒸发量,  $K$  为植被系数,是有植被地段的潜水蒸发量除以无植被地段的潜水蒸发量,常由实验确定。

鉴于新疆地质计算中已结合境外的实验结果定有一套参数,故本次计即以这些参数为准,并根据南北疆不同情况,作适当的调整(见表 2)。由于干旱区平原植被生存依赖的水源主要是地下水,故该式

很适合于本次计算。

表 1 干旱区生态用水分类  
Table 1 The classification system of eco-environment water demand in Xinjiang

生态用水类型 Water demand types	组成要素 Compositions	分 布 Distribution
刚性生态用水 Necessitated water	人工绿洲生态用水 Artificial oases	人工绿洲 Artificial oases
	护田林网 Farmland forest network	
	灌(草)防蚀带 Shrub-grass erosion preventing belts	
	乔灌防沙带 Tree-shrub sandbreak belts	
弹性生态用水 Elastic water demand	薪炭林 Fuelwood	
	用材林 Timber forest	
	园林及特用林等 Orchards and special purpose forest	
城市园林绿地等生态用水 City's greening	城市公共绿地、专用绿地、生产绿地、防护绿地、郊区风景名胜区、城市水体 Different greening sites and water bodies in the cities, recreation sites in the suburbs	各地级市中 Different cities
	天然系统生态用水 Natural oases	
荒漠河岸林生态用水 River-bank forest	胡杨林、灰杨林、红柳灌木林 <i>Populus diversifolia</i> , <i>P. pruinosa</i> and <i>Tamarix</i> sp etc.	南北疆各地、但以南疆塔里木盆地为主 The Whole Xinjiang, mainly in Tarin Basin in the southern Xinjiang
低地草甸生态用水 Meadows on plain	芦苇、骆驼刺、胖姑娘、芨芨草等 <i>Phragmites communis Trin</i> , <i>Alhagi pseudalhagi</i> Desv. <i>Karalinia caspica</i> ( Pall ) Less and <i>Achnatherum splendens</i> etc.	南北疆平原 Plains of Xinjiang
河谷林生态用水 River valley forest	榆、沙枣、河谷杨树林等 <i>Ulmus</i> sp. , <i>Elaeagnus augustata</i> L. and <i>Populus</i> sp. Etc.	主要分布于额尔齐斯河谷,其它散见于南北疆各河前山带,干旱河谷中 Mostly in the Ertis river valley, sparsely in the alluvial plain and dry valleys
荒漠植被生态用水 Desert vegetation	梭梭、白梭梭、红柳、琵琶柴等 <i>Haloxyylon ammodendron</i> , <i>H. persicum</i> , <i>Tamarix</i> sp. And <i>Reaumuria soongorica</i> etc.	古尔班通古特沙漠 Gurbantonggut desert
河、湖生态用水 River and lakes	重要湖泊的生态补水,一些重要河道为维持生态环境平衡的河道来水 Water supplement for important lakes and rivers	塔里木河上游、中游、下游河道、艾比湖(缩小)、乌伦古湖(缩小、盐化)、博斯腾湖(盐化) The courses in the Tarim River, Ebinur lake (shrinking), Ulunguhu lake (shrinking and salinization), and Bosteng lake (salinization)

表 2 潜水蒸发的植被系数  
Table 2 Vegetation coefficient of evaporation from ground water in Xinjiang

潜水埋深(m)	Ground water table	0~1	1~2	2~3	3~5
植被系数	南疆 South part	2. 86	1. 98	1. 82	1. 40
Vegetation coefficient	北疆 North part	2. 42	1. 77	1. 47	1. 19

在(1)式中。除  $K$  外,  $Wgi$  亦是一个很重要的变量。新疆地理所在阿克苏水平衡站求得的计算关系式为<sup>[5]</sup>:

$$Wgi = E_{20} \times (1 - hi/ho)^n, \quad n = 2.51 \pm 0.025$$

(2)

其中,  $hi$  为地下水位  $i$  的埋深,  $h_0$  为潜水蒸发极限埋深。就新疆的情况而言,南北疆平原区均以 5m 为限。大于这一深度的潜水蒸发量,几乎等于零。这是新疆目前水文地质计算中普遍采用的参数。 $E_{20}$  为 20m<sup>2</sup> 蒸发池水面蒸发量。新疆地区这一实验观测资料非常欠缺,目前仅在阿克苏河流域上游水库与北疆头屯河流域哈地坡水文实验站有这一项目的观测数据。为了使这一有限的资料能够被别的地方延伸引用,常以该两地的 20m<sup>2</sup> 蒸发量与 20cm 口径蒸发皿蒸发量的比值再乘以应用地的 20cm 口径蒸发皿蒸发量来进行推算。在本次计算中,一方面考虑的区域范围较大,另一方面为计算方便,以上游水库的 20m<sup>2</sup> 蒸发池

蒸发量作为南疆地区平原区  $E_{20}$  计算用值;而以哈地坡的  $E_{20}$  值作为北疆地区  $E_{20}$  值。这两地的  $E_{20}$  值分别是:上游水库为 1340mm,哈地坡为 1072mm。

3 生态用水定额的确定

由于植物的生态用水定额不仅与气候条件、土壤基质等自然因素有关,还与群落类型、植物种类等关系极大。而新疆不仅地域广大、生物的栖息生境类型多样,而且以前的基础工作积累有限,因此要针对每一气候区域、每一立地类型、每一林分(草场型)分别计算其各自的生态用水定额,存在的困难极大(尽管从理论上说,只有如此才能做到十分的准确性)。在这种情况下,认为针对不同林分,以其主要树种为代表来估算整个系统的生态用水定额还是可行的。首先,就人工林而言,大多数为纯林,混交的情况极少;其次,尽管有不同的林分但从新疆的区域分布看,树种选择具有区域上的一致性;第三,以天然林而言,群落具有单优性特点,其优势树种是相同的,因其在群落中的作用与地位极大,故用其作代表,仍可反映系统的基本属性。为此,针对不同的生态用水类型,选择具有代表性的树种作为参考树种,以其生态用水定额代替该类型生态用水的用水定额,下面将分别予以阐述。

3.1 绿洲人工林

绿洲林业全系人工林,根据 1992 年《新疆森林资源汇编》中的资料,全疆人工林树种组成中,新疆杨和银白杨组合占 78.1%,钻天杨和箭杆杨占 11.7%,胡杨占 4.7%,三者合计占全疆平原区人工林总面积的 94.5%,故用这 3 个树种组合基本上可以反映人工林树种组成的特点。防护林、用材林的树种组成基本上与前述总体情况比较接近,但对经济林与薪炭林而言,有自己的特点。经济林当中,全疆普遍以苹果、梨、桃、杏、葡萄为主,地域差异不明显;而薪炭林则在南疆地区以沙枣为主,而北疆地区以杨、柳类为主。农田防护林目前南北疆以新疆杨和银白杨最为普遍;但在北疆地区,由于其越冬时树干冻裂严重,影响到了将来的一林多用,故其有逐渐被箭杆杨取代之势。基于这种情况,农田防护林生态用水参考树种,在北疆选择箭杆杨为代表,在南疆选择新疆杨为代表;北疆薪炭林以箭杆杨为主,南疆选沙枣为参考树种,最后,参照各类新疆林业地方标准确定了其生态用水定额(表 3)。

3.2 荒漠河岸林

荒漠河岸林主要以南疆塔里木盆地为其分布中心,其中的乔木主要是胡杨、灰杨。胡杨占荒漠河岸林全疆总面积的 60%,灰杨占 40%。由于二者的许多生态习性相近,而尤以对胡杨所做基础工作较多,故以胡杨作为参考树种。对其生态用水定额的确定,主要根据王积强等人在石河子地区用  $E_{83}$  蒸渗仪所做实验为依据<sup>[6]</sup>。根据他们的工作,胡杨蒸散量为  $3405\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

红柳生态用水定额只能用间接法进行推算。以前述模型为据,植被系数取  $2\sim 4\text{m}$  的平均值分别为 1.61(南疆)和 1.33(北疆),则南疆地区红柳的合理生态用水定额应为  $3004.2\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,北疆地区为  $2000.4\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

表 3 绿洲人工林生态用水定额

Table 3 The irrigation quota of artificial forest in the oases of Xinjiang ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ )

类型	防护林		用材林		薪炭林		园林	
Type	Shelter-belt forest		Timber forest		Fuelwood		Orchards	
地区	北疆	南疆	北疆	南疆	北疆	南疆	北疆	南疆
Region	North	South	North	South	North	South	North	South
树种	箭杆杨	新疆杨	箭杆杨	新疆杨	箭杆杨	沙枣	苹果等	苹果、杏、葡萄
Species	<i>P. nigra</i>	<i>P. alba</i> var Pyramidalis	<i>P. nigra</i>	<i>P. alba</i> var Pyramidalis	<i>P. nigra</i>	<i>Elaeagnus</i> <i>augustata</i> L.	Apples etc.	Apples, apricot and grape
灌溉定额								
Irrigation quota	3945 *	5790	5730	6210	5730	5775	5250	6000

\* 李银芳等,《新疆防护林体系建设与水分平衡研究》,1995

3.3 河谷林

河谷林广泛分布于新疆内陆河流自源头以下至出山口止的河谷中。其分布上限可与针叶林相混交,下  
限则与荒漠河岸林衔接。就分布而言,以额尔齐斯河谷杨树林最具有代表性,故选其作为参考林种。

河谷林因处于河谷中,林地受河水作用比较明显,且地下水位较高,加之以前对该类林木所做工作积  
累极少,故对其生态用水定额的计算仅以流域规划资料为据。根据额尔齐斯河流域规划的资料,该类林木  
的用水定额为  $7050\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,但需扣除降水量,以阿尔泰的降水量  $180.6\text{mm}$ (折合  $1800\text{m}^3/\text{hm}^2$ )为基本参  
数,则河谷林生态用水实际量为  $5250\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

3.4 荒漠林

荒漠林主要分布于北疆地区的古尔班通古特沙漠中,其主要树种有梭梭、白梭梭、红柳、琵琶柴、沙柳  
等,其中以梭梭和白梭梭占绝对优势。根据李银芳等人在莫索湾地区所做测定来看,两个树种的蒸散量  
相差无几,而梭梭稍高一点,考虑到这一特点,以及梭梭比白梭梭分布更广泛的实际情况,选梭梭作为参考  
树种。

在李银芳等人的工作中,他们的结果是梭梭的蒸散量为  $3637.5\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。该计算过程的基本假设是地  
表完全被植被覆盖,这与现实情况有很大的出入,故要使该数据与实际情况相符合,还需乘以一个修正系  
数。取天然梭梭林的覆盖度(30%)为修正系数,则梭梭的生态用水定额为  $1095\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。而北疆荒漠中年降  
水量平均即在  $100\text{mm}$  以上,如以莫索湾  $120.7\text{mm}$  计,折合  $1200\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,远大于实验所得数值。这也就是  
说,梭梭依赖盆地内的降水已完全可以满足其生存需求,这与实际情况也是相吻合的。故总量计算中将不  
再对其生态用水量进行计算。

3.5 低地草甸

在平原地区,低地草甸植被广泛分布于南北疆各地,根据《新疆草地资源及其利用》一书的资料<sup>[8]</sup>,该  
类植被可以分为水泛地草甸、低地盐化草甸、低位沼泽共 3 类,总面积  $688.58\text{万 hm}^2$ 。它是最大的天然绿  
洲,也是新疆平原畜牧业发展的重要基础。

水泛地草甸分布于南北疆平原的低地、河谷及河漫滩上。由中生及旱中生的禾草、杂类草组成。它的生  
存与地下水及河流的周期性泛滥有直接联系。主要种类有假苇拂子茅、葡萄冰草、小糠草、狗牙根、黄花苜  
蓿、苦豆子、车轴草等。但面积不大,仅  $41.37\text{万 hm}^2$ ,占低地草甸总面积的  $6.01\%$ 。

低地盐化草甸是低地草甸的主要构成者,总面积  $635.97\text{万 hm}^2$ ,占  $92.36\%$ 。由各种耐盐的中生、旱生  
禾草及杂类草组成。主要有芨芨草、芦苇(矮)、赖草、小獐毛、甘草、骆驼刺、花花柴等。

低位沼泽分布于平原区地势低洼、排水不畅的条件下。由湿生多年生草本植物为主组成,面积  $11.24\text{万 hm}^2$ ,仅占  $1.63\%$ 。

由于低地盐化草甸在面积与类型上都居于绝对优势,故以其作为低地草甸的代表。目前这类植被基本  
上生长于地下水位  $1\sim3\text{m}$  的范围内。

对于低地草甸类植被耗水方面的研究,目前仍基本上处于个别优势种的水分生理研究上,缺乏详尽的  
群落耗水方面的资料<sup>[9~11]</sup>。就所获文献情况看,目前仅有芨芨草群落与花花柴群落的耗水资料<sup>[12~14]</sup>。罗家  
雄等人指出,在供水充足条件下,花花柴群落生育期的耗水量可达  $7500\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。在干旱区,这一先决条件  
基本不存在,故该值对于本次计算的应用而言,意义不大。

根据雷特生等人在新疆阜康地区的工作来看<sup>[13]</sup>,对于退化的芨芨草群落而言,若要使其生产力恢复,  
则每年需灌水  $2400\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,该地年降水量为  $1875\text{m}^3/\text{hm}^2$ ,二者相加之值应该为该群落的实际耗水量,其  
值为  $4275\text{m}^3/\text{hm}^2$ ;而郎百宁等人<sup>[14]</sup>在青海测得芨芨草-无脉苔群落的蒸腾耗水量为  $4462.5\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

以上数据是在灌溉条件下的情形,这与天然状态下的情况差别较大,故其仅具参考意义而对天然植被  
耗水量的估算没有任何实际价值。为此,只能用间接的方法进行推算。在北疆地区, $1\sim3\text{m}$  的潜水蒸发量采  
用玛纳斯河流域平原区的数值  $908.55\text{m}^3/\text{hm}^2$ ;南疆地区则以《新疆阿克苏河流域平原区地下水开发利用  
规划调查报告》的资料为依据,该平原区  $1\sim3\text{m}$  潜水蒸发量为  $1383.45\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。南、北疆植被系数取  $1\sim3\text{m}$   
的平均值  $1.62$ (北疆),经过计算,其相应的生态用水定额分别为  $2625\text{m}^3/\text{hm}^2$ (南疆)和  
 $1470\text{m}^3/\text{hm}^2$ (北疆)。



3.6 湖泊生态用水定额

湖泊面积缩小以至干涸是干旱区平原地区环境本底中变化最大、给人印象最直观的生态环境问题之一。就新疆而言,目前保存下来且还能维持一定水面的湖泊有 3 个——博斯腾湖、艾比湖、乌伦古湖。考虑到它们在新疆经济及地区生态环境中的重要作用,最新一轮流域规划均将其列入保护之列,并有具体的保护目标。这 3 个湖泊的生态保护目标分别是:艾比湖在来水 50% 保证率下,保护 500km<sup>2</sup> 水面<sup>[15]</sup>,博斯腾湖保护现状水面 1002.4km<sup>2</sup>,另有 350km<sup>2</sup> 左右的芦苇沼泽亦需要保护<sup>[16]</sup>;乌伦古湖的保护目标是 1961 年的历史水位,此时,布伦托海与吉力湖的面积分别为 814km<sup>2</sup> 和 182.4km<sup>2</sup><sup>[17]</sup>。根据前面叙述,其生态用水定额应为湖泊水面蒸发量减去湖区降水量后的差值。根据资料,乌伦古湖为 843.5mm;博斯腾湖为 960mm;艾比湖为 1006.5mm。

3.7 重要河道的生态用水

在干旱区的平原地区,河道径流是维持当地生态系统的生命线。对于赖其养育的河谷林、荒漠河岸林的生态用水已作了交待,但这是以这些林地为目标进行的。这些植被的现状维持,离不开河道来水的滋润。新疆目前赖河维持的生态系统主要集中于额尔齐斯河流域与塔里木河流域,对于额尔齐斯河而言,因其处于中、上游,加之其为国际河流,故生态系统面临的生态压力相对较小,而塔里木河则问题比较严重。故对河道生态耗水的研究也主要考虑塔里木河。

从河道来水的消耗项分析,其包括河道蒸发、河道水引用、河道渗漏等。其中河道引水量已计算在了农业部门;河道渗漏最终是补给地下水,而赖地下水生存的河岸林、河谷林已在相关研究中计算。要维持河道的一定过水能力,则河道蒸发不可避免,换句话说而言,河道蒸发亦是更大尺度上生态系统运转所必需的,即其亦应该归入生态用水的范围。虽然其未直接参与生物过程,但却是许多生态系统生存的间接依赖。

根据李新等人对塔河干流的研究<sup>[18]</sup>,该河上、中、下游的水面蒸发势分别是 1115.6mm、1189.9mm 和 1264.3mm。按河道面积推求,则上、中、下游各段河道蒸发耗水量分别为  $0.84 \times 10^8 \text{ m}^3$ 、 $0.57 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $0.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。合计,整个干流区河道生态用水量为  $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

3.8 城市生态用水

城市生态用水是指为了改善城市环境而人为补充的水量,它是以改善城市环境为目的的。主要应包括公园湖泊用水、风景观赏河道用水、城市绿化与园林建设用水以及污水稀释用水。由于统计资料上的欠缺,本次只能计算出城市绿化与园林建设用水一项,且以各地级市为对象。

根据园林绿地的统计定义,它是指城市公共绿地、专用绿地、生产绿地、防护绿地、郊区风景名胜的全部面积。就新疆的情况而言,由于各地级市绝大多数尚无郊区风景名胜可言,因此,其统计数据主要指前述各项。从该定义的解释上可以看出。城市的园林绿地基本上覆盖了生态用水概念的人工绿洲生态用水的所有范围。由于统计资料获取上的困难,本次计算,不再细分刚性生态用水和弹性生态用水。根据各类规划资料,确定城市园林绿地生态用水定额为北疆 5250m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,南疆 6000m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

根据前述模型及各类用水定额,并结合各类型的面积统计资料计算的全疆生态用水情况见表 4。

4 结果与讨论

4.1 由表 4 可知,全疆生态用水中天然系统占 87.54%;而人工系统仅占 12.46%,这些天然系统目前均位于人工绿洲以外,是人工绿洲的天然保护屏障。由于新疆为典型的绿洲经济,绿洲具有分散封闭的特点,人工绿洲外围环境的可持续性是实现绿洲内部可持续发展的最根本保证,而水又是这一环境中最活跃、最易变的因素。在总水资源量一定的条件下,天然系统与人工系统的用水存在着一个彼长我消的关系;因此,天然系统的生态用水与绿洲系统用水(含人工系统生态用水)的矛盾仍将是未来新疆水资源开发过程中所面临的主要矛盾。

在人工绿洲过去的水资源开发利用当中,对于种植业用水给予了最大的关注与满足,而对于林、牧业用水则很少考虑,故而农林、农牧用水的矛盾一直存在。随着人口的增加以及人工绿洲规模的扩大,这一矛盾将会进一步加剧,为了绿洲经济与环境的持续稳定和健康发展,今后应改变观念,对生态用水对于绿洲的长远意义有更进一步的深刻认识,将其置于优先满足地位,这样才能从根本上保证干旱区绿洲环境的持

续性保护。

4.2 就各类型的生态用水量而言,以天然植被生态用水量最多,占 75.38%;在天然植被中,以低地草甸的生态用水量最大,占全疆总生态用水量的 63.43%;红柳等灌木林占 9.36%;荒漠河岸林占 2.05%;河谷林占 0.54%。

表 4 新疆生态用水量统计(×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,1995)  
Table 4 Eco-environment water demand in Xinjiang

项目 Items	人工系统生态用水 Artificial system				天然系统生态用水 Natural system				总计 Total
	刚性生态用水 Necessitated water	弹性生态用水 Elastic water demand	城市生态用水 City's greening	小计 Summing	天然植被生态用水 Natural vegetation	湖泊生态用水 Lake supplement	河道生态用水 River	小计 Summing	
北疆 North	3.99	2.70	0.49	7.18	21.65	13.43	0	35.08	42.26
东疆 East	0.52	0.31	0.06	0.88	12.00	0.00	0	12.00	12.89
南疆 South	7.76	13.62	0.19	21.57	145.69	14.01	1.5	161.20	182.77
全疆 The whole	12.27	16.63	0.74	29.64	179.34	27.44	1.5	208.28	237.91

由于以红柳、胡杨等为主体的灌木林与荒漠河岸林的生态环境意义重大,且在新疆几十年的开发过程中变化剧烈,许多研究者一提及新疆的生态保护,都认为应当给予上述类群以最大的关注;而往往对平原区以低地草甸为主体的草场植被重视不够。若从生态用水总量来看,乔、灌木所消耗的水分仅占总生态用水量的 11.41%;而低地草甸的生态用水量却高达 63.43%,因此,上述看法似乎有一定的道理。但若从以下两方面考虑,则便另当别论。首先从二者的生态作用上来看。对于人工绿洲而言,各类天然植被的生态作用主要是保护绿洲免遭风沙侵袭。有关研究指出<sup>[19]</sup>,干旱区风沙流的活动主要集中于近地面 30cm 左右的高度范围内。而平原区草甸植被平均高度均大于此值,因此,它在防风固沙的效果上并不比乔、灌木差。其次,从单位面积生态用水量来看(以南疆计),胡杨平均为 3405m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;红柳为 3004m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>;而低地草甸平均为 2625m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,即每保留 1hm<sup>2</sup> 胡杨和红柳的水分消耗,可分别保留 1.3 和 1.14m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 的低地草甸,基于此,从水资源经济利用的角度出发,在区域尺度上大力种草、护草并适当发展灌木材应是最经济的选择。

4.3 就生态用水的地区分布而言,以南疆塔里木盆地为最大,占总生态用水量的 76.8%,这主要是由于该区域在气候上属极端干旱区,天然降水对各生态类型的生命维持而言几乎没有什么实际意义;北疆地区占 17.8%,其与南疆地区相比要小了许多。这主要是由于该区降水稍多,平均即在 100mm 以上,加之冬季积雪的存在,这在一定程度上提高了降水的有效性;东疆地区与南疆同属极端干旱区域,虽其绝对生态用水量小,仅占 5.4%,但相对于其有限的面积而言,仍然很大。这一结论从另一个侧面说明,对于新疆的生态保护而言,在水的合理分配上,南疆和东疆地区所面临的压力要比北疆地区大得多。

4.4 由于天然植被的生态用水多来源于地下水,而地下水又包括了各类转化补给量,其中与人为影响关系密切的主要包括渠系入渗、田间入渗、水库入渗 3 项。根据《新疆地下水资源》中的资料,上述 3 项分别占地下水总补给量的 33.7%、9.1%和 2.2%。在计算生态用水总量时应扣除这几部分的重复计算量。扣除后的结果表明,全疆生态用水总资源量为 173.1249×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,其中北疆 35.1×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,东疆 7.8667×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,南疆 130.1582×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>。万方数据在新疆农业资源未来开发中,一个很重要的措施即在于提高渠系利用率,这样以来,由于入渗水量的减少将会直接影响到部分天然植被生存状况。这对于干旱区的生态保护而言,其影响将是

巨大的。

**4.5** 本文所计算的生态用水为新疆 1995 年的现实生态用水量。由于其境内地域广大、生态环境脆弱、人为干扰强度大、以往的工作基础薄弱,至今尚无生态保护的原则、目标,也未进行过现状植被的生态合理性评价,因此本文没有涉及生态需水问题。所计算的生态用水是各生态用水分类单元的平均用水状况,这与实际情况有一定出入。加之干旱区植被对水的生态适应幅度很大,今后应进一步开展生态用水对生态系统的作用以及用水量波动对整个系统稳定性的影响等相关研究,以增加生态用水研究的实用价值。

## 参考文献

- [1] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理(总论). 北京:科学出版社,1985. 363.
- [2] 中华人民共和国行业标准. 江河流域规划环境影响评价(SL45—92),北京:水利电力出版社,1993.
- [3] 汤奇成. 绿洲的发展与水资源的合理利用. 干旱区资源与环境,1995,9(3):107~111.
- [4] 贾宝全,许英勤. 干旱区生态用水的概念和分类. 干旱区地理,1998,21(2):8~12.
- [5] 吴申燕主编. 塔里木盆地水热状况研究. 北京:海洋出版社,1992. 12~13.
- [6] 王积强,黄丕振,陈文海. 树木蒸发量的测算. 新疆林业科技,1995,(1):10~13.
- [7] 新疆森林编辑委员会. 新疆森林. 北京:中国林业出版社,1989. 290~293,297~290.
- [8] 新疆维吾尔自治区畜牧厅. 新疆草地资源及其利用. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993. 185~191.
- [9] 李 博,曾泗弟,郝广勇. 内蒙古呼伦贝尔盟草原羊草、丛生小禾草群落水分生态初步研究. 植物生态与地植物学丛刊,1964,2(1):70~80.
- [10] 宋炳煜,李燕红,颜 铭. 锡林河流域羊草草原的植物蒸腾特点及其群落水分利用初步研究. 见:中国科学院内蒙古草原生态系统定位站编. 草原生态系统研究(第一集). 北京:科学出版社,1985. 83~92.
- [11] 宋炳煜. 草原区不同植物群落蒸腾蒸发研究. 植物生态学报,1995,19(4):83~92.
- [12] 罗家雄,程昌平,丁金石,等. 花花柴利用的研究. 中国草地,1988,(2):16~20.
- [13] 雷特生,张清斌,李 捷. 新疆芨芨草草甸资源退化及复壮措施. 中国草地,1997,(2):26~29,35.
- [14] 郎百宁,车敦仁,韩志林,等. 芨芨草群落蒸腾强度及耗水量研究. 中国草原,1983,(2):18~23.
- [15] 贾宝全. 保护艾比湖生态环境的目标与途径的探讨. 干旱区资源与环境,1997,11(2):81~87.
- [16] 程其畴. 博斯腾湖研究. 南京:河海大学出版社,1995. 1~7.
- [17] 杨川德,邵新媛. 亚洲中部湖泊近期变化. 北京:气象出版社,1993. 80~91.
- [18] 樊自立主编. 塔里木河流域资源环境及可持续发展. 北京:科学出版社,1998. 52~55.
- [19] 吴 正. 风沙地貌学. 北京:科学出版社,1987. 18~68.