

基于生态水文学的新疆绿洲生态用水若干问题

王让会, 于谦龙, 李凤英, 黄青, 张慧芝

(中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要: 新疆是中国西部干旱区的典型地区, 基于水资源可持续发展战略, 生态用水的理论与方法亟需解决。以新疆为代表的干旱区生态用水具有一系列规律与特征。生态用水的水质与水量具有较大的变幅范围, 用水的方式比较灵活, 水分的供给状况影响生物的生产力。生态用水受制于 GSPAC 中水分循环与转化的效率, 并与植被特征、土壤理化性状、地形特点、水资源利用水平具有密切的相关性。生态用水量的估算有许多参数与模型需要率定; 干旱区生态用水观念的确立, 对于完善生态水文学的学科体系, 指导水资源的科学管理和生态实践, 促进生态产业可持续发展具有理论价值和现实意义。

关键词: 新疆; 生态水文学; 绿洲生态学; 生态用水; 水资源; 耦合

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2005)05—0100—05

中图分类号: TV213

Several Problems of Water for Ecological Use in Xinjiang Oasis Based on Eco-hydrology

WANG Rang-hui, YU Qian-long, LI Feng-ying, HUANG Qing, ZHANG Hui-zhi

(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang Wei Autonomous Region, China)

Abstract: Xinjiang is a typical area in western arid zone in China. Based on strategy of water resource sustainable development, the principle and methodology of water for ecological use are urgently in needed of being resolved. Water for ecological use has several characteristics in arid Xinjiang region. The quality and quantity of water for ecological use have a larger variable range in arid zone. Meanwhile, water use style is flexible and has diversified forms. Water supply has influence on organism productivity. Water for ecological use is under the control of water circulation and transfer efficiency of GSPAC, which has close relation with vegetation characteristics, soil physical and chemical features, and terrain condition as well as water use level. Estimation of water quality for ecological use is based on some parameters and modeling. The ideas of water for ecological use have significances for improving eco-hydrology and water resource management and ecological practice as well as sustainable development of ecological industry in arid zone.

Keywords: Xinjiang region; eco-hydrology; oasis ecology; water for ecological use; water resource; coupling

新疆是我国西北干旱及半干旱区的重要省(区)之一, 新疆生态环境具有固有的脆弱性, 许多专家从新疆不同地区的生物、土壤^[1]、地貌、地质、气象、水文、油气资源、自然地理、科学考察、历史考古、社会经济、传统文化等方面^[2], 探讨了有关气候变迁、生物演替、地貌过程以及干旱、风沙^[3]、盐碱等环境与灾害问题, 为人类认识新疆的地貌格局、水文特征、气候变化以及人类活动与干旱环境的耦合关系, 提供了重要的科学依据^[4]; 围绕着干旱区水资源的合理利用这个主题, 如何在新疆实现水资源的可持续利用, 为新疆的环境建设及社会经济发展提供保障, 成为近年来许多专家关注的热点, 也成为生态水文学、绿洲生

态学等学科领域的创新性研究方向。

近几年, 随着生态环境建设的深入以及资源利用观念的转变, 关于生态需水、生态用水、生态耗水以及生态环境需水和生态环境用水等概念, 被众多学者提了出来, 并逐渐赋予了新的学科内涵和实际意义。生态用水研究的进展有赖于生态水文学理论与方法的支撑, 而干旱区生态建设的实践又对促进生态水文学的建立、完善和发展具有重大的理论价值。生态用水是水资源利用的重要方面, 生态用水的深入研究需要多学科的结合和理论的指导。从生态用水、生态需水、生态耗水、生态环境用水、生态环境需水等概念的

收稿日期: 2005-04-20

资助项目: 中国科学院知识创新重要方向性项目(KZCX3-SW-327-04); 领域前沿项目(KZCX-XI02-02); 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043509)

作者简介: 王让会(1963—), 男(汉族), 博士, 研究员。主要从事干旱区生态过程与环境演变等领域研究。E-mail: rhwang@ms.xjb.ac.cn。

提出^[5-6],到内涵的界定;从基本观点的萌芽到思想体系的构建,从定性的描述到定量的估算,从简单的分析到综合的探索,从理论、方法到实践的每一个环节都反映了生态水文学的作用和意义,从不同角度、不同层次丰富和发展了日益创新的生态水文学的学科体系,并正在快速地得到发展。

生态用水概念以及一系列问题的提出,是水资源科学与生态理念与时俱进、学科创新的结果。黄奕龙等(2002)认为,生态需水是指维护生态系统健康运行必须的最小水量,增加生态用水固然是满足生态系统需水的有效途径,但对干旱和半干旱生态系统,采用合理的生态建设途径,可以在减少生态需水的条件下达到生态系统水分的相对平衡。王珊琳(2002)对生态环境需水量及其理论进行了分析,并指出生态环境需水量是在现状和未来时空尺度上,一定的生态环境标准条件下,为维持流域或区域特定的天然生态环境功能必须保障蓄存和消耗的最小水量。并从生态环境需水的时空分布、自然生态优先及可持续角度对其内涵进行了探讨,强调了生态环境需水的动态性、可控制性及极限性等特性。国内对生态用水问题是近几年刚刚得到关注并开始研究的领域。国际上的研究已有一些工作可以借鉴^[1]。中国的水资源问题专家将广义生态环境用水定义为“维持全球生物地理生态系统水分平衡所需用的水,包括水热平衡、水沙平衡、水盐平衡等,都是生态环境用水”,把狭义的生态环境用水定义为“为维护生态环境不再恶化并逐渐改善所需要消耗的水资源总量”。而对于干旱、半干旱生态脆弱区域生态用水的研究比较集中。目前,对生态用水等概念的深入研究及其尺度效应和耦合效应研究甚少,对其定量估算与评价仍有许多问题需要解决。夏军(2003)从生态水文学的发展过程、研究现状,讨论了西部地区生态需水问题研究所面临的问题与挑战。赵文智等(2001)对干旱区生态水文过程研究的若干问题进行了评述^[7]。贾宝全等(1998)对干旱区生态用水的概念和分类进行了研究^[8]。王让会等(2001,2003)对内陆河流域的生态需水量的特征进行了研究,并对其进行了定量的估算^[9]。上述研究对于从不同角度揭示干旱区生态用水的一般特征和一般规律,具有重要的理论价值和实践意义。

绿洲是镶嵌在荒漠或半荒漠环境中的一种特殊的景观。新疆“三山夹两盆”的地貌格局,孕育了众多的山地—绿洲—荒漠耦合系统,它具有物质、能量及信息融合的高效性、景观模式的明显性、生态环境的脆弱性等特征。新疆绿洲的形成与演变是自然与人文因素作用的结果;水文条件决定着绿洲的景观格局

和规模,地貌条件决定着绿洲的宏观部位,人文活动决定着绿洲的演化方向^[10]。保障绿洲的生态用水,对维持绿洲的生态安全和可持续发展意义重大。

1 新疆绿洲生态用水的一般特征

干旱区以天然植被及其环境为核心的生态用水具有一系列的特点,具体体现在如下几个方面。

1.1 生态用水的机理比较复杂,GSPAC中水分循环与转化的效率是其关键

生态水文学的发展对生态水文过程研究具有重要指导意义^[11],研究生态水文过程又是把握生态用水问题的重要基础。目前,对于土壤—植被—大气连续体(SPAC)与土壤—植被—大气水分和能量传输(SVAT)的研究不断深入,而以水分变化贯穿始终的SPAC与地下水的结合(GSPAC),更丰富了干旱区水分研究的领域,成为生态水文学的重要方向,也正在成为生态用水研究的突破口。在GSPAC中,环境条件的不同,植被类型以及个体发育阶段的差异,直接制约着水分循环与转化的效率,从而影响了生态用水的水平和程度。

1.2 生态用水量的估算有诸多难度,许多参数与模型需要率定

目前,对于生态用水的研究进入了一个新的阶段,研究的重点已经集中到生态用水的机制、过程、监测、估算以及评价等方面。生态水文学的发展为生态用水的定量化提供了重要的理论支撑。无论是常规的气象学方法,还是具有创新意义的遥感方法,都从不同的角度对生态用水问题进行探讨。植物的蒸腾与蒸散、土壤的蒸发与渗漏以及大气的水分传输等过程,都是合理界定生态用水的重要理论依据。而GSPAC,SAVT等与水过程相关的水文研究,是确定生态用水模型与参数的重要桥梁。当前的模型模拟研究以及建立在实验基础上的定额法,受研究手段、认识水平等因素的限制,加之生态用水本身的复杂性,使生态用水的定量化估算更为复杂化。

1.3 生态用水的水质具有一定的可塑性,水质变幅有较大的阈值区间

干旱区内陆河流域的大部分天然植被都对于盐分形成了适应性的机制,对于高矿化度、中矿化度和低矿化度等不同的水质具有不同的适应性范围,以柽柳等植物的耐盐性最有代表性。塔里木河沿岸主要植物生长状态与地下水矿化度具有密切的关系^[12]。胡杨生长良好的矿化度 $< 3.0 \text{ g/L}$;生长一般的矿化度范围在 $3.0 \sim 6.0 \text{ g/L}$;当矿化度在 $6.0 \sim 10.0 \text{ g/L}$ 时,胡杨变得稀疏;而当矿化度 $> 10.0 \text{ g/L}$ 时,胡杨

逐渐枯萎或者死亡。对于柽柳,当地下水矿化度 < 5.0 g/L 时,生长良好;矿化度在 5.0 ~ 20.0 g/L 时生长一般;矿化度在 20.0 ~ 30.0 g/L 时变得稀疏;矿化度 > 30.0 g/L 时,逐渐枯萎或者死亡。芦苇、罗布麻、甘草、骆驼刺等植被都有其发生、定居、繁衍、维持的矿化度范围。显然,与一般人工植被相比,具有较大的矿化度变化范围。从生态用水角度考虑,当水质矿化度小于 3.0 ~ 3.5 g/L,就能满足多种自然植被良好生长状态的需求;3.0 ~ 6.0 (7.0) g/L 时,可满足一般生长状态需求;矿化度处于 6.0 ~ 10.0 g/L 时,植物生长就受到抑制。除柽柳外,多数植物当地下水矿化度为 10 g/L 时是其胁迫阈值,即矿化度大于 10.0 g/L 就开始死亡。总体上讲,生态需水对水质的要求不是很苛刻。

1.4 生态用水的方式比较灵活,用水的量有一定的幅度范围^[13]

天然植被依其自然环境条件和本身的特性,可以适应地表径流、地下水、土壤水等不同的水分来源,同时可以适应通过人为的多种供水方式实现对天然植被的水分供应或者水分补充。从时间上而言,没有人工植被那样对水分的需求有着明显的季节性,受控性比较强。主要是由于天然植被的生长主要是维持生态,以保持存活为最低目标,在生长发育的时间内如果没有足够的水分,只要能够存活,生产力即使低一些,也是客观需要的,而且是普遍的现象。

水分是植被的重要物质基础,也是植被生存的条件。在干旱的内陆河流域,由于天然植被的生存环境以及水资源的时空分布具有明显的差异性,这就常常导致了水分的供应不能满足植被的客观需要。在水分丰沛的时间或者空间内,植被的水分用量可能比较大;而在水分的时空配置不能满足植被生长的优越条件时,植被的用水定额必然要减少。因此在研究不同植被的生态用水时,科学区分和正确判定特定自然条件下植被生长的胁迫水量、最低水量、适宜水量、最佳水量等具有重要的意义。

1.5 生态用水与土壤理化性状密切相关,地形特征对其有一定制约作用

干旱区的土壤质地、结构、有机质与化学组成受制于其发育和演化的自然地理背景。疏松的结构、粗放的质地以及不完全发育的结构与层理,决定了土壤的持水性较差。即使如此,不同的土壤类型适应了特定的环境条件,它们对水分的容纳与转化形成了一定的规律和机制。生存在特定土壤背景下的植被对水分的适应性机制,也必然受到这种土壤对水分适应性的影响,而表现出某种相关性。

干旱区内陆河流域具有一系列的流水地貌,也由于受到干旱和水资源时空分配格局的影响,形成了一系列的风沙地貌以及历史原因所形成的构造地貌。在不同的地域内,水分与地形条件具有一定的耦合关系。河道、河漫滩以及一级阶地、二级阶地等不同的地形部位,本身水分状况有着固有的差异性,从而形成了与这些地形相适应的植被类型,形成了不同植物生态用水的不同特点。

1.6 生态用水与植被的遗传性状相关,也与其生活型与生态型相关

在一定自然条件下,生长着与该环境条件相适应的天然植被;而一定的天然植被又与特定的环境条件相协调,植物与环境是相互适应的。然而,不同的植被对水分的敏感程度和适应性机制是不同的。植被在维持生态、保护环境中具有不可替代的作用。天然植被与自然环境长期相互作用,形成了一系列的固有特征。植被在这种干旱的背景下,从形态结构、生活习性、遗传学、生物学、生态学等方面,具有了适应特定环境条件下,对水分、盐分、热量与养分胁迫的一系列的组织结构和功能。植被对水分的生态适应也是长期演化的结果。植被在进化过程中,形成了适应特定环境的遗传性状,并形成了固有的生活型与生态型,这些特征都不同程度地与其水分的适应性相关。

干旱区由于缺乏水资源,系统中的生物从形态、解剖及生理特点适应了干旱条件。干旱荒漠区的植被因物理干旱或生理干旱,它们以各种生理机制和形态构造,适应大气干旱的生境。在温带荒漠,植物的叶面积缩小或退化(如柽柳、梭梭、沙拐枣、盐节木、盐穗木、盐爪爪等),绿色枝茎代行光合作用。干旱区的一些植被能躲过早期进行生长,一些则在干旱时进入休眠,这类植物特点是地上的器官减少(矮态),叶面积小,根系发达,须根稠密,落叶型,气孔具有保护结构。从生理方面来说,这些植物大多在干旱时能保持稳定的同化能力,并维持较好的蛋白质合成;从细胞学方面来说,这些植物细胞的黏性较大,束缚水增多,弹性增强,使植物体不易产生机械损伤,如构成荒漠河岸植被主体的胡杨及灰杨有强大的根系,能从深层和大量的土壤内吸水,粗根和树干组织内蓄积有大量的水分,可以在干旱条件下调节生活用水;干旱条件下的许多天然植被,气孔会关闭外,当水分亏缺发展到一定程度时,通过叶子的部分或全部脱落以减少蒸发表面^[13]。事实上,植物的遗传、生理、生态等特性决定了植物对水分的适应性机制,在特定的环境条件下,形成了之相适应的植物生活型以及生态型。

1.7 水分的供给状况影响生物的生长量与生产力,生态用水与水资源利用和管理水平相关联

水分是干旱区生物发育的重要敏感因子,干旱区的水分供应不是以人的意志为转移的。因此,干旱区水资源的保障程度,水资源的供给方式,直接影响特定环境条件下生物的生长量。简单而言,水分对生物生长不构成胁迫,就有利于其生物量的积累和生产力的提高;而水分的供给成为生物生长的胁迫因素时,就不利于生物量的积累和生产力的提高。探讨生态用水的供给模式,是保障天然植被具有良好的生产力的重要途径。

生态用水是客观存在的,但水质与水量在很大程度上要受到人的行为的干预。在特定的社会经济背景下,人们首先关注的是发展产业的水资源供给以及人民群众的生活用水。在一定的自然环境条件下,水资源量是相对稳定的,某一方面用水量增多,势必抵占其它方面的用水额度,造成水资源分配的矛盾。因此水资源的利用程度直接影响生态用水的状况;而水资源的利用又与人们对水资源利用的观念和管理水平密切相关。管理水平愈高,水资源的时空配置就可能愈合理,生态用水就可能易于得到保证。

1.8 生态用水概念的提出对改变陈旧的用水观念具有重要意义

水资源是国家资源,《水法》以及各种水资源管理条例规定了水资源的资源属性和管理模式。在社会主义市场经济体制下,积极探索适合水资源高效利用的节水、用水技术和模式,具有重要的现实意义。以往人们强调的是生产用水和生活用水,忽视和不顾生态用水;在强化生态建设,全面进行优势资源转化的新形势下,必须重新审视以往的观念,用新的价值观念,特别是生态功益和资源补偿的理念,树立生态用水的价值观和产业发展观。

1.9 生态用水对于水资源的科学调度、分配、管理具有划时代的作用

生态用水问题涉及到多种行业 and 产业的发展,由生态用水所引发的一系列观念变化、体制创新与机制的调整,已远远超出了它自身的范畴;并通过水资源科学管理与民主决策步伐的逐渐加快而得到充分的体现。对相关资源的利用和管理也具有重要的理论借鉴价值和实践指导意义。

1.10 生态用水对于新疆绿洲走水资源节约型的生态产业可持续发展之路十分必要

干旱区固有的特征之一就是水资源时空分配不均匀或者资源性缺水,这种客观状况就要求在干旱区的发展中,必须走资源节约型的发展道路。全面建设

小康社会目标的实现,要靠产业的可持续发展,在合理利用水资源的前提下,发展生态产业,创造更多更为丰富的物质财富,是干旱区永恒的目标。

2 生态用水量的估算的依据与方法

在自然界中,水分与能量的关系十分密切。能量是水分输送的动力来源,而水分则是传输过程中能量的载体^[15]。基于水热耦合关系的理论与模式,是估算生态用水的重要思路与途径。绿洲生态环境的改善以及绿洲经济的发展,与所供给的水资源量密切相关。生态用水量估算的依据主要是生态水文学、植物生理学以及生态学等相关学科的理论与方法^[14]。

以新疆塔里木河下游为例,生态环境的改善是生态保护目标的具体体现。保护下游绿色走廊的需水量,可分为两大部分,一是维护下游垦区所需水量,二是大西海子以下维护自然植被的需水量。估算维护大西海子以下自然植被需水量,它又由两部分组成。一部分是由于河流断流多年,造成地下水严重亏损,必须恢复到一定水位(以埋深4m为宜,能维持乔灌木生长即可),称地下水位恢复水量。另一部分是水位恢复到一定程度之后,需要满足乔灌木生长的耗水,称生态维持水量。由于大西海子以下各段地下水埋深不同,可划分为三段计算,即:大西海子—英苏(用其文阔尔河和塔里木河双河道输水)、英苏—阿尔干(亦为双河道输水)、阿尔干—台特玛湖。采用水资源学或者生态水文学的相关模式,建立特定条件下植被蒸腾、土壤蒸发与渗漏,地表水、土壤水与地下水转换的模型,是进行植被生长的水量定量估算的重要途径。在目前情况下,基于上述原理的定额法,也具有重要的适用性。自然环境条件与生物种群和数量的不同,往往导致生态用水量的明显差异。

3 生态用水的管理及其意义

生态用水研究涉及水资源科学、应用生态学、环境经济学等学科的诸多领域,生态用水同时又是生态水文学、绿洲生态学等学科研究的热点。生态用水对于指导生态规划与相关的生态实践具有重要理论与现实意义。客观的生态建设需要理论的指导,在干旱区内陆河流域,水资源是尤为重要的因素;因此,正确认识和合理强化生态用水在生态实践中的作用和意义,具有明显的现实性。受生态用水观念所引起的人们的价值观念、生产方式和生活方式的调整与变化,促使人们更为客观地处理人与自然的的关系,协调人在自然环境中的地位和作用,认识相关的自然资源和环境与人们的关系,引导人们更为理性地生产和生活,

促进生态文明和社会文明的共同发展和繁荣。在干旱区,协调生产用水、生活用水与生态用水的关系,合理制定农业、林业、牧业等产业的发展规模,应用创新的生态理念和价值观念,进行生态规划,是西部开发和可持续发展的纲领。

(1) 科学定量,综合平衡。以生态水文学以及生态用水的理论为依据,本着水资源的合理配置和节约的目的,全面进行区域性的水资源综合规划,制定生态用水的合理比例和分配方式。以流域总体规划以及生态区划和生态规划为指导,坚持源流与干流统筹考虑,生产、生活和生态用水协调分配的原则,兼顾生态与经济与社会效益,加强资源保护,全面实施节水;并据近、中和长期的生态建设目标,及社会经济发展的情况,及时调整生态用水的比例和规模,突出抓好塔里木河干流河道整治和水土资源统一管理调度,确保生态用水量,使流域生态环境普遍得以改善。

(2) 加强监测,强化调度。通过对流域水资源监测断面的长期系统化监测,掌握水资源时空变化规律,为科学调度水资源提供保障。通过强化水资源利用的法律、法规,建立流域高效权威的水资源管理机制,调整产业结构,控制人工绿洲规模,实施退耕还林,全面实行节水;以此形成以水资源合理配置为中心的生态环境综合治理和保护体系。

(3) 引导产业,繁荣经济。水资源合理配置和利用的最终目标是通过改善生态环境,促进产业发展,改善人民生活。在新的机制下,积极培育和引导新产业,因地制宜地发展生态产业,改善产业结构,增加产业附加值,促进地方经济的发展和繁荣。

[参 考 文 献]

- [1] Li Shuguang, Wang Zhouqiong. Alkali Soil of Desert Area. Beijing: China Ocean Press, 1997.
- [2] 中国科学院塔克拉玛干沙漠综合科学考察队. 塔克拉玛干沙漠研究文献目录索引[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [3] Xia Xunheng, Li Chongshun, Zhou Xingjia et al. Desertification and Control of Blown Sand Disasters in Xinjiang [M]. Beijing, Science Press. 1993.
- [4] 中国科学院新疆资源开发综合考察队. 新疆生态环境研究[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [5] 万咸涛, 刘予伟, 张新宁, 等. 环境生态用水基本概念 [M]. 南水北调与水利科技, 2003 (6).
- [6] 王礼先. 林业生态工程 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [7] 贾宝全. 干旱区生态用水的概念和分类 [J]. 干旱区地理, 1998, 21 (2): 8—12.
- [8] 赵文智. 干旱区生态水文过程研究若干问题述评 [J]. 科学通报, 2001, 46 (22): 1851—1857.
- [9] 王让会, 宋郁东, 樊自立, 等. 塔里木河流域“四源一干”生态需水量的估算 [J]. 水土保持学报, 2001 (1): 19—22.
- [10] 王让会, 卢新民, 张慧芝. 新疆绿洲空间结构特征分析 [J]. 干旱区农业研究, 2002, 20 (3): 109—113.
- [11] Gleick P H. Water in Crisis: Paths to Sustainable Water Use, Ecological Applications [J]. 1998, 8 (3): 571—579.
- [12] 王让会, 宋郁东, 樊自立, 等. 西部干旱区生态需水的规律及特点——以塔里木河下游绿色走廊为例 [J]. 应用生态学报, 2000.
- [13] 王让会, 游先祥. 荒漠生态系统中生物的信息联系 [J]. 农村生态环境, 2000, 16 (4): 7—10.
- [14] Wang Ranghai, Ma Yingjie, Zhang Huizhi, et al. Annual water needs to restore groundwater levels in lower reaches of the Tarim River [J]. Journal of Experimental Botany, Vol. 54.
- [15] 吴申燕. 塔里木盆地水热状况研究 [M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 5—8.

垫江县整治土地新增耕地 310 hm² 多

到目前为止,重庆市垫江县近 5 a 来开发整理土地 1 830 hm² 多,使项目区 1 万多农民受益,年人均增收 300 元。5 a 来全县共投资 1 430 多万元,实施土地整理项目 20 个,开发整理土地 1 830 hm² 多,新增耕地 310 hm² 多。已经实施的市级土地整理项目——金临土地整理项目,总投资 423 万元,整治规模 363 hm²,预计新增耕地 47 hm²。该县在土地整治中主要实施了土地平整、农田水利、田间道路、沃土 4 大工程,改善了农业生产条件,促进了增产增收。

据悉,垫江县 2005 年 10 月份将启动实施国家级土地整理项目——沙坪土地整理项目,整治规模 790 hm² 余,预计新增耕地 100 hm² 余,总投资 1 400 多万元。4 个县级项目也已经立项审批,即将实施,整治规模 1 380 hm² 多,预计新增耕地 210 hm² 多,总投资 880 多万元。

(供稿:刘正中 重庆市垫江县农业局 408300)