

生态用水理论及其在水土保持生态环境建设中的现实意义

Theory of Ecological Water Utilization and Its Application for Soil and Water Conservation and Ecological Environment Rehabilitation

牛志明
(水利部水土保持监测中心 北京 100053)

一、生态用水基本概念

生态用水又被称为环境用水或生态环境用水,其内在含义是指改善生态环境质量或维护生态环境质量不至于进一步下降所需要的水量。但因其环境主体不明确,故在使用中常有不同理解。

目前,见诸文献的生态用水概念主要有西北干旱区生态用水和流域河流系统生态用水两项范畴。

干旱区生态用水 是指维持干旱区绿洲的生存、发展和环境质量,改善其支持作用的系统所消耗的水分。依据绿洲生命支持系统的来源,干旱区生态用水又可进一步分为不同的类型(见图 1)。

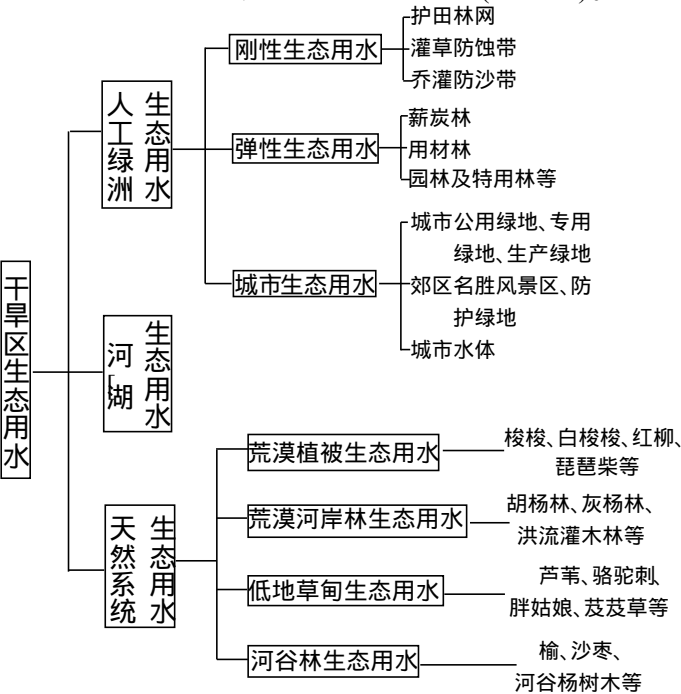


图 1 干旱区生态用水分类

(见贾保全/新疆生态用水量初步估算0)

流域河流系统生态用水 是指维持地表水体特定的生态环境功能,而必须蓄存和消耗的最小水

量。在实际计算中,河流系统的生态用水量可进一步分为:河流基本生态需水量;河流输沙排盐生态需水量;湖泊洼地生态需水量。

二、生态用水基本理论框架

生态用水基本理论框架包括原理基础、反馈机制、评价系统、目标层(或保证措施)等 4 个部分。其中,基本原理包括水文循环、水量平衡以及可持续发展下的水资源合理配置与承载力;反馈机制为生态用水的系统动力学机制;评价系统为生态用水的数理化指标体系;目标层或保证措施为生态用水的实现及调控措施。不同环节之间的相互联系可以通过示意图表示(图 2)。

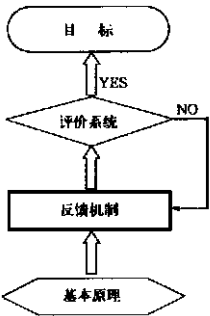


图 2 生态用水基本理论框架示意图

1. 水文循环与水量平衡

从广义上讲,维持全球生物、地理生态系统的各种平衡都需要水,包括水热平衡、生物平衡、水沙平衡、水盐平衡、源汇库动态平衡等。每一种平衡均需通过区域水分动态循环得以实现,因而这些平衡同时又是水量动态平衡系统结构中的重要环节。

传统的水量平衡概念不包括人为活动(涵盖广义的社会经济活动)。但近年来随着可持续发展理论的确立和深入,人为活动已经成为影响区域水量平衡的一项重要因子。同时,在水资源再分配的动态进程中表现出较为明显的导向力和控制力。

区域水量平衡与水文循环是生态用水的物质基础,其内部循环及转换机制可以用如下概念模型

2. 可持续发展下的水资源合理配置与承载能力

由以上定义可知,水资源承载能力同时也是可持续发展的阈值。若水资源的开发度超过这个阈值,那么水资源便是不可持续的,表现在空间和时间上,便是不合理的和非科学的配置。因此,生态用水必须以水资源承载能力以及水资源的合理配置为前提。

3. 生态用水理论的系统动力学机制

生态用水是一个地域性(或空间性)的概念,同时也是一个时间概念。因此,在进行生态用水的分析和研究时,必须从空间和时间两个维度加以考察。生态用水的这种特性,决定了它必然是一个动

(2) 国民生产总值用水效益 国民生产总值用水效益是衡量水资源有效利用率的一个重要指标,是评价人工生态经济复合系统生态用水指标的重要因子。一般用每立方米水量所产生的国民生产总值表示。如美国国民生产总值用水效益为 10.3 美元/ m^3 , 日本为 32.4 美元/ m^3 , 我国为 1.25 美元/ m^3 , 而位于我国干旱区的新疆则仅为 0.33 美元/ m^3 。由此可以看出, 发达国家的生态用水利用率要远远高于我国。

(3) 河流引水率 河流引水率反映的是地表水的使用率, 是生态用水或耗水的一个指标。一般而言, 高的河流引水率意味着低效的地表水资源有效利用率, 同时也意味着较高的生态耗水量。例如, 为了保证河流系统正常的动态过程 (包括天然水文过程、水量平衡、水沙平衡以及水盐平衡), 干旱区河流引水率的界限为 50%。但是我国西北干旱区现在的河流引水率已经达到了 60%~80%。农田毛灌溉定额一直居高不下, 在新疆多数地区在 18 000~27 000 m³/hm²。

(4) 单位水量产粮指标 单位水量产粮是指在保证肥沃土壤的条件下, 每 m^3 或每 mm 降水量可产出的粮食总量。一般而言, 生态用水利用率高的情况下, 单位水量产量指标值也高。在一些农业发达国家, 该指标值较高, 如以色列每立方米水可产粮 $2.3 \sim 2.6 \text{ kg}$ 。在我国, 该指标值因地域、气候带以及生产力发展状况的不同而表现出较为明显的差异(见表 1)。

(5) 植被生态用水指标 植被生态用水通常有多项指标,其中包括单株水平、林分水平、物种水平、群落水平等等,而且随气候类型区以及地理区域的不同而有所差异。目前,关于单个物种或树种的生态用水指标较难确定,而且在实际应用中理论指导意义不大。一般而言,在生态环境建设实践中一般采用的是不同林分的生态用水量指标。

水土保持常用的几种草种的生态需水量为: 批碱草 669~180mm/kg, 苏丹草 548~596mm/kg, 燕麦 510~750mm/kg, 老芒麦 350~600mm/kg, 御谷 342~412mm/kg, 苜蓿 433~642mm/kg, 碱草 219~602mm/kg, 沙打旺 410~528mm/kg。

在新疆测得的不同水土保持林种的生态用水指标值为:防护林(箭杆杨、新疆杨) 3 945~5 790mm/hm²、用材林(箭杆杨、新疆杨) 5 730~6 210mm/hm²、薪炭林(箭杆杨、沙枣) 5 730~5 775mm/hm²、经济林(苹果、杏、葡萄) 5 250~

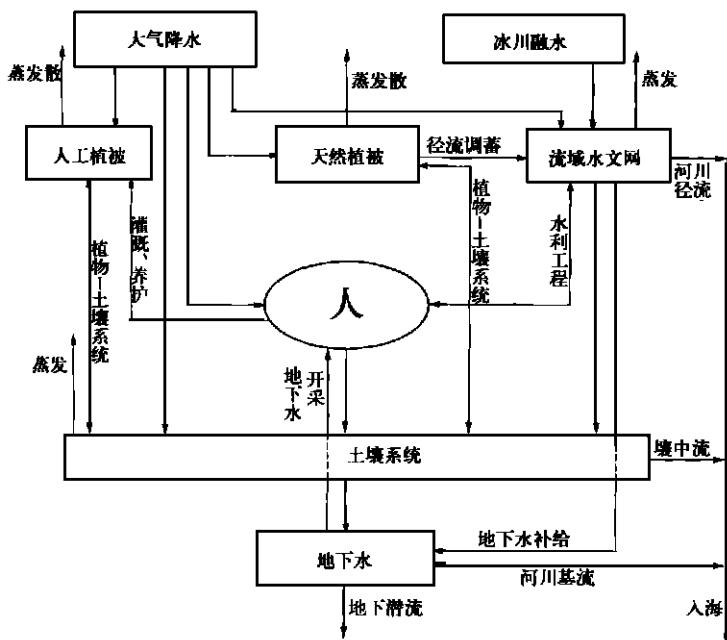


图 3 生态用水中的区域水量平衡概念模型

态系统。生态用水赖以存在、发展和演变的机制可以用系统动力学进行分析和研究。

4. 生态用水数量化指标

生态用水随着环境主体的不同、所涉及的项目不同,因此对其进行评测的方法也不同。但总的来说,生态用水可以通过以下指标从不同角度加以反映。其中,单位水量产粮指标和植被或生态用水指标同时也是计算某一特定区域生态用水总量的重要因子。

(1) 生态用水量或耗水量 生态用水量或耗水

表 1 单位水量产粮指标值对比

区域	单位粮食产量 (kg/hm ²)	灌溉用水量 (m ³ /hm ²)	单位水量粮食 生产能力(kg/m ³)
全国	6 405	7 800	0. 849
东北	4 260	8 805	0. 681
黄淮海	5 685	4 110	1. 440
长江中下游	9 975	8 955	0. 888
南方沿海	9 195	13 650	0. 585
西南	7 395	7 365	0. 891
西北内陆	2 970	9 225	0. 389

6 000mm/hm²。以上均为绿洲人工林的生态用水指标值。荒漠河岸林中,以胡杨、灰杨为主的林分生态用水量为 3 405mm/hm²,以红柳为主的林分生态用水量为 2 000. 4~ 3 004. 2mm/hm²。河谷林(主要为杨树)的生态用水量为 5 250mm/hm²。低山草甸平均为 2 625mm/hm²。

三、初步研究结论

根据生态用水的不同概念以及数量化指标,可进一步确定不同区域的生态用水量值。生态用水量的估算方法因其所涵盖的范畴不同而相异。而在实际运用中,生态用水量所涵盖的范畴又因地域的不同而不同。由于我国黄河、黑河、塔里木河流域以及西北干旱半干旱地区水资源问题比较突出,所以在这些地区生态用水问题在研究及应用中涉及的也比较多。若干不同地区生态用水量的估算有如下一些初步结论。

1. 黄河流域生态用水量 黄河流域水土保持工作全面开展需要生态用水约 100 亿 m³,其中黄土高原目前已有水土保持各项措施达到最佳用水状态时,生态用水总量 30~ 50 亿 m³;维持黄河水沙平衡(冲沙)生态用水总量为 170 亿 m³;维持黄河不断流,保护黄河三角洲生态系统及黄河枯季生态基流需 50 亿 m³;河流水面蒸发为 10 亿 m³。以上总计 330 亿 m³。

2. 黑河流域生态用水量 黑河流域水资源总量为 28. 08 亿 m³,考虑到下游河道和水库蒸发渗漏损失后,可供利用的总量为 20. 8 亿 m³。维持现有绿洲不退化的生态需水量低限值约为 7. 3 亿 m³,其中农田防护林需水 0. 84 亿 m³、人工绿洲防风固沙林需水 1. 16 亿 m³、天然植被需水 5. 3 亿 m³。如果要将生态环境恢复到 20 世纪 80 年代中期水平,全流域生态需水量至少为 9. 9 亿 m³。扣除全流域生态需水量后,城乡生活和国民经济发展的可用水量仅为 10. 9~ 13. 5 亿 m³,而维持现状所需要消耗的水量为 15. 5 亿 m³,尚缺 2. 0~ 4. 6 亿 m³。

3. 海滦河流域生态用水量 海滦河流域基本生态环境需水量为 57 亿 m³、河流输沙需水量为 63 亿 m³、湖泊洼地生态环境需水量为 4 亿 m³。全流域生态环境需水量约为 124 亿 m³,约占地表径流总量 228 亿 m³ 的 54. 4%。

4. 新疆生态用水量 新疆生态用水约需 237. 9 亿 m³,而目前实际缺水达 47 亿 m³。仅南部塔里木盆地,就需 182. 8 亿 m³。全疆生态用水中天然系统占 87. 54%、人工系统占 12. 46%,这些天然系统目前

均位于人工绿洲之外,是人工绿洲的天然保护屏障。就各类型生态用水量而言,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为最大,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%。

5. 干旱半干旱区生态用水量 在干旱半干旱及亚湿润地区,其它林草植被建设,包括水源涵养林、新封育的林草植被、防风固沙林、绿洲农田防护林、人工草场建设等生态用水需 100 亿 m³ 左右。

6. 其它项目生态用水量 其它生态用水项目,包括维持黄淮海平原的土壤水盐平衡需用的洗盐排水约 140 亿 m³,此项需水可计入该地区农业需水项目内;为回补黄淮海平原、辽河流域、汾渭平原等地超采的地下水估计年需水约 80 亿 m³;为维持干旱半干旱地区城市园林绿地及周围湖泊洼淀需用水约 15 亿 m³,此项需水也可计入城市用水项目内。

四、生态用水理论在水土保持生态环境建设中的现实意义

1. 生态用水理论是水土保持生态环境建设的理论基础 通过以上分析可知,生态用水是一种动态的、系统的和利于可持续发展的水资源。水土保持和生态环境建设中的植被恢复、泥沙控制、径流调蓄以及流域综合治理均是以生态用水为基础的。具体而言,植被恢复所涉及的是生物平衡生态用水;泥沙控制所涉及的是水沙平衡生态用水;径流调蓄所涉及的是水文过程生态用水;流域综合治理所涉及的则是多种类型的生态用水,包括人工生态经济系统生态用水。而西北干旱半干旱地区的生态环境建设更是以生态用水为重要保障。生态用水实际调节的是水与各相关对象间的动态平衡,在这种调节中,生态用水理论用以指导各个过程的良性发展和演变。由此可见,生态用水理论是水土保持生态环境建设的理论基础。

2. 水土保持生态环境建设中要以生态用水作为量化指标进行动态调节 水土保持生态环境建设属于空间和时间两个层面的范畴。在具体实践中,它实际是特定区域或流域在一定时段内水土资源时空分布的合理化。所以,在这个时空动态过程中,水既是该区域或该流域物质流和能量流的载体,同时也是整个区域或流域系统演变的调控手段和制约因子。生态用水本身是一个自然范畴,但同时还是一个可调节的自然范畴。在实践中,通过一定的手段和措施,可以改变生态用水在不同对象中的分配比例,也可以增加或减少其在整个系统中的分布总量。因此,水土保持生态环境建设在进行水土资源优化配置时,是以生态用水为量化指标进行动态调节的。

3. 生态用水是水土保持、生态环境建设中的重要环节 根据全国水土保持生态环境建设规划,实施的重点区域包括黄河中上游地区、长江上中游地区、风沙区、草原区等。在这些区域,水的各种问题是水土保持生态环境建设的主要制约因素。具体表

气体水合物的研究现状与科学问题

Present State in the Research of Gas Hydrates and Its Scientific Problems

赵生才

(中国科学院科学政策局, 研究员 北京 100864)

气体水合物(Gas Hydrates)被科学家喻为“易燃冰0或/可燃冰0。已有研究成果表明:(1)这是一种优质、洁净的未来能源;(2)蕴藏量极大,是现有地球化石燃料(石油、天然气和煤)总碳量的2倍,前景诱人;(3)我国广大海域有气体水合物形成的地质环境和条件;(4)作为替代能源,对我国社会、经济发展和国家安全具有重要的战略价值。

鉴于我国加入WTO后国际竞争的加剧以及气体水合物作为未来接替能源对我国社会经济发展、生态环境协调、能源结构优化和国家安全等层面上的重大战略影响,气体水合物研究与开发无疑是一个极具前瞻性和战略性的重大课题。

一、气体水合物))能源载体和气候要素

气体水合物是由气体和水形成的一种冰状白色固态晶体。水分子一般通过氢键合成多面体笼,笼中包含有客体的天然气分子。这种具笼形构造的气体水合物常在特定的高压低温条件下形成并稳定存在,广泛发育在浅海底层沉积物和深海大陆斜坡沉积地层以及极地地区的永久冻土层中。

科学家预测,在全球范围内广泛存在着几乎是

现形式有:水资源时空分布不均、水土流失严重、水资源利用效率低下、水资源合理配置的调控能力弱以及水分区域循环损失严重等。生态用水作为一个动态的过程,可以调整区域内部以及区域间的水资源分布,使之在时空分布上更趋于合理化和集约化,同时可以保证和提高水土保持生态环境建设的不同对象的水资源利用效率,促进区域水分循环的良性演变。因此,生态用水在水土保持生态环境建设中具有重要的地位,是该项工程的重要环节。

4. 合理的生态用水是水土保持生态环境建设的实现目标 生态用水(数量、分布)不只是一个动态范畴,同时也是一种可持续发展状态。上文指出,生态用水的调节是一个动态过程。水土保持生态环境建设所调整的正是生态环境中不同要素间的相互关系,所要实现的目标是各要素间的合理整合与协调发展。生态用水作为一种可持续发展状态,实际是水资源在生态环境各要素间的合理配置的一种格局,是水土保持生态环境建设的一种健康模式。所以,合理的生态用水同时也是水生保持生态环境建设的实现目标。

到目前为止,生态用水及其相关理论仍处于初

纯甲烷的气体水合物资源,蕴藏量极大。其含碳量约为 10×10^{18} 克,为全球已知化石燃料矿藏石油、天然气和煤总含碳量 5×10^{18} 克的2倍。这无疑是一个激动人心的惊人发现。科学界普遍认为,气体水合物终将成为人类未来极具潜势的洁净能源。

研究表明,沉积物中气体水合物若由于周围环境变化,使其敏感的温度)压力平衡条件遭遇破坏时,会导致气体水合物解体和逃逸,进而影响全球气候变化。有科学家推测,全球性温度增高可能是大量气体水合物因失稳而造成的后果。气体水合物研究有可能成为理解全球气候变化的一把钥匙。

二、艰辛的认识和探索历程

人们真正认识气体水合物,经历了漫长艰辛的历程。1810年,英国皇家学会学者Humphry Davy在实验室首次人工合成了氯气水合物。随后其它气体水合物相继合成,并引起了各国化学家对其化学组分和物质结构的激烈争论。但历经百年,人们对气体水合物在自然界的存在仍知之甚少。20世纪初,由于输气管道、气井及一些工厂设备内常形成沉积物而造成堵塞,经研究才认识到堵塞乃气体水合物

级阶段, /生态用水0作为一个科学概念,尚无明确定义。而且,生态用水在国际学术界仍视为水资源调配问题。但由于我国特殊的水土流失以及生态环境问题,生态用水在国内已受到了多方面的重视,而且在海滦河流域以及新疆等地区取得了一定的成果。另外,国家自然科学基金委员会也资助了一些相关领域的研究课题。总之,生态用水在水土保持生态环境建设中具有重要的意义,这一点勿容置疑。但是作为一个新课题,其基本概念、理论构架以及实践控制等还有待于进一步研究和发展。

参考文献

- [1] 贾保全, 慈龙骏. 新疆生态用水量初步估算. 生态学报, 2000(2)
- [2] 李丽娟, 郑红星. 海滦河流域河流系统生态环境需水量计算. 地理学报, 2000(4)
- [3] 李令跃, 甘泓. 试论水资源合理配置和承载能力概念与可持续发展之间的关系. 水科学进展, 2000(3)
- [4] 樊自立, 马映军. 干旱区水资源及合理开发利用的几个问题. 干旱区研究, 2000(3)
- [5] 王健生, 徐子恺, 姚建文. 单位水量粮食生产能力分析. 水科学进展, 1999(4)

(责任编辑 肖庆山)