

文章编号:1000-6060(2002)04-0296-06

关于水资源规划中水资源量与生态用水量的探讨

左其亭^{1,2} 周可法² 杨辽²

(1 郑州大学环境与水利学院, 郑州 450002; 2 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

提 要 由于人们对水资源量计算过程了解不够,常导致水资源量配置计算出现概念上错误,特别是现代水资源规划考虑生态用水的需要,在对待水资源量与生态用水量的关系上存在错误认识。本文从水资源量的一般概念分析出发,从确切的水资源量计算与分析上说明水资源量的组成、转化关系以及生态用水的概念及计算方法,并强调介绍水资源配置中如何考虑生态用水问题。为全国新一轮水资源综合规划工作提供支持。

关键词 水资源规划 水资源量 生态用水 水资源合理配置

中图分类号 TV213.9 **文献标识码** A

1 引 言

全国新一轮的水资源综合规划编制工作已于2002年全面启动,计划用3年的时间完成。这次水资源综合规划编制工作是针对我国社会经济发展对水资源的迫切需要,进一步查清水资源数量、质量及其时空分布,着力解决水资源的开发、利用、配置、节约、保护和治理等重大问题而开展的。

自20世纪80年代开展全国第一次水资源评价和水资源利用规划工作以来,我国水资源的外部环境和内部条件发生了很大变化,水资源短缺和水环境恶化问题严重制约着我国社会经济的可持续发展。近些年来,我国北方地区持续干旱,华北、西北、东北等地区严重缺水,南方的一些地区也存在着资源性缺水、水质性缺水或工程性缺水等问题。生态环境的恶化和水体的污染进一步加剧了水资源紧缺状况,严重影响着社会经济的可持续发展。通过开展这次规划工作,将对我国水资源的状况重新作出评价,科学预测近期和远期需水趋势,在节水和水资源保护的基础上,对水资源进行优化配置,统筹安排水资源全面节约、有效保护、优化配置、合理开发、高效利用、综合治理和科学管理的布局 and 方案。

这次水资源综合规划的突出特点是,强调水资源量的评价、水资源有效保护、水资源优化配置以及

水资源的可持续利用。与此相关的几个重要问题是:(1)水资源量的计算及组成;(2)水资源量中,生态消耗水量、生活、生产消耗水量的计算与相互关系;(3)工业、农业、生活、牲畜以及生态等各种途径的用水量分配及相互关系问题。弄清楚这些问题对我们进行水资源规划十分有益。

2 水资源的概念及组成

水资源的含义十分丰富,具有广义和狭义之分。广义的水资源,是指地球上水的总体。如,在《英国大百科全书》中,水资源被定义为“全部自然界任何形态的水,包括气态水、液态水和固态水”。在《中国大百科全书》(水利卷)中也有类似的提法,定义水资源为“自然界各种形态(气态、液态和固态)的天然水”。

狭义的水资源,是指与生态环境保护 and 人类生存与发展密切相关的、可以利用的、而又逐年能够得到恢复和更新的淡水,其补给来源为大气降水。该定义反映了水资源具有下列性质^[1~3]:(1)水资源是生态环境基本要素,是人类生存与发展不可替代的自然资源;(2)水资源是在现有技术经济条件下通过工程措施可以利用的水,且水质应符合人类利用的要求;(3)水资源是大气降水补给的地表、地下产

收稿日期:2002-03-16; 修订日期:2002-09-20

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(G1999043508)、国家自然科学基金(79870088)、新疆维吾尔自治区流域规划项目资助

作者简介:左其亭,1967年生,男,河南固始人,工学博士,水文学及水资源专业。发表论文50余篇,出版专著3部,主持和参加课题12项。Email:zuoqt@zzu.edu.cn

水量;(4)水资源是可以通过水文循环得到恢复和更新的资源。

对一个具体流域或局部地区而言,水资源的涵义更为具体。广义的水资源就是大气降水。地表水资源、土壤水资源和地下水资源是广义水资源的三大主要部分。一个特定范围内的水资源总是消耗在

两个方面:一是降水形成地表径流、壤中流和地下径流并构成河川径流,通过水平方向排泄到区外;二是以蒸发和散发的形式通过垂直方向回归到大气中。因河川径流与人类的关系最为密切,故将它作为狭义水资源^[4,5]。一般组成如图 1 所示。

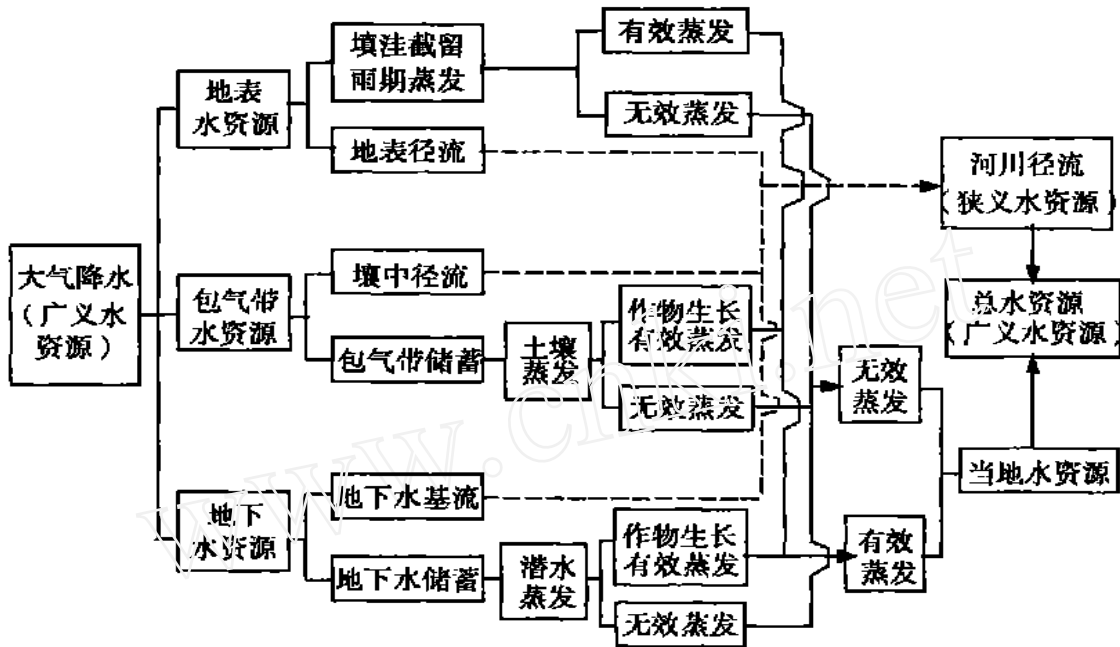


图 1 水资源组成示意图

Fig. 1 Skatch map of water resources structure

从水资源组成示意图(图 1)可以看出,我们常说的“水资源”(或计算的水资源量)可能有两种不同的含义。一般,在流域或区域水资源规划中,常常计算较多的是狭义水资源,即河川径流。另外,为了避开人类活动的影响,人们又常常计算天然状态下的水资源量,作为一个区域或流域进行水资源配置规划的基础流量。本文在没有特别说明的情况下均把天然河川径流量作为水资源量。

当然,也不排除在有些规划报告上采用“水资源”的其它定义。不管是计算的哪一种“水资源”,都需要水资源量计算部门或人员明确告诉规划人员。规划人员也必须明确水资源量的概念和组成。因为,只有弄清楚水资源的概念和组成才能分辨到底有多少水资源量可以进行配置,这与水资源规划

密切相关。

2 生态用水的概念及计算方法

生态用水,在有些文献中又被称为环境用水或生态环境用水,以及相近的概念如生态环境需水等。虽然在许多研究中广泛地使用了这些术语,但到目前为止,还没有一个明确的统一定义。从支撑生态系统完整性的角度,本文作者建议采用“生态用水”的统一概念。广义上讲,生态用水是指“维持生态系统完整性所消耗的水分”,它包括一部分水资源量和一部分常常不被水资源量计算包括的部分水分,如无效蒸发量、植物截留量^[6,7]。这里所说的“水资源量”均是指狭义的概念。

狭义上讲,生态用水是指“维持生态系统完整性所需要的水资源总量”。从这个定义上讲,生态用水应该是水资源量中的一部分(生态用水量与狭义水资源量有交叉,说明见下文)。从便于水资源科学管理、合理配置与利用的角度,采用此定义比较有利。

根据天然生态和人工生态的区分,可以把生态用水分为天然生态用水和人工生态用水两大类^[8]。另外,可以根据不同覆盖类型,把生态用水分为(1)植被生态用水。植被类型可分为绿洲人工林、荒漠河岸林、河谷林、荒漠林、低地草甸等。(2)湖泊、水库及重要河道生态用水。湖泊、水库、河道生态对当地生态环境有十分重要的意义,是维持当地生态系统的生命线。(3)城市生态用水。是指为了改善城市环境而人为补充的水量。主要包括公园湖泊用水、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。

生态用水计算方法有二种:即直接计算法和间接计算法^[9~11]。

(1) 直接计算方法

是以某一区域某一类型覆盖的面积乘以其生态用水定额,计算得到的水量即为生态用水,计算公式为:

$$W = W_i = A_i \cdot r_i \quad (1)$$

式中, A_i 为覆盖类型的面积, r_i 为覆盖类型的生态用水定额。

该方法适用于基础工作较好的地区与覆盖类型。其计算的关键是要确定不同生态用水类型的生态用水定额。

考虑到有些干旱半干旱地区降水的作用,并兼顾到计算的通用性,把生态用水定额 r_i 定义为降水量接近为 0 时的生态用水量 r_{i0} 减去实际降水量 h 。即

$$r_i = r_{i0} - h \quad (2)$$

式中, r_i 为某地区覆盖类型的生态用水定额; r_{i0} 为降水量接近为 0 时覆盖类型 i 的生态用水量(常值); h 为某地区覆盖类型所在区实际降水量的平均值。单位均为 m^3/hm^2 。

(2) 间接计算方法

对于某些地区天然植被生态用水计算,如果以前工作积累较少,模型参数获取困难,可以考虑采用间接计算方法。

间接计算方法,是根据潜水蒸发量的计算,来间

接计算生态用水。即用某一植被类型在某一潜水位的面积乘以该潜水位下的潜水蒸发量与植被系数,得到的乘积即为生态用水。计算公式如下:

$$W = W_i = A_i \cdot W_{gi} \cdot K \quad (3)$$

式中, W_{gi} 为植被类型 i 在地下水水位某一埋深时的潜水蒸发量, K 为植被系数,即在其它条件相同的情况下有植被地段的潜水蒸发量除以无植被地段的潜水蒸发量,所得的系数。这种计算方法主要适合于干旱区植被生存主要依赖于地下水的情况。

3 生态用水量与水资源量的关系

下面将讨论生态用水量与水资源量之间的关系,并基于以下概念或约定:生态用水量的计算,是采用上文的第一种方法,它应该包括天然生态用水和人工生态用水。在计算的生态用水量中刨除了当地的大气降水量,如果其值为正,说明还要从水资源量中占用一部分生态用水量;如果其值为负,说明生态用水不需从水资源量中再分配,可以认为生态用水量为 0。水资源量的计算,采用上文介绍的天然河川径流量。

(1) 天然生态用水量已在水资源量计算中考虑过。也就是说,水资源量的计算是基于天然生态用水状态下的天然径流量。

再反过来从水资源组成示意图(图 1)上分析。在一个地区或流域,在多年平均的情况下,可以认为大气降水是个定值(即广义水资源量是个衡量)。在天然状态下,在广义水资源量中还需要刨除一部分有效蒸发和无效蒸发,就得到狭义的水资源量。其中,在有效蒸发量中就包括天然生态用水量。所以,狭义水资源量中不包括天然生态用水量。

假设,某流域的水资源量为 $130 \times 10^8 m^3$ (指天然河川径流量),计算的天然生态用水量为 $25 \times 10^8 m^3$ 。一方面,在水资源配置时,不能把 $130 \times 10^8 m^3$ 的水资源量再分配 $25 \times 10^8 m^3$ 给天然生态用水,因为在 $130 \times 10^8 m^3$ 的水资源量中已经考虑到 $25 \times 10^8 m^3$ 的天然生态用水;一方面,假如把原来的某块植被土地开发成耕地,其分配的灌溉水量应该是按灌溉定额计算的灌溉水量减去生态用水量,比如,这块土地原植被生态用水量为 $5 \times 10^8 m^3$,现在改为耕地需要的灌溉水量为 $16 \times 10^8 m^3$,而实际上

由于开发这块耕地需要从水资源量中占用 $11 \times 10^8 \text{m}^3$ (等于 16×10^8 减去 5×10^8), 而不是 $16 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

(2) 人工生态用水量需要在水资源量中考虑。

如前所述, 水资源量的计算是针对天然状态下的河川径流量。人工生态用水也属于人类活动的结果, 它的用水量理应从水资源量中得到分配。因此, 在配置水资源量时需要考虑人工生态用水。比如, 某流域的水资源量为 $130 \times 10^8 \text{m}^3$, 现为了改善生态环境, 把原来的低覆盖草地改为人工草地, 新增加生态用水 $8 \times 10^8 \text{m}^3$, 那么, 新增加的 $8 \times 10^8 \text{m}^3$ 水量就应该从 $130 \times 10^8 \text{m}^3$ 的水资源量中得到分配。当然, 还需要注意, 假如原来的低覆盖草地生态用水 $1 \times 10^8 \text{m}^3$, 现在的人工生态用水 $8 \times 10^8 \text{m}^3$, 这时只需要有 $7 \times 10^8 \text{m}^3$ 的水量从 $130 \times 10^8 \text{m}^3$ 的水资源量中得到分配。

从分析上可看出, 生态用水量与水资源量的关系并不是简单的包含和被包含关系, 在水资源规划中, 需要分清计算的生态用水量中哪些需要在水资源量中进行配置, 哪些不需要进行配置。从图 2 示意图中可看出生态用水与水资源之间的简单关系。

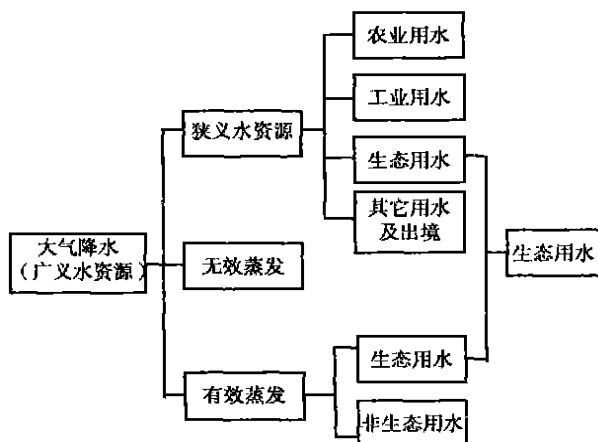


图 2 生态用水与水资源之间的关系示意图

Fig. 2 Relation between water quantity for ecosystem use and water resources

4 水资源规划中如何配置生态用水量

4.1 生态用水量的确定

在上文对生态用水的定义及计算方法介绍中, 还存在模糊的地方。一方面, 生态系统状况维持到

何种程度的用水量算是生态用水量? 上文并没有界定; 一方面, 生态系统状况立足于现状还是立足于自然状态下, 还是要求达到某一个目标? 上文也没有界定。

可以按照“保证生态系统好坏程度不同所需水量不同”来划分生态用水类型:

- (1) 最高生态用水, 即对应的植物生长良好、生态系统良性发展;
- (2) 合理生态用水, 即对应的植物生长较好、生态系统完整但处于一般发展状态;
- (3) 最低生态用水, 即对应的植物生长不好、生态系统完整性较差, 但能维持生态系统完整性。

另外, 还可以按照“生态系统状况的参考状态”把生态用水类型划分为:

(1) 现状生态用水, 就是以现状生态系统状况的用水为依据, 也就是要维持现状生态系统的需水量。这种计算适合于现状生态环境条件较好, 希望未来开发维持目前状况。

(2) 天然生态用水, 是假定没有人类活动时的天然状态下的生态用水。这种计算有利于还原自然界的本来面目, 有利于已经破坏了了的生态环境的保护。

(3) 目标生态用水, 是指达到生态系统某一目标状况时的用水。这种计算有利于按照实际需要规定生态系统的控制目标, 有利于生态环境科学调控与水资源合理分配。

因此, 在确定生态用水量的大小时, 首先需要确定生态系统维系到什么样目标? 这里, 与计算生态用水有关的指标有两方面: 一方面, 需要确定不同覆盖陆面的面积, 是维持现状还是增加或减少; 一方面, 需要确定各种覆盖类型的用水定额, 是按照合理生态用水或是按照最低或最高生态用水进行计算。对于一般流域规划来说, 建议如下:

(1) 由于水资源规划是对水资源的合理配置, 包括对生态用水的配置, 因此建议采用合理生态用水确定生态用水定额;

(2) 在一般生态环境质量较好的地区, 未来水资源开发的基本原则是, 维持现状, 可以按照现状生态用水进行计算;

(3) 在生态环境已经遭到破坏, 需要得到恢复的地区, 应该按照拟定的目标生态用水进行计算;

(4) 在生态环境质量很好, 且目前的开发程度较

低的地区,未来的水资源开发可以动用一部分生态用水,也就是说未来的生态用水量小于现状生态用水量,可以按照这一目标生态用水进行计算。

4.2 从水资源量中分配生态用水量的大小

如前所述,生态用水与水资源之间有着比较复杂的关系。下面给出一般确定通式:

设,某计算范围内的天然状态下的生态用水量为 $W_{天}$,现状条件或规划水平年时的生态用水量为 $W_{实}$ (可能包括天然生态用水和人工生态用水),水资源量为 $W_{总}$ 。则

如果 $W_{实} > W_{天}$,在水资源量 $W_{总}$ 中,需要分配给生态的水量为 $W_{实} - W_{天}$;

如果 $W_{实} < W_{天}$,在水资源量 $W_{总}$ 中,有 $W_{天} - W_{实}$ 的生态用水量被挤占为它用。

需要进一步指出的是,这里所说的“天然状态”与天然河川径流量计算所指的“天然状态”为同一状态。有时,也并非绝对的天然状态。

5 结束语

新一轮的全国水资源综合规划工作已经启动,受到水利界高度重视。但是,在水资源规划中仍有许多技术问题需要进一步澄清。本文就是针对作者在以往的流域规划工作过程中遇到的几个棘手问题,特别是面对新时期的水资源规划工作,重视生态环境问题,如何在水资源量中合理配置生态用水量,是其中的一个重点内容。

本文从“水资源”的概念介绍及分析入手,分析水资源的组成及转化关系,明确水资源量计算的涵

义。从水资源的组成关系上,分析哪些水资源量是可以用于配置的量。

本文还介绍生态用水的概念及计算方法,从生态用水的机理及与水资源的关系上来认识生态用水的涵义及配置方法,强调介绍水资源配置中如何考虑生态用水问题。这必将为全国新一轮水资源综合规划工作提供技术支持。

参 考 文 献

- [1] 左其亭,王中根. 现代水文学 [M]. 郑州:黄河水利出版社, 2002. 42 ~ 46.
- [2] 左其亭,夏军. 陆面水量 - 水质 - 生态耦合系统模型研究 [J]. 水利学报, 2002, (2): 61 ~ 65.
- [3] 左其亭,王中根. 中国西部流域水循环重大科学问题及研究展望 [J]. 西北水资源与水工程, 2001, (4): 1 ~ 5.
- [4] 杨诚芳. 地表水资源与水文分析 [M]. 北京:水利电力出版社, 1992. 7 ~ 63.
- [5] 董增川,刘凌. 西部地区水资源配置研究 [J]. 水利水电技术, 2002, (3): 1 - 4.
- [6] Daniel D Chiras. Environmental Science [M]. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company. Inc. 1994. 17 ~ 120.
- [7] Xia Jun, Zuo Qiting, Pang Jinwu. Enlightenment on sustainable management of water resources from past practices in the Bositeng Lake basin, Xinjiang, China [C]. Regional Management of Water Resources. IAHS Publication. 2001. (268): 41 ~ 48.
- [8] 钱正英,张光斗. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告及各专题报告 [M]. 北京:中国水利水电出版社, 2001. 207 ~ 236.
- [9] 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 (3). 114 ~ 117.
- [10] 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 ~ 282.
- [11] 王让会,叶新. 中国西部干旱区开发中的生态环境建设方略 [J]. 干旱区地理, 2001, 24 (2): 152 ~ 156.

STUDY ON THE QUANTITY OF WATER RESOURCES AND THE WATER QUANTITY FOR ECOSYSTEM USE IN WATER RESOURCES PROGRAMMING

ZUO Qi-ting^{1,2} ZHOU Ke-fa² YANG Liao²

(1 School of Environment & Water conservancy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

2 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Science, Urumqi 830011, China)

Abstract

Many mistakes existed in reasonable collocation of water resources, because of misapprehension about the quantity of water resources, are often found in the water resources programming at present. Especially modern water resource programming consider the ecological use for water resources, there are fuzzy cognition about the relation between the quantity of water resources and the water quantity for ecosystem use. At first, general concept and composition of the quantity of water resources have been introduced in this paper. And then, the concept and computation method of the water quantity for ecosystem use have also been introduced. Based on these analyses, the paper emphasizes to introduce how to consider the problem of the ecological use for water resources in water resources programming. It is a support to water resource programming proceeded in the whole China.

The main results include: (1) Composition and conversion of the quantity of water resources have been summed up as a figure. (2) The concept and calculation method of the water quantity for ecosystem use have been given in the paper. You can find two methods about calculation of the water quantity for ecosystem use. (3) The relation between the quantity of special water resources and the water quantity for ecosystem use is cross. The calculation of special water resources is based on the water quantity for natural ecosystem use. On the other hand, the artificial ecosystem use must be considered during the collocation of water resources. (4) According to the different use for ecosystem quality, the water quantity for ecosystem use can be divided as: tallest ecosystem use, lowest ecosystem use, and reasonable ecosystem use. According to the condition of ecosystem, the water quantity for ecosystem use can be divided as: the present ecosystem use, target ecosystem use, and natural ecosystem use. (5) To water resources programming, we suggest: to adopt reasonable ecosystem use to decide the ration of the water quantity for ecosystem use. In the region of better ecosystem, the water quantity for ecosystem use can be calculated according to the present condition. However, in the bad region, target ecosystem use should be considered.

Key words: water resources programming; water resources; the water quantity for ecosystem use; reasonable collocation of water resources.