

流域水资源可再生性的量化方法及理论研究框架

Theory study on renewable capability of basin water resources

左其亭¹, 王中根²

(1. 郑州大学 环境与水利学院, 河南 郑州 450002; 2. 中科院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 水资源可再生性理论研究, 是水科学研究的前沿问题, 也是水资源可持续利用研究的基础内容。本文针对流域水资源可再生性理论研究中几个基本问题进行探讨, 主要内容包括: 从水量和水质两方面探讨水资源可再生性的内涵, 提出了水量可再生性和水质可再生性的概念及相互关系; 提出流域水资源可再生性的量化方法; 提出流域水资源可再生性理论研究框架。

关键词: 流域水资源; 水资源可再生性; 量化方法; 理论研究

中图分类号: TV 211

文献标识码: A

文章编号: 1008- 5858(2003)01- 0001- 04

ZUO Qi-ting¹, WANF Zhong-gen²

(1. College of Water Resources and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450002, China; 2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Studying on renewable capacities of basin water resources is vital to water management on sustainable development. This paper studies some basic problems about basin water resources renewable capability. The main content includes: (a) According to the connotation of water resources, water resources renewable capability is subdivided into water quantity and water quality renewable capability. (b) The method to describe quantitatively water resources renewable capability. (c) The frame of the theory study are put forward.

Key words: basin water resources; renewable capacities; quantifying method; theory study

1 引言

水是 21 世纪制约社会经济可持续发展和生态环境保护与建设的关键性因素。在我国, 受气候条件、地理环境及人为因素的影响, 许多地区(如西北和华北地区)长期面临着缺水的困扰。以黄河为例, 它流经我国北方干旱、半干旱地区, 是西北和华北地区的重要水源, 对该地区经济社会发展具有举足轻重的作用。

在 20 世纪 90 年代, 受全球气候变化和人类活动的影响, 黄河流域水资源供需矛盾日益突出, 部分河段出现了连年断流。断流问题不仅给当地经济社会发展 and 生态环境造成了极大的危害^[1-3]。同时也给水资源水文学基础研究提出直接的挑战。如何从水文循环和人类活动影响等整体系统层面上, 阐明

流域水资源可再生的主要影响因素是什么? 如何影响? 如何定量评估自然变化和人类活动影响下的水资源可再生能力大小及其变化? 是近年来水资源领域研究的一个难题。

本文研究试图从水文循环基础出发, 以定性分析和定量描述相结合的方式, 来探讨水资源可再生性的内涵与实质, 提出其概念、量化方法和研究框架, 以供大家讨论。

2 流域水资源可再生性的概念

地球上的淡水资源产生于水文循环过程, 不同尺度下的水文循环又赋予了水资源可再生属性。据有关估算, 大气中的水汽平均每 8 天循环更新一次; 河水平均每 16 天更新一次; 而地下水则需上百年乃至上万年的时间才更新一次。这一事实说明, 一方面

收稿日期: 2002- 10- 29

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G19990436- 05, 08); 河南省科技攻关项目(0224660030)

作者简介: 左其亭(1967—), 男(汉族), 河南固始人, 博士, 水文水资源专业。主要研究方向水文环境、区域水资源规划与管理。

水体因循环具有可更新或可再生的能力;另一方面受水文循环周期的影响,不同时空尺度下的水体的可再生能力既相差很大,同时又都是一个有限的量。如果在较长时间内水资源的开发强度超出自然界水资源可再生能力范围之外,必然会改变或破坏原有的水文循环再生系统和生态环境系统,从而导致水资源的枯竭。

水资源是一种逐年能够得到恢复和更新的可再生资源。水资源的可再生性是指流域(或单元水体)水资源损失后(包括水量的损失和水体的污染),通过大气降水、水体自净或其它途径可以得到恢复(即更新)的一种综合能力。水资源的可再生性与水量、水质有直接联系。如果细分水资源可再生性,主要表现在两个方面:水资源量可再生性和水资源质可再生性。

(1) 水资源量可再生性。是指流域(或单元水体)水资源在水量上被损失后(如蒸发、流失或人类取用等),通过大气降水和其它途径可以得到恢复(即更新)的一种能力。它与流域蓄水特性、水文循环过程的周期性、水体的补给以及更新速率有联系。

维持水资源量可再生性是有条件的。由于一定时段内(如年)流域降水量和蓄水容量是有限的,水资源的更新能力也是有限的。当水资源被超量开采(例如动用了地下水的静态储量),会影响流域水资源的恢复能力;当超量状态持续下去,水文循环的补给与输出平衡关系遭到破坏,超过了水资源可更新的最大限度,将导致水资源的不可更新。

为了维持流域水量的可再生性,一般要求流域(或区域)水资源的平均时段(如年)耗用量不超过流域(或区域)的多年平均水资源量,那么被耗用的水资源量可以通过大气降水得到恢复和补充。因此,流域水资源量可再生性与时段内(如年)流域的耗水量和流域内产水量有着密切的联系。而影响流域产水与耗水的因素(如地形、地貌、土壤、植被、气候、降水、以及人类活动的用水和排污等等),是影响水资源量可再生性的主要因素。以上的分析同样适用于单元水体水资源量可再生性。

(2) 水资源质可再生性。就水资源可再生性问题而言,只谈水资源的量是不完整的,因为即使有一定量的水源,若受到严重污染,也不能称为“水资源”。因此,研究水资源可再生性必须考虑水资源的量和质这两个方面。水资源质可再生性是指水资源所赋存的水体在水文循环过程中,遭受自然或人为污染后,通过水体的自净功能使水质得以恢复的一种能力。水资源质的可再生性与水体的纳污和自净

有着密切的联系。当污染物进入水体的强度低于水体的自净能力时,或者污水排放量处于水体环境容量以内时,水质将可以恢复,此时水质具有可再生性。反之,水质将恶化,且不具备可再生性。

水资源量的可再生性与水资源质的可再生性有着天然紧密的联系,水资源量可再生性直接与水文循环特性有关,它是水资源质可再生性的基础,水资源质可再生性与人类活动排污直接联系。例如,河流在枯水期水体更新慢,水资源量可再生性小。在同等排污情况下,枯水期水质比丰水期的差,水资源质可再生性也就小。

水资源量可再生性和水资源质可再生性综合决定了水资源整体的可再生性。只有当水资源量的和质的可再生能力都大时,水资源的可再生性才高。这是因为水资源内涵包含水量和水质两方面含义,水量的亏损和水质的污染都是对水资源的一种损耗。从以上的分析中可以看出,水资源可再生性离不开水文循环过程。

3 流域水资源可再生性的量化方法

在现实生活中我们发现,当一个流域产水量(即流域水资源量)丰沛而水环境保护又好时,那么该流域水资源损耗后的可再生能力就强。当流域产水量匮乏或水环境污染严重时,那么该流域水资源损耗后的可再生能力就差。而且在相同污染条件下,湿润地区的水环境容量要高于水资源匮乏的干旱地区。上述的事实进一步说明了,流域水资源可再生性是由流域水量可再生性和水质可再生性两个方面共同决定的。水量可再生性是水质可再生性的基础,水量可再生性反映了与流域产水量有关的某些特性,水质可再生性反映了与流域水环境容量有关的某些特性。两者综合起来决定了流域水资源可再生性。

如何定量描述一个区域或者流域水资源的可再生性呢?通过以上分析,我们初步给出用于描述流域水量可再生性、流域水质可再生性及流域水资源可再生性的有关指数的定义和计算公式,如下:

(1) 流域水量可再生性指数 $\alpha(t)$: 描述某 t 年流域水资源的水量可再生性,其值反映了流域水资源在水量被损耗后的可恢复能力。

$$\text{令 } A = \frac{W_{\text{产}}(t) - W_{\text{污}}(t)}{W_{\text{理论}}}$$

则,定义

$$\alpha(t) = \begin{cases} 1 & A = 1 \\ A & 0 < A < 1 \\ 0 & A = 0 \end{cases}$$

式中: $W_{产}(t)$ —— 某 t 年流域产水量 ($10^8 m^3$), $W_{产}(t) = P(t) - E_s(t)$, 其中, $P(t)$ 为某 t 年流域降水量 ($10^8 m^3$), $E_s(t)$ 为某 t 年流域地表蒸散发量 ($10^8 m^3$); $W_{污}(t)$ —— 某 t 年流域水资源被污染的量 ($10^8 m^3$); $W_{理论}$ —— 流域年理论产水量 ($10^8 m^3$).

$W_{产}(t)$ 可根据流域水文模型计算得到; $W_{污}(t)$ 也能通过流域内社会经济发展程度、排污状况和环境质量状况进行预测; $W_{理论}$ 是根据流域内多年产流量系列资料的分析, 并综合考虑气候、降水、地形、地貌等因素而确定的正常情况下流域内计算的年平均理论产水量.

式中分子项 $[W_{产}(t) - W_{污}(t)]$ 实际为年有效水资源量, 它的含义是流域水资源在水文循环过程中会遭到污染破坏, 扣除污染部分的流域产水量, 才是真正有效的水资源量. 流域水资源可再生性研究应该针对的是这部分水量. 这样, 把“流域水量可再生性”映射到 $[0, 1]$ 上, 即 $\alpha(t) \in [0, 1]$, 便于量化.

(2) 流域水质可再生性指数 $\beta(t)$: 描述某 t 年流域水资源的水质可再生性, 其值反映了流域水资源在水质被污染后的可恢复能力.

令

$$B = \frac{W_p(t) - W_{污}(t)}{W_p(t)}$$

式中: $W_p(t)$ —— 某 t 年流域水环境容量, 表示流域水环境在不遭到破坏的前提下所能容纳的最大污水量 ($10^8 m^3$); $W_{污}(t)$ —— 某 t 年流域水资源被污染的量 ($10^8 m^3$).

上式中, $B \leq 1$. 为了把它映射到 $[0, 1]$ 上, 定义 $\beta(t)$ 如下:

$$\beta(t) = \begin{cases} B, & B > 0 \\ 0, & B = 0 \end{cases}$$

(3) 流域水资源可再生性指数 $G(t)$: 描述某 t 年流域水资源可再生性, 其值综合反映了流域水资源在水量、水质被损耗后的可恢复能力. 正体现了水资源包含水量和水质两方面的含义. 可采用多指标集成技术计算:

$$G(t) = \alpha(t)^{\alpha_1} \cdot \beta(t)^{\alpha_2}$$

式中: α_1, α_2 —— 分别是 $\alpha(t), \beta(t)$ 的指数权重, $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$. 一般可以取 $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5$.

关于 $G(t)$ 的分析: (1) 因为 $\alpha(t) \in [0, 1], \beta(t) \in [0, 1]$, 所以 $G(t) \in [0, 1]$; (2) 当 $\alpha(t) = 0$ 或 $\beta(t) = 0$ 时, 都有 $G(t) = 0$. 即流域水资源是完全不可再生的; (3) 只有当 $\alpha(t) = 1$ 和 $\beta(t) = 1$ 时, 才有 $G(t) = 1$. 即流域水资源是完全可再生的.

以上给出了流域水资源可再生性(包括水量和水质可再生性)的描述方法, 同样适用于子流域(或区域)水资源可再生性指数的计算, 并且计算时段也可变为月. 如果建立了流域分布式水文模型(用于模拟流域内具有不同时空分布特性的水量与水质的变化规律), 便能够计算出任一单元流域水资源可再生性指数, 或者单元流域内任一赋存形式的水资源可再生性指数, 如河流水资源可再生性指数、湖泊水资源可再生性指数、地下水资源可再生性指数等等. 当然也能够计算出整个流域地表水资源可再生性指数和流域地下水资源可再生性指数.

4 流域水资源可再生性的研究框架

流域水资源可再生性理论的研究内容主要包括水文学基础研究、水资源可再生性的概念及量化方法、评价理论与方法、阈值识别理论和应用研究等几部分. 具体的研究框架如图 1 所示.

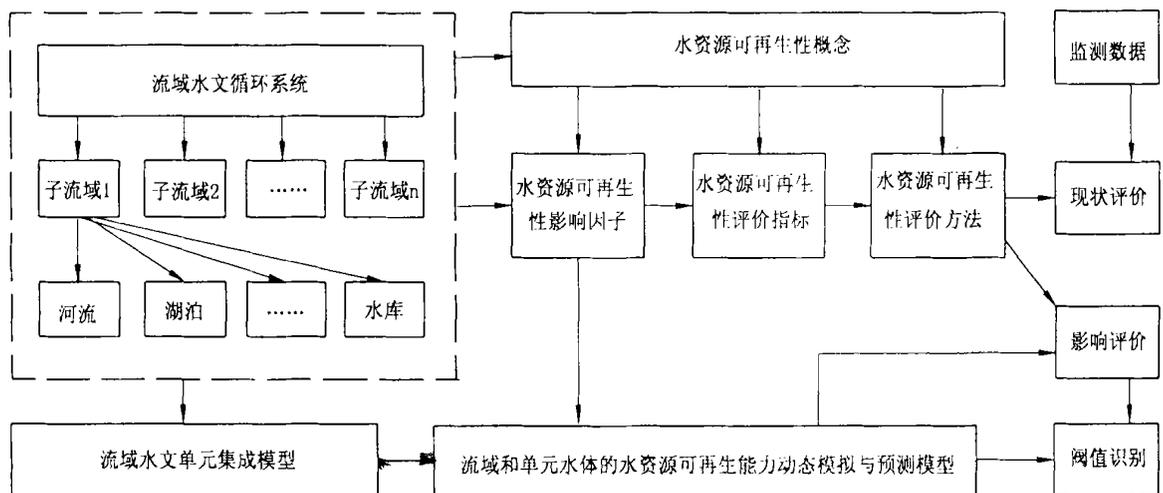


图 1 水资源可再生性理论研究框架图

在水文循环模拟研究的基础上,提出流域水资源量可再生性的概念和评价理论与方法,并进行应用实例研究。(1)水文循环模拟研究。建立分布式流域水文模型(或流域水文单元集成模型)模拟单元水体和流域的水文循环过程。(2)水资源可再生性基本理论研究。分析流域水文循环过程,建立水资源可再生性的概念;研究水资源可再生性影响因子,建立评价指标体系,提出评价方法;并在水文循环模拟研究基础上,建立流域和单元水体的水资源可再生能力动态模拟与预测模型。(3)应用研究。根据典型流域实验区的实测数据,进行水资源可再生性现状评价;根据模型预测结果,进行水资源可再生性影响评价,并进行水资源可再生性阈值识别理论的研究。

5 结 语

流域水资源可再生性理论是从水文学基础出发研究流域水资源的生成与演化规律,为流域水资源可持续开发利用提供决策依据。它的提出是对水资

源承载力和可持续利用的一种突破性的认识和发展。但是,流域水资源可再生性理论所涉及的内容十分广泛,本文仅探讨了几个基础性的问题,包括概念、量化方法和理论研究框架。而流域水文模拟研究以及在此基础上建立流域水资源可再生动态模拟与预测模型,和评价理论与方法研究,是进一步深入研究的难点问题。

参考文献:

- [1] 吴凯,等 黄河断流概况、变化规律及其预测[J]. 地理研究, 1998, 17(2): 125—130
- [2] 陈霁巍,穆兴民 黄河断流的态势、成因与科学对策[J]. 自然资源学报, 2000, 15(1): 31—35
- [3] 刘昌明 黄河干流下游断流的径流序列分析[J]. 地理学报, 2000(5): 257—265
- [4] 左其亭,王中根著 现代水文学[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2002, 1: 99—115
- [5] 曾维华,杨志峰,蒋勇 水资源可再生能力刍议[J]. 水科学进展, 2001, 12(2): 276—279

陕西省用水定额通过初步审查

为了保障社会经济发展对水资源的需要,按照《中华人民共和国水法》的要求,“合理开发、利用、节约和保护水资源”,“实现水资源的可持续利用,适应国民经济和社会发展的需要”的精神;根据水利部《关于加强用水定额编制和管理通知》和陕西省《关于开展用水定额编制工作的通知》,陕西省于2001年开始,开展了用水定额编制工作。用水定额编制工作分为工业用水、农林牧渔业用水、城镇生活和公共用水等三大部分,分别由陕西省能源技术中心、西北农林科技大学和陕西省水资源管理办公室三单位承担,于2002年6月提交了初步成果,并于2002年11月至2003年元月先后对这三部分工作进行了初步审查。

这次编制用水定额是陕西省首次系统的、全面的进行编制工作。工业用水共制定出183个行业,385项定额指标;农林牧渔业用水,将陕西省分为陕北、关中、陕南三大区域,对主要的8种农作物、6种林果、6种主要的经济作物以及林草、家畜家禽用水制定出定额指标;城镇生活和公共用水,按居民家庭生活、学校、机关、宾馆酒店、餐饮服务、医院、居民服务业、商场、城市绿化、道路喷洒、城市车辆、游泳馆以及建筑行业等11个行业,按设施的规模或结构,对陕西现有的14个市(区)制定出113项定额指标。编制用水定额是在调查现有的用水状况,参考国内外相关的资料,经分析、对比,在广泛征求行业部门和专家的意见基础上提出的。在定额编制工作中,充分考虑到陕西省是一个水资源缺乏地区,随着社会经济发展对水的需求越来越迫切,水的需求矛盾将更加突出,本着节约用水的精神,充分考虑生态环境用水需要。

参加用水定额初步审查的有高等院校、科研院所、主管机关、供水部门和用水行业等部门近50名专家教授,大家一致认为这次编制的用水定额只是初步成果,反映在三个编制单位对用水定额编制中节约用水的原则、生态环境需水的重要性以及水资源的可持续利用的重要性理解程度不一,因而所提出的定额指标有高有低,调查工作也有待深入。专家教授还提出编制用水定额目前缺少统一的规范,是一动态的过程,要在今后工作中不断修改完善,现在提出的用水定额仅只是阶段性的成果,要达到以规范或标准形式颁布还需进一步工作,在目前的基础上经修改可以作为“试行草案”公布实行。

编制用水定额对于实现水资源可持续利用具有重大意义,为水资源利用实行“总量控制、定额管理”提供了数据基础,也为陕西实行节约用水、保护和改善生态环境提供了科学依据。编制用水定额对保障供水,加强用水管理,促进国民经济持续、稳定、健康发展具有重大作用。

(邢大韦 供稿)