

水资源评价进展与存在的几个问题

李春晖, 杨志峰

(北京师范大学 环境学院水沙科学教育部重点实验室, 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875)

摘要: 水资源评价是水资源利用基础。综述了水资源评价研究进展, 提出了水资源评价中存在的问题, 并对水资源评价中的干流区间水资源计算、水质水量联合评价、人类活动对水资源的影响以及生态需水等 4 个问题进行讨论, 以推进水资源评价工作进展。

关键词: 水资源评价; 进展

中图分类号: TV213.9

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2004)05-0189-04

Progress and Some Questions of Water Resources Assessment

LI Chun-hui, YANG Zhi-feng

(School of Environment, Beijing Normal University, Key Laboratory for Water and Sediment Sciences,
Ministry of Education, State Key Laboratory of Water Environment Simulation, Beijing 100875)

Abstract: Water resources assessment is the base of water resources use. The research progress is summarized and some questions of water resources are brought forward. At last, the four important questions of water resources calculation in the main channel region, water quality and water quantity integrated assessment, influence of human activities on water resources and ecological water needed are discussed. These shall improve water resources assessment.

Key words: water resources assessment; progress

水是生命之源、经济社会发展的物质基础。实现水资源的可持续利用, 发挥水资源的经济、社会、生态等效益是当前和今后长期的重要任务。开展水资源评价, 查清水资源现状, 是水资源可持续开发与管理的依据, 是与水资源有关的工程规划、设计及运行管理的前提, 也是区域经济发展和人民生活的重要保障。本文首先综述了水资源评价发展, 指出水资源评价内容变化与存在的主要问题, 最后对水资源评价中的干流区间水资源计算、水质水量联合评价、人类活动对水资源的影响以及生态需水 4 个问题进行讨论, 并对水资源评价提出展望, 以期促进水资源可持续利用。

1 水资源评价进展

水资源评价始于 19 世纪末期的流域水量统计工作。20 世纪 60 年代, 由于水资源问题的出现和大量水资源工程的建设, 加强对水资源开发利用的管理和保护被提到议事日程。1965 年和 1978 年美国进行了两次水资源评价, 对美国水资源现状、可供水量和供水需求等进行了评价分析。1975 年西欧、日本、印度等国家相继提出水资源评价成果^[1]。1977 年联合国在马德普拉塔召开的世界水会议决议中指出“没有对水资源的综合评价就谈不上对水资源的合理规划与管理”, 强调水资源评价是保证水资源持续开发和管理的必要前提, 是进行与水有关活动的基础。会议要求各国积极开展国家级水资源评价。1988 年联合国教科文组织和世界气象组织给水资源评价的定义是“水资源评价是对水资源的源头、数量范围及其可依赖程度、水的质量等方面的确定, 并在此基础上评估水资源利用和控制的可能性”。1990 年的《新德里宣言》、1992 年的《都柏林宣言》和《里约热内卢宣言》以及《21 世纪议程》都强调了水资源评价的重要性。自此, 水资源评价进入全球性阶段^[2]。

我国于 1979 年开始第一次水资源评价工作, 并出版了《中国水资源评价》(1985)和《中国水资源利用》(1989)。1985 年以后, 全国许多地方又继续进行了一系列不同规模、不同深度的水资源分析评价工作和水资源评价的区域性和专题性研究, 如 1996 年出版《中国水资源质量评价》。1999 年颁布水资源评价导则, 对全国水资源评价进行技术指导^[3]。

在水资源评价中, 水资源量的评价主要根据水量转化规律(三水或四水转化)和水量平衡进行的, 如全流域

收稿日期: 2004-04-15

基金项目: 国家重点基础研究规划项目(G1999043605)

作者简介: 李春晖, 男, 生于 1976 年, 博士后。主要从事水资源水环境评价研究, 已发表论文近 40 篇。

水量平衡、河段水量平衡。在流域地表水资源评价中,水文模型发挥着重要作用,如降水—径流模型、分布式水文模型、月水量平衡模型等^[4]。在评价技术上,有限元模拟、人工神经网络(ANN)、GIS、RS 和同位素示踪技术等得到广泛的应用,使水资源评价的精度和可操作性大大提高^[5,6]。水资源质量评价也由单一指标评价发展为多指标综合评价,评价方法也不断发展和改进,技术上也相对成熟。随着可持续思想的深入,水资源评价内涵和内容有了新的扩展,已由上世纪 80 年代主要对资源量及其时空分布特征进行评价,发展到在可持续发展思想指导下,不仅进行水量评价,还包括水质、水资源保护、供需状况、水资源管理等水资源可持续利用的综合评价。研究的基本方法是建立与水资源相关的多层次指标体系进行综合评价,目的是寻求流域、区域水资源可持续利用途径。综合评价主要内容有:水资源持续利用评价、全球变暖情景下水资源脆弱性评价、水资源生态持续评价、水资源承载力评价、水资源集成评价、水资源丰富度评价和水质恢复能力评价等等^[7~9]。另外,水资源可再生性评价是近年研究的热点之一^[10,11]。

2 水资源评价中几个问题

尽管水资源评价技术相对成熟,研究内容丰富多样,对区域社会经济和生态环境可持续发展具有重要的指导作用。但是,随着研究的深入,水资源评价中一些重要的问题也凸现出来,主要表现为以下几个方面:①水资源量的计算。水资源评价方法还不统一,不同的方法有不同的结果,如干流区间水资源量的计算;②可利用水资源量评价。即满足一定水质功能的水资源量评价,要求水质水量联合评价;③人类活动对水资源的影响。人类活动影响产水过程,导致水资源评价结果系列的不一致性;④气候变化对水资源的影响评估。定量评价气候变化对水资源的影响是水资源评价面临的重大问题;⑤生态需水问题。水资源评价要求不但考虑生产生活用水,还要考虑生态环境需水。本文将简要讨论这 4 个问题。

2.1 干流区间天然径流量计算

天然径流量评价方法主要有控制站法和分区还原累加法。断面控制站法是以干支流各主要断面控制站点的实测径流加上还原水量得到各断面以上天然径流量。分区还原累加法是将整个流域划分为若干分区,首先对各分区的实测径流进行还原,方法上采用控制站法或降水—径流关系法等,再逐区由上而下对应年累加,即可得到流域的天然径流总量。

在干流区间,这两种评价方法的评价结果差别较大。从评价方法上看,控制站法天然径流量已经扣除干流河道水量净损失量,而各分区仅评价未进入干流前的分区天然径流量,因此,其总和并没有扣除干流河道径流输移中净损失水量。显然,分区评价之和大于控制站评价结果。从评价目的看,断面控制站法从整体宏观角度对控制站以上天然水资源进行评估,为控制站及其下游水资源利用规划提供依据,是流域规划和水利水电工程规划设计的基础。对整个流域而言,分区还原法能真实反映每个分区的天然径流情况,但是分区之和不能作为全流域的天然径流量。

以某干流河道区间为例,根据水量平衡原理,探讨天然径流量这两种评价结果之间的关系。设干流河道区间 B 的天然径流量为 $B_{\text{区}}$ (河道之外的区域)。对区间干流河道水体而言,存在以下水量平衡: $B_{\text{控}} = T_2 - T_1$; $T_1 + B_{\text{区}} + W_{\text{地}} - W_{\text{蒸}} - W_{\text{渗}} = T_2$; $B_{\text{区}} = T_2 - T_1 + (W_{\text{蒸}} + W_{\text{渗}} - W_{\text{地}}) = B_{\text{控}} + \Delta W_{\text{补损}}$, 其中, T_1 和 T_2 分别代表区间干流上、下游控制站的天然径流量; $B_{\text{控}}$ 为下、上游控制站天然径流量差值; $W_{\text{地}}$ 为地下水补给河道量; $W_{\text{蒸}}$ 为河道蒸发量; $W_{\text{渗}}$ 河道渗漏补给地下水量; $\Delta W_{\text{补损}}$ 为补损平衡差值,正值说明损失量大于补给量,反之则损失量小于补给量。河道降水量比重较小可以忽略不计。因此,从第 3 个公式可以得到区间天然径流 $B_{\text{区}}$ 与上下游控制站天然径流量差值 $B_{\text{控}}$ 之间的关系。

2.2 水质水量联合评价

水资源表现为在一定时间、空间具有足够数量的可用水,它具有水质和水量的功能。就狭义水资源的定义来说,水资源的丰富与否主要取决于水质与水量这两个方面。但由于各种原因,传统的水资源评价在对流域水量和水质进行评价时,把水量和水质割裂开来。计算不同的水质等级水资源数量、时空分布,为定量、保质、稳定供水打下基础,是水质水量联合评价的主要课题。搞好水质水量综合评价,就必须掌握水质水量的变化规律。要根据水的来源和水量水质的动态变化规律分期分区进行,即不同时期的水质与相应时期的水量结合评价。目前进行水质水量联合评价,主要分为 2 种情况:其一是宽松结合,即在评价水量的同时也评价该水资源的水质及其二者匹配的变化情况^[12,13];其二是紧密耦合,即建立一定考虑水质水量的模型来进行评价。从评价结果看,前者简单明了,可操作性强,后者比较复杂,可操作性差,有待进一步研究。下面对水质水量紧密耦合评价进行

初步探讨。

2.2.1 水资源水质水量相结合含义 水资源都具有水质和水量的功能,对某一时刻的某水资源可以用逻辑函数表示: $W = f(V, Q)$, 其中, W 表示水资源的天然可利用值,是关于水量和水质的函数; V 表示水量; Q 表示水质。

考虑到水资源具有可再生性,则该水资源的可利用值表示为: $W = f(V, Q) + \sum_{i=1}^n f_i(\Delta V, \Delta Q)$, 其中, W 为某水资源的再生利用值; $f_i(\Delta V, \Delta Q)$ 为该水资源社会再生的第 i 次可再生值; n 是再生次数; $\Delta V, \Delta Q$ 分别表示社会再生的水量和水质。通过公式 $W = f(V, Q) + \sum_{i=1}^n f_i(\Delta V, \Delta Q)$ 把水资源自然再生和社会再生、水量再生和水质恢复统一起来。这种考虑水质水量紧密耦合的具体函数关系式仍需要进一步研究。

2.2.2 水质水量相结合水资源平衡模型 某一地表水资源评价单元在某时间段内有以下水量平衡:

$$\Sigma \Delta V_s = \Sigma \Delta V_{in} + \Sigma \Delta V_{out} + \Sigma \Delta V_{dis} - \Sigma \Delta V_{res} - \Sigma \Delta V_E - \Sigma \Delta V_{inf} + \Sigma \Delta V_g \quad (1)$$

式中: V_s 为水资源变化情况; V_{in} 为进流量(包括降水、外单元来水); V_{out} 为出流量; V_{dis} 为取水排回量; V_{res} 为人类利用取水量; V_E 为蒸发量; V_{inf} 为渗漏给地下水量; V_g 为地下水补充地表水量。

Milorado 设想把水质水量结合起来,有以下水资源平衡方程^[14]:

$$\Sigma \Delta V_s C_s = \Sigma \Delta V_{in} C_{in} - \Sigma \Delta V_{out} C_{out} + \Sigma \Delta V_{dis} C_{dis} - \Sigma \Delta V_{res} C_{res} - \Sigma \Delta V_E C_E - \Sigma \Delta V_{inf} C_{inf} + \Sigma \Delta V_g C_g \quad (2)$$

式中:各项意义同式(1)。 C_i 分别代表不同类型水的水质情况。显然在理论上是成立的(物质平衡),但在实际应用时尚难以进行。因此,建立更为适用、科学的水质水量联合评价模型是今后水资源评价的重要内容之一。

2.3 人类活动对水资源的影响

人类活动对水文循环的干扰包括:改变水文循环的路径;改变流域的水文特性;改变水循环的动力条件^[15]。传统水资源还原径流量中的人类耗水部分仅考虑取用的径流量部分,对近年来由于用于人畜饮水和灌溉用水的雨水工程和植树造林、小流域治理、人工梯田、小水库等蓄水工程截留和渗漏导致的地表径流量减少部分没有计算进去,从而减少了天然径流量的数值。显然,现行的水资源评价成果难以反映人类活动对水资源的影响,而这种影响是不断渐变的过程,对将来水资源的利用产生影响。人类活动不但影响水资源的质量,也影响水文系列的一致性。现行的水资源评价的基础是数理统计,要求水文系列的随机性和独立性,即资料产生的一致性。人类活动使水资源产生的条件处于持续变化的过程中,而现行的“还原”只能对调出水量进行还原,难以满足系列一致性的前提条件。由于评价“背景一致性”发生改变,必然对评价的结果造成影响,只有定量地评估人类活动对水资源的影响并预测其发展趋势,才能保证水资源的持续利用。目前开展的第二次全国水资源评价要求对这部分进行计算。

事实上人类活动的影响与自然因素交叉一起,影响错综复杂,很难完全确定人类活动对水资源影响的大小,人类活动对产水量的影响评价与计算已经引起学术界的关注^[16~19],穆兴民等对水土保持措施对河川径流影响评价方法进行了总结^[20]。传统的研究多是进行简单趋势分析或者借助水文模型进行研究;有学者提出水循环“自然—人工”二元演化模型,但主要用来评价人类取水用水的侧支循环^[15]。也有利用降水—径流关系方法和人工神经网络方法评价人类活动对径流量的影响^[21,22]。

2.4 生态环境需水评价

在传统的水资源评价中,供需分析中仅考虑生产和生活用水,而没有顾及到生态环境用水,因此引发一系列生态环境问题,黄河断流就是一个例子。广义的生态环境用水是指“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”。狭义的生态环境用水是指“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”,主要包括保护和恢复内陆河流下游的天然植被及生态环境;水土保持及水保范围之外的林草植被建设;维持河流水沙平衡及湿地、水域等生态环境的基流;回补超采地下水等方面^[23]。一般认为,生态环境需水量是指为维持地表水体特定的生态环境功能,天然水体必须储存和消耗的最小水量。在河流系统,需要考虑的生态环境需水问题有:防止河道断流、湖库萎缩所需要的河道基本流量;维持江河水沙平衡的最小流动水量;防止海水入侵所需的河口最小流量;改善江河水环境质量的最小稀释水量;维持生态系统稳定所需的河流流量;维持地下水水位动态平衡的最小补给水量等。主要研究方法有湿周法、美国的 7Q10 法和中国的 10 年最枯月平均流量法、Montana 法等,目前关于生态环境需水的理论和实践研究已经取得一定进展^[24~26]。

现在水资源评价要求从“三生”(生产、生活和生态)角度重新评价和认识水资源,无疑将推进水资源的合理利用和流域生态环境的改善。

3 结 语

水资源评价是水资源管理与利用的基础。水资源评价经过100多年的发展,技术上不断提高,评价内容和范围不断扩大,但是依然存在一些问题。本文重点对水资源评价中的干流区间水资源计算、水质水量联合评价、人类活动对水资源的影响以及生态需水4个问题进行初步讨论。水资源的科学合理评价将有利于水资源可持续利用和生态环境的改善。今后还应该引入新理论、新技术和新方法,以提高水资源评价的科学性,促进社会可持续发展。

参考文献:

- [1] 焦得生,石玉波.我国水资源评价现状与展望[J].中国水利,1998(3):10-11.
- [2] UN ESCO,WMO. Water Resources Assessment Activities: Handbook. For National Evaluation[S]. Geneva: WMO Secretariat,1988.
- [3] 水利部水资源司.中华人民共和国行业标准—水资源评价导则(SL/T238-1999) [S]. 1999-5-15.
- [4] CHONG Y X. Application of Water Balance Models to Different Climatic Regions in China for Water Resources Assessment [J]. Water Resources Management,1997(11): 51-67.
- [5] 刘九夫,张建云. GIS在水资源评价应用中的关键技术研究[J]. 水文,2002,22(6):11-15.
- [6] 胡铁松,袁鹏. 人工神经网络在水文水资源中的应用[J]. 水科学进展,1995,6(1):76-81.
- [7] 左东启,戴树声. 水资源评价指标体系研究[J]. 水科学进展,1996,7(4):367-374.
- [8] 马滇珍,张象明. 水资源综合评价指标[J]. 水利规划设计,2001(1):42-47.
- [9] 唐国平,李秀彬,刘燕华. 全球气候变化下水资源脆弱性及其评价方法[J]. 地球科学进展,2000,15(3):313-317.
- [10] 沈珍瑶,杨志峰. 黄河流域水资源可再生性评价指标体系与评价方法[J]. 自然资源学报,2002,17(2):188-197.
- [11] 夏星辉,沈珍瑶,杨志峰. 水质恢复能力评价及其在黄河流域中的应用[J]. 地理学报,2003,58(3):458-463.
- [12] 米玉华,梁青武. 平原地下水水质水量调查与综合评价方法[J]. 水文水资源,1998,19(3):15-17.
- [13] 周劲松,夏星辉,杨志峰. 从水质角度论黄河干流水资源[J]. 环境科学学报,2002,22(3):338-342.
- [14] Miloradov R M, Marjanovic P, Cukic Z. Water resources assessment as the basic tool for sustainable and environmentally sound river basin management [J]. Water Science and Technology,1995,32(5): 45-53.
- [15] 王浩,秦大庸,王建华. 多尺度区域水循环过程模拟进展与二元水循环模式研究[A]. 刘昌明,陈效国. 黄河流域水资源演化规律与可再生性维持机理研究和进展[M]. 郑州:黄河水利出版社,2001. 34-42.
- [16] 耿雷华,钟华平,贾健,等. 人类活动对西北地区地表水资源量影响的初析[J]. 西北水资源与水工程,2002,13(4):1-6.
- [17] 李丽娟,郑红星. 华北典型河流年径流量演变规律及其驱动力分析[J]. 地理学报,2000,55(3):309-316.
- [18] Liliang Ren,Meirong Wang, Chunhong Li,et al. Impacts of human activity on river runoff in the northern area [J]. Journal of Hydrology,2002,61:204-217.
- [19] Marian Druzkowski. The influence of natural and human-related factors on the water circulation in the Carpathian foothills (Southern Poland) [J]. Water Resources Management,2001,15:93-100.
- [20] 穆兴民,李靖,徐学选. 水土保持措施对河川径流影响的评价方法研究进展[A]. 郭生练. 水问题研究与进展—全国首届水问题研究学术研讨会论文集[C]. 武汉:湖北科学技术出版社,2003. 90-97.
- [21] 罗先香,邓伟,栾兆擎. 三江平原沼泽性河流径流演变的驱动力分析[J]. 地理学报,2002,57(5):603-610.
- [22] 邓居礼. 祖厉河流域水沙时空分布及变化分析[J]. 水文,2001,21(2):47-50.
- [23] 中国工程院. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告[J]. 中国水利,2000(8):5-17.
- [24] 倪晋仁,崔树彬,李天宏,等. 论河流生态环境需水[J]. 水利学报,2002(9):14-20.
- [25] 王西琴,刘昌明,杨志峰. 生态及环境需水量研究进展与前瞻[J]. 水科学进展,2002,13(4):507-514.
- [26] 杨志峰,崔保山,刘静玲,等. 生态需水量—理论方法与实践[M]. 北京:科学出版社,2003.