

水资源评价准则及其计算口径

王浩¹ 秦大庸¹ 陈晓军² 陈敏建¹ 王建华¹

(1. 中国水利水电科学研究院水资源所 2. 水利部水资源司)

摘要 通过对水资源定义及其内涵——水资源的有效性、可控性和可再生性的剖析,提出了水资源的评价准则及其计算口径。建立了广义水资源、狭义水资源、生态耗用水量 and 国民经济可利用量计算方法,进行了西北内陆干旱区各项水资源评价量的计算,给出了各项评价量之间的转换关系。

关键词 水资源 有效性 可控性 可再生性 广义 狭义 计算口径

对水资源概念的明晰定义,是界定水资源评价口径的前提,也是进行水资源的开发、利用、治理、配置、节约和保护的基础。由于水资源同时具有自然属性和社会属性,在一定条件下还具有生态属性和经济属性,因此,“水资源”这一貌似简单的概念却蕴涵着丰富的内涵,并由此导致了水资源评价中的争论。近年来,随着全球范围内水问题的不断突出,有关水资源的一系列基础概念正在受到挑战。例如,自然界中的水分,符合什么标准才应当算作水资源?在水资源的定义和评价中,如何反映人类活动导致的水资源演化效应?对不同层面的发展需求,如何建立具有层次化结构和兼容性特点的水资源评价口径?为试图回答上述问题,本文首先讨论了中外学者给出的水资源定义,从中找出了代表水资源本质特征的有效性、可控性和可再生性三个评价准则;然后依据这些评价准则,提出了层次化的水资源定义;最后结合例题,说明了水资源各个评价量的计算口径和相互联系。

一、水资源的定义及其内涵

国际上水资源这一名词最早出现于正式场合,是1894年美国地质调查局(USGS)设立了水资源处(WRD),其业务范围主要是地表河川径流和地下水的观测,以及相关资料的整编和分析等。显然,在这里水资源是作为陆面地表水和地下水的总称。《不列颠百科全书》将水资源解释为“自然界一切形态的水,包括气态、液态和固态水的总量”,这一定义过于宽泛,没有反映水资源的若干本质特征。在1963年的英国《水资源法》中,认为水资源是“具有足够数量的可用水”,该定义虽较前者严格,但缺乏科学基础和可操作性。联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)在1988年对水资源的定义是:“可供利用或有可能被利用、具有足够数量和可用质量、并为适应特定地区的水需求而能长期供应的水源”,在可操作性上推进了一步。2002年8月29日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过的《中华人民共和国水法》指出:“水资源包括地表水和地下水”,仍未能全面反映可持续发展不同层面的需求。对水资源认识上的差异是如此之大,其根本原因在于其储量有限而用途广泛和不可替代,具有多种赋存环境和复杂转化机制,而从各个侧面给出的水资源定义及其评价口径缺乏内在的一致性和层次性。

国内学术界对水资源一词的理解也各有不同。1991年《水科学进展》编辑部组织国内有关人士对水资源的内涵进行了一次笔谈,各位学者给出了如下定义:

- 刘昌明提出：“从自然资源的观念出发，水资源可定义为与人类生产与生活有关的天然水源。”
- 陈梦熊提出：“一切具有利用价值，包括各种不同来源或不同形式的水，均属水资源范畴。”
- 张家诚提出：“降水是大陆上一切水分的来源，但降水只是一种潜在的水资源，只有降水量中可被利用的那一部分才是真正的水资源。”
- 黄万里提出：“人类所利用的水资源包括农业用水、工业和生活用水。河槽水流是工农业用剩的水量，不应误作全国水资源。”
- 曲耀光提出：“水资源是指可供国民经济利用的淡水资源，它来源于大气降水，其数量为扣除降水期蒸发的总降水量。”
- 施德鸿提出：“不能把降水、土壤水或地表水称之为水资源，犹如不能把海水、洪水当作水资源一样，要把具有稳定径流量、可供利用的相应数量的水定义为水资源。”
- 贺伟程提出：“水资源主要指与人类社会用水密切相关而又能不断更新的淡水，包括地表水、地下水和土壤水，其补给来源为大气降水。”
- 陈家琦提出：“作为维持人类社会存在并发展的重要自然资源之一的水资源应当具有下列特性：可以按照社会的需要提供或有可能提供的水量；这个水量有可靠的来源，且这个来源可以通过自然界水文循环不断得到更新或补充；这个水量可以由人工加以控制；这个水量及其水质能够适应人类用水的要求。”

根据上述定义，可以得出水资源最为本质的三个特性是：有效性、可控性和可再生性。有效性是指，只有对人类生存和发展具有效用的水分才可以看作是水资源；可控性是指，在对人类具有效用的水分中，有必要进一步区分通过工程可以开发利用的那一部分水分；可再生性是指，水资源在流域水循环过程中形成和转化，其作为可再生性资源的充分必要条件是保持流域水循环过程的相对稳定。

综合以上讨论，特别是水资源最为本质的有效性、可控性和可再生性准则，笔者认为：“水资源是对人类社会经济发展和生态环境保护具有效用的淡水资源，其来源为大气降水，赋存形态为地表水、土壤水和地下水。水资源在数量上为扣除降水期蒸发的总降水量，通过天然水循环不断得到补充和更新，同时受到开发利用的人工调控和人类活动的其他影响。”

二、水资源评价准则与计算口径

2.1 有效性准则与广义水资源

从有效性出发定义水资源，首先是对传统意义上的水资源概念进行拓展。有效性标准对传统水资源涵义的第一个拓展是，与生态环境具有密切关系的水分都应该评价为水资源。这是因为，有效水分不仅是国民经济和社会发展的基础性资源，而且还滋养了对人类生存具有头等重要意义的生态系统，有效性概念可以同时体现水资源对生态环境保护和社会经济发展的决定性意义。有效性标准对水资源涵义的第二个拓展是，对生态环境具有效用的水分不仅是径流性水资源，而且还有部分降水资源。因为无论是天然生态还是人工生态，有效降水都是研究其水分需求的前提，在干旱、半干旱地区就更是如此。由此可以认为，从有效性出发定义的水资源包括了降水中的有效部分和径流性水资源，是一种广义水资源。

国内外习惯上仅将流域产水量评价为水资源，未包含雨水资源的利用量，不能反映水循环过程的全部有效水量。在我国北方地区径流性水资源不断下降的情况下，从流域水循环的角度整体研究水资源利用问题日显必要。广义水资源量的提出，对雨水资源化、节水标准和缺水标准的研究具有理论和实际意义。

广义水资源与传统水资源评价口径的区别主要在于有效降水。有效降水计算可对人工生态系统和天然生态系统分别进行。人工生态系统对降水有效利用量的计算包括植被与水面两部分,水面部分为降水深与人工水面面积的乘积;植被部分为各类人工植被面积利用降水的有效量之和。对每种人工植被,用种植面积与单位面积实际利用的降水深这两项的乘积作为降水利用的有效量。天然生态系统利用的有效降水计算更为简单,其水面部分与人工生态系统相同,其植被部分可认为植被面积上的全部降水深均是有效和可以利用的。

2.2 可控性准则与狭义水资源

从可控性概念出发研究水资源,是从人工调控角度对广义水资源作进一步的区分。广义水资源可以分为两类:一类是有效降水,可为天然生态系统与人工生态系统所直接利用,这部分水量难于被工程所调控,但可以调整发展模式增加对这部分水分的利用;另一类是径流性水资源,包括地表水、地下含水层中的潜水和承压水,这部分水量可通过工程对其进行开发利用。因此,从可控性准则定义的水资源是狭义水资源。19世纪80年代初我国第一次水资源评价时资源量中不包括有效降水部分,相当于仅就狭义水资源进行评价。

流域的多年平均产水量即为狭义水资源量。在基本没有开发利用的情况下,流域多年平均产水量即为多年平均河川径流量。在开发利用量较大不能忽略的情况下,还要加上流域平原区可以夺取的潜水蒸发。这部分“可夺取的”水分大小要视开发利用情况而定,最大量为流域山区对平原区的侧渗补给和平原区降水对地下水的补给。对我国西北内陆河地区,情况最为简单,不重复的流域总产水量为出山口径流量、平原区山前侧渗量、平原区降水入渗补给地下水量三项之和。一般情况下,流域的产水量会随开发利用条件的变化而相应变化。如地下水位一定程度的下降,会加大山前侧渗项和降水入渗补给项,而潜水蒸发项减少相对较小,从而使总产水量增加。同样,渠道衬砌会减少渠道入渗补给量,田间节水会减少田间入渗补给量,大规模引水会减少河道入渗补给量,各项开发利用活动导致的流域产水量变化,是流域水资源演化的一个重要方面。

2.3 可再生性准则与生态耗水量和国民经济可利用量

从可再生性出发研究水资源,是对狭义水资源在可持续利用意义下再作进一步的界定,以便提出社会经济发展的水资源可利用量。由于水循环是狭义水资源与广义水资源的共同基础,水循环本身及其相关过程的长期稳定性,是水资源可再生性维持的必要和充分条件。维护水循环本身的稳定,需要保持水热平衡和水量平衡;维护与水循环相关的物理、化学与生态过程的稳定,需要保持水沙平衡、水盐平衡和水土平衡。上述各类平衡归结到一点,就是在特定的时段和地域条件下保持有效水量的平衡。对于工程能够调控的狭义水资源而言,其不仅易于为国民经济所利用,更是干旱区非地带性植被赖以生存的基础,若在国民经济用水和生态环境用水之间调控不当,则会直接影响到流域水循环的稳定,进而影响到水资源的可持续利用。在广大干旱、半干旱地区,生态环境的脆弱性决定了生态需水具有更高的优先级,因此在狭义水资源中应当首先满足特定保护目标下的生态环境用水,其余部分才可作为水资源的国民经济可利用量。

生态环境需水的定义,一般意义上是指与特定生态环境保护目标相联系的物理、化学、生物过程处于平衡状态时所需要的水分,涉及到不同尺度的水热平衡、水循环平衡、水土平衡、水沙平衡、水盐平衡、水化学平衡等。干旱、半干旱地区的生态需水,是指符合生态保护目标且对景观维持及环境状况改善起支撑作用的系统,为维持其平衡所要消耗的水分。一般情形,农、林、牧业既具有经济价值也具有生态环境功能,其用水属于广义的生态用水。严格意义上的生态需水,不包括国民经济需水中的种植业和畜牧业需水。

从生态建设的水资源保障条件看,生态需水可分为可控生态需水和不可控生态耗水。可控生态需水是指植被所利用的径流性水资源,可通过水利工程改变径流的时空分布,从而控制或影响生态环境的水分利用条件。不可控生态耗水是指植被所消耗的降水中不形成径流的有效水分,尽管不可控生态耗水与水利工程无直接关系,但其耗水量将不同程度地受到土地利用格局改变的影响。从生态系统形成的原动力不同,又分为天然生态耗水和人工生态耗水两大类。天然生态耗水是指基本不受人工作用的绿色生态所消耗水量,包括天然水域和植被所耗水量,在干旱区天然植被可分为荒漠河岸林、低地草甸、前山带河谷林、荒漠植被等;人工生态耗水是指由人工直接或间接维持绿色生态所需水量,包括为生态目的种植的人工林草灌溉量和城市景观供水量,农业灌溉退水维持的人工生态水量,以及水土保持造林种草所消耗的降水量。

水资源的国民经济可利用量,特指在自然条件和经济条件允许的情况下,狭义水资源中能够被工程系统一次性开发利用的最大潜在量。这一最大潜在量包括了地表水和地下水两部分的可利用量,由于二者间的相互转化关系,地表水和地下水的可利用量均不是固定的,要根据二元模型进行计算。特别是在西北地区,平原地下水几乎全由地表水转化而来,必须根据不断变化的动态补给情况对地下水可利用量进行调整。

在讨论水资源的国民经济可利用量时,必须要与工程系统供水量相区别。工程供水系统明显改变了水资源的天然时空分布,形成了一次性意义下的水资源可利用量被多次重复利用的情况,甚至会出现全流域的工程系统供水量大于狭义水资源量的情况。地表水利用后的退水,在水平方向又汇入到地表径流中,相当于增加了水平方向的局域循环量;在垂直方向则入渗补给地下水,相当于增加了垂直方向的局域循环量。

根据水资源的有效性、可控性和可再生性提出的水资源评价准则与基本口径参见表1(略)。

三、各项水资源评价量的计算

以西北地区内陆河流域片为例,对广义水资源、狭义水资源、生态需水量、国民经济可利用量、工程系统供水量等进行了计算。基本的计算单元为流域三级区,由于篇幅所限新疆综合成三个分区,河西走廊为三个分区,柴达木盆地自成一区。计算中以降水为基本通量,在狭义水资源(径流)评价的基础上,对径流以外的降水进行了分析,初步估算了西北内陆河地区的无效降水和有效降水。通过直接估算无效降水,得出有效降水,从而推算广义水资源量。分别对山区和平原地区估算无效降水。计算无效降水的范围(冰川、山区裸岩裸土,荒漠戈壁、盐碱地)由遥感解译图给出数据。降水量根据降水等值线图与观测数据合理确定。不形成径流的降水扣除无效损失之后,得出有效降水。有效降水与径流量之和为广义水资源量。计算成果见表2(略)。

全西北内陆河地区降水量 3 260 亿 m^3 。无效降水 948 亿 m^3 ,其中山区、平原分别为 667 亿 m^3 、281 亿 m^3 ;有效降水约 1 326 亿 m^3 ,径流性水资源 986 亿 m^3 ,因此,广义水资源量约 2 312 亿 m^3 。有效降水主要是天然生态系统直接利用,少部分为平原人工绿洲的人工生态系统(包括农田、人工林草、水库等)吸收。

从降水—有效吸收(维持天然生态与人工生态)、无效蒸发—产流的构成看,西北内陆干旱区的无效降水量与产流量大体相当,分别为 29% 与 30% 左右。根据初步估算,西北干旱地区的有效降水量较大,平均达降水总量的 41% 以上。这部分降水支撑了广大的地带性植被,并补充了平原绿洲生态耗水,尤其对绿洲荒漠交错过渡带的生态需水起关键的作用。有效降水是过渡带生态耗水的主要来源,在部分径流参与下,广阔的过渡带成为绿洲抵御荒漠扩张的天然屏障。

四、水资源评价量之间的转化关系

根据本文给出的定义,流域水资源各项评价量之间的内在关系如图 1 所示。从图中关系可以看出,流域内天然和人工植被所利用的有效降水越多,则广义水资源量越大,越接近降水总量。若降水时空分布相对均匀,流域下垫面的温度、坡度、土质、水化学条件适宜,则几乎全部降水都可以形成对社会经济和生态环境具有效用的广义水资源。反之,若流域内的植被全部消失,生态系统所直接利用的有效降水接近于零,则广义水资源量就等于狭义水资源量。由于内陆河降水集中在山区,产流几乎全部来自于山区,而山区的人类活动影响小,故狭义水资源的多年平均值基本稳定。对于平原绿洲区,降水较少,天然和人工植被的水分需求主要依靠狭义水资源来支撑,社会经济系统对径流性水资源的耗用越多,对生态环境用水的挤占越甚;生态环境用水的减少势必导致生态恶化,其结果又会反过来制约社会经济的发展。

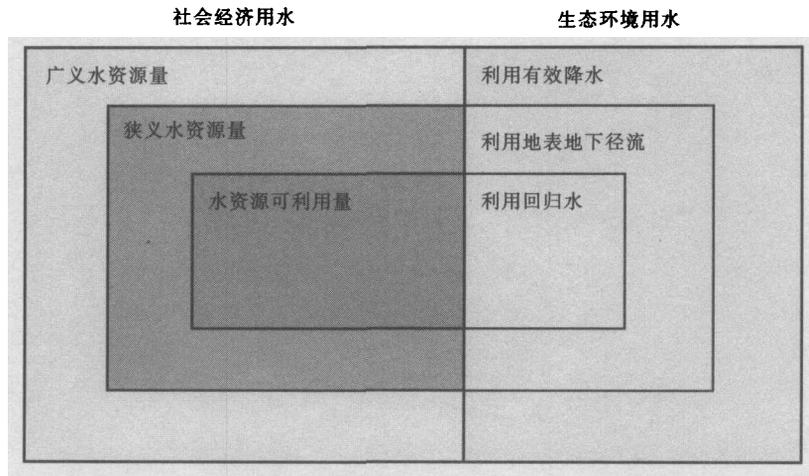


图 1 各项水资源评价量之间的关系

对于西北内陆干旱区各典型流域的水资源,根据其有效性、可控性和可再生性评价准则的分类定量关系的多年平均描述如图 2 所示。

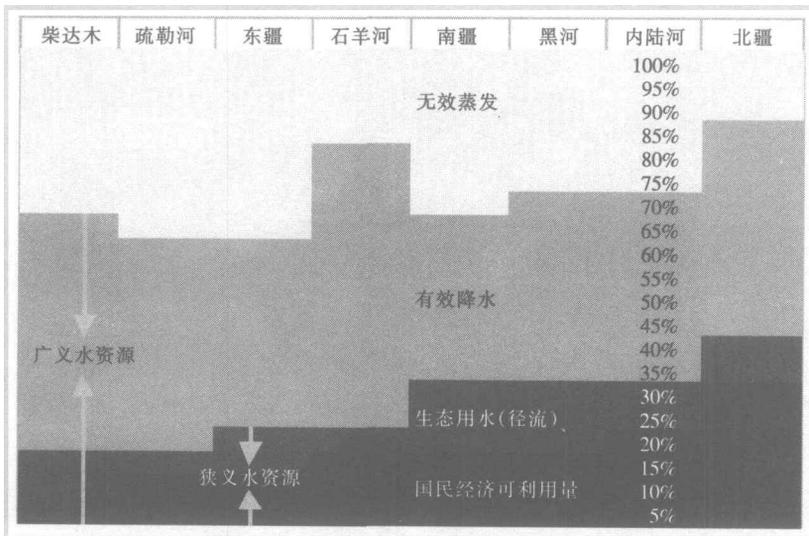


图 2 西北内陆河各典型流域水资源评价量之间的关系

平均而言,在西北地区内陆河流域片的总降水量中,约 29% 是消耗于高寒裸地、沙漠戈壁和天然盐碱地的无效蒸发,71% 是能够直接和间接为人类及生态环境所利用的广义水资源。广义水资源量中,约 4/7 是有效降水,可为天然生态和人工生态系统所直接利用,约 3/7 是河川径流,即狭义水资源。狭义水资源中,约 1/3 的径流量要为天然生态系统所直接利用,真正能够通过水利工程开发利用的水量仅占狭义水资源量的 2/3 左右。

从内陆河片各典型流域的水资源评价量看,国民经济可利用量最小的是柴达木盆地,其次为河西走廊西段的疏勒河流域和东疆地区,这一带干旱程度最高,生态也最为脆弱,因此其生态需水耗用径流性水源的比例较高,刚性也较大;相对而言,由于荒漠面积大,其无效蒸发在降水总量中的比例较大,而狭义水资源在降水总量中的比例也最小。北疆则处于另一个极端,是水分条件和生态条件相对最好的。由此可见,层次化的水资源评价量可以揭示水分和生态的关系,生态用水和国民经济用水的关系,以及降水性水资源和径流性水资源的关系,符合我国实际,与可持续发展理念也更为切合。