

水资源可利用量计算

王建生, 钟华平, 耿雷华, 徐澎波, 刘翠善

(南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 水资源可利用量是从资源利用的角度, 分析流域及河流水系可被河道外消耗利用的水资源量, 对流域水系水资源开发利用程度的总体控制, 水资源合理配置和水资源承载能力的研究具有实际意义。从阐述水资源可利用量的基本概念入手, 提出了地表水资源可利用量和水资源可利用总量的计算方法, 计算了全国及水资源一级区的可利用总量, 同时分析了我国水资源开发利用的程度、限度和潜力。

关 键 词: 地表水资源量; 水资源总量; 可利用量; 可利用率

中图分类号: TV213.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6791(2006)04-0549-05

1 基本概念

从水资源利用的角度, 流域或区域中由降水形成的当地水资源量可划分为三部分: 一部分是由于技术手段或经济因素等原因在所预见的未来尚难以被利用的水量(主要是汛期洪水下泄量和不具备开发利用价值的地下水); 第二部分是维系生态系统功能而应保持在河道内和保持一定的地下水合理水位所需要的相应水量(主要指维系河道生态环境的最小河道内用水量和维护地下水系统采补基本平衡而不宜开采的地下水补给量); 剩余的部分为水资源可利用量, 即可供人类经济社会活动消耗利用的河道外一次性最大水量^[1]。

根据上述概念, 地表水资源可利用量和水资源可利用总量可定义为: 地表水资源可利用量是指在可预见的时期内, 在统筹考虑河道内生态环境和其它用水的基础上, 通过经济合理、技术可行的措施, 在地表水资源量中可供河道外生活、生产、生态用水的一次性最大水量(不包括回归水的重复利用)^[2]。水资源可利用总量是指在可预见的时期内, 在统筹考虑生活、生产和生态环境用水的基础上, 通过经济合理、技术可行的措施在当地水资源量中可资一次性利用的最大水量。

地表水资源可利用量在于界定地表水资源量中一部分可被河道外利用(包括经济生产、生活用水以及生态环境用水), 另一部分保持在河道内。保持在河道内的水量仍然具有经济生产和生态环境的功能和利用价值, 两者的区别主要在于前者为消耗性水量而后者为非消耗性水量。为了分析水资源可被消耗利用的最大程度, 并用以对流域水系的水资源开发利用程度进行总体控制, 有必要将两者区分开来。

对于汛期下泄洪水, 不仅要依据洪水资源利用的现状, 还要考虑未来的发展与工程建设^[3]可能被利用的程度。由于洪水具有突发性、不确定性及变化幅度较大的特点, 不可能也没有必要全部被利用。根据在可预见的未来需求状况和经济技术条件, 确定可能被利用的程度, 这样对水资源合理利用与配置才具有实际意义。

2 计算方法

2.1 地表水可利用量计算

水资源量中包括不应该被利用的水量和难以被控制利用水量。不应该被利用的水量是指为维护生态系统的良性运行而不允许利用的水量, 即必须满足的自然系统生态环境用水量。难以被利用的水量是指因各种自然、

收稿日期: 2005-02-23; 修订日期: 2005-07-22

基金项目: 全国水资源综合规划研究专题

作者简介: 王建生(1945-), 男, 江苏南京人, 教授级高级工程师, 主要从事水文水资源研究。E-mail: jswang@nhri.cn

社会、经济技术因素和条件的限制而无法被利用的水量。主要包括：超出工程最大调蓄能力和供水能力的洪水量等；在可预见时期内受工程经济技术性影响难以被利用的水量；在可预见的时期内超出最大用水需求的水量等；以及开采价值不大的地下水量等。

多年平均地表水资源可利用量为多年平均地表水资源量减去多年平均河道内最小生态环境需水量和汛期下泄洪水量^[4]。可用下式表示：

$$W_{\text{地表水可利用量}} = W_{\text{地表水资源量}} - W_{\text{河道内最小生态环境需水量}} - W_{\text{洪水弃水}} \quad (1)$$

由上式可以看出地表水资源可利用量计算关键是如何确定河道内最小生态环境需水量和汛期难以控制利用的洪水量。

2.1.1 河道内需水量

河道内需水量包括河道内生态环境需水量和河道内生产需水量。河道内生态环境需水量主要有：维持河道基本功能的需水量(包括防止河道断流、保持水体合理的自净能力、河道冲沙输沙以及维持河湖水生生物生存的水量等)；通河湖泊湿地需水量(包括湖泊、沼泽地、以及必要的地下水补给等需水)；河口生态环境需水量(包括冲淤保港、防潮压咸及河口生物保护需水等)。

河道内生产需水量主要包括航运、水力发电、旅游、水产养殖等部门用水^[5,6]。河道内生产用水一般不消耗水量，但要在河道中预留一定水量配额。

根据不同河段、不同时期河道主要的生态环境与生产功能，计算其相应的河道内需水量。由于河道内需水具有不消耗水量且可多项功能用水重复利用的特点，因此，河道内总需水量是在上述各项河道内生态环境需水量及河道内生产需水量计算的基础上，逐月取外包值。河道内生产需水量要与河道内生态环境需水量统筹考虑，其超过河道内生态环境需水量的部分，要与河道外需水量统筹协调。

多年平均地表水可利用量计算，应扣除其多年平均最小生态环境用水量，如果河道内生态环境用水量不能保持其最低的要求，将会出现严重的生态环境问题，但并不是不分枯水年与丰水年，年年都要满足这样的生态环境用水量，也不是不分汛期与非汛期都要保持这样的用水要求。生态环境用水不同于生活和生产用水，它可以以丰补欠，一般生态环境用水量只有在较长时期内未得到满足，才会出现生态环境问题。

2.1.2 汛期难以控制利用的洪水

汛期难以控制利用的洪水量是指在可预见的时期内，不能被工程措施控制利用的汛期洪水量。汛期水量中除一部分可供当时利用，还有一部分可通过工程蓄存起来供今后利用外，其余水量即为汛期难以控制利用的洪水量。对于支流而言是指支流泄入干流的水量，对于入海河流是指最终泄弃入海的水量。汛期难以控制利用的洪水量是根据流域最下游控制节点以上的调蓄能力和耗用程度综合分析计算出的水量。

将流域控制站汛期的天然径流量减去流域能够调蓄和耗用的最大水量，剩余的水量即为汛期难以控制利用下泄洪水量。汛期能够调蓄和耗用的最大量，为汛期用水消耗量、水库蓄水量和调出外流域水量的最大值，可根据流域未来规划水平年供水预测或需水预测的成果，扣除其重复利用的部分折算成一次性供水量来确定。

汛期难以控制的洪水要综合考虑河流的特性与条件、水资源利用工程状况与规模、水资源开发利用的情景与程度等因素的影响。对于开发利用程度较高的北方河流，重点分析现状开发利用情况；对于南方河流要考虑未来的发展，并适当留有余地。

考虑到我国各地条件的差异，地表水资源可利用量的计算按照以下不同类型分别进行计算：大江大河由于河流较大，径流量大、调蓄能力强，地表水资源可利用量既要考虑扣除河道内生态环境和生产需水，同时也要扣除汛期难以利用的洪水量；沿海独流入海河流一般水量较大，但源短流急，水资源可利用量主要受制于供水工程的调控能力；内陆河流生态环境十分脆弱，对河道内生态环境最小需水的要求较高，需要给予优先保证；边界与出境河流除考虑一般规律外，还要参照分水的可能以及国际分水通用规则等因素确定。

2.2 水资源可利用总量计算

由于地下水资源的很大部分是通过河川基流的形式排泄，同时地下水的一部分也是由地表水资源补给转化

而成，在地表水资源可利用量计算中已计入了该部分水量，因此在计算流域水资源可利用总量中仅计入地下水与地表水不重复部分中可资一次性利用的水量以及地表水可利用量。

水资源可利用总量估算可采取下列两种方法：

(1) 地表水资源可利用量与浅层地下水资源可开采量相加再扣除两者之间的重复计算量。两者之间的重复计算量主要是平原区浅层地下水的渠系渗漏和田间入渗补给量的开采利用部分。公式为

$$W_{\text{可利用总量}} = W_{\text{地表水可利用量}} + W_{\text{地下水可开采量}} - W_{\text{重复量}} \tag{2}$$

$$W_{\text{重复量}} = \rho (W_{\text{渠渗}} + W_{\text{田渗}}) \tag{3}$$

式中 ρ 为可开采系数，是地下水资源可开采量与地下水资源量的比值。

(2) 水资源可利用总量为地表水资源量与地下水资源的非重复量(降水入渗补给量与河川基流量之差)中可供一次性利用的水量与地表水资源可利用量之和。估算公式为

$$W_{\text{可利用总量}} = W_{\text{地表水可利用量}} + k (Pr - Rg) \tag{4}$$

式中 Pr 为降水入渗补给量； Rg 为河川基流量； k 为地下水与地表水资源不重复水量的可耗用系数，由单位不重复地下水开采量扣除开采后回归到地下水中的水量求得。

3 全国及水资源一级区计算成果

在全国主要江河上选择了 115 个水系的 144 个主要控制站，按照大江大河、沿海独流入海河流、内陆河流和边界与出境河流四种类型分别进行地表水资源可利用量的计算。并在此基础上计算出包含独立水系的水资源二级区地表水资源可利用量和水资源可利用总量，再进一步汇总出各水资源一级区和全国水资源可利用量成果。全国及各水资源一级区水资源可利用量计算成果见表 1。

表 1 水资源可利用量计算成果
Table 1 Calculation results of available water quantity

区 域	地表水 资源量 / 10^8m^3	河道内生态 环境需水 / 10^8m^3	汛期下泄 洪水量 / 10^8m^3	地表水资源 可利用量 / 10^8m^3	地表水资源 可利用 率/ %	水资源 总量 / 10^8m^3	水资源可 利用总量 / 10^8m^3	水资源总量 可利用率 / %
松花江	1296	304	379	613	47.3	1492	764	51.2
辽 河	408	78	140	190	46.7	498	261	52.3
海 河	216	33	73	110	50.9	370	238	64.4
黄 河	594	159	110	325	54.7	707	410	58.1
淮 河	677	136	223	318	47.0	916	472	51.5
长 江	9857	3336	3694	2827	28.7	9960	2827	28.4
东南诸河	1986	602	724	660	33.2	1993	660	33.1
珠 江	4708	1342	2166	1200	25.5	4722	1200	25.4
西南诸河	5775	1790	3176	809	14.0	5775	809	14.0
西北诸河	1174	730	0	444	37.8	1276	502	39.3
北方 5 区	3191	710	925	1556	48.8	3983	2145	53.9
南方 4 区	22326	7070	9760	5496	24.6	22450	5496	24.5
西北诸河	1174	730	0	444	37.8	1276	502	39.3
全 国	26691	8510	10685	7496	28.1	27709	8143	29.4

在我国自产的水资源量中，全国地表水资源可利用量为 7 496 亿 m^3 ，地表水资源可利用率为 28.1%，水资源可利用总量为 8 143 亿 m^3 ，水资源可利用总量可利用率为 29.4%。全国地表水资源量中，必需保持的河道内生态环境用水为 8 510 亿 m^3 ，约占地表水资源量的 32%；下泄洪水量和不能利用的水量为 10 685 亿 m^3 ，占地表水资源量的 40%左右。全国水资源总量与地表水资源量的差值(非重复水量)1 018 亿 m^3 ，水资源可利用总量与地表水资源可利用量的差值为 647 亿 m^3 ，非重复水量利用率达到 63%。全国现状(2000 年)地表水和浅层地下水供水 5 420 亿 m^3 ，扣除其回归河道并可重复利用的水量 1 640 亿 m^3 ，剩余的水量河道外一次性供水 3 780 亿 m^3 。

3 780 亿 m^3 , 现状一次性供水量为水资源可利用总量的 46%, 尚有 4 360 亿 m^3 的水量可供未来开发利用, 但其中 83% 以上分布在南方, 包括西北诸河的北方地区仅为 760 亿 m^3 , 这其中的 50% 左右又分布于东北和西北的边界与出境河流。

由于我国不同地区水资源条件和生态环境状况有很大差异, 河道生态环境保护的要求与标准也不同, 水资源的开发利用条件差别也很大, 因而水资源可利用量具有明显的差异。水资源可利用率总体上北方高于南方地区, 大江大河高于中小河流, 开发利用程度高或条件好的河流(区域)高于开发利用程度低或条件差的地区。

北方 5 区(松花江、辽河、海河、黄河、淮河区)地表水资源量 3 191 亿 m^3 , 占全国的 12%, 水资源总量 3 983 亿 m^3 , 占全国的 14%。地表水可利用量 1 556 亿 m^3 , 水资源可利用总量 2 145 亿 m^3 , 分别占全国的 21% 和 26%, 地表水可利用率和水资源总量可利用率分别比全国平均值高 21 和 25 个百分点。北方 5 区水资源总量与地表水资源量的差值(非重复水量)为 792 亿 m^3 , 水资源可利用总量与地表水资源可利用量的差值为 589 亿 m^3 , 非重复水量利用率达到 74%, 这与其地下水开发利用条件和状况是相符的。北方 5 区现状地表水和浅层地下水供水量 1 800 亿 m^3 (不包括外流域调入水量), 现状一次性供水量约 1 420 亿 m^3 , 为水资源可利用总量的 66%。其中海河南北系、黄河支流汾河、西辽河等现状一次性供水量已大于其水资源可利用总量, 超过水资源的承载能力; 东辽河、辽河水系、浑太河、滦河、徒骇马颊河、黄河干流、沂沭泗河、山东半岛等现状一次性供水量为水资源可利用总量的 80% 以上, 基本没有开发利用的潜力; 东北周边的边界河流现状一次性供水量为水资源可利用总量的 20% 左右, 尚有一定的开发利用潜力。

南方 4 区(长江、珠江、东南诸河、西南诸河区)地表水资源量 22 326 亿 m^3 , 水资源总量 22 450 亿 m^3 , 分别占全国的 84% 和 81%。水资源可利用量 5 496 亿 m^3 , 占全国地表水资源可利用量的 73%, 占全国水资源可利用总量的 67%。水资源可利用率约为 25%, 比全国平均数低 4 个百分点左右。南方 4 区现状一次性供水量 1 900 亿 m^3 , 水资源可利用总量中尚有 3 600 亿 m^3 可供未来开发利用, 开发利用潜力较大。长江流域地表水资源可利用量 2 827 亿 m^3 , 占全国的 38%, 利用率约为 29%, 与全国平均值相当。长江流域未来向外流域调水按 600 亿 m^3 考虑, 供本流域河道外一次性供水量可达 2 200 亿 m^3 , 现状一次性供水量 1 200 亿 m^3 , 未来本流域可开发利用的水资源量约为 1 000 亿 m^3 , 是我国未来水资源开发的重点地区。珠江区(包括珠江流域和华南沿海诸河)和东南诸河区水资源可利用量为 1 860 亿 m^3 , 水资源利用率约为 28%, 略低于全国平均数。现状一次性供水量 700 亿 m^3 , 可供未来开发利用的水资源量约为 1 160 亿 m^3 。西南诸河水资源可利用量 809 亿 m^3 , 但现状开发利用程度很低, 水资源总量利用率仅为 1.0%, 西南诸河水资源量丰沛, 具有向外流域调水的有利条件, 未来水资源总量利用率提高到 10% 以上是可能的, 是我国水资源开发潜力最大的地区。

西北诸河区自然地理条件复杂、生态环境状况特殊。水资源可利用量主要受生态环境保护的目标与要求制约影响, 不同地区之间人类活动的影响程度差异很大, 总体上西北诸河区水资源总量利用率在 40% 左右。其中西北出境河流水资源总量利用率为 50%; 内陆河中一些现状开发利用程度较高的河流(如塔里木河、黑河、石羊河等), 利用率达到 50% 左右, 青海境内内陆河利用率 20% 左右, 藏北羌塘等地区生态环境脆弱, 以及一些独立的小河不具备开发利用其水资源的条件, 暂时未计算其可利用量。西北诸河现状一次性供水量 450 亿 m^3 , 已达水资源可利用量的 90%, 其中石羊河、黑河、疏勒河、塔里木河以及天山北麓内陆河等现状开发利用程度已超过水资源利用率, 仅出境河流尚有一些开发潜力。

4 结 论

通过水资源可利用量的计算分析可以看出, 我国不仅水资源量地区分布不均的问题突出, 水资源可利用量地区之间的差异也十分明显。北方地区(包括西北诸河)水资源可利用总量占全国的 33%, 大部分地区现状一次性供水量接近或超过水资源可利用总量, 即现状水资源开发利用程度接近或超过其最大的开发利用限度, 部分地区出现严重的生态环境问题。未来可开发利用的水资源量仅 760 亿 m^3 , 占全国的 17% 左右, 其中一半左右

主要分布在东北和西北边界与出境河流上。南方地区水资源可利用总量占全国的 67%，未来可开发利用的水资源量 3 600 亿 m^3 ，占全国的 83%，具有较大的开发潜力，长江和西南部分出境河流除可满足本流域的用水需求外，还有充裕的水量可向外流域调出。

参考文献：

- [1] 王建生. 水资源可利用量、开发利用潜力与承载能力[A]. 水资源及水环境承载能力学术研讨会论文集[C]. 北京：中国水利水电出版社，2002. 33 - 39.
- [2] 钟华平，王建生，徐澎波，等. 地表水资源可利用量计算原则[J]. 水利水电技术，2004，(2)：9 - 11.
- [3] 郭周亭. 水资源可利用量估算初步分析[J]. 水文，2001，21(5)：23 - 26.
- [4] 钟华平，王建生，徐澎波，等. 地表水资源可利用量计算探讨[A]. 中国水利学会首届青年科技论坛论文集[C]. 北京：中国水利水电出版社，2004. 38 - 41.
- [5] 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.
- [6] 贾宝全，张志强，张红旗，等. 生态环境用水研究现状、问题分析与基本构架探索[J]. 生态学报，2002，22(10)：1 734 - 1 740.

Available water resources in China

WANG Jian-sheng, ZHONG Hua-ping, GENG Lei-hua, XU Peng-bo, LIU Cui-shan

(Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract： Available water resources is the possible consumed water resources for outer riverway in a river basin from the point of view of water resources utilization. It has a practice significance to control the degree of water resources development and utilization, study water resources rational allocation and water resources carrying capacity. Start with setting the concept of available water resources, this paper puts forward the calculation methods for available surface water resources and total available water resources, the total available water resources in China and in the first rank areas are estimated by using the methods, and the degree, the limit and the potential of the development and utilization of water resources in China are analyzed.

Key words： surface water resources; total water resources quantity; available water resources; ratio of available water quantity