

论区域水资源供需分析

Discussion on Regional Water Resources Demand-supply Analysis

谢宜岳 杨彤
Xie Yiyue Yang Tong

(广西水利厅 南宁 530023)
(Guangxi Department of Water Resources, Nanning, 530023)

摘要 简述区域水资源供需分析中需要解决的问题, 讨论区域水资源供需过程演算、区域水利经济算法和系统分析数学模型。

关键词 区域水资源 供需平衡 算法

中图法分类号 TV 213.9

Abstract The demand-supply balance of regional water resources, the calculation of regional water economy and systematic analysis model are discussed. The problems that need to be solved in the regional water resources analysis are released.

Key words regional water resources, demand-supply balance, algorithm

经济发展对水资源的需求越来越多, 不只需求量增多, 需求的部门也大量增多, 还有水质的问题, 因此水资源需求的工程项目, 在实施之前必需回答和论证区域水资源的各项问题, 此种种都是区域水资源供需分析的工作内容。国家对区域水资源供需分析的要求, 在具体计算上尚未能提出一个区域水资源供需分析的算法规范。在历次水资源供需分析工作中, 各地在实际做法上, 大多是以年为单位进行, 因而水资源的时程分布不均也只体现在年际间的不均。而对年内分布的不均与工程的调蓄作用则未能体现出来。作者在广西的历次水资源供需分析工作中, 应用其研究成果^[1~6], 采用了以月为时段单位, 考虑调蓄作用的典型年算法, 取得了精度、深度较高的结果。

1 区域水资源供需分析要解决的问题

水资源的发生是一种随机的自然现象, 其数量与形态(雨、雪、冰、霜、湿气)随时空而变, 即因时间、地点而异。区域水资源供需分析主要是有关区域水资源量与供需过程计算等问题。如水资源数量与发生过程如何计算? 算法中如何体现水资源的时空变化? 如何选取占有适当地理位置的水文站点作为体现“空”的变化的代表站? 如何从代表站的多年系列资料数据中选取体现“时”的变化的年频率(保证率)? 代表年? 或典型年? 域内众多的水工程如何分类与处理? 区域内门类繁多的需水, 如何分类? 需水定额问题? 灌溉需水的时空变化

如何体现?如何通过这些工程计算来水?计算中如何体现区域内众多的大、中、小型水库的蓄调作用?此外,还有区域水利经济算法和建立系统分析数学模型的问题。

2 区域水资源供需分析算法

2.1 几个基本参数选取

2.1.1 水文代表站与保证率 区域年来水的数据来源于区域内水文站点河川径流多年观测数据系列的整编资料.区域内有多个水文站点时,选定一个能控制全区域,具有较好代表性的站点作为代表站以取其数据——保证率与相应的年来水(南方一般取 $P=50\%,75\%,95\%$).若区域内无水文站点,则应选定邻区较有水文相似性的站点为代表站,借用其资料数据。

2.1.2 代表年与实际年法 要体现来水在一年中的变化过程,则必需在来水的多年系列中选取一个 P 值与变化过程符合要求的代表年.代表年是一个实际年,其 P 值接近所选取值.这种选取方法称之为实际年法。

2.1.3 典型年法 若需使选定年的 P 值等于选定值(即 $P=50\%/75\%/95\%$)则将所选代表年来水月分配比保持不变,但其年总量改用所选 P 值的年总量(即其 P 值可为 $50\%,75\%$ 或 95%).如此处理方法称之为典型年法。

2.1.4 年型选定 多年系列采用日历年.年过程时段单位为日历年各个月.1980年“水资源合理利用与供需平衡分析研究”工作采用实际年法。

2.1.5 农灌需水 与天气有关,与来水的时空变化有关,其需水定额与月分配比等数据要参照区域内的灌溉试验站点的资料取定.生活、工业需水较为稳定.河道内需水,如发电,航运等定为不参加区域水资源供需分析.但拦河水库下游的生态环境需水仍需考虑(一般为来水的 $0.15\sim0.25$).

2.2 区域水资源供需过程演算

将区域水资源供需过程概化为一个仿时历法水库调节运算的形式(表1)。

表1

T (月)	WR (来水)	WD (需水)	X (供水)	V (蓄水)	DE (缺水)	OV (溢水)	WS (可供水)
1	WR_1	WD_1	X_1	V_1	DE_1	OV_1	WS_1
2	WR_2	WD_2	X_2	V_2	DE_2	OV_2	WS_2
3	WR_3	WD_3	X_3	V_3	DE_3	OV_3	WS_3
...
12	WR_{12}	WD_{12}	X_{12}	V_{12}	DE_{12}	OV_{12}	WS_{12}
合计	WR_0	WD_0	X_0	V_{12}	DE_0	OV_0	WS_0

表1中, X, V, DE, OV, WS 为未知数变量,通过演算求出。

WR, WD 为已知数,其算式为

$$WR(T) = \sum_{I=1}^6 R(I, T), I = 1, 2, 3, \dots, 6; \quad (1)$$

$$WD(T) = \sum_{I=1}^4 WWD(I, T), I = 1, 2, 3, 4; \quad (2)$$

式中, $T = 1, 2, 3, \dots, 12$ 。

$$\text{区域内年初库存水量 } V(0) = KV \cdot VE, \quad (3)$$

式中, VE 为区域内水库有效库容总和, KV 为年初蓄水系数 $0.1 \sim 0.5$ 。表1之演算,从1月开

始,逐月往下进行至12月,各月运算方法如下:

(i) 若 $WR(T) - WD(T) = 0$, 则 $X(T) = WD(T)$,

$$V(T) = V(T-1), OV(T) = DE(T) = 0.$$

(ii) 若 $WR(T) - WD(T) > 0$, 则 $X(T) = WD(T)$,

$$V(T) = V(T-1) + WR(T) - WD(T), DE(T) = 0;$$

但 $V(T) > VE$ 时, 则 $OV(T) = V(T) - VE, V(T) = VE$.

(iii) 若 $WR(T) - WD(T) < 0$, 则 $OV(T) = 0$, 有以下两种情形:

① 当 $WD(T) - WR(T) \leq V(T-1)$ 时, 则

$$X(T) = WD(T), DE(T) = 0, V(T) = V(T-1) + WR(T) - WD(T).$$

② 当 $WD(T) - WR(T) > V(T-1)$ 时, 则

$$X(T) = WD(T) + V(T-1), V(T) = 0, DE(T) = WD(T) - WR(T) - V(T-1).$$

上述演算要创建一系列算式和公式, 还要研制计算机程序, 经如此演算可得上述各月之未知数—— X, V, DE, OV 及 WS .

上述区域水资源供需过程算法, 在一个地市的区域内, 在水资源的合理统一调度下, 应用证明是可行的. 在上述区域水资源供需演算中, 还补充了“增加抗旱临时提水工程”与“规划水平年增加投资”这两项算法.

2.3 区域水利经济算法

区域水利经济计算不同于单项水工程的经济计算, 它所面对的是区域内繁多的各类水工程, 它不能对区域内各类工程一个一个去进行计算, 而是用“经济使用有效年限”原理将区域全部水工程, 按类置于同一经济使用年限(参照《水利经济计算规范》-SD139-85 的规定确定)计算其总的投资、费用与效益. 按水平年并 P 值(保证率)对各类水工程(6类)进行投资、费用与效益的调研, 取得参加区域水利经济计算的数据. 应用“动态经济”与“时间因素”原理, 将效益与支出(投资 + 费用)折算到施工第1年末的时间点上. 概化水工程投资施工过程, 使这一过程为 m 年, 则第1年与第 m 年的投资为总投资的 $1/[2(m-1)]$, 其它各年均为 $1/(m-1)$. 提出基本算式如下:

$$\text{投资现值 } IP = \sum_{j=1}^m IV_j (1+r)^{(1-j)}, \quad (4)$$

$$\text{费用现值 } FP = \sum_{j=1}^n FA_j (1+r)^{(1-j)}, \quad (5)$$

$$\text{支出现值 } CP = IP + FP, \quad (6)$$

$$\text{效益现值 } BP = \sum_{j=1}^n BA_j (1+r)^{(1-j)}, \quad (7)$$

$$\text{益本比 } BCR = BP/CP, \quad (8)$$

$$\text{净效益现值 } BNPW = BP - CP, \quad (9)$$

式中, m 为投资施工年数; n 为经济计算期, 即施工年数与工程经济使用有效年限之和; IV_j 为施工第 j 年投资; FA_j 为第 j 年的费用; r 为年利率, 采用 $6\% \sim 7\%$.

2.3.1 投资现值系数

$$\text{按概化投资施工过程, (4) 式可表示为 } IP = K(m) \cdot INV, \quad (10)$$

式中, INV 为投资总和; $K(m)$ 为投资现值折算系数;

$$K(m) = (2+r)[1 - (1+r)^{(1-m)}] / [2(m-1)r]. \quad (11)$$

2.3.2 费用与效益现值系数

费用现值与效益现值均可用均匀年系列公式计算,即(5)、(7)式可表示为:

$$\text{费用现值 } F_p = K(k) \cdot F_{av}, \quad (12)$$

$$\text{效益现值 } B_p = K(k) \cdot B_{av}, \quad (13)$$

$$K(k) = [(1+r)^n - 1]/[r(1+r)^{n-1}] - [(1+r)^k - 1]/[r(1+r)^{k-1}], \quad (14)$$

式中, F_{av} 、 B_{av} 分别为年均费用与年均效益; k 为施工中未运行年数.

① 费用现值系数: 对大、中水库, $n = 45$ 年, $k = 5$ 年, 其现值系数为

$$KB = [(1+r)^{45} - 1]/[r(1+r)^{44}] - [(1+r)^5 - 1]/[r(1+r)^4]; \quad (15)$$

对小水库、引水、提水、其它工程, $N = 30$ 年, $K = 2$ 年, 其现值系数为

$$KL = [(1+r)^{30} - 1]/[r(1+r)^{29}] - [(1+r)^2 - 1]/[r(1+r)]; \quad (16)$$

② 效益现值系数: 对大、中水库工程的取 KB , 对小水库、引水、提水与其它工程的, 取 KL .

2.3.3 区域水利经济效益、支出和净效益等现值算式

① 灌溉效益现值

$$B_i = 1, 2, 3 = (\eta_1 KB + \eta_2 KL) \sum_{i=1}^3 D_{i,0} P_i / W_i, \quad (17)$$

式中, $I = 1, 2, 3$, 对应水稻、玉米与甘蔗三种作物年需水; η_1, η_2 为水工程类型权系数, 通过调研取定, 现分别为 0.6, 0.4; P_i 为作物水因年均增产值(元/666米²); $D_{i,0}$ 为作物年需水; W_i 为作物灌溉毛定额(m³/a · 666 m²).

② 生活、工业等供水效益现值

$$B_i = 4, 5, 6 = (\eta_3 KB + \eta_4 KL) \cdot \sum_{i=4}^6 D_{i,0} \cdot P_i, \quad (18)$$

式中, $i = 4, 5, 6$ 对应生活、工业其它等 3 项需水; $\eta_3 = 0.2$;

$\eta_4 = 0.8$; $D_{i,0}$ 为此三项年需水; P_i 为水单价(元/米³).

③ 发电效益现值

$$EP_i = 1, 2, 3 = [\eta_e KB + (1 - \eta_e) KL] \cdot \sum_{i=1}^3 (PE_i \cdot E_i), \quad (19)$$

式中, $i = 1, 2, 3$ 对应大、中、小型水库电站; $\eta_e = 0.8$; PE_i 为电之单价(元/度); E_i 为年均发电量(度).

④ 区域水利经济总效益现值

$$B_{pw} = B_{i=1,2,3} + B_{i=4,5,6} + EP_{i=1,2,3}. \quad (20)$$

⑤ 区域全部水利投资现值

$$IVPW = K(10) \cdot IV_{i=1,2} + K(2) \cdot IV_{i=3,4,5,6}, \quad (21)$$

式中, $i = 1, 2, \dots, 6$ 分别对应大、中、小水库, 引水、提水、其它工程; $IV_{i=\dots}$ 为区域内各类水工程投资和(据统计).

⑥ 区域水工程全部费用现值

$$F_{pw} = KB \cdot FAV_{i=1,2} + KL \cdot FAV_{i=3,4,5,6}, \quad (22)$$

⑦ 区域水工程全部支出现值

$$CST_{pw} = IV_{pw} + F_{pw}. \quad (23)$$

⑧ 区域水利经济净效益现值

$$BNPW = B_{pw} - CST_{pw}, \quad (24)$$

其益本比为 $BCR = B_{pw}/CST_{pw}$. (25)

2.4 数学模型分析

这里采用改正单纯形法优化. 作者针对广西区域水资源供需分析拟定线性规划数学模型, 在“水资源合理利用与供需平衡分析研究”工作中加以应用(1980~1985). 现对数学模型的拟定简要论述.

2.4.1 拟定广西区域水资源系统分析数学模型应注意 1) 需考虑区域的自然水文特点与社会经济水平. 选取一定 $P(\%)$ 值, 一定月分配比的水文代表年并代表站以体现水资源的时空随机性. 2) 选取一定的水平年以体现该区域社会经济发展的现状与规划水平. 3) 以区域水利经济净效益现值最大为最优化标准. 拟定此项计算的算式作为目标函数. 4) 拟定各类作物如水稻、玉米、甘蔗等的灌溉需水的约束条件式. 5) 拟定体现各水平年水工程设施能力的灌溉面积与灌溉定额的约束条件式. 6) 各型水库应具有供水、灌溉与发电等综合效益. 7) 按政策规定次序满足生活、工业及其它河道外需水的要求. 8) 河道内需水(水库下游河道)要求. 9) 来水与供水的关系. 10) 水库的蓄调作用, 各月蓄水的约束. 11) 区域水资源供需平衡. 12) 区域其它政策性限定.

2.4.2 变量 1) 决策变量与限定系数: 决策变量为供水($X_{i,t}$)与需水($Y_{i,t}$); 限定系数为来水($WR_{i,t}$)与需水控制值($WD_{i,t}$); 其中, $i=1, 2, \dots, 6$ 分别对应大、中、小水库, 塘坝、引水、提水工程与水稻、玉米、甘蔗灌溉, 工业、生活、河道内需水; $t=1, 2, \dots, 12$ 月(下同).

2) 状态变量: 主要状态变量为 $V_{i,t}$ 表示各项水工程蓄水量; $i=1, 2, \dots, 6$ 分别对应上述 6 种水工程但引水、提水工程无库容, 即 V_5, V_6 .

3) 目标函数算式:

$$\text{Max}\{F_{\text{npw}}(X, Y) = \sum_{t=1}^{12} (\sum_{i=1}^m b_i Y_{i,t} - \sum_{i=1}^{m1} c_i X_{i,t} + \sum_{i=1}^3 e_i X_{i,t})\} \quad X \geq 0, Y \geq 0$$

此为线性多项式. 式中, b_i 与 Y_i 对应, 为效益系数; c_i 与 x_i 对应, 为支出系数; e_i 与 $x_i = 1, 2, 3$ 即大中小水库对应, 为发电效益系数. b, e, c 通过区域水利经济计算得出.

约束条件算式见文献 [5]. 软件研制与应用见文献 [1, 2, 5, 6].

3 结语

作者对区域水资源供需分析算法的研究始于 1980 年, 当时主要是针对“水利区划”(1979~1981)及“水资源合理利用与供需平衡分析研究”工作(1980~1985)的任务要求开展工作. 研究成果用于这些任务的完成, 并检验其正确性; 后来, 在“水的长期供求计划”(1988~1992), “县(市)水资源开发利用现状分析”(1990~1993)与“水中长期供求计划”(1994~1998)工作中得到继续. 利用这一研究成果完成的历次广西各区域水资源供需分析工作任务, 均为主管单位所接受、认可.

参考文献

- 1 谢宜岳. 广西水资源利用研究的系统分析方法. 水利水电技术, 1987, (6): 6.
- 2 谢宜岳. 广西水资源利用平衡系统分析. 水利经济, 1987, (4): 36.
- 3 谢宜岳. 广西水资源供需平衡单元计算方法研究. 水资源利用, 1984, (3): 2.
- 4 谢宜岳. 水利经济分析理论与算法. 水资源利用, 1984, (3): 46.
- 5 谢宜岳. 广西水资源利用研究之系统分析. 人民珠江, 1987, (7): 21.
- 6 谢宜岳, 何素萍. 广西水中长期供求计划数据库系统软件的研制与应用. 计算技术与计算机应用, 1997, (1): 34.

(责任编辑: 蒋汉明)