

文章编号 :1007 - 649X(2001)01 - 0071 - 03

综合利用水库优化调度模型研究

王 敬

(郑州工业大学水利与环境工程学院 河南 郑州 450002)

摘 要 : 针对综合利用水库的特点 , 从充分利用水资源的角度出发 , 建立了以弃水量最小为目标的优化调度模型 , 并对此模型采用了变步长增量动态规划方法求解 . 在求解寻优过程中 , 利用了前期研究成果的优化调度线做为初始状态序列 , 并逐次迭代 , 直到逼近最优决策序列和最优状态序列 . 通过实例计算表明 , 所建立的这种模型是合理的 . 这一模型在寻求水库弃水量最小的同时 , 也增加了灌溉、发电、供水方面的效益 , 为综合利用水库的优化运行提供了依据 .

关键词 : 水库 ; 优化调度 ; 模型

中图分类号 : TV 213.9 文献标识码 : A

0 引言

优化调度理论在我国水利水电工程中已得到了广泛的研究和应用 . 一般来说 , 如何根据水库入流过程 , 通过优化方法寻求水库最佳调度方案 , 并按照该方案进行蓄、泄控制 , 使由防洪、灌溉、发电等各个部门所构成的总体在整个计算周期内所获得的效益最大是研究的根本目的 . 但是 , 从目前我国水资源的实际状况来看 , 如何最大限度地减少水资源损失是更值得研究的课题 . 本文在综合考虑防洪、灌溉、发电等效益的基础上 , 从水库弃水量最小的角度出发 , 对综合利用水库的优化运行方法进行了探讨 .

1 模型的建立

状态变量和决策变量 : 在已知各时段入库径流量的情况下 , 以水库蓄水量 V 为状态变量 , 以水库的放水量 WX 为决策变量 .

状态转移方程为

$$V_i = V_{i-1} + WL_i - WX_i ,$$

效益函数为

$$DqW_i = f_i(V_{i-1}, WL_i, WX_i) ,$$

其中 , DqW_i 为第 i 段水库弃水量 , 定义为

$$DqW_i = \begin{cases} 0 & (WX_i \leq WS_i); \\ 0 & (WS_i < WX_i \leq WS_i + WD_i); \\ WX_i - WS_i - WD_i & (WX_i > WS_i + WD_i), \end{cases}$$

式中 : V_{i-1} 为第 i 时段初水库蓄水量 ; WL_i 为第 i 时段水库入水量 ; WX_i 为第 i 时段出库水量 ; WS_i 为第 i 时段灌溉用水量 ; WD_i 是为减少弃水而超农灌在第 i 时段所需放水发电的水量 .

目标函数为

$$DqW = \min \left\{ \sum_{i=1}^n f_i(V_{i-1}, WL_i, WX_i) + PNALTY \right\} .$$

其中 , $PNALTY$ 表示罚函数 . 在求弃水的同时 , 求出缺水 qW , 若 $qW > 0$, 即水库下泄水量不能满足灌溉需水量时 , 在目标函数中赋予一个极大的罚函数值 , 使下泄水量尽可能地满足下游灌溉用水要求 .

递推方程式 : 如果从第 k 阶段 , 当起始状态为 V_{k-1} 时的最优策略及其目标函数值 $DqW_k^*(V_{k-1})$ 已经求出 , 那么第 $k+1$ 阶段状态为 V_k 的最优策略及目标函数为

$$DqW_{k+1}^*(V_k) = \min_{WX_{k+1}} \{ f_{k+1}(V_{k-1}, WX_k) + DqW(V_{k-1}) \} ,$$

且满足 $V_k = T_k(V_{k-1}, WX_k) .$ (1)

2 约束条件

(1) 水位限制 :

非汛期时 $Z_{\min} \leq Z_i \leq Z_{\max} ;$
汛期时 $Z_{\min} \leq Z_i \leq Z_{汛} ,$

(2) 发电流量限制 : $Q_{发电} \leq Q_T ;$

收稿日期 2000 - 11 - 20 ; 修订日期 2001 - 01 - 10

基金项目 河南省自然科学基金资助项目 (004040600)

作者简介 : 王敬 (1965 -) , 女 , 新疆省哈密市人 , 郑州工业大学讲师 , 硕士 , 主要从事水资源方面的研究 .

- (3) 发电水位限制： $Z_i \geq Z_{发电}$ ；
- (4) 水电站出力限制： $N_i \leq N_{max}$ 。
- (5) 灌溉用水约束：灌溉期各时段的需水量是由灌溉制度决定的，所以在任一时段，水库放水量 $WX_i \geq \beta WS_i$ ， β 是灌溉允许破坏的程度系数，取 0.9。

3 模型求解方法

对此模型的优化问题，本文采用变步长增量动态规划方法求解。变步长增量动态规划方法是动态规划的一种改进方法，它是用逐次逼近的方式（迭代法）寻优，但每次寻优过程只在某个状态序列附近的小范围内用动态规划法进行，可以比动态规划法进一步减少计算工作量。

这种方法的求解步骤如下：

- (1) 确定初始状态序列
- ①首先根据一般经验和分析判断或用其它简便方法定出一条尽可能接近最优的决策序列，并求出对应于该决策序列的初始状态序列。本文利用以往的研究成果取初始状态序列为调度优化线。该优化调度线是以发电量最大为目标的优化调度模型建立的。
- ②选增量形成廊道。
- ③在初始状态序列的上、下各变动一个范围，各个阶段的上、下两侧的增量个数可以不同，若初始决策序列和初始状态序列选在可行域的边界时则只有单向增量。本文计算在初始状态序列的上、下分别选取 3 个点。

(2) 寻优计算

在所形成的廊道范围内对每一时段限定的几个状态按动态规划方法求最优调度线，如果所求最优调度线不与前次调度线重合，则不需改变步长，以所求调度线作为初始调度线重新进行计算，直到所求最优调度线与前次调度线处处重合。这说明对于所选步长已不能增优，应该以所求出的最优调度线为初始调度线，缩小步长，继续进行如上的优化计算。这样逐次进行迭代，直到逼近最优决策序列和最优状态序列为止。

4 计算程序框图

本文计算程序由一个主程序和 6 个子程序构成，其中弃水量最小优化调度模型主程序框图见图 1。

5 实例分析

本文应用此模型对某综合利用水库的调度进

行了优化计算，径流采用 1951 ~ 1998 年共 47 年的实测资料，计算结果见表 1。

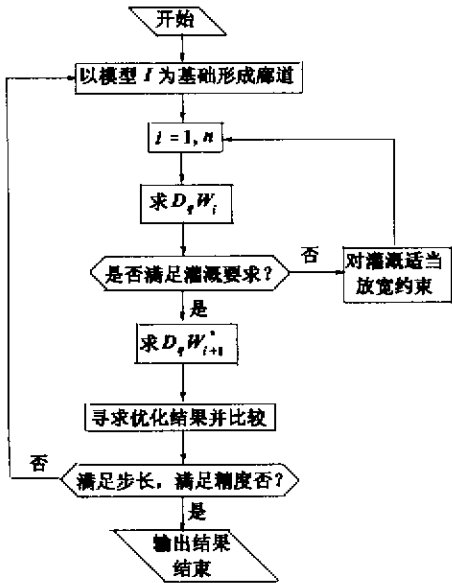


图 1 优化模型主程序框图

Fig.1 Optimal model main frame

表 1 综合利用水库优化计算结果表

Table 1 Optimal - computation result of comprehensive resevoir

模型	多年平均弃水量/ $10^6 m^3$	多年平均发电量/($10 kW \cdot h$)	农灌用水量保证率/%	水量利用系数
常规	131.42	3213.52	60.2	0.7984
模型 I	68.52	3610.56	60.2	0.8442
模型 II	51.01	3571.0	71.3	0.8652

说明 模型 I 是以发电量最大为目标的优化模型，模型 II 是以弃水量最小为目标的优化模型。

从计算结果可以看出，与常规调度方法相比，本文模型计算的多年平均弃水量降低了 61.18%，多年平均发电量增加了 11.12%，供水保证率满足要求，灌溉保证率增加了 18.43%；与以发电量最大为目标的优化调度模型相比，本文模型计算的多年平均弃水量降低了 25.56%，多年平均发电量减少了 1.091%，灌溉保证率增加了 10.1%。

6 结束语

本文从合理利用水资源，减少弃水的角度出发，在以往优化调度的基础上，对综合利用水库的优化调度模型进行了探讨，建立了以水库弃水量最小、寻求发电量最大、适当放松灌溉约束、保证供水的模型。研究结果表明，该模型合理有效，为综合利用水库的优化运行提供了依据。

参考文献：

- [1] 王 敬 吴泽宁 ,何争光. 鸭河口水库兴利优化调度研究[J]. 郑州工学院学报 ,1994 ,15(4) :1 - 7.
- [2] 许自达. 水电站水库调度与运行管理[M]. 北京 :水利电力出版社 ,1994.
- [3] 王本德. 水库模糊优化调度[M]. 大连 :大连理工大学出版社 ,1990.

Study on Optimal Operation Model of Comprehensive Reservoir

WANG Jing

(College of Hydraulic & Environmental Engineering Zhengzhou University of Technology Zhengzhou 450002 ,China)

Abstract :According to the characteristic of comprehensive reservoir , based on the former research , the optimal model has been built to achieve the minimum surplus water for utilizing water resource. The approach of variable pace increment dynamic programming is used to solve this problem. Using the optimal operation line as initial state series , we make successive iteration until approaching optimal state series and decision series. It has been proved that the model is reasonable and feasible by numerical results.

Key words :reservoir ; optimal operation ; model

万方数据