

基于智能算法的水库群联合调度图优化

张松达¹, 夏国团², 劳冀韵³, 戴泗君⁴, 许伟达⁵

(1. 宁波原水集团, 浙江 宁波 315000; 2. 余姚市水利学会, 浙江 余姚 315400;
3. 余姚市四明湖水库管理局, 浙江 余姚 315400; 4. 余姚市梁辉水库管理局, 浙江 余姚 315400;
5. 余姚市陆埠水库管理局, 浙江 余姚 315400)

摘要: 简述水库群联合调度的特点及有关优化方法, 采用群智能算法与渐进最优性算法相结合的优化方法对水库群联合调度图中的兴利调度图进行优化, 给出了供水量和水位同时优化及供水量和水位交替进行优化两种情况下的具体优化步骤。认为优化水库群联合调度图对充分发挥水库工程的群体作用, 进一步提高水资源利用的整体效率和综合效益具有重要意义。

关键词: 水库群联合调度; 兴利调度图; 优化调度图; 群智能算法; 渐进最优性算法

中图分类号: TV697.1+2 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-7647(2013)S1-0005-02

20世纪90年代初, 余姚市为编制供水水源规划、水库控制运用计划、水资源高效利用方案, 与有关科研和设计单位合作, 开展了水库调度研究与决策支持系统(DSS)的研制, 获得了浙江省、宁波市和余姚市多项科技进步奖和水利科技创新奖, 其中水库群调度方面建立了余姚市二级大系统分解-协调模型^[1]。水库群联合调度图的优化, 对充分发挥水库工程的群体作用, 进一步提高水资源利用的整体效率和综合效益具有重要意义。在实践中可以采用群智能算法与渐进最优性算法相结合的方法对水库群联合调度下兴利调度图进行优化^[2]。

1 水库群联合调度的特点及优化方法

1.1 水库群联合调度的特点

水库群联合调度(joint operation of reservoir group)的主要特点: 一是涉及较多的决策变量和状态变量, 对它进行优化面临由许多优化变量组成的多维向量, 如供水量和水位; 二是有关向量之间存在非线性耦合关系, 情况比较复杂, 如梯级水库, 上库的下泄流量(包括洪水弃水)是下库的入流量, 因此对调度优化时要上下库同时考虑, 进行所谓的“连锁改正”; 三是水库群联合调度往往具有多目标^[3]。

1.2 优化方法

对水库群联合调度的优化有许多方法, 包括有线性规划、非线性规划、动态规划、大系统分解-协

调、群智能算法以及人工神经网络等多种方法。对多目标问题可以结合约束法、权重法等方法进行处理^[4]。其中, 动态规划已发展成多种方法, 如离散微分动态规划法(DDDP)、渐进最优性算法(POA)、逐次逼近动态规划法(DPSA)及多目标动态规划法等。群智能算法包括遗传算法(GA)、标准遗传算法(SGA)、免疫遗传算法(IGA)、多目标免疫遗传算法(MOIGA)、粒子群算法(PSO)、多目标粒子群算法、离散粒子群算法、蚁群粒子群混合算法、遗传粒子群混合算法、蚁群算法、模拟退火算法等多种方法。

2 群智能算法与渐进最优性算法相结合的水库群联合调度图优化方法

渐进最优性算法(progressive optimality algorithm, POA)是加拿大学者 Howson 等在 1975 年提出的方法, 是基于贝尔曼最优性原理的一个推论即渐进最优性原理而建立。群智能算法是一类启发式的算法, 如遗传算法是模拟自然进化的随机搜索算法, 在数学上涉及域的扩张等概念^[5-6]。通过对群智能算法与渐进最优性算法两种不同优化方法的结合, 扬长避短、优势互补, 进一步发挥两者的优势。

采用群智能算法与渐进最优性算法相结合的方法对兴利调度图进行优化有两种情况, 即供水量和水位同时优化以及供水量和水位交替进行优化。

a. 供水量和水位同时优化。 供水量和水位均

作者简介: 张松达(1960—), 男, 浙江慈溪人, 高级工程师, 主要从事水利工程建设管理工作。E-mail: 429813195@qq.com

为多维向量。具体步骤如下:①先拟定初始兴利调度图。调度图时间一般采用1年,并划分为若干时段。兴利调度图包括若干条调度线(如限制供水线、防破坏线、预想出力线、限制出力线、加大出力线等)。若干个由调度线划出的分区(如正常供水区、限制供水区、加大供水区、加大出力区、降低出力区等)及若干个输水量(如各级的灌溉水量、供水量和发电流量等)。②按照渐进最优性算法,固定兴利调度图中 t_0 时刻和 t_2 时刻的水位和输水量,用群智能算法结合长系列模拟计算,对 t_1 时刻水位和输水量进行优化。求得 t_1 时刻前后2个相邻时段($t_0 \sim t_1, t_1 \sim t_2$)内的目标函数值(二时段目标函数值之和)达到最优的方案。依次对 t_2, t_3 等各时刻的水位和输水量进行优化,完成对兴利调度图的第1轮优化。③对经过第1轮优化的兴利调度图依次进行第2轮、第3轮……第 m 轮的优化,直至满足终止条件(如前后2轮的差值在允许范围内),最终求得优化兴利调度图,结束优化。

b. 供水量和水位交替进行优化。下面是每个分区只有1个输水量的常见情况下的优化步骤(其他情况可以类推):①先拟定初始兴利调度图,与供水量和水位同时优化不同的是,图中只需要水位,不需要输水量。②用群智能算法给出第1批输水量方案。③按照渐进最优性算法,用群智能算法结合长系列模拟计算,逐一对各输水量方案各时刻水位进行优化。经过多轮迭代,求得对应于各输水量方案各时刻的水位方案的优化结果。④利用群智能算法,给出第2批、第3批……第 n 批的输水量方案,按照上述步骤进行优化,直至最终求得优化兴利调度图。

群智能算法与渐进最优性算法相结合的方法既可以求解单目标优化问题,也适合求解多目标优化问题。利用优化成果,各水库可以绘制成该水库在水库群联合调度下的兴利调度图,也可以汇总绘制成同一张调度图(必要时对水位高程做技术处理,以免调度线交叉、重叠)。

3 结 语

一项完整的调度图优化工作,其内容是很丰富的。除了解决好决策空间中的多维向量和状态空间中的多维向量问题,还要深入处理好目标空间中多维向量的设计问题。当这些向量维数较高时,往往需要进行较宽领域的模拟计算,如下游河道(网)浅水动力、以水流为载体的物质输运(泥沙、营养盐、污染物等)、能量转换(热)以及经济分析(财务分析)和环境影响分析等问题。经过长期的调度实践与研究,在水库群联合调度图的编制和优化方面,积

累了很多经验,取得了长足的进展。本文进行水库群联合调度下兴利调度图的优化,采用群智能算法与渐进最优性算法相结合的方法。该方法同样适用于水库群联合调度下防洪调度图的优化以及水库群联合调度下防洪兴利综合调度图的优化。

参考文献:

- [1] 水利部长江流域规划办公室,河海大学,水利部丹江口水利枢纽管理局. 综合利用水库调度[M]. 北京:水利电力出版社,1981.
- [2] 李钰心,孙美斋. 水电站水库调度[M]. 北京:水利电力出版社,1984.
- [3] 戴泗君. 梁辉水库兴利调度及有关问题探讨[J]. 浙江水利科技,2008(4):77-78.
- [4] 王旭,庞金城,雷晓辉,等. 水库调度图优化方法研究评述[J]. 南水北调与水利科技,2010,8(5):71-75.
- [5] MA Guangwen, WANG Li. The scheduling of a hydrothermal system with a progressive optimal genetic algorithm[J]. International Journal Hydroelectric Energy, 2000, 18(2): 69-72.
- [6] HOWSON H R, SANCHO N C F. A new algorithm for the solution of multi-slate dynamic programming problems[J]. Math Prog, 1975(8):104-106.

(收稿日期:2012-09-21 编辑:骆超)

· 简讯 ·

第4届全国岩土与工程学术大会 将在杭州召开

为充分交流我国岩土与工程领域取得的成绩,全面推动岩土与工程领域的科技进步,由中国岩石力学与工程学会、中国建筑学会工程勘察分会等主办,中国水电顾问集团华东勘测设计研究院、浙江大学建筑工程学院等承办的第4届全国岩土与工程学术大会将于2013年11月在浙江杭州召开。

会议主要议题:岩土的基本性质与本构关系;岩土工程数值分析与仿真;边坡、基坑与地下工程典型案例;岩土力学实验研究方法;软土地基处理的新概念、新技术、新工艺;复杂地质条件下施工安全和工程稳定问题;岩土工程的加固与防护新理念、新方法、新技术;重大地质灾害形成机理预警与防治;环境友好的岩土工程技术;岩土文物的勘察与保护技术;岩土与工程技术应用的新领域;岩土工程风险评估与管理等。

大会秘书处联系电话:0571-56738228, 13989893611;
E-mail: shy@zju.edu.cn, ytlx2013@sohu.com。

(本刊编辑部供稿)