灌区计算机监控系统与灌溉优化调度模型集成应用研究

李 彬[1]，曾庆祝[2]

(1. 扬州大学信息工程学院，江苏 扬州 225009；2. 淮安市水利局，江苏 淮安 223000)

摘要：大型灌区实施计算机监控是提高灌区管理水平的重要手段，灌区轮灌分组优化模型旨在求解干渠各出水口运行时调度的最优组合方案，而灌溉优化调度方案在实施过程中往往仍然采用的是计算机远程人工调度。为此研究了一种灌区轮灌分组优化模型，并得出了灌溉优化调度方案，同时采用 OPC(即 OLE for Process Control)技术，使灌溉优化调度方案数据与计算机控制系统有效地结合起来，提高了灌区灌溉管理自动化水平。

关键词：灌溉模型；OPC；优化调度；远程监控

中图分类号：S275　　文献标识码：A　　文章编号：1005-6254(2005)04-0025-04

0 引 言

我国大型灌区在实施改造的过程中一般都把提高灌区管理水平作为改造的重要指标。灌区实施计算机监控系统则是提高灌区科学管理水平的重要手段。目前，一般灌区计算机监控系统主要完成的是灌区雨情、土壤墒情、水位、闸位等常规水文参数的检测，同时可以完成远程闸门启闭、灌溉泵的远程启停等功能，这对提高灌区管理效率是一种有效的手段。我国是水资源严重缺乏的国家，灌区灌溉优化模型的研究则是提高灌溉效率、高效节水的常用方法。而一般灌区灌溉优化模型的调度方案的实施，仍然是通过计算机远程人工指令实施，主要原因是缺乏优化调度方案数据与计算机监控系统数据有效交换的手段。本文在一种通用的灌溉模型[1,2]的基础上，根据轮灌分组优化模型约束条件的特点，提出采用二维编码的遗传算法，并在染色体初始化、交叉和变异的过程中进行约束，得到了最优解。同时，利用 OPC(OLE for Process Control)技术，将优化调度方案数据与计算机监控系统进行数据实时交换，真正实现了计算机监控系统与灌溉优化调度系统的高度集成。并给出了具体应用实例，实现了优化结果在灌区计算机控制系统中的应用。

1 灌区计算机监控系统

灌区计算机监控系统一般采用集散型数据采集控制技术，通过网络或者数据总线将各现场测控单元与上位控制计算机连接起来。同时，由现场控制器为主的各现场测控单元也能自成系统，单独工作，完成本单元测控区域内的泵房、田间监视、控制、相关数据采集处理及管理工作。另外，对一些重要的现场单元，例如泵站、节制闸、主要分水口等在网络通讯流量允许的情况下进行视频图像监控。系统一般结构如图 1 所示。

目前全国已经改造的灌区基本上都建立了计算机监控系统，为灌区的现代化管理提供了强有力的手段。大部分灌区计算机监控系统基本能够实现原来人工手动分散控制变为集中控制或自动控制，大大方便了灌区的水文等数据的采集与测量。但是无论是过去的人工手动分散控制还是现代的计算机集中控制都难以做到灌区灌溉配水的统筹优化，极易导致大量的渠道弃水。因此，渠道优化配水技术是灌区现代化管理的重要内容之一，对于提高灌区灌溉管理技术水平和实施农业高效节水有着重要的意义。然而，灌溉过程中的渠系配水实质上是渠道流量的时空分配问题，涉及到轮灌配水优化模型的建立以及复杂

作者简介：李彬(1966-)，男，江苏建湖人，扬州大学信息工程学院电气工程系 讲师，主要从事水利工程自动化研究。

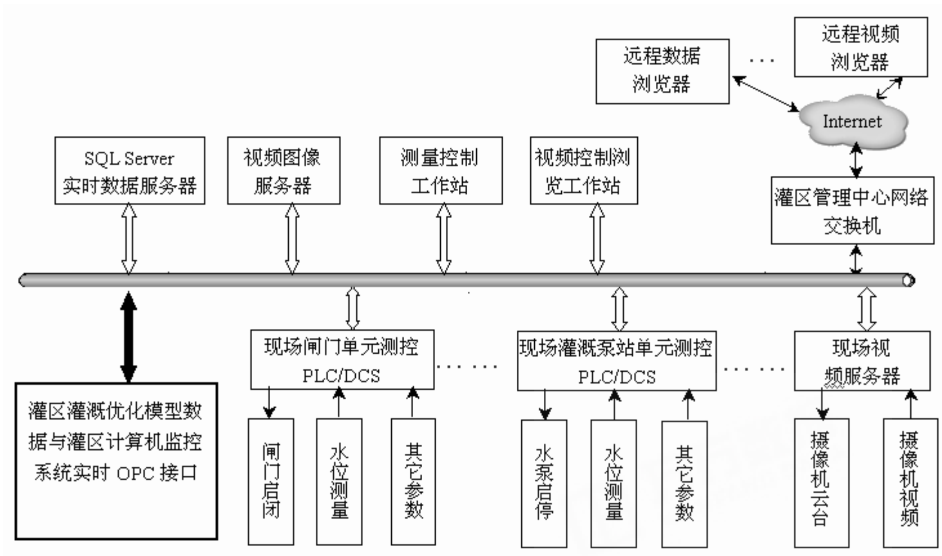

图1 灌区计算机监控系统与灌溉优化调度模型的集成应用结构图

数学算法等一系列计算等问题,本文正是试图通过工业控制中的 OPC 技术来实现灌区计算机监控系统与灌溉优化调度模型的集成应用。

2 灌区灌溉优化调度模型的建立

大型灌区主干渠道优化配水是在总供水量一定的情况下,尽量利用渠道的最大过水能力,使一个灌溉周期内,各轮灌组灌溉时间差异最小。即通过对各级分水口流量的调度及配水时间的先后安排,使整个渠系的弃水或水量损失最小,以达到灌溉节水的目的。

设总配水渠道的总流量为 Q,不考虑渠系水流损失等因数,总灌溉渠道上有 N 条分水斗口,出水口流量为 q_j,j 为斗口号,$j=1,2,\cdots,N$,并且 $q_1=q_2=\cdots=q_N=q$。轮灌分组数 M 可由式(1)决定:

$$M\leqslant \mathrm{INT}(Q/q) \tag{1}$$

以轮灌组分水口的闸门开关状态为决策变量 x_{ij}, i 为轮灌组号,$i=1,2,...,M$。$x_{ij}=\{0,1\}$, $x_{ij}=0$ 表示出水口关闭,$x_{ij}=1$ 表示出水口开启。

本文采用以各轮灌组引水持续时间差异最小为目标函数。考虑到满足约束条件的可行解对应的引水时间相差较大,且目标函数为求最小值,需进行目标函数变换,为限制引水时间与平均引水时间相差大的解,经过仿真比较,建立了下列高斯形适应度函数:

$$f=\prod_{i=1}^{M} e^{-\left(\sum\limits_{j=1}^{N} x_{ij}t_j-m_t\right)^2 \Big/ \left(2\sigma^2\right)} \tag{2}$$

式中,M 为轮灌分组总数;N 为渠道上全部出水口总数;$\sum\limits_{j=1}^{N} x_{ij}t_j$ 为第 i 轮灌分组的引水时间;m_t 为引水时间的平均值,即 $m_t=\frac{1}{M}\sum\limits_{j=1}^{N} t_j$。

约束条件为:

轮灌期约束:设配水渠道最大允许输水时间为 T,则每一轮灌组内各出水口轮流引水时间之和不大于轮期 T,即:

$$\sum_{j=1}^{N} x_{ij}t_j\leqslant T\ ,\ (i=1,2,3,\cdots,M) \tag{3}$$

出水口一次性引水约束:即任一个出水口在轮期内只开启一次。

$$\sum_{i=1}^{M} x_{ij}=1\ ,\quad (j=1,2,3,\cdots,N) \tag{4}$$

0-1 约束:

$$x_{ij}=0,1\ ,\ (i=1,2,3,\cdots,M,j=1,2,3,\cdots,N) \tag{5}$$

由上式构成的配水渠系流量优化调度的规划模型,决策变量为 $M\times N$ 个,约束条件共 $M+N$ 个。

3 利用 OPC 技术实现优化调度数据与计算机监控系统的集成

OPC 是基于 Microsoft 的 OLE/COM/DCOM 技术,是为解决应用软件与各种设备驱动程序的通信而产生的一个工业技术标准。包括了自动化应用中使用的一整套的接口、属性和方法的标准。

OPC技术的实现包括两个组成部分：OPC 服务器部分及 OPC 客户应用部分。OPC 服务器是一个典型的现场数据源程序，它收集现场设备数据信息，通过标准的 OPC 接口传送给 OPC 客户端应用。OPC 客户应用是一个典型的数据接收程序，例如人机界面软件(HMI)、数据采集与处理软件(Kingview)等。OPC 客户应用通过 OPC 标准接口与 OPC 服务器通信，获取 OPC 服务器的各种信息。符合 OPC 标准的客户应用可以访问来自任何生产厂商的 OPC 服务器程序。

3.1　遗传算法实现灌区配水优化

在“等流量、变历时”的轮灌分组的优化模型上，采用遗传算法进行了优化，选用了高斯适应度函数，并根据约束条件的特点，提出了二维编码并对选择、交叉和变异过程进行了改进，采用轮灌组引水持续时间最大程度接近的目标函数，并采用高斯函数作为适应度函数，提高收敛速度，得到了最优解。

江苏省洪金灌区位于洪泽湖地区。本文选用该灌区规划设计时其中一条干渠(北干渠)的设计数据进行优化，该配水渠道设计总流量为 Q=22.62 m^3/s，共 26 个分水口，各分水口设计引水流量 q=2.82 m^3/s，设计轮灌期为 T=16 d(384 h)。各分水口的引水时间见表 1。

根据式(1)有，轮灌组划分数为：

$$M=Q/q=22.62/2.82=8$$

优化时，选取种群数量为 100，交叉概率为 0.5，变异概率为 0.1，采用 Visual C++6.0 实现了上述算法，得到的轮灌分组优化结果见表 2。

从表 2 可以看出，轮灌组引水时间差异值为 6 h，遗传收敛速度快，改进的 GA 算法(遗传算法)是可行的。

表 1　各分水口引水时间

分水口号 j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
引水时间 t_j /h	122	78	214	104	48	182	71	110	87	42	90	92	160
分水口号 j	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
引水时间 t_j /h	77	386	44	270	49	36	270	210	56	180	45	21	75

表 2　遗传算法对本模型优化结果

轮灌组	轮灌组分水口组合	轮灌组引水时间	轮灌组引水流量	轮灌组	轮灌组分水口组合	轮灌组引水时间	轮灌组引水流量
一	2, 16, 20	392	2.82	五	5, 6, 11, 18, 25	390	2.82
二	10, 14, 19, 22, 23	391	2.82	六	15	386	2.82
三	8, 13, 24, 26	390	2.82	七	3, 4, 7, 11	389	2.82
四	1, 12, 21	389	2.82	八	1, 17	392	2.82
各轮灌组引水时间差异值	392 h−386 h=6 h						

3.2　基于 OPC 的优化模型算法软件与计算机控制系统的集成应用

优化模型算法是通过 Visual C++来实现的，其程序流程如图 2。OPC 服务器的核心是优化算法软件，OPC 服务器可以接收优化模型数据和优化命令，优化算法软件取得的优化数据及时通知 OPC 客户端，计算机控制系统在接收到 OPC 服务器中的优化模型数据结果后，再下发相关的轮灌组分水口开闸命令，每开一个轮灌组分水口闸门，同时进行计时，该放水口时间一到，按照优化的数据结果接着开轮灌组的下一个分水口，这样按照表 2 的优化结果，系统在复杂优化算法的模型基础上实现了计算机即时控制，使得在配水渠

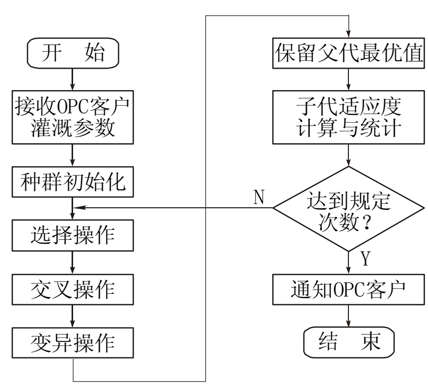

图2　优化模型算法程序流程

道及其下级分水渠道过水能力一定的情况下，进行轮灌编组，使其总配水时间最小和被配水渠道分水闸调节次数最小，提高了灌溉效率。图 3 是通过 OPC 方法实现计算机控制系统与优化模型数据的集成流程图。图 4 是某次优化后计算机监控系统从 OPC 服务器中取得的轮灌分组数据，并且正在按该轮灌分组实施灌溉的软件界面（模拟运行）。

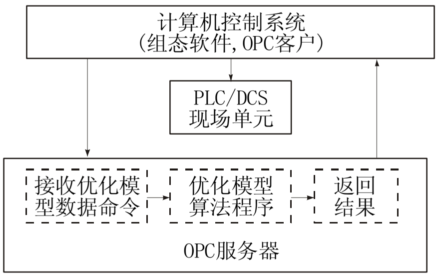

图3　通过OPC实现计算机控制系统与优化模型数据的集成

4　结 论

我国是水资源严重缺乏的国家之一，优化灌溉用水是农田灌溉的研究重点。而实施灌区计算机自动监控系统是优化灌溉的重要手段。关键是要利用现代计算机软硬技术把优化模型算法与实施灌溉手段有机地集成起来。本文利用 OPC 技术，对“定流量，变历时”轮灌分组优化方式，采用遗传算法进行合理的配水优化，使优化结果数据通过 OPC 技术与计算机监控系统结合起来，使得这种轮灌分组优化方式得以实现。而实际灌区灌溉过程情况非常复杂，比如分水口非等流量的情况等，是一个动态变化的过程，采用更优的模型与算法，更可靠地与计算机监控系统结合起来，还需要进一步研究。

参考文献：

[1] 宋松柏，吕宏兴. 灌溉渠道轮灌配水优化模型与遗传算法求解[J]. 农业工程学报，2004,(2).

[2] 赵明生. 基于 OPC 技术的预测控制[J]. 计算机工程与应用，2005，(9).

[3] 骆 莉，袁宏源. 配水渠道轮灌组合优化模型及其遗传算法[J]. 中国农村水利水电，2000,(10).

[4] 王 智，朱凤书. 灌溉渠系流量最优分配的 0-1 规划模型[J]. 灌溉排水，1992，(3).

[5] 陈 虹，刘正意，史旺旺. 基于模拟退火算法的供水泵站优化调度[J]. 排灌机械，2003,(5).

[6] 吕宏兴，熊运章，汪志农. 配水渠道组合优化模型与引水时间的均一化处理[J]. 中国农村水利水电，2000，(1).

图4 按优化后数据进行轮灌分组实时灌溉界面

其它作者：

曾庆祝（1971-），男，江苏淮安人，淮安市水利局农水处 工程师。主要从事水利工程建设、灌区建设管理工作。

Study on Integration Between Computer Monitoring System and Optimization Model in Irrigation Channel Distribution

LI Bin[1],　*ZENG Qing-Zhu*[2]

（1. Coll of Inf Engin, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Water Conservancy Bureau of Huaian City, Huaian 223000, China）

Abstract:　Irrigation optimization model is aimed to obtain optimal outlet flow distribution scheme in a distribution channel,　it is an important role in improving the level of irrigation district management and water saving. But the optimization result is usually implemented manual operation in the computer. In this paper,　the irrigation optimization schedule based on rotation irrigation model is integrated to computer control system by OPC technology, which carries management of irrigation distribution channel to a new level.

Key words: Irrigation Model；OPC; Distribution Optimization；Remote Supervisory Control