

基于 Web 的水电站中长期优化调度系统

刘治理, 马光文, 严秉忠, 杨道辉, 张 娜

(四川大学水利水电工程学院, 四川 成都 610065)

摘要:介绍了一种运用 Internet 技术和数据库技术、基于 Web 的水电站中长期预测调度系统, 该系统采用数据库、服务器、浏览器 3 层结构模式。论述了该系统的开发目标、结构功能、关键技术和标准化设计, 提出了系统设计中遇到的关键问题及其解决途径和方法。采用 Web Service 技术和 ASP.NET 开发工具, 开发出了先进、实用、可靠、界面友好和移植性强的应用软件。在多个水电站运行情况表明, 系统运行稳定, 效果良好。

关键词:水电站; 径流预测; 优化调度; Web Service 技术

中图分类号: TV737 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-764X(2006)01-0060-03

Web-based middle- and long-term optimized operation system for hydropower stations/LIU Zhi-li, MA Guang-wen, YAN Bing-zhong, YANG Dao-hui, ZHANG Na(College of Hydraulic and Hydro-electric Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The system with a three-layer framework, i. e. database, server, and browser, was developed by use of the Internet, database, and Web techniques. The development objectives, structural function, key techniques, and standardized design of the system were discussed, and the key problems and some countermeasures in system design were put forward. Moreover, advanced, practicable, and reliable software with friendly interface and high transportability was developed by use of the Web Service technique and ASP.NET tool. Practices in several hydropower stations show that the system is stable and effective in operation.

Key words: hydropower station; runoff prediction; optimized operation; Web Service technique

随着电力市场改革的不断深入, 电力市场将逐渐开放, 这对发电企业的生产、运营、管理都提出了更高的要求。在企业自身经济利益的驱动下, 如何综合利用现代控制理论、经济分析理论、人工智能技术和网络信息技术开发完成“水电站中长期预测调度系统”, 根据预测的水库入流过程和综合利用要求, 考虑水轮机组的运转特性以及电价的作用, 合理安排中长期生产调度, 使其在电力市场竞争中立于不败之地, 已成为广大发电企业迫切需要解决的问题。

正是由于这一需要, 国内一些科研单位开发了各种水电站中长期优化调度系统, 这些系统可使水电站的运行管理具有科学依据, 是提高水电站科学运行管理水平的有效工具, 同时能为电厂创造可观的经济效益。但系统大多采用典型的客户端/服务器(Client/Server)构架, 存在一些 C/S 模式的固有局限性^[1, 2], 也不能实现远程专家分析等。

经研究比较, 采用浏览器/服务器/数据库

(Browser/Server/Database) 3 层结构模式, 利用 Web 技术建立了水电站中长期预测调度系统。该系统以 Web 技术为核心, 客户端具有统一的用户界面, 即通过浏览器可以访问多个应用服务器, 而且浏览器/服务器/数据库结构的系统对网络用户跨平台支持, 可跨平台使用数据库、超文本、多媒体等多种形式的信息, 利于软件的开发、安装、升级, 节省了软件的开发、维护费用, 并方便了用户的使用, 提高了应用程序的可靠性、整体性和扩展性, 客户端可以采用瘦客户机, 只需安装操作系统和 Web 浏览器^[3]。该系统不但能在电厂本地运行, 而且还可以进行远程调度, 给水电公司的管理和决策带来便利。

1 系统开发目标与框架

1.1 系统开发目标

以数据管理为中心, 以辅助决策为目标, 将径流预测、优化调度、机组检修、防洪灌溉等整合形成一体化的适应新的电力市场环境下的水电站中长期预

测调度系统。系统中各功能子系统既有单独使用价值,更能和其他功能子系统之间进行稳定、自由的交换和共享信息。系统应具备良好的拓展能力和易于使用的方便性,功能上要体现真正的实用价值,为水电站的运营管理提供良好的决策支持。

1.2 系统结构

系统在一个开放的框架里面,考虑模块化结构,采用 ASP.NET 语言进行编程,并严格按照软件工程的思路来组织系统的开发。系统设计为浏览器/服务器/数据库的 3 层结构模式,3 层结构将应用的 3 部分(表示部分、应用逻辑部分、数据访问部分)明确地进行分割,使其在逻辑上各自独立,并且单独加以实现,分别称之为界面层、应用逻辑层和数据层。界面层采用 ASP.NET 开发 Web 页面,利用 VS.NET 提供的各类组件,提供给用户丰富的人机交互手段和数据表示方法。界面层的功能简洁清晰,大部分的应用逻辑部分被移植到应用服务器上,但简单的应用逻辑处理和数据库访问仍在界面层上实现,以获得较高效率。应用逻辑层是应用逻辑处理的核心,是具体业务的实现。它包含中长期径流预测和中长期优化调度组件,安装在 Web 服务器上,作为 NT 服务后台运行,程序由 C++ Builder 6.0 实现。界面层通过 Web Service^[4]调用这些专业应用组件。数据层包含处理数据库连接与查询的组件,提供对后台数据库的访问。数据层以 ADO 或 ADO+ 的方式访问后台数据库^[5],数据库管理系统采用 MS SQL Server 2000。系统框架结构如图 1 所示。

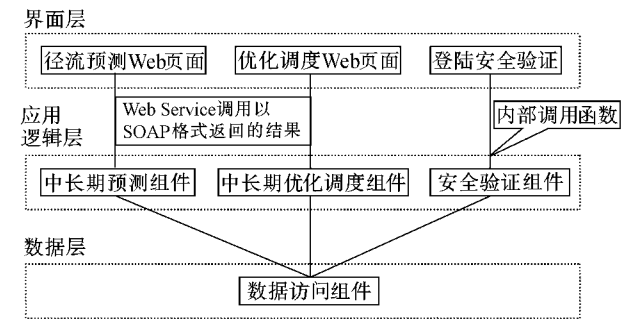


图 1 基于 Web 的水电站中长期预测调度系统结构示意图

1.3 系统工作流程

首先通过在浏览器中输入 URL 地址,连接水电站中长期预测调度系统的 Web 服务器,通过严格的身份验证后,用户可进入水电站中长期预测调度系统 Web 界面,再通过数据库权限验证才能进入中长期径流预测和中长期优化调度等模块,根据用户权限加载界面元素。其次,根据用户的需要进入相应的预测、优化计算、查询等功能页面,通过用户输入参数调用相应的 Web Service 进行计算,Web Service 返回计算结果。

2 系统组成和功能

2.1 中长期径流预测子系统

中长期径流预测是充分利用水资源、真正实现水库优化运行、发挥电站经济效益的有力手段和重要环节。有了准确可靠的径流预测就可以用确定性的预测值及其误差估计来描述未来径流,从而发电企业才能对水库水量做出合理的中长期控制和预安排,科学地编制中长期发电计划,提高发电效益。鉴于此,中长期径流预测子系统包括以下功能:①年、月、旬平均流量等水情信息,指定时间的更新、修改、删除和查询等功能;②年、月、旬平均流量的预测,任意起始月或旬的平均流量过程预测;③年、月和旬预测结果任意时段内的查询功能;④预测模型参数修改功能,在年、月和旬径流的历史资料系列发生变化的情况下,用来对所用模型的参数重新调整,以便应用到以后的预测中;⑤未来来水丰、平、枯形势分析,作为优化调度计算的依据;⑥预测结果的图表显示和报表功能;⑦系统的帮助,为用户提供在线支持。

2.2 中长期优化调度子系统

水电站中长期优化调度是根据水库入流过程和综合利用要求,考虑水轮机组的运转特性以及电价的作用,制定并实施水电站及其水库中长期最优运行调度方式,以获得最大的社会效益^[6]。中长期优化调度子系统包括以下功能:①任意起止时间的优化调度计算,给出电量优化结果和预期收益,该功能满足滚动预报、滚动决策的要求。②在梯级电站的中长期优化调度中,能够自由选择电站参加优化计算。③优化计算方式灵活,能够基于径流或频率计算。基于径流计算方式是通过月或旬的过程预测结果来进行优化调度计算;基于频率计算方式是通过丰枯形势分析确定年来来水丰枯状况,进而确定相应的来水频率,在年径流历史资料中找到相应频率的年份,通过该年径流的年内分配过程来优化调度计算。④能够根据用户的需要选择不同的目标函数和优化模型^[7,8]。比如电力市场环境下水电站的目标函数是企业利益的最大化,或发电量最大、耗水量最小等。⑤电量优化各类约束条件的修改和查询。具体包括水库水位库容关系、水位流量关系、水头预想出力关系、水库水位逐时段限制、各电站逐时段电价设置和各电站出力逐时段设置。⑥多种调度方案的生成、载入和查询,供决策者参考。⑦优化调度结果的图表显示和报表打印功能。⑧系统的帮助信息。

3 系统采用的关键技术

3.1 基于 Web Service 的核心技术

随着网络技术的不断深入,软件的开发和

应用受到了巨大的冲击,出于本系统的特点和必要的前瞻性,旧有的体系结构很难满足系统的要求,在新出现的技术中,选择了基于开放式 Internet 技术标准的 Web Service 技术。Web Service 技术能较好地解决本系统开发的灵活、兼容、拓展、整合等方面的问题。此外,利用 C++ Builder 6.0 将有关的预测和优化调度模型编写成 Windows 动态链接库(dll),通过 Web Service 技术调用 dll 中相应的模型,有效利用了 C++ 语言程序结构严谨、运算快捷的优势,同时本系统又兼顾了 Web 的简明、灵活、通用的特性。

3.2 数据库的设计管理

数据库系统是水电站中长期优化调度系统中的核心部分,是各系统之间联系的纽带。依据数据库结构和用户查询的需要,本数据库提供了用户权限管理、数据库系统维修和数据维修等功能。用户权限管理包括用户账号创建、账户权限修改及删除、用户名称及密码修改等。数据库系统维修包括数据库备份和恢复,以及数据库运行状况监视等。数据维修主要有数据的更新修改和查询。

3.3 电量优化的滚动决策方法

由于受降雨天气系统和流域下垫面系统的综合影响,目前中长期径流较难准确预测,而且预见期越长,预测精度越低。为了弥补径流预测精度的不足,防止发电计划严重偏离实际,采取滚动决策的方法来进行电量优化。其实质是,根据不断更新的径流预测信息来修正余留时段的水库最优运行策略,并据此确定水库面临时段所采取的运行策略。每次修正时,根据月或旬过程预测获得面临时段到计算期末的预报信息,从而逐次优化计算出面临时段到计算期末新的最优发电计划,这样不断进行,直到计算期末为止。

3.4 优化调度的人机交互方案生成技术

为了易于决策者进行决策,系统建立了强大的人机交互决策体系。系统可根据调度者的目的动态地生成优化调度预案,给出每个预案的水库水位变化过程、出力过程、丰枯期的电量统计和经济效益评价,供决策者参考。系统还可以对月、旬径流过程预测结果进行人工输入和经验修正,拟订未来的来水模拟调度预案。

3.5 报表功能的实现

由于 IE 中的自带打印功能的局限性,预测成果和优化计算成果图表的打印保存一直是个难题,该系统采用功能强大的 Crystal Reports 工具进行处理,这些问题得到了根本的解决,而且还可以将绘制的表格直接导入 Office 系列软件中,大大提高了系统的实用性。

3.6 利用面向对象技术实现功能扩展

优化调度系统是一直面向调度人员和决策者的人机交互系统,对不同流域,因使用者不同的目标和工作习惯,在系统界面功能和模型使用上有可能需要进行一些调整和扩充。鉴于此,系统程序设计采用面向对象的方法,将中长期预测调度各个功能部分按对象进行分类,例如,系统包括径流预测中的预测模型类、模型参数修改类、丰枯形势分析类,优化调度中的基本数据类、可调数据类、优化模型类和目标函数类等。通过对象对系统进行建模,形成通用的、规范化的中长期预测调度系统,不会因为用户的需求变化而导致所涉及模块的大量改写,易于实现软件的重组、移植、扩充,能广泛应用于不同的水电站。

4 结 语

基于 Web 的水电站中长期优化调度系统,已经在四川省的二滩、紫坪铺、南桷河梯级水电站和重庆市的龙溪河梯级、龙河梯级以及江口、石板水等水电站应用。系统运行稳定,效果良好,在优化调度决策方面发挥了重要的作用。

随着现代信息技术的快速发展,我们将不断完善中长期优化调度系统的功能和内容。该系统虽然搭建了基于 Web 的先进框架,但仍有许多值得继续研究的地方,如系统中水电火电协调优化、电力市场环境下水电站旬内和周内的优化等。

参考文献:

- [1] 吴毅杰,张志明. C/S 与 B/S 的比较及其数据库访问技术 [J]. 舰船电子工程, 2003(2): 32-35.
- [2] 陈华,郭生练,林凯荣,等. 基于 Web 的水库洪水预报调度系统设计与开发 [J]. 武汉大学学报:工学版, 2004, 37(3): 21-31.
- [3] 李向阳,程春田,李刚,等. 基于 Web 的洪水预报系统 [J]. 大连理工大学学报, 2003, 43(5): 681-685.
- [4] 叶明全,伍长荣. 基于 ASP、NET 和 Web Service 技术的应用程序开发 [J]. 福建电脑, 2003(11): 42-43.
- [5] 韩双旺. 基于 ASP 和 ADO 的 Web 数据库查询 [J]. 德州学院学报, 2003, 19(6): 67-70.
- [6] 马光文,王黎. 水电竞价上网优化运行 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003: 139-166.
- [7] 程芳,高龙华,陈守伦. 抽水蓄能电站优化调度技术研究综述 [J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(5): 64-66.
- [8] 钟平安,王会容,刘静楠,等. 深圳市水资源系统优化调度模型研究 [J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2003, 31(6): 616-620.

(收稿日期 2004-10-22 编辑 熊水斌)