



• 计算机技术 •

给水管网水力计算模型数据库的开发

李树平 刘遂庆 王荣和 李 强 信昆仑 陈 华

提要 数据库系统是对数据进行存储、管理、处理和维护的软件系统,是现代计算环境中的一个核心成分。给水管网水力计算模型数据库的建立,可以把给水管网计算、监控、调度、运行、优化设计和绘图有机地结合在一起。它为给水系统现代化管理提供了有利条件。

关键词 给水管网 水力计算模型 数据库 开发

0 前言

在工业和科技发达国家,城市给水系统基本上实现了全部计算机化的设计和管理,甚至实现了无人操作。由计算机总控系统通过远程图系监控、远程数据传输和程序控制,实现原水水质水位监视、水泵运行调度、自动加药控制、滤池过程控制、管网优化调度、系统运行核算等给水系统全过程运行控制和管理。通过计算机实现了无人化、无纸化的过程控制和档案管理,甚至包括了财务、人事等工作。

给水管网系统是一个由各种管道、水源、泵站、

水塔、调节阀、用户等多种设施构成的庞大而复杂的水输送系统^[1]。建立和完善供水管网水力、水质实时模拟和计算机优化调度是自来水公司实现供水现代化管理的核心内容之一。数据库系统是对数据进行存储、管理、处理和维护的软件系统,是现代计算环境中的一个核心成分^[2]。水力计算模型数据库的建立,可以把给水管网计算、监控、调度、运行、优化设计和绘图有机地结合在一起,可随时进行图形与数字信息的转换(见图1)。

1 总体规划

计算机作为监控计算机,以提高系统可靠性。

现场 PLC 站的设置应使各采样点以 PLC 站为中心分布,以尽量减小信号线的距离。采样信号避免小信号传输,一般采用 4~20mA 标准,以提高抗干扰能力。现场 PLC 的数字和模拟输入输出接口模块是信号线上各种干扰进入系统的入口,都应选用相应的隔离模块,将所有的外部干扰限制到最小程度。

3 小结

控制系统采用了上述各项有效的抗干扰措施,并在软件采样程序中应用了相应的软件滤波处理后,运行稳定可靠,抗干扰性能完全达到设计要求。

参考文献

- 1 张洪润. 实用自动控制. 成都:四川科学技术出版社,1994

◇作者通讯处 364000 福建龙岩污水处理管理处

高卫东 100011 北京金源环境保护设备有限公司

电话 (010) 64242899

收稿日期 2000-6-21

(2)大功率变频器安装点靠近被控设备,远离 PLC 站 (3)PLC 柜和中央控制室监控计算机通过 UPS 供电,利用 UPS 的稳压隔离功能减少电源干扰。

污水处理厂的曝气沉砂池刮砂桥和沉淀池刮吸泥桥的供电通常采用直线往返式电刷和旋转电刷(集电环)供电。电刷组件中 380V 交流和低压信号导线之间的间距较小,容易产生表面漏电,特别是采用碳刷的集电环,运行中会产生碳粉污垢,在阴雨潮湿条件下可能产生较严重的漏电。漏电流通过信号线干扰系统运行,严重时还可能引起 PLC 输入模块损坏。因此必须严格测试集电环绝缘性能,定期检查电源线同信号线之间的绝缘电阻,确保系统安全可靠运行。

2.5 合理的系统设置

控制系统的中央控制室设于离开现场设备较远的综合楼内,室内安装抗静电地板并连接独立的屏蔽地,同现场 PLC 之间仅通过同轴电缆连接,因此干扰较小,可选用普通商用机作为监控计算机。如果中央控制室干扰较严重,应选用工业级的工控计

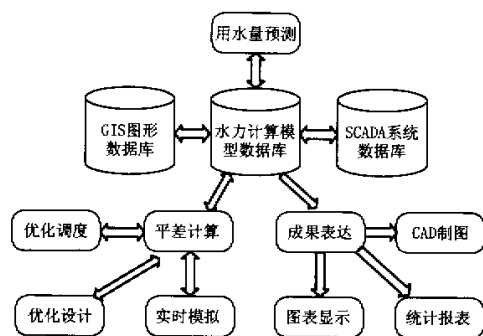


图1 给水管网水力计算模型

在图1中,除GIS图形数据库和SCADA系统数据库外,均属于给水管网水力计算软件的开发范围,可以看出水力计算模型数据库是内部各项功能以及与外部进行数据传输的纽带。

给水管网GIS(Geographic Information System, 地理信息系统)主要是把城市的地理位置与给水管网系统设施结合在一起,用于设施的图形管理、供水业务管理、漏水监测和辅助调度作用^[3~4]。水力计算模型数据库从GIS图形数据库中提取节点、阀门、加压泵站、水源等的平面位置坐标和地面高程、管段长度和直径、管材和管龄等数据信息,传输给GIS图形数据库节点压力、水泵扬程、水库水位以及低压区、高压区等数据信息。

给水管网SCADA系统(Supervisory Control and Data Acquisition Systems, 监控和数据采集系统):监测设施可以分为泵站、水塔(高位水池)和测流测压点三类,主要具有数据采集、数据录入与查询、数据处理的功能。数据采集是SCADA的主要功能,其实现方法即是安装监测和数据传送设备。数据的录入和查询是把采集的数据,按一定的格式自动存储在数据库中,并可按时间、设施等进行查询,同时系统中还具有纠错模块,以防实测数据误差或失真数据引起系统的误操作。数据处理功能可以对实测数据按一定的功能要求实现报表、图表、操作判断等。

管网水力平差计算:在特定供水条件下根据连续性方程和能量方程,求解管网中管段流量、节点压力、泵站流量和扬程,使管理及决策人员了解管网对供水需求的符合程度,检验管网设计和运行质量,为

泵站设计和运行、管网运行与扩建提供依据。

管网水力状态实时模拟计算:由于用户用水量的变化,管网供水量和供水压力是随时间变化的。实时模拟的目的是监测管网在一个时段内运行状态的总体效益和费用,为管网用户调度提供决策依据,评价管网总体运行效果。实时模拟的基本方法是将分时段变化的用水量作为拟动态数据,对不同时段(3天/72小时)的运行状态进行平差计算,最后对总模拟时期的计算结果进行汇总、评价和决策。除此之外,还可以进行管网系统的工况校核及可靠性分析。

管网运行优化调度计算:在不同时段的供水需求条件下,通过泵站供水量变化求解二级泵站供水量,对各泵站中的水泵进行优化运行组合,调整各水厂的出水量和出水压力,帮助制定更为科学合理的调度计划和调度方案,改善管网中水流状况,降低爆管的概率,达到常年供水动力费用最小化,提高供水服务水平^[5]。

管网优化设计计算:在建立经济模型和优化计算数学模型,提出多个约束条件后,通过一定的数学算法,得出经济合理的管径及水泵扬程。目的主要是为了进行新建或扩建管网的规划设计和初步设计,使其达到在投资(管径)及常年运行费用(水泵扬程)最小的情况下,满足用户对水量和水压的要求。

用水量预测:是根据过去用户用水量的历史数据进行相关分析后找出各个用户区域最主要用水相关的参数和时变特性,建立模型,在此基础上做出用户用水量的短期、中期和长期预测,从而编制出用户日、月和年的用水计划^[6]。

水力计算成果表达:主要有三种形式,一种是绘制CAD工程图,包括给水管网平差结果图和等水压线图。它是在保证计算结果接近实际情况的前提下,对管线进行简化的图形,图中对节点、管段、泵站等的计算结果进行详细标注。第二种是图形显示功能,根据数据库绘制实时曲线图和历史趋势线图,如各时段管段流量曲线图、各时段节点水量需求曲线图等。第三种表达形式是以统计报表形式显示各管段、节点、泵站等的历史和当前数据。水力计算结果均可由打印机输出。

2 数据库结构分析



数据库是按一定结构组织在一起的相关数据的集合。当一个数据库的数据通过指定字段的关键字和另一个数据库相关联时,结果就是关系数据库^[7]。关系数据库服务器提供了桌面数据库所具备的丰富功能和数据开放性,同时,在处理能力和吞吐能力上又超过桌面数据库和记录管理程序。通过集合操作,关系数据库可以在服务器计算机上处理成千上万,甚至数百万的记录,再将少量的结果传送给客户机^[8]。为了满足水力计算、实时模拟、CAD 图形以及成果图表达的需求,给水管网水力计算模型数据库主要包含以下数据表及其字段名称。

(1) 计算单位制表:单位编号,名称,单位,保留小数位。例如单位编号为 001,名称为长度,其单位为米(m),保留小数位为 3 位。

(2) 公式描述表:公式类型编号,公式类型,描述。例如公式类型编号为 002,公式为 Hazen-Williams 公式,描述为:

$$h = \frac{10.67q^{1.852}l}{C^{1.852}D^{4.87}}$$

(3) 节点数据表:节点编号,X 坐标,Y 坐标,Z 坐标(地面标高),节点流量,第 1 时用水率,第 2 时用水率,...,第 72 时用水率,备注等。实时模拟分析 3 天以内用水情况,以下同。

(4) 管段数据表:管段编号,上游节点号,下游节点号,管长,管径,内径,公式类型,粗糙度系数,管材,管龄,单双侧供水情况,备注等。进行管道水力计算时,为准确反映管道输水能力,要收集不同管材所对应的实际内径,包括有无涂层的资料。

由于城市给水管网相当复杂,不可能也没有必要将所有管段和节点计入计算机建立模型,需对管网进行简化。节点常位于:①不同管径或不同材质的管段相连接的点;②管线相交的点;③用水量较大用户与市政管线相交点;④给水水源与市政管网的连接点。例如上海在建立数据模型时,对于 15 000m³/月以上的特大用户,每个用户就是一个节点,并且每个用户都由经过调查得到的单独用水量曲线^[9]。

对于大中型城市,管段的简化原则一般可采用:①管网模型中只保留管径在 200mm 以上的管段;②省略管径大于 400mm,管长小于 30m 的过路管,将其视为节点;③道路两侧的平行管线不予合并;④对

管长大于 1 000m 或管线转角大于 60°的,在长度为 1 000m 处或转角处增设节点,管段相应增加^[10]。

(5) 阀门数据表:阀门编号,阀门类型,所在管段号,进口节点号,出口节点号,口径,公式类型,公式系数,开启情况,备注等。其中阀门类型分为止回阀、减压阀、普通阀门等。

(6) 水泵数据表:水泵编号,所在管段号,进口节点号,出口节点号,流量 1,扬程 1,功率 1,效率 1,流量 2,扬程 2,功率 2,效率 2,流量 3,扬程 3,功率 3,效率 3,备注等。其中扬程 1、功率 1、效率 1 是在流量 1 状态下的情况,扬程 2、功率 2、效率 2 是在流量 2 状态下的情况,扬程 3、功率 3、效率 3 是在流量 3 状态下的情况。这些字段对应的数值用于拟合水泵的特性曲线。

(7) 水库/水塔数据表:编号,所在节点号,当前水位,最低水位,最高水位,截面积,供水量,备注等。

(8) SCADA 测压数据表:SCADA 测压点编号,所在节点号,第 1 时水压,...,第 72 时水压等。数据通过与 SCADA 系统的通信接口获得。

(9) 管道综合造价表:管道直径,钢管,承插铸铁管,预应力钢筋混凝土管,球墨铸铁管,玻璃钢管等。

以下是计算结果表。

(10) 节点计算结果表:节点编号,第 1 时节点流量,第 1 时节点总水头,第 1 时自由水头,第 2 时节点流量,第 2 时节点总水头,第 2 时自由水头,...,第 72 时节点流量,第 72 时节点总水头,第 72 时自由水头等。

(11) 管段计算结果表:管段编号,第 1 时管段流量,第 1 时流速,第 1 时水头损失,第 1 时水力坡度,第 2 时管段流量,第 2 时流速,第 2 时水头损失,第 2 时水力坡度,...,第 72 时管段流量,第 72 时流速,第 72 时水头损失,第 72 时水力坡度等。

(12) 阀门计算结果表:阀门编号,第 1 时开启情况,第 2 时开启情况,...,第 72 时开启情况等。

(13) 水泵计算结果表:水泵编号,第 1 时流量,第 1 时扬程,第 1 时功率,第 1 时效率,第 2 时流量,第 2 时扬程,第 2 时功率,第 2 时效率,...,第 72 时流量,第 72 时扬程,第 72 时功率,第 72 时效率等。

3 数据库应用举例

下面 3 个示例是水力计算模型数据库在由同济



大学“给水排水工程设计和运行最优化”课题组研制的“给水管网信息管理系统(NetCAD)”软件中的应用。该软件是用 Visual C++ 6.0 对 AutoCAD 的二次开发,数据库管理系统为 Microsoft SQL Server。

(1)向图形添加管段操作示例(见图2)^[11]。

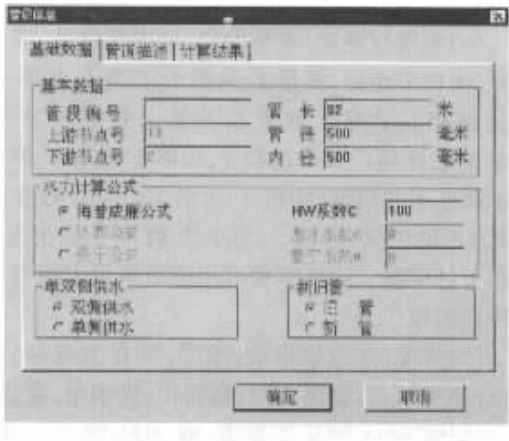


图2 添加管段操作示例

(2)查看节点自由水压连续变化曲线示例(见图3)。

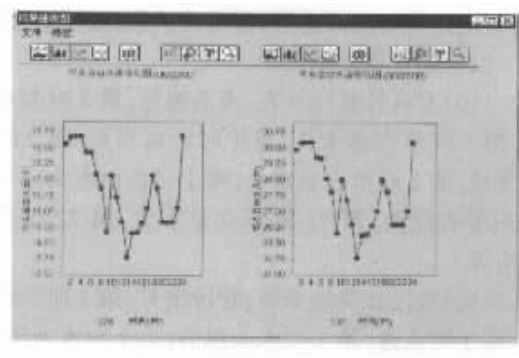


图3 查看节点自由水压连续变化曲线示例

(3)数据报表示例(见图4)。

4 结束语

通过建立水力计算模型数据库,可以使给水管网计算、监控、调度、运行、优化设计和绘图有机地结合成为一个整体。数据库与计算程序相互连接,存取数据方便,表达清晰明确。

数据库需不断维护和定期更新,随着城市的发展,工业和居民生活用水情况在不断变化,数据信息量不断增加,要及时把这些情况反映到数据库中。

管网水力计算模型数据库的建立为管网水质模

图4 数据报表示例

拟计算提供了一个良好的开端。管网水质模拟计算的数学方法是,在管网水力实时模拟计算的基础上,计算水流在管网中不同部位的停留时间,求解水质变化过程数学模型,确定管网中各部位的水质分布状态,以防止水在管网中的二次污染。

参考文献

- 1 王荣和. 给水管网系统多工况优化设计及拟稳定状态水力模拟研究[博士学位论文]. 上海: 同济大学, 1998
- 2 西尔伯沙茨(美),等著. 数据库系统概念. 杨冬青,唐世渭,等译. 北京: 机械工业出版社, 2000
- 3 刘遂庆,王荣和. 给水管网计算机技术的应用与发展. 中国给水五十年回顾. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- 4 吴阳龙. 电脑在自来水事业的应用与展望. 1999年(第四届)海峡两岸都市公共工程学术暨实务研讨会论文集, 1999
- 5 周敏. 关于上海市给水管网的建模工作. 中国给水五十年回顾. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- 6 陈运珍. 城市供水工程广域网系统结构的再探讨. 给水排水, 2000, 26(2): 79~83
- 7 Tom Swar(美). Delphi 4 实用大全. 北京: 中国水利水电出版社, 1999
- 8 Lyn Robison(美). 轻松掌握用 Visual C++ 6 对数据库编程. 北京: 电子工业出版社, 1999
- 9 周敏. 管网建模和模型应用初探. 1999年(第四届)海峡两岸都市公共工程学术暨实务研讨会论文集, 1999
- 10 孙文深,黄宇阳,韩德宏. 深圳市给水管网水力计算模型的建立. 中国给水五十年回顾. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- 11 李强. 给水管网图形信息管理系统应用研究[硕士学位论文]. 上海: 同济大学, 2000

△作者通讯处: 200092 上海同济大学环境科学与工程学院
电话: (021) 63669393-28(X)
修回日期: 2000-6-26