

清江防洪与梯级调度仿真系统数据库设计

李 娅, 杨 峰, 董朝霞

(华中科技大学水电数字化工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:介绍清江防洪与梯级调度仿真系统数据库的设计方案. 为确保系统的安全稳定运行, 系统数据库采用了内、外编码映射变换技术进行站码管理, 设计完善的预报结果表, 保证各子系统的输入、输出数据正确和运行结果可靠; 采用冗余库技术, 建立多数据库方式, 以空间来换取时间效率. 为数据库管理子系统设计了数据库管理、站码管理、数据整编、数据查询等功能模块; 并采用消除冗余数据, 建立索引机制, 调整内存分配及相关的初始参数等方法优化系统数据库性能.

关键词:防洪调度系统; Oracle 数据库; 仿真; 站码; 冗余库; 清江

中图分类号:TV877; TV697.1⁺1

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2004)04-0029-04

清江是长江中游南岸的一条较大支流, 清江公司和华中科技大学共建的清江防洪与梯级调度仿真系统是较早提出并实施的数字流域项目, 该系统是在数字化三维地形和地理数据模型基础上建立的集水情分析预测、水电综合调度和可视化仿真于一体的分析仿真系统. 系统主要实现对全流域雨情、水情的动态分析和预测, 洪水演进模拟和仿真, 洪水预警和预报, 水资源梯级调度和分配, 大坝及电厂安全监控和运行, 电力综合调度与指挥等功能.

在该系统中, 数据库的设计与开发是整个系统成功的关键因素之一, 数据库设计的好坏直接影响系统实施、功能的实现和软件设计质量与生命力, 同时数据库的结构和模式的设计也直接影响系统功能设计和集成设计的思路^[1]. 利用数据库技术, 进行系统所需数据的存取, 为各子系统提供有效的数据服务, 建立起一个友好的人机操作界面, 是保证系统功能实现和安全运行的关键所在.

1 系统结构

1.1 软硬件结构

清江防洪与梯级调度仿真系统由 1 台 Alpha XP1000 服务器和 1 台 Alpha XP1000 工作站(用于梯级水电联合调度仿真工作站及水情分析和防洪调度仿真工作站)、1 台流域三维可视化仿真的 SGI 工作站、2 台 PC 机(用于流域专题属性的图文查询工作站)构成其硬件平台. 在服务器上安装了 Oracle 817,

客户机上安装了相应的数据库客户端软件, 网络环境为 1000M 的高速局域网.

1.2 体系结构

清江防洪与梯级调度仿真系统是一个基于网络具有分布处理功能的系统, 其数据库系统应该采用 C/S 结构^[2]. C/S 计算模型采用的是一种分布计算的思想, 整个应用程序被分布于客户机和服务器上, 分别由客户机和服务器合作完成, 客户机和服务器之间进行通信, 客户机向服务器发出请求, 服务器响应请求, 并只把结果返回给客户. 这种方式有利于充分利用网络中的计算资源, 还减少了网络中的传输量^[3].

由于清江防洪与梯级调度仿真系统各个客户端完成各自不同的功能, 故而采用如图 1 所示的两层 C/S 结构, 这是一种集中式客户机/服务器处理环境, 数据是集成的, 而处理是分布的.

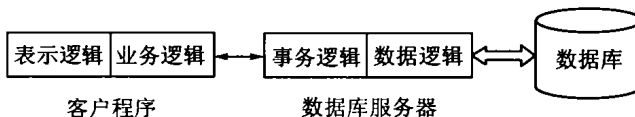


图 1 仿真系统两层客户/服务器计算模型

1.3 数据结构

清江防洪与梯级调度仿真系统数据内容繁多且复杂, 为有效管理信息, 合理组织数据, 应对信息进行分类, 理顺信息传递关系, 提高信息查询效率. 运用面向对象的数据库分析与设计工具来进行系统的设计工作, 首先应对系统的信息与业务流程进行深入了解, 而运用正确的方法对信息进行分类无疑是

深刻理解并正确表述的前提. 经过对系统所有数据信息进行分析和归纳, 可以把数据分为五个层面: 第一为空间数据对应的属性数据, 如水文站、雨量站、河道断面、计算网格等; 第二为历史资料数据, 如水文历史资料、雨量历史资料、负荷历史资料等; 第三为模型计算结果数据, 如厂内 AGC 计算结果、短期优化调度结果、短期负荷预报结果、河道洪水预报结果等; 第四为模型计算所需要的参数和约束数据, 如新安江模型率定参数、下游流量系数、机组流量特性等; 第五为多媒体数据, 如机组剖面图、大坝剖面图、大坝漫游视频等.

以上几类信息基本上包括了整个系统的所有数据信息, 系统的数据库结构及内容即以此为基础设计.

2 数据库管理子系统设计

2.1 设计中的关键技术

2.1.1 站码管理技术

系统数据库的结构与系统的开发方法密切相关, 不同的结构对应着不同的开发思想和方法, 因而研究系统数据库的结构就具有很重要的意义. 作为防洪与梯级调度仿真系统数据库基础数据的测站编码, 是与数据库中其他基本表的结构及存储格式密切相关的, 是联结数据库中水雨情及预报调度等表的纽带, 测站编码数据在整个系统中起关键作用. 为此, 在考虑站码管理时, 应全面分析系统的数据结构, 特别注意应使数据库容易开发和维护, 并能满足预先定义的系统功能, 同时考虑数据库的可扩充性.

测站编码采用 8 位数字代码, 分三部分: 第 1 位数字为流域代码, 代表流域(地区)序号; 第 2、3 两位数字为水系代码, 代表水系(分区)的序号; 第 4~8 位为测站代码, 代表测站序号. 测站序号的首位数字(即第 4 位数)隐含测站类型: 0 和 1 表示水文(水位)站; 2~5 表示降水(蒸发)站; 6~9 备用, 三部分组合成测站编码. 目前, 全国统一的水库站编码尚未完成, 为了确保系统的安全稳定运行, 不至于因测站编码的修改而影响各子系统的运行, 采用内、外编码映射变换技术, 通过维护内、外码间的稳定关系, 使外部编码的修改和更新不会影响系统的运行, 保证了系统的稳定运行^[4]. 通过库码管理站码, 站码管理数据, 可以实现多水库系统的统一管理.

2.1.2 数据通信管理

数据通信是各子系统协调运行的基本前提. 系统数据库的设计必须考虑各子系统间的数据通信, 特别是水情预报和调度子系统间的数据通信需求. 比如水情预报子系统的结果输出到数据库, 调度子系统通过数据库获得预报结果, 设计完善的预报结

果表, 确保各子系统的输入、输出数据正确和运行结果可靠. 在防洪与梯级调度仿真系统中运用数据库来实现数据库管理与通信, 并对系统功能调用顺序进行有效控制, 使数据库能为预报调度的各种模型提供完整的数据, 确保系统的正常稳定运行.

2.1.3 冗余库技术

在仿真系统中, 每个子系统都要和数据库打交道, 而且数据量非常大, 尤其是水库调度模块, 由于调度规则因时间不同而不同, 且调度参数可变, 对于每一种调度规则, 程序运行后的结果需要保存, 但在程序编制过程中所有的输入、输出和中间参数的结构却是相同的, 仅仅是具体数据的不同, 因此要求包含这些数据的表结构保持不变, 可以实现的方法有:

a. 冗余库技术. 采用多个数据库, 多个相同的表结构拷贝, 这样, 只需要一个程序, 多次运行, 改变其数据库连接参数即可.

b. 利用视图机制. 只需要一个数据库, 一份表结构, 在原来每个表中添加一个字段, 用来指明这是相对于何种调度规则, 然后以视图来映射相应计算方案的基本表.

清江防洪与梯级调度仿真系统数据库设计采用第一种方案, 采用这种建立冗余库的原因是调度数据量非常大, 若采用第二种方式, 在每个表中增加一个字段来表示计算方案, 那么多个表中的数据行将达到十几万甚至几十万条, 存取速度会变得极慢; 而采用多数据库方式, 虽然有冗余, 但程序却不必或极少改动, 可以以空间来换取时间效率, 而现在大容量存储器的获取不成问题, 故这种方式相对较佳.

2.2 数据库设计

数据库的设计主要是服务于系统模型的实现, 以便模块能实时、迅速地完成任务的计算. 数据库设计严格按图 2 所示的数据库结构设计和行为设计分离的设计模式进行, 同时还要做到:

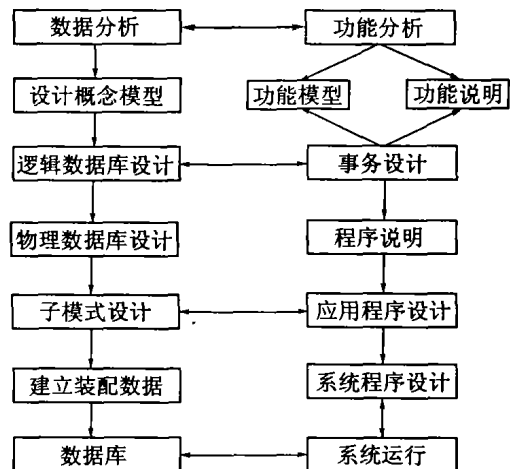


图 2 数据库结构设计和行为设计分离的设计模式

a. 数据表设计充分考虑算法的要求,优化数据表及内容.比如我们设定断面编号规则:编号为5位,格式为?N###,其中?表示电站,用S代表水布垭,G代表隔河岩,B代表高坝洲;N代表断面类型,用0代表一般断面,1代表水文站所在断面;###为断面编号.例如,B0134就表示高坝洲编号为134的一般断面.这样就不必通过断面编号再检索电站和断面类型了.

b. 编写Pro * C程序来实现各模块与数据库的接口.Pro * C把过程化的C语言和非过程化的SQL有机地结合起来,利用SQL语言可以动态地建立、修改、删除数据库中的表,也可以查询、插入、修改和删除数据库表中的行,还可以实现事务的提交和回滚,比如长期优化调度确定模块,只需在模块的前面从数据库读取数据给模块设定的输入参数,返回输出参数等,再生成动态连接库文件.这样可增强数据库与各模块的功能聚合,减少内容耦合,而且移植性很好,在不同的操作系统上使用不必修改模型和其接口.

c. 数据库设计中充分考虑到数据库的扩展性.在跨平台设计时应有很好的兼容性并方便以后的扩展,使用标准的SQL语言实现数据库的创建、用户的创建以及所有表格的创建和删除等功能,并保存为文本文件(initial.sql),以后在生成库或者跨平台时,直接用SQL * Plus运行即可.所有的原始数据先保存为文本文件,经过编程(把SQL语句和C语句自由地混合书写)后保存为后缀为pc的文件,用Pro * C编译后在C语言编译环境下直接运行,得到数据库的数据^[5].这样数据改动时用户可以修改文本文件,不必修改程序.也可以编程将数据库的数据导出生成文本文件.

2.3 功能设计

2.3.1 功能模型

在数据库管理子系统模块设计中,按照软件设计的基本原理与从实践经验中总结出来的启发式规则,将操作或方法从对象或实体中分离出来,从而获得系统数据库管理子系统的功能模型.

2.3.2 主要功能设计

根据整个系统决策的需要,数据库管理子系统设计了以下功能:

a. 数据库管理.软件在运行过程中利用事务对象自动实现与实时数据库或历史数据库的动态连接,可以把实时数据库的资料转入历史数据库.通过系统提供的数据导入与导出功能,与外部程序以通用的文本格式实现通信,为数据库中数据信息的共享提供了又一途径.

b. 站码管理.站码管理是雨水情数据管理的前

提.站码管理具有水库内码管理、测站内码管理和库站关系管理等功能.

c. 数据整编.数据整编提供了数据库水文数据、雨量数据、负荷数据的维护工具,具有数据插入、删除、修改、更新等功能.

d. 数据的导入导出.对于数据库的维护,需要把外部数据导入数据库或把数据库中数据导出到数据文件,系统设计了数据的导入和导出功能.

e. 历史资料查询.历史资料的查询分为水文数据查询、雨量数据查询和负荷数据查询.可以查询时段数据、日统计数据、旬统计数据、月统计数据、雨水情特征统计量等.

f. 预报结果查询.预报结果查询分实时预报查询、交互式预报查询和预报与实测比较结果查询等.实时预报查询有各预报站的降雨量过程、预报流量过程、负荷过程等;交互预报查询是直接查询预报模拟结果;预报与实测比较结果查询提供事后考核的指标.

g. 计算结果查询.计算结果查询分实时计算查询和计算结果查询.实时计算查询在防洪和梯级调度子系统中实现,可以查询各种预案的计算结果,如洪水预报结果、洪水演算结果、洪水调度结果、厂内厂间自动控制方案.计算结果查询是查询最终采用的计算预案结果,如选择采用新安江模型预报结果还是水箱模型预报结果.

h. 多媒体功能.提供影视、动画、音响等多媒体功能,主要用于介绍水库概况及重要历史事件,增强感染和震撼力.

3 数据库性能优化措施

每个数据库系统都具有一定的特殊性,在清江防洪与梯级调度仿真系统数据库中,数据不仅具有多样性,而且数据的来源和实时性要求也不一样.因此,在设计数据库时,应结合数据运算及存储要求等因素对各类数据进行充分分析,协调好数据的完备性和冗余性以及对数据库操作速度之间的关系,以满足实际需要.

a. 消除冗余数据.用分析法消除冗余数据,在数据分析时形成的数据流程图可用来说明客观系统中数据的抽取、加工和传送过程,通过对有关数据的分析,如果发现某些数据能通过其他数据运算得到而且存储速度差别不是很大,则可将该数据舍去;还可利用关系理论消除冗余联系,即求最小依赖集消除冗余,其方法是:首先建立函数依赖集 F ,然后求最小依赖集 F_{min} ,求其差集,考察差集中每个函数依赖集,确定是否冗余.

b. 索引机制.选择好的索引能极大地提高检索

性能,但索引的创建是以浪费存储空间为代价的,若在一个经常修改的数据域上建立索引,则效果适得其反,最终将造成系统性能的下降和存储空间的浪费.通过分析,可得使用索引的几个原则:①为经常出现在检索条件中的数据域建立索引,如果数据域是经常一起出现在检索条件中,那么建立复合索引;②为了提高多表连接效率,对经常用于表连接操作中的数据列应建立索引,如果是多域连接则建立复合索引;③在利用外键连接的表中,外键上也应该建立索引.

c. 调整内存分配及相关的初始参数.正确分配内存资源可以改善高速缓存性能,减少 SQL 语句的分析,减少内存的分页和交换.主要调整库缓冲区、数据字典缓冲区和缓冲区高速缓存的内存分配.

d. 优化磁盘 I/O.磁盘的 I/O 速度对整个系统的性能有较大的影响,将文件分散存储在不同的可用磁盘上,这样事物处理所执行的磁盘访问不妨碍对相应的事务日志登记的磁盘访问,从而减少对数据文件和事务日志文件的竞争,有效改善服务器性能.

e. 优化回滚段.数据库数据表的事务(delete, insert, update)在回滚段产生登记项,它保持数据块在事务开始以前的状态,回滚段控制着数据库处理事务的能力,因而即使数据库其他部分设计得再好,但如果回滚段设计得不合理,仍将会严重影响系统的性能.为回滚段建立一个独立的表空间数据,可以包括在不

同驱动器上的多个文件,使回滚段与数据字典、用户数据、索引等分离开来,减少 I/O 的竞争.同时独立使用回滚段,可以减少用户数据表空间碎片的产生.

4 结 语

清江防洪与梯级调度仿真系统前期开发已经完成,应用程序设计采用 C++,界面设计采用 VC++,各计算子系统利用 Oracle 提供的 Pro * C 访问数据库, GIS 与三维仿真显示利用 ODBC 访问数据库.多次系统联合调试结果表明,数据库管理子系统能为多个子系统提供有效的数据服务,下一步的工作是继续完善功能,进一步提高系统的性能.

参考文献:

- [1] 萨师煊.数据库系统概论[M].北京:高等教育出版社,2000.204.
- [2] Rowssopoulos N. Modern client/server DBMS architectures [J]. Sigmod Record, 1991, 120(3): 7~8.
- [3] 邵佩英.分布式数据库系统及应用[M].北京:科学出版社,1998.12.
- [4] 郭生练,杨金星,郭井.水库调度综合自动化系统[M].武汉:武汉水利电力大学出版社,2000.78.
- [5] 敬铮.Oracle 8i 数据库开发与专业应用[M].北京:国防工业出版社,2002.47.

(收稿日期:2003-11-18 编辑:熊水斌)

(上接第 13 页)

3 用方法 2 计算的最小安全系数取值范围

鉴于方法 2 比方法 1 合理,一般 $(h_p - h_s) > (h - h_p)$ 时计算的安全系数比方法 1 大,因此,用方法 2 计算时可将安全系数适当提高.就像用圆弧滑动条分法分析边坡稳定一样,简化毕肖普法考虑了条块间作用力,比瑞典法合理,但是计算的稳定安全系数比瑞典法大,规范(SDJ218-84)^[2]规定了用瑞典法计算的最小安全系数,而用简化毕肖普法计算时,安全系数提高 5%~10%.由于简化毕肖普法比瑞典法合理,因而新规范(SL274-2001)^[3]则规定用简化毕肖普法计算安全系数,而用瑞典法计算时,安全系数减小 8%,说明新规范比老规范突出了较合理的简化毕肖普法.能否参照这种精神确定两种降深计算方法的最小安全系数值得探讨.目前 GB5007-2002《建筑地基基础设计规范》^[4]附录 W 规定,用方法 1 计算的最小安全系数为 1.1,所以用方法 2 计算的最小安全系数宜大于 1.1,但应小于新规范(SL274-2001)^[3]中 8.2.4 节规定的安全系数下限值 1.5,因为土石坝为永久性建筑物,而基坑降水是临时性施工措施.

4 结 论

a. 对承压水以上覆盖层为绝对不透水层,或者其底面存在绝对不透水隔层的情况,按方法 1 计算安全系数或降深是正确的.但是,覆盖层通常为黏性土层,土体内存在孔隙,相对于承压水层而言均为弱透水层,因此,实际工程中难以出现上述情况.

b. 覆盖层为弱透水土层时,按方法 2 计算降深比按方法 1 计算合理.

c. 当 $(h - h_s)/\rho_c > (h - h_p)/\rho_c'$ 时,按方法 2 计算的降深比按方法 1 计算的小;在降深一定时,按方法 2 计算的安全系数比按方法 1 计算的大.当安全系数等于 1 时,两者一致.

d. 按方法 2 计算降深,且 $(h - h_s)/\rho_c > (h - h_p)/\rho_c'$ 时,所采用的最小安全系数可适当加大;但控制部位宜小于 1.5.

参考文献:

- [1] 周国林.深井降水在蚌埠闸扩建工程施工中的应用[J].治淮,2002(12):33~34.
- [2] SDJ218-84,碾压式土石坝设计规范[S].
- [3] SL274-2001,碾压式土石坝设计规范[S].
- [4] GB5007-2002,建筑地基基础设计规范[S].

(收稿日期:2003-11-25 编辑:熊水斌)