

基于 B/S 模式的防汛水雨情整合查询系统研究

李 斌^{1,2}, 解建仓¹, 胡彦华², 姜仁贵¹

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2. 陕西省水利厅, 陕西 西安 710004)

摘 要: 针对当前防汛工作中存在的数据分散和数据异构问题, 本文设计并开发了一套基于 B/S 模式的防汛水雨情整合查询系统, 并应用到陕西省防汛工作中。提出了系统的目标和任务, 对系统总体结构、功能及其关键技术进行设计。应用实例表明: 基于 B/S 模式的防汛水雨情整合查询系统较好地实现了水雨情信息的实时监测, 雨量信息的多模式查询, 河道、水库信息的高效组织、管理与展示。特别是在 2010 年陕南暴雨、2013 年延安特大暴雨期间, 防汛指挥部门通过该系统迅速收集汛情信息, 提前预警, 为人员撤离赢得宝贵时间, 最大限度地减轻了损失, 发挥了巨大的社会效益。系统整合效果较好, 应用可靠, 极大地提高了防汛分析与快速应对能力, 具有较好的实用价值和应用前景。

关键词: 防汛; B/S 模式; 水雨情查询; 防汛信息化

中图分类号: P338.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2015)04-0012-06

Study on flood control hydrological information integration and query system based on B/S mode

LI Bin^{1,2}, XIE Jiancang¹, HU Yanhua², JIANG Rengui¹

(1. Faculty of Water Resources and Hydro-electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. Shaanxi Provincial Department of Water Resources, Xi'an 710004, China)

Abstract: Aimed at the problems of distributed and heterogeneous data in flood control works, the paper designed and developed a flood control hydrological information integration query system based on browser/server (B/S) mode which was applied to flood control works in Shaanxi province. It proposed object and task of the system and designed overall structure, function and key technology for the system. Application example showed that the system can realize the real time monitoring of hydrological information, the multimode querying of rainfall information and the efficient organization, management and display of the river and reservoir information. Especially during periods of rainstorm in southern Shaanxi in 2010 and severe rainstorm in Yan'an city in 2013, the flood control department got flood information quickly by the system, provided early warning, and let people evacuate quickly and minimize the disaster loss and thus generated great economic benefits. The system has better integration effect and its application is reliable, and can enhance the flood control analysis and rapid response capability. The system has good practical value and application prospect.

Key words: flood control; browser/server (B/S) model; hydrological information query; flood control information

1 研究背景

防汛信息化是对防汛信息资源的开发利用, 建

立数据库系统, 形成计算机网络、通信系统和应用软件体系, 并为水利行业其他系统信息化提供有力的技术、人才和物质基础的过程。防汛信息化是水利

收稿日期: 2015-01-10; 修回日期: 2015-02-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(51109175、51109177); 西北旱区生态水利工程国家重点实验室培育基地研究项目(2013ZZKT-5)

作者简介: 李 斌(1980-), 男, 陕西泾阳人, 博士研究生, 高级工程师, 研究方向为水利信息化。

通讯作者: 解建仓(1963-), 男, 陕西西安人, 教授, 博导, 研究方向为水利信息化、GIS 及智能决策系统。

信息化的重要内容,将大大推进整个水利信息化的进程^[1]。当前,诸多学者针对防汛信息化工作开展研究,并取得一定的成果。例如,姜仁贵等^[2]针对防汛中多源信息难以集成和表现力不足等特点,设计并开发了基于三维地理信息系统的防汛预警监视平台,辅助防汛决策,实例应用表明该平台具有可扩展性、实用性和较好三维表现效果等优点;张建云等^[3],黄康等^[4],李汝光^[5]等将地理信息技术应用到了防汛信息系统建设实际中;付成伟等^[6]提出了防汛会商决策支持系统的总体结构和实现思路;许峰等^[7]设计并提出建立的防汛防旱预警系统;甘治国等^[8]基于 SuperMap 基础地理信息平台实现了面向防汛决策的济南市黄河防汛指挥调度决策支持系统;辛立勤等^[9]提出了推进水利信息资源开发与共享的思路与方式。

随着信息化的不断深入,水利信息化条块分割、低水准重复开发建设、系统之间不能互联互通、数据资源不能共享的问题日益突出。系统建设在一定程度上还存在着各自为政的现象,信息资源比较分散,开发利用效益不高。信息孤岛、数据异构、服务模式不统一等现象的存在都迫切需要全面整合防汛信息,实现数据资源共享、同时在系统开发过程中也希望能最大限度减少软件低水准重复开发^[10-11]。当前水利防汛已经积累了大量的数据资源,然而对海量数据的处理和集成应用存在不足。以陕西省水雨情数据为例,目前,陕西省有雨量站 4000 多个,河道水位水文站 1000 多个,水库水文站 800 多个。这些站点归属不同的管理部门。对于单个雨量站,如果按照降水超过 2 mm 时上报一条数据,单站一年就将近 500 多条数据,再加上每天报送的平安报,单站一年就将近 1000 多条数据。各系统采用的数据库,传输方式也不尽相同。对这部分数据的处理主要以各单位建设的应用系统为主,虽然也可以为防汛决策提供一定的支撑作用,但是在时效性和支撑复杂的防汛业务应用方面存在明显的不足,无法从整体时间空间等尺度上掌握汛情信息。除此之外,水利防汛工作涉及到大量的基础地理信息和空间地理信息,如何将地理信息和水雨情信息进行有效耦合,并将其应用到防汛决策工作中,也是一个需要紧迫解决的问题。本文针对上述问题,提出一套防汛水雨情整合系统方案,采用数据集成思路和 B/S 的系统开发技术,在对多源数据进行有效处理和整合的基础上设计并开发了一套基于 B/S 模式的防汛水雨情整合查询系统,实现数据资源共享。系统支撑了复杂的防汛业务应用,进而提高了防

汛分析能力和应对水平。

2 防汛水雨情整合查询系统设计

防汛水雨情整合查询系统基于现已建立的水雨情自动测报系统、水库调度系统、江河洪水跟踪等系统的基础上,通过光纤通信链路,建立数据集中中间件,解决现有业务系统中数据整合难的问题,实现全省防汛信息同步更新、实时转发、资源共享、科学决策,最大限度地发挥各类数据的效益和效能。

2.1 系统设计目标

系统全面整合并转发各市、直属防汛部门的雨情、水情等各类数据到省防总数据库;以实时监控、显示、统计、分析、预报、决策为目的,将现代信息技术与防汛抗旱业务需求紧密结合,建成一个先进实用、高效可靠、自动化程度高的防汛抗旱决策支持系统;达到信息定位更加直观,监视更加全面、分析更加准确、决策更加科学,有效地提高防汛部门工作效率、质量、效益,减轻工作强度,为组织抗洪抢险及抗旱提供更加科学和正确的决策依据。

(1)面向全省所有大型水库管理单位,按照规范数据格式,通过光纤链路,整合该水库的基础数据和实时水雨情数据、通过数据转发程序实现实时向市防汛办、省防总转发。

(2)面向各市防汛办、直属防汛单位,按照规范化数据库格式,整合、校正辖区内所有自动化监测数据监测站基础数据,通过转发程序向省防总转发水雨情实时数据。

(3)陕西省防总建设实时水雨情数据库,在全面整合全省防汛基础数据的基础上,实时校核入库各单位转发的实时数据。开发面向技术人员的数据查询维护系统和面向领导决策的报表查询系统。

2.2 系统体系结构

防汛水雨情整合查询系统采用浏览器/服务器(Browser/Server, B/S)三层体系结构。B/S 模式为应用系统的设计和实现带来很大的优势:代码可重用性好、容易维护、良好的可扩展性、异构软硬件平台的适应性,也是目前常采用的开发模式^[12]。

系统总体结构包括:数据采集层、数据汇集层、应用支撑管理平台层,应用层和人机交互层共 5 个层,如图 1 所示。

(1)数据采集层。数据采集层主要包括省防汛信息中心、水文局、各地市防办、各水库管理单位等建设的水雨情信息监测、河道洪水跟踪、水库水情自动化测报等系统。

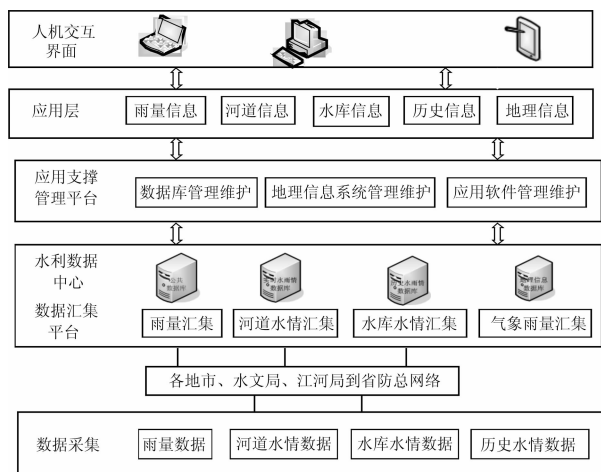


图1 防汛水雨情整合查询系统总体结构

(2)数据汇集层。数据汇集层是为水雨情整合查询系统提供一个汇集各类防汛信息、可共用的综合数据平台。在省、市防汛指挥机构、直属防汛单位、各水库管理机构之间实现雨水情信息、洪水预报调度信息、调度成果的共享。汇集层整合各类基础信息、专用成果信息、历史雨水情等信息。

(3)应用支撑管理平台层。应用支撑管理平台层主要包括对数据库、空间地理信息系统、应用软件的管理维护,保证系统的稳定可靠运行。形成统一的服务平台、对多个子系统进行有效的服务和管理。该层也包括系统登录、管理、功能控制、权限分配、角色定制等方面应用服务功能,实现对系统的统一管理。

(4)应用层。以 Web 为运行平台,结合 GIS 系统,紧密围绕水利水情业务核心,同时涵盖汛期值班和信息采集、发布、浏览等业务。应用层主要由各子系统构成,提供水情实时监测、雨量信息查询、河道水情信息查询、水库水情信息查询、等值线及图形服务、WebGIS 服务、特征值统计、数据分析汇总等功能。值班人员在值班时利用本系统监测水情信息,制作打印水情简报、江河和水库报表,以备会议和上报之用。对确认为可以公开的信息,则可以通过互联网向公众发布。

(5)人机交互层。人机交互层提供了台式机、移动终端等人机交互操作手段,实现防汛水雨情整合查询系统与用户之间的交互。包含了用户管理、短信群组管理、测站管理、短信定制、短信发送等功能。

2.3 防汛水雨情查询系统功能

防汛水雨情查询系统属于应用层软件,主要实现基础数据查询、水雨情信息查询、汛情动态监视、报表查询、报表打印等。其用户分为3类:①系统管

理员。对系统进行全面管理和维护,如系统用户的管理、角色的管理、水情数据维护、站点的管理等。②专业用户。在值班时利用本系统监测水情信息,发布水雨情简报。③各级防汛领导。这是本系统服务于管理者的具体体现。防汛领导通过系统掌握实时降雨动态,查询雨量等值线面、雨量简报、水情公报等,从宏观上掌握汛情,做出决策。

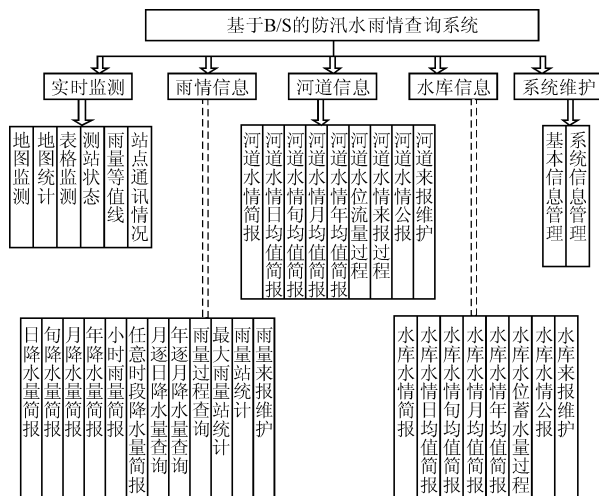


图2 防汛水雨情查询系统功能

实时监测模块主要整合空间地理信息与实测雨量数据资源,将其集成在同一平台下进行综合表现,包括地图监测、地图统计、表格监测、测站状态、雨量等值线等服务功能,从而为支持快速的防汛决策应对。雨情信息模块包括:日旬月年降雨量简报、任意时段降雨量简报、月逐日降雨量查询、年逐月降雨量查询、雨量过程查询、最大雨量站统计、雨量来报维护等内容。河道信息模块由河道水情简报、河道水情日均值简报、河道水情旬均值简报、河道水情月均值简报、河道水情年均值简报、河道水位流量过程、河道水情公报、河道来报维护等功能组成。水库信息模块实现了水库水情简报、水库水情简报、水库水情日均值简报、水库水情旬均值简报、水库水情月均值简报、水库水情年均值简报、水库水位蓄水量过程、水库水情公报、水库来报维护等服务。

2.4 系统数据库设计

2.4.1 空间数据库 空间数据库主要存储与防汛信息密切相关的空间数据,本系统采用 ArcGIS 为地图操作平台。根据防汛信息的功能要求,地图图层结构分为基础底图和防汛专题层两个部分。基础底图包含:基础地理信息、城市、重点城镇、道路、干流及主要支流等。防汛专题层包含有:遥测雨量站、水文站、水库报讯站、气象雨量站、土壤墒情站等。对

于有明确经纬度的站点信息,由表格直接导入;对于其他的站点,由人工标绘,并检查。

2.4.2 水雨情数据库 传统水利信息系统在开发过程中,往往根据系统的需要建立相应的数据库,随着应用功能的不断扩展,在水利防汛工作中建立了很多数据库,然而,由于数据库结构的异构型使得不同系统之间的数据不能进行很好交互和数据的共享,为此,本文在数据库设计中,严格遵循水利部颁发的水利行业标准《实时雨水情数据库表结构与标识符标准》,在保证满足整合系统需要的基础上最大程度上为系统后续业务应用的开发提供标准化的数据接口。系统中采用的标准化数据库表主要包括:测站基本属性表、河道站防洪指标表、库(湖)站汛限水位表、降水量表、河道水情表和水库水情表等。对于存贮于全省各地的分散数据,通过建立数据集中中间件,实现基础数据标准化访问与集成,以及实时数据的同步更新服务。建立组件化信息服务平台,以抽象描述对数据进行规范,实施数据到信息的快速组织,提高数据实用性和访问、管理的便捷性。

3 应用实例

3.1 研究区概况

陕西省地处西北地区东部,以秦岭山脉为界,分为黄河、长江两大流域,陕南以秦岭山脉为主,海拔 1 500 ~ 300 m,山大沟深,层峦叠嶂,年均降雨量 800 ~ 1600 mm;关中陕北海拔从 300 m 逐步过渡到 1 500 m,梁峁沟壑丘陵区居多,以土石山为主,年均降雨量 500 ~ 700 mm。全省山丘区面积 16.19 万 km²,占陕西省总面积 20.56 万 km² 的 78.7%。受特定地理位置和特殊自然环境的影响,汛期陕西暴雨洪水高发频发,严重威胁着人民群众的生命财产安全,给全省经济社会发展带来严重影响。

近十几年来,陕西防汛信息化建设投资力度不断加大,在基础设施建设、信息资源共享利用、业务应用系统开发、保障环境建设等方面均取得了重大进展。全省建成雨量监测站 4000 多座、江河洪水跟踪监测站近 100 座、水库洪水调度系统 29 个、水库大坝安全监测系统 14 个、县级水雨情监测工作站 86 处;实现了全省 11 个市和 56 个县宽带光纤连接、防汛异地可视会商;完成省防汛抗旱指挥中心、网络中心、工情中心、水情中心和市级分中心的建设;开展了山洪灾害防御体系建设。

3.2 系统业务应用

系统采用面向对象设计思想,充分考虑系统的

安全性和灵活性,基于 Visual Studio. NET 进行开发;数据库选择 Microsoft SQL Server 2005;地理信息系统采用 ArcGIS9.0;开发语言选用 C++ 进行程序设计。本系统实现的防汛业务应用主要包括:实时水雨情监视、雨量信息查询与统计、雨量等值面查询、河道水情查询、水库水情查询等。

3.2.1 实时汛情监测 实时汛情监测功能是为防汛值班人员提供实时汛情和汛情发展趋势的应用系统,定时的刷新数据,以完全自动、直观醒目的方式向值班人员提供站点和区域的实时汛情,并满足值班人员对汛情深层次查询和分析比较等要求。实时监测模块主要包括:地图监测、地图统计、表格监测、测站状态、站点通讯情况。

降雨量地图监测功能在整个地图上以柱状图的形式显示雨量站当日雨量和昨日雨量。在该界面中,监视的内容可以用地图的形式显示,以不同颜色的柱状图,实时显示实时降雨量和昨日降雨量。降雨量地图监测如图 3 所示。测站状态、站点通讯情况的监测是以表格形式显示。

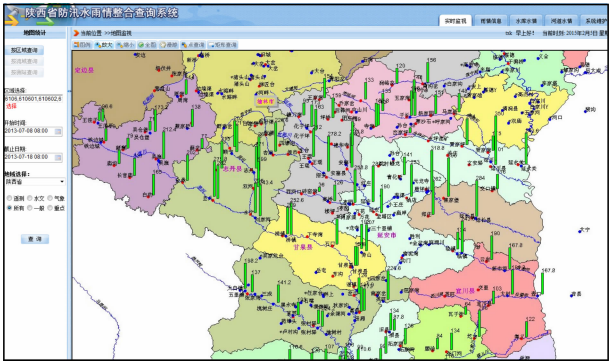


图 3 降雨量地图监测

3.2.2 雨量信息查询 雨量信息查询功能是为满足值班人员在自动雨量监测的基础上更深入地了解相关汛情发展的需要而提供的各种制式的查询方式。在信息查询界面中出现查询条件对话框;输入查询条件,系统根据查询条件以表格方式对各类结果进行统计分析。

(1)雨量等值面:根据所选的时间段绘制相应的雨量等值面。雨量等值面如图 4 所示。

(2)日旬月年降水量简报:根据所选的时间段,按照行政区域或按照流域统计各站点的降雨量信息。

(3)小时雨量简报:根据所选站点,显示所选日期 24 h 降水量信息。

图 5 为小时雨量简报界面。时间间隔的选择包括 1、2、6 h。根据所选的时间间隔,统计对应站点

所选日期 24 h 降水量信息,掌握降雨的时间分布。

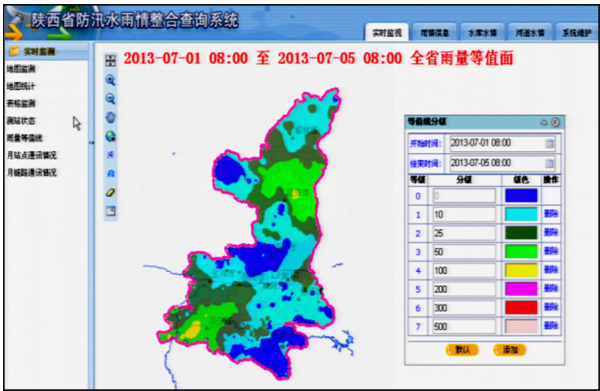


图4 雨量等值面

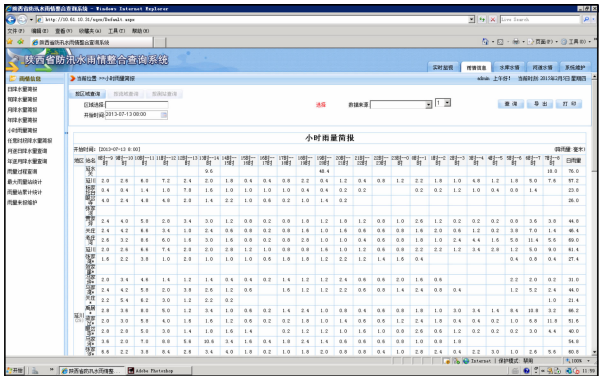


图5 小时雨量简报

(4)最大雨量站统计:根据所选时间段,显示每个行政区域内所有站点的最大降水量。对于降水量信息,防汛部门关注的是最大降水量的时空分布。运用最大雨量站统计功能,防汛部门能提高防汛预警能力,对可能发生的灾害进行分析。

图6为最大雨量站统计的界面。系统根据所选时间查询每个行政区域内所有站点的最大降水量。当系统内的雨量站点增加或减少时,系统会根据每个站点的行政代码进行自动识别,保证了统计的准确性。



图6 最大雨量站统计

2013 年入汛以来,陕西全省多次出现局地集中降雨过程,特别是7月份,全省共出现5次较大范围降雨过程。暴雨洪水造成多地受灾,防汛形势严峻。尤其是延安市,受灾最为严重。经系统查询,7月份延安降水量最大点宝塔区甘谷驿,月降水量达到656 mm。在降雨期间,该系统积极发挥信息监测、整合作用,为省防总领导和各级防汛部门进行提前预警、组织防御救灾工作及时提供信息支撑。

(5)雨量来报维护等功能。由于在信息采集传输过程中,由于电磁干扰或其他原因,可能出现错报。通过雨量来报维护等功能可以方便的删除错误雨量来报,避免误报产生的误判。

3.2.3 河道水情查询 河道水情查询功能为值班人员提供河道水情发展的需要而提供的各种制式查询。在时间对话框输入查询条件,根据查询条件显示各类河道信息,并以图表方式提示用户密切监视汛情的发展,并提供超警、超保、告警功能。

(1)河道水情简报:以简报形式显示当日全省主要江河的水文站的水情信息。河道水情简报如图7所示。主要显示主要河流当日水位、流量,是否超警等信息。



图7 河道水情简报

(2)河道水位流量过程:以图表形式显示根据所选站点、时间段的水位流量过程。

(3)河道水情公报:以简报形式显示当日全省所有水文站、水位站的水情信息。

3.2.4 水库水情查询 水库水情功能主要包括:水库水情简报、水库水情日均值简报、水库水情旬均值简报、水库水情月均值简报、水库水情年均值简报、水库水位蓄水量过程、水库水情公报、水库来报维护。

水库水情简报如图8所示。根据需求,可查询大、中、小型等水库的入库流量、出库流量、库水位、蓄水量,是否超限等信息。



图 8 水库水情简报

4 结 语

陕西省防汛水雨情整合查询系统基于 B/S 三层模式结构,通过对 ArcGIS 进行二次开发进而实现基础地理信息和水雨情信息的集成,在此基础上通过对实时水雨情的监视,水雨情信息查询、分析与展示,实现为防汛指挥提供支持服务。应用实例表明,本文开发的防汛水雨情整合查询系统全面准确完成了全省 5000 多个测站数据的整合,为防汛决策提供有力的基础数据资源和技术支撑。各级防汛部门通过专网便捷的访问系统,进行汛情研判,大大提高了工作效率。系统经过几个汛期的检验,应用可靠,极大地提高了防汛分析与快速应对能力,尤其是在 2010 年陕南暴雨和 2013 年延安特大暴雨事件中起到了重要作用,极大提高了水利防汛决策支持与快速应对能力,具有较好应用前景和推广价值。下一阶段将结合本文开发的系统,在系统已建立的数据库基础上,更深层次的挖掘数据内在联系,进一步将

水文预报模型和信息技术结合,提高水文预报精度,以期更好地为水利防汛服务。

参考文献:

[1] 解建仓,罗军刚. 水利信息化综合集成服务平台及应用模式[J]. 水利信息化,2010(5):18-23.

[2] 姜仁贵,解建仓,李建勋. 面向防汛的三维预警监视平台研究与应用[J]. 水利学报,2012,43(6):749-755.

[3] 张建云,王光生,张建新,等. Web 洪水预报调度系统开发及应用[J]. 水利水电技术,2005,36(2):67-70.

[4] 黄康,虞开森,俞志强,等. 面向服务的防汛 GIS 支撑平台设计与实现[J]. 浙江大学学报(理学版),2011,38(4):456-460.

[5] 李汝光,徐骏. GIS 技术在水利信息化管理中的应用[J]. 常州工学院学报,2011,24(5):41-45.

[6] 付成伟,李红宇. 防汛会商决策支持系统实现方法[J]. 测绘科学,2004,29(3):30-32+47.

[7] 许峰,戚荣志. 防汛防旱预警系统的设计与实现[J]. 水利信息化,2012(5):4-8.

[8] 甘治国,张红武,蒋云钟. 济南黄河防汛指挥调度决策支持系统研究[J]. 南水北调与水利科技,2004,2(5):21-23.

[9] 辛立勤,楼奎良. 水利信息资源的开发与共享[J]. 水利水文自动化,2006(3):1-3.

[10] 姜仁贵,解建仓,李建勋,等. 组件式雨水情应用集成平台设计与开发[J]. 水力发电学报,2012,31(6):89-95.

[11] 李建勋,解建仓,张永进. 面向水利业务应用的数据集成及其服务模式[J]. 水利信息化,2011(4):1-3+8.

[12] 张翰韬,徐昌盛,王俊龙. 基于 B/S 和 C/S 架构的 Web 防汛调度指挥系统的设计与实现[J]. 南京师范大学学报(工程技术版),2005,5(4):82-86.