

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2017. 05. 006

基于 B/S 和开源框架技术的临安市水文水资源信息系统开发

赵建飞¹,梁忠民^{1,2},王 军¹,李留东³

(1. 河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098; 2. 水安全与水科学协同创新中心,江苏 南京 210024;
3. 临安市水文站,浙江 杭州 311300)

摘要:从设计原则、总体架构设计、系统功能设计几方面对临安市水文水资源信息系统开发进行了思考,提出了基于 B/S 架构,运用 Quartz、Ehcache 和 WebSocket 开源框架技术,解决海量水文水资源数据检索查询效率、高并发用户访问的系统响应速度和预警信息实时传递等关键问题。结果表明,开发的临安市水文水资源信息系统能提供包括水雨情、工情及水资源信息查询、预警预报发布、公文报表自动生成、站点维护等分析处理工具,实现了水文日常业务的智能化,为决策部门与社会公众提供实时水文水资源信息服务。

关键词:水文水资源信息系统;B/S 架构;Quartz;Ehcache;WebSocket;临安市
中图分类号:P333. 9;TP311. 52 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933(2017)05 - 0031 - 07

Development of hydrological and water resources information system of Lin'an City based on B/S architecture and open source framework technology

ZHAO Jianfei¹, LIANG Zhongmin^{1,2}, WANG Jun¹, LI Liudong³

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. National Cooperative Innovation Center for Water Safety & Hydro-Science, Nanjing 210024, China;
3. Lin'an Hydrological Station, Hangzhou 311300, China)

Abstract: This paper studied the development of hydrological and water resources information system of Lin'an City from the design principle, whole framework design, system function design, etc. Based on B/S model, the key problems should be solved, which include the efficiency of massive hydrological and water resources data querying, system response speed for high number of concurrent user access and real-time transmission of early warning information by applying open source framework technology like Quartz, Ehcache and WebSocket. The results show that, the hydrological and water resources information system for Lin'an City can provide such analytical processing tools as water, rainfall, hydraulic structure behavior, water resources information inquiry, release of early warning and forecast, document and report forms autogeneration and hydrological station maintenance and so on, achieving the intellectualization of hydrological daily operation. Finally, real-time hydrological and water resources information services can be provided to the decision-making departments and the public.

Key words: hydrological and water resources information system; B/S architecture; Quartz; Ehcache; WebSocket; Lin'an City

基金项目:国家重点研发计划重点专项(2016YFC04027010,2016YFC0402706)
作者简介:赵建飞(1993—),男,硕士研究生,研究方向为水文水资源信息系统开发。E-mail:amos_zhao@163.com
通信作者:梁忠民,教授。E-mail:zmliang@hhu.edu.cn

日益严峻的防汛及水资源管理形势对水文工作提出了新的挑战,作为水文学科与计算机学科交叉融合的水文水资源信息系统从软件层面提供了有效的应对措施。水文水资源信息系统是基于计算机与网络技术,并结合水文水资源实际工作需求的智能化日常业务管理系统,实现“互联网+”在水文行业的自然延伸。系统充分利用现代信息技术以实现水文水资源信息传输、处理和服务的智能化^[1],提升水文行业的科技水平和社会服务能力。

近年来,国内外水文水资源信息系统方面研究取得大量的研究成果。国外水文水资源信息系统研究起步较早,较多集中在水资源管理、水文模型及水文信息系统开发与集成等方面,如 Bracht^[2]探索了GIS在水资源管理中的运用,提出了相对成熟的水文地质信息系统的概念;Ichikawa 等^[3]借鉴了面向对象的思想,解决了水文模型编程及其与水文信息系统的集合问题;Hung 等^[4]总结了曼谷水文信息系统开发和运行经验,探索了水文信息系统更好服务于城市防灾减灾的发展方向;Lienert 等^[5]开发了以实时可交互图像为特色的水文信息系统,体现了水文服务的实时性、可视性和可交互性特点。在国内,水文水资源信息系统的研究集中在顶层设计、水文信息采集、GIS 应用、系统开发等方面,如蔡阳^[6]较系统地阐明了水利信息化的需求、意义、目标和原则;艾萍等^[7]从避免系统重复建设、促进资源共享和强化业务协同的角度出发,提出了水利信息化顶层设计的基本思路;舒大兴^[8]对水文信息系统建设中的水文资料采集、处理和应用等问题进行了研究;

吴晓芳等^[9-10]运用 WebGIS 技术,对水文空间信息数据进行展示,丰富了水文数据可视化的手段;张晗^[11]将软件工程中的构件技术引入水文信息系统,为增强系统通用性、降低开发难度提供了新的途径;其他学者相继设计开发了嘉兴市、引滦局、珠江口和黑河流域等地区的水文信息系统^[12-15],并成功运用到实际业务中。不管国内还是国外,在互联网、物联网、大数据和云技术的推动下^[16-17],水文水资源信息系统向更智慧、更综合的方向发展,我国目前正在试点的智慧水务正是其表现。

尽管水文水资源信息系统在各个方面取得了巨大成绩,但面向点多面广的基层水文部门的系统开发研究相对较少。本文以临安市为例,根据我国基层水文水资源信息服务特点以及基层水文部门日常业务需求,设计了基于 B/S 的系统构架和功能框架,采用开源框架技术实现系统开发,以期在实际的防汛减灾和水资源管理工作中发挥作用。

1 研究区概况与需求分析

1.1 研究区概况

浙江省临安市地处东南沿海,位于亚热带季风区南缘,受梅雨期强降水、台风和局地暴雨影响,降水时空分布不均。区域地形地貌复杂多样,西高东低,海拔高差 1 700 m 以上,山洪灾害频发。区域内主要河流包括南苕溪、中苕溪、天目溪和昌化溪,分属长江和钱塘江水系,分布大、中、小水库 34 座(图 1)。临安市水文遥测站网建设较完善,已实现水文数据的实时采集、传输与存储,站点分布见图 2,水文站点和水利工程统计见表 1。

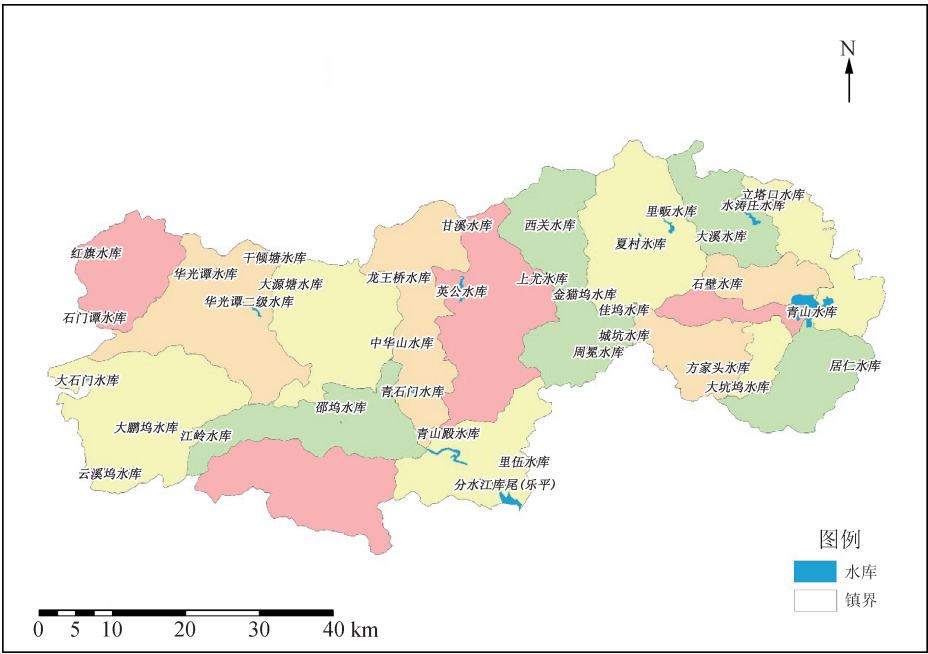


图 1 临安市水利工程分布

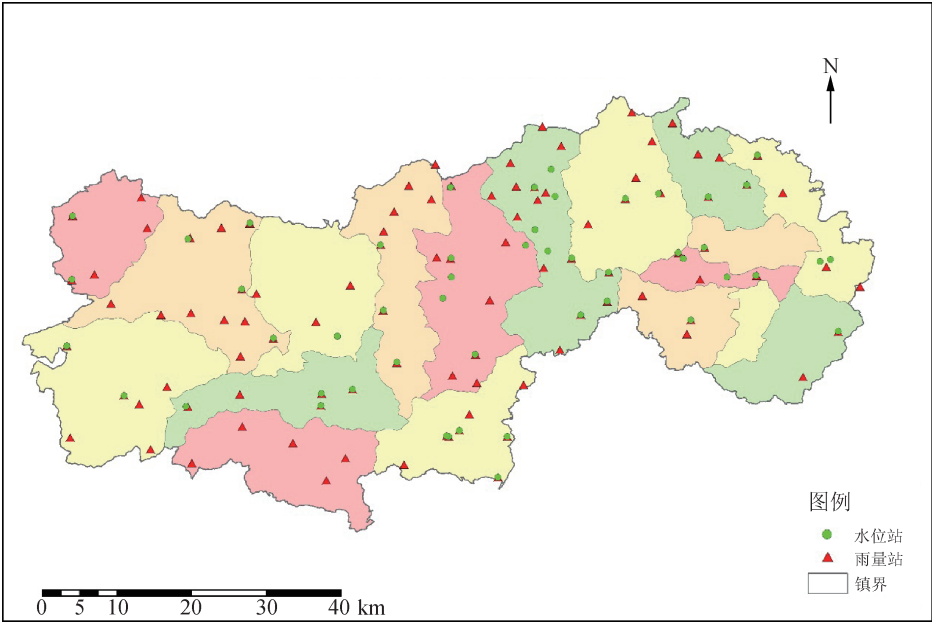


图2 临安市水文遥测站点分布

表1 临安市水文站点、水利工程统计

水文站点	数目/个	水利工程	数目/座
基本雨量站	42	大型水库	2
小流域站	45	中型水库	4
水库站	34	小型水库	28
河道站	25		

1.2 需求分析

针对临安市暴雨洪水特点和防洪现状,从面向防洪决策关键业务需求角度,开展水文水资源信息系统业务需求分析,主要业务功能应包括:①水雨情查询和展示。水雨情、工情和水资源信息查询和展示是水文水资源信息系统的最基本功能。基于遥测系统实时数据,提供数据处理、统计和查询,并以数据图表、等值线图、GIS 专题图和公文报表等多种形式展示。②预警发布和处理。预警发布能够确保用户及时地获取险情信息,并根据业务需要以报警喇叭或短信发送给相关业人员。预警信息分为内部预警和外部预警两个部分:内部预警信息包括遥测设备异常、服务器状态异常等,只对水文部门内部预警;外部预警信息是指应及时对其他相关行业及社会公众公布的信息,包括水雨情超限、水库放水等。对预警信息,应当设置值班功能模块以实现对险情的应急处理,必要时进行短信提醒。③水文水资源日常业务功能。水文水资源信息系统应具备自动提供水文水资源日常业务服务的功能,如日、旬、月的公文报表生成、水雨情短信告知、站点维护等。另外,其他一些专业服务,如洪水预报、频率分析、水文计算等功能,也应集成在水文水资源信息系统中,以方便开展其他水文业务。

2 总体设计

2.1 设计原则

- a. 可靠性。系统统计、展示水雨情、水资源和预警信息务求准确,能 7 × 24 h 无故障运行,能应对高并发用户的访问。系统具有容错能力,错误数据的提交不会引起系统运行中断。
- b. 实时性。系统应在限定的时间内对相应操作做出反应,数据分析处理的时间、数据刷新的时间间隔、系统的响应速度是评判系统实时性的关键指标。
- c. 通用性。对水雨情查询展示等基本功能模块可作为粗粒度构件进行设计开发,水文模型、水文计算等专业模块,可作为细粒度标准件进行实现,避免系统的重复开发设计。
- d. 标准化。系统的代码编码、数据库开发、数据处理分析等应严格按照相关标准执行,系统内部接口必须满足标准化要求,确保连接顺畅,方便系统升级拓展。
- e. 安全性。系统应当具有完善的安全防护机制,防范非法用户操作,保障合法用户正常访问系统。系统内部关键接口的调用应予以安全性的考虑和设计。

2.2 总体构架设计

系统采用 B/S 架构,分为表现层、业务逻辑层和持久数据层,同时运用 MVC (Model-View-Controller) 设计模式以引入控制层实现权限控制、参数校验等功能。表现层即视图层,主要负责与用户的交互,提供用户权限、水雨情等信息查询、日常业

```

graph LR
    subgraph B_S [B/S]
        direction TB
        P[表现层]
    end
    subgraph MVC
        direction TB
        V[视图]
        M[模型]
        C[控制器]
    end
    subgraph Description [描述]
        direction TB
        U[与用户交互最频繁部分]
        B[由业务逻辑和访问数据组成]
        subgraph Controller_Details [ ]
            direction LR
            P1[参数校验]
            P2[权限控制]
        end
    end

    P <--> V
    V --> U
    B1[业务逻辑层] --- M
    B2[持久数据层] --- M
    M --> B
    C --> P1
    C --> P2

```

Figure 1-1 illustrates the MVC (Model-View-Controller) design pattern. The diagram is organized into three main horizontal sections: B/S (Browser/Server), MVC, and 描述 (Description).

- B/S Section:** Contains the 表现层 (Presentation Layer).
- MVC Section:** Contains the 视图 (View), 模型 (Model), and 控制器 (Controller).
- 描述 Section:** Contains the 与用户交互最频繁部分 (Most frequent interaction with users), 由业务逻辑和访问数据组成 (Composed of business logic and data access), and the 控制器 (Controller) details: 参数校验 (Parameter Validation) and 权限控制 (Access Control).

The flow of data and control is indicated by arrows:

- The 表现层 (Presentation Layer) interacts bidirectionally with the 视图 (View).
- The 视图 (View) sends data to the 与用户交互最频繁部分 (Most frequent interaction with users).
- The 模型 (Model) is composed of the 业务逻辑层 (Business Logic Layer) and the 持久数据层 (Persistent Data Layer).
- The 模型 (Model) sends data to the 由业务逻辑和访问数据组成 (Composed of business logic and data access).
- The 控制器 (Controller) sends data to the 参数校验 (Parameter Validation) and 权限控制 (Access Control) components.

系统使用 SSH (Struts-Spring-Hibernate) 框架^[18],将 Spring 框架运用于各个层级,降低组件之间的耦合性,使得开发更加关注业务逻辑部分,提升了系统的可维护性;Struts 框架的运用体现出 MVC 设计原则,实现前端后端分离;轻量级框架 Hibernate 对数据库的操作进行了封装,对实时库、标准库和系统信息库进行持久化操作。相关中间件的运用为系统提供了相对稳定的高层应用环境:Web 应用服务器提供系统运行环境,以响应处理用户的请求、编译解析 JSP 页面和返回给用户;GIS 服

系统数据库包括实时数据库、水雨情信息库、系统信息库和地理数据库。其中实时数据库用于接收实时数据;水雨情信息库依据 SL323-2011《实时雨水情数据库表结构和标识符规范》进行设计,包含测站信息、实时水雨情信息、预报信息以及统计信息;地理数据库用于存储站点分布、河流水库分布和影像等地理信息;系统信息库用于存储预警指标、用户权限和系统正常运行时产生的数据。系统总体架构图见图 4。

系统功能设计为5个子模块,分别为:数据监控处理模块、水雨情展示模块、预警发布处理模块、日常业务维护模块和用户权限管理模块(图5)。

b. 水雨情展示模块。该模块主要功能是通过数据表格、统计图表、GIS 专题图和等值线面等形式,为系统用户提供水雨情等数据查询展示。此外,链接引入气象信息、台风路径和卫星云图等相关辅助功能,以使用户了解未来水雨情情势的发展。

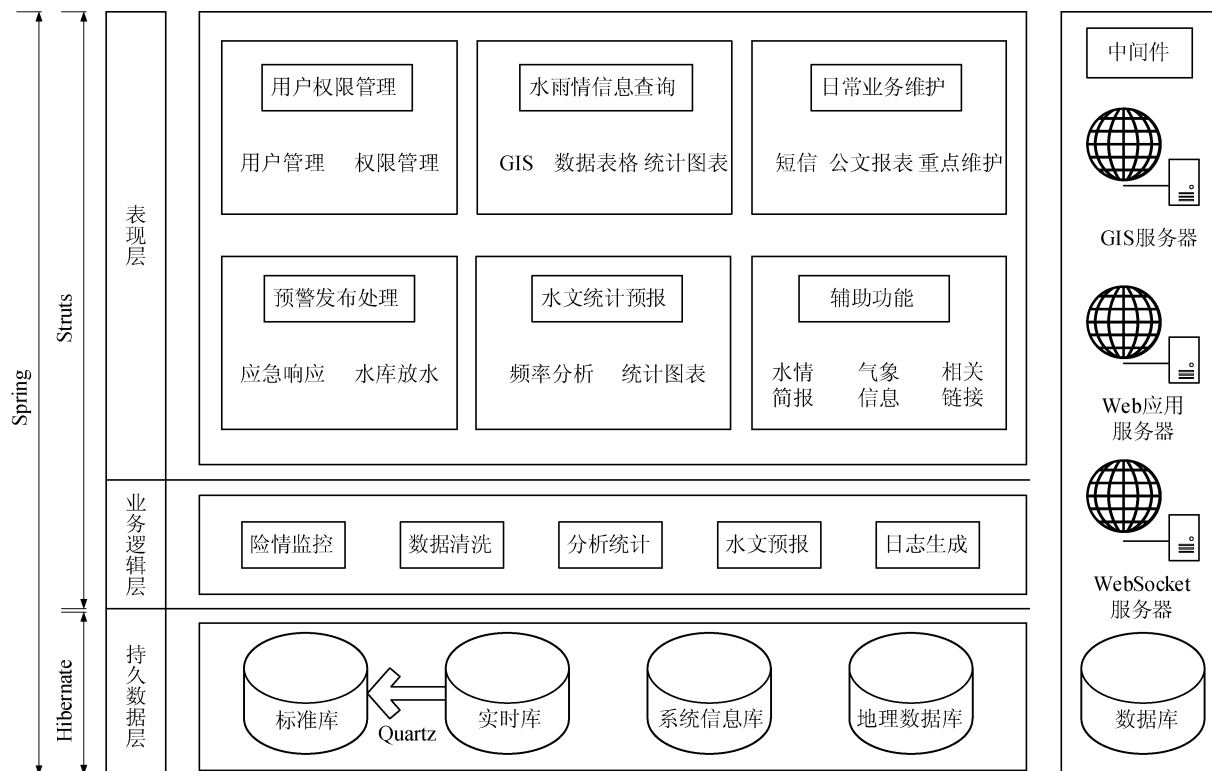


图 4 系统总体架构图

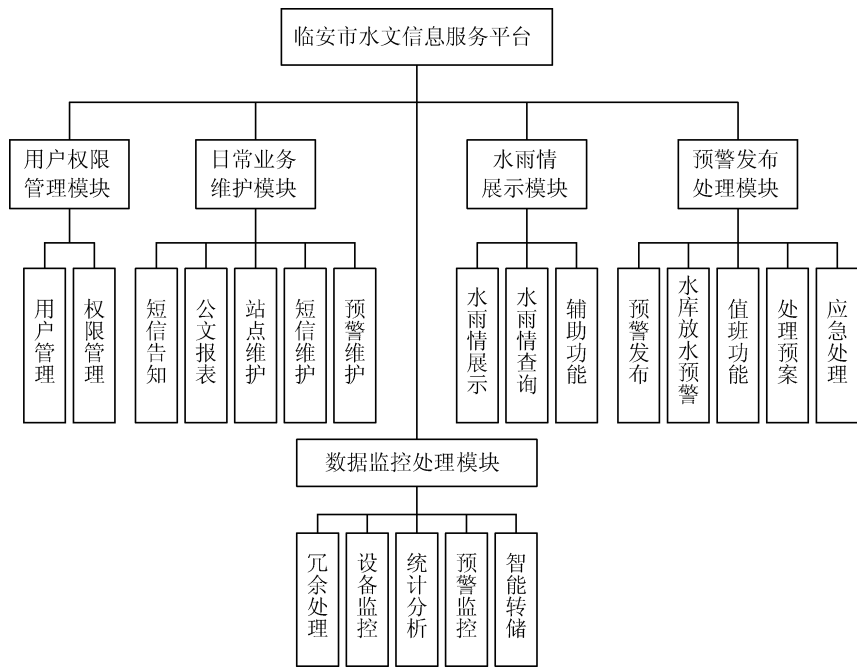


图5 系统功能设计示意图

c. 预警发布处理模块。该模块实现预警信息的快速发布和应急处理,可通过全双工通信机制将预警信息从服务端实时推送到客户端,通过网络与短信的方式实现及时预警。值班功能满足在险情处理预案的基础上,对预警信息应急处理的需求。

d. 日常业务维护模块。该模块分为日常业务和系统维护两类功能。日常业务指短信告知、公文报表和洪水预报等水文日常业务功能;系统维护包含短信模块维护(联系人与分组修改)、站点信息维护和预警指标模块维护。日常业务维护模块的设计应满足良好的可扩展性和可升级性要求。

e. 用户权限管理模块。该模块包括用户管理和权限管理两个子模块。通过用户权限设定和访问资源控制的设计,增加系统的安全性,并体现系统管理的灵活性。

3 系统实现及关键技术

系统采用 Java 进行开发和 Tomcat7 应用服务器进行环境部署,在总体设计的基础上对系统进行了实现,系统部分界面和功能见图 6~8。

根据设计原则和功能设计,本系统的关键技术体现在 3 个方面:

a. 海量数据检索查询效率。水文水资源信息系统水雨情查询展示和险情实时监控是对数据库百万量级记录的查询检索,同时用户并发访问会使操作的记录数呈量级增长,因此提升检索查询效率对水文水资源信息系统的开发尤为重要。

系统从两个方面解决检索查询效率问题:①从

数据库本身出发,建立实时数据表分区、优化索引和 SQL 语句,由此提升检索查询效率;②运用 Quartz 开源作业调度框架,设置作业调度时间表,对用户访问频繁,记录数大的数据实现服务器端集中处理和存储。

b. 高并发用户的系统响应速度。水文水资源信息系统是面对社会公众的,特别是汛期要满足乡镇市不同部门和社会公众对系统访问服务需求,在不扩充服务器的前提下,有必要考虑高并发用户的系统响应速度问题。

对系统分析发现,系统用户对水文数据的关心程度与时间先后次序成正比,越是近几小时的水文数据越关注。在数据库中,这部分数据被更新的频次相对较低,因此可以运用 Ehcache 内存管理框架将其缓存^[19],用户请求时从内存而不是数据库中获取数据。这种方法有良好的系统提速效果,可以解决系统的响应速度问题。

c. 预警信息的实时通信。预警信息的及时发布是体现水文工作重要性的一个组成部分,同时,临安市流域汇流时间短、洪水陡涨陡落的特点对预警信息的及时传递提出了更高要求。

运用 WebSocket 的信息双向通信,可以实现预警信息的实时传递。WebSocket 作为 HTML5 的新特性之一,其特点是基于 TCP 协议,实现服务端和客户端的全双工双向通信^[20]。WebSocket 服务器可以在实现连接之后将预警信息及时推送到客户端,与之前 Comet 的长轮询技术、客户端的定时请求相比,能节省大量的系统资源,保持网络畅通。

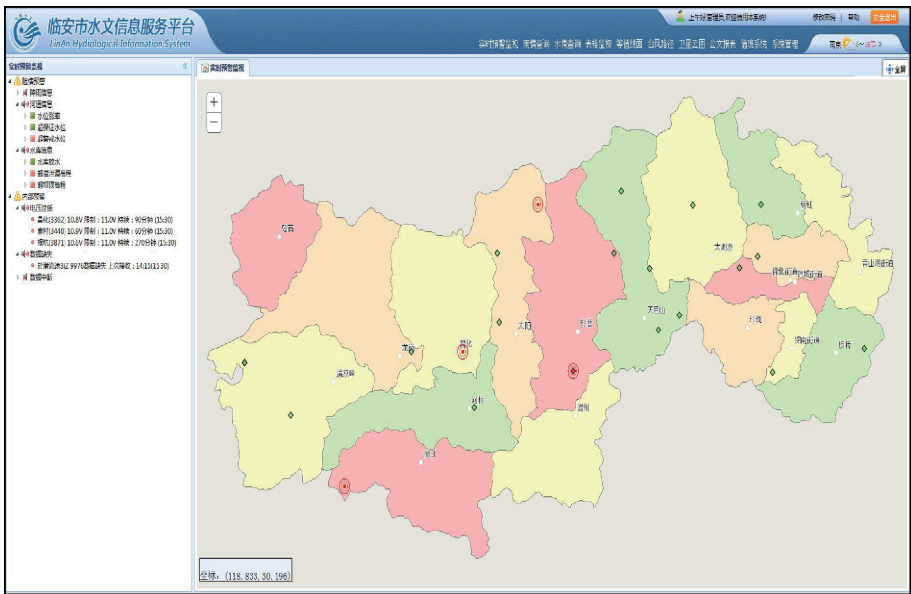


图 6 临安市水文信息系统主界面

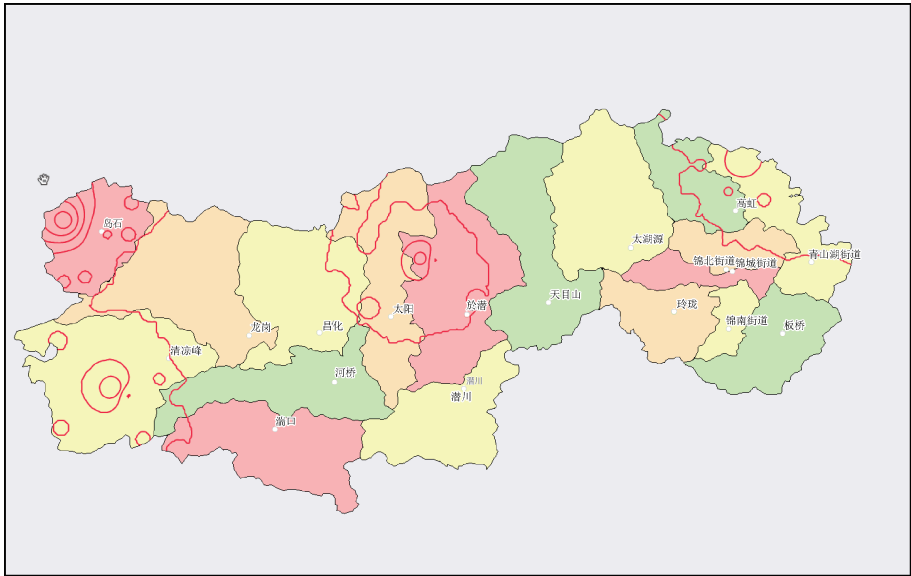


图 7 降雨空间插值等值线图

临安市实时水雨情信息表格监测系统														
总表		雨情	水情											
		下载 刷新												
站表类型	监测站号	站表名称	雨量(毫米)					水位信息			特征水位			
			昨日	今日	1小时	14时	14时前	上游水位	塘坑水位	当前水位	警戒水位	保证水位	站址最高水位	塘坑最高水位
基本雨量站	7635	新下河雨量站2	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	-	-	-	-	-	-
基本雨量站	7636	双石雨量站2	0.0	0.0	0.5	0.5	-	17.00	-	-	0.5	-	-	-
基本雨量站	7637	高石坞雨量站2	0.0	1.0	0.0	0.0	-	17.00	-	-	-	-	-	-
基本雨量站	7638	桃花坞雨量站2	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	-	-	-	-	-	-
基本雨量站	7639	龙门雨量站2	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	-	-	-	-	-	-
基本雨量站	7640	昌化雨量站2	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	-	-	-	-	-	-
大型水库	3259	分水江水库(长丰)	0.0	0.5	0.5	0.5	-	17.00	44.51	44.51	7004.0	0.00	26.89	-
大型水库	3356	青山湖水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	84.65	84.44	3670.0	80.10	-	-
中型水库	1520	里湖水库	-	-	-	-	-	17.00	235.4	235.1	1998.0	234.70	238.90	234.70
中型水库	1521	华光山水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	141.86	141.75	1173.0	140.00	-	142.90
中型水库	2508	华光堰水库	0.0	1.5	0.0	0.0	-	17.00	434.98	435.14	4197.0	442.00	-	444.00
中型水库	3391	昌化水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	163.57	163.5	1883.0	165.10	-	168.10
小(一)型水库	3442	方家头水库	0.0	0.5	0.5	0.5	-	17.00	124.38	124.38	-	125.00	-	126.62
小(一)型水库	3444	红岩水库	0.0	0.5	0.0	0.0	-	17.00	541.45	541.47	-	547.50	-	550.32
小(一)型水库	3446	干将堰水库	0.0	0.5	0.0	0.0	-	17.00	1108.44	1108.44	-	1111.70	-	1110.71
小(一)型水库	3448	南坞水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	169.7	169.65	-	153.90	-	169.65
小(一)型水库	3450	上光水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.15	193.97	193.67	-	28.30	-	199.68
小(一)型水库	3452	甘露水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	351.65	351.48	-	351.70	-	351.80
小(一)型水库	3454	龙潭水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	295.23	295.72	-	120.80	-	290.65
小(一)型水库	3456	中坞山水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	185.34	185.34	-	157.20	-	188.98
小(一)型水库	3458	黄石口水库	0.5	0.0	0.0	0.0	-	17.00	174.28	174.28	-	30.94	-	179.87
小(一)型水库	3460	西坞水库	0.0	2.0	2.0	0.0	-	17.00	407.35	407.25	-	73.07	-	406.83
小(一)型水库	3462	江村水库	0.0	0.5	0.0	0.0	-	17.00	326.86	326.85	-	338.10	-	335.21
小(一)型水库	6755	石门山水库	0.5	0.0	0.0	0.0	-	17.00	504.48	503.79	-	605.00	-	610.00
小(一)型水库	6835	华光堰二库水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	226.15	224.92	194.0	238.00	-	221.79
小(一)型水库	6836	云溪坞水库	-	-	-	-	-	-	-	-	-	472.71	-	472.11
小(一)型水库	7184	大里坞水库	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.83	-	1042.10
小(二)型水库	2515	磨仁水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	146.75	146.77	-	31.74	-	150.67
小(二)型水库	2516	大坑坞水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	186.45	186.3	-	145.00	-	192.23
小(二)型水库	2517	石塘山水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	108.96	108.97	-	26.26	-	118.94
小(二)型水库	2518	立坑口水库	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.00	157.45	155.76	-	36.80	-	162.65

图 8 系统实时水雨情表格监视系统

4 结 语

以临安市水文水资源信息日常业务需求为设计依据,采用表现层、业务逻辑层和持久数据层的3层B/S结构,进行水文水资源信息系统架构设计;运用MVC设计模式和SSH框架实现系统分层开发,增加组件之间的独立性,提升系统的稳定性和可维护性;采用 Quartz、Ehcache 和 WebSocket 开源框架技术,解决数据检索查询效率、系统响应速度和预警信息实时传递等关键问题;综合运用 JavaWEB、中间件等架构技术,实现了临安市水文水资源信息系统的开发。通过以上设计,所开发的系统不仅可满足当地基层水文水资源业务需求,并可为类似区域的水文水资源信息系统开发提供参考。

参考文献:

[1] 陈春华,程海云,肖志远. 长江水文信息化建设实践与发展思考[J]. 人民长江,2015 (3) : 70-73. (CHEN Chunghua, CHENG Haiyun, XIAO Zhiyuan. Thinking on practice and development of hydrological information construction of Yangtze River [J]. Yangtze River, 2015 (3) : 70-73. (in Chinese))

[2] BRACHT M J V. Geohydrological information systems for water management [J]. Water Science and Technology, 1995, 31 (31) : 353-356.

[3] ICHIKAWA Y, SHIIBA M, TACHIKAWA Y, et al. Object-oriented hydrological modeling system [C] // The Fourth International Conference on HydroInformatics CD-ROM. Cedar Rapids: Intrenatinal Water Assouation Publishing, 2000.

[4] HUNG M E N Q, WEESAKUL S, WEESAKUL U, et al. A Real-Time Hydrological Information System for Cities [M]. Newyork: John Wiley & Sons, Inc. , 2005.

[5] LIENERT Christophe, WEINGARTNER Rolf, HURNI Lorenz. An interactive, web-based, real-time hydrological map information system [J]. Hydrological Sciences Journal, 2011, 56 (1) : 1-16.

[6] 蔡阳. 水利信息化、电子政务与金水工程 [J]. 中国水利, 2003 (13) : 42-43. (CAI Yang. Water management information systems, electronic-based administrative management with jinshui project [J]. China Water Resources, 2003 (13) : 42-43. (in Chinese))

[7] 艾萍,吴礼福,陈子丹. 水利信息化顶层设计的基本思路与核心内容分析 [J]. 水利信息化, 2010 (2) : 9-12. (AI Ping, WU Lifu, CHEN Zidan. Analysis on basic thinking and core content of top-level design about water resources informatization [J]. Water Resources Informatization, 2010 (2) : 9-12. (in Chinese))

[8] 舒大兴. 水文信息系统现代化研究: 水文信息采集、传输、处理及应用 [D]. 南京: 河海大学出版社, 2005.

[9] 吴小芳,胡月明,徐智勇,等. 基于 GIS 的水文信息系统的设计与实现 [J]. 水文, 2007, 27 (4) : 71-74. (WU Xiaofang, HU Yueming, XU Zhiyong, et al. Design and implementation of hydrological information system based on GIS [J]. Journal of China Hyrdrology, 2007, 27 (4) : 71-74. (in Chinese))

[10] 鲁平泉. 基于 GIS 的航道水文信息系统及若干关键技术研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2005.

[11] 张晗. 基于构件技术的水文信息系统开发方法 [J]. 计算技术与自动化, 2010, 29 (4) : 124-126. (ZHANG Han. Development of hydrological information system based on component technology [J]. Computing Technology and Automation, 2010, 29 (4) : 124-126. (in Chinese))

[12] 鲍剑冰. 嘉兴市南湖区实时水文信息系统及应用 [J]. 浙江水利科技, 2010 (3) : 45-47. (BAO Jianbing. Real-time hydrological information system and application in Nanhu district, Jiaxing City [J]. ZheJiang Hydrotechnics, 2010 (3) : 45-47. (in Chinese))

[13] 王钧,吉辛望. 引滦局水文信息系统建设 [J]. 海河水利, 2009 (6) : 98-100. (WANG Jun, JI Xinwang. Hydrological information system construction of Luanhe water diversion project management bureau [J]. Haihe Water Resources, 2009 (6) : 98-100. (in Chinese))

[14] 洪四雄,俞成明,游宗庭. 珠江口水文信息系统研究与应用 [C] // 九江: 海洋测绘综合性学术研讨会, 2007.

[15] 年雁云. 黑河流域水文信息系统及其应用研究 [D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.

[16] 万鹏,杨钊,董韬,等. 服务器虚拟化技术在水文信息系统中的应用 [J]. 水利技术监督, 2017 (1) : 27-29. (WAN Peng, YANG Zhao, DONG Tao, et al. Application of server virtualization technology in hydrological information system [J]. Technical Supervision in Water Resources, 2017 (1) : 27-29. (in Chinese))

[17] 林杰斌. 基于物联网的水文监测信息系统设计 [J]. 水利科技与经济, 2016 (9) : 113-116. (LIN Jiebin. Design of hydrological monitoring information system based on Internet of things [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2016 (9) : 113-116. (in Chinese))

[18] HAO X, TANG H. Struts + spring + hibernate integrated framework and its use in log accounting and analyzing system [C] // International Conference on Communication Software and Networks. Cape Town: IEEE, 2010, 33 (9) : 936-939.

[19] WANG Jing, RUI Fan. The research of Hibernate cache technique and application of EhCache component [C] // International Conference on Communication Software and Networks. Xi'an: IEEE, 2011 : 160-162.

[20] HEINRICH M, GAEDKE M. WebSoDa: a tailored data binding framework for web programmers leveraging the WebSocket protocol and HTML5 Microdata [J]. Web Engineering, 2011, 6757 : 387-390.

(收稿日期: 2017 - 04 - 04 编辑: 王 芳)