

# 基于工作流的水文数据自动化服务机制研究与实现

曾 楷<sup>1</sup>, 陈雅莉<sup>2</sup>, 张 文<sup>1</sup>, 孟令奎<sup>1</sup>, 陈春华<sup>2</sup>

(1.武汉大学遥感信息工程学院,湖北 武汉,430079; 2.长江水利委员会水文局,湖北 武汉,430010)

**摘 要:**根据水文数据服务的发展现状,研究了工作流原理及其参考模型,结合工作流技术分析了水文数据服务的工作流程,提出了一种高效率的水文数据索引模型,建立了水文数据服务工作流模型。利用双缓存技术、水文数据动态加载技术和 AJAX 技术等方法,实现了高效性、可靠性的水文数据自动化服务系统。系统在实际的水文数据服务工作中取得了良好的效果,解决了传统人工处理方式面临的问题,为水文数据服务的现代化建设提供了技术支撑。

**关键词:**水文数据服务;水文数据索引;工作流;双缓存机制

**中图分类号:**P337,TP392

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-0852(2015)05-0046-08

## 1 前言

随着信息技术的飞速发展,我国水文行业从传统水文向现代化水文转变,对水文数据的存储、管理、应用方式提出了更高的要求。目前,大部分流域机构的水文数据基本实现了数据库存储和管理方式,水文数据库的建设已经进入基本建成和新技术应用与试点开发阶段<sup>[1]</sup>。

与现代化的水文数据存储和管理方式相比,水文数据的应用服务仍处在人工处理为主要手段的传统方式<sup>[2]</sup>。随着水文数据量呈数量级增长,人工处理方式越来越无法适应海量水文数据服务的需求。研究和开发新的服务模式,实现水文数据的自动化服务,是水文现代化发展亟需解决的问题<sup>[3]</sup>。

水文数据服务的系统化发展在我国已有了一定的水平,如年雁云等设计和实现了基于 CUAHSI\_HIS 的黑河流域水文数据共享发布平台<sup>[4]</sup>,胡金龙等研究了基于 ESB 架构的水文数据共享交换平台<sup>[5]</sup>,广东省水文局用 Delphi 以及使用 MCS-51 系列单片机开发了远程水文数据提取系统<sup>[6]</sup>。在国外,美国国家水信息系统(National Water Information System,NWIS)<sup>[7]</sup>提供了对美国 50 个州大约  $150 \times 10^4$  个测站的水资源数据的访问,澳大利亚气象局(BOM)建立了澳大利亚水资源信息系统(Australian Water Resources Information System,

AWRIS),负责澳大利亚水文信息的管理和服务<sup>[8]</sup>。这些国内外研究成果为水文数据自动化服务的实现提供了重要参考。采用合理的技术方法,设计更加实用和便捷的服务模式,是水文数据自动化服务的研究重点。本文结合工作流技术,对水文数据服务的工作流程进行分析和建模,实现了基于工作流的水文数据自动化服务系统。

## 2 水文数据服务工作流

### 2.1 传统流程分析

传统的水文数据服务工作流程主要包括:数据申请单位填写申请表,申请表交给管理单位审核;管理单位根据申请表从水文数据库中查找数据,发送给申请单位,图 1 为传统的水文数据服务工作流程。



图 1 传统水文数据服务工作流程

Fig.1 The flow of the traditional hydrological data service

对水文数据服务工作的流程进行分析,可以将流程的核心部分归纳为:数据申请、数据审核和数据提取,流程各部分之间信息的传递依靠数据申请表单。

收稿日期:2014-08-06

作者简介:曾楷(1990-),男,湖北襄阳人,硕士研究生,主要研究方向为网络地理信息系统。Email:zengkai@whu.edu.cn

2.2 工作流原理及模型构建

工作流管理联盟将工作流定义为一类能够完全或者部分自动执行的经营过程, 根据一系列过程规则, 文档、信息或任务能够在不同的执行者之间传递、执行<sup>[9]</sup>。工作流作为一种面向过程建模和管理的核心技术, 在实现面向流程的应用集成方面表现出了强大的应用能力<sup>[10]</sup>。

工作流模型则是对工作流的抽象表示, 也就是对经营过程的抽象表示。由于工作流需要在计算机环境下运行, 因此建立相应的工作流模型就是必不可少的<sup>[11]</sup>。工作流管理协会定义了一个工作流参考模型 WfRM (workflow reference model), 它主要用于提供工作流管理系统架构以及应用接口的标准<sup>[12]</sup>, 描述了工作流管理系统参考模型的主要部分和接口。

结合工作流参考模型与水文数据工作流程, 可以将数据申请、数据审核和数据提取作为工作流执行服务的主要功能模块, 数据申请表作为驱动, 建立水文数据服务工作流模型。该模型主要包括水文数据服务过程定义工具、水文数据应用服务系统工作流执行服务以及各个模块之间的接口。图 2 为工作流管理系统参考模型的框架图。

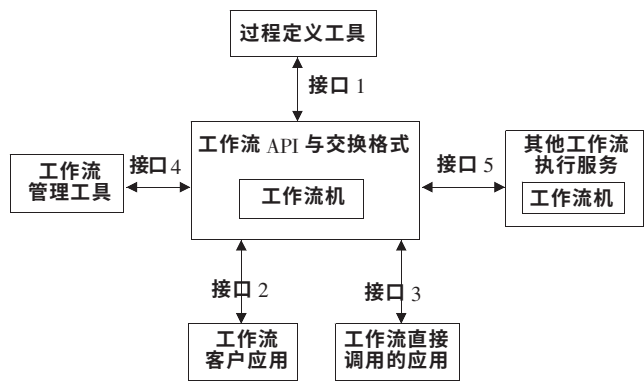


图 2 工作流参考模型

Fig.2 The workflow reference model

3 水文数据服务工作流模型实现机制

3.1 工作流引擎实现机制

在水文数据服务工作流模型中, 工作流执行服务是水文数据服务的核心, 它借助工作流引擎为水文数据服务提供功能服务, 主要包括数据申请、数据审核和数据提取, 并为工作流的执行提供运行环境。工作流执行服务实现工作流管理系统的 5 个 API 接口, 通过数据接口访问水文数据服务过程定义工具, 获取数据的

格式以及数据服务流程的定义, 实例化水文数据服务工作流对象; 通过内部接口访问工作流管理监控工具和其他工作流执行服务, 实现对水文数据流程的管理和监控以及实现与其他服务的交互; 通过数据接口连接 web 客户端。

在水文数据执行服务中, 数据申请、数据审核和数据提取是以数据申请表为驱动, 通过数据申请表的生成、审核和解析完成整个流程。数据申请表由用户对水文数据索引的查询和选取直接生成, 水文数据申请服务在此基础上提供申请表的修改、审核功能, 再根据水文数据索引对申请表的内容进行解析, 得到数据申请信息, 从数据库中提取所需要的数据。水文数据服务的工作流引擎执行关系如图 3 所示。

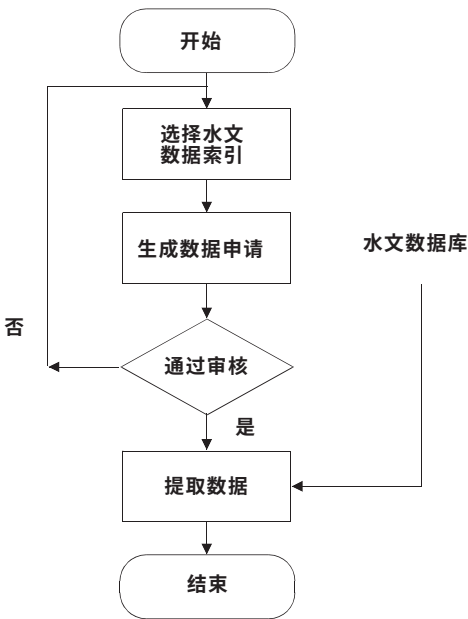


图 3 水文数据服务业务流程图

Fig.3 The flow of the hydrological data service business

3.2 水文数据索引

由于现有水文数据库的数据量巨大, 同时水文数据的增长日益膨胀, 如果直接访问水文数据库, 将极大的影响水文数据服务的速度和准确性。因此水文数据服务的过程定义工具对数据申请表的格式进行了定义。本文对水文数据库进行研究, 结合元数据的理论提出了水文数据索引的概念<sup>[13]</sup>, 将其作为数据申请表的格式定义。一方面, 通过水文数据索引的概要描述, 用户可以不必关心数据库中的海量数据而快速获得需要的数据, 保证了水文数据服务的速度; 另一方面, 水文数据索引定义了数据申请表的格式, 规范了数

据服务的业务流程,保证了水文数据服务的准确性。

水文数据索引是描述基础水文数据的数据,是对一定粒度的基础水文数据集进行描述,包含用户所关心的标识信息和数据质量信息。图4为水文数据索引的UML类图。

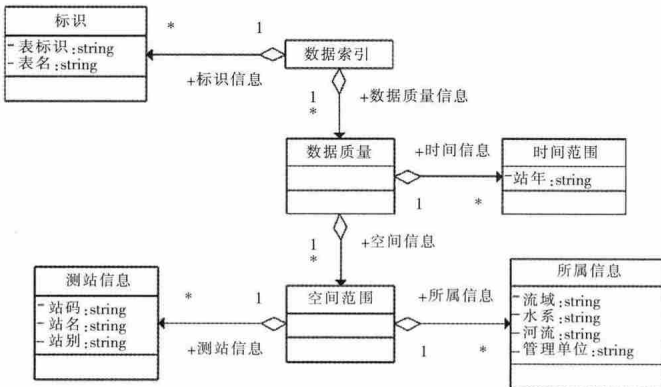


图4 水文数据索引UML类图

Fig.4 UML class diagram of the hydrological data index

(1)标识信息。标识信息是唯一标识数据集的信息。根据基础水文数据库的结构特点,水文数据索引的标识信息包括基础水文数据库表标识。通过数据库表标识,用户可以据此获得需要的专题要素。

(2)数据质量信息。数据质量信息是数据集质量的总体评价,主要描述数据的时间范围和空间覆盖范围,是用户选择特定时间、区域范围内数据的依据。时间范围是测站拥有有效数据的一系列时间序列;空间覆盖范围则由数据集的测站信息确定,测站信息包括该测站的站码、站名、站别以及该测站所属的流域名称、水系名称、河流名称、管理单位。

### 3.3 水文数据服务工作流的关键技术

水文数据服务系统作为一个Web数据库应用系统,在处理大数据量的水文数据时,面临数据访问、页面响应、系统交互方面的问题,为提高水文数据服务系统的工作效率和服务质量,系统从功能上进行了优化。

(1)双缓存机制。当系统访问基础水文数据库时,由于数据量较大,如果频繁的从服务器获取数据将导致系统访问速度缓慢,影响用户操作。因此系统采用了服务器端缓存和客户端本地缓存的双缓存机制来提高系统访问速度(见图5)。在服务器端,将数据存放在缓存中,客户端发送的数据请求可以直接从缓存获取,避免服务器对数据库的重复访问。在客户端,将从服务器端获取的数据保存在本地缓存,直接在本地对数据处理,减少了与服务器之间的交互。

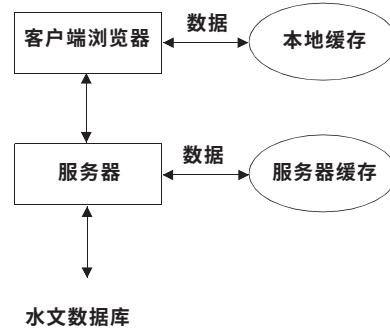


图5 双缓存机制

Fig.5 Double-buffering

(2)水文数据索引的动态加载机制。由于水文数据索引数据量较大,在数据索引界面进行分页和查询等操作时,页面响应延迟高,影响用户使用。系统对水文数据索引采用了动态加载机制(见图6),处理页面的数据加载和显示。在页面加载时,首先根据每次显示和加载的数据条目将数据分块,只加载当前要显示的数据;其次由于水文数据索引的目录节点较多,系统采用分级动态加载的方式,每次只加载当前层的节点,当要展开下一级节点时,再动态加载和显示选中节点的子节点。这样极大的提高了页面的响应速度,减少了用户的等待时间。

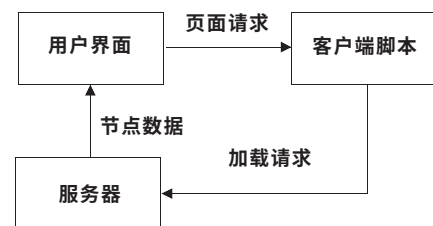


图6 水文数据索引的动态加载机制

Fig.6 Dynamic loading of the hydrological data index

(3)AJAX 异步处理机制。在数据提取操作中,如果数据量较大或者网络状况不理想,将消耗较多的时间,如果页面没有等待提示,用户会误以为系统崩溃而进行误操作。系统采用AJAX 异步处理机制<sup>[14-15]</sup>(见图7),在用户进行数据申请操作时,客户端通过JavaScript 脚本向服务器发送请求,在服务器端执行数据申请处理时不会影响系统页面的响应,客户端将显示等待提示并且允许用户进行其他操作,当服务器处理完成之后,将结果发送回客户端完成数据申请操作。这样不仅避免了页面的重复刷新,减少了等待时间,同

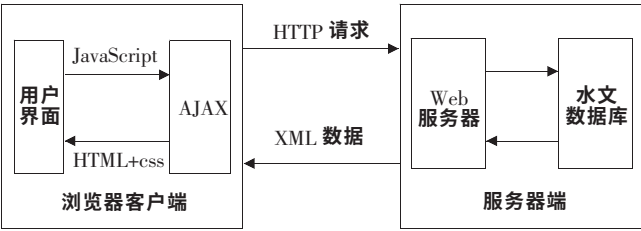


图 7 AJAX 异步处理机制

Fig.7 AJAX asynchronous processing

时也使得系统交互更加友好。

4 系统实现

4.1 水文数据自动化服务的实现

根据水利信息化综合体系的技术要求<sup>[16-17]</sup>, 结合

水文数据服务的实际业务流程, 设计并实现水文数据应用服务系统的各个功能模块。系统对使用权限进行了区分, 设置管理员用户和一般用户两种角色。在使用之前用户需要进行登录, 根据数据库中的用户信息表判断用户身份。对于不同的用户, 系统提供不同的功能服务, 其中一般用户只能进行数据索引查询、数据申请操作, 而管理员用户还可以进行数据审核、数据提取操作, 系统整体工作流程如图 8~11 所示。

系统登录(见图 8)之后, 默认进入水文数据索引页面(见图 9)。水文数据索引是数据服务的基础功能, 它需要完成数据筛选和数据申请表生成的任务。为了便于数据筛选, 结合水文行业的使用习惯, 系统设计



图 8 水文数据应用服务系统工作流程—用户登录

Fig.8 The workflow of the hydrological data application system—user login

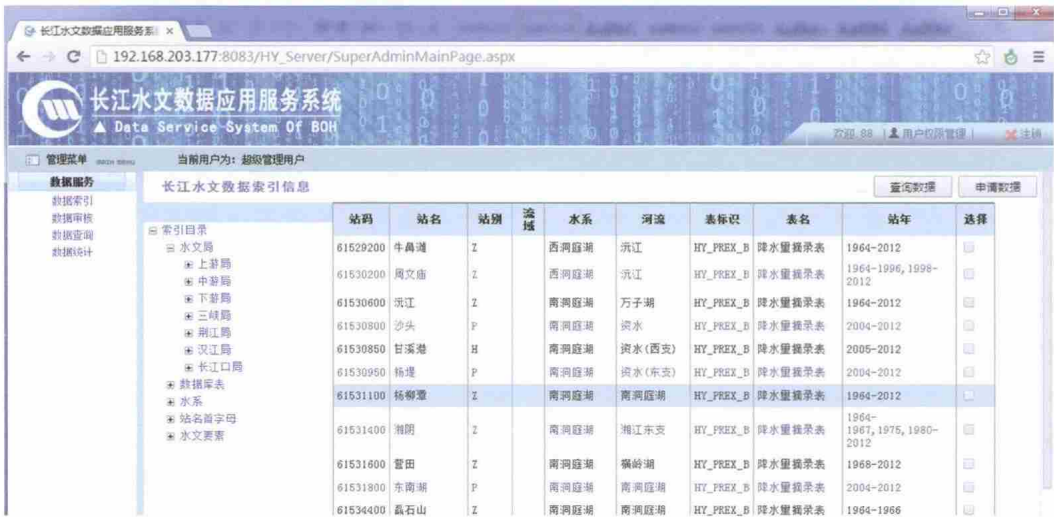


图 9 水文数据应用服务系统工作流程—选择索引

Fig.9 The workflow of hydrological data application system—data index



| 站名  | 表名        | 数据年份         | 统一时间                          |
|-----|-----------|--------------|-------------------------------|
| 甘露港 | 降水量摘录表    | 2005 -- 2012 | 建站以来 <input type="checkbox"/> |
| 杨堤  | 降水量摘录表    | 2004 -- 2012 | 建站以来 <input type="checkbox"/> |
| 湘阴  | 降水量摘录表    | 1964 -- 2012 | 建站以来 <input type="checkbox"/> |
| 雷田  | 降水量摘录表    | 1968 -- 2012 | 建站以来 <input type="checkbox"/> |
| 故陵  | 洪水水文要素摘录表 | 2003 -- 2012 | 建站以来 <input type="checkbox"/> |
| 云阳  | 洪水水文要素摘录表 | 1956 -- 1961 | 建站以来 <input type="checkbox"/> |

图 10 水文数据应用服务系统工作流程—数据申请

Fig.10 The workflow of hydrological data application system—data application

| ID                | 申请人        | 单位      | 申请时间       | 数据信息            | 提取状态  | 操作         |
|-------------------|------------|---------|------------|-----------------|-------|------------|
| 20131206111813155 | Abdullahma | 水质监测管理处 | 2013/12/06 | 铅平均含沙量表/攀枝花(二)/ | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20131210100344302 | Abdullahma | 水质监测管理处 | 2013/12/10 | 洪水水文要素摘录表/石鼓/19 | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20131210100415204 | Abdullahma | 水质监测管理处 | 2013/12/10 | 洪水水文要素摘录表/塔城/20 | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20131210100430895 | Abdullahma | 水质监测管理处 | 2013/12/10 | 洪水水文要素摘录表/尚袍(三) | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20131210100443583 | Abdullahma | 水质监测管理处 | 2013/12/10 | 洪水水文要素摘录表/尚袍(三) | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20140702101113047 | 88         | 人事劳动处   | 2014/07/02 | 洪水水文要素摘录表/红花套/2 | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20140702101302141 | 88         | 人事劳动处   | 2014/07/02 | 日降水量表/陈家湾/2012~ | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20140704094339603 | 88         | 人事劳动处   | 2014/07/04 | 洪水水文要素摘录表/安宁/20 | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |
| 20140704094745678 | 88         | 人事劳动处   | 2014/07/04 | 洪水水文要素摘录表/白湾/20 | 未提取数据 | 详细 删除 提取数据 |

图 11 水文数据应用服务系统工作流程—数据审核和提取

Fig.11 The workflow of hydrological data application system—check and extract

了多条件筛选的数据索引查询模式,用户可以根据数据库表、水文测站单位、水文要素、河流名称、水文测站名称筛选所需的数据。

在申请表的数据筛选完成之后,进入水文数据申请页面(见图10)。由于水文数据索引生成的数据申请表只包含了数据信息部分,数据申请表尚需其他必要信息。系统根据数据库中的用户信息表自动完善用户的个人信息,用户只需要填写申请时间和原因等少量信息即可完成整个申请表的填写。

对于提交的数据申请表,系统在数据审核页面(见

图11)以列表形式展示给管理员用户,管理员用户可以查看数据申请表的详细信息进行数据审核。对于审核通过的数据申请,管理员用户只需点击提取完成数据提取。提取完成后,管理员将下载的数据压缩文件通过邮件或者线上传输的方式发送给用户,完成整个数据申请工作流程。

#### 4.2 性能测试与分析

系统在同一软硬件环境下,针对采用不同技术改进的水文数据索引页面进行测试。测试的网站部署在局域网的服务器上,客户端通过火狐浏览器访问,采



图 12 未改进的水文数据索引页面响应时间

Fig.12 The response time for no improved hydrological data index page



图 13 采用双缓存机制改进的水文数据索引页面响应时间

Fig.13 The response time for the hydrological data index page improved by double-buffering



图 14 采用动态加载机制改进的水文数据索引页面响应时间

Fig.14 The response time for the hydrological data index page improved by dynamic loading

用火狐 Firebug 作为网页测试工具，测试结果如图 12~14 所示。

从测试结果可以看到，改进之前的水文数据索引页面响应时间为 2.43s，页面大小为 5.6MB(见图 12)；采用双缓存机制改进的水文数据索引页面响应时间为 1.98s，页面大小为 5.6MB(见图 13)；采用动态加载机制改进的水文数据索引页面响应时间为 180ms，页面大小为 107.6kB(见图 14)。

对比未改进的页面和采用双缓存机制改进的页面测试结果进行分析，由于采用双缓存机制，通过服务器端和客户端的缓存获取数据，可以避免重复访问数据库，减少客户端和服务器的通信量，因此页面的响应时间由 2.43s 减少为 1.98s。

对比未改进的页面和采用动态加载机制改进的页面测试结果进行分析，由于采用了动态加载方式，页面

初始时只需要加载要显示的一页水文数据索引，并且只加载索引目录的根节点，当用户进行翻页或者展开目录节点操作时，再动态加载要显示的数据。而原有的水文数据索引的数据量将近一万条，索引目录的节点达几万个，数据量较大。改进之后的水文数据索引的数据量仅有几十条，索引目录的节点仅有几十个。因此页面的大小由 5.6MB 减少为 107.6kB，响应时间由 2.43s 减少为 180ms。

通过双缓存机制和动态加载机制的技术改进，水文数据索引页面的响应时间和数据量都有较大程度的减少，系统的运行效率得到显著的提高。

根据长江水利委员会水文局的数据服务实际工作统计，对整个业务流程的两种服务模式进行对比，结果如表 1 所示。传统的数据服务模式一次业务处理时需要 2 个小时以上，而自动化服务模式一次业务

表1 水文数据服务模式对比

Table1 Comparison of the different modes of hydrological data service

| 水文数据服务流程 | 传统模式平均用时 | 自动化服务模式平均用时 |
|----------|----------|-------------|
| 数据申请     | 5~30min  | 2~10min     |
| 数据审核和提取  | 2~4h     | 2~5min      |

处理用时仅需要 5~15min。在具体的工作环节,传统的数据申请通过人工填写数据申请表完成,而服务系统则是通过水文数据索引进行选择自动生成数据申请表,效率提高 2~3 倍。而在数据审核和提取环节,由于传统的数据提取方式需要管理员人工编写 SQL 语句访问数据库,需要花费大量的时间;服务系统则是通过解析数据申请表自动生成 SQL 语句访问数据库,只需一键式提取操作,节省了大量的时间和人力。同时传统服务模式由人工填写申请和读取数据,失误率较高;而服务系统自投入使用以来极少出现数据遗漏和错误的情况。相比较传统的服务模式,无论是对于数据管理者还是数据申请者,水文数据自动化服务在服务的质量和效率上都有很大的提高。

4.3 系统运行情况

本文设计的工作流模型已经投入运行,系统在长江水利委员会水文局上线运行 10 个多月以来,为各研究单位及相关机构提供数据申请服务,累计处理水文数据申请 230 余次,提取各类基础水文数据共计 16 万余条,如表 2 所示。系统整体运行良好,极大的提高了水文数据服务工作的效率。

5 结语

高效性、可靠性的水文数据自动化服务系统极大地提高了水文数据服务的工作效率,是实现水文行业现代化建设的重要部分。本文借鉴工作流技术在业务流程处理中的优势,根据水文元数据的特点提出了一种高效率的水文数据索引模型,设计并实现了基于工作流和该索引模型的水文数据自动化处理机制,解决了传统水文数据服务工作面临的难题,在长江水利委

员会水文局的实际工作中取得了良好的应用效果。然而,在水文数据和空间信息的结合方面,本文尚未做深入研究。由于水文数据具有的空间特性,将水文数据服务系统与 GIS 技术相结合,采用可视化的方式展现水文测站的基本信息,提供更加直观便捷的数据服务模式,将是继续研究的方向。

参考文献:

[1] 章树安,吴礼福,林伟.我国水文资料整编和数据库技术发展综述[J].水文, 2006,26(6):48-52.(ZHANG Shuan, WU Lifu, LIN Wei. Development of the technology of hydrologic data processing and database in China [J]. Journal of China Hydrology, 2006,26(3):48-52. (in Chinese))

[2] 史芳斌,陈雅莉,陈春华.关于水文数据库建设问题的探讨[J].人民长江, 2010,(24):70-72.(SHI Fangbin, CHEN Yali, CHEN Chunhua. Discussion on the issue of the construction of hydrological database [J]. Yangtze River,2010,(24):70-72. (in Chinese))

[3] 况润元,朱元峰,周凡.基于 GIS 的贡水流域水文信息分析系统设计与实现[J].水电能源科学, 2013,31(2):180-182,231.(KUANG Runyuan, ZHU Yuanfeng, ZHOU Fan. Design and realization of hydrological information analysis system of Gongshui based on GIS[J].Water Resources and Power,2013,31(2):180-182,231.(in Chinese))

[4] 年雁云,李新,王建,等.基于 CUAHSL\_HIS 的黑河流域水文数据共享发布平台设计与实现[J].遥感技术与应用, 2013,28(2):338-345.(NIAN Yanyun, LI Xin, WANG Jian, et al. Design and implementation hydrological information system of the Heihe river based on CUAHSL\_HIS.[J]. Journal of Glaciology and Geocryology,2013,35(2):420-429.(in Chinese))

[5] 胡金龙.基于 ESB 架构的水文数据共享交换平台研究[J].人民黄河, 2014,(6):33-36.(HU Jinlong. Research on sharing & exchanging platform of hydrological data based on ESB architecture[J].Yellow River,2014,(6):33-36. (in Chinese))

[6] 李少平.水文数据远程提取系统的实现[J].人民珠江,2008,(3):28-30.(LI Shaoping. Realization of remote hydrological data extraction system[J]. Pearl River, 2008,(3):28-30.(in Chinese))

[7] NWIS.USGS water data for the nation[EB/OL]. <http://waterdata.usgs.gov/nwis/>. 2009-12-28.

[8] AWRIS. Australian water resources information system [EB/OL]. <http://www.water.gov.au/>. 2010-1-25.

[9] Hull D, Wolstencroft K, Stevens R, et al. A tool for building and

表2 水文数据提取统计表

Table2 The statistics of the hydrological data extraction

|      | 摘录表类  | 日表类    | 旬表类   | 月表类    | 年表类    | 实测表类   | 小计      |
|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 研究所  | 7 689 | 38 555 | 3 842 | 33 461 | 35 168 | 7 530  | 126 245 |
| 管理单位 | 1 278 | 2 142  | 756   | 2 835  | 4 110  | 689    | 1 1810  |
| 对外服务 | 981   | 12 168 | 676   | 6 800  | 4 786  | 2 040  | 27 451  |
| 合计   | 9 948 | 52 865 | 5 274 | 43 096 | 44 064 | 10 259 | 165 506 |



- running workflows of services [J]. Nucleic Acids Research, 2006,34 (suppl 2):729-732.
- [10] 尹帆,康瑞华,薛胜军. 基于工作流的办公自动化系统的研究与实现[J]. 武汉理工大学学报, 2010,28(1):114-117.(YIN Fan, KANG Ruihua, XUE Shengjun. Workflow based office automation system [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2010,28(1):114-117.(in Chinese))
- [11] Ludascher B, Altintas I, Berkley C, et al. Scientific workflow management and the Kepler system[J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2006,18(10):1039-1065.
- [12] Freire J, Silva C T, Callahan S P, et al. Managing rapidly-evolving scientific workflows, provenance and annotation of data [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006,(4145):10-18.
- [13] 孟令奎,李三霞,张文,等. 面向水文数据共享的水文核心元数据模型研究及应用[J]. 水文, 2012,32(1):1-5,12.(MENG Lingkui, LI Sanxia, ZHANG Wen, et al. Research and application of hydrological data sharing oriented core metadata model[J]. Journal of China Hydrology, 2012,32(1):1-5. (in Chinese))
- [14] Tom Negrino, Dori Smith. JavaScript and AJAX for the Web: Visual Quick Start Guide[M]. Peachpit Press, 2008.
- [15] Mesbah A, Bozdag E, DeursenVan A. Crawling AJAX by inferring user interface state changes[A]. Proceedings of the 8th International Conference on Web Engineering [C]. New York, USA: [s.n.], 2008.
- [16] 陈雅莉. 长江基础水文数据库系统技术方案 [J]. 中国水利, 2006, (23):64-65.(CHEN Yali. Technical solutions of basic hydrological database system of Yangze River [J]. China Water Resources, 2006, (23):64-65. (in Chinese))
- [17] 尹炜靖,万定生,关兴中. 基于云计算的水文数据共享平台的应用研究[J]. 信息技术, 2013,(8):68-72. (YIN Weijing, WAN Dingsheng, GUAN Xingzhong, Application of hydrology data sharing platform based on cloud computing[J]. Information Technology, 2013,(8):68-72. (in Chinese))

## Research and Implementation of Hydrological Data Automation Service Mechanism Based on Workflow

ZENG Kai<sup>1</sup>, CHEN Yali<sup>2</sup>, ZHANG Wen<sup>1</sup>, MENG Lingkui<sup>1</sup>, CHEN Chunhua<sup>2</sup>

(1.School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

2.Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resource Commission, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** According to the current status of the development of the hydrological data service, this paper analyzed the workflow of hydrological data service, studied the principles of workflow and workflow reference model, and designed a workflow model of hydrological data service with combination of the hydrological data index. We used the double-buffering technology, dynamic loading of hydrological data methods and AJAX technology, and finally designed a hydrological data automation service system that is highly efficient and reliable. The actual application of this system has achieved good results, which will solve the problem of the traditional way of processing hydrological data manually and provide a technical support for the modernization of hydrological data service.

**Keywords:** hydrological data service; hydrological data index; workflow; double-buffering

(上接第 60 页)

## Quantitative Research on Groundwater Recharge in Mountain Area of North Sichuan

ZHOU Zhichao<sup>1</sup>, LI Jiebiao<sup>1</sup>, SU Rui<sup>1</sup>, GUO Yonghai<sup>1</sup>,

ZHAO Honggang<sup>1</sup>, WANG Yanjiang<sup>2</sup>, JI Ruili<sup>1</sup>, ZHANG Ming<sup>1</sup>

(1.Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China; 2.Beijing Sunshine GEO-Tech CO., Ltd, Beijing 100192, China)

**Abstract:** It's difficult to quantify groundwater recharge for the groundwater resources and pollution prevention study in the mountain area in North Sichuan Province. This paper studied on the representative mountain hydrographic sub-basin in the north bank of Pingxihe river, based on the route monitoring borehole, and carried out dynamic monitoring of groundwater level and temperature, the water table of the groundwater monitoring data were corrected by atmospheric pressure monitoring data, the variation characteristics of groundwater level and temperature during the year were analysed, and the space permeability coefficients of aquifer were obtained by seepage test and hydraulic test with double packer. Based on the law of Darcy Setion, the quantitative groundwater recharge of the section was calculated; the function of monthly rainfall and precipitation infiltration coefficient were established. The results show that the annual average precipitation recharge of the study area is 16.61mm/a, and the average precipitation infiltration coefficient is 0.0182; with a power function of the monthly rainfall and precipitation infiltration coefficient.

**Key words:** groundwater recharge; groundwater regime; hydrogeological test with double packer; infiltration coefficients of precipitation